

# 公路桥梁隧道工程开挖防护施工技术分析

陶月飞

红河州峨石红高速公路投资建设开发有限公司 云南 红河 662200

**摘要:** 为确保公路桥梁隧道建设过程中的施工安全,深入探究桥梁隧道开挖与防护的技术要点显得尤为重要。该研究有助于掌握我国在公路桥梁隧道开挖防护技术领域的实际应用情况;分析该技术在应用过程中所面临的难题,进而依据这些难题制定切实可行的对策,旨在推动公路桥梁隧道开挖防护技术的更广泛运用。

**关键词:** 公路桥梁隧道;开挖;防护;施工技术;质量控制

在我国的城市化快速推进背景下,城市交通负荷日益加重,各类公路、桥梁和隧道的建设活动频繁,数量每年持续上升。为此,提升公路桥梁隧道工程的开挖与防护技术对于确保施工安全至关重要。探讨此技术需涉及管理体制、应急预案、技术选用、地质勘探以及施工机械的适配等多个层面。深入研究有助于降低技术缺陷引发的人员伤亡和经济损失,进而显著提升工程建设的效率。

## 1 隧道工程开挖施工概述

为确保开挖工程顺畅实施,必须对隧道地形、地貌、地质、水文、周边施工环境条件情况进行周密的调研,掌握周边交通情况、河流冲沟情况、附件村落、水源情况,对存在的浅埋、偏压、断层破碎带等重难点进行分析,防止不良地质、水文状况给开挖作业带来负面影响,依照设计规范和专项施工方案,制定合理的工期计划,采取科学的施工顺序、开挖方法,依照严格落实“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”十八字方针,既定步骤开展施工。

## 2 公路桥梁隧道工程开挖施工要点分析

### 2.1 全断面开挖法

全断面开挖技术是一种施工效率较高的手段,其作业流程简洁明了,依据施工设计图,能一次性完成整个断面开挖任务,此方法普遍运用于隧道Ⅰ~Ⅲ级围岩的开挖。具体操作流程为:运用便携式钻孔装置,在固定时段内对整体剖面实施一次性钻孔作业,随后填充炸药进行爆破。全断面开挖能够减少爆破次数,降低对隧道围岩的扰动,具有施工工序少、开挖进度快、作业空间大等优点。

### 2.2 分段开挖法

分段开挖技术,亦称为先行导洞施工法,是在开挖作业前先行进行的小范围洞挖作业。常见的实施手段包括:顶(底)部先行导洞法、单侧或双侧壁先行导洞施工法等。在实际的建设活动中,需依据具体的工程条件和地质特征来选择分步开挖技术。例如,在处理大宽度隧道且隧道穿越的地层较为软弱且不稳定时,便适宜运

用侧壁先行导洞技术,以降低对隧道周围环境的干扰。

### 2.3 台阶法

在隧道施工阶段,应用台阶式施工法需针对具体工程状况进行深入剖析,选择长、短或超短台阶等多样化的开挖策略。此外,台阶法的运用存在一定的使用范围,一方面需关注初期开挖时封闭区的构建,封闭时间越短反映出围岩稳定性越弱;另一方面,还需根据施工场地的空间大小来选取合适的机械设备。在开挖、支撑及清渣等环节使用机械装备时,必须全面考虑围岩的性质,对于稳定性较差的围岩,选择适宜的机械最为恰当,而对于质量较好的围岩,则应充分利用高效的机械装备,从而提升经济收益。

## 3 公路桥梁隧道工程中的支护技术分析

### 3.1 砼喷射技术

在隧道建设中,喷锚混凝土作业是一项至关重要的加固步骤。作业前需对喷射面进行彻底清理,移除所有松散石块、杂乱物品等,以保证喷射面清洁且表面具有一定的糙度,从而提高与混凝土的粘接力。喷射作业时,需精确控制喷射的方向和距离,通常喷嘴应与作业面成垂直角度,喷射距离控制在0.6-1.2m范围内,以确保混凝土均匀且密实地覆盖,满足设计厚度,如拱顶部位厚度通常在10-30cm,侧墙则需10-20cm。喷射的顺序也需注意,一般从墙面开始,再喷拱顶,采取自下而上的方式进行,每段长度不应超过6m,分片的大小根据实际情况而定。相邻作业段之间应保持一定的间隔时间,通常为2-4h,以避免混凝土因重力作用出现裂缝或剥落。

### 3.2 锚杆支护技术

锚索固定作为一种普遍的岩体支护手段,在执行该技术前,必须进行周密的准备作业,包括:对锚杆孔位进行精准定位,清理钻孔内部,利用专业工具将锚索嵌入指定孔位,随后安装支撑板,以保障锚固作业的最大效能。锚索通常采用直径为22毫米的螺纹钢,并在钢筋尾部进行丝扣加工,同时确保锚索的平直度。

### 3.3 钢支架结构

桥梁及隧道施工中,钢结构支护扮演着至关重要的角色,其能显著维持洞室围岩的稳定性,防止岩体因压力作用而产生形变。依据不同工程的具体状况,钢结构支架的设计构造亦有所不同。支架的安装作业主要分为两个阶段,首先是支架本身的制作与安装,这一过程涉及根据设计图纸进行材料切割、分段焊接,确保每个部件都符合设计规范和尺寸要求。在安装阶段,必须严格控制支架的内部直径,并预留出适当的沉降空间。完成支架安装后,利用喷射混凝土填充支架与岩壁之间的缝隙,以强化支架与岩体的结合,同时降低岩体形变量。另一个关键部分是位于大拱脚的支架,在地下施工的下层台阶作业中,为保障上层结构的稳定性,特别是在岩体稳定性较差的场合,需要在上方台阶搭建脚手架,并采用人工施工手段增强拱脚的支撑力。

## 4 开挖防护施工技术的应用

### 4.1 地质勘探与方案制订

在开展开挖作业之前,进行地质勘查环节极为关键。地质工作者借助勘查手段,掌握作业场地的地质状况、土壤性质、地下水资源及地质断层等相关信息,这些资料对于决定开挖方法、支撑方式和支撑期限等核心要素极为重要。依据勘查所获得的数据,制定针对性的开挖支撑计划,并据此进行建筑构造设计。在这一过程中,开挖支撑计划需综合考虑地质与水文情况,挑选恰当的开挖手段(例如顺层开挖、逆层开挖等),以及匹配的支撑措施(如钢材支撑、混凝土支撑墙等),以保障开挖工程的稳固性与安全性。

### 4.2 开挖方式的选择

在公路桥梁隧道建设领域,普遍采纳的开挖技术涵盖了整体断面开挖法、分层开挖法以及分区开挖法等。这些技术的选用取决于土壤结构、施工机械、工程期限等多重因素。整体断面开挖法指的是一次性对整个断面进行开挖,它适合于土质坚硬的环境;分层开挖法则将开挖分为若干层次,每层开挖后都要实施支撑保护,适合于土质较软或是需要控制开挖进度的场合;而分区开挖法是将断面分成多个区域,依次进行开挖,适用于地质条件复杂或需降低对周边环境的影响的情况。

### 4.3 支护方式的选择与应用

选用合适的支护手段对于确保隧道建设的安全性与品质极为关键,这一选择必须综合考虑地质状况、开挖方法等多种因素。在众多支护手段中,喷混凝土、锚固、铺设钢筋网以及设置钢结构等是比较常用的技术。喷混凝土适用于较为坚硬的岩层,利用高压喷射形成坚实的衬砌层,从而实现稳固的支撑作用;锚固技术则

适合于较为松散或不够稳定的地层,通过植入锚杆以强化周围岩体的稳固性;而钢筋网和钢结构等支护方式也应依据实际的地质状况和工程需求来决定其使用。

在启动隧道开挖工程之前,项目部针对隧道周边的地质状况展开了周密的调研与评估,明确了软弱岩层及断层破碎带的具体区域和界限。依据所得地质信息,项目部采纳了多样化的支撑手段,诸如喷射混凝土、锚杆固定以及钢结构拱架等支撑方法。(1)采纳喷射混凝土的方法进行支撑。在隧道开挖完成后,迅速对岩壁表面进行混凝土喷射,构建一层紧密的保护层,以此提升岩层的稳固性。该手段施工效率高、成本低廉,适合于软弱岩层和断层破碎带的初步稳固。(2)使用钢结构拱架法进行支撑。对于隧道中形变较大或稳定性欠佳的区段,项目部采用钢结构拱架进行支撑。通过将拱架与锚杆及喷射混凝土层连接,形成一个坚固的支撑系统,有效地防止岩层变形和失稳,该方法具有强大的承载力和良好的稳定性,适合于地质条件复杂或形变显著的隧道区段。

### 4.4 防排水施工技术

在隧道建设中,防排水技术的恰当运用对于保障隧道的长期稳定运行及提升其耐用性至关重要。在结构防水方面,关键在于浇筑出高标准的防水混凝土,以此构建起隧道的防水防线。对防水混凝土的配比、水泥的用量及外加剂类型要严格控制,以保证混凝土的高密度和良好的抗渗性能。在施工缝、变形缝等关键节点,必须安装止水带或采用遇水膨胀的橡胶条,以提升防水能力。防水层的铺设作业要求基层平整、干燥且无污染,选用的防水卷材或涂料不仅要满足设计规范,还要具有出色的耐水、抗老化性能和粘结力。在铺设过程中,要严格按照规范操作,保证防水层与基层紧密结合,无气泡、皱褶或破损。防水层的接缝处应用专业粘合剂或焊接技术处理,确保接缝的密封性,防止水分渗透。至于排水系统的设计,应融合逆坡排水与顺坡排水,依据隧道的坡度和地下水的流动方向来合理安排排水管道。选择的排水管道应具备抗腐蚀、耐磨和承压的特性,以保证长期使用中的完整性,避免损坏或堵塞。管道的布置应尽量减少弯头和接头的数量,以提高排水的流畅性。同时,根据预测的隧道出水量,合理配置集水井和水泵房,确保能够及时排除积水,防止对隧道结构产生不利影响。

## 5 质量控制要点

### 5.1 开挖质量保证措施

1)面对软土层施工,坚持采用较短的掘进长度以及迅速封闭的策略。2)充分发挥围岩自承能力,运用尽可能减少对围岩干扰的开挖技术与手段。3)施工中必须依



照设计规定严格控制挖掘断面,禁止出现挖掘不足,超挖上限规定为拱顶15厘米,侧墙10厘米。若发生超挖现象,必须严格依照设计及规范要求,用指定的材料进行充实回填,并实施回填灌浆处理。

## 5.2 隧道超欠挖控制措施

1) 隧道施工全面采用机械化作业,施工前由测量人员标定出该里程的挖掘边界线,并使用红油漆进行标注,标注点环向间距不得超40厘米,点的直径不得大于3厘米。2) 测量放样作业执行计算与复核的双查机制,测量小组需定期对线路中心、水准点及挖掘面进行检查核实。隧道每推进50至100米,应重新检测导线并进行支导线的加密布置。3) 机械化挖掘应控制在轮廓线内20厘米以内进行,留下的20厘米厚的围岩则使用人工配合风镐进行细致修整。4) 必须严格管理挖掘长度,确保其不超过一个钢拱架的间隔距离。坚决杜绝因挖掘过度而导致周围岩体稳定性丧失和发生坍塌,进而产生过量挖掘的情况。

## 5.3 超前小导管支护质量保证措施

5.3.1 小导管的设置:(1) 依据岩体的实际状况来设定小导管的间隔,使用单层小导管时,其间隔应保持在50厘米。(2) 前后排的小导管应交错排列,前后排的搭接长度根据不同类型的衬砌确定,且长度应超过100厘米。(3) 小导管的外斜角度应根据注浆凝固后拱的厚度来决定,建议设置为5至12度之间。(4) 在安装导管之前,必须将作业面密封严实,并准确测量钻设位置,确认无误后才开始施工。

5.3.2 微型管道灌浆:(1) 在灌浆作业启动前,需对工作面进行混凝土喷射以实现封闭,避免浆液渗漏,喷射层的厚度不应低于50毫米。(2) 灌浆材料的选择应综合考虑地质状况、灌浆目标以及工艺流程,确保浆液具备良好的流动性能,凝固后体积变化微小,同时拥有卓越的粘结性能和较高的初期强度;形成的结石结构具有较低的透水性及优秀的抗渗透特性;若存在水侵蚀风险,则应使用耐侵蚀性材料。(3) 在灌浆作业中,应控制灌浆压力在0.5至1.0兆帕之间,并安排专人对灌浆过程进行记录。灌浆完成后,需对效果进行检查,对不符合质量标准的位置进行补充灌浆。只有在灌浆强度满足要求后,才能继续后续的施工步骤。(4) 灌浆时,应按照从拱脚至拱顶的顺序逐根管道进行。

## 5.4 初期支护质量保证措施

5.4.1 支护锚杆施工要点:(1) 遵循设计方案,选定合适的锚杆种类及其布局,确保钻孔笔直且与岩层主要层面成垂直角度。(2) 在锚杆固定作业前,彻底清理孔内油渍和锈迹,并使用压缩空气对孔洞进行清洁。(3) 所有锚杆的锚固强度应达到规定标准,每300根为一检验批

次,实施拉拔测试,每批次至少测试三根。(4) 安装锚杆通过质量检验后,立即进行混凝土喷射作业。

5.4.2 混凝土喷射施工规范:(1) 按照区域划分,喷射作业应由底部向上逐步实施,首先喷射钢支架与拱壁之间的混凝土,再进行两支架中间的混凝土喷射。(2) 采用分层喷射法,确保每一层喷射都在前一层混凝土终凝后进行。(3) 在喷射过程中,喷嘴需与喷射面保持垂直,且喷射距离控制在0.6至1.2米范围内。(4) 完成喷射后的混凝土表面,需保证其密实度、平整度,不得出现裂缝、剥落、漏喷、钢筋外露、空洞或渗水等问题。

5.4.3 钢结构拱架:(1) 确保各钢结构组件间通过纵向钢筋有效衔接,并保障安装基础稳固性。(2) 若钢架安装底面高程不达标,禁止使用石子或碎砖进行垫补,必须铺设钢板或使用不低于C20标号的混凝土垫块。(3) 钢架需紧贴初次喷射的混凝土面。(4) 钢架连接板与钢架焊接需牢固,焊点充实且无间隙;钢架各部件之间应通过连接钢板以螺栓或焊接方式固定紧固。

5.4.4 仰拱结构:(1) 仰拱底部承载力须达到设计规范标准。(2) 仰拱部分严禁在超挖后填充松散土石。(3) 在仰拱混凝土浇筑前,确保基底无积水、垃圾及松散材料。5) 对锁脚区域的A、B、C单元实施加固注浆,确保注浆质量和控制适宜的注浆压力与稳定时长。

## 5.5 隐蔽工程的质量保障措施

完工后的隐蔽工程,需由技术人员详细记录其核心信息于验收记录表,并由技术主管签字确认。同时,召集建设方与监理方代表亲临现场,针对关键或特殊部位,还需设计方及质监部门指派专人参与,共同完成对隐蔽工程的详细检验。针对检验过程中发现的品质问题,必须严格整改,直至复查合格,才能继续开展后续施工环节。

结论:总而言之,公路桥梁隧道的开挖与防护作业具有较高的难度和风险,且存在诸多安全隐患,施工企业必须将安全视为核心要素。在施工启动之前,必须全面掌握工程的基本情况,对施工技术进行科学的评估,确立包括明洞施工、隧道主体开挖、衬砌施工等各项技术的独特性及标准要求,并细致规划施工方案,强化施工过程中的质量管理。同时,施工前应细致完成地质勘查及各项准备工作,完善组织架构,制定紧急应对措施,确保工程质量与施工安全,保障施工过程的顺畅,为隧道工程的顺利建设打下坚实的基础。

## 参考文献

- [1]余文魁.公路桥梁隧道工程开挖防护施工技术研究[J].运输经理世界,2022(15):95-97.
- [2]胡惠晰.公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(27):97-99.