

技工学校教材

适用于初中程度

水泥工业 粉磨工艺

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定



中国工业出版社

技工学校教材

适用于初中程度

水泥工业

磨粉工艺

江苏工业学院图书馆

藏书章

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定

建筑工程部琉璃河水泥技工学校主编

中国工业出版社

本书包括：水泥生产基本知识、磨机总论、磨机操作、
输送与收尘设备、机械的磨损与润滑，共五篇。

其内容概括地介绍了水泥生产知识，较系统地阐述了有关磨机的构造、基本理论、操作方法与操作经验，同时对输送与收尘设备的构造、工作原理、维护方法以及润滑材料的种类、性质等也作了简要说明。

本书适用于具有初中程度的三年制或二年制技工学校学习，也可供水泥厂技术人员参考。

水泥工业粉磨工艺

(适用于初中程度)

全国技工学校教材编审委员会建筑工程部教材编审小组审定
建筑工程部琉璃河水泥技工学校主编

*

建筑工程部编辑部编辑(北京西郊百万庄)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $6^{1/2}$ ·插页1·字数151,000

1963年4月北京第一版·1963年10月北京第二次印刷

印数1,791—2,318·定价(8-3)0.63元

*

统一书号：K15165·1413(建工-191)

前 言

在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，在党的教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相結合的方針指导下，我部系統的技工学校工作也有了很大的进展，并已取得了一些成績。为了进一步改进技工学校的工作，提高教学质量，目前极需一套比較定型的符合教学計劃和教学大綱要求的教材，为此，組織本部系統內办校历史較久、基础較好的技工学校編写了一批专业教材。这些教材是按照培养全面发展的中級技术工人的要求进行編写的；同时也照顧到了学生毕业后进一步提高的需要。

这批教材适宜于招收初中毕业生、学制二年或三年的技工学校使用或招收高小毕业生，經過一年文化学习基本上具备有初中文化水平的学生使用。各校选用时可根据主管部門批准的教学計劃与教学大綱，作必要的刪減和增添。

由于時間短促和缺乏經驗，編审工作定会存在不少缺点，希望使用单位和有关同志提出意見，以便今后作进一步修改。

这本书是由建筑工程部組織以琉璃河水泥工业学校为主，会同琉璃河、大同和小屯水泥厂技术人員与有經驗的生产工人共同編写。由于学校党組織的大力支持，以及参与編写工作的同志們的努力，因而能在极短的时间內順利地完成了編审工作，本书由刘衍綱同志負責主編，在此一并表示謝忱。

全国技工学校
教材編审委员会 建筑工程部教材編审小組

1961.8.

目 录

第一篇 水泥生产基本知识

第一章	概 述	5
第一节	水泥的定义和特点	5
第二节	硅酸盐水泥的成分	6
第二章	硅酸盐水泥的原料	9
第一节	主要原料	9
第二节	辅助原料	11
第三节	原料的选择与处理	15
第三章	硅酸盐水泥的生产方法	22
第一节	立窑生产过程	22
第二节	干法迴轉窑生产过程	24
第三节	湿法迴轉窑生产过程	26
第四节	半干法迴轉窑生产过程	28

第二篇 磨机总论

第一章	磨机的类型及构造	31
第一节	磨机的分类	31
第二节	球磨机	33
第三节	管磨机	36
第四节	磨机的主要部件	47
第五节	磨机的传动设备	59
第六节	磨机的喂料与計量装置	63
第七节	震动磨及其它粉磨设备	70
第二章	粉磨理論	74
第一节	球磨机工作原理	74
第二节	磨机轉速的决定	75

第三节	磨机中研磨体的运动情况.....	77
第四节	磨机所需动力的计算.....	79
第五节	磨机生产能力的计算.....	81
第三章	研磨体的装填、消耗及调整	88
第一节	研磨体的装填.....	88
第二节	填充系数与研磨体装载量的计算.....	95
第三节	研磨体的消耗与补充.....	97
第四节	研磨体的调整.....	100

第三篇 磨机操作

第一章	水泥磨	103
第一节	粉磨过程.....	103
第二节	选粉机.....	109
第三节	水泥细度对水泥强度的影响及测定方法.....	113
第四节	水泥磨操作.....	118
第五节	提高磨机产量的措施和经验.....	123
第二章	生料磨	129
第一节	概述.....	129
第二节	单程粉磨与循环粉磨.....	129
第三节	水力分级机.....	131
第四节	降低料浆水分的方法.....	135
第五节	生料磨操作.....	136
第六节	生料煅烧前的准备.....	138
第三章	煤磨	143
第一节	干燥粉磨分别进行的煤磨.....	143
第二节	干燥粉磨同时进行的煤磨.....	145
第三节	煤磨操作.....	152
第四节	火灾的防止与处理.....	153
第四章	影响磨机产量的因素	155
第一节	研磨体的装载量和种类.....	155

第二节	隔仓板的位置、形式和篦孔的大小.....	156
第三节	磨机通风.....	157
第四节	物料的易碎性.....	159
第五节	物料的温度与水分.....	161
第六节	粉磨细度.....	163
第七节	物料粒度.....	164
第八节	喂料的均匀性.....	165

第四篇 输送与收尘设备

第一章	输送设备.....	168
第一节	桥式起重机.....	168
第二节	皮带输送机.....	170
第三节	刮板输送机.....	171
第四节	螺旋输送机.....	174
第五节	斗式提升机.....	176
第六节	粉状物料的风动式输送设备.....	179
第二章	收尘设备.....	187
第一节	旋风收尘器.....	188
第二节	水收尘器.....	191
第三节	袋收尘器.....	193
第四节	电收尘器.....	195

第五篇 机械的磨损与润滑

第一章	机械的磨损.....	199
第一节	机械磨损的种类.....	199
第二节	影响机械磨损的因素.....	200
第二章	机械的润滑.....	201
第一节	机械润滑的意义.....	201
第二节	润滑材料的性质.....	202
第三节	润滑材料的选择和应用.....	204
第四节	润滑油的再生.....	206

第一篇 水泥生产基本知識

第一章 概 述

第一节 水泥的定义和特点

建筑工程中常用的建筑材料有鋼材、木材、砖瓦、石块、石膏、石灰、水泥等，这些材料因性质不同，在用途和使用方法上也不同，如木材、石块将外形加工后，即可用于建筑物中，而石膏、水泥是經煨烧粉磨而得，呈粉末状，須加水調和后才能用于建筑。

当石膏、石灰、水泥等加水調成浆状时，具有可塑性及粘結性，能与其他材料（如碎石、砂子等）粘結在一起，并可使构筑物做成任意形状，在物理化学变化的影响下，經一定時間硬化后，成为机械强度相当高的人造石材。根据这些特点，我們称这些材料为胶凝物质。这些胶凝物质有共同的特点，也有重要的不同点，如石膏、石灰粉末加水后，只能在空气中硬化和保持其强度，而水泥不但能在空气中硬化，并且能在水中繼續硬化。凡具有前一特性的，称为气硬性胶凝物质，具有后一特性的称为水硬性胶凝物质。以上特点决定了气硬性胶凝物质只适用于干燥的地上建筑物，水硬性胶凝物质，除用于地上建筑外，还可以用于地下或水中建筑。

水泥是水硬性胶凝物质之一，是重要的建筑材料，它的可塑性及粘結性良好，机械强度高，硬化时体积变化小，常与鋼筋配合制造鋼筋混凝土。在現代工程中，無論在工业建筑、水利工程、交通運輸等部門，水泥都应用得很广。

水泥种类很多，目前我国大量生产的有普通水泥（硅酸

盐水泥)、矿渣水泥(矿渣硅酸盐水泥)、火山灰质水泥(火山灰质硅酸盐水泥),另外还生产油井水泥、高铝水泥、白色水泥等。

根据国家标准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熟料,加入适当的石膏,磨成细粉,制成的水硬性胶凝材料,称为硅酸盐水泥(即普通水泥)。在熟料粉碎时,允许按水泥成品重量均匀地加入不超过15%的活性混合材料(火山灰质物质或粒状高炉矿渣),或不超过10%的填充性(即非活性)混合材料(例如石英砂、石灰岩等);或同时加入不超过总数15%的活性与填充性混合材料,但填充性混合材料不得超过10%;成品名称不变,仍称硅酸盐水泥。

至于火山灰质水泥与矿渣水泥是由掺入的混合材料而得名;火山灰质水泥掺入火山灰质混合材料为20—50%,矿渣水泥掺入粒状高炉矿渣为20—85%。

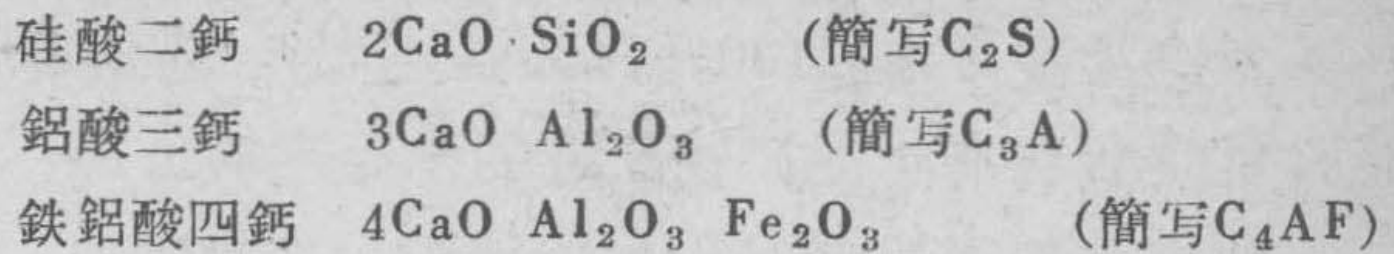
由于工程上对水泥强度要求不同,现在生产的水泥有多种标号,如普通水泥有六个标号(即200号、250号、300号、400号、500号、600号);而矿渣水泥与火山灰质水泥各有五个标号(即200号、250号、300号、400号、500号)。标号越高、强度越大,质量也越好。

第二节 硅酸盐水泥的成分

一、硅酸盐水泥的矿物组成

硅酸盐水泥所以具有胶凝性与水硬性,是因为水泥中含有具水硬性的矿物组成。现在已经确定,在水泥熟料中含有四种主要矿物组成,各种矿物组成的名称与代表符号如下:

硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (简写 C_3S)



在硅酸盐水泥中这四种矿物組成,硅酸三鈣是主要成分,約占50%左右,它是水泥具有早期强度的主要因素。硅酸二鈣約占25%左右,它能提高水泥的后期强度。鋁酸三鈣約占8%,它的凝結变化很快,早期强度較大。鉄鋁酸四鈣約占12%左右,它的早期强度不高。另外还有一些其他成分。

二、水泥熟料的化学組成与生产步驟

为了获得上述矿物組成,須要寻找适当成分的原料进行調配,然后在一定的条件下进行化学变化,才能制成高质量的水泥。目前制造硅酸盐水泥的原料大多用下列几种:最主要的为石灰石(取得氧化鈣),其次为粘土(取得氧化硅与氧化鋁)及鉄粉(主要取得氧化鉄)。将这几种原料适当配合(称配料),使将得到的水泥熟料具有下列化学成分(見表1—1):

表 1—1 硅酸盐水泥熟料的化学成分

名 称	含 量 %
氧化鈣 (CaO)	64—68
氧化硅 (SiO ₂)	20—24
氧化鋁 (Al ₂ O ₃)	4—7
氧化鉄 (Fe ₂ O ₃)	3—5
氧化鎂 (MgO)	小于4.5

原料經配合后,为了使其更容易发生化学变化,須先磨成細粉(或制成料浆),然后送到迴轉窑中煅烧。物料在窑

內的最高溫度可達 $1400-1450^{\circ}\text{C}$ ，燒至部分熔融，再冷卻後，便得到含有上述礦物組成的水泥熟料。

水泥熟料是半成品，磨成細粉後才能應用。為調節水泥凝結時間，在粉磨熟料時加入3—5%的天然石膏。

三、各化學成分對煅燒過程及水泥質量的影響

在生產過程中，必須重視配料工作，須控制各化學成分在一定範圍內。各成分過高或過低，不僅影響水泥質量，且使煅燒發生困難。

如生料中氧化鈣含量高，煅燒時生成硅酸三鈣較多，水泥強度較高；但過高，不容易燒結。氧化鈣過少，生成硅酸三鈣較少，水泥早期強度便會受到影響。

生料中的氧化硅多時，煅燒時生成硅酸二鈣多，水泥後期強度高；但過多，將使硅酸三鈣的量減少，使水泥早期強度降低。氧化硅過少時，水泥後期強度較低，同時也不利於煅燒。

生料中的氧化鋁、氧化鐵的含量，影響鋁酸三鈣、鐵鋁酸四鈣的生成。鋁酸三鈣與鐵鋁酸四鈣在高溫下成為液相，有利於硅酸三鈣的生成。液相過少不容易燒結，液相過多，窯內易生成大塊或結圈。

由此可見保持生、熟料中適當而均勻的化學成分是非常重要的。

水泥熟料中各化學成分間的比例關係常用石灰飽和係數、硅酸率、鋁氧率表示。石灰飽和係數與各率的意義如下：

石灰飽和係數 主要表示熟料中氧化鈣與氧化鋁、氧化鐵化合後，氧化硅被飽和的程度。

硅酸率 表示熟料中氧化硅與氧化鋁、氧化鐵之和的

比。

鋁氧率 表示氧化鋁与氧化鉄之比。

石灰飽和系数与各率值的一般范围見表1—2所載。

表 1—2 硅酸盐水泥熟料的石灰飽和系数与各率值的范围

名 称	代 表 符 号	范 围
石灰飽和系数	KH	0.80—0.90
硅酸率	n	1.7—2.8
鋁氧率	P	1.0—1.8

石灰飽和系数与各率值过高过低或經常跳动，对熟料煨烧过程及水泥质量会产生不良影响。

习 題

1. 什么叫胶凝物质？
2. 气硬性胶凝物质与水硬性胶凝物质各有什么特点？
3. 目前我国大量生产哪几种水泥？各有哪几种标号？
4. 普通水泥熟料中有哪几种矿物組成？各有什么性能？
5. 普通水泥熟料中的各主要化学成分对煨烧过程及水泥质量有什么影响？

第二章 硅酸盐水泥的原料

第一节 主要原料

水泥具有一定的化学成分，且各种化学成份間又有一定的比例，因此，在自然界中就很难找到一种既滿足水泥的化学成分又符合各成分之間比例的原料用于生产。因此，制造水

泥时，多利用来源丰富、价格低廉的几种原料进行配合，以满足需要。最常用的原料有石灰石和粘土，另外根据成分的要求，可加入部分主要含氧化铁的原料或含氧化铝的原料。

一、石灰质原料

石灰质原料是水泥中氧化钙的主要来源，它的主要成分是碳酸钙，经煅烧后变成氧化钙，常采用的为石灰石。也可以采用白垩土、泥灰岩等。

石灰石 我国石灰石矿藏很丰富，但采用时应选择氧化钙含量高（高于47%）杂质少的作为原料。石灰石中常含的杂质有硅石、粘土、碳酸镁、氧化铁等。制造水泥的石灰石一般要求氧化硅不超过10%，氧化镁、三氧化硫都不超过2.5%为宜。除此以外还要求其矿藏量能供使用15—30年（大型厂要求在30年以上）。

白垩土 白垩土的主要成分与石灰石相近，质软易碎，是制造水泥的理想原料，但蕴藏量没有石灰石那样丰富。

泥灰岩 石灰石和粘土质的微粒子紧密结合起来的天然混合物叫泥灰岩。制造水泥所采用的泥灰岩，一般要求含碳酸钙较高。当碳酸钙的含量占75—80%而其他成分也较合适时，可用来直接煅烧熟料。这种原料又称天然水泥岩。

二、粘土质原料

粘土或代替粘土的原料，为水泥中酸性成分（氧化硅、氧化铝、氧化铁）的主要来源，有粘土、黄土、粘土页岩、高炉矿渣等，使用最广泛的是粘土。粘土的主要化学成分氧化硅约含55—75%，氧化铝约含12—18%，氧化铁约含3—6%，除此以外，还含有少量的氧化钙和氧化镁。选择粘土原料时，除要求合适的化学成份外，其中所含砂子及其他杂质的量越少越好。通常含砂量最好小于8%。含有大量硅石

或硅杂质时最好加以精选。

高爐矿渣

可用以代替生料中的粘土质部分。它的主要化学成分有氧化鈣、氧化硅、氧化鋁，另外尚有部分氧化鎂和少量的氧化亚鉄。当氧化鎂含量高或其他成分不适当时，矿渣的配入量会受到限制。

用高爐矿渣代替粘土质原料时，可不必經過水淬处理。它含有較多的氧化鈣，因此可以降低硅酸盐水泥生料中石灰石的用量。由于它已經过煅烧，因此用矿渣代替粘土配料时，可降低烧成用煤及提高产量。

第二节 辅助原料

一、調整生料成分的物料

用石灰石、粘土两种原料配料，往往还不能获得成分适当的生料。为满足熟料成分的要求与改善烧成条件，在配制生料时，可加入第三种甚至第四种原料作适当补充。常加入的有氧化鉄原料、氧化鋁原料及氧化硅原料等。另外有时还加入矿化剂，用以降低煅烧溫度，减小烧成时的物料粘度，促进硅酸三鈣的生成。

氧化鉄原料 当生料中缺乏氧化鉄时，須另加主要含有氧化鉄的原料补充，常用的有各种鉄矿粉，高爐生产时的爐灰、黄鉄矿渣等。

氧化硅原料 如果粘土中氧化硅含量不足，常加含氧化硅較多的原料，如軟硅石、硅砂或砂岩等。但它們所含氧化硅多呈結晶体，不易粉碎，煅烧較困难，因此在生产过程中，最好少采用。

氧化鋁原料 为增加氧化鋁的含量，在原料中加入含氧

化鋁丰富的粘土，如矾土或含氧化鋁較多的耐火材料碎块等。

二、磨制水泥时加入的物料

(一) 石膏

普通水泥中如不加石膏，加水后凝結硬化很快，不便于工程上使用，为了調节它的凝結時間，在粉碎熟料的同时，須加入适量的石膏。

石膏有天然产的与工业副产品两类，水泥工业大都使用天然石膏(主要含有两个分子結晶水的硫酸鈣)。在粉磨普通水泥时，石膏的掺加量要控制适当，因为石膏掺加量太少，緩凝效果不显著，过多时其中过量部分不但不起緩凝作用，反而又会促使水泥快凝。石膏的适宜掺加量，主要决定于熟料中鋁酸三鈣的含量，鋁酸三鈣含量越多，相应的石膏掺加量也应越多。在硅酸盐水泥中石膏的掺加量約为3%左右。

粉磨矿渣硅酸盐水泥(尤其是矿渣掺加量多的水泥)时，掺入的石膏則有两重作用，即对磨細的熟料，石膏仍然是用来調节凝結時間，对于高爐矿渣來說，石膏又是活化剂。它能促使矿渣发生化学变化，产生强度。在制造矿渣硅酸盐水泥时，为了調节凝結時間和促进硬化过程，石膏的加入量应不少于4—5%，但三氧化硫的含量应控制在3%以下。

另外，在生产中还应控制磨机溫度，因入磨前的天然石膏为二水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，在粉磨过程中，磨机溫度升高，二水石膏失去一部分水变为半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)，如磨內溫度繼續升高(达 160°C 以上)，二水石膏的水分可能全部失去变成无水石膏(CaSO_4)。无水石膏在水中溶解度較小，在水泥中的緩凝作用不大，所以在操作时，应改善磨

机通风，进行磨机筒体淋水，以降低磨机温度。

(二) 混合材料

磨制水泥时加入部分混合材料，不但能提高产量，降低成本，而且能改进水泥性能，满足工程上对水泥的某些特殊技术要求。

混合材料按其来源可分为天然矿的和人工的两种，按其性质可分为三种，即火山灰质混合材料、粒状高炉矿渣与填充性混合材料。

火山灰质混合材料和粒状高炉矿渣都具有水硬性，通称为水硬性（或活性）混合材料。填充性混合材料无水硬性，因此又称非水硬性（或非活性）混合材料。

1. 火山灰质混合材料 凡天然或人工矿物质原料，磨成细粉，和水后，单独存在时本身不硬化，但与气硬性石灰混合后，在空气中开始硬化，然后在水中能继续硬化的，称为火山灰质混合材料。

火山灰质混合材料有天然产物与人工制造的两种，属于天然的有火山岩——火山灰、浮石、凝灰岩等；沉积岩——硅藻土、硅藻石等。属于人工制造的有烧粘土、酸性煤渣等。

火山灰质混合材料含有较多的活性氧化硅和活性氧化铝，它在硅酸盐水泥中的作用如下：

硅酸盐水泥中的主要矿物组成之一是硅酸三钙。当水泥水化时，硅酸三钙水解析出氢氧化钙。氢氧化钙在水中溶解度较高，当它在水利工程上的混凝土建筑物中存在时，便容易受水的冲刷与酸、盐类溶液的浸蚀而逐渐损坏。为防止混凝土被水、酸及盐类侵蚀，可用掺水硬性混合材料的水泥代替普通水泥。因为水硬性混合材料中的活性氧化硅、活性氧化铝

能与氢氧化钙化合，生成不溶于水的硅酸钙或铝酸钙水化物，因此，即相应的降低了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的浓度，减少了混凝土在水中的浸蚀作用，而且由于水化硅酸钙和水化铝酸钙的生成，这对混凝土的强度还有好处。

2. 粒状高炉矿渣 粒状高炉矿渣是在高炉中熔炼生铁时，所得的硅酸盐、硅铝酸盐熔融物（炼铁时的废物），以快速冷却方法使成颗粒状态。它单独存在时具有微弱的水硬性，与水泥熟料或石膏、石灰在一起时，具有较强的水硬性。

在各种高炉矿渣中，氧化钙含量最多（30—40%），氧化硅（约30%）、氧化铝（8—20%）次之，另外，尚含有氧化镁、氧化亚铁及一些硫化物（如硫化钙、硫化锰等），在个别情况下，还会含有少量的氧化钛或氧化磷。

从以上成分中可以看出，高炉矿渣的化学成分与硅酸盐水泥的化学成分相近，只是氧化钙低，氧化硅及氧化铝较高些。

根据各成分含量不同，高炉矿渣可分为两类，即碱性与酸性。碱性矿渣是指碱性氧化物（氧化钙与氧化镁的和）与酸性氧化物（氧化硅与氧化铝的和）含量之比大于1的矿渣。若这个比值小于1时，为酸性矿渣。

高炉矿渣活性的大小一方面与矿渣在急冷中所形成的无定形玻璃体有关，另一方面它与矿渣中所含化学成分有关。一般高炉矿渣含有与硅酸盐水泥近似的矿物组成，硅酸钙、硅铝酸钙等。氧化钙与氧化铝含量高的矿渣能产生较多的硅酸钙与硅铝酸钙，因此活性较大，反之活性就差。氧化硅含量增加，矿渣活性降低。少量的硫化钙对矿渣水化能起加速作用。