

# 陈村拱坝24坝块帷幕的监测与补强

邢林生 方榴声

(陈村水电站)

## 提 要

陈村重力拱坝24坝块基础的防渗处理,曾先后采取前堵后排和打侧向排水孔的办法,但帷幕后部渗压力仍远远超出设计允许范围。通过长期观测资料的分析,初步确定坝基帷幕已受损坏;经原型放水试验,摸清了帷幕损坏失效的具体部位;采用丙凝化灌对帷幕进行补强,并增设两个排水孔后,实测该部位幕后渗压力明显下降,满足了设计要求。

## 一、帷幕及测孔布置

陈村混凝土重力拱坝于1958年兴建,1972年基本建成。最大坝高76.3m,坝顶弧长419m,共分28个坝块施工。坝基主要岩层为石英细砂岩、泥质细砂岩与砂质页岩三者互层组成,相对抗水层( $\omega \leq 0.01 \text{ l/min} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$ )埋藏较深,在建基面以下40余m。坝基断层裂隙纵横,破坏了其整体性,右岸和河床段的断层内,有安山斑岩岩体侵入,因其极易风化,使断层破碎带成为相对不透水体。24坝块位于拱坝右岸基础45°坡的坡脚处(见图1),对其坝基防渗处理,第一阶段采取前堵后排措施,1968年至1970年,在坝体上游侧灌浆廊道内,设主副水泥帷幕各一道,副帷幕

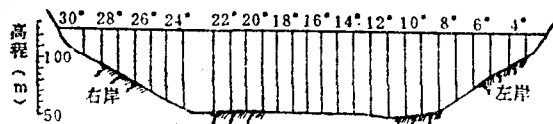


图1 陈村大坝坝块布置

倾向上游,倾角2度~3度,主帷幕垂直,直达相对不透水层,帷幕单位吸水率达到 $\omega \leq 0.01 \text{ l/min} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$ 的设计要求。随后在灌浆廊道和坝体下游侧排水廊道内各设排水幕一道

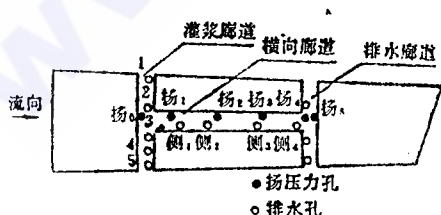


图2 24坝块观测孔布置

(见图2),上游第一道排水孔倾向下游,倾角约60°,下游第二道排水孔倾向上游,倾角约70°。第二阶段于1978年底,在坝体横向廊道内设侧向排水幕一道,倾向右岸山坡,以排除来自右坝头的岸坡地下水。为了监视坝基渗流,在横向廊道内布置了一排扬压力孔,孔深至基岩下0.5m左右,其中扬

位于幕前,为有压孔。

## 二、渗透压力异常情况

陈村拱坝帷幕设计渗压水头为59m，幕前按全渗压水头计算，幕中渗压折减系数为0.5，幕后第一道排水幕处折减系数为0.25，其后按直线变化至坝趾。1973年至1976年，24坝块位于幕后第一道排水幕处的扬<sub>1</sub>孔内水位变化平缓，1977年，因相邻坝块基础施工干扰，24坝块各测孔停测一年，待1978年初恢复正常观测时，第一道排水幕各孔排水量情况正常，其中2号孔停测前后都呈滴水状态，但扬<sub>1</sub>孔内水位比停测前猛涨10m（见图3）。1978年底，横向廊道侧向排水幕形成，扬<sub>1</sub>孔内水位仍未下降，自此，扬<sub>1</sub>孔内水位基本上与库水位保持同步升降趋势，渗压折减系数始终为0.49左右，远远超过设计允许值。

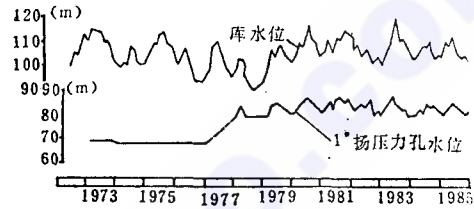


图3 24坝块幕后扬压力孔内  
水位过程线

陈村坝基帷幕自蓄水运行至1986年底，曾四次承受较高渗压水头的作用：1973、1980、1983、1986年，库水位分别达到117.13m、116.53m、118.69m和117.13m，上下游水头差分别为57.53m、55.58m、58.21m、

55.96m，达设计渗压水头的94%~99%。四次渗压水头条件下，24坝块基础横向渗压分布如图4。从图4中可见，运行初期坝块后部渗压较高，1978年侧向排水幕形成后，有效地拦截了来自右岸的侧向地下渗流，对降低坝块后部渗透压力作用显著。1983年库水位是大坝投入运行后的最高水位，渗压水头达设计值的99%，实测24坝块基础渗透压力包络线偏离设计线也最远。

通过上述长系列观测资料的分析，可以初步断定，24坝块幕后扬<sub>1</sub>孔内水位大幅度上升的原因，是坝基帷幕已受损坏。

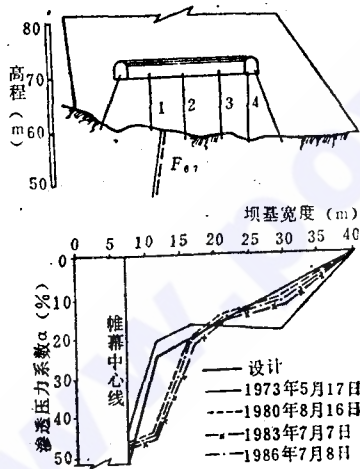


图4 24坝块渗压分布

## 三、原型放水试验情况

为了进一步查明帷幕损坏部位，1986年11月21日做了原型放水试验。试验步骤是：

首先检查扬压力孔、灌浆廊道和横向廊道排水孔的原始状况，并记录各测孔的水位或排水量；继之打开幕前扬<sub>1</sub>孔的放水阀门，放水5分钟和放水至稳定，分别记录各测孔的水位或排水量；最后关闭扬<sub>1</sub>孔放水阀门5分钟，再记录各测孔的水位或排水量。

试验结果如下:

(一) 扬<sub>0</sub>、扬<sub>1</sub>二孔内水位密切相关

从表1中可知,扬<sub>0</sub>放水仅5分钟,扬<sub>1</sub>孔内水位下降3m;停止放水5分钟,扬<sub>1</sub>孔内水位又回升1.2m,帷幕前后两个扬压力孔之间连通管效应非常显著。

(二) 第一道排水幕仅有2号孔与扬<sub>0</sub>放水有关。

2号排水孔长期以来排水不畅,但在扬<sub>0</sub>放水5分钟后,完全停止滴水,表明与扬<sub>0</sub>仍有一定关系;而其它各孔虽然排水通畅,却与扬<sub>0</sub>放水无关。

表1 24坝块扬压力孔放水试验观测成果

测压管孔号	扬 <sub>0</sub>	扬 <sub>1</sub>	扬 <sub>2</sub>	扬 <sub>3</sub>	扬 <sub>4</sub>	扬 <sub>5</sub>
放水前孔内压力	29.8	14.5	放水前后没有变化			
放水5分钟孔内压力	0	11.5				
放水至稳定孔内压力	0	10.9				
关闭后5分钟孔内压力	24.8	12.1				

注:压力单位N/cm<sup>2</sup>

表2 灌浆廊道排水孔排水量放水试验观测成果

排水孔孔号	1	2	3	4	5
扬 <sub>0</sub> 放水前	滴水				
扬 <sub>0</sub> 放水5分钟	0				
扬 <sub>0</sub> 放水至稳定	0				
扬 <sub>0</sub> 关闭后5分钟	滴水				

注:排水量单位l/min

(三) 4个侧向排水孔在扬<sub>0</sub>放水前后,排水量无变化

对上述试验观测成果的进一步分析,可以确定扬<sub>1</sub>孔内水位受扬<sub>0</sub>直接影响,说明扬<sub>0</sub>和扬<sub>1</sub>相对应的帷幕已受损坏;扬<sub>0</sub>、扬<sub>1</sub>穿入基岩仅0.5m左右,而两者之间连通管效应又异常显著,可知两孔之间渗径很短,渗漏通道就在坝基与帷幕的接触面附近。位于坝块中后部的扬压力孔和排水孔之所以不受扬<sub>0</sub>孔放水影响,是因为F<sub>67</sub>断层为相对不透水层(见图4),对来自上游方向的地下渗流有一定的阻滞作用,使得断层后部的测孔短时间内不受前面渗流状态改变的影响。

四、补强处理措施

24坝块帷幕补强是在水库蓄水运行时,渗压水头达50m的情况下进行的。在灌浆廊道主副帷幕线之间,以扬<sub>0</sub>、扬<sub>1</sub>对应部位为中心,向两侧各延伸3.6m左右的范围内,布设了5个垂直灌浆孔,孔底深入帷幕2m,对坝基与帷幕接触段进行补强灌浆。灌浆顺序为先两侧4个孔,最后中间孔。针对坝基存在动水压力这一特征,选用丙凝浆液作为补灌材料。在灌浆时,根据上游作用库水头选择足够的灌浆压力,并持续一段时间,以保证丙凝浆液形成一定的扩散半径,与原水泥帷幕结合成新的阻水帷幕。丙凝灌注结束后,原有各测孔内未发现其沉淀物。通过一段稳定时期的观测,扬<sub>1</sub>孔内水位有一定下降,渗压力折减系数降至0.38左右。

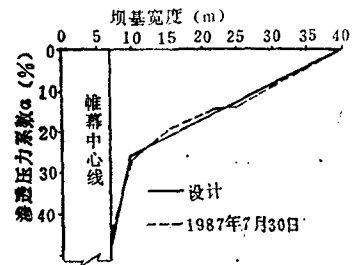


图5 补强处理后渗压分布

在灌最后一孔前进行的压水试验表明,帷幕的 $\omega$ 值已达 $0.0013 \text{ l}/\text{min}\cdot\text{m}\cdot\text{m}$ ,这表明再增强帷幕的抗渗能力已无必要。由于 $F_{6,7}$ 断层夹泥的阻水作用,即使透过帷幕的渗水量值很小,如果排水不畅,也会在帷幕与 $F_{6,7}$ 断层之间形成压力水囊,使渗压升高,致使扬<sub>1</sub>孔内水位不能降至设计标准,为此应增强排水幕的作用。初期对紧靠扬<sub>1</sub>孔的灌浆廊道内排<sub>2</sub>孔进行扫孔处理,排水效果无明显好转,遂决定在2号排水孔两侧适当位置新布置两个排水孔,倾角和深度与2号孔相同。这两个排水孔形成后,扬<sub>1</sub>孔内水位明显下降,渗压折减系数稳定在0.27左右。1987年7月30日,库水位达115.12 m,上下游水头差54.48 m,为设计渗压水头的92%,实测扬<sub>1</sub>孔渗压系数为0.268,整个坝块基础渗透压力与设计值相接近(见图5)。同时,实测24坝块灌浆廊道排水幕排水总量为 $1.28 \text{ l}/\text{min}$ ,其值很小,满足坝体安全运行要求。

## 五、结 语

(一)作用在混凝土坝基底面上的渗透压力,是影响坝体稳定的主要荷载之一,在大坝运行管理中应对其高度重视。当发现异常时,需对长系列渗压力和排水资料,结合地质情况及帷幕灌浆原始资料综合分析,运用多种手段,摸清问题的症结所在,才能采取有效的补强处理措施。

(二)堵排结合是当前渗控设计的主要趋势,运行管理中当发现渗压有异常情况时,也宜从堵排两个方面采取措施。不能奢求帷幕点滴不漏,在帷幕和地基允许的条件下,应尽量发挥排水幕的作用,这是行之有效的措施。

(三)蓄水运行期坝基帷幕补强,多在有压渗流的条件下进行,且周围观测设施都已形成,因而有其特殊性。补强处理过程中,一定要采取措施,保证扬压力孔不被阻塞和排水幕畅通。经过处理的帷幕和排水设施,也不可能一劳永逸,今后运行中,特别在高水位时,要加强监测,及时分析,才能保障坝体的安全。

~~~~~  
(上接70页)

来控制车速,以保安全行驶运输。第一次运输前,曾按实际超宽超高尺寸作运输模拟试验,排除和处理沿途各种不利因素,确保机械正式转移顺利运输。

## 二、结 束 语

通过对该机型整体运输设计与实践有以下几点体会:

1、自1984年以来该机已转移十多次,由于整体运输取得了较好的经济效益。整运转移一次约一天,而拆开分部件运输,每次需3—4天,提高效率3—4倍。整运一次费用为3781.76元,拆运一次费用为15000元,节省费用十几万元,经济效益显著。

2、对该机型减少拆装次数,增强了机械使用寿命,同时节约了大量高级油料等。本文承蒙刘国贤同志审阅深表谢意。