

化工现场电气安装施工工艺与质量管控

刘小伟

中盐内蒙古化工股份有限公司 内蒙古 阿拉善盟 750336

摘要：化工生产具有高温高压、易燃易爆等显著特征，这对现场电气安装工作提出了极为严格的要求。本文系统探讨化工环境下电气安装的施工工艺与质量管控方法，重点分析防爆设备安装、电缆敷设、接地系统及大型设备就位等关键环节。通过构建贯穿施工全过程的质量控制模型，明确各工序的核心管控要点。研究目的在于提升化工电气安装的合规性与可靠性，从源头保障生产设施的本质安全。本文成果可为同类项目的施工与管理提供实践参考。

关键词：化工电气安装；防爆施工工艺；接地系统；质量控制

引言：现代化工装置规模持续扩大，电气系统作为生产运行的动力核心，其安装品质直接关系人员与设施的安全。化工现场普遍存在腐蚀性介质、爆炸性气体及湿热环境，普通电气安装方法无法满足要求。实际工作中，因密封失效、接地错误等隐患引发的安全事故时有发生。因此，有必要针对化工特殊条件，系统梳理电气安装的关键工艺，并建立与之匹配的质量管控机制。本文结合现行规范与现场实践，从工艺技术和质量控制两个维度展开探讨，以期为同类工程提供借鉴。

1 化工电气安装工程概述与特殊性分析

1.1 化工电气安装工程的特点

化工生产环境具有明显的特殊性，这决定了电气安装工作面临诸多挑战。首先，现场普遍存在易燃易爆介质，根据释放源的频繁程度和持续时间，生产区域被划分为零区、一区、二区等不同危险等级，每个区域对电气设备型式与安装方法均有严格限定。其次，化工装置中常有硫化氢、氯气等腐蚀性物质，会加速金属材料锈蚀，导致接线端子接触不良或壳体穿孔。再次，生产工艺往往伴随高温或深冷条件，温度剧烈变化会引起电缆绝缘层老化开裂。此外，大型压缩机、反应器运转时产生的机械振动，会逐步松动电气连接部件。这些特点要求施工人员深刻理解化工环境，采用针对性的工艺措施，而非简单套用普通建筑的电气安装方法。

1.2 化工电气安装的主要构成

化工现场的电气安装工作涵盖多个子系统，共同构成完整的供配电与控制网络。动力系统包含变压器、高低压开关柜、现场配电箱及各类电动机，负责为泵、风机、压缩机等设备输送电能。照明系统选用防爆型灯具、应急照明装置及疏散指示，保证人员在异常情况下能够安全撤离。接地系统由接地极、水平接地带及等电位连接线组成，实现工作接地、保护接地与防雷接地的

联合设置，同时兼顾静电泄放功能。电缆与桥架系统承载动力电缆、控制电缆及仪表信号线，需合理分层敷设以避免电磁干扰^[1]。此外，还有火灾报警、视频监控等辅助系统的电气部分。上述各系统既相对独立又相互关联，安装时需统筹考虑，避免因某一环节缺陷而影响整体安全。

1.3 施工依据的主要标准规范

化工电气安装必须严格遵守国家及行业发布的技术标准，这是保证工程质量的法律依据。国家标准方面，GB 50257详细规定了爆炸危险环境电气装置的施工与验收要求，涵盖防爆电气设备选型、配线方式、密封措施等内容。GB 50168与GB 50169分别针对电缆线路和接地装置的施工过程给出了技术准则。GB 50058则指导设计阶段进行危险区域划分。石油化工行业标准如SH/T 3521，对施工过程中的具体操作步骤、检验方法进行了细化。国际上，IEC 60079系列被广泛认可，其中第14部分专门涉及电气安装的设计与实施。此外，大型化工项目往往还附带业主自行编制的技术规格书，其要求通常高于国标。施工团队需要熟悉这些规范的具体条款，并将其转化为现场作业指导书，确保每道工序均有据可依。

2 关键施工工艺技术研究

2.1 防爆电气设备安装工艺

防爆电气设备的安装核心在于保持外壳的完整性和密封的有效性。安装前应对防爆配电箱、接线盒、灯具等设备进行细致检查，确认壳体无裂纹、紧固件齐全、防爆面光滑无锈蚀。涂抹规定牌号的防锈油或中性密封胶，并采用力矩扳手按规定的扭矩值紧固螺栓，防止因压力不均产生火花传播路径。电缆或导线引入设备时，必须使用符合防爆等级的填料函或密封接头。橡胶密封圈的孔径应与电缆外径匹配，切割时严禁沿轴向切开，应使用专用工具逐层剥离。多余进线口需用与设备同等

级的金属盲板封堵。防爆挠性管的连接处应保证螺纹啮合扣数不少于五扣,并在螺纹部位涂覆导电防锈膏。值得关注的是,施工现场常出现私自对防爆箱壳体钻孔加装元件的违规行为,这会彻底破坏防爆性能。所有安装工作完成后,应使用密封性检测仪对关键部位进行抽检,确保达到设计防爆等级^[2]。

2.2 电缆桥架与保护管敷设工艺

电缆桥架和保护管构成了电气线路的支撑与保护骨架,其敷设质量直接影响线路寿命。桥架选型时,处于强腐蚀区域的应优先采用不锈钢材质或经热浸镀锌处理的钢制桥架,玻璃钢材质的桥架虽耐腐蚀但强度较低,适合轻载场合。桥架安装要求支架间距均匀,一般水平走向控制在一点五至三米,垂直走向不超过两米,且在弯头、三通等处增设加强支架。桥架直线段长度超过三十米时需设置伸缩缝,并用软铜线进行可靠跨接,保证接地连续性。镀锌钢管配线是化工现场常用的保护管方式,管口应倒角去除毛刺,螺纹加工需使用套丝机以保证精度。钢管连接时,螺纹啮合扣数不少于六扣,并在螺纹上涂覆导电防锈膏或密封胶。电缆敷设须遵循动力电缆与控制电缆分层布置的原则,避免强电干扰弱电信号。弯曲半径应满足规范要求,一般电力电缆不小于外径的十倍。敷设完成后,在电缆两端悬挂永久性标牌,注明起始点、规格及长度。

2.3 接地系统施工工艺(化工特色)

化工现场的接地系统承担着保护人身安全、设备正常运行及静电泄放等多重功能,其施工工艺具有鲜明的行业特色。联合接地体通常采用热浸镀锌角钢或铜包钢材料作为垂直接地极,长度一般为两点五米,间距不小于五米,埋设深度应使接地极顶端距地面零点六米以上。水平接地带选用镀锌扁钢或铜排,与垂直接地极焊接连接,焊接处需进行防腐处理。整个接地网的接地电阻值应根据设计要求确定,对于联合接地系统通常要求不大于一欧姆。等电位连接是化工接地的关键环节,所有金属设备外壳、电缆桥架、工艺管道、钢结构立柱均需通过接地线与主接地网可靠连接,避免出现电位差。针对易燃液体输送管道,法兰连接处若螺栓数量少于五根或存在绝缘垫片,必须加装专用跨接线,线径不小于六平方毫米铜芯软线。防静电接地的施工还需注意,在人员经常操作的区域应铺设防静电地板或地面,并通过静电泄放桩接地^[3]。施工完毕后,必须使用接地电阻测试仪在不同天气条件下进行复测,确保满足规范要求。

2.4 大型电气设备(变压器、高压电机)安装工艺

变压器和高压电机是化工装置的电气核心,其安装

质量直接决定系统运行的可靠性。变压器就位前,需对基础进行验收,确保水平度误差控制在每米三毫米以内,并预留足够的检修通道。油浸式变压器在安装过程中,绝缘油需进行耐压试验和微水含量检测,不合格的油品必须通过滤油机循环处理。附件安装包括散热器、储油柜、套管等,所有密封垫应更换为耐油橡胶制品,紧固螺栓按对角线顺序逐步拧紧。高压电机的安装重点在于找正对中,采用百分表测量电机轴与负载轴的同轴度,径向偏差和轴向倾斜均应控制在设备技术文件规定的范围内。对于现场条件允许的情况,电机就位前宜进行抽芯检查,清理内部杂物并确认绕组绝缘良好。二次回路配线采用号码管打印标识,线束按垂直或水平方向绑扎整齐,屏蔽层应在控制柜端单点接地。安装完成后,需进行空载试运转,监听轴承声音、测量振动值及温升,确认各项指标正常后方可投入带负荷调试。

3 质量控制体系与关键点管控

3.1 全过程质量控制模型构建

构建贯穿施工全过程的质量控制模型,是实现化工电气安装品质目标的有效方法。该模型基于计划、执行、检查、处理循环理论,将质量活动划分为事前、事中、事后三个阶段。事前控制侧重于预防,包括入场材料复验、施工图纸会审、专项方案评审及作业人员技能考核。每项工作开始前,必须进行详细的技术交底,使施工人员明确工艺要求与验收标准。事中控制聚焦于工序管理,严格执行自检、互检、交接检的三检制度。上一道工序未经确认合格,不得转入下一道工序。对于隐蔽工程如埋地电缆、接地体等,必须由监理工程师旁站并拍照存档。事后控制涵盖成品保护、单体试验、系统调试及竣工资料整理。所有试验报告、变更签证及隐蔽验收记录应分类归档,形成可追溯的质量档案。通过这种闭环控制模型,能够及时发现并纠正偏差,避免将问题带入后续阶段,从而系统性地提升施工质量^[4]。

3.2 材料与设备进场质量控制

材料与设备是工程质量的物质基础,进场验收是把好质量关的首要环节。所有电气设备到场后,应核对产品合格证、防爆合格证及强制性产品认证证书等资质文件,确认其型号规格与设计图纸一致。防爆电气设备的防爆标志(如Ex d IIB T4)必须与危险区域划分图的要求相符。外观检查时,观察壳体有无裂纹、砂眼,紧固件是否齐全且无锈蚀,密封圈是否弹性良好且无老化迹象。电缆进场后,使用绝缘电阻测试仪测量每盘电缆的芯线对地及芯线之间的绝缘电阻,数值应符合产品标准。对于重要设备如变压器、高压开关柜,还需进行开

箱详细检查,核对内部元件有无松动或受潮。发现不合格材料时,应立即进行标识隔离,并通知采购部门办理退换货手续,严禁将问题材料用于工程。验收合格的物资应按类别、规格分别存放,防爆面应覆盖保护膜,电缆端头需密封防潮。同时建立材料台账,记录每一批次的检验结果和使用部位,实现可追溯管理。

3.3 施工工序质量管控要点(分项工程)

各分项工程在施工过程中存在特定的质量管控要点,需要针对性把关。隐蔽工程是质量薄弱环节,埋地电缆保护管的外壁防腐层应涂刷均匀且无漏点,回填前需确认管口已封堵严实,防止泥水进入。接地体的埋设深度和焊接长度必须符合规范,焊接处去除焊渣后涂刷沥青漆防腐。接线工程直接影响电气连接的可靠性,铜芯导线与设备端子连接时,必须使用与线径匹配的铜鼻子或接线端子,并采用液压钳压接。严禁将多股导线直接缠绕在螺栓上,所有连接处均应配置防松垫圈或弹簧垫圈。标识工程看似简单却极易出错,电缆标牌应采用耐腐蚀的PVC或不锈钢材质,扎带固定应松紧适度,内容按设计图纸打印清晰,避免手写。配电柜内回路标签应采用机打覆膜标签,粘贴在醒目位置。安全警示牌如“高压危险”“禁止合闸”等,需按规范规定的颜色和尺寸制作,悬挂高度距地面一点五米左右。通过细化这些工序的具体要求,能够有效减少常见质量缺陷^[5]。

3.4 电气试验与调试质量控制

电气试验与调试是验证安装质量的最终环节,必须严格按照试验规程执行。绝缘电阻测试前,应确认被试设备与电源已完全断开,并对电容性设备进行充分放电。测试时根据设备额定电压选择合适电压等级的兆欧表,例如低压设备用五百伏或一千伏兆欧表,高压设备用两千五百伏或五千伏兆欧表。记录十五秒和六十秒的绝缘电阻值,计算吸收比以判断绝缘受潮情况。耐压试验应在绝缘电阻合格后方可进行,试验电压升至规定值后保持一分钟,期间无击穿或闪络现象为合格。保护装

置的校验是调试工作的重点,使用继电保护测试仪模拟各种故障类型,验证过流、速断、零序等保护的整定值和动作时间是否满足设计。传动试验时,人为模拟开关量信号,确认断路器、接触器等执行机构动作正确,并且信号反馈回控制室的指示无误。空载试运行阶段,电机或变压器连续运行两小时以上,监测电流、电压、温升等参数。带负荷试运行则需在生产条件下验证设备性能。所有试验记录应由操作人和审核人签字确认,并存档备查。

结束语

化工现场电气安装是一项技术复杂、风险较高的工程活动。本文从工艺技术与质量管控两个维度进行了系统研究,明确了防爆设备安装、电缆桥架敷设、接地系统施工及大型设备就位等关键环节的工艺要点。同时,构建了事前、事中、事后相结合的全过程质量控制模型,提出了材料验收、工序管控及试验调试的具体方法。实践证明,只有将工艺规范细化到每一个操作动作,并将质量意识贯穿于施工始终,才能真正满足化工生产对电气系统的严苛要求。希望本研究能够为现场施工人员和技术管理人员提供有益参考,推动化工电气安装水平不断提升。

参考文献

- [1]李姿霖.化工电气仪表现场安装施工关键技术研究及其应用[J].石油化工建设,2024,46(12):113-115.
- [2]王磊.化工电气仪表安装使用关键技术研究[J].科技创新,2023(9):1-4.
- [3]张立振.石油化工工程电气仪表安装要点及应用分析研究[J].建筑工程与设计,2025,4(1):85-86.
- [4]郭成选.石油化工电气安装与调试自动化控制技术应用研究[J].石化技术,2025,32(5):173-175.
- [5]陈德智.化工电气自动化工程安装和调试技术要点探讨[J].中国科技纵横,2026(3):79-81.