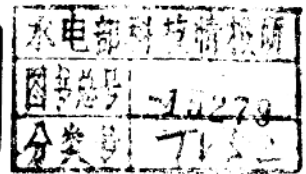
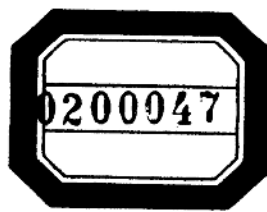


水利电力部第八工程局

乌江渡工程 施工技术

下 册

水利电力出版社



乌江渡工程施工技术



005608 水利部信息所

下 册

水利电力部第八工程局

水利电力出版社

内 容 提 要

乌江渡水电站是我国在岩溶地区建成的第一座大型水电站。工程设计和施工都具有国内同类工程的先进水平，荣获1985年国家科学技术进步一等奖。它的多项施工技术在国内外推广和引用。有的经验曾在国际会议上交流，得到了国内外专家的较高评价。

本书主要内容是针对乌江渡工程的施工特点，对各项施工技术课进行阐述和探讨，内容充实，资料丰富，分析中肯，图文并茂，可供从事大中型水电站设计、施工、科研人员参考，也可作为大专院校教学参考书。

本书共280余万字，共十一篇，分上、下两册。下册第八篇至第十一篇，篇目为：混凝土的试验与质量管理、大坝原型观测与成果分析、机电设备安装、金属结构制作与安装。

本书照片由谭少民同志提供

乌江渡工程施工技术

下 册

水利电力部第八工程局

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

建华印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 60.5印张 432千字 3插页

1987年7月第一版 1987年7月北京第一次印刷

印数0001—1500册 定价9.30元

统一书号 15143·6322

目 录

第八篇 混凝土的试验与质量管理

第一章 概述	1
第二章 水泥	2
第一节 概况	2
第二节 各品种水泥熟料的化学成份及水泥物理性能	6
第三节 水泥中掺不同二氧化钛含量的矿渣试验	29
第四节 水泥水化热	33
第五节 水泥的质量管理	34
第六节 水泥标号快速试验	38
第三章 砂石料	43
第一节 石灰岩的物理力学性能	43
第二节 人工骨料级配平衡	44
第三节 人工碎石质量控制及其检验	48
第四节 棒磨机制砂工艺试验	57
第五节 人工砂的粒度分布特性	69
第六节 人工砂细度模数及石粉含量对混凝土和砂浆性能的影响	77
第七节 人工砂的质量检验标准和生产中的问题	84
第四章 混凝土外加剂	93
第一节 乌江渡工程外加剂的选择	93
第二节 掺外加剂对水溶液表面张力和水泥水化热的影响	98
第三节 掺外加剂对混凝土单位用水量、含气量和强度的影响	95
第四节 掺外加剂对混凝土拌合物凝结时间、泌水率及工作度的影响	107
第五节 掺外加剂对混凝土抗裂性和耐久性的影响	111
第六节 掺外加剂的经济效果	117
第七节 小结	117
第五章 混凝土配合比设计	120
第一节 混凝土配合比设计原则	120
第二节 粗骨料级配的选择	121
第三节 混凝土单位用水量的确定	129
第四节 混凝土砂率的确定	135
第五节 水灰比与混凝土强度的关系	139
第六节 混凝土配合比设计参数报告	145

第七节	混凝土配合比计算方法与步骤	151
第八节	特殊混凝土配合比	154
第九节	水平施工缝的接缝砂浆与接缝混凝土	163
第六章	混凝土性能试验	166
第一节	混凝土拌合物和易性及其测定方法	166
第二节	混凝土凝结时间试验	167
第三节	混凝土轴心抗拉强度与抗压强度的关系	169
第四节	混凝土的弹性模数	172
第五节	混凝土抗压、抗拉、弹模及极限拉伸与龄期的关系	175
第六节	混凝土的抗渗性能	179
第七节	混凝土的抗冻性能	181
第八节	混凝土自身体积变形	182
第九节	混凝土的干缩与湿胀	184
第十节	混凝土的热学性能	185
第七章	混凝土生产质量控制和检验	189
第一节	质量控制和检验的内容及制度	189
第二节	混凝土拌合物的质量检验成果及分析	190
第三节	混凝土抗压保证强度和配合比的确定	200
第四节	厂坝主体工程混凝土质量	204
第五节	机口混凝土抗压强度的均匀性统计分析	208
第六节	试验误差及混凝土生产均匀性的统计与分析	214
第七节	混凝土生产管理图	222
第八章	数理统计在试验工作中的应用	232
第一节	平均数和标准差的统计检验	232
第二节	方差分析	234
第三节	正交试验设计法的应用	240
第四节	回归分析方法的应用	247
第五节	拟合优度的统计检验	255

第九篇 大坝原型观测与成果分析

第一章	概述	265
第二章	观测仪器布置	266
第一节	坝体内部观测	270
第二节	其他水工建筑物的内部观测	273
第三节	大坝外部变形观测	275
第四节	仪器布置中存在的问题	278
第三章	内部观测仪器的种类及构造	280
第一节	差动电阻式传感器的测量原理	280

第二节	坝体内部观测仪器的工作原理及构造	286
第三节	SBQ型水工比例电桥	293
第四节	内部观测用橡皮软电缆	297
第四章	仪器的埋设及观测	299
第一节	埋设前的准备工作	299
第二节	仪器的埋设方法	300
第三节	现场仪器观测	312
第五章	混凝土徐变试验	318
第一节	徐变试验方法与徐变形态的基本概念	318
第二节	徐变资料的推算	321
第三节	应力松弛系数的求算	329
第六章	坝内已埋仪器的鉴定	338
第一节	差动电阻式传感器输出信号的误差	338
第二节	乌江渡工程已埋仪器的工作状态	344
第七章	应变计实测资料整理方法	353
第一节	无应力计变形	353
第二节	应变计的观测参数和基准值的选择	357
第三节	应变计组的质量控制和平衡修正	359
第四节	混凝土弹性应力计算及弹性模量变化对实测值的影响	364
第五节	徐变应力的计算方法	367
第六节	主应力及其方向的计算	370
第八章	坝体实测应力分析	373
第一节	各坝段实测应力综合分析	373
第二节	上游坝面垂直应力及基岩变位分析	400
第三节	水平正应力及温度应力分析	406
第四节	主应力矢量分析	415
第五节	引水钢管、传力桩、F、断层及防渗墙的应力分析	421
第九章	缝隙开合度、坝体温度及渗流观测成果分析	431
第一节	测缝计实测资料分析	431
第二节	坝体及库水温度计实测资料分析	444
第三节	渗流实测资料分析	458
第十章	钢筋计的应力分析	469
第一节	混凝土中钢筋的受力情况分析	469
第二节	引水系统钢筋应力分析	470
第三节	副厂房和泄水建筑物、弧形闸门铰链的钢筋应力分析	477
第四节	右岸泄洪洞拱渡槽实测应力分析	484
第五节	混凝土中钢筋计的力学试验	496
第十一章	坝体及基础变形	505

第一节 坝顶变形	505
第二节 基础变形	507
第十二章 结束语	511

第十篇 机电设备安装

第一章 综述	513
第一节 机电设备布置	513
第二节 主要机电设备特点及参数	515
第三节 场地布置及施工设备	527
第四节 施工进度	530
第五节 经济效果及成本分析	532
第六节 水轮发电机组制造质量问题分析	535
第二章 水轮机安装	538
第一节 水轮机预埋件安装经验	538
第二节 水轮机导水机构安装中的问题	544
第三节 水轮机转轮组装	547
第四节 伸缩节处理	549
第五节 导轴承与主轴密封装置	551
第六节 联轴工艺改进	554
第三章 发电机安装	558
第一节 定子整体吊装	558
第二节 转子磁轭整体滑移现象的初步分析	560
第三节 推力轴承的安装与运行	571
第四节 外循环冷却系统在推力轴承及变压器上的应用	586
第五节 推力轴承轴瓦油膜测试	593
第四章 调速系统安装	602
第一节 调速系统安装与调试中的一些问题	602
第二节 压油装置的安装与调试	606
第五章 管路系统安装	609
第一节 乌江渡水电站管路预埋件施工	609
第二节 技术供水系统安装	612
第三节 “O”型橡胶密封在油系流管道上的应用	616
第四节 油管路防腐	617
第六章 $2 \times 300\text{t}$ 桥式起重机安装及试验	619
第一节 概述	619
第二节 桥式起重机大件吊装	619
第三节 桥式起重机试验与运行	623
第四节 桥式起重机轨道安装	624

第七章 水淹机组的修复处理	626
第一节 概述	626
第二节 设备被淹状况	626
第三节 机电设备的修复处理	628
第四节 水淹定子运行后的初步鉴定	634
第八章 发电机卷线安装	637
第一节 机组线棒下线部分的施工工艺特点	637
第二节 电腐蚀与槽电位	639
第三节 线棒并头套的焊接	643
第四节 定子接头的环氧树脂浇灌	644
第五节 几个专题讨论	646
第六节 专用工具简介	649
第九章 变压器部分	654
第一节 一般介绍	654
第二节 有载分接开关	654
第三节 变压器干燥	657
第四节 问题探讨	664
第十章 高压充油电缆	666
第一节 概述	666
第二节 高压电缆的敷设	667
第三节 220kV电缆水平放置终端的施工	669
第四节 220kV高压电缆上终端的施工	673
第五节 问题讨论	675
第十一章 法国M·G公司252kV六氟化硫组合式开关	681
第一节 六氟化硫气体	681
第二节 断路器及油压操作系统	682
第三节 隔离开关及操作机构	688
第四节 快速接地开关	690
第五节 互感器与温度补偿压力开关	693
第六节 避雷器	695
第十二章 六氟化硫开关的安装及调整试验	697
第一节 施工准备及基础预埋	697
第二节 设备整体安装	698
第三节 断路器及油压柜油管安装	699
第四节 油压操作机构的充油工作	701
第五节 断路器的其它调整试验	702
第六节 设备的充气工作	703
第七节 整组设备投产前的湿度检查	704

第八节 整组设备的气体泄漏检查	703
第九节 六氟化硫整组设备的高压绝缘试验	709
第十三章 几个问题的探讨	714
第一节 磁扼热打键的加温方法	714
第二节 自动连续回转盘车	721
第三节 发电机-变压器组晶体管保护装置的特点及试验调整简介	732
第四节 不平衡过电压的探讨	736
第五节 DM ₂ 型灭磁开关的调整试验	741
第六节 绝缘电阻与吸收比的测量	749
第七节 半导体脱扣器回路的修改	751
第十四章 机组试运行	756
第一节 概况	756
第二节 低水头运行	759
第三节 专项试验情况	764
第四节 试运行中存在的其它问题	768
第十五章 机电设备安装的质量管理	771

第十一篇 金属结构制作与安装

第一章 概述	775
第一节 乌江渡水电站金属结构工程概况	775
第二节 施工准备	779
第二章 引水压力钢管的制作与安装	785
第一节 引水压力钢管的布置	785
第二节 引水压力钢管的制作	786
第三节 引水压力钢管的安装	797
第四节 洪水冲坏管节的修复	804
第三章 平板钢闸门的制作与安装	808
第一节 概况	808
第二节 门槽埋件的制作	809
第三节 平板闸门门叶制作	810
第四节 平板闸门的安装	816
第四章 乌江渡水电站弧形闸门制作与安装	825
第一节 弧形闸门概况	825
第二节 弧形闸门的制作	826
第三节 弧形闸门埋件安装	839
第四节 泄洪洞弧形闸门安装	845
第五节 导流放空洞弧形工作闸门安装	853
第六节 溢洪道弧形闸门安装	861

第五章 闸门启闭机安装.....	876
第一节 固定卷扬式启闭机安装	876
第二节 油缸启闭机安装	891
第六章 无损检测	903
第一节 情况介绍	903
第二节 12~30mm厚度板材对接焊缝超声波探伤	905
第三节 板厚12mm以内板材对接焊缝超声波探伤	911
第四节 蜗壳螺旋形边焊缝的超声波探伤	912
第五节 闸门轨道探伤	913
第六节 母材探伤	915
第七节 厚板不同材质的角焊缝超声波探伤	917
第八节 金属元素偏析回波讯号的分析	921
第九节 水轮机转轮叶片母材与敷焊不锈钢层间气蚀范围的超声波探伤	926
第十节 离相铝母线焊缝X射线透照探伤.....	928
第十一节 对JB1152-81标准中的距离一波幅曲线的应用.....	933
第十二节 对设备仪器的小改进	937
第七章 钢闸门防腐蚀措施	940
第一节 喷丸除锈	941
第二节 喷锌保护	946

第八篇 混凝土的试验与质量管理

第一章 概 述

乌江渡水电站工程厂坝混凝土量计有240余万 m^3 ，众所周知，水工混凝土除具有一般强度要求外，尚有抗渗性、密实性、抗冻性、抗冲耐磨性、抗裂性、施工和易性以及经济性等要求。各建筑物由于所处的部位不同，故对混凝土的性能要求也不同，各有侧重，这些都必须通过大量的试验工作才能确定。乌江渡主体工程混凝土试验工作于1979年开始直至工程结束为止，主要工作内容有：混凝土外加剂选择；混凝土配合比设计及性能试验；混凝土原材料检验；混凝土生产的质量管理等。经竣工验收会议鉴定，乌江渡工程混凝土质量优良，各项性能指标达到甚至超过了设计要求，厂坝混凝土裂缝很少。

乌江渡工程混凝土质量优良除取决于良好的施工管理与技术水平外，原材料质量优良也是重要原因之一。乌江渡水电站是我国第一个全部使用石灰岩人工砂石料混凝土的工程，灰岩骨料虽有混凝土单位用水量略高的缺点，但其优点非常突出，如混凝土强度高，特别是抗压比值较高；因碎石生产级配可以调节，可选用最佳石子级配而不会有弃料；骨料及混凝土的热膨胀系数较小，可大幅度减小温度应力。乌江渡工程所使用的水泥全部为水城水泥厂所产，该厂水泥铝酸三钙含量低，水化热低，可达到相应品种的大坝水泥水化热的要求，而水泥标号又较高。用于主体工程的水泥品种主要是矿渣水泥及矿渣大坝水泥，在一定程度上弥补了未掺粉煤灰之不足。同时乌江渡地区气候温和潮湿，冬无严寒，夏无酷暑，极少寒潮袭击。上述这些因素都有利于混凝土的抗裂性能。在混凝土中使用木质磺酸钙等多种外加剂复合，具有减水效果好，明显改善混凝土性能和成本低等优点，还因有缓凝作用，故有防止混凝土初凝冷缝，降低混凝土最高温升等作用。

水工混凝土骨料最大粒径为150mm，水泥用量少，灰浆率小，目前我们主要只能做最大骨料粒径为40mm的二级配混凝土性能试验，作为性能相对比较试验，以二级配代替四级配是可行的，但作为已选配合比的四级配混凝土的某些性能指标，甚至将其用于理论计算，这种指标显然不符合实际情况。其中特别是对于混凝土的变形性能，有时会产生较大的误差，如弹性模量、极限拉伸、热膨胀系数、干缩和自身体积变形等。这种大粒径骨料混凝土的某些性能试验不是流动性的工地试验室所能胜任的，故乌江渡工程没有进行这方面的试验研究工作。

第二章 水 泥

第一节 概 况

一、概 况

乌江渡水电站主体工程混凝土浇筑自1974年3月份开始,使用的水泥定点由贵州水城水泥厂生产。在施工初期和施工高峰时期,还使用过少量湖北华新水泥厂、河北邯郸水泥厂、广西柳州水泥厂、四川峨嵋和江油水泥厂、贵州水泥厂、贵阳水泥厂等生产的水泥。

对于进场水泥的储存,本局分别在养龙司转运站设有储存袋装水泥的仓库;在乌江转运站设有三座水泥罐,每座储量1500t散装水泥。1977年以前,水城水泥厂生产的水泥以袋装形式采用铁路运输的方式运至养龙司转运站。1977年乌江转运站散装水泥储存系统投产运行以后,水城水泥厂生产的水泥主要以散装形式运至乌江转运站。其它水泥厂生产的水泥均以袋装形式运至本局水泥仓库。

大坝混凝土按不同部位分别选用矿渣大坝水泥、矿渣水泥、普通水泥三个品种。某些特殊部位选用硅酸盐大坝水泥和硅酸盐水泥。1977年7月1日以前,水泥胶砂强度以硬练法为标准,进场水泥主要有矿渣大坝500号、矿渣500号、普通500号,少量矿渣大坝400号、矿渣400号、普通400号、普通600号、硅酸盐500号。1979年7月1日开始,国家对硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥实施新标准;1981年7月1日开始,国家对大坝水泥实施新标准,水泥胶砂强度采用软练法。进场水泥主要有普通525号、矿渣大坝水泥500号;少量硅酸盐水泥625号、矿渣水泥425号、矿渣水泥525号、硅酸盐水泥600号(大坝水泥仍为硬练标号)。各年度不同品种及标号水泥使用量见表8-2-1所列。

表 8-2-1 乌江渡水电站工程历年不同品种及标号水泥用量(t)

年度 水泥品种及标号	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	合计	%
华新矿渣大坝500号	4711								4711	0.97
水城矿渣大坝500号		11294	12041	836	50064	18457	31693	6651	111036	22.93
水城矿渣500号		8376	34865	41806	48118	53001	29000	1902	190970	39.44
水城普通500号				12716	31951	37805	41814	37330	161718	33.40
江油普通500号						2628			2628	0.58
贵州普通500号					237	411	463		1111	0.44
邵阳普通500号						566			566	0.12

续表

年度 水泥品种及标号	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	合计	%
峨边普通500号						3209			3209	0.66
峨边矿渣500号						1899			1899	0.39
水城硅酸盐大坝600号							4162		4162	0.86
水城硅酸盐625号							894		894	0.18
贵阳矿渣500号						144			144	0.03
吴县浇筑700号						11			11	0
合 计	4711	19670	46906	55358	110372	119331	82026	45883	484259	100

注(1) 水城矿渣大坝500号一栏包括水城矿渣大坝400号。

(2) 水城矿渣水泥500号一栏包括水城矿渣425号、525号。

(3) 水城普通水泥500号一栏包括水城普通水泥600号、525号。

水城水泥厂由于受生产条件的限制, 矿渣大坝水泥的生产未能全部满足工程的需要, 主体工程混凝土的施工, 实际上主要使用矿渣水泥和普通水泥。特别是施工高峰时期, 水泥供应受生产和铁路运输的限制, 经常出现水泥随到随用, 甚至供不应求的情况。在这种情况下, 一些施工部位无法按所选择的品种、标号使用水泥, 以致出现大坝内部混凝土部分使用发热量较高的普通水泥, 部分低标号混凝土使用高标号水泥等情况。

二、水 质

对于混凝土拌和用水, 左岸拌合系统采用乌江河水, 右岸拌合系统采用溶洞水。乌江河水及溶洞水经我局试验室、长办勘测六队、贵州省地质局实验室化验, 水的类型是重碳酸钙型。分析成果见表 8-2-2 和表 8-2-3 所列。

表 8-2-2

乌江河水化学分析成果

分析单位		省地质局		长办六队		八 局	
离 子	名 称	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L
阳 离 子	Ca ²⁺	53.58	2.674	49.64	2.477	44.70	2.231
阳 离 子	Mg ²⁺	11.05	0.909	9.21	0.757	9.92	0.816
阳 离 子	K ⁺ +Na ⁺	3.18	0.124	14.18	0.685	11.64	0.506
阳 离 子	总 计	67.81	3.707	73.66	3.919	66.26	3.553
阴 离 子	Cl ⁻	4.14	0.117	5.06	0.143	3.74	0.105
阴 离 子	SO ₄ ²⁻	40.93	0.852	51.54	1.063	33.17	1.036
阴 离 子	HCO ₃ ⁻	163.00	2.673	165.52	2.713	147.12	2.412
阴 离 子		1.60	0.026	/	/	/	/
阴 离 子	总 计	209.77	3.668	217.06	3.919	184.03	3.553

续表

分析单位		省地质局		长办六队		八 局	
离子	名 称	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L
硬度(德国)	总 硬 度	10.35		9.16		8.53	
	永久硬度	2.83		1.56		1.62	
	暂时硬度	7.52		7.60		6.91	
	负 硬 度	0.00		0.00		0.00	
特殊分析项目	总 碱 度	7.49		7.69		6.91	
	pH 值	8.03		8.10		8.09	
	固 形 物	207.00		213.02		208.63	
	灼热残渣	197.00					
	灼热减量	10.00					
	游离 CO ₂	6.42				0.25(最高一次2.91)	
	固定 CO ₂	58.81					
	SiO ₂	2.20					
化 验 日 期		1972年1月15日		1960年4月		1970年11月~1972年3月 共21次平均	

注 不含侵蚀性二氧化碳。

表 8-2-3

乌江溶洞水化学分析成果

分析单位		省地质局		长办六队		八 局	
离子	名 称	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L
阳 离 子	Ca ²⁺	94.36	4.709	97.52	4.866	95.82	4.781
	Mg ²⁺	4.87	0.401	4.58	0.399	4.20	0.345
	Al ³⁺	0.25	0.028	/	/	/	/
	K ⁺ +Na ⁺	4.70	0.181	21.83	0.943	26.45	1.150
	总 计	104.18	5.319	124.18	6.214	126.47	6.276
阴 离 子	Cl ⁻	4.44	0.125	5.91	0.167	4.90	0.318
	SO ₄ ²⁻	41.96	0.874	10.00	0.208	53.47	1.670
	HCO ₃ ⁻	258.65	4.239	356.30	5.839	272.54	4.468
	NO ₃ ⁻	6.00	0.097	/	/	/	/
	总 计	311.05	5.335	372.21	6.214	330.91	6.276

续表

分 析 单 位		省 地 质 局		长 办 六 队		八 局	
离 子	名 称	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L	mg/L	毫克当量/L
硬度(德国)	总 硬 度	14.65				14.34	
	永久硬度	2.99				1.83	
	暂时硬度	11.66		14.70		12.51	
	负 硬 度	0.00		1.61		0.00	
特殊分析 项 目	总 碱 度	11.87				12.51	
	pH值	7.35		7.15		7.86	
	固 形 物	260.00		318.26		322.40	
	灼热残渣	247.00					
	灼热减量	13.00					
	游离CO ₂	26.69		31.13		14.43	
	固定CO ₂	93.26					
	SiO ₂	6.00					
化 验 日 期		1971年5月		1960年3月		1970年11月~1972年3月 共19次平均	

关于环境水对水工建筑物的侵蚀,我国目前尚无规定。参考国外标准,结合乌江渡水电站水工建筑物的具体情况,按明敞水体,有水压建筑物,最小建筑物厚度大于2.5m考虑,确定环境水对乌江渡水工建筑物的侵蚀限值如表8-2-4所列。

表 8-2-4 环境水对水工建筑物侵蚀的限值与实测值比较

侵蚀类型	控制项目	普通硅酸盐水泥的限值要求	矿渣硅酸盐水泥的限值要求	乌 江 环 境 水 实 测 值
溶出性侵蚀 (软水侵蚀)	重碳酸盐	>0.7毫克当量/L	>0.4毫克当量/L	溶洞水, 4.29毫克当量/L 河水, 2.67毫克当量/L
碳酸性侵蚀	游离CO ₂ 含 量	泉水, <78mg/L 河水, <48mg/L	泉水, <73mg/L 河水, <43mg/L	溶洞水, 26.69mg/L 河水, 6.42mg/L
一般酸性侵蚀	pH值	>6.0	>6.2	溶洞水, 7.35 河水, 8.03
硫酸盐侵蚀	SO ₄ ²⁻ 含 量	<300mg/L	<300mg/L	溶洞水, 41.98mg/L 河水, 40.93mg/L
镁盐侵蚀	Mg ²⁺ 含 量	<1000mg/L	<1000mg/L	溶洞水, 4.87mg/L 河水, 11.05mg/L

注 实测值取自贵州地质局分析资料。

根据各种侵蚀性的限值要求与实测值比较, 无论是乌江河水或溶洞水对普通水泥和矿渣水泥均无侵蚀性。

第二节 各品种水泥熟料的化学成份及水泥物理性能

一、各品种水泥熟料的化学成份, 混合材料掺量及化学成份

水城水泥厂提供的几种主要品种水泥熟料的化学成份及矿物组成列于表 8-2-5。

表 8-2-5 水城水泥厂水泥熟料的化学成份及矿物组成

水泥品种 及标号	化 学 成 份 (%)									矿 物 组 成 (%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	fCaO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
矿渣大标 500号	21.44	5.78	5.67	64.86	1.82	0.80	0.44	0.31	0.16	51.08	22.94	5.74	17.14
普 通 500号	21.37	5.83	5.48	65.07	1.10	1.58				49.22	24.12	6.18	16.64
矿 渣 500号	21.37	5.83	5.48	65.07	1.10	1.58				49.22	24.12	6.18	16.64
普 通 600号	21.34	5.85	5.46	65.09	1.26	1.18				51.04	22.66	6.24	16.59
普 通 525号	21.15	5.88	5.32	65.50	1.27	0.78	0.31	0.31	0.08	55.70	18.59	6.65	16.17

表 8-2-6 水城水泥厂不同品种
水泥矿渣掺入量

水泥品种及标号	矿渣掺入量 (%)
普 通 600号	10左右
普 通 500号	10~15
矿 渣 500号	30
矿渣大标 600号	35~40
普 通 525号	10~15

水城水泥厂生产的水泥混合材料主要是粒化高炉矿渣, 随着铁矿石来源的产地不同, 矿渣的化学成份也不同, 不同品种的水泥矿渣掺入量列于表 8-2-6。不同矿渣的化学成份列于表 8-2-7。

表 8-2-7 不同矿渣的化学成分

项 目 \ 化学成份	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO
含TiO ₂ 少时的矿渣	35.20	0.84	10.35	45.69	2.93	0.71	0.75
含有较高TiO ₂ 时的矿渣	30.78	1.43	10.94	35.96	7.63	8.37	1.20

注 表8-2-5、表8-2-6、表8-2-7，所列数据均为水城水泥厂化验室1982年6月1日提供。

二、水泥物理性能的测定

自1974年3月份开始浇筑主体工程混凝土以后，至1981年底止，先后进场二十个不同厂家、不同品种及标号的水泥，数量约50万t，其中97%左右为水城水泥厂生产的水泥。

乌江渡水电站工程历年使用的水泥，其物理性能检验按不同厂家、不同品种及标号，分年度统计厂测及工地检测结果详见表8-2-8、表8-2-9所列。

1979年7月1日开始，国家对五大品种水泥实施新标准，各水泥厂家同时按新标准进行水泥物理性能检验。我局由于软练设备到货较晚，直到1979年12月1日，才开始按新标准进行水泥物理性能的检验。

1981年7月1日开始，国家又对大坝水泥实施新标准，由于在这以后，没有进场大坝水泥，故表8-2-9所列大坝水泥物理性能检验结果仍按旧标准执行。

从表8-2-8、表8-2-9所列结果可以看出，水泥物理性能检验各项指标厂测结果均符合国家规定标准。工地检测结果除少数抗拉、抗压强度值略低于国家规定标准值以外，其余各项指标均符合国家规定标准。少数测值偏低，分析主要是由于运输、取样不均匀、试验误差等因素造成。

三、水泥标号的均匀性分析

主体工程混凝土使用的水泥主要是水城水泥厂生产的普通500号、普通525号、矿渣500号、矿渣大坝500号，水泥厂家检验和我局检验的平均强度及28天抗压强度的均方差、离差系数按年度统计结果列入表8-2-8、表8-2-9。

由以上统计结果可以看出：水城水泥厂生产的水泥以普通水泥质量最好，水泥标号稳定，标号富余较多，普通500号水泥我局按550号使用，普通525号水泥按575号使用。矿渣水泥和矿渣大坝水泥受矿渣掺量、品质的影响，水泥标号的均匀性也受到影响，其中，尤以矿渣大坝水泥更为突出。由于大坝水泥质量除受强度等指标控制以外，还受水化热的指