

实用混凝土配合比设计手册

胡玉飞 编 著

SHIYONG HUNNINGTU
PEIHEBI SHEJI SHOUC

云南出版集团公司
云南科技出版社



实用混凝土配合比设计手册

胡玉飞 编著

云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆 明 ·

图书在版编目(CIP)数据

实用混凝土配合比设计手册/胡玉飞编著. —昆明:云南科技出版社,2008.12

ISBN 978 - 7 - 5416 - 3095 - 8

I. 实… II. 胡… III. 混凝土 - 配合料 - 比例 - 手册
IV. TU528.062 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 191100 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

昆明市五华区教育委员会印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 880mm × 1230mm 1/16 印张: 28.75 字数: 840 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1050 册 定价: 78.00 元

序

混凝土是土木工程、水利水电工程及许多房屋建筑工程中使用最为广泛、用量最大的建筑材料。随着科学技术的发展，对混凝土各方面的性能提出了很多新的要求。混凝土正朝着高性能、绿色环保的可持续方向发展。

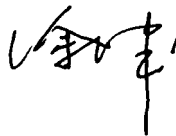
混凝土的高性能化不仅仅是高强度，而是重点对耐久性、工作性、适用性、强度、体积稳定性、经济性等方面给予保证的一种新型高技术混凝土。同时，混凝土的高性能化的道路还很长，有一些问题尚需进一步研究加以解决。比如早期开裂、脆性、耐火性以及造价等问题。要实现混凝土的高性能化，必须在混凝土配合比设计的理论上不断创新。以往混凝土配合比设计主要考虑如何满足设计要求的强度性能，现在，由于对混凝土耐久性的重视，在混凝土配合比设计中，耐久性指标、要求往往成为选择配合比参数的重要控制因素。

配合比设计是混凝土工程的一项重要技术工作内容，配合比的科学合理决定着混凝土的质量。而现实中凭经验指导混凝土施工很常见，对施工前开展系统的配合比设计试验工作还不够重视，配合比不作优化，拿来就用，这无疑会给混凝土质量带来隐患。

该书正是基于上述的目的和要求，在作者多年从事混凝土配合比设计试验工作的经验总结基础上，全面介绍了常见的各类混凝土的原材料的技术性质及相关标准、配合比方案设计、试配试验、配合比确定、配合比的使用及混凝土质量的施工控制措施，并对混凝土组份材料、混凝土性能加以分析、总结，提出了自己的认识和观点。并且结合工程实践，列举了多个工程配合比设计实例，是当前混凝土配制技术的新发展在工程中的具体应用。书中大量翔实的数据，反映出作者注重工程实践数据的收集整理和总结积累，在基层工作中能始终坚持这种严谨的工作作风是很难得的。

该书作者是工作在一线的技术专家，多年从事混凝土配合比试验工作，参与了多项重点工程的混凝土试验研究，积累了丰富的实践经验。该书的出版，是作者不断实践、不断总结、不断创新的结果。相信对做好混凝土配合比设计工作以及促进混凝土技术的发展具有积极的推动作用。

云南省设计院原总工程师



2008 年 10 月

内 容 提 要

本书系统地介绍了常见的普通混凝土、泵送混凝土、大体积混凝土、抗渗混凝土、高强混凝土、膨胀混凝土的配合比设计。每种混凝土的内容包括所涉及组分材料的技术性质及相关标准、配合比方案设计、试配试验、配合比确定、配合比的使用及混凝土质量的施工控制措施、配合比设计工程实例。其中工程实例部分提供了原材料检验、配合比方案设计、试配试验原始记录、试配小结、配合比报告等各种表格内容。使读者能够了解整个配合比设计过程，从中掌握各类混凝土配合比设计的关键和注意事项。

本书内容丰富，资料翔实，混凝土配合比设计实例的数据均为工程试验第一手资料，具有很强的实用性。可作为施工、监理技术人员、试验检测人员、混凝土及其制品生产单位的工作人员学习使用，同时可供高等院校相关专业的师生参考。

前 言

近年来,工程建设规模迅猛发展,施工机械日新月异,混凝土结构形式日趋大型化、复杂化,如何因地制宜,把当代混凝土理论及新技术、新成果应用到工程实践中,改进传统施工工艺和方法,提升混凝土施工水平是工程技术人员面临的任务。

混凝土配合比设计,是混凝土施工中的一项重要技术工作,它是以试验为基础,理论联系实际,实践与创新相结合的技术。很多施工技术人员习惯于凭以往的经验数据、经验配合比进行混凝土施工,从事施工管理多年,完成多个工程项目却一直在使用同样的配合比。有的对具体的工程特点不作分析,不管使用材料的不同以及设计要求和施工工艺的差异,也不亲自试验,按照现有的“配合比本本”、“配合比手册”进行施工。有的仅仅注重配合比的理论计算,省略实际的混凝土试验工作环节,按照理论配合比指导施工。有的技术人员缺乏对混凝土各项性能的认识,长期以来眼里只有“强度”的概念,忽略混凝土各项性能之间的协调和平衡发展。还有的注重室内的混凝土试验工作,却忽视对施工现场施工条件和施工工艺的了解,配制出的混凝土满足不了实际施工要求。这些做法既影响混凝土施工,也给混凝土质量带来隐患。

创新才会发展。混凝土科学是一门应用科学,熟悉混凝土基础理论的同时,要善于把它应用到工程实践中去,更应注重对工程实践效果的分析和总结,寻求以后的改进和创新。混凝土配合比设计,停留在对混凝土原有的认识及理论计算上不行,不接触、参与实际施工并掌握施工工艺要求及其发展方向也不行,两者必须结合。混凝土配合比设计是一项室内试验与现场施工紧密联系,混凝土组成材料与复合技术同步发展,现代混凝土技术与工程需求紧密相关的综合性技术工作。

在配合比设计工作中,作者于2000年在省内较早地在玉溪市公安局110指挥大楼工程高层建筑(21层)中成功应用矿渣微粉高性能混凝土,解决了大体积混凝土的水化热问题;2000年在玉溪阳光广场项目高层建筑(25层)中,采用粉煤灰混凝土,成功完成了厚度2.2米(局部厚度约5米)、混凝土量近6000方的C40P8基础筏板大体积混凝土施工;2007年在玉溪山水佳园I期高层区项目中,采用掺膨胀剂的补偿收缩混凝土,成功完成了基础、地下室近6万方大体积抗渗混凝土施工等。这些重点工程配合比设计的成功,是不断实践,不断总结,不断创新的结果。

作者从事混凝土试验、结构检测工作近二十年,有幸经历了数百项工程的混凝土配合比试验工作。每一项试配试验工作,始终抱着科学、谨慎的态度,立足当地原材料情况,认真分析工程特点和施工工艺,寻求适合的、最佳的技术线路,在室内大量试验数据的工作基础上,提供混凝土施工配合比。在混凝土施工前,到施工现场与施工、监理等单位展开互动交流,就施工过程中执行配合比的注意事项、原材料把关、计量、拌制、运输、施工、养护、指标监控等环节进行认真讨论。对重点、难点解惑答疑,使施工人员明白要做什么,怎样做。施工过程中,亲自到现场查看混凝土施工情况,有问题现场及时协助解决,使混凝土施工能够按预定计划顺利推进。施工结束后,及时收集整理各种相关的混凝土技术资料,分析总结,以便下一个项目中得到改进。这样工作下来,辛劳同时,也收获很多宝贵的经验和教训。

本书以详实的工程实例,介绍了常见的普通混凝土、泵送混凝土、大体积混凝土、抗渗混凝土、高强混凝土、膨胀混凝土的配合比设计。每种混凝土的内容包括所涉及组分材料的技术性质及相关标准、配合比方案设计、试配试验、配合比确定、配合比的使用及混凝土质

量的施工控制措施、设计工程实例。尤其是工程实例部分提供了原材料检验、配合比方案设计、试配试验原始记录、试配小结、配合比报告等各种表格内容。使读者能够了解整个配合比设计过程，从中掌握各类混凝土配合比设计的关键和注意事项。

本书在编写出版过程中，得到了有关专家和同行的悉心指导和热情帮助。云南省设计院原总工程师涂津为本书的编写提出了指导性意见并作序。昆明理工大学建筑工程学院土木系陶忠教授对本书的内容选择、章节安排等方面都提出了许多指导性意见。云南省混凝土协会秘书长唐祥正高级工程师给予关心和鼓励，并在百忙之中仔细审阅书稿，提出了很多宝贵意见。在此，作者一并致以真诚的谢意！

由于作者的学识和时间原因，书中不尽完善之处，敬请读者指正。

胡玉飞

2008 年 10 月

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 混凝土的定义	(1)
1.2 混凝土分类	(1)
1.3 混凝土配合比设计试验工作内容	(2)
第二章 普通混凝土	(4)
2.1 概述	(4)
2.2 普通混凝土的组成材料	(4)
2.2.1 水泥	(4)
2.2.1.1 水泥的分类	(4)
2.2.1.2 硅酸盐水泥熟料的矿物组成及相关标准	(5)
2.2.1.3 通用硅酸盐水泥的主要特点和适用范围	(6)
2.2.1.4 通用硅酸盐水泥的主要性能比较	(7)
2.2.1.5 水泥标准	(8)
2.2.1.6 水泥标准与原标准的内容变化	(12)
2.2.2 集料	(13)
2.2.2.1 集料的定义和分类	(13)
2.2.2.2 集料的性质与混凝土性质之间的关系	(14)
2.2.2.3 砂的性质	(14)
2.2.2.4 粗集料的性质	(17)
2.2.3 混凝土用水	(21)
2.2.3.1 混凝土拌和用水的技术要求	(22)
2.2.3.2 混凝土养护用水的技术要求	(22)
2.3 普通混凝土配合比设计	(22)
2.3.1 配合比设计的准备工作	(22)
2.3.2 配合比的方案设计及相关计算	(23)
2.3.2.1 配合比的方案设计	(23)
2.3.2.2 配合比的相关计算	(25)
2.3.3 混凝土试配试验	(45)
2.3.3.1 试验材料的进料	(45)
2.3.3.2 按配合比设计方案进行试验	(46)
2.3.4 混凝土配合比的确定	(49)
2.3.4.1 混凝土配合比确定的方法	(49)
2.3.4.2 需注意的几个问题	(49)
2.3.5 混凝土配合比的施工现场使用	(50)
2.3.6 普通混凝土配合比设计实例	(50)
2.3.6.1 原材料复检情况	(51)
2.3.6.2 配合比方案设计及相关参数选择	(51)
2.3.6.3 混凝土配合比试拌试验	(52)
2.3.6.4 试验小结	(62)

2.3.6.5 出具混凝土配合比	(63)
第三章 特殊混凝土	(67)
3.1 泵送混凝土	(67)
3.1.1 概述	(67)
3.1.2 泵送混凝土所采用的材料	(67)
3.1.2.1 混凝土外加剂	(67)
3.1.2.2 混凝土泵送剂	(71)
3.1.2.3 混凝土减水剂	(72)
3.1.2.4 粉煤灰	(72)
3.1.2.5 泵送混凝土的集料	(77)
3.1.3 泵送混凝土配合比方案设计	(78)
3.1.4 泵送混凝土试配试验	(78)
3.1.4.1 泵送混凝土的坍落度选择	(78)
3.1.4.2 泵送混凝土的试配试验	(79)
3.1.5 泵送混凝土配合比的确定	(79)
3.1.6 泵送混凝土配合比的施工现场使用	(82)
3.1.7 泵送混凝土配合比设计实例	(83)
3.1.7.1 原材料复检情况	(83)
3.1.7.2 配合比方案设计	(86)
3.1.7.3 混凝土配合比试拌试验	(86)
3.1.7.4 混凝土试配小结	(86)
3.1.7.5 出具混凝土配合比	(87)
3.2 大体积混凝土	(128)
3.2.1 概述	(128)
3.2.2 大体积混凝土所采用的材料	(129)
3.2.2.1 大体积混凝土采用原材料的有关规定	(129)
3.2.2.2 掺合料	(130)
3.2.3 大体积混凝土配合比的要求	(139)
3.2.3.1 混凝土配合比设计中减少混凝土放热量的技术措施	(139)
3.2.3.2 大体积混凝土配合比设计的要求	(140)
3.2.4 大体积混凝土结构裂缝控制的综合措施	(140)
3.2.4.1 设计方面的技术措施	(140)
3.2.4.2 施工方面的技术措施	(140)
3.2.5 大体积混凝土配合比设计实例	(141)
3.2.5.1 原材料复检情况	(141)
3.2.5.2 配合比方案设计	(144)
3.2.5.3 混凝土配合比试拌试验	(144)
3.2.5.4 混凝土试配小结	(144)
3.2.5.5 出具混凝土配合比	(146)
3.2.5.6 混凝土配合比的工程实施效果	(146)
3.2.6 大体积混凝土温度控制计算实例	(227)
3.2.6.1 配合比选择及混凝土浇筑温度控制	(227)
3.2.6.2 混凝土浇筑前温度收缩应力及抗裂安全度验算	(228)
3.2.6.3 允许整浇长度计算	(229)

3.2.6.4 混凝土浇筑后温度收缩应力及抗裂安全度验算	(229)
3.2.6.5 技术小结	(233)
3.3 抗渗混凝土	(234)
3.3.1 概述	(234)
3.3.2 抗渗混凝土的分类和适用范围	(234)
3.3.2.1 普通抗渗混凝土	(235)
3.3.2.2 掺外加剂或掺合料抗渗混凝土	(235)
3.3.3 抗渗混凝土的相关设计标准	(235)
3.3.4 混凝土抗渗性能试验方法	(237)
3.3.4.1 方法分类	(237)
3.3.4.2 抗渗等级法	(237)
3.3.4.3 相对抗渗性试验方法	(238)
3.3.5 抗渗混凝土所采用的材料	(238)
3.3.5.1 水泥	(238)
3.3.5.2 集料	(239)
3.3.5.3 矿物掺合料	(239)
3.3.5.4 外加剂	(240)
3.3.6 影响混凝土抗渗性的因素	(240)
3.3.6.1 水灰比(或水胶比)及水泥用量	(240)
3.3.6.2 混凝土的制备条件	(241)
3.3.6.3 混凝土的养护条件	(241)
3.3.7 抗渗混凝土的配合比设计	(244)
3.3.8 抗渗混凝土配合比设计实例	(245)
3.3.8.1 例五	(245)
3.3.8.2 例六	(254)
3.4 高强混凝土	(265)
3.4.1 概述	(265)
3.4.2 高强混凝土所采用的材料	(266)
3.4.2.1 外加剂	(266)
3.4.2.2 集料	(268)
3.4.2.3 水泥	(271)
3.4.2.4 活性矿物掺合料	(276)
3.4.3 高强混凝土配合比的方案设计	(279)
3.4.3.1 配制高强混凝土的技术途径与原理	(279)
3.4.3.2 配制高强混凝土的技术要点	(279)
3.4.3.3 高强混凝土配合比方案设计	(281)
3.4.4 高强混凝土试配试验	(283)
3.4.4.1 高强混凝土拌合物的工作性和可泵性检测	(283)
3.4.4.2 高强混凝土的强度试验	(284)
3.4.4.3 压力试验机	(287)
3.4.5 高强混凝土配合比设计实例	(288)
3.4.5.1 原材料复检情况	(288)
3.4.5.2 混凝土配合比方案设计	(291)
3.4.5.3 混凝土配合比试拌试验	(292)

3.4.5.4 混凝土试配小结	(292)
3.4.5.5 出具混凝土配合比	(293)
3.5 膨胀混凝土	(386)
3.5.1 概述	(386)
3.5.1.1 膨胀混凝土的应用	(386)
3.5.1.2 膨胀混凝土存在的问题	(386)
3.5.2 膨胀混凝土的组成材料	(387)
3.5.2.1 膨胀剂	(387)
3.5.2.2 水泥	(389)
3.5.2.3 外加剂	(389)
3.5.2.4 掺合料	(389)
3.5.2.5 集料	(389)
3.5.2.6 拌合水	(390)
3.5.3 膨胀混凝土的相关技术要求	(390)
3.5.3.1 补偿收缩混凝土的技术要求	(390)
3.5.3.2 填充用膨胀混凝土的性能要求	(393)
3.5.4 补偿收缩混凝土的配合比设计	(393)
3.5.5 补偿收缩混凝土配合比设计实例	(394)
3.5.5.1 原材料复检情况	(396)
3.5.5.2 混凝土配合比方案设计	(398)
3.5.5.3 混凝土配合比试拌试验	(398)
参考文献	(449)

第一章 概 述

1.1 混凝土的定义

混凝土是由水泥、石灰、石膏等无机胶凝材料或沥青等有机胶凝材料与水、集料(粗集料、细集料、轻集料)、矿物外加剂、化学外加剂,按一定比例配制,经搅拌、振捣密实成型,并在一定温湿度条件下养护硬化而成的一种复合材料。

土木工程中使用的混凝土一般是指以水泥为主要胶凝材料,通过掺加砂、石等增强材料或功能材料,形成的具有一定强度或功能性的水泥基复合材料。作为一种应用广泛的结构材料,混凝土具有可浇筑、经济、耐久、耐火、现场制作等优点,同时也有抗拉强度低、延性低、体积不稳定等缺点。

混凝土是一种非匀质性材料。从宏观上可以把混凝土看作是由集料分散在水泥浆等胶凝材料浆体中所组成的一种两相材料。微观看其内部结构十分复杂,内部结构分布随机且不均匀,还存在着毛细管、孔隙、气、水、微裂缝等内在缺陷,以及水泥浆体与集料结合面上的过渡区。

土木工程使用的混凝土由水泥(或水泥+掺合料+外加剂)、水、集料组成。其中集料占混凝土总体积的70%~80%,水泥占20%~30%。混凝土可以充分利用当地材料,就地施工,极大地降低使用成本。从这个意义上讲,混凝土是一种地方材料,其质量及配制特点容易受当地集料等原材料的特点、质量情况影响和决定。显然,一个地方的混凝土综合施工水平发展,是由当地混凝土原材料和混凝土施工技术的发展两方面构成的。

混凝土是一种充满生命力的建筑材料。随着混凝土组成材料的不断发展,人们对材料复合技术认识不断提高。现在对混凝土的性能要求不仅仅局限于抗压强度,而是在立足强度的基础上,更加注重混凝土的耐久性、变形性能等综合指标的平衡和协调。混凝土各项性能指标的要求比以前更明确、细化和具体。同时,建筑设备水平的提升,新型施工工艺的不断涌现和推广,使混凝土技术适应了不同的设计、施工和使用要求,发展很快。

混凝土并不是一种孤立存在的单一材料。它离不开混凝土用原材料的发展,离不开混凝土的工程应用对象的发展变化。应该从土木工程学科的角度来认真对待现在的混凝土。混凝土配合比设计也是这样,首先要分析工程项目的结构、构件特点、设计要求,预估可能出现的不利情况和风险,立足当地原材料,然后采用科学、合理、可行的技术线路、技术手段,配制出满足设计要求、施工工艺要求和使用要求的优质混凝土。

1.2 混凝土分类

混凝土的分类方法有很多种。可以按胶凝材料分、按集料分、按密度及形状分类,按流动性分类,按性能用途分类,按施工方法分、按配筋方式分类等。

混凝土常见的分类见表1-1。

表 1-1

混凝土的分类

混凝土名称	混凝土特点
普通混凝土	干密度为 2000 ~ 2800kg/m ³ 的水泥混凝土。
干硬性混凝土	混凝土拌合物的坍落度小于 10mm,用维勃稠度值(VC 值)表示其稠度的混凝土。
塑性混凝土	混凝土拌合物的坍落度为 10 ~ 90mm 的混凝土。
流动性混凝土	混凝土拌合物的坍落度为 100 ~ 150mm 的混凝土。
大流动性混凝土	混凝土拌合物的坍落度 ≥ 160mm 的混凝土。
抗渗混凝土	抗渗等级 ≥ P6 级的混凝土。
高强混凝土	强度等级 ≥ C50 级的混凝土。
泵送混凝土	混凝土拌合物的坍落度 ≥ 100mm,并采用泵送工艺施工的混凝土。
大体积混凝土	混凝土结构中实体最小尺寸大于或等于 1m 的部位所用的,或预计会因为水泥水化热引起混凝土内外温差过大而导致裂缝的混凝土。
道路混凝土	道路工程中使用的以抗折强度作为强度控制指标,有良好的耐磨性、低收缩性和较好的工作性的混凝土。

1.3 混凝土配合比设计试验工作内容

混凝土的性能的最初实现,取决于所采用的材料和配合比。混凝土配合比设计试验工作正好处于设计要求明确之后,混凝土工程施工之前的中间阶段,非常关键。混凝土配合比设计试验工作要达到的最终目的是:确定混凝土各组分并选择原材料,试验确定它们的相对数量,最终得到工作性良好、强度和耐久性满足要求、成本尽可能低的混凝土。

混凝土配合比设计试验工作内容有:

(1)明确设计要求。与设计、施工、监理、建设单位沟通,明确设计文件中与混凝土相关的设计内容和要求,并分析、掌握混凝土使用的工程对象特点,重点是基础、结构部位的设计内容。

(2)明确施工工艺要求、施工期间的环境条件、施工管理水平、工程进度、质量、检测、验收等要求。

(3)拟采用的混凝土配合比技术线路,与委托方进行交流和沟通。

(4)混凝土用原材料优选。

(5)混凝土配合比试验(设计计算、试配试验、调整):工作性、强度、抗渗及其他性能指标检测。

(6)提交混凝土配合比试验报告。

(7)技术交底和施工准备。

(8)施工过程检查、监测、技术指导和疑难解答。

(9)后期跟踪、回访,资料收集和技术总结。

需要强调的是:混凝土配合比设计试验工作不仅是单纯的计算作业,更不是一个孤立的过程。要做好这项工作,就应该把它看作一个系统工程全盘考虑,进行系统的试验工作过程:从明确设计要求、拟采用的施工工艺、工程进度、质量、验收等要求,到配合比设计计算、试配、调整,然后指导混凝土施工生产,最后通过施工过程的不断检查、监测、调整来评定混凝土的各项性能。这个过程与工程建设各个环节有紧密的、内在的联系。

从事混凝土配合比设计试验的工作人员不仅要精于混凝土材料学知识和试验操作技能,

还应该掌握必要的工程结构、工程施工的知识,了解项目管理知识和计算机技术手段。并学会从材料、工程等多学科的角度看待混凝土,从设计、施工、检测、验收者的角度,多方面考虑和审视这项工作。这样,才能配制出既满足设计、施工要求,又符合验收规范或合同要求的混凝土。

配合比设计试验工作的注意事项:

- (1) 应满足工程对混凝土的强度、耐久性、变形性能等各种性能要求。
- (2) 应满足施工对混凝土工作性的不同要求:配制的混凝土能适应采用的施工工艺要求(如:传统施工方法、现场集中搅拌泵送施工方法、预拌混凝土泵送施工方法等)、工程结构、构件的要求(如:基础、上部主体结构、水平构件、竖向构件等)。
- (3) 应满足经济性原则,尽可能降低混凝土综合成本。

第二章 普通混凝土

2.1 概 述

本章的普通混凝土是指:以各种通用硅酸盐水泥为主要胶凝材料,用普通砂、石子做集料,混凝土表观密度为 $2100 \sim 2800 \text{kg/m}^3$,用一般现浇工艺施工的、可广泛用于各种混凝土结构工程的塑性混凝土。

2.2 普通混凝土的组成材料

普通混凝土的组成材料有:水泥、砂、石、水四种。

混凝土组成材料的选择是有一定原则的,如保证混凝土的强度和耐久性,符合工程性能,就地取材。同时混凝土组成材料的选择也是一个自由和灵活的步骤,但必然会产生不一样的效果,需要我们从不同角度进行权衡比较,作出合理的选择。

一个工程项目,选择不同的组成材料,就会有不同的混凝土配合比,混凝土的性能也会有差别。换言之,配合比是针对特定原材料的,不同的材料对应着不同的配合比,材料不同,配合比是不一样的。配合比不是绝对的、唯一的,而是在特定原材料的情况下,不同的试验方法、技术线路会有不同的配合比结果,但存在相对比较优化的配合比。

对每一种混凝土组成材料,产地、厂家不同,价格也会不一样,品质有差异,最终会得到不同的配合比,直接影响混凝土的造价和施工成本。对工程项目本身,以及施工单位和建设单位来讲,材料选择的重要性是毋庸置疑的,常常被各方所重视。

我们应调查和熟悉工程项目所在地的砂、石料等地方材料情况:弄清生产厂家数量、生产规模、供应能力、生产工艺、管理水平、材料产品的技术指标和质量水平、材料价格、运距、运输费用等基本情况。对项目邻近周边的砂、石料、水泥等材料的生产供应、质量情况也应调查并掌握。在此基础上,结合工程要求作出初步选择,试验之后,再根据试验结果最终决定。

2.2.1 水泥

2.2.1.1 水泥的分类

水泥是一种水硬性胶凝材料,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、石等材料牢固地胶结在一起。不同品种的水泥,主要在水泥的熟料矿物组成、掺入的混合材品种和掺量两个方面存在差别。

水泥按用途及性能可以划分为通用水泥、专用水泥、特种水泥三类。见表 2-1。

表 2-1

水泥按用途及性能分类

类 别	水泥品种	用 途
通用水泥	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、复合硅酸盐水泥等	用于一般土木建筑工程
专用水泥	道路水泥、砌筑水泥等	用于某种专用工程
特种水泥	快硬硅酸盐水泥、抗硫酸盐水泥、膨胀水泥等	用于对混凝土某些性能有特殊要求的工程

2.2.1.2 硅酸盐水泥熟料的矿物组成及相关标准

(1) 矿物组成。硅酸盐水泥熟料是一种由主要含 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 的原料按适当配比,磨成细粉,烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要矿物成分的产物。

硅酸盐水泥熟料主要有四种矿物：

硅酸三钙: $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 简写为 C_3S , 含量占 30% ~ 65%, 既影响水泥的早期强度, 又影响水泥的后期强度。是决定硅酸盐水泥强度的最主要矿物之一, 也是决定水泥水化热最主要的矿物。

硅酸二钙: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,简写为 C_2S ,含量占 15% ~ 30%,主要影响水泥的后期强度,早期强度低。

铝酸三钙: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 简称为 C_3A , 含量占 3% ~ 14%, 是水化最快、水化热最大的一种矿物, 影响着水泥的凝结时间。

铁铝酸四钙: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$,简称为 C_4AF ,含量占10%~20%,对水泥的早期强度有贡献,对水泥的水化放热速率有影响。

除以上四种矿物组分外,还有一些含量较小的组分,它们对水泥性能有不可忽视的影响。如:游离 CaO 、 MgO 会因较慢的水化反应,在水泥凝结硬化后产生膨胀而导致水泥体积安定性不良。另外,在水泥粉磨时掺入的石膏中带来的 SO_3 会影响水泥的凝结时间。

(2) 相关标准要求:《硅酸盐水泥熟料》(GB/T21372-2008)标准对用于贸易的硅酸盐水泥熟料的定义和分类、技术要求、试验方法和验收规则作了规定。

① 分类。水泥熟料按用途和特性分为:通用水泥熟料、低碱水泥熟料、中抗硫酸盐水泥熟料、高抗硫酸盐水泥熟料、中热水泥熟料和低热水泥熟料。

② 技术要求。a. 化学性能:GB/T21372-2008 规定的各类水泥熟料应符合表 2-2 的基本化学性能。低碱、中抗硫酸盐、高抗硫酸盐、中热和低热水泥熟料还应符合表 2-3 中相应的特性化学性能;b. 物理性能:水泥熟料的物理性能按制成 GB175 中的 I 型硅酸盐水泥的性能来表达;c. 凝结时间:初凝不得早于 45min,终凝不得迟于 390min;d. 安定性:沸煮法合格;e. 抗压强度:各类水泥熟料的抗压强度不低于表 2-4 的数值;f. 其他要求:不带有杂物,如耐火砖、垃圾、废铁、炉渣、石灰石、粘土等。

表 2-2

基本化学性能

f - CaO 质量分数 %	MgO 质量分数 %	烧失量 质量分数 %	不溶物 质量分数 %	SO ₃ 质量分数 %	3CaO · SiO ₂ + 2CaO · SiO ₂ 质量分数 %	CaO/SiO ₂ 质量分数 %
≤1.5	≤5.0	≤1.5	≤0.75	≤1.5	≥66	≥2.0

注:1. MgO 指标当制成 I 型硅酸盐水泥的压蒸安定性合格时,允许放宽到 6.0%。
2. SO₃ 指标也可以由买卖双方商定;
3. $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = 4.07 \text{ CaO} - 7.60 \text{ SiO}_2 - 6.72\text{Al}_2\text{O}_3 - 1.43\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2.85 \text{ SO}_3 - 4.07 \text{ f - CaO}$
 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = 2.87 \text{ SiO}_2 - 0.75 \times 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

表 2-3 特性化学性能

类型	($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$) 质量分数 %	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 质量分数 %	f - CaO 质量分数 %	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 质量分数 %	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 质量分数 %
低碱水泥熟料	≤ 0.60	—	—	—	—
中抗硫酸盐水泥熟料	—	≤ 5.0	≤ 1.0	< 57.0	—
高抗硫酸盐水泥熟料	—	≤ 3.0	—	< 52.0	—
中热水泥熟料	≤ 0.60	≤ 6.0	≤ 1.0	< 55.0	—
低热水泥熟料	≤ 0.60	≤ 6.0	≤ 1.0	—	≥ 40

注:1. ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$) 指标由买卖双方协商确定。
2. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = 2.65 \text{Al}_2\text{O}_3 - 1.69 \text{Fe}_2\text{O}_3$

表 2-4 水泥熟料抗压强度

类 型	抗压强度/MPa		
	3d	7d	28d
通用、低碱水泥熟料	26.0	—	52.5
中热、中抗、高抗硫酸盐水泥熟料	18.0	—	45.0
低热水泥熟料	—	15.0	45.0

2.2.1.3 通用硅酸盐水泥的主要特点和适用范围

表 2-5 为通用硅酸盐水泥的主要特点和适用范围。

表 2-5 通用硅酸盐水泥的主要特点和适用范围

水泥品种	主要特点	适用范围	不适用范围
硅酸盐水泥	1. 强度高 2. 快硬、早强 3. 抗冻性好、耐磨性和不透水性强 4. 水化热高 5. 抗水性差 6. 耐腐蚀性差	1. 配制高强度等级混凝土 2. 先张法预应力混凝土制品、石棉制品 3. 道路、低温施工的工程	1. 大体积混凝土工程 2. 地下工程
普通硅酸盐水泥	1. 早强 2. 水化热较高 3. 耐冻性较好 4. 抗硫酸盐侵蚀性能较好 5. 耐热性较差 6. 低温时凝结时间有所延长	1. 地上、地下及水中的混凝土、钢筋混凝土及预应力混凝土结构,包括早期强度要求较高的工程 2. 配制建筑砂浆	适应性较强,如无特殊要求的工程均可以使用
矿渣硅酸盐水泥	1. 早期强度低,后期强度增长较快 2. 水化热较低 3. 耐热性较好 4. 抗硫酸盐侵蚀性能较好 5. 抗冻性较差 6. 干缩性较大	1. 大体积混凝土工程 2. 耐热混凝土 3. 蒸汽养护的构件 4. 一般地上地下的混凝土和钢筋混凝土结构 5. 配制建筑砂浆	1. 早期强度要求较高的混凝土工程 2. 严寒地区并在水位升降范围内的混凝土工程