

铜街子水电站砼施工配合比选择

魏朝坤

(水电七局)

提 要 铜街子水电站系国家“七五”重点工程项目,砼量约 270 万 m³。砼配合比选择,运用正交试验及统计分析方法进行优选,并采用“双掺”技术和碾压砼,砼在使用细沙的不利条件下,将用水量降至 90kg/m³ 左右,水泥用量降至 65kg/m³。对已浇筑的 200 多万 m³ 砼质量抽检结果表明:各种标号砼强度保证率均达到 90% 以上;强度高差系数属一般和良好级水平;耐久性指标合格率在 90% 以上,超过“水工砼施工规范”的质量要求,取得了显著的技术经济效益。

关键词 砼配合比 正交试验 碾压砼 常规砼 原材料

一、概 述

铜街子水电站枢纽工程,包括溢流坝段、厂房坝段、底孔坝段、筏闸、左右挡水坝段和堆石坝。坝顶长 1028.6m,其中砼坝段长 513m,最大坝高 88m,砼总方量约 270 万 m³,系国家“七五”重点工程项目。为确保工程质量,节约水泥,提高和改善砼性能,要求对砼原材料,配合比进行试验论证,选出最优方案。为此共进行约 1300 多次试验,成型各种试件 5000 多组,取得大量的试验数据。由于采用“双掺”技术,使常规大坝砼在使用偏细沙(FM=2.0~2.2)的不利条件下,将砼加水量降至 90kg/m³ 左右,碾压砼水泥用量逐步由工业性试验时的 83kg/m³,降到 65kg/m³,取得了显著的技术经济效益。

二、试验用原材料

(一)水泥

砼配合比选择试验采用峨眉大坝硅酸盐 525 水泥,夹江大坝硅酸盐 525 水泥和峨眉硅酸盐 525R 水泥,其品质检验结果为表 1 所示。

表 1 水泥物理特性检验结果

生产 厂家	水 泥		28 天强度 (MPa)	细 度 180μ(%)	稠 度 (%)	比 重	水化热(J/g)	
	品种	标号					3d	7d
峨眉	大坝	525	58.9	2.70	23.73	3.19	232.5	260.6
峨眉	硅酸盐	525	63.4	3.17	23.04	3.17	—	—
夹江	大坝	525	60.9	1.93	25.03	3.19	260.4	280.1

(二)粉煤灰、外加剂、水

使用豆坝电厂粉煤灰其物理特性见表 2。

表 2 粉煤灰物理特性

项 目	细度(%)	烧失量(%)	需水比(%)	强度比(%)	含水量(%)	SO ₃ (%)	比 重
国标要求 GB1596-79	<8	<8	<105	>115	<1	<3	—
豆坝粉煤灰指标	16~18.5	4.0~8.17	97~101	120	/	微	2.2~2.34

砼中掺用开山屯化纤厂生产的木质素磺酸钙(木钙)属缓凝型减水剂,掺量为胶材总量的 0.25%。拌和用工地饮用水。

(三)沙石骨料

使用大渡河葫芦坝砾石、河沙、物理性能见表 3。

表 3 粗细骨料的物理特性

名称	粒径范围(mm)	比重	吸水率(%)	细度模数	空隙率
沙	<5	2.73	1.00	2.0~2.3	34.1
小石	5~20	2.75	0.65		
中石	20~40	2.78	0.50		
大石	40~80	2.78	0.30		
特大石	80~120	2.78	0.20		

表 4 砼粗骨料比例

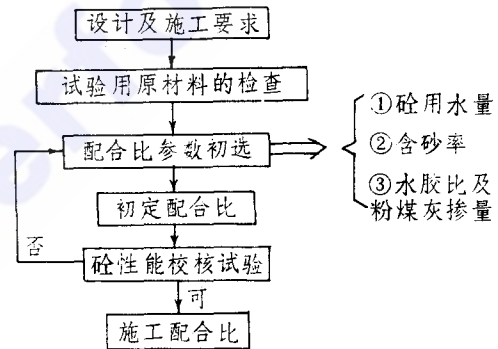
砼级配	不同粒径石子含量(%)				混合密度(10 ³ kg/m ³)
	小石	中石	大石	特大石	
一	100				
二	45	55			
三	30	30	40		2.05
四	20	20	30	30	2.11

对各种粒径粗骨料,按不同比例混合,测试其振实密度,并按最大密度原理,确定各级砼中粗骨料的比例如表 4。

三、砼配合比选择流程

常规砼配合比选择的方法和步骤是参照“水工砼试验规程”(SD105-82)附录 I 中“砼配合比设计方法”进行,其步骤如附图所示。

在进行配合比初选时,先在水工砼最大水灰比限制范围内,选定 4~6 个水胶比,在保持砼和易性基本相同的前提下,试拌加水量和沙率。在此基础上,再进行砼配合比选择。



附图 砼配合比设计框图

四、常规砼配合比选择

(一)砼设计标号

设代组 1987 年 9 月提出的“铜街子水电站大坝二期基坑砼标号、性能及水泥粉煤灰等基本要求”,表 5 作为配合比选择的依据。基础砼极限拉伸值: $\epsilon_p \geq (0.75 \sim 0.85) \times 10^{-4}$

(二)砼配合比参数选择

选用的砼配合比参数见表 6。试验在正交表 $L_{32}(4^5 \times 2^{16})$ 上进行。粉煤灰掺量采用“等量取代法”。以四级配全因子试验作为校核,为消除材料品质在试验期内的变化及其他随机因素的影响,试验顺序按随机化处理的结果,依次进行。

1. 砼加水量及沙率的试拌选择 加水量是在给定水胶比、粉煤灰掺量及所要求的坍落度由试拌求得;沙率按“水工砼试验规程”附录 I 中的方法,由试拌选定。按正交表中各种砼进行试拌优选以后,运用数理统计中的方差分析和对工程平均的估计方法,并考虑现场骨料品质的波动而确定的沙率和用水量分别列于表 7 和表 8。

表5 砼设计标号基本要求

序号	设计标号		抗渗标号	煤灰掺量(%)	砼级配
	龄期(d)	标号			
1	90	100	$\geq S_2$	40~50	三、四
2	90	150	S_3	30~50	三、四
3	28	150	S_4		三、四
4	90	200	S_5	20~40	三
5	28	200			二、三
6	28	200	$\geq S_6$		三
7	90	250		15~30	三
8	28	250			二、三
9	90	300		12~25	二、三
10	28	300			二、三
11	90	350		10~15	二、三
12	28	350			二、三
13	90	400		0及10~15	二、三

表6 选用的砼配合比参数

参 数	1	2	3	4	在 $L_{32}(4^2 \times 2^{15})$ 中的列位
水 胶 比	0.5	0.6	0.7	0.8	1
粉煤灰掺数(%)	0	20	40	60	3
砼 级 配	—	二	三	四	5
木钙掺量(%)	0	0.25			10

表7 沙率选择结果

水 胶 比	砼 级 配			
	四	三	二	—
	沙 率 (%)			
0.5	18	22.5	28	34
0.6	19	23.5	29	35
0.7	20	24.5	30	36
0.8	22	26.5	32	38

注：沙子的细度模数 $FM=2.2$

2. 砼水灰(胶)比和粉煤灰掺量选择 砼水灰(胶)比,应根据设计要求的强度和耐久性决定,并不得超过“水工砼施工规范”(SDJ-207-82)规定的最大水灰比限制。

(1) 砼配制强度确定。砼设计龄期的配制强度,实际上是施工中应控制的平均强度。按设计标号及“水工砼施工规范”第4.2.2及第4.9.16条规定的方法确定,如表9。

(2) 按砼强度确定的水胶比及粉煤灰掺量。对不同粉煤灰掺量,不同水胶比砼强度试验结果进行多元逐步回归分析,建立的回归方程式如下:

$$R_{28} = [-0.0814 + 0.337(C + F)/W - 0.00487F/(C + F)]R_c$$

$$(n = 32, R = 0.929)$$

$$R_{90} = \{-0.1004 + 0.423(C + F)/W - [0.00294F/(C + F)] - 0.368 \times 10^{-4}[F/(C + F)]^2\}R_c$$

式中 $(C + F)/W$ —— 胶水比;

$F/(C + F)$ —— 煤灰掺量(%);

R_c —— 实测水泥 28d 胶沙强度(MPa);

R_{28} 、 R_{90} —— 分别为砼 28d、90d 强度(MPa)。

按各种标号砼的配制强度和推荐的粉煤灰掺量代入上式,并按 95% 的置信下限求得满足强度要求的水胶比如表 10。

表8 砼用水量

水胶比	粉煤灰 (%)	砼 级 配							
		木钙(%)		木钙(%)		木钙(%)		木钙(%)	
		0	0.25	0	0.25	0	0.25	0	0.25
0.5	0	168	154	142	129	121	109	103	93
	20	166	152	139	126	118	106	100	90
	40	163	149	136	123	115	103	97	87
	60	159	145	132	119	111	99	93	83
0.6	0	168	156	144	131	123	111	105	95
	20	166	154	141	127	120	108	102	92
	40	165	151	138	125	117	105	99	89
	60	161	147	134	121	113	101	95	85
0.7	0	171	159	147	134	126	114	108	98
	20	169	157	144	131	123	111	105	95
	40	166	154	141	128	120	108	102	92
	60	164	150	137	124	116	104	98	88
0.8	0	176	164	152	139	131	124	113	103
	20	172	162	149	136	128	116	110	100
	40	171	159	146	133	125	113	107	97
	60	167	155	142	129	121	109	103	94

注：砼坍落度 $6 \pm 1 \text{cm}$, 525 大坝硅酸盐水泥, 沙子细度, 模数为 2.2; 用水量单位为 kg/m^3 。

表 9 砼设计龄期的配制强度

设计标号	粉煤灰 限量(%)	强度保证 率(%)	C _v 值	R ₉₀ / R ₂₈	设计龄期的配制 强度(MPa)
R ₂₈ ⁰ S ₂	5	80	0.21	1.45	12.5
R ₂₈ ⁰ S ₃	30~50	80	0.2	1.45	18.6
R ₂₈ ⁰ S ₄	/	80	0.2	/	18.6
R ₂₈ ⁰ S ₆	20~40	80	0.18	1.35	23.5
R ₂₈ ⁰	/	80	0.18	/	23.5
R ₂₈ ⁰ ≥S ₆	/	80	0.18	/	23.5
R ₂₈ ⁰	15~30	90	0.16	1.3	31.4
R ₂₈ ⁰	/	90	0.16	/	31.4
R ₂₈ ⁰	12~25	90	0.15	1.25	37.1
R ₂₈ ⁰	/	90	0.15	/	37.1
R ₂₈ ⁰	10~15	90	0.14	1.25	42.6
R ₂₈ ⁰	/	90	0.14	/	42.6
R ₂₈ ⁰	0~15	90	0.14	1.2	50.6

表 10 按砼强度确定的水胶比

砼设计标号	配制强度 (MPa)	推荐煤灰 掺量(%)	计算水胶比	说 明
R ₂₈ ⁰ S ₂	12.5	50	0.73	使用 525 水泥
R ₂₈ ⁰ S ₃	18.6	40	0.67	
R ₂₈ ⁰ S ₄	18.6	0	0.79	
R ₂₈ ⁰ S ₆	23.6	20	0.63	
R ₂₈ ⁰	23.6	10	0.65	
R ₂₈ ⁰ ≥S ₆	23.6	0	0.63	
R ₂₈ ⁰	31.4	25	0.54	
R ₂₈ ⁰	31.4	0	0.50	
R ₂₈ ⁰	37.1	20	0.48	
R ₂₈ ⁰	37.1	0	0.43	
R ₂₈ ⁰	42.6	15	0.44	
R ₂₈ ⁰	42.6	0	0.40	
R ₂₈ ⁰	50.6	15	0.39	

(3)满足抗渗要求的水胶比。砼抗渗试验是按“水工砼试验规程”(SDJ-207-82)中逐级加压法进行。由于抗渗仪压力表的限制,试验最大压力只能到 0.8MPa,对压力到 0.8MPa 又不能确定抗渗标号的试件,其抗渗标号用 ≥ S₆ 表示,试验结果如表 11。

从表 11 可知, R 型 525 水泥掺粉煤灰砼的抗渗性不如大坝水泥掺粉煤灰砼好,但在试验范围内均能满足设计对砼抗渗标号的要求,故认为,按强度为依据所选择的砼水胶比和粉煤灰掺量均能满足砼抗渗要求。

(4)按有关规范及设计图纸对水灰比限制确定的水灰比。按“水工砼施工规范”第 4.2.5 条规定及有关设计兰图,确定不同使用条件下的水灰比上限值。

根据上述三个方面的要求,取其中最小水胶比为砼选定的水胶比,其结果列入表 12。

比较表 12 列数值可见,确定的粉煤灰掺量均在设计推荐的范围之内,水胶比,除 R₂₈⁰S₄ 试验选定值略大之外,其他标号砼水

胶比均小于设计推荐值。其中粉煤灰掺量也符合国家标准“粉煤灰砼应用技术规范”和原水电部“关于降低水利水电工程水泥用量的几项规定”要求的精神。

(三)砼施工配合比及性能校核试验结果

按上述选定的参数计算砼配合比及材料用量见表 13,其基本力学特性见表 14。

校核试验成果表明,所选砼配合比均能达到设计要求。

表 11 砼抗渗性能试验结果

砼级配	水泥品种	水胶比	抗 渗 标 号		煤灰掺量 (%)
			28d	90d	
四	大坝 525	0.7	S ₄ ~S ₆	>S ₆	30
三		0.7	S ₆	>S ₆	30
四		0.8		>S ₆	20
四		0.8		>S ₆	40
四		0.7		>S ₆	50
二		0.8		S ₄	60
四	硅酸盐 525(R)	0.6		>S ₆	0
三		0.6		S ₄ ~S ₆	20
三		0.6		S ₇	40
四		0.7		S ₂	50
四		0.7		S ₅	40

表 12 矽粉煤灰掺量及水胶比选择结果

矽设计标号	R ₁₅₀ ⁰ S ₂	R ₁₅₀ ⁰ S ₃	R ₁₅₀ ⁰ S ₄	R ₂₂₅ ⁰ S ₆	R ₂₂₅ ⁰	R ₂₂₅ ⁰ ≥S ₆	R ₃₅₀ ⁰	R ₃₅₀ ⁰	R ₃₅₀ ⁰	R ₃₅₀ ⁰	R ₃₅₀ ⁰	R ₃₅₀ ⁰	R ₄₅₀ ⁰
试验	50	40	0	20	10	0	25	0	20	0	15	0	10
煤灰掺量(%)													
选定值	0.7	0.65	0.7	0.6	0.58	0.6	0.52	0.5	0.48	0.45	0.44	0.4	0.39
设计	50	30	13~15	30	15~30		20~30	0~15	10~25	0~15	0~15	0~15	0~15
煤灰掺量(%)													
推荐值	0.7	0.7	0.65	0.65	0.6~0.61		0.6~0.65	0.57	0.55~0.6	0.52	0.5~0.51	0.47	0.47
水胶比													

注:①使用 525 水泥;②“设计推荐值”见 1986 年 9 月成都院科研所“铜街子水电站矽配合比试验报告”及设代组 1987 年 9 月“二期基坑矽标号、性能及水泥、煤灰基本要求”。

表 13 矽配合比选择结果

编号	矽标号	级配	配合比参数			第方矽材料用量(kg/m ³)					
			水胶比	煤灰量(%)	砂率(%)	水	水泥	煤灰	沙	石	木钙
B ₁	R ₁₅₀ ⁰ S ₂	四	0.7	50	20	92	66	66	469	1877	0.33
B ₂		三			24.5	108	77	77	558	1720	0.36
B ₃	R ₁₅₀ ⁰ S ₃	四	0.65	40	19	91	84	56	444	1895	0.35
B ₄		三			23.5	107	99	66	533	1735	0.41
B ₅	R ₁₅₀ ⁰ S ₄	四	0.7	0	20	95	135	0	468	1872	0.34
B ₆		三			24.5	113	161	0	555	1711	0.40
B ₇	R ₂₂₅ ⁰ S ₆	四	0.6	20	19	92	123	31	442	1882	0.38
B ₈		三			23.5	108	144	36	529	1723	0.45
B ₉	R ₂₂₅ ⁰	四	0.58	10	19	93	144	16	440	1877	0.40
B ₁₀		三			23.5	109	169	19	527	1716	0.47
B ₁₁	R ₂₂₅ ⁰ ≥S ₆	四	0.6	0	19	94	157	0	441	1878	0.39
B ₁₂		三			23.5	111	183	0	527	1720	0.46
B ₁₃	R ₃₅₀ ⁰	三	0.52	25	22.5	107	154	51	501	1727	0.51
B ₁₄		二			28	127	183	61	599	1540	0.61
B ₁₅	R ₃₅₀ ⁰	三	0.5	0	22.5	109	218	0	498	1715	0.54
B ₁₆		二			28	129	258	0	594	1529	0.64
B ₁₇	R ₃₅₀ ⁰	三	0.48	20	22.5	107	178	45	497	1713	0.56
B ₁₈		二			28	127	212	53	593	1525	0.66
B ₁₉	R ₃₅₀ ⁰	三	0.45	0	21.5	109	242	0	471	1718	0.61
B ₂₀		二			27	129	287	0	565	1529	0.72
B ₂₁	R ₃₅₀ ⁰	三	0.44	15	21.5	108	209	37	470	1716	0.61
B ₂₂		二			27	128	247	44	565	1526	0.73
B ₂₃	R ₃₅₀ ⁰	三	0.4	0	20.5	108	270	0	443	1719	0.68
B ₂₄		二			26	128	320	0	536	1526	0.80
B ₂₅	R ₄₅₀ ⁰	三	0.39	10	20.5	108	249	28	442	1713	0.69
B ₂₆		二			26	128	295	33	534	1520	0.82

(525 水泥,沙细度模数 2.2)

表 14 选定砼配合比的物理力学性能试验成果表

配合比编号	砼标号	砼级配	水胶比	煤灰掺量(%)	抗压强度(MPa)			抗渗标号(90d)	劈拉强度(MPa)		弹性模量 $\times 10^4$ (MPa)		极限拉伸(90d) $\times 10^{-4}$	轴拉强度(90d) (MPa)	湿密度 (kg/m ³)
					28d	90d	180d		28d	90d	压	拉			
B ₁	R ₁₈ ⁹⁰ S ₂	四	0.68	50	10.78	16.75	20.96	>S ₈	1.29	1.47	3.49	3.51	0.660	1.96	2562
B ₃	R ₁₈ ⁹⁰ S ₃	四	0.63	40	14.22	23.87	27.73	>S ₈	1.59	2.22	3.29	3.96	0.780	2.49	2568
B ₇	R ₁₈ ⁹⁰ S ₆	四	0.60	20	21.00	28.53	30.08	>S ₈	2.12	2.27	3.64	4.00	0.783	2.46	2575
B ₈	R ₁₈ ⁹⁰ S ₆	三	0.60	20	21.57	31.97	34.79	>S ₈	1.83	2.35	4.19	3.59	0.798	2.53	2550
B ₁₂	R ₁₈ ⁹⁰	四	0.52	25	29.44	35.73	40.19	>S ₈	2.08	2.74	3.78	3.98	0.842	2.78	2570
B ₁₃	R ₁₈ ⁹⁰	三	0.52	25	29.41	36.90	40.49	>S ₈	2.54	3.26	3.88	3.92	1.030	3.64	2550
B ₁₈	R ₁₈ ⁹⁰	二	0.48	20	33.08	39.52	—	>S ₈	2.65	3.09	4.72	4.24	0.95	3.58	2520
B ₂₂	R ₁₈ ⁹⁰	二	0.44	15	34.56	41.51	—	>S ₈	3.23	3.52	—	3.78	1.04	3.69	2528
B ₂₆	R ₁₈ ⁹⁰	二	0.39	10	40.92	48.4	—	>S ₈	3.24	3.82	—	4.11	0.998	3.68	2540

注:使用大坝 525 水泥,加木钙减水剂 0.25%,沙细度模数 2.2、卵石、河砂 28d 实测水泥胶沙强度 61.8MPa。

五、碾压砼配合比选择

铜街子碾压砼施工是国家“七五”攻关项目的一个子题目,这里主要介绍用于溢流坝及护坦的碾压砼配合比。

试验用原材料与常规砼相同不再重复。配合比选择方法的思路和常规砼大体相同,只是一些参数的选择方法略有差异。

(一) 砼设计标号

碾压砼的技术要求如表 15。

(二) 基本配合条件

1. 骨料最大粒径及比例 为减小施工中骨料分离按设计要求确定骨料最大粒径为 80mm,三级配各级石子比例为小石 30%、中石 40%、大石 30%。

2. VC 值控制范围 采用标准维勃仪测定,并考虑使用宝马 201 型振动碾施工,VC 标准值采用 5~15s。

3. 砼保证强度 根据“水工砼施工规范”(SDJ-207-82)第 4.2.2 条的规定及设计有关要求,计算设计龄期的保证强度 R_{90}^{100} 为 12.6MPa, R_{90}^{150} 为 18.4MPa。

(三) 配合比参数选择

采用单因子优选法确定砼用水量和沙率,用全因子组法及正交法选择水胶比和粉煤灰掺量。

1. 砼加水量选择 砼用水量由灰浆对沙子空隙的填充系数(α)与 VC 值关系曲线,以及用水量(W)与 VC 值关系曲线,按 VC 值控制范围的中间值求得。由此而确定的加水量为 90kg/m³。

2. 砼含沙率的选定 碾压砼沙率主要根据施工过程中骨料的分离状况确定。室内试验是根据 VC 值与沙率的关系曲线求得,在 VC 值最小时对应的沙率。据工业性试验施工情况及

表 15 碾压砼技术要求

龄期(d)	砼标号	抗渗标号	级配	密度 (kg/m ³)	煤灰掺量 (%)
90	100	S ₂	三	2450	50~60
90	150	S ₁	三	2450	

室内试验结果选定沙率为28%(沙子细度模数2.2)。

3. 胶凝材料用量及粉煤灰掺量 试验采用不同胶材总量、水胶比和粉煤灰掺量条件下,拌制符合施工要求的砼(VC值在要求范围内),测定硬化砼强度和抗渗标号,通过计算分析,确定的胶材用量和粉煤灰掺量,列入表16。

以上所选胶材总量和粉煤灰掺量符合“水工碾压砼施工暂行规定”,国家标准“粉煤灰砼应用技术规范”和铜街子电站设计组提出的“二期基坑砼基本要求”的原则。

(四)选定的配合比及砼性能校核试验结果

按上述选择的各项参数选定砼配合比如表17。

对上述选定的碾压砼配合比进行砼性能试验结果如表18。

表18 选定碾压砼配合比较核试验结果

配合比编号		RCC ₂				RCC ₃			
设计标号		R ₁₈ ⁰ S ₂				R ₁₈ ⁰ S ₄			
水泥+煤灰(kg)		65+85				85+85			
VC值(s)		10.3(6次平均)				8.5(6次平均)			
试验项目		抗压强度 (MPa)	劈拉强度 (MPa)	弹性(压) (×10 ⁴ MPa)	抗渗标号	抗压强度 (MPa)	劈拉强度 (MPa)	弹性(压) (×10 ⁴ MPa)	抗渗标号
试验	28	8.95	0.79	2.00	S ₃	13.66	1.25	2.21	S ₂
龄期	90	13.20	1.04	2.26	S ₈	19.46	1.55	2.81	>S ₈
(d)	180	15.02	1.42	2.74	—	24.00	1.70	3.28	—

(使用525大坝水泥)

试验结果表明,上述砼配合比不仅满足施工要求,而且抗压强度和抗渗标号均满足并超过设计要求。

六、结束语

本工程按上述所选配合比施工,已浇筑砼200多万m³。经统计计算,各种标号砼的强度保证率均达到90%以上,强度离差系数在一般和良好级水平,耐久性指标合格率在90%以上,表明砼质量满足并超过了施工规范的质量要求。砼的水泥用量远低于全国大中型水电工程的平均水平。碾压砼的水泥用量从工业性试验时的83kg/m³降低至65kg/m³,施工中已取得了明显的技术经济效益。

Selection of Mix Proportion in the Concrete Construction at

Tongjiezi Hydropower Station

Wei Chaokun

(The 7th Hydroelectric Engineering Bureau)

(下转81页)

表16 由试验确定的材料用量

砼标号	胶材总量 (kg/m ³)	水泥量 (kg/m ³)	煤灰量 (kg/m ³)	煤灰掺量 (%)	说明
R ₁₈ ⁰ S ₂	150	65	85	67	525水泥
R ₁₈ ⁰ S ₄	170	85	85	50	豆坝煤灰

表17 选定的碾压砼配合比

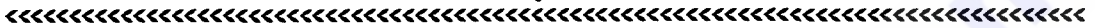
配合比编号	砼标号	最大粒径(mm)	每方砼的材料用量(kg/m ³)					
			水	水泥	煤灰	沙	石	木钙
RCC ₂	R ₁₈ ⁰ S ₂	80	90	65	85	644	1656	0.375
RCC ₃	R ₁₈ ⁰ S ₄	80	90	85	85	638	1640	0.375

注:525水泥,沙率28%,细度模数2.2,VC值5~15s。

情况下进行。需要机组停机方能进行的调试工作,在电液转换器完好(指多年未正常使用)无故障情况下,数小时内即可完成,基本不影响电站正常发电。

经过一年半时间运行表明,改造了电气调节器后的 DT-1800 型电液调速器,能在机组空载、并网负载和孤网负载等各种工况下自动稳定运行,能在机组由于跳闸等各种原因甩负荷的情况下,迅速使机组以额定转速自动空载运行。调速器调节性能良好,安全可靠,满足了羊子口水电站的要求。

(东方电机厂 康信实 汪驰)



(上接 62 页)

Abstract Tongjiesi Hydropower Station is one of the key project of "7th five-year plan program of our country. The concrete mix proportion was optimized by orthogonal tests and statistical analysis method. "Double-admix" techniques and RCC were adopted. With fine sand, water content of concrete is reduced to about 90 kg/m³ and cement content is reduced to 65kg/m³. The sampling inspection to the quality of 20 million m³ poured concrete shows that guaranteed efficiency of concrete with verious strengths achieved to over 90%; dispersion coefficient for strength ranges from normal to good;the qualification ratio of durability index is up to 90%, which meets the quality requirement of " Concrete Construction Specification of Hydraulic Structures",and obtains notable technical and econnmical results.

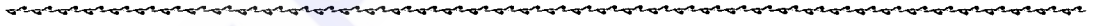
Key Words mix proportion,orthogonal test ,RCC (Roller-Compacted Concrete),conventional concrete,raw material



(上接 78 页)

参 考 文 献

- 1 刘芬先,径流式电站水轮机设计水头及其选型的探讨,《四川水利》,1986 年第 2 期
- 2 日本,超低水头大型灯泡贯流式水轮机的汽蚀特性,王建华等译,《水力机械技术》,1990 年 6 月
- 3 佟文敏,水轮发电机组的振动,《四川水力发电》,1987 年第 1 期



本刊 1992 年第 4 期更正

页	行	误	正
9	例 1~2	中国水力发电工程学会顾问、原水电部水电总局副局长张铁铮	中国水力发电工程学会一二届理事会副理事长、第三届理事会顾问、原电力工业部水力发电建设总局局长、原电力工业部顾问张铁铮
51	23	年平均霜期 300d	年平均无霜期 300d
58	例 19	两县水田大多公布在大渡河...	两县水田大多分布在大渡河...
61	9	年发量为 900~1100mm	年蒸发量为 900~1100mm
66	21	年工业生产总值...	年工农业生产总值...
85	16	Lagout	Layout

特此更正,并向作者致歉。

(本刊编辑部)