

隧道工程黄土富水段施工技术研究

张亮

中铁十七局集团第五工程有限公司

摘要: 本文主要结合S25天庄高速公路项目戴家山隧道工程中黄土富水段施工过程中,在工期紧、施工场地受限大等复杂条件下从开挖支护工艺措施、开挖进尺、监控量测等技术方面进行施工优化,降低工程成本,减少和避免塌方及涌水现象发生,确保隧道在黄土富水段复杂地质层中安全、快速、经济施工。

关键词: 隧道;黄土富水段;施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.010

引言

随着国民经济的快速发展,国家交通基础设施建设不断增加,我国高速公路在全国的覆盖率将大幅度提高,隧道结构也越来越普遍。在隧道工程整体建设过程中,隧道黄土富水段施工是隧道施工过程中遇到的工程地质比较复杂地层之一,如何顺利完成施工属于建设关注的焦点环节,希望本文能对类似不良围岩施工有一定的参考指导作用。

一、工程简介

S25天庄高速公路戴家山隧道位于甘肃省天水市清水县黄门镇元川村与红堡镇后川村之间,本隧道为左右行分离式的双洞特长隧道,全隧设计围岩等级均为V级,右线起止里程为YK115+142~YK118+880,长3738m,左线起止里程为ZK115+134~ZK118+873,长3739m,洞门形式为端墙式,全隧设置紧急停车带共设置8处,车行横洞4处,人行横洞10处,洞内变电所2处,隧道最大埋深约255m。隧址区洞身段围岩设计为砂质泥岩和黄土,岩体抗风化能力差,遇水易软化、崩解,失水易龟裂,属极软岩。开挖后洞壁易发生坍塌、变形,围岩稳定性差。洞身段地下水富水性与构造节理及特征密切相关,地下水位埋藏深度受地形地貌及风化层厚度控制,隧址区富水性属富水区。由于隧道址区内地下水动态受降水影响变化较大,雨季施工时隧道涌水量有较大的增幅,部分段落为富水段,结合黄土遇水软化、崩解的特性,隧道雨季施工,洞内开挖作业安全风险高,施工难度大。

二、黄土富水段对隧道施工的危害

(一) 松散性危害

V级围岩黄土富水段施工是隧道施工的难点,开挖支护工艺不佳容易引起开挖面的塌方和超挖。V级围岩黄土松散地段设计开挖进尺每循环一般为0.5~1m,人工配合机械开挖,开挖工序循环时间长,支护较复杂。

(二) 遇水性危害

V级围岩黄土段遇水易软化,开裂崩解,形成泥流状态,易造成掌子面拱顶塌方或沉降量大,侧壁变形,引起欠挖,造成支护不符合设计要求或净空不足,同时

对已支护施工完成段落可能引起破坏或沉降变形过大,甚至引起坍塌涌流。

三、预防措施

为确保V级黄土富水地段安全施工,满足图纸及设计规范要求,主要采取以下预防措施。

(一) 加强地质超前预报

(1) 掌握隧道前方待开挖掌子面的黄土特性和地下水情况,以及可能发生涌水里程段落,其出水量、出水点的位置变化等情况。

(2) 积极与第三方检测单位联系,在掌子面布置地震探测的激发装置和反射波接受装置,接受反射波。对于岩性单一,走向与隧道轴线近于正交的断层,只要存在破碎程度差异的界面,便可产生较强的反射波,据此判断隧道前方岩体的破碎程度和范围。

(3) 现场技术人员及时结合第三方地质报告现场分析判断掌子面前方距离不良地质构造间距、地下水、岩体稳定情况,并对照观察现场开挖后的掌子面围岩构造节理及特征情况等,形成书面记录和整理分析,更好预测并掌握开挖前方地质和含水量的变化趋势。

(二) 加强监控量测

通过采用全站仪、断面仪、收敛仪,加强观测频率,观测拱顶沉降变化,侧壁及拱腰收敛变化等及时掌握围岩变化动态,对于变形大部位及时采取加强支护等措施,用监控量测方法来预防围岩松散性和遇水软化性变形危害。

四、施工技术

严格按照隧道施工方针“管超前、严注浆、短进尺、强支护、快封闭、勤量测”进行隧道施工。

(一) “管超前、严注浆”

根据设计图纸黄土地段超前支护采用超前小导管及水泥注浆工艺,超前小导管采用外径 $\Phi 60$ 、壁厚5mm,长度3.0m的热轧无缝钢花管,外插角 $5\sim 12^\circ$,小导管环向间距 $\leq 35\text{cm}$ 。施作完超前小导管及时注浆后,开挖上台阶拱部及时进行初期支护,喷射第一层混凝土、架立拱架、焊接钢筋网并喷射第二层混凝土,施工完成后,每环间隔1.5米再打设另一排钢管,保持1.5m以上的搭接长度。如图4-1-1、4-1-2。

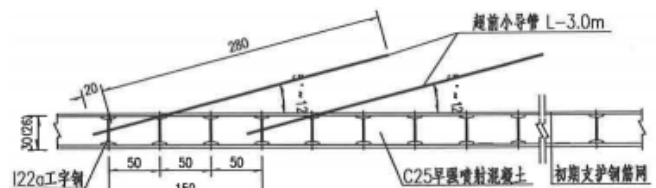


图4-1-1 超前小导管断面示意图

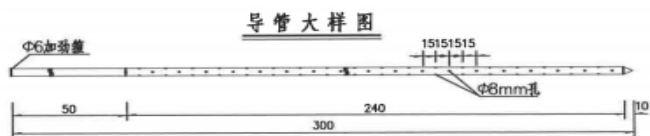


图4-1-2 超前小导管大样图

严格按照设计图纸及规范要求，采用水灰比为1:1水泥浆液进行先下后上隔孔顺序及时注浆，并在0.5~1Mpa压力下注满浆液后进行稳压确保注浆符合要求。

对局部不稳定，掉块渗水严重掌子面进行局部加密处理。根据设计变更环向间距调整为30cm或者增设双排小导管，超前小导管注浆固结后会在拱顶形成保护支撑环，能够更好的承受上部围岩荷载，开挖支护循环进尺。如图4-1-3。

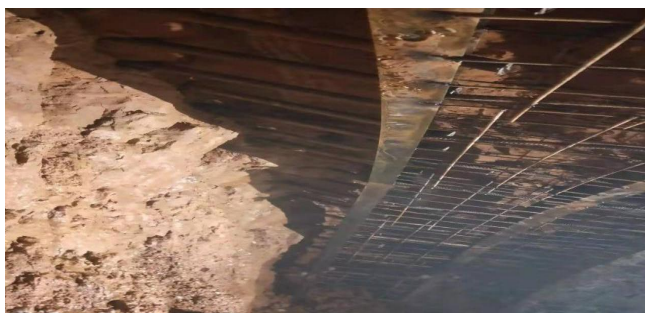


图4-1-3 不良地质超前小导管加密布置图

(二) “短进尺、强支护”

(1) 调整开挖方法减小对掌子面扰动

戴家山隧道出口软弱黄土富水段围岩图纸设计采用上下台阶预留核心土开挖，根据现场围岩情况变更为三台阶加核心土开挖，将上台阶分为上中两台阶，减小开挖断面，加快支护速度。减少开挖进尺，每次开挖支护0.5~1m，预留核心土的长度为3.0~5.0m，面积不得小于上半断面的50%，核心土刷坡坡率为1:0.5~1:0.75，初期支护紧跟开挖面，开挖以机械、人工风镐为主，减少对掌子面扰动，严格控制超欠挖。下部断面的落底应采用双侧交错落底，避免上部初期支护两侧拱脚同时悬空，落底长度不得大于3m。掌子面开挖如图4-2-1。



图4-2-1 掌子面开挖图

(2) 富水水流的防排水

采取“防、排、截、堵结合，因地制宜，综合治理原则对局部渗水严重掌子面施作环向半圆管统一收集，并

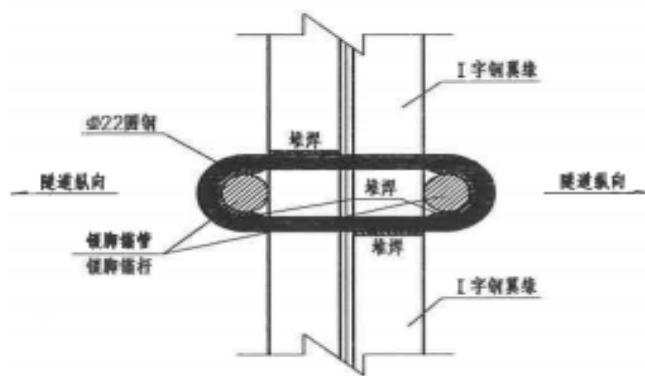
设置积水坑，统一将收集水排放至中心排水沟。同时对富水地段施作径向注浆进行封堵；当涌水严重时，设置泄水孔，边排水边喷射等措施。施作半圆管如图4-2-2。



图4-2-2 掌子面施作环向半圆管

(3) 及时加强支护

采用I22a工字钢按设计间距50cm及时进行支护，拱架间采用钢板焊接，配套高强螺栓，拱架间采用Φ22连接筋@100cm进行焊接连成整体，并施打双锁脚锚管Φ60钢管采用Φ22圆钢包裹进行加固焊接为一体，1:1水泥浆液进行锁脚锚管注浆密实。再进行钢筋网片焊接，双层Φ8钢筋网，20cm*20cm网片，一层铺设在岩面侧，一侧铺设在拱架内侧，网片搭接不少于24cm，焊接在拱架上形成整体，自下而上分层喷射混凝土进行封闭。锁脚加固如图4-2-3。



如图4-2-3 锁脚加固断面图

①上台阶施工。进行上台阶断面的掘进开挖后，掘进与出渣同步作业，大大节约开挖、出渣时间。出渣完成后人工风镐修整周边轮阔，上台阶开挖一个进尺后，湿喷机等设备行至掌子面附近，及时进行上台阶安放拱架和喷射混凝土作业。支护完成后，挖机再次进行掌子面上台阶开挖和出渣作业。开挖出渣、支护循环作业连续有效衔接进行，尽量缩短作业时间。待上台阶总进尺达到安全允许进尺和便利条件后，挖机进行中台阶施工作业。

②中台阶施工。湿喷机等设备进行上台阶掌子面喷射混凝土作业时，采用挖机开挖中台阶，配合采用装载机 and 自卸车进行出渣。中台阶开挖完成后，及时安放

台阶拱架和喷射混凝土作业。同时挖机再次进行上台阶的开挖出渣、支护作业，如此上、中台阶衔接交替连续作业完成隧道掌子面上中断面的开挖施工，有效缩短开挖作业时间。

③下台阶施工。施工完成上中台阶接近25m后及时开挖下台阶，两侧交错进行，每次开挖2榀，及时进行支护。

开挖循环如图4-2-4所示：



(三) “快封闭”

仰拱开挖应紧跟下台阶工作面进行施工，特别在不良围岩软弱黄土富水段落中，仰拱紧跟开挖工作面更为重要，初期支护应快速封闭成环，可以很好起到控制围岩变形、通过洞内仰拱中心水沟进行排水和提供便捷出渣条件的效果，严格控制仰拱安全步距符合规范要求，更好的安全快速施工。仰拱开挖现场图如图4-3-1。



如图4-3-1 仰拱开挖现场图

(四) “勤量测”

监控量测是隧道开挖及支护工序过程中前后进行不间断监测沉降和收敛变形，确定是否符合设计规范要求，利用监测结果分析围岩变形规律和支护状态，并针对性调整开挖工法、支护类型等，并为初期支护和二次衬砌设计参数的调整提供依据。

(1) 监测主要内容

监测内容有必测项目和选测项目。必测项目：周边位移、拱顶下沉量测及支护状态观察等；选测项目：钢拱架内力、围岩压力、锚杆轴力及喷射混凝土应力监测等。

(2) 监测方法及要求

隧道位移收敛变形主要采用全站仪、激光断面仪、收敛计及精密水准仪观测；沉降观测主要采用精密水准

仪；应力监测主要采用应力计等。洞内每5米布设一个断面，每个断面布设拱顶、拱腰、拱脚及仰拱等位置，当受通风管或其他障碍时，可适当移动位置。同一断面上增加观测频率和缩短间距，开挖前后及支护前后进行观测，上午、下午各观测一次。监控点布置如图4-4-1。

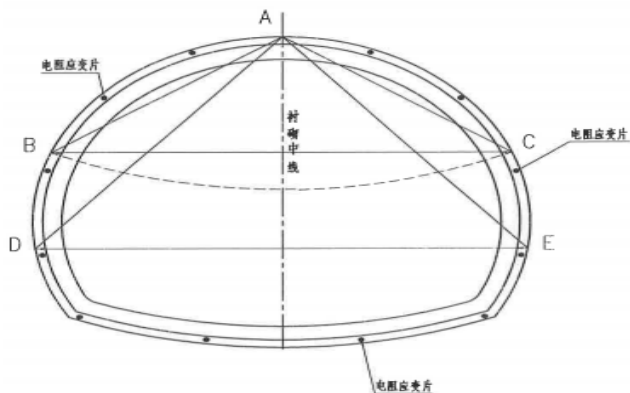


图4-4-1 监控点布置图

(3) 监测数据进行分析处理

每次量测后及时整理数据，将同一断面数据进行比较，绘制时态曲线和空间曲线，用以推算最终位移和掌握位移的变化规律；当位移时态曲线出现反弹时，应及时采取支护加固措施，必要时停止开挖；根据量测结果，进行量测管理和指导施工。

结束语

针对戴家山隧道V级黄土富水段围岩不稳定、渗水的特点，结合地形、地质、水文等特点，采用工艺工法调整，超前支护、局部加密、初期支护、监控量测等加密辅助措施工艺和技术，“开挖小、支护快、封闭早”是核心思想，效率较高，对围岩扰动小，能降低涌水、坍塌风险，能较好保证隧道开挖施工，确保工程质量和安全，取得了良好的社会效益。通过此次施工实践，为未来黄土富水段隧道开挖积累了经验，希望供类似工程借鉴参考。

参考文献

- [1] 史茂林. V级黄土富水隧道施工技术 [B]. 铁道标准设计, 2009
- [2] 邱成虎. S25静宁至天水高速公路庄浪至天水段两阶段施工设计图 [M]. 甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司, 2021年01月
- [3] 《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020) [S].
- [4] 《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017) [S].
- [5] 《公路工程施工安全技术规范》(JTJ F90-2015) [S].