

隧道工程施工技术与安全管控

陈 杨 朱 然 王 磊

安徽交控工程集团有限公司 安徽 合肥 230031

摘 要：隧道工程是一项复杂的工程，涉及到众多的技术和工种。施工技术的先进与否直接影响着工程的质量和进度。同时，施工安全也是工程顺利进行的前提和保障。本文从施工技术和安全管控两个方面，对隧道工程的施工技术进行了探讨，并提出了一些提高施工技术和安全管理水平的措施。

关键词：隧道工程；施工技术；安全管控

公路隧道工程与一般公路工程有着很大的不同，不仅施工条件较为复杂，施工难度也较大，一旦存在施工质量问题，势必会影响工程的安全性和稳定性，降低其使用寿命。因此，在公路隧道工程施工的时候，需要掌握和了解公路隧道工程施工的重点和难点，严格落实各项施工技术要点，确保施工的规范性。

1 隧道工程的设计原则

1.1 安全可靠原则：在设计中应根据结构的功能要求，采用合理的结构体系，选择可靠的结构形式，保证施工过程以及工程建成后的安全可靠。

1.2 技术先进原则：应充分考虑新材料、新工艺、新技术和计算机技术在隧道工程中的应用，以提高设计质量和施工效率。

1.3 适用耐久原则：在设计中应充分考虑隧道的使用环境，采用合适的材料和施工工艺，保证结构的耐久性，使隧道在使用寿命内满足安全和使用要求^[1]。

1.4 经济合理原则：在设计中应根据工程实际情况，合理选择设计方案，力求在满足设计要求的前提下，减少工程费用，提高经济效益。

1.5 美观环保原则：在设计中应考虑到隧道的外观美观和环境保护，采用符合环保要求的材料和设计理念，使工程项目与周围环境相协调。

1.6 因地制宜原则：在设计中应考虑到各地区的自然条件、地形地貌、气候特点等因素，选择合适的形式和施工工艺，使工程更好地适应当地的环境。

1.7 施工便利原则：在设计中应考虑到施工的可行性和工期的要求，选择合适的桥梁和隧道结构形式，以及施工机械和工艺，以保证工程施工的顺利进行。

2 隧道工程的施工难点

2.1 地质探测与预处理

隧道施工前需要进行各类地质探测，确定隧道开挖后将遇到的岩层，特别是软弱岩层的具体位置、性质和

宽度；确定围岩不同的稳定性分段以及地下水和有害气体可能涌出地段等，从而设计出安全经济的隧道结构形式，确定合理的施工方案。但是由于地质情况复杂多变，地质勘测结果与实际地质可能存在巨大偏差，一旦发生未知的软弱地层、有害气体、地下水，工程施工必定会遭遇困难。

2.2 混凝土开裂问题

在隧道工程里，混凝土开裂是常见现象，导致混凝土开裂的原因有多种。混凝土浇筑时振捣不充分、浇筑气温不适宜、隧道围岩产生超量形变、混凝土配合比不合适等都会使混凝土的表面会发生膨胀应力，进而造成裂缝的发生。混凝土开裂轻则造成隧道外观受损，影响整体美观程度，重则影响结构承载力和使用安全性，甚至引起工程事故，造成人员伤亡和经济损失^[2]。

2.3 围岩支护与注浆加固技术

隧道开挖后，需要对围岩进行支护和加固处理，以确保隧道的稳定性和安全性。但是不同地质条件下的围岩支护方案不同，选择和实施相应的方案需要有丰富的经验和技能。隧道围岩支护方案选择不合理，一是容易造成施工资源的浪费，二是可能会造成隧道围岩失稳，垮塌等事故。

3 隧道工程的技术要点

3.1 洞口施工技术

在隧道工程施工中，洞口施工技术是前期进入隧道的第一环，以下洞口施工技术的方法和要点：（1）明洞施工：在山岭地区或者地形复杂的地区的隧道工程常常需要开挖明洞来满足交通需求。明洞施工的要点包括选址、洞口断面的设计、支护结构的设计、施工过程中的监测等。（2）明挖法施工：明挖法施工是在地表层直接开挖进行隧道洞口施工的方法。在开挖过程中，需要对围岩进行支护，以防止围岩崩塌和变形。同时还需要进行排水、防尘等措施，确保施工现场的安全和环保。

(3) 盖挖法施工: 盖挖法施工是一种将路面和隧道相邻的区域先进行隧道施工, 再进行路面施工的方法。在盖挖法施工中, 需要保护隧道内部的设施和结构, 确保施工的安全和质量^[3]。(4) 出口坡度控制: 出口坡度的控制是隧道洞口施工的重要环节。坡度过大或者过小都会对洞内的安全和使用产生影响。因此, 需要根据地形条件和围岩情况, 合理设计出口坡度, 确保车辆行驶的安全和舒适。(5) 洞内作业安全: 在隧道内进行施工时, 需要采取有效的安全措施, 如设置防火带、通风设备、照明设备等, 以确保作业人员的安全。同时, 还需要进行定期检查和维修, 确保设备的正常运行。(6) 岩溶地区施工: 岩溶地区是隧道工程施工中的难点。在岩溶地区进行施工时, 需要进行详细的勘察和分析, 制定科学的施工方案, 确保施工的安全和质量。在岩溶地区进行施工时, 还需要注意溶洞的处理, 如设置支护结构、注浆加固等措施, 以防止溶洞对施工造成危害。

3.2 支护防水技术

支护防水技术是隧道工程施工中的重要环节, 其目的是确保隧道施工过程中围岩的稳定性和安全性, 防止地下水渗漏和地表水渗入, 从而保证工程的质量和安。支护防水技术包括以下几个方面: (1) 井壁支护技术: 在隧道开挖过程中, 井壁支护技术可以有效防止围岩崩塌和变形, 保证施工的安全和质量。常用的井壁支护技术包括超前小导管注浆加固、锚杆加固、井壁注浆等。(2) 底部支护技术: 在隧道施工过程中, 底部支护技术可以有效防止地下水渗漏和地表水渗入, 保证施工现场的安全和环境保护^[4]。常用的底部支护技术包括钢拱架支护、桩基础支护、预应力锚杆支护等。(3) 排水技术: 在隧道施工过程中, 排水技术可以有效防止地下水渗漏和地表水渗入, 保证施工现场的安全和环境保护。常用的排水技术包括明沟排水、盲沟排水、隧道排水管道等。(4) 防水材料的选择: 选择合适的防水材料对于支护防水技术至关重要。常用的防水材料包括防水混凝土、防水涂料、防水卷材等。(5) 施工过程中的监测: 在支护防水技术施工过程中, 需要进行监测, 及时发现问题并采取相应的措施, 确保工程的质量和安。

3.3 防水材料技术

3.3.1 预铺反粘防水技术: 本工艺利用了高分子复合材料自贴胶层与防水卷材的防水工艺, 若采用了预铺反粘防水工艺, 能够较好地消除隧道地基渗漏问题, 使隧道地基产生了连续的密封层。

3.3.2 预备注浆系统施工技术: 该方式为地下工程砼构件处理采用的防水工艺方法, 采用准备注浆材料体

系, 能够实现“零渗漏”的目标。

3.3.3 止水胶防水施工技术: 本方法要求在隧道中二次或初砌的接缝内设置止水胶防水带, 并且在框架、管道等的周围放置止水胶, 当缝中有雨水渗透后, 止水胶的弹性压缩应力和遇水膨胀压力双重作用堵塞缝隙, 可以有效地防止因接缝不密封出现的渗漏情况, 具有较好的密封止水性能, 最大能抗1.5Mpa的水压力^[5]。

3.3.4 沥青防水材料: 该材料经改性后, 其具有高分子含量可有效提升其耐热度, 在施工过程中适应所需的高温, 能保证防水层免受混凝土摊铺过程中的高温损害。但在实际应用中, 沥青防水材料与混凝土摊铺时受温度影响二者之间的粘结力会显著降低, 进而对其防水性能造成不利影响。

3.3.5 其他防水材料: 如高分子卷材、膨润土防水毯、喷涂式钢筋防水涂料等, 也被广泛应用于道路桥梁隧道工程的防水施工中。

3.4 混凝土浇筑施工技术

道路桥梁隧道工程中的混凝土浇筑施工技术包括以下要点: (1) 混凝土配合比设计: 混凝土的配合比设计应根据设计要求、施工条件、原材料性能和混凝土强度等级等因素进行计算和试配, 选择合适的原材料和最佳的配合比例, 确保混凝土具有良好的工作性能和稳定性。(2) 混凝土运输: 混凝土运输应选择适当的容器和合适的运输工具, 确保混凝土不分层、不离析, 并保持足够的坍落度, 以防止离析现象的发生^[6]。(3) 混凝土浇筑: 混凝土浇筑应按照设计要求进行分层浇筑, 每层浇筑高度应控制在0.5~1.5m, 并确保混凝土浇筑密实, 不得有漏浆现象。在浇筑过程中, 应采取适当的措施防止混凝土出现离析现象。(4) 混凝土养护: 混凝土养护是确保其强度和稳定性的重要环节。在浇筑完成后, 应及时进行覆盖和洒水, 并根据气候条件和混凝土的性质进行适当的养护时间和温度。在养护过程中, 应避免曝晒和冻融循环等不利影响。(5) 混凝土质量检测: 混凝土质量检测包括其抗压强度、孔隙率、氯离子含量等指标的检测。这些检测可以确保混凝土的质量符合设计要求, 并为后续工程施工提供参考。

4 隧道工程的管控措施

4.1 优化管理制度

建立施工管理制度: 施工管理制度包括施工计划、施工质量控制、安全管理、进度管理等方面的内容, 规范施工单位的施工行为, 确保工程质量和安全。提高施工人员素质: 施工人员的素质直接影响道路桥梁建设的质量, 因此需要加强施工人员的培训和教育, 提高他们

的专业技能和综合素质,使他们能够更好地履行职责,确保工程质量。加强风险管理:风险管理是道路桥梁隧道工程中的重要环节,需要识别潜在风险因素,评估风险等级,并制定相应的应对措施,以最大程度地降低风险,保证工程质量。加强监管和检查:政府部门应加强对道路桥梁隧道工程的监管和检查,确保施工过程符合相关法律法规和标准,发现问题及时处理,确保工程质量和安全。

4.2 隧道支护质量控制

隧道支护质量控制是道路桥梁隧道工程施工中的重要环节,其目的是确保隧道支护结构能够有效地稳定围岩,防止地下水渗漏和地表水渗入,从而保证工程的质量和安。隧道支护质量控制包括以下几个方面:(1)严格按设计要求进行施工:在隧道施工过程中,应严格按照设计要求进行施工,确保支护结构的设计符合实际情况。(2)进行施工监控量测:在隧道施工过程中,应进行施工监控量测,及时掌握围岩的变形情况和支护结构的受力状态,确保支护结构的施工符合设计要求。

(3)做好初期支护:在隧道开挖过程中,应做好初期支护,确保支护结构的施工符合设计要求,避免围岩崩塌和变形。(4)加强监测和维护:在隧道施工完成后,应加强监测和维护,及时发现和处理支护结构的问题,确保隧道施工的质量和安。引入先进技术和安管理方法:引入先进的技术和安管理方法可以提高工程施工的效率和安,例如采用机器人技术、信息化管理等方法,可以减少人为因素对施工质量的影响。

4.3 引用先进施工技术

先进的施工技术对于建筑施工具有重要的作用,可以提高施工质量,提高工作效率,减少施工成本,提高企业竞争力。下面列举一些先进的施工技术:(1)新型防水施工技术:该技术采用新型材料和施工工艺,可以有效地防止水分渗透,提高了防水性能。(2)预铺反粘防水技术:该技术采用高分子自粘胶膜防水卷材作为防水材料,通过预铺反粘防水技术,可以很好地排除隧道基层渗透现象,使隧道基层形成连续的密封面。(3)预备注浆系统施工技术:该技术是地下工程混凝土结构接

缝常用的防水施工技术,通过预备注浆系统,可以达到“零渗漏”的效果。(4)止水胶防水施工技术:该技术是在隧道二次初砌施工缝处设止水胶防水带,以及在钢筋、管线等周围设置止水胶,当接缝中有水渗入时,止水胶的弹性压缩应力和遇水膨胀压力双重作用填塞缝隙,可以有效地防止因接缝不密封出现的渗漏情况,具有较好的密封止水性能,最大能抗1.5Mpa的水压力。

(5)沥青防水材料:该材料经改性后,其具有高分子含量可有效提升其耐热度,在施工过程中适应所需的高温,能保证防水层免受混凝土摊铺过程中的高温损害。但在实际应用中,沥青防水材料与混凝土摊铺时受温度影响二者之间的粘结力会显著降低,进而对其防水性能造成不利影响。(6)其他新型防水材料:如高分子卷材、膨润土防水毯、喷涂式钢筋防水涂料等,也被广泛应用于道路桥梁隧道工程的防水施工中。

结束语

道路桥梁隧道工程的施工技术和安管控是一项复杂的系统工程,需要从设计、施工、监理到管理各方面共同努力,才能确保工程的质量和安。只有不断提高技术水平和管理能力,加强安意识和风险防范,才能建设出更加安、稳定和可持续的道路桥梁隧道工程,为社会经济的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]王也.城市道路桥梁工程施工技术要点[J].价值工程,2021,40(8):94-95.
- [2]邓亚民.道路桥梁隧道施工中安管理的措施探究[J].警戒线,2021(29):136-138.
- [3]张博.公路隧道施工存在的问题及对策探讨[J].大众标准化,2022(15):111-113.
- [4]王振宇.隧道施工难点及技术措施研究[J].运输经理世界,2022(20):77-79.
- [5]翟欢乐.高速公路隧道工程防水施工技术要点研究[J].居业,2022(01):38-40.
- [6]妥成忠,杨西梅,李明博.当前道路桥梁隧道施工中存在的问题及解决对策[J].价值工程,2020,39(09):169-170.