

Research on the Construction Technology of the Raised Roof of the Inclined Shaft in the Railway Tunnel

Hongzhou Li¹ Xiaohua Wu²

1. Lanzhou Bureau Group Lanzhang Engineering Construction Headquarters, Lanzhou, Gansu, 730000, China

2. China Railway 15th Bureau Group Co., Ltd., Shanghai, 200040, China

Abstract

With the continuous development of railway construction in central and western China, the design and construction of long tunnel in mountainous areas are becoming more and more common. It has become a consensus in the industry to increase the working face by entering the main tunnel with inclined shaft, thus shortening the construction period and improving the efficiency. How to ensure the safety and efficiency of the construction of the roof with inclined shaft entering the main tunnel is a difficult problem. Combined with the introduction of the construction technology and matters needing attention of the inclined shaft into the main hole of xinwushaoling tunnel of Lan-zhang Railway, it provides some reference for the construction of similar projects.

Keywords

inclined shaft; the main hole; chisel the top

铁路隧道斜井进正洞挑顶施工技术研究

李红周¹ 吴晓华²

1. 兰州局集团兰张工程建设指挥部, 中国·甘肃 兰州 730000

2. 中铁十五局集团有限公司, 中国·上海 200040

摘 要

随着中国中西部铁路建设的不断发展,山区特长隧道的设计与施工越来越普遍,而通过斜井进入正洞来增加工作面,由此在缩短工期、提高工效方面已经成为业界的共识,如何确保斜井进正洞挑顶施工的安全高效是一个难点,结合对兰张铁路新乌鞘岭隧道斜井进正洞挑顶施工工艺、注意事项等进行介绍,为同类工程施工提供一定参考。

关键词

斜井; 正洞; 挑顶

1 工程概况

兰张三四线铁路新乌鞘岭隧道全长 17125m,为一座双线隧道,是中国第一座越岭选线中利用既有斜井施工的隧道,设计时速 250km/h,最大埋深 952m,全线共计利用既有斜井 5 座,通过既有斜井再增设支洞进入正洞施工,新增支洞均为单车道断面,支洞与正洞交角均为 90°。

乌鞘岭隧道地质情况复杂,区域内 5 处斜井进主洞挑顶交叉段围岩地质主要为:三叠系上统砂岩夹页岩和志留系千枚岩,岩体破碎—极破碎,设计围岩等级为Ⅳ、Ⅴ级。

2 总体施工方案

2.1 总体工艺流程

施工准备→支洞加强段开挖支护→锁口门架施工→超

前小导管施工→开始进正洞开挖(宽度 6m、上下台阶法)→沿垂直线路方向,按照隧道挑顶横断面轮廓线开挖、立架(支腿 I20b 工字钢、横梁 H175 型钢)→正洞上导开挖、临时支护完毕→架设永久初期支护钢架(一侧搭设至锁口门架上)及其他永久初期支护措施→割除临时钢架支撑腿→小里程开挖支护施工→大里程开挖支护施工→仰拱、二衬施工。

2.2 主要施工工序

①对进正洞前 20m 支洞进行加强处理,拱架采用 I20b 工字钢,间距 1m。

② 2 支洞施工至与正洞开挖线交界处后,立一榀双拼 H175 型钢门架,并按要求做好锁脚锚管。

③沿垂直正洞线路方向进行开挖、支护至隧道右轮廓线,开挖宽度为 6m。高度为比正洞挑顶钢架高 24~29cm,正洞进洞口左右侧各 5m 范围挑顶钢架预留变形量为 50cm。开挖落底高度为从支洞底开始起坡至正洞上台阶高

【作者简介】李红周(1978—),男,中国甘肃武威人,本科,助理工程师,从事铁路建设研究。

度,采用 I20b 工字钢做支腿、H175 型钢为横梁的门架加强支护,间距 1m,每循环进尺不大于 2 榀(见图 1)。

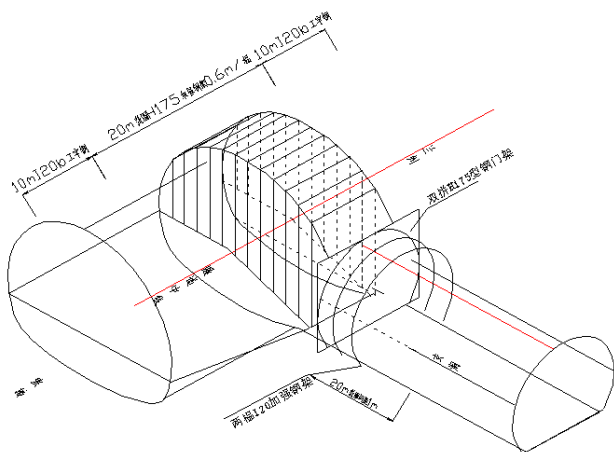


图 1 支洞进正洞示意图

④对开挖完成的纵向 6m 长上台阶断面进行永久初期支护施工。采用 H175 型钢间距 0.6m 加强支护, C25 喷射 25cm 厚; Φ8 钢筋网网格间距 20×20cm 拱墙设置;拱部设置 Φ25×7 普通中空锚杆,边墙设置 Φ22 砂浆锚杆间距 1.2×1.2m(见图 2)。

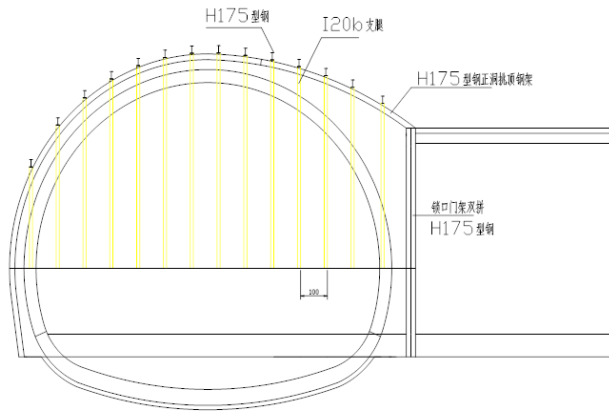


图 2 进洞门架布置纵段面示意图

⑤拆除临时支护支撑部分。

⑥采用两台阶法进行正洞小里程上台阶开挖支护施工,并对正洞范围进行加强支护,洞口 20m 范围正洞采用 H175 型钢间距 0.6m,之后左右侧各加强 10m,采用 I20b 工字钢间距 0.6m 一榀。

⑦正洞支护加强段,上台阶支护完成后及时施作支洞二衬,以确保支洞及交叉口稳定。

3 挑顶施工工艺

3.1 支洞进正洞前施工准备

为确保支洞挑顶段结构稳定及施工安全,挑顶施工前首先要对进正洞前 20m 的支洞进行加强处理,初支拱架型号由原设计的 I12 调整为 I20b 工字钢,间距 1m,同时交叉口段 30m 支洞及时完成衬砌浇筑,衬砌厚度不小于 30cm。

3.2 支洞锁口门架加强支护

①支洞开挖至与正洞开挖轮廓线交界处后,施做支洞末端锁口加强门架,门架采用矩形形式,采用 2 榀 H175 型钢,双拼焊接。安装支洞口双拼 H175 型钢支腿及横担(每间距 0.6m 设置连接钢板,并满焊连接双拼门架),并将支洞拱顶弧形拱架与横担满焊连接。同时,在门架腰部及拱脚、支洞拱架拱脚上 1m 处安装锁脚钢板及锚管,锁脚钢管采用 Φ42 钢管(壁厚 4mm、长 4m)具体设置位置见图 3。

②锁口门架上方横梁与立柱钢架螺栓连接,为正洞钢架提供落脚平台。

③立柱钢架与横梁钢架间设置斜撑。斜撑采用 H175 型钢,与钢架焊接牢固,见图 3。

④喷射混凝土覆盖门架。

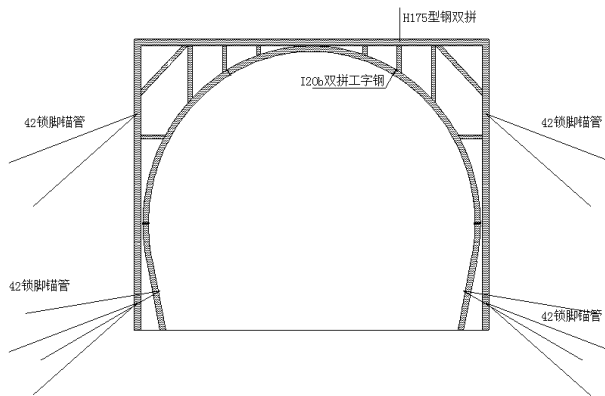


图 3 支洞进正洞门架图

3.3 进入正洞施工步骤

沿垂直正洞线路方向从左侧进行开挖、支护至隧道右轮廓线。

3.3.1 超前小导管施工

开挖前施工超前小导管,超前小导管环向间距 0.5m,长 4m,纵向间距 3m,搭接长度 1m。布置方式如图 4 所示。

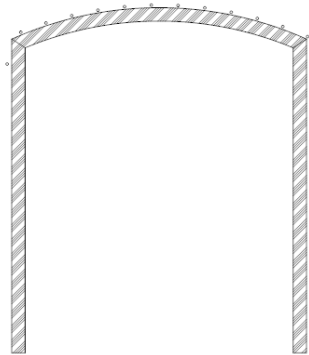


图 4 进正洞断面超前小导管布置示意图

①小导管制作及安装。

超前小导管采用壁厚 3.5mm, 外径 42mm 的热轧无缝钢管制成。并在小导管前部钻注浆孔,孔径 6mm,孔间距 15cm,呈梅花型布置,前端加工成锥形,尾部焊 Φ6 箍筋,尾部留长度不小于 30cm,作为不钻孔的止浆段(见图 5)。

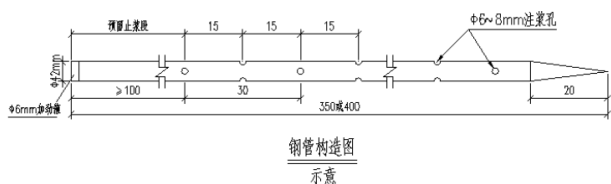


图5 超前小导管加工图

小导管安装在现场由锤击打入或钻机顶入，顶入长度不小于总长的95%。小导管安装完成后用高压风将钢管内的砂石吹干净，并用塑胶泥封堵孔口及周围裂隙，必要时在小导管附近及工作面喷射混凝土，以防止工作面坍塌。

②注浆。

小导管注浆采用水泥浆液，施工配合比为1:1（重量比），根据隧道内围岩情况，注浆时取压力为0.5~1.0Mpa。注浆过程中及时观察掌子面围岩情况，并根据吸浆量及压力上升情况，当两者之一达到设计规定时结束注浆作业。为加快注浆速度和发挥设备效率，可采用群管注浆（每次3~5根）。注浆时遵循从下到上，从无水至有水的原则进行。

3.3.2 支洞进正洞开挖及支护施工

①沿垂直正洞线路方向进行开挖、支护至隧道右轮廓线，开挖宽度为6m。高度为比正洞挑顶钢架高24~29cm，正洞进洞口左右侧各5m范围挑顶钢架预留变形量为50cm。开挖落底高度为从支洞底开始起坡至正洞上台阶高度。

②采用“短进尺、弱爆破”进行进正洞开挖施工，每次开挖进尺不超过2榀钢架间距。

③支护措施。

第一，采用I20b工字钢做支腿、H175型钢为横梁的门架加强支护，间距1m，每循环进尺不大于2榀（支护门架见图6）。拱顶横向钢架采用弧形，拱顶弦高50cm。如图6所示在每榀拱架左右侧，距离拱顶钢架接头向下2m处以及拱脚处，每侧设置2根长3.5mΦ42锁脚锚管，水平向下倾角20°~40°，锁脚锚管用“L”形钢筋+锁脚钢板焊接锁固，必须跟工字钢满焊，焊接质量必须满足要求。连接筋采用Φ22螺纹钢，环向间距1m。

第二，其他支护措施：采用锚杆长度3m，间距1.2×1.2m；Φ8钢筋网，网格大小20×20cm，喷射混凝土厚29cm。

3.3.3 永久初期支护施工

对开挖完成的纵向6m长上台阶断面进行永久初期支护施工。

支护参数为H175型钢0.6m/1榀；C25喷砼25cm厚；Φ8钢筋网网格间距20×20cm拱墙设置；拱部设置Φ25×7普通中空锚杆，边墙设置Φ22砂浆锚杆间距1.2×1.2m。支护钢架采用异型钢架与锁口门架焊接牢固形成整体受力，并在每榀异型钢架上设置6根长4mΦ42锁脚锚管，具体见图7。

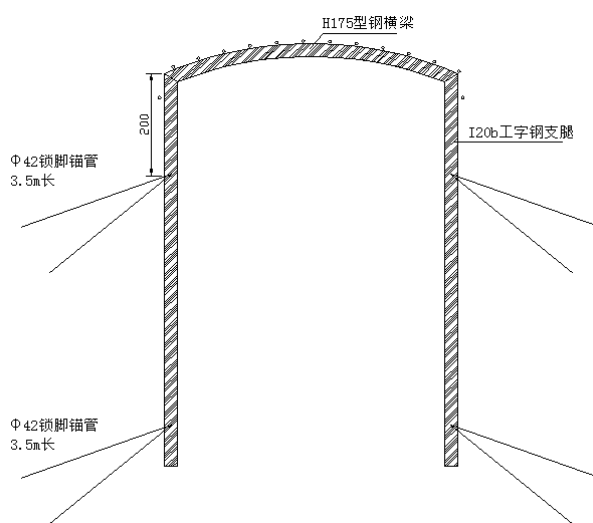


图6 进正洞断面支护钢架示意图

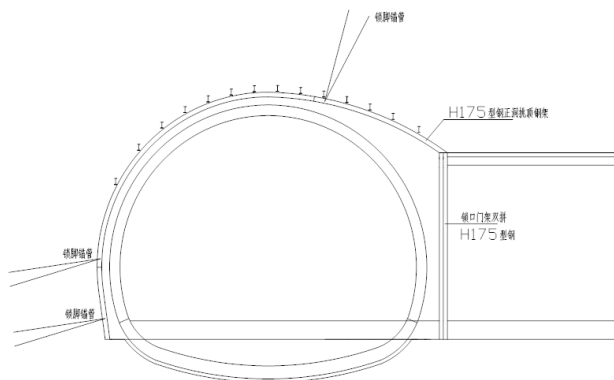


图7 隧道正洞钢架示意图

3.3.4 拆除临时支护钢架

将临时支护钢架支撑立柱拆除，并按照正洞开挖轮廓线，将正洞掌子面初期支护与拱顶初期支护间凿出10cm宽缝隙，以保证正洞上台阶爆破开挖时不破坏拱顶初期支护。

3.3.5 正洞上台阶施工

正洞6m段永久支护完成，掌子面钢架及初期支护按上文拆除完成后，按照设计超前支护参数进行超前支护加固，按照台阶法进行正洞开挖施工。为确保交叉口处正洞结构安全，在设计支护参数的基础上，对正洞范围进行加强支护，洞口20m范围正洞采用H175型钢间距0.6m，之后左右侧各加强10m，采用I20b工字钢间距0.6m一榀，并加设仰拱拱架。

上台阶一次开挖循环进尺不超过2榀拱架间距，正洞先单侧施工20m后，具备一定长度的作业空间后再反向施工另一侧正洞，直至挑顶两侧正洞全部完成支护施工。

3.3.6 监控量测措施

开挖支护完成后及时安装监控量测点，进正洞交叉口附近支洞20m范围每5m一个断面，拱顶1个点，拱腰2个点。交叉口附近正洞30m范围按照每5m一个断面，上台阶3个点，下台阶2个点，监控量测日变化大于10mm，累计变

形超过 100mm 时,立即组织人员撤离,并组织相关技术人员制定应急措施,保证正洞施工安全。

4 施工注意事项

①根据地质预报材料核实地质情况,必要时采取超前探孔验证,如地质情况与设计不符则及时调整开挖挑顶施工方案。

②根据监控量测结果和围岩地质情况,对挑顶段门架要预留一定的沉降变形量,确保挑顶完毕后净空断面满足设计要求。

③机械开挖出渣时,因挑顶段工作面狭小,开挖作业班组长及安全人员应根据作业环境及机型,划定安全作业区域,并设置警示标志,非作业人员不得入内,并设专人指挥车辆;同时为防止挖掘机等大型机械对已支护好的钢架进行碰撞,造成钢架损坏,开挖时,应由专人对开挖作业进行指挥,严格限制机械作业界限,以防止碰坏钢架。

④找顶作业应确认找顶作业区无其他人员,并在专职安全员现场指导下进行,找顶作业应检查有无盲炮、有无残余炸药及雷管,清除开挖工作面松动的岩块,对已开挖支护地段的支护结构变形或开裂进行处理,先用挖掘机等机械设备找顶,经安全员检查确认后,方可进行人工找顶作业。

⑤钢架每一循环安装作业时,人员及机械的资源配置要充足,中途不得停止,要一气呵成,交接班在工作面进行,

加快支护快速形成,并及时喷护,以便围岩开挖面尽早形成封闭,对围岩变形起一定的约束作用,减少安全事故的发生。

⑥交叉口处门架要加强设置。

正洞与支洞相交地段处于复杂的三维受力状态,由于正洞开挖断面较大,为确保挑顶段正洞施工安全,在支洞与正洞交接处设置一加强门架,加强门架由 2 榀 H175 型钢工字钢钢架组成,钢架间采取可靠焊接,喷射混凝土覆盖钢架。

⑦设置托梁,为正洞拱架提供落脚平台。

在正洞与支洞拱顶交界里程处,沿正洞方向设置拱顶纵向托梁,托梁采用两榀 H175 型钢组成,进正洞侧 2 榀并在一起,牢固栓接于支洞钢架拱顶。与门架对应的正洞钢架均要支撑于门架托梁上,并焊接牢固。

5 结语

通过门架式挑顶施工方案,安全高效地确保了斜井进正洞挑顶施工的安全,与传统的小导洞式挑顶方案相比,具有工序少、时间短、安全可靠的优点,同时根据围岩地质情况可随时对支护措施进行调整,通用性及实用性较强,目前新乌鞘岭隧道已经按此方案完成了全部 9 个斜井进正洞的挑顶施工任务,为全隧加快施工进度早日实现贯通提供了安全通道。