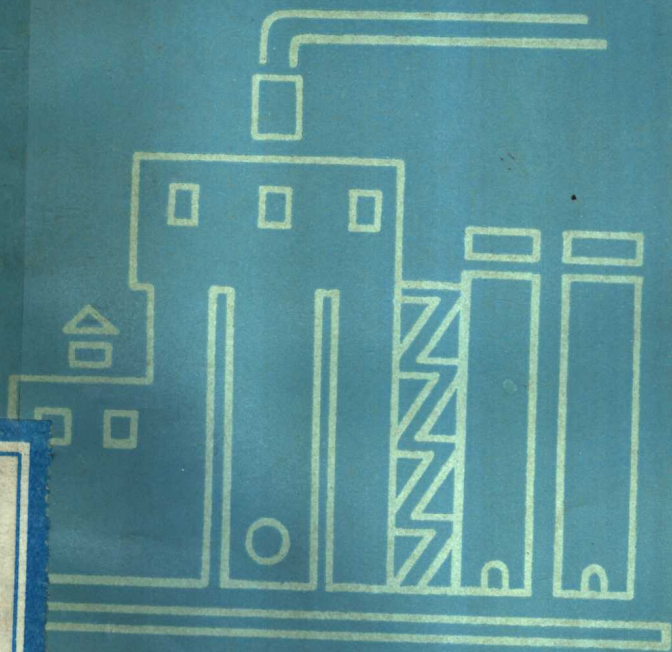


小
水
泥
基
础
知
识

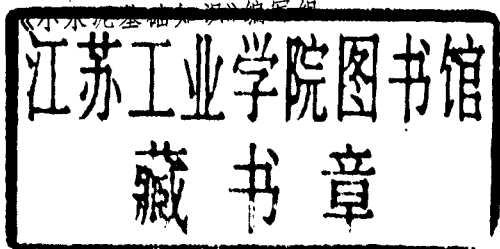


山东人民出版社

小水泥基础知识

太安县革命委员会

《小水泥基础知识》编委会



山东人民出版社

一九七八年·济南

小水泥基础知识

太安县革命委员会
《小水泥基础知识》编写组

山东人民出版社出版
山东新华印刷厂潍坊厂印刷
山东省新华书店发行

1978年4月第1版 1978年4月第1次印刷
统一书号：15099·170 定价：0.34元

出版说明

为了适应我省发展小水泥工业的需要，交流建设小水泥工业的经验，我们邀请太安县革命委员会编写了《小水泥基础知识》一书，供县、社水泥厂的技术人员、工人学习参考。

本书由李培洪同志执笔。在编写过程中，收集了有关的技术资料，曾征求有关小水泥厂工人、技术人员的意见，并得到山东省建筑科学研究所的大力支持，在此表示衷心的感谢。

一九七八年二月

目 录

第一章 概述	1
第一节 普通硅酸盐水泥的成分、性质及其用途	3
第二节 小水泥的生产方法及工艺流程	5
第二章 烧制硅酸盐水泥熟料用的原料、燃料与配料	9
第一节 烧制水泥熟料用的原料、燃料	9
第二节 配料	15
第三章 生料制备	35
第一节 原料的破碎	35
第二节 原料的干燥	39
第三节 生料的粉磨	44
第四章 水泥熟料的煨烧	63
第一节 立窑	63
第二节 生产工艺	68
第三节 煨烧方法	86
第五章 水泥的制成	104
第一节 制成水泥用的物料	104
第二节 水泥熟料的贮存	107
第三节 水泥的制成	108

第六章 水泥的贮存与包装	110
第一节 水泥贮存	110
第二节 水泥包装	111
第七章 小水泥厂的生产控制及安全生产	112
第一节 生产控制项目	112
第二节 立窑熟料不正常现象的处理方法	115
第三节 安全生产	120

第一章 概 述

在建筑工程中，常用的建筑材料有石灰、石膏和水泥。它们的共同特点是，与水制成的净浆（或砂浆），具有粘结性和可塑性，能粘结与它们拌和在一起的砂石，凝结硬化后象岩石一样坚硬，在建筑上把它称为胶凝材料。石灰、石膏的粉末加水后，只能在空气中经一段时间逐渐变硬和产生一定强度；若将它们放在水中泡一些时间，就消失了强度，变得松软，这一类材料称为气硬性胶凝材料。水泥加水后不仅在空气中变硬，而且在潮湿空气及水中继续增长其强度，这一类材料称为水硬性胶凝材料。由于水泥具有上述性质，使它成为工程建设中不可缺少的重要建筑材料。

水泥的种类，数以百计。目前，大量生产、广泛使用的是普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）、矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）和火山灰硅酸盐水泥（简称火山灰质水泥）三种。

为了满足工程建设的需要，对水泥的各种性能提出了一定的要求。水泥加水拌和后，在一定时间内具有可塑性，随后逐渐凝结、硬化。如果凝结太快，就会来不及进行施工；如果凝结过慢，影响工程进度。施工时，水泥浆的泌水现象严重，影响混凝土的质量。因此，国家标准规定，其初凝时间不得早于 45 分钟，终凝时间不得迟于 12 小时。但是，如果

需要，根据具体情况也可作适当变动。

水泥在初凝时期，强度很小，经相当时间后，逐渐变硬而有一定的强度，称为硬化。在工程建设中，要求水泥在一定时期内有足够的强度。因此，国家规定了标准的强度检验方法。水泥的标号，以 28 天抗压强度而定。各令期强度不得低于国家规定的数值（表 1）。

表 1 水泥强度（国家标准）

水 泥 标 号	普通硅酸盐水泥			火山灰硅 酸盐水泥		矿渣硅酸盐水泥	
	3 天	7 天	28 天	7 天	28 天	7 天	28 天
抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)							
200	—	100	200	90	200	90	200
250	—	140	250	110	250	110	250
300	—	180	300	140	300	140	300
400	160	260	400	190	400	190	400
500	220	350	500	270	500	270	500
600	260	420	600	—	—	—	—
抗 拉 强 度 (公斤/厘米 ²)							
200	—	12	18	11	18	11	18
250	—	12	18	11	18	11	18
300	—	15	22	14	22	14	22
400	15	19	24	18	24	18	24
500	19	23	27	22	27	22	27
600	21	27	32	—	—	—	—

另外，还规定水泥的细度在 4900 孔筛上的筛余不得超过 15%；普通硅酸盐水泥的烧失量不得超过 5%（立窑生产的普通硅酸盐水泥，烧失量允许达到 7%）等。

水泥的性质是与其本身的化学成分有关的。水泥的化学成分是由生料引入，在高温下发生反应，生成了新的矿物。这些新的矿物决定了水泥的各种重要性能。因此，熟悉和掌握硅酸盐水泥熟料的矿物组成及其特性，有助于设备革新，改进操作技术，改变水泥熟料矿物组成的含量，提高产、质量，降低水泥生产的成本。

第一节 普通硅酸盐水泥的成分、性质及其用途

普通硅酸盐水泥也叫普通水泥，是以硅酸盐水泥熟料加入适量的石膏及不超过水泥重量 15% 的活性(水硬性)混合材料，共同磨细而成的水硬性胶凝材料。

普通水泥所以是一种水硬性胶凝材料，是因为烧制熟料用的生料中，氧化钙(CaO)、二氧化硅(SiO_2)、三氧化二铝(Al_2O_3)、三氧化二铁(Fe_2O_3)经过高温煅烧发生了化学反应，生成了具有水硬性的新矿物。这些新矿物经粉磨成细粉，很容易与水起反应，使水泥发挥其强度，并在潮湿空气或水中继续增进与保持其强度。

水泥熟料的主要矿物是硅酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ，简写成 C_3S)、硅酸二钙($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ，简写成 C_2S)、铝酸三钙($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ，简写成 C_3A)、铁铝酸四钙($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，简写成 C_4AF)，它们对水泥的影响各不相同。

硅酸三钙：它是产生强度的主要因素，28 天内可水化

69%左右。因此，硅酸三钙的含量越高，水泥的标号也就越高。但硅酸三钙高的熟料，所需的烧成温度也高。

硅酸二钙：它也起强度作用。早期强度低，28天内仅水化11%左右，但后期强度增长率较高，甚至水化几年后还在发挥其强度。当熟料中含硅酸二钙较多时，在窑内如冷却不迅速，熟料易自动变成粉末，使制得的水泥强度显著降低，这叫熟料的粉化现象。

硅酸三钙和硅酸二钙，统称为硅酸盐矿物，其含量的多少，直接影响水泥的强度。它们的总含量约占70~74%左右。有些厂可能还要高一些。其中硅酸三钙一般为40~55%左右。

铝酸三钙：它的凝结硬化速度快，28天内可水化84%左右，水泥的早期强度高，但其强度的绝对值较低。若含量过高，水泥的凝结时间缩短，必须多加石膏进行缓凝。铝酸三钙抗硫酸盐侵蚀和抗冻融性能较差。

铁铝酸四钙：它不是影响水泥凝结硬化和强度的主要矿物。在煅烧过程中，它能降低熟料的烧成温度和液相的粘度，有利于硅酸三钙的生成。

铝酸三钙和铁铝酸四钙，统称为熔剂矿物。它们的总含量约占20~24%。其中铝酸三钙一般为5~9%左右。

熟料中还含有氧化镁(MgO)，它不与其它成分化合，是一种有害的成分。国家标准规定，熟料中的氧化镁不得超过4.5%。

普通水泥是由熟料、石膏和混合材料组成的。它的成分

除上述外，还有三氧化硫(SO_3)。国家标准规定，水泥中的三氧化硫不得超过3%。此外，因混合材料的品种不同，水泥中还会含有一些其它成分，但它们的数量不多。

由于普通水泥中含有相当数量的硅酸三钙、硅酸二钙、铝酸三钙及铁铝酸四钙等矿物，所以它加水后发生化学反应，产生新的水化物，凝结硬化后具有很高的机械强度、一定的抵抗水的侵蚀能力等特点。此外，它能与钢筋配合制成钢筋混凝土构件或用于其它混凝土建筑物。

由于普通水泥具有上述的性质和特点，所以它广泛应用于农田水利建设、工业建筑、民用建筑、道路桥梁建筑及地下建筑等工程中。

粉磨水泥时，如果加入占水泥重量20~80%的粒状高炉矿渣或20~50%的火山灰质混合材料，则称为矿渣硅酸盐水泥或火山灰硅酸盐水泥。这两种水泥比普通水泥的凝结硬化慢，早期强度低。除用于一般建筑工程外，也可用于地下、水中或经常潮湿的地方。

第二节 小水泥的生产方法 及工艺流程

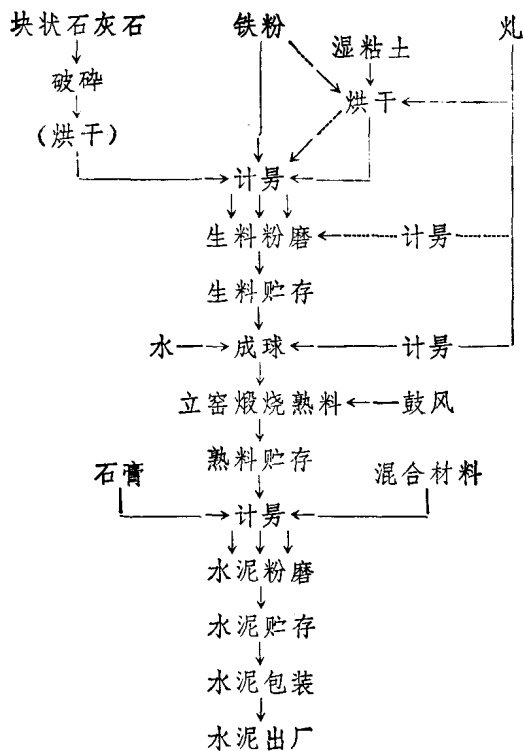
生产普通水泥的步骤：先将几种原料按适当比例配合，在磨机中粉磨成生料，然后把制得的生料在窑内进行煅烧，得到熟料，再将熟料配以适量的石膏及混合材料，在磨机中粉磨成细粉，即为水泥。

生产水泥因条件不同，生产方法也有所不同。按窑的结构分，有立窑生产和回转窑生产两种。

县、社水泥厂，一般采用立窑生产。立窑有普通立窑和机械化立窑两种。机械化立窑的加料和卸料都是连续的，而且生产过程完全是通过机械操纵。普通立窑的卸料是间歇的。它们的生产过程基本上是一样的。目前，我省小水泥工业采用了土回转窑。这种回转窑是用钢板卷成的，长元筒形，借套在窑体上的滚圈把它倾斜地横卧在托轮的支撑上，靠电动机通过传动设备带动它旋转。一般来说，用回转窑烧成的熟料质量比立窑好。

按生料的制备，水泥生产又可分为湿法和干法两种。湿法生产，就是把原料加水在磨机中粉磨成生料浆，再喂入窑内煅烧。采用湿法生产不需要烘干原料，生料浆容易搅拌，调配成分均匀，产品质量较高。但是，湿法生产的耗煤量大，基建费用多。干法生产，就是把原料先经过烘干，再在磨机中磨成生料粉。干法生产耗煤低，但生料粉在一般设备中不易混合均匀。湿法生产虽有不少优点，但由于热耗高，进而转向发挥干法热耗低的优越性，努力克服干法的缺点。

目前，县、社水泥厂多采用干法制备生料，加水成球后在立窑中煅烧熟料，再经磨机粉磨成水泥。立窑生产小水泥的工艺流程如下：



从水泥生产流程可以看出，在生产水泥的全过程中，各工序间是密切联系的。布置各生产设备时，要使各被加工的物料在生产过程中能由上一道工序畅通地转到下一道工序，中间不致发生往返倒流现象。例如，贮存原料的地方与破碎、烘干邻近，而且磨机房靠近窑房。

各种窑型及不同的生产方法，对原料都有一定要求。因此，在原料、燃料、半成品、成品的加工生产过程中，需要进行化学、物理分析，根据分析结果进行配料计算，计算出符合计划要求的生、熟料化学成分、各率值和矿物组成、煤耗等，并在生产中严格加强生产技术指标的控制，不断提高产、质量，降低生产成本。

第二章 烧制硅酸盐水泥熟料用的原料、燃料与配料

第一节 烧制水泥熟料用的原料、燃料

烧制水泥熟料用的生料中含有多种化学成分，其中主要的有四种：即氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁。它们之间有一定的比例。在自然界中很难找到符合要求的单一原料，实际生产中，一般都是几种原料进行调配，使其符合要求。烧制水泥熟料用的原料主要是石灰质原料和粘土质原料，除此还有用来调节三氧化二铝、三氧化二铁、二氧化硅含量用的辅助原料。从省内小水泥生产情况看，原料种类按来源不同可分为天然原料和工业废料。

一、天然原料

1. 石灰质原料

石灰质原料是水泥熟料中氧化钙（碱性成分）的主要来源。水泥生产中，使用石灰质原料的数量是最多的，一般生产一吨熟料约需 1.4~1.5 吨石灰质干原料。如果原料中含水分及杂质较多，用量可达 1.5~2.0 吨。常用的有：石灰石、大理石、方解石、白垩、贝壳与珊瑚、石灰质泥灰岩等。

这些原料虽然在外观上相差很大，但它们的主要成分都是碳酸钙(CaCO_3)，经过 1000°C 的高温煅烧后所得到的产物都是石灰(CaO)。在这些原料中可能含有数量不定的粘土质、碳酸镁(MgCO_3)、石英(结晶的 SiO_2)和硫酸钙(CaSO_4)等杂质。因为生产水泥时要配入粘土质原料，所以石灰质原料中允许含有少量均匀的粘土杂质。过多的碳酸镁、硫酸钙等杂质对水泥熟料的质量是有害的，它们会影响水泥的安定性和凝结时间，因而要限制这些杂质的含量。当石灰质原料中夹有燧石、石英砂层或火成岩等杂质，且分布不均时，会给生料制备及熟料煅烧带来困难，甚至影响熟料质量。因此在矿山开采时，应将这些杂质选出。

选用石灰质原料时，应符合以下技术要求：

- (1) 碳酸钙含量应大于 85% (即 $\text{CaO} > 47\%$)。
- (2) 碳酸镁含量应小于 6% (即 $\text{MgO} < 3\%$)。
- (3) 碱含量 (即氧化钾与氧化钠之和) 应小于 1%。
- (4) 三氧化硫含量应小于 3%。

2. 粘土质原料

粘土质原料是水泥熟料中酸性成分 (主要是 SiO_2 、 Al_2O_3 及部分 Fe_2O_3) 的主要来源。粘土质原料用量一般是根据石灰质原料的化学成分而定的。如石灰质原料中碳酸钙含量高，则粘土质原料用量就大一些。一般生产一吨水泥熟料，约需 0.2~0.3 吨粘土质原料。水泥生产中使用的粘土质原料有粘土、粘土质页岩、黄土、河泥等。省内各水泥厂常用的是粘土。

为了制得较好的水泥，对粘土提出以下技术要求：

(1) 二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁是粘土质原料中的主要成分，也是配制生料的主要成分。二氧化硅的含量为 58~68%，三氧化二铝的含量为 14~21%。

(2) 氧化镁含量应小于 3%。

(3) 碱含量（即氧化钾与氧化钠之和）应小于 4%。当粘土质原料中氧化钙含量高时，采用配出的生料烧成熟料，碱含量应小于 1%。

(4) 三氧化硫含量应小于 1%。

(5) 立窑生产用的粘土质原料，塑性应大些。

(6) 含砂量在 900 孔筛上，残渣不超过 5%。

对粘土矿的选择，除上述条件外，还要求有较大的存量，矿区粘土的成分基本稳定。

对石灰质及粘土质原料的上述要求，不是绝对的，一成不变的。比如，对生产氧化镁硅酸盐水泥来说，原料中氧化镁含量可放宽些（熟料中氧化镁的含量放宽到不大于 6% 时，须经上级批准）。又如，附有钾肥车间的工厂，原料中氧化钾 (K_2O) 的含量应高一些。总之，对具体情况应作具体的分析。

3. 辅助原料

用石灰石及粘土两种原料配制生料时，往往不能满足三氧化二铁、三氧化二铝或二氧化硅含量的要求。因此需要再加一种或两种辅助原料进行调配。常用的辅助原料有：

(1) 铁质辅助材料：用以补充生料中三氧化二铁的含