

# 电力工程输电线路施工技术及其质量控制的探究

孔令令

中国石油集团电能有限公司电力技术服务公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16822

**[摘要]** 本文聚焦电力工程输电线路施工技术与质量控制。先阐述输电线路工程基本概念,涵盖其定义、构成要素及学科分类等。接着剖析核心施工技术,包括基础施工、杆塔组立、导线架设等。随后从施工准备、实施、验收等阶段提出全流程质量控制要点,并针对高海拔、重冰区等特殊环境给出控制措施。研究旨在为输电线路施工提供技术与质量管控参考,保障电力传输安全稳定。

**[关键词]** 电力工程; 输电线路; 施工技术; 质量控制

中图分类号: TM752 文献标识码: A

## Exploration on Construction Technology and Quality Control of Power Engineering Transmission Lines

Lingling Kong

Power Technology Service Company, CNPC Electric Energy Co., Ltd.

**[Abstract]** This paper focuses on the construction technology and quality control of power engineering transmission lines. Firstly, it elaborates on the basic concepts of transmission line engineering, including its definition, constituent elements, and disciplinary classification. Then, it analyzes the core construction technologies, such as foundation construction, tower erection, and conductor stringing. Subsequently, it proposes key points of full-process quality control from the stages of construction preparation, implementation, and acceptance, and provides control measures for special environments such as high-altitude and heavy ice areas. The research aims to provide technical and quality management references for transmission line construction and ensure the safe and stable operation of power transmission.

**[Key words]** Power Engineering; Transmission Line; Construction Technology; Quality Control

### 引言

在电力系统中,输电线路工程作为电能远距离传输的核心,其重要性不言而喻。随着电压等级提升与应用场景拓展,施工技术的复杂性 with 质量要求日益提高。从基础施工到杆塔组立,从导线架设到绝缘子安装,每一环节都关乎线路安全与运行效率。然而,当前施工面临地质差异、环境多变等挑战。因此,深入探究输电线路施工技术及其质量控制,对提升工程建设质量、保障电力稳定供应具有关键意义。

### 1 输电线路工程基本概念

输电线路工程是电力系统中实现电能远距离传输的核心工程,其核心目标是通过高效、稳定的线路结构,将发电厂产生的电能安全输送至负荷中心。该工程涵盖从发电端到用户端的完整传输链,包括输电线路的设计、施工、运维及改造等环节。根据电压等级,输电线路可分为高压(110kV-220kV)、超高压(330kV-750kV)和特高压( $\pm 800$ kV直流/1000kV交流)三类,电压等级越高,传输容量与距离越大,技术复杂度也显著提升。输电

线路的构成要素包括导线、绝缘子、杆塔、金具及接地装置。

导线作为电能载体,需兼顾导电性能与机械强度,常见材料为钢芯铝绞线(LGJ)或铝合金线,其截面积根据传输容量选定;绝缘子负责隔离导线与杆塔,防止电气短路,类型涵盖瓷质、玻璃及复合绝缘子,选择依据为污染等级与机械负荷;杆塔提供结构支撑,分为直线塔(承受垂直荷载)与耐张塔(承受断线张力),设计需考虑风偏、覆冰等环境因素;金具连接导线与杆塔,包括线夹、连接金具等,需具备耐腐蚀与高强度特性;接地装置通过接地体与接地线将雷电流引入大地,保障线路防雷安全<sup>[1]</sup>。从学科分类看,输电线路工程属于电气工程与土木工程的交叉领域,涉及结构力学、材料科学、电磁场理论等多学科知识。其应用场景广泛,涵盖城市电网改造、新能源并网、跨国联网等项目。随着智能电网的发展,输电线路工程正向数字化、智能化方向演进,如采用传感器与大数据分析实现状态监测,通过无人机巡检提高运维效率。

### 2 输电线路施工技术原理

输电线路施工技术的核心原理基于结构力学、电气绝缘与材料科学的综合应用,旨在通过科学的方法确保线路在复杂环境下的安全稳定运行。其技术体系围绕“承载-绝缘-连接-防护”四大功能展开,形成系统化的施工逻辑。结构力学原理:杆塔作为线路的主要承载结构,需抵抗导线张力、风载、冰载及地震力等复合荷载。施工时需通过有限元分析优化杆塔结构,例如,耐张塔采用桁架式设计,通过增加斜材数量提升抗断线能力;直线塔则通过轻量化设计降低材料消耗,同时保证风偏摆动幅度在安全范围内。基础施工需控制沉降与倾斜,如软土地基采用桩基础,通过摩擦力与端承力共同承载;岩石地基采用锚杆基础,利用岩石抗剪强度固定杆塔。电气绝缘原理:绝缘子需在高压环境下长期保持绝缘性能,其选型依据为系统电压、污染等级及机械负荷。施工时需严格控制绝缘子串长度,确保爬电距离满足规范要求,防止闪络事故。材料科学原理:导线与金具的选材直接影响线路寿命。钢芯铝绞线通过钢芯提供机械强度,铝线实现高效导电,其热膨胀系数需与金具匹配,避免因温度变化导致连接松动;金具需采用耐候钢或铝合金,表面进行热镀锌处理,防腐层厚度不小于 $85\mu\text{m}$ 。接地装置材料需兼顾导电性与耐腐蚀性,如铜包钢接地体在土壤中的腐蚀速率仅为纯钢的1/10。施工逻辑:技术实施遵循“分步控制、动态调整”原则。例如,导线架设时,需先通过张力机控制弧垂,再通过激光测距仪实时监测,确保弧垂误差不超过设计值的 $\pm 2\%$ ;杆塔组立时,采用分段吊装工艺,每段重量不超过起重机额定载荷的80%,并通过水平仪控制垂直度。特殊环境施工需针对性调整工艺,如高海拔地区需修正空气间隙距离,重冰区需增加导线排列间距。

### 3 电力工程输电线路核心施工技术剖析

#### 3.1 基础施工技术

基础施工是杆塔稳定性的根本保障,其技术选择需根据地质条件、荷载要求及环境因素综合确定。常见基础类型包括开挖式基础、灌注桩基础、岩石锚杆基础及复合式沉井基础。开挖式基础:适用于地质条件稳定、地下水位低的区域。施工流程为定位放线→基坑开挖→钢筋绑扎→模板安装→混凝土浇筑。关键控制点包括:基坑尺寸需满足设计埋深,超深部分采用级配砂石回填并分层夯实;钢筋工程中,主筋采用直螺纹套筒连接,箍筋间距误差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ;混凝土浇筑需分层振捣,每层厚度不超过 $300\text{mm}$ ,防止蜂窝麻面<sup>[2]</sup>。灌注桩基础:适用于软土、流沙等复杂地质。施工步骤为护筒埋设→钻机就位→泥浆制备→成孔→钢筋笼下放→混凝土灌注。技术要点包括:泥浆比重控制在 $1.15\sim 1.25\text{g}/\text{cm}^3$ ,防止塌孔;钢筋笼主筋接头采用机械连接,错开距离不小于 $35d$ ;混凝土灌注需连续进行,导管埋深保持在 $2\sim 6\text{m}$ 。岩石锚杆基础:适用于岩石地基。施工时需先进行岩石钻孔,孔径不小于锚杆直径的2倍,孔深超过锚杆长度 $0.5\text{m}$ ;锚杆安装后注入高强灌浆料,强度等级不低于M30;锚杆抗拔试验需在灌浆料达到设计强度后进行,抽检比例不低于5%。

#### 3.2 杆塔组立技术

杆塔组立分为整体组立与分解组立两种方式,选择依据为

杆塔类型、重量及现场条件。整体组立:适用于轻型杆塔(如 $110\text{kV}$ 单回直线塔)。施工流程为抱杆选择→牵引系统布置→杆塔起吊→垂直度调整。技术要点包括:抱杆高度需超过杆塔重心 $1.5\text{m}$ ,采用铝合金材质以减轻重量;牵引系统采用双牵引机,通过滑轮组实现力矩平衡;起吊过程中使用经纬仪实时监测垂直度,倾斜率不超过 $0.3\%$ 。分解组立:适用于重型杆塔(如 $500\text{kV}$ 耐张塔)。以“人”字型抱杆为例,施工步骤为分段吊装→螺栓紧固→防盗处理。关键控制点包括:分段重量不超过起重机额定载荷的80%,吊点位置需通过计算确定;螺栓紧固采用扭矩扳手, $M24$ 螺栓紧固力矩需达到 $250\text{N}\cdot\text{m}$ ;防盗处理采用防盗帽或点焊工艺,防止人为拆卸。

#### 3.3 导线架设技术

导线架设分为张力放线与拖地放线两种工艺,选择依据为电压等级、地形条件及环保要求。张力放线:适用于 $220\text{kV}$ 及以上线路。其优势在于减少导线磨损、控制弧垂精度。施工流程为导引绳展放→牵引绳展放→导线展放→弧垂调整。技术要点包括:导引绳采用迪尼玛绳,通过无人机或火箭抛射展放;牵引机与张力机需同步运行,保持导线离地高度不小于 $3\text{m}$ ;弧垂调整使用激光测距仪,误差不超过设计值的 $\pm 2\%$ ;交叉跨越时,在公路、铁路上方设置保护网,防止导线坠落。拖地放线:适用于 $110\text{kV}$ 及以下线路。施工时需在地面铺设帆布,并每隔 $50\text{m}$ 设置专人监护,防止导线打金钩。技术要点包括:放线速度控制在 $0.5\text{m}/\text{s}$ 以内,避免导线剧烈摆动;跨越河流时,采用浮筒支撑导线,防止浸水腐蚀;放线结束后,对导线进行外观检查,剔除磨损超标部分。

#### 3.4 绝缘子与金具安装技术

绝缘子与金具的安装质量直接影响线路的电气性能与机械可靠性。绝缘子安装:需遵循“清洁、定位、固定”三原则。以悬式绝缘子为例,安装步骤为外观检查→组装→耐压试验。技术要点包括:外观检查剔除裂纹、砂眼等缺陷;组装时采用W销连接,确保球头与碗头间隙不超过 $1\text{mm}$ ;耐压试验按额定电压的1.2倍进行工频耐压,持续时间1分钟,无击穿或闪络现象。金具安装:需匹配导线型号与机械负荷。例如, $\text{LGJ}-400/35$ 导线需采用 $\text{NY}-400$ 耐张线夹,压接后截面收缩率不超过 $1\%$ ;连接金具(如 $\text{UT}$ 线夹)需涂抹导电脂,降低接触电阻;防振锤安装位置需根据导线频率计算确定,误差不超过 $\pm 0.5\text{m}$ 。

#### 3.5 接地装置施工技术

接地装置施工需控制接地电阻与防腐性能,其技术要点包括:材料选择:水平接地体采用 $\Phi 12$ 圆钢,长度不小于 $2.5\text{m}$ ;垂直接地体采用 $\text{L}50\times 5$ 角钢,长度不小于 $2.5\text{m}$ ;接地线采用 $-40\times 4$ 扁钢,连接处需焊接牢固<sup>[3]</sup>。埋深控制:山区埋深不小于 $0.8\text{m}$ ,平原区不小于 $0.6\text{m}$ ;接地体顶部距地面距离不小于 $0.6\text{m}$ ,防止人为破坏。焊接工艺:双面焊接,焊缝长度不小于圆钢直径的6倍;焊接后清除焊渣,并涂刷沥青漆防腐,厚度不小于 $0.3\text{mm}$ 。电阻测试:采用接地电阻测试仪,测量值需满足设计要求(一般不超过 $10\Omega$ );若电阻超标,需增设接地体或更换降阻剂。

## 4 输电线路施工全流程质量控制要点

### 4.1 事前质量控制(施工准备阶段)

事前控制是质量保障的基础,需从人员、设备、材料、方案四方面入手:施工人员需通过安全规程与技能考核,例如,架线工需掌握张力机操作与应急救援;质检员需具备无损检测资质,能够使用超声波探伤仪检测焊缝质量。测量仪器(如全站仪、经纬仪)需定期检定,误差范围符合规范;起重机、牵引机等大型设备需提供合格证与年检报告,确保性能可靠。导线、绝缘子等主材需提供出厂合格证与第三方检测报告,例如,钢芯铝绞线需检测抗拉强度与导电率,绝缘子需进行工频耐压试验。施工组织设计需经专家论证,重点审查特殊环境施工措施(如高海拔地区空气间隙修正)、交叉跨越方案(如铁路、公路保护措施)及应急预案(如雷击、台风应对)。

### 4.2 事中质量控制(施工实施阶段)

事中控制通过过程监测与纠偏确保质量,需建立“三级检查”制度(班组自检、项目部复检、监理终检)。以基础施工为例:基坑开挖:每日检查边坡稳定性,发现塌方立即支护;开挖至设计标高后,需进行地基承载力试验,不合格时需进行换填或桩基处理。钢筋工程:主筋连接需采用机械连接或焊接,焊缝质量需符合《钢结构工程施工质量验收规范》;箍筋间距需用钢尺量测,误差不超过 $\pm 10\text{mm}$ 。混凝土浇筑:采用插入式振捣器,振捣时间控制在20-30秒,避免过振或漏振;浇筑后12小时内覆盖保湿膜,养护期不少于7天,防止开裂。杆塔组立:使用力矩扳手复检螺栓紧固力矩,记录存档;组立后测量杆塔倾斜率,直线塔不超过0.3%,耐张塔不超过0.5%。

### 4.3 事后质量控制(验收与调试阶段)

事后控制通过验收与试验确保线路达标,验收流程包括:外观检查:杆塔无倾斜、金具无缺失、导线无磨损;绝缘子串无破损、污秽;接地装置连接牢固,无锈蚀。电气试验:进行绝缘电阻测试(不低于 $1000\text{M}\Omega$ )、耐压试验(按额定电压的1.1倍进行)及参数测试(如正序阻抗、零序阻抗)。档案归档:整理施工记

录、试验报告与变更单,形成完整工程档案;档案需包含隐蔽工程验收记录、材料合格证及质量评定表。

### 4.4 特殊环境施工质量控制

特殊环境需针对性制定控制措施,以保障施工安全与质量:高海拔地区:修正空气间隙距离,例如,3000m海拔时,导线对地距离需增加10%;人员需配备高原反应药物,施工机械需进行动力修正<sup>[4]</sup>。重冰区:采用耐张段长度不超过5km的设计,减少覆冰导致的断线风险;导线排列间距增加20%,防止冰凌搭接;安装融冰装置,如直流融冰或短路融冰。沿海地区:杆塔防腐等级提升至C5级,接地体采用镀锌钢与铜包钢复合材料;绝缘子采用防污型,并增加清洗频率;施工机械需进行防盐雾处理。沙漠地区:基础施工需防止流沙掩埋,采用草方格固沙或化学固沙剂;导线架设需控制张力,避免风振导致疲劳断裂;人员需配备防风沙装备,如护目镜、防尘口罩。

## 5 结束语

电力工程输电线路施工技术的优化与质量控制至关重要。本文系统剖析了基础施工、杆塔组立等核心技术,并提出全流程质量控制要点及特殊环境应对措施。通过事前、事中、事后全方位管控,可有效提升线路施工质量与安全性。未来,随着智能电网发展,输电线路施工将面临更多机遇与挑战,需持续创新技术、完善质量体系,为电力行业高质量发展筑牢根基。

### [参考文献]

- [1]李成欢.电力工程输电线路施工技术及其质量控制的探究[J].科技资讯,2025,23(7):79-81.
- [2]杨岗.电力工程输电线路施工技术及其质量控制的探究[J].电子元器件与信息技术,2020,4(12):116-117.
- [3]曾庆彬.电力工程输电线路施工技术及其质量控制的探究[J].模型世界,2021(10):160-162.
- [4]董明昊.电力工程输电线路施工技术及其质量控制的探究[J].新型工业化,2022,12(8):29-33.