

# 泽城西安水电站面板堆石坝混凝土配合比参数设计

许王峰

(山西泽城西安水电有限公司,山西太原 030000)

**【摘要】** 面板混凝土作为面板堆石坝工程防渗防裂设计的主要内容,其质量的好坏,直接影响大坝的整体防渗及安全运行。泽城西安水电站工程,根据面板堆石坝混凝土技术要求,通过逐段逐期的混凝土试配试验及细部论证,提出了面板混凝土最优配比,并经现场测试后,总结出面板混凝土施工时的注意事项。后期运用证明,该配比保证了面板混凝土的浇筑质量和防裂效果。

**【关键词】** 面板堆石坝;混凝土;配合比设计

中图分类号: TV42

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)05-035-04

## Design of concrete mix proportion parameters of concrete faced rockfill dam in Zecheng Xi'an Hydropower Station

XU Wangfeng

(Shanxi Zecheng Xi'an Hydropower Co., Ltd., Taiyuan 030000, China)

**Abstract:** The quality of slab concrete, as the main content in the anti-seepage and anti-crack design of concrete faced rockfill dam project, directly affects overall anti-seepage and safe operation of the dam. The best mix proportion of slab concrete is proposed in Zecheng Xi'an Hydropower Station Project according to concrete faced rockfill dam concrete technical requirements through concrete fitting experiment and detail demonstration by sections and stages. The mix proportion is tested in the construction site. Precautions during construction of concrete faced rockfill dam are summarized. Subsequent operation proves that the mix proportion guarantees the pouring quality and anti-crack effect of slab concrete.

**Key words:** concrete faced rockfill dam; concrete; mix proportion design

### 1 基本情况

泽城西安水电站工程位于晋中市左权县境内,枢纽位置距离左权县城约 35km,主要建筑物由混凝土面板堆石坝、泄洪洞、溢洪道等组成。根据地质调查结果,工程区内卵石混合土中含少量的中细砂层,含泥量较大,质量差,不能满足工程要求,而粗骨石料的储备较为丰富,有老虎岩和小南山两个砾料厂。

根据设计院提交的初步设计报告及施工图纸,泽城西安水电站水库面板混凝土技术要求为:C25 混凝土,抗渗等级 W8,抗冻等级 F200,骨料级配采用连续级配中的二级配。

### 2 试验方案的初选及确定

#### 2.1 材料初选

根据工程材料的分布情况及市场调查结果,主要

原材料初选结果见表1。

表1 泽城西安水电站混凝土配合比用原材料及外加剂基本情况

名称	水泥	粉煤灰	砂子	石子		外加剂	
				小石	中石	减水剂	引气剂
规格等级	普通硅酸盐水泥 P. O42.5	I级	中砂	5~20mm	20~40mm	DH3G型减水剂	DH9型引气剂

为严格保障面板的抗裂性,在原外加剂基础上增加聚丙烯纤维及防裂剂。

### 2.2 试验方案

泽城西安大坝面板混凝土配合比设计方案如下:确定水胶比与抗压强度曲线、减水剂最佳掺量、引气剂最佳掺量,满足混凝土的各项力学性能和耐久性能(包含混凝土抗冻、抗渗要求)。

配合比试验设计按两个阶段进行规划。第一阶段内容为配合比试配。包括原材料检测、水泥比选试验、混凝土配合比试配拌和试验、混凝土前期力学试验、混凝土试件满28天龄期之后进行的混凝土耐久性试验、混凝土极限拉伸试验、掺用防裂剂配合比试验等项目,基本选定配合比参数。第二阶段内容为混凝土配合比优化试验,主要项目为混凝土强度试验、混凝土极限拉伸试验和混凝土耐久性试验。

全过程共选择配合比系列47组,200次冻融试验32组。

### 3 面板混凝土配合比试验结果比对及优化确定

a. 第一阶段根据拟定的试验方案,选择混凝土配合比的基本参数,在混凝土拌和试验结果基础上,采取调整和修正措施,确定混凝土配合比的各项基本参数。第一阶段共进行29组成型试配,分拌和性能、强度试验和耐久试验三方面进行。成立质量专家研判小组,根据第一阶段混凝土配合比设计的试验结果,进一步缩小选择范围,确定混凝土配合比的水胶比变化范围为0.35~0.41,用水量变化范围在132~139kg/m<sup>3</sup>之间,粉煤灰掺量在20%为宜。

b. 第二阶段分组进行配合比试验。其中M1~M9阶段侧重于确定外加剂掺含量试配。M2-1~M8-1系列以抗压强度试验为主,M2-2~M8-2系列、M2-3~M8-3系列侧重于极限拉伸试验和耐久性试验项目。面板配合比参数设计见表2,强度试验结果见表3。

表2 第二阶段试验的泽城面板配合比参数设计

序号	配合比编号	水胶比	粉煤灰/%	防裂剂/%	纤维/(kg/m <sup>3</sup> )	砂率/%	减水剂/%	引气剂1kg/万	每方混凝土用量/(kg/m <sup>3</sup> )								备注
									水	水泥	粉煤灰	防裂剂	纤维	砂	碎石		
															5~2mm	20~40mm	
1	M1	0.41	20	—	—	37	1.25	1.25	134	265	65	—	—	708	610	610	对照组
2	M2	0.38	20	—	—	36	1.25	1.25	135	284	71	—	—	679	610	610	
3	M3	0.35	20	—	—	35	1.25	1.25	136	311	78	—	—	645	606	606	
4	M4	0.41	20	—	1.2	37	1.25	1.25	137	267	67	—	1.2	702	605	605	掺聚丙烯纤维
5	M5	0.38	20	—	1.2	36	1.25	1.25	138	291	73	—	1.2	673	605	605	
6	M6	0.35	20	—	1.2	35	1.25	1.25	139	318	79	—	1.2	642	603	603	
7	M7	0.41	15	10	—	37	1.25	1.25	134	245	49	33	—	710	611	611	掺防裂剂
8	M8	0.38	15	10	—	36	1.25	1.25	135	266	53	36	—	681	612	612	
9	M9	0.35	15	10	—	35	1.25	1.25	136	292	58	39	—	650	610	610	
10	M2-1	0.38	20	—	—	35	1.25	1.25	133	280	70	—	—	641	619	619	对照组
11	M5-1	0.38	20	—	1.2	35	1.25	1.2	138	290	73	—	1.2	632	610	610	掺聚丙烯纤维
12	M8-1	0.38	15	10	—	35	1.25	1.25	133	263	52	35	—	644	621	621	掺防裂剂

续表

序号	配合比编号	水胶比	粉煤灰/%	防裂剂/%	纤维/(kg/m <sup>3</sup> )	砂率/%	减水剂/%	引气剂/kg/万	每立方混凝土用量/(kg/m <sup>3</sup> )								备注
									水	水泥	粉煤灰	防裂剂	纤维	砂	碎石		
															5~2mm	20~40mm	
13	M2-2	0.38	20	—	—	35	1.25	1.25	133	280	70	—	—	641	620	620	对照组
14	M5-2	0.38	20	—	1.2	35	1.25	0.95	138	291	73	—	1.2	632	612	612	掺聚丙烯纤维
15	M8-2	0.38	15	10	—	35	1.25	0.85	133	263	52	35	—	643	622	622	掺防裂剂
16	M2-3	0.38	20	—	—	35	1.25	1.2	135	284	71	—	—	637	617	617	对照组
17	M5-3	0.38	20	—	1.2	35	1.25	1.1	139	293	73	—	1.2	630	610	610	掺聚丙烯纤维
18	M8-3	0.38	15	10	—	35	1.25	1.2	136	268	54	36	—	638	617	617	掺防裂剂

表3 第二阶段试验的泽城面板配合比强度试验结果

序号	配合比编号	抗压强度/MPa				混凝土劈裂强度/MPa				混凝土轴向拉伸试验									备注
		3d	7d	14d	28d	3d	7d	14d	28d	轴向抗拉强度/MPa			极限拉伸值 × 10 <sup>-6</sup>			抗拉弹性模量 × 10 <sup>-4</sup>			
										4d	7d	28d	4d	7d	28d	4d	7d	28d	
1	M1	14.4	28.4	33.4	39.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	对照组
2	M2	13.7	28.6	34.3	40.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	M3	17.4	27.8	38	47.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	M4	11.1	22	22.8	34.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	掺聚丙烯纤维
5	M5	12.8	25.1	28.6	36.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	M6	15.2	27.8	33.9	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	M7	15	22.2	27.6	34.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	掺防裂剂
8	M8	17.7	25.1	27.7	35.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	M9	18.5	26.4	31.1	38.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	M2-1	18	27.4	—	43.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	对照组
11	M5-1	17.7	23.6	—	44.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	掺聚丙烯纤维
12	M8-1	26.8	35.9	—	47.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	掺防裂剂
13	M2-2	15.8	25.9	—	36.3	1.36	2.72	—	2.72	1.93	2.27	—	—	—	—	—	1.69	2.25	对照组
14	M5-2	13.1	25.3	—	35.9	1.27	2.43	—	2.43	1.4	2.00	—	—	—	—	—	1.20	1.18	掺聚丙烯纤维
15	M8-2	22.8	31.4	—	41.8	1.80	2.77	—	3.79	2.23	2.46	—	—	—	—	—	1.15	2.01	掺防裂剂
16	M2-3	—	—	31.4	40.1	—	—	2.75	2.82	—	—	3.72	—	—	105	—	—	5.04	对照组
17	M5-3	—	—	37.4	42.0	—	—	2.94	2.84	—	—	3.86	—	—	129	—	—	3.92	掺聚丙烯纤维
18	M8-3	—	—	32.4	37.2	—	—	2.92	2.93	—	—	3.83	—	—	117	—	—	4.41	掺防裂剂

从表4看出, M8-3为掺防裂剂的混凝土配合比组,其28d的抗压强度为37.2MPa,28d的轴向抗拉强度达到3.83MPa,28d极限拉伸值达到 $117 \times 10^{-6}$ ,28d的抗拉弹性模量为 $4.41 \times 10^4$ MPa,结果较好,优于M2-3组和M8-3组。而M5-3采用的配合比参数为:水胶比0.38,砂率35%,减水剂掺量1.25%,混凝土引气剂掺量为1.1kg/万。

c. 结合混凝土配合比拌和物试验结果及强度试验结果,选定推荐的混凝土配合比基本参数。其中水胶比

确定为0.38,砂率确定为35%,混凝土减水剂的掺量为1.25%,混凝土引气剂掺量为1.05~1.15kg/万,粉煤灰掺量为15%~20%之间,聚丙烯纤维配比为1.2kg/m<sup>3</sup>,混凝土防裂剂配比为10%。当混凝土坍落度初值在5~7cm之间时,计算的混凝土单方用水量为133~139kg/m<sup>3</sup>之间;当混凝土坍落度初值在7~9cm之间时,计算的混凝土单方用水量为135~141kg/m<sup>3</sup>之间。

d. 经进一步试验优化及综合研判,备选推荐混凝土配合比A和混凝土配合比B。其中方案A为满足混

混凝土坍落度初值为 7~9cm 时所确定的参数值;方案 B 为满足混凝土坍落度初值为 5~7cm 时推荐参数值。

表 4 备选混凝土配合比方案 A 及 B 参数

推荐的混凝土配合比方案 A																		
编号	水胶比	粉煤灰	防裂剂	纤维	砂率	减水剂	引气剂	每立方混凝土用量								坍落度	胶凝材料	
								水	水泥	粉煤灰	纤维/ 防裂剂	砂	碎 石		外加剂 减水剂/ 引气剂			
													5~ 20mm	20~ 40mm				
单位	—	%	%	kg/m <sup>3</sup>	%	%	1kg/万	kg/m <sup>3</sup>								cm	kg/m <sup>3</sup>	
/	0.38	20	/	/	35	1.25	1.15	135	284	71	0	637	617	617	4.44	0.04	7~9	355
纤维	0.38	20	/	1.2	35	1.25	1.05	141	297	74	1.2	627	607	607	4.64	0.04	7~9	371
防裂剂	0.38	15	10	/	35	1.25	1.15	135	266	53	36	639	619	619	4.44	0.04	7~9	355
推荐的混凝土配合比方案 B																		
单位	—	%	%	kg/m <sup>3</sup>	%	%	1kg/万	kg/m <sup>3</sup>								cm	kg/m <sup>3</sup>	
/	0.38	20	/	/	35	1.25	1.15	133	280	70	0	641	620	620	4.38	0.04	5~7	350
纤维	0.38	20	/	1.2	35	1.25	1.05	139	293	73	1.2	630	610	610	4.57	0.04	5~7	366
防裂剂	0.38	15	10	/	35	1.25	1.15	133	263	53	35	643	622	622	4.38	0.04	5~7	350

#### 4 实际施工效果

根据推荐的混凝土配合比,对工地进行现场测试,主要问题为混凝土拌和物含气量不稳定,通过生产厂家的现场指导,基本解决了这一问题。在其他参数方面,包括混凝土的坍落度、用水量、砂率等基本参数符合工地施工的要求,不做调整。通过现场比试,方案 B 更满足现场施工要求。同时,为保证混凝土各项性能的提高,在原试配用水量的基础上进行微调,允许时用量适当下浮 1~2kg/m<sup>3</sup>。为确保该方案成型,召集有关专家,召开了“混凝土配合比专家论证会”及“试验结果研判会”,经质量专家研判小组打分确定方案 B 为最终的实施方案。

工程现已正式试蓄水试运行,在面板混凝土自浇筑工程后及运行过程中,共发现浅层裂缝 8 条,经系统分析及专家研判系由施工过程的质量控制不严而引起,基本达到了质量控制的目标。

#### 5 面板混凝土施工注意事项

##### 5.1 混凝土用砂石骨料

试验用砂、石均为饱和面干状态。参与配置混凝土的砂石骨料,应保证其品质达到规范要求,特别是要控制细骨料中的含泥量指标。在满足标准规定的前提下,砂的含泥量宜控制在 1.0% 以下,碎石的含泥量宜

控制在 0.5% 以下。

##### 5.2 混凝土用粉煤灰

混凝土配合比对粉煤灰的品质好坏较为敏感,在混凝土配合比设计的试验过程中,使用 I 级粉煤灰的混凝土拌和物性能和后期混凝土力学及耐久性能也明显高于使用 II 级粉煤灰的性能。建议现场拌和配置的混凝土所用粉煤灰宜采用 I 级标准。如果粉煤灰品质变动,则需重新调整参数并试验确定。

##### 5.3 外加剂

a. DH3G 混凝土减水剂。DH3G 混凝土减水剂为粉状固体可以直接干掺使用,由于现场要求将 DH3G 减水剂配置成液体状态使用,因此在使用之前,应按要求将干粉状的减水剂配置成一定浓度的液体,待减水剂充分溶解均匀后再加入到拌和用水中。

b. DH9 混凝土引气剂。该减水剂需稀释成溶液后使用。配置溶液时,考虑引气剂掺量占比很小,所以配置浓度应严格控制并使之符合规范要求。

##### 5.4 混凝土拌和时间

在实验室进行的混凝土拌和试验中,为充分发挥混凝土外加剂的效用,混凝土搅拌时间为 200s。在现场拌和配置混凝土时可相应进行调整,以保证混凝土的工作性能。(下转第 13 页)