

# 梯子洞水电站大坝碾压混凝土生产性试验

胡建华，李有发

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川都江堰 611830)

**摘要:**介绍了梯子洞水电站大坝碾压混凝土生产性试验施工方法、工艺流程以及所取得的相应的试验成果,可供同类型工程借鉴。

**关键词:**碾压混凝土;碾压试验;施工技术;梯子洞水电站

中图分类号:TV7;TV522;TV544;TV41

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)增2-0056-03

## 1 工程概述

梯子洞水电站工程位于重庆市境内的乌江一级支流阿蓬江上,拦河大坝为非溢流坝和开敞式溢流坝两部分,坝顶长 119.25 m,最大坝高 55.5 m,混凝土总量为 13 万 m<sup>3</sup>,其中碾压混凝土 6 万 m<sup>3</sup>。溢流坝为碾压混凝土重力坝,施工工期 12 个月,是该工程质量及进度控制的重点。

为确保碾压混凝土施工质量及进度,检验所拟定的施工机械的性能和配套性,确定适合该工程施工条件、经济合理的最佳施工工艺与参数,项目部在建成现场实验室后,分别进行了两次现场碾压混凝土试验,分别完成碾压、富胶、变态混凝土 129.6 m<sup>3</sup>、7.2 m<sup>3</sup>、10 m<sup>3</sup>。笔者介绍了碾压混凝土试验内容、方法、施工工艺及所取得的相应试验成果,供类似工程参考、借鉴。

## 2 试验前的准备

### 2.1 确定试验方案

编制《大坝碾压混凝土现场试验方案》并报批获准,确定试验规模、场地方法及主要内容。试验内容为:

(1) 拌和试验:确定试验拌和容量、拌和时间及投料顺序。

(2) 其他:确定  $V_c$  值范围,平铺及斜铺最佳的碾压参数,冲毛时间及方法;验证拌和运输及平仓能力。

### 2.2 试验场地、材料及设备的准备

(1) 检测《大坝碾压混凝土现场试验方案》中选定的水泥、粉煤灰、外加剂、砂石骨料等原材料。

(2) 效验核子密度仪。压箱试验确定核子仪

收稿日期:2016-07-26

的较补偿值为 -61。

(3) 准备《大坝碾压混凝土现场试验方案》中规划的试验场地。在坝区附近平行布置两个 20 m × 6 m 试验条带,其中斜铺试验带基础坡度为 1/12。

## 3 试验过程与检测结果

### 3.1 拌和容量、投料顺序及拌和时间试验

#### 3.1.1 拌和容量

根据报批同意的进场《施工组织设计》,该工程碾压混凝土拌和站为 HL90 型自动化拌和楼(2 × 1.5 m<sup>3</sup> 强制式搅拌机)。据其它工程使用经验,该楼每盘拌制碾压混凝土 1 m<sup>3</sup> 较合适,故不单独做拌和容量试验。

#### 3.1.2 投料顺序

该工程拟定的投料顺序试验方案为 3 种:①石料→砂→水泥 + 粉煤灰→水 + 外加剂;②水 + 外加剂→砂→水泥 + 粉煤灰→石料;③石料→水泥 + 粉煤灰→水 + 外加剂→砂。每种投料顺序各试拌混凝土 3 m<sup>3</sup>,拌和时间为 60 s,分别检测混凝土的  $V_c$  值、拌和物的均匀性(洗分析法)、容重及 28 d 抗压强度。试拌过程中,注意观察混凝土粘搅拌机叶片情况。如表 1 所示,第②种投料顺序所拌制的混凝土均匀性较好,粘搅拌机叶片量少,压实时间相对较少,故确定采用第②种投料顺序正式试验。

#### 3.1.3 拌和时间

混凝土拌和投料顺序确定后进行了拌和时间试验。该工程试拌时间为 60 s、75 s 两种,分别检测混凝土的  $V_c$  值、均匀性(洗分析法)、容重及试样 28 d 抗压强度。如表 2 所示,75 s 拌和时间所

表1 投料顺序试验成果表

序号	拌和时间	取样位置	$V_c$ 值 /s		容重 /kg · m <sup>-3</sup>		$R_{28}$ /MPa		试拌量 /m <sup>3</sup>	混凝土粘搅拌机叶片量
			测值	偏差 /%	测值	偏差 /%	测值	偏差 /%		
①		灌前	7	6.7	2 470	0.25	12.9	5.8	3	较多
		灌后	8		2 450		11			
②	60 s	灌前	9	6.5	2 465	0.25	13.2		3	较少
		灌后	10		2 475		11.6	3.8		
③		灌前	9	7	2 460	0.25	10.8		4.2	较多
		灌后	10		2 450		11.2			

表2 拌和时间试验成果表

序号	拌和时间	取样位置	$V_c$ 值 /s		粗骨料含量		容重 /kg · m <sup>-3</sup>		$R_{28}$ /MPa	拌和量 /m <sup>3</sup>
			测值	偏差 /%	测值	偏差 /%	测值	偏差 /%		
①	60 s	灌前	7	6.7	64	1.2	2 470	0.4	12.3	7.9
		灌后	8		66		2 450		11	
②	75 s	灌前	6	7.7	65	0.8	2 460	0.3	12.5	3
		灌后	7		66		2 470		10.7	

拌混凝土强度、容重偏差小,质量好,性能差别不大,故选定最佳拌和时间为 75 s,确定碾压混凝土最小拌和时间为 60 s。

### 3.2 $V_c$ 值试验

混凝土拌和投料顺序和拌和时间确定后,进行  $V_c$  值历时试验,检测按确定的投料顺序和拌和时间所拌制的混凝土经摊铺后 2、3、4、5 h 的  $V_c$  值。结果显示:在气温 18 ℃ ~ 20 ℃ 时,该工程碾压混凝土完成摊铺 2、3、4、5 h 后的  $V_c$  值分别为 12 s、18 s、25 s、32 s。

### 3.3 生产工艺、参数试验

#### 3.3.1 运输能力测试及运输设备配置

根据进场《施工组织设计》及试验方案,该工程碾压混凝土由 15 t 红岩自卸汽车运输。从拌和楼接完料、经脱水道冲洗脱水后,分两个条带入仓,每车分 2 ~ 3 点卸料。试验时,每车由专人跟车分别记录接料、运输、冲洗脱水、入仓卸料时间。经试验 4 趟,该工程每车平均运输时间为 21 min 52 s。实际施工按装载量 6 m<sup>3</sup>/车计,每车运输量为 16.5 m<sup>3</sup>/h,4 台车即满足 60 m<sup>3</sup>/h 大坝浇筑施工计划强度要求。

#### 3.3.2 斜铺碾压试验

斜层铺筑碾压试验按照施工两层进行试验,采用试验室提供的配合比拌制混凝土;15 t 自卸汽车运输,直接入仓,分 2 ~ 3 点卸料;TY220 推土机进行摊铺平仓,松散摊铺厚度按 37 cm 控制,先铺坡角平段,再铺斜坡段;BW202AD 振动碾分两个条带按无振 2 遍、有振 6 遍、有振 8 遍、有振 10 遍、有振 12 遍、有振 14 遍进行碾压,BW75S 振动碾按无振 2 遍、有振 12 遍、有振 14 遍、有振 16 遍、有振 18 遍、有振 22 遍、有振 24 遍碾压条带周边;用核子密度仪(TROXLER 3440)分别检测各碾压遍数下不同深度位置的 15 cm 及 30 cm 处的压实容重;每层分别布置 3 个试验点,试验点的位置平坦,避开条带两端振动碾起振和停振的地方,用白粉划上,大小与仪器相似,试验点位置确定后,由测量人员测量碾压前的高程;采用核子密度仪测量四个象限,取平均值作为该点测量值。试验结果见表 3、4。

#### 3.3.3 平铺碾压试验

平铺试验按施工三层进行试验,平铺试验程序、方法与斜铺相同,试验结果见表 5、6。

表3 斜铺作业 BW202AD 碾压遍数与压实容重表

项目	碾压遍数							
	2	4	6	8	10	12	14	16
第一层	BW201AD 工况	无振	有振	振	有振	有振	有振	无振
	容重平均值 /kg · m <sup>-3</sup> 15 cm	2 380	2 426	2 463	2 463			
第二层	容重平均值 /kg · m <sup>-3</sup> 30 cm	2 340	2 438	2 444	2 442			
	容重平均值 /kg · m <sup>-3</sup> 15 cm	2 313	2 415	2 473	2 463			
	容重平均值 /kg · m <sup>-3</sup> 30 cm	2 340	2 433	2 434	2 442			

注:配合比:1:5.41:9.91:0.59;平仓厚度:37 cm;振动碾速度:1.2 ~ 1.5 km/h。

表4 斜铺作业BW75S碾压遍数与压实容重表

项目	碾压遍数						
	2	12	14	16	18	22	24
BW75S工况	无振	有振	有振	有振	有振	有振	无振
第一层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm	2 356	2 371	2 394	2 382	2 430
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm	2 338	2 352	2 369	2 385	2 413
第二层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm		2 383	2 436	2 440	2 433
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm		2 371	2 408	2 412	2 428

注:配合比:1:5.41:9.91:0.59;平仓厚度:37 cm;振动碾速度:1 km/h。

表5 平铺作业BW202AD碾压遍数与压实容重表

项目	碾压遍数							
	0	2	4	6	8	10	12	14
BW202AD工况	无振	有振	有振	有振	有振	有振	有振	无振
第一层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm	2 372	2 428	2 466	2 466	2 474	
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm	2 307	2 398	2 471	2 463	2 471	
第二层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm		2 434	2 478	2 480	2 479	
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm		2 395	2 475	2 482	2 480	

注:配合比:1:5.41:9.91:0.59;平仓厚度:37 cm;振动碾速度:1.2~1.5 km/h。

表6 平铺作业BW75S碾压遍数与压实容重表

项目	碾压遍数						
	2	12	14	16	18	22	24
BW75S工况	无振	有振	有振	有振	有振	有振	无振
第一层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm	2 362	2 388	2 412	2 435	2 466
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm	2 344	2 370	2 387	2 322	2 456
第二层	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	15 cm		2 383	2 436	2 428	2 463
	容重平均值 /kg·m <sup>-3</sup>	30 cm		2 371	2 408	2 400	2 440

注:配合比1:5.41:9.91:0.59;平仓厚度:37 cm。

该工程碾压混凝土冲毛试验在混凝土终凝后进行,设4个试验块,每块宽度为试验条带全宽,长为5 m,各试验块间划白灰线标示。采用人工手持风水枪进行冲毛,风压0.6 MPa,水压0.7 MPa。考虑到混凝土自拌和机出仓到碾压完成的时间一般控制在2 h内,冲毛时间选定为碾压完成后6 h、8 h、12 h、18 h、22 h进行试验。结果如表7所示,碾压完成12 h后在18 h内冲毛,可清除混凝土表面乳皮,石子外露且基本不松动,冲毛效果较好。

### 3.3.4 冲毛试验

表7 冲毛试验成果表

碾压后时间/h	气温/℃	混凝土表面石子外露、松动情况及乳皮清除情况	
		石子外露、明显松动	石子外露、轻微松动
6	9		
8	10		
12	12	石子外露、基本无松动,乳皮可清除	
18	16	石子外露、基本无松动,乳皮可清除	
22	15	石子外露、基本无松动,局部乳皮不易清除	

### 3.3.5 混凝土成缝

该工程碾压混凝土生产性试验阶段未作成缝试验,坝体施工直接参照了天生桥工程的资料和

水电十局公司在花滩电站碾压混凝土诱导孔成缝方法的经验。诱导孔成缝施工工艺采用在每一或两个升层达到3 d龄期后用地质钻机造“诱导孔”成缝,孔径105 mm,孔距1.5 m,每次孔深3 m(2个升层时为6 m),孔内填塞干砂。通过检测观察,工程实际成缝效果较好。

### 4 结语

梯子洞水电站大坝碾压混凝土生产性试验是对所选定的施工参数、施工方法、工艺流程和质量控制措施进行验证,通过试验验证并确定了大坝碾压混凝土施工参数的合理性、设备选型的合理性以及施工工艺的有效性,为大坝施工做好了技术准备。参照生产性试验提供的参数,该工程施工已顺利完建,各项检测数据亦全部满足要求。由此可见,大坝碾压混凝土工程生产性试验对工程生产建设指导意义重大,值得类似工程借鉴。

#### 作者简介:

胡建华(1978-),男,四川威远人,工程师,一级建造师,从事水电

工程施工技术与管理工作;

李有发(1978-),男,广西桂林人,高级工程师,从事水利水电工程

施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)