

# 长距离小断面输水隧洞施工下穿高速公路控制技术

李宁宁\*

中国电建市政建设集团有限公司 天津 300000

**摘要:** 隧洞开挖采取光面爆破或预裂爆破,最大限度地减少爆破对围岩的破坏和道路路面的震动,初期支护采取小导管超前预加固、钢支撑、锚喷网支护。同时采取围岩量测技术掌握围岩的动态,根据围岩的位移情况,调整施工参数,保证下穿隧洞施工的安全与质量。由于隧洞距离长、地质条件复杂、工期紧等因素,通常上、下半洞需平行搭接作业才能满足进度要求,而平行搭接施工存在施工道路、设备共用调度等干扰,通常需要加强施工过程中的组织与管理,才能确保工程进度与安全,结合硬梁包水电站引水隧洞的实际情况,阐述了长距离小断面水工隧洞下半洞开挖施工技术。

**关键词:** 隧道;下穿隧洞;施工技术;爆破

**DOI:** <https://doi.org/10.37155/2717-5316-0205-8>

## 引言

长距离的输水隧洞由于施工周期长,距离大等特征,在施工及运营过程中易发生较多问题。输水隧洞在沿线易遭遇复杂的地质条件,使得施工中需要面对各种各样的难题,因此做好超前地质勘测十分有必要。新建隧洞从既有高速公路下方穿越时,如果隧洞与既有高速公路净距过小,会导致隧洞衬砌发生较大的位移,从而对隧洞自身安全有严重的影响;另外下穿隧道施工还会引起地表发生沉降,特别是当隧洞上方地表有公路时,地表沉降过大会影响公路的安全与运营。为了减少下穿隧洞对高速公路的影响,保证隧洞自身施工的安全,对隧洞下<sup>[1]</sup>穿施工技术良好的控制显得尤为关键。

## 1 隧洞施工

根据现有施工条件,下穿位置隧洞开挖拟采取钻爆法进行施工。其施工程序为:小导管超前支护→隧洞开挖→初期支护→重复上面循环至开挖结束→现浇混凝土衬砌。首先进行小导管超前支护,由于下穿地段为V类围岩,围岩的稳定性较差,为了提高围岩的稳定性,因此在隧洞开挖前首先进行小导管超前支护。通过小导管超前预加固,对未开挖岩体进行预加固,从而提高围岩的自稳能力,防止塌方的产生。小导管超前支护完成后即可进行隧洞开挖,隧洞开挖包括布孔、钻孔、钻孔质量检查、装药起爆、通风、洒水、清理浮石、出渣运输。隧洞开挖结束后,进行初期支护,初期支护包括初喷混凝土、架设钢拱架、小导管超前支护、锁脚锚杆、挂网、复喷混凝土。初期支护结束后,进行下一循环开挖。待隧洞开挖全部结束后,进行隧洞现浇混凝土衬砌。至此隧洞施工结束。

### 1.1 复杂地层施工

复杂地层是指在破碎、松散、下穿构(建)筑等不良复杂地层、地段中施工。这些位置通常处于断面破碎带、隧洞浅埋等地段。复杂地层的围岩具有如下特点:(1)围岩的自稳时间很短:在这些地段的围岩,自稳时间只有数十分钟,往往开挖后来不及进行临时支护就发生了片帮与冒顶。(2)地压较大:在这些地段采取常规锚喷支护手段,仍不能保持围岩的稳定。对于围岩自稳时间很短的地段,在隧洞开挖前,应首先对围岩进行预加固,提高围岩的自稳能力,之后再行开挖与支护。对于地压较大地段,则应提高临时支护的承载能力。在复杂地层中施工,拟采取如下一些措施<sup>[2]</sup>,在实际施工中,再根据实际情况进行选择。

### 1.2 预加固施工方法

(1)超前锚杆预加固。施工中一发现可能出现破碎带的迹象,马上沿隧洞轮廓线钻孔,孔深至少应大于循环进尺1m(一般为3-5m),然后注入砂浆,再插入锚杆,锚杆的外插角宜为10°-15°,安设的锚杆使一定区域成为一个整体,以锚杆长度作为控制长度形成模拟挡土墙,通过这个挡土墙来抵抗背后土压,以达到超前支护的效果。由于这些

\*通讯作者:李宁宁,男,1994.10,汉族,内蒙古丰镇,本科。研究方向:市政工程。

锚杆对未开挖部位的岩石起到了预加固的作用,从而提高了开挖后围岩的自稳时间。(2)超前小导管注浆预加固。超前小导管注浆预加固应用在围岩裂隙较多或岩石特别松散,孔隙率较大的地层。这些地层因岩石破碎而自稳能力降低,通过所灌注的浆液将破碎岩石胶结成一体,从而提高围岩的完整性和稳定性。(3)管棚预加固。管棚预加固就是在隧洞轮廓线的外侧钻凿一排 $\square 100\text{mm}\sim\square 146\text{mm}$ 的钻孔,然后将 $\square 89\text{mm}$ 的钢管插入孔内并注入水泥+水玻璃浆液,由于管棚的支撑作用,防止隧洞顶板的冒落,管棚预加固施工方法与洞口管棚预加固基本相同。超前锚杆预加固和小导管预加固常应用在相对较差的地层,在围岩稳定性极差地层,则采取管棚法,同时管棚可承受较大的地压。

## 2 关键施工工序作业要点

### 2.1 开挖钻爆设计

岩石爆破炸药采用2号岩石乳化炸药,雷管为数码电子雷管。周边孔采用竹片绑导爆索分节间隔装药,爆破孔采用柱状连续装药,各类围岩下半洞拟定的爆破参数为:(1)Ⅲ类围岩:开挖钻爆循环进尺为3m,钻孔深度为3.25m,爆破单耗为 $0.6\sim 0.7\text{kg}/\text{m}^3$ ,周边光面爆破孔线装药密度为 $215\text{g}/\text{m}$ ,最大单响药量控制不超过30kg。(2)Ⅳ类围岩:开挖钻爆循环进尺为3m,钻孔深度为3.25m,爆破单耗为 $0.5\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^3$ ,周边光面爆破孔线装药密度为 $180\text{g}/\text{m}$ ,最大单响药量控制不超过30kg。(3)Ⅴ类围岩:开挖钻爆循环进尺为2m,钻孔深度为2.25m,爆破单耗为 $0.4\sim 0.5\text{kg}/\text{m}^3$ ,周边光面爆破孔线装药密度为 $160\text{g}/\text{m}$ ,单响最大药量控制不超过30kg。

### 2.2 钻爆施工工艺

隧洞开挖主要采取钻爆台车配合手风钻钻孔,周边结构面采用光面爆破(炮孔间距为 $45\sim 50\text{cm}$ ),中部大面为主爆孔(炮孔间距为 $90\sim 110\text{cm}$ ),采用数码电子雷管逐孔起爆网络的方法施工。(1)布孔与钻孔。布孔时,先由测量人员用测量仪器准确放出主要控制点,再按照爆破设计的布孔参数用钢卷尺等工具准确定出每个炮孔的位置,孔位用红油漆标注于岩面上。钻孔采用钻爆台车配合手风钻进行,其孔位、孔向及孔深偏差必须符合规范要求,每排炮由质检员按“平、直、齐”的要求进行检查,周边光面爆破孔、预裂孔开孔与测量点位偏差不大于3cm,钻孔完成并经检查合格后<sup>[3]</sup>,由专业炮工根据钻爆设计要求进行装药。(2)装药与联网。炮孔中的一般孔为连续装药,在连续装药结构中,孔内采用数码电子雷管引爆,数码电子雷管一般置于孔底第二节炸药上,并将聚能穴朝向孔口方向。数码雷管必须用胶带与炸药绑牢并注意保护好雷管脚线。装药时要严防药卷在孔内出现架空现象,每装入一节炸药必须用木制炮棍轻轻向下捅一捅,保证药卷与药卷之间紧挨。光面爆破孔为不耦合间隔装药,使用导爆索引爆,施工时先将炸药药卷按设计药量、设计间距绑于导爆索上,再将炸药和导爆索绑于小竹片上,经检查无误后将绑有炸药的竹片缓慢插入炮孔内。堵孔是影响爆破效果的关键因素之一,采用专制炮泥进行堵塞,待所有炮孔装药完毕经检查合格后,即可进行孔外联网作业进行起爆。(3)警戒。爆破前,必须做好相邻单位及洞内的安全警戒工作,并告知洞内所有工作面的施工人员,在起爆网络检查合格、各项工作准备就绪的情况下方可进入起爆程序。(4)爆后排烟与排险。爆破后,待洞内烟尘部分消散后,爆破人员方可进入洞内进行检查,检查的内容主要包括:有无盲炮、危石等情况,一旦发现盲炮,必须立即处理。处理盲炮可视具体情况采用重新起爆法、打平行眼装药引爆法、掏空炮泥药包引爆法等。若无盲炮,则及时解除警报;对于拱顶、边墙的危石,必须采用反铲及时进行撬除<sup>[4]</sup>。(5)出渣。出渣采用 $3\text{m}^3$ 侧卸式装载机或反铲挖掘机进行挖装,由20t自卸车运至弃渣场弃渣。

### 2.3 系统支护施工工艺

系统支护主要为引水隧洞边顶拱 $240^\circ$ 范围内的系统锚杆、钢支撑施工等。对于施工作业面开阔的部位,以三臂钻等大型机械设备为主;对于施工部位狭小的部位,主要采用体积小、重量轻、转运方便的小型设备进行施工。

## 3 结语

长距离小断面输水隧洞下穿高速公路施工过程中,下穿隧洞以“短进尺、弱爆破、快封闭、勤观测”为原则进行隧洞施工。同时加强运行车辆管理,采取“下穿左幅时,左幅封闭,右侧通行;下穿右幅时,右幅封闭,左侧通行”,实行半幅封闭,严格控制车辆的载重量和运行速度,保证了下穿隧洞施工的质量安全和上部既有高速公路的安全运营。

**参考文献:**

- [1] 李佳, 谢必承, 吕虎波, 刘振, 林一庚. 长距离输水隧洞施工期通风设计与管理[J]. 江苏科技信息, 2020, 37(23): 45-47.
- [2] 罗舟. 输水隧洞斜井高反坡长距离排水施工技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(05): 160-162.
- [3] 董卫民. 长距离输水隧洞施工中的关键问题及应对措施[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(03): 69-70.
- [4] 毛帅. 长距离输水隧洞施工支洞的规划布置探讨[J]. 红水河, 2017, 36(04): 47-49.