

防爆电气设备安装工程的质量检验与验收标准探讨

陈亮

国华(天津)检测技术有限公司 天津 300392

【摘要】：防爆电气设备是易燃易爆环境（石油、化工、煤矿等领域）的核心安全保障设施，其安装质量直接关系到生产运营安全与人员财产安全。本文围绕防爆电气设备安装全流程，覆盖安装前、安装过程中、安装竣工后三个关键阶段，梳理质量检验重点内容与技术要求，明确验收组织流程、合格判定依据及不合格项整改规范，结合实际工程数据补充检验参数，为防爆电气设备安装工程质量管控提供可操作技术参考，助力规范安装行为、降低安全隐患，保障设备长期稳定运行。

【关键词】：防爆电气设备；安装质量检验；验收标准

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.057

引言

石油开采、煤化工、煤矿井下等易燃易爆作业环境中，防爆电气设备的安装质量直接决定其防爆性能发挥。安装环节疏漏会引发电气火花、设备过热等隐患，进而诱发爆炸、火灾等安全事故。我国每年因防爆电气设备安装不合格引发的安全事故达数十起，造成巨大经济损失与人员伤亡。部分安装工程存在工艺不规范、检验不到位、验收标准执行不严格等问题，导致设备防爆性能下降，埋下安全隐患。本文聚焦防爆电气设备安装工程质量检验与验收标准，结合实际工程数据与技术规范，分阶段梳理检验要点，明确验收要求，为工程实践提供理论支撑与技术指导，推动安装工程质量提升。

1 防爆电气设备安装前的质量检验

1.1 设备本体质量检验

安装前的设备本体质量检验是后续安装质量的基础，工作人员需严格依据防爆电气设备相关标准（GB3836 系列标准）开展核查。核查工作重点关注设备防爆型式、防爆等级、外壳防护等级等核心参数与设计要求的一致性。铸铁材质外壳厚度应不低于 12mm，铝合金材质外壳厚度不低于 8mm，确保外壳具备足够机械强度，可承受内部爆炸压力而不破裂。隔爆接合面间隙需控制在 0.15mm 以内，接合面长度不小于 25mm，粗糙度不大于 Ra6.3 μm，防止爆炸火焰外泄^[1]。核查设备内部电气元件的型号、规格与合格证，确认其符合防爆要求，严禁使用不合格或型号不符元件，防爆电机的绕组绝缘电阻应不低于 20MΩ，保障设备本体具备可靠防爆性能。

1.2 配件及附件完整性检验

配件及附件的完整性与适配性直接影响防爆电气设备安装质量与防爆效果，工作人员需逐一核查所有配件、附件的数量、规格与质量，确保无缺失、无损坏、无错配。隔爆接线盒的隔爆性能需与设备本体一致，密封件采用耐油、耐高温、耐腐蚀橡胶材质，邵氏硬度 60-70 度，使用寿命不低于 5 年。紧固件采用镀锌或不锈钢材质，规格与设备预留螺纹匹配，螺栓长度需确保拧紧后露出螺母 2-3 个螺距，每个隔爆接合面的紧固

件数量不少于 4 个，且均匀分布。电缆引入装置的规格与电缆直径需匹配，引入装置密封性能需满足 IP65 防护等级要求，配套密封圈、压紧螺母等附件需齐全，避免安装后出现密封不严、电气连接松动等问题。

1.3 安装环境符合性检验

防爆电气设备安装环境需符合自身防爆等级与使用要求，安装前工作人员需全面检测安装区域环境参数，确保环境条件满足设备运行需求。检测安装区域环境温度、湿度、粉尘浓度、易燃易爆气体浓度等参数，II 类防爆电气设备安装环境温度控制在 -20℃ 至 40℃，相对湿度不超过 95%，粉尘浓度不超过 10mg/m³，易燃易爆气体浓度低于其爆炸下限的 50%。煤矿井下等特殊环境中，需检测环境瓦斯浓度，确保瓦斯浓度不超过 0.5%，同时核查安装区域地质条件，避免在断层、涌水等危险区域安装设备。安装区域空间尺寸需满足设备安装后与周围障碍物距离不小于 300mm，便于设备操作、维护与散热，安装基础需平整牢固，承载力不低于设备重量的 1.5 倍，防止设备运行中出现振动、倾斜等问题。

表 1 不同安装环境参数对照

安装环境类型	环境温度 (°C)	相对湿度 (%)	粉尘浓度 (mg/m ³)	易燃易爆气体浓度 (ppm)	安装基础承载力 (kN)
石油化工车间	-15~35	≤90	≤8	≤200	≥25
煤矿井下	-10~30	≤95	≤10	≤5000	≥30
煤化工装置区	-20~40	≤85	≤6	≤150	≥28
天然气站	-10~38	≤80	≤5	≤180	≥22

2 防爆电气设备安装过程中的质量检验

2.1 安装工艺规范性检验

安装工艺规范性是防爆电气设备安装质量的核心保障，检验工作需严格遵循安装施工方案与防爆电气设备安装规范。设备固定采用符合要求的地脚螺栓或膨胀螺栓，螺栓规格与数量

匹配设备型号，拧紧力矩 45-60N·m，确保设备固定牢固、无松动，设备安装垂直度偏差不超过 0.5mm/m，水平度偏差不超过 0.3mm/m。管线铺设遵循“整齐、规范、牢固”原则，电缆管线弯曲半径不小于电缆直径 15 倍，管线间距不小于 100mm，与热力管道距离不小于 500mm，避免管线受压、受损或受热影响。隔爆接合面安装前需清理干净，涂抹专用隔爆脂，涂抹厚度 0.1-0.2mm，确保接合面密封良好，严禁在接合面涂抹普通润滑脂或留存杂物、划痕等缺陷。

2.2 接线质量检验

接线质量直接影响防爆电气设备电气性能与防爆安全性，检验重点涵盖接线工艺、接线端子、电缆选型与连接等内容。接线采用符合防爆要求的电缆，电缆额定电压不低于设备工作电压，芯线截面面积根据设备额定电流选择，防爆电机电缆芯线截面面积不小于 2.5mm²，控制电缆芯线截面面积不小于 1.5mm²。接线端子采用防爆型，紧固力矩 15-25N·m，确保电缆芯线与端子连接牢固、无松动、无虚接，芯线裸露长度 3-5mm，避免芯线过长或过短导致短路、漏电。检查接线极性与相位正确性，防止接线错误导致设备无法正常运行或损坏，接线完毕后对电缆引入装置进行密封处理，确保密封严密，阻止易燃易爆气体进入设备内部。

表 2 不同类型防爆电气设备接线参数对照

设备类型	额定电流 (A)	电缆芯线截面面积 (mm ²)	接线端子紧固力矩 (N·m)	芯线裸露长度 (mm)	电缆弯曲半径 (mm)
防爆电机 (15kW)	28	4	22	4	120
防爆配电箱	40	6	25	3	150
防爆照明灯具	5	2.5	15	5	75
防爆传感器	1	1.5	18	4	45

2.3 密封性能检验

密封性能是防爆电气设备核心技术要求，安装过程中工作人员需全程检验设备各密封部位密封效果，防止易燃易爆气体、粉尘等进入设备内部引发安全事故。重点检验隔爆接合面、电缆引入装置、接线盒盖板、设备外壳接缝等密封部位，采用水压试验或气压试验进行密封检测^[2]。水压试验压力控制在 0.3MPa，保持 30min 无渗漏；气压试验压力控制在 0.1MPa，保持 20min，压力降不超过 0.005MPa。检查密封件安装情况，确保密封件无破损、无老化、无错位，安装到位后压紧力均匀，与密封面贴合紧密、无间隙。户外安装的防爆电气设备，需额外检验防雨、防尘密封性能，确保设备外壳防护等级达到 IP65 及以上，可抵御雨水、粉尘侵蚀，避免密封失效导致设备故障。

3 防爆电气设备安装竣工后的质量检验

3.1 设备外观完整性检验

安装竣工后，工作人员需全面检验设备外观，确认设备外观完整、无损坏、无变形，符合防爆要求与设计标准。检查设备外壳是否存在划痕、凹陷、裂纹等缺陷，外壳涂层需均匀牢固，无脱落、锈蚀，厚度不低于 80 μm，保障外壳良好防腐性能。核查设备标识完整性与清晰度，标识内容包括设备型号、防爆等级、生产厂家、生产日期、防爆合格证编号等，字体清晰可辨、不易脱落^[3]。检查设备操作部件（开关、按钮、仪表等）完好性与灵活性，确保操作顺畅、无卡滞，仪表显示准确，误差不超过 ±2%。同时检查设备周围安装环境，确保无杂物堆积，设备间距、操作空间符合要求，安装区域安全警示标识齐全规范。

3.2 电气性能测试检验

电气性能测试是防爆电气设备安装质量的关键检验手段，工作人员需采用专业测试仪器，全面测试设备绝缘电阻、接地电阻、泄漏电流、运行参数等指标。绝缘电阻测试采用 500V 兆欧表，测量设备绕组与外壳之间、绕组之间的绝缘电阻，防爆电机绝缘电阻不低于 20MΩ，防爆配电箱绝缘电阻不低于 10MΩ，绝缘电阻测试合格后方可开展下一步测试。接地电阻测试采用接地电阻测试仪，设备保护接地电阻不大于 4Ω，防雷接地电阻不大于 10Ω，确保接地可靠，可及时导走设备外壳静电与漏电电流。测试设备运行电流、电压，确保运行参数与设计值一致，设备运行过程中无过热、异响、振动等异常，泄漏电流不超过 5mA。

表 3 不同类型防爆电气设备电气性能测试参数

设备类型	绝缘电阻 (MΩ)	接地电阻 (Ω)	泄漏电流 (mA)	运行电压 (V)	运行电流 (A)
防爆电机 (15kW)	28	3.2	3.5	380	27.8
防爆配电箱	15	2.8	2.1	380/220	38.5
防爆照明灯具	12	3.5	1.8	220	4.8
防爆传感器	30	3.0	0.5	24	0.9

3.3 安装资料完整性核查

安装资料是防爆电气设备安装工程的质量检验与验收的重要依据，竣工后工作人员需全面核查安装资料的完整性、规范性与真实性，确保资料可完整反映安装全过程质量情况。核查资料包括设备出厂资料（合格证、防爆合格证、检测报告、说明书等）、安装施工资料（施工方案、技术交底记录、安装日志、隐蔽工程验收记录等）、质量检验资料（各阶段检验记录、测试报告、缺陷整改记录等）、验收资料（验收申请、验收记录、整改复查记录等）^[4]。确保所有资料齐全、签字确认手续完备，记录内容真实准确，与实际安装情况一致，资料格式、

填写规范符合相关要求,可为后续设备维护、检修与安全监管提供可靠依据,严禁出现资料缺失、伪造、篡改等情况。

4 防爆电气设备安装工程验收标准

4.1 验收组织与流程规范

防爆电气设备安装工程验收需建立规范组织体系与流程,保障验收工作科学、公正、有序开展。验收组织由建设单位牵头,联合施工单位、监理单位、设计单位及具备相应资质的检测机构组成,验收组成员需具备防爆电气设备相关专业知识与验收经验,人数不少于5人。验收流程分为验收准备、现场核查、资料核查、测试验证、综合评定五个阶段。验收准备阶段明确验收标准、验收内容与验收分工,准备验收所需仪器、资料;现场核查阶段重点检查设备安装工艺、外观质量、密封性能等;资料核查阶段核查安装资料完整性与规范性;测试验证阶段对设备电气性能进行抽样测试;综合评定阶段根据核查与测试结果,形成验收结论。

4.2 验收合格判定标准

验收合格判定遵循“全项合格、重点必过”原则,结合安装各阶段质量检验结果与相关标准,明确合格判定条件。验收需覆盖设备本体、配件环境、安装工艺、电气性能及资料管理全维度检验项目,关键技术参数与安全指标实行一票否决制,任一关键项不达标则整体判定不合格。各关键安装工序均完成专项核验,现场未发现结构性安全隐患与防爆性能缺陷,设备整体工况与作业环境危险等级相匹配。

设备本体质量、配件完整性、安装环境符合性均符合设计要求与相关标准,无不合格项;安装工艺规范、接线可靠、密封性能良好,水压与气压试验无渗漏,设备外观完整、标识清晰;电气性能测试各项指标均符合标准要求,绝缘电阻、接地电阻、泄漏电流等参数达标,参数实测值与标准限值偏差控制在允许范围内,设备运行正常无异常;安装资料齐全规范,签

字手续完备,记录真实准确,现场安装状态与资料记载内容完全对应。

设备安装需符合防爆电气设备安装规范与设计文件要求,可适应安装环境使用条件,设备整体防爆防护等级核验达标,功能运行与安全防护能力满足工况要求,具备长效稳定的防爆防护能力与安全运行基础,确保设备长期稳定运行、满足安全生产需求,方可判定为验收合格。。

4.3 不合格项整改与复检标准

验收过程中发现的不合格项,需明确整改责任主体、整改要求与整改期限,施工单位按整改要求及时开展整改工作,监理单位负责整改过程监督核查^[5]。一般不合格项(如外观轻微划痕、资料填写不规范等)整改期限不超过3天,整改完成后由监理单位核查确认;严重不合格项(如隔爆接合面参数不达标、电气性能测试不合格、密封失效等)整改期限不超过7天,整改完成后需重新开展相关检验与测试。复检工作由验收组织开展,重点针对不合格项整改情况进行核查与测试,确保整改到位,各项指标均符合验收标准。若复检仍不合格,需责令施工单位停工整改,直至整改合格后,方可重新组织验收,严禁不合格工程投入使用。

5 结语

防爆电气设备安装工程质量检验与验收是保障设备防爆性能、防范安全事故的关键环节,需贯穿安装前、安装过程中、安装竣工后全流程,重点关注设备本体质量、安装工艺、密封性能、电气性能等核心要点。本文结合实际工程数据与技术规范,梳理各阶段质量检验内容与验收标准,明确不合格项整改要求,为工程实践提供可操作技术参考。实际工程中,需严格执行相关标准与规范,强化各环节质量管控,完善验收流程,确保防爆电气设备安装质量达标。后续可结合行业发展与技术进步,进一步优化检验方法与验收标准,提升防爆电气设备安装工程质量水平,为易燃易爆环境安全生产提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 卢晓昭.石油化工行业防爆电气设备安装质量控制研究[J].中国设备工程,2023,(15):222-224.
- [2] 张乐.石油化工行业防爆电气设备安装质量的管控[J].石油石化物资采购,2022(1):151-153.
- [3] 李星洋.化工行业防爆电气设备安装质量控制研究[J].山西化工,2022,42(3):230-231.
- [4] 卢溅宝.建筑电气设备安装工程的施工技术及其质量控制[J].门窗,2025(20):76-78.
- [5] 蔡玉华.石化工程建设过程中防爆电气质量的控制策略[J].化工管理,2025(35):153-156.