

# 电力迁改对电网安全运行的影响与对策

薛海燕

银川农村电力服务有限公司 宁夏 银川 750001

**摘要:** 电力迁改是适应城市规划、基建升级及电网优化的关键工程,对电网安全运行影响显著。直接影响包括设备安全风险上升、网络拓扑变化降低供电可靠性、电磁环境改变引发合规隐患;间接影响涵盖继电保护失效风险、负荷转移压力及施工外力破坏等。需构建风险评估体系,制定标准化作业流程,应用实时监测技术,动态调整电网运行方式,强化设备试验标准,确保迁改过程安全可控,保障电网稳定运行。

**关键词:** 电力迁改; 电网安全运行; 影响; 对策

引言: 随着城市化进程加速和能源结构转型,电力设施迁改工程日益频繁,成为协调城市建设与电网安全运行的重要环节。然而,电力迁改过程中设备拆装、网络重构及施工环境变化等因素,可能引发设备损伤、供电可靠性下降及电磁环境改变等安全风险,间接导致继电保护失效、负荷转移压力增大等问题。本文系统分析电力迁改对电网安全运行的直接影响与间接挑战,并提出风险评估与防控对策,为保障迁改工程安全推进提供理论支撑与实践指导。

## 1 电力迁改工程概述

### 1.1 定义与分类

电力迁改工程是指因外部需求或电网自身发展,对现有电力设施进行迁移、改造、新建的系统性工程,旨在保障电力供应稳定与满足规划需求。(1)按迁改原因,可分为三类。一是城市建设驱动,如旧城改造、新区开发需调整电力线路路径;二是灾害修复需求,地震、洪水等灾害损毁设施后,需紧急迁改恢复供电;三是线路优化升级,为提升电网传输效率、降低损耗,对老旧或不合理线路进行迁改。(2)按电压等级,主要分为输电网络迁改与配电网络迁改。输电网络迁改针对220kV及以上高压线路,涉及大型杆塔、变电站调整;配电网络迁改聚焦110kV及以下线路,多分布于城市居民区、商业区,与用户用电直接相关。

### 1.2 典型迁改场景

(1)城市地下管廊建设中的电缆迁移,需将原有架空电缆或直埋电缆转入管廊,需协调管廊施工进度与电缆敷设时序,保障周边区域不停电。(2)交通工程(高铁/地铁)涉及的杆塔搬迁,因线路需避开轨道线路,需重新选址建设杆塔,同时需采用临时供电方案,避免影响铁路建设与居民用电。(3)新能源接入引发的电网重构,如风电、光伏电站并网,需迁改原有线路以适配新

能源电力传输,还需同步改造变电站设备,确保电网兼容性。

### 1.3 迁改工程特点

(1)临时性与长期性并存,临时措施如临时供电线路保障施工期供电,长期需建设符合规划的永久电力设施,兼顾当下需求与未来发展。(2)多专业协同需求高,土建专业负责杆塔基础、电缆沟施工;电气专业主导设备安装、线路调试;通信专业保障电力调度通信顺畅,各专业需同步推进,避免工期延误。(3)安全风险管控严格,施工中需防范触电、设备损坏风险,同时制定停电预案,减少对企业、居民用电影响保障工程安全与供电稳定<sup>[1]</sup>。

## 2 电力迁改对电网安全运行的影响分析

### 2.1 直接影响

(1)设备安全风险突出,迁改过程中设备搬运、拆装易造成物理损伤,如变压器瓷瓶磕碰、电缆绝缘层刮擦;同时,部分老旧设备在迁改后重新投运时,因拆装扰动可能加速绝缘老化,若检测不到位,易引发短路、漏电等故障,威胁电网设备稳定运行。(2)网络拓扑变化降低供电可靠性,迁改期间需搭建临时接线保障供电,临时线路往往存在接线方式简化、保护措施不足等问题,且多为单回路供电,一旦临时线路出现故障,将直接导致对应区域停电,相比原有环网供电模式,供电可靠性显著下降。(3)电磁环境改变引发合规隐患,新路径可能使线路与周边建筑、通信设施的安全距离不足,导致电磁干扰增强,影响居民生活及通信设备正常工作;同时,线路相位排列变化可能改变周边电磁分布,若未重新核算电磁兼容参数,可能不符合环保与安全规范要求。

### 2.2 间接影响

(1)继电保护失效风险上升,迁改后电网参数如线

路阻抗、电容电流等发生变化,若未及时调整继电保护装置定值,可能导致保护装置误动(如正常运行时跳闸)或拒动(如故障时不动作),无法有效切除故障,进而扩大事故范围。(2)负荷转移带来供电压力,迁改区域的负荷需临时转移至其他线路,可能导致承接线路负荷超载,引发线路发热、电压下降等问题,不仅影响供电质量,还会缩短线路使用寿命,若负荷分配不合理,甚至可能触发电网过载保护,造成更大范围停电。

(3)施工外力破坏引发突发故障,施工过程中若操作不当,如挖掘机误挖电缆沟、吊装设备碰撞杆塔,可能直接损坏电力设施;同时,施工人员误触带电设备、临时防护措施不到位等情况,也可能引发触电事故或设备故障,对电网安全运行构成突发威胁。

### 3 电网安全运行风险评估体系构建

#### 3.1 风险识别指标

(1)设备状态参数聚焦核心安全属性,绝缘水平通过介损值、泄漏电流等指标衡量,例如110kV变压器绝缘介损值需 $\leq 0.5\%$ ( $20^{\circ}\text{C}$ 下),若超标则表明绝缘老化风险升高;机械强度针对杆塔、导线等设备,杆塔基础沉降量需 $\leq 30\text{mm}$ ,导线最大弧垂偏差不得超过设计值的5%,参数异常可能导致设备受力失衡,增加倒塌、断线风险。(2)网络结构脆弱性以N-1校验通过率为核心指标,指任意一条线路或一台主变停运后,电网仍能满足负荷供电需求的概率。若N-1校验通过率 $\geq 95\%$ ,说明网络结构冗余度高,抗故障能力强;若通过率 $< 80\%$ ,则表明存在明显结构脆弱点,迁改后易出现供电中断问题。

(3)施工环境复杂性从作业难度与地质条件两方面设定指标,交叉作业需统计同时参与的专业队伍数量(如土建、电气、通信队伍同时施工时风险升高)及作业面重叠面积;地质条件需评估施工区域是否为软土、溶洞或地震高发区,例如软土区域杆塔基础开挖风险等级高于硬土区域,需额外加固处理。

#### 3.2 评估方法

(1)层次分析法(AHP)用于科学确定指标权重,先构建递阶层次结构,将“电网安全风险”作为目标层,“设备状态”“网络结构”“施工环境”作为准则层,各准则层下的具体参数作为方案层;再通过专家打分构建判断矩阵,计算各指标权重,如设备状态参数权重通常高于施工环境复杂性,确保评估重点突出。(2)蒙特卡洛模拟用于预测故障概率,通过建立设备故障模型(如基于绝缘老化曲线的变压器故障模型),设定参数随机变量(如温度、湿度对绝缘性能的影响),进行上万次随机抽样模拟;统计迁改期间设备故障、线路

停电等事件的发生概率,若模拟结果显示故障概率超过5%,则需针对性优化迁改方案。(3)基于PSCAD/EMTDC的电磁暂态仿真可精准分析电网动态特性,搭建迁改后电网的仿真模型(包含发电机、线路、负荷等元件),模拟短路、负荷突变等暂态过程;通过仿真获取电压暂降幅度、短路电流峰值等关键数据,若电压暂降超过0.1s(影响敏感负荷正常运行)或短路电流超出设备耐受值,需调整网络拓扑或增设保护装置<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 风险等级划分标准

(1)低风险(可接受):设备状态参数全部符合规程标准,N-1校验通过率 $\geq 95\%$ ,施工环境无复杂交叉作业且地质条件良好;蒙特卡洛模拟故障概率 $\leq 1\%$ ,电磁暂态仿真显示暂态指标均在安全范围内,迁改期间仅需常规巡检,无需额外采取防控措施。(2)中风险(需监控):存在1-2项设备状态参数接近阈值(如绝缘电阻略低于标准值但仍可运行),N-1校验通过率90%-95%,或施工环境存在简单交叉作业;故障概率1%-5%,暂态指标偶尔超出安全范围,需制定专项监控方案,如增加设备检测频次、设置施工安全监督员,实时跟踪风险变化。(3)高风险(禁止实施):存在3项及以上设备状态参数超标,N-1校验通过率 $< 90\%$ ,或施工环境为高风险地质区域且交叉作业面 $\geq 5$ 处;故障概率 $> 5\%$ ,电磁暂态仿真显示暂态过程将导致设备损坏或大面积停电,需立即暂停迁改方案,重新优化设计,待风险降至中低等级后方可推进。

### 4 电力迁改中的电网安全保障对策

#### 4.1 前期规划阶段

(1)多方案比选与优化需兼顾经济性与安全性平衡,从电网安全、施工难度、成本投入三方面建立评估体系。安全维度重点考量方案对电网拓扑的影响,如优先选择不破坏环网结构、N-1校验通过率 $\geq 95\%$ 的方案;经济维度对比设备采购、施工周期等成本,避免过度追求低价导致安全冗余不足。例如某城区电缆迁改,通过对比“直埋敷设”与“管廊敷设”方案,前者成本低但易受外力破坏,后者虽成本高但安全性强,最终结合区域发展规划选择管廊敷设,同时通过批量采购降低成本,实现安全与经济双赢。(2)迁改路径需开展电磁环境仿真验证,利用PSCAD/EMTDC等软件搭建路径仿真模型,模拟不同路径下的电场强度、磁场强度分布,确保路径与居民区、学校等敏感区域的距离符合《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)。若仿真发现某路径电磁干扰超标,及时调整路径走向,如将线路偏移至城市绿化带,或采用屏蔽电缆降低干扰,避免投运后引发电磁

污染投诉及设备运行故障。

#### 4.2 施工实施阶段

(1) 制定标准化作业流程(SOP)并开展全员培训,明确设备拆装、线路接线、停电操作等关键环节的操作规范,如变压器吊装需标注吊点位置、受力限值,电缆接头制作需规定绝缘处理步骤及时长。培训采用“理论+实操”模式,组织施工人员学习SOP文件,并在模拟场地进行拆表演练,考核合格后方可上岗。同时建立作业监督机制,现场设置安全员,对违规操作实时制止,杜绝因操作不规范引发设备损伤或触电事故。(2)应用实时监测技术提升风险管控能力,在杆塔基础、电缆接头等关键部位安装分布式传感器,实时采集温度、振动、绝缘电阻等数据,数据异常时自动推送预警信息至监控平台;采用无人机巡检覆盖高空、偏远区域,通过红外热成像检测线路发热点,如发现导线接头温度超过80℃,立即安排人员排查处理。某山区杆塔迁改中,无人机巡检及时发现杆塔基础裂缝,避免了施工期间杆塔倾倒风险<sup>[3]</sup>。(3)定期开展应急预案演练,针对线路短路、设备故障等突发场景,制定“故障隔离-负荷转移-抢修恢复”的标准化处置流程,每季度组织运维、施工、调度人员联合演练。演练模拟某线路突发短路,调度人员通过SCADA系统快速定位故障点,运维人员5分钟内抵达现场隔离故障,同时将负荷转移至备用线路,整个过程耗时控制在30分钟内,确保突发故障对供电影响最小化。

#### 4.3 后期验收阶段

(1)升级设备试验标准,强化迁改后设备安全性能检测。耐压试验采用高于规程标准10%的试验电压,如10kV电缆耐压试验从25kV提升至27.5kV,持续加压1小时,检测设备绝缘强度;局放检测采用超高频(UHF)检测技术,对变压器、GIS设备进行局放定位,若检测到局放信号超过10pC,需拆解设备排查绝缘缺陷,杜绝带缺陷设备投运。(2)动态调整电网运行方式,通过潮流计算优化负荷分配。利用BPA、PSASP等软件计算迁改后电网潮流分布,若发现某线路潮流超过额定容量的80%,及时调整运行方式,如将部分负荷转移至备用线路,或启用临时变压器分担负荷。例如某工业园区迁改后,潮流计算显示110kV线路过载,通过投入2台35kV临时变压器,将

线路负荷降至额定容量的70%,保障电网稳定运行<sup>[4]</sup>。

#### 4.4 技术创新方向

(1)研发模块化可移动式变电站,采用标准化、模块化设计,包含变压器、开关柜、保护装置等集成模块,可通过拖车快速运输至迁改现场。该变电站具备快速投运能力,从吊装到位到并网供电仅需4小时,能有效解决迁改期间负荷转移问题。某高铁建设迁改中,启用2台110kV模块化变电站,临时承接周边3个乡镇负荷,避免了施工期间停电影响。(2)构建基于数字孪生的迁改全过程模拟系统,搭建电网、设备、施工环境的数字孪生模型,实现迁改方案模拟、施工进度跟踪、风险预警一体化管理。前期可模拟不同方案的安全风险,施工中实时映射现场工况,如通过模型监测杆塔基础沉降数据,预测可能出现的安全隐患;后期可模拟设备投运后的运行状态,提前优化运行方式,为迁改全流程提供精准技术支撑。

#### 结束语

电力迁改作为推动城市发展与电网升级的关键举措,其安全运行关乎民生保障与能源稳定。本文通过剖析迁改过程中设备损伤、网络拓扑变化及电磁干扰等直接风险,以及继电保护失效、负荷失衡等间接隐患,提出构建风险评估体系、强化标准化作业、应用智能监测技术等对策。未来需持续深化数字孪生、模块化变电站等技术创新,完善全流程安全管控机制,以实现电力迁改工程经济效益与电网安全运行的双重目标,为新型电力系统建设提供坚实保障。

#### 参考文献

- [1]黄富勇.高压电力线路迁改探讨与分析[J].百科论坛电子杂志,2020,(04):43-45.
- [2]李景华,化晨冰,张立欣,等.电力迁改工程项目管理系统的设计与实现[J].电子技术与软件工程,2022,(08):140-141.
- [3]尹鑫.电力线路迁改对区域经济发展的影响评估[J].电力系统及自动化,2025,(07):78-79.
- [4]李飞.电力迁改对电网安全运行的影响与对策[J].建筑理论,2025,(05):62-63.