

论混凝土防渗墙在水库除险加固中的应用

陆优群

浙江海盛水利工程有限公司, 浙江 台州 317100

[摘要] 混凝土(砼)防渗墙是利用专用机器具,在坝体或覆盖层透水地基中,造槽(孔),以泥浆固定壁,采用导管,向槽孔内浇筑混凝土(砼),形成连续的混凝土墙,起到防渗堵漏的目的。台州市三门县施加岙水库在除险加固中,对粘土套井和混凝土防渗墙两种方案进行合理比较,最终确定混凝土防渗墙防渗方案。该技术在处理坝基渗漏、坝后“流土”、“管涌”等渗透变形隐患问题上效果良好,在病险水库除险加固中得到了广泛的应用。

[关键词] 混凝土(砼)防渗墙; 钻孔; 桩孔; 导管; 施工; 施加岙水库

Discussion on the Application of Concrete Impervious Wall in the Reinforcement of Reservoir

LU Youqun

Zhejiang Haisheng Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Zhejiang Taizhou, China 317100

Abstract: The concrete cut-off wall is a special-purpose machine. In the permeable foundation of the dam body or the cover layer, the groove (hole) is made, and the concrete is poured into the slotted hole by using the guide pipe to form a continuous concrete wall. In Sanmen County, Taizhou, a reasonable comparison of two schemes of clay well and concrete cut-off wall is made, and the anti-seepage scheme of concrete cut-off wall is finally determined. The technology has good effect on the problems of seepage deformation of the dam foundation, the "flow-soil" and the "pipe kick" after the dam, and has wide application in the danger removal and reinforcement of the disease and risk reservoir.

Keywords: Concrete (concrete) impervious wall; Borehole; Pile hole; Conduit; construction; Shijiao reservoir

1 混凝土防渗墙施工要点

① 砼防渗墙施工前应在砼防渗墙较深的河床段进行施工试验,以取得有关造孔、固壁泥浆、墙体浇筑等资料。

② 施工单位应根据施工试验,重新划分槽段,报监理工程师批准。防渗墙槽段分 I、II 两序施工,每个槽段设 11 孔,孔径 60cm,先打主孔 1、3、5、7、9、11,再打副孔 2、4、6、8、10,最后沿主孔与副孔中间劈小墙。

③ 造孔中,孔内泥浆应保持在导墙顶面以下 0.3 ~ 0.5m,如发现泥浆漏失,应立即堵漏和补浆,应预备膨润土料以在必要时回填槽孔。防渗墙底进入基岩深度不小于 0.5m、进入⑧层含砂粉质粘土不小于 2m。

④ 槽孔孔壁应平整垂直,不应有梅花孔、小墙等;孔位允许偏差 $\leq 3\text{cm}$,孔斜率 $\leq 0.3\%$,且一二期槽孔接头套接孔的两孔位中心任一深度的偏差不得大于 20cm,并应采取措施保证设计墙厚。

⑤ 清孔换浆后结束 1h,应达到下列清孔标准:孔底淤泥厚度 $\leq 10\text{cm}$,孔内膨润土泥浆密度 $\leq 1.15\text{g/cm}^3$,马氏漏斗粘度 32 ~ 50s,含沙量 $\leq 6\%$,孔内换浆合格后,方可进行下道工序。

⑥ 采用直升导管法浇筑砼。砼入孔时的塌落度为 18cm ~ 22cm,不得低于 15cm,初凝时间不小于 6h,终凝时间不大于 24h。浇筑必须连续进行,上升速度应不小于 2m/h。浇筑时,如发现导管漏浆,柔性材料混入泥浆,应立即停浇进行处理,严禁不合格材料进入槽内,墙顶质量不好部分必须凿除,为保证质量,必须超浇 50cm,超浇部分凿除。

⑦ 砼防渗墙槽段间用钻凿法连接。连接段采用骑缝孔,孔径 21.9cm,孔深 8m,骑缝孔处理必须待墙身砼浇筑完成 28 天后进行,骑缝孔在回填前应进行洗孔,孔内回填 C20 细骨料膨胀砼,回填必须密实。

⑧ 防渗墙施工造孔过程中应控制造孔进度,确保坝体安全,并在施工过程中加强观测。

2 实例

浙江省台州市三门县施加岙水库位于浦坝港镇,水库所在流域为浦坝港流域,集雨面积 4.41km²。施加岙水库大坝为粘土心墙坝,水库原设计总库容 416 万 m³,是一座以灌溉为主,结合防洪、供水的小(I)型水利工程。水库枢纽由大坝、溢洪道、输水隧洞、引水渠道、管理房等建筑物组成。2018 年施加岙水库进行除险加固,大坝

防渗加固设计采用混凝土防渗墙方案。方案如下：

2.1 墙体材料

水库地处 VI 度地震区，大坝已运行 50 多年，坝体固结基本完成，不会因为较大的坝体沉降而对防渗墙产生过大的侧向摩擦力。根据地质勘察成果，钻孔 ZK7、ZK9 的地下水位为 2.79m、2.83m。下游村庄地面高程 3.00~4.50m，地下水位取 -2.00m（地面以下 5m），大坝承受最大水头约 13.5m，根据规范和国内已建成工程经验，选择混凝土标号为 C20。

大坝坝体砼防渗墙承受最大水位差为 13.5m，根据墙体厚度的分析知，本工程采用 60cm 厚砼防渗墙，则防渗墙的水力坡降 $i=22.5$ 。根据《水工混凝土结构设计规范》（SL191-2008）3.3.6 条“素混凝土及钢筋混凝土结构构件的背水面可自由渗水者，当 $10 \leq i < 30$ 时，抗渗等级采用 W6”，故砼防渗墙抗渗等级采用 W6。

2.2 墙轴线

防渗墙轴线位置的选择主要考虑两方面的因素，坝体应力状态得到改善，墙体受力条件好；再就是施工期坝体安全稳定，具备良好的施工条件。本工程综合这两点确定防渗墙的轴线位置。

2.3 墙体厚度

防渗墙材料为 C20W6 砼，其允许水力坡降为 30，根据砼防渗墙厚度初选公式 $\delta = H/J$ 计算，故厚度 $\delta = 0.45\text{m}$ 。

对于砼防渗墙施工，我国现有造孔机具主要有 CZ 型冲击钻机、反循环回转钻机、液压抓斗，各机具挖槽特性如下表：

表5-3 砼防渗墙各机具特性表

造孔机具	最大挖槽深度 (m)	造孔宽度 (m)	不适应地层
CZ型冲击钻机	60	0.6~1.0	/
反循环回转钻机	40	0.4~1.0	基岩
液压抓斗	20	0.3~0.8	基岩

本工程大坝造孔深度 14.00~28.00m，截水面积 8504.81m²，坝 0+000~坝 0+070 段有下伏凝灰岩，从上表 5-3 可知，应采用 CZ 型冲击钻机。因 60cm 墙厚较 80cm 墙厚便宜，故推荐采用 60cm 厚砼防渗墙。

2.4 墙体深度

a、坝 0+000~坝 0+070 段：坝基地层从上至下由④层含砂粉质粘土、⑤层淤泥质粘土、⑥层粉土质砾砂、⑦层淤泥质粘土、下伏凝灰岩组成。④层、⑥层现场注水实验 $K > 1.00\text{E}-04\text{cm/s}$ ，防渗性能差；⑤层、⑦层现场注水实验 $K < 1.00\text{E}-05\text{cm/s}$ ，防渗性能好，为相对不透水层，但厚度薄、压缩性高、强度低，不宜做为持力层。故该段防渗墙底部进入基岩深度不小于 0.5m。

b、坝 0+070~坝 0+230 段：坝基地层从上至下由④层含砂粉质粘土、⑤层淤泥质粘土、⑥层粉土质砾砂、⑦层淤泥质粘土、⑧层含砂粉质粘土组成。⑧层含砂粉质粘土现场注水实验渗透系数达到 $E-05\text{cm/s}$ ，防渗性能较好，承载力 180KPa，可以作为持力层。考虑防渗墙进入持力层需大于 2 倍墙厚即 1.20m；同时经应力变形计算，墙体底部 0.78m 在各工况下产生应力集中，容易被破坏，故确定防渗墙底部进入⑧层不小于 2m。经渗流计算，当防渗墙底部进入⑧层 2m、3m、4m 时，其单宽渗流量如下表：

表5-5 不同深度砼防渗墙渗流量计算表

项目	防渗墙底部进入⑧层深度 (m)		
	2	3	4
单宽渗流量 (m ³ /s)	2.59E-06	2.45E-06	2.33E-06
大坝一天渗流量 (m ³)	89.51	84.67	80.52

c、坝 0+230~坝 0+406 段：坝基地层主要由④层含砂粉质粘土和⑧层含砂粉质粘土组成，基岩较深，确定该段防渗墙底部进入⑧层不小于 2m。该段坝脚地面高程逐渐增大至坝顶高程，砼防渗墙深度随着桩号增大而减小，但其底高程不大于 -3.00m。

2.5 砼防渗墙设计

墙厚 0.6m，采用 C20W6 砼防渗墙，墙顶高程 11.50m，底高程进入基岩深度不小于 0.5m、进入⑧层含砂粉质粘土不小于 2m。为满足施工要求，坝顶设施工平台，高程为 11.00m，宽度为 10.77m，上游侧宽 4.51m，下游侧宽 5.66m。左坝端 13.40m 范围内采用 C25W6 砼岸墙，墙厚 1.2m，岸墙长度可根据坝端实际地形地质情况进行调整。

砼防渗墙、岸墙连接处设伸缩缝，缝宽 2cm，采用止水铜片止水，止水铜片凹槽内采用油麻充填，分缝其它部位采用三油二毡嵌缝。砼防渗墙槽段之间采用 6 个骑缝孔，孔径 21.9cm，孔深不小于 8m，清孔之后采用 C25 细骨料膨胀砼回填并振捣密实。

为满足防渗墙施工要求，拆除防浪墙和坝体 11.00m 以上部位。为使大坝顶部土体、砼防渗墙、岸墙之间形成连续、完整的防渗体系，本次设计在工作平台 11.00m 以上、坝顶路面以下之间的坝顶开挖部位土体采用粘土填筑。坝顶填筑粘土须分层薄层碾压，分层最大厚度 30cm，填筑要求须达到：渗透系数 $\leq 1.00E-0.5\text{cm/s}$ ，压实度 $\geq 96\%$ ，设计干容重 $\gamma_d \geq 15\text{KN/m}^3$ 。

3 结束语

由于水利工程施工技术地不断进步，混凝土防渗墙的用途十分广泛，社会效益、经济效益及生态效益也不断地提高。先前用在水利工程基础防渗上，后来推广到病险水库处理，土石坝施工围堰，城市建筑和海港码头等工程。特别在病险水库除险的坝基防渗处理上，只要精心设计、用心施工，该技术是一项比较彻底可靠的防渗措施。

[参考文献]

- [1] 牛运光. 土坝安全与加固 [J]. 中国水利水电出版社, 1996.
- [2] 陶景良. 混凝土防渗墙施工 [J]. 水利电力出版社, 1988.