

公路隧道施工技术要点分析

褚仟仟

(牡丹江市公路养护中心, 黑龙江 牡丹江 157000)

【摘要】公路隧道施工是公路建设中具有较高挑战性的工程, 施工过程中涉及多个环节和技术。通过科学设计施工方案, 选择合理的施工技术, 规范进行施工, 有利于提高公路隧道施工的效率和质量。文中从公路隧道施工的前期准备、主要施工技术要点、安全管理和环境保护等方面阐述了隧道施工的技术要点。

【关键词】公路隧道; 地质勘察; 施工方案; 开挖; 支护; 二次衬砌; 安全

公路建设工作开展过程中, 公路隧道工程的设计和施工越发受到重视。通过公路隧道施工, 可以提升交通效率、保障交通安全, 而且还能够避免破坏一些需要保护的区域, 更好的适应地形和环境要求。但公路隧道施工十分复杂, 需要施工开始之前开展详细的地质勘查和设计规划, 选择适宜的施工方法。在施工过程中还要做好前期支护和二次衬砌, 保证隧道的稳定性。并通过采取有效的通风和排水措施, 保证隧道内良好的通风条件及防止地下水积聚。施工过程中还要强化安全管理, 确保施工作业人员的安全。施工完成后要重视验收和监测, 进一步保证公路隧道质量和长期稳定性。

一、公路隧道施工的前期准备

(一) 地质勘察

公路隧道施工开始之前, 应对隧道沿线的地质条件进行详细了解, 明确具体的岩石类型、地质构造及地下水情况等, 为施工方案制定提供有效参考。在地质勘察工作中, 通过观测和记录隧道穿越区域的地形地貌, 了解地表水体的分布和特征, 确定隧道沿线所经过的地层序列, 分析岩石的风化情况, 查明地质构造的分布和规模, 并对地质构造对隧道稳定性的影响进行科学评估。针对地下水勘察时, 应观测地下水的类型, 对地下水的补给、径流和排泄条件进行分析, 并识别和评估不良地质现象的分布和发育情况, 预测其可能会对隧道施工带来的危害。地质勘察工作开展过程中可以运用的方法和手段较多, 通过在勘察过程中采集大量的样本和数据, 开展详细的分析, 形成更为详尽的地质勘察报告, 从而为隧道施工方案制定提供重要参考。

(二) 施工方案设计

公路隧道施工方案设计属于综合性的决策过程, 涉及到较多的因素。具体需要考虑到地质条件、隧道长度、隧道断面形状和尺寸、周边环境、工期要求及

经济成本等, 通过对这些因素综合权衡, 详细的进行技术性和经济性比较, 设计更适合的施工方案。公路隧道工程施工过程中, 较为常见的施工方法以钻爆法、盾构法和掘进机法为主。钻爆法适应范围相对广泛, 对各种地质条件都具有较好的适应性, 施工灵活, 能够根据实际地质情况对爆破参数和支护方式进行调整, 但施工过程中振动和噪声较大, 会对周边环境带来一定的影响。盾构法施工速度较快, 自动化程度较高, 施工过程中对周围地层扰动较小, 能够有效控制地面沉降, 更适用于软土和砂土等地层, 但施工设备成本较高, 针对隧道断面尺寸和形状的适应性较差。掘进机法施工时开挖效率较高, 对围岩扰动较小, 具有较好的成型质量, 设备购置和维护成本相对较高, 在硬岩中施工效果不理想。在实际施工过程中, 一般硬岩更适合应用钻爆法, 较弱地层则适宜采用盾构法或是掘进机法。短隧道采用钻爆法更具经济性和高效性, 长隧道应用盾构法或是掘进机法优势明显, 施工效率也较高。针对一些紧急工程项目, 往往会选择施工速度较快的方法。因此在施工方案设计时, 应综合考虑诸多因素, 并与工程实际情况相结合, 从而确定最适合的施工方案, 确保能够达到预期的效果。

二、公路隧道主要施工技术要点

(一) 开挖技术

公路隧道开挖作业是整个施工中较为关键的一个环节, 开挖方式可以采用全断面开挖法、台阶法、分部开挖法。针对于地质条件较好及围岩具有较高稳定性的隧道, 可以采用全断面开挖法, 一次性将整个隧道断面开挖成型, 施工速度较快, 工序也相对简单。地质条件稍差和能够及时进行初期支护的隧道, 可以利用台阶法, 将隧道断面分成上下两个或是多个台阶进行开挖。分部开挖法以环形开挖预留核心土法和双侧壁导坑法为主, 将隧道断面

分成多个部分逐步开挖，多用于软弱围岩和大跨度隧道等地质条件复杂的情况。

在实际开挖作业过程中，爆破作业时应合理设置爆破参数，降低对围岩的扰动，有效控制超挖和欠挖情况的发生。特别要保证周边眼间距和装药量等参数的准确性，确保获得较好的爆破效果。开挖作业时应通过精确测量，确保开挖方向和坡度符合设计要求。开挖时要及时安装临时支护，防止围岩坍塌。开挖后及时清理危石，确保施工安全。开挖作业过程中，洞内要保证良好的通风，及时排除爆破产生的有害气体和粉尘。另外，开挖过程中应密切观察地质变化，一旦发现异常则应及时对施工方法和支护参数进行调整。

（二）初期支护技术

公路隧道开挖作业后需要及时采取支护措施，以此来保证围岩的稳定性。初期支护的主要形式为锚杆支护、喷射混凝土、钢筋网、钢拱架或钢格栅，利用锚杆将不稳定围岩和稳定岩体连接起来，增强围岩的整体性。锚杆支护施工时锚杆长度、间距、角度和锚固力应与设计要求相符。通过喷射混凝土能够快速封闭开挖面，防止围岩风化和松动情况发生。施工时通常会采用湿喷或是潮喷工艺，注意喷射厚度和平整度，确保混凝土具有较好的粘结性，进一步提升支护的效果。借助钢筋可以增加喷射混凝土的整体性和抗裂能力，钢筋网应与锚杆或是其他支护构件牢固连接。利用钢拱架或是钢格栅能够提供有效的支撑，有效承受围岩压力，具体安装时应保证位置的准确性，通过牢固连接，使钢拱架或是钢格栅与围岩紧密接触。

初期支护施工应在隧道开挖完成后尽快进行，这样能够有效减少围岩暴露时间，支护结构与围岩之间不应留空隙，各种支护构件之间应相互配合，确保达到较好的支护效果。为了确保支护施工的质量，应严格检测锚杆的锚固质量、喷射混凝土强度和厚度，并根据监控量测数据，及时对支护参数进行调整，优化支护措施，进一步确保隧道施工的安全。

（三）监控量测技术

通过监控量测了解围岩和支护结构的变形及受力状态，并对隧道施工安全性开展评估，不仅能够为施工决策提供重要依据，还能够及时调整施工方法和支护参数。监控量测过程中，主要监测内容包括围岩变形监测、支护结构受力监测、地表沉降监测和地下水位监测，具体要根据隧道施工阶段和地质条件确定监测频率，一般在开挖面附近监测频率相对较高，随着施工进展则逐渐降低。监测点一般会布置在一些关键

部位，如隧道拱顶、拱腰及边墙等位置，利用监测仪器进行测量，并通过整理获取的监测数据及完成变化曲线的绘制，对比分析后判断围岩和支护结构的稳定性。一般会根据监测数据设定预警值和控制值，当监测数据达到预警值时，应及时采取加强支护措施；达到控制值时，则应暂停施工。通过科学合理的监控量测，不仅可以保障公路隧道施工的安全，也是实现信息化施工的重要手段。

（四）防水与排水技术

公路隧道的防水和排水是确保隧道结构安全和正常使用的重要环节，防水方面一般会利用防水卷材或是防水涂料在初期支护和二次衬砌之间铺设防水层，施工缝采用止水带进行防水处理，变形缝则可以采用止水带、密封胶等多道防水措施。二次衬砌混凝土应选择具有较好抗渗性能的配合比，提高混凝土自身的防水能力。排水方面会采用环向排水盲管、纵向排水盲管、横向排水管、边沟和中央排水管、排水泵房等措施，及时将水排至洞外。在防水和排水施工过程中，应保证防水材料 and 排水管道的质量，根据设计和规范要求开展施工，保证防水和排水系统的安装质量。并针对接口处实施密封处理，防止出现漏水情况。另外，施工过程中还要做好已安装防水和排水设施的保护工作，避免损坏。

（五）二次衬砌技术

公路隧道二次衬砌是在初期支护完成并稳定后进行施工的永久性结构，作为隧道的内表面，不仅具有较好的外观和平整度，还能够增强隧道的防水性能，提高隧道结构的稳定性和安全性。二次衬砌施工采用的钢筋混凝土，具体应根据设计要求确定混凝土强度等级和钢筋的规格、间距。施工过程中多采用模板台车法和小块模板拼装法，混凝土浇筑施工时应连续浇筑，避免出现施工冷缝，浇筑过程中应振捣密实，确保混凝土的密实度和强度。施工缝处理时应进行凿毛和清理，设置止水条或是止水带。施工过程中还应有效控制衬砌的厚度、平整度和垂直度，并针对混凝土强度和抗渗性等指标进行检查。通过将二次衬砌与初期支护紧密结合，共同承受围岩压力，以此来保证隧道的使用性能和安全。

（六）通风与防尘技术

通风和防尘是公路隧道施工中较为重要的环节，通常情况下可以采用压入式、抽出式和混合式等通风方式，选择通风机时应根据隧道长度和断面大小，选择适宜功率和类型的通风机。通风管道一般会采用柔性风管，并要保证风管的密封性和安装质量。具体还需要结合隧道施工的具体情况计算

通风量，以此来确定通风设备的规格和数量。防尘措施一般以湿式凿岩和喷雾洒水为主，有效控制粉尘，并通过加强通风，及时排出粉尘。另外，还应针对隧道内的粉尘浓度定期进行监测，确保粉尘浓度与职业健康标准相符。

（七）信息化施工技术

在公路隧道工程施工过程中，针对施工过程的各种信息进行实时采集、分析和反馈，可以为施工决策提供有效指导。一般会借助各种监测设备和传感器收集隧道内的数据，并针对采集数据开展快速和准确的分析，对比设定的阈值或模型，科学评估施工过程中的安全性。一旦发现监测数据异常或是超过预警值，则应及时采取措施，根据反馈信息也能够及时调整和优化施工方案。而且通过建立三维模型和数据图表等可视化方式，也能够更直观展示隧道施工的状态和变化趋势，为施工管理人员和施工人员掌握施工情况提供更多便利。另外，利用信息化手段也能够有效识别施工过程中的风险，并开展有效的评估和预警，制定具体的应对措施，降低风险发生的机率及风险带来的影响。

三、公路隧道施工中的安全管理

公路隧道施工风险性较高，由于地质情况复杂，围岩失稳、岩溶与涌水、瓦斯突涌等风险极易发生。同时当开挖方式不合理、支护不及时或支护强度不足时，也会导致隧道结构失稳。爆破设计不合理、通风不良、设备故障、高处坠落、自然灾害等风险也不可忽视。针对这些安全风险，在施工前应开展风险评估，制定切实可行的措施，强化公路隧道的施工安全管控。

通过制定完善的安全生产管理制度，明确管理人员和施工人员的安全职责，并定期针对施工设备进行检查和保养，保证其良好的性能。在施工开始之前应开展详细的地质勘察，针对地质风险进行评估，并根据地质情况制定有效的预防措施。施工现场应设置明显的安全警示标志和防护设施，施工现场通道保持畅通及良好的照明。爆破作业时应加强安全管理，严格按照爆破安全规程进行操作。隧道内要保证通风良好，定期对隧道内的空气质量进行检测，对可能存在瓦斯的隧道应加强监测和防范。施工现场应配备消防设施，规范用电，强化防火和用电的安全。针对公路隧道施工的安全进行全方位和全过程的严格把控，将安全管理贯穿于每一个环节，确保公路隧道施工的顺利进行。

四、公路隧道施工中的环境保护

公路隧道施工过程中避免不了会对植被带来破

坏，干扰动物栖息地。开挖和填方作业还会改变地形地貌，破坏土壤结构，导致水土流失情况的发生。隧道施工也增加了山体滑坡和崩塌等地质灾害发生的风险，还会改变地下水流向和流量，污染地表水体。特别是施工过程中的粉尘和废气还会对大气环境带来污染，施工的噪声会干扰到周边居民正常的生活，施工废渣会造成土壤污染和景观破坏。因此在公路隧道施工过程中需要加强对环境的保护力度，并采取有效的措施，减少施工对环境带来的不利影响。在施工开始之前应科学进行规划，减少对周边植被的破坏，施工中破坏的植被，施工完成后应尽快恢复和补种。可以通过设置挡土墙、护坡和排水设施等边坡防护措施，防止水土流失问题，并针对弃土场合理规划，做好防护和复垦工作。施工过程中可以通过给设备加装消声器和设置隔音屏障等，实现对噪声的有效控制，也可以选用低噪声的施工设备，并通过合理安排施工时间，尽可能的降低施工噪声对周边居民的干扰。施工过程中，针对施工场地和道路应定期洒水，运输车辆采用加盖篷布的方式，实现对粉尘的有效控制。施工现场应建立污水处理设施，针对隧道涌水和施工废水进行处理，达标后排放。施工中产生的固体废弃物应分类收集和处理。另外，施工前应针对文物进行勘察，一旦发现文物古迹，应立即停止施工并上报相关部门，实现对文物古迹的有效保护。对于隧道洞口及周边的施工，应尽可能的减少对自然景观的破坏，使其与周围环境具有较好的协调性。

五、结束语

近年来公路建设里程快速增长，公路隧道作为重要的交通设施，在公路建设中的应用也越来越多。公路隧道施工过程中施工技术是较为关键的部分，通过掌握隧道施工技术要点，并加强施工质量控制，可以全面提升公路隧道施工的效率和质量，确保公路隧道施工的有序和安全进行。

参考文献：

- [1]郑慧攀.公路隧道初期支护施工研究[J].江西建材,2020(09):152-153
- [2]许荟婷.公路工程建设中的隧道施工测量及其质量管理研究[J].智能建筑与工程机械,2021(01):93-94.
- [3]陈洋.探讨高速土木工程公路隧道施工技术及其质量控制措施[J].交通科技与管理,2022(18):87-89
- [4]邱太宁.土木工程公路隧道施工技术及其质量控制措施探讨[J].黑龙江交通科技,2021(08):220-221
- [5]赵博.高速土木工程公路隧道施工技术的应用措施[J].价值工程,2022(11):3.