

锦屏二级水电站引水隧洞岩溶段处理措施及施工

马文波, 宋 威

(中国人民武装警察部队水电第三支队, 广西南宁 530222)

摘要:锦屏二级水电站3,4号引水隧洞部分洞段岩溶发育,其中,在3号隧洞底板开挖过程中,揭露出一大型溶洞。为保证引水洞运行安全须对岩溶进行处理。在对开挖揭露出的大型岩溶腔特点进行分析的基础上,采取了较新颖的混凝土回填+拱桥的加固处理形式以及井桩梁施工,其中,在隧洞中进行井桩梁施工亦是首次尝试。详细介绍了施工过程和处理方法,其经验可资借鉴。

关键词:引水隧洞;岩溶;软基处理;锦屏水电站

中图法分类号:TV67

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.20.018

1 工程概况

锦屏二级水电站引水隧洞处于高山峡谷岩溶地区,上覆岩体一般埋深1 500~2 000 m,最大埋深约2 525 m,具有埋深大、洞线长、洞径大的特点,地质条件复杂,主要工程地质问题有高地应力、岩爆、岩溶、突涌水、高地温、有害气体、围岩稳定性差及隧洞穿越多条断层破碎带等。其中3,4号引水洞岩溶发育尤为突出,必须对其进行处理。

1.1 3号引水隧洞岩溶发育情况

3号引水隧洞引(3)0+290~0+320段位于引水隧洞西端杂谷脑组大理岩第Ⅱ岩溶分区范围内,该区岩溶集中发育,主要沿层面陡倾裂隙(NE向)发育一系列大中型溶洞及大量溶蚀孔洞等。其中桩号0+298~0+313段在底板扩挖施工中揭露出一大型溶腔,溶腔自北侧边墙延伸至南侧边墙(北高南低),延伸总长度约23 m,沿洞轴线方向长约15.0 m,最大深度超过12 m,沿EW S \angle 35°缓倾裂隙发育,溶洞内壁钙华厚度一般为5~15 cm,洞底部钙华下充填黄色黏土,其厚度大于5 m,局部见厚约1 m的水泥结石。溶洞两侧围岩溶蚀破碎,局部风化夹泥。

1.2 4号引水隧洞岩溶发育情况

4号引水隧洞桩号引(4)0+252~0+330段溶洞群位于西端第Ⅱ岩溶分区,与邻近的桩号引(3)0+

300段岩溶存在地质联系,岩溶形态主要以大型厅堂式溶洞为主,溶洞内有大量的钙华、黄色泥质及碎块石充填,开挖过程中曾出现涌泥现象,隧洞段底板大多为破碎基岩,夹大量次生黄泥等充填物,最厚深度超过隧洞底板约15 m。

2 岩溶处理措施

2.1 3号引水隧洞岩溶处理措施

该处溶洞处理除对顶拱和侧墙大型溶洞空腔进行回填置换外,底板溶洞空腔还采用回填混凝土+拱桥形式加固处理。处理步骤具体如下。

(1)为确保足够的衬砌厚度,对岩溶区引水隧洞主洞进行二次扩挖处理,扩挖前对隧洞腰线以上洞段围岩进行浅层固结灌浆加固,确保扩挖施工安全,灌浆孔深3.0 m,扩挖完成后恢复引水隧洞系统支护。

(2)隧洞洞周溶洞空腔采用C20W6混凝土回填,回填范围距离洞壁不小于12 m。

(3)隧洞底板溶洞空腔采用回填混凝土+拱桥形式处理。拱桥沿隧洞轴线方向布置,跨度12 m,宽度10 m,矢高3 m,拱桥上为隧洞混凝土衬砌,底板溶洞洞经适当开挖和支护形成拱桥基础拱座。拱桥为钢筋混凝土结构,桥身与隧洞衬砌之间空腔部分采用C30W8F50混凝土回填,拱桥以下6~7 m范围溶洞空腔采用C20W6混凝土分层回填。

(4) 根据隧洞洞周岩溶发育情况,对于与邻侧桩号引(4)0+252 岩溶存在地质联系的 3 号隧洞南侧边墙裸岩,采用充填灌浆重点加固,灌浆孔深 20 m,灌浆压力 3.0 MPa。

(5) 隧洞衬砌和衬砌后进行系统固结灌浆,考虑到现场实际施工进度和施工方便等因素,将裸岩灌浆与衬砌后灌浆一并进行,灌浆孔深度 12 m。

2.2 4 号引水隧洞岩溶处理措施

在引(4)0+252 溶洞区沿隧洞轴线方向,除对大型溶洞空腔进行混凝土置换回填外,采用在隧洞上断面拱脚设置连续钢筋混凝土井桩对隧洞底板下基坑进行围护,确保洞室的稳定和施工安全。岩溶处理步骤具体如下。

(1) 因该区岩溶空腔内充填大量的次生黄泥、碎石等堆积物,稳定性差,隧洞成洞困难,溶洞段隧洞开挖采用超前锚杆、超前预注浆、钢拱架等强支护措施确保隧洞开挖成洞和洞室安全。

(2) 溶洞段隧洞上断面进行系统支护和系统裸岩充填灌浆,加固洞周围岩,充填溶洞空腔,对洞周和洞顶以上的溶洞充填物进行固结;隧洞上断面两侧拱脚处布置系统锚筋桩 3Φ32,锚筋桩孔兼作系统固结灌浆孔,对底板两侧拱脚岩体进行预固结灌浆。

(3) 隧洞洞周溶洞空腔采用 C20W6 混凝土回填,回填范围距离洞壁不小于 12 m。因现场裸岩充填灌浆时洞室发生下沉变形,为保证衬砌混凝土厚度,对变形洞段进行了二次扩挖处理,扩挖完成后恢复引水隧洞系统支护。

(4) 对该区溶洞与对应桩号引(3)0+300 段岩溶有紧密联系的 4 号隧洞北侧边墙部分进行有针对性的深孔固结灌浆,灌浆孔深 20 m。

(5) 根据补充地质勘探结果,隧洞上断面施工处理完成后,在桩号引(4)0+265~0+330 段北侧和南侧拱脚分别布置 12 个和 3 个钢筋混凝土井桩,井桩断面尺寸 3.0 m×3.0 m,中心间距 5 m,深入底板完整基岩以下 1.0 m,井桩顶部采用钢筋混凝土连系梁连接。

(6) 隧洞底板在两侧钢筋混凝土井桩的围护下进行落底开挖、底板溶洞堆积物清理、隧洞支护和混凝土回填等后续工序。

(7) 对引水隧洞主洞进行混凝土衬砌和衬砌后固结灌浆,灌浆孔深 6.0 m,灌浆压力 3.0 MPa。

3 井桩梁施工方法

3.1 井桩施工

(1) 钻孔。井桩开挖方式为爆破开挖,采用手风

钻钻孔,炮孔平均间距为 0.5 m,平均炮孔深度为 1 m,斜孔掏槽,钻孔完成后及时用编织袋或废旧纸箱保护,防止碎石进入造成堵孔。布孔形式见图 1。

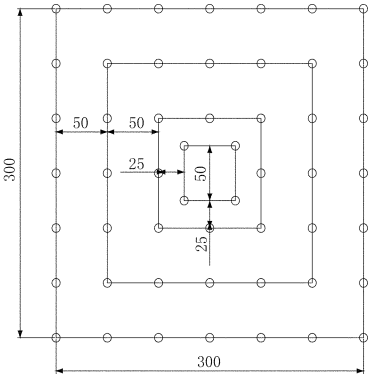


图 1 井桩梁炮孔布置(尺寸单位:cm)

(2) 爆破除渣。雷管选用磁电雷管,炸药选用乳化炸药。为提高爆破质量,周边孔装药采用间隔装药。散烟后,检查爆破情况(是否有哑炮存在),并利用钎杆自上而下逐步清理边墙石渣,而后人工下至井桩底部出渣,井桩挖孔作业方式见图 2。

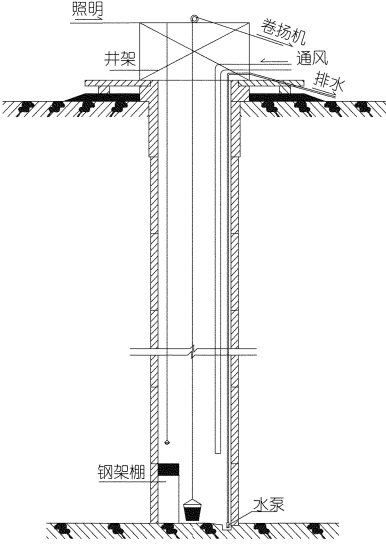


图 2 井桩梁挖孔作业

出渣完成后及时检查桩身断面,主要检查净空尺寸和平面位置、垂直度,保证桩身的质量。

(3) 支护。为保证下一循环的开挖安全,及时对北侧边墙进行系统支护,支护采用普通砂浆锚杆,锚杆为 Φ28,长 2.5 m,间排距 0.8 m,向下倾斜 20°~25°,锚杆外露 10~20 cm,并与护壁衬砌模板拉筋焊接。

(4) 护壁衬砌。护壁采用与井桩同标号的 C25 混凝土浇筑,厚度为 30 cm,高度为 80 cm,预留 20 cm 作为入料口。护壁里设置单层 Φ8 钢筋,纵横间距为 15 cm。为了减少拆模及等强耗费的时间,加快施工进度,护壁模板采用厚度为 10 mm 钢板制成,钢衬模板与锚杆或拉筋焊接牢固,整体浇筑,不拆除钢衬模板。

上一节模板与下一节模板竖向钢筋搭接 20 cm,用扎丝绑扎牢固。模板安装牢固后,检测模板的位置,以保证桩孔的平面位置及垂直度。每挖完一段后,应立即浇筑护壁混凝土,采用人工浇筑,人工振捣。护壁完成后方可进入下一循环的开挖施工。

(5) 井桩浇筑。井桩开挖至稳定基岩后即可进行混凝土浇筑,混凝土标号为 C25,采用串筒溜筒自由坠落方式浇筑。开始浇筑时,井底积水不宜超过 5 cm,浇筑的混凝土必须采用人工分层振捣棒振实。混凝土浇筑连续上升,一次性浇筑完成。若井桩较深不可避免中断浇筑时,应按照技术规范要求设置施工缝,上下层设锚固钢筋。混凝土需浇筑至拱脚底部,确保拱架受力良好。也可在井桩顶部垂直方向预先安装 1 m 长 H20 型钢(或楔进厚度为 10 mm 钢板),型钢上部与拱架焊接牢固,下部与井桩钢筋焊接,然后浇筑混凝土,这样可以确保上部拱架受力良好。浇筑至井桩口时,在井桩两侧预留高 1 m、宽 0.5 m 梁窝不浇筑,后期拆除梁窝模板(木模板),对预留的梁窝人工凿毛处理并与梁一起浇筑,保证井桩与梁连接成一体,共同受力。

3.2 连系梁施工

相邻两根井桩浇筑成桩后,方可在两根井桩中间进行纵向连系梁施工。纵向连系梁尺寸为 3 m × 0.8 m × 1 m(长 × 宽 × 高),梁两侧各留 0.5 m 与井桩浇筑连接成整体。

在隧洞中进行井桩连系梁施工在锦屏隧洞群施工

中是首次尝试。通过改进施工程序,利用间隔开挖、浇筑的作业方法,优化施工组织,缩短工期降低施工成本,整体施工效果良好,确保了溶洞后期处理安全,为隧洞永久结构稳定提供了保障。

4 下层开挖施工方法

(1) 下断面开挖。井桩施工完成后,初步判断 4 号引水隧洞 0 + 252 ~ 0 + 330 洞段下断面溶洞堆积物较深,下半洞开挖采用中间拉槽两侧扩挖的开挖方法,将底板范围内的堆积物开挖清除。在先前井桩开挖时已将中间拉槽开挖 2 m 深的基础上,继续槽挖至设计开挖线,然后再扩挖两侧边墙至设计开挖线,在该洞段施工中应将每循环开挖进尺控制在 2 m 以内,爆破开挖时,控制最大单响药量,尽量减轻爆破振动对上断面围岩稳定性的影响。

(2) 支护。两侧边墙扩挖完成后及时进行系统支护,初喷层厚 10 cm 的 CF30(硅粉)钢纤维混凝土,然后进行系统锚杆施工,锚杆为普通带垫板砂浆锚杆,规格为 Ø32,长度有 6 m 和 9 m 两种,间距 1 m × 1 m,然后复喷厚 25 cm CF30(硅粉)钢纤维混凝土。

5 底板岩溶腔处理

底板岩溶腔的处理施工步骤为:分段清理溶腔充填物至底板设计高程以下 12.0 m → 回填厚 0.5 m 碎石层并夯实 → 分层回填混凝土至 1 611.6 m 高程 → 拱桥

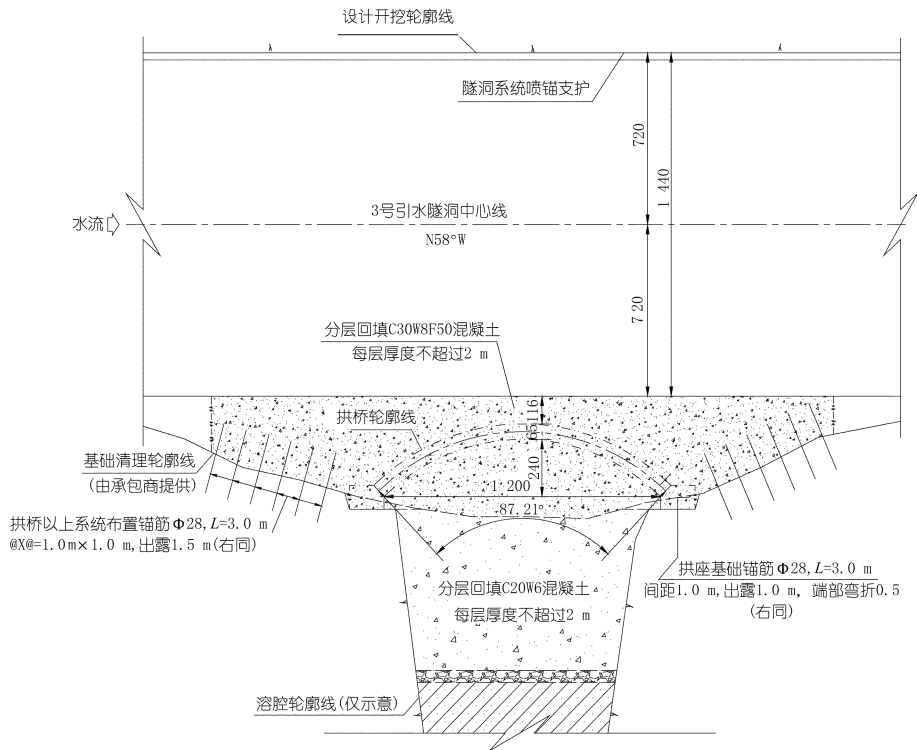


图 3 底板溶腔处理施工措施示意(尺寸单位:cm)

基础清理, Ø28 锚筋施工→拱桥及拱桥基础钢筋绑扎→分层回填混凝土至拱桥顶 1 616.261 m 高程→布置底板 Ø25@20 钢筋网→回填混凝土至底板开挖高程。

3 号洞 0+270~0+355 岩溶洞段底板岩溶腔处理典型断面见图 3。

工过程中,采取的措施繁多,考虑因素全面,本文仅对两处溶洞底板基础处理过程中采取的部分措施进行阐述,希望为类似的工程提供一定的借鉴。

(编辑:赵凤超)

6 结 语

锦屏二级水电站 3,4 号引水隧洞西端溶洞处理施

Treatment measure and construction method for karst section of diversion tunnel of Jinping Hydropower Station

MA Wenbo, SONG Wei

(No. 3 Detachment of Armed Police Hydropower Engineering Troops, Nanning 530222, China)

Abstract: A number of karst caves were developed in partial sections of No. 3 and 4 diversion tunnels of Jinping Hydropower Station, in which, a large-scale karst cave was exposed during the floor excavation of No. 3 diversion tunnel. To ensure the safety of the tunnel operation, on the basis of the analysis of the characteristics of the large karst cave exposed in excavation, the reinforcement measures of fresh concrete backfilling and arch bridge were adopted, and the well-pile-beam was used for the first time in tunnel construction. A detailed introduction to the construction process and treatment measures is given to provide reference for other similar projects.

Key words: diversion tunnel; karst; soft foundation treatment; Jinping Hydropower Station

(上接第 62 页)

4 结 语

2010 年 11 月初新疆昭苏地区气温陡降并开始出现降雪,比往年提前进入冬季,至 2011 年 4 月 15 日本地气候逐渐回暖,白天平均气温回升至 0℃ 以上。本次冬季施工时间从 2010 年 11 月 1 日起计算至 2011 年 4 月 15 日止,合计 166 d。全体员工坚守岗位,保证了露天开挖施工的成功,完成两岸趾板开挖高度 109

m,开挖工程量 15 万 m³。趾板的冬季施工开挖为大坝 2011 年顺利度汛打下了坚实基础。但需要注意的是,高寒地区露天开挖施工,虽可以成功实施,但效率低、成本大,非必要项目可不组织施工。

参考文献:

- [1] 库尔班·依明. 某水库围堰碾压沥青混凝土心墙冬季施工技术[J]. 人民长江, 2014, (S1): 26-28.

(编辑:郑毅)

Attentions and characteristics of winter excavation construction of hydropower projects in alpine area

ZHENG Xinxiao, WU Weimin

(No. 3 Detachment of Armed Police Hydropower Engineering Troops, Nanning 530222, China)

Abstract: Xinjiang region in winter is severely cold, so the effective construction time of hydropower construction is relatively short; however, winter construction is inevitable due to requirement of flood prevention in the next year. The winter excavation construction of a large hydropower station in north Xinjiang region is introduced. Firstly, the local winter weather conditions and excavated rock stratum are illustrated, and the measures for heat preservation of ventilation station, maintenance of construction equipment, staff guarantee and road maintenance etc. are presented in detail. Through elaborate preparation, the excavation of toe slab was finished smoothly, which laid a solid foundation for flood prevention in next year.

Key words: winter construction; toe slab excavation; hydropower project; alpine area