

道路隧道施工难点及技术措施探讨

樊强

攀枝花攀甬路桥建设有限公司

摘要：隧道是道路施工建设中的控制性工程。由于在隧道施工过程中往往会遇到较为复杂的地形地貌条件和地质结构，且施工环境较为恶劣，不仅客观上加大了施工技术难度，对施工技术水平也提出了较高的要求。施工单位应准确把握道路隧道施工中的难点环节，合理应用相关技术措施，以保证道路隧道施工质量安全。本文将对道路隧道施工难点进行全面地分析，并探讨各项施工技术要点，以帮助施工单位提高施工技术水平，促进道路建设事业的发展。

关键词：道路隧道；施工难点；技术措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.15.076

为进一步促进各地区社会经济的发展，我国不断加大道路工程等交通基础工程的建设力度。而随着路网覆盖范围的逐步扩大，在山区等地区开展道路工程建设时需要进行隧道施工，这使得隧道成了道路工程施工中的重点环节。但隧道工程的施工环境条件较为恶劣，且经常会遇到复杂的地质构造，施工技术难度较大，且存在较高的安全风险。因此，在道路隧道工程的施工过程中，施工单位应结合隧道工程区域的实际情况对施工难点环节进行客观地分析，以便在此基础上科学应用施工技术措施，从而更好地保证道路隧道工程的施工质量和安全，提高施工效率，为道路工程施工建设的顺利实施提供重要的技术支持，从而推动我国道路建设事业的现代化发展。

一、现阶段道路隧道工程主要施工难点探讨

（一）道路隧道工程施工安全风险较高

在道路隧道工程的施工中，工程区域的地质构造往往较为复杂，难以准确把握作业面以及其前方围岩的性质特征，导致施工过程存在较高的安全风险，客观上加大了施工技术难度，不仅对超前地质预报、初支以及二次衬砌等施工技术提出了很高的要求。在隧道工程施工中还包括很多隐蔽性工程，其施工难度较高，这也成了施工难点环节之一。此外，在道路隧道工程施工中，其混凝土结构容易受到外界因素的影响而出现开裂现象，不仅给施工安全和隧道结构安全带来了较大的威胁，也成了一个施工难点。

（二）道路隧道工程施工条件较为恶劣

在道路隧道工程的施工中，施工环境条件往往较为恶劣。隧道工程的施工场地面积一般相对有限，且难以控制环境温湿度参数，不利于施工作业地开展。同时，在施工过程中通常需要使用大量的机械设备，而且经常

需要开展爆破作业，因此作业面的噪声污染和粉尘污染均相对较重，这不仅对施工人员的身心健康会产生不利的影响，而且对施工中的通风、降尘、降噪等技术也提出了较高的要求。

二、常见道路隧道工程施工技术措施探讨

（一）道路隧道工程施工准备阶段技术措施分析

1. 详细了解道路隧道工程区域地质特征

在道路隧道工程的施工准备阶段，施工单位应全面收集工程区域的地质水文数据，并应指派专业技术人员科学应用各项先进测绘技术来详细勘察测绘施工现场的各项数据信息，以便为道路隧道工程施工图的审核、施工方案的制定以及各项施工技术措施的选择应用提供可靠的参考依据。

2. 制定科学的施工技术方案

同时，在道路隧道工程的施工准备阶段，施工单位还应按照施工图要求以及施工现场的实际情况制定科学的施工技术方案，确定隧道工程的整体施工方式，并合理确定各项关键性技术参数。目前我国在道路隧道工程的施工实践中一般采用新奥法进行隧道开挖。同时，施工单位也可视隧道岩层围岩情况采用矿山法或盾构法等施工技术。在制定施工技术方案时，施工单位还应组织专业技术人员利用BIM等先进的技术方法虚拟模拟施工过程，以进一步准确掌握对施工中的难点环节，并对施工技术方案以及相关技术参数进行优化。此外，施工单位还应做好技术交底工作，确保所有参建人员均能够了解各项施工技术要点和操作规范，从而为保证道路隧道工程的施工质量安全奠定良好的基础。

3. 严格控制施工材料设备的质量性能

在完成施工方案的质量后，施工单位还应按照方案要求合理配置相应的施工机械设备，且应按照设计标准要求采购施工材料。在施工材料设备进场前，施工单位应通过抽样检测等技术方法对其质量性能进行核验，确认其各项指标参数均达到道路隧道工程的施工要求后才能准许进场使用。由于道路隧道工程的施工场地面积往往相对有限，因此施工单位应对施工现场合理布局，并制定施工材料设备的存放位置，以避免对现场施工作业产生不利的影响。

（二）道路隧道工程施工阶段技术措施分析

1. 积极应用超前地质预报技术

在道路隧道工程的施工过程中存在较高的安全风险，虽然在施工准备阶段已经进行了地质勘察，但仍难以完全详尽掌握工程区域的地质结构变化，且在施工中

的开挖掘进以及爆破等施工作业也会对原始围岩结构的稳定性产生较大的扰动,导致在施工实践中容易发生突发性安全事故,因此施工单位在施工阶段应积极应用超前地质预报技术,以动态掌握作业面前方的地质构造。施工单位应组织专业技术人员科学应用红外线探测、地质雷达以及超前水平钻探等技术设备来开展超前地质预报工作,且可以通过多种超前探测技术的综合应用来提高地质预报的准确性,以便及时发现安全隐患,从而更好地保证道路隧道工程的施工安全^[1]。

2. 道路隧道工程洞口施工主要技术措施

道路隧道工程的施工一般包括洞口施工、洞身施工、防排水工程、附属工程等内容。在隧道洞口施工阶段,施工单位应指派专业测量人员以施工图为依据准确测放水准点高程以及中心线等基准线,且应设置控制桩,从而为后续的掘进施工提供可靠的参考依据。同时,施工单位应按照施工技术的要求组织施工人员、配置施工机械设备。在正式开挖施工前,施工单位应首先在地面以及洞顶部分设置截排水沟以及天沟等排水设施,以确保施工现场积水能够顺利排除,且避免边坡发生滑坡等事故。在洞口坡道施工中一般可采用挖掘机设备以分层开挖方式进行施工。当施工中遇到较硬岩体时,可结合人工钻爆等技术措施完成开挖作业。开挖的土石方应通过专业自卸式运输卡车等设备及时进行转运,并堆放在指定的堆土场。

在道路隧道工程的洞口明洞施工中通常采用钢筋混凝土结构作为其衬砌结构。施工人员应严格按照施工图要求完成钢筋的加工制作,且应设置混凝土垫块以保护钢筋。同时施工人员应按照测定的控制线支立好内外模板。模板可采用钢模等,保证混凝土变形的同时也便再次使用。在衬砌结构的浇筑施工中,施工人员可采用两侧对称浇筑、分层振捣技术以提高施工效率和质量,且应确保振捣密实。对外露的拱顶等部分应在红点做好抹光处理。完成混凝土的浇筑后,施工单位应按照相关技术规范要求做好养护措施,且应注意检测混凝土结构强度,当其达到设计强度标准后才能拆模,以防止混凝土构件出现表面开裂等问题。

在道路隧道工程的洞口明洞施工中还应科学应用防水技术措施,做好防水处理。施工人员应先对衬砌表面进行找平,之后再按照施工图以及施工技术的要求铺设防水层。为避免出现渗水等情况,在防水层施工中应重点加强对其整体性的控制。此外,施工单位应沿明洞纵向方向在拱脚处设置排水盲沟等设施,以便将拱部渗水快速排出。当完成道路隧道工程洞口明洞段的防水施工后,施工人员应用浆砌片石或者干砌片石等材料对边墙进行回填。回填时应采用分层填筑夯实技术措施,以确保其密实度达到施工要求。同时为便于隧道洞顶排水,施工人员应合理控制回填顶部坡度,且应在顶部设

置防渗层。在进洞前,施工单位还应根据围岩性质特点对边坡进行刷坡处理,并采用科学的支护技术措施,以防止边坡发生滑坡或者泥石流等安全事故。在现阶段道路隧道工程的施工实践中,边坡支护多采用锚杆支护与挂网喷浆技术综合应用的方式来提高边坡的稳定性。施工人员应合理确定锚杆位置和布局,准确控制锚杆间距和深度,且应在喷射混凝土时严格控制其喷射厚度,以保证加固效果。

在道路隧洞工程的洞口暗洞施工中,施工单位应根据洞顶埋深厚度以及岩体结构特征等因素合理应用相应的施工技术措施。以目前在道路隧道工程施工实践中较为常用的正台阶开挖技术为例,施工单位应准确掌握爆破开挖、初期施工以及二次衬砌等施工技术方法。常用的爆破技术是普通钻爆技术以及光面爆破技术等,且在施工时可根据施工现场的实际情况采取全断面或局部开挖等施工方式。施工单位应对围岩结构类型进行科学的等级划分,以便以此为依据确定爆破方法、炮孔位置、炮眼间距、装药量、炮眼深度以及掏槽方式等。当围岩属于Ⅲ类围岩时,可以选择楔形掏槽方法,而当围岩属于Ⅳ类时,则通常应以中空直眼方式来进行掏槽作业,施工人员应准确控制掏槽眼角度,且应确保所有槽眼底部均处于同一垂面内。同时,施工单位应合理选择起爆方式,例如可采用毫秒雷管传爆技术来进行连续起爆。在装药时应先通过高压风吹扫炮眼,确保其内部干净无杂物。施工人员应精确控制装药量,且应确保装药操作规范、标准,以保证施工安全。导爆索应与药卷相连,且确保其长度符合安全标准。施工技术人员还应根据作业面围岩特点对爆破参数进行相应的调整优化。施工人员应严格按照施工图要求准确控制开挖量,严禁出现超欠挖等情况。如发现存在欠挖问题时,施工人员可利用风镐等施工设备以人工作业方式进行补充开挖,以保证施工质量。施工人员在起爆后应及时采取喷洒高压水等技术措施来达到降尘的目的,且应确保现场通风量充足。施工单位应指派专业技术人员对爆破后残留的危石进行清理,以保证施工安全。

施工单位应及时开展初期支护施工。如在洞口施工环节需要采用钻爆方式时,应尽量避免集中爆破,减少对隧道洞口岩土体原始结构的扰动。在初期支护施工中,施工单位应根据作业面围岩结构特点来应用相应的支护技术方法,且可以综合应用不同的支护型式,以更好地保证施工安全。在施工实践中路采用小导管超前注浆或者钢支撑结构等支护方式。当道路隧道工程的洞口处于浅埋段时,一般可采用格栅钢架支护技术以及挂网锚喷技术;而在对深埋段进行支护时则可采用混凝土喷射与锚杆局部支护技术来形成初期支护结构。在喷射混凝土施工前,施工人员应认真检查断面几何形状和尺寸规格,检验合格后应及时喷射混凝土对岩面进行封闭处

理,避免岩石长时间直接暴露在空气中而产生风化现象。在采用锚杆支护技术施做初支结构时,施工人员应严格按照施工图要求准确测定钻孔位置,且应加强对锚杆直径以及长度的控制。当采用钢架支撑技术时,施工人员应加强对钢架格栅尺寸规格以及弧度的控制,且应确保钢架焊接连接可靠。此外,施工单位还可将锚杆支护技术与钢架支撑技术综合应用。施工时则应将锁脚锚杆设置在钢架拱脚位置,且应确保部分端部外露,以便与钢架固定在一起。之后施工人员应在隧道洞口轮廓面上顶紧钢架,且应将纵向连接筋设置在钢架间,并应采用焊接技术将其固定牢固,从而与锚杆一起形成一个具有较好整体性的支护结构。

而在采用锚喷技术施做初支结构时,施工单位在完成锚杆搭设以及挂网后,可采用湿喷技术来提高施工效率。施工人员应通过现场试验来确定混凝土配合比,且可在混凝土混合料中加入适量速凝剂等外加剂,以加快混凝土层终凝速度。在喷射前则应对喷面进行清理,可采用清水冲洗或者高压风清理等方法,并用湿喷机等进行施工。喷射混凝土时可采取分片分段作业方式,且应合理确定喷射顺序。同时应先对拱架以及其与隧道轮廓之间的间隙进行喷射,之后再向拱架周围喷射混凝土。施工人员应合理控制分段长度,通常各分段长度不应超过6m。在喷射时应确保喷头与岩面相垂直,且应将喷头和岩面之间的距离控制在0.6m到1m之间,单次喷射厚度一般应为5cm。当上一层混凝土达到终凝状态后,才能进行下一层混凝土的喷射作业。完成混凝土喷射作业后,施工单位应根据施工环境温湿度等因素应用相应的养护技术措施,合理确定养护时间,以防止混凝土结构出现开裂渗漏等问题。

3. 道路隧道工程中洞身施工阶段主要技术措施

在道路隧道工程的施工中,洞身施工是一项较为复杂的系统性工程,对施工技术水平有较高的要求,也是施工的难点环节。施工单位应充分了解洞身施工的技术难点,并合理运用相关技术措施,以保证施工质量安全。施工单位应根据道路隧道工程的设计洞身长度对施工段进行划分,且应根据各施工区段的实际围岩特点以及作业面情况来采用相应的开挖方式,例如可应用竖向留坡技术、纵向错台技术以及短台开挖等技术方法来开展施工作业。同时,施工单位在各施工段的开挖过程中应结合围岩等级来确定开挖循环进尺。以III级围岩为例,其循环进尺一般应在1m到2m左右,而在对V级围岩进行开挖时,其循环进尺则需要相应的减小,一般应控制在0.5m到1m左右,以保证施工的安全性^[2]。

在道路隧道工程的洞身施工中往往需要通过应用爆破技术来完成开挖掘进。为了避免出现超挖问题,并减少爆破作业对原始围岩结构的扰动,确保新壁面光滑平

整,在掘进施工实践中光面爆破技术得到了广泛的应用。与普通钻爆技术相比,光面爆破技术不仅能够满足松软岩层条件下的爆破掘进施工要求,而且在爆破后的成型也更加规整,可以有效控制超挖量,并确保断面轮廓达到设计标准。而且在应用光面爆破技术施工时所产生的排渣量也明显减少,降低了开挖土石方的转运量,对于提高施工效率和降低施工成本均具有重要的作用。而且由于光面爆破技术对岩体稳定性的影响相对较小,因此在爆破后一般仅会有极少爆震裂隙产生,甚至不产生,这使得原有的岩体构造裂隙不会在爆破作用下出现进一步扩展的情况,因此该技术在对松软破碎岩层进行施工时的技术优势极为明显。在应用光面爆破技术掘进时,可以根据道路隧道工程的实际情况采用一次全断面爆破方式或者光面爆破层预留分次爆破方式。通常当道路隧道工程断面较小且围岩等级较好时主要采用全断面爆破技术,而在对大断面隧道工程或围岩不好洞身进行掘进施工时,则多采用光面爆破层预留分次爆破技术。其中在一次全断面爆破中,施工人员需按照设定的起爆顺序安装毫秒电雷管或导爆管。当起爆系统起爆时则会从掏槽孔开始,依次完成辅助孔以及周边孔的起爆。在大断面隧道洞身的分次爆破一般需要通过超前掘进方式来完成小断面导洞的施工,之后再向全断面扩大^[3]。为提高光面爆破效果,施工技术人员应充分了解作业面以及前方岩层特点,并科学设置各项爆破参数。施工人员则应精确控制钻孔位置、深度、孔径、炮眼间距,且偏差值必须控制在允许的范围内。隧道洞身施工中,施工单位还同样需要科学应用二次衬砌技术、通风技术以及防排水技术,并采取有效的支护技术,确保掘进与支护施工同步进行,以保证施工质量和安全。

三、总结

为保证道路隧道工程的施工质量和安全,施工单位应充分了解工程区域的地形地貌特征、地质水文条件以及施工现场的实际情况,对施工过程中的难点环节要进行全面的分析,以制定科学的施工技术方案的。在道路隧道工程的施工过程中,施工单位应严格按照相关技术规范的要求,熟练掌握各项施工技术要点,提高施工作业的准确性,以有效控制隧道施工中的安全风险,并确保隧道工程的施工质量达到设计标准要求,从而道路工程整体施工建设的顺利推进奠定良好的基础。

参考文献

- [1] 杨帆. 研究道路桥梁隧道施工难点及技术措施[J]. 建筑与装饰, 2021(9): 110.
- [2] 韦朗. 道路桥梁隧道工程施工中的难点及其改进措施[J]. 大众科技, 2023, 25(10): 35-38.
- [3] 侯明研. 道路桥梁隧道工程施工技术与安全管控分析[J]. 运输经理世界, 2023(8): 111-113.