科海故事博览

KEHAI GUSHI BOLAN

（旬刊·1993 年创刊）

2024 年 9 月 第 26 期（总第 579 期）

主管：云南省科学技术协会

主办：云南奥秘画报社有限公司

编辑委员会：（按姓氏笔画为序）

马成勋　卢　骏　刘　杨　李　鹏

杨　璐　张　乐　陈贵楚　陈　洋

莫德姣　夏文龙　韩梦泽　蔡　鹏

社长、总编：万江心

社长助理：秦　强

编辑部主任：张琳玲

编辑：周　曌　官慧琪　吴彩云

美术编辑：王　敏

运营：李瑞鹏

外联：张娅玲

出版：云南奥秘画报社有限公司

地址：云南省昆明市护国路 26 号

邮编：650021

编辑部电话：0871-64113353　64102865

电子邮箱：khgsblzz@163.com

网址：http://www.khbl.net

国际标准连续出版物号：ISSN 2097-3365

国内统一连续出版物号：CN 53-1103/N

广告经营许可证：5300004000063

运营总代理：云南华泽文化传播有限公司

印刷单位：昆明滇印彩印有限责任公司

出版日期：2024 年 9 月 15 日

邮发代号：64-72

定价：15 元

版权声明：

稿件凡经本刊采用，如作者无版权特殊声明，即视作该文署名作者同意将该文章著作权中的汇编权、印刷版和电子版（包括光盘版和网络版等）的复制权、发行权、翻译权、信息网络传播权的专有使用权授予《科海故事博览》编辑部，同时授权《科海故事博览》编辑部独家代理许可第三方使用上述权利。未经本刊许可，任何单位或个人不得再授权他人以任何形式汇编、转载、出版该文章的任何部分。

目录 Contents

科技博览

001　大跨径连续刚构桥的单薄壁桥墩设计 …… 孙　巍

004　抽水蓄能电站运行效率与能源消耗分析 …… 姚浩晨，张景辉，王祖飞

007　混合能源海上发电平台设备配置与运行策略 …… 张永明

010　海洋石油平台电气设备安全影响因素及设计应对措施 …… 崔庆伟

013　冷却剂丧失事故工况下压水堆燃料组件堆外鼓胀爆破试验综述 …… 崔　超，韩智杰，关玺彤

智能科技

016　信息技术在建筑工程管理中的运用 …… 郑　超

019　水利工程管理中的信息化技术应用分析 …… 严洋坚

022　云存储系统运行能耗节省优化方法分析 …… 凌宇堃，毕晓琳

025　自动化技术在配网精益化运维中的运用分析 …… 周子璇

028　无线电通信中有害干扰的检测与抑制技术分析 …… 朱佳林

工业技术

031　燃气轮机轴承振动异常分析及处理 …… 亓　贺，万　瑞，马　力

034　建筑工程屋面防水施工技术应用探析 …… 罗文华

037　钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用 …… 李志辉，周　军

040　道路桥梁沥青路面裂缝施工处理技术要点 …… 任　义

043　500 kV 断路器合闸电阻故障分析及运行维护 …… 王一帆，吴昕泽

046　110 kV 高压电缆施工技术与质量控制措施探析 …… 谢志松

目录 Contents

环境科学

049 矿山地质灾害治理及生态环境措施治理探讨 …… 高树昊
052 环境变化对水文水资源的影响及应对策略研究 …… 徐 妍
055 环保节能理念在建筑给排水设计中的应用探究 …… 王项项，王 猛
058 储能材料在建筑设计中的应用及其性能研究 …… 冯凤成

科创产业

061 电力工程项目造价控制探究 …… 董幸子
064 建筑工程造价管理有效控制策略 …… 陈宝玉
067 水利水电工程施工成本的预算与控制 …… 李洪梅
070 医药科技成果转化面临的问题及其对策研究 …… 袁 帅
073 城市绿色装配式建筑钢构产业链的研究与构建 …… 雷 蕾，宋绍雷，姜 慧，李 谦
076 事业单位科技服务在促进中小企业创新中的作用研究 …… 胡叶君

管理科学

079 创新模式在建筑工程管理中的应用 …… 高佳鑫
082 电梯常见故障维修与日常安全管理 …… 张加永
085 土建工程管理创新及绿色施工管理方法 …… 王丽娟
088 建筑工程施工质量管理与质量控制技术研究 …… 林永武
091 电力物资中如何应用现代化供应链管理策略探究 …… 李丹丹
094 在建工程施工现场消防施工质量安全问题的探讨 …… 徐文广

科教文化

097 钳工孔加工质量提升方法研究 …… 王 韬，廖 剑，杜 婷
100 钻井平台建造中计算焊接力学综述 …… 赵宏权
103 专利审查中公知常识的说理实践 …… 郝 洁
106 CPC 与 FT 分类在涡流检测领域检索中的应用 …… 唐仕军，徐燕丽
109 通信领域专利申请说明书是否充分公开的判断依据 …… 马 娟

科学论坛

112 电力计量技术的创新与应用研究 …… 周明泽
115 城市地下综合管廊机电施工要点研究 …… 陈伟杰
118 下架山泵站施工质量检测与控制研究 …… 刘 俊，卢 建
121 工程造价控制在优化设计中的应用研究 …… 李 爽
124 电网运行中的风险评估与继电保护措施 …… 张 琪

大跨径连续刚构桥的单薄壁桥墩设计

孙 巍

（上海市水利工程设计研究院有限公司，上海 200232）

摘 要 连续刚构桥因墩顶梁柱固结，温度效应成为设计重点关注的问题，为降低温度效应的影响，下部结构通常采用柔性结构形式，即在墩身结构形式的设计上，大都采用双薄壁结构形式墩身，其抗推刚度并不按整体截面进行计算，而是分别由两个独立截面抗推刚度叠加，相对而言墩身柔性好。嘉华嘉陵江大桥为超大跨径连续刚构桥，其主要特点是大胯、高墩、悬臂施工法。为解决同类桥梁中出现的常见病害，同时在结构形式上有所创新，需对桥墩的综合性能进行充分分析。本文就嘉华嘉陵江大桥（超大跨径预应力砼连续刚构桥）的单薄壁桥墩设计做简要介绍，以期为相关人员提供借鉴。

关键词 大跨径预应力砼箱梁；单薄壁桥墩；墩身强度；稳定验算；有限元分析

中图分类号：U442 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0001-03

连续刚构由于温度效应，一般采用高墩的结构形式，如果墩身不够高，可以把桩基按柔性地基设计，以减小下部结构的综合抗推刚度[1]。墩身大都采用双壁结构形式，在一定条件下（如墩身特别高，有一定厚度），桥墩也可采用独立墩身。

1 工程概况

嘉华嘉陵江大桥是一座主跨为252 m的预应力砼连续刚构桥，桥长528 m，全桥宽17.8×2＝35.6 m；边跨为138 m。桥梁为双幅桥面，桥梁宽度为0.3 m防护栏+1 m人行道+15 m机动车道+0.5 m防护栏+2 m中央分隔带+0.5 m防护栏+15 m机动车道+1 m人行道+0.3 m防护栏。

2 柔性墩形式的确定

连续刚构墩柱刚度相对于梁体的刚度比例对两者的弯矩分配起着决定作用，同时主梁的温度应力、收缩及徐变直接与连续刚构的墩柱的柔性相关[2]，因此，设计优先考虑的问题为：通过连续刚构梁柱刚度比优化，选用合理的桥墩形式和构造尺寸。

温度内力取决于桥墩的抗推刚度，桥墩越柔，温度内力越小。常规连续刚构桥梁适用于高墩（柔性墩）的场合；如果墩身不够高，可以把桩基按柔性地基设计，以减小下部结构的综合抗推刚度。在墩身结构形式设计上，大都采用双壁结构形式的墩身，其抗推刚度并不按整体截面进行计算，而是分别由两个独立截面抗推刚度叠加，相对而言墩身柔性好[3]。同时可以适当减小双壁墩墩顶处梁的负弯矩峰值，其抗弯刚度按双壁形成的合成截面进行计算，相对也比较大，不仅可以保持桥面的平整性，也可以减小悬臂施工时变形。以往双壁墩身大都采用箱形截面的结构形式，也有采用工字形截面和矩形截面（在跨径相对较小的连续刚构场合）[4]。但超大跨径连续钢构桥墩越来越多地采用单箱室的截面形式。

在一定条件下（如墩身特别高，有一定厚度），桥墩也可采用独立墩身。例如美国Houston运河桥，就采用比较罕见的单箱室截面的刚性墩身形式[5]。嘉华大桥桥墩设计结合地形地貌，考虑到桥墩较高（约60 m）的有利条件，对墩柱形式进行方案比较。即单排薄壁墩方案与双排柔性薄墩方案（见表1）。

表1 墩柱形式比较表

桥墩形式	主跨	边跨	墩身宽度	备注
单排墩	252 m	138 m	墩宽8 m，厚0.8 m 墩宽6.5 m，厚0.8 m 墩宽6.0 m，厚0.8 m	边跨150 m比较
双排墩	252 m	138 m	厚度为2.5 m，中距为8 m	

结合跨径组合，经初步比选，单排墩选用138+252+138 m跨径组合，墩宽6.5 m，墩厚0.8 m。双排墩选用138+252+138 m跨径组合，墩厚为2.5 m，两薄壁墩中距为8 m。两方案均具有性能优良、可操作性强的特点，且造价工期接近。但采用单墩方案更具备优势，主要表现在以下几方面：（1）单墩墩顶偏心矩比双壁墩墩顶偏心矩要小得多，使得墩身控制截面的受力更为有利，墩顶钢筋更为宽裕，有利于混凝土的浇筑；（2）在抗船只或漂流物撞击和稳定方面，单墩更为有利，且单墩的稳定性更好；（3）单墩施工模板用量相对较小，无需临时支撑，且施工简便；（4）风力对于最大悬臂时的施工安全起着重要影响。单墩矩形空心截面为闭

合截面，其抗扭刚度大，有利于抵抗嘉陵江河谷的局部风力影响。

虽然因抗推刚度稍大，单墩梁体根部温度内力产生的弯矩比双壁墩大，经验算单墩弯矩峰值折减近10%，可认为单墩（高墩）力学性能仍表现为较柔，梁体实际弯矩与双壁墩相近，且温度内力所占全部内力的比重仍较小，可以认为无论单墩（高墩）还是双壁墩受温度影响的力学性能接近。另外，箱型薄壁单墩的造型简洁，与连续刚构桥的整体风格协调一致。单墩形式使嘉华大桥避免了与嘉陵江上已有连续刚构桥梁的雷同感。因此，设计采用单薄壁墩方案。

3 基础构造

主桥桥位处覆盖层厚度变化较大：通航孔桥桥位及其以北覆盖层较薄；通航孔桥以南近250 m范围内覆盖层从几米到二十多米不等，覆盖层为人工填土、亚粘土层和卵石层；南岸斜坡段几乎无覆盖层。基岩为泥岩、泥质砂岩、砂质泥岩和砂岩。

基础设计的基本原则为：

1. 考虑桥梁工程长期运营的耐用性，基础设计要适应河势及冲刷变化条件。

2. 满足主体结构对基础强度、稳定性要求。

3. 满足施工组织及临时荷载的要求。

根据地质报告的资料及重庆地区成熟经验，基础持力层采用弱风化砂岩，设计比较了钻孔灌注桩基础和扩大基础两种形式。扩大基础由于埋深较深，开挖及围护工程量巨大，在技术经济比较中不占优势。

钻（挖）孔灌注桩是国内外桥梁基础中经常采用的形式，应用范围也越来越广泛，积累了许多成功经验。近年来，随着国内施工技术、工艺与设备的不断改进与提高，钻孔灌注桩的桩径、长度及单桩极限承载力得到了很大提高。很多大桥的工程桩径达3.0 m以上，最大单桩极限承载力达60 MN以上。

在比较了直径1.8 m、2.5 m和3.0 m的挖孔灌注桩基础后，综合考虑施工工期、地质条件和经济效益等因素，主墩基础的挖孔桩基直径为2.5 m（24根），双幅整体式承台，承台平面尺寸34.4×19.8 m，厚6.5 m。边墩基础的钻孔桩基直径为1.8 m（12根），双幅分离式承台，承台平面尺寸12.6×7.2 m。弱风化基岩为设计持力层。承台埋入河床以下。经验算，基础能承受船撞（三级航道，顺桥向650 kN，横桥向800 kN）及洪水压力（流速5 m/s）等荷载作用。

4 桥墩构造

4.1 构造比较

桥墩构造的优化着重于墩柱尺寸的比较，在确定薄壁单墩构造时，对桥墩厚度作了比较，即8 m、6.5 m、6 m厚桥墩（见表2）。

表2 桥墩厚度比较表

	8 m厚桥墩	6.5 m厚桥墩	6 m厚桥墩
恒载+预应力	M（kN·m）	M（kN·m）	M（kN·m）
主梁（墩顶）	1 229 402	1 281 466	1 383 003
主梁（跨中）	187 065	197 581	202 795
桥墩	451 751	282 915	254 835

以上三种方案结构强度和刚度均满足设计要求，但6.5 m厚桥墩综合性能较好。最终采用7.0 m厚的薄壁单墩方案是为了满足施工阶段的结构强度和刚度的要求。

4.2 桥墩构造

主墩采用高强度C55砼材料。其顺桥向为宽度7.0 m，横桥向（不包括分水尖）宽9.8 m，壁厚分别为0.8 m和1.0 m。上下游分水尖的设置可以起到防撞及导流作用，分水尖与桥墩形成整体。为保持水压力的内外平衡，墩身设泄水孔；墩身内设置横隔板，确保整体稳定。桥墩墩身截面顺水流方向采用流线型，侧面设置用橡胶护舷以减缓可能发生的撞击效应，提升桥墩的抗撞击能力；同时可以有效地隔离水上漂浮物及船舶，避免其撞击桥墩。经验算，桥墩能够承受船舶的局部撞击作用。（见图1）

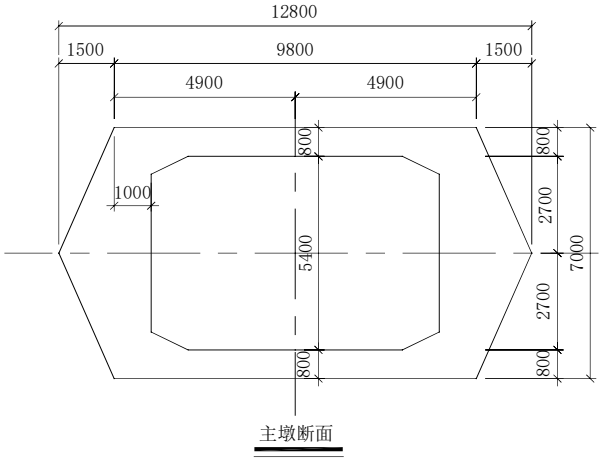

图1 主墩断面图

5 墩身强度和稳定验算

施工方法为悬臂浇筑法（其悬臂时最大悬臂长度为125 m），设计中对最大悬臂状态的最不利工况的稳定性进行了静力分析。

5.1 荷载计算

1. 恒载：已浇节段（4%不均匀性）；浇筑节段（相差半个节段）；挂兰（含挂兰、模板以及其他临时施工设备）≤1 200 kN（设计控制值）；施工荷载（30T不平衡性）。

2. 风荷载：桥址处 10 m 高度处 10 分钟平均最大风速为 26.7 m/s，换算到 70 m 高度处 41 m/s。

桥址处10m高度处10分钟平均最大风速为26.7m/s，换算到 70 m 高度处：

$U_{70}=U_{10}\times(70/10)^{0.22}=41$ m/s

由于纵桥向迎风面积较小，纵桥向风荷载不控制设计，可以忽略，仅计算横桥向风荷载。

迎风面积为：

$$A=\int_0^{121}(4.2+0.0006557x^2)\,dx=895.4$$

形心位置为：

$$x_0=121-\int_0^{121}(4.2+0.0006557x^2)\,xdx\div A=47.42$$

$$y_0=(4.2\times121\times4.2\div2+\int_0^{121}0.0006557x^2(4.2+0.0006557x^2\div2)\,dx)\div A=4.257$$

根据《公路桥涵设计规范》，横桥向风压：$W=K_1\cdot K_2\cdot K_3\cdot K_4\cdot W_0=1940N/m^2$ 尽管最大悬臂状态（最不利状态）有一定的延续时间，我们可以根据气候条件对施工时间作相应调整，以减小施工阶段的最不利工况下荷载概率，因此不平衡风荷载最不利工况按单侧为 100% 设计风载，另一侧为 50% 设计风载的组合，作为控制结构设计是非常安全的（其出现的概率已非常小）。同时，考虑两幅桥的影响，横向风力取一幅桥的 1.5 倍。

5.2 荷载组合

1. 施工状态：恒载（4% 不均匀性、相差半个节段）+ 挂兰 +30T 不平衡荷载。

2. 最大悬臂大风状态：恒载（4% 不均匀性）+ 挂兰 + 横向风载（产生的竖向风力）。

5.3 墩身强度、稳定验算

荷载组合 M=207 459 kNm，N=165 000 kN，考虑 P·Δ 效应（8%），M=224 055 kNm

安全系数 20.8，桥梁满足强度和稳定的要求。

6 薄壁空心墩的有限元分析

大桥的桥墩采用的是薄壁空心墩，因此在计算桥墩两端部分（0.5R ～ 1.0R）的应力时需要考虑固端干扰力的影响。以下将对两种结构形式的桥墩加载计算墩底部位的应力，这两种结构形式为：墩底设实心段、墩底不设实心段。

顺桥向加载时：轴力 P=2.407e8N，弯矩 M=5.278e8 N·m，剪力 Q=1.502e7N

横桥向加载时：轴力 P=2.386e8N，弯矩 M=3.971e8 N·m，剪力 Q=7.240e6N

6.1 顺桥向荷载的计算

1. 墩底设置实心段：经计算，此变化段顶面最大拉应力在受拉侧薄壁外边缘，为 0.986 MPa；最大压应力位于受压侧薄壁内边缘，为 21.89 MPa；此变化段底面最大拉应力在受拉侧薄壁外边缘，为 3.33 MPa；最大压应力为 16.8 MPa。

2. 墩底不设置实心段：经计算，此变化段顶面最大拉应力在受拉侧薄壁外边缘，为 2.037 MPa；最大压应力位于受压侧薄壁内边缘，为 22.557 MPa；此变化段底面最大拉应力在受拉侧薄壁外边缘，为 5.754 MPa；最大压应力受压侧薄壁外边缘，为 29.404 MPa。

6.2 横桥向荷载的计算

1. 墩底设置实心段：经计算，此变化段顶面最小压应力在受压较小侧薄壁外角点，为 2.16 MPa；最大压应力位于受压较大侧薄壁内边缘，为 14.09 MPa；此变化段底面最大拉应力在受拉侧薄壁外角点，为 0.845 MPa；最大压应力受压侧薄壁内边缘，为 11.68 MPa。

2. 墩底不设置实心段：经计算，此变化段顶面最小压应力在受压较小侧薄壁外角点，为 1.8967 MPa；最大压应力位于受压较大侧薄壁内边缘，为 14.54 MPa；此变化段底面最小压应力在受压较小侧薄壁外角点，为 1.69 MPa；最大压应力位于受压较大侧薄壁内边缘，为 19.04 MPa。

7 结束语

嘉华嘉陵江大桥因其超大跨径、高墩及悬臂施工的结构特点，尽管桥墩采用了单薄壁墩的结构形式，其力学性能仍表现为柔性墩的特点，梁体实际弯矩与双壁墩相近，且温度内力所占全部内力的比重仍然较小，可以认为无论单墩还是双壁墩受温度影响的力学性能接近。同时，单薄壁墩无论在施工最不利工况还是成桥后，以及防撞性能方面，其稳定性能更好；施工效率更高，施工质量更宜保证。今后，单薄壁墩在超大跨径连续钢构桥（高墩）领域会有越来越广阔的应用空间。

参考文献：

[1] 吴晓如 . 高墩大跨度连续刚构桥结构设计 : 以桑龙高速公路为例 [J]. 城市建筑 ,2024(05):18-20.

[2] 李旭 , 邢应远 . 高墩大跨预应力连续刚构桥上部结构施工关键技术 [J]. 建筑机械 ,2024(05):109-111.

[3] 毛远文 , 任科 . 某高墩大跨连续刚构桥主墩优化设计研究 [J]. 城市道桥与防洪 ,2024(04):75-77.

[4] 马健 . 温度对大跨径连续刚构桥受力性能的影响分析 [J]. 西部交通科技 ,2024(03):126-128.

[5] 张林冲 , 庄超 , 武学莉 . 连续刚构桥墩柱设计优化及计算分析 [J]. 交通世界 ,2024(03):125-127.

抽水蓄能电站运行效率与能源消耗分析

姚浩晨，张景辉，王祖飞

（河南天池抽水蓄能有限公司，河南 南阳 473000）

摘 要 研究抽水蓄能电站的运行效率与能源消耗对于提升能源利用效率、降低环境影响具有重要意义。运行效率的高低直接影响电站的经济性和可持续性，而能源消耗的优化则有助于减少能源浪费和提高能源使用效率。本文首先定义了抽水蓄能电站的运行效率和能源消耗，并探讨了影响效率和消耗的主要因素，如水泵和水轮机的性能、输电损耗、系统控制与调度等。随后，提出了提高运行效率和减少能源消耗的技术和措施，包括采用先进的水泵水轮机技术、智能电网与优化调度系统、高效能水泵及输电设备、先进的储能技术以及优化运行调度策略。通过这些措施，以期可以为有效提升抽水蓄能电站的整体性能、促进能源的高效利用和环境的可持续发展提供参考。

关键词 抽水蓄能电站；运行效率；能源消耗

中图分类号：TV7 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0004-03

在全球能源转型和应对气候变化的背景下，抽水蓄能电站作为一种重要的储能方式，在平衡电网负荷、提高新能源发电消纳能力方面发挥着关键作用。然而，电站的运行效率和能源消耗直接影响其经济性和环境效益。因此，深入研究抽水蓄能电站的运行效率与能源消耗，探索提高效率和减少消耗的技术和措施，对于推动能源结构优化和实现绿色低碳发展具有重要的现实意义。

1 研究抽水蓄能电站运行效率与能源消耗的意义

研究抽水蓄能电站运行效率及能源消耗问题，不仅影响电站本身的经济性及可持续性，同时对促进能源结构优化及实现绿色发展也起着举足轻重的作用。一是提高运行效率可以显著减少电站能源消耗和化石能源依赖程度，进而减少碳排放并为应对全球气候变化做出贡献。二是优化能源消耗可以促进电站经济效益提高，并通过减少能源无谓浪费、提高能源使用效率、降低运营成本等措施来提高电站市场竞争力。

2 抽水蓄能电站的运行效率

2.1 运行效率的定义及计算方法

抽水蓄能电站的运行效率是指电站在抽水和发电过程中能量转换的有效程度，通常用效率百分比来表示。具体来说，运行效率可以通过能量的输入输出比值来衡量。运行效率的计算方法主要涉及两个方面：抽水效率和发电效率。抽水效率是指在抽水过程中，电能转换为势能的效率；发电效率则是指在发电过程中，势能转换为电能的效率。整个抽水蓄能电站的总效率是这两部分效率的乘积。计算公式为：总效率 = 抽水效率 × 发电效率。例如，如果抽水效率为80%，发电效率为90%，则总效率为0.8×0.9=0.72，即72%。影响运行效率的因素包括机械设备的性能、系统设计的合理性、运行条件的稳定性及环境因素等。高效的机械设备和合理的系统设计能够显著提高运行效率，而不稳定的运行条件和不利的环境因素则可能导致效率降低[1]。为了准确评估抽水蓄能电站的运行效率，通常需要综合考虑各个环节的能量转换情况，通过详细的数据测量和分析，得出具体的效率值。提高运行效率不仅可以减少能源消耗，还能提高经济效益和环境效益，是抽水蓄能电站运行管理中的重要目标。

2.2 影响运行效率的主要因素

2.2.1 水泵和水轮机的性能

水泵是用来从低位水库向高位水库取水的，水泵性能的好坏直接影响抽水时能量损失。效率高的泵能量转换效率高，可以在同等电能输入的情况下提取更多的水分，降低了能量损耗。同时水轮机在高位水库水势能向电能转化中的应用也同样具有十分重要的意义。高效水轮机可以使水流势能最大化，降低能量损失和提高发电量。水泵与水轮机性能的好坏不仅取决于它们的设计与制造过程，而且受运行维护等因素的影响。

2.2.2 输电损耗

在电能的传输过程中，由于导线的电阻和其他电气元件的阻抗，会产生一定的能量损失，这部分损失通常以热能的形式散发出来。输电损耗与输电线路的长度、导线的材料和截面积、流经电流的大小以及传输电压等因素密切相关。长距离输电线路会增加电阻，

导致更大的能量损失；导电性能不佳的材料和较小的截面积会增加电阻；较大的电流同样会增加损耗。因此，采用高导电性能的材料、适当加大导线截面积、优化输电线路布局以及采用高压输电技术是减少输电损耗的有效手段。

2.2.3 系统控制与调度

有效的系统控制能使抽水与发电过程达到最佳状态，并保证能量以最佳时间与状态转化。现代抽水蓄能电站一般都是利用先进的自动化控制系统对水位、电力需求、设备状态进行实时监控并动态调节优化运行。合理调度策略能够保证电站电力需求低谷时段抽水储能、电力需求高峰时段发电供能，以提高整体效率。在调度时，需综合考虑电网负荷变化、市场电价波动和电站本身运行状况。利用如遗传算法和粒子群优化这样的智能调度方法，我们能够更为高效地确定最佳的调度策略。系统控制及调度也需紧密配合电网运行及调度中心，以保证电站运行和电网需求之间的高度和谐[2]。

2.3 提高运行效率的技术和措施

2.3.1 先进的水泵水轮机技术

提高抽水蓄能电站效益的重要手段之一，就是采用水泵、水轮机等先进技术。其中包括设计与制造工艺效率高，材料应用创新性强，智能控制系统等。在现代水泵和水轮机的设计过程中，流体动力学的优化被高度重视，通过运用计算流体动力学（CFD）模拟技术来改进叶片的形态和流道设计，从而有效地降低水流的阻力和能量损耗。高强度合金、复合材料等高性能材料的使用不仅使装备耐磨性、抗腐蚀性增强，而且可以在较高压、较高转速条件下平稳工作。另外，引入磁悬浮轴承技术还能降低机械摩擦损耗和提高装置能量转换效率。智能控制系统能够通过实时监测和调整水泵和水轮机的运行参数，例如转速、压力和流量，确保设备始终保持在最佳的工作状态。变频调速技术，自动化控制以及远程监测技术等多种技术综合应用使水泵以及水轮机运行更灵活、更有效。

2.3.2 智能电网与优化调度系统

智能电网通过集成先进的传感、通信和控制技术，实现电力系统的实时监测和动态调节。智能电网可以有效地管理电力供应和需求，优化电力资源的分配，从而提高电网的整体效率和稳定性。优化调度系统则通过先进的算法和模型，制定最优的发电和抽水计划，确保电站在电力需求高峰时发电，在需求低谷时抽水储能。这些系统利用大数据分析和人工智能技术，综合考虑电力市场价格、负荷预测、电站设备状态等多种因素，动态调整电站的运行策略。智能电网与优化调度系统的结合，不仅提高了抽水蓄能电站的运行效率，还增强了电网的灵活性和可靠性[3]。例如，通过预测电力需求高峰，优化调度系统可以提前调度电站进行抽水储能，确保在需求高峰时能够提供足够的电力供应。

2.3.3 维护与管理策略

定期的维护和检修可以确保设备始终处于最佳工作状态，防止因磨损、腐蚀和故障导致的效率下降。建立完善的设备维护计划，包括定期检查、预防性维护和故障排查，可以及时发现和解决潜在问题，延长设备的使用寿命。现代维护策略中，预测性维护逐渐成为主流，通过监测设备运行数据，如振动、温度、压力等，利用大数据分析和机器学习算法，预测设备的故障趋势，提前进行维护，避免突发故障导致的停机和效率损失。管理策略方面，优化运行管理流程，提升操作人员的技能水平，实施严格的质量控制体系，都是提高运行效率的重要措施。采用信息化管理系统，如设备管理系统（EAM）和企业资源计划系统（ERP），可以实现设备运行状态的实时监控、维护记录的自动化管理和资源的高效配置。

3 抽水蓄能电站的能源消耗

3.1 影响能源消耗的主要因素

3.1.1 水泵效率

水泵效率是水泵在把电能转化为机械能，最后用来增强水势能时，能量转化是否有效。高效水泵可以实现更大抽水量而电能消耗更少，进而降低整体能源消耗。泵的效率受到很多因素的影响，主要有设计、材质、运行条件和维护状况等。在现代水泵设计中，通常会运用流体动力学（CFD）的优化技术来调整叶轮和壳体的外形，目的是降低流体的阻力和涡流造成的损失。另外，采用高强度耐腐蚀材料制作水泵部件还可以提高效率和寿命。改变水头高度、流量等操作条件对水泵效率也有影响，保持工作点处于最佳状态是保证高效率的一个关键。定期对水泵进行检修及清洗，避免叶轮及流道内杂质堆积，同时还可以有效地维持高效率运行。

3.1.2 电力传输效率

电力传输效率是指在电力从电源传输到负载过程中所保留的电能比例，直接影响抽水蓄能电站的整体能源消耗。高效的电力传输系统能够将更多的电能输送至水泵和水轮机，从而减少电能在传输过程中的损失。电力传输效率受电缆的电阻、电压等级、变压器

效率等多种因素的影响。使用低电阻率的导线材料如铜或铝、优化电缆截面、采用高电压传输方式，均能有效降低电能损耗。

3.1.3 系统运行模式

不同的运行模式决定了电站在抽水和发电阶段的能量调度和管理策略，从而影响整体能耗。通常，抽水蓄能电站运行模式包括固定时段运行、负荷跟踪运行和市场优化运行等。固定时段运行模式是在预定的时间段内进行抽水和发电，适用于电力需求相对稳定的情况，但可能无法充分利用电价波动和负荷变化带来的优化机会。负荷跟踪运行模式根据电网实时负荷变化进行动态调整，能够更好地匹配电力供应和需求，减少不必要的能量损失。市场优化运行模式则根据电力市场价格信号进行调度，在电价低谷时抽水储能，高峰时发电出售，从经济角度优化能源利用。

3.2 减少能源消耗的技术和措施

3.2.1 高效能水泵及输电设备

在降低抽水蓄能电站能源消耗中，使用高效能水泵及输电设备是关键。高效能水泵的设计与制造采用了低阻力涂层、叶轮优化设计及高精度加工工艺等先进材料与工艺，使水泵工作效率显著提高，降低能量损耗。另外，现代水泵一般都装有智能控制系统，能够根据实际需要对工作参数进行动态调节，进一步提升能效。对输电设备进行优化同样是至关重要的环节。传统输电线路因电阻、电感效应造成能量损耗大，新型超导材料及高压直流输电技术使输电损耗显著减小[4]。高压直流输电（HVDC）技术在长途输电应用中表现出了明显的优越性，它不仅降低了电能在传输过程中的损失，还有助于增强电网的稳定性和可靠性。

3.2.2 先进的储能技术

先进的储能技术对降低抽水蓄能电站能源消耗具有关键作用。伴随着科学技术的发展，多种新型储能技术层出不穷，给电力系统带来了更有效、更灵活的解决方案。首先要明确的是，锂离子电池作为一项已经成熟的储能方法，因其较高的能量密度和出色的充放电性能，已经在多种规模的储能项目中得到了广泛的应用。它的快速响应、长寿命等特性使电力系统可以更灵活地调整电力供需、降低能源浪费。其次，液流电池（如钒液流电池）凭借其独特的电解液存储方式，可以实现大规模储能，且循环寿命长、安全性高，适用于大型电网储能。另外，压缩空气储能（CAES）技术与飞轮储能技术已渐趋成熟，前一种技术是通过把电能转换成压缩空气存储起来，必要时再放空带动发电机产生电能；后者是利用电动机的加速飞轮来贮存动能，必要时放能产生电能。其耐久性、环境友好性等特点，使这些技术具有大规模储能的潜能。更为关键的是，通过引进智能储能管理系统，并运用先进的计算方法与数据分析手段，能够对储能设备进行更高效的调度，从而提升整体的能源效率。

3.2.3 优化运行调度策略

优化运行调度策略是减少抽水蓄能电站能源消耗的重要手段之一。通过科学合理的调度策略，能够有效平衡电力供需，提升系统整体能效。基于大数据和人工智能技术的智能调度系统，可以实时监测电力需求和供给情况，动态调整抽水和发电的时机。例如，在电力需求低谷期，可通过大数据预测未来电力需求，提前安排抽水蓄能操作，将多余电能储存起来；而在电力需求高峰期，则及时释放蓄能，满足电网负荷需求，减少因电力不足而导致的紧急启动火电机组等高能耗设备的情况[5]。优化调度策略还包括多能源互补调度，通过与风能、太阳能等可再生能源的联合调度，充分利用不同能源的互补特性。例如，在风力发电富余时，可以协同抽水蓄能电站进行抽水储能，而在风力不足时，则通过释放水能发电，平衡电网的供需。

4 结束语

通过对抽水蓄能电站运行效率与能源消耗的研究，我们认识到提升效率和降低消耗对于电站的可持续发展至关重要。通过采用先进的水泵水轮机技术、智能电网与优化调度系统、高效能水泵及输电设备、先进的储能技术以及优化运行调度策略，可以显著提高抽水蓄能电站的运行效率，减少能源消耗，从而促进能源的高效利用和环境的可持续发展。未来，随着技术的不断进步和管理的持续优化，抽水蓄能电站将在能源转型和环境保护中扮演更加重要的角色。

参考文献：

[1] 马喜峰,朱海波.抽水蓄能电站上水库运行条件下冰厚数值模拟研究[J].东北水利水电,2023,41(02):46-48,72.
[2] 刘轩,杨铭轩,吴昊,等.抽水蓄能电站运行工况数字化动态规划模型分析[J].中国高新科技,2024(10):52-54.
[3] 孙宏.抽水蓄能电站运行管理实践及运维一体化[J].电工材料,2024(01):54-56.
[4] 景小兵,姜里运,许闫.某抽水蓄能电站机组运行稳定性分析[J].东北电力技术,2024,45(02):50-53,57.
[5] 汪哲铖,杨威嘉,杨小龙,等.变速抽水蓄能机组功率优先控制模式的运行稳定域分析[J].水电与抽水蓄能,2024,10(01):24-29,92.

混合能源海上发电平台设备配置与运行策略

张永明

（国家电投集团江苏海上风力发电有限公司，江苏 盐城 224001）

摘 要 全球对可再生能源的需求不断增长，海上风能作为一种高效、清洁的能源形式，正受到越来越多的关注。混合能源海上发电平台结合了风能、太阳能等多种可再生能源技术，旨在提高能源生产的稳定性和可靠性。这种平台通过集成多种能源设备，如大型风力发电机、太阳能光伏板以及能量存储系统，能够在不同气候和海洋条件下实现能源的高效转换和利用。此外，混合能源平台还能通过智能控制系统优化能源生产和分配，确保在风力或光照不足时仍能维持稳定的电力输出。因此，研究混合能源海上发电平台的设备配置和运行策略，对于推动海上可再生能源的发展具有重要意义。

关键词 混合能源；海上发电平台；设备配置；运行策略

中图分类号：TM62 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0007-03

海上能源开发是应对全球能源危机和环境挑战的关键途径之一，混合能源海上发电平台作为一种创新的能源解决方案，不仅能够利用丰富的海上风能资源，还能结合太阳能、潮汐能等多种能源形式，实现能源的多元化和互补性[1]。这种平台的设计和运行需要考虑海洋环境的复杂性和多变性，如风速、海浪、盐雾等因素，以及能源设备的可靠性和耐久性。通过精确的设备配置和智能的运行策略，混合能源平台能够最大化能源产出，同时降低维护成本和环境影响。因此，深入探讨混合能源海上发电平台的设备配置与运行策略，对于实现可持续的海上能源开发至关重要。

1 海上能源开发的需求

海上能源开发的需求日益增长，这主要源于全球对可持续能源的迫切需求、陆地资源的日益枯竭以及海上能源技术的不断进步。随着全球气候变化问题的加剧，各国政府和国际组织都在推动减少温室气体排放，实现能源结构的绿色转型。海上风能、波浪能、潮汐能等可再生能源因其清洁、无污染的特性，成为替代传统化石能源的重要选择[2]。海上能源开发不仅有助于减少对化石燃料的依赖，还能显著降低碳排放，对于实现全球气候目标具有重要意义。陆地上的可再生能源资源，如风能和太阳能，虽然潜力巨大，但在某些地区受到土地可用性、环境影响和社区反对等因素的限制。相比之下，海洋覆盖了地球表面的70%以上，提供了广阔的未开发空间。海上能源开发可以利用这些广阔的海域，为能源密集型地区提供大量的清洁能源，尤其是在人口密集、工业发达的沿海地区。近年来，海上能源技术取得了显著的进步，特别是在海上风电领域。风机的尺寸和效率不断提高，海上风电场的建设成本和运营成本也在逐渐下降。这些技术进步使得海上能源开发在经济上变得更加可行，吸引了越来越多的投资和开发活动。能源安全是各国政府关注的重点。依赖单一能源来源可能会导致能源供应的不稳定。海上能源开发提供了能源多样化的机会，有助于减少对进口能源的依赖，增强国家的能源安全[3]。通过开发本土的海上能源资源，国家可以在能源市场上获得更大的自主权和灵活性。

2 混合能源系统的挑战

混合能源系统，即集成多种可再生能源技术的能源系统，虽然具有提高能源供应稳定性、降低环境影响和促进能源多样化的潜力，但在实际应用中面临着一系列挑战。混合能源系统需要将不同类型的可再生能源技术（如风能、太阳能、水能等）集成到一个统一的系统中，这要求高度的技术协调和能量管理。不同能源的输出特性各异，如风能和太阳能的间歇性和不可预测性，使得系统设计和管理变得复杂。确保各种能源技术之间的有效协同工作，以实现最佳的能源生产和利用效率，是一个技术挑战。可再生能源的波动性要求混合能源系统配备有效的能量存储解决方案，以便在能源供应过剩时存储能量，在需求高峰或能源供应不足时释放能量。目前，能量存储技术（如电池、压缩空气储能、抽水蓄能等）的成本仍然较高，且存储效率和寿命有限，这限制了混合能源系统的经济性和可靠性[4]。混合能源系统的可靠性是确保稳定供电

的关键，由于可再生能源的间歇性和不可预测性，系统可能会面临能源供应不足的风险。此外，不同能源技术的故障可能会对整个系统的运行产生连锁反应。因此，设计高可靠性的混合能源系统，确保在任何情况下都能提供稳定的能源供应，是一个重要挑战。尽管可再生能源技术的成本在逐渐下降，但混合能源系统的建设和运营成本仍然较高。投资回报周期长，且需要大量的初始投资[5]。

3 混合能源海上发电平台设备配置与运行策略

3.1 材料选择与应用

材料选择在混合能源海上发电平台的优化设计中至关重要，直接关系到平台的稳定性、运行效率及长期经济性。面对海洋环境的严酷挑战，如高盐度、强腐蚀性和持续的风浪冲击，材料的选择必须兼顾高强度、优异的耐腐蚀性和良好的热稳定性。不锈钢、钛合金等高性能金属材料成为首选，它们不仅能够有效抵御海水侵蚀，还具备出色的机械性能，确保平台在极端条件下依然稳固可靠[6]。同时，考虑到混合能源系统的复杂性和多样性，工程师还需关注材料的兼容性和可加工性，以确保不同能源组件间的无缝对接和高效协同。此外，成本效益分析不可或缺，需精心平衡高性能材料与项目预算之间的关系，采用性价比最优的材料组合方案，既满足技术需求又控制投资成本。通过精准选材，混合能源海上发电平台得以在恶劣海洋环境中稳定运行，持续为人类社会提供清洁、可靠的能源供应。

3.2 结构设计与分析

结构设计是设备优化设计的关键环节，它涉及如何将材料以最优的方式组合起来，以承受预期的载荷和环境条件。结构设计的目标是创造出既安全又高效的设备，同时最大限度地减少材料的使用，降低成本。为了实现这一目标，工程师需要进行详细的结构分析，以确保设计的可靠性和有效性。结构分析通常涉及使用先进的计算工具，如有限元分析（FEA），来模拟设备在实际工作条件下的行为。FEA是一种数值方法，它将复杂的结构分解成大量的简单元素，然后通过求解这些元素的力学方程来预测整个结构的响应。这种方法可以用来评估结构的应力分布、变形、振动和疲劳寿命等关键参数。通过结构分析，工程师可以识别出设计中的潜在弱点，并进行相应的优化。例如，在汽车设计中，工程师可能会发现某些部件在碰撞测试中表现不佳，通过FEA分析，他们可以调整这些部件的形状和材料，以提高其吸能能力和整体安全性。

3.3 预测分析与优化调度

在混合能源海上发电平台的结构设计中，工程师需精心策划，确保平台能够承受极端海洋环境的考验，同时实现高效能源转换与传输。结构设计不仅关乎平台的安全性，还直接影响其运行效率和成本效益。利用有限元分析（FEA）等先进工具，工程师能够精确模拟平台在风浪、海流等复杂条件下的受力情况，评估结构的应力分布、变形及疲劳寿命，从而提前发现并解决潜在的设计弱点。针对混合能源系统的特殊要求，结构设计需考虑不同能源模块（如风力发电机、光伏板、储能装置）之间的协同作用与空间布局，确保能量流动的顺畅与高效。同时，还需注重结构的轻量化设计，以减少材料消耗和运营成本，同时保证足够的强度和刚度以抵御恶劣海况。通过不断优化结构设计，混合能源海上发电平台能够在保障安全稳定的基础上，实现能源的最大化利用，为海洋能源开发提供强有力的支撑[7]。

3.4 分布式能源资源管理

在混合能源海上发电平台中，分布式能源资源管理（DERM）扮演着核心角色，它融合了风力发电、光伏发电、储能系统及智能控制等多种技术，实现了能源的高效整合与灵活调度。该平台作为一个微电网的典范，不仅能够自给自足地满足电力需求，还能在主电网故障时提供应急电力，保障海上作业的连续性和安全性。DERM通过集成先进的能量管理系统（EMS），实现了对各类DER的精准控制与协同优化。EMS能够实时监测风能、太阳能的生成情况，以及储能系统的充放电状态，根据海上作业的电力需求动态调整能源输出，确保供需平衡。同时，EMS还具备智能预测功能，能够基于历史数据和气象预报，提前规划能源生产和存储计划，提升能源利用效率和经济性[8]。对于混合能源海上发电平台而言，DERM的应用不仅提升了能源系统的整体效率和可靠性，还降低了对外部电网的依赖，增强了系统的独立运行能力。这种灵活、高效的能源管理模式，为海洋能源开发提供了有力支持，推动了绿色、可持续的海上能源发展。

3.5 能源效率与行为改变

在混合能源海上发电平台的广阔舞台上，能源效率与行为改变的交响曲尤为响亮且意义深远。该平台不仅是技术创新的前沿阵地，更是实践高效能源利用与可持续发展理念的典范。高效能源技术的运用，如

同为平台注入了不竭的动力。风力发电机与光伏板的精准布局与高效运作，加之智能储能系统的灵活调度，共同编织了一张绿色能源供给网，实现了能源从捕获到储存的每一个环节都充满智慧与效率。但这仅仅是开始，真正的能效提升还需依赖于人的因素——运维团队的行为改变。运营商深知，人的智慧与努力是技术发挥最大效用的关键。因此，精细化管理成为推动行为改变的重要抓手。通过专业培训，运维人员不仅掌握了高效运维的精髓，更树立了节能减排的责任感与使命感。他们开始主动探索并实施节能措施，从细微处入手，不断优化设备调度策略，提升设备维护水平，力求将每一分能源都用在刀刃上。而大数据分析技术的应用，则如同为平台装上了一双慧眼。它能够实时监测并分析能源使用情况，精准识别出能源消耗中的热点与瓶颈，为后续的能效提升提供了科学、客观的数据支撑。这种基于数据的决策方式，不仅让能效提升有据可依，更让运维团队的工作更加精准高效。最终，混合能源海上发电平台以其卓越的能效表现与积极的行为改变，成为海洋能源行业中的一颗璀璨明珠。它不仅为海洋能源开发树立了新的标杆，更为全球能源转型和可持续发展贡献了宝贵的经验与力量。

3.6 环境影响与可持续性

在混合能源海上发电平台的规划与运营中，环境影响与可持续性是不可忽视的关键因素。该平台通过整合清洁能源技术，如风能和太阳能，显著减少了化石燃料的依赖和温室气体排放，对缓解全球气候变化具有积极意义。同时，平台的设计、建设和维护过程中，需严格遵守环保法规，采取最小化生态影响的措施，如合理规划安装位置以减少对海洋生态的破坏，使用环保材料以减少对海洋环境的污染。此外，平台还应考虑其运营周期结束后的可持续性，包括设备的回收与再利用、废弃物的无害化处理等。通过构建闭环的循环经济体系，实现资源的最大化利用和废弃物的最小化排放，为海洋生态保护贡献力量。综上所述，混合能源海上发电平台在推动能源转型的同时，也致力于实现环境友好与可持续发展，为构建绿色、低碳的未来海洋能源体系奠定坚实的基础。

3.7 技术创新与未来发展

技术创新是推动混合能源海上发电平台持续发展的关键驱动力，随着材料科学、信息技术、人工智能等领域的不断进步，该平台正迎来前所未有的发展机遇。新型高效能材料的研发，将进一步提升发电设备的性能和寿命；智能控制系统的升级，将实现能源的更精准调度和优化管理；远程监控与故障诊断技术的应用，将提高运维效率和安全性。未来，混合能源海上发电平台将更加注重系统集成与协同优化，通过构建多能互补、智能互动的能源网络，实现能量的高效转换与灵活存储。同时，平台还将积极融入全球能源互联网，促进跨区域、跨国界的能源共享与交易，推动全球能源体系的深刻变革。总之，技术创新将不断推动混合能源海上发电平台向更高效、更智能、更可持续的方向发展，为人类社会提供更加清洁、可靠的能源解决方案。

4 结束语

混合能源海上发电平台将成为推动全球能源转型和海洋经济绿色发展的新引擎。随着技术的不断进步与成本的持续优化，这些平台将更加智能化、高效化，不仅能够灵活应对海洋环境的挑战，还能实现风能、波浪能、潮汐能乃至太阳能等多种可再生能源的互补融合，最大化资源利用效率。同时，它们将为偏远海岛、海上作业平台及未来海洋城市提供稳定、清洁的电力支持，促进能源结构的多元化与可持续发展。我们坚信，在全球共同应对气候变化、追求低碳的道路上，混合能源海上发电平台将扮演重要角色，开启人类利用海洋资源的新篇章。

参考文献：

[1] 徐进伟.海洋平台应急发电机间布置设计[J].石油和化工设备,2021,24(12):103-106.
[2] 邓子伟,张开升,赵波,等.小型风浪互补发电平台关键参数优化方法研究[J].太阳能学报,2021,42(10):408-414.
[3] 张兴,周炳,司江舸,等.一种海上平台发电机组仪表系统数字化改造设计方案[J].船舶标准化工程师,2021,54(02):79-81.
[4] 肖立娟.海上发电平台电缆防火封堵研究[J].建筑经济,2020,41(S2):328-330.
[5] 何富桥,李振宇,杨荣峰,等.海上平台新能源单元主动式虚拟直流电机技术[J].船舶工程,2020,42(10):90-96.
[6] 马仲麟,熊至宜,李涛,等.海洋平台发电机组通风散热的数值模拟[J].化工机械,2020,47(04):503-507,537.
[7] 王艳红,平朝春,尚超.海上平台多类型发电机组暂态稳定性研究[J].石油和化工设备,2020,23(06):35-42.
[8] 陈瑞宝.临时电站在海上平台的应用分析[J].科技创新与应用,2020(11):163-164.

海洋石油平台电气设备安全影响因素及设计应对措施

崔庆伟

（中海石油（中国）有限公司天津分公司，天津 300459）

摘 要 海洋石油平台作为现代能源开采的关键设施，承载着复杂而高风险的油气开采作业。电气设备在这些平台上的稳定运行直接关系到生产效率、人员安全和环境保护。然而，海洋环境的极端条件、设备自身的限制以及操作维护不当等因素，构成了电气设备安全的重大挑战。本文探讨了影响海洋石油平台电气设备安全的内外部因素，并提出相应的设计措施，以期为海洋石油平台电气设备的设计和管理提供理论指导，也为保障海上油气开采作业的安全性提供实践参考。

关键词 海洋石油平台；电气设备安全；外部环境因素；设备本身因素；人为因素

中图分类号：TE95 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0010-03

随着全球能源需求的不断增长，海洋石油平台作为能源开采的重要组成部分，其安全稳定运行对于保障能源供应和国家能源战略具有重大意义。电气设备作为海洋石油平台的核心组件之一，其安全运行直接关系到整个平台的稳定与作业效率。然而，海洋石油平台所处的特殊环境，包括高湿度、盐雾腐蚀、温度波动以及风暴等自然现象，对电气设备的可靠性和寿命构成威胁。此外，设备老化、不当的安装与维护，以及人员操作失误，也是导致电气安全问题的常见原因。电气设备故障不仅可能导致生产中断，更严重的是可能造成人员伤亡和环境破坏。因此，深入研究影响海洋石油平台电气设备安全的因素，并提出相应的设计措施，对于提升海上油气开采作业的安全性和经济效益具有重要意义。本文立足于海洋石油平台电气设备安全领域的现状和需求，全面探讨了影响电气设备安全的内外部因素。在此基础上，针对性地提出了电气设备选型与布局、防腐蚀与抗恶劣环境设计、电气保护与监测系统设计等方面的设计措施[1]。

1 电气设备在海洋石油平台中的作用分析

电气设备是海洋石油平台正常运转不可或缺的部分。（1）电力供应：通过发电机和配电系统，为平台提供稳定可靠的电力来源，支撑所有电气设备的运行；（2）控制与自动化：利用控制系统实现对钻井、采油、生产和生活设施的自动化控制，提高效率并减少人工干预；（3）安全监控：通过传感器和监测系统实时监控平台状态，包括压力、温度、气体浓度等关键参数，及时预警潜在危险；（4）通信与导航：保证平台与陆地控制中心之间的信息传输，以及平台间的通讯联络，同时提供精确的定位和导航服务。电气设备的高效运行直接关系到平台的安全、生产效率和人员福祉，因此其设计、安装和维护都必须遵循严格的标准和规范。

2 影响海洋石油平台电气设备安全的主要因素

2.1 外部环境因素

2.1.1 高湿度和盐雾腐蚀

海洋环境中含有高浓度的盐分，盐雾沉积在电气设备表面，加速金属部件的腐蚀，特别是对于铜、铝、铁等材料，腐蚀速度显著加快，导致设备结构强度下降，接触点氧化，增加电阻，降低设备的可靠性和使用寿命；高湿度下，空气中的水分会在电气设备的绝缘材料表面凝结，降低绝缘性能，增加漏电和短路的风险。同时，湿度还会加速金属部件的锈蚀过程，影响设备的机械性能。

2.1.2 风暴和海浪的物理冲击

强烈的风暴和汹涌的海浪会产生巨大的物理冲击力，可能导致电气设备的物理损坏，如电缆撕裂、设备位移、外壳破裂等，直接影响设备的正常运行。持续的风浪作用下，平台会发生振动，这种振动可能会导致电气连接松动，增加接触不良的风险，严重时可能导致设备失效。

2.1.3 温度变化对设备性能的影响

温度变化会导致金属材料的热胀冷缩，特别是在温差较大的情况下，这种变化可能引起设备内部结构

的应力集中，长期作用下可能导致材料疲劳，甚至设备损坏。温度的波动还会影响绝缘材料的性能，如橡胶、塑料等，在高温下可能变软，在低温下可能变脆，降低绝缘性能，影响电气设备的稳定性和安全性[2-4]。

2.1.4 可燃性油雾与油气的存在

海洋石油平台上的设备和管道中常常存在可燃性油雾和油气，一旦泄露或溢出，遇到电气设备产生的火花或高温，极易引发火灾或爆炸事故，对人员和设备构成重大威胁。油雾和油气的沉积还可能覆盖在电气设备的散热片、风扇等部位，影响散热效果，导致设备过热，缩短使用寿命。

2.2 设备本身因素

2.2.1 设备老化与绝缘电阻能力下降

随着电气设备使用时间的增长，其内部元件和材料会逐渐老化。这种老化可能表现为材料脆化、弹性降低、绝缘性能下降等。特别是在海洋环境中，高湿度、高盐雾等恶劣条件会加速电气设备的老化过程；绝缘电阻能力是电气设备安全运行的重要指标之一。然而，随着设备老化，其绝缘材料可能会逐渐失去原有的绝缘性能，导致绝缘电阻能力下降。这会增加电气设备漏电、短路等故障的风险，严重威胁平台的安全稳定运行。

2.2.2 设备设计与制造的缺陷

电气设备的设计缺陷可能包括结构不合理、材料选择不当、散热性能差等。这些问题在设备使用过程中会逐渐暴露出来，影响设备的性能和寿命。特别是在海洋环境中，设计缺陷更容易导致设备故障和安全事故的发生；制造过程中的问题，如工艺控制不严、材料质量不达标等，也可能导致电气设备存在潜在的安全隐患。这些缺陷在设备使用过程中会逐渐显现出来，对设备的性能和寿命产生负面影响。

2.2.3 设备维护与检修的不足

电气设备的维护与检修是确保其安全稳定运行的关键环节。然而，在实际工作中，由于各种原因（如人员不足、技术水平低、责任心不强等），电气设备的维护与检修工作往往得不到足够的重视和有效执行。维保工作的不足会导致电气设备的故障和隐患得不到及时发现和处理，从而增加安全事故的风险。此外，维保工作的不足还会影响电气设备的性能和寿命，增加平台的运营成本和风险。

2.3 人为因素

2.3.1 操作不规范与误操作

在海洋石油平台的日常运营中，操作人员可能因为疏忽、疲劳或对设备不熟悉而偏离规定的操作程序，比如在进行电气设备的维护或检查时，未按照标准操作流程断电和接地，导致触电风险增加；误操作可能是由于操作人员对设备的控制面板、开关或指示器的理解错误造成的。例如，错误地启动了不应运行的设备，或是调整了不应该改变的参数设置，这些都可能导致设备过载、短路或其他故障，甚至触发连锁反应，造成更大的事故。

2.3.2 管理不善与安全意识淡薄

管理层若未能有效实施和执行安全制度，如定期安全检查、事故预防措施和紧急响应计划，可能导致工作人员在无防范的环境下工作，增加了事故发生的可能性；缺乏定期的安全教育和意识强化活动会导致工作人员对电气设备的安全操作认识不足，可能会错误地评估风险或在出现潜在危险时采取错误的应对措施；在某些情况下，如果管理层对违规行为默许或未能及时纠正，会向工作人员传递出消极的信号，弱化整个平台的安全文化，降低了安全操作的优先级别[5]。

2.3.3 培训不足与技能欠缺

工作人员如果未接受足够的基础和专业知识培训，将无法充分理解他们所操作的电气设备的工作原理、操作要求和潜在风险，从而无法有效地执行任务；技能培训的缺失或不足意味着工作人员可能无法熟练地进行设备操作和维护，这不仅降低了工作效率，也增加了因操作不当导致设备损坏或发生安全事故的风险；在面对突发事件时，如果工作人员没有接受过适当的应急处理培训，可能会手足无措，无法迅速有效地采取措施控制事态，这在高风险的海洋石油平台上尤为危险。

3 海洋石油平台电气设备安全设计措施

3.1 环境适应性设计

3.1.1 选择耐腐蚀的材料与涂层

在设备设计中优先选择具有优异耐腐蚀性能的材料，如不锈钢、镍基合金或钛合金，这些材料能在海洋环境中保持良好的结构完整性和电气性能；在设备表面涂覆一层防腐涂层，如环氧树脂、聚氨酯或氟碳涂料，可以有效阻止盐雾和湿气对金属表面的侵蚀，延长设备的使用寿命。

3.1.2 设计合理的密封与防护结构

采用密封圈、密封胶或密封板等手段，确保电气设备内部不受外界环境影响，特别是防止海水、盐雾和湿气的侵入，避免电气短路或腐蚀；根据 IEC（国际电工委员会）标准，设备应设计达到 IP67 或更高防护

等级，以抵御尘埃和水的侵入，确保在恶劣环境下也能保持正常运行。

3.1.3 增设环境监测与预警系统

安装温湿度传感器、盐雾探测器和风速计等环境监测设备，实时监控周围环境变化，提前预警可能对电气设备造成威胁的环境因素；开发智能预警系统，当监测到环境参数超出安全范围时，系统自动发送警报给操作人员，以便及时采取措施，如调整设备运行模式或进行必要的维护。

3.2 设备性能提升

3.2.1 优化设备结构与功能

采用模块化设计，使设备易于维护和升级，同时也方便在故障时快速更换特定模块，减少停机时间和维护成本；增加冗余设计，以确保在某个组件故障时，系统仍然能够维持基本功能，提高整体的可靠性；设计高效的冷却和通风系统，确保设备在高负荷和高温环境下能够有效散热，避免过热导致的性能下降和故障。

3.2.2 提高设备的安全性能与可靠性

对于在潜在爆炸性环境中运行的设备，采用防爆设计，以防止设备故障时产生火花，引发爆炸；集成过载保护功能，如断路器和保险丝，以防止设备因过载而损坏，同时保护电路免受过流和过压的损害；内置故障自诊断系统，能够自动检测设备的异常状态，及时报警并提供故障信息，帮助操作人员快速定位和解决问题[6-8]。

3.2.3 引入先进的监测与诊断技术

利用物联网技术，实现实时远程监测电气设备的运行状态，如电流、电压、温度等关键参数，提前预测潜在故障；安装振动分析、红外热像仪等状态监测设备，定期或连续监测设备的健康状况，识别早期故障迹象，进行预防性维护；应用AI算法和大数据分析技术，对收集到的设备运行数据进行深入分析，预测设备寿命和维护需求，实现智能化的资产管理。

3.3 人为因素控制

3.3.1 加强操作人员的培训与考核

定期为操作人员提供电气安全操作、应急响应、设备维护等方面的培训，确保他们掌握必要的知识和技能；组织模拟操作和应急演练，使操作人员能够在仿真环境中练习应对各种可能的情况，提高实际操作能力和应急处理能力；实施严格的考核制度，对操作人员的专业技能进行定期评估，只有通过考核的人员才能上岗操作，必要时颁发相应的资格证书。

3.3.2 完善管理制度与操作规程

制定详细的电气设备操作规程，包括开机、关机、维护、故障处理等步骤，确保所有操作都有据可依，减少随意性和误操作；建立健全的安全管理体系，包括安全目标设定、风险评估、安全审核、事故调查和整改措施等，形成闭环管理；建立与安全表现挂钩的绩效评价体系，对遵守安全规定、发现和报告隐患的人员给予奖励，反之则有相应的惩罚措施。

3.3.3 提高安全管理水平与安全文化建设

管理层应明确表达对安全的重视，通过言行一致的方式树立安全榜样，推动安全文化建设；鼓励所有员工参与到安全管理中来，定期召开安全会议，听取员工意见，共同讨论和解决安全问题；举办安全主题的活动和竞赛，如安全知识竞赛、最佳安全实践分享会等，提升员工的安全意识和参与感[9]。

4 结束语

海洋石油平台电气设备的安全设计是确保海洋石油开采工作顺利进行的重要保障。针对影响电气设备安全的因素，我们应从环境适应性设计、设备性能提升和人为因素控制三个方面入手，采取一系列有效的设计措施，以提高电气设备的安全性和可靠性。同时，我们还应加强安全管理和安全文化建设，确保设备在运行过程中得到充分的保护和维护，降低安全事故的发生率，为海洋石油开采工作提供坚实的保障。

参考文献：

[1] 徐建华.海上石油平台防爆电气设备的安全问题[J].化工管理,2023(23):97-99,109.
[2] 刘云飞.电气设备监测管理系统在海洋石油平台的设计及应用[J].石油和化工设备,2022,25(09):47-49.
[3] 陶思亮.海洋石油平台电气设备安全管理探究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(21):83-85.
[4] 杨平.提高海洋石油钻井平台电气设备安全性的措施[J].工程建设与设计,2020(12):196-197.
[5] 葛勇.浅析海洋石油平台电气设备安全设计措施[J].石化技术,2020,27(03):162-163.
[6] 韩立超.海上石油钻井平台电气设备安全管理问题[J].设备管理与维修,2019(01):41-42.
[7] 唐乾伟.海洋石油钻井平台电气设备安全探究[J].化工设计通讯,2017,43(04):182,188.
[8] 张群,杨洪所,胡双.浅议海洋石油钻井平台电气设备的安全问题[J].化工管理,2017(17):237.
[9] 范志锋.海洋石油钻井平台电气设备安全探究[J].化工管理,2016(25):193.

冷却剂丧失事故工况下压水堆燃料组件堆外鼓胀爆破试验综述

崔 超[1]，韩智杰[2*]，关玺彤[2]

（1. 中国原子能工业有限公司，北京 100032；
2. 中国原子能科学研究院，北京 102413）

摘 要 冷却剂丧失事故（LOCA）在反应堆安全分析中占有重要的地位，燃料组件需要保证在事故下堆芯的可冷却性，进行LOCA工况下各类试验研究的重要性不言而喻。目前，国内已进行了较为系统的LOCA工况下锆包壳单棒鼓胀爆破堆外试验研究，但尚未进行完备的组件试验，相关的组件试验方法还有待探索。综述通过调研国外经典的LOCA工况下组件堆外鼓胀爆破试验，学习相关试验方法，掌握试验技术，旨在为后续将要进行的国内新型燃料组件堆外鼓胀爆破试验打下基础。

关键词 LOCA；鼓胀爆破；燃料组件；流动阻塞

基金项目：中核集团青年英才项目（中核科发[2022]379号）“失水事故条件下压水堆燃料组件可冷却行研究”资助。

中图分类号：TL3 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0013-03

1 研究背景

大破口失水事故现象复杂，后果严重，在反应堆安全分析中占有重要地位。LOCA事故过程中，燃料包壳内外压差发生剧烈变化，同时由于传热恶化以及燃料中储存的能量和衰变功率的释放，导致包壳温度迅速上升，在一定温度下将会发生鼓胀爆破，致使放射性气体释放[1]。LOCA事故条件下需要满足的要求包括：（1）保持可冷却的几何形状；（2）保持长期冷却能力[2]。在典型的失水事故热工水力条件下，反应堆燃料组件棒束的可冷却几何形状是失水事故研究的关键问题之一，多个国家开展了相关试验研究。

事故分析程序中的LOCA分析模型来源于NUREG-0630[3]法规中的鼓胀爆破模型。该模型通过爆破压力得到爆破温度，进而得到爆破应变与流动阻塞率。报告中给出的LOCA鼓胀爆破模型来源于国外大量的试验数据，这些原型数据大部分是堆外单棒鼓胀爆破试验给出的，但后续研究也表明，组件试验得到的结果与单棒试验结果会略有差异，继续进行组件试验是有必要的。

本文通过调研国外LOCA工况下组件的鼓胀爆破试验方法，总结了进行相关试验时的试验技术，并明确了试验中的一些特有的现象，为国内开展相关研究提供参考。

2 国外相关试验研究

2.1 NUREG-0630报告模型

NUREG-0630报告中主要介绍了爆破温度与工程环向应力、爆破应变与爆破温度和流动阻塞与爆破温度的关系。本部分主要介绍与组件试验相关的流动阻塞。流动阻塞定义为棒束的横截面流动面积减少的百分比。由于阻塞数据的稀缺性，该报告从单棒爆破应变中导出组件阻塞，然后将结果与组件数据进行比较以进行验证。爆破应变和棒束阻塞之间的经验关系如图1所示。

平均共面棒应变与爆破应变的关系由组件的大小决定，组件越大，爆破位置位于同一水平面的可能性就越小。对于小组件（如4*4），平均共面棒应变取爆破应变的0.56倍，对于大组件，平均共面棒应变取爆破应变的0.46倍。

2.2 REBEKA多棒组件试验

REBEKA多棒组件试验采用不同的试验棒束：R-1至R-4和REBEKA-M为5×5排列的棒束，R-5至R-7为7×7棒束。采用基于德国压水堆燃料棒设计的内部电加热

*本文通讯作者，E-mail：mr_hanzhijie@163.com。

全长模拟棒，并在与燃料组件相对应的位置上装有8个定位格架。将试验棒束包容在一个未加热的薄护罩内。

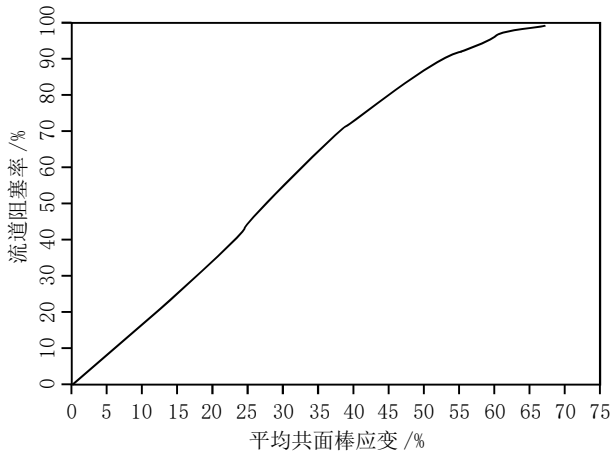

图1 流动阻塞与平均共面棒应变的关系

在这些试验中，设定了热工水力条件以模拟德国压水堆常见的典型再淹没条件（在冷热两端都进行注水）。因此，升温过程（大约7 K/s）是在向下流动的蒸汽（大约2 m/s）中进行的，直到达到预期的温度水平，然后根据所研究的情况在向上或向下注水的情况下进行再淹没。

REBEKA多棒组件试验的一个主要特点是选择代表德国KWU压水堆设计（冷热两端安注）的再灌水/再淹没的特定热工水力条件。这种条件有利于棒温度的轴向非均匀性，因此最大应变高度的轴向扩展限制了流动阻塞的程度。在这样的条件下，棒之间的机械相互作用是非常微弱的，并且棒束大小的影响（R-5的结果与R-3的结果相比）也是很微弱的，这不同于美国橡树岭国家实验室（ORNL）的MRBT实验。

尽管导向管的存在会在相邻的棒上产生周向温差，但并不会导致爆破应变和流动阻塞的降低，甚至爆破应变与流动阻塞会增加。导向管与相邻变形棒之间的机械相互作用中断了相邻棒的不对称应变（“热侧伸直效应”）并重新均匀化了周向温度场[4]。

2.3 ORNL-MRBT多棒试验

1977年至1981年，ORNL对不同结构形式的组件进行了6次MRBT（Multi-Rod Burst Tests）试验：

1. 试验B1、B2、B3为4×4组件试验。

2. 试验B4为6×6组件试验（出现故障，未详细说明）。

3. 试验B5和B6为8×8组件试验。

所有这些试验都是在蒸汽流量很低的环境下进行的。试验棒内部有电加热元件，与单棒试验中使用的电加热元件相同，具有相同的加热长度（0.915 m），经过加压，四根热电偶焊接在包壳内表面上。定位格架包括560 mm下部格架和345 mm上部格架。

MRBT试验的主要目的是研究在有利于大变形的传热条件下，组件大小以及热工和机械边界条件对爆破应变和流动阻塞的影响。主要结果表明，在一个大的组件中内部棒的应变导致相邻棒之间的机械相互作用，显著地改变爆破前变形的发展空间，即使这些相互作用对爆破温度和应变的影响有限。鼓胀棒在变形过程中被别的燃料棒所限制，将会导致棒的变形沿着轴向扩展，从而导致更大的体积膨胀和轴向范围更大的阻塞区域，这也导致了单棒实验结果与棒束实验结果之间存在偏差。实际事故下的流动阻塞可能会因在小型无约束组件上的试验结果而被低估[5]。

2.4 JAERI组件试验

20世纪70年代末至80年代初，在日本原子能研究院JAERI采用7×7小组件进行了多棒试验。栅格结构与日本15×15压水堆燃料组件相同。小组件的加热长度为0.9 m，内部加压范围为20～70 bar，由两个定位格架进行支撑[6-7]。

7×7小组件试验采用了三种不同的外边界条件，并连续开展了三个系列试验，试验组件结构情况如图2所示。

1. 系列Ⅰ（试验5～8）：紧密配合的带未加热护罩的试验。

2. 系列Ⅱ（试验9～14）：32个未加压的外环加热棒保护下的小组件试验。

3. 系列Ⅲ（试验15～24）：未加热护罩结合由32个保护加热棒组成外环的小棒束试验。

试验是在流量很低的蒸汽环境下进行的，该热工水力条件有利于产生较大的应变。通过比较第二个和第三个系列的结果，可以得出未加热护罩对变形的影响。在最后一系列的对比试验中也研究了控制棒导向管对变形的影响。最后一系列试验的主要目的是研究棒束实际边界条件对子通道中棒变形的限制影响。

JAERI组件试验提供的重要结果涉及控制棒导向管的存在的影响：在大多数情况下，尽管冷导向管引起周向温度梯度，但导向管附近棒的变形不低于其他棒，而且棒束截面的流动阻塞甚至略有增加，轴向上也进一步扩展。由于导向管的直径较大，变形的相邻棒在爆破前以中等应变（约20%）发生接触。这种较早的接

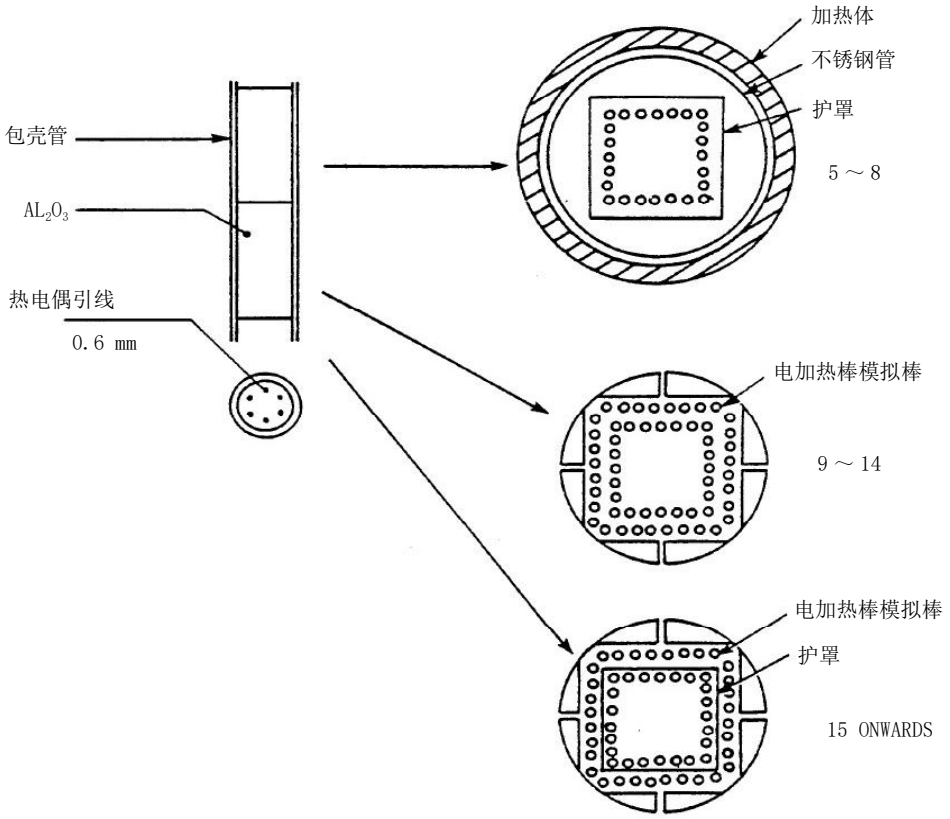

图 2 试验组件结构情况

触导致应变传递到棒圆周的其他部分，从而使周向温度场均匀化，导致变形的轴向扩展。

综上所述，棒束中的棒间机械相互作用（尤其是与导管向的相互作用）可能导致爆破应变和流动阻塞的增加。因此可以得出结论，在棒束内燃料棒之间显著机械相互作用的影响下，基于单棒的试验将无法真实地评估爆破应变的空间分布和所导致的流动阻塞。

3 结束语

本文通过调研国外的 LOCA 工况下堆外组件鼓胀爆破试验，明确了组件试验的试验方法，为掌握组件试验的相关试验技术奠定了理论基础，为后续进行国内组件试验提供了参考依据，为燃料组件流动阻塞率研究提供了支撑。

参考文献：

[1] 朱继洲，悉树人，单建强，等.核反应堆安全分析[M].西安：西安交通大学出版社，2000.

[2] Acceptance Criteria for Emergency Core Cooling Systems for Light-Water Nuclear Power Reactors[S].U.S.Code of Federal Regulations,Title 10,Part 50,Section 46.1974.

[3] Powers D. Cladding swelling and rupture models for LOCA analysis[J].Journal of Nuclear Science and Technology, 1980(04):128.

[4] Wiehr K, Erbacher F J, Neitzel H J. Influence of a cold control rod guide thimble on the ballooning behaviour of zircaloy claddings in a LOCA[C]//Proceedings of a CSNI specialist meeting on safety aspects of fuel behaviour in off-normal and accident conditions, Espoo, Finland, 1-4 September 1980,1981.

[5] Chapman R H, Crowley J L, Longest A W. Effect of bundle size on cladding deformation in LOCA simulation tests[M]// Zirconium in the Nuclear Industry. ASTM International, 1984.

[6] Suzuki M. Simulation test on interactions of zircaloy claddings deforming in fuel assembly under LOCA conditions[J]. Journal of Nuclear Science and Technology, 1983,20(06):475-490.

[7] Kawasaki S,Uetsuka H,Furuta T.Multirods burst tests under loss-of-coolant conditions[R].Journal of Nuclear Science and Technology,1983.

信息技术在建筑工程管理中的运用

郑 超

（韶关市山城水都建筑工程有限公司，广东 韶关 512000）

摘 要 信息技术在建筑工程管理中的应用日益广泛，极大地提高了工程管理的效率和质量。本文首先概述了信息技术在建筑工程管理中应用的背景和意义，随后详细阐述了信息技术在项目管理、成本控制、质量控制、安全管理和信息管理等方面的具体应用，并通过案例分析展示了其实际效果，探讨了信息技术在建筑工程管理中应用的挑战与发展趋势，以期为相关领域的研究和实践提供参考。

关键词 信息技术；建筑工程管理；项目管理；成本控制；质量控制

中图分类号：TU17 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0016-03

信息化时代信息技术已经成为社会进步与经济发展的主要动力。在建筑工程领域中，信息技术也得到了越来越广泛的运用，既提升了项目管理效率，又确保了项目质量与安全。文章对信息技术在建筑工程管理当中的应用进行探究，希望能够对有关方面的研究与实践有所帮助。

1 信息技术应用于建筑工程管理的背景及意义

将信息技术运用于建筑工程管理，其背景和意义是深远和重要的。在全球化、城市化进程加快的今天，建筑工程项目的规模越来越大、复杂度也与日俱增，传统工程管理模式已经很难适应现代建筑工程管理需要。在这样的背景之下，信息技术得到了迅速的发展与广泛的应用，给建筑工程管理造成了革命性的改变[1]。

一是信息技术大大提高了建筑工程管理效率与准确性。传统工程管理模式一般依靠人工操作与经验判断进行管理，易受人为因素干扰与制约。并利用信息技术，以自动化、智能化、数字化等方式，对工程信息进行快速采集、加工与分析，降低人为错误与遗漏，提升工程管理决策效率与准确性。比如项目管理软件的使用，能够对项目进度、资源以及成本等进行实时追踪，对项目计划进行适时调整与优化，保证项目按预定目标与要求顺利实施。

二是信息技术运用于建筑工程管理有利于工程管理全面性与精细化。建筑工程管理涵盖的内容非常广泛，主要有项目管理、成本控制、质量控制以及安全管理等等，每一方面都需要有海量的数据以及信息作为支撑。信息技术通过构建统一信息平台与数据库来集中管理与共享工程信息，使各环节间信息流通更畅通、更有效，通过数据分析与挖掘，能够更精准地掌握工程管理中的关键环节及潜在风险，从而为管理决策的制定提供科学依据[2]。与此同时，信息技术也能够实现对工程管理进行实时监测与预警，发现问题及时采取措施保障工程安全与质量。另外，将信息技术运用到建筑工程管理当中也有利于增强企业竞争力与创新能力，信息化时代下企业间的竞争不只是产品与服务的较量，同时也是管理水平与创新能力的较量。企业通过信息技术的运用，能够建立起更高效、更灵活、更智能化的管理体系，从而提升管理效率与质量，减少管理成本，提升企业在市场中的竞争力。与此同时，信息技术也能够带动企业创新与发展，以技术创新与管理创新为手段，促使其在建筑工程领域中不断实现新突破与新进展。

2 将信息技术运用于建筑工程管理的方法

2.1 项目管理

就建筑工程管理而言，项目管理属于信息技术的一个主要应用领域，先进信息技术的引进使项目管理能够达到更加高效、准确、透明的运行[3]。例如，利用项目管理软件（如Microsoft Project、Primavera P6等），项目团队可以实时跟踪项目的进度、资源和成本情况。这类软件一般都具有较强的计划编制、进度控制、资源管理及风险管理等功能，可以帮助项目经理迅速地编制项目计划，并且通过数据的实时更新对项目计划进行及时的调整与优化。

以一个大型商业综合体工程为例，本工程运用先进项目管理软件对项目管理进行全面信息化管理。项目开始阶段项目团队使用该软件制定详细的项目计划，其中包括时间、资源及费用等配置。项目团队在项目执行期间，通过该软件对项目进度及费用进行实时追

踪，当检测到进度落后或者费用超支等问题后，可以快速采取调整措施。另外，该软件提供风险管理功能，有助于项目团队发现可能存在的风险因素和制定对策。运用项目管理软件后，该项目进度控制更准确，成本节约效果显著，工程顺利如期投运，受到客户好评。信息技术运用于项目管理也表现为项目沟通与合作，传统项目沟通方式一般采用邮件、电话或者会议等方式，具有信息传输效率不高、易发生错误等特点。并且使用项目管理软件之后，项目团队成员能够在同一平台中交流与合作，实现项目信息与数据的实时分享。该方法在提高沟通效率的同时，也能减少信息传递过程中出现的失误。同时，项目管理软件提供任务分配、进度跟踪等功能，使项目团队成员对工作任务、进度要求有一个明确的认识，以便更好地协同工作。

2.2 成本控制

成本控制是建筑工程管理的关键环节。信息技术的运用能够帮助企业进行更加细致、精准的成本控制。通过引入成本控制软件（如Oracle Cost Management、SAP ERP等），企业可以实时收集和分析项目成本数据，监控成本变动情况，并采取相应的措施进行成本控制[4]。

以一个住宅建设项目为例，本工程利用先进的成本控制软件对工程成本进行综合监测与管理。项目开始阶段项目团队使用该软件进行详细成本预算及计划编制。在项目执行阶段，该软件能够实时地搜集和解析项目的各种成本信息，包括材料成本、人力成本以及机械成本等。在检测到成本超支或者节约后，该软件可自动报警并给出相关成本控制建议。项目团队依据该软件所提供的信息及建议及时对成本控制策略进行调整，以保证项目成本处于预算内。另外，将信息技术运用于成本控制也表现为材料管理与供应商管理，通过对物料管理系统及供应商管理平台的利用，使企业能够实时了解物料库存情况、价格波动情况等，从而对物料采购进行精准控制与优化。同时企业也能与供应商之间建立密切的合作关系以达到信息共享、协同工作，提高采购效率，改善成本控制。

2.3 质量控制

就建筑工程管理而言，质量控制对于保证工程质量与安全具有至关重要的作用。信息技术的运用，能够帮助企业达到更加严格、更加全面的质量控制。通过引入质量控制软件（如Quality Center、JIRA等），企业可以建立全面的质量管理体系，实现质量数据的实时收集、分析和处理[5]。

以一个建筑建设项目为例，工程中使用先进的质量控制软件对工程质量进行综合监测与管理。在工程开始阶段，工程团队使用该软件建立详细质量计划及标准。该软件对工程实施期间的工程质量数据进行了实时采集与分析，主要包括材料检测、施工过程监控、质量检测，该软件能在检测到质量问题后自动报警并给出处理意见。项目团队依据该软件所提供的信息及建议及时采取了质量改进与控制措施。另外，信息技术用于质量控制也表现为施工过程监控与质量追溯，通过施工现场监控系统及质量追溯系统的介绍，实现了企业对施工过程及质量的实时监控及质量问题的溯源与分析。该方法既能提升施工质量与安全水平，又能对企业质量改进与持续改进给予强有力的支撑。

2.4 安全管理

建筑工程管理当中，安全管理必不可少，它直接影响施工人员与现场环境，信息技术的引进，大大促进了安全管理工作的高效与有效。通过安全管理系统与工具的运用，使建筑工程项目能够达到实时监控，风险预警以及事故处理的目的，从而有效降低安全事故发生率。

以一幢高层办公楼工程为例，工程在安全管理方面运用先进信息化手段。首先，项目引入了智能监控系统，通过高清摄像头和传感器实时监控施工现场的每一个角落。该系统具有人脸识别和行为分析的功能，能对不戴安全帽和不穿反光背心的不规范行为进行自动识别并即时报警。另外，该系统能够对施工机械运行状态进行实时监测，当出现异常或者故障时，马上通知维修人员及时处理，以免安全事故的出现。在智能监控系统的基础上，本课题还将安全风险管理系统运用其中，本系统对历史事故数据进行了分析与挖掘，确定了常见安全风险因素并拟定了防范措施。同时该系统具有风险预警功能，可根据施工现场现状，对可能存在的安全风险进行预测和提前预警，使得项目团队能提前准备好并有效规避意外。信息化安全管理的推行使项目安全事故率明显降低。根据数据显示，与未进行信息化安全管理之前相比，该项目的安全事故发生率下降了大约30%。与此同时，工程施工进度与质量明显提高，受到业主与监理单位一致好评。总之，将信息技术运用于安全管理，既能提高管理效率，又能加强安全管理科学性与系统性。通过实时监控、风险预警及数据分析，项目团队可以及时发现并解决安全问题，保障施工现场安全与稳定。

2.5 信息管理

就建筑工程管理而言，信息管理为支持项目管理

全过程提供了依据。信息技术的普遍应用，使信息管理变得更有效、更方便、更精准。通过信息管理系统与工具的引进，使建筑工程项目能够集中存储，快速检索与实时共享信息，便于项目团队间合作与交流，如图 1 所示。

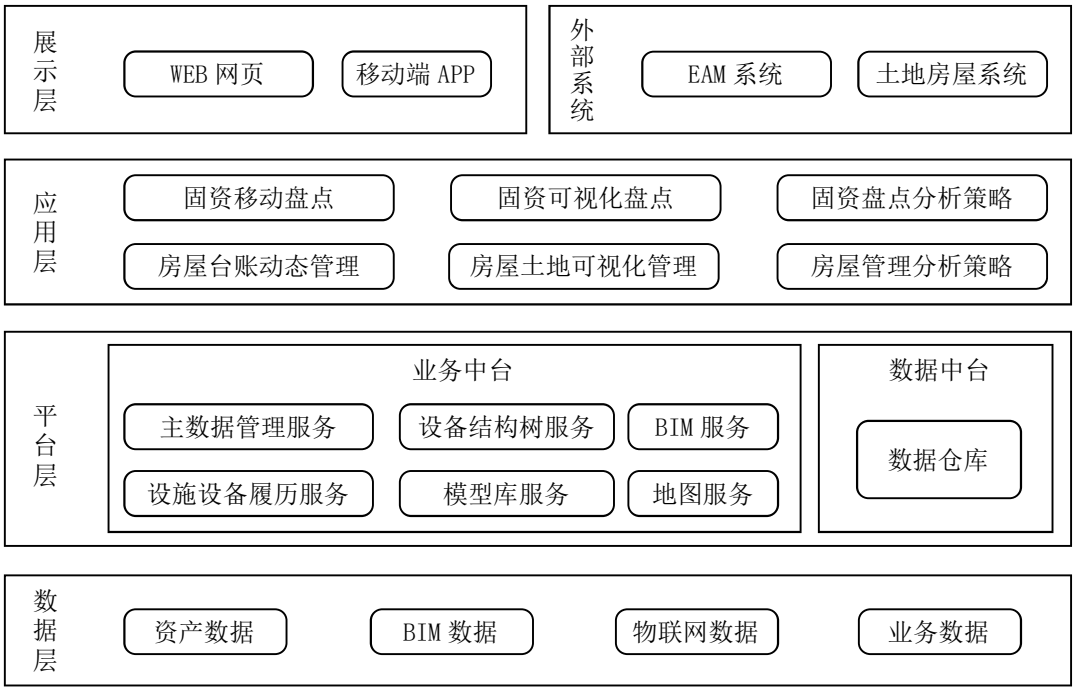

图 1 信息管理

以一个地铁建设项目为例，本工程在信息管理方面采用先进的信息管理系统进行管理。该系统将项目的各类信息（例如设计文件、施工图纸、合同文件）进行集中存储和管理，项目团队成员可以通过系统快速检索和查看所需信息。同时系统提供实时共享功能使项目团队成员可以在任何时间、任何地点对项目信息进行获取与更新，保证信息准确、及时。在进行信息存储与共享的同时，采用信息管理系统对文件进行自动化处理，该系统能自动识别与提取文件中合同金额、工期及其他关键信息，同时能自动产生相关报表及分析报告。这样既能提高文档处理效率，又能降低人为错误发生概率。实施了信息管理系统之后，该项目在文档处理方面的效率提升了大约 50%，同时信息的检索和共享所需的时间也显著减少了。同时，该系统自动化处理功能也降低了人为错误发生的概率，提高项目管理准确性与可靠性。另外，信息技术的运用也促进了项目团队间的合作与交流，项目团队成员通过该系统可实时掌握项目最新发展与动态，并及时进行沟通与探讨问题。这样既能提高项目团队协同效率，又能加强团队间信任与协作。同时系统提供项目管理知识共享与学习功能，使项目团队成员可以不断地学习并提高管理能力。

3 结束语

在现代建筑工程管理中，信息技术是一种重要的支持与动力，它的运用已渗透到工程管理中的每一个环节，包括项目管理与成本控制等，大到质量控制、安全管理、信息管理等都需要信息技术作为支撑。随着科技的发展与革新，信息技术会被更广泛、更深入地运用到建筑工程管理当中，从而给建筑工程行业提供更高效、更智能、更精细的管理方式。

参考文献：

[1] 孙百正，马壮壮 . 基于 BIM 技术的建筑工程信息集成与管理系统设计 [J]. 中国信息界 ,2024(01):59-62.
[2] 范巍 .BIM 技术在建筑工程施工现场管理中的应用 [J]. 建筑科技 ,2024,08(02):57-58,75.
[3] 张国静 . 计算机信息技术在建筑工程管理中的运用研究 [J]. 中华建设 ,2024(02):53-55.
[4] 孙源 . 信息化在建筑工程管理中的应用 [J]. 居舍 ,2020(36):121-122.
[5] 梁俊文 . 信息化在建筑控制工程中的应用 [J]. 四川水泥 ,2020(10):64-65.

水利工程管理中的信息化技术应用分析

严洋坚

（佛山市高明区荷城街道水利所，广东 佛山 528500）

摘 要 水利工程管理是保障水资源利用和工程运行安全的重要环节，而信息化技术的应用则为水利工程管理带来全新的发展机遇。本文将对水利工程管理中信息化技术的应用进行深入分析，探讨其对水利工程管理的意义和作用，旨在可帮助相关人员更好地掌握信息化技术在水利工程管理中的应用现状和发展趋势，为未来水利工程管理的提升和改进提供有益参考。

关键词 水利工程管理；信息化技术；施工管理；运维管理

中图分类号：TU17 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0019-03

水利工程管理中信息化技术应用对于提升工程管理效率和水资源利用效率具有重要意义。从监测与控制、设计与规划、施工管理到运维管理等各个方面，信息化技术的应用都能够带来显著的改善。随着信息化技术不断发展和创新，水利工程管理将迎来更加智能化、高效化和数字化的新发展，有助于提高水利工程安全性、稳定性和可持续性，为水资源管理和保护做出积极贡献。

1 水利工程监测与控制

对水利工程实时监控是保证水利工程安全高效运行的关键，通过使用传感器、数据收集设备和监测系统，传感器部署在水利项目不同位置，收集水位、流量、水质参数、环境条件等关键数据。传感器持续监测其参数，并将实时数据传输到中央监控系统，信息技术使传感器收集的数据无缝传输到集中监控系统，其数据可通过有线或无线网络传输，允许项目经理从远程位置访问实时信息。利用先进软件工具对收集到的数据进行实时分析，以识别水利工程范围内趋势、异常情况和潜在问题，数据分析有助于做出明智决定，并及时采取行动解决可能出现的任何问题。信息技术使项目经理能够从任何位置远程监控水利项目的状态和性能，实现对紧急情况快速响应、预测性维护和对项目操作的主动管理，除监测外，信息技术还可用于控制水利工程各个方面，自动控制系统可根据实时数据和预定义的参数调节水流，打开或关闭闸门，并激活泵。信息技术可通过编程，在水利工程中出现异常情况或紧急情况时产生警报、警报和通知，有助于确保快速反应和减轻潜在的风险，通过利用信息技术进行监控，水利工程可实现更高层次效率、安全性和可靠性，实时数据监测和分析，使项目经理能够优化资源，尽量减少停机时间，提高水利基础设施的整体性能[1]。

例如：在综合的水利工程监控项目中，精心部署各类传感器以实时监测长江上游水位、流量、水质参数以及环境条件，在10个主要水位监测点安装水位传感器，5个主要河道交汇处设置流量传感器，3个主要水源地配置水质参数传感器，并在15个关键气象和环境监测站放置环境条件传感器。传感器每秒更新一次数据，并通过5G无线网络高效传输至中央监控系统，数据分析显示，过去12个月的水位波动范围稳定在±0.5米内，系统已成功检测到3次异常水位上升事件，并提前2小时发出警报。通过数据模型，预测未来一周内长江上游水位将呈现上升趋势，该系统具备远程控制功能，能够基于实时水位数据自动调整3个主要闸门开启度，并在流量超过预设阈值时自动启动2个泵站进行泄洪，在紧急情况下，系统能迅速通过短信和邮件向项目经理发送警报通知，平均响应时间小于5分钟，这一项目实施显著减少了水利工程的停机时间（降低20%），提高了运营效率（提升15%），并显著增强了运行过程中的安全性。该项目不仅实现了对水利工程实时监控和控制，还通过数据分析和预测功能，提高了水利工程的运营效率、安全性和可靠性。

2 水利工程设计与规划

信息技术可创建水利项目详细模型，包括水资源、灌溉和排水系统和水力结构，其模型模拟不同场景，以优化设计参数，评估性能，并预测不同条件下的结果，IT系统可分析历史数据和水资源可用性，制定优化水资源调度方案。通过考虑需水量、可用性和分配等因素，IT工具可帮助为保护项目设计有效水资源管理策略，信息技术工具允许工程师设计和模拟水利工程的灌溉和排水系统。通过分析诸如土壤类型、作物需求和水

分可利用性等因素，IT系统可帮助优化系统布局、调整组件大小，并确保有效水分分配，GIS技术广泛应用于水利工程的设计和规划中。GIS能够将地形、土地利用和水文等空间数据整合到设计过程中，使得工程师可就选址、环境影响评估和基础设施规划做出明智决定，信息技术工具使工程师能够优化设计参数，提高水利工程的效率。通过进行模拟和分析，IT系统可识别出成本节约、资源优化和增强性能的机会，IT平台可促进项目利益相关者之间的协作，包括工程师、设计师、承包商和利益相关者，通过提供集中数据共享、信息更新交流和协调活动平台，IT系统有助于简化水利项目的设计和规划过程。

使用信息技术创建水利项目详细模型，能够模拟超过100种不同的场景，以评估各种条件下的性能，优化后设计参数能提升水利工程效率高达15%，通过分析历史数据和水资源可用性，应用信息技术制定水资源调度方案能够确保95%以上水资源得到有效利用。与传统方法相比，优化后水资源调度方案每年可节约水资源超过50万立方米，IT工具在设计和模拟灌溉和排水系统时，能够分析超过20种不同土壤类型和作物需求，通过优化系统布局和组件大小，IT系统能帮助提高水分分配的准确性，确保作物产量提高10%以上。GIS技术整合超过1 000平方公里地形、土地利用和水文等空间数据，为水利工程设计和规划提供精确的数据支持，使用GIS技术进行的选址决策，能够降低环境影响评估风险高达20%。通过信息技术工具进行模拟和分析，工程师能够识别出超过20个成本节约和性能增强的机会，与未使用信息技术项目相比，优化后的设计参数使水利工程建设成本降低12%，IT平台支持超过50个不同利益相关者协作，包括工程师、设计师、承包商等，通过使用集中的数据共享平台，项目设计和规划过程中信息更新交流效率提高30%。

随着信息技术的不断进步，其在水利工程设计与规划领域的应用也日益广泛，除上述提到的模拟和分析功能外，信息技术还能为水利工程提供更为智能和个性化的解决方案。利用人工智能（AI）和机器学习（ML）技术，水利工程师可训练模型来预测未来水资源需求、气候变化和灾害风险。这些预测模型能够根据实时数据调整参数，为水利工程提供动态管理策略，通过实时数据监测和分析，AI和ML技术可确保水利工程在面临突发情况时能够快速响应，减少潜在损失。虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术也为水利工程设计与规划带来了新的可能性。工程师可通过VR技术创建三维模型，模拟水利工程实际运行场景。该沉浸式体验使得工程师能够更直观地理解设计方案，并发现潜在问题，AR技术可将设计方案叠加到实际地形上，为工程师提供更为真实的参考依据。在水利工程的建设过程中，通过部署传感器和监控设备，IoT技术可实时收集水利工程的运行数据，并将其传输到中央控制系统进行分析，该实时监控和数据传输可确保水利工程稳定运行，并及时发现潜在的安全隐患。

3 水利工程施工管理

信息技术通过加强工程监测、质量控制和安全措施，信息技术使建设项目管理系统得以实施，简化项目规划、调度、预算和沟通，帮助项目经理跟踪进度、分配资源和实时监控性能，以确保项目保持在进度和预算范围内。无人机、传感器、智能摄像机等IT工具可用于监测水利工程的施工进度，提供关于现场条件、工作进度和资源利用实时数据，允许项目经理快速识别问题，做出明智的决策，并根据需要调整计划。信息技术通过实施数字化检测工具、质量监测系统和自动化报告机制，为水利工程建设中质量控制措施提供支持，其工具有助于确保施工活动符合设计规范、法规要求和行业标准，减少返工和提高项目质量。IT解决方案通过实施安全管理软件、培训模块和监控系统，可加强水利项目安全措施，其工具有助于识别潜在的危险，跟踪安全合规性，并实施纠正措施，以防止事故和保护施工现场工人的安全[2]。

某大型水利工程项目旨在提高地区水资源调配能力，改善灌溉和供水条件，项目涉及多个复杂的施工阶段，包括土方开挖、基础处理、混凝土浇筑、设备安装等，通过引入先进信息技术，实施全面项目管理系统。该系统整合项目规划、调度、预算和沟通等功能，帮助项目经理实时跟踪项目进度、分配资源和监控性能，系统显示，通过该技术，项目规划时间缩短20%，调度效率提高30%。利用无人机、传感器和智能摄像机等IT工具，对水利工程的施工进度进行实时监测，其工具提供关于现场条件、工作进度和资源利用的实时数据，使项目经理能够迅速识别问题，调整计划，使用其技术后，问题识别速度提高50%，响应时间缩短40%。通过实施数字化检测工具、质量监测系统和自动化报告机制，确保施工活动符合设计规范、法规要求和行业标准，其技术显著减少返工率，提高项目质量，实施其技术后，返工率降低35%，项目质量评分提高20%。利用安全管理软件、培训模块和监控系统，加强水利项目的安全措施，有助于识别潜在危险，跟踪安全合规性，并实施纠正措施，在安全方面，实施其技术后，事故率降低25%，员工安全满意度提高15%。通

过信息技术在水利工程施工管理中的应用，该项目取得了显著的成效，项目管理系统的实施能简化项目规划、调度、预算和沟通，提高工作效率。无人机、传感器和智能摄像机的应用可为项目经理提供实时数据，快速识别问题并调整计划，数字化检测与质量控制工具可确保施工活动的高质量完成，减少返工率。安全管理软件与培训模块实施可降低事故率，提高员工的安全意识，其技术应用不仅能确保项目按时按质完成，还能为水利工程的可持续发展奠定基础[3]。

信息技术能使施工文件数字化，包括计划、图纸、规范和报告，数字文档系统简化对项目信息的访问，可促进项目涉众之间的协作，并确保准确记录。IT 平台提供沟通和协作工具，使项目团队能够有效地沟通、共享更新和实时协调活动，通过促进项目利益相关者之间的无缝沟通，IT 系统能确保水利工程建设阶段的高效决策、解决问题和资源分配。

4 水利工程运维管理

可设置远程监控系统，连续收集设备如泵、阀门、传感器等部件的性能数据，数据被传输到集中控制中心，操作员可实时分析它。通过远程监控设备，操作人员可快速识别任何异常或潜在问题，以便及时进行干预，以防止故障，信息技术通过使用先进的算法和人工智能分析从设备传感器收集到数据，促进故障诊断。通过应用数据分析技术，维护团队可更准确、更有效地查明问题的根本原因，从而更快地解决问题并减少停机时间。智能管理系统可自动化维护计划，跟踪设备历史记录，并为维护任务生成工作单，该数字化的方法可简化维护工作流程，确保任务按时完成，并有助于确定关键维护活动优先级[4]。

水利工程智能运维管理系统能够实时监控泵、阀门、传感器等关键设备运行数据，如泵的效率数据、阀门开度数据、传感器水位和流量数据等，每分钟收集数据点数量达到 1 000 个以上，确保对设备状态的全面掌握，通过远程监控和数据分析，系统能够在设备性能出现微小变化时便识别出潜在故障。据统计，使用该系统后，故障识别时间从平均 4 小时缩短至 15 分钟，大大提高了故障预防效率和准确性，应用智能运维管理系统后，由于能够及时发现并解决潜在问题，水利工程停机时间得到显著减少，停机时间从每月平均 30 小时降低至 5 小时，大大提高了工程运行稳定性和效率。智能管理系统能够自动化维护计划，根据设备的历史数据和实时状态，为维护团队生成工作单，使得维护团队能够更加高效地进行工作，减少人为错误和遗漏，使用该系统后，维护计划准确率提高 30%，维护效率提高 20%。通过减少停机时间和提高维护效率，水利工程智能运维管理系统为工程运营带来显著的成本节约，据估算，每年可节约运维成本超过 10%，为工程带来可观的经济效益。水利工程智能运维管理系统不仅能优化设备的监控和维护，还能进一步扩展其应用范围，以应对更复杂多变的运营环境[5]。

随着智能运维管理系统的不断完善和升级，其在水利工程中的应用也日益广泛。系统不仅能够实时监控关键设备的运行数据，还能够通过先进的预测性维护技术，提前预测设备可能出现的故障和性能下降。通过机器学习算法，系统能够分析历史数据，识别出设备运行的模式和趋势，从而预测未来可能出现的问题，并在问题发生之前采取预防措施，智能运维管理系统还能够实现与其他系统的无缝集成，如地理信息系统（GIS）、企业资源规划（ERP）系统等，从而实现更全面的资源管理和决策支持。例如，通过与 GIS 的集成，运维人员能直观地查看设备在地理空间上的分布情况，快速定位问题设备，并结合地理信息进行更有效的维护规划。

水利工程智能运维管理系统通过不断的技术创新和应用拓展，为水利工程的高效、稳定和可持续运行提供有力保障。随着技术的进一步发展，智能运维管理系统将在水利工程中发挥更加重要的作用，为人类社会的可持续发展做出更大贡献。

5 结束语

信息化技术在水利工程管理中的应用涵盖监测与控制、设计与规划、施工管理和运维管理等方面。通过信息化技术的应用，可实现水利工程智能化、高效化和数字化管理，提升工程管理水平和效率，从而更好地保障水资源的可持续利用和工程安全运行，随着信息化技术的不断创新和发展，相信水利工程管理将迎来更广阔的发展空间和更美好的未来。

参考文献：

[1] 张成哲，许源．水利工程管理中的信息化技术应用分析 [J]. 数字技术与应用，2023,41(12):117-119.
[2] 谢福信．水利工程管理中的信息化技术应用分析 [J]. 城市情报，2023(04):43-45.
[3] 武兴达．水利工程管理中的信息化技术应用分析 [J]. 商品与质量，2022(09):55-57.
[4] 李健．信息技术在农田水利工程施工管理中的应用分析 [J]. 农业工程技术，2024,44(11):53.
[5] 管迪．信息化技术在水利工程管理中的应用研究 [J]. 工程管理与技术探讨，2023(15):10.

云存储系统运行能耗节省优化方法分析

凌宇堃，毕晓琳

（广东东软学院，广东 佛山 528225）

摘 要 信息技术飞速发展，用户数据量激增，云存储成为数据存储和处理的重要工具。然而，云存储系统的高能耗制约了其升级和发展。本文详细分析了云存储系统的能耗现状，探讨了导致能源效率低下的因素，如IT资源利用不足和高强度的散热需求。为解决这些问题，本文提出了多种能耗优化策略，包括采用节能硬件、利用自然冷却、投资绿色能源以及先进的冷却技术。在软件层面，采用贪心算法和基于人工智能的动态电源管理算法，通过实时调整功耗和智能预测需求，显著降低系统能耗。通过整合最新研究和技术，本文旨在为云存储领域提供实用的节能解决方案，从而促进其可持续发展。

关键词 云存储系统；能耗节省策略；贪婪算法

中图分类号：TP3 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0022-03

云存储系统在数字时代已变得不可或缺，为信息技术发展提供了可扩展且高效的数据存储解决方案。然而，持续为服务器供电和冷却，以及服务器运行过程能源大量消耗，严重影响环境。数据中心作为云存储的核心支柱，其消耗的能源比大多数国家都多，且预计到2025年能源使用量将进一步增加[1]。鉴于云存储系统不断增长的能源需求，迫切需要探索和实施节能策略。本文旨在对目前云存储能耗现状进行详细分析，研究降低云存储系统能耗，探索各种能耗优化策略，为云存储领域的发展提供简洁且实用的解决方案，帮助实现数据存储的节能目标。

1 云存储系统能耗现状分析

本文对当今世界主要数据中心的能耗情况进行分析研究，统计出数据中心每年消耗196至400太瓦时（TWh）的电力，约占世界总用电量的1%至2%[2]。这种能源消耗源于存储设备的运行以及维持数据中心运行的辅助系统，例如冷却和配电系统。

而云存储系统的高能耗原因有以下两种：

一是IT资源利用不足：研究数据表明，一些数据中心服务器的平均CPU利用率甚至低于20%，而一些设施报告的非并置工作负载的实际利用率低至5%到12%[3]。当前节点管理方式是根据峰值需求配置资源，系统缺乏能耗调节导致服务器在低负载场景下仍然高功耗运行浪费能源，造成大量能源浪费。

二是硬件运行的高能耗：服务器系统高强度的散热需求，在传统的数据中心场景中，有高达50%的电力消耗由非服务器设备所消耗[4]。

因此，本文分析了关于动态节能和性能感知的优化功耗策略，以及硬件层面实现更高效的能耗优化的方法。

2 能耗优化策略

基于上述研究以及能耗问题的存在，本文总结了一些能耗优化策略供云存储系统进行优化研究。以下是基于研究列出的几种策略。

2.1 硬件与物理条件的优化

为了有效降低云存储系统的能耗，采用节能硬件是关键的一步[5]。另外，在冷却技术方面，直接液体冷却技术（DLC）是当前广泛采用的优化方式。高效的空气分配系统（ADS）设计，可以显著节省互联网数据中心（IDC）中的电力消耗[6]。

此外，数据中心的选址和设计对于能耗优化有重要作用。利用环境温度进行冷却，减少高能耗冷却系统的使用。

2.2 从软件层面优化能耗的策略

贪婪算法在能耗优化策略中发挥着重要作用，特别是在节点管理和能源效率提升方面。贪婪算法的核心优势在于其能够提供即时、局部最优的选择，通过实时观测云存储系统的工作负载，动态调整功耗输出[7]。

3 实现方法

3.1 贪婪算法在节点管理中的应用

3.1.1 实验环境

模拟设置100个存储节点。每个节点都具有随机初始化的负载和能耗等级。实验通过在本地服务器上

配置的模拟软件进行，使用C++编写模拟程序，并在Windows 10操作系统上运行。

3.1.2 模型假设

在实施贪婪算法前，建立以下假设：

所有存储节点的硬件配置相似，因而具有相似的能耗特性。数据迁移产生的能耗相对于节点长时间空闲运行的能耗较低。系统的数据访问模式和负载相对稳定，大规模的数据访问峰值是可预测的。

3.1.3 算法伪代码

初始化：

NodeList: 系统中所有存储节点的列表。

WeightsNodeList: 节点权重列表，例如存储容量、带宽、延迟等。

CurrentLoad: 当前节点负载。

```
// 计算节点能效比
function calculateEfficiencyRatio(node, EnergyRates, WeightsNodeList):
return WeightsNodeList[node] / EnergyRates[node]
// 查找最高能效比的目标节点
function findTargetNode(NodeList,EnergyRates,WeightsNodeList):
  maxEfficiencyNode=null
  maxEfficiencyRatio=-infinity
   for node in NodeList:
    if node is active:
     efficiencyRatio=calculateEfficiencyRatio(node,EnergyRates,WeightsNodeList)
      if efficiencyRatio>maxEfficiencyRatio:
       maxEfficiencyRatio = efficiencyRatio
       maxEfficiencyNode = node
  return maxEfficiencyNode
// 主要优化算法
while 负载不均衡或功耗过高
  for node in NodeList:
   if CurrentLoad[node]>OptimizedLoad[node]:
    targetNode=findTargetNode(NodeList,EnergyRates,WeightsNodeList)
   if targetNode is not null and CurrentLoad[targetNode]<OptimizedLoad[targetNode]:
       migrateData(node,targetNode)
       updateLoad(node,targetNode)
   updateNodeListAndWeights(NodeList,WeightsNodeList)
   if checkOptimizationCriteria(NodeList, OptimizedLoad):
        break
// 输出最终状态
output final load distribution of nodes
output optimized energy consumption
```

3.1.4 算法输出

OptimizedLoad：优化后的节点负载。

EnergySaved：本次优化操作节约的总能耗量。

3.1.5 实验参数和评估标准

1. 能耗降低百分比：算法实施前后总能耗的降低百分比。

2. 关闭节点列表：记录算法实施进行关闭操作的节点数量。

3. 服务中断率：由于节点关闭或数据迁移导致的服务中断时间比率。

4. 性能影响：评估数据迁移对系统响应时间的影响。

3.1.6 实验结果

实验显示，在模拟环境中运行贪婪算法后，云存储系统的总能耗显著降低。具体结果如下：云存储系统的总能耗降低了约21.3%。关闭了14.9%的低负载节点，这些节点的平均负载低于设定的利用率阈值(20%)。产生了3%的节点服务中断，存在节点关闭和数据迁移导致部分节点短暂的服务中断，但总体服务中断率保持在合理范围内。

数据迁移过程中的平均延迟增加了4.27%，但对总体服务质量的影响较小[8]。尽管导致任务响应时间略有增加，但其在能耗优化方面的优势显著。其他研究也表明，改进的贪婪算法在负载均衡和能效优化方面表现出色[9]。

3.1.7 优化效果的评估

与现有的能耗优化研究(如VM迁移、负载平衡技术)相比，贪婪算法提供了一种更为直接和快速的解决方案。但贪婪算法主要关注即时的能耗降低而较少考虑长期的系统优化，仍有优化空间。

3.2 硬件条件优化

3.2.1 节能硬件的采用

固态硬盘（SSD）相比传统硬盘驱动器（HDD），具有更低的能耗和更高的性能。SSD的能耗仅为HDD的1/10，且访问延迟更低，这使得它成为云存储系统的理

想选择[10]。此外，采用能效比更高的CPU也可以显著降低服务器的能耗。例如，Intel推出的Xeon处理器采用了多项节能技术，具备动态电压和频率调整（DVFS）和电源管理技术，可以根据实际工作负载动态调整性能，在保证性能的同时最大限度地降低能耗。

3.2.2 先进冷却技术的应用

冷却系统是数据中心能耗的主要来源，采用先进的冷却技术可以显著降低制冷能耗。而直接液体冷却（DLC）是一种高效广泛的冷却方式，通过将冷却液直接引入服务器，吸收热量后再回到热交换器中冷却，大幅提高制冷效率。相比传统的机房空调（CRAC）冷却，DLC可以将制冷能耗降低40%以上。此外，采用高效的空气分配系统（ADS）也能够优化制冷效果[11]。通过优化送风口和回风口的布局，提高冷空气的利用率，可以减少制冷能耗。

3.2.3 数据中心选址

采取将数据中心建在气候较冷的地区，可以最大限度地利用自然冷却，减少对高能耗制冷系统的依赖。例如，Facebook在瑞典北部的Lulea建立了一个大型数据中心，利用当地寒冷的气候条件，通过自然冷却将制冷能耗降低了70%。

3.3 分析优化策略的有效性和局限性

本研究提出了一种基于贪婪算法的云存储系统能耗优化策略。通过实验模拟，证明了该算法在降低系统总能耗方面的有效性，约21.3%的节能效果。这为云存储系统的能源管理提供了一种相对简单且高效的解决方案。然而该优化策略仍存在局限性。例如算法的性能高度依赖于参数（如节点利用率阈值）的正确配置。在复杂的云存储环境中，工作负载的动态变化可能影响算法的性能。而复杂环境下的外部干扰以及用户行为的不确定性，都可能在一定程度上影响优化效果。因此，将该策略应用于生产环境还需更多的测试与验证。

4 结论与未来工作

本文研究了云存储系统的能耗问题，提出了一种基于贪婪算法的节点管理优化策略。通过模拟实验，验证了该策略对降低系统总能耗的有效性，达到了约21.3%的节能效果，为云存储系统的能源优化提供了新的思路和方法[12]。

此外，本文还探讨了硬件层面的优化方法，包括采用节能硬件、数据中心选址与设计优化以及先进冷却技术的应用。

未来的研究工作将着眼于以下几个方面：

首先，深入探索算法的关键参数（如节点关闭阈值、数据迁移策略等）对节能效果的影响，通过大量实验确定最优参数组合。

其次，研究算法的自适应性，提高其在动态负载环境下的稳定性。将贪婪算法与其他技术（如机器学习预测、智能调度等）相结合，提升云存储系统的智能化水平和整体性能。

最后，还需开展真实环境下的测试和应用，评估算法在实际系统中的表现，并根据反馈不断改进和完善。通过研究优化云存储系统的能源使用，提升其整体性能和用户满意度，同时为共建绿色生态环境增加力量。

参考文献：

[1] Buyya R, Ilager S, Arroba P. Energy-efficiency and sustainability in new generation cloud computing: A vision and directions for integrated management of data centre resources and workloads[J]. Softw: Pract Exper. 2024, 54(01): 24-38.

[2] Masanet E, Shehabi A, Lei N, Smith S, Koomey J. Recalibrating global data center energy-use estimates[J]. Science.2020 Feb 28;367(6481):984-986.

[3] 李洪军，刘雪娇．浅谈如何提高网络虚拟服务器的资源利用率[J]. 北京联合大学学报，2023,37(02):12-16.

[4] 同[3].

[5] 况贶，李大平．数据中心存储设备节能方案研究[J]. 计算机与数字工程，2023,51(12):2940-2947.

[6] 崔康吉，余亮．数据中心的高效液冷散热系统设计[J]. 长江信息通信，2022,35(08):116-118.

[7] SHARMA M, GARG R. An artificial neural network based approach for energy efficient task scheduling in cloud data centers[J]. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 2020(26): 100373.

[8] KOSURU S K, MIDHUNCHAKKARAVARTHY D, HUSSAIN M A. An intelligent energy minimization algorithm with virtual machine consolidation for sensor-based decision support system[J]. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 2023(37): 100870.

[9] 申圳，赵成贵．去中心化云存储网络的存储任务分配算法[J]. 计算机科学，2022,49(12):17-21.

[10] 同[5].

[11] 潘志安，周剑涛，胡坚．数据中心机房节能改造[J]. 网络安全和信息化，2023(10):64-65.

[12] 李海波，王洁萍，王卫国，等．数据中心能效分析及标准化建议[J]. 信息技术与标准化，2012(05):32-35.

自动化技术在配网精益化运维中的运用分析

周子璇

（国网陕西省电力有限公司咸阳市高新区供电公司，陕西 咸阳 712000）

摘 要 目的：分析自动化技术在配网精益化运维中的运用。方法：本文从自动化技术在配网精益化运维中的运用优势展开论述，分析了设备监测与诊断、故障检测与处理、预防性维护、运维协同与规划这几项自动化技术在配网精益化运维中的应用方向，然后提出了做好运维自动化系统架构设计、合理化配套数据库设置、科学设计配套数据传输模块、关注配套可视化模块设置这几项自动化技术在配网精益化运维中的运用策略。结论：自动化技术可以有效支持配网精益化运维的高效、高质量开展，应积极推进自动化技术在配网运维中的应用，提升精益化运维水平。

关键词 自动化技术；配网精益化运维；故障检测

中图分类号：TM76 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0025-03

自动化技术的应用不仅提高了配网运维的效率和安全性，还推动了配网运维向精益化方向发展。在此过程中，通过以软件系统为依托，将自动化技术应用到设备检测、诊断，以及故障检测处理等配网精益化运维工作中，可以实现数据驱动，及时处理配网设备运作中存在的问题，预防故障的发生，从而提升配网系统运行水平。

1 自动化技术在配网精益化运维中的运用优势

在配网的精益化运维中，自动化技术的应用主要依托于具体的自动化运维软件，通过在软件设计开发过程中，根据实际的精益化运维需求，结合现有条件，进行相应的模块化设计，可以构建出多样性的自动化运维功能，以支持精益化的配网运维作业[1]。在此背景下，通过安装在配网中的传感器和监测设备，自动化系统能够实时收集配网运行数据，包括电流、电压、温度等关键参数[2]。一旦配网出现故障，自动化系统能够迅速识别异常数据，并通过智能算法进行故障定位，而这种自动化的故障检测与定位机制，能够极大地缩短故障排查时间，提高故障处理效率。

2 自动化技术在配网精益化运维中的运用方向

2.1 设备监测与诊断

在配网精益化运维中，自动化技术首先体现在设备监测与诊断上，运用各类设置在配网中的传感器、监测设备，可以实时地收集设备的运作状态数据，如温度数据、电流数据、电压数据等，然后利用数据分析算法，自动诊断设备是否存在异常，并预测设备的潜在故障，以便于及时采取针对性的运维措施，提高运维工作的效率和效果。在此过程中，精细化运维管理的本质在于，对设备运行状态予以记录，然后运用相应的算法对这些历史记录数据进行分析，确保配网设备在运作过程中能够得到及时、有效的维护。就目前来看，关联规则算法作为一种较为高效的数据分析算法，其能够从海量的设备数据中挖掘出频繁项，以及对应的关联规则，由此发现故障问题与设备数据之间的隐性关联，从而支持故障的监测和诊断。该算法可以被定义为：设有项集 $I=\{I_1, I_2, I_3, \ldots\ldots, I_m\}$，m为项的个数，$I_i$ 为第i项，由上述项集组成的事务集为 $D=\{t_1, t_2, t_3, \ldots\ldots, t_n\}$，n为事务的个数，由此可以得到 $t_1=\{I_1, I_2, I_3, \ldots\ldots, I_m\}$，其中，$i\in[1,n]$。在此背景下，$X\Rightarrow Y$ 即为关联规则，即根据项集X的出现，可以推导出存在项集Y，X,Y则为规则的先导、后继。规则 $X\Rightarrow Y$ 中的先导和后继同时出现的概率，则为支持度，支持度≥最小支持度，即，$\mathrm{Support}(X\Rightarrow Y)=\frac{\mathrm{Support}(X\cup Y)}{n}=P(X\cap Y)$，认为关联规则有意义。此外，规则中先导存在的前提下，后继也存在的概率，即为规则的可信度，表示为 $\mathrm{Confidentce}(X\Rightarrow Y)=P(Y|X)=\frac{P(X\cap Y)}{P(X)}$。设最小支持度为 $\mathrm{Support}_{min}$，最小置信度为 $\mathrm{Confidence}_{min}$，若存在关联能够达到应达到条件 $\mathrm{Support}(X\Rightarrow Y)\geq \mathrm{Support}_{min}$、$\mathrm{Confidentce}(X\Rightarrow Y)\geq \mathrm{Confidentce}_{min}$，说明该关联规则为强关联规则[3]。

2.2 故障检测与处理

在配网精细化运维中，自动化技术还能够实现故障的自动检测与处理。一旦系统检测到设备异常或故障，可以立即触发警报，并通过智能算法自动定位故障点。同时，系统还可以自动启动应急预案，比如切换备用电源、隔离故障区域等，以最小化故障对配网

运行的影响。此外，自动化技术还可以辅助运维人员快速制定修复方案，提高故障处理速度。

2.3 预防性维护

在配网精细化运维中，预防性维护是一项重要环节，而借助自动化技术，配套软件系统可以根据设备运行数据、历史故障记录等信息，分析设备的健康状况和潜在风险，并生成预防性维护计划。这些计划可以包括设备巡检周期、维修内容、更换零部件等，旨在提前发现并修复潜在问题，降低设备故障率，提高配网运行的稳定性和可靠性。

2.4 运维协同与规划

在配网精细化运维中，自动化技术在数据分析与管理方面也发挥着重要作用。在自动化技术的应用下，配套的控制系统可以收集并存储配网运行数据、设备状态数据、故障处理记录等信息，并通过数据挖掘和可视化技术，对这些数据进行分析和处理。运维人员可以通过这些数据报告，了解配网的运行状态、设备性能、故障趋势等，从而制定更科学的运维策略和计划。此外，系统还可以自动更新设备档案、维护记录等信息，提高数据管理的效率和准确性[4]。

3 自动化技术在配网精益化运维中的运用策略

3.1 做好运维自动化系统架构设计

配网自动化运维系统的架构设计应充分考虑系统的可靠性、可扩展性和可维护性。系统采用分层分布式架构，包括展示层、服务层、基础层，如图1。

其中，展示层是系统的前端，当用户通过Web浏览器向服务器发起申请时，系统就会为用户提供前端页面，此时，展示层会与服务层进行数据交互，然后将数据以图表的形式呈现给用户。而服务层则是系统的业务逻辑处理层。当接到展示层发来的申请，调用相应的功能模块，进行数据处理，然后将处理结果传输给展示层。基础层是系统的数据库，用于存储系统接收到的数据，为服务层的数据分析提供支持。

在系统架构设计中，需考虑到安全因素，并采用防火墙、入侵检测、VPN等网络安全技术，防止网络攻击和数据泄露，同时也要在架构体系中引入数据加密、数据备份、数据恢复等技术，确保数据安全。此外，还要在系统架构中设置访问控制、权限管理、身份认证等应用安全措施，防止非法访问和操作。

为了支持系统架构的实施，还要在设计阶段考虑硬件设备方案，尤其是在设备选型方面，需充分考虑设备的性能、可靠性、兼容性和成本等因素，确保硬件设备能够支持系统架构的运作。在此过程中，对于传感器、执行机构、智能终端等关键设备，应选择知名品牌、成熟技术的产品，确保系统的稳定运行，且要注意选用高性能、高可靠性的网络设备，以满足数据传输的需求[5]。

3.2 合理化配套数据库设置

为了保障运维系统中的数据安全，以支持系统各项运维工作的顺利运行，需根据实际情况，合理设置配套数据库，保证数据安全。在此过程中，需根据业务需求，设计合理的数据模型，包括设备信息、运行状态、故障记录、操作日志等，且要制定数据备份策略，定期备份数据库数据，并建立数据恢复机制，确保在数据丢失或损坏时能够迅速恢复。此外，还要对采集到的原始数据进行清洗和整合，去除冗余和无效数据，提高数据质量。就目前来看，能够满足上述要求的数据库以MySQL为主。MySQL可以处理大量的数据和高并发的读写操作，且能够提供InnoDB、MyISAM等多种存储引擎，支持用户根据不同的应用需求予以选择，同时还可以提供事务处理、数据完整性检查、备

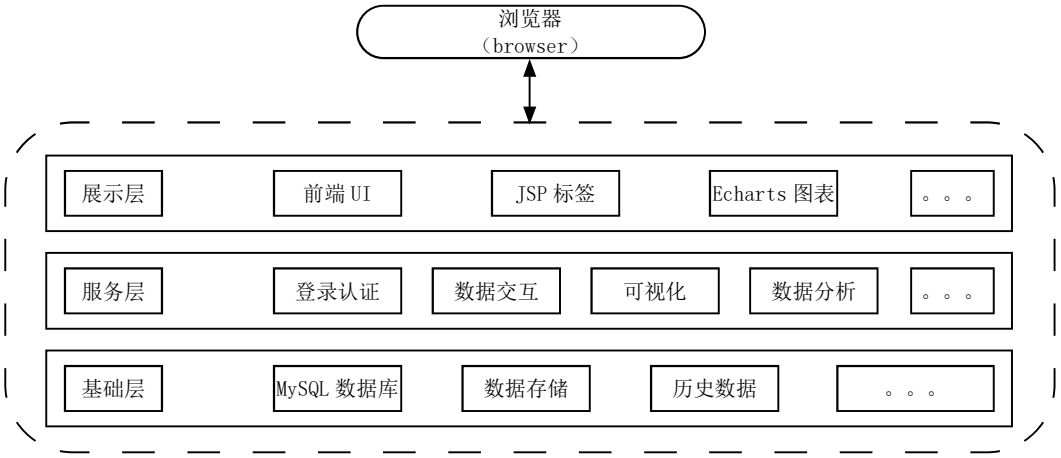

图1 系统架构图

份和恢复等功能，确保数据的可靠性和安全性，并支持全文索引、存储过程、触发器、视图、外键约束等高级数据库特性，具有 SSL/TLS 加密、密码策略、用户权限管理等多种安全特性。此外，该数据库还支持 Windows、Linux、macOS 等多种操作系统，可以与多种编程语言无缝集成，并提供了丰富的 API 和工具，使得开发者可以灵活地构建和管理应用程序，由此可以有效地满足自动化技术应用下运维系统的数据存储需求。

在 MySQL 数据库的应用中，系统可以运用 JDBC 直接与该数据库进行连接，并设置数据实体关系架构，由此按照该关系架构进行数据的整理和存储。在此过程中，可以根据上述实体关系架构，设置用户、设备两种信息表、设备异常表，进行各类数据的归集。

3.3 科学设计配套数据传输模块

在设备自动化运维软件中，数据传输模块是连接各个系统组件、设备与云服务的桥梁，负责数据的发送、接收、加密、同步以及错误处理等重要任务。在传输模块设计中，应确保该模块的功能运行支持多种通信协议，以适应不同设备和系统的需求。一般来说，模块支持的协议应当包含 TCP/IP、HTTP、HTTPS、MQTT、CoAP 等，同时模块还应当能够提供灵活的配置选项，允许用户根据实际需求选择合适的通信协议。在模块的功能运行设计上，需在数据发送前设计一个封装和格式化程序，以满足目标设备或系统的接收要求。这包括添加必要的协议头、数据体和校验码等，而且还要根据应用场景和数据重要性，提供不同的发送策略，如实时发送、定时发送、批量发送等。对于关键数据，模块应支持实时发送，并具备重试机制以确保数据可靠传输。待接收到数据后，模块应对数据进行解析和验证，包括校验数据的协议头、数据体和校验码等环节，以确保数据的完整性和正确性。此后，考虑到经过验证的数据将被传递给上层应用进行处理，因此，模块功能的运行机制中，还应当具备回调函数或事件通知机制，以便上层应用能够及时处理接收到的数据。

在数据传输模块设计中，由于设备自动化运维软件通常需要在多个设备、系统或服务之间保持数据的一致性，所以，数据传输模块应支持数据同步功能，并能够通过定期或触发式的同步操作，确保数据在不同组件之间的一致性，同时还要具有支持增量同步和冲突解决策略的特质，以提高同步效率和准确性。

在数据传输过程中，可能会遇到各种错误和异常情况。对此，为了确保系统的稳定性和可靠性，数据传输模块还应具备完善的错误处理能力。当发生错误时，模块应能够捕获并记录错误信息，且要提供错误重试、降级处理或回滚等机制，以确保数据能够正确地传输到目标位置。

3.4 关注配套可视化模块设置

在设备自动化运维软件中，可视化模块属于展示层的核心部分，负责将服务层发送的信息转化为可视的图表等形式，为运维人员提供直观的信息呈现，这使得其设计直接关系到用户的使用体验和运维效率。在可视化模块设置上，考虑到数据可视化入口是用户访问和操作可视化模块的起点，所以，设计时应注重界面的简洁性和易用性，提供清晰明了的导航菜单和快速搜索功能，使用户能够快速定位到所需的数据和功能。在此过程中，还要考虑到实时监控是设备自动化运维软件的核心功能，通过可视化模块，用户可以实时查看设备的运行状态、性能指标、资源使用情况等关键信息，所以，设计时应注重数据的实时性和准确性，同时提供灵活的视图切换和自定义配置选项，以满足不同用户的监控需求。

在可视化模块的运行中，需要通过报表与统计环节，生成和展示各类运维报表和统计数据。基于此，为了方便运维人员查看和分析设备的运行数据、性能指标、告警记录等关键信息，应在设计时注重报表的多样性和可定制性，并设置多种报表模板和自定义报表选项，以满足不同用户的需求，而且应确保模块支持报表的导出和分享，方便用户进行数据的传递和共享。

综上所述，自动化技术在配网精益化运维中的运用优势显著，能够提高运维效率，支持配网系统的可靠、稳定运行。在配网精益化运维中，借助自动化技术，可以实现配网设备运行情况的实时监测，以及故障风险的准确识别，让设备得以在日常运作中得到及时准确的运维处理，保障配网作业的稳定性。

参考文献：

[1] 吴小佳.试析配电自动化技术在智能电网中的应用[J].中国高新科技,2024(07):67-69.
[2] 梁卓识.配网自动化技术在配网运维中的运用[J].自动化应用,2023,64(08):64-66.
[3] 周斌,李承,芮凯,等.基于可信技术的电力通信移动运维管理系统设计[J].科技创新与应用,2023,13(02):40-43.
[4] 倪一峰.配网自动化技术在配网运维中的应用[J].现代工业经济和信息化,2022,12(12):113-114.
[5] 钱添.配电自动化技术在配电运维中的应用研究[J].产业创新研究,2022(20):91-93.

无线电通信中有害干扰的检测与抑制技术分析

朱佳林

（中国电子科技集团公司第二十研究所，陕西 商洛 726000）

摘 要 本文分析了无线电通信中有害干扰的信号特性和影响机制，并介绍了几种常用的检测与抑制技术。有害干扰的频谱、时域、幅度及相位和调制特性分别决定了其对通信系统的影响范围和程度。干扰信号可导致通信信号畸变、信噪比降低、频率偏移、相位和幅度抖动、非线性失真及多径效应增强；针对这些影响机制，探讨了干扰检测算法，包括频谱分析、时间频率分析、统计特性分析，以及支持向量机、随机森林、卷积神经网络等技术；在干扰抑制方面，研究了信号处理技术、深度学习方法的应用效果；最后，设计了一个集成框架，将多种检测与抑制技术结合，以期为进一步提高无线电通信系统应对有害干扰的能力提供借鉴。

关键词 无线电通信；有害干扰；信号特性；检测算法；抑制策略

中图分类号：TN92 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0028-03

无线电通信技术在现代社会的各个领域中发挥着至关重要的作用，从日常生活中的手机通信到关键的军事和航天通信。然而，无线电通信系统在运行过程中不可避免地会受到各种形式的有害干扰，这些干扰会严重影响通信质量，甚至可能导致通信中断。为了确保无线电通信系统的可靠性和稳定性，必须对有害干扰进行有效的检测和抑制[1]。

1 有害干扰的特性分析

1.1 有害干扰的信号特性

有害干扰是指那些对无线电通信系统产生负面影响的外部信号。这些干扰可以来自自然环境（如雷电和宇宙噪声），也可以来自人为活动（如不当操作的电子设备和恶意干扰）。有害干扰的信号特性主要包括以下几个方面。（1）频谱特性。有害干扰的频谱特性决定了其影响的通信频段范围。某些干扰信号具有较宽的频谱，例如脉冲干扰和宽带噪声，它们会影响较大范围的通信频段。另一些干扰信号则具有窄带特性，如正弦波干扰，主要集中在特定的频率点，对特定频率范围内的通信产生影响。（2）时域特性。有害干扰在时间上的表现形式也各不相同。有些干扰是连续不断的，如恒定的背景噪声和持续的电磁波干扰；而另一些干扰则是间歇性的，如周期性的脉冲干扰和随机出现的电磁脉冲。（3）幅度特性。干扰信号的幅度特性也会影响其对通信系统的影响程度。某些干扰信号的幅度较大，能量较强，会对接收机的前端电路产生饱和效应，从而严重影响通信质量。而幅度较小的干扰信号则可能仅对通信系统的灵敏度和信噪比产生轻微影响。（4）相位和调制特性[2]。干扰信号的相位和调制特性也对其影响机制有重要作用。例如，调频（FM）干扰会对同样采用调频技术的通信系统产生较大影响，而幅度调制（AM）干扰则主要影响幅度调制的通信系统。此外，相位干扰会对相位调制（PM）通信系统产生显著影响。

1.2 有害干扰的影响机制

有害干扰对无线电通信系统的影响机制复杂多样，主要表现在以下几个方面。（1）信号畸变。干扰信号的存在会导致通信信号的波形发生畸变，从而影响解调和解码的准确性。例如，脉冲干扰会在接收信号中引入突变的高频分量，使得接收机难以准确提取原始信息。（2）信噪比降低。干扰信号的引入会降低通信系统的信噪比，使得有用信号淹没在噪声之中，导致接收灵敏度下降。例如，宽带噪声干扰会在整个频谱范围内引入噪声功率，从而降低通信系统的整体信噪比。（3）频率偏移和频谱重叠。某些干扰信号会引起频率偏移，导致通信信号偏离预定频率范围，或者直接与通信信号的频谱发生重叠。例如，频率相近的正弦波干扰会与通信信号的频谱发生重叠，导致接收机难以分辨有用信号和干扰信号。（4）相位和幅度抖动。干扰信号的存在会导致通信信号的相位和幅度发生抖动，从而影响解调精度。例如，相位干扰会引起调相

信号的相位抖动，影响相位解调的准确性；而幅度干扰则会引起调幅信号的幅度抖动，影响幅度解调的准确性。（5）非线性失真。强干扰信号会使接收机前端电路进入非线性工作区域，导致信号的非线性失真，从而影响通信质量。例如，强烈的电磁波干扰会使接收机前端的放大器产生非线性失真，导致输出信号中出现谐波分量，干扰正常通信[3]。（6）多径效应增强。干扰信号的存在可能会增强多径效应，导致信号在接收端出现多径叠加和干涉现象。例如，在城市环境中，建筑物的反射和散射会导致多径效应的增强，使得接收信号出现频率选择性衰落，从而影响通信质量。

有害干扰的信号特性和影响机制多种多样，对无线电通信系统的可靠性和稳定性构成了严重威胁。为了确保通信系统的正常运行，必须采取有效的检测和抑制技术，以应对不同类型的有害干扰。在接下来的部分中，我们将探讨几种常用的干扰检测与抑制技术，并分析其应用效果和适用范围。

2 有害干扰的检测算法

2.1 基于信号处理的检测算法

在无线通信系统中，通常采用的是通过对接收到的信号进行物理特征分析来实现对干扰的检测。这些方法主要包括频谱分析、时频分析、统计特性分析等。

（1）频谱分析法是根据信号的频谱特性对干扰进行检测的一种新方法。而干扰往往是一个很大的频带，通过对其频谱特征的分析，可以实现对干扰的探测。比如，在某个频带内，如果接收到的频谱强度明显增大，就可以判定这个频带内有有害的干扰。（2）时频分析是利用信号的时—频域特性来进行干扰探测的一种新方法，其主要利用短时傅里叶变换和小波变换等时频变换来获取信号的时间—频率分布。在此基础上，通过对信号时频分布的反常变化（如能量聚集、频率跳跃等）进行检测。（3）统计特性分析，即根据信号的统计特性，对干扰进行检测。此类研究一般采用假设检验、异常检测等方法，对接收信号进行均值、方差、偏斜度、峰态等统计特性的分析。在此基础上，将其与正常信号进行对比，以实现对干扰的检测。

2.2 基于机器学习的检测算法

在机器学习技术日益发展完善的今天，利用机器学习进行干扰检测是当前国际上的一个研究热点。此类方法一般采用 SVM、随机森林、K 最近邻（KNN）等机器学习模型，对接收到的信号进行特征学习，并基于这些特征进行干扰检测。举例来说，可以使用支持向量机来对有害干扰信号进行检测分析[4]。第一步需要对所采集到的信号进行特征提取，建立频谱、时频和统计等特征矢量。第二步需利用模型进行训练。第三步将所建立的模型应用于干扰检测中，并将其分类。另外，还可以利用其他的机器学习模型，如随机森林、K—近邻等，对干扰进行检测。尽管这些模型具有不同的学习机理，但是它们都可以通过对接收到的信号进行特征提取，从而对干扰进行检测。

2.3 检测算法的性能比较

在无线通信系统中，对干扰信号的检测是一个非常重要的问题。在此基础上，通过一系列的试验，对不同的检测算法进行了综合评价。首先，针对 5 种样本，对基于信号的检测方法、机器学习方法以及基于深度学习的检测方法进行了对比分析。探测准确率是探测算法性能的一项重要指标，其主要体现在探测算法对外界干扰的正确识别。从表 1 可以看出，在不同的数据集中，各种检测算法的性能是不一样的。

表 1 检测准确率比较

检测算法	数据集 1	数据集 2	数据集 3	数据集 4	数据集 5
信号处理	83.7%	99.3%	98.9%	98.3%	79.1%
机器学习	84.0%	71.8%	82.9%	81.6%	93.4%
深度学习	71.5%	88.8%	78.3%	72.7%	96.3%

然后用五种不同的样本对三种方法进行了比较。同时，也是评价该算法性能的一项重要指标，其主要体现在对干扰的探测能力上。从表 2 可以看出，不同的检测算法对于不同的数据集合，其检测速度也是不一样的。

表 2 检测速度比较

检测算法	数据集 1	数据集 2	数据集 3	数据集 4	数据集 5
信号处理	79.2%	87.4%	73.4%	100.0%	77.6%
机器学习	87.5%	98.9%	97.9%	93.4%	87.4%
深度学习	73.1%	95.3%	70.4%	98.3%	83.0%

通过对不同数据集的对比分析，证明了各种方法对不同样本集的检测效果是不一样的。此外，无线通信环境复杂多变，单个检测方法不能有效应对各种干扰，必须综合使用各种检测方法，以提升对干扰的探测能力。通过对各种方法的对比分析，揭示各种方法各自的优势和不足，为无线通信环境下的干扰检测提供更加高效的方法。

3 有害干扰的抑制策略

3.1 基于信号处理的抑制策略

在无线通信系统中，采用信号处理技术来消除干扰是一种普遍存在的干扰抑制手段。该方法主要是通过对信号进行滤波、调相、幅度调节等方法，对噪声进行抑制或减小。滤波器是一种常用的信号处理方法，它可以对特定频率的信号进行有选择地过滤或屏蔽。在干扰抑制方面，我们可以设计出一种滤波方法，使之既能使所要接收的讯号频率达到最大限度，又能有效地将不需要的讯号频率屏蔽掉。相位调节和幅度调节是两种常见的信号处理方法。通过调节回波的相位、幅值，使得所接收到的信号与不利的干扰信号具有一定的相位或幅值差异，达到了有效抑制干扰的目的。

3.2 基于机器学习的抑制策略

近年来，在无线通信系统中，以机器学习为基础的信号抑制方法逐渐得到了广泛的应用。针对这些问题，本项目提出一种基于SVM、随机森林、梯度提升决策树的机器学习方法，通过学习不同类型的干扰，实现对环境的干扰抑制。支持向量机是一种二进制分类方法，它可以在超平面内寻找最大类别样本间距的超平面。在此基础上，我们将有损干扰与无损干扰分别作为两种类型的采样，采用支持向量机搜索超平面，极大地减小了对不良干扰的影响。

3.3 抑制策略的性能比较

为了评估各类抑制策略的性能，还需要对各种方法的性能进行综合评价。首先，针对三种样本，对基于信号的抑制、机器学习的抑制策略以及基于深度学习的抑制效果进行对比。其次，对三种方法进行了对比分析。抑制速率是衡量抑制效果的另一项重要指标，它反映了抑制算法对干扰的抑制速率。研究表明，针对不同类型的数据，各种方法的效果是不一样的，所以，在实际应用中，必须针对特定的应用场合和需求，选取最适合的抑制方法。同时，无线通信环境复杂多变，单个抑制方法不能有效地处理各种干扰，必须综合考虑各种干扰抑制方法，以提升其抑制能力。通过对不同方法的对比，我们可以更加深刻地认识到各自的优势和不足，进而提出一种更加高效的方法来抑制无线通信中的干扰[5]。

4 有害干扰检测与抑制的集成框架

4.1 集成框架的设计

无线通信中有害干扰的检测与抑制是一个复杂的过程，需要采用不同的技术手段。针对上述问题，本项目拟从信号处理、机器学习、深度学习三个层面，构建融合信号处理、机器学习与深度学习的综合检测与抑制方法，以提升算法的计算效率与精度。在此基础上，本项目拟采用信号处理技术，对接收到的信号进行滤波、去噪等预处理，以提升后续探测与抑制的精度与效率。在此基础上，利用机器学习技术对信号进行初步的有害干扰检测，实现对潜在的有害干扰的快速辨识。在此基础上，利用深度学习技术对初始检测结果进行优化，从而提升检测精度。在此基础上，针对检测出的干扰采取相应的抑制措施[6]。

4.2 集成框架的性能评估

为了评估集成框架的性能，进行了多个数据集上的实验。实验证明，该方法相对于单独的检测与抑制方法，能够有效地提高对干扰信号的检测与抑制能力。相对于传统的基于信号处理的方法，基于机器学习的方法以及基于深度学习的方法，本项目的研究成果将对噪声的探测准确率提升10%左右，对噪声的探测准确率达到5%左右。综合架构对于干扰的抑制效果亦较单一的方式有显著提高。本项目的研究成果将为未来无线通信系统的发展提供新的思路。

5 结束语

本文系统地分析了无线电通信中有害干扰的特性和影响机制，重点探讨了不同检测与抑制技术的应用和效果。通过详细的实验和性能比较，验证了基于信号处理、机器学习和深度学习的检测与抑制策略的有效性。研究表明，单一的检测或抑制方法难以全面应对各种类型的有害干扰，而结合多种技术的集成框架则可以显著提高检测与抑制的准确性和效率。未来的研究可以进一步优化这些技术，并探索其在不同无线电通信环境中的应用，以全面提升通信系统的抗干扰能力，确保通信质量的稳定和可靠。

参考文献：

[1] 邸珩烨.近场无线电通信多普勒衰减抑制优化仿真研究[J].智能计算机与应用,2016,06(02):14-16.
[2] 邹玉龙.认知无线电网络中协作中继技术研究[D].南京:南京邮电大学,2012.
[3] 马英杰.认知超宽带无线通信系统干扰抑制的研究[D].北京:北京邮电大学,2011.
[4] 彭涛.基于认知无线电技术的混合网络研究[D].北京:北京邮电大学,2010.
[5] 王树彬.超宽带认知无线电系统电磁干扰的研究[D].北京:北京邮电大学,2009.
[6] 程霞.超短波无线电通信抗干扰技术的发展趋势[J].电子元器件与信息技术,2022,06(02):207-208,211.

燃气轮机轴承振动异常分析及处理

亓 贺，万 瑞，马 力

（聊城市产品质量监督检验所，山东 聊城 252000）

摘 要 燃气轮机作为现代工业中不可或缺的动力设备，其可靠性和运行效率直接关系到能源供应、电力生产等关键领域的安全稳定运行。本文以M701F4燃气轮机为研究对象，分析了燃气轮机轴承振动异常的原因，并提出了相应的预防措施。通过对轴承振动测量数据的分析，结合TSI系统诊断结果，确定了轴承振动异常的根源，并针对性地提出了解决方案。研究结果表明，及时监测轴承振动，并采取有效的预防措施，可以有效地提高燃气轮机的可靠性和运行效率。

关键词 燃气轮机；轴承；振动异常；TSI系统

中图分类号：TK47 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0031-03

M701F4燃气轮机作为一款高性能燃气轮机，其结构复杂，运行参数众多，燃气轮机由进口可调导叶、17级轴流压气机、20只轴流压气机组成的燃烧器以及4级反动式透平段构成，其压比高达17，排气温度达到586 ℃，具有强大的动力输出能力。然而，高性能也意味着更高的运行风险，燃气轮机轴承作为关键部件，其健康状态直接影响着整个设备的运行稳定性，轴承振动异常会导致设备故障，甚至造成停机事故，需要做好燃气轮机轴承振动监测和分析工作。为了保障M701F4燃气轮机的安全稳定运行，该机组配备了Bently Nevada公司提供的3500保护系统，作为TSI（Turbine Supervisory Instrumentation）监测仪表，该系统能够对机组转速、轴系振动和触发机组零转速等关键参数进行实时监测，TSI监测工具能够对燃气轮机运行参数进行实时监测，并在发生故障时发出停机信号，立即切断燃气轮机，有效地防止事故发生，保障设备安全。本文将以M701F4燃气轮机为研究对象，深入分析轴承振动异常的原因，并结合TSI系统监测数据，提出有效的预防措施，为提高燃气轮机可靠性和运行效率提供参考。

1 轴振动测量的作用

轴振动测量作为一种重要的非侵入式检测技术，可用在旋转机械的运行状态监测和故障诊断，通过对轴承振动信号的采集和分析，可以及时发现旋转机械的异常情况，为设备维护提供依据，避免重大故障的发生。振动值是反映旋转机械运行状态的重要参数。在正常运行情况下，旋转机械的振动值保持在一个相对稳定的范围内，一旦振动值超过标准规定值，就表明存在运行故障，例如轴承磨损、不平衡、错位等。轴振动测量可以采集到不同类型的振动数据，例如径向振动、轴向振动，径向振动是指轴承在垂直于轴线方向上的振动，通常由轴承间隙、轴承磨损、转子不平衡等因素引起；轴向振动是指轴承在沿轴线方向上的振动，通常由轴承过热、轴承座面不平整等因素引起，通过分析不同类型的振动数据，可以更准确地判断旋转机械的故障类型和严重程度[1]。

M701F4燃气轮机只提供轴承振动检测数值，不提供轴承座振动检测数据，对燃气轮机运行情况的分析需要更加依赖轴承振动数据。TSI系统可以实时采集燃气轮机各个部件的运行参数，包括轴承振动、温度、压力等，通过对这些数据的分析，可以更全面地了解燃气轮机的运行状态，及时发现潜在的故障隐患。转子通过滚珠轴承等支撑在轴承座上。当轴承间隙在0.01～0.02 mm范围内时，会使转子轴振动与轴承座振动存在差异，通过分析轴承振动数据，可以对汽轮机转子偏移情况进行评价。轴振动测量是评价燃气轮机轴承健康状态的重要手段，通过对轴承振动信号的分析，可以及时发现轴承磨损、疲劳、过热等异常情况，为设备维护提供依据，避免重大故障的发生。M701F4燃气轮机虽然只提供轴承振动检测数值，但结合TSI系统提供的其他运行参数，仍然可以对燃气轮机运行状态进行有效的分析和诊断[2]。

2 TSI系统

2.1 TSI系统构成

TSI（Turbine Supervisory Instrumentation）系统是燃气轮机的重要组成部分，用于实时监测和分析燃气

轮机的运行参数，为设备安全运行提供保障。M701F4燃气轮机配备了Bently Nevada 公司提供的3500保护系统，作为TSI系统，能够对机组转速、轴系振动和触发机组零转速等关键参数进行实时监测。TSI系统由电涡流传感器、电缆、前置器、输入/输出卡件和框架等构成。其中，电涡流传感器是TSI系统的核心部件，它将机械振动值、位移值、转速值等转换为电信号。电涡流传感器的工作原理是：传感器前端提供高频交变电流，当转子间隙改变时，振荡频率也会相应改变，从而得到物体振动值。电涡流传感器无需接触即可测量位移值，其频率区间为0～10 Hz，能够准确可靠地获取轴承振动数据。电缆将传感器采集到的信号传输到前置器，前置器对信号进行放大和滤波，然后将信号传输到输入/输出卡件，最后将数据传输到TSI系统的控制中心。TSI系统控制中心对数据进行实时分析和处理，并根据预设的阈值，在发生故障时及时发出警报，提醒操作人员采取措施，保障燃气轮机的安全运行[3]。

2.2 轴振测量原理

为了对M701F4燃气轮机轴振进行监测，将涡流传感器安装在轴承壳上，可以得到转子轴对轴承壳径向振幅。在垂直、水平方向各安装45°探头，要确保探头保持垂直，具体见图1所示。在汽轮机转子运行时，传感器端部与转轴间隙会发生改变，传感器输出的信号也会发生相应的变化。根据信号改变情况求出间隙变化值，也就得到了振动值。电缆将传感器采集到的信号传输到前置器，前置器对信号进行放大和滤波，然后将信号传输到输入/输出卡件，最后将数据传输到TSI系统的控制中心。TSI系统控制中心对数据进行实时分析和处理，并根据预设的阈值，在发生故障时及时发出警报，提醒操作人员采取措施，保障燃气轮机的安全运行[4]。

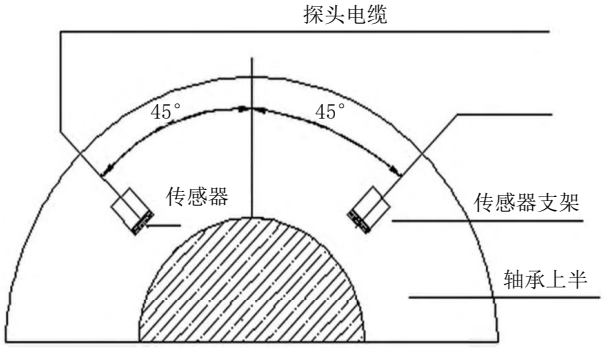

图1 轴振测量安装图

3 燃气轮机轴承配置

M701F4燃气轮机采用滚动轴承，并配置多个轴承以确保转子稳定运行，不同的轴承承担着不同的负载，并对应不同的振动特性，因此需要重点关注每个轴承的振动状态，及时发现异常情况。M701F4燃气轮机自身安装有两个径向支持轴承，用于支承转子运转。这两个轴承分别设置于进气端和排气端。进气端轴承位于燃气轮机本体仓内，而排气端轴承则暴露在高温环境中，燃气轮机正常运行时排气温度可达到586 ℃。为了避免传感器探头因高温受损，在防护套管内采用压缩空气进行冷却，保障传感器正常工作。发电机组轴系由五个轴承提供支承，它们共同承担着转子运行的负载，确保发电机组的稳定运转，为了确保发电机组的安全运行，设置了轴承振动报警和跳机保护机制，当轴承单点振幅超过125 μm时，系统会发出报警信号，提醒操作人员注意。如果相同轴承的x、y振动值超过200 μm，则会触发跳机保护机制，立即切断发电机组的运行，避免更大的事故发生。通过对燃气轮机轴承的振动情况进行实时监测，并结合报警和跳机保护机制，能够有效地保障燃气轮机和发电机组的安全运行，避免因轴承故障导致的停机事故，提高设备的可靠性和运行效率。

4 振动异常原因分析

燃气轮机轴承振动异常的原因多种多样，需要根据具体情况进行分析判断。以下结合M701F4燃气轮机运行数据，分析可能出现的振动异常原因。在机组启动过程中，随着负载的提升，轴承温度平稳增长，这表明轴承润滑良好，温度变化处于正常范围内。然而，在转速1 400～1 800 r/min时，轴承振动存在一定程度的波动，波动值高达73 μm，最低值为17 μm。值得注意的是，转速在1 638 r/min、1 733 r/min时都不存在明显峰值。同时，在该转速范围内，轴承金属温度正常。结合以上信息可知，振动波动与转速密切相关，可能与临界转速有关，1 400～1 800 r/min范围内存在临界转速，导致振动出现波动，但未超过报警值，轴承温度正常，排除了轴承过热或润滑不良导致的振动异常。

历史数据显示，轴振测点存在偶发性振动突增和波动，最高值为143 μm，在某日停机时，在转速为189 r/min时，轴振存在着峰值，达到64 μm。结合以上信息，可以推测振动突增和波动可能与外部干扰或故障有关，偶发性振动突增可能与外部振动源、电

磁干扰或传感器故障有关，低速时的峰值振动可能与转子不平衡、轴承磨损或安装偏差有关[5]。

5 检查结果

为了查明 M701F4 燃气轮机轴承振动异常的原因，机组在调停检修期间，对燃气轮机进行了冷却，待达到检查温度规定时，对轴承振动探头、前置器和电缆进行了全面检查。

检查发现，电缆屏蔽层接地情况良好，电压值在正常范围内。这排除了电缆接地不良导致的信号异常问题。为了进一步排查，对振动测点进行了调换检查，结果也没有出现异常，说明测点本身不存在故障。在对振动测量电缆进行更仔细的检查时，发现测量探头线缆没有对接头部位进行处理，没有达到绝缘防护的要求，在压缩空气进行冷却时，接头部位没有得到有效的保护，容易受到高压气流的扰动。进一步分析发现，由于接头部位没有绝缘处理，在压缩空气冷却时，高压气流会扰动接头部位，使其与防护套管接触，从而产生接地故障。正是由于这个接地故障，导致采集到的振动数据异常，出现了波动和突增现象。

6 振动异常预防措施

为了预防 M701F4 燃气轮机轴承振动异常，保障设备安全稳定运行，需要从多个方面采取预防措施，包括日常维护保养、定期检查、合理操作以及预防性维修等。

6.1 日常维护保养

定期更换轴承润滑油，确保油液清洁度和润滑性能，防止油液污染导致的轴承磨损和振动，做好轴承油路清洗工作，清除油路中的杂质和沉淀物，保证油液畅通，防止油路堵塞导致的润滑不良和轴承过热。定期检查轴承润滑油的温度和压力，确保油液温度和压力处于正常范围内，防止油液温度过高或压力不足导致的轴承损坏，定期清洁轴承座，清除轴承座上的灰尘、杂质和油污，防止异物进入轴承，导致轴承磨损和振动。

6.2 定期检查

定期检查轴承间隙，确保间隙处于合理范围内，防止间隙过大导致的振动增加和轴承磨损，检查轴承的滚珠、滚道和保持架，及时发现磨损情况，避免磨损加剧导致的振动异常和轴承失效。定期检查轴承的安装情况，确保轴承安装牢固，预紧力合适，防止安装不当导致的振动异常和轴承损坏，检查振动测量电缆和传感器的连接状态，确保连接牢固，接触良好，避免接触不良导致的信号异常，检查压缩空气冷却系统的运行状态，确保冷却效果良好，防止冷却效果不足导致的传感器损坏。

6.3 合理操作

避免燃气轮机过载运行，防止轴承承受过大的负荷，导致轴承磨损和振动加剧，防止燃气轮机超速运行，防止轴承承受过大的离心力，导致轴承损坏和振动异常。控制启动和停止过程，避免过快加速或减速，防止转速变化剧烈导致的振动波动，避免频繁启停燃气轮机，防止频繁启停导致的轴承磨损加剧和振动增加。

6.4 预防性维修

即使轴承没有出现明显的磨损，也需要定期更换轴承，防止轴承老化导致的振动异常和轴承失效，对轴承进行预防性维护，例如清洗、润滑、检查等，延长轴承的使用寿命，避免轴承故障的发生。及时更换损坏的轴承、电缆、传感器等部件，避免故障部件导致的振动异常和设备故障。

7 结束语

本文以 M701F4 燃气轮机为例，深入分析了轴承振动异常的原因，并结合 TSI 系统监测数据，提出了有效的预防措施。文章介绍了轴振动测量的作用，以及 TSI 系统的工作原理和重要性，分析了 M701F4 燃气轮机的轴承配置，以及可能导致振动异常的常见原因，包括转速波动、外部干扰、轴承磨损和安装偏差等。通过对实际案例的分析，文章阐明了轴承振动异常的危害性，并指出及时发现和处理异常是保障设备安全运行的关键。为了预防轴承振动异常，可采取多项预防措施，包括定期更换油液、清洗油路、检查轴承间隙和磨损情况，以及进行预防性维修等，还需要做好日常维护保养、定期检查和合理操作的重要性，并建议根据实际运行情况不断完善预防措施，确保燃气轮机安全稳定运行。

参考文献：

[1] 吴善跃，王嘉志，郭宁馨，等 . 对某船用燃气轮机异常振动故障的分析与研究 [J]. 燃气轮机技术 ,2024,37(01):42-47.
[2] 陈延柏 .M701F4 燃气轮机轴承振动异常分析及处理 [J]. 现代制造技术与装备 ,2024,60(02):121-124.
[3] 陈明华，李政 . 燃气轮机发电机组轴承高振动故障机理分析 [J]. 设备管理与维修 ,2023(23):135-136.
[4] 胡君友，周辉，赵卫正，等 .9E 燃气轮机冷态启动动静碰磨故障处理 [J]. 能源工程 ,2023,43(03):28-31.
[5] 于洋，张智博，赵文华，等 . 某型燃气轮机圆柱滚子轴承失效原因分析 [J]. 燃气轮机技术 ,2023,36(02):50-56.

建筑工程屋面防水施工技术应用探析

罗文华

（韶关市住宅建筑工程有限公司，广东 韶关 512000）

摘 要 建筑工程施工建设包含诸多内容与学科，屋面防水工程是其中最为重要的内容，如何做好屋面防水、如何有效应用屋面防水施工技术是当前建筑工程行业研究的重点内容之一，以此保证建筑工程质量，为用户营造良好的建筑环境。本文以A市某建筑工程为案例，针对屋面防水施工进行了分析与研究，从施工前准备工作入手，对屋面防水施工技术的具体应用进行讨论，探究其应用优势与价值，以期为相似工程提供参考与经验。

关键词 建筑工程；屋面施工工程；防水施工技术

中图分类号：TU765 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0034-03

屋面防水施工技术是建筑工程中的重要内容，对保障建筑物整体质量和使用寿命具有重要影响。作为建筑物的重要组成部分，如果屋面长期暴露在自然环境中，承受着风、雨、雪等各种自然因素的侵蚀，便会对其防水性能造成影响，缩短建筑物的使用寿命，对其结构安全造成影响。因此，研究和应用先进的屋面防水施工技术具有重要的现实意义。随着我国建筑技术和材料科学的不断发展进步，屋面防水技术也取得了显著提高。从传统的防水卷材、涂膜防水材料，到新型的高分子防水材料，防水技术在材料选择、施工工艺、质量控制等方面不断创新和优化，逐渐形成了一套成熟的技术体系。而不同类型的屋面防水技术各具特色，适用于不同的建筑类型和气候条件，这为工程实践提供了更多的选择和灵活性。基于此，探讨建筑工程中常用的屋面防水施工技术，重点介绍各种防水材料的特性、适用范围及施工方法是尤为重要的。

1 屋面防水工程概述

本文以A市某建筑工程为例，对屋面防水技术的应用进行探讨。该建筑工程位于市区内，项目占地面积为8 350.28 ㎡，总建筑面积达到了42 646.66 ㎡，整体为住宅建筑。本次讨论主要针对工程5#、8#、9#、12#、综合办公区以及居民服务区。建筑工程包含众多内容，如土建工程、结构工程、混凝土工程以及屋面防水工程，其中屋面防水工程是最为重要的一项内容。

施工企业针对该建筑工程屋面防水进行了深入的研究与分析，发现建筑屋面受到各种因素影响，导致建筑出现渗漏情况。建筑渗漏情况不仅影响了使用者的日常生活与生产活动，更对建筑物功能、使用年限以及安全性和稳定性造成了危害。因此，本次建筑工程屋面防水施工过程中，重点针对防水施工技术的应用进行了讨论与分析，以此解决建筑工程渗漏问题，确保建筑工程质量，实现延长建筑使用年限的目的。

2 屋面防水施工准备工作

2.1 施工材料准备

对于屋面防水施工技术来说，最为重要的一项内容为防水材料的选择，是避免屋面渗漏的关键环节。相关工作人员在开展工作的过程中，需要了解建筑工程的实际情况，明确防水性能检测指标，具体如表1所示，以此为基础进行建筑材料选择，保证施工质量，从根本上避免出现屋面渗漏的情况。目前市场上常见的防水材料包括高分子卷材、沥青卷材、防水涂料等，它们各具优势，适用于不同的屋面结构和环境。在选择防水材料时，需充分考虑其耐水性、耐候性、抗老化性等因素，确保材料质量符合施工要求。防水材料的铺设与固定需遵循施工规范[1]。

2.2 技术方案

对于本次屋面防水工程来说，在开展施工建设之前，需要明确屋面防水施工技术方案，保证各项数据的精准性以及可靠性，保证施工质量以及施工效率，有效避免出现屋面渗漏的情况。通过科学有效的施工技术方案，可以满足屋面防水施工的需求，有效避免出现搭接不合理的情况，避免接缝位置出现渗漏的情况，也实现了成本控制的目的。本次工程的开展，技术人员从整体性的角度出发，制定更为科学合理的技术方案：首先，本次工程施工需要做好基础处理，即屋面基层的处理与清理，保证清洁性，为后续施工提供保障；其次，进行隔离层施工，此时需保证按照规

定与要求开展施工，并强化材料拼搭宽度控制，保证施工质量；再次，需要做好防水材料铺设工作，强化管理与控制，以此保证施工质量以及施工规范性；最后，需要强化质量控制工作，并将其贯彻落实于施工的全过程之中，以此保证施工质量。

表 1 建筑工程防水材料性能检测指标

检测项目	指标
固含量（%）	≥ 99
耐热度（℃）	70 5 h后不出现流淌、滑动或是滴落的情况
低温柔度（℃）	≤ -20 弯度 180° 时不存在裂缝情况
水中抗流失性（%）	≤ 0.1
耐化学性与质量变化率（%）	2% 浓度的 HCL 溶液中浸泡 168 h；0.1% 浓度的 NaOH 溶液中浸泡 168 h；10% 浓度的 NaCL 溶液中浸泡 168 h ≤ 0.1
附着性	试样自身断开，但黏结面不存在破坏情况
抗渗水性（MPa）	≥ 0.3 30 分钟内不出现渗水情况
自愈性	不透水
耐候性	暴晒环境不存在裂缝

3 建筑工程屋面防水施工技术的应用

建筑工程的功能性以及使用寿命通常会受到屋面防水施工质量的影响，因此，在开展建筑工程施工建设的过程中，需要重视屋面防水施工技术应用，将其作为重点施工内容。

3.1 基层处理与清理

在建筑屋面防水施工中，基层处理与清理是至关重要的一环，它直接关系到防水层的质量和持久性。首先，基层必须确保平整、无裂缝、无油污和松散物质。根据工程实践，基层的平整度误差应控制在 ±3 mm 以内，以确保防水材料能够均匀铺设。在进行防水材料铺设之前，需要做好屋面处理工作，不仅需要保证屋面的整洁性以及平整性，同时也需要保证屋面的湿润性；在对防水层施工之前，还需要了解建筑工程屋面防水施工的实际要求，并对复杂结构节点以及排水进行科学有效的密封处理，对附加层进行相应的处理[2]。部分建筑工程屋面为混凝土模板，因此在开展施工建设之前需要做好找平处理，保证屋面的平整性，避免对防水材料造成损坏，也有效避免出现结构变形的情况，同时需要注意保证混凝土模板狭缝与板端同时对齐。

对于本次建筑工程屋面防水项目来说，楼板采用钢筋混凝土施工技术，表面存在凹凸不平的情况，直接铺设防水材料，很容易导致出现材料破损的情况，最终出现渗漏情况。针对此情况，本次施工采用了高精度激光扫描仪对基层进行平整度检测，确保每一处都符合标准。任何油污、灰尘或杂质都可能影响防水材料与基层的黏结效果。因此，施工前必须采用高压水枪、吸尘器等专业工具对基层进行彻底清理。据统计，经过严格清理的基层，其防水层与基层的黏结强度可提高 30% 以上。此外，对于基层上的裂缝和孔洞，必须采用专用的修补材料进行填补，以确保防水层的完整性。

3.2 隔离层施工

屋面隔离层的设置是开展屋面防水施工的重要内容，工作人员需要完全按照步骤、流程以及次序进行，并保证满足工艺标准的需求，以此保证屋面隔离层的科学性以及合理性。首先，工作人员需要对屋面层进行有效的处理，保证屋面的平整性以及整洁性，同时也需要针对附加层以及各个节点的排水进行有效处理，以此保证施工质量以及施工效率，还需要注意的一点是，需要自上而下地进行施工作业；其次，在针对天沟以及檐沟位置防水卷材铺设的过程中，需要对施工进行管理与控制，保证卷材搭接的紧密性，同时也需要避免出现空鼓孔洞的情况，管理人员还需要对整体操作进行管理，避免因操作不当到配置出现防水材料破损的情况，以此保证施工质量；最后，在对高低跨度屋面进行施工处理的过程中，需要坚持“从远到近、从高到低”的施工操作原则，以此保证整体施工质量。此外，在应用防水材料的过程中，对其进行处理时，需要在作业之前剥离隔离纸，并按照设计方案的要求铺设在对应位置，同时还需要对操作力度进行相应的控制，避免用力拖拽防水材料，避免对后续出现规格不符合规定的情况[3]。在进行施工操作的过程中，还需要对防水卷材的搭设宽度以及位置进行强有力的控制与管理，将其控制在 80 ～ 100 mm 的范围内，同时

工作人员还需要有效处理搭接位置，并错开上下层卷材接缝位置。

3.3 防水材料铺设

在开展铺设的过程中，可以采用粘铺的方式进行，此种方式首先需要将防水材料平铺于基层上，并沿着建筑材料的边缘，逐渐给予高温，通过加热粘贴的方式实现材料铺设的目的。在开展施工建设的过程中，工作人员需要做好搭接缝的处理，并按照滚铺方式的要求，铺设起始端位置的防水材料，随后由工作人员将防水材料拉直，保证防水材料不存在褶皱或者是波纹的情况，保证其可以与基层紧密粘贴在一起，此时工作人员需要针对接缝位置进行有效的控制，并保证按照设计要求做好末端位置的固定工作，避免出现防水材料回缩的情况，此时一般由施工人员站在末端位置，实现固定的目的[4]。在实际进行施工作业的过程中，需由起始端开始进行热熔贴材作业，将边缘位置掀开200 mm的缝隙，随后将喷枪头由此伸入防水材料下，每热熔200 mm后，继续进行下一阶段的防水材料热熔，实现防水材料粘贴的目的。在进行操作的过程中，还需要由工作人员对气泡进行处理与控制，并利用辊进行压平处理，在铺设的最后1 000 mm左右的位置时，需去除临时固定，随后进行防水材料铺设。

本次施工采用高分子卷材，铺设时应采用搭接法，确保卷材之间的搭接宽度符合规范要求。同时，在固定卷材时，应使用专用的固定件，如压条、钉子等，确保卷材牢固地固定在基层上。在施工过程中，还需注意卷材的铺设方向，一般应顺坡铺设，以减少雨水积聚和渗漏的可能性。在实际施工中，防水材料的铺设与固定质量直接影响到防水层的整体性能。倘若施工人员对防水材料铺设与固定的重视不够，导致防水层出现起泡、龟裂等问题，将会影响防水效果。因此，在施工过程中，需加强质量监控，确保防水材料的铺设与固定质量符合规范要求。

此外，在实际开展屋面防水施工的过程中，需要对特殊位置进行有效的处理，进一步提升防水质量。首先，需要对雨水口最为薄弱的位置进行加固处理，需加盖防水材料，此时可以应用沥青材料，进一步提升建筑材料的结实性，同时还需要应用油性材料进行隔水处理，以此降低水浸透情况；在对雨水口的位置进行加固处理的过程中，需要做好卷材定性处理，避免出现材料变形的情况，完成加固处理之后，需要压实防水材料，使得连接更为紧固；其次，直角连接的位置很容易被冲刷，最终导致出现接口崩塌的情况，针对此情况，本次工程选用沥青材料进行密封处理，以此降低出现渗透的情况，构成良好的建筑环境；最后，在进行卷材收口的过程中，需要将卷材的尾部插入事先预留的凹槽内，并对接口的位置进行压紧处理，提升其密封性，减少空气流通情况，还需要应用钉子进行固定，避免卷材边翘起。

3.4 防水层施工质量控制

防水层施工质量控制是建筑屋面防水工程中的核心环节，直接关系到建筑的使用寿命和安全性。在施工过程中，必须严格遵循施工规范，确保每一步操作都符合质量要求。防水层施工完成后，质量控制是确保防水效果的关键。通过采用无损检测、压力测试等手段，对防水层进行全面检查，确保无渗漏、无破损。同时，建立严格的质量管理体系，对施工过程中的每一个环节进行监控和评估，确保施工质量符合规范要求。

施工人员需要了解本次建筑工程对于屋面防水的需求，以此为基础开展屋面防水施工，强化防水层以及保护层的设计，并强化管理与控制，保证设计方案的科学性以及合理性，同时也需要保证设计方案的适用性[5]。在进行养护的过程中，根据特殊防水规范，建立防护方案，同时建立施工企业资质等级管理，以此为基础开展屋面防水施工，保证施工质量以及施工效率。

综上所述，在应用屋面防水施工技术的过程中，需要做好屋面防水工程材料选择、屋面防水设计、屋面隔离层设置以及防水材料铺设工作，保证施工质量以及施工效率，避免出现屋面渗漏的情况，以此保证建筑工程整体结构的稳定性，确保建筑工程整体质量。

参考文献：

[1] 沈文永.浅谈土木工程施工中的建筑屋面防水技术应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(04):144-147.

[2] 孟祥宾.建筑屋面防水技术在土木工程施工中的运用分析[J].中国建筑装饰装修,2023(09):164-166.

[3] 赵晨莉.建筑工程中屋面防水施工技术的应用及质量优化措施[J].中国厨卫,2022(10):127-129.

[4] 张书刚.建筑屋面防水技术在土木工程施工中的应用探研[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(05):172-175.

[5] 朱君.土木工程施工中建筑屋面防水技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(05):164-166.

钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用

李志辉，周　军*

（四川路桥华东建设有限责任公司，四川 成都 610000）

摘　要　桥梁是交通运输中的重要组成部分。为满足当前各行业的发展需要，应对桥梁道路采用先进的施工理念、科学合理的施工工艺，提高公路桥梁的施工质量，确保公路桥梁的安全稳定运行。钻孔灌注桩技术是公路桥梁施工中的关键一环，本文主要对道路桥梁施工中钻孔灌注桩技术进行分析，并提出相应的解决办法，旨在为有关部门和广大的同行提供有益参考。

关键词　钻孔灌注桩技术；公路桥梁施工；钻孔灌注工艺

中图分类号：U445　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)09-0037-03

钻孔灌注桩技术作为公路桥梁施工中一项重要且广泛应用的施工技术，具有显著的技术特点和优势[1-2]。钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用是一项复杂而精细的工程，它涉及多个步骤和关键技术要点[3-4]。本文将从技术原理、施工工艺、应用要点以及实际应用效果等方面，对钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用进行全面综述。

1　钻孔灌注桩技术的原理与特点

钻孔灌注桩技术是一种高效的桩基施工方法，其核心在于通过专业钻孔设备在土壤中精准构筑预定直径与深度的孔道。随后，于孔内精心置入钢筋笼，并灌注优质混凝土，待其充分凝固后，即构筑成坚实稳固的桩体结构。此技术以其卓越的适应性和灵活性著称，能够灵活应对复杂多变的地质条件及施工环境挑战，确保施工过程的顺利进行。此外，钻孔灌注桩技术的施工效率显著，且施工进程受气候条件制约较小，进一步彰显了其在各类桩基工程中的广泛应用价值与优势。钻孔灌注桩技术的特点主要体现在以下几个方面：（1）承载能力强：通过灌注混凝土和钢筋笼的结合，形成坚固的桩体，显著提高地基的承载力，满足公路桥梁对基础承载力的要求。（2）施工效率高：钻孔灌注桩施工速度快，能够缩短工期，提高施工效率。（3）适应性强：该技术能够适应各种地质条件，包括软弱土层、砂层、岩层等，具有广泛的应用范围。（4）质量可靠：通过严格的施工工艺控制，可以确保钻孔灌注桩的施工质量。

2　钻孔灌注桩施工步骤

2.1　施工准备

根据施工环境的不同，进行场地平整、夯实或筑岛等工作，确保施工平台的稳固性。准备施工所需的钢筋、混凝土、泥浆等材料，并检查其质量是否符合要求。

检查钻孔机械、起重设备、混凝土输送设备等是否完好，并进行必要的调试和维修。使用全站仪等测量设备，根据复测无误的导线点坐标，实地放出桩位，并设置好定位控制桩。这一步骤需要精确测量，确保桩位的准确性。制定详细的施工组织设计，包括施工机械的选择、施工人员的配备、施工进度的安排等，确保施工过程的有序进行。

2.2　护筒埋设

护筒的选材依据具体地质条件而定，常采用钢筋混凝土或高强度钢材，以确保其结构稳固。在选择护筒类型与厚度时，需综合考虑地质特性。在桩位处挖去表层土，埋设护筒。护筒内径应比桩径大200 mm至400 mm，埋设深度一般为2～4 m，具体根据地质条件确定。埋设过程中要确保护筒垂直、稳固，避免倾斜和下沉。

2.3　钻孔阶段

钻机就位前，需对关键设备及配套装置进行全面检查与维护，确保其处于最佳工作状态。就位后，实施精确测量，确保钻架稳固无位移与倾斜，以保障钻孔作业的顺利进行[5-6]。钻孔泥浆的配制需遵循特定比例，融合水、黏土（或膨润土）及添加剂，其性能需达标，

*本文通讯作者，E-mail：1246643358@qq.com。

以充分发挥护壁、悬浮钻渣、润滑钻具等多重功能。

钻进初期，应采取轻压慢钻策略，逐步深入，避免钻杆剧烈振动导致孔位偏移[7-8]。在此过程中，需密切关注地层变化，定期捞取钻渣样本进行细致分析，并与设计地质数据进行比对，确保施工准确性。当钻孔深度达标后，需利用测绳挂重、检孔器及全站仪等精密仪器，对孔深、孔径、孔位及倾斜度进行全面复核，确保钻孔质量符合设计要求。

2.4 清孔阶段

首次清孔采用换浆法，旨在有效清除孔底沉积物及泥浆内杂质，为后续工序奠定良好基础。随后，在导管安置完毕后，为进一步提升清孔质量，相关部门引入了反循环工艺进行二次清孔作业。

2.5 钢筋笼制作与安装阶段

钢筋笼在钢筋加工厂集中加工制作，严格按照设计图纸要求制作。制作过程中要控制好钢筋笼的几何尺寸和焊接质量。钢筋笼安装前应进行质量检查，确保无变形、无损伤。安装时采用钻机塔架、扒杆或起吊机吊起对准护筒中心缓慢下放至设计标高。下放过程中要防止碰撞孔壁和钢筋笼上浮。

2.6 混凝土灌注阶段

导管使用前必经水密承压试验，确保其密封性，预防漏水问题。导管长度设计需精心考量，确保比孔深短0.3～0.5 m，以优化施工效果。导管安装完成后，随即实施二次清孔，以保孔内环境符合灌注要求。

灌注混凝土前，严格检测泥浆性能与孔底沉淀厚度，达标后立即启动灌注作业。混凝土由专业拌和站统一制备，通过高效运输工具直达现场，实现无缝对接灌注。灌注全程中，要密切监控混凝土顶面高度与导管埋设深度，确保灌注质量稳定可靠。

3 钻孔灌注工艺类型

钻孔灌注工艺是建筑施工中常用的一种基础处理技术，尤其在公路桥梁、高层建筑等领域具有广泛应用。该工艺根据桩径大小、地质条件及施工环境的不同，可分为多种类型。以下是钻孔灌注工艺类型分类。

3.1 按桩径大小分类

3.1.1 小桩

小桩的桩径相对较小，通常适用于对承载力要求不高的基础工程。其施工简便，成本较低，适用于一些小型建筑或作为辅助桩使用。

3.1.2 中桩

中桩的桩径适中，既能满足一定的承载力要求，又具有较好的经济性。在各类建筑基础工程中应用广泛，特别是在桥梁、高层建筑等需要较大承载力的场合。

3.1.3 大桩

大桩的桩径较大，具有极高的承载力，适用于大型建筑、重型工业设施及特殊地质条件下的基础工程。大桩的施工难度相对较大，需要采用专门的施工设备和工艺。

3.2 按成桩工艺分类

3.2.1 干作业法钻孔灌注桩

无任何护壁措施，无挤土效应，但孔壁容易松弛外扩，主要适用于地下水位以上的干燥土质。由于无泥浆污染，施工环境相对较好，但需注意孔壁稳定问题。

3.2.2 泥浆护壁法钻孔灌注桩

采用泥浆或特制稳定液作为孔壁保护介质，有效预防坍塌风险，此过程中无需额外套管辅助。泥浆不仅发挥稳固孔壁的关键作用，还兼具携带钻渣、冷却钻头及润滑钻具等多重功能，可全面提升钻孔作业的安全性与效率，适用于软岩、硬岩等各种地层、各种土质中。该方法施工灵活，成孔质量高。

3.2.3 套管护壁法钻孔灌注桩

采用全套管进行护壁，孔壁不容易坍塌，易于控制成桩质量。该方法施工速度快，成孔质量高，且对周围环境影响小，适用于除硬质岩层以外的任何土质中，特别是在复杂地质条件下，如流沙层、软土层等，套管护壁法具有显著优势。

3.3 其他特殊工艺

除了上述按桩径大小和成桩工艺分类的钻孔灌注工艺外，还有一些特殊工艺，如：（1）旋挖成孔灌注桩：采用旋挖钻机进行成孔，具有速度快、孔底干净、成孔质量高等优点。（2）冲击成孔灌注桩：利用冲击锤的冲击能量破碎岩层或土层进行成孔。该方法适用于各种地质条件，但施工速度相对较慢，且噪声和振动较大[9-10]。（3）潜水钻成孔灌注桩：采用潜水钻机进行成孔，适用于水下或水位较高的施工环境。潜水钻机具有钻进效率高、成孔质量好等优点。

4 钻孔灌注桩施工要点

4.1 施工前的准备工作

做好前期勘查与检查工作，明确施工地质条件和施工环境，制定科学合理的施工方案。准备充足的施工材料和设备，加强质量把控，确保施工顺利进行。施工过程中需严格控制钻孔、清孔、钢筋笼安装和混凝土灌注等关键环节的施工质量。加强施工监测和记

录工作，及时发现并处理施工中的问题。

4.2 安全防护措施

施工过程中要加强质量监控和检测，施工完成后要进行质量验收和检测，确保灌注桩质量合格。加强施工现场安全管理，设置安全警示标志和围挡设施。施工过程中要注意环境保护，合理处理泥浆和废弃物，减少对环境的影响。同时，设置安全围栏、警示标志等安全防护措施，确保施工人员的人身安全。严格遵守安全操作规程和规章制度，加强安全教育和培训工作。

5 钻孔灌注桩技术优势

5.1 更高的承载能力

钻孔灌注桩通过深入地下较坚硬的地层，形成有效的承载结构，极大地提高了桥梁基础的承载能力。这种技术特别适用于地质条件复杂、需要较高承载力的桥梁工程，如跨越河流、峡谷等大型桥梁。钻孔灌注桩与地基土紧密结合，提高了地基结构的整体性和稳定性，从而增强了桥梁工程的抗震性能。在地震等自然灾害发生时，钻孔灌注桩能够有效减少地震波对桥梁结构的冲击和破坏，确保桥梁的安全性和稳定性。

5.2 适用性广泛

钻孔灌注桩施工技术适应多种复杂地质条件，如黏性土、粉质土、砂土、碎石土以及岩层等。此外，该技术不受季节、气候等外界因素的限制，可以在各种环境条件下进行施工，确保了工程的顺利进行。

5.3 施工速度快，工艺成熟

钻孔灌注桩施工采用机械化作业方式，施工过程简单且高效。随着施工技术的不断发展和完善，钻孔灌注桩施工工艺已经相当成熟，在保证施工质量的同时，还能缩短工期。

5.4 经济效益显著，且环境友好

一方面，该技术能够减少施工材料的浪费和损耗，降低施工成本；另一方面，由于施工速度快、工期短，能够减少工程占用时间和资金占用成本，提高工程的投资回报率。在钻孔灌注桩施工过程中，产生的噪声和振动相对较小，对周围环境的影响较小[11-12]。同时，该技术还能够有效减少施工过程中的废弃物排放和污染问题，符合现代绿色施工的要求。

6 实际应用效果

钻孔灌注桩技术形成的桩基基础具有承载能力强、稳定性好、耐久性强等优点，能够显著提高公路桥梁的整体性能和使用寿命。在实际应用中，钻孔灌注桩技术已经得到了广泛推广和应用。无论是大型跨江跨海桥梁还是中小型公路桥梁建设都采用了该技术。

7 结束语

钻孔灌注桩技术通过钻孔灌注的形式形成桩基基础，有效改善地基结构，提高地基的承载力。该技术具有较强的适应性，施工效率较高，并且不受气候环境的影响。在公路桥梁施工中，钻孔灌注桩技术能够解决基础承载力不足和基础结构不合理的问题，为公路桥梁的稳定性和安全性提供有力保障。

钻孔灌注桩技术在公路桥梁施工中的应用具有显著的技术特点和优势。通过严格的施工工艺控制和质量控制措施可以确保施工质量和使用效果。未来，随着技术的不断进步和创新，钻孔灌注桩技术将在公路桥梁建设中发挥更加重要的作用。

参考文献：

[1] 李海松，于明镇，郑文煊 . 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁施工中的运用分析 [J]. 运输经理世界 ,2024(21):100-102.

[2] 魏露 . 钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁工程中的应用 [J]. 交通科技与管理 ,2024,05(14):77-79.

[3] 谢崇国 . 公路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用分析 [J]. 散装水泥 ,2024(03):133-135.

[4] 黄志雄 . 人工挖孔桩接力反循环钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁中的应用 [J]. 交通世界 ,2022(32):119-121.

[5] 李祥，陈明玉 . 现代工业化背景下钻孔灌注桩施工技术在公路桥梁建设中的应用研究 [J]. 建设机械技术与管理 ,2023,36(05):125-127.

[6] R A .Post-grouting bored pile technology[J].IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2017,61(01):12057.

[7] Lei G ,Jiben Q ,Chuan H , et al.Experimental Study of Deformation Measurement of Bored Pile Using OFDR and BOTDR Joint Optical Fiber Sensing Technology[J].Sustainability,2022,14(24):16557.

[8] 张文钢 . 道路桥梁施工中钻孔灌注桩施工技术的应用 [J]. 汽车画刊 ,2024(03):230-232.

[9] 孔凡磊 . 水利施工中钻孔灌注桩技术的应用分析 [J]. 水上安全 ,2024(05):148-150.

[10] 郭璐玮 . 公路桥梁施工中钻孔灌注桩的质量控制措施 [J]. 四川建材 ,2024,50(03):192-193,196.

[11] 同 [7].

[12] Jinchao W ,Chuanying W ,Zengqiang H , et al.Borehole quality inspection method of bored piles based on multi-array ultrasonic scanning technology[J].Journal of Civil Structural Health Monitoring,2023,14(02):285-302.

道路桥梁沥青路面裂缝施工处理技术要点

任 义

（江苏高速公路工程养护有限公司，江苏 淮安 223005）

摘 要 本文主要针对沥青路面裂缝的危害、类型、形成原因以及施工技术应用措施展开探讨。首先，阐述了沥青路面裂缝对道路性能和寿命的影响，强调了及时修补的重要性；其次，介绍了纵向裂缝、横向裂缝和路面龟裂等不同类型的裂缝，并分析了它们产生的原因，包括交通负荷、气候环境以及施工技术人员的专业水平；最后，详细介绍了几种沥青路面裂缝的施工技术，包括化学压浆技术、硅酮耐候密封技术、沥青路面填补技术、施工准备及防护管理、路面养护机械设备应用、沥青路面施工材料的科学运输、沥青路面接缝处理、道路施工中的温度控制以及选择先进的养护技术。通过这些技术措施，以期可以为有效预防和修补沥青路面裂缝、提高道路的使用寿命和安全性提供参考。

关键词 道路桥梁；沥青路面；裂缝施工；化学压浆技术；硅酮耐候密封技术

中图分类号：U416 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0040-03

沥青路面裂缝是道路桥梁工程中常见的问题，对道路性能和寿命产生严重影响。为了提高道路的质量和安全性，本文将对沥青路面裂缝的危害、类型、形成原因以及施工技术应用措施进行探讨，以期为道路桥梁工程提供有效的裂缝预防和修补策略。

1 沥青路面裂缝的危害

道路裂缝出现初期由于缝宽不大，其主要的影响是降低了路面的美观性和行车舒适度。但此时如果不及时进行密封修补，随着时间的推移，裂缝宽度逐渐扩大，在雨雪等恶劣天气的影响下，水分逐渐渗入路基，导致路基含水率增大而承载力降低。沥青路面板块在重车压力的影响下发生变形，产生比较大的压应力，沥青路面就会出现沉陷，随着行车荷载的继续作用，沥青路面结构层发生进一步破坏，就会出现网裂、唧泥、翻浆等病害，道路使用寿命将会大大缩短[1]。所以，有关部门需要提高对裂缝处治工作的重视程度，根据实际情况做好沥青路面裂缝处治工作，以延长沥青路面使用寿命，保障车辆行驶安全。同时也需要对导致沥青路面裂缝的原因进行具体分析，有助于解决源头问题，做到有的放矢，从而实现良好的防治效果。

2 道路桥梁沥青路面裂缝的类型

2.1 纵向裂缝

出现纵裂的原因很多，比如在工程建设中，施工人员没有按照设计要求进行铺砌，导致路基压实不均匀，从而导致纵裂。在无法有效地控制施工进度的情况下，必须加快施工速度，采用半填半夯的方法。施工完成后，路面将会越来越重，基础沉降，最终导致高速道路桥面出现裂缝。在道路桥梁施工中，通常采用摊铺的方法，并对其进行接缝处理，使其符合规范，但通车后仍然存在纵向裂缝的风险。当道路紧急制动时，也会使汽车的横向负荷增加，并导致不同的纵向裂缝。

2.2 横向裂缝

横向裂缝有加载和无加载两种，产生横向裂缝的原因有：第一，在施工时，由于断面设计不当，施工中的质量控制存在问题，导致路面的拱度不够，雨天时会出现积水，难以做到横向排水。在这种状况下，如果速度过快，那么轮胎很有可能会与地面发生碰撞，从而产生裂缝。第二，在道路桥梁工程设计中，对铺面的开度分析不全面，不能充分认识到在使用中可能出现的各种外在因素，导致工程质量不能满足要求，并在今后的工程中出现其他问题。在这种条件下，沥青路面的使用寿命将大大减少，同时由于车辆的增多，会造成严重的超载，造成各种交通事故[2]。

2.3 路面龟裂

一般在高负荷的道路桥梁沥青路面中会出现龟裂现象，龟裂呈现出不同规则的排列方式，主要表现为一个点向四周扩散，是一种网状结构的裂缝。龟裂裂缝宽度较大，且在网状结构中，宽度也非常大，在中心裂缝四周有很多的小裂缝、龟裂裂缝对沥青路面结

构性能影响较大，从裂缝问题可以看出这一段道路中交通流量大，大多数是行车压力引起的。如果后期养护管理不到位、不及时，会导致裂缝大量出现，不断扩散，严重影响行车安全和行车稳定性，也会对车辆造成损伤，从而诱发安全事故。

3 道路桥梁沥青路面裂缝形成的原因

3.1 交通负荷的影响

交通负荷是诱发道路桥梁沥青路面裂缝的主要因素，具体原因如下所示：第一，传统沥青公路设计标准的影响。调查研究发现，我国在道路桥梁沥青路面设计中仍然以传统的设计标准为主，无法满足当前车辆保有量增加、道路车流量增加导致交通压力增加下的道路承载力标准要求，导致道路桥梁沥青路面裂缝出现。第二，调查发现，现有的法律法规存在漏洞，导致道路桥梁路段中很多车辆都存在超载运输的现象，进一步增加了道路的负荷和压力，很多的车辆实际载重量已经远远超出了路面最大压力承重标准，导致路面破损严重，出现不同程度的裂缝。第三，路面长时间处于运行状态下，除了车辆荷载，也受到外界环境因素和自身重力的影响，出现了不同程度的磨损和老化等问题，因此也会出现不同的裂缝。

3.2 气候环境的影响

气候环境对路面的影响是非常大的，尤其是恶劣天气下对道路的影响更大，主要原因如下：第一，如果外界温度持续降低，会导致道路内部水分凝结成冰，导致道路结构破损，在车辆的碾压下道路结构变形，出现不均匀的沉降问题，因而出现路面裂缝[3]。第二，如果外界温度持续升高，沥青材料膨胀变形，气密性增加，导致路面吸热能力变大，如果长时间被太阳暴晒，温度持续增高，达到了沥青融化临界值，会导致沥青熔化。且在车辆的碾压下出现变形问题，当夜晚温度降低时，路面沥青材料收缩，因而出现收缩性裂缝。第三，夏季降雨量大，持续降雨会导致路面积水增加，路面和路基长期浸泡在雨水中会导致路基沉降，路面裂缝出现，严重时会发生自然灾害。

3.3 施工技术人员问题

道路桥梁沥青施工是一项复杂、技术要求高的工作，人员的专业技术水平和态度、素质直接影响最终的施工效果，因此，人员技术问题也是影响路面结构性能的一大问题，具体表现在以下几个方面：第一，人员设计不到位，没有控制道路路面最大承载量，沥青混合料配比控制不到位，导致道路结构稳定性降低，如果负荷加大会出现裂缝。第二，施工中碾压和夯实不到位，路面强度和硬度不达标，无法满足规范要求。第三，后期维护不到位，导致路面随着使用年限的增加出现不同的裂缝问题。

4 道路桥梁工程沥青路面裂缝施工技术应用措施

4.1 沥青路面填补技术

4.1.1 化学压浆技术

化学压浆法是一种以液态高分子为填料的裂隙充填工艺，在充填过程中，通过加压预热等手段使液态高分子的温度升高，再通过钻孔技术对其进行挤压。然后，利用沥青或液态高分子发生化学反应，使裂缝得到去除，使其强度得到改善。在化学压浆技术前期，应对裂隙部位进行监控，确定范围后，对灌浆部位及主要灌浆部位进行控制。通过对灌浆过程的有效检验，确保灌浆技术达到理想的灌浆效果。在施工过程中，由于某些钢筋的质量问题，需要在施工前使用定位仪对钢筋的主要部位进行定位，避免在钢筋上穿孔，从而保证钻孔的正向。压浆是根据生产工艺要求进行的，在这一过程中，要对液体聚合物的温度和压浆压力进行严格的控制，从而达到对浆料的密封性。在聚合物液体温度达到一定程度后，使用夹具对压浆管进行质量控制，保证聚合物物料通过缝内流动，同时对压浆过程进行压力控制[4]。压浆完成后，要用木塞把浆口堵塞，以免造成过多的压浆。塞子的位置确定后还需要等待化学反应结束。

4.1.2 硅酮耐候密封技术

硅酮的耐候性能够发挥较好的作用，它的实际应用和功能特性更加突出。在实际应用中，它具有良好的延展性、防水性和抗老化性能，可以改善沥青路面的局部质量。在应用该技术时，应先确定裂缝的性质，确定裂缝深度、长度、位置等基础属性，再用风力将其清理干净。在实施封口充填工艺时，应先确定硅酮耐候密封剂的用量，再采用相同数量的硅酮耐候密封胶，将其置于装置内，由灌缝机进行预热，再将其加热，填入裂缝，以达到防治道路病害的目的。

4.2 沥青路面施工准备以及防护管理

在道路桥梁施工过程中，确保施工安全并保护道路桥梁结构的完整性至关重要。为此，实施交通管制是必要的措施。交通管制包括对行驶车辆的速度和载重进行严格控制，以防止车辆超载、随意掉头和急刹车等行为，这些行为都可能对道路桥梁的质量和使用寿命造成不利影响。在道路建设过程中，为了提高沥

青路面的结构稳定性，应选择质地优良、表面粗糙的石材。这种石材有助于提高路面的耐久性和抗滑性。在混合铺装过程中，必须对铺面的整体配比进行精确分析，以确保材料的合理搭配和混合。特别是在铺装时，应按照规定的顺序进行碾压，以确保碾压的均匀性。碾压过程中，需要控制喷洒量，以确保每一层都得到充分的压实。铺设完物料后，还需进行进一步的碾压，以提高道路的密实度和强度，从而延长道路的使用寿命，并确保其满足规定的标准要求。

4.3 路面养护机械设备应用

养护管理的最大优势在于能够有效地改善工程的质量和工作效率，保证工程期间的工程质量，预防工程建设中出现的环境问题。道路建设管理部门和企业应加强对新设备、新工艺的引进，以延长其使用寿命。在此基础上，结合国外的先进技术，实现设备的自动化、智能化和节能，从而提高设备的整体工作效率。不仅可以达到道路桥梁工程的自动化目的，而且可以使养护管理技术在道路桥梁工程施工中的创新运用得到推广。

4.4 道路桥梁沥青路面施工材料的科学运输

在道路桥梁等工程中，必须对所用的沥青原料进行严格的检验，并对所选用的材料进行严格的取样，确保其质量符合规范的使用标准，并在实际工程中加以运用。在搬运物料时，也要选择大吨位的货车，以确保物料的安全。在运送的时候，还要保证物料不会被暴雨和其他因素所威胁，保证了安全的运送。运输前也要进行清洁，严禁将物料堆积在物料上。在运输车辆到达工地后，要有专门的技术人员进行指导，以避免因安全原因导致人员伤亡。

4.5 道路桥梁沥青路面接缝处理

施工中若采用半铺铺法施工，则要求在进行铺展时，在纵向接缝处留有具体的空隙，而且还不能完全压制，一般是经过标高的参考，采用交叠式铺装。在挤压缝线部位时，应使用热缝法来消除缝线。若道路结构为多层复合结构，其上下纵缝间距应适当错位[5]。横缝采用平缝法。在支撑和摊铺层之间的交互作用部位确定为接缝部位，然后利用剪缝机对其进行相应的加工。最后，要对接缝中的杂质进行及时的清洁。在黏合过程中，采用黏合的沥青，并利用铺路机来辅助铺路。

4.6 道路施工中的温度控制

在使用沥青的过程中，必须要注意周围的空气、温度、湿度，以确保铺装工作的顺利进行，其次是要注意设备的选用，选用的机器是最重要的，一般是采用履带式摊铺机，这是一种耐高温的设备。对道路桥梁中的沥青混合料的施工起到了积极的促进作用。此外，还能选用多种不同的设备，使项目的建设速度、工期和造价都得到极大的提升。在施工时，要注意设备之间的间距。

4.7 选择先进的养护技术

道路桥梁工程的维护与管理，必须把维护工作摆在首位。运用现代养护管理技术，改变了传统的养护工作观念，提高了道路养护工作的质量，预防了道路病害和安全事故。管理者必须要有相应的维修技术，才能在出现突发状况的时候，及时地做出相应的改进，有效地改善桥梁的维修工作，保证道路桥梁的使用寿命。另外，为确保节能效果的实现，应根据道路养护工作的要求，尽可能选用新技术、新材料。由于水的积累对道路的损害很大，因此，及时采取相应的补救措施和养护技术，可以有效地解决道路的病害和其他问题，从而延长道路的使用寿命。

5 结束语

沥青路面裂缝是道路桥梁工程中不容忽视的问题，通过本文的探讨，了解到沥青路面裂缝的危害、类型、形成原因以及施工技术应用措施。为了提高道路的使用寿命和安全性，必须重视沥青路面裂缝的预防和修补工作。通过采用先进的施工技术和科学的养护管理，可以有效预防和修补沥青路面裂缝，提高道路的质量和安全性。此外，还需要加强对施工技术人员的培训和监管，提高他们的专业水平和责任心，确保施工质量。通过这些措施，我们可以有效解决沥青路面裂缝问题，为道路桥梁工程提供更好的服务和保障。

参考文献：

[1] 歹龙龙 . 道路桥梁工程中沥青路面裂缝施工处理技术分析 [J]. 工程建设（维泽科技）,2023,06(04):144-146.
[2] 袁理中 . 道路桥梁沥青路面裂缝施工处理技术浅析 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术 ,2023(01):64-67.
[3] 王慧孜 . 高速道路沥青混凝土面层温度裂缝施工控制技术 [J]. 广东建材 ,2023,39(09):131-134.
[4] 周银霞 . 农村公路沥青路面病害及养护施工技术的探究 [J]. 中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术 ,2023(03):129-131.
[5] 李强 . 道路工程沥青路面接缝施工技术要点 [J]. 交通建设与管理 ,2023(03):128-129.

500 kV断路器合闸电阻故障分析及运行维护

王一帆，吴昕泽

（国网河南超高压公司，河南 郑州 450000）

摘 要 电力系统中合闸电阻在断路器合闸过程中起着抑制涌流、保护设备的作用。因此，对其500 kV断路器合闸电阻故障进行深入分析并加强运行维护显得格外重要。本文在分析500 kV断路器工作原则基础上对合闸电阻故障分析与运行维护作用进行探究，以具体工况为例，探究该断路器合闸电阻故障分析方法与运行维护策略，以期能给相关维护工作人员提供参考。

关键词 500 kV；断路器；合闸电阻；故障分析；维护策略

中图分类号：TM56 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0043-03

电力系统作为现代社会重要的基础设施，关系到人民群众生产生活以及社会的稳定发展。500 kV变电站作为主要基础设施，是电力能源传输和使用的关键，对社会的电力能源合理开发和利用存在直接影响。500 kV线路断路器是变电站内核心设备，其属于重要开关设备类型，保证电网正常运行，使供电系统达到使用的标准，防止出现严重的故障缺陷。通过该装置的运行可对电气设备的切除或者投入进行控制，结合线路通行的状态做出系统运行调整，使电网达到运行平稳性的标准。一旦在运行中出现设备或者电路的故障问题，要通过该装置快速切断线路或者设备，防止出现故障严重的情况，尽可能降低对其他设备或者线路产生影响。基于此，本文将深入分析500 kV断路器合闸电阻故障，落实各项运行维护措施，旨在为保证500 kV断路器运行效果不受影响提供参考，从而满足电力系统运行可靠、稳定的要求。

1 工作原理和运行维护工作的重要性

500 kV输电线路作为电力系统的核心组成部分，该系统是确保电力能源稳定供应的关键。针对电力系统工作的情况，对500 kV配电线路进行全面检查分析，保证断路器的功能处于良好条件下，进而确保输电线路的运行不受影响。

与此同时，根据断路器的工作情况分析其工作原理，针对工作运行条件合理设置各项技术参数，使得断路器的功能达到标准。从以往500 kV输电线路断路器运行情况进行分析，其故障发生概率较高，了解形成的原因再采取合理的故障排查处理措施，防止引发严重的输电线路损坏现象。通过上述措施提高500 kV断路器运行效果，保证其运行达到平稳性要求，对输电线路运行效率提升产生积极作用[1]。

2 某变电站断路器事故分析

某500 kV变电站5022断路器为热备用状态时，合闸电阻发生爆炸事故。经过技术人员检查发现，5022开关合闸位置出现瓷瓶严重损坏的情况，断路器分闸位置、机构位置正常。

2.1 原因分析

合闸电阻发生动作的主要因素是因为运行的过程中绝缘感杆动电阻断口和主断口发生动作，导致传动比改变进而引发运行故障。电阻断口出现自动分闸的指令，导致整个系统功能受到影响。断路器分闸的过程中，合闸电阻不会参与到分闸中。从本故障问题进行分析，发现绝缘管内的线路褶皱问题较为严重，已经占满整个管道内部，无法满足系统运行的需求。

2.1.1 断路器外部污闪

如果500 kV断路器运行的环境比较阴暗潮湿，长期投入使用下，磁套表面存在大量的污秽物，断路器绝缘性能下降，也会在运行中出现闪络现象。本断路器发生故障后由技术人员分析录波图，检测其故障发生时电压值处于承受范围内，但是因为外部存在污秽物出现闪络现象，进而导致故障变得更加严重。

2.1.2 断路器开断故障

按照电力系统运行的要求，断路器断开时必须在同一时间内完成动作，否则将会造成系统电压超标而引发严重故障问题。除此之外，如果灭弧室压力逐步升高，也会导致断路器系统发生故障问题。对本断路器故障问题进行分析，可确定断路器长期处于开断热备用状态，机构位置和储能装置正常，所以并未出现该问题。

2.2 合闸电阻内部缺陷

2.2.1 设计存在缺陷

电位相同的两种断路器，在合闸运行中状态通常是相同的。但是很多方案设计中，由于设计人员考虑不到位，或者对电力系统的运行情况分析不足，造成有些部位出现电气故障的现象引发系统爆炸。除此之外，断路器投入使用后，因为合闸电阻电场以及流通容量等方面存在干扰，导致其故障率升高，无法满足系统运行需求。

2.2.2 合闸电阻零部件质量或装配时存在缺陷

在选择合闸电阻零部件时，零部件功能不合格或者本身零部件存在质量问题，也有可能在合闸电阻零部件安装时没有按照标准要求安装作业，导致装配后功能性无法达到要求，甚至运行中出现拉杆断裂的现象。如果无法解决上述问题，断路器运行的过程中各项功能无法达到要求，其运行效果会受到影响[2]。

2.2.3 运输安装合闸电阻存在的缺陷

通过对500 kV断路器的运行状况展开检查，了解合闸电阻端口A2拉杆发生断裂现象，造成合闸环节操作失误，也会导致系统的摩擦力增加，管道内部被不良的线路填充，绝缘体受到损坏，电流的传输也无法达到要求。除此之外，断路器合闸电阻出现异常情况造成动、静两端结构运行状态改变，甚至发生悬梁臂结构形式损坏的情况，进而出现断路器功能缺失、垂直冲击力过大造成整个结构严重损坏。

2.2.4 冲击过电压

1. 雷电过电压。雷电过电压故障的发生多数是因为雷电天气所引发的，而本断路器在故障检查时天气状况良好，并未发生雷电过电压的故障，所以排除该故障的影响。

2. 系统谐振过电压。通过对本断路器的故障问题展开分析，由技术人员检测录波图，并未发现谐振过电压的问题，所以排除该故障。

3. 操作过电压。由于断路器运行中操作站内、对侧变电站进行倒闸操作，所以可排除过电压故障问题。

通过对本断路器的运行故障展开分析，确定其发生电阻爆炸的原因可能是如下几点：（1）电阻A2的动触头绝缘拉杆位置，质量性能不达标，或者在装配、运输等过程中导致结构部件损坏。除此之外，安装施工中选择安装工艺或者操作流程不当，和配件结构产生严重的撞击影响，出现绝缘杆拉杆断裂的问题进而引发电阻爆炸；（2）断路器绝缘拉杆采用方形形式，如果发生断裂问题导致断裂口位置呈现出较多的棱角，尤其是合闸时由于和内壁接触形成较大摩擦力，进而导致绝缘系统存在褶皱而填充整个管道内部空间。但动侧弧触头位于合闸部位，断路器分闸位置热备用条件下只通过A1承受电气绝缘。合闸动作发生后会对内部的密封部件产生较大冲击，而反复冲击下，冲击次数逐步增多，导致合闸电阻的密封性受到破坏，进而出现SF6气体的泄漏；（3）经过运维人员的全面检查，掌握故障录波的运行状态，确定该位置在合闸电阻爆炸前出现线路间断性的故障问题。由技术人员综合分析发现该故障形成的主要原因是合闸电阻A2处于导通状态，A1线路一侧存在接地情况，且电压超出A1承受的范围，该位置的绝缘系统被击穿。变压器在线路有电流通过时，由于其通行电路超出标准或者系统存在故障，出现5022断路器接地的现象。上述各项问题的出现造成5 000 A接地电流形成合闸电阻，进而引发整个系统爆炸[3]。

2.3 断路器合闸失效的影响

500 kV输电系统正常投入使用后，断路器运行中合闸无法达到动作的要求，容易导致整个系统不能正常运行，引发电力能源传输中断的情况。如果故障问题发生较为严重，或者持续没有解决，就会对周边居民生命安全以及社会稳定产生影响。断路器合闸失效形成的原因比较多，具体主要包含如下几点：（1）系统运行的过程中，电气二次回路出现断路器失效的现象，导致其合闸状态无法达到要求，造成整个系统运行受到影响；（2）输电线路运行的过程中，因为开关或者操作机构发生故障问题，断路器的功能缺失，控制开关无法正常使用，同时发出警报信号，各项功能无法满足要求。如果该阶段没有及时采取合理有效的处理措施，将会造成故障进一步严重。该问题的发生主要是因为电压过低，或者调整操作机构控制不当引起的，断路器合闸状态无法达到预设的标准，系统操作故障较为严重，基于上述故障，选择合理维护措施才能避免出现严重事故，保障电力能源稳定传输。

3 500 kV断路器运行维护要点

在500 kV断路器合闸电阻故障进行分析后，已初步掌握故障形成原因，再采取合理的维护措施，进而保证断路器正常运行。维护过程中应从如下几个方面展开：（1）创新维护技术，提高断路器的维护水平；（2）采取环境保护措施，给断路器正常运行营造出良好的环境；（3）合理保护断路器装置，防止因为操作不当或者外部环境等引发故障；（4）加大力度展开工程监理，保证断路器的安装效果合格[4]。

3.1 做好断路器合闸电阻的检查和维修工作

对于500 kV断路器的合闸电阻，检查的首要任务

是确认电阻值是否在规定的范围内，并且其变化是否稳定。这通常需要使用高精度的电阻测量仪器进行精确测量，并与历史数据进行比对。同时，还需观察电阻器表面的状态，检查是否有过热、烧焦、变形等异常情况。如果发现电阻值异常或表面损坏，应立即进行进一步的检查和维修。在维修过程中，首先要确保断路器的电源已经断开，以避免电击事故。随后，根据电阻器的损坏程度，采取相应的维修措施。对于电阻值偏差较大的电阻器，可能需要更换新的电阻元件；而对于表面损坏的情况，则需要进行清理、修复或更换相关部件。维修完成后，还需重新测量电阻值，确保其满足要求。

3.2 提高断路器合闸电阻的自身性能

提高断路器合闸电阻的自身性能是确保电力系统安全稳定运行的重要内容，为了达成这一目标，需要从多个方面入手。首先，应选用高品质、高性能的电阻材料，这些材料应具有良好的电阻稳定性、耐高温性和耐腐蚀性，以确保合闸电阻在长时间、高负荷运行下依然保持稳定的性能。其次，在电阻器的设计和制造过程中，应采用先进的工艺和技术，确保电阻器的结构紧凑、散热性能优良，以减少因过热导致的性能下降。此外，通过优化电阻器的接线方式和接触结构，可以有效降低接触电阻，提高电流的传输效率，从而进一步提高合闸电阻的性能。在日常运维过程中，加强对合闸电阻的监测和维护也是提高其性能的关键。检修人员应定期对合闸电阻进行性能检测，包括电阻值的测量、温度的检测等，以便及时发现并处理潜在问题。同时，在电气系统或电子设备中，电阻器作为关键的元器件，其稳定性能直接影响到整体设备的运行效率与安全性。因此，对于那些已经运行较长时间或表现出性能下降迹象的电阻器，必须给予高度重视。这些电阻器因长期使用而老化，或因环境因素（如温度波动、湿度变化）导致性能衰减，进而影响到电路的稳定性和精度。为确保电气系统或电子设备的持续高效运行，我们应当建立定期检测机制，一旦发现电阻器性能不达标，就应立即采取行动，及时更换为同规格、高性能的新电阻器，或根据具体情况进行维修处理，从而保障电阻器始终维持在良好的工作状态。

3.3 提高输电线路的整体性能

在进行 500 kV 断路器系统安装时应对输电线路运行情况进行全面分析调查，掌握线路运行状态，再确定最佳安装措施以及设备类型，使其输电线路的性能达到要求。在输电线路整体布置过程中，要从地形条件以及供电能力需求方面展开分析，使得电力系统传输效率合格，能源传输具备稳定性、可靠性，尽可能缩短输电线路的长度，降低建设和运营成本。为能达到这一目标，电力系统设计人员应进入现场进行综合性考察，应尽可能避免设置弯曲或者绕行的方式。与此同时，尽可能减少外部裸露的线路数量，降低雷击发生的风险，同时营造出良好的运行条件，安装必要的避雷设施，比如避雷线等。为使得输电线路的运行状态达到要求，除了线路合理布局外，还要针对线路运行的需求确定最佳断路器合闸电阻。断路器合闸电阻的确定是保证电力系统正常运行的重要举措，也是提高电网运行功能性的关键性参数。由此可见，在确定断路器合闸电阻时，要对输电线路的运行情况进行综合考察，结合线路运行的需求再确定最佳合闸电阻参数值。此外，为能确保断路器合闸电阻正常运行，使其合闸电阻设置达到要求，投入使用前需进行模拟试验。经过模拟试验掌握不同工况条件下对合闸电阻的需求。分析可能存在的故障问题，再制定最佳的安装施工方案。以模拟试验作为基础，对输电线路运行状况进行全面调查，制定详细安装计划，确定最佳安装施工方案和工艺措施，进而提高 500 kV 断路器的运行水平[5]。

4 结束语

500 kV 断路器作为输电系统中非常重要的组成部分，关系到整个系统运行的可靠性以及稳定性。但该装置运行中合闸电阻故障发生概率较高，影响整个系统的正常使用。基于此，相关人员需分析 500 kV 断路器合闸电阻故障问题，并且结合故障问题采取针对性处理措施，落实各项运行维护工作，保证 500 kV 断路器功能不受影响，使输电系统运行达到要求，提高电力系统运行的总体性能，为社会提供更高质量的电力能源。

参考文献：

[1] 程锦 .750kV 交流滤波器用断路器合闸电阻故障预判方法探究 [J]. 高压电器 ,2023,59(08):239-244.
[2] 牛勃 , 马飞越 , 相中华 , 等 . 断路器合闸电阻运行可靠性分析及故障诊断技术研究 [J]. 宁夏电力 ,2021(01):23-35.
[3] 牛勃 , 马飞越 , 温泉 , 等 . 一起 800kV 断路器合闸后接地故障原因分析 [J]. 宁夏电力 ,2020(03):32-38,71.
[4] 马飞越 , 牛勃 , 黎炜 , 等 .750kV 交流滤波器用断路器合闸电阻故障分析 [J]. 电力电容器与无功补偿 ,2019,40(04):145-151.
[5] 牟波 .500kV 断路器合闸电阻故障分析及应用维护 [J]. 中国新技术新产品 ,2017(03):64-65.

110 kV高压电缆施工技术与质量控制措施探析

谢志松

（广东电网公司佛山供电局输电管理所，广东 佛山 528000）

摘 要 110 kV高压电缆的施工技术与质量对于电力输送系统的可靠性和安全性至关重要。文章首先对110 kV高压电缆施工的重要性及技术特点进行总结；然后对电缆建设技术进行详细的分析，主要从选材、敷设方式、绝缘处理以及连接技术等几个关键环节展开探讨，同时对110 kV高压电缆施工提出了质量控制措施，目的是保证电缆施工质量与安全；最后概述了施工技术及质量控制措施在110 kV高压电缆施工中的重要意义，旨在为促进电力输送系统建成提供参考。

关键词 110 kV高压电缆；材料选择；敷设方式；绝缘处理；连接技术

中图分类号：TM75 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0046-03

随着人们对电力需求的日益增加，高压电缆被越来越多地应用于电力系统当中。110 kV高压电缆是电力传输过程中的一个重要环节，其施工技术及质量控制措施对保障电力系统稳定运行至关重要。针对上述情况，文章旨在对110 kV高压电缆施工技术进行深入探究，并且提出一套科学、高效的质量控制措施。以往人们对这方面做过一些研究，但在实际施工中还存在不少问题，如材料质量不够稳定、敷设方式不尽合理等，这些都严重地影响着高压电缆施工质量以及电力系统运行的稳定。为此，本研究将在总结以往工作的基础上，根据目前研究热点及实际需要，采用理论分析和现场实践相结合的方式对110 kV高压电缆施工技术及质量控制展开深入而系统的研究。

1 110 kV高压电缆的施工技术

1.1 选材方面

材料的选用是一个非常关键的环节，直接影响电缆系统运行的安全性、稳定性以及使用寿命[1]。第一，电缆外护层材料需具有优良绝缘性、耐磨损、耐候性及耐腐蚀性。其原因是高压电缆一般埋置于地下或者裸露于户外环境，要能抵抗各种不良气候条件及土壤腐蚀物质。如聚乙烯、聚氯乙烯等常见的外部保护层，在经过特定的处理后，可以确保电缆的内部结构不会受到外部环境的侵害。第二，绝缘材料选择也是一个至关重要的环节，其直接关系着电缆绝缘性能及运行安全。高绝缘强度、低介质损耗以及优异的热稳定性，是对绝缘材料最根本的要求。交联聚乙烯等多种材料因其卓越的电气特性和热稳定性而得到了广泛的应用。该类材料能在高压环境中保持稳定的绝缘性能并有效地减少电缆工作时能量损耗和提高传输效率。第三，金属护套的选材也是不可忽视的。金属护套既提供了机械保护又加强了电缆电磁屏蔽性能。铝合金或者铜合金具有导电性好、机械强度高等优点，是人们优先选择的材料。其能在降低电磁干扰和保证电缆信号稳定传输的前提下，有效地抵抗外部机械影响。第四，导体材料好坏与电缆导电性能、机械强度等有直接关系。高质量电解铜或者铝合金导体低电阻和高导电性能保证电缆传输电能过程中损耗最低，提高能源利用效率。

1.2 敷设方式

敷设方式的选择对保证电缆的安全性和可靠性具有重要意义。根据施工环境及条件，可采取直埋铺设、顶管铺设及隧道铺设等几种方法。直埋敷设是在地质条件比较好、地形平坦、不需要频繁维修的地方进行。该方法直接把电缆埋在地下，具有施工方便、造价低廉的特点。但是直埋敷设需格外重视电缆防腐及防鼠措施才能保证电缆长期稳定运行。对于那些需要越过河流、高速公路等特定地点的情况，顶管敷设是非常合适的。其方法是先在地下预埋管道，再把电缆穿进管内铺设。该方法可保护电缆不受外界环境直接影响，延长电缆使用寿命。但是顶管敷设施工比较困难，需准确地控制管道走向及深度。隧道铺设方式适合铺设长度长、地下管线数量大的地方使用。采用地下开挖隧道的方法把电缆置于隧道中铺设。该方法可以最大限度地对电缆进行防护，降低外界因素对于电缆造成的影响。但是隧道敷设费用高、施工周期长，选用敷设方式时需考虑地理环境、工程难度、投资成本及后期养护。

1.3 绝缘处理

电缆绝缘性能的好坏直接影响着电力系统的安全稳定运行，所以，必须要引起充分重视。绝缘处理主

要是为了加强电缆绝缘层绝缘强度、提高电缆耐电压能力以避免电流泄露、电击穿等问题的发生[2]。目前，常见绝缘处理方法有热收缩套管法、冷缩套管法及浇筑绝缘法。热收缩套管法是将套管经加热收缩后与电缆绝缘层密裹，从而构成附加保护层。此法简单易行、费用低廉，但应注意控制加热温度及时间，以免破坏电缆。冷缩套管技术是通过利用套管材料的记忆特性，在常温条件下使其自然收缩并紧密贴合电缆的绝缘层，实现绝缘保护的目的。该方法不需要升温，规避了热损伤风险，但是套管材料选择及安装技巧比较关键。浇筑绝缘法就是把液态绝缘材料浇筑到电缆绝缘层中，使之凝固，形成牢固的绝缘保护层。此法适合特殊环境及要求比较严格的情况，但其施工工艺比较复杂。绝缘处理中施工人员一定要严格按照操作规程及安全标准操作，保证绝缘层的完整性、均匀性。同时，还应对绝缘材料进行严格的质量检查和控制，确保其性能符合设计要求。

1.4 连接技术

连接技术直接影响着电缆系统运行的连续性与稳定性。高压电缆主要有终端头连接和中间接头连接 2 种连接形式。终端头连接作为电缆与设备或其他电缆之间的连接点，其质量水平将直接决定电流传输的效率以及整个系统的安全性。施工时，要保证终端头连接导电性能好，接触紧密，避免发热和打火现象发生。同时，对终端头进行绝缘处理至关重要，要确保绝缘层的完整性和可靠性，才能避免电击穿及其他安全事故。中间接头的连接方法主要是为了增加电缆的长度或者修补电缆受损的部分。中间接头连接时应选择适当的接头类型及规格以保证与原有电缆性能匹配。接头安装时一定要严格遵守操作规程，以免因安装不到位造成接触不良和松动。另外，对接头进行绝缘处理也是至关重要的，要保证绝缘层的连续性和完整性，才能提升电缆系统的整体绝缘性能。要想提升连接技术施工质量，施工人员要有丰富的实践经验与专业技能。施工前应对连接材料质量严格把关，保证连接材料性能符合设计要求。在施工期间，要严格按照安全规范进行，保证施工人员及设备安全。

2 110 kV 高压电缆施工的质量控制措施

2.1 勘测线路

线路勘测过程中最重要的任务就是要保证测量数据精确性。为了实现这一目标，必须使用尖端的勘查工具和技术，如高精度的全站仪和 GPS 定位系统，这些工具可以显著提升测量的准确性。勘测过程中，必须准确测量出线路转角角度才能保证电缆在拐弯处能够畅通无阻，降低由于弯曲过度对电缆造成的损坏[3]。勘测团队还需要对各个点桩位的高度差异和距离进行详尽的记录，这些信息将成为后续施工时确定电缆的长度、埋设的深度以及施工策略的关键依据。比如，在地形起伏大的区域，点桩位高度差异数据就显得非常重要，其有助于施工团队对电缆埋设路径进行合理的规划，以免由于地形变化而造成电缆被过度拉伸或者挤压。

2.2 材料准备与采购

在保证 110 kV 高压电缆施工质量中，材料质量是其中一个至关重要的因素。所以，在材料的前期准备和采购阶段都要进行严格的质量控制措施。第一，应按施工方案及设计要求确定需要的材料品种、规格及用量，再通过对市场的深入调查，对各类材料的特性、价格及供应商的声誉与服务等情况进行了解，可以从中筛选出能提供优质产品的供应商。在此过程中既要考虑材料价格因素又要注意对质量和性能进行综合评定，毕竟在高压电缆施工过程中，材料上的任何细微缺陷都会造成严重的安全问题。在与供应商达成合作关系时，对采购过程进行质量控制具有重要意义。对于电缆、接头、绝缘材料及其他关键部件，必须要求供应商提供相关的质量证明文件，并提供检测报告。这类文件既是材料质量的直接证据，也是后续开展质量控制工作的重要依据。第二，应通过抽样检测等手段对入场物料进行质量检验，以保证其满足国家标准及施工要求。在对材料进行直接质量控制的同时，也要重视材料的储存与保管。电缆及配件应存于干燥通风的库房内，以免阳光直射及雨水浸湿。对易损件及精密部件应采取专门防护措施才能保证在投入使用之前处于良好状态。通过对材料准备及采购流程的严格把关，能够从根本上确保 110 kV 高压电缆的施工质量，为后续的施工及运行打下坚实的基础。

2.3 制定施工方案

在 110 kV 高压电缆建设中，制定出一个科学、合理的施工方案，是高质量施工的关键所在。该方案的制定既需要考虑线路勘测结果、材料准备状况以及实际施工条件等诸多因素，又需要对施工可行性、安全性与经济性进行权衡，进而保证施工过程顺利进行与施工质量稳定提高。第一，在制定施工方案时，一定要明确每个施工环节中的具体步骤及操作要点。在电缆的敷设、连接及绝缘处理等主要工序，均需进行详细的规划与说明。这些环节的明确对施工人员非常重要，它为施工人员提供了准确的操作指南，确保了施工过程的规范性和准确性。第二，施工方案要包括一

整套严格的质量标准和验收规范。对每个施工环节都要制定明确的质量指标及验收标准。这些标准、规范既对施工人员有明确质量要求，也为质量监控、验收工作提供了强有力的依据。通过及时发现问题并采取改正措施，可以保证每个施工环节都符合预设质量标准，进而保证整体工程质量。第三，施工方案中安全问题也不可忽视。施工期间，需要制定完善的安全措施与应急预案来应对各种潜在安全风险。这些措施及预案在保证施工人员人身安全的同时也保证了施工设备的正常运行。通过全方位的安全策划和紧急应对措施，可以极大地减少施工过程中可能出现的安全隐患，从而为施工团队提供一个安全且稳定的工作氛围。第四，施工方案是一个动态的过程。随着施工的不断深入，可能面临着一些始料未及的困难与挑战，需要结合实际情况对施工方案进行及时的调整与优化。通过对施工中出现的各种变化进行灵活的处理，可以保证施工方案时刻与实际情况相协调，进而保证施工顺利进行，稳定把控施工质量。

2.4 施工过程质量控制

在施工过程中，一定要严格执行施工方案，对关键环节要进行重点监控与检测[4]。一是施工人员要有较好的专业技能与操作经验来保证其对施工工艺与操作要点的熟练运用。同时，在施工现场要设置专业的质量监督人员负责整个施工过程的跟踪与监控。二是对关键施工环节如电缆铺设、连接及绝缘处理要采取专门的质量控制措施。如电缆敷设时，应保证电缆弯曲半径符合规范要求，以免过弯对电缆造成损坏；连接时，应确保连接件紧固力矩适度，避免因太紧或过松影响连接质量；绝缘处理过程中应保证绝缘材料涂抹均匀并完全凝固。三是在施工期间要定期对质量进行检查验收。对查出的问题及不合格项要及时纠正处理，保证施工质量符合设计要求及相关标准。同时，需要强调的是，施工过程质量控制不是一朝一夕就能完成的，它是一个连续的、需要全员参与的过程，必须通过培训、教育和实践等手段不断提高施工团队的整体素质与专业技能，保证各个环节都能得到有效把控，最终实现工程质量全面提高。在此过程中要积极引入新技术、新工艺来提升施工效率与质量，促进电力行业不断发展与进步。

2.5 验收与检测

在110 kV高压电缆施工过程中，最后一道质量控制环节就是验收和检验。这一阶段主要是保证建成后电缆系统达到设计要求及相关标准，并能安全、可靠地投入使用。一是验收工作要全面、周密。验收人员要对照施工方案及设计图纸对电缆敷设质量、连接质量及绝缘处理效果逐一进行检验[5]。同时，应着重考虑电缆系统接地及防雷措施的完善程度，以保证系统安全、可靠地运行。二是将检测工作作为验收工作的一个重要补充。通过采用红外热像仪、局部放电检测仪及其他先进检测设备与仪器来实现对电缆系统的综合性能测试与状态评估。这些检测数据既能对施工质量进行核查，又能对后续养护与检修起到重要的借鉴作用。三是要将验收和检测中出现的问题及时记录在案，反馈给施工团队。对严重的质量问题要立即纠正和修复；对一般性问题应当按规定期限完成纠正。总之，经过全面、细致的验收，并配合先进的检测设备与仪器，可以保证电缆系统在竣工之后符合设计要求和相关标准，以保证电力系统安全、稳定地运行。这一环节是否严谨、准确不仅关系到电缆的施工质量，而且还直接关系着整个电力系统运行的可靠性与稳定性。所以，一定要对验收与检测工作给予高度的重视，保证每一个细节能够被严格把控与检测。

3 结束语

文章就110 kV高压电缆施工技术进行了详细的论述，并提出了相应的质量控制措施，目的在于给相关项目提供借鉴与参考。通过精心选择材料、选择合适的敷设方法，以及严格执行绝缘处理和连接技术操作等关键步骤的管理和控制，能够确保110 kV高压电缆施工过程中的质量稳定性和可靠性。同时，要建立良好的质量管理体系及质量控制点，对施工全过程进行监控，保证最终产品质量符合要求。放眼未来，在科学技术不断进步以及新材料、新技术不断运用发展的过程中，110 kV高压电缆的施工技术也会越来越成熟、越来越完善。相关人员要不断重视和探索新型施工技术和方法，提高施工效率及质量水平，为电力行业发展贡献力量。

参考文献：

[1] 缪皓亮.110kV高压电缆施工中的关键技术分析[J].集成电路应用,2023,40(02):274-276.
[2] 吴侨思.110kV高压电缆敷设施工方案与技术措施研究[J].电工技术,2023(18):173-175.
[3] 潘薇.110kV高压电缆施工难点及技术改进[J].中国高新科技,2021(24):19-20.
[4] 张俊平.110kV高压电缆施工技术难点与解决措施分析思路构建[J].现代制造技术与装备,2022,58(05):150-152.
[5] 陆嘉靓.110kV高压电缆施工的技术与质量控制分析[J].华东科技(综合),2020(05):1-2.

矿山地质灾害治理及生态环境措施治理探讨

高树昊

（中煤江苏勘测设计研究院有限公司，江苏 无锡 214000）

摘 要 在追求经济增长的同时，人们必须正视并解决环保、资源利用与生态之间的平衡，尤其是矿产资源开发带来的环境课题。矿产开采作为推动国家进步的关键要素，不可或缺，然而其背后却隐藏着对生态环境的深远影响，对人类生活质量和可持续发展构成严峻考验。因此，如何在矿产开发与环境保护之间找到平衡显得尤为重要。本文将深入剖析矿山地质灾害的典型表现及其根源，探讨并提出针对性的防治策略和生态环境恢复方法，旨在为后续的学术研究提供前瞻性的思路和实践指导。

关键词 矿山地质灾害；崩塌滑坡；采空塌陷；泥石流；生态环境

中图分类号：X4 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0049-03

中国资源库中，矿产资源对经济社会繁荣至关重要，支撑现代化和城市化。但非理性开采引发环境问题，破坏地形地质稳定性，频发地质灾害，恶化生态环境，影响居民生活和生产，威胁生命财产安全。因此，需采取紧急有效措施应对矿山生态地质问题。在矿山开采过程中应审视问题，调整预防策略，确保可持续和环保。政府需完善法规，确保开采活动合法，兼顾生态与经济效益。科技进步推动开采技术革新，新型方法可降低灾害风险，提升地质环境稳定性[1]。本文将探讨如何利用先进技术治理地质灾害并修复生态。

1 矿山地质灾害的常见形式

矿山地质灾害是指由自然力量和人为干预共同引发，对人类生活、财产以及生态环境产生严重破坏的现象。在矿产资源开采中，常见的地质灾害主要包括：崩塌滑坡、采空塌陷和泥石流。

1.1 崩塌滑坡

矿山开采作业是一个充满复杂性和多变性的过程，它经常会遭受到各种突发性的地质事件的侵袭，例如崩塌和滑坡等。这些突发灾害对于矿产开采工作来说是相对常见的，但它们的破坏力却是绝对不能被忽视的[2]。为了更好地理解这些灾害，我们可以根据它们所涉及的岩石或土壤的性质，将崩塌和滑坡分为两个不同的类型。尽管在矿产开采过程中采用崩落法进行开采在某些方面可能会显得更为稳定，但这并不意味着我们可以掉以轻心。我们必须采取科学的预防措施，以尽可能地避免这些意外事件的发生，从而确保矿产开采工作的安全性。

1.2 采空塌陷

在矿业开采活动中，由于不当的采矿技术或方法所诱发的采空区塌陷问题是一个长期以来一直困扰着矿业界的难题。这种塌陷现象的产生主要是因为在挖掘过程中矿工们破坏了原本坚实的岩土层的结构，形成了巨大的空洞。这些空洞一旦形成，就会使得周围的岩土层失去支撑，从而导致地表的塌陷。这种塌陷不仅会对矿区周边的生态环境造成严重破坏，还会对矿工的生命安全构成极大的威胁。

根据相关观察和研究，采空区的塌陷往往集中发生在地下矿产资源丰富的区域。在这些地方，由于大规模的挖掘活动，形成了大量的空洞。如果对这些空洞不进行及时的防范和处理，它们将会逐渐扩大，导致矿区内部的结构稳定性降低，进而严重影响采矿的效率。从长远来看，这也会对矿业的经济效益产生不良的影响。在极端情况下，这种塌陷还可能引发矿井的坍塌，造成矿工的伤亡。

1.3 泥石流

在矿山进行开采活动的过程中，泥石流是最为严重的潜在地质灾害之一，它对矿山工作人员的生命安全以及开采设备的安全运行构成了极大的威胁。泥石流的形成是一个多因素、多环节的复杂过程，它需要一系列的条件同时满足。首先，山体的地形需要足够陡峭，这样在泥石流形成时才能有足够的势能；其次，需要有大量的雨水积聚，这通常意味着在短时间内有大量的降雨，使得山体中的土壤和岩石饱和；再次，堆积物阻塞排水系统也是必要条件，这样雨水就无法通过正常的排水渠道流走，只能形成泥石流；最后，

频繁的暴雨天气也是泥石流形成的触发条件，暴雨的强度和频率都需要达到一定程度。这些复杂的条件共同作用，使得泥石流成为矿山开采过程中的一大风险，必须采取有效的预防和应对措施。

2 矿山地质灾害治理及生态环境修复措施

矿山地质灾害对人类生活安全和自然环境构成严重威胁。为解决由此产生的环境问题，以下是一些治理和修复措施：第一，实施矿山地面稳定技术；第二，推行大规模的土地复垦；第三，建立完善的法规制度；第四，强化监控与综合管理；第五，改进地质灾害预警系统；第六，加强环境保护和修复工作；第七，确保开采前后的治理和监管。

2.1 矿山地面减沉技术的应用

近些年，随着大规模的矿产资源开采，一些矿区出现了大量的空区，这种情况对周边的环境产生了显著的负面影响。为了缓解这些空区所引发的地质灾害，人们常常采用矿山地面稳定技术来进行治理。这种技术一般会涉及利用工业废渣、砂石或者是尾矿等材料来填充这些空区，从而有效地避免地质灾害的发生，同时也能减轻采矿活动对周边生态环境可能带来的潜在危害。

地面沉降会导致土壤结构的破坏，尤其是在遇到强降雨的情况下，可能会进一步加剧水土流失和泥石流等问题的发生。因此，采用地面稳定技术，能够有效地减少沉降的发生，防止环境的进一步破坏，对于地质灾害的预防和控制具有非常积极的效果[3]。总的来说，矿山地面稳定技术是一种能够有效减轻采矿活动对环境影响的治理方法，值得我们进一步地推广和应用。

2.2 种植大量的复垦

针对采矿活动导致的地表塌陷问题，可以采取一系列具有针对性的土地复垦与种植措施。这种方法特别适用于那些已经发生塌陷的区域，通过在这些地区种植特定的复垦植物，可以有效地减少水土流失的现象，同时也能减轻对周围生态环境的破坏程度。在实施复垦的过程中，必须对地表进行加固处理，这样可以确保地基的稳定性，从而提高复垦工作的整体成效。此外，保护边坡植被也是非常重要的，这样可以防止发生泥石流和滑坡等灾害[4]。总的来说，通过这些措施，可以在很大程度上修复采矿活动带来的损害，使受影响的地区得到可持续的发展。

2.3 法律法规的健全

为了确保矿山资源的有效开采和可持续利用，我们必须在现有法律框架内不断完善和加强矿山开采的法律法规体系。这不仅包括对矿山地质环境的保护，还包括对整个矿山开采行业的规范与监督。我们应当通过提升整体开采技术水平，推动矿山开采行业的现代化进程，使其更加规范、高效、环保。

在此过程中，我们必须严格执行综合管理措施，确保矿山开采活动不会对周围的环境造成破坏。对于那些违反法律规定，进行非法开采的企业或个人，我们应当依法追究其法律责任，运用法律手段来保护我们的生态环境。

此外，我们还应当提高矿山资源开采治理的水平，这不仅需要提高开采的标准和质量，还需要对矿业企业的资质进行严格的审查，确保它们具备相应的技术和能力，能够遵循相关规定，实行负责任的开采行为。

2.4 加强监测与联合治理措施

为了确保所有利益方的利益平衡并推动生态环境修复与矿山地质灾害管理，政府部门需强化对矿产开采的管控，通过跨部门合作，实施全面的监督机制，组建专业的修复团队，并赋予其必要的权限，确保开采过程中的严密监管，从而提升治理效率和修复质量。同时，要密切关注矿山周边环境及地质指标的变化，借助先进技术和设备实时监控污染状况，如土壤和地下水状况，一旦超标，立即采取相应措施进行处理和改进，从源头上强化矿山地区的地质环境恢复。

2.5 优化地质灾害预防体系

深化“矿山地质灾害预防体系”的应用是提升灾害治理效能的关键途径。为此，必须建立完善的预防体系，确保安全防护措施得到严格遵循。地方机构应提供政策支持或财政投入，设立专项基金项目，保障矿山地质灾害防治和生态修复的持续进行[5]。此外，采用现代防灾策略和技术，能有效地预防灾害发生，实现治理目标。

2.6 加强环境保护与修复

在矿产资源开发中，保护矿山地质环境至关重要。开采过程中必须严格遵守规定和标准，避免无序开采和随意挖掘，尤其在陡坡和斜坡区域，作业需依据详细计划进行，废弃物的处理也需符合标准，提升企业的管理效能，减少地质灾害风险，如山体滑坡和泥石流。

当前，修复与保护生态环境的方法多种多样，如实施护坡工程，改善土壤质量，施肥灌溉，引入水源，以及在矿山区域种植草坪和植被，增强生态系统的抵抗力。面对地质灾害，应迅速采取应对措施，进行及时的治理与修复。同时，强化受灾区域的管理和监控，

完善矿山监测系统，根据具体数据进行精准治理，以此提升生态环境的修复能力，切实推进环境保护工作。

2.7 完善开采前后的治理与管控作业

矿产开采过程中的地质灾害影响各异，因此，整合多种因素进行全面的灾害防御至关重要。

首先，矿产开采的各个环节应由专业人员精心规划，确保在维护环境稳定的同时减少地质灾害的可能性。其次，需深入执行预备工作，根据矿区的具体情况和地形特性定制开采计划，以确保开采后的地质整治和环境恢复。开采完毕后，生态修复应作为核心任务，采用适当的修复技术，如回填矿坑，应用边坡稳定、有机肥料、矿渣和煤研石等措施。遇到高风险状况，如滚石、滑坡或破碎岩石，首先要确保人员安全。若出现二次坍塌，应立即撤离以防止意外。同时，管理部门需强化矿区的监控和管理，严格排查违规行为，建立严格的规章制度，减少人为错误。剥离的土壤应妥善存放，禁止随意处置。此外，增强坑道支撑，优化支撑结构，以最大程度减少崩塌的风险。矿坑内的积水应及时疏导至渗透性强的区域，并采取防护措施。

3 矿山地质灾害的勘察方法

3.1 地质调查

在矿山安全评价中，地形地貌分析是十分必要的。在详细的地形地貌图和野外调查的基础上，对该地区的地形地貌特点，如地形起伏、坡度、坡向等有了较为全面的认识。这种地形特征不但对地表径流有重要的作用，而且与地质灾害的发生概率有直接的联系。在确定了岩体的种类、空间展布及理化性质的基础上，进行岩石的理化性质评价是评价其危险性的重要手段。研究断裂、节理、褶皱等地质结构是影响矿山地质安全的重要因素。水文地质情况是影响煤矿安全生产的主要因素，如地下水位、水流方向和水质等。最后，对采场岩体进行地震活动性评价，尤其是对处于高烈度地区的采动区，评价其对矿井稳定性的影响，保证矿井安全生产。

3.2 遥感技术

卫星遥感是矿山开采过程中的一个重要环节，可以通过卫星图像覆盖大面积范围，精确监控煤矿开采过程中的地质灾害，如裂隙、滑坡、泥石流等。同时，利用无人机、无人机等高清晰度摄像机，对矿区进行高精度成像，为精细刻画矿区地表形态及变化规律奠定基础。在此基础上，利用多光谱、热红外等多种遥感手段，对矿山地质灾害危险性进行评价。

3.3 地面检测

地面监测是利用 GPS、地面位移仪等先进仪器，精确跟踪并记录地面形变。在矿山中，通过布设裂隙仪，对裂隙的宽度、深度等进行连续监测，以预测潜在的地质灾害。同时，地下水的动态变化也是一项重要的地质灾害预报指标，为此，应在重点部位布设水位测量仪，对其进行实时监测。

3.4 钻探取样

在地质勘查工作中，应先对重点地段进行钻孔，取得岩石样品。通过对试样进行室内试验，分析其强度、变形和渗透性等关键物理力学参数，揭示其力学特性。并在此基础上，通过钻孔取样，对样品进行化学组成分析，评价其对矿井稳定的作用。另外，还应与钻井工艺相结合，采用地震波法、电磁法等物探手段；通过本项目的研究，可以更好地认识地下构造及岩土体特性，为地质勘查工作提供更为全面、更深层次的资料支撑。

4 结束语

矿产资源对于我国的经济增长起着极其重要的作用，因为它们是我国工业生产和建设项目的物质基础。然而，在矿产资源的开发过程中，可能会诱发各种地质灾害，如地面塌陷、滑坡、泥石流等，这些灾害会对周边的生态环境带来毁灭性的影响，并可能危害人们的日常生活和国家的长远发展。因此，我们必须加强对矿产资源开发过程的监督和管理，全面推行地质灾害的预防和控制策略。这不仅需要我们在灾害发生前制定周密的防护计划，还要在灾害发生后采取有效的措施进行应急处置和治理。通过这样的方法，我们能够显著减少地质灾害的发生频率和强度，保障人民群众的生命财产安全，同时也有利于推动我国经济的健康、绿色、可持续发展。

参考文献：

[1] 朱樽.矿山地质灾害治理及生态环境修复措施研究[J].世界有色金属,2024(05):130-132.
[2] 王伟.矿山地质灾害治理及生态环境修复措施研究[J].世界有色金属,2024(04):205-207.
[3] 马志文.探讨矿山地质灾害治理及生态环境修复[J].世界有色金属,2024(03):139-141.
[4] 鬲新,薛梅.矿山地质灾害治理及生态环境修复措施的应用探究[J].世界有色金属,2023(23):220-222.
[5] 胡江曙.基于矿山地质灾害治理及生态环境修复技术研究[J].世界有色金属,2023(17):184-186.

环境变化对水文水资源的影响及应对策略研究

徐 妍

（烟台市水文中心，山东 烟台 264000）

摘 要 环境变化对全球水资源的数量和分布带来了明显的改变。由于受到地球内部物质能量交换以及人类活动等因素的综合影响，使得全球气候呈现出明显的变暖趋势。探究环境变化对水文和水资源的影响，对于应对环境变化导致的水文变动具有重要意义。通过分析气候变暖导致的水文情势的变化，可以了解到环境变化会直接或间接地对水资源造成一定程度上的负面影响，不仅有助于保持全球生态平衡，保证社会能持续而稳定地发展，同时也能提升水资源的利用率。基于此，本文对环境变化如何影响水文水资源进行深入研究并探讨解决方案，以期对保护生态环境和进行可持续发展具有积极的理论意义和现实作用。

关键词 环境变化；水文水资源；河流径流量；降水量

中图分类号：X16 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0052-03

由于全球工业化和经济增长，二氧化碳的排放量急剧上升，导致全球气候变暖和温室效应出现。随着气温上升，极端天气事件增多，尤其是厄尔尼诺现象出现以来，全球范围内的气候变暖趋势越来越明显。这种变动给全球各国带来了如洪水和干旱等重大自然灾害，同时也对当地的水文水资源带来了明显的冲击。由于人类活动加剧了这种趋势，致使地球上很多地区的生态环境不断恶化，而水文水资源在一定程度上又会制约着这些地区经济社会可持续发展。为了更深入地理解环境变化变化与水资源的关系，需要进一步研究环境变化资源是如何影响水资源的。

1 环境变化变化对水文水资源的影响

1.1 全球范围影响

随着全球经济的持续增长和工业领域的不断进步，全球二氧化碳的排放量也在不断上升，导致大气温度逐渐升高。目前全球变暖已成为一个不争的事实，并且已经严重地威胁到人类生存与发展。科学研究表明，在过去的50年中，全球的气温每隔十年会增加0.13 ℃，这一上升速率是20世纪的两倍之多。由于人类活动造成的温室气体排放，使地球上许多地区的平均温度不断地增加，而在这些地方，降水也发生着明显的改变。全球各地的降雨模式受到了这种迅速的温度升高的影响，导致一系列的社会问题[1]。由于温室效应的影响，低纬度地区的气温急速上升，同时大气循环也在加速，降水量增加，从而引发更为频繁的极端天气事件，这对低纬度国家构成了巨大的威胁，严重影响了人们的日常生活和安全状况。全球环境变化变暖已经成为不争的事实，并且这种趋势还将继续发展下去。在高纬度区域例如北极和南极，冰川融化的速度正在加速，导致陆地冰川数量在短时间内显著减少，进一步加速了海平面的上升速度。

1.2 对我国的影响

我国拥有辽阔的国土，从北部到南部，覆盖了温带、热带雨林、亚热带等众多气候区域，这种地理上的多样性导致我国各地气候和温度的显著差异。由于地理位置以及地形地貌的不同，全国各个区域之间存在着较大的气温差和降水差异。我国各个地区的水文特性在很大程度上受到这种环境变化多样性的影响，特别是在季节性环境变化期间，河流的径流量受到的影响更为显著。夏天我国的许多地方都会受到东南部海洋季风的影响，降雨量大幅上升[2]。特别是在7月到9月的雨季，降雨量增长会使各大河流的径流量在短时间内急剧增加。因此，许多位于季风区的城市的河流水位会急剧升高，进入汛期时，防洪工作变得尤为重要。然而，在我国的西北地区，由于其地理位置的特殊性，季风的影响相对较弱，夏季降雨量减少。因此，这些地区的河流径流量将逐步下降，部分河流甚至可能因为降雨不足而出现流量急剧减少或甚至干涸的情况。环境变化的变迁与水文水资源的分布之间存在着紧密的联系，随着人类活动的不断加剧，环境变化变暖问题日益严峻，我国很多地区都受到了不同程度的洪涝灾害威胁，严重制约着当地社会经济的可持续发展。为了科学地预测和管理环境变化对径流的影响，合理地分配水资源，并有效地应对各地可能出现的洪涝或干旱状况，要进行深入的研究，保证人民的生活质量

和社会经济的稳健发展。

1.3 对山东区域的影响

在我国山东地区，近年来海平面上升的现象同样引起了广泛关注。据历年的监测数据分析，自 20 世纪末起，该地区的海平面呈现出稳定的上升趋势。这一趋势主要归因于全球气候变暖导致的海水温度上升，以及人类活动如地下水开采等因素的叠加影响。海平面的持续上升对山东沿海地区产生了深远的影响，首当其冲的是沿海城市和乡村的安全。随着海平面的不断升高，海水侵蚀陆地的现象日益严重，导致海岸线逐渐后退，部分低洼地区甚至面临被海水完全淹没的风险。这不仅直接威胁到居民的生命和财产安全，也对当地的生态环境构成了严峻挑战[3]。此外，海平面的升高还加剧了海水倒灌现象，对沿海地区的淡水资源构成了严重威胁。海水中的盐分逐渐侵入地下水和河流中，导致原本可供人类饮用的淡水资源受到污染，不再适宜使用。这不仅影响了居民的日常生活，也对农业生产造成了极大困扰。

2 环境变化对河流径流量的影响

2.1 环境变化对河流年径流量的影响

我国的水资源遍布各地，可以被划分为七个主要流域，即松花江流域、黄河河流域、淮河流域、长江流域、珠江流域、西南诸河流域以及东南诸河流域。南方地域主要覆盖了长江和珠江两大流域，由于受到亚热带环境条件的影响，四季环境温暖且湿润，降水量相当丰富。该区域环境条件适宜各种植物生长，是我国经济发展最迅速的区域之一。年平均降水量较大，而蒸发量则相对较少，这使得河流具有较大且稳定的径流量，全年都能保持流动，季节性变化不明显，因此水资源相对丰富。淮北地区也就是淮河以北的广阔地带，其环境变化特点是暖温带的半湿润和半干旱，明显受到季风的影响，夏季的降雨量占主导，而冬季则相对干燥。由于降水量少降水差异大，年内分配不均，该地区地表水资源时空分布不均衡。因此河流的流量表现出显著的季节性波动，黄河地域主要分布在我国的北部，是一个干旱和半干旱的环境区域。这里的年降水量相对较少，蒸发量较大，再加上土地沙化严重，导致河流的径流量相对较小，并且具有很大的季节性变化[4]。

2.2 环境变化对径流系数的影响

我国地域广阔，地理环境多变且复杂，各地区在气候、湿度和温度等方面都有明显的不同，这些差异直接决定了各地区的径流系数，也就是降雨量与径流深度的比值。例如在气候湿润的南方区域，由于年降水量相对丰富而蒸发量较低，大量降雨转化为径流，径流系数普遍偏高，从而对水资源的丰富程度和水文循环的活跃性产生了正面影响。然而，在北方和西北地区，由于受到大陆性气候的制约，年降水量相对较少，大多数地方的气候呈现出干燥或半干燥的特点，蒸发量较大，因此很难产生大量的径流[5]。

3 环境变化对降水量的影响

全球环境变化变迁给水文循环带来了深刻的影响，通过研究可知，20 世纪全球陆地的总降水量上升了大约 2%，不同地区的降水量变化表现出明显的不同。在北半球的中高纬度大陆区域，例如北纬 30° 至 85° 的范围内，降水量的增加特别明显，增幅在 7% 至 12% 之间。这主要是因为冬季和春季在该地区出现了一次大范围、持续较长时间的寒流降温过程。北半球的副热带地带的降雨量下降了大约 3%。在这一变化过程中南大西洋沿岸及中美洲、南美洲等地的降水明显增多。南半球的陆地区域，其降水量也总体上增长了大约 2%。由于气候变暖导致海平面上升，使得全球大部分地区降水都有不同程度的变化。但是在南美的沙漠地带以及非洲的北部，降水的减少趋势显得尤为明显。根据我国近半个世纪的降水量统计数据，东北地区、华北中南部的青藏高原以及四川盆地等地的降水量都显示出逐渐减少的趋势。随着人类活动影响程度不断增大，这些区域的降水也会发生变化。具体来说，黄河、海河、辽河和淮河流域的年度降水量已经减少了 50 ～ 120 mm。在我国东北的北部以及西部的大多数地方，每年的降水量都在逐渐上升，特别是在西北和长江下游地区，这种增长尤为显著。自 20 世纪 90 年代以后，黄河中下游地区经历了长时间的干旱，同时长江中下游也出现了频繁的洪水事件，这些都与环境变迁有着紧密的联系，这进一步证实了环境变化对降水模式产生了明显的影响。

4 保护水文水资源的建议

4.1 深度关注环境变化

为了应对日益严峻的环境变化问题，需要对环境变化的趋势进行持续、深入的关注。这种关注并非局限于简单的环境变化数据，如降雨量、蒸发量、气温等，而是需要借助高精度的监测设备以及先进的数据分析手段来捕捉和预测环境变化的每一个细微动态。因为环境变化的任何微妙变化都会对水文水资源产生深远的影响，从而对人们的生活、农业、工业等多个领域造成威胁。在监测环境变化的同时，还应当积极制定并调整应对策略。需要在现有的水资源管理基础

上，结合环境变化的新情况、新趋势，进行深入的分析和研究，从而制定出更加科学、合理的应对策略。例如对于可能出现的极端天气事件，如暴雨、干旱等，需要提前做好准备，制定并完善相应的应急预案，在突发情况发生时能够迅速响应，最大程度地保障水资源的稳定供应和合理利用。此外，提高公众对环境变化对水资源的影响的认识也显得尤为重要。借助各种渠道和平台，如媒体宣传、教育引导、社区活动等，向公众普及环境变化的知识，帮助其了解环境变化对水资源的影响和威胁。同时积极推广节约用水的理念，引导公众养成良好的用水习惯，共同参与到保护水资源的行动中来。通过全社会的共同努力，更好地应对环境变化的挑战，确保水资源的可持续利用和发展[6]。

4.2 保护大气环境

大气环境的恶化不仅是一个独立的环境问题，还会产生一系列连锁反应，其中最为直接的影响就是对水文水资源质量的损害。洁净的大气环境是维护水体纯净的重要前提，一旦大气被污染，其携带的有害物质便可能通过降雨、沉降等方式进入水体，导致水质下降，甚至引发水源污染。因此，保护大气环境无疑是保护水资源、维护生态平衡的重要一环。为了有效减少大气污染物排放，需要从多个层面入手。首要工作是制定并执行严格的环保法规，通过法律手段来规范企业和个人的行为，减少其对大气环境的污染。积极推广清洁生产技术，鼓励企业采用环保型生产工艺，减少生产过程中产生的废气排放。同时发展循环经济，提高资源利用效率，也是降低大气污染物排放的有效途径。在减排的同时加强空气质量监测，需要建立健全的空气质量监测网络，确保监测点的分布能够覆盖到各个区域，以便及时了解各地的空气质量状况。同时还要确保监测数据的准确性和可靠性，为环保决策提供科学依据。此外，应当定期发布空气质量报告，向公众通报空气质量状况，引导公众采取必要的防护措施，减少大气污染对人们生活和健康的影响。除此之外，推广清洁能源也是保护大气环境的重要手段之一。应当积极鼓励使用清洁能源，如太阳能、风能、水能等，减少化石能源的消耗，降低温室气体排放。这不仅可以有效减缓全球变暖趋势，还可以降低大气污染物的排放，保护水文水资源。

4.3 加强水质监测

为保证水资源的持续、健康与安全，水质监测作为核心策略之一需得到全面而有效的实施。构建严谨、全面且科学的水质监测体系，实现对河流、湖泊、水库等水体的定期、全面监测。在监测过程中，依托先进的监测技术和设备，保证所获取水质数据的准确性、可靠性以及时效性。这些先进的技术手段不仅提高了监测效率，更为后续的治理工作提供了强有力的数据支撑。为保障水资源的安全使用，制定严格的水质标准，一旦发现水体污染超标，将立即启动应急预案，采取相应措施进行治理，防止水污染事件的发生，确保人民群众的饮用水安全。同时要加大对污染源的监管力度。针对工业废水、农业面源污染、城市生活污水等污染源，实施严格的监管措施，保证污水达标排放。此外，运用在线监测、远程监控等先进技术手段，提升监管的效率和准确性。

5 结束语

环境变化是当前全球面临的一大挑战，对水文水资源的影响是多方面且深远的。全球变暖导致的极端气候事件频发，如暴雨、干旱等，这些都会对水资源的分布和供应产生重大影响。冰川融化和海平面上升改变了淡水资源的储存和分布，引发水资源的短缺问题。环境变化改变降雨模式和蒸发量，影响水资源的自然循环，对水文环境和生态系统产生破坏。这些影响不仅威胁到人类的生存环境，也对经济社会发展构成挑战。水资源是农业、工业和生活的重要支撑，其变化将直接影响粮食安全、能源供应和经济发展。同时水资源的短缺和水质恶化也可能引发社会冲突和人口迁移，影响社会稳定。因此，我国必须高度重视环境变化对水文水资源的影响，加强水资源的开发、管理和保护工作。深化相关科学研究，探索适应环境变化的水资源管理策略，确保淡水资源的可持续利用，为我国的可持续发展提供坚实的保障。

参考文献：

[1] 李文鑫，金君良，舒章康，等. 气候变化对嘉陵江流域水资源和极端水文事件的影响[J]. 水利水运工程学报，2024(02):20-33.

[2] 席怀平. 基于STAR气候模型的张家口市永定河流域气候变化及对水文水资源系统的影响[J]. 水利科技与经济，2023,29(06):117-122.

[3] 柴会霞，谭立海，潘加朋. 气候变化背景下黑河流域水文及水资源特征[J]. 水利水电技术(中英文)，2023,54(S2):98-104.

[4] 陈亚宁，李忠勤，徐建华，等. 中国西北干旱区水资源与生态环境变化及保护建议[J]. 中国科学院院刊，2023,38(03):385-393.

[5] 王亚红，马向红. 变化环境下渭河流域水文与水资源响应研究[J]. 工程与建设，2022,36(06):1584-1588.

[6] 赵祎雯. 水文水资源生态环境保护与防洪减灾措施研究[J]. 环境科学与管理，2021,46(11):157-161.

环保节能理念在建筑给排水设计中的应用探究

王顼顼[1]，王 猛[2]

（1. 莱西青岛展业机电设备有限公司，山东 青岛 266600；
2. 源海世纪控股（山东）有限公司，山东 青岛 266400）

摘 要 随着人们环保意识的提升和资源压力的加剧，建筑给排水设计正面临转型升级的重要契机。本文深入探讨了环保节能理念在建筑给排水设计中的应用，从供水系统优化、排水系统完善、雨水利用推广到智能控制技术应用等方面，详细阐述了具体措施及其效果。同时，文章也指出了技术创新不足、标准体系不完善等现实挑战，并提出了加大政策扶持、推动技术创新、完善标准体系、加强宣传教育等针对性建议。通过多方协同努力，有望对推动建筑给排水设计向更加绿色、智能、高效的方向发展有所裨益，为建筑行业的可持续发展贡献力量。

关键词 环保节能理念；建筑给排水设计；智能控制技术

中图分类号：TU2 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0055-03

在全球气候变化和资源短缺的大背景下，建筑行业作为能源消耗和碳排放的重要来源，正面临着前所未有的转型压力。建筑给排水系统作为建筑物的重要组成部分，其设计理念和技术水平直接影响着建筑物的能耗水平和环境影响。然而，传统的给排水设计往往忽视了节能环保的要求，导致水资源浪费、能源过度消耗等问题日益突出。

因此，将环保节能理念融入建筑给排水设计，不仅是顺应时代发展的必然要求，也是实现建筑行业可持续发展的重要途径。

1 环保节能理念在建筑给排水设计中的应用

1.1 优化供水系统设计

供水系统的设计直接影响建筑物的用水效率和能耗水平。为实现环保节能目标，优化供水系统设计至关重要。设计师可以优先选用低流量水龙头、节水型便器及淋浴装置等节水器具，通过优化出水模式，在保证使用舒适度的同时，显著减少日常用水量。变频调速供水技术的应用则可有效降低供水系统的能耗。传统供水系统采用恒速运行的水泵，难以根据实际用水需求调节运行状态，导致大量能源浪费。而采用变频调速水泵，可根据实时用水量自动调节水泵转速，实现供水系统的柔性控制，从而达到节能目的。合理划分供水区域也是优化供水系统设计的重要内容。对于高层建筑，根据建筑高度和各区域的用水需求，设置分区供水系统，可减少二次加压能耗[1]。对于用水量较大的区域，如厨房、卫生间等，设置独立的供水管路，可避免出现大流量冲击而造成的能源浪费。

1.2 完善排水系统设计

完善排水系统设计是实现建筑物环保节能目标的重要举措。减少环境污染的关键在于实施严格的雨污分流制度。传统的合流制排水系统将雨水和污水混合排放，不仅增加了污水处理负荷，还可能造成污水溢流，污染自然水体。采用雨污分流制度，可将雨水和污水分别收集、处理，减少污水对环境的影响，并便于雨水资源的回收利用。建设建筑中水处理系统则是实现水资源循环利用的有效途径。通过对建筑物产生的各类污水进行收集处理，可获得符合非饮用水质标准的中水，用于冲厕、绿化、道路清洗等用途，大大减少了建筑物对市政供水的依赖，实现了水资源的梯级利用。此外，加强管道及设备的防渗漏设计也是完善排水系统的重要内容[2]。建筑排水管道长期处于潮湿环境中，易发生腐蚀、渗漏等问题，既造成水资源浪费，又可能污染土壤和地下水。因此，设计师应选用高质量的管材，并采取有效的防腐、防渗漏措施，确保排水系统的安全运行。

1.3 推广雨水收集利用

雨水是宝贵的水资源，但在传统的建筑设计中却往往被视为无用的排泄物，直接排入市政雨水管网，不仅浪费水资源，还增加了城市内涝的风险。推广雨水收集利用是实现建筑物环保节能目标的重要手段。屋顶绿化与雨水收集可有效减缓雨水径流速度，削减峰值流量。在建筑屋顶设置绿化层，不仅可美化建筑外观，改善小气候，还可通过植被和土壤的拦截、吸收作用，减缓雨水汇流速度。同时，在屋顶设置雨水收集系统，将绿化层渗透后的雨水引入蓄水池，可用

于建筑内部的冲厕、绿化灌溉等非饮用水用途，既减轻了城市排水系统的压力，又实现了雨水资源的就地利用。值得注意的是，雨水虽然是一种清洁的水源，但在汇流过程中难免会受到污染，因此有必要对收集的雨水进行储存和净化处理。设计师应根据建筑物的用水需求和场地条件，合理设置雨水收集池的容量和位置，并配备必要的过滤、消毒等净化设施，确保雨水水质达到相应的用水标准。例如，可在雨水收集池前设置沉淀池，去除雨水中的悬浮物和杂质；在雨水进入蓄水池前，可采用活性炭过滤或紫外线消毒等方式，进一步提高雨水品质，保障使用安全。

1.4 应用智能控制技术

随着物联网、大数据等新兴技术的发展，智能控制技术在建筑给排水系统中的应用日益广泛。应用智能控制技术可有效提高给排水系统的运行效率，实现环保节能目标。首先，通过在给排水管网和设备上安装各类传感器和监测点，并将其接入物联网平台，可实时采集管网压力、流量、水质等各项运行参数，掌握系统的运行状态。其次，运用大数据分析技术，可及时发现管网泄漏、设备故障等异常情况，并根据预设的控制策略，自动调整设备运行参数，或及时向管理人员发送报警信息，提高系统的运行安全性和稳定性[3]。与此同时，构建能耗管理系统是实现给排水系统节能降耗的有力抓手。设计师可以在给排水系统的关键环节设置能耗监测点，如水泵、风机等大功率设备，并将能耗数据传输至能耗管理平台。通过对用水量、用电量等数据的统计分析，可准确评估给排水系统的能效状况，找出能耗异常的原因，并为节能改造提供决策依据。例如，通过能耗管理系统发现某水泵能耗异常，可及时检查其运行状态，如发现存在老化、磨损等问题，可及时维修或更换，避免进一步的能源浪费。

2 环保节能理念在建筑给排水设计中应用面临的挑战

环保节能理念在建筑给排水设计中的应用虽然取得了一定进展，但在实际推广过程中仍面临诸多挑战。首先，现有的政策激励措施在操作性和激励力度方面还有待进一步加强，难以充分调动建筑行业采用节能技术的积极性。其次，节能新技术研发投入不足，产学研用合作有待加强，制约了节能技术的持续更新迭代。再者，建筑给排水设计领域缺乏系统完善的节能标准体系，设计、施工、验收等环节缺乏统一的规范要求，导致节能措施难以有效落实。最后，环保节能意识的欠缺也是一大障碍，无论是行业从业人员，还是社会公众，都需要加强节能环保理念的培育，形成推动建筑节能的社会共识和行动自觉。这些复杂的制约因素相互交织，使得环保节能理念在建筑给排水设计中的推广应用困难重重。要破除这些瓶颈制约，实现建筑行业的绿色可持续发展，必须高度重视上述挑战，深入分析其根源所在，并采取针对性的对策措施，统筹各方力量，形成合力，方能取得实效。

3 环保节能理念在建筑给排水设计中应用的改进措施与建议

3.1 加大政策扶持

政府应加大政策扶持力度，为环保节能技术在建筑给排水设计中的应用创造良好的外部环境。首先，政府要制定明确的建筑节能发展目标和行动计划，将节能降碳作为建筑行业发展的重要任务，为节能技术的应用指明方向。可以设立分阶段、可量化的节能目标，并制定相应的实施路线图，确保目标的落实。其次，政府要完善节能技术推广的经济激励政策，通过财政补贴、税费减免、绿色金融等多种手段，切实降低节能技术的应用成本，提高企业和业主采用节能技术的积极性。例如，政府可以对采用节水器具、中水回用系统等节能技术的建筑项目给予一定比例的资金补助，或者在贷款利率、税收等方面给予一定的优惠政策，以鼓励更多的建筑项目采用节能技术。同时，可以设立专项基金，支持节能技术的研发和示范应用[4]。此外，政府还要健全节能技术应用的监管体系，加大对违规行为的惩戒力度。可以将节能指标纳入建筑工程的验收内容，对未达到节能标准的项目予以限期整改或者处罚；对于恶意违规、造成重大能源浪费的行为，还可以列入失信记录，限制其市场准入，以维护节能技术应用的公平环境。并且可以建立健全第三方评估机制，定期对建筑项目的节能效果进行评估和公示，形成良性竞争氛围。

3.2 推动技术创新

加快环保节能技术的研发和应用，不仅是顺应节能减排、保护环境的时代要求，也是提升建筑企业核心竞争力的必然选择。因此，必须营造有利于技术创新的良好环境，激发社会各界投身节能技术研发的积极性。政府应持续加大在建筑节能领域的科研经费投入，设立专项科技计划，引导高校、科研机构加强节能共性关键技术攻关，为节能技术的创新发展提供强有力的支撑。与此同时，政府应积极搭建合作平台，鼓励高校、科研机构与建筑设计、施工、设备制造等企业建立紧密合作关系。可以组织举办行业技术交流

会、创新竞赛等活动，促进产学研深度融合。围绕行业发展的重大需求，开展节能材料、节能工艺、节能设备等关键技术的联合攻关[5]。

在科研项目立项、成果转化等环节，政府还要给予必要的政策倾斜和资金支持，如设立技术创新基金、提供知识产权保护等，切实打通科技成果产业化应用的“最后一公里”，加快节能新技术在工程实践中的推广应用。此外，加强节能技术示范推广也十分重要。通过选择具有代表性的建筑项目，采用先进适用的节能新技术、新产品，打造一批节能环保的标杆工程，发挥示范引领作用，为相关技术在行业内的规模化应用提供可资借鉴的经验模式。

3.3 完善标准体系

建筑给排水设计涉及规划、设计、施工、验收等诸多环节，规范的标准体系是确保各环节协同配合、有序开展的重要保障。在制定节能标准时，应以国家和行业标准为主体，地方标准为补充，企业标准为细化，构建系统完善的节能标准体系。这种多层次的标准体系既可以确保全国范围内的统一性，又能兼顾地方特色和企业实际。例如，国家标准可以规定总体原则和基本要求，行业标准则针对具体领域制定详细规范，地方标准可以根据当地气候、资源条件等特点进行适当调整，而企业标准则可以结合自身技术优势和管理特点制定更高要求。同时，要广泛吸收行业专家、设计机构、高校科研单位等各方意见建议，借鉴国际先进标准和经验，提高标准的科学性、先进性和适用性。可以通过组织专家研讨会、公开征求意见等方式，充分吸收各方智慧。例如，可以定期举办国际交流会议，邀请国外同行分享先进经验，促进标准的持续优化。

在标准的贯彻执行方面，设计阶段要将节能标准作为方案选型的重要依据，优先采用节能环保技术和产品；施工阶段要严格材料设备进场检验，按照设计要求组织施工，确保节能措施落地实施；验收阶段要将节能指标作为重要考核内容，对不达标项目坚决不予通过。这种全过程的标准执行确保了节能措施从设计到实施的一致性。

3.4 加强宣传教育

推动环保节能理念在建筑给排水设计中的广泛应用，需要全社会的共同参与和支持，因此必须加强环保节能理念的宣传教育工作。在增强公众环保意识方面，应充分利用电视、广播、报刊、互联网等各类媒体平台，开展形式多样的节能环保公益宣传活动，普及节能环保知识，倡导绿色低碳的生活方式。例如，可以制作生动有趣的短视频，通过社交媒体平台广泛传播或者举办线上线下相结合的环保主题活动，吸引公众参与。

在提升建筑行业从业人员节能意识和技能方面，应针对设计师、施工管理人员、运维人员等不同岗位，开展有针对性的节能技术培训，系统普及先进适用的节能理念、工艺和标准。可以邀请行业专家定期举办技术讲座或组织企业间的技术交流活动，促进节能新技术的推广应用。同时要将建筑节能内容纳入从业人员的职业资格考核体系，把节能意识和能力作为上岗的必备条件，促使从业人员主动学习掌握并应用节能技术。在建筑专业高等教育方面，应加强节能环保理念的渗透，将节能环保专题课程纳入教学计划，或将节能环保作为重要的教学实践内容。比如，可以开设“绿色建筑设计”“建筑节能技术”等专业课程，或者组织学生参与实际的节能建筑设计项目。通过这些措施，引导学生在校学习阶段就树立节能环保意识，培养兼具创新能力与可持续发展理念的建筑人才，为行业的长远发展储备人才力量。

4 结束语

环保节能理念在建筑给排水设计中的应用是一个系统性工程，需要政府、企业、社会各界的共同努力。通过优化供水系统、完善排水设计、推广雨水利用和应用智能控制技术，我们可以显著提高建筑物的节能效果。然而，要真正实现建筑给排水设计的绿色转型，还需要持续推动技术创新、完善标准体系、加强政策扶持和宣传教育。未来，随着新技术的不断涌现和环保意识的日益提升，建筑给排水设计必将朝着更加智能、高效、环保的方向发展。这不仅将为建筑行业带来新的发展机遇，也将为构建资源节约型、环境友好型社会做出重要贡献，推动人类居住环境的持续改善和社会的可持续发展。

参考文献：

[1] 扈阳 . 环保节能理念在建筑给排水设计中的应用 [J]. 大众标准化 ,2024(10):157-159.
[2] 胡佳波 , 毛谦益 . 浅析环保节能理念在建筑给排水设计中的应用 [J]. 石河子科技 ,2023(06):47-48.
[3] 邱君瑶 . 环保节能理念在建筑给排水设计中的技术研究 [J]. 智能建筑与智慧城市 ,2023(05):105-107.
[4] 王志洪 . 环保节能理念在建筑给排水设计中的运用 [J]. 工程技术研究 ,2022,07(22):169-171.
[5] 庄志鹏 . 浅析绿色环保理念在建筑给排水设计中的应用 [J]. 房地产世界 ,2022(20):42-44.

储能材料在建筑设计中的应用及其性能研究

冯凤成

（广东佛燃科技有限公司，广东 佛山 528000）

摘 要 随着全球能源危机的日益加剧及居民环境保护意识的增强，如何有效减少能源消耗并提升建筑能效已成为建筑设计领域的重要研究课题。传统建筑存在能耗较高、碳排放量较大等问题，但储能材料作为一种新型材料，能够有效解决能源消耗及环境影响等方面的问题。储能材料能够在不同的时间维度存储或释放一定能量，由于其具备一定的节能优势，当前在建筑设计中的应用得到了社会的广泛关注。基于此，本文从建筑设计工作实践出发，对储能材料在建筑设计中的应用及其性能进行研究，旨在为建筑能效的提升以及整体建筑业实现绿色、稳定、可持续发展提供理论借鉴与实践指导。

关键词 储能材料；建筑设计；性能分析；相变储能材料；智能建筑系统

中图分类号：TU5 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0058-03

储能材料作为一种新型材料，在建筑设计中发挥着极为重要的应用价值。储能材料主要通过在建筑物中存储并释放各种能量，达成传输及利用热能、光能、电能的目的，科学、高效地在建筑设计中应用储能材料。一方面，能够改善建筑的节能效果；另一方面，也大幅度削弱了建筑对常规能源的依赖程度，在推动整体建筑行业朝着绿色、环保、可持续发展方面发挥了重要功能。储能材料在建筑设计中的应用通常涵盖热能存储、电能存储、光控调节等[1]。为了最大程度发挥储能材料的性能优势及应用成效，必须充分把握储能材料的原理及特点，并探索其高效应用策略，从而有效提高能量存储及释放的安全性、稳定性及可持续性。

1 储能材料相关概述

1.1 定义及原理

储能材料，即能够存储能量并于必要时将这些能量释放出来的一种新型材料[2]。通常情况下，储能材料利用物理或化学方法将能量转化成一种稳定的状态并将其存储起来，并在必要时再通过一定的转化方法将能量释放。当前，电池、热能存储、超级电容器等领域均应用了储能材料，储能材料已成为能量存储与转换技术的重要依托[3]。

储能材料的原理如下：第一，电化学储能原理。电化学储能即利用电化学反应完成能量转化以及存储、释放的过程。举例而言，锂离子电池在充电过程中，正极物质中的锂离子穿过电解液，向负极物质转移，并嵌入其晶格内，同时，正极物质通过外部电路向负极物质传送电子。而在放电过程中，情况则完全相反。此种可逆向的电化学方法完成了电能的存储与释放过程。第二，物理储能原理。物理储能通常是依托材料本身的物理性质来对能量进行存储与释放。举例而言，超级电容器作为一种新型的储能器件，能够利用法拉第赝电容和双电层作用来实现对电荷的快速存储和释放。此外，热储能材料能够在相变、吸附或解吸等物理过程中完成对能量的存储，并于必要时将这部分能量释放出来。第三，化学储能原理。化学储能一般是依托化学反应来对能量进行转化、存储与释放。举例而言，氢燃料电池利用氢气与氧气之间的化学反应生成电能与水[4]。

1.2 特点

储能材料具备以下五个方面的主要特点。第一，高能量密度性。储能材料的能量密度即单位质量或者单位体积内材料本身所能够存储的能量。由于储能材料具有高能量密度的特点，其使用寿命更长且体积更小。第二，高功率密度性。功率密度即储能材料于单位时间内能够存储的能量。具有高功率密度性的储能材料适用于高功率应用的各类场景。第三，长循环寿命性。储能材料在充电、放电的循环过程中，始终能够保持稳定的性能，并保证自身持续工作的次数。如此一来，具备长循环寿命性的储能材料能够在一定程度上节约使用成本，并有效提升系统的安全性、稳定性以及可靠性。第四，安全性。判断储能材料性能优劣的重要指标之一就是其是否具备安全性。较高的安全性能够有效防止储能材料在应用过程中泄漏、燃烧等问题的发生，从而为人员的人身和财产安全提供坚

实的保障。第五，环保性。基于社会各界环保意识提高的背景下，环保性也促进储能材料在更广泛的领域得到了应用。储能材料的环保性包括低污染性与易回收性，这也展现了储能材料可持续发展的优势。

2 储能材料在建筑设计中的性能分析

2.1 能量存储性能

储能材料的能量存储性能是其应用于建筑设计中的基础条件。相变材料（PCM）等物理储能材料，能够通过相变过程高效地存储并释放大量潜热，从而有效调节建筑物内部的温度。太阳能电池等化学储能材料则能够直接将太阳能转化为电能，并为建筑物供应一部分清洁能源。储能材料的能量存储性能确保了建筑在能源供应波动或高峰期仍能稳定运作，在一定程度上提升了建筑的自我能源供应效率与安全稳定性。

2.2 能量转换性能

储能材料的能量转化性能是其应用于建筑设计中的关键要素。诸如燃料电池等化学储能材料能够利用化学反应，将化学能高效转化为电能及部分热能，为建筑多元化的能源需求提供了一定的支持。与此同时，储能材料还能够将形式不同的能源相互转换，灵活地将电能转换成热能或光能等其他形式，在一定程度上丰富了建筑的能源利用方式。基于此，储能材料的能量转换性能一方面显著提升了建筑的能源利用率，另一方面也增强了建筑在能源利用方面的灵活性[5]。

2.3 环境适应性能

储能材料的环境适应性能是其应用于建筑设计中的核心考量问题。鉴于建筑应用环境具有一定的复杂性及多变性，储能材料必须具备在差异化条件下能够始终保持稳定性能的能力。举例来说，当储能材料处于高温、低温、潮湿、干燥等严苛环境条件下时，仍然需要确保其自身能够实现能量存储与性能转换的稳定性与可靠性。除此之外，储能材料还必须具备一定的抗腐蚀性与抗老化性，以确保其在长期的使用过程中能够始终保持稳定、良好的性能。较出色的环境适应性能，也是储能材料在建筑设计中被广泛应用的原因之一。

2.4 安全性能

储能材料的安全性能是其应用于建筑设计中必须考量的且最为重要的要素。由于储能材料具备能量存储与转换的功能，一旦出现任何安全事故都可能对建筑物及周边人员构成严重的伤害。因此，在应用储能材料的过程中，必须将其安全性能作为重点关注对象，需要考察其防火、防爆及防泄漏等关键性能指标。与此同时，在开展建筑设计工作时，必须实施严格且具有针对性的安全措施来保障储能材料的安全应用，比如可以设立独立安全区域、安装监控系统等。鉴于储能材料具备高度的安全性能标准，其在建筑设计中的应用必须接受更为严谨的监督和管理。

3 储能材料在建筑设计中的具体应用

3.1 相变储能材料（PCM）在建筑保温隔热中的具体应用

相变储能材料（PCM）是一种利用温度变化引发物质相态转换，从而实现能量高效存储和释放的功能性材料。相变储能材料（PCM）在建筑保温隔热中发挥着关键作用，能够大幅度提升建筑隔热性能及节能效果。通常情况下，相变储能材料（PCM）被应用于建筑墙板、屋顶等建筑部位。日间阳光充足时，相变储能材料（PCM）能够有效吸收并存储能量；而夜间或阴雨天气，这些存储的能量则被释放出来用于室内供暖。该具体应用模式能够显著降低建筑物对外部能源的依赖程度，提升建筑能效。

除此之外，相变储能材料（PCM）还能够有效提升建筑的保温隔热性能，并降低室内温差，进一步增加建筑物内的舒适程度。

3.2 储能材料在智能建筑系统中的具体应用

基于智能建筑技术持续发展的背景下，储能材料在智能建筑系统中得到了更广泛的应用。智能建筑系统整合各类传感器、控制器及执行器，智能化监控并管理建筑内环境条件及能源利用情况。储能材料在智能建筑体系中的关键应用主要包括以下两个方面：一方面，能源管理系统的应用。能源管理系统能够集成储能材料与先进的智能控制算法，实现对建筑能效的高效智能管理和调控。举例而言，在建筑的电力需求较低时，储能系统能够存储富余电力；而在建筑的电力需求较高时，可以利用储能系统将所存储的电能释放出来，从而满足建筑的用电需求。此应用方式通过智能优化和精准调度，有效提升建筑内的能源使用效率。另一方面，环境控制系统的应用。环境控制系统通过整合储能材料与温度监控传感器，智能化地调控建筑内部环境。举例而言，在室内温度过高时，储能系统能释出先前累积的冷能降温；而在温度下降时，其又能够高效存储热量，以供日后需要。此应用方式不仅能够有效提升建筑的居住舒适度，还能够在一定程度上减少能源的消耗。

3.3 地源热泵系统与储能材料的结合应用

地源热泵是一项节能技术，该技术通过利用地下稳定的低温度资源来实现冬季供暖与夏季制冷。地源热泵系统中，储氢合金等储能材料可被用于热能的高效存储与利用。具体来说，在地源热泵系统循环回路内，特别安装了储氢合金储热设备。在冬季供暖期间，地源热泵系统从地下低温处汲取能量输送至室内，部分热能可通过储氢合金储热装置吸收并暂时储存。当室温需求提升时，该储热装置能够将所存储的热量释放出来，和热泵系统所产生的热量一起实现对室内的供暖。而在夏季需要制冷时，地源热泵系统能够吸取室内多余的热量，并将其有效地排放至地下深层进行储存。此刻，储氢合金储热装置能有效吸收并储存部分热量，以供后续使用。这种联用方法能有效提升地源热泵的能源利用效率，并降低对传统供热和制冷系统的依赖程度。

4 储能材料在建筑设计中的高效应用策略

4.1 应用储能材料实现建筑节能设计

应用储能材料，实现建筑节能设计，应当从以下两个方面来进行：一方面，要在建筑围护结构中应用相变材料（PCM）。相变材料的独特性质在于其能够随温度变化吸收或释放热量，从而有效保持室内温度的恒定。利用相变材料于建筑围护结构设计，能显著降低因内外温度波动对室内环境产生的影响，提升建筑的隔热及保温效能。比如，在墙面、屋顶、地板等部位融入相变材料层，能显著减少空调的使用频率，从而达成节能减排、绿色环保的目标。另一方面，还要再建筑供暖系统中应用热能存储系统。热能存储系统能够转化并存储太阳能、地热能等可再生能源所产生的热能，便于必要时将热能释放实现对建筑的暖气供应。

热能存储系统在建筑供暖系统中的应用，不仅确保能源能够平稳、连续供应，同时也在一定程度上提升了建筑的能效。比如，在太阳能热水器中配备储能装置，可在阳光充沛时储备热量，阳光不足时释放热量，以确保室温的稳定。

4.2 应用储能材料构建智能能源管理系统

应用储能材料，构建智能能源管理系统，首先必须在智能微电网中应用电池储能系统（BESS）。电池储能系统具备电能存储功能，能在电力需求高峰时释放储备电能，从而稳定电网负载，优化供电质量。在智能微电网中应用电池储能系统，能有效达成建筑电力自给自足与高效节能的目标。举例来说，在光伏系统中集成电池储能系统，能存储日照高峰期的电力，以供日落后或阴天时使用，确保电力供应连续稳定。其次，还应当将智能控制系统与储能材料联动应用。运用智能控制系统，精准预估并管理建筑内的能源需求，与储能设备无缝协同，能大幅提升能源使用效率。比如，智能系统能即时监控室内的温湿度等环境指标，自动调整储能材料的能量释放或吸收，从而实现环境自适应调节与节能减耗。

4.3 应用储能材料完善绿色建筑评价体系

储能材料是一类能够存储和释放能量的材料，其种类繁多，包括储氢合金、锂离子电池、相变储能材料等。这些材料在能源转换、储存和利用过程中发挥着重要作用，是实现绿色建筑和可持续能源利用的关键。纳入储能材料于绿色建筑评价体系，能够有效激励绿色建筑科技的进步与实践推广。同时，设定并实施严格的评价体系与规范标准，对运用储能材料的建筑设计进行评审与认证，能够激发建筑相关工作人员与开发商采纳储能技术的积极性，从而显著提升建筑的能源利用率和环保特性。

5 结束语

基于全球气候变化和资源紧缺问题日益凸显的背景下，绿色建筑和可持续建筑已然成为建筑行业发展的重要方向。储能材料作为绿色建筑技术的重要组成部分，其在建筑节能、节能减排和提高居住舒适度方面发挥了巨大的作用。因此，必须在对储能材料定义、原理及特点有所认知的基础上，充分把握其能量存储性能、能量转换性能、环境适应性能以及安全性能，结合当前储能材料在建筑设计中的具体应用，创新并发展储能材料，为真正实现绿色建筑、可持续建筑提供强有力的材料支持。

参考文献：

[1] 赵合瑾,万贤,路佳慧,等.相变储能材料在建筑领域的发展和应用[J].中国塑料,2023,37(11):46-61.
[2] 鞠杰,陈瑞芳,魏钢.新型相变储能材料在建筑工程中的应用[J].储能科学与技术,2023,12(12):3883-3885.
[3] 白卫东,李宗凯,詹旭东,等.新型复合储能太阳能供热系统仿真研究[J].新能源科技,2023,4(02):23-31.
[4] 牛葆康,晏梦雨,麦立强.纳米线储能材料与器件新进展[J].中国科学：技术科学,2023,53(10):1609-1624.
[5] 沈娟.相变储能材料应用于外墙的性能研究[J].中国设备工程,2021(19):108-109.

电力工程项目造价控制探究

董幸子

（湖南电力工程咨询有限公司，湖南 长沙 410000）

摘 要 电力产业在社会中的地位日益重要，如何高效地进行电力项目的开发与实施，对于我国的国民经济和社会的发展有着重要的意义。随着我国电力项目数量的持续增长，电力行业的质量也在逐步提高。由于电力工程的建设涉及的领域很广，而且需要投入的资金也很多，因此，对电力工程项目进行全面的成本管理，从而对施工成本进行有效的控制，提升工程的经济效益就变得非常重要。

关键词 电力工程；施工阶段；造价管理

中图分类号：TU723 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0061-03

电力工程项目造价管理应贯穿项目的始末，也就是从项目决策环节、设计环节、招投标环节、施工环节、竣工环节，做到全过程动态化追踪，加大审核力度，以解决结算超预算、预算超概算、概算超估算的问题。在电力工程建设初期环节，要制定可行的审核方案，注重设备选型、投资预算、概算等工作；在电力工程建设中期环节，要动态化跟踪审查设备、材料订单、工程预算、工程建设进程拨付款等；在电力工程建设后期环节，应注重审核工程的结算与决算，才能保障电力工程建设质量，为建设企业创造可观的经济效益。

1 当前电力工程项目造价管理中存在的不足

1.1 造价管理精度不高

与目前电力项目成本管理的实际情况相联系，我们可以看出，有些成本控制工作在执行上与计划存在着很大的差异[1]，成本管理的目标很难在实际操作中与各个环节之间高效衔接。在这种情况下，很难有效地将实际成本控制在目标成本范围之内。产生的原因有：（1）拟定成本计划不准确，计划成本与实际成本相差较大；（2）在实施过程中成本控制不到位，如关键材料、设备采购价与计划成本存在较大差异；（3）由于设计深度不足，导致项目实施过程中产生较大的变更；（4）管理能力不足，导致进度延误、质量不达标，从而增加成本。

1.2 造价管理手段落后

目前电力工程项目在造价管理方面手段相对落后，缺乏现代化的信息技术和工具来辅助管理，导致造价管理的效率不高，精度也难以保证。例如可引入：（1）BIM技术：BIM技术即建筑信息模型技术，可以将建筑工程的各项信息集成到一个模型中，方便各方共享和协作，从而提高工程效率和管理质量。在电力工程造价管理中，可以采用BIM技术进行工程量计算和造价管理；（2）数据库技术：数据库技术可以实现对电力工程造价数据的存储、管理和分析，方便各方查询和管理。

1.3 合同管理不规范

在电力工程项目中，成本的控制涉及比较多的部门，因此，在进行成本控制时，应该把合同管理作为一个重要的工作进行管控。在合同签订阶段，存在合同文本不规范、合同文件与项目特点不适应、合同要素不全或书写错误、合同签订时间滞后于项目实施等问题。合同执行过程中，存在承包人违约、监理工作不到位等问题。例如，转包、违法分包现象；承包人存在层层转包、以次充好、低价中标高价结算等问题；监理工作不到位，导致工程签证不规范，工程变更处理欠规范等。合同管理中，存在合同风险处置不合理、违约责任界定不清楚、合同边界条件不太清晰等问题，这可能导致合同执行过程中出现纠纷和赔偿等问题。

合同变更管理不规范：在项目执行过程中，由于各种原因，可能会出现合同变更的情况。如果合同变更管理不规范，可能会导致合同变更处理不及时、不规范，给项目执行带来困难。

1.4 设计变更、签证不规范

电力工程设计变更、签字不规范是电力工程项目中经常出现的问题，这些问题可能会导致项目的进度延误、成本增加甚至质量下降。主要体现的问题有：（1）设计变更管理不规范，可能会导致变更的实施不及时、不准确，从而导致成本增加和进度延误[2]；（2）签字

流程不清晰，如果签字流程不清晰，可能会导致签字不规范、漏签或签字无效等问题；（3）合同内容不严谨，导致各方对合同内容的理解存在分歧，从而引起纠纷和赔偿问题。

2 技术经济视角下开展电力施工项目造价控制的方式

2.1 项目决策环节

1. 电力工程项目决策阶段造价管理，主要的工作包括项目：项目建议书阶段的估算管理、可行性研究阶段的投资估算、不同方案的技术经济比较、资金筹措和使用计划。

2. 项目建议书阶段的投资估算：在项目建议书阶段，需要对电力工程项目进行投资估算。投资估算应该根据实际情况，选取适当的估算方法和依据，尽可能准确反映项目的投资需求[3]。同时，还需要对投资估算进行风险分析，以避免资金不足或过度投资等问题。

3. 可行性研究阶段的投资估算：在可行性研究阶段，需要对电力工程项目进行深入的技术经济分析和评估。在这个阶段，需要进行详细的投资估算，包括工程建设费用、设备购置费用、安装费用、税金等，同时还需要对项目的经济效益进行评估。这个阶段的造价管理需要保证投资估算的准确性和合理性，以确保项目在经济上的可行性。

4. 技术经济比较：在决策阶段，需要对不同的建设方案进行技术经济比较，以确定最优的方案[4]。在这个过程中，需要对不同的方案进行详细的投资估算和经济效益评估，以得出最佳的方案。

5. 资金筹措和使用计划：在决策阶段，还需要制定资金筹措和使用计划。资金筹措包括自筹资金、银行贷款、发行债券等方式。资金使用计划应该根据工程进度和投资估算，制定详细的资金使用计划，以确保项目资金得到合理利用。

2.2 项目设计环节

设计阶段决定了项目的大部分成本，因此必须在设计阶段对造价进行严格的管理和控制。以下是一些电力工程项目设计阶段造价管理的关键点：

1. 设计管理：在电力工程项目设计阶段，需要建立完善的设计管理制度，确保设计工作按照规定的程序和标准进行。设计管理制度应该包括设计流程、设计责任、设计进度、设计质量等方面，以确保设计工作的高效和质量。

2. 设计方案优化：在设计阶段，需要对设计方案进行优化。设计方案应该根据工程实际情况，选择合适的方案，以降低工程成本和提高工程效益。同时，还需要对设计方案进行评估和比较，选择最优的设计方案[5]。

3. 材料和设备选择：在电力工程项目中，材料和设备是主要的成本构成，因此需要在设计阶段对材料和设备的选择进行严格的控制。应该根据工程需求和质量要求，选择性价比最优的材料和设备，同时考虑其运输和维护成本。

4. 施工组织设计：在设计阶段，需要对施工组织进行设计。施工组织设计应该根据工程实际情况，制定合理的施工方案、施工进度、施工质量等方面，以确保工程的顺利进行和降低成本。

5. 投资控制：在设计阶段，还需要对投资进行控制。设计人员应该根据工程需求和实际情况，对投资进行合理的分配和控制，以确保在满足功能和质量要求的前提下，尽可能地降低工程成本。

2.3 项目招投标环节

招投标阶段是确定电力工程项目合同价款的重要阶段，必须采取有效的措施进行造价管理，以确保合同价款的合理性和准确性。以下是一些电力工程项目招投标阶段造价管理的关键点：

1. 编制招标文件：在电力工程项目招投标阶段，需要编制招标文件。招标文件应该包括工程概况、招标范围、技术要求、合同条款等内容，这些内容都会对工程造价产生影响。因此，在编制招标文件时，应该根据工程实际情况，制定合理的招标要求和合同条款，以确保合同价款的合理性和准确性[6]。

2. 确定评标方法：在电力工程项目招投标阶段，需要确定评标方法。评标方法应该根据工程实际情况和招标要求，选择合适的评标方法和标准，以确保选择最优的承包商和合同价款。

3. 合理确定合同价款：在电力工程项目招投标阶段，需要合理确定合同价款。合同价款应该根据招标文件要求、工程实际情况、市场价格等因素进行确定，以确保合同价款的合理性和准确性。

4. 加强投标文件审查：在电力工程项目招投标阶段，需要对投标文件进行审查。投标文件应该符合招标文件要求，内容真实、准确、完整，报价合理、符合市场价格，技术方案可行、符合工程需求。审查投标文件可以有效地防止不合理的高价承包和欺诈行为，降低工程造价和风险。

5. 加强合同管理：在电力工程项目招投标阶段，需要加强合同管理。合同管理应该包括合同签订、合同履行、合同变更等方面，以确保合同价款的执行和调整符合合同约定，防止合同纠纷和索赔，降低工程造价和风险。

2.4 项目施工环节

施工阶段是实现电力工程项目的主要环节，也是成本支出最高的阶段。因此，必须采取有效的措施进行造价管理，以确保工程造价控制在合理范围内。以下是一些电力工程项目施工阶段造价管理的关键点：

1. 合理安排施工进度：在电力工程项目施工阶段，需要合理安排施工进度。施工进度应该根据工程实际情况和合同要求，制定合理的施工计划和时间表，以确保工程按期完成，避免因工期延误而增加成本。

2. 优化施工组织设计：在电力工程项目施工阶段，需要对施工组织进行设计。施工组织设计应该根据工程实际情况和合同要求，制定合理的施工方案、施工进度、施工质量等方面，以确保工程的顺利进行和降低成本。

3. 科学管理施工现场：在电力工程项目施工阶段，需要对施工现场进行科学管理。施工现场管理应该包括人员管理、材料管理、设备管理等方面，以确保施工现场有序、高效、安全。同时，还需要对施工现场进行检查和监督，发现问题及时处理，确保工程的顺利进行。

4. 加强工程变更管理：在电力工程项目施工阶段，可能会出现工程变更的情况。工程变更应该经过严格的审核和评估，以确保变更后的设计方案仍然满足工程需求和质量要求，并且变更后的成本不会超过原设计方案的成本。

5. 做好工程造价动态管理：在电力工程项目施工阶段，需要对工程造价进行动态管理。动态管理是指根据工程进展和市场需求，对工程造价进行及时的调整和修正。动态管理可以有效地减少费用偏差，节约工程建设成本。

2.5 项目竣工环节

竣工阶段是电力工程项目的最后一个环节，也是最重要的一个环节。在这个环节中，需要做好以下几点造价管理：

1. 严格审核工程结算：在电力工程项目竣工阶段，需要对工程结算进行严格的审核。审核内容包括工程量、单价、取费等方面，应该根据合同约定和相关规定，进行详细的审核，以确保工程结算的准确性和合理性。

2. 认真进行竣工验收：在电力工程项目竣工阶段，需要对工程进行认真的验收。验收应该根据相关的标准和规范，对工程的质量、功能、安全等方面进行全面的检查和测试，以确保工程质量符合要求。

3. 加强竣工结算管理：在电力工程项目竣工阶段，需要对竣工结算进行管理。竣工结算应该根据工程实际情况和合同要求，进行合理的结算，包括对材料、人工、管理等方面的费用进行核算和支付。

4. 做好资料整理和归档：在电力工程项目竣工阶段，需要做好资料整理和归档工作。资料整理和归档应该包括工程设计、施工、验收等方面的资料，以及工程合同、变更、结算等方面的文件，都应该整理好并归档保存，以便后续的查询和使用。

3 结束语

造价管理对于规避经营风险、判断工程建筑标准水平、选择合适的项目建设地点和确定生产设备与工艺等具有重要意义。当前电力工程项目造价管理存在信息管理手段落后、合同管理不规范和设计变更、签证不规范等问题。这些问题可能导致成本控制不力，影响电力工程项目的经济效益和社会效益。针对这些问题，可在项目决策、设计和招投标环节中进行造价控制，包括准确估算投资、优化设计方案、合理选择材料和设备、制定合理的施工组织设计和投资控制方案等。通过这些措施，可以有效地提高电力工程项目造价管理的效率和精度，为未来的改进和展望提供参考。

参考文献：

[1] 郝文婧. 电力工程项目设计阶段造价控制研究 [J]. 建筑与预算 ,2022(12):19-21.
[2] 陈三銮 . 电力工程造价管理在施工阶段中的控制探讨 [J]. 电力设备管理 ,2023(13):157-159.
[3] 田美金 . 电力施工项目成本控制与工程造价管理策略探究 [J]. 中国住宅设施 ,2023(09):22-24.
[4] 欧阳顺沛 . 电力工程建设项目的造价管理与成本控制研究 [J]. 中国科技投资 ,2023(25):77-79.
[5] 周浩臻 . 电力基建工程项目全过程造价控制研究 [J]. 建筑与预算 ,2023(01):16-18.
[6] 方向明 . 电力工程造价的合理控制策略研究 [J]. 产业创新研究 ,2023(22):168-170.

建筑工程造价管理有效控制策略

陈宝玉

（广东普信项目管理有限公司，广东 佛山 528300）

摘 要 建筑行业作为传统的高耗能行业，需要由传统的高速增长转向高质量发展，这也就意味着企业需要加强对建筑工程整体的控制，控制的部分包括造价管理，也包括成本管控。从整体系统的角度来看，建筑工程造价控制关系到企业能否获取合理的利润，能否帮助建筑行业获得长久的未来，因此其重要性不言而喻。本文围绕着有效控制建筑工程造价管理展开论述，希望为有关工作者提供参考和建议。

关键词 建筑工程；造价管理；分阶段控制

中图分类号：TU723 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0064-03

建筑工程造价管理指的是科学地管控建筑工程项目发生过程中涉及的费用支出，并进行科学有效的预算和管理，提高建筑工程的整体质量，确保进度按期完成，成本耗费符合预期计算，让建筑工程通过造价管理符合不同参与主体和相关方的利益需求。应用规范科学的方式管理造价工作有利于确保建筑企业获得良好的经济效益。工程的造价管理效果会受到多方面因素的影响而发生波动，在具体执行过程中，造价管理者需要根据本次工程造价实际发生情况以及工程特点制定切实可行的控制方案，对造价管理工作做好科学的规划，优化管理措施，对工程造价进行科学准确的评估。除此之外，在造价管理时还需要各个部门相互监督，有效配合，防止出现资金浪费或资源浪费的情况，确保建筑施工企业得以长效发展。

1 建筑工程造价管理的意义及原则

1.1 意义

1.1.1 确保建筑项目顺利施行，降低风险

对建筑工程进行造价管理需要有效测算工程整体过程中涉及的费用和支出，查看是否符合预期标准。建筑工程造价管理有利于确保工程项目能够顺利实行，进度符合要求，并且降低项目的实施风险[1]。客观来说，建筑工程具有较长的运行周期，投资规模较大，不同的实施步骤相互衔接，错综复杂，在实施过程中也存在诸多意外情况和不可控因素，工程造价的管理初期阶段包括决策阶段和设计阶段两个部分，其中包括资金的把控和地址的选择，也包括对不同的方案进行对比和优中选优，在具体的施工执行阶段还要注重解决并处理综合问题，比如施工现场出现的资源协调不当或者机械使用紧张问题，还包括对工程造价进行动态组建。在施工竣工验收阶段需要仔细地核查成本是否超过预期，尽可能减少施工参与主体之间的矛盾，必要情况下还需要协调索赔，这些都是工程造价管理的内容和部分，通过造价管控让各个部分实现有效衔接，既确保了施工进度，加快了施工速度，同时又能够降低施工过程存在的风险。

1.1.2 确保项目经营收益，提高企业竞争力

建筑工程项目造价管理有利于企业获得合理的经济效益，让企业核心竞争力有所提升。在建筑行业企业运营过程中，工程造价管理是有效的资金规划工具，它能够帮助建筑企业了解资金投入和资金走向的具体情况，并且优化资源配置和资源，利用通过有效的管理能够使建筑工程项目建设的整体效能有所提升，达到节约成本、防止浪费、防微杜渐的效果，也能够让企业从建筑工程中稳定获益，在激烈的竞争中站稳脚跟，使企业核心竞争力得以凸显。

1.2 原则

建筑工程造价管理需要遵循实事求是和统筹兼顾的原则。首先，只有实事求是才能科学规划，企业在开展工程造价管理的时候需要以事实为依据，以法律为准绳，参考行业标准和地区的建筑行业要求，充分考虑到建筑施工的动态因素和不可控因素，对危险情况或意外情况需要做好准备，防微杜渐并且严格执行相关法律法规。在工程造价管理时，企业需要防止冒领材料或者故意虚报价格的情况出现，还要防止企业内部出现违法犯罪行为，否则容易漏算或少算，出现运算错误；其次，统筹兼顾原则指的是在造价管理时需要考虑到成本问题，同时还需要结合实际情况考虑到材料的市场价格波动，兼顾到工程施工质量、施工

效率的统一，保障施工现场的运维安全，出现意外情况需要及时处理并提出应对预案，有效提高工程管理效率，确保施工质量达标。

2 建筑工程造价管理的分阶段控制

2.1 招投标阶段

招投标阶段是建筑工程的开始阶段，在这一环节，要根据造价管控的目标树立先进的管控思想和管控理念，注重落实造价管控方案，从招标投标工作实际情况入手，制定切实可行的管理方案和章程，还要加强人才管理，组建专业的造价管理队伍[2]。造价管理工作者本身需要具备全过程造价控制的实际工作经验，还要拥有大数据技术操作能力，学会运用互联网技术和计算机科技做好审计管理和统筹规划，并且根据当地政策规定法律法规的相关要求，切实可行地落实好造价管理工作，让造价管理科学合理合规地落实下去。在招标投标阶段的管理需要把握侧重点，从预审环节开始加强对投标单位资格的考核，审查过程需要严格谨慎，重点考察招标单位是否拥有良好的信誉，查看以往是否存在不良记录，找到造价管理工作的重点。在竞标环节，还需要严防串标问题的出现，对违法行为做好综合防治。另外，需要仔细严格地做好审查，建筑企业造价管理时需要仔细研究投标方案以及各种文书资料，查看报价信息是否真实，如果造价管理在实践过程中存在问题需要开展严格治理。有些投标单位出具的方案与报价有较高的重合度，这时公平起见需要重新招标，建筑企业需要严格审查招标人员自身的工作资质，招聘人员自身也应当用严谨务实的工作态度参与到招投标的全过程中，确保专业技能过硬，职业素养达标，拥有较强的法律意识和职业道德感。在实际进行招投标工作的过程中，参与人员需要防止用不正当手段获取竞标成果的行为，做好严格的防范，确保造价工作的合理实行，从初始环节开始保质保量地完成工作内容。

2.2 设计阶段

对于设计阶段的造价控制也有其必要性，首先需要建立合理的竞争机制，加入造价控制。建设企业需要以自身实际情况作为基础，加强对投标实施办法的改进，在设计方案评选的过程中需要以项目预算作为明确的参考，改变传统重视技术指标，忽视客观方面的弊端，让经济指标和技术指标相互融合，必要的情况下可以提高经济指标的参考权重；其次，需要做好推广设计的监理工作，达到控制造价的目的[3]。有关主管部门要对施工企业做好外部监督和政府监管，设立明确的监理单位资质门槛，引进监理人才，加强对人才的考核和管理，明确监理工作的范围，划分权利和义务的范围，通过行政监管的形式确保设计监管具有实施力度和可操作性。接下来要对设计方案进行优化，才能达到有效控制工程造价的目的和效果，对于建筑工程本体来说，可以通过设计的优化来使项目投资得到精简和控制。投资控制并不意味着需要一味地减少资金的投入，相反是要结合项目运行的实际情况来使项目投资得到平衡与调节。在控制投资的过程中，施工企业需要引入先进施工技术，同时又要防止过度设计或者超额设计带来的预算超支的情况，选择的最佳方案需要考虑到报价和先进性两个方面，不能过于侧重于某一点，良好的设计方案需要优中选优，经过多轮比较并审查方可行性。除此之外，需要尽可能减少设计变更，为了使造价降低，避免出现成本浪费的情况，需要防止频繁地出现设计变更的问题，如果遭遇不可抗因素必须进行设计变更，就需要联合设计人员、施工单位和建设者共同敲定设计变更的方案，如果项目运行过程中发生变化，企业需要重新对工程造价进行核算或补算，对设计方案的选择需要谨慎，从而达到节约造价的目的和效果。

2.3 施工阶段

在施工阶段进行工程造价控制需要对施工合同严格执行，只有按照规范来施工才能把设计转化成实物。一般来说，建筑工程有较长的周期，其中会发生诸多不可控因素影响施工结果，因此在施工过程中，施工企业需要采取合理的管理手段和措施压缩成本，做好造价控制的每一项细节[4]。首先需要对图纸的设计要求加强明确，做好技术交底，了解施工成本的支出项，有清晰的概念和认知，尤其是对于重点阶段和施工部分需要加强勘察，在施工准备前需要做好勘察工作，施工人员需要亲临现场进行实地调研，组织相关人员审查设计图纸，做好技术交底，采取合适的施工方案提高工程施工的质量和安全性，防止出现返工和质量瑕疵。如果出现返工或局部质量问题需要由设计主体、建设主体共同商讨问题并找出合适的解决方案，推动项目正常运行和进展，减少工程的不必要花费和额外支出。工程造价控制管理者则需要对本次工程的阶段量有着清晰的规划和认知，才能做好施工管理和施工记录，对施工现场的重要文书加以保存，例如施工合同、施工阶段性质量检测报告，尤其是施工图纸可能会由于实际问题发生变更，这类文书一定要优先保存到位。施工过程中则要做好审查，控制好施工工程的变更，

了解施工进度和目前的施工具体情况，采取合适的施工方案，不能盲目地追求效率而不在乎质量，否则会造成更大的损失，对施工过程中的人员、材料、机械设备则需要做好衔接，合理调配，防止衔接不当造成人员空缺或者资源冗余。有些施工工程中存在子项目，子项目和总项目的衔接要做好细节工作，先进行样板施工再进行实际施工，以防损失扩大化，及时发现问题并纠正。

2.4 竣工验收阶段

竣工验收阶段是工程造价管理的收尾工作，该阶段的工作需要把握好最后一个环节，企业在竣工结算时需要找到造价管理的重点，详细地编写工程结算数据和报告并且提交业主单位进行审查，业主单位和参与单位则要根据施工企业提交的报告进行详细周密的计算和核查，这一过程需要由专业型人才做好管理，检查工程项目的每一个细节，尤其是重要环节需要确保签证单据是否完整、是否真实。业主单位需要重点关注死角或隐蔽工程，防止死角或隐蔽工程中出现质量问题，如果在竣工验收阶段发现由于工期延误或者质量不合格造成的施工损失则要着重记录做好排查，方便后续处理[5]。在造价控制中不得不提到索赔问题，例如由于工期延误造成了银行贷款利息增加，这都应当算作是工期延误而造成的造价损失，业主单位可以在核算之后进行索赔，并根据法律要求提出索赔的数额和范围。具体而言，有关人员需要做好审查施工的协作工作，确保施工工程处在正常的周期内，这一阶段的造价管理还包括科学审查定额，准确地结算施工材料等各个款项，审查费用是否符合规定，如果费用不符合规定则不能报销。在结算审查时需要处理好审查与被审查两方的关系才能确保审查工作和竣工造价管理工作顺利开展。

2.5 设计变更管理

在整个建筑项目工程造价管理当中，只要是出现了设计变更，就意味着建筑工程预算也会出现变动，为了能更好地控制建筑工程造价，相关工作者必须要加强设计环节，严格控制图纸设计质量，避免较多的设计变更。加强设计变更管理主要是判断设计变更是否合理，对设计变更的情况要进行严格审批。必须由施工现场的工程师留有影像资料签字并取得相关部门的审批后才可以具体实施。签证的内容要明确地标注出签证的对象、主体、变更的施工部分、使用材料人工状况等较为关键的信息，由相关造价人员进行现场核对，以此来加强对建筑工程造价的有效控制。

3 加强对现代化信息科技的使用

在建筑工程造价管理中要合理使用BIM技术，提高造价管理的具体成效，解决工程变更所带来的造价变更，提高造价管理的工作效率[6]。以BIM技术建设工程量模型进行进度控制和成本控制，使造价工程的实际效果得到保障。首先，在设计环节就可以结合市场信息和工程建设要求利用BIM技术进行建模，利用软件提取工程造价相关参数，例如工程面积、楼层高度和层数，这些重要数据在模型帮助下可以进一步校对修改。工作者也可以结合空间数据等资料，以造价管控的视角为工程设计方案提供进一步的建议；其次，以BIM技术作为基础，可以利用信息化手段加强不同部门人员的交流与沟通，更好地实现造价的有效管控。除此之外，BIM技术还可以利用节能模拟和碰撞检查来查看具体工程进度情况，随时提供工程造价所需要的数据，核对合同条款，确定费用并做好工程量计算，此举能方便工程管理部门把握工程建设过程中的各方面信息，例如质量、安全、材料、进度并且形成信息闭环，方便不同部门开展造价沟通，也方便明确签证单真实性，防止提高费率，达到工程造价的控制效果。

4 结束语

建筑工程造价管理有利于确保项目顺利实施，降低工程风险，也有利于确保项目经营收益，提高企业核心竞争力。在建筑工程造价管理的分阶段控制中，从招标投标开始到工程设计、工程施工，再到工程的竣工验收以及对设计变更都要加强造价把控，此外要应用以BIM技术为代表的现代化信息科技，以提高建筑工程造价管理的效率。

参考文献：

[1] 王倩.有效控制建筑工程造价管理的策略研究[J].四川建材,2024,50(04):216-218.
[2] 马宇青,张吟秋.建筑工程造价管理有效控制工程造价策略[J].建材世界,2023,44(06):128-131.
[3] 陈嘉鑫.浅谈工程管理中建筑工程造价控制的有效途径[J].居业,2022(12):151-153.
[4] 刘琳.浅析建筑工程造价管理的问题和对策[J].中国建筑金属结构,2022(09):104-106.
[5] 宋阳.建筑工程造价动态管理及有效控制措施[J].中国住宅设施,2022(07):73-75.
[6] 曾樱.基于BIM技术的建筑工程项目全过程造价控制方法研究[J].四川水泥,2024(05):68-70,206.

水利水电工程施工成本的预算与控制

李洪梅

（中水淮河规划设计研究有限公司广东分公司，广东 广州 511455）

摘 要 水利水电工程是社会发展的关键基础设施，也是改善生态环境不可分割的保障系统。水利水电工程项目建设规模比较大，需要付出的资金、人力等方面资源比较多，一旦控制不严格将造成成本升高严重，对水利水电工程项目建设实施和正常运行产生影响。基于此，本文深入分析水利水电工程施工成本的预算和控制措施，以期为提高施工成本控制水平提供有效借鉴，从而保证工程项目施工顺利进行，且成本控制在合理范围内，实现水利水电工程效益的最大化。

关键词 水利水电；施工成本；成本预算；成本控制

中图分类号：TV5 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0067-03

在水利水电工程施工过程中，施工成本预算作为项目前期的核心工作，不仅关乎资金的合理分配与使用，还直接影响到工程的进度、质量和最终效益。因此，制定科学合理的施工成本预算，并在施工过程中实施严格的成本控制措施，对于提高项目整体管理水平、降低资源浪费、保障工程质量和安全具有重要意义。在水利水电工程施工成本的预算阶段，需充分考虑项目特点、技术要求、市场行情以及可能存在的风险因素，运用科学的预算方法和合理的估算依据，确保预算的准确性和全面性。同时，在控制阶段，通过建立完善的成本管理体系，加强材料采购、施工进度、施工组织设计、资源利用、质量管理、合同管理等多方面的成本控制，实现施工成本的动态监控和及时调整，使得项目成本始终控制在合理范围内，为水利水电工程的顺利推进和最终成功提供坚实保障[1]。

1 水利水电工程中施工成本预算控制的重要作用

在水利水电工程项目施工过程中，成本预算控制是保证项目顺利建设的关键，也是提高企业经济效益的重要举措，只有合理进行成本预算工作并实现精准控制才能保证水利水电工程项目建设顺利完成，避免出现成本超预算问题。一是采用科学、合理的成本预算工作措施，提高水利水电工程成本控制水平，充分发挥精细化管理措施的优势。水利水电工程项目建设规模比较大，属于复杂性、综合性的工程，所以水利水电工程成本控制难度比较高。结合成本控制工作要求采用科学的预算工作措施，并考虑到水利水电工程建设的情况，使得预算工作顺利开展。与此同时，建设高水平水利水电工程成本预算控制体系，落实各项细节控制工作，使得预算控制和管理工作顺利完成。二是水利水电工程项目建设中科学进行成本预算控制工作，保证水利水电预算方案有序执行到位，保证项目成本在合理范围内。

2 水利水电工程施工成本的预算要点

2.1 人力成本预算

在水利水电工程项目成本预算控制过程中，人力成本作为重要组成部分，只有全面落实人力成本预算控制工作才能提升成本控制水平。一是人力成本计算时考虑到项目建设的具体情况，从规模、技术、劳务人员数量等方面进行，从而保证人力成本计算达到精准性要求。该阶段中，成本预算人员罗列出整个项目施工中所有的岗位，比如项目经理、技术工人、一线施工作业人员等，根据不同岗位人员确定工资水平并严格执行到位，使得人力成本预算合理分配。二是根据企业标准掌握人员薪酬水平，包含基本工资、加班费、绩效、奖金、社会保险以及福利等，使每项费用符合社会平均水平，使得人员具备较高的稳定性，满足施工作业要求。三是考虑到水利水电工程项目建设过程中人力成本动态化变化因素，比如季节性用工数量波动、人员流动率、技能水平提升等方面的薪酬波动变化等。为了能够应对上述各项变动情况，企业应建设完善薪酬调节机制，根据实际情况进行薪酬调整，满足人们对于薪酬的需求，保证水利水电工程项目施工顺利完成。四是人力预算编制时采用科学方法进行详细计算和汇总。人力成本计算中考虑到岗位实际情况，同时也要分析员工的专业、技术、经验、能力等多方

面因素，确定合理薪酬待遇，满足人员的期望，也能确保人力成本计算达到科学性要求。五是提高人力成本预算的准确性、有效性，建设完善成本控制和监督工作机制。在水利水电工程项目施工过程中要随时关注人力成本变化情况，进行综合性分析，及时纠正偏差。与此同时，水利水电工程项目各部门之间要展开沟通协作，使人力成本信息沟通顺畅，达到协同、一致性要求。通过上述各项措施，使得水利水电工程项目人力成本控制在合理范围内[2]。

2.2 施工材料成本预算

在水利水电工程项目施工过程中，材料作为主要组成部分，其付出的成本较多，也是成本波动变化最为剧烈的一部分。比如某水利水电工程项目规模相对较大，施工材料使用量较大，包含建筑材料、设备等，对工程项目成本存在直接影响。该项目预算的过程中包含如下几项内容：选择高质量混凝土施工，按照市场价格为450元/m^3，保证结构的稳定性、耐久性合格；基础结构垫层使用碎石垫层，成本预算为380元/m^3，同时还要考虑到能够运输以及现场铺设施工的成本；砂垫层按照市场需求预算为360元/m^3，基础结构的承载力、均匀性达到标准；模板作为重要施工材料，考虑到模板本身材料费用，还要确定安拆成本，预算为68元/m^2。项目施工中需要进行河道清淤，考虑到人工以及机械成本，预算达到12元/m^3，保证河道畅通且保护生态环境安全。土方回填施工中预算成本为7元/m^3，开挖、运输等各过程顺利进行，提升现场施工效率，整个结构达到平衡性的标准；砌石拆除时技术难度比较高，存在较高风险，将成本提升到17元/m^3，保证拆除的效率以及安全性达到要求。除此之外，土工布作为主要防渗性能材料，成本为5.3元/m^2，符合现场施工作业要求且能降低项目施工成本。

2.3 工程机械成本预算编制和控制

在进行成本预算编制时，机械成本非常关键，这是因为机械是水利水电工程项目施工的基础。从设备采购方面进行分析，特别是关键性的设备采购成本比较高，需要付出的成本较多，只有进行合理成本预算才能保证工程机械能够合理使用。与此同时，在设备投入使用后需建设完善的设备管理和维护工作团队，人员专业技能培训方面尤为重要，应使其满足岗位工作要求，确保工程机械达到正常使用需求[3]。

工程机械投入使用后，企业在施工的过程中需要采购备品备件，尤其是易耗品以及油料等必须准备充足，防止设备损坏后影响正常施工。根据工程机械成本要求，掌握市场价格不同变化具体情况，保证工程机械的成本预算编制达到计划的要求。工程机械预算编制时，预算团队需要考虑到市场价格波动变化情况，同时还要分析供应链稳定性因素，掌握供应链价格波动因素。与此同时，预算编制人员力度大，数据分析技术随时掌握工程机械波动变化情况，采取动态化调整措施，达到精细化管理要求，从而适应水电工程项目施工过程中存在的变化影响。

3 水利水电工程施工成本控制

3.1 编制适用的施工企业定额

水利水电工程项目成本预算编制时进行定额确定非常重要，考虑到企业具体情况以及水利水电工程项目施工要求，从而保证定额设置达到科学性。定额编制过程中，从人力、物力、财力等多方面进行分析，使得资源消耗量在合理范围内，进而保证定额达到精准性要求。成本控制工作中保证定额消耗在合理范围内，确定最佳消耗定额，使得成本控制达到要求。消耗定额计算时要考虑水利水电工程项目建设所在地区的收入水平、企业发展战略、人力资源状况等，进而提高定额编制的科学性，也能在后续成本控制工作中发挥指导性的作用。定额预算编制的阶段考虑到企业经营特点以及成本控制要求，还要从动力定额、费用定额等综合性分析，使得定额达到科学、合理的标准。定额管理作为成本控制最为核心的工作，需建立完善的定额管理制度，比如材料领用制度，使得企业在施工的过程中的材料成本、燃料成本等在合理的范围内。与此同时，在定额设置的阶段还要考虑到成本预测、决策、核算分析、分配等各项工作要求，使得成本控制工作达到标准。企业在进行成本控制中要考虑到水利水电工程项目造价管理工作要求，同时还要分析投标市场的波动变化情况，进而保证企业消耗定额在合理范围内，满足水利水电工程项目建设要求，也不存在成本超标的现象。定额编制时考虑到市场波动变化情况，特别是分析水电工程建设周期范围内可能存在的市场波动变化，及时进行定额调整，使得定额符合项目建设需求。根据水利水电工程项目建设的具体情况，企业应建立完善的定额管理制度并保证各单位有序落实，进而提高定额管理水平。随着技术不断革新，新材料、新工艺逐步使用到水利水电工程项目中，定额管理水平也在不断提高，更好地适应水利水电工程领域发展需求[4]。

3.2 加强材料管理

在水利水电工程项目开展过程中，材料管理是施工成本控制的重点内容。由于材料是水利水电工程项目施工成本预算和控制的重要部分，在成本控制时需要落实材料费用控制工作，使得施工成本控制在合理范围内。一般来说，施工材料运输到作业现场后，任何材料的收发、领退以及不同核算主体之间的转移都要进行清点和填制相关凭证，并且经过相关部门的审批，防止存在乱领、乱用等现象。现场施工使用的所有材料应按照规定及时进行盘点、清查，防止存在材料的积压、浪费、变质或者盗窃等行为。水利水电工程项目施工中，需按照规定工艺流程进行材料领用和使用，防止存在返工而引发材料损失的现象。与此同时，全面落实材料质量管理工作，保证材料性能合格，防止存放或者领用时出现质量下降而无法使用导致的材料损失。材料投入使用前要按照合同要求进行检查，合格的材料再投入工程中使用。

3.3 制定健全可行的原始记录制度

现代社会市场经济发展速度加快，企业在经营发展的过程中从制度、文化等方面进行建设，能提高企业的管理水平。制度建设作为企业管理的根本，文化是重要的补充性措施，两者相辅相成形成完善的管理体系。企业需构建完善的成本管理制度体系，各级人员按照成本管理制度开展工作，进而提高成本管理水平。在成本管理制度制定时从定额管理制度、预算管理制度、费用申报管理制度等方面进行，提高定额管理水平。制度建设应做好如下几项工作：一是建设完善管理制度。制度建设的过程中考虑到企业发展实际情况以及水利水电工程项目施工需求，并根据工作情况及时做出改进调整，使得制度更加符合工程项目的实际情况。二是提高人员制度执行力度。在制度执行的过程中，由管理人员调查制度执行的情况，如果发现存在制度执行力度不足等现象，要调查形成原因并采取针对性应对措施，保证各项制度有效落实，进而提高制度执行水平。三是落实现场记录工作。水利水电工程现场施工的各工序由人员进行记录，掌握细节问题，如果存在成本超标应立即采取纠正措施，防止出现成本失控现象[5]。

3.4 重视工程索赔

在水利水电工程项目成本控制以及管理过程中，要秉承成本管理理念，学习先进成本管理措施，提高成本管理水平。水利水电工程项目组织施工前建设高水平施工专业团队，对合同内容进行全面研究，尤其是标注索赔点和风险点，落实各项管理工作，避免面临索赔风险。确定索赔工作程序，同时做好各项记录工作。确定索赔事件后在规定时间范围内向工程师提出索赔意向书，并且收集掌握全面索赔资料，进行各项审核，使得数据计算达到准确性要求。在施工的阶段做好各项施工记录工作，有完善的施工技术资料，建设签证管理体系，并对资料进行全面审核，保证资料达到真实、准确的要求。在水利水电工程领域，索赔管理不仅是维护合同双方权益的重要环节，更是保障企业根本利益、促进项目顺利推进的关键措施。面对复杂的工程环境、多变的自然条件及可能的合同变更，索赔证据的充分性显得尤为重要。这要求企业不仅要详细记录施工过程中的异常情况、损失发生的原因及影响程度，还需收集并保存好各类书面文件、影像资料、第三方鉴定报告等，确保索赔依据确凿无误。

同时，费用计算必须合理且符合行业规范，既要充分反映实际损失，又要避免夸大其词，确保索赔金额的真实性和可接受性。在执行合同文件要求方面，企业应深入研究合同条款，明确索赔条款的适用范围和条件，确保索赔请求的合法性和合规性。

4 结束语

水利水电工程作为现代社会的重要基础设施，只有提高成本预算和控制水平，才能保证项目顺利建设实施，为社会发展做出贡献。但水利水电工程施工成本的预算与控制中还存在较多问题，需从实际情况进行分析，制定完善的管理策略，优化改进工作措施，保证施工成本预算和控制顺利完成，切实提高工作水平，保障企业经济利益，带动水利水电工程领域的全面发展。

参考文献：

[1] 李莹.浅析控制水利工程施工成本的对策[J].财经界,2020(11):31-32.
[2] 刘丹.水利工程施工成本的预算控制思路[J].经贸实践,2018(06):121.
[3] 解智勇.水利水电工程施工成本控制途径分析[J].纳税,2018(15):161-162,165.
[4] 王萍,黄甫林,邓芳,等.基于水利工程施工成本的预算与控制研究[J].建筑与预算,2020(08):77-80.
[5] 段磊,张雪瑞.浅析水利水电工程施工中的成本控制[J].治淮,2022(08):96-97.

医药科技成果转化面临的问题及其对策研究

袁 帅

（广东众生药业股份有限公司，广东 东莞 523325）

摘 要 医药科技创新能够更好地推动我国医疗事业的发展，同时也为经济转型提供更多的可能。目前，我国已经在医药科技领域取得一定的成绩，但是在转化过程中仍然面临较多问题，比如商业化能力较差、政策扶持不到位、企业与科研机构未能形成紧密合作关系等，因此，相关人员需要对这些问题引起重视。本文将结合上述内容展开讨论，提出对应的解决方法，希望能够对推动医药科技成果的转化速度有所裨益，使其更快实现商业化，为后续医药事业发展与升级提供参考。

关键词 医药科技成果转化；商业化转化；中试环节

中图分类号：G31 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0070-03

科技是拉动国家发展的主要因素，将科技成果转换成生产力，能够更好地发挥科技的作用。随着我国经济发展速度加快，医药科技体制得到改革与深化，医药科技成果转化工作的效率与质量受到人们的重视，同时也会影响到国民经济的发展与建设情况。只有对医药科技成果转化工作高度重视，才能保证我国的医药事业得到更好的发展，才能提高人民的健康水平与生活质量。

1 医药科技成果转化概述

成果转化涉及技术、市场、资金等多个环节的有机衔接，从科研机构和企业的角度看，医药创新的成果转化能力直接决定了成果的最终产业化和社会效益的发挥。但是因为医药创新具有长周期、高风险等特点，从产品研发到产业化存在诸多障碍和瓶颈，包括关键技术缺失、资金投入不足、产业化能力弱等方面的缺失，因此就需要科研机构和企业在知识产权保护、产业化路径设计、市场开拓等方面进行重视，双方之间进行密切合作，这样才能增强成果转化的针对性和可操作性。而从政府的角度看，医药科技成果转化关乎国家创新体系的整体效能，需要政府出台针对性的政策措施。只有科研机构、企业和政府三方通力合作，医药科技创新的成果才能真正惠及人民，医药科技成果转化过程如图1所示。

2 医药科技成果转化面临的问题

2.1 商业化能力较差

广东省作为我国医药产业发展最为发达的地区之一，但与发达国家和地区相比，整体上仍然以仿制药生产为主，原创性新药和高端医疗器械的研发能力较弱。大部分科研成果处于实验室研究阶段，缺乏针对性的商业化转化途径和市场运营策略，并且广东省的医药企业大多规模较小，资金实力有限，难以承担高风险的新药研发投入，企业自身的市场开拓、产品推广和销售能力也较为薄弱，最终影响到医药科技成果转化效率。

2.2 政策扶持不到位，相关法律制度缺乏完善性

近几年来，我国陆续出台了多个关于科技成果转

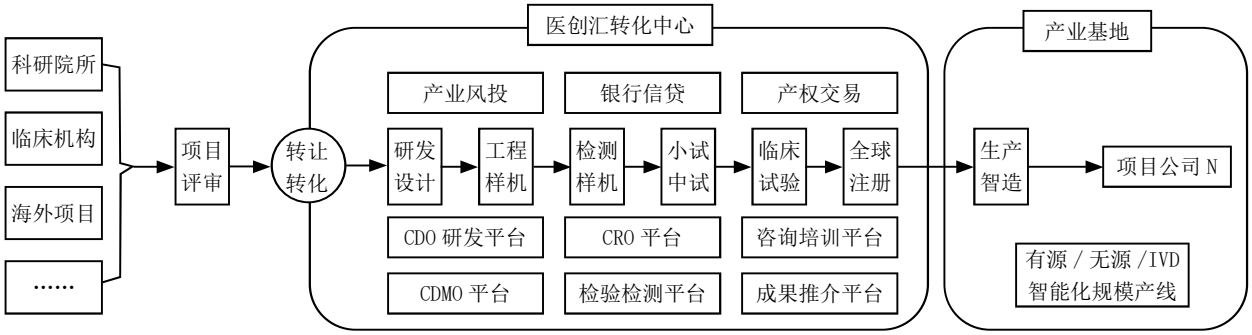

图1 医药科技成果转化过程

化的法律法规，但是因为缺乏完善性，导致一些关于科技成果价值评估工作，比如技术登记、资产评估、知识产权、技术咨询等关于中介机构的有关规定，仍处于一个空白的情况。因为医药领域所涉及的内容较多，这就使得行业许可与医保准入面对较大的考验[1]。对于广东地区而言，出现这种情况，往往是因为政府所提供的税收优惠、融资支持、奖励补贴等方面的政策支持力度难以为医药企业的创新转化提供足够的激励。另外，知识产权保护、技术转移、信息共享等制度性安排不够健全，在转化过程中经常出现多种多样的问题，从而影响了各方主体之间的合作信任。而关于医药技术监管、质量标准制定、流通渠道等方面的法规，也有待进一步健全和完善，这种情况的出现为医药创新带来不确定性。

2.3 企业与科研机构未能形成紧密合作关系

当前来看，许多地区的医药企业与科研机构之间的合作仍然较为松散，难以形成持续稳定的协同创新关系。很多企业仍然沿袭传统的“买断”式技术引进模式，更倾向于被动地等待科研机构的成果输出，而不愿意主动介入前期的研发活动，难以对研发方向和重点提出针对性需求。出现这种情况，往往是因为一些企业缺乏长期战略眼光，更加关注于短期的经济效益。还有部分科研机构更注重论文产出、科研项目立项等指标，而对成果转化重视程度较低，这样的评价体系的建立，导致科研人员更倾向于投身基础研究，追求学术影响力，忽视了对产业需求的关注，并且研究出来的产品未能满足市场需求也难以为科研企业带来良好的经济收益[2]。

2.4 资金投入较少，存在薄弱的转化中试环节

医药科技成果转化过程中的资金瓶颈问题时常发生，与发达国家相比，我国在这一环节的投入不足，这成为制约成果转化的重要因素。医药科技成果转化需要大量资金投入，但是因为资金来源并不明确，以及缺乏足够的资金支持，就导致很多科技成果转化被停滞。对于发达国家来说，从实验室成果到规模化生产，各阶段的资金投入比例约为 1:10:100；然而在我国，这一比例仅为 1:0.7:100，这个数据信息也说明我国对于中试阶段的投入严重不足。出现这种情况是因为中试阶段作为研发和生产经营的中间环节，存在一定的模糊性，既不能完全归类为纯粹的科研活动，也不能等同于正式的生产活动，因此该项活动存在一种模棱两可的情况，难以获得针对性的资金支持，导致资金周转不开，也影响到研发的进展。调查显示，广东地区超过 90% 的医疗机构表示没有途径获得中试所需资金，许多成果因此滞留在不成熟阶段，难以进一步推进[3]。

3 保证医药科技成果顺利转化的有效方法

3.1 完善医药科技成果商业化能力

为了保证科研人员的科技成果得到成功转化，需要做到下述几点：一是要强化科研人员的市场意识和创新创业意识，通过培训、教育等方式，确保科研人员主动关注前沿理论研究，同样也重视对市场需求的深入分析和把握，使其更好地了解产业发展趋势和市场痛点，也有助于激发他们的创新创业热情。二是要建立专业的技术转移服务机构，其主要工作就是为科研机构和企业提供专业化的技术评估、专利申请、产品开发、融资对接等一站式服务，从而降低中间环节的交易成本，并且提高成果转化效率。同时鼓励第三方机构参与到医药科技成果转化全过程，发挥行业协会、风险投资公司等机构的纽带作用，最终完善上下游产业链的协同互动。三是要加强医药创新创业人才的培养。除了技术专业人才，还需要拥有市场分析、产品策划、融资运营等能力的复合型人才。采用产、学、研深度融合的人才培养模式，可以在校内外组建由科研人员、企业家、投资者等组成的创新创业团队，培养更多复合型人才。例如：众生药业选择与多个高等院校，包括中山大学、四川大学、北京中医药大学等院校以及国家呼吸系统疾病临床医学研究中心和科研院所进行合作，随后开展了产学研合作，不仅能够提高人才培养质量，还能保证科研成果转化率，确保公司获得更多的外部专家支持，将更多的社会科研力量逐渐转变成公司发展的动力。公司在与国家呼吸系统疾病临床医学研究中心、四川大学的合作中，进一步夯实在甲型流感治疗及 NASH 领域的领军地位。此外，政府和社会各界可以设立医药科技创新创业基金，同时也需要主动为有潜力的创业团队提供资金支持、政策扶持等服务，从而激发他们的创新意识与创新活力[4]。

3.2 健全医药科技成果转化的政策法规体系

一是政府要进一步完善医药科技成果转化的政策支持体系，通过完善税收优惠、金融支持、知识产权保护等方面的政策措施，为科研机构和企业参与成果转化提供更加有利的制度环境。比如可以针对医药科技项目，为其提供税收减免、低息贷款等优惠政策，同时加大对医药专利的保护力度，激励创新主体积极投身成果转化。对于政府部门而言，还要针对医药科技领域的特点，出台差异化的政策支持。不同医药领域面临的技术难点和市场需求差异较大，因此需要因

地制宜地制定政策。对于临床前研究阶段的项目，可以提供更多的资金支持；对于进入临床试验的项目，则可以在审批流程、资金支持等方面给予特殊政策倾斜，只有做到因需施策，才能更好地满足医药创新各个发展阶段的需求，促进成果转化落地。二是健全知识产权保护、技术转移合同管理、科研成果使用与分配等方面的法律制度，以此更好地维护各方合法权益，为医药科技成果转化提供法律保障。比如广东省药品监管局出台了《广东省药品监督管理局生物医药产业重点项目、重点企业、重点地区创新服务管理办法（试行）》，这项政策也成为药监局改革的重点，能够对于当地生物医药产业发展提供政策支持，确保其日后持续、稳定发展。众生睿创来瑞特韦片这个项目在2022年5月被正式纳入该局的第三批重点项目当中。随后东莞市政府也大力支持广东众生睿创生物科技有限公司对抗新冠病毒药物RAY1216 Ⅲ期展开临床研究工作，并且最终获得省科技厅、省卫健委的支持，快速完成RAY1216 Ⅲ期临床研究。省药品检验部门负责对该项目进行政策指引，以及业务指导工作，并且派遣专人对项目进行跟进工作，也会根据项目进展，多次召开工作沟通会，为企业成果转化创造了有利条件[5]。

3.3 促进科研机构和企业的深度合作

强化科研机构和企业之间的深度合作，是实现医药科技成果有效转化的重要前提，因此需要高度重视，并且为其提供相应的帮助。一方面，要进一步完善科研机构和企业之间的沟通交流机制，确保其在交流过程中畅通无阻，通过建立常态化的信息共享、需求对接等渠道，增进彼此的了解和信任。广东省近年来在这方面做了一些探索，比如定期举办产学研对接会、科技成果路演等活动，促进科研人员与企业代表面对面交流，更好地了解行业需求和技术难点。同时还可以建立科技成果展示交易平台，为两者提供线上对接服务。另一方面，要探索建立跨界协同的激励机制，政府应当发挥自身的引导作用，与市场化运作相结合，制定有利于科研人员和企业参与成果转化的分配政策。比如众生药业与国家呼吸系统疾病临床医学研究中心签订战略合作框架协议，共同快速优质地开展ZSP1273的临床研究，以及进行ZSP1273与ZSP1603后续临床上有价值的吸入制剂品种开发。促进企业与科研单位项目合作的同时，推进企业在人才培养、科研成果转化、新药研发等方面产学研合作，可以增强公司的研发能力和创新深度，进一步提升公司的整体实力和市场竞争优势。

3.4 增加资金扶持力度，加大中试环节投入比例

医药创新从实验室到市场化应用需要经历漫长而艰难的过程，其中最关键的就是中试环节，这一阶段需要大量资金投入，但风险较高，往往成为科研机构和企业的融资困难点。此时政府可以设立医药中试基金，由政府出面，吸引社会资本参与，随后将筹集到的资金专门用于支持创新型医药企业和科研机构开展中试项目。同时，政府还可以建立医药科技创业扶持券制度，为中小创新企业提供扶持。政府可以对获得创业扶持券的企业，提供税收优惠、融资支持等政策扶持，降低社会资本的投资风险，吸引更多社会资本关注和投资医药科技创新领域，以此为中小创新企业注入发展动力，也有利于优化医药创新的整体生态环境。

4 结束语

医药科技创新成果在实际转化过程中还存在问题和挑战，为了保证医药科技成果顺利转化，需要多方共同努力。对于政府而言，需健全多层次、多渠道的医药科技创新投融资体系，发挥公共资金的引导作用，吸引更多社会资本参与。对于企业而言，要持续加大自身的研发投入，不断提升自主创新能力，为转化做好技术储备，同时注重建立完善的技术转移转化机制，完善研发、生产、营销等环节的衔接，提高创新成果的转化效率。对于科研机构而言，要加强市场调研，及时了解行业及市场需求，引导研究方向更好地契合产业需求；完善技术转移服务体系，为企业提供有力支持；建立健全的科技成果评价体系，注重对转化能力的考核，最终激发科研人员的成果转化积极性。只有政府、企业和科研机构三方通力合作，充分发挥各自优势，才能保证医药科技创新成果的转化取得真正成效。

参考文献：

[1] 李桂云，蔡惠霞.医药科技成果转化面临的问题及其对策研究[J].科技经济市场，2024(02):4-6.
[2] 贾康，茅宁莹.医药科技成果转化机制与影响因素探析：基于三螺旋视角[J].科技管理研究，2020,40(20):148-154.
[3] 张静.医药企业科技成果转化问题的博弈论分析[D].北京：北京理工大学，2020.
[4] 雷晓霞.西部地区医药科技成果转化现状与对策研究[D].成都：成都中医药大学，2019.
[5] 牛玉宏，金春林，侯佳乐.上海医药科技成果转化面临的问题和对策研究[J].中国医院，2018,18(03):20-22.

城市绿色装配式建筑钢构产业链的研究与构建

雷 蕾，宋绍雷，姜 慧，李 谦

（徐州工程学院，江苏 徐州 221000）

摘 要 本文针对淮海经济区中心城市——徐州地区装配式建筑钢构相关产业发展现状，基于其发展过程中存在的管理模式创新不足、专业人才缺失等实际问题，拟通过构建绿色钢构产业链，助力行业未来发展。具体来说，本文从构建驱动力入手，探讨了两种产业链构建模式，旨在为研究地方区域钢构产业发展规划以及构建地区装配式建筑钢结构产业链提供科学的参考路径。

关键词 装配式建筑；钢结构产业链；驱动力

基金项目：江苏高校哲学社会科学研究一般项目“双碳背景下提升城市‘蓝值’有效路径研究”（项目编号：2022SJYB1194）。

中图分类号：TU39 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0073-03

我国的装配式建筑发展状况目前仍处于初级阶段，与发达国家存在着很大的差距，仍然存在技术不够完善、管理模式创新不足等方面的问题，同时，在行业内还没有形成产业发展革新的共识，进而导致钢结构产业的发展势头不够迅猛。徐州市作为淮海经济区中心城市，城镇化进度加速，不仅建筑业能源消耗量过大，同时造成的环境污染等问题严重。所以，发展绿色建筑是徐州市构建资源节约型经济社会和自然环境友好型社会的关键。

“十四五”规划提出推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。徐州市住房和城乡建设局发布的《徐州市“无废城市”建设“十四五”规划》中提到，2025年，全市绿色建筑、装配式建筑占新建建筑比率将分别达到100%和50%。该规划为徐州市绿色装配式建筑的发展方向作出了明确的指导[1]。

1 徐州钢构产业链存在的实际问题与驱动力分析

1.1 存在的实际问题

由于历史的原因，徐州钢结构产业的发展并没有形成综合技术、经济实力，从而在主要的钢结构建筑项目中没有得到体现。具体表现在以下几个方面：

1. 各产业主体间协同不充分。各产业主体及相关部件企业之间，目前体现出的协同作业程度相对较弱，既不能进行即时的资源共享，也不能在产业链内部实现高效协同，这种情况极大地影响了传统装配式钢结构建筑的产出效益和建筑品质，不利于建筑行业生产率与综合竞争力的不断提高[2]。

2. 产业链标准化工作不足。发达国家钢结构所用的钢材，基本上都在采用热轧制钢、高强度钢筋等高效钢材。我国的热轧钢技术应用率仅是10%以下，很多建筑都还需要采用钢管连接，施工技术的数字化、智能化程度低下，处于劳动密集型的制造业，质量低、生产成本偏高。同时，配套的围护系统的标准化建设缺失，导致系统的集成产品价值较低[3]。

3. 各产业主体缺乏专业人才。目前，钢结构专业技术人员的欠缺，是目前影响产业发展的重要原因[4]。首先，钢结构产业链中的施工、运维、管理等各个环节中，都存在专业人才相对短缺的状况，这与发展现代装配式建筑的需求无法配套。其次，钢结构专业领域的技术人员和技术工人缺乏，企业产品的质量不够稳定，这意味着技术主体的生产技术和管理能力与生产需求不能适应。

1.2 构建驱动力分析

驱动力是指推动机构和体系朝着一个预定方向前进的动力。针对钢构产业链构建的驱动力的分析主要是从装配式建筑行业系统的形成和运作主体入手，分析各行为主体的内驱表现。

1.2.1 政府支持的驱动力

从强制性推动方面来讲，地方政府根据其基本地位提出了同等国家政策或严格的要求。在政策与规范方面，当地政府还保障了装配楼技术的专利。如果技术没有很好的保障，也将抑制进一步的创新。

从鼓励性推动方面来讲，体现的范围相对较宽，因为装配式建筑业的许多发展可以通过政府的政策法规来实现。在总体规划层面上，地方政府能够按照当地各区域经济发展的实际状况和目标，允许在部分社会公用工程项目和城市基建工程建设项目中采用装配建设，从而扩大其市场应用。从城乡建设用地、财税优惠政策、人力资源保障政策、经济财政政策、行政审批、物流、社会资金运用等领域，地方政府都能够做到。

1.2.2 社会进步的驱动力

从科技进步的推动力来讲，每一次技术革新都造成了社会生产方式的改变，改变了人们的生活，带动了社会的进步。技术的进步让装配式建筑的发展愈加成熟，同时先进的技术也更能吸引群众以及企业，从而提高装配式钢结构产业的影响力，为其更好地发展奠定基础[5]。

从生活品质提高的推动力来讲，人们对于生活的要求与国家及地区经济发展水平息息相关。如今对于住宅方面，人们在满足生存需求的同时，对其美观与环保方面有了更高的要求。在社会公用项目方面，随着城镇化的发展已经无法实现原有的都市服务配套以及自然休闲旅游的普及，这为装配施工的开展创造了良好的机遇。钢结构装配式建筑在施工效率、性能强度、绿色环保等方面相较传统建筑有了极大的改善，既可以适应社会各界对于生态保护工程建设的需要，也可以适应一般民众对节能绿色居住环境的需求。

1.2.3 企业发展的驱动

第一，企业是以盈利为目的的。因当前的装配式钢结构建筑工艺技术的不完善加上模具生产成本较高，使得企业在生产制造中成本偏高。并且装配式施工的各个环节的技术准入门槛都较高，为小企业所参与的技术创新、经营管理模式等提供了很大的挑战，也导致中小企业无法通过或仅凭借自己的技术能力实现行业转型。而产业链的形成则可以带动同一环节企业内部的协作与沟通，上中下游企业间可以获得更高的协调统一性[6]。

第二，创新是企业发展的源动力。创新是科技的推动力，而实践运用才是创新的根本目的。清华的傅家骥博士曾指出：“创新是包含技术、社会组织、商务和金融服务等一整套社会活动的综合应用流程。”创新需要交流与互动，装配式设计领域内容众多，技术困难与问题也不少，所以产业链尤为重要。产业链在加强企业间的联系的同时，也对于科技创新起到了保护与推进的作用。

第三，企业的伙伴需求的驱动作用。产业链可以将企业聚合，较好地帮助企业扬长避短，以建立更加有效的协作关系，并且带来更大的利润。根据产业集群理论，如果企业间的合作状态呈良性发展态势，则会在一定程度上降低生产成本，这些都是驱使企业加入产业链当中的主要动力。

第四，企业发展形成社会责任的意识。企业做到一定规模，便不再拘泥于眼前的利润，与此同时还将关注到社会效益与环境效益，这也是许多公司对于促成产业链的积极性所在。

1.2.4 市场竞争的驱动

目前，经济全球化的影响愈发深刻，市场的争夺已经由公司内部演变到地区或者行业之间。只有融入产业链当中，才能够更大程度地整合和激发出公司的资源优势，在竞争中获得相应的话语权。产业链的有效运作可以增强公司内部配合的协调性，促进公司专业优势的充分发挥，降低单个公司的生产经营成本，加强市场竞争。在创新方面，区域产业链的存在将有助于推动公司内部的合作开发，并以更为优质以及低成本的资源优势，以取得更多研究成果；在人才领域方面，也可以做到对培养人才的高效使用。在地方政府支持和优惠领域方面，可以有利于获得良好的经济发展环境。

2 徐州钢构产业链的构建模式

基于装配式钢结构产业链的研究体系框架与产业链发展驱动机理，本文探索了产业链的两种主要构建方式，但因为装配式建筑设计工业相比于普通的建筑设计工业结构较为复杂，必须根据产业链的构成因素、构造形式和驱动机理加以研究，在实际工程中所使用的方式并不是简单形式，而是以多重方式相结合。与此同时，不同的模式在选用上必须按照区域的实际状况加以考虑，如以分工为依据的建设模式适用于业已产生较强生产能力的区域，可以在短期内通过分配达到产业链建设功能的完善；龙头公司带动的方式则适用于拥有整体承包水平和实力强、具备专业管理水平的公司的区域，可以通过龙头公司带动中小型民营企业加入构建完善的产业链体系。

2.1 基于企业分工的构建模式

构建钢构产业链的目标是实现钢构产品在企业的协同作用下生产效率与质量的提高，因而产业链贯穿诸多环节，因为企业间能力大小与擅长方向不同，且

当前为高速发展阶段，为保证生产的效率与质量，产业链的构建必须合理分工。

对装配式钢结构产业链而言，把通过装配式钢结构所实现的生产系统流程分解成专业化的各个环节，可以体现为在科技、生产、合作等方面工作流程的模块化与流程化。它既可以是随着区域行业内分工细化趋势而产生的，也可以是随着产业类型变化而推动的。由对能力的理解可以得知，企业的能力是无法被复制的，而差异的能力则是模块化生产的力量基石，而互补的能力正是企业形成整个产业化链条中协调有效配合的力量基石，而这些就必须通过技能协同性与组织内的诚信协作来保障目标完成。技术的协同性可以反映出参加工程项目各个环节的公司能否在对装配式施工建筑的设计、制造和施工上具备一致性，这就可以保障项目管理的目标实现。

模块化旨在将复杂系统分解为更便于管理的各个模块，通过分割，将整体分解为带有特定功能的各个部分。基于模块化理念，研究企业分工问题，首先，要明确作为产业链环节中关键节点的企业本身存在的优势，精准发现这些企业的关键环节，提高其施工技术和制造质量；其次，分工的过程对产业链和各个环节企业来说，在链接过程中需要更多的投入与沟通，这在一定程度上提高了各环节企业内部的贸易成本，这也就意味着，在模块化分工过程中，完善各节点内部的沟通协作机制非常重要。在此构建模型中，细分之后的内部协作与沟通模型或者称之为公司内部贸易的控制模型将变得非常关键。

2.2 基于龙头企业的构建模式

当前，施工总承包制度作为促使我国建筑业总体技术水平提高的有效手段，在我国建筑业发展过程中运用较多，特别是对各生产施工环节之间的协调性要求更高的装配式建筑来说，施工总承包制度已成为发展建设过程中的关键手段。在区域经济的发展蓝图中，那些具有规模化运营的装配式建筑总承包企业扮演着至关重要的角色。在产业链构建初期，这些企业凭借其尖端的技术研发、项目管理能力、优质的产品与服务，不仅能够顺利完成单个装配式建筑项目，更在行业中发挥着引领与示范作用。它们的存在，为中小企业提供了可参考的范例，促进了后者依据自身特点，发展出独具特色的产品与服务，逐步构建起具有竞争力的核心技术体系。

在这一领导型建设格局中，总承包企业作为核心，与众多相关企业建立紧密的合作关系，形成了稳定的产业生态。这种模式有效地推动了以总承包公司为核心的产业集群或企业群的建立，实现了功能互补与产业协同，为产业链的完整运作提供了有力支撑。这一建设模式不仅加速了区域经济的发展，也推动了整个装配式建筑产业的繁荣与进步。

而龙头型的承包公司可能会在项目实施期间对其他中小企业形成限制手段，比如利用信息技术和贸易环境等条件限制其他公司制造商品或提供服务，导致各方之间面临着一个不公正的贸易地位，使得部分中小公司陷入劣势。因此这种构建模式中，必须通过相应的保护措施对可能出现的不公正贸易关系加以规范。但不可否认，在装配式建设产业链形成和运作的初级阶段，龙头型的承包商公司的推动作用都可以高效地推动产业链的建立和项目的推广。

3 结束语

发展装配式建筑是贯彻国家供给侧结构性改革，推动我国机械化、建设绿色增长、现代化发展，促进行业转变升级的途径，而建设钢铁生产线则是推动该行业快速成长、促进地方经济社会重大发展的重要措施。本文对淮海经济区中心城市——徐州地区钢构产业链的构建理论进行了研究，以产业集群理论为核心搭建了区域性装配式建筑钢构产业链的构建思路，进而结合徐州市钢构产业基本情况，提出了关于徐州构建产业链的动力机制，探究了构建模式。这对于进一步探索地区性构建装配式建筑钢结构产业链的共性与个性以及提高我国钢构产业发展的效率来说，是强有力的理论支撑与实践参考。

参考文献：

[1] 高海洋. 全产业链视角下住宅房地产企业战略创新研究 [J]. 价值工程 ,2018,37(33):99-102.
[2] 张巍, 王勤. 装配式建筑产业链市场主体协作模式研究 [J]. 建筑经济 ,2017,38(09):10-13.
[3] 余峰, 陈婧, 童磊, 等. 基于专利分析的我国装配式钢结构技术发展趋势及产业链融通创新对策研究 [J]. 江西建材 ,2021(03):12-15.
[4] 楼娇. 装配式建筑产业链构建及其评价研究 [D]. 杭州 : 浙江大学 ,2021.
[5] 丁浩珉, 刘玲北. 钢结构装配式建筑的发展及技术体系研究 [J]. 中国建筑金属结构 ,2022(02):52-53.
[6] 顾荣军, 王艺帆, 臧林, 等. 江苏地区装配式建筑项目实施与质量控制现状 [J]. 城市住宅 ,2021,28(08):84-87.

事业单位科技服务在促进中小企业创新中的作用研究

胡叶君

（成都市科学技术发展战略研究院，四川 成都 610041）

摘 要 随着市场竞争的不断加剧，中小企业的创新能力成为推动国家经济发展的关键。基于此，本文分析了事业单位科技服务的定义及特点，探讨了事业单位科技服务在促进中小企业创新中的作用，包括提供科技咨询、科技成果转化服务、人才培养、资金支持、创新环境优化等，提出提高事业单位科技服务水平的建议，旨在为强化事业单位的服务功能、激发中小企业的创新活力提供借鉴。

关键词 事业单位；科技服务；中小企业；企业创新

中图分类号：F276 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0076-03

中小企业作为经济发展的重要力量，其创新能力关乎社会经济的可持续发展。面对技术快速迭代、市场需求多变的挑战，中小企业在创新过程中往往面临资金短缺、技术瓶颈、人才匮乏等难题。事业单位作为社会服务体系的核心组成部分，凭借其专业性强、资源丰富、服务面广等优势，在促进中小企业创新中起到至关重要的作用[1]。本文深入剖析事业单位科技服务的内涵与特点，探讨其在中小企业创新过程中的具体作用，提出相应的提升策略，旨在有效激发中小企业的创新潜力，促进国民经济的可持续发展。

1 事业单位科技服务的定义及特点

事业单位科技服务是指事业单位利用自身积累的科技资源和专业优势，为中小企业提供包括技术开发、应用推广、咨询评估在内的一系列服务。这些服务旨在帮助中小企业提升技术水平、优化产品结构、拓展市场渠道，并最终实现商业模式的创新。事业单位科技服务的特点主要如下。

1.1 专业性

事业单位科技服务的提供者通常拥有深厚的行业背景和专业技术能力，能够根据中小企业的具体需求，提供精准的解决方案和服务。这种专业性保证了服务的高质量和实效性[2]。

1.2 可转移性

在服务过程中，事业单位不仅传递技术，更传递与之相关的知识体系。这种传递可以促进技术的迭代更新，促进企业间的知识共享。

1.3 多样性

事业单位科技服务能够根据中小企业的发展阶段、市场定位和创新需求，提供个性化的服务模式。从一对一的定制服务到技术研讨会，从线上咨询到现场技术支持，服务方式多样，满足企业多变的需求。

1.4 公益性

事业单位科技服务始终以服务公共利益为出发点，致力于提升整个社会的科技创新能力，促进经济社会的可持续发展。

事业单位科技服务的有效性往往体现在其能否帮助中小企业在激烈的市场竞争中快速响应变化，抓住机遇，实现持续创新和成长。因此，事业单位在提供服务时，应注重服务的专业性、可转移性和多样性，以确保中小企业能够从中获得真正的价值。

2 事业单位科技服务在促进中小企业创新中的作用

2.1 为企业提供技术咨询服务

在激烈的市场竞争中，中小企业面临着诸多挑战，其中最为关键的是技术创新、产品升级。事业单位可通过专业的技术支持与咨询，帮助这些企业把握创新的方向，解决技术难题，从而提升企业竞争力。首先，事业单位科技服务可以帮助中小企业解读政策导向。在政府推出的各项创新激励政策中，往往包含对未来技术发展趋势的指引[3]。事业单位通过自身对政策的深入理解，能够为中小企业提供准确的政策解读服务，帮助其把握正确的创新方向，避免盲目投资与研发，确保资源的有效利用。其次，事业单位科技服务在解决技术难题方面发挥着重要作用。中小企业在技术创新过程中可能会遇到各种难题，事业单位通过提供专业的技术咨询，可以帮助企业克服难题，加速产品研发进程，提升产品质量和技术含量，增强市场竞争力。

2.2 促进企业的科技成果转化

在当今快速发展的科技环境中，促进科技成果的转化至关重要。事业单位可以通过建立科技成果转化平台帮助中小企业缩短从实验室到市场的距离，帮助企业评估技术价值，降低投资风险，提供知识产权保护服务。例如，西南交通大学通过职务科技成果权属混合所有制改革，有效促进了科技成果转化。自“西南交大九条”发布一年多以来，已有超过 168 项职务发明专利完成了分割确权，16 家高科技创业公司成立，带动社会投资 11 亿元。磁浮二代工程样车在不到一年的时间内完成了设计、制造、调试和下线，同相供电技术合同签约金额超过亿元，形成多赢局面，为其他高校和科研机构提供了宝贵的经验借鉴，展示了科技与经济深度融合的巨大潜力。上海理工大学通过“先投后奖”走通股权奖励路，完成全国首单科技成果转化递延纳税优惠项目。该措施完善了相关制度，使得相关企业能够更好地利用科技成果，提高经济效益。遵义市农科院中药材研究所副研究员邓宽平科研团队以技术股 20%+ 现金股 50%+ 社会资本 30% 形式创立遵义申未辰农业发展有限公司，成功转化自有科技成果道地中药材品种山银花[4]。可见，通过合理的政策支持和创新的管理模式，事业单位可有效促进科技成果的转化，孵化更多高科技创新企业。

2.3 帮助企业培养与引进优秀人才

人才培养与引进是推动企业创新发展的关键。事业单位通过技术培训、高端人才引进和校企合作机制，培养符合企业创新需求的专业人才。首先，事业单位可以为中小企业提供人员技术培训服务，通过技术培训提升企业人员的技能水平，也为企业的创新能力提供坚实的基础。例如，中关村科学城管委会实施的“薪火共燃计划”旨在培育未来企业家的项目。该计划通过政府引导、高校培养和企业参与的合作，成功培养了一批具有行业引领性、示范性的创新人才[5]。其次，高端人才引进。事业单位可通过建立校企合作机制，与高校和研究机构合作，共同选拔和引进高端人才，为企业注入新的血液，促进知识产权的交流共享。最后，校企合作机制。校企合作机制是培养符合市场需求的专业人才的有效途径。通过与高校合作，事业单位可以直接参与学生教育和研究活动，为学生提供实践经验、职业发展机会。同时事业单位也能够根据市场需求调整培训内容、研究方向，确保培养出具有创新能力的人才。

2.4 为企业提供政策与资金支持

在推动中小企业创新水平提升的过程中，完善政策与资金支持体系至关重要。事业单位需要积极争取政府政策支持、资金补助，为科技服务机构及中小企业提供支持。首先，通过深入研究国家及地方科技政策导向，为中小企业争取到多项税收减免、研发费用加计扣除等优惠政策，有效降低企业的服务成本和运营成本，激发企业的创新活力，促进科技服务的普及深化[6]。其次，可以设立专项基金，专门用于支持中小企业的科技创新项目，涵盖新技术研发、产品升级、市场拓展等多个领域，为中小企业提供宝贵的资金支持、发展机遇。通过专项基金引导，一批具有市场前景、竞争力的创新项目得以落地实施，为区域经济发展注入新的动力。最后，为确保资金的有效使用，优化资金分配机制，建立严格的监管评估体系。通过定期对资金使用情况进行审计和评估，确保每一笔资金都能够精准投放到最需要的地方，发挥出最大的效益。

2.5 优化中小企业科技创新环境

在优化中小企业创新环境方面，事业单位应采取多项有力措施，为企业的创新发展提供保障。

第一，积极提供创新孵化服务，为初创企业搭建起成长的摇篮。通过建立一批高质量的科技企业孵化器、加速器和创新园区，为中小企业提供办公空间、设备设施、资金扶持、法律咨询等一站式服务，大大降低企业的初创成本。

第二，深度参与创新生态建设，致力于促进产业链上下游的紧密合作。通过组织行业交流会、对接会、展览展示等活动，搭建起企业与供应商、客户、投资者之间的桥梁，推动形成协同创新、互利共赢的产业生态。同时，积极引导和支持企业参与制定行业标准、建立产业联盟，提升整个产业链的竞争力。

第三，大力倡导创新文化，努力营造敢为人先、勇于探索、宽容失败的良好氛围。通过举办创新大赛、创业沙龙、科普讲座等活动，激发企业员工的创新热情和创造力。加强对创新成果的宣传推广，树立创新典型，让创新成为企业发展的核心动力。

3 提高事业单位科技服务水平的建议

3.1 加强科技服务能力建设

事业单位科技服务水平的提升，离不开服务能力的持续强化，包括提升专业化水平，加强团队建设和人才培养，以及引入先进的服务理念和技术手段。

第一，提升专业化水平是提高服务质量的基础。事业单位应通过定期的培训和学习，确保服务团队掌握最新的科技知识和行业动态。同时，通过参与专业会议和交流活动，服务团队可以与行业内的专家进行深入交流，从而不断提升自身的专业能力。

第二，团队建设和人才培养是提高服务效率的关键。事业单位应重视团队合作精神的培养，通过团队建设活动增强成员间的沟通和协作。通过提供实习机会等措施，吸引和培养更多优秀的科技服务人才。

第三，引入先进的服务理念和技术手段，可以有效提高服务效率和质量。例如，采用大数据分析、云计算等现代信息技术，事业单位可以更准确地分析客户需求，提供更加个性化的服务。通过建立在线服务平台，可以实现24小时不间断的服务，大大提高服务的可达性、便捷性。

3.2 深化科技服务内容创新

深化服务内容创新是提高事业单位科技服务水平的关键所在。首先，通过开发定制化服务产品、探索服务新模式以及加强国际合作与交流，事业单位能够更好地满足企业需求，推动科技创新与产业升级。例如，科技服务中心精准对接企业需求，聚焦技术研发与成果转化难题，创新推出“一对一”技术诊断服务。专家团队深入企业一线，量身定制解决方案，有效激发企业技术创新活力。同时积极探索“互联网+科技服务”路径，构建集技术咨询、项目申报、资源对接于一体的线上服务平台，打破时空限制，让企业足不出户即可享受专业、高效的科技服务，极大提升服务效率与质量，为中小企业创新发展注入强劲动力。其次，高度重视与国际先进科技服务机构的交流与合作。通过举办国际科技合作论坛、参与国际科技项目合作等方式，积极引进国外先进技术和管理经验，为本地中小企业搭建国际化的合作桥梁。拓宽企业的视野，为企业走向国际市场提供有力支持。

3.3 强化科技服务监督评估

为确保科技服务的质量及持续性，需强化事业单位科技服务监督与评估机制，建立全面的服务效果评估体系，以此为基础，不断优化服务策略和方向。

第一，设计科学、客观的评估指标体系，涵盖服务响应时间、问题解决效率、客户满意度等多个维度。通过定期收集和分析数据，事业单位能够全面、准确地评估各项服务的质量和成效，为服务改进提供有力依据。

第二，积极引入社会监督机制，通过公开服务流程、发布服务报告、设立投诉渠道等方式，提高服务的透明度和公信力，同时促使事业单位更加注重服务质量的提升。

第三，根据评估结果和社会反馈，事业单位可以及时调整服务策略和方向。针对某些服务环节存在的不足，迅速进行流程优化和人员培训；针对市场需求的变化，适时推出新的服务产品和模式。这种灵活、高效的调整机制，可确保科技服务能够始终紧贴企业需求，最终实现企业创新水平的提升。

3.4 加强与企业的互动合作

为进一步提升事业单位的科技服务水平，加强与中小企业的互动合作至关重要。

第一，事业单位应建立定期的企业走访机制，深入了解企业的实际需求。通过面对面交流，更准确地把握企业的创新方向，从而提供更具针对性的科技服务。

第二，事业单位可组织多种形式的互动活动，如技术交流会、创新沙龙、合作研讨会等，搭建企业与专家、学者之间的沟通桥梁，帮助企业获取最新的技术资讯、行业动态，促进企业间的合作与资源共享，形成良好的创新生态。

第三，事业单位应积极推动产学研合作，联合企业共同开展技术研发和项目攻关。通过合作，企业可借助事业单位的科研力量，提升自身的技术水平和创新能力。同时，事业单位也可通过合作项目，积累更多的实践经验，提升服务质量。

第四，事业单位应建立完善的反馈机制，及时收集企业对科技服务的意见。通过不断改进服务内容和方式，更好地满足企业的需求，提升服务效果。

4 结束语

事业单位科技服务在促进中小企业创新方面起到至关重要的作用。通过技术咨询、成果转化支持、人才培养、政策与资金支持以及创新环境的优化，事业单位科技服务可以帮助中小企业解决创新过程中的实际问题，为企业的长期发展及行业进步提供助力。事业单位应继续加强科技服务能力建设，深化服务内容创新，强化监督与评估，以确保服务质量和持续性，为中小企业创新提供支持。

参考文献：

[1] 拓晓瑞.广工大数控装备协同创新研究院：为科技成果落地转化提供全流程“保姆式”服务[J].广东科技,2021,30(11):26-29.

[2] 梁燕.科技服务事业单位内部控制研究：以A中心为例[D].广州：暨南大学,2019.

[3] 鲁云峰，韩雪松，许承云，等.新疆畜牧业科技服务体系创新研究[J].草食家畜,2020(01):53-58.

[4] 潘慧.东莞市电子计算中心：发挥资源优势支撑构建科技创新服务生态[J].广东科技,2021,30(11):34-37.

[5] 邢文，魏美勇.面向科技型中小微企业创新服务模式的构建[J].产业与科技论坛,2023,22(20):211-212.

[6] 蔡玉琴.科学事业单位科技成果转化探索：以R科研单位为例[J].中国总会计师,2022(05):44-47.

创新模式在建筑工程管理中的应用

高佳鑫

（珠海市工程监理有限公司，广东 珠海 519100）

摘 要 随着建筑行业的快速发展，市场竞争日益激烈，建筑工程管理中的各种问题日益突出，只有加强管理思维和技术手段的创新才可以使建筑工程管理质量向前推进，让建筑企业脱颖而出，创新模式包括先进思想的引入，使用先进的技术手段和管理工具，例如BIM技术、一体化管理思想等。创新工程管理模式有利于防止资源过度消耗，降低工程成本，防范工程风险。运用创新模式可以促进先进管理理念的不断实践和工程管理技术手段的普及与推广，让整体建筑工程管理工作具有全新的活力。本文围绕着创新模式在建筑工程管理中的应用展开论述，希望为有关工作者提供参考和建议。

关键词 创新模式；建筑工程管理；BIM技术；EPC创新模式；物联网技术

中图分类号：TU71 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0079-03

建筑行业在时代的催生下迎来了快速发展的黄金时期，无论是建筑工程技术还是建筑工程管理都需要取得长足的进步才可以互相配套。随着城市化改革的不断深入，人们对建筑的要求也趋向于多元化，从传统的遮风避雨到美观功能等多样化的需求，也意味着建筑工程管理模式需要与时俱进，跟上脚步。建筑工程本身周期较长，投入资金较大，涉及诸多内容，环节错综复杂，因此管理难度不小，若要取得更好的管理效果就需要加强创新模式的引入和使用，提高工程质量，确保工程管理取得预期成效，更好地实现资源优化配置，解决传统建筑工程管理中的不足和问题。因此，在建筑工程中使用创新管理模式需要贯穿到工程的各个环节，创新工程管理整体体系，切实提高工程管理质量和水平。

1 在建筑工程管理中应用创新模式的意义

1.1 有利于推动社会发展

近些年来，随着城市化建设速度的不断加快，我国城建工程的数量和规模都在不断提升，建筑工程承担的是城市建设和基础功能打造的职责，它创造了人们工作和生活所必需的场所。社会的发展逐渐对建筑功能和建筑物实用性提出了更多要求，需要在有限的资源和时间之内完成既定的工程目标，因此建筑企业需要加强项目管理，控制成本，提高质量，保证安全，从而满足社会效益和经济效益的平衡，如果继续在建筑工程管理中沿用传统的模式必然会暴露出短板和缺陷[1]。作为关乎国计民生的重要产业，良好的建筑工程管理局面和效果对社会经济的维稳发展具有重要的作用，从外部环境上来说，建筑企业面临着激烈的市场竞争环境，若要取得优势、站稳脚跟，需要加强核心竞争力的建设，投入创新思维，展开创新管理，达到保证质量控制成本的双重效果，将创新模式融入其中有利于对传统的管理核心点进行纠偏和纠正，革新传统管理手段，促进建筑行业的稳定发展，维护社会经济稳定建设。

1.2 有利于建筑工程稳定运行

在建筑工程管理中运用创新模式有利于促进建筑工程系统的稳定发展，建筑工程本身周期较长，规模较大并且环环相扣，尤其是复杂的施工地段对工人技术和经验的要求甚为严格，再加上施工环境相对于普通的办公环境而言充满了不确定因素和干扰，这就对建筑工程管理提出了更高的要求。再加上信息化社会各类精细化的施工仪器设备应运而生，尤其是加入了人工智能技术之后，工程管理不能总是“穿新鞋走老路”，而是要加强人员培训，同时加强对建筑场面的有效精准控制。传统的建筑工程项目管理大多数依靠经验，过去的管理经验在很大程度上能够维护管理效果，但是效率不佳，尤其是容易出现安全故障或事故问题。在此背景下，沿用创新思维和创新模式就显得更加关键，它的引入可以改变传统的管理视角，引入更加先进的人工智能化技术，对施工流程和施工细节做好规范，协调不同环节的施工流程，从整体上促进工程的系统化推进。除此之外，在建筑工程管理中使用创新模式有利于确保资源配置合理，建筑企业的数量和规模都在不断扩大，市场竞争也必然会日趋激烈，

运用创新模式不仅能提高建筑工程管理效果，保障合理的经济效益，也有利于建筑行业整体的资源优化配置。

2 创新模式在建筑工程管理中的具体应用

2.1 BIM技术

BIM技术可以统称为三维数字建设模型，将它运用在建筑工程管理中可以囊括建筑项目的组成信息，例如空间关系，结合形状展示出材料属性、材料参数，向施工人员表明施工进度，通过BIM虚拟建筑模型的打造能够为建筑工程管理带来极大的便利[2]。在设计阶段它可以用来优化方案，检测碰撞概率，找出施工设计原方案中不可执行的部分加以修改，在运营维护阶段也可以提供数据支持，在施工阶段有利于管理人员开展现场指导。使用BIM技术其核心在于信息共享和数据协同，它们的运用能够打破传统工程管理中信息的壁垒和不必要的数据阻碍，让建筑工程各个主体和参与方基于数据实现工作的无缝衔接。具体而言，将其运用在建筑工程的设计阶段可以使设计效率和质量得到显著提高，设计者在BIM软件模型的帮助下通过三维模型对方案展开横向纵向对比，优中选优优化参数设置，对不可执行之处进行快速调整，以便满足不同业主和客户的实际需求，还可以通过碰撞检测发现设计中可能会存在的工期冲突和问题，减少执行阶段发现问题造成的变更损失。在施工阶段使用BIM技术可以对施工管理流程进行优化并模拟，将施工进度的细节反馈在BIM模型中，管理者可以通过可视化资源了解施工现场的进度情况，为项目管理者的决策提供支持，还可以将其运用在现场管理材料入库、出库中，减少资源浪费和材料的无端消耗。在运营维护阶段使用BIM技术，工程管理者通过海量的数据支持可以将运维数据与之相结合，通过可视化功能开展人工智能维护，特别是有利于了解建筑工程现场的原材料消耗情况，做到节能减排、安全环保，体现出了建筑的绿色和可持续性。在进度管理方面，BIM技术在进度控制的过程中通过超强的模拟性及可视性，增加了三维模型的时间维度，通过动态变化的模型状态来对施工全过程加强反馈，把施工过程的整体形象更好地展现在项目参与者眼前。

一般来说，BIM技术在进度控制中可以采用几个步骤依次进行：第一，使用revit软件打造三维模型模板；第二，再利用project软件打造施工计划的具体节点并传输数据；第三，使用Navis Works软件创建更加详细的进度和计划；第四，可以根据项目进度的实际情况采用相应的解决措施，整体过程省时省力节约了人力物力资本，也能够让操作更加方便。

2.2 建筑预制化和模块化

建筑预制化和模块化是另一种建筑管理创新模式，这种模式已经在工程管理中得到频繁的使用，它的核心要义在于工程开始之前就在工厂中预制部分施工原材料组件，组装成半成品的建筑模块，运到现场再进行组装，模块化建筑可以把不同的建筑元素变成可重复使用的不同模块，这些模块可以在工厂中批量生产，运送到现场直接组装[3]。常见模块包括建筑墙壁、建筑管线以及其他建筑设备。采用建筑预制化和模块化的优势是显著的，它可以推动建筑工程的建设速度，也方便管理。大多数的施工可以分包给工厂进行，因此时间的利用更加自由，可以在建筑工程线上让多个环节同时进行，起到节约时间、加快速度的效果。同时建筑模块化设计更有利于对质量进行控制。在模块生产的过程中，工厂首先就做好了第一道把关工序，防止运送到现场之后再进行检查造成的时间浪费。而建筑预制化指的是把不同的建筑元素例如梁板、楼梯之类的重要部件在工厂中提前加工好，运送到现场再根据需要组装，这种方式也有异曲同工之妙，同样可以推动施工速度，减少错误和缺陷的发生。预制建筑模块具有精准性，工厂会根据下单量来合理安排产品数量，设计产品参数，不仅更加精确，也减少了材料浪费或过度生产的情况。在现场，工作人员可以根据需求熟练地将零部件组装成需要的成品，整体环节一气呵成，通过建筑模块化和建筑预制化能够降低现场管理的成本，防止施工现场场面混乱，也减少了噪声污染，使工人的工作危险性和压力得到减轻，创造了更好的工作条件与环境，减少了重复施工或错误施工带来的损失。

2.3 EPC创新模式

EPC创新模式的全称叫做设计施工一体化，在EPC模式的支持和指导之下，建筑工程的设计阶段不再孤立而存在，它和采购、施工等具体执行工作相互渗透、相互关联，从总承包商设计建筑模型开始就需要把采购的需求和施工的实际执行需求考虑进去，通过方案的设计加强各个部位资源的整合，减少了后期出现错误要求返工的频率，有利于后续采购工作和施工执行工作的完整运行。在EPC模式的影响下，采购工作可以确保材料设备及时购买，供应连续，质量合格，采购环节工作人员可以挑选资质合格的供应商，与其建立合作关系，达到对成本的精细化控制[4]。同时使用EPC模式也有利于和精细化管理思想相互统筹，总承包

商可以根据具体施工情况制定精细化的施工计划，做好施工准备，打造质量控制体系，让施工执行过程符合质量标准和安全要求，在人工智能等先进设备技术的配合下使施工团队的整体效率得到提高。除此之外，EPC 模式更加注重和采购团队设计工作者的良性协作与及时沟通，出现问题及时讨论、及时反馈，确保工作流程如约推进。常见的 EPC 管理流程包括项目信息收集与分析、项目跟踪和投标、项目合同的签订、项目管理策划，项目设计，也包括项目施工与具体采购。

2.4 物联网技术

物联网技术运用在建筑工程管理中可以实现数据收集、数据交换，并且用更加高效、智能和自动的形式实现连续操作。物联网技术的英文简称叫 IoT，它可以通过物理设备实现物物相连，将信息统筹反映到互联网操作中心实现数据的交换，从而让管理工作者实现高效管控，它的核心概念是与数字世界互相连接成为一体，从而打造出人工智能管理模型。互联网技术运用在建筑工程管理中需要安装传感设备和监测设备，通过智能设备监测工程现场的温度、湿度，并且负责照明、安保和能源消耗统计。物联网技术可以在工程管理中表现出多方面的益处和作用，首先它可以让建筑管理的安全性得到保障，通过视频监控的安装可以及时发现建筑安全风险并做出警报反馈。除了视频监控外还包括入侵检测系统和火警反馈设备，物联网技术还可以提高建筑物的能源使用效率，安装传感器之后可以使建筑能源的使用情况得到监测，自动对照明设备做出亮度调节，及时调节空调温度，防止出现不必要的能源损耗，降低成本，达到绿色节能环保的效果。物联网技术的使用还有利于建筑物设备管理和维护，实时监测设备性能数据，做好预测维护，以预防的视角提前识别问题，防止出现设备停机增加维修成本。除此之外，使用物联网技术能够为工程管理提供更多的数据参照，管理人员将变得更加具有洞察力，有利于项目资源的集中分配和合理调配，让建筑生命周期具有可持续性。

总体来说，建筑工程管理中使用物联网技术具有安全、高效、便捷的强大效果，它已经成为维护工程管理稳定性的强大工具，目前物联网技术还在不断的发展和充实中，未来将会为建筑工程管理提供更多的便利与可能性。

2.5 精细化管理思维和循环控制理念

在建筑工程管理中要注重对创新思维的使用，首先是精细化的管理思想，在建筑工程管理技术不断进步的背景下，精细化管理概念也逐步深入其中得到了渗透，这种模式和传统的管理思想有所不同，精细化管理更注重流程细节的把控和规范，工程管理人员需要根据精细化操作步骤和手册来完成管理流程，具有更高的细分化程度，每一个工序和环节的操作显得更加专业，使施工效率得到保障[5]。在精细化管理思维的影响下，建筑工程管理将具有更加清晰且简化的流程，提高了机械化运作程度，有利于保证施工质量，在很大程度上降低了人力成本的无端消耗。除了精细化管理思维之外，PDCA 循环理念具有较大的运用价值，将其运用其中可以更好地帮助管理者了解管理过程中出现的瑕疵和不足，尤其是施工问题可以快速暴露、快速解决，管理人员可以利用循环控制理念了解问题发生的原因，对于反复出现的问题可以结合数据辅助更快追根溯源，制定解决预案，优化管理模式和章程[6]。PDCA 循环控制的侧重点在于对工程管理的细节展开循环监测，通过循环监测找到暴露的问题点，尤其是加强对质量事故和安全问题的反复排查，防止问题的不断发生，确保施工质量[7]。

3 结束语

在建筑工程管理中需要加强对创新思维和创新模式的使用，利用创新思维和视角开展建筑工程管理有利于推动社会发展，也有利于促进建筑工程的稳定运行。常见的创新管理模式包括 BIM 技术、建筑预制化和模块化的使用，还包括 EPC 一体化管理流程和物联网技术。除此之外，建筑施工管理者需要了解精细化管理思维和 PDCA 循环控制理念，提高工程现场的秩序性和安全性，确保施工质量。

参考文献：

[1] 孙竹青 . 信息化管理模式在建筑工程物资管理中的应用 [J]. 四川建材 ,2024,50(05):186-188.
[2] 吴洁 . 浅议建筑工程管理中创新模式的应用及发展 [J]. 工程建设与设计 ,2024(07):276-278.
[3] 阮王伟 . 创新模式在建筑工程管理中的应用探讨 [J]. 中华建设 ,2024(04):40-42.
[4] 陶晓星 . 精细化管理模式在建筑工程安全管理中的应用与优化 [J]. 中国建筑装饰装修 ,2024(04):102-104.
[5] 同 [4].
[6] 高启 . 精细化管理模式在建筑工程管理中的应用研究 [J]. 房地产世界 ,2023(24):94-96.
[7] 同 [4].

电梯常见故障维修与日常安全管理

张加永

（江苏省南京市中医院，江苏 南京 210022）

摘 要 为增强电梯使用安全性，提高设备运行质量，探究电梯常见故障分类与诊断方法具有重要现实意义。本文重点探讨信号直接识别方法、基于数学模型的故障诊断技术，提出安全管理制度制定、安全教育和培训、隐患排查和整改等关键措施。研究表明，系统化及规范化安全管理措施可显著降低电梯故障率和停机时间，并增强电梯运行稳定性，保障用户应用安全。

关键词 电梯；故障诊断；安全管理；隐患排查；系统培训

中图分类号：TU976 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0082-03

电梯故障既会影响相关区域的出行秩序，也会威胁用户生命安全，因此做好设备日常检查与维护至关重要。在城市规模化建设与现代设备设施不断增加的背景下，电梯在写字楼、住宅区、工厂、医院等建筑群体中的安装量明显增长，各个区域应加强设备故障诊断，结合可靠的安全管理与隐患排查措施，降低设备故障发生率，维护用户应用安全性。

1 电梯常见故障分类

1.1 机械故障

电梯故障中，机械故障属于常见故障类型之一，其约占电梯故障总数的30%～40%。机械故障包括导轨磨损、齿轮损坏、轴承故障、曳引机故障、制动器故障等，故障发生原因可见表1。

表1 常见机械故障及其原因

故障类型	占机械故障的比例	主要原因
导轨磨损	35%	长期使用、材料质量不佳、安装不当
齿轮损坏	25%	疲劳、润滑不良、安装不当
轴承故障	20%	磨损、润滑不良、安装不当
曳引机故障	15%	曳引轮损坏、轴承失效、制动器失灵
制动器故障	5%	制动片磨损、弹簧失效、电磁铁损坏导轨磨损

1.2 电气故障

常见电气故障包括变频器故障、继电器故障等。变频器故障主要表现为内部电路故障、电容损坏和IGBT（绝缘栅双极型晶体管）损坏等；继电器故障常见的问题包括触点粘连和线圈烧毁等。

1.3 电梯安全保护装置故障

电梯安全保护装置故障的主要问题包括限速器故障、安全钳故障、缓冲器故障等。安全钳故障占安全装置故障的30%，发生原因为安全钳日常维护不及时、不彻底；缓冲器故障约占电梯安全保护装置故障的20%，应定期检查缓冲器运行频率，避免故障发生。每半年更换一次缓冲垫片，并全面测试缓冲器整体性能。

1.4 人为因素导致的故障

人为因素导致的故障约占电梯故障总数的5%～10%，这些故障通常由错误使用电梯、不当的维修保养、不当的设备放置和超载运行等原因引起。不当的维修保养也是人为因素导致故障的重要原因，通过建立详细的电梯维护保养记录制度，明确每个部件的保养周期和标准，可以确保电梯的运行可靠性得到有效提升。不当的设备放置和超载运行也常导致电梯故障，通过对所有电梯井道进行清理，并规定禁止在井道内放置任何杂物；或者在电梯内部与外部张贴醒目的使用提示和警示标志，避免误操作造成安全事故。

2 电梯常见故障诊断分析

2.1 基于信号直接识别的故障诊断

基于信号直接识别的故障诊断能够在电梯运行过程中收集包括振动信号、噪声信号、电流信号和温度信号等多种数据。

1.振动信号是电梯故障诊断中最常用的信号之一。电梯运行过程中，机械部件如导轨、齿轮和轴承等的振动状态能够直接反映其工作状态。研究表明，不同类型的机械故障会产生不同特征的振动信号[1]。例如，导轨磨损故障通常伴随高频振动信号，而齿轮损坏则可能产生低频振动信号。

2. 噪声信号也是重要的故障诊断信息源。电梯运行时的噪声信号可以反映出电动机、变频器和继电器等电气部件的工作状态。利用时域和频域分析技术，可以从噪声信号中提取出电气故障的特征信息。例如，电动机绕组短路会导致电动机运行噪声增大，通过对噪声信号的分析，可以识别出绕组短路故障。

3. 电动机、电气控制系统等部件在故障状态下，电流和温度会出现异常变化。例如，电动机轴承故障会导致运行电流增加，温度升高。通过对电流和温度信号的实时监控，可以及早发现电气故障，并采取相应的维修措施。而支持向量机、神经网络等机器学习算法可以实现故障模式的自动识别和分类，在实际应用中，某电梯故障诊断系统中，通过安装高精度振动传感器和噪声传感器可以实现对电梯机械和电气故障的实时监控和诊断，故障响应时间会减少。

2.2 基于数学模型的故障诊断分析

数学模型能够精确地描述电梯各部件的动态特性和运行规律，通过对模型输出与实际运行数据的比较，识别和定位电梯故障。电梯系统的数学模型通常包括传动系统模型、电气系统模型和控制系统模型等。电梯系统常见故障的数学模型参数及诊断精度内容可见表 2。

3 电梯常见故障维修与日常管理策略

3.1 建立完善的安全管理制度

1. 设备管理方面。对电梯的每一个关键部件进行系统化的记录和跟踪，包括电动机、变频器、导轨、曳引机和安全保护装置等。每台电梯应建立详细的档案，记录其规格型号、安装日期、维护历史和故障情况。定期进行设备检查和测试，尤其是针对高风险部件，制定严格的检测标准和频率，以确保设备在最佳状态下运行[2]。引进智能管理系统，增强相关资料的存储水平，便于工作人员查看历史数据。通过明确电梯实际运行状态及其使用寿命，加快相关故障处理与判断。

2. 人员管理方面。必须确保所有从事电梯维护和管理的人员经过专业培训并持有相关资质证书。培训内容不仅包括电梯机械和电气系统的基本知识，还应涵盖最新的故障诊断技术和安全管理规范。定期组织培训和考核，确保技术人员能够及时掌握最新技术和标准，根据考核结果确定人员录用，保证相关人员持证上岗，以提升电梯检修与维护质量。经过系统培训的技术人员，其故障处理能力提升了 20% 以上，能够更高效地识别和排除故障，从而保障电梯的正常运行。

3. 制度执行方面。制定详细的操作规程和应急预案，包括日常操作规范、紧急情况下的处理流程和定期维护计划等。每个操作规程都应明确具体步骤和责任人，以确保每一项工作都有据可依、有章可循。在应急预案中，应详细描述在电梯故障、火灾、地震等紧急情况下的处理流程，确保在紧急情况下能够迅速反应，最大程度地保障乘客安全。

3.2 组织开展电梯安全教育和培训

安全教育的培训内容需要全面涵盖电梯的基本工作原理、常见故障类型、故障诊断方法、日常维护技巧以及应急处理措施。电梯操作员的培训应重点教授操作员电梯的基本操作规范，常见故障的识别方法，以及紧急情况下的应对措施。例如，当电梯运行中出现异响或抖动等异常情况时，操作员应及时停机并报告，以防止故障扩大或引发安全事故[3]。电梯维护技术人员的培训课程应包括最新的故障诊断技术，如：基于信号识别和数学模型的故障分析方法，结合实际案例进行深入讲解和实操演练。

表 2 电梯系统常见故障的数学模型参数及诊断精度

故障类型	数学模型参数	诊断精度
导轨磨损	摩擦系数、导轨刚度	95%
齿轮损坏	齿轮模数、齿轮啮合刚度	92%
轴承故障	轴承刚度、润滑系数	94%
曳引机故障	曳引机扭矩、曳引机转速	93%
制动器故障	制动力矩、制动器响应时间	90%
电动机故障	绕组电阻、电感、电动势	96%
变频器故障	开关频率、直流电压、谐波电流	94%
继电器故障	触点电阻、线圈电感	91%
安全保护装置故障	限速器弹簧刚度、安全钳摩擦系数	93%

3.3 建立应急处置预案

预案应明确具体的操作流程、责任分工和应急资源的配置，以确保在紧急情况下能够快速响应和高效处置，最大程度地保障乘客和工作人员的安全。

1. 制定详细的应急流程。应急流程应包括事故报警、现场应急处理、人员疏散、设备抢修和信息反馈等环节。对于每一个环节，应明确具体的操作步骤和责任人。例如，在电梯发生机械故障导致乘客被困时，应急流程应包括启动紧急报警系统，通知应急救援团队，现场应急处理人员迅速到达现场，使用专业设备解救被困乘客，确保其安全脱离困境。对于电气故障，应急流程应包括切断电源，检查故障点，调派技术人员进行紧急维修，确保电梯系统迅速恢复正常运行。

2. 应急资源的配置。应急资源包括应急设备、通信工具、应急救援物资和应急资金等。应急设备应包括便携式照明设备、紧急医疗箱、救援工具等，确保在电梯发生故障或停电时能够提供必要的支持；通信工具应包括对讲机、手机和应急通信系统，确保应急人员之间的有效沟通；应急救援物资应包括水、食物和急救药品，以备在长时间困人情况下提供基本生活保障。

3. 培训和演练。定期组织应急预案培训和演练，培训应覆盖所有相关人员，包括电梯操作员、维护技术人员、安保人员和管理人员，确保每个人都熟悉应急预案的内容和操作流程。演练应模拟真实的突发事件场景，检验应急预案的有效性和操作的可行性，发现并改进预案中的不足。

4. 建立应急信息反馈机制。信息反馈机制应包括事故发生时间、故障类型、处置过程和结果等详细记录，确保应急处置的全过程有据可查。通过对应急信息的分析和总结，可以不断优化应急预案，提高预案的科学性和实用性。

5. 引入双预防机制。为了进一步提升电梯的安全管理水平，应引入双预防机制，即安全风险分级管控和事故隐患排查治理双重预防机制。安全风险分级管控通过对电梯设备进行系统化的风险评估，识别和分类不同级别的安全风险，并制定相应的控制措施。例如，针对高风险的电动机和变频器，实施更频繁的检查和维护。事故隐患排查治理要求定期组织对电梯系统的全面隐患排查，发现潜在问题并及时整改。通过双重预防机制，可以有效预防和减少电梯事故的发生，为相关区域的电梯运行安全运营提供坚实的保障。

3.4 及时进行隐患排查整改

1. 定期巡检。定期巡检覆盖电梯的各个关键部件，包括导轨、曳引机、制动器、变频器和电动机等。通过肉眼观察、手动测试和专业仪器检测可以全面评估各部件的运行状态，发现磨损、老化、松动等问题并及时处理。定期巡检可以减少30%的机械故障和20%的电气故障，有效提升电梯的可靠性和安全性。

2. 故障监测。通过安装高精度传感器和数据采集系统，对电梯运行过程中的振动、噪声、电流和温度等参数进行实时监测。利用现代信号处理技术和模式识别算法，分析监测数据，识别异常信号和潜在故障。例如，电动机的绕组短路或轴承损坏会导致电流和温度异常，通过监测这些参数的变化，可以提前预警故障，防止故障进一步恶化[4]。

3. 整改措施。在整改过程中，应严格按照电梯安全规范和标准进行操作，确保每一项整改措施都得到有效落实。例如，对于发现的导轨磨损问题应及时更换磨损导轨，并调整导轨安装精度，确保电梯运行的平稳性和安全性。对于电气系统中的继电器和变频器等关键部件，应进行详细的电气检测和性能测试，在整改结束后，应进行全面的复检和验收，确保电梯处于最佳运行状态[5]。

4 结束语

电梯故障诊断及处理关系着区域用户的生命安全，为保障设备应用安全性必须做好日常安全管理与检修维护，确保人员专业达标。通过对电梯常见故障的分类与诊断分析，结合基于信号直接识别和数学模型的故障诊断技术，在较短时间内完成故障处理，避免影响用户出行便捷性；通过制定详细的应急处置预案和演练可以提高应急团队的协作能力和反应速度，确保在突发事件发生时能够迅速、高效地进行处置；通过科学化、系统化的安全管理措施为电梯应用区域提供安全可靠的电梯服务，降低设备应用安全事故。

参考文献：

[1] 徐大海.电梯常见故障维修与日常安全管理分析[J].中国设备工程,2024(07):269-271.
[2] 赵丽娜,刘勇,许壮莹.医院电梯维护与标准化管理实践[J].能源研究与管理,2022,14(02):86-91.
[3] 鲍同兴,刘友富,王重清.电梯电气控制系统故障诊断分析与维修[J].设备管理与维修,2021(14):35-36.
[4] 徐刚.电梯常见故障及应对措施分析[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2021(08):164-165.
[5] 邢卫东.电梯常见故障维修与日常安全管理分析[J].科技资讯,2019,17(03):120,122.

土建工程管理创新及绿色施工管理方法

王丽娟

（广东省建筑工程集团有限公司，广东 广州 510095）

摘 要 土建工程面临着资源消耗严重、管理效率低等问题，通过管理创新和绿色施工，不仅能够有效降低工程成本，减少资源浪费，还能提升工程质量，满足社会对绿色建筑的需求。基于此，本文探讨了土建工程管理存在的问题，并提出了相应的自主创新建筑项目管理模式，包括使用信息化管理技术、强调技术创新、注重成本控制、培养创新人才和管理方式创新。同时，文章详细分析了绿色施工管理方法，包括组织、规划、实施管理及清洁能源管理等，旨在对推动建筑行业向更加绿色、可持续的方向发展有所裨益。

关键词 土建工程；管理创新；绿色施工管理

中图分类号：TU71 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0085-03

采用“绿色施工管理”的理念，是适应当今社会发展的需要，可以对建设项目的各个方面进行系统性、综合的管理与规范，保证工作人员能严格遵守既定的程序和标准，从而更好地发挥其作用，防止不必要的资源消耗，减少土建工程的建设费用，为施工单位创造更多的经济效益，提高施工单位的竞争力，推动施工单位的发展。另外，在绿色理念下进行土建工程施工项目管理，可以使施工单位改变认知，重视建设项目施工时的环境保护，避免以牺牲环境为代价，盲目地追求利益最大化。

1 土建工程管理创新及绿色施工管理的重要性分析

在我国快速发展的今天，大部分产业呈现出了蓬勃的生机，建筑行业也在不断的发展中逐步崛起。但是，在土建工程施工过程中，资源消耗变得越来越严重，也越来越受到人们的重视。

目前，国内的绿色建筑还处于初级阶段，尚未建立起较为完善的理论和实践基础。受多种因素的制约，我国土建工程施工中存在着大量的资源损耗。由于我国的社会经济发展，目前对能源的需求量较大，因而在土建工程管理方面存在一定的不足，因此，要充分利用绿色理念、节能技术的优势。通过管理创新和绿色施工，既可减少工程建设费用，又可有效地减少资源消耗，确保工程建设的品质。

在经济发展的今天，建筑业获得了新的发展机会，并取得了质的飞跃。然而，随着建筑业的迅速发展，建筑企业的数量急剧增长，行业间的竞争日趋激烈，如何在业内拥有竞争优势是目前建筑企业所面对的问题。过去土建工程的管理方式很难适应人民群众的需要，为了与建筑产业发展需要相适应，土建工程管理方式改革势在必行。

因此，建设项目管理创新和实施“绿色建设”，既是企业谋求长期发展的必然需要，也是当前社会对建筑行业的新要求[1]。

2 土建工程管理存在的问题

2.1 管理人员整体素质低下

土建工程项目通常对应着较大的工期和较庞大的工程量，也就意味着参与其中的建筑施工人员数量众多，但是国内建筑行业发展时间并不长，部分从业人员的专业素质水平处于较低层次，缺少足够的专业性，人才非建筑专业人员的参与，也就意味着容易滋生各种质量隐患或者是管理漏洞，从目前情况来看，土建工程管理的整体效果差强人意，一部分原因就在于管理人员的素质水平低下。加上前期发展过程中施工单位只关注利于后续而缺少对于员工专业素质培养的足够重视，在人才培养机制不足的情况下，也为管理工作带来了各种隐患和阻碍，出现大量的质量问题和工作失误，管理效率差强人意[2]。

2.2 缺乏技术功能

土建工程管理概念最先起源于国外，在国内的应用时间并不长，受限于发展历史较短的束缚，在具体实施过程中面临各种因素的阻碍。关于技术功能的缺失尤为明显，使得施工管理工作难以满足建筑工程质量需求，影响了管理工作的效能发挥。并且技术水平在很大程度上决定着土建工程管理专业知识水平的增长，目前在国内的土地工程管理中所使用的各类管理技术主要以国外引进为主，缺少符合我国实情的科学

管理技术，因此针对技术功能缺乏问题进行解决迫在眉睫。

2.3 缺乏完整的设计过程

缺乏完整的设计过程，也会影响工程管理工作的顺利实施，例如设计行业同业的高精尖人才数量稀少，传统设计师在设计风格方面守旧，缺少关于土建工程管理和设计工作密切联系的正确认知，在设计期间很少考虑到工程管理工作的实施需求，加上脱离建筑实际需要，使得部分设计方案很难在具体实施过程中得到执行或体现。并且多数情况下，土建工程管理工作发生于设计工作之后，二者之间的衔接性不强，同样也会带来相应的质量隐患[3]。

3 自主创新建筑项目管理模式

3.1 合理使用信息化管理技术

3.1.1 以大数据挖掘技术提升现场管理质量

从传统施工质量管理的角度来看，其施工、安装、调试工作都比较困难，而且钢筋规格、使用、混凝土配比等方面存在着偷工减料的问题。因此，为了弥补传统建筑管理的缺陷，必须充分利用大数据技术进行现场管理，此过程需有效发挥技术支撑优势。如，部署物联网，利用传感器技术对工地进行全面监督管理，并利用数据挖掘技术，对所采集到的数据进行分析，以预测问题的发生并及时发现工程质量管理的问题。

3.1.2 依托“互联网+”提高施工质量

在土建项目管理过程中，大数据挖掘技术的运用，可为建设工程质量管理带来了一定的发展机遇。在实践中，施工组织可有效结合国外经验，在管理中采取统一的软件实施管理工序。其主要途径为：建设信息系统，建设工程信息、项目申报、工程质量监控、信息上传等，并利用信息平台获取相关信息，实现质量控制。首先，根据项目的进度和施工次序，对项目的各个阶段进行检验。其次，对监理人的监督行为进行分析，强化其监督主体地位；根据检查的结果，对施工人员、监理、工程项目实施不同的质量管理，从而有效地提高管理效率。

3.1.3 BIM技术在施工材料和设备管理中的应用

在建设项目的全过程管理中，应对施工各环节进行全方位的管理，并对物料、机械设备的使用进行科学的控制。

一方面，在材料的管理上，要充分利用各种建筑材料的效益，严格控制材料的采购工序，以此避免出现造价过高，影响项目建设经济预算的问题。因此，在对建筑材料进行管理的过程中，应充分发挥信息技术的优势，对建材的市场定价进行综合分析，选择具有较高性价比的建材，以达到提高项目经济效益的目的。

另一方面，BIM技术在机械设备管理中的运用，能迅速地发现各种设备和操作中的问题，从而大大提高了项目管理效率[4]。并且可以此为基础，对设备的维护起到一定的支持作用，以防止机械设备出现故障或无法被及时维修等情况。

3.2 强调工程管理技术创新

在传统的项目质量管理中，大多采取手工检查和实地巡查的方法，这种管理模式效率较低。当下，随着科学技术的进步，工程技术不断革新，企业若继续沿用传统的管理与信息交换方式，势必会导致管理上的落后，并严重影响项目管理质量，使项目的管理功能无法得到有效的发挥。

因此，必须加强技术创新，运用信息化手段，提高项目管理的效率和质量。例如，在工程项目设计中，运用BIM技术建立工程虚拟模型，并对其进行分析，发现其存在的缺陷，对不合理的部位进行及时的改善，同时通过建立虚拟模型，能够及时发现存在的安全问题，提高工程施工、设计效率。同时，在项目建设中，还可采用远程监控技术，实时监测施工过程，掌握施工状况对，不合理之处可进行指导与改正，以此提升施工现场监测效率，降低管理难度，保障施工全过程都可得到管理。

3.3 注重工程成本控制创新

造价管理是施工项目实施过程中的重要环节。为此，合理强化企业的成本管理，有助于提升成本控制能力。

在此过程中，可从宏观上和微观上进行成本管理，并确保项目建设过程中的各个环节都能以成本控制为主要目标，并以此提高建筑工人对成本管理的认识。比如，针对材料的领取，应要求主要负责人递交申请，并在申请中明确所需工序应使用材料的数量、类型、依据、规格等。同时，还要提供材料领取数量的基础附件，以确保材料的接收数量与施工阶段的物料使用需求相一致，进而避免出现浪费现象。同时，对材料的管理也应有严格的规定，如材料需在当天进行领取，避免在施工中因忽视大意出现材料浪费现象。另外，对接收到材料的，应由专门的人员进行管理，如果发现材料遗失或破损，必须由主管人员进行合理的说明，并对有关人员进行问责。在此，通过对成本的精细管理，减轻企业的财务压力，提高项目的进度和质量。

3.4 注重培养创新人才

由于人才影响着企业的未来发展，属于企业持续运行的动力和基本单元所在，更是帮助企业应对激烈市场竞争的核心要素，因此关注综合型人才的培养十分关键。在人才培养方面可以采用两种形式，首先是对外招聘精英人才来减少在人才培养方面所付出的时间和成本消耗，同时重视内部人才的培养，虽然短期内内部人才培养需要付出一定的成本和时间投入，但是从长远发展角度而言，内部所成长起来的人才更加匹配企业的发展，需求展现出的盈利能力要远超过外界招聘人才。因此采用内外相结合的人才培养模式更为科学，共同为企业的持续发展助力[5]。

3.5 管理方式创新

自动化控制成为建筑企业项目管理的主要发展方向，这是因为管理工作往往涉及较多信息内容的存储工作不同阶段以及对应的管理环节之间的联系密切，因此，在信息化时代背景之下，出于做到与时俱进的考虑，有必要关注智能化信息管理系统的引入和使用，实现管理关联信息内容的共享以及合理开发，共同推进建设项目管理工作的进行。同时积极建立员工数据库，围绕员工数据信息进行收集和整理，方便人力资源管理工作的实施。其中也包含信息化管理标准的推行和应用，落实员工考核工作。从该角度而言，关于数据库的建立和使用，能够为公司的工作计划制定，包括人员培训项目的实施，提供支持，除了提供数据参考之外，也可以将所得结果纳入数据库进行综合性分析，为今后的管理计划优化提供参考，便于管理层对于管理问题的及时发现和解决。

4 绿色施工管理方法分析

4.1 组织、规划、实施管理

4.1.1 组织管理

在绿色施工土建管理中，应建立健全完善的绿色建筑管理体系，并制定相应的管理制度与目标。在执行中，可在“绿色建筑项目”的领导下，在“绿色建筑”的推动下，对全流程进行动态的管理。并且，可将施工目标、责任分解到各部门，建立相应的责任制度，只有如此，才可在施工策划、施工准备、材料采购、现场施工、验收等各个方面实现“绿色施工”。

4.1.2 规划管理

实施绿色施工计划管理，是指在施工前，组织实施绿色施工方案，其中包括环境影响因素评价、环境管理计划、节能减排计划等。因此，在规划管理的过程中，需明确工程建设绿色管理的重要性，并采取有效措施，定期确定主要环境危险因子，以解决以往存在的环境污染等问题。在推行“四节一环保”工程中，通过节约能源，节约土地，保护环境，全面推进绿色建筑工程的全流程管理，以此保障土建工程在绿色管理下可以如期完成建设任务。

4.1.3 实施管理

针对土建工程的绿色管理，需全面实行动态化管理过程，并依据管理监控办法，持续完善与加强施工人员、设施、材料以及施工质量控制等管理程序，以此使项目与绿色、环保有机地结合起来，这样才能更好地进行绿色施工管理。

4.2 加强对清洁能源的管理

目前，针对建筑进行绿色化管理其不仅可控制土建项目中各项人力、物力和资金的投入，还可达到我国提出的文明、绿色施工要求，为此绿色管理也逐渐被各建筑企业所采用。为更好地进行绿色化管理工作，就必须增加使用更多的洁净能源，以减少对环境的污染，而且其对环境也产生了良好的保护作用。比如，在实际的建设过程中，会出现大量的建筑垃圾，因此，为降低资源浪费、解决环境污染等问题，需加强对建筑垃圾的分类处理，并在绿色管理过程中，通过对废旧物资的回收，使其达到降低资源消耗的管理效果。

5 结束语

土建工程管理创新及绿色施工管理是推动建筑行业可持续发展的重要途径。通过管理创新，可以提升管理效率，降低工程成本，保障工程质量；而绿色施工管理则有助于减少资源浪费，降低环境污染，实现建筑与自然的和谐共生。

参考文献：

[1] 郭龙清.绿色施工理念下的建筑工程管理模式创新探讨[J].房地产世界,2022(03):152-154.
[2] 孙东.绿色施工技术在土建工程中的应用[J].四川水泥,2023(03):100-102.
[3] 陈龙.绿色施工管理理念下的土建施工管理创新策略分析[J].居业,2023(01):176-178.
[4] 罗永生.土建施工管理以及绿色施工探讨[J].全面腐蚀控制,2022,36(12):70-72.
[5] 吴艳.基于绿色施工理念的建筑工程管理存在的问题及优化对策探析[J].企业改革与管理,2022(07):48-50.

建筑工程施工质量管理与质量控制技术研究

林永武

（英德市建设工程综合服务站，广东 英德 513000）

摘 要 施工质量管理是确保建筑工程安全、耐久性和功能的重要环节。随着信息技术的发展，施工质量管理的信息化建设已成为提升管理效率和质量控制水平的重要手段。本文探讨了施工质量管理的基本理论与方法、施工质量控制技术的应用以及提高施工质量管理水平的对策，重点分析了施工质量管理信息化建设的实施路径和优势，以期为建筑工程的高质量发展提供理论基础和实践指导。

关键词 建筑工程；施工质量控制；BIM；IoT；UAV

中图分类号：TU712 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0088-03

随着建筑行业的快速发展，施工项目的规模和复杂性不断增加，传统的施工质量管理方法在应对这些挑战时显得愈发不足。质量管理过程中经常出现的信息不对称、响应滞后以及管理手段单一等问题，导致施工质量难以达到预期标准，甚至引发严重的安全隐患和经济损失。现代建筑对施工质量的要求越来越高，施工质量不仅关系到建筑物的安全性和耐久性，还影响到建筑物的使用功能和环境效益。为此，如何通过先进的管理手段和技术提升施工质量，已成为建筑行业亟待解决的重要课题。在此背景下，研究施工质量管理的信息化建设具有重要的现实意义。信息化建设通过引入现代信息技术手段，实现对施工全过程的数字化、智能化管理，能够有效解决传统质量管理中的诸多问题。通过构建施工质量管理信息系统、应用物联网和大数据分析技术，可以实现实时监控、智能预警和科学决策，显著提高施工质量管理的效率和精度，信息化建设促进了管理的透明化和可追溯性，提升了管理的规范化水平和执行力。

1 施工质量管理的基本理论与方法

1.1 施工质量管理的概念与重要性

施工质量管理是指在建筑工程施工过程中，通过科学的管理方法和技术手段，对各项施工活动进行计划、组织、控制和监督，确保工程质量符合设计要求和相关标准规范的全过程管理。施工质量管理涵盖了施工前的准备工作、施工中的过程控制、施工后的验收和维护等各个环节，其核心目标是保证工程的安全性、耐久性和使用功能。施工质量管理不仅涉及技术层面的控制和监督，还包括管理制度的建立、人员的培训和激励、施工材料和设备的质量控制等方面，形成一个系统的质量管理体系，确保工程质量的全面提升。

施工质量是工程项目的生命线，直接关系到建筑物的安全性和使用寿命。高质量的施工管理可以有效预防和减少质量缺陷和安全事故的发生，保障建筑物的稳定性和可靠性。施工质量管理对控制工程成本和工期具有重要作用[1]。通过严格的质量管理，可以减少返工和维修的次数，降低工程成本，同时保证施工进度，避免因质量问题导致的工期延误。良好的施工质量管理有助于提高企业的市场竞争力和信誉度，建筑工程质量直接影响到企业的品牌形象和市场声誉，高质量的工程项目能够为企业赢得客户的信任和认可，促进企业的可持续发展。

1.2 施工质量管理的主要方法与技术

施工质量管理的主要方法有质量计划、质量控制、质量保证和质量改进。质量计划是指在施工前制定详细的质量管理目标和策略，包括明确质量标准、制定质量控制措施和安排质量管理人员等。质量控制则是在施工过程中，通过现场监督、检验和测试等手段，确保各项施工活动符合质量要求。通过定期和不定期的质量检查，对关键工序和重要环节进行严格把关，及时发现和纠正质量问题。质量保证是通过建立完善的质量管理体系和制度，确保质量管理措施的有效实施。质量改进则是在施工后，根据质量检查和反馈的结果，持续优化和改进施工工艺和管理方法，以不断提升施工质量。

在施工质量管理的技术方面，现代化的施工质量管理技术包括建筑信息模型（BIM）、智能监控系统和无损检测技术等。BIM技术通过构建虚拟建筑模型，实现对工程设计、施工和运营全过程的精细化管理，有助于提高施工精度和质量控制水平。智能监控系统利

用传感器、物联网和大数据技术，对施工现场进行实时监控和数据分析，及时发现和处理质量问题，提升施工管理的智能化和信息化水平。无损检测技术则通过超声波、红外成像等先进检测手段，对建筑结构和材料进行非破坏性检测，确保施工质量的可靠性和安全性[2]。施工现场质量管理还应配备专业的检测设备和工具，采用科学的检测方法和标准，进行严格的质量检验和评估。

2 施工质量控制技术的应用

2.1 施工过程中的质量控制技术

施工过程中的质量控制技术主要包括过程监控、标准化作业和质量检验等方面。过程监控技术是通过对施工各个环节进行实时监控和管理，确保施工过程符合设计要求和质量标准。在混凝土浇筑过程中，利用传感器和监控设备对混凝土的配合比、浇筑速度、振捣时间等参数进行实时监测，确保混凝土的强度和密实度符合要求。在钢结构安装过程中，通过激光测量和全站仪等高精度测量设备，实时监控钢构件的安装位置和角度，确保结构的精度和稳定性。通过过程监控，可以及时发现和纠正施工中的质量问题，防止质量缺陷的发生[3]。

标准化作业是施工质量控制的重要手段，通过制定和实施标准化的施工工艺和操作流程，确保施工过程的规范性和一致性。在砌体施工中，制定统一的砌筑工艺标准，规范砌筑砂浆的配比、砖块的排列和缝隙的处理，确保砌体的垂直度和平整度。在管道安装中，制定详细的安装规范和验收标准，规范管道的连接方式、坡度控制和密封处理，确保管道的通畅性和防漏性能。质量检验技术则是在施工过程中和完成后，对施工质量进行全面的检查和验收。通过抽样检验和全数检验，对建筑材料、构件和工序进行质量检测，确保其符合设计和标准要求。采用先进的无损检测技术，如超声波检测、红外成像和X射线检测等，对建筑结构的内部缺陷和隐患进行检测，确保建筑物的安全性和可靠性。

2.2 施工质量控制的现代化手段

现代化手段在施工质量控制中发挥着重要作用，主要包括建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、无人机（UAV）和大数据分析等技术。BIM技术通过创建三维数字模型，实现对建筑工程的全过程管理和控制。施工过程中，BIM技术可以提供精确的设计图纸和施工计划，帮助施工人员理解和执行复杂的施工步骤，减少施工误差。此外，BIM技术还能模拟施工过程，提前发现和解决潜在的质量问题和冲突，提高施工效率和质量。通过BIM模型的碰撞检测功能，可以提前发现不同专业之间的管线冲突，进行优化调整，避免现场返工和质量隐患。

物联网技术在施工质量控制中的应用主要体现在实时监测和智能管理方面。通过在施工现场部署传感器和智能设备，可以实时采集温度、湿度、振动、应力等关键参数，监控施工环境和结构状态。在混凝土浇筑过程中，温度和湿度传感器可以监测养护环境，确保混凝土的强度和耐久性。无人机技术则用于施工现场的巡检和测量，通过高空拍摄和三维建模，对施工进度和质量进行全面检查，特别适用于高层建筑和大面积工地[4]。大数据分析技术则通过对施工过程中产生的大量数据进行分析，识别质量问题的根本原因和趋势，提供科学的决策支持。通过分析施工质量检测数据，可以发现质量问题的高发区域和关键工序，制定针对性的改进措施。这些现代化手段的综合应用，不仅提高了施工质量控制的精度和效率，还推动了建筑工程管理的智能化和信息化发展。

2.3 施工质量检测与评估

通过系统化和科学化的检测手段，对工程各环节的施工质量进行实时监控和精确评估，可以确保工程的整体质量达到设计要求和规范标准。目视检查法作为基础检测手段，通过对施工现场和成品的外观观察，能够初步判断出明显的质量缺陷，如墙面平整度、涂层均匀性等。相比之下，物理检测法则依赖于专业的检测设备，通过定量分析的方法对建筑材料和结构的性能进行深入检测。例如使用混凝土强度测试仪可以精确测定混凝土的抗压强度，钢筋探测器则能有效检测钢筋的分布和密度。这些检测工具和方法的结合，不仅可以及时发现施工中的质量问题，还能为后续的整改提供科学依据，从而确保建筑工程的整体质量和安全性。

3 提高施工质量管理水平的对策

3.1 完善施工质量管理体系

质量管理制度应涵盖工程项目的各个阶段，从设计、采购、施工到验收，每个环节都应有明确的质量要求和控制措施。设计阶段应进行严格的图纸审查，确保设计符合规范和实际需求；采购阶段应选择优质供应商，确保材料和设备的质量；施工阶段应实行标准化作业，规范操作流程，减少人为因素对质量的影响。通过系统化、标准化的质量管理制度，可以有效规范施工过程，确保工程质量始终处于受控状态。

建立完善的质量监督和考核机制，对施工质量进行全方位的监控和评估。质量监督机制包括现场巡查、抽样检查、专项检查等，通过多种检查方式及时发现和纠正质量问题。考核机制则通过对各施工环节的质量表现进行评估，对表现突出的团队和个人给予奖励，对存在质量问题的进行处罚和整改。定期组织质量检查评比活动，评选质量优良的施工队伍，激发全体施工人员的质量意识和积极性。建立质量信息反馈机制，将检查和考核结果及时反馈给相关人员，形成质量改进的闭环管理。通过严格的质量监督和考核，可以有效提高施工质量管理的执行力，确保质量管理制度的落地实施，从而提升工程项目的整体质量水平。

3.2 加强施工人员培训与技术创新

加强施工人员培训是提升建筑工程质量的关键举措，建立系统的培训体系，为施工人员提供全面的专业知识和技能培训。培训内容应涵盖施工图纸识读、施工技术规范、施工工艺流程以及安全操作规程等。通过定期组织施工人员参加专业培训课程，提升其对设计图纸的理解能力和施工规范的掌握水平。专项技能培训如钢筋绑扎、混凝土浇筑、防水施工等，确保施工人员掌握正确的操作方法和技巧。此外，应结合实际施工案例进行实操训练，模拟施工现场的实际情况，提高施工人员的动手能力和问题解决能力[5]。通过系统的培训，不仅可以提升施工人员的专业技能，还可以增强其对质量标准和安全规范的认知，减少施工过程中因操作不当导致的质量问题和安全事故。

施工企业应积极引进和应用新技术、新工艺和新材料，以提高施工效率和工程质量。采用建筑信息模型（BIM）技术进行施工图纸的三维建模和碰撞检测，提前发现和解决设计冲突和施工难点；使用预制装配式建筑技术，在工厂内预制构件并在现场装配，提高施工速度和质量；引进先进的施工设备和工具，如自动化钢筋加工设备、高效混凝土泵车、智能监控系统等，提高施工的机械化和自动化水平。此外，应鼓励施工人员参与技术创新活动，通过技术交流和经验分享，不断提升团队的整体技术水平。施工企业还应与科研机构和高校合作，开展技术研发和创新实验，形成产学研结合的创新模式。通过加强施工人员培训和技术创新，可以显著提升施工质量和效率，为建筑工程的高质量发展提供坚实的保障。

3.3 施工质量管理信息化建设

施工质量管理信息化建设是通过引入现代信息技术手段，实现对施工全过程的数字化、信息化管理，提升施工质量管理水平和效率。首先，信息化建设的核心是建立施工质量管理信息系统，将项目的设计、采购、施工、验收等各个环节的数据进行集成和共享。通过使用建筑信息模型（BIM）技术，可以在项目的各个阶段对建筑物进行三维建模和仿真模拟，提供详细的设计和施工信息，减少图纸错误和设计变更带来的质量问题。在施工过程中，通过物联网（IoT）技术和传感器设备，实时监测施工现场的环境参数、设备运行状态和工艺执行情况，将数据上传至云平台进行存储和分析，为管理人员提供实时、精准的质量监控和决策支持。

通过开发和使用移动应用程序（APP），施工现场的管理人员和工作人员可以随时随地记录施工情况、上传现场照片和视频、填写检查表和报告等，方便快捷地完成质量管理的各项任务。智能化方面，通过大数据分析和人工智能（AI）技术，对施工质量数据进行深度挖掘和分析，预测质量风险，提供优化建议，形成智能决策支持系统。利用机器学习算法分析历史质量数据，识别出高风险的施工工序和环节，提前采取预防措施，降低质量问题的发生率。全面推进施工质量管理信息化建设，不仅提高了施工质量管理的透明度和可追溯性，还增强了施工质量管理的科学性和预见性，有助于实现建筑工程的高质量发展。

4 结束语

施工质量管理是建筑工程成功实施的关键，随着信息化技术的引入，施工质量管理的效率和效果得到了显著提升。通过建立完善的质量管理体系、加强施工人员培训与技术创新，以及推进施工质量管理的信息化建设，建筑工程的质量水平得以全面提升。未来随着技术的不断进步和应用的深入，施工质量管理的信息化建设将为建筑行业带来更加广阔的发展空间，助力实现建筑工程的高质量、可持续发展。

参考文献：

[1] 桑成林.建筑工程施工质量控制与施工技术互动关系研究[J].建筑技术,2023,54(03):288-291.
[2] 艾思奇.施工技术对建筑工程施工质量控制的影响分析[J].工程质量,2022,40(11):15-18.
[3] 蒋正术.建筑工程施工质量控制中施工技术的应用与优化研究[J].建筑与预算,2022(05):40-43.
[4] 张敏华.建筑工程施工技术与施工质量控制策略探讨[J].居舍,2021(36):47-49.
[5] 杨永宏.建筑工程施工质量管理与控制研究[D].西安:西安建筑科技大学,2013.

电力物资中如何应用现代化供应链管理策略探究

李丹丹

（国网临汾供电公司物资部，山西 临汾 041000）

摘 要 随着社会和经济的不断发展，电力工业进入一个全新的发展时期，电力技术得到纵深发展，这要求电力物资的调度与分配环节需进一步改进。为解决电力工业的物资供应端难题，亟须对现行的管理机制进行改进，采用优化控制手段，其中，引入和实践现代供应链管理模式为电力物资问题的解决提供了新的途径，不仅可以提高物资管理的效率，也能有效减少供应环节的潜在风险，使电力企业获利更多。在这一背景下，本文通过对现代供应链管理概念的归纳，提出了实施供应链管理系统应采取的对策，以期给电力行业的物资管理工作提供更为丰富的理论支撑。

关键词 电力物资；现代化供应链；信息化系统；自动化管理体系

中图分类号：F426 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0091-03

在我国电力企业发展过程中，采用现代化供应链管理方法，能够有效地解决用电资源问题，提高企业的管理水平，减少运营成本，因而受到了人们的普遍重视。但是，在现实生活中，客户的需求是多种多样的，因此，工作人员必须从多个方面来看问题，从而提高供应链的稳定性，为产业的发展打下一个良好的基础。

1 现代化供应链管理的概念

供应链是一种新的物流系统[1]。具体来说，是企业在进行商业活动的过程中，为进行有效的物资管理，使内部的工作流程更加稳定，保证生产生活物资的稳定供应，从而达到整合管理目标，并且在供应商与客户之间建立一条稳固的利益链。供应链的概念一经提出，便受到了业界的高度关注，许多电力企业根据现有的管理理念和先进的工作方式，对内部管理体系进行革新，从产品零售、流程运输、第三方供应商选择、生产流程等多个维度出发，持续搜集资料，累积更多的经验，完成传统物资管理模式的更新与重造，提高供应链的稳定性，从而使得供应链体系得以进一步发展，成为物资供应公司和用户工作的重要基础。在这一阶段，现代化供应链管理工作主要以提高工作品质、缩短时间、控制费用、规避不必要的资金浪费、达到稳定的资源流动、促进商务整合过程、实现资金信息与物流之间的总体结构稳定等为目标。从这一点可以看出，实现电力物资的现代化供给模型建构，能够有效地减少企业的经营费用，提高实际经营效益。

2 电力物资供应链管理的优化策略分析

2.1 确立新的经营观念

电力企业要了解整个社会的发展趋势，要准确把握客户的真实需求，才能有针对性地提高自己的市场竞争力，赢得更大的市场占有率。因此，工作人员首先要清楚，要达到以上目的，就必须进行物资管理观念的革新，在平时的工作中，要将现代的科技知识进行合理利用，让新的管理理念得以合理地实施，这样，企业的管理水平就会得到显著提升，减少不必要的开销，体现成本控制策略的实际成效。此外，要强化对质量的追踪，掌握有关的资料，对服务管理体制进行改进，将目前的管理系统的有效性和规范性作为工作重点，努力提高生产效率、保证工作质量、减少运行费用，达到综合控制。在这一点上，必须准确制定管理方案，并与企业的实际运作相结合，明确目前管理环节中存在的不足之处，并有针对性地制定出相应对策，提高供应链管理的稳定性，最大限度地利用供应链的优势，要与市场相结合，进行详尽的资料搜集，制定统一的采购规格，主动进行下一步的工作计划与经费预算，以此改进服务方式和工作效益。

2.2 改革传统管理形式

在电力物资管理工作中，运用供应链管理系统，可以优化传统的管理方式，解决原来的操作流程不规

范、工作重心不明确的缺点，降低由于硬件设备落后而造成的费用问题，从而达到减少运营风险的目的。具体而言，在实际工作中，由于企业自身的资源是有限的，如果不能事先对工作进行综合预测，将造成各种计划之外的物资消耗，导致工艺流程缺少稳定的供给保障，进而陷入停顿状态，造成大量的人力和物力损失，虽然相关工作方案的优势非常明显，但却因为各方面的因素，始终无法真正实现。此外，传统的管理方式并没有清楚地界定各个部门的职责，导致各个部门之间的工作缺乏联动，遇到问题的时候，也不会进行沟通协商，而是想尽一切办法来推脱责任、逃避惩罚[2]。而且，在目前的情况下，每个部门都会利用他们的专业知识处理大多数的风险，但是，由于各个部门之间的工作缺乏沟通，数据的流动速度很慢，这将使风险问题进一步恶化，此时，若市场出现异常变动，公司整体的应对将会变得非常困难，经营风险将会大大增加。另外，基于经济体量的增加，电力行业的技术体系和工作要求也在持续产生变化，传统的物资管理方式已经很难满足当下的市场发展需求，为满足人们对电力工作的要求，各个产业都要积极地引入信息技术手段，采用新的管理理念，创建一种符合时代发展要求的新的管理方式，这样才能更好地改善企业的经营状况，增强企业在市场上的竞争能力。企业需要在现阶段确定系统优化的方向，以人为中心，推动企业走向生产规范化和管理有序化，主动实施预定的设想，最大限度上控制生产周期，强化品质管理概念的深入融合。

2.3 强化信息化管理效益

在电力企业的物资管理过程中，借助信息化管理设备与平台，能够迅速地将数据收集起来，并将其存储到虚拟数据库中，在后续使用环节，若需要相关信息资料，可以通过关键字检索来获取。但同时，员工也要清楚，信息技术应用需要针对具体情形，并加以适当的调整，以保证适合目前的工作，使其发挥出最大的效能[3]。在这一背景下，工作人员必须识别出物料供应链的主要工作要点，即需求、供货、品质与物流。电力物资的供应管理与质量控制，需要电力企业对相关数据进行合理的分析，弄清不同物流环节的关键步骤，以此作为参考，判断当前的供应链能否维持稳定运行。

物流管控和需求预测工作是以客户为中心的，其最重要的目标是了解用户详细需求，并有针对性地设定服务品质改善的优化方案，持续推进最优管理方式的实施。

2.4 构建自动化管理体系

供应链管理具有一定的灵活性和整合性，在电力物资供应链管理工作中应用自动化生产线，能够使电力物资的自动化管理更加有效，通过物联网的支撑，能保证电力企业能及时得到原料、零件、半成品、产品的对接情况，获取产品的品质控制信息，在电力物资的库存状况、供应信息、销售信息、商品摆放窗口等层面开展细节管理，方便有关人员对库存和物资的供应状况进行控制[4]。在自动物料盘点模块和网络模块的辅助下，可以自动产生一个动态报告，通过对物料报表进行分析，实现电力企业ERP与财务软件之间的无缝连接。

电力行业是一个服务导向行业，供应链管理方式的实施，可以强化电力企业的物资服务效益。在运用5G技术对电力物资进行管理时，能够对电力物资的需求量做出正确的判定，以此使电力企业的资金得以合理利用。借助5G技术，能够将物料需要及时地回馈给电力储备系统，既降低了库存费用，又防止了企业的物资短缺。

所以，电力企业在日常工作中要适时地进行物资补充，适当提高补给的频率，减少存货的数量，能够提高电力物资储存空间的实际利用率，防止材料购置量过多，为企业削减大笔资金开支。在电力企业中，将自动化管理方法应用到物资管理中，可以大大降低人力资源需求，降低存货物资管理的人力成本。基于各种先进的信息技术支持，可以实现对库存物资的智能管理，并能对库存物资的变化进行实时监控和管理。

2.5 实行拉动式供应链管理

目前的电力物资供应链管理系统有两种类型，分别是拉动式和推动式[5]。在传统的生产模式中，更多的是采用推动式管理系统，其工作模式是通过各种方式、渠道将物料传送到客户端，同时与电力企业的具体计划相结合，确定出物料的配送模式，以符合实际工作需要，最终实现定向供应。近几年来，随着科技体制的不断升级，电力企业的内部经营模式也在逐步地进行着优化，拉动式的供应链管理模式也开始被大家所关注。这种方式主要是采用批量采购方式，为管理体系确立工作重点。它改变了供应链管理的方法，使之能适应实际工作的需要，从各个角度来分析问题，在最大程度上促进企业运作方式的优化。同时，把管

理和革新工作相结合，并应用到工作的每一个环节，希望在实际应用中，可以运用协同管理的方式，完成物料费用预算体系和风险评测体系的构建。依据相关信息，制定完整的审批流程，以获取准确的采购计划，以此为参考，在采购环节实行严控措施，减少不必要的支出。

2.6 顺应市场的要求

电力行业是一个竞争性很强的行业，要想在激烈的市场竞争中立于不败之地，赢得更大的市场份额，就需要对经营方式进行持续的创新，这样才能保证企业在纷繁复杂的市场中站稳脚跟，并获得持续发展的动力。因此，电力企业应当制定出提高供应链稳定性的优化计划，并运用健全的评估机制，客观地分析出物流供应链的管理现状，从多个方面来认识这一制度对企业的重要性。同时，工作人员还需对目前的资源进行合力规划，实施稳固的供应链管理，充分发挥信息化技术的高效率、高稳定性的特性，保证建设的质量和数据的准确性，同时将项目管控、成品配送等工作步骤进行整合。

另外，通过加强电力物资的现代化供应链管理，促使企业的资金运作更为顺畅，如果发现潜在问题，也能快速地解决，并且这样才能更好地追踪问题的根源，避免以后再出现同样的问题。

此外，管理者应对库存实行统一的管控，对材料信息和收支状况等进行详细记录，并对各个部门需要的资源进行定期汇总，以防止材料积压，消除各种影响因素，降低在市场上的竞争力，以求企业稳步发展[6]。

2.7 基于供应链管理概念的批量采购

供应链管理模式能够在物流、转运等工作中发挥很好的质量保证作用，通过对多个方面的数据进行细致的分析，找出可能会对工作产生影响的不利因素，并有针对性地制定相应的对策，提前进行预警，降低事故的突发性[7]。此外，从市场的发展来看，目前的供应链从制造到出售需要数个月的时间，在此期间，大多数时间都花在了运输上，而在分类和销售上花费的时间却很少。在这种情况下，合理定位供应链管理系统，减少供货周期，既能保持企业的经济效益，又能制定出合理的采购计划。电力企业各部门运用以上的工作方式进行计量工作，对采购计划进行科学的计划和量化的采购，能够极大地节约人力和物力。与传统的采购方式相比，可以大幅减少过程中所需时间，长期使用可以极大地改善工作效率，提高企业在市场上的竞争能力。

2.8 调整存货管理方法

在使用供应链配置管理系统时，能较好地解决动力资料的信息流问题，资金流动对材料供应链的发展有一定的制约作用，在资金来源层面，许多中小型电力企业的资产结构都是比较简单的，这就造成资金周转的时间更长。借助新的供应链融资模式，即对供应链中的资金流进行优化，确保企业有足够的资金流动来进行材料的采购。同时，对电力企业的物资管理者来说，应充分利用现有库存物资的使用价值，在物资领取环节，调整供应策略，避免因长期贮存而引起品质问题，导致设备的折旧费用上升。

3 结束语

在电力工业中，竞争是相当激烈的，要想增强企业的整体竞争能力，就必须加强对电力物资供应链管理工作的关注，适时采用新的管理思想，将信息技术应用到电力设备的管理中，对物资管理模式进行持续优化，同时强调企业工作的创造性，充分利用拉动式供应链管理方式，确保电力企业能更快地适应市场竞争，以供应链管理标准进行材料批量采购与集中管理，最终使电力物资的管理水平得到进一步优化。

参考文献：

[1] 侯宇硕，张国英，王倩，等．基于智慧供应链的电网物资供应管理体系研究：以北京 2022 年冬奥会配套电网物资供应管理实践为例 [J]. 供应链管理，2021,02(08):51-57.

[2] 陈勇杰，贾雍，柴彬，等．基于多数据融合的电力物资供应风险指数研究：以浙江某中型城市为例 [J]. 电力大数据，2022,25(02):46-54.

[3] 刘玥，王汉良．完善管理体系打造坚强物资供应链“供应链上的先锋”物流管理案例分析 [J]. 名城绘，2019(01):367.

[4] 念四海．天津电网物资供应仓储网络、物流配送体系以及相应管理模式优化的研究 [J]. 电脑爱好者（普及版）（电子刊），2020(04):4139-4140.

[5] 刘忠德，张华，高原，等．“物资超市”管理模式在电力企业中的运用研究：以 ×× 电力新能源发电分公司仓库为例 [J]. 经营者，2022,36(09):43-46.

[6] 陈文穗，郑海彬，江世雄，等．基于泛在电力物联网技术的施工队领料牌触发物资供应与项目管理 [J]. 科技与创新，2019(12):108-109.

[7] 杨真真，卢晶，王广江，等．“双碳”目标背景下电网企业绿色数智供应链建设策略及应用研究 [J]. 现代管理，2022,12(09):1215-1221.

在建工程施工现场消防施工质量安全问题的探讨

徐文广

（北海市建设工程消防服务中心，广西 北海 536000）

摘 要 为解决建筑施工现场消防施工质量与安全问题，提升建筑工程项目建设效果，本文结合建工程施工现场消防施工质量安全要求，在归纳建筑工程施工现场施工质量与安全问题的基础上，提出现场消防部署工作、消防设施布置以及安全管理等多项质量与安全管理策略。在建筑工程消防项目实践阶段，采取此类控制措施，可以提升建筑工程施工现场的消防施工质量安全水平，有效预防、减少火灾事故的发生，使得项目工程稳定开展。

关键词 在建工程；施工现场；消防施工；质量安全

中图分类号：TU998 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0094-03

在建工程现场消防施工质量安全问题关乎着工程项目的建设效果以及建设安全，如何提高在建工程施工现场消防施工质量安全管理水平，对项目的开展有着重要的帮助。对于场消防施工质量安全的研究，王伟民[1]针对建工程施工现场消防施工质量安全方面，分别提出了消防施工质量控制策略与安全控制方案；邓忠平[2]基于建工程施工现场消防工程管理需要，也提出施工质量安全问题管控见解方案。而从实际来看，现有对于质量与安全管理提出的内容，多数研究侧重于宏观的政策建议或单一的技术改进措施，缺乏系统性和综合性的解决方案，难以全面覆盖施工现场复杂多变的消防安全隐患，也无法有效应对施工过程中不断出现的新问题。针对上述不足，本研探讨在建工程施工现场消防施工质量安全的综合管理策略，采用系统分析施工现场消防安全隐患，结合最新的消防技术和管理理念，提出全面、有效的解决方案，为建筑行业的健康发展奠定基础。

1 在建工程施工现场消防管理要求

随着城市化建设的快速发展，建筑物的数量逐渐增多。在建筑工程施工过程中，火灾安全隐患一直深受社会的关注，建筑工地一旦发生火灾时，将会造成巨大的损失，甚至还会影响建筑工程行业的经济发展，由此可见，强化建筑工程工地的消防安全管理工作具有重要的意义。关于建筑工程工地的消防安全管理工作主要有以下几点：（1）落实消防安全责任，明确岗位消防安全责任和内容，完善合理的消防安全责任管理制度，强化施工现场的消防安全工作；（2）做好施工人员的消防安全培训教育工作，定期组织施工人员进行安全教育培训，提高施工人员的消防安全责任意识和安全意识，确保现场的工作人员掌握防火的基本知识和掌握消防器材的使用，提高工作人员的消防安全意识。

2 在建工程施工现场消防质量与安全问题

2.1 现场布局不合理

根据建筑工程现场的消防安全管理的实际数据分析可以总结出以下几点问题：（1）平面布局缺乏合理性和科学性。在设计平面布局过程中，设计人员未能结合施工现场的环境特点以及现场的功能区进行科学合理的划分，特别是针对部分环境因素的影响；（2）消防通道的设置不符合逻辑、根据消防安全管理要求，在建筑工地中必须设置相应数量的消防安全通道。根据对建筑工地的了解，部分建设工地虽然设置了消防通道，但是设置不合理，通道尺寸不达标，且数量不符合要求；（3）临时用房的质量不符合要求。临时用房所使用的材料不符合消防安全的标准，楼层、房间以及通道的设计不合理，从而增加了消防安全管理工作的难度，提高了消防安全隐患的存在率。

2.2 消防设施不达标

根据相关的建筑工程施工安全管理规定，施工现场中必须配置相应的消防安全设备，保证现场的消防安全。但是根据调查发现，在施工现场中经常出现消防设备不齐全，灭火器数量不足、消防栓水带缺少，消防水系统的运作无法正常运行，此外，还有临时应急照明系统未配置等问题。

2.3 消防安全管理不到位

建筑工程施工现场的消防安全管理工作贯穿整个工程的施工过程，为了确保施工现场的安全，就必须做好现场的消防防护和管理，建立健全相应的消防安全管理制度，加大安全管理力度。

2.4 管理系统不完善

在建筑工程施工现场，消防施工质量的保障往往受到管理系统不完善的影响。这主要源于以下几方面原因：缺乏明确的消防施工标准和流程，导致施工过程中的质量控制难以统一；施工现场的消防安全管理责任不明确，各部门之间缺乏有效的沟通和协调机制，使得消防安全问题难以得到及时处理。

3 在建工程施工现场消防质量与安全管理的策略

3.1 做好现场消防部署工作

1. 科学分区布置。科学合理地分区布置是提高建筑工程施工现场施工安全的重要保障，积极将工作区、生活区和办公区的分开设置，并使用高质量的材料做好隔离，保障各个功能区域的安全。在施工现场中所有临时的设施设备都必须要符合消防安全管理的相关规定，确保现场的施工安全。此外，在建筑物、人口密集以及明火作业的区域内禁止放置易燃易爆的危险物品。禁止在高压架空电力线下建设相关易燃易爆的加工厂或仓库。

2. 消防通道。结合消防安全管理工作的相关规定和要求，科学合理地设置消防通道可以提高现场的消防安全，减少消防事故的发生。例如：在设置出入口时，必须确保消防车能够顺利进出，并且出口和入口应分开设置，即使出入口的位置无法满足时，也要想办法在施工现场中布置环形道路，确保消防车能够顺利地进入现场内。

3. 临时用房设施。针对施工现场内设置的临时用房，其选择的材料必须要满足消防安全的规定要求。根据规定可知，临时用房的材料禁止使用聚苯乙烯板做夹心材料的彩钢板，而是使用燃烧性能等级为A级的建筑构件。根据消防安全管理规定，在建筑施工现场的临时用房的层数不能超过3层，并且每层的建筑面积应控制在300 m^2 以内，如果单层面积或层数超出标准时，应配置相应的疏散楼梯，并强化临时用房的消防安全管理工作，保证用房的安全。

3.2 做好现场消防设施布置

根据消防安全管理的相关规定，施工现场中必须设置临时消防设施设备，且要保障设备数量的齐全性和正常运行。在布置临时消防设施设备过程中，应严格遵循消防安全管理规定的要求，临时消防给水系统、应急照明系统和灭火器等设施设备都是必须要配备的设备。强化对重点部位的防火管理，禁止在施工现场中存放易燃易爆的物品，并且禁止在高压电力架空下建设易燃易爆的加工厂或者仓库，避免发生火灾等安全隐患。在明火作业时应做好相应的预防工作，配备好灭火器。根据相关规定，在建筑工程项目中应安装户外给水系统，并配备相关的规定给水设备，如水管、软管、消防水栓等，保证设备的齐全性。在设置消防给水系统时，必须要保证供水系统的正常运行，且要保证水压达到标准要求，此外，相关管理人员应定期对消防系统进行检查，确保产品的质量符合消防安全的要求，针对不合格的产品应及时提出处理措施[3]。

3.3 加强现场消防安全管理

1. 制定完善的消防安全管理制度。建立健全相关的消防安全管理制度，是保障消防安全各项管理工作的顺利开展的重要纽带。从消防安全管理的规范化标准而言，消防安全涉及的内容比较广泛，所涉及的责任单位和人员较多，为此，这需要各个主管单位和协助单位之间相互配合和协调。建设单位应结合施工现场的实际情况和建设的要求，完善消防安全管理制度和管理办法，强化建筑工程施工阶段的消防安全管理，确保消防安全管理工作的常态化和长效化。

2. 采取智慧消防手段。随着信息科技技术的不断发展，在建筑工程施工现场中应积极地引进信息化技术，为消防安全管理工作提供技术性的支持。现阶段，多数的建筑工程施工现场也积极地借助了信息化技术来对施工现场的环境、机械设备、人员管理等方面实现信息化、智能化管理，信息化技术手段可以在第一时间对消防设备的运行安全进行监督和检查，及时发现系统中存在的安全隐患并帮助检查小组开展检测工作。现场管理人员可以根据体系提示的故障信息进行排查，掌握警示类型和紧急程度，并对其制定相应的处理措施和方案，尽可能地避免隐患的危害力，降低损失。应用信息化技术手段可以做到事前预防、事中处理、事后复盘等工作，有效地提高了工作效率。

3.4 现场消防施工质量控制

1. 施工材料质量控制。在建工程施工现场消防施工质量控制内容比较多，一般来说，施工质量控制有材料质量控制，在该项工作开展的阶段中，需要让消防设备管道防火涂料等方面的材料规格满足实际要求，并且项目在开展的过程中，对于材料的运用以及施工过

程，要根据实际情况做好现场指导，让各方面的材料性能全部发挥出来，达到在建建筑工程项目的施工标准。

2. 施工质量控制。要确保监督施工过程中的关键环节，如管道连接、防火墙施工、电气设备安装等，按照设计要求和施工规范进行操作。施工现场要建立质量检查记录，对施工过程中的关键节点、重要细节进行检查和验收，发现问题及时整改，确保施工质量符合要求[4]。同时，在建筑工程施工的过程中，对于施工完成之后的工程项目也要做好后期的安全以及质量控制，对于质量异常问题的地方及时提出，如此才能够保证消防设施后续的可靠性。

3.5 构建风险预控管理体系

3.5.1 计划阶段

1. 确定体系建设目标。第一步：聘请具备专业技术的工作人员进入工厂内，根据体系建设的要求，综合分析该消防安全工程的安全生产具体状态，掌握当前所存在的安全管理工作和体系；第二步：根据评级的要求来明确划分级别；第三步：根据持续改进和长期发展的要求，制定出消防安全工程安全生产风险预控管理体系的工作目标以及要求。

2. 建立完善的管理机构。工作的有序运行必须要以管理机构为支持，消防安全工程根据工作的需要成立以公司总经理为领导的工作小组，同时还要建立以主管厂长为领导的办公室负责具体事务。各个职位要明确规定具体的责任，要以文件的形式进行明确规定。

3. 在管理体系运行过程中，应该组织人员进行基础知识的学习，在项目运行过程中需要保证有符合要求的工作人员作为支持。一是公司内部领导要积极地学习理论知识，构建完善的知识架构；二是所有参与到体系建立和运行的人员要积极地分享学习成功经验，有效地进行沟通和交流，从而保证各个方面的工作可以顺利开展。

3.5.2 执行阶段

1. 全面地进行宣贯和培训。管理体系建设完成之后应该由主管体系来进行宣贯和培训，从而可以使得人人都具备一定的风险防范意识，在最短时间内将管理体系建设起来。

第一级：体系建设办公室组织各个部门的管理者、班组长以及专职安全员进行培训；第二级：对部门管理人员与班组长以上人员进行培训；第三级：班组长对于本组组员进行全面的培训。

2. 制定体系文件。第一步：根据管理文件中的部门工作任务要求，管理体系办公室根据管理要求进行明确的分工，制定出科学合理的实施计划；第二步：建设办公室对核心参与人员进行全面的培训，工作人员必须要具备足够的文件编制能力，保证各项工作能够顺利展开；第三步：以法律条款、企业中的管理文件为基础，同时也应该考虑到安全生产工作具体情况，制定出符合企业生产需要的管理标准文件。

3. 危险因素的确定，采取必要措施进行风险控制。第一步：制定出符合工作需要的风险预控计划；第二步：对所有参与到安全管理的工作人员进行风险预控知识的培训；第三步：对生产中的各个环节进行分析，要充分地进行风险因素确定，增强辨识能力；第四步：针对所存在的风险因素总结出切实可行的风险预控方法，从而可以将风险因素控制在合理范围内，可以消除危险问题，从而可以全面提升生产的安全性[5]。

3.5.3 检查阶段

1. 企业定期检查。为了使得管理体系顺利地建设和运行，企业内部的各个部门和办公室要制定出合理的工作计划，同时还应该进行计划的分解。管理体系办公室要保证各项工作顺利开展，还应该组织人员定期地进行监督检查，保证各个部门按照规定的要求来完成各项工作，协调解决工作中存在的一系列问题，使得企业管理体系顺利建设和正确实施。

2. 企业自查阶段。体系文件的运行和风险评估也是非常关键的，在体系运行一定时期之后，要组织办公室进行全面的检查，要逐条开始进行，及时地发现所存在的问题，并且采取措施解决问题，实现闭环管理。

4 结束语

在建工程施工现场消防工程施工质量安全问题，一直以来都是管理人员重点关注的问题，提高施工现场消防管理水平，能够避免各种安全问题的出现。本文对建筑工程施工现场消防施工质量安全控制要点进行了探讨，同时提出了相关的安全控制策略，以期为工程项目的开展提供了保障。

参考文献：

[1] 王伟民.在建工程施工现场消防施工质量安全问题的探讨[J].广东土木与建筑,2023,30(11):78-81.
[2] 邓忠平.关于在建工程施工现场消防施工质量安全问题的思考[J].消防界(电子版),2023,09(15):123-125.
[3] 陈银辉.在建工程施工现场消防施工质量安全问题的探讨[J].消防界(电子版),2023,09(12):111-113.
[4] 江丹灵,刘盛.建设工程施工现场消防安全管理[J].城市建筑空间,2022,29(S2):869-870.
[5] 吕欣鑫,刘启金.建设工程施工现场的消防安全管理及火灾防范措施[J].中国住宅设施,2023(10):166-168.

钳工孔加工质量提升方法研究

王 韬，廖 剑，杜 婷

（湖南航空技师学院，湖南 株洲 412000）

摘 要 日常的钻孔操作要在钻床上进行，包括生产、技术维修、考核等都是如此。制造单个零件的时候，无论是技术评价还是竞赛，对于开孔的质量要求都非常高，钻孔的尺寸以及相互之间的距离都要有较高精密度。但是，想要保证这项工作达到预期效果，基础操作就要到位，做到划线精准、钻速合适、外形得当、压点准确等，这样就面临一个重要问题，即实践操作中工艺技术要点难以把握。本文通过引入案例，针对提高钳工孔加工质量的方法展开研究，以期为相关工作人员提供有益借鉴。

关键词 钳工孔加工；钻孔；高精度；钻具；装夹

中图分类号：TH16 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0097-03

钳工作业中，钻孔为基础性技能，技术人员要准确掌握，才能确保操作到位，提高零件质量。在钳工的日常工作中，钻床是常用设备，用于加工孔。钳工技术人员需要掌握的一项重要技能就是钻孔，这也是确保其他操作顺利实施的基础[1]。但是，落实到具体工作中，对于技术要求较高，无论是孔直径以及孔之间的距离，对于精准度的要求都非常高，如果采用基本操作方法，诸如画线以及找正等等促使钻孔各项指标达到要求，对于技术人员而言，难度是很大的[2]。即便是经验丰富且技术高超的人员要保证钻孔高精度，也不能准确把握，而是凭借运气，这样加工零部件难以保证质量。本文从案例分析的角度出发，分析影响钳工钻孔精度的因素，介绍提高钳工孔加工质量的工艺技术。

1 案例分析

某机械设备零部件制造厂生产线运行的过程中，钳工技术人员受到各种因素的影响而在操作上出现问题。经过调查发现，主要体现为钳工钻孔质量方面，导致零部件质量无法保证。该企业因此增加了生产成本，降低了生产效率。

2 影响钳工钻孔精度的因素

某机械设备零部件制造厂生产过程中，钳工环节出现问题，主要为钳工技术人员钻孔操作的时候存在定位不准确导致，难以保证孔加工精度。具体原因如下：

其一，由于需要加工的零件外形不能保证准确度，测量的时候容易产生误差，计算结果出现错误，据此定位就会出现不准确的问题。

其二，钳工技术人员划线的时候要使用高程游标，但是其精确度不符合要求，必然影响画线质量，而且对于画出线存在的偏差无法精确校核，不能及时纠正，导致后续操作出现错误[3]。

其三，画线的时候要尽量做到细而且薄，但是一些技术人员划线较厚，已经超过规定标准，成孔中心位置就不能保持一致。

其四，需要加工的零件锁模力严重不足，钻孔的时候扩张力比较大，严重影响钻孔的精准度。当然，零件自身缺乏稳定性，打孔操作的时候容易出现偏转现象，孔口也会随之发生偏转，导致孔口定位不准确，后续操作必然出现质量问题。

其五，钻头存在质量问题，由于使用时间比较长或者操作不当导致其变钝，在钻进操作过程中，钻头所在位置不能达到要求，就会导致钻孔扩大，不符合规定标准，或者钻头部位出现弯曲现象，钻心必然出现偏移[4]。

其六，钻机自身的各项指标不符合要求，主轴与平台之间距离比较大，出现一个较宽的缝隙，主轴与平台之间的位置存在偏差，进行钻孔操作的时候就无法保证高精度，甚至孔眼规格超过标准，没有使用价值。

其七，在进行钻孔的过程中要循序渐进，力度适中，但是技术人员操作的时候给力过大，导致钻台稳定性受到影响，甚至受到外力作用导致变形，钻孔不在正确位置，必然影响零件加工。

其八，铰刀没有足够的精确，就会影响钻孔紧固度。技术人员扩孔的时候，不能平稳受力，扩孔直径超过规定标准。

3 提高钳工孔加工质量的工艺技术

钳工孔加工过程中要提高质量，就要确保工艺技术操作严格按照规定实施且准确可靠。具体而言，要把握钻具、正确装夹、划线精准、调整钻速、修整外形、压点准确、认真检测，具体如下。

3.1 把握钻具

钻具的质量有保证是提高钻孔质量的前提，要重点关注钻头，这是打孔准确的关键。所以，钳工钻孔之前要选择合适的钻头，而且还要进行磨尖处理，以做到精准钻进。技术人员对钻具的几何特征要全面了解，对手磨钻具方法熟练掌握，以在钻具操作的时候有较高技术水平。钻具打磨之前，要准确了解刀具各项几何参数，基于此判断刀具性能以及需要打磨的程度，之后打磨刀具。在打磨的过程中，对于顶角以及后角都要准确把握，还要关注侧刃倾角，其对钻具是否充分发挥性能影响巨大[5]。两个主切削刃的长度要等长，且与钻头中心线之间保持对称状态，两个主切削刃表面要有较高的平滑度，便于定心，使得孔壁平整度比较高，粗糙度降低。另外，主切削刃要在研磨机粗抛光，然后在油石上精细抛光。此外，技术人员要认识到不同环境条件对钻具的要求，根据实际需要修整刀面、刃口以及切屑槽，确保钻孔工作顺利实施并加快进度。

3.2 正确装夹

在装夹工作中，可使用同轴小顶尖，也可以使用头部圆锥状且非常尖锐的小丝锥，保证高精度。将钻床的高度调整完毕，在钻夹头上用力夹住。钻夹头要清理干净，夹的过程中，可以稍稍转动顶尖，提高装夹精度。零件中心线上的锥坑与小顶尖头部的尖锐部位对准，再将主轴伸下，让工件安放在工作台上，然后使用压板将工件压紧。之后将主轴伸下，检查是否对准，然后检查工件，确保压紧。需要注意的是，定位过程中，主轴要保持恒定，不能旋转。

落实到实际工作中，固定好钻头并没有专用工具，所以，固定好钻头之后，要适应工作环境进行操作。如果钻孔直径不超过6毫米，无法保证精准度的情况下，可以使用钳夹将工件夹紧，之后进行钻孔操作。如果钻孔直径为6毫米至10毫米之间，为规则工件其表面平整，固定的时候可以使用扁平钳夹，但是表面要垂直于钻头心轴。如果钻孔的井眼比较大，使用平头钳固定压板。如果零件比较大，钻孔直径超过10毫米，需要使用压板才能将其夹住并固定好。压力盘安装的过程中，要做好以下几项工作：

其一，为了保证压盘不会弯曲，其厚度与固定螺钉直径之间的比率合适，才能确保固定良好。

其二，压盘螺钉与零件要尽量接近，垫铁要比工件压紧面稍稍高出一些，对工件施加很大的压紧力，工件被夹住之后就不会产生位移。

其三，如果被压紧的工件表面采用机械加工方式，就要使用垫片。如果工件是圆筒形的，可以使用V型铁钳将其夹住。装夹的时候，钻头轴心与模具第二个斜面对称面保持一致，而且钻头轴心从工件轴心通过。当底面不够平整或者侧边几何关系有规定标准的时候，就需要使用角钢进行固定处理。钻具钻进的时候，钻头轴向受力非常大，已经超过角钢安装面，就需要使用压力盘将其在平台上固定好。对圆筒形工件表面钻孔，装夹的时候可以选择三爪卡盘。

3.3 划线精准

钳工划线精准，要掌握基本方法。技术人员操作的过程中要以图样作为依据，按照工艺要求在毛坯或者工件上使用工具划线，主要是加工部位的轮廓线以及作为基准的点、线。

钳工画线的时候，所使用的主要工具是高度游标尺。画线过程中，线要尽量画得细一些，才能保证较高的精确度。使用标高尺的时候，要调整好标尺并清理干净，上面的数字清晰可见。画线过程中，工作件与支撑件要紧密结合并固定。画线条的时候要一气呵成，不能纠结，也不能一条线分两次画出，否则必然影响采样质量，也会导致冲孔偏差。通常而言，线宽要超过0.1毫米，当孔位中心高度达到20毫米的时候，线条也会更加精细。高度尺可以根据实际需要适当调整，向下调整0.06毫米，所要求的尺寸与弦心接近。画线完成之后，校核卡尺或者钢尺，即在平整的工作面上放好钢尺，使用千分尺或者游标卡尺从钢尺一端滑向另一端，以这种方式测量长度，对每个测量点都要检查，确保误差控制在允许范围内，以更好地发挥其功能。将两条孔中心线画出之后，如果孔定位非常精准，就可以将两个检查圆圈或者方块画出来，与中心线保持对称。

3.4 调整钻速

技术人员使用钻机进行钻进操作的时候，可以选择的方法有很多，诸如机械传动方式、变频调速技术、液压控制方式以及电子调节方式。无论哪一种方法，都离不开人工调节，以根据加工物材料和钻头规格将运转的钻床调整到适当的速度。钻进之前，要检查钻头的各项参数，包括材质以及直径等，然后手按启动

按钮，钻头开始旋转。钻头旋转的速度越高，孔的精确度也会越高，但是钻头磨损严重，增加损耗。所以，技术人员钻进操作的时候，钻头直径大，旋转速度慢，反之亦然。如果钻孔已经被加工过，就会对平整度要求更高，速度就要加快。钻进越深，钻头的旋转速度越慢，进给量相应地降低。

在具体的操作中，钻孔前以钻头刃磨精度为依据选择合适的钻孔方法并确定速度，在刃磨精度比较高的情况下，采用直接钻孔方式即可。如果钻头刃磨比较粗糙，使用中心钻定位之后，再使用直径为 9.8 毫米的钻头进行钻孔操作，钻头的旋转速度为每分钟 480 转。钻孔操作的过程中要实施冷却润滑，除了可以使用柴油之外，也可以选用菜油或者猪油等。注意钻进的时候控制进给力，避免钻头与工作台由于受力过大导致变形，导致钻孔精准度不高。进给力适当的一个衡量标准是切屑能够顺畅流出，而且进的时候要保持匀速状态。钻孔完成之后，如果钻头没有摩擦到孔壁，就说明孔的定位准确，孔距有保证。这个环节的操作中，要采用正修磨方式，而且钻头刃口要足够锋利，就不需要很多的进给力，钻头与钻床不会产生大幅度变形。

3.5 修整外形

修整外形的主要目的是确保两孔与 60 毫米中心 0.1 毫米的对称度，能够做到孔边距控制在（24-0.042）毫米至（24+0.042）毫米之间。具体操作中，工作人员要认真检查工件画线基准面，两基准面的平面度以及垂直度都符合要求，不能超过 0.02 毫米。如果表面有毛刺，要去除干净，保证基准面紧密接触画线平板。对于接触情况可以使用显示剂显示，以更清晰了解。如果接触面积超过 60%，就可以测量并计算。

3.6 压点准确

压点的时候需要使用划针或者小圆锥体，要求顶角非常尖锐。头部的尖落到工件的十字线交点，这里是钻孔的孔中心点，之后用力点压，出现一个非常小的圆锥坑位置。此时技术人员可以使用 8 倍左右放大镜对压点进行检查，就会发现锥坑中心处于十字线交点，两者完全重合，这就意味着定位准确。如出现偏差，就要再一次进行点压并校正 [6]。采用这种方法的优点在于，定位精准，而且出现偏差很容易校正。在进行这项操作的过程中，要确保压点准确无误。为了做到熟练操作且保证质量，技术人员要反复练习，掌握其中的规律，灵活应用技巧。需要注意的是，选择光线充足之地进行，以便清晰观察，发现偏差及时校正。

3.7 认真检测

对工件进行钻削加工处理的时候，偏差是不可避免的，这就需要采取有效措施将偏差缩小，与设计要求相符合。采用这种方法的优势在于，对于空穴能够快速测量并保证结果的准确，基于此高效修复空穴。有钻孔的技术要求非常高，选择工艺技术的时候可以实施钻孔、扩孔等方法。具体操作中，先钻出一个小孔，使用卡规对底孔心与基准面的偏差测量。采用现场实际测量的方法，就能够将井底以及最理想中点所在具体位置确定下来 [7]。如果偏差非常小，控制在 0.1 毫米以内，钻头顶角可以适当增大，自对中作用逐渐减弱。进行扩孔的时候，要向前推工件，钻尖直径有所增加，同时及时纠正钻进方向，避免偏离。如果偏差已经超过 0.1 毫米，可以使用混合式圆形锉刀对底部孔壁进行修整，保证光滑度。在进行设计时，椭球中心到原下孔中心产生偏移，偏移值是 Δ，需要修正的余量就要确定为 2Δ。落实到实际工作中，这种修整方法并不可取。

4 结束语

通过研究明确，钳工技术人员需要掌握的基本操作技能就是钻孔，而有关技术以及技巧都要经过系统性训练才能获得，能够在操作过程中保证孔的内径精度高，孔系位置精准。在实践工作中，技术人员在钻床上加工零部件的时候，如果为精度要求不高的孔，加工很容易，但是要做到高精度，则难度很大，主要是受到各种因素的影响。因此，积极探讨这些因素是非常必要的，以保证钻孔精度符合要求。

参考文献：

[1] 于淼 . 提高钳工孔加工质量的工艺 [J]. 机械制造 ,2023,61(04):65-67,85.
[2] 梁文波 . 提高钳工钻孔加工质量的方法研究 [J]. 河南科技 ,2020,39(35):56-58.
[3] 张丽娟 , 张尔鲁 . 钳工技术在机械加工中的应用 [J]. 设备管理与维修 ,2021(07):129-130.
[4] 刘成果 , 葛廷宇 . 提高钳工钻孔加工质量的方法研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术 ,2021(01):5-6.
[5] 何海洋 . 探究装配钳工的主要技能及设备操作方法 [J]. 内燃机与配件 ,2021(23):93-94.
[6] 杨晓勇 . 钳工孔加工精度的影响因素及改进措施 [J]. 造纸装备及材料 ,2022,51(10):73-75.
[7] 吴清 . 提高铰孔质量的工艺方法 [J]. 山东工业技术 ,2023(03):97-102.

钻井平台建造中计算焊接力学综述

赵宏权

（江苏海事职业技术学院，江苏 南京 211170）

摘 要 钻井平台作为海洋油气开采的关键设施，其建造质量和结构安全性直接影响到整个海洋油气开发过程的经济性和安全性。焊接作为平台建造中不可或缺的工艺，对结构的力学性能具有重要影响。本文综述了计算焊接力学在钻井平台建造中的应用，重点介绍了焊接过程中的温度场、应力场和变形的数值模拟方法，讨论了焊接残余应力和变形对平台结构性能的影响，并对未来的发展趋势进行了展望，旨在为同行业人员提供借鉴。

关键词 钻井平台；焊接；计算焊接力学

中图分类号：TE21 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0100-03

海洋钻井平台是进行海上油气资源开采的基础设施，其结构复杂、工作环境恶劣，对其力学性能和可靠性提出了极高的要求。焊接作为连接钢结构的重要工艺，广泛应用于平台的建造过程中。然而，焊接过程中产生的高温和快速冷却往往会引起较大的热应力和变形，进而影响平台的力学性能和使用寿命。计算焊接力学通过数值模拟方法，研究焊接过程中的温度场、应力场和变形情况，能够为优化焊接工艺、提高焊接质量提供理论指导[1]。因此，研究计算焊接力学对钻井平台建造具有重要的理论意义和实际应用价值。本文将详细综述计算焊接力学在钻井平台建造中的研究进展，旨在为相关领域的研究和工程实践提供参考。

1 钻井平台建造中的焊接工艺

1.1 焊接方法及其应用

在钻井平台建造中，常用的焊接方法主要包括手工电弧焊（SMAW）、埋弧焊（SAW）、气体保护焊（GMAW和GTAW）以及激光焊接（LBW）等。不同的焊接方法适用于不同的焊接部位和结构形式。例如，手工电弧焊适用于中小型构件的焊接，埋弧焊适用于大型构件的长缝焊接，而气体保护焊则适用于高强度钢的焊接。激光焊接由于其高效、精确的特点，在某些关键部位的焊接中也得到了应用。

1.2 焊接过程中的热力学行为

焊接过程中的热力学行为主要包括温度场的分布、热输入的变化以及热应力和变形的产生。了解和控制这些热力学行为对提高焊接质量、减少焊接缺陷、延长结构使用寿命具有重要意义。以下将从热源模型、温度场分布、热传导机制、热应力和变形的产生及其影响等方面详细探讨焊接过程中的热力学行为[2]。

1. 热源模型。焊接过程中，热源模型是研究温度场和热力学行为的基础。常用的热源模型包括：（1）高斯分布模型：适用于手工电弧焊（SMAW）和气体保护焊（GMAW）等焊接方法。该模型假设热源在焊接区域呈高斯分布，能较好地描述热输入的集中性。（2）双椭圆分布模型：适用于埋弧焊（SAW）和激光焊接（LBW）等深熔焊接方法。该模型考虑了热源在焊接方向和垂直方向上的分布特点，能更准确地描述热输入的深度和宽度。（3）双锥分布模型：适用于等离子弧焊（PAW）等高能焊接方法。该模型通过双锥形的热源分布，能够更精确地模拟焊接过程中热输入的扩散和集中[3]。这些热源模型的选择和参数设置直接影响温度场的模拟结果，进而影响焊接应力和变形的预测精度。

2. 温度场分布。焊接过程中，热源将热量输入工件中，形成复杂的温度场分布。温度场的分布特点主要包括：（1）温度梯度：焊接区域温度梯度较大，热源中心温度最高，向外逐渐降低。温度梯度的大小影响热应力和变形的产生[4]。（2）热循环过程：焊接过程中，材料经历加热和冷却的热循环过程。热循环的频率和幅度对材料的显微组织和力学性能有重要影响。（3）热影响区（HAZ）：焊缝两侧的热影响区是温度场分布的重要区域。热影响区的宽度和温度梯度决定了材料的热损伤程度和力学性能变化。通过数值模拟，可以获得温度场的分布情况，进而分析焊接过程中热应力和变形的产生及其影响。

3. 热传导机制。焊接过程中的热传导机制主要包括：（1）导热：热量通过材料的导热性在工件中传播。材料的导热系数、密度和比热容等热物理参数影响热传导过程。（2）对流：焊接过程中，空气或保护气体与工件表面接触，形成对流换热。对流换热系数和气

体流速影响焊接区域的冷却速度。（3）辐射：高温焊接区域通过热辐射向周围环境散热。辐射换热系数和表面辐射率影响焊接过程中热量的散失。这些热传导机制相互作用，共同决定了焊接过程中温度场的分布和变化规律。

4. 热应力和变形的产生。焊接过程中，温度场的变化引起材料的热膨胀和收缩，导致热应力和变形的产生。热应力和变形的产生机制主要包括：（1）热膨胀和收缩：焊接过程中，热源区域的材料温度急剧升高，产生热膨胀；冷却过程中，材料温度迅速降低，产生热收缩。这种热膨胀和收缩的不均匀性导致热应力和变形的产生。（2）相变应力：在某些高强度钢和合金材料中，焊接过程中材料会发生相变，导致体积变化，产生相变应力。例如，奥氏体不锈钢在焊接过程中会发生奥氏体到马氏体的相变，导致相变应力的产生。（3）残余应力：焊接结束后，材料内部残留的应力称为残余应力。残余应力是焊接过程中热应力的积累和释放结果，影响结构的力学性能和使用寿命。

5. 热应力和变形的影响。焊接过程中产生的热应力和变形对结构的力学性能和使用寿命具有重要影响。具体影响包括：（1）焊接裂纹：过大的热应力可能导致焊缝和热影响区产生裂纹，降低结构的强度和可靠性。（2）焊接变形：焊接变形包括角变形、弯曲变形和扭曲变形等，影响结构的尺寸精度和装配质量。（3）疲劳性能：残余应力影响结构的疲劳性能，可能导致结构在循环载荷作用下发生疲劳破坏。（4）应力腐蚀：残余应力和腐蚀环境共同作用可能导致应力腐蚀开裂，影响结构的耐久性和安全性。通过数值模拟和实验研究，可以分析热应力和变形的产生规律和影响机制，指导焊接工艺参数的优化和结构设计的改进。

2 计算焊接力学的数值模拟方法

2.1 有限元法（FEM）

有限元法是一种常用的数值模拟方法，广泛应用于焊接过程的数值模拟中。通过将结构离散为有限数量的单元，有限元法能够有效地模拟焊接过程中的温度场、应力场和变形情况。在焊接模拟中，通常采用非线性热力耦合分析方法，即首先进行热分析，得到温度场分布，然后进行力学分析，得到应力场和变形情况。

2.2 有限差分法（FDM）

有限差分法是一种基于差分方程的数值模拟方法，适用于焊接过程的温度场和应力场分析。相比有限元法，有限差分法在处理简单几何结构和边界条件时具有一定的优势。然而，对于复杂结构的焊接模拟，有限差分法的应用受到一定限制。

2.3 有限体积法（FVM）

有限体积法是一种基于守恒方程的数值模拟方法，广泛应用于焊接过程的流体和热传导问题。有限体积法通过将计算区域划分为有限数量的体积单元，利用守恒方程进行数值求解，能够有效模拟焊接过程中的温度场和应力场分布。

2.4 其他数值模拟方法

除了上述三种主要方法外，还有一些其他数值模拟方法在焊接力学研究中得到应用。例如，基于拉格朗日方法的网格自适应技术能够在焊接过程中动态调整网格，提高计算精度；基于蒙特卡罗方法的随机模拟技术能够模拟焊接过程中的随机因素，提高模拟结果的准确性[5]。

3 焊接过程中的温度场模拟

3.1 温度场的基本理论

温度场的分布是焊接过程中的重要研究内容之一。焊接过程中，热源输入的热量通过导热、对流和辐射等方式在工件中传播，形成复杂的温度场分布。研究温度场的分布规律对于控制焊接质量、减少焊接缺陷具有重要意义。

3.2 温度场的数值模拟方法

温度场的数值模拟通常采用热力耦合分析方法，即首先建立热源模型，进行热分析，得到温度场分布。常用的热源模型包括高斯分布模型、双椭圆分布模型和双锥分布模型等。这些模型能够较好地描述不同焊接方法下的热源特性，提高模拟结果的准确性。

3.3 温度场模拟的应用实例

在钻井平台建造中，温度场的数值模拟被广泛应用于焊接工艺参数的优化和焊接质量的控制。例如，通过模拟不同焊接工艺参数下的温度场分布，可以确定最佳的焊接参数，减少焊接缺陷的产生；通过模拟复杂结构的温度场分布，可以预测焊接过程中的热应力和变形情况，指导实际的焊接操作。

4 焊接过程中的应力场和变形模拟

4.1 应力场和变形的基本理论

焊接过程中的应力场和变形是由温度场的变化引起的。焊接过程中，局部温度的急剧升高和冷却导致材料的热膨胀和收缩，产生热应力和变形。研究焊接过程中的应力场和变形规律，对于提高焊接质量、减少焊接残余应力和变形具有重要意义。

4.2 应力场和变形的数值模拟方法

应力场和变形的数值模拟通常在温度场模拟的基础上进行。通过热力耦合分析方法，首先进行温度场模拟，得到温度场分布，然后进行力学分析，得到应力场和变形情况。常用的应力场和变形模拟方法包括有限元法、有限差分法和有限体积法等[6]。

4.3 应力场和变形模拟的应用

在大型钻井平台的建造过程中，模拟焊接不同区域的应力场和变形，指导实际焊接操作，确保整体结构的稳定性和安全性。在模块化建造中，通过模拟各模块的焊接应力和变形，优化模块连接部位的焊接工艺，确保各模块在组合后符合设计要求。通过模拟钻井平台在海洋环境下的应力场和变形，优化焊接工艺和结构设计，使平台能够更好地适应恶劣的海洋环境，延长使用寿命。

1. 焊接工艺优化。（1）焊接速度：通过模拟不同焊接速度下的应力场和变形情况，找到能够最大限度减少残余应力和变形的最佳速度。(2)焊接电流和电压：模拟不同的焊接电流和电压组合对焊接过程中的温度场和应力场的影响，优化参数以控制热输入，从而减少焊接缺陷和变形。（3）热源移动路径：模拟不同的热源移动路径，分析其对应力场和变形的影响，选择最有利于减少应力集中和变形的路径。（4）焊接顺序：通过数值模拟不同的焊接顺序，比较其对残余应力和变形的影响，选择能够有效减小应力和变形的最佳顺序。（5）多道焊接：模拟多道焊接过程中，各道焊缝相互作用下的应力场和变形情况，优化多道焊接工艺，确保每道焊缝的残余应力最小化。（6）预热处理：模拟预热处理对焊接过程中温度场和应力场的影响，确定最佳的预热温度和时间，以减少焊接过程中产生的热应力和变形。（7）后热处理：模拟后热处理过程中的温度变化及其对残余应力的释放效果，优化后热处理工艺，进一步减小残余应力和变形。

2. 结构设计改进。（1）应力集中分析：通过数值模拟预测焊接过程中复杂结构中的应力集中区域，指导设计改进以避免应力集中点，减少结构失效的风险。（2）变形趋势预测：模拟焊接过程中结构的变形趋势，提前识别可能发生的过度变形区域，调整设计或焊接工艺以防止过大变形。（3）加固结构设计：通过数值模拟分析特定区域的应力场和变形情况，确定需要加固的部位，设计适当的加固结构，确保整体结构的强度和稳定性。（4）焊缝位置优化：根据模拟结果调整焊缝位置，避免在应力集中区域布置焊缝，从而减少焊接残余应力的影响。（5）材料特性模拟：模拟不同材料在焊接过程中的热力学行为，选择适合特定焊接工艺和结构要求的最佳材料。（6）材料改性：通过模拟分析材料在高温下的表现，研究材料改性的方法，以提高材料的焊接性能和抗应力腐蚀能力。

5 未来发展趋势

一是高效精确的数值模拟方法。随着计算机技术的发展和数值模拟方法的进步，未来的焊接力学研究将更加依赖高效精确的数值模拟方法。基于云计算和并行计算技术的高性能计算平台将大大提高数值模拟的效率和精度，为焊接工艺的优化和结构设计的改进提供更强大的支持。二是多物理场耦合分析。焊接过程是一个复杂的多物理场耦合过程，包括热力耦合、流体耦合和电磁耦合等。未来的焊接力学研究将更加注重多物理场耦合分析，通过综合考虑不同物理场的相互作用，提高模拟结果的准确性和可靠性。三是智能焊接技术。智能焊接技术将成为未来焊接力学研究的重要方向，通过引入机器学习和大数据分析技术，可以实现焊接过程的智能监控和实时优化，提高焊接质量和效率。

6 结束语

本文综述了计算焊接力学在钻井平台建造中的应用，重点介绍了焊接过程中的温度场、应力场和变形的数值模拟方法，讨论了焊接残余应力和变形对平台结构性能的影响。通过数值模拟方法，可以有效地优化焊接工艺参数，减少焊接缺陷，提高焊接质量和结构性能。未来，随着计算机技术和数值模拟方法的不断发展，计算焊接力学在钻井平台建造中的应用将更加广泛和深入，为海洋油气开采提供更强大的技术支持。

参考文献：

[1] 张坦.复杂焊接结构件残余应力与变形有限元分析[D].镇江：江苏科技大学,2021.
[2] 余昌莲,张春侠,苏开浪,等.不同厚度钢板对接焊缝残余应力和变形的数值模拟[J].焊接技术,2021,50(05):32-36.
[3] 王刚.面向大型结构件的焊接残余应力及变形预估[D].柳州：广西科技大学,2022.
[4] 朱梓坤.Q690D钢热影响区组织热模拟和焊接应力与变形数值模拟[D].武汉：华中科技大学,2022.
[5] 俞树文.焊接残余应力对结构动态特性影响的研究[D].上海：上海交通大学,2020.
[6] 张旭.厚板对接接头多层多道焊有限元模拟研究[J].焊接技术,2023(10):31-34.

专利审查中公知常识的说理实践

郝 洁

（国家知识产权局专利局专利审查协作天津中心，天津 300304）

摘 要 专利审查中常使用“公知常识”来进行创造性判断。公知常识于专利审查中扮演着至关重要的角色，直接影响专利创造性的评判。本文聚焦专利审查实践，剖析公知常识的运用技巧与充分说理方法。通过精选案例，详述了使用公知常识的策略，强调审查员需提升对公知常识的理解与应用，确保审查结论公正合理。

关键词 专利审查；公知常识；说理

中图分类号：G306 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0103-03

1 研究背景

知识产权作为创新的基石，其重要性不言而喻，而专利审查则是知识产权体系中不可或缺的重要一环，它为创新成果提供了公正而合理的法律保障。

《中华人民共和国专利法》中对创造性判断，常使用“公知常识”这一概念，在专利审查的各个阶段，以及专利侵权、专利诉讼中公知常识证据的举证，对专利案件的最终走向、诉讼案件的结果，都起到至关重要的影响[1]。

公知常识通常是指在某一技术领域内，无需专门教导，本领域技术人员普遍知晓并可直接应用的知识和技术手段。其来源广泛，包括但不限于已发表的文献、行业标准、技术手册以及行业内普遍接受的做法。

在创造性评述过程中，公知常识往往成为各方争论的焦点[2]，2023年发布的《专利审查指南》[3]中，创造性三步法中记载了公知常识的出处，其规定了教科书或者技术词典、技术手册等工具书中的内容可以作为公知常识的证据。然而，在实际的审查操作中，并非所有公认的常识都能直接援引教材、专业技术词典或技术手册等权威资料作为依据。在这种情况下，就迫切需要审查员展现出深厚的说理能力，确保论证充分、逻辑严密，以此来说服申请人。如若说理不充足，将难以令人信服，严重时甚至会导致审查意见错误。

因此，审查员充分说理以准确界定公知常识显得至关重要。本文将依托两个审查案例，深入剖析并展示如何有效运用充分说理的策略。通过这些案例的深度探讨，期望为专利审查工作提供参考和启示，共同促进专利审查工作的高质量发展。

2 公知常识充分说理的审查实践

本章节将通过两个详实的案例分析，深入探索公知常识认定背后的逻辑推理与证据支撑，展现如何充分地进行说理，以使审查结论更令人信服，进而增强审查结论的信服力与可靠性。

2.1 案例1

案例1（申请号CN201910437865.7）技术方案：一种交互方法，包括：获取车辆的目的地信息及其当前位置信息；一旦定当前位置信息与目的地信息重合，输出控制信号控制指示灯工作，以指示车外用户所述车辆的当前位置[4]。（见图1）

案情分析：本发明的设计理念在于，当网络预约车辆抵达乘客预设的乘车点时，通过调控车内信号灯的色彩及闪烁模式，确保乘客能迅速、准确地辨认出所预约的车辆。此举旨在缩减因车辆辨识困难而可能引发的交流延误、搜寻或等待时间，从而提升接送效率与用户体验。简而言之，就是在网约车到达乘客附近时使指示灯以醒目的颜色闪烁，便于乘客辨识。

审查意见通知书中使用的对比文件1（公开号CN104992509A）公开了发明构思，其技术方案为：（1）使用乘客和司机手机的GPS定位功能来进行位置追踪和距离测量；（2）乘客可以使用他们的移动设备设置距离参数，并选择车辆上彩灯的闪烁颜色；（3）乘客的设备会发送一个控制信号，该信号指示彩灯以特定的颜色闪烁；（4）云端服务器接收到这个控制信号后，会将其转发给车辆上的彩灯，使其按照指定的颜色进行闪烁[5]。（见图2）

可见，对比文件1公开了智控车灯来迅速辨识网约车的发明构思，且对比文件1同样是为了解决乘客无法快速找到自己所呼叫车辆的技术问题。区别技术特征仅仅在于输出控制信号控制指示灯工作的时机是响应于所述当前位置信息与所述目的地信息重合。在审查意见通知书中，该区别被认为是显而易见的，即“公知常识”。

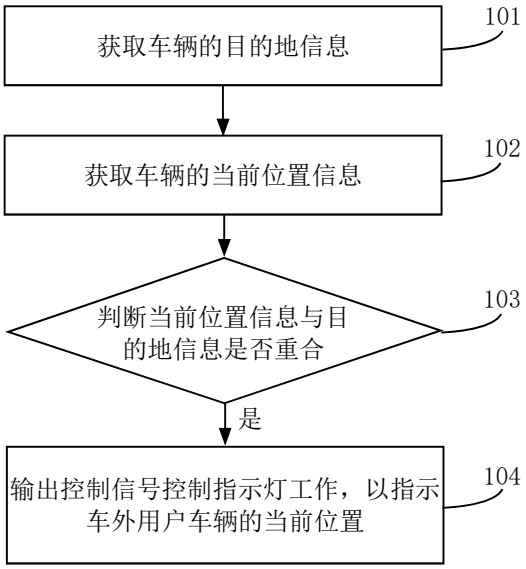

图 1　本申请的方法流程图

申请人不认可审查意见通知书中有关“公知常识”的认定。申请人在一通后的意见陈述中，认为本申请和对比文件 1 的位置判断算法不同，权利要求 1 是比较两个位置是否重合，对比文件 1 是“计算”两个位置之间的距离，后者的处理运算复杂程度是远高于前者的，增加了运算量，且车辆位置和乘客位置是实时变化的，计算二者之间距离增加了方案的复杂度。

笔者认为，本申请使用了“两个位置是否重合”的算法，对比文件 1 使用了“两个位置的距离是否较近”的算法，虽然直观上两者看似非常相近，但实际认定是否本质相同则需要认真考量。

笔者认为两种算法实际上是有部分重叠的，即本申请“两个位置是否重合”有可能通过以下两种方案实现：（1）二者坐标是否相等；（2）二者距离较近则认定为重合。如果本申请采用（1）方案则与对比文件 1 不同，计算量确实是对比文件 1 更大，而如果本申请采用（2）方案，则与对比文件 1 相同。现有技术中采用（2）方案的占多数。

此时，可以尝试从三个角度出发进行公知常识的说理。

第一，本申请没有记载使用哪种方案实现重合的判断，审查员告知申请人现有技术采用（2）方案的占多数，如果本申请也是这样实现的，则与对比文件 1 方案相同。

第二，如果本申请采用的是（1）方案，从对比文件 1 的角度看，算乘客位置车辆位置之间的距离是否小于一定阈值，其本质上也是一种重合，只不过这种“重合”的范围比较大。从而进一步说明对比文件 1 实现的功能与本申请相同，是属于“重合”计算，只不过方法略有不同，然而这两种方式来实现重合计算都是惯用技术手段。

第三，从实际场景触发，在乘客上车之前，乘客与车辆的位置不可能完全重合 / 叠加，只能是一种距离较近的“重合”。

上述三个角度论述后，本案视撤。

由上述案例可见，公知说理需要严谨的逻辑，层层递进，才能使申请人信服。

2.2　案例 2

案例 2（申请号 CN202011531012.9）技术方案：首先，有一个安装板（1），该板连接在固定顶储罐的顶部；其次，安装板上装有一个压力式温度开关（2），该开关与报警系统通过电信号相连；此外，压力式温度开关（2）通过一根毛细管（3）与感温包（4）相连，感温包（4）内含有感温工质，并且被放置在固定顶储罐的内部。压力式温度开关（2）由开关主体（21）构成，该主体内部包含一个平衡腔，平衡腔内有一个可动的平衡柱（22），平衡腔通过毛细管（3）与外界相通，平衡柱 (22) 上固定有一个触发块（23），触发块（23）旁边装有一个微动开关（24），微动开关（24）则固定安装在开关主体（21）上 [6]。

案情分析：本申请利用压力式温度开关上连接有毛细管，感温装置的感温包安装在毛细管的另一端，

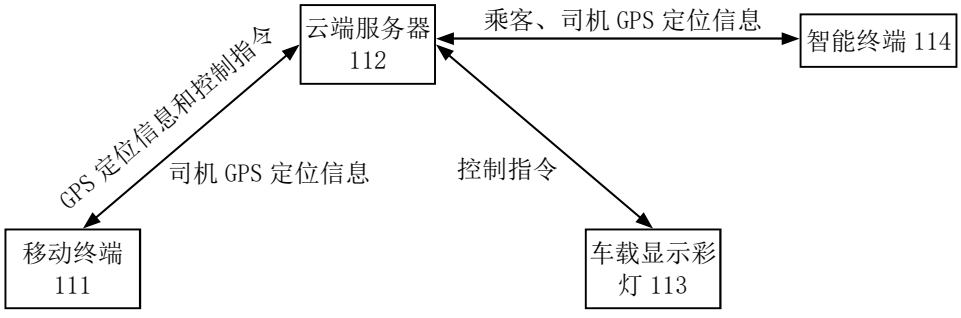

图 2　对比文件 1 的方法流程图

感温包置于固定顶储罐内，在温度升高时，感温工质受热膨胀来推动微动开关，从而进行报警。

审查意见通知书使用了对比文件 2（公开号 CN209641588U），该对比文件公开了一种具有防低温功能的压力式温控器，其具体公开了：该设备包括一系列组件，这些组件从下至上依次通过绝缘件 1 隔开并固定在支柱 6 上，依次为支撑板 2、弹片 4、开关装置 5 和调节装置 7。在支撑板 2 上，还安装有膜盒装置 3，该膜盒装置 3 的一端与弹片 4 的底部相连接，另一端则与毛细管 14 相连。毛细管 14 的另一端则与感温包 15 相连。在弹片 4 与开关装置 5 之间，通过传动杆 11 进行连接。此外，支撑板 2 上还装备了可调节高度的限位件 12。膜盒装置 3 通过毛细管 14 与感温包 15 相连，共同构成了一个密封的腔体，该腔体内填充了一种对温度敏感的介质。当感温包 15 检测到温度变化时，内部介质会因热胀冷缩而产生体积变化。这种体积变化会传递给具有弹性的膜盒装置 3，进而推动弹片 4 发生位移。弹片 4 的位移通过传动杆 11 传递，进而控制开关装置 5 的开闭状态，实现对加热回路的控制 [7]。

申请人和审查员在公知常识的认定中发生了分歧。申请人在意见陈述中认为，与对比文件 2 不同的是，本申请采用浮动的平衡柱来触发微动开关，平衡柱移动所需的力较小，则工质膨胀率较低时平衡柱即能移动并由触发块触发微动开关。可见，申请人强调本申请和对比文件的“灵敏度”不同。因此，争论的焦点问题在于，灵敏度相关技术特征是不是一个温度测量领域的公知常识。

笔者认为应该采用合乎逻辑的推理来说明“灵敏度”相关技术特征为公知常识。笔者认为，对比文件 2 中的弹片 4 与推动杆 11 组成的部分同样是浮动的，来实现触发微动开关，同样可以实现调节调节装置 7 来设置微动开关 24 的触发温度点以实现精准温控。对于争辩焦点问题“灵敏度问题”，本领域技术人员悉知，静止物体在受力相同的情况下，质量越小，加速度大，其运动越快，则对于对比文件 2 来说，弹片 4 与推动杆 11 在受到膜盒装置 3 向上的力相同的情况下，其质量越小，重力越小，则所受向上的合力越大，即 F 向上合力 =F 膜盒装置 3 提供的力 -mg，加速度越大，运动更快，灵敏度越高。则将弹片 4 与推动杆 11 的质量设置为较小以提高灵敏度对本领域技术人员来说是显而易见的。

可见，从力和加速度的关系的角度来解释灵敏度问题，就使得公知常识的说理较为充分。

上述两个案例表明了在专利审查实践中，依据具体情况而充分说理分析至关重要。案例 1 展示了多角度分析的说理方法，通过环环相扣的逻辑推理，实现了说理的深度与广度。而案例 2 则以基础物理法则为支撑，透彻剖析技术特征，以自然规律增强了说服力。这表明，无论是多角度分析说理，还是深挖技术背后的科学原理，都是提升公知常识说理效果的有效途径。

而作为专利审查员，提升公知常识说理能力，往往可以通过动态更新专业技术知识、强化专业知识实践能力等方式来实现 [8]。

3 结束语

通过本篇文章的探讨，我们深刻认识到，公知常识的准确界定与充分说理不仅是专利审查的技术性要求，更是维护创新生态系统公正性、促进科技进步的基石。面对科技迅速发展，专利审查中公知常识的灵活运用与严谨界定，体现了法律理性和技术逻辑的和谐统一。这就要求专利审查员在细微技术点上洞察秋毫，在法律框架内追求公正。

本文借助两个详实的审查实例，细致探讨了在专利审查中充分说理技巧，意在为专利从业人员提供可借鉴的经验。笔者期望，通过这些具体分析，能够启示专利从业人员更加游刃有余地辨析与应用公知常识。以此，共同促进专利审查实践的精进与知识产权保护环境的优化，为科技进步搭建坚实的法制基石。

参考文献：

[1] 周丽，赵新飞.《专利法》中公知常识认定和举证 [J]. 法制博览，2022(05):166-168.
[2] 张伯，刘芳. 浅谈公知常识的充分说理 [J]. 专利代理，2023(01):95-100.
[3] 中华人民共和国国家知识产权局. 专利审查指南 [M]. 北京：知识产权出版社，2023.
[4] 上海擎感智能科技有限公司. 一种交互方法、装置、系统及计算机可读存储介质 :CN201910437865.7[P].2020.11.24.
[5] 南京物联传感技术有限公司. 一种车载显示彩灯远程控制车辆快速辨别装置及系统 :CN201510390763.6[P].2015.10.21.
[6] 中车资阳机车有限公司. 一种用于固定顶储罐初期火灾探测的装置及方法 :CN202011531012.9[P].2021.04.30.
[7] 绍兴中新电器有限公司. 一种具有防低温功能的压力式温控器 :CN201920609718.9[P].2019.11.15.
[8] 杨裔. 我国专利创造性判断影响因素研究 [D]. 广州：华南理工大学，2021.

CPC与FT分类在涡流检测领域检索中的应用

唐仕军，徐燕丽*

（国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心，广东 广州 510000）

摘 要 在涡流检测技术领域中，国际专利分类表（IPC）分类条目较少和文献量庞大，而联合专利分类（CPC）和FT（F-term）分类体系对技术领域进行了更细致的划分，使文献的分布更加均衡和全面。本文拟通过比较CPC和FT在涡流检测领域的检索效果，并结合具体案例分析，探讨它们在实际检索中的应用和效能，旨在为涡流检测领域的检索工作者提供策略，以提升工作的效率与准确性。

关键词 无损探伤检测技术；涡流检测；CPC；FT；检索

中图分类号：G306 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0106-03

无损探伤检测技术最大的特点是在不损害被检测对象的前提下完成检测任务，而涡流检测技术是无损检测领域中应用极为广泛的一种技术手段，其核心原理是应用电磁感应现象以实现对材料内部缺陷的检测，具有非接触性、灵敏性强等优点，在航空航天、汽车、冶金制作等行业均得到了广泛的应用[1]。随着世界制造业的不断发展，以及对检测多样化、高精度和高质量的需求，涡流检测技术作为重要的检测工具，一直被重视，该领域的发明创造一直非常活跃。从专利申请量来看，呈逐年增长趋势，而且2005年前掌握该技术的国家主要为日本、美国以及德国，在2005年后该领域中国的专利申请逐渐增多，并在最近几年成为该领域的申请量大国，申请量遥遥领先其他各国。因此，深入研究和探讨这一领域的检索策略显得尤为迫切和必要。国际专利分类体系（IPC）是各国知识产权局或其他用户检索专利文献的有效工具[2]，但是，在国际专利分类表（IPC）的框架下，涡流检测技术被归类于在一点组G01N27/72下，具体分到G01N27/90为三点组，且仅有细分4个点组，没有较优的细分特性。另外，该领域的技术术语复杂性高，关键词的噪声问题显著，这不仅增加了表达的难度，也限制了检索工作的扩展性和效率。而联合专利分类（CPC）和FT（F-term）分类体系对技术领域进行了更细致的划分，使文献的分布更加均衡和全面，从而采用CPC分类和FT分类在涡流检测领域进行检索应用值得深入研究。

1 涡流检测领域CPC和FT分类号对比

联合专利分类（CPC）体系是由欧洲专利局联合美国专利商标局开发的，目前全球超过45个国家和地区的知识产权局或组织采纳使用[3]。具有与国际专利分类（IPC）相兼容、提供更为细致的分类条目、定期修订和更新、为了保证分类的精准度和一致性而文献数量相对较少、提供更为丰富的分类信息等显著特点。FT（F-term）分类系统是由日本专利局开发的，主要基于国际专利分类（IPC）和日本国内专利分类（FI）构建[4]。该分类系统综合考虑了技术主题的多维度特性，对现有分类条目进行了进一步的细分和再分类，以实现更为精细的分类效果，其目的是在专利检索过程中通过多角度的限定，减少需要检索的文献量，从而提高审查的效率和准确性[5]。在涡流检测技术领域，早期日本在各国专利局的专利申请数量均排在前列，并且在全球范围内日本的涡流检测技术水平也是处于领先地位。因此，针对涡流检测领域IPC分类条目较少和文献量庞大的问题，采用CPC分类和FT分类进行检索显得尤为关键。本文拟深入比较CPC和FT两种分类体系在涡流检测领域的检索效果，并通过具体案例分析，探讨它们在实际检索中的应用和效能。

1.1 CPC和FT分类的细分程度以及文献数量不同

在涡流检测技术领域，FT分类系统相较于CPC分类系统提供了更为精细的分类层次。具体来说，CPC分类中该领域的条目总数为14条，而FT分类则有101条。在CPC分类中，细分条目包括1个三点组、6个四点组和7个五点组。相比之下，FT分类则拥有更为丰富的细分条目，具体为32个一点组、57个二点组、4个三点组和8个四点组，这表明FT分类在涡流检测领域的分类深度和广度上均优于CPC分类。由于FT分类提供了更为细致的细分，每个细分的分类号下只包含少量

*等同第一作者。

的文献，通常只有几百篇甚至几十篇。这种细分使得检索者可以直接浏览检索结果，而不必依赖于关键词搜索，这种做法显著降低了对关键词的依赖性，有助于提升检索的效能和精准度。相比之下，在涡流检测领域，CPC分类所涵盖的文献总量远远超过FT分类，大约是其数倍之多。这表明CPC分类在文献覆盖面上更为广泛，为检索提供了更丰富的资源。

1.2 CPC和FT分类的特点不同

CPC分类系统以其广泛的标引范围、快速的更新频率以及由专业分类员进行的精确分类而著称，这些特点确保了CPC分类号在确定文献的分类位置上具有更高的准确性。日本在电磁无损检测技术方面处于领先地位，并且专利申请活动十分活跃，申请量巨大，这导致在涡流检测领域，FT分类的条目设置比CPC分类更为详尽和精细，涵盖了更多的技术主题。相应地，FT分类条目的文献标引覆盖面相对较窄，并且由于一项发明可能基于其技术方案的不同方面被归入多个不同的FT分类号，这使得其使用过程可能显得较为繁琐和复杂。另外，在各数据库中采用的文献标引方式不同，在实际检索过程中，检索数据库的选择也是检索工作者首要考虑的问题，而且需要考虑结合使用两类分类号，虽然CPC分类很准确，但会漏检日本文献，需要进行FT分类体系补充检索。FT分类体系在分类过程中存在一些案件没有进行FT分类标引而导致的检索不全面，从而在一些检索数据库中仅进行FT分类号检索会存在漏检的风险。因此，恰当而明智地选择分类体系和检索数据库进行检索，是实现高效且有效检索的关键。

2 涡流检测领域CPC和FT的检索实践

通常的检索策略中，由于CPC和FT属于不同的分类体系，一般不会进行组合使用，普遍认为这样的检索方式会导致漏检或者检索不全面。但是，在检索实践中，根据笔者长期的检索经验，发现涡流检测领域中采用CPC和FT分类结合检索，能够显著提升检索效能和精确度，以实现达到事半功倍的效果。接下来，笔者将通过两个具体的案例，简要分析如何灵活运用CPC分类和FT分类进行检索，这将展示如何根据不同的检索需求和情境，选择和应用这两种分类体系以达到最佳检索效果。

2.1 检索案例一

某案基于对焊管检测通常采用外穿过式涡流传感器扫查焊管表面缺陷，现有的外穿过式涡流传感器由于灵敏度较低，焊缝缺陷信号通常淹没在信号中无法识别，无法满足针对焊缝的检测需求的技术问题，提供一种局部高灵敏度涡流检测传感器，传感器采用偏磁芯设计，将磁芯条固定在涡流检测线圈内部的一侧面上，使得磁芯条所处的涡流检测线圈一侧面局部范围的交变磁场得到汇聚增强，以此可对被检测工件的重点部位进行针对性的高灵敏度扫查。独立权利要求1如下：

一种局部高灵敏度涡流检测传感器，包括涡流检测线圈、偏磁芯线圈缠绕骨架，其特征在于：所述偏磁芯线圈缠绕骨架由一个磁芯条和一个线圈缠绕骨架组合而成，磁芯条的截面小于线圈缠绕骨架的截面，磁芯条纵向嵌入固定在线圈缠绕骨架偏离轴心一侧的周面上；所述涡流检测线圈周向缠绕固定在偏磁芯线圈缠绕骨架的外周面上。

技术方案解读及检索策略分析：通过对案件的阅读和分析，可知本案仅仅通过权利要求书记载的技术特征，无法提取有效的关键词，由于“涡流”“磁芯”是涡流检测领域中的通用词汇，检索噪声大。因而笔者通过对申请文件进行更为深入的阅读和全面分析，在充分理解和掌握发明内容的基础上，从技术领域的角度进行剖析，本案检测原理是通过移动涡流传感器，从而查找CPC和FT分类号，通过确定移动方式的分类，确定CPC分类号G01N27/902，该分类位置具体信息如下：

G01N27/90 ... 利用涡流

G01N27/9013 ....{特别适用于扫描}

G01N27/902 .....{通过移动传感器}

根据技术方案中必不可少的技术特征磁芯确定检索要素core?、conductive（磁芯），进而从本案发明构思考量，结合说明书中具体实施方式，认为“通过旋转移动传感器进行穿过式的检测”实质上更能体现出本案的发明点所在，笔者根据以旋转检测作为核心发明点调整检索式，确定基本检索要素rotat+（旋转）。

在ENTXT数据库中，采用CPC分类号进行检索，构建的检索式如下：

(/CPC G01N27/902) AND (core? OR conductive)) AND (rotat+)

浏览该命中结果，即得到文献US4203069A，其公开了采用磁芯中增设部分导磁铁氧体来增强涡流磁场，进而提高检测灵敏度，可作为本案例技术方案的X文件。

而通过阅读该专利文献US4203069A，可以发现该专利文献的申请日为1977年12月29日，属于早期专利申请，且为美国发明专利申请。而对于早期的非日文专利文献，由于分类体系还不完善，在各专利数据库中均没有给出FT分类号，因而在申请日较早的美国专利申请有关于旋转穿过式的涡流检测领域中没有相

应的FT分类号，从而如果仅采用FT分类号进行，很大的概率无法检索到该对比文件。因此，对于涡流检测领域的早期文献可优先采用CPC分类进行检索，FT分类作为CPC分类检索的补充。

2.2 检索案例二

针对特定形状检测工件的评估，传统涡流检测方法通常采用固定外穿过式参考线圈，并通过移动外穿过式检测线圈来评估材料的不连续性，然而，由于工件外形尺寸的多样性变化，线圈的填充系数随之改变，这不仅影响了涡流信号的有效检测范围，也导致了检测灵敏度的变化不稳定，当填充系数降低时，检测灵敏度下降；反之，填充系数增加时，灵敏度提升的技术问题。某案为了解决这一技术难题，提出了一种提高特形工件他比式涡流检测动态信号范围的方法，该方法通过同步移动外穿过式参考线圈和检测线圈，或将对比试件与被检工件同步移动，有效解决因工件外形变化所引起的线圈填充系数变化，从而降低了他比式涡流检测动态信号范围的问题。

本案的独立权利要求1的篇幅较为冗长，且将技术效果也写入了权利要求的记载内容中，其核心在于实现外穿过式参考线圈与检测线圈的同步动态扫描，或对比试件与被检工件的同步动态检测，以应对工件外形变化对线圈填充系数的影响，进而提升检测的动态信号范围。具体方法概括如下：（1）同步动态扫描法：在进行外穿过式检测线圈对被检工件的扫查过程中，同步控制外穿过式参考线圈对对比试件进行相同的扫查动作，确保两者在线圈填充系数上的变化保持一致；（2）同步动态检测法：在被检工件通过外穿过式检测线圈的检测过程中，同步控制对比试件通过外穿过式参考线圈，以实现线圈填充系数的等效变化，所述对比试件是与被检试件材质、结构相同的无材质不连续的标准工件，用以作为检测过程中的参照标准。

技术方案解读及检索策略分析：直观上，本案的独立权利要求较长，且权利要求书和说明书所记载的内容也较为笼统，没有描述到具体的特有技术特征，且采用规避的方式撰写权利要求书，从而无法提取有效的关键词。笔者通过从技术方案的实质原理和实际效果进行合理分析，发现本案主要是通过对比试件检测时“同步随动扫查”引起“填充系数”变化的技术效果，从而采用先确定分类号的检索策略，在进行CPC和FT的分类号搜索过程中，发现CPC对于“标准比较”这一特定技术方式并未提供进一步的细分分类位置，然而，FT分类体系为这一特定技术方式提供了相应的具体分类位置：2G053/DA07，该FT分类位置具体信息如下：2G053/DA00 磁传感器（检测器）

2G053/DA07 . 标准比较法

另外，本案检测原理是通过移动传感器，从而查找CPC和FT分类号，通过确定移动方式的分类，确定CPC分类号G01N27/902 .....{通过移动传感器}。

从而根据两个发明点的相关性，采用两个不同分类体系的CPC和FT分类号结合，构建检索式如下：

1	VEN	/FT 2G053/DA07	218
2	VEN	/CPC G01N27/902	1109
3	VEN	1 AND 2	7

从检索结果数量上看，仅为7件，浏览该命中结果，便可得到文献US5438262A，其具体公开了同步随动检测方式使得外穿过式的检测线圈和参考线圈在检测过程中的线圈填充系数变化相同，可作为本案例技术方案的X文件。

3 结束语

在涡流检测技术领域，尽管IPC分类下的文献数量庞大而细分条目较少，为检索工作带来不小的挑战，然而，CPC和FT分类体系在该领域均实现了更细致的分类，使得技术分支划分更为精确，从而为检索工作提供了显著的便利。本文介绍了具有较高细分程度的CPC分类和FT分类体系，比较分析了涡流检测领域中CPC分类和FT分类不同的分类特点，并根据在涡流检测领域的检索经验，总结出采用两个分类体系结合对同一案件进行检索的准确检索方式，实现高效、精准地检索，并深入分析了如何巧妙且恰当地应用CPC和FT分类体系，以实现在检索过程中的高效率和精确度。通过具体案例的详细应用，旨在为涡流检测领域的检索专家提供策略，帮助他们提升检索工作的效率与准确性。

参考文献：

[1] 李禹东.涡流无损探伤检测技术的应用研究[J].仪器仪表用户,2022(07):1-4.

[2] 眭乐萍,梁欢.电化学领域IPC分类修订概况分析[J].河南科技,2024,51(08):131-134.

[3] 常丽,王晓群.CPC与FI分类在金属板材弯曲加工领域检索中的应用[J].中国科技信息,2023(12):25-28.

[4] 佟婧怡,温媚,周荣振,等.CPC与FT在水处理领域专利文献检索中的比较研究[J].中国发明与专利,2014(01):86-89.

[5] 洪克宽,陈光亭,刘娇姣.FT分类在放电加工领域专利检索中的应用[J].现代工业经济和信息化,2023,13(07):126-128.

通信领域专利申请说明书是否充分公开的判断依据

马 娟

（国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心，广东 广州 510000）

摘 要 由于专利文献的公开，需要解决相同技术难题的人们不再需要花费重复性的劳动，以期获得更好技术效果的人们也可以“站在巨人的肩膀上”来进行科研，随着专利保护期限终止，公众便可以自由使用专利技术。因此，“充分公开”是专利制度对专利申请文件的最基本要求。而在审查实践中，说明书是否充分公开的判断是审查难点问题之一。本文通过分析审查实践中说明书是否充分公开的具体表现，结合审查指南的规定，从判断主体、判断客体以及判断标准出发，梳理出在审查实践中判断说明书是否充分公开需要注意的审查规则，旨在为提高审查质量和审查效能提供参考。

关键词 充分公开；主体；客体；判断标准；审查规则

中图分类号：G306 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0109-03

1 研究背景

专利制度秉承以公开换保护的基本原则[1]，专利权人在获得一定期限内的独占权的同时，更有向社会公开其发明创造的义务，这样的公开对于专利申请人而言，是其获得专利权的对价，对于社会而言则是贡献了切实有用的信息，既能避免他人因重复研发相同技术造成的浪费，又有助于创新者研究新技术，从而推动科技与社会的进步，实现专利制度的初衷。

近年来，通信行业的发展日新月异、突飞猛进，少数申请人对相关知识缺乏了解导致说明书存在公开不充分的嫌疑，小i机器人的案例[2]凸显了这一专利制度的重要性。随着新领域新业态的技术发展更新速度越来越快，领域转用、领域融合、技术交叉领域的专利申请越来越多，知识的传播方式也是高度信息化、网络化、公开化，由于审案人员自身的知识水平的有限性，基本很难做到每件专利申请都能达到本领域技术人员的水平，因而在判断公开不充分时容易出现分歧。并且，对审案人员来说，关于公开不充分的判断标准并没有那么明晰：虽然专利法和指南明确规定了公开不充分的判断依据，但是对于什么样的表述算是“清楚”？什么样的记载算是“完整”，公开到什么程度算是“能够实现”，其实审案人员并没有很清晰的认识。另外，公开不充分与创造性、不清楚、不支持、实用性等法条之间在专利法上其实是具有不同的功能，遵循不同的判断标准和审查逻辑的，本应各司其职，但由于专利申请、审查实践的多样性、复杂性，使得审案人员在适用这些法条时产生了混淆，因而判断说明书公开是否充分是审查难点问题之一。

2 审查相关规定

《专利法》第二十六条第三款作为充分公开条款，是专利法最重要的条款之一，其立法宗旨至少体现了两层含义：一是公开换保护，即通过技术方案的公开，换取一定时间一定空间内对一特定技术的专用权，这是其获得专利权的前提条件和必要基础；二是通过向公众公开发明的技术方案实现科学技术知识的传播，促进科学技术的进步。由此可见，《专利法》第二十六条第三款是论证现代专利制度合理性的“对价”理论的重要支柱。对发明事实要素的认定，需要以有利于得出整体合理、符合技术原理的方式理解，以秉承鼓励发明创造的立法宗旨。但是，也要避免超越本领域技术人员的认知范畴的任意理解，以至于破坏《专利法》第二十六条第三款保障社会公众得以实现发明的立法初衷。因此，判断说明书是否充分公开，核心在于准确把握“以所属技术领域的技术人员能够实现为准”这一标准，“能够实现”是检验“清楚”和“完整”的基准。下面我们将从判断主体、判断客体以及判断标准对该法条进行具体分析。

2.1 判断主体

“所属技术领域的技术人员”具备一定的时间性[3]，该时间基准是本申请的申请日或者优先权日。由于“充

分公开”的关键是可以从说明书中获得足够多的信息，以避免重复研发或使社会公众获得相应的技术启示，而不同认知主体因为其自身背景知识的不同，从同样文字表述中所获得的技术信息大相径庭，所以，该获取技术信息的过程实际上已经融入了认知主体的技术知识。因此，在进行判断时，不仅需考虑说明书的文字表述本身，还需考虑上述时间基准之前认知主体的技术知识。

2.2 判断客体

通常认为，“充分公开”的判断客体主要是说明书。但是，在考量“充分公开”时，还需结合所要求保护的权利要求、现有技术的水平和技术的可预见性等因素，以及要求保护的权利要求来进行“充分公开”的考量。基于对价理论，由于充分公开的对价是申请人获得与技术披露相适应的排他性专利权的权利，因此，作为充分公开的客体，有两个层面的含义：一是权利要求中要求保护的技术方案必须在说明书中充分公开，这是对申请人的要求；二是仅记载在说明书中但没有要求保护的技术方案，由于申请人没有要求获得相应权利，因此其也没有充分公开的义务，所以即使存在公开不充分的缺陷，也不能以公开不充分为由予以驳回。

现有技术的技术成熟程度影响技术公开程度的要求。当在申请日或优先权日之前，所属技术领域的技术人员普遍已经掌握或了解了某个技术或技术特征，则不需要在说明书中详细描述具体实施细节。但是若该某个技术或技术特征正处于起步期，则对说明书的撰写要求和技术信息披露程度有更为严格的要求。所属技术领域的技术人员的可预见水平影响技术公开程度的要求。若某个技术或技术特征有更好的预见性，例如通信资源的分配与通信容量的关系等，那么对技术信息的披露要求就较低，而当其技术的可预见水平较低时，例如材料的选择对电磁场的影响等严重依赖于实验科学的技术或技术特征时，就需要撰写较为充分的实施方式描述并给出相应的实验验证。

2.3 判断标准

2.3.1 说明书充分公开的前提

《专利审查指南》第二部分第二章对《专利法》第二十六条第三款中的“清楚”和“完整”做了较为明晰和具体的规定。“充分公开”的“完整”要求，应当以该领域的技术人员是否能够实现作为判断标准[4]。通常需要结合技术问题、技术手段和技术效果这些技术三要素来判断说明书是否完整，但是，只有当说明书中内容的缺失严重影响到技术人员的理解和实现时，才会导致不满足“充分公开”的“完整”的要求。但是，“完整”并不要求说明书的撰写事无巨细。对于所属技术领域的技术人员根据其所掌握的普通技术知识能够知晓的内容，若在说明书中未进行详细说明，由于其不影响所属技术领域的技术人员对技术方案的理解和实施，因此上述缺失不会导致“公开充分”中的“不完整”。

2.3.2 说明书充分公开的核心

“能够实现”是判断说明书公开是否充分的核心要素。按照对价理论，专利权人对技术方案的公开至少能起到两个方面的作用：一是避免重复研发；二是通过公开给相关领域的技术研发以启示，从而提高创新能力，促进科学技术进步，体现发明可重现性的“能够实现”即承担了上述职责。

“能够实现”的判断需要考虑产业特点，一方面，在通信领域中，多以流程图、框图等形式对方案进行阐述，针对改进的系统架构，只需说明其与其他各个模块之间的信号流向、控制流程以及具体功能等，该领域的技术人员根据其所掌握的知识就能够实现。另一方面，若认为需将通信领域的功能模块细化到具体型号、具体电路排布等，才完成相应的指引、教导，反而容易因说明书内容过多而导致最具价值的技术信息被淹没。

《专利审查指南》列出了无法实现的五种情形[5]，但需注意的是，这五种情况仅仅通过反例的方式列出，并非全部不能实现情况的穷举，该规定只是为审查提供思路和线索，在审查实践中切忌生搬硬套。无论在何种情形下，都应当抓住“能否实现”这一核心标准。

3 需要注意的审查规则

在判断专利申请说明书是否“充分公开”时，首先应站位于本领域的技术人员，进而明确判断对象应当是针对权利要求所请求保护的技术方案，判断其是否在说明书中有清楚、完整的记载以使得本领域的技术人员能够实现。在判断过程中，需要特别注意与其他法条的区别和联系。

3.1 准确站位本领域的技术人员，客观认定说明书是否充分公开的事实

准确站位本领域的技术人员是判断说明书是否充分公开的基础。本领域的技术人员的水平应当以《专利审查指南》中的相关定义为标准[6]。无论是低于该水平，还是高于该水平，都可能会导致审查实践中在说明书是否充分公开的问题上做出错误判断。

在对发明的事实要素进行认定时，必须站位于本领域技术人员，对构成发明的事实要素进行客观、准确的理解。如果对说明书描述的事实要素的含义或者

准确性存在疑问，首先需要对所属技术领域的普通技术知识和常规实验手段进行检索和阅读，弥补可能的知识和能力欠缺。对于说明书描述的夸大的技术效果和不可能解决的技术问题，也要以本领域技术人员的认知水平予以排除，得到客观的认定结果。

应当注意，说明书未充分公开属于实质性缺陷。如果说明书仅仅是某些内容撰写简略，或者是在形式上存在撰写缺陷，并不必然会导致实质性缺陷，还需要客观判断是否会导致无法实施的技术方案。例如，如果说明书中对于发明对现有技术改进的关键技术手段相关的内容没有清楚记载，即使结合说明书的上下文或者基于本领域技术人员掌握的普通技术知识和现有技术也难以确定关键技术手段的具体内容，那么就可以合理质疑说明书未充分公开。而如果仅仅是说明书中对于某些技术手段的描述较为简略或者存在轻微不清楚的问题，只要结合说明书的上下文或者基于本领域技术人员掌握的普通技术知识和现有技术能够准确理解其含义，并不影响实施本发明的技术方案，则不应认为说明书未充分公开。

3.2 基于说明书明确记载、现有技术缺陷以及技术效果或技术方案来合理认定“技术问题”

要解决的技术问题是发明创造的起因，说明书对其描述有可能带有主观色彩，例如夸大现有技术的缺陷。审查实践中，对于发明要解决的技术问题，需要以本领域技术人员的眼光进行客观认定。

在判断某个技术方案是否充分公开时，通常需要考虑该技术方案所要解决的技术问题，该技术问题可以是：（1）说明书中明确记载的发明要解决的技术问题；（2）通过发明的背景技术及其存在的缺陷能够直接确定的技术问题；（3）根据说明书记载的技术效果反推要解决的技术问题。由此可见，发明解决的技术问题有可能是申请文件中声称的技术问题，也有可能是在所属技术领域技术人员结合说明书的记载重新确定的技术问题。受申请人主观认识或撰写水平的影响，申请人所声称的技术问题有可能是不完善的甚至是错误的，此时应尽可能根据说明书的记载，结合对现有技术的认知，综合判断确定发明要解决的技术问题。

当申请人为克服不具备创造性等实质缺陷而在独立权利要求中增加技术特征时，可能导致该发明所要解决的技术问题发生改变，此时需要根据重新认定的技术问题而详细判断修改后的技术方案是否在说明书中被充分公开。

3.3 举证责任

一般在给出新颖性、创造性的审查意见时，需要相关证据来支撑。而在质疑公开不充分时，可能不会提供具体的证据来支持该质疑，从而将举证责任转移给申请人，那么申请人就需要提供额外的证据或解释来证明其专利申请是充分公开的，这样不仅容易产生过渡质疑，也会引起申请人的不满。

《专利审查指南》规定了：如果有合理的理由质疑发明没有达到充分公开的要求，则应当要求申请人予以澄清，这里的“有合理的理由”意味着审案人员需要有初步的证据或合理怀疑，才能提出质疑，这实际上是一种举证责任的分配，在提出质疑时需要承担初步举证责任，而申请人则有责任提供进一步的证据或解释，以证明其说明书是充分公开的。

事实上，要完成该初步的举证责任就要求审案人员对现有技术文献作一定范围的检索，并对所属技术领域的公知常识有所了解，再进行有理有据地评述，而不应笼统地以说明书“无法实现”为由断言其公开不充分。因此，在面对申请人的质疑时，要准确站位本领域技术人员，在准确认定事实的基础上，充分回应申请人的意见，最大限度避免主观因素的影响，尽到举证责任。

4 结束语

判断说明书是否公开充分，首先应站位于所属领域的技术人员，进而明确判断对象应当是针对权利要求所请求保护的技术方案，判断其是否在说明书中有清楚、完整的记载以使得本领域的技术人员能够实现。本文结合审查指南的规定，梳理出在审查实践中对于公知常识认定需要注意的审查规则，在后续的研究中，可以对说明书是否充分公开进行深入探讨，完善对专利法法条的理解与运用，以便更好地、更准确地适用公开不充分条款，提高审查质量和审查效率。

参考文献：

[1] 国家知识产权局 . 专利审查指南 [M]. 北京 : 知识产权出版社 ,2010.
[2] 王健 , 温国永 . 从“小 i 机器人案例”看说明书的充分公开问题 [J]. 中国发明与专利 ,2015(09):93-95.
[3] 易玲 , 魏小栋 . 多维度视角下的“本领域技术人员”之界定 [J]. 知识产权 ,2016(07):60-66.
[4] 谢林明 , 陈冲 . 浅析说明书是否充分公开的判断思路与误区 [J]. 专利代理 ,2021(03):8-12.
[5] 同 [1].
[6] 张秋阳 , 杜永艳 . 关于说明书充分公开审查的一些思考 [J]. 中国发明与专利 ,2018(09):80-85.

电力计量技术的创新与应用研究

周明泽

（国网山西省电力公司绛县供电公司，山西 运城 043600）

摘 要 本文探讨了电力计量技术的最新进展及其在现代电网中的应用，着重分析了智能电网环境下计量技术的革新特点，包括高级量测体系（AMI）、物联网技术、大数据分析及云计算平台的融合应用。通过深入研究智能电表、远程自动抄表系统以及精准负荷监控等关键技术，本文揭示了其对提升电网运行效率、促进能源管理和消费侧需求响应的重要作用；同时，讨论了数据安全与隐私保护策略，强调了技术创新对于实现电力系统可持续发展与能效管理的关键价值，以期为同行业人员提供借鉴。

关键词 电力计量；智能电网；大数据分析；物联网技术；数据安全

中图分类号：TM7 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0112-03

电力计量作为电力系统运行的基础环节，直接关系到电力资源的有效分配与经济结算的准确性。随着智能电网概念的兴起，传统电力计量技术正面临前所未有的变革，向着更智能、更精准、更高效的方向演进。本文旨在综述当前电力计量技术的最新进展，并探讨其在现代电力系统中的应用实践，特别是在提高能效管理、促进用户参与及保障信息安全方面的作用。

1 电力计量技术的发展趋势

1.1 智能电表技术的进步与应用普及

智能电表技术的革新标志着电力计量领域的一次飞跃，其不仅限于远程自动抄表的便利性，更在于实时电力消耗信息的提供，赋予用户即时的能源使用洞察力。支持分时电价与需求响应机制，智能电表成为调节电力供需平衡、鼓励用户节能减排的有效工具，对推动能源高效利用和环境保护具有深远意义。

1.2 高级量测体系（AMI）的构建与整合

高级量测体系（AMI）通过将通信网络、数据管理系统及分析工具高度集成，实现了计量方式由单向数据获取向全面数据交互的模式转变。作为智能电网架构的核心构成部分，AMI 不仅提升了数据采集的全面性与精确性，还促进了数据在电网与用户间的高效流动，为实现智能电网的精细化管理和优化决策提供了坚实的基础。

1.3 物联网技术在电力计量中的深度融入

物联网技术，特别是传感器网络与 RFID 技术的广泛应用，极大地增强了电力计量系统的数据捕获能力和实时响应性。这些技术通过遍布电网各节点的智能传感设备，实时监测电力系统运行状态，显著提高了数据采集的准确度与实时性，为电网的智能化管理与维护创造了有利条件，是实现智慧能源系统不可或缺的技术支撑。

1.4 大数据与云计算在电力计量中的融合应用

利用大数据分析与云计算的强大处理能力，电力企业能够高效地处理、分析海量计量数据，实现对电力负荷的精准预测、故障的快速诊断以及电网资源的优化调度。这一技术融合不仅显著提升了电网运营的效率与可靠性，还为电力市场的动态管理、用户行为分析等提供了强有力的数据支持，是推动电力行业数字化转型、实现智能电网愿景的关键所在[1]。

2 电力计量技术在智能电网中的应用

2.1 精准负荷管理

精准负荷管理是智能电网高效运作的核心要素之一，其基础在于智能电表和高级量测体系（AMI）的广泛应用。通过这些先进计量技术，电网运营商能够实时监测电力负荷的细微变化，掌握电力消费的实时动态。在此基础上，运营商可以设计并实施灵活的动态定价机制，如峰谷电价策略，根据用电高峰期和低谷期设定不同的电价，引导用户在非高峰时段用电，有效缓解电网压力，实现“削峰填谷”。此外，这种机制还能激励用户采取节能措施，调整用电习惯，从而促进整体能源利用效率的提升。精准负荷管理不仅优化了电力资源的分配，还为用户提供了节约成本的途径，是智能电网实现供需平衡、提升系统稳定性的关键手段[2]。

2.2 分布式能源接入与管理

随着计量技术的不断进步，分布式能源，尤其是

可再生能源的有效接入与计量成为可能，这对提升智能电网的灵活性与可靠性起到了至关重要的作用。智能电表和 AMI 系统能够精确测量和监控各类分布式能源发电单元（如太阳能光伏板、风力发电机）的输出，确保这些清洁能源得以高效整合入电网，支持微电网的独立运行与并网管理。这不仅增加了电网对可再生能源的接纳能力，还通过多源互补，增强了电力系统的韧性，减少了对传统化石燃料的依赖，推动了能源结构的清洁化转型[3]。此外，计量技术还在实时监测分布式能源状态、优化能源配置、确保电网稳定运行等方面发挥着重要作用，是实现能源互联网愿景的重要支柱。

2.3 需求侧响应机制

在智能电网框架下，需求侧响应机制通过智能电表与用户互动平台的紧密结合，构建了用户与电网之间的即时沟通渠道，使电力公司能够迅速响应市场变化，实施精细化的需求侧管理策略。该机制鼓励用户根据实时电价信号和系统负荷状况调整用电行为，比如在电力供应紧张或价格较高时减少非必要的电力消耗，从而在源头上平衡供需矛盾，提升电网的整体能效。需求侧响应不仅是一种经济激励手段，也是培养用户节能意识、促进社会能源消费模式转变的有效途径。它通过信息技术与计量数据的深度融合，实现了用户侧资源的灵活调动，为智能电网的高效运营和可持续发展提供了新的动力源泉。

2.4 故障检测与定位

智能电网中的电力计量技术不仅限于能源管理和消费，还深入电网故障检测与定位领域。通过集成传感器技术和高级分析算法，智能电表能够实时监测电压、电流的波动情况，以及频率和相位的变化，一旦检测到异常，即刻向控制中心发送警报，实现故障的早期发现。结合 GIS（地理信息系统）和大数据分析，系统能够精确定位故障点，显著缩短故障响应时间，提高抢修效率。这一功能对于预防大规模停电事故、减少停电时间和范围至关重要，确保了供电服务的连续性和可靠性，同时也为电网的智能化维护和资产管理提供了有力支持[4]。

2.5 智能计量数据分析与预测

电力计量技术与大数据、人工智能的结合，使得对海量计量数据的深度分析成为可能。通过挖掘历史数据的规律，智能电网能够预测未来的电力需求趋势、负荷分布和潜在的能源供需缺口，为电网的长期规划和短期调度提供科学依据。例如，通过机器学习模型，分析节假日、特殊天气条件下的用电模式，电网运营商能够提前调整发电和输电策略，避免资源浪费和供需失衡。此外，数据分析还能揭示设备老化、能耗异常等问题，为设备维护和更换决策提供数据支持，进一步优化运营成本和提高服务品质。

2.6 电动汽车充电管理

随着电动汽车（EV）的普及，智能计量技术在电动汽车充电管理中的作用日益凸显。通过智能电表和物联网技术，电网能够实时监控充电站和家庭充电桩的使用情况，优化充电策略，如在电网低负荷时段自动启动充电，避免因大量电动车同时充电造成的电网负担。此外，电动汽车作为分布式储能装置的潜力也被发掘，通过 V2G（Vehicle-to-Grid）技术，在电网需要时由电动汽车反向馈电，平衡电网供需，提高整体能源系统的灵活性和稳定性。智能计量在此过程中扮演了协调者角色，促进了新能源汽车与智能电网的深度集成与互动。

2.7 个性化服务与用户满意度提升

智能计量技术的应用还延伸到了提升用户体验的层面。通过收集和分析用户的用电习惯，电网公司能够提供更加个性化的服务，如定制化电费套餐、能源效率建议、智能家居集成方案等。用户可以通过手机应用等便捷方式，随时查看自家的实时电量消耗、电费估算以及节能减排建议，增强对自身能源消费的控制感和环保意识。这种以用户为中心的服务模式，不仅提升了用户满意度和忠诚度，也促进了用户更积极参与到节能减排的行动中，共同推进社会的绿色低碳转型。

3 数据安全与隐私保护

3.1 加密技术

加密技术是电力计量数据保护的第一道防线，其通过对敏感信息进行编码转换，确保数据在传输过程中不被非法截取或篡改。采用先进的加密算法，如 AES（高级加密标准）、RSA 等，能够为计量数据提供高强度的保护，即使数据在公共网络中传输也能保持其机密性。在数据存储环节，加密同样重要，通过对数据库中的用户计量信息实施静态数据加密，即使数据被非法访问，没有密钥也无法解读其内容，从而有效防止数据泄露[5]。此外，密钥管理机制的建立也是确保加密系统安全性的关键，需遵循最小权限原则，严格控制密钥的生成、分发、使用和销毁流程，以防止密钥丢失或滥用导致的安全风险。

3.2 匿名处理与数据脱敏

为保障用户隐私，对电力计量数据进行匿名处理和脱敏处理是必不可少的措施。通过去除或替换直接

标识用户身份的信息（如姓名、地址）以及实施数据泛化、数据混淆等技术，可以在不影响数据分析效果的前提下，降低个人数据的可识别性，保护用户隐私不被侵犯。匿名处理技术如k—匿名、差分隐私等，能够在数据发布和共享时提供一层额外的保护，确保在分析电力消费模式、负荷特性等宏观信息的同时，不会泄露任何个体的具体用电细节，平衡了数据分析价值与用户隐私保护的需求[6]。

3.3 访问控制与审计机制

建立严格的访问控制体系，对电力计量数据的访问权限进行精细化管理，是数据安全的又一重要保障。这包括实施基于角色的访问控制（RBAC），确保只有经过授权的人员才能访问特定数据，以及采用双因素认证、生物特征认证等增强身份验证手段，防止未授权访问。同时，建立完善的数据审计机制，记录所有数据访问和操作行为，对异常访问进行实时监控和报警，定期审查审计日志，能够及时发现并应对潜在的安全威胁。通过这些措施，不仅增强了数据处理过程的透明度，也为事后追溯和责任追究提供了依据，是维护智能电网数据安全与合规性的基石。

3.4 数据生命周期管理

数据生命周期管理是确保电力计量数据安全与隐私保护的全面策略，涵盖数据的创建、使用、存储、归档及最终销毁的全过程。在数据产生初期，应实施分类标记，根据数据的敏感程度和用途，采取不同的保护措施。在数据使用过程中，实施动态权限管理，确保数据只被合法需求所使用，并且遵循最小必要原则，仅提供完成任务所需的数据范围。进入存储阶段后，应定期评估数据的价值与风险，适时进行归档或删除过期、无用数据，减少潜在的泄露风险。在数据销毁阶段，采用安全擦除方法，确保即使物理介质被丢弃或回收，其中的数据也不可恢复，彻底消除泄露隐患。

3.5 安全意识培训与教育

信息安全不仅仅是技术问题，更是人员意识问题。定期为电网工作人员及第三方合作伙伴提供数据安全与隐私保护的培训，提升他们对数据保护法律法规的认知，以及识别和防范安全威胁的能力。培训内容应包括但不限于数据保护最佳实践、安全政策、应急响应流程等，旨在形成一种文化，让每位员工都成为数据安全链上的一环，自觉遵守规定，主动报告可疑活动。同时，通过模拟攻击演练、案例分享等方式，增强员工的实战经验和应对能力，确保整个组织在面对真实威胁时能够迅速而有效地响应。

3.6 安全协议与合规性

智能电网数据安全与隐私保护必须符合国家法律法规以及国际通行的行业安全标准，如《网络安全法》、《个人信息保护法》、NIST Cybersecurity Framework、ISO/IEC 27001等。企业应建立一套完善的合规性管理体系，定期进行合规性评估，确保数据处理活动符合最新的法律要求和技术标准。这包括但不限于数据跨境传输的合法合规、数据主体权利的尊重与保障以及与第三方服务提供商签订具有严格数据保护条款的合作协议，确保供应链上的每个环节都不成为数据安全的薄弱点。

3.7 应急响应与灾备策略

面对不可避免的数据安全威胁，建立健全的应急响应机制是关键。制定详尽的应急预案，包括但不限于数据泄露、恶意攻击等场景，明确应急团队的构成、职责划分、响应流程和恢复步骤。同时，建立数据备份与灾难恢复系统，通过在不同地理位置设立冗余数据中心，确保在主站点遭遇不可抗力或恶意攻击时，能够迅速切换至备份站点，维持核心业务的连续运行。定期测试应急响应计划和灾备系统的有效性，及时调整优化，以应对不断变化的安全威胁环境，是维护智能电网稳定运营的必备措施。

4 结束语

电力计量技术的不断创新，为智能电网的建设与发展提供了坚实的技术支撑。通过集成智能电表、物联网、大数据分析及云计算等先进技术，不仅提升了电力系统的运行效率与可靠性，也促进了能源的高效利用与消费者行为的积极改变。面对数据安全与隐私保护的挑战，加强技术防护与法规建设，确保计量数据的安全流通，是未来电力计量领域持续健康发展的必要条件。

参考文献：

[1] 代忠兴.基于Gabor变换的电力计量设备运行故障诊断技术[J].大众用电,2024,39(04):42-43.
[2] 陈晓萌.电力计量中的智能化数据处理与分析技术应用[J].集成电路应用,2024,41(03):136-137.
[3] 戴安捷,房露.基于节能降耗的电力计量技术应用探究[J].光源与照明,2024(01):246-248.
[4] 徐鸣飞,冯珊珊.电力计量自动化技术在线损管理中的应用[J].模具制造,2023,23(12):252-254.
[5] 荀国强.基于物联网技术的智能电力计量系统设计[J].集成电路应用,2023,40(11):324-325.
[6] 范先慎.信息化技术在电力计量管理中的应用[J].集成电路应用,2023,40(10):414-415.

城市地下综合管廊机电施工要点研究

陈伟杰

（中山管信智汇物联有限公司，广东 中山 528400）

摘 要 地下综合管廊是现代城市基础设施中非常重要的一部分，机电施工质量的好坏直接关系着地下综合管廊的运行效率与安全性。本文首先对城市地下综合管廊机电施工流程的重点细节进行论述，主要从结构设计、施工管理、大口径管线安装、投料口和通风口布置，消防施工布置及施工机械设备选择等方面进行分析。其次，对地下综合管廊修建过程中普遍存在的施工计划不足，建筑管理水平较低以及环保意识欠缺进行分析。最后，针对上述问题提出确保排水设施平稳运行、严格控制施工质量和提高技术人员的专业水平的优化对策，以期为相关人员提供借鉴。

关键词 城市地下综合管廊；基础设施；机电施工

中图分类号：TU94 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0115-03

地下综合管廊是城市基础设施中非常重要的一部分，机电施工质量直接影响地下综合管廊运行效率，对城市居民生活质量产生重要的影响。目前，地下综合管廊施工中经常会出现一系列的问题，这些问题在影响工程进度与质量的同时也会给环境与居民安全带来潜在威胁。所以，对地下综合管廊建造及机电施工关键问题及优化措施进行探究具有一定的现实意义。本研究旨在提升城市地下综合管廊机电施工质量，保障城市基础设施安全平稳运行，对促进城市可持续发展具有重要意义。

1 城市地下综合管廊机电施工过程需要注重的细节

1.1 结构设计与施工管理

城市地下综合管廊机电施工中的结构设计及施工管理是两个核心重点，二者共同保障着项目优质竣工及后续平稳运营。结构设计是管廊施工的依据，需要充分考虑地质条件、荷载要求及将来可能扩展需求等因素，以保证管廊结构安全与耐久[1]。在设计过程中要采用先进的工程力学分析与模拟技术来实现结构的精细化设计、优化受力分布、降低材料的无谓消耗。与此同时，施工管理也不可忽视其重要意义。一方面要严格按照设计规范及施工工艺流程进行，保证每个施工环节均满足标准要求；另一方面要加强施工现场安全监管，避免人为疏忽大意或者操作失误造成安全事故。另外，在施工管理中要注意与各方面的沟通协调，对施工过程中存在的各种问题要及时加以解决，以保证施工进度及质量的有效把控。在实践中可采取行之有效的管理措施。如制定严格的施工质量检查制度、各道工序质量验收、保证施工质量达到设计要求等；加大施工现场安全巡查力度，发现和消除隐患；经常组织施工人员开展技术培训、安全教育等活动，提升施工人员技能水平及安全意识[2]。

1.2 大口径管道安装

首先，大口径管道安装要考虑管道选材和质量控制问题。高质量的材质是保证管道能够长时间稳定工作的根本，所以一定要选用满足相关标准规范的管材并且对其质量进行严格把关。其次，安装时施工工艺与技术要求并重。施工人员要熟练运用大口径管道安装工艺，保证管道对接精度及密封性。管道安装前要准确测量定位以保证管道布局满足设计要求。安装时尤其应注意对管道的支撑与固定，以免后续运行时由于振动或者地基沉降而造成管道位移或者变形[3]。最后，在大口径管道的安装过程中也要注意和周边环境的和谐。比如，安装时要考虑与其他管道、电缆及其他设施交叉躲避，以免互相干扰。与此同时，还需要对管道的防腐、保温等措施进行思考，以保证管道能够在恶劣环境中能够正常工作。为了保证大口径管道的安装质量，可采取系列质量控制措施。如安装过程的全程监控与记录、问题的发现与整改等。同时对已安装好的管道经过严格验收检测，以保证管道达到设计要求及相关规范。

1.3 投料口与通风口布局

城市地下综合管廊机电施工中合理布置投料口可以保证施工材料运输方便，降低工期及人力成本。在设计中，要充分考虑施工流程、材料类型及运输方式

等因素，保证投料口选址适中、用量合适、方便施工人员操作与管理。通风口的设计布局会直接影响到管廊内的通风效果以及空气的品质。规划通风口需要考虑管廊长、宽、高和内部设备布置，以保证通风口能有效导入新鲜空气、排除污浊气体和阻止外界异物进入。另外，还需对通风口大小、形状及位置进行仔细计算与设计，使管廊内通风量达到要求，降低风阻及噪声[4]。具体实施投料口和通风口的布置时也应注意如下几点。一是保证投料口及通风口设计满足有关规范、标准，以免发生安全隐患。二是要在施工中加强投料口及通风口等部位的防护及养护，以防损坏或阻塞。三是要定期检查清理投料口和通风口，保证其畅通，给管廊内提供一个良好的建设及运行环境。城市地下综合管廊建设效率及使用效果可通过投料口及通风口的合理布局设计得到较大改善。

1.4 消防施工安排

消防施工安排作为城市地下综合管廊施工必不可少的环节，对确保管廊的安全平稳运营至关重要。在进行消防施工安排时，有必要先对管廊火灾风险点进行明确，根据这些风险点来制定出相关消防设计方案。其中包括选用适宜的灭火系统，设置合理的消防设施与消防通道及建立有效的应急预案。灭火系统选型时，要考虑管廊火灾类型、火势蔓延速度，选用合适的灭火剂及灭火设备。如对电气火灾可使用气体灭火系统；在处理液态火灾时，可能会考虑使用如泡沫灭火剂之类的方法。同时还要准确计算灭火系统安装地点及数量，才能保证一旦着火能及时高效灭火。在消防设施布局中，要注意它的便捷性与有效性。消防设施应设于容易靠近之处，有显著标志，以方便应急时快速发现和利用。另外，还需要确保消防设备与管廊内的其他设备能够兼容，以防止在灭火操作中对其他设备造成损害。同时消防通道设置又是消防施工布置。消防通道要畅通，要有明显指示标志，使人员一旦着火能快速撤离。另外，应该经常检查保养消防通道，以保证它一直保持完好[5]。

1.5 施工机械设备选用

首先，选择施工机械设备要根据项目的具体需要与特点来选择，以保证设备在施工期间能达到所有的要求。比如挖掘机作为管廊施工的一种主要机械设备，在选型时要结合工程地质条件、施工场地、沟槽深度及宽度来考虑，这样才能保证施工效率及安全。其次，施工机械设备性能、效率以及稳定性等也是在选择中必须考虑到的问题。以挖掘机为例，要选用高效、节能、环保的挖掘机来提高施工效率和降低环境影响。与此同时，该装置的稳定性与可靠性非常关键，可以保证施工期间不发生安全事故。最后，在选择施工机械设备时也要考虑施工成本控制问题。在确保施工质量与安全的同时，要尽可能选用性价比较好的设备来减少施工成本。

2 地下综合管廊建造中的常见问题

2.1 施工计划不完善

首先，施工计划不能综合考虑项目特点及要求。地下综合管廊项目一般涉及多专业领域交叉作业且建设环境复杂多样，若规划制定者对项目具体要求理解不到位，则会造成规划遗漏与不合理。其次，施工计划不够灵活。实际施工中常发生种种意料以外的问题，例如地质条件改变，施工设备失效等等。若在施工计划中不考虑这些可能性而制定对策，则会造成施工进度的阻滞或者工程质量的降低。最后，施工计划在实施过程中易出问题。有时因施工人员经验不足和管理不善，致使施工计划不能有效实施。这样既影响了施工进度与施工质量，又存在安全隐患与额外费用。

2.2 建筑管理水平不高

首先，一些项目管理团队专业化管理知识与经验不足。他们既需要了解地质条件在管廊建设中的作用，又需要掌握结构设计基本原则以及排水设施运营要求。同时他们也要有选材经验，懂得不同材质对管廊建设的适用性与耐久性。施工阶段项目管理团队需密切监测施工进度以保证施工质量与安全。管廊建设完毕之后，他们还需承担管廊的日常维护和保养任务，以确保排水系统能够稳定工作。其次，一些项目的管理制度与流程存在不足。没有健全的管理制度与流程很难确保项目管理规范化与标准化，易产生管理漏洞与差错。这种情况不仅可能降低项目的质量，还有可能引发项目的延期或者成本的上升。最后，部分工程的信息化管理水平有所欠缺。在信息技术日益发展的今天，信息化管理已经成为提升项目管理效率与质量的一个重要途径。但部分工程对信息化建设的投入力度不够，造成工程管理信息不灵、数据不准，很难支撑科学的决策与有效的管理。

2.3 环保意识缺失

首先，有的施工团队不懂或者无视环保法规、标准。施工期间，他们可能没有严格按照环保相关的法律和规定行事，例如噪声、扬尘和废水排放的控制标准，这就会对环境带来负面的影响。其次，环保意识不足也表现为资源浪费、利用不合理。有的施工团队在建设中可能没有有效地节省材料、能源及水资源，造成

资源利用效率不高，加重环境负担。最后，缺乏环保意识也会造成施工废弃物处理不当。施工废弃物如得不到适当的处理，会污染土壤、水源及大气等环境，并破坏生态系统。

3 机电施工优化措施

3.1 保障排水设施稳定运行

首先，排水设施设计阶段要严格把关。设计过程中要对管廊所处地质条件、水流特性和实际使用要求进行深入详细的考虑。通过科学合理地设计保证了排水设施结构稳定，功能完备，能够在多种极端天气及环境中维持正常工作。与此同时，在进行设计时也要注意运用环保与节能理念，以此来降低对环境的冲击。其次，建设阶段应严格遵守设计要求。选用优质建筑材料及先进施工技术保证排水设施施工质量。施工期间应加强质量监管与验收，预防因施工质量问题造成安全隐患。另外，还需要强化施工现场安全管理，保障施工人员人身安全。排水设施投入使用之后，就必须加强检修与维护。制定周密的检修计划及养护方案，并定期进行排水设施的清理、检查及保养。对发现的故障及问题应及时进行维修处理，避免因故障扩大化而影响管廊整体系统正常运行。与此同时，还应加强排水设施预防性维护工作，并通过经常更换易损件和加固关键部位来延长其使用寿命。最后，引入先进监测技术与方法。通过对排水设施设置传感器、监控摄像头等装置，对排水设施运行状态及各参数进行实时监控。对监测数据进行分析与处理，可及时发现排水设施可能出现的问题与隐患并采取适当措施解决。这不仅提高了排水设施的运行效率，还降低了故障出现概率，保障了整个管廊系统顺利运行。

3.2 严格管控施工质量

首先，建立和完善质量管理体系、明确质量管理责任、保证各项质量管理制度的有效实施。其中包括编制周密的施工质量控制计划、确定质量检查标准与流程、建立质量奖惩机制。其次，强化对施工过程质量的监督与检验。施工期间，要定期或者不定期巡视施工现场，集中检查关键施工环节、关键部位，保证施工质量达到设计要求及有关标准。同时对查出的质量问题要及时纠正，避免问题扩大化。再次，需要加强对施工人员在质量意识方面的培训。通过经常性的质量意识教育与技能培训来增强施工人员质量意识与技能，从而使他们能自觉地遵守质量管理制度并严格遵守施工规范。最后，运用先进的质量检测技术与装备。通过运用现代检测技术准确地测量与评价施工质量，能够及时地发现与改正质量问题，增强施工质量可靠性与稳定性。

3.3 提升技术人员专业水平

首先，要加强技术人员专业知识与技能培训。通过定期举办技术培训、研讨会及学术交流等活动，技术人员不断地更新专业知识并掌握了最新施工技术与方法。同时鼓励技术人员加入实际工程项目中去，在实践锻炼中促进他们解决实际问题。其次，确立技术人员专业资格认证制度。通过建立相关专业资格认证考试来客观评价技术人员专业水平，保证其具有从事相关职业的基本能力与素养。这样既能提升技术人员的专业素养又能提升他们在本行业中的竞争力。最后，强化技术人员团队协作与沟通能力训练。在工程项目当中，技术人员要与很多部门以及单位密切协作，所以一个好的团队协作以及沟通能力是非常关键的。通过举办团队建设活动，强化内部沟通交流等方式，能够促进技术人员团队协作沟通，保障工程项目高效开展。通过强化专业培训，建立专业资格认证制度及强化团队协作与沟通能力的培养，可持续提升技术人员专业素质与能力水平，从而为工程项目顺利开展提供强有力的保障。

4 结束语

文章对地下综合管廊修建及机电施工过程中存在的重点问题进行深入剖析，并提出相关优化措施。首先，强化施工计划编制与管理保证项目按预定进度、质量标准实施。其次，提高技术人员专业水平，经过专业培训与实践锻炼使之具有较高专业素养与能力。最后，引进先进技术与装备以提高施工效率与施工质量。通过采取上述措施，能够有效地解决地下综合管廊建造及机电施工过程中存在的问题，促进项目整体质量及效益的提升，对城市可持续发展起到积极的推动作用。

参考文献：

[1] 高晓宁，李博，高山尧，等. 城市地下综合管廊建设管理模式及关键技术 [J]. 电子乐园，2022(11):70-72.
[2] 鲍胜利. 城市地下综合管廊建设管理模式及关键技术 [J]. 城市周刊，2022(43):73-75.
[3] 杨正峰. 杭州市沿江大道地下综合管廊工程正在施工中 [J]. 安装，2018(11):F0003.
[4] 崔赛.BIM 技术在地下综合管廊设计应用 [J]. 中华建设，2022(11):68-69.
[5] 何永强，曾毅，张弘韬. 城市地下综合管廊机电施工要点分析 [J]. 建筑与装饰，2022(20):102-104.

下架山泵站施工质量检测与控制研究

刘 俊，卢 建

（广州新珠工程监理有限公司，广东 广州 510610）

摘 要 韩江榕江练江水系连通后续优化工程是一项功在当代、利在千秋的重大民生水利工程。工程建设规模大、标准高、技术复杂，对施工质量管理提出了更高要求。本文聚焦工程施工8标下架山泵站，剖析工程建设面临的特点和挑战，探讨质量检测的重点环节和关键风险点，提出强化质量检测与控制的具体策略，以期为确保工程如期高质量建成提供有益参考。

关键词 韩江榕江练江水系连通工程；质量检测；过程控制

中图分类号：TV67 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0118-03

水利兴则国家兴，水利强则国家强。韩江榕江练江水系连通后续优化工程是新时期我国南方地区推进水资源优化配置、完善水利基础设施网络的标志性工程。工程建成后，将有力地支撑粤东地区经济社会高质量发展。本着对历史负责、对人民负责的质量精神，必须强化工程施工质量检测与控制，精心打造经得起历史和实践检验的优质工程、精品工程。

1 工程概况

韩江榕江练江水系连通后续优化工程是调整原三江连通生态用水优先用于城乡供水，补充当地水资源短缺，缓解区域水资源短缺问题，推动形成韩江与当地水资源多水源供水格局，提升区域用水保障程度，改善本地水生态。工程包括古巷分水口至关埠取水口封闭管道主干线、潮阳分干线、普宁和潮南分干线三部分，建设内容主要包括输水线路全长约71.652 km，泵站1座。其中，施工标段8为下架山泵站，位于揭阳市普宁市下架山镇，主要由进水前池、泵房主厂房、压力钢管、出水池、进场道路等建筑物组成。泵站设计流量9.8 m^3/s，总装机容量6400 kW，安装6台轴流泵，单机流量1.65 m^3/s，扬程11 m。泵站的主要建筑物均为2级，设计洪水标准为50年一遇，校核洪水标准为200年一遇。工程建设工期22个月，其中汛期施工长达6个月，建设管理难度大，必须高度重视质量管控。

2 工程特点与挑战

2.1 体量大、投资大，质量责任重大

韩江榕江练江水系连通工程工程概算总投资101.18亿元，其中施工标段8下架山泵站投资2.86亿元，占总投资约2.8%。工程建设规模大，覆盖范围广，涉及土建、机电设备安装、金属结构、装饰装修、水土保持等多个专业，建设内容繁杂。工程建成后将发挥供水、改善水生态、促进地方经济发展等巨大效益。工程质量直接关系到供水安全、泵站运行效率、建筑物耐久性等。可以说，工程质量承载着改善民生、服务发展的重大责任，必须严之又严、细之又细，精心组织、科学管理，确保万无一失。

2.2 建设条件复杂，质量管控难度大

下架山泵站地质条件复杂，开挖面易发生滑坡、塌方；场地内有孤石、软弱夹层等不良地质，地基承载力差，施工难度大，质量风险高。工程建设受汛期影响严重，混凝土浇筑、土方回填、设备安装等受到制约，汛期施工必须兼顾抢工期、保质量与确保安全。泵站主厂房尺寸大，混凝土工程量大，温度应力控制难度大。大型水泵、电机安装就位需要多次吊装，施工工艺复杂。要在建设条件复杂情况下确保工程质量，必须超前谋划、妥善应对，强化过程管控，运用先进技术手段，破解施工质量难题。

2.3 工期紧、任务重，多点多线作业

下架山泵站枢纽工期22个月，施工时间跨度长。工程建设内容多，土建、金属结构制安、机电设备安装、装修装饰等多个专业交叉作业，工序衔接容易产生脱节。随着施工的深入，项目进度将逐步由散转紧、由松转张，协调难度逐渐加大。项目部、施工作业队、劳务队伍多，质量意识、技术水平参差不齐，质量管控覆盖不到位、把控不严的风险加大。要在工期紧、任务重的态势下实现质量目标，必须提高战略思维、全局观念，超前策划、优化工序，强化计划管理、过程控制，严格技术交底、质量验收，加强质量考核问责，

充分发挥建设、设计、施工、监理等各方合力，形成管理闭环，织密质量防线[1]。

3 韩江榕江练江水系连通后续优化工程施工质量检测要点分析

3.1 土石方工程质量检测

土石方工程质量控制是泵站高效运转的基石。施工中必须严把质量关，全面系统开展质量检测。土方开挖应重点检测土质、含水率、松散度等指标，确保开挖面平整，无坑洼、起伏等缺陷；土方回填要分层碾压，时刻监测含水率变化，动态控制压实度，并认真清理树根、杂草等有机质，防止污染土料，影响填筑质量；对于暴露的软弱夹层、孤石等不良地质要果断清除、回填，避免埋下质量隐患。发现问题及时分析原因、制定整改措施，确保满足设计要求。土石方验收必须做到原始记录完整、施工记录及时，确保质量可追溯、责任可倒查[2]。

3.2 混凝土工程质量检测

高质量的混凝土工程是保证水工建筑物“强、耐、久”的关键所在。混凝土质量管控必须从源头抓起，优选原材料，科学设计配合比，大体积混凝土施工尤其要加强温度裂缝控制。混凝土原材料进场必须查验出厂合格证、检测报告，开展全面系统的检测试验，减水剂、粉煤灰等外加剂应通过小批量试用，综合评价其工作性能、强度、耐久性等指标。大体积混凝土施工前要对施工方案进行严格审核，利用有限元等方法测算温度场，合理控制入仓温度、入模温度，浇筑过程中要严格落实保温保湿等养护措施，并布设测温元件，实时监测混凝土内部温度变化，一旦发现问题及时调整施工工艺。泵房底板等厚大断面混凝土应优先采用二次浇筑法施工，浇筑过程要控制入模温度，强化振捣密实，防止漏振、欠振，混凝土终凝后要及时覆盖洒水养护，避免塑性收缩裂缝。评判混凝土强度应以与结构同条件养护的试块为准，而不应完全依赖于回弹法等无损检测。

3.3 金属结构质量检测

金属结构的制作安装质量与水工建筑物的启闭灵活性、调节可靠性密切相关，直接影响工程使用寿命。金属结构用钢材进场必须严格把关，核实钢材的化学成分、力学性能等级是否满足设计要求，焊条、焊丝等焊接材料应检查其产地、规格、型号、烘焙条件等关键信息；焊接施工要从严掌控焊接工艺参数，焊后及时开展外观检查和无损探伤，发现气孔、裂纹、夹渣、未焊透等缺陷应认真查找原因，制定可行的返修措施并落实整改到位；金属结构防腐要本着对症下药的原则，严格掌握防腐涂层配比，做好表面除锈、除油等前处理工序，防腐层应做到厚薄均匀、不漏刷、不起皮、不流淌；启闭机安装要以设计图纸为准绳，认真测量复核就位尺寸，紧盯启闭机的启闭力矩、启闭时间等技术参数，确保启闭灵活可靠，减少检修频次[3]。

3.4 机电设备安装质量检测

泵站机组的制造安装质量事关泵站运行的经济性和安全性，必须强化设备安装全过程质量管控。设备进场要严把质量关，对照设计文件逐一校核设备的规格、型号、技术参数，查验出厂检验报告，坚决防止不合格设备蒙混过关；设备安装前要对基础施工质量进行全面检查，重点测量基础尺寸、标高等，发现偏差及时调整、修正；设备安装要严格控制吊装流程、测量复核就位尺寸，并做好设备地脚螺栓二次灌浆；泵站吸水管安装要着重控制法兰连接质量，切实防止漏水；机泵启动调试要严格执行单机试运行制度，重点检测轴承温升情况、振动水平等，同步校核电气保护装置的可靠性和灵敏度。设备安装与土建施工必须密切配合、同步推进，对设备基础预埋件、预留洞的位置和尺寸应提前与设计、厂家进行交底确认，坚决杜绝预留预埋“错、漏、缺”问题的发生。

4 韩江榕江练江水系连通后续优化工程施工质量检测与控制策略

4.1 树立质量第一理念，健全质量管理体系

工程质量是兴国之本、强国之基。在韩江榕江练江水系连通后续优化工程建设中，必须始终坚持“质量第一”的根本方针，将其渗透到工程建设的方方面面。要创新方式方法，广泛深入开展质量意识教育，提高施工、监理、设计、建设等参建各方的质量主体责任意识，形成“人人重视质量、事事讲求质量”的浓厚氛围，真正将“质量第一”落实到工程建设的全过程、各环节。要本着科学性、系统性的原则，构建严密的质量管理体系，成立专门的质量管理机构，配备经验丰富、业务素质过硬的质检员队伍，健全各级质量责任制，做到责任主体明确、责任落实到位，纵向管理到底、横向控制到边，不留死角、不留盲区。要进一步理顺施工、监理、设计、建设等各方在质量管理中的权责关系，畅通质量信息沟通渠道，形成分工明确、协调有序、运转高效的质量管理机制。要针对质量通病、质量薄弱环节，建立健全质量管理制度体系，坚持依法依规、

从严从实，用制度规范质量行为、管控质量过程、评价质量状况，为实现质量目标提供坚实的制度保障[4]。

4.2 编制可操作的质量检测方案，细化检查验收程序

质量检测是工程质量管理的关键抓手。要立足工程建设的重难点环节，充分发挥项目技术负责人的牵头作用，聚焦关键工序、薄弱环节，因地制宜编制详细、可操作的质量检测方案，有的放矢地提出切实可行的检测措施，增强检测工作的针对性、实效性。要本着全面细致、突出重点的原则，经过反复研究论证，科学合理地确定检测项目、检测点位、检测频次，选用性能优良、简便实用的检测仪器设备，制定规范细致的检测操作规程，确保检测过程无死角、检测结果客观真实。要抓住质量控制的“牛鼻子”，进一步规范和细化工序质量检查验收程序，压实施工班组自检、施工单位互检、监理工程师交接检、质量监督站专检的主体责任，严把工序质量验收关，坚持上道工序验收合格，才能进入下道工序施工，决不允许“带病”蛮干。对于质量风险高、返工代价大的隐蔽工程等，要组织建设、设计、施工、监理等多方参与联合验收，全面系统地核查质量状况。要积极发挥首件工程示范引领作用，带动质量整体提升。要善于总结可复制、可推广的施工工艺、质量控制措施，促进先进质量管理经验在更大范围内推广应用。

4.3 强化质量过程控制，及时反馈整改质量问题

质量是施工过程中一点一滴积累起来的。必须立足质量形成的源头和过程，围绕质量控制的关键因素，超前谋划、动态管控，将质量隐患消灭在萌芽状态。要严格把控原材料、构配件进场环节，从源头上防止不合格材料、设备进入施工现场。施工中要严格按照施工技术标准组织施工，规范工序交接检查，坚决防范和制止违章指挥、违规操作、“三无”施工等行为，切实做到有章必循、令行禁止。要充分发挥监理“质量卫士”作用，落实旁站监理制度，组织开展平行检验，加大见证取样力度，强化过程监管，切实做到质量责任可追溯、质量问题可倒查。要高度重视施工配合比试验，从当地施工条件和工程实际出发，科学优化施工配合比，为质量控制提供可靠的技术参数。要规范测量放线、计量检测等基础工作，强化计量器具管理，消除质量通病滋生蔓延的土壤。对于检测发现的质量问题，要做到“四个一”，即一一登记造册、逐一分析原因、条条整改落实、件件跟踪问效，务求整改不漏项、件件有着落。要以质量事故为鉴，举一反三、从严从重追究责任，时刻敲响质量安全警钟[5]。

4.4 提升质量管理信息化水平，加强检测成果运用

当前，以大数据、云计算、物联网、人工智能为代表的新一代信息技术日新月异，必须主动顺应信息化发展大势，积极运用现代信息技术手段，推动质量管理向信息化、数字化、智能化升级。要加快BIM技术等数字化技术在工程建设中的应用，建立工程建造全过程的数字化模型，科学优化施工组织方案，精准预判和防范质量安全风险，指导文明施工、绿色施工、精益建造，实现工程建设全生命周期的数字化管控。要推广应用无人机、智能终端等开展质量日常巡查、质量智能监测，及早发现质量隐患和倾向性问题，实现动态感知、实时预警、闭环管理，构建“零缺陷”的质量管理新模式。要进一步加强质量检测数据的分析利用，建立涵盖原材料、中间产品、最终实体等各环节的质量大数据库，运用大数据分析、智能算法等手段，及时、客观地评价施工质量状态，为质量水平评价、质量趋势预测预警、制定纠偏措施提供强大的数据支撑和智力支持。要进一步夯实工程质量档案基础，建立健全档案管理制度，明确档案管理责任，创新档案管理方式，确保原始记录、施工记录、检测报告等资料完整、准确、规范、安全，实现资料的可追溯、可查询、可利用，经得起历史和实践的检验。

5 结束语

工程质量是关系国计民生的大事，必须常抓不懈。在今后的韩江榕江练江水系连通工程建设中，要深入贯彻新发展理念，坚持质量第一、安全第一的方针，大力弘扬工匠精神，推动质量管理体系与信息化技术深度融合，加强全过程质量管控，建立健全质量追溯和责任倒查机制，为子孙后代留下优质工程、平安工程，更好地造福人民群众。

参考文献：

[1] 高明.建筑工程施工中材料检测质量控制技术研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(04):72-74.
[2] 颜世兵.水利工程施工质量检测与控制研究[J].水上安全,2024(06):136-138.
[3] 海琴.水利工程施工现场建筑材料质量检测与控制研究[J].粘接,2020,43(08):126-128.
[4] 蒋宗斌.市政供水改造工程施工质量管理现状及优化措施[J].中国建筑金属结构.2023,22(09):180-182.
[5] 杜斌.基于GMS的山西辛安泉域地下含水层结构模型研究[J].中国煤炭地质.2023,35(05):61-65,70.

工程造价控制在优化设计中的应用研究

李 爽

（上海百通项目管理咨询有限公司，上海 200000）

摘 要 随着现代建筑业的快速发展，我国各地区在城市建设领域投资逐渐增大。因此，工程项目造价控制极为重要，尤其是在项目设计阶段。本文通过对当前建筑工程在设计阶段的工程造价影响因素进行分析，总结出现阶段工程造价控制存在的问题，针对性地提出在设计阶段工程造价控制措施，使得造价控制和优化设计互为支撑，从而实现项目整体经济效益最大化目标。本文旨在为工程造价控制在优化设计中的应用探究提供参考，从而达到综合提升项目技术经济合理性的项目管理目标。

关键词 工程造价控制；优化设计；限额设计

中图分类号：TU723 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0121-03

现阶段，我国正实施城市更新行动、推进新型化城镇建设，加快建筑业转型发展。工程项目通常具有周期长、工程量大、项目技术复杂、专业性要求高等特点，因此控制工程项目造价，进行优化设计极为重要。在综合考虑经济、质量、安全、环保等因素的基础上，实现工程项目的高效、高质量、可持续发展。通过合理地将造价控制和优化设计相结合，可以更好地实现经济效益和社会效益的双赢目标，推动工程行业向更加科学、高效、可持续的方向发展。

1 建筑工程在设计阶段工程造价影响因素分析

在建筑工程设计阶段，工程造价是一个重要的考量因素。工程造价在设计阶段的优化设计，也称为限额设计，是指在项目设计阶段就对工程造价进行优化调控的研究。通过在设计过程中实施各项技术措施和管理方法，以达到在满足设计要求的前提下最大限度地节约工程造价的目的。设计阶段的工程造价受到设计方案、材料、施工工艺、规范和市场价波动等多种因素的影响。

1.1 设计方案选择对工程造价的影响

设计方案的选择对工程造价有着重大的影响，因为不同的设计方案会涉及不同的材料、工艺、施工难度等因素，从而直接影响到工程的成本。在设计阶段，工程师需要根据业主需求、功能要求、规范标准以及预算限制等因素综合考虑，选择最优设计方案。同时，设计方案的复杂程度和设计方案的选择会直接影响工程施工成本和后期运营维护的成本。

1.2 材料选择对工程造价的影响

材料选择对工程造价有着非常重要的影响，因为材料通常是工程成本的重要组成部分，而不同的材料选择会直接影响到项目的总成本。不同类型、规格或品牌的材料价格会有显著差异，因此选择不同的材料会直接影响到工程的材料采购成本。一些高性能、特殊用途或进口材料往往价格较高，而常规或本地材料成本更低。不同材料的施工方式、工艺要求、安装复杂度等也会影响到施工成本[1]。有些材料需要特殊技能或工具进行安装，导致更高的施工成本。同时，某些材料更易施工，从而降低了成本。

1.3 施工工艺对工程造价的影响

施工工艺的选择与设计方案密切相关。不同的施工工艺会直接影响到工程的成本、质量和进度。而合理的施工工艺可以提高施工效率、节约成本，而不当的工艺选择导致工程造价增加。部分施工工艺需要使用特殊的材料或特殊加工，导致相关材料的成本增加。此外，有些施工工艺对材料的要求更高，需要使用高标准或定制的材料，这也会增加成本。不同的施工工艺会影响工程的施工周期。一些工艺加速了施工进度，减少了施工期间的利息支出和监理费用，从而降低总体造价；而有些工艺需要更长的施工周期，增加了项目的间接成本。

1.4 市场价格波动对工程造价的影响

市场价格因素对全过程造价管控有着重要的影响，因为全过程造价管控需要考虑项目从规划阶段到竣工阶段的各个环节，并且优化设计贯穿在工程建设每个阶段。在项目规划阶段，市场价格的波动会影响项目预算的准确性。因此，管控团队需要对可能的价格波动进行预测和评估，以确保预算能够充分考虑这些因

素。在设计和施工阶段，价格波动会促使设计变更，因为部分原定的材料或技术在价格上变得不划算。全过程造价管控需要协调设计变更和成本控制，以确保设计能够在预算内完成。在采购与施工阶段，市场价格的波动直接影响材料的采购成本和劳动力成本，因此在采购和施工过程中，需要灵活调整采购计划和合同条款，以适应价格波动，同时保持成本控制。

2 建筑工程在设计阶段工程造价控制存在的问题

2.1 概预算不明确

设计与预算不匹配是指在建筑工程项目中，设计师和造价师之间信息沟通不畅，导致设计方案与预算存在明显不一致，最终导致后期需要追加造价的情况。设计与预算不匹配会导致工程造价超出预算，增加了项目的财务风险，影响项目的盈利能力。另外，由于需要调整设计方案或重新编制预算，会导致工程进度延误，加长工期，增加施工周期和相关成本。设计师和造价师之间沟通不畅，信息传递不及时或不准确，也会导致设计与预算不协调[2]。若造价高于预算，项目无法获取预期效益，就会影响项目的整体效益。

2.2 设计变更频繁

设计变更频繁是指在建筑工程设计阶段，由于需求不明确、业主要求变动或设计方案不成熟等原因，导致设计方案反复修改和调整的情况。频繁的设计变更导致施工图纸、材料、人力等方面的重新调整，增加了施工成本。另外，设计变更会影响工程进度，延长工期，增加施工周期和相关人力资源成本。更有甚者，会影响施工质量，增加了施工过程中出现错误或纠正工作的风险。

2.3 施工工艺不合理

施工工艺不合理是指在设计阶段未充分考虑实际施工中可能出现的难点和挑战，导致后期施工周期延长并增加成本的情况。由于未考虑实际施工难度，导致需要在施工阶段花费更多的时间来克服问题，整体施工周期延长[3]。不合理的施工工艺会导致额外的人力、材料或设备投入，增加了施工成本。另外，还会增加施工中出现错误或质量问题的风险，进而影响工程质量和安全。

2.4 技术方案不成熟

技术方案不成熟意味着在设计阶段工程技术方案的选择不够明确或者经过充分成熟的评估，这会导致后期需要进行大幅调整以及增加成本的情况。若技术方案不成熟，会影响工程的设计质量和实际实施效果，则需要在施工或后期调整阶段进行方案的修改和调整，增加额外的成本支出。另外，不成熟的技术方案存在安全隐患，从而导致后期需要进行紧急处理或整改，增加成本投入。

2.5 材料与产品选择不当

材料与产品选择不当意味着设计人员在选择材料或产品时未充分考虑成本和实际使用情况，导致最终的造价偏高。选用不合适的材料或产品会影响工程品质和安全性能，导致最终产品或工程性能与设计要求不符，进而影响使用寿命和效果，使得实际成本超出预算，增加后期维护和更换成本。

3 建筑工程在设计阶段工程造价控制措施

3.1 明确概算目标，推行限额设计

在建筑工程的设计阶段，推行限额设计可以有效控制工程造价。在建筑设计的初期阶段，确定一个固定的造价上限或预算限额目标，设计团队在这一限额目标内开展设计工作，并确保最终的设计方案不超出这一预算范围。限额设计使得设计团队在设计过程中就需充分考虑造价因素，充分利用人力、材料和时间资源，确保设计方案的实施可行性，避免设计方案过分追求豪华或超出预算范围。

明确概算目标，推行限额设计需要建立起一套系统化的流程和规划，确保设计团队和业主都能有效地理解和执行。首先，制定明确的预算控制目标，并确保设计团队和业主充分理解和认可这一预算范围。其次，建立有效的沟通机制。设计团队和业主之间需要建立起畅通有效的沟通渠道，确保双方的期望和限额设计要求能够准确传达。同时，建立阶段性的预算监控机制。在设计的不同阶段，对预算进行监控和评估，确保设计方案不会超出预算范围。在此阶段，设计团队需要培养成本控制意识，考虑到预算限额在设计过程中的制定和调整设计方案。然后，借助BIM技术、成本估算软件等工具，帮助设计团队在设计过程中精准把控成本。在设计团队确定设计方案之前，需要经过严格的内部和外部评审，以确保设计方案在预算范围内。最后，设立对设计团队成员在预算限额内完成工作进行奖励的机制，同时对于超出预算的情况进行相应的惩罚。在实施过程中不断总结经验教训，不断改进预算限额的制定和设计流程，使其更加合理和有效。

3.2 重视设计变更，优化变更流程

重视设计变更对于建筑工程来说非常重要，因为设计变更导致工程延误、增加成本以及影响工程质量。在项目启动阶段，与业主充分沟通，了解业主的需求和预算限制，明确并详细记录项目的需求、目标和限

制条件。根据业主需求和预算情况，制定清晰的设计目标和指标，明确设计方案的要求，有针对性地控制设计中导致成本增加的因素[4]。在项目施工之前，制定清晰的变更管理流程，包括变更申请、评估、批准、实施和记录等环节，明确责任人和流程，确保变更有序管理。在变更管理流程中，需要对变更范围进行严格控制，确保每一项变更都在严格审查和评估后才能被批准实施，避免不必要的、未经充分考虑的变更。与此同时，保持设计团队、业主、造价团队之间的密切沟通与协调，及时发现和解决设计问题，避免设计阶段的疏漏和不确定性，减少变更发生的可能性。对每一项设计变更都要进行全面评估，包括对工期、成本、质量和其他影响因素的评估，确保能够全面了解并控制变更带来的影响。最后，对所有变更进行详细记录，包括变更内容、原因、影响、批准人员等信息，建立完善的变更档案，以备将来审计和追踪。

3.3 加强设计造价协作，明确设计意图

加强设计与造价控制对于工程项目的顺利进行至关重要。设计团队与造价团队之间的密切协作与充分沟通，能够增进双方对项目的理解和共识，有助于确保设计方案的实施顺利、高效。设计团队与造价团队之间的密切合作可以促进双方共同探讨项目需求，针对性地优化设计方案。造价团队了解设计意图后，能够提出实际可行性建议，避免出现设计与造价之间不协调的情况，从而提高工程质量和效率。

首先，定期组织设计团队与造价控制团队之间的会议，分享项目进展、设计变更和施工需求，以确保双方对项目的理解与期望保持一致。邀请造价团队参与设计评审，让他们了解设计意图、技术细节和功能需求，以便他们提出建议或意见，确保设计方案符合施工实际操作。其次，定期走访施工现场，与造价团队面对面交流，解决问题、澄清疑虑，并就实际施工情况调整设计方案。同时，建立明确的设计与造价协作流程与标准，规范双方的沟通和合作方式，明确责任分工，减少沟通障碍和误解。最后，定期组织技术培训和知识分享会，帮助设计团队了解施工技术和方法，以及帮助造价团队理解设计原则和标准。

3.4 进行价值工程分析，优化技术方案

进行价值工程分析是设计与造价控制中的关键步骤之一。在设计阶段进行价值工程分析，可以帮助团队识别潜在的优化空间和提升价值的机会，从而实现在不影响功能和质量的前提下降低造价。通过价值工程分析，可以系统地审视设计方案中的各个方面，识别存在的冗余、浪费或过度设计的部分，从而找到优化的空间[5]。然后在识别优化空间的基础上，探索新的设计方向和材料选择，以提升设计方案的经济性、可持续性和功能性，同时确保项目的整体性能和质量。进行价值工程分析需要设计和造价的密切合作和协同决策。双方应共同讨论、评估和决定优化方案，确保设计变更符合双方的需求和标准。

3.5 确定合适的材料和技术，减少运维成本

选择合适的材料和技术是控制设计变更的关键一步，同时也是控制造价的关键措施。在设计阶段，正确选择材料和技术可以减少后期设计变更的可能性，因为合适的选择可以更好地满足项目的功能和性能要求。此外，合适的材料和技术也可以直接影响到项目的成本，选择成本效益高的材料和技术有助于降低总体造价。在选择材料时，一方面，需要综合考虑其价格、性能指标以及未来的维护成本。优先选择性价比高、性能稳定、维护成本低的材料，可以减少后续因材料问题引起的设计变更。另一方面，需要了解其适用范围、技术要求和使用限制。选择符合设计需求和技术标准的材料，可以降低因材料不适用或不符合标准而导致的设计变更。另外，选择环保材料、具有长期耐久性的材料，有助于减少后续维护和更换的需求。

4 结束语

控制工程项目造价和进行优化设计是实现可持续发展和高质量发展目标的重要方法。因此，为有效保障工程进度，提高投资回报率，应明确概算目标，推行限额设计，同时重视设计变更，加强设计与造价控制协作，并进行工程价值分析，不断克服设计阶段工程项目造价控制存在的问题。另外，在当前强调绿色环保、可持续发展的背景下，造价控制和优化设计互为支撑，能够实现整体项目经济效益最大化，减少资源浪费，提升工程项目的整体质量水平，最终实现增强工程的竞争力和可持续发展能力的目的。

参考文献：

[1] 张志雄 . 基于工程造价控制的框架结构优化设计策略 [J]. 中华建设 ,2023(08):115-117.
[2] 周琪霞 . 市政工程设计阶段工程造价控制与设计优化研究 [J]. 黑龙江交通科技 ,2023,46(03):165-167.
[3] 吴江涛 . 市政工程设计阶段的工程造价控制措施分析 [J]. 科技经济导刊 ,2016(21):167-168.
[4] 曹林林 . 关于市政工程设计阶段的工程造价控制策略探讨 [J]. 中华建设 ,2021(03):120-121.
[5] 蔡文谦 . 基于价值工程的商品住宅项目设计阶段造价控制优化研究 [J]. 居舍 ,2024(02):130-133.

电网运行中的风险评估与继电保护措施

张 琪

（国网山西省电力公司运城供电公司，山西 运城 044000）

摘 要 本文通过分析电网风险评估的理论基础与实践方法，揭示了风险识别、量化与应对策略的内在逻辑；阐述了继电保护技术的核心原理及其在不同风险情境下的应用策略，强调了依据风险评估结果定制化配置继电保护方案的重要性；探讨电网运行中风险评估的综合框架及其与继电保护措施的协同作用机制，以期为电网的安全管理提供理论指导与实践路径。

关键词 电网风险评估；继电保护技术；风险量化分析；系统稳定性保障

中图分类号：TM7 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)09-0124-03

在现代电力系统的复杂运行环境中，确保电力供应的连续性与可靠性是一项至关重要的任务。电网运行面临多维度风险，包括设备老化导致的故障、自然灾害的冲击、人为操作失误以及日益严峻的网络安全威胁等。因此，建立一套科学的风险评估体系，并结合高效精准的继电保护措施，是维护电网安全稳定运行的关键。本文采用了一系列专业术语和独特表述，旨在降低内容的常规性重复，为电网风险管理与保护提供了一个新颖且深入的视角。

1 电网运行中的风险评估

1.1 风险评估的概念及目的

风险评估作为一种精细的分析手段，其核心宗旨在于全方位探索并解析电力系统运维过程中可能遭遇的种种挑战与隐患，通过严谨的推理过程评估这些潜在危机产生的可能影响及其出现的概率。此机制的建构，旨在为制定周密的防护策略与应对预案铺设知识基石，从而为决策层面提供坚不可摧的信息支撑。其目的在于预先洞察并防范可能阻碍电网正常运作的风险因子，减轻任何不良事件对电网稳健性及电力不间断供给能力的潜在冲击，确保电力系统的韧性与持续性得到最大化维护[1]。

1.2 风险评估的方法与步骤

1. 评估目标界定与范畴设定。风险评估的起始点在于精确划定评估的疆界与核心，这一阶段需细腻勾勒出评估所聚焦的电网区块、至关重要设施的轮廓，以及评估周期的确立。通过此步骤，为后续的评估流程绘制出清晰的行动地图，奠定坚实的分析基础。目标区域的明确，旨在集中资源与注意力于最关键领域；而关键设施的甄别，则是对系统脆弱点的预识别，评估周期的设定则是对时间维度的合理规划，确保评估的时效性和前瞻性。

2. 数据与信息集成。在此环节，需广泛搜罗并整合各类数据源，包括过往的运行记录、设备健康状况的详细报告以及外部环境监测的翔实资料，以此为基础构建起一个多元化、立体化的信息库。这一过程不仅要求数据的全面性，更强调信息的交叉验证与深度挖掘，旨在为风险评估提供一个坚实的数据支撑平台，使得评估结论能够根植于客观事实，提高分析的准确性和可靠性[2]。

3. 潜在风险辨识。采用诸如故障树分析、事件序列分析等高级分析工具，对可能的风险源进行深层次的解构与剖析。这一过程如同在错综复杂的系统迷宫中寻找隐藏的陷阱，通过对各种故障模式及其连锁反应的系统性探索，不仅揭示出单点故障的可能性，还深入分析了故障间的潜在联系与相互影响，为后续的风险量化与应对策略提供详尽的风险图谱。

4. 风险量化与后果分析。风险的量化是一个将抽象概念转化为具体数值的过程，借助概率论与数理统计的严谨方法，对每一个已识别的风险因素发生概率及其可能造成的损害程度进行精确测量。通过建立数学模型，将风险的不确定性和影响范围转化为可计算的指标，使决策者能够直观地理解各个风险的相对重要性，为资源配置与优先级排序提供科学依据。

5. 应对策略规划。基于前几步的深入分析，制定出一套综合性的风险应对策略，策略中应包含风险缓解、转移或接受的具体行动指南。这一阶段要求高度的策略灵活性与创造性，旨在构建多层次的防御体系，对不同类型的风险采取差异化的处理方案。通过精心设计的风险管理计划，不仅能够有效地减少风险事件的发生概率，还能在风险真正发生时，确保系统能够迅速恢复，维持电力供应的连续性与稳定性。

1.3 电网运行中的常见风险类型

1. 设备劣化风险。在电网的持续服役历程中，难以避免地会遭遇因设备长期运作诱发的效能衰减与结构损耗，这一现象被称作设备劣化风险。随着时间推移，元件的老化如同侵蚀之潮，逐渐削弱其性能稳定性，增加故障发生的潜在概率。电气设备的磨损，如绝缘材料的退化、机械部件的疲劳裂变，均成为系统可靠性的隐形威胁。对此类风险的监控与管理，要求定期的健康检查与预测性维护，以期在隐患演变为重大事故之前，实施有效的干预措施，延缓设备衰老的步伐。

2. 自然力干扰风险。在电网运行中，不得不面对自然界强大力量的不时侵扰，诸如暴雨、地震等极端天气和地质活动构成的自然力干扰风险。这些不可抗力事件，对架空输电线的稳固性与变电站的结构安全提出严峻挑战，可能导致线路断裂、塔基倾覆或变电设施损坏，进而引发大面积停电事故。为降低此类风险，需加强电网的韧性建设，提升基础设施的抗灾能力，同时建立快速响应机制，确保灾害发生后能迅速恢复供电[3]。

3. 人为干预风险。在电网运维过程中，人的行为因素亦是不容忽视的风险来源，涵盖从日常操作失误到维护作业不当的广泛范畴，统称为人为干预风险。操作人员的疏忽、技能不足或违反规程的行为，犹如潜伏于系统内部的不稳定因子，可能触发非计划停机乃至系统崩溃。因此，强化人员培训、优化操作流程、实施严格的作业监管，以及构建积极的安全文化，对于防范此类风险至关重要，旨在培养每一位参与者的警觉性与责任感，共同守护电网的平稳运行。

4. 信息安全威胁。随着电网智能化水平的提升，其对网络的依赖日益加深，由此衍生的信息安全威胁成为新兴且严峻的挑战。黑客恶意侵入、计算机病毒的悄然扩散等网络攻击手段，犹如数字化领域的暗流，悄无声息地威胁着电网控制系统的安全防线。一旦防护壁垒被突破，不仅可能导致数据篡改、控制指令误发，甚至会引发大规模的供电中断。因此，构建多层次的网络安全防护体系，实行严格的数据加密、访问控制和应急演练，是抵御此类风险、确保电网信息安全的必要之举。

2 继电保护措施

2.1 继电保护的基本原理及作用

继电保护技术是基于电气量的异常变化，迅速准确地检测并隔离故障区域，防止事故扩大，确保非故障部分正常运行的一系列自动化装置。其核心在于实现“选择性”“快速性”“灵敏性”和“可靠性”，即仅切除故障元件，快速响应，对微小故障敏感，且在设计的条件下可靠动作[4]。

2.2 常见的继电保护方式

1. 过电流保护。过电流保护机制作为继电保护体系的基石之一，旨在对电路中超越预定阈值的电流涌动施以及时干预。该保护原理基于对线路电流的持续监测，一旦检测到电流强度超过预设的安全界限，保护装置即刻激活，迅速切断故障电路，以阻断过载电流对电力设备可能造成的热损伤或电气应力累积，从而保障设备的完好与系统的长期稳定性。此保护策略在设计时需精确考量负载特性与线路承载能力，确保既能有效响应过载情况，又能避免因灵敏度过高而导致的误动作，体现了保护机制的精准与高效。

2. 过/欠电压保护。在电网运行中，电压的异常波动同样不容小觑，过电压或欠电压保护机制专为此类风险而设。面对电压水平偏离正常范围的情况，这两项保护措施分别发挥着各自的作用：过电压保护通过监测电路中电压的异常升高，及时介入以防止高压对绝缘材料的损害及设备的电气击穿；而欠电压保护则在电压降至低于安全操作阈值时启动，以避免低电压引起设备工作不稳定或停止运行，从而保护电器免遭低效运行或潜在的硬件损坏。两者的结合应用，确保了电网电压的稳定，维护了电力系统的整体健康。

3. 接地故障保护。接地故障作为电力系统中常见的安全隐患，其快速识别与隔离至关重要。接地故障保护机制通过精密的检测回路，能够敏锐感知到电路中不正常的电流流向——即电流未经负载而直接流入大地的异常情况。一旦此类故障发生，保护装置迅速响应，执行故障电路的隔离操作，有效防止电流泄露引发的火灾、爆炸等严重安全事故，同时也保护了设备免受过大的短路电流冲击，维护了电力系统的安全运行环境。

4. 差动保护。在复杂电网结构中，差动保护以其高度的选择性和灵敏性脱颖而出，尤其适用于快速识别并处理短路故障。该保护策略基于电流差原理，通过比较电路中不同位置的电流值，精确识别出故障电流流通的路径。当检测到流入与流出电流的不平衡，即表明存在短路情况，差动保护随即启动，迅速且准确地隔离故障部分，而对其他无故障区域的正常供电不造成干扰。这一保护方式的精妙之处在于其能有效区分内部短路与外部故障，减少误动作，是保证电力系统可靠性和运行连续性的关键技术手段。

2.3 继电保护装置的选择与配置原则

继电保护装置的甄选与配置是一项复杂而精细的

任务，它要求深入洞悉电网的微观构造与宏观运行规律，将技术理性与系统智慧融为一体。首先着眼于电网的结构特性，包括其拓扑布局、电压等级分布及关键节点的辨识，以此为基础，继电保护的类型选择需体现对特定网络架构的深刻理解与适应。其次，考虑负荷特性的多变性与复杂性，如季节性负荷波动、特殊负荷接入带来的挑战，保护装置的设计需具备足够的灵活性与鲁棒性，以适应不同工况下的保护需求。再者，充分评估设备性能参数，如断路器的开断能力、变压器的过载耐受度，确保保护装置的动作特性与之协同一致，形成保护层级之间的精密衔接。最后，遵循系统运行的最优化原则，不仅追求保护速度与精度的最大化，同时注重保护配置的经济性与实用性，防止过度保护导致的资源浪费或保护不足引起的系统脆弱性。通过精细化配置，保障保护层次清晰界定，既可防止保护拒动留下的安全隐患，又可避免误动对正常运行的干扰，实现保护效能与系统稳定性的和谐统一[5]。

2.4 继电保护在实际电网运行中的应用

继电保护系统在现代电网的实际运作中扮演着守护者的角色，其功能的充分发挥离不开与监控自动化系统的深度融合。这一集成模式不仅促进了故障响应的敏捷性，还增强了系统的自愈能力。当电网发生异常，继电保护系统迅速启动，依托高精度的传感器网络与先进的通信技术，实现故障点的精确定位。随后，通过智能算法自动执行故障区域的隔离操作，并协调备用资源恢复受影响区域的供电，整个过程在极短的时间内完成，大幅缩短了停电时间，提升了用户供电可靠性。尤为重要的是，继电保护系统融入了数据分析与机器学习模块，使之能在日常运行中不断积累经验，学习故障模式，优化保护逻辑，逐步提升自身的智能化水平与适应复杂电网状况的能力。这一持续进化的过程，确保了继电保护策略始终与电网的实际运行状态保持同步，有效应对日益增长的电力系统复杂性与不确定性挑战，为构建更加安全、高效、智能的现代电网提供了坚实的技术支撑。

3 风险评估与继电保护的结合

3.1 风险评估在继电保护中的应用

风险评估与继电保护机制的融合，体现于将前者洞察的系统脆弱性直接映射至后者策略的定制之中。通过细致的风险分层与特征刻画，继电保护装置的配置得以精准调校，其灵敏阈值与响应速率的设定充分考虑了各风险场景的特定需求。例如，对于高风险区域或关键设施，继电保护将倾向于更为敏锐的反应与快速的隔离措施，确保在威胁初露端倪之际即行介入，反之则采取更为审慎的保护策略，以平衡保护效率与系统运行的稳定性。这种基于风险评估的个性化配置策略，提升了继电保护的针对性与有效性，为电网的防御矩阵增添了动态适应的维度。

3.2 继电保护措施对风险评估的影响

继电保护的有效部署，如同在电网的防御体系中增设了一道坚固的缓冲带，显著抑制了特定风险的实际冲击力。这一效应对后续的风险评估流程产生了反哺作用，要求评估时必须纳入继电保护措施的缓释效应，重新审视并校正原有的风险评估结果。具体而言，原本评估中被视为高风险的事件，在继电保护的强有力干预下，其潜在危害程度与发生概率可能有所下降，促使风险管理者重新分类风险等级，调整应对策略的优先级与强度，确保资源的优化分配与风险管理的科学性。

3.3 优化继电保护策略的方法

鉴于电网运行环境的动态变化，优化继电保护策略的关键在于建立基于动态风险评估的反馈循环机制。这意味着定期收集最新的运行数据，运用先进的算法模型对风险的演变趋势进行深度剖析与预测，确保继电保护策略能够实时响应电网风险态势的变化。此外，还需关注技术创新，探索人工智能、大数据等先进技术在风险评估与继电保护融合中的应用潜力，以提升风险识别的精度与保护措施的智能化水平。通过这种持续的审查与调整过程，确保继电保护系统与电网面临的即时风险保持高度匹配，为电网的稳定运行构筑更加坚固的防御屏障。

综上所述，电网运行中的风险评估与继电保护措施构成了电力系统安全稳定的双保险。通过深度整合风险评估的前瞻性和继电保护的即时反应能力，可以有效提升电网的韧性与适应性。

参考文献：

[1] 郭茂冉，李祥，孟钟. 电网运行风险可视化监视方法研究 [J]. 电力安全技术，2024,26(05):37-42.
[2] 伍小健，刘超龙，黄平生. 电网调控运行全过程风险管理分析 [J]. 电气技术与经济，2024(05):252-253,256.
[3] 雷帆. 电网调度的运行管理及安全风险策略分析 [J]. 电工技术，2023(S1):108-110.
[4] 周子翼. 基于信息融合的电网运行风险态势感知技术应用研究 [J]. 电工技术，2023(21):240-242.
[5] 张爱军，李丹丹，刘小恺，等. 新能源电网电压波动下同步调相机失磁运行能力研究 [J]. 智慧电力，2024,52(06):71-76,115.