

白涧铁矿变电站选型及后续产业升级变电站升级扩容研究

刘 鹏

冀中能源股份有限公司 河北 邢台 054000

摘 要：白涧铁矿供电系统运行稳定程度直接影响矿区连续生产的推进节奏，变电站作为供电系统的枢纽，设备选型与后期扩容设计至关重要。本文围绕白涧铁矿变电站运行特征与设备构成展开分析，梳理供电负荷波动特性与设备选型设计要点，指出产业升级背景下变配电设备在容量适配、负荷匹配、设备性能及架构拓展等方面存在的突出问题。在此基础上，从主变压器扩容、高压配电升级、保护控制优化及供电架构重构等维度提出升级扩容方案，为白涧铁矿变电站适配产业升级提供技术参考。

关键词：白涧铁矿变电站；设备选型；升级扩容；产业升级；供电架构

引言：白涧铁矿生产具备高强度、连续性的作业特征，特别是排水用电不能间断。供电系统需要维持长时段稳定输出，对变电站设备的承载能力与环境耐受性提出严苛要求。后续产业升级、产业园建设推进过程中，矿石筛选、金属冶炼等附加产能增加，新型设备接入使供电体系不得不面临容量不足、配置错位、架构固化等多重适配困境。围绕白涧铁矿变电站前期选型逻辑与后期升级扩容路径展开系统性探究，对保障矿山电力供给的长效稳定具有现实意义。

1 白涧铁矿变电站运行特性与适配工况分析

1.1 白涧铁矿生产供电运行特点

白涧铁矿开采与矿石加工行业具备典型的连续化工业生产属性，生产流程几乎不存在长时间停机间隙，电力供给需要保持长效连续输出状态。矿山生产场地多处于半封闭户外环境和井下环境，粉尘堆积、空气湿度变化以及机械振动等环境因素，都会持续作用于电力设备本体与线路结构。井上、下大型采掘输送装置、破碎筛分设备会根据生产节奏频繁切换运行状态，引发电网负荷出现持续性浮动变化^[1]。电网运行需要具备良好的抗扰动性能，有效缓冲负荷波动带来的电气参数偏移。供电体系整体运行模式需要深度贴合矿山不间断生产节奏，最大限度弱化供电波动对生产流程造成的不良影响，维持工业生产体系的平稳运转。

1.2 白涧铁矿变电站核心设备组成

白涧铁矿变电站需依托多类型电力设备协同配合，构建完整的电能变换、输送与防护体系，支撑矿区整体用电需求。主变压器承担电压等级转换的核心职能，将外网高压电能调整至适配矿山生产设备的电压区间，搭

建电能输送的基础条件。高压开关装置管控各级输电线路的通断状态，完成线路切换、隔离管控等基础操作，保障输电链路运行秩序。继电保护装置实时监测电网运行工况，快速识别线路异常运行状态，阻断故障范围扩散，维护整体电网安全稳定。

1.3 白涧铁矿生产用电负荷特性

白涧铁矿生产环节主要是各类大功率工业设备开展作业，特别是排水系统，整体用电体量维持在较高水平。采掘提升、物料输送、矿石加工等核心工序设备长期保持持续运转状态，构成电网稳定的基础用电负荷。生产过程中的产能调整、设备启停与工序切换，会造成用电功率产生动态起伏，让整体用电负荷呈现明显的波动特征。多工序并行作业的生产模式会叠加用电负荷，让电网长期处于高位承载状态。负荷动态变化的运行特征，对变电站容量储备能力与电网自主调节水平提出更高的技术标准。

1.4 变电站工况适配运行要求

矿山特殊的生产环境与复杂的用电模式，对变电站整体运行品质提出专属的适配标准。电力系统运行过程中需要维持电压、功率等关键电气参数的稳定状态，缓解负荷波动引发的电网震荡问题。站内所有电力设备需要具备优异的环境耐受性能，抵御粉尘潮湿等外界环境因素带来的不良影响，压低设备故障发生概率。变电系统设计与运行管控需要预留充足的负荷余量，适配生产工况调整与产能升级带来的用电增量变化。站内调控体系需要具备充足的灵活适配空间，贴合矿山连续化生产与动态化工况调整的运行模式，稳固矿区电力供给的安全基础。

2 白涧铁矿变电站设备选型设计

2.1 主变压器选型设计

主变压器是白涧铁矿变电站实现电压变换与电力调配的核心设备,选型工作直接决定整体供电体系的承载能力与运行质量^[2]。选型设计需要结合白涧铁矿生产基础用电体量与负荷波动规律,合理规划设备承载容量,适配生产全周期的用电需求。结合矿区复杂的现场环境条件,优先选用具备较强防尘防潮与抗振动性能的设备类型,适配矿山恶劣作业场景。兼顾生产远期发展的用电增量需求,预留合理的容量冗余空间,规避设备频繁更替带来的资源损耗。结合电网电压波动特征匹配适配的调压结构,保障供电参数始终维持在合理区间,夯实矿区稳定供电的设备基础。

2.2 高压开关设备选型设计

高压开关设备承担电网通断控制与线路隔离的关键职能,是保障变电系统安全运行的重要组成部分。选型设计需要匹配矿区高压输电等级与负荷运行特征,保障设备额定参数适配日常输电工作。结合白涧铁矿负荷动态波动的运行特点,选用具备优良灭弧性能与通断性能的设备,降低频繁负荷变动引发的设备损耗。考量矿区密闭多尘的作业环境,选择防护等级较高的开关设备,减少粉尘堆积与环境湿度对设备运行状态的干扰。依托站内整体布局规划设备型式,适配站内空间布设条件,保障设备操作与运维工作的便捷开展。

2.3 保护与配电装置选型设计

保护与配电装置负责电网故障监测、线路防护与电力合理分配,维系变电站运行的安全性与有序性。保护装置选型需要贴合白涧铁矿电网负荷波动大、工况复杂的运行特点,精准适配各类电网异常工况的防护需求。依托矿山供电稳定运行标准,匹配具备灵敏动作性能的装置设备,快速响应线路故障状态,实现故障区域的有效隔离。

2.4 辅助供电设备选型设计

辅助供电设备为变电站二次系统、运维配套设施提供电力支撑,保障主变电设备与调控系统正常运转。选型设计需要围绕站内日常运行、设备调控与应急保障的多重需求展开,构建稳定的辅助供电体系。结合矿区不间断生产的特点,选用具备持续运行能力的辅助设备,避免辅助供电中断影响主网运行状态。考量设备安装空间与运行环境约束,匹配结构适配、运行稳定的设备型号,弱化环境因素对辅助供电链路的干扰。合理规划设备容量与输出参数,贴合站内配套设施用电规律,完善变电站整体供电架构的完整性与稳定性。

3 后续产业升级变电站适配问题

3.1 变电设备容量在后续产业升级肯定会适配不足

白涧铁矿后续产业升级以及可能扩建工业园区的过程中,生产产能肯定会持续提升,各类生产设备的投入规模逐步扩大,整体用电体量出现明显增长。早期建设的变电设备依据过往生产负荷标准设定容量参数,预留的负荷余量仅能适配传统常规生产模式^[3]。产业园的形成,生产系统和规模的不断扩大势必会引起用电量持续增加。变压器容量的原始设计上限无法承接产业升级后的新增用电需求,供电储备空间就会出现明显缺口。容量层面的适配短板会让供电系统难以应对用电负荷的动态增长,容易引发供电参数波动,制约矿山生产规模化升级的推进节奏。

3.2 设备配置与新增生产负荷不匹配

产业升级会增加和更新矿山生产设备体系,新型采掘、输送与深加工设备的用电模式与传统设备存在明显差别。新增生产设备具备单台耗能高、负荷波动幅度大的运行特点,对供电稳定性与功率承载能力提出更高标准。原有变电设备的配置模式贴合传统低速、稳定的用电工况,功率调节范围与负荷响应速度难以适配新型设备运行需求。站内配电结构与保护参数按照原有负荷特性设定,无法适配新增负荷的运行规律。设备配置与新型用电工况的错位问题,会让供电系统与生产体系难以形成良好适配状态。

3.3 老旧设备运行适配能力不足

部分投运时间较久的变电设备长期处于矿山复杂环境中运行,整体运行性能出现不同程度衰减。设备内部结构出现常规老化损耗,耐受负荷冲击与电压波动的性能持续下降。产业升级后的高强度、高波动用电工况,会加剧老旧设备的运行负担,提升故障出现的概率。老旧设备的设计工艺与技术标准相对滞后,缺少适配新型用电场景的调控性能,难以应对现代化生产的动态用电需求。性能衰减与技术滞后的双重问题,大幅削弱变电设备对升级后生产工况的适配水平。

3.4 现有供电架构拓展能力不足

传统变电站供电架构按照固定生产规模规划设计,整体布局与结构模式偏向封闭式运行。站内设备排布紧凑,预留的设备加装与线路拓展空间较为有限。电网层级结构与线路布设方式适配传统单一的生产模式,难以支撑多区域、多工序的扩容用电需求。供电架构的调控模式较为固化,负荷分配与线路调度的灵活度较低,无法适配产业升级后多元化的用电布局。结构拓展与调度灵活度的双重短板,限制变电站整体性能的升级空间,

难以匹配白涧铁矿长期产能升级的发展需求。

4 适配产业升级的变电站升级扩容方案

4.1 主变压器扩容与替换改造

主变压器作为变电系统容量承载的核心设备,性能升级是适配白涧铁矿产业产能提升的基础举措。结合白涧铁矿产业升级后的整体用电增量趋势,重新核算矿区全域用电负荷体量,精准界定主变设备的容量升级标准。针对原有设备容量储备不足、满载运行频次过高的问题,采用容量扩容或设备整体替换的改造方式优化基础供电能力^[4]。改造过程结合矿区远期产能发展规划,合理预留负荷冗余空间,满足后续生产规模拓展带来的用电增长需求。针对老旧设备性能衰减、工况适配性偏弱的问题,更替技术工艺更为先进的主变设备,提升电压调节精度与负荷耐受上限。优化主变设备调压运行模式,强化电网面对负荷波动的适配能力,削弱新型生产设备启停作业带来的电网参数波动,维持变电环节运行稳定。

4.2 高压配电系统升级改造

高压配电系统承担电力输送与线路管控的核心职能,系统性能优化可以有效匹配升级后的生产用电工况。针对原有高压设备配置滞后、负荷响应性能偏弱的问题,开展高压开关设备与配电单元的迭代升级工作。更换防护等级与运行性能更优的高压配电设备,适配矿区多尘潮湿的复杂运行环境,降低设备故障发生频次。结合新增生产负荷的波动特征,优化高压配电的功率承载范围与线路通断性能,提升系统应对大幅负荷变动的适应能力。梳理原有高压线路布设结构,规整老旧线路的敷设形式,替换老化线路构件,消除线路传输过程中的功率损耗与运行隐患。依托升级后的产能布局调整配电分区模式,优化电力输送路径,让高压配电体系适配全域生产用电的分布特征。

4.3 继电保护及控制系统优化升级

继电保护与控制系统决定变电站运行的安全性与调控精准度,需要结合产业升级后的用电工况完成迭代优化。更新传统继电保护装置,优化故障识别与动作响应机制,适配新型用电负荷的运行规律与故障特征。调整保护系统的动作定值与防护逻辑,贴合扩容后电网的参数变化,提升电网异常状态的识别精度与隔离效率。升级站内自动化控制体系,提升电网数据采集、运行监测与状态调控的精细化水平,实现变电运行状态的动态管控。优化控制系统与现场生产设备的联动适配能力,贴

合现代化白涧铁矿生产的智能调控需求,改善传统控制模式固化、响应滞后的短板。完善二次系统整体架构,消除新旧设备运行适配矛盾,保障保护与控制体系全程稳定运行。

4.4 变电站整体供电架构扩容优化

变电站整体供电架构的系统性优化,能够从根源解决原有电网拓展能力不足、用电适配性偏弱的问题。结合矿区产业升级后的生产布局与用电分布特征,重新规划站内供电层级结构,打破传统封闭式的电网运行模式。梳理站内设备布设空间,合理拓展设备安装与线路敷设区域,优化站内设备排布格局,提升电网结构的拓展潜力。调整原有负荷分配模式,建立更为灵活的电力调度机制,适配多区域、多工序并行生产的用电需求。优化外网输电线路衔接结构,完善供电链路的整体布局,提升电网整体的输电效率与负荷承载上限^[5]。通过全方位的架构优化,提升变电站供电体系的通用性与拓展性,贴合白涧铁矿产业长期升级发展的用电保障需求,构建适配现代化矿山生产的稳定供电体系。

结束语

白涧铁矿变电站选型与升级扩容是一项贯穿矿山生产全周期的系统工程。前期设备选型奠定供电运行的基础框架,后期扩容改造则承接产业升级带来的用电需求变化。容量适配不足、设备配置错位、老旧性能衰减与架构拓展受限等问题相互交织,构成当前变电站运行的主要适配障碍。主变压器扩容替换、高压配电迭代、保护控制升级及供电架构重构等方案,从单点设备优化到整体系统调整形成了完整的扩容技术路径,能够有效消解供电体系与升级后生产工况之间的适配矛盾,支撑矿山电力供给的持续稳定。

参考文献

- [1]张中丹,皮霞,杨德州,等.电池储能电站替代变电站升级的优化决策配置方法[J].电力建设,2023,44(7):41-49.
- [2]廖子渐.变电站一次设备状态监测智慧化升级与数据融合技术探索[J].消费电子,2026(9):161-163.
- [3]刘斌.变电站设备的智能化改造与升级策略研究[J].中国设备工程,2025(20):31-33.
- [4]陈文昊.城市轨道交通主变电站信号集中控制设备升级改造[J].城市轨道交通研究,2024,27(3):193-195,201.
- [5]郭志.地铁牵引变电站直流开关柜控制装置的升级改造[J].城市轨道交通研究,2021,24(1):166-168,179.