

电缆接头制作工艺对绝缘性能的影响及质量控制

王小鱼

中电建宁夏工程有限公司 宁夏 银川 750010

【摘要】：电缆接头作为电力线路绝缘防护的薄弱环节，制作工艺直接影响整体绝缘水平。本文梳理电缆接头标准化制作流程，参照现行国家规范，从原材料特性、现场施工工艺、后期防护措施切入，分析各类因素对绝缘性能的不利影响。结合工程实际数据与实操要求，制定全流程质量控制方案，规避工艺缺陷，延缓绝缘老化，减少局部放电，提升电缆接头运行可靠性与供电稳定性。

【关键词】：电缆接头；绝缘性能；工艺质量

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.028

引言

电力电缆在电网输送系统中应用广泛，接头制作质量直接关系到线路安全稳定运行。在实际工程里，材料选型不当、工序操作不规范、密封防护不足等常见问题，易破坏绝缘结构，诱发线路漏电与击穿故障隐患。本文参照 GB/T 12706.3、GB 50150 等行业标准，探究制作工艺与绝缘性能的内在关联，制定精细化管控对策，可为电缆现场施工及运维管理提供实用参考。

1 电缆接头制作工艺流程

电力电缆接头制作流程始终围绕绝缘性能保障展开，需遵循规范有序推进。施工前开展电缆校直、端部清洁与绝缘检测，确认电缆无受潮、绝缘层无机械损伤后，按工艺尺寸剥除外护套、铠装与内护套，把控剥切力度避免损伤内层结构。导体压接环节需先打磨表面氧化层，选用匹配模具按规定压力操作，后续处理压接处毛刺与尖角，规避电场畸变风险^[1]。半导体层断口采用专用工具倒角打磨，确保平滑过渡，再按工艺要求套装绝缘件与应力控制管，精准控制安装位置与加热温度，防止绝缘件产生气隙或过热老化。最终完成接头密封与护层恢复，全程注重环境湿度与洁净度管控，减少潮气与杂质侵入，保障接头绝缘结构稳定可靠。见图 1

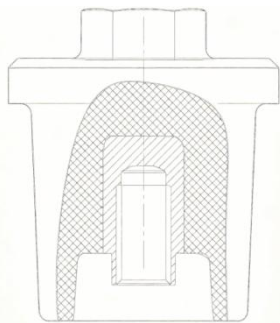


图 1 电缆接头核心绝缘结构剖面图

2 电缆接头制作工艺对绝缘性能的影响因素分析

2.1 原材料与绝缘材料特性

电缆接头绝缘性能与原材料及绝缘材料固有特性密切相关，材料质量波动直接影响接头绝缘长期稳定。绝缘材料的介电常数、介质损耗角正切值、体积电阻率等关键参数需契合 GB/T 12706.3-2020 标准，交联聚乙烯绝缘料介质损耗角正切值超出 0.001 时，接头运行中介质损耗会相应增大，局部温度上升，绝缘老化进程加快。应力控制材料的收缩率、介电常数匹配度同样关联电场分布，冷缩应力管径向收缩率需维持在 30%至 50%区间，收缩率不足会造成应力管与主绝缘界面贴合不牢，形成气隙进而诱发局部放电。密封材料的吸水率与耐老化性能不容忽视，防水密封胶吸水率应控制在 0.1%以下，材料耐水解性能不达标时，接头在潮湿环境中易出现密封失效，潮气侵入绝缘层会引发水树枝老化，导致绝缘击穿电压明显下滑。导体连接金具的导电率与表面粗糙度也会间接作用于绝缘性能，金具表面粗糙度超过 Ra1.6 μm，压接后易形成尖端，造成电场畸变，降低接头绝缘起始放电电压。

2.2 电缆接头制作施工工艺

施工工艺对电缆接头绝缘性能起着核心影响，各工序操作细节直接关乎绝缘结构完整性与电场分布均匀性。电缆剥切时主绝缘层划伤深度需严格限定在绝缘厚度的 5%以内，超标划伤会形成绝缘薄弱区域，运行电压下易诱发局部放电；半导体层断口处理需保证倒角半径不小于 5mm，断口不平整会造成电场集中，局部场强超出允许范围，加快半导体层与主绝缘界面老化进程。导体压接环节中，压接模具与导体截面的匹配程度直接决定连接效果，模具尺寸偏差超过 ±0.1mm 会导致压接不紧实或导体变形，压接后残留的毛刺未打磨至无尖角状态，会形成电场集中点，降低接头冲击耐压能力^[2]。绝缘件安装时，冷缩接头安装位置偏差需控制在 ±2mm 内，安装过程中需均匀拉伸应力管，避免出现褶皱或气隙，绝缘件与主绝缘界面若混入灰尘或水分，会使界面接触电阻上升，引发局部发

热现象,加速绝缘劣化。加热收缩类接头的加热温度应维持在120℃至140℃之间,加热速度过快或温度过高会造成绝缘材料过热分解,产生内部缺陷,温度不足则会导致收缩不充分,影响界面贴合效果。

2.3 接头后期处理与防护措施

接头制作后的后期处理与防护,是维系绝缘性能长期稳定的关键,直接决定接头防潮、防腐蚀及机械防护效果。密封处理时防水胶缠绕层数与搭接长度需满足工艺要求,搭接长度不小于10mm,缠绕不紧密或搭接不足会导致地下及潮湿环境中潮气侵入,造成绝缘受潮;金属护层接地处理同样关键,接地电阻需控制在4Ω以下,接地不良会使护层感应过电压无法释放,引发绝缘击穿。机械防护方面,保护盒安装需避免与接头主体挤压,盒内填充的防水密封胶需完全包裹接头,防止外力挤压或土壤腐蚀造成绝缘件移位,破坏电场分布。制作完成后需依据GB 50150-2018标准开展交接试验,涵盖局部放电与交流耐压试验,10kV电缆接头局部放电量应控制在10pC以内,试验不合格表明存在绝缘缺陷,需返工处理。运行环境的温度与湿度同样影响绝缘性能,长期处于70℃以上环境会加快绝缘材料老化,缩短接头使用寿命。

3 电缆接头制作的质量控制措施

3.1 加强原材料与绝缘材料质量控制

建立电缆接头原材料专项验收机制,进场材料需附带完整出厂检验报告与型式试验报告,按GB/T 12706.3-2020标准抽样复检。交联聚乙烯绝缘料需重点核查介质损耗角正切值不超过0.001,体积电阻率不低于 $1 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$;冷缩应力管需检测径向收缩率,确保处于30%至50%区间,保障与主绝缘界面贴合效果。密封防水胶需通过吸水率检测,低于0.1%方可投入使用,导体连接金具需检测导电率,表面粗糙度控制在 $Ra1.6 \mu\text{m}$ 以下,避免尖端引发电场畸变。对绝缘件、应力控制材料等关键部件建立进场台账,明确批次、规格及复检结果,不合格材料一律清退,从源头规避材料缺陷对绝缘性能的影响。

参考文献:

- [1] 王美玲.面向电力电缆接头绝缘性能提升的热缩工艺优化策略[J].光源与照明,2025(12):198-200.
- [2] 忻航欢,赵斌,王稳,徐敏.基于视觉的监测和实时控制的电缆接头工艺质量提高方法[J].精密制造与自动化,2025(3):62-64.
- [3] 徐坤,孙波,黄一飞,张雷,徐敏,王稳.电缆接头工艺过程化质量监测方法研究[J].精密制造与自动化,2022(1):10-15.

3.2 规范电缆接头制作过程质量控制

制定电缆接头制作标准化作业指导书,为关键工序设置质量控制点。主绝缘层剥切采用专用工具,划伤深度限定在绝缘厚度的5%以内,半导体层断口倒角半径不小于5mm,处理后用酒精擦拭去除残留杂质。导体压接前需打磨表面氧化层,搭配与导体截面适配的模具,压接完成后用细砂纸处理压接处毛刺,保证无尖角凸起。绝缘件安装前清理电缆表面灰尘与水分,冷缩接头安装位置偏差需控制在±2mm内,安装时均匀拉伸应力管,杜绝褶皱与气隙产生;热缩接头加热温度维持在120℃至140℃,采用环形加热方式避免局部过热导致绝缘材料分解。施工期间安排专职质量员旁站监督,对关键工序留存影像记录,确保所有操作均契合工艺要求。

3.3 完善施工工艺与后期质量管理

为优化电缆接头施工环境,搭建专用施工棚调控温湿度,环境湿度控制在70%以内,温度保持10℃至30℃区间,隔绝潮气与杂质侵入。施工人员须经专项培训考核合格方可上岗,定期组织工艺实操培训,强化细节操作把控能力。接头制作完毕后,依据GB 50150-2018标准开展交接试验,10kV电缆接头局部放电量控制在10pC以内,交流耐压试验持续15min无击穿现象。试验合格后按规范完成接头密封与护层恢复,防水胶搭接长度不小于10mm,金属护层接地电阻限定在4Ω以下。建立完整接头质量档案,详实记录施工人员信息、材料批次、试验数据及运行环境情况,投运后定期进行红外测温与局部放电检测,及时排查绝缘缺陷隐患,保障接头长期稳定运行^[3]。

4 结语

电缆接头绝缘性能受材料品质、施工工艺、后期管理多重条件制约,细微操作失误都会造成永久性绝缘损伤。通过强化原材料进场验收,规范现场标准化作业,完善试验检测与防护管理,可全方位把控接头整体施工质量。严格落实各项质控举措,能够有效降低绝缘失效概率,延长电缆接头使用寿命,持续保障电力系统长期安全平稳高效运行。