

水泥新标准与混凝土

工人技术读物

王道义

四川人民出版社

水泥新标准与混凝土

王道义 编

四川人民出版社

一九八二年·成都

责任编辑：崔泽海

封面设计：刘民超

水泥新标准与混凝土

王道义编

四川人民出版社出版

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

渡口新华印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 5.25 插页 字数 110 千

1982 年 4 月第 1 版

1982 年 4 月第 1 次印刷

印数：1—11,940 册

书号：15118·61

定价：0.44 元

前 言

职工教育是我国教育事业的组成部分，是提高职工科学技术水平，是培养技术、管理人员的重要途径。为了适应我国国民经济调整和“四化”建设的需要，我们组织了四川省科普创作协会部分会员以及有关科研、教学、生产单位的科技人员和有经验的老工人，编写了一套《工人技术读物》，主要供给具有初中文化程度、又有一定工作实践的工人和管理干部学习，兼作职工培训教材。这本《水泥新标准与混凝土》就是这套“读物”之一。

我国一九八〇年元月一日开始执行的水泥标准与过去执行的老标准比较，无论从水泥的品种类别、品质检验方法、标号的划分等，均有大的更动。新标准中某些规定，不仅使水泥物理、化学检验更加简便，同时还能更好地反映水泥的性能，并在配制混凝土时使水泥用量更加合理，从而得到好的经济效果。

由于水泥标准内容变动较大，对水泥生产、使用部门的订货、设计、施工、技术管理、工程验收以及教学等各个方面都将产生影响，故而引起工程界的普遍注视。

水泥是配制混凝土最主要的材料之一。水泥标准的改变，直接导致混凝土配合比例的改变，因此，也必将对混凝土的强度、性能、弹塑性、变形、抗渗、抗冻、碱—骨料反

应等方面，产生不同程度的影响；加之，近年来外加剂的广泛应用，混凝土施工工艺的逐步改革和进步等，都集中反映到混凝土的合理配制、水泥的正确使用、不同工程对混凝土的各自要求，各类混凝土的性能特点等等。为了向建筑施工、设计、管理、领导部门及有关技术培训班的读者们介绍上述多方面的情况，使之了解、适应、深化和掌握这些基本知识，作者在调查研究、广泛搜集资料的基础上，就水泥生产、水泥标准，混凝土的配制计算、混凝土的性能特点、确保混凝土工程质量应深化的问题、常用的混凝土施工机具、混凝土施工新工艺及新型混凝土的发展等方面，先后办过多次讲座，本书即在上述讲稿的基础上整理、修订而成。

编写过程中，曾得到四川人民出版社、四川省建筑学会科普委员会等单位的有关同志以及培训班学员的支持和帮助。初稿写成后，又承蒙成都市建筑学会副理事长相钧之审查，在此一并表示衷心的感谢。

限于水平，谬误难免，恳望读者批评指正。

四川省科普创作协会工交组

一九八一年六月

目 录

第一章 水泥与水泥新标准	(1)
第一节 水泥新标准概述	(1)
第二节 硅酸盐水泥和粉煤灰水泥	(4)
第三节 常用水泥品种和应用	(6)
第四节 水泥强度的检验及标号	(8)
第二章 混凝土	(15)
第一节 混凝土的组成材料	(15)
第二节 混凝土中各组成材料的作用	(16)
第三节 优质混凝土的要求与条件	(17)
第四节 混凝土的强度和裂缝问题	(17)
第五节 混凝土分类	(19)
第六节 混凝土几种组合料的技术要求	(22)
第七节 减水剂的功能	(28)
第八节 减水剂的应用	(30)
第九节 其它外加剂的性能与作用	(34)
第十节 混凝土掺料	(40)
第十一节 混凝土配合比	(41)
第十二节 混凝土试配方法与步骤	(47)
第十三节 混凝土的验证	(55)
第三章 混凝土的施工工艺	(68)
第一节 混凝土的配料与拌制	(68)
第二节 施工现场搅拌站	(76)

第三节	拆迁式混凝土搅拌站	(80)
第四节	热拌混凝土	(82)
第五节	轻混凝土的拌制	(85)
第六节	混凝土的运输	(85)
第七节	泵送混凝土	(92)
第八节	混凝土浇筑前的准备	(97)
第九节	浇筑要求	(98)
第十节	喷射混凝土	(111)
第十一节	浇筑过程中的施工缝	(115)
第十二节	混凝土的捣实	(117)
第十三节	混凝土的一般养护	(128)
第十四节	热模养护及其它养护方法	(142)
第十五节	拆模	(144)
第四章	轻骨料混凝土	(148)
第五章	特种混凝土	(150)
第一节	水玻璃耐酸混凝土	(150)
第二节	耐热混凝土	(154)
第三节	耐碱混凝土	(156)
第四节	湿碾矿渣混凝土	(156)
第五节	新型混凝土	(158)

第一章 水泥与水泥新标准

第一节 水泥新标准概述

1980年全国执行的水泥新标准有六个，其中三个是品质标准。即：

GB175-77《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》；

GB1344-77《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》；

GB 178-77《水泥强度试验用标准砂》。

另外三个是检验方法标准。即：

GB 177-77《水泥胶砂强度检验方法》；

GB 1345-77《水泥细度检验方法（筛分法）》；

GB 1346-77《水泥标准稠度用水量、凝固时间、安定性检验方法》。

此外，还有一个部颁标准 JC 213-77《水泥胶砂强度简易检验方法》。

水泥的生产过程，可以概括为两句话：“原料配成生料，把生料烧成熟料，熟料磨成水泥”；“两头两道磨细，中间高温煅烧。”

《GB175-77》和《GB1344-77》所列入的五个品种水泥，是工程上常用的水泥。

①硅酸盐水泥；

- ②普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）；
- ③矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）；
- ④火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰水泥）；
- ⑤粉煤灰硅酸盐水泥（简称粉煤灰水泥）。

水泥品种中都包含有“硅酸盐”三个字。因为生料烧到部分熔融时，得到的水泥熟料成分主要是硅酸钙，同时还为了与国际上的“波特兰”水泥相对应，所以称为硅酸盐水泥。

水泥标准（GB175-77）对硅酸盐水泥的定义是：“凡以适当成分的生料，烧至部分熔融，所得以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料，加入适量的石膏，磨细制成的水硬性胶凝材料，称为硅酸盐水泥”。普通硅酸盐水泥的定义是：“凡由硅酸盐水泥熟料，少量的混合材料，适量的石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为普通硅酸盐水泥”。

水泥中的混合材料掺加量按重量百分比计：

掺活性混合材料时，不得超过15%；

掺非活性混合材料时，不得超过10%；

同时掺活性或非活性混合材料时，总量不得超过15%，其中非活性材料不得超过10%。非活性材料系指仅起填充作用的矿物材料如石灰石、砂岩等。

《GB1344-77》对矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥的定义是：

矿渣水泥：“凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为矿渣硅酸盐水泥。”

水泥中粒化高炉矿渣掺加量按重量百分比计为20～70%。

火山灰水泥：“凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合材

料，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为火山灰质硅酸盐水泥”。

火山灰质混合材料（如火山灰、碎砖粉等等）掺加量按重量百分比计为20~50%。

粉煤灰水泥：“凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰，加入适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料称为粉煤灰硅酸盐水泥”。

水泥中粉煤灰掺加量按重量百分比计为20~40%。

从几个品种的水泥定义中可以看出，除了硅酸盐水泥之外的其它四个品种即普通、矿渣、火山灰、粉煤灰水泥，都是以硅酸盐水泥熟料为基础派生制造出来的，加入什么样的掺合料就得到什么样的水泥。为了便于记忆，可简化为下列格式：

国际标准化组织（ISO）对水泥的一般定义为“一种细磨材料，加适量水后成为多少具有具有流动性的胶结浆体，这种浆体，能在空气和水中硬化，并能把适当材料胶结在一起的，称为水泥”。

国际上把水泥熟料称为波特兰熟料，认为一种以石灰（ cao ）和二氧化硅（ SiO_2 ）为主要成分，并含有少量氧化铝（ Al_2O_3 ）和氧化铁（ Fe_2O_3 ），预先配合和均匀混合的物质，经煅烧至部分熔融而获得以硅酸钙为主要组成的产物，称为波特兰熟料。”

高铝熟料“一种以氧化铝（ Al_2O_3 ）和石灰（ cao ）为主要成分，并含有少量氧化铁，二氧化硅（ SiO_2 ）及其氧化物，预先配合好的混合物，经高温煅烧至完全或部分熔融所获得的以铝酸钙为主的产物，称为高铝水泥”

国际标准化组织（ISO）对两种派生水泥的掺合料也作了解释：

高炉矿渣：铁矿石在高炉中熔融得到的具有适当成份的熔融物，经急冷后所获得的一种粒状产物，称为高炉矿渣。

火山灰：原来认为属于具有火山灰性的天然火山生成物质，称为火山灰。现已了解，其它一些天然的和人工物质，如硅藻土，烧粘土和粉煤灰，也具有火山灰性，也称为火山灰。

至于波特兰水泥的含义是：由波特兰水泥熟料和可能掺合的少量硫酸钙共同磨细所得的水泥称为“波特兰水泥”。

“硫酸钙”这一名称包括适宜于制造水泥的石膏和它的衍生物，以及无水石膏及其它硫酸钙产物。

生料 $\xrightarrow{\text{烧}}$ 硅酸盐水泥熟料+石膏 $\xrightarrow{\text{磨细}}$ 硅酸盐水泥。

硅酸盐水泥熟料+混合材料+石膏 $\xrightarrow{\text{磨细}}$ 普通水泥。

硅酸盐水泥熟料+粒化高炉矿渣+石膏 $\xrightarrow{\text{磨细}}$ 矿渣水泥。

硅酸盐水泥熟料+粉煤灰+石膏 $\xrightarrow{\text{磨细}}$ 粉煤灰水泥。

用来制造水泥的材料应具有水硬性或火山灰性。

一种材料，在水存在的条件下，能凝结硬化并能形成稳定的化合物的性能，叫水硬性。

一种材料，在常温下与石灰一起和水后，能生成具有水硬性的化合物的性能，叫火山灰性。

第二节 硅酸盐水泥和粉煤灰水泥

1980年以前执行的标准，仅包括普通水泥、矿渣水泥、火山灰水泥三个品种，现增列了硅酸盐水泥和粉煤灰水泥，共有了五个品种。

增列硅酸盐水泥的原因是：

硅酸盐水泥的特点是快硬早强。一般 500~700 号硅酸盐水泥的 3、7 天硬练强度较普通水泥高 5~10%，同标号的 3、7 天软练强度高 3~7%。为加快工程进度也要求快硬早强，特别是对某些有早强要求的特殊工程，如先张法预应力混凝土制品；地下工程的喷射里衬等，用硅酸盐水泥较适宜。

硅酸盐水泥的标号较高，可满足高标号混凝土的需要。现在已有不少工程需要 400~500 号混凝土，甚至 600 至 800 号混凝土，在配制这样的混凝土时，对水泥性能要求也特别

严格，增加水泥用量往往带来混凝土性能上其它副作用，如收缩和徐变较大。同时硅酸盐水泥对外加剂的作用效果也比普通水泥显著，可以促进混凝土施工工艺的改革和发展。

硅酸盐水泥与普通水泥比较，具有较好的抗冻、耐磨、抗渗等性能，因此可满足有特殊要求的工程。有时，还可以代替钢材和木材。如用硅酸盐水泥配制高标号混凝土（例如800号）制作一台龙门刨床的底座可以代替钢材50%，降低30%的成本。当然生产硅酸盐水泥，会影响一些普通水泥的产量，但由于配制混凝土的经济效果好，从全面考虑对国家是有利的。

目前，我国出口的水泥，完全是硅酸盐水泥，因而也必须要有它单列标准，才能满足出口的技术需要。

世界上，不少国家常用的水泥，一般可分三大类：

不掺任何混合材料的水泥，即波特兰水泥；

掺加一定数量的粒化高炉矿渣水泥；

掺加一定数量的火山灰混合材料的水泥。

我国以前的标准，没有列出不掺任何混合材料的水泥，由于新工艺、新技术的应用，对不掺任何混合材料的硅酸盐水泥提出了要求。

增列粉煤灰水泥的理由：

粉煤灰是火电厂排出的工业废渣，严重污染环境。目前，我国电厂的总排灰量约为3000万吨左右，而每年利用量仅10%左右。世界上一些国家（美、苏除外）利用量均在50%以上，日本几乎全部利用。为了改变粉煤灰与农业争地的情况，保护环境，变废为宝，变害为利，因此利用粉煤灰是十分有意义的。

经过研究发现，粉煤灰水泥与火山灰水泥在性能上有某些相似之处，但也有所区别。粉煤灰水泥干缩性小，抗裂性

能好，配制混凝土时和易性好，加之水化热低，对碱——集料反应能起一定的抑制作用，因此粉煤灰水泥特别适用于水利工程。我国三门峡、刘家峡大坝都曾使用过粉煤灰水泥。

粉煤灰水泥的缺点是早期强度低，尚待解决，因而使用时要根据工程的性质和要求，按扬长避短的原则合理应用。

第三节 常用水泥品种和应用

常用水泥的应用范围见表 1—1。

表1—1

无特殊要求的普通混凝土					
环境特点	普通气候条件	干燥环境	湿度高或水中	大体积工程	
选用水泥	普通水泥 矿渣水泥 火山灰水泥	普通水泥 矿渣水泥 不宜使用火山灰水泥	矿渣水泥 火山灰水泥 粉煤灰水泥	普通水泥 矿渣水泥 火山灰水泥	
有特殊要求的混凝土					
工程特点	要求快硬早强的、高强的混凝土	高标号混凝土300、400、500及500号以上的混凝土	寒冷地区露天混凝土构件寒冷地区在水位升降范围的混凝土	抗渗要求比较高的工程	耐磨要求比较高的工程
选用水泥	普通水泥 硅酸盐水泥	硅酸盐水泥 高标号普通水泥	硅酸盐水泥 高标号普通水泥	硅酸盐水泥 火山灰水泥 普通水泥	高标号普通水泥 硅酸盐水泥

我国还生产有塑化硅酸盐水泥、抗硫酸盐水泥、矾土水泥、石膏矿渣水泥、硅酸盐膨胀水泥、白水泥等等，它们的应用范围可参考表 1—2。

表1—2

水泥名称	水泥特点	应用范围	备注
塑化硅酸盐水泥	因有较好的可塑性及和易性、水灰比较低，可节约水泥可增加混凝土强度并有耐冻性能	混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土的地上和水中结构、包括反复冰冻作用的混凝土结构	
抗硫酸盐水泥	耐硫酸盐腐蚀性强，耐冻融交替的抵抗力较强、水化热低	受硫酸盐水作用的并受反复冻融循环作用的混凝土及钢筋混凝土工程	
矾土水泥	具有快硬、早强特性，抗冻、抗渗、耐腐蚀性好 缺点：高温中硬化容易开裂，硬化过程中混凝土温度不得上升到25℃以上，耐碱差，不能掺混合材料，不能与其它硅酸盐水泥混合使用	要求快硬早强的混凝土及钢筋混凝土，如抢修工程或在低温施工的工程 要求抗冻、耐腐蚀（如耐碳酸盐、硫酸盐或含硫气体）的混凝土和钢筋混凝土工程，耐热混凝土工程	不适于蒸养混凝土，厚大体积的混凝土工程及热天施工的混凝土工程
硅酸盐膨胀水泥	抗渗性好，具有膨胀性。（早期养护要求高，耐硫酸盐侵蚀性差	抗渗性混凝土、钢筋混凝土，填灌孔洞及构件接头修补加固	不适于硫酸盐侵蚀工程

续前表

水泥名称	水泥特点	应用范围	备注
石膏矾土膨胀水泥	抗渗性好, 具有膨胀性	抗渗混凝土及钢筋混凝土。填灌孔洞及构件接头, 修补加固	不适于环境温度高于 80°C 及碱液接触的结构及严寒地区露天构件。不能在 0°C 以下施工, 不能与石灰及各种硅酸盐水泥混合使用
膨胀性不透水水泥	抗渗性好, 具有膨胀性	抗渗性混凝土及钢筋混凝土, 填灌孔洞及构件接头, 修补加固	不适于环境温度高于 80°C 的结构, 也不能在 0°C 以下气温施工
无收缩性不透水水泥	无收缩性, 抗渗性好	潮湿环境中的地下防水结构	不适于非潮湿环境中的结构。不能在 0°C 以下气温施工
石膏矿渣水泥	能受软水、含硫酸盐水的作 用 蒸养要求严(至少保温 $14\sim 21$ 天)。低温下($+10^{\circ}\text{C}$ 以下)硬化速度很慢。不能贮存过久, 不能与各种硅酸盐水泥混合使用	水中或潮湿环境中的混凝土与钢筋混凝土受软水、含硫酸盐水作用的混凝土与钢筋混凝土地上混凝土与钢筋混凝土结构	不适于受冰冻作用的混凝土及钢筋混凝土, 干燥环境中的混凝土及钢筋混凝土结构不适于要求快硬早强的混凝土与钢筋混凝土结构

第四节 水泥强度的检验及标号

以前, 检验水泥强度采用硬练法, 从仪器设备、操作细节到强度指标整套方法, 完全是照搬外国的。经过二十多年

的实践，逐步发现硬练法不能适应水泥工业生产和工程发展的需要，主要有以下几点：

①不能正确反映掺混合材料水泥在塑性混凝土中的实际标号。矿渣水泥、火山灰水泥与同标号的普通水泥相比，在配制相同标号的混凝土时，要多用10~20%的水泥。

②试验操作程序多而繁琐，劳动强度大，影响因素也较多，特别是“8”字形抗拉试验标号间距小，造成生产控制困难。

③硬练法要求设备复杂，不利于小水泥厂的巩固、提高和发展。

基于上述原因将“硬练法”改为“软练法”。

我国过去“硬练”胶砂强度试验法的具体操作过程是：称1份水泥，加3份福建省平潭县芦洋浦的天然石英海砂经筛洗等加工制成的“标准砂”（重量比），用少量水在搅拌机中拌成一定稠度的砂浆，将砂浆灌入 $7.07 \times 7.07 \times 7.07$ （厘米）的立方体钢模内，用3公斤的机锤锤击53次，制成试块。试块养护后，用压力机试压。用同样配比的砂浆灌入“8”字型试锭，用2公斤的机锤锤击36次，制成抗拉试件，经过养护后，进行抗拉试验。

过去研究的软练法灰砂比仍用1:3，试模尺寸为 $4 \times 4 \times 16$ （厘米），但用水量比硬练法大得多，成型过程是将砂浆分两层装入模内，使它均匀分布在模型内的各部分，然后用捣具的矩形端头压20次，每次施压之前须将捣具接触到胶砂表面，稳稳的压下去，压力在20公斤以上（以25~30公斤为宜），不准击打，成型后进行养护，养护之后先进行抗折试验。将折断后的试块叠在一起，再进行抗压试验。

可以看出，两种试验方法的主要区别是在用水量和成型方式上，硬练法由于用水量较小，是干硬性胶砂。软练法用水量比硬练法多，是塑性胶砂。它们的区别列于表1—3。

表1—3

试验方法及主要区别 试件制作和检验	硬 练 法	软 练 法
	主 要 区 别	
砂浆用水量比较	水灰比约0.3~0.4	水灰比约0.4~0.5
成型方式	锤 击 成 型	稳 压 成 型
试模尺寸(厘米)	拉: 8 字型试锭 压: 7.07×7.07×7.07	4×4×16
强度检验	压立方体试件, 拉“8”字形试件	同一试件先折后压
操作比较	繁琐	简单、与现场塑性 混凝土相关性好

上面介绍的1:3软练法，是1955年建工部建材研究院提出的软练胶砂强度试验法，强度指标是从苏联国家标准(ГОСТ970—51)草案中所列的指标中修订而得的。

当时的目的是希望鉴定出来的“软练标号”在质量上与苏联“软练标号”一致，但由于我国福建平潭标准砂与苏联伏尔斯克标准砂不一样，势必影响强度结果，为了比较中苏标准砂对强度的影响，进行了124组对比试验，为此确定我国标准砂强度与苏联伏尔斯克标准砂强度的换算指标。

任何试验法所测得的水泥强度标号，至少应有两种作用，即正确反映水泥性能和在一定水灰比条件下，能与实际