

抗冲耐磨混凝土在盘石头水库泄洪洞工程的应用

宁占金, 唐儒敏

(中国人民武装警察部队水电第一总队第一支队, 河北唐山 063004)

摘要: 水工建筑物受高速(夹砂)水流冲刷部位的混凝土应具有抗冲耐磨性能, 以保证工程正常运行。国内外先后采用了过环氧砂浆(混凝土)、聚合物混凝土、聚合物浸渍混凝土、钢纤维混凝土、硅粉混凝土等材料, 其原理是通过优选混凝土原材料、掺加耐磨材料, 使混凝土具备抗冲耐磨性能。在盘石头水库泄洪洞施工中, 对NFS硅粉混凝土和HF耐磨混凝土进行了试验研究, 将HF混凝土应用于抗冲耐磨部位, 试验证明, 该混凝土具有较高的抗压、抗冲磨和耐久性, 较好地满足了混凝土拌和、施工和设计要求。

关键词: 抗冲耐磨; 混凝土; 施工; 质量检查

中图分类号: TV431 **文献标识码:** B

1 盘石头水库工程概况

盘石头水库位于河南省鹤壁市卫河支流淇河中游, 水库总库容为6.08亿 m^3 , 属大(2)型水库。主要建筑物有: 混凝土面板堆石坝、右岸两条泄洪洞、左岸非常溢洪道、输水洞及电站。两条泄洪洞长分别为453m、497m, 衬砌断面为城门洞形, 宽7.0m、高9.76m。

2 抗冲耐磨混凝土设计要求

根据水工模型试验, 泄洪洞底板、边墙及出口消能段受水流冲刷部位最大流速40.34m/s, 设计采用 C_{60} 普通、 C_{60} 高强抗冲耐磨混凝土, 经试验论证后确定为 C_{60} 耐磨混凝土。

3 混凝土原材料

3.1 水泥、粉煤灰

| 收稿日期 | 2004-04-12

| 作者简介 | 宁占金(1976-), 男(汉族), 青海湟中人, 助理工程师, 主要从事水电施工设计工作。

势, 对于夏季施工超标严重的温控形势, 入仓强度就成为了高温季节混凝土施工的控制性因素, 监理明文规定高温季节浇筑混凝土要求每2h覆盖一坏混凝土, 若无法满足此项要求, 则不允许开仓。因此对于较大的仓号, 就必须保证有两台门机同时入仓, 单一的混凝土入仓设备是无法满足高温季节混凝土施工温控要求的。

鉴于以上混凝土施工的要求, 门机布置必须形成网络, 协同作战, 才能满足混凝土施工的各项要求, 从而保证混凝土施工质量。

3 门机网络化布置

在门塔机布置中, 利用现有的门机设备按照交面的时间先后逐步向船闸内推进, 先在一闸首形成了门机布置网络, 一个门机网络最多时达4台门机, 门机相互配合, 保证重点仓位, 从而保证了一闸首底板及重力墙大体积混凝土的正常浇筑, 满足了夏季混凝土施工的温控要求。实现了年度混凝土浇筑方量突破27万 m^3 的记录, 大大加快了施工进度,

水泥采用鹤壁豫鹤水泥有限公司同力牌P42.5R水泥, 其物理力学性能和化学成分见表1、表2。粉煤灰为鹤壁电厂II级灰, 其化学成分及品质指标见表2、表3。

表1 水泥物理力学性能表

品名	标准稠度 (%)	凝结时间 (h:min)		安定性	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
		初凝	终凝		3d	28d	3d	28d
同力 P42.5R水泥	27.2	2:50	4:51	合格	28.0	58.8	8.3	10.1

表2 水泥粉煤灰化学成分表 单位:%

品名	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
同力P42.5R水泥	23.98	3.46	8.92	0.38	56.72	1.06	0.84	0.16	1.16
鹤壁电厂粉煤灰	45.32	6.58	32.96	1.24	2.96	0.66	0.97	0.15	0.44

表3 粉煤灰品质指标表 单位:%

品名	细度	需水量比	烧失量	SO ₃
鹤壁电厂粉煤灰	9.5	95	6.74	0.44

在开挖交面推迟的情况下较合同工期提前实现了向金结安装交面的工期要求。

在一闸首施工高峰期过后, 一闸室及二闸首的工作面相继展开, 根据实际情况, 适时调整了门机布置, 使一闸室和二闸首的门机布置形成了网络, 保证了闸室底板、边墙及二闸首边墙大体积混凝土的顺利浇筑。

4 结语

随着混凝土施工技术的不断发展, 现代水利工程的混凝土施工强度越来越大, 施工质量要求也越来越高。因此, 在混凝土施工布置中, 门机的单一作战布置方式已难以满足现代混凝土的施工要求, 从而要求门机布置网络化, 门机相互协同作战。实践证明, 在三峡永久船闸南线一、二级船闸施工过程中的门机布置网络化, 是适应三峡永久船闸混凝土施工的高质量、高强度、高速度要求的。门机网络化布置为三峡永久船闸混凝土施工提供了设备保障, 同时提高了设备利用率。

3.2 砂石骨料

粗细骨料分别为当地灰岩碎石和邢台天然河砂,主要性能见表4

表4 骨料主要性能表

品名	饱和面干密度 (g/cm ³)	饱和面干 吸水率 (g/cm ³)	含泥量 (%)	砂细度 模数	碎石最佳级配 堆积密度 (kg/m ³)
邢台天然河砂	261	1.03	2.52	2.82	—
鹤壁灰岩碎石	269	—	0.48	—	1808

3.3 耐磨材料

先后选用NFS硅粉抗磨蚀剂和HF耐磨外加剂进行试验。

4 抗冲耐磨混凝土配合比设计

4.1 NSF抗磨蚀混凝土配合比研究

试验单位分别按常态、泵送两种施工状态进行了C40、C60抗磨蚀混凝土配合比试验,28d配制强度分别为47.4MPa、70.8MPa,经试验确定了水灰比、用水量、砂率等要素,NFS剂掺量为12%~16%,选出的优化配合比见表5,其物理力学性能见表6。抗冲磨试验采用水下钢球法。

表5 NFS抗磨蚀混凝土优化配合比表

混凝土 种类	设计 标号	水泥用量 (kg/m ³)	NFS剂 (%)	砂率 (%)	用水量 (kg/m ³)	水灰比	水胶比	坍落度 (cm)
常态	C60	382	16	35	124	0.325	0.280	13.0
	C40	293	14	39	127	0.433	0.380	8.2
泵送	C60	442	16	42	140	0.317	0.273	17.1
	C40	336	14	44	146	0.434	0.381	18.4

表6 NFS抗磨蚀混凝土物理力学性能表

混凝土 种类	设计 标号	28d抗压强度 (MPa)	抗压弹性模量 (10 ⁴ MPa)	轴心抗压强度 (MPa)	28d干缩率 (10 ⁻⁴)	28d抗冲磨强度 (h/(kg/m ²))	28d抗空蚀强度 (h/(kg/m ²))
常态	C60	70.9	4.81	68.1	182.0	7.93	74.60
	C40	65.4	4.71	59.0	193.2	5.07	57.80
泵送	C60	77.6	4.61	78.7	238.4	9.83	65.64
	C40	62.5	4.16	61.9	211.4	5.79	27.14

试验结果表明,C₄₀、C₆₀常态抗磨蚀混凝土与C₄₀常态普通混凝土相比,28d强度分别提高49%、61%,抗冲磨强度分别提高32%、106%,抗空蚀强度分别提高335%、461%;C₄₀、C₆₀泵送抗磨蚀混凝土与C₄₀泵送普通混凝土相比,28d强度分别提高39%、73%,抗冲磨强度分别提高47%、150%,抗空蚀强度分别提高98%、380%;与不掺粉煤灰抗磨蚀混凝土相比,掺15%粉煤灰(等量取代水泥)的抗磨蚀混凝土28d和90d抗压强度均增加10%以上,抗冲磨强度略有增加。

4.2 HF耐磨混凝土配合比设计

在泵送施工要求下进行了C₄₀HF、C₃₀HF耐磨混凝土配合比试验,28d配制强度分别为47.4MPa、58.2MPa,HF外加剂掺量为2.2%~2.6%,掺粉煤灰等量取代水泥。试验确定的泵送混凝土配合比见表7。试验表明,在胶凝材料基本相同的条件下,C₄₀HF混凝土28d抗压强度比普通C₄₀泵送混凝土提高16.4%,抗磨强度提高了73%。由于HF混凝土后期抗磨强度增长速度会大于硅粉混凝土,可以达到与硅粉混凝土相当的抗磨强度。

表7 HF耐磨混凝土优化配合比表

混凝土 种类	设计 标号	水泥用量 (kg/m ³)	粉煤灰 (kg/m ³)	HF剂 (%)	砂率 (%)	用水量 (kg/m ³)	水胶比	坍落度 (cm)
泵送	C50	360	65	2.6	3.5	150	0.345	17~19
	C40	300	55	2.6	3.6	150	0.413	17~19

4.3 配合比的比较

经室内试验和混凝土拌和楼现场试拌,NFS硅粉混凝土与HF混凝土物理力学性能均能满足设计指标,拌和物性能满足泵送施工要求。相比而言NFS硅粉混凝土中抗磨剂掺量大(16%),拌和系统需改造成本较高。其拌和物呈粘稠状,在相同坍落度下流动性较小,给施工带来不便。最终确定以C₄₀HF泵送混凝土作为抗冲耐磨混凝土的施工配合比。

5 HF耐磨混凝土施工要点及质量控制

5.1 混凝土拌制、运输

拌和系统为郑州产拌和楼2台,采用电子计量,严格按施工配合比拌制混凝土,计量误差不得超过规范规定值,严格控制用水量和HF外加剂掺量。投料顺序为粗骨料、细骨料、水泥、粉煤灰、HF外加剂,其中HF外加剂必须直接以干粉状单独或与水泥(粉煤灰)一起加入,拌匀后加水搅拌,总拌和时间比普通混凝土延长90s且不少于180s。采用4台5m³混凝土罐车运输,禁止运输车辆中途停车延误时间影响混凝土性能。

5.2 混凝土入仓、浇筑

泄洪洞横断面分两次浇筑完成,先用钢模台车浇筑底弧、边墙、顶拱,后浇底板。均采用泵送入仓,入仓坍落度12~16cm,并控制在下限。为防止发生离析或骨料集中,每个仓面都有专人加强平仓,平仓后及时振捣,杜绝漏振、过振,钢模板接触面通过加强振捣、贴牛皮纸等措施减少了气孔,底板混凝土进行二次抹面,做到表面平整光滑,充分发挥抗冲磨混凝土的良好性能。钢模台车浇筑时,左右两边混凝土面高差不得超过30cm,以防止台车移位。

5.3 混凝土养护

浇筑满2d龄期后可移动钢模台车至下一个仓面,拆模后即进行养护。采用洒水养护时洞内顶拱及边墙混凝土难以保证长期不间断湿润饱和,施工单位采取涂养护剂的方法进行养护,满足了要求。按比例配制养护剂并涂刷均匀,厚度不小于0.3mm,涂刷顺序为先顶拱后边墙,每9m段要求在1h内完成,要注意保护养护膜长期(28d以上)不被破坏。出口消能段及洞内底板混凝土采用加盖草席洒水养护,使混凝土面保持充分湿润,直到泄洪洞通水。

5.4 抗冲磨混凝土质量检查结果

在C₄₀HF混凝土拌和机口及浇筑现场共取抗压强度试验279组,最大值63.5MPa,最小值43.0MPa,平均值52.4MPa,均方差4.52MPa,离差系数0.083,保证率99.9%,合格率100%。抗冻、抗渗试验均超过C₄₀D₁₅₀S₈的设计指标。施工中按规程进行了普通混凝土与HF混凝土抗冲磨对比试验,结果表明C₄₀HF混凝土的抗冲磨性能比普通混凝土高56%。经检查未发现混凝土塑性开裂和干缩裂缝。2号泄洪洞自2001年12月通水,运行正常。

6 结语

国内外已建工程采用不同方法来提高混凝土抗磨

混凝土面板堆石坝施工工艺的控制

王廷宽, 李虎章

(中国人民武装警察部队水电第一总队第一支队, 河北唐山 063004)

摘要: 盘石头水库面板堆石坝在大坝填筑、趾板及面板浇筑等方面进行了施工工艺控制, 保证了大坝质量, 满足了设计要求。

关键词: 大坝填筑; 趾板; 面板混凝土; 浇筑; 养护

中图分类号: TV52 **文献标识码:** B

1 概述

盘石头水库位于河南省鹤壁市卫河支流淇河中游, 大坝为混凝土面板堆石坝, 坝顶高程为275.7m, 设计最大坝高102.2m, 坝顶长606m, 宽8.0m, 上游坝坡为1:1.4, 下游综合坝坡1:1.5, 填筑量约514万m³。

2 大坝填筑施工工艺控制

2.1 施工工艺一般要求

根据施工总进度和阶段性控制节点工期的要求, 大坝分期填筑, 分期填筑断面纵坡面每10m左右高差预留6~10m宽马路, 一是作为后期填筑纵向接坡施工, 二是作为坝内施工道路。

填筑施工工艺流程: 先填筑垫层料、后填筑过渡料、再填筑主堆石料, 依次循环上升。坝体填筑尽量做到平起、均衡上升。垫层料、过渡料区之间必须平起上升, 垫层料、过渡料与主堆石料区之间的填筑面高差不得超过1层。

各区填筑的层厚、碾压遍数及加水量等严格按碾压试验确定的施工参数执行, 铺筑的层厚由活动标杆控制, 碾压遍数采用错距法记录, 并通过挖坑试验法控制碾压质量, 加水量采用水表计量。

2.2 垫层料、过渡料填筑

垫层料由碎石系统制备, 垫层料在加工时加水, 上坝前含水率控制在5%~8%。

过渡料采用料场直接爆破上坝方式, 在填筑过程中, 对过渡料中局部存在的超径石, 采用反铲挖至主堆石区。

垫层料和过渡料采用后退法卸料, 推土机推平。岸坡、边角等振动碾压不到的部位, 采用振动冲击夯夯实。

为确保“主堆石料不侵占过渡料、过渡料不侵占垫层

料”的施工原则, 严格控制好交接边线, 按测量放的白灰线, 先填筑垫层料、再填筑过渡料、两层后再填筑主堆石料。最后注意接缝处的骑缝碾压。

2.3 堆石料填筑

在料场控制超径石不装车, 就地解炮。采用自卸车进占法卸料, 大型推土机推平。先填筑的主堆石料与过渡料接触面, 利用反铲将大块石清理到主堆石区, 主堆石料在推平过程中加水, 推平后采用进退错距法碾压, 错距为25~30cm, 碾压方向平行于坝轴线。

2.4 周边缝小区料施工

小区料采用拌和系统加工拌制, 含水量控制在5%~8%范围内。周边缝小区料河槽段采用振动夯板配合10.5t振动碾碾压, 趾板周边及岸坡段采用振动夯板夯实。

3 趾板混凝土施工工艺控制

趾板分块浇筑长度控制在15m以内。趾板的水平段采用散拼普通钢木组合模板施工, 陡坡段采用翻模法浇筑。

止水铜片安装采用测量定位, 止水铜片的连接采用双面搭接焊接, 搭接长度为50mm。将止水铜片安装牢固, 用支撑将两翼铜片顶平。趾板浇筑完成后, 及时在铜止水部位安装木制保护盒。

混凝土塌落度控制在3~7cm。混凝土分两层振捣, 每层厚25cm, 上层应插入下层5cm, 在翻模施工时混凝土表面由人工随时抹平压光。趾板浇筑后草帘覆盖, 采用长流水养护至水库蓄水。

4 面板混凝土施工工艺控制

面板混凝土采用无轨滑模跳块浇筑, 对于周边缝三角块采用滑模斜拉法浇筑。

[收稿日期] 2004-04-12

[作者简介] 王廷宽(1970-), 男(汉族), 河南南阳人, 助理工程师, 主要从事水电工程施工工作。

性能, 应从设计指标、工程实际、施工条件、成本等方面综合考虑, 选择合适的抗冲耐磨混凝土材料。抗冲耐磨混凝土配合比需经大量深入试验确定。

盘石头水库泄洪洞工程应用HF高强耐磨混凝土, 抗

磨剂掺量小, 拌和物流动性好, 混凝土具有较高的抗压强度、抗冲磨强度和耐久性, 较好地满足了混凝土拌和、施工及设计要求, 达到了预期目的。