

隧道施工高空作业坠落事故预防与控制措施

陈彦军

四川省交通建设集团有限责任公司 四川 成都 610041

【摘要】：隧道施工中洞内拱顶与洞门边坡等点位的高空作业环境往往复杂，高空坠落事故所致致死风险极为突出，作业人员操作失范、防护设施运维不当、安全管理制度执行缺位构成事故核心诱因，本文从人员行为、防护设施、管理机制三方面搭建全流程防控路径，落实分层岗前实操培训、标准化设施养护及闭环现场监管举措，全链条管控手段可有效消除各类显性与隐性坠落隐患，并为隧道现场高危作业安全管控提供标准化实施参考。

【关键词】：隧道施工；高空作业；坠落风险；安全防护；现场管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.021

引言

交通基建规模持续扩张推动隧道工程施工频次提升，洞内拱架搭设与洞门修整等高空作业场景同步增多，坠亡类安全事故长期位居隧道施工伤亡事故前列，安全发展理念对现场风险源头治理提出更高标准，现有管控模式常暴露出人员培训浮于表面、防护设施维护滞后、管理体系落地断层等短板，依托隧道标准化施工管控逻辑，从人员、设施、管理三层维度梳理坠落隐患成因并配套针对性防控路径，可补齐高空作业安全管控短板，形成可落地且全闭环的风险治理体系。

1 隧道高空作业坠亡风险管控研究基础

隧道工程围岩条件复杂，洞内拱顶、洞门边坡、衬砌施工等作业点位均属高空作业范畴，作业空间狭窄、光线受限、围岩变形动态变化，高空坠落成为隧道施工高频致死安全事故。全过程安全管理涵盖目标设定、风险监测、现场管控多项核心工作，其中高空坠亡风险具备隐蔽性与突发性，单纯依靠事后处置无法遏制伤亡事故^[1]。依托隧道标准化施工管控逻辑，以人员行为、防护设施、管理制度三大维度为切入点搭建防控体系，结合不同等级围岩施工间距及监控量测布设标准等实操参数，建立覆盖岗前教育、现场防护、动态监测、日常巡查的全链条管控逻辑，可从源头压缩高空坠落隐患存量，稳定施工现场安全管控水平。

2 隧道施工高空坠落安全隐患成因梳理

2.1 现场作业人员安全操作行为存在疏漏

隧道高空作业多集中在拱架架设、衬砌浇筑、洞门边坡修整等区域，作业人员作为风险防控核心主体，其行为偏差会直接诱发坠落事故。多数一线人员未能系统掌握高空作业规范，日常施工中漠视安全管理制度，简化标准化操作流程，拱顶作业时不规范佩戴安全带与安全绳，部分人员存在翻越临时防护设施、在无支撑结构区域随意走动等违规行为。常态化安全警

示教育落实不足，人员难以主动识别拱顶围岩松动、作业平台承载力不足等隐性坠落隐患，面对突发变形风险缺乏应急避险能力。洞内光线条件有限，长期高强度作业易诱发疲劳，操作专注力随之下降，各类不规范操作叠加，持续放大了高空坠落事故的发生概率。

2.2 高空防护设施布设与维保存在短板

隧道洞内及洞口高空区域配套防护设施构成阻隔坠落风险的关键屏障，现阶段设施布设与日常养护环节普遍存在明显不足。洞口边坡与洞内拱顶作业平台未按标准完成防护栏杆及挡脚板的完整搭设，部分临边区域仅设置简易警示标识，缺少硬质封闭防护结构^[2]。各类安全防护器材及高空作业平台缺乏定期检修维护，安全带与安全绳出现磨损开裂后未及时更换，栈桥及临时作业平台构件变形锈蚀仍持续使用。不同围岩段施工工序切换频繁，防护设施随工序推进拆装后未同步复原，监控量测点位布设施工时易破坏周边临时防护，防护体系完整性难以持续保障，形成持续性高空坠落风险缺口。

2.3 施工现场安全管理体系执行不到位

完整的隧道安全管理框架涵盖风险监测、现场巡查、责任划分等多项内容，落地执行环节却暴露出明显脱节问题。专项施工方案多为纸面编制，未结合高空作业点位动态调整管控细则，安全管理目标难以精准匹配拱顶、洞门等高风险区域需求。安全监管小组日常巡查频次不足，对高空违规操作及防护缺失问题的查处力度偏弱，岗位安全责任划分模糊，管理人员与班组人员的隐患排查职责未能有效压实。安全投入配置存在欠缺，高空作业专用防护器械及照明设备配备数量不达标，监控量测数据仅用于围岩稳定性分析，未联动高空作业风险预警，全流程闭环管控机制尚属空白，无法及时遏制高空坠落隐患持续滋生。

3 隧道高空坠落风险全流程防控实施路径

3.1 规范作业人员岗前培训与现场管控手段

针对隧道拱顶支护、洞门边坡及衬砌施工高空岗位建立分层分级培训体系,培训内容涵盖防护佩戴标准、临边通行规范、围岩变形应急撤离流程,摒弃纯理论授课,融合现场实操演练与事故案例警示教育,清晰呈现违规操作引发坠亡的严重后果。所有进场人员经考核合格方可上岗,高空特种作业增设实操考核,未通过人员不得参与拱架架设、高空浇筑等高风险工序^[3]。现场推行全过程动态管控,高空作业区域安排专职人员旁站监管,及时制止未佩戴安全带、踩踏支护构件、翻越临边防护等违章行为。针对洞内采光较差条件,在高空作业点位增配照明设备,缓解视觉疲劳诱发的操作失误。定期组织班组开展隐患自查,提升人员自主辨识拱顶浮石、作业平台承载力不足等风险的能力,从思想认知与行为规范层面消除人为疏漏,降低高空坠落事故的发生概率。

3.2 完善高空防护装备配置及日常养护方案

依据隧道不同高空作业场景配齐标准化防护设施,洞门边坡临边、洞内拱顶作业平台、仰拱栈桥两侧统一搭设硬质防护栏杆与挡脚板,临空区域实现封闭防护,仅预留规范作业通道。按在岗高空作业人员数量足额配备安全带、安全绳、防滑鞋等个体防护装备,保证一人一套可用器材,严禁多人共用或使用破损装备。建立常态化养护检修机制,划定固定时段对所有防护设施开展全面检查,重点查看栈桥钢架与作业平台焊接部位的变形锈蚀情况,安全带及安全绳有无磨损、开线、老化问题,发现损坏器材立即回收更换,禁止带病投入施工。工序转换拆装防护设施后同步完成复原加固,监控量测及钻孔布设测点作业时做好周边防护保护,避免施工操作破坏防护结构。建立防护器材使用台账,记录领用、检修、报废全流程信息,持续维持高空防护体系完整可靠,阻断人员坠落路径。

3.3 健全施工现场安全管理落地执行机制

围绕隧道高空坠落风险构建具备落地执行力的安全管理体系,针对洞内拱顶与洞口边坡等高风险点位制定专项管控细则,动态调整管理目标以匹配现场高空作业工况。明确管理人员、班组负责人及一线作业人员的安全权责边界,将高空隐患

排查、防护设施查验、人员行为管控划定为各岗位硬性工作,安全责任得以压实。设立专职安全监管队伍,提高高空作业区域巡检频次,对无防护施工及高空违章操作予以严肃查处,形成长效约束机制。加大高空安全设施投入,配齐照明、防护、警示设备,利用监控量测围岩变形数据预判作业风险,监测指标异常时立即停止高空施工并组织人员撤离。建立隐患闭环处置流程,对防护缺失及人员违规问题建档留存,设定整改期限并开展复核验收,搭建隐患发现、整改、复查一体化管理链条,避免安全管理制度仅停留在书面层面。如图1。



图1 隧道施工高空坠落风险闭环管理体系框架图

4 结语

隧道高空坠落风险治理需统筹人员、防护设施与现场管理三类要素,作业人员规范化培训可减少违规操作行为,常态化养护防护设施有助于阻断坠落通道,闭环安全管理机制能够实现隐患动态排查处置。三类管控路径相互衔接形成完整防控体系,有效化解拱顶、洞门等高风险区域坠亡隐患。相关管控措施贴合工程安全发展理念,可为各类隧道施工现场高空作业风险防控提供标准化实施参考,对持续提升隧道施工整体安全管控水平具有积极意义。

参考文献:

- [1] 姬彬波,谭成伟,刘恒,等.铁路隧道工程建设施工安全现状及应对策略[J].交通节能与环保,2024,20(S2):215-220.
- [2] 杨华.高速公路隧道机电工程施工安全信息化管理措施[J].运输经理世界,2023,(17):118-120.
- [3] 陆生文.隧道施工安全风险与施工管理分析[J].工程建设与设计,2022,(7):236-238.