

# 隧道施工质量与安全风险控制

赵守东

中交一局华中工程有限公司

**摘要:** 隧道工程建设是交通基础设施的关键组成部分,承担着重要的交通运输任务,对于推动社会经济发展,满足大众出行来说至关重要。针对单线隧道工程支护、沉降、防水、衬砌等方面的质量问题以及施工安全风险,如塌方、岩爆、突泥突水等风险,提出有效的控制措施,旨在提高单线隧道施工质量与安全性,为单线隧道工程施工提供一定的技术参考。

**关键词:** 隧道; 单线隧道; 施工质量; 施工安全; 安全风险

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.152

施工现场环境复杂的交通基础设施建设中,隧道工程建设往往是其中的关键一环,保证隧道工程施工质量和施工安全是顺利完成交通基础设施建设任务的前提。在隧道工程施工中,施工人员需要对施工现场环境全面深入了解,明确工程施工要求,在地质勘探、爆破监测、隧道支护、隧道衬砌等方面做好质量控制。单线隧道工程施工具有施工面狭窄、施工空间小等特点。隧道的开挖、支护、衬砌等工序之间需要衔接紧密,同时还有避免工序之间的干扰,施工人员以及施工设备拥挤,能见度差,施工质量与安全控制难度较大<sup>[1]</sup>。因此,有必要深入探讨单线隧道施工质量与安全风险控制措施。

## 一、隧道工程施工质量控制措施

隧道工程施工质量控制措施主要为以下几个方面,即地质综合超前预报;光面爆破测量;超前支护;初期支护;收敛与沉降控制;防水施工质量控制,其中各有侧重。以下为实际工程经验分析。

### (一) 地质综合超前预报

超前预报以隧道岩土勘察和施工设计为基础,根据现有的土木工程地质条件和地质钻探成果对施工区域的地质条件进行估计,使得施工方可以大致掌握施工区域不利地质岩层、特征、位置,以利于施工组织的规划和实施,从而有效保障施工质量和施工安全。

(1) 运用TSP法勘测掌子面前的地质条件,主要目的是及早发现不利的地质条件<sup>[2]</sup>。

(2) 超前钻探。根据TSP法勘测出的断层带、富水区和其他不利地质区域进行超前钻探,进一步确认物探结果,提高超前预报的参考价值。

(3) 地质规划。在进行隧道开挖施工之前安排工程师对开挖区的地质情况进行测绘,已更加全面地了解地质变化。

(4) 如围岩不能满足施工设计要求,应立即采取措施加以调整,根据围岩实际情况调整围岩支护。

### (二) 光面爆破测量

光面爆破能尽量降低对围岩的扰动,但光面爆破效果和安全形与爆破前的测量以及监控有直接关系。

(1) 增加隧道设计净空10cm,方便调整隧道的结

构尺寸;

(2) 在开始施工前需要在平坦的混凝土地板上测绘出各种格栅框架的钢加工模型图,以确认格栅的尺寸精度(在设计标准基础上增加10cm);

(3) 用“单位米法”测量工字钢格栅框架的尺寸精度;

(4) 扫面断面,在进行初步支护前进行断面扫描。进行光面爆破后需要马上扫描开挖净空以确定是否符合要求,如存在超挖、欠挖区域要及时清晰地标注,方便后续进行处理<sup>[3]</sup>。检查初步支护尺寸,符合要求则可以组装防水板。在二次衬砌后进行断面扫描,确认衬砌施工质量符合要求。

### (三) 超前支护

(1) 按照与隧道轴线夹角 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 的方向打 $\phi 140\text{mm}$ 的孔,清理掉其中的杂质;

(2) 超前支护采用钢管棚支护,钢管采用热轧无缝钢管( $\phi 108 \times 6\text{mm}$ ),每节长度10m。施工开始前要先在钢管端设置丝扣,然后现场组装。

(3) 为确保打孔质量,施工开始前必须先要在支护外围砌筑宽0.5m、厚0.5m的混凝土导墙,然后在环向0.6m以内按照1榀工字钢架,每2榀钢架之间焊接到5mm厚的钢板。确定工字钢上各管棚的具体焊接位置,控制焊接钢筋的距离(环向距离40cm/根);

(4) 施工过程中,两组纵向管棚错搭3m以上,每隔30cm在钢管上冲出直径10mm的梅花形孔。每个管棚的端部加工成锥形,便于顶进。

(5) 焊接钢箍可以预先装在管棚上以增加长棚的刚度,注浆为1-2MPa,注浆作业结束后应立即堵住管头。

### (四) 初期支护

(1) 隧道开挖尺寸核准后,马上开始测量定位,并根据里程用喷漆标出支护钢架位置;

(2) 开挖导坑时应将拱脚设置在坚固稳定的岩石上,避免支护钢下沉;

(3) 安装支护钢拱架时应该从拱顶悬挂一个铅锤,使支护钢拱架垂直于隧道轴线。上导坑左右半拱上的两个支护钢拱架必须对称安装,拱顶螺栓孔必须对齐并用螺母固定。插入钢筋并锁定锚杆和临时支撑后,必须立即检查支护钢拱架净宽;

(4) 用钢尺测量支护钢拱左右净空距离与设计是否相符合施工设计要求,确认符合后立即将系统锚杆、垂直连杆和网杆连接为一个整体。同时,在支护钢拱架上焊接钢筋,以控制第一次喷射的混凝土厚度<sup>[4]</sup>。

### (五) 收敛与沉降控制

(1) 观测点设置。导向坑开挖时通常在上导向坑设置三个观测点,支护钢拱架顶部设置1个沉降观测点,拱腰左右各设置1个收敛观测点。全断面开挖时,

设置5个观测点,分别是支护钢拱架顶部设置一个沉降观测点,拱腰左右各设置两个收敛观测点,各观测点通常设置在同一断面,便于测量。

(2) 观测点位应设置醒目标识,开挖作业后12h内完成净空变化和拱顶沉降测量,最迟不能超过24小时内;

(3) 每天进行一次测量,记录原始数据,然后使用对数函数进行回归分析,以评估隧道周围岩石的变形。根据施工规范,如果各测点的位移速率收敛明显,则判断围岩稳定。

(4) 当测点附近收敛速率小于0.2 mm/d,拱顶沉降速率小于0.15 mm/d进行二次衬砌,如果变形增加趋势明显,应高度关注滑坡风险,立即报告危险并考虑应对措施。

#### (六) 防水施工质量控制

隧道方式施工的基本原则是“防、漏、堵、堵”结合,具体质量控制措施包括:

(1) 初期支护收敛基本稳定后才能开展防水施工。初期支护混凝土中的所有钢筋连接必须在施工前用电焊机割断并锤击平整。较大的不平整区域应该用水泥砂浆抹平;

(2) 进行初期支护后,针对渗水较多的隧道区域,对于股状水流源头可以用 $\phi 50\text{mm}$ 的透水盲沟将水引入的PVC管中排出;

(3) 拱顶、填方和二次衬砌部位的施工缝应该尽量错开,避免同时出现在同一断面上;

(4) 进行防水板的施工过程中要保证包材有足够的长度,并进行拉力试验,防止焊接穿透;

(5) 隧道内部的混凝土施工缝必须按规定使用接缝胶带。混凝土施工时接缝胶带入口与边缘的距离应相同。

#### 二、隧道施工安全风险控制

隧道施工安全风险控制中塌方风险控制在实际工程中最为重要,此类事故人员伤亡最为常见。其次为岩爆风险控制,必须做到工程项目中区域岩爆风险控制。另外,突泥突水风险控制也应该做好超前预报进行风险研判做好查漏补缺工作。

##### (一) 塌方风险控制

隧道坍塌的安全风险很高,一旦出现塌方就可能出现人员伤亡,因此,施工过程中,需要结合地质超前预报以及施工测量数据,合理进行施工设计与质量控制,规避塌方风险。

(1) 采取适当的地表加固和防护措施,做好超前支护措施,有效保证隧道入口结构的稳定性,减少塌方风险;

(2) 认真开展地质超前预报,全面掌握施工现场地质情况,为后续施工提供有效依据,同时要做好掌子面施工过程中的测量工作,及时反馈施工现场情况;

(3) 隧道出入口结构条件复杂,结构扰动可能造成落石或滑坡,导致施工过程中发生安全事故<sup>[5]</sup>。

(4) 实施锁脚锚杆等施工安全措施。采用合理的设计方法,遵循“短进尺、多循环、弱爆破”的施工原则,最大限度地减少施工对围岩的扰动;

(5) 施工过程中,初始支护暴露时间过长容易引

发滑坡事故,因此,需要及时封闭初期支护,及时进行二次衬砌,已减轻初期支护承担的荷载<sup>[6]</sup>。

##### (二) 岩爆风险控制

根据综合物探结果、岩性划分、洞穴埋深等地质数据对可能发生岩爆的区域进行排查,做该区域岩爆风险控制。

(1) 提高光面爆破质量,确保爆破洞内部轮廓规则平整,分散应力,合理控制装药量,将爆破对围岩的影响降到最低;

(2) 爆破后立即向围岩中注入高压水,使岩石软化,目的降低岩石的岩爆强度。同时做好机找顶;

(3) 通过松动爆破、超前钻孔、设置应力释放孔等方法提前释放部分能量,降低岩爆风险;

(4) 加强岩爆风险区域的支护,设置安全锚杆,视情况喷混凝土封闭,然后进行开挖防止锚杆被爆破破坏。设置锚杆后,在锚杆之间打适当数量的孔,减少岩爆可能性和严重程度。进行锚喷网支护,防止作业中落石造成人员伤亡。

##### (三) 突泥突水风险控制

(1) 隧道注浆施工前应该根据超前预报进行判断,根据断层或溶洞的大小和回填方式,采用帷幕注浆或预注浆方式封堵,加固地层,达到堵水目的;

(2) 针对瞬时排水量达到 $40\text{m}^3/\text{h}$ 、压力超过0.06Mpa时的立柱的突水险情应该采取应急措施,尽快封堵突水口,避免突水发展成突泥。封堵材料主要使用钢筋、钢管、型材作为框架,用草袋、木板填充。

封堵后,用喷射混凝土覆盖,加固周围洞身,再沿开挖面周边设置一个的细长钢管支护。

#### 结语

综上所述,在单线隧道施工过程中,要根据隧道施工特点和施工环境因素制定合理的施工方案,在施工过程中要及时总结施工情况,针对施工中出现的质量和安全隐患及时排查,形成更加完善的施工质量和安全风险控制体系,有效保障隧道工程施工的顺利开展,提高隧道公共场施工质量 and 安全性,为我国经济发展作出贡献。然而,由于实际工程经验与理论知识的不足,在今后的工作及学习中还应该加强总结单线隧道施工存在的其他安全隐患,做到预先研判,结合专业理论,提前制定方案,以应对可能出现的突发安全风险。

#### 参考文献

- [1] 姚冠,林金山.隧道施工安全风险与施工管理分析[J].工程技术研究,2020,5(23):156-157.
- [2] 邱康敏.青岛地铁海底隧道施工安全技术风险控制研究[J].科技与创新,2021(3):37-40.
- [3] 王岩.高铁隧道施工中安全风险控制研究[J].建材与装饰,2019(6):238-239.
- [4] 张银海.路桥隧道工程施工技术管理与质量控制探析[J].商品与质量,2019(32):283.
- [5] 黄家奎.地铁隧道施工安全管理与风险预警措施[J].高铁速递,2021(9):83-84.
- [6] 王鹏.虹梯关隧道施工安全风险与现场管理研究[J].城市地理,2015(14):221-221.