抗冲耐磨混凝土在小湾水电站水垫塘的应用

□ 普　源　辛春红

（华能澜沧江水电有限公司，云南　普洱　665005）

摘　要：小湾水电站水垫塘抗冲耐磨混凝土在硅粉混凝土中加入了聚丙烯微纤维和钢纤维，提高了混凝土的强度和抗冲磨性能。通过试验确定合理的配合比参数，选用了 JM-PCA 聚羧酸高效减水剂，并采用合理的施工方法，采取正确的施工抹面工艺、严格控制混凝土表面不平整度和加强养护等措施，避免了水垫塘硅粉混凝土出现裂缝，对硅粉混凝土的推广运用有一定参考作用。

关键词：抗冲耐磨混凝土；水垫塘；小湾水电站

一、工程概况

小湾水电站双曲拱坝设计坝高 294.5 m，坝体设有 5 个 11.0m× 15.0 m 泄洪表孔，6 个 6.0 m× 6.5 m 泄洪中孔，2 个放空底孔，采用挑流＋水垫塘联合消能。设计工况下泄洪水头 221.8m，总泄流量 14 682 m3/s，泄洪量和能量均很大，高水头大流量泄洪消能问题十分突出。对泄洪消能建筑物过流面混凝土抗冲耐磨性能要求很高，水垫塘底板将承受较大的射流冲击和脉动压力的作用。

小湾大坝与二道坝之间布置成复式梯形断面的水垫塘。水垫塘沿溢流中线方向长约 380m，最小底宽 70m，水垫塘深度约为 40m。水垫塘底板和边墙 5m 高度范围内要求覆盖 0.5m 厚的掺微纤维的硅粉抗冲耐磨混凝土。

二、小湾抗冲耐磨混凝土主要原材料

水泥：祥云县建材有限公司生产的中热(P.MH)42.5 水泥。粉煤灰：曲靖火电厂生产的曲靖Ⅰ级粉煤灰，细度为 3.3 %，含水率为 0.12%，烧失量为 2.37%。硅粉：成都科良，Si02 含量为 94.88 %，需水量为 119.6%，含水率为 0.73%。单丝聚丙烯微纤维：四川卓越，抗拉强度为 561MPa，伸长率为 22.2%，弹性模量为 5 086MPa。钢纤维：上海贝卡尔特，Dramix 钢纤维，长度为 62.1 mm，直径 0.76 mm，抗拉强度 1 085MPa。

骨料最大粒径直接影响到钢纤维的握裹力，骨料最大粒径应不超过钢纤维长度的 2/3。钢纤维混凝土骨料已确定最大粒径为 40mm，考虑到骨料的粒径与钢纤维长度的匹配要求，所以选定了上述钢纤维。外加剂为江苏博特生产的 JM-PCA 聚羧酸减水剂及北京利力新技术开发公司生产的 FS 引气剂。

三、配合比设计

现场生产性试验主要检验钢纤维混凝土的出机口坍落度、含气量、工作性、泌水情况、凝结时间、拌和时间等。依据上述试验结果，最终确定的混凝土配合比如表 1 所列。

表 1　抗冲耐磨混凝土配合比(每 1m³混凝土所用材料)　kg/m³

级配	水	水泥	粉煤灰	砂	大石	中石	小石	减水剂	引气剂	微纤维	硅粉	钢纤维
二	139	357	70	779		629	419	11.58	0.14	0.9	37	45
三	110	282	55	633	546	410	410	8.06	0.11	0.9	29	0

四、抗冲耐磨混凝土施工

（一）水垫塘底板施工。水垫塘底板混凝土浇筑分块约为 12.1m x 12.1m，设计厚度 3.0m，混凝土入仓后，先采用 Φ 100 以上插入式振捣器振捣密实，然后再用 12.6 m 长的振平梁振平，之后进行抹面工作。

抹面分为三阶段：第一阶段：振平梁拖动振平完成 2h 左右，用手指轻压混凝土表面，能压透砂浆保护层，当混凝土表面不下沉、不发生泌水时，开始第一阶段抹面，抹面的目的是平整混凝土表面，保证钢纤维、粗骨料表面不外露，混凝土表面保持 5～20mm 厚的砂浆层。第二阶段：混凝土浇筑后 12h 左右，用手指压混凝土表面，压深只有 3～5mm，手指上有湿印和少量水泥砂浆粘附，但混凝土表面有弹性。此阶段抹面主要是采用螺旋式反复压抹，填平混凝土表面的砂眼、孔洞，清除影响抹面的钢纤维、粗骨料等，使混凝土表面进一步抹光压实。第三阶段：混凝土浇筑后 14h 左右进入第三阶段抹面，此时用手指重压混凝土表面，压深只有 2mm，手指上仅有湿印。此阶段抹面主要是通过反复抹压，提高混凝土表面的光洁度，混凝土浇筑后 16h 左右第三阶段收浆抹面完成。

（二）水垫塘边墙施工。水垫塘边墙坡比为 1∶1.1，采用拖模进行混凝土浇筑，并加强振捣，控制拖模的上升速度为 (20～30cm／h)，模板滑升后，及时跟进抹面，确保混凝土外观质量。

边墙混凝土浇筑关键要掌握好拖模时间，一方面要使抗冲耐磨混凝土能够自持而不产生坍塌变形，另一方面要保持抗冲耐磨混凝土具有可塑性以便抹面。经过摸索，总结出边墙混凝土在浇筑 6h 后进行拖模、抹面较合适，第二阶段抹面时间在第一阶段抹面后 5h 左右，第三阶段抹面时间在第二次抹面后 2.5h 左右。

五、主要缺陷处理措施

(1)表面不平整的凿除和磨平。根据平整度控制标准，对表面不平整超过标准要求的，先凿除，预留 0.5～1.0cm 保护层，再用手持电动砂轮打磨平整；对凿除深≤ 2cm 的部位，一律不得锤击，只能用砂轮磨平，然后刮涂环氧胶泥。(2)凹陷部位的填补。根据上述原则，宜选用水泥预缩砂浆，其次可选用水泥改性砂浆，如氯一偏聚合物改性水泥砂浆等；环氧及其它高分子聚合物砂浆宜用于重要部位，不宜在大面积范围内应用。

施工材料及工艺。(1)预缩砂浆。小湾工程采用的预缩砂浆水泥选用小湾专供中热水泥，砂选用质地坚硬并经过 2.5mm 孔径筛选过的砂，细度模数宜控制在 1.8～2.2，水灰比为 0.3～0.4，灰砂比为 1:1.8～1:2.6。为提高砂浆强度及抗裂性能，改善和易性，可掺入适量的外加剂。填补前，先对基面凿毛、清污、冲洗、湿

© 1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

润 ,使其处于饱和面干状态。接着 ,刷一道水灰比为 0.4～0.45 浓水泥浆作粘结剂 ,再分层填补预缩砂浆 ,每层厚 4～5cm ,用木棒或木锤捣实。直至泛浆。各修补层间 ,用竹刷或钢刷刷毛 ,以利结合。对修补厚度大于 8cm 的 ,除表层 4cm 外 ,内部应填补预缩砂浆混凝土 ,即砂浆中加入直径 0.5～2.0cm 的小石。修补完成后 8h 内用湿草袋覆盖保温、保湿。(2)环氧材料。环氧材料包括环氧砂浆、环氧胶泥和环氧基液。它本身强度高、韧性好、抗冲耐磨性能优越 ,与基材的粘结强度也高于水泥类材料。缺点是价高、有毒 ,其变形性能与水泥类材料不一致 ,在温度湿度变化影响和阳光照射下 ,易老化 ,易与基材脱开。

环氧胶泥主要力学性能指标 :7 天龄期抗压强度不低于 65MPa，抗拉强度不低于 20MPa，与混凝土粘结强度大于 2.5MPa。环氧砂浆最小修补厚度为 1cm。环氧胶泥用于修补 0.5～1.0cm 的凹坑。环氧材料修补的工艺流程 :凿毛 - 清污 - 烤干 - 刷基液 - 分层填补砂浆并拍打密实至表面泛浆 - 养护(养护温度不低于 15℃ ,且 7d 内禁止水泡)。

六、对水垫塘抗冲耐磨混凝土的几点认识

硅粉混凝土的应用有以下特点：

(一)硅粉能够明显提高混凝土强度和抗冲耐磨性能。硅粉能够显著提高混凝土强度和抗冲耐磨性能 ,由于加入硅粉使得强度大大提高，硅粉混凝土的绝对强度则比纯水泥混凝土的高。

表 2　硅粉混凝土与普通混凝土的抗冲耐磨性能比较

试样	水泥/%	粉煤灰/%	硅粉/%	28d 抗压强度/Mpa	抗冲耐磨强度相对倍数	抗空蚀强度相对倍数
普通混凝土	77	23	0	58.0	0.744	7.61
硅粉混凝土	77	15	8	63.3	0.996	21.3

(二)抗冲耐磨混凝土施工难度大、质量要求高。理论研究和水工模型实验研究表明 ,过流面表面不平整度以及混凝上强度不满足设计要求是诱发冲磨空蚀破坏的主要因素 ,所以水垫塘抗冲耐磨混凝土施工重点在于保证混凝土强度和控制表面不平整度。

因此 ,对于大体积的混凝土施工 ,施工难度大。小湾水垫塘底板施工中 ,严格按照测量放样高程控制浇筑层高度 ,优先确保抗冲耐磨混凝土浇筑满足 0.5m 厚度的设计要求，对于表面不平整度控制在 6mm 以下。边墙施工中 ,严格按照高程分层平铺均匀浇筑上升 ,下料分层高度控制在 30～50cm ,边墙每层翻模高度以 60～100cm 为宜。同时施工中模板的制作也有很高的要求 ,主要振平工具振动梁的制作要求其平整度不超过 3.0mm ,备仓时振动轨道安装误差也不超过 3.0mm。

参考文献：

[1] 胡京宁. 小湾水电站水垫塘抗冲耐磨混凝土质量控制 水力发电 2009.09.

(上接第 33 页)

来 ,对于机试的看重更有利于计算机实际操作能力强的学生的涌现。诚然 ,计算机理论知识的学习也是计算机技术的重要组成部分 ,对于那些通过了计算机等级考试的同学 ,在其期末成绩上给予适当的加分也是很好的方式。

四、加强师资力量建设

区别于小学和中学的"灌输式"教育模式 ,高等教育更为重视的是对于学生研究能力的训练 ,对于机械式的被动接受已经不再是教学的重点。培养学生的创新能力自始至终都是大学教育的重要目标 ,在这个过程中 ,教师的指引和帮扶对于学生的成才成功来说就显得尤为必要 ,也是必不可少的。对于高等院校来说 ,对于老师的培养也很重要 ,其重要程度不亚于对于学生的培养。学校可以适当的为教师提供进修学习的机会 ,使其专业素养不断的迈上一个新的台阶。计算机网络技术作为一个新兴的学科 ,其发展速度是不可估量的。在这之中尤以国外的科研成果最为丰富 ,因此 ,我们的老师就更应该积极的吸收借鉴外国的先进经验 ,引进最新的专业教材 ,尽快革新教学方式，做到与时俱进。

计算机网络技术的教学和其他通识类的课程教学有很大的不同 ,它更加注重对于学生兴趣的培养 ,而这个目的是在学生和老师的交流互动中完成的。因此 ,这需要我们的老师在课堂上投入更多的热情和智慧 ,用激情来感染学生 ,用智慧来启迪学生。

结语 :综上所述 ,随着科学技术的不断向前发展 ,计算机网络技术的不断进步 ,计算机网络在社会政治、经济、文化、教育生活中的作用越来越大 ,其充当的角色也越来越重要。当然 ,对于方便人民群众的日常生活，丰富人民群众的精神生活来说，其作用更是无以言表的。高等院校作为我国高素质高水平人才的培养基地 ,是传递先进知识 ,传播先进思想的阶梯。为了更好的适应社会的飞速发展 ,对于大学计算机网络技术课程教学的改革势在必行。大力推进创新教学 ,合理进行教材的改革 ,增强学生的动手能力 ,发挥学生的主观能动性 ,重视学生实践能力的提高 ,是新的时代环境下 ,高等院校重点要解决的问题。能否把握好以上这些关键点 ,直接关系到计算机网络技术教学改革的成败 ,关系到高等院校人才培养机制创新的发展进程 ,更关系到我们国家的长远发展与繁荣富强。因此 ,高等院校计算机网络技术教学的创新对于我们来说，既是一个分量不小的挑战 ,更是我们义不容辞的责任。

参考文献：

[1] 樊银亭,何鸿云.基于客户机/服务器体系的二层与三层结构研究[J].计算机应用研究,2011,6(12):18-19.

[2] 李宝敏,王吉庆.网络教学模式的建构与思考[J].课程.教材.教法,2011,5(10):97-98.

(上接第 41 页)

下的电子商务推荐平台 ,我们还需要对云计算的中间件进行整合和处理 ,以此扩展其相关的功能 ,最终促进我国电子商务事业的发展。

参考文献：

[1] 多雪松,张晶,高强.基于 Hadoop 的海量数据管理系统[J].微计算机信息,2010,15(13):658-659.

[2] 张敏,陈云海,林立宇.电信运营商云计算数据中心的构建分析[J].电信技术,2012,32(06):25-26.

© 1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net