

水利工程临时供电线路安全布设与运行管理研究

陈军

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 水利工程建设作为国家基础设施的重要组成部分, 其施工过程中的电力保障直接关系到工程进度、质量与人员生命安全。临时供电系统因其建设周期短、敷设方式灵活、负荷波动大等特点, 成为施工现场安全隐患的高发区。新疆地区地域辽阔, 地形地貌复杂, 气候条件极端, 冬季严寒漫长、夏季高温干燥、风沙频繁且昼夜温差巨大, 这些独特的自然地理特征给水利工程临时供电线路的布设与运行管理带来了前所未有的挑战。本文综述了水利工程临时供电线路的安全布设原则、运行管理机制及常见故障防控策略, 重点探讨了在新疆特殊环境下如何克服低温冻土、强风沙、高盐碱腐蚀等不利因素, 优化线路路径选择与防护设计。文章深入分析了当前临时用电管理中存在的监管盲区与技术短板, 提出了构建“标准化布设-智能化监测-全周期运维”的综合管理体系, 旨在为新疆乃至西北干旱半干旱地区的水利工程施工提供科学的安全技术支持与管理范式, 确保临时供电系统本质安全, 助力区域水利事业高质量发展。

关键词: 水利工程; 临时供电; 安全布设; 运行管理; 新疆; 环境适应性; 智能监控; 全生命周期

Research on the Safety Layout and Operation Management of Temporary Power Supply Lines in Water Conservancy Projects

Chen Jun

Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Research Institute Co., Ltd., China Xinjiang Urumqi 830000

Abstract: As an important part of national infrastructure, the construction of water conservancy projects is directly related to the progress, quality and personnel safety of the project during the construction process. The temporary power supply system, characterized by short construction period, flexible laying methods and large load fluctuations, has become a high-risk area for safety hazards at the construction site. Xinjiang, with its vast territory, complex terrain and extreme climate conditions, including long and severe winters, hot and dry summers, frequent sandstorms and huge temperature differences between day and night, poses unprecedented challenges to the layout and operation management of temporary power supply lines for water conservancy projects. This paper reviews the safety layout principles, operation management mechanisms and common fault prevention strategies of temporary power supply lines for water conservancy projects, with a focus on how to overcome adverse factors such as low-temperature permafrost, strong sandstorms and high salt-alkali corrosion in the special environment of Xinjiang, and optimize the selection of line routes and protection designs. The article deeply analyzes the existing regulatory blind spots and technical shortcomings in the current temporary power management, and proposes to build a comprehensive management system of "standardized layout - intelligent monitoring - full-cycle operation and maintenance", aiming to provide scientific safety technology support and management models for water conservancy project construction in Xinjiang and other arid and semi-arid areas in the northwest, ensuring the intrinsic safety of the temporary power supply system and promoting the high-quality development of regional water conservancy.

Keywords: Water conservancy project; Temporary power supply; Safety layout; Operation management; Xinjiang; Environmental adaptability; Intelligent monitoring; Full life cycle

0 引言

水是生命之源, 也是生产之要。近年来, 随着国家“西部大开发”战略的深入实施及新疆维吾尔自治区水利基础设施建设的加速推进, 一批大型水库、灌区改造、跨流域调水及防洪治理工程相继开工。这些工程往往地处偏远山区、戈壁荒漠或高寒地带, 市政电网覆盖不足, 必须依

赖自建或租赁的临时供电系统来维持施工生产。临时供电线路通常具有建设速度快、敷设方式灵活、使用周期短但负荷波动大、环境暴露度高等特点, 是施工现场安全隐患的高发区。据统计, 在各类建筑施工事故中, 触电事故占比居高不下, 而其中大部分源于临时用电系统的违规操作与维护缺失。

然而,新疆地区的自然环境极为特殊。一方面,塔里木盆地周边的极端干旱与强紫外线辐射导致绝缘材料老化加速;另一方面,准噶尔盆地及天山北麓的冬季极寒天气(可达 -30°C 以下)易造成电缆脆化断裂,春季频繁的沙尘暴则对架空线路的机械强度与绝缘性能构成巨大威胁。此外,新疆部分地区土壤含盐量高,对地下直埋电缆的金属护套及接地装置产生严重电化学腐蚀。在这样复杂的工况下,若临时供电线路的布设方案缺乏针对性,运行管理流于形式,极易引发触电伤亡、电气火灾、设备损毁甚至工程停工等恶性事故。例如,某新疆在建水利项目曾因未考虑冬季低温对电缆柔韧性的影响,导致主供电电缆在卷扬机牵引过程中发生脆断,造成大面积停电和工期延误。因此,深入研究适应新疆地域特征的临时供电线路安全布设技术与精细化运行管理模式,不仅具有重要的理论意义,更具有紧迫的现实需求。

1 新疆地域特征下的临时供电线路布设难点与应对策略

临时供电线路的布设是安全运行的基础。在新疆,传统的通用布设规范往往难以完全适应当地特殊的地质与气象条件,必须因地制宜进行优化设计,将环境适应性作为核心考量因素。

1.1 复杂地形地貌下的路径规划与架设方式选择

新疆水利工程常跨越沙漠、戈壁、高山峡谷等多种地形,这对线路路径规划提出了极高要求。在平坦开阔的戈壁滩,虽然视野良好,但地表温差大,热胀冷缩效应显著,架空线路弧垂变化剧烈,易导致导线对地距离不足,特别是在夜间气温骤降时,导线收缩可能导致杆塔受力失衡。此时应优先选用耐张段划分合理、抗拉强度高的钢芯铝绞线,并适当增加杆塔高度,预留足够的弧垂余量。而在山地丘陵区,地形起伏大,运输困难,需采用轻型化、模块化杆塔,并严格计算导线张力,防止因冰雪荷载或大风引起的断线。对于穿越河流、冲沟或软土区域的路段,必须避免直接架空跨越,宜采用穿管保护或深埋电缆方式,并设置明显的警示标识。针对新疆风沙大的特点,架空线路应尽量避开风口区域,若无法避开,需采用防风偏绝缘子串及加强型金具,必要时增设防风拉线,防止倒杆断线。此外,在沙漠边缘施工时,还需考虑流沙移动对杆塔基础的影响,采取深埋基础或锚固措施,确保杆塔稳固。

1.2 极端气候条件下的线路防护与材料选型

新疆冬季漫长且气温极低,普通橡胶或塑料绝缘层在低温下极易变硬、龟裂甚至脱落,导致短路漏电。因

此,在新疆地区布设临时线路时,必须强制选用耐低温型电缆(如耐寒交联聚乙烯绝缘电缆),其脆化温度应低于 -40°C ,并经过严格的低温弯曲试验验证。同时,考虑到昼夜温差大导致的凝露现象,户外配电箱及接线盒应具备IP55以上的防护等级,并加装加热除湿装置,防止内部结露引发短路。在夏季高温时段,太阳辐射强烈,架空线路表面温度可高达 70°C 以上,加速绝缘层老化。为此,应选用耐高温、抗紫外线的特种线缆,并对裸露金属部件进行防腐涂装处理。此外,针对春季沙尘暴频发的问题,所有接头处必须进行双重密封防水防尘处理,并定期清理杆塔及绝缘子表面的积尘,防止污闪事故发生。在材料选型上,应优先选择通过国标认证且具有新疆地区应用业绩的产品,严禁使用非标或劣质电缆。

1.3 高盐碱土壤环境下的接地与防腐蚀措施

新疆许多灌区及低洼地带土壤含盐量极高,呈碱性,对金属导体及接地体具有强烈的电化学腐蚀性。传统的镀锌钢管接地极在土壤中数年即可能锈蚀穿孔,导致接地电阻增大,失去保护作用。针对这一问题,布设时应优先选用铜包钢接地棒或石墨复合接地模块,这些材料耐腐蚀性能优异,寿命更长。对于直埋电缆,应采用铠装电缆并在外层包裹沥青防腐层或缠绕PE防腐带,并在电缆周围铺设细沙以减少土壤颗粒对电缆外皮的磨损。在接地网设计上,需扩大接地极的埋设深度,避开表层高盐碱土壤,深入至地下水位稳定且含盐量较低的土层,必要时可采用换土法降低土壤电阻率。同时,应定期对接地电阻进行复测,发现阻值异常升高时立即采取降阻剂改良土壤或更换接地体的措施,确保接地系统始终处于有效状态。对于位于河床或季节性洪水区的线路,还需考虑水流冲刷对基础的影响,采取加固措施。

2 临时供电系统运行过程中的风险识别与动态管控

线路布设完成后,运行管理是确保安全的关键环节。新疆水利工程工期紧、任务重,现场人员流动性大,增加了运行管理的难度,必须建立精细化的风险管控机制。

2.1 负荷特性分析与过载预警机制

水利工程用电负荷具有显著的波动性和冲击性,如大型水泵启动电流大、电焊机间歇性作业、混凝土搅拌站连续运行等。在新疆高海拔或低温环境下,电缆载流量会因散热条件变化而降低,若仍按标准环境温度下的载流量配置,极易发生过热。因此,必须建立基于实时负荷监测的动态管理系统。利用智能电表和传感器实时采集各回

路电流、电压及温度数据,当负荷接近电缆允许载流量的80%时,系统自动发出预警。特别是在冬季低温期,需根据实测环境温度对电缆载流量进行修正,严禁超负荷运行。对于大功率设备,应严格执行“一机一闸一漏一箱”制度,并配备软启动器以减少启动冲击,防止因瞬间过流导致跳闸或设备损坏。此外,应建立负荷预测模型,根据施工进度计划提前调整供电方案,避免负荷突增引发的系统崩溃。

2.2 恶劣天气下的应急响应与巡检制度

新疆天气多变,突发性的暴风雪、沙尘暴、雷暴等灾害性天气频发,对临时供电线路构成直接威胁。必须建立分级响应机制,制定专项应急预案。在沙尘暴来临前,应提前检查并紧固所有架空线路金具,清理周边易燃杂物,必要时切断非重要负荷电源;在暴雪天气,需安排专人定时巡视,及时清除杆塔及导线上的覆冰,防止倒杆断线。同时,强化日常巡检制度,实行“定人、定岗、定责”的网格化管理。巡检内容应包括线路外观是否完好、接头是否发热、配电箱是否封闭严密、接地是否可靠等。针对新疆夜间照明不足的问题,巡检人员应配备强光手电及红外测温仪,重点排查夜间易被忽视的隐蔽故障点。建立24小时值班制度,确保突发事件发生时能迅速响应,最大限度减少损失。

2.3 人员违章操作与安全教育培训

人是安全管理中最活跃也是最不确定的因素。在新疆部分偏远工地,施工人员多为临时雇佣的农民工,安全意识淡薄,技能水平参差不齐,违规私拉乱接、带电作业等现象时有发生。为此,必须实施严格的准入教育与考核制度。在进场前,所有电工及用电人员必须接受针对新疆气候特点的专项安全培训,内容包括临时用电规范、触电急救知识、防雷防静电措施、极端天气应对等,考核合格后方可上岗。施工过程中,推行“手指口述”操作法,杜绝习惯性违章。同时,建立违章行为黑名单制度,对屡教不改的人员坚决清退。通过常态化开展事故案例警示教育,特别是结合新疆本地发生的电气事故案例,提高全员的安全警惕性。鼓励员工参与隐患排查治理,建立举报奖励机制,形成全员参与的安全文化氛围。

3 智能化技术应用与全生命周期管理体系构建

面对传统管理模式的局限性,引入现代信息技术是实现临时供电系统本质安全的必由之路,也是提升新疆水利工程管理水平的方向。

3.1 物联网技术在线路状态监测中的应用

利用物联网(IoT)、无线传感网络及边缘计算技术,构建智慧临电监控系统。在关键节点部署智能断路器、温湿度传感器、电弧故障探测器等设备,实时上传运行数据至云端管理平台。平台通过大数据分析算法,能够自动识别线路过载、漏电、绝缘下降等异常趋势,实现从“事后抢修”向“事前预防”的转变。例如,系统可自动分析历史数据,预测某条线路在特定天气条件下的故障概率,并提前推送维护指令。此外,利用无人机搭载高清摄像头与红外热成像仪,对长距离架空线路进行自动化巡检,快速定位断股、过热等隐患,大幅提高巡检效率与覆盖面。在偏远无信号区域,可采用卫星通信或自组网技术保障数据传输。通过智能化手段,实现对临时供电系统的全天候、全方位监控,确保问题早发现、早处理。

3.2 全生命周期管理与标准化体系建设

临时供电系统不应被视为“临时”而随意处置,而应纳入工程全生命周期管理范畴。从方案设计、材料采购、施工安装到拆除回收,每个环节都应执行标准化作业程序。在新疆地区,应制定《新疆水利工程施工临时用电安全技术规程》地方标准或企业标准,明确不同气候区的布设参数、材料选型要求及管理流程。建立临时用电档案,记录每条线路的设计图纸、验收报告、维修记录及拆除情况,实现可追溯管理。项目结束后,对剩余物资进行统一回收、检测与再利用,减少资源浪费。通过标准化体系的建立,将零散的经验转化为系统的制度,提升整体管理水平。同时,推广BIM技术在临时用电设计中的应用,实现三维可视化模拟,提前发现潜在冲突与隐患,优化设计方案。

4 结语

水利工程临时供电线路的安全布设与运行管理是一项系统性、复杂性极强的工程,尤其在自然环境恶劣的新疆地区,更面临着低温、风沙、盐碱等多重考验。本文通过分析指出,单纯依靠经验管理已无法满足现代水利工程建设的安全需求。必须立足新疆地域特色,从优化线路布设路径、选用耐环境材料、强化接地防腐等方面入手,夯实硬件基础;同时,建立健全基于大数据的智能监测体系,完善应急管理机制,提升人员素质,形成“技防+人防+物防”三位一体的安全保障网。未来,随着新材料、新工艺及人工智能技术的不断应用,水利工程临时供电系统将向着更加绿色、智能、安全的方向演进。这不仅有助于保障新疆水利工程的顺利推进,也为我国其他类似地区的水利建设提供了宝贵的经验借鉴,对推动行业技术进步与

高质量发展具有重要意义。面对日益严峻的安全挑战，只有坚持创新驱动、科技赋能，才能筑牢水利工程的“动力防线”，为水资源的高效利用与区域可持续发展提供坚实保障。

参考文献：

[1] 刘雷, 许长青, 毛晔. 水利水电 EPC 项目业主发包前风险评价[J]. 人民黄河, 2023, 45(05): 133-136+142.

[2] 梁敬斌, 刘高宇, 陈明敏. 基于数字孪生的闸泵群可视化研究及应用[C]// 中国水利学会. 2023 中国水利学术大会论文集 (第一分册). 珠江水利委员会珠江水利科学

研究院, 2023:326-334.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.087902.

[3] 王雪松. 六安市农田水利工程管理现状及对策研究[D]. 合肥工业大学, 2020. DOI:10.27101/d.cnki.ghfgu.2020.000442.

[4] 刘欢. SW 水库除险加固工程项目施工风险管理讲究[D]. 东北大学, 2023. DOI:10.27007/d.cnki.gdbeu.2023.000275.

[5] 肖诗羽. 国有企业水利工程档案数字化管理研究[D]. 云南大学, 2021. DOI:10.27456/d.cnki.gyndu.2021.000951.