

## 隧道施工难点及技术措施研究

薛广彬

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830011

[摘要]隧道施工作为一项复杂且具有挑战性的工程任务,常面临一系列的施工难点。隧道施工的挑战不仅源于地质构造的独特性、水文状况的复杂性,以及自然环境的难以预测性,亦涵盖施工安全、成本管控与进度控制等关键议题。因此,确保隧道工程顺利实施,有必要深入分析施工过程中所遇到的难题及其对应的技术解决方案。在隧道施工领域,剖析并应对技术难关,制定技术方案与管控办法,力求增强施工安全、优化品质与提升效率。在隧道施工领域,针对诸如围岩稳定性、水土压力控制及通风排水系统等常见问题。通过融合现代技术手段,如地下水压控制技术、智能监测及支护设计优化等,旨在为隧道建设提供更为科学、高效的解决策略。

[关键词]隧道工程施工;施工难点;技术措施

DOI: 10.33142/ect.v3i1.15126

中图分类号: U45

文献标识码: A

## Research on Difficulties and Technical Measures in Tunnel Construction

XUE Guangbin

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China

**Abstract:** Tunnel construction, as a complex and challenging engineering task, often faces a series of construction difficulties. The challenges of tunnel construction not only stem from the uniqueness of geological structures, the complexity of hydrological conditions, and the unpredictability of natural environments, but also cover key issues such as construction safety, cost control, and schedule control. Therefore, to ensure the smooth implementation of tunnel engineering, it is necessary to conduct in-depth analysis of the difficulties encountered during the construction process and their corresponding technical solutions. In the field of tunnel construction, we analyze and address technical difficulties, develop technical solutions and control measures, and strive to enhance construction safety, optimize quality, and improve efficiency. In the field of tunnel construction, common issues such as rock stability, water and soil pressure control, and ventilation and drainage systems are addressed. By integrating modern technological means such as groundwater pressure control technology, intelligent monitoring, and optimized support design, the aim is to provide more scientific and efficient solutions for tunnel construction.

**Keywords:** tunnel engineering construction; construction difficulties; technical measures

### 引言

城市基础设施建设中,隧道施工作为关键一环,其应用遍及交通、能源、水利、矿业等诸多行业。在地下进行隧道施工,其环境多变,技术挑战重重,因而此类工程任务在建筑领域内通常被认定为风险与难度并存的重要挑战,工程的安全与耐久性紧密依赖于隧道施工的质量,为此,必须采纳高效技术手段,确保施工全过程的每个步骤均能实现高效且安全的操作。本文通过对隧道施工领域内的关键性技术难题进行详尽分析,并借助当代工程学原理,详述针对性技术解决方案,以期促进我国隧道工程的整体施工建设质量,提高其使用年限和使用性能。

### 1 隧道施工中的主要技术难点

实施隧道工程,其难度与风险并存,施工中频繁遭遇复杂地质、地下水状况等难题,隐患亦不容忽视,以下是隧道施工中常见的技术难点:隧道所处的地质环境复杂多变,涵盖软弱围岩、岩溶、裂隙发育的岩层以及不均匀土质等要素,这些要素对隧道结构的稳定性产生直接影响。

隧道施工过程中,若围岩存在松散或破碎状况,将极易引发塌方与滑坡等险情,对施工人员的安全构成严重威胁。在复杂的地质环境中,对围岩稳定性进行精确评估并实施恰当的支护方案,是确保隧道施工安全的核心。在水土压力显著或地下水源充沛的条件下,隧道施工常遭遇挑战,尤其是在河流、湖泊或水源地穿行时,地下水涌入往往对施工进度及安全构成重大威胁。在地下水控制领域,合理排水设计的实施乃重中之重,同时亦需采取高效加固手段,以防涌水对施工进度造成干扰<sup>[1]</sup>。

在隧道施工过程中,由于空气流通不畅,施工现场的空气质量往往较差,容易造成有害气体积聚,影响工人的健康。因此,在有限的地下空间中,通风系统设计必须确保气流有效循环,以维护施工环境的安全。在隧道施工环节,排水系统的构建设计扮演着至关重要的角色,为有效应对地下水渗漏问题及施工废水排放,必须保障排水系统的运作效率,以防积水损害隧道结构。在隧道施工这一相对封闭的环境中,施工人员所承受的安全风险尤为显著。

他们可能遭遇诸如塌方、透水、火灾以及气体泄漏等突发紧急情况。在施工过程中,科学评估安全风险,制定合理的应急预案,并保障施工人员具备有效应急处理技能,构成了保障施工安全的关键技术环节。

## 2 隧道施工技术措施

### 2.1 围岩稳定性与支护设计优化

施工隧道期间,围岩的稳定性对于作业安全与成品品质至关重要,围岩的不稳固性可能引发塌陷、形变等一系列灾难性后果,严重威胁隧道工程的安全。因此,隧道施工稳固围岩成为最为关键的使命,确保围岩稳定性,务必施行科学且恰当的支护策略,以防潜在风险的发生。围岩的稳定性,其影响因素诸多,诸如地质结构、岩层属性、地下水存续以及岩石裂隙演变等。在隧道施工前,进行详细的地质勘探,准确评估围岩的质量和性质,是设计支护系统的前提<sup>[2]</sup>。

针对隧道实际情况,对支护设计进行必要的调整与改进,以确保其有效性。例如,在软弱围岩极不稳固的岩层,层状加固体系可择机运用,旨在分阶段减轻围岩负荷,有效遏制突发塌陷事件的发生。对于处于复杂地质环境中的结构,智能监测技术能实时捕捉围岩变形状况,进而对支护措施进行适时优化调整。施工中支护材料的选择至关重要,其中现代支护材料,诸如高强度钢支架与合成材料等,不仅能有效提升支护的效能,还能显著减少施工的成本。

### 2.2 地下水控制与水压管理

隧道施工领域,地下水控制技术扮演着至关重要的角色。施工隧道多经地下水丰沛地带,地下水渗透、涌水现象及水土压力波动,均可能对施工安全、工程进度及结构长期稳定性能产生不利影响。在隧道施工过程中,采取科学合理的地下水控制与水压管理技术显得尤为关键。施工隧道前,对地下水位、流速、渗透性等水文地质参数的详尽调查至关重要。在施工阶段,此过程旨在对潜在地下水问题进行评价,并为制定后续水压控制及排水设计方案奠定基础。运用地质勘探及水文测试手段,制定包括注浆、降水、密封等在内的地下水控制策略<sup>[3]</sup>。

注浆技术作为地下水控制的重要手段,广泛应用于隧道施工中。在隧道围岩内施以水泥浆、化学浆液或其他注浆材料,此举旨在有效封闭渗水路径,显著降低地下水渗漏量。为确保水压的合理管控,依据地质差异,需采纳多样化的注浆技术手段。在面临水土压力显著的区域,通过实施深孔注浆及二次注浆等工艺,能够显著缓解水压,进而保障施工人员的人身安全。在施工阶段,必须强化对水土压力的监控力度,借助现代化的监测仪器,例如水位计、压力传感器等,实时监控水位与水压的波动,以便及时辨识可能引发的水灾风险。

### 2.3 高效通风与排水系统设计

隧道施工属于密闭空间作业,施工环境较为复杂,空

气流通不畅,湿度较大,容易积聚有害气体,这对施工人员的健康和安全的构成威胁。因此,隧道施工中的高效通风与排水系统设计,成为确保施工安全和提高工作效率的核心技术之一。通风系统的设计需要根据隧道的规模、长度、施工深度等条件进行合理规划。在长距离隧道中,通风系统不仅要确保空气流通,还需要调节温湿度,防止有害气体的积聚。

施工隧道内积水现象不仅对施工环境带来负面影响,亦对结构稳定性构成挑战,甚至对施工安全构成潜在威胁。因此,设计排水系统务必科学合理,以确保施工阶段积水能迅速排除,有效规避水流滞留带来的潜在风险。在常规的排水领域,铺设管道、配置集水设施、动用泵类工具等设备进行水体排放,构成了一套综合的排水策略。在当前隧道建设领域,智能化通风与排水系统的运用正逐渐演变为一种主流趋势,隧道内空气质量、湿度、温度等参数通过智能监测系统实时监控,该系统依据实时数据自动调节通风与排水系统运作状态。该系统在提升通风排水效能的同时,显著实现了能源的节约和运营成本的削减。隧道施工过程中,设计高效通风与排水系统,对确保施工人员健康与安全起着至关重要的“保障”作用<sup>[4]</sup>。

### 2.4 施工安全技术与风险预警系统

在隧道施工这一封闭与地质复杂并存的作业环境中,安全风险往往伴随施工全过程。在施工活动开展期间,务必要确保人员安全与工程品质,此过程中需实施一系列安全技术及风险预警手段,以便于及早识别潜在隐患,进而实施有力的预防措施。在施工过程中,安全技术涵盖了对于围岩稳定性、地下水状况及通风系统等关键环境要素的严密监控及有效管理。施工过程中,围岩稳定性欠佳、地下水渗透及塌方等风险因素,均有可能对施工安全构成严重威胁。为确保施工区域稳定性,施工期间需实施一系列技术手段,包括高强度支护技术、岩层加固以及注浆加固等。在隧道施工领域,火灾、爆炸、毒气泄漏等安全隐患不容忽视,故亟须设立严谨的安全作业规范及应急处理预案。

为了提高施工安全性,现代隧道施工中广泛采用风险预警系统。实时监控气体浓度、围岩变形、支护结构应力等关键数据,依赖安装高精度传感器与监控设备,中央控制系统对数据进行处理,并在异常状况下自动释放预警信号,促使施工人员即刻实施预防策略。施工调度系统与风险预警系统实现联动,智能调整施工方案,以优化作业环境,并最大限度地降低施工风险。在施工过程中,对施工人员实施严格的安全培训和应急演练措施,其重要性不言而喻。施工人员通过参加周期性的安全培训,得以熟练掌握基础的安全作业技巧及应对突发状况的救援策略,从而在紧急关头得以快速响应并实施有效的自我及同伴救助行动<sup>[5]</sup>。

### 3 隧道施工中的成本控制与进度管理

项目隧道施工项目管理,项目顺利实施与施工质量保障,需严格把控成本与进度,此二者对工程投资效益的直接影响,至关重要。在实施隧道工程的过程中,所需资金投入巨大,特别是在面临复杂地质条件时,工程难度显著提升。资源利用率上升,从而导致成本控制面临巨大挑战,极易超出预算范围。隧道施工领域,地质条件往往复杂多变,且难以全面预测。施工进度与成本受围岩稳定性与地下水控制等多重因素制约。在复杂地质环境下,施工项目的持续时间可能被拉长,随之而来的是机械设备耗损加剧,以及人力物力资源的庞大投入。在隧道建设领域,技术手段及所选用之工艺、材料各异,由此引发成本在各个施工阶段呈现出显著差异。施工组织若不当,往往导致资源被无谓消耗,进而引发额外成本的增加,重型机械设备在隧道施工中不可或缺,其采购、保养与使用管理的得当与否,直接影响着成本的增加与否,项目成本受到设备故障及停工待修等问题之严重影响。

项目启动时,进行全面的勘察与论证,评估工程的可行性,制定合理的预算。在施工阶段,对于预算编制而言,需对各施工环节、设备采购成本以及人工费用等要素进行细致的预测工作。项目执行期间,持续监控资金流向,灵活调整财务计划,确保预算不超限。施工单位在确保安全和施工质量的同时,为了降低成本并维护施工进度,应当审慎挑选适宜的施工方法。技术的进步,使得隧道施工中盾构机与TBM等设备的运用成为可能,显著提升了施工速度,并有效缩短了项目周期,同时显著减少了人工费用<sup>[6]</sup>。新型材料与施工技术的应用,不仅显著提升了施工效率,亦实现了资源配置的优化,大幅减少了不必要的开支。在隧道施工过程中,风险因素不容忽视,特别是在地质条件不稳定时,可能会对工程进度与成本造成显著波动。在施工活动进行期间,务必构建并完善风险管理框架,实施周期性的风险等级评定,并编制应急处理计划。例如,在施工前,针对地下水涌水问题需先行开展水文测试,施工过程中亦需部署特定的降水应对策略,实时监控地下水位及围岩稳定性等关键数据,风险预警系统旨在及时捕捉潜在问题并予以妥善处理。

理配置资源,优化人员、设备和材料的管理,确保施工各个环节的顺利进行确保施工资源供应不断档,必须依照施工进度合理分配人力与物资,为确保施工进度不受阻碍,必须定期对设备状态进行细致核查,预防因设备故障所导致的工程延期。供应商提供的材料若能及时送达,对工程进度的推进有着至关重要的作用,因此需与供应方维

持紧密联系,以保证材料准时抵达。施工隧道时,必须构建一套动态管理体系,对工程进展实施周期性审视,一旦察觉问题即刻进行策略修正。运用项目管理软件等科技工具,实时审视施工进度状况,将其与既定计划相对照,迅速捕捉到进度延误的迹象,进而采纳相应策略实施调整。在遭遇无法预测的要素时,项目经理须及时采取决断,对工程进度做出相应调整,以保证工程总体完成时限不受显著干扰。施工的质安问题,其影响直接波及成本与工程进度的调控,对施工活动而言,严守质量标准,强化安全管理,乃是一项不可忽视的基本要求。工期延误及修复补救成本的增加,均与质量问题或安全事故息息相关。采用前沿的质量监控手段、强化施工人员技能培训、提升管理层安全警觉度,可显著降低质量与安全事故的风险,确保施工进程的平稳进行<sup>[7]</sup>。

### 4 结语

隧道施工中的成本控制与进度管理是一个系统工程,涉及项目规划、技术选择、资源配置、风险管理等多个方面。通过科学的项目规划、优化的施工技术、有效的资源调配和严格的风险管理,可以在确保质量与安全的前提下,最大限度地降低成本,缩短工期。项目管理者需要根据具体情况,灵活调整管理策略,及时应对施工过程中出现的各类问题,确保隧道工程能够顺利完成。

#### [参考文献]

- [1]郭志彬.公路隧道施工监控量测质量控制重难点研究[J].运输经理世界,2024(10):96-98.
  - [2]赵恺.复杂地质条件下盾构隧道施工重难点分析及应对措施[J].运输经理世界,2024(7):77-79.
  - [3]秦于伟.桥梁隧道工程施工难点和对策探讨[J].四川建材,2023,49(12):110-112.
  - [4]曹佩芝,刘峰,周洋洋,等.高速公路隧道工程施工技术应用分析[J].交通节能与环保,2023,19(1):57-60.
  - [5]张阳.软弱围岩条件下浅埋隧道施工关键技术[J].工程技术研究,2023,8(14):213-215.
  - [6]陶益胜,刘斌,刘岩,等.隧道施工技术难点问题分析——以特长隧道为例[J].工程建设与设计,2022(10):168-170.
  - [7]万波.大直径泥水盾构隧道施工现状及重难点思考与讨论[J].广东土木与建筑,2022,29(6):92-99.
- 作者简介:薛广彬(1991.2—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆生产建设兵团交通建设有限公司,职称级别:中级。