

# 隧道穿越断层破碎带开挖支护施工技术

迟翰超

(中铁二十三局集团第一工程有限公司, 山东 日照 276800)

**摘要** 在公路隧道工程当中, 公路隧道在穿越断层破碎带时所涉及的专业知识点极其繁多, 对于施工技术工艺标准也有很高的要求, 任何一个环节出了问题就会造成最后工程施工质量很难达到人们所期望的情况。加之断层破碎带自身的强度比较小, 很容易发生形变, 再加上抗水性较差, 在施工的过程中各类突发性安全事故的风险很难预防, 不但推迟了工程施工进度, 而且给现场施工人员的生命财产安全造成很大的威胁。本文综合分析了公路隧道过断层破碎带的施工工艺, 并提出了相应的观点, 以供同行业人员参考。

**关键词** 公路隧道; 断层破碎带; 隧道开挖; 隧道支护

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)04-0047-03

破碎带为断层产生的破碎带, 含断层角砾石岩、破碎岩、糜棱岩或者断层泥, 斜坡破坏产生的破碎带还可能含角砾、碎裂块石以及糜棱状粘土。断层破碎带为岩体内非单一裂缝所构成的破碎条带地段, 其宽度一定, 延伸长度可观。断层破碎带使得岩体失去了完整性和连续性, 从而影响了工程建设。

## 1 断层破碎带和公路隧道工程的具体关系

断层破碎带与公路隧道工程之间存在着较为紧密的具体联系, 根据实际情况中断层破碎带的类型, 可以根据断层两圆盘之间的相对位移将其细分成正断层、逆断层以及平移断层等。其中正断层是顺断层岩面斜向表现为下盘上升而上盘下降, 诱发正断层成因往往与张拉力和重力因素直接相关, 并且该类断层面的倾斜角较陡, 断层线一般具有平直特征。但逆断层则以表现为下盘降低和上盘升高为主, 往往与地壳挤压直接相关, 断层的两盘往往呈闭合形态。平移断层是指在断层方向上发生位移的两盘断层, 断层面基本上呈直立现象且倾斜角较陡, 大多和地壳的水平运动进程有关, 是剪切力的结果<sup>[1]</sup>。

因此, 断层破碎带实质上是属于在断层两侧滑动过程中, 两边岩层被挤压破碎并逐渐形成长条状, 同向破碎带的过程, 其具有宽度信息与岩石性质、断层距离、断层性质有关, 按断层破碎带内岩石破碎程度的不同, 可以进行角砾岩和断层泥的划分。由此可见, 断层破碎带与公路隧道工程之间的联系将直接影响到公路隧道工程的施工进度, 如通过断层破碎带时的施工工艺等, 与一般公路隧道建设相比, 其困难度更大,

而具体困难度与断层的真实属性、断层破碎带构造岩石的总体破碎度、含水性以及断层活动情况都有密不可分的关系。但从建设角度来看, 在建设技术、建设模式、建设机械设备和建设条件等方面相差不大, 断层破碎带的存在决定着整个公路隧道建设的难易程度, 与公路隧道轴线向垂直构造方向靠拢一样, 断层的尺度也比较有限、宽度不大、含水量也不太多, 在实际建设中的难度也比较容易控制, 一旦公路隧道的轴线与构造方向出现斜交乃至平行的情况, 公路隧道通过断层破碎带的施工风险将大大增加, 整个公路隧道的施工难度将增大<sup>[2]</sup>。

## 2 断层破碎带关键施工技术

高速公路隧道通过断层破碎带施工存在一定的困难, 在施工过程中易发生涌水和坍方现象, 所以施工中需要综合地质勘查资料进行处理, 针对断层破碎带的具体特征, 拟定施工方案并采取有针对性的措施。高速公路隧道下穿断层破碎带施工中常采用的技术有: 超前地质预报、超前支护以及超前帷幕灌浆。

在施工过程中要进行超前地质预报, 利用超前地质预报来确定断层破碎带位置、宽度和岩层发育程度, 再进行超前支护措施、加固和其他措施, 使断层破碎带在隧道施工和公路工程中的作用减至最小。通过断层断裂带时, 应结合隧道特定地质环境做好勘察工作, 把握地质环境特征, 主要有方位角、分布方向和轴线走向。当掌握了充分的资料与数据之后, 施工人员就能够理解并且依据实测的资料与数据来拟定施工方案, 这样才能确保施工方案合理, 保障施工人员安全。

在隧道通车之前,需事先做好地质预报,以清楚了解前方围岩具体情况。在地质探测成果的支持下,采取合理的方案进行超前支护。实行这种办法,目的在于避免破坏围岩原应力状态。实施先进水平钻孔方式,一般用先进水平钻机掘进作业,并在工作面实施钻孔作业,其数量及具体位置视具体需要而定。依据钻进、推进、钻机转速及扭矩等信息,来对地下水进行检测并对围岩水平进行有效检测,需注意超前钻搭接长度要大于5m。

### 3 公路隧道穿越断层破碎带施工技术策略

#### 3.1 公路隧道穿越断层破碎带洞口地表注浆施工

公路隧道下穿断层破碎带的施工工艺,具体来讲就是实践环节中,首先根据对断层破碎带的相关资料、种类进行了解后,围绕断层破碎带的埋深来决定具体的治理方案。埋深较浅的可以考虑在地表和洞中进行注浆加固围岩,埋深超过50m时主要考虑采用隧道治理方案,但还应按隧道严格执行有关设计规范标准的规定。注浆采取双层小导管、超前管棚支护加固围岩后,或根据现场实际情况,必要时增加防护措施来加固围岩,然后通过CD法进行开挖,或根据围岩及现场实际情况采取CRD等方法进行相应作业。在实际建设过程中,国内最常用的钻孔机器为XVL-50地质钻孔机,其应用能够有效地保证钻孔效率与钻孔质量。在这一过程中,还需结合现场情况适量添加促凝剂,以确保注浆效果充分满足预期的要求<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 公路隧道穿越断层破碎带支护施工

第一,短程开挖过程主要是为了控制开挖距离和预防长距离开挖造成公路隧道坍塌情况。但低强度爆破是为了在排除阻力的前提下对爆破范围进行控制,以免对邻近结构岩体产生破坏问题,强支护主要是对公路隧道断层带进行实时支撑保护。

第二,断层破碎带的掘进施工环节中,需要通过支架来保证支撑的稳定性才能进入后续的工序中。该工艺对锚杆的选型一定要根据实际情况,选择规格符合标准的锚杆,不论纵向还是环向的锚杆间距都要控制在100cm上下,并按梅花状进行布控。同时还要在拱墙区域加装钢格栅,选用中等强度混凝土,通过喷射设备进行混凝土喷射,在这一过程中,对应人员需整个过程都要严格遵守有关标准要求,以消除资源浪费现象。

#### 3.3 公路隧道穿越断层破碎带超前地质预报与监控测量

在公路隧道穿断层破碎带的支护施工工艺中,通过超前地质预报和监控测量可以进一步提高这一环节的建设实效性。例如在掌子面素描的帮助下,在靠近公路隧道两端的断面上布置相应的间距,并在间距测量面周围进行监测和分析,还可以利用物探方法在断面结构较弱的地区进行探测,根据岩层走向进行曲线监测并借助曲线参数信息,测出断层带的事故风险发生率和实际支护情况,以便对施工内容进行迅速调整,确保公路隧道在通过断层破碎带时,其施工的安全性和稳定性能够显著提高<sup>[4]</sup>。

#### 3.4 公路隧道穿越断层破碎带排水施工要点

对公路隧道通过断层破碎带进行排水施工时,在实际运行过程中必须遵循“堵排结合”这一基本原理进行全过程处理,涌水量一旦接近或大于10m/h时,则应立即注浆加以封堵,如采用全断面超前预注浆或部分注浆等方法,以确保堵水效果合格,并为之后的施工作业得以安全实施奠定坚实的基础。同时,对于相对集中涌水的地区,还可以布置约9m地向前分段超前注浆方案,以保持地下水一直位于支护开挖工作面以外,减少开挖区域涌水量,以达到促进开挖和支护施工质量与施工安全。

在抽排水施工过程中,清除排水距离和高差对于抽水效率都将造成直接的影响。因此在具体的实际施工环节中,可以采用分级排水的方式,对一级泵站按每30m进行设计,对规格和质量参数符合标准的抽水管路进行合理布控,确保抽水稳定。同时根据现场条件安装抽水设备,在正式运行之前,应对设备、工具和原材料进行一次彻底的检验,以证实其准确性后才能投入运行。通常顺坡掘进时,需要按两侧设置排水沟进行自然排水,以保证能有效地排泄积水,并对不同地区掘进纵横向做好排水坡的设计,将水导入隧道轴向末端,警惕拱墙角积水的发生。在此基础上对该地区的工作面积水进行充分抽排,使其进入邻近的蓄水坑中,借此使洞口时刻保持干燥,以免积水入侵仰拱和边墙等基础图层。导坑区域可以选择跳槽挖掘,避免因整体挖掘而造成拱架底悬空,诱发下沉形变的问题发生。同时为进一步加快排水效率,增加进孔洞内部干燥程度,掘进过程中可以适度地在横向和纵向上,各留10%和5%的位置进行排水坡设计,确保公

路隧道通过断层破碎带的施工质量,同时对整体施工效率也有提升作用<sup>[5]</sup>。

### 3.5 公路隧道穿越断层破碎带收敛沉降观测施工

在公路隧道通过断层破碎带时进行收敛沉降观测的施工过程中,按每 10m 净空收敛布控 1 个截面,每个截面进行 2 对侧点的布置,在收敛计量周围,拱顶沉降区采用水准仪器设备测量净空收敛累计值和下沉值(不应大于预留变形量),随后对洞内环形开挖支护处作综合观测。初支开裂的部位在第一时间加固收敛(停止掌子面施工)。如果拱墙在落地支护之后出现裂缝的问题,还应该马上进行维修和施工,沿着裂缝从钢架的两侧补注浆锚杆(必要时增加护拱),同时结合钢筋将锚杆钢架(增加锁脚锚杆)焊接牢固,然后对混凝土进行喷补,使其区域的整体受力强度能够得到有效的保证<sup>[6]</sup>。

## 4 断层破碎带隧道施工质控措施

### 4.1 隧道掘进施工前应进行测量放线

按照场地总平面布置和测绘院给出的测量基准点对施工区进行平面控制网构建,共构建三级控制网。三级控制网按照整体对局部控制、高精度对低精度控制的原则进行布设和作业。在隧道开挖施工时,对于较危险或者特殊地段,要组织工作人员进行人工掘进,并严格控制掘进深度,一次进尺不大于 1m。在掘进过程中采取边挖边加固的方式,并在掘进完成前及时浇筑 15cm 厚 C20 砼护壁。掘进至找到碎块状的强风化花岗岩后,由人工掘进改为机械钻进。

4.2 施工时,用靠尺检测和调节钢管垂直度,以保证钢管管身平整

注浆工序根据设计参数监控注浆压力,注浆速度和注浆量,以保证实际注浆终压和设计压力一致。注浆时压力应保持稳定,浆液渗透范围应处于合理区间。注浆时加强隧道结构以及地面建筑物和地下建筑物的观察,发现构筑物的倾斜和变形异常时,应及时调整注浆工艺。具体地说,比如调整注浆压力、改变注浆方法、采用间隙注浆、调整注浆材料、把浆液的凝胶时间变短等,这些措施的实施保证了施工的安全性。注浆时要密切注意有无串浆现象发生,当发现串浆现象时,应立即用几台注浆机将注浆孔堵住,以防串浆问题加重。注浆的顺序需要合理,在注浆时可以先由

周边开始,逐步向中部注浆。在注浆过程中掌握场地地下水的流向,以免浆液损失严重。治理时首先治理地下水下流岩溶地段,然后治理上游位置,可取得较好的治理效果。在压力注浆时,需要控制和优化浆液配比,并将注浆压力进行合理调节,避免因压力过大而产生过大冲击力,使浆液和骨料从加固范围内大量外流,从而产生不必要的损失。

### 4.3 做好施工期的监测工作

施工期需要对结构进行沉降位移监测,并在监测指标大于预警值后及时报告甲方及设计院。在进行监测工作的时候可以利用地质雷达对其进行检测,根据检测的结果来制定出相关的保护措施。

## 5 结语

针对公路隧道过断层破碎带的施工工艺进行了分析,可以看出在具体的实践环节中,一定要从公路隧道穿断层破碎带出口进行地表注浆的施工、公路隧道穿断层破碎带的支护施工,公路隧道穿断层破碎带的超前地质预报和监控测量,阐明公路隧道穿断层破碎带排水施工的要点、公路隧道下穿断层破碎带收敛沉降的观测与施工等问题入手,明确公路隧道下穿断裂破碎带的施工注意要点,只有这样才能确保公路隧道下穿裂缝破碎带的施工工艺效果能够充分满足人们的期望,也是当前阶段我国公路隧道在通过断层破碎带时,其施工技术水平可以不断提升的必要途径。

## 参考文献:

- [1] 李永明,陈杰,范国兴,等.隧道穿越不同厚度断层破碎带稳定性研究[J].建筑安全,2023,38(01):48-50.
- [2] 付艳斌,王福道,陈湘生,等.破碎带地层盾构隧道建造关键问题[J].铁道标准设计,2023,67(01):25-33.
- [3] 刘知仁.隧道工程中穿越断层破碎带开挖施工技术的应用探究[J].工程建设与设计,2022(06):119-121.
- [4] 康海波,万志强,赵刚应,等.隧道穿越断层破碎带施工技术研究综述[J].西部交通科技,2021(01):131-134.
- [5] 翟玉华.隧道工程中穿越断层破碎带开挖施工技术的应用探究[J].中国公路,2020(21):234-235.
- [6] 王思捷.公路工程隧道穿越断层破碎带施工技术[J].黑龙江交通科技,2020,43(06):176-177.