

水利水电工程隧洞施工安全与进度管理研究

闻宇辉

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 671200

摘要：本文聚焦水利水电工程隧洞施工的安全与进度管理，系统阐述其核心特征、相关理论基础及现状问题。针对安全管理中风险识别不全、技术应用不足等问题，以及进度管理中计划不合理、资源配置失衡等弊端，提出完善风险管控体系、优化进度计划制定等具体优化措施，并构建协同管理体系，旨在实现安全与进度的有机融合与协同推进，为提升隧洞施工管理水平提供理论支持与实践指导。

关键词：水利水电工程；隧洞施工安全；进度管理

引言：水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其隧洞施工的安全与进度直接关系到工程整体效益与质量。然而，隧洞施工环境复杂、技术难度高，安全风险点多面广，进度易受多种因素影响。因此，如何有效平衡安全与进度的关系，实现两者的协同管理，成为当前隧洞施工管理亟待解决的关键问题。本文就此展开深入研究。

1 水利水电工程隧洞施工安全与进度管理相关理论基础

1.1 水利水电工程隧洞施工核心特征

(1) 施工环境特征：隧洞多为深埋结构，地质条件复杂多变，易出现围岩坍塌、涌水、瓦斯等隐患，且作业空间狭窄封闭，通风、照明条件受限，给施工操作和应急处置带来不便。(2) 施工技术特征：主流施工工艺以钻爆法和TBM法为主，钻爆法对爆破参数控制要求高，需兼顾开挖效率与围岩稳定性；TBM法虽自动化程度高，但对地质适应性有严格要求，设备调试与维护难度较大^[1]。(3) 施工管理特征：施工安全风险点多面广，高空作业、地下作业等环节安全隐患突出；进度受地质、设备、人员等多种因素影响，易出现延误；涉及施工、监理、设计等多方主体，协同配合要求高。

1.2 施工安全管理相关理论

(1) 风险管控理论：核心逻辑是通过全面识别隧洞施工中的安全风险，采用科学方法评估风险等级，针对性制定防控措施，实现风险从识别、评估到防控的全流程闭环管理，降低事故发生率。(2) 安全系统管理理论：强调构建全流程、全方位的安全管控体系，将安全管理融入施工准备、开挖、支护等各个环节，覆盖人员、设备、环境等所有要素，形成全员参与、全程管控的安全管理格局。(3) 人本管理理论：聚焦施工人员这一核心主体，通过安全培训培育人员安全意识，规范作

业行为，完善安全激励与约束机制，调动人员参与安全管理的积极性，从根本上减少人为安全隐患。

1.3 施工进度管理相关理论

(1) 网络计划技术：核心是通过绘制网络计划图，明确各施工工序的逻辑关系，识别关键线路，以此为依据优化施工方案，合理安排工序衔接，实现进度的科学管控与优化。(2) 动态管理理论：强调对施工进度进行实时监测，及时分析实际进度与计划进度的偏差，探究偏差原因，制定针对性调整措施，确保进度始终处于可控范围。(3) 资源优化配置理论：核心是合理调配人力、设备、材料等施工资源，根据施工进度需求优化资源分配方案，避免资源闲置或短缺，保障施工进度顺利推进。

1.4 安全与进度管理的协同关系

(1) 安全管理对进度管理的保障作用：安全是进度的前提，有效的安全管理可避免事故发生，减少事故造成的停工损失，为施工进度的顺利推进提供保障。(2) 进度管理对安全管理的约束作用：合理的进度计划可避免盲目赶工导致的安全隐患，倒逼安全管理措施落实到位，防止因抢进度而忽视安全。(3) 协同管理的核心原则与实现前提：核心原则是“安全优先、进度可控”，实现前提是建立健全协同管理机制，加强各方沟通配合，实现安全管理与进度管理的有机融合、协同推进。

2 水利水电工程隧洞施工安全与进度管理现状及问题分析

2.1 隧洞施工安全管理现状及问题

(1) 安全管理现状：目前多数隧洞施工项目已建立基本安全管理制度，明确了安全管理责任框架，现场应用了部分安全防护技术和监测手段，施工单位也开展了常规安全管控工作，但整体管控水平参差不齐，部分项目仍存在管控流于形式的情况。(2) 核心问题：风险识别不全面，对隧洞施工中常见的地质灾害（如围岩坍塌、

涌水突泥)、设备运行隐患预判不足,缺乏系统性的风险排查机制,往往只关注表面隐患,忽视潜在风险。(3)核心问题:安全技术应用不充分,智能监测、预警系统适配性差,部分项目虽引入相关设备,但未结合隧洞地质条件和施工工况进行调试优化,存在监测数据不准、预警不及时等问题,未能充分发挥技术防护作用^[2]。(4)核心问题:人员安全意识薄弱,培训教育流于形式,安全培训多以理论讲解为主,缺乏针对性和实操性,部分施工人员存在侥幸心理,违规作业现象频发,未真正树立“安全第一”的理念。

2.2 隧洞施工进度管理现状及问题

(1)进度管理现状:多数项目会根据施工任务制定进度计划,明确各工序的时间节点和施工要求,建立了基本的进度管控流程,但在计划实施过程中,缺乏有效的动态监测和调整手段,进度管控的实效性不足。(2)核心问题:进度计划制定不合理,缺乏灵活性与前瞻性,制定计划时未充分考虑地质条件、天气变化等不确定因素,计划过于僵化,遇到突发情况无法及时调整,易导致进度延误。(3)核心问题:资源配置失衡,设备、人力调度效率低,部分项目存在设备闲置与短缺并存、人力分配不合理的情况,关键工序设备投入不足,非关键工序人员冗余,影响整体施工进度。(4)核心问题:进度偏差处理不及时,缺乏动态调整机制,对施工过程中的进度偏差未能及时监测、分析原因,调整措施滞后,导致小偏差积累成大延误,难以挽回进度损失。

2.3 安全与进度协同管理存在的问题

(1)管理体系脱节,安全与进度管理各自为政,安全管理部门与进度管理部门缺乏有效沟通,制定安全措施时未考虑对进度的影响,安排进度计划时忽视安全风险,形成“各自管各自”的局面。(2)协同管控机制缺失,缺乏统一的决策与协调平台,遇到安全与进度冲突时,无明确的协调流程和决策依据,易出现“重进度、轻安全”或“过度强调安全、延误进度”的极端情况。(3)技术支撑不足,未能实现安全与进度的同步监测与优化,现有技术手段多单独针对安全或进度进行监测,无法实现两者数据共享、协同分析,难以支撑安全与进度的协同管控。

2.4 问题产生的根源分析

(1)管理理念落后,重进度、轻安全的误区依然存在,部分施工单位过度追求施工进度和经济效益,忽视安全管理的重要性,将安全工作流于形式,未能正确认识安全与进度的辩证关系。(2)制度体系不完善,责任划分不明确、考核机制不合理,安全与进度管理的责任未落实到具体岗位和个人,考核指标偏重进度完成情况,

对安全管理成效的考核力度不足,难以调动全员协同管理的积极性。(3)技术投入不足,智能化、信息化水平有待提升,部分施工单位缺乏对安全与进度协同管控技术的投入,未引入先进的智能化监测、协同管理系统,仍依赖传统管理模式,难以适应复杂隧洞施工的管控需求。

3 水利水电工程隧洞施工安全与进度管理优化措施

3.1 施工安全管理优化措施

(1)完善安全风险管控体系,精准识别地质、设备等各类风险,结合隧洞深埋、地质复杂的特点,建立常态化风险排查机制,采用地质雷达、超前钻探等技术预判围岩坍塌、涌水等地质风险,定期对施工设备进行全面检修,建立风险台账,明确防控优先级和具体措施,实现风险闭环管控。(2)强化安全技术应用,推广无人机巡检、智能监测预警系统,利用无人机对隧洞顶部、隐蔽部位进行全方位巡检,弥补人工巡检盲区;引入适配隧洞施工工况的智能监测设备,实时监测围岩变形、瓦斯浓度等指标,搭建预警平台,一旦达到预警阈值立即发出提醒,提升安全防控的智能化水平^[3]。(3)加强人员安全管理,开展分层分类培训与应急演练,针对管理人员、作业人员制定差异化培训内容,管理人员侧重安全管理方法,作业人员侧重实操规范和应急处置技能,摒弃形式化培训;定期组织坍塌、涌水等突发事故应急演练,提升全员应急处置能力,强化安全意识。(4)健全安全管理制度,明确责任分工与考核奖惩机制,将安全管理责任落实到具体岗位、个人,形成“全员负责、层层落实”的管理格局;完善考核指标,加大安全管理成效的考核权重,对合规作业、隐患排查到位的人员给予奖励,对违规操作、管理失职的予以处罚。

3.2 施工进度管理优化措施

(1)优化进度计划制定,结合地质条件采用动态网络计划技术,制定计划时充分调研地质、天气等不确定因素,明确各工序逻辑关系和时间节点,采用动态网络计划法,预留弹性空间,便于根据现场实际情况及时调整,提升计划的灵活性和前瞻性。(2)优化资源配置,实现人力、设备、材料的精准调度,结合进度计划和工序需求,合理调配人力,避免冗余或短缺;统筹安排施工设备,优先保障关键工序设备投入,建立设备共享机制,减少闲置;提前规划材料采购、运输流程,确保材料及时供应,避免因资源不足延误进度。(3)加强进度监测与偏差调整,建立实时反馈与快速处置机制,采用信息化手段实时监测各工序施工进度,对比实际进度与计划进度,及时分析偏差原因,针对性制定调整措施,对滞后工序优化资源投入、调整作业班次,快速弥补进度差

距,确保进度可控。(4)优化施工工艺,推广高效施工技术,缩短施工周期,结合隧洞地质条件,优先采用TBM等高效施工工艺,优化钻爆参数,提升开挖效率;推广超前支护、快速衬砌等技术,减少工序衔接时间,在保障施工质量的前提下,最大限度缩短施工周期^[4]。

3.3 安全与进度协同管理优化措施

(1)构建协同管理体系,实现安全与进度管理一体化。打破安全与进度管理各自为政的局面,建立一体化协同管理体系,将安全管理要求融入进度计划制定、实施的全过程,在安排进度任务时同步考虑安全风险,在落实安全措施时兼顾施工进度,实现两者有机融合、协同推进。(2)建立协同决策机制,统筹解决安全与进度的矛盾冲突。成立安全与进度协同决策小组,明确决策流程和职责分工,当安全与进度出现矛盾时,结合项目实际情况进行综合研判,坚持“安全优先、进度可控”的原则,制定科学合理的解决方案,避免极端化决策,确保既保障施工安全,又最大限度减少进度影响。(3)搭建信息化协同管控平台,实现数据共享与同步管控。整合安全监测、进度监测等各类数据资源,搭建信息化协同管控平台,实现安全数据与进度数据的实时共享、同步分析;通过平台实时掌握施工安全状况和进度推进情况,及时发现协同管理中的问题,精准施策,提升协同管控的实效性和智能化水平。

3.4 保障措施

(1)组织保障:成立专项管理小组,明确协同管理责任。组建由施工、监理、设计等多方主体参与的专项管理小组,明确小组职责和各成员的协同管理责任,定期召开协同管理会议,协调解决施工过程中安全与进度管理的各类问题,推动优化措施落地实施。(2)技术保障:加大技术投入,推广智能化、信息化管理技术。增

加安全与进度管理的技术投入,引进先进的智能化监测、协同管控技术和设备,加强技术研发与应用适配,提升管理的智能化、信息化水平;组建技术团队,为优化措施的实施提供技术指导和支撑,及时解决技术应用过程中的难题^[5]。(3)资金保障:合理安排管理资金,确保措施落地实施。编制专项管理资金预算,合理分配安全管理、进度管理及协同管理的资金投入,优先保障安全技术应用、人员培训、信息化平台建设等关键环节的资金需求;加强资金使用监管,确保资金专款专用,避免浪费,为各项优化措施的顺利实施提供坚实的资金支撑。

结束语

本文通过对水利水电工程隧洞施工安全与进度管理的深入研究,揭示了当前管理中存在的问题与不足,并提出了针对性的优化措施。通过完善风险管控体系、优化资源配置、构建协同管理体系等举措,可有效提升隧洞施工的安全管理水平与进度控制能力。未来,需持续加强技术创新与管理创新,推动隧洞施工管理向智能化、信息化方向发展,以更好地服务于国家水利水电工程建设。

参考文献

- [1]赵康年.水利水电工程中隧洞施工测量的设计方法[J].青海大学学报,2021,9(2):25-28.
- [2]李东东.铣挖机在引洮供水二期工程四千渠软岩隧洞掘进中的应用[J].甘肃水利水电技术,2022,53(9):63-65.
- [3]张建.开挖和隧洞掘进对洞脸边坡影响的有限元分析[J].广东水利水电,2020,10(4):31-35.
- [4]戴新型.隧洞为水利水电工程引水隧洞施工技术[J].建材与装饰,2021,9(27):292-293.
- [5]郭毅,袁宗洪.水利水电工程水工隧洞渗水问题浅析[J].水利水电快报,2023,40(6):65-67.