

输配电用电工程施工要点及管理措施

张冀民

国网冀北电力有限公司秦皇岛供电公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19202

[摘要] 伴随着社会经济的高速发展和产业结构的转型升级,电力需求多元化、高负荷的特征越来越明显,给输配电及用电工程的施工质量、运行可靠性带来了严峻的考验。输配电工程是电网与用户之间的关键枢纽,施工过程中包含复杂的电气技术、土建配合和环境限制,任何一个环节的疏忽都会造成电网事故或者留下长期的安全隐患。目前施工工艺不规范、现场管理粗放、安全风险辨识不到位等问题仍然存在。本文以电力工程建设现状为出发点,首先对影响输配电工程质量与效率的主要问题进行了分析;其次,从高压电缆敷设、变压器安装调试、防雷接地系统构建等施工工艺控制要点入手;最后,从全过程管理的角度出发,提出了创建质量标准化体系、动态安全管控机制、数字化技术应用等管理优化策略。目的在于用技术、管理双管齐下的办法来提高输配电工程的建设水平,保证电网的安全稳定运行。

[关键词] 输配电工程; 施工技术; 质量控制; 智能电网

中图分类号: TM72 文献标识码: A

Key Construction Points and Management Measures for Power Transmission, Distribution, and Utilization Engineering

Jimin Zhang

State Grid Jibei Electric Power Co., Ltd. Qinhuangdao Power Supply Company

[Abstract] With the rapid development of the social economy and the transformation and upgrading of the industrial structure, the characteristics of diversified power demand and high load have become increasingly evident, posing severe challenges to the construction quality and operational reliability of power transmission, distribution, and utilization engineering. Power transmission and distribution engineering serves as a key hub between the power grid and users. The construction process involves complex electrical technology, civil engineering coordination, and environmental constraints. Negligence in any link can lead to grid accidents or leave long-term safety hazards. Currently, issues such as non-standard construction techniques, extensive on-site management, and inadequate identification of safety risks still exist. This paper takes the current status of power engineering construction as a starting point. First, it analyzes the main problems affecting the quality and efficiency of power transmission and distribution engineering. Second, it focuses on key construction process control points such as high-voltage cable laying, transformer installation and commissioning, and lightning protection and grounding system construction. Finally, from the perspective of whole-process management, it proposes management optimization strategies including the establishment of a quality standardization system, a dynamic safety control mechanism, and the application of digital technology. The aim is to improve the construction level of power transmission and distribution engineering through the dual approach of technology and management, ensuring the safe and stable operation of the power grid.

[Key words] power transmission and distribution engineering; construction technology; quality control; smart grid

引言

电力系统是现代社会运转的动力中心,而输配电及用电工程就是它的“毛细血管”和“末端神经”,建设质量直接影响电

能的传输效率和终端用户的用电安全。在国家大力推进新型电力系统建设的大背景之下,电网架构变得越发繁杂,分布式能源接入、配电网自动化改造、用户侧多元化负荷的迅猛增长,使得

输配电工程的施工难度呈几何级数上升^[1]。不同于传统的架线施工,现代输配电工程集电气自动化、通信工程、材料科学等多学科知识于一身,施工环境也千变万化,从城市地下综合管廊到野外复杂地形,对环境的适应性要求非常高。但是现阶段部分工程项目仍然沿用传统的粗放式管理模式,重进度轻质量、重投运轻运维的现象时有发生,造成电缆击穿、接头过热、接地电阻不达标等质量通病屡禁不止。因此,对输配电工程的施工技术要点进行梳理,寻找适应新形势的精细化管理措施,对提高工程建设质量、降低全生命周期运维成本有重要的理论意义和工程实用价值^[2]。

1 输配电工程施工现状与存在问题分析

1.1 施工环境复杂性与技术标准执行偏差

在输配电及用电工程的实际建设过程中,由于客观环境的复杂性以及主观技术执行的偏差,从而造成质量问题的主要矛盾。从客观环境上看,输配电线路要跨越山川河流或穿行于拥挤的城市地下管网中,地形地貌变化多端给标准化设计落地带来了许多意料之外的阻碍^[3]。在城市中心区进行配电网改造时,地下管线资料不全,隐蔽工程多,很容易产生施工冲突;在山区输电线路施工中,地质条件不稳定对塔基建设要求很高。就主观执行而言,尽管国家、行业已经制定出了严格的《电气装置安装工程施工及验收规范》,但是施工人员在技术素养上参差不齐,对于规范的理解只停留在表面^[4]。尤其在隐蔽工程中,电缆敷设弯曲半径控制、电缆接头制作时清洁度处理等,大多依靠经验施工,没有考虑到微小偏差在长时间高压运行下可能造成的绝缘劣化。该项技术标准执行的打折是造成工程投运后故障频发的技术原因。

1.2 现场安全管理机制僵化与风险辨识盲区

电力工程施工具有高风险、多工种交叉作业的特点,安全管理一直被当作工程管理的重中之重。但是目前部分项目的安全管理流于形式,存在机制僵化、风险辨识存在盲区的问题。一方面安全管理制度只停留在纸面上,现场安全交底流于形式,没有根据具体的作业场景进行差异化的分析。带电跨越施工或者临近带电体作业时,缺少针对性的防护隔离措施和应急预案,过分依靠施工人员个人经验而不是制度保障。另一方面由于新材料的运用以及新工艺的应用,传统风险辨识库未及时更新造成管理盲区。新型复合绝缘材料安装时对机械损伤敏感性认识不足,自动化终端调试时没有考虑到二次回路寄生回路造成的误动作风险。另外劳务分包队伍流动性大,安全教育的连续性难以保证,习惯性违章屡禁不止,已经成为影响输配电工程安全水平提高的顽疾。

1.3 材料设备质量管控链条的断裂风险

输配电工程所用的材料设备种类繁多,从核心的变压器、开关柜到辅助的金具、绝缘子等,任何一个元器件的质量缺陷都会导致整个系统瘫痪。目前,材料设备管理存在着供应链管控链条断裂的危险。采购环节中,由于建设单位受成本压力的影响,在招标时过于强调低价中标,造成中标厂家在原材料选择上降低

标准,变压器线圈用铝代铜、电缆绝缘层厚度负偏差等隐蔽问题不能在出厂验收时被发现。其次,在进场验收环节,由于现场检测手段有限,只能做外观检查和简单的电气连续性测试,对于绝缘材料的老化特性、金属部件的抗疲劳强度等深层次指标没有有效的复测手段。最后,在仓储保管环节,施工现场环境恶劣,精密的电气设备如果没有按规定进行防潮、防尘保护,安装前就已经损坏了。由于全过程质量控制脱节,给工程留下了难以察觉的先天性缺陷。

2 输配电工程关键施工技术要点

2.1 高压电缆敷设与附件安装工艺控制

高压电力电缆是城市输配电网的能量传输主动脉,施工质量好坏直接影响供电可靠性。电缆敷设时要控制好电缆牵引力和侧压力,防止机械损伤造成内部绝缘结构破坏。施工前应利用三维模拟计算路径中关键转弯点的弯曲半径,保证弯曲半径不小于电缆外径的15-20倍。敷设时用全线同步输送机或适当润滑,严禁在地面拖曳摩擦。

电缆附件(终端头、中接头)的制作是施工中最薄弱的部分,据统计,超过60%的电缆故障发生在附件上。附件的安装应在无尘、湿度低的环境中进行,电缆主绝缘的剥切尺寸要精确到毫米级。处理半导体层时必须保证断口平滑过渡,严禁损伤主绝缘层,彻底清除半导体微粒,防止运行中电场畸变产生局部放电。另外应力锥的安装位置要准确,才能有效地疏散切断屏蔽层后产生的集中电场。最后接头密封工艺是防止水分侵入的关键,必须用多层防水胶带和热缩套管做严密防护,保证电缆在地下潮湿环境中长期稳定运行。

2.2 变压器及配电设备的安装与调试技术

变压器是输配电工程的“心脏”,安装过程包含起重运输、器身检查、附件组装等许多高风险环节。变压器运输和就位时必须安装冲击记录仪,全程监测三维冲击加速度,防止器身移动或者引线断裂。安装就位后,必须检查变压器的水平度,按厂家规定进行真空注油、静置,消除油中气泡,提高绝缘强度。大型油浸式变压器的器身暴露在空气中的时间要严格控制,环境相对湿度要保持在规定范围内,必要时持续补充干燥空气。

配电设备调试属于工程投运前的最后一道防线。调试工作除了常规的绝缘电阻、直流电阻、变比测试外,更应该重点做好保护装置逻辑校验和传动试验。二次回路调试时,用继电保护测试仪模拟各种故障状态,验证断路器跳闸逻辑、重合闸功能、备自投动作是否正确。除此之外,智能配电终端DTU/FTU还要做三遥联调(遥测、遥信、遥控),保证主站可以对现场设备运行情况进行实时准确的监控,从而实现配电网故障的自动隔离和非故障区域恢复供电。

2.3 防雷接地系统与过电压保护施工

防雷接地系统是保证输配电设备不受雷击影响,保证人身安全的根本条件。施工时根据地质勘测报告,根据不同的土壤电阻率选择合适的接地体材料和降阻措施。对于土壤电阻率高的地方,可以采用深井接地、更换土壤或者施加物理降阻剂等方式,

保证工频接地电阻满足设计要求(一般不大于 4Ω 或者 10Ω)。接地体埋设深度要低于冻土层,焊接连接处需做防腐处理,焊缝长度要大于扁钢宽度的2倍以上,双面焊接,防止虚焊造成接地网电气连接失效。

防雷装置的避雷针(线)保护范围用滚球法校核,保证所有带电设备都在保护伞下。氧化锌避雷器作为过电压保护的核心元件,其安装位置应尽量靠近被保护设备,引线要短而直,减小引线电感上的压降。低压配电系统中应严格实行等电位联结,将建筑物内的金属管道、电缆屏蔽层与接地干线可靠连接,消除雷电流侵入时产生的电位差,保护敏感电子设备不被反击电压损坏。

2.4 配电网自动化与智能化改造实施要点

随着智能电网的发展,配电网自动化工程成了施工的新重点。施工要点就是通信系统搭建、智能终端标准化接入。光纤通信施工中,光缆熔接损耗要控制在 0.05dB 以内,光缆盘留要规范,不能过度弯曲造成信号衰减。对于无线通信模块(4G、5G等),天线安装位置要避开电磁屏蔽区,保证信号强度达到数据传输的要求。智能终端(智能电表、智能断路器等)的安装要符合统一的接口标准和通信协议(IEC 61850),保证不同厂家设备之间可以互相操作。施工过程中还需同步核对并录入信息点表,保证现场物理设备与系统拓扑图一一对应。另外对于分布式电源(光伏、风电)接入,施工时要重点校核并网点电能质量监测装置的安装,保证逆变器具备孤岛检测和低电压穿越的能力,保证大电网的安全稳定。

3 输配电工程全过程精细化管理措施

3.1 构建全生命周期的质量标准化管控体系

从根本上解决质量问题,必须摒弃碎片化的管理思维,构建工程全生命周期的质量标准化管控体系。此系统应包含事前预控、事中监控和事后闭环这三个环节。事前预控阶段实行首件样板制,在全面施工前选取典型间隔或者线段制作样板工程,邀请专家评审确定工艺标准和操作规范之后再推广,以此统一全员质量认知。同时建立严格的材料准入制度,用二维码技术建立物资溯源系统,保证每一根电缆、每一个金具都能追溯到生产批次和检验报告。

事中监控阶段实行WHS(见证点、停工待检点、旁站点)质量控制点管理。电缆接头制作、接地体焊接、变压器交接试验等关键工序必须由监理人员、施工质检员现场旁站,签字确认后方可进入下一道工序,严禁隐蔽工程“带病”覆盖。事后闭环阶段建立质量缺陷的溯源和问责机制,用工程数字化档案反向追踪投运后出现的质量缺陷,分析是设计缺陷、材料问题还是施工工艺问题,形成经验反馈库,不断优化施工标准,实现质量管理的PDCA螺旋式上升。

3.2 实施动态风险评估与本质安全管理

安全管理的核心就是把被动防范变为积极干预,建立动态的风险评估制度。工程开工前,项目部应组织技术人员对危险源进行全方位的辨识,编制专项施工方案,根据作业环境的变化(天气突变、交叉作业增多)随时对风险等级进行更新。实行作业票制度的数字化升级,利用移动终端完成作业票电子签发、流转,保证安全措施到位、人员资质审核无误。

本质安全管理是通过技术手段、设备更新来减少人的错误。推广使用可视化的接地挂锁装置,防止误合闸,在高风险的登高作业中强制使用具有自锁功能的速差防坠器,在临近带电体作业区域设置智能红外感应报警围栏,一旦人员越过安全距离就触发声光报警。另外加强体验式安全教育,创建VR安全体验馆,使施工人员身临其境地感受触电、高空坠落等事故的惨痛后果,从心理上唤醒安全意识,从根本上遏制违章作业行为。

3.3 应用数字化技术提升工程管理效能

在数字化转型的大潮之下,BIM(建筑信息模型)技术以及物联网技术给输配电工程管理赋予了强大的工具。在设计、施工准备阶段,用BIM技术建立变电站或者电缆管廊的三维模型,做碰撞检测、管线综合优化,提前发现设计图纸中存在的空间冲突,防止现场返工。利用BIM的5D应用(3D实体+时间+成本)可以对施工进度和资金流进行模拟,从而达到资源优化配置的目的。

在施工中利用智慧工地管理平台。在施工现场安装高清摄像头、环境监测传感器、人员定位系统,管理人员就可以在指挥中心对现场的作业情况、扬尘噪声指标、人员轨迹进行实时监控。利用无人机搭载激光雷达对输电线路走廊进行巡查、测量,既提高了测量精度,又大大降低了人工翻山越岭的安全风险。

4 结论

输配电及用电工程是构建坚强智能电网的基础,输配电及用电工程施工质量、管理水平的好坏关系到电力系统运行安全和社会经济效益。本文通过对当前施工中存在的环境复杂、标准执行不到位、安全管理僵化等施工问题进行分析,提出高压电缆工艺控制、变压器精密安装、防雷接地优化等技术要点,创建起质量标准化、动态安全管控、数字化技术应用、造价进度协同的精细化管理体系。

[参考文献]

- [1]吴元千.输配电及用电工程中线损管理的策略[J].前卫,2024(28):0225-0227.
- [2]卢小燕.输配电及用电工程施工管理中存在的问题与对策分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(002):000.
- [3]周攀.输配电及用电工程线路安全运行技术要点与应用[J].电力设备管理,2024(24):39-41.
- [4]韩朋雨.输配电及用电工程中的线损问题及管理策略研究[J].现代工程科技,2025,4(17):181-184.