

HF 高强耐磨粉煤灰混凝土的应用

王连光

(中国水利水电第八工程局川渝管理局,成都,610000)

摘要 水工建筑物的溢流面高速水流区混凝土,以往较多采用外掺硅粉以提高其抗冲耐磨性能。根据工程实践,就 HF 新型外加剂在大河口水电站溢流面的应用进行了初步探讨。

关键词 HF 高强耐磨粉煤灰混凝土 高速水流区 大河口空腹重力坝 新型外加剂

大河口水电站位于重庆市酉阳县境内的阿蓬江干流上,是阿蓬江流域开发的第八个梯级水电站。大坝结构为空腹重力坝,最大坝高 85 m,坝顶高程 394.0 m,坝顶全长 149.0 m。装机容量为 3 × 2.5 万 kW 机组,共 7.5 万 kW。总库容 1.15 亿 m³。设 5 孔开敞式溢洪道,其前缘宽度 11 m,溢流面前缘长度 86 m,溢流面混凝土总部计 11 000 m³。

1 溢洪道基本情况

1.1 洪水标准

根据工程规模和规范要求,结合阿蓬江流域洪水资料。大河口水电站洪水标准按 50 年一遇洪水设计,500 年一遇洪水校核,相应洪水流量见表 1。

表 1 洪水频率及相应流量表

洪水频率 $P / \%$	流量 $Q / m^3 \cdot s^{-1}$
2	8 470
0.2	12 800

1.2 溢流面情况

大坝设 5 孔溢洪道,每孔前缘宽度为 11 m。堰顶为 WES 曲线,高程为 370.0 m。为使水流在横向、纵向扩散,鼻坎出口采用不同高程、不同挑角的差动挑坎,使水流沿纵向分成三片。每孔采用平面扩散的结构型式,使水流横向扩散,边孔采用贴角异形鼻坎。中孔鼻坎高程为 343.80 m,挑角 8.42°;两侧孔鼻坎顶高程为 344.80 m,挑角 12.06°;两个边孔处另加曲面贴角,最高处高程为 347.20 m,挑角 16°;最低处高程为 344.8 m。校核洪水位在 392.47 m 时,最大单宽流量为 230.6 m³/s,最大流速为 27.85 m/s。溢流堰泄流量及流量系数见表 2。

2 硅粉混凝土与 HF 粉煤灰混凝土

2.1 硅粉混凝土

水工建筑物的溢流面高速水流区混凝土,较多

采用的是外掺硅粉混凝土。硅粉是在冶炼硅铁合金

表 2 溢流堰泄流量及流量系数表

运行工况	泄流量	库水位	堰顶水头	综合流量系数
	$Q / m^3 \cdot s^{-1}$	/m	/m	m^3
全开 1 号 ~ 5	12 800	392.472	22.376	0.481 1
号孔 闸门,不	10 520	390.048	20.048	0.481 0
发电时关冲沙	8 397	387.432	17.432	0.464 0
孔	6 570	385.000	15.000	0.453 3
	4 445	381.850	11.850	0.447 3

或工业硅时,通过烟道排出的硅蒸气经收尘装置收集而得的粉尘。硅粉的颗粒极细,主要成份是 SiO₂,将其掺入混凝土,具有优异的火山灰效应和微粒效应,能改善新拌混凝土的泌水和粘聚性,增加混凝土的强度,提高混凝土的抗渗、抗冲磨、抗空蚀等性能。

2.2 HF 粉煤灰混凝土

掺加粉煤灰能够减少混凝土中的空隙,可以明显提高混凝土的强度。粉煤灰能改善拌合料的工作度,这与其球形玻璃体的光滑表面形状有关,因而能减少混凝土拌合料的用水量,减少泌水和离析现象。混凝土掺入粉煤灰后,具有火山灰活性的粉煤灰可与 Ca(OH)₂ 反应,使胶凝物中的 Ca(OH)₂ 减少。配制高强混凝土的粉煤灰掺量一般为水泥重量的 15% ~ 30%。在粉煤灰混凝土内掺 HF 外加剂,可显著减少混凝土的用水量,提高混凝土强度;可激发粉煤灰活性,使掺粉煤灰混凝土的水化速度加快,并可使水化产物致密坚硬,抗冲耐磨性能提高;具有减少高强混凝土坍落度损失的作用,使混凝土坍落度在 1 ~ 2 h 内损失减小,有利于施工。

2.3 HF 外加剂

由甘肃省电力试验研究所生产的 HF 型外加剂,是几种外加剂的复合剂。主要成份为:

(1) 减水剂 其作用是显著减少混凝土(砂浆)水灰比,增大砂浆(混凝土)的强度及稠度,从而使坍落度损失很少。

(2) 粉煤灰强度激发剂 激发粉煤灰的火山灰活性,提高粉煤灰与水泥水化物的反应速度,以及粉煤灰混凝土的早期强度。

(3) 载体流化剂 增大混凝土的流动性,并在 1

~ 2 h 内使混凝土的坍落度不变或变化很小,即使混凝土坍落度损失减少。

(4) 缓凝剂 起缓凝作用并减小高强混凝土的坍落度损失。使混凝土初凝时间适当延长,对初凝后的混凝土强度没有影响。

(5) 混凝土膨胀剂 利用其在水化过程中产生的微膨胀性,以补偿高强混凝土(砂浆)的干缩性。

3 HF 高强耐磨粉煤灰混凝土配合比

3.1 设计要求

混凝土设计标号为 $R_{90}300$ 号, $R_{28}250$ 号,强度保证率 $P=85\%$, $C_v=0.15$,抗渗标号 S_6 ,抗冻标号 D_{50} ,最大水灰比 0.5,标准圆锥坍落度 5~7 cm。要求粉煤灰掺量小于或等于 30%。混凝土含气量不大于 3%,骨料级配为三级配,粗骨料最大粒径为 80 mm。

3.2 原材料

3.2.1 水泥

采用黔江 525 号及小南海 525 号硅酸盐水泥,其物理力学指标见表 3:

表 3 水泥性能化验结果表 /MPa

水泥品种	安定性	初凝/终凝	抗折强度		抗压强度	
			3 d	28 d	3 d	28 d
黔江 525 号硅酸盐水泥	合格	2 01h/3 01h	4.76	8.0	25.1	48.1
小南海 525 号硅酸盐水泥	合格		5.06	7.47	28.1	50.92
GB175-92 规范判定	合格	$\frac{45 \text{ min}}{10 \text{ h}}$	4.0	7.0	22	52.5

两种水泥的抗折强度及早期抗压强度均可满足规范 GB175-92 的要求。28 d 抗压强度均低于规范要求。在现场使用时,我们采取降低标号使用的方法解决了这一问题。

3.2.2 粉煤灰

使用重庆电厂粉煤灰性能见表 4,掺量 15%。

由表 4 可见,粉煤灰等级为 级灰。

表 4 粉煤灰性能表

煤灰品种	比重	烧失率 / %	含水率 / %	细度 (45 μ m 筛余)	SO ₃	需水量比	28 d 强度比
重庆粉煤灰	2.43	6.33	0.21	21.8	0.55	104	78.25

3.2.3 骨料

采用大河口人工砂石料,砂子细度模数 $FM=2.54$,其中石粉含量 14.3%。砂子饱和面干吸水率为 1.23%,砂子筛分结果见表 5。粗骨料采用三级配(5 3 2),最大粒径 80 mm。

表 5 砂子筛分结果表

筛孔尺寸/mm	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	<0.15
分计筛分/ %	2.19	16.23	10.87	20.54	25.85	10.01	14.3
累计筛分/ %	2.19	18.42	29.29	49.83	75.69	85.7	100

注:使用阿蓬江河流的天然水。

3.3 使用配合比

根据甘肃省电力试验研究所的系列试验资料得知:大河口水电站溢流面混凝土配合比见表 6,混凝土坍落度 6~8 cm。

表 6 大河口溢流面混凝土配合比表

名称	水泥	粉煤灰	水	HF 外加剂	砂	石
材料用量 / kg m ⁻³	180	26	100	4.12	622	1 560
配合比	1	0.144	0.556	0.022 9	3.46	8.7

根据原电力工业部成都勘测设计研究院的硅粉配合比试验报告,硅粉混凝土 $R_{90}300$ 号(水泥用量 282 kg/m³,硅粉掺量 15 kg/m³)。从表 6 中可以看出,每 m³ 混凝土减少水泥用量 102 kg。

4 施工及质量控制

4.1 施工

1997 年,大河口工程最关键的问题是安全渡汛,电站按 50 年一遇洪水,流量 8 470 m³/s 进行设防。溢流面混凝土于 1997 年初开始浇筑,至当年 4 月底,从左至右完成了 1 号~4 号孔的堰顶部分、4 号和 5 号孔的挑流鼻坎段混凝土。5 号孔堰顶升至 365.7 m 高程,留下堰顶部进行泄洪。该段时间内共浇 HF 粉煤灰混凝土 3 600 m³。

HF 外加剂以干粉状与水泥或粉煤灰一起加入拌和筒中或直接投入拌和筒的干料中,但应避免直接加入无料或仅有拌合用水的料筒中。进料按粗细骨料—水泥—粉煤灰(HF 外加剂)顺序投料,拌匀后加水搅拌。拌和时间比普通混凝土延长 90 s 或总拌和时间不得少于 180 s。待混凝土终凝后开始洒水养护。现场测试该种混凝土和易性好。该种混凝土由于水泥用量少(525 号水泥 180 kg/m³),因此,不需要采取特别的温控措施。根据有关资料研究,用粉煤灰替代 20% 的水泥,7 d 内的水化热可下降 11%;替代 30% 的水泥时水化热可下降 25%。

在施工中所采用的本地水泥为立窑生产,质量不稳定。因此,我们在使用时,根据厂家的化验报告和工地得到的 3 d 强度的分析,对达不到 525 号标号的水泥,采取降低标号,按 485 号水泥使用的措施。

(下转第 88 页)

介绍原型观测的设计部分。有关原型观测资料的分析部分将另撰文阐述。

吴鹏举 男 国家电力公司成都勘测设计研究院水工一处副主任工程师 高级工程师

(收稿日期:1998-11-17)

作者简介

(上接第 49 页)

4.2 质量

已浇筑的控制溢流面混凝土未发现有异常现象。经现场观测,该种混凝土和易性好,溢流面的施工抹面容易。已浇筑的混凝土成果见表 7。

表 7 HF 粉煤灰混凝土成果表

设计标号	龄期 / d	n	强度 / MPa			r_{r1}	C_V	$P_{合} / \%$	$P_{保} / \%$
			min	max	\bar{x}				
R ₉₀ 300号	90	25	30.4	62.1	46.3	7.67	0.166	100	98.3

从表 7 中可以看出,混凝土各项指标均能满足设计要求,只有 C_V 值稍偏大。据分析,可能是由于本地区水泥为立窑生产,质量波动大所致。目前,贵阳中心实验室正在做抗冻和抗渗成果分析。

1997 年 7 月 16 日,水库入库洪水量为 6 000 m³/s,在库水位达 383 m 的洪水袭击下,5 号孔在 17.3 m

水头的冲刷下,挑流鼻坎混凝土未受破坏,其余堰顶及 4 号挑流鼻坎段混凝土也正常。

5 结语

HF 高强耐磨粉煤灰混凝土在大河口水电站溢流面的成功应用,为在高速水流区的混凝土使用提供了新型材料。但由于目前该项技术正在申报国家专利过程中,材料的化学成份及物理化学性能还未完全公开。应加快其研究和论证,以利进一步推广应用。

作者简介

王连光 男 中国水利水电第八工程局川渝管理局 工程师

(收稿日期:1998-08-05)

映秀湾电厂管理信息系统通过实用化验收

2 月 11 日,映秀湾水力发电总厂管理信息系统(MIS)系统经四川省电力局验收委员会认真测评,综合指标达到优秀标准,顺利通过实用化验收。验收委员会主任、省局晏玉清副局长肯定了该系统作为省局信息高速公路的一部分,信息系统网络的基础工程为实现局域网、广域网资源共享、信息交流创造了有利条件。

映电总厂管理信息系统开发建设是从 1986 年的计算机应用单机开发,1989~1996 年应用工作网络设计到 1997 年的规模、系统化网络应用,历时 10 余年。走注重实用化的道路,建成了以交换机为中心的星形快速以太网。目前全厂所有部门都配备了计算机,现有各类微机 138 台,联网工作站 53 台,建成了以生产过程中实时监控信息、人、财、物、安全、生产、计划、综合查询及办公自动化为主的管理信息系统。实现了信息共享,为领导决策提供了及时的生产、经营管理

信息。

在验收会上,来自成都、重庆、德阳等电业局、成都电研院等科研单位及各大发电厂的专家、代表们通过听取报告、技术与管理文档审查及系统功能测试,一致认为:映电总厂 MIS 系统达到优秀标准。尤其是在开发上大量采用当前计算机领域先进办公自动化信息于一体,并能在局域网和广域网上实现对点桌面视频通信功能,对总厂“一厂两地”生产管理水平的提高将起到重要作用。同时,专家们对该系统进一步改进与完善提出了宝贵的意见和建议。

目前,国内 MIS 建设成功的实例不多,映电人将力争在 2000 年将该系统建设成为国内较成功的一例,并使企业能借助科技的有力双翼,在自身发展和开拓市场中快速腾飞。

映秀湾水力发电总厂 李红霞

四川金华电航桥工程简介

四川省金华电航桥工程位于射洪县金华镇城郊涪江干流上,距县城约 20 km,是一个以发电为主,与航运和交通(跨江公路桥)相结合,兼顾防洪、旅游、灌溉、养殖等综合利用的水利工程。电站装有单机容量为 1.4 万 kW 的轴流式机组三台,总装机容量为 4.2 万 kW。主体工程由净宽为 12 m 的 17 孔拦河闸坝、船闸、跨江公路大桥、电站枢纽及渠底宽为 50 m,全长为 2.872 5 km 的梯形断面尾水渠及顶宽为 4 m,全长为 2.013 km 长的浆砌条石重力坝护河大堤组成。

工程于 1996 年 10 月 14 日由水电八局金华施工局中标承建,1997 年 4 月 8 日开盘浇筑混凝土。金华电站工程建设指挥部、金华施工局协同水电八局贵阳中心实验室,并邀请有关专家、教授、学者进行了“在混凝土中掺入锂盐渣,变废为宝,解决中细砂地区由于细度模数 M 不足而导致坝体混凝土出现裂缝问题的试验、研究并获得成功,决定在金华电航

桥工程中推广使用,修建了我国第一座锂盐渣混凝土拦河大坝。

从金华电航桥工程使用锂盐渣混凝土的情况看,优点十分明显。除了无裂缝外,主要体现在锂盐渣混凝土早强可以促使早拆摸,加快工程进度,1kg 锂盐渣抵 1kg 水泥用,其经济效益可观。同时,使用这种新工艺,新材料,变锂盐渣废料为宝,使川中细砂地区也能修建大坝,所创造的价值是无法用金钱来衡量的。

金华电航桥工程在开工 26 个月后,第一台机组即于 1998 年底并网发电,至 1999 年 3 月底,船闸、冲沙闸已全部完工。

金华电航桥工程预计于 1999 年年底全部建成。

中国水利水电第八工程局 谌岳衡
成都水力发电学校 秦定龙