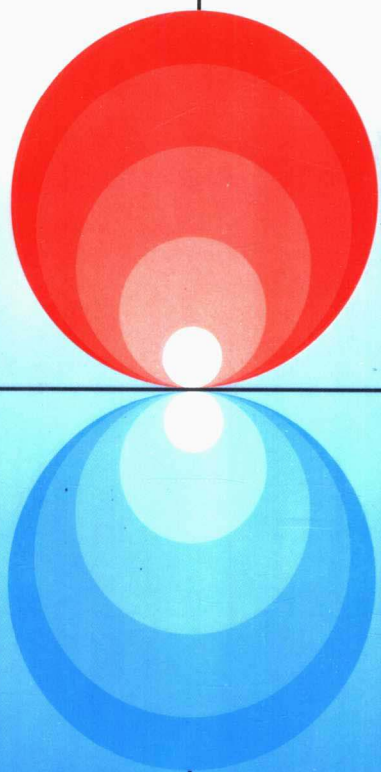


水利行业工人技术考核培训教材

BAGONG
HUNNINGTU
GONG

坝工混凝土工

主编 钟汉华



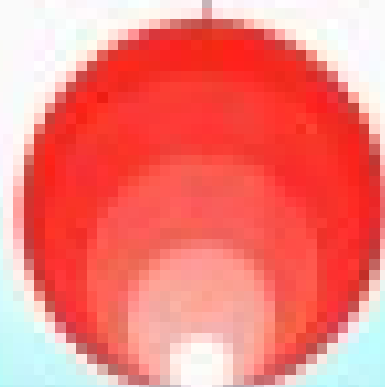
黄河水利出版社

水利部南京水利科学研究院

BADONG
HUNANGLU
GONG

坝工混凝土工

主编 王学军



中国水利水电出版社

坝工混凝土工

主 编 钟汉华

黄河水利出版社

(豫)新登字 010 号

坝工混凝土工 钟汉华主编

责任编辑: 胡庆泉

出 版: 黄河水利出版社

(地址: 河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

邮编: 450003

印 刷: 黄河水利委员会印刷厂

发 行: 黄河水利出版社

开 本: 850mm×1168mm 1/32

版 别: 1996 年 3 月 第 1 版

印 次: 1997 年 5 月 郑州第 2 次印刷

印 张: 10.875

印 数: 2201-5200

字 数: 270 千字

ISBN 7-80621-066-0/TV·43

定 价: 17.90 元

前 言

为了建立和完善水利行业工人考核培训工作体系,弥补新中国成立以来全国水利行业没有完整的、系统的工人培训教材的空白,我们组织水利行业一百多位专家学者编写了这套“水利行业工人考核培训教材”。本教材是依据劳动部、水利部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准(水利)》规定的32个行业工种要求编写的,编写的内容与技术考核规范和题库相结合,并在每一章后设有思考题,能够满足水利行业技术工人考核前培训和职业技能鉴定的需要。

教材分为通用教材和专业教材两大类。通用教材共8本,分别为:《水利工程施工基础知识》、《工程力学与建筑结构基础知识》、《地质与土力学基础知识》、《水工建筑物基础知识》、《水力学与水文测验基础知识》、《水利工程制图基础知识》、《机械基础知识》、《电工基础知识》,其内容主要侧重于为30本专业教材配套使用的基础理论知识;专业教材共30本,分别为:《开挖钻工》、《水工爆破工》、《锻钎工》、《坝工模板工》、《坝工钢筋工》、《坝工混凝土工》、《钻探灌浆工》、《喷护工》、《防渗墙工》、《砌筑工》、《坝工土料实验工》、《坝工混凝土实验工》、《水工泥沙实验工》、《水工结构实验工》、《混凝土维修工》、《土石维修工》、《闸门运行工》、《水工防腐工》、《水工监测工》、《河道修防与防治工》、《渠道维护工》、《灌区供水工》、《灌溉试验工》、《泵站机电设备维修工与泵站运行工》、《灌排工程工》、《水文勘测工》、《水

文勘测船工》、《水土保持防治工》、《水土保持测试工》、《水土保持勘测工》，其内容包括各工种的初、中、高级工的专业知识和技能知识。两类教材均突出了水利行业专业工种的特点，具有专业性、权威性、科学性、整体性、实用性和相对稳定性。它包括了本行业技术工人考核晋升技术等级时试题的范围和内容，是水利行业各工种职业技能鉴定的必备教材。

本次教材编写时参照的技术规范或规定、标准等是以1995年7月底尚在使用的为准，涉及的个别计量单位虽属非法定单位，但考虑到这些计量单位与有关规定、标准的一致性和实际使用的现状，本次出版时暂行保留，在今后修订时再予改正。

编写全国水利行业统一的工人培训教材，对于我们来说尚属首次，曾得到了各级领导、有关专家及广大水利职工的关怀和支持。经过大家一年来的辛勤耕耘和不断探索，现已面世出版了，但由于它是一项新的工作、新的尝试，不足之处在所难免，希望大家在使用中提出宝贵意见，使其日臻完善。

水利行业工人考核培训教材
编审委员会

一九九五年七月

目 录

绪 论	(1)
第一章 混凝土材料及性能	(9)
第一节 混凝土组成材料	(9)
第二节 混凝土的主要性质	(21)
第三节 混凝土外加剂	(35)
第四节 混凝土配合比	(52)
第二章 混凝土施工工艺	(64)
第一节 施工准备	(64)
第二节 混凝土拌和	(74)
第三节 混凝土运输	(99)
第四节 混凝土平仓振捣	(102)
第五节 混凝土养护	(126)
第六节 混凝土施工缺陷及修补	(135)
第七节 混凝土夏季、雨季及冬季施工	(145)
第八节 混凝土施工安全技术	(150)
第三章 大体积混凝土施工	(161)
第一节 大体积混凝土温度控制	(161)
第二节 混凝土坝施工	(172)
第三节 厂房下部结构混凝土施工	(190)
第四章 碾压混凝土施工	(197)
第一节 碾压混凝土的施工特点	(197)
第二节 碾压混凝土的材料及性质	(200)
第三节 碾压混凝土施工	(218)
第五章 钢筋混凝土结构施工	(232)

第一节	现浇框架混凝土的施工·····	(232)
第二节	隧洞混凝土衬砌施工·····	(238)
第三节	水闸混凝土施工·····	(248)
第四节	预制及预应力混凝土施工·····	(250)
第五节	二期混凝土施工·····	(257)
第六章	混凝土特殊施工工艺·····	(261)
第一节	滑模混凝土施工·····	(261)
第二节	泵送混凝土施工·····	(269)
第三节	水下混凝土施工·····	(284)
第四节	真空作业混凝土施工·····	(300)
第七章	混凝土工程质量控制检查与验收·····	(304)
第一节	混凝土工程质量控制与检查·····	(304)
第二节	混凝土工程质量等级评定·····	(321)

绪 论

混凝土是指由水泥、石膏类无机胶凝材料和水或沥青、树脂等有机胶凝材料与砂石骨料按一定比例混合，并在一定条件下硬化而成的人造石材。

通常所说的混凝土是指水泥混凝土。它是由水泥、水及砂石骨料配制而成，其中水泥和水是具有活性的组成成分，起胶凝作用；骨料构成骨架。水泥与水发生反应后形成坚固的水泥石，将骨料颗粒牢固地胶结成整体，使混凝土具有一定的强度。水泥混凝土中各组成材料的比例，可根据施工要求及建筑工程性能要求进行选择。

一、混凝土分类

混凝土按其骨料品种、胶凝材料品种、用途、施工工艺及混凝土性能进行分类。常见的混凝土分类方法如表 0-1。

二、水工混凝土

经常或周期性地受环境水作用的水工建筑所采用的混凝土，称水工混凝土。水工混凝土与一般混凝土要求不同，它除强度要求外，还应根据其所处部位和工作条件，分别满足抗渗、抗冻、抗裂、抗冲耐磨、抗碳化和风化、抗侵蚀等要求。水工混凝土分类见表 0-2。

水工混凝土一般根据建筑物各方面的要求分区划分。图 0-1 为坝体混凝土分区图，表 0-3 为各分区混凝土的性能要求。

表 0-1

混凝土的不同分类方法

分类方法		名 称	特 性
按 胶 凝 材 料 分 类	无 机 胶 凝 材 料	水 泥 混凝土	以硅酸盐水泥及各种混合水泥为胶结料。可用于各种混凝土结构
		石 灰 混凝土	以石灰、天然水泥、火山灰等活性硅酸盐或铝酸盐与消石灰的混合物为胶结料
		石 膏 混凝土	以天然石膏及工业废料石膏为胶结料。可做天花板及内隔墙等
		硫 磺 混凝土	硫磺加热熔化, 然后冷却硬化。可作粘剂及低温防腐层
		水玻璃 混凝土	以钠水玻璃或钾水玻璃为胶结料。可做耐酸结构
		碱 矿 渣 类 混凝土	以磨细矿渣及碱溶液为胶结料。是一种新型混凝土, 可做各种结构
	有 机 胶 凝 材 料	沥 青 混凝土	用天然或人造沥青为胶结料。可做路面及耐酸、碱地面
		合 成 树 脂 加水泥 混凝土	以水泥为主要胶凝材料, 掺入少量乳胶或水溶性树脂。能提高混凝土抗拉、抗弯强度及抗渗、抗冻、耐磨性能
		树 脂 混凝土	以聚酯树脂、环氧树脂、尿醛树脂等为胶结料。适于在侵蚀介质中使用
		以聚合 物单体 浸 渍 混凝土	以低粘度的聚合物单体浸渍水泥混凝土, 然后以热催化法或辐射法处理, 使单体在混凝土孔隙中聚合能改善混凝土的各种性能
按 骨 料 分 类	重 骨料	重混凝土	用钢球、铁矿石、重晶石等为骨料, 混凝土容重大于 2500kg/m^3 , 用于防射线混凝土工程
	普 通 骨 料	普 通 混凝土	用普通砂、石做骨料, 混凝土容重为 $2100 \sim 2400\text{kg/m}^3$, 可做各种结构

续表 0-1

分类方法		名 称	特 性
按 骨 料 分 类	轻骨料	轻骨料 混凝土	用天然或人造轻骨料, 混凝土容重小于 1900kg/m^3 , 依其容重大小又分结构轻骨料混凝土及保温隔热轻骨料混凝土
	无 细 骨 料	大 孔 混凝土	用轻粗骨料或普通粗骨料配制而成, 其混凝土容重 $800\sim 1850\text{kg/m}^3$, 适于做墙板或墙体
	无 粗 骨 料	细颗粒 混凝土	以水泥与砂配制成, 可用于钢丝网水泥结构
按 用 途 分 类		水 工 混凝土	用于大坝等水工构筑物, 多数为大体积工程, 要求有抗冲刷、耐磨及抗大气腐蚀性, 依其不同使用条件可选用普通水泥、矿渣或火山灰水泥及大坝水泥等
		海 工 混凝土	用于海洋工程(海岸及离岸工程), 要求具有抗海水腐蚀性、抗冻性及抗渗性
		防 水 混凝土	能承受 0.6MPa 以上的水压, 不透水的混凝土可分为普通防水混凝土及掺外加剂防水混凝土与膨胀水泥防水混凝土, 要求有高密实性及抗渗性, 多用于地下工程及贮水构筑物
		道 路 混凝土	用于路面的混凝土, 可用水泥及沥青做胶结料, 要求具有足够的耐侯性及耐磨性
		耐 热 混凝土	以铬铁矿、镁砖或耐火砖碎块等为骨料, 以硅酸盐水泥、矾土水泥及水玻璃等为胶结料的混凝土, 可在 $350\sim 1700^\circ\text{C}$ 高温下使用
		耐 酸 混凝土	以水玻璃为胶结料, 加入固化剂和耐酸集料配制而成的混凝土。具有优良的耐酸及耐热性能
		防辐射 混凝土	能屏蔽 α 、 γ 射线及中子射线的重混凝土, 又称屏蔽混凝土或重混凝土, 是原子能反应堆、粒子加速器等常用的防护材料

续表 0-1

分类方法		名 称	特 性
按 施 工 工 艺 分 类	现 浇 类	普通现浇混凝土	用一般现浇工艺施工的塑性混凝土
		喷射混凝土	用压缩空气喷射施工的混凝土,多用于井巷及隧道衬砌工程,又分干喷及湿喷两种工艺
		泵送混凝土	用混凝土泵浇灌的流动性混凝土
		压浆混凝土	先铺好粗骨料,以后强制注入水泥砂浆的混凝土,适用于在大型基础、水下结构等大体积混凝土工程
		真空吸水混凝土	用真空泵将混凝土中多余的水分吸出,从而提高其密实度的一种工艺,可用于屋面、楼板、飞机跑道等工程
		碾压混凝土	用振动碾碾压成形的干贫混凝土,一般用于大体积混凝土
	预制类	振压混凝土	振动加压工艺用于制作混凝土板类构件
		挤压混凝土	以挤压机成型,用于长线台座法的空心楼板、T型小梁等构件生产
		离心混凝土	以离心机成型,用于混凝土管、电杆等管状构件的生产
按 配 筋 方 式 分 类	无筋类	素混凝土	用于基础或垫层的低标号混凝土
	配 筋 类	钢筋混凝土	用普通钢筋加强的混凝土,其用途最广
		钢丝网混凝土	用钢丝网加强的无粗集料混凝土,又称钢丝网砂浆,可用于制作薄壳、船等薄壁构件
		纤维混凝土	用各种纤维加强的混凝土,常用的为钢纤维混凝土,其抗冲击、抗拉、抗弯性能好,可用于路面、桥面、机场跑道护面、隧道衬砌及桩头、桩帽等
		预应力混凝土	用先张法、后张法或化学方法使混凝土预压,以提高其抗拉、抗弯强度的配筋混凝土。可用于各种工程构筑物及建筑结构,特别是大跨度桥梁等

表 0-2

水工混凝土分类表

分 类 原 则	水 工 混 凝 土 名 称
按水工建筑物和水位的关系分	1. 经常处于水中的水下混凝土 2. 水位变动区域的混凝土 3. 水位变动区域以上的水上混凝土
按建筑物或结构的体积大小分	1. 大体积混凝土(外部的或内部的区域) 2. 非大体积混凝土
按受水压的情况分	1. 受水压力作用的结构或建筑物的混凝土 2. 不受水压力作用的结构或建筑物的混凝土
按受水流冲刷的情况分	1. 受冲刷部分混凝土 2. 不受冲刷部分混凝土
按大体积建筑物中的位置分	1. 外部区域的混凝土 2. 内部区域的混凝土

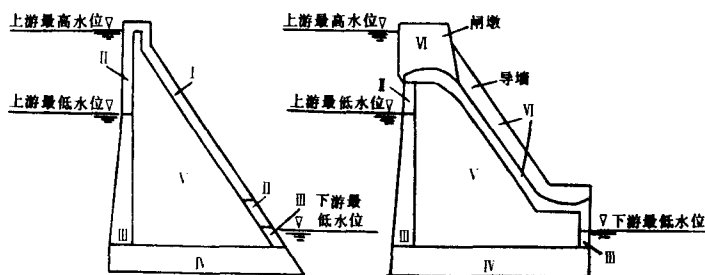


图 0-1 坝体混凝土分区

I—上、下游水位以上坝体外部表面混凝土 II—上、下游水位变化区的坝体外部表面混凝土 III—上、下游最低水位以下坝体外部表面混凝土 IV—基础混凝土 V—坝体内部混凝土 VI—抗冲刷部位的混凝土(例如溢流面、泄水孔、导墙和闸墩等)

表 0-3

各区混凝土性能要求

分区	强度	抗渗	抗冻	抗冲刷	抗侵蚀	低热	选择各区厚度的主要因素
I	+	-	++	-	-	+	施工和冰冻深度
II	+	+	++	-	+	+	冰冻深度、抗渗和施工
III	++	++	+	-	+	+	抗渗、抗裂和施工
IV	++	+	+	-	+	++	抗裂
V	++	+	+	-	-	++	
VI	++	-	++	++	++	+	抗冲耐磨

注 表中有“++”号的项目为选择各区混凝土标号的主要控制因素，有“+”号的项目为需要提出要求的，有“-”号的项目不需提出要求

三、水工混凝土施工特点

水工混凝土工程施工，涉及砂石骨料制备、混凝土拌和、混凝土运输、钢筋、模板及预埋件制作安装、浇筑仓面作业、温度控制和接缝灌浆等诸多环节。水工混凝土施工，一般具有以下几个特点：

1. 工程量大、工期长

大中型水利水电工程的混凝土工程量通常都有几十万至几百万立方米，从开工(开浇基坑第一盘混凝土标志工程正式开工)至竣工一般需经历3~5年或更多时间才能完成。

2. 施工条件困难

水工混凝土工程多位于高山峡谷地区，施工布置受到地形、地质等自然条件的限制，施工条件困难。

3. 施工季节性强

水工混凝土施工常受气温、降水、施工导流和拦洪度汛等因素的制约，有时为使建筑物提前拦洪或安全度汛，汛前必须达到

一定的进度，从而使得施工的季节性强，不能连续均衡施工。

4. 温度控制要求严格

水工混凝土多属大体积混凝土，一般需要采用分缝分块进行浇筑。为防止产生温度裂缝，保证建筑物的整体性，应对混凝土采取严格的温度控制、表面保护和接缝灌浆等技术措施。

5. 施工干扰大

水工混凝土施工工种工序较多且混凝土标号较多，相互干扰，施工组织困难。

四、水工混凝土的发展

19 世纪中叶，随着水泥工业生产的起步，水工建筑物特别是闸、坝也开始研究使用以水泥为胶凝材料的混凝土，但由于受当时技术水平的局限，使用的是尚未熟化的波特兰水泥和未经筛分冲洗的天然砂卵石，人工拌制、运输、捣实。

本世纪初，主要采用高流态混凝土和人工捣实方法，所用骨料不进行筛洗，拌和用水量也很少注意。后来发现水灰比与混凝土的强度有关，且其规律比较明显，才逐步从高流态混凝土向低流态混凝土发展，并注意骨料的级配，但单位水泥用量还偏高。

1936 年建成的美国胡佛混凝土重力坝是现代水工混凝土施工成功的典范。该坝在施工中注意了混凝土的级配设计与温度控制，降低单位水泥用量并进行分块浇筑。即采用沿大坝轴线将大坝划分为若干坝段，每个坝段又沿纵向把坝段划分为若干坝块，每次浇筑高度加以控制的柱状分块浇筑法。胡佛坝的柱状分块施工法，至今仍为一种典型的施工方法。

由于柱状分块浇筑法限制了混凝土坝的连续均衡施工，且需大量立模工作，增加水平施工缝面的处理和纵、横缝的灌浆工作，影响混凝土坝的施工速度。自 60 年代以来，各国水工建筑专家都在致力于发展新的施工方法。1964 年，意大利修建阿尔卑·

格拉坝时，取消了坝内冷却水管，用自卸汽车运输入仓，通仓薄层铺料，插入式振捣器捣固贫混凝土，用切缝机切割横缝的混凝土坝的施工方法，取得了缩短工期、节约投资的良好效果。

1982年美国用不到5个月的时间建成了一座33万 m^3 的碾压混凝土坝——柳溪坝，标志水工混凝土施工进入一个新的里程。碾压混凝土大量掺粉煤灰以降低水泥用量，用土石方施工机械运输、碾压通仓浇筑，简化了施工工艺，节省成本，大大加快了施工进度。1986年，我国在福建坑口建成了第一座碾压混凝土坝。

五、混凝土工程对混凝土工的要求

混凝土工程要依靠钢、模板、混凝土及其他工种密切配合才能完成，但混凝土浇筑是混凝土成型的最后工序，由于混凝土浇筑施工质量目前还不能完全及时判定，因此混凝土工在操作时，应严格遵守操作规程和技术要求，从混凝土配料、搅拌、运输、入仓、铺料、平仓、振捣及养护全过程控制混凝土施工质量。

复习思考题

1. 按胶凝材料分类，混凝土有哪些类型？按用途、施工工艺、配筋方式分类，又可分为哪些类型？
2. 水工混凝土有哪些要求？
3. 水工混凝土的施工特点有哪些？
4. 对混凝土工的基本要求有哪些？

第一章 混凝土材料及性能

第一节 混凝土组成材料

一、水泥

(一) 水泥品种

水泥是一种细磨材料，加入适量水后，成为塑性浆体，既能在空气中硬化，又能在水中硬化，并能把砂石材料牢固地胶结在一起的水硬性胶凝材料。

按国家标准的水泥命名原则(GB431—84)，水泥按其用途及性能可分为：

(1) 通用水泥 适用于一般土木工程、工程建筑的水泥。包括硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、混合硅酸盐水泥等。

(2) 专用水泥 适用于专门用途的水泥。包括油井水泥、砌筑水泥、耐酸水泥等。

(3) 特种水泥 具有比较突出的某种性能的水泥。包括快硬硅酸盐水泥、大坝水泥、抗硫酸盐水泥、膨胀水泥、自应力水泥等。

按水泥矿物组成可分为：硅酸盐水泥、铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、无熟料水泥等。

水利工程一般用通用水泥及大坝水泥，其主要性能与应用范围如表 1-1、表 1-2

(二) 水泥凝结硬化

1. 水泥凝结硬化过程

水泥加水拌和后，其颗粒表面与水接触，反应生成难溶于水