

建筑工人学艺丛书

JIANZHU GONGREN
XUEYI CONGSHU



混凝土 配合比技术

◎主编 / 赖院生 陈远吉

HUNNINTU PEIHEBI JISHU



建筑工人学艺丛书

JIANZHU GONGREN
XUEYI CONGSHU

JianzhuGongren
XueyiCongshu

7

混凝土 配合比技术

◎主 编 / 赖院生 陈远吉

◎副主编 / 李 娜 曾森彬

◎编 委 / 李 倩 李春平 白 杨 陈桂香 陈东旭

陈文娟 陈愈义 陈远生 宁荣荣 宁 平

安桂静 梁海丹 罗 欢 符文峰 孙艳鹏

管志菲 谭 续 费月燕 叶志江 汪艳芳

毕春蕾 吴 健 王雅迪 王 勇

◎合作伙伴 中国考通网 (www.kaotong.net)

HUNNINTU PEIHEBI JISHU

CST | 湖南科学技术出版社



图书在版编目 (C I P) 数据

混凝土配合比技术 / 赖院生, 陈远吉 主编.
— 长沙: 湖南科学技术出版社, 2012. 11
(建筑工人学艺丛书 7)
ISBN 978-7-5357-7460-6
I. ①混… II. ①赖… ②陈… III. ①混凝土—配合
比设计 IV. ①TU528.062
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 245196 号

建筑工人学艺丛书 7

混凝土配合比技术

主 编: 赖院生 陈远吉

责任编辑: 杨 林 龚绍石

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731-84375808

印 刷: 湖南汇龙印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市开福区捞刀河镇大明工业园

邮 编: 410153

出版日期: 2012 年 11 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1020mm 1/16

印 张: 13.25

字 数: 246000

书 号: ISBN 978-7-5357-7460-6

定 价: 26.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

前 言

建筑业是国民经济发展的支柱产业。近年来，随着我国城镇化发展进程的不断推进，建筑业对于维护社会稳定、解决“三农”问题、推动地方经济以展、拉动相关产业技术更新等文面的作用愈加突出。可以说，伴随着国民经济整体实力的提高，建筑业在国民经济中的地位将会更加重要。

建筑业具有流动性强、高处室外作业多、易发生安全事故等特征，业内工种又多具有劳动力密集、体力劳动强度大、技术含量较少等特点，加上从业门槛比较低、就业机会多，所以目前从业人员多数来自农村或城镇下岗职工。据统计，目前在我国有近4000万建筑从业人员，其中农民工的比例点到80%以上；而细化到每个建筑企业，90%的工人都是农民工。这些农民工大多是“放下镰刀拿瓦刀”，直接进入施工一线从事产生的。他们有干劲、有热情，但缺乏专业知识，缺少职业技能，大多数人往往先上岗后培训，边干边学。为了确保建筑工程的质量、安全、工期和效益，加大人员培训，尽快提高他们的业务水平和操作技能是唯一有效的方法和途径。

为了适应这种形势的需要，我们特组织一批长期从事建筑职业技能培训的专家学者与现场施工人员，并走访了大量的建筑工程施工现场以及相关的建筑设计单位和施工单位，经过了长期精心的准备，编写了这套“建筑工人学艺丛书”。

本套丛书共包括以下分册：《建筑电工实用技术》、《建筑钢筋工实用技术》、《建筑木工实用技术》、《建筑砌筑工实用技术》、《建筑水暖工实用技术》、《建筑油漆工实用技术》、《混凝土配合比技术》

本套丛书依据建筑施工行业对人才的知识、能力、素质的要求，注重读者的全面发展，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向，理论知识以“必需”、“够用”、“管用”为度，坚持职业能力培养为主线，体现与时俱进的原则。具体来讲，本套丛书具有以下几个特点：

(1) 根据丛书的读者对象，本丛书在内容上，以介绍该工种的基本操作技艺为主，将必须掌握的理论与实践结合起来，做到理论精练、实践突出，以满足广大从业人员的实际需求，帮助他们更快、更好地学会相关技艺和技术要点，在实际的施工过程中能更好地发挥建设者的主观能动性，在原有水平的基础上，不断提高技术水平，更好地完成各项施工任务。

(2) 丛书所涵盖的内容全面而且清晰，真正做到了内容的广泛性与结构的系统性相结合，让复杂的内容变得条理清晰，知识脉络明晰，主次明确，有助

于广大读者更好地理解和应用。

(3) 每分册内容涉及操作技艺、施工技术、质量验收、安全生产等生产过程中的技术问题，内容翔实易懂，最大限度地满足了广大从业人员对施工技术方面的知识需求。

(4) 丛书文字表述简洁通畅、通俗易懂，尽量做到图、文、表并茂，注重对建筑从业人员专业技能和技术知识的培养。

本套丛书在编写时参考或引用了部分单位、专家学者的资料，得到了许多业内人士的大力支持，在此表示衷心的感谢。限于编者水平有限和时间紧迫，书中疏漏及不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

目 录

第 1 章 混凝土概述.....	1
第一节 混凝土的形成与分类.....	1
一、混凝土的形成.....	1
二、混凝土的分类.....	2
第二节 混凝土原材料.....	7
一、水泥.....	7
二、细集料（砂）	19
三、粗集料（石）	25
四、水	31
第三节 混凝土的主要技术性能	32
一、混凝土拌合物的和易性	32
二、混凝土的强度	37
三、混凝土的耐久性及其提高措施	40
第四节 混凝土配合比设计的基本原则与原理	43
一、混凝土配合比设计的基本原则	43
二、混凝土配合比的设计	44
第 2 章 普通混凝土配合比设计	48
第一节 概述	48
一、一般规定	48
二、混凝土配制强度的确定	51
第二节 混凝土配合比计算	52
一、水胶比	52
二、用水量和外加剂用量	53
三、胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量	54
四、砂率	55
五、粗、细集料用量	55
第三节 混凝土配合比的试配、调整与确定	56
一、试配	56
二、配合比的调整与确定	57
第四节 有特殊要求的混凝土	58
一、抗渗混凝土	58

二、抗冻混凝土	59
三、高强混凝土	60
四、泵送混凝土	61
五、大体积混凝土	62
第五节 普通混凝土配合比参考表	63
一、碎石混凝土配合比参考表	63
二、卵石混凝土配合比参考表	72
第3章 部分特种材料混凝土配合比设计	81
第一节 轻集料混凝土配合比设计	81
一、原材料的技术要求	81
二、基本参数的选择	84
三、配合比设计原则与特点	88
四、配合比设计方法	90
五、配合比计算实例	91
第二节 普通、无砂大孔混凝土配合比设计	93
一、原材料的技术要求	93
二、无砂大孔混凝土配合比设计	95
三、无砂大孔混凝土参考配合比	98
四、无砂大孔混凝土配合比设计实例	99
第三节 特细砂混凝土配合比设计	100
一、原材料的技术要求	100
二、配制原则	100
三、特细砂混凝土物理特性研究	101
四、配合比设计与实例分析	102
第四节 纤维混凝土配合比设计	105
一、原材料的技术要求	106
二、纤维混凝土的性能	108
三、配合比设计原则	110
四、配合比设计方法	111
五、纤维混凝土质量检验和验收	113
第五节 重晶石防辐射混凝土配合比设计	115
一、原材料的技术要求	115
二、重晶石防辐射混凝土性能要求	117
三、配合比设计方法	118
四、重晶石防辐射混凝土质量检验与验收	120
第4章 特种性能混凝土配合比设计	122

第一节 高强混凝土配合比设计	122
一、原材料的技术要求	122
二、高强混凝土性能	125
三、配合比设计原则	126
四、配合比设计方法与步骤	127
五、高强混凝土质量检验	129
第二节 高性能混凝土配合比设计	129
一、高性能混凝土的特性	130
二、原材料的技术要求	131
三、配合比设计原则	133
四、配合比设计方法与步骤	134
第三节 自密实混凝土配合比设计	139
一、原材料的要求	140
二、自密实混凝土的性能	141
三、配合比设计原则	143
四、配合比设计方法	143
五、自密实混凝土质量检验与验收	146
第四节 补偿收缩混凝土配合比设计	147
一、原材料的技术要求	148
二、配合比设计原则	149
三、配合比设计方法	152
四、补偿收缩混凝土质量验收	152
第五节 海砂混凝土配合比设计	153
一、原材料的技术要求	153
二、海砂混凝土的性能	155
三、配合比设计原则	156
四、配合比设计方法与步骤	157
五、海砂混凝土的质量检验和验收	159
第六节 泡沫混凝土配合比设计	160
一、原材料的技术要求	161
二、配合比设计	162
三、泡沫混凝土质量检验与验收	163
第七节 人工砂混凝土配合比设计	165
一、原材料的技术要求	165
二、配合比设计原则	168
三、配合比设计方法	168

四、人工砂混凝土质量检验与验收·····	169
第5章 砌筑砂浆、抹灰砂浆配合比设计 ·····	170
第一节 砌筑砂浆配合比设计·····	170
一、原材料的技术要求·····	170
二、砌筑砂浆的性能要求·····	171
三、砌筑砂浆配合比设计方法·····	173
第二节 抹灰砂浆配合比设计·····	177
一、原材料的技术要求·····	177
二、抹灰砂浆的性能要求·····	177
三、抹灰砂浆配合比设计方法·····	180
第6章 混凝土质量的验收方法 ·····	185
第一节 混凝土原材料的质量控制·····	185
一、水泥·····	185
二、粗集料·····	185
三、细集料·····	186
四、矿物掺合料·····	187
五、外加剂·····	188
六、水·····	188
第二节 混凝土性能要求·····	189
一、拌合物性能·····	189
二、力学性能·····	191
三、长期性能和耐久性能·····	191
第三节 配合比控制·····	193
第四节 生产控制水平要求·····	193
第五节 生产与施工质量控制·····	194
一、原材料进场·····	194
二、计量·····	195
三、搅拌·····	195
四、运输·····	196
五、浇筑成型·····	197
六、养护·····	199
第六节 混凝土质量检验和验收·····	200
一、混凝土原材料质量检验·····	200
二、混凝土拌合物性能检验·····	201
三、硬化混凝土性能检验·····	201
四、混凝土工程验收·····	201

第 1 章 混凝土概述

第一节 混凝土的形成与分类

一、混凝土的形成

混凝土是由水泥（胶凝材料）、水、粗细集料按一定的比例配合拌制而成的混合料，经硬化后形成的人造石材，是目前广泛应用于建筑工程中的主要结构材料。如图 1-1 所示。

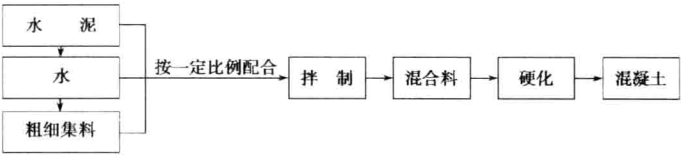


图 1-1 混凝土的形成

混凝土具有很多的优点，如表 1-1 所示。

表 1-1 混凝土的优点

优 点	说 明
强度高	混凝土的抗压强度高，但抗拉强度较低
刚性好	承受设计荷载时，变形和挠度很小
整体性强	混凝土和钢筋混凝土连续浇灌，使建筑物成为整体，有良好的抗震能力
耐久性好	对机械作用、天然的风化和化学侵蚀作用的抵抗力强，在环境适宜时强度不但不衰减，反而有所增长
可模性好	利用模板可浇灌成各种不同形状和大小的构件
耐火性能好	混凝土是不良导热体，防火性较好
保养费用低	保养费用小

由于混凝土具有上述优点，故广泛应用于建筑工程、水工结构物、道路路面等。

二、混凝土的分类

常见的混凝土分类方法见表 1-2。

表 1-2 混凝土的分类方法

分类方法	名称	特性用途
按胶凝材料分类	水泥混凝土	以硅酸盐水泥、普通水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥、粉煤灰水泥等为胶凝材料。广泛用于各种混凝土工程
	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硝石灰的混合物为胶凝材料
	石膏混凝土	以天然石膏及工业废料石膏为胶凝材料。可做小型砌块、板等内隔墙制品
	碱矿渣混凝土	以磨细矿渣及碱溶液为胶凝材料。是一种新型混凝土，可做各种结构
	水玻璃混凝土	以钠或钾水玻璃为胶凝材料，可做耐酸结构
	硫磺混凝土	硫磺加热熔化后，注入粗、细集料中，冷却硬化后可用作黏结剂及用于低温防腐蚀工程
	沥青混凝土	用天然或人造沥青为胶凝材料，可做路面及耐酸、碱地面
	聚合物水泥混凝土	以水泥为主要胶凝材料，加入少量乳胶或水溶性树脂。能提高和改善混凝土各种性能
	树脂混凝土	以聚酯树脂、环氧树脂、尿醛树脂等为胶凝材料。用于侵蚀性介质中
按质量密度和形状分类	特重混凝土	用钢球、铁矿石、重晶石等为粗集料。混凝土表观密度大于 2700 kg/m^3 ，用于防射线混凝土工程
	普通混凝土	用普通砂、石做集料，混凝土表观密度 $1900 \sim 2500 \text{ kg/m}^3$
	轻混凝土	用天然或人造轻集料，如浮石、火山渣和各种陶粒、矿渣等。混凝土表观密度 $1000 \sim 1900 \text{ kg/m}^3$ ，可用于承重构件或既承重又保温的围护结构
	特轻混凝土	用人造轻集料，混凝土表观密度小于 1000 kg/m^3 ，如泡沫混凝土、加气混凝土等

续表 1

分类方法	名称	特性用途
按质量密度和形状分类	特细砂混凝土	以水泥作胶凝材料，细度模数小于 1.5，平均粒径在 0.25 mm 以下的特细砂作细集料，碎石或卵石作粗集料和水配制而成的混凝土。可以配制成一般混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土
	大孔混凝土	由水泥、粗集料和水拌制而成的无砂混凝土，分普通大孔混凝土，堆密度为 1500~1900 kg/m ³ ；轻集料大孔混凝土，堆密度为 500~1200 kg/m ³ 。前者可作为预制墙板和多层、高层住宅墙体的承重墙，后者可作为预制或现浇砌块和墙板
按性能、用途分类	防水混凝土	能承受 0.6 MPa 以上的水压、不透水的混凝土，用于地下防水工程和储水构筑物
	耐酸混凝土	用于化学工业的输液管、洗涤池、车间地面、设备基础等，要求能抵抗强酸和腐蚀性气体的侵蚀，如硫磺耐酸混凝土、沥青混凝土和水玻璃耐酸混凝土等
	耐碱混凝土	以普通水泥与耐碱集料、粉料、水配制而成，用作耐碱地坪、储碱池、槽、罐体及受碱腐蚀的基础等
	耐油混凝土	系在普通混凝土中掺入密实剂氢氧化铁、三氯化铁或三乙醇胺复合剂配制而成，可用于建造储存轻油类、重油类的油槽、油罐设备及耐油底板、地坪等
	耐热（火）混凝土	通常能承受 200℃~900℃ 高温的混凝土称耐热混凝土，承受 900℃ 以上高温的混凝土称耐火混凝土，具有能长期经受高温并保持所需的物理力学的性能，用于热工设备内衬和受高温作用的结构，如水泥耐热混凝土、水玻璃耐热混凝土
	抗冻混凝土	系在普通混凝土中掺入少量松香酸钠泡沫剂配制而成，具有良好的抗冻、抗渗性能，用于制冷设备基础工程
	耐低温混凝土	系用水泥、膨胀珍珠岩砂和泡沫剂配制而成，用于深冷（0~−196℃）工程作隔热、保温材料以及管道、屋面等隔热保温结构

续表 2

分类方法	名称	特性用途
	防辐射混凝土	系用水泥与特重的集料配制而成的一种密度大、含有大量结合水的特重混凝土（密度达 $3000\sim 4000\text{ kg/m}^3$ ），又称屏蔽混凝土，能屏蔽 X、 α 、 β 、 γ 射线及中子射线等，是原子能反应堆、粒子加速器等常用的防护材料
	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能。依其不同使用条件可选用普通水泥、矿渣水泥或火山灰水泥及大坝水泥等
	水下不分散混凝土	系在普通混凝土中加入 UWB（丙烯系）速凝剂配制而成的。具有混凝土拌和物遇水不离析、水泥不流失、可进行水中自落浇筑性能，适用于沉井封底、人工筑岛、围堰水下结构浇筑等
	耐海水混凝土	凡直接受海水影响并且能够抵抗海水侵蚀和破坏、耐久性能优良的混凝土，包括海岸工程（如港口、挡潮闸、跨海桥梁、海岸防护工程等）和离岸工程（如大型深水码头、海上采油平台等）混凝土
	道路混凝土	可用水泥或沥青胶凝材料，要求具有较高的抗折强度和耐候性、耐磨性，用于路面的混凝土
	膨胀混凝土	用膨胀水泥或掺加膨胀剂配制的混凝土，分为补偿收缩混凝土和自应力混凝土两类。可减轻或避免混凝土因体积收缩而引起的开裂以及可提高构件的承载和工作能力。应用于结构自防水、大体积混凝土裂缝控制、刚性防水屋面以及高性能混凝土
	高强、超高强混凝土	强度等级 $\geq C50$ 的称高强混凝土；强度等级 $\geq C80$ 的称超高强混凝土。可用于高层、超高层建筑结构、铁路及公路桥梁结构上
	耐磨耗混凝土	使用较多的有高性能抗磨蚀混凝土、钢屑耐磨混凝土、石英砂耐磨混凝土、钢纤维耐磨混凝土等。可用于耐磨地坪、机场跑道、道路、矿仓库的衬里、起重机轨道的垫层、楼梯踏步等处

续表 3

分类方法	名称	特性用途
	装饰混凝土	利用饰面和造形技术, 进行建筑艺术加工的混凝土, 有着色混凝土、清水装饰混凝土、露集料装饰混凝土等, 集构件的承重、围护、耐久与装饰等多种功能集于一身
按性能、用途分类	透水性混凝土	采用单一粒级的粗集料与 42.5 级以上硅酸盐水泥、普通水泥或高分子树脂配制而成的无砂多孔混凝土, 有水泥透水性混凝土、高分子透水混凝土和烧结透水混凝土。主要用于公园内道路、人行道、轻量级道路、停车场及各种新型体育场的跑道及比赛场地
	绿化混凝土	指能够适应绿色植被生长、进行绿色植被的混凝土及其制品, 目前有孔洞型绿化混凝土、多孔连续型绿化混凝土和孔洞型多层结构绿化混凝土。主要用于城市道路两侧及中央隔离带、水边护坡、楼顶、停车场等部位
按施工工艺分类	预拌混凝土	指集中搅拌后再以商品形式供应用户的混凝土, 又称商品混凝土
	泵送混凝土	用混凝土泵输送和浇筑的混凝土。用于大体积混凝土结构、大型设备基础、高层建筑结构以及隧洞、桥墩、城市中心建筑密集地段的工程
	喷射混凝土	用压缩空气喷射施工的混凝土, 分干式喷射法、湿式喷射法和造壳喷射法等。多用于井巷及隧道衬砌工程
	裹砂混凝土	又称造壳混凝土或 S·E·C 混凝土, 是一种用新型搅拌工艺配制的混凝土。适用于各种普通混凝土的应用场合
	磁化水混凝土	用磁化水拌制的水泥混凝土, 可提高混凝土的各种性能。用于各种水泥混凝土及防水工程
	真空混凝土	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。用于道路、机场跑道、楼地面、薄壳等工程
	预填集料混凝土	先铺粗集料, 然后用压浆泵强制注入水泥砂浆的混凝土。适用于柱、墙的基础和大型设备基础以及混凝土蜂窝孔洞的加固

续表 4

分类方法	名称	特性用途
按施工工艺分类	碾压混凝土	用振动压路机通过外部振动和辗压施工的一种干硬性混凝土。用于大坝、道路、机场跑道、停车场、堤岸等工程
	挤压混凝土	用挤压机成形的混凝土。用于长线台座法的空心板、T形小梁等构件生产
	离心混凝土	用离心机成形的混凝土。用于混凝土管、电杆等管状构件
按配筋情况分类	素混凝土	即无筋混凝土，用于基础及垫层等的低强度等级的混凝土
	钢筋混凝土	用普通钢筋加强的混凝土。广泛用于各种工程结构
	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。用于制作薄壳、船体等薄壁构件
	纤维混凝土	用各种纤维加强的混凝土，如钢纤维混凝土、玻璃纤维混凝土、聚丙烯纤维混凝土等，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、刚性屋面等
	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。用于各种建筑结构及构筑物，特别是大跨度桥梁等
	钢管混凝土	在钢管中填充混凝土而形成的一种构件，可提高轴向承载力和塑性、韧性。可用于工业厂房柱、地铁站台柱、桥拱结构以及高层结构的框架柱等
按流动性分类	干硬性、超干硬性混凝土	指水泥用量小、石子较多，其坍落度 ≤ 10 mm 的称干硬性混凝土，坍落度为 0 的称超干硬性混凝土，这种混凝土凝固前的性能不同于普通混凝土，硬化后的性能与普通混凝土相似
	塑性混凝土	坍落度在 10~90 mm 范围内的普通混凝土
	流动性混凝土	坍落度在 100~150 mm 的混凝土。与普通混凝土相比除流动性稍大外，其他性能基本相似，特别适用于泵送混凝土

续表 5

分类方法	名称	特性用途
按流动性分类	流态混凝土	在坍落度为 100~150 mm 的流动性混凝土中, 加入流化剂(高效能减水剂)后, 使坍落度增大至 180~220 mm, 能像水一样流动的混凝土。用于泵送施工及钢筋密集、捣实困难的薄壁结构
	自流平、自密实混凝土	由水泥、砂、掺和料、超塑剂、稳定剂等混合配制而成, 加水拌和后即可泵送施工。主要用于地面施工, 不需振捣、抹平, 可自流平、自密实

第二节 混凝土原材料

一、水泥

1. 水泥的主要性能指标

(1) 密度。密度是指水泥在自然状态下单位体积的质量。水泥的密度分松散状态下的密度和紧密状态下的密度两种。松散条件下的密度为 $900 \sim 1300 \text{ kg/m}^3$, 紧密状态下的密度为 $1400 \sim 1700 \text{ kg/m}^3$, 通常取 1300 kg/m^3 。影响密度的主要因素为熟料矿物的组成和煅烧程度、水泥的储存时间和条件, 以及混合材料的品种和掺入量等。

(2) 凝结时间。水泥的凝结时间分初凝时间和终凝时间。自加水起至水泥浆开始失去塑性、流动性减小所需的时间, 称为初凝时间; 自加水起至水泥浆完全失去塑性、开始有一定结构强度所需的时间, 称为终凝时间。

水泥凝结时间与水泥的单位加水量有关, 单位加水量越大, 凝结时间越长, 反之越短。国家标准规定, 凝结时间的测定是以标准稠度的水泥净浆, 在规定温度和湿度下, 用凝结时间测定仪来测定。所谓标准稠度, 是指水泥净浆达到规定稠度时所需的拌合水量, 以占水泥质量的百分比表示。通用水泥的标准稠度一般在 $23\% \sim 28\%$ 之间, 水泥磨得越细, 标准稠度越大。标准稠度与水泥品种也有较大关系。

水泥凝结时间在施工中具有重要意义。为了保证有足够的时间在初凝之前完成混凝土成形等各种工序, 初凝时间不宜过快; 为了使混凝土在浇筑完毕后能尽早完成凝结硬化, 产生强度, 终凝时间不宜过长。

(3) 体积安定性。水泥体积安定性是指水泥在凝结硬化过程中体积变化的均匀性。如果水泥硬化后产生不均匀的体积变化, 会使水泥制品、混凝土构件产生膨胀性裂缝, 降低工程质量, 甚至引起严重事故, 此即体积安定性不良。

引起水泥体积安定性不良的原因是由于其熟料矿物组成中含有过多的游离氧化钙 ($f\text{-CaO}$) 和游离氧化镁 ($f\text{-MgO}$)，以及粉磨水泥时掺入的石膏超量所致。熟料中所含的游离氧化钙 ($f\text{-CaO}$) 和游离氧化镁 ($f\text{-MgO}$) 处于过烧状态，水化很慢，它在水泥凝结硬化后才慢慢开始水化，水化时体积膨胀，引起水泥石不均匀体积变化而开裂；石膏过量时，多余的石膏与固态水化铝酸钙反应生成钙矾石，体积膨胀 1.5 倍，从而造成硬化水泥石开裂破坏。

由游离氧化钙 ($f\text{-CaO}$) 引起的水泥安定性不良可用沸煮法检验，沸煮的目的是为了加速游离氧化钙 ($f\text{-CaO}$) 的水化。沸煮法包括试饼法和雷氏法。试饼法是将标准稠度水泥净浆做成试饼，连同玻璃在标准条件下 ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 90%) 养护 24 h 后，取下试饼放入沸煮箱蒸煮 3 h 之后，用肉眼观察未发现裂纹、崩溃，用直尺检查没有弯曲现象，则为安定性合格；反之，为不合格。雷氏法是测定水泥浆在雷氏夹中硬化沸煮后的膨胀值，当两个试件沸煮后的膨胀值的平均值不大于 5.0 mm 时，即判为该水泥安定性合格；反之，为不合格。当试饼法和雷氏法两者结论相矛盾时，以雷氏法为准。

由游离氧化镁 ($f\text{-MgO}$) 和三氧化硫 (SO_3) 引起的体积安定性不良不便快速检验，游离氧化镁 ($f\text{-MgO}$) 的危害必须用压蒸法才能检验，三氧化硫 (SO_3) 的危害需经长期在常温水中才能发现。这两种成分的危害，常用在水泥生产时严格限制含量的方法来消除。

(4) 强度等级。水泥的强度是评定其质量的重要指标，也是划分水泥强度等级的依据。国家标准规定，采用水泥胶砂法测定水泥强度。该法是将水泥和标准砂按质量 1 : 3 混合，水灰比为 0.5，按规定方法制成 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 160\text{ mm}$ 的试件，带模进行标准养护 [$(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 90%] 24 h，再脱模放在标准温度 [$(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$] 的水中养护，分别测定其 3 d 和 28 d 的抗压强度和抗折强度。根据测定结果，可确定该水泥的强度等级，其中有代号 R 者为早强型水泥。

(5) 细度。细度是指水泥颗粒的粗细程度，它对水泥的凝结时间、强度、需水量和安定性有较大影响，是鉴定水泥品质的主要项目之一。

水泥颗粒越细，总表面积越大，与水的接触面积也大，因此水化迅速、凝结硬化也相应增快，早期强度也高。但水泥颗粒过细，会增加磨细的能耗和提高成本，且不宜久存，过细水泥硬化时还会产生较大收缩。一般认为，水泥颗粒小于 $40\text{ }\mu\text{m}$ 时就具有较高的活性，大于 $100\text{ }\mu\text{m}$ 时活性较小。通常，水泥颗粒的粒径在 $7 \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 范围内。

2. 通用硅酸盐水泥

通用硅酸盐水泥是以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏、及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。