

粉质砂岩地质下偏压隧道进洞技术研究

李冰洋

(广西路桥工程集团有限公司, 广西南宁 530000)

摘要 本文通过对隧道洞口偏压、泥质粉砂岩地质情况进行分析,提出了粉质砂岩地质下偏压隧道进洞的技术控制要点,对隧道进洞的施工原理和施工方法进行阐述,按顺序采取了地表注浆、边仰坡施工、管棚施作、偏压墙先行、反压回填紧跟等措施,根据现场情况及时增设径向注浆锚管、调整施工方法和遮雨等优化措施,最后通过监测隧道围岩周边位移、拱顶下沉和地表下沉情况,验证了支护措施和方案优化的有效性。

关键词 粉质砂岩; 半明半暗; 监控监测; 隧道工程

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0118-03

粉质砂岩地质围岩对水比较敏感,隧道洞口围岩容易发生滑动变形,易产生滑移坍塌危险,隧道进洞施工难度随着洞口围岩稳定性变化而变。本文对粉质砂岩隧道洞口采用新的半明半暗进洞方法,可以大幅度减少洞口土体开挖,避免对围岩产生大扰动^[1-2]。

强风化砂岩在干燥状态下或含水率非常低的情况下,岩体强度较高,岩体的自稳能力较好,隧道不易变形,但一旦强风化砂岩的含水率升高,其岩体强度迅速下降,隧道极易发生坍塌、衬砌开裂、大变形等灾害,改变施工方法和支护措施,持续推进隧道确保其安全性^[3]。

1 工程概况

百宝隧道位于防城港市防城区,为分离式隧道,隧道出口段(防城港端)洞口地处山坡坡脚上方,隧道出洞口段山体斜坡自坡脚为30°,处于坡脚上方,覆盖层厚度较薄,边坡在节理裂隙的影响下,稳定性较差。

根据工程地质勘探情况,百宝隧道出洞口边坡上方主要为强-中风化泥质粉砂岩,岩层节理裂隙较发育,岩体处于较破碎-完整状态,呈中厚构造。边坡地表为全风化泥质粉砂岩,局部裸露强风化泥质粉砂岩,地下水较发育,开挖后主要以滴水状出水,洞口段为稳定性较差的V级围岩。

2 隧道进洞分析

2.1 隧道洞口偏压

隧道偏压是作用在隧道支护结构上的围岩压力左右不对称引起的,百宝隧道出口左洞处地形陡峭半边埋深过浅,半边隧道埋深较大,形成隧道洞口偏压,且隧道洞口位于强风化带上,围岩比较破碎,岩体无自稳能力^[4]。

2.2 粉质砂岩地质

百宝隧道出口段地表主要由强-中风化泥质粉砂岩组成,粉质砂岩在干燥状态或在含水率较低的状态下岩体强度较高,此时的情况下开挖隧道岩体的自稳能力良好,隧道不易变形,采用一般的支护体系即可确保隧道进洞的安全性。

百宝隧道地处防城港市防城港区附近,年均降雨量达2362.6mm,在出现隧道粉砂质岩体较破碎时,岩层的含水率一旦升高将导致其岩体强度迅速下降,出现软化甚至是崩解的情况,在隧道进洞过程中隧道洞口极易发生大沉降、坍塌等地质灾害。

3 隧道进洞施工关键技术的分析和研究

3.1 施工原理和方法

3.1.1 隧道洞口偏压

围岩自身状况和山体对洞口的偏压作用是隧道洞口出现大变形、坍塌灾害的主要原因,因此当隧道处于偏压受力状态时,需采取相应措施避免隧道结构发生失稳。针对隧道浅埋段洞口偏压的情况,一般的处理方法有几种,包括削坡排水法、减载及反压措施、地表注浆法、支挡措施、地表砂浆锚杆等施工方法。

针对百宝隧道左洞偏压的实际情况,洞口外侧多为破碎岩层自稳能力较差,为解决偏压问题采取措施为先进行左洞ZK29+585偏压墙施工,偏压墙分三段浇筑成型,待偏压墙施工完成后进行填充C15素砼反压回填,保证隧道洞口的稳定性。

3.1.2 粉质砂岩地质

在自然干燥下或含水率低的时候,粉质砂岩岩体常表现为强度高、稳定性好,当受含水率升高影响时,

岩体发生软化甚至崩解现象, 强度迅速下降。调整进洞施工方法和支护措施, 优化施工工艺, 采用对洞口围岩扰动小的施工方式, 进一步提高支护体系的刚度, 并在施工中根据地质条件变化及现场监测数据合理调整预留变形量及二次衬砌的施作时间, 可以达到有效控制围岩变形的效果。

在百宝隧道出口围岩出现位移变化时, 项目优先采取施作地表注浆、提高支护刚度、增加锁腰锚杆等围岩加固措施, 稳住围岩变形, 并加快二次衬砌和仰拱的施工进度等措施^[5]。

3.2 施工方案及优化措施

3.2.1 半明半暗偏压段施工工艺

1. 根据设计图纸和现场地形先施工洞口边仰坡截水沟以截排拱部地表水, 其开挖线控制距仰坡 5m 开外, 要求沟底纵坡满足达到 3.5% 以上。

2. 进洞施工前先对围岩条件差及偏压洞口段进行加固, 采取地表注浆措施。注浆孔采用间距为 1.5m*1.5m 梅花型布置, 孔径为 $\Phi 110\text{mm}$, 注浆钢管采用 $\Phi 50 \times 4.5\text{mm}$, 跳孔施钻。

3. 在桩号 ZK29+590-ZK29+582 段由外向里进行边仰坡开挖, 从上而下分台阶、分层分段开挖, 同时也分层分段支护。

4. 中空锚管注浆: 洞口边、仰坡临时防护采用长 4m 的 $\Phi 25$ 中空注浆锚杆, 纵横向间距均为 1m, 挂 $\Phi 8$ 间距为 20*20cm 的钢筋网片, 喷射 10cm 厚的 C25 砼防护。

5. 由小桩号向大桩号施工, 埋设 ZK29+580+Zk29+582 位置套拱内型钢拱架和导向管、打设锁脚锚杆、套拱浇筑、打设大管棚、完成管棚注浆→埋设 ZK29+584+Zk29+590 位置套拱内型钢拱架、打设锁脚锚杆、套拱浇筑→埋设 ZK29+590+Zk29+592 位置套拱内型钢拱架和导向管、套拱浇筑、打设大管棚、最后完成管棚注浆^[6]。

6. 施作 ZK29+595+Zk29+582 段 C35 混凝土偏压墙 (如图 1), 绑扎钢筋进行立模分段浇筑。拱部边墙混凝土浇筑分三次进行。首先进行基础浇筑, 再浇筑至大跨线位置, 最后至顶面。偏压墙浇筑完成后外侧紧跟反压回填, 反压回填采用 C15 素混凝土顺地形回填, 增强偏压墙抗滑移和抗倾覆的能力。

7. 暗洞正常掘进施工。

3.2.2 方案再优化

提高结构刚度及防排水措施如下:

1. 在半明半暗段径向 $\Phi 25$ 中空注浆锚杆更换 $\Phi 42 \times 4$ 径向钢管并注浆。

2. 在半明半暗段为三台阶预留核心土施工, 上台初期支护处增设 $\Phi 42 \times 4$ 锁腰锚杆, 长 3.5m, 每榀拱架 2 根。

3. 浅埋段用三色布遮雨: 为减少下雨天气造成的影响, 在隧道洞口上方设置三色布进行挡雨, 引流至排水沟。

3.3 围岩位移分析

3.3.1 超前地质

隧道开挖前, 先对百宝隧道左线出口端洞口掌子

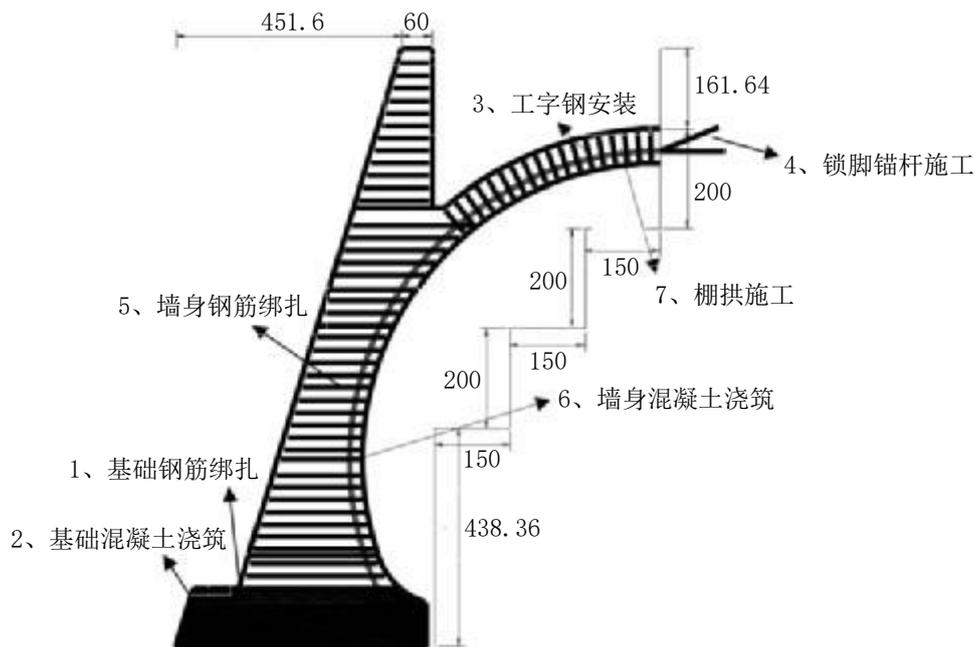


图 1 偏压墙施工工序示意图 (单位: cm)

面 ZK29+590 围岩采用地质雷达法进行检测, 检测结果揭露掌子面围岩主要以强风化泥质粉砂岩、砂岩为主, 呈红褐灰褐色, 为碎裂状, 岩体破碎且结构较松散, 节理裂隙发育, 裂隙中充填多为粉质粘土, 结合差, 掌子面干燥, 围岩自稳能力差。

3.3.2 监控量测

隧道拱顶下沉和地表下沉采用高精度徕卡全站仪(TA09Plus1" R1000), 通过在隧道拱顶和地表安装测量小棱镜或反射片, 利用洞外控制点作为测量后视, 通过计算前视点和后视点两次测量高差来计算出沉降值。

监控量测的要点主要在于监控地表的竖向沉降及监测粉质砂岩段平衡沉降速率以及在外界条件下的沉

降速率以及水平滑动速率, 利于得到施工措施对地表沉降、位移的影响。

3.4 工程应用效果

依据《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660-2020) 规定, 由监测数据分析可见(如表1、2), 本阶段隧道出口洞口段累计位移量及变形速率均在隧道周边允许位移值及位移速率标准控制范围内, 地表沉降速率降低, 逐渐趋于稳定; 本阶段隧道实际地质条件与设计所考虑的地质条件基本相符, 洞内外观察未发现异常, 施工较为顺利, 且各测点变形正常, 可进行后续工序的作业。

通过上述监控措施和数据的实践证明: 以上施工

表1 周边位移、拱顶下沉观测成果表

检测项目	位置	里程桩号	围岩级别	监测时间(d)	距开挖面距离	检测结果			本月变形状态	
						参数	测点	累计位移(mm)		
周边位移、拱顶下沉	左洞出口	ZK29+590	V	58	49	拱顶中测点		17.30	0.05	正常
						拱顶下沉	拱顶左测点	18.7	0.03	
							拱顶右测点	16.9	0.07	
						周边位移	上台阶	21.70	0.08	
							下台阶	15.00	0.07	

表2 地表下沉沉降观测成果表

检测项目	位置	里程桩号	埋深	监测时间(d)	距开挖面距离	检测结果			本月变形状态
						测点数	累计最大位移(mm)	期末最大速率(mm/d)	
地表下沉	左洞出口	ZK29+588	< 2.5B	61	< 5B	7	51.10	0.10	变形正常
	右洞出口	ZK29+618	< 2.5B	37	< 5B	7	20.50	0.60	变形正常

工艺和方案对于地表、拱顶沉降和周边位移控制有帮助性, 监控措施的完善有效地反映了施工过程中地表岩土及支护结构的变形在合理范围内, 变化速率变小, 验证了支护方式的可行性, 保证了粉质砂岩地质半明半暗偏压隧道进洞的安全性。

4 结语

百宝隧道防城港端(出口)浅埋段的施工根据现场施工情况通过分析偏压及粉质砂岩的处治采取施工方法, 采用地表注浆对洞顶覆盖层进行地表加固、采用偏压墙及偏压墙外侧反压回填紧跟、提高半明半暗处围岩稳定性等方法, 通过观察地表位移、拱顶下沉和周边收敛的数据监测情况, 反映出项目采用的关键技术是合理的。

参考文献:

- [1] 辛讲合, 别素平. 大跨度浅埋偏压隧道进洞技术探讨[J]. 珠江水运, 2019(15):72-73.
- [2] 韩志林. 强风化砂岩隧道围岩大变形及其控制技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2019.
- [3] 汪兰芳, 汪贻谋. 谈半明半暗隧道进洞施工技术[J]. 山西建筑, 2014, 40(16):193-194.
- [4] 仇明, 张胜, 夏鑫, 等. 浅埋偏压隧道进洞方案优化与边坡稳定性分析[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2019, 28(04):1-5.
- [5] 杨小龙. 浅埋偏压隧道进洞施工技术关键技术分析研究[J]. 现代城市轨道交通, 2014(02):28-29, 32.
- [6] 姬建晓, 史玉亭. 山岭隧道半明半暗进洞施工技术研究[J]. 江苏建筑, 2022(S1):65-67, 73.