

# 基于铁路隧道施工中的大断面隧道开挖技术

马世清 刘光辉

中交路桥南方工程有限公司 北京 101101

**摘要：**隧道建设是铁路建设的重要部分，是保障铁路车辆通行的主要通道。为了保证工程的安全、高效。必须根据不同的施工条件、地质条件，采用不同的针对性的施工方案。文章以池黄高速上田岭隧道工程实例，较详细地阐述了大断面隧道施工技术及施工中应注意的几个问题。

**关键词：**隧道施工；大断面隧道；开挖技术

## 1 工程概况

池黄高速铁路起于安徽池州市，止于黄山市，全长125.1公里。由中交路建集团承建的第四标工程项目，包括公路，桥梁，隧道和涵洞，总长度34.77公里。池州-黄山高速上田岭隧道是池州至黄山高速的重要工程，起自黄山市黟县，经塔川国家森林地质公园，至西递镇鸳鸯谷景区，共设两个横洞，全长10.8 km，为池黄第二长隧道。周围的岩石必须用光滑的方法炸开。隧道施工采用“三段法”、全断面法（建议一次施作仰拱），现场基本不采用二步法。采用履带式开挖平台+仰拱一次成孔的全断面开挖技术。

## 2 爆破技术

水压爆破法是以高压水对目标进行撞击，使目标破碎的一种方法。其原理是先将水灌入装置内，使装置内部形成一定的压力，然后在瞬间将压力释放出来，形成强大的冲击，从而实现爆破效果。水力爆破被广泛地用于房屋拆除，矿山爆破，管道清理，岩石开采等领域。本发明具有无毒性、无公害、操作简便、安全性高等优点。与传统爆破方法相比，水力爆破具有粉尘少，噪音小，震动小等特点，减少了对周围建筑的破坏。根据工程地质条件和相关规范，在对全部岩体实施光面爆破的前提下，选择了水力爆破。

### 2.1 水压爆破工艺

#### (1) 炮孔装药

以池黄4标为例：外围眼间距50cm、内层辅助眼间距80cm、外围眼导爆索爆破，比钻眼数1.3个/平方米，炸药单耗0.63kg/m<sup>2</sup>，挖掘循环进尺始终保持在3.7m，平均线性超挖11cm，其降尘效果显著提高（如图1和图2所示）。

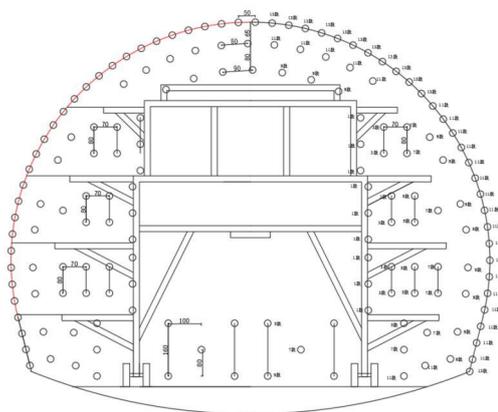


图1 正洞全断面开挖炮孔布置示意图

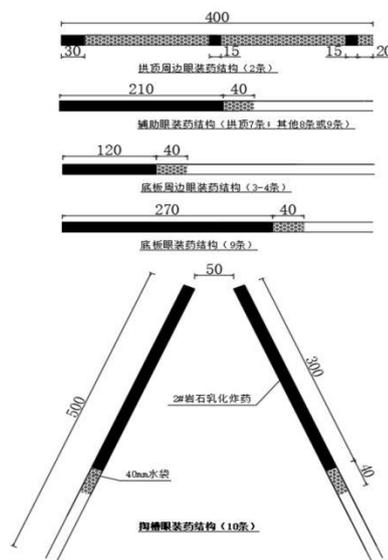


图2 装药结构示意图

#### (2) 炮孔装药参数

在周围的眼孔底部放入30cm的炸弹，然后放入8个20cm的水袋，接着放入15cm的炸弹和8个20厘米的水囊，在眼口放入15厘米的炸弹，最后放入1个20cm的

水囊来封住眼睛,在隔孔布置引信连接;在副炮孔的底面连续放置7-9枚30厘米的爆炸物,并放置2个20厘米的水囊;在挖槽的底面连续放置10枚30厘米的炸弹,并放置2个20厘米的水袋;在井眼底部放入9枚30厘米的爆炸物,然后放入2个20厘米的水袋子。等到全部填满了弹孔,连线引爆。

### (3) 水袋制作

使用特殊的水袋封口机(按照各个标准,经过测试而选用)来完成水袋的灌装和封口工作,

水囊的直径为42毫米,通常为30厘米,为了满足各种空隙的长短,还需要设置一些10-15厘米的短水囊。要特别留意的是,在水袋子的壁面厚度的选取要符合在安装过程中不受利器的穿刺;为了保证水袋的生产品质,减少水袋的使用费用,提出了在每个招标项目中,水袋与水袋配套,集中采购的方案。

### (4) 水压爆破装药

以水袋间距取代充气间距,使装药工的工作量增大,因此,各标必须从管理方法方面,鼓励装药工按照装药参数设置水袋,才能保证水压爆破的效果。

## 2.2 水压爆破与常规爆破效果对比

水压爆破与普通爆破是两种不同的爆破方式,二者在理论、应用及效果等方面存在着较大的差异。水压爆破:在建筑拆除,管道清理,岩石开采等工程中,对振动,噪声,环境影响等方面有较高要求。传统爆炸法:传统爆炸法是一种常用的爆破方法,主要应用在矿山爆炸、建筑拆除、土方工程等要求大范围杀伤的工程中,其所引起的振动、噪声和环境效应都很大。

## 3 开挖技术

### 3.1 开挖台架

#### (1) 全断面开挖台架

全截面挖掘台架必须符合仰拱一次性挖掘的需要,在全截面挖掘台阶上必须集成布置管路和风枪的连接器,禁止各种管路横向横跨挖掘台车。除了大机械工作面之外,对于单孔开挖大于1.5km的隧道,在其施工过程中,都需要配备多用途的履带式挖掘平台(带纵向、横向移动和垂直顶升),并且在挖掘平台上还需要与其配套的辅助提升装置;一般隧道建议使用该平台。

#### (2) 三台阶开挖台架

在洞口浅埋段和洞内软岩段,采用1+1类型组合的简易上阶梯平台。中部和下部的基坑还需要设置一个简单的台架。

### 3.2 开挖工法

三级临时仰拱钢框架法兰在工厂内焊接,连接方式为螺栓。为增强仰拱支护结构的抗沉降性和变形性,在原有的设计基础上,将所有支护结构的矢高从92厘米调整到120厘米。

(1) 根据现有的隧道机械设备和现场条件,在中台阶和下台阶开挖之前,必须提前拆除上台阶和中台阶临时仰拱的钢架,三台阶临时仰拱法的临时钢架按照“先拆后支”的原则进行,其步骤安排为:上台阶临时仰拱必须靠近掌子面,临时仰拱的钢架与掌子面相邻的预支钢架之间的间距应小于1.2m。

(2) 中间梯级开挖不能超过2米(1.2米),上部梯级1.2米以内的临时仰拱钢框架可在提前一段开挖前拆除(每隔一段安装1个);对于逐个安装的,可以一次拆卸2个),同时为了保证上台阶的稳定,上台阶的临时仰拱钢架必须保持不少于3个;中台阶的临时仰拱与未拆下的临时仰拱之间的距离不得超过3.6米。

(3) 下梯级开挖进尺不能超过2米,中台阶阶段1.2米以内的临时仰拱钢框架(隔墙设置时,应一次性拆下1个),可在前侧开挖前拆下;逐个安装,一次可以拆下2个),同时中台阶临时仰拱钢框架至少要保留3个,以保证中台阶的稳定性。

(4) 仰拱初支封闭成环时,应选择6-12米(2-4个仰拱初支周期长度),与掌子面保持16-28米(只适用于上部和中部同时设置仰拱临时钢架时)。

(5) 若围岩地质状况继续恶化,或长期停工(预计停工15天以上),则需将上部临时仰拱钢框架连续布置到上部工作面;在中台台阶两边工位面拉直后,在中台台阶工位面上暂设临时仰拱钢框架;下部梯级两边开挖面拉直后,仰拱的初支封成环一定要紧随下部梯级,距离下部梯级的距离不能超过1.2米。

### 3.3 施工要点

(1) 临时仰拱钢框架的拆除技术:首先对仰拱钢框架与初支钢框架之间的连接板进行开挖,使其暴露出来,然后拆卸或切断连接螺栓,使仰拱钢框架与初支钢框架之

间的连接部分脱节,再切断连接部分的钢筋,最终采用挖掘机拆除,亦可在连接结束后,对临时仰拱钢框架进行分段切割拆除。

(2)在中、下两个阶段的开挖中,禁止进行拔中槽的施工。

## 4 安全进洞

### 4.1 安全进洞程序

(1)在进洞之前,建设单位应对洞口进行复测,并对设计进洞方案进行校核,然后上报指挥部,由指挥部组织各有关部门对洞口进行逐一校核,最后以实际测量的横截面(横截面必须测量到反坡顶点以外)+弱/强风化高程为依据,最终确定入洞方案。

(2)隧道在进入20米时,首先要对6米的仰拱进行初支封堵,并对洞口进行锁闭。

(3)隧道在40米的深度处,需要进行一次12米的仰拱衬砌。

(4)隧道在90米的进洞过程中,一定要在12米的洞口处完成一次封堵,到目前为止已经完成了安全进洞。

(5)在隧道洞口段掘进工法的第一次优化中,需要加入地面地球物理勘探,对围岩的强风化和弱风化线进行准确的判识,在洞顶之上,埋深超过25m,厚度超过5m的弱风化层,才能对工法进行调整。

### 4.2 安全进洞注意事项

(1)不允许在洞口进行过大的挖掘,应尽可能的少挖或零挖,并减小仰角的挖高。切不可砍断坡脚,破坏边坡稳定。

(2)在洞口处,桥隧对接或串接时,应先进行桥台桩基(包括护坡桩)和承台的施工,并在进入洞前,先进进行洞口锚杆的施工。

(3)截流排水沟需事先检查与地形相符,才能根据实际情况进行优化。

## 5 初支施工技术

### 5.1 锁脚锚管注浆

在锁脚锚管内进行注浆时,采取了螺旋砂浆泵+可循环的速堵剂和孔底回浆的方法。将丝杆砂浆泵、注浆管、快速止浆塞连接起来,用丝杆砂浆泵拌和浆液(配合比标准:水灰比0.32~0.35:1水泥净浆),拌制浆液呈现浓稠牙膏状,在搅拌均匀之后,将快速接头插入到锁脚锚管中,

再旋紧止浆塞,以达到注浆接头与锁脚锚管的快速连接,开始泵入浆液,持浆压力在0.4~0.42Mpa。

将泥浆灌入到锁脚锚管中,待泥浆从孔底返回到孔口,完全将锁脚锚管与岩石之间的间隙完全覆盖,并从孔口溢出牙膏样的稠密泥浆时,方可停止注入。

### 5.2 系统锚杆注浆

#### (1) 组合中空锚杆

利用螺旋砂浆泵-可变直径的快速节流实现了组合式空心锚的灌浆。孔口灌浆过程将组合式空心锚杆装配好后,将其放进孔口,并用橡皮堵住,将螺旋砂浆泵、注浆管、变径快速接头牢固地连接在一起,用螺旋砂浆泵混合浆料(比例为0.33-0.35:1的水泥净浆),混合成一种黏稠的牙膏状浆料,混合好之后,将快速接头插入到孔口管中,然后进行泵送浆料,灌浆压力为0.3-0.5Mpa,当排出溢浆管时,可以停止注入浆料。

#### (2) 砂浆锚杆——试验快凝水泥浆液

利用螺旋砂浆泵对灰浆锚进行灌浆。钻眼角的设置原则是沿放射状方向,钻眼角的偏差最好控制在-5度到+5度之间,在灌浆之前,必须将侧壁的负角孔中的水分抽干。砂灰比1:1,水灰比0.38-0.45,砂的颗粒直径不超过2.5mm。首先将灌浆管伸到孔眼中,然后用泵将泥浆灌入孔中,灌浆压力为0.2-0.3Mpa,大约灌入1/2-2/3的深度后停止灌浆,然后将锚杆放入到孔口处直至泥浆慢慢流出来。

#### (3) 涨壳式预应力中空锚杆

正洞二、三级围岩拱部分应用:Φ25型水口预应力空心灌浆锚。采用凿岩车、锚杆车、气炮等工具沿岩层径向垂直方向钻孔,钻孔结束后用高压水冲孔。安装涨壳头、锚体及排气管后,放入孔内,沿顺时针方向转动锚体,使涨壳头上浮,与岩体紧密接触,发挥锚钉功能。堵住泥浆,固定,拧紧螺丝,用钳子堵住泥浆。在应用前,扭杆根据初始预紧力值(基准60KN)设定到相应的力矩值(刻度和力矩均已校正),然后用扭力杆预紧。采用螺旋砂浆泵变径快节器对涨壳型预应力空心锚杆进行注浆。孔口注浆采用螺旋注浆泵,水灰比0.33最好(配合比为0.33~0.35:1),充分搅拌后,浆液变为粘稠的牙膏状,注浆压力应控制在0.3-0.5Mpa之间。注浆采用快速变形节段配合锚杆注浆,再用塑料排水管排水。注浆时,泥浆由龙头底部喷出,逐渐填满槽,然后排出槽内的气体,当泥浆从槽内流出时,

即可终止注浆。

### 5.3 仰拱基底清理

仰拱底部清扫是在爆炸排渣结束后,对底部残余的结层浮渣进行清扫。建议使用小型机械+高压风吹水+人工清淤的方法。仰拱清底长度通常为(12+1)米,以确保仰拱末端1米内没有空渣。为了确保仰拱背板止水带的施工质量,避免由于背板止水带与仰拱基础接触不紧密而造成的施工质量差,建议在Ⅲ类围岩区,在仰拱基底部12.5m两端处,采用0.5m的喷灌方式,以确保拱环方向止水带的施工质量。

## 6 衬砌浇筑技术

### 6.1 混凝土性能控制

侧墙与拱的混凝土配比必须分别进行,其配比的确定应遵循以下几个方面的原则:不能随意调节的水胶比,可调的砂率,可调的粗骨料及减水剂。

### 6.2 混凝土浇筑时间控制

顶板的冲刷时间不能超过2个小时,浇注时间不能超过10个小时。每个板拱的衬砌都要有一份施工记录,由值班的技术人员、旁站的监督签字后,签字存档,以备质量的追溯。使用大功率、稳定性好的泥浆泵,每一次铸模的浇注点都要有一份现场记录表,在三面边墙上开窗,一个窗一个窗地进行振动。

### 6.3 浇筑异常情况处理

在衬砌混凝土浇筑期间,停止施工的时间应控制在2小时以内,如超过2小时,应由项目总工及各分部总工现场进行处理;3小时后,应向指挥部报告,研究如何处理施工中出现的冷缝。

### 结语

在大断面隧道开挖过程中,地质支护与边坡治理是关键,应结合工程实际,选择适当的支护方法,以保证施工面的稳定性与安全性。同时,为了维护工地的清洁与环境,必须对工程进行合理的排土与废品处理,以及过水的处理。采用先进的施工工艺,能够提高施工效率,降低施工风险,促进我国轨道交通的快速发展。展望今后,随着科学技术的进步,大断面铁路隧道施工技术必将得到更多的创新与完善。

### 参考文献

- [1]肖广智. 铁路隧道施工主动控制变形技术研究与实践[J]. 隧道建设(中英文), 2018(7): 1087-1094.
- [2]伍平. 悬臂掘进机在铁路隧道开挖施工中的应用[J]. 施工技术, 2018(S1): 915-917.
- [3]李桐年. 软弱围岩隧道开挖及支护关键技术研究[J]. 价值工程, 2018(16): 161-162.