

工业厂房电气安装工程的特殊要求与实施难点分析

张鑫

中核华誉工程有限责任公司 江苏 扬州 225100

摘要: 本文旨在系统性地剖析工业厂房电气安装工程相较于民用建筑所面临的特殊性,并深入探讨在实际施工过程中遭遇的关键难点。文章首先从负荷特性、环境条件、安全规范及智能化集成四个维度,详细阐述了工业厂房电气系统的特殊要求;其次,聚焦于设计深化、设备选型、施工协调、质量控制及安全风险五大方面,对实施过程中的主要难点进行了全面分析;最后,针对性地提出了强化全过程管理、推广BIM技术应用、构建专业人才队伍及完善标准体系等优化策略。研究结论认为,唯有深刻理解并精准应对这些特殊要求与难点,才能确保工业厂房电气系统实现安全、可靠、高效、智能的运行目标,为现代制造业的高质量发展提供坚实保障。

关键词: 工业厂房; 电气安装; 特殊要求; 实施难点; BIM技术; 全过程管理

引言

电气安装工程是工业厂房建设核心,其质量关乎生产系统安全、稳定与效率。工业厂房有特定生产工艺流程,内部有大功率设备、精密仪器等,还有复杂自动化控制系统,这决定了其电气系统需满足严苛特殊要求。近年来,“中国制造2025”与工业4.0推进,新建或改造的工业厂房集成大量先进设备,电气负荷构成更复杂,对系统可扩展性、兼容性等要求更高。但实际工程中,因对工业厂房电气特殊性认识不足、跨专业协调不畅、施工管理粗放等,常致工期延误、成本超支,甚至留下安全隐患,影响项目效益与后期运营。因此,系统梳理其特殊要求、剖析关键难点、提出应对策略,具有重要理论价值与现实指导意义,本文将就此展开论述。

1 工业厂房电气安装工程的特殊要求

工业厂房的电气系统是为特定生产工艺服务的,其设计与安装必须紧密围绕生产需求展开,呈现出显著区别于民用建筑的特殊性。

1.1 负荷特性复杂且容量巨大

工业负荷功率大、集中度高,常具冲击性(如大型电机启动)和非线性(如变频器产生谐波),易引发电压波动与电能质量问题。需配置足够容量的供配电系统,并集成动态无功补偿(如SVG)和有源滤波(如APF)装置。对连续性生产场所(如化工、半导体),须采用双回路市电、柴油发电机及UPS等多重冗余措施,构建高可靠配电架构。

1.2 运行环境恶劣且多样

厂房常面临高温、低温、高湿、粉尘、振动、腐蚀性气体或液体等严苛条件。电气设备须按区域选用相应IP防护等级(如IP54、IP65),金属部件需防腐处理(如热

镀锌、环氧涂层),线缆护套应采用XLPE或氟塑料等耐腐蚀材料。在爆炸危险区域(如石化、面粉厂),必须使用认证防爆设备(隔爆型、本安型等),并设置专用接地系统导除静电,防止火花引爆。

1.3 安全与接地系统要求严苛

人身安全方面,频繁接触部位常采用SELV(如24V DC)控制回路;设备安全依赖严密的电气连锁(如门未关则电机禁启)。全厂需建立统一、低阻抗的综合接地网,融合保护、工作、防雷、防静电及信息系统接地,既保障故障电流泄放,又为PLC、DCS等精密设备提供稳定参考电位,抑制电磁干扰(EMI)。

1.4 智能化与集成度需求高

现代厂房电气系统兼具供能与信息交互功能。通过智能电表、传感器实时采集能耗数据,接入能源管理系统(EMS)实现能效分析与预测性维护。同时需与BAS、MES、ERP等系统深度集成,依托工业总线(如Modbus、Profinet)和高速以太网构建自动化控制网络。施工阶段须预埋充足光纤及六类以上网线,强弱电分离敷设,预留扩展空间,确保通信可靠性与抗干扰能力。

2 工业厂房电气安装工程的实施难点分析

面对上述特殊要求,电气安装工程在从图纸到实体的转化过程中,面临着诸多复杂且棘手的实施难点。

2.1 设计深化与多专业协调难度大

工业厂房电气系统的设计深度直接决定施工可行性。初期设计往往基于业主提供的初步工艺资料,难以准确预判最终设备的具体参数、控制点数量及安装位置。一旦设备采购完成,常出现原设计容量不足、接口缺失或线缆规格不符等问题,引发大量设计变更,打乱施工节奏。更严峻的是多专业管线空间冲突。厂房内除

强弱电桥架外,还布设大量工艺管道(水、气、油、化学品)、暖通风管、消防喷淋等系统,在有限的吊顶、管廊或夹层空间内极易发生物理碰撞。传统二维图纸无法直观反映三维空间关系,导致冲突常在施工阶段才暴露,造成返工、材料浪费和工期延误^[1]。此外,电气与土建、钢结构、机械设备存在大量接口,如设备基础内预埋穿线管、大型母线槽吊架生根点等,若未在结构施工前确认预留,将严重影响后期设备就位与系统集成。

2.2 设备与材料选型精准性要求高

在满足复杂负荷特性与特殊环境条件下,设备材料选型需兼顾当前需求与未来扩展。主材如变压器、开关柜、电缆若选型偏小,易致过载;过大则造成投资浪费。尤其在谐波含量高的负载环境中,普通设备可能因附加损耗而过热,必须选用K-因子变压器或带屏蔽结构的滤波电缆,这对设计与采购人员的专业能力提出更高要求。品牌兼容性亦是关键问题。不同品牌的PLC、变频器、人机界面可能存在通讯协议不兼容,若项目早期未统一技术路线,后期系统集成将困难重重,甚至需增加协议转换网关,提升成本与故障风险。同时,大型变压器、定制开关柜等长周期设备若未与整体进度计划紧密衔接,极易成为制约项目投产的“卡脖子”环节。

2.3 施工组织与现场管理高度复杂

电气安装需与土建、钢结构、工艺设备、管道、通风、消防等多个专业平行或交叉作业,工序逻辑严密。例如,桥架安装依赖钢结构完工,电缆敷设又须在不影响后续管道保温的前提下进行。任一专业延误或协调不畅,都将引发连锁反应,导致窝工或成品破坏。大型电气设备(如干式变压器、中压柜)的运输与吊装同样极具挑战,其路径规划、吊装孔尺寸必须在土建阶段提前确认,否则设备可能无法进入或就位,改造项目尤为突出。此外,电气施工包含高处作业、临时用电、动火作业及电缆沟、配电室等有限空间作业,安全风险高。在紧张工期压力下,仍需严格落实安全防护措施,杜绝违章操作,保障人员生命安全,是对项目安全管理能力的严峻考验。

2.4 质量控制与系统调试标准严苛

工业电气工程质量要求远高于普通建筑。大量关键工序属隐蔽工程,如混凝土内预埋管线、地下接地网焊接、长距离电缆敷设等,一旦覆盖便难以复检,必须严格执行“自检、互检、专检”制度,并通过影像资料全程留痕。电缆敷设完成后,须进行绝缘电阻测试及直流/交流耐压试验,以验证其长期运行可靠性。一旦试验不合格,整段电缆可能报废,带来重大经济损失^[2]。系统调

试阶段更为复杂,需对“电气—自动化—工艺”整体联动逻辑进行全面验证,包括联锁、互锁、报警、紧急停车等功能。微小接线错误或参数偏差都可能导致整条生产线无法启动,调试工作耗时耗力,成为项目移交前的最后一道难关。

2.5 特殊环境下的施工适应性挑战

部分工业厂房对施工环境提出极端要求。如半导体、生物医药行业的洁净厂房,所有施工活动必须在严格空气洁净度管控下进行:施工人员需穿戴专用洁净服,材料工具须经清洁处理,施工产生的粉尘、碎屑必须即时彻底清除,以防污染生产环境。这极大限制了常规施工方法,显著降低效率并推高成本。另一类高难度场景是“不停产改造”,即在运行产线旁进行电气升级。施工仅能在极短窗口期(如周末停产或深夜班次)内完成,且任何操作不得干扰现有生产安全。此类项目要求施工方案极度精细化,需制定详尽应急预案,并与生产部门保持无缝沟通,对施工团队的组织能力、技术水平和心理素质提出极高要求。

3 应对策略与优化建议

为有效克服上述难点,确保工业厂房电气安装工程的顺利实施,可采取以下策略:

3.1 强化全过程精细化管理

应对工业厂房电气工程的复杂性,必须摒弃传统的碎片化管理模式,转向全过程、一体化的精细化管理。鼓励采用设计-采购-施工(EPC)总承包或项目管理承包(PMC)模式,由一家综合实力强的单位对项目的质量、安全、进度和成本负总责,能够从根本上解决因多方参与导致的接口不清、责任不明和协调困难等问题。在项目执行过程中,应建立一套高效、动态的变更管理机制,设立由各相关方代表组成的变更控制委员会(CCB),对所有设计和技术变更进行快速评估、审批和闭环跟踪,确保信息流畅通无阻。同时,积极引入精益建造(Lean Construction)理念,通过价值流分析,识别并消除施工过程中的各种浪费,优化作业流程。例如,大力推行场外预制加工,将桥架分段、盘柜内二次线预放、电缆头预制作等工作转移到环境可控的预制厂完成,不仅能提高加工精度和质量,还能大幅减少现场交叉作业,加快整体施工进度。

3.2 全面推广BIM技术深度应用

建筑信息模型(BIM)技术为解决工业厂房管线综合这一老大难问题提供了革命性的工具。应在项目早期即建立涵盖建筑、结构、机电(含电气)等所有专业的全信息BIM模型。利用该模型进行全专业的三维碰撞检测,

可以在施工前就直观地发现并解决90%以上的管线空间冲突,从而生成精确的综合管线排布图和支吊架深化设计图,为现场施工提供清晰无误的指导。此外,BIM模型还可用于可视化技术交底,让一线施工班组能够直观地理解复杂的安装节点和工序逻辑,有效减少因图纸理解偏差造成的错误^[3]。更重要的是,竣工交付的BIM模型可以作为工厂“数字孪生体”的核心组成部分,集成所有设备的几何信息、技术参数、维护手册和历史记录,为未来的智慧化、预测性运维奠定坚实的数据基础,实现项目全生命周期的价值最大化。

3.3 构建专业化的人才队伍

人才是解决一切工程难题的根本。面对日益复杂的工业电气工程,项目团队亟需既精通强电系统设计与安装,又熟悉弱电自动化控制和信息系统集成的复合型技术人才。企业应加大对这类人才的引进力度,并建立系统化的内部培训体系,通过项目实战、技术讲座和外部认证等方式,持续提升现有工程师的知识广度和深度。与此同时,一线作业人员的技能水平直接决定了工程质量的下限。必须加强对电工、焊工等关键工种的技能培训和考核,特别是针对特殊工艺(如冷缩/热缩电缆终端头制作、光纤熔接)和特殊环境(如防爆区域、洁净室)的专项操作规程,确保每一位工人都能严格按照规范作业,从源头上保障工程质量。

3.4 完善标准体系与技术创新

行业层面应积极推动技术标准的更新与完善。相关行业协会和主管部门应密切关注智能制造、绿色工厂等新兴领域的发展趋势,针对其特有的电气需求,及时制定或修订更细化、更具操作性的设计、施工和验收标准,为工程实践提供清晰的指引,填补现有规范体系的空白。在企业层面,则应保持对新技术、新材料的开放态度,积极评估并推广应用成熟可靠的创新成果^[4]。例如,采用工厂预制的密集型绝缘母线槽替代传统电缆,

可以简化安装、提高可靠性;部署基于物联网的智能配电监控系统,可以实现远程、实时的状态感知和故障预警;在防火要求极高的区域使用矿物绝缘电缆(MI Cable),则能提供无与伦比的防火安全性能。通过持续的技术创新,不仅可以有效应对当前的工程难点,更能不断提升工业厂房电气系统的整体性能和全生命周期的经济性。

4 结语

工业厂房电气安装工程是一项高度专业化、系统化的复杂工程。其特殊要求源于工业生产的本质属性——大负荷、高风险、强连续性和智能化。这些要求在转化为具体施工实践时,不可避免地带来了设计协调、设备选型、现场管理、质量控制等一系列严峻挑战。成功实施此类工程,绝非简单的按图施工,而是一个需要前瞻性规划、精细化管理、跨专业协同和技术创新驱动的系统工程。通过强化全过程管理、深度应用BIM等数字化工具、打造专业化团队,并不断完善技术标准,我们能够有效化解实施难点,将设计蓝图精准、高效、安全地转化为支撑现代制造业高质量发展的强大动力源。未来,随着工业互联网、人工智能等技术的进一步融合,工业厂房电气系统将变得更加智能和自主,对其安装工程的要求也将持续演进,这要求从业者必须保持开放的学习心态和持续的创新能力。

参考文献

- [1]江峰.浅析工业厂房建筑电气施工质量管理[J].散装水泥,2024,(05):148-150.
- [2]林振格.工业厂房电气接地系统安装设计及施工分析[J].江西建材,2025,(07):213-216.
- [3]罗红义.工业电气设备的安装技术要点及管控策略研究[J].造纸装备及材料,2024,53(01):42-44.
- [4]段振峰.论工业电气设备安装中存在的问题及解决对策[J].居业,2020,(02):108+110.