

退役电力设备循环利用技术规范与管理机制研究

何远正，薛 波

(中国能源建设集团西北电力试验研究院有限公司，陕西 西安 710054)

摘 要 随着智能电网建设的推进与电力设备更新迭代速度的加快，退役电力设备的数量逐年攀升。此类设备多具有较高的剩余价值，但当前循环利用过程中存在技术标准不统一、管理机制不完善等问题，造成资源浪费与环境压力。本文结合输配电工程标准化建设要求、电力设备编目数据模型成果及物资循环利用实践经验，系统梳理退役电力设备循环利用的核心技术环节，构建科学的技术规范体系，提出适配电力行业特点的管理机制，以期为提升退役电力设备循环利用效率、推动电力行业绿色可持续发展提供参考。

关键词 退役电力设备；循环利用；技术规范；管理机制；标准化

中图分类号：X705

文献标志码：A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.16.005

0 引言

电网企业作为设备密集型、资金密集型企业，其电力设备技术寿命普遍在 10~20 年，机械寿命可达 15~30 年，部分核心设备经规范维护后使用寿命甚至可延长至 35 年以上。近年来，随着智能电网建设提速、新型电力系统构建推进，以及特高压、分布式光伏、储能等新业态的快速发展，电力设备更新迭代周期显著缩短，大量设备因技术升级、增容改造、区域电网规划调整、安全标准提升等原因提前退役。当前，我国退役电力设备循环利用已具备一定实践基础，除福建省电力有限公司外，国家电网、南方电网等央企也逐步探索形成了各具特色的循环利用模式^[1]。但从行业整体发展水平来看，退役电力设备循环利用仍处于初级阶段，尚未形成全链条、标准化、规模化发展格局，面临诸多瓶颈制约。在技术层面，缺乏统一的退役设备检测、评估、修复及再利用技术标准，不同厂家、不同批次设备的参数差异较大，导致设备兼容性差、再利用风险高，部分再利用设备因性能不稳定引发电网运行隐患。在管理层面，存在编目数据不规范、全寿命周期管理缺失、交易机制不健全、激励约束不足等问题，加之行业监管体系不完善、法律法规支撑滞后，进一步制约了循环利用工作的规范化推进^[2]。基于此，结合现有研究成果与行业实践经验，针对性构建退役电力设备循环利用技术规范体系，优化管理机制，为推动行业循环利用标准化、规模化发展提供理论支撑与实践参考。

1 退役电力设备循环利用技术规范体系构建

1.1 退役检测技术规范

退役检测是循环利用的前提与基础，其核心目标是全面掌握设备技术状态，判定设备剩余价值与处置方向，为后续评估、修复、再利用或拆解环节提供科学依据。需针对不同设备类型、不同退役原因，制定专项检测标准，明确检测项目、检测方法、试验条件与合格指标，确保检测结果准确可靠、具有可比性。检测工作需由具备相应资质的专业机构开展，检测人员需经专业培训考核合格后方可上岗，检测过程需严格遵循操作流程，同步记录检测数据与试验现象，形成完整的检测报告，确保检测过程可追溯、检测结果可验证^[3]。参考《电力变压器 第 1 部分：总则》(GB/T 1094.1-2013)、《高压交流断路器》(GB/T 1984-2024)等标准，按设备类型分类制定检测技术规范^[4]。

1.2 价值评估技术规范

基于设备全寿命周期台账与标准化检测结果，构建“技术剩余寿命—经济价值”双维度评估模型，科学判定设备处置方向，精准核算设备剩余价值，为交易定价与资源调配提供依据。技术剩余寿命评估采用加权评分法，结合设备检测结果、运行状态、维护历史等因素，选取核心评估指标，赋予合理权重，量化评估设备技术状态与剩余使用寿命。为提升评估准确性，可针对不同设备类型优化指标权重与评分标准。对变压器、断路器等主设备，适当提高检测合格项占

作者简介：何远正（1983-），男，本科，高级工程师，研究方向：汽轮机整套调试及性能试验。

比与故障历史指标的权重。对配网设备,可适当放宽运行年限指标的评分标准,重点关注绝缘性能与机械可靠性^[5]。同时,引入动态调整机制,根据设备再利用场景、运行环境等因素,对评估结果进行修正,如用于农网、临时供电工程的设备,可适当降低技术等级要求。用于核心电网区域的设备,需严格执行一级设备标准,确保运行安全。

1.3 修复与再利用技术规范

可修复设备需遵循“标准化修复、兼容性适配、质量可控”原则,明确修复工艺、质量要求与验收标准,确保修复后设备性能达标、运行可靠。修复工作需由具备相应资质的专业修复企业开展,修复企业需配备先进的修复设备、检测设备与专业技术人员,建立完善的修复质量管控体系,严格按照修复技术规范开展工作。修复前,需结合设备检测报告与评估报告,制定针对性修复方案,明确修复项目、修复工艺、修复材料、修复周期与质量控制点,修复方案需经设备所属单位与修复企业联合审核确认后实施。

再利用环节需遵循“梯次利用、适配场景、安全优先”原则,结合设备技术等级、性能指标与市场需求,科学划分再利用场景,优化资源配置效率。梯次利用需构建“高等级设备优先保障核心场景、低等级设备适配基础场景”的利用模式。一级设备多为技术状态良好、性能稳定的主设备,可调配至城市核心电网、工业园区电网等对设备性能要求较高的场景,作为主力设备使用,也可用于电网增容改造、新建项目配套,替代新设备采购^[6]。二级设备性能略低于一级设备,可调配至欠发达地区电网、农网、临时供电工程等场景,满足基础供电需求,降低建设成本。无法满足供电需求但结构完整、无安全隐患的设备,可改造为教学实训设备、科研试验设备,用于电力院校教学、企业员工培训与科研机构技术研发,实现价值再挖掘。

1.4 拆解回收技术规范

对无再利用价值的三级设备,需按“环保优先、资源回收、安全处置”原则,规范开展拆解回收工作,避免环境污染,提升资源回收利用率。拆解回收工作需由具备环保资质与拆解能力的专业企业开展,拆解企业需配备专业的环保设备、拆解设备与安全防护设备,建立完善的环保管理制度与安全操作规程,拆解人员需经专业培训考核合格后上岗,严格遵守环保与安全要求。拆解前,需对设备进行预处理,排空变压器油、SF₆气体、绝缘油等有害物质,分类收集、规范处置:变压器油经真空过滤、吸附、蒸馏等工艺净化处理后,符合标准要求的可用于其他设备或作为工业燃料再利用,无法净化利用的需作为危险废物交由具

备资质的单位处置,严禁直接排放。SF₆气体采用专业回收提纯设备回收,提纯后纯度达到99.9%以上可循环利用,无法提纯的需采用无害化处理工艺分解,避免泄漏造成温室效应^[7]。其他绝缘油、液压油等有害物质,需装入专用密封容器,张贴危险废物标识,交由专业单位处置。

2 退役电力设备循环利用管理机制优化

2.1 标准化编目管理机制

依托国家电网物资主数据管理系统,整合现有编目资源,构建退役电力设备专用编目数据模型,实现退役设备数据的标准化、规范化管理,打破“信息孤岛”,支撑跨区域、跨部门数据互通共享。编目数据模型构建需参考《军民通用资源数据模型编制要求》(GB/T 37944-2019),结合退役电力设备循环利用全流程需求,统一数据描述规则、编码规则与分类标准,确保数据的一致性、完整性与可扩展性。数据模型包含四大核心模块,覆盖设备全生命周期信息,实现数据从退役到循环利用的全程追溯。

设备基础信息模块,主要记录设备固有属性信息,包括设备唯一标识符、型号规格、生产厂家、生产日期、额定参数、材质信息、结构特征、出厂检测报告编号等内容。运行信息模块,记录设备运行全周期状态信息,包括投运时间、运行地点、运行年限、维护记录、故障历史、状态监测数据、退役原因等内容。检测评估信息模块,记录设备退役后的检测与评估信息,包括检测机构、检测时间、检测项目、检测结果、检测报告编号、评估单位、评估时间、技术等级、剩余寿命、评估价值、处置建议等内容。处置信息模块,记录设备后续处置全流程信息,包括处置方式、修复企业、修复方案、修复验收结果、再利用流向、拆解回收企业、资源回收种类与数量、有害物质处置情况、交易信息等内容。

2.2 全生命周期管理机制

构建“规划—采购—运行—退役—循环利用”全环节闭环管理体系,明确各部门、各单位职责分工,建立协同工作机制,实现退役电力设备全生命周期精细化管理。

规划阶段,将设备循环利用潜力纳入电网项目规划设计指标,推行电网项目标准化设计与模块化建设,提高设备通用性、可拆解性与可修复性,避免因设计不合理导致设备退役后难以循环利用。在电网规划方案论证中,增加设备循环利用可行性分析章节,预测设备退役周期与数量,提前规划再利用场景与拆解回收路径,为后续循环利用工作奠定基础。采购阶段,优化设备采购标准,将模块化设计、易拆解、可修复、

环保材料使用、全寿命周期成本等指标纳入采购评标体系,提高指标权重,优先选用符合循环利用要求的设备与生产厂家。

运行阶段,建立设备精细化运维体系,加强设备状态监测与定期维护,采用在线监测、红外测温、油中溶解气体分析等技术手段,实时掌握设备运行状态,及时发现并处理轻微故障,延长设备使用寿命。建立完善的设备运行台账,详细记录设备运行数据、维护记录、故障历史、状态评估结果等信息,为退役检测、评估提供完整的数据支撑。

退役阶段,严格执行“鉴定在先、处置在后”原则,建立规范的退役设备鉴定流程,由设备所属单位、运维单位、检测机构联合开展退役鉴定,结合设备运行状态、技术水平、安全标准等因素,确定设备退役合理性,避免设备过度退役或延迟退役。对确定退役的设备,及时完成数据台账更新与设备移交,明确移交双方责任,确保设备安全、完整移交至检测评估环节,同步提交设备运行台账、维护记录、故障报告等相关资料。

循环利用阶段,建立设备跟踪管理机制,对直接再利用、修复后再利用的设备,跟踪其运行状态、维护情况与使用寿命,及时更新循环利用数据台账。对拆解回收的设备,跟踪资源回收情况与有害物质处置情况,确保拆解回收工作规范开展。同时,建立全生命周期反馈机制,将循环利用过程中发现的设备设计、制造、运维问题反馈至规划、采购、运行部门,优化设备设计标准、采购标准与运维规程,形成“管理—实践—优化”的闭环循环,持续提升退役电力设备循环利用水平。

2.3 高效交易流通管理机制

搭建全国统一的退役电力设备网上交易平台,整合国家电网、南方电网及地方电力企业的退役设备资源,打造“信息发布、查询、竞价、交割、结算、物流对接、第三方检测认证”一体化服务平台,实现退役设备交易全流程线上化、规范化、透明化。平台需具备完善的功能模块:信息发布模块,供应单位按标准化格式录入设备基础信息、检测报告、评估报告、处置方式、最低交易价格等内容,经平台审核后发布,确保信息真实准确。信息查询模块,需求单位可按设备类型、技术等级、运行年限、价格范围等条件精准检索设备信息,查看相关检测报告与评估报告。竞价交易模块,采用“最低限价+公开竞价”模式,明确竞价规则、竞价周期与加价幅度,需求单位在线参与竞价,最高价者成交,平台实时公示竞价过程,确保交易公平公正。交割结算模块,明确交易双方权利义务,提供线上合同签订、货款结算服务,支持银行转账、电

子支付等多种结算方式,保障资金安全。物流对接模块,整合专业物流资源,为跨区域交易设备提供物流报价、运输跟踪、现场交接等配套服务,降低物流成本。

2.4 激励与监管机制

建立绩效激励体系,将退役设备循环利用率、成本节约金额等指标纳入电力企业绩效考核。对循环利用成效显著的单位给予资金奖励、评优优先等激励。对员工个人设立专项奖励,鼓励提出循环利用优化建议。推行税收优惠政策,对从事退役设备修复、再利用的企业减免增值税、企业所得税,激发市场主体积极性。完善监管机制,由电力监管部门、环保部门联合开展行业监管。明确再利用设备市场准入条件,严禁不合格设备流入电网。加强拆解环节环保监管,对违规排放、随意处置的企业依法处罚。建立信用评价体系,对交易双方进行信用评级,失信主体纳入黑名单,限制参与行业交易活动。

3 结束语

退役电力设备循环利用是电力行业实现绿色可持续发展的重要路径,其标准化、规范化发展离不开完善的技术规范与高效的管理机制。本文结合现有研究成果与实践经验,构建了覆盖“检测—评估—修复—再利用—拆解”全流程的技术规范体系,优化了编目管理、全寿命周期管理、交易流通管理、激励监管四大机制,为解决行业当前存在的标准不统一、管理不完善等问题提供了方案。未来,需进一步加强技术创新,研发高效检测、修复技术,提升设备再利用价值。完善法律法规体系,强化标准执行力度。电力行业各方需深化合作,共同推进退役电力设备循环利用标准化建设,为电力行业高质量发展注入绿色动力。

参考文献:

- [1] 余泽远,张继钢,钱瞳,等.数字孪生技术助推电力设备降本增效[J].中国电力企业管理,2022(21):62-63.
- [2] 田海波,何萍.基于实物唯一编码的电力设备退役处置全流程优化系统设计与实现[J].电气技术,2021,22(03):74-79.
- [3] 杨静,王震宇.智能电网背景下电力设备全寿命周期状态监测与故障诊断技术[J].产品可靠性报告,2025(12):107-109.
- [4] 谢从珍,钟安,王仕稳,等.退役电力设备用环氧树脂材料回收再利用研究进展及展望[J].高电压技术,2026,52(01):169-192.
- [5] 吴伟伟,张华荣,汤井乐.大型退役电网设备循环利用方法研究[J].中国市场,2025(20):46-50.
- [6] 张中印,袁洪跃.基于全生命周期的电力设备环境分析与综合性能评估[J].环境技术,2024,42(09):226-233,241.
- [7] 同[4].