

Analysis of construction safety risk management of railway laying engineering

Kunjiao Li

Overseas Business Division of CCCC Second Public Bureau (International Company), Xi'an, Shaanxi, 710065, China

Abstract

With the vigorous development of China's social economy, China's railway construction gradually scale, and the investment also shows a rapid growth trend. In the construction process, the paving project occupies an important position, which involves many aspects, including girder, beam making, laying bed, track changing, track laying row and other links. It is a comprehensive construction task with the characteristics of high construction risk and high professional technical requirements. It can be seen that in order to carry out railway laying projects efficiently, it is necessary to take relevant safeguard measures to avoid risks, especially railway construction is a high safety risk area, which puts forward higher requirements for prevention and control strategies. In this regard, this paper mainly analyzes the safety risks existing in the railway paving engineering construction, and puts forward some suggestions, aiming to promote the long-term and steady development of the railway construction.

Keywords

railway; paving engineering; construction safety; risk management; strategy analysis

铁路铺架工程施工安全风险管 理分析

李坤娇

中交二公局海外事业部（国际公司），中国·陕西 西安 710065

摘 要

伴随全球经济突飞猛进，铁路建设逐渐规模化，在投资方面亦展露出高速增长态势。在建设过程中，铺架工程占据重要地位，其涉及多个方面，包含架梁、制梁、铺设道床、换轨、铺轨排等环节。是一项综合性较强的施工任务，具备施工风险大、专业技术要求高等特点。由此可见，想要高效开展铁路铺架工程，需要采取相关保障措施规避风险，尤其是铁路施工是安全风险高发区，对防控策略提出更高要求。对此，本文主要就铁路铺架工程施工存在的安全风险进行分析，并提出若干建议，旨在推动铁路建设长足稳健发展。

关键词

铁路；铺架工程；施工安全；风险管理；策略分析

1 引言

现如今，高度重视安全生产管理工作是重中之重。特别是在新时期背景下，铁路建设推动着物流领域高速发展。但基于从业人员较多且铁路铺架规模较大，施工安全问题愈发明显。在此严峻形势下，要求各级政府做好两手准备，一方面，铺架工程是铁路基建工程的基石，必须做好施工安全工作；另一方面，确保铺架工程与环保理念同步进行。这样既保证了施工周期、安全和质量，又实现了生产建设与生态环境共同发展。以下对铁路铺架施工的安全风险及优化措施进行详细说明。

【作者简介】李坤娇（1993-），女，中国甘肃陇西人，本科，工程师，从事国内外公路、铁路施工职业健康安全管理研究。

2 当前铁路铺架施工安全风险分析

2.1 架梁与制梁的安全风险

铁路铺架施工过程中，架梁与制梁环节涉及多项高风险作业，预制预应力混凝土梁时，存在的质量风险主要体现在预应力张拉应力损失、混凝土振捣不密实、钢筋定位偏差和模板变形等。与此同时，温度波动也会引起梁体开裂，这是因为在蒸汽养护阶段温度控制不当。主要体现在内部温度和梁体表面温度存在较大温差，如蒸汽养护期间冷却速度过快或升温速率过快，都会造成应力集中，从而导致内部裂纹与表面开裂现象，对梁体长期使用性能与耐久性造成负面影响。此外，设备本体承载能力、轨道运行稳定性以及控制系统的精准度，均决定架梁过程中的安全水平。尤其在跨桥、跨路施工中，环境干扰因素增加，可能导致梁体摆动幅度过大，影响架设精度。

2.2 跨越公路以及既有线路潜在风险

铁路铺架施工在跨越公路及既有线路段时，作业环境复杂，涉及动态交通流、既有设施稳定性及高空作业安全管控等多方面因素。目前，信号电缆、通信光缆和电力电缆等基础设施形成密集的地下管线网络，为此，铁路铺架工程跨越这些区域，有可能损坏地下管线，因为施工机械作业不可避免，对既有线路的正常运营带来一定影响。与此同时，邻近轨道几何形位是一个不可忽视因素，大部分由施工振动导致的，加剧了列车运行风险。除此之外，既有线路可能存在电压、触电危险，一旦跨越可能危及施工人员人身安全。

2.3 铺轨和架梁的安全问题

铁路铺架施工过程中，铺轨与架梁作业涉及轨排运输、设备运行控制及高空作业稳定性等多项风险因素。架梁和铺轨在铁路铺架施工中存在诸多问题，需深入分析环境、设备、技术方面的因素。例如，在安全管理方面，轨行设备行车涉及铺轨机、长轨运输列车和轨道车等，这些设备在铺轨过程中需要在新建路线或既有路线上行走，然而现场常常出现轨缝异常、道床沉降和线路基础不稳等现象，从而隐藏轨行设备相互碰撞、脱轨、倾覆等安全风险。另外，在施工窗口阶段，调度员应时刻关注列车运行状态，尤其在繁杂区域或繁忙时段，如果错误判断设备位置、施工进度，有可能造成轨道封锁时间与预期不符，进而引起秩序混乱。

3 加强铁路铺架工程施工安全风险管理的具体措施

3.1 提升架梁与制梁的安全性

首先，应制定相关制度体系，如应急管理、隐患排查、风险与安全责任等方面，旨在确保架梁与制梁过程的安全管理有章可循。与此同时，明确作业人员、各级管理人员安全职责，并结合安全考核制定安全生产责任制，使施工人员在积极向上的安全氛围中逐渐提升安全意识。对于高精度定位钢筋与模板变形的实时监测，可以通过多源数据采集构建一个网络结构。在此过程中，涉及振捣轨迹记录装置与分布式光纤传感器部署。具体而言，为了确保施加预应力的准确性与均匀性，施工单位应实施张拉力与伸长量的双控机制，并结合应变能密度算法预测应力分布，避免模板应力过度集中带来的变形风险。其次，时刻关注混凝土坍落情况，可以通过振捣棒插入深度数据分析以调整振捣参数，使混凝土均匀性、密实度与设计要求相符。除此之外，对于预应力孔道坐标偏移，复核方法可以采用三维点云扫描技术，实现全面优化、监控施工过程。

此外，关于循环蒸汽养护棚的搭建，首要任务是做好多个独立控制区段的规划，此过程需要将梁体养护与尺寸纳入考量范围。并将温湿度传感器、蒸汽发生器安装至每个区段，旨在确保预设梯度分布和每个区段的温湿度保持一致。例如，温度与蒸汽流量的调节可以通过 PID 控制算法结合

温湿度梯度调控装置进行。以下对具体操作步骤进行详细说明：蒸汽发生器可以利用 PLC 控制系统，接收来自多点温度传感器的养护数据，然后通过这些反馈数据实时调动蒸汽输出，实现高精度控制养护环境。最后，为了防止温度过高或应力集中造成的裂缝问题，可以引入有限元热力学仿真模型进行规避。其工作原理是模拟不同应力演变与温度场分布，并记录梁体在这些环境中的养护表现。为此，基于模拟结果反向指导养护时序优化。另一方面，设计递进式升温曲线。举个例子：调整速率为 5°C/h 升至 40°C ，维持 2h；然后调整速率为 3°C/h 升至 60°C ，保持 4h；最后调整速率为 1°C/h 降至环境温度。这种阶梯式设计旨在防止温度应力集中产生的裂隙风险。

3.2 做好跨越公路以及既有线路安全防护

首先，想要提升既有线路和跨越公路的安全防护质量，构建安全管理体系势在必行，该体系应以“全方位、全过程、全员”为导向，形成由班组作业层、项目管理层以及安全管理部门三级联动的组织架构。旨在提升施工过程的安全性、监控性。与此同时，为了增强对施工区域风险预警与安全监控力度，可配置专职安全员，以期通过现场监督及时响应安全问题、杜绝安全事故。在铁路铺架工程中，面向跨越公路区域，应建立地下管理分布模型，以期为施工优化提供有益参考。首要任务是通过历史施工记录、地下管线普查资料和 GIS 数据（地理信息系统）整合，初步构建施工区域地下管线分布模型。接下来，针对局部隆起或异常地面沉降区域，对其进行地表影像分析至关重要，可以采用无人机遥感技术进行细化。具体而言，在复杂区域采用 GPR（多通道高频探地雷达）扫描，并对金属管线的电磁响应特征进行检测，这一步骤涉及多频电磁感应探测仪应用，旨在识别金属管线；另一方面，在此基础上采用 TEM（瞬变电磁法）有助于识别空洞和非金属管线。其次，可以采用三维建模技术对已有管线资料、地质剖面图和雷达断面图进行分析，并引入地理坐标对管材质、深度、位置进行标注。在施工期间，还要对关键管线进行长期健康监测，包括关注管线位移变化、受力状态等，这一步骤涉及分布式应变监测系统或光纤光栅传感器安装应用，旨在实时监测、及时发现问题并处理。例如，高风险区域识别后，针对性采取防护措施，涵盖浇筑混凝土保护层、包裹增强型防护套管和固定外部支撑架等，进一步提升抗冲击和抗挤压能力。

另外，针对施工振动问题，可以采用多级隔振控制措施。具体而言，基于不同施工设备与地质条件考虑，当土层较松散时，应先采用高压旋喷桩施工或注浆加固法加固墙体，再将传统冲击钻进替换成低振动回旋钻进工艺，旨在避免土层松动放大振动效应。当土层为硬质岩层时，可采用精密减振支架和冷却金刚石钻头钻进，有助于防止振动传播。如果施工区域在轨道周边，选择减振控制手段时，应考量运营状况与轨道基础结构。就拿弹性轨枕区域来说，可将聚氨酯泡沫、

橡胶砂浆这种柔性吸能材料铺设在轨道基础下方,并采用双层隔振垫减轻振动影响,使振动衰减能力最大化。

当铁路铺架工程需要跨越既有有线区域时,需要做好电气防护措施。具体而言,利用工频电磁场分析仪全面评估电磁环境,使电场强度分布一目了然。为了优化电气防护方案可以采用电磁兼容分析软件模拟不同位置的感应电压在施工设备中的表现,最终选择最佳状态。关于绝缘屏障的架设,应当选择复合材料且耐高压的防护板,并使用静电屏蔽技术消除电磁干扰。最后,在高空作业过程中,起重机、塔吊应与高压导线保持安全距离。可以采用雷达扫描系统结合接触网距离监测传感器,计算施工机械与导线的安全距离,一旦超过预定阈值将触发警报,且停止设备动作。为了保障施工人员安全,在既有线地面上应铺设导电屏蔽垫,同时施工人员需要佩戴绝缘靴、绝缘防护手套,确保与 GB/T 17622 标准相符。与此同时,选择绝缘材质的作业工具并定期测试耐压性,从根本上解决人体接触高电位区域风险问题。

3.3 完善施工程序确保铺轨和架梁安全

在复杂工况环境下,想要确保设备长期稳定运行,需要架桥机具备良好性能做支撑。以下对具体操作步骤进行详细说明:首先,确保安全管理方案落地实施是保障铺轨和架梁工作有序推进的基础。因此,建立可行性强的安全管理运行机制是关键。在此过程中,可以定期召开安全风险会议,旨在部署安全防护措施、通报问题、总结经验等,通过不断分析与整改,不断完善安全管理机制。其次,为了避免二次安全事故发生,应制定安全责任追溯机制。安全责任追溯机制应明确规定追责方式,且具备责任倒查职能,对约束违规操作有制约作用。另一方面,面向结构稳定性不足、道床沉降以及轨道变形等问题,施工现场应启动安全责任机制,对其进行快速响应并实时监测。例如,将超声波检测设备、惯性导航系统、精确性高的激光测距传感器安装至轨道车、长轨运输列车和铺轨机上,使其形成多层次网络结构,实现多维度、全方位监测,确保轨道运行状态趋于安全。一旦监测到施工进度偏差或轨行设备异常,调度员应利用大数据分析结合计算机技术及时预警可能影响的关键工序,并提前调整施工任务,可能涉及解除或封锁等,避免施工延期、计划失误造成作业冲突,从根本上杜绝施工安全威胁。面向设备故障或轨道状态异常情况,系统触发警报并发送预警信息,这时相关团队应合议商讨修复方案,并确保设备故障处置、轨道结构抢修等信息与设备抢修组、轨道应急修复小组同步更新,只有这样,才能在信息协调情况下提高抢修效率、精

准定位危险源头、正确决策。在轨道铺设作业方面,应制定多层次安全防护体系和精细化施工组织,使作业环境的风险因素趋于可控。铺设前,测量轨道基础的纵横向误差、高程是首要任务,可以采用高精度全站仪进行。具体而言,轨道受力情况采用有限元分析模拟,并测试地基沉降区域压力情况,以期对钢轨接头位置与轨枕间距的优化提供有益参考。施工阶段,铺设精度可以通过激光测量系统动态监测,并引入自动化铺轨设备,确保轨道横向平顺度的误差在安全范围。最后,将风速传感器安装至运输沿线,一旦监测到风力、风速超过预设安全值,要求铺设作业立即停止,避免强风导致轨道材料位移。值得一提的是,对于未开始铺设的区域,施工人员进入前,均需要对钢轨接头受力均衡性、轨枕支撑力进行测量,确保轨道稳定,避免不确定因素、未排查隐患产生的安全风险事故。

4 结语

综上所述,铁路铺架工程施工需在技术创新与管理优化的双重驱动下不断完善。在此过程中,通过构建高精度监测系统强化架梁与制梁质量控制,并结合先进传感技术提升施工安全保障。与此同时,利用智能化手段优化跨越公路及既有有线施工的风险防控,从根本上确保施工过程的环境稳定与结构安全。未来,应持续推进智能化、自动化管理模式,促进大数据分析、物联网技术在施工安全管理中的深度应用,以实现施工全过程精细化控制与动态调整,进一步降低施工安全风险,为提升铁路建设的质量与安全水平打下坚实基础。

参考文献

- [1] 卫志刚.作业面交付不连续情况下铁路铺架工程施工方案比选分析[J].工程技术研究,2023,8(5):124-127.
- [2] 孔德顺,姜会增.高速铁路施工技术与管理研究进展与展望[C]//2023年全国工程建设行业施工技术交流会.1.中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所2.
- [3] 梁马峰,崔琳琳.水韵湖城架金桥 初心如磐铸丰碑——中铁三局集团线桥工程有限公司沪苏湖项目架梁侧记[J].中国设备工程,2024(6):4-5.
- [4] 程星璠.新型客货共线铁路一次铺设无缝线路快速铺架施工技术[J].现代城市轨道交通,2023(9):53-56.
- [5] 陈兵杨.200km/h和250km/h设计速度下的高速铁路无轨恒张力架设供电接触线施工技术[J].城市轨道交通研究,2023,26(7):172-176.