

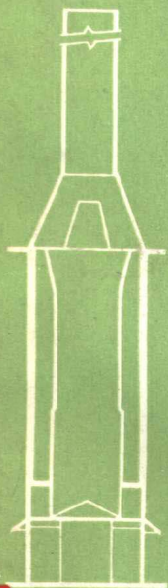
92170/40

22483



“小水泥”技术丛书

水泥生产知识



中国建筑工程出版社

本书是一本普及读物，叙述水泥的一般生产过程，给读者以生产水泥的入门知识，并介绍一些简易生产方法。

本书内容包括：水泥的原料、生料制备、熟料煅烧、水泥制成、生产控制及安全生产等部分。

本书由山东省基本建设委员会建材局组织淄博建筑材料工业学校和山东省建筑科学研究所有关人员编写。

“小水泥”技术丛书
水泥生产知识
“小水泥”技术丛书编写组

*

中国建筑工业出版社出版（北京西外向东路19号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京印刷六厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：25/8 字数：55千字

1972年12月第一版

1972年12月第一次印刷

印数：1-42,750册

定价：0.20 元

书号：15040·3003

出版者的話

在毛主席制定的“以农业为基础、工业为主导”的发展国民經济总方針和一整套“两条腿走路”方針指引下，我国小水泥工业得到了蓬勃的发展。广大群众发揚自力更生、艰苦奋斗的革命精神，就地取材，土法上马，使一个个小水泥厂迅速建成，投入生产，有力地支援了农田水利建設和地方工业基本建設。目前，各省、市、自治区都在积极发展小水泥工业，有些地区小水泥厂已遍布各县。

为了适应小水泥工业的发展形势，以及加强企业管理和进行技术教育的需要，我們請山东省建委、广东省建工局、江苏省基建局、浙江省重工业局、四川省建委組織有关单位編写了这一套“小水泥”技术丛书，給小水泥厂广大职工提供必要的生产知識和技术資料。

这一套丛书共分为《水泥生产知識》、《原料与配料》、《粉磨》、《燒成》、《生产設備》、《化学分析与生产控制》、《簡易物理檢驗》和《无熟料水泥》八个分册，将陸續出版。

这一套丛书从当前大多数小水泥厂的实际情况出发，重点介紹年产量在一、二万吨左右的小水泥厂有关生产設備、操作技术以及簡易檢驗方法等。为了便于新工人学习技术，有些分册还专门写了一些基础知識。

在編写过程中，承蒙山东省建委、广东省建工局、江苏

VI

省基建局、浙江省重工业局、四川省建委的大力支持，組織編写人員深入到小水泥厂作了一些調查研究，收集了有关的技术資料，征求过一些小水泥厂工人、技术人員的意見；同时还得到国家建委設計、科研单位的帮助。“小水泥”技术丛书編写組同志，集体討論审查了各分冊的具体內容，力求使这套丛书能适合初中文化程度的广大职工閱讀。但是，由于小水泥工业是个新事物，經驗总结得还不够，书中缺点、錯誤在所难免，希望广大讀者提出意見，以便再版时訂正。

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

我们必须逐步地建设一批规模大的现代化的企业以为骨干，没有这个骨干就不能使我国在几十年内变为现代化的工业强国。但是多数企业不应当这样做，应当更多地建立中小型企业，并且应当充分利用旧社会遗留下来的工业基础，力求节省，用较少的钱办较多的事。

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 水泥的生产过程.....	3
第二节 普通硅酸盐水泥的成分、性质和用途.....	6
第二章 原料和燃料	9
第一节 石灰质原料.....	9
第二节 粘土质原料.....	11
第三节 辅助原料.....	11
第四节 混合材料.....	13
第五节 燃料.....	14
第三章 生料的制备	16
第一节 原料的破碎.....	16
第二节 原料的干燥.....	21
第三节 配料计算.....	27
第四节 生料的粉磨.....	34
第四章 水泥熟料的煅烧	45
第一节 生料的成球.....	45
第二节 熟料的烧制过程.....	47
第三节 蛋窑与轮窑.....	49
第四节 立窑.....	53
第五章 水泥的制成	62
第一节 水泥粉磨的重要性.....	62
第二节 石膏与混合材料在水泥中的作用.....	63
第三节 提高水泥磨产量的方法.....	66
第六章 水泥的贮存与包装	68
第七章 水泥工厂的生产控制.....	70
第八章 安全生产	74

第一章 概 述

水泥是一种重要的建筑材料。它能将砖、石块、石子、砂等粘结在一起，成为一个坚硬的整体。水泥以及具有上述特点的其他材料如石灰、粘土等，在建筑上都称为胶凝材料。石灰、粘土等加水后成为稠厚的粘浆，在空气中经一段时间逐渐变硬，并能承受一定的外力，即具有一定的强度；但是，将它们放在水中泡一些时间，就消失了强度，变得松软；这样一类材料，称为气硬性胶凝材料。水泥加水后不但能在空气中变硬，而且还会在潮湿空气及水中继续增长它的强度；这样一类材料，称为水硬性胶凝材料。

我国有着悠久的使用胶凝材料的历史。长达二千三百余公里的长城，气势磅礴，是世界上最古老的建筑之一。闻名的故宫，气魄雄伟，距今已有五百多年的历史。还有许多古代遗留下来的桥梁、建筑等名胜古迹，都说明我国劳动人民在制造和使用胶凝材料方面，早已达到了相当高的水平。1876年，我国建起了第一座水泥厂。但是解放前，由于帝国主义的侵略和剥削、国民党反动派的反动统治，水泥工业一直没有发展起来，年产量最高的1942年也不过229万吨，到1949年年产量仅66万吨。

解放后，在毛主席和党中央的英明领导下，水泥工业与其他工业一样，得到迅速的恢复与发展。在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国水泥产量迅速增加，质量不断提

高，品种也日益增多，水泥工业战线出现了欣欣向荣的景象。

水泥的种类，数以百计。我国生产的水泥不仅能满足一般基本建设的要求，而且还能符合宏伟的建筑工程，如人民大会堂、南京长江大桥以及大型水利枢纽工程等需要。目前，大量生产和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）和火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰质水泥）三种。

早在十九世纪，人们就开始制造水泥。最初的生产设备颇为粗陋，生产工艺也十分简单，因而，水泥产量与质量都很低。在不断进行的生产实践及科学实验中，人们逐渐掌握了生产水泥的规律，积累了丰富的生产经验。在粉磨方面，逐步实现了机械化连续生产；球磨机的使用，使水泥细度达到相当细的程度，为合理使用水泥，充分发挥其强度，提供了有利的条件。以后又相继出现了振动磨、无介质磨等新型设备。在煅烧方面，回转窑的出现，使熟料的质量比旧式立窑有了显著的提高；在充分利用热能降低燃料消耗等方面，也做了大量工作，出现了许多新窑型。与此同时，对立窑的结构进行了一系列改革，工艺上也不断改进，于是机械化立窑广泛采用，进一步发挥了立窑结构简单、省钢材、占地少、热耗低等优点，而且生产的熟料质量也有很大提高。随着水泥工业的发展，水泥科学研究工作也迅速发展，对水泥的实质有了较深入的认识，实现了科学配料，并制成许多新品种水泥。现代水泥工业已出现了较以前水平更高的粉磨和煅烧设备，采用了不少新工艺、新技术，正逐步向自动化生产发展着。

我国是一个幅员辽阔、资源丰富的社会主义国家。在社

会主义建设的过程中，有计划有步骤地兴建一批大型水泥厂，以适应重大基本建设工程对水泥的需要，这是完全必要的。但是，对于地方来说，由于资源、资金、设备等条件的限制，这样的大型水泥厂不可能建得很多，而应当根据自己的条件，多建中、小型水泥厂。中、小型水泥厂，特别是小型水泥厂，投资不多，设备简易，见效迅速，地方能够办得起，办得到，办得快，办得好。同时，也有利于充分利用地方矿产资源，形成合理的水泥工业布局，更好地支援农业，支援地方工业基本建设。

第一节 水泥的生产过程

在建立一个水泥厂时，需要考虑厂子建在什么地方比较合适，以及选用什么样的方法较为恰当。

一般说来，建厂时应力求做到厂区靠近主要原料如石灰石、粘土等的产地；有充分的水源以满足生产和生活的需要；同时还要求有比较方便的交通运输条件；还要充分考虑燃料及动力的供应问题，力求就地解决。所用的各种原料应符合生产水泥的要求，而且希望它们的成分尽量稳定一些。厂址应尽量离使用水泥的地区近一点，以减轻交通运输的负担。还应当做到不占用或少占用耕地，以利农业的发展。所有这些都是为了合理利用资源，保证正常生产，保证产品质量，降低成本，合理布局等所必需的。

生产普通水泥大体经过如下步骤：先是把几种原料按适当比例配合后在粉磨机中磨成生料；然后将制得的生料在窑内进行煅烧，得到了熟料；再把熟料配以适量的石膏及混合材料在磨机中粉磨成细粉，即得到了水泥。

生产水泥的地方是根据原料的来源和性质、自然条件、生产规模、对产品质量的要求以及使用的生产设备等来确定的。

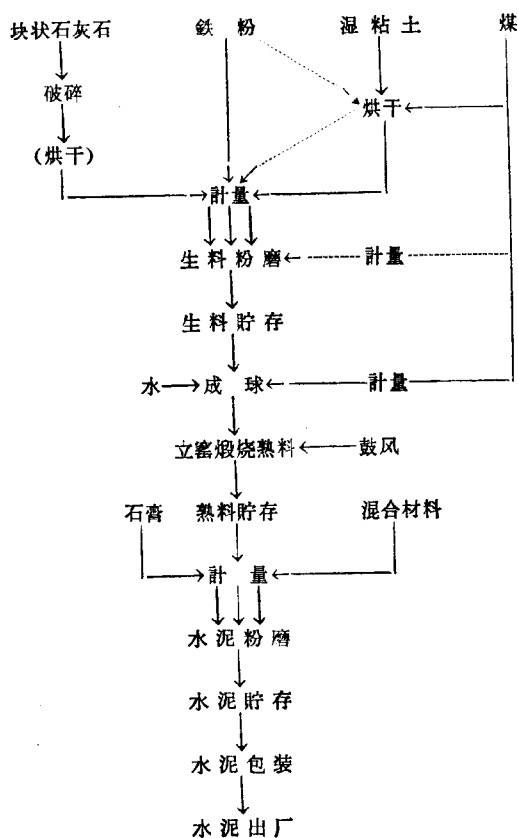
按煅烧设备，基本上可分为立窑生产和回转窑生产两种。回转窑是一个用钢板卷成并焊接或铆接起来的长圆筒，借套在窑体上的滚圈把它横卧地并略呈倾斜地安放在称为托轮的支撑设备上，靠电动机通过一套传动设备带动它旋转。一般说来，用回转窑烧成的熟料质量比立窑好一些。

按制备生料，可分为湿法和干法两种。所谓湿法，就是把原料加水在磨机中磨成生料浆。采用湿法生产时不需要烘干原料，因此适用于原料中含水分大的水泥厂；又由于生料浆容易搅拌调配得成分均匀，所以当原料成分波动比较大，选用湿法生产是较好的。但是，湿法生产的耗煤量大。所谓干法生产，是把原料先经过烘干，再在磨机中磨成生料粉。另外，习惯上还把在干生料粉中加入适量水制成料球的方法称为半干法。

目前大多数小水泥厂是采用干法制备生料，加水成球后在立窑中煅烧熟料，再经球磨机磨成水泥这样一种生产系统。立窑生产水泥的过程，可用5页所列流程图表示。

从水泥生产流程图可看出，在生产水泥的全过程中各个工序之间是密切联系的。所以，在布置各生产设备时，要合乎它们之间的内在联系，使得各被加工的物料在生产过程中能由上一道工序通畅地转到下一工序，中间不发生往返倒流现象。例如贮存原料的地方应与破碎、烘干等相邻近，而粉磨机房则应当靠近窑房。

立窑生产水泥流程图



第二节 普通硅酸盐水泥的成分、 性质和用途

普通硅酸盐水泥也称普通水泥，是以硅酸盐水泥熟料加入适量的石膏及不超过水泥重量百分之十五的水硬性（也叫作活性）混合材料，共同粉磨成细粉的水硬性胶凝材料。

普通水泥之所以具有水硬性，是因为在煅烧熟料的过程中，由生料引入的某些成分，在高温下相互间发生了化学反应，生成了一些新的矿物。这些矿物在磨细的条件下，很容易与水起反应，使水泥发挥强度并在水中继续增进与保持其强度。

水泥熟料的主要化学成分有：氧化钙（ CaO ）、二氧化硅（ SiO_2 ）、三氧化二铝（ Al_2O_3 ）及三氧化二铁（ Fe_2O_3 ）。它们在高温下发生反应，生成的新矿物有如下几种：

硅酸三钙（ $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，简写成 C_3S ）它是由氧化钙、二氧化硅化合而成的。加水后与水反应的速度快，凝结硬化也快。硅酸三钙水化生成物所表现的早期与后期强度均较高。

硅酸二钙（ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，简写为 C_2S ）也是由氧化钙和二氧化硅化合生成的。它与水反应的速度比硅酸三钙要慢得多，凝结硬化也慢，表现的早期强度比较低，但后期强度可增进得相当高，甚至在水化几年之后还在继续发挥其强度。熟料中含硅酸二钙的量多时，如果冷却不迅速，就易出现粉化现象，即熟料自动变成粉状，使制得的水泥强度显著降低。

以上两种，统称为硅酸盐矿物，其含量的多少影响到水

泥的强度。在硅酸盐水泥熟料中一般约为70~74%左右，有些厂可能还要高些。其中硅酸三钙约为40~55%左右。

铝酸三钙 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，简写为 C_3A) 由氧化钙和三氧化二铝化合而成。它与水的反应相当快，而且凝结硬化得也快。其强度的绝对值并不很大，但在加水后短期内就可几乎全部发挥出来。因此，铝酸三钙是影响普通水泥早期强度及凝结快慢的主要矿物。另外，铝酸三钙在煅烧熟料过程中熔为液体，对生成硅酸三钙起一定的影响。

铁铝酸四钙 ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，简写为 C_4AF) 由氧化钙、三氧化二铝和三氧化二铁化合而成。它不是影响水泥凝结硬化和强度的主要矿物，但在煅烧熟料的过程中，铁铝酸四钙能降低熟料的熔融温度和融化成为液体（在煅烧熟料过程中所出现的液体，统称为液相）的粘度，有利于硅酸三钙的生成，所以也是熟料中的重要矿物。

铝酸三钙和铁铝酸四钙在硅酸盐水泥熟料中统称为熔媒矿物，它们的总含量约占 20~24%，其中铝酸三钙一般在 5~9% 左右。

熟料中还含有氧化镁 (MgO)，它不与其他成分化合。这是一种有害的成分，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，所以它的成分除上述的那些外，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他成分，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，所以它具有加水后发生化学

变化，产生出新的水化物，进而凝结硬化，发挥强度，以及一定的抵抗水的侵蚀能力等性质。此外，水泥、石子和砂加水混合后成为流动性很好的浆体，因而可浇灌在模型中制作成各种形状的构件和建筑物。水泥建筑物还具有一定的抗冻性与抗渗透性。

因为普通水泥具备上述的性质和特点，所以它广泛地用在农田水利工程、粮仓、晒场、农用船、厂房、住宅、桥梁、水坝、堤岸、涵洞、道路、码头以及预制铁路轨枕、电杆、屋架等制品。

使用水泥时要用清洁的水，而且所用的石子、砂等应当筛净或水洗，以除去杂质脏物，保证建筑物的质量。浇灌水泥砂浆或混凝土浆后要等到建筑物或构件有了一定强度才可拆模，并且应经常保持潮湿。这在施工中叫做养护。在此期间还应当避免阳光照射或风吹，否则会迅速减少水分，影响化学反应的充分进行，导致强度降低出现干裂纹等，甚至发生事故。在水泥中掺入石灰、土等，或者不同品种的水泥混合使用，都是不好的，因为这样都会显著降低水泥建筑物的强度。

在磨制水泥时，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质硅酸盐水泥。这两种水泥较普通水泥的凝结硬化慢，早期强度低，因此拆模时间要延迟，更要加强养护，否则会出现建筑物表面起砂、强度降低等弊病。这类水泥除适用于一般建筑工程外，用于地下、水中或经常潮湿地方的工程尤为适宜。

第二章 原 料 和 燃 料

自然界很不容易找到一种单一原料，能完全满足制造水泥的要求。因此，选用来源丰富、价格低廉的几种原料，经合理搭配，以符合生产的要求，是一种切实可行的办法。生产普通硅酸盐水泥用的原料有：石灰质原料、粘土质原料和辅助原料三类。

第一节 石 灰 质 原 料

石灰质原料的主要成分是碳酸钙（ CaCO_3 ），它主要供给烧成水泥熟料所需的氧化钙。在自然界属于这类原料的有：石灰石、白垩、贝壳、珊瑚石、大理石、方解石和泥灰岩等。

石灰石是最常见的石灰质原料，呈白色、灰色、灰白色或黑灰色，纯净的为白色，通常为灰白色。石灰石的结构致密，成块状，小刀能刻动，刻痕为白色。将石灰石块击碎，暴露出的断面叫断口，呈贝壳状或瓷状。常见的有害杂质为白云石和燧石。白云石颜色较浅，通常为灰白色，玻璃光泽，晶面往往弯曲呈鞍状。它是使石灰石中含氧化镁的主要来源。燧石俗称“火石”，成分为二氧化硅。通常为褐黑色，凸出在石灰石的表面或呈结核状夹在其中，硬度较大，小刀刻不动。用作水泥原料的石灰石中，氧化镁、燧石或石

英粒一般均以控制在3%以下为宜。

白垩也是一种主要的石灰质原料。我国河南等省的一些水泥厂，就是使用白垩的。白垩由方解石质碎屑组成，通常呈白色，有的也呈淡灰色或淡黄色。白得发亮的白垩为最纯，碳酸钙的含量可达90%以上；暗黑色的比较差，有时碳酸钙含量还达不到80%。白垩质软，结构单一，极易破碎和粉磨，适于做水泥原料，但是要把它与白色的或黄色的粘土区分开来。简单的区分方法是将盐酸滴在白垩上会大量起泡，而滴在粘土上则没有这种现象。

在沿海地区盛产贝壳和蛎壳，经过1000°C高温煅烧后得到蛎灰，主要成分是氧化钙，可以用来制造水泥。古代珊瑚虫石化而成的珊瑚石，也是较好的石灰质原料。

如果在水泥厂附近有大理石加工厂，也可用大理石碎屑作石灰质原料。此外，方解石也可用来生产水泥。

水泥厂用的石灰质原料，一般要求碳酸钙的含量以大于80%为宜，如折算为氧化钙则应大于45%。

还有一种原料叫泥灰岩，是石灰岩和粘土的天然混合物。如果成分适宜时，可直接用来烧水泥熟料。从外观看，泥灰岩有白色、青灰色、青绿色、土黄色，有的质坚如石，有的疏松如土，其碳酸钙的含量在50~75%之间，其他为粘土质矿物。通常用泥灰岩时，加入适量的石灰石或粘土，以补氧化钙或粘土成分的不足。

一些工业废料如碱泥、电石渣、赤泥、糖泥等，可代替石灰质原料，生产水泥。这是工业废渣利用的一个途径。

还有的水泥厂，用消石灰粉作水泥原料。

第二节 粘土质原料

粘土质原料主要供给烧成熟料所需的二氧化硅、三氧化二铝及部分三氧化二铁。它的种类很多。天然粘土质原料有：粘土、黄土、页岩、山泥、河泥、硅藻土、煤矸石等。此外，还有工业废渣如：粉煤灰、火力发电厂炉渣等。

天然粘土的产地很广，多呈黄色、褐色或红色。由于粘土的形成和产地不同，各种粘土的化学成分有一定的差异，但它们的主要成分均为二氧化硅和三氧化二铝，另外还含有一些三氧化二铁。在粘土中，三氧化二铁的含量比较多时，就显出褐色或红色。

作为生产水泥用的粘土质原料，二氧化硅的含量在56~70%、三氧化二铝在12~16%的范围内比较好。对于立窑水泥厂，希望粘土的可塑性（即粘性）好，有利于成球。粘土中往往含有一些细小的砂粒，它会降低塑性，并给煅烧操作带来困难，所以含砂量一般控制在5%以下，最多不要超过10%。

在形成粘土的过程中，往往杂有一些氧化钾（ K_2O ）、氧化钠（ Na_2O ）之类的碱性氧化物。它们在煅烧熟料过程中破坏硅酸二钙、硅酸三钙及铝酸三钙，使这些有用矿物的含量减少，游离氧化钙的含量增加，造成水泥的安定性不良、强度下降、建筑物表面起斑等。粘土中的含碱量（即含氧化钾和氧化钠的量）以不超过3%为宜。

第三节 辅助原料

在水泥厂中有一些用量较少但对保证正常生产、提高质