

# 特高压输电线路大跨越工程智能化施工建设与安全管理

洪诗鹏

福建省送变电工程有限公司 福建 福州 350018

**摘要:**随着我国电力需求的持续增长,特高压输电线路建设不断推进,大跨越工程作为其中的关键环节,重要性日益凸显。本文聚焦特高压输电线路大跨越工程,阐述其具备规模宏大、技术复杂、环境复杂等特点。分析该工程面临的施工难度高、安全风险大、质量控制难等挑战。探讨智能化施工建设应用,涵盖先进施工技术、智能设备以及信息化管理系统。同时,剖析工程安全管理的关键要素,包括安全管理制度建设、安全风险防控及应急管理,旨在为工程顺利推进提供理论与实践指导。

**关键词:**特高压;输电线路;大跨越;工程智能化;施工建设;安全管理

引言:在电力能源输送领域,特高压输电线路大跨越工程意义重大,其跨越江河、峡谷等复杂地形,对区域能源互联和经济发展影响深远。但该工程规模宏大,技术工艺复杂,且常处于地质条件恶劣、气候多变的环境,施工与安全管理难度突出。传统施工与管理模式在效率、精度和安全性上难以满足需求,智能化技术的引入成为突破瓶颈的关键。本文聚焦特高压输电线路大跨越工程,分析其特点与挑战,探讨智能化施工建设应用及安全管理关键要素,为工程高质量建设提供参考。

## 1 特高压输电线路大跨越工程特点

### 1.1 规模宏大

特高压输电线路大跨越工程是电力基础设施建设中的“超级工程”,其规模之大令人瞩目。线路往往需跨越超长距离,连接不同区域的电力枢纽,部分工程跨越距离可达数千米。工程中所使用的杆塔高度远超常规,动辄百米以上,矗立如巨型钢铁巨人,基础建设工程量巨大,需耗费大量的钢材、混凝土等建筑材料。同时,涉及众多施工环节与庞大的施工团队协作,从基础施工到线路架设,每个阶段都需要巨大的人力、物力和财力投入,是一项极具规模性的系统工程。表1所示

表1

工程类型	常规输电线路	特高压大跨越工程
杆塔高度	30-50米	100米以上(如:150-300米)
跨越距离	数百米	数千米(如:长江大跨越达1公里以上)
材料用量	跨越塔钢材约50-100吨/基	跨越塔钢材超500吨/基,混凝土用量翻倍

### 1.2 技术复杂

特高压输电线路大跨越工程的技术复杂程度极高,融合了多学科、多领域的前沿技术。在杆塔设计与建造

上,需综合考虑结构力学、材料科学等知识,确保杆塔能承受巨大的张力与复杂荷载;线路架设时,对弧垂控制、导线连接等技术要求严苛,稍有偏差就可能影响输电安全与效率。此外,工程还涉及特高压电气设备的安装调试,需精确把控绝缘性能、过电压防护等关键技术,任何一个环节的技术失误都可能导致严重后果,对技术人员的专业水平和施工团队的技术能力都是巨大考验<sup>[1]</sup>。

### 1.3 环境复杂

特高压输电线路大跨越工程常选址于江河、峡谷、山区等特殊地形区域,自然环境极为复杂。在跨越江河时,需应对水流冲刷、水位变化等问题,对基础稳定性要求极高;在山区、峡谷施工,地形起伏大,交通不便,物资运输困难,且容易受到山体滑坡、泥石流等地质灾害威胁。同时,工程区域的气象条件复杂多变,强风、暴雨、雷电等恶劣天气频繁出现,不仅影响施工进度,还可能对施工人员和设备安全构成严重威胁,增加了工程建设与管理的难度。

## 2 特高压输电线路大跨越工程面临的挑战

### 2.1 施工难度高

由于特高压输电线路大跨越工程规模宏大且环境复杂,施工难度居高不下。超长的跨越距离与百米高的杆塔,使传统施工方法难以满足精度要求;复杂地形导致大型设备难以进场,物料运输成本高昂、效率低下。例如,荆州长江大跨越工程位于观音市河段,起于公安县埠河镇,迄于江陵县滩桥镇,海拔20~75m,基本风速30m/s,冰厚15mm。采用“耐一直一直一耐”方式,跨距636m-1624m-805m,全长3.065km,建4基钢管塔。导线为4×JLHA1/G4A-900/240型,地线用OPGW-300光缆,以“2×一牵二”展放。图1所示



图1

## 2.2 安全风险大

工程建设过程中，安全风险隐患丛生。高空作业场景多，杆塔组立、导线架设时，人员面临坠落风险；复杂地形与恶劣天气，如强风、暴雨等，易引发山体滑坡、设备倾覆等事故。特高压电气设备安装调试时，潜在的触电、电弧灼伤等风险威胁施工人员生命安全，且工程施工环节多、交叉作业频繁，一旦安全管理疏漏，极易引发连锁安全事故。

## 2.3 质量控制难

质量把控在特高压输电线路大跨越工程中困难重重。多学科融合的复杂技术体系，对施工工艺和操作规范要求极高，技术人员稍有操作不当就会影响工程质量。恶劣环境下，材料性能易受温湿度、腐蚀等因素影响，难以保证稳定性；施工过程受天气、地形干扰，质量检测与验收工作难以全面覆盖，隐蔽工程质量缺陷不易及时发现，后期运维隐患大。

## 3 特高压输电线路大跨越工程智能化施工建设应用

### 3.1 先进施工技术应用

#### 3.1.1 数字化设计技术

数字化设计技术是特高压输电线路大跨越工程智能化施工的重要基础。该技术借助地理信息系统（GIS）、建筑信息模型（BIM）等，整合地形地貌、气象条件、地质结构等多源数据，构建工程三维可视化模型。在设计阶段，可通过模型模拟杆塔受力、导线弧垂变化等情况，优化杆塔布局与线路走向，避免设计缺陷。同时，利用数字化设计技术进行施工模拟，能提前预判施工难点，合理规划施工顺序与资源调配方案，减少施工过程中的不确定性，提高施工效率，降低因设计不合理导致的成本增加与工期延误风险，实现工程设计与施工的高效衔接。

#### 3.1.2 机械化施工技术

机械化施工技术为特高压输电线路大跨越工程复杂施工场景提供了可靠解决方案。在基础施工环节，旋挖

钻机、深层搅拌桩机等设备可高效完成桩基础作业，相比人工施工，能更好地适应复杂地质条件，确保基础施工质量。在杆塔组立和导线架设阶段，大型履带式起重机、落地双平臂大抱杆、集控化牵张放线设备等机械发挥关键作用。履带式起重机凭借强大的起重能力与良好的地形适应性，可安全完成高塔组立；落地双平臂大抱杆（如T2TG480平臂抱杆）由于具备较大的工作幅度（单侧工作幅度3.1m-30m），较大的起升高度（最大起升高度达300m），较大的起重吨位（起重量为2×16吨），能够满足大跨越工程跨越塔组立吊装需求，同时抱杆上集成了安全监控摄像头，进一步提升了跨越塔吊装组立施工的安全可靠性。集控化牵张放线设备张力放线，通过集控室操作能够精准控制导线张力，全过程监控导线放线过程中各种工况状态，从而保证了导线展放过程平稳，减少导线磨损<sup>[2]</sup>，大大降低导线展放过程中出现故障的概率。

## 3.2 智能设备应用

### 3.2.1 智能监测设备

智能监测设备是特高压输电线路大跨越工程安全与质量管控的“眼睛”和“耳朵”。在施工现场，温湿度、风速风向、应力应变等传感器被部署于杆塔、导线及周边环境，实时采集关键数据，为工程稳定性分析提供依据。无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪，可对长距离线路和高耸杆塔进行快速巡检，精准发现肉眼难以察觉的隐患，如导线磨损、绝缘子破损等。智能安全帽内置定位与生命体征监测模块，不仅能实时追踪人员位置，还可监测体温、心率等数据，一旦出现异常立即预警。

### 3.2.2 自动化施工设备

自动化施工设备极大提升了特高压输电线路大跨越工程的施工效率与质量。自动焊接机器人凭借高精度运动控制和视觉识别系统，能在复杂工况下完成导线接头的高质量焊接，焊缝均匀、强度达标，避免人工操作的不稳定性。智能吊装设备通过先进的传感技术和自动控制系统，可精准计算吊装角度与受力情况，安全、高效地完成杆塔部件的起吊、安装，降低高空作业风险。集控化牵张设备可根据预设参数自动调节张力，实时观测导线放线过程中的展放状态，确保导线展放过程平稳有序，避免因张力不均导致的导线损伤。全自动压接机能够根据导线的参数及压接管的参数自动匹配压接模式，自动控制压接工艺顺序、合模压力及测量压接管压后尺寸，自动研判压接管压后尺寸是否合格，进一步提高压接管压接的施工质量水平。集控化液压绞磨能够一次性同时控制2台及以上液压绞磨，保证双绞磨或多绞磨吊装

的同步性及稳定性,减少因人力控制因素而造成的不平衡度及不稳定程度,确保双绞磨或多绞磨吊装施工的安全性和可靠性。

### 3.3 信息化管理系统应用

#### 3.3.1 项目管理信息化平台

项目管理信息化平台是特高压输电线路大跨越工程高效推进的中枢系统。它将工程设计图纸、施工进度计划、人员物资调配、成本预算等信息进行数字化整合,通过可视化大屏和移动端应用,实现项目全流程的实时监控与动态管理。施工过程中,管理人员可依据平台数据及时发现各环节进度偏差,协调资源解决延误问题;还能通过历史数据对比分析,优化后续施工方案。

#### 3.3.2 物联网技术应用

物联网技术为特高压输电线路大跨越工程构建起智能感知网络。在施工现场,各类设备、材料和人员都被赋予“数字身份”:施工机械通过传感器实时上传运行参数,便于预测故障、安排维护;建筑材料安装RFID标签,可全程追踪库存与使用情况,避免浪费和短缺;施工人员佩戴智能终端,能实时监测位置与生命体征,预防安全事故。这些分散的数据通过物联网平台汇聚分析,形成施工状态全景视图,管理者可据此优化资源配置、加强安全管控,让工程管理从被动应对转向主动预防,实现智能化升级。

## 4 特高压输电线路大跨越工程安全管理关键要素

### 4.1 安全管理制度建设

#### 4.1.1 建立健全安全管理体系

建立健全安全管理体系是特高压输电线路大跨越工程安全管理的核心框架。需明确各层级、各部门的安全管理职责,从项目决策层到一线施工人员,形成责任清晰的安全管理链条。构建涵盖安全目标管理、风险防控、应急响应等内容的制度体系,制定严格的安全操作规范和施工标准,确保施工各环节有章可循。同时,建立安全监督考核机制,定期对安全管理制度执行情况进行检查与评估,及时发现并纠正管理漏洞,通过奖惩分明的激励措施,推动安全管理体系高效运转,为工程安全施工提供坚实制度保障。

#### 4.1.2 加强安全教育培训

加强安全教育培训是提升全员安全意识与技能的关键举措。针对特高压输电线路大跨越工程技术复杂、安全风险高的特点,开展分层分类的安全教育培训。对管理人员进行安全法规、风险管理策略培训,提升其安全决策与统筹能力;对技术人员重点培训特殊施工工艺中的安全操作要点;对一线作业人员进行基础安全知识、

应急逃生技能培训,确保其熟悉施工安全要求。

### 4.2 安全风险防控

#### 4.2.1 风险识别与评估

在特高压输电线路大跨越工程中,风险识别与评估是安全风险防控的首要环节。采用资料收集法、专家调查法、现场勘查法等,全面梳理工程各阶段潜在风险,如施工前期复杂地形导致的基础不稳风险,高空作业时的坠落风险,以及恶劣天气引发的设备故障风险等。运用定性与定量相结合的评估方法,如风险矩阵法、层次分析法,对识别出的风险进行等级划分,分析其发生概率和可能造成的损失程度。

#### 4.2.2 制定安全风险防控措施

基于风险识别与评估结果,制定科学有效的安全风险防控措施是保障工程安全的关键。针对不同等级和类型的风险,采取差异化防控策略。对于高风险作业,如杆塔组立、导线架设,制定严格的作业许可制度,配备专业防护装备,设置专人现场监护;针对环境风险,如强风、暴雨等恶劣天气,建立气象预警联动机制,提前做好设备加固、人员撤离准备;对于技术风险,加强施工工艺规范管理,引入智能监测设备实时监控关键环节。

### 4.3 提升大跨越工程机械化施工水平,压降现场施工安全风险

4.3.1 全面提升机械化技术装备产学研用,组建机械化施工技术革新小组,通过科技创新,全力推进研发适用于大跨越工程轻小型、模块化、装配式机械化施工装备,推进产学研用与装备创新。

4.3.2 根据终勘定位结论继续深化、优化专项设计,确保机械化施工合理性、科学性和可实施性,提高大跨越工程智能化、机械化施工机械装备应用率,进一步压降现场施工安全风险。

### 结束语

特高压输电线路大跨越工程作为电力输送的关键枢纽,其智能化施工建设与安全管理缺一不可。智能化施工通过先进技术、智能设备和信息化系统,有效攻克了工程规模大、技术环境复杂等难题,提升施工效率与质量;安全管理则从制度、风险防控、应急管理等方面筑牢防线,保障工程安全有序推进。

### 参考文献

- [1]张忠会,李坚.电力线路跨越施工安全隐患的防范对策[J].电力安全技术,2002(8):110-126.
- [2]杨帅,牛征,张弛,张庆武,南东亮.特高压直流线路故障产生系统环流的事故分析[J].电气技术,2022,23(02):194-198.