

主变电站扩建工程设备改造阶段的安全风险识别管理研究

黄祖贤

4401811994****1815

摘要: 随着电力系统规模的不断扩大和智能化水平的持续提升,主变电站扩建工程已成为电网建设的重要组成部分。本研究聚焦于主变电站扩建工程设备改造阶段的安全风险识别与管理问题,通过系统分析方法,深入剖析了设备改造过程中存在的各类安全风险因素及其形成机理。研究首先构建了主变电站扩建工程设备改造阶段的风险识别体系,将风险划分为设备风险、人员风险、管理风险和环境风险四大类;其次提出了基于过程管理的风险管控模型,强调对改造全过程的动态监控;最后从技术措施、管理措施和应急措施三个维度,提出了针对性的风险防控对策。希望本文研究成果能够对提升主变电站扩建工程安全管理水平以及保障电力系统稳定运行带来一定的参考作用。

关键词: 主变电站; 扩建工程; 设备改造; 安全风险; 风险管理; 过程控制

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 028

引言

近年来,随着国民经济的快速发展和城市化进程的加速推进,电力需求呈现持续增长态势。为适应这一变化,我国电网企业不断加大电网建设与改造力度,其中主变电站扩建工程作为连接不同电压等级电网的关键节点,其建设规模和技术复杂度都在不断提升。在变电站改扩建过程中,设备改造阶段往往面临着新旧系统并存、运行与施工交叉、技术更新换代等复杂情况,使得安全风险因素显著增加。

因此,深入研究主变电站扩建工程设备改造阶段的安全风险识别与管理,建立科学有效的风险防控体系,对于保障电力建设安全、提高电网运行可靠性具有重要的现实意义。

1 主变电站扩建工程设备改造阶段的风险识别

1.1 设备改造阶段的主要工作内容

主变电站扩建工程中的设备改造阶段通常包括以下几个关键环节:首先是原有设备的评估与拆除,需要对拟改造设备的运行状态进行全面检测,评估其剩余寿命和技术性能,制定科学的拆除方案;其次是新设备的安装与调试,包括微机保护装置、智能断路器、综合自动化系统等先进设备的就位、接线和参数设置;再次是新旧系统的切换与并网,这是风险最为集中的环节,需要协调停电计划、确保过渡期间的供电可靠性;最后是改造后的测试与验收,验证设备性能是否达到设计要求,系统功能是否完整实现。

1.2 风险识别的方法与流程

本研究采用系统分析方法进行风险识别,将主变电站设备改造工程视为一个复杂系统,从整体出发分析系统各组成部分之间的相互作用和影响关系。具体识别过程遵循以下步骤:首先,收集和分析历史数据,包括同类工程的事故案例、故障记录、经验反馈等;其次,组织专家访谈和现场调研,邀请设计、施工、运行各环节的专业人员共同参与风险辨识;再次,运用工作分解结构(WBS)方法,将设备改造全过程分解为若干具体活动,逐一分析每项活动可能存在的风险;最后,对识别出的风险进行归类整理,建立风险清单。

通过系统分析发现,主变电站设备改造阶段的风险可分为四个主要类别:一是设备风险,包括设备缺陷、性能不匹配、接口不兼容等问题;二是人员风险,如操作失误、技能不足、违章作业等;三是管理风险,包括计划安排不当、协调沟通不畅、监督不到位等;四是环境风险,如天气条件、场地限制、电磁干扰等。这些风险因素相互交织、相互影响,共同构成了设备改造阶段的风险谱系^[1]。

2 设备改造阶段的主要风险因素分析

2.1 设备层面的风险因素

设备改造过程中,设备层面的风险主要表现为新旧设备技术差异导致的兼容性问题。随着变电站综合自动化技术的飞速发展,传统的电磁型保护装置和断路器正逐渐被微机保护和智能设备所取代。这种技术更新虽然

提升了系统性能,但也带来了新旧系统过渡期间的匹配问题。例如,在改造过程中临时保留的部分旧设备可能无法与新增的智能设备实现有效通信,导致保护功能失效;又如,不同厂家生产的设备虽然符合技术标准,但在具体实现上可能存在细微差异,这些差异累积起来可能影响系统整体性能。

设备质量风险也不容忽视。部分新设备在出厂时可能存在隐性缺陷,这些缺陷在常规验收测试中难以发现,但在长期运行或特殊工况下可能引发故障。此外,设备安装过程中的工艺问题,如接线错误、接地不良、绝缘损坏等,也是导致后期运行事故的重要原因。特别是在工期紧张的情况下,施工人员可能为赶进度而忽视质量要求,埋下安全隐患。

2.2 人员与管理层面的风险因素

人员因素是设备改造安全事故的主要原因之一。运行与建设双方交叉作业时,由于对对方的管理流程和要求不熟悉,容易产生沟通不畅、配合失误等问题。调查显示,近40%的设备改造事故与人员操作失误有关,这些失误包括误操作设备、错接线路、误整定参数等。特别是在高压设备改造过程中,一个小小的操作错误就可能引发严重的电弧事故,造成人员伤亡和设备损坏。

管理层面的风险主要表现为责任划分不清、监督机制不完善、应急预案不充分等。在变电站改扩建工程中,往往存在多个单位同时作业的情况,如果管理界面划分不明确,就容易出现“三不管”地带,形成安全隐患。此外,部分工程管理者过于依赖经验,忽视风险的系统评估和预防,导致一些常见风险反复发生。还有的工程缺乏有效的动态监控机制,难以及时发现和纠正现场的安全隐患^[2]。

3 设备改造阶段安全风险管控体系构建

3.1 基于过程管理的风险管控模型

针对主变电站设备改造阶段的安全风险管理,本研究提出了基于过程管理的管控模型。该模型将设备改造全过程划分为前期准备、施工实施、调试投运三个阶段,每个阶段又细分为若干关键环节,通过识别各环节的风险点,制定针对性的控制措施。过程管理的核心是对改造全过程的各个环节、要素和程序进行有机整合和动态调控,确保所有影响质量和安全的因素始终处于受控状态。

在前期准备阶段,重点控制设计风险和设备采购风险。设计方面,要求设计单位充分了解现场条件,考虑改造过程中的各种边界条件,避免设计方案脱离实际;设备采购方面,应建立严格的供应商评估机制,确保设备质量可靠、技术先进。在施工实施阶段,重点控制现场作业风险和交叉作业风险。通过设置规范的物理隔离标志和安全警示标识,明确划分作业区域,防止无关人员进入危险区域;通过建立每日站班会制度,加强各作业队伍之间的沟通协调。在调试投运阶段,重点控制系统风险和保护误动风险。制定详细的测试方案,逐项验证设备功能;设置足够的过渡措施,确保新旧系统平稳切换。

3.2 风险管控的组织与实施

有效的风险管控需要建立完善的组织体系。建议成立由建设单位牵头,设计、施工、监理、运行等单位共同参与的风险管理小组,明确各方职责和接口关系。推行“负责人制”,每一项风险控制措施都要落实到具体责任人,确保事事有人管、人人有专责。同时,建立风险管控的考核激励机制,将安全绩效与个人和团队的奖惩挂钩,提高全员风险防控的积极性和主动性。

风险管控的实施需要依靠系统化的方法和工具。在风险识别环节,可采用故障模式与影响分析(FMEA)方法,系统梳理设备改造过程中可能的故障模式及其后果;在风险评估环节,可采用风险矩阵法,从发生概率和影响程度两个维度对风险进行分级;在风险控制环节,应按照“消除、替代、隔离、控制、防护”的优先顺序,选择最有效的控制措施。此外,还应建立风险管理信息系统,实现风险数据的实时采集、分析和共享,为管理决策提供支持^[3]。

4 设备改造阶段安全风险防控对策

4.1 技术防控措施

技术措施是防范设备改造安全风险的第一道防线。在设备选型方面,应优先选择技术成熟、可靠性高的产品,避免使用未经充分验证的新技术;对于关键设备,可考虑采用冗余配置,提高系统容错能力。在安装调试方面,应制定详细的工艺标准和质量控制点,确保安装质量;对于复杂系统,可采用分步调试的方法,先单体调试再系统联调,降低调试风险。

针对新旧系统过渡期间的风险,可采取以下技术措

施：一是设置临时保护措施，在新系统未完全投运前，保留必要的旧保护作为后备；二是采用分段改造策略，将整个改造过程分为若干相对独立的阶段，每个阶段完成并验证后再进入下一阶段，降低整体风险；三是加强过渡期间的监测和诊断，运用在线监测技术实时掌握设备状态，及时发现异常情况。

4.2 管理防控措施

管理措施是技术措施的重要补充和保障。首先，应建立健全安全管理制度体系，包括安全生产责任制、安全教育培训制度、安全检查制度、事故应急预案等，为风险管控提供制度依据。其次，加强现场作业管理，严格执行工作票制度，落实停电、验电、接地等基本安全措施；对于高风险作业，如高压试验、继电保护传动等，实行“双监护”制度，确保操作安全。

针对运行与建设交叉作业带来的管理空白问题，可采取以下措施：一是明确管理界面，通过签订安全协议等方式，界定各方责任范围；二是建立协调机制，定期召开协调会，及时解决交叉作业中出现的问题；三是实施统一管理，由建设单位对现场所有作业活动进行统筹协调，避免各自为政。

4.3 应急管理措施

完善的应急管理体系是风险管控的最后防线。应根据设备改造特点，编制针对性的应急预案，重点考虑触电、电弧烧伤、设备爆炸等典型事故的应急处置。预案应明确应急组织体系、信息报告流程、现场处置方案和后期处置程序，确保可操作性。同时，配备必要的应急物资和设备，如绝缘工器具、急救药品、消防器材等，并定期检查维护，保证随时可用^[4]。

应急演练是检验预案有效性的重要手段。在设备改造前，应组织相关人员进行桌面推演和实战演练，熟悉应急流程和处置方法；在改造过程中，可结合进度安排开展专项演练，如消防演练、急救演练等，提高实战能力。此外，还应建立与当地医疗、消防等专业机构的联动机制，确保在发生严重事故时能够获得专业支援。

5 结论与展望

5.1 主要研究结论

本研究通过对主变电站扩建工程设备改造阶段安全风险识别与管理的系统研究，得出以下主要结论：

第一，设备改造阶段是主变电站扩建工程风险最为集中的环节，其风险因素可归纳为设备风险、人员风险、管理风险和环境风险四大类，各类风险相互关联、相互影响，需要进行系统分析和综合治理。

第二，基于过程管理的风险管控模型能够有效应对设备改造阶段的复杂风险，通过将改造全过程划分为若干阶段和环节，实施精细化管理，可以确保各项风险控制措施落实到位。

第三，技术措施、管理措施和应急措施三位一体的风险防控体系是保障设备改造安全的有效途径。其中，技术措施是基础，管理措施是保障，应急措施是补充，三者缺一不可。

5.2 未来研究展望

尽管本研究取得了一定成果，但仍有若干问题需要进一步探讨：

首先，随着智能电网建设的深入推进，变电站设备改造将面临更多新技术、新设备的应用，如数字孪生、人工智能等，这些新技术带来的新型风险需要持续关注和研究。

其次，风险量化评估是当前研究的薄弱环节，未来可探索建立更加精确的风险评估模型，实现风险等级的量化计算，为风险管理决策提供更科学的依据。

再次，风险管理信息化、智能化水平有待提高。可研究开发基于大数据和人工智能的风险预警系统，实现对设备改造风险的实时监测和智能预警。

最后，风险管理标准化建设需要加强。可研究制定主变电站设备改造风险管理的标准流程和规范，形成可复制、可推广的管理模式，提升行业整体风险管理水平。

参考文献

- [1] 李瑞. 750kV 白银变电站主变扩建工程中的安全风险研究[J]. 甘肃科技, 2023, 39(14): 10-13+59.
- [2] 国网河南超高压公司变电运检部. 安全为基，绿色为魂。圣临变电站扩建工程为绿色能源注入新动力[J]. 电力设备管理, 2025(04): 22-23.
- [3] 陈德志. 35kV 变电站扩建工程中的危险点及控制方法[J]. 技术与市场, 2012, 19(09): 102-103.
- [4] 佚名. 变电站改扩建施工风险与安全管理策略[J]. 电力设备管理, 2020(05): 130-131.