

高速公路隧道施工技术及控制要点的探讨

毛剑文

宁波齐拓建设有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：本文深入探讨了高速公路隧道施工的关键技术和核心控制要点，文章概述了多种隧道施工方法，如钻爆法、掘进机法、盾构法及明挖法，详细分析了每种方法的适用条件、优势与局限。详细阐述了隧道开挖、支护与衬砌技术的具体应用及其重要性。深入剖析了围岩稳定性、施工安全、质量与进度、环境与生态保护等关键控制要点。针对不良地质、大断面及特长隧道等特殊工况，文章提出了针对性的技术难点与解决方案，以确保施工质量和安全。

关键词：高速公路隧道；施工技术；控制要点

1 高速公路隧道施工技术概述

1.1 隧道施工方法分类

高速公路隧道施工方法可根据地质条件、隧道长度、施工环境及经济性等多方面因素进行分类。主要方法包括钻爆法、掘进机法、盾构法以及明挖法等。钻爆法是目前应用最为广泛的隧道施工方法，特别是在地质条件复杂、岩石硬度较高的地区。该方法利用钻孔和爆破技术破碎岩石，再通过人工或机械出渣，随后进行支护和衬砌作业。钻爆法施工灵活，适应性强，但施工噪音和震动较大，对周边环境的影响明显；掘进机法则适用于长距离、大断面的隧道施工，尤其适合软弱围岩和含水地层。掘进机法通过旋转刀具破碎岩石，具有掘进速度快、自动化程度高、对围岩扰动小的优点。然而，掘进机设备昂贵，且对地质条件的适应性有限，特别是在遇到坚硬岩石或断层时，掘进效率可能大幅下降；盾构法则主要用于城市地铁隧道和穿越江河、湖泊等水下隧道的施工。盾构机集开挖、支护、出渣、衬砌于一体，能有效控制地面沉降，保护周边环境。但盾构法施工成本高昂，且对隧道的几何尺寸和线路调整能力有限；明挖法则主要用于浅埋隧道或城市地下空间开发，其施工流程与地面建筑相似，先进行土方开挖，再进行支护和衬砌作业^[1]。明挖法施工简单，成本较低，但对城市交通和环境影响大，需要采取严格的交通疏导和环境保护措施。

1.2 隧道开挖技术

隧道开挖技术是实现隧道施工的关键步骤，其选择直接影响施工进度、安全和质量。常见的开挖方法包括全断面开挖、台阶法开挖、分部开挖等。全断面开挖适用于围岩稳定、断面较大的隧道。该方法一次性开挖整个隧道断面，然后进行支护和衬砌作业，施工速度快，但要求施工队伍具有较高的技术水平和设备能力；台阶法开挖则将隧道断面分为上下两部分或更多部分，分阶

段进行开挖和支护作业。这种方法适用于围岩条件较差、稳定性不足的隧道，能有效降低开挖过程中的围岩失稳风险。台阶法开挖又可细分为正台阶法、反台阶法和超短台阶法等，具体选择需根据围岩条件和施工设备确定；分部开挖则进一步将隧道断面分为多个小部分，按顺序进行开挖和支护作业。主要开挖类型有单侧壁导坑法、双侧壁导坑法、CD法、CRD法、中洞法等，适用于围岩条件极差的隧道，特别是断层、破碎带等不良地质条件。分部开挖能最大限度减少围岩扰动，保证施工安全，但施工进度较慢，成本较高。

1.3 支护与衬砌技术

支护与衬砌技术是隧道施工中的关键环节，直接关系到隧道的稳定性和使用寿命。支护技术主要用于加固隧道围岩，防止围岩失稳和坍塌，包括锚杆支护、钢架支护、喷射混凝土支护等。锚杆支护通过向围岩中打入锚杆，利用锚杆与围岩之间的摩擦力提供支护力，适用于围岩条件较好的隧道。钢架支护则采用型钢或钢管、钢格栅制成支架，通过焊接或螺栓连接形成整体结构，适用于围岩条件较差的隧道。喷射混凝土支护则是利用压缩空气将混凝土喷射到围岩表面，形成一层保护壳，提高围岩的承载能力和稳定性；衬砌技术主要用于隧道内部的永久支护，保护隧道免受地下水侵蚀、岩石风化等自然因素的破坏。衬砌材料包括混凝土、钢筋混凝土、钢纤维混凝土等。衬砌结构形式包括直墙拱形、马蹄形、圆形等，具体选择需根据隧道断面形状、围岩条件和施工要求确定。在衬砌施工过程中，需严格控制混凝土的质量、浇筑工艺和养护条件，确保衬砌结构的强度和耐久性。

2 高速公路隧道施工控制要点分析

2.1 围岩稳定性控制

在高速公路隧道施工过程中，围岩稳定性控制是至

关重要的环节。隧道开挖会破坏原有的地质平衡,导致围岩应力重新分布,可能引发围岩变形、失稳甚至坍塌等安全问题。因此,采取有效的围岩稳定性控制措施至关重要。首先,对隧道施工区域进行详细的地质勘察,了解围岩的岩性、结构、风化程度和地下水状况等,为施工设计提供准确的地质依据。在施工过程中,应根据地质勘察结果,合理选择开挖方法和支护技术,对于软弱围岩或断层破碎带,应采用分部开挖、钢架支护等加强措施,以减小对围岩的扰动。其次,加强围岩监测是控制围岩稳定性的重要手段,通过在隧道内部和周边设置监测点,利用全站仪、收敛计等监测设备,实时监测围岩的变形情况,一旦发现围岩变形异常,应立即采取措施进行加固处理,防止事态扩大;此外,还应严格控制隧道开挖的进尺和支护的及时性。开挖进尺过大或支护不及时都可能导致围岩失稳,在施工过程中,应根据围岩条件和支护能力,合理确定开挖进尺和支护时机,确保围岩的稳定性。

2.2 施工安全控制

隧道施工环境复杂,存在高空作业、机械伤害、坍塌等多种安全隐患,必须采取严格的施工安全控制措施,确保施工人员的人身安全。明确各级管理人员和施工人员的安全职责,制定详细的安全操作规程和应急预案。在施工过程中,应严格执行安全管理制度和操作规程,加强安全教育和培训,提高施工人员的安全意识和操作技能,在隧道口、施工平台等危险区域设置安全警示标志和防护栏杆,防止人员坠落和机械伤害^[2]。同时,定期对施工设备和机械进行检查和维护,确保其正常运转和安全使用;利用监控摄像头、安全报警系统等设备,实时监控施工现场的安全状况。一旦发现安全隐患或事故苗头,应立即启动应急预案,组织力量进行救援和处理,防止事态扩大。

2.3 质量与进度控制

高速公路隧道施工的质量与进度控制是保证工程质量、提高施工效率的重要环节。在施工过程中,严格按照施工图纸和技术规范进行施工,加强质量检查和验收工作。明确各级管理人员和施工人员的质量职责,制定详细的质量检查计划和验收标准。在施工过程中,加强原材料和半成品的质量控制,确保其符合设计要求,对关键工序和隐蔽工程进行旁站监督和质量检测,确保施工质量符合规范要求;根据施工图纸和技术规范,制定合理的施工方案和进度计划。在施工过程中,应加强施工进度的监控和调整,及时发现和解决进度延误问题,加强与业主、监理等单位的沟通协调,确保施工信息的

及时传递和反馈;积极引进和推广先进的施工技术和设备,提高施工效率和质量水平。同时,加强施工过程中的成本管理和风险控制,确保工程的经济效益和社会效益。

2.4 环境与生态保护

根据施工区域的地质、气候和生态环境特点,制定针对性的环境保护和生态恢复措施,在施工过程中,应加强对施工废弃物和污水的处理和管理,防止对周边环境和生态系统造成污染和破坏。利用环境监测设备和生态评估方法,实时监测施工对周边环境和生态系统的影响情况。一旦发现环境污染或生态破坏问题,应立即采取措施进行治理和恢复,积极推广节能降耗的施工技术和设备,减少施工过程中的能源消耗和废弃物排放。同时,加强对施工废弃物的回收和利用工作,实现资源的循环利用和可持续发展。在施工过程中,还应加强与当地政府和环保部门的沟通协调,共同推动环境保护和生态恢复工作的顺利开展。

3 高速公路隧道施工技术难点

3.1 不良地质条件下的施工技术

高速公路隧道施工过程中,经常面临复杂多变的地质条件,如断层、软弱夹层、岩溶、滑坡体等,这些不良地质条件给隧道施工带来了巨大挑战。断层处的岩石破碎,稳定性差,开挖过程中易发生坍塌和冒顶事故。软弱夹层则可能导致隧道围岩变形量大,支护结构受力复杂。针对这些问题,施工技术上需要采取预加固措施,如超前支护、注浆加固等,以提高围岩的整体稳定性和承载能力。开挖过程中需严格控制开挖进尺和支护时机,避免围岩暴露时间过长,减少围岩的变形和失稳风险;岩溶地区地质构造复杂,岩溶发育强烈,地下水丰富,施工过程中可能遇到溶洞、暗河等复杂地质现象。岩溶地区的隧道施工需要特别注意地下水的控制,采取注浆堵水、超前排水等措施,防止地下水对隧道施工造成不利影响。同时,溶洞的处理也是一大难题,需要采用填充、支护等措施,确保隧道结构的稳定性和安全性;滑坡体是由于地质构造、地形地貌、降雨等多种因素引起的山体失稳现象^[3]。滑坡体地区的隧道施工需要加强对滑坡体的监测和预警,采取抗滑桩、挡土墙等加固措施,防止滑坡体对隧道施工造成威胁,施工过程中还需注意对滑坡体的扰动控制,避免施工活动引发新的滑坡现象。

3.2 大断面隧道施工技术

随着高速公路建设的不断发展,大断面隧道越来越多地出现在施工项目中。大断面隧道施工不仅技术难度大,而且安全风险高,需要采取特殊的技术措施。由于

断面大,开挖过程中需要控制围岩变形和地表沉降,防止对周边环境造成破坏。同时,大断面隧道的支护结构受力复杂,需要采用更加先进的支护技术和材料。为了降低施工风险,大断面隧道施工常采用分部开挖法,如CD法、CRD法等,将大断面分解为若干个小断面进行施工,以减少对围岩的扰动和支护结构的受力。大断面隧道施工还需要注意施工通风和作业环境,由于断面大,隧道内部空间宽敞,施工通风和作业环境的改善对于提高施工效率、保障施工人员健康具有重要意义。

3.3 特长隧道施工技术

特长隧道是指长度超过一定数值(如3km以上)的隧道。特长隧道施工具有工程量大、工期长、技术复杂、安全风险高等特点,是高速公路隧道施工中的一大难点。特长隧道施工的主要技术难点在于通风与照明、施工排水与供排水、施工测量与控制等方面。通风与照明是特长隧道施工中的关键问题之一,需要采取有效的通风和照明措施,确保隧道内部空气流通、光线充足,为施工人员提供良好的作业环境。同时,特长隧道的排水系统复杂,需要合理设计施工排水方案,确保隧道内部干燥、安全。施工测量与控制也是特长隧道施工中的一大难点,需要采用高精度测量仪器和先进技术,确保隧道施工的精度和质量。

4 高速公路隧道施工控制要点保障措施

4.1 加强施工技术人员培训与技能提升

在高速公路隧道施工过程中,施工技术人员的专业技能和综合素质直接关系到施工质量和安全。为了确保隧道施工的顺利进行,必须加强对施工技术人员的培训与技能提升,通过邀请行业专家、学者进行授课,或者组织技术人员参加相关的专业培训和研讨会,帮助他们掌握最新的隧道施工技术和方法,提升他们的专业素养。结合实际操作,开展现场教学和演练,让技术人员在实践中掌握技能,提高实际操作能力;可以为技术人员提供丰富的学习资源和平台,如图书馆、在线课程、技术论坛等,让他们能够根据自己的兴趣和需求进行学习。还可以设立技术创新奖励机制,鼓励技术人员积极提出创新性的施工方案和技术,推动隧道施工技术的不断进步;定期对技术人员进行技能考核和工作评估,了

解他们的技能水平和工作表现,以便及时发现问题并进行针对性的培训和指导,将考核结果作为技术人员晋升和奖励的重要依据,激发他们的工作积极性和创造力^[4]。

4.2 加强施工过程监督与考核

通过严格的监督和考核机制,及时发现并纠正施工过程中的问题和不足,确保施工项目的顺利进行。设立专职的监督人员和机构,对施工过程中的各个环节进行实时监督和检查,可以利用现代信息技术手段,如视频监控、远程监控等,对施工过程进行全天候、全方位的监控和管理。根据施工项目的实际情况和要求,制定详细的考核标准和制度,明确各个环节的考核内容和要求,在施工过程中,定期对各个环节进行考核和评价,了解施工质量和进度情况,以便及时发现问题并进行整改。将考核结果作为施工队伍和施工人员的奖惩依据,对表现优秀的队伍和人员进行表彰和奖励,对表现不佳的队伍和人员进行批评和处罚,还应将考核结果作为今后施工项目管理的重要参考依据,不断完善和优化施工过程和流程,提升施工质量和效率。

结束语

综上所述,高速公路隧道施工是一个复杂而重要的工程过程,涉及多种施工技术和控制要点。要确保隧道施工的质量和安

参考文献

- [1]俞振源.高速公路隧道施工技术 & 控制关键点研究[J].甘肃科技纵横,2021,50(11): 56-58.
- [2]郑战敏.高速公路隧道施工技术研究[J].黑龙江交通科技, 2021, 44(01): 147+151.
- [3]王冀.高速公路隧道施工技术 & 控制要点分析[J].黑龙江交通科技, 2020, 43(11):116+118.
- [4]曹德扶.高速公路隧道工程施工技术应用分析[J].运输经理世界,2020(14): 39-40.