

浅埋偏压隧道进洞关键施工技术探讨

罗靖翔

攀宁攀大公司 四川 成都 610000

摘要: 川西地处高中山区,属于构造侵蚀、河流下切形成的高中山峡谷地貌,山势陡峻,沿江高速公路受川西地区地形、地质及总体线路等因素的影响,其洞口常处于浅埋偏压地段,为隧道进洞带来了较大的难题,且存在工程质量安全隐患。其该隧道出口位于仁义河河谷左岸斜坡部位,横向斜坡坡度较大,斜坡表部多为崩坡积碎石层覆盖,洞口围岩稳定性差,存在偏压,易造成隧道衬砌结构发生剪切破坏、洞口段衬砌出现裂缝等问题。为防止隧道洞口发生偏压,利用洞口处于沟谷地形,采取抗滑支挡、基础换填、反压回填进行洞口处置,最后利用大管棚超前支护安全进洞。

关键词: 抗滑支挡;基础换填;反压回填;大管棚施工

引言

随着我国高速公路逐渐向西部山区发展,山岭隧道在山区高速公路不断增多,由于地域的特殊性和复杂性,隧道施工过程中往往会遇到各种各样的施工难题。尤其是洞口存在浅埋偏压地质条件的,洞口施工会破坏围岩原有的平衡状态,对隧道进洞施工带来不少的难题,而隧道进洞是隧道施工中最重要的一环之一,直接影响总工期和施工成本。本文以沿江高速某隧道出口为例,根据地形、地质、环境等特点,对浅埋偏压隧道进洞关键施工技术进行探讨研究。

1 工程概况

1.1 工程简介

该隧道自金阳河谷穿越至仁义河河谷斜穿山体,出口位于斜坡地带,斜坡坡度较陡,坡表及个别浅蚀冲沟内可见基岩出露,洞口段围岩破碎,顺层偏压严重。隧道全长6678m,最大埋深759m,出口端洞门形式为端墙式。

1.2 工程地形、地质特点

1.2.1 地形地貌

该隧道出口地处高中山区,属于构造侵蚀、河流下切形成的高中山峡谷地貌,山势陡峻。该隧道自金阳河谷穿越至仁义河河谷,斜穿山体,为山岭隧道。进口位于斜坡中下部,斜坡呈“陡缓-陡”分布,整体坡度介于 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$,斜坡中部为坡度略缓的一段过渡带,该段坡度介于 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$,斜坡植被多为灌木、杂草,洞口部位顶部可见基岩出露:出口位于斜坡地带,斜坡坡度较陡,约为 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。植被多为灌木,坡表及个别浅蚀冲沟内可见基岩出露。轴线地面标高左线:670.6~754m;右线670.4~754.7m。地形整体起伏较大,隧道最大埋深约759m。隧道左线进口与等高线大角度斜交,出口与等高

线小角度斜交:右线进、出口均与等高线大角度斜交。

1.2.2 地质条件

该隧道出口洞口位于仁义河河谷左岸斜坡部位,横向斜坡坡度较大,介于 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$,斜坡表部多为崩坡积碎石层覆盖,根据洞口地质调绘成果,碎石层以松散~稍密状为主,厚度较薄,工程性质较一般,洞口下部仁义河河床部位可见基岩出露,为寒武系下统沧浪铺组粉砂岩、钙质砂岩,强风化层岩体破碎,工程性质较一般,中风化层岩体较完整,工程性质较好。

1.3 气象、水文条件

金阳县气候属亚洲大陆东部季风区域中亚热带的云南高原-察隅气候区,年平均最高气温 16.9°C ,年平均降水量800mm左右,最高达1152.1mm,县境内年平均日照为1574小时左右。地表水主要为溪洛渡水库库区水及金阳河、仁义河河水、松林坪引水渠渠水。隧址区地下水类型主要为:第四系松散层上层滞水和孔隙潜水、基岩裂隙水、岩溶裂隙水、断层破碎带裂隙水为主。

1.4 现场调查情况分析

该隧道出口浅埋偏压段在河谷处,围岩至上而下为粉砂岩、钙质砂岩,强风化破碎,洞口地形呈左高右底,覆盖层较薄,拱顶覆盖层约1.35~12.0m,最小覆盖层仅为1.35m,顺层偏压严重,若不进行偏压处治,隧道开挖后势必会造成原山体的稳定,导致隧道上方围岩难以形成自稳体系受侧压力影响而发生侧移,最终造成洞口段坍塌^[1]。

1.5 处治方案的选择

该隧道出口端洞口顺层偏压严重,围岩破碎,边坡稳定性差,若直接进行开挖,极易引起洞口边坡崩塌和隧道衬砌结构剪切破坏,更会对隧道结构体系产生较大

影响。

为了坚持“安全第一，预防为主”的方针，选择优先施工截水沟和抗滑桩，而后施工被动防护网、洞口路堑边坡防护，坡面防护完成与否将作为反压回填基础和桩间土开挖的重要标志；反压回填基础施工完毕后，对洞身土石方进行回填，并架立外侧拱架后，进行套拱施工，最后进行剩余部分反压回填；大管棚施工后，进行进洞施工。

2 施工总体方案

2.1 洞顶截水沟施工

待完成现场“四通一平”后，针对现场实际情况在洞口边仰坡开挖线5m以外施工截水沟，截水沟设置沿地表坡面平滑顺直向下，避免急弯并通向路基边沟，以防雨季山坡汇积水冲洗已开挖的坡面。截水沟采用机械开挖，人工配合，并根据现场实际情况设置沉降缝，沉降缝设置距离为15m~20m/道。

2.2 抗滑桩施工

该隧道出口路段为顺层岩质边坡，为防治洞口路堑边坡开挖后失稳，在洞口左侧采用预应力锚索抗滑桩+挡土板共同支护。

其中右洞口设置4根抗滑桩，桩长22m，悬臂段为12m；左洞口设置5根抗滑桩，桩长18m，悬臂段为10m，抗滑桩截面尺寸3.0m×2.0m。抗滑桩均处在 ϵ 1白云灰质岩地层；距桩顶2m处设置垫墩锚索，锚索长度20m；挡土板两端1/4板长处设置 Φ 80mm泄水孔内置PVC管（兼做吊装孔），PVC管向外的排水坡度应不小于4%，其PVC管进水口采用透水土工布包裹。

抗滑桩受地形原因，首先对孔口场地进行整平形成作业面。因坡面为块碎石土，结构松散，现场采用人工挖孔桩，开挖后及时进行护壁支护，护壁达到设计强度后才进行下一节开挖^[2]。

待抗滑桩检桩合格后，路堑开挖至抗滑桩顶面标高2m时，施工抗滑桩垫墩锚索。锚索采用27k级（钢绞线抗拉强度1860MPa） ϕ 15.2高强度低松弛的无粘接钢绞线制作，每孔锚索束由4根钢绞线编制而成，长度20m，锚固段8m。采用OVM15-4型锚具，钻孔 ϕ 110，超钻50cm作为沉渣段。

2.3 洞口路堑边坡防护

该隧道出口，顺层偏压严重，采用反压回填，零开挖进洞，在抗滑桩施工完毕后清理地表堆积体，即可进入边仰坡开挖及防护。洞口边仰坡采用锚喷网防护，采用 ϕ 8钢筋网，钢筋网间距25cm×25cm，喷砼平均厚度10cm，先初喷4cm，待锚杆施工完毕、网片挂设完毕

后，再复喷至设计厚度。

边仰坡临时防护采用 ϕ 32垫墩锚杆，长度15m，间距2m×2m，共布置6排，其余段落采用 ϕ 22砂浆锚杆，长度4.5m，间距1.2×1.2m，梅花形布置。

2.4 底部反压墙及基础施工

该隧道出口顺层偏压严重，采用反压回填，零开挖进洞，要求地基承载力不得低于0.3MPa，为避免不均匀沉降，换填C20使基础落于稳定基础之上。反压回填分多次，第一次浇筑至套拱基础标高，即底部反压墙及基础施工。

边坡由上而下开挖，墙背坡比1:0.3，换填区域边坡开挖成台阶状，台阶一般为高×宽=2m×2m，开挖至设计深度后，进行地基承载力试验，若合格则进入下一工序，若不合格，继续处理。

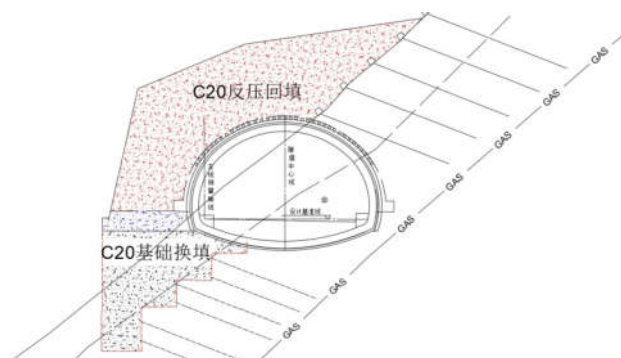


图1 反压回填示意图

为保证侧墙基础稳定性，基础低于设计线3m时，需打设 ϕ 22砂浆锚杆（ $L=4.5\text{m}$ ，间距1.5m）连接基础和岩土，锚杆深入岩体不得小于0.5m。基础换填最高处12m，考虑立模难度，每次浇筑2m，材料采用C20混凝土。

2.5 洞身土石回填

底部反压墙及基础施工完毕后，待到混凝土强度达到设计强度后进行洞身土石回填作业。因洞口暗洞局部因地形原因，净空轮廓范围破坏缺失，且围岩破碎，需进行换填，将该段坡面开挖成台阶状，而后采用回填土石，采用小型震动压实机进行碾压夯实，全部碾压完毕后，将回填表面按照洞身设计轮廓进行修整，并复核，严禁侵限。

2.6 外侧钢架安装及套拱施工

待到土石回填夯实以后，进行外侧钢架安装。首先对断面扫描，若有欠挖部分，应及时清理，洞顶和基础测量放样出钢架架立位置，并使用红油漆标识。

钢架安装时，根据钢架脚落于换填C20混凝土基础之上；钢架顶部落于回填夯实的土石回填上，并打2根4.5m锁脚锚管，与钢架紧密连接，保证了钢架的稳定

性。钢架间距为60cm，钢架间采用Φ22钢筋连接，环形间距1m，钢架与钢架之间用螺栓连接。

钢架安装后，进行导向管安装、模板系统安装，最后进行套拱混凝土浇筑。导向管采用φ127×4的钢管，环向间距40cm，长度2m。模板采用竹胶板，支撑系统采用钢拱架，套拱厚度70cm。

2.7 顶部混凝土反压墙施工

待洞身部分土石回填完毕、外侧拱架安装完毕、套拱施工完毕后，继续浇筑第二次反压回填（顶部）。

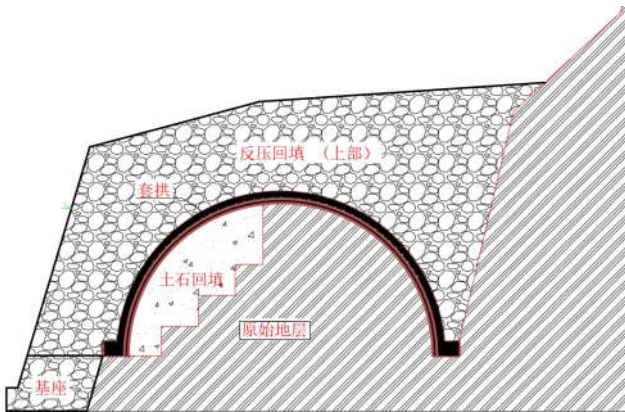


图2 反压回填示意图（正面）

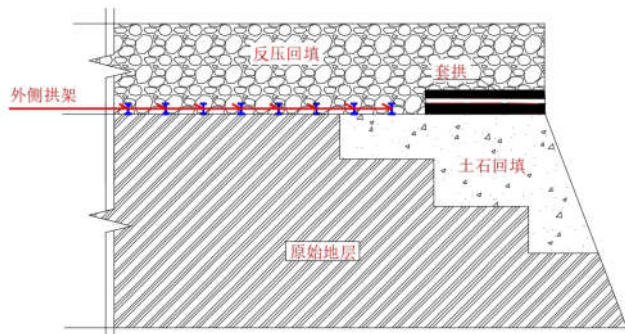


图3 反压回填示意图（侧面）

因地势原因和防止水化热采取分层浇筑，每次浇筑2m，模板选用木模支撑体系。对反压回填顶面进行1:2收坡，洞顶回填进行1:5收坡，纵横向延长与山体相交。顶面留设20cm*20cm*20的小坑，纵横向间距50cm，小坑中回填黏土进行绿化生态恢复。

2.8 大管棚施工

在顶部反压墙做好后，搭设钢管支架作为钻机工作平台。管棚施工时，为保证施工精度，利用全站仪进行精确定位，并用测斜仪进行钻孔偏斜度控制，严格控制好管棚的方向，并作好每个钻孔的地质记录。

大管棚采用热轧无缝钢花管，外径108mm，壁厚6mm，每段长4m，分段拼装达到超前支护长度，大管棚上钻注浆孔，孔径10~16mm，孔间距15~20cm，呈梅

花形布置，尾部3m留不钻孔的止浆段。钻孔完成后撤出钻杆，留下导管，联上注浆接头，即可进行地层注浆，注浆材料采用纯水泥浆。注浆压力1~2Mpa，水灰比1:0.5~1:1。注浆完成后，导管内插加劲钢筋笼，主筋4根，直径16mm，固定环采用42热轧无缝钢管制作，每段长4cm，间距150cm，与主筋之间焊接。再用钻具清孔、冲洗，然后插入注浆管，对导管充填M20水泥砂浆。

2.9 暗挖进洞

该隧道出口段属V级围岩，地质情况差且围岩破碎，在完成洞口偏压处治和大管棚超前支护后进行洞身开挖，采用预留核心土环形导坑开挖工法。

其上台阶掌子面稳定性差，留核心土环形开挖（核心土面积不小于整个断面面积的50%），开挖作业由上至下，衬砌施工由下至上，环形开挖进尺不大于1榀钢架间距，边墙开挖进尺不大于2榀钢架间距；仰拱开挖进尺不大于3m。

3 方案实施效果

本项目该隧道出口端为浅埋偏压段，围岩至上而下为粉砂岩、钙质砂岩，强风化破碎，洞口地形呈左高右底，覆盖层较薄，稳定性较差，根据洞口地形及围岩性质进行分析，采取对抗滑支挡、反压回填等措施进行处治，达到了平衡侧压力的效果，将路堑边坡弃渣用做反压回填材料再次利用，因地制宜，减少资源浪费，并且此种处治方式为永久性措施，在隧道施工质量安全上更具保障性。利用反压回填方式对偏压段处治，在后期对回填面进行绿化复垦，能够达到与周边环境相结合的效果^[3]。

结束语

隧道洞口段施工是隧道施工的关键环节，直接影响总体进度和工程造价，尤其是对地形地质条件复杂的隧道洞口，更应该引起重视，若施工方法不当或处治不利易造成洞口坍塌，将造成严重的安全质量事故。通过对该隧道出口端洞口偏压的初支措施，选择合理的施工工法，顺利完成暗挖进洞。经过该隧道工程实例验证了该偏压处治措施工法对质量、安全、进度、环保方面具有较大的保障，为后续类似工程提供了施工参考。

参考文献

- [1]涂军桥.金鸡山公路隧道出口进洞施工技术[J].工程技术研究,2021,6(13):78-79.
- [2]张闯.特长隧道浅埋偏压洞口中穿景区S型公路施工关键技术研究[D].2018. 88-90.
- [3]初雪慢.黄土区浅埋偏压隧道进洞施工技术[J].中国建材科技,2020,29(2):98-99.