机电安装项目施工协调管理分析

——以某厂房光学研制中心机电安装项目为例

钱 泉

（上海剑创信息技术（集团）有限公司，上海 201802）

摘 要 本文以某厂房光学研制中心机电安装项目为具体案例，探讨了机电安装工程施工中协调管理遇到的问题，系统分析了该项目在实施过程中面临的三项核心挑战：新旧系统的深度集成与对接矛盾、超静音与高洁净环境的协同控制难题，以及突发性重大设计缺陷。针对这些难点，本文详细阐述了所采取的一体化自控架构建立、多学科融合的工艺优化以及极限条件下的原位紧凑化改造等系统性协调管理措施。通过案例分析表明，通过前瞻性的风险识别与创新性的技术管理应对，能够有效保障复杂机电安装工程的质量、安全与进度。

关键词 机电安装；项目施工；协调管理

中图分类号：TU758；TU85 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.034

0 引言

机电安装工程作为现代工业设施建设的核心环节，其过程涉及多专业交叉、高技术集成与复杂界面协同，这使得系统性施工协调管理至关重要[1]。传统的管理模式在应对新旧系统兼容、极端物理环境协同控制及突发性重大设计变更等多维度、复合型界面冲突时，往往力不从心[2]。某厂房光学研制中心项目在建设中面临的系统深度集成、静音与洁净环境矛盾及配电容量缺陷等挑战，正是此类复杂协调管理难题的集中体现。因此，深入剖析该案例中的协调管理策略与成效，对于构建适应高端制造领域需求的机电安装项目管理体系具有显著的参考价值。

1 机电安装项目施工协调管理的重要性

机电安装项目施工协调管理的重要性，根植于此类工程的多专业、多系统、多界面高度集成的复杂性特质。其核心价值在于，通过建立系统性的协同机制，有效化解不同专业队伍、各类子系统及建设各阶段之间必然产生的作业冲突、技术矛盾与信息壁垒[3]。协调管理贯穿于从设计交底、管线综合排布、设备安装调试到联合试运行的全过程，旨在确保土建、电气、暖通、自控等专业在空间、时间与工艺逻辑上无缝衔接。缺乏有效的协调，将直接导致现场返工、工期延误、成本超支乃至系统功能无法实现。因此，协调管理并非辅助性职能，而是保障机电安装工程整体目标达成的关键性中枢管理活动，其水平直接决定了项目的资源配置效率、技术实现质量与最终交付成果的可靠性。其流程见图 1。

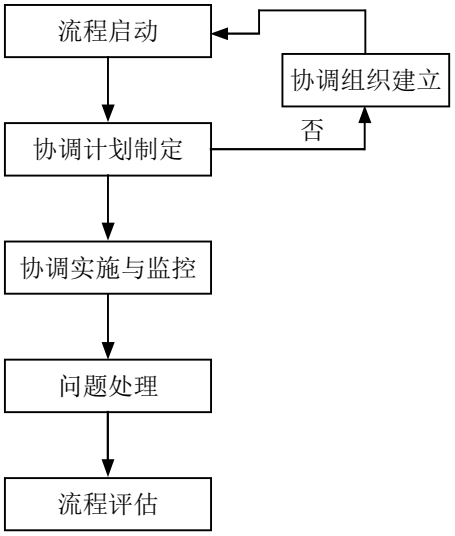

图 1 机电安装项目风险管理体系响应流程

2 机电安装项目施工协调管理的难点

2.1 工程概况

某厂房光学研制中心机电安装项目，总建筑面积 9 020.96 平方米，机电安装工程投资约 4 000 万元人民币。该项目旨在建设服务于高端光学产品研发与生产的关键基础设施，核心目标为建成一个符合严格洁

作者简介：钱泉（1983-），女，本科，高级工程师，研究方向：机电安装。

净环境标准、具备高度自动化且运行稳定并能满足特殊管理需求的现代化研发平台。

2.2 新旧系统对接

该技术难题的核心在于，新建的该厂房 FMCS 系统与原厂区 FMCS 系统对接、特种气体 / 化学品系统、高标准洁净室系统等多个独立的专业子系统，深度整合为一个能协调运行的统一体。然而，更大的挑战在于，这个全新构建的集成体系还必须与厂区内已有的动力、配电、自控等旧有基础设施实现安全、稳定、无缝的数据交互与业务逻辑联动。其中存在的潜在风险包括：新旧系统间可能因通信协议不兼容而导致数据无法互通或指令错误；在物理层面，新建的各类管线与厂区原有密集、复杂的管线廊道之间可能存在大量的空间冲突。此外，任何对接环节的疏忽都可能产生监控盲区或系统运行紊乱，直接影响整个研制中心的环境可靠性与生产安全。

2.3 超静音环境与洁净环境的协同控制

超静音隔音室的设计目标中，极高的空气声隔声与撞击声隔声标准，与洁净环境所要求的严格洁净度、特定温湿度及均匀稳定的气流组织之间，存在着物理原理上的内在矛盾。为实现卓越的隔声性能，隔音室必须采用高面密度、高密闭性的围护结构，但这会严重阻碍洁净室赖以维持洁净度的垂直层流或单向流送风，导致送风阻力剧增、气流分布不均，甚至可能因静压失衡而产生涡流与死角。同时，为满足隔声而增设的厚重墙体与多层构造，极大地增加了室内温度与湿度控制的能耗与精度保持难度，空调系统需更大功率运行，而其设备本身产生的振动与噪声又可能反向传导，破坏静音环境。此外，洁净室所需的专用高效送风末端及其维护结构，如何在保证过滤效率与密封性的同时，不成为声桥或振动传递路径，避免削弱整体隔声量，是材料选择与节点构造上的巨大挑战。

2.4 突发重大设计缺陷

项目在实施后期突遇了涉及电气系统核心架构的颠覆性设计缺陷。具体表现为，为关键工艺设备供电的高配间，其内部预设的抽屉柜数量与单元容量，经复核被证实存在严重不足。这种不足并非简单的局部调整即可弥补，而是意味着整个配电系统的冗余度与扩展性在源头设计上就存在根本性误判，无法承载光学研制工艺未来所需的基本电力负荷。此问题直接触发了三重严峻风险。首先，是供电可靠性的即刻威胁。抽屉柜是分配电力的末端关键设备，其容量不足将导致工艺设备无法按计划接入或满负荷运行，使得整个研制中心的核心功能面临瘫痪可能。其次，引发了连锁性的工程冲突。高配间通常空间局促、管线密布，且与建筑结构、暖通、消防等强相关。若要增容，传统思路必然涉及土建墙体的破拆扩建，这将剧烈扰动已施工完成的周边所有专业系统，引发难以预估的界面冲突、成本激增与工期失控。最后，暴露了前期需求管理与专业协同的深层漏洞。此类基础性、关键容量的设计失误，反映出电气设计与工艺设备需求之间可能存在严重的对接断层或信息传递失真，属于项目前端把控的根本性失误。因此，该缺陷已超越一般技术优化范畴，演变为一个可能颠覆项目既有进度、成本与最终功能的重大危机。

3 机电安装项目施工协调管理措施

3.1 建立一体化自控架构

针对多系统融合和互联的问题，提出了技术和管理上的整体方案：以 FMCS 为管理中心及指挥中心，实现系统之间的互联互通，打破信息壁垒的整体构想[4]。具体到技术层面，首先进行了专项的研究，通过对工厂原有自动控制、能源等系统进行逆向解析以及兼容测试，明确老系统数据格式、通信速率、安全边界等内容，并基于试验结果形成了详细的数据接入方案、逻辑交互方案等一系列规划方案，这项计划不仅仅描述了数据流动的路径，而且特别强调包括物理分离和逻辑防火墙在内的一系列双重的安全策略，保证新旧系统之间的数据传递安全性和网络安全性，防止由于协议的不一致或者未经授权的访问而引发的风险。

在物理搭接、空间排布方面充分利用 BIM 技术建立各专业精细度较高的三维综合模型，并基于此模型实现新安装各类管线与厂区内既有密集管道廊架的全面、整体空间干涉检查及管线综合排布[5]。

为确保上述规定的严格执行以及可复用性工程化的产品资源，有必要对这些技术路径、接口规范、建造流程及试验程序进行全面归纳，并根据工厂设施条件和实装环境进行建设改造工作，解决类似的复杂系统集成关键问题。通过该自顶向下涉及架构设计—技术验证—安全保障—标准落地的完整闭环方法，能够构建强大技术体系与管理机制，来支撑多样、独立系统深度融合和长期运行。

3.2 优化材料配比与施工工艺

在围护结构方面，利用数学和仿真技术来构建一种多层次的系统，该系统包含各种具有不同密度的吸音材质、隔音板以及空气空间。每个部分都是为专门处理特定的频率范围内的声音而设计的，并且都在结

构中进行了精确的设计以防止产生任何形式的声音连接，确保整个系统的声音隔离。在墙内设计一个综合管井，既能够提供高效的通风，又不会影响到它的声学屏障功能和通风功能。

对所有穿越声屏障隔墙的管线、穿墙孔洞及检修门采用柔性连接的方式，均设置具有多道弹簧密封圈的专用法兰，其柔性密封垫可以吸收机器运行中的微小振动而不会形成固体传声通道，同时又能确保长期使用下的气密性及防尘性。这一方案不是一蹴而就完成的，在经历多轮次包括声学、空调、无尘室设计以及建筑工法领域的专家参与讨论的基础上，建立1:1实际样板间并针对不同材料组合、构造节点、整体性能进行了全面的实验验证，实现了由理论到可信产品的跨越，攻克了静音洁净一体化控制关键技术。

3.3 原位紧凑化改造扩容

面对高配间抽屉柜容量严重不足的突发性设计疏漏，项目团队启动了一套高度集成的应急响应与精密作业流程。通过与厂务沟通，确认原高配间是否有备用的可升级替换的抽屉柜，以及其他高配间是否有备用的可升级替换的抽屉两个问题后，通过抽屉柜替换，以及改电力电缆路由的方式解决高配间抽屉柜数量及功率不满足问题，从而满足项目需求。在技术决策层面，团队在四十八小时内密集组织了电气设计专家、资深配电设备供应商及一线施工负责人进行多轮紧急论证。基于对现场空间尺寸、原有柜体结构、母线排布走向及未来负荷需求的精确复核，共同敲定了采用模块化、高功率密度新型抽屉柜单元对原有柜体进行一对一替换与增补的技术路线。该方案要求新设备在保持相同外部安装尺寸的前提下，内部单元布置与电气性能必须实现显著提升，并确保与上下游母线及保护装置的完全兼容，这涉及设备选型、接口改制与保护定值重新整定等一系列连锁技术决策。

4 工程效果

在应对超静音与高洁净度这类存在内在张力的复合性技术指标时，项目实践表明，单纯依赖常规设计或单一专业无法破题。技术负责人的深度介入与系统性创新是根本。这要求从材料物性、结构力学、气流组织及施工工艺等多个维度进行一体化设计与验证。通过组织跨学科专家研讨，借助模拟计算进行前瞻性分析，并严格执行样板引路与性能测试，是确保创新方案（复合隔声墙体与微孔板消声末端结合）从理论构想转化为达标实体的关键路径。这种基于多维度整合与实证的技术攻关模式，是解决尖端领域矛盾性需求的有效方法论。

面对突发性重大设计缺陷所带来的颠覆性风险，应急响应机制的有效性直接决定了项目基线。相关经验揭示，快速决策能力与精密调度能力构成了应急处理的二元核心。快速决策体现在有限时间内完成多方案比选，并果断确定最优替代路径（原位紧凑化改造），其基础在于对技术可行性与资源可获得性的精准预判。精密调度则体现在将解决方案分解为以分钟为计量单位的、环环相扣的作业链，并在一个极短的、不可延时的计划窗口内（4小时停电期）一次性精准执行。这种将危机转化为一次受控的高强度协同作业能力，是化解重大突发风险、实现工期零冲击的核心素养。

在多专业深度交叉、与既有系统需无缝对接的复杂施工环境中，建立前瞻性的协同机制与动态的精细化管控体系是保障精准交付的基础。通过应用建筑信息模型技术，在设计阶段即系统性解决管线综合冲突，是从源头上规避现场返工、提升协同效率的前置性措施。而在执行阶段，尤其面对突发干预时，建立以分钟为单位倒排的调度计划并对接所有相关方，则构成了事中动态管控的坚实保障。项目实践证明，将系统性的前端协同与精准的末端调度相结合，是驾驭高端机电工程复杂性、实现多目标均衡达成的必由之路。

5 结束语

本案例研究表明，复杂机电安装工程的质量、安全与进度目标，高度依赖于系统性的施工协调管理。通过建立一体化自控架构化解了多系统集成风险，通过多学科工艺协同实现了超静音与高洁净的共生目标，并通过应急性的原位改造解决了重大设计缺陷。这些实践凸显了协调管理必须从被动应对转向主动设计，并深度嵌入技术决策与现场执行全流程，是项目成功的核心保障，为同类工程提供了从风险识别、技术协同到组织联动的系统性方法论参考。

参考文献：

[1] 唐甜甜.机电安装项目施工安全风险管理探究[J].砖瓦,2020(07):126-127.
[2] 张亚魁.机电安装工程项目施工安全风险管理研究[J].工程技术研究,2020,05(20):154-155.
[3] 朱必俊.机电安装工程项目的施工风险管理[J].电子技术,2023,52(01):204-205.
[4] 陈石峰.机电安装工程项目施工安全风险管理探究[J].电气技术与经济,2024(04):262-264,284.
[5] 朱敏.机电安装项目施工安全风险管理[J].中国建筑装饰装修,2021(03):114-115.