

# 变电站智能化改造对电力系统效率与安全性的提升探讨

杨晓光, 季昕雨

(上海久隆电力(集团)有限公司, 上海 200023)

**摘要** 随着全球能源结构的转型和电力需求的不断增长, 电力系统的稳定运行和高效管理变得尤为重要。变电站作为电力系统中的关键节点, 其智能化改造对于提升整个电力系统的效率与安全性具有决定性作用。智能化变电站通过集成先进的信息通信技术、自动化控制技术以及大数据分析技术, 实现了对电力系统运行状态的实时监控、故障预测和智能决策, 从而极大地提高了电力系统的运行效率和可靠性。

**关键词** 变电站; 智能化改造; 电力系统; 效率; 安全性

中图分类号: TM63

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0028-03

在传统变电站中, 信息孤岛现象普遍存在, 数据共享和处理效率低下, 不仅影响了电力系统的运行效率, 也增加了系统故障的风险。智能化改造通过建立统一的信息平台, 实现了数据的集中管理和分析, 使得运行人员能够及时准确地掌握变电站的运行状态, 对潜在的故障进行预警和处理, 从而有效避免了大规模停电事故的发生。随着风能、太阳能等可再生能源的广泛应用, 电力系统面临着更加复杂的调度和控制挑战。智能化变电站能够通过智能调度系统, 优化各种能源的分配和使用, 确保电力供应的稳定性和经济性。

## 1 变电站智能化改造原则

### 1.1 一体化设计管理原则

构建一体化监控管理体系是变电站智能化改造的重要方向。传统变电站的应用运行模式较为分散, 难以实现高效的管理与控制。通过积极构建一体化监控管理体系, 能够对传统模式进行集中升级, 从而有力地推动智能化改造目标的实现。站控层在变电站中起着至关重要的作用, 需建立标准化应用优化模式。标准化的应用优化模式能够实现对站控层的统筹管理, 提高管理效率和精度。在具体实施过程中, 应注重对各类设备和系统的整合与协调, 确保信息的流畅传递和共享<sup>[1]</sup>。

### 1.2 通用性原则

在变电站智能化改造中, 继电保护和测控装置的选用至关重要。严格落实通用型管理机制, 能够确保装置的兼容性和可扩展性。依据常规采样、常规跳闸等处理方式, 能够维持装置的实时性交互管理, 保证

在各种情况下都能快速、准确地响应。合理的电缆接线方式能够提高系统的可靠性和稳定性, 减少故障发生的概率。在选择电缆接线方式时, 应充分考虑系统的实际需求和未来发展趋势, 确保接线方式的灵活性和可扩展性。为了实现通用性原则, 还需加强对装置的标准化化管理。制定统一的技术标准和规范, 确保不同厂家生产的装置能够相互兼容和配合。

## 2 变电站智能化改造对电力系统效率与安全性的提升的意义

智能化改造通过引入先进的自动化设备和信息化管理系统, 可以实现对变电站运行状态的实时监控和智能控制。例如, 通过智能化监控设施, 可以实时监控配电柜、变压器等关键设备的关键参数及运行状态, 从而实现对故障的有效预防。此外, 智能化设备具备强大的数据采集、处理及智能分析能力, 能够实时洞察潜在风险, 并在异常情况下迅速启动应急响应机制, 确保供电系统的稳定与安全。这些技术的应用显著提高了变电站的运行效率和供电可靠性。智能化改造还能够增强电力系统的安全性。智能化变电站的集成化系统设计作为现代电力技术的重要里程碑, 深刻诠释了“智慧”二字的内涵。通过全面感知设备状态, 实现从物理世界到数字孪生的精准映射, 确保了信息的实时互联共享, 为电力系统编织了一张高效、透明的信息网。北元集团与深圳供电局的案例, 正是这一理念的成功实践。北元集团变电站的智能化升级, 不仅优化了电力传输效率, 更构筑了安全屏障, 彰显了智能化在提升系统稳定性和可靠性方面的巨大潜力。而

深圳供电局的 500 kV 鹏城变电站改造，则进一步将智能化推向极致，一键操作、一体决策，极大地提升了运维的便捷性与决策的精准度，为电力行业树立了智能化运维的新标杆。

### 3 变电站智能化改造提高电力系统效率与安全性的要点

#### 3.1 新老直流系统过渡割接方案

在智能变电站中，一体化直流系统是确保电力设备稳定运行的关键。它不仅为保护、控制、信号和自动化设备提供动力，还是通信系统和紧急照明等设施的能源保障。随着技术的发展，新一代直流系统在效率、可靠性和智能化方面都有显著提升。然而，新老系统的过渡割接是一个技术上复杂的过程，需要确保在割接期间电力供应的连续性和系统的安全性，同时还要最小化对电网运行的影响<sup>[2]</sup>。

在 A 变电站直流系统改造的复杂场景中，核心挑战在于实现新旧系统间的无缝衔接与平稳过渡，针对旧蓄电池组的移位控制，我们采取了精细化操作策略，通过精密规划每一步骤，包括安装临时并列闸刀作为关键缓冲，确保在蓄电池迁移的每一个瞬间，系统供电的连续性与稳定性均得到严格保障。这一创新举措不仅维护了蓄电池组的独立供电能力，还显著降低了直流系统失电的风险，体现了我们在应对技术挑战时的深思熟虑与前瞻视野。新直流总屏与分屏的安装，以及新蓄电池组的部署，均遵循了高标准的建设流程，确保新系统从硬件到软件的全面优化与集成。在负荷逐步转接至新直流分屏的过程中，我们严格遵循间隔

设备停电改造的规范要求，通过精细化管理与实时监控，确保了割接过程的平滑与安全。这一系列精心设计的步骤，不仅提升了变电站的运行效率，还显著增强了其安全性能，为电力系统的稳定运行提供了坚实的保障<sup>[3]</sup>。具体移位方案如图 1 所示。

#### 3.2 新老监控过渡接口

在电力系统智能化升级的背景下，A 变电站的监控系统需要进行不停电改造，这一过程不仅要求高精度和安全性，还必须确保改造期间电力供应的连续性。新老监控系统的过渡，尤其是“三遥”（遥测、遥信、遥控）功能的应用，是这一过程中的一大挑战。若处理不当，可能会导致设备误操作或信息丢失，影响系统稳定性和安全性。在不停电改造方案中，通过“三遥”功能的核对与应用，可以确保新旧系统间的平稳过渡。然而，这一过程涉及的核对与切换工作复杂，需要运维人员具备高度的专业知识和经验。任何操作上的疏忽都可能导致设备误跳，尤其是在新旧系统并行工作时，信息的准确传输和处理变得至关重要。改造周期的预估为 2 到 3 个月，此期间需持续监控与调整，确保改造的顺利进行。在改造过程中，新旧系统的闭锁逻辑完整性是另一大挑战<sup>[4]</sup>。由于改造系统与未改造系统采用不同的通信规约，二者之间的通信兼容性问题导致信息传输不畅，严重时甚至影响到系统的闭锁逻辑。这不仅增加了系统运维的复杂度，还可能引发安全风险，解决这一问题的关键在于建立有效的通信桥梁，确保数据的无缝传输。

通过在新监控系统中安装虚拟测控单元，可以模拟实体测控设备的功能，对改造后的设备进行实时监

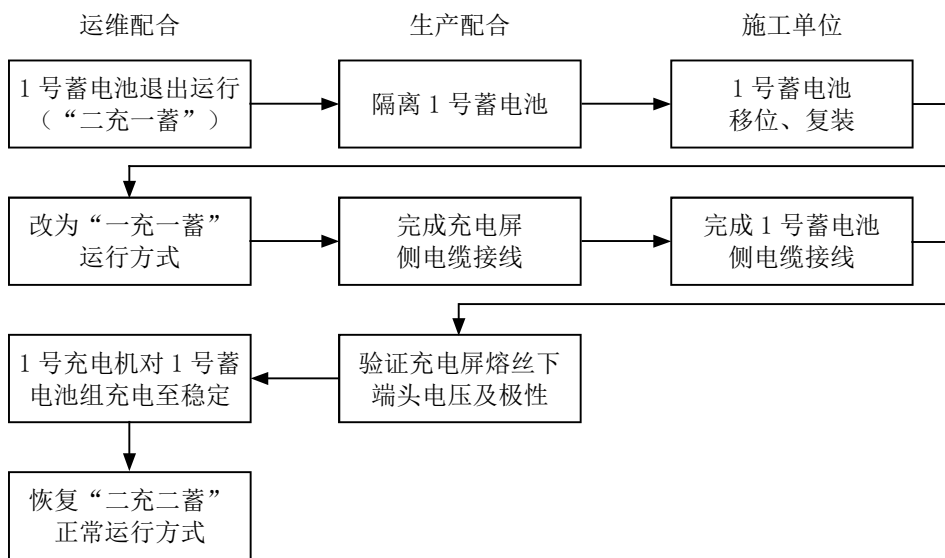


图 1 移位方案

控,而不影响未改造设备的正常运行。虚拟测控平台通过网线连接,能准确捕捉并解析运动机发送的遥测和遥信报文,实时监控间隔开关、闸刀以及地刀的位置状态,保障了数据的连续性和准确性。改造实施前,对所有操作进行细致规划,包括设备的核对、切换、闭锁逻辑的调整等,同时进行风险评估,确保每一步操作都在可控范围内。

### 3.3 母差保护改造方案

在变电站智能化改造的进程中,母差保护系统的升级是一项关键任务。面对变电站内复杂的接线结构和运行需求,母差保护的改造方案需精心设计,以确保系统的稳定性和安全性。在主变500 kV母差保护改造中,采用母线停电的方式进行改造<sup>[5]</sup>。该方式一次性完成改造,最大程度地减少了因停电造成的不良影响,确保了改造过程的高效性。通过详细的前期规划和精确的施工操作,该方案在确保电力供应连续性的前提下,实现了母差保护系统性能的提升。轮停改造方案在双母分段结构的母差保护改造中应用广泛。以本工程项目为例,变电站母差保护的双重化改造是提升系统可靠性的关键举措。改造前,单一REB103装置承载的母差保护存在单点故障风险。通过实施双重化控制机制,我们有效分散了风险点。两轮停电策略精心布局,首轮聚焦于间隔保护升级,强化回路监管,确保改造精准高效,并增设临时判别装置,为母差保护平稳过渡保驾护航。次轮停电则致力于新母差保护系统的全面优化,彻底清除老旧保护回路与过渡装置,确保第二套保护装置的无缝接入与稳定运行。这一系列改造不仅增强了母差保护的冗余性,还大幅提升了变电站应对突发状况的能力,为电网安全稳定运行筑起了更加坚固的防线<sup>[6]</sup>。

在改造过程中,精细化施工是保证改造质量的关键,需对每一环节进行详细规划和操作,确保改造方案的实施效果。同时,风险控制贯穿改造全过程,通过风险评估和应急措施,有效预防和处理可能的意外情况。在母差保护改造过程中,确保新旧系统之间的兼容性是至关重要的。通过增设临时判别装置和过渡装置,实现新旧系统之间的平稳过渡,确保改造后系统的稳定运行。在改造过程中,安全始终是首要原则。同时,通过合理安排停电时间,确保电力供应的连续性,减少对用户的影响。

### 3.4 改造警告系统

在当前的常规变电站中,警告方式存在着明显的局限性。其采用的是一种静态警告模式,未能对设备

故障进行深入分析,无法迅速呈现有效信息,且警告方式单一。为了实现智能化警告,必须针对不同设备的不同故障采取相应的警告方式,因为不同故障之间的关联性决定了所采用的警告方式存在差异<sup>[7]</sup>。从监控功能方面来看,在监控系统上搭载警告系统和分析系统具有重要意义。这样的组合可以对不同故障及其关联性进行分类整理。当接收到各种信号时,能够根据信号的差异作出相应的报警,进而推理出变电站的运行情况,并对其中的异常问题进行分析。一旦发现异常,就会发出警告,此时主站负责提供解决方案。而且,根据故障程度的不同,所采用的警告程度也应有所区别。对于智能变电站而言,信号的重要程度通过故障的重要程度来体现。同时,对警告信息的重要程度进行分级,通过辅助分析和推理来深入分析警告事件及其原因,并给出相应的解决方案。例如,对于一些轻微的故障,可以发出较低级别的警告,提醒工作人员进行关注和检查;而对于严重的故障,则发出高级别的警告,要求工作人员立即采取紧急措施进行处理<sup>[8]</sup>。

## 4 结束语

变电站的智能化改造是电力系统现代化发展的必然趋势。通过智能化技术的应用,变电站不仅能够提高自身的运行效率和可靠性,还能为整个电力系统的稳定和安全提供有力支撑。

## 参考文献:

- [1] 宋强强.基于深度学习的变电站高压开关设备智能化改造研究[J].电气技术与经济,2024(07):7-9.
- [2] 何坤龙,朱榜超.220kV变电站SF<sub>6</sub>密度监测智能化改造施工方案[J].电工技术,2024(10):96-99,104.
- [3] 周泽文,李世龙,姚军伟,等.代县矿业110kV老式变电站智能化改造及实践[J].现代矿业,2024,40(05):204-207,212.
- [4] 符大利,齐延辉,潘博.AR智慧运维对黄陵矿区变电站的智能化改造[J].智能矿山,2024,05(04):67-72.
- [5] 施心源,叶晖,成冰洁.提升110kV智能化变电站改造可靠性的技术措施[J].电气技术与经济,2023(05):213-215.
- [6] 陶可鹏,倪惠浩,何雄辉.变电站高压室断路器智能化改造研究与应用[J].机电信息,2020(06):51-52.
- [7] 杜锐君.中韩石化智能化改造深化应用研究:智能机器人巡检技术在炼油公用工程总变电站的应用[J].中国信息化,2023(01):77-78.
- [8] 张培新,黄璐璐,吕亮亮,等.常规变电站智能化技术改造方案分析[J].造纸装备及材料,2022,51(10):97-99.