

天津轨道交通多专业设备设施维保质量检验标准化体系的构建

孙 浩

天津轨道交通运营集团有限公司 天津 300000

摘 要：城市轨道交通线网化运营背景下，多专业设备设施维保质量检验环节长期存在标准口径不一、数据链式关联缺失、问题整改流于形式等管理痛点。本文立足天津轨道交通运营集团实践，构建了覆盖供电、车辆、信号、通信、机电等多专业的统合维保质量检验标准化体系。体系包含四项工作原则、四级问题分级标准、六类系统性归因模型及六段式标准化质检报告框架，通过“计划号-设备编号-工单号-检测人-时间戳-原始数据曲线”六维索引实现质量证据链的可信追溯，并将PDCA闭环管理逻辑嵌入质检全流程。实践表明，该体系有效提升了A/B级问题整改闭环率与维保一次通过率，为城市轨道交通运营单位质量管理体系在设备设施维保子过程的工程化落地提供了可复用的实践范本。

关键词：城市轨道交通；维保质量检验；标准化体系；质量证据链；闭环管理

引言

城市轨道交通线网规模化运营下，供电、车辆、信号等多专业设备高频维保直接关乎运营安全。随线网扩张与设备老化，维保质量管控复杂性加剧。当前研究多聚焦智能运维、PHM、修程优化与全生命周期成本，而对“维保后质量如何规范验证、形成可信证据链、驱动改进”缺乏系统方法论。

实践中，维保质检存四类痛点：①各专业记录表格不统一，难横向比对；②纸质或分散电子数据未与计划、台账、工单关联，追溯困难；③问题定性粗放，缺分级标准与根因分析，整改闭环率低；④质检成果未结构化用于修程优化、备件评估及培训识别，改进缺数据驱动。

针对此，天津轨道交通运营集团自2022年起构建多专业统合框架下的维保质量检验标准化体系。本文从体系功能定位、工作原则、问题分级标准、系统性归因模型及标准化报告框架等维度，阐述工程化构建路径与实践成效。

1 质检体系功能定位与工作原则

1.1 适用范围与功能定位

该质检体系适用于运营集团所属各专业子公司、中心及部门，覆盖年度生产计划中标准类工作（如日常巡检、定期检测检修、故障维修）及项目类工作所含质检工作，同时涵盖常年期工作框架内安排的不具备专业立项条件的小型临时性专项。体系在适用范围上实现了“三

个全覆盖”，即覆盖全部运营专业、覆盖全部计划内维保作业类型、覆盖全部作业环节（检修前/中/后）。

区别于单纯的“检修记录表”，本质检体系被明确定义为兼具四项管理功能的系统性管理方式，并以“运营设备设施维保质检报告”作为主要呈现载体，确保体系功能的充分发挥。

（1）合规性证明功能。证实维保质量满足现行国家标准（如GB/T 30012—2013《城市轨道交通运营规范》）、行业标准及企业规程/合同要求，为运营合规性提供可追溯的证据支撑。

（2）客观作业记录功能。留存维保前后关键参数，涵盖绝缘电阻、振动幅值、回路电阻、保护动作值、几何参数、通信丢包率等反映设备健康状态的核心量化指标，形成设备状态变化的时间序列档案。

（3）问题追溯载体功能。完整记载从问题发现、分析诊断、整改处置到复验闭环的全过程信息，实现质量问题的全生命周期追踪。

（4）决策支撑依据功能。将质检结果结构化后，为修程修制微调、备品备件质量再评估、设备大修/更新改造优先级排序提供量化输入，使质量检验从“事后检查”转向“前瞻管理”。

1.2 工作原则

（1）真实准确性原则——质量证据链可信性保障。所有监测数据须客观真实、可溯源，严禁篡改伪造。建立“计划号-设备编号-工单号-检测人-时间戳-原始数据曲

线” 六维链式索引，确保任一质检记录均可回溯至原始作业上下文。质检报告须由专业单位自主编制，禁止第三方委外单位代写，从制度设计上规避“委外自检自评”的利益冲突，保障质检结论的中立性与公信力。

（2）标准引用规范性原则——版本受控机制。 质检工作所引用的检修规程、试验标准须为运营集团现行有效版本，建立年度标准清查与作废版本回收制度。确保国家标准—行业标准—企业标准三级标准协调一致，杜绝因引用废止标准而引发的合规风险。对标准修订涉及的技术参数变化，须在规程修订后 30 日内完成对质检人员的专项培训与考核。

（3）闭环管理原则——PDCA 循环嵌入质检流程。 要求每项检出问题必须有始有终，形成完整的 PDCA 闭环^[1]。A 级问题须在报告出具前完成紧急处置并复检，或纳入限期整改计划；B/C/D 级问题分别建立计划整改、重点关注清单或趋势跟踪机制，严禁“只发现不处置”。各专业中心每月编制质量问题闭环情况报表，由运营集团生产管理部门统一调度、跟踪督办。

（4）质效追溯性原则——全要素关联索引。 通过生产计划号锁定作业范围，设备编号锁定被测对象，作业工单号锁定工序过程，签字确认（含工号）锁定责任人，实现”计划—设备—时间—人员—数据”五要素任意维度可反向检索。质检追溯信息须保存至设备大修或更新改造后不少于两个大修周期，为全生命周期质量分析提供数据基础。

2 质检问题分级与系统性归因模型

2.1 四级质检问题分级标准

为更好发挥质检体系在设备设施维保实施过程中的保障和指引作用，巩固其功能定位，基于风险导向，引入铁路行业 RAMS（可靠性、可用性、可维修性、安全性）评价体系中”安全相关性”要求，对专业维保全过程中发现的质检问题进行 A/B/C/D 四级分类（参见表 1），差异化匹配整改机制，避免”眉毛胡子一把抓”，实现统筹兼顾与精准管控的统一。分级标准同时细化至城轨多专业现场质检可操作的判定粒度，确保在基层质量检验环节的有效落地。

表 1：设备设施维保质检问题分级标准

级别	定义	判定标准	典型处置要求
A 级（严重）	直接危及安全运用，可致重大故障或行车事件	安全关键功能失效；强制性法规/规程/技术标准不能达标	立即停用/旁路防护，24 小时内启动根本原因分析，限期整改并复检
B 级（重要）	影响设备性能或寿命，需计划修解决	性能指标超限但在安全允许范围内	纳入月度/季度整改计划，明确完成节点
C 级（一般）	不影响核心功能，规范性缺陷	操作不规范、记录不完整、外观轻微瑕疵	现场即时纠正或纳入当月质量讲评
D 级（观察）	潜在风险，无需立即处置	未超限但接近临界值，或呈趋势性劣化	登记趋势跟踪台账，下周期重点复测

上述四级标准的判定需结合具体设备类型与参数特征进行差异化细化。例如，供电专业以绝缘电阻值是否低于规程最低限值为 A 级判定依据，车辆专业以轮对几何尺寸是否超限为重要判别维度，信号系统以联锁逻辑是否正确执行、通信丢包率是否超限为核心判定要素。各专业须在年度质检计划中明确本专业 A/B 级问题的具体量化阈值，经运营集团技术委员会审批后执行。

2.2 系统性问题六类归因模型

为引导管理改进从”点状处置”走向”系统治理”，要求各质检问题须经过系统化分析后，就突出问题归因为以下六类之一或多类（参见表 2），作为下一阶段拟定系统性改进工作的依据，从根本上避免泛泛而谈”加强管理”的空洞表述。

表 2：系统性问题类型及判定标准

级别	定义	判定标准
结构性问题	生产组织结构及配置不合理	如检修定员与管辖设备量失配、跨专业接口职责模糊
周期性问题	时间周期波动诱发	如季节性温湿度变化致端子氧化加速
随机性问题	偶然因素冲击	如外部施工振动导致紧固件松动
功能性问题	功能发挥失常	如信号系统联锁逻辑在特定序列下异常
制度性问题	规则设计缺陷	如维保规程未覆盖新购设备特殊检测项
技术性问题	技术能力不足	如新型 IGBT 模块驱动波形判读能力欠缺

归因分析采用“问题—直接原因—深层次原因—根本原因”三阶递进逻辑，从检修维护、人员操作、环境工况、管理机制四个维度进行交叉验证，确保归因结论的准确性与改进措施的针对性。

3 标准化质检报告框架及关键要素

如前文所述，“运营设备设施维保质检报告”是质检体系工作成效的主要载体。报告采用六段式标准化结构，下文逐段说明其工程学含义与填写要点。

3.1 质检工作概况

要求量化陈述以下核心指标：受检系统及台（套）数、累计质检验证项数（细分检测项/检查项）、覆盖的关键点类型、总体合格率（无问题设备数 ÷ 受检总数）、与上周期对比变化幅度。同步给出问题项分级统计（A/B/C/D 各等级数量及占比）以及按设备类型、问题现象的分布占比分析^[2]。概况部分应以数据为导向，在 500 字以内完成对本期质检工作全貌的量化勾勒，为管理层提供直观的态势判断依据。

3.2 问题全量汇总台账

逐条录入每一问题，字段包含：序号、问题等级（勾选 A/B/C/D）、问题描述（含具体位置/参数越限值）、发现环节（检修前 ☐/中 ☐/后 ☐）、发现日期、责任部门（禁填委外单位名称）、责任人（自有员工姓名+工号）、质检确认人（自有员工+工号）。禁止合并描述多条问题，确保单问题单记录，为后续根因分析和整改追踪建立一一对应的数据基础。台账格式须统一为运营集团规定的电子模板，不得以各专业自制表格替代。

3.3 A/B/C 级及重复 D 级问题根因分析

要求对 A 级、B 级、C 级问题及重复出现的 D 级问题实施“三因”分析，取前三阶记入表格：直接原因 → 深层次原因 → 根本原因，并从检修维护、人员操作、环境工况、管理机制四个维度进行归类。该环节的核心价值在于将“质量检验”升维至“质量改进”，区别于常规“故障分析报告”之处在于——聚焦规程与制度层面的系统性缺失，而非仅仅定位设备本身的故障机理^[3]。原则上，A 级问题的根因分析须在问题发生后 72 小时内完成，B 级问题在一周内完成。

3.4 整改安排与验收闭环

每条问题对应一条整改记录，字段包含：整改措施

（须为具体可验证的动作描述）、责任部门、责任人、完成时限、需求资源、验收方式。其中，A 级问题须在整改完成后限时复检，复检结果须附原始数据曲线或实测记录作为证据附件。整改验收实行“谁质检、谁验收”的责任匹配原则，确保整改质量不因责任主体自评而产生偏差。验收不通过的，须退回整改并重新履行验收流程，直至确认整改有效后方可销号。

3.5 系统性改进意向

针对周期内经辨识的系统性问题类型，改进意向须从以下七个方面中选取适用项进行拟定：检修维保要求/规程是否需要修订或补充、检修维保周期是否需要优化、人员技能是否需要专项培训或认证、质检手段/工具是否需要升级或补充、备品备件质量是否需要重新评估、作业流程是否存在优化空间、跨专业接口协调机制是否需要完善。拟定的每项措施须做到“可落地、可检查”，杜绝“进一步加强”“持续优化”等空话表述^[4]。同时明确后续重点关注的作业项目、设备类型及历史问题点复查清单，指定专业责任部室与人员，形成滚动式质量关注机制。

结语

（1）构建的跨专业统合维保质检标准化体系，通过四级问题分级、六类系统性归因、5Why 根因分析及全要素追溯索引，实现了维保质量检验从“形式化填表”向“可信证据链+管理闭环”的转变。

（2）实证表明该体系可显著提升 A/B 级问题整改闭环率、维保一次通过率，并有效降低因维保质量缺陷诱发的次生故障。

（3）该体系可作为城市轨道交通运营单位质量管理体系（QMS）在设备设施维保过程的工程化落地范本，亦可为行业主管部门制定维保质检规范提供实践参考。

参考文献

- [1] 于秋波, 魏秋实, 冯培等. 城市轨道交通智慧运维研究现状及展望 [J]. 兰州交通大学学报, 2025, 44(2): 1-10.
- [2] 岳岩, 刘智成, 姚世峰, 等. 基于可信性的城市轨道交通质量基础体系研究 [J]. 标准科学, 2024(2): 92-99.
- [3] 牛涛, 张辉. 城市轨道交通智能运维系统方案与标准化建设研究 [J]. 铁路运输与经济, 2024, 46(03): 102-107.
- [4] 李博. 城市轨道交通多专业设备协同维保与质量评价体系构建 [J]. 都市快轨交通, 2024, 37(02): 135-140.