

戈枕水库土坝浸润线分析

符裕雄

华能海南发电股份有限公司东方电厂 海南 东方 572600

摘要:通过对戈枕土坝浸润线进行监测,发现土坝6号监测断面和8号监测断面呈现出不合理的现象——两个断面浸润线的尾部均向上翘。测压管Uw6-7和Uw8-3的水位较高,比相邻的测压管水位明显高出不少,导致该两处监测断面浸润线出现不合理的情况。针对这一现象,通过不同方面进行分析,为今后的工作提出建议。

关键词:水库;土坝;测压管水位;库水位;浸润线;异常;灵敏度;相关性

1 戈枕大坝概况

戈枕水库大坝由混凝土重力坝、土坝和厂房部分组成,全长1099米,其中混凝土重力坝619米,土坝长437米、厂房段43米。混凝土重力坝坝顶高程58.50m,最大坝高34m,土坝坝顶高程59.00m,最大坝高22m。左岸土坝与混凝土坝间采用插入式接头,其插入段混凝土坝分4个坝段,共长75m。

戈枕土坝为均质土坝,坝基为风化土,坝体内部设有2m厚垂直排水和2m厚水平排水砂条带。条带宽20m,条带间距100m,条带间沿建基面铺设一层50cm厚砂层。最大坝高22m。土坝共设3个测压管断面,分别为6号(坝左0+120)、7号(坝左0+270)、8号(坝左0+190)断面,测压管布置见图1-2。测压管基本情况见表1-1。

表1-1 土坝测压管测点安装基本参数表

测点编号	水平排水体顶部高程(m)	管口高程(m)	管底高程(m)	测点编号	水平排水体顶部高程(m)	管口高程(m)	管底高程(m)
Uw6-1	42	58.92	42.92	Uw7-3(旧)	44.5	53.48	47.12
Uw6-2	42	58.14	41	Uw7-3(新)	44.5	54.55	43.77
Uw6-3	42	46.763	34	Uw7-4	44.5	52.09	41.16
Uw6-4(旧)	42	54.77	47.17	Uw7-5	44.5	50.38	46.78
Uw6-4(新)	42	54.6	42	Uw7-6	44.5	52.24	43.96
Uw6-5	42	53.75	41.29	Uw7-7	44.5	49.39	44.17
Uw6-6	42	50.04	45.96	Uw8-1	43.5	55.11	47.11
Uw6-7	42	52.22	43.32	Uw8-2	43.5	53.62	41.48
Uw6-8	42	48.94	43.14	Uw8-3	43.5	50.29	46.89
Uw7-1	44.5	55.67	36	Uw8-4	43.5	57.48	46.78
Uw7-2	44.5	46.47	36	Uw8-5	43.5	48.86	45.39

2 土坝渗流监测情况

2.1 土坝渗流监测布置情况及渗流监测方式

2012年之前,戈枕土坝坝左0+120.00m(6号断面)和坝左0+270m(7号断面)共布置2个浸润线监测断面,2012年4月,土坝第六监测断面、第七监测断面各增加3个测压管并在坝左0+190m处再增加一个监测断面即土坝第八监测断面,分析测压管水位变化情况;2019年11月

24日,增加了9个测压管。目前左岸土坝共设3个测压管断面,22个测点。

2.2 土坝浸润线监测情况

为了更直观的分析土坝浸润线情况,根据监测数据,绘制各监测断面的浸润线位置图。电厂于2021年6月29日对土坝各测压管水位进行监测,监测数据见表2-1所示:

表2-1 土坝6号、8号测压管数据

监测日期: 2021-6-29						
位置	仪器编号	管底高程	库水位(m)	测压管水位(m)	竖直排水体顶部高程(m)	水平排水体顶部高程(m)
竖直排水体前	Uw6-1	42.76	52.29	47.86	48.00	42.00
	Uw6-2	41.0		4.87		

续表:

位置	仪器编号	管底高程	库水位 (m)	测压管水位 (m)	竖直排水体顶部高程 (m)	水平排水体顶部高程 (m)	
竖直排水体后	Uw6-4	42.88	44.8	44.8			
竖直排水体后	Uw6-5	41.29		41.55			
竖直排水体后	Uw6-7	43.18		49.02			
竖直排水体后	Uw6-6	45.96		45.92			
竖直排水体后	Uw6-8	42.95		43.32			
竖直排水体后	Uw6-3	34.0		43.02			
竖直排水体前	Uw8-4	43.38		47.58			43.50
竖直排水体后	Uw8-1	47.11		47.14			
竖直排水体后	Uw8-2	41.48		43.72			
竖直排水体后	Uw8-3	46.89		47.79			
竖直排水体后	Uw8-5	43.44	(无水)				

通过表2-1绘制6号、8号监测断面浸润线如图2-1所示:

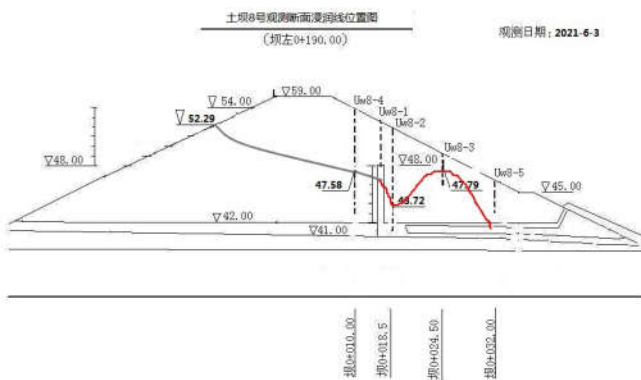


图2-3 土坝监测断面浸润线位置图

通过以上三个断面的浸润线位置可清楚看出土坝7号监测断面浸润线较为规则、合理,而6号监测断面和8号监测断面呈现出不合理现象——两个断面浸润线的尾部均向上翘。测压管Uw6-7和Uw8-3的水位较高,比相邻的测压管水位明显高出不少,导致该两处监测断面浸润线出现不合理的情况。根据《水力学(下册)》对浸润线的分析可知:由于土坝渗流在流动过程中有能量损失,浸润线总是沿程下降的;渗流的总水头线与测管水头线(或浸润线)重合,并且只能沿程下降。^[1]从能量守恒定律可知,6号监测断面和8号监测断面两个浸润线不符合能量守恒定律,需要对该情况进行分析。

3 土坝浸润线异常分析

作者简介: 符裕雄, 1984年3月出生, 民族: 汉, 男, 籍贯: 海南省东方市, 单位: 华能海南发电股份有限公司东方电厂, 职位: 水工专工, 学历: 本科, 邮编: 572600, 研究方向: 水利水电

针对6号监测断面和8号监测断面浸润线的情况, 进行相关分析。首先对测压管的灵敏度进行测试, 排除测压管淤堵、数据失真的情况, 进而进行数据分析。

3.1 测压孔灵敏度测检验

检验方法采用注水试验, 试验前先测定管中水位, 然后向管内注清水。戈枕土坝为均质土坝, 进水段周围为壤土料。在上游水位稳定情况下, 首先测定测压管中的初始水位, 然后向管内注入清水, 即测并记录注水后的水位(由于部分测压孔消散能力较强, 即测水位上升值较小), 在注水后每隔一段时间通过电测水位计监测孔内水位的恢复情况。

第1次读数在注水后2小时左右, 第2次读数在注水后6小时左右, 第3次读数在注水后24小时左右(1天), 第4次读数在注水后48小时左右(2天), 第5次读数在注水后96小时左右(4天), 第6次读数在注水后7天左右, 若7天后水位未恢复或未接近原注水前水位, 结束本次灵敏度测试工作。

按照上述方法, 对6号和8号监测断面测压孔进行了注水灵敏度测试, 现场测试结果见表2-2。

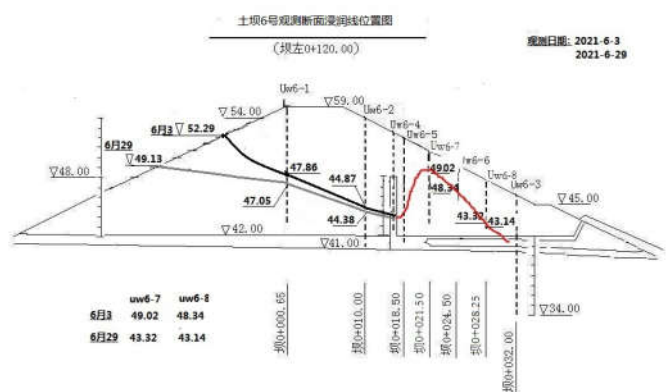


表2-2 土坝6号、8号测压孔灵敏度试验数据

测点编号	注水前测压孔水位	注水后即测压孔水位	注水后即测压孔水位变化量	2小时后测压孔水位高程	2小时后测压孔水位变化量	6小时后测压孔水位高程	6小时后测压孔水位变化量	24小时后测压孔水位高程	24小时后测压孔水位变化量	48小时后测压孔水位高程	48小时后测压孔水位变化量	4天后测压孔水位高程	4天后测压孔水位变化量	7天后测压孔水位高程	7天后测压孔水位变化量	评价结果
Uw6-1	47.79	51.25	3.46	48.55	0.76	47.57	-0.22	47.52	-0.27	47.55	-0.24	47.57	-0.22	47.59	-0.2	灵敏
Uw6-2	50.17	50.17	0	50.16	-0.01	50.17	0	50.16	-0.01	50.17	0	50.17	0	50.17	0	灵敏
Uw6-3	42.973	46.563	3.59	43.393	0.42	43.413	0.44	42.933	-0.04	43.363	0.39	42.913	-0.06	42.943	-0.03	灵敏
Uw6-4(旧)	47.13	47.14	0.01	47.13	0	47.14	0.01	47.13	0	47.13	0	47.13	0	47.13	0	灵敏
Uw6-4(新)	42.98	46.77	3.79	44.19	1.21	44.2	1.22	44.23	1.25	44.32	1.34	44.37	1.39	44.4	1.26	不灵敏
Uw6-5	41.51	41.58	0.07	41.54	0.03	41.45	-0.06	41.51	0	41.51	0	41.51	0	41.51	0	灵敏
Uw6-6	45.93	48.06	2.13	47.29	1.36	46.74	0.81	46.33	0.4	46.16	0.23	45.93	0	45.93	0	较缓慢
Uw6-7	48.87	49.5	0.63	48.99	0.12	49	0.13	48.96	0.09	48.95	0.08	48.93	0.06	48.89	-0.01	不灵敏
Uw6-8	43.33	44.64	1.31	44.47	1.14	44.09	0.76	43.63	0.3	43.27	-0.06	43.3	-0.03	43.32	-0.01	灵敏
Uw8-1	47.14	47.27	0.13	47.15	0.01	47.15	0.01	47.14	0	47.15	0.01	47.14	0	47.14	0	灵敏
Uw8-2	43.85	48.68	4.83	43.7	-0.15	43.76	-0.09	43.7	-0.15	43.73	-0.12	43.77	-0.08	43.77	-0.08	灵敏
Uw8-3	47.73	50.09	2.36	47.74	0.01	47.73	0	47.73	0	47.73	0	47.73	0	47.73	0	灵敏
Uw8-4	47.56	52.18	4.62	47.78	0.22	47.53	-0.03	47.47	-0.09	47.46	-0.1	47.48	-0.08	47.5	-0.06	灵敏
Uw8-5	43.49	44.18	0.69	44.05	0.56	43.68	0.19	43.49	0	43.49	0	43.49	0	43.49	0	灵敏

根据各测压孔注水后2h、6h、24h、48h、4天、7天的水位变化情况可知:

(1) 左岸土坝共22个测压管, 有15个测压管, 灵敏度较好, 在注水后6小时内完全恢复注水前水位, 消散能力较强; 但Uw6-6、Uw7-1、Uw7-2、Uw7-3(新)、Uw7-4共5支测压管灵敏度较差, 注水后水位逐渐下降, 但速度较慢, 在4天后才恢复至接近原注水前水位, 此外, Uw6-7在7天后才恢复至注水前水位, 消散能力极差。通过上述现象分析部分测压管可能存在淤堵情况。

(2) 从测压管断面分析, 目前左岸土坝设置的3个测压管断面中, 8号(坝左0+190)断面各测压管灵敏度较好; 7号断面(坝左0+270)次之, 存在4支测压管水位消散较为缓慢; 6号断面(坝左0+120)较差, 存在1支较缓慢, 2支不灵敏的测压管。

3.2 土坝测压管测值分析

通过建立统计数学模型, 分析效应量与环境量之间的关系, 进而分析测压管内水位偏高的原因。

土石坝的浸润线的测压管水位的实测资料分析表明, 其主要受上下游水位、降雨量以及筑坝材料的渗透时变特性等影响, 即:

$$H = h_u + h_d + h_p + h_0$$

式中: h ——测压管水位;

h_u ——上游水位分量;

h_d ——下游水位分量;

h_p ——降雨分量;

h_0 ——时效分量。^[2]

结合历史原型监测资料, 根据公式(3.1)对土石坝Uw6-7、Uw8-3两个测压管的历史实测数据进行了计算。计算结果见表2-3。由计算结果可知, 模型计算精度较高, 测点Uw6-7、Uw8-3的复相关系数分别为0.915和0.675。

表2-3 土坝测压管统计数学模型计算结果

测点	水压%	温度%	降雨%	时效%
Uw6-7	11.20%	41.65%	10.97%	36.18%
Uw8-3	56.70%	29.38%	6.65%	7.27%

通过对回归系数及水位、温度、降雨、时效各分量的分离结果分析可知: 测压管Uw6-7的水位变化与温度、时效分量相关性较大, 分别占到了41.65%和36.18%。而水压分量和降雨分量分别占到水位变幅的11.20%和10.97%。说明测压管Uw6-7水位偏高的原因与上游库水位变化和降雨量影响较小, 6号土坝渗水断面未形成与上游库区连通的薄弱环节和渗水通道。测压管Uw8-3的水位变化与水压分量和温度分量相关性较大, 分别占到了56.70%和29.38%。而降雨分量和时效分量分别占到水位变幅的6.65%和7.27%。说明测压管Uw8-3水位偏高的原因与上游库水位变化相关。

3.3 测压管的安装埋设

测压管的安装埋设包括造孔、测压管制造、测压管安装与埋设、封孔、灵敏度检验、管口装置及保护等过

程。其中测压管下管前应先先在孔底填约10cm后的反滤料。就位后,应立即测量管底高程和管水位,并在管外回填反滤料。对反滤料的要求,既能防止细颗粒进入测压管,又具有足够的透水性,一般其渗透系数宜大于周围介质的10倍-100倍,回填前洗净,风干、缓慢入孔。^[1]根据图2-3土坝6号监测断面的浸润线示意图可知,测压管Uw6-7的水位异常偏高,其他测点水位符合正常规律。

考虑到土坝测压管Uw6-7和Uw8-3位于坝体黏土内,均为后来增加的测压管。其中,Uw6-7管水位高于前后的测压管水位,其变化与库水位无关。估计为测压管封孔不严,受降雨或局部坡面的引排水雨淋等影响所致。而测压管Uw8-3的水位变化测压管Uw8-3的水位变化与水压分量相关性较大,除了测压管封孔不严,受降雨或局部坡面的引排水雨淋等影响的原因外,还可能与坝左+270处为中干渠输水管道的渗漏影响有关。2021年7月14日-7月29日,中干渠闸门关闸停水,电厂及时监测测压管水位和土坝渗漏量,并与中干渠放水时的数据进行对比分析发现:开闸放水时的渗漏量高于关闸停水时的渗漏量,判断在坝体内部或坝体与输水管道内部存在薄弱环节和渗水通道,后续加强渗水部位的检查和中干渠输水

管道的检修和消缺工作。

分析主要原因是该测压管建设过程中可能存在底部未反滤层设置,导致测压管处排水不畅。通过现场注水灵敏度测试,96小时的水位尚未恢复到注水前状态,测试结果为不灵敏。土坝坝后坡脚排水棱体采用浆砌石护坡,不利于排水,现场检查排水孔全部没有出水,判断排水孔已经淤堵,也可能是导致测压管水位异常的原因之一。后续对浆砌石新增排水孔,以减少坝后渗水压力。

4 结束语

通过对以上分析,土坝浸润线异常的主要原因可能为:

- 4.1 测压管安装不规范;
- 4.2 中干渠输水管渗水影响;
- 4.3 坝体水平排水体和垂直排水体排水不畅影响;
- 4.4 坝后坡排水棱体排水不畅影响。

参考文献

- [1]李家星,赵振兴,王培莉等。水力学。河海大学出版社。
- [2]吴中如。水工建筑物安全监控理论及其应用。
- [3]王玉洁,颜义忠,耿贵彪,等。土石坝安全监测技术规范。