

山岭隧道浅埋段盖挖支护施工方法研究^{*}

张永杰¹, 陈国芳², 谢瑜军³, 郭高阳¹

(1.长沙理工大学, 湖南 长沙 410004; 2.宁波溪口雪窦山风景名胜区交通投资有限公司, 浙江 宁波 315502;
3.宁波交通工程建设集团有限公司, 浙江 宁波 315010)

摘要: 针对山岭公路隧道浅埋段常用的明挖法与暗挖法施工的不足, 以宁波 309 国道改线工程浅埋隧道施工为例, 提出盖挖支护施工方法, 在明挖地表一定深度后, 先修筑土模并施作暗洞顶部防护结构(盖拱), 在盖拱防护下采用左右错台暗挖法进行隧道施工, 然后回填盖拱顶部土体, 做好植被防护与排水措施; 盖拱采用拱部明挖法与土拱模法开挖与浇筑, 基坑采用台阶放坡法开挖, 坡面采用锚喷支护, 基坑内采用明沟抽排水, 盖拱模板采用对拉预应力螺杆保证其浇筑质量, 并根据施工过程提出了质量控制标准与措施。

关键词: 隧道; 浅埋隧道; 盖挖法; 盖拱施工; 质量控制

中图分类号: U455.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)05-0146-03

目前, 山岭隧道浅埋段通常采用明挖法或暗挖法施工, 但二者均有其局限性和缺点。暗挖法通常需较强的支护结构以免拱顶塌方或支护结构变形失稳; 明挖法虽相对安全, 但因其开挖深度较大, 需较大的放坡场地或基坑围护结构。盖挖法兼具明挖法与暗挖法的优点, 能在保证施工支护安全的前提下减少对周围环境的影响, 降低工程建设费用。目前盖挖法主要应用于城市地铁工程, 个别山岭地区公路隧道采用盖挖法进行施工并取得了成功, 如张党平针对上覆岩土体厚度为 4.5 m 的石林隧道, 提出先拱部明挖施作盖拱, 后洞内暗挖通过的施工方法; 侯建军针对嵊临(嵊岗—临县)高速公路王家沟隧道盖挖段, 采用先架设导坑型钢拱架再浇筑护拱砼的方法形成盖拱; 周恒等结合北固山隧道工程指出盖挖法可用于治理隧道洞口段滑坡, 保证连拱隧道中岩墙的稳定与强度; 石程华针对庄村隧道左线洞身超浅埋段, 提出先土方开挖, 后制作拱形受力套壳, 最后进行隧道暗挖的施工方法。该文以宁波 309 国道改线工程浅埋隧道为例, 探讨山岭隧道浅埋段盖挖支护施工方法。

1 工程概况

杜娟谷隧道左洞长 1 585 m, 右洞长 1 598 m, 浅埋盖挖段分布于隧道出口与中间两个山谷处, 约占隧道全长的 1/4。该隧道穿越坡洪积斜地, 开挖

范围内岩土层以坡洪积含砾粉砂黏土、中风化砾岩为主, 洞顶出露地表或浅埋, 地表覆盖层为含砾粉质黏土, 层厚 3~8 m, 围岩完整性、稳定性差, 围岩级别为 V 级。隧道 3 个浅埋盖挖段两侧山体覆盖层较厚, 力学性质较差, 且坡面较陡。地下水以坡洪积斜地孔隙水为主, 水量较丰富, 开挖时坑内涌水量较大。其中一浅埋盖挖段区域的地质纵剖面见图 1。

2 浅埋盖挖段开挖支护施工方法

2.1 盖挖法工艺原理

先从地表明挖至盖拱拱脚底板设计标高, 基坑采用台阶放坡法开挖, 坡面采用锚喷支护, 基坑内采用明沟抽排水; 再修筑土拱模并施作盖拱模板, 张拉对穿预应力螺杆以保证盖拱浇筑质量, 达到强度要求后对拱部进行土方回填; 然后采用左右分幅错台暗挖法进行盖拱下部隧道施工, 二次衬砌砼施工完毕后回填盖拱顶部土体, 施作排水设施并进行地面绿化。

2.2 浅埋盖挖段施工工艺流程

山岭隧道浅埋段盖挖法的施工工艺(见图 2):

(1) 地表排水系统处理与地面监测点布设。合理设置地面临时边沟与仰坡截水沟, 采用梯形排水沟, 内侧适当加高 30 cm 左右, 侧壁夯实后采用喷射砼扫面, 将原自然水系通过水沟改移、接顺, 保证正常排水且不冲刷坡面。地表排水系统完善后, 在坡

^{*} 基金项目: 宁波市交通运输科技项目(201503); 湖南省交通运输厅科技计划项目(201533)

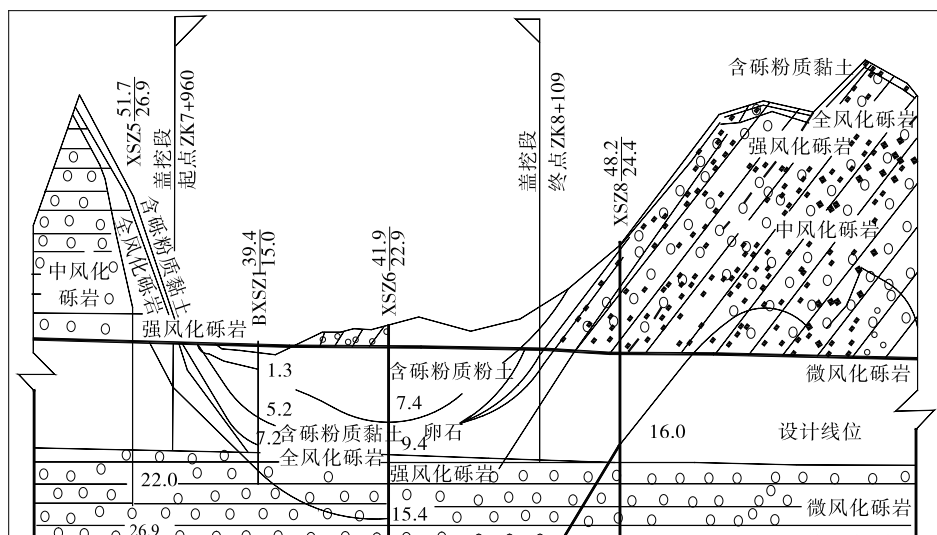


图 1 隧道浅埋盖挖段区域地质纵剖面(单位:m)

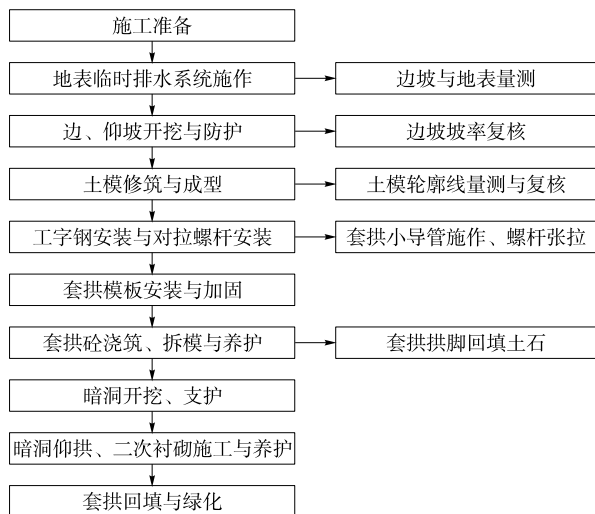


图 2 隧道浅埋段盖挖法施工工艺流程

顶适当位置埋设地表量测点位,监测地表下沉及边坡位移。

(2) 边、仰坡开挖与防护。开挖前用生石灰或喷漆做好标记,采用挖掘机自上而下、分层分级开挖,人工辅助修坡,并边开挖边修整、及时校核边坡坡度。开挖成型后,及时对边、仰坡进行锚杆钻孔施作、铺设钢筋网、喷射砼刷坡等。为减少砼回弹及空气中粉尘含量,采用潮喷工艺。需注意的是,实际开挖土拱模时可在砼盖拱长度的基础上适当增加 0.8~1.5 m,留出便于后续施工的作业平台。

(3) 土拱模施作。用挖掘机开挖土拱模,利用土拱模开挖控制点开挖土拱模轮廓线,边开挖边修理,并及时用全站仪等进行检查。开挖至土拱模轮廓线(实际土拱模轮廓外 30~50 cm)时改为人工修

理。人工修理分为粗修与精修,先用全站仪配合人工粗修至实际土拱模轮廓外 10 cm 左右,再精修至土拱模表面平顺,削除与填补明显凸凹,清除余土。对于土拱模表面的软弱土体,采用碎石土换填,确保雨水冲刷土模表面不至于塌陷。土模两边基坑内时常抽排水,避免土拱模受水浸泡出现垮塌。采用厚 10 cm C20 砼浇筑盖拱基础垫层。土拱模施作完成后,对其轮廓进行复检验收,并及时喷射 5 cm 厚 C25 砼进行表面硬化,要求喷射均匀,确保成型后土拱模表面平整、坚实,并洒水养护至砼设计强度。

(4) 安装支护结构与对拉螺杆。土拱模表面砼硬化 2 d 后安装工字钢。工字钢安装前,在土拱模表面按 50 cm 一道定出工字钢位置,在套拱拱脚基础严格按设计要求安装小导管和通长连接钢板。工字钢采用 I16 或 I18,严格控制安装间距,要求工字钢节段之间连接钢板对接整齐,螺栓、螺母紧固。同时焊接纵向连接钢筋,分别在拱顶、拱腰、拱脚处纵向焊接 5 根 14# 槽钢增强套拱工字钢整体性,在工字钢表面跳档焊接竖向钢筋作为套拱外模固定钢筋。对拉螺杆交叉布置 4 道,张拉应力控制在 70 kN。先确定其安装位置,用潜孔钻钻孔,然后将其张拉固定于盖拱左右两侧不同高程的槽钢上。

(5) 模板安装、加固。盖拱模板选用钢模板与木模板,可采用整体大块钢模板或拼装式木模板。钢模板安装前除锈打磨、均匀涂刷拆模剂。模板安装遵循“内拉外顶”的原则,同时将模板加固钢筋、纵向连接筋、对拉螺杆焊接成整体以加固模板,并预留砼浇筑与振捣口。

(6) 浇筑盖拱、拆模与养护。用砼搅拌车泵送砼进行左右对称灌注,用振捣器捣固。砼浇筑完成,达到拆模时间,经施工负责人同意后拆模。对拆除的模板及时涂刷脱模剂以便二次使用,拆模完成后及时养护盖拱砼,用合格的土石料回填盖拱拱脚并做好排水措施。

(7) 开挖暗洞与施作初期支护。采用台阶法开挖,施工流程为预留核心土挖至设计线位→初喷砼→挂网、施作初期支护→复喷砼至设计线位→左、右洞交叉下台阶半幅开挖→初喷砼→挂网、锚杆支护→施作下台阶初期支护→复喷砼至设计线位。施工中严格遵循新奥法施工理念。

(8) 施作仰拱与二次衬砌。完成前期出渣、排水后,将仰拱工字钢与下台阶工字钢通过端头钢板螺栓孔进行柔性无缝连接,要求螺栓、螺母紧固,或直接安装绑扎仰拱钢筋系统。之后安装模板,整幅仰拱一次性浇筑成型。

(9) 盖拱上覆土层回填与绿化。待二次衬砌完成后,对盖拱上覆土层对称回填至设计标高,并对坡表面进行防排水与绿化处理。

3 浅埋盖挖段施工质量控制

3.1 质量控制措施

(1) 边坡开挖避开雨天,要求开挖后边坡平顺、完整,局部凹槽不大于 15 cm。开挖完成后及时施作锚杆、喷射砼封闭坡面,避免雨水冲垮边坡。

(2) 采用碎石土换填土模表面的软弱土体。

(3) 土拱模砼喷射距离控制在 100~150 cm,降低喷料的回弹。

(4) 工字钢安装时尽量保证工字钢末端钢板 4 个锚固螺栓紧固,钢板间缝隙用钢板焊接牢固。

(5) 严格控制螺杆孔位偏差,成孔后及时清孔并安装对拉螺杆,防止坍孔造成安装困难。螺杆对拉预应力严格控制在 70 kN,防止应力过大造成槽钢拉弯变形。

(6) 模板拼装时严格控制模板拼缝,对拼缝过大的部位采取措施进行封堵,防止砼浇筑时漏浆导致砼外观缺陷。

(7) 套拱砼分层对称浇筑,防止砼因偏压产生涨模;及时振捣砼,保证砼密实,避免砼外观缺陷。

(8) 砼达到设计强度时方可拆模,拆模时不能猛撬、硬砸,以免造成砼外观缺损;养护时间不少于 14 d。

(9) 暗洞开挖时及时切割取出螺杆,以便于后续重复使用;二次衬砌砼强度符合设计要求后才能进行套拱回填,以防土石压力过大造成套拱破坏。

3.2 质量检查要求

锚杆的材质、类型、规格、数量、质量和性能符合设计和规范要求;插入孔内的长度不得短于设计长度的 95%;砂浆锚杆和注浆锚杆的灌浆强度不低于设计和规范要求,锚杆孔内灌浆密实、饱满。锚杆垫板满足设计要求,垫板应紧贴围岩,围岩不平时用 M10 砂浆填平;锚杆垂直于开挖轮廓线布设;对沉积岩,锚杆应尽量垂直于岩层面。

钢支撑形式、制作和架设符合设计和规范要求;钢支撑之间用纵向钢筋连接,拱脚放在牢固的基础上;拱脚标高不足时,不得用块石、碎石砌垫,而应设置钢板进行调整或用砼浇筑,砼强度不小于 C20;钢支撑应靠紧围岩,其与围岩的间隙不得用片石回填,而应用喷射砼填实。

喷射砼前检查开挖断面质量,处理好超、欠挖;要求岩面清洁;对渗漏水孔洞、缝隙采取引、堵措施,保证喷射砼质量。喷射砼支护与围岩紧密粘结、结合牢固,喷层厚度应符合要求,不能有空洞,喷层内不容许添加片石和木板等杂物,必要时进行粘结力测试;严禁挂模喷射,受喷面必须是原岩面。

4 结论

(1) 土拱模法施工盖拱砼的关键是确保土拱模的施工质量,对拉预应力螺杆的施作可有效保证盖拱砼的浇筑质量。

(2) 根据土层情况对盖拱拱脚底板进行注浆导管加固处治,确保地基土体能提供足够的支撑力;导管通过纵向钢板与钢拱架连接增强底板的水平向摩擦力,确保拱脚稳定、安全。

(3) 隧道暗挖施工前先回填盖拱拱脚部位的土体,增强盖拱稳定性。二次衬砌浇筑完成并达到强度要求后回填盖拱顶部土体,保证支护结构的整体稳定性。

(4) 施工中及盖拱土体顶部土体回填后做好防、排水措施,减少降雨或地表流水对隧道稳定性的影响。

参考文献:

[1] 吴华忠,刘明高.隧道浅埋段盖挖法的应用与施工[J].

(下转第 158 页)

公司工程部委派人员作为项目公司副总经理。项目公司董事、项目管理层与政府主管部门组成临时协调机构。

(1) 平台公司指派的副总经理在承担现场管理职责、与施工总承包单位及时沟通、全面了解项目情况的同时,第一时间对接、掌握、协调解决征地拆迁等问题,参与协调机构的碰头会并落实相关工作。

(2) 平台公司指派的董事除履行基本职责外,还需结合项目实际情况及政府工作机制提出相关问题解决方案、督促调度项目进度,针对副总经理无法解决的外部问题与管理委员会主管部门配合做好对外协调。

(3) 政府方指定项目主管部门负责管理委员会内部的统筹协调,主管部门内设置1名专员协调政府内部日常事务;向管理委员会高层汇报重大问题的情况并研究解决方案;统筹协调各职能部门解决施工中涉及的前期手续、工程变更、拆迁补偿等问题;及时部署市级政府的工作安排;协调督促区级政府加快征地拆迁,确保项目良好的施工环境。

3.3.2 PPP项目管理模式的优势

该临时协调机构的人员与项目公司管理人员部分重叠,政府方专人深入项目,一是有利于政府了解项目的实际情况,履行监管职能;二是管理委员会指定的主管部门全程参与,能更好地统筹协调内部各部门,加快政府内部办事效率,并及时反馈重大问题给管理委员会高层决策;三是以公对公的模式与其他政府单位沟通对接,有利于解决入廊费标准、施工环境等问题;四是利用政府行政力量督促管线使用单位加速入廊,可提高后期工作的连贯性。

总之,该管理模式的最大目的就是在充分保障施工外部环境、提高政府内部运行和决策效率的同时,确保项目公司能将更多的精力放在项目建设、资金风险控制、运营维护等上,实现政府方和社会方相对独立又互相配合的合作。

4 结语

通过PPP模式建设政府性投资项目,能充分利用社会资本的管理效率、技术创新能力,减少政府对微观事务的过度参与,提高公共服务效率与质量。然而在城市地下综合管廊等线性工程实施过程中,由于其用地范围较大,涉及的外部环境及因此引起的其他问题多且复杂,如果政府方只是站在监管的角度,项目公司将花费过多的人力、财力来处理施工环境、手续、文件往来等问题,不利于项目本身的管理和风险把控。因此,在实施综合管廊PPP项目时,可通过合理设置出资代表,优化项目公司章程,充分利用平台公司处理地方事务的经验,通过政府主管部门设置的临时机构全程参与、服务于项目建设,提升工作效率。

参考文献:

- [1] 曹珊.PPP运作重点难点与典型案例解读[M].北京:法律出版社,2017.
- [2] 姚海林,梁舰.PPP核心业务操作指南[M].北京:中国建材工业出版社,2018.
- [3] 郑建新.政府和社会资本合作PPP1000问[M].长沙:湖南大学出版社,2016.
- [4] 谭忠盛,陈雪莹,王秀英,等.城市地下综合管廊建设管理模式及关键技术[J].隧道建设,2016(10).
- [5] 李艳艳,郭伟.城市地下综合管廊PPP项目交易结构设计[J].地下空间与工程学报,2017,13(5).
- [6] 杜娅妮.综合管廊项目PPP模式研究[J].建筑经济,2016(10).
- [7] 钱七虎.建设城市地下综合管廊转变城市发展方式[J].隧道建设,2017(6).
- [8] 国办发[2015]61号,国务院办公厅关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见[S].

收稿日期:2018-05-02

(上接第148页)

公路,2006(7).

- [2] 徐兵.隧道浅埋段盖挖法的应用与施工技术[J].交通科技,2009(增刊2).
- [3] 张党平.石林隧道软基浅埋段盖挖法施工技术[J].隧道建设,2012(增刊1).
- [4] 侯建军.浅谈隧道盖挖施工技术[J].技术与市场,2013(7).

- [5] 周恒,陈浩,林晨.盖挖法在超小净距大跨隧道洞口滑坡中的应用[J].公路,2013(4).
- [6] 石程华.山岭隧道穿越超浅埋段套壳法施工技术研究[J].建筑技术,2012(9).
- [7] 杨军峰,潘淡浓.浅埋暗挖法隧道施工技术及其地面沉降控制[J].中国水运:理论版,2008(1).

收稿日期:2018-03-02