

不良地质条件下特大断面水工隧洞口开挖 支护施工措施探索

刘 猛

(中国安能建设集团有限公司, 北京 100055)

摘 要:在水电站施工过程中,水工隧洞口的开挖支护通常为施工管控的重点和难点。当遇到特大断面水工隧洞口设置于不良地质带时,其开挖支护施工的安全、质量、进度管控将具有更大的不确定性和隐患。以大渡河流域某水电站导流隧洞口开挖支护施工过程中采取的措施为例,阐述了对不良地质条件下特大断面水工隧洞口开挖支护施工措施进行的探索,以期对相似工程不良地质条件下特大断面水工隧洞口的开挖支护施工借鉴。

关键词:不良地质条件;特大断面;水工隧洞;开挖支护;施工措施

中图分类号:TV7;TV52;TV51

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2024)增 2-0071-03

Exploration on the Construction Measures for Excavation and Support of Super Large Section Hydraulic Tunnel Portal under Adverse Geological Conditions

LIU Meng

(China Anneng Construction Group Co., Ltd., Beijing 100055)

Abstract: In the construction process of hydropower projects, excavation and support of hydraulic tunnel openings are usually the focus and difficulty of construction control. When encountering situations where the super large section hydraulic tunnel openings are set in unfavorable geological zones, there will be greater uncertainty and hidden dangers in the safety, quality, and progress control of excavation and support construction. Based on the the measures taken during the excavation and support construction process of a diversion tunnel portal of a hydropower project in the Dadu River Basin, this paper expounds exploration on the construction measures for excavation and support of super large section hydraulic tunnel portal under adverse geological condition in order to provide reference for similar projects under unfavorable geological conditions.

Key words: Adverse geological conditions; Super-large section; Hydraulic tunnel; Excavation support; Construction measures

1 概 述

大渡河流域某水电站导流洞进洞口位于该电站 2 号倾倒变形体范围内,其基岩岩性为三叠系上统杂谷脑组(T_3z^2)灰~深灰色的薄~中厚层变质砂岩夹板岩及千枚岩,砂岩中夹板岩薄层或透镜体,倾倒水平深度为 100~160 m,倾倒体除后缘边界较明确外,其余边坡均为渐变式、无明确界线,变形体岩体破碎,呈碎裂块状~层状结构,岩石风化与卸荷强烈,裂隙密集发育且大多张开,岩体倾倒变形、完整性差,岩层轴线方向为 SW245°,岩层产状为 NW320°~330°SW $\angle$ 60°~89°。岩体中的断裂主要为层面裂隙和顺层断层,

发育少量缓倾角断裂,其与陡倾层面裂隙组合易形成不稳定块体,易引起局部掉块与塌方^[1]。

该导流洞进口段 0+00~导 0+40 段的开挖断面均为城门洞形,导 0+00~导 0+20 段设计的开挖断面为渐变段,导 0+20~导 0+40 段的开挖断面均与导 0+20 桩号断面相同。设计开挖断面的宽度均为 16.90 m,高度由 20.24 m 自导 0+00 桩号向导 0+20 桩号渐变为 18.70 m,顶拱弧度由 42.984°自导 0+00 桩号向导 0+20 桩号渐变为 111.703°,顶拱高度由 1.60 m 自导 0+00 桩号向导 0+20 桩号渐变为 4.48 m,边墙高度由 18.64 m 自导 0+00 桩号向导 0+20 桩号渐变为 14.22 m。根据《水工建筑物地下工程开挖

收稿日期:2024-01-15

施工技术规范》DL/T 5099—2011^[2], 洞室跨度大于 15 m 的属于特大断面, 而该工程导流洞隧洞口的断面尺寸符合该标准。导流洞隧洞口段的平

面布置情况见图 1,导流洞隧洞口的设计开挖断面情况见图 2。

2 施工顺序

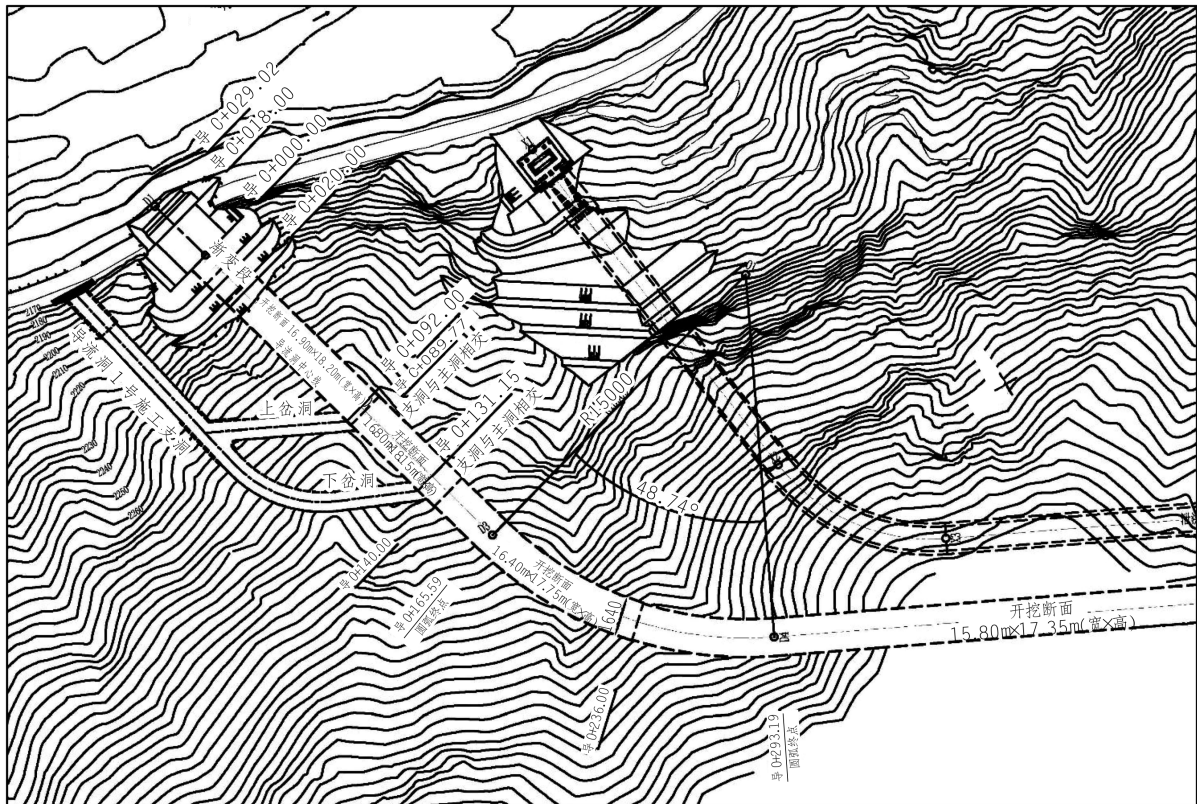


图 1 导流洞隧洞口段平面布置图

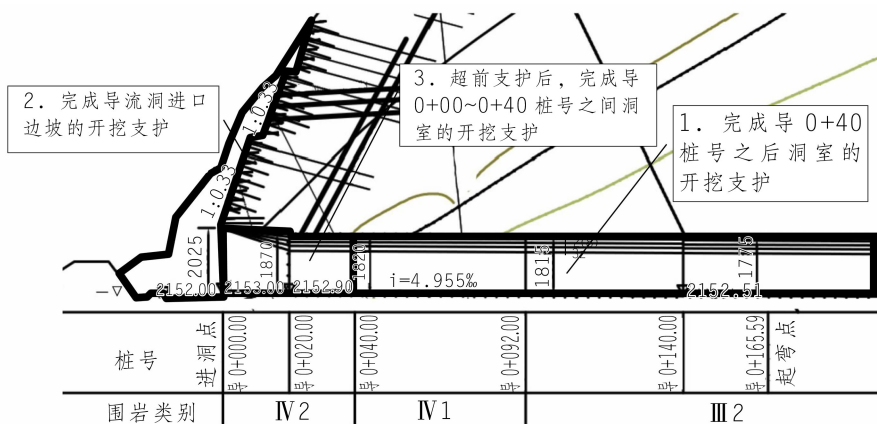


图 2 导流洞隧洞口设计开挖断面图

结合该工程导流洞隧洞口布设位置的地质条件及其断面尺寸可以推断出:鉴于该隧洞口部位地质条件差、开挖导致的卸荷将造成围岩稳定性显著下降,若按照常规洞室开挖顺序采取先开洞口的施工方式可能会导致隧洞进口边坡整体变形^[3],进而增加施工的安全风险和不确定性。

为确保该隧洞口的施工安全可控,项目部结合导流洞及进口边坡的布置与施工的实际情况,最终确定的导流洞隧洞口部位的施工顺序为:首先通过导流洞施工支洞完成导 0+40 桩号之后洞室内部的开挖及支护施工,随后进行导流洞进口边坡的开挖及支护施工,将导流洞进口导 0+00

~导 0+40 段的施工顺序安排在最后,并在洞挖前增加超前支护及必要的施工措施以确保施工安全。导流洞隧洞口段的施工总体顺序安排见图 3。

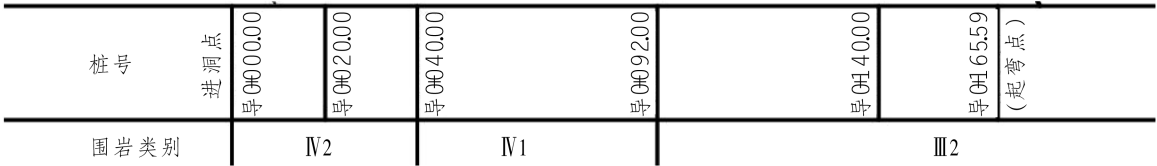


图 3 导流洞隧洞口段施工总体顺序安排图

3 所采取的施工措施

为确保施工安全可控,除采用常规洞室开挖支护措施以外,项目部按照总体施工顺序在组织进行导流洞隧洞口导 0+00~导 0+40 桩号段施工的基础上,主要采取管棚超前支护、分层开挖预留核心土、控制爆破等施工措施以增强施工过程中的岩体可靠性。

3.1 管棚超前支护

对导流洞隧洞口拱顶增加了 1 排 Φ108 管棚,长度为 20 m,间排距为 0.4 m,距洞口开挖轮廓线的距离为 0.2 m,仰角 2°,注浆压力为 0.2~0.3 MPa,浆液配比按 0.5:1 配制。

(1)测量放样。使用全站仪测放出孔位并用红油漆作标记以方便施工。

(2)钻机就位、钻孔。钻孔采用 351 钻机和 YXZ-50A 锚固钻机施钻。钻机就位后,严格控制钻孔孔向,孔向要求为仰角 2°,其通过现场测量确定。现场设置 Φ120 导向钢管以起到导向作用。开始钻孔时缓慢钻进并确保钻孔角度满足设计要求。钻进过程中还需对孔向进行测量,误差过大时及时纠正。

(3)套管跟进。管棚总长度为 20 m,采用长 1.5 m 的钢套管拼接而成,节与节间通过丝牙连接。打进一根钻杆后退出钻杆,接上钢套管,钻头正转将钢套管带进;反复实施以上操作直至钢套管的长度达到 20 m。

(4)注浆。管棚注浆压力为 0.2~0.3 MPa,浆液配比按 0.5:1 配制。采用 3SNS 泵灌注纯水泥浆并使用三参数记录仪进行记录。

待管棚注浆强度达到设计允许值后,施工人员方能进入隧洞口段进行钻爆开挖施工。

3.2 分层开挖预留核心土

考虑到导流洞隧洞口段围岩的地质条件,为尽可能地避免开挖出现的大量卸荷造成洞室不稳

定的情况,现场采用分层开挖并预留核心土的施工工法进行开挖施工组织。分层开挖预留核心土施工工法的重要控制参数为:导流洞隧洞口段首层开挖分层高度为 5.5 m,同时预留 11 m 宽,3.5 m 高的核心土以减少开挖过程中的卸荷。开挖过程中同步跟进喷混凝土、钢支撑等初期支护以确保岩体稳定。

3.3 控制爆破

爆破参数的确定和开挖效果对洞室围岩的稳定会造成直接的影响。根据《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》DL/T 5389—2007^[4]中明确的爆破起爆药量的相关规定,对导流洞进洞口实施的爆破参数控制如下:隧洞口段上层:光爆(循环进尺为 1.0 m)+预留核心土;隧洞口段中层:光爆+拉槽逐孔起爆(单孔单响);隧洞口段下层:光爆+拉槽逐孔起爆。隧洞口段中、下层拉槽开挖爆破参数为:单孔单响,孔装药量为 8~14 kg,孔间延时 100 ms,单耗为 0.36~0.42 kg/m³;光爆孔线装药密度为 0.18~0.22 kg/m^[5]。

4 实施效果与结语

通过采取合理的施工顺序、施工超前管棚支护、分层开挖预留核心土及控制爆破参数等有效措施,虽然该工程导流洞隧洞口处于不利的地质条件段中,同时其断面属于特大断面,但在施工过程中,无论是边坡还是隧洞均处于稳定状态,未发生因开挖支护施工导致的变形、垮塌、掉块现象,未发生任何安全事故,确保了施工过程中的安全可控。

笔者以大渡河流域某水电站导流隧洞口开挖支护施工过程中采取的有效措施为例,对不良地质条件下特大断面水工隧洞口开挖支护施工措施进行了探讨,阐述了通过采取合理的施工顺序、施

(下转第 99 页)

式,将钢管置于模板外侧,螺栓与拉筋焊接外伸至钢管,用“3”形扣和螺母将螺栓固定于钢管,再配以斜撑的方式进行固定、定位及校核模板。

3.13 镇墩混凝土的浇筑

按照图纸要求将所需要的分布筋和箍筋安装完毕,采用分二层浇筑混凝土的方式施工。所有镇墩混凝土必须采用商品混凝土,其浇筑采用混凝土泵车运送,插入式振捣器振捣。开始混凝土浇筑时其高度不宜太高,以避免振捣时出现气泡和空鼓现象。另外,对镇墩整体来讲,一定要对称均匀浇筑,以防止模板变形或产生不均匀下沉。为确保水平施工缝处的抗渗性,对其表面进行处理时应严格按照有关施工技术规范进行。

3.14 沟槽回填

(1)镇墩施工完成后需要对留存的沟槽进行回填。采用原状土分层回填的方式,其压实度按地面或路面要求控制。该段回填需采用机械从管道轴线两侧同时夯实,夯实时,管道两侧需同时进行,不能使管道移位或损伤。回填压实应逐层进行,每层回填的高度应不大于 200 mm,并以 200 mm 进行控制。夯实采用蛙式打夯机,夯实过程中应确保夯夯相连^[5]。

(2)管沟回填原状土时,应将沟槽一侧符合设计要求的原状土采用 PC270 液压反铲逐层铺料,层厚 20~30 cm,采用人工摊铺、整平,再使用 12 t 振动碾压实。

(3)原状土中不得含有草皮、生活垃圾、树根、有机物,不得含有冻土及尺寸大于 50 mm 的砖、石等硬块,不得使用淤泥土回填。回填土为粉

质黏土、粉土时,其含水量应为最优含水量,粉质黏土为 12%~15%,粉土为 16%~22%。

4 结 语

在球墨铸铁管道施工过程中,对同槽并排大直径球墨铸铁管平面弯头的安装精度要求极高。倒链收缩施工技术在渝西水资源配置工程中的成功应用解决了常规球墨铸铁管弯头施工方法存在的安装精度控制难度大、安装密封性差、施工效率低、施工安全及质量隐患突出等诸多问题,加快了施工进度,降低了施工成本及安全隐患,提高了球墨铸铁管弯头的安装质量,保障了工程安全、进度、质量等各方面要求。该项技术在水利水电工程中的成功应用,为类似工程提供了有利的参考经验,具有显著的社会效益。

参考文献:

[1] 胡伟伟,程建刚.浅析球墨铸铁管道在供水工程中的应用[J].科技风,2017,30(12):220.
[2] 张新光.球墨铸铁管安装工艺流程与安装要点[J].净水技术,2020,39(增刊1):218-221.
[3] 蒋旭.铜仁大兴球墨铸铁管安装施工探究[J].陕西水利,2019,88(2):181-182.
[4] 刘哲.水利工程球墨铸铁管安装的质量控制[J].河北水利,2022,33(12):37-38.
[5] 顾海通,董会峰,李斌.浅析大口径球墨铸铁管沟槽的开挖与回填[J].科技风,2018,31(24):116-117.

作者简介:

郑文全(1983-),男,四川成都人,副高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工
文 雯(1998-),女,重庆石柱人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)

(上接第 73 页)

作超前支护、预留核心土及控制爆破等措施及其实施后取得的效果,为不良地质条件下特大断面水工隧洞开挖支护安全施工提供了一些施工思路,以期为相似工程施工时借鉴。

参考文献:

[1] 李贵平.大渡河流域某水电站倾倒变形体边坡治理措施探索[J].水利水电技术(中英文),2023,54(增刊2):387-392.
[2] 水工建筑物地下工程开挖施工技术规范:DL/T 5099-2011

[S].

[3] 王海军,冯立,李光伟.倾倒变形体边坡变形监测与预警实例分析[J].水电站设计,2018,34(4):65-68.
[4] 水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范:DL/T 5389-2007[S].
[5] 唐浩杰.金川水电站导流洞进口爆破振动控制和监测[J].人民黄河,2023,45(增刊1):156-157.

作者简介:

刘 猛(1985-),男,河北新乐人,副处长,工程师,工程硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工

(编辑:李燕辉)