

小水泥生产

8159
2702

小水泥生产

湖南大学化工系电瓷-碳素教研组编

人民教育出版社

1977年·北京

小水泥生产

湖南大学化工系电瓷-碳素教研组编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

1977年10月第1版 1978年4月第1次印刷

书号 15012·032 定价 1.25元

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，无产阶级文化大革命以来，我国小水泥工业发展很快。为了适应这一蓬勃发展的大好形势，湖南省革命委员会基本建设局曾在我校举办了一次小水泥工艺技术短训班，培训从事水泥生产的工人和技术人员。为此，我们曾编写了《小水泥讲义》，作为水泥生产工艺和化学分析与物理检验方面的教材。由于编写时间仓促，以及局限于适应短训班教学等原因，《小水泥讲义》远远不能满足生产实际的需要。因此，我们在湖南大学党委的领导下，先后到本省各有关水泥厂参观学习，搜集有关实际生产的技术资料，征求工人和技术人员的意见，在原来《小水泥讲义》的基础上，经过加工整理，编写了《小水泥生产》一书，于1974年11月由湖南人民出版社出版。本书力求适合具有一定文化程度的工人、干部自学，也可供有关技术人员参考。

今年为了适应农业学大寨、普及大寨县的群众运动的开展，为了促进小水泥生产、支援农田水利建设的需要，本书编写人员根据全国小水泥生产和高校办小水泥短训班的需要，再度广泛征求工人、学员和技术人员的意见，认真地对本书作了一些必要的修改，由人民教育出版社出版，向全国发行。由于我们学习马列主义、毛泽东思想不够，实际经验不足，总结各地经验也很不够，书中难免有错误和不妥之处，衷心地欢迎读者批评指正。

编 者

1976年8月

目 录

第一章 水泥原料和配料	1
第一节 水泥生产概述	1
第二节 生产水泥的原料和燃料	4
一、生产水泥的原料、燃料的种类及选择	5
二、原料的化学成分、物理性能及矿物形态对水泥生产的影响	36
第三节 水泥熟料成分	41
一、水泥熟料的矿物成分	41
二、水泥熟料的化学成分	46
三、水泥熟料的各率	49
四、水泥熟料矿物成分的计算公式	51
第四节 配料计算	54
一、配料计算的意义	54
二、熟料各率值的选择	55
三、配料计算方法	60
第五节 生产控制	82
一、概述	82
二、生产控制方法	83
第六节 水泥使用的基本知识	97
一、水泥的水化和硬化	97
二、硅酸盐水泥的腐蚀及防腐	106
三、硅酸盐水泥、矿渣水泥、火山灰质水泥的主要使用特点的比较	109
第七节 无熟料水泥	110
一、石灰矿渣水泥	110
二、矿渣硫酸盐水泥	112
三、赤泥硫酸盐水泥	116
四、石灰火山灰质水泥	118
第二章 水泥生产常用的机械设备	126
第一节 颚式破碎机	126

一、颚式破碎机的应用及作用原理	126
二、颚式破碎机的构造	127
三、颚式破碎机主要指标的确定	130
四、颚式破碎机主要零件的磨损及修理	134
五、颚式破碎机的安装和操作规程	136
六、颚式破碎机常发生的故障及其处理	137
七、颚式破碎机的特点和规格	138
第二节 锤式破碎机	140
一、概述	140
二、锤式破碎机的构造	141
三、锤式破碎机一般问题的讨论	142
第三节 球磨机	145
一、球磨机的作用原理	146
二、球磨机的主要部件	147
三、磨机主要参数的确定	154
四、研磨体的装载量和配合	160
五、提高磨机产量的措施	169
六、安装磨机应注意的问题	175
七、磨机的操作	179
第四节 运输机械	182
一、皮带运输机	182
二、斗式提升机	190
三、螺旋运输机	193
四、曲柄振动运输机	198
五、风动输送斜槽	202
第五节 收尘设备	206
一、旋风收尘器	207
二、袋式收尘器	218
三、泡沫收尘器	224
第六节 加料和包装机械	227
一、圆盘加料机	227
二、电磁振动喂料机	230
三、半自动包装机的改进	232
四、简易螺旋包装机	237
第七节 自动称量计量装置	239
一、重力翻斗式自动秤	240

二、电振给料自动计量装置	243
第三章 普通立窑的构造、煨烧和物料烘干	247
第一节 水泥熟料的形成过程	247
一、物料的烘干和脱水	247
二、碳酸盐的分解	248
三、固相反应	248
四、硅酸三钙(C ₃ S)的形成和烧结反应	250
五、水泥熟料的冷却	252
第二节 燃料和成球	254
一、燃料	254
二、煤粉的粒度和用量	256
三、成球	258
第三节 立窑的结构	266
一、立窑的结构、窑的高度与直径的关系	266
二、喂料装置	272
三、炉箅	274
四、窑的衬料	275
五、加料门和出料门	276
六、烟囱	277
第四节 普通立窑的煨烧	279
一、立窑煨烧的基本理论	279
二、立窑的煨烧操作	285
第五节 鼓风机及其选型	299
一、鼓风机的类型	299
二、鼓风机的计算	308
三、鼓风机选型	311
四、鼓风机的串联和并联	313
五、装设鼓风机的注意事项	314
六、风量和风压的测定	315
第六节 立窑的简易热工计算	317
一、产量的计算	318
二、用煤量的计算	318
三、风量的计算	319
四、烟囱的计算	320
第七节 烘干设备	322

一、土法烧干黄泥和矿渣	322
二、烘干粘土用的立窑	323
三、烘干塔	325
四、转筒烘干机	328
五、流态烘干机	332
第四章 化学分析和物理检验	336
第一节 分析化学的基本知识和操作技术	336
一、定量分析的任务和方法	336
二、溶液的浓度	340
三、电解质溶液、pH 值及酸碱指示剂	346
四、定量分析仪器的使用方法	352
五、分析样品的采取、制备和分解	369
六、定量分析的误差	375
第二节 水泥和水泥原料分析的基本原理	377
一、水分的测定	377
二、烧失量的测定	378
三、生料中碳酸钙滴定值的测定	380
四、生料中三氧化二铁的测定	385
五、二氧化硅的测定	392
六、络合滴定法	398
七、离子交换法测定三氧化硫的基本原理	419
第三节 试剂的配制和标定	423
一、试剂的规格和保管	423
二、试剂的配制和标定	425
第四节 生产控制分析	434
一、水分的测定	434
二、烧失量的测定	435
三、生料中碳酸钙滴定值的测定	435
四、生料中三氧化二铁的测定	437
五、水泥熟料中游离子氧化钙的测定	439
六、水泥中三氧化硫的测定	440
第五节 水泥和水泥原料的系统分析方法	444
一、水泥熟料分析	444
二、石灰石分析	451
三、粘土、煤灰和生料分析	453
四、矿渣分析	458

五、铁矿(粉)石分析	461
六、石膏中三氧化硫的测定	464
七、煤的工业分析	466
第六节 水泥的物理检验	470
一、水泥物理性质的质量标准	471
二、水泥简易物理检验的一般要求	472
三、水泥细度的检定	472
四、水泥净浆标准稠度测定	473
五、凝结时间检验	476
六、体积安定性检验	477
七、强度检验(硬练法)	480

第一章 水泥原料和配料

第一节 水泥生产概述

水泥是三大建筑材料之一，用途非常广泛。它能用于工业建筑、民用建筑、道路建筑、水工建筑和国防施工，同时还能制成各种构件，以节约大量的钢材和木材，所以，它在国民经济建设中起着十分重要的作用。

水泥的种类很多，常用的有普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥。凡以适当成分的熟料烧至部分熔融，得到以硅酸钙为主要成分的熟料，再加入适量的石膏，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材料，称为普通硅酸盐水泥（简称普通水泥）。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（火山灰质的材料或粒状高炉矿渣），或不超过 10% 的填充性混合材料（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%。加入混合材料后，成品名称不变，仍称普通硅酸盐水泥。

凡在硅酸盐水泥熟料中，按水泥成品重量均匀地加入 20—85% 的粒状高炉矿渣，并按需要加入适量石膏，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材料，称为矿渣硅酸盐水泥（简称矿渣水泥）。允许用不超过 15% 火山灰质的混合材料代替部分粒状高炉矿渣。

凡在硅酸盐水泥熟料中，按水泥成品重量均匀地加入 20—50% 火山灰质的混合材料，并按需要加入适量石膏，磨成细粉，制成的水硬性胶凝材料，称为火山灰质硅酸盐水泥（简称火山灰质

水泥)。

国家标准规定的水泥粉磨细度,应能通过 4900 孔/厘米² 标准筛,筛余不得超过 15%。

水泥具有胶凝性。将水泥与一定量水拌和后,形成塑性浆体,经过一定时间后,能够硬化成石状体,这种性质称为水泥的胶凝性。例如,把一堆砂子和一堆水泥分别与一定量水拌和,过了一段时间,砂子仍然是松散的,水泥则结成了硬块,所以水泥是胶凝材料。

水泥的凝结,要求有一定的时间。如果凝结太快,在施工过程中来不及做成所需要的形状就已硬结,会影响施工的正常进行。如果凝结得太慢,凝结时间过长,除了影响施工速度、延长养护和脱模时间外,还会影响混凝土的质量。根据国家标准规定:水泥的初凝不得早于 45 分钟,终凝不得迟于 12 小时。但是如因特殊需要,经使用部门要求和生产部门同意,凝结时间可以适当调整。

水泥还具有水硬性。水泥加水拌和凝结以后,能在空气中硬化,又能在潮湿介质或水中继续硬化,并不断增长其强度,这种特性,称为水硬性。所以水泥称为水硬性胶凝材料。相反,石灰与水混合就只能在空气中保持一定强度,放入水中就会溶散。这种材料,称为气硬性胶凝材料。

水泥要有良好的体积安定性,即在硬化后,不开裂,不溃散,否则就会造成混凝土构件的开裂、倒塌等事故。同时也要求水泥有足够的强度,满足工程建设的需要。国家标准规定了水泥强度的检验方法,各个龄期的强度不得低于表 4-4 中的数值。

普通硅酸盐水泥的烧失量对水泥质量是有影响的。国家标准规定,烧失量不得超过 5%。但对立窑制造的普通硅酸盐水泥的烧失量,允许放宽到 7%。

水泥生产有干法和湿法两种。立窑厂全部用干法生产。水泥

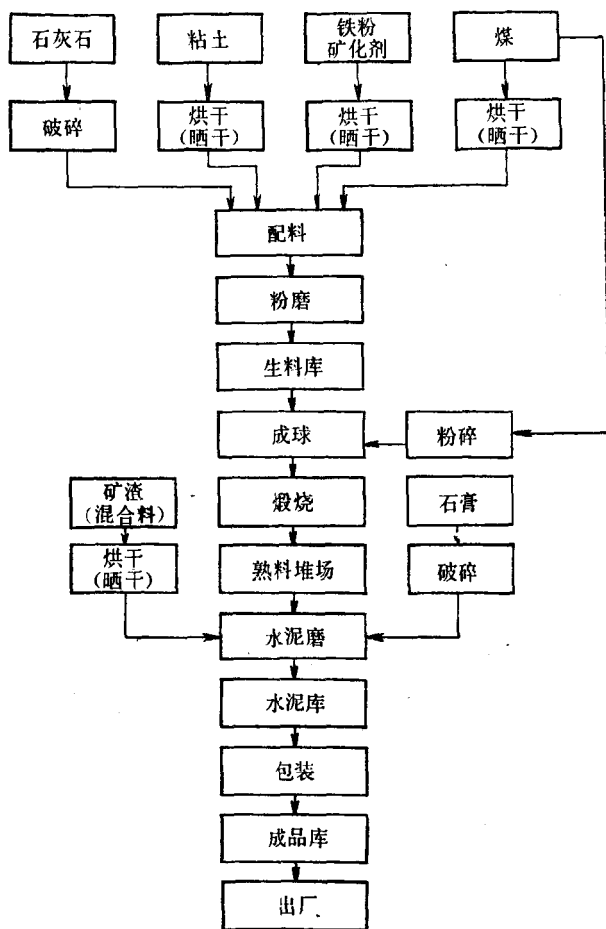


图 1-1 立窑水泥生产流程

生产的特点是连续性强,厂内运输量大,粉尘也较多。因此在进行工艺流程布置时,必须学会全面地看问题,从实际情况出发,充分发动群众,认真调查研究,反复进行比较,选择合理方案,做到“精心设计、精心施工。”

在选择工艺流程布置时,应该考虑工厂各工序的相互配置,以保证生产的连续性,避免和减少物料运输的迂回和交叉现象。工艺流程布置要紧凑,尽量减少工厂的占地面积,缩短运输距离,减少运输设备。不少工厂充分利用地形,进行合理布置,减少了运输和提升设备,改善了劳动条件。小水泥厂的建厂要考虑到巩固提高,留有扩建的余地,避免或尽量减少拆除原有建筑物来扩大生产的现象。同时还应注意把因陋就简、土法上马的生产特点与将来逐步发展成机械化、自动化生产的需要结合起来。水泥厂生产耗电较多,在有条件的情况下,工厂配电间应尽可能靠近主机车间,减少输电线路电压降的损失。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。

当前立窑生产一般按照如下流程进行:

这个流程是当前一般采用的流程。如果采用全黑料煅烧方法,在工艺流程上,煤全部直接进行配料,不再有一部分另外进入成球机。在采用包壳料球煅烧时,则应布置白料系统。由于散装水泥有许多优点,当前正大力推广。当水泥散装出厂时,就可以直接从散装水泥库装车,不需要进行装包了。

第二节 生产水泥的原料和燃料

前述的常用水泥,它们的基本组分都是硅酸盐水泥熟料。在硅酸盐水泥熟料中,大约有60—66%的氧化钙,19—24%的氧化硅,4—7%的三氧化二铝,3—6%的三氧化二铁。所以,生产普通硅酸盐水泥熟料的原料,以含氧化钙最多的石灰质原料为主,其次是含氧化硅较多的粘土质原料。为了弥补三氧化二铁含量的不足,还要稍加一些铁质原料。当用上述原料配合后,尚不能达到水

泥熟料中二氧化硅的要求含量时，可加入硅质校正原料(如砂、砂岩等)。另外，很多水泥厂在配料中还加入一定量的矿化剂，如萤石等，用以改善水泥熟料的质量，提高窑的产量，降低燃料消耗，改善操作条件。在用熟料磨制水泥时还要加入少量石膏，以调节水泥的凝结时间；同时，还经常掺入适量的混合材料(如高炉水淬矿渣、火山灰等)，以改善水泥的性能，调节水泥标号，提高产量，降低成本。

在煅烧水泥熟料时，需要一定数量的燃料。一般立窑水泥厂所用的燃料是无烟煤、焦炭末等固体燃料。有些地方缺少无烟煤，就地取材用烟煤也烧出了好水泥。在配料时，煤的灰分也是作为粘土质原料看待的。

此外，在生产某些特种水泥时，还要使用一些适应特殊要求的原料。例如，生产高铝水泥时，要用含氧化铝较高的铝矾土作原料。利用工业废渣也可以生产各种无熟料水泥。本节仅简要地介绍一下生产普通硅酸盐水泥所需要的原料、燃料及对它们的技术要求。

一、生产水泥的原料、燃料的种类及选择

(一) 石灰质原料

凡是以碳酸钙为主要成分的原料都叫石灰质原料，它是水泥熟料中氧化钙成分的主要来源或唯一来源。属于这类原料的主要为石灰石，此外还有泥灰岩、白垩、贝壳、珊瑚、料姜石以及含有大量氧化钙的各种工业废料等。石灰质原料在高温(1000°C)下煅烧都生成石灰。在寻找石灰质原料时，可以把稀盐酸(HCl)滴在所找到的原料样品上，如果发生起泡现象，则可断定其含有一定量的碳酸钙。根据起泡的程度不同，可以大致判断碳酸钙的含量，起泡

越多,含量越高。

1. 石灰石

化学成分主要为 CaCO_3 的矿物有方解石及文石两种。由方解石组成的矿石叫石灰石,它的岩石是一种沉积岩,具有微晶和隐晶致密结构,纯净时为白色,一般因含有各种杂质而呈灰色、黄色、微褐色、黑色。用小刀在石灰石上刻划可出现白色条痕,它具有贝壳状或瓷状的断口。(方解石是结晶完好的一种石灰石,大理石是呈细粒状结构的石灰石。)

我国石灰石的分布非常广泛,贮量丰富,特别是华南和西南地区,不但分布广,贮量大,而且石灰石的纯度也较高。

石灰石中碳酸钙含量一般都在 85% 以上,并含有少量的氧化硅、氧化铝、氧化铁和氧化镁等杂质。在杂质中,特别要注意的是氧化镁和燧石。如果氧化镁含量高,会导致水泥熟料的安定性不良;若燧石多,因燧石硬度大,且与其它组分反应慢,对粉磨、煅烧和熟料质量都有影响。因此,适合烧石灰的石灰石,并不一定全适用于生产水泥。国内部分立窑水泥厂所用石灰石化学成分如表 1-1 所示。

在找到石灰石原料时,应按矿山的岩层,依次一层层地进行细致的观察。含氧化镁高的石灰石(一般呈白云质石灰石),其表面往往有刀砍状的条痕;用小锤敲开岩石,在敲开处有象粉粒那样的闪光和浅色的色调,或象泥土那样的粉粒;若用稀盐酸滴在上面,则先吸收再慢慢地出现小气泡,而没有象纯净石灰石表面那样的迅速而剧烈的起泡现象。但起泡缓慢者也并不一定是含氧化镁高的白云岩,若滴上稀盐酸,表面缓慢放出气泡,有残留的粘土斑点,则是泥灰岩。除此以外,还可用试烧的办法加以鉴别。一般地说,用含镁高的石灰石烧出的石灰,消解不如用含镁低的石灰石烧出的石灰那样快,出灰率也较低。根据矿山地层的生成年代,我国北方

表 1-1 部分立窑水泥厂石灰石化学成分(%)

工厂名称	烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	其它	合计
湖北鄂城水泥厂	42.95	1.28	0.33	0.30	53.97	0.45		99.28
辽宁锌子水泥厂	42.31	2.15	0.43	0.25	53.24	1.24		99.61
广西玉林水泥厂	41.00	1.90	0.39	0.36	54.40	1.43		99.48
湖南衡阳市水泥厂	42.20	1.40	0.29	0.31	53.93	1.13		99.38
湖南衡阳地区水泥厂	42.38	1.64	1.72	0.40	53.12	0.68		99.94
湖南大江口水泥厂	40.92	3.84	1.15	0.70	51.28	1.34		97.89
湖南湘潭市水泥厂	37.94	9.82	0.58	0.32	47.63	1.59		97.88
湖南长沙市水泥厂	34.00	17.25	3.67	1.48	41.10	1.22		
湖南零陵第一水泥厂	42.92	1.80	0.10	0.20	52.82	1.60		99.44
湖南岳阳县水泥厂	40.98	3.42	0.98	0.54	52.51	1.47		99.90
湖南郴州地区水泥厂	42.84	2.28	0.32	0.21	53.08	0.93		99.66
湖南湘钢水泥厂	41.19	1.31	0.54	0.24	50.47	0.71	1.61	98.39
湖南东江水泥厂	39.33	5.27	2.84	0.75	50.00	0.88		99.07
湖南石门县水泥厂	41.29	3.92	1.16	0.52	51.70	0.78		99.37
湖南新生水泥厂	43.00	0.80	0.20	0.10	53.50	1.00		
湖南邵阳市水泥厂	42.16	1.05	1.21	1.20	52.50	1.20		99.30
湖南株洲市水泥厂	42.80	0.50	0.04	0.10	52.73	2.55	1.28	100.00
湖南双峰水泥厂	42.80	0.68	0.13	0.81	55.00	0.52		99.94

的奥陶纪灰岩部分,有含镁高的石灰岩。在南方,有些矿山有氧化镁局部集中而又不规则分布的虎斑灰岩。遇到此类矿山,应特别予以注意。当按岩层依次观察,发现有含镁高的石灰石后,应分别取样,测定其CaO、MgO的含量,确定哪一层或哪一部分的石灰石不可以使用。有条件时,应对矿山石灰石的每个岩层依次取样,分别进行化学分析。对于年产3.2万吨以上的立窑水泥厂,最好能委托地质部门进行勘探,以确定矿石的质量和贮量。有些小水泥厂,没有条件对石灰石进行化学分析,则可用上述简易的鉴别方法进行观察,然后用小炉配料试烧来确定能否使用。

石灰石中的矽石,一般用肉眼可以观察到。在石灰石的表面或敲开面有呈黑色的结核状团块突出来的,也有呈条形的,其硬度

又特别大,这就是燧石。在南方的二迭纪栖霞灰岩中,往往有燧石存在,遇到此类地层,应仔细观察。

另外,还应注意石灰石矿山的表土和夹缝土的分布情况、数量及成分,以免影响开采、生产和水泥质量。

2. 白垩

白垩是由海底碳酸盐类的软泥沉积而成,常呈白色,有时呈淡灰色、淡黄色或淡绿色,以白色为最好。它的成分主要是石灰质的细粒,是由海底微生物海藻的躯架、有孔虫及其它生物的贝壳碎屑等所形成,有时可见到硅质结核。白垩的结构疏松,质地较软,用手指即可将其捏碎,因而在水泥厂易于粉碎加工。

白垩中碳酸钙含量一般在70%以上,氧化硅含量为10%左右。不同产地的白垩,其化学成分也有所不同。

白垩一般产于有石灰岩的地带,但不一定与石灰岩很靠近。大多埋藏于土层下,但又很接近地表。我国河南、陕西、安徽等省的部分地区都有白垩分布。

河南省新乡地区李固水泥厂,从一九五八年办厂到现在,一直用白垩作原料生产水泥,其白垩的化学成分如表1-2所示:

表 1-2 河南省新乡地区李固水泥厂白垩的化学成分

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	烧失量	合计
含量(%)	12.46	3.41	1.69	44.29	0.63	36.66	99.15

用白垩作原料生产水泥的还有河南新乡水泥制品厂、陕西周至县水泥厂、安徽濉县蔡里公社水泥厂、河南辉县玉泉水泥厂等。

3. 泥灰岩

泥灰岩是一种含土质比较多的石灰岩,碳酸钙含量在70%以下。不同产地的泥灰岩化学成分波动比较大,但主要成分是碳