

内部审计在铁路工程安全管理中的应用研究

——基于高铁风雨棚防雷系统失效风险的实证分析

游清翔

中国铁路武汉局集团有限公司审计部 湖北 武汉 430000

摘要:本研究以某铁路集团公司高铁车站钢结构风雨棚专项整治项目为研究对象,通过实证分析防雷系统安全隐患问题,系统探讨了工程审计在铁路工程项目安全管理中的监督预警和风险控制作用。研究发现,工程审计能够有效识别设计缺陷、施工质量等安全隐患,并通过审计建议推动系统性整改。研究采用案例分析法,结合现场踏勘、专业咨询和制度审查等方法,揭示了铁路零小工程管理中存在的设计统筹不足、质量管控缺位等问题,提出了完善铁路工程审计体系的具体建议。研究创新性地将工程审计与传统安全管理领域相结合,为铁路企业构建“审计+安全”的新型监督模式提供了理论支撑和实践路径。

关键词:工程审计;铁路安全;防雷系统;设计管理;风险控制

1 研究背景

随着我国高铁网络规模持续扩大,既有车站设施设备老化问题日益凸显。根据国家统计局公布的相关数据显示,2014年至2023年全国高速铁路营业里程由16456公里增长至45036公里^[1],10年间增长了约2.74倍。据不完全统计,截至2023年底现有高铁车站超1700座,其中七成以上为钢结构风雨棚。根据相关规范要求,未来几年将有大量钢结构风雨棚陆续达到维修周期,需要进行油漆涂装大修施工。作为保障铁路运输的重要站房设施,其安全状态直接关系到高铁运行和旅客运输的安全。2022年起,某铁路集团公司陆续安排专项资金,用于对管内达到大修周期的钢结构风雨棚进行专项整治施工,并安排内部审计部门对项目实施情况开展专项审计。

1.1 理论缺口

传统工程审计往往片面立足于经济监督定位,在对铁路工程项目开展审计时更侧重于造价控制和资金管理,对安全管理的介入相对有限。虽然中国内部审计协会发布的《第3201号内部审计实务指南——建设项目审计》中,有独立章节对建设项目安全管理审计进行详细阐述,但主要是将确认项目各参建单位安全管理职责履行和确认记录完整性两个方面作为审计目标。审计内容也主要集中在建设项目安全生产责任制执行情况,建设项目现场安全管理情况,建设项目安全防护、文明施工措施费用管理使用情况等方面^[2]。缺乏对设计源头安全质量控制的审计指导。铁路企业内部建设项目审计指南,更侧重于建设资金的管理和使用情况审计,对建设项目的安全管理审计缺乏相关指导。

2 研究意义

工程项目安全管理与成本控制是项目管理中不可或缺的两大核心要素,二者相互影响、相辅相成,共同决定着项目的成败。安全管理通过预防和减少事故发生率,不仅保障了施工人员的生命健康,也避免了因事故导致的工期延误、赔偿费用及设备损坏等额外成本支出,从而有效降低了项目总成本。反之,科学的成本控制能够为安全管理提供充足的资金支持,确保安全设施、培训及应急预案的落实,形成良性循环。

本研究创新性地将工程审计与传统安全管理相结合,通过防雷系统设计缺陷案例,凸显了工程审计在安全管理中的独特价值,拓展了工程审计的业务边界。研究成果直接推动消除2座高铁车站的防雷隐患,制定1项管理制度,为行业提供了可复制的安全管理改进方案。

3 理论基础

3.1 铁路行业工程审计发展历程

铁路行业工程审计发展大致经历了三个阶段。一是财务导向阶段。该阶段主要以查错纠弊为核心,聚焦工程项目资金使用的合法性与合规性,审计方法主要以账目核对为主,审计部门一般也都隶属于财务部门,审计工作的独立性和客观性难以得到充分保障。二是绩效导向阶段。该阶段推动了铁路工程审计从“合规检查”向“价值管理”的转型,铁路行业工程审计工作更多的关注到项目的建设经济性、效率性和效果性上。三是风险导向阶段。该阶段强调系统性风险识别与评估,其核心是将风险管理融入审计全过程,通过系统性风险识别与评估,优化工程项目的决策、实施和运营,也是铁路

行业工程审计发展的必然趋势。本案例所揭示的钢结构风雨棚防雷系统失效隐患正是基于此的一次审计实践探索，从“事后纠错”转向“事前免疫”。

3.2 铁路工程安全管理特征

铁路工程安全管理具有鲜明的行业特性，系统性风险相对突出。相关风险主要包括多专业协同风险、全生命周期风险、管理责任界面风险、重大社会影响风险等方面。本案例涉及到的钢结构风雨棚属于高铁车站客运设施，涉及高铁运行安全和旅客运输安全两项重点工作，一旦出现安全缺陷可能导致“蝴蝶效应”，引发系统性风险。本案例基于此，对铁路工程安全管理中“技术缺陷与管理漏洞耦合放大风险”的典型模式进行了细致阐述。

3.3 防雷系统安全标准

防雷系统是指通过接闪器（避雷针、避雷带等）、引下线和接地装置组成的完整防护体系，用于将雷电流入大地。具体功能主要包括：接闪功能，即通过接闪器主动拦截雷击；泄流功能，即通过低阻抗路径（引下线）传导电流；均压功能，即接地装置使电位均衡分布；隔离功能，即防止反击和侧击。绝缘材料一旦覆盖接闪器，将导致防雷系统失效。因此在对该项目开展审计时，对项目涉及到的建设标准是否符合相关规范要求将至关重要。

4 案例描述

4.1 项目概况

某高铁线路开通运营至今已十余年，沿线部分车站的钢结构风雨棚存在表面油漆脱落、屋面金属板漏水、檐口板松动、线路老化等问题。为确保旅客运输安全，维护设备使用状态，某铁路集团公司下达整治计划，对其中5座车站的钢结构风雨棚进行专项整治，项目总投资3000余万元，由A单位负责项目实施。根据年度审计工作安排，某铁路集团公司审计部派出审计组于对A单位的项目实施情况开展了专项审计。

通过对相关资料的梳理，审计组发现上述5座车站中的X站和Y站，原设计单位B设计院在2012年设计时，均为利用钢结构风雨棚的屋面金属板直接作为防雷装置接闪器发挥防雷效果。在本次整治过程中，X站的设计单位C设计院为解决钢结构屋面金属板漏水问题，直接在屋面金属板上设计喷涂橡胶沥青材质的防水涂料。而Y站的设计单位D设计院则在设计文件中强调需统筹考虑防雷情况。审计组遂对上述差异情况进行深入追踪。

4.2 审计实施过程

针对上述疑点，审计组采用“四步法”开展工作。第一步资料审阅。审计组调取了该项目原始竣工图纸与

本次专项整治的设计图纸进行比对，同时又横向比对了本次专项整治的5座车站设计图纸及施工方案间的差异，确定X站与Y站防雷差异应当存在设计错误。第二步技术验证。为确保审计人员判断准确，审计组先后咨询了3位建筑防雷领域的专家，并根据专家建议对相关防雷设计规范进行研究。第三步现场确认。为明确现场实施情况，审计人员利用高铁夜间天窗作业时间，分别对两座车站的风雨棚屋面施工情况进行现场踏勘，从而确定实际实施情况与设计一致。第四步责任追溯。根据前期掌握的情况，审计组约谈了设计单位相关人员，经过沟通相关问题得到设计单位确认。

4.3 关键发现

本次审计基于防雷系统缺陷共发现三个方面问题。一是设计缺陷存在安全隐患。由于C设计院在设计X站防水时，未统筹考虑钢结构风雨棚防雷问题，导致直接在作为接闪器的屋面板上涂刷沥青类防水涂料，形成绝缘层防雷失效，X站风雨棚檐口板处虽设置有一道金属避雷带，但超出了国家规范要求的接闪器网格尺寸，现有的防雷设备无法实现防雷效果，后期需额外追加投资消除安全隐患。二是合同管理存在漏洞。该项目相关设计合同中未明确设计质量和追责条款，A单位对C设计院成果文件缺乏有效的合同履约控制，导致设计质量出现问题后难以采取有效的维权措施。三是内控制度缺失。某铁路集团公司未制定针对设计管理考核的相关内控制度，对设计单位考核缺乏制度支撑，此外管理职责的界定也存在管理权限边界界定模糊的情况。

5 问题分析与风险评估

5.1 风险分析

审计期间通过查阅项目当地气象部门的统计资料发现，X站所在的S市近十年最高年雷暴日数41天，近十年最低年雷暴日数25天，年均雷暴日数32.7天，春夏之交为雷暴高发期。X站所在的某高铁线路属繁忙干线，日均接发列车130对以上，日均发送及到达旅客均在3000至5000人间。审计组利用风险矩阵法对相关风险因素进行了分析。

风险矩阵是通过量化风险发生概率（P）和后果严重程度（S）来评估风险等级（R）的工具（详见表1、2、3）。

其通用公式为： $R = P \times S$

其中：

P：风险发生可能性（概率）

S：风险后果严重度

R：风险等级

表1 概率等级 (P) 划分

等级	描述	发生概率	防雷系统示例
5	极高	> 50%	无接闪装置的露天设备
4	高	10%~50%	接闪器网格尺寸超标
3	中等	1%~10%	接地电阻轻微超标
2	低	0.1%~1%	绝缘涂层局部破损
1	极低	< 0.1%	完全符合标准的防雷系统

表2 严重度等级 (S) 划分

等级	描述	后果标准	防雷失效可能影响
5	灾难	多人死亡/重大运营中断/直接损失 > 1亿	雷击引发火灾致旅客伤亡
4	严重	单人死亡/部分停运/损失1000万-1亿	设备损毁导致线路停运24小时
3	中等	人员受伤/局部影响/损失100-1000万	风雨棚穿孔需紧急维修
2	轻微	轻微伤害/短时延误/损失10-100万	避雷针损坏需更换
1	忽略	无伤害/可忽略影响/损失 < 10万	绝缘涂层轻微老化

表3 风险矩阵法

风险因素	P	S	R = P×S	风险级别	对应措施
1.绝缘涂层致接闪失效	5	5	25	极高	立即整改, 采取相应措施消除隐患
2.接闪器网格尺寸超标	4	4	16	高	制定补强措施, 后续尽快消除隐患
3.接地电阻偏高	3	3	9	中	定期检查, 纳入整改范围

通过上述分析可以看出, 绝缘涂层导致接闪失效问题风险极高, 发生概率大且极易造成重大损失, 其次是接闪器网格尺寸超标问题, 属高风险因素, 二者对高铁运行及旅客运输安全均存在较大影响。

5.2 风险处置

受审计任务安排影响, 审计组揭示出该问题后仍有其他项点需要查证, 若像其他常规问题一样待项目结束后再向决策层报告推动整改工作, 则存在巨大的安全隐患。经过研判, 审计组决定第一时间将上述情况向审计部门领导报告。最终在审计项目尚未结束的情况下, 推动该问题由某铁路集团公司主要领导在周例会中布置传达并立即启动整改工作。

5.3 经济损失测算

建筑物遭受雷击虽是小概率事件, 但高铁风雨棚作为旅客运输的重要载体, 一旦发生任何闪失, 后果是不可预想的。经测算, X站后续对已铺设的绝缘层进行防雷改造需花费约80万元。

6 审计成果与整改成效

通过对高铁风雨棚防雷系统隐患的揭示, 推动某铁路集团公司从制度、合同、技术等方面多管齐下, 规范了相关工程的管理。针对勘察设计管理缺乏制度抓手问题, 某铁路集团公司组织修订了《勘察设计管理办法》, 明确了对勘察设计单位的管理职能及管理考核机制。对勘察设计合同文本进行修订, 增加相关的权利义务, 明确了双方的责任划分及考核约束条款。推动X站增

设避雷针系统, 补强现有防雷体系; 组织相关单位对管内已完成设计项目进行全面排查, 除X站外又发现另外一座高铁站钢结构风雨棚也存在类似情况, 予以及时叫停并对设计方案进行调整; 相关业务部门组织建设、设计等单位召开研讨会, 对钢结构风雨棚后续防水整治方案结合防雷设计予以进一步优化。

结论与展望

本研究通过高铁风雨棚防雷系统专项审计案例, 验证了工程审计在铁路安全管理中的三重核心价值。一是风险预警价值。通过技术验证和流程审查, 提前识别系统性隐患, 实现从“事后纠错”到“事前免疫”的转变。二是管理矫正价值。推动建立设计质量终身责任制、多专业联合会审机制等制度性成果, 弥补了铁路零小工程管理的制度盲区。三是跨学科协同价值。“专业+审计”的复合团队模式, 显著提升了对多专业衔接风险的识别能力。

本研究结果表明, 工程审计在铁路安全管理中能够发挥“预警器”和“矫正器”的双重作用, 审计工作在铁路工程安全管理领域同样具有独特视野。相关单位在开展工程项目专项审计时, 值得进一步探索跨专业协同审计机制创新, 尝试开发基于多专业协同的智能审计平台, 将安全管理等业务与审计工作贯通, 共同赋能铁路工程建设。

参考文献

- [1]国家统计局, 中国统计年鉴2024[EB/OL].[2025-05-04]
- [2]中国内部审计协会, 第3201号内部审计实务指南——建设项目审计[Z].北京:中国内部审计协会, 2021, P88-93.