

# 公路隧道斜井转正洞施工技术

徐阳

(中建交通建设集团有限公司 河南分公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:**结合华丽(华坪—丽江)高速公路营盘山隧道 1 号斜井转正洞工程实例,介绍在斜井转正洞处设置渐变段和加强段,利用门架结构作为永久性支撑结构与正洞型钢钢架形成稳定受力单元的施工方案,说明该方案的施工方法和控制要点。

**关键词:**隧道;斜井转正洞;施工技术

中图分类号:U453.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)01-0121-03

近年来,随着中国基础设施建设的快速发展,高速公路建设中出现了一大批特长隧道。施工期长、运营通风难是特长公路隧道建设中的难题。为保证特长公路隧道按期完工,减少后期运营通风成本,设计时一般会考虑增设斜井或竖井。中国已建成隧道中,斜井设置较常见。为保证斜井安全快速地进入正洞施工,施工支护方法的选择尤为关键。该文以华丽(华坪—丽江)高速公路营盘山隧道 1 号斜井转正洞施工为例,论述斜井在接近与正洞相交里程时渐变与正洞等高度断面进入正洞施工的方案,为同类隧道转体工程施工提供借鉴。

## 1 工程概况

营盘山隧道位于云贵高原西缘及西北缘,进口位于丽江市华坪县新庄乡八德村西侧,出口位于永胜县仁和镇打红村东侧,呈东北—西南走向,设计为单向双车道,单线长达 11.31 km,属特长隧道。是华丽高速公路上重大控制性工程之一,也是云南省第一长公路隧道。该隧道 1 号送风斜井长 1 273.45 m,纵坡为 11.2%,与正洞线路交于左洞 ZK21+680;1 号排风斜井长 1 334.45 m,纵坡为 11.5%,与正洞线路交于左洞 ZK21+740。排风井穿过正洞左线施工通道进入右线后向大桩号方向施工长度为 2 497 m。施工过程中作为施工斜井,增加 4 个工作面来加快营盘山隧道正洞的施工,运营后作为永久性通风斜井。

斜井在接近与正洞相交里程时渐变与正洞等高度断面进入正洞,与正洞线路交叉方式为正交(90°),交叉处理深为 517.13 m。围岩主要为微风化石英闪长岩,受断裂构造影响,节理裂隙发育,岩体较破碎,围岩自稳能力较差,无支护时拱部可能产生

小型坍塌,侧壁可能掉块。集中降雨状态下洞室内呈点滴状或淋雨状出水。

## 2 施工方法

在斜井接近与正洞相交里程时,先进入斜井渐变段和加强段施工,于正洞与斜井相交处渐变为与正洞等高度断面。在斜井与正洞交界处设置门架,通过门架支撑正洞的拱顶初期支护。门架施工完成后,斜井渐变段和加强段下台阶采用洞渣回填,回填至正洞上台阶高度,沿斜井方向施作门字形小导洞,并同步施作临时支护,到达正洞中线处后根据需要往前支护 3~5 m。在门字形小导洞水平支护下,逐步扩挖正洞另一半断面,逐段完成该段正洞设计初期支护,然后拆除门字形洞室边墙的临时支护直腿,进行正洞上台阶断面施工,最后完成下台阶开挖支护,进行正洞工作面施工。

### 2.1 斜井渐变段和加强段施工

在斜井距正洞 8 m 处开始斜井渐变段(5 m)和加强段(3 m)施工,采用上下台阶法施工。支护参数如下:拱部 120°范围内布设  $\phi 42$  超前注浆小导管,长  $L=4.5$  m,环向间距 50 cm;I16 工字钢按照 100 cm 间距架设;采用  $\phi 20$  mm 钢筋纵向连接,间距 1.0 m; $\phi 22$  早强砂浆锚杆布设间距为 1.0 m $\times$ 1.0 m,梅花形布置, $L=3.0$  m; $\phi 6.5$  钢筋网按 20 cm $\times$ 20 cm 单层布设;喷射 22 cm 厚 C25 砼。

通过渐变段施工,将斜井断面加宽、加高为与正洞等高度断面。斜井进入正洞交界处围岩受力复杂,由于开挖轮廓突变造成围岩应力不均匀分布、局部应力集中。为此,在交界处设置加强段,加强段支护参数与渐变段支护参数相同,加强隧道支护,以保证施工安全(见图 1)。

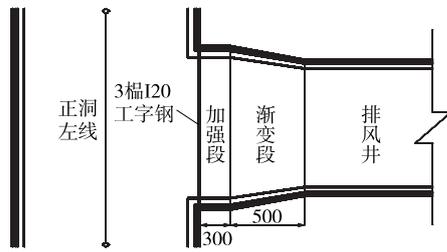


图1 斜井进入正洞平面图(单位:cm)

## 2.2 交叉段门架安装

在正洞与斜井交界处,采用门式型钢钢架作为正洞初期支护型钢钢架半幅的支撑载体。因该处应力集中,为薄弱环节,采用3榀I20工字钢并列焊接组合门架,门架下设置3榀I18工字钢(拱架弧度与加强段最后1榀型钢钢架一样),3榀I18工字钢顶部及两侧与3榀I20工字钢密贴,共同受力。I18和I20工字钢拱部之间采用I18工字钢斜撑焊接牢固,边墙处用10mm厚钢板连接,焊接成一个整体。门架一次落到正洞下台阶拱脚处,并用槽钢垫实,设置D25中空注浆锚杆作为锁脚锚杆, $L=3.5$  m;喷射26cm厚C25砼,减少正洞开挖中门架结构的沉降(见图2)。

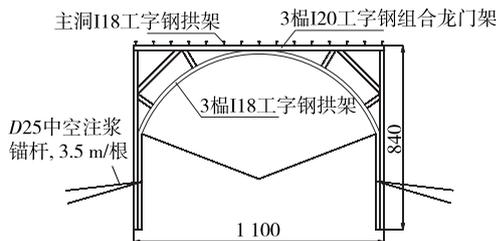


图2 门架平面图(单位:cm)

## 2.3 临时小导洞开挖支护

门架锚喷支护完成后,按照正洞上台阶的高度,采用洞渣在交界处回填斜坡道,坡度控制在12%~18%(根据需要进行调整),利用斜坡道开挖门架范围内临时小导洞的上台阶。

临时小导洞横梁开挖高度超出正洞开挖断面拱顶点不小于24cm,以保证临时小导洞支护完成后不侵占正洞的开挖限界。小导洞内采用I18工字钢门架支护,门架净宽7.0m,纵向间距1.0m/榀,采用 $\phi 20$  mm钢筋纵向连接,间距1.0m;锁脚锚杆每侧设置2根 $\phi 25$ 中空注浆锚杆, $L=3.0$  m;门架顶部铺设 $\phi 6.5$ 钢筋网20cm $\times$ 20cm,并打设 $\phi 25$ 中空注浆锚杆, $L=2.5$  m,间距1.0m $\times$ 1.0m;小导洞喷射24cm厚C25砼(见图3)。

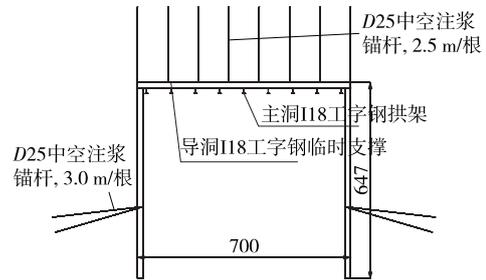


图3 小导洞衬砌结构(单位:cm)

## 2.4 小导洞范围内正洞上台阶支护

小导洞开挖长度超过正洞中心线3~5m后,在小导洞初期支护的保护下,按照少扰动、快速、紧支护、少拆除、早封闭的原则,分部分台阶开挖小导洞范围内正洞的剩余半圆弧形部分。小导洞内正洞支护适当加强,型钢钢架采用I18工字钢,纵向间距0.8m,钢架一端支撑于正洞右侧基岩上,采用D25中空注浆锚杆,间距1.0m(环) $\times$ 0.8m(纵),梅花形布置, $L=3.0$  m;另一端支撑在斜井口处门架顶部横梁上。施工时,在门架顶部横梁上焊接打孔钢板,用M24 $\times$ 80高强螺栓与正洞型钢钢架连接。纵向连接筋采用 $\phi 20$  mm钢筋,间距1.0m(见图4)。

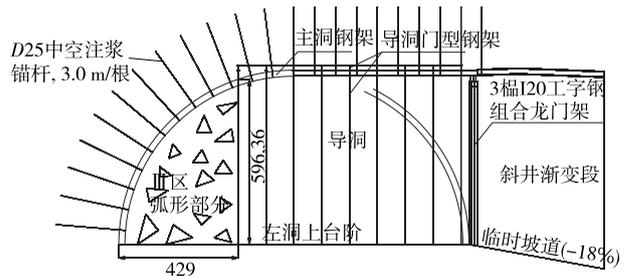


图4 导洞范围内正洞上台阶施工示意图(单位:cm)

## 2.5 正洞开挖支护施工

小导洞内正洞初期支护施工完成后,拆除小导洞一侧竖向支撑,按照设计支护参数进行正洞上台阶开挖及支护。拆除小导洞竖向支撑转入正洞上台阶施工的注意事项:1)拆除小导洞一侧竖向支撑时,爆破时应把另一侧竖向支撑和小导洞拱顶切割分离,防止爆破飞石砸动另一侧竖向支撑而带动小导洞拱顶初期支护沉降变形。2)小导洞往两侧正洞施工时应弱爆破,减少对围岩和已支护段的扰动。3)做好小导洞初期支护的监控量测,及时施作该段正洞仰拱、填充及二次衬砌。

小导洞两侧正洞上台阶初期支护开挖到50m左右时,开挖斜井转正洞交界处斜坡道回填的洞渣,施作正洞下台阶。在正洞下台阶开挖支护完成后及

时施工仰拱,保证已施工初期支护的稳定性。

## 2.6 正洞二次衬砌施工

在交叉口段仰拱及填充施工完成后,及时在正洞小里程方向 100 m 范围内拼装二次衬砌台车、防水板台车。二次衬砌台车拼好后,先在小里程方向浇筑 2~5 版,确定二次衬砌台车的受力性能及尺寸是否符合设计要求。若符合要求,则推放到正洞交叉口处进行浇筑。

交叉口处长 11.4 m,二次衬砌采用 12 m 二次衬砌台车一次浇筑;斜井交叉部分采用 I20 工字钢按二次衬砌轮廓线尺寸加工成不等高的内模架,间距 60 cm,焊接固定在正洞二次衬砌台车上并支撑牢固,内膜架上铺设 5 cm 厚木模和 3 mm 厚大块塑料板,确保交叉口二次衬砌砼光滑圆顺(见图 5)。

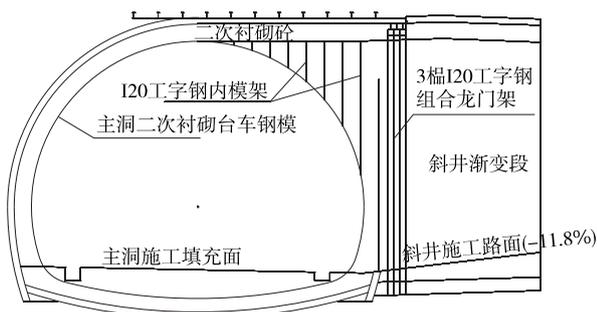


图5 正洞交叉口处二次衬砌施工示意图(单位:cm)

## 3 施工控制要点

(1) 现场监控量测是隧道施工管理的重要组成部分。斜井与正洞的交叉口处围岩等级为Ⅳ级,应进行监控量测点加密布置,监控量测断面间距按每 5 m 加密布置一道,监控量测频次为 3 次/d。对量测数据进行实时整理,为修正支护参数和后续施工提供参考。

(2) 斜井渐变段与加强段开挖中钻爆角度控制极为关键,应严格控制超、欠挖。初期支护施工时,支护参数均按照对应围岩的最强参数施工,同时加强该段型钢支护和锚喷施工质量控制。

(3) 门架开挖时两侧应比斜井正常拱腰位置高 4 m 多,开挖中多次补炮,保证门架顺利安装。同时门架处往正洞方向多开挖 2 m 左右,保证门架锁脚受力在正洞开挖断面以外。

(4) 加强门架支护,提高门架工字钢焊接连接处的质量,保证门架拱脚支立于稳固的基岩上;拱架安装前清除拱脚虚土,按设计要求做好门架锁脚;加

强纵向连接筋与门架间的连接,防止门架下沉。

(5) 斜井进正洞后,在具备条件的情况下,正洞掌子面先行进行超前地质预报,探明前方地质情况,指导后续施工。

(6) 交叉口处正洞洞身开挖按“短进尺、弱爆破、强支护、早封闭、勤量测”的原则进行,一次开挖进尺一般不大于 1 榀钢架间距。

(7) 施工中加强安全检查,发现异常或突发情况时立即暂停施工,撤离出隧道内的机械设备和人员,并及时向上级汇报,确定处理方法。

(8) 严格执行质量“自检、互检、专检”相结合的制度,施工中每道工序、工班都必须进行自检,自检合格后上报作业队复检,复检合格后再报质检工程师检查。

(9) 超前小导管钻孔前,精确测定孔的平面位置、倾角、外插角,并对每个孔进行编号。严格控制钻孔平面位置,不得侵入隧道开挖线内,相邻的钢管不得相撞和立交。

## 4 结语

隧道斜井转正洞交叉口施工的关键在于斜井能否安全快速地转入正洞。华丽高速公路营盘山隧道 1 号斜井转正洞施工中,采用在斜井转正洞处设置渐变段和加强段,利用门架结构作为永久性支撑结构与正洞型钢钢架形成稳定受力单元的施工方法,仅用时 10 d,零伤亡事故,为正洞施工赢得了宝贵的时间。实践证明,采用该施工方法,斜井转正洞施工全过程都在支护体系下进行,确保了施工安全,缩短了施工工期,减少了施工成本。

## 参考文献:

- [1] 张丕界,林振球,熊安祥.斜井在长大隧道施工中的作用探讨[J].现代隧道技术,2003,40(4).
- [2] 中交公路规划设计院有限公司.华坪至丽江高速公路第 9 合同段两阶段施工图设计(第四册第二分册)[Z].北京:中交公路规划设计院有限公司,2016.
- [3] 张朝阳,王毅军,崔师强.软弱地段双线隧道挑顶施工技术[J].铁道建筑技术,2012(4).
- [4] 骆伟伟,杨林.隧道斜井转正洞导坑挑顶法施工技术[J].江西建材,2016(4).
- [5] 杨延勇.软弱围岩隧道斜井转正洞设计与施工技术[J].铁道标准设计,2013(1).