

公路工程中的隧道施工技术难点与对策

凌超利

台州市椒江区交通建设有限公司 浙江台州 318000

【摘要】随着我国公路交通事业的蓬勃发展，隧道工程在公路建设中的占比日益增加。隧道施工面临着复杂的地质条件、多变的环境因素以及高难度的施工技术要求，存在诸多技术难点。本文深入分析了公路工程隧道施工中的主要技术难点，包括不良地质条件施工、隧道开挖与支护、防水排水、通风与照明等方面，并针对这些难点提出了相应的解决对策，旨在为提高公路隧道施工质量、保障施工安全提供参考。

【关键词】公路工程；隧道施工技术难点；对策

Technical difficulties and countermeasures of tunnel construction in highway engineering

Ling Chaoli

Taizhou Jiaojiang District Transportation Construction Co., LTD.Taizhou City, Zhejiang Province 318000

【Abstract】With the rapid development of China's highway transportation industry, the proportion of tunnel projects in highway construction is increasing. Tunnel construction faces complex geological conditions, variable environmental factors, and high technical requirements, presenting numerous technical challenges. This article thoroughly examines the main technical challenges in highway tunnel construction, including adverse geological conditions, tunnel excavation and support, waterproofing and drainage, ventilation, and lighting. It also proposes corresponding solutions to these challenges, aiming to enhance the quality of highway tunnel construction and ensure construction safety.

【Key words】highway engineering; tunnel construction technology difficulties; countermeasures

一、引言

公路隧道作为公路交通的重要组成部分，对于缩短行车里程、提高运输效率、改善交通条件具有重要意义。然而，隧道施工是一项复杂而艰巨的工程，其施工过程受到地质、水文、气象等多种因素的影响，技术难度大、安全风险高。在施工过程中，一旦遇到技术难题未能及时有效解决，不仅会影响工程进度，还可能导致严重的安全事故和质量问题。因此，深入研究公路工程隧道施工中的技术难点，并制定切实可行的解决对策，对于确保隧道工程的顺利实施和长期稳定运行至关重要。

二、公路工程隧道施工的特点

（一）地质条件复杂多变

隧道施工通常需要穿越不同的地质层，如岩石、土层、断层破碎带等。不同地质层的物理力学性质差异较大，对施工方法和支护措施的要求也各不相同。例如，在软弱围岩中施工，容易出现围岩变形、坍塌等问题；而在坚硬岩石中施工，则可能面临爆破难度大、钻进效率低等挑战。

（二）施工环境恶劣

隧道内部空间相对封闭，通风、照明条件较差，空气湿度大，且存在粉尘、有害气体等污染物。施工人员长期在这样的环境中作业，不仅会影响身体健康，还可能降低工作效率。此外，隧道施工还受到地下水的影响，地下水的涌出可

能导致隧道内积水，增加施工难度和安全风险。

（三）施工工序繁多

隧道施工涉及开挖、支护、衬砌、防水排水等多个工序，各工序之间相互关联、相互影响。任何一个工序出现问题，都可能影响整个隧道工程的质量和进度。例如，开挖过程中如果支护不及时，可能导致围岩失稳；防水排水措施不到位，则可能引发渗漏水问题，影响隧道的使用寿命。

三、公路工程隧道施工技术难点分析

（一）不良地质条件施工

软弱围岩施工

软弱围岩具有强度低、自稳能力差的特点，在隧道开挖过程中容易出现围岩变形、坍塌等问题。软弱围岩的变形速度快、变形量大，如果不及时采取有效的支护措施，可能会导致隧道断面缩小，甚至发生坍塌事故。此外，软弱围岩还容易受到地下水的影响，地下水的浸泡会进一步降低围岩的强度，增加施工难度。

断层破碎带施工

断层破碎带是地质构造运动的产物，其内部岩石破碎、节理裂隙发育，围岩稳定性极差。在断层破碎带中施工，容易发生突水突泥、坍塌等事故。而且，断层破碎带的走向和倾向往往不规则，给隧道开挖和支护带来了很大的困难。

岩溶地区施工

岩溶地区地下存在大量的溶洞、暗河等地质构造，隧道

施工可能会遇到溶洞突水、突泥等问题。溶洞突水突泥不仅会淹没施工设备,还可能造成人员伤亡。此外,岩溶地区的围岩稳定性也较差,需要进行特殊的支护处理。

(二) 隧道开挖与支护

开挖方法选择不当

隧道开挖方法有多种,如全断面法、台阶法、分部开挖法等。不同的开挖方法适用于不同的地质条件和隧道断面形式。如果开挖方法选择不当,可能会导致围岩扰动过大,引发坍塌事故。例如,在软弱围岩中采用全断面法开挖,由于开挖断面大,对围岩的扰动也大,容易使围岩失去稳定。

超欠挖控制困难

超欠挖是隧道开挖过程中常见的问题。超挖会增加混凝土用量和工程成本,欠挖则会影响隧道衬砌的厚度和质量。在复杂地质条件下,由于围岩的不均匀性和不确定性,很难准确控制开挖轮廓,导致超欠挖现象较为严重。

支护时机和支护强度难以把握

支护时机和支护强度是影响隧道围岩稳定性的关键因素。如果支护过早,可能会限制围岩的变形,使围岩中的应力得不到充分释放,导致支护结构承受过大的压力;如果支护过晚,围岩可能会发生过度变形甚至坍塌。此外,支护强度的确定也需要考虑围岩的性质、隧道断面形式和埋深等多种因素,在实际施工中很难准确把握。

四、公路工程隧道施工技术难点的解决对策

(一) 不良地质条件施工对策

软弱围岩施工对策

加强超前地质预报:在隧道开挖前,采用地质雷达、TSP超前地质预报系统等手段,对前方的地质情况进行详细探测,了解软弱围岩的分布范围、厚度和性质,为施工方案的制定提供依据。

采用超前支护措施:根据软弱围岩的情况,选择合适的超前支护方式,如超前小导管注浆、超前锚杆、管棚等。超前支护可以提前加固围岩,提高围岩的自稳能力,减少开挖过程中的围岩变形和坍塌风险。

优化开挖方法和支护参数:在软弱围岩中,宜采用台阶法、分部开挖法等分部开挖方法,减小开挖断面,减少对围岩的扰动。同时,根据围岩的变形情况,及时调整支护参数,加强支护强度,确保围岩的稳定。

加强监控量测:在软弱围岩施工过程中,要加强对围岩和支护结构的监控量测,及时掌握围岩的变形和支护结构的受力情况。一旦发现异常,应立即采取措施进行处理,如增加支护、调整施工方法等。

断层破碎带施工对策

超前探孔:在接近断层破碎带时,采用超前探孔的方法,了解断层破碎带的规模、性质和地下水情况。根据探孔结果,制定相应的施工方案。

注浆加固:对断层破碎带进行注浆加固,提高围岩的强

度和稳定性。注浆材料可根据实际情况选择水泥浆、水泥-水玻璃双液浆等。注浆过程中要严格控制注浆压力和注浆量,确保注浆效果。

短进尺、弱爆破:在断层破碎带中开挖时,应采用短进尺、弱爆破的施工方法,减少对围岩的扰动。每次开挖进尺不宜过大,一般控制在0.5-1m左右。爆破时要控制装药量,采用光面爆破技术,减少超欠挖。

加强支护和排水:在断层破碎带中,要及时进行支护,采用钢架、锚杆、钢筋网等联合支护方式,增强支护结构的整体性。同时,要做好排水工作,设置排水盲沟、集水井等排水设施,及时排出地下水,防止地下水对围岩的浸泡和软化。

岩溶地区施工对策

地质勘察:在隧道施工前,要进行详细的地质勘察,了解岩溶的分布范围、规模、形态和充填情况。根据地质勘察结果,对隧道线路进行优化,尽量避开大型岩溶发育区。

超前钻探:在隧道施工过程中,采用超前钻探的方法,探测前方的岩溶情况。一旦发现岩溶,要根据岩溶的类型和规模,采取相应的处理措施。

溶洞处理:对于小型溶洞,可采用混凝土回填、浆砌片石回填等方法进行处理;对于大型溶洞,可采用梁、拱跨越或桩基托梁等方法进行处理。在处理溶洞时,要注意做好防水和排水工作,防止溶洞内的水对隧道造成影响。

加强监测:在岩溶地区施工时,要加强对围岩和地下水的监测,及时发现异常情况并采取措施进行处理。同时,要制定应急预案,一旦发生突水突泥等事故,能够迅速组织救援,减少损失。

(二) 隧道开挖与支护对策

合理选择开挖方法

根据隧道的地质条件、断面形式、埋深等因素,合理选择开挖方法。在地质条件较好、围岩自稳能力较强的情况下,可采用全断面法开挖,以提高施工效率;在软弱围岩和断层破碎带等不良地质地段,宜采用台阶法、分部开挖法等分部开挖方法,减小开挖断面,减少对围岩的扰动。

严格控制超欠挖

提高测量精度:采用先进的测量仪器和方法,如全站仪、激光断面仪等,提高开挖轮廓的测量精度。在开挖过程中,要实时监测开挖轮廓,及时调整钻爆参数,确保开挖轮廓符合设计要求。

优化钻爆设计:根据围岩的性质和开挖方法,合理设计钻爆参数,如炮眼间距、装药量、起爆顺序等。采用光面爆破或预裂爆破技术,减少超欠挖。

加强施工管理:加强对施工人员的培训和管理,提高施工人员的操作技能和质量意识。在开挖过程中,要严格按照钻爆设计进行施工,避免随意打眼、装药等现象的发生。

准确把握支护时机和支护强度

根据监控量测结果确定支护时机:通过监控量测,实时掌握围岩的变形情况。当围岩变形速率逐渐减小,趋于稳定时,可适时进行支护。如果围岩变形速率较大,有继续发展

的趋势,应及时进行支护,防止围岩坍塌。

合理确定支护强度:根据围岩的性质、隧道断面形式和埋深等因素,结合工程经验和理论计算,合理确定支护结构的类型、尺寸和材料。在施工过程中,要根据围岩的变形情况和监控量测结果,及时调整支护参数,确保支护强度满足要求。

(三) 防水排水对策

保证防水层施工质量

选择合格的防水材料:选用质量可靠、性能优良的防水材料,如防水板、止水带等。防水材料要符合相关标准和规范的要求,并具有出厂合格证和检测报告。

规范防水层铺设工艺:在铺设防水层前,要对隧道初期支护表面进行平整处理,清除尖锐物和突出物。防水板的铺设要紧密贴合初期支护表面,搭接宽度要符合要求,搭接处要采用热熔焊接或胶粘等方法进行密封处理,确保防水层无渗漏。

加强防水层保护:在防水层铺设完成后,要及时进行保护,避免后续施工对防水层造成破坏。在浇筑二次衬砌混凝土时,要注意振捣棒不得直接接触防水层,防止防水层破损。

防止排水系统堵塞

设置过滤装置:在排水系统的入口处设置过滤装置,如过滤网、沉淀池等,防止泥沙、杂物等进入排水系统。

定期清理排水系统:在隧道施工过程中和运营期间,要定期对排水系统进行检查和清理,及时清除排水管内的泥沙、杂物等,保证排水系统的畅通。

优化排水系统设计:根据隧道的地质条件和地下水情况,合理设计排水系统的布局和管径。在软弱围岩和岩溶地区,可适当增加排水管的数量和管径,提高排水能力。

有效治理渗漏水

查明渗漏水原因:当隧道出现渗漏水时,要及时查明渗漏水的位置、原因和程度。可采用注水试验、钻孔取芯等方法,对渗漏水部位进行详细探测。

采取针对性的治理措施:根据渗漏水的原因和程度,采取不同的治理措施。对于局部渗漏水,可采用注浆堵漏、涂抹防水涂料等方法进行处理;对于大面积渗漏水,可采用重新铺设防水层、增设排水设施等方法进行处理。

(四) 通风与照明对策

提高通风效果

合理选择通风方式:根据隧道的长度、断面形式、施工方法和污染物产生量等因素,合理选择通风方式。对于短隧

道,可采用自然通风;对于长大隧道,宜采用机械通风,如压入式通风、抽出式通风或混合式通风等。

优化通风系统设计:合理布置通风管道,减少通风阻力。通风管道的直径要根据通风量和通风距离进行选择,确保通风效果。同时,要定期对通风设备进行检查和维护,保证通风设备的正常运行。

加强通风管理:制定合理的通风管理制度,根据施工进度和污染物产生情况,及时调整通风设备的运行参数,确保隧道内的空气质量符合要求。

保证照明亮度

合理设计照明系统:根据隧道的长度、断面形式和使用功能,合理设计照明系统的布局和灯具的选型。在隧道入口、出口、弯道等特殊部位,要适当增加照明灯具的数量和亮度,保证行车安全。

定期维护照明灯具:照明灯具在使用过程中会逐渐老化,亮度会降低。因此,要定期对照明灯具进行检查和维护,及时更换损坏的灯具,保证照明亮度符合要求。

采用智能照明控制系统:采用智能照明控制系统,根据隧道内的光线强度和交通流量,自动调节照明灯具的亮度,实现节能降耗的目的。

结语

公路工程隧道施工是一项复杂而艰巨的任务,面临着诸多技术难点。不良地质条件施工、隧道开挖与支护、防水排水、通风与照明以及监控量测等方面的问题都给隧道施工带来了很大的挑战。为了解决这些技术难点,需要采取一系列有效的对策,如加强超前地质预报、合理选择开挖方法和支护参数、保证防水层和排水系统施工质量、提高通风和照明效果、完善监控量测项目并及时反馈结果等。通过实证分析可以看出,这些对策在实际工程中是有效的,能够提高隧道施工的安全性和质量,保障工程进度。

在未来的公路隧道施工中,应不断总结经验,加强技术创新,提高施工人员的素质和技术水平,进一步完善隧道施工技术和管理体系。同时,要注重环境保护和可持续发展,减少隧道施工对周边环境的影响。只有这样,才能更好地推动公路隧道建设事业的发展,为我国公路交通的畅通和安全做出更大的贡献。

参考文献

- [1]复杂地质条件下公路隧道施工技术应用分析[J].段玉静.时代汽车, 2024 (17)
- [2]高速公路隧道施工技术与质量控制研究[J].杨颖斐; 顾敏; 潘嵩崧.工程建设与设计, 2024 (12)
- [3]高速公路隧道施工管理存在的问题及应对措施分析[J].徐青原.工程建设与设计, 2024 (03)
- [4]高速公路隧道施工安全技术管理策略思考[J].杨恩总.城市建设理论研究 (电子版), 2023 (30)
- [5]公路隧道施工技术与质量控制分析[J].吴海宇; 周亮; 杨峻熙; 刘东.建筑技术开发, 2021 (08)