科海故事博览

KEHAI GUSHI BOLAN

（旬刊·1993 年创刊）

2024 年 8 月 第 24 期（总第 577 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 8 月 25 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　双碳背景下无线充电路面设计及研究 ……黄沐阳

004　搬运机器人抓取末端控制系统设计分析 ……朱宏武

007　门座起重机机房围板底部防腐蚀设计探究 ……郝　超

010　变电站电力设备声纹振动在线监测技术研究 ……顾　飞，周　青

013　基于网络爬虫的跨平台商品比价系统设计与实现 ……张芷悠，侯卓轩，毕晓琳

智能科技

016　智慧矿山机电设备检测中的 AI 技术应用 ……唐　睿

019　起重机械安全监控管理系统的检验难点 ……郭　启

022　智能技术在电力设备智能运检中的应用分析 ……韩　霞，李　静，王　锐，吴文丽，张　鑫

025　物探检测在水库大坝防渗加固效果检测中的应用 ……龚　术

028　基于 5G 技术的发电厂基建智慧工地安全监管系统分析 ……段长江

031　内容分发网络技术在高校网络安全防护中的应用研究 ……李大盼

工业技术

034　道路路面工程改性沥青 SMA 技术探析 ……谢　琛

037　高速公路软基地段高填方路基施工技术 ……杜　攀

040　给排水工程中非开挖技术的实践应用 ……毕志丁

043　基桩检测技术在建筑工程中的应用探析 ……戴林东

目录 Contents

046 防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用 ..... 杨永炜
049 土建基础施工中的深基坑支护施工技术分析 ..... 乔燕峰
052 橡胶沥青混凝土施工技术在道路路面改造工程中的应用 ..... 何燕琼

科创产业

055 公路工程项目造价全面管理方法探析 ..... 朱权华
058 建筑工程造价的动态管理控制策略研究 ..... 赵文胜
061 我国电网工程造价管理模式的发展与完善 ..... 崔　翔
064 不动产登记数据整合关键技术优化研究 ..... 蓝　劲
067 产学研合作推进专利转化运用的关键点分析 ..... 林业伟，钟路遥
070 循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展影响研究 ..... 陈立宝，李元鑫，徐大为

管理科学

073 公路路基施工工艺与精细化质量控制 ..... 庞　博
076 电力企业人力资源管理大数据及其应用分析 ..... 毛　宁
079 高速公路路面施工技术要点分析及质量控制 ..... 张力维
082 高速公路沥青路面施工质量控制与耐久性分析 ..... 张　伟
085 水利水电工程施工质量影响因素及控制措施研究 ..... 李　烨，陈永明
088 山区高速公路隧道施工安全管理的问题及对策研究 ..... 寇　洪

科教文化

091 CoMP 中的波束赋形专利技术综述 ..... 马　娟
094 高等职业教育产教融合协同机制探析 ..... 林　琳
097 根据发明构思拟定全要素检索后的检索策略 ..... 黎汉杰
100 市政给排水管线设计的优化措施 ..... 程锦波
103 海绵型城市发展视域下市政给排水设计要点探讨 ..... 马草原
106 “技术偏见”和“反向教导”在专利创造性审查中的理解与判断 ..... 苏文涛

科学论坛

109 高层建筑主体结构施工技术研究 ..... 吴祖南
112 农村水环境污染控制及治理技术探讨 ..... 江　莉
115 高端智能装备重型钢结构车间安装施工技术研究 ..... 程容琴
118 混凝土现浇施工技术在通用码头建设中的应用研究 ..... 袁　臣，沈陈亮
121 高速公路沥青混凝土桥面铺装指标控制及病害原因分析 ..... 曾朝根
124 莲阳河特大桥涉及堤防岸坡防治与补救工程施工技术措施研究 ..... 马荣和

双碳背景下无线充电路面设计及研究

黄沐阳

（广东省建筑设计研究院有限公司，广东 广州 510010）

摘　要　为积极响应国家双碳战略，推动绿色交通发展，促进市政无线充电路面的推广和应用，本文从无线充电路面的类型和组成部分切入，介绍了其工作原理，系统地剖析了当前无线充电路面技术存在的问题及影响因素，并结合无线充电路面实际发展情况，从无线充电路面设计层面的技术方面和社会经济政策上的非技术方面提出了促进无线充电路面发展的措施，旨在为促进无线充电路面的设计和产业化应用提供借鉴。

关键词　无线充电路面；路面材料；路面结构；路面设计

中图分类号：U416　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0001-03

在双碳背景下，为了逐步提高道路交通领域的可持续性，随着智能交通系统的发展以及新能源电动汽车的普及，推动绿色交通快速发展[1]，实现路面与电动汽车能量和信息交互成为未来发展的趋势。但因为电池因素的影响，价格和续航焦虑是制约电动新能源车发展的重要因素，因此国家对固定充电桩进行了大力的开发与建设，但固定的充电桩与生俱来的短板，无法从根源上解决续航焦虑问题。为了能够实现电动汽车即停即充，边跑边充，充分响应国家新能源战略，无线充电路面技术便成为一种满足未来交通需求的创新解决方案。因此，本文以无线充电路面技术作为切入点，系统地分析了当前无线充电路面技术存在的问题、影响因素，以及提供一些促进无线充电路面发展的思路措施，以期使道路真正成为智能交通的空间载体、能源和信息交互平台，为相关设计人员对无线充电路面的设计提供实践参考。

1　无线充电路面类型

充电路面被定义为一种交通基础设施，能够利用特定的传导式或非接触式充电系统，在静止甚至运动状态下为电动汽车高效充电。根据充电路面的特点，它可作为普通道路供车辆行驶，同时也为电动汽车提供电力。它的工作原理如图1所示，基于法拉第电磁感应定律，在原有的路面结构中嵌入一个充电模块，路面中的充电模块充当一个原线圈，电动汽车中集成一个充电模块，充当一个副线圈，利用动态无线充电技术，实现电—磁—电的转换。首先，将城市周边电网的低频交流电进行整流逆变，使之成为高频交流电，高频交流电进入原线圈，在原线圈和副线圈之间进行电感耦合谐振，通过高频磁场，电能以一个较高的效率从路面充电模块传输至汽车充电模块，然后通过汽车上的原件进行整流、滤波、变压的一系列处理后，成功为汽车中的电池进行充电，实现为行进中的电动汽车持续供电的效果[2]。

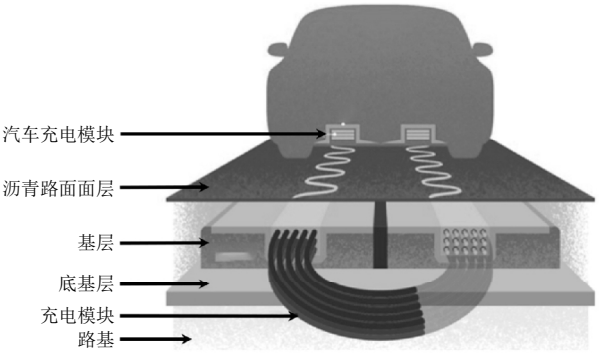


图1　无线充电路面结构示意图

根据供电和电能传输形式的不同，充电路面可分为两大类[3]。第一类是接触式充电路面，利用诸如在路边设置电线或在路面中敷设电缆的导电轨道等供电装置，将电能持续地传递给电动汽车，为其提供动力。该类充电路面是以德国的受电弓技术和瑞典的导电轨技术等形式实现的。接触式充电路面存在养护成本较高，维护不易，对道路破坏较大，建造使用成本高等一系列问题，制约了其进一步发展。第二类是非接触式充电路面，通过无线充电技术，以非接触的方式为行驶中的电动车提供实时的电能供给，使电动车少搭载甚至无需搭载电池组、延长续航里程、提高电能补给的便捷性和安全性，为电动汽车进行电能传输。根据电能的传输方式不同，非接触式充电路面又可细分为三种。第一种是电磁感应式充电路面，在该无线充电路面系统中，在路面中预埋供电发射端，车辆上配备接收端，当电动汽车在该道路行驶时，路面预埋供

电发射端会与车辆上配备的接收端产生磁谐振耦合，通过电感功率传输，从而实现电能的无线传输。第二种是利用高频电场进行电力传输的电容式无线充电路面，使用特殊材质制成电容耦合器，一个电容耦合器设置在路面结构中起到发射器的作用，另一个电容耦合器固定在车辆内作为接收器，提供从发射器到接收器端的功率流，并在该无线充电路面系统中设置补偿电路，增加两电容耦合器的电压，进而进行功率传输。第三种是通过微波进行无线电能传输，被称为辐射式无线充电路面，它以特点频率范围内的电磁波作为传输能量的平台，无需依靠其他物质作为传导材料来进行电能传递。该路面系统主要由微波功率源、天线和整流滤波电路三个部分组成[4]。

电磁感应式充电路面因其先天优势，通过电磁感应原理进行工作，其能量传输距离、效率及传输功率优势明显，且充电装置嵌入路面结构层内，不占用过多空间且无外露物理接口，具有使用方便、维护成本低、安全系数高、用户体验极佳等巨大优点。然而，电磁感应式充电路面建设成本较高，且由于线圈造成的能量损失较大，存在电磁泄漏风险，因此出现了成本更低的高功率电容式功率传输。电容式无线充电技术传输功率较高，但传输效率会随电容板间距的增加而迅速降低，并且其极板会占用相当一部分用地空间，这使得电容式无线充电路面的耦合机构与传输效率的匹配性仍需深入研究。辐射式无线充电路面通过电磁波的传导，能实现长距离的能量传输，其传输精度也高，但相对于电磁感应式充电路面而言，辐射式无线充电路面的功率、充电效率均较低。

2 无线充电路面存在的问题

无线充电路面作为一种新型的交通基础设施，在具有诸多优点的同时，也存在着许多潜在的挑战，为更好地应用无线充电路面，对其存在的一系列问题进行分析是有必要的。

2.1 路面材料对能量传输效率的影响

为确保无线充电路面设计满足耐久性和使用寿命要求，同时具备为汽车进行充电的功能。首先需要考虑的便是无线充电路面的材料性能，路面材料是路面能够正常使用的基础。对于无线充电路面，路面材料大致可分为两部分，一部分是传统常用的铺面材料，如沥青混凝土、水泥混凝土等，第二部分是集成于路面结构层中的如线圈、充电板等的电子元件。

对于传统铺面材料部分，作为空气中不同电磁特性的传递介质，它会对无线充电系统进行电能传输过程产生影响。一方面，铺面材料可以增强电感。铺层材料具有不可忽略的磁化特性，可磁化并改变空间磁导率使得发射端和接收端的谐振频率不匹配，导致谐振状态不稳定或效率降低。另一方面，铺面材料会降低耦合系数。当铺面材料试样位于发射端和接收端之间时，耦合系数会降低。路面层可被视为一个有限大小的磁板，与无线充电路面一起平均覆盖在每个发射端上。耦合系数的降低是由于“屏蔽”的影响，路面层本身可以诱导并产生磁场，初级线圈产生的磁通在穿过路面材料层时留下一部分，这部分磁通将与路面材料层耦合，产生一个类似于“屏蔽”的闭合磁路，从而对无线功率传输效率产生影响。

对于集成于路面结构层中充当发射端的电子元件，其在路面中的布置形式、排布方式，以及与接收端的距离方面，都会对能量传输效率产生影响。

2.2 路面结构对路面稳定耐久性的影响

要建设无线充电路面，需要将诸如发射器（线圈、铁氧体磁芯）及其他控制和传感器等设施集成到路面中。这种集成不能影响单个组件的性能，因此不仅需要保护易损坏的电子元件，保证道路的结构稳定性本身也同样重要。如果无线充电路面在使用周期内受到损坏，其无线充电系统将无法正常工作，导致无线充电路面整体功能失灵，无法为电动汽车充电，甚至无法支持正常运行。因此，保障无线充电路面的长期良好性能对于整个系统的经济、社会和环境效益最大化至关重要。

无线充电路面不可避免地要将充电模块嵌入路面中，无论是沥青路面还是水泥路面。因此，铺面材料和电子元件之间界面区的强度和刚度，对无线充电路面的性能起着重要作用，两个路面层之间失去界面黏结可能会导致滑移等重大问题。如果电子元件周围的界面区强度不足或因永久或瞬时变形而破坏，无线充电路面系统将无法充分发挥作用。铺面材料和相邻的电子元件的不良性能会导致路面的外部和内部产生较大的应力和应变，从而缩短路面和电子元件的使用寿命。系统结构稳定性的降低会增加维护成本，降低道路的适用性，并对行驶质量和资产寿命产生不利影响。

此外，无线充电路面还会受到诸如交通的反复负荷、气候引起的路面内部热收缩和膨胀、冬季的冰冻和霜冻以及春季解冻时的湿气流动。充电设施，尤其是脆弱的充电装置，极易受到这些外部因素影响而受到损坏。在无线充电路面运行过程中，由于电子元件在运行过程中向周围铺面材料传递热量，路面中的温度会升高，这极可能在车辆荷载下出现界面剪切破坏，

尤其是在长时间运行的大功率固定充电条件下。

2.3 路面设计对环境可持续性的影响

无线充电路面是实现交通领域电气化并最终实现去碳化的一个可行解决方案。然而，无线充电路面因其路面材料、路面结构均与传统的路面存在显著的差异，也会导致其施工工艺流程、管养方式均会不同，而上述方面对环境的影响程度与传统路面相比仍无法评估，关于充电基础设施的详细生命周期评估（LCA）尚属空白。总而言之，无线充电路面的引入有助于推动电动汽车进入市场，但其真正的环境效益仍鲜为人知，而且预计不会立即实现。为了给无线充电路面基础设施提供重要的决策支持，实现提高环境可持续性的目标，必须对无线充电路面基础设施进行综合生命周期评估。

3 促进无线充电路面发展的措施

针对无线充电路面目前存在的一系列问题，本章节从技术方面和非技术方面提出相应的改进措施，以便为实际操作应用做出改进。

3.1 设计层面的技术措施

针对路面材料对无线充电路面能量传输效率造成的影响，一方面，可从将不同排布方式的发射线圈采用不同间距进行设计，综合考虑嵌在路面内的发射端的布置方式；另一方面，探究铺面材料磁化影响规律，优化路面材料设计，调整路面材料配比，使铺面材料与电子元件之间热学性能匹配，减少无线充电路面内部热量聚集，并可设计开发高强、绝缘、防水铺装路面材料，不仅具有很好的路用耐候性，同时还是强绝缘的防水性材料，进一步完善防水处理。

针对路面结构对无线充电路面稳定性及耐久性造成的影响，可通过以下途径进行改进。首先，通过小尺度的室内试验，采用数值模拟结合实验验证的方法，建立有效的无线充电路面稳定性及耐久性评价平台，为实际的无线充电路面建设提供参考指引。其次，可以参考长寿命道路的设计思路，电子元件最好埋设在路面表层，而不是结构层、基层或底基层。原因是结构层的保护对于路面来说是非常重要的，如果结构层失效，就必须采取昂贵的修复或重建措施。同时，考虑各种措施尽可能将电子元件与铺面材料之间的模量差距减小，抑制应力集中的问题出现。最后，考虑在不连续界面上使用不同的封闭连接和层间材料，这些界面材料不仅可以释放高应力或应变，延缓潜在的开裂或脱粘破坏，还能使得电子元件与铺面材料之间填充更加充分，增加结构的整体性。

3.2 社会经济法律环境层面的非技术措施

无线充电路面的推广，不仅需要解决技术方面的问题，对于社会、经济、法律、环境等现实因素也可推动无线充电路面的发展。在政策支持方面，国家已出台相关文件，如《2030年前碳达峰行动方案》[5]中提到的推动运输工具装备低碳转型、加快绿色交通基础设施建设，加快形成绿色低碳运输方式。因此，国家应加大力度对相关的法律法规、规范标准等进行制定完善，促进无线充电路面的应用。在市场导向方面，政府要完善资金筹措渠道，降低投资风险，专项资金向相关产业倾斜，进行宏观调控，企业要开拓创新，加大对相关产业的资金投入，提供优质服务。在用户消费方面，人们可持续关注相关行业发展，树立绿色低碳出行的观念，支持相关的产品，进一步促进无线充电路面的应用落地。

4 结束语

随着国家对可持续绿色发展提出更高的要求标准，新能源汽车越来越受到社会的推崇，对无线充电路面的需求也在逐渐增加，同时对其的深入研究，使得无线充电路面技术具有较好的技术储备程度。本文在详细介绍无线充电路面的类型、工作原理和组成部分的基础上，梳理了无线充电路面技术中，路面材料对能量传输效率的影响，路面结构对路面稳定耐久性的影响，路面设计对环境可持续性的影响。针对上述面临的问题，提出了相对应的促进无线充电路面发展的措施。总而言之，无线充电路面设计涉及跨学科领域，应从多专业、多角度进行充分设计研究，为建成无线充电路面交通智能基础设施打下扎实的基础。

参考文献：

[1] 朱沛林,王恒,马华清,等.浙江省绿色交通标准体系研究[J].交通科技与管理,2023,04(18):186-188.

[2] 李峰,孙轩,朱兴一,等.路面材料磁化对无线电能传输的能量损失效应研究[J].中国公路学报,2021,34(03):71-79.

[3] 马涛,裴耀文,陈丰,等.感应充电路面技术研究现状与展望[J].中国公路学报,2022,35(07):36-54.

[4] 张硕杰,牛国玺,王梓旭,等.无线充电道路电能传输与设施部署方法综述[J].交通科技与经济,2023,25(05):46-52.

[5] 中华人民共和国国务院.国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知（国发[2021]23号）[EB/OL].（2021-10-24）[2022-04-26].http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content 5644984.htm.

搬运机器人抓取末端控制系统设计分析

朱宏武

（广东嘉腾机器人自动化有限公司，广东 佛山 528300）

摘　要　文章提出了一种搬运机器人抓取末端控制系统的设计方案，在简单说明该控制系统的总体框架设计内容的基础上，从系统的硬件部分以及软件部分这两方面入手，对该搬运机器人抓取末端控制系统的具体设计方案进行了探讨，提出了基于匀速抓取阶段、反馈减速阶段以及应力松弛阶段的不同控制算法，确保系统在运行期间可以控制搬运机器人、抓取末端执行器完成对货物的精准抓取，并降低货物损失。

关键词　搬运机器人；抓取末端执行器；抓取末端控制系统；传感器

中图分类号：TP24　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0004-03

现阶段，搬运机器人的开发与应用，促使物流企业可以在无人操作的情况下完成24小时不间断的系统化搬运任务，运行成本随之下降。然而，一些大型货物搬运机器人难以适应多元化的货物搬运作业要求。为确保搬运机器人可以高质量完成对小型获取的精准、高效、无损搬运，开发设计一种搬运机器人抓取末端控制系统极为必要。

1　搬运机器人抓取末端控制系统的总体框架设计

本研究所设定的搬运机器人抓取末端控制系统总体框架如图1所示。整个系统可以划分为两部分，即硬件部分、软件部分。其中，本系统的硬件部分主要由主控制器、货物位置感知器、驱动控制器以及抓取末端压力传感器等结构所组成；本系统的软件部分重点包含抓取末端的控制算法，具体有匀速抓取阶段控制算法、反馈减速阶段控制算法、应力松弛阶段控制算法。

搬运机器人抓取末端控制系统的实际运行期间，需要依托对货物位置感知器的应用，促使搬运机器人能够大致确定出货物的空间位置，并在主控制器、驱动控制器的作用下，让末端执行器移动到相应位置；抓取末端压力传感器对货物是否存在于末端执行器抓取范围内以及所需抓取力度大小进行判断，以此完成自适应货物的抓取与搬运。

2　搬运机器人抓取末端控制系统的具体设计方案与实现

2.1　系统的硬件部分设计

2.1.1　主控制器

在该控制系统中，主控制器主要承担着对搬运机器人以及抓取末端执行器运动方向进行控制的任务，切实参考搬运货物的空间信息，完成移动方向的自动、合理设定，实现对障碍物的躲避，避免发生碰撞问题。在投放的主控制器内，设置了28个I/O端口，主要承担着对抓取末端压力传感器、货物位置感知器、驱动控制器所反馈的数据信息进行统筹管理与分析的任务；设置了16bit定时器（2个），以此保证搬运机器人可以在静止状态、移动状态下均维持姿态的平稳；设置

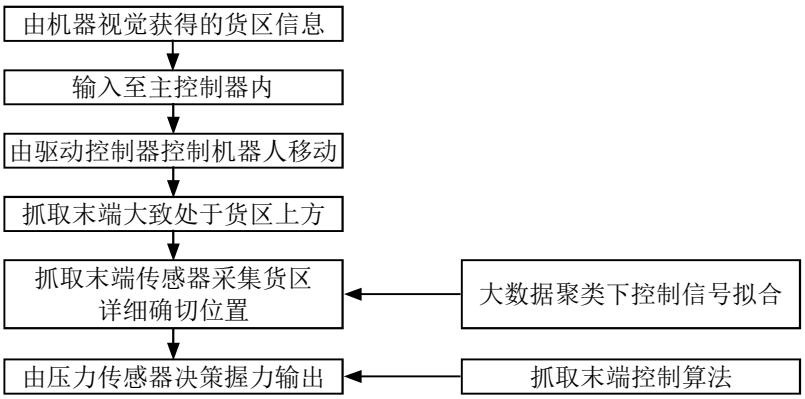


图1　系统总体框架设计图

了 USART 通信接口（3 个），主要承担着对极其视觉数据、抓取末端执行器运行数据进行集成管理的任务；设置了 STM32F 核心控制芯片，由于其所具备的信息数据处理能力保持在偏高水平，因此可以控制搬运机器人同时完成货物的抓取搬运、避障移动等操作。同时，STM32F 核心控制芯片支持外部 USB 扩展，为后续控制系统的升级、维护工作的便捷展开提供有力支持；内部原件丰富且集成性高，实际运行中所产生的能耗偏低，应用优势明显。

2.1.2 驱动控制器

对于主控制器而言，其在实际运行期间主要依托对机器视觉的应用，完成对不存在障碍物遮挡的货物搬运线路的单纯规划设计，而无法实现对抓取末端执行器动作的直接驱动，促使抓取末端执行器能够达到指定位置。基于这样的情况，为确保抓取末端执行器能够迅速、精准执行来源于主控制器发出的指令，主要在该系统内引入了驱动控制器，结合对直流电机大马力扭矩的应用，促使抓取末端执行器可以平稳运行。实践中，在机身两侧分别加设一个电机，并保证电机分别对货物搬运期间的抓取末端执行器移动方向、移动速度进行独立控制。

引入桥型的内置电路，在实现对电机运行状态进行检测与控制的基础上，在三极管的支持下完成对电机翻转的控制。此期间，所设置的 2 个电机中，存在任意一个电机发生运行故障问题，PWM 脉冲也会产生相应波动，控制电机速度的平稳性。投放双路驱动设备（DBH-03 型），保证抓取末端执行器可以在不同速度的条件下始终保持在平稳移动的水平；内置光耦离合器，避免货物搬运环境内所存在的其他获取对搬运机器人、抓取末端执行器的移动与运行会产生干扰，同时确保短距离制动的有效性提升。将极限电压设定在 22 V；将固定电压设定在 8 ～ 18 V。

2.1.3 货物位置感知器

在抓取末端执行器与货物之间实际所具有的距离达到低于 30 cm 的状态下时，主控制器所拥有的机器视觉难以实现对抓取末端执行器与货物之间距离大小的准确感知[1]。基于这样的情况，为确保抓取末端执行器能够精准抓取货物，主要在该控制系统内引入了货物位置感知器，即集成锁相环路解码器 LM567 以及红外扫描装置等，保证能够迅速向主控制程序传递货物的精准位置信息。

在抓取末端执行器的边缘位置设置红外发光管的发射端、接收端，在货物尚未进入抓取末端执行器的内部时，红外线输出端所发出的信号能够正常被接收端所接收，此时输出端为低电平，主控制器继续驱动抓取末端执行器实施对货物的抓取作业。在货物进入到抓取末端执行器的内部后，受到货物遮挡的影响，红外线输出端所发出的信号无法正常被接收端所接收，此时输出端为高电平，在暂时存储卡的支持下，数据向着信号集成中心转移，主控制器对抓取末端执行器抓取货物的动作进行控制。

2.1.4 抓取末端压力传感器

在抓取末端执行器的实际运行期间，势必会与抓取的货物产生接触、碰撞。为确保整个搬运机器人具备较长的使用年限，抓取末端执行器主要使用了合金材质，刚度大、硬度大且至质量轻。与之相对应的是，由于抓取末端执行器本身所具有较强的刚度，因此在与抓取货物接触碰撞期间，会对该货物产生一定的损伤，且抓取末端执行器的金属表面光滑程度明显，与货物之间并不会产生相对较大的摩擦力。基于这样的情况，主要将柔性橡胶铺设在抓取末端执行器的内部，应用设定的柔性橡胶层，促使抓取末端执行器与货物相接触区域的摩擦力有所提高（将摩擦系数提升至 0.5 水平），同时也对抓取末端执行器的抓握碰撞力进行一定程度的吸收，实现对货物的稳定、完好抓取。

在此基础上，为更好地避免抓取末端执行器在抓取货物时对货物造成损伤，必须要确保设置的抓取末端压力传感器反应灵敏且体积相对较小[2]。基于这样的要求，在本系统的硬件开发阶段投放了 FRS-402 敏感电阻作为抓取末端压力传感器。在抓取末端执行器存在接触压力的条件下，力敏感电阻值会显现出随之下降的变化趋势，能够承受的压力范围为 1 ～ 500 N。同时，接触力与电阻值变换之间存在线性相关的关系，为抓取控制算法的计算提供更为良好的条件支持。

2.2 系统的软件部分设计

搬运机器人抓取末端控制系统运行期间，整个货物抓取过程可以细化为三个阶段，即匀速抓取阶段、反馈减速阶段、应力松弛阶段，因此在本系统的软件部分，主要针对这三个阶段完成控制算法的设定。

2.2.1 匀速抓取阶段控制算法

为确保抓取末端执行器能够完成对货物的稳定抓取，需要确保末端执行器的抓握力能够匀速增加至最大静态抓握力水平[3]。在此过程中，末端执行器与货物相接触的接触力（f）的主要变化过程为：

$$\frac{df}{dt}+\frac{e_1e_2}{\lambda_1\lambda_2}f=\frac{e_1e_2}{\lambda_2}v_0$$

上式中，抓取末端执行器的恒定荷载使用$\frac{df}{dt}$进行表示；抓取末端执行器与货物接触时的瞬时弹性系数使用 e_1 进行表示；抓取末端执行器与货物接触时的延迟弹性系数使用 e_2 进行表示；并联条件下的柔性橡胶

的黏性系数使用 λ_1 进行表示；串联条件下的柔性橡胶的黏性系数使用 λ_2 进行表示；抓取末端执行器的抓取速度使用 v_0 进行表示。

在匀速抓取阶段，设定的初始条件为：

$$f(0)=0$$

$$f`(0)=v_0 \cdot e_1$$

上式中，力对获取的状态改变使用 $f`$ 进行表示。

2.2.2 反馈减速阶段控制算法

受到惯性的影响，在抓取末端执行器达到最大静态抓握力后，接触力依旧会显现出持续提升的状态，这时的最大静态抓握力会低于抓取末端执行器与货物接触时的接触力[4]。与之相对应的是，抓取末端执行器需要迅速转入减速运动状态直至停止运动。在此过程中，抓取末端执行器的运动可以进行如下表述：

$$m_c x=F_{\max}-f$$

上式中，抓取末端执行器与货物的等效质量使用 m_c 进行表示；获取质量使用 x 进行表示。如果在 t_0 时刻能够得到最大静态抓握力与接触力相同，针对时刻 t 进行求导，能够得到的是，在该阶段抓取末端执行器与货物相接处的接触力（f）的主要变化过程如下所示：

$$\frac{df}{dt}+\frac{e_1 e_2}{m_c \lambda_2} f=\frac{e_1 e_2}{m_c \lambda_2} F_{\max}$$

在反馈减速阶段，设定的初始条件为：

$$f(t_0)=F_{\max}$$

$$x`(t_0)=v_0$$

$$x(t_0)=v_0 \cdot t_0$$

由于上式的特征方程值保持在高于0的水平，因此结合对MATLAB求解特征方程的实施，可以获取到2个共轭复根，即α±β；以及1个实根，即 $k1$，解值如下：

$$f=F_{\max}-Y_1 e^{k1T}+e^{\alpha t}(Y_1\cos\beta T+Y_2\sin\beta T)$$

上式中，力的变化常数使用 Y_1、Y_2 进行表示；t_0 与 t 之间的差值使用 T 进行表示，结合对该阶段初始条件的计算完成相应数值的获取[5]。

2.2.3 应力松弛阶段控制算法

在 $t1$ 时刻，如果抓取末端执行器的速度达到0，且抓取末端执行器与货物相接触的最大接触力存在，则电机会自动转入锁定状态。与之相对应的是，抓取末端执行器不会再对货物进行抓握力的施加，此时的货物会产生应力松弛[6]。在此过程中，末端执行器与货物相接触的接触力（f）的主要变化过程为：

$$\frac{df}{dt}+\frac{e_1 e_2}{\lambda_1 \lambda_2} f=0$$

在应力松弛阶段，设定的初始条件为：

$$f(t_1)=f_{\max}$$

$$f`(t_1)=-f_{\max}\left(\frac{e_1}{\lambda_1}+\frac{e_1}{\lambda_2}\right)$$

上式中，抓取末端执行器与货物相接触的最大接触力使用 $f_{\max}$ 进行表示。

随着时间的推移，匀速抓取阶段的货物变形量会逐步显现出线性关系，而在发展至反馈减速阶段后，货物不会再继续产生变形[7]。基于这样的情况，综合前文所列表达式，结合对MATLAB推导求积分的实施，同时满足如下约束条件，即：

$$t=t_0, x`=v_0, x=v_0 \cdot t_0$$

在此基础上，可以获取到应力松弛阶段的货物变形量与时间变化之间的关系表达式，即：

$$x`=Y_1 e^{k1T}-e^{\alpha T}(Y_1\cos\beta T+Y_2\sin\beta T)$$

参考抓取末端执行器在上述三个不同阶段中，获取变形量与时间之间的关系性，对抓取末端执行器的接触力、关节力矩输出进行合理控制，并在大数据聚类的支持下实现对信号的模拟，最终达到精准控制抓取末端执行器动作的效果。

3 结束语

本研究所设定的搬运机器人抓取末端控制系统可以划分为两部分，即硬件部分、软件部分。系统实际运行期间，依托对货物位置感知器的应用，促使搬运机器人能够精准定位货物的空间位置，并在主控制器、驱动控制器的作用下，让末端执行器移动到相应位置；抓取末端压力传感器对货物是否存在于末端执行器抓取范围内以及所需抓取力度大小进行判断，提高货物抓取稳定性与效率，避免损坏货物。

参考文献：

[1] 赵培强，崔永文，潘帅．基于RFID的工业机器人柔性搬运系统的应用与实践[J]．自动化应用，2024,65(10):30-33.
[2] 李春晖，吴志刚，翁枫，等．双目-多运动副全向构型搬运机器人导引控制优化[J]．微型电脑应用，2024,40(04):132-134.
[3] 宋振伟，孙玉忠，李永华，等．基于Arduino的智能物料搬运机器人设计及样机试验[J]．机电工程技术，2024,53(03):181-186.
[4] 满文镖，李艳杰，卜春光，等．基于动力学的搬运机器人运动规划控制算法与仿真[J]．机械工程师，2024(02):40-46.
[5] 张忠江，张磊．铁路货运列车自动搬运装卸机器人设计[J]．中国科技信息，2024(11):85-87.
[6] 兰天翔，刘英．基于机器视觉的智能搬运机器人设计[J]．林业机械与木工设备，2024,52(03):30-35.
[7] 沈灿钢．基于ABB工业机器人的物料搬运控制系统[J]．信息系统工程，2024(01):12-15.

门座起重机机房围板底部防腐蚀设计探究

郝 超

（南京港机重工制造有限公司，江苏 南京 210000）

摘 要 机房是每个门机必不可少的重要组成部分，一般而言，门机的起升机构、旋转机构、旋转锚定装置、电控柜、集中润滑泵等部件均布置在机房内部。对于机房围板一般都有着防火、防雨、防尘、隔热、抗腐蚀、抗台风的要求。现今门机的机房围板一般采用瓦楞板或者彩钢夹芯板这两种形式，但这两种形式目前都存在一定的缺陷，本提出对这两种机房围板底部结构进行一些防腐蚀设计的改进，以期可以为同类问题提供有效的参考。

关键词 门机；机房；围板；防腐

中图分类号：U664 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0007-03

在港口装卸设备中，门座起重机是一种普适性高、用途广泛的特种机械，即可安装抓斗、吊钩用于装卸一般的散货、件杂货，也可配置吊具进行集装箱吊装作业[1]。随着经济的快速发展，现今社会对港口装卸效率、绿色环保等要求也逐渐提高，导致门机吨位越来越大，各装卸机构能力、电气设备和检测装置的配置要求也随之提高。机房作为起升机构、旋转机构和电气房的容纳机构，对于其稳固性、抗风、防火能力提出了极高的要求。其中防水腐蚀成为现今门机机房围板的一个重要考量目标，而加速腐蚀的不良设计是指容易导致水积聚，或者不能使水正常干燥的凹槽、死角、焊缝缝隙等[2]。水的存在会加速钢铁腐蚀，本文主要从便于雨水排流的角度出发，对现今的两种常规机房围板形式进行改进设计，以达到防腐目的。

1 现今的两种机房围板形式

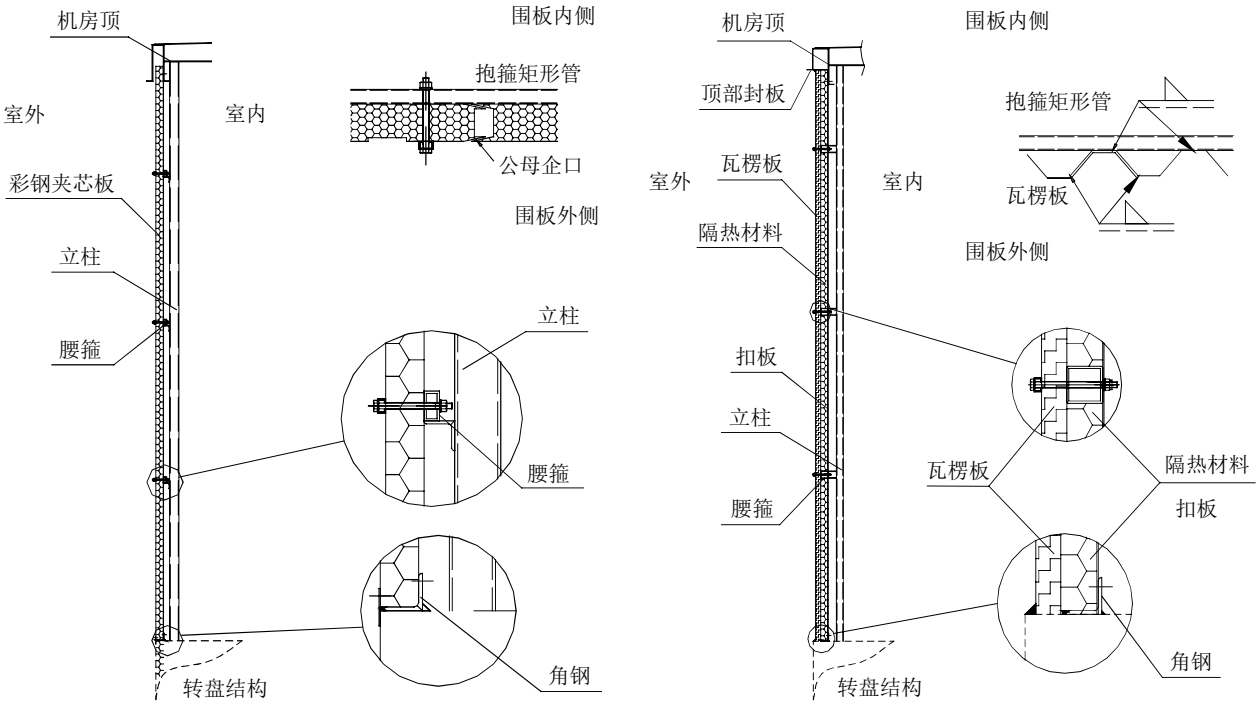
现今的门机机房一般采用矩形管作为立柱支架，外面采用防火隔热采用的围板，然后用螺栓、螺母、盆形垫圈、防水垫圈将围板与矩形管组成腰箍紧固连接在一起，而腰箍则通过型钢与立柱焊接在一起。而机房围板主要有两种形式：一是由内外两层薄彩钢板中间夹隔热材质（泡沫或岩棉）组合而成的彩钢夹芯板形式围板；二是由外侧的波形瓦楞板、中间的隔热材料和内侧的扣板或者单单只有一层较厚的波形瓦楞板组成的瓦楞板形式围板，如图1所示。

1.1 彩钢夹芯板形式围板

彩钢夹芯板形式的围板如今已形成一些常规固定的型号规格，只需要根据需求选择即可。通常彩钢夹芯板两端分别设有公母企口，可直接首尾相接嵌入卡固，即可完成连接[3]。中部一般通过螺栓、螺母、盆形垫圈、防水垫圈与和机房骨架焊接在一起的腰箍连接，上端则通过铆钉与机房顶铆接在一起，下端则会在转盘周边焊接一圈角钢、围板则站立在角钢上，内侧通过铆钉将围板与角钢铆接在一起，外侧设有一圈铝条挡边，起美观、引流作用。

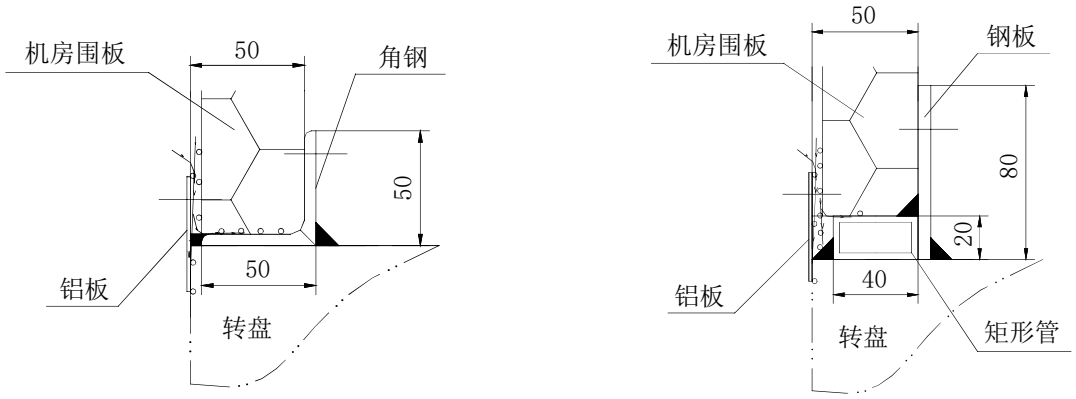
彩钢夹芯板形式的围板由于制作原因，间隔一段距离复合板表面就会存在一条凹陷压痕，这样就造成了铝条板和围板之间无法完全贴合，雨水就会顺着围板表面流下通往这些缝隙或者直接被风吹打入缝隙，进而一部分顺着铝条板沿转盘外边沿流出，一部分来不及及时排出，从而沿围板和角钢结合面深入内部，堆积在角钢上。而且内部不可见光，长期处于潮湿环境，就会导致角钢和围板钢板锈蚀，或使围板夹芯层腐烂失效，铆钉也就无法固定牢靠，从而进一步导致围板松动，造成进风漏雨的情况发生，甚至有围板被掀飞掉的风险。

针对这种情况，我厂对围板的底部形式进行了更改，加强了其防腐能力。具体措施如下：采用矩形管加钢板形式替代转盘周边的角钢。内侧钢板焊接在转盘面上，外侧矩形管分别和钢板、转盘焊接。通常彩钢夹芯板厚约50 mm，我们采用的矩形管尺寸为40×20×3（mm），这样雨水顺着围板表面流下通往铝板和围板形式的缝隙或者直接被风吹打入缝隙时，就会很顺畅地直接流下或者顺着铝条板淌下流出，顺着围板凹陷处流下的雨水也会因为矩形管外侧和转盘之间的三角形焊缝而顺着转盘外沿流出，从而极大限度地避免了雨水在机房围板底部的堆积，也就不会导致围板底部锈蚀，围板夹芯层腐化失效，铆钉无法固定牢靠情况的发生，从而避免了进一步风险事故的发生，保障了设备的安全[4]。改进前后机房围板底部结构形式如图2所示。



（a）彩钢夹芯板形式围板　　（b）瓦楞板形式围板

图1　两种形式的机房围板示意图



（a）改进前　　（b）改进后

图2　改进前后彩钢夹芯板形式机房围板底部结构对比图

1.2　瓦楞板形式围板

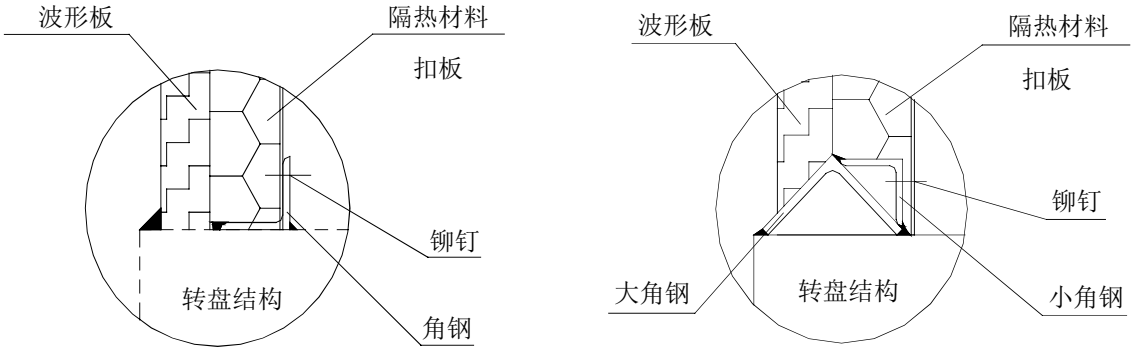
对于沿海地区或者经常有大风侵袭的码头对门机的机房围板要求较高，一般采用瓦楞板形式的围板。瓦楞板形式的围板组成结构如下：

首先根据相应的要求选择合适尺寸规格的瓦楞板，安装时各瓦楞板之间一般相互错位焊接拼装在一起，瓦楞板上端直接焊接在机房顶上，下端焊接在转盘平面上。中间层有与机房立柱焊接在一起的矩形管腰箍，瓦楞板内侧需与腰箍焊接在一起，腰箍格挡中一般填充岩棉作为隔热材料，内侧则是一层扣板，起美饰和阻隔隔热材料的作用，并用铆钉或螺栓将扣板与腰箍连在一起。由于瓦楞板自身为波浪形[5]，故其与机房顶、转盘面间焊接形状也呈现为波浪形，此外瓦楞板安装时存在一定长度的重叠段，此段焊接处理，也增加了焊接量，减少了材料的利用率。相对于彩钢夹芯板形式的围板，这种形式的机房围板价格更贵、安装时工

作量更大，但相对而言更为牢固。

同彩钢夹芯板形式的围板一样，瓦楞板形式围板底板同样焊接有一圈起阻隔进水和安装固定作用的角钢，外侧瓦楞板直接焊接在转盘面上，内侧的隔热材料和扣板则通过铆钉锚固在角钢上。由于瓦楞板本身的外形原因，导致瓦楞板与转盘面的焊接焊缝呈波浪形，这样就会形成一个个相对独立的凹陷的平面空间。雨水就会顺着瓦楞板表面流下在此处堆积，长期处于潮湿环境，加上油漆的风化破坏，就会导致瓦楞板和转盘面之间的焊缝锈蚀腐烂，进一步导致隔热材料和内部固定角钢的锈蚀腐烂，铆钉也无法固定牢靠，从而导致围板松动，造成进风漏雨的情况发生，甚至有围板被掀飞掉的风险。

为加强彩钢夹芯板形式围板底部的防腐能力，我厂对其做出了如下改进：取消瓦楞板与转盘面直接焊接的方法。先在转盘面上焊接一圈倒扣的较大尺寸的角钢，内侧紧贴着焊接一稍小尺寸的直立角钢，然后将瓦楞板焊接倒扣大角钢的倾斜平面上，隔热材料站立在内侧稍小角钢面上，内侧扣板通过铆钉与稍小角钢铆接在一起，这样雨水顺着瓦楞板表面流下时就可以直接通过倒扣角钢的斜面流下，无法在转盘面上形成堆积小水潭，进而锈蚀瓦楞板和倒扣角钢。纵使倒扣角钢外侧焊缝通过雨水的长期冲刷导致开裂或锈蚀，雨水也只会堆积在倒扣角钢内部，无法接触到隔热材料和内侧的扣板，也就不会导致此两者腐烂，进一步保证了整个机房围板结构的稳定。同时还可以在倒扣大角钢与转盘面形成的三角形空间内填充防水材料，这样即便倒扣角钢内部进水也会被防水材料吸收阻隔，不会接触锈蚀角钢的内侧边，进而确保了雨水无法腐蚀到隔热材料和扣板、支撑结构等，提高了围板结构的整体稳定性[6]。改进前后机房围板底部结构形式如图 3 所示。



（a）改进前　　（b）改进后

图 3　改进前后瓦楞板形式机房围板底部结构对比图

2　结束语

通过改进前后的对比可以看到彩钢夹芯板形式围板和瓦楞板形式围板这两种机房围板原有设计的一些缺陷，只需要通过一些较小的改进就可以极大地避免雨水在机房底部堆积，长此以往造成底部腐蚀、围板失效情况的发生。目前，这两种改进方案已申请专利，并应用到我厂制作的一些门机上，也取得了业主的高度认可。

本文从利于雨水排流、尽量隔开雨水和隔热材料的接触角度出发，对机房围板底部防腐蚀设计进行了改进，相信可以给其他同类型防腐设计提供一定的参考，也相信随着新材料、新技术的应用，新思路、新方法的启迪，可以更好地解决机房围板底部的锈蚀腐烂问题。

参考文献：

[1]　郝建光. 多用途港口门座起重机的设计 [J]. 中国重型装备 ,2021(04):10-11,14.

[2]　住房和城乡建设部 , 国家质量监督检验检疫总局 . GB 50017-2017 钢结构设计标准 [S].2017-12-12.

[3]　佛山市尚成夹芯板有限公司 . 一种公母口夹芯板 :CN202123031820.1[P].2022-04-29.

[4]　孙迪 , 王泽亮 , 张以利 , 等 . 石油化工混凝土防腐蚀设计探究 [J]. 石油化工设计 ,2020,37(03):9-11.

[5]　一汽解放汽车有限公司 . 一瓦楞板成型模具及瓦楞板成型装置 :CN202021999912.1[P].2021-06-01.

[6]　李彩娴 . 探究在结构设计中若干防止腐蚀的办法 [J]. 门窗 ,2017(07):131.

变电站电力设备声纹振动在线监测技术研究

顾 飞，周 青

（江苏省宿迁电力设计院有限公司泗阳建设分公司，江苏 宿迁 223799）

摘 要 声纹振动监测技术作为一种新兴的在线监测手段，已在变电站电力设备的运行状态监测中得到广泛应用。本文深入研究了变电站电力设备的声纹振动监测技术，探讨了系统架构故障诊断与预测方法，并设计了声纹振动在线监测系统。研究结果表明，声纹振动监测技术在变电站电力设备故障识别和预测方面具有很高的准确性和可靠性。

关键词 电力设备；声纹监测；故障诊断；特征提取；故障识别

中图分类号：TM76 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0010-03

声纹振动监测技术通过对电力设备振动和声音信号的采集与分析，可以实现对设备运行状态的实时监测与预警，为设备的安全运行提供了有效手段。然而，其仍面临着许多挑战，如信号处理方法的优化、大数据分析技术的应用等。因此，深入研究该技术的原理和应用，对于提高电力设备的安全性和可靠性具有重要意义。

1 声纹监测技术概述

1.1 声纹信号的特性

在变电站的电力设施中，声纹信号的振动在线监测技术起着关键作用，这一技术在时间域和频域特性上都十分重要，对于振动监控系统的设计和故障诊断起到了决定性的作用，声纹信号在时间特性上表现出周期性的波动特点，通过分析其振幅、周期和相位等关键参数，便可评估出设备的工作状况[1]。在频率领域内，借助傅里叶变换技术，把声纹信号转化为频谱图，借以剖析频谱图中的频率构成、振幅及相位等细节，进而对设备的振动特点有一个更透彻的认识，声纹信号的波动特征与机械运作的状况以及出现的故障类型紧密相连。通常，运行良好的设备会发出一致的振动声波，这些声波的频率和强度会在一定区间内变化，设备一旦出现故障，其振动信号的频率和振幅往往会随之出现显著变动，比如会产生新的频率，或振幅会明显升高或降低。声纹信号的特点涵盖了它在不同工况下的变化模式，在各种作业环境下，如载重、旋转速度和温度等因素各异的条件下，声音的纹理信号在频率和振幅上可能会展现差异化的波动走向。

1.2 声纹信号的采集方法

为了高效地捕获电力设备的声纹印记，挑选恰当的搜集技巧是关键所在，利用传感器进行声纹信号的收集是一种普遍的技术手段，这种方法通常涉及将传感器直接贴合或紧邻设备进行数据的即时抓取。该技术手段具备迅速响应、高频取样、精密采集的特点，适宜于精确捕捉设备振动的信号波动，常见的感测设备涵盖了用以测量加速度的加速度计、利用压电效应运作的压电传感器，以及能够识别声纹的独特声音信号的传感器[2]。在采集振动信号的领域里，加速度传感器是个全能选手，它能准确捕捉到设备的振动状况，凭借高敏感度和中等的成本，它在监测电力设备的振动情况上大放异彩，利用压电效应的传感器，专门用于捕捉机械振动产生的电信号，这些信号能即刻、精确地反馈出设备的振动状态，特别适合于对快速振动的精准侦测。专门的声纹感知器，擅长锁定设备运作时的声响波动，在这方面有着得天独厚的技术优势，在挑选数据搜集方式时，要全面兼顾仪器的功能、监控的目标和传感器的素质等多方面因素，并且根据实际状况做出恰当的决定。

2 系统架构

2.1 智能感知层

智能感知层由多种传感器和智能硬件设备构成，这些设备能够采集电力设备的多维度数据，具体包括声纹振动传感器、温度传感器、电流传感器和电压传感器等。这些传感器安装在变压器等关键设备的心脏地带，能够捕捉设备运行时产生的微小振动和声纹信号、温度变化、电流流动情况以及电压变化等数据。传感器采集到的数据会被转换为数字信号，通过有线或无线网络传输到智能控制器。智能控制器对传感器

传输的数据进行初步处理，如滤波和降噪等，然后将处理后的数据上传至中央监控系统。中央监控系统对收到的数据进行存储和深度分析，通过算法识别潜在的设备故障和异常状态。当系统检测到设备异常时，立即发出报警信号，并建议维护人员采取相应的措施。

在变压器周围部署声纹振动传感器，可以实时监测变压器的运行状态。这些传感器通过捕捉变压器运行时的振动信号，分析其声纹特征，能够揭示变压器内部结构的松动、绕组形态的改变等问题。某变电站通过安装智能感知层设备，成功检测到变压器内部的松动问题，并及时进行了维护，避免了潜在的故障。通过对变压器运行数据的长期监测和分析，系统能够预测设备可能出现的故障，从而进行预防性维护，减少突发故障的概率。此外，在电缆上安装温度传感器和电流传感器，可以实现对电缆运行状态的实时监控。温度传感器实时监测电缆的温度变化，当温度超过预设阈值时，系统立即发出报警信号，提示维护人员检查电缆状态。电流传感器监测电缆中的电流流动情况，当电流异常时，系统会记录数据并发出警报，防止电缆过载引发的故障。

2.2 数据采集与边缘计算

在变电站中，部署在层站端的声纹振动监测装置与边缘计算主机构成了电力设备声纹振动在线监测的关键环节，利用先进的嵌入式处理器和可编程芯片，能够实现声纹和振动数据的即时搜集与高效处理，进而准确判断远端变压器的运行健康状况。这一系统的核心在于数据采集技术，这一环节扮演着至关重要的角色，借助安装在电力设备上的传感器，实时捕捉设备的声响与振动数据，依据设备的独有特性和监测的具体要求，挑选合适的加速度传感器、声音传感器等传感器装备，旨在对设备进行全方位监控，并精确捕获其声响与振动数据。在数据处理的链条中，对信息进行清洗和挑选关键属性，是一环扣一环的关键步骤，对收集来的初始资料进行加工和属性筛选，涵盖滤波去噪等环节，旨在提升数据信号的优良度，常见的处理手段包括滑动平均法、中值滤波技术等，从已经预处理的资料中辨识并提炼出能够揭示设备运行状况及潜在问题的关键指标。

针对变电站中电力设施的声纹振动情况，采用在线监测技术，边缘计算主要涉及实时监控和故障判断。对数据流进行即时跟踪和深入剖析，迅速捕捉设备故障的蛛丝马迹，通过离线分析和处理来确定设备故障的根源与具体位置，借助边缘计算，挖掘设备的计算和存储潜能，对历史数据进行深度挖掘与分析。关键环节在于数据的传送与留存，将处理完毕的数据发送至更高层级的系统，以开展深入的剖析和广泛的应用，在数据传递上，可以选择铺线或者无线的方式，而在数据保留上，一般采用数据库、云服务等方法。在变电站中，部署于层站端的声纹振动监测装置与边缘计算主机携手，构成了一套电力设备声纹振动在线监测的技术体系，这套体系通过高效率的数据收集、加工与解读，确保了电力设备运行情况的即时监控和精准评判，极大地增强了设备维护运营的保障力度。

2.3 远程诊断服务应用层

在变电站的声纹振动在线监测领域，远程诊断服务应用层扮演着关键角色，它的主要任务是分析实时监测的数据，给出又快又准的故障判断和修理方案，远程故障排查服务中的应用层面，故障识别与分析是其核心职能所在。针对常见故障的判断排查，常规手段涵盖了运用机器学习算法、人工智能技术，以及通过模型预测等技巧，通过分析电力设备的振动数据，包括频谱、波形和特征提取等手段，可以准确判断其运行状况、损耗程度和可能出现的故障风险，进而给出针对性的维修建议[3]。借助机器学习算法，对历史数据进行深度训练，打造出一套精准的故障诊断模型，从而能够自动对设备状态进行识别分类；借助模型预估手段，利用即时监控信息对设备将来的潜在故障进行预测，从而提前进行维护，防止故障出现。

远程诊断服务在应用层面搭载了数据可视化和报表分析这两大关键工具，让用户能轻松查阅和深入研究监控信息，远程故障排查服务的软件层面需推出数据图像化和统计报表剖析工具。借助图表和曲线的视觉呈现，用户能一目了然地掌握设备的运作状况与走势，并通过详尽的报表进行深入分析，对设备全面性能作出精准评估，比如，借助于制作振动频谱图、时域波形图等工具，用户能够清楚地看到设备振动的各项指标；同时，制作设备维护和问题诊断双份报告，以清晰的形式展示设备监控信息，助力用户深入掌握机械状态，以便及时采取必要的维护行动。

3 故障诊断与预测

特征提取技术在变电站电力设备的声纹振动在线监测领域中发挥着至关重要的作用。通过解析和挖掘声音纹理的独特标识，能够精确识别和预见机械障碍，为机械的保养与运营提供坚实的数据支持。将初始声

音纹理信号解析为揭示故障细节的数值标识，这一过程称作特征提取，常用的刻画方法涵盖时间轴上的属性、频率范围内的特点以及小波变换后的特征等[4]。时间范围内，特征值涵盖平均值、离散度、最大值等；频率范围内，特征值则包含功率谱密度、频率最大值等；小波变换则是一个巧妙的方法，它将信号拆分为不同频率的成分，并从中提取每个成分的强度、平均值等关键信息。

3.1 声纹振动信号的特征提取

在故障诊断中，声音纹理信号的特征提取是关键一步。初始信号通常包含大量冗余和噪声，需要通过预处理步骤进行过滤。预处理过程中，信号经过滤波、去噪等处理，提取出更纯净、更具代表性的特征信号。此后，采用时间域分析、频率域分析和小波变换等多种方法，对信号进行深入解析。

时间域分析主要关注信号在时间轴上的变化，常用的特征包括平均值、标准差、峰值等。这些特征可以反映信号的整体趋势和波动情况。例如，通过计算振动信号的平均值和标准差，可以了解设备运行的稳定性和均匀性。较高的标准差可能表明设备存在较大幅度的振动，可能预示着潜在的故障。

频率域分析通过傅里叶变换将信号从时间域转换到频率域，常用的特征包括功率谱密度、频率中心、频率带宽等。功率谱密度可以显示信号在各个频率成分上的能量分布，有助于识别特定频率成分的异常变化。例如，某些机械故障会在特定频率上产生显著的能量峰值，通过频率域分析可以有效检测这些异常信号。

小波变换是一种将信号分解为不同频率成分的技术，它不仅能够提供频率信息，还能够保留时间信息。通过小波变换，可以在不同时频尺度上提取信号的特征。例如，某些故障信号可能只在特定时间段内出现，通过小波变换可以精确定位这些时刻的异常特征。小波变换的多尺度特性，使其在处理非平稳信号和瞬态信号时具有独特的优势。

3.2 故障诊断技术的应用

通过分析与处理设备特征数据，故障诊断技术能够判定机器是否出现故障状况。常规的故障识别主要包括两种策略：依照既定规则进行判断和依赖构建的模型进行分析。基于规则的故障诊断依托专家智慧和经验制定的判定准则，构建一套用以识别问题的模型。通过比对关键指标与预设临界值的差异，进行精确的问题诊断。这种方法依赖于专家知识和经验，适用于已知故障模式的检测。然而，对于复杂或未知故障模式，基于规则的方法可能存在局限性。基于模型的故障诊断利用数学建模和统计学原理，结合机器学习手段对数据特征进行归类与辨识，进而达成设备故障的精准判断。故障排查的报告必须经受现实情境的考验和价值评估。在构建模型和验证实验的过程中，涉及数据的搜集与初步加工、关键信息的挖掘与筛选、算法的训练与效果评判等环节[5]。声纹信号的收集与前期加工，涉及声纹信号的捕获、噪声的剔除以及采样频率的调整等步骤。在预处理阶段之后的信号中，筛选并优化有价值的特征，进行精细的挑选和优化过程。

故障诊断的基础是大量高质量的数据。声纹信号的收集通常通过安装在设备上的传感器进行，这些传感器能够实时捕捉设备运行时产生的声纹信号。为了确保数据的准确性和代表性，需要进行预处理，包括噪声过滤、信号增强和采样频率调整等步骤。在数据预处理之后，需对信号进行特征提取和优化。通过分析和筛选，从大量信号中提取出最具代表性的特征值。这些特征值不仅要能够反映设备的正常运行状态，还要对故障信号具有敏感性。特征优化的目的是提高诊断模型的准确性。

4 结束语

本文针对变电站电力设备的声纹振动在线监测技术进行了研究，设计并实现了一个声纹振动在线监测系统。通过系统架构和故障诊断与预测方法分析，结果表明声纹振动监测技术在电力设备故障识别和预测方面的优势，希望能为变电站的电力设备监测与维护提供参考和借鉴。

参考文献：

[1] 李志锦，黄腾鲲．变电站电力设备声纹振动在线监测技术研究[J]．流体测量与控制，2024,05(02):97-100.

[2] 伍任能，廖英怀，罗传胜，等．开关柜绝缘劣化气体监测系统及潜伏性故障诊断预警研究[J]．流体测量与控制，2022,03(04):56-58.

[3] 余长厅，黎大健，陈梁远，等．基于声纹及振动的变压器故障诊断技术研究[J]．高压电器，2019,55(11):248-254.

[4] 罗福良，吴定云，马占林，等．智慧变电站变压器综合在线监测技术综述与应用[J]．电工技术，2021(13):144-146,152.

[5] 刘子裕．智能变电站变电运维安全与设备维护研究[J]．城市建设理论研究（电子版），2023(36):1-3.

基于网络爬虫的跨平台商品比价系统设计与实现

张芷悠，侯卓轩，毕晓琳

（广东东软学院，广东 佛山 528225）

摘　要　在激烈的市场竞争中，消费者购物比价需求日益凸显，消费者费大量的时间、精力在各大平台自我进行性价比分析的问题也逐渐显露，有些零售平台挂虚假低价链接引流，现有的比价系统不足以鉴别出链接信息的真实性。本文介绍了应用Django、Vue3和Selenium三种框架技术实现的一个网购比价系统，该系统通过改善比价系统的信息筛选和甄别功能，排除虚假低价引流商品，进行精准比价，从而节省时间、提升购物满意度。

关键词　网络爬虫；跨平台比价；Django；Vue3；Selenium

中图分类号：TP3　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0013-03

随着信息技术的迅猛发展，电子商务行业在全球范围内取得了长足进步，线上购物已成为消费者日常生活的重要组成部分。在激烈的市场竞争中，电商平台种类繁多，对于同一种产品，由于不同的电子商务平台抽取商家的佣金、提供给商家的补贴和促销力度不一致，导致销售价格不一致，消费者往往是不清楚的，需要花费时间和精力手动跨平台比价。消费者购物比价需求日益凸显，他们渴望能够快速、准确地获取商品信息，以做出更明智的购买决策。然而，现有的比价系统存在诸多不足，比如有些零售平台挂虚假低价链接引流，现有的比价系统不足以鉴别出链接信息的真实性。本系统通过优化比价系统的设计与功能，旨在提高消费者的购物体验。改善比价系统的信息筛选和甄别功能，排除虚假低价引流商品，使消费者能够快速获取真正需要的商品信息，进行精准比价，从而节省时间、提升购物满意度。

1　技术实现

1.1　Django后端框架

Django是一个高级Python Web框架，它鼓励快速开发和干净、务实的设计。Django具有强大的数据库抽象层，即Django ORM（对象关系映射），它使得数据库操作变得简单直观，减少了开发者编写SQL语句的繁琐工作[1]。Django内置了强大的模板系统，可以快速构建复杂的Web页面，并支持自定义模板标签和过滤器，提高了代码的可重用性和可维护性。

1.2　Vue3前端框架

Vue3是一个构建用户界面的渐进式框架，采用了响应式的数据绑定机制，使得数据变化能够自动驱动视图更新，减少了手动操作DOM的繁琐性，Vue3还提供了丰富的组件化开发模式，使得开发者能够将页面拆分成多个独立的组件，提高了代码的可维护性和复用性[2]。此外，Vue3还优化了性能表现，通过虚拟DOM技术和更高效的渲染算法，提升了页面的渲染速度和用户体验。

1.3　Selenium爬虫框架

Selenium是一个用于自动化Web浏览器操作的工具，它通过驱动浏览器、模拟用户的操作来访问网页并获取所需的信息。Selenium的工作原理主要基于Web Driver接口，通过浏览器驱动与浏览器进行通信，实现自动化操作。自动化爬虫技术广泛应用于数据分析、信息采集、搜索引擎等领域[3]。在电商平台比价系统中，爬虫技术被用于抓取各个电商平台的商品价格、用户评价等信息，为比价系统提供数据支持。

2　需求分析与功能设计

2.1　需求分析

本比价系统的目标用户群体主要定位于学生党、上班族等具有比价需求的消费人群。他们通常希望能够在购物前快速、准确地获取到在不同电商平台中同类商品的价格、性能等信息，以便做出明智的购买决策。

功能需求方面，本比价系统致力于提供一站式服务。首先，系统需要能够抓取各个电商平台的商品信息，确保用户能够实时获取最新的价格数据。其次，系统需对抓取到的信息进行筛选和过滤，确保信息的真实性和有效性，避免用户受到虚假信息的误导。非功能性需求方面，本比价系统的响应时间应不超过300毫秒，以确保用户操作时能够获得流畅且及时的反馈。

通过满足这些需求，本比价系统将能够帮助用户快速、准确地获取商品信息，提高购物效率，满足用户的比价需求。

2.2 功能设计

用户使用系统流程如图1。

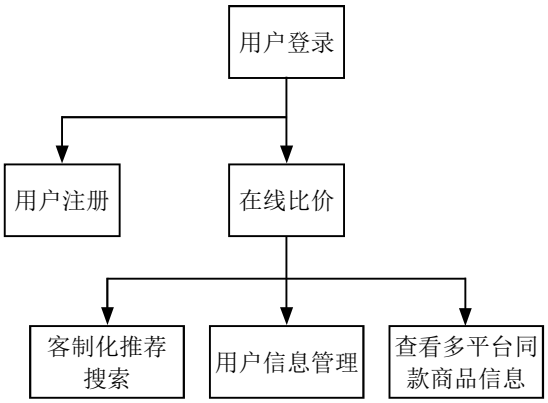


图1 用户流程图

用户注册账户后登录账号，输入搜索关键词，勾选多个目标平台，搜索目标网站的同类商品，比价后点击心仪商品跳转到目标网站进行购物。用户登录后，可以编辑系统在这个过程中存储的该用户历史搜索记录，用于客制化搜索推荐。

用户通过用户界面与系统交互，用户首先需要通过提供个人信息并设置登录凭证进行账户注册。注册成功后，用户可以使用注册的凭证登录到系统中。登录后，用户通过输入关键词进行搜索。系统接收到这些关键词后，调用爬虫程序，用户可以通过勾选操作选择多个目标平台，系统会根据用户的勾选情况，在多个平台上执行搜索任务。为了排除虚假低价引流商品，系统还提供了信息筛选功能。搜索完成后，系统会返回搜索结果，展示给用户同类商品的信息。

当用户找到心仪的商品后，可以点击商品链接，系统会进行跳转操作，将用户重定向到目标网站的购物页面，从而完成购物流程的引导。

此外，在用户登录状态下，系统还会记录用户的搜索历史。这些历史记录会被存储在数据库中，以便后续分析。用户可以通过编辑功能，对搜索历史进行查看和删除等操作，以便更好地管理自己的搜索记录。

3 系统设计与实现

3.1 系统架构设计与实现

3.1.1 后端数据处理与存储

在本系统的运作流程中，后端一旦接收到前端传递的数据，首要任务是进行数据预处理与清洗。这一过程旨在剔除冗余或不必要的信息，并对数据进行必要的格式调整以适应系统要求。随后，经过清洗的数据将被妥善地存储至数据库中，以保证数据的持久保存。为了实现高效且可靠的数据管理，本系统采用了Django框架[4]提供的ORM（对象关系映射）机制，这一机制极大地简化了数据操作的复杂性，确保了数据的完整性与可靠性。通过这一系列操作，本系统不仅提高了数据处理效率，还为用户提供了更为安全稳定的数据服务。

3.1.2 后端API设计与数据传输

本系统后端设计并开发了符合RESTful风格的API接口，定义了清晰的URL路由和请求方法，提供对数据的增删改查等操作，再通过API接口将数据传输给前端，使用JSON格式进行数据的传输，确保数据的易读性和可解析性[5]。后端实现对API的权限控制，确保只有经过身份验证和授权的用户才能访问和操作数据，提高系统的安全性。

3.1.3 前后端交互与页面展示

在系统的运作中，前端通过AJAX技术与后端进行深度的信息交换[6]。这一过程不仅涵盖了请求的发送，还涉及后端响应数据的接收，从而确保了前后端之间数据传递的高效与准确。一旦前端成功接收到后端发送的数据，便会借助先进的前端框架对这些数据进行处理，进一步将其转化为用户易于理解和操作的页面内容，从而以更加直观和友好的方式将信息展示给用户。这样的设计极大地提升了用户体验，并增强了系统的整体交互性。

3.1.4 爬虫自动化搜索与数据抓取

如图2，本系统通过配置与初始化Selenium Web Driver的Chrome浏览器实例，建立了一个能够连接到在指定端口上运行的Chrome调试协议的会话。该会话的创建使得系统操控浏览器行为，进行自动化操作。基于用户输入的关键词和平台名称，系统通过遍历当前所有打开的浏览器窗口句柄，在多个浏览器标签页中查找并切换到包含目标平台名称的页面。

一旦切换至目标页面，系统便利用BeautifulSoup库对HTML页面进行深度解析。通过遍历网页文档中的标签树，系统能够根据标签的属性、层级关系以及特定结构来精准定位所需信息的位置。同时，结合元素的CLASS_NAME和XPath选择器，系统能够精准地定位页面上的特定元素，模拟用户行为，实现自动化搜索功能。

本系统还集成了Selenium的自动滚动和等待机制。通过模拟用户滚动页面的行为，系统能够确保页面中的所有动态内容得以加载和展示。这一特性保证了系统能够实时处理和抓取页面中的动态内容，有效避免

了因内容加载不全而导致的数据丢失或错误。

此外，本系统会对爬取到的原始数据进行一系列的数据清洗和格式化处理。这一步骤包括去除无关字符、处理特殊格式、转换数据类型，最终将清洗后的数据存储到字典中，便于后续处理和存储。

3.1.5 数据筛选与离群值剔除

本研究旨在精准剔除那些误导消费者的虚假低价引流商品。为实现这一目标，我们创新性地运用了一种基于统计学的离群值检测方法。首先，我们计算了同类商品价格的算术平均数与标准差，进而设定了一个阈值，即超过平均价格正负三倍标准差的数据将被判定为离群值。紧接着，我们利用这些统计信息，识别并剔除了那些异常高昂或异常低廉的价格数据，确保数据的真实性和可靠性。在数据处理过程中，我们借助了 NumPy 这一强大的科学计算库，高效地完成了数据筛选工作，最终将符合正常价格区间的商品精准地呈现给前端用户。

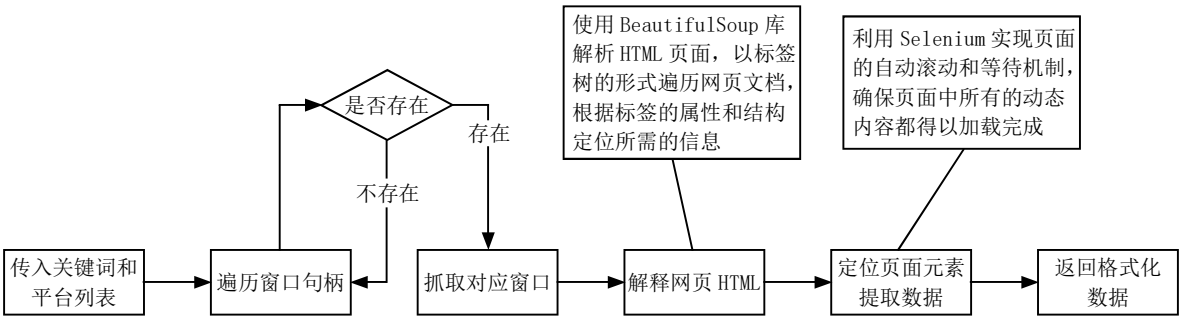


图 2 selenium 爬虫工作流程

3.2 数据库设计

根据主要业务，本小节对商品比价系统中的两个主要数据表结构进行介绍。

3.2.1 商品信息表

如表 1，该表主要介绍商品基础信息。

表 1 商品基础信息

字段名	字段描述	数据类型
product_id	商品 ID	int
product_description	商品描述	varchar
product_name	商品名称	varchar
product_url	商品图片链接	varchar

3.2.2 平台信息表

如表 2，该表主要介绍平台信息。

表 2 平台信息

字段名	字段描述	数据类型
platform_id	平台 ID	int
platform_name	平台名称	varchar
platform_url	平台链接	varchar

4 结论

本研究成功实现了一个搜索、比价和剔除虚假引流商品等功能的比价系统。用户能够方便地进行账号管理，并通过搜索功能快速获取商品信息，相比传统的比价系统，多了信息筛选的功能。通过应用 Selenium 框架，系统能准确抓取电商平台的数据，为用户提供了实时、准确的商品信息，确保了比价的可靠性。系统经过多次测试，表现出良好的性能稳定性。综上所述，本研究成功开发了一个功能完善、操作便捷的网络购物比价系统，并充分利用了 Django、Vue3 以及 Selenium 的技术优势。系统实现成果显著，技术应用效果良好，为网络购物比价提供了有效的技术支持。未来，我们将进一步优化系统性能，提升用户体验，推动网络购物比价系统的进一步发展。

参考文献：

[1] 张同硕，廖明军，张荣华，等．基于 Django 的交通事故数据可视分析系统设计与实现[J]. 软件导刊，2023,22(07):112-117.

[2] 顾鲍尔.Vue.js+Django 高性能全栈论道[M]. 北京：清华大学出版社，2022.

[3] 王帅．基于 Selenium 框架的反爬虫程序设计与实现[J]. 信息记录材料，2023,24(06):86-88.

[4] 同[3].

[5] 陈锐，何华军，王辰．基于 RESTful 接口的基础数据对接设计[J]. 电脑编程技巧与维护，2022(09):122-124,137.

[6] 杨兴海，杨林鹏，杨兴荣，等．一种针对 AJAX 技术动态网络数据进行数据获取的方法：CN202211483800.4[P]. [2024-06-15].

智慧矿山机电设备检测中的AI技术应用

唐 睿
（四川交建材料科技有限公司，四川 成都 610000）

摘 要 在智慧矿山中，机电设备的安全运行是保障生产连续性和提高效率的关键，传统的机电设备检测往往依赖人工巡检，存在效率低下、漏检率高等问题。引入人工智能技术，可以实现对机电设备的自动监测和预测维护，从而提高检测效率和准确性，降低安全风险。基于此，本文首先分析智慧矿山中对机电设备检测的需求，并研究AI技术在该领域的具体应用及构建方案，希望能为促进该技术的应用提供有效参考。

关键词 智慧矿山；机电设备；人工智能
中图分类号：TD67 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0016-03

在当今数字化革命的浪潮中，智慧矿山作为工业领域的前沿代表，正以日新月异的速度发展和演变。机电设备作为矿山生产的核心支柱，其安全性和效率直接关系到整个生产链的稳定运行。传统的设备检测通常依赖于人工巡检，不仅费时费力，还存在主观判断和盲点。而AI技术则通过智能化的数据分析和处理，能够实时监测设备运行状态、预测潜在故障，并且能够进行快速的响应和调整，从而大幅提升了设备的运行效率和安全性。特别是，AI技术结合了机器学习和大数据分析的优势，能够从海量的设备运行数据中挖掘出隐藏的模式和规律，为设备维护提供更为精准的决策支持。因此，当前对该技术进行深入研究是十分有必要的。

1 智慧矿山中机电设备的检测需求

第一，高效性。传统的检测方式往往需要大量的人力物力，而且耗时耗力，不能满足矿山生产中对设备状态实时监测的需求。因此，智慧矿山需要引入先进的检测技术和设备，提高检测效率，实现设备状态的实时监测和预警。第二，准确性。机电设备在矿山生产中起着至关重要的作用，一旦出现故障可能会导致生产事故和人员伤亡，因此对设备状态的检测需要准确无误。为此，智慧矿山需要采用高精度的检测设备和技术，对设备的各项参数进行精准监测和分析，及时发现并排除潜在的故障隐患[1]。第三，智能化和自动化。随着人工智能和物联网技术的发展，智能化设备已经成为智慧矿山的发展趋势。智能化的设备能够实现自动化的监测和控制，提高设备的利用率和生产效率，降低人力成本和生产风险，因此智慧矿山需要引入智能化的机电设备检测系统，实现对设备状态的智能化监测和管理。第四，可持续发展特点。矿山生产是一个长期的持续过程，因此设备检测系统需要具备稳定可靠的特点，能够长期稳定运行并不断适应矿山生产的变化。同时，智慧矿山还需要考虑设备检测对环境的影响，采用环保节能的检测设备和技术，实现矿山生产的可持续发展。

2 智慧矿山机电设备检测中的AI技术应用

2.1 智慧矿山中AI关键技术分析

2.1.1 智能传感器

智能传感器技术是指能够收集、处理和传输各种环境数据的先进传感器系统，可以感知矿山内部和周围环境的各种参数，如温度、湿度、气体浓度、地质构造等，从而实现对矿山状态的实时监测和分析。通过部署大量的传感器设备，可以对矿山内部和周边环境的各种参数进行实时监测，并及时发现异常情况。智能传感器技术还可以通过数据分析和挖掘，帮助矿山管理者优化生产流程和资源利用。传感器收集到的海量数据可以通过人工智能算法进行分析，发现生产过程中存在的潜在问题和改进空间。此外，传感器可以监测矿工的工作环境，如温度、湿度和空气质量等，及时发现存在的安全隐患，并采取措施改善工作条件，保障矿工的健康和安全。

2.1.2 图像识别技术

图像识别技术在智慧矿山中被广泛运用于安全监控。通过在矿山各个角落安装摄像头，图像识别系统可以实时监测矿工的工作状态和行为，及时发现危险情况并采取相应的措施，有效预防事故的发生。操作时，可以立即发出警报并通知相关人员进行处理，从而保障矿工的安全。图像识别技术也可以用于设备状态监

测和维护。矿山中的大型设备如挖掘机、运输车等经常需要进行维护和保养，以确保其正常运行。图像识别系统可以通过监测设备表面的磨损、裂纹等情况，及时发现潜在的故障迹象，并提前预警维护人员进行检修，避免设备因故障导致的生产中断和安全事故[2]。此外，图像识别技术还可以帮助管理者对矿山环境进行监测和分析。例如，通过分析矿山区域的地质构造、植被覆盖等信息，可以帮助管理者及时发现地质灾害的迹象，采取相应的措施进行防范和应对。

2.1.3 声音识别技术

通过监测矿山内部的声音信号，系统可以及时发现异常声音，如地质变化、机械故障或人员紧急求助的声音。这可以帮助矿山管理人员及时采取措施，减少事故发生的可能性，保障矿工的安全。另外，通过分析设备运行时的声音特征，系统可以实现对设备状态的实时监测和预测性维护。当设备出现异常声音时，系统可以自动发出警报并提供相应的维修建议，避免设备故障对生产造成的停滞和损失。此外，声音识别技术还可以用于改善矿山的环境监测和管理。通过监测矿山周围的环境声音，系统可以实时评估矿山对周边环境的影响，及时发现和解决环境污染问题，保护周边生态环境的完整性。

2.2 智慧矿山中的AI技术应用

2.2.1 故障诊断

传统的故障诊断依赖于工程师的经验和技能，而AI技术则能够通过对大量数据的分析和比对，快速准确地识别出设备可能存在的问题。例如，利用机器学习算法，结合传感器采集到的数据，可以实现对设备运行状态的实时监测和分析，发现潜在故障并及时报警，极大地降低了故障对生产造成的影响。通过对历史数据的深度学习和模式识别，AI系统可以预测设备未来可能发生的故障类型和时间点，提前进行维护和修复，避免了突发故障对生产带来的损失。同时，AI技术还可以优化设备的运行参数，降低故障发生的概率，进一步提升了设备的可靠性和稳定性。

例如，假设一台采矿机出现了异常振动。传感器会实时监测到振动数据，并将其传输到中央数据处理中心。AI算法会立即对这些数据进行分析，并与之前训练好的模型进行比对。通过比对确定这种振动是否属于常规工作范围内的情况，还是表示设备存在故障，并给出具体故障类型。同时AI系统可以立即向维护人员发出警报，并提供修复建议，比如建议更换特定部件或进行维护保养。此外，AI技术还可以利用设备历史数据和运行状态预测未来可能出现的故障，帮助管理人员采取预防措施，避免设备损坏造成的停工和损失。

2.2.2 预测维护

通过历史数据的积累和机器学习算法的训练，AI系统可以建立起设备健康状态的模型。当新的数据进入系统时，AI系统可以根据模型对设备的健康状态进行实时评估，并预测未来一段时间内可能发生的故障情况。智能传感器不断收集设备的温度、压力、振动等数据，并将数据传输到中央数据处理系统进行分析。通过监测设备的运行数据，智慧矿山可以实时了解设备的工作状态，及时发现异常情况[3]。通过将传感器数据和大数据分析结果输入人工智能算法中，智慧矿山可以自动识别设备的维护需求，并生成相应的维护工单。这种智能化的维护管理系统能够帮助矿山管理者更加高效地安排维护人员和资源，提高维护效率和设备可用率。

2.2.3 安全监测

通过大数据分析和机器学习算法，系统能够从历史数据中挖掘出潜在的安全隐患和趋势，预测出可能发生的事故类型和发生的时间，为矿山管理者提供重要的决策依据。比如，通过监测地质构造变化、矿井内部气体浓度、设备运行状态等数据，系统能够提前发现地质灾害、瓦斯爆炸、设备故障等潜在风险，并及时向相关人员发出预警，以减少事故的发生概率。通过安装在各个关键位置的传感器和摄像头，系统能够实时监测矿井内部的各项参数和矿工的工作状态，一旦发现异常情况立即报警并采取相应的措施。同时，矿山管理者可以通过远程监控系统随时随地查看矿山的运行情况，并进行远程控制，及时调整生产参数和采取紧急救援措施，确保矿山的安全稳定运行。此外，智慧矿山中的AI技术还可以通过虚拟仿真和模拟训练提升安全监测的效率和准确性。通过建立真实矿山环境的虚拟模型，系统能够模拟各种可能发生的安全事故，并对矿工进行安全培训和演练，提高其应对突发情况的能力和反应速度。同时，还可以通过模拟测试不同的安全监测方案和应急预案，优化矿山的安全管理体系，提高事故应对的效率和准确性。

3 智慧矿山AI系统架构设计

3.1 逻辑体系结构

系统的逻辑架构可以划分为三个核心层面：矿井子系统层级、数据捕获与流通层级以及业务功能应用层级。

矿井子系统层级：该层级囊括了各类设备、物联

网传感器以及中央计算机监控机制，旨在实现对矿井中关键设备如主风机、提升机、压缩机等的实时在线监测与控制。

数据捕获与流通层级：该层级由两大软件模块构成，一是数据捕获软件，负责从矿山监控系统中收集各项监测数据；二是数据传输软件，承担将收集到的数据准确无误地传送至更高级别数据中心的任务。

业务功能应用层级：这一层级主要由数据中心、网站以及移动应用平台构成，其核心功能是向煤矿工作人员及管理层提供设备的实时在线监控服务，确保信息的高效流通与利用。

3.2 部署架构

系统的部署覆盖了煤矿和监控两大层面。具体而言，煤矿侧采取了物联网传感技术，包括温度、振动、压力、速度、电压、电流等传感器，用以实时捕获机电设备的运行详情和各类工况数据。这些捕获到的信息会即时通过监控子系统进行存储和可视化展示。为了整合和传输这些数据，系统特别设计了数据采集模块，该模块从子系统中提取数据，并通过数据传输模块将其安全、高效地传输至监控端的数据接收平台。值得一提的是，数据采集和传输模块均被精心部署在煤矿侧[4]。

在监管层面，系统不仅配置了数据分析模块和全面的监控平台网站，还开发了便于移动设备使用的监控服务应用程序。这一系列配置和部署的目的在于为监督者提供极大的便利，使他们能够借助互联网，无论身处何地，都能实时、有效地进行在线监督和管理。

3.3 技术架构

该系统采纳了层次分明的体系结构设计，细化为接入层、数据收集与传输层、数据存储层，以及最终的平台应用层。在软件模块布局上，系统融合了C/S、B/S架构，并提供了移动应用支持。该网站基于ASP.NET MVC 5.0框架打造，同时引入了包括jQuery、ECharts、HTML5和SVG在内的多项前沿技术和第三方组件。此外，针对安卓平台的应用软件，则采用了Java编程语言进行开发。

为了支持多样化的业务需求，平台综合运用了Redis、SQL Server和HBase等数据库技术，旨在存储实时监控信息、报警记录、统计数据和庞大的设备历史采样数据。在数据接入环节，系统采用了OPC UA/DA协议，以确保矿端设备监控子系统的数据采集与接入的高效性；同时，借助FTP协议或消息队列传输技术，确保数据能够稳定、快速地传输至平台。

在神经网络方面，矿山运营涉及大量的数据和复杂的环境变化，因此采用LSTM（Long Short-Term Memory）网络来构建AI模型[5]。LSTM是一种递归神经网络，适用于处理序列数据，能够捕捉数据中的长期依赖关系，对于时间序列预测和序列分类等任务效果显著。数据准备和预处理中需要收集和清洗历史数据，包括矿山的生产数据、设备状态数据、环境数据等。然后，将数据进行归一化处理，以确保各个特征的尺度相近，有利于模型的训练和收敛。在设计网络结构时，需要考虑到矿山运营的特点和需求。通常情况下，可以采用多层LSTM结构，通过堆叠多个LSTM层来增加网络的表达能力。同时还可以添加一些正则化手段，如Dropout层，以防止过拟合问题的发生。在模型搭建完成后，需要进行模型的训练和调优，包括将数据集划分为训练集、验证集和测试集，利用训练集对模型进行训练，并通过验证集来调节超参数和防止过拟合。在训练过程中，可以采用一些优化算法，如Adam优化器，以加速模型收敛并提高模型的泛化能力。

4 结束语

智慧矿山机电设备检测中的AI技术应用，不仅为矿山生产带来了革命性的改变，更引领了矿山行业迈向智能化、自动化的新时代。通过AI技术的深入应用，我们能够实现对设备运行状态的实时监测和精准分析，及时发现并解决潜在的安全隐患，确保矿山生产的安全稳定。同时，AI技术还能对设备运行数据进行深度挖掘，预测设备的维护周期和故障风险，为矿山的预防性维护提供有力支持。此外，AI技术还能帮助矿山实现智能化管理，提高生产效率，降低运营成本。针对AI未来的发展，相信随着人工智能技术的不断突破和进步，智慧矿山将不断拓宽应用领域，提升应用水平，为矿山行业的可持续发展注入强大的动力。

参考文献：

[1] 黄粒.自动化技术在矿山机电设备中的应用与发展方向研究[J].中国金属通报,2023(15):11-13.
[2] 康成国.智能矿山煤矿机电设备管理创新策略[J].矿业装备,2023(12):149-151.
[3] 李博文,张斌,吕晓明.煤矿机电设备智慧检修系统研究与应用[J].中国煤炭,2023,49(11):87-91.
[4] 李小波.机械制造领域智能化技术与机电一体化融合发展研究[J].中国煤炭,2023,49(S2):55-59.
[5] 胡春林.人工智能技术在智慧矿山机电设备检测中的应用[J].中国机械,2024(04):48-51.

起重机械安全监控管理系统的检验难点

郭 启

（深圳市质量安全检验检测研究院，广东 深圳 518000）

摘 要 本文通过对近几年不同类型起重机械及不同厂家生产的安全监控管理系统的现场检验经验进行总结，分别从安全监控管理系统的构成、系统概述及其作用分析、信息采集源、监控参数、监控状态等在检验过程中遇到的检验难点进行了系统的分析，旨在对检验人员的日常检验操作具有指导意义，对起重机械安全监控系统的完善设计和安全使用亦有借鉴意义。

关键词 安全监控系统；信息采集源；监控参数；监控状态

中图分类号：TH21 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0019-03

1 研究背景

起重机安全监控系统作用在于全程显示功能、报警控制、系统自检、一键止停和信息记录起重作业的关键参数和安全状态，其核心目标是确保起重机能够安全运行。

质检部门已正式发布两则重要文件，分别为《质检办特联〔2011〕1394号》关于启动大型起重机械安装安全监控管理系统前期示范试点项目的通告，以及《质检特函〔2011〕116号》关于在示范试点工作中加强试验验证的指引。此外，最新实施的TSG51—2023《起重机械安全技术规程》标准，明确界定了哪些设备必须配备安全监控系统，并对相关检验条目和要求进行了具体规定。该规程不仅强调了安全监控管理系统安装工作的重要性，更提出了必须严格按照既定规则和标准执行的要求，凸显了其在保障起重机械安全方面的极端重要性。（如表1）

下面分别从安全监控管理系统的构成、系统概述及其作用分析、信息采集源、监控情况、相关的参数等进行过程难点的分析。

2 起重机械安全监控管理系统概述及其作用分析

起重机安全监控与管理系统实质上是电气控制系统的扩展与深化，它将输入、处理、输出及储存等核心要素整合成一体，全面跟踪并精准调控吊装设备的作业流程，同时肩负着关键信息的记录与管理任务。这一系统并非孤立存在，而是与起重机设备紧密结合，形成不可分割的整体控制系统。在实际应用中，它能够对起重机的起重、力矩、振幅、速度、高度、倾斜度、风速等关键参数进行实时监控，有效预防和应对各种潜在故障和风险，确保起重机的安全稳定运行[1]。

表1 安装安全监控管理系统的大型起重机械目录

序号	类别	品种	参数
1	桥式起重机	通用桥式起重机	200 t以上（注a-1）
2		冶金桥式起重机	大于10 t
3	门式起重机	通用门式起重机	100 t以上
4		造船门式起重机	参数不限
5		架桥机	参数不限
6	塔式起重机	普通塔式起重机	315 t·m以上
7		电站塔式起重机	315 t·m以上
8	流动式起重机	轮胎起重机	100 t以上
9		履带起重机	200 t以上
10	门座式起重机	门座起重机	60 t以上
11	缆索式起重机	—	参数不限
12	桅杆式起重机	—	100 t以上

3 起重机械安全监控管理系统的构成

起重机械的安全监控管理系统是通过精心设计的硬件与软件完美融合而构建的。其功能的全面实现离不开一系列的核心组件，它们各自扮演着不可或缺的角色。比如信息采集单元，它承担着收集各项关键数据的任务，确保数据的准确性和完整性。信息处理单元，它负责对采集到的数据进行深度处理和分析，提取有价值的信息[2]。本系统并非独立产品，而是包括在起重机械电气控制系统之中。

4 安全监控管理系统信息采集源检验难点

现场检验时根据起重机械类别，对应信息采集源，核查起重机械的信息采集源与监控系统显示屏上显示

是否一致。根据GB 5226.2—2002标准对起重机械技术条件的明确规范，对于安全停止功能，优先推荐使用硬件线路来实施。当考虑到引入PLC技术时，应防止PLC程序故障导致安全保护功能失效。因此，在起重机械中，对于诸如起重量和起升高度限制器等关键安全保护装置，最佳实践是直接与安全回路相连，确保其功能稳定可靠。在起重机设计制造过程中，众多制造商倾向于采用双线路冗余设计策略。这种策略的核心在于，将安全保护装置的动作开关同时接入PLC系统与安全回路[3]。

5 起重机械安全监控管理监控参数检验难点

5.1 起重量

在实际操作中，我们完成了载荷的提升工作，并对显示设备上的各项信息进行了详尽的核查。首先，我们核实了当前起重量的显示是否正确无误，这是我们的首要任务。随后，我们又仔细检查了计量单位的设定，确保其已正确设置为“吨”（t）单位。尽管起重机械的安全监控系统所配备的显示器在显示数值时，确实保留了两位小数，充分保证了数据的精确性，但令人遗憾的是，起重器的限制器在显示数据时却未能达到同样的标准，仅显示了一位小数。

5.2 起升高度（下降深度）和运行行程

起重机械安全监控系统通过实时监控升降与移动的距离，清晰展示所吊物体的运动轨迹实现有效监控。在这其中，旋转编码器扮演着举足轻重的角色。在实际操作中，起重机械的车轮有时会出现滑移现象，导致监控设备与实际测量的距离之间存在差异。经过对起重机械监控系统的仔细检验，发现其在追踪起升高度与大小车行程时，并未将卷筒和车轮部位的编码器功能发挥到极致，这在某种程度上削弱了监控的精确度。为了进一步优化和提升监控系统的性能，确保起重机械的运行状态能够得到更为精准和实时的监控，我们提出在关键部位安装同步轮的方案。通过同步轮的安装，我们可以更加直接、全面地捕捉到起升高度和大小车行程的实时数据，从而极大地提高监控的精确度和实时性[4]。

5.3 水平度

在吊装作业中，为确保主导梁和底盘的水平状态得到精准把控，安装单位必须为起重机械增设实时监控设备。这一做法的核心目的是保证吊装过程中，可以在水平面上均匀分布支撑力，进而实现作业的安全稳定进行。虽然已经有水平仪安装在履带起重机上，不需要另外安装，但针对一些公路的架桥机，情况则有所不同。由于这些架桥机占地面积较大，且需经常移动安装，导致检测其设备水平度的难度显著提高。因此，在这些特定情境下，对水平度检测仪器的加装需求就显得更为迫切和重要[5]。

5.4 操作指令

针对空载环节，要考虑现场的具体状况，严格操作检验起重机械的动作，验证显示器是否将各种动作显示出来。试验后进行有效记录，并可以保存和回放。起重机司机操纵起重机联动台、主令控制器、凸轮控制器、遥控器、操作手柄、按钮盒等开关发出命令，检验监控系统应能监测到该命令并执行对应记录。完善起重机安全监控系统，确保能全面、精确地反映各类起重机型的不同操作指令，并针对操作方式和特点进行跟踪，显得尤为关键和重要。

5.5 支腿垂直度

此项适用架桥机，现场检查系统可以显示和记录支腿垂直度的数据并，在支腿下的横梁上架设仪器，测量支腿的垂直度并记录，再将数字式角度仪等仪器放置于支腿的垂直面上，根据支腿不同的形式，选取相应位置测量纵向的垂直度并记录。对比实测数据与系统实时显示的支腿垂直度数据两者是否一致。对于架桥机而言，任何一支腿倾斜都可能对架桥机的整体安全构成重大安全隐患，现场检验应确保支腿垂直度检测工作的准确性。

6 起重机械安全监控管理系统监控状态检验难点

6.1 起升机构制动器状态

在没有负载的情况下操作起升机构时，对于配备两个或更多起升机构的起重机械，必须逐一仔细核查每个机构的制动状态。同时，系统显示屏的实时反馈功能也需细致检验，确保其能够准确显示制动状态的信号。起升机构的制动器作为保障起吊作业安全的关键部件，其操作状态必须受到安全监控系统的严密监控。这一监控过程不仅要求精准，还需确保实时性，以便制动状态信号能够迅速且无误地呈现在显示界面上。在检验过程中，制动器动作监控信号的准确性同样不容忽视。这些信号必须真实反映抱闸的开闭状态，而非仅仅依赖于制动线圈的通电情况。因此，对于多数采用液压推杆设计的制动器，应增设行程开关或接近开关，用以检测制动臂的动作及其到位情况。每个起升制动器都应配备独立的检测开关，并在显示屏上单独显示各制动器的动作状态。

6.2 抗风防滑

在露天作业的起重机，特别是门座式和门式起重机中，抗风防滑装置发挥着不可或缺的作用，它们能够有效抵御强风对起重机稳定性的威胁，防止其倾倒或偏移。抗风防滑系统主要依赖夹轨器和夹轮器等核

心部件的协同工作来实现其功能。为了确保司机能够准确掌握抗风防滑装置的工作状态。抗风防滑装置主要由锚定装置、夹轨器和夹轮器等关键组件组成，这些组件协同工作，形成强大的抗风防滑力量，能够防止因风力作用导致的移位或倾覆。所以，安装机械锁止元件动作的抗风防滑状态检测开关至关重要。抗风防滑装置在工作状态和非工作状态均应有效。

6.3 门限位联锁保护

在现场进行门限位开关闭合试验时，应验证监控系统所展示的门联锁状态是否与实际状况相吻合。但在检验过程中发现，从登记平台到起重机本体，再到驾驶室及桥梁两侧端梁的栏杆部位，都设有门，然而部分车门并未按规范安装联锁保护开关。目前，现场已安装的门联锁保护开关采用串联方式，此设计使得监控系统仅能显示其中一扇门的状态，而无法实时地反映所有车门的开合情况。若使用串联方式设置门联锁保护，监控系统不能显示具体是哪扇门未关闭，增加了安全风险。因此，每扇门应提供独立的监控信号，在监控屏上实时显示每一扇门的开启与闭合状态。

6.4 同一或者不同一轨道运行机构安全信号

在起重机械处于空载状态时，安装信号反射装置，以检测在多条轨道上运行时可能发生的碰撞风险。必须保证在驾驶室的可见范围内及起重机周边地区，声、光报警信号能够清晰传达，并验证起重机在接收到这些信号后能否立即停止动作。所有这些步骤均需紧密依据行业内既定准则来执行。无论是相同轨道上的起重机，还是不同轨道间的起重机，它们之间都应保持至少2米的安全距离，若间距低于这一标准，整个系统就不能迅速且准确地作出反应。

6.5 供电电缆卷筒

经过实地检测，注意到起重机械的监控系统当前主要侧重于监测供电电缆卷筒过紧的情况，却忽视了过松状态可能带来的潜在风险。无论是电缆卷筒过紧还是过松，都是可能引发安全问题的隐患，不容忽视。同时，如果开关的安装位置设计不够合理，那么在电缆卷筒出现过紧或过松的情况时，保护开关可能无法及时、准确地作出反应，从而无法有效地发挥其保护作用。现场检验，通过手动控制，模拟供电电缆卷筒状态保护开关的断开与闭合过程，并仔细观察了系统是否能够准确识别电缆卷筒的实时状态。

7 起重机械安全监控管理系统电气系统的检验难点

7.1 扫描周期

现场检验在审核时间系统程序的过程中，其中一个重要的环节就是验证其扫描周期是否保持在100 ms以内。审查设计文件，查看系统实际程序的扫描周期是否不大于100 ms。为了确保系统运行的稳定与高效，必须严格把控程序扫描周期，确保其在100 ms之内。若系统核心控制单元采用PLC可编程序控制器，由于这类PLC通常配备高性能的700 MHz CPU，其采样速度能在极短时间内处理大量数据，因此完全能够确保扫描周期满足不超过100 ms的标准要求。

7.2 报警装置

在没有负载的情况下，计划通过一系列实地测试来评估起重机械所装备的各类报警装置的性能。具体方法包括按下紧急停止按钮或触发预设的报警信号，观察这些装置是否能够迅速响应。在检验过程中发现，每当监控系统检测到异常情况并触发报警机制时，只是司机室的显示屏幕上会显示声光警示信号。这种设计使得仅有驾驶室的司机能够直接感知到警报信息，这对于迅速通知那些身处潜在危险区域的工作人员构成了很大的危险。为了弥补设计上的不足，提出了一项创新性的改进方案应增设现场即时报警装置。该装置的优势在于，当起重机发生报警事件时，它不仅能够立即在司机室发出声光警报，同时还会向处于危险作业区域的工作人员发出明显的警示信号。

综上所述，因为设备特性与机构设置不同，起重机的安全监控系统因为差异而多样化。尽管GB/T 28264—2017标准已明确规定了不同类型起重机安全监控系统的基本配置要求，但在实际操作层面，仍发现缺乏一套详尽、统一且细致的规定来指导具体配置工作。实际上，系统的配置在很大程度上依赖于每个检验员对标准的理解和把握。鉴于此，为了确保起重机安全监控系统的规范、可靠和合理配置，我们必须紧抓检验的关键环节，深入研究和探讨各项功能的设计初衷和实际需求。

参考文献：

[1] 陆震云，张卫斌，张勇，等．大型起重机数字化检测技术开发与研究[J]．机械管理开发，2024,39(01):93-95.
[2] 韩志云．起重机保护接地检验检测探讨[J]．中国设备工程，2024(01):145-147.
[3] 朱浩．桥门式起重机接地保护安全检验技术研究[J]．设备管理与维修，2023(24):24-26.
[4] 林英国．桥式起重机检验检测技术及安全评估[J]．中国质量监管，2023(10):76-77.
[5] 刘泽龙．起重机械检验中危险因素的识别与控制措施分析[J]．中国设备工程，2023(19):141-143.

智能技术在电力设备智能运检中的应用分析

韩　霞，李　静，王　锐，吴文丽，张　鑫
（国网山西省营销服务中心，山西 太原 030032）

摘　要　我国电网输变电设备分布广泛，且其结构参数多样化。在电力设备运行过程中，设备故障是常见的问题，其故障类型繁多且各具特点，为运检工作人员的维修与处理工作带来极大的压力。利用人工智能技术开发的智能电力设备运检系统能够依托其技术优势，对设备的运行状态进行准确评估，定期分析设备的运行状态，并自动推送故障类型及成因，从而为维修人员提供有效的参考依据，优化维修决策过程。基于此，本文对智能技术在电力设备智能运检中的实施进行探讨，以期为同行业人员提供参考。

关键词　智能技术；电力设备；智能运检
中图分类号：TM76　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0022-03

电力设备的运行状况直接关系到电力系统的稳定性，为确保系统的可靠运行，应精准获取设备内外部的多源数据，并通过科学方法进行数据的汇总与融合，以准确评估设备运行状态，进而制定合理的运维检修方法。在此过程中，人工智能技术因其在识别、预测、优化和决策任务中展示出的高效率及自我学习能力，已经成为电力设备运维检修中的关键技术，为提高电力设备管理的智能化水平提供重要支撑。

1　电力设备智能运检特点

电力设备的智能运检通过实时数据采集与分析，实现状态监测和故障预警，运用先进的传感器监测设备的电流、电压等关键参数，利用大数据分析技术对采集到的数据进行深入处理与分析，以实时反映设备运行状态，结合数据模式识别预测设备潜在的故障点。同时，分析变压器的温升数据预测其未来的维护需求，从而提前安排维护，防止设备过度磨损或故障。智能运检技术利用集成化控制系统提升运维效率，集数据采集、状态评估、决策支持与执行于一体，基于设备实时数据自动调整维护计划。在此基础上，采用机器学习算法优化设备管理，根据电力设备的运行数据自动识别并分类设备的异常状态，为操作人员提供具体的维护建议。由此减少人为的干预，降低运维成本，还能提高响应速度，提升电力系统的可靠性与经济性。智能运检能够强化电力设备的远程监控能力，利用云计算平台，使运维团队不受地理位置的限制远程监测设备状态，实时接收报警信息，进而提高监控深度，帮助运维团队在第一时间内获得设备故障信息，快速响应，有效规避潜在的安全风险。远程监控系统还支持多种通信协议，兼容不同类型的设备，增强其灵活性。

2　电力设备运维检修存在的问题

传统电力设备运维检修主要依赖人工巡检，不仅耗时耗力，且难以实现对设备状态的实时监控。由于缺乏有效的预测工具，维护人员难以准确判断设备的实际磨损程度，导致过早或过晚进行维护，增加维护成本，也会因错过最佳维护时机而引发设备故障。电力设备在运维检修中常见信息孤岛问题，各监测设备之间的数据难以实现共享，阻碍运维管理的效率。不同设备间缺乏有效的通信接口，使得运维团队难以获得全面的设备运行视图，从而不能对设备状态做出最优决策。同时，传输系统与变电系统采用不同的数据管理软件，导致数据无法整合，增加故障诊断的难度，影响故障响应的时效性。随着电力系统向智能化、高效化发展，相关技术设备的维护通常更加复杂，一旦出现故障，需要专业的技术支持，且故障排除的时间较长，对电力系统的稳定运行构成潜在风险。

3　电力设备智能运检系统的关键技术

3.1　计算机神经网络

计算机神经网络是通过模拟人脑的处理方式来解析复杂数据，实现设备状态的准确预测。该技术基于深度学习框架构建，利用算法自动提取大量运行数据中的特征，进而训练模型以识别设备潜在故障模式。计算机神经网络主要包括多层次的处理单元，每层都对输入的数据进行特定变换，使网络能够学习数据中的复杂模式。计算机神经网络通过前馈网络、卷积神经网络、循环神经网络等结构有效处理不同类型的数

据输入。CNN适用于对电力设备外部损伤的视觉检测，RNN具备对序列数据的处理能力，适用于时间序列数据的分析，如电力设备的历史运行数据。这些网络能够通过反向传播算法优化偏置参数，不断提高预测的精确度。在电力设备智能运检中，计算机神经网络能够提高故障检测的智能水平，减少人为干预，降低运维成本，并通过持续地学习适应新故障类型[1]。

3.2 专家系统诊断技术

专家系统诊断技术依托其模拟人类专家决策过程的能力，为电力设备故障诊断提供重要支持，结合人工智能的推理机制与电力行业专家的知识，建立庞大而详细的知识库，实现对设备故障原因的快速定位。专家系统借助逻辑推理引擎模拟专家的思考过程，对输入的数据进行分析，并与知识库中存储的规则匹配，输出故障诊断结果。该技术支持知识库的构建，整合最新的设备性能数据，确保系统诊断建议覆盖广泛的情景并提供准确的解决方案。专家系统的推理机制采用如产生式规则、模糊逻辑等方法，增强系统对复杂问题的处理能力。产生式规则以结论的形式表达知识，使推理过程更加透明，而模糊逻辑则使系统在面对不确定信息时仍能进行有效推理。在电力设备运维检修中，专家系统能够基于实时监控数据进行连续的状态评估，一旦检测到参数异常，即可自动触发故障诊断流程，快速进行推理分析确定可能的故障原因，并结合历史维护数据推荐最适合的维护方案，以提高故障处理的准确性，降低由于设备故障带来的运行中断风险。

3.3 全方位深度智能学习技术

全方位深度智能学习技术利用深度学习的框架来分析各种复杂数据集，实现对电力设备状态的全面监控，依赖于多层次的神经网络架构自动从大量运行数据中提取有价值的信息，用于训练模型以识别潜在运维问题。全方位深度智能学习技术主要包括传统卷积神经网络和循环神经网络，还融合最新的自注意力机制，以处理时间序列数据，提高故障诊断的精度。该技术的实施需依赖高质量的数据输入，使得数据预处理成为该技术实施的关键，以确保输入数据的质量。该技术还需利用高性能分布式计算资源，满足深度学习模型训练的大规模计算需求，以实现更为精确的数据分析，实时监控电力设备的运行状态，及时发现潜在故障。在具体应用中，该技术能够构建特定的算法模型，使系统在分析电力设备数据时深入挖掘设备运行的内在规律，并利用深度强化学习进行设备的优化控制，从而在不断交互中学习最优的设备操作方式，以延长设备寿命[2]。

4 智能技术在电力设备智能运检中的实施

4.1 智能诊断电力设备故障

智能诊断技术利用先进的数据分析技术提高故障诊断的准确性，结合实时数据监控精准识别电力设备中的潜在故障，并利用传感器收集大量设备运行数据。同时，实时分析这些数据，利用异常检测算法及时发现偏离正常运行状态的数据模式，从而在故障发生前预警，帮助维护团队确定故障可能的原因，缩短故障响应时间，提高电力系统的整体稳定性。智能诊断技术采用深度学习模型，提升故障诊断的准确度，以此处理大规模的历史数据，学习设备在不同工作条件下的行为模式，从而在新的数据中准确识别出与历史故障相似的特征。LSTM具备优异的时间序列数据处理能力，适用于预测设备的动态变化，使故障诊断动态跟踪设备状态，实现更为复杂的故障诊断。智能诊断技术结合云计算和大数据技术，实现故障诊断信息的集中管理，借助云平台使所有监测数据集中存储，支持跨区域、跨设备的数据整合分析，使运维团队获得更全面的设备健康状态视图。同时，应用数据挖掘技术在云平台上分析聚合数据，从大量设备中挖掘出故障规律，并根据设备类型自动优化诊断模型，提供定制化的维护建议，进而提高故障处理的针对性。

4.2 智能评估电力设备状态

智能评估综合运用传感技术和数据分析，实现对电力设备状态的准确评估。智能评估技术依赖高精度的传感器收集设备运行的关键参数，借助传感网络实时传输至中央处理系统，其中先进的数据采集用于滤除噪声，确保数据准确性，进而优化数据流程，为后续深度分析提供高质量的输入，保障评估结果的可靠性。智能评估系统采用深度学习模型分析收集到的数据，建立设备的健康状态模型，以识别出设备运行中的各种模式，以及与历史数据中已知故障相对应的特征。在此过程中，可以使用基于时间序列的预测模型，有效预测设备潜在的故障点，并利用深度神经网络处理复杂的非线性关系，提高状态评估的精度，实现故障类型的自动分类，进而提升运维效率。智能评估技术能够集成先进的数据可视化工具，提供直观的设备状态报告。数据可视化界面可以将复杂的数据分析结果转换为易于理解的图表，使运维人员快速把握设备的整体健康状况，决策支持系统则结合历史维护记录提供基于数据驱动的维护决策建议，帮助运维团队优化维护计划，以此提高设备监测的动态响应能力，增强预防性维护的实施效果，从而延长设备的使用寿命[3]。

4.3 智能优化电力设备运检

智能优化集成物联网技术与智能传感器，实现对电力设备的全面实时监测，借助传感器不断收集设备运行中的各种参数，如电压、电流、温度等，并通过无线网络实时传输至中央监控系统。中央系统应用大数据分析技术对收集的数据进行深入分析，识别出运行中的异常情况，进而减少因设备故障导致的停机时间，并通过预测性维护在问题发生前进行干预，提高设备的可靠性。智能优化技术应用机器学习算法优化检修计划，借助机器学习模型基于历史数据预测设备的维护需求，自动生成优化的维护计划。智能系统可以分析设备的运行历史，确定最佳的维护时间，从而避免关键维护需求被忽略，提高维护工作的效率，确保资源的最优配置，减少运维成本。智能优化可以实施高级的数据可视化工具，帮助运维团队获得设备健康状态的全景视图，得到基于数据驱动的操作建议。该系统集成模拟和优化工具，模拟不同维护方式的长期影响，并提供决策支持，帮助管理人员制定基于成本效益的运维决策，从而增强设备运维的策略性，通过持续调整提高决策准确性[4]。

4.4 智能监控配电系统

智能监控配电系统采用先进的信息技术，实现对配电网状态的实时监控与管理，从而提高电力系统的可靠性。智能监控系统利用大规模传感器网络对配电系统的关键性能指标进行连续监测，实时收集数据，并借助高速通信网络传输至中央数据处理中心。在此基础上，应用大数据技术对收集到的数据进行分析，识别系统中的潜在故障，如电压波动、频率偏差等，并对这些数据进行深入分析，及时发现问题并触发预警，有效防止电力设备故障，保证电力供应的稳定性。智能监控系统还集成了先进的机器学习算法，使系统实现基本的数据分析，进行更复杂的预测。可以应用深度学习模型学习历史数据中的运行模式，预测未来可能出现的问题并提前采取措施，同时还可以根据实时数据自动调整配电网络的运行参数，调节变压器的负荷或重新配置电网的连接方式，以优化电力分配。此种智能化的运行模式能够增强电网的自适应能力，为电力系统运维提供强大的技术支持。智能监控系统还具备远程控制功能，能够提高配电系统的操作效率。系统中的自动化控制单元可以根据中央处理中心的指令远程操控配电设备，如自动开关断路器，调节变压器的输出，以应对突发事件。同时，整个智能监控系统支持与其他电力系统管理平台的无缝集成，与智能电表联动实现更广泛的能源优化，进而提高系统响应速度，降低人力成本，提升电力系统的整体运行效率[5]。

4.5 智能评估设备寿命

设备寿命评估主要通过实时数据监测，准确预测电力设备的康健状况和剩余使用寿命，依托大数据分析和云计算平台，实现对电力设备运行状态的深入分析。在此过程中，需通过在线监测系统收集设备的运行数据，如电压、电流等关键参数，经过预处理后上传至云端数据中心。在数据中心，采用数据挖掘技术对数据进行分析，识别出设备潜在的故障模式，随后应用机器学习算法对设备数据进行训练和学习，建立设备健康状态评估模型，从而基于实时数据预测设备的未来性能衰退曲线，实现对设备寿命的智能评估。智能评估还能够对设备维护周期提出优化建议，利用预测维护技术在设备出现故障前进行维护，减少突发停机的风险和维护成本。智能评估技术的应用能够提高电力设备的可靠性，优化能源利用效率。通过实时监测和预测分析，运维团队能够精确把握设备健康状况，合理安排维护计划，避免不必要的维护活动，从而延长设备的使用寿命，降低系统的总体运营成本。该技术的发展依赖于人工智能和物联网技术的融合，使得设备智能运检更加高效，提升电力系统的稳定性。随着智能化技术的不断进步，未来智能电力设备的运检将更加精准高效，为电力系统的可持续发展提供坚实的技术支持，进而提升电力行业的经济效益。

5 结束语

人工智能技术应用于电力设备运检管理能够提升设备运行的稳定性，进行可视化评估与分析，及时准确地判断电力设备运行状态，对异常进行实时识别和处理。人工智能可以降低传统人工巡检和维护所导致的资源浪费，提升电力设备运行管理的质量，确保供电系统的稳定性。

参考文献：

[1] 王金龙.带电检测技术下的配网电力设备运维检修[J].自动化应用,2024,65(08):145-146,149.
[2] 王熹瞳.探讨电力设备运维管理及安全运行[J].中国设备工程,2023(24):58-60.
[3] 张亮.基于人工智能技术的电力设备故障识别策略与方法[J].电工技术,2023(S1):4-6.
[4] 侍海将.人工智能技术在电力设备运维检修中的应用[J].电子技术,2023,52(04):352-353.
[5] 陈林峰.试析电力设备运维管理及安全维护策略[J].中国设备工程,2023(06):58-60.

物探检测在水库大坝防渗加固效果检测中的应用

龚 术

（湖南省遥感地质调查监测所，湖南 长沙 410000）

摘 要 针对水库大坝渗漏加固工程项目的首要任务是精确探寻潜在的安全隐患。物探法凭借其高效性、低成本以及高分辨率等显著优势成为此类工程中检查隐患位置的首选手段。每种物探方法各自适应于不同类型和特性的异常体勘测。其借助综合运用高密度电法、探地雷达及钻孔电视法则成功完成了对A水库的严格检测工作，从而明确了水库存在的安全隐患，为后续的加固工程提供了强有力的技术支持与参考依据。

关键词 物探检测；水库大坝；防渗加固效果检测

中图分类号：TV62 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0025-03

水库大坝作为重要的水利设施，在我国社会经济发展进程中起着极为关键的作用，然而由于受到施工环境的制约，大坝施工过程中普遍存在坝体填筑不够紧密，或者清基以及坝基防渗处理不够彻底的问题，从而导致大坝在实际应用过程中出现了多种病害现象，对坝体的结构安全性和防渗安全性产生了极大的影响。甚至有部分大坝出现了破坝、溃堤的事故，给下游地区的人民生命财产带来了严重的威胁。因此，对于这些存在隐患的大坝，迫切需要进行除险加固工作，而首要任务便是找出其病害的根本原因。

1 物探方法概述

1.1 探地雷达

地质雷达探测技术主要是借助高频电磁波的宽频带短脉冲形式，将信号自地面通过天线T垂直注入地下，待其抵达探测目标后再原路返回地表，并由另一个天线R进行接收，如图1所示。当相关电磁波在介质内部进行传播过程中，无论其波形或强度都会受到所经过介质电性质和几何形态的影响而产生相应的变化[1]。因此，根据接收到的波的旅行时间、波形特征以及幅度等参数，可以为本文深入分析介质的具体构造提供重要的参考依据。

1.2 高密度电法

高密度电阻率法是一种创新性的阵列勘探技术，这一方法基于静电场的基本理论，主要依靠筛选并测量目标地质结构间的电气性质差异来进行勘测。作为电阻率法的一种独特表现形式，高密度电法则是电阻率剖面法以及测深法的完美融合[2]。在预先设定好的测线上以及测点上，会同时部署数十甚至上百个电极，接着利用多芯电缆将这些电极连接至专门设计的电极转换设备中。这个设备可以根据操作人员的具体指令，将这些电极按照特定的方式组合成不同的电极装置及电极间距，最后再由自动化电测仪器迅速地完成对观测剖面上多个测点的电阻率法观测。

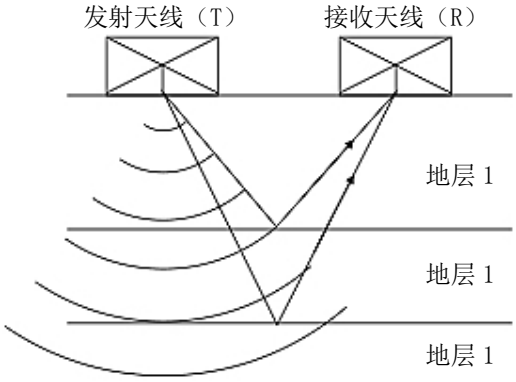


图1 地质雷达原理

1.3 钻孔电视法

采用先进仪器设备——探析器与深度计，深入钻孔孔壁获取图像信息、精准监测裂隙方位和深度，并将其完整地纪录在案。借助地面监控系统灵活调整探析器的方向和焦点距离，以确保获得高品质的孔壁影像资料。运用深埋于井下的高清摄像机探头进行360度全方位拍摄，详尽地记录钻孔孔壁的全景式图像，以及其深度变化情况。然后，通过专业软件对所采集到的孔壁图像进行精细化编辑和深入分析处理。

2 物探方法实际工程应用

2.1 区域勘察

A 水库坝址坐落于两大河流的交汇之处，其地理位置优越，坝区内的河道顺滑且笔直，水流以 N40° E 的方向流动；河谷地形呈现明显的“V”字形特征，两侧陡峭峻拔的悬崖绝壁颇为壮观，地形坡度约在 60° 至 70° 之间，属于中切割台状低中山地貌的典型代表。坝段基础岩石构成主要由 K2 和 Jp 两种地层的砂岩及少量薄层粉砂质泥岩以及泥质粉砂岩所构成。通过对钻孔压水试验所得数据的分析可以发现，新鲜的砂岩岩石基本上以微至极微透水性的层面为主导，河床部位的岩体则属于弱至中等透水性的区域，然而，处于风化带与裂隙带之间的岩体则归类为强透水性的部分。值得注意的是，从横向看，左岸岩体透水性相对于右岸更大，而从纵向观察，随着深度的增加，岩体的透水性会逐步减小[3]。

本区域未发现有显著的断层面存在，然而，区域性的节理裂隙却在特定地点呈现出了相对密集的分布情况，这些区域主要集中在大坝的北部以及东部位置。其中，主要涵盖了张裂隙、压性裂隙以及扭性裂隙等多种类型。（见表 1）

2.2 测线布置

在此次全面深入的大坝坝基渗漏检测工作中，特别是针对泄洪闸左右两岸沿着大坝轴线的位置，精心设计并布设了两条地质雷达测线，分别从自钻孔 ZK 右 13 延伸到 ZK 右 1，以及从自钻孔 ZK 左 1 开始，一直延续到 ZK 左 45。同时，还在各个钻孔内部进行了探地雷达、超高密度电法以及钻孔电视等多种勘查手段的综合应用，具体的平面布置情况如图 2 所示。

2.3 探地雷达应用

在 ZK 点的左侧 45 度方向，位于水平位置 6 至 8 米、深度大约为 2 至 3.5 米的范围内，发现了明显的异常现象。同样地，在 ZK 点左侧 33 度方向上，位于水平位置 61 至 75 米、深度约为 5.5 至 7.0 米的位置处，以及在 ZK 点左侧 23 度方向上，位于水平位置 3 至 5 米、埋深 3 至 6 米的范围内，都存在着类似的异常现象。

表 1 坝区裂隙统计

位置	左平硐	右平硐	河床左区	河床右区	河床中区
裂隙间距 /m	0.51 ～ 0.75	0.54 ～ 0.88	0.47 ～ 0.50	0.40 ～ 0.56	0.42 ～ 0.54
宽度 /cm	1.82 ～ 2.00	1.32 ～ 1.95	1.50 ～ 1.87	1.42 ～ 1.97	1.65 ～ 1.84
长度 /m	3.12 ～ 4.75	3.96 ～ 5.06	2.86 ～ 5.13	2.94 ～ 4.77	3.34 ～ 5.04

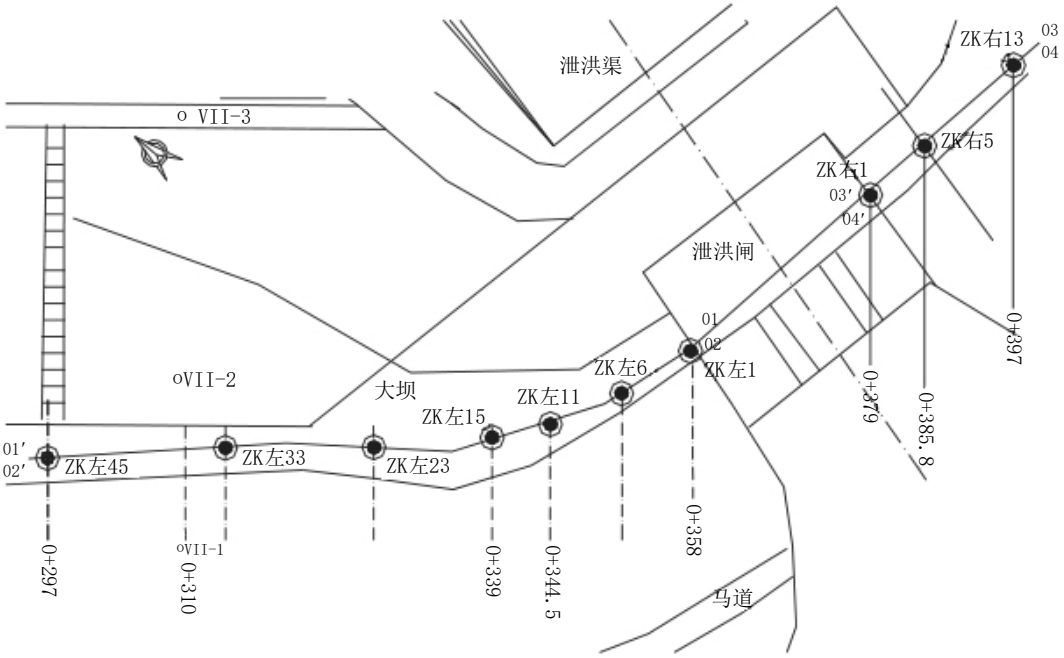


图 2 平面布置图

通过对雷达波的分析，发现这些异常区域的同相轴表现出不连续的特性。考虑到该地区的本土坝为均质土坝，且雷达工作场所周围没有大树、电线等可能产生干扰的因素，因此，这种强烈的反射现象很有可能是由坝体局部受浸水并处于相对饱和状态，与周围未受水浸润的土体形成明显的电性界面所导致的[4]。通常情况下，当土壤或砂卵石中充满空气时，其电导率和相对介电常数较低，而电磁波波速则较快；然而，当其中的空气被水取代后，其电导率和相对介电常数会显著增加，而电磁波波速则相应降低。综合上述特征，可以推测出异常区域内的含水量相对较高，这表明此处可能存在渗流通道。

2.4 高密度电法的应用

基于现有钻探及配套钻孔电视勘测所得直观成果，本文特意选取了钻孔ZK左33与ZK左23间的一段电法剖面进行深入分析，剖面的纵坐标表示深度，而横坐标则代表水平距离，两者皆以米作为度量单位。

根据已有钻探数据以及ZK左33和ZK左23孔之间的电法剖面图可知，在ZK左33孔深15.0米以上至ZK左23孔深13.3米以上这一区间内，电阻率呈现出相对较低的状态，这表明此处可能存在塑性混凝土防渗墙结构，经过详细分析后得出结论，即该区域的防渗墙结构较为完整。然而，在两孔之间的深度范围，即ZK左33深度15.0～27.0米至ZK左23深度13.3～23.4米之间，视电阻率却呈现出相对较高的状态，这是由于钻探结果揭示出该区域为风化破碎的强风化基岩所致，据此推测该区域的灌浆效果良好，呈现出明显的高阻特征[5]。最后，在ZK左33孔深31.2米以下至ZK左23深度29.6米以下的深度范围内，视电阻率呈现出较高的状态，这说明该区域的岩石结构较为完整，属于微风化基岩。

2.5 钻孔电视法的应用

在桩基础工程中，针对钻孔孔内状况的观测和评价主要采取的技术手段即为钻孔电视。它能够对钻孔孔壁的图像进行深入观察，从而详细揭示孔内混凝土的缺陷状况，以及基岩岩性的种类和裂隙的具体分布等细节信息。通过这种方式，可以得到关于钻孔混凝土或岩体内观特征的图片以及相关的电视观察缺陷剖面图。

首先，关于ZK左33号钻孔的相关信息。在此孔位上，钻孔电视的观测范围从0米至40.19米。在这个范围内，0米至15.95米属于混凝土段，其内部结构相对完整，并未发现明显的缺陷现象。而在15.95米至16.20米之间，则是混凝土与岩石的接触界面，该界面的胶结状态良好。

其次，从16.20米开始直至40.19米，这段区域主要由钙质页岩构成。强风化基岩的结构较为破碎，因此在多次破碎过程中容易形成空洞；而弱风化基岩的部分区域也存在破碎现象，但微风化基岩的整体结构则相对完整。

基于以上探测成果，对于倒挂井中的混凝土段落，其具有一定程度的塑性特点，并且视电阻率相对较低，但是均没有发现显著的异常情况，因此这个段落的混凝土结构基本保持完整。另外，针对接触带强风化基岩的钻孔电视图像所呈现出的岩石破碎现象，以及其中存在的多个空洞，通过超高密度电法剖面揭示出在相应深度范围内的视电阻率通常较高，这意味着在此深度范围内的灌浆效果可能比较理想。然而，当观察更深层次的钻孔电视图像时，发现岩石仍然较为破碎，存在大量的空洞，这说明在某些区域，此深度的灌浆过程可能尚未完成或者浆液的固结效果不佳，从而导致层状渗漏通道的形成。

3 结束语

本次对A水库坝基渗漏问题的综合探测成果精确度极高，成功地识别出坝底强风化基岩作为主要的渗漏路径，为确保A水库工程的安全性提供了坚实的基础。利用地质雷达、钻孔电视以及超高密度电法等多种综合性物理勘探手段，以其互补性以及与地质钻探研究的紧密配合，精准地揭示出老石坎水库大坝下部的主要渗漏问题是源于坝基出现的渗漏现象，并经研究推断可能未存在明显的集中渗漏通道。

参考文献：

[1] 王永刚，吕明，张俊.综合物探在水库大坝渗漏隐患检测中的应用[J].物探化探计算技术，2024(01):118-126.
[2] 肖晔.综合物探方法在某水库大坝渗漏检测中的应用[J].能源与环境，2023(03):119-122.
[3] 屈宝莉.水库大坝灌浆施工技术与防渗加固处理研究[J].工业A，2023(04):69-72.
[4] 黄曦妮.水库大坝防渗加固方案研究[J].陕西水利，2023(06):144-145.
[5] 陈光辉.基于帷幕灌浆加固技术的水库大坝防渗处理[J].水利监督技术，2023(05):279-282.

基于5G技术的发电厂基建智慧工地安全监管系统分析

段长江
（国核信息科技有限公司，山东 济南 250100）

摘　要　发电厂是为城市供应电力资源的重要设施，但由于发电厂生产经营活动的特殊性，厂区基建施工中的安全风险较大。为保障发电厂基建施工的安全性，文章以5G技术为核心，对发电厂基建过程中智慧工地的建设展开分析，指出应建立并完善发电厂基建工地的安全监管系统，以此改善发电厂基建施工的安全环境，应用智慧化手段，夯实发电厂基建工程的建设基础，为发电厂的可持续发展创造良好条件。

关键词　5G技术；发电厂；智慧工地；安全监管系统
中图分类号：TM62　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0028-03

在信息技术发展中，发电厂可应用5G、AI等技术，建立基建智慧工地，打造一体化的安全监管系统，提升发电厂基建项目建设中的安全性，减少基建施工中的安全风险，顺利推进发电厂建设任务，强化发电厂的电力资源服务功能。但是为建立健全发电厂的安全管理体系，还应明确5G技术在发电厂基建工程建设中的应用要点，优化安全监管系统设计，结合发电厂基建施工需求，合理完善发电厂基建工地安全监管系统功能。

1　5G技术相关概述

5G技术具体指“第五代通信技术”，是新一代蜂窝移动通信技术。相对于3G、4G技术，5G技术的性能更强，数据、网络通信过程中能够减少延迟、节约通信资源、提升通信效率、控制通信成本，同时扩大通信系统容量，与大规模设备设施连接[1]。近年来，5G技术在各领域的应用更为广泛，可满足爆炸式增长的移动数据通信需求。发电厂基建工程建设中，5G技术是从网络层面，升级发电厂智慧工地管理中的移动通信系统，满足发电厂对基建施工活动的安全监管需求。

2　5G技术的应用优势

2.1　可移动式监控

5G技术能够实现可移动性监控点，智慧工地建设中，系统网络结构中可搭建无线通信网络，使安全监管设备突破空间限制，远程监控发电厂基建施工环境。可结合基建施工安全监管需求，在施工设备、发电厂设备、基建设施上安装可移动式监控装置，全方位地监控基建施工区域。

2.2　监控范围广

5G技术支持下的移动通信网络具有“广覆盖性”特点，能够实现广覆盖性安全监控。对于发电厂基建工程中无法接入有线宽带、环境特殊的监控点，可基于5G技术，搭建通信网络，扩大安全监控范围[2]。

2.3　实现远程监控

5G技术可支持远程客户端操作监控设备、监控系统，能够实现可移动性地监控基建施工区域、施工人员。发电厂管理者在安全监管中可远程应急指挥现场施工人员，通过及时调度现场设备、人员，减少施工风险损失。

3　发电厂基建智慧工地安全监管系统建设方案分析

3.1　建设思路分析

某发电厂基建项目建设中，从项目建设全过程的安全监管工作入手，以5G技术为核心，联合运用人工智能、大数据、物联网等信息化技术，整合基建项目中的施工数据，建设智慧工地安全监管系统数字化管理基建开挖、碾压等施工作业。基于5G技术的移动通信优势，系统可充分集成发电厂的监控设备，形成一体化的“5G+智慧工地”安全管理平台，动态化、可视化、智能化地管理发电厂基建项目[3]。

项目建设初期，各主体应从技术交底、质量监督、施工准备、安全监管等方面入手，结合发电厂基建工作建设周期长、建设面广、安全监管要求高等特点，以打造全过程的智慧监管体系为基础，应用5G技术，全区域覆盖无线通信网络，智能采集基建施工现场的进度、质量、安全、材料、人员相关的信息数据，实

施“5G一张网+AI一大脑”的智慧工地管理模式。

3.2 建设方案

围绕发电厂基建项目，搭建智慧工地安全管理平台，集成应用5G、物联网、AI等技术。围绕“人、机、料、环”等要素进行安全监管，形成可远程监控、统一部署的智慧化安全管理系统，及时解决项目建设中的安全难题。

1. 针对施工现场信息采集困难，人员管理难度大的特点，联合应用5G+生物识别技术，智能化管理现场施工人员，实时掌握工人出勤情况，搭建“工人实名库”，全面监管施工人员。

2. 应用AI识别技术、5G技术，升级施工现场的视频监控中心，实时监控基建工程建设中安全监管的重点区域。同时采集监测数据，同步推送异常信息、报警信号，使管理人员获取报警信号后立即播报，提升智慧工地安全管理的规范性，维护施工安全。

3. 根据基建项目现场安全监管要求，应用高精度雷达设备、5G通信网络检测、识别进出车辆、人员，记录相关数据，动态化地管理施工现场的车辆、人员[4]。

4. 施工现场开挖、塔吊设备实施AI巡检、智能抓拍、智能分析的安全管理模式，管理者可随时通过监控设备采集现场的通信数据，扩大安全监管覆盖面，强化安全监管力度。比如，可基于发电厂内部的“塔机”，建立现场安全监控系统，通过5G技术支持下的通信网络采集监控重点设备的传感器数据，监测施工现场环境、施工设备的使用情况，对现场施工设备进行安全提醒、安全预警，规范司机安全行为。

4 基于5G技术的发电厂基建智慧工地安全监管系统设计

4.1 技术架构设计

智能化安全管理平台中，IIS DIA技术软件结构是可集成管理、高度开放的结构体系，其本质是智能化集成数据整合软件，沿用新时期计算机系统开发的主流技术。软件体系结构支持广域网、局域网，管理用户需通过下载客户端操作、运维系统或直接登录浏览器网页操作系统，是对传统C/S结构、B/S结构的改进和补充。IIS DIA网络软件结构体系分为6层：（1）表现层；（2）逻辑层；（3）数据层；（4）服务层；（5）基础层；（6）拓扑层。其同时可生成数据标准数字模型，应用优势明显，如表1所示。为满足发电厂基建项目安全监管的实际需求，考虑系统功能服务的可拓展性，基于5G技术的发电厂基建智慧工地安全监管系统可采用IIS DIA软件结构作为系统的主要技术结构，建设可独立运行、集成管理的智能化运维系统。

表1 系统建设中B/S、C/S结构的对比

序号	技术点	C/S	B/S	IIS DIA的优势
1	硬件环境	广域网	局域网	适用范围广，支持广域网和局域网
2	处理模式	Web浏览器	客户端	系统可对接的所有网络通信终端
3	重用性	多重结构	整体考虑	相对独立性强
4	系统维护	服务器升级	整体升级	成本低，升级快
5	安全性	多点开放	点对点	结构层级多
6	信息流	多重	单一	多重信息流传输
7	数据时效	实时	事后	24 h采集安全监管数据

4.2 功能模块设计

（1）基础层。基础层是安全监管系统的基础，即“智慧工地系统”，是产生安全监管数据的主要功能层。基于5G技术所搭建的移动通信网络，系统设计中可应用现场传感设备、其他硬件设备促进数据感知，提升数据传输效率，使发电厂基建施工中的工地管理系统具有智慧感知、信息化管理的作用，能够自动采集基建项目实施中的各类数据，满足安全监管要求[5]；（2）数据传输层。传输层是基于系统IIS DIA架构，应用5G技术、计算机网络技术传输符合安全监管规定的数据信息。在智慧工地运行中，该功能层可自动采集施工现场的安全监管数据，生成电子信号，经5G移动通信网络上传至数据库内，为系统制定管理决策提供参考。数据传输层的技术结构为5G移动通信网络技术、WSN技术，以及Internet、VPN专网；（3）设备管理层。设备管理是安全监管系统智慧化升级的关键内容，可以为网络通信、业务服务提供硬件基础。比如，基于5G技术移动通信需求，安装管理智能化传感设备、监控监测设备、无人机、门禁闸机、网络服务器等；（4）通信安全层。通信网络层具体指可支持数据传输层、保障信息传输安全的通信网络安全管理系统，可根据基建工程建设中智慧工地建设需求，基于5G网格、无线网桥、双重隔离网闸搭建安全监管中的通信安全网络；（5）业务服务层。业务服务层是以满足发电厂基建智慧工地安全监管需求为基础，设计可实现应用管理业务的服务层。具体包括基建工程项目安全管理、智慧工地安全管理、人员安全管理等服务层；（6）监控分析展现层。监控分析展现层是对系统运行过程中的所有数据进行分析、转换，以5G技术、大数据技术为核心，通过采集各类设备终端、通信终端的数据资源，向管理者提供所需的决策数据。系统可基于BIM数据模型，应用5G移动通信网络对接BIM数据、数据报表

分析、实时监控设备，统一展现智慧工地的相关数据。

4.3 应用场景设计

4.3.1 智慧监控管理

（1）无线安全监控。在基建工程建设中，施工现场环境复杂，线缆通信监控难度大，容易出现线缆被挖断、影响交叉作业推进的问题。因此，系统可基于 5G 技术无线传输监控数据，打造无线安全监控场景，利用 5G 无线网络采集基建工程施工中的数据信息，加强安全监管，有助于缩短工期，节约施工管理成本，同时满足发电厂基建工地中的安全监管需求。比如，系统可搭建 5G 通信网络、无线网板，利用太阳能为固定、移动式摄像头充电，使其在无线缆支持的情况下对施工重点区域进行安全监管；（2）工地 AR 实景监控。系统采用 5G 通信网络，可传输的数据量较大，系统通信容量可支持 AR 全景监控设备实时采集工地信息，实现智慧工地 AR 实景安全监管。管理者可借此获取更完整、可视化的监控数据，更准确地分析现场安全风险，排查安全风险隐患，确保安全监管的可靠性；（3）智慧工地远程监控。基于 5G 技术、人工智能技术，系统通过无人机、现场监控设备采集高清视频后，5G 技术可支持视频、图片数据的传输，管理者可根据回传的数据资源，识别基建现场的安全风险，及时监控、预警工地的危险因素，保护工人、发电厂安全，同时记录基建工程建设的全过程，生成数字化安全管理档案[6]。

4.3.2 现场动态管理

发电厂基建智慧工地安全监管系统可基于 5G 技术、BIM 技术，建立可视化信息模型，联合“工人实名库”、视频监控、AR 全景视频、智能广播等管理服务，发挥 5G 网络“零延迟”的优势，在智慧工地的显示大屏上全方位展示工地信息，使管理者现场动态化管理基建施工活动。一旦发现没有正确佩戴安全帽、装配安全保护工具的工人，可立即处理，实时监控，消除安全风险因子。在此过程中，5G+ 智慧工地安全监管系统可适应基建工程作业环境，突破时间、空间对管理者的限制，解放双手的同时保障管理者安全巡查时的安全性，节约时间，提升效率，支持现场监管、远程监管。

4.3.3 智慧化应急管理

1. 联合应用 5G+ 音视频通信技术，发电厂智慧工地可与区域内的应急管理部门、消防部门建立“零延时”的通信联动。系统可应用 5G 专网，在安全监管模块开设救援服务平台，打通施工现场安全监管、当地消防及安全管理的数据壁垒，通过数据共享、融合分析，实现发电厂基建现场与多个安全部门的智慧联动。

发生突发性的安全事故后，系统可智能评估安全风险等级，根据事件危害性，立即向安全部门上传事故位置、其他安全事故相关信息，使安全部门的指挥中心可响应，及时接收报警信号，快速配置应急救援资源对发电厂进行支援，保障现场施工人员的安全，第一时间控制安全风险损失[7]。

2. 开发 5G 翼巡防智慧工地安全监管服务。系统具有全流程应急指挥、应急救援、应急管理、安全事故跟踪分析能力，具有事前预警、事中快速响应、事后追溯原因的应急管理优势。在发电厂基建施工中，系统可根据现场安全监管要求、安全管理标准，在线采集智慧工地实践场景中的数据信息，智能化整理安全监管数据，协助管理者筑牢安全防线，满足发电厂基建项目“快速响应、精准调度、动态反馈”的应急管理需求，顺利完成发电厂基建工程建设任务。

5 结束语

发电厂基建智慧工地安全监管系统可提升基建施工的安全性，确保发电厂生产电力资源的可靠性。因此，各大发电厂应积极引进 5G 技术，采用信息化、智能化手段建设智慧工地，改善基建施工环境，强化发电厂基建工程建设中的安全监管力度。但在开发应用 5G 技术时，还应注重 5G 技术和 AI、大数据等技术的融合，结合发电厂基建工程施工安全管理的实际需求，完善安全监管系统功能模块，为发电厂生产经营活动提供安全保障，促进电力产业的可持续发展。

参考文献：

[1] 李健.发电厂中的智能安全管理系统应用[J].集成电路应用,2024,41(01):408-409.
[2] 刘金强,白云川,张安堃,等.智能安全防护系统在发电厂管理中的应用[J].电子技术,2023,52(10):214-215.
[3] 龚平.火力发电厂中5G技术的应用分析[J].电力设备管理,2021(07):79-80.
[4] 陈忠.智慧安全管理系统在火力发电厂中的应用研究[J].中国电业,2021(03):86-89.
[5] 王立军,李晓敏.智慧安全管理系统在火力发电厂中的应用研究[J].电力设备管理,2021(01):104-106,117.
[6] 邵剑波,宋歌.浅析智慧电厂在分布式发电站的应用探讨和案例分析[A].第七届全国石油和化工电气设计与应用论文大赛入选论文集[C].中国机电一体化技术应用协会,中国机电一体化技术应用协会,2024.
[7] 胡昌盛,董为虎,郭李学鑫.BIM+IoT+5G 等技术在发电企业智慧消防中应用实践[A].2023 年度灭火与应急救援技术学术研讨会论文集:智慧消防与消防管理及其他[C].中国消防协会灭火救援技术专业委员会,中国人民警察大学救援指挥学院,中国人民警察大学防火工程学院,等,2023.

内容分发网络技术在高校网络安全防护中的应用研究

李大盼

（河南经贸职业学院，河南 郑州 450003）

摘　要　本文针对高校校园网络面临的安全挑战，深入探讨了内容分发网络（CDN）技术的原理和优势，并将其与Web应用防火墙（WAF）相结合，提出了一种创新的网络安全解决方案。通过在校园网络中的实践应用和详细的数据统计分析，本文证明了该技术在提升网络访问速度、降低服务器负载、增强数据传输安全性方面的显著效果。

关键词　高校；网络安全；内容分发技术

中图分类号：TP393.08　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0031-03

信息技术的持续进步已将高校的教务管理、教学活动和科研工作带入了信息化时代。校园网络作为支撑这些活动的核心，其安全性和可靠性至关重要[1]。然而，校园网络在向互联网用户提供服务的过程中，不可避免地暴露于各种安全威胁之下，包括恶意攻击、数据泄露和网络诈骗等，这些风险对校园信息安全构成了巨大挑战[2]。为了有效防范这些风险，确保校园信息系统的安全性，本文提出了一种结合内容分发网络（CDN）技术和Web应用防火墙（WAF）的综合性安全解决方案。该方案不仅通过CDN技术优化了网络流量分配，提升了访问效率，而且利用WAF技术增强了对恶意请求的识别和防御能力。此外，本文还提出了一系列安全管理措施，构建一个多层次、全方位的安全防护体系。这些措施的实施，旨在全面提升校园网络的防御能力，保障高校信息化建设的顺利进行。

1　内容分发网络技术

1.1　技术简介

内容分发网络（CDN）作为一种高效的网络架构，其核心优势在于通过分布式的缓存服务器网络，实现资源的快速分发和访问。这种架构不仅减少了源服务器的负担，还通过智能路由和负载均衡技术，确保用户能够以最短的延迟获取所需内容。当用户发起请求时，CDN的全局负载均衡系统会评估用户的地理位置、网络状况以及服务器的负载情况，从而选择最优的缓存服务器来响应请求[3]。此外，CDN还具备强大的容错能力，即使某个节点发生故障，系统也能迅速切换到其他可用节点，保证服务的连续性和稳定性。这种智能调度和快速响应机制，使得CDN在处理大规模并发访问时，依然能够保持高效和稳定的表现。通过这种方式，CDN极大地提升了用户体验，尤其是在视频流媒体、在线游戏和大规模在线教育等对速度和稳定性要求极高的应用场景中，CDN的作用尤为显著。

1.2　基本工作原理

CDN，即内容分发网络，是一种通过将内容缓存到离用户更近的服务器上，来提高用户访问速度和网站可靠性的技术。其基本工作原理可以概括为以下几个步骤：

用户通过浏览器发起对特定网站的访问请求，该请求首先到达本地域名服务器（Local DNS Server）。

本地域名服务器检查缓存中是否已有该网站的访问记录。如果本地域名服务器缓存中没有记录，它会向上游的授权域名服务器（Authoritative DNS Server）发起查询请求。

授权域名服务器接收到查询请求后，会根据其配置的策略对访问地址进行解析。

授权域名服务器将解析得到的别名IP地址返回给本地域名服务器。这个别名IP地址指向的是CDN网络中的一个节点，该节点可能在地理位置上更靠近用户，从而减少数据传输的延迟。

本地域名服务器将解析得到的IP地址返回给用户，用户浏览器随后使用这个IP地址向CDN节点发起资源请求。

CDN节点接收到资源请求后，会根据缓存策略和内容的可用性，向用户发送请求的数据。如果节点上已有缓存的资源，它将直接提供服务；如果没有，节点会从原始服务器获取资源，然后再提供给用户。

通过这一系列的步骤，CDN能够确保用户即使在网络拥堵或者服务器负载较高的情况下，也能快速、稳定地获取所需内容。此外，CDN还能够提供额外的安全防护，比如DoS攻击防护，进一步提升网站的安全性和可靠性。

1.3 技术优势

由于节点部署广泛，可分摊处理流量，CDN技术极大地提高了静态资源的命中率，使得源站带宽压力大幅下降[4]。如果访问需跨运营商，由于域代码不同，数据往返速度会降低，影响用户访问。遇到此类情况，CDN会根据就近访问的原则，将用户请求就近分配到边缘节点，减少访问反应时间，提高访问效率，增强用户体验。互联网经常会攻击校园网络，占用源站资源，影响用户的正常使用。通过CDN技术，攻击被分散到各个节点，降低攻击影响，提升安全属性。

2 内容分发网络技术应用

2.1 CDN构建方案

内容分发网络（CDN）的构建方案是确保网络高效、稳定运行的基础。在本节中，我们详细描述了CDN的构建流程。以下是对CDN构建方案的进一步补充：

在域名配置阶段，除了添加加速域名和输入网站备案号外，还需考虑域名的安全性和稳定性。同时，域名的DNS配置也需要进行优化，以支持快速的域名解析和故障转移。

在源站设置方面，除了基本的回源Host、协议、端口和地址设置外，还需要考虑源站的负载均衡和冗余设计。通过设置多个源站，可以在一个源站发生故障时，自动切换到其他源站，从而保证服务的连续性。

对于缓存规则的设置，除了主页缓存、文件名后缀和目录缓存外，还可以根据内容的更新频率和访问模式，定制更精细化的缓存策略。

最后，在用户请求重定向的过程中，除了将用户请求指向CNAME外，还可以通过智能DNS解析技术，根据用户的地理位置和网络状况，选择最佳的节点进行内容分发，从而进一步优化用户的访问体验。

2.2 保护源站服务器

保护源站服务器是CDN架构中的重要环节。在本节中，我们进一步阐述了在节点资源不足时，如何通过智能路由机制，将用户请求转发至源站服务器，从而避免用户直接访问源站，减轻源站的负载压力。以下是对保护源站服务器策略的进一步补充：

在节点资源不足的情况下，CDN系统可以通过智能算法，动态调整资源分配，确保用户请求能够快速得到响应。同时，CDN还可以通过内容预热机制，预先加载热门内容到节点，减少源站的访问压力[5]。

2.3 攻击预防

校园网络受到来自互联网的攻击对种多样，其中DDOS是一种常见的方式。DDOS发起攻击时，通过增大访问流量，占用网络带宽，当占用的带宽超过最大承受能力时，网络则会发生瘫痪。CDN将攻击分散到各节点，减轻被攻击的服务器的压力，给维护人员充足的时间进行修复。

2.4 CDN与WAF相结合

WAF能够按照既定的策略对网络系统进行防护，识别攻击、深度检测流经Web应用的流量[6]。与传统防火墙相比，WAF可对Web应用协议流量进行智能分析和实时监测识别，可以有效地解决各类问题，保护网络信息系统。

将CDN技术与WAF技术相结合，如图1所示，形成校园网络的安全防护系统。当黑客对校园网络发起攻击时，首先由FW抵挡低层攻击。对于DDOS攻击，则由CDN将其分散，减轻服务器压力。再通过WAF拦截剩余的少量DDOS攻击：WAF对用户请求进行扫描并校验网络包，再采用检测HTTP流量的方式将包含DDOS攻击的请求进行阻断。

3 应用结果

本文将CDN技术运用到校园网络，缓存加速校园网络的静态资源，以实现网络安全防护。为了分析CDN技术的应用效果，对校园网络进行用户分析、热门分析和用量分析。

（1）用户分析。校园网络管理员通过用户分析，可以统计访问运营商分布和用户区域分布等信息，并以此为依据，对回源节点位置进行分配调整，实现访问效率高效化，提升用户使用体验；（2）热门分析。校园网络管理员通过热门分析可以掌握热门回源URL和热门URL。当URL出现访问异常时，网络管理员可以及时的发现，并采取措施调整URL的访问策略；（3）用量分析。校园网络管理员通过用量分析能够查看源站的访问量、状态码、带宽和流量、用户请求数、CDN节点的回源情况、浏览量和字节命中率等信息。

为了了解运行情况，对2022年6月23日至6月29日校园网络的访问请求数、状态码、访问流量进行统计分析。当受到攻击时，CDN就会发出错误的相应状态码，通过WAF管理员对相应的IP进行封锁和阻断。

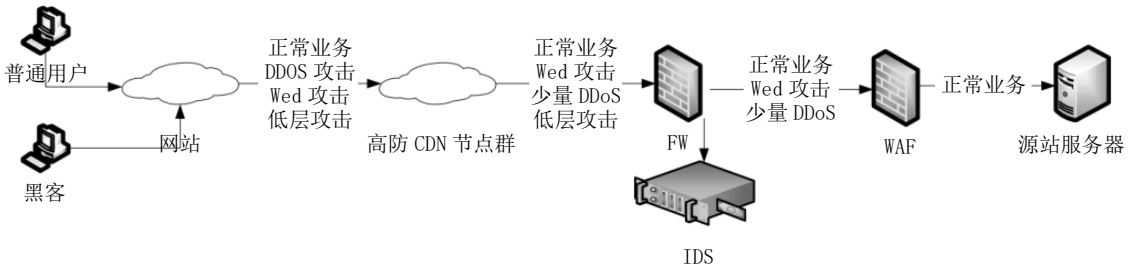


图1 CDN和WAF结合关系图

根据统计结果，6月23日至25日的访问请求数约为3 000次，较为平稳，且访问时间较为固定。6月27日时，访问请求数突然增加，这是由于网络选课开始。访问流量与访问请求数基本成正比。通过状态码统计结果，校园网络状态码主要为2XX。由于27日的访问请求数激增，开始出现报错情况，3XX较多，4XX次之，5XX最少。由此可知，虽然URL出现重定向问题，但校园网络仍然稳定运行，未受到严重影响，因此也不需要调整策略。

4 安全管理措施

除了采用CDN与WAF联合防护技术，本文还制定了相应的安全防护措施。

4.1 完善管理制度

结合学校实际情况，由分管领导主导、信息部门实施，制定相应的校园网络管理制度。该制度提出了校园网络安全管理的相关要求，明确了相应的责任，依据谁用谁负责、谁运维谁负责和谁主管谁负责的基本要求，建立管理体系。

4.2 开展安全运维服务

与安全服务公司签订运维服务协议，对校园网络进行安全运维和风险评估。此外，对信息资产开展安全加固、日志分析、安全巡查、扫描漏洞以及及时修复系统问题等维护。

4.3 闭环管理

保障条件、日常运行和技术防护是网络安全防护体系的三大方面。

1. 保障条件。除完善管理制度、开展安全运维服务外，还需加强人才培养和队伍建设、加固信息资产，编制切实可行的应急预案等，为校园网络的安全运行提供基本保障。

2. 技术防护层面。采用安全审计设备监测用户行为，例如：通过Panabit实现对用户的DNS管控、流量管理、HTTP管控、连接数管理等；采用日志审计系统，对信息资产事件和安全设备进行统计，对校园网络行为进行监控。通过高防CDN、防火墙、WAF等针对Web服务器、IDS、IPS等设备对上网流量进行监控管理。

3. 日常运行层面，网络管理员应加强预警监测，如遇问题，尽早进行处理，防止造成严重后果。并将问题向信息资产所属人员进行通报，对出现的问题及时整改，形成PDCA的闭环管理。

5 结论

1. 本文通过分析CDN的基本原理和技术优势，将CDN技术在校园网络安全防护中进行应用，明确了CDN构建方案、CDN与WAF相结合模式。

2. 统计分析了2022年6月23日至6月29日校园网络的访问请求数、状态码、访问流量；通过这些数据，可以了解网络访问情况和运行情况，受到攻击时采取相应的措施。

3. 结合实际情况，制定了安全管理措施，包括：完善管理制度、开展安全运维服务和实行闭环管理。

参考文献：

[1] 王乐.基于WAF的高校信息系统HTTPS加密传输部署[J].网络安全技术与应用,2023(01):18-20.
[2] 张晶,李洪洋,张文婷,等.大数据背景下智慧校园网络数据安全研究[J].网络安全技术与应用,2023(01):76-77.
[3] 谢敏,于洪奇,杨征,等.浅析CDN技术及其在政务信息服务的应用实践:以自然资源部政务信息服务平台为例[J].自然资源信息化,2023(01):37-42.
[4] 何英,崔勇,罗巍.基于边缘CDN能力打造数字家庭终端ROM升级技术研究与实践[J].江西通信科技,2022(04):7-10.
[5] 王珏.基于数据挖掘的校园网络安全等级保护测评决策研究[J].电子技术与软件工程,2022(20):5-9.
[6] 张晓潮.校园网络的信息安全与体系结构优化分析[J].电子技术,2022,51(08):164-165.

道路路面工程改性沥青SMA技术探析

谢　琛

（广西威航道路工程有限公司，广西 南宁 530000）

摘　要　在道路路面工程项目建设过程中，为降低车辙、泛油、裂缝病害对道路路面结构产生的不良影响。本文以道路路面工程项目为例，采用改性沥青SMA技术进行施工。在道路路面项目施工过程中，该技术通过向沥青中添加特定改性剂，增强沥青粘附性、稳定性、耐久性，能够有效抵抗车辆荷载和温度变化引起的变形，提高道路的使用寿命。通过本文的研究，希望能给相关工作人员提供参考。

关键词　道路工程；沥青路面；SMA；改性沥青

中图分类号：U416　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0034-03

道路路面工程施工阶段，改性沥青SMA技术主要通过在沥青中添加改性剂、纤维稳定剂等材料，改善沥青的性能，同时采用特定的骨料级配和拌和工艺，制备出具有优异性能的沥青混合料。SMA混合料具有抗车辙、耐高温、耐重载、耐久性好等优点，能够有效提高道路路面的使用寿命和安全性[1]。

1　工程概况

桂林至江永高速（广西段）项目建设长度为186.8 km，采用按双向4车道，路基宽27 m，设计时速120 km/h，选用沥青混凝土路面以及复合路面两种形式。为确保道路工程项目建设效果合格，路面运行水平得到提升，在项目设计的环节选择SMA改性沥青材料展开路面结构的建设施工，从而使得路面结构性能合格，延长使用寿命。

2　改性沥青SMA技术

2.1　原材料

1. 沥青。就本项目施工来说，由于施工规模较大，现场需要准备5台沥青储罐，储量为50 t，并且有加热、搅拌设施，确保沥青罐正常运行，沥青混合量存储环节不会发生变质的现象。

2. 粗集料。由项目周边区域的采石场供应，使用石灰岩或者灰绿岩制作，结构性能符合要求，并且缩短运输距离，降低运输成本。

3. 细集料。选用石灰岩、机制砂制作细集料，粒径符合要求，表面达到干净、洁净的要求，硬度达到标准。

4. 填料。填料主要作用是填充缝隙，选用碱性岩石，填充的密实度符合标准，进而使得沥青混凝土材料形成整体结构。

5. 木质素纤维。按照设计方案要求加入木质纤维，沥青混凝土材料的结构性能得到改善，整体性能提升，延长使用寿命。

2.2　配合比设计

1. 目标配合比设计。本项目施工的环节按照实验室确定的标准配合比参数制作混合料，具体可见表1。

2. 生产配合比设计。在改性沥青SMA（Stone Mastic Asphalt，即沥青玛蹄脂碎石）的生产配合比设计中，确定沥青、碎石、矿粉及纤维稳定剂等原材料的配比。本工程中，改性沥青的用量设定为沥青混合料总质量的6.0%，选用SBS（苯乙烯—丁二烯—苯乙烯）改性剂以改善沥青的高温稳定性和抗老化性能。碎石作为SMA的主体骨架，其级配应满足规范要求，粗集料占比约为65%，其中4.75 mm以上的碎石占比不低于50%，以确保混合料具有良好的抗车辙能力。本设计中采用聚酯纤维，其掺量为沥青混合料总质量的0.3%，旨在增强沥青混合料的抗裂性和耐久性。在生产过程中，需严格控制各原材料的加热温度、搅拌时间和搅拌速度，确保改性沥青SMA的均匀性和稳定性[2]。本项目生产配合比设计中严格执行表2参数。

表1　SMA目标配合比设计

级配类型	粗细集料				矿粉	油石比（OAC）/%
	0～3 mm	3～5 mm	5～10 mm	10～15 mm		
配合比/%	13	0	40	38	9	5.9

表2 SAM生产配合比设计

级配类型	粗细集料				矿粉	油石比（OAC）/%
	0～4 mm	4～6 mm	6～11 mm	11～16 mm		
配合比/%	13	5	36	41	8	5.6

3. 生产配合比验证。SMA沥青混合料制作的环节，生产配合比经过反复实验并进入到现场进行试验路段的检测，以确定最佳的配合比参数，进而使其性能符合工程的运行要求。

2.3 基层的处理

1. 基层作为主要承载结构部分，技术人员加强基层结构处理，将表面存在的杂物、垃圾等全部清理干净，以免影响基层和面层结构的粘节效果。除此之外，经过现场检测发现存在的病害问题采取修补、凿除等措施，以免和路面结构连接时造成结构的整体性不达标。

2. 基层表面在清理、整平结束后，表面喷洒透层油，使得基层结构表面和面层组合形成整体，防止给整体性造成不利的影响。透层油使用先进设备喷洒作业，加强喷洒环境控制，喷洒量合格，均匀性达标。

2.4 混合料的拌和与运输

改性沥青混合料的拌和过程中，严格遵守质量控制标准，确保每一步骤都精准无误。改性沥青需加热至适宜的温度范围，通常在170 ℃至185 ℃之间，以保持其良好的流动性和粘附性。而后碎石骨料经过筛选和预热后，按照预定的配合比加入拌和机中。同时，矿粉和纤维稳定剂也按照精确的比例进行添加。在拌和过程中，确保拌和温度控制在160 ℃至175 ℃之间，以防止沥青老化或骨料未充分裹附沥青。拌和时间通常设定为60秒至90秒。此外，还需要严格控制拌和机的转速和搅拌叶片的角度，以保证混合料的均匀性和稳定性[3]。

改性沥青混合料的运输过程中，需遵循“前后装满再装中间”的原则，即先将车厢的前部和后部装满改性沥青混合料，再均匀填充中间部分，以确保混合料在车厢内均匀分布，减少运输过程中的离析现象。装载完成后，应立即使用篷布对车厢进行全封闭覆盖，防止热量散失和灰尘污染。

2.5 摊铺

1. 现场施工环节中选择履带式摊铺机，对设备性能展开检测，熨平板加热到合理温度条件下，并且设备内部没有任何杂物影响混合料的摊铺效果。工作人员对摊铺设备的性能监控时，如果发现不符合工程施工要求，需立即停止施工作业，调整后再继续开展现场施工。

2. 由于本工程项目建设规模较大，施工周期较长，所以使用多台设备同时摊铺的方式。摊铺设备采用梯队作业的方式，各接口部位摊铺效果合格。摊铺环节相邻部位搭接30 cm宽度，设备间距20 m左右，进而防止设备相互影响干扰而造成摊铺性能不达标。如果摊铺结束后不能立即进入现场进行碾压作业，应做好防护处理，避免无关人员和车辆进入现场而造成路面结构损坏。与此同时，摊铺环节加强混合料温度检测，使其始终在160 ℃至165 ℃之间。一旦检测温度不达标，应禁止开展现场施工作业[4]。

3. 根据当前的道路摊铺作业标准，一旦存在不合理的情况或者施工性效果不达标，应停止施工作业，分析形成原因再采取合理的应对措施，防止给路面结构摊铺效果带来危害。对于停止时间间隔超过2 h以上的情况，应当做施工缝处理。

2.6 碾压

SMA改性沥青混合料现场摊铺结束后，及时组织设备进入现场进行碾压作业，将设备速度设定在45 km/h以内，且整个环节达到均匀、慢速行驶的要求。摊铺作业具备平稳性，不会因为操作不当或者设备速度变化过于激烈而给路面结构的性能带来危害。碾压作业阶段由质检人员随时进行监控，了解碾压的效果，分析各结构位置施工情况，并采取合理纠正措施，防止给结构性能带来危害。

与此同时，在碾压作业的环节加强施工技术参数、设备选型和碾压数参数控制，可见表3所示。施工阶段工作人员严格执行表3参数，加强各环节监督检查，以免因为操作不当而给路面结构施工效果带来负面影响。

2.7 施工接缝的处理

2.7.1 纵向接缝的处理

1. SMA改性沥青路面施工的阶段，对各结构部分展开监测，使得碾压设备行驶速度符合平稳性的要求，且设备间距在合理的范围内，防止相互影响而给摊铺效果造成负影响。结合当前摊铺作业的标准，接缝两侧厚度、横坡度等方面符合设计要求，且搭接量在6～10 cm左右。

2. 在路面各结构层施工的环节，上、下两层纵向

表3　改性沥青混合料压实施工参数

序号	设备型号	压实遍数	碾压速度km/h	压实温度（℃）
1	DD0	1～2	1.5～2.0	150～165
2	W1603D	2～4	2.5～4.0	140～150
3	CC21-II（静压）	2～3	2.0～3.0	120～140

的接缝交错距离在50 cm以上。对于现场施工环节，如果因为某些因素影响不得不设置冷接缝，则要考虑到现场实际情况，对冷接缝部位采取清理处理，防止冷接缝的连接效果不达标给路面结构的整体性造成负面影响。与此同时，根据当前的路面施工作业标准，在路面结构碾压的环节需要将结构不合理的部分切割掉，将粉尘、杂物的清理干净，再喷涂新的沥青混合料，使得结构喷涂效果合格，整体性达到工程的标准。

3. 上、下结构层的交错量超过15 cm，并且采用平接缝设置的方式，随时关注表层纵缝的接触状态时，其达到顺直性的标准。根据当前纵向接缝的施工要求，采取碾压方式保证结构的整体性达到要求，并对各结构展开检测，进而保使其压实效果符合技术标准，满足当前施工作业的需求。除此之外，新摊铺的混合料碾压施工，直到整个接缝位置达到密实、平整的要求再开展后续施工作业[5]。

2.7.2　横向接缝的处理

1. 路面结构施工完成后，使用长度6 m的直尺进行路面结构的检测。如果平整度偏差超过3 mm，则需要采取现场清理处理，然后再开展后续施工作业。

2. 将接缝位置的厚度、松铺系数进行详细检测和计算，各项技术参数符合工程要求。

3. 摊铺机设备中熨平板作为主要设备，在施工前进行预热处理，温度超过100 ℃再开展现场摊铺施工。

4. 根据当前碾压作业的标准要求，加强碾压技术参数检测，并保证各设备运行性能合格，提升碾压作业效果。结合当前碾压作业标准，现场使用振动压路机开展碾压施工作业，使得各结构位置碾压压实度达标。碾压作业阶段相邻设备重叠1/3～1/2轮宽，使得相邻部位的碾压形成整体结构。

3　SMA改性沥青路面的压实度检测

根据当前施工作业要求，在碾压完成后采用钻芯取样法进行压实度检测，了解压实度性能是否达标。本项目施工环节总计进行5组钻芯取样，通过测量值和设计值进行对比分析，发现压实度超过96%。具体检查数据看见表4。

表4　压实度检测结果（%）

检测位置	设计要求	检测结果
1	≥96	96.5
2	≥96	97.3
3	≥96	97.1
4	≥96	96.8
5	≥96	96.4

经过对表4数据分析发现，本次SMA改性沥青路面施工结束后压实度超过96%。通过对5个试样检测发现，其压实度最低为96.4%，最高压实度为97.3%，完全超出国家标准要求的96%，说明压实度符合要求。

4　结束语

SMA改性沥青材料作为先进路面施工材料，已经广泛使用到我国道路工程项目建设中，对道路交通通行水平提升以及使用寿命延长方面存在重要的意义。就当前道路路面施工来说，发挥SMA改性沥青混凝土材料的优势，提高建设水平，符合道路通行要求，对交通通行水平提升产生积极的作用。在今后发展中，需要加强SMA改性沥青材料的研发使用，形成完善技术体系，并不断优化施工流程，加强技术参数检测，进而提高道路路面建设水平，符合当前道路工程建设需求，为我国现代道路工程事业的高质量发展做出贡献。

参考文献：

[1]　曹京国. 公路工程SBS改性沥青路面施工关键技术研究[J]. 交通世界,2023(Z2):116-118,130.
[2]　罗巧峰. 改性沥青混凝土路面施工技术在市政道路工程中的应用[J]. 工程与建设,2022,36(02):409-411.
[3]　花时涛. 改性沥青SMA路面施工技术在公路工程施工中的应用研究[J]. 新型工业化,2021,11(11):165-167.
[4]　刘佩冬,尹建伟. SBS橡胶复合改性沥青技术在郑少高速路面专项工程中的应用[J]. 中国公路,2021(20):116-117.
[5]　王百祥. 公路工程施工中改性沥青SMA路面施工技术的应用探析[J]. 科技创新与应用,2021,11(28):155-157.

高速公路软基地段高填方路基施工技术

杜 攀

（四川路桥高速公路养护有限公司，四川 成都 610000）

摘 要 在交通基础设施建设中，高速公路的建设尤为重要。然而，在软基地段的高填方路基施工过程中，施工技术的合理选择与应用成为提高工程质量的关键因素。软土基质因其独特的物理和化学特性，给路基施工带来了极大的挑战，不仅会影响施工的进度，还直接关系到未来高速公路的使用安全。本文将深入探讨高速公路软基地段高填方路基施工技术要点，旨在为优化施工方案、切实保障工程质量提供有效的参考。

关键词 高速公路；软基地段；高填方路基

中图分类号：U416 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0037-03

高速公路作为现代交通的重要组成部分，其施工质量直接影响交通安全。在高速公路建设中，软基地段的路基施工是复杂且关键的环节。软基通常是由高含水率的黏土或淤泥构成，具有高压缩性和低强度的特点。高填方区域由于填土重量大，对软基地质的要求极高。因此，施工人员需考虑地质条件，采用有效的施工技术，增强软基地段的地基承载能力，减少沉降，延长道路的使用寿命。

1 高速公路软基地段高填方路基及其特性

在高速公路建设中，高填方路基是指填土高度超过20 m或地形斜率超过1:2.5的路基工程，常见于地形复杂或地势陡峭的区域。这类路基由于其高度和斜率的特殊性，施工难度较大，拥有巨大的工程量，对施工人员提出了较高的要求。在建设高填方路基时，任何在施工或设计上的疏忽都可能引发路基滑坡或塌陷等安全事故，对在高速公路上行驶的车辆造成重大影响。因此，在沼泽、淤泥质软土等地质条件不利的软基地段，施工人员更要谨慎建设高填方路基。软基地段上的高填方路基通常面临着地基承载力不足、地面沉降速率高等问题，需要专门的技术保证施工质量。由于软基的高压缩性和低剪切强度，施工人员必须考虑地基、固结过程以及排水系统等因素，有效设计施工方案，防止因地基不均匀沉降导致路面破裂或是结构损害。

2 高速公路软基地段高填方路基的质量问题

2.1 缺乏科学的路基设计

在高速公路的软基地段进行高填方路基建设时，有些设计人员在软土、淤泥或其他地势松软的区域，未精确评估地基的承载力、变形特性，可能导致路基设计难以应对地基的实际情况，从而影响路基的稳定性；未考虑长期沉降和二次固结等现象，可能会在后期运营中造成严重的结构问题[1]。此外，若设计人员在设计阶段忽视水位变化、地下水流动及其对土体的冲刷作用，也可能影响路基的稳定性。设计人员若未按照科学方法合理配置填方高度、坡度调整以及选材标准，将难以达到预期的工程效果。同时，设计人员未能综合考虑土壤湿陷性、压缩性及其在不同环境条件下的表现等各种因素，可能无法有效预测在实际施工和后期使用中可能出现的问题。未预测到的土壤湿陷或压缩可能导致路基不均匀沉降，进而影响路面的整体稳定性。这种情况不仅增加了路基维护的难度和成本，还可能因为需要频繁修复而影响交通的正常运行。湿陷性土壤在遇水后会出现体积急剧减小的现象，对路基的稳定性构成严重威胁。而压缩性强的土壤在长期承载后会产生较大的沉降量，影响路面的平整性。此外，土壤在不同的温度和湿度的变化下，也会表现出不同的物理性能和承载能力。

2.2 未能有效落实施工技术

在高速公路进行高填方路基施工时，对于技术要求极为严格的软基地段，若技术标准未能达到预设要求，则无法保证施工质量。施工人员未根据实际地质条件调整地基处理技术，可能无法有效改善软土的承载能力，从而影响整个路基的安全性。此外，在施工过程中，施工人员对忽视技术细节，未布置完善的排水系统或未做好压实工作，也会引发问题。未经合理配置的排水系统会导致水分在土体中积聚，加剧软土的不稳定性；同时，若压实作业未达到设计要求，将导致路基后期出现不均匀沉降或者塌陷。此外，有效地监控可以及时发现施工中的潜在风险，如果忽视这

一问题则可能导致风险增加，提高整改难度。技术的落实需要靠熟练的工人和经验丰富的工程师共同完成。然而，人员配置不当或缺乏专业技能会严重影响施工技术的执行效果。

2.3 地基处理不当

在高速公路软基地段进行高填方路基建设时，施工人员若未完善地基处理措施，将导致一系列复杂的工程问题。在软土或其他不稳定土质区域，地基的承载力是影响项目的关键因素。若施工人员未能针对性解决这些土质的特定问题，可能导致未来路基不均匀沉降，甚至使其产生更严重的结构损害。地基处理的不足可能表现为使用不适合当地地质情况的技术或材料。施工人员如果未进行充分的地质勘查或误用地基加固材料，在需要深层固化的地区错误地使用浅层压实，将降低地基的应用效果。同样，施工人员如果在地基预处理过程中忽略地下水位的调控，可能会在施工期间遭受水流冲刷导致的基底侵蚀等水文地质问题。此外，施工人员要考虑施工速度与成本的关系选择地基处理技术，错误的选择不仅会延长工程时间，也可能增加整体成本，而不当的成本控制在项目初期可能导致选择次优的处理方案[2]。监管不足可能导致施工标准落实不到位，而技术操作的疏漏，则会影响地基处理的质量。最终，这些问题会集聚影响路基的整体性能，加大维护难度及成本，且可能在未来造成更大范围的安全问题。

3 高速公路软基地段高填方路基施工技术要点

3.1 软基处理

在高速公路软基地段进行高填方路基施工时，由于软基通常由低承载力和高压缩性的土壤组成，如未经过适当处理，这些土壤在受到大量填土的压力后，容易发生不均匀沉降。施工人员可以采取加固地基、预压和排水等技术处理软土地基，加固地基可能涉及深层搅拌或使用地基加固桩等方式，提高土壤的承载能力；预压技术则通过在施工前对软土进行预加载，促使土壤发生预固结，从而减少未来的沉降；在水文地质条件复杂的软基地段，有效的排水系统能够减少水对土壤结构的影响，提高土壤的稳定性。在实施这些技术时，施工人员必须考虑地基的土壤类型、含水量和地下水流等具体条件，精确实施每种技术，确保每个步骤都能达到预期的改善效果。同时，在施工前，施工人员应在关键区域安装沉降观测点、水平位移仪和倾斜仪等监测设备，获得实时数据，反映土体在施工过程中的变形情况。专业工程师需定期分析监测设备提供的土体的沉降速率和水平位移等数据，评估当前施工方案的效果，并预测土体的未来行为。基于监测数据，施工人员需及时调整施工策略，如果监测到异常的沉降或位移，可能需要减少填土速度，或者在特定区域增加更多的预压负载。

3.2 施工准备

在高速公路软基地段高填方路基的施工中，施工准备是确保项目顺利进行的基础阶段，施工人员要全面评估地质环境，通过钻孔取样或扫描地面进行详细的勘探活动，收集关键的地质数据，识别土壤类型、水文条件及其他地质特征，确保后续施工方案的适用性。随后，施工人员要设计路基、选择材料、细化施工方法，完成详细的施工规划。在这一阶段，工程师会根据地质评估的结果选择合适的地基处理技术和路基材料，满足工程的技术要求。同时，施工人员还要详尽地安排施工时间，分配机械设备和人员，有效利用所有资源[3]。此外，施工人员还应布置施工现场，合理配置机械设备，建立临时结构和安全设施。施工人员可以设置适当的排水系统、规划坚固的临时道路，以便安全高效作业。施工人员要制定紧急响应计划或开展安全训练，保证施工期间人员的安全，做好施工准备中的安全措施。在技术准备方面，施工团队还应对设备进行预测试，检测土工布、填料等主要施工材料，验证使用设备的功能。通过这些测试，施工人员可以在施工前发现潜在的问题，及时调整或替换，从而避免在施工过程中出现技术故障。最后，施工人员要与地方政府进行协调，处理好施工项目可能引起的问题，减少项目对当地的负面影响，促进项目顺利进行。

3.3 摊铺材料

在高速公路软基地段高填方路基的施工中，高质量的摊铺材料可以有效分配路面受力，减少因地基不均匀沉降而导致的路面损伤。摊铺材料需具备良好的物理性能，适应温度、湿度等不同环境条件下的变化，确保在各种气候条件下都能维持自身稳定性。施工人员需考虑材料的压缩性、抗剪切力以及与地基土壤的相容性，选择合适的摊铺材料。施工人员可以使用具有高抗压强度的材料，提高路基抵抗交通载荷的能力，从而延长路面的使用寿命。同时，施工人员应选择具有强排水性的摊铺材料，适当的排水能力能够防止材料积存水分，避免水损对材料结构的破坏。在施工过程中，施工人员需精确处理摊铺材料，控制铺设厚度、密实度以及平整度，保证均匀铺设并充分压实每层材料，防止未来路面出现沉陷或裂缝现象。此外，在摊

铺新层材料之前，施工人员应均匀涂抹专用黏合剂或沥青乳化液，增强不同层间的黏结力，有效防止污染物的侵入。施工人员还需密切注意摊铺材料层间的接合情况，不良的接合会成为水分、污染物的侵入通道，影响路基的整体性能。

3.4 碾压工艺

在高速公路软基地段高填方路基的施工中，正确的碾压工艺可以有效提升路基材料的承载能力，减少由于材料松散导致的沉降问题。在实施碾压工艺时，施工人员要保证每一层填土材料都达到设计要求的密实度，防止未来的不均匀沉降。碾压工艺的关键在于控制碾压的次数、压实的深度和使用的碾压设备类型。施工人员要利用足够的碾压次数，确保材料的压实效果，但过多的碾压又可能导致材料过度压实，影响其排水性能。因此，施工人员需精确调控碾压的频率，根据材料类型、厚度等因素进行适当调整[4]。此外，压实深度是从路基表面到底层所有材料的均匀压实，避免因底层压实不足而引起的路基变形或失稳。振动压路机、压路机和碾压辊等不同类型的碾压机械各有其特定的效果。振动压路机能够有效处理较松散的材料，通过振动力加速材料粒径的重新排列，从而提高密实度。而对于需要较高承载力的路基材料，施工人员可以选择合适的重型压路机，使其产生足够的压实力。在碾压过程中，施工人员还要考虑湿度和温度等环境条件的影响，这些因素会影响材料的最终性能。在较干燥的条件下，施工人员可能要适当增加水分，提高压实效果；在湿润条件下，则需注意控制水分以防过度饱和导致的压实问题。最后，施工人员可以采用GPS和压实监测系统等高科技监测设备，实时追踪碾压效果，确保每个区域都能达到设计标准。

3.5 控制沉降

在高速公路软基地段高填方路基的施工中，控制沉降是一个复杂的过程，涉及多种技术和方法的综合应用，确保路基的长期稳定。在施工初期，施工人员必须进行全面而深入的地质勘探，识别土壤类型和分布，评估其压缩性及潜在的沉降风险。施工人员要精确控制施工过程中的填土、碾压和排水等步骤，最大限度地减少因施工操作不当引起的额外沉降。对于已知的软基区域，施工人员可以采用预压技术，在施工前施加重载，促使土壤预先压缩，减少后期因荷载增加而引起的沉降。同时，施工人员要控制施工中的排水系统，水分的存在会显著影响土壤的压缩性。合理的排水系统能够有效减少土壤中水分的影响，通过加速固结过程，减少因土壤流失导致的沉降。此外，随着工程的进展，施工人员可以利用地表倾斜测量，实时监控沉降的速度，为工程决策提供科学依据。

3.6 设置砂砾垫层

在高速公路软基地段的高填方路基施工中，施工人员可以选择粒径在5 mm至40 mm之间的碎石或砾石，这种材料的空隙率较高，能有效促进地下水的排出，加速软基地段的固结过程。施工前，施工人员需要对软基进行详细的地质勘察，评估软土的自然含水率和压缩性等物理特性[5]。根据勘察结果，施工人员合理设计垫层的厚度和宽度，一般垫层厚度不少于1.0 m，宽度则要确保超出路基两侧各1.5 m以上，保证整体的稳定性。接着，施工人员要严格控制砂砾的铺设质量，采用分层铺设法，将每层厚度控制在20 cm至30 cm之间，每铺设一层后使用压路机进行压实，确保砂砾层与软基土紧密结合，避免由于软土流动导致的地基不均匀沉降。随后，施工人员要检测层厚和密实度，确保各项指标达到设计要求。在铺设砂砾垫层的同时，施工人员可以安装垂直排水体系，使用塑料排水板或钢管，促进地基内部水分的垂直排出，减少软基的固结时间。

4 结束语

在高速公路软基地段高填方路基的施工中，完善技术细节是确保工程质量的关键因素。通过精确的地质评估、材料选择，施工团队能够有效应对复杂地质条件带来的挑战。优化碾压工艺、控制沉降问题，再加上严格的施工监控，共同保障了路基的耐久性，极大地提升了路基的服务性能。在此基础上，施工人员需仔细规划每个施工细节，确保高速公路长期稳定运行。

参考文献：

[1] 吴一凡，周健文．高速公路软基地段高填方路基施工技术[J]．四川建材，2024,50(05):165-167.
[2] 陈皎．高速公路软基地段高填方路基施工技术分析[J]．运输经理世界，2023(02):25-27.
[3] 蒋志刚．探究公路软基地段高填方路基施工技术[J]．中华建设，2022(06):128-130.
[4] 刘佳龙．高速公路软基地段高填方路基施工技术研究[J]．四川建材，2021,47(08):136-137.
[5] 潘玉．高速公路软基的高填方路基施工技术分析[J]．绿色环保建材，2021(06):82-83.

给排水工程中非开挖技术的实践应用

毕志丁

（深圳市坪山区水务局，广东 深圳 518000）

摘　要　本文系统地介绍了城市道路建设中非开挖技术在给排水工程中的应用范围及相关技术手段。首先，针对管道修复技术，探讨了外部防腐修复和内部修复两种方法，包括利用水压和气压衬里材料进行管道内壁修复，以及采用PE材料进行老旧管道衬里修复；其次，对管道更换技术采用的爆管法、微隧道法和推管法进行了详细介绍，分析了各自的优势和适用范围；最后，阐述了在管道铺设方面采用的水平定向钻孔法、顶管法、盾构法和推管法等技术及其应用特点。

关键词　给排水工程；非开挖技术；管道修复技术；管道更换；管道铺设

中图分类号：TU99　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0040-03

随着城市化进程的加速，城市给排水系统的建设和维护成为城市基础设施建设的重要组成部分。然而，传统的开挖施工方式往往会给城市交通、环境和居民生活带来诸多不便和破坏。因此，非开挖技术在城市道路建设中的应用逐渐成为一种重要的选择。本文旨在探讨城市给排水工程中非开挖技术的实践应用，以期为城市基础设施建设提供可行的解决方案和技术支持。

1　城市给排水工程非开挖技术应用范围

1.1　管道修复技术

老旧管道由于长期使用，可能会出现腐蚀、破裂、泄漏等问题。通过非开挖技术，可以在不破坏地表的情况下，对管道内部进行修复和加固。常用的方法包括管道内衬、喷涂修复和CIPP（Cured-In-Place Pipe，原位固化法）等技术。这些技术通过在管道内部形成新的内衬层，从而延长管道的使用寿命[1]。

1.2　管道更换

管道老化可能出现漏水、爆管等问题。非开挖技术可以在不破坏地表的情况下，将老旧管道更换为新的管道，恢复管道的正常功能。常用的方法包括管道爆破法（Pipe Bursting）和管道顶管法（Pipe Jacking）等技术。这些技术通过利用机械设备在地下进行管道的破碎和更换，避免了大规模的地面开挖。

非开挖技术在管道更换中的应用包括多种方法，如管道爆破法、管道顶管法、水平定向钻（Horizontal Directional Drilling，HDD）等。这些方法各有优缺点，可以根据具体情况选择最合适的技术方案。例如，管道爆破法适用于更换老旧的铸铁管和钢管，而水平定向钻则适用于在复杂地质条件下进行长距离管道铺设[2]。

1.3　管道铺设

在新建城市给排水管道时，非开挖技术可以避免大规模的地面开挖，减少对城市交通和居民生活的影响。常用的方法包括水平定向钻（Horizontal Directional Drilling，HDD）和顶管法（Pipe Jacking）。这些技术通过在地下进行定向钻进和管道安装，显著减少了施工区域的灰尘和噪声污染。

非开挖技术在管道铺设中的应用包括多种先进方法，如微型隧道掘进机（Microtunneling）、水平定向钻和顶管法等。这些技术方法各有特点，可以根据具体工程需求选择最合适的技术方案，确保施工的高效性和安全性。例如，微型隧道掘进机适用于小直径管道的铺设，而水平定向钻则适用于长距离和大直径管道的安装[3]。

2　城市道路建设供水和排水建设非开挖技术应用

2.1　非开挖技术在新管道铺设中的应用

在城市道路建设供水和排水建设过程中，采用非开挖技术主要如表1所示。

2.1.1　水平定向钻孔法

水平定向钻孔法适用于多种地质条件和环境下的管道铺设，包括城市道路下方、铁路和河流穿越、高速公路下方以及其他复杂地质条件。由于其无需大规模开挖地表，非常适合在环境敏感区域和繁忙的城市中心区域进行施工，有效减少了对环境和交通的影响。

在施工前，进行详细的地质勘察和施工设计，确定钻进路线和施工参数。根据现场条件，选择合适的

表1 新管道铺设中非开挖技术的特点与适用范围

技术方法	主要特点	适用范围
水平定向钻孔法	无需开挖即可完成管道铺设，适用于较小直径管道	PVC管、PE管等
顶管法	适用于较大直径的管道铺设，操作简单高效	钢管、混凝土管道
盾构法	前端掘进，后端衬砌，适用于复杂地形	复杂地形
推管法	适用于直径为600 mm至4 000 mm的管道铺设	污水管道、水管道

钻机和钻头。使用定向钻机按照预定路线钻进导向孔，通过导向仪器实时监测和调整钻进方向，确保钻孔路径准确无误。完成导向孔钻进后，使用扩孔钻头对导向孔进行扩孔，扩大到所需的管道直径。扩孔过程可能需要进行多次，以逐步达到目标直径。扩孔完成后，将预制好的管道连接在钻杆尾部，通过钻机将管道从扩孔中回拖到预定位置。回拖过程中需要注意控制速度和力量，确保管道不受损。管道回拖到位后，进行管道连接和密封处理。完成所有施工后，进行管道的压力测试和验收，确保管道的质量和安全性[4]。

2.1.2 顶管法

顶管法主要适用于长度小于100 m的钢管铺设。这种方法在管道铺设过程中，不需要大规模的地面开挖，能够在各种复杂地形条件下进行施工，如城市道路、铁路和河流下方的管道铺设。

施工前，首先进行挖掘和清理工作，确保施工区域内没有障碍物。清理过程主要是对钢管进行检查和处理，确保其表面光滑无杂质。在顶管法的应用过程中，管道的方向、角度和高度控制需要通过经纬仪和水准仪进行精确测量。这些仪器确保了每一段管道的铺设位置准确，避免管道偏离预定轨道。顶管法利用动态负荷将钢管顶入地下，无需后部支撑。这种方法可以在施工过程中不进行土壤作业，避免了塌方的风险。顶管法适用于各种地形，施工周期短，能够快速完成管道铺设任务。

顶管法通过动态负荷顶管，无需后部支撑，能够有效避免土壤作业和塌方风险，即使在复杂地形和土质条件下也能顺利进行施工。可以适应不同地形，包括城市中心、河流下方和铁路交叉口等，能够在不破坏地表环境的情况下进行施工。由于顶管法施工效率高，能够在较短的时间内完成管道铺设任务，减少了对周围环境和交通的影响，提高了施工效率。

2.1.3 盾构法

盾构法主要利用盾构设备进行。盾构指的是前端进行掘进，后端进行衬砌的设备。其外壳采用钢材材料制成，主要由切削环、支撑环、衬砌环组成，其中切削环位于盾构机的前端，支撑环位于盾构机的中间，衬砌环位于盾构机的尾部。切削环起到保护作用，通过刀刃边缘进入土壤，然后通过切削，需在衬砌环中进行。当衬砌完成后，再次通过千斤顶将砖块拼合为背砌，向前拖动盾构机，进行下一环衬砌与挖掘操作，如此循环。

2.1.4 推管法

推管法利用专用设备将管道从一端推送到另一端，整个过程在地下进行，不需要破坏地表结构。其主要优势在于能够在不影响地面交通和周边环境的情况下完成管道铺设。

在施工开始前，需要进行详细的地质勘察和施工设计，确定推管的路线和深度。准备工作包括设置工作井和接收井，这些井用于设备操作和管道的进出。安装推管设备，将待铺设的管道固定在设备上。推管设备会在工作井内逐段推进管道，同时接收井内进行管道的引导和固定。启动推管设备，通过液压或机械装置，将管道从工作井推送到接收井。整个推送过程在地下进行，设备会不断推进管道，直至管道到达预定位置。完成推送后，将管道连接到已有的管网中，并进行密封和加固处理。最后进行管道的压力测试和验收，确保管道系统的安全和稳定[5]。

2.2 非开挖技术在老旧管道修复中的应用

2.2.1 原位固化法

原位固化法通过将预浸树脂的纤维管道衬入原有管道内部，然后利用热水、蒸汽或紫外光进行固化，使其在原有管道内部形成一层新的管道内衬。整个过程无需挖掘地面，减少了对周围环境和交通的影响在施工前，对待修复管道进行详细的检测和清洗，确保管道内部无杂物和堵塞物。同时，根据管道的直径和长度，准备好合适的预浸树脂的纤维管道衬。将预浸树脂的纤维管道衬通过特制设备送入待修复的管道内

部，确保其与管道内壁紧密贴合。根据需要，可以使用水压或气压将纤维管道衬膨胀，使其完全覆盖管道内壁。通过热水、蒸汽或紫外光等方式对管道内衬进行固化处理，使树脂在纤维管道衬内硬化，形成一层新的、坚固的内衬。固化过程需要控制温度和时间，确保内衬材料的完全固化和黏附。固化完成后，对修复后的管道进行检测和验收，确保新内衬的质量和性能符合要求。如果发现有任何缺陷或问题，需及时进行修补和处理。

原位固化法适用于各种类型的老旧管道修复，包括供水管道、排水管道、污水管道和工业管道等。特别是在城市中心和交通繁忙区域，原位固化法能够在不影响地面交通的情况下进行管道修复，具有广泛的应用前景。

2.2.2 缠绕法

缠绕法通过在原有管道内部进行螺旋缠绕，形成一层新的内衬，从而修复老旧管道。整个施工过程在地下进行，无需开挖地面，极大地减少了对交通和环境的影响。对待修复的污水管道进行清洗和检测，确保管道内无杂物和障碍物，并评估管道的损坏情况。在管道两端设置工作井和接收井，安装缠绕设备。缠绕设备将高强度的热塑性材料带送入管道内部。缠绕设备在管道内部进行螺旋缠绕，将热塑性材料带逐层缠绕在管道内壁，形成一个新的内衬。通过加热和挤压，使材料带紧密结合，形成一个无缝的内衬管。完成缠绕后，对新形成的内衬进行固化和加固处理，确保其具有足够的强度和耐久性。最后对修复后的管道进行检测，确保新内衬的质量和性能符合标准。如果发现问题，需进行修补和处理。

3 城市道路建设中的非开挖技术措施要点

3.1 施工前的准备工作

在使用非开挖技术之前，需要进行必要的准备工作。对于城市排水工程的施工，需要检查项目现场，进行周边环境调查，了解管道布局、管道穿越区域的地质条件以及地表地下水分布情况。只有在施工管道区域确定了地质情况，才能设计出合理的维护方案，制定相应的施工路线图，确定出入孔的位置，并根据地质条件选择合适的管道维护技术。只有在施工前的准备工作中，才能为非开挖技术的应用提供保护，并使非开挖工程对周围环境的影响降到最低。

3.2 施工的合理安排

城市道路市政供水排水工程施工过程中，由于不同的管道材料、管道功能和管道所处环境的不同，需要根据实际情况和主要技术要点，制定相应的项目维护方案。特别是对于套管选择、水泥砂浆配置和导孔轨迹设计。在管道绘制设计过程中，城市道路排水管道的作用不同，需要满足导孔轨迹设计深度要求，并允许坡度误差的要求；对于拉回计算、钻机选择，需要遵循《水平定向钻孔管道铺设工程技术规程》的规定，按照标准要求选择管道材料。

3.3 非开挖技术的要点

非开挖技术的要点包括以下几个方面：

1. 严格控制轴线定位测量，确保数据的准确性，并及时进行修正、调整。在导孔钻进操作中，务必遵循轴线定位测量，使用水平导向钻进法。对于非开挖区域的地面，使用导线和经纬仪，测量钻进方向和深度，以确保施工质量，使套管的铺设形成直线。

2. 在钻进过程中，根据实际情况有效调整钻进参数，防止岩石等障碍物对钻进设备造成损坏。

3. 监控施工规则，注意土壤结构变化，避免泥浆流失和不稳定情况的发生。

4 结束语

非开挖技术在城市给排水工程中的应用具有重要的实践意义。通过采用管道修复技术、管道更换技术和管道铺设技术，可以有效地提高工程的施工效率、减少对周围环境的影响，并为城市基础设施建设和城市化进程提供可持续发展的解决方案。然而，需要进一步加强对非开挖技术的研究和应用，提高技术水平和工程质量，以满足城市发展的需求和挑战。

参考文献：

[1] 章国鹏 . 非开挖修复技术在城市给排水管道中的应用 [J]. 中国建筑金属结构 ,2024,23(05):72-74.
[2] 巨晓东 . 非开挖技术在市政给排水工程中的实践应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2024(13):192-194.
[3] 许世明 . 论非开挖技术在市政给排水工程中的实践 [J]. 居业 ,2023(01):19-21.
[4] 郑满水 . 市政给排水管道非开挖修补技术研究 [J]. 科学技术创新 ,2022(26):104-107.
[5] 王俊 . 市政排水管道非开挖修复技术研究及工程应用 [J]. 工程机械与维修 ,2022(06):244-246.

基桩检测技术在建筑工程中的应用探析

戴林东

（安徽建工检测科技集团有限公司，安徽 合肥 230001）

摘　要　基桩检测是建筑工程质量控制的关键环节。本文基于广泛应用的检测技术，剖析了质量控制体系有待完善、检测设备老化、检测方法不当、数据分析能力不足等核心问题；针对性地提出了加强设备管理、规范操作流程、创新分析模型、提升人员素质的优化策略；通过典型案例论证，充分说明科学有效的检测手段对保障桩基质量、促进建筑业高质量发展的重要作用。文章立足工程实践，分析了基桩检测技术在建筑工程中的具体应用，以期为优化基桩检测技术提供有益参考。

关键词　建筑工程；基桩检测；检测方法；人员素质

中图分类号：TU47　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0043-03

随着现代建筑工程规模的不断扩大和复杂程度的提高，桩基作为地下基础结构的核心组成部分，其施工质量和安全性备受关注。为确保桩基性能满足设计和使用要求，实施科学有效的质量检测至关重要。近年来，国家和地方政府相继出台一系列政策法规，对建筑工程质量管理提出了更高的要求。在此背景下，系统研究基桩检测中的突出问题，探讨切实可行的优化策略，对于全面提升工程质量，保障人民群众生命财产安全具有重要意义。

1　建筑工程中基桩检测技术的应用现状

1.1　检测技术的广泛应用

随着城镇化进程的推进，建筑工程向着规模化、高层化、复杂化方向发展，桩基施工质量直接关系到建筑物的安全与耐久。低应变反射波法、高应变法、声波透射法等无损检测技术在各类工程中得到广泛应用，从设计到验收全过程贯穿质量控制理念[1]。近年来，基桩检测已成为业内共识，相关标准和规范日益完善，为工程建设的顺利实施提供了可靠的技术保障，推动行业持续健康发展。

1.2　质量控制体系有待完善

尽管基桩检测技术在建筑工程中得到了广泛应用，但受限于不完善的质量控制体系，其技术优势难以充分发挥。统一的检测标准和规范缺失，可操作性不强；检测信息共享机制不健全，数据价值未被有效释放；行业监管职责界定不清，管理效能有待提升。体制机制的诸多掣肘，使检测流于形式，质量隐患积压，工程竞争力削弱。建筑业高质量发展呼唤基桩检测的规范化应用，亟需政府和社会各界着力打造完善的桩基工程质量控制体系，强化制度供给，为这项关键技术插上腾飞的翅膀。

1.3　优化应用的发展方向

推动基桩检测技术在建筑工程中的优化应用，必须坚持问题导向、创新驱动，在标准规范、关键技术、人才培养等重点领域系统谋划，强化顶层设计。要充分发挥行业组织和龙头企业作用，加快标准规程制修订，推动检测行业提质升级。鼓励原始创新，突破关键核心技术，加快成果转化，提升检测科学化水平。优化学科专业布局，创新人才培养模式，打造一支高素质工程技术队伍。借鉴国际先进经验，健全制度体系，强化质量管控，为建筑工程品质提升提供坚实的技术支撑。

2　建筑工程基桩检测中存在的主要问题

2.1　检测设备问题

建筑工程基桩检测中，检测设备是保障检测质量的关键因素之一。然而，当前许多检测单位面临着设备老化严重、精度不高的问题。部分单位的低应变动测仪、声波透射仪等设备使用多年，其性能和可靠性已无法满足日益提高的检测要求。设备老化不仅影响检测效率，更易导致检测数据失真，给桩基质量判断带来极大不确定性。此外，检测设备的定期校验和标定工作也存在不到位的情况。一些单位未严格按照规范要求对设备进行动态校准，部分单位的标定流于形式，缺乏可追溯的量值传递链，使设备精度得不到有效保障[2]。设备校验不规范进一步加剧了检测数据的偏差和不确定度，这些问题若得不到有效控制，极易掩盖桩基存在的安全隐患，给工程质量控制和后期使用埋下重大风险。因此，及时更新检测设备，提高设备精度，规范设备校验流程，是确保基桩检测数据真实可靠的重要基础。

2.2 检测方法问题

建筑工程基桩检测涉及低应变反射波法、高应变法、声波透射法等多种检测方法，不同方法在原理、适用条件和技术特点等方面存在明显差异。在实际检测中，检测单位对检测方法的选择和使用中还存在一些值得关注的问题。部分单位在方法选择上考虑不周全，对工程桩型特点、场地条件等缺乏全面分析，盲目采用单一方法或习惯性组合，忽视了方法的局限性和互补性，导致检测方案不适用、不完整。一些检测人员对不同方法的原理和流程掌握不扎实，现场操作不规范、不细致，如测点布置不合理、传感器耦合不牢固、激振信号选取不当等，直接影响了检测数据的准确性和可靠性。不恰当的方法选择和不规范的操作使检测结果无法真实反映桩身状况，漏检、误判等风险明显加大。可见，明确不同方法的适用条件，结合工程实际合理选用检测方法，规范检测操作流程，对于提高检测数据质量、充分发挥基桩检测作用至关重要。

2.3 数据分析问题

建筑工程基桩检测获取的海量动态信号数据，需经过系统的分析、判读才能得出可靠的质量评价结论。目前，基桩检测数据分析中普遍采用的模型相对简单，难以全面反映桩身结构特征。许多检测单位主要依据单一的波形曲线、频谱图等进行定性分析，这种过于简化的处理很难准确识别桩身缺陷的类型、位置、范围等关键信息，容易出现错判、漏判等问题，使分析结果与实际情况偏离较大[3]。简单的分析模型无法充分挖掘检测数据所蕴含的完整性信息，制约了检测结果在工程质量验收与控制中的应用。此外，由于缺乏完善的数据分析理论和方法，以及规范的质量控制流程，导致检测数据分析的随意性较大，分析结果往往难以令人信服，无法为工程质量控制和安全管理提供有力支撑。

2.4 检测人员素质问题

建筑工程基桩检测专业性、技术性很强，检测人员的专业素质和技术水平直接决定了检测工作的质量和效果。但当前，检测队伍建设相对滞后，从业人员普遍存在理论基础薄弱、实践经验不足的问题，难以适应新形势下的检测工作要求。部分一线检测人员对基桩检测的基本原理缺乏系统深入地理解，掌握的理论知识不够扎实全面，无法准确把握检测流程和数据分析的关键环节，不能灵活有效地指导检测实践。因此，提升检测人员理论水平和实践能力，建设一支专业化、高素质的基桩检测队伍，是全面提高检测工作质量和公信力的根本举措。

3 建筑工程基桩检测优化策略

3.1 加强检测设备管理

建筑工程基桩检测设备管理是保证检测数据真实可靠的重要基础。首先，要建立完善的检测设备定期检修和更新机制。根据设备的使用频率、工作环境等因素，科学制定检修计划，及时更换老化零部件，确保设备性能稳定。对于超过使用年限、精度难以满足要求的仪器，要及时更新，引进先进检测装备，为高质量检测提供有力保障[4]。其次，要严格按照标准规范对检测设备进行校验。制定设备校验管理制度，明确校验周期、流程、评判标准等，确保校验过程可追溯、结果可量化。定期委托有资质的计量机构进行校准，建立设备量值溯源体系。同时，加强检测单位自校信管理，配备标准装置，开展不定期比对试验，及时发现并消除设备系统误差。通过规范有序的设备检修、更新和校验，持续提升检测装备的可靠性和精准度，为开展高水平的基桩检测奠定坚实的技术基础。

3.2 规范检测操作流程

合理选择检测方法是规范操作的前提。针对工程桩型特点、场地和施工工况，综合考虑成本、工期等因素，优选适用的检测技术。注重多种方法的综合运用，利用不同信息获取手段的互补性，全面反映桩身完整性状况。选择检测方法后，要严格执行操作规程，切实做到持证上岗、按章作业。检测人员要熟练掌握仪器性能和操作要领，严格控制现场检测的关键环节。如合理布设测点，正确连接信号线，加强传感器耦合，科学调整采集参数等，最大限度地提高检测数据的真实性和可靠性。与此同时，要加强现场检测的过程管理，明确操作流程，细化操作标准，强化责任意识。通过岗前培训、现场督导等方式，促进作业人员严格执行规范要求。对于违规操作、数据造假等行为，要建立相应的惩戒机制，强化质量责任追究。通过选优配强检测技术，规范作业流程，强化过程管控，确保桩基检测达到预期效果。

3.3 创新数据分析模型

数据分析是建筑工程基桩检测的核心环节，创新完善的分析模型和方法是提高检测成果质量的有效途径。一方面，要着力建立高精度的物理力学模型。立足桩土相互作用机理，综合考虑桩身、土体、缺陷的力学特性，构建能准确反映多场耦合机制的数值模拟模型。运用有限元、边界元等数值分析方法，对桩身完整性进行定量表征和评估，克服以往定性分析的局限性。同时，要加强动静力试验与理论分析的结合，通过室内模型试验和现场原型观测，验证完善分析模

型，提高缺陷定量识别与评价的精度[5]。另一方面，要积极采用大数据分析技术。建立基桩检测专业数据库，统一采集、管理、分析海量的多源异构数据。运用机器学习、深度学习等人工智能算法，自动优化信号处理方法，提取桩身状态特征，构建桩基缺陷智能分类与识别模型。综合运用统计分析、知识挖掘技术，揭示不同影响因素与桩身完整性的内在关联，形成具有工程适用性的桩基质量评价指标体系。

3.4 提升检测人员综合素质

高素质的专业技术人才是确保建筑工程基桩检测工作质量和水平的根本保障。一是要加强检测人员的理论知识培训。定期开展岗位练兵、业务竞赛等，引导检测人员全面掌握检测新理论、新技术、新方法。通过学术交流、专题研讨等形式，促进检测人员开阔视野、更新知识，提高专业理论水平。建立完善的培训管理制度，将继续教育与职业发展相结合，激发自主学习的积极性。二是要拓展检测人员实践锻炼的途径。制定人才培养计划，有计划、分层次地安排检测人员参与重点工程项目，在实践中增长才干、提升能力。加强高校、科研院所与检测单位的产学研合作，为检测人员搭建学习交流、经验分享的平台。鼓励承担检测科研项目，在攻关实践中锤炼过硬本领。完善考核奖惩机制，将理论与实践相结合，强化能力导向，调动检测人员岗位成才的主动性。

4 工程案例分析

4.1 工程概况

某大型商业综合体项目由2栋高层建筑和2层地下室组成，基础采用旋挖钻孔灌注桩，共计558根，桩径900 mm，桩长25～30 m。桩基施工采用全回转钻机成孔、旋挖钻机清孔、导管预埋、二次清孔的工艺流程，混凝土采用C30标号商品混凝土，经泵送入桩。

4.2 基桩检测情况

桩基施工完成后，每个单体抽取总桩数1%且不少于3根桩做单桩竖向抗压静载试验、对全部桩基进行低应变反射波法完整性检测，随机抽取总桩数10%的桩做声波透射检测。检测过程严格遵照操作规范，合理布设测点，规范连接信号线，有效控制耦合质量，确保数据可靠。静载试验采用徐州建科仪器有限公司开发的JCQ-503B静载仪、低应变检测采用武汉沿海工程技术开发公司RS-1616W（P）型基桩动测仪、声波透射检测选用南京铭创测控科技有限公司开发的MC6360声波透射仪。

4.3 存在的主要问题

检测数据分析发现，该工程抽取的静载检测桩单桩竖向抗压极限承载力均满足设计要求，但结合低应变和声波透射检测信号，经分析后，可判定其中5根桩为Ⅲ类桩，其余为Ⅰ类或Ⅱ类桩，其中Ⅲ类桩分析主要问题是沉渣过厚、混凝土密实度不均、部分桩头蜂窝麻面、上部可能存在较大范围缺陷等问题。造成这些问题的主要原因包括成桩施工工艺控制不严、清孔不到位、混凝土振捣不充分、桩机垂直度偏差过大、雨期施工地下水位骤升导致塌孔等。这些因素综合作用，导致桩身完整性和承载力受到影响。

4.4 优化措施及效果

根据检测结果，项目组及时采取一系列优化整改措施：补充开展静载试验和钻芯取样，进一步评估桩身完整性;对桩头沉渣量大、密实度差的桩头进行处理，重新浇筑混凝土；采用微膨胀混凝土灌浆修复缺陷位置明确的问题桩；优化混凝土配合比，改进浇筑和振捣方法；强化桩机垂直度动态监测；避免雨期施工，合理控制地下水位。复测结果表明，修复后问题桩完整性明显改善，声波速度显著提高，阻抗曲线趋于均匀饱满。静载试验证实，桩基承载力满足设计要求，沉降量控制在规范允许范围内。本案例对类似复杂条件下的桩基工程质量控制和缺陷处置具有借鉴意义。

5 结束语

基桩检测是确保建筑工程质量和安全的关键环节。当前，面对日益严峻的质量形势和高标准要求，必须直面检测中存在的突出问题，因地制宜地采取针对性地改进措施。只有不断加强检测设备管理，规范操作流程，创新数据分析方法，提升检测人员综合素质，才能真正实现桩基检测的精准化、规范化、智能化，为建筑工程的高质量发展提供坚实保障。展望未来，随着新技术、新方法、新模式的不断涌现，建筑工程基桩检测必将迎来更加广阔的发展前景。

参考文献：

[1] 尹茂群.建筑工程桩基检测中存在的问题及优化策略研究[J].石河子科技,2024(02):61-62.
[2] 贺子豪.房屋建筑桩基工程施工质量检测技术的应用与实践[J].中国建筑装饰装修,2024(06):157-159.
[3] 田普,宋晓丽.建筑工程桩基承载力检测试验的监理要点[J].建设监理,2024(03):35-37,48.
[4] 杨莉莉.基于桩基检测技术的建筑工程混凝土结构检测[J].居业,2024(02):123-125.
[5] 徐连城.高层建筑工程施工中桩基检测技术的运用策略[J].佛山陶瓷,2024,34(02):61-63.

防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用

杨永炜

（潍坊昌大建设集团有限公司，山东 潍坊 261000）

摘　要　本研究探讨防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用要点及实施要求。通过对工程项目施工材料质量、墙体施工质量以及厨卫防渗漏施工要点的严格控制，确保建筑物的防水性能。研究方法涉及对防渗漏技术的系统分析，结合工程实践案例，科学规划建筑结构，实施工程项目总体性管理。研究结果表明，通过屋面、墙面及厨卫的专项防渗漏施工技术实施，能有效提升房屋建筑工程的防水效果，确保建筑质量和使用寿命。这一成果旨在对提高房屋建筑工程的防水性能具有有效的实践意义和指导价值。

关键词　房屋建筑工程；防渗漏施工技术；施工材料质量；墙体施工；厨卫防渗漏施工

中图分类号：TU74　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0046-03

目前，在建筑市场中，社会各界普遍关注重点在于房屋建筑的整体质量以及使用安全性，而一直以来影响居民住房体验感的主要因素在于房屋的渗漏问题。房屋渗漏的长期发生给居民的日常生活造成了严重的影响，整个建筑结构的安全性和稳定性也将受到相应的影响，房屋居民的人身安全得不到保障。因此，本文将围绕防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用为中心展开研究探讨。

1　房屋建筑工程中应用防渗漏施工技术的要点

1.1　严控工程项目施工材料质量

在房屋建筑工程中，工程的质量与施工材料质量密不可分，因此必须严格把控施工材料的质量。选择符合国家标准、性能优良的材料是确保工程质量的关键。施工过程中，所有材料在进场前都应经过严格的质量检测，确保其符合相关标准和规范。对于不合格的材料，一旦发现就要立即更换，绝不能在工程中使用。材料的选择不仅要考虑其防水性能，还要关注其耐久性和适应性，以确保在各种环境条件下都能保持良好的性能。一个完善的材料质量管理体系是施工单位所必须建立的，从采购、运输到现场存储，每个环节都要严格控制，避免材料在运输与存储过程中遭到不必要的损坏或污染。此外，对材料使用情况进行监督是施工过程的关键，确保材料按规定使用，避免因使用不当导致的质量问题。通过严格的材料质量控制，可以有效防止房屋建筑工程中出现渗漏问题，提升建筑的整体质量和使用寿命[1]。

1.2　墙体施工质量控制

房屋建筑的稳定性和防渗漏性能直接取决于墙体的施工质量，因为墙体是房屋建筑的支撑结构。在进行墙体施工时，每一个步骤都具有至关重要的意义。为了保证墙体的稳定和平整，施工单位必须严格遵循设计图纸和施工规范进行施工操作。精细的砌体工艺是至关重要的，从材料的选择到实际砌筑过程，每一个步骤都必须严格把握，以确保墙体具有足够的整体强度。此外，需要准确控制抹灰层的厚度，因为太厚或太薄都有可能对墙面的平整度和防水性能造成影响。另外，调整墙面的垂直度也是非常重要的一步，它直接影响到墙面的整体外观和后续防水处理的效果。只有确保每个环节都准确无误，才能保证墙体结构稳固平整，为后续防水处理打下坚实基础，从而确保房屋长期安全使用和居民舒适体验。

1.3　厨卫防渗漏施工要点

房屋建筑中渗漏发生的高发区域多发生在厨卫间，因此厨卫间的防渗漏施工必须引起施工单位的高度重视。首先，管道穿墙部位是渗漏的主要隐患之一，施工时应采用嵌入式做法，确保管道与墙体之间的缝隙密封严密，防止水分渗入墙体。其次，地面与墙体交接处也是易渗漏的关键区域，施工时应使用止水条等防水材料进行处理，确保这些部位的防水层连续且无缝隙。此外，全面的防水涂层处理对于厨卫间的地面和墙面极为重要，选用高质量的防水涂料，确保涂层厚度均匀，覆盖全面。特别是在地漏、管道周围、阴阳角等细节部位，应进行重点涂刷，确保防水效果。施工过程中，防水材料的选择和使用也至关重要，应选用环保、耐久性强的防水材料，避免因材料质量问题导致的渗漏。最后，施工完成后应进行严格的验收测试，通过储水试验等方法检查防水效果，确保无渗

漏现象。通过这些措施，可以最大限度地避免厨卫间的渗漏问题，保障房屋的使用寿命和居住舒适度[2]。

2 防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用要求

2.1 科学规划建筑结构

在房屋建筑工程中，科学规划建筑结构是防渗漏施工技术应用的关键环节。设计单位在进行建筑结构设计时，必须充分考虑气候和环境等多种因素，合理布置建筑构件，避免出现容易渗漏的死角。例如，在设计屋顶、外墙、地下室等关键部位时，应特别注意防水设计，确保这些部位的防水性能达到最佳状态。屋顶设计应考虑排水系统的合理布局，避免积水现象；外墙设计应注重材料的选择和施工工艺的优化，确保墙体的密封性和防水性；地下室设计则需特别关注防水层的设置和施工细节，防止地下水渗入。此外，设计单位还应优化结构形式，采用有利于防渗漏的设计方案。例如，在屋顶设计中，可以采用倒置式屋面结构，这种结构能够有效防止雨水渗漏；在外墙设计中，可以采用多层防水结构，通过多道防线提高防水效果；在地下室设计中，可以采用多层防水和排水系统相结合的方式，确保地下室的干燥和安全。为了进一步提高防渗漏效果，设计单位还应注重细节处理。例如，在门窗设计中，应确保门窗与墙体之间的缝隙密封良好，防止雨水通过缝隙渗入室内；在管道设计中，应确保管道穿墙部位的密封性，防止水管渗漏影响建筑结构。此外，设计单位必须到考虑施工过程中的可操作性，确保设计方案在实际施工中能够顺利实施，避免因施工难度大而影响防渗漏效果。科学规划建筑结构不仅能够提高建筑物的防渗漏性能，还能为施工单位创造有利条件，确保防渗漏施工技术的有效应用。通过合理的设计和细致的规划，可以最大限度地减少渗漏问题的发生，提升建筑物的整体质量和使用寿命，使居民在安全舒适的居住环境里更好的生活[3]。

2.2 工程项目总体性管理

在房屋建筑工程中，防渗漏施工技术的应用无疑是一项至关重要的任务，它贯穿整个工程建设过程，要求项目各方密切协作，共同确保防渗漏工作的有效实施。作为项目的主导者，建设单位在防渗漏施工中扮演着至关重要的角色。他们不仅需要全面加强工程管理，确保每一个施工环节都符合既定规范，而且要坚决落实监理制度，通过专业的监理团队对施工过程进行全程监控，及时发现并纠正潜在的施工问题，从而保障工程质量的稳步提升。施工单位在防渗漏施工中同样扮演着举足轻重的角色。他们必须建立完善的质量管控体系，从材料的采购、储存到施工过程中的使用，都要对质量进行严格的审核把关，确保所使用的材料符合设计要求，具备优异的防水性能。同时，施工单位还需要对施工工艺进行严格控制，确保每一个施工步骤都符合既定规范，避免因施工不当导致的渗漏问题。此外，施工单位还应加强对施工人员的培训和管理，提高他们的专业技能和责任意识，确保他们能够严格按照施工要求进行操作。设计单位和监理单位在防渗漏施工中也发挥着不可或缺的作用。他们应积极参与施工过程，对施工方案进行审查和指导，确保设计方案的合理性和可行性。同时，他们还应定期对施工现场进行检查和评估，及时发现并纠正施工中存在的问题，确保工程质量的稳步提升。房屋建筑工程中在应用防渗漏施工技术时要求各方通力合作，共同确保工程质量的稳步提升。只有建设单位、施工单位、设计单位和监理单位等各方都充分认识到防渗漏施工的重要性，并切实履行各自职责，才能确保房屋建筑工程的防渗漏效果，为居民创造一个安全、舒适的居住环境。

3 房屋建筑工程中防渗漏施工技术实施

3.1 屋面防渗漏施工技术实施

屋面是房屋建筑的重要部位，一旦发生渗漏将造成严重后果。施工单位在实施屋面防渗漏施工技术时，务必遵循防水工程施工的标准操作流程，确保每个环节的施工质量。首先，找坡层的施工是关键步骤之一。找坡层的坡度必须符合设计要求，施工时应先进行冲筋，确保坡度方向一致，在确认坡度经过仔细检查并确定无误之后，方可开始进行找坡层的施工作业。找坡层宜采用轻骨料混凝土，分层铺设并适当压实，表面应做到平整。在铺设找平层时，采用水泥砂浆或细石混凝土作为材料，确保在材料的初凝之前完成抹平工序，以保证表面平整；而压光工序则需在材料终凝之前完成，终凝后应进行充分养护，以确保找平层质量。防水卷材的施工是屋面防渗漏的核心环节。施工前应做好节点、附加层和屋面排水集中部位的处理，然后由屋面最低标高处向上施工。铺设防水卷材时，必须严格遵循施工流程，确保卷材铺贴方法、方向和搭接顺序符合设计要求。采用热熔法铺贴防水卷材时，需用火焰喷灯或喷枪加热卷材的底面和基层表面，使卷材底面的沥青融化，同时边加热边向前滚动卷材，并用压棍压实，确保卷材与基层牢固黏结。施工过程中应注意烘烤温度和时间，以确保沥青层呈熔融状态，避免卷材表层熔化不够或烤透卷材。保护层的施工同样至关重要。保护层通常采用混凝土浇筑，施工时应确保混凝土的厚度和均匀性。在混凝土浇筑过程中，

必须进行振捣作业以排除混凝土内部的气泡，确保保护层的密实度。保护层表面应进行刮平和打磨，确保平整度和美观度。施工完成后，应进行充分的养护，防止混凝土表面出现裂缝。在屋面防水施工中，施工单位必须严格把控每个环节的质量，确保防水材料符合国家标准，施工工艺符合设计要求。通过科学合理的施工组织和严格的质量控制措施，可以有效提升屋面的防水性能，延长建筑物的使用寿命，保证住户的居住安全和舒适[4]。

3.2 墙面防渗漏施工技术实施

在房屋建筑工程中，外墙面是雨水渗漏的主要部位，因此外墙防渗漏施工技术的实施至关重要。施工单位应采用外保温系统等先进技术，对外墙面进行整体防水处理。外保温系统不仅能有效防止雨水渗入，还能建筑物的保温性能得到提高，降低能源消耗。为了确保防水效果，施工过程中需要特别关注门窗洞口、伸缩缝等部位的防水处理。这些部位由于结构复杂、接缝多，容易成为雨水渗漏的薄弱环节。门窗洞口的防水处理可以通过使用高质量的密封材料和合理的施工工艺来实现，确保门窗与墙体之间的接缝严密无缝隙。防水层的施工应分层进行，每层防水材料的涂抹要均匀，确保防水层的厚度和密实度。对于门窗洞口和伸缩缝等部位，可以采用防水卷材、密封胶等材料进行重点处理，确保这些部位的防水效果。此外，施工单位还应加强施工管理，确保防水材料的质量和施工工艺的正确执行。施工过程中要严格按照设计要求和施工规范进行操作，避免因施工不当导致防水效果不佳。施工完成后，还应进行防水性能的检测，确保外墙面防水层的完整性和有效性。通过这些措施，可以最大限度地杜绝雨水渗入，确保建筑物的防水性能和使用寿命[5]。外墙防渗漏施工技术的实施需要综合考虑材料选择、施工工艺和管理措施等多个方面，通过科学合理的施工方法和严格的质量控制，确保外墙面的防水效果，保障建筑物的整体质量和使用性能。

3.3 厨卫防渗漏施工技术实施

在厨卫防渗漏施工中，施工单位应根据实际情况选择适当的防水材料和施工工艺，以确保地面、墙面、天棚等部位的防水性能。厨房和卫生间是用水量最大的区域，容易潮湿积水，因此防水工程在住宅装修中至关重要。地面防水材料应选用柔性防水材料，如丙烯酸酯防水涂料、聚氨酯防水涂料或高分子水泥防水涂料，这些材料能够很好地覆盖地面的角落和高低不平的地方，抵抗水流振动，保证持久的防水效果。墙面防水材料则应选择刚性和柔性结合的防水材料，这类材料不仅具有较高的抗压强度和抗拉强度，还能与瓷砖胶粘剂良好结合，防止后期瓷砖脱落。在施工过程中，地面和墙面的防水层施工应分层进行，每层防水材料的涂抹要均匀，确保防水层的厚度和密实度。对于地面，防水层施工完成后应进行蓄水试验，确保无渗漏现象。墙面防水层施工完成后，应在墙面撒上细沙处理，以便后续贴砖。天棚的防水处理也不可忽视，尤其是在卫生间，天棚防水层应采用防水涂料进行多遍涂刷，确保防水层的完整性和有效性。管道和设备的防水密封处理是防止渗漏的关键环节。对于穿过地板和墙面的管道，应采用密封膏或遇水膨胀胶条等材料进行防水处理，确保管道与地面、墙体之间的接缝严密无缝隙。在管道预留洞口的防水施工中，可以采用楔口模具固定管道，并用混凝土进行多次浇筑和捣实，确保预留洞口的抗渗漏性。此外，排水口和地漏周围的接缝部位必须严密密封，防止渗漏，防止渗漏现象的发生。施工单位必须严格按照设计要求和施工规范操作，确保防水材料的质量和施工工艺的正确执行。施工完成后，应进行防水性能的检测，确保各部位的防水层完整无缺。通过科学合理的施工方法和严格的质量控制，可以有效堵塞一切可能的渗漏通道，确保厨卫间的防水性能，保障建筑物的整体质量和使用寿命[6]。

4 结束语

只有将防渗漏施工技术贯穿于整个工程建设过程，项目各方通力配合，落实监理制度，完善质量管控体系，对材料、工艺、人员等进行全面管控，才能真正确保建筑质量，提高房屋建筑的防水能力，增加房屋建筑的使用年限。高质量的防渗漏施工不仅可以避免渗漏问题的发生，还能为居民提供一个舒适且安全的居住环境，促进房地产行业的可持续发展。

参考文献：

[1] 王毅琛,高波.房屋建筑工程混凝土结构防渗漏施工技术应用 [J]. 居舍 ,2024(15):47-50.
[2] 白利剑 . 防渗漏技术在房屋建筑工程施工中的有效应用 [J]. 工程建设与设计 ,2024(08):172-174.
[3] 贺金红 . 防渗漏技术在房屋建筑工程施工中的有效应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023(24):127-129.
[4] 成城.防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的应用 [J]. 中华建设 ,2023(02):146-148.
[5] 陈垒.房屋建筑工程中外墙防渗漏施工技术的应用研究 [J]. 陶瓷 ,2022(12):143-146.
[6] 郭威,张良鹏,马俊图,等.房屋建筑工程中防渗漏施工技术的应用研究 [J]. 房地产世界 ,2022(19):137-139.

土建基础施工中的深基坑支护施工技术分析

乔燕峰

（上海申宝建筑工程有限公司，上海 200083）

摘　要　土建基础施工作为建筑工程的重要组成部分，与建筑工程的整体质量息息相关。而在建筑工程土建基础施工中，深基坑支护施工技术是一项重要的施工技术。基于此，本文介绍了深基坑支护施工技术在土建基础施工中的特点，提出了提高深基坑支护施工技术水平的策略，并对土建基础施工中的主要深基坑支护施工技术进行分析，旨在为提高土建基础施工中深基坑支护技术的应用水平提供借鉴，从而为建筑工程质量的提升提供可靠保障。

关键词　土建基础施工；深基坑支护施工技术；土钉支护施工技术；地下连续墙施工技术；板桩支护施工技术

中图分类号：TU47　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0049-03

随着城市化进程的加速和建筑工程规模的扩大，深基坑支护施工技术在土建基础施工中的重要性日益显现。深基坑工程由于其涉及复杂的地质条件、高地下水位以及多变的施工环境，对支护技术的要求极为严格。在实际工程中，选择合适的支护方案需要综合考虑地质条件、基坑深度和施工要求等多方面因素，以选择最佳的支护技术和施工方法。深基坑支护技术的多样化应用，如土钉支护、地下连续墙和锚杆支护等，每种技术都有其特定的适用范围和技术要求。因此，通过对这些技术的深入分析，可以全面了解其在不同工程条件下的应用效果，从而为优化支护方案、提升施工质量提供有力支持。

1　土建基础施工中的深基坑支护施工技术的特点

1.1　专业性

深基坑支护施工技术在土建基础施工中具有高度的专业性，体现在其对地质条件的准确判断、施工技术的精确实施以及严格的安全管理上。其一，专业性要求施工单位具备扎实的地质勘察能力，通过详细的地质勘探报告，精准掌握土层结构、地下水位等关键数据，为支护设计提供科学依据。其二，支护施工技术的选择和应用必须符合工程实际情况，如土钉支护、板桩支护、地下连续墙和锚杆支护等不同技术方案，均需根据基坑深度、土质条件及周边环境进行专业评估与优化，确保施工安全和经济性。其三，在安全管理方面，专业性要求制定全面的安全预案和应急措施，确保施工人员和设备的安全，并通过培训和现场监督，提升施工队伍的专业技能和安全意识。总之，深基坑支护施工技术的专业性贯穿于设计、施工和管理的各个环节，是确保基坑工程安全可靠、高效施工的关键[1]。

1.2　复杂性

深基坑支护施工技术在土建基础施工中具有高度的复杂性，主要体现在地质条件的多样性、技术选择的多样化以及施工过程中的诸多不确定性上。首先，地质条件的多样性对深基坑支护提出了不同的要求，如软土层容易变形，需要采用有效的排水和加固措施，而硬岩层则可能需要进行爆破和特殊支护。其次，技术选择的多样化增加了施工的复杂性，根据基坑深度、土质条件和周边环境，需要综合运用放坡开挖、排桩支护、地下连续墙和土钉墙等多种支护技术，每种技术都有其独特的施工工艺和质量控制要求。最后，基坑开挖过程中可能遇到地下水、软弱土层以及其他不利地质条件，需随时调整施工方案和支护措施。基坑开挖与支护的协调配合、各类施工设备的高效运转以及施工人员的安全管理，均是施工过程中需要重点关注的复杂因素[2]。

2　土建基础施工中提高深基坑支护施工技术水平的策略

2.1　做好施工前的准备工作

提高深基坑支护施工技术水平的关键在于做好施工前的准备工作，为此需进行详细的地质勘察，通过钻探、取样、测试等手段全面了解地下土层结构和水文地质情况，为设计提供可靠的数据支持。在确定施工方案后，必须进行详细的施工图纸会审，确保设计图纸与实际地质情况相符，并进行必要的优化调整。此外，施工前应进行全面的技术交底，将设计意图、施工重点和难点、质量标准等详细传达给现场管理人员和施工队伍，提高施工人员的技术水平和操作能力。准备工作还包括材料和设备的充分准备，根据施工需

要提前储备合格的支护材料和机械设备，并对设备进行检查和维护，确保其处于良好的工作状态。在施工前期，还需制定详细的施工计划，包括进度计划、资源计划和安全计划，确保各项工作按计划推进[3]。最后，在正式开工前应进行一次全面的施工准备检查，确保各项准备工作到位，为深基坑支护施工的顺利进行奠定坚实基础。

2.2 确定基坑开挖和支护方案

在土建基础施工中，确定科学合理的基坑开挖和支护方案应依据详细的地质勘察报告，全面分析基坑所在区域的地质条件，包括土层结构、地下水位、地质强度等因素。基于此，选择最适合的开挖方式，如放坡开挖、垂直开挖等，并明确开挖深度和坡度，以保证基坑的稳定性和安全性。支护方案的选择需综合考虑基坑深度、周边环境和施工条件等，常见的支护方式包括板桩支护、地下连续墙、土钉墙等，每种方式有其适用范围和技术要求，应根据实际情况进行选择和组合应用。在支护设计时，应充分考虑基坑内外的荷载变化，通过计算确定支护结构的类型、尺寸和布置方式，确保其能够承受施工过程中的各种应力和变形[4]。同时，支护方案的制定还需兼顾施工的可操作性和经济性，选择施工难度适中、成本合理的方案，确保项目的顺利实施和经济效益。在方案实施过程中应建立健全的监督和检查机制，通过定期检查和质量评定，确保支护结构按设计要求施工，发现问题及时调整，保障工程质量和安全。

2.3 基坑变形监测和应急措施

实施有效的基坑变形监测和应急措施，应建立完善的基坑变形监测系统，通过布置多种监测仪器，如倾斜仪、沉降仪、应变计等，实时监测基坑边坡、支护结构及周边建筑物的变形情况。监测数据应通过无线传输或有线传输的方式及时传送至监测中心，进行实时分析和预警，确保施工过程中任何异常情况能够第一时间被发现。同时，在监测过程中需建立数据分析和评估机制，对监测数据进行动态分析，判断基坑变形的趋势和速度，及时发现潜在的风险和问题。而应急措施的制定是基坑变形监测的重要组成部分，需根据不同的变形情况预设多套应急预案，包括基坑加固、支护结构调整、排水措施强化等，确保在变形超过预警值时能够迅速采取有效措施，防止事故发生。此外，施工过程中应建立应急响应机制，确保监测人员和施工人员密切配合，一旦发现异常情况，能够迅速启动应急预案，采取有效措施控制变形，确保基坑和周边建筑物的安全。

3 土建基础施工中的主要深基坑支护施工技术

3.1 土钉支护施工技术

土钉支护施工技术通过在基坑边坡上布置土钉，以增强土体的整体性和稳定性。首先，进行地质勘察，确定土钉的设计参数，包括土钉长度、直径、间距和倾角等。在施工开始后，按照设计图纸确定土钉的位置，采用钻机进行钻孔，钻孔深度和直径需严格按照设计要求控制。钻孔完成后，立即插入钢筋或钢绞线，确保土钉的抗拉强度。接着，采用高压注浆技术将水泥浆注入孔内，填满孔隙，并与周围土体紧密结合，形成稳定的加固体。注浆材料的配比和注浆压力需要根据实际情况进行调整，以确保土钉的加固效果。土钉施工过程中应分层进行，每完成一层土钉的施工后，再进行下一层的开挖和支护，确保基坑的整体稳定性。边坡表面通常还需喷射混凝土，形成连续的保护层，与土钉共同作用，提高边坡的抗剪能力和整体稳定性。土钉支护施工过程中，必须进行严格的质量控制，包括土钉材料的质量检查、钻孔深度和直径的监测、注浆饱满度的检查等，确保每一道工序都符合设计要求和施工规范[5]。通过科学的设计、规范的施工和严格的监测，可以充分发挥土钉支护技术的优势，确保深基坑的安全稳定和施工顺利进行。

3.2 地下连续墙施工技术

地下连续墙施工技术具有高强度和良好的防渗性能，适用于高地下水位和复杂地质条件的深基坑工程。在施工开始前应进行详细的地质勘察和现场测量，制定科学合理的施工方案。施工过程中采用专用的连续墙抓斗或铣削机进行槽孔开挖，开挖深度和宽度需严格按照设计要求控制，并在槽孔内设置导墙以保证槽壁稳定。为防止槽孔坍塌，通常在槽孔内注入水泥浆，泥浆的比重和黏度需根据地质条件进行调整。槽孔开挖完成后，立即进行钢筋笼的吊装和定位，钢筋笼的制作和安装需符合设计要求，确保其在槽孔内的正确位置和稳定性。接着，采用导管法进行混凝土灌注，从底部开始逐步上升，确保混凝土的均匀性和连续性，避免出现离析和孔洞。灌注过程中需连续进行，以保证地下连续墙的整体性和强度。混凝土强度达到设计要求后，进行泥浆的清理和墙体的修整。地下连续墙施工过程中，需进行严格的质量控制，包括槽孔垂直度、钢筋笼定位、混凝土配合比等方面的检查，确保每一

道工序都符合设计和规范要求。此外，施工过程中还需进行基坑变形和地下水位的监测，及时发现并处理异常情况，确保基坑的安全和施工的顺利进行[6]。地下连续墙施工完成后，需对墙体进行验收，确保其强度和防渗性能符合设计要求。

3.3 板桩支护施工技术

板板桩支护施工技术的主要材料包括钢板桩、混凝土板桩和木板桩等，其中钢板桩因其强度高、施工方便、可重复利用等特点，被广泛应用。施工前应进行详细的地质勘察，了解地下土层分布和地下水位情况，制定科学的施工方案。然后进行基坑开挖前的准备工作，清理施工场地，并根据设计图纸放线定位。在正式施工过程中，采用打桩机或振动锤将钢板桩按预定位置和顺序打入地下。打桩时需控制好桩的垂直度和位置，确保板桩相互紧密咬合，形成连续的支护墙体。为了提高板桩的稳定性和抗剪能力，通常在板桩顶部和中部设置横向支撑或腰梁。支撑安装时需保证其与板桩紧密连接，并进行力学计算，确保支撑结构能够承受施工过程中产生的各种荷载。在施工过程中，应严格控制打桩速度和振动频率，避免对周边建筑物和地下管线造成不利影响。对于较深的基坑，还需进行多道支撑的设置，以增强整体结构的稳定性。为防止地下水渗入基坑，常在板桩接缝处设置防水密封材料，并配合基坑内的排水系统，保持基坑内干燥[7]。板桩支护施工过程中，需进行实时监测和控制，确保基坑变形在可控范围内。施工质量控制是板桩支护的关键，需对每道工序进行严格检查，包括板桩的材质、打桩深度、桩体垂直度、支撑安装质量等，确保各项技术指标符合设计要求。最后，在基坑支护施工完成后，还需进行全面的验收和检查，确保支护结构的安全性和可靠性。

3.4 锚杆支护施工技术

锚杆支护施工技术通过在边坡或基坑内安装锚杆，并结合喷射混凝土等技术，形成复合支护结构，从而提高土体的稳定性和承载能力。在施工前应进行详细的地质勘察，确定锚杆的位置、长度、直径和角度等参数。根据设计图纸，首先在基坑或边坡上钻孔，钻孔深度和倾角需严格按照设计要求控制，确保锚杆能够深入稳定土层。钻孔完成后，将钢绞线或钢筋锚杆插入孔内，锚杆的材质和规格需符合设计标准，以保证其抗拉强度和耐久性。接着，通过高压注浆设备将水泥浆注入钻孔内，注浆过程需均匀、饱满，以确保锚杆与周围土体之间形成紧密的结合。为增强支护效果，通常在锚杆支护的同时进行喷射混凝土施工，形成一层连续的混凝土保护层。喷射混凝土的厚度、配比和强度需根据地质条件和设计要求进行调整，确保其与锚杆共同作用，提高边坡或基坑的整体稳定性。锚杆支护施工过程中，还需进行实时监测和质量控制，对锚杆的钻孔、注浆、张拉和喷射混凝土等工序进行严格检查，确保各项指标符合设计要求。此外，应定期进行锚杆的抗拉试验，验证其承载能力，确保支护结构的安全性和可靠性[8]。在施工期间还需加强基坑或边坡的变形监测，及时发现和处理异常情况，防止支护结构失效或基坑坍塌。通过科学的施工组织和严格的质量控制，锚杆支护施工技术能够有效提高深基坑工程的安全性和稳定性，为土建基础施工提供可靠的保障。

4 结束语

通过对土建基础施工中深基坑支护施工技术的系统分析，可以总结出不同技术在工程实践中的应用特点和技术要点。每种支护技术在应对特定地质条件和施工要求时，展现出了独特的优势和局限性。科学合理地选择和优化支护方案，不仅能有效提高工程的安全性和稳定性，还能实现资源的高效利用和施工成本的合理控制。未来，随着工程技术的不断进步和施工需求的日益多样化，深基坑支护技术将朝着更加智能化和高效化的方向发展，不断提升支护施工的技术水平和管理能力，将为土建基础施工提供更加坚实的保障，为建设高质量的基础设施工程奠定坚实的基础。

参考文献：

[1] 范洋洋，莫菲．土建基础施工中深基坑支护施工技术 [J]. 砖瓦世界 ,2024(08):118-120.
[2] 武建腾．深基坑支护施工技术在土建施工中应用的探究 [J]. 建筑 · 建材 · 装饰 ,2024(08):193-195.
[3] 魏文磊．土建基础施工中的深基坑支护施工技术 [J]. 砖瓦世界 ,2024(07):121-123.
[4] 闫亮，毛良军．土建工程中深基坑支护技术的应用与实践研究 [J]. 中国建筑金属结构 ,2024,23(03):122-124.
[5] 王国斌．土建基础施工中深基坑支护施工技术分析 [J]. 建材发展导向 ,2024,22(03):174-177.
[6] 张贵枝．土建基础施工中的深基坑支护施工技术 [J]. 砖瓦世界 ,2024(12):31-33.
[7] 吕鹏，吕昌新．土建基础施工中深基坑支护技术的应用实践微探 [J]. 世界家苑 ,2024(06):30-32.
[8] 张少华，丁程程．深基坑支护技术在土建工程中的应用与实践 [J]. 数字化用户 ,2024(28):189-190.

橡胶沥青混凝土施工技术在道路路面改造工程中的应用

何燕琼

（广西路建工程集团有限公司，广西 南宁 530001）

摘　要　在我国交通事业不断发展，车辆通行数量逐渐增加的背景下，很多原有的道路路面工程通行功能已无法满足目前交通车流量的通行需求。因此，需要进行道路路面改造，增加道路通行效率。本文以道路路面改造工程项目为例，采用橡胶粉作为工程主要材料，通过将橡胶粉与掺合料拌和后运行到施工现场进行摊铺作业，对橡胶沥青混凝土施工技术进行研究分析，旨在为提升路用性能、满足道路交通通行需求提供借鉴。

关键词　橡胶沥青混凝土技术；道路工程；路面改造

中图分类号：U416　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0052-03

橡胶沥青混凝土作为一种新型的路面材料，其独特的性能优势近年来在的道路改造工程中得到了广泛的应用。橡胶沥青混凝土是将废旧轮胎加工成的橡胶粉与沥青混合后制备而成的一种新型复合材料，不仅能够有效利用废旧轮胎资源，减少环境污染，还能够提高沥青混凝土的抗裂性、耐久性和抗车辙性能，从而延长道路的使用寿命。

1　橡胶沥青混凝土组成分析

橡胶沥青混凝土是一种创新的道路铺设材料，其独特之处在于将废旧轮胎中的橡胶粉巧妙地融入传统的沥青混凝土中。橡胶沥青混凝土的核心组成部分包括沥青、橡胶粉和骨料。首先，沥青作为胶结材料，负责将各个组成部分牢牢黏结在一起。其中，以重交通道路石油沥青为主要原料，通过加热和混合的方式，使沥青达到适宜的施工温度，确保其与橡胶粉和骨料的紧密结合[1]。

2　工程概况

某道路项目投入运营的时间已经达到8年，尤其是近年来的重载车辆通行数量逐步增多，对道路交通结构产生严重的危害影响，已经出现坑槽、裂缝、麻面、翻浆等问题，对道路交通的正常运行产生极大的危害。技术人员进入现场进行全面勘察，了解现场的病害情况，并结合实际情况制定合理的优化改进措施，确保道路路面的病害问题有效解决就该项目的病害问题以及道路通行实际情况，有两种养护方案，具体可见表1。

从表1中分析发现，方案一中铺设厚度4 cm的橡胶沥青磨耗层，提高道路路面的抗滑、抗车辙、抗疲劳能力，车辆通行具备较高的舒适性。从上述指标进行分析，方案一比方案二更加优越，但方案一的防裂性能相对较低。而对于方案二来说，表面增加1层1 cm厚度的橡胶沥青应力吸收层，该结构层施工环节操作比较复杂。但不需要处理原有的病害问题，成本升高约5～8 元/m^2。橡胶沥青应力吸收层铺设的过程中，使用同步碎石封层车进行，铺洒量为1.8～2.5 kg/m^2，使得橡胶沥青和上层结构能够有效连接。与此同时，在表面铺设一层碎石料，粒径为4.75～9.5 mm，撒布量为10～15 kg/m^2，再使用胶轮压路机碾压成型，使得结构的强度符合标准。经过上述两种方案的对比，虽然方案二的成本相对升高，但结构性能改善较为明显，维护处理的环节能够消除现场危害因素的影响，规避危害问题的干扰，提升公路项目通行效果，对当前公路项目的正常运行产生积极作用[2]。

表1　处置方案

方案	结构层描述	橡胶沥青层厚度
方案1	橡胶沥青层	4 cm
方案2	橡胶沥青层+橡胺沥青层	3 cm

3　道路路面改造工程橡胶沥青混凝土施工技术分析

3.1　原材料

3.1.1　集料的选择

在本公路项目养护施工的环节集料选择尤为重要，使用干燥、洁净、坚硬、耐风化的材料，将内部杂质去除掉，确保集料的性能符合要求。在施工的过程中，

本项目总计需要6种集料，各种性能和参数符合技术规范的要求才能满足现场养护作业的需求。

3.1.2 填料的选择

填料的作用是在集料内部起到填充性的作用，目前主要选择使用矿粉、水泥、石灰等作为橡胶沥青混合料的填料使用，使得骨料性能得以改善，沥青混合料的性能提升较为明显。矿料中如果加入1%～3%的消石灰，对于性能的改善有极为重要的作用，满足路面建设的要求，也能确保道路通行的过程中不会造成严重的病害问题[3]。

3.1.3 石灰

对于本公路路面现场施工的环节，基层混合料使用的是石灰。原材料采购结束后，加强检查和验收，确保材料的性能不合格，保证物理、化学性质满足施工作业的标准，进而达到工程项目的建设需求。

3.1.4 水泥

水泥材料选择使用普通42.5的水泥材料，强度性能合格，各项指标满足工程的标准，且在保质期内使用完毕，防止存放时间过长造成材料的性能下降而给橡胶沥青混合料造成影响。

3.1.5 基质沥青

基质沥青作为沥青混合料中核心组成部分，加强基质沥青的选择和监测，从而保证性能符合要求。在基质沥青选择阶段，本项目使用的是SBS改性沥青材料，对各参数展开检测，确保其性能达到工程的标准。

3.1.6 胶粉

橡胶沥青混凝土材料中胶粉是必不可少的组成部分，其主要来源于废旧橡胶轮胎或者天然橡胶含量较高的橡胶废料。废旧轮胎是制作胶粉的主要来源，各方面性能比较优越，同时还能减少废弃物的排放量，降低项目建造成本，对生态环境的保护和改善也能起到积极的作用。但经过本公路项目的实验分析，天然橡胶使用后能够更好地满足橡胶沥青混合料的制作要求，所以该项目使用天然橡胶进行制作。胶粉材料制作的环节，加强粒径以及性能的控制极为重要，全面落实各项检验检测措施，保证性能指标符合要求[4]。

3.2 橡胶沥青混合料的施工

3.2.1 橡胶沥青的生产

橡胶沥青材料制作的阶段，搅拌是主要制作方式，加强改性、温度、反应时间等方面控制，使得橡胶沥青混合料的性能符合工程标准。在目前沥青混合料的生产环节，对搅拌制作的总时间进行检测，应确保其混合均匀性合格，且温度在合理的范围内。按照以往工程经验，结合本项目的实验检测结果，沥青混合料加工的环节温度设定在180～190 ℃之间，并随时进行温度抽查检测。一旦发现不符合要求，立即作废处理，禁止投入到工程中使用。橡胶沥青固体颗粒加入混合料后逐步膨胀，出现开裂、烧蚀等情况，造成沥青材料的黏度下降。与此同时，制作结束后必须保证在规定时间范围内使用完毕，禁止存放时间过长造成沥青混合料的性能下降而影响道路通行的效果。就本项目来说，在沥青混合料制作的阶段执行表2技术参数。

表2 控制指标

指标控制等级	重点	辅助	参考
控制指标	旋转贴度和回弹恢复	软化点和锥入度	5 ℃下的延度

3.2.2 混合料的生产

橡胶沥青混合料的生产是一个严谨且精细的过程，它不仅仅需要按照目标配合比设计，更需要在生产环节中考虑到各种性能的影响，尤其是高温动稳定度。这种稳定性对于确保混合料在高温环境下的性能非常重要。在生产橡胶沥青混合料时，首先应按照目标配合比进行精确配料。这包括准确控制沥青、橡胶粉、骨料等原材料的比例，以确保混合料的整体性能。然而，仅仅按照配合比设计出来的混合料并不能直接使用，还需要进行一系列的性能测定试验。其中，高温动稳定度的测定反映了混合料在高温条件下的抗变形能力。为了准确测定高温动稳定度，可以采用车辙试验等方法。在试验过程中，需要模拟实际道路在高温和车辆荷载作用下的情况，观察试件的车辙变形情况，从而得出其动稳定度。对于橡胶沥青混合料来说，其高温动稳定度不应小于50次/s[5]。

3.2.3 混合料的运输与施工

1. 装料与运送。混合料运输的环节，从储存箱转移到运输卡车是非常关键的环节。一旦处理不到位，容易出现颗粒分离的现象，对沥青混凝土材料的性能产生不利的影响。根据当前的装载作业要求，尽可能地减小排料口和托架之间的距离，将其设定在0.5 m最为适宜，使得材料在装载环节顺利完成，防止出现严重的变质或者损坏现象。在装载的过程中采用分批次装载的方式，使得各位置混合料性能不受影响，也能够防止发生离析的现象。在材料装载完成后表面覆盖一层遮挡布，防止受到运输环节的污染影响，同时也保证温度在合理的范围内。运输的过程中车辆行驶

稳定，车辆速度均匀，以免出现波动变过大等情况造成混合料性能下降的危害。

2. 转运。为避免在运输环节造成混合料的性能下降，也防止发生离析的现象，应尽可能减少转运次数。如果因为现场条件不允许，必须要进行转运，则应保证混合料在转运的过程中尽可能保持稳定性，防止给混合料的性能产生负面影响。

3. 摊铺。在进行橡胶沥青摊铺作业之前，充分的准备工作是确保施工质量的关键。摊铺作业不仅是对材料的简单铺设，更是一个需要精确控制温度、风速、厚度等多项参数的过程。因此，在正式摊铺之前，预留出 1 小时的时间来预热相关设备显得尤为重要。在这 1 小时的预热时间内，熨平板和分料器等关键装备需要被加热至足够的温度，一般要求温度保持在 100 ℃以上。这样的预热过程不仅确保了设备在摊铺时能够迅速进入工作状态，还避免了因设备温度过低而对橡胶沥青产生不良影响。当设备预热完毕后，便可以开始进行橡胶沥青的摊铺作业了。但此时，还需要特别注意周边的环境温度。橡胶沥青对温度的要求较高，为了确保其摊铺效果，周边温度必须大于 15 ℃。如果温度过低，橡胶沥青的流动性会受到影响，可能导致摊铺不均匀、出现裂缝等问题。此外，天气条件也是影响摊铺作业的重要因素之一。在极端天气下，如大风、暴雨等，必须暂停摊铺作业。因为风速、气温以及下卧层表层的温度都会影响混合料的最低摊铺温度。如果风速过大，会加速沥青表面的冷却，导致温度迅速下降；而气温和下卧层表层的温度则直接影响沥青的黏度和流动性。因此，在实际施工中，需要根据表 3 所示的温度要求，结合当地的天气条件，合理安排摊铺作业时间。

表 3　最低摊铺温度的对应关系

类型		下卧层表面温度			
		10 ～ 15 ℃	15 ～ 20 ℃	20 ～ 25 ℃	≥ 25 ℃
最低摊铺温度	上面层	165 ℃	160 ℃	155 ℃	155 ℃
	下面层	160 ℃	150 ℃	150 ℃	150 ℃

4. 碾压。在道路路面改造工程中，橡胶沥青混凝土的压实作业是至关重要的一环，它直接影响到路面的平整度和耐久性。在压实过程中，一般分为初压、复压和终压三个阶段，每个阶段都有其特定的施工要求和设备选择。（1）在初压阶段，使用轻型压路机对刚铺设的橡胶沥青混凝土进行初步压实。初压的主要目的是稳定混合料，防止其出现推移和变形。此时，压路机通常以较低的速度行进，压实的距离和遍数根据具体的路面情况和设计要求而定，通常初压遍数在 1 至 2 遍。施工温度对于橡胶沥青混凝土的压实效果至关重要，初压时的温度一般控制在 140 ℃至 160 ℃之间，以确保沥青混合料具有足够的流动性。（2）复压阶段，采用重型压路机对路面进行进一步的压实。复压的目的是增加路面的密实度和稳定性，减少空隙率。在这个阶段，压路机的速度可以适当提高，但仍需保持匀速行驶。复压的遍数通常根据路面的实际情况和设计要求而定，一般在 3 至 5 遍之间。同时，施工温度也需要保持在一定范围内，通常复压时的温度应不低于 120 ℃。（3）终压阶段，使用轮胎压路机对路面进行最后的压实和修整。终压的主要目的是消除路面上的轮迹和不平整，提高路面的平整度和抗滑性。在这个阶段，压路机的行驶速度可以进一步提高，但同样需要保持匀速。终压的遍数一般较少，通常在 1 至 2 遍之间。此时，施工温度已经较低，但仍需保持在一定范围内，以确保橡胶沥青混凝土能够充分压实和稳定。

4　结论

通过本工程的实际案例分析后，得出以下结论：（1）橡胶沥青混凝土作为一种新型的路面材料，具有显著的环保和经济效益。其制备过程中可以充分利用废旧轮胎资源，减少环境污染；同时，橡胶沥青混凝土的使用可以提高道路的抗裂性、耐久性和抗车辙性能，延长道路的使用寿命。（2）橡胶沥青混凝土的施工过程中，严格控制原材料的质量、配合比的准确性和施工工艺的规范性。施工环节中，加强质量管理和控制，能够提升橡胶沥青混凝土的施工质量。

参考文献：

[1]　李陆飞 . 橡胶沥青混凝土路面施工关键技术研究 [J]. 居舍 ,2021(21):47-48.
[2]　何凯峰 , 马彦兵 . 橡胶沥青混凝土设计施工关键技术研究 [J]. 福建交通科技 ,2019(06):37-39.
[3]　郑清国 , 唐田 . 橡胶沥青路面施工技术在高速公路中的应用现状 [J]. 居业 ,2019(03):89,91.
[4]　李宗育 , 卢芳 . 沥青混凝土道路施工技术在道路施工中的运用分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2019(06):121.
[5]　郭亮 , 张园操 . 解析公路路面项目施工橡胶沥青混凝土技术 [J]. 黑龙江交通科技 ,2017,40(10):81,83.

公路工程项目造价全面管理方法探析

朱权华

（广西路建工程集团有限公司，广西 南宁 530001）

摘 要 在公路工程建设过程中，由于公路工程规模扩大使得造价计算变得更为繁琐和复杂，同时加上市场价格的波动、设计变更、施工条件的变化等因素都会对工程造价产生影响。因此，为降低工程造价影响因素，提升公路工程造价管理水平，本文以公路项目工程为例，对公路工程造价全面管理方法进行深入探究，希望能为相关人员提供参考。

关键词 公路工程；工程造价；管理方法

中图分类号：U415 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0055-03

在当前经济与社会发展加速，城市化进程不断加快的背景下，公路作为现代化基础设施建设数量逐步增多。构建完善的交通网络体系，可满足人们出行需求。同时，也能为现代社会的发展和进步做出贡献。而公路工程建设规模大、资金投入高，因此做好公路工程造价管理，能提升公路企业经济效益[1]。

1 工程概况

某公路工程项目，位于我国南部地区，全长约46.7 km，设计时速为120 km/h，双向六车道，路基宽度33.5 m。由于本工程项目规模大，运用到的机械、材料、人员等方面成本多，因此，需要建构完善的造价管理方案，为公路企业发展奠定基础。

2 公路建设工程造价分析

2.1 工程费用项目

公路工程项目施工中，工程费用包含的内容较多，主要有如下几个方面：（1）建筑安装工程费。公路项目中建筑安装费用主要指的是一些基础设施的安装施工成本，包含直接费用、间接费用、利润、所得税等方面，满足公路项目的正常建设和运行需求；（2）机械设备和工器具购置费。机械设备和工器具作为公路项目施工的重要基础设施，使用的机械设备、仪器仪表的类型比较多，所以根据不同类型的设备加强采购，并落实成本控制，确保各项机械设备购置费用在合理的范围内。与此同时，在设备投入使用的环节，落实维护保养工作，准备备品备件，以便发生故障问题后能快速维修和处理，确保其使用不受任何的影响；（3）工程造价支出。公路项目的工程造价支出是为满足公路项目所必须要支出的各项费用，特别是在公路项目建设的环节，对各种费用的需求量比较大，需要加强人员、物资等方面的建设，并落实各项施工费用的监督管理，确保成本在合理的范围内。

2.2 工程造价的构成

对于公路项目来说，工程造价的组成费用较多，公路项目的投入成本逐步升高，对公路项目建设水平提升以及工程项目正常运行产生积极作用。就目前来说，公路项目工程造价中建筑安装费用占项目成本的70%左右。机械设备、器具、仪器、材料等占项目成本的1%左右，其他项目的成本占项目的20%左右，预备费用在4%左右。而对于某些大型城市来说，尤其是一线城市公路项目建设时，征地拆迁费用占比较高，通常占到整个项目成本的30%左右。从上述各组成部分进行分析，了解工程造价的组成实际情况，并结合实际情况进行各项成本有效控制，使得公路项目的造价在合理的范围内。与此同时，公路项目在规划、设计、施工、验收等环节要对工程项目的造价展开管理，落实全面化管理工作。

因此，公路工程项目的造价应控制在合理的范围内，避免存在造价超标等情况，防止给公路工程施工企业带来巨大经济损失[2]。

3 公路建设工程造价优化

3.1 制定造价管理原则

3.1.1 全面性与系统性原则

公路工程造价管理过程中，须采用全面性与系统性原则。从多方面分析，在造价管理过程中要全面考虑工程项目的各个阶段、各个环节和各个要素，确保造价管理的全面覆盖。同时，系统性原则要求造价管理要形成一个有机整体，各个环节相互衔接、相互制约，形成一个完整的管理体系。在公路工程造价管理中，

只有坚持全面性和系统性原则，才能确保造价管理的科学性和有效性。

3.1.2 动态控制与预测性原则

公路工程造价阶段，动态控制是指在造价管理过程中，根据项目的实际情况和变化及时调整造价管理的策略，让造价管理能够灵活应对各种变化。在预测性原则运用时，要求造价管理在项目实施前，要对可能出现的风险、变化等因素进行预测和评估，为后续的造价管理提供决策依据。

3.1.3 经济合理与技术先进相结合的原则

工程造价全面管理中，必须遵循经济合理与技术先进相结合的原则，在控制工程造价的同时，要注重技术方案的先进性和适用性，确保项目的技术水平能够满足要求。同时，经济合理性要求造价管理要在保证项目质量的前提下，尽可能降低工程造价，提高项目的经济效益。

3.2 落实可行性研究，确保施工方案合理性

1.公路项目在制定设计方案前，由设计人员进入现场进行全面调查，总结以往工程经验，再确定最佳的施工方案，使得施工方案具备可行性。与此同时，施工方案确定后，由工作人员进行检查和验证，了解施工方案中是否存在缺陷问题，并督促相关人员进行整改调整，防止施工后出现严重的工程变更。设计方案调查研究的环节进行预先分析极为重要，了解工程项目在土地征用、房屋拆迁、材料单价差异等方面的问题。综合考虑到当地的政策、居民物价水平等，分析市场价格波动变化的各方面因素，以便制定合理的造价管理策略。而以上各项影响工程造价的因素并不是单独存在的，其内部存在着必然的联系，所以要考虑到多种因素之间的相互影响，再确定最佳的造价管理方案。在目前造价管理的过程中，应制定完善的管理策略，保证施工方案能够有序落实，实现全流程的管理控制，进而保证造价成本在合理的范围内。经过对目前公路项目的设计方案进行调查研究，了解目前公路项目设计方案中造价组成情况，以便采取合理控制措施[3]。针对本公路项目，由于项目线路贯穿多个农田和居民区，涉及的农田和房屋拆迁征地工作异常复杂。这不仅关系到众多农户和居民的切身利益，更对整个项目的顺利推进产生了深远影响。因此，补偿费用的合理预算和支付成为一项重要任务，初步预估的补偿费用高达100万元以上。面对这一局面，各级单位高度重视，经过深入分析和充分讨论，综合考虑了工程进度、成本效益以及社会影响等多方面因素，最终决定对施工方案进行适当调整。虽然这一决策导致工程量增加了12 000 m^3，但得益于拆迁费用的有效控制和减少，项目施工的总成本却实现了显著降低，达到了40万元以上。

2.公路项目施工方案制定结束后，实施前需要对工程项目的造价以及工程进展方面进行评估，了解工程项目的造价影响因素。在方案设计的过程中，使用BIM技术进行三维模型分析，了解项目施工建设环节可能存在的问题，并对施工方案进行改进和调整。如果经过分析发现设计方案存在缺陷，及时进行设计方案的修改，弥补设计方案的不足，确保工程项目施工顺利进行，也防止出现造价严重超标的现象。在公路项目施工的阶段，受到多方面动态化因素的影响，比如人员、环境等容易造成工程方案的变更，对工程项目的造价也造成不利的影响。通过使用BIM技术进行三维模拟，合理调整设计方案的相关内容，并监督公路项目施工环节的情况，保证各项造价管理措施能够有序执行。公路项目分析的环节从影响工程造价的各方面展开进行分析，了解施工方案的可行性，使得施工方案具备科学性、合理性。在本工程项目的施工过程中，得益于前期工作的有序落实和细致规划，项目整体进展顺利，并未出现大规模的工程变更。具体来说，虽然有一座桥梁需要增加2根灌注桩以适应地质条件或承载要求的变化，但这一变动相对较小，且得到了及时、有效的处理。同时，项目队伍对环境因素和人员配置进行了严格把控，确保施工过程中的安全性和稳定性。环境因素的监测和应对措施得当，有效避免了因天气、地质等自然条件变化导致的额外费用和工期延误。人员配置方面，项目队伍合理安排了人员数量和技能水平，保证了施工质量和效率[4]。

3.3 重视工程变更管理，减少施工方案变化

由于公路项目建设规模比较大，施工周期较长，成本比较高，特别是工程变更容易造成造价管理失控。由于设计变更所存在的方案调整，而给现场施工工程量变化产生很大的危害，也会导致工程项目的造价升高，给企业带来一定的经济损失。结合本公路项目的情况，在施工的环节加强工程变更管理，尽可能地减少工程施工方案的变化情况，保证施工方案贴合现场实际情况，确保各项施工作业有序进行。施工单位从整个项目的角度进行分析，从全局出发进行施工组织方案的优化设置，最大限度内规避工程项目的变更，使得工程项目顺利实施，保护企业的经济效益，防止给企业带来严重的经济损失，确保各项施工作业有序

完成。除此之外，公路项目施工单位分析现场施工的可能存在的影响因素，提前采取预防应对措施，将工程项目变更控制在合理范围内。

3.4 强化施工材料造价成本控制，降低预算超标风险

公路项目造价组成中材料的成本在60%左右，所以加强材料成本控制是确保项目施工作业有序完成的关键。目前在材料采购以及管理的环节消耗量比较大，尤其是很多单位浪费情况较为严重，容易给企业造成较大的经济损失，也会导致各项工作无法顺利地开展，甚至还会延误工期。公路项目实际管理的环节中，材料管理要从采购、验收、存储、发放等环节进行管控，确保材料管理工作有序进行，防止造成严重的材料缺失问题。由于公路项目施工规模较大，材料的类型多、数量多，如果管理不善容易造成项目施工无法顺利进行，对各项工作的开展也会产生严重的危害。就当前实际情况分析，了解材料的波动变化因素，将材料采购价格控制在合理的范围内。与此同时，在材料运输以及管理的环节应严格按照规定流程进行，确保材料运输到作业现场后，材料施工符合要求，防止给后续施工作业产生负面影响。在材料发放的环节，严格按照设计方案的定额进行，并且由工作人员签字确认，以免出现材料浪费的现象[5]。

公路项目施工的环节，加强各关键节点的材料管控，提高材料管理水平，保障企业的经济效益。具体来说，材料管理应做好下述几点工作：（1）为了确保公路项目的顺利进行，根据工程项目具体要求，与供应商签订详细且规范的材料采购合同。在合同明确双方权利和义务，规定材料规格、数量、质量标准以及交货期限等关键要素。同时，对市场价格波动变化进行详细分析，由专门负责这方面的工作人员去通过市场调研，了解材料价格变化趋势，确保在合同中制定的材料价格合理；（2）为了确保公路工程施工进度不受材料供应的影响，根据公路工程项目的施工进度计划，提前制定材料需求计划，并与供应商建立长期合作关系，如此方能让材料按时按量供应到位。同时，考虑到公路项目材料使用规范，建立完善材料管理制度，对材料入库、出库、使用等环节进行严格把关，防止材料浪费和堆积等严重现象发生；（3）公路工程项目开展的阶段中，当施工现场材料进入指定区域时，由专门的材料管理人员做好材料的验收工作，确保混凝土材料、钢筋材料等材料的性能符合项目标准以及国家规定标准之后才能够投到工程当中。值得注意的是，在材料验收时，如果相应的材料性能达不到标准要求，则不能够运输到作业流线上，避免工程出现严重的安全事故；（4）公路工程项目施工阶段，对于发放材料的环节执行设计方案的定额要求，并且及时回收没有使用的材料，防止出现浪费的现象，如此才能提高公路施工企业的经济效益。

3.5 制订应急预案及风险防范措施，合理规避造价风险

在公路项目施工的环节，由于项目处于外部自然环境，且施工周期较长，容易存在一些风险问题，对项目的工程造价产生不利的影响。结合当前的公路项目建设实际情况制定应急预案，通过各项风险防范措施避免出现造价风险的问题。在项目施工的阶段，从台风、机械车辆故障、触电、火灾等方面制定应急事故，在发生事故后能够尽快解决和处理，确保项目施工的经济效益不受任何影响。与此同时，在项目施工的环节制定风险控制策略，加强人员的培训教育，使得各项管理措施能够有序执行到实际，确保各项管理措施有序落实，保证工程项目的造价不受影响，本工程公路造价风险防范措施见表1。

表1 公路造价风险防范措施

风险类型	发生率	影响程度	管理措施
自然灾害风险	＜1.0%	＜1.0%	投保工程一切险
火灾爆炸风险	＜1.0%	＜0.2%	投保工程附加险
公众责任风险	＜1.0%	＜0.1%	投保第三方责任险
技术风险	30.0%	30.0%	实施阶段性技术研究

4 结束语

公路工程造价管理是一项技术性、经济性很强的系统工程，只有系统地、全方位地采取措施，严格管理，正确运用新技术、新工艺、新材料，才能更好地加强造价管理，为企业创造出良好的经济效益和社会效益。

参考文献：

[1] 杨洋.公路工程施工成本造价的有效控制及管理分析[J].运输经理世界,2023(36):59-61.
[2] 刘剑锋,祁强.公路工程造价全风险管理策略研究[J].中国管理信息化,2023,26(18):31-33.
[3] 胡淑琴.公路PPP项目工程造价控制与管理探讨[J].交通科技与管理,2023,04(03):40-42.
[4] 钟元羚.公路工程项目造价管理中的问题与解决策略[J].中国公路,2021(23):110-111.
[5] 贾佳頔.公路工程设计对工程造价管理的影响[J].居舍,2021(28):122-123.

建筑工程造价的动态管理控制策略研究

赵文胜

（山东弘理建设项目管理有限公司李沧分公司，山东 青岛 266000）

摘　要　本文探讨了建筑工程造价的动态管理控制策略，强调了管理控制策略在工程造价管理中的关键作用。首先，阐述了动态管理控制的理论基础，包括其概念、内涵以及与建筑工程造价管理的关联性；其次，分析了当前建筑工程造价管理面临的主要挑战，如物价波动、技术进步和政策调整等，并评估了现有动态管理控制策略的应用效果；最后，提出了基于大数据与AI、BIM技术、灵活造价管理体系以及供应链与合同管理强化策略的优化方法。本文旨在为提高造价管理的效率和准确性提供借鉴，从而为建筑行业的可持续发展提供有力支持。

关键词　建筑工程造价；动态管理控制；大数据；AI；灵活造价管理体系

中图分类号：TU723　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0058-03

随着建筑行业的快速发展，建筑工程造价管理面临着前所未有的挑战。物价上涨、市场供求波动、技术进步以及政策法规的调整等因素，使得工程造价管理的复杂性和不确定性增加。为了应对这些挑战，建筑工程造价的动态管理控制策略显得尤为重要。本文探讨动态管理控制策略在建筑工程造价管理中的应用，分析其理论基础和现状，并提出相应的优化策略。通过深入研究，旨在为建筑行业的可持续发展提供有力支持，提高工程造价管理的效率和准确性。

1　管理控制策略在建筑工程造价管理中的意义

在建筑工程造价管理中，管理控制策略的重要性不言而喻。

首先，它对于提升成本控制效果具有关键作用。由于建筑工程涉及多个阶段和复杂工序，每个环节都可能产生不同的成本。通过实施管理控制策略，我们能够实时监控成本变化，及时发现问题并采取相应的措施，从而确保成本控制在合理范围内，避免不必要的浪费。其次，管理控制策略有助于优化资源配置。在建筑工程项目中，资源的合理配置对于提高工程质量和效率至关重要。管理控制策略能够根据实际项目需求和市场情况，动态调整资源配置方案，确保各项资源得到高效利用。这不仅可以降低工程成本，还能提高工程质量和进度。此外，管理控制策略还能提高建筑工程项目的经济效益。通过精细化的管理控制，我们可以确保项目在各个环节都达到最优效果，从而提高整个项目的经济效益。同时，这种管理方式还有助于降低项目风险，为项目的顺利实施提供有力保障[1]。最后，管理控制策略对于促进建筑行业的可持续发展具有重要意义。通过实施管理控制策略，我们可以推动建筑行业向更加高效、环保、可持续的方向发展。这不仅有利于提升建筑行业的整体竞争力，还有助于实现社会经济的可持续发展。

2　建筑工程造价动态管理控制的理论基础

首先，理解动态管理控制的概念与内涵是探讨建筑工程造价管理的关键。动态管理控制强调了在项目实施过程中，对于变更和调整的灵活应对能力。它并非固守计划和预测结果，而是根据项目的实际情况和市场变化，实时调整和优化管理策略。其次，建筑工程造价管理的基本原理构成了其理论基础的核心。这些原理中，预算管理原理至关重要，通过对工程项目进行全面的预算编制，为后续的控制提供了明确的方向。同时，动态控制原则也强调了在项目全过程中，需要实时关注造价的变化情况，并根据需要灵活调整。接下来，分析建筑工程造价与动态管理控制之间的关联性，我们发现两者之间存在着密不可分的关系。动态管理控制能够实时监控工程造价的变化，确保资源得到有效利用，从而避免成本超支和投资浪费。同时，它还能促进工程管理水平的提升，通过加强各方沟通协作，形成有效的信息共享和协同工作机制。具体来说，实施动态管理控制能够带来显著的优势。它不仅能够提高工程造价控制效果，优化资源配置，还能降低风险隐患，确保项目的顺利实施。更重要的是，动态管理控制还能推动建筑行业的持续发展，提升整个行业的竞争力。

3 建筑工程造价动态管理控制的现状分析

当前，建筑工程造价管理面临着诸多挑战，这些挑战主要体现在以下几个方面。首先，市场环境的快速变化是造价管理面临的首要难题。由于工程项目的周期长、投入大，常常需要在项目的多个阶段进行成本控制。然而，市场材料价格、人工成本等因素的波动给造价管理带来了极大的不确定性。例如，建筑材料的价格可能受到全球供应链、政治局势、自然灾害等多种因素的影响而发生剧烈波动，这给工程造价的预算和控制带来了极大的挑战。其次，设计阶段的造价控制意识不强也是一个值得注意的问题。部分设计单位和人员往往过于关注技术方案的实现和创新，而忽视了经济合理性的考虑。他们可能过于追求设计的美观性和新颖性，而忽略了成本的控制，导致设计方案的成本超出了预算范围。这不仅增加了项目的总投资，还可能影响到项目的经济效益。此外，设计阶段与施工阶段的衔接不够紧密也是造价管理中的一个重要问题[2]。设计阶段往往缺乏对施工现场实际情况的深入了解，导致设计方案与实际情况存在较大的差异。这可能导致在施工过程中需要进行大量的修改和调整，增加了不必要的成本支出。同时，由于设计阶段和施工阶段的沟通不畅，也可能导致信息传递的失真和延误，进一步加剧了成本控制的难度。最后，造价控制的手段和方法不够完善也是当前造价管理面临的一个问题。传统的造价控制方法往往依赖于经验和直觉，缺乏科学、系统的成本控制方法和手段。这使得造价控制的效果不尽如人意，往往难以达到预期的效果。同时，由于缺乏有效的成本控制手段和方法，也使得项目在面临市场变化、设计变更等风险时难以做出及时的应对和调整。

4 建筑工程造价的动态管理控制优化策略

4.1 大数据与AI助力精准预测决策

在建筑工程造价的动态管理控制中，实施大数据与人工智能（AI）技术以实现精准预测决策，具体流程涵盖以下步骤。首先，进行数据采集与存储。这包括收集过去类似项目的历史数据，内容涵盖设计、施工、材料、设备等成本信息；实时追踪市场数据，如材料价格、人工费用、设备租赁费用等，以反映当前市场状况；利用传感器、智能设备等手段收集项目的实时进度和成本数据。为有效处理这些大规模数据，采用现代数据存储技术，如分布式存储和云计算。接着，进行数据清洗与预处理。去除数据中的冗余、错误和异常值，以提高数据质量。随后，进行数据转换、标准化等操作，使数据更适合后续的分析和建模。随后，进行数据挖掘与模式识别。利用数据挖掘技术，从数据中发掘隐藏信息和模式，如成本变化的规律、影响因素等。同时，识别不同工程项目之间的相似性和差异性，为造价预测和管理提供有力支持。之后，建立预测模型。使用如决策树、随机森林、神经网络等机器学习算法，对处理后的数据进行学习，构建预测模型。通过历史数据和实时数据对模型进行训练，使其能够准确预测项目成本。接下来，进行预测与决策支持。基于建立的预测模型，对项目成本进行准确预测。同时，为项目团队提供决策支持，包括成本优化建议、风险预警等。在项目执行过程中，实施实时监控与调整。实时监控项目的实际成本与预测成本的偏差，并根据监控结果动态调整预测模型，使其更好地适应项目的实际情况。最后，利用AI辅助决策。通过AI技术对项目的成本风险进行评估和预测，并基于分析结果为项目团队提供策略建议和应对措施。整个流程中，大数据与AI技术共同助力建筑工程造价的动态管理控制，实现精准预测决策，从而提高项目的经济效益和成功率。

4.2 BIM技术引领全生命周期造价管理

BIM技术在建筑项目的全生命周期造价管理中发挥着关键作用。在设计阶段，项目团队运用BIM软件构建三维模型，该模型不仅体现建筑的结构和细节，还允许团队为模型的每个元素分配成本信息，从而进行精确的成本估算。通过这种技术，团队能够直观地比较不同设计方案的成本效益，优化设计方案以最大化成本效益[3]。进入施工阶段，BIM模型与项目进度计划和预算紧密结合，实时追踪项目的进度和成本情况。一旦实际进度与计划进度产生偏差，或成本超出预算，BIM技术能迅速识别并发出警报，使项目团队能够迅速采取措施进行调整。此外，BIM技术还极大地提高了变更管理和材料管理的效率，通过模型更新自动反映变更对成本和进度的影响，优化材料的采购和配送计划，减少浪费。在运维阶段，BIM模型继续发挥其价值。它作为资产管理的工具，为建筑项目的所有元素提供唯一的标识符和属性信息，便于项目团队查询和管理资产。同时，BIM技术还支持精确的维护管理，通过模型了解设备的维护历史和需求，迅速定位问题并修复，提前预测设备寿命并制定维护计划，降低维护成本[4]。

此外，BIM技术还有助于能源管理，通过分析建筑项目的能源消耗情况，找出节能潜力，为项目团队制定节能措施和方案提供支持。综上所述，BIM技术通过为项目团队提供协同工作的平台，并在项目的各个阶段提供精确的成本信息，实现了全生命周期的造价管理。该技术能够及时发现并解决潜在的成本问题，确保项目的经济效益最大化。

4.3 灵活造价管理体系的构建

为了构建一个灵活的造价管理体系，以应对建筑工程领域市场环境的快速变化，项目团队应当遵循一系列具体的实践方法。首先，在项目启动阶段，必须确立明确的成本目标，并基于这些目标，详细编制涵盖材料、人工、设备、管理等多个方面的成本预算。在制定预算时，要充分考虑到市场价格的波动性和不确定性，为潜在的价格变动预留调整空间。随着项目的推进，项目团队需要建立有效的成本监控机制，实时监控项目成本的执行情况。通过对比实际成本与预算成本，及时发现成本偏差，并进行原因分析。在此基础上，项目团队应灵活调整预算，确保项目的成本控制在合理范围内。同时，项目团队应当与供应商、承包商等合作伙伴建立紧密的合作关系。这种合作关系应基于互信互利的原则，确保材料供应的稳定性和价格优惠。与合作伙伴保持密切沟通，及时了解市场价格动态，有助于项目团队在面对市场变化时作出快速反应。为了实现与合作伙伴之间的有效协作，项目团队应建立信息共享机制[5]。通过共享项目的成本、进度等信息，促进各方之间的协同工作，提高项目管理的整体效率。在项目结束后，项目团队应总结造价管理方面的经验教训，分析成功与不足之处，为未来项目的造价管理提供参考。此外，项目团队还应积极引入新技术和方法，如BIM技术、大数据分析等，以提高造价管理的效率和准确性。通过不断优化造价管理流程，提高管理效率，项目团队可以构建一个更加灵活、高效的造价管理体系，以应对市场环境的快速变化。

4.4 供应链与合同管理强化策略

在建筑工程造价管理中，供应链和合同管理的加强对于控制项目成本和确保项目顺利进行至关重要。首先，针对供应链强化，应建立与供应商的长期稳定合作关系，这有助于确保材料供应的连续性和价格的稳定性。在供应商选择时，除了价格因素，还需综合考虑产品质量、供货能力和售后服务等。同时，要合理规划材料库存，避免积压和浪费，并通过准确的预测和及时的库存调整来保持库存水平在合理范围内。此外，引入先进的供应链管理技术，如ERP系统和物联网技术，能够实时共享和监控供应链信息，提高管理效率和准确性。其次，在合同管理方面，需要确保合同条款的明确性和可执行性。在签署合同前，应仔细审阅合同内容，对关键条款进行详细讨论和确认[6]。在合同履行过程中，应密切关注合同执行情况，及时发现并解决潜在问题。通过定期与合作伙伴沟通，了解合同履行的进展情况，确保合同按约定执行。同时，建立合同履行评估机制，对合同履行情况进行评估，总结经验教训，为未来合同管理提供参考。加强与供应商、承包商等合作伙伴的沟通协调也是关键。通过及时的信息交流和问题解决，可以共同推进项目的顺利进行，并建立更加紧密、稳定的合作关系。这些策略的实施将有助于加强供应链和合同管理，降低项目成本，确保项目的顺利进行，并为未来的项目合作奠定坚实基础。

5 结束语

建筑工程造价的动态管理控制策略是提高项目经济效益和竞争力的重要手段。通过应用大数据、AI和BIM等先进技术，结合灵活的造价管理体系和强化的供应链与合同管理，可以实现项目成本的精准预测、有效控制和持续优化。这不仅有助于降低不必要的浪费，提高资源利用效率，还能促进项目团队与合作伙伴之间的协调合作，确保项目的顺利进行。因此，建筑工程造价的动态管理控制策略应得到足够重视，并在实践中不断优化和完善。

参考文献：

[1] 姚萍.建筑工程造价动态管理控制策略研究[J].中国招标,2023(02):93-96.
[2] 李天平.建筑工程造价的动态管理与控制策略探究[J].建筑与预算,2023(07):4-6.
[3] 李腾西.建筑工程造价动态管理与控制策略探讨[J].城市情报,2023(18):136-138.
[4] 黄燕妮.建筑工程造价的动态管理与控制研究[J].房地产世界,2022(12):37-39.
[5] 作孙霄,刘茂野.建筑工程造价的动态管理控制分析[J].赢未来,2022,48(01):192-193.
[6] 同[4].

我国电网工程造价管理模式的发展与完善

崔 翔

（国网新疆电力有限公司经济技术研究院，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘 要 我国社会和经济的快速发展，使得基础设施建设也得到了极大的发展，而电网工程的快速发展对我国经济发展起到了很大的推动作用。在电网工程的建设和发展中，要做好工程造价管理，这对电网工程的建设质量有着直接的影响。在当前社会和经济制度下，电网工程造价管理方式也在不断地发展，因此，进一步改进电网工程的造价管理模式，可以有效地减少电网工程的造价，从而进一步提升电网工程的建设质量。因此，本文对我国电网工程造价管理模式的发展与完善进行了探讨，以供相关人员参考。

关键词 电网工程；造价管理；工程变更管控制度；预算计划；数据动态管理

中图分类号：TM7 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0061-03

电网工程的良性发展与完善，可以极大地推动社会建设与经济水平的提高，同时，还可以让人们用上优质的电能，使用电的稳定性得到很好的保证。在电网工程建设中，对工程造价进行管理是十分必要的，高效率的造价管理可以有效地减少建设费用，提高建设质量。因此，有关部门应当对电网工程造价管理模式的发展状况进行细致的分析与研究，并采取相应的对策加以改进，从而使电网工程更好地为人民服务，有效改善供电质量。

1 电网工程造价管理的原则

1.1 全员参与原则

由于工程造价管理工作并非特定人员、某个单位的事情，其需要企业的各个部门互相配合，因而可以说，其和整个企业内的每一位人员都有着十分紧密的联系。所以，在建设阶段的造价管理工作中，企业的每一个成员都应适时地对造价管理工作给予更多的帮助，让他们能够主动地参与到工程造价管理当中来，这样才能让电网工程造价管理工作的有效性得到最大限度的发挥。

1.2 节约型原则

在电网工程建设阶段进行造价管理时，需要严格遵守节约型原则，即在保证建设质量的同时，有效地降低成本投入。为了达到降低工程造价的目标，建设人员应从工程前期和建设过程两个方面着手[1]。例如，一名电网工程的管理人员，在建设活动开始前，就主动制定了一份电网工程安全建设计划，并对建设现场的具体情况，如地形、自然环境、地理因素等，并对建设过程中所用到的设备、机械、建设技术等进行详细的检查，并在图纸上标注出建设要点及需要强调的事项，明确电网工程造价管理的关键环节，合理地设计建设组织，达到精细化管理的目标，在保证建设质量的同时，有效地控制工程造价，最大程度地避免资源和财力的浪费。

2 电网工程造价管理存在的问题

2.1 电网工程造价体系不完善

当前，我国许多电力企业都是以自主经营为主，没有形成一套完整、统一的造价管理体系。许多企业在进行工程规划和预算时，并未将自身的资质因素纳入考量，致使工程建设规模远超企业自身能力，这就导致电网工程造价的不稳定性。电网工程造价的波动，不仅会影响到工程的概算和竣工，还会影响到工程的成本投入和效益。为此，需要通过市场化手段，健全有关的电网工程造价体系，使其能够顺利地完成预算、结算工作，实现对电网工程造价的有效管理。

2.2 资金使用效率低

在电网工程造价管理中，资金使用效率低是一个显著的问题。由于电网工程投资规模庞大，缺乏科学合理的成本预测和控制手段导致资金使用难以精准预测和合理调配，进而带来部分资金的浪费和闲置。此外，资金使用不透明、监管不严格也为低效率埋下了隐患，容易导致资金被挪用或浪费，进一步降低了资金使用效率。另外，电网工程的特殊性也为资金使用效率带来了挑战，涉及众多利益相关方和复杂的管理环境，容易造成资源浪费和资金损失。技术更新换代快、市

场需求变化大也让资金使用难以及时跟进和灵活调整，容易造成资金的长时间闲置和低效使用[2]。

2.3 数据采集和分析不足

在电网工程项目中，大量的数据需要被收集和分析，包括材料价格、劳动力成本、设备维护费用等各种成本信息，以及工程进度、质量指标等项目管理信息。然而，目前许多电网工程单位在数据采集和分析方面存在明显的不足。一些单位在数据采集方面依赖于人工填报和整理，导致数据的不准确性和及时性问题。同时，缺乏专业的数据分析人员和工具使得对采集到的数据进行有效的挖掘和分析变得困难，导致数据潜在价值无法得到充分发挥。此外，缺乏标准化的数据采集流程和方法也是一个普遍存在的问题，使得数据的质量和可比性受到影响，难以实现跨项目、跨单位之间的数据比较和汇总。

3 电网工程造价管理模式的策略

3.1 制定工程变更管控制度

在电网工程项目的成本管理中，制定有效的工程变更管控制度是确保项目顺利进行、成本合理控制的重要一环。随着我国成本管理理论的不断完善和经验的积累，对于电网工程项目成本的合理确定与控制显得尤为重要。工程变更管理不仅涉及施工技术的变动，更会直接影响到工程的进度和成本，可能会导致项目延期、超支等问题的出现，进而影响项目的经济效益。首先，建立健全的工程变更管控制度是必不可少的。这一制度应包括变更的申请、审核、批准和实施等各个环节，确保变更的合理性和必要性。在申请阶段，需明确变更内容、原因、影响以及额外成本等情况，通过严格的审核程序来评估变更对项目的影响，以及其带来的成本变化。只有在变更确实具有必要性和经济性的情况下，才能被批准实施，以避免不必要的成本浪费和工程风险。其次，建立完善的变更管理机制也是关键。这一机制应该明确各方的责任和义务，包括工程管理方、设计方、施工方等各个参与主体。在变更实施过程中，需要及时沟通、协调各方利益，确保变更能够顺利实施并达到预期的效果。同时，要建立健全的变更记录和档案管理制度，对变更的实施过程和结果进行跟踪和记录，以便后续的审计和分析[3]。

3.2 制订相应的预算计划

电网工程是一项需要各部门之间相互协调的复杂体系，在进行费用预算估算时，要对每一项系统进行一次又一次的检查，然后再向整个系统过渡。不合理的预算会使电网工程建设中的新问题层出不穷，造成事前的准备工作不够充分，从而拖慢工程的整体进度。电网工程造价核算的核心是对工程是否合理进行审计。在具体的问题上，要注意单价的套用，费用的收取是否符合规范。主要参考建设图、相关合同、协议、招投标等法律文件，一套对应的现场调查笔录等，根据相关规定进行会计核算。与此同时，从电网可持续发展的观点来看，尽可能地使用相对干净的能源，对电网工程系统进行科学、合理的规划和设计，在确定了电网互联设计的前提下，对分布式电网工程系统进行优化，使电网原料资源得到最大程度的节省，并对电网的发展进行科学的规划。另外，在满足用户需求的前提下，尽量采用新的技术和方法来保障电网的整体设计。要深入实地调研，收集有关工程的有关数据，对各种设计方案进行多方面的对比，选出最经济、优化的方案，确保经济和社会的和谐统一。由于我国的招投标工作起步较晚，在管理体制上也不尽完善，特别是在电网工程建设方面还存在着许多问题。由于地方政府对招投标的保护，使得招投标不能公平公正地进行。一些不规范的投标文件，内容不清晰，合同规定不严，都会在以后的工作中造成一些不必要的困扰，甚至在合同签署后，对合同进行了较大的改动，使得原来的合同内容失去原有的意义。所以，设计者在进行招标时，应根据招标的情况，将电力技术和价格经济等方面的因素都考虑进去，在招标设计中，适当地引入竞争机制，帮助招标设计师对工程整体方案的相关规定、工程需求、设备选型、成本投入价格和相关的方向做出一个合理的预测和系统的计划，这对于后面的工作也是非常有利的。

3.3 加强图纸严格审核

在签订了电网工程的合同之后，监理人员要对建设图纸进行专业的审查，主要是对图纸的内容是否完善和不正确进行检验，并将其与实际的建设环境、地理条件、建设规范、工程操作规范、用电户的需求等方面相结合，对电网工程的造价进行估算，这有利于对建设进度进行合理的控制，保证建设的质量，综合考虑成本投入活动，使用电户的需求得到更好的满足。比如，一个电网建设工程，在设计时主要是用毛石浆液砌筑，但专家分析，该工程与采石场相距甚远，不但运输难度大，费用也高，而用普通砖块就能有效地解决[4]。在工程监理人员和总负责人的共同研究下，使用毛石不仅给材料运输人员增加了工作量，而且与一般砖块相比，其消耗量也较大，可大幅缩短工期，

保证了建设质量。最后，用户和设计企业都接受了该方案，使电网建设的质量得到了有效的保障，员工的工作效率也得到了很大的提高。

3.4 实现数据动态管理

（1）建设工程造价基准数据库：通过对工程技术规范、计价标准、工程量、水文气象条件、地质条件、环境评估费、建设场地征用及清理费、特殊区域增加费等多个造价标准分数区域，利用云计算、大数据、移动互联等新型技术，对不同规模工程、不同区域的工程和工程特点描述标准进行分级存储，将各个阶段的数据进行关联，并对其进行科学分析，建立工程造价基准数据库。（2）建设工程造价数据的标准化系统：建立一套基于数字技术的电力工程造价管理系统，实现多种价格信息的发布，造价指标的动态分析，计价依据的动态管理，招投标管理，价格结算的调节。发挥科技创新的“动力源”功能，引导新技术和新产品的推广应用。（3）构建绿色建筑材料应用体系，为我国电网建筑工程绿色、低碳发展提供技术支撑。

3.5 加强施工安全管理

在建设工程中，安全问题是一个不容忽视的问题。首先，建筑企业要重视员工的生命健康安全、材料安全、建设安全等，并且要给新员工做一些基本的安全训练，让他们遵守有关的规定，促使员工时刻牢记自己的安全规则。其次，在外地考察学习期间，现场应对员工进行短暂的安全教育，严禁员工进入危险区。在对方进入园区前，要检查对方的防护装备是否正确，并要定期进行基础设施的检查，特别是在特殊的气候下，要确保设备的安全，这样既可以改善电网工程的质量，又可以帮助建设方进行风险控制。例如，在建设过程中，如果出现了硅芯管折断的情况，首先要对外部因素进行分析，其次要检查硅芯筒的断头处有没有被拉伸，这就是由于硅芯筒的质量不合格，所以要由建设人员根据自己的经验来做出正确的判断和处理。最后，建筑工人要仔细听取各种不同的建议，开展团队协作，根据现场的实际情况做出最佳的判断，并在多个方面进行验证后做出严格的判断。而且，作为一名底层员工，也需要具备一定的经验，才能在遇到突发事件时做出正确的判断，避免造成太大的伤亡。并通过科学的管理思想、管理制度、管理技术，对建设现场的各项生产要素作出具体的规划、管理、控制协调、奖惩措施，保证建设现场根据事先确定的工作任务开展生产，以最好的质量完成优质、高效、低耗、安全、文明的工作任务。

3.6 及时结算项目的款项

随着我国电力市场的进一步开放，越来越多的企业加入电力工程建设中来，施工项目成本控制和工程造价管理将会进一步凸显其管控效能。工程造价作为工程建设项目的技术经济指标，是指建设单位在整个工程项目建设过程中所花费的费用总和。因此，在电力网络建设工程中，结算工作是至关重要的环节。企业应设立资金结算部门，负责审核各个阶段的结算工作。结算人员需要深入建设现场，认真分析材料价格和市场变化情况，对工程造价进行合理调整，确保工程成本控制在合理范围内。同时，结算工作还需要对工程设计、实施阶段和费用使用等方面进行详细分析，及时发现问题并与相关部门沟通，以便及时纠正建设中的失误。通过及时结算工作，可以有效地发现工程造价中存在的问题，为电力工程的顺利进行提供有力支持。在结算过程中，要重点关注工程设计是否符合实际需求、实施阶段是否按计划进行、费用使用是否合理等方面，从而保障工程建设的顺利进行。结算工作不仅是对工程造价的监控，也是对工程质量和进度的把控，有助于确保电力网络建设工程的顺利推进[5]。

4 结束语

我国电力建设飞速发展，但同时，电网工程造价也在逐步上升，这给电力建设的发展带来了一些影响，因此，需要加强对电网工程造价的管理。文章在分析了现代电网工程造价管理模式的现状和存在的问题的基础上，提出了一种行之有效的改进对策，可以有效地减少工程的总造价，同时也符合工程的实际造价要求，取得了很好的效果和成绩。

参考文献：

[1] 柯如宾,王庚良,张圣帷,等.配电网工程造价分析及控制[J].电气技术与经济,2023(07):195-197,201.
[2] 李康,鲍刚,徐瑞,等.基于SGDM优化IWOA-CNN的配电网工程造价控制研究[J].广西大学学报(自然科学版),2023,48(03):692-702.
[3] 徐佳琪,刘汇川.电网工程造价数字化管控模式分析[J].电气技术与经济,2023(09):276-278.
[4] 崔翔,郭婧,徐其丹,等.全寿命周期视角的电网工程造价管理策略探讨[J].品牌研究,2023(16):54-57.
[5] 傅宁.关于电网工程造价的控制与管理[J].砖瓦世界,2021(08):123.

不动产登记数据整合关键技术优化研究

蓝 劲

（四会市不动产登记中心，广东 肇庆 526200）

摘 要 随着不动产登记制度的深入实施，数据整合已成为提高登记效率和数据准确性的关键环节。本文针对不动产登记数据整合的现状和挑战，提出了关键技术的优化研究。通过详细分析地籍数据和房产数据的整合、数据标准化与一体化管理、数据共享与交换等关键技术，并结合现有技术的优缺点，提出了一系列优化措施，旨在为提高不动产登记数据整合的效率和准确性提供借鉴，从而保证不动产登记工作的顺利进行。

关键词 不动产登记；数据整合；地籍数据；房产数据；数据标准化

中图分类号：F293.3 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0064-03

不动产登记作为保障不动产交易安全、维护权利人正当权益的一项重要制度，在不动产登记工作中发挥着重要作用。随着我国城市化进程加快以及房地产市场蓬勃发展，不动产登记数据量激增，数据整合已成为当前不动产登记中的一个重要课题。但由于数据来源的多样性，数据格式的不同以及数据质量的良莠不齐，不动产登记数据的整合工作面临着很多的挑战。所以，对不动产登记数据整合关键技术进行优化，提升数据整合效率与准确性对促进不动产登记工作顺利开展有着十分重要的意义。

1 不动产登记数据整合的目标

不动产登记数据整合目标是为适应社会经济发展、政府决策支持和公众权益保障，而建设综合、精准、有效的不动产信息化管理平台，这一目标的实现不仅对优化资源配置，提升行政效率有重大意义，而且也是推进国家治理体系与治理能力现代化进程中的一项重要措施。

一是不动产登记数据整合以信息全面准确为中心目标。不动产登记数据涵盖了土地、房屋、海域等不同类型不动产权属、区位、面积和使用情况等重要信息，是不动产权益保护和市场秩序维护的依据[1]。通过数据整合可使分散于各部门、各系统中的数据得以汇聚、清洗和关联，从而形成一个统一、完整、精确的不动产信息数据库。这样既有利于消除信息孤岛、提升数据质量，又能够为各种业务应用提供可靠的数据支持。

二是不动产登记数据整合还有一个重要目的就是为了提升信息管理效率。传统不动产登记管理方式通常会出现流程繁琐、信息共享不畅及查询难度大等诸多问题，极大地影响行政效率与用户体验。通过数据整合实现业务流程优化、信息实时共享、在线查询等功能，提升不动产登记业务处理效率。与此同时，在大数据和云计算先进技术的支持下，不动产数据也能够得到深度挖掘与分析，从而为政府决策，促进不动产市场良性发展提供科学依据。另外，不动产登记数据的整合也有利于增强公众权益的保护，不动产作为人民群众的重要财产，维护不动产权益直接影响社会稳定与民生福祉。通过数据整合可构建不动产权利人权益保障机制并实现权利人信息自助查询与权益维护。同时也可运用信息技术手段，强化不动产登记流程监督管理，杜绝权力滥用与腐败行为，确保不动产市场公平、公正与透明。

三是不动产登记数据整合还是推进国家治理体系与治理能力现代化建设的一项重要措施。不动产作为国家的重要经济资源与社会财富，管理水平的高低直接影响着国家经济与社会的可持续、健康发展。通过数据整合能够实现不动产信息全面、精准、高效的管理，从而为政府决策、促进国家治理体系与治理能力走向现代化提供强大支撑。

2 不动产登记数据整合的关键技术

2.1 数字化地籍图与房产数据的集成

在不动产登记数据融合这一复杂工作中，地籍图数字化与房产数据融合起到了关键作用，该流程的成败直接影响不动产登记数据是否准确、完整、可用。以数字化地籍图为基本底图进行不动产登记，地籍图信息包括土地位置、界址、面积、使用情况等主要内容，为土地权利确认及变更登记奠定了重要基础。房产数据记录着房屋物理状况、权属关系和使用状况的详细资料，是维护房屋权利人正当权益的重要文件。整合时首先要将已有地籍图与房产数据充分数字化，其中包括采用扫描、摄影测量技术手段将纸质图件变成电

子数据，经过数据清洗和格式转换，使数据标准化与规范化[2]。与此同时，还要对数字化数据进行空间分析与数据关联，以保证地籍图与房产数据空间位置关系与信息属性关系准确，整合时还要兼顾数据的完整性与一致性。地籍图与房产数据因历史原因可能会出现遗漏、重复、差错等情况，必须经过数据比对、验证、校正等环节，才能保证数据完整一致。另外，必须建立数据更新机制以保证新生成的地籍图与房产数据能在系统内及时准确集成，数字化地籍图与房产数据整合工作的顺利实施不仅能够提升不动产登记数据准确性与完整性，同时也能对后续数据分析、决策支持以及其他应用起到强有力的支撑作用。与此同时，该流程也能够促进不动产登记工作向信息化与智能化方向发展，促进不动产登记工作效率与服务水平的提升。

2.2 实现数据标准化、一体化管理

不动产登记数据整合过程中对数据进行标准化，一体化管理是数据有效利用及共享的关键环节，数据标准化的目的是通过建立统一的数据格式、编码规则和分类体系来保证不同来源和种类不动产登记数据逻辑结构与内容表达的一致性。一体化管理的核心思想是通过建立一个统一的数据管理系统，确保数据得到集中的存储、集中的管理以及高效的应用[3]。就数据标准化而言，必须建立详尽的数据标准规范并对其命名规则、格式要求和编码方式进行明确规定。与此同时，必须建立数据质量监控机制来对集成的数据开展质量检查与评价，保证数据准确可靠。另外，必须加大数据标准宣传与培训力度，增强不动产登记工作人员的数据标准化意识与关注，就一体化管理而言，必须建设统一数据管理平台对数据进行集中存储与管理。平台应该具有数据查询、统计分析、数据挖掘功能，可以为不动产登记业务快速响应与高效处理提供支撑。与此同时，必须构建数据共享机制，厘清数据共享范围、方式及责任主体等，以保证数据合法、合规、安全共享。实施数据标准化，一体化管理不仅能够提升不动产登记数据可用性、共享性，而且能够为政府决策、市场监管和公共服务提供强大支撑。与此同时，该进程也能够促进不动产登记工作规范化与制度化的开展，促进不动产登记工作整体水平与社会效益的提升。

2.3 数据共享和交换

不动产登记数据整合过程中数据共享和交换是数据互联互通和提升数据利用价值的一个重要途径。通过数据共享与交换能够突破部门壁垒，消除信息孤岛现象，使不动产登记数据能够跨部门、跨领域、跨地域共享与使用。就数据共享而言，要构建统一的数据共享平台与机制，厘清数据共享范围、途径与责任主体。与此同时，必须加强数据共享安全管理与风险控制，以保证数据在分享过程中安全、完整[4]，另外，必须加强对数据共享的监督与评价，以保证数据共享合法、合规、高效。就数据交换而言，必须建立数据交换的统一标准与约定，以保证不同系统与平台间数据的流畅交换与传递，同时还要对数据交换建立审核验证机制以保证交换数据准确可靠，其中必须加强对数据交换的监测与管理，以保证数据交换过程安全稳定。实现数据共享与交换不仅能提升不动产登记数据互联互通性与利用价值，而且能为政府决策、市场监管和公共服务提供更全面、更精准、更及时的数据支撑。与此同时，该流程也能够促进不动产登记工作向信息化与智能化方向发展，促进不动产登记工作效率与服务水平的提升。

2.4 设置不动产电子数据簿

在数字化浪潮带动之下，不动产管理领域迎来了重大转变。建立不动产电子数据簿既是信息化发展到一定阶段的必然趋向，也是提高不动产管理效率、维护权益安全和推动市场透明化发展的一项重要措施，不动产电子数据簿简单地说就是把传统纸质不动产登记簿上的数据通过先进技术手段，变成电子数据实现系统化管理。这一转变，影响深远，意义非凡。

一是电子数据簿可以对数据进行实时更新、动态管理、保证信息准确及时。不管是土地权属是否改变，房屋交易是否完成或者抵押登记是否成立，均可以快速地体现到电子数据簿上，从而给有关方面提供及时准确的信息支持。

二是建立不动产电子数据簿会大大提高管理效率。传统纸质登记簿需手工录入、调阅和更新，既费时费力又易发生错误。而且电子数据簿可以自动化、智能化地进行数据管理，只需简单操作就可以快速地完成数据录入、查询和统计，极大地提升工作效率[5]。同时电子数据簿也可以快速地进行数据共享与交流，方便各个部门协同工作。

三是不动产电子数据簿有利于维护权益安全。传统纸质登记簿常因信息不透明、查询不方便而出现权益纠纷、安全隐患等问题，而电子数据簿可以做到信息公开透明、实时更新，使权益人可以随时掌握自身权益情况，以免造成不必要的争议与损失。同时电子数据簿也可以实现对数据加密存储及访问控制以保证数据安全隐私。

四是不动产电子数据簿设置对推动市场透明化亦有重大意义，在房地产市场上，信息是否透明、公开对市场能否健康发展具有十分重要的意义，通过构建

电子数据簿，使房地产信息能够全面、准确、及时地披露，给市场参与者以强有力的信息支撑，从而推动市场公平竞争与良性发展。

3 不动产登记数据融合关键技术的优化方法

3.1 加大技术研发与应用力度

不动产登记数据整合实践过程中技术是否先进与适用，直接决定着数据整合效率与准确性。所以，加强技术研发与应用就成了优化关键技术的第一途径。

一是鉴于不动产登记数据具有多样性、复杂性、动态性等特点，需要发展有效的数据获取与转换技术。比如可利用以人工智能为核心的自动化识别技术，精确地抽取纸质文档关键信息，以降低人工录入错误率。同时采用大数据与云计算技术，对海量数据进行快速存储与高效处理，以增强数据整合时效性。

二是鉴于不动产登记数据具有空间特性与属性特性，要研究与开发先进空间数据处理与分析技术。利用地理信息系统（GIS）技术，能够将不动产的空间位置、面积、形状等空间数据与属性数据（例如：权利人、使用情况、价值）相关联，从而实现数据的空间化管理和分析。这样既能提升数据查询便捷性，又能对不动产规划、评估和监管提供强有力的支撑。另外，为保证数据的安全与完整，必须加强对数据加密与备份技术的研究与开发工作，利用先进加密算法与密钥管理技术保障不动产登记数据传输与存储时的安全。同时，建立一套完整的数据备份与恢复机制，以保证数据缺失或者被破坏时能快速恢复并保证数据完整性。以某个城市的不动产登记中心为研究对象，该中心运用了大数据与云计算技术相结合的不动产登记数据集成平台，平台采用自动化识别与转换技术对纸质文档进行快速输入与精准处理；借助GIS技术对不动产空间数据与属性数据进行关联管理；通过数据加密与备份技术保证数据的安全与完整。平台的搭建不但提升了数据整合效率与精度，而且为后续不动产登记、查询与分析提供了强有力的支撑。

3.2 健全数据管理制度

不动产登记数据整合过程中健全的数据管理制度，是保证数据质量和提高数据使用效率的关键。所以，健全数据管理制度就成了优化关键技术的一个重要手段。

一是要建立严格数据采集与审核制度。明确数据采集标准规范，保证数据准确一致，同时建立数据审核机制严格审核收集数据，杜绝出错、虚假数据。

二是要制定标准的数据存储与管理制度。针对不动产登记数据特点及需求制定合理存储方案及管理策略。如可利用分布式存储技术对数据进行冗余备份、负载均衡等；利用数据仓库技术对数据进行集中存储与高效查询。同时，要建立数据更新与维护机制以保证数据及时准确。以某省不动产登记局为例，建立了一套详尽的数据管理制度及操作规程，在数据采集与审核上确定了数据采集标准与规范，并制定了严密的数据审核机制；在数据的储存和管理上，他们采纳了分布式存储和数据仓库的方法，确保了数据的集中保存和高效检索；在数据的共享与交换领域，制定了一致的标准，确保了与各相关部门的数据交流和共享。这些系统的建立与实施，不仅提升了不动产登记数据质量与使用效率，而且为后续不动产登记、查询与分析提供了强大的支撑。

3.3 动态更新数据

不动产登记数据整合过程中数据的动态更新是保证数据准确及时的关键环节。在房地产市场瞬息万变、不动产权属交易频繁的情况下，要求不动产登记数据能实时或者有规律地进行更新来反映产权信息的最新动向。数据动态更新优化方法主要有如下几个方面：

一是必须建立有效的数据更新机制以保证新生成的数据能快速准确地输入系统中。具体可采用自动化的数据捕获、数据校验、错误处理的技术手段来完成。

二是必须利用先进的数据同步技术，保证不同层级不动产登记机构间数据的实时同步，以避免数据的不一致性与矛盾。

4 结束语

不动产登记数据整合作为保障不动产登记工作顺利开展的重要依据，对关键技术进行优化研究对促进数据整合高效准确有着重要的意义。通过对数字化地籍图与房产数据进行融合，实现数据标准化及一体化管理，并对数据共享及交换等关键技术进行优化研究可以有效地解决不动产登记数据在融合过程中所遇到的各种难题，从而为不动产登记工作的开展提供稳固的数据支持。

参考文献：

[1] 李叶成.基于ArcGIS软件平台的不动产登记数据整合建库研究[J].华北自然资源,2024(02):130-132,135.
[2] 薛小艳.不动产登记中的房产与地籍测绘数据整合思考分析[J].中国住宅设施,2023(12):55-57.
[3] 刘瑶瑶.关于不动产登记中房产和地籍测绘数据整合的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023(32):154-156.
[4] 赵一梦.不动产登记存量数据整合建库技术研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(10):150-152,155.
[5] 吕淑媚,王玮东.基于GIS的不动产登记数据整合建库研究[J].测绘与空间地理信息,2023,46(06):158-161.

产学研合作推进专利转化运用的关键点分析

林业伟，钟路遥*

（国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心，广东 广州 510006）

摘　要　目前，我国作为全球有效专利总量最高的专利大国，专利转化率却仍处于较低水平。为增强我国专利实力，适应高质量发展的需要，需要高校、科研机构和企业共同合作，合力推进专利转化运用，利用专利技术创造更多的经济价值和社会效益，避免科技创新成果浪费。本文结合我国专利转化运用现状及相关政策，分析了产学研合作推进专利转化运用的关键点，旨在对改善我国专利转化运用情况有所裨益。

关键词　产学研；专利转化；存量专利；增量专利

中图分类号：G306　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0067-03

1　专利转化运用的涵义及方式

专利转化运用是指将专利技术从知识形态转化为现实生产力并加以应用以实现其经济价值和社会效益的过程。专利的有效转化运用，能够带动新产业、新业态发展，为经济持续增长提供动力源泉，促进产业结构优化升级；能够让创新者切实获得回报，激励更多的人投身创新活动，推动创新不断深入发展；能够加速先进技术在不同领域和区域的传播，促进整体技术水平的提升，缩小技术的差距；能够充分挖掘专利所蕴含的巨大价值，避免创新成果的闲置浪费，实现资源的高效利用和优化配置。因此，专利不仅仅是一纸证书，其需要转化运用并真正发挥价值，如果专利总是被“束之高阁”，没有得到有效运用，则是对科技创新成果或资源的浪费，不利于促进社会发展进步。因此，加强专利转化运用是专利制度发展的必然趋势[1]。

专利转化运用的具体方式包括：

1. 自行实施：专利权人自己制造、使用销售、进口其专利产品；专利权人可以在技术、资金等条件都充足的条件下实施自身专利技术，将自己的智力成果转变为物质产品，以获得经济效益。

2. 转让：专利权人将自己的专利所有权转让给他人，并按照双方签订的专利转让合同获得约定金，向专利局登记后由他人获得专利的所有权。

3. 许可：专利权人可以与他人签订专利许可合同允许他人实施其专利，并从中获得权益。专利权许可有如下几种方式：普通许可、排他许可、独占许可、分许可、交叉许可。

4. 质押融资：一种相对新型的融资方式，专利权人将自己的专利权作用作向债权人出具的担保，以获得融资；若后期无法偿还债务，则所质押的专利权将归债权人所有。

5. 技术入股：专利权人以专利技术这一无形资产作价后，以出资入股的形式与其他形式的财产（如货币、实物、土地使用权等）相结合，按法定程序组建有限责任公司或股份有限公司，承具股东的权益与责任[2]。

2　我国专利转化运用的现状

国家知识产权局发布的《2023年中国专利调查报告》中显示，2023年我国发明专利产业化率为39.6%，较上年提高2.9%，连续5年稳步提高；但作为参考比较，日本2022年国内有效发明专利利用率为53.2%，可见我国发明专利产业化率仍远落后于日本。此外，2023年我国发明专利实施率为51.6%，发明专利许可率为7.4%，发明专利转让率为9.1%；发明专利作价入股率为1.5%，与欧盟的类似数据相比可以看出，我国专利的实施水平低于欧盟，专利权人将专利“资产化”、创造更高商业价值的能力还有较大提升空间。

我国专利转化运用正处于一个较好的发展态势中，专利产业化率逐年增高；但我国相比于世界主要发达国家，专利转化运用总体水平仍处于较低的位置，且我国目前拥有全球最高的发明专利有效量（截至2023年底为499.1万件），高价值发明专利所占比重更是达到4成以上，拥有如此庞大数量的有效发明专利，却不能将它们转化运用，那么就会造成大量的专利技术资源被浪费，无法转化为高额的经济效益。

*等同于第一作者。

尤其是我国的高校和科研机构，它们具有丰富的人才资源、良好的科研设施和条件、浓厚的学术氛围和科研文化，具有强大的研发优势，截至2023年底，我国国内高校有效发明专利拥有量达到79.4万件，科研机构有效发明专利拥有量达到22.9万件，合计占国内有效发明专利总量的1/4，但由于高校和科研机构自身孵化企业对专利成果进行转化应用的能力有限，且部分科研成果与产业需求结合不紧密，专利利益分配机制不完善，另外还普遍存在“不愿转”“不会转”“不敢转”的现象，导致高校和科研机构的专利转化率较低，专利转化动力不足，拖累我国整体的专利转化运用形势。而企业是专利的主要实施者，其具有将专利转化为实际产品或服务的生产能力或资源，可以将专利技术付诸实践、进行大规模生产，从而实现产业化。但企业虽了解市场需求，却不一定具备相应的研发和创新能力，特别是科技型中小企业，其规模小的先天特征决定了其仅依靠自身力量实施自主创新的难度大、周期长，且存在一定的风险。也就是说，高校和科研机构与企业各有长短，若能够实现“产学研”合作，将高校和科研机构的研发优势与企业的实践需求相结合，将激发更多创新成果产生，更好地实现专利转化运用，带动产业发展，创造更多的经济效益[3]。

3 产学研合作推进专利转化运用的关键点

为解决我国目前存在的创新成果闲置的问题，更好地以创新驱动经济高质量发展，增强国家科技竞争力，助力经济高质量发展，国务院办公厅于2023年10月发布了《专利转化运用专项行动方案（2023—2025年）》。而该《方案》也为产学研合作在专利转化运用方面指引了方向，起到了良好的推动作用。结合该《方案》及我国专利转化运用现状，我们可以分析得到，产学研合作推进专利转化运用的关键点在于：存量专利的盘活、增量专利的优化培育、激励与敦促举措的加强[4]。

3.1 存量专利的盘活

我国国内高校及科研机构有效发明专利拥有量极高，有巨大的转化潜力，梳理盘活高校和科研机构的存量专利是加快高校及科研机构存量专利价值实现的有效途径。盘活存量专利需具体开展以下工作：

1. 高校及科研机构对存量专利盘点及筛选。高校和科研机构对本单位授权的所有存量专利进行全面盘点，综合考虑技术成熟度、应用场景、产业化前景等因素，筛选出市场需求潜力较大、经济价值较高的专利，按照转让、许可、自行应用或产业化等不同方式，逐一标注转化意愿，登记形成专利转化资源库，上传至综合服务平台。

2. 组织企业对存量专利进行评价。由政府组织企业对专利转化资源库中的专利的产业化前景进行评估，并反馈技术改进需求和产学研合作意愿；组织一线工作的本领域专家，协助进行专利评估。

3. 对存量专利进行分级分类及全国推送共享。通过高校和科研机构自身的筛查以及企业、专家的评估，对专利转化资源库进行丰富完善，并形成分级分类，进行全国推送共享，有效运用大数据、人工智能等新技术，按产业细分领域向相关企业匹配推送，促成供需对接。

4. 跟踪反馈存量专利的转化运用情况。对登记在库的存量专利实际的转化运用情况进行跟踪反馈，对长期无法实现转化运用的存量专利，了解其供需对接情况，并进行重新评估及标注。

盘活高校和科研机构的存量专利，能够让已有的专利成果重新被重视和利用，避免专利资源的闲置浪费，充分发挥其潜在价值；而企业在评价过程中通过了解专利、熟悉发明人，也能够与高校或科研机构抓紧对接合作，加快专利技术落地转化的进程，甚至挖掘出双方更多的合作机会。

3.2 增量专利的优化培育

高校和科研机构如果能够及早地了解产业需求，针对产业需求开展研发工作，并将相关技术形成专利申请，那么就能从源头上确保增量专利的转化应用；并保障好专利撰写质量，联合企业做好专利培育，提高专利价值，就能进一步做优增量专利。因此，推动产学研合作优化增量专利的培育过程对专利转化运用具有深远的意义。增量专利的优化培育需开展以下工作：

1. 高校和科研结构与企业对接需求。高校和科研机构与有意向合作的企业及早对接需求，从而根据企业需求对自身现有专利技术进行优化改进，配合企业共同开展专利技术的验证、中试等工作，提升专利产业化的成功率，或者围绕企业反馈的产学研合作需求，特别是关键核心技术攻关、具有重大应用前景的原创技术等重点需求，以问题为导向，与企业联合攻关，开展订单式研发和投放式创新，产出和布局更多符合产业需求的高价值专利。

2. 联合做好高价值专利培育。通过良好的培育方法将技术成果转化为新的具有高价值的专利申请，那么在相关专利进行转化运用时就能产生更高的社会效

益和经济价值，实现做优增量专利的目的。具体地通过围绕市场需求及竞争格局发掘有竞争优势的专利点来提高市场价值；通过提高技术的领先性和创新性来提高专利的技术价值；通过精心撰写专利申请文件提高专利申请质量、做好侵权分析及规避来提高专利的法律价值；通过围绕核心技术制定专利布局策略、构建专利保护网络来提高专利的战略价值。通过上述多个价值维度的提高来实现专利的高经济价值。

3. 寻求优质专利服务机构的协助。专利服务机构能从专利申请到后期维护的整个过程提供专业、细致的服务，寻求得到优质的专利服务机构服务，有助于高校及科研机构和企业更专业地解决专利范畴内的问题，进一步提高专利转化运用的成功率。

首先，专利服务机构可以通过专利检索帮助评估专利申请的可行性及可能的侵权风险，为客户提供有价值的建议；其次，优秀的专利代理人在专利申请文件的撰写中起到关键作用，他们通过专业的知识和技能使申请文件更加规范，并且为专利申请人争取最优的保护范围；最后，专利服务机构能够为客户提供其他专业的咨询和建议，包括后期帮助进行维权、交易、许可等操作，协助进行专利成果的保护和转化。因此，高校、科研机构和企业应积极寻求优质专利服务机构的协助，获取有利的信息、建议和服务，从而在培育专利过程中能够把握好正确的方向，少走弯路，创造更多高质量、高价值的专利。

产学研合作优化增量专利的培育过程，能够在源头上保障专利的转化运用，产出更具有价值的专利成果，既有利于企业获得更大的市场竞争优势，也能够使得高校及科研机构人员更加熟悉专利预警、专利布局等专利运用知识，为产学研合作进一步巩固基础。

3.3 激励与敦促举措的加强

推进专利转化运用，需要解决产学研各方主体动力问题，为此，需要制定相关的激励和敦促举措，让各方更有意愿投身于专利转化运用的工作中。对于高校及科研机构，首先，要健全专利转化的尽职免责和容错机制，优化相关国有资产考核方式，消除科研人员在专利转化中的“责任顾虑”和“保护顾虑”，让他们敢于将专利成果进行转化运用；其次，对专利转化运用成效突出的高校、科研机构和企业，在项目安排、奖补支持、奖项申报、评优评先等方面予以优先支持；最后，完善知识产权收益分配机制，保障发明人的贡献，并在人才评价、职称评定等工作中，将专利的转化情况作为重要评价标准，发挥科研人员的主观能动性。

对于企业，首先，可以通过出台相关优惠政策，如税收减免、财政补贴、专项资金支持等，降低企业转化成本和风险；其次，可以设立相关奖项和荣誉，对在专利转化运用方面表现突出的企业进行保障和奖励，对成功转化的典型企业案例进行宣传推广，提升企业声誉和社会影响力，也激发其他企业的积极性；最后，在市场开拓、产品推广等方面给予企业一定支持，助力转化后的产品或技术顺利进入市场，并严厉打击侵权行为，保障企业的市场地位，增强其对专利成果转化的安全感。

另外，对各地参与专利转化运用工作的机关单位，也应将其工作举措和实施成效作为工作考核的重要内容，从而也能促使他们对高校及科研机构的科研行为和专利转化运用情况形成监督和敦促，避免科研资源的“悄然”闲置，以及积极做好服务企业的工作[5]。

4 总结与展望

针对我国目前专利转化率较低的情况，加强高校、科研机构及企业之间的合作，发挥它们各自的优势来共同推进专利成果向现实生产力的转化，是改善我国当前专利转化运用不足局面的高效途径。而做好存量专利的盘活、增量专利的优化培育、加强激励与敦促举措，将能够更好地借助产学研合作来推动专利转化运用工作的开展。相信在不久的将来，在我国政府的重视下，我国专利转化运用形势将迎来大大改善，创新资源要素能够实现有序流动和优化配置，释放创新活力，各项高价值专利成果也能实现落地转化，为我国带来实实在在的经济价值和社会效益，助力我国真正从专利大国完成向专利强国的转变，推动我国经济实现高质量发展。

参考文献：

[1] 李文江，廖加乐．促进专利转化的困境与对策[J]. 河南科技，2021,40(21):123-126.
[2] 宋河发，吴博，吕磊．促进科技成果转化知识产权实施权制度研究[J]. 科学学研究，2016,34(09):1319-1325.
[3] 王胜利，李红坦．高校专利转化的困境与对策分析[J]. 陕西教育（高教），2023(05):77-78.
[4] 操秀英．提升专利质量 促进转化运用：《专利转化运用专项行动方案（2023—2025年）》解读[J]. 中国中小企业，2023(10):10.
[5] 刘馨蔚．三年行动开启，专利转化加速[J]. 中国对外贸易，2024(03):32-33.

循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展影响研究

陈立宝，李元鑫，徐大为

（济南经纬方达节能技术有限公司，山东 济南 250000）

摘　要　随着全球资源日益紧张和环境问题的日益严峻，建筑行业的可持续发展已成为全球关注的焦点。循环利用建筑材料作为推动建筑行业可持续发展的重要手段，其在减少资源消耗、降低环境污染、提升经济效益方面发挥着关键作用。本研究深入探讨了循环利用建筑材料的理论基础、技术应用及其在建筑行业中的实际效果，分析了其对建筑行业可持续发展的积极影响，以期为同行业人员提供有效参考。

关键词　循环利用建筑材料；建筑行业；可持续发展；资源效率

中图分类号：TU5　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0070-03

建筑行业作为全球能源消耗和温室气体排放的主要来源之一，其发展模式亟须转变以应对日益严峻的环境挑战。循环利用建筑材料，即在建筑的全生命周期内通过回收、再利用和循环再造等方式，最大化地减少资源浪费和环境污染，是实现建筑行业可持续发展的有效途径。

1　循环利用建筑材料在促进建筑行业可持续发展中的作用

循环利用建筑材料通过减少对新原材料的需求，显著降低了对自然资源的开采和消耗，进而减轻了对生态系统的压力。在建筑过程中，通过回收和再利用废弃建筑材料，不仅减少了废物的产生和填埋需求，还降低了由此产生的环境污染，此外，循环利用减少了在原材料提取、加工、运输过程中的能源消耗，有助于降低建筑行业的整体碳足迹，对抗全球气候变化。循环利用的建筑材料还能为建筑行业带来经济效益，降低成本，因为回收材料通常比原始材料便宜，这不仅减轻了建筑商的经济负担，也使得绿色建筑更加经济可行，从而推动了绿色建筑的普及[1]。

2　循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展的理论基础

2.1　可持续发展理论

循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展的理论基础深植于可持续发展的核心理念中，可持续发展强调在满足当代人需求的同时，不损害后代人满足需求的能力，这要求建筑行业在发展过程中必须考虑经济、社会和环境三者之间的平衡。在可持续发展的框架下，建筑行业被鼓励采用更加环保的建筑材料和方法，以减少对环境的负面影响，循环利用建筑材料不仅减少了对新资源的需求，而且通过减少废物的产生和降低能源消耗，减少了建筑活动的碳足迹，这种做法与可持续发展的三个核心原则——环境保护、社会公正和经济发展相契合。

2.2　绿色建筑概念

绿色建筑，也称为可持续建筑，是一种在设计、施工和运营过程中注重减少环境影响、提高资源效率、促进健康舒适室内环境的建筑方法，这一概念强调建筑在其整个生命周期中应实现能源效率、水资源管理、材料选择、室内环境质量、智能运营和维护等方面的优化。循环利用建筑材料是绿色建筑实践中的关键组成部分，它体现了绿色建筑对资源循环利用和生态保护的重视，通过采用循环材料，绿色建筑能显著降低对环境的负荷，减少建筑过程中的废弃物产生，同时减少对新资源的开采，这种材料利用方式不仅有助于节约成本，还能减少建筑对生态系统的干扰，促进生物多样性的保护。

2.3　循环经济与循环利用

循环经济是一种经济系统模型，其核心目标是实现资源的高效利用和循环再生，以减少浪费和环境污染，这一概念与循环利用建筑材料紧密相连，为建筑行业的可持续发展提供了坚实的理论基础，循环经济强调在生产和消费过程中实现资源的闭环流动，即通过回收、修复、再制造和再利用等方式，延长材料和产品的使用寿命。在建筑行业中，循环经济的理念推动了对建筑材料的重新思考，鼓励行业采用可回收或

可降解的材料，减少对非可再生资源的依赖，循环利用建筑材料不仅减少了建筑废料对环境的负担，还通过节约原材料和能源消耗，降低了建筑成本[2]。

3 循环利用建筑材料的技术应用

3.1 绿色建筑中的材料选择

1. 可再生材料的应用。在绿色建筑中，可再生材料的应用作为这一环节的重要组成部分，正日益受到重视。可再生材料指的是那些来自可持续管理的自然资源，如木材、竹子、稻草和某些类型的石材等，这些材料可以在其生命周期结束时自然降解，或者可以被回收用于其他用途。使用可再生材料的绿色建筑能够显著降低对环境的影响，因为它们通常具有较低的隐含能源——即在材料的生产和加工过程中所消耗的能源，此外，这些材料在生长过程中能够吸收二氧化碳，有助于减少大气中的温室气体含量。例如，竹子作为一种快速生长的植物，能够在较短的时间内吸收大量的二氧化碳，并且在建筑项目中用作结构或装饰材料时，能够提供良好的强度和耐久性。

2. 可回收材料的集成。在绿色建筑领域，可回收材料指的是那些在使用周期结束后可以被收集、处理并重新加工成新产品的材料，如金属、玻璃、某些塑料和混凝土等，这些材料的循环使用大大减少了对新资源的需求，降低了开采原材料过程中的能源消耗和环境影响。集成可回收材料的实践涉及建筑项目的设计、施工和运营各个阶段，在设计阶段，建筑师和工程师会选择那些易于拆卸和回收的材料，以便于未来的循环利用。在施工过程中，通过精确的规划和物流管理，可以最大限度地减少建筑废料的产生，并确保现场产生的废料能够被有效地回收利用。

3.2 施工过程中的材料循环技术

1. 建筑废弃物的分类与回收。建筑废弃物包括了在建筑施工、拆除和维护过程中产生的所有废料，如混凝土块、金属碎片、木材、石膏板和塑料等，这些废弃物如果未经处理直接废弃，不仅会造成资源浪费，还可能对环境造成污染。为了实现建筑废弃物的有效管理，施工过程中实施严格的分类制度至关重要，分类允许将不同类型和材质的废弃物分开，以便于后续的回收和再利用。例如，金属材料可以通过熔炼重新制成新的金属产品；木材和纸张可以被粉碎并用于制造新的建筑材料或作为生物燃料；混凝土和砖块可以被破碎并用作道路基础或再生混凝土的骨料[3]。

2. 预制构件与模块化建筑。在施工过程中，材料循环技术的应用促进了预制构件与模块化建筑的发展，这代表了建筑行业向更高效、更可持续的建造方式的转变，预制构件，即在工厂环境中预先制造的建筑组件，可以大幅减少现场施工过程中的材料浪费。由于预制构件在受控的工厂环境中生产，可以实现更精确的切割和组装，减少了原材料的损耗。模块化建筑则进一步推动了施工效率，它涉及在工厂中制造完整的建筑模块，然后将其运输到施工现场进行组装，这种方法不仅加快了施工速度，降低了劳动力成本，还有助于减少现场废弃物的产生。模块化建筑的另一个优势是其灵活性和适应性，模块可以根据需要进行重新配置或重新利用，从而延长了材料的使用寿命。预制构件和模块化建筑的实施，促进了建筑材料的标准化和系统化，这有助于简化材料的循环利用过程，标准化的构件更容易在不同项目中重复使用，而模块化设计则允许在建筑的生命周期结束时，更容易地进行拆除和材料的回收。

3.3 建筑运营与维护中的循环策略

1. 材料的再利用与翻新。在建筑运营与维护阶段，实施循环策略不仅有助于延长建筑物的使用寿命，还能显著减少建筑业对环境的影响，材料的再利用指的是在建筑内部或其他项目中重新使用已有材料，而不是将其丢弃，例如，旧木材可以被重新用于地板、家具或景观项目；旧砖石可以用于新的墙体或人行道铺设。翻新则涉及对现有材料或构件进行更新或改善，以恢复或提升其性能，包括对建筑物的外墙进行节能改造，使用新的绝热材料来提高能效，或者对旧窗户进行升级以减少热量流失，通过这些措施，建筑物不仅能够减少能源消耗，还能提升室内环境质量，为居住者或使用者创造更舒适的空间。此外，循环策略还包括对建筑废弃物的管理，确保在建筑维护、改造或拆除过程中产生的废弃物得到妥善处理，通过分类回收、再加工和再利用这些废弃物，可以减少送往垃圾填埋场的废物量，同时为其他项目提供有价值的材料。建筑运营与维护中的循环策略要求对建筑的全生命周期进行规划和管理，这意味着从设计阶段开始，就要考虑到材料的未来再利用和翻新可能性，通过采用可拆卸连接、模块化设计和使用可回收材料，可以为未来的循环利用打下基础[4]。

2. 智能建筑管理系统的应用。在建筑运营与维护中，智能建筑管理系统（IBMS）的应用是实现材料循环利用和提升建筑可持续性的关键技术之一，IBMS 通过集成各种监控和控制系统，优化建筑的能源使用和维护流程，从而延长建筑材料和构件的使用寿命。IBMS 能够实时收集和分析建筑内部的环境数据，包括

温度、湿度、能耗等，并通过算法进行优化处理。例如，系统可以根据建筑的使用模式和外部气候条件，自动调节暖通空调（HVAC）系统的运行，以实现能源效率的最大化，可以通过以下公式表示：

$$E_{total}=\sum_{i=1}^{n}(E_i\times G_i)$$

其中，E_{total} 是建筑的总能耗；Ei 是第 i 种能源类型的消耗量；Ci 是该能源类型的能耗系数；n 是能源类型的总数。

IBMS 还包括对建筑维护活动的管理，通过定期监测建筑构件的状态，预测维护需求，减少意外损坏和过早更换的发生。这种预测性维护策略可以表示为：

$$M_{predict}=f(C_{usage},T_{age},E_{performance})$$

其中，Mpredict 是预测的维护需求；Cusage 是使用情况的指标；Tage 是构件的年龄；Eperformance 是性能效率指标。此外，智能建筑管理系统还能够支持材料循环利用的决策过程，通过跟踪材料的使用情况和性能数据，帮助管理人员确定何时以及如何回收、再利用或替换材料。

4 循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展的影响

4.1 资源效率提升

循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展具有显著的正面影响，特别是在资源效率提升方面，通过循环利用，建筑行业能够减少对原始材料的需求，这意味着更少的自然资源被开采和消耗，这种减少直接影响了资源的总体效率，因为它延长了材料的使用寿命，减少了废物的产生，并提高了材料使用的整体效率。资源效率的提升还体现在建筑项目的成本节约上，循环利用的建筑材料通常成本较低，因为它们可以以较低的成本获得，并且减少了加工新材料所需的能源和资源，这种成本效益不仅有利于建筑公司和开发商，也使得绿色建筑更加经济可行，从而推动了整个行业向更可持续的实践转变。此外，资源效率的提升还与环境保护密切相关，通过减少对新资源的需求和降低废物产生，建筑行业能够减少其对环境的负面影响，包括降低温室气体排放和减少对生态系统的破坏，这种环境效益是循环利用建筑材料对建筑行业可持续发展贡献的重要组成部分[5]。

4.2 环境影响降低

循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展具有深远的影响，尤其在降低环境影响方面表现显著，通过循环利用，建筑行业能够显著减少因开采原材料、生产新建材以及废弃物处理而产生的环境负担，这种减少不仅体现在直接的资源节约上，还体现在减少能源消耗和温室气体排放上。在建筑生产过程中，原材料的开采和加工通常会消耗大量能源并产生废物，循环利用建筑材料减少了这一需求，从而减少了与此相关的环境影响，例如，使用回收的钢材或铝材可以显著降低与这些材料生产相关的碳排放，因为这些材料的再加工比原始生产过程需要的能源更少。此外，建筑废弃物的循环利用减少了送往垃圾填埋场的废弃物量，这有助于减少垃圾填埋场的甲烷排放，甲烷是一种比二氧化碳更强的温室气体，同时，通过减少新建筑材料的生产，循环利用也减少了工业生产过程中可能产生的污染物排放。

4.3 经济效益增加

循环利用建筑材料对建筑行业的可持续发展具有显著的经济效益，这种效益体现在多个方面，首先是成本节约。通过使用循环材料，建筑项目可以显著减少材料成本，因为循环材料通常比原始材料更经济，例如，回收的钢材和木材可以以较低的价格获得，同时还能保持所需的质量和性能。其次，循环利用减少了整个建筑生命周期内的维护和更换成本，由于这些材料往往具有较长的使用寿命，因此在长期运营中减少了维修和更换的频率，从而为建筑业主和运营商带来经济上的节省。此外，随着市场对绿色建筑和可持续产品的需求日益增长，采用循环材料的建筑项目能够吸引更多的投资者和消费者，这不仅提高了建筑的市场价值，也增加了其租金收入和销售潜力。

5 结束语

循环利用建筑材料在推动建筑行业可持续发展方面发挥着至关重要的作用，通过提升资源效率、降低环境影响以及增加经济效益，循环利用不仅优化了建筑行业的资源使用，还实现了环境保护和经济发展的双重目标。

参考文献：

[1] 张望，罗盛．绿色环保材料对建筑工程造价管理的影响及应对措施[J]．中国管理信息化，2022,25(22):136-138.
[2] 史川川，曹蕾．建筑材料可持续发展评价与优化研究[J]．新材料·新装饰，2024(05):6.
[3] 李远．新型建筑材料在高层建筑结构中的应用研究[J]．居舍，2023(34):42-44,48.
[4] 朱骞．新型建筑技术与建筑材料在可持续发展中的实践研究[J]．中文科技期刊数据库(引文版)工程技术，2022(11):282-285.
[5] 宋亚辉．高性能建筑材料在能源效益和环境可持续性方面的应用研究[J]．居舍，2023(34):64-66.

公路路基施工工艺与精细化质量控制

庞 博

（达州通途公路工程有限公司，四川 达州 635000）

摘 要 公路是一项重要的基础设施，连接城乡，推动经济发展。在公路工程中，公路路基是其中的关键环节，其施工工艺与质量控制是重中之重。当前，在我国交通运输需求日益增加，城市公路建设规模日益扩大的背景下，对公路路基施工工艺进行改进，并实现公路工程质量的精细化控制，是目前公路建设急需解决的问题。本文阐述了公路路基施工工艺，对其精细化质量控制进行了探讨，以期为相关人员提供参考。

关键词 公路路基；施工工艺；精细化质量控制

中图分类号：U416 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0073-03

在公路建设中，路基施工是非常重要的一环。其内容包括测量放线与前期土工试验、清表、试验路段等，它是一项综合性工程，其工艺流程复杂。由于受自然环境及工程场地土壤等多种因素的共同作用，使得路基施工成为目前公路建设的重点和难点。施工工艺水平对公路的整体质量有很大的影响，良好的施工工艺可以增强路面的稳定性，提高公路的施工质量，从而保证路面在通车后的安全和稳定。所以，精湛的施工工艺是公路建设的关键，必须提升公路路基施工工艺水平，对其进行精细化质量控制，从而保证公路的质量。

1 公路路基施工工艺

1.1 测量放线与前期土工试验

公路路基的施工工艺主要是测量放线与前期土工试验。施工企业在收到所发的测量控制点后，必须对原地形进行复测，并最终完成施工放样。在此过程中，需要采用当地土源土样，对其进行土工试验，并对检测数据进行计算，为以后的工程建设提供依据。同时，在施工过程中，要对路旁及防护桩进行合理的设置，并保证其间距为20 m。设定好桩后，需要清理施工现场（如表1）。

表1 土工试验数据分析

土样编号	土壤类型	压缩强度（MPa）	剪切强度（MPa）
001	砂土	1.5	0.8
002	黏土	2.0	1.2
003	碎石	3.5	2.1

1.2 清表

路面清表工作是公路路基建设的一个重要环节，它直接关系着公路的整体质量，也关系到今后公路的安全使用。根据施工方案，对路面进行了清表工作，并根据设计的线路，对路面进行了清理，以保证施工的顺利进行。在清理时，应将周边辐射范围内的草皮、树木等杂物全部清除。按照有关规范要求，清表深度应控制在20 cm以内，上下的误差在10 cm以内。另外，在清表时，应重视有关场地障碍，保证工程的正常开展。通过对清表施工过程中出现的各种问题进行分析，从而使清表工作的重要作用得以体现。从表2中可以看到，当清表深度控制在20 cm左右，上下偏差在10 cm以内的施工地点，路基的质量比较好[1]。反之，若清表深度不一致，则会对路基的质量产生不利影响，并会增加日后养护费用。

表2 清表工程对路基质量的影响

施工地点	清表深度（cm）	上下偏差（cm）
区域A	18	8
区域B	22	10
区域C	19	9

1.3 试验路段

为了保证路面的质量，公路路基的施工工艺至关重要。在开展公路工程建设之前，必须对所选公路进行筛选。试验路段的选取应做到科学性与合理性，其长度应在100 m以上。在试验路段进行压实测试的过程中，应由监理人员全程在场，并在测试结束后向监理工程师报告。经监理工程师批准后，方可继续施工。为保证数据的准确性，现场工作人员必须对设备型号、碾压次数等参数进行精确的记录。这些数据能够当作施工方案制定的参考依据。在施工期间，应核对设计文件和现场实际状况，如有不准确之处，应及时协商，制定对策。通过对工程实践中出现的问题进行详细的

分析，可以保证公路施工工艺的合理性，为工程质量的稳定性提供了依据[2]。（如表 3）

表 3　试验路段的数据记录情况

设备类型	碾压速度（km/h）	碾压次数
振动压路机	8	5
静碾压路机	6	3
手动夯实	N/A	10

1.4　路基填筑与碾压

路基的填筑和碾压是公路路基建设中的一个重要环节。当前，我国公路路基的建设主要依靠各类机械装备，实现全面机械化的建设。统计表明，使用机械化施工方法，能有效地减轻工人的劳动强度，使施工的进度得到进一步提升，节约施工时间，降低施工成本，实现公路工程的成本控制。同时，由于采用了机械化的施工方法，还可以确保工人及设备的安全。比如，在某省公路工程中，采用了机械化的施工方法，使施工效率增加 20%，工期缩短 30%，并将大大降低因人为失误引起的质量问题，使施工成本得到了有效的降低。在进行路基回填时，应严格按规范进行，保证与设计图纸一致。在机械工程中，采用挖掘机进行土方开挖，使用其他适当的设备进行运输、平整与碾压。为了确保路基填筑质量，需要在 20 m 以内设置中央桩，中间桩的曲线地段要进行加密，并在中间桩上布设临时水准点，以确保施工的准确性，临时水准点间距控制在 200 m 以内，并依次进行编号[3]。为了确保工程的顺利进行，在部分地段，必须设置边桩，边桩间距 20 m，若发现不合理之处，可做适当的调整和修正。对路基进行施工时，要对施工现场情况进行实时观测，对出现的质量问题要及时进行处理。为保证路基的强度与质量，可采用分层填筑与分层压实的方法（如图 1）。

1.5　路基排水施工技术

在公路路基施工过程中，路基排水施工是一个非常重要的环节。由于公路工程的路基施工时间较长，路基极易受降雨影响而发生滑坡、坍塌、侧移、沉降等问题，对路基的安全性和稳定性造成了严重的影响。因此，采取路基排水施工技术十分关键。通过对大量工程实例的分析，可以看出，由于缺少良好的排水系统，会给高速公路路基带来较大的安全隐患。以某省某高速公路为例，因其不合理的排水系统设计，导致雨水滞留在路基内，使地基发生软化，从而诱发了严重的路基滑坡事故，致使几十米长的路段发生坍塌，影响了道路的正常通行，并对当地人们的生命安全构成了严重的威胁。针对这一问题，在公路工作施工过程中，应采取人工开挖与机械开挖相结合的方法，对路基排水沟和边沟进行开挖。可以先利用施工设备挖出排水沟的雏形，再人工进行巩固成型与加固处理，有效地提升排水系统的稳定性与路基的防渗效果。在施工现

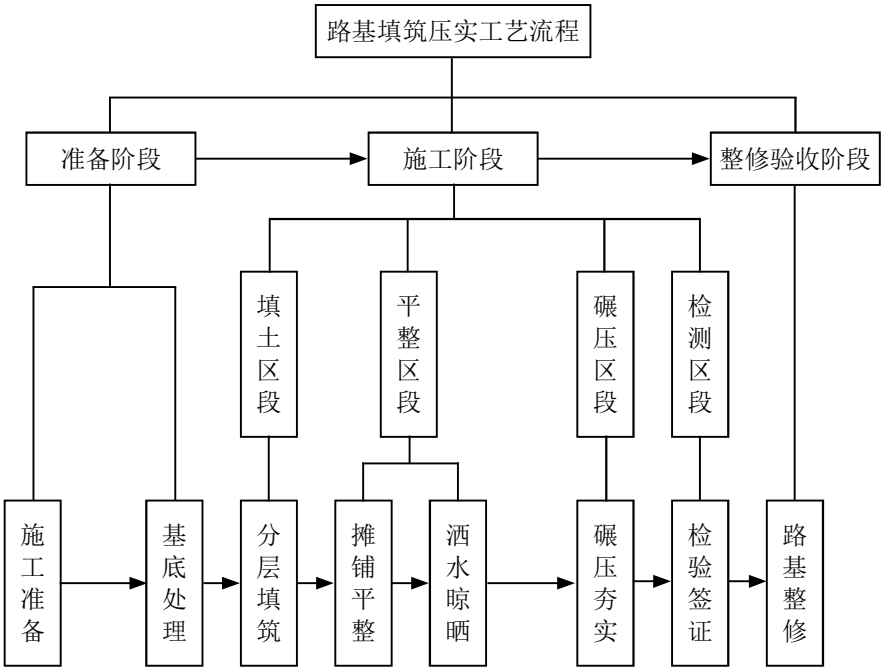


图 1　路基填筑压实工艺流程

场，还要将多余的土方量清除，或加入路堑加固边坡，以防止“路拱”情况的发生，保证排水系统的畅通。

2 公路路基施工的精细化质量控制策略

2.1 路基施工材料控制

为了保证公路建设的质量，必须加强对路基施工质量的控制。而在这些工程中，原材料的控制又是一个非常重要的环节。在公路建设中，地基土质的质量对路基的稳定性与耐久性有很大的影响。所以，在工程施工之前，要对施工场地的土壤特性进行全面的测试。比如，某省公路，在施工之前，通过对各区段的土壤状况进行全面的检测，发现一段路基有软土地基的问题。试验结果表明，该软土地基对路基承载力的影响很大。为提高地基承载力，在开挖过程中，将不适宜或不良的地基土开挖、置换，选用适宜颗粒直径的路基土，有效地提高土体的弹性模量。在工程施工中，必须严格控制回填料的强度与颗粒大小。资料显示，颗粒直径过小的土壤，其弹性模量会降低，而颗粒直径过大会形成孔隙，使雨水渗入路基底部，从而降低路基的稳定性[4]。

2.2 路基边坡高度坡度与排水控制

在公路路基施工中，边坡高度、坡度和排水是保证工程质量的关键。在进行公路路基施工前，要对工程场地的地形特点等进行充分的调查，并结合实际情况制定相应的施工方案。例如，在某地修建一条公路，其路段地形较缓，土壤较硬，则边坡的高度可按设计高度计算；同时，在软基施工区，为避免因降雨浸蚀而引起的沉陷变形，应适当增大坡高，并采取台阶式设计，以改善路基整体稳定性。要准确地确定边坡的高低，就必须对路基等多方面进行综合考虑。尤其是在多雨季节，长期受降雨水侵蚀与浸泡，路基容易发生软化、沉降与侧移，甚至发生变形，对公路的整体稳定性构成了极大的威胁。因此，在工程前期，要根据地形等条件，合理布置合理的排水体系，并与周围水域形成良好的连通。路基的含水率与干容重是影响工程建设的关键因素，故需在工程中适当加大工程造价，为高效的排水工程提供工艺与设备支持。在保证公路工程安全、稳定的前提下，采取严格的质量控制手段，才能保证公路的安全性与稳定性，有效地延长公路的使用寿命。

2.3 路基含水量与压实度控制

在路槽压实工作中，对路基的含水量和压实度进行有效的控制，可以确保公路路基压实度符合规定的标准。比如，在某公路路基施工中，由于含水率过高而引起的路面塌陷事件频发，对其稳定性与耐久性会产生不利影响。另外，路基含水量过低，会导致土体中的压实度下降，达不到理想的压实效果。通过对含水量进行适当的控制，可以有效地改善地基的承载力和耐久性。为确保工程质量，在压实工作之前，必须对路基填筑层的含水率进行严格检查，并按试验结果采取相应的处理措施。如在含水率较高的情况下，可延迟压实时间，待土壤干燥后再进行压实；在含水量较少的情况下，可以进行洒水喷洒，使路面保持湿润，保证压实效果。此外，施工时机的选取也很重要，要尽可能地避开多雨天气，这样才能保证工程的质量，避免工期的延误和成本的增加。

2.4 路基防护质量控制

在公路施工完成后，要加强对边坡的质量管理，而路基防护质量控制非常重要。通过种植草皮或聚氨酯类防护板等方法对路基边坡进行养护，既能起到美化环境的作用，又能有效地避免对坡面岩面的冲蚀作用，降低因风化、雨水冲刷引起的层裂，从而提高边坡及公路路基的整体稳定性。比如，在某省公路路基施工中，应用聚氨酯型挡土板保护边坡。通过现场监测与数据分析，与不加防护的边坡相比，在相同外力的影响下，聚氨酯防水材料能显著改善边坡的稳固性，显著减少剥落情况，从而有效地延长路基的使用寿命[5]。

3 结束语

在公路建设中，路基施工工艺和精细化质量控制是非常重要的环节，只有不断地改进施工工艺，进行精细化质量控制，才能提高公路工程的质量，保证公路路基的安全性与稳定性，为公路工程的持续发展奠定良好的基础。

参考文献：

[1] 李振虎 . 公路工程施工中路基加固处理的工艺与技术要点 [J]. 交通建设与管理 ,2023(06):142-144.
[2] 刘涛 . 公路施工中路基加固处理工艺研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版),2023(34):145-147.
[3] 侯梦阳 . 公路工程中水泥改良湿陷性黄土路基施工工艺分析 [J]. 交通世界 ,2023(33):46-48.
[4] 卢瑞峰 . 改良低液限黏土在高速公路路基施工中的应用 [J]. 工程建设与设计 ,2023(21):95-97.
[5] 郭维仁 . 分层压实填筑技术在高速公路路基施工的应用探析 [J]. 工程机械与维修 ,2023(06):55-57.

电力企业人力资源管理大数据及其应用分析

毛 宁

（国网山西省电力公司运城供电公司物资管理部，山西 运城 044000）

摘 要 在电能领域高速发展的推动下，市场竞争逐渐加剧，电力企业需要高效运用大数据技术，借助高效化、智能化的管理工具，构建一个数字化的人力资源管理系统，从而激发员工的工作热情，推动电力企业的健康发展。因此，本文首先阐述了大数据的定义及其应用价值，然后对电力企业人力资源管理存在的问题进行分析，并深入探讨了大数据技术在电力企业人力资源管理中的应用内容，同时对其实践应用进行了深层次的探究，旨在为相关工作人员提供参考。

关键词 大数据技术；电力企业；人力资源

中图分类号：F272.9 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0076-03

随着全球信息一体化的发展，电力企业面临着海量数据的庞大体量、多样化的信息类目、高效的采集能力以及快速的更新速度等显著特性的挑战。因此，电力企业应当将大数据技术巧妙地融入人力资源管理过程中，以有效地解决上述诸多难题。在全面梳理员工工作信息的基础上，电力企业能够更加高效地执行人员管理和布置工作，这对于电力行业长远发展的人力保障起到了至关重要的作用。因此，深入探究如何提升电力企业的人力资源管理效率和智能化水平，已成为电力企业重点关注的话题。

1 大数据的定义及其应用价值

1.1 大数据的定义

在学术探究的范畴内，“大数据”通常是指那些体量巨大，超出了常规数据库管理系统或数据处理软件所能处理范围的数据聚合体，其核心属性涵盖了数据流动的快速性、数据种类的丰富多元以及数据获取的广阔性等[1]。在专业术语中，人们也将大数据视作“海量数据”。其大数据是指借助新兴的数据处理技术或者方法，以更加敏捷和直观的手段来处理和分析海量的数据资产，以实现更智能、更高效的决策辅助。

1.2 大数据在电力企业中的应用价值

随着现代化技术的发展趋势，大数据是现代社会中对数据进行的一次重大变革，理解数据、使用数据、依靠数据将是企业发展的新动能，同时也是企业管理者急需具备的一种能力，尤其是在人力资源管理领域中扮演着提升管理创新能力和增强运营效率的核心角色，除了简单的数据保管与分析，更在深层次上优化了电力企业的管理与运作架构[2]。因此，在人力资源管理中，管理者要充分认识和变革大数据技术，让“大数据”的价值发挥到最大，从而有效提升电力企业的人力资源管理效能。

首先，借助深度数据处理与智慧型预测系统，大数据技术赋予了电力行业更高的精确度去推断并调控电能需求，并且更合理地分配资源，进而显著增强能源的使用效率和财务收益。其次，利用大数据技术于人事资源管理领域的运用，赋予了电力企业在准确评估职工表现和拟定人力资源政策方面的新优势。企业通过对众多职员行为信息与业绩标准的深入分析，能更加有力地洞察到人力资本的需求，并规划出符合个体特点的培训与发展方案，进而有效提高了员工的工作效率。最后，大数据技术可以实时监控和分析用电设备的运行状况，及时发现电网设备的维修、故障预报等方面潜在的安全隐患，提高整个电网的可靠性和安全性[3]。

2 电力企业人力资源管理中存在的问题

2.1 人力资源管理分配机制不健全

在实际经营过程中，由于各种原因导致了电力企业内部资源配置的失衡。究其原因，是由于缺乏有效的薪酬分配机制，使职工的工作热情受到很大的影响。有些电力企业没有健全的晋升机制，一般都是根据个人的资历、工作能力来决定其能否升职。比如，在某一部门工作满一年且有大量工作经验的雇员，可能会被提升到另一个部门。然而，鉴于该员工长期从事一线岗位，其可能缺乏必要的管理理论和技巧。这种情况既妨碍了其他管理层人才的升迁路径，又导致了大量一线员工的快速流失。

2.2 缺乏完善的考核体系

有些电力企业的业绩评价体系过于宽泛，缺乏可信的业绩评价体系，因而很难对企业员工进行有效的考核。在考核中，不对工作人员的工作流程和专业技能进行细致的考核，这就导致了现实中的工资与付出不成正比，实际的工资水平与预期的目标相差甚大，大大降低了企业员工的工作积极性。此外，部分员工甚至出现了“均摊”的思想，使考核过程流于形式，难以最大程度地发挥考评制度的作用[4]。

2.3 人力资源管理机制不健全

在市场经济的发展过程中，企业内部已经形成了比较公正的竞争体系，而人才作为企业最重要的、最有价值的资源，始终受到公司管理层的青睐。但是，在电力领域中，由于工作岗位较为固定，且竞争不如其他行业激烈，企业常常忽略了对职工培训、工资及福利等方面的关注，这使得人力资源管理机制显现出漏洞，未能有效地调动员工的积极性。

3 大数据在电力企业人力资源管理中的应用内容

3.1 人员基础数据

人力资源的基础数据构成了人力资源管理的关键，也为企业领导层掌握员工资源的基础状况提供了主要途径。员工的基础档案归纳了企业全体职员的个人信息，包括个体的性别差异、年纪大小、专业能力、职位等级、职业经验等方面。对于电力行业而言，上述数据可以全方位地展现个人的基本资料，管理层能够深入掌握员工的基础状况与工作技能，进而有效执行管理职能[5]。利用大数据技术，通过设立专门的数据平台及数据库，可以对员工的详细信息实现集中归纳，并在系统内与相应人员进行对接。

3.2 专业能力数据

在电力行业的常规运营中，无论是进行电缆线路的维修与保养，还是使用智能化的电力系统和设备，均须由具备专业技能和实战经验的技术专家来负责。员工的专业技能可以从参与项目的成果、设备的维护状况等数字信息中得以体现，职业操守可以从技术评估、职务晋升和参加比赛等不同途径呈现出来。大数据技术能够依据员工不同的能力指标，集合多维度的数据资源，打造定制化的员工档案，从而不断提升员工的专业技能和职业素养。

3.3 绩效考核数据

业绩评估体系主要涵盖基础业务成果、奖励性指数与处罚性指数这三个方面，通常依据员工的职业绩效来实施定量或加权评定[6]。在处理统计分析领域的数据时，大数据技术可以高效导入各类数据汇总，对众多考核指标进行一站式监管，确保以更综合和中立的数据为依据，执行人员管理职责，从而对员工的真实水平进行更准确的评估。

3.4 潜力数据

在人事管理这一范畴内，培育人才乃关键所系，意味着电力行业需采纳实际有成效的策略挖掘职员们的潜力，以便提升他们的工作效率和品质，从而促进电力行业的全面发展。在此流程中，电力企业必须对员工的潜力数据加以分析与运用，包括技能提升的频繁程度、薪资增长的幅度、工作效能的水平等，以此来衡量员工的成长潜质，并协助个人构建更为科学合理的职业发展蓝图。

3.5 企业环境数据

电力企业需要重视宏观调控政策、团队技术素质和基建水准三方面因素，因为这些因素对于企业的人力资源管理有显著影响。从企业环境数据的角度来看，经济效益与员工的薪酬水平、业绩表现密切相关，而宏观政策也会对企业的经营发展模式产生重要影响。依托大数据技术，电力行业可以将错综复杂的信息数据进行整合与解析，为高层管理与决策提供精准的人力资源配置优化建议。

4 大数据在电力企业人力资源管理中的实际应用

4.1 利用大数据进行人力资源规划

在电能行业变革与发展的宏观环境中，必须以经济效益的增长为依据，对不同部门和专业的用人需求进行预判，为电力企业构建一个稳固的人力资源保障体系。针对新技术与新装备的引进，电力网络的架构实施了精进改良，通过统计特性分析、回归分析以及数据挖掘技术等，对企业人员结构进行了详尽的梳理，并据此制定了客观精确的人才配置方案。基于企业发展蓝图与人力配置的目标要旨，综合分析现有人力的数量、素质及组成结构，对各个职位空缺的人才需求进行前瞻性预判，如哪些职务需依托企业内部培养进行完善，哪些职位须要借助招募新员工和员工内部流动来实现需求填补[7]。例如，在电力企业的人力资源管理系统中，人力资源计划是一个非常重要的组成部分，它包括需求分析、技能匹配、现状评估以及离职风险控制等。各个子模块既要相互独立运行，又要与企业的招聘选拔机制、员工培训管理流程、绩效考核制度、薪酬福利制度、企业文化建设等密切联系起来，才能保证信息的共享和资源的高效流转。另外，要使大数据在人力资源管理中的作用最大化，必须要做到各模块间的无缝对接与信息共享。采取这一整合且系

统性强的手段，能够让大数据为企业带来综合的员工资源分析，助力制定更准确、高效的管理决策，既能提升员工资源的管理水平，又能增强企业战略的前瞻能力，从而推动了电力企业的可持续发展。

4.2 利用大数据加强人才选聘与培养

通过校园招聘、内部竞争、组织选拔和内部调任四种方式来补充和优化企业的人力资源管理。在人力资源招募流程当中，可依托大数据技术集合所需人才的各项信息，深入掌握应聘者的全貌，如年纪、教育背景、学科专长、职场履历、获奖与惩罚记录、社会参与程度、技能水平以及职业资质等，并利用大数据手段对这些数据进行深度解析，实现与求职者信息的多维整合，以此精准甄选出合适岗位的优秀人才。这样不但能够减少招聘成本，还能显著提升选拔人员的品质与效率。就拿人才考核来说，通过人才测评，可以让人与岗位之间的匹配度更高，利用人才的力量来推动企业的健康发展。以往，对于人才的鉴别成本较高，但随着大数据技术的运用，这一开支显著减少。根据这些评价结果，企业可以对不同群体的人才实施定制化的培养，大幅度地提高了职员与岗位的适配性，从而优化了企业内部的人才梯队建设。

4.3 完善电力企业的薪酬绩效管理

在人力资源管理领域，构建薪酬绩效管理体系是关键职责之一，与企业的生产率息息相关，能显著提升员工的工作热情。传统的绩效评估主要是基于主观的评估，比如根据考勤、工作态度等一些结构化的基本数据，以及一些非结构化的数据如任务完成率、工作完成质量等，很难对员工对企业的贡献进行客观、全面的评估[8]。针对这一现状，采用大数据、智能系统等手段，深度挖掘企业人力资源管理数据，并对传统薪酬与绩效评价指标体系的作用进行优化。在考核系统中引入定量指标，如工作完成质量、完成度等，能大大提高考核的客观性、精确性。与此同时，通过大数据平台的分享，员工能够对企业薪酬和业绩考核的制度和措施有一个深入的认识，大大提高了他们对企业的忠诚度。比如，人力资源部门可以通过大数据来建立一个定量的业绩评价系统，并将相关的数据输入这个系统中，这样可以增强评价的公平性和客观性，将机会主义、个人主义等主观因素尽可能地降低，让员工对企业的贡献能够直观地体现出来，这样才能更好地体现出员工的工作状况，为差别化的工资分配提供一个公正合理的基础。此外，利用大数据技术对评估指标进行定量化处理，能够减少企业组织架构中的重叠与冗余，使各岗位、各部门的职能更加科学合理，进而提升企业运作效率。

4.4 利用大数据优化组织机构和用工管理

在大数据的背景下，在企业的招聘过程中，员工和企业必须要有明确的职责和义务，建立更加人性化的劳资关系，从员工的工作积极性、态度和价值观等多个层面上达成一致，让员工能够进行自主的管理，加强员工对企业的归属感。基于大数据技术，构建了电力企业人力资源管理的大数据模型，实现了对员工的能力、技能等级的划分。通过这种分级机制，企业可以对员工的发展潜力进行系统性评估，并基于此科学地制定个性化的培养策略。同时，采用大数据技术可以有效地建立人才储备体系，以确保企业内部人才结构的合理性。一方面增强了企业对现有员工的运用效能，另一方面能够对接下来的人力资源需求做出更精确的安排，进而为企业的稳定发展奠定坚实的基础。

5 结束语

在大数据时代背景下，面对日益激烈的市场竞争，传统的人力资源管理体系已经不能适应自身的生存和发展需要，电力企业必须主动应用大数据技术，通过深入分析大数据的定义及其应用价值，针对现阶段电力企业人力资源管理中存在的问题，包括人力资源管理分配机制不健全、人力资源管理机制不健全和缺乏完善考核体系等，探讨大数据在电力企业人力资源管理中的应用内容，在此基础上，将上述研究成果与海量数据进行有效融合，在人力资源规划、人才选拔与培训、薪酬绩效管理等各个环节中进行应用，以期为我国电力企业的人力资源管理提供全面、准确的动态数据，为电力企业的可持续发展提供强大的动力。

参考文献：

[1] 朱涛.大数据技术在电力企业人力资源管理中的运用[J].现代企业文化,2022(29):130-132.
[2] 赵江.电力企业如何在人力资源管理中应用大数据[J].四川劳动保障,2023(11):17.
[3] 赵新宇.基于大数据的电力企业人力资源管理研究[J].文渊(高中版),2021(02):1933.
[4] 唐迪.大数据技术在电力企业人力资源管理中的应用[J].中国信息化,2022(07):84-85.
[5] 黄小蕾.大数据在电力企业人力资源管理中的应用分析[J].广西电业,2023(11):12-15.
[6] 于超,袁琳.大数据技术在电力企业人力资源管理中的运用探索[J].空中美语,2021(12):3743-3744.
[7] 许博.电力企业人力资源管理大数据及其应用分析[J].技术与市场,2020,27(02):201-202.
[8] 潘雯.电力企业人力资源管理大数据及其应用分析[J].消费导刊,2020(06):255.

高速公路路面施工技术要点分析及质量控制

张力维

（张家口市地方铁路管理处，河北 张家口 075000）

摘　要　我国现代道路交通事业快速发展，高速公路工程建设进入新时期，对路面施工技术提出了更高要求，迫切需要立足公路工程项目实际，严格管控施工过程，以保障整体施工质效。基于此，本文首先介绍了高速公路路面施工现状，分析了高速公路路面施工机械组合问题。在该基础上，详细论述了包括沥青混合料确定配合比、拌制、运输、摊铺与碾压等在内的路面施工技术要点，最后结合相关施工经验，分别从施工现场质量管理等方面提出了提高路面施工质量的方法措施，以期为相关人员提供参考。

关键词　高速公路；路面施工；机械组合；沥青混合料；施工接缝

中图分类号：U416　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0079-03

当今社会，经济社会发展活力显著增强，区域经济贸易往来日益密切，高速公路建设节奏持续加快。当前形势下，技术人员应宏观审视高速公路路面施工技术框架，精准把握各项施工技术要点及应用规范，创新工程管理模式，从若干维度提升路面施工质量。

1　高速公路路面施工现状

高速公路是现代道路交通网络体系的关键构成部分，在经济社会高质量发展进程中承担着艰巨使命，只有立足时代背景，强化公路路面施工技术水平，才能充分保障高速公路工程建设效果，满足现代化道路交通运输事业需求。作为高速公路施工的重要内容之一，路面施工的关键作用不言而喻，其施工质量与效果直接关系到高速公路工程整体质量[1]。近年来，国家相关部门高度重视高速公路路面施工技术的创新完善，在细化完善路面施工技术规范，拓展丰富路面施工工艺路径等方面制定并实施了诸多宏观政策，为新时期高质高效推进路面施工提供了重要基础遵循。同时，广大工程单位同样在提高路面抗滑性和抗裂性等方面进行了有益探索，明显延缓了路面早期损坏周期，构建形成了完整成熟的路面施工技术方法体系。尽管如此，受限于沥青混合料路用性能等要素，当前高速公路路面施工技术水平尚有较大提升空间，亟需开展相应技术研究，为提升公路路面施工质量提供基础支持。

2　高速公路路面施工机械组合分析

2.1　拌和设备选择

高速公路路面施工节奏的加快对沥青混合料拌和设备性能产生了迫切需求，应根据工程项目特点，严格选用拌和设备，以满足路面施工工期和工程量要求。根据《沥青混凝土路面施工规范》等要求，利用路面长度、路面宽度、路面层数和开工日系数等基础参数，校验核定拌和设备生产能力，确保其能够满足连续性施工作业要求。提前对拌和设备进行调试维护，排除潜在故障问题，避免因拌和设备运行故障而造成高速公路工程路面施工中断[2]。

2.2　摊铺机与拌合楼组合

摊铺机应具备足够的摊铺能力，拥有满足施工技术规范要求的摊铺速度，且需与拌合楼之间保持良好组合状态。在充分考量高速公路路面铺层厚度、摊铺带宽和沥青混合料密度等条件的基础上，准确计算摊铺机生产率，为摊铺机选型提供基础参考与依据。结合工程项目实际，确保拌合楼具备足够的生产率条件，在技术参数与综合性能等方面为路面施工进展提供可靠保障。调整优化摊铺机与拌合楼组合状态，保持二者整体生产能力相适应。

2.3　压路机与摊铺机组合

现代机械设备性能的优化提升，为高速公路路面施工提供了多类型的压路机，使传统机械设备条件下难以完成的高效化初压、复压和终压施工效果更具实现可能。对此，压路机与摊铺机的优化组合应结合施工技术方案，严格参考一次碾压宽度、碾压路段长度和压路机作业速度等条件，配置型号适宜、性能稳定、数量充足的设备。对压路机与摊铺机组合状态进行动态优化管控，强化日常管理与控制，消除潜在扰动因素影响，保证公路路面施工作业的连续性。

3 高速公路路面施工技术要点及应用

3.1 沥青混合料确定配合比

在当前高速公路路面施工中，沥青混合料配合比直接关系到最终施工效果。根据相应施工技术规范，严格进行目标配合比和生产配合比设计，对沥青混合料各类原材料的使用量和使用比例进行准确校验，将动力黏度、闪点、溶解度和针入度比等技术指标控制在允许范围内，最终确定施工标准配合比。沥青混合料配合比确定后，可采试拌合试铺等方式对配合比预期效果进行试验检测，观察其在特定施工环境下的物理力学状态，并为调整优化拌和温度、拌和数量和操作工艺等提供有效参考[3]。在高速公路路面下乘层施工中，需实现对相应作业面进行清理，提高沥青混合料在作业基面上的黏合效果，并喷洒透层沥青，利用非接触式平衡梁找平装置进行找平。

3.2 沥青混合料拌制

沥青混合料正式拌制前，应按照技术要求进行相应质量检验，所有不符合技术规范要求与工程质量要求的材料一律不得使用。在取样试拌中，准确检测各项相关技术指标，在满足规范要求后，方可进行正式拌和。按照事先确定的配合比，将沥青混合料倒入拌合设备之中进行充分拌和，并根据普通沥青或改性沥青性能状态差异，合理调整最为适宜的加热温度。按照“随拌随用”的方法要求，优化设定每次拌合量，以免拌合量过多而造成粗细集料颗粒离析等状况，防止影响后期摊铺施工效果。控制拌合时间，确保沥青混合料的拌合效果形成均匀状态，不得存在花白、结块或严重离析等状况。对拌合出现的产品质量问题，应及时纠正处理。

3.3 沥青混合料运输

利用车厢干净、吨位达标的专用运输设备将配制拌合完成的沥青混合料运送至指定位置，将每次运输的沥青混合料数量控制在合理范围内。提前考察设定相对平顺的运输通道和路线，设置必要的安全标志标牌。严格控制沥青混合料运输设备行进速度，不得急加速或急刹车，以免出现离析等状况而影响沥青混合料实际性能。做好运输环保防护，对暴露在外的沥青混合料进行覆盖，在防止灰尘污染的同时，减缓温度散失速度。在沥青混合料运送至施工区域时，应由专业技术人员对其温度、性能和外观质量等进行检查，确保质量合格。沥青混合料装卸过程应保持固定入口和固定位置，尤其在卸料时更应缓缓后退，轻踩刹车，杜绝撞击摊铺机。

3.4 沥青混合料摊铺

提前进行放线测量，准确测定摊铺作业具体范围，为设定摊铺机行进方向提供依据。根据高速公路路面宽度等客观条件，合理选择功率相对应的摊铺机进行全幅摊铺或半幅摊铺，严格控制摊铺厚度和路面标高。强化沥青混合料摊铺过程的跟踪检查，及时检查发现摊铺作业中存在的弊端与不足，杜绝使用超温度、花白料或不合格料。以机械摊铺作业为主，配合人工辅助作业方式，采用分级分层摊铺作业方式，将每层摊铺厚度控制在标准范围内，不得盲目求快而影响施工质量。整个摊铺过程应尽量保持均匀摊铺、连续摊铺和不间断摊铺，避免摊铺中断或停顿。去除低于摊铺温度的沥青混合料，结合现场施工作业条件消除摊铺波浪、裂缝或拖痕等。

3.5 混合料的碾压

沥青混合料碾压的过程同时也是构造路面结构的过程，具体碾压效果与高速公路路面荷载效能、抗滑性能和抗裂性能等具有直接关系。对此，应根据沥青混合料摊铺施工进展情况，采用特定型号与功能的摊铺机进行同步碾压。为防止沥青混合料碾压厚度不当，可按照前期试验计算得到的松铺系数，在熨平板下支垫硬木枋。充分发挥碾压机械设备的自动找平功能，在指定位置配置感应监测模块单元，自动采集碾压强度参数信息，以自动调整碾压作业过程，提高路面碾压平整度。将混合料碾压过程细化分为初压、复压和终压等阶段，分别采用不同的碾压作业方法，采用低幅、高频操作方式，控制相邻碾压带之间的重叠幅度。

3.6 施工接缝

现代高速公路路面施工专业性的提高，需要在碾压完成后，及时跟进处理碾压接头。纵观以往高速公路路面施工实际，普遍存在路面施工接缝处理不当的共性问题，不仅容易降低车辆行驶中的舒适性与安全性，还会在长期动荷载作用下诱发形成裂缝、塌陷、龟裂等病害问题。对沥青混合料的接缝区域进行彻底清理，清除附着于此处的各类杂质，提高基面清洁度，并检查混合料松铺是否满足作业要求。采用人工补料或筛细料等方式处理沥青混合料接缝部位的不密实状况，调整优化施工作业工艺，使施工接缝更加平顺、密实[4]。对沥青面层上部和下部构造差异，保持足够的横向接缝错位距离，构造形成平缝连接。检查施工接缝状态，确保满足相关技术参数要求。

3.7 检测相关技术指标

根据《公路工程质量检验评定标准》等技术规范，

选择具有代表性的技术指标，对高速公路路面施工质量进行检测评估，精准查找路面结构中存在的缺陷与不足，并及时采取有效技术措施进行处理。在实践中可用到的专业检测技术方法多种多样，比如，可采用针入度仪或软化点仪等专业工具，按照特定抽样频率对沥青混合料的针入度或软化点等进行专业检测，全面获取与之相关的技术参数，为优化调整沥青混合料用量提供依据。再如，对于铺筑完成的路面结构，可采用钻取样芯等方式对各类面层结构强度、硬度和刚度等条件进行检测，将测定值与标准值进行对比分析，使相应偏差幅度符合要求。

4 提高高速公路路面施工质量的方法措施

4.1 做好施工原材料备料

施工原材料备料是高速公路路面施工的重要环节，关系到路面施工能否按照预定工期完成。路面施工所需用到的施工原材料种类较多，比如碎石、石屑、水泥、钢筋和沥青等，不同的原材料在性能指标、技术参数与处理方式等方面存在明显差异，应按照专业技术规范予以逐项检验检测，保持为路面施工提供连续供料保障[5]。结合高速公路工程所处环境，在施工作业特定范围内设置专门备料区域，灵活采用定点采购、自采结合和自行加工等方式获取各类原材料。合理划分路面施工工序，保持各工序间的连续衔接，确保重点工序环节施工质量。

4.2 施工现场质量管理

影响高速公路路面施工质量的因素众多，需要健全完善的施工现场质量管理规范，明确不同施工作业内容的具体质量要求，排除干扰因素影响。在现场温度控制方面，可结合路面施工时的自然环境温度，调整沥青混合料温度，提高混合料和易性，使其能够与基面实现有效黏合，起到路面压实的作用。在沥青混合料级配质量管理方面，则应重点关注筛孔通过率等技术参数，提高作业人员操作技能，严格落实施工技术规范要求。科学安排各工序与各工种之间的顺序关系，保持对施工进度的弹性监控，构建网络工序路线，防止工期拖延。

4.3 路面压实度和平整度控制管理

高速公路路面压实度和平整度是评价施工成效的两项重要指标，需在施工过程中予以严格控制管理。一方面，可采用共享芯样数据的方式，按照特定频率对路面结构压实度参数进行检测分析，分别测定其静态压实度和动态压实度，对不同荷载强度下形成的外部应力进行仿真模拟，绘制路面压实度移动变化质控限控制图，准确识别压实度是否达到技术规范要求。另一方面，可有效引进更加先进的碾压施工设备和工艺，采用胶轮压力机和钢轮压路机相结合的方式进行同步碾压，并采用双控标准对路面平整度做出优化判断分析。

4.4 优化运用施工中的信息技术

现代信息技术发展革新进程加快，赋予了高速公路路面施工质量管理更为多元化的工具手段。从信息技术动力机制出发，在路面施工多个环节范围内保持动态交互，满足多施工主体工作的协同需求、信息共享需求、知识存储需求和决策支持需求等。整合计算机技术、智能技术、数据库技术、网络技术和通信技术等，将高速公路路面施工中的材料信息、技术参数信息、质量评估信息等各类分散信息进行集中统一管控，构建基于信息技术平台的施工管理模式[6]。准确记录路面施工质量信息，动态反馈施工信息超出额定偏差范围的干扰原因，辅助施工技术决策。

5 结束语

受工程环境、工程材料与现场管理等要素影响，当前高速公路路面施工中依然存在诸多短板与不足，不利于取得最优化的施工效果。因此，技术人员应摒弃传统陈旧的高速公路路面施工模式限制，优化整合有限的技术资源要素，建立健全基于全流程的路面施工框架规范，选择性能指标符合要求的原材料，密切跟进做好现场管理与指导，引入信息化与智能化的施工管理系统，精准校核各项技术参数，为全面优化提升高速公路路面施工成效奠定基础，为促进道路交通事业现代化贡献力量。

参考文献：

[1] 龙云霄 . 高温多雨地区高速公路沥青混凝土路面施工关键技术研究 [J]. 交通世界 ,2024(08):89-91.
[2] 李剑平 . 高速公路沥青混凝土路面上面层关键施工试验控制技术 [J]. 散装水泥 ,2024(01):102-104.
[3] 陈思艳 . 高速公路养护施工中沥青路面技术状况预测方法研究 [J]. 科技创新与应用 ,2024,14(06):132-135.
[4] 靳理振 . 滑模摊铺施工技术在高速公路水泥混凝土路面中的应用 [J]. 工程建设与设计 ,2023(20):138-140.
[5] 沈冰 , 蒋文权 . 对高速公路施工中工程质量管理的几点思考 [J]. 重庆交通学院学报 ,2006(B06):119-121.
[6] 覃军红 . 高速公路沥青混凝土路面施工技术要点探讨 : 以高东高速公路路面工程为例 [J]. 工程技术研究 ,2023,08(08):83-85.

高速公路沥青路面施工质量控制与耐久性分析

张 伟
（山东省路桥集团有限公司，山东 济南 250013）

摘 要 本文指出通过严格的质量控制措施，可以有效提升沥青路面的耐久性，减少施工缺陷，延长路面使用寿命。原材料的质量控制对保证沥青混合料的工作性和机械性能至关重要；施工设备的精确使用和工艺的标准化执行，有助于形成均匀一致的沥青层，提高路面的密实度和抗变形能力；施工环境的有效监控则可以减少环境因素对施工质量的不利影响。耐久性评价指标体系的建立和定量分析方法的应用，为沥青路面的性能评估和长期预测提供了科学依据。

关键词 高速公路；沥青路面；施工质量控制；耐久性
中图分类号：U416 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0082-03

施工质量控制是沥青路面工程中的重要环节，它涉及材料选择、混合设计、施工工艺、施工环境控制等多个方面，因此对施工过程中的质量控制进行深入研究，对于提高沥青路面的整体性能具有重要意义。耐久性分析则是对沥青路面在长期使用过程中性能退化的预测和评估，而且耐久性不仅取决于材料本身的性质，还受到交通荷载、环境因素、施工工艺等多种因素的影响，通过对沥青路面耐久性的系统分析，可以为工程设计提供科学依据，为维护策略制定提供指导。

1 高速公路沥青路面施工质量控制的理论基础

1.1 沥青材料的基本特性

沥青材料的基本特性对施工质量控制至关重要。沥青是一种黏弹性材料，具有良好的黏结性、感温性、感压性以及抗老化和抗疲劳特性，这些特性决定了沥青路面的承载能力、耐久性和稳定性。沥青的软化点、针入度、延度等指标是评价沥青质量的关键参数，它们直接影响到沥青混合料的工作性和路面的使用寿命，因此在施工前，必须对沥青材料进行严格的检测和筛选，确保其满足相关技术规范的要求。

1.2 沥青路面结构设计原理

沥青路面结构设计原理是施工质量控制的基石，它涉及路面结构的组成、材料选择、层厚设计以及施工工艺等多个方面。沥青路面结构通常由沥青层、基层和底基层组成，其中沥青层是路面的表面层，直接承受车辆荷载和环境因素的作用，因此需要具备良好的承载能力、耐久性和稳定性，而基层和底基层则起到支撑沥青层的作用，同时需要具备良好的排水性和抗变形能力。沥青材料需要具备良好的粘附性、延展性和抗老化性能，以适应不同的气候条件和交通荷载，并且骨料的选择则需要考虑其物理性质和化学性质，以确保沥青混合料的强度和耐久性。层厚设计是沥青路面结构设计中的另一个重要环节，合理的层厚设计可以确保路面结构的稳定性和耐久性，同时也可以控制工程成本，而且层厚的确定需要综合考虑交通荷载、材料性能、施工工艺和环境条件等因素。正确的施工工艺可以确保沥青混合料的均匀性和密实性，从而提高路面的承载能力和耐久性，施工过程中需要严格控制沥青混合料的拌合、运输、摊铺和压实等各个环节，以确保施工质量。此外，温度、湿度、紫外线等环境因素会影响沥青材料的性能和施工工艺的效果，因此在施工过程中需要根据环境条件合理选择施工时间和施工方法。

1.3 施工过程中的关键质量控制点

在高速公路沥青路面施工过程中，关键质量控制点是确保施工质量满足设计和规范要求的重要环节，施工过程中的质量控制涉及多个方面，包括原材料的质量控制、混合料的配比设计、施工机械的选用、施工工艺的执行以及施工环境的监控等。原材料的质量控制是基础，涉及沥青、骨料、填料等的物理和化学性质检验。只有合格的原材料才能保证混合料的性能满足要求，混合料的配比设计需要根据路面结构设计和交通荷载预测来确定，以保证沥青混合料的工作性、机械性能和耐久性。施工机械的选用直接影响到施工效率和路面施工质量，合适的摊铺机、压路机等设备能够提高施工的均匀性和密实度。施工工艺的执行包括摊铺温度、压实度、接缝处理等关键工艺参数的控制，这些参数直接关系到路面的平整度、密实度和耐久性[1]。

2 高速公路沥青路面施工质量控制方法

2.1 原材料的质量控制

沥青路面的原材料主要包括沥青、骨料、填料等，它们是构成沥青混合料的基本成分，沥青作为黏合剂，其质量和性能直接影响路面的耐久性和稳定性；骨料作为沥青混合料的骨架，其质量和级配决定了混合料的机械强度和耐久性；填料则用于改善沥青混合料的施工性能和提高路面的抗变形能力。在原材料的质量控制中，必须对沥青的针入度、软化点、黏度等指标进行严格检测，以确保其满足设计要求和规范标准。骨料的质量控制则需要关注其物理性能和化学成分，包括骨料的粒径、级配、含水量、含泥量等，以保证骨料的强度和耐久性。填料的质量控制则需要检测其细度、塑性指数等，以确保填料能够与沥青充分结合，提高混合料的整体性能。

2.2 施工设备与工艺的控制

在高速公路沥青路面施工中，施工设备是实现高质量沥青路面施工的基础，包括摊铺机、压路机、沥青混合料搅拌站等，这些设备的选型、性能和维护状况直接影响到施工的效率和路面的质量，摊铺机的精准摊铺能力、压路机的压实效果以及搅拌站的均匀混合能力都是施工过程中需要严格控制的关键因素。摊铺机的调整和校准对于保证沥青层的厚度和平整度至关重要，因此压路机的合理选择和正确使用则关系到沥青路面的密实度和耐久性，而且沥青混合料搅拌站的自动化控制和精确计量系统保证了混合料配比的一致性和准确性，这对于沥青路面的整体性能至关重要。施工工艺的控制涉及施工流程的每一个环节，包括混合料的运输、摊铺、压实和接缝处理等。混合料的运输过程中需要控制运输时间和温度，防止沥青老化和性能下降。摊铺过程中要控制摊铺速度和厚度，确保沥青层的均匀性和一致性。压实工艺需要根据沥青混合料的类型和施工条件选择合适的压实方法和压实遍数，以达到规定的压实度[2]。

2.3 施工过程的实时监控技术

在高速公路沥青路面施工过程中，实时监控技术能够对施工过程中的关键参数进行即时监测和调整，从而预防质量问题的发生，提高施工效率和路面质量，而且实时监控技术包括对沥青混合料的温度控制、摊铺厚度和压实度的监测等。沥青混合料的温度是影响施工质量的关键因素之一，因为温度直接影响到沥青的粘合力和混合料的工作性能，通过使用温度传感器和实时数据采集系统，施工团队能够确保混合料在整个运输和摊铺过程中保持在最佳温度范围内。摊铺厚度的监控同样重要，它直接关系到路面的耐久性和承载能力，现代摊铺机通常配备有自动找平系统，能够根据预设的厚度参数自动调整摊铺高度，同时，通过安装在摊铺机上的激光或超声波传感器，可以实时监测并调整摊铺厚度，确保路面的均匀性和一致性。压实度是衡量沥青路面施工质量的另一个重要指标，它关系到路面的稳定性和抗变形能力，通过使用压实度检测设备，如核子密度仪或压实度传感器，施工团队能够实时监测各层的压实情况，并及时调整压路机的工作参数，确保达到设计要求的压实度。

2.4 施工人员的技能与管理

在高速公路沥青路面施工中，施工人员的技能直接影响到施工的各个环节，包括材料处理、设备操作、工艺执行等，因此，提升施工人员的专业技能和操作水平是提高施工质量的重要途径。施工人员应接受定期的专业培训，以掌握最新的施工技术和设备操作方法，培训内容应涵盖沥青路面施工的理论知识、施工规范、安全规程以及环保要求等。在管理层面上，建立一套完善的施工人员管理体系至关重要，包括明确施工人员的职责分工、制定严格的施工操作流程、实施有效的监督和激励机制等，通过明确的职责分工，可以确保每个施工人员都清楚自己的任务和要求，从而提高工作效率和质量，而且严格的操作流程有助于规范施工行为，减少人为错误。有效的监督和激励机制能够鼓励施工人员遵守规范，提高工作积极性[3]。

3 高速公路沥青路面耐久性分析方法

3.1 耐久性评价指标体系

高速公路沥青路面的耐久性是衡量道路工程长期性能的关键指标，它直接关系到道路的使用寿命和维护成本，而且耐久性评价指标体系的建立，旨在全面评估沥青路面在各种环境因素和交通荷载作用下的性能表现。耐久性评价指标体系通常包括多个方面，如抗变形能力、抗裂性、抗水损害能力、抗老化性能等。抗变形能力主要评价路面在重复交通荷载作用下的稳定性，反映路面抵抗永久变形的能力。抗裂性则关注路面抵抗裂缝扩展的能力，包括温度裂缝和反射裂缝等。抗水损害能力涉及路面在水的作用下保持完整性的能力，包括抗水渗透和抗冻融破坏等。抗老化性能则评价沥青材料在长期环境作用下保持性能稳定的能力。这些指标的确定需要综合考虑沥青路面的使用环境、交通特点、材料特性以及施工技术，通过对这些指标的定量分析和评价，可以对沥青路面的耐久性能

进行全面的评估。例如，通过路面性能测试、现场调查和实验室试验等手段，可以获得关于路面耐久性的实证数据，进而对指标体系进行量化。

3.2 耐久性影响因素的定量分析

在高速公路沥青路面耐久性分析中，耐久性影响因素的定量分析是一个关键步骤，它涉及对影响沥青路面长期性能的各种因素进行系统的测量和评估，这些因素包括交通荷载、环境因素、材料特性以及施工质量等。交通荷载是影响沥青路面耐久性的主要因素之一，车辆的重量、速度和轴配置都会对路面产生不同程度的荷载效应，导致路面结构的疲劳和永久变形，通过交通量调查和轴载模型分析，可以定量评估交通荷载对路面的影响。环境因素，如温度、湿度、降水和紫外线等，也会对沥青路面的耐久性产生显著影响，其中温度变化会引起沥青材料的热胀冷缩，湿度和降水可能导致水损害，而紫外线会加速沥青的老化，通过气候数据收集和环境暴露试验，可以定量分析这些环境因素对沥青路面性能的影响[4]。

3.3 耐久性模拟与预测方法

在高速公路沥青路面耐久性分析中，耐久性模拟与预测方法是评估路面性能随时间变化的重要工具，这些方法允许工程师模拟沥青路面在预期使用期限内的表现，并预测可能出现的损坏模式和性能退化。耐久性模拟通常基于材料的力学响应和损伤累积理论，通过数学模型来描述沥青材料在交通荷载和环境因素作用下的响应，这些模型可以是确定性的，也可以是概率性的，用以模拟路面结构的应力、应变以及由此产生的损伤过程。预测方法则依赖于模拟结果，通过统计和机器学习技术来预测路面的剩余寿命和性能退化趋势，这些方法可以基于历史数据和案例研究，建立性能退化模型，从而对路面的耐久性进行长期预测。为了实现精确的模拟和预测，需要收集和分析大量的现场性能数据，包括交通量、车辆类型、气候条件、路面结构和材料特性等，这些数据为模型提供了输入参数和验证基准。此外，现代信息技术，如建筑信息模型（BIM）、大数据分析和人工智能（AI），在耐久性模拟和预测中发挥着越来越重要的作用，这些技术能够处理和分析复杂的数据集，提高模拟的准确性和预测的可靠性[5]。

4 高速公路沥青路面施工质量与耐久性的关系分析

在高速公路沥青路面施工中，质量控制措施对提升耐久性起着至关重要的作用，通过实施严格的质量控制措施，可以确保施工过程中各个环节的质量达到设计和规范要求，从而提高路面的耐久性。质量控制措施包括对原材料的严格筛选和检测，确保沥青、骨料和填料等满足质量标准，这有助于保证沥青混合料的工作性和机械性能，为路面的耐久性打下良好基础，同时施工设备的定期维护和校准也是质量控制的重要组成部分，能够确保施工过程中摊铺和压实作业的精确性和一致性。施工工艺的标准化和规范化同样对提升耐久性至关重要，包括混合料的准确配比、适宜的摊铺温度、正确的压实方法和工艺参数的严格控制，这些措施有助于形成均匀一致的沥青层，提高路面的密实度和抗变形能力，从而延长路面的使用寿命。此外，施工过程中的环境监控也是提升耐久性的关键，通过实时监测温度、湿度等环境因素，并根据监控结果调整施工计划和方法，可以减少环境因素对施工质量的不利影响。

5 结束语

通过全面分析高速公路沥青路面施工质量控制的理论基础、关键控制点、施工方法以及耐久性评价和预测技术，揭示了施工质量与路面耐久性之间的密切联系，并且强调了从原材料选择、施工设备与工艺控制，到施工过程的实时监控和人员技能管理，每一个环节都是确保沥青路面施工质量、提高路面耐久性不可或缺的部分。通过对沥青材料基本特性的深入理解，以及对路面结构设计的科学规划，可以为施工质量控制提供坚实的基础，同时施工过程中的质量控制措施，如原材料的严格筛选、施工设备的精确使用、施工工艺的标准化执行，以及环境因素的有效监控，都是提升路面耐久性的关键因素。此外，耐久性评价指标体系的建立和耐久性影响因素的定量分析，为沥青路面的性能评估和预测提供了科学的方法和工具，而且耐久性模拟与预测方法的应用，使得工程师能够更准确地评估路面的长期性能，并制定相应的维护和修复策略。

参考文献：

[1] 王磊，钟晓珍. 公路工程耐久性沥青路面施工关键技术[J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术，2023(02):66-69.

[2] 魏伟. 高速公路沥青路面养护施工技术与质量控制分析[J]. 运输经理世界，2023(27):19-21.

[3] 魏靖. 公路改建工程沥青路面施工技术与质量控制措施分析[J]. 中国科技期刊数据库工业A，2022(03):166-168.

[4] 杨晨. 高速公路沥青路面施工质量动态控制技术分析[J]. 科技资讯，2022(02):77-79.

[5] 董玲. 关于高速公路沥青路面施工质量动态控制技术探析[J]. 现代物业，2022(17):76-78.

水利水电工程施工质量影响因素及控制措施研究

李 烨，陈永明

（福州城区水系联排联调中心，福建 福州 350009）

摘 要 水利水电工程是关乎国计民生的重要基础设施，具有调节水资源、发电、防洪、灌溉等多重功能。随着全球气候变化和人口增长，水资源的合理开发与利用变得尤为关键。本文探讨了影响水利水电工程施工质量的多个关键因素，包括设计因素、材料选择、施工工艺、质量管理与控制、环境与安全因素，通过分析这些关键因素对工程质量的影响，提出有效的质量管理体系和质量检测方法，以期对确保工程高质量建设有所裨益。

关键词 水利水电工程；设计因素；材料选择；质量管理

中图分类号：TV5 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0085-03

水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分，在保障能源供应、促进区域经济发展以及改善民生方面发挥着至关重要的作用。然而，随着工程规模的不断扩大和功能的日益复杂化，施工质量问题逐渐成为制约水利水电工程可持续发展的关键因素。施工质量直接关系到工程的安全、效益和寿命，是衡量工程成功与否的重要标准。因此，深入研究水利水电工程施工质量的影响因素，探索有效的质量管理体系和控制方法，对于提升工程品质以及保障工程安全具有重要意义。

1 水利水电工程质量影响因素

1.1 设计因素的细分

设计因素在水利水电工程施工质量中占有举足轻重的地位，不仅包括了基础设计准则和参数的选取，也涵盖了多种工程专业设计的整合，如结构设计、水力设计以及电气设计等。在基础设计准则方面，对国内外现行的设计标准和准则进行深入分析和对比是至关重要的，确保工程设计具备前瞻性和可持续性。设计参数的选取需要综合考虑地质等多个因素，确保其科学性和准确性。多专业设计整合是一个复杂而微妙的过程，涉及多方面的知识和技能。例如，在结构设计中，使用高性能材料和先进的计算模型可以显著提高结构的稳定性和耐久性。水力设计需要精确地模拟和计算水流动态，最大限度地提高水电站的发电效率。电气设计则需考虑到设备的可靠性和安全性、与其他系统的兼容性。

1.2 材料选择及其影响

在水利水电工程中，材料选择对施工质量有着至关重要的影响，既是工程成功与否的决定性因素，也直接关系到工程的经济效益和持久性。从基础建材如混凝土、钢材，到特殊材料如高性能复合材料等，每一种材料的性能特点都会在不同程度上影响工程的安全性、耐久性和功能性。混凝土的组成比例、质量和施工工艺对于结构稳定性有着显著的影响，而钢材的种类和质量则决定了工程结构在面对各种外界压力时的承载能力。高性能复合材料由于其出色的力学性能和环境适应性，被广泛应用于特殊环境和高要求场合，如水库大坝和涵洞结构。材料选择还需要考虑到地域和环境因素。例如，在有腐蚀性环境或高湿度条件下，应优先选择具有良好耐腐蚀性和防潮性的材料。这样的选择不仅能够提升工程质量，也有助于降低维护成本和延长工程寿命。值得注意的是，不合适的材料选择会导致工程质量问题甚至事故，如使用劣质混凝土会引发结构裂缝，进而影响整个工程的稳定性。

1.3 施工工艺与方法

施工工艺与方法在水利水电工程施工质量中起到核心的作用，这涉及施工过程中的具体操作，包括但不限于土石方工程、混凝土施工以及钢筋作业等。土石方工程是基础施工的重要部分，其质量直接影响到整个工程的稳定性和安全性。在土石方施工中，采用先进的挖掘和压实技术，高精度的测量和控制系统，是提高工程质量的关键。混凝土施工是另一个重要环节，它不仅需要高质量的原材料和合适的配合比，还需要合适的浇筑、养护和检测方法，确保混凝土达到预定的强度和耐久性。在钢筋作业方面，选择合适的

钢筋种类和规格，精确的弯曲和切割技术，都对提高工程结构的承载能力和抗震性有着至关重要的作用。电气安装和水力系统集成则需要严格的质量控制和精确的工艺流程，确保系统的可靠性和高效性，包括选用高性能的电气元件和水力设备，采用先进的自动化和信息技术来实现系统的优化控制。

2 水利水电工程施工质量管理与质量控制

2.1 质量管理体系的构建

在水利水电工程领域中，质量管理体系的构建是确保施工质量达到预定标准和长期稳定性的基础。一个全面而高效的质量管理体系通常包括计划、执行、检查和改进（PDCA）四个主要环节，与之相关的一系列制度、规程和操作指导。在计划阶段，需要明确质量目标和质量标准，制定相应的质量方案和资源分配计划。这通常涉及多方面的因素，包括但不限于工程规模和法规要求。在执行阶段，需要按照质量方案和标准进行具体的施工操作，同时确保所有参与人员都具备必要的质量意识和操作技能[1]。

质量检查是确保工程质量的核心步骤，涵盖原材料检验、中间产品检验和完工验收。原材料检验保证施工材料的质量，中间产品检验在施工各阶段进行质量控制，而完工验收确认最终工程质量，涉及全面的检测和评估。结合六西格玛等前沿质量管理理念和方法，可提升质量管理水平，确保工程质量。

2.2 质量检测技术与方法

质量检测技术与方法在水利水电工程的质量管理体系中占有举足轻重的地位，其精度和可靠性直接影响到工程质量的评估结果和后续改进措施。在质量检测中，采用多种检测技术和方法通常是常见的做法，满足不同施工阶段和不同工程元素的检测需求。这些技术和方法包括但不限于非破坏性检测和数据分析等。

非破坏性检测技术，如超声检测和红外热像检测，能够在不影响工程结构和功能的前提下，对工程质量进行准确和高效的评估。这些技术尤其适用于对混凝土结构、钢筋连接和焊缝等关键部位的质量检测。高精度测量技术，比如激光扫描和全站仪测量，可以提供高度精确的尺寸和位置数据，能够确保工程元素的精确安装和对接。材料性能测试则主要关注原材料和中间产品的力学性能和环境适应性，通常涉及复杂的实验室测试和现场试验。

2.3 质量改进策略

质量改进策略在水利水电工程的全生命周期中扮演着至关重要的角色，它们在优化工程的各个方面，从设计和施工到运营和维护。有效的质量改进策略通常基于深入的数据分析和全面的问题诊断，在整个工程流程中找到质量不足和潜在的风险点。一种常见的策略是采用“根本原因分析”（RCA）来识别质量问题的底层因素，从而提供针对性的解决方案[2]。

准确识别问题和原因后，关键在于采取针对性的改进措施，如调整设计参数、改进施工技术、优化材料选择和质量管理流程。利用“六西格玛”和“精益生产”等质量管理方法，以及“质量功能展开”（QFD）、“故障模式和影响分析”（FMEA）等工具，可以为改进提供指导。建立持续改进文化和机制至关重要，需要组织内部跨部门合作，如通过质量改进小组促进信息共享和协同工作，加快改进进程。

3 环境与安全因素

3.1 环境评估方法

环境因素在水利水电工程中具有显著的重要性，不仅因为它们会影响工程自身的可持续性，还因为它们与工程质量和法律合规性有着密切的联系。环境评估方法作为确定工程对环境影响程度的关键步骤，具有多样性和复杂性，通常包括生态系统评估和地下水评估以及社会经济评估等多个子领域。

生态系统评估通常涉及对局部和全局生态平衡的影响分析，其中包括生物多样性、土地利用变化等多个评估指标。水质和水量评估主要关注水源的可持续性和质量，以及工程对下游生态系统和人类活动产生的影响，通常涉及详尽的水文模型分析和长期监测计划。土壤和地下水评估则着重于工程对土壤结构和地下水水位等因素的影响，这些通常通过地理信息系统（GIS）和土壤采样分析等方法来进行。社会经济评估则从更广泛的角度考虑工程对周围社区和更大区域的影响，确保所有潜在影响和利益得到充分考虑。

3.2 安全管理与风险控制

安全管理与风险控制在水利水电工程中占有举足轻重的地位，因为它们直接关联到工程质量、工人生命安全以及工程的社会和经济影响。在建设和运营阶段，安全管理通常涉及多个方面，包括工程安全和环境安全。而风险控制则是一个更为复杂的概念，它包括对潜在威胁的识别、评估和应对，这些威胁源自自然因素（如地震与洪水等）、技术因素（如设备故障等）或人为因素（如破坏等）。

在安全管理方面，一般会采用层次化的管理体系，

包括安全政策和安全操作程序等多个组成部分。这种体系通常基于国际和国内的安全标准，如ISO 45001或相应的国家标准，以及行业最佳实践。这些管理体系能够持续改进并适应不断变化的工程环境和社会需求[3]。

风险控制则通常采用更为科学和量化的方法，如故障树分析（FTA）和蒙特卡洛模拟等，识别和评估各种潜在风险及其后果。一旦风险被准确识别和量化，接下来就是采取相应的预防和应对措施，包括技术改进以及责任和权力的明确分配等。

4 案例分析与实践建议

4.1 案例的选择标准

本文选择小坑水电站作为案例进行分析，是因为该项目在多个关键方面具有代表性和教育意义。作为一个中型水电项目，它的规模适中，既能提供充分的分析数据，又不至于因过于庞大而难以掌控。地理位置在偏远山区，给施工带来了特殊的挑战，如地形崎岖和交通不便，这些对施工材料的运输和设备的部署造成了极大的挑战。

小坑水电站的工程目标是发电和防洪，具有双重功能，预计能为邻近地区提供稳定的500兆瓦电力供应，凸显了工程的重要性和对当地社会经济发展的积极影响。在结构设计上，这座100米高的混凝土重力坝需要高标准的施工技术和质量控制，确保其能承受高水压和潜在地震活动，保障工程的安全性和稳定性。环境与社会因素也是选择此案例的重要考虑点。在施工过程中必须考虑气候变化和生态保护，反映了现代水利水电工程对环境保护的重视，也是项目能否获得社会支持和长期成功的关键。前期准备工作的充分性也是选择小坑水电站案例的一个重要因素。项目团队已经进行了地质勘探影响评估，并获得了必要的施工许可，这些工作为项目的顺利进行和成功应对出现的各种挑战打下了坚实的基础。

4.2 施工质量问题案例

在小坑水电站的施工过程中，混凝土浇筑是关键环节之一，对于大坝这样的结构，混凝土的强度至关重要。在施工过程中出现了问题，部分混凝土样本在硬化后未能达到设计所要求的强度标准[4]。这一问题的出现由多种因素造成，在材料因素方面，水泥作为混凝土的主要胶结材料，质量的稳定性直接影响混凝土的强度发展。在本项目中，由于供应商的批次水泥质量波动或存储运输过程中的问题，导致了水泥性能的不一致，进而影响了混凝土的强度。工艺因素也不容忽视，混凝土的配比是确保其达到设计强度的关键，水灰比等都需要严格控制。在浇筑过程中，如果混凝土配比不准确或搅拌不均匀，导致混凝土强度不达标。

4.3 基于案例的改进建议

在面对混凝土强度不达标的问题时，材料管理和工艺改进显得尤为关键。通过建立严格的材料采购和检验流程是确保施工质量的基础，这意味着从源头上对所有进入工地的材料进行质量把控，包括水泥等。

在工艺改进方面，混凝土配比的优化是提升混凝土强度的关键。通过实验室试验，根据实际材料的性能，如水泥的强度等级的粒径和形状以及环境条件，调整混凝土的水胶比和配合比，确保混凝土拌合物具有良好的工作性和强度潜力[5]。

混凝土浇筑过程中的工艺控制同样重要，采用先进的浇筑技术，如泵送混凝土，可以提高混凝土的均匀性和密实度。同时对浇筑速度和浇筑高度进行严格控制，避免混凝土离析和冷缝的产生，对于混凝土强度的稳定增长至关重要。

5 结束语

在水利水电工程中，施工质量受到多种因素的影响，其中包括设计等方面。针对这些影响因素，采取有效的控制措施和改进策略是确保工程成功的关键。设计因素是工程质量的基础，需要深入分析并遵循国内外的设计标准和准则，确保工程设计的前瞻性和可持续性。设计参数的选取必须科学准确，同时需要整合多专业设计，使用高性能材料和先进计算模型。通过建立严格的材料采购和检验流程、优化混凝土配比，用先进的浇筑技术和严格的养护措施，可以显著提升施工质量，减少质量风险，确保水利水电工程的长期稳定性和安全性。

参考文献：

[1] 李婷婷.水利水电工程施工质量控制的要点研究[J].建筑与预算,2022(09):31-33.
[2] 王络.水利水电工程施工质量控制策略研究[J].居舍,2022(04):130-132.
[3] 李辉,李川,夏晓庆.水利水电工程施工质量管理探究[J].科技创新与应用,2020(22):189-190.
[4] 符艳华.水利水电工程施工质量综合评定与激励系统研究[D].长沙:长沙理工大学,2020.
[5] 李小安.化工安全生产风险控制的关键技术[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(09):190-192.

山区高速公路隧道施工安全管理的问题及对策研究

寇　洪

（四川公路桥梁建设集团有限公司大桥工程分公司，四川 成都 610000）

摘　要　施工安全管理是专门针对施工过程的安全保障体系。该体系侧重于利用科学的方法，确保施工过程的安全性，从而有效预防施工中的各种事故。本文聚焦于山区高速公路隧道施工的安全管理问题及对策，主要探讨制定针对性的施工方案、建立施工监控体系、改善施工现场环境等策略，目的是减少施工过程中的事故发生率，提高施工安全水平，为类似工程提供参考。

关键词　山区高速公路；隧道施工；安全管理

中图分类号：U45　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0088-03

在当前的基础设施建设浪潮中，山区高速公路隧道的施工能够促进偏远地区的经济发展，还有助于优化整个区域的社会经济结构。然而，山区高速公路隧道的施工因其特殊的地理条件而具有较高的施工风险。因此，施工团队需要研究如何解决山区高速公路隧道施工的安全管理问题，保障工程质量。

1　山区高速公路隧道施工安全管理工作中存在的问题

1.1　地质条件复杂

在山区高速公路隧道施工安全管理工作中，存在多种问题，其中地质条件的复杂性是主要挑战。山区地形特殊，地质状况多变，不同硬度的岩层交替出现，使得施工过程中难以预测。此外，陡峭的坡度、狭窄的施工空间等山区的特殊地形条件，会进一步增加施工的技术难度。地质条件的复杂性，使施工中经常出现地面沉降、岩爆等现象，进而严重威胁到施工人员的生命安全。在隧道开挖过程中，施工团队未能有效预测地质条件的变化，可能会引发突水突泥等灾害，对施工安全构成极大威胁。随着施工深度的增加，地下应力的变化和地质条件的不确定性，会严重威胁施工人员的生命安全。

1.2　技术设备落后

施工技术与设备落后的问题主要源于资金投入不足。在山区施工环境中，对高精尖设备的需求迫切，然而，由于经费限制，更新设备的频率低，导致使用的机械设备无法满足施工的安全要求。此外，施工队伍中缺乏专业培训，技术人员对现代化施工技术的掌握不足，无法充分利用现有技术资源，使得施工过程中遇到的技术难题难以得到有效解决。技术的落后不仅会降低施工效率，还会极大地增加施工过程中的安全风险。老旧的设备容易发生故障，增加施工事故的发生概率[1]。技术落后还导致施工方案不能精确制定，施工措施难以针对性解决地质等环境因素带来的挑战，从而影响整个项目的安全管理水平。

1.3　施工环境恶劣

施工环境恶劣的问题源于山区地形复杂、气候条件多变等。山区地形的崎岖不平为施工带来极大的困难，施工团队需在狭窄的山谷上进行大规模的挖掘。此外，频繁的降雨、雾气等山区气候变化，使得施工现场的视线受阻，进而增加施工过程中的不确定性。施工环境的恶劣直接导致滑坡、泥石流等施工安全事故的风险增加。恶劣环境下的施工作业要求施工人员长时间面对极端气候条件，不仅影响施工进度，还可能导致劳动者健康问题。由于环境因素的影响，施工设备的维护成本增加，设备故障率高，进一步加剧施工难度。

1.4　施工监管不足

施工监管不足的问题主要源于监管体系不完善。监管团队因为地理的限制，难以对施工现场进行频繁的检查，导致施工标准的执行力度不足。应急响应机制也因远离市中心地区，而难以迅速有效地调动必要的救援资源。施工现场在远山区的位置造成信息传输滞后，当紧急情况发生时，响应速度缓慢，处理措施延迟[2]。监管上的薄弱，会增加事故发生时的损害程度，可能导致人员伤亡的情况加剧。此外，缺乏有效监管

还可能导致施工质量问题，进一步延误工程进度。

2 山区高速公路隧道施工安全管理策略

2.1 制定针对性的施工方案

施工团队要根据详尽地质勘探所获取的数据，针对地质特性的多样性，设计符合特定地质环境需求的施工方法。此方案能够减少由地质不确定性引起的施工风险，提高施工效率。施工团队实行此方案的主要目标是确保施工过程中的人员安全，避免地质意外对项目进度造成负面影响。施工团队制定符合实际地质条件的施工方案，可以有效预防因地质问题引发的安全事故。施工开始阶段，施工团队会投入大量资源全面调查地质条件，分析得到的地质数据，以指导后续施工方案的制定。在此基础上，团队将设计一系列适应具体地质环境的施工方法，施工团队可以在岩石稳定性差的区域采用增强支撑的技术，或在水文条件复杂的区域采用特殊的防水措施。此外，团队还将建立动态的风险评估机制，以应对施工过程中可能出现的各种意外情况，从而确保施工的顺利进行。整个实践思路注重策略的适应性，确保在面对不断变化的施工环境时，能够快速调整方案，最大化地降低风险，保障施工的安全。

在山区高速公路隧道施工中，针对地质条件复杂的情况，施工团队需要设计适合特定地形和地质的施工技术。以山区岩石稳定性差的区域为例，本施工方案的目标是增强岩石的支撑力来防止可能发生的岩层滑动，确保施工过程中的工作安全。在实施中，施工团队先进行详细的地质勘探，使用地震反射和钻探技术来获取岩石的硬度、裂缝的分布等岩石的具体特性。根据详尽的地质数据，团队制定涵盖钻孔、注浆的技术方案。在岩石稳定性差的区域，施工团队采用高强度的钢筋网对岩体进行加固，以防止岩石的进一步破碎[3]。此外，施工团队还特别设计水文调控措施，安装排水管，以管理地下水流，防止水土流失对施工安全造成影响。在技术实施的过程中，团队设置多个监测点，可以实时监控岩石的移动，确保所采取的措施能够有效地稳定岩石。监测数据会实时反馈给项目管理团队，使得施工方案可以根据地质实际情况进行即时调整。此外，施工现场还引入智能化施工管理系统，该系统集成地质信息管理、施工进度监控。施工团队利用此系统，能够更精准地进行日常管理突发的地质变化，确保施工的安全。总之，通过结合细致的地质勘查和技术创新，实施以上针对性的施工方案，施工团队能够有效应对复杂地质条件，确保山区高速公路隧道施工的安全与效率。此策略不仅可以降低地质风险，还能提高施工安全性以及施工进度的可控性。

2.2 引进先进的施工技术

施工团队可以采用最新的机械设备，提升施工效率并显著降低作业中的风险。施工团队制定针对性的施工方案的目标在于确保施工过程中人员安全无虞，同时最大化资源利用效率，减少时间。此目标指导团队在面对复杂地质时，能够灵活应对，保持施工进度。施工团队的实践思路是从全面评估项目需求开始，选择与之匹配的先进技术。团队将系统地规划策略，定制机械配置方案，以适应山区特有的地形。随后，施工团队会对技术人员进行精确培训，确保每位成员都能熟练掌握新技术。在施工过程中，施工团队还会持续地监控技术使用效果，确保施工技术与现场实际相符合，及时优化工程策略，从而达到预定的安全标准。整个实践思路不仅体现在技术选择上，更在于如何利用科学管理，实现技术与施工环境的最佳匹配。

以自动化挖掘技术的引入为例，施工团队的目标是提升施工过程中的机械操作精确度，降低由于人为错误导致的风险，同时缩短工程周期。施工团队从项目需求的全面评估开始，通过地质和地形数据分析确定适合山区复杂地质条件的机械设备。施工团队选定自动化挖掘机和无人驾驶运输车，针对具体的施工环节制定详细的机械配置方案。此类机械设备的选择需要考虑到其在高坡度中的操作稳定性。接下来，施工团队需对参与操作的技术人员进行系统的培训，培训内容覆盖机械操作的技术细节、安全措施等，确保每位技术人员都能够熟练操作先进设备。培训后，施工团队要进行一系列的模拟操作，以确保设备在实际施工前能够达到最佳工作状态。在施工过程中，团队设置实时监控系统，能够追踪设备的工作状态。施工团队利用监控，可以实时调整机械设备的工作参数，优化施工策略，以应对突发的地质变化。监控数据同时也用于后续的施工评估，以提高未来项目的施工效率。在整个施工过程中，团队能够持续更新技术设备，确保所有设备都能够在变化的施工环境中发挥最大效能。

2.3 改善施工现场环境

施工团队可以对施工场地的基础设施进行升级，增强现场的通风、照明和紧急逃生设施的质量，创造更安全、更高效的工作环境，减少事故发生的风险。施工团队改善施工现场环境的目标是为确保所有施工人员在任何时候都能在符合安全标准的环境中工作，从而降低职业健康风险。此目标的实现有助于优化人力资源的使用，确保施工项目的按时完成。施工团队需要先分析通风系统的效率、照明设备的覆盖范围[4]。

根据评估结果，团队制定一系列改进措施，优先处理直接影响工人安全的问题区域。施工团队可以安装更先进的通风系统和LED照明，改善空气质量，同时重新设计逃生路线，确保在紧急情况下人员能够迅速安全地疏散。为加强措施的效果，施工团队还要定期组织安全培训，使每位工人都熟悉逃生程序。

在实践操作中，施工团队需要先对现场的通风系统进行全面的评估，发现原有的通风设施无法有效地排除施工区域内的粉尘。为此，施工团队应引入高效能的空气净化系统，此类系统具备自动调节功能，能够根据空气质量指数自动调整通风率。施工团队还要安装多个空气质量监测仪，仪器分布在施工现场的关键位置，用以实时监测空气中悬浮颗粒物的浓度。在照明方面，原有的照明设备光源弱且分布不均，团队更换所有旧的照明设备，采用高亮度的LED灯具，此类灯具具备节能高效的特点，并且布局经过精心设计，能够确保施工区域内每个角落都有足够的光线，特别是在隧道内部和地下工作区。每个灯具都安装应急响应模块，一旦主电源出现问题，灯具可以自动切换到备用电源。对于紧急逃生设施，团队可根据施工现场的具体布局重新设计逃生路线图，并在每个关键节点安装指示标志和应急照明。逃生通道的宽度和高度都要符合安全标准，确保在紧急疏散时，人员流动不会受到阻碍。同时，施工团队要在逃生通道的可见位置设置多功能应急箱，内含急救包、防护面罩。为确保所有施工人员能够熟悉安全设施，施工团队还应定期组织安全培训。

2.4 建立施工监控体系

施工团队可以引入高级的监控技术，以便于实时捕捉施工现场的各类数据，监测安全状况。此系统能够利用各种传感器，收集关于施工场地的实时信息，并经过数据分析预测潜在的风险点。施工团队建立施工监控体系的目标是确保能够实时监控施工过程中的各项活动，以提高响应效率。此目标的实现有助于降低施工事故的发生率，并保障工人的安全。施工团队需要识别施工区域的重点监控区域。随后，团队配置高清摄像头、移动传感器等多种监控设备，并将设备安置在施工现场的战略位置。所有收集到的数据都会经过集中的监控中心进行分析，该中心配备了先进的数据处理软件，能够实时解析监控信息，并在检测到异常时立即发出警报。此外，施工团队还需建立详细的应急响应流程，确保一旦发生紧急情况，可以快速有效地调动资源进行处理。整个监控体系的构建，体现出施工团队对施工安全管理的系统化、科学化处理。

在山区高速公路隧道施工项目中，建立施工监控体系的目标是实时监控安全状态，预测潜在风险，以便及时应对可能的事故，确保施工人员安全。施工团队通过初步的现场评估，识别出施工最活跃的部分。针对此类区域，施工团队可以安装多个高清摄像头和环境监测传感器。摄像头覆盖了从入口到出口的整个施工通道，确保无死角地监控覆盖。环境监测传感器则用于检测空气质量、温湿度以及其他环境参数，以评估施工环境是否符合安全标准。安装完成后，施工团队将所有设备连接至中心监控系统[5]。该系统配备先进的数据分析软件，能够对收集的视频数据进行实时分析。系统能够评估可能的风险因素，并在检测到异常行为时自动触发警报。此外，监控中心还配备紧急通信设备，以便在发现任何潜在风险时能够迅速通知现场相关安全人员。在施工过程中，监控中心负责持续跟踪施工现场的活动，分析收集的数据，对施工策略进行调整，优化施工流程。监控中心还应定期与施工管理团队进行沟通，共同评估安全状况，确保各项安全措施得到有效执行。施工团队利用监控体系，不仅能增强对施工现场的控制能力，还能提高对紧急情况的响应速度，为整个施工项目的顺利进行提供安全保障。

3 结束语

在山区高速公路隧道施工的安全管理中，要求施工团队充分认识到复杂地质条件的严峻性。在施工安全的问题上，施工团队必须采取更为科学的管理措施，以确保施工效率。施工团队利用以上措施，可以有效地降低事故发生的概率，保护施工人员的生命安全，同时确保工程质量。此外，施工团队引进先进设备，结合精确的地质勘查数据，可以为施工提供坚实的科技支撑，促进工程建设的安全与高效，推动基础设施建设向更高标准迈进。

参考文献：

[1] 芦海军.山区高速公路高桥墩的施工安全管理措施[J].北方建筑,2024,09(01):87-90.
[2] 韦佳富.山区高速公路施工安全管理的难点及完善措施探究[J].大众科技,2023,25(06):33-35,32.
[3] 李梓玄.山区高速公路施工安全管理的难点及完善措施探究[J].散装水泥,2022(04):34-36.
[4] 杨蜀.山区高速公路施工安全管理和增强事故预防对策分析[J].工程建设与设计,2022(11):255-257.
[5] 杨勇.山区高速公路隧道工程施工中的安全管理[J].交通世界,2021(29):159-160.

CoMP中的波束赋形专利技术综述

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 CoMP（Coordinated Multi-Point，CoMP）技术是3GPP（3rd Generation Partnership Project，3GPP）在R10中为无线通信网络提出的协作调度技术，通过利用多个基站的能力来进行通信，从而改进终端（UE）特别是在小区边缘的性能。波束赋形则通过调整天线阵列的参数来优化信号的传输和接收，可以提高多天线系统的信道质量，结合CoMP和波束赋形技术，可以抑制干扰，获取更佳的信道进行数据传输，提升系统的效率和频谱利用率。本文主要介绍了协作多点传输技术的原理以及关键技术，重点对近年来CoMP领域内波束赋形技术的国内外专利申请情况进行分析，梳理了CoMP波束赋形领域不同技术分支的专利申请发展情况，以期为相关研究人员提供借鉴。

关键词 CoMP；协作调度技术；信号处理技术；波束赋形；专利申请

中图分类号：G306 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0091-03

1 研究背景与发展

本研究基于目前小区边缘的干扰问题，提出了协作多点传输技术，旨在满足下一代移动通信系统中小区边缘频谱利用效率的需求。CoMP分为上行CoMP和下行CoMP，目前主要的研究重点是下行CoMP。3GPP中将下行CoMP技术分为联合处理和协作调度/波束赋形技术[1]两类。

1.1 联合处理（Joint processing，JP）

CoMP协作集合内每个传输节点间共享服务用户的业务数据。在联合传输下，多个传输节点能够同时为一个用户进行服务，干扰小区此时也能够给用户发送数据，因此将干扰转化成了有用信号，从而改善边缘用户的接收性能，增加系统用户间的公平性。

根据协作集合内多个传输点是否可以同时进行数据传输，联合处理技术分为动态节点选择（Dynamic point selection，DPS）和联合传输（Joint transmission，JT）[2]。动态节点选择中每次数据传输只能通过协作集合内一个传输节点完成，联传输中数据传输可以由多个传输节点同时进行。

1.2 协作调度/波束赋形技术(Coordinated scheduling/beamforming，CS/BF)

协作调度是指在服务小区调度CoMP UE的PRB资源时，协作小区在对应的时频资源上不发送业务，以减小邻区边缘用户受到的同频干扰影响。

波束赋形是一种强大的信号预处理技术，通过调整天线阵列中每个阵元的加权系数来产生具有指向性的波束，以明显提高阵列增益。因此，波束赋形技术在改善边缘吞吐量、干扰抑制等方面具有强大的优势。

数据传输由服务小区所在的传输节点进行，协作集合内的传输节点共享信道信息，传输节点可以根据协作集合内其他节点的资源分配情况调整自身的资源分配策略。

CoMP传输可以使多个传输节点为一个或一组用户同时服务，从而提升系统吞吐量以及边缘用户性能，但其效果受限于回程链路容量。波束赋形（Beamforming，BF）是多天线系统中重要的信号处理技术，能够利用空间信道的衰落信息，实现信号在一定空间方向上的增强或减弱，从而提升信道质量，抑制干扰。将CoMP技术与波束赋形技术结合起来，在CoMP系统中采用波束赋形技术，将信号集中在期望方向上传输，进一步减少了用户间的信号干扰，提高系统性能以及资源的利用率。

2 关键技术

2.1 协作集合确定

多点协作传输技术需要在协作集合内开展，需要确定协作集合，协作集合内的传输节点间共享信道信息、数据信息等。由于CoMP技术涉及协作集合内的多个传输节点间的协作，很有必要明确协作集合包括哪些传输节点，哪些传输节点进行合作，哪些传输节点进行数据传输，需要对这些传输节点进行划分。

目前，3GPP协议[3]中定义的协作集合有：

1.CoMP协作集：直接或间接参与数据传输的传输节点集合。

2.CoMP传输集：直接向用户进行数据传输的传输节点集合。

3.CoMP测量集：用于终端进行测量反馈的传输节点集合，与终端上报信道信息的传输节点相对应。

2.2 预编码

根据用户的信道质量确定协作传输节点的波束赋形向量，各协作传输节点向用户传输经过预编码的数据符号，使得用户收到完整的数据信息，并降低干扰。在多个协作传输节点同时向多个用户进行数据传输时，合适的预编码可以有效减小用户间的干扰，提高边缘用户的频谱利用率。

CoMP的预编码技术[4]大致可以分为两类：

1.联合预编码（Joint precoding）：多个协作传输节点间相互协作生成用户的预编码矩阵，用于向用户进行数据传输。

2.独立预编码（independent precoding）：各协作传输节点独立生成用户的预编码矩阵，用于向用户进行数据传输。

2.3 测量反馈

在CoMP中的波束赋形系统中，很多算法均涉及对信道信息的获取，对信道进行测量和反馈是CoMP中的波束赋形技术的一个重要方面，主要涉及参考信号资源分配、测量配置、反馈机制。

CoMP中的反馈机制[5]可以划分为以下三类：

1.显式反馈：终端将获得的信道状态信息直接反馈给基站，终端不对信道状态信息做任何处理。终端根据基站的测量配置，通过测量CoMP传输节点中的CSI-RS获得对应的信道状态信息CSI，并将CSI反馈给基站。

2.隐式反馈：终端在估计信道状态信息之后，不直接反馈基站而是通过一定的方式对信道信息进行处理，反馈处理过的信道信息，基站获得反馈的信道信息后，不能直接获得真实信道信息，只能利用其进行算法处理。

3.信道互易性：基于上下行信道间的互易性关系，通过上行信道信息来获得下行信道信息，不需要终端反馈。

3 国内外专利分析

本节对CoMP波束赋形技术领域的全球专利申请进行了统计和分析，针对2008年至2020年间该领域的专利申请趋势进行研究，并分析该领域内重点地区的专利申请情况，从整体上了解该领域在全球的专利布局。接下来再结合全球专利申请人的排名以及国内申请人的类型，得出该领域在国内以及国外各地区的技术发展水平以及研究趋势，有利于清楚地了解该领域在专利申请方面的详细情况，从而优化专利审查中的检索策略。本节采用的专利文献统计数据主要来自Incopat网站的专利数据库。

3.1 全球专利申请趋势

为研究CoMP波束赋形技术领域在全球专利申请的现状，笔者在Incopat网站专利库中利用CoMP、协作多点、波束赋形等关键词对该领域的全球申请进行检索与降噪，对筛选出的申请文件进行统计（统计日期截至2021年3月3日），获得627篇文献。针对2008年至2020年间的专利申请量进行统计，该领域专利申请随年份分布如图1所示。

由图1可以得知，从整体发展趋势看，该技术领域在2008年出现少量申请，这是因为CoMP技术的概念由爱立信在2008年首次提出。自2009年开始至2012年，该技术领域得到较多关注，其专利申请量呈现直

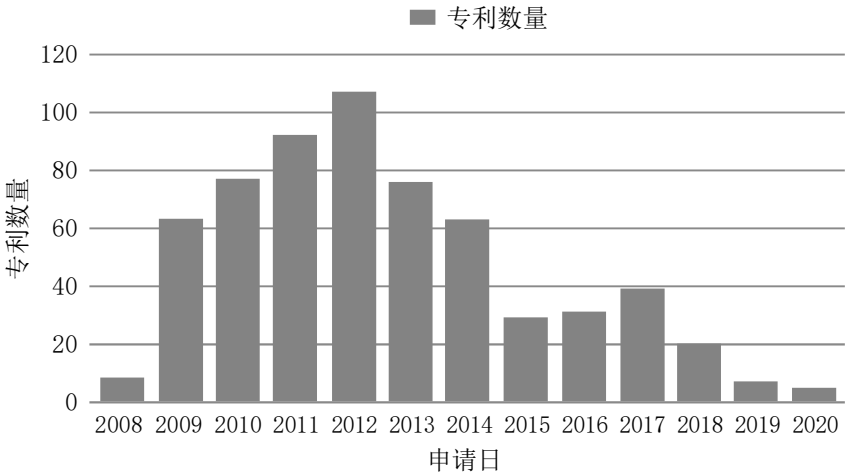


图1 全球历年专利申请趋势

线上升趋势，在 2012 年达到了顶峰。2013 年至 2015 年，随着该技术领域逐渐成熟，专利趋于饱和，专利申请数量整体呈现下降趋势。2016 年至 2017 年，该领域专利申请数量又开始呈现小幅上涨，其原因可能为 5G 等新技术的诞生为 CoMP 波束赋形技术带来了新的挑战，从而使得专利申请数量上升。2017 年至 2020 年的申请量稍有下降，预估下降的原因是由于部分申请还未公开因而无法计入统计结果，据估计实际申请量应该依旧呈稳定发展的趋势。

3.2 重点国家专利申请趋势

为了了解 CoMP 波束赋形技术在全球主要国家 / 地区的专利申请情况，在 Incopat 网站专利库中使用国家 / 地区对其进行统计，针对全球相关专利申请数量较多的重点地区中国、美国和韩国的专利申请趋势进行研究，结果如图 2 所示。

从图 2 中可以看出，对于 CoMP 波束赋形技术的专利申请，中、美、韩等国家的专利申请数量较多，对该技术的研究重视程度比较高，其中中国的专利申请量最多。造成这一现象的原因，一方面是由于中国占据着世界上最大的通信市场，中国申请人很重视该技术领域的研究，使得中国本土申请量巨大，在中国的专利布局较多；另一方面，美国以高通为首、韩国以三星为首的通信公司着力于相关领域的研发，从而推进了美韩相关专利申请数量的增长。

3.3 全球主要申请人

为了解 CoMP 波束赋形技术领域在全球的主要专利申请人的情况，在 Incopat 网站专利库中使用申请人对其进行统计，图 2 是该领域全球主要专利申请人的排名。

由图 2 可知，排在前几位的是高通 qualcomm、三星 samsung、中兴 ZTE、LG、诺基亚、爱立信、华为等，

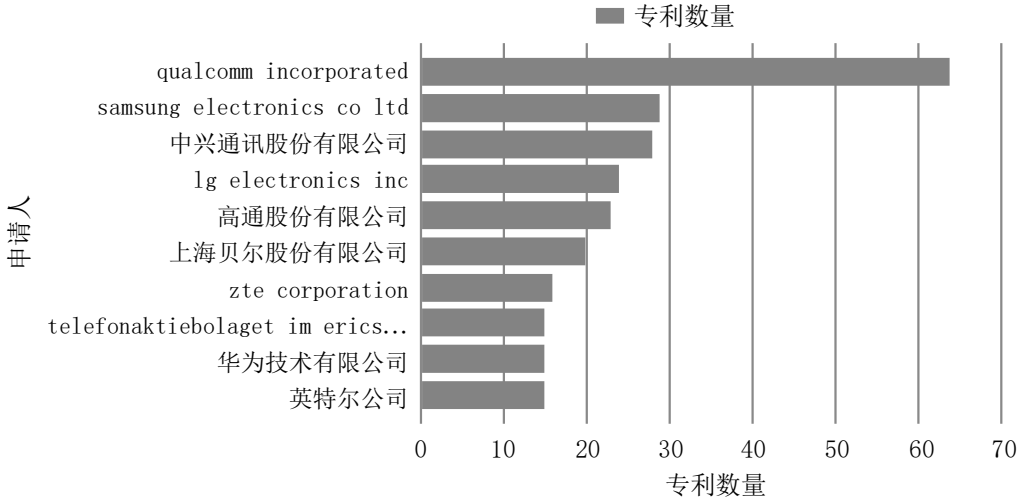


图 2 全球主要专利申请人

这些申请人囊括了全球各个国家通信领域的龙头企业。美国的高通公司以及韩国的三星公司在该领域的申请量相对较为领先，而中国新兴的后起之秀华为、中兴也在该领域技术上占据领先地位。该排名中申请人所属的国家分布也符合前文统计的关于专利申请数量较多的国家分布。

4 结束语

CoMP 波束赋形技术作为关键的通信技术之一，一直以来是全球范围内的研究热点，经过多年的发展，相关技术也日渐成熟。但是 5G 的技术的产生，为该技术下的通信场景带来了新的挑战，迫切需要针对这些场景进一步优化相关技术。针对 5G 中出现的场景如何进行相关技术改进，以及如何将 CoMP 波束赋形技术与其他 5G 技术结合从而带来更好的通信效果，将成为未来亟须解决的问题。

参考文献：

[1] 孟令同，旷靖华，江天明，等 .5G 下行 CoMP 技术研究及测试验证 [J]. 移动通信 ,2021(02):33-37.
[2] 范迪，蔡明辉 .CoMP 技术介绍 [J]. 中国无线电 ,2018(07):32-34.
[3] 贾雯，马亚飞 . 联合传输技术中关于协作集划分的研究 [J]. 广东通信技术 ,2013(08):70-75.
[4] 孙增友，刘玲玉 . 一种改进的协作多点多用户预编码算法 [J]. 哈尔滨理工大学学报 ,2018(01):127-131.
[5] 吴梅，黄帆，桑林，等 . 协作式多点传输在 LTE-Advanced 系统中的应用 [J]. 移动通信 ,2010(10):43-47.

高等职业教育产教融合协同机制探析

林 琳

（河南建筑职业技术学院，河南 郑州 450000）

摘 要 高等职业教育是技术技能人才培养的关键一环。产教融合协同机制作为高等职业教育与产业间的桥梁，对于推动高职教育与产业结构升级相、提升技术人才培养质量、助力区域经济发展等方面具有不可或缺的重要意义。本文从产教融合与协同机制的内涵及作用出发，结合我国高职教育的现状，系统分析了影响产教融合协同机制发展的多重因素，从政府、企业、高校等方面出发，提出了针对性的策略与建议，旨在为促进高等职业教育产教融合的建设提供有益参考。

关键词 高等职业教育；产教融合；协同机制

中图分类号：G712 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0094-03

近些年，高等职业教育在国家高度重视和支持下，职业教育蓬勃发展，为我国经济建设输送了大批技能型人才。随着我国经济社会不断进步和产业结构的优化升级，各行各业对具备高素质技术技能型人才的需求日益增加，职业教育的地位和作用日益凸显，成为推动社会发展的重要力量。职业教育的高质量发展成为促进社会经济发展、培养优质人才的重要途径。2021年 10月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于推动现代职业教育高质量发展的意见》，其中明确指出，完善产教融合办学体制，协同推动产教深度融合，是当前及未来职业教育发展的必然趋势。深化产教融合对于促进职业教育实现高质量发展具有举足轻重的意义。在当前形势下，构建高质量的高职教育产教融合协同机制，已成为促进高职教育发展的不可或缺的有效支撑[1]。

1 产教融合的内涵

产教融合是指产业界与教育界之间建立紧密联系[2]，共同促进学生的综合素质提升和就业能力培养的一种教育模式。在传统的高等职业教育中，学校与企业往往是独立运作，缺乏沟通与协作。学生在校学习的知识，往往难以直接对接到企业的实际需求，形成了知识与市场之间的脱节。而通过产教融合的方式，学校可以根据企业的需求调整教学内容和方法，提升毕业生综合素养，有效促进毕业生的就业，并提升就业质量。

产教融合的关键在于建立起高效的合作机制，使得学校和企业之间能够实现资源共享、信息流通、利益共享。通过产教融合，学生在学习期间就可以在模拟工作环境中，练习实际的工作任务，提前熟悉工作流程，增强实践能力。同时，企业也可以通过参与教育过程，了解学生的学习情况和能力，为未来的人才招聘做好准备。

2 协同机制

协同机制的核心在于“协同”二字，它强调不同个体或组织之间的相互配合与协作，以达到共同设定的目标。该机制包括系统与要素的共享、沟通与协调，要求各个部分之间保持密切的联系和沟通，基于共同目标，进行实现资源的优化配置，从而实现效益最大化。

本文基于其他研究者成果，提出产教融合协同机制，主要分析政府、高职院校、企业（行业）权责定位，通过协同形成机制，使得各主体之间形成相互联系、配合的关系，协同实现共同的目标，从而发挥多元主体在产教融合中的合力[3]。

3 高等职业教育产教融合协同机制的影响因素

3.1 政策法规

在高等职业教育中，政府制定的政策法规对产教融合具有深远的影响。首先，政策法规为产教融合提供了明确的指导方向和坚实的法律依据，确保了校企之间合作模式的规范性和有效性，为产教融合的深入发展奠定了坚实的基础。其次，政策法规推动产教融合向更深层次发展方面发挥了重要作用。通过制定一系列激励政策，如税收优惠、资金扶持等，政府鼓励企业积极参与产教融合，有针对性地培养高素质人才。这些政策不仅激发了企业的合作热情，也推动了高校在教学质量的提升和科研方面的发展。同时，政府的政策支持也为产教融合提供了不可或缺的资源与资金

保障，从而确保了产教融合项目的顺利启动和高效执行。

然而，政策法规在产教融合领域的应用也面临一些挑战。一方面，由于产业发展速度较快，政策法规的制定往往难以跟上实际需求的变化，导致部分政策存在滞后性，这可能导致在实际操作中，一些具体问题和挑战难以得到及时有效的解决。另一方面，政策的执行和落地也是一个需要关注的问题。尽管政府制定了相应的政策法规，但在实际执行过程中，由于各种原因，如部门协调不畅、监管不到位等，可能导致政策效果不尽如人意。因此，为了充分发挥政策法规在产教融合中的积极作用，我们需要不断完善和优化相关政策。一方面，要加强政策的前瞻性和灵活性，及时根据产业发展趋势和市场需求调整政策方向和内容。另一方面，强化政策的执行与监管力度，确保政策能够得到有效落实和发挥实效。

政策法规在高等职业教育产教融合中发挥着重要作用。我们需要不断完善和优化相关政策，加强校企之间的沟通与协作，共同推动产教融合向更高水平发展。

3.2 文化融合

企业文化与高校文化的深度融合是高等职业教育产教融合协同机制得以高效运转的重要基石。企业文化是企业灵魂，涵盖了企业价值观、企业精神、工作氛围、管理制度和员工行为准则等多个层面；而高校文化则体现了学校的办学理念、教育理念和师生间的互动关系。

首先，实现企业文化与高校文化的深度融合，需要双方建立起坚实的相互信任和理解的基础。高校应了解企业的经营理念、市场需求和人才培养的具体需求，而企业也应了解高校的教学特点、专业设置和学生培养目标。其次，双方应通过多样化的合作形式，加强文化交流与互动，推动共同理念和文化元素的交融。比如，共建的实习基地，让学生在实习过程中感受企业的文化，增强对企业的认同感。最后，文化的深度融合还体现在人才培养、科研创新和社会服务等多个方面。双方紧密合作，共同推动文化融合。

3.3 经济发展

随着经济的不断发展，产业结构和人才需求也在不断地变化，高等职业教育面临着前所未有的挑战与机遇。经济发展对人才的需求日益旺盛，对高等职业教育的人才培养提出了更高要求。为了适应这一变化，高等职业教育必须与产业界保持更加紧密的合作关系，共同培养高素质技术技能型人才。高等职业教育需要密切关注市场需求和技术发展趋势，及时调整课程内容和教学方法，确保所培养的人才能够适应经济发展的新要求。除此以外，经济的繁荣发展也为职业教育注入了更多的资源和支持。越来越多的企业开始重视与高校的合作，愿意投入更多的资金和资源支持产教融合项目。这种合作不仅有助于提升高等职业教育的办学水平，也为企业带来丰富的创新成果，并提升了经济效益。

经济的繁荣为高等职业教育注入了更多的资源和支持。越来越多的企业倾向于与高校开展合作项目，提供实践锻炼的机会和资金支持，从而推动学校与产业界之间的良性互动和共同发展。

经济发展对产教融合具有积极的推动作用。高等职业教育应当抓住这一机遇，加强与产业界的合作与交流，不断提升教育质量和教学水平，为经济发展和社会进步做出更大的贡献。

4 高等职业教育产教融合协同机制的优化策略

4.1 提升高校与企业合作水平

在快速变化的社会经济环境中，产教融合的重要性愈发凸显，为了进一步深化和拓展高校与企业之间的合作关系，我们可以采取以下策略。

1. 建立起长期稳定的合作关系是关键，建立稳固且持久的合作基础至关重要。产教融合发展的基础是参与方利益表达及其实现，协同过程中形成需求与供给的契合，确保合作的稳定性和可持续性[4]。

2. 加强沟通与协作机制的建设。高校和企业应建立定期沟通机制，通过举办座谈会、研讨会等活动，加强双方之间的信息交流与共享。同时，双方还可以共同设立合作项目，通过技术研发、产教互融，实现资源同享和优势互补。此外，促进师生与企业的深度互动也是优化协同机制的重要一环。高校可以积极倡导师生参与企业的实践活动，通过实习、实训等方式，增加与企业的接触机会，促进双方的深度合作。同时，企业也可以为师生提供实践机会和平台，共同推动产学研用深度融合。

3. 建立科学的合作评估与反馈机制。通过对合作项目的实施效果进行定期评估，及时发现问题和不足，总结经验教训，为后续的合作提供改进方向。同时，双方还可以根据评估结果调整合作策略，不断优化协同机制，提升合作效果。

综上所述，优化高等职业教育产教融合协同机制是推动高等职业教育发展的重要举措。

通过加强双方的良性互动，实现资源共享和优势互补，共同推动产教融合向更高水平发展。

4.2 优化学校教育体系

随着时代的进步和社会结构的深刻变革，高等职业教育重要性日益受到人们的广泛关注和认可，在人才培养体系中的地位逐渐显现。为了推动其健康、持续发展，优化学校教育体系显得尤为关键。

1. 学校应深入分析行业趋势和就业市场，精准定位人才培养目标，确保所教授的知识和技能与社会需求紧密对接，构建一套既科学又符合市场需求的课程体系。

2. 注重教学手段和方法的革新，应积极探索多元化、数字化教学方式，提高学习积极性和主动性。同时，加强教师培训，提升教师的教学水平和创新能力。

3. 学校还应主动寻求与企业的紧密合作，推动产学研深度融合，共同推进产学研一体化项目，以此实现教育资源的有效共享与深入交流。通过与企业的紧密合作，能够更精准地洞察市场需求和行业发展趋势，及时调整和优化教育教学内容，确保所培养的人才能够更好地适应社会发展需求。同时，企业也可以借助学校的科研力量和人才优势，推动技术创新和产业升级，实现双方的互利共赢[5]。

4.3 创新协同机制实施路径

当前，高等职业教育在推动产教融合的实施过程中，仍面临一些挑战与不足，亟待我们不断创新与改进。

1. 高校与企业之间的合作应进一步加深，形成更为紧密的伙伴关系。双方应致力于资源共享、信息互通，共同研讨并优化课程设置，探索更具实效性的实践教学模式。通过深度合作，保障教学内容与市场需求匹配，确保培养方向与社会需求高度契合，人才培养成果符合企业的用人需求和标准。

2. 师资队伍建设是提升高等职业教育质量的关键。学校应加大对教师的培养力度，鼓励教师积累产业实践经验，提升教学能力。同时，促进教师与企业之间的交流与合作，使教师能够及时了解行业发展趋势，技术革新动态，将前沿的知识和职业技能传授给学生。此外，学生实习与企业培训的协同机制也需进一步完善，学校应与企业携手制定实习计划，确保学生在实习过程中能够充分锻炼实践能力，提升职业素养。同时，企业也应为学生提供必要的培训和指导，帮助他们更好地适应职场环境。

3. 为了推动高等职业教育产教融合协同机制的创新发展，政府应发挥积极作用，出台相关政策措施，为产业界与高校的合作提供有力支持，鼓励教师参与企业实践，推动学生实习与企业培训的深度融合。高职院校也应勇于探索新的教育模式，积极引入现代科技手段，不断革新教学方法和手段。通过引入新技术和新理念，我们可以推动协同机制的不断完善和创新，培养更多高素质技术技能型人才。总之，高等职业教育产教融合协同机制的发展需要政府、高校、企业等多方共同努力。只有通过不断创新和改进，我们才能更好地适应时代发展的需要，培养出更多优秀的人才。

5 结论与展望

高等职业教育产教融合是当前高等教育领域的热点问题，其意义在于促进教育与产业的有效融合，深化协作，提升人才培养质量，推动产业创新升级发展，促进社会经济的可持续发展。随着时代的发展和社会需求的不断变化，高等职业教育产教融合协同机制也需要不断进行创新和完善，将更加注重提升高校与企业合作水平，完善学校教育体系，创新协同机制实施路径。本文从以下几个方面进行展望并提出建议：

首先，应该加强高校与企业之间的合作机制，建立更加紧密的合作关系。高校可以通过与企业深度合作，共同探讨培养高素质人才的途径和方式，以更好地适应市场需求。

其次，学校应完善教育体系，提高教学质量和水平。通过持续完善课程体系，不断优化课程设置、改革教学方法等方面，提升学生的专业素质和实践能力，以更好地适应产业发展的需要。

最后，应当在协同机制实施路径上进行创新。通过制定更加灵活、适应性更强的协同机制，促进产教融合的深入发展，为高等职业教育的长远发展奠定坚实且稳固的基石，确保其持续、健康地向前发展。

综上所述，未来高等职业教育在产教融合的道路上仍然充满挑战和机遇，只有不断创新和完善，才能更好地满足社会需求，推动高等职业教育的健康发展。

参考文献：

[1] 司一凡.高质量发展视域下高职教育产教融合协同机制研究[D].内蒙古：内蒙古师范大学,2022.
[2] 马雨佳.职业教育产教融合大数据与会计专业人才培养模式研究[J].知识文库,2023,39(24):87-90.
[3] 同[1].
[4] 贺书霞,孙超,冀涛.数智化赋能职业教育产教融合探索[J].教育与职业,2024(03):23-28.
[5] 谢吉刚.基于职业知识特征的职业本科教学提升路径探究[J].工业技术与职业教育,2023,21(06):26-30.

根据发明构思拟定全要素检索后的检索策略

黎汉杰

（国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心，广东 广州 510006）

摘　要　审查员在专利审查过程中，权利要求中的技术方案都由各个技术特征组成，某些案件的特点是权利要求中所包含的技术特征少而且技术特征之间的联系程度比较高，对具有该特点的案件进行检索时，由于过少的技术特征和技术特征之间的关联性比较大，很有可能会导致全要素检索结果过多；某些案件技术特征多，但各个技术特征可能服务于不同的技术问题，由于解决的技术问题不同，因此全要素检索的时候很容易导致检索结果太少或者没有结果。本文通过两个相关案例谈谈作者对检索策略，特别是技术特征的增减的感悟，以期能够为相关人员提供有益的参考。

关键词　发明构思；全要素检索；检索思路

中图分类号：G306　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0097-03

在专利实际审查过程中，通常大部分的时间都用在了检索上，有时候需要经过一个较长的检索过程，才能够检索到合适的对比文件，而导致检索时间过长的原因多种多样，有可能是检索要素过少或过多从而导致检索结果的准确率不高，通常遇到检索结果过少的时候，在已经充分扩充了关键词的前提下，可能会通过减少检索要素以求寻找Y文献，而在遇到检索结果过多的时候，在关键词已经足够精炼的前提下，会通过增加一些关键词对检索结果进行限定。本文的目的就是通过两个比较有代表性的案例，一个案例全要素检索后文件很多，一个案例全要素检索后文件很少，谈谈实际情况对检索要素进行增减的感悟，希望能起到抛砖引玉的作用，解决审查员实际检索中的一些问题。

1　对全要素检索后结果较多的申请的审查

对于技术特征少，但技术特征之间联系比较紧密，各个技术特征之间相互影响、协同作用构成技术方案实现同一个功能的案件，如果对其进行全要素检索，通常全要素检索后命中的结果会比较多，并且其中包含了很多的噪声。下面就以一个案例谈谈对全要素检索后结果较多的申请的检索感悟。

1.1　案例介绍及初步检索情况

案例1：某案，发明名称为“用于高压和或中压设备的配电系统的电气连接布置”的国外申请[1]，其方案是通过在导体上设置切口、槽、凹槽、穿孔、孔、切边等装置，使从下往上流的电流在一定程度上向中部集中，使电流在接触面处不会过度集中于接触面的两侧，防止接触面处的元件被烧坏。

1.2　检索策略分析

通过对国外申请文件的分析发现，国外检索报告中的对比文件不适合评述本申请，而在中文库检索的时候，通过输入导体、槽等技术特征得到的文献具有较多噪声，并且文献量大，不适合浏览。

通过对本申请说明书的阅读，只是将切口设置在导体上是不能达到连接处的电流均匀化的，国外使用的对比文件也只是记载切口的效果是散热，因此国外审查员所认为的只要导体上具有槽孔就能实现电流均匀可能是不严谨的，因此，为了在检索中体现电流均匀化，将电流的均匀化加入检索要素中，在CNABS中检索没有得到合适的对比文件，在CNTXT中检索，检索过程如下：

1	CNTXT	751117	(or 母线，导体，汇流排)
2	CNTXT	3819846	(or 凹槽，孔，切口)
3	CNTXT	14771	电流 10W (or 均匀，均衡)
4	CNTXT	3258	1 and 2 and 3

将检索要素进行“与”操作时仍然具有大量的文献，过大的文献量要耗费过多的时间进行阅读，并且难以进行对比文件的筛选，此时通常的做法是加入另外的限定词进行限定，减少命中文件数。然而，如果将权利要求1中的其它非发明构思的技术特征加入检索式中很有可能把目标文献去除，此时，需要从发明构思的角度思考发明人为何要设置一个凹槽实现电流均匀化，结合申请文件中的描述及本领域的知识可以发现，导体中流过的交流电流是不均匀的，通常呈现的是导体外部的电流密集而内部的电流稀疏这一特点，该电流特点会使得导体外部的电流过大，从而导致导体发

热量高，最终提高电能损耗及缩短设备寿命，而发明人为了解决这个问题，通过在导体上设置凹槽迫使电流向中间流动，实现电流的均匀化，而“电流均匀化”已经加入检索要素中，根据因果的关系，导致需要实现“电流均匀化”的原因是跟发明构思息息相关的检索要素，在检索中加入该原因的名称应当能准确地缩小文献数量，而通过查阅资料，导致电流分布不均匀的原因在本领域中较为常见，其名称为“集肤效应”[2]，因此将“集肤效应”作为另外的检索要素加入检索式中进行限定：

5	CNTXT	5730	(OR 集肤效应,趋肤效应)
6	CNTXT	142	4 and 5

将所有检索式相“与”之后，检索式6中的结果只有100多条，能方便快速地进行阅读和筛选，从中筛选到一篇与本申请发明构思相同的在母线上设置孔实现电流均匀化的对比文件《用于电开关的连接汇流排装置和带有连接汇流排装置的电开关》，其在电开关领域中公开了本申请的发明构思，通过结合国外所用的对比文件1能够评述权利要求1的创造性。

1.3 方法总结

案例中与发明构思相关的检索要素只有导体，电流均匀化和凹槽，只使用上述的特征进行检索，全要素检索后结果量大，在全文库进行检索时噪声过大，不适合阅读筛选，通常的做法是加入另外的检索要素进行限定，但如果只是简单地加入权利要求中非发明构思的检索要素很有可能会将发明构思过滤掉，因此应当根据发明构思，思考发明人为何要解决其技术问题，从发明构思出发提炼出检索要素，这样得出的检索要素比简单从权利要求中选取的非发明构思的检索要素与发明构思关系更大，加入检索式中更不容易筛掉含有发明构思的目标文献，而且可以加快浏览文件的速度。

2 对全要素检索后结果较少的申请的审查

《专利审查指南》[3]第二部分第七章第3.4节中指出，权利要求是要素A、B和C的组合，审查员在检索这种权利要求时，应当首先对A+B+C的技术方案进行检索，如果未查找可评述其新颖性、创造性的对比文件，则应当对A+B、B+C、A+C的分组以及A、B和C单个要素进行检索。

《专利审查指南》中指出的检索方法原理上可行，然而在实际检索的时候，会发现这种方法在某些情况下是不可能实施的，如检索技术特征比较多的申请时，权利要求中的多个技术特征可以组合出来的技术方案数量是十分庞大的，在检索要素表达充分的前提下，如果对全部要素进行“与”操作没有得满意的X文献，则之后检索的开展会比较困难，下面就结合作者的一个案例谈一谈对全要素检索后结果较少的申请如何根据发明构思调整检索思路。

2.1 案例介绍及初步检索情况

案例2：某案，发明名称为“一种环网柜智能控制系统”的本国申请[4]，本申请涉及的是环网柜智能控制系统[5]，柜体中的主电路部分是其发明构思，其包括了AC/DC转换单元、电流检测单元、状态检测单元、FTU、蓄电池单元、常开开关和开关控制单元等各个单元，由于该部分的组合是本申请的发明构思，最好的检索结果是能找到一篇文献进行三性的评述。但如果不是刚好有一篇文献包含了所有的特征，那么检索的时候得到的文献的数量可能比较少甚至没有。

在初步检索中，通过将FTU、AC/DC转换单元、状态监测单元、蓄电池、电流传感器、常开开关等检索要素在CNTXT数据库中进行“与”操作，检索过程如下：

1	CNTXT	5907	or FTU,馈线自动化
2	CNTXT	620836	or (AC 1W DC),整流
3	CNTXT	218459	状态 2W (or 感应,检测)
4	CNTXT	3419194	电池
5	CNTXT	243706	电流 2W (or 传感,检测)
6	CNTXT	5358951	开关
7	CNTXT	7	and 1,2,3,4,5,6

检索得到的结果只有本申请是相关文献，没有其他合适的文献，在外文数据库进行了相同的检索，结果也是一样的，从中可以看出，全要素检索这个方法难以应用在本申请中，本申请所使用的技术特征在电力领域都比较常见，如果单独使用一个技术特征在IPC分类号H02B的开关柜领域中进行查找，可以分别查找到大量应用该技术特征作为部件的文献，但如果使用这样的检索手段，首先专利评述的时候使用的对比文件会很多，最重要的是，这样检索出来的对比文件相互之间的结合会很困难，难以进行下一步的专利评述，而如果按照《专利审查指南》第二部分第七章第3.4节中的方法进行检索，则出现的组合会过多，难以马上发现最佳的组合，如果只是机械地使用排列组合的方式进行筛选，虽然只要对比文件是客观存在的，就可以找到对比文件，但视情况可能会浪费大量的时间进行检索。为了可以快速地寻找得到合适的对比文件，有必要对各个技术特征的关系进行分析，减少检索要素的数量。

2.2 检索策略分析

为了寻找到包含了权利要求中部分技术特征的对比文件，有必要根据发明构思对上述技术特征进行划分，说明书中记载了“本发明通过增加蓄电池在意外

情况下的供电功能，即使在主供电电源失效后，保证装置仍然能够运行，提高了供电的稳定性和安全性”，通过分析出电路中什么部件是与“通过增加蓄电池在意外情况下的供电功能，即使在主供电电源失效后，保证装置仍然能够运行”这一发明构思相关的电路，可将本申请的权利要求分成背景技术电路部分和发明构思的电路部分，划分结果如图 1 所示。

通过图 1 可以看出，电路可以划分为背景部分（虚线外部分）和包括电池、电流检测、常开开关的发明构思部分（虚线内部分），通过对检索式 1、2、3 进行相与检索，可以检索到背景技术对比文件《环网柜智能控制装置》，不仅如此，检索结果中还出现了多篇时间不能使用但是也包含上述技术特征的文献，由此可以看出，为了解决电力柜体的控制问题，设置状态感应单元在环网柜中是开关柜领域的公知常识。

对于发明构思的部分，由于单独使用公式 4、5、6 组合得到的检索结果过多，因此，在明确发明构思之后，可以使用（or 市电，交流电）5W（or 切断，断电）、电流 10W（or 为零，消失）等描述效果的检索式对检索结果进行进一步的限定，最后在外文库中检索到了“JP2002159148A”这一交流电断电后能够使用蓄电池供电的电路，并且也是使用一个常开的开关实现。

2.3 方法总结

上面的例子属于全要素检索后结果较少的申请，技术特征中各个特征单独在开关柜领域中都有应用，但如果将其结合起来全要素检索，就得不到合适的对比文件，此时需要对技术特征进行划分，为了找出包含尽量多的技术特征的对比文献，必须将技术特征进行分组，由于技术特征的数量比较多，如果机械地使用排列聚合的方法进行检索，很可能要花上一段时间才可以检索得到想要的对比文件，而通过从发明构思上对权利要求进行分析，从零散的技术特征中找出它们之间的联系并将特征进行组合，如案例中从发明构思着手则能够比较快速地找到需要的对比文件。

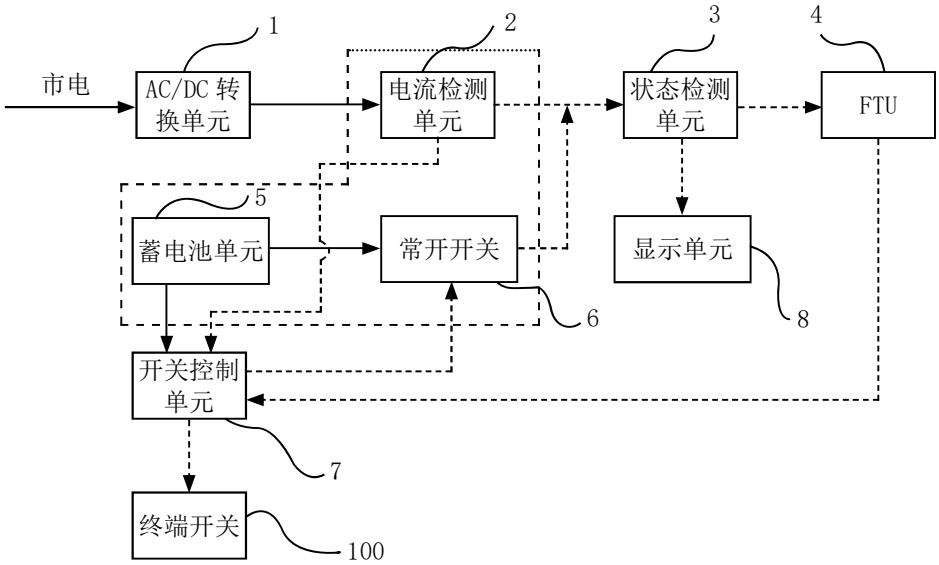


图 1 案件 2 电路划分

3 结束语

本文通过两个案例，一个全要素检索后结果较多和一个全要素检索后结果较少的申请检索策略拟定的分析，可以确定审查员在检索中依据发明构思进行检索可以有效提高检索效率，特别是通过对发明人为什么要制作出该发明的思考可以整理思路，理清多个技术特征之间的关系，加快检索的进程，甚至增加一些在申请文件中没有记载的却与发明构思息息相关的检索要素，缩小检索范围，提高检索效率。

参考文献：

[1] [瑞士]D·索洛古伦-桑切斯,T·埃尔福特.用于高压和/或中压设备的配电系统的电气连接布置[P].瑞士:CN201210031104.X,2012-08-08.

[2] 白哲.空心杆电伴热系统中集肤效应的有限元分析[D].西安:西安石油大学,2021.

[3] 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] 李烽,王剑,黄安林,等.一种环网柜智能控制系统[P].北京:CN201310379252.5,2013-11-27.

[5] 郭建文.一种新型 10kV 配网智能控制系统研究[J].中国电业(技术版),2013(08):1-3.

市政给排水管线设计的优化措施

程锦波

（福州城建设计研究院有限公司深圳分公司，广东 深圳 518052）

摘　要　市政给排水管线作为城市基础设施建设的重要组成部分，对城市安全和人民生活质量起着关键作用。为适应新形势下市政给排水工程建设需要，应加大对市政给排水管线设计工作的研究力度。基于此，本文从市政给排水管线设计的重要性入手，分析了其设计要点，并重点阐述优化措施，旨在为提升市政给排水管线系统的整体性能提供有效指导，推动城市基础设施的可持续发展。

关键词　市政给排水管线设计；排涝防洪管线设计；污水处理管线设计；雨水利用管线设计

中图分类号：U99　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0100-03

城市化进程的加快和人口的不断增长，使得市政基础设施面临巨大的压力。市政给排水管线作为城市的基础设施，不仅承担着保障城市供水和排水的重任，还直接影响着城市的环境卫生和居民的生活质量。现代城市对给排水管线的要求不仅限于功能的完善，还包括高效的运行和长久的使用寿命。然而，传统的给排水设计方式在面对复杂的城市环境和多变的气候条件时，往往表现出不足。因此，为适应新形势下的城市发展需求，市政给排水管线设计必须进行全面优化，进而提高系统的运行效率，还能有效预防和应对各种突发事件，减少对环境的负面影响。

1　市政给排水管线设计案例分析

在进行市政给排水管线设计的案例分析时，北京与上海的先进经验提供了极具借鉴意义的实践模式。一方面，北京的供水系统，由单一的管理主体——北京市自来水集团公司统一管理，涵盖了庞大的市区及多个郊区，共运营19座水厂和超过7 000公里的管网，这种集中管理模式有效整合了资源，提高了供水效率和服务质量，确保了891.65平方公里范围内的供水服务的连续性和安全性。另一方面，上海的供水系统则展示了区域划分的精细化管理策略。根据地理和水系特点，上海被划分为四个供水区域，每个区域均设有专门的供水公司负责该区域的水质和供水安全，这不仅优化了资源配置，还增强了对特定区域需求的响应速度和精准度。同时，上海在水厂现代化改造方面的策略，通过规划减少落后小水厂数量，转而集中资源建设大型现代化水厂，极大地提升了供水系统的整体性能和可持续性。这些经验对于其他城市在进行市政给排水管线设计时提供了宝贵的参考，尤其在供水系统规划、管理架构设计以及老旧设施的改造升级方面[1]。

2　市政给排水管线的设计要点

2.1　流速与管道连接设计

在市政给排水管线设计中，合理的流速设计能够确保管道系统的高效运行，同时避免管道内积淤和腐蚀问题。管道内流速需要根据具体使用情况进行计算，既要满足排水需求，又要防止流速过高引起的管道磨损。通常给水管道的流速应控制在1.0～1.5米/秒之间，而排水管道的流速则应控制在0.6～1.0米/秒之间。这种流速设计能够有效减少能耗，延长管道的使用寿命。在管道连接设计中，接头的类型和安装方式直接影响管道系统的密封性和稳定性。采用适当的管道连接方式，如承插连接、法兰连接和卡箍连接等，可以确保连接处的密封性能，防止漏水和渗水现象的发生。尤其在高压管道系统中，连接处的强度和密封性尤为重要，需要使用高质量的密封材料和精确的安装技术。此外，过小的弯曲半径会增加水流阻力，降低流速，甚至可能导致管道内水流紊乱，从而影响整个系统的效率。因此，设计中应尽量避免锐角弯曲，选择大弯曲半径或采用缓慢过渡的方式，以减小水流阻力，保持稳定的流速。

2.2　排涝防洪管线设计

合理的排涝防洪管线设计能够有效预防和缓解城市内涝问题，保障城市运行和居民安全。为此，需要进行全面的城市水文分析，了解降雨量、地形、地质条件以及地面径流等因素，以确定管线设计的基本参数。根据不同区域的降雨强度和排水需求，合理配置排水管网的规模和布局，确保在极端天气条件下能够

高效排除积水。其中，管径的选择是排涝防洪管线设计的核心之一。管径应根据排水量计算，并考虑一定的裕度，以应对超常规降雨。过小的管径会导致排水不畅，容易引发内涝；过大的管径则会增加建设成本和占地面积。同时，排涝防洪管线的布置方式也需谨慎考虑。通常采用分区排水的方式，将城市划分为若干排水区，每个排水区内设置主干管和支管，通过合理的排水路线将雨水迅速排出城市。此外，地面排水设施如雨水篦子、排水沟等，应与地下排水管网有效连接，确保雨水能够迅速进入地下管网。地面设施的布置需考虑道路坡度和地面硬化程度，尽量减少积水区域，提升排水效率。

2.3 污水处理管线设计

合理的污水处理管线设计能够有效收集和输送城市生活污水和工业废水，防止污染物进入自然水体，保护生态环境。首先，需要进行全面的污水排放量预测，根据城市人口、工业活动和未来发展规划，合理确定污水管道的设计流量，确保污水管道系统能够满足当前和未来的排放需求。其次，污水处理管线的密封性和耐久性是设计中的关键。管道材料应选择耐腐蚀、耐磨损和高强度的材质，如高密度聚乙烯管、钢筋混凝土管等，以确保管道在复杂环境下的长期使用寿命。同时，连接处的密封处理应严格按照规范进行，防止污水泄漏，污染地下水和土壤。最后，污水处理管线的布置方式也需精心设计。污水管道通常采用重力流的方式布置，通过合理的坡度设计，使污水能够依靠重力自然流动，减少泵站的使用，降低能耗和维护成本。管道应沿着城市道路和绿化带布置，尽量避开建筑物和地下设施，减少施工难度和维护复杂性[2]。此外，还需设计适当的检查井和清扫口，方便管道的日常检查和维护，确保系统长期稳定运行。

2.4 雨水利用管线设计

雨水利用管线设计是市政给排水系统优化的重要环节，旨在通过科学合理的设计，将雨水有效收集、输送和利用，既可减轻城市排水压力，又能节约水资源。其中，雨水利用管线设计需要对雨水收集系统进行详细规划。收集系统应覆盖城市道路、屋顶和广场等易于汇集雨水的区域，通过合理设置雨水口、排水沟和蓄水池等设施，将雨水快速汇集到管道中。同时，雨水的储存和再利用设施也是雨水利用管线设计中的关键部分，应在雨水管网末端设计适当规模的蓄水池或调蓄池，既可用于调节雨水流量，避免管道过载，又可将收集到的雨水储存起来，用于绿化灌溉、道路清洗和市政杂用水等非饮用水需求。蓄水池的设计应考虑水质保护和维护便利性，设置适当的过滤和净化装置，以保证储存雨水的清洁度。此外，雨水利用管线设计需注重与其他市政设施的协调配合。雨水管道应与城市绿地、湿地和人工湖泊等景观设施相结合，通过生态设计，实现雨水的自然渗透和生态净化，提升城市环境品质。

3 市政给排水管线设计的优化措施

3.1 建立健全的给排水管线施工制度

在优化市政给排水管线设计中建立健全的给排水管线施工制度，可以有效提高施工质量和效率，确保市政给排水管线的长期稳定运行，为城市发展提供可靠的基础设施保障。为实现这一目标，应制定详细的施工规范和标准，确保各项施工环节有章可循，这些规范应涵盖从设计到施工的全过程，包括管材选用、管道铺设、接口处理和质量检测等方面。通过明确施工标准，可以有效提高施工质量，减少因施工不当导致的管线问题。同时，需要建立严格的施工监理制度。在施工过程中，设置专门的监理团队，对每个施工环节进行严格监督和检查。监理人员应具备专业知识和丰富经验，能够及时发现和纠正施工中的问题，确保施工过程符合设计要求和规范标准。另外，应建立完善的施工验收制度。施工完成后，应进行全面的质量检测和验收，包括管道的密封性、强度和流量等方面的检测。验收过程中应严格按照规范标准进行，确保每个项目都达到设计要求和质量标准。

3.2 建立高效化的控制管理部门

在优化市政给排水管线设计中，通过建立高效化的控制管理部门，可以有效提升市政给排水管线设计、施工和运营的整体水平，确保系统的安全、稳定和高效运行，为城市的发展和居民的生活提供有力保障。为此，需要设立专业的控制管理部门，负责全程监督和管理给排水管线的设计、施工和运营。此外，控制管理部门应当负责制定和完善各项管理制度和标准，包括设计标准、施工规范和运营管理办法，这些制度和标准应根据实际需求和先进技术不断更新和优化，确保始终符合行业最高标准。为提升管理效果，应引入先进的信息化管理手段。采用信息化管理系统，可以实现对给排水管线设计、施工和运营全过程的实时监控和管理。例如，利用GIS系统对管线进行精确定位和管理，实时掌握管线的运行状态，确保管线的安

全和稳定。最后，控制管理部门应加强与各相关部门的协调和沟通。与规划、建设、环保等部门建立紧密合作关系，共享信息和资源，确保各项工作协调一致，避免重复建设和资源浪费。通过建立协作机制，可以提高工作效率和整体管理水平，确保给排水管线设计和建设的顺利进行[3]。

3.3 科学规范管线预制、安装工作

科学规范管线预制和安装工作，可以有效提高市政给排水管线的施工质量和效率，确保管线系统的安全、稳定运行，为城市提供可靠的给排水保障。为实现这一目标，应严格按照设计图纸和规范要求进行管线预制，确保每个环节都符合标准。预制前应详细审查设计图纸，确认各项参数的准确性，避免因设计误差导致的施工问题。在预制过程中，必须采用先进的预制技术和设备，提高预制精度和效率。使用数控设备进行切割、焊接和组装，可以保证预制件的尺寸精确和连接牢固，减少现场安装的工作量和难度。在安装工作中，合理的施工组织和科学的施工方法是保证工程质量的关键。施工前应进行详细的现场勘查和施工方案编制，明确施工步骤和注意事项。管道安装应按照由深到浅、由低到高的顺序进行，确保管道的坡度和连接的可靠性。最后，连接处的处理也是管线安装的重点环节，应根据不同管材和连接方式，选择合适的连接方法和密封材料，确保连接处的密封性和牢固性。常用的连接方法包括承插连接、法兰连接和热熔连接等，每种方法都有其适用范围和优缺点，应根据实际情况选择最适合的方法。

3.4 提高给排水系统的应急处理能力

首先，需要建立完善的应急预案和响应机制。应急预案应涵盖各种可能的突发情况，如暴雨、洪水、地震等，并详细规定各类应急事件的处理流程和责任分工。通过定期演练和培训，提高应急队伍的快速反应和协同作战能力，确保在突发事件发生时能够迅速有效地开展应急处理工作。其次，加强应急物资和设备的储备和管理。应急物资包括抽水泵、发电机、应急照明设备、堵漏材料等，这些物资应定期检查和维护，确保在需要时能够立即投入使用。设备的管理应建立信息化系统，对物资储备情况进行动态监控，确保物资的合理调配和高效利用。同时，应根据实际需求，定期更新和补充应急物资，保证储备充足。最后，加强应急人员的培训和管理，提高其专业素质和实战能力。应急人员应接受系统的专业培训，掌握应急设备的操作技能和应急处理的基本知识。通过定期组织应急演练，模拟真实的突发事件，提高应急人员的实战经验和应急反应速度[4]。同时，建立绩效考核机制，激励应急人员积极参与培训和演练，提升整体应急队伍的战斗力。

3.5 市政水厂整合规划主要成果

在市政水厂整合规划方面，主要成果表现在通过科学合理的规划与重组，显著提升了城市供水系统的效率与可持续性。例如，在核心商业区，原本多个小型且效率低下的水厂被整合为少数几个大型、高效的水厂，这一措施优化了资源配置，并减少了运营成本。此外，整合增强了供水系统的稳定性和应急响应能力，进而显著提升了供水能力，延长了供水系统的使用寿命，并显著提高了供水质量[5]。通过整合规划，城市供水系统不仅变得更加灵活和可靠，而且能够更好地适应人口增长和城市化快速发展的需求。总体来看，市政水厂的整合规划通过合理配置资源、优化运营管理和提升技术水平，有效提升了城市供水系统的整体性能和服务质量，为城市的持续发展提供了坚实的基础设施支持。

4 结束语

市政给排水管线设计的优化在城市基础设施建设中具有重要意义。通过全面提升流速与管道连接设计，科学合理地进行排涝防洪管线设计，优化污水处理管线布局，并合理利用雨水资源，可以显著提升系统的整体效能。同时，建立健全的施工制度，组建高效的控制管理部门，规范管线预制和安装工作，增强应急处理能力，是实现优化设计的关键措施。这些优化措施不仅能够提高市政给排水系统的运行效率和安全性，还能有效应对城市化进程中的各种挑战，保障城市基础设施的可持续发展。

参考文献：

[1] 胡文亮.BIM技术在市政给排水管线设计中的应用[J].科学与信息化,2024(08):55-57.
[2] 赵跃奕.关于市政给排水管线优化设计的探讨[J].数字化用户,2024(30):75-76.
[3] 吴建民.市政工程中给排水管线的施工工艺研究[J].建材与装饰,2024,20(09):4-6.
[4] 付蕾娜.市政给排水设计的优化措施[J].建材发展导向,2024,22(05):52-54.
[5] 胡云春.市政给排水管线优化设计的探讨[J].居业,2023(09):68-70.

海绵型城市发展视域下市政给排水设计要点探讨

马草原

（福州城建设计研究院有限公司深圳分公司，广东 深圳 518052）

摘　要　为解决市政给排水设计中存在的问题，需要结合海绵型城市发展视域，采取有效的措施对给排水设计进行完善，有效提升海绵型城市发展视域下市政给排水设计水平。基于此，本文在海绵型城市发展视域下，从市政给排水设计的意义出发，对市政给排水设计面临的困境进行深入分析，并提出具体的市政给排水设计策略，以期为促进海绵城市建设提供参考。

关键词　海绵型城市；市政给排水设计；水资源利用；回收净化系统

中图分类号：U99　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0103-03

海绵型城市发展理念旨在通过生态化、自然化的手段管理城市雨水，以提升城市的防洪排涝能力和水资源利用效率，同时改善水环境质量。随着城市化进程的加速，传统排水系统面临日益严峻的挑战，无法有效应对频繁的暴雨和极端天气，故城市内涝和水资源浪费问题的现象愈发严重。而市政给排水设计作为海绵城市建设的重要组成部分，其科学合理的规划和实施，不仅关系到雨水的有效收集、处理和排放，还直接影响城市生态环境的整体健康。因此，在海绵型城市视域下，市政给排水设计中通过采用创新技术和生态工程措施，可以优化现有排水系统，提高其应对能力，促进水资源的循环利用，减少环境污染，增强城市的生态韧性和可持续发展能力。

1　海绵型城市发展视域下市政给排水设计的意义

1.1　有利于缓解城市内涝

在海绵型城市的发展视域下，市政给排水通过科学合理的设计和建设，可以有效增加城市的雨水滞蓄能力，减少暴雨径流对城市排水系统的压力。海绵城市理念强调利用自然的力量，通过透水铺装、雨水花园、调蓄池等设施，使雨水在源头、中途和末端进行分级处理和调控，确保雨水能够充分下渗、滞留和净化，减缓地表径流速度，从而减轻城市内涝的风险。此外，城市绿地和下沉式绿地的建设，可以在雨季期间吸收和存储大量雨水，避免大量雨水直接进入排水系统，导致排水管道超负荷运行。对于现有的排水系统，海绵城市建设还提倡通过管道扩容和分流制系统改造等手段，提高排水能力，确保在短时间内的大雨或暴雨情况下，排水系统能够迅速将雨水排出城市，防止内涝的发生。雨水管理设施的智能化管理，通过监测系统和信息化管理平台，实时监控雨水量和排水系统运行状态，及时发现和处理排水问题，进一步增强城市的防涝能力。

1.2　有利于提升水资源利用

在海绵型城市的发展视域下，市政给排水设计通过完善雨水收集和再利用系统，可以有效地将雨水资源转化为可利用的水源，缓解城市水资源紧缺的状况。雨水收集系统包括屋顶绿化、透水铺装、雨水花园等设施，这些设施能够有效截留和储存降水，并将其用于绿化灌溉、景观用水等非饮用用途，减少自来水的使用量，有效提高居民生活用水的水量，提高居民供水保障。海绵型城市理念还强调地下水的补给，通过设置透水性地面和下沉式绿地等措施，使更多的雨水渗入地下，增加地下水的储量，维持城市的水循环系统。此外，市政给排水设计中的中水回用系统也是提升水资源利用的重要手段。中水回用系统将城市生活污水经过处理后，用于城市绿化、道路清洗和工业冷却等，既减少了污水排放，又实现了水资源的重复利用，提高了水资源的利用效率。市政给排水设计的优化，还可以通过构建分散式雨水管理系统，将雨水的收集、处理和利用分散到城市的各个角落，使水资源利用更加均衡和高效[1]。

2　海绵型城市发展视域下市政给排水设计面临的困境

2.1　地下排水管网设计不完善

地下排水管网作为城市给排水系统的核心基础设施，其设计和建设质量直接关系到整个系统的运行效

率和可靠性。然而，目前许多城市的地下排水管网设计存在诸多问题。一是设计标准不统一，导致管网容量和布局不合理，无法充分应对城市化进程中不断增加的排水需求。二是管网结构复杂，缺乏系统性规划，管道布局混乱，交叉重叠现象严重，增加了维护和管理的难度。三是地下管网的老化问题也较为突出，许多城市的排水管道已使用多年，管材老化、腐蚀和破损现象普遍，管道渗漏和堵塞的现象频发，严重影响排水系统的正常运行。四是管网设计中缺乏先进的监测和控制设备，排水系统在突发情况下难以及时响应和调整，使得排水系统在突发情况下需要较久时间反馈回监控系统，维护人员难以及时解决问题，进一步加剧了系统的不稳定性。五是地下管网设计还存在忽视生态和环境因素的问题，传统的设计思路更多关注排水效率，而忽略了雨水的自然滞留和渗透，未能充分结合自然环境进行雨水管理，使得水资源浪费和环境污染问题加剧。

2.2 透水铺装维护不及时

透水铺装作为海绵城市的重要组成部分，其功能在于促进雨水渗透，减少地表径流，缓解城市内涝。然而，在实际应用中由于透水铺装的维护不到位，使其效能大打折扣。透水铺装材料易受污染：灰尘、泥沙等杂质长期积累，会堵塞透水孔隙，极大地降低了其透水性能。同时，透水铺装在高负荷使用环境下，如人行道、停车场等区域，受到车辆和行人的频繁碾压，材料磨损加剧，透水能力逐渐下降[2]。此外，透水铺装的设计寿命和实际使用寿命之间存在差距，缺乏定期检测和评估，难以及时发现和处理潜在问题。且受天气变化和自然环境的影响，如极端高温、寒冷和降水，也会加剧透水铺装材料的老化和劣化，进一步降低其功能性。透水铺装的维护工作需要专业设备和技术支持，而许多城市在这一方面的投入和管理力度不足，维护人员专业素质不高，缺乏系统的培训和指导，进而实际的维护效果不理想。

2.3 回收净化系统效率低

当前许多城市的回收净化系统在设计和运行中存在诸多问题，导致其效率难以达到预期。其一，系统设计缺乏整体性和前瞻性，各子系统之间协调不够同步，资源配置不合理，无法形成高效的回收和净化链条。其二，处理技术落后，设备老旧，无法有效去除水中的污染物，净化效果不理想，处理后的水质难以满足回用标准。其三，信息化管理水平低也是效率低下的主要因素，缺乏先进的监测和控制系统，无法实时监控和调度处理过程，难以及时发现和解决问题，影响了系统的整体效率[3]。其四，公众参与和意识不足，居民缺乏对雨水和污水回收利用的认识和支持，源头分离和初步处理难以落实，进而增加了后续处理的难度。由于回收净化系统效率低，雨水和污水得不到有效处理和回用，增加了城市对外部水资源的依赖，同时也加剧了水环境污染，影响了城市的生态可持续发展。

3 海绵型城市发展视域下市政给排水设计策略

3.1 完善地下排水管网设计

在海绵型城市发展视域下，完善地下排水管网设计，可以显著提升城市排水系统的运行效率和抗灾能力，为海绵城市建设提供坚实的基础保障。为此，必须进行全面的城市排水系统现状评估，充分了解现有管网的容量、布局、材质和使用状况，为优化设计提供科学依据。根据评估结果，制定详细的改造和扩建计划，确保管网布局合理，能够应对未来的降雨强度和城市发展需求。新建或改造管道时，应采用高强度、耐腐蚀的新型材料，提升管网的使用寿命和运行效率。在设计过程中注重雨污分流，确保雨水和污水分别处理，减少污水处理负荷，提高雨水利用率。同时，应考虑建立雨水调蓄设施，如调蓄池和雨水湿地，缓解短时间内的降雨压力，减少地表径流对排水系统的冲击。对于排水管道的节点和接口设计，必须确保密封性和抗渗性能，防止地下水和污染物的渗漏。在高风险区域，设置智能监测设备，实时监控管网运行状况，及时发现和处理问题，防止内涝和污染事件的发生。此外，地下管网的设计应具有前瞻性，预留扩展空间，以适应未来城市发展的需要。结合城市地形和地质条件，科学规划管网走向，避开地质灾害高发区域，确保排水系统的安全稳定运行。

3.2 改造透水铺装地块

在海绵型城市发展视域下，改造透水铺装地块能够促进雨水下渗，减少地表径流，有效缓解城市内涝问题。为实现这一目标，需要选用适宜的透水材料，如透水混凝土、透水砖和透水沥青等，这些材料具有较高的透水性能和耐久性，能够有效地将雨水渗透至地下。设计时要综合考虑地块的使用性质、荷载要求和美观度，确保透水铺装既满足功能需求，又能与周围环境相协调。在施工过程中，要确保透水铺装的基础层设计合理。通常基础层应包括透水垫层、透水基层和透水面层，每一层都要具备良好的透水性和稳定性，确保雨水能够顺利下渗。透水垫层可以使用碎石、

砾石等材料，以提供良好的透水和排水功能。透水基层和面层则需根据实际使用需求，选择适宜的透水材料，并进行压实处理，防止材料移动和沉降。后期维护也是保障透水铺装地块长期有效的重要环节。透水铺装容易被泥沙、垃圾等杂物堵塞，需定期进行清理和维护。可使用高压水枪或专业清洗设备进行清洗，保持透水孔隙的畅通。同时，定期检查透水铺装的表面和基础层，及时修补出现的裂缝和损坏部分，确保其结构稳定和功能正常。因此，通过改造透水铺装地块可以有效改善城市生态环境，促进水资源的合理利用，助力海绵城市的建设和发展[4]。

3.3 建立回收净化系统

在海绵型城市发展视域下，回收净化系统旨在将雨水和污水有效收集、处理并再利用，以减少对天然水资源的依赖，提升城市水资源的利用效率。首先，需要在城市各个区域设置雨水收集设施，例如屋顶集水系统、道路雨水收集装置等，将雨水集中引导至指定的处理设施。处理设施包括初步过滤装置和沉淀池，通过这些设施可以去除雨水中的大颗粒杂质和污染物。其次，对于生活污水和工业废水，回收净化系统需要建立完整的污水处理流程。污水处理厂应配备先进的物理、化学和生物处理技术，包括格栅、沉砂池、生物滤池和活性污泥法等，确保污水在各个处理阶段中逐步去除污染物，达到排放标准或再利用标准。处理后的水可以用于城市绿化灌溉、景观用水和工业冷却等非饮用用途，减轻对自来水的需求压力。最后，回收净化系统的建设还需结合智能化管理手段，利用物联网和大数据技术对系统运行进行实时监控和管理。通过传感器和自动化控制设备，监测雨水和污水的流量、水质变化及处理设施的运行状态，及时发现和解决运行中的问题，提高系统的运行效率和可靠性[5]。同时，建立信息化管理平台，将各个处理环节的数据进行整合和分析，优化系统运行，提高资源利用率。

3.4 加强绿化设施建设

在海绵型城市发展视域下，绿化设施不仅可以美化城市环境，还能通过植被和土壤的自然滞水和渗透能力，有效缓解城市内涝，改善水资源管理。为此，应在城市规划中充分考虑绿地布局，增加公共绿地、公园和绿道等绿化设施，形成城市绿色网络，这些绿地应设计为具有良好透水性能的区域，通过配置适宜的植被和土壤，使雨水能够迅速渗透和滞留。在具体实施过程中，需要选择适合当地气候和土壤条件的植物种类，优先选用耐旱、耐涝、根系发达的本土植物，以增强绿化设施的适应性和耐久性。植被选择应多样化，结合乔木、灌木和草坪，形成多层次的绿色景观，不仅能提升美观度，还能增加植被覆盖率和生态效益。同时，建设下沉式绿地和雨水花园，此类设施在设计上稍低于周围地面，可以在降雨时积存部分雨水，通过植物和土壤的自然过滤，减少径流污染，同时缓解排水系统的压力。在住宅小区和公共建筑周围，可建设垂直绿化和屋顶绿化，利用建筑立面和屋顶空间增加绿化面积，提升雨水滞留和蒸发能力，缓解地表径流。最后，城市更新和新建项目中，应将绿化设施建设纳入整体规划，与其他市政基础设施同步设计和实施，确保绿化设施与排水系统、道路和建筑有机结合，形成完整的城市生态网络[6]。总之，通过科学合理的设计、建设和管理，加强绿化设施建设能够显著提升城市的雨水管理能力，改善生态环境，促进水资源的可持续利用，为海绵城市建设提供有力支撑。

4 结束语

海绵型城市视域下市政给排水设计要点的探讨，是实现城市可持续发展的关键。通过完善地下排水管网设计、改造透水铺装地块、加强绿化设施建设和建立排水回收净化系统，可以显著提升城市的雨水管理能力，缓解内涝问题，优化水资源利用，改善水环境质量。科学合理的市政给排水设计，不仅有助于提升城市的生态环境，还能增强城市的韧性和宜居性，为城市居民提供更健康、更安全的生活环境。未来相关部门应进一步推动技术创新和政策支持，强化公众参与和意识提升，构建完善的海绵城市体系，实现人与自然和谐共生的发展目标。

参考文献：

[1] 劳维挺.海绵城市理念在市政给排水设计中的运用[J].建筑与预算,2022(10):40-42.
[2] 高田.海绵城市理念下市政道路给排水设计研究[J].现代装饰,2022(28):157-159.
[3] 房登峰.海绵城市理念在市政给排水设计中的应用要点研究[J].大科技,2022(47):139-141.
[4] 汪埔.海绵城市市政给排水规划设计分析[J].建筑工程技术与设计,2021(23):39.
[5] 王孝洋,上官理安,赵超.基于海绵城市给排水建设需要注意的问题探讨[J].建筑工程技术与设计,2021(30):1152-1153.
[6] 吴建广.海绵城市理念在建筑给排水设计中的运用[J].建筑工程技术与设计,2020(15):587.

“技术偏见”和“反向教导”在专利创造性审查中的理解与判断

苏文涛

（国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心，北京 100160）

摘　要　创造性审查过程中经常涉及依据“技术偏见”“反向教导”进行的争辩意见，而对两者的判断最终影响到创造性的结论，本文以“技术偏见”“反向教导”的由来以及含义为基础对两者的区别、联系进行了辨析，并结合实际案例对现有技术文件中是否存在“技术偏见”“反向教导”进行了分析和判断，旨在为专利相关环节提供启发性的思路和经验。

关键词　创造性审查；反向教导；技术偏见

中图分类号：G306　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0106-03

创造性的审查通常采用“三步法”，创造性的审查过程中经常涉及申请人/代理人主张依据现有技术证据记载的内容，可以确定本发明摒弃了“技术偏见”，或者现有技术证据记载的内容构成了获得本发明的“反向教导”，对于“技术偏见”“反向教导”的判断影响到创造性的结论，本文从“技术偏见”“反向教导”的由来以及含义为基础对两者的区别、联系进行了辨析，并以实际案例出发对两者进行了详细分析，希望能为专利申请和审查实践提供一定的借鉴意义。

1　“技术偏见”和“反向教导”

“技术偏见”在《专利审查指南》（2023）中有明确记载[1]，而反观“反向教导”在《专利审查指南》（2023）中则没有明确记载，其产生于美国专利商标局对于创造性的审查过程中关于技术部分的内容所提出的，现有技术需要作为一个整体来综合考量，现有技术可以提供朝着有利于向本发明改进方向的技术教导即为“正向教导”，同时也可能会出现不利于向本发明改进方向的技术教导，也就是“反向教导”[2]。虽然《专利审查指南》（2023）中并没有明确记载“反向教导”，但从“反向教导”字面意思来看其与“正向教导”是相对的，“正向教导”也就是“三步法”中所说的技术启示，“反向启示”也即相反的技术启示，“三步法”判断技术启示的过程中，需要从整体上把握现有技术的内容，这个过程中已经综合考虑了“反向启示”[3]。

综上可见，“技术偏见”属于普遍存在于相关技术领域中一种偏离客观事实的认知，而由于现有技术中大部分认知属于经过实践检验而得到的，因此基本是正确的，真正的“技术偏见”是少数存在的。技术偏见的确认标准也是比较高的，不能仅仅依靠个别的专业领域的技术人员或者企业单位的观点，需要与专业领域的专家共同的观念和认识所不同[4]。而反观“反向教导”，“反向教导”的提出需要在现有技术中有直接的、明确的记载，这种记载所给出的技术启示的改进方向会阻碍本领域技术人员改进该最接近的现有技术并获得要求保护的发明。从技术启示的角度来讲，“技术偏见”“反向教导”均会阻碍本领域技术人员对最接近的现有技术中存在的技术问题进行改进和研究以得到要求保护的发明，“反向教导”相对于“技术偏见”来说，其范围较大，只要在使用的现有技术证据中对于相反的技术启示有所记载，即可能存在“反向教导”，反观“技术偏见”则需要达到普遍存在的程度，而且需要是“领域专家”通行的教导，因此其并不能仅仅是个别的举例所能证明的，也就是说，“技术偏见”是一种特定的“反向教导”。两者对于创造性的影响也是不同的，克服了“技术偏见”，修正了人们错误的观念和认知，在解决相关技术问题时采用了因上述错误观念或认知而放弃的相关技术内容，就可以认为满足了创造性的要求，现有技术中存在“反向教导”则不能直接得出相关结论。

2　案例分析

2.1　案例介绍

技术方案：一种大高宽比微结构转印的方法，包括：步骤1：制备母模具，母模具带有凸起微纳米结构，将液体状态的PDMS均匀覆盖于母模具上，固化后将PDMS形成有与母模具凸起结构相对应的凹槽结构，即得到

用于工作的模具；步骤2：将具有流动性的液体状态的金属材料在电润湿的条件下充满上述具有凹槽结构的模具中，经过固化步骤得到填充有导电浆料的模板；步骤3：将一层UV固化材料涂覆到目标衬底上形成；步骤4：贴合填充有导电浆料的模板与UV固化材料层，在填充有导电浆料的模板中固化的导电浆料被转印到目标衬底上，通过烧结即得到大高宽比微结构。

说明书中记载该案属于微纳米制造技术领域，具体涉及墨水转印技术，墨水转印具有成本较低、工艺过程中环境要求低以及效率较高等优势，更适合于对良率要求高的微纳米器件的批量化生产，但是对于大高宽比微结构器件转印成功率低，难以实现转印。为了弥补上述缺陷，本案提出一种制造微纳米结构的方法，利用UV胶辅助，实现大高宽比微纳米结构的高效率低成本制造。

2.2 现有技术介绍

2.2.1 对比文件1主要内容

墨水转印技术从总体上说是将液体状材料充满模板的凹凸槽内，凹凸槽的尺寸为微米、纳米尺度，液体状材料固化后通过黏附的方式到达目标物上的技术。其中由于液体状材料是否填充满微米、纳米尺度的结构表面，以及与模板之间的黏附功的大小与液体状材料与目标物之间的黏附功的大小相比决定了转印的成功率，由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果。液体状材料的性质需要适应转印技术的需要，现有技术中研发了Ag、Cu等金属形成的液态状材料，并且已经大范围的使用。具有流动性的液态状材料在充满微米、纳米尺度的凹凸槽结构过程中，会产生润湿作用，充满过程完成后会产生超过需要的材料，可以通过刮刀的方式刮除掉，之后，贴合具有液体状金属材料的微米、纳米尺寸结构的模板和目标物，将液体状材料通过相关方式进行固化，固化后将模板和目标物分离开，目标物上就可以得到微米、纳米结构的例如电路的图形。在模板的加工制造过程中，可以对凹凸槽的深度进行调节，从而决定了微米、纳米尺寸的结构图形的厚度的差异，也就是说上述转印技术可以形成不同厚度的电路图形，能够满足实际电子元器件的各种实际需求。

2.2.2 对比文件2主要内容

一种涉及转印的技术方案，通过利用厌氧光刻胶来增加黏附力，该方案中以透明的目标衬底作为转印目标物，在转印目标物上施加厌氧光刻胶，将带有金属转印物的承载体与转印目标物紧密结合在一起，施加紫外线光照之后，厌氧光刻胶会发生交联固化从而与金属转印物之间形成较强的黏附功，金属转印物就会黏附在转印目标物上，而由于凹槽部分的金属转印物与厌氧光刻胶不接触，不会黏附于转印目标物，最终在转印目标物上得到微米、纳米尺寸的金属结构。

2.3 案例分析

本案为了解决目前微转印技术难以实现大高宽比微结构的有效转印的技术问题，通过“步骤3：将一层UV固化材料涂覆到目标衬底上形成”增强导电浆料与目标物的黏附力，从而提高导电浆料形成的大高宽比微结构的转印效率。

对比文件1中采用了与本申请相同的墨水转印技术，但是对比文件1提及“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”。

2.3.1 关于“技术偏见”

对比文件1中的“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”是否构成在墨水转印中不采用胶水（UV固化材料）的技术偏见。从技术偏见的定义出发，技术偏见中所限定的“某段时间内”只要是发明提出的，发明提出并公开后本申请即已经构成技术偏见的反面证据，即该技术偏见已经不存在，因此某段时间至少是申请日之前技术偏见已经形成，甚至这种偏见持续到发明公开之前依然存在。技术偏见的形成具有时间性、普遍性的特点，用于证明技术偏见的证据应当能够从时间性、普遍性两方面反映技术偏见的形成，例如教科书、技术手册、技术词典或者行业标准中的明确规定，或涵盖多个时间跨度的多篇技术文献，由于普遍性是一个程度上的要求，因此即使满足上述举证形式，也无法完全证明普遍性的特点。人们对于技术的认识使得其局限性难以避免，这就导致会出现一些普遍的观念或认识，它引导人们朝某个技术方向进行研究，而放弃了其他的技术方向，如果发明人/申请人通过对技术本质的研究纠正了这种错误观念或认识，从而使得人们能够回到对放弃的这一技术方向的研究，这就是“克服”所带来的对于创造性的贡献所在。具体到本案，本案所处的技术领域为墨水转印领域，相近的技术领域为微纳米结构制造领域，由于对比文件1仅为个例，从证据形式和数量上难以构成该领域专家通行的教导。并且对比文件1中的“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”仅仅是对于采用墨水转印过程中不使用胶水的原因的客观描述，这是一种选择的优劣的描述，并不存在对于该技术内容的认知的偏差，并且本案采用了“使用胶水”的方案，同时引入了“去除胶水”的过程，带来了“去除胶水过程”

的缺陷，即说明原来的认知是符合客观事实的，不需要被修正，技术偏见也就不存在。此外，由技术偏见的相关规定，如果发明的贡献点在于修正了人们的观念或认识，使得人们在解决相关技术问题时，重新考虑之前放弃了的相关技术手段，则可以直接得到发明具备创造性的结论[5]。因此，在实践过程中，一般要求申请人/发明人在原始申请中记载相关技术内容，在“克服”技术偏见的角度阐明发明的方案的贡献之处。

2.3.2 关于“反向教导”

对比文件1中的“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”是否构成在墨水转印中不采用胶水(UV固化材料)的反向技术教导，从而构成本领域技术人员结合对比文件2中公开的采用UV固化胶的技术手段的技术障碍。

在创造性判断中，不能单独依据现有技术中存在的某一技术手段的优点就认定现有技术中存在了相反的技术教导，而需要站位本领域技术人员，需要考虑现有技术整体进行考量，从而确定上述内容中的某一技术手段的优点能否阻碍本领域技术人员选择其他常用技术手段。具体到本案中，结合检索转印领域的教科书、工具书等可以知道，在各种转印技术的实施过程中，在承印目标物上增加黏合剂是一种有效提高界面黏合力的方法，并且由于模板一般选用表面光滑且对各种其他物质来说黏附功均相对较小的材料来制作，使得黏合剂并不影响模板与目标承印物两者的分开，即不影响转印的效果，但是增加的黏合剂属于最终目标承印物所不需要，因此需要增加去除黏合剂的工艺步骤，这个工艺步骤的增加会导致成本上的增加，也可能导致去除黏合剂过程中所使用的去除方式所带来的对转印后得到的微米、纳米尺寸的结构产生不良的影响，因此在黏合力满足需求的情况下不会选择增加黏合剂的方式，但是如果黏合力不能满足增加黏合力和不良影响之间，黏合力处于要解决的主要焦点，不良影响即处于可接受的结果。从上面的分析可以看到，尽管对比文件1提及“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”，但是，在转印时，采用黏合剂或者不采用黏合剂均是本领域改变界面黏附力的常用技术手段，本领域技术人员知晓两种方式各自的优缺点，采用黏合剂将导电结构转印到目标衬底的方式，其能够增强导电结构和衬底的黏附力，但同时后续需要设置去除黏合剂的工艺步骤，而不采用黏合剂就可以在后续步骤中免除去除黏合剂的工艺步骤。本领域技术人员在面对如何改变界面黏附力时可以根据需要对上述两种方式进行选择，本申请的工艺中具有去除胶水这一步骤，正是选择了利用UV固化材料即黏合剂来提高了界面黏附力之后，相应地需要增加去除胶水这一步骤将UV固化材料去除。本领域技术人员不会因为对比文件1提及不采用黏合剂能够减少去胶步骤而放弃选择采用黏合剂以提高转印有效性的方式，对比文件1中“由于不需要去除胶水的过程，也避免了因去除胶水所产生的不良后果”不构成不能设置黏合剂即UV固化胶、不包括去胶过程的反向教导，因此也就不构成本领域技术人员结合对比文件2中公开的采用UV固化胶的技术手段的技术障碍。对比文件2中采用厌氧UV胶，利用该UV胶厌氧固化的特点转印模板凸起部分的金属层，在转印模板凸起部分的金属层时，厌氧UV胶作为UV固化胶，其增强模板凸起部分的金属层与目标衬底的黏附力从而客观上提高了导电结构转印成功率。可见上述技术特征在对比文件2的技术方案中所起到的作用与本案的作用是相同的，都是利用UV胶增强模板中所需导电金属层与目标衬底的黏附力来提高导电结构的转印成功率，即对比文件2给出了技术启示。

3 结束语

本文从实际案例出发，对于现有证据是否构成“技术偏见”或者“反向教导”进行了辨析，可以看出，“技术偏见”应当是普遍存在的、偏离客观事实的认识，确定“技术偏见”相应的标准也是非常高的，而且要求申请人/发明人在原始申请中记载相关技术内容，在“克服”“技术偏见”的角度阐明发明的方案所做出的贡献。对于“反向教导”而言，只需要在现有技术中有直接的、明确的记载即可，但是判断是否存在“反向教导”则需要准确站位本领域技术人员，对现有技术整体上进行客观衡量，判断“反向教导”存在与否。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国家知识产权局.专利审查指南2023[M].北京:知识产权出版社,2023.
[2] 马池帅,等.反向教导在创造性审查中的客观判断[J].中国发明与专利,2021,18(S1):101-105,117.
[3] 史立红,时彦卫.相反教导对专利申请创造性判断的影响[J].广东化工,2022,49(18):105-106,125.
[4] 岳国亮,杨莹.浅析确定实际解决技术问题的重要性和几点考量[J].专利代理,2023(01):101-105.
[5] 梁月明.组合发明创造性判断中非显而易见性的探析研究[J].法制博览,2024(03):40-42.

高层建筑主体结构施工技术研究

吴祖南

（广西北投兴地投资有限公司，广西 南宁 530000）

摘　要　高层建筑整体高度较高、项目体量较大，为保证施工质量，提升施工效率，压缩施工周期，施工团队要发挥主观能动性，调整施工内容，完善施工机制，把握施工技术。着眼高层建筑主体结构施工要求，适应高层建筑施工特点，兼顾施工质量、施工难度和施工成本，应加强高层建筑主体结构施工技术研究。文章立足高层建筑主体结构特征，综合分析现有施工技术要点，提出施工质量控制策略，实现主体结构测量、钢筋工程与模板工程等在内的主体结构关键环节的有效把控，通过组建完备的施工技术模式，更好地完成高层建筑主体结构施工，提升施工质量和效果。

关键词　高层建筑；主体结构施工；主体结构测量技术；钢筋工程施工；模板工程施工

中图分类号：TU974　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0109-03

当今社会，城市化进程持续加快，对土地资源的需求量较大，为更好地缓解土地资源供需矛盾，各地区倾向于高层建筑，通过空间结构的科学设置，提升土地资源总体利用效能。然而，高层建筑工程的传统施工技术面临考验与挑战。当前形势下，技术人员应立足高层建筑工程实际，宏观审视主体结构施工的关键方法，精准把握主体结构施工工艺环节，拓展丰富施工技术方法内涵，全面提升高层建筑施工成效。

1　高层建筑主体结构施工特点

1.1　工程量大、工期长

高层建筑主体结构高度参数较大，由此所形成的工程量同样相对较大，对施工工期与施工进度等具有更高要求。由于施工工期长，高层建筑主体结构施工全过程往往会受多方面要素影响，若不注重施工过程的优化管控，则势必会导致施工进度受限，影响最终整体施工效益[1]。经过长期发展，国内高层建筑主体结构施工技术体系日臻成熟，施工工艺流程更趋优化，在保证工程高质高效推进实施等方面的价值作用倍加突出。

1.2　施工技术复杂

高层建筑主体结构体积庞大，其所承载的建筑荷载极高，这就使得对施工技术的整体要求变得更为严格。在施工过程中，需要切实有效地控制测量放线、高层模板、混凝土浇筑等各项关键工序的施工质量，及时排除潜在的扰动因素影响，从而形成预期的施工效果。近年来，广大工程单位持续不断地优化与完善高层建筑主体结构施工技术方法。他们在精细化施工与全过程管理等方面进行了诸多卓有成效的研究与探索。通过不懈努力，初步构建形成了多元化的施工技术方法体系，成功破解了一系列施工技术难题，取得的成效极为显著。

1.3　对施工安全要求高

施工安全要求贯穿高层建筑主体结构施工整个过程，任何一项施工管控举措的缺失均会不同程度上诱发安全隐患。高层建筑主体结构应力状态相对分散，对整体构造的稳定状态要求较高，应根据工程项目实际严格按施工方案操作，运用参数化控制方式，强化安全管控。在现代科学技术支持下，高层建筑主体结构施工中的安全识别与控制方法多种多样，尤其在精密感应监测技术辅助下，可实现对施工作业的全程动态监控，保证主体施工顺利有序进行。

2　高层建筑主体结构关键施工技术要点

2.1　主体结构测量技术

高层建筑主体结构测量的过程，实际上同时也是全面获取主体结构施工技术参数的过程。在这个过程中，需要严格按照专业技术方案，明确每项测量对象的具体要求，必须将测量误差控制在技术允许的范围内；要充分利用高精度的测量仪器，在目标范围内连续地获取主体结构测量数据。并且，对测量获得的数据信息进行纵向比对分析，果断剔除存在明显偏差的测量数据，以便为后续的各项作业环节与内容适时地提供基础依据；还应优化布设主体结构测量点位的数

量与分布状态，尤其要注重在主体结构垂直面上有效获取相关数据，确保测量精度不受任何影响。在获取主体结构测量数据的同时，要对数据进行准确的校对处理，并结合主体结构的实际情况做好补测工作。在主体结构轴线测量方面，需要对各项标桩做好清晰准确的标注，并适时进行复测，以确保轴线测量的准确性和可靠性。

2.2　钢筋工程施工要点

选择最为适宜的细钢筋、中粗钢筋和粗钢筋等，严格校核直径参数。提前对钢筋进行下料加工，计算所匹配的钢筋长度，确保钢筋利用率。做好钢筋材料保存和管理，防止因长期堆放而造成的腐蚀或锈蚀。采用专业检测技术方法，检验钢筋防腐层厚度系数，将检测数据与标准规范相对比，杜绝不合格钢筋材料的使用。制定钢筋绑扎和安装技术方案，明确各个作业环节与步骤的具体要求，使结构钢筋和立柱钢筋、梁板钢筋等能够实现稳定连接，满足高层建筑结构的荷载能力需求。使用管筒挤压技术和钢筋焊接技术等对部分施工环境下的钢筋进行加长处理，在最终检验检查合格后，方可进行后续施工[2]。在校核控制钢筋网、钢筋骨架和受力钢筋等施工过程中，要根据项目具体类型，采取相应的检测方法，判定安装数据是否在允许偏差范围内（如表1所示）。

2.3　模板工程施工要点

根据高层建筑实际灵活选择钢制定型组合模板、竹木胶合板模板和全钢制大模板等。在支撑系统施工中，应采用特定规格的脚手钢管作为柱墙的水平支撑，并根据异形柱或墙体实际需要，设置连续斜撑，增强支撑系统整体荷载。对照模板轴线检验线位置，校对柱模标高参数。利用对拉螺栓和抱箍等夹紧柱模板，防止模板松动，保持间距适宜，避免钢筋外露。模板交接区域拼缝应严密，事先清除附着于模板上的泥浆等杂质，不得乱拼乱凑。在圈梁模施工中，则可采用挑扁担法进行处理，提前在适当位置预留孔洞，便于插串方木。安装平台梁和平台模板，加设大横楞和立方支撑，校准模板支撑系统稳定性。提前留好预埋件，避免不同位置模板干涉影响。

2.4　混凝土工程施工要点

根据建筑主体结构混凝土施工技术规范，选择低水化热水泥，配合相应粒径大小的骨料，充分拌和。使用粉煤灰等掺和剂、减水剂，通过这种方式，将水灰比等参数控制在合理区间范围。同时开展粗骨料比选，将其含泥量保持在合理区间范围。采用分层浇筑摊铺作业方法，对施工作业区域进行摊铺，避免浇筑速度过快或过慢而影响混凝土凝固效果[3]。借助必要的振捣作业，将混凝土的密实度和抗拉强度控制在合理区间，降低可能出现的收缩变形应力，避免出现离析或沉淀现象。混凝土浇筑后要及时做好积水清理，进行必要的养护，旨在提升混凝土前期的抗拉能力，实现弹性模量的有效控制。对于低温环境，应做好对混凝土防裂的温控措施，将其入模温度控制在允许范围内，并采取保温保湿措施进行养护。

3　高层建筑主体结构施工质量控制策略

3.1　采用全过程施工技术管理法

在高层建筑现代化发展进程中，全过程施工技术管理法的核心价值愈发突出，同时兼具全员性等优势

表1　钢筋安装位置的允许偏差及检验方法

项目			允许偏差	检测方法
绑扎钢筋网	长、宽		±10	使用钢尺进行测量
	网眼尺寸		±20	使用钢尺进行测量
绑扎钢筋骨架	长		±10	使用钢尺进行测量
	宽、高		±5	使用钢尺进行测量
受力钢筋	间距		±10	使用钢尺测量受力钢筋两端、中间，选择最大值作为间距、排距的测定值
	排距		±5	
	保护层厚度	基础	±10	使用钢尺进行测量检查
		柱、梁	±5	使用钢尺进行测量检查
		板、墙	±3	使用钢尺进行测量检查

特征，符合高标准、高要求的技术应用导向。对此，可根据以往高层建筑主体结构施工经验，预设常见的技术问题应对方案，优化配置人员、机械、材料等工程资源，明确施工质量责任。对照主体结构技术标准，及时准确地处置各类质量风险隐患，只有在上一工序验收合格后，方可推进后续作业[4]。对施工技术目标完成情况作出客观评价分析，执行验收工作规范，推行标准化管理，对质量缺陷问题及时处置。总结与提炼有价值技术工艺方法，改进后续施工技术路径。

3.2 运用信息技术，保障主体结构关键工序

高层建筑主体结构施工中信息技术平台的构建应以特定信息载体为动力，在工程多个环节范围内保持动态交互，满足多主体工作的协同需求、信息共享需求、知识存储需求和决策支持需求等。通过主体结构施工需求的拉动作用和信息技术的推动作用，整合计算机技术、智能技术、数据库技术、网络技术和通信技术等，将传统主体结构施工模式转变为基于信息技术平台的施工模式（如图 1 所示）。明确主体结构施工不同作业内容的信息类型与处理需求，分门别类细化平台运行规则，保持数据流与信息流可靠传输，使施工过程保持高效运转。

3.3 科学管控主体结构施工细节

高层建筑主体结构施工对垂直度、轴线和标高线等具有更高要求，需要采取专业技术措施对上述“三线”进行严格控制，其中，高层建筑结构的垂直度，在控制与调节中，主要依据柱网布局来进行，借助网络布局确定边角柱的位置，并采用激光仪加重锤等仪器进行双重校验，将可能出现的竖向投测误差等控制在最低水平。轴线的控制需分析轴线应力的传递方向路径，使用大线锤引测下层楼面控制点，再用经纬仪及钢卷尺进行轴线校正。在标高线控制方面，则应根据主体结构需要，对每层预控轴线的位置进行复核，避免累积误差过大[5]。

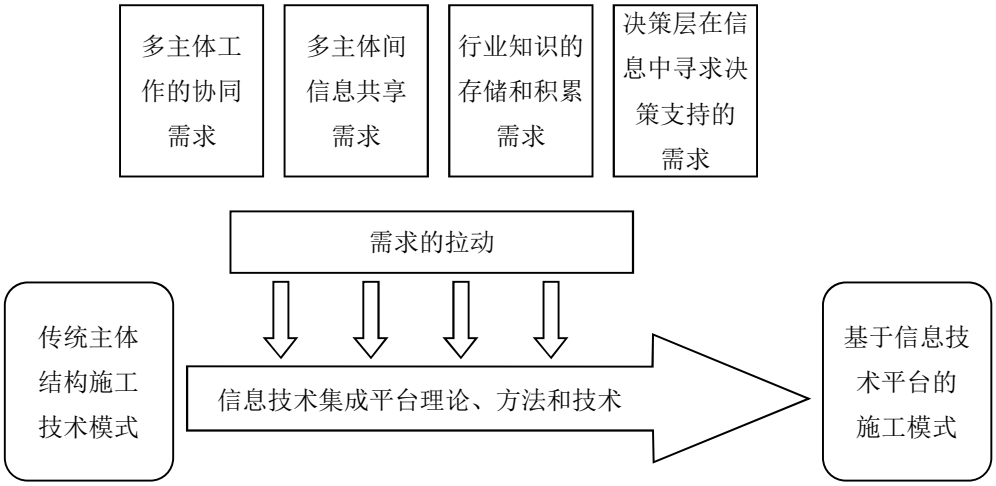


图 1 主体结构施工中信息技术平台示意图

4 结束语

受高层建筑结构、规模和技术等要素影响，主体结构施工中仍然存在各类问题和短板，不利于实现最优化的主体结构施工成效。

因此，技术团队要发挥主观能动性，借鉴过往有益经验，摒弃传统施工思路，建立健全基于全流程的主体结构施工技术规范体系，密切做好主体结构施工过程跟踪监测，保持各项关键工序环节的高度衔接，提高施工作业人员的专业技能，为全面提升主体结构施工质量奠定基础，推动施工任务的高质量完成。

参考文献：

[1] 张小鹏，李晓康．浅谈全埋式地下混凝土结构泵站工程施工技术及质量控制要点 [J]. 建筑工人 ,2024,45(04):39-41.
[2] 刘亮．房屋建筑工程施工关键技术和质量控制措施研究 [J]. 工程机械与维修 ,2024(03):173-175.
[3] 刘虎，王亚格，李伟，等 .BIM 技术在公共建筑主体结构施工管理中的应用研究 [J]. 中国建筑装饰装修 ,2024(01):66-68.
[4] 王振强．土建工程中流水施工技术在施工管理中应用的优化措施 [J]. 价值工程（电子版）,2023,42(30):36-38.
[5] 张艳丽．建筑工程框架剪力墙结构主体工程施工技术的优化措施 [J]. 中国建筑装饰装修 ,2023(09):143-145.

农村水环境污染控制及治理技术探讨

江　莉

（广西品宥工程建设有限公司，广西 南宁 530000）

摘　要　近些年，随着生态文明建设不断推进，社会层面对环境治理有了更多的关注，追求环境效益也成为当前经济建设极为关注的一方面内容。农村水环境治理在整个社会生态文明建设中有着极为重要的影响，我国农村地区广且环境复杂，如果不能有效治理，那么必定会影响到生态文明建设全局。为此，相关人员应对农村地区水污染等环境治理工作引起重点关注，基于精细全面的调查研究，为精准高效的治理提供基础性的保障。本文主要研究农村水环境污染控制，在案例分析的基础上提出相应的处理意见，以期能够为相关的建设提供参考。

关键词　农村水环境；污染控制；治理技术

中图分类号：X52　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0112-03

农村主要的污染源与养殖、种植以及人类生活等有着密切的关系，由于区域没有特定的管理措施且农村公众意识并不强，因此出现了诸多的乱堆乱放的情况。生活废水、废物倾倒到附近的河流或湖泊中，进而导致地表水和地下水受到严重污染，地区的生态系统也受到一定的破坏。农村中这些产出的废物废料有些还有着一定的利用价值，例如农家粪，可用于耕地培肥，农作物秸秆则有助于耕地养分的蓄积。因此，在治理污染问题的过程中，要加强严管严控，注意分门别类，做好有的放矢相应的工作，确保各类废弃资源能够得到有效利用，以提升农村地区环境治理的整体效益[1]。

1　农村水污染源及其资源性特点

1.1　畜禽粪便

农村地区近些年来出现了很多的规模化养殖场，同时也有农村庭院经济下的各类农家院等，相应的养殖或是经济运行，势必会产生各类粪便污物，而这些污物从本质上来看对农村耕地有着很大的利用价值。与此同时，也可转化为一定的清洁能源，例如沼气，这在一定程度上呈现出了变废为宝的效果。而具体的实施，则应结合现实的情况，注重规模化和集约化，如此最终所达到的环境保护和污染治理的整体效果才会更为突出，而针对农村各类废料的再利用也更符合现实性的可持续发展等的系统性要求。

1.2　化肥农药

就现实的情况来看，化肥和农药之所以会造成耕地污染问题或是耕地营养价值的下降，主要在于量剂未能合理把控，很多情况下都是依据经验，根本没有可行性的、能够依据的标准，而管理部门在这方面也存在缺位的情况，这就使得耕地农药使用持续性地泛滥。就当前的基本情况来看，虽然社会广泛倡导生态农业，而其中的一个主要倾向就是大力推动农家肥使用，有序减少人工合成化学类肥料的使用，然而这在短期内或许仅适用于某些特定区域，大部分农村地区依旧是以化肥为主，农药使用更是成为一种顽固性的依赖。从问题的根源出发，还是要做好剂量的合理把控，在制度和标准上做好严格把控，如此才能有效地提升资源利用率，而区域性的一类生态问题也能得到妥善解决。

2　农村水环境污染的实质

那些造成农村环境污染的废物，在很大程度上可通过一定的方式或途径实现变废为宝，在农业生产或农村资源优化配置上起着很大的价值。然而摆在面前的一个突出问题是，这些存在一定价值的废物每年的流失量是很大的，而这或许可以解释污染问题恶化的另外一些原因。相关数据显示，每年农业生产中用到的化肥，一半以上会渗入水体，农药的占比达到近九成，可以想象污染程度之深。对于禽畜粪便，流失率达到三成以上，生活污水和粪便污水随着径流进入地下水循环中，对区域用水安全是一大严重威胁。而随着更大量级的生产扩容，为了能够获得更大的经济效益，很多农村地区的农家乐或禽畜都在推行规模化运行，而这势必会增大相应的肥料使用或农药滥用，化学污染在农村经济发展“双刃剑”的效应越发突出，甚至在某些情况下存在着满盘皆输的情况。为此，在推动这些问题解决的过程中，必须要找到根本性的限制因

素。首先，未能充分利用的肥料进入河流中，这是水体污染的主要原因之一；其次，这样的排放超出了水体的自净能力，进而使得系统危害持续加重，最终“无力回天”。明确了根本性原因，相应的解决也就有了方向或途径。从根本上来看，应着力于构建肥料利用的循环模式，重在提升各类资源的利用率，推动各类潜在价值资源的有益利用，从而为农村地区肥料相关污染问题的有效解决提供强有力的支持[2]。

3 水环境生态治理

在过去很长的一段时间里，针对农村水体污染的治理多是以去除污染物为主，重在提升污染治理效果，而鲜有对污染物的再利用。而针对废料资源的再利用，有着很强的经济型考量，在具体的操作上应密切结合农业农村经济等实际情况，以在推动农村生态环境改善和可持续发展的过程中实现高质量的农村发展。水环境生态治理有着很强的综合性，即着眼于多个方面，基于生态学原理，强调对农业生产体系生态结构功能和农村生态系统结构功能的有效利用。具体来看，即在充分利用农村自然条件的基础上进行，或采用人工湿地构造，或是一些小型化生物工艺，进而实现对各类污染物的全过程管控，最终达到资源再利用。基于此，农村水体的生态功能能得到一定程度的修复，而其在农业经济发展中的价值也能得到进一步挖掘，这对深入推进生态文明建设有着重要的现实意义。需要注意的是，针对水环境的生态治理应严格遵守以下原则：（1）水肥双重循环的基本原则，在推动水的高效利用的同时，强化肥料等资源的高效率使用；（2）生态原则，即各项的生态处理更多立足于现实自然条件，不对自然原生环境做任何的调整或改造；（3）源头控制的原则，即注重从污染源入手，加强针对农业生产和生活污水以及养殖业等的污染源头控制；（4）综合技术原则，围绕水污染控制这样一个系统性工程，重点推动农业生产和养殖以及生态环境治理等的综合性管控，同时还涉及农业生产技术等的合理应用[3]。

4 农村水环境污染治理技术

4.1 减量化和资源化的养殖污染源头控制技术

就当前的基本情况来看，针对养殖方面粪水的处理流程比较复杂，为此就需要花费较大的经济成本。相关统计数据显示，存栏量一万头的猪场，粪水等的处理各项基础设施建设需要投入100～200万元，后续日常性的运行和维护则需要花费315万元/年左右。对于农村养殖业来说，在经济支出上极尽精简，而养殖效益不仅回报周期长且利润率低，因此很少会在粪水处理方面投入大量资金，这也是导致污染问题持续泛滥的主要原因。要想根本性解决和达到比较理想的处理效果，应重在加强养殖工艺和高效粪便资源化利用方式的应用。改进养殖工艺应着眼于养殖条件，例如减少污水排放，能从源头上强化管控，国外就有一些先进的处理技术或成熟的经验可参考使用。此类养殖模式的投资成本以及运行成本都不高，而基础设施等的系统性运行也不会产生很大的损耗，加之实现了秸秆和干草以及稻草等的再利用，可以说一举多得。而国外某些地区应用的具有一定特色的土壤菌发酵床养殖技术，在低污染排放方面也有着突出的效果，对我国某些地区的农村养殖有着很大的参考价值。该工艺立足于土壤中的有益微生物，通过采集培养和扩繁等处理，最终形成微生物母种。培育的过程中会用到米糠等农村常见的有机废料，这些材料有助于污染物的有效管控，且能够实现区域资源的优化配置。目前该技术已经在我国镇江等地试验成功，在农村地区的使用还需进一步推广。从一定层面上来看，针对畜禽粪污的资源化利用，应加强构建与农业生产以及水产养殖相联系的生态循环利用系统。在系统构建方面，当前已经形成规模效应的如“土地—种植业—奶牛养殖业”三位一体的农业生态系统，还有以沼气池技术为纽带的“四位一体”生态农业模式等。另外，也有一些基于生态系统食物链结构的有益做法，在联系农业生产的基础上推动牛粪和厌氧发酵产物的合理利用，通过构建物质良性循环系统达到相应的资源优化配置[4]。

4.2 农业生产的氮磷污染的源头控制技术

农业生产中存在的水体污染主要与各类化学肥料过度使用有关，而土壤也会出现板结和营养价值降低的情况。从肥料本源上来看，相应的污染源头控制，应重点关注节氮控磷。首先，在农业施肥上应坚持科学适度，确保各类肥料使用的平衡合理，以改善土壤的生产性能。其次，在节水灌溉上应坚持集约高效，这对改善土壤肥力和提升灌溉效果有着显著的功效。当前国内广泛运用的大水漫灌既存在着浪费水资源的问题，也存在着造成氮磷营养物质流失的隐患，而水污染的潜在可能性也非常大。为此，在农业灌溉上应结合实际，或采用喷灌、滴灌、修回流沟渠等方式，以提升灌溉效果和达到施肥的高效以及对区域耕地污染问题的有效防控[5]。

4.3 过程处理利用模式及技术

通过生态循环技术推进对农村生活污水和养殖废

水等的控制，应立足于生态学原理使用，强化生态系统结构功能在污水净化方面的应用。当前常见的如人工湿地和稳定塘以及土壤渗滤等技术或处理方式，即是着眼于自然处理中各类动植物以及微生物的综合利用。由于这样的综合利用中构成了一个相对闭合的食物链，因此系统中的各类物质能量能够推动高效的循环利用，而农业生产和生态环境修复等也能更多地在系统中应用。以下是常见的集中应用比较广泛的技术方式：（1）与生态农业经济相结合的技术。国外研发的水生植物滤床在生态再生利用上有着显著的功效，基于此，污水中的有机物和营养组织皆能得到转化利用，进而作用于水生蔬菜和鱼类，在促进区域水产发展方面有着重要的现实价值。我国南方地区水网广布，在水产养殖上即可利用该类技术，但应注意食物链的有效构建，在生态塘系统与生态农业有机结合的条件下，区域产业的发展也就有了强大的生态保障。（2）与农村生态环境修复相结合的技术。该类技术主要是通过生物与生态结合的方式运行，农村环境与污水处理系统实现了高效融合。一些学者专注于研究“表面流人工湿地—潜流人工复合生态床—生态塘”等循环系统模式，其中涉及芦苇等水生植物，同时还涉及湿地和生态塘植物以及泥鳅等水生鱼类，污水处理与生态环境建设达成了高质量的协同，系统性效应愈发明显。

4.4 农田、旱地等地表径流的生态拦截

针对农业生产造成的面源污染，相应的控制应着力于可行性技术操作方式的合理应用，确保生态处理的科学高效。当前常用的人工湿地，可将其视为农田与水塘之间的过渡带，基于土壤吸附和植物吸收等作用降低氮磷化合物向地表水的侵入。在人工湿地构建上，一些低洼废弃的耕地是潜在对象，湿地生物的培育应以经济适用、合理高效为准，在有效净化水质的同时提升生态系统的多样性。在湿地系统构建上，美国提出湿地蓄水地下漫灌系统的想法，在一定地区得到了成功应用，实现了对农田面源污染的有效控制。事实上，该系统主要是通过农场地下排水与地表坡地的漫流，进而实现与人工湿地的融合，同时在一定时期能够实现对区域农田的适时性灌溉。由于这是一个相对封闭的系统，因此系统既能实现对各个环节污染物的有效抵冲，同时也不会造成污染的外化。

4.5 终端生物生态修复技术

对于那些已经受到严重污染或是存在严重富营养化的水体，采用以上的处理方法显然已经不太实际，所能起到的作用和效果微乎其微。因此，加强针对性的技术处理是极为必需的，而相应的处置应坚持以生物技术为准。就现实的情况来看，生物—生态修复技术在农村水污染治理中更为有效。具体来看，其主要是基于对天然滩涂和自然湿地等的处理，通过利用水生生物实现对各类有机物的消耗和转化，最终达到净化水体的效果。从本质上来看，该技术是立足于仿生学和自然规律等进行，注重对自然界自净能力的强化，进而达到修复生态环境的效果。与此同时，该技术的应用还能与区域性的景观构造结合起来，在构建人与自然和谐共生关系方面有着更为突出的作用。国外在该技术应用上已经积累了丰富的经验，所呈现出的效益是极为突出的。为此，我国在该技术应用上应着力于其他先进经验或是有益做法的充分借鉴，重在与自身实际的结合，在密切联系现实实际或优势条件的基础上推进高效技术应用，以为区域生态环境的良性发展提供强有力的支持。有了基础性的技术支持，通过系统性的精细布置，后续的生态环境修复等各项处理即能稳定有序地推进。

5 结束语

针对水污染生态控制应密切关注合理技术的应用，尤其是一些特殊问题的处理，必须要科学合理。在当前农村水环境污染治理方面，本文分析的技术方法有着很大的应用价值，与以往传统的去除污染物有着根本的差异性，而这也是提升系统性处理效果的一个关键。相对来说，所应用的技术更侧重于现实条件的合理利用，比较突出的是对分散式生物—生态处理技术的利用，在遵循自然规律和生态条件的基础上，推动实现高质量的农村生态经济发展，而这也是当前广泛倡导的可持续发展的基本思路，在后续的技术应用中应牢固坚持。

参考文献：

[1] 许世烟. 农村环境污染治理的重要性及对策思考 [J]. 皮革制作与环保科技 ,2023,04(22):139-141.
[2] 裴媛玫, 程振敏, 孟晓山. 陕西关中地区农村水环境污染与治理现状浅析 [J]. 现代盐化工 ,2023,50(05):35-37.
[3] 白凌婷, 徐嘉辉, 谢小军. 乡村振兴背景下农村生态环境污染治理的不足与对策 [J]. 农业经济 ,2023(08):34-37.
[4] 韩妮妮, 施晔, 翁映标. 农村水源地生态环境治理与修复技术探讨: 以西牛潭水库为例 [J]. 水利发展研究 ,2021, 21(11):118-121.
[5] 武振兴. 农村水环境治理技术分析 [J]. 中国科技投资, 2021(30):137-140.

高端智能装备重型钢结构车间安装施工技术研究

程容琴

（中辰科建（广东）集团有限公司，广东 佛山 528300）

摘　要　本文深入探讨高端智能装备重型钢结构车间安装施工技术的具体应用实践，通过案例分析和查阅文献，以广东锻压机床厂有限公司的高端智能装备建设项目为典型案例，结合工程的实际情况，全面分析了施工过程中的关键技术要点与难点，并据此提出了针对性的参考意见。通过本次深入研究，得出以下结论：钢结构技术在高端智能装备重型钢结构车间的安装施工中发挥了至关重要的作用，有效保障了项目的质量与效果。因此，该技术值得在类似项目中大力推广与应用，以推动相关领域的持续发展。

关键词　钢结构；安装技术；钢柱安装；屋面梁安装；焊接

中图分类号：TG68　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0115-03

当前人们对建筑工程的质量要求非常高，为满足人们的需要，市场出现了各种各样的新型施工技术。钢结构建筑不仅经济性好、观赏性强，同时也有良好的结构性能和多样化的形式，所以深受建筑行业青睐。在此背景下，某高端智能装备建设项目为保障项目性能，贯彻海绵城市要求，最终决定使用钢结构技术。

1　广锻车间钢结构安装施工

1.1　工程概况

广东锻压机床厂有限公司高端智能装备建设项目（重型车间）位于顺德区大良街道办事处大门居委会金陡路1号地块。重型车间为单层工业建筑，地上1层，地下0层，建筑高度40 m，用地面积12 281.50 m^2，基底面积12 281.5 m^2，建筑面积12 416.20 m^2。工程为钢排架结构，主材料为钢柱，楼板材料为钢筋混凝土，地面铺设金刚砂，外墙1.5 m以下为砖墙，1.5 m以上为钢结构墙身。

1.2　工程计划

工程中所有使用的材料在出厂前需检查性能和质量，使用保质保量的材料确保施工项目质量达标。加工厂制作工作人员严格控制施工质量。当发现材料存在裂缝和变形情况，第一时间矫正修补[1]。施工期间工作人员进场前认真检查和清点所有工程所用构件规格、数量和质量，确保构件进场符合工程施工的质量和实际需求。施工前项目提前准备各种辅助性材料，包括垫铁和焊条，出示材料清单与合格证，没有相关证书的材料不准许用于工程。

1.3　工程技术

安装钢结构前需要对所有钢构件的规格与数量展开检查，监管人员不仅需要检查材料外表，同时还要校验材料的合格证有无问题。当发现有材料存在问题隐患，需要及时记录与监督处理[2]，有问题的构件统一返厂处理。砼塔柱预埋件作业中及时检查轴线位置，确保标高、平整度与高低偏差符合规定，及时将情况报备给质安部门，由质安部门审批与批准后方可开展后续作业。钢结构安装质量和制作质量有着很大的关联性[3]，直接关系到工程整体质量，同时也决定着钢构的围护作业效果，因此需要统一测量工具。构件存放地以及吊装现场为回填土地面，铺设1 m厚碎石后需夯实，保障地面承载力水平超过10 t/m^2。

1.4　钢结构安装方式

本次工程技术规定为制作并安装完钢结构后的最终要求，并不包括加工安装偏差与工艺余量。钢结构配件安装制作中采取必要性手段，使安装效果满足施工验收规定与图纸要求[4]。钢构件与连接材料需拥有化学成分合格证以及材料力学性能证明，安装完的钢结构柱脚应用素混凝土包柱。钢架结构翼缘与短板、腹板相连时使用全熔透对接焊缝技术，坡口满足手工电弧焊接头尺寸与形式。焊接腹板与H型钢翼缘中使用全熔透焊缝[5]。焊缝高度控制在腹板0.7倍厚度范围，施工图纸未标明焊角焊缝的尺寸应控制在6 mm内，严

格按照《钢结构工程施工及验收规范》要求焊接焊缝，不可有气孔、夹渣与裂纹，以保障钢结构外观合格为前提控制工程尺寸。钢结构构件不论是加工、制作还是预拼装的偏差都应严格按照相关规定，不可以超过钢结构的验收规范与施工标准。

安装钢结构必须根据工程计划进行，先安装钢柱和柱间支撑保持钢柱的稳定性，之后安装钢梁和屋面支撑，安装完主钢架以后组装其间的檩条。安装主体结构做好垂度检测的同时，对梁柱线、柱标高和柱距进行调整。在确认无误以后再进行焊接工序，保障结构稳定性。工程施工中不可强行硬安各种构件，以防构件与结构出现永久变形情况。

安装钢结构单元中，需做好累计偏差消除，控制安装偏差量。安装孔不能在未经允许的情况下气割扩孔，螺栓直径也是不可随意更改的内容。安装屋面梁前需要对柱标高、螺栓孔的数量和位置以及钢柱的稳定性等内容进行检查，合格后才可以安装。

2 主要施工技术与工艺

2.1 钢结构构件加工与组装

项目中使用了大量的钢构件，主要分析钢构柱以及吊车梁的制作组装情况。制作完H型钢柱以后，及时校正H型钢柱，确保组装钢构柱质量满足工程需要。组装构件之前，工作人员需要注意检查各种零部件加工精度，组装后公差需控制在1/1 000以内。组装吊车梁的时候需要按照根据规定为翼缘板与腹板接触部位坡口开口，之后调整间隙。组对中需要充分考虑反变形数值完成支垫工作。完成局部点焊的处理工序以后，焊接焊缝。

2.2 钢柱安装

在安装钢柱的时候，应严格按照标准工序，先进行基础性处理，随后进行绑扎，结束以后吊装，待一切无误以后进行校正，没有问题时固定钢柱。

安装钢柱时需要先清理干净基本瓶口，对预埋件标高操作中筋相对高度进行查验。因为本次工程中的预留标高操作中筋标高早已完成精准操作，所以工程中没有增加垫铁。通过这种施工方式保障了钢柱脚作业的高效率、便捷与简单。工程不仅承受力好，同时施工效率快。在没有变动标高的情况下吊装柱子可以随意调节柱子方位。

为让钢柱与预埋件保持良好连接，施工人员在H型钢的柱底焊接一块钢板。施工前以瓶口顶为参考放置横坐标向与平面总基准点钢柱定位线。

捆绑吊装柱子时，根据吊装平面图摆放入场后的钢柱，对钢柱的序号、规格和信号进行检查。吊装柱子前从柱底部往上数2 300 mm，用油漆画出一道杠，将其作为固定后的标高参考点。组装柱子时采用纵向竖直吊装方式。为保障柱的松懈度和顺利到位，在牛腿柱的下方选择绑扎点。为防止锋利的边缘损害绳子，影响吊装，使用橡胶条进行分割。绑扎时注意绑扎方法和牢固性，确保拆卸方便。绑扎钢柱时，应捆扎好高强度螺栓组装平台和临时性钢楼梯夹具。为避免柱子在吊装中随意晃动，施工人员应使用细麻绳绑紧柱子底部，并将其当作制约用溜绳根据需求随时调整方向。吊装中按照场合需要，使用了旋转法。吊装活动准备就绪以后先试吊。在钢柱距离地面200 m时停吊，检查起重机、索具是否稳定和坚固，没有问题后继续起吊并转动到瓶口顶，到达瓶口顶以后放慢速度，在柱底放置部位距离40～100 mm时，对基础基准点和立柱位置进行调整，使用木楔块或钢楔块和缆风绳临时固定柱子，没有安全隐患后将起重吊钩切除。

校正柱子的时候先对误差大的一面校正，后对误差小的一面校正。柱子校正包括平面、标高与垂直三项内容。吊装到位钢柱以后一次对合，不需要平面图的再校正。因为在吊装前标高已经使用了预埋件中筋进行过操纵调整，所以该阶段只需要对其查验而不需要校正。校正钢柱通常为标高复诊与垂直度校正。校正柱子需要使用专业的测量设备，本次项目通过观察柱子的垂直角度以及使用专门的经纬仪进行校正。

固定钢柱步骤中，吊装完钢柱后，需要根据标高情况校正垂直度，校正时使用木楔块、钢楔块、撬棒、液压千斤顶以及缆风绳，通过施加侧向力、竖直力等方式校正柱子。校正中调节柱子标高、轴线、垂直角度。没有问题以后，在基础瓶口与钢柱中间使用C40豆石混凝土密封。

2.3 屋面梁安装施工

屋面梁安装中先拼装屋面梁，之后安装屋面梁，随后安装屋面支撑，最后安装屋面檩条。吊装屋面梁之前，工作人员应提前设置临时栏杆，同步完成屋面梁吊装。作业中以单元结构安装屋面系统，后续的调整同样以单元为单位。将钢梁送至作业现场后，立着放置钢梁，钢梁下方垫置枕木，枕木采用木撑结构。作业人员在地面拼装屋面梁，完成后整体吊装，并使用冲钉定位柱连螺栓和梁螺栓。穿完螺栓以后进行初拧的调整。吊装完各单元钢梁后使用缆绳固定以免出现倾覆问题，结束后第一时间做后续吊装。

在施工中，工作人员要先对设计图纸进行检查，确认梁的材料、形状以及尺寸，之后根据需求定制屋面钢梁。钢梁出厂前进行第一遍验收，检查内容为钢梁的状况与工程要求是否匹配，确保钢梁净跨度、净高度、净宽度、梁体厚度以及梁孔洞符合规定。安装钢梁时严格按照图纸规定操作，有误差时第一时间调整，根据设计要求采用合适的吊装方法安装钢梁，确保钢梁位置无误，尤其是钢梁高度与水平度统一。安装前先安装梁预制构件，随后安装整体。因为本次工程体量庞大，所以有些加工项目。加工时候按照钢梁结构情况，结合钢梁结构尺寸和内容选择相应的加工办法。加工中严格按照规范操作，加工后确保钢梁无损伤和变形，整体光滑且平整。完成施工以后及时防锈处理，本次工程中使用的是喷涂涂漆技术，在温度适宜的天气中防锈作业。

2.4 高空作业施工方式

按照工程特点采用相应的高空作业设备不仅可以降低空中作业事故概率，同时也能有效提高高空作业效率和作业效果。因本项目使用的多杆架网状结构属于高次超静定结构，所以施工中按照施工条件和结构形式采取了相应的施工技术。工程中使用的高空作业方法有三种：

1. 高空拼装法。该技术使用时先在预设部位设置拼装支架，之后使用起重机吊起网架构件，作业人员在支架中拼装网架。该方法对于起重设备要求不高，但有着比较多的高空作业量且需要使用大量的拼装支架。

2. 整体安装法。即先在地面拼接网架，之后使用起重设备吊装网架，将网架送至预设位置固定。该方法高空作业少，不需要使用大型拼装支架，焊接质量容易得到保障。不过该技术对于起重设备有着比较高的要求，存在较为复杂的施工技术。

3. 高空滑移法。该技术在大型工程中比较常用，使用该方法需要在建筑物的顶板部位设置拼装平台，完成第一段或第一个单元的拼装以后使用滑移轨道与牵引设备运送，之后拼接第二段或第二个单元，在不断拼装和滑移中完成所有零部件构件的安装。网架滑移拼装好以后，在网架的支座部位设置滚轮，网架滑移单元两端的距离控制在50 mm。该技术使用中需要验算下述内容：首先在跨度中间没有支点的时候，计算跨中挠度与杆件的内力。在跨度中间有支座需要验算挠度、支点反力以及杆件内力。在中间滑轨作用下网架滑移单元出现杆件内力变化，则需要临时加固以防稳定性受到影响。网架结构在建筑物顶板平台中作业，高空作业变得比较安全。相较于其他技术该方法节省材料，对拼装平台的要求并不高，是保障网架拼装效果的有效手段。拼装网架时使用的滑移施工技术，能够同土建项目形成立体交叉与平行流水，有效控制工程工期。该方法对设备要求并不高，可以控制施工费用，故成为本次项目的主要使用方法。

2.5 焊接

焊接中严格按照焊接工艺要求操作，不可以在焊道外母材引弧，也不可以自由施焊。处理角焊缝转角部位时，采用连续绕角施焊，焊接中的起落弧点与焊缝的端部需超过10 mm距离，焊缝的端部不需要设置引出板与引弧板连续焊缝，弧点与端部保持10 mm距离，填满弧坑。

超过50 mm厚度的碳素结构钢以及超过36 mm厚度的低合金结构钢，焊接前先预热。预热温度控制在100至150摄氏度。焊后做后热处理。后热温度根据试验情况确定，选择焊道两侧作为预热区，宽度需超过100 mm，并达到焊件2倍厚度。在周围温度不足0摄氏度时按照工艺试验确定后热和预热温度。多层焊接中使用连续施焊方式，完成前一道焊缝处理后及时检查与清理周围杂物，完成缺陷清除以后进行后一道焊接工序。保障母材与焊缝金属平稳地过渡，将其加工为凹形角焊缝，表面不可有切痕存在。

3 结束语

广东锻压机床厂有限公司高端智能装备建设项目使用的钢结构技术有效地保障了项目质量和效果，不仅呈现出观赏性极强的工程外观，同时也节省了比较多的成本。在施工中，施工单位严格按照预期计划施工，并制定了完善的管理手段，是确保工程有序开展，高质量完成的关键。从工程实际使用效果可知，钢结构技术优势巨大，值得大力推广。

参考文献：

[1] 李船船.浅谈钢结构冷库库体施工技术及效果评估[J].四川水泥,2023(11):198-200.
[2] 郭震,陈绍娟,李剑飞.装配式钢结构住宅内装系统施工技术研究[J].工程建设与设计,2023(21):151-153.
[3] 洪伟.钢结构建筑施工技术和管理研究[J].中华建设,2023(11):158-159.
[4] 李振荣.房屋建筑钢筋混凝土结构施工技术分析[J].散装水泥,2023(05):113-115.
[5] 涂敏祥,冯博,赵畅,等.大型公建工程钢结构吊装施工技术分析[J].中国建筑装饰装修,2023(18):66-68.

混凝土现浇施工技术在通用码头建设中的应用研究

袁　臣，沈陈亮

（中交二航局第三工程有限公司，江苏 镇江 212000）

摘　要　混凝土现浇施工技术作为码头建设中的核心技术，对于确保码头的稳定性和耐久性至关重要。本文结合具体工程案例，通过对商通道港洲口滩区及西大陆区间内码头区通用码头建设工程施工过程进行分析，重点介绍了钢筋绑扎及预埋件安装、模板工程施工、混凝土浇筑与养护技术等关键步骤。研究发现，现浇混凝土技术能够有效提升码头结构的稳定性和持久性。

关键词　混凝土现浇施工技术；通用码头；模板工程施工；浇筑分层

中图分类号：U655　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0118-03

随着全球贸易的快速发展，港口和码头的建设成为各国经济发展的重要基础设施。通用码头作为多种货物吞吐的关键点，其建设质量和效率直接关系到物流成本和运输效率。混凝土现浇施工技术是码头建设中常用的一种方法，它能够提供较高的结构稳定性和耐久性。然而，由于海洋环境的复杂性，如潮汐、盐雾腐蚀、波浪冲击等因素，对混凝土结构的设计和施工提出了更高的要求。

因此，研究通用码头混凝土现浇施工技术，对于提升码头工程的施工质量、缩短建设周期、降低维护成本具有实际价值。

1　工程概况

商通道港洲口滩区及西大陆区间内码头区通用码头建设工程，F1码头是一个大规模的项目，可容纳最大50000DWT的船只，码头长304 m，宽34 m；F2码头是一个新建的5000DWT通用泊位，长度为161 m。这两个码头的施工都采用了现浇混凝土技术，确保了结构的稳定性和持久性。

本工程的施工特点与难点有以下几个方面：一是处于阳光岛之上，四面环海，且有台风登陆，对施工影响较大。工期紧，各项施工交叉多；二是现浇横梁施工，共计横梁54榀，数量大工期紧，内档泊位梁长达40.5 m，极易产生裂缝。横梁端头底标高为+4.8 m，潮水对横梁端头现浇影响很大；三是现浇筑台长22.46 m，宽30.4 m，厚2.5 m，现浇体量形大，属大体积混凝土，易产生温度应力裂缝，温度应力裂缝控制是重点。

2　通用码头混凝土现浇施工技术和方法

2.1　钢筋绑扎及预埋件安装

在进行混凝土现浇施工之前，必须确保所有材料均符合设计要求。针对此工程，钢筋应选择合适的类型和规格，根据结构计算书和施工图纸进行切割、弯曲。钢筋的保护层厚度在关键部位（如柱子、梁的连接处）需要严格控制在15 mm以内，避免由于保护层厚度不足导致的钢筋腐蚀问题。

钢筋加工焊接工作需由持证电焊人员执行，且须进行焊接试验及检验以保证焊接处的质量。规范要求搭接焊接时，双面焊接长度不得少于5倍钢筋直径，单面焊接长度不得少于10倍钢筋直径，且钢筋表面不应有明显烧伤。在钢筋弯曲加工过程中，应控制弯起点位置误差在±2 mm以内，箍筋边长误差不大于±4 mm，受力钢筋加工误差控制在+5 mm、-10 mm范围内。钢筋在现场绑扎前，工作人员必须熟悉构件设计图，并合理安排排放顺序及位置，确保绑扎整齐、顺直。钢筋绑扎允许的误差范围是严格限定的，如骨架外形尺寸误差在长度（宽度、高度）不超过+5 mm、-10 mm，受力钢筋层（排）距误差在±10 mm内，受力钢筋间距误差在±15 mm内，而箍筋、构造筋间距误差则在±10 mm内[1]。

在施工过程中，预埋件的安装与钢筋绑扎交叉进行，且必须与钢筋网片牢固固定。对预埋件的位置及高程进行精确测量复核是至关重要的，以避免在后续混凝土浇筑过程中发生位移。预埋件均在陆上下料加工，根据图纸要求施工中要注意埋设系船柱螺栓、排水管、橡胶护舷螺栓等预埋件。

2.2 模板工程施工

2.2.1 前期准备

在洋口港通用码头扩建工程中，模板安装作为现浇混凝土施工的核心环节。首先，使用前要进行基础的处理，对于木模板必须进行彻底的清洗，以去除表面的污垢和碎屑，保证模板的清洁。为确保模板在拆除时不损伤混凝土表面，需要均匀涂刷专用脱模剂，既可以提高脱模效率，还防止了混凝土与模板粘连，保证了构件的表面质量。其次，钢模板的准备需要对模板面钢板进行全面打磨，尤其是凸出的焊缝处，确保所有外露的钢板表面平整且光洁。打磨完成后，同样需涂上脱模剂。对于已经使用过的模板，在重复利用之前，还要将表面的混凝土残渣彻底打磨干净，以恢复其原有的光滑度和结构完整性。在钢筋绑扎前，还要根据设计要求施放现浇构件的前沿线和后沿线，并进行仔细检验，确保位置的准确性，尤其是高程的确定。再次，施工人员要根据模板设计图和现浇图纸仔细选择所需模板类型，并做好充分的准备工作，以确保模板安装顺利进行[2]。除此之外，用于模板安装和加固的施工材料及工具，包括拉杆、螺母、垫片、扳手等，也需要提前准备齐全，并分类集中摆放，以便现场施工时能够迅速高效地取用。最后，对于那些在现浇构件中需要预留的特殊部位，如坑洞等，施工团队需要采用木模板制作出相应的“盒子”，在钢筋绑扎前安装到位，并进行精准测量放线，确保这些部位的底标高和位置符合设计要求。

2.2.2 侧模安装

侧模按照两套配置进行周转使用，以保障施工的连续性和效率。在安装过程中，侧模板通过螺杆锚固，保证了结构的牢固性。横梁采用钢模板现浇，而墩台则使用胶合模板，这两种模板的选择充分考虑不同部位的施工需求和特点。

在模板支立完成后，必须对预埋件的位置、与模板的连接紧密度以及钢筋保护层的适宜性进行检查，以确保后续工序的顺利进行。模板安装完毕后，还需要对其结构尺寸、平面位置、高程、垂直度、平整度、错台和加固情况进行自检，只有在自检合格并得到监理工程师的检查同意后，才能进行下一道工序的施工。

2.3 混凝土浇筑与养护技术

2.3.1 施工前准备

在进行洋口港通用码头扩建工程的混凝土浇筑施工前，必须严格执行一系列详细的准备步骤，以确保施工质量满足设计要求。具体阐述如下：

1. 混凝土的配合比需提前得到监理的批准，这是保证混凝土强度和工作性的基础。在混凝土进场前，需要进行严格的检查，并按照国家或地方标准进行分批检测，确保每一批混凝土都达到预定的质量标准。为保持混凝土的一致性，规定混凝土在施工现场不得二次加水搅拌，避免强度分层和性能波动。

2. 浇筑前需要对模板系统进行检查。模板内部不得有杂物、积水，底面不能有焊渣、焊条头、绑线等残留物，钢筋也应清洁无污垢。这些措施是为了防止混凝土浇筑后出现蜂窝、孔洞等缺陷。同时要仔细检查模板、钢筋、预埋件和预埋孔的尺寸、规格、数量和位置，确保它们完全符合设计图纸的要求。对于模板支撑的稳定性、接缝处的密合情况、孔洞的堵塞以及脱模剂的涂刷情况也要进行严格检查，这些都是影响混凝土成型质量的重要因素[3]。

3. 检查钢筋的保护层厚度及垫块安装质量。保护层厚度直接关系到钢筋的抗腐蚀能力和结构耐久性，必须符合相关规范的规定，例如在普通环境下，板、墙的保护层最小厚度为15 mm，梁、柱为20 mm。垫块的安装质量也需检查，包括绑扎垫块的铁丝头是否伸入保护层中，这可能会导致局部腐蚀或影响混凝土的整体性。

2.3.2 混凝土浇筑

混凝土泵车高效地将混凝土输送至所需部位。当混凝土运抵工地后，首要任务是进行塌落度检测，确保其符合工程要求的160 mm至200 mm的标准。塌落度不合格的混凝土坚决不能使用，这是保证施工质量的第一道关口。在浇筑过程中，混凝土需水平分层、纵向分段进行，每层的理想高度控制在300 mm至500 mm之间。混凝土倾倒进模板时，必须均匀分布，严禁一边倒料一边振捣，这样会影响混凝土的均匀性和结构强度。当从较高位置倒入混凝土时，要特别注意自由落体的高度不得超过90 cm，以免影响混凝土的工作性。

振捣是浇筑中不可或缺的环节。Φ50插入式振捣棒的操作应从模板边缘开始，遵循先外围后内部的原则，移动间隔不宜超过振捣器有效半径的1.5倍。振捣要均匀进行，以防出现漏振区域。操作时要格外小心，避免振捣棒触碰到钢筋、模板或预埋件。正确的振捣技巧包括垂直插入混凝土、快插慢拔以及上下抽动，一般持续20秒至30秒。有效的振捣以混凝土表面泛浆、无明显下沉和气泡产生为标准。过短的振捣时间可能导致混凝土不够密实，而过长则可能引发离析现象。为确保结构的整体性，振捣器的插入深度需至少深入下一层混凝土50 mm。

在整个浇筑过程中，应有专人负责检查模板及预埋件的状况，一旦发现位移或变形，立即进行调整并

通知现场施工人员。混凝土的浇筑需要连续完成，不宜在恶劣天气条件下进行。遇到雨天或环境温度高于35摄氏度时，除非采取了相应措施并获得监理工程师的批准，否则不应继续浇筑作业。最佳的浇筑时间是在气温和潮位较低的时段。

在混凝土浇筑的同时，试验人员会在现场取样进行强度测试，使用的模具尺寸为150×150×150 mm，内壁涂有脱模剂以便试块容易取出。每组三个试块，用于测量3天、7天和28天的抗压强度。这些数据对于确定拆模的最佳时机至关重要。

混凝土浇筑结束后，由经验丰富的工人进行收面作业。他们首先使用铝合金刮尺按预定标高刮平混凝土表面，随后用钢抹板进一步抹平。在初凝前进行最后一次压光处理，以确保表面平滑且无裂缝。在准备第二层混凝土之前，应在相应范围内进行适当的拉毛处理，以保证层间结合牢固[4]。

2.3.3 混凝土养护

混凝土浇筑完成后，采用潮湿土工布覆盖，以减少终凝前水分的蒸发，保证混凝土在养护期间处于湿润状态，从而有利于混凝土的水化过程。拆模后，混凝土表面应及时覆盖土工布，以保持混凝土表面的湿润。其次，混凝土的养护主要采用淡水养护。淡水来源主要是从码头的供水管接入，然后用消防水管沿码头后沿从西往东布设。消防水管出水口接喷头方便洒水养护。这一步骤的目的是通过定时洒水，确保土工布及混凝土表面处于湿润状态，避免出现干湿循环的现象。混凝土的养护周期为7天，或混凝土强度达到设计强度的70%。这一参数是根据混凝土硬化的一般规律和实际工程经验确定的，旨在保证混凝土在养护期内达到足够的强度。

2.4 浇筑分层

当现浇单个墩台的混凝土方量超过1 000 m^3时，由于墩台桩基的最大中心间距为5.55 m，一次完整的浇筑过程对钢抱箍和承重围图的要求非常高。因此，为确保安全和结构的稳定性，施工团队计划采取分层浇筑的方法。

具体的分层浇筑高度安排如下：首先，第一层浇筑80 cm厚；其次，第二层浇筑75 cm厚；最后，第三层浇筑至最终设计的顶标高。在每一层浇筑完成后，为了增加混凝土表面的粗糙度，提高层与层之间的黏结强度，工人需在初凝前用4×9 cm的木方捣出5 cm到10 cm深的坑或使用耙子拉毛混凝土表面。每完成一层浇筑后，需要进行淡水养护两天，然后继续下一层的浇筑和养护工作。除此之外，墩台模板需要一次性支立到最终设计的顶标高，以保证整个结构的准确性和稳定性[5]。

2.5 拆模及养护

在混凝土结构的施工过程中，拆模需要谨慎进行，以免影响混凝土的沉降和位移或对结构造成不必要的压力。当混凝土强度达到设计强度的30%时，可以拆除侧模，而底模则需等到混凝土强度达到设计强度的80%后方可拆除。这一规定确保了混凝土在拆除模板时已具有足够的结构强度，能够承受自身的重量和上部结构的荷载。

混凝土养护应在终凝后开始，使用的养护用水应与拌和用水相同，以保证水化反应的一致性。为了保持混凝土的湿润状态，建议采用土工布包裹和浇水养护相结合的方式。这种方法可以有效地防止水分过快蒸发，从而保持混凝土的湿润度，有利于其强度的增长和体积稳定性。养护过程中还需要密切注意每天的最高、最低气温和天气变化情况，并认真做好记录。这是因为气温和天气条件会直接影响混凝土的养护效果，例如，在高温或干燥的环境下，混凝土表面的水分蒸发更快，可能需要更频繁的浇水来保持湿润。潮湿养护的时间不少于14天，以确保混凝土充分水化，达到设计强度。

3 结束语

本文通过对通用码头混凝土现浇施工技术的细致研究，得出该技术对于提升码头工程的施工质量、缩短建设周期和降低后期维护开支具有显著效果。实践中应重视材料选择、模板工艺、混凝土浇筑与养护等关键环节，以保障结构的长期稳定性及耐久性。此外，考虑到环境因素对施工的影响，如潮汐、盐雾等，未来研究需进一步探索适应恶劣海洋环境的施工创新方法。随着技术的进步和经验的累积，预期我国的港口码头建设将更加高效、经济、环保，从而促进全球贸易和经济发展。

参考文献：

[1] 贾颖.装配式混凝土建筑现浇连接部位关键施工技术[J].砖瓦,2024(02):123-125.
[2] 侯阿迪.现浇混凝土桥梁施工技术要点[J].交通世界,2024(Z2):244-247.
[3] 罗飞.大体量装配式建筑混凝土现浇连接部位施工技术的应用[J].江西建材,2024(02):236-238.
[4] 李旭鹏.现浇预应力混凝土连续箱梁施工技术研究[J].工程建设与设计,2024(08):103-105.
[5] 黎小波.楼梯间现浇梁与混凝土隔墙板一体化装配式施工技术[J].四川建筑,2024,44(02):191-192.

高速公路沥青混凝土桥面铺装指标控制及病害原因分析

曾朝根

（四川省川北高速公路股份有限公司，四川 成都 610000）

摘 要 当下高速公路桥面铺装普遍使用沥青混凝土，其施工方便，可长期保持路面平整，有效提升驾驶舒适度，确保道路安全。本文深入分析高速公路沥青混凝土桥面的病害种类，挖掘病害原因，列举影响路面性能的关键因素，据此给出桥面铺装指标的有效控制策略，希望能够为延长路面寿命、减少维护成本、优化高速公路桥面设计与铺装提供借鉴。

关键词 高速公路；桥面铺装；病害成因

中图分类号：U445 **文献标志码**：A **文章编号**：2097-3365(2024)08-0121-03

高速公路桥面铺装质量是桥梁结构稳定性的关键，合理的铺装控制能够保护桥梁免受车辆荷载及环境因素的直接影响，保障行车平稳舒适。水分渗透以及压力重载下的冻融循环容易导致桥面铺装损坏，故施工人员应精准控制其性能指标，做好养护管理工作。当前高速公路桥面常采用沥青混凝土防水层构造，该结构成本较低，材料环保，后期养护维修便捷。

1 高速公路沥青混凝土桥面的典型病害

1.1 桥面裂缝

裂缝的形成原因多样，包括材料老化、温度变化、基层不均匀沉降、过度交通负荷以及施工质量不佳。温度引起的裂缝，在气候变化显著的地区非常明显，由于沥青混凝土材料的热胀冷缩特性，冬季温度降低时，材料收缩，容易形成裂缝，夏季温度升高时，材料膨胀，已有的裂缝可能进一步扩展。随着时间的推移，沥青混凝土材料会因氧化以及紫外线照射逐渐老化硬化，导致其变得更加脆弱，更易产生裂缝。交通荷载特别是重载车辆的频繁通行，也会导致路面结构疲劳，长时间的荷载作用会在路面上产生微裂缝，此裂缝在车辆重复作用下逐渐扩展，形成显著的裂缝[1]。

1.2 桥面变形

沥青路面变形是高速公路上另一种常见的病害，包括车辙、波浪、拱起等形式。其严重影响行车安全，还能加速路面的损坏进程，变形的主要原因包括材料性能不够、不适当的路面结构设计、施工缺陷以及重载交通的影响。车辙是由于沥青混合料在重复交通荷载下产生塑性变形引起的，主要出现在车道的车轮通行区域。此变形通常与混合料的温度敏感性或黏结性不足有关，长期受到重载压迫，沥青层失去弹性，导致材料在车轮压力下积聚。波浪和拱起通常与基层或底基层的问题有关，如基层材料不均匀或沉降不平。

1.3 坑槽松散

桥面坑槽松散主要表现为路面局部区域的沥青和骨料材料松散或脱落，形成坑洼，此病害能够严重影响行车安全，还会加速路面的整体破坏。坑槽松散的主要原因包括沥青老化、不适当的混合料设计、施工质量问题以及环境因素的影响。沥青的老化是导致坑槽形成的主要原因之一，随着时间的推移，沥青会因氧化及紫外线照射而变硬变脆，失去原有的黏结能力，使得骨料无法牢固结合在一起，导致局部材料的松散。此外，如果混合料的设计不合理，沥青用量不足或骨料级配不当，也会导致路面强度不足，无法抵抗车辆荷载的重复作用，最终形成坑槽。施工的质量也对路面的坑槽松散有直接影响，如铺设时沥青混合料的温度控制不当或压实度不足都可能导致路面在使用过程中出现坑槽。

2 高速公路沥青混凝土路面病害的成因

2.1 桥面水分积存

水分积存是导致高速公路沥青混凝土路面病害的主要原因，水分可以通过多种途径对路面造成损害，包括水的直接侵蚀作用、冻融循环以及水分引起的基层失稳等。当路面的排水系统设计不良或维护不当时，雨水和地下水可能在路面上积存，在结构内部聚集，积水会逐渐渗透进沥青层和基层，破坏沥青与骨料之间的黏结力，减少路面的整体抗剪强度。水分还可能

携带溶解的盐分，加速沥青的老化以及骨料的风化，进一步削弱路面结构。冻融循环是温带和寒冷地区路面病害的常见成因，当渗透到路面结构中的水分在冬季结冰时，冰的体积膨胀会对沥青层以及基层产生巨大的内部应力，导致材料破裂或层间分离。春季冰融化后，路面会因结构已经被破坏而出现下沉或坑槽。基层的水分失稳也是一个严重问题，水分的长期积存会使基层材料强度降低，失去对上层沥青的支撑作用，导致路面出现沉降或变形。在交通荷载的作用下，此变形会进一步发展成路面的坑槽裂缝或其他结构性病害。

2.2 路基强度不足

路基强度不足是导致高速公路沥青混凝土路面病害的关键原因，路基作为道路结构的支撑层，其强度直接影响到上层路面的寿命。路基强度不足可能由多种因素引起，包括不适当的材料选择、基层施工质量不高、地基承载能力不足以及环境影响等。材料选择对路基的性能至关重要，如果使用的材料不符合工程要求，如颗粒级配不良、含有过多粉土或有机物等，则会降低路基的承载能力[2]。施工过程中的压实不足也是一个常见问题，在施工时未能达到所需的压实标准，路基会在后续使用过程中出现沉降，导致路面开裂变形等病害。地基的承载能力不足也会影响路基的性能，如在软弱或不均匀的土壤上建设路基，未进行适当的地基加固，会使路基在荷载作用下产生不均匀沉降，影响整个路面的结构稳定性。确保路基的强度是防止路面病害的重要措施，施工单位需要在设计和施工阶段就进行严格的质量控制，选择合适的材料，执行正确的施工技术，如适当的压实和必要的地基处理，对路基进行定期检查，以及时发现并修复可能的问题，也是保持路基性能的重要环节。

2.3 养护管理不当

道路养护管理不当也是导致高速公路沥青混凝土路面病害的重要因素，适当的养护是保持道路性能以及延长使用寿命的关键。养护管理不当主要表现在养护计划的缺乏、养护活动的执行不到位以及对路况监测的忽视。施工单位缺乏系统的养护计划会导致路面问题得不到及时发现处理。如裂缝等早期病害若未能及时修复，可能发展为更严重的结构损坏，增加维修成本，甚至影响道路安全。养护活动的执行不到位也是一个问题，这可能是由于经费不足、技术力量薄弱或管理疏忽等原因造成的。如冬季应进行除冰积雪，夏季应进行裂缝填充及表面处理，如果这些活动未能正确执行，将加速路面老化。对路况的监测也是道路养护管理的重要组成部分，定期的路况评估可以帮助管理者了解路面的现状，制定更有效的养护策略。

3 桥面铺装指标控制

3.1 沥青混凝土桥面铺装平整度控制措施

要保证沥青混凝土桥面的平整度，控制措施主要包括以下几点：施工前需要进行严格的路基处理，包括确保路基材料的均匀性及稳定性，进行适当的压实，并检测基底的平整度以及厚度是否符合设计要求。选择合适的沥青混凝土配合比，合理控制沥青的种类、级别及其与骨料的匹配性，确保混合料的工作性好，便于铺设压实。在铺设过程中，施工人员应使用高精度的铺路机械，如传感器控制的摊铺机，以保证铺设过程中的材料分布均匀厚度一致。采用适当的摊铺速度及温度控制，确保混合料不会因温度过低而导致难以压实，或是温度过高而引起材料分离。在摊铺后，及时压实非常关键，需要根据材料特性以及环境条件选择合适的压路机，并采用合适的压实方法，确保材料的密实度和平整度。最后，在施工完成后，施工人员需要进行仔细的检查。使用高精度的检测设备，如激光扫描仪或三维扫描系统，定期检测桥面的平整度，并根据检测结果进行必要的维修。工作人员需要建立长期的监测机制，如安装应变传感器等，以实时监测桥面状况，及时发现并解决平整度问题，保证桥面铺装的长期使用的稳定性[3]。

3.2 沥青混凝土桥面铺装层压实度控制措施

桥面铺装层的压实度是保证铺装层寿命以及使用性能的关键因素之一，为有效控制沥青混凝土桥面铺装层的压实度，施工人员首先需要在设计阶段就确保混合料的设计符合压实要求。这包括合理选择骨料的大小、形状和级配，以及沥青种类的用量，确保混合料具有良好的压实性能和工作性。在混合料的生产过程中，施工人员应当严格控制生产温度及时间，避免混合料过热或冷却过快，影响其铺设压实。混合料的运输存放也需遵循严格的标准，确保到达现场时的温度以及质量符合要求。在铺设过程中，选择合适铺设温度的方法也极为重要，不但影响材料的铺设效率，也影响最终的压实效果。

使用适合的压实设备是控制压实度的另一个重要方面，根据铺装层的厚度，混合料的特性，选择合适类型的压路机，并采用多遍压实，逐步增加压实力度，直至达到所需的压实度。在压实过程中，监控压实参数，如压路机的速度、振动频率以及压实压力，是确保压实均匀性的关键。在完成后的检测也不可忽视，施工人员使用如核密度仪等现代检测设备，对铺装层的压实度进行检测，确保各区域的压实度符合设计要求。

如发现压实度不均或不足，应立即进行返工或修补。工作人员需要采用长期进行维护监测，包括定期的检测和必要的修复工作，也是确保铺装层压实度持久符合标准的重要措施。

3.3 沥青混凝土桥面铺装层渗水指标控制措施

控制沥青混凝土路面铺装层的渗水性能，首先需要在材料选择以及配合比设计阶段进行严格控制。施工单位应选择高质量的防水性能好的沥青，以及适当的抗渗添加剂和改性剂，可以有效增强混合料的密封性以及防水性能。选用合理的骨料及配比对渗水性能有重要影响，应确保骨料的连续级配，减少孔隙率，提高混合料的整体密实度及防水性能。在铺设压实过程中，保证混合料的均匀分布以及充分压实是控制渗水的关键，如图 1 所示，这需要施工人员使用高效的摊铺压实设备，并严格控制铺设和压实的温度、速度及方法，确保铺装层无裂缝孔洞，施工人员在接缝处采取有效的处理措施，如使用热接缝或压缝技术，确保接缝处的密封性能。除施工控制外，施工后的检测也是保证桥面铺装层渗水性能的重要环节。施工人员可以采用水压测试或渗透率测试等方法，对桥面铺装的渗水性能进行定期检测，及时发现潜在的渗水问题，并建立长期的维护及监测机制，包括定期的清洁检查和必要的修补工作，以确保桥面铺装层长期保持良好的渗水性能[4]。

3.4 沥青混凝土桥面铺装高温稳定性控制措施

控制沥青混凝土桥面铺装的高温稳定性主要涉及材料选择、配合比设计及施工工艺，在材料选择上，施工单位应当优选高温性能优良的改性沥青，如 SBS

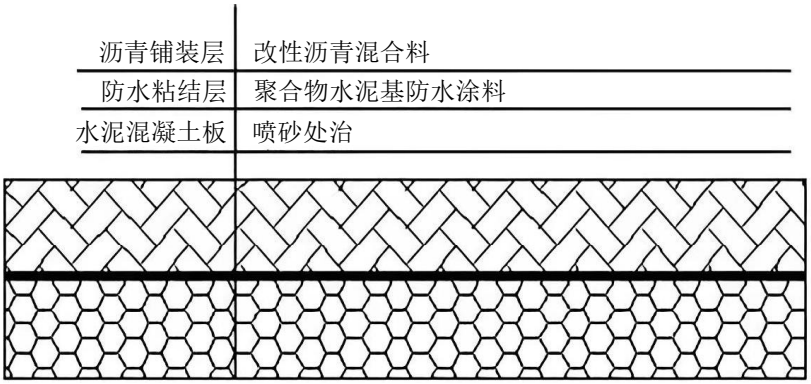


图 1 混合料的均匀分布及充分压实

改性沥青或橡胶沥青，此材料能有效提高沥青的高温稳定性以及抗变形能力。在配合比设计中，施工人员合理控制沥青用量，确保混合料在高温下仍能保持良好的黏结性和稳定性。在施工过程中，施工人员控制摊铺以及压实温度至关重要，过高的温度虽然能够提高混合料的可工性，但过高的温度也可能导致沥青老化，降低其长期的使用性能。施工人员应根据天气条件及材料特性，调整施工温度，避免过热，采用合适的压实设备进行作业，确保铺装层在高温条件下也能达到理想的压实度[5]。此外，施工后的维护也是保证高温稳定性的重要环节，施工人员要定期对桥面进行检查维护，在高温季节，能够及时发现并修复裂缝等问题，可以有效延长铺装层的使用寿命。施工人员采用表面处理技术，如喷涂抗氧化剂或进行表面硬化处理，可以进一步提高桥面铺装的高温耐久性。

4 结束语

桥面铺装层是一种特殊的路面结构，其荷载模型的合理简化以及横向与纵向布载的关系对计算结果的准确性至关重要，施工人员将桥梁结构分析与路面理论有效结合，能解决相关问题，提高高速公路桥面稳定性。此外，施工人员应当深入分析早期病害原因，并对沥青混凝土桥面铺装的各项指标进行严格控制，切实提升高速公路桥面铺装工程质量。

参考文献：

[1] 杨建峰 . 高速公路沥青混凝土路面的早期病害与质量控制研究 [J]. 运输经理世界 ,2022(16):29-31.
[2] 陈凯凯 . 高速公路浇筑式沥青混凝土桥面铺装造价指标分析 [J]. 价值工程 ,2022,41(10):166-168.
[3] 陈磊 . 高速公路沥青混凝土路面常见病害及养护技术解析 [J]. 中国科技投资 ,2021(06):120-121.
[4] 谢智荣 . 高速公路改造中沥青混凝土路面典型病害的成因分析及处治 [J]. 黑龙江交通科技 ,2020,43(08):69-70.
[5] 张青松 , 黄霖 . 桥梁工程沥青混凝土桥面铺装层病害的原因及养护策略探讨 [J]. 低碳世界 ,2023,13(01):132-134.

莲阳河特大桥涉及堤防岸坡防治与补救工程施工技术措施研究

马荣和

（汕头市河道堤防建设管理中心，广东 汕头 515000）

摘　要　本文以莲阳河特大桥防治与补救工程为研究对象，聚焦河道管理范围内涉河涉堤建筑物、构筑物堤防岸坡防治与补救工程施工技术措施研究，同时结合现场踏勘及钻孔地质勘察，提出河道管理范围内涉河涉堤采用“桥梁跨越”的方式来实现河道左右两岸的互通互联工程相应的防治与补救工程措施，以期为各行业涉河涉堤（跨河、跨堤、穿河、穿堤）工程防治与补救措施提供具体施工技术参考。

关键词　莲阳河特大桥；堤防岸坡；防治与补救工程；防渗

中图分类号：TV8　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：2097-3365(2024)08-0124-03

近些年，随着我国城市化进程不断加快，越来越多的交通设施类项目陆续开工建设。目前，各行业现有建筑物、构筑物工程错综复杂，给项目建设施工带来前所未有的挑战。项目建设施工过程中必然要克服各类复杂的工程建设环境，个别交通设施工程在建设过程中需要采用相应的措施来实现工程跨河、跨堤、穿河、穿堤，从而顺利推进工程建设[1-2]。其中，跨河、跨堤、穿河、穿堤较为常见的方式仍然是采用“桥梁跨越”来实现河道左右两岸的互通互联。河道管理范围主要是为维护河道生态健康、行洪通畅、河势稳定而划定的河道管理区域。按照水利部《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则》、广东省《河道管理范围内建设项目技术规程》等有关规定，在河道范围内建设项目应进行防洪评价，并编制防洪评价报告[3-4]。

同时，建设项目施工和运行对防洪安全造成影响的，应调整或优化建设项目的总体布置、建设规模、结构型式与尺寸、施工组织设计等，并采取必要的防治与补救措施，保证防洪安全[5]。

1　工程概况

1.1　工程建设背景

莲阳河特大桥为汕头市汕北大道（凤东路）澄海段工程重要组成部分，是汕头市中心城区通往澄海区及饶平县的直接快速通道，有助于加快汕头城市总体规划实施、完善汕头市路网建设，对推动澄海区中部城市综合发展轴战略，增强汕头与潮州的联系，实现汕潮揭经济一体化有着十分重要的意义[6-9]。

1.2　涉河涉堤建筑物占用河道管理范围面积

莲阳河特大桥桥位左岸为苏溪围，右岸为一八围，左右两岸堤防均已达标加固。苏溪围及一八围堤防管理范围按设计堤脚线外30 m计，桥梁占用河道管理范围按桥梁外缘扩宽1 m计算，桥梁占用河道管理范围面积36 822.9 m^2，其中占用陆域面积3 552.0 m^2，占用水域面积33 270.9 m^2。

1.3　左右岸坡工程地质条件

拟建大桥桥位位于澄海区莲阳河，现场原始地貌为河流平原地带，后期经过人工开挖填筑，地势较为平坦。左右岸坡为土质岸坡，稳定性较差，抗冲刷能力低，存在一定程度的抗滑稳定、抗渗稳定、特殊土引起的局部沉降变形等问题[10]。经现场踏勘及钻孔地质勘察，揭露地基岩土层为4层，分别为1-杂填土、2-细砂（2-1粉质粘土）、3-淤泥、4-淤泥质土（4-1粉质粘土）。根据室内岩土物理力学性质试验，得到左右岸坡不同地质层岩土力学参数（见表1）[11]。工程地质特征为上部土层强度较低，下部土层强软交替，需采用工程措施加以解决。

1.4　涉河涉堤建筑物建设概况

工程拟建涉河涉堤建筑物为莲阳河特大桥，10#～29#桥墩位于河道及左右岸堤防管理范围内。其中，大桥共有17组（12#～28#）桥墩位于河道内，分别为4组主桥墩（22#～25#）（23#和24#为主墩，22#和25#为主桥边墩）和13组引桥墩（12#～21#、26#～28#）；大桥共有5组（10#、11#、12#和28#、29#），桥墩分别位于左右岸堤防背水侧、迎水侧桥墩。11#和

表1 左右岸坡工程地质条件特性表

层号	岩土层名称及成因代号	室内岩土物理力学性质							
		层面埋深（m）	层厚（m）	地基承载力特征值的经验值 f_{ak}（kpa）	压缩模量的平均值 E_S（MPa）	内摩擦角的标准值 c	凝聚力的标准值 φ	变形模量 E_0（MPa）	基底摩擦系数
1	填土 Q_4^{ml}	表层	1.50～2.90		-	22.4	20.6	5	-
2	细砂 Q_4^{al+pl}	1.50～8.50	1.30～9.10	100	-	27.6	-	18	0.30
2-1	粉质粘土 Q_4^{al+pl}	1.90～6.90	1.2～6.6	130	3.3	6.6	12.6	-	-
3	淤泥 $Q3_4^{al+pl}$	9.30～10.80	8.70～11.70	50	2.4	3.1	6.4	-	-
4	淤泥质土 Q_3^{al+pl}	19.50～21.00	1.5～9.3	80	4.64	15.5	23.2	-	-
4-1	粉质粘土 Q_3^{al+pl}	21.50～23.10	5.9～8.0	150	7.3	15.6	31.7	-	-

12#桥墩分别位于堤防背水侧和迎水侧。11#桥墩基础距离堤防背水侧堤脚距离为7.46～7.92 m，12#桥墩基础距离堤防迎水侧堤脚距离为11.47～11.79 m；28#和29#桥墩分别位于堤防迎水侧和背水侧。28#桥墩基础距离堤防迎水侧堤脚距离为11.21～14.58 m，29#桥墩基础距离堤防背水侧堤脚距离为5.75～8.30 m。大桥靠近左右岸堤防处设计均采用一跨45 m跨越左岸苏溪围，一跨45 m跨越右岸一八围。

1.5 左右岸堤围及涉河涉堤建筑物防洪标准

大桥桥位左岸堤围为苏溪围，右岸堤围为一八围，其设计防洪标准为50年一遇，采用30年一遇洪水水面线设计，经过堤库联合调度，达到50年一遇防洪标准。河道防洪标准为50年一遇，洪峰流量为5 130 m/s，相应设计洪水位5.52 m；莲阳河特大桥为设计防洪标准为300年一遇（P=0.33%），洪峰流量为6 944 m/s，相应设计洪水位6.51 m；大桥施工期防洪标准为10年一遇（P=10%），桥位处洪峰流量为3 562 m/s，相应设计洪水位为4.75 m。

2 施工技术措施

经现场踏勘辅以钻孔地质勘察，结合现场地质条件及考虑防洪度汛影响，制定了左右滩槽岸坡、主河槽及堤防附近采用“抛石护脚+格宾石笼护坡、格宾石笼防护、灌浆+打桩防渗处理”的综合工程防治措施处置方案进行防护。

2.1 左右岸抗滑稳定措施

莲阳河特大桥两岸堤防已达标加固，设计防洪标准为50年一遇（采用堤库结合设计），现状堤防迎水侧部分已建挡墙及浆砌石护脚。按照前期现场踏勘及钻孔地质勘察结果，需对左右岸滩槽岸坡采取工程措施（抛石护脚+格宾石笼护坡）进行现状堤防加固。

1. 左岸滩槽岸坡。拟对左岸苏溪围现状堤防进行加固，加固范围为莲阳河特大桥桥位37 m及上下游100 m，加固长度为237 m。采用“抛石护脚+格宾石笼护坡”等方式进行防护。护坡格宾石笼厚度为500 mm，坡比按1:5控制，沿坡面贴坡排布；护脚抛石厚度为500 mm，宽度为10 m，坡比按1:1.5控制。施工顺序：先对堤防迎水坡及左岸滩槽岸坡进行清障（杂草）处理，随后采用300 g/m^{2}的无纺土工布进行铺设，最后采用格宾石笼护坡，厚度为500 mm；为保证河床稳定，堤脚处进行铺设抛石护脚，抛石前先清除垃圾及河底淤泥，抛石宽10 m，长度各237 m，抛石高程不得高于现状河床高程。

2. 右岸滩槽岸坡。拟对右岸一八围现状堤防进行加固，加固范围为莲阳河特大桥桥位37 m及上下游100 m，加固长度为237 m。采用“抛石护脚+格宾石笼护坡”等方式进行防护。护脚抛石厚度为500 mm，宽度为10 m，坡比按1:1.5控制；护坡格宾石笼厚度为500 mm，坡比按1:1.5控制，沿坡面贴坡排布。施工顺序：先对堤防迎水坡及左岸滩槽岸坡进行清障（杂草）处理，随后采用300 g/m^{2}的无纺土工布进行铺设，最后采用格宾石笼护坡，厚度为500 mm；为保证河床稳定，堤脚处进行铺设抛石护脚，抛石前先清除垃圾及河底淤泥，抛石宽10 m，长度各237 m，抛石高程不得高于现状河床高程。

3. 主河槽内堤脚边桥位。12#、26#桥墩纳入左右岸滩槽岸坡治理范围，采用“抛石护脚+格宾石笼护坡”等方式进行防护。12#桥墩护脚抛石厚度为500 mm，

宽度为10 m，坡比按1:1.5控制；护坡格宾石笼厚度为500 mm，坡比按1:5控制，沿坡面贴坡排布。26#桥墩护脚抛石厚度为500 mm，宽度为10 m，坡比按1:1.5控制；护坡格宾石笼厚度为500 mm，坡比按1:1.5控制，沿坡面贴坡排布。施工顺序：先对12#、26#桥墩周围滩槽岸坡进行清障（杂草）处理，随后采用300 g/m^{2}的无纺土工布进行铺设，最后采用格宾石笼护坡，厚度为500 mm；为防止桥墩处壅水保证河床稳定，堤脚处进行铺设抛石护脚，抛石前先清除垃圾及河底淤泥，抛石宽10 m，抛石高程不得高于现状河床高程。

2.2 堤防迎水侧堤脚周围防渗

经现场踏勘及钻孔地质勘察，右岸（一八围）背水侧存在细砂层等强透水层容易存在渗透破坏风险。为避免工程后期运行过程中发生渗透破坏，拟采取工程措施（打防渗桩）对堤防迎水侧堤脚位置的桥位37 m及上下100 m范围内进行防渗处理。防渗桩类型采用水泥搅拌桩，桩体呈双排布置，桩径为500 mm，桩长为10 m，两排及相邻桩桩芯间距为300 mm。

2.3 主河槽内桥墩防冲刷

13#～26#桥墩为主河槽内桥墩，桥墩顺水流方向纵向布置，与主河道斜交。目前共有14组桥墩位于主河槽内，为避免桥墩建设造成河道冲刷，对桥墩周边10 m范围内采用高尔凡覆塑格宾石笼进行防冲刷保护。格宾石笼采用正方形布置，厚度为1.5 m，桥墩处的格宾石笼高程不得高于现状河床高程。

2.4 近堤及滩地上桥墩基础周围防渗

为防止近堤及滩地上桥墩基础周围发生渗流，拟采取工程措施（粘土充填灌浆）对左右两岸堤脚30 m范围内近堤和滩地上桥墩（左岸灌浆桥墩为11#、12#桥墩，其中11#桥墩为堤防背水侧桥墩，12#桥墩为堤防迎水侧桥墩）及桩基周围缝隙进行处理。本次灌浆浆液采用粘土浆，灌浆顺序为先灌迎水测排孔，再灌背水侧排孔。左右岸孔口大小为0.1 m，同排相邻粘土灌浆孔孔距为2 m，相邻排粘土灌浆孔孔距为2 m，粘土灌浆孔孔深8 m，灌浆孔沿桥墩及桩基环形布置。右岸灌浆桥墩为28#、29#桥墩，其中28#桥墩为堤防迎水侧桥墩，29#桥墩为堤防背水侧桥墩，同排相邻粘土灌浆孔孔距为2 m，相邻排粘土灌浆孔孔距为2 m，粘土灌浆孔孔深8 m，灌浆孔沿桥墩及桩基环形排布。此次粘土灌浆共布置46*4个钻孔，平均孔深为8 m，总灌浆钻孔进尺1 619.20 m。

3 结论

本文以莲阳河特大桥防治与补救工程为研究对象，聚焦河道管理范围内涉河涉堤建筑物、构筑物堤防岸坡防治与补救工程施工技术措施研究，以期为各行业涉河涉堤（跨河、跨堤、穿河、穿堤）工程防治与补救措施提供具体施工技术参考，具有一定的工程借鉴意义。主要结论有：

1. 莲阳河特大桥涉及堤防岸坡防治与补救工程采用现场踏勘、钻孔地质勘察、室内岩土物理力学性质试验等技术手段查明左右岸坡工程地质条件，探明防治与补救措施的工程范围，为后续制定施工技术措施提供一定的参考。

2. 提出了左岸滩槽岸坡采用抛石护脚+格宾石笼护坡；右岸滩槽岸坡采用抛石护脚+格宾石笼护坡；主河槽采用格宾石笼防护；对左右两岸堤脚30 m范围内近堤和滩地上桥墩周围缝隙采用灌浆防渗处理（粘土浆）；对右岸堤防迎水侧堤脚位置桥位37 m及上下游100 m范围进行打桩防渗处理（打防渗桩）。

3. 提出了左右滩槽岸坡、主河槽及堤防附近采用“抛石护脚+格宾石笼护坡、格宾石笼防护、灌浆+打桩防渗处理”的综合工程防治措施处置方案进行防护。

参考文献：

[1] 刘俊勇，林凤标．涉水桥梁工程防洪补救措施案例分析[J]．珠江现代建设，2014(02):1-5.
[2] 刘俊勇．涉水码头工程防洪补救措施典型案例分析[J]．人民珠江，2013,34(05):16-19.
[3] 欧阳院平，谢桥军，周丹，等．堤防防洪补救措施分析[J]．水科学与工程技术，2021(02):25-30.
[4] 张玥，田志军，张金魁．防洪评价防治与补救措施探讨[J]．中国水运（下半月），2018,18(02):184-185.
[5] 殷丹，石凤君，赵淑杰．河道堤防工程安全综合性评估[J]．水利科技与经济，2013,19(01):1-3.
[6] 汕头市汕北大道（凤东路）澄海段工程莲阳河特大桥涉及堤防岸坡影响防治与补救工程初步设计报告[R]．惠州：惠州市华禹水利水电工程勘测设计有限公司，2021.
[7] 汕头市汕北大道（凤东路）澄海段工程莲阳河特大桥涉及堤防岸坡影响防治与补救工程初步设计图册[R]．惠州：惠州市华禹水利水电工程勘测设计有限公司，2021.
[8] 汕头市汕北大道（凤东路）澄海段工程莲阳河特大桥涉及堤防岸坡影响防治与补救工程岩土工程勘察报告[R]．汕头：汕头市潮汕水电勘察有限公司，2021.
[9] 汕头市汕北大道（凤东路）澄海段工程莲阳河特大桥涉及堤防岸坡影响防治与补救工程概算书[R]．惠州：惠州市华禹水利水电工程勘测设计有限公司，2021.
[10] 李海峰．浅谈防洪工程中堤防的渗漏分析及处理措施[J]．新农业，2021(22):78.
[11] 同[9].