

铁路牵引变电所改造利用移动高压室的安全与成本优化

刘国勇

通号（郑州）电气化局集团有限公司第一分公司 河南 郑州 450000

【摘要】：随着铁路运输负荷的不断增大，既有牵引变电所改造的需求日趋迫切，改造期间如何保证供电连续性、提升施工安全性与作业效率、严控工程造价，已成为行业重点关注的技术难题。移动高压室作为新型集成化过渡施工装备，具备集成度高、可灵活转运、现场调试简便等优势，在既有牵引变电所改造过渡工程中应用日趋广泛。本文结合既有牵引变电所改造工程实际，从施工安全管控、施工效率提升、造价优化节约三个维度，系统剖析移动高压室的应用优势；依托工程实例验证其工程可行性，并提出针对性优化对策，可为同类铁路牵引变电所改造工程提供技术参考与实践借鉴。

【关键词】：铁路牵引变电所；改造施工；移动高压室；施工安全；造价优化

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.065

1 引言

既有牵引变电所改造过程中，传统过渡施工多采用临时搭建高压设施或依托有限停电天窗开展作业，普遍存在施工周期长、安全风险高、工程投入大、易破坏供电连续性等弊端。国家铁路局发布的《铁路电力牵引供电设计规范》中明确要求，牵引供电系统改造需保障供电可靠性，最大限度降低对铁路运输秩序的干扰。在此背景下，27.5kV 智能移动高压室应运而生，可完全替代既有牵引变电所高压室功能，实现改造期间不停电过渡，在安全管控、效率提升、造价节约等方面优势显著。目前该设备已经在西安铁路局延安变电所、朔黄铁路扩容改造等工程中成功应用，为既有牵引变电所改造提供了新型技术路径。本文基于移动高压室在既有牵引变电所改造过渡施工中的工程应用实践，重点探究其在安全管控、施工效率及工程造价管控中的作用机理，并提出优化实施对策，为同类工程施工提供参考依据。

2 铁路既有牵引变电所改造的施工难点

2.1 供电可靠性要求高

既有牵引变电所承担干线铁路牵引供电核心任务，改造阶段需最大限度规避供电中断，一旦停电将严重扰乱铁路运输秩序，引发重大经济损失。传统改造模式高度依赖停电天窗作业，而牵引变电所单次有效停电时长仅约 60min，扣除倒闸操作、工作票办理及安全措施恢复耗时，实际有效作业时长极其有限，难以满足大规模改造施工需求。

2.2 施工安全风险大

改造施工涉及高压设备拆装、电缆敷设、电气系统调试等工作，作业环境复杂，存在触电、电弧灼伤、高处坠落、物体打击等多重安全风险。同时，既有运行设备与改造作业区域交叉重叠，极易引发误操作、设备碰撞等安全事故，大幅增加现场安全管控难度。

2.3 施工效率低、造价管控难度大

传统过渡施工需临时修建高压配电室，涵盖土建施工、设

备安装、系统调试等多道工序，施工周期冗长；且临时设施复用性差、完工即拆除，造成材料、人工、机械设备等资源严重浪费。此外，频繁停电易导致施工进度滞后、工序衔接脱节，进一步推高工程整体造价。

3 移动高压室在改造过渡施工中的安全管控优化

3.1 设备自身安全保障优化

移动高压室严格依据《铁路电力牵引供电设计规范》《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》等现行标准设计制造，从设备本体层面完成多重安全性能升级。设备舱体采用防腐、防火、防水一体化结构，防护等级不低于 IP54，可适应牵引变电所户外复杂工况，具备抵御风雨侵蚀、粉尘侵扰及外力冲击的能力。

设备内部采用模块化分区布置，高压一次设备与二次控制设备物理隔离，规避电磁干扰与运行互扰；配套完善绝缘防护设施，从硬件层面降低触电风险；搭载烟感探测、温湿度监测、视频监控等智能感知装置，可实现设备运行状态远程实时监测，对设备过热、漏电等异常隐患提前预警。同时配置智能运维平台，支持远程操控、无人值守运行，减少作业人员进入高压作业区域频次，从源头压降安全风险。

3.2 施工过程安全管控优化

移动高压室过渡施工中，依托移动高压室过渡施工特点，构建全流程闭环安全管控体系，明确各岗位职责分工，强化事前风险预控、事中过程监管、事后验收闭环，保障施工全过程安全可控。

施工前期，成立由建设单位项目负责人任组长、施工及监理单位相关管理人员为成员的安全生产领导小组，落实项目经理、专职安全员、技术负责人及一线作业人员一岗双责。施工单位编制专项安全施工方案，经监理审核批复后方可实施，方案明确移动高压室吊装就位、接线配线、系统调试等关键环节的安全管控措施及风险防控要点。同步组织全员岗前安全培训，内容涵盖安全法规、设备操作规程、应急处置流程等，考

核合格方可上岗；针对高压调试、电缆终端制作等高风险工序开展专项实操培训，提升作业人员专业技能与风险辨识能力。

施工期间严格执行安全技术交底制度，每日开工前由技术负责人向作业班组明确当日作业风险点及防控措施。专职安全员全程现场巡查，重点核查作业人员劳保用品佩戴、临时用电敷设、设备接地可靠性等关键环节，及时纠治违章指挥、违章作业行为。监理单位组建安全监督小组，对高风险作业实施全过程旁站监理，发现安全隐患立即下发整改通知，跟踪落实闭环整改。

施工完工后，对移动高压室接线回路、接地系统、绝缘性能开展全项目检测，确保设备满足投运标准；组织多方联合安全验收，验收合格后方可并网投运。健全应急救援体系，配齐应急物资与专职处置人员，每季度组织触电、火灾等实景应急演练，提升现场人员应急处置能力，实现突发事件快速响应、损失可控。

3.3 作业环境安全优化

移动高压室整体体量紧凑，可根据现场空间灵活选址布置，规避与既有运行设备、改造作业区的交叉干扰，有效优化现场作业布局。施工期间在设备周边设置安全围栏及警示标识，划定专属作业区域，严禁无关人员进入；合理规划施工运输及吊装动线，避免大型机械作业碰撞损伤既有高压设备。针对山区铁路等恶劣工况区域，设备集成化设计可适配复杂户外环境，无需额外搭建防护设施，减少现场临建设施工程量，降低环境因素引发的安全隐患。同时设备噪声、电磁辐射等指标均符合国家规范限值，不会对周边环境及作业人员造成不良影响，进一步提升作业环境安全等级。

4 移动高压室在改造过渡施工中的效率提升

4.1 缩短施工准备周期

传统临时高压配电室需依次开展地基开挖、墙体砌筑、场地硬化等土建工序，单周期通常长达1~2个月。移动高压室采用工厂集成预制、整体调试出厂模式，运抵现场后仅需完成吊装就位、电缆接驳、接地布设等简易工序即可投运，施工准备周期可压缩至1~2周，大幅压缩前期筹备耗时。西安局延安牵引变电所改造工程采用27.5kV智能移动高压室作为过渡装备，从设备进场到安装调试完成仅耗时10天，较传统临时高压室施工缩短筹备工期近80%，为后续主体改造施工预留充足工期窗口。

4.2 减少停电作业时间

移动高压室可与既有牵引变电所高压系统无缝并网对接，改造全过程不干扰整体牵引供电网络运行；仅在新旧设备切换阶段利用短时停电天窗完成接线倒切，单次停电时长可控制在120min以内，相较传统模式频繁多次停电的作业方式大幅优化，显著降低对铁路运输的干扰。朔黄铁路扩容改造工程应用

移动高压室保障过渡供电，优化倒闸切换流程，将单次停电作业时长严控在90min以内，避免长时间停电影响西煤东运大通道运力，保障铁路运输秩序稳定。

4.3 简化施工流程，提升作业效率

移动高压室采用标准化模块化结构，设备安装、系统调试、完工拆除均为定型标准化作业，无需现场零散组装及复杂调试工序，大幅简化施工流程。设备一、二次回路接线简洁清晰，运维操作门槛低，作业人员可快速掌握操作要领，提升现场作业效率。设备具备跨项目重复复用特性，单座变电所改造完工后可转运至其他改造工程继续投入使用，无需重复搭设临时供电设施，减少设备拆解、转运、二次安装的冗余工序，全面提升工程整体施工效率。

5 移动高压室在改造过渡施工中的造价节约优化

5.1 消减土建成本投入

传统过渡工程需新建固定式临时高压配电室，土建工程量大、造价投入高，且改造完工后需整体拆除，资源浪费严重。应用移动高压室无需专项土建施工，仅需完成场地平整及基础垫层铺设即可满足布设要求，大幅缩减土建工程量及造价投入，相较新建固定高压室土建成本节约优势突出。

5.2 降低设备与人工成本

移动高压室采用工厂集约化批量生产，设备集成化程度高，规避现场分散采购、组装的额外费用，有效降低设备采购、运输及安装成本。同时设备可多次循环复用，实现一次性投入、多项目受益，规避重复购置设备的资金浪费。人工层面，设备安装、调试、拆除工序精简，施工周期大幅压缩，有效缩短人工驻场时长，降低人工费用支出。设备支持无人值守运行，相较传统变电所24h专人值守模式，可显著降低年度运维成本。传统改造模式因周期长、停电频次多、工序衔接不畅，易引发运输延误、设备闲置、人力冗余等间接造价损耗；而移动高压室可通过多维度管控手段减少此类间接经济损失，全面提升改造工程经济效益。

5.3 减少间接造价支出

优化施工组织策划，结合既有牵引变电所运行负荷规律科学划分施工阶段，将移动高压室安装、调试、系统切换等关键工序对接铁路运输低谷时段，最大限度缩减施工对正常运营的干扰，规避运输延误引发的额外经济损失。强化设备全生命周期管控，设备投运前开展全面检修排查，提前消除潜在故障隐患，规避设备突发故障引发的停电、停工风险，减少故障处置及停工待料的间接损耗。完善应急保障机制，针对供电中断、设备故障等突发事件编制专项处置预案，配齐应急物资与专业处置队伍，提升应急响应速度，缩短故障处置时长，压降突发事件带来的经济损失。统筹人力与机械设备资源调配，依托移动高压室模块化、易操作优势优化人员定岗配置，杜绝人力闲

置与重复投入；统筹调度移动高压室及其他施工装备，实现跨工序、跨区域资源共享，提升设备利用率，削减设备闲置造成的造价浪费。

6 工程实例分析

以郑州铁路局新乡变电所改造工程为例，该变电所投运年限久、设备老化严重，已无法适配当前铁路牵引负荷增长需求，亟需实施升级改造。工程采用 27.5kV 智能移动高压室作为过渡供电装备，实现改造全过程不停电施工，应用成效如下：

6.1 施工安全效果

移动高压室搭载完善的智能监测与安全防护体系，用移动高压室代替既有高压室供电，既有高压室退出运行后，施工全过程未出现任何安全隐患，作业人员人身安全得到有效保障，实现零安全事故施工目标。通过建立全流程安全管控体系，规范各工序作业行为，有效规避人员误操作、设备碰撞等风险，保障既有运行设备与现场作业双重安全。

6.2 施工效率

设备从进场到完成安装调试仅耗时 10 天，较传统高压室过渡施工模式缩短工期近 80%。改造期间仅通过 2 次 120 分钟停电天窗完成新旧设备倒切，未对干线牵引供电造成明显影响；在移动高压室替代既有变电所高压室供电后，既有高压室的改造施工不再受停电天窗限制，整体改造工程较计划工期提前 35 天竣工，施工效率提升效果显著。

参考文献：

- [1] 丁一,王潘潘.电气化铁路既有牵引变电所标准化建设和改造方案浅析[J].电气化铁道,2026,37(01):31-35.
- [2] 王纯伟,侯日根,闫雪松.高速铁路牵引变电所并行智能化保护系统方案选择[J].电气化铁道,2021,32(S1):76-79.
- [3] 李涛.高速铁路牵引变电所改造技术[J].铁道建筑技术,2021,(12):149-151+174.
- [4] 何志强,郑勇,杨帆,等.某高原铁路牵引变电所接入电网技术研究[J].铁道标准设计,2022,66(02):138-142.
- [5] 刘继永.朔黄铁路牵引变电所扩容改造方案探讨[J].电气化铁道,2020,31(02):31-35.

6.3 施工造价成效

造价节约方面，本工程采用移动高压室过渡施工方案，相较传统施工模式合计节约投资 95 万元，占工程总投资的 35.5%；其中土建成本节约 15 万元、人工成本节约 50 万元、间接成本节约 30 万元，经济效益十分可观。工程完工后该移动高压室转运至其他牵引变电所改造项目继续复用，充分发挥设备循环利用价值，进一步摊薄单项工程投资造价。

工程实践验证：移动高压室应用于既有牵引变电所改造过渡施工，可有效保障施工安全、提升作业效率、严控工程造价，具备良好的工程应用价值与行业推广前景。

7 结论

本文以铁路既有牵引变电所改造工程为研究背景，系统分析移动高压室在安全管控、施工效率及造价管控中的应用价值。移动高压室通过设备本体安全升级、施工全过程闭环管控、作业环境优化升级，可有效压降改造工程安全风险，实现施工全过程安全受控，破解传统过渡施工安全隐患多、管控难度大的行业痛点。其集成化、可转运的核心特性，可大幅压缩施工准备周期与停电作业时长，简化施工工序、提升作业效率，最大限度降低施工对铁路运输的干扰，满足改造工程供电不间断的核心要求。设备无需专项土建投入且可循环复用，能有效节约土建、设备、人工等直接造价，同时减少各类间接经济损耗，相较传统过渡施工造价节约优势突出，工程经济效益显著。