

社 队 企 业 生 产 技 术 丛 书



小水泥的制造技术

何水清 主编

农 业 出 版 社

社队企业生产技术丛书

小水泥的制造技术

何水清 主编

农 业 出 版 社

社队企业生产技术丛书
小水泥的制造技术
何水清 主编

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 3.75 印张 74 千字
1983 年 7 月第 1 版 1983 年 7 月北京第 1 次印刷
印数 1—8,700 册

统一书号 17144·56 定价 0.42 元

前 言

为了帮助社队水泥厂的广大职工提高技术水平，我们编写了这本《小水泥的制造技术》一书。

本书在徐州地区第二工业局的领导下，由何水清同志担任主编，宋园德同志负责绘图。

由于我们经验不足，书中缺点、错误难免，希望读者批评指正。

编者

1982年5月

目 录

概论	1
第一章 原料和配料	4
第一节 水泥的品种与标准	4
第二节 生产水泥的原料和燃料	6
第三节 水泥熟料成分及各率	12
第四节 配料计算	16
第二章 生料的制备	31
第一节 原料的破碎	31
第二节 原料的烘干	38
第三节 生料调匀的要求和方法	44
第三章 熟料的烧成	47
第一节 煅烧窑的选型	47
第二节 立窑的煅烧	54
第三节 立窑的操作	59
第四节 几种常见的熟料	63
第四章 粉磨技术	66
第一节 磨机的规格与构造	67
第二节 粉磨操作要点	75
第三节 影响磨机产量、质量的因素及措施	79
第五章 收尘	89
第一节 收尘的作用	89
第二节 常用的收尘系统	91

第六章 简易物理检验	97
第一节 水泥细度检验方法	97
第二节 标准稠度、凝结时间、安定性的检验	98
第三节 水泥胶砂强度检验	102
第七章 出厂前的管理	108
第一节 贮存	108
第二节 包装	108
第三节 出厂水泥	110

概 论

水泥在水硬性胶凝材料中，占有重要的地位。它不仅在硬化前具有良好的可塑性与粘结性，硬化时体积变化小、均匀，而且还能在空气和水中硬化，产生很高的机械强度。因此，被广泛应用于工业、农业、国防、交通、城建、水利及海洋开发等工程建设，同时在水泥制品代钢、代木等方面，也越来越显示出它在技术经济上的优越性。所以，大力发展水泥工业，是实现我国四个现代化的迫切需要。

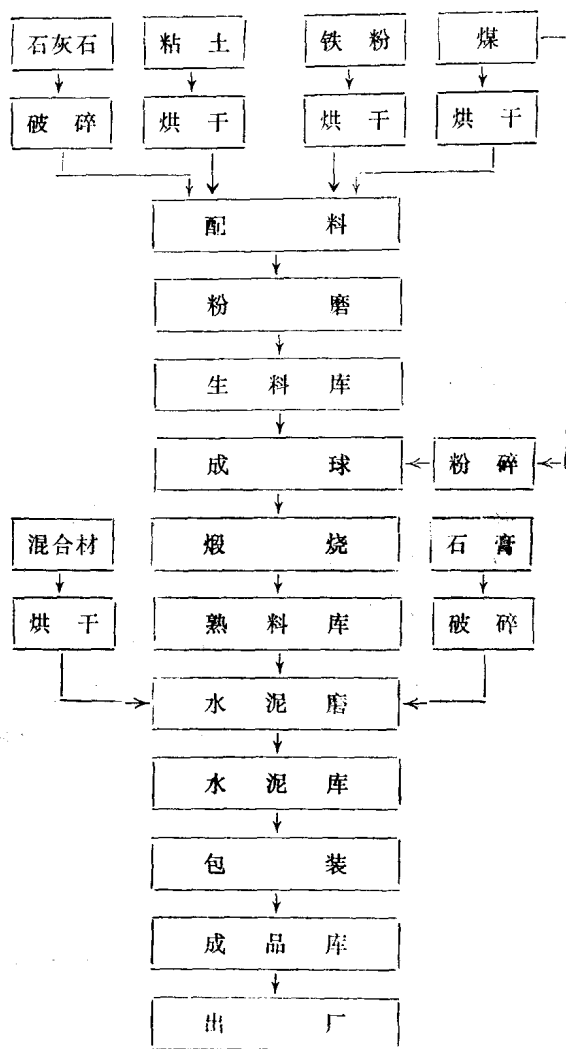
早在十九世纪，我国人民就开始制造水泥。当时生产设备粗陋，生产工艺简单，水泥产量和质量都很低。随着我国人民长期不断的实践，从而逐渐掌握了水泥生产的规律，积累了丰富的经验。在粉磨方面，逐步实现了机械化连续生产。球磨机的使用，使水泥细度达到了新水平，为合理使用水泥，充分发挥其强度，提供了有利条件；在煅烧方面，回转窑的出现比旧式立窑在熟料质量上有了显著的提高；在充分利用热能降低燃料消耗方面，如窑外预热和窑外分解等，也做了大量的工作。另外，近年来各地对立窑的结构也进行了一系列的改革，工艺上也有不断的改进。机械化立窑的广泛采用，进一步发挥了立窑结构简单、省钢材、占地少、热耗低等优点，从而提高了熟料的质量。总之，我国的水泥工业正在逐

步地向大型化、自动化生产方面发展。

目前，水泥生产方法有两种：一是干法生产，一是湿法生产。用立窑的水泥厂全部采用干法生产，习惯上也叫半干法生产。它的特点是，连续性强，但厂内运输量大，物料粉尘较多。所以，一个厂址建在什么地方，布置什么样的工艺流程较为恰当，在建厂前需慎重考虑。一般说，厂址应力求做到靠近主要原料产地，如石灰石、粘土、或煤矸石等；要有充分的水源，满足生产与生活的需要；要有比较方便的交通运输条件；燃料和动力的供应，也要考虑就地解决。而采用什么样的工艺流程，既要考虑布置得紧凑，尽量减少工厂占地面积，缩短运输距离，减少运输设备，又要考虑到将来扩建时留有余地。水泥生产耗电较多，在条件许可的情况下，工厂配电间应尽可能靠近主机车间，以减少输电路电压降的损失。生活区应布置在当地主导风向的上侧，以减少粉尘对生活区的污染。

目前，硅酸盐类水泥的生产工艺流程概括起来叫做两磨一烧。即把几种原料按适当比例配合后，在粉磨机中磨成生料；将生料经过煅烧使之部分熔融形成熟料；将熟料与适量石膏共同磨细制成硅酸盐水泥，或将硅酸盐水泥熟料与一定量的混合材料，并掺入适量石膏共同磨细制成不同品种的水泥。

由于立窑煅烧水泥熟料有许多优点，因而被一般小水泥厂广泛采用，其生产流程图如下。



立窑生产水泥流程图

第一章 原料和配料

第一节 水泥的品种与标准

一、水泥的品种

水泥的种类数以百计，其广泛使用的是硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥（以下简称普通水泥）、矿渣硅酸盐水泥（以下简称矿渣水泥）、火山灰质硅酸盐水泥（以下简称火山灰水泥）和粉煤灰硅酸盐水泥（简称粉煤灰水泥）等五种。

凡以适当成分的生料，烧至部分熔融，所得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。

凡由硅酸盐水泥熟料，少量混合材料和适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料，称为普通水泥。水泥中的混合材料掺加量，按重量百分比为：

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%；

同时掺活性和非活性混合材料时，总量不得超过15%，其中非活性混合材料不得超过10%。

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水泥。水泥中粒化高炉矿

渣掺加量，按重量百分比为20—70%。允许用不超过混合材总掺量 1/3 的火山灰质混合材料或粉煤灰代替部分粒化高炉矿渣，但代替数量最多不得超过水泥重量的15%。

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水泥。水泥中火山灰质混合材料掺加量，按重量百分比为20—50%。允许掺加不超过混合材料总掺量 1/3 的粒化高炉矿渣代替部分火山灰质混合材料。

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水泥。水泥中粉煤灰掺加量，按重量百分比为20—40%。允许掺加不超过混合材料总掺量 1/3 的粒化高炉矿渣，此时混合材料总掺量可达50%，但粉煤灰掺加量仍不得超过40%。

硅酸盐水泥划分为：425、525、625三个标号；

普通水泥划分为：225、275、325、425、525、625六个标号；

矿渣水泥、火山灰水泥及粉煤灰水泥均划分为：225、275、325、425、525五个标号。

二、水泥的标准

为使水泥成品符合一定质量要求，保证工程质量，同时，又不束缚水泥生产的发展，充分利用资源，增加产量，国家规定的标准是：

熟料中氧化镁含量不得超过5—6%；

硅酸盐水泥、普通水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥的三氧化硫含量不得超过3.5%，矿渣水泥不得超过4%；

上述五种水泥的安定性必须合格：细度，用0.080毫米方孔筛筛余不得超过15%；凝结时间，初凝不得早于45分钟，终凝不得迟于12小时。

第二节 生产水泥的原料和燃料

硅酸盐水泥熟料，大约含有60—66%氧化钙，19—24%二氧化硅，4—7%三氧化二铝，3—6%三氧化二铁。生产硅酸盐水泥熟料的主要原料是石灰质、粘土质原料两大类。选用两种原料，按一定的配比组合还满足不了形成合乎化学成分要求的熟料时，则要加入第三，甚至第四种原料加以调整，这部分原料通常叫做校正原料或辅助原料。为了改善煅烧条件，也常常加入少量的矿化剂等。

在煅烧水泥时，需要一定数量的燃料。一般立窑水泥厂所用的燃料为无烟煤、焦炭末等固体燃料。缺无烟煤的地方，用烟煤代替白煤同样也能烧出好的水泥熟料。

一、主要原料

1. 石灰质原料 石灰质原料的主要成份是碳酸钙(CaCO_3)，它主要供给烧成水泥熟料所需的氧化钙。石灰质原料的共同特点是，在1,000—1,200℃下煅烧都生成石灰(CaO)，用稀盐酸(HCl)溶液滴在这些原料上，都有起泡现象，起泡越多，说明纯度越高。在自然界属于这一类原料的有：石灰石、白垩、贝壳、珊瑚石和泥灰岩等。另外，一些工业废料，如碱泥、电石渣、赤泥、糖泥等，也可代替石灰质原料生产水泥。

石灰石是水泥生产最普遍应用的石灰质原料。纯度较高的呈白色，含有少量杂质的呈灰色、褐红色、灰白色、黑灰色等。用小刀在石头上刻划可出现白色条痕，击碎时暴露出贝壳状或瓷状的断口。

用于生产水泥的石灰石，碳酸钙 (CaCO_3) 的含量一般都在85%以上 ($\text{CaO} > 47\%$)，并含有少量的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 MgO 等杂质。在杂质中，特别要注意 MgO 和晶体 SiO_2 (俗称燧石)。 MgO 含量高会导致水泥安定性不良；燧石硬度大，与其他组分反应慢，其含量过多，将对粉磨、煅烧和水泥熟料质量有影响。所以，要对石灰石中这些有害杂质加以控制。 MgO 含量应小于3%，燧石或石英含量应小于4%。使用别的石灰质原料，有害杂质也同样不得大于上述含量。

2. 粘土质原料 粘土质原料主要供给烧成水泥熟料所需的 SiO_2 、 Al_2O_3 及部分 Fe_2O_3 。天然粘土质原料有：粘土、黄土、山泥、河泥、硅藻土、页岩、碳质或泥质页岩(煤矸石)等，一些工业废渣，如粉煤灰、炉渣等也可作为粘土质原料。

生产水泥用的粘土质原料， SiO_2 的含量在56—70%， Al_2O_3 的含量在12—16%的范围内比较好。粘土质原料的可塑性(粘性)会直接影响水泥生料成球质量，可塑性好的(塑性指数大于12)粘土质原料，磨出的生料容易成球，料球质量好；反之，含砂量大的粘土质原料，不仅影响粉磨，而且也对煅烧不利。含砂量一般控制在5%以下，最多不超过10%。粘土质原料中杂有一些氧化钾(K_2O)、氧化钠(Na_2O)之类的碱性氧化物，它们在煅烧熟料的过程中会破坏有用矿物的生成量，使熟料中的游离氧化钙(f- CaO)含量增加，降低水泥质量(即

安定性不良、强度下降)。如果使用这种水泥, 建筑物的表面往往起斑, 因此, 粘土质原料中的碱含量以不超过 3 % 为宜。

二、辅助原料、混合材料与燃料

1. 辅助原料 根据它所起的作用, 可分为校正原料、矿化剂和缓凝剂三类。

校正原料: 只用石灰质和粘土质原料进行配料, 还不能满足生产优质熟料的要求时, 就要考虑加入某种校正原料。铁质校正原料要求 Fe_2O_3 含量大于 40%, 最好达到 60—70%, 较常用的有硫酸的副产品——硫铁矿渣 (习惯称作铁粉)、炼铁厂的尾矿及铁矿石等。当 SiO_2 或 Al_2O_3 含量不足时, 需要加硅质或铝质校正原料, 较常用的有含硅较高或含铝较高的粘土。

矿化剂: 指水泥生产中某些少量的能加速各种晶体化合物形成的附加物质。当生料中含有较多的结晶物质, 如石英颗粒, 或生料中碱含量过多, 或煅烧高石灰饱和的熟料, 加入一定数量的矿化剂, 效果最为明显。这是因为矿化剂能使被煅烧物料的结晶发生缺陷, 加速化学反应速度或化学反应容易进行, 如加速碳酸钙的分解, 破坏 SiO_2 的晶体结构等。另外, 它还能降低液相出现的温度、粘度、烧成温度等。矿化剂还能促使 K_2O 、 Na_2O 在低温下挥发。

常用的矿化剂有萤石 (CaF_2)、石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 和铜矿渣 (主要成分是 FeO) 等。

矿化剂的恰当掺入量, 要通过试验来确定。掺量过多, 既不经济, 又易烧熔, 从而破坏窑的操作, 降低窑的使用寿命; 掺的过少, 效果不明显。一般最佳掺入量 (以生料重量

计)为:萤石, 0.25—0.5%;石膏, 3.5—5.5% (掺时注意控制带入 SO_3); 铜矿渣, 1—2%。

缓凝剂: 纯净的熟料粉加水后凝结较快, 以致影响工程施工的进行。为了延缓水泥的凝结时间, 在水泥熟料粉磨时加入适量的缓凝剂。目前水泥厂较普遍使用的是, 天然二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 也有些厂使用的天然硬石膏(CaSO_4)和陶瓷厂的废石膏模。二水石膏的掺入量一般为3—5%。硬石膏的溶解度比二水石膏小, 掺入时要比二水石膏多1%左右。二水石膏的质量要求是, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含量要大于65%, 即 SO_3 要大于30%。

2. 混合材料 在粉磨水泥熟料时, 常掺入各种混合材料, 制成不同品种的水泥。掺入混合材料的作用主要是:

不同的建筑物所承受的压力大小不同, 因此, 对水泥的标号要求也不一样。水泥中掺入混合材料, 可以调节水泥标号;

掺入混合材料可以改变水泥的某些性能, 以满足某些特殊工程的需要;

掺入混合材料, 可提高产量, 降低成本;

目前所用的混合材料, 大部分是工业废渣, 所以, 既能化害为利, 又能造福于人民。

混合材料分为活性、非活性两大类:

(1) 凡是天然的或人工制成的矿物质材料, 磨成细粉后加水, 其本身不硬化或硬化很慢, 但与石灰混拌加水成胶泥状态。并且, 不仅能在空气中硬化, 而且能在水中硬化, 这些称为活性混合材料。属于这一类材料的主要有:

冶金工业的副产品——粒化高炉矿渣。在矿渣中， CaO 、 SiO_2 和 Al_2O_3 的成分通常都占总数的90%以上，与硅酸盐水泥熟料相比， CaO 含量较低，而 SiO_2 含量偏高。

矿渣的活性不仅取决于化学成分，而且在很大程度上取决于内部结构。在一般情况下，矿渣的 SiO_2 含量较高，如果由熔融状态慢慢冷却而结晶，就成为块状的硬矿渣，活性极小。热熔矿渣经过急速冷却，形成以玻璃体为主的结构时，就可获得活性较大的粒化矿渣。冷却越迅速越充分，矿渣活性也就越高。我国多采用水淬急冷法处理矿渣，习惯上叫水淬矿渣或水渣。

在同一水淬条件下，矿渣的质量可用质量系数 K 的大小来衡量。根据国家标准规定， $K = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \text{MnO} + \text{TiO}_2}$ ，不得小于1.2。该系数基本上为矿渣活性组分与低（非）活性组分的对比。质量系数越大，矿渣活性越高，它与所配水泥的强度，特别是早期强度关系很大。

火山灰质混合材料。属于这类混合材料的品种很多，按其活性组分又分为：含水硅酸质、铝硅玻璃质及烧粘土质三个主要类别。

硅藻石、蛋白石、硅质渣属于含水硅酸质混合材料；火山灰、凝灰岩、浮石、沸石、粉煤灰、液态渣等属于铝硅玻璃质混合材料；烧粘土、煅烧煤矸石、沸腾炉渣、页岩渣等属于烧粘土质混合材料。因种类多，性质各有不同，在使用前应经过试验，再根据国家标准规定的掺入量范围来确定其用量。

(2) 非活性混合材料，也称为填充性混合材料。它是一种天然的或人工的矿物质原料，不具有或具有微弱的水硬性。在水泥生产中常掺用的有：石英砂、石灰石、白云石、末水淬的高炉矿渣及低活性的炉渣等。

3. 燃料 立窑水泥厂煅烧熟料所用的燃料有：无烟煤、焦炭末、天然焦煤和烟煤等。

立窑煅烧水泥熟料的特点是：上部物料在煅烧过程中，因空气不足，严重缺氧，加上有些煤的挥发分高，其不完全燃烧的热损失大，同时，还会影响看火操作。煤的挥发分应小于10%为好，因烟煤的挥发分一般都大于15%，故立窑水泥厂很少使用。

煤的发热量，对窑的煅烧和熟料质量影响很大，一般要求发热量在 5,000 千卡/公斤以上。但目前不少小水泥厂就地取材，用劣质煤、石煤（发热量 3,000 千卡/公斤左右）来煅烧水泥熟料，也取得了成功的经验。

立窑煅烧水泥熟料，煤是直接掺到生料中去的。煤的掺入方法，通常有两种：一是将少部分煤与其他原料一起入磨（助磨煤），制成半黑生料，其余的煤则粉碎成细粒状后再加入半黑生料中一起成球；一是将煤全部与其他原料一起入磨，制成全黑生料。采用全黑生料的厂，若煤的灰分高，热值低，再加混合不均匀将给立窑煅烧带来很大的困难。煤灰一般硅酸率较低，如果所用的粘土硅酸率也低，则将给配料带来了困难。因此，要求煤的灰分不能超过20%。但是，考虑到当地资源和工业发展的全局出发，对于灰分高的煤，只要混合均匀，采取适宜有效的措施，也能烧出较好的熟料。