

南欧江六级水电站复合土工膜面板监测资料分析

肖仕进，李江华

(中国水利水电第十工程局有限公司勘测设计院 工程安全监测中心,四川 成都 610072)

摘 要:老挝南欧江六级水电站挡水建筑物为目前世界上最高的土工膜面板堆石坝,也是软岩填筑比例最大的面板堆石坝^[1]。为了保证土工膜面板堆石坝的长期稳定运行,对堆石坝面板表面的土工膜进行了土工膜变形和土工膜内部浮托力等专项监测。通过对监测资料的整理和分析^[2],为该坝的安全运行提供有力保障,同时也为土工膜面板堆石坝的设计、施工提供科学依据。

关键词:土工膜;监测布置;成果分析;相关监测

中图分类号:[TM622];TU41;TV641.4+3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)05-0104-04

Analysis on Monitoring Data of Composite Geo-membrane Panel of Nam Ou 6 Hydropower Station

XIAO Shijin, LI Jianghua

(Projects Safety Monitory Center, Survey and Design Institute, Sinohydro Bureau
10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: The water retaining structure of Nam Ou 6 Hydropower Station is the highest geo-membrane faced rockfill dam in the world at present, and it is also the rockfill dam with the largest proportion of soft rock filling^[1]. In order to ensure the long-term stable operation of the geo-membrane faced rockfill dam, the geo-membrane deformation and the uplift load inside the geo-membrane were monitored. By sorting and analyzing of monitoring data^[2], it can provide a strong guarantee for the safe operation of the dam, and also provide a scientific basis for the design and construction of geo-membrane faced rockfill dam.

Key words: geo-membrane; monitory design; result analysis; relevant monitory

0 引 言

老挝南欧江六级水电站挡水建筑物为土工膜面板软岩堆石坝,坝体与右岸溢洪道连接。由于坝型高,软岩填筑比例大,全面掌握坝体的自身稳定性尤为重要,而在土石坝中,防渗体的防渗效果对坝体的稳定性起到了决定性作用。

为了全面掌握土工膜面板的运行情况,分析土工膜的防渗效果,确保软岩堆石坝的稳定,在土工膜面板堆石坝内布置了一套完整的原型观测系统。本文主要分析了土工膜的变形情况和土工膜与挤压边墙之间的气体浮托情况,并结合大坝变形和渗流渗压监测情况对土工膜面板的运行情况及防渗效果作了全面分析,进而评估大坝运行安全稳定性。通过对监测资料的整理和分析,为该坝的安全运行提供有力保障,同时也为土工膜面板堆石坝的设计、施工提供科学依据,为以后类似

工程项目积累经验。

2 工程概况

老挝南欧江六级(Nam Ou6)水电站位于老挝丰沙里省境内,是南欧江河流规划中第六个梯级(自下而上)电站。坝址距丰沙里市 27 km,距老挝万象市 828 km。

工程以发电为主,水库总库容 4.33 亿 m³,调节库容 2.46 亿 m³,具有季调节性能。电站总装机规模为 180 MW(3×60 MW),七级水电站投产前,多年平均发电量 6.57 亿 kWh。工程为二等大(2)型工程,主要建筑物(挡水、泄洪和引水发电建筑物)级别为 2 级,次要建筑物(下游护岸)级别为 3 级,临时建筑物级别为 4 级。

工程采用径流式开发,枢纽主要建筑物由复合土工膜面板堆石坝、溢洪道、放空洞、引水系统及地面厂房、护岸工程等组成。

复合土工膜面板堆石坝布置于主河床,坝顶

高程 515.00 m,河床段趾板建基高程 430.00 m,最大坝高 85 m,坝顶长 362 m,坝顶宽 8 m。上游坝坡坡度为 1 : 1.6,复合土工膜(3.5 mmPVC+700 g 土工布)直接铺设于混凝土挤压边墙上部,膜上未设保护;下游坝坡坡度为 1 : 1.8,在高程 454.00 m 设置 3 m 宽的马道,坡面采用厚度为 50 cm 砂岩干砌块石护坡。坝顶上游侧在高程 512.00 m 设 4.2 m 高的 L 型混凝土防浪墙,防浪墙底部与复合土工膜连接,防浪墙顶高程 516.20 m,防浪墙沿坝轴线方向每 12 m 设一沉降缝,采用土工膜覆盖高程 515.00 m 以下部分防浪墙,沉降缝间不再设止水。

3 复合土工膜监测布置

在复合土工膜上 6 个坝纵分高程成对布置 24 支土工膜应变计,其中坝纵 0+031.909(505.

00 m)2 支,坝纵 0+096.909(505.00 m、485.00 m)4 支,坝纵 0+161.909(505.00 m、455.00 m)4 支,坝纵 0+241.909(505.00 m、485.00 m、455.00 m、432.00 m)8 支,坝纵 0+320.000(455.00 m)2 支,坝纵 0+346.523 (505.00 m、485.00 m)4 支,监测土工膜变形。

复合土工膜下 3 个坝纵分高程布置 6 支土工膜气压计,其中坝纵 0+121.909(509.00 m、476.00 m)2 支,坝纵 0+241.909(496.00 m、456.00 m)2 支,坝纵 0+326.523(509.00 m、476.00 m)2 支,监测土工膜在初次蓄水及运行过程是否有水、气压顶托等情况。

土工膜应变计和土工膜气压计分布如图 1 所示:

4 监测成果分析

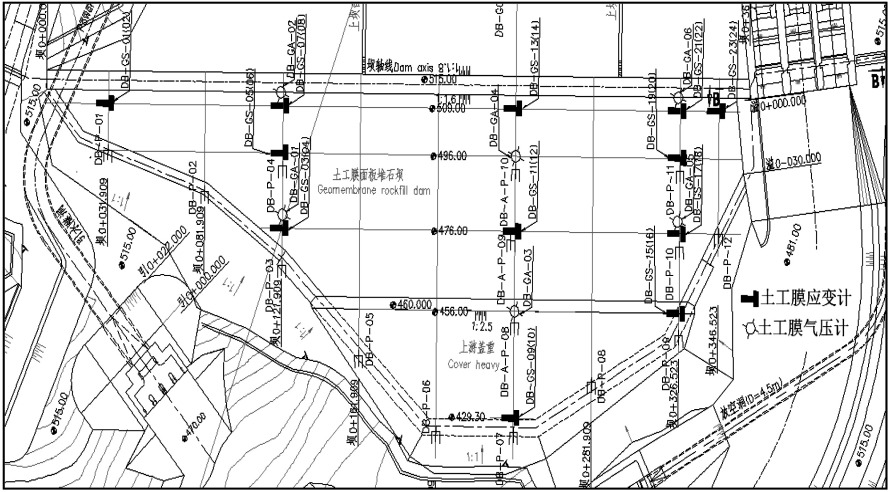


图 1 土工膜监测仪器布置图

4.1 土工膜变形监测

南欧江六级水电站于 2015 年 10 月 8 日下闸蓄水,监测工程施工结束后于 2016 年 11 月 1 日移交给运行方进行监测。

蓄水前,土工膜变形量较小,整体稳定。变形量在-2.34~4.73 mm 之间,其中拉伸变形量最大发生在坝体中部 476 m 高程,压缩变形量最大发生在靠近左岸中部的 496 m 高程,该时段的土工膜变形主要受坝体变形(主要为沉降)的影响,但变化较小,无异常。

蓄水至竣工移交时段受蓄水影响,部分土工膜应变计失效,个别测点(DB-GS-03 和 DB-GS-20)变形量较大且呈拉伸状态,但整体上土

工膜应变计位移变化量均较小,整体稳定。

竣工至现在经过 2 年半的运行时段有 4 支土工膜应变计失效,从正常运行的土工膜应变计监测成果来看,土工膜整体变形较小,竣工至现在变形量在 2.54 mm 范围内,整体上呈压缩状态。其中拉伸最大测点(DB-GS-14)和压缩最大测点(DB-GS-21)均为 2.54 mm,且都位于 505 m 高程正常蓄水位附近,变形主要受库水位波动变化的影响,符合运行规律,土工膜面板运行正常。

土工膜变形监测成果如表 1 所示。

4.2 土工膜气压监测

土工膜在初次蓄水及运行过程是否有水、气压顶托等情况采用土工膜气压计进行监测,其中

表 1 复合土工膜变形监测成果表

设计编号	蓄水前 mm (2015-10-05)	竣工移交前 mm (2016-10-30)	当前 mm (2019-02-22)	蓄水至竣工前 /mm	竣工至现在 /mm	备 注
DB-GS-01	1.20					2016 年 10 月 6 日后失效
DB-GS-02	0.54					
DB-GS-03	-0.28	138.64	138.34	138.92	-0.30	
DB-GS-04	0.93	-4.65	-2.42	-5.58	2.23	
DB-GS-05	1.17	0.21	-2.03	-0.96	-2.24	
DB-GS-06	-2.34	-2.06	-3.12	0.28	-1.06	
DB-GS-07	-0.60					2016 年 2 月 22 日失效
DB-GS-08	0.22	-0.16	-0.10	-0.38	0.06	
DB-GS-09	0.74	-0.03	-0.91	-0.77	-0.88	
DB-GS-10	0.28	-0.84	-2.64	-1.12	-1.80	
DB-GS-11	1.24	0.09	0.19	-1.15	0.10	
DB-GS-12	4.73	2.84	0.88	-1.89	-1.96	
DB-GS-13	2.77	2.72		-0.05		2017 年 9 月 5 日失效
DB-GS-14	1.44	0.08	2.62	-1.36	2.54	
DB-GS-15	1.32	1.78	1.28	0.46	-0.50	
DB-GS-16	-1.65					2016 年 8 月 15 日失效
DB-GS-17	0.71	-6.73		-7.44		
DB-GS-18	0.49	-18.98		-19.47		2017 年 9 月 5 日失效
DB-GS-19	-0.15	-3.63	-2.99	-3.48	0.64	
DB-GS-20	0.19	115.58	115.55	115.39	-0.03	
DB-GS-21	1.77	2.03	-0.51	0.26	-2.54	
DB-GS-22	-1.07	-2.58		-1.51		2017 年 11 月 9 日失效
DB-GS-23	0.69	-1.11	-1.37	-1.80	-0.26	
DB-GS-24	0.63	1.35	1.15	0.72	-0.20	

设计编号为 DB-GA-03 采用渗压计代替土工膜气压计。

蓄水前,大坝土工膜气压计基本处于无压状态,靠近面板左岸的 DB-GA-01 和 DB-GA-02 有微小的气压顶托情况,但压力较小,最大为 0.59 kPa。

蓄水至竣工阶段,受蓄水影响靠近左岸和溢洪道的土工膜气压计压力有所增大,但增大幅度较小,在 0.68kPa 范围内,靠近中部的 DB-GA-03 和 DB-GA-04 一直处于无压状态。

竣工至现在,土工膜气压计压力整体有所减小,其中 DB-GA-01 从 1.27 kPa 减小到无压状态,DB-GA-06 有微小的增加,压力增大 0.19 kPa。当前大部分土工膜气压计都处于无压状态,靠近溢洪道的 DB-GA-05 和 DB-GA-06 有微小的压力,压力最大为 0.78 kPa。

综上所述,土工膜气压计当前基本都处于无压状态,仅靠近溢洪道的两个测点有微小的压力,土工膜整体稳定,不存在水、气压托顶的情况。土工膜气压监测成果如表 2 所示:

表 2 土工膜气压监测成果表

设计编号	蓄水前 /kPa (2015-10-05)	竣工移交前 /kPa (2016-10-30)	当前 /kPa (2019-02-22)	蓄水至竣工前 /kPa	竣工至现在 /kPa	备注
DB-GA-01	0.59	1.27	0.00	0.68	-1.27	
DB-GA-02	0.10	0.69	0.00	0.59	-0.69	
DB-GA-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	渗压计
DB-GA-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DB-GA-05	0.00	0.49	0.29	0.49	-0.20	
DB-GA-06	0.00	0.59	0.78	0.59	0.19	

5 相关监测成果及分析

为了更进一步了解土工膜的防渗效果,在大坝坝体、坝基、面板、趾板、周边缝、大坝与溢洪道接缝处等位置共计布置了 24 支渗压计。当前大坝坝基河床部位深孔渗压计渗透压力稍大,渗压水位变化主要与库水位相关,近月渗压变幅在 0.015~0.021 MPa 之间,该部位渗压主要检查坝基防渗帷幕效果,监测结果表明坝基帷幕防渗效果较差。

其他部位的渗压计压力均较小,近月压力变幅在 0~0.003 MPa 范围以内,渗压水位稳定。所有面板及大坝与溢洪道接缝处渗压计监测成果表明,面板及接缝处于无压状态,土工膜发挥了较好的防渗作用。

在大坝后坡截水墙位置安装了 1 套梯形量水堰^[3]监测坝体渗流量,当前大坝坝体渗流量为 18.50 L/s,对应库水位高程为 506.28 m。近月库水位环比上期下降 2.46 m,渗流量减小 4.73 L/s,坝体渗流量主要受坝前库水位的影响,当前坝体渗流量稳定,无突变及异常现象。综合来看,坝体及坝基总渗流量不大,且没有发生突变情况,表明土工膜没有新增孔洞出现。

在坝体表面及坝顶布置了表面变形监测点,坝体内部安装了水管式沉降仪^[4]和引张线式水平位移计,用于监测坝体表面位移和内部变形情况。监测成果表明:坝体表面及内部变形比较稳定,近年位移变幅均在 30 mm 以内。

在每年初枯水期均对土工膜表面进行专项巡视检查,土工膜表面完整,不存在破损、划伤等特殊异常情况,并对于微小的划痕及时进行了修补。

6 结 语

(1)土工膜变形及内部水、气压浮托力稳定,

(上接第 103 页)

[4] TCBMF17—2017.水泥生产企业质量管理规程[S].

[5] 林京宁,试验室人员比对试验在检测中的应用分析[J].广

西城镇建设,2010,37(9):110—113.

作者简介:

范春艳(1976-),女,湖北洪湖人,工程师,本科学历,从事水利水电

~~~~~

白鹤滩水电站机组哈电生产首台下机架交工

新中国 70 华诞来临之际,位于四川省与云南省交界的白鹤滩水电站,在三峡监理、业主等单位人员的共同见证下,由哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司制造的白鹤滩水电站机组首台下机架顺利完工并交付用户。这是哈电电机全体职工向新中国 70 华诞献上的一份贺礼。作为白鹤滩水电站机组关键部件,该下机架中心体最大高度达 4 m,最大外径约 8 m,重量超过 200 t。白鹤滩水电机组首台下机架的完工交付,是哈电电机继 2017 年 10 月首台座环通过业主精品验收、2018 年 10 月首台精品导水机构耀世而出、2019 年 5 月首台精品长短叶片转轮叫响行业之后,又一次在白鹤滩水电机组制造上取得的重大突破。

结合对土工膜表面的巡视检查<sup>[5]</sup>,未发现土工膜有破损、划伤、老旧等情况,初步判断土工膜完整,无异常现象。

(2)坝体及坝基渗流渗压稳定,表明土工膜防渗效果较好,渗流量无增加情况,表明土工膜没有新增渗漏通道。

(3)复合土工膜面板堆石坝工程受库区水位及时间效应影响,变形、渗流渗压、应力应变等均产生相应的效应变化,目前各监测量均趋于稳定或符合运行期正常变化规律,无明显异常现象。

(4)从蓄水前后及运行以来的观测成果分析看,土工膜面板及堆石坝坝体所埋设的观测设备整体工作性能良好,虽有个别测点失效,但整个工程的埋入式不可更换仪器设施完好率达 80% 以上,满足规范要求<sup>[6]</sup>。成活仪器能较好反映水工建筑物在施工期、蓄水期以及运行初期的性态,尤其是设置在大坝面板部位的土工膜应变计和气压计,较好地反映了工程的关键设计、施工工艺及复合土工膜的优良防渗效果。

参考文献:

[1] 蔡斌,宣李刚,唐存军.南欧江六级水电站大坝复合土工膜施工[J].水利水电施工,2015(5):26—28.

[2] DL/T 5256—2010,土石坝安全监测资料整编规程[S].

[3] DL/T 5259—2010,土石坝安全监测技术规范[S].

[4] DL/T 1047—2007,水管式沉降仪[S].

[5] SL 551—2012,土石坝安全监测技术规范[S].

[6] GB/T 22385—2008,大坝安全监测系统验收规范[S].

作者简介:

肖仕进(1989-),男,贵州普安人,工程师,学士,主要从事工程安全监测技术及施工管理工作;

李江华(1988-),男,河南南阳人,工程师,学士,主要从事工程安全监测技术及施工管理工作。(责任编辑:卓政昌)

~~~~~

电工程建设技术与试验检测管理工作;

原鹏飞(1983-),男,山西大同人,工程师,本科学历,从事工程材料试验检测与管理工作;

周超(1983-),男,四川南充人,工程师,本科学历,从事工程材料试验检测与管理工作。

(责任编辑:卓政昌)