

# 高速公路工程隧道洞口施工技术

屠雪磊

云南阳光道桥股份有限公司 云南 昆明 650200

**摘要:** 本文深入探讨了高速公路工程隧道洞口施工的关键技术,包括施工前的准备与勘察、开挖与支护技术、衬砌与防水技术,以及施工安全与环境管理。通过对各项技术的详细分析,揭示了隧道洞口施工中的技术要点和难点,为高速公路工程隧道洞口的施工安全、质量和进度提供了有力保障。

**关键词:** 高速公路; 隧道洞口; 施工技术; 开挖与支护; 衬砌与防水

引言: 高速公路工程隧道洞口施工是交通建设领域的重要一环,其技术难度和安全风险均较高。随着交通建设的快速发展,隧道工程在高速公路中的应用日益广泛。深入研究隧道洞口施工技术,提高施工效率和质量,对于保障交通建设的顺利进行具有重要意义。

## 1 隧道洞口施工前准备与勘察

### 1.1 工程地质勘察

工程地质勘察是隧道洞口施工前不可或缺的一环,通过对隧道洞口及其周边地质环境的详细调查和分析,为施工方案的制定提供科学依据。地质构造与岩土性质分析是工程地质勘察的核心内容之一。通过对隧道洞口所在区域的地质构造进行深入了解,包括岩层分布、断层、褶皱等构造特征,可以预测隧道施工过程中可能遇到的地质问题,如岩层破碎、断层滑动等。对岩土性质的详细分析,包括岩石的强度、硬度、风化程度以及土体的承载力、稳定性等,有助于确定合适的施工方法和支护措施。地下水位与水文条件评估同样至关重要。隧道施工过程中,地下水的存在往往会对施工进度和质量产生重大影响。在施工前必须对地下水位、水质、水流方向以及地下水的补给、排泄条件等进行全面评估。这有助于确定是否需要采取降水措施,以及降水方案的设计和实施。对水文条件的了解也有助于预测隧道施工过程中可能遇到的水害问题,如突水、突泥等,从而提前做好防范和应对措施。

### 1.2 施工方案与计划制定

施工方案与计划的制定是隧道洞口施工前的关键环节,直接关系到施工的安全、质量和进度。隧道洞口位置的选择是施工方案制定的首要任务。在选择隧道洞口位置时,需要综合考虑地质条件、地形地貌、交通状况以及环境保护等多个因素<sup>[1]</sup>。通过对比分析不同位置的地质构造、岩土性质以及地下水位等条件,选择出最有利

于施工安全和质量的洞口位置。施工方法与技术路线的确定是施工方案制定的核心内容。根据隧道洞口的地质条件和施工要求,选择合适的施工方法和技术路线至关重要。例如,在地质条件复杂、岩土性质较差的区域,可能需要采用更为先进的施工技术和设备来确保施工的安全和质量。还需要对施工过程中的关键环节进行技术论证和优化设计,以提高施工效率和降低成本。工期与资源配置的详细规划也是施工方案制定的重要组成部分。在规划工期时,需要充分考虑施工过程中的各种因素,如地质条件、天气状况、施工队伍的技术水平等,以确保施工进度合理安排。在资源配置方面,需要根据施工方案的要求,合理调配人力、物力、财力等资源,以确保施工过程的顺利进行。

### 1.3 施工现场布置与物资准备

施工现场布置与物资准备,是隧道洞口施工前准备工作的最后一项内容。需要根据施工方案和计划的要求,对施工现场进行合理布局和规划,同时采购和调配施工所需的物资和设备。临时设施的搭建与布局是施工现场布置的重要内容之一。这包括施工人员的住宿、办公、食堂等生活设施,以及施工材料、设备的堆放和加工场地等生产设施。在搭建临时设施时,应充分考虑施工过程中的安全性和便利性,确保施工人员的生活和工作条件得到满足。施工道路与场地的平整与优化也是施工现场布置的重要工作。施工道路应满足施工材料的运输和人员进出的需求,需要考虑施工过程中的排水和通风问题。施工场地的平整与优化则有助于提高施工效率和质量,减少施工过程中的安全隐患。施工所需物资与设备的采购与调配是施工现场准备的最后一项工作。这需要根据施工方案和计划的要求,提前采购和调配施工所需的各种物资和设备,如炸药、雷管、支护材料、排水设备等。还需要对施工设备和机械进行定期维护和保养,确保其正常运转和高效使用。

## 2 隧道洞口开挖与支护技术

### 2.1 开挖方法与工艺

隧道洞口的开挖方法主要包括人工开挖、机械开挖和爆破开挖。在选择开挖方法时,需要综合考虑地质条件、施工环境、安全要求以及施工成本等多个因素。人工开挖适用于地质条件较为简单、施工空间较小的隧道洞口。这种方法虽然施工速度慢,但灵活性高,能够适应复杂多变的地质环境。在地质条件恶劣或施工空间受限的情况下,人工开挖可能会面临较大的安全风险和施工难度。机械开挖则依赖于先进的施工机械和设备,具有施工速度快、效率高的优点。在地质条件稳定、施工空间较大的隧道洞口,机械开挖能够显著提高施工效率和质量。但需要注意的是,机械开挖对地质条件的适应性相对较差,在地质复杂区域使用可能会遇到困难。爆破开挖是一种在坚硬岩层中常用的开挖方法。利用炸药爆炸产生的能量破碎岩石,从而达到开挖的目的。爆破开挖具有开挖速度快、效率高的优点,但也存在安全风险高、对周边环境影响大等缺点。在使用爆破开挖时,需要严格控制炸药用量和爆破参数,确保施工安全和减少对周边环境的影响。在开挖过程中,还需要注意施工工艺的选择和优化。合理的施工工艺能够减少施工难度和安全风险,提高施工效率和质量。例如,在采用机械开挖时,可以根据地质条件和施工要求选择合适的机械类型和参数;在采用爆破开挖时,可以通过优化爆破参数和采取减震措施来降低对周边环境的影响。

### 2.2 支护结构设计与施工

支护结构是隧道洞口施工中的重要组成部分,承担着支撑隧道围岩、防止围岩坍塌和变形的重要任务<sup>[2]</sup>。在设计支护结构时,需要根据地质条件、施工要求以及安全要求等多个因素进行综合考虑。锚杆、锚索和钢架是隧道洞口支护中常用的支护类型。锚杆和锚索通过将其一端固定在稳定的岩层中,另一端与隧道围岩相连,从而起到支撑和加固围岩的作用。钢架则通过其刚性和稳定性来支撑隧道围岩,防止其坍塌和变形。在选择支护类型时,需要根据地质条件和施工要求进行合理的选择。支护材料的选择也是支护结构设计中的重要环节。优质的支护材料能够提高支护结构的承载能力和稳定性,从而确保隧道施工的安全和质量。在选择支护材料时,需要综合考虑材料的强度、韧性、耐腐蚀性以及经济性等多个因素。在支护结构的施工过程中,需要严格控制施工工艺和质量。例如,在锚杆和锚索的施工过程中,需要确保锚杆和锚索的固定深度和角度符合要求;在钢架的安装过程中,需要确保钢架的连接和支撑稳定

可靠。还需要对支护结构进行定期监测和维护,及时发现和处理潜在的安全隐患。

### 2.3 边坡与仰坡稳定性控制

边坡和仰坡的稳定性是隧道洞口施工中的重要问题。在隧道施工过程中,边坡和仰坡可能会受到施工活动的影响而发生坍塌或变形,从而对施工安全和周边环境造成威胁。为了控制边坡和仰坡的稳定性,需要采取一系列的加固和排水措施。加固措施包括在边坡和仰坡表面设置锚杆、锚索等支护结构,以提高其承载能力和稳定性;排水措施则包括在边坡和仰坡周围设置排水沟、排水井等设施,以排除积水并降低地下水位。还需要对边坡和仰坡的稳定性进行定期监测和分析。通过监测边坡和仰坡的变形情况、地下水位变化等信息,可以及时发现和处理潜在的安全隐患。在监测过程中,需要采用先进的监测技术和设备,确保监测数据的准确性和可靠性。

## 3 隧道洞口衬砌与防水技术

### 3.1 衬砌类型与选择

隧道洞口的衬砌类型主要分为预制衬砌和现浇衬砌两大类,以及在此基础上发展出的复合式衬砌和单层衬砌。预制衬砌,是在工厂内预先制作好的衬砌构件,然后运输到施工现场进行安装。这种衬砌方式具有生产效率高、尺寸精确、安装速度快等优点,特别适用于工期紧张、对施工精度要求高的隧道工程。预制衬砌的运输和安装成本相对较高,且对于复杂地质条件下的适应性较差。现浇衬砌则是在施工现场直接浇筑混凝土形成的衬砌结构。现浇衬砌具有适应性强、与围岩结合紧密、整体性好等优点,特别适用于地质条件复杂、对衬砌结构要求高的隧道工程<sup>[3]</sup>。但现浇衬砌的施工周期长,对施工工艺和质量控制要求较高。复合式衬砌结合了预制衬砌和现浇衬砌的优点,通常由初期支护(如锚杆、钢架等)和二次衬砌(如预制或现浇混凝土)组成。这种衬砌方式既能提供足够的支护力,又能有效隔绝地下水,适用于地质条件复杂、地下水丰富的隧道工程。单层衬砌则主要适用于地质条件稳定、地下水较少的隧道工程。

### 3.2 衬砌材料与技术要求

混凝土是隧道衬砌的主要材料,其性能直接影响衬砌结构的强度和耐久性。在选择混凝土材料时,需要综合考虑强度、耐久性、抗渗性、工作性等性能指标。配合比设计应根据隧道工程的具体要求,通过试验确定最优的混凝土配合比,以确保衬砌结构的强度和耐久性。衬砌施工的工艺控制与质量控制是确保衬砌结构质量的关键。在施工过程中,应严格控制混凝土的浇筑、振

捣、养护等关键环节,确保混凝土均匀密实、无裂缝、无渗漏。还应加强对衬砌结构的检测和验收,确保其满足设计要求。

### 3.3 防水与排水措施

防水是隧道工程的重要一环,直接关系到隧道的使用寿命和安全性。隧道洞口的防水措施主要包括设置防水层和排水系统。防水层通常设置在衬砌结构的外侧或内侧,由防水材料(如防水卷材、防水涂料等)和防水构造(如止水带、排水孔等)组成。防水层的设置可以有效隔绝地下水,防止隧道内部渗水、漏水。在施工过程中,应严格控制防水材料的质量和施工工艺,确保防水层的可靠性和耐久性。排水系统则是将隧道内部的积水通过排水管道排出隧道外,以防止积水对隧道结构造成损害。排水系统的设计应根据隧道工程的具体要求,合理确定排水管道的布置、管径和排水能力。在施工过程中,应加强对排水系统的检测和验收,确保其畅通无阻、排水效果良好。

## 4 隧道洞口施工安全与环境管理

### 4.1 施工安全管理

隧道洞口施工的安全管理涉及多个方面,其中安全风险评估与应对措施制定至关重要。在施工前,必须对隧道洞口的地质条件、施工难度、潜在风险等进行全面评估,识别出可能存在的安全隐患。基于评估结果,制定相应的应对措施,如加强支护、优化开挖方法、设置安全警示标志等,以降低施工过程中的安全风险。为确保施工安全的持续有效,必须建立健全的安全管理制度和应急预案。安全管理制度应明确各级人员的安全职责、安全操作规程、安全检查与隐患排查机制等,确保施工过程中的安全管理有章可循。应制定详细的应急预案,包括火灾、坍塌、爆炸等突发事件的应对措施,定期组织应急演练,提高施工人员的应急反应能力。施工人员的安全教育与培训也是安全管理的重要环节。通过定期的安全教育,增强施工人员的安全意识,使其了解施工过程中的安全风险和应对措施。应开展专业技能培训,提高施工人员的操作技能和应急处理能力,确保施工过程中的安全操作。

### 4.2 施工环境监测与保护

隧道洞口施工对周边环境的影响不容忽视。在施工前,应对周边环境进行详细的调查,评估施工可能产生

的噪声、振动、粉尘等污染对周边居民和生态环境的影响。基于评估结果,制定相应的控制措施,如设置隔音屏障、采用低振动设备、加强粉尘治理等,以减少施工对周边环境的负面影响<sup>[4]</sup>。水土保持与生态恢复计划的实施也是施工环境监测与保护的重要内容。在施工过程中,应采取有效的水土保持措施,如设置排水沟、护坡等,防止水土流失和土壤侵蚀。应制定生态恢复计划,对施工过程中破坏的植被进行恢复和补偿,确保施工结束后周边生态环境的恢复和重建。

### 4.3 施工管理与质量控制

施工管理与质量控制是确保隧道洞口施工顺利进行和工程质量的重要保障。在施工过程中,应建立施工进度与质量的监控与评估机制,定期对施工进度和质量进行检查和评估,确保施工按计划进行,质量符合设计要求。针对施工过程中出现的问题,应及时发现并采取有效的解决措施。通过加强现场管理和技术指导,确保施工过程中的问题得到及时解决,避免对施工进度和质量造成不良影响。施工文档的记录与归档也是施工管理与质量控制的重要环节。在施工过程中,应详细记录施工过程中的各项数据、问题和解决措施,确保施工过程的可追溯性和可验证性。

### 结束语

高速公路工程隧道洞口施工技术的掌握和应用对于确保施工安全、质量和进度至关重要。通过不断优化施工方案和技术手段,加强施工管理和质量控制,可以进一步提升隧道洞口施工的技术水平,为高速公路工程的顺利推进提供有力支持。未来,随着技术的不断进步和创新,隧道洞口施工技术将迈向更加高效、安全和环保的新阶段。

### 参考文献

- [1] 襄晨阳.高速公路隧道施工技术与管理控制分析[J].工程建设与设计,2023,(22):149-151.
- [2] 叶伟.公路隧道的主要施工技术及管理控制要点分析[J].科技创新,2019,(16):144-145.
- [3] 黄红亚,罗荣辉,肖文东.高速公路隧道施工安全信息化监控技术探析[J].城市建设理论研究,2023(18):37-39.
- [4] 周小燕.高速公路隧道施工安全管理与事故预防措施[J].汽车周刊,2024,(06):37-39.