

# 石灰岩粉作为掺合料全部代替粉煤灰在碾压混凝土中的成功运用

刘成林, 李汉青

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**掺合料作为混凝土的五大原材料之一,对节约水泥用量、改善混凝土的性能起着重要的作用。对于水工大体积混凝土而言,掺合料可谓必不可少。老挝南欧江流域五级电站所在地位于老挝境内丰沙里省,该省粉煤灰资源缺乏,若是从中国、泰国或越南采购,其公路运输距离均在700 km以上,仅运输成本一项将大大增加混凝土的造价。近年来,一些工程在掺合料(粉煤灰、矿渣等)资源缺乏地区因地制宜开展了采用磨细石灰岩粉作为混凝土掺合料的研究并进行了一定程度的应用,如柬埔寨甘再水电站、蒙古泰西尔水电站等。目前国内也对采用石灰岩粉部分或全部代替粉煤灰等活性掺合料进行了大量的试验研究,但国内采用单掺石灰岩粉作为混凝土掺合料应用到实际工程中的并不多见。老挝南欧江流域五级电站从节约投资的角度考虑,采用距该电站坝址约70 km的昂邓石料场的灰岩石灰岩粉作为混凝土掺合料,取得了较好的效果。

**关键词:**老挝南欧江五级水电站;石灰岩粉;掺合料;混凝土配合比;钻孔取芯;压水试验

中图分类号:TV7;TV544;TV42;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)03-0083-03

## 1 工程概述

老挝南欧江流域五级电站为碾压混凝土重力坝:左岸非溢流坝段(1~4#坝段),长82.5 m;进水口坝段(5~7#坝段),长66 m;底孔坝段(8#坝段),长22 m;1~4#溢流表孔坝段(9~11#坝段),长75 m;右岸非溢流坝段(12~15#坝段),长95 m。坝顶高程为445 m,建基面最低高程为371 m,最大坝高74 m,坝顶长度为340.5 m。下游坝

坡为1:0.75,上游坝面直立,坝段除垫层0.5 m为C<sub>90</sub>20W8F50常态混凝土外,坝体上游面3~4.5 m防渗层为C<sub>180</sub>20W8F50碾压混凝土,其余为C<sub>180</sub>15W6F50碾压混凝土;常态及碾压混凝土除强约束区混凝土掺合料为粉煤灰外,其余全部混凝土掺合料全部采用石粉代替粉煤灰。

## 2 混凝土设计指标

混凝土设计指标见表1。

表1 混凝土设计指标及要求表

序号	混凝土类别	级配	配合比设计指标	概率度系数 t	强度标准差 /MPa	配制强度 /MPa	使用部位
1	常态	三	C <sub>90</sub> 20W8F50	0.84	4	23.4	坝体基础垫层混凝土
2	碾压	二	C <sub>180</sub> 20W8F50	0.84	3.5	22.9	坝体上、下游防渗层混凝土
3	碾压	三	C <sub>180</sub> 15W6F50	0.84	3.5	17.9	坝体内部混凝土

## 3 配合比设计

南欧江流域五级水电站水泥采用越南PC40水泥和中国华新堡垒P. O42.5水泥。根据工程设计及图纸技术要求,通过原材料品质检测、室内试拌试验、混凝土硬化性能成果整理分析提供了满足设计要求的推荐混凝土配合比。由业主、设计、监理及施工方共同见证了现场生产性试验,并通过现场生产性试验最终确定了使用的施工配合比(表2,3)。

## 4 混凝土取芯及压水试验

### (1)混凝土取芯。

南欧江五级水电站于2015年4~8月展开对坝体混凝土的取芯工作并依据相关规程、规范检测芯样质量,为南欧江五级水电站工程提供大坝蓄水安全鉴定的重要参数依据。设计要求取φ150~φ220混凝土芯样。为了尽快完成混凝土质量检查,先进行的是φ150混凝土取芯,并对混凝土芯样的外观质量、缝面、层面的结合情况进行分析,试验室对混凝土芯样的容重进行试验检测。本次芯样检测依据《水工混凝土试验规程》(DL/T 5150-2001)、《水工碾压混凝土试验规程》

收稿日期:2015-12-12

(DL/T 5433 - 2009) 进行质量评定,具体情况见表4。

表2 石粉混凝土施工主要配合比表(越南 PC40 水泥 + 石粉)

序号	混凝土强度等级	水胶比	砂率/%	VC (s)/ 坍落度/mm	石粉 掺量/%	每 m <sup>3</sup> 混凝土材料用量 /kg · m <sup>-3</sup>											
						胶材用量		砂	小石 5~20 /mm	中石 20~40 /mm	大石 40~80 /mm	水	SL-4 缓凝 高效减水剂		SL 引气剂		
						水泥	石粉						掺量 /%	用量	掺量 /%	用量	
1	C <sub>180</sub> 20W6F50	0.46	38	2~12	45	112	92	808	599	732		94	1	2.04	0.02	0.040	8
2	C <sub>180</sub> 15W2F50	0.5	34	2~12	50	82	82	749	440	587	440	82	1	1.64	0.02	0.032	8
3	C <sub>28</sub> 15W2F50	0.57	36	50~70	20	206	52	717	581	710		147	1	2.58			
4	C <sub>28</sub> 15W2F50	0.57	31	50~70	20	182	46	645	434	434	579	130	1	2.28			
5	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.53	41	50~70	20	252	63	772	1 118			167	1	3.15			
6	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.53	36	50~70	20	222	55	712	576	704		147	1	2.77			
7	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.53	31	50~70	20	196	49	639	431	431	575	130	1	2.45			

表3 石粉混凝土施工主要配合比汇总表(中国华新堡垒 P. O42.5 水泥 + 石粉)

序号	混凝土强度等级	水胶比	砂率/%	VC (s)/ 坍落度/mm	石粉 掺量/%	每立方米混凝土材料用量 /kg · m <sup>-3</sup>											
						胶材用量		砂	小石 5~20 /mm	中石 20~40 /mm	大石 40~80 /mm	水	SL-4 缓凝 高效减水剂		SL 引气剂		
						水泥	石粉						掺量 /%	用量	掺量 /%	用量	
1	C <sub>180</sub> 20W6F50	0.43	37	2~12	45	120	99	767	599	732		94	1	2.19	0.02	0.044	
2	C <sub>180</sub> 15W2F50	0.47	33	2~12	50	87	87	710	441	587	441	82	1	1.74	0.02	0.035	
3	C <sub>28</sub> 15W2F50	0.57	35	50~70	20	206	52	684	584	714		147	1	2.58			
4	C <sub>28</sub> 15W2F50	0.57	30	50~70	20	182	46	611	436	436	581	130	1	2.28			
5	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.51	39	50~70	20	260	65	715	1144			166	1	3.25			
6	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.51	34	50~70	20	229	57	658	586	716		146	1	2.86			
7	C <sub>28</sub> 20W6F50	0.51	29	50~70	20	202	51	584	437	437	583	129	1	2.53			

表4 混凝土芯样抗压强度及饱和和表观密度统计表

混凝土类别	设计混凝土强度等级	试件组数	试件龄期/d	抗压强度 /MPa			饱和和表观密度 /kg · m <sup>-3</sup>			芯样平均 获得率/%	芯样 评定
				最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值		
碾压混凝土	C <sub>180</sub> 15W2F50	38	>28	23.5	15.2	17.1	2 481	2 424	2 437	97	优良
常态混凝土	C <sub>28</sub> 20W6F50	3	>28	23.6	20.7	22.3	2 443	2 421	2 435	99	优良

## (2) 混凝土压水试验。

坝体压水采用单点法试验,自上而下分段压水。在稳定压力下,每5 min 测读压入流量,连续4次读数中最大值与最小值之差小于最终值的10%或者最大值与最小值之差小于1 L/min 时该段压水试验即可结束,取最终值作为该段的计算值。压水试验成果见表5、6。

压水试验过程中,在大坝迎水面及其它位置未发现出水点和压水试段串通情况。通过表5、6可以看出,混凝土透水率满足设计及规范要求。

## 5 结语

采用石粉代替粉煤灰作为混凝土掺合料在我

国水电工程中的应用较少。国内的官地、普定、岩滩、江垭等以及国外的马来西亚沐若等水电工程中均采用石灰岩粉取代部分细骨料并取得了良好的应用效果。采用石灰岩粉作为掺合料完全或部分替代粉煤灰并将其应用在碾压混凝土大坝上,国内外亦有实例并取得了一定的成效,如国内的龙滩、漫湾、大朝山、天花板、戈兰滩等,国外的柬埔寨甘再、蒙古泰西尔等水电工程。将石灰岩粉全部代替粉煤灰作为掺合料在老挝南欧江五级水电站碾压混凝土重力坝的建设中取得了突出的成效并节约投资约860万元人民币,可为今后类似水电工程碾压混凝土坝建设提供借鉴。

表5 透水率分布统计表

孔号	高程 /m	压力 /MPa	透水率 /Lu
JC-DB-7	402~399	0.32	0.9
	399~396	0.4	0.76
	396~391	0.6	0.49
	391~386	0.61	0.16
	386~384	0.6	0.69
JC-DB-12	443~440	0.31	0.4
	440~437	0.42	0.46
	437~432	0.63	0.35
	432~427	0.61	0.39
	443.5~440.5	0.31	0.53
JC-DB-13	440.5~437.5	0.41	0.36
	437.5~432.5	0.6	0.32
	432.5~427.5	0.62	0.37
	427.5~422.5	0.59	0.27
	422.5~417.5	0.62	0.6
	417.5~412.5	0.6	0.36
	412.5~407.5	0.61	0.41
	407.5~403	0.6	0.97
	443.5~440.5	0.31	0.56
	440.5~437.5	0.41	0.77
JC-DB-14	437.5~432.5	0.62	0.84
	432.5~427.5	0.63	0.38
	427.5~422.5	0.6	0.4
	422.5~417.5	0.62	0.28
	417.5~413	0.59	0.98

表6 混凝土压水试验透水率统计表

孔号	透水率 /Lu					孔口高程 /m
	段长 /m	段长 /m	段长 /m	段长 /m	段长 /m	
JC-DB-7	0~3	3~6	6~11	11~16	16~18	402
	0.9	0.76	0.49	0.16	0.69	
JC-DB-12	0~3	3~6	6~11	11~16		443
	0.4	0.46	0.35	0.39		
JC-DB-13	0~3	3~6	6~11	11~16	16~21	443.5
	0.53	0.36	0.32	0.37	0.27	
	21~26	26~31	31~36	36~40.5		
	6	0.36	0.41	0.97		
	0~3	3~6	6~11	11~16	16~21	
JC-DB-14	0.56	0.77	0.84	0.38	0.4	443.5
	21~26	26~30.5				
	0.28	0.98				

李汉青(1982-),男,河北沧州人,总监理工程师助理,工程师,学士,从事水电工程监理工作。

作者简介:

刘成林(1973-),男,重庆长寿人,助理工程师,从事水电工程监理工作;

(责任编辑:李燕辉)

## 全国首个新能源微电网投运

全国唯一一个由政府出资建设、示范项目最全、技术达到国际先进水平的新能源微电网示范项目——北京市新能源产业基地智能微电网建设工程近日在延庆八达岭经济开发区高新技术孵化器内投入运营。智能微电网是指接有分布式电源的配电子系统,可在脱离主电网后独立运行,维持所有或部分重要用电设备的供电。微电网能够将现代信息技术、新能源技术、分布式发电技术等众多技术集成一体,解决了传统电网的分布式能源接入安全稳定问题、长距离输电的损耗和化石能源带来的环境问题。延庆拥有风力发电、太阳能发电、沼气发电等多个新能源发电项目,过去,这些电力资源无法实现相互补充,也无法和国家主电网双向输送。而智能微电网则让这一切成为可能。