

中国标准化协会团体标准

《重载铁路信号机械室无人值守系统技术要求》编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

2025 年 12 月，由国能朔黄铁路发展有限责任公司向中国标准化协会提出团体标准立项申请。2026 年 1 月，经中国标准化协会组织专家评审，批准《重载铁路信号机械室无人值守系统技术要求》团体标准制定项目立项。本标准由国能朔黄铁路发展有限责任公司提出，起草单位包括国能朔黄铁路发展有限责任公司、山西贝尔智能技术有限公司、山西良诚科技有限公司、山西和之创科技有限公司。

（二）编制背景及目标

1. 编制背景

重载铁路作为国家重要基础设施，承担着大宗货物运输的核心职能，其信号系统是保障行车安全、提高运输效率的关键组成部分。信号机械室是铁路沿线用于集中安置轨道电路、组合架、电源屏、继电器等信号控制设备及通信设备的专用机房，是信号系统的物理承载核心，其运行状态直接关系到列车运行安全和运

输组织效率。当前，重载铁路信号机械室普遍采用人工现场值守和周期性巡检的运维模式，运维人员需定期前往沿线各站点对设备外观、指示灯状态、仪表读数、温湿度环境等进行逐一检查。但随着重载铁路运营里程持续增长、列车运行密度不断提升，这种高度依赖人力的传统运维模式面临日益严峻的挑战：偏远站点交通不便，往返耗时耗力，巡检效率低且作业强度大；夜间、恶劣天气条件下人工巡检作业风险高；设备隐患识别高度依赖运维人员的经验水平，容易发生漏检和误判；突发故障响应速度受限，难以满足日益提升的铁路运营安全要求。

近年来，物联网、人工智能、智能机器人、数字孪生等新兴技术在工业运维领域快速发展和广泛应用，为铁路信号机械室运维模式的智能化转型提供了坚实的技术基础。通过部署智能巡检机器人替代人工完成日常巡视，利用机器视觉和智能分析算法自动识别设备异常状态，借助多维传感器实现对机房环境、安防、动力等全要素的实时监测，依托数据传输和平台分析能力实现趋势预警和远程管控，已成为行业技术发展的明确方向。国能朔黄铁路发展有限责任公司依托自身在重载铁路智能化领域的技术积累，率先开展了信号机械室无人值守系统的研发和实践验证工作，基于实际线路测试形成了企业标准《基于信号机械室无人值守系统技术要求》（Q/GN 2014-2022），在系统架构设计、智能

巡检机器人应用、设备状态智能分析、告警管理、安全防护等方面积累了丰富的丰富的一手数据和技术经验。

经系统查询和全面比对,目前国内尚无与重载铁路信号机械室无人值守系统直接相关的国家标准、行业标准或地方标准。铁路无人值守机房领域的既有标准主要面向通信机房或综合机房,缺乏针对信号机械室特殊性的专项技术规范,在系统架构设计、功能要求、性能指标、安全防护等级、电磁兼容性、环境适应性等方面的规定与信号机械室的实际需求存在显著差异。这种标准缺失的状况导致行业内不同厂商的产品规格不一、接口协议不兼容、数据格式不统一,系统集成和互联互通成本高,阻碍了无人值守技术的规范化推广和产业的有序发展。同时,当前国家大力推进新型基础设施建设和智能制造标准化工作,交通运输行业数字化转型和智能化升级已成为明确的政策导向。在此背景下,亟需制定一部专门针对重载铁路信号机械室无人值守系统的技术标准,填补该领域标准空白,为系统的研制、生产、测试、工程设计、施工调试、运营维护各环节提供统一的技术依据,推动铁路运维模式从人工现场值守向智能化远程管控全面转型。

2. 编制目标

本标准编制的总体目标是填补重载铁路信号机械室无人值守领域技术标准空白,构建一套科学、统一、完整、可操作的技术

术规范体系，为信号机械室无人值守系统的全生命周期活动提供标准化技术依据。通过本标准的制定和实施，推动智能巡检机器人、物联网感知、智能分析算法、数字孪生展示等技术在重载铁路信号机械室运维领域的规范化应用，支撑运维模式从“事后维修”向“事前预防”转变，从“人工现场值守”向“远程智能管控”转变，为铁路运输安全提供更加坚实的技术保障，同时为行业后续相关国家、行业标准的制定奠定基础。

（三）工作过程

预研阶段（2025 年 1 月—2025 年 11 月）：国能朔黄铁路发展有限责任公司通过企业标准《基于信号机械室无人值守系统技术要求》（Q/GN 2014-2022），积累了丰富的实践数据和技术验证经验，结合重载铁路信号机械室运维实际需求，开展无人值守系统团体标准技术预研。

立项阶段（2025 年 12 月—2026 年 2 月）：起草组完成行业调研，梳理现有铁路信号机房相关标准，确认重载铁路信号机械室无人值守领域尚无可直接适用的专项技术标准。编制立项申请书，经中国标准化协会评审后正式立项。

起草阶段（2026 年 3 月—7 月）：成立标准起草工作组，明确任务分工。起草组开展多轮技术研讨，聚焦系统架构设计、智能巡检机器人技术要求、设备状态智能分析算法、告警统一管理、

三维可视化展示、网络安全防护、电磁兼容性、可靠性指标和环境适应性等核心内容深入论证，形成标准草案及编制说明初稿。

征求意见阶段（2026年8月-9月）：在全国团体标准信息平台及各起草单位官方渠道公开征求意见，同步向重载铁路运营单位、科研机构、设备制造企业及高等院校定向征求意见。

（四）主要起草单位及起草人所做的工作

本标准主要起草人包括：丁茂廷、肖致明、于国旺、何宇强、苏有斌、闫胜春、张斌、王世强、范子文、王远波、杨飞宇、鲁凯、李金波、王龙、刘会超、吴海平、闫森、刘立辉。起草组分工见表1。

表1 起草组分工

参加单位	主要成员	主要工作
国能朔黄铁路发展有限责任公司	丁茂廷、肖致明、于国旺、何宇强、苏有斌、闫胜春、张斌、王世强、范子文、王远波、杨飞宇、鲁凯、李金波、王龙	负责标准框架设计、核心技术内容编制及整体统筹协调，牵头组织各阶段研讨和标准统稿工作
山西贝尔智能技术有限公司	刘会超、吴海平	负责巡检机器人及智能分析算法相关条款的技术论证和编写
山西良诚科技有限公司	闫森、刘立辉	负责环境监控、门禁安防联动及告警设备相关条款的编写

参加单位	主要成员	主要工作
山西和之创科技有限公司	孙立新、王戈	负责平台服务层架构、网络安全及数据安全相关条款的编写

二、标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

1. 科学性原则。 标准技术指标基于国能朔黄铁路发展有限责任公司在重载铁路信号机械室智能化升级实践中积累的实测数据和验证经验，确保指标科学合理、贴合实际应用场景。

2. 协调性原则。 标准编制充分遵循《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）的规定，在电磁兼容性方面引用 GB/T 17626（所有部分）《电磁兼容 试验和测量技术》，在网络安全方面引用 TB/T 3021《铁路通信网络信息安全技术条件》，与现行国家标准和行业标准保持协调一致。

3. 可操作性原则。 标准对系统架构、设备参数、功能要求、试验方法作出明确、量化的规定，便于研制、生产、测试、工程设计、施工调试、运行试验、运营及维护等各环节实施。

4. 前瞻性原则。 标准采用模块化设计和标准化接口，预留软硬件扩展能力，支持未来便捷接入新增设备、功能模块或与其他管理系统对接，保障系统的长期可扩展性。

（二）标准主要内容说明

本标准共设 12 章，分别为范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、基本原则、系统构成、功能要求、安全性要求、电磁兼容性要求、可靠性要求、环境适应性要求和试验方法。适用于新建及改造的重载铁路信号机械室无人值守系统的研制、生产、测试、工程设计、施工调试、运行试验、运营及维护等。其中核心内容如下：

1.基本原则。确立安全可靠、通用适配性、接口统一和开放性、运维友好性四项核心设计原则，确保系统建设有章可循、有据可依，从顶层设计上保障系统满足重载铁路高安全、高可靠的应用要求。

2.系统架构。规定系统采用“感知执行层—传输互联层—平台服务层—多端应用层”分层分布式协同架构，明确各层级的功能定位和接口关系，解决当前行业内系统架构各异、层级划分混乱、互联互通困难的问题，构建可复制、可推广的系统建设范式。

3.系统功能要求。完整规定系统应具备的智能巡检、设备状态智能分析、报警远程复核、智能门禁和安防联动、活体监测报警、趋势分析和预测预警、告警统一管理、三维可视化展示等核心功能，明确各项功能的实现要求，确保系统功能完备、性能达标。

4.安全和可靠性指标。从网络安全、物理防破拆和入侵、数据安全、设备安全四个维度构建多层次纵深安全防护体系，明确电磁兼容性、环境适应性及设备运行、数据传输存储、系统功能等方面的量化可靠性指标，以可测量、可验证的方式确保系统满足铁路行业的安全运行要求。

5.试验方法。给出了第7章至第11章各项技术要求相对应的试验验证方法，为标准的符合性判定提供统一、可操作的技术依据。试验方法覆盖系统功能、安全性、电磁兼容性、可靠性和环境适应性五个维度。

6.附录提供系统设备技术要求。包括巡检机器人、各类传感器、门禁系统、视频监控、线路监控、告警设备、网络设备等系统设备的详细性能参数和功能要求，为设备研制、选型和验收提供明确的技术依据。

（三）标准解决的主要问题

本标准精准破解了当前重载铁路信号机械室运维领域及无人值守产业发展中的多重痛点。

一是填补技术标准空白，解决现有通用标准适配性不足、缺乏针对信号机械室特性的专项规范所导致的行业发展无序、系统兼容性差、数据互通难等问题。

二是化解产品兼容性难题，通过统一系统架构、设备参数、

接口协议等核心规范，消除不同厂商设备规格不一、数据格式不统一、互联互通困难的壁垒，实现系统间无缝对接和联动协同。

三是破解运维模式滞后问题，通过规范智能巡检、自动监测、趋势分析预警等技术要求，解决人工巡检效率低、偏远站点运维成本高、夜间及恶劣天气作业风险大、设备隐患识别依赖经验易遗漏等现实困境，系统性降低运维成本。

四是厘清技术应用边界，明确安全防护、电磁兼容性、环境适应性、可靠性等关键指标和试验方法，解决系统研发和部署中技术选型盲目、安全风险难管控、质量参差不齐的问题，为产业健康发展扫清障碍，为铁路运输安全筑牢技术保障。

三、主要试验（或验证）情况分析

本标准各项技术指标和功能要求的确定，基于国能朔黄铁路发展有限责任公司在重载铁路信号机械室无人值守系统研发过程中开展的大量现场试验和实际线路验证工作。在朔黄铁路沿线选取多个典型信号机械室作为试验验证站点，部署了智能巡检机器人、多类型环境传感器、视频监控系统、门禁安防系统及平台服务软件等完整系统设备，开展了连续运行试验。试验结果表明，系统各项功能和性能指标均达到标准规定的要求，验证了标准技术内容的科学性、合理性和可操作性。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况

本标准的制定和实施预期将产生显著的社会效益。

一是提升铁路运输安全保障水平，通过规范化推广无人值守智能运维系统，实现对信号机械室设备状态的全天候实时监测和故障早期预警，有效降低因设备隐患未及时发现而引发的行车安全风险，减少运输中断事故的发生概率，保障重载铁路大动脉的安全畅通。

二是推动运维模式转型升级，以智能化远程管控替代传统高耗低效的人工现场值守模式，降低一线运维人员的劳动强度和作业安全风险，将人力资源从重复性巡检工作中解放出来，转而投入到设备深度维护和技术创新等更高价值岗位，促进铁路运维队伍的结构优化和技能提升。

三是促进节能减排和资源节约，通过远程可视化管理减少运维车辆频繁往返偏远站点的能源消耗和碳排放，通过精准预防维护延长设备使用寿命，减少资源浪费。

在产业发展方面，标准将为信号机械室无人值守产业构建统一的技术标杆和市场准入依据，有效支撑产业链协同升级。通过明确系统架构、设备参数、接口协议等核心规范，降低上下游企业之间的技术对接和系统集成成本，推动科研机构、设备制造商、

系统集成商、运维单位形成研发合力和产业协同。同时，标准引导产业资源向智能算法、高可靠性传感器、智能巡检机器人等高端技术领域集聚，倒逼低水平重复产能向技术创新方向升级转型，提升产业整体的智能化水平和核心竞争力。标准的实施还将促进重载铁路无人值守运维模式的规范化推广和规模化应用，形成可复制、可推广的行业范式，为后续城市轨道交通、高速铁路等其他制式铁路信号机械室的智能化升级提供技术参照，拓展产业发展空间，助力我国轨道交通智能化运维产业的高质量发展。

六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

经对国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、欧洲电工标准化委员会（CENELEC）、电气与电子工程师协会（IEEE）等机构的国际标准和国外先进标准进行系统查询，目前未发现与重载铁路信号机械室无人值守系统直接对应的国际标准或国外同类标准。

在自动化运维技术层面，澳大利亚 AutoHaul 项目采用 ETCS-2+ATO 列控系统实现了重载铁路 GoA4 级全自动无人驾驶，但该系统聚焦于列车运行控制而非机房设备运维管理。本标准聚焦信号机械室这一特定场景，针对重载铁路沿线机房分布偏

远、环境复杂、运维困难等特点，提出了包含智能巡检机器人、多维度环境监测、设备状态智能分析、活体监测、趋势预警、三维数字孪生等功能的完整技术体系，在系统架构、功能覆盖和设备配置要求等方面具有显著的针对性和创新性。充分考虑重载铁路高安全、高可靠运行要求基础上提出的，整体技术水平处于国内领先地位，达到了国际轨道交通领域智能运维系统的先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准在编制过程中严格遵守国家标准化相关法律法规，技术内容与现行国家标准、行业标准保持协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草和征求意见过程中，未发生重大技术分歧意见。

九、标准性质的建议说明

本标准为中国标准化协会标准，属于团体标准，供协会会员和社会自愿使用。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准为首次发布。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为新起草的团体标准，无废止现行标准。

十二、其他应予说明的事项
无。

标准起草组

2026 年 7 月

中国标准化协会标准
管理及服务平台