

段分解涌水量，减少主路超大断面施工时的涌水量。采取辅洞先行方案，辅路隧道比主路隧道掌子面应该错开 2 倍洞径以上。侧壁导坑施工时候，前后导坑距离大于 15 米，左右导坑超中导坑 30 米以上。每个开挖台阶一般为 3~5 米。

2.2 洞顶截水沟施工

施工前进行细致的地质调查和选线。采用浅眼爆破法开挖硬岩段，药量尽量减少到可以震松周围岩体为准。洞口松散土体开挖洞口前清除。洞口附近的水系截流引排到路基两侧排水系统中。

2.3 洞口土石方开挖

隧道采用尽量采用“零开挖”进洞，洞顶截水沟与成洞坡顶之间植尽量保留，尽可能保护原有自然植被。洞口硬质岩层采用控制爆破，辅助破碎锤修饰，及时支护。边坡顶的浮石、危石要及时清除。

在主路左洞、右洞开挖过程中，由于左主洞仰坡面（坡率设计 1:0.5）位于中风化与全风化滑层上，防护后连续暴雨导致仰坡滑坡。另外主路右洞两侧边坡坡率设计为 1:0.5，开挖后揭露岩层为全风化凝灰熔岩，坡面多处渗水，坡面遇水软化导致坍塌。后将坡率放缓 1:1 重新刷坡防护后边坡稳定。

2.4 边仰坡防护

边坡开挖一级防护一级。采用喷锚支护。锚杆长 3m，锚杆外露 20cm。初喷后再挂设 $\phi 8$ 钢筋网片。钢筋网片搭接长度复核要求，与锚杆焊接牢固。开挖边坡同时埋设监控量测点，及时监控边坡稳定情况；

2.5 洞身超前支护施工

2.5.1 导向墙套拱施工

施工导向墙之前，利用地质雷达，进行超前地质预报，分析地质情况。并对拱顶及地表进行监控量测，保证管棚施工安全。洞口旁留核心土，保证洞口安全，同时作为导向强模板以及长管棚施工平台。为保证开挖施工净空，主路隧道导向墙半径放大 20 厘米。为更好的控制长管棚钻进角度，孔口管由 127mm 直径调整为 152mm，孔口管与套拱钢架焊接牢固，插角 $1\sim 3^\circ$ 。

2.5.2 超前大管棚超前支护

大管棚钢管采用 $\phi 108$ mm 壁厚 6mm 热轧无缝钢管，间距 40cm，相邻钢管接头相互错开；角度 $1^\circ \sim 3^\circ$ ，钢管丝扣连接。干式钻进成孔。最前端钢管做成锥形便于下管，先钻奇数孔钢管管，注浆凝固后再钻偶数孔无缝钢管，如果钻进过程发现岩体松散偶数孔打入钢管并注浆密实。钻孔后及时打入钢管，再移开进行下一孔钻设。

管棚注浆效果直接影响进洞安全。水泥浆水灰比控制在 0.5:1~1:1，注浆压力控制在 0.7~1.5Mpa 之间，注浆速度控制在 20~30L/min 以下。达到设计终压并继续注浆 15min 为注浆结束，

2.5.3 超前小导管超前防护

主洞、辅路隧道 V 级围岩地段采用超前小导管加固，钢管采用 $\phi 42$ 无缝钢管，前端呈尖锥状，管端 1m 不设压浆孔，其他部位四周钻设 8mm 压浆孔。采用水泥浆液注浆，水泥浆水灰比：0.5:1，注浆压力控制在 0.5~1.0MPa。

小导管施工质量控制：（1）小导管从钢架中间穿过，尾端与钢架焊接，控制好外插角度；（2）钢管封堵管口，在开挖面及注浆管附近喷射 5~10cm 的混凝土封闭防止注浆时孔口跑浆；（3）注浆顺序由下至上，浆液先稀后浓，当注浆压力达到终压并稳压 15 分钟后，注浆量达到设计注浆量的 80%以上，可结束改孔注浆；确保小导管内以及周围岩体充填饱和。

2.6 洞身开挖

本隧道为四洞并行隧道，其中主路隧道为四车道大断面隧道，主路隧道右洞开挖后揭露为全风化凝灰熔岩岩层，呈砂土状，遇水易软化，采用双侧壁导坑法进洞。主路左洞开挖掌子面揭露为强风化~中风化凝灰熔岩，拱顶至以下 1 米范围为砂土状全风化凝灰熔岩，无水，经专家讨论开挖方法调整为单侧壁导坑法开挖。辅路隧道洞口段为 V 级围岩浅埋、偏压、小净距地段采用上台阶预留核心土法。隧道洞口段开挖必须坚持“管超前、严注浆、短进尺、弱爆破、快成环、勤量测”的原则。施工中加强监控量测工作，以便确保施工安全，并发现问题及时处理。

2.6.1 双侧壁导坑法进洞

双侧壁导坑法施工前必须先做超前地质预报，初步判断前方围岩。将开挖断面分成六块：左侧导坑上下台阶、右侧导坑上下台阶，中部土上下台阶。

2.6.1.1 施工顺序说明：

（1）超前支护左导坑；（2）开挖左上导坑；及时支护（包括侧壁和仰拱临时支护）；（3）开挖左下导坑；及时支

护（包括临时支护和仰拱支护）（4）右侧导坑超前支护；（5）开挖右上导坑；及时支护（包括侧壁和仰拱临时支护）；（6）开挖右下导坑；及时支护（包括临时支护和仰拱支护）；（7）开挖中导坑上台阶；初期支护；（8）开挖中导坑下台阶；及时支护；（9）拆除临时支护、临时仰拱（控制在三榀内），及时施工仰拱、二衬。

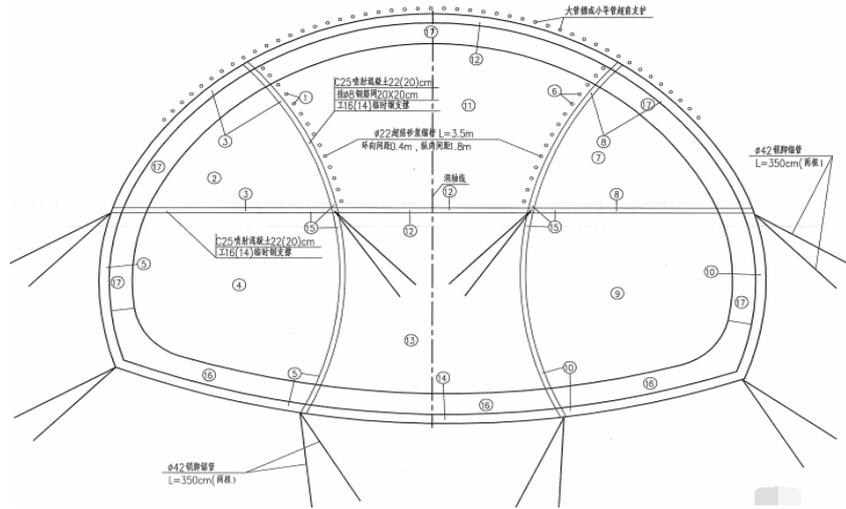


图2 双侧壁导坑法开挖断面施工示意图

2.6.1.2 双侧壁导坑法施工质量控制要点：

（1）各部分开挖时候尽量圆顺，底部高程与钢架接头一致；（2）及时完成全断面初期支护，封闭成环；（3）左、右两侧导坑距离大于15m；（4）逐段拆除中隔壁临时支护，拆除时加强量测，拆除后及时施工仰拱和二衬。（5）严格控制左右上导坑钢架安装角度，否则左右上导坑安装钢架偏差时，中上导坑钢架与两侧导坑钢架无法螺栓连接、连接板无法贴合；（6）在开挖下导坑的爆破过程中，容易导致临时支撑的混凝土震裂脱落；爆破必须采用小药量。

2.6.2 上台阶预留核心土法

辅路隧道洞口段是浅埋小净距段V级围岩，设计采用上台阶预留核心土法开挖。以挖掘机开挖为主，弱爆破为辅。开挖后及时喷砼。上台阶核心土除了稳固掌子面外还可以当做拱部施工平台。

2.6.2.1 施工顺序说明：

（1）弧形开挖上合阶拱部；及时支护；（2）弧形开挖上合阶左侧，及时支护；（3）弧形开挖上合阶右侧，及时支护；（4）开挖上台阶核心土体；（5）开挖下台阶左侧，及时支护；（6）开挖下台阶右侧，及时支护；（7）开挖下台阶核心土体；（8）施作仰拱初期支护；（9）及时施工仰拱和二衬；

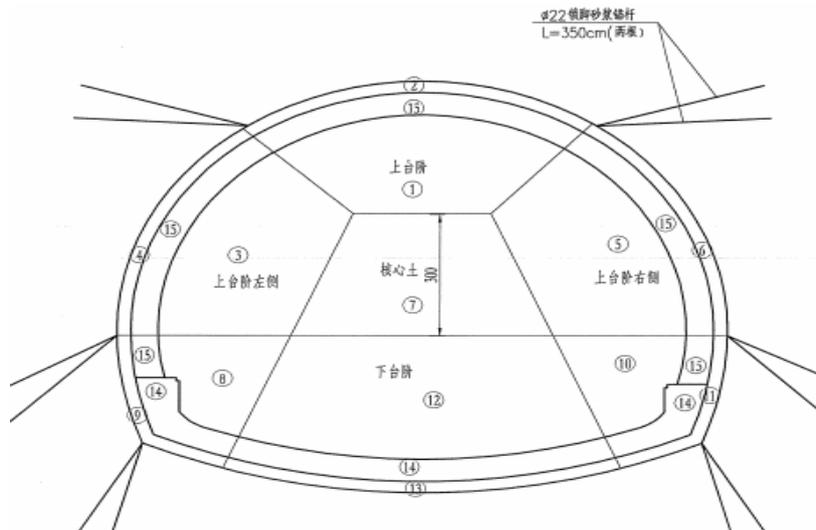


图3 上台阶预留核心土法开挖示意图

2.6.2.2 施工质量控制要点

(1) 采用挖机开挖人工辅助, 或弱爆, 进尺不超过 1 米。及时封闭成环。(2) 各部分开挖尽量圆顺, 钢架连接牢固。(3) 左右台阶交错施工, 严禁两侧对称开挖。(4) 上下台阶开挖错开 5-7m, 可平行作业。(5) 需要爆破的采用小药量控制爆破, 减少对初期支护破坏。(6) 加强监控量测, 根据分析数据调整支护参数。

2.6.3 左洞 CD 法开挖

主路左洞开挖掌子面揭露为强风化~中风化凝灰熔岩, 拱顶至以下 1 米范围为砂土状全风化凝灰熔岩, 无水, 经专家讨论开挖方法调整为 CD 法开挖。

2.6.3.1 施工方法和顺序:

顺序应在施工辅助措施完成并达到强度后进行。(1) 开挖右侧导坑上台阶, 及时施工初期支护, 锁脚锚杆固定钢架(包括临时支护);(2) 开挖右侧导坑下台阶, 及时施工初期支护, 锁脚锚杆固定钢架(包括临时支护、仰拱初期支护);(3) 开挖左侧导坑上台阶, 及时支护, 锁脚锚杆固定钢架(包括临时支护);(4) 开挖左侧导坑下台阶, 及时支护, 锁脚锚杆固定钢架(包括仰拱支护);(5) 拆除中隔壁临时支护;(6) 及时施工仰拱和二衬。

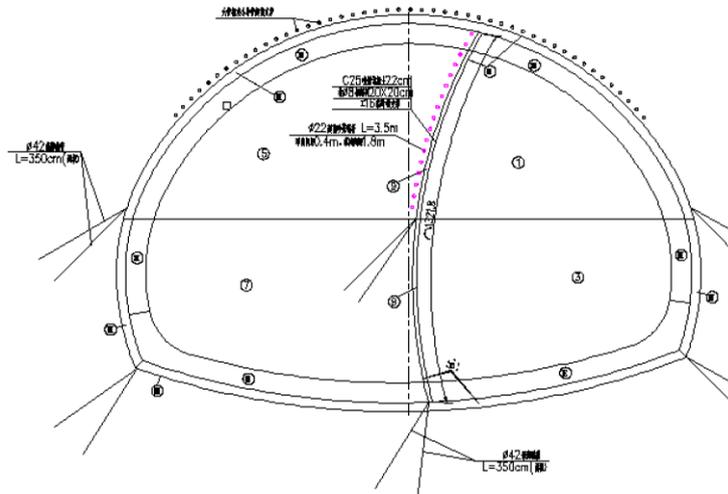


图4 中隔壁法施工示意图

2.6.3.2 施工质量控制

(1) 各部分开挖的底部高程与钢架接头保持一致;(2) 初期支护封闭成环;(3) 左、右两侧导坑距离大于 15m;(4) 逐段拆除中间临时支撑, 拆除时加强监控量测, 紧跟仰拱和二衬施工。

2.6.4 中夹岩加固

本隧道设计四洞并行形式。洞口段每相邻两洞之间净距为 12.9-20m 属于小净距隧道, 小净距段落采用注浆加固中间岩体。导洞开挖之前先对中夹岩预加固在开挖。加固采用 $\phi 42\text{mm}$ 无缝钢管注浆, 长 5m, 钢管环向间距 0.7m, 纵向间距 1m, 梅花型布置。水泥浆水灰比 0.5:1, 注浆压力控制在 0.5~1Mpa。当注浆压力达到终压并稳压 15 分钟后, 注浆量达到设计注浆量的 80%以上, 结束改孔注浆; 调整浆液浓度继续注浆, 导管和岩体注浆饱和。

施工质量控制: 注浆管安装时用胶泥和麻丝缠绕, 确保孔壁充分挤压赛紧; 水泥浆采用筛选后的细砂, 过滤后使用; 注浆机和压力表必须检测标定合格。注浆控制压力, 稳压一段时间后终孔, 保证岩体注浆密实。

