

水泥

生产手册

水泥技术丛书之九



合肥水泥研究院情报室
《四川小水泥》编辑部

81.59
8072
9

水泥生产手册

水泥技术丛书之九

著者 凯.以.毕洛

译者 阴国士

校对 张根权

贾桂森

合肥水泥研究院情报室

《四川小水泥》编辑部

• 1986 •

编 者 的 话

为了适应水泥工业发展对图书资料与日俱增的需要，我们特以水泥技术丛书形式，陆续将有关国内外新著，分若干册介绍给水泥生产管理、施工、教学、科研设计等部门的广大读者，供阅读参考。愿在为您工作顺利开展中起到一定的帮助、促进作用。

本套丛书每册虽独立成章，但因丛书内容不限某个方面，又将继续编下去，恕不能一一列出丛书每册之要目；著、译、校对者也不能一起编入此处。在此，对支持我们的所有著、译、校对者一并致谢！

水泥生产手册

水泥技术丛书之九

合肥水泥研究院情报室

编辑出版

《四川小水泥》编辑部

四川省自贡新华印刷厂

印刷

1986年10月

内部发行

合 肥 水 泥 研 究 院（安徽省合肥市青年路）

《四川小水泥》编辑部（四川自贡大安凉水井）

前 言

本书作者的意图是为水泥厂的工程师、管理人员和经理们提供手边必需的指导性参考资料。

书中载有必要的技术公式，是人们更好的了解水泥制造技术的基本工具。所有的数学公式力求编写简短，以求节省工程师们的时间，便于广大读者有效地加以利用。书中提供的大量公式几乎一概没有给出人们所期望的计算结果。那样做势必达不到有效的目的，并违背了本书的出发点，因为没有一个是现成的结果能够普遍适用于所有的设备。众所周知，制造水泥是较为困难的加工过程。因此认为在某一个工厂行之有效的装备、设计和方法，对另外一工厂也能收到同样的效果是一种误解。这种情况对回转窑的操作尤其突出。

经验这个东西不能被别的可代替，但是经验应当和坚实的数学基础以及加工过程中的知识相结合，这是每个水泥厂工程师理应争取的目标。要是本书能引起读者的兴趣，则证明编写本书的想法是有道理的。这样做有利于他（她）们的工作。但愿能够得到更多的效果。

特别要感谢我的家属所作出的一些牺牲，没有他们的帮助，本书是不可能成为现实的，为了求得他们对我的体谅和宽恕，谨将此书献给苏吉、丹妮娜和马歇尔。

引 言

制造水泥的过程中，要求具备多方面的知识，如化学、物理、热力学和物理化学等。同时还要用多年的时间去获取制造水泥的基本知识，这个学习过程永无止境。水泥行业总有新的装备、新的操作技术不断出现，并需要付出巨大努力去改善操作环境。如果企业不接受新鲜事物，必定停滞不前。

遗憾的是，任何一个从事水泥行业的人都不能从课堂里或书桌上得到实际知识。只有熟悉生产过程和身临现场才能获得经验，这意味着一个经理或工程师，应当定期穿上工作服，花一定时间到烧成、粉磨、包装车间和质量控制室去。这样做并不是说他不应回办公室从事管理工作，而去做一个烟筒清扫工更为合适。

作者曾经在水泥厂经历了廿三年，几乎在所有部门工作过。有幸在做临时工和当管理人员过程中，积累了一些经验。在此期间，装车时被水泥袋压痛了背部。窑前飞扬的熟料粉尘浸入了鼻孔和耳朵，水泥和窑灰曾烧烫过我的眼睛，也曾受到炽热熟料的轻微烧伤，也经历过一些不眠之夜，有时还要被调动到别处去干活，一天工作十六小时是常事，这就是我学习过程的全部经历。

希望我的这一切不要给新来从事水泥行业的人们造成一种假像，认为水泥厂是肮脏可怕的地方。实际上并不完全如此，它和别的工业生产过程所差无几，并需要一定的时间去适应环境。无论如何，仍要很好地端正对从事水泥行业的认识。从事于水泥工业的经理、工程师、管理人员，或临时工，很少觉得在这里工作单调或乏味。这是一个富有趣味的技术工作领域，并常常有意想

不到的事情发生，需要采用迎刃解决新问题的特殊人才，幸运的是水泥工业中已有相当一部份能挽救明显无望局面的人才。作者曾亲眼看到专家们尽其可能，使废弃多年，在别人看来早就该进废品堆的个别生产设备能继续使用。有时工人和管理人员，在几乎超越他们自身能力的情况下，并在其它行业认为不可完成的时间内修复一台设备，使之重新用到生产线上。水泥工业中这些从未被称颂过的英雄们，现在仍然在从事他们的工作，而他们的名字从未出现在文献上，作者将本书贡献给这些人们。

实际上没有一本书能使对水泥行业一无所知的人学到这种实际工作经验，因为在决定如何控制实际情况的过程中牵涉到许多未知和变化的因素。因此认为本书能够为人们提供所要知道的有关水泥生产的每一件事，是一种误解，本书的目的在于给人们积累经验和掌握工艺知识打下一个基础。作者努力收集必要的技术资料，以使读者对生产过程有一个很好的了解。

一个工程师，花四小时去准备试验，再去现场实际试验一小时，然后用两小时做计算，最后费两天去整理结果和编写报告，这种情况是不罕见的。在本书的许多章节内，尽量为工程师们准备了一些工作表格，以便在抄写时节约他们的宝贵时间。

本书的许多公式，有英制和公制两种系统，工程师有此工具以后，很容易进行新系统的转换。作者谨告戒读者，在工作中必须养成使用公式时选用正确单位的习惯。书尾附有许多换算表便于读者熟悉英制、公制和国际单位三种系统。

如果在美国能够看到某学院或大学开办水泥制造工艺学校，作者将不胜高兴。这样的学校必将能为我们水泥工业培养大批新型工程师，使北美的水泥工业在技术上不断发展。这些学校应该主动想办法使美国水泥工业尽量少依赖外国技术。美国的水泥工业曾创造并发展了不少独具特色的生产方法，也许在将来我们会造改在和推动水泥制造技术方面重新取得领导地位。但是要做到

这一点，需要得到财政上的赞助，以及我们大家的巨大努力。

凯·以·毕洛。

目 录

第一部份 水泥化学

第一章 质量控制的公式.....3

- 1.01 烧失量.....3
- 1.02 硅酸率.....3
- 1.03 铝铁率.....3
- 1.04 石灰饱和系数.....3
- 1.05 水硬率.....4
- 1.06 液相百分率.....4
- 1.07 煅烧性指数.....4
- 1.08 煅烧性系数.....4
- 1.09 计算熟料和水泥成分的鲍格公式.....5
- 1.10 碳酸盐总量.....6
- 1.11 用 Na_2O 表示总碱量.....6
- 1.12 原始分析转换为无烧失量基.....6
- 1.13 窑灰重量转换为入窑物料重量.....7
- 1.14 由酸碱滴定计算碳酸盐总量.....7
- 1.15 分解率.....7

第二章 入窑物料的配料计算.....11

- 2.01 已知熟料的 C_3S 量求所需的 CaCO_3 量.....11
- 2.02 二种物料的配料计算.....11

2.03	三种物料的配料计算	13
2.04	四种物料的配料计算	16
2.05	化学成分的确定	19

第三章 入窑料浆

3.01	料浆的比重和密度	25
3.02	水的性质	27
3.03	每单位重量熟料所需料浆量	27
3.04	要求的喂浆速率	28
3.05	已知喂料速率下熟料的产量	29
3.06	单位料浆库的熟料产量	29
3.07	料浆比重	30
3.08	单位体积料浆中固体物料的重量	30

第四章 生产水泥所用原料的化学和物理性质

4.01	化合物	32
4.02	一般物料的松散密度	34
4.03	典型煤的分析	35
4.04	典型燃料油的性质	35
4.05	典型气体燃料的性质	35
4.06	不同海拔高度的大气压力	36
4.07	筛的规格	38
4.08	线膨胀系数	38
4.09	空气的性质	39
4.10	气体中的颗粒浓度	39
4.11	选定的国际原子重量	40
4.12	选定的矿物和矿石	41
4.13	矿物的分类	44

4.14	一般矿物的化学式和分子量	45
第五章 计算燃烧采用的公式和数据		
5.01	热化学反应	47
5.02	燃烧常数	48
5.03	燃料的热值	49
5.04	由“总”热值转换为“净”热值	50
5.05	煤的分析	50
5.06	分析固体燃料的表示方法	51
5.07	煤的元素分析转换为不同基准	51
5.08	计算煤灰的常用方法	53
5.09	燃料着火温度	53
5.10	熟料中吸收煤灰的百分率	54
5.11	煤灰对熟料成份的影响	55
5.12	理论燃料消耗量的确定	55
第六章 PH₁ 第离子的浓度		
6.01	PH的定义	60
6.02	PH的计算	60
6.03	指示剂	61

第二部份 煅 烧

第七章 旋窑性能的技术调查		65
7.01	旋窑装备的技术资料	65

第八章 旋窑的性能和效率 (英制单位)68

8.01	生产一吨的熟料所需的喂料量.....	72
8.02	粉尘损失.....	73
8.03	假设的熟料成份和熟料系数.....	73
8.04	生产一吨熟料所需理论热耗.....	74
8.05	窑的喂料端漏入空气百分率.....	74
8.06	窑内的过剩空气量.....	74
8.07	燃烧一磅燃料所需空气量.....	75
8.08	每分钟进入窑内的燃烧空气重量.....	75
8.09	窑头漏入空气量.....	75
8.10	冷却机空气量的平衡.....	75
8.11	燃烧产物 (磅/吨)	76
8.12	料浆产生的气体重量 (磅/吨)	76
8.13	出窑气体的总重量.....	77
8.14	出窑气体的水份百分率.....	78
8.15	出窑气体的密度.....	78
8.16	出窑气体水份的体积.....	78
8.17	窑的操作因素.....	78
8.18	研究窑操作结果的汇总表.....	80

第九章 旋窑的操作和效率 (公制单位)82

9.01	生产一公斤熟料所需的喂料量.....	86
9.02	粉尘损失.....	87
9.03	拟定的熟料成份和熟料系数.....	87
9.04	生产一公斤熟料所需的理论热量.....	87
9.05	窑的喂料端漏入的空气百分率.....	88
9.06	窑内的过剩空气量.....	88

9.07	燃烧一公斤燃料（固体或液体）所需空气量	88
9.08	每小时所需燃烧空气的重量	88
9.09	窑头渗入空气量	88
9.10	冷却机空气量平衡	88
9.11	燃烧产物	89
9.12	由入窑物料产生的气体量	89
9.13	出窑气体的总重量	90
9.14	出窑气体水份百分率	90
9.15	出窑气体的密度	90
9.16	出窑气体的体积	91
9.17	窑的操作因素	91
9.18	窑操作结果研究的汇总	92

第十章 热平衡（英制单位） 94

10.01	燃料燃烧提供热量	94
10.02	燃料带入的显热量	94
10.03	入窑物料中有机物输入热量	94
10.04	入窑物料带入显热量	94
10.05	冷却机空气带入的显热量	94
10.06	一次空气带入的显热量	95
10.07	漏入空气带来的显热量	95
10.08	熟料形成所需热量	95
10.09	出窑气体的热损失	95
10.10	由入窑物料或料浆中水份引起的热损失	96
10.11	出窑气体中粉尘造成的热损失	96
10.12	出冷却机熟料的热损失	96
10.13	冷却机排气管的热损失	96
10.14	窑体的辐射和对流热损失	96

10.15 未被回收的粉尘由于分解造成的热损失	97
-------------------------	----

第十一章 热平衡（公制单位） 99

11.01 燃料燃烧输入的热量	99
11.02 燃料带入的显热量	99
11.03 入窑物料中有机物质带入热量	99
11.04 入窑物料带入的显热量	100
11.05 冷却机空气带入的显热量	100
11.06 一次空气带入的显热量	100
11.07 漏入空气带入的显热量	100
11.08 熟料形成所需热量	101
11.09 出窑气体的热损失	101
11.10 入窑物料或料浆水份引起的热损失	102
11.11 出窑气体中粉尘引起的热损失	10 ²
11.12 出冷却机熟料的热损失	102
11.13 冷却机排气管的热损失	102
11.14 窑体的辐射热损失	102
11.15 逸出的窑灰分解引起的热损失	103

第十二章 三种窑型的技术调查 105

第十三章 比热，传热系数和燃烧天然气的计算 113

13.01 熟料的平均比热（公制系统）	113
13.02 原料的平均比热（公制系统）	114
13.03 排放气体成分的平均比热（公制系统）	114
13.04 燃料的平均比热（公制系统）	115
13.05 水蒸汽的平均比热（公制系统）	115
13.06 窑体热损失的传热系数（公制系统）	116
13.07 熟料的平均比热（英制系统）	116

13.08	原料的平均比热 (英制系统)	117
13.09	排放气体成份的平均比热 (英制系统)	117
13.10	燃料的平均比热 (英制系统)	118
13.11	水蒸汽的平均比热 (英制系统)	118
13.12	窑体热损失的传热系数 (英制系统)	119
13.13	燃烧天然气的计算	119
第十四章 设计和操作旋窑的实用公式		122
14.01	用水冷却出窑的气体	122
14.02	物料在窑内的停留时间	122
14.03	窑斜度的换算	123
14.04	窑内硫的平衡	124
14.05	标准煤系数, 所燃烧需要的空气量	125
14.06	冷却机的性能	126
14.07	燃烧天然气所需空气量	127
14.08	天然气燃烧的产物	127
14.09	窑负荷百分率	128
14.10	窑的截面负荷	128
14.11	火焰传播速度	129
14.12	驱动窑的马力数	130
14.13	排出气体的理论成份 (用容积表示)	132
14.14	单位热耗转换为年度费用	132
14.15	火焰理论温度	133
14.16	排放气体中“实际”的CO ₂ 含量	134
14.17	碱平衡	134
14.18	窑速的换算	135
14.19	窑及其附属设备的动力记录表	135
14.20	结皮和结圈的形成	136

14.21 硅酸率与饱和系数的关系	136
第十五章 湿法窑的链条系统	139
15.01 花环式挂链的链条角度	140
15.02 蒸发速率(湿法窑)	141
15.03 总传热面积	141
15.04 蒸发的有效传热容积	141
15.05 链条带与窑长的比例	141
15.06 链条系统的长度	141
15.07 链条的密度	142
15.08 链条系统所传递的热量	142
15.09 确定链条系统性能的因素	142
15.10 湿法窑链条系统的设计	143
15.11 窑的链条数据(园形链)	146
15.12 窑的链条数据——椭圆形链环	146
15.13 链钩(U形钩环)数据	147
15.14 链幕系统记录表	147
第十六章 窑的耐火砖	149
16.01 耐火砖的形状	149
16.02 每圈所需火砖数	153
16.03 单位窑长所需火砖数	153
16.04 窑径换算表	156

第三部分 粉磨

第十七章 磨机的技术调研	159
17.01 粉磨流程的技术数据	159
第十八章 磨机调研 (英制单位)	161
18.01 磨机的临界速度	162
18.02 临界转数的百分率	162
18.03 磨机直径与磨内净空高度之比	162
18.04 磨机的内容积	162
18.05 磨机负荷百分率	163
18.06 磨机内球的松散容积	163
18.07 装球重量	164
18.08 磨机内料重	164
18.09 钢材和熟料重量比	164
18.10 邦德 (Bond) 试验工作指数	164
18.11 需要动力	165
18.12 磨机动力	165
18.13 磨机实际所需的单位动力	165
18.14 磨机工作效率	165
18.15 比表面积与粉磨效率	165
18.16 磨机尺寸比	166
18.17 每马力规定的磨机容积	166
18.18 选粉机负荷	166
18.19 选粉机效率	166

18.20	循环负荷	166
18.21	对钢球的规格要求	167

第十九章 磨机调查 (公制单位) 170

19.01	磨机临界转速	171
19.02	临界转速百分率	171
19.03	磨内净空高度与直径比	171
19.04	磨机的内容积	171
19.05	磨机负荷百分率	171
19.06	磨机内球的松散容积	172
19.07	磨机装球重量	172
19.08	入磨物料的重量	173
19.09	钢材消耗和熟料比	173
19.10	邦德 (Bond) 试验工作指数	173
19.11	所需动力	173
19.12	磨机动力	174
19.13	粉磨所需实际的动力	174
19.14	磨机操作效率	174
19.15	比面积粉磨效率	174
19.16	磨机尺寸比例	174
19.17	每马力规定的磨机容积	174
19.18	选粉机的负荷	175
19.19	选粉机的效率	175
19.20	循环负荷	175
19.21	要求的钢球规格	175

第廿章 研究磨机实用数据 179

20.01	不同物料的工作指数	179
-------	-----------	-----