

哈密抽水蓄能电站地下洞室不良地质段大管棚 施工技术研究

王建帮

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:为确保隧洞内断层破碎带的施工安全和掌子面岩体稳定,研究并提出了一种管棚支护参数的设计方法。大管棚作为隧洞不良地质段施工中一种重要的加固措施被广泛应用于各类工程中,但管棚的施工参数以及支护效果研究仍远远落后于实际工程需求,很多设计参数缺乏工程施工验证。哈密抽水蓄能电站工程建设中出现的通风兼安全洞及进厂交通洞,前期发生数次掌子面坍塌事故的实例,其超前支护仅采用小导管,表明了仅靠小导管支护效果不佳的事实。阐述了有针对性地进行管棚支护设计,采用“管棚+钢筋束+钢支撑+纳米仿钢纤维混凝土封闭”的支护形式取得了较好的加固效果,所取得的研究成果可为断层破碎带隧洞管棚支护参数设计参考。

关键词:地下洞室;不良地质段;大管棚;哈密抽水蓄能电站

中图分类号:TV7;TV52;TV554;TV554+,13

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)04-0037-04

Research on the Construction Technology of Large Pipe Shed in the Poor Geological Sections of the Underground Cavern in Hami Pumped Storage Project

WANG Jianbang

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: In order to ensure the safe construction of the tunnel in the fault fracture zone and the stability of the rock mass of the tunnel face, a design method for the supporting parameters of the pipe shed was proposed. As an important reinforcement measure in the construction of poor geological sections of tunnels, large pipe sheds are widely used in various engineering practices, but the research on the construction parameters and support effects of pipe sheds is still far behind the actual engineering requirements, and many design parameters lack engineering construction verification. Combined with the example of the Hami pumped storage project, only small conduits were used for the early advance support in the construction of the ventilation and safety tunnel and the access tunnel, and the tunnel face collapsed several times. Based on the tunnel collapse, the support using only small conduits was verified to be weak. The paper expounds the design of the pipe shed support, and adopts the support form of "pipe shed + steel bundle + steel support + nano imitation steel fiber reinforced concrete closed" to achieve a good reinforcement effect. The research results can provide a reference for the design of the supporting parameters of tunnel pipe sheds in fault fracture zones.

Keywords: Underground caverns; Poor geological sections; Large pipe shed; Hami Pumped Storage Project

1 概述

近年来,我国抽水蓄能电站的建设越来越多,对提高电力系统调峰的能力越来越重要。抽水蓄能电站主要由上、下两库及地下洞室群组成,而加快地下洞室群施工的进度对抽水蓄能电站的整体建设具有极其重要的意义。与此同时亦会带来一系列问题,如地下洞室群遇到破碎围岩洞段、近距

离下穿建筑物、浅埋洞段或地质条件复杂的洞段,势必会对施工进度造成影响^[1],尤其是遭遇大断裂带地质条件时。因此,合理地选择施工措施就显得尤为重要。但隧洞开挖属于地下作业,具有其特殊性,特别是大断面隧洞开挖遇到破碎围岩段、浅埋洞段或地质条件复杂洞段时必须制定切实可行的施工技术措施。

哈密抽水蓄能电站位于新疆维吾尔自治区哈

密市伊州区天山乡境内,距哈密市约 66 km。电站装机容量为 1 200 MW,安装 4 台、单机容量为 300 MW 的可逆式水泵水轮发电机组。电站为 I 等大(一)型工程,建成后将承担新疆电网的调峰、填谷、储能、调频、调相及紧急事故备用等任务。枢纽工程主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房和地面开关站等建筑物组成。

前期工程地质勘探结果表明:库莱断裂带穿越进厂交通洞、通风兼安全洞、尾水洞、出线洞及自流排水洞等 9 条地下洞室,其影响范围内的洞段围岩稳定性差。对于整个工程来说:穿越库莱断裂带是一项非常具有挑战性的施工任务。采用大管棚施工技术施工通风兼安全洞及进厂交通洞,已顺利穿越了库莱断裂带。

2 库莱断裂带具有的工程地质特性

位于工程所在地的天山山脉库莱断裂带为前第四纪活动的区域断裂,断裂带走向为 NE,倾向 SE,倾角约为 65°~85°。根据对平面展布特征进

行分析得知:其与多条枢纽工程布置的隧洞洞线相交,断层整体倾向洞内,走向与洞线多呈大角度相交,在进厂交通洞及通风兼安全洞处库莱断裂带的影响范围超过 140 m。带内充填挤压碎块岩、挤压片状岩、断层泥,挤压紧密,多呈碎裂、散体结构,完整性差,围岩自稳能力极差,库莱断裂带洞段的围岩属于 V 类。

3 工程前期采取的超前支护措施

针对位于库莱断裂带核心区的进厂交通洞及通风兼安全洞洞段采用“小导管注浆预加固+Φ6 钢筋网+I18 型钢拱架+喷 C25 混凝土”支护的方式。进厂交通洞桩号 0+568 及通风兼安全洞桩号 0+628 受断裂构造带影响均出现了不同程度的塌方。两次塌方证明现有的支护形式已无法安全穿越范围超过 140 m 的库莱断裂带,必须对断裂带支护措施重新进行研究以确保施工及永久结构的安全。前期进厂交通洞和通风兼安全洞掌子面塌方及小导管处理效果见图 1。



图 1 前期进厂交通洞和通风兼安全洞掌子面塌方及小导管处理效果示意图

4 管棚支护参数的设计及施工

通过分析隧洞岩体发生剪切或压缩破坏以及管棚弯曲破坏的条件,结合数字化多要素隧洞超前地质(TCT)技术对洞室围岩的相对应力、含水可能性、泊松比、杨氏模量和危险等级等参数进行判别,制定出管棚的支护参数,包括掌子面滑动区管棚段长以及环向间距、开挖进尺管棚段长和掌子面稳定区管棚段长。笔者以哈密抽水蓄能电站通风兼安全洞及进厂交通洞穿越库莱断裂带施工为例介绍了管棚施工采用的技术参数。

4.1 洞室扩挖段的设计与施工

结合管棚造孔履带钻机钻臂长度为 3.5 m,钻臂推进装置高度为 1.0 m 的实际情况,并考虑

钻机更换钻杆、放置管棚等所需施工空间因素,在不侵占洞室二衬混凝土断面的前提下,为保证施工安全,满足设备施工空间的要求,最终确定扩挖段的总长度为 6 m^[2]。洞室扩挖段的设计情况见图 2。

4.2 管棚的定位定向设计与施工

采用“I18 型钢拱架+锁拱锚杆固定+挂设钢筋网片+连接筋加密+Φ159 导向管+纳米仿钢纤维喷射混凝土”,可以快速地完成洞内定位定向墙的施工。管棚定位定向墙的设计情况见图 3。

笔者参照溧阳抽水蓄能电站尾水主洞及白鹤滩水电站右岸尾调室纳米仿钢纤维喷射混凝土的成功经验,将管棚施工段定位定向墙及管

棚支护段的喷射混凝土最终确定为采用纳米仿钢纤维混凝土,其施工配合比是在已有 C25 喷射混凝土配合比的基础上进行优化,纳米材料按水泥用量的 10%、仿钢纤维按 5 kg/m^3 的用量进行配置。C25 纳米仿钢纤维喷射混凝土配合比的数据见表 1。

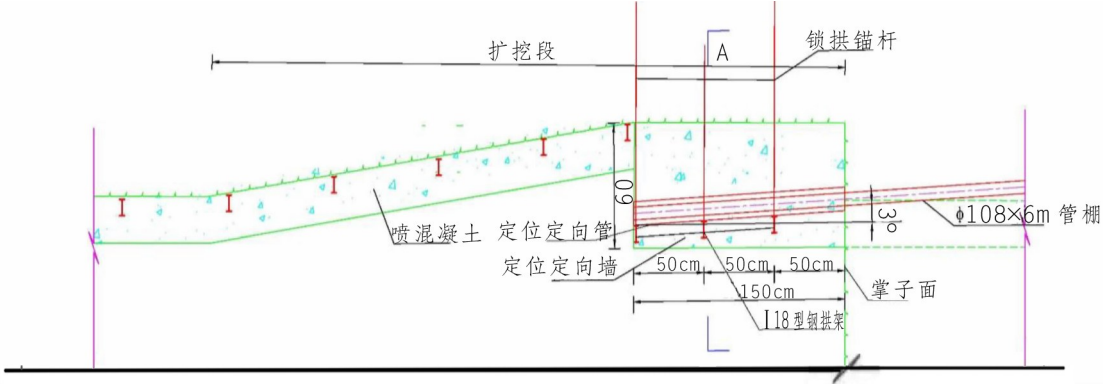


图 2 洞室扩挖段设计图

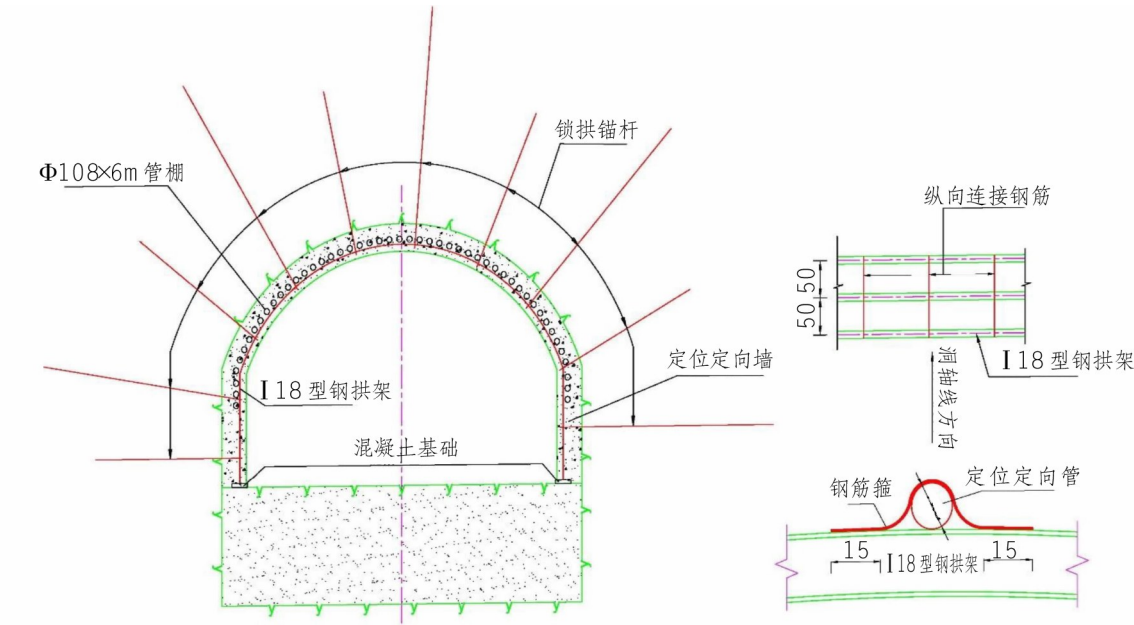


图 3 管棚定位定向墙设计图

表 1 C25 纳米仿钢纤维喷射混凝土配合比数据表

水泥 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	用水量 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	砂 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	石(中:小=1:1) /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	纳米 /%	减水剂 /%	速凝剂 /%	仿钢纤维 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
475	185	1 013	657	10	1.2	7	5

4.3 管棚的设计

管棚采用 $\Phi 108 \times 6\text{ mm}$ 热轧无缝钢管加工的花管, $L=24\text{ m}$,环向间距为 30 cm ,自起拱线以上环向间距为 30 cm ,与洞轴线的夹角为 3° ,排距 17 m ,排与排搭接的长度不小于 5 m ;管棚内须设置 3 根 $\Phi 22$ 的钢筋束作为加强筋以提高管棚的强度。管棚由“标准节+丝扣连接箍+管靴”组成。管棚的加工情况见图 4。管棚采用水

泥净浆灌注,注浆压力为 0.5 MPa ,浆液配比按 $0.5:1$ 配制。

4.4 注意事项

- (1)鉴于定位定向墙型钢支撑的每榀尺寸不同,故需根据管棚仰角及钢支撑间距进行定制^[3];
- (2)洞身扩挖不宜过大,否则会导致洞室顶部及两侧预留空间过大,进而增加了后续喷混凝土回填的工程量及施工时间;但也不宜过小,过小会

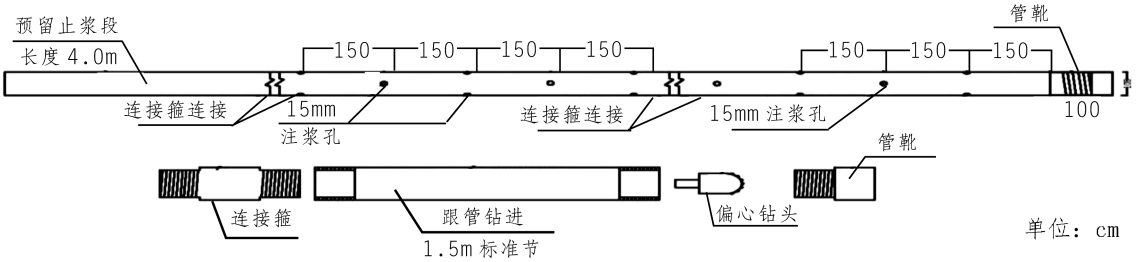


图4 管棚加工示意图

导致洞室顶部预留的空间不能满足钻机操作的需求；

(3)定位定向墙喷射混凝土回填时,需要对导向管管口部位进行堵塞,以防止混凝土进入定向管进而影响到后续钻孔的施工；

(4)定向管的管径选择也会影响到管棚角度的施工质量^[4]。选用大管径定向管可以使后续跟管安装更加方便;但因其管棚与导向管间的自由空间大,若对管棚钻孔的角度控制不好容易造成串孔。经现场试验后最终选用Φ159 导向管的效果最好；

(5)管棚直径为 108 mm 时,钻头宜采用直径 130 mm 的钻头;由于洞身岩石较差,若钻头太小、成孔后孔内石渣掉落会导致后续管棚安装的难度增大；

(6)管棚安装时,第一节管棚的奇数孔和偶数孔采用的标准节长度不同:奇数孔的第一节采用管长 1.5 m 的标准节,偶数孔的第一节则采用管长 1 m 的标准节；

(7)钢筋束制作时应埋设排气管。后续管棚灌浆时采用的是孔外循环,则排气管可以取消；

(8)若在灌浆过程中发现相邻管棚间出现串浆现象,应立即对出现串浆的管棚同时进行灌浆,以防止浆液冷却造成该孔灌浆不饱满。

5 结 语

结合洞室围岩超前地质预报对导向墙及管棚参数进行设计,利用钢支撑做导向墙骨架,采用锚杆固定骨架,选择Φ159 的无缝钢管做导向管,对

导向墙使用纳米仿钢纤维喷射混凝土以达到黏结力较好、回弹量减少、提高岩体早期强度的目的;利用超前地质洞室岩体条件评价结果选择大管棚施工工艺以及钻孔定向、大孔窜入小管的施工方式。以上措施的实施形成了大断裂带地质条件下隧洞开挖连续大管棚施工成套技术。该技术成功地解决了常规施工方法存在的常态混凝土导向墙待强时间长、管棚钻孔角度控制不好、管棚安装难度增大等问题,提高了洞室大管棚施工时效,且有助于洞室超前支护喷混凝土提前起作用、提升洞室开挖的整体施工安全^[5],所取得的经验可为其他地下洞室工程遇到破碎围岩洞段、近距离下穿建筑物、浅埋洞段或地质条件复杂洞段等采用大管棚超前支护施工时参考。

参考文献：

[1] 陈培,马旭强,龙杰,等. 断层破碎带隧洞管棚支护参数设计方法[J]. 长江科学院院报,2022,39(12):62-67.
[2] 高鑫,王文娟,李清菲,等. 考虑开挖进尺优化的管棚支护设计参数选择[J]. 人民长江,2022,53(7):154-160.
[3] 宋战平,裴佳锋,潘红伟,等. 浅埋偏压隧道洞口段超前大管棚支护效果分析[J]. 现代隧道技术,2022,59(6):86-96.
[4] 张伟,许锦锦,冯阵图,等. 管棚挠度及内力在超浅埋暗挖工程中的计算研究[J]. 河南科技大学学报(自然科学版),2022,43(5):57-64.
[5] 施英,罗春. 隧道管棚超前支护作用机理及其影响因素研究[J]. 人民长江,2022,53(11):130-135.

作者简介：

王建帮(1986-),男,甘肃天水人,项目总工程师,副高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(编辑:李燕辉)