

公路工程夜间施工安全风险识别与防控措施

王震

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司 新疆 乌鲁木齐 831400

摘要:随着我国交通基础设施建设的不断推进,公路工程项目日益增多,工期压力持续增大。为加快施工进度、减少对交通的影响,夜间施工已成为公路工程建设中常见的作业方式。然而,受照明不足、人员疲劳、环境复杂等多重因素影响,夜间施工存在显著的安全风险,事故频发,严重威胁施工人员生命安全和工程质量。本文基于系统安全理论和风险管理方法,深入分析公路工程夜间施工的主要安全风险源,从人的不安全行为、物的不安全状态、环境不良因素及管理缺陷四个维度进行系统识别;进而提出针对性的防控措施体系,涵盖组织管理、技术保障、人员培训、应急响应等方面。研究表明,构建“人—机—环—管”一体化的夜间施工安全风险防控机制,是提升公路工程夜间施工安全水平的关键路径。本文的研究成果可为相关施工单位、监理单位及行业主管部门提供理论支持与实践指导。

关键词:公路工程;夜间施工;安全风险;风险识别;防控措施;安全管理

引言

近年来,我国公路网建设规模不断扩大,高等级公路、城市快速路、改扩建工程等项目密集推进。在“保工期、保通车”的政策导向下,以及为最大限度减少对既有交通流的干扰(如避开日间车流高峰),越来越多的施工单位选择在夜间开展施工作业。然而,夜间施工环境与日间存在本质差异:自然光照缺失、人体生物节律紊乱、视觉感知能力下降、周边环境复杂性增加等,均显著提升了安全事故发生的概率。因此,系统识别公路工程夜间施工中的安全风险,并制定科学有效的防控措施,已成为保障施工安全、提升工程品质、实现可持续发展的迫切需求。本文旨在通过理论分析与实践调研相结合的方式,构建一套适用于我国国情的公路工程夜间施工安全风险识别与防控体系,为行业提供可操作的安

1 公路工程夜间施工的特点与必要性

1.1 夜间施工的主要应用场景

公路工程中的夜间施工主要集中在几类典型场景之中。首先,在城市主干道拓宽、交叉口改造等交通敏感区域,为避免对日间高峰车流造成严重干扰,施工单位通常选择在22:00至次日6:00之间实施车道封闭或临时交通导改作业。其次,沥青混凝土路面摊铺因其对温度连续性和施工节奏的严格要求,常被安排在夜间进行,以防止日间高温加速材料冷却而影响压实质量。此外,大型桥梁构件的吊装、旧桥拆除乃至爆破作业,也多选在夜间实施,以便最大限度降低对下方通行车辆和行人的安全威胁。在山区高速公路隧道工程中,为保证掘进进度,24小时轮班作业已成常态,夜间施工不可避免。最

后,面对突发自然灾害或交通事故导致的道路损毁,应急抢修任务往往需连夜展开,以尽快恢复交通功能。这些应用场景共同构成了当前公路工程夜间施工的基本图景。

1.2 夜间施工的必要性分析

尽管夜间施工伴随较高的安全风险,但其在现代公路工程建设中具有不可替代的现实必要性。首要原因在于其能有效降低对社会交通的干扰。在城市核心区或交通繁忙路段,日间施工极易引发大面积拥堵,而夜间作业则可显著缓解这一矛盾,提升公众对工程建设的接受度。其次,对于沥青摊铺、混凝土连续浇筑等工艺,施工中断将直接导致冷接缝、强度不足等质量缺陷,夜间连续作业成为保障工程质量的技术刚需^[1]。再者,在“时间紧、任务重”的重大工程项目中,延长有效作业时间是确保按期通车的关键手段,夜间施工成为压缩工期的重要策略。此外,部分地区出于环保或城市管理要求,明确限制日间高噪声作业(如打桩、破碎、铣刨等),迫使施工单位将此类工序转移至夜间。由此可见,夜间施工虽具挑战,但在当前工程实践中具有高度合理性,关键在于如何通过科学管理将其风险控制在可接受范围内。

2 公路工程夜间施工安全风险识别

依据海因里希事故因果连锁理论及现代风险管理框架,本文从“人、机、环、管”四个维度对夜间施工安全风险进行全面识别。

2.1 人的不安全行为

夜间作业环境下,人的生理与心理状态发生显著变化,成为安全风险的重要源头。由于违背人体自然昼夜节律,工人普遍出现警觉性下降、反应迟钝、注意力难以集中等问题,尤其在凌晨2点至6点这一生理低谷期,

事故风险急剧上升。长期从事夜班工作还可能引发慢性睡眠障碍、情绪焦虑甚至认知功能衰退,进一步削弱其安全判断能力。在此基础上,部分作业人员因急于完成任务或认为夜间监管宽松,容易产生侥幸心理,从而简化安全操作流程,如不系安全带、违规穿越施工区域、擅自启动机械设备等。同时,夜间能见度低、机械噪声大,使得语音指令传递困难,手势信号辨识不清,多工种交叉作业时信息沟通不畅,极易导致指挥失误或协同失序,进而诱发碰撞、坠落、机械伤害等事故。这些由人为因素引发的风险,往往具有突发性和连锁性,一旦失控,后果严重。

2.2 物的不安全状态

机械设备与安全设施在夜间更容易暴露其潜在隐患。一方面,由于夜间维护检查条件受限,部分设备可能带病运行,例如摊铺机照明系统失效、起重机限位装置失灵、运输车辆制动性能下降等,均可能在关键时刻酿成重大事故^[2]。另一方面,施工现场的安全防护设施若未及时更新或维护,也会在夜间放大风险。反光标识因老化褪色而失去警示作用,LED警示灯因电池耗尽而熄灭,临时围挡因风雨侵蚀而倾倒,湿滑通道缺乏防滑措施等,都会使作业区域处于高风险暴露状态。此外,材料与工具的随意堆放问题在夜间尤为突出,由于视线受限,工人难以准确辨识地面障碍物,极易发生绊倒、滑倒或被坠落物砸伤等意外。这些“物”的不安全状态,往往与管理疏漏和技术保障不足密切相关,是夜间事故的重要诱因。

2.3 环境不良因素

夜间施工所面临的环境挑战远比日间复杂。照明条件首当其冲,若照明设计不合理,不仅无法满足基本作业需求,反而可能因照度不足形成视觉盲区,或因局部强光产生眩光干扰,降低整体视觉辨识能力。灯光频闪、色温不适等问题亦会加剧视觉疲劳,影响操作精度。其次,夜间气象条件更具不确定性,气温骤降可能导致路面结霜或结冰,雨雾天气在黑暗中更难察觉,极大增加了滑倒、车辆失控等风险。此外,外部不可控干扰因素在夜间显著增多,例如社会车辆因视线不清误入施工区域、行人或动物突然闯入作业区等,这些在日间较易防范的情况,在夜间往往难以及时预警和规避,尤其在开放式或半封闭施工路段,风险更为突出。环境因素的叠加效应,使得夜间施工安全形势更加严峻。

2.4 管理缺陷

管理层面的薄弱是夜间施工安全风险长期存在的根本原因。部分项目未针对夜间作业特点编制专门的安全专项方案,或虽有方案但内容空泛、缺乏可操作性,无

法有效指导现场实践。在资源投入方面,一些施工单位为压缩成本,削减照明设备、个人防护用品、智能监控系统等关键安全投入,导致基础保障严重不足。人员培训与安全交底环节也常被忽视,新进场工人对夜间特有的风险认知模糊,未接受针对性教育即上岗作业,应急处置能力几乎为零。更值得警惕的是,夜间安全监管力量普遍薄弱,专职安全员配置不足,巡查频次低、覆盖面窄,难以实现全过程、全方位的动态监控。这种“重白天、轻夜间”的管理惯性,使得夜间施工长期处于“低监管、高风险”的运行状态,亟需系统性纠偏。

3 公路工程夜间施工安全风险防控措施

针对上述风险源,应构建“预防为主、防控结合、科技赋能、全员参与”的综合防控体系。

3.1 强化组织管理,健全制度体系

有效的组织管理是夜间施工安全的根本保障。首先,所有涉及夜间作业的工程必须依据《公路工程施工安全技术规范》等标准,编制详实可行的《夜间施工安全专项方案》,明确作业内容、风险点分布、具体防控措施、应急预案及责任分工,并经监理单位严格审批后方可实施。其次,项目部应建立专门的夜间施工指挥小组,由项目经理或副经理亲自带队,配备专职安全员、技术员、电工等关键岗位人员,实行24小时轮岗值班制度,确保管理链条不断档、责任落实无死角。此外,对高风险夜间作业(如大型吊装、深基坑开挖、爆破等)应推行作业许可制度,未经安全条件确认和书面批准,一律不得开工。通过制度化、规范化管理,将安全责任层层压实,形成闭环管控机制。

3.2 优化照明与视觉环境

良好的视觉环境是夜间安全作业的前提。照明系统设计应遵循科学原则,采用高亮度、低能耗的LED灯具,确保一般作业面平均照度不低于50勒克斯,精细操作区域不低于100勒克斯。照明布局应分层设置,包括覆盖全场的主照明、聚焦关键工点的局部照明以及随设备移动的辅助照明,形成立体化光环境。同时,必须采取有效措施避免眩光干扰,如加装遮光罩、合理调整灯具安装高度与角度,并避免使用频闪光源^[3]。在视觉引导方面,所有施工机械、围挡、警示标志均应粘贴高强度反光膜,关键区域设置闪烁式LED警示灯和声光报警装置。作业人员必须统一穿戴高可视性反光背心,安全帽可集成微型LED灯,以提升个体在黑暗环境中的可识别性,从根本上改善夜间视觉安全条件。

3.3 提升人员安全素质与状态管理

人员是安全防控的核心要素。施工单位应定期开展

夜间施工安全专题培训,内容涵盖夜间风险特征、典型事故案例、应急处置流程、设备操作规程及标准化沟通信号等,确保每位作业人员充分认知风险并掌握应对技能,考核合格后方可上岗。在生理状态管理上,应严格控制单次夜班时长不超过8小时,连续夜班不得超过3天,并在作业区附近设置休息区,提供热饮、简餐及短暂轮休机会,帮助工人缓解疲劳。有条件的企业可引入智能可穿戴设备,如疲劳监测手环,实时采集心率、体温等生理指标,对异常状态自动预警。同时,应大力推行“手指口述”安全确认法,要求工人在关键操作前大声复述步骤,强化行为自律;严禁酒后上岗和疲劳驾驶,并建立违章行为举报奖励机制,营造全员参与的安全文化氛围。

3.4 加强设备与现场安全管理

设备与现场的精细化管理是防控物因风险的关键。应严格执行设备“班前检、班中查、班后修”的三检制度,重点检查灯光、制动、液压、警报等关键系统,建立设备健康档案,杜绝带病运行。现场布置须标准化、规范化,材料分区分类堆放并设置夜间可视标识,临时通道铺设防滑垫并及时清理积水,危险区域如深基坑、高压线附近必须设置物理硬隔离并辅以声光报警装置^[4]。在技术手段上,应积极应用AI视频监控系统,通过智能算法自动识别未佩戴安全帽、闯入禁区、设备异常运行等不安全行为;利用无人机对高空或盲区进行定期巡检;并将各类数据接入智慧工地平台,实现远程实时监管与风险预警,推动安全管理从“人防”向“技防+智防”升级。

3.5 完善应急管理机制

完善的应急体系是应对突发事故的最后一道防线。项目部应针对夜间高发事故类型(如触电、火灾、车辆冲撞、高处坠落等),制定专项应急预案,明确响应流程、疏散路线、救援资源配置及对外联络机制。现场必须常备急救箱、灭火器、应急电源、担架、对讲机等物资,并

定期检查更新,确保随时可用。更重要的是,应每季度至少组织一次夜间实战应急演练,模拟真实事故场景,检验预案的可操作性,锻炼各岗位人员的协同处置能力,确保在真正事故发生时能够迅速、有序、高效地开展救援,最大限度减少人员伤亡和财产损失。

4 结语

公路工程夜间施工是工期与安全矛盾下的现实选择,其安全风险具有系统性、隐蔽性和突发性特征。本文通过“人—机—环—管”四维模型,系统识别了主要风险源,并提出了涵盖制度、技术、人员、应急等方面的综合防控措施。研究表明,只有将安全管理深度嵌入夜间施工全过程,强化科技赋能与人文关怀,才能真正实现“安全、高效、优质”的夜间施工目标。未来,随着智慧工地、数字孪生、5G+AI等新兴技术的成熟应用,夜间施工安全管理将朝着智能化、预测化、自主化方向加速演进。建议行业主管部门加快制定《公路工程夜间施工安全技术指南》,统一技术标准与管理要求;鼓励企业加大安全科技投入,构建“感知—预警—干预—评估”一体化的闭环管理体系。唯有如此,方能在保障建设速度的同时,筑牢人民生命财产安全的坚固防线,为交通强国战略的深入实施提供坚实支撑。

参考文献

- [1]杨涛.公路工程施工中的安全管理研究[J].汽车周刊,2025,(12):13-14.
- [2]吴雪山.公路工程施工现场安全管理标准化建设及提升路径[J].大众标准化,2025,(22):74-76.
- [3]徐鹏飞,刘君,刘智洋,等.半封闭公路施工路段交通安全形势与对策分析[J].道路交通管理,2025,(11):40-43.
- [4]张少江.高速公路施工安全管理重要性与事故预防机理研究[J].汽车周刊,2026,(01):166-168.