

贵州黔中大坝左岸帷幕充砂溶洞段处理技术

雷顺荣

(贵州省水利投资集团有限公司, 贵州 贵阳 550000)

【摘要】 岩溶地区筑坝建库, 防渗处理是工程技术的重点、难点, 尤其是遇到(充填)溶洞、岩溶管线等复杂地质情况时, 处理结果的好坏将直接影响工程能否正常运行。处理方案的选择受溶洞成因分析、边界条件调查、施工条件等诸多因素影响, 本文介绍了黔中水利枢纽工程大坝左岸帷幕灌浆工程 ZPD4 灌浆平洞大型充砂溶洞处理方案, 并进行了经验总结。

【关键词】 黔中水利枢纽工程; 帷幕灌浆; 充砂溶洞; 处理方案; 经验总结

中图分类号: TV543+.5

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2017)06-0005-05

Curtain sand-filling karst cave segment treatment technology on the left bank of Guizhou Qianzhong Dam

LEI Shunrong

(Guizhou Water Conservancy Investment Group Co., Ltd., Guiyang 550000, China)

Abstract: Anti-seepage treatment is the emphasis and difficulty of engineering technology during dam and reservoir construction in karst regions. The treatment result will directly affect whether the project can be operated normally or not especially in the case of (filling) karst cave, karst pipeline and other complex geological conditions. The selection of treatment plan is affected by cause analysis of karst caves, boundary condition investigation, construction conditions and other factors. In the paper, experience is summarized aiming at ZPD4 grouting foot-rill large-scale sand-filling karst treatment plan in curtain grouting projects on the left bank of Qianzhong Key Water Control Dam.

Keywords: Qianzhong Key Water Control Project ; curtain grouting; sand-filling karst; treatment plan; experience summary

1 工程概况

1.1 枢纽工程概况

黔中水利枢纽工程位于贵州中部苗岭宽缓山脊、两江分水岭河源地带、岩溶峡谷山区, 工程以灌溉、城市供水为主, 兼顾发电等综合利用, 并为改善当地生态环境创造条件, 是 I 等大(1)型水利枢纽工程。水库正常蓄水位 1331.00m, 总库容 10.89 亿 m³; 电站装机容量 136MW。水库大坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶高

程 1335.00m, 最大坝高 157m。

1.2 左岸帷幕布置概况

左岸帷幕平面布置投影总长 2045.61m, 平面上岩溶发育段设计采用梅花形布孔, 孔距 3m, 排距 1m; 岩溶相对不发育段及远坝段帷幕采用单排布置, 孔距 2~3m。立面布置依据下限最低高程 1110.00m 至帷幕上限高程(正常蓄水位高程 1331.00m) 的最大深度 221m, 分成四层灌浆设计, 即 Z I、Z II、Z III、Z IV 层(其中 Z IV 层为第四层即最低层, 起灌高程约 1201.00m)。

各层灌浆布置中,平面上采用错开平行布置,各层中心线间距4m,上层平洞帷幕灌浆下限低于下层平洞底板高程3m,各层帷幕之间从下层平洞内打斜孔进行帷幕搭接灌浆封闭。

2 充砂溶洞概况

2.1 充砂溶洞前期支护处理

ZPD4 为左岸第四层(底层)灌浆平洞,平洞长725m,底板面高程1201.00m。在平洞开挖时,于ZPD4灌浆平洞桩号0+238~0+296段出现砂层,全长58m,开挖揭露围岩均由细砂状充填物组成,部分为流砂,偶夹孤石。溶洞段施工开挖难度较大,进尺慢,开挖后自稳较差,垮塌严重,施工掘进主要采取边开挖、

边支护的方式进行,采用超前管棚、(加强)钢支撑并结合钢板或挂网喷混凝土的支护措施。支护后充砂溶洞段平洞基本成形,具备下阶段施工条件。

2.2 充砂溶洞边界调查

为查明该溶洞形态、规模和溶洞四周砂层的厚度,在灌浆平洞(ZPD4)桩号段0+238~0+296库内、库外侧和顶、底板,按梅花形布置勘探孔(洞内勘探布置见图1),共46孔,总进尺562m,勘探发现溶洞形态极不规则,洞顶高程最高1214.40m,洞底最低高程约1189.00m;溶洞断面高度最大高度约25m,平均高15~20m;最宽24m,平均宽13~15m,溶洞体积约1.68万m³。溶洞被细砂土、孤石充填,未见到洞穴的侵溶蚀形态特征,属大型充填型溶洞。

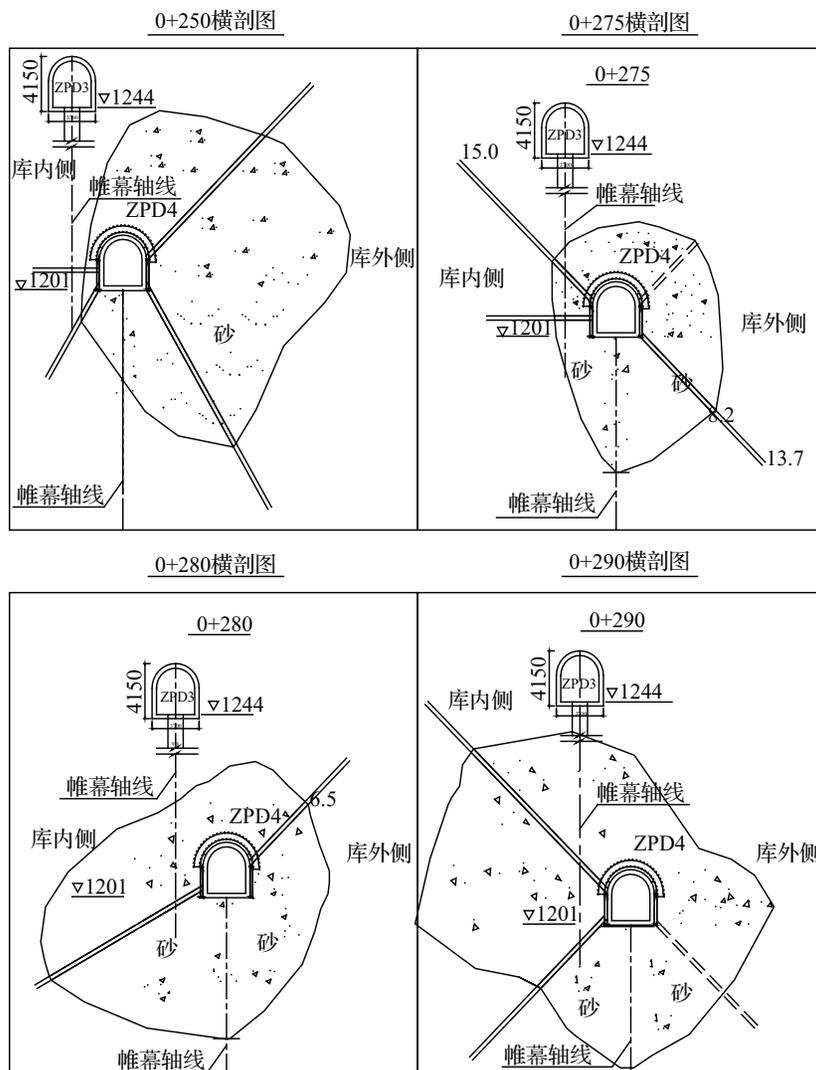
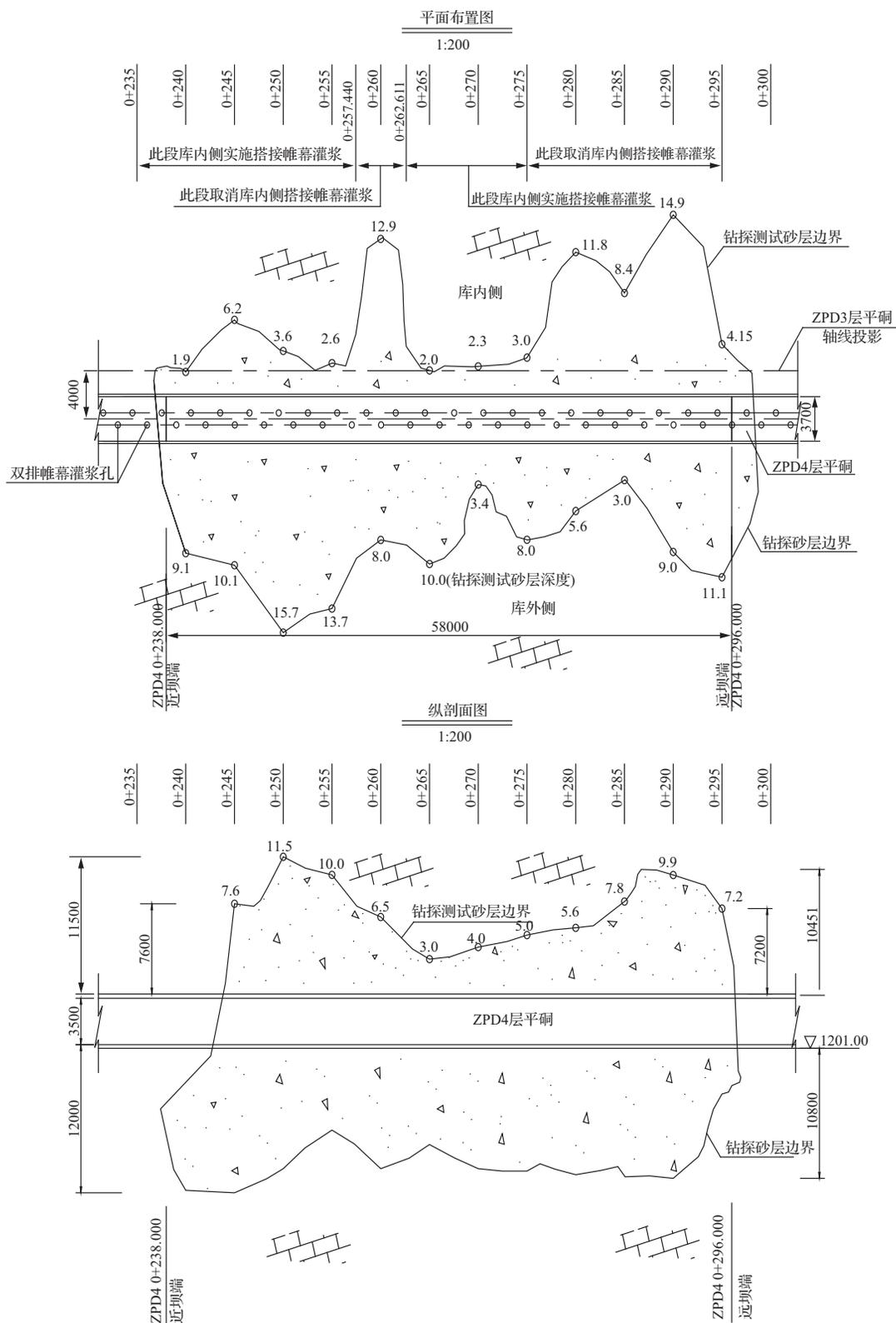


图1 洞内勘探孔布置

根据在溶洞段布置的46个勘探孔揭露的砂层厚度(以穿过砂层段并进行基岩5m结束),设计绘制了砂层段的平剖面图,见图2;该溶洞发育无任何规律,

以平洞为中心,上下左右最深砂层厚度均为10m左右;平洞底板以上溶洞空间体积约为0.63万m³,平洞底板以下溶洞空间体积约为1.05万m³。



3 溶洞段防渗处理方案

3.1 处理方案设计

根据工程实际情况,并结合专家意见,综合拟定了三种处理方案进行分析比较。

a. 方案一:灌浆平洞底板高程以下采用混凝土防渗墙、上部采用高压灌浆。平洞底板以下采用人工挖孔桩的型式,跳桩开挖、分层护壁、隔孔浇筑,将沿帷幕线溶洞段内充填的砂层分次序挖出,并逐步形成连续、封闭的混凝土防渗墙;上部采用高压灌浆方式解决 ZPD3 层底部及其与 ZPD4 层帷幕的连接。

b. 方案二:灌浆平洞下部采用混凝土防渗墙、上部清除砂层回填混凝土。平洞底板以下仍采用与“方案一”相同的防渗墙形式,平洞底板以上则考虑全部挖除充填物,再用混凝土回填,待上部回填施工完成后,在平洞内对底板以下保留的砂层充填物实施高压固结灌浆。

c. 方案三:全部清除砂层回填混凝土。考虑水库蓄水运行期砂层溶洞段平洞及防渗体结构的整体稳定,防渗帷幕的整体有效连接等方面因素,通过从方案实施效果、实施难度、工程投资等多方面进行综合比选,推荐选用方案三。

3.2 充砂溶洞处理施工及方案调整

3.2.1 溶洞处理施工

施工时,将库内灌浆平洞的施工支洞 ZD7 作为砂层处理的上游施工通道,形成上游工作面,由桩号 0+300 向 0+230 端施工;将大坝下游灌浆平洞的施工支洞 ZD5 作为砂层处理的下游施工通道,形成下游工作面,由桩号 0+238 向 0+296 端施工,主要采用小型机械施工,80 挖机开挖,30 装载机装车,5m³ 农用车运渣出洞外。混凝土采用 4m³ 罐车经上游施工支洞运至洞内,泵送入仓,输送泵安放在桩号 0+300 侧。

主要施工内容及初步拟定的施工顺序:先拆除钢支撑,依次挖除上部、下部充填物,再进行下部混凝土回填施工,最后进行灌浆平洞衬砌及上部回填混凝土施工。

3.2.2 施工遇到的主要问题及施工顺序调整

拆除钢支撑后形成临空面,在开挖过程中随着临

空面的变大,正顶部时有掉块和顶板坍塌,施工作业危险性极大,作业人员的安全得不到保障。桩号 0+300 侧拆除钢支撑后开挖加坍塌形成的顶板跨度过大(最大高宽均达 24m),顶部揭露岩体破碎,主要充填黏土夹砂并含孤石,高度固结,且桩号 0+280~0+288 段背水侧边墙因受 NW40° 裂隙切割,形成 70° 倒悬,岩面光滑,在施工过程中出现几次掉块垮塌现象。

为尽可能降低安全风险,结合勘探孔探测的溶洞边界情况,因中间段(0+265~280)较窄(宽约 4~6m),将施工开挖顺序调整为从中部(桩号 0+253~261)向两侧打开工作面,洞壁较稳定,且主要以细砂夹砾石充填,充填物开挖时虽偶有自然坍塌,但风险相对可控,开挖总体顺利。

砂层清除基本接近勘探边界后,形成了桩号 0+300 端倾向北西方向、0+230 端倾向南东方向且两端跨度较大、中部相对较窄的溶洞。其中桩号 0+260 向 0+240 之间为向背水侧扩展的喇叭形溶洞大厅,平洞底板以上高度 12~15m,最大宽度约 20m;桩号 0+280~300 段底板以上为 15~20m 高、中部约 25m 宽的溶洞大厅。空腔顶部多为砂黏土夹泥岩碎屑、砂土互层充填物为砂黏土夹块石与薄层砂土互层,砂层清除后,随着揭露时间增加,顶部开始频繁的掉块及垮塌,对底板以下的施工形成了极大的安全隐患。

3.2.3 溶洞处理方案调整

针对底板下部施工时,空腔顶部随时可能掉块或垮塌产生的安全隐患,结合上部清除充填物后出露的围岩情况,对溶洞处理方案进行调整。处理方案仍分为两部分:一部分是底板▽1199.50m 高程以上部分,另一部分是底板▽1199.50m 高程以下部分。

底板▽1199.50m 高程以上部分采取将砂层充填物基本清除(库内侧必须满足上层帷幕搭接质量及保证施工期安全,清除至少至 ZPD3 层平洞库内侧边线;库外侧开挖至基岩面),采用 C20 混凝土回填密实,顶部采用回填灌浆处理;底板▽1199.50m 高程以下部分采用 C25 采用混凝土防渗墙型式处理,整个下部结构由沿帷幕轴线的防渗墙及传力墙组成,C25 钢筋混凝土防渗墙墙体厚度 3m,平面长度为 64m(ZPD4 0+236~

0+300m段),防渗墙其后(防渗墙库外侧)沿轴线每隔13m设置一道C25钢筋混凝土传力墙,传力墙厚度也为3m,见图3。

浇筑上部回填混凝土时预留防渗墙及传力墙的施工廊道,给下部开挖提供安全保障。防渗墙及传力墙基

础必须嵌入基岩(至少伸入弱风化岩体以下0.5m),防渗墙采用人工挖孔桩,跳桩开挖、分层护壁、隔孔浇筑、分序连接的方式,将该溶洞段在沿帷幕线孔桩范围内充填的砂层分次序挖出,并逐步形成连续、封闭的混凝土防渗墙,对防渗墙两侧保留的砂层实施高压固结灌浆。

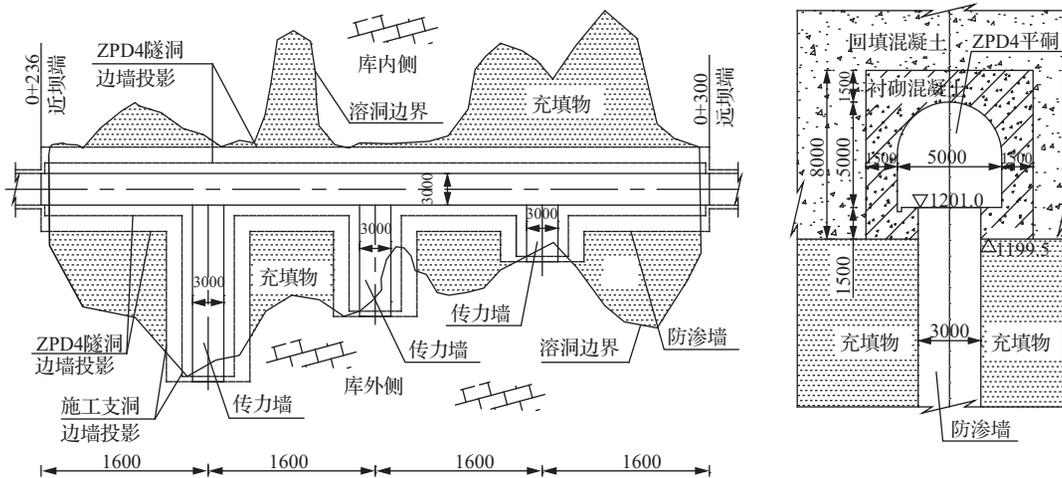


图3 调整处理方案(单位:mm)

4 处理过程及效果评价

a. 在灌浆平洞开挖时遇到充砂溶洞,采取强支护的方式先强行通过溶洞段,继续平洞开挖及二衬施工对工程工期安排有利,一方面继续平洞开挖有进一步勘明帷幕线地质情况的作用,另一方面将工程难点留在后期处理,可以充分论证处理方案并进行施工准备。

b. 在桩号0+300以后帷幕施工完成后进行溶洞处理,保证了桩号0+300以后帷幕灌浆施工不受溶洞段处理的影响,确保施工顺利完成。

c. 对溶洞段进行相对较密的勘探孔布置是非常必要的,在勘明边界条件的同时,为施工顺序的调整提供了基础资料,工序调整对上部充填物能安全清除是非常重要的。但该工程最终仍没有勘探明确河道与溶洞的连接通道及其位置,这对处理方案的制定增加了难度。

d. 上部充填物开挖清除完成实际工期4个月,比计划工期增加了2个月,累计完成开挖量超过9000m³,采用以人工为主的开挖方式,开挖工效低。

e. 上部开挖完成后,针对顶部垮塌安全风险大的情况,及时调整处理方案,先形成廊道后在廊道内进行

下部施工,确保了下部施工人员的安全,这是方案适时调整取得的明显效果,至全部处理完成,没有出现一例安全事故。但上部开挖尤其在桩号0+300侧空腔的开挖、廊道立模施工基本上是在不能控制安全风险条件下进行,这种安排不可取。

f. 水库蓄水一年多,对底层平洞渗水量和坝后左岸河道边渗出水点进行观测,没有发现明显的水量变化,也没有发现新增出水点,左岸防渗总体效果达到了设计要求。

5 结语

岩溶地区筑坝建库防渗工作是重点,遇(充填)溶洞、岩溶管线等又是防渗工作的重点和难点,因具体工程所遇溶洞规模、地质情况等不同,其处理方案也不同,但对溶洞进行勘探调查、拟定设计方案、根据施工揭露情况适时调整方案的工作方法基本得到业界认可。本文所介绍的溶洞因其位置深、承受水头大、规模大且地质条件复杂,其处理过程可为类似工程借鉴。但该工程在处理溶洞时仍有很多工作没有做得更细,希望在借鉴的同时进一步研究细化具体方案,争取更好的处理效果。◆