

建材技工学校系列教材

水泥煅烧工艺与设备

(下册)

水泥回转窑

周沛 主编

武汉工业大学出版社

建材技工学校系列教材

水泥煅烧工艺与设备

下 册

水泥回转窑

周 沛 主编

武汉工业大学出版社

(鄂)新登字 13 号

内 容 简 介

本书较系统地介绍了水泥煅烧工艺及回转窑生产水泥熟料的有关设备。主要内容:水泥熟料的形成,回转窑结构、工作原理、操作,水泥回转窑的发展趋势,节能与环境保护等。

根据技工学校培养目标,在讲清基本理论的基础上,特别重视结合我国当代回转窑水泥生产的水平,充实了实践的内容,同时为适应工程技术人员和生产管理干部学习参考,适当地扩大了教材的深度和广度。

本书是技工学校、职业学校教材,也可作在职技工培训教材,还可供大中专学生、工程技术人员、生产管理干部学习参考。

策划:曾文聪 蔡德明 田道全

图书在版编目(CIP)数据

水泥煅烧工艺与设备 下/周沛主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1996 重印
ISBN 7-5629-0762-5

I. 水… I. 周… III. ①水泥-烧结-生产工艺②水泥-生产-化工设备 IV. TQ172.6

武汉工业大学出版社出版发行
(武昌珞狮路 14 号 邮编 430070)
各地新华书店经销
湖北省国营华严彩印厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:344 千字

1993 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月第 5 次印刷

印数:33001—41000

定价:16.00 元

(如有印装质量问题,请向承印厂调换)

前 言

本教材是根据国家建材局 1990 年在江油召开的建材技工学校水泥专业教学计划和大纲审定会审定的大纲编写的。

为利于职业学校、水泥专业的职工培训和水泥厂工程技术人员、生产管理干部学习参考选用,《水泥煨烧工艺与设备》分上、下册出版。上册为水泥立窑部分,下册为水泥回转窑部分。《水泥立窑》是在原《水泥煨烧工艺与设备》立窑部分基础上做了大量调查研究,举办立窑水泥生产新技术研修班,对原教材进行了修改并补充了许多新技术新设备。它反映了 80 年代和 90 年代初我国立窑水泥发展的水平。教材较详细地介绍了立窑生产水泥熟料的工艺,设备的结构、工作原理、操作、新技术新设备及应用中注意的事项。

《水泥回转窑》是在原《水泥煨烧工艺与设备》回转窑部分的基础上,做了大量调查研究,进行了修改并补充了许多新技术新设备。80 年代和 90 年代初预分解窑在我国有了很大发展,它又是回转窑的发展方向,因此本书将预分解窑单列为一章,并重新编写了这一章的内容。教材较详细地介绍了回转窑生产水泥熟料的工艺,设备的结构、工作原理、操作,有关窑的技术改造。它反映了 80 年代和 90 年代初,我国水泥回转窑发展的水平。

本教材上、下册均由国家建材局管理干部学院周沛副教授主编,其中下册第七章由新疆建材学校贾源玲教师编写。上册由中国建材研究院黄锦扬教授级高级工程师多方指导并主审。下册由南京化工学院胡道和教授多方指导并主审,下册第七章由南京化工学院陆雷讲师和新疆建材局贾钧山高级工程师参审。

在编审过程中,中国建材研究院陈品观、陆秉权,孔建民等同志、大同水泥厂秦新岚同志,提供了有关技术资料,国家建材局范令惠同志给予支持帮助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,时间仓促,对书中缺点、错误,恳求广大师生和读者予以指正。

编 者

1993 年元月

序

当前,我国国民经济正以高速度向前发展,建材工业在国民经济发展中占有举足轻重的地位。邓小平同志指出:“科学技术是第一生产力”。建材工业要大发展,科技教育工作必须走在前面,培养具有较高科学文化知识和生产技术水平的社会主义劳动者,乃是百年大计。

劳动部《关于深化技工学校教育改革的决定》中指出:“大力发展和办好技工学校是开发劳动者职业技能,提高劳动者素质,发展和完善劳动市场的有效途径”。近年来,国家建材局人才开发司根据劳动部对技工学校深化教育改革的有关精神,结合本行业的实际情况,深入开展了建材技工学校的教育改革,提出了《关于修改技工学校建材类专业教学计划的意见》,并组织了技工学校建材类各主要专业(工种)的教学计划和教学大纲的修订工作。

1991年,在福州召开的全国建材技工学校教育工作会议第一届年会上,与会代表们认为,原来使用的水泥技工学校内部油印讲义已经不适应建材工业新技术的发展和技工学校教学工作的实际需要,建议重新编写教材。国家建材局教材办公室在认真研究了代表们的建议后,决定组织人员按照新教学计划、教学大纲的要求,重新编写一套技工学校水泥专业系列教材,具体编审组织及出版工作委托武汉工业大学出版社负责实施。

经过各位编者和武汉工业大学出版社全体同志的共同努力,技工学校水泥专业系列教材(共8本)于1993年秋季正式出版发行了。新版教材正式出版后,受到了广大使用单位的欢迎,不到三个月时间,已大部分售完。为了满足广大使用单位的需求,进一步提高教材的质量,由武汉工业大学出版社组织有关编者、图书审读员、责任编辑对教材进行了审读,并收集了读者意见,对初版教材进行了勘误修订,预计1994年将修订重印后奉献给广大读者。

技工学校水泥专业系列教材(共8本)包括:《水泥生产基本知识》、《粉磨工艺与设备》、《水泥煨烧工艺与设备》(上、下册)、《水泥工业热工基础》、《热工仪表与热工测量》、《水泥生产辅助机械设备》、《化验室基本知识及操作》(上册),它以该专业(工种)新修订的教学计划和教学大纲为依据,按照培养目标的要求设置理论课课程;教学内容以应用知识为主,合理精减、合并、调整了理论课内容,删除了原讲义中冗繁和陈旧的部分章节,增加了反映新技术、新工艺的教学内容;有些课程(如化学分析课),还编写了实习操作教材。总之,该系列教材体现了理论课要适应操作技能培训需要的原则。

为了避免不必要的重复劳动,经研究决定,今后不再另编写水泥高级工培训教材,该系列教材基本上能满足高级工和技师培训的需要,请各使用单位根据高级工和技师培训的实际需要,选择相应的内容进行教学。

该教材的成功问世,得到了编者、审稿人、编辑等同志的大力支持,在此表示衷心的感谢!

各单位在使用该教材的过程中,若有何建议和要求,请及时反馈到国家建材局教材办公室和武汉工业大学出版社,以便再版时修改,使该教材日臻完善。

国家建材局教材办公室

1993年12月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 水泥熟料的煨烧在水泥生产中的作用	1
第二节 水泥窑	1
一、水泥窑的类型和作用	1
二、回转窑	1
第三节 水泥熟料煨烧的节能	9
一、节能的重要性	9
二、水泥熟料煨烧能耗	10
三、水泥熟料烧成节能途径	10
第四节 水泥熟料煨烧过程的环境保护	12
一、粉尘污染	12
二、有害气体污染	13
第二章 水泥熟料的形成	16
第一节 煨烧过程物理化学变化	16
一、自由水的蒸发	16
二、粘土的脱水与分解	16
三、石灰石的分解	16
四、固相反应	17
五、熟料烧成	18
六、熟料的冷却	21
第二节 熟料形成热	22
一、熟料形成过程的热效应	23
二、各熟料矿物形成热	23
三、生成 1kg 熟料的理论热耗	23
第三节 加速煨烧的措施	
一、采用矿化剂	
二、矿渣配料	
三、采用稀释剂	30
第三章 回转窑的结构	32
第一节 回转窑窑体的结构	32
一、筒体	32
二、支承装置	35
三、托轮调整	40
四、窑筒体中心线的测定方法	44
五、传动装置	57
六、窑头、烟室和密封装置	62
七、喂料装置	68

八、润滑	74
第二节 回转窑内热交换装置	77
一、链条	77
二、料浆过滤预热器	87
三、格子式热交换器	88
四、屏蔽式热交换器	88
第三节 熟料的冷却装置	88
一、筒式冷却机	89
二、篦式冷却机	91
√ 第四章 回转窑的工作原理	96
第一节 熟料在回转窑内煨烧	96
一、水泥熟料在回转窑内煨烧过程	96
二、物料在回转窑内的运动	98
三、气体在回转窑内的运动	99
四、燃料在回转窑内的燃烧	100
五、回转窑内的传热	106
第二节 回转窑热经济分析	108
一、热耗与热效率	108
二、同类型窑国内外热耗差距	109
三、减少回转窑热损失的途径	112
2 第五章 回转窑操作	115
第一节 概述	115
第二节 安全生产的基本知识	115
第三节 开窑点火与停窑	116
一、开窑点火前的检查准备工作	116
二、试车	118
三、烘窑	118
四、点火	119
五、停窑	120
第四节 挂“窑皮”	122
一、“窑皮”形成的原理与过程	122
二、影响挂“窑皮”的因素	122
第四节 正常运转时的操作	123
一、烧成温度的判断与控制	123
二、火焰的控制	127
三、及时控制来料变化	128
四、保护好“窑皮”	128
五、稳定热工制度,提高运转率	129
六、严格交接班,全面掌握情况	130
第五节 不正常情况的操作	131

一、结圈及其处理	131
二、掉圈后的操作	135
三、停窑烧操作	135
四、粘散料的操作	136
五、周期性慢窑时的操作	136
✓ 第六章 其它类型的回转窑	138
第一节 带料浆蒸发机的回转窑	138
一、卧式料浆蒸发器	138
二、立式料浆蒸发器	139
三、带料浆蒸发器窑的操作	140
第二节 带余热锅炉的回转窑	142
一、带余热锅炉回转窑的结构	142
二、利用余热产生蒸汽的过程	143
三、操作特点	143
四、带余热锅炉回转窑的技术改造	145
第三节 带加热机的回转窑（立波尔窑）	145
一、加热机的流程与工作原理	146
二、加热机的构造	149
三、成球溜子导料板的改进与加热机的通风	151
四、加热机的操作与维护	152
五、立波尔窑的看火操作	153
六、立波尔窑的技术改造	155
第四节 带悬浮预热器的回转窑	156
一、概述	156
二、带旋风式预热器（洪堡型）回转窑	156
三、带立筒预热器回转窑	166
四、其他型式悬浮预热器	173
五、有关技术指标	173
六、带悬浮预热器窑的优缺点	174
七、杭州型立筒预热器窑的改造	176
✓ 第七章 预分解窑	178
第一节 概 述	178
一、预分解窑技术的发展	178
二、预分解窑的生产工艺流程	178
三、预分解窑的技术特点	180
第二节 预分解窑的种类	181
一、预分解窑的分类	181
二、几种主要的预分解窑	183
第三节 分解炉的工艺性能	193
一、生料中碳酸盐反应的特性	193

二、碳酸钙颗粒的分解过程	194
三、分解炉中料粉的分解时间	194
第四节 分解炉的热工特性	194
一、分解炉内的燃烧特点	194
二、分解炉中的气体运动	195
三、分解炉内的传热	195
第五节 预分解系统中窑的性能	196
一、回转窑内的工艺带及工艺反应	196
二、窑内物料反应的热效应	197
三、窑的热工性能	198
第六节 预分解窑的操作及工艺管理	200
一、预分解窑的点火方法	200
二、预分解窑的正常操作	200
三、系统主要工艺参数的控制、监测、调节	201
四、系统的结皮、堵塞及旁路放风	205
第八章 窑衬及其砌筑	208
第一节 窑衬作用及要求	208
一、窑衬的作用	208
二、对耐火材料的要求	208
第二节 水泥回转窑常用的耐火材料	209
一、粘土砖	209
二、高铝砖	209
三、镁砖	211
四、耐碱系列粘土砖	211
五、碳化硅砖和碳化硅复合砖	212
六、散状耐火材料	212
第三节 隔热材料和隔热窑衬材料	214
第四节 水泥窑衬的配套	215
一、一般回转窑各带窑衬的配套	216
二、SP 和 NSP 大型回转窑窑衬的配套	216
三、隔热材料的应用	217
第五节 窑衬的镶砌	217
一、耐火泥的制备	217
二、窑衬的形状、规格和厚度	219
三、镶砌前的准备工作	220
四、回转窑窑衬镶砌方法	220
附录 I 国内各种回转窑热工测定主要数据	223
1. 湿法窑热工测定主要数据	223
2. 干法窑热工测定主要数据	226
3. 半干法窑热工测定主要数据	229

附录 I 国内回转窑有关技术数据.....	232
1. 湿法窑有关技术数据	232
2. 干法窑有关技术数据	235
3. 半干法窑有关技术数据	238
附录 II 带旋风预热器窑(太原型)有关数据.....	241
1. 主要设备情况	241
2. 热工标定主要数据	243
附录 IV 预分解窑有关数据.....	245
1. 预分解窑类型英语名称	245
2. 四厂预分解窑系统的主要设备规格及性能	246
3. 各部位空气量、温度及静压测定结果	253
4. 各部位废气量、温度、压力及含尘量测定结果	254
5. 各部位废气成分分析结果	255
6. 各部位表面散热损失测定的计算结果	256
7. 四窑标定和设计产量及日本有关预分解窑指标对比表	257
8. 四厂分解炉生产能力指标与日本有关分解炉指标对比表.....	258
9. 四厂窑、炉有关热负荷指标同日本窑、炉对比表	260
10. 四厂冷却机同日本冷却机技术指标对比表	261
11. 国外比较先进的预分解窑热平衡主要项目数据表	262
12. 四厂窑系统表面散热损失分布	263
13. 四厂预分解窑窑尾系统有关部位压力分布	263
14. 四厂有关的技术数据	263
15. 四厂预分解窑主要技术经济指标汇总表	264
16. 四厂预分解窑热工性能有关参数汇总表	265
附录 V 有关能耗资料.....	266
1. 我国水泥回转窑各种生产方法烧成煤耗和水泥综合能耗.....	266
2. 国外水泥厂各生产工序能源消耗情况	266
附录 VI 有关环境保护数据.....	267
1. 各国粉尘排放标准	267
2. 我国车间空气中有害物质的最高容许浓度	267
3. 我国水泥企业热力设备废气排放标准	268
4. 我国水泥企业通风设备废气排放标准	269
5. 我国工业企业噪声标准	269
附录 VII 工程单位制和国际单位制的换算.....	270
参考文献.....	271

第一章 概 论

第一节 水泥熟料的煨烧在水泥生产中的作用

水泥熟料的煨烧是水泥生产工艺过程中最重要的一道工序。因为水泥熟料的产、质量直接影响水泥的产、质量。普通水泥组成中85%以上是水泥熟料，因此水泥熟料的产量高了，水泥的产量当然也高。如果生产一定标号的矿渣或火山灰等水泥时，水泥熟料强度高时能多掺入混合材，因此提高了水泥的产量，相应降低了水泥成本和热耗。所以有人说水泥熟料的煨烧是水泥厂的“心脏”，是水泥生产的关键工序，这是有道理的。水泥生产过程中有些工序，是为烧成的熟料能优质、高产、低消耗提供条件的，如生料和煤的制备等，因此抓了水泥熟料的煨烧，同时也能带动生料和煤的制备等工序的提高。

第二节 水 泥 窑

一、水泥窑的类型和作用

水泥窑目前主要有两大类，一类是窑筒体卧置（略带斜度），并能作回转运动的称为回转窑（也称旋窑）；另一类窑筒体是立置不转动的称为立窑。

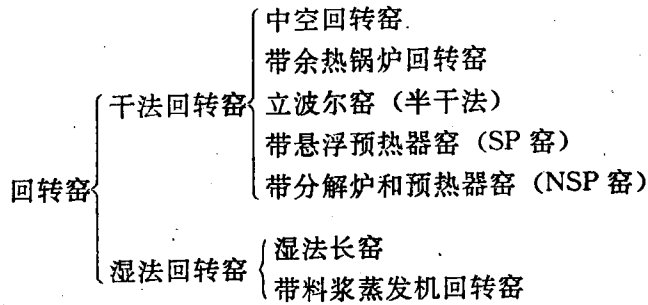
水泥生料在水泥窑内加热，经过了一系列的物理、化学变化，便成为熟料，因此水泥窑是一个反应器。为了使生料能充分反应，窑内烧成温度要求达到1450℃，使整个物料处于部分熔融状态，因此水泥窑又是一个熔炉。窑内高温是由燃料在窑内燃烧产生的，燃烧产生的热量通过辐射、对流和传导三种基本传热方式，将热量传给物料，所以水泥窑也是燃烧设备和传热设备。在回转窑内，物料从窑尾部加入，由于窑筒体是倾斜安装的，当窑转动时，物料不断地由窑尾向窑头运动；在立窑内物料从窑顶加入，由窑底部卸出，因此水泥窑也是个输送设备。

为使燃料在水泥窑内能进行正常燃烧，必须送入助燃的空气；燃烧产生的烟气和物料反应产生的水汽及二氧化碳等所组成的废气，需要从窑内排出，因此必须要有气体输送设备向窑内鼓进空气，并排出废气。由此可见，水泥窑的工作是由气体流动、燃料燃烧、热量传递和物料运动等过程所组成的。水泥窑的工作就是如何使燃料能充分燃烧，燃烧产生的热量能有效地传给物料，物料接受热量后发生一系列物理、化学变化，最后形成熟料。由于水泥窑内情况复杂，因此要求操作人员知识面要广，责任性要强。在复杂的情况下能全面的分析和判断问题，在处理问题上还要有一定的预见性。

二、回转窑

（一）回转窑的类型和特点

随着水泥工业的不断发展，出现了不同的生产方法和不同类型的回转窑。按生料制备的方法还可分为干法生产和湿法生产，及与其生产方法相适应的回转窑也分为干法回转窑和湿法回转窑两类。由于窑内和窑尾热交换装置不同，又可分为不同类型的窑。回转窑的分类大致如下：



1. 湿法回转窑的类型和特点

用于湿法生产中的水泥窑称湿法窑。湿法生产是将生料制成含水为 32~40% 的料浆。由于是制备成具有流动性的泥浆，所以各原料之间混合好，生料成分均匀，使烧成的熟料质量高，这是湿法生产的主要优点。此外生料在粉磨过程不产生粉尘，加上水对物料有尖劈作用，所以湿法粉磨效率比干法效率高。其主要缺点是由于要蒸发 32~40% 的料浆水分，要消耗很多的热量（约占总热耗的 30~35%）。

(1) 湿法长窑

湿法长窑的筒体较长（长径比为 30~40），为增加窑的传热面积，常在窑尾部分挂有链条，加速水分蒸发。其生产流程如图 1-1 所示：

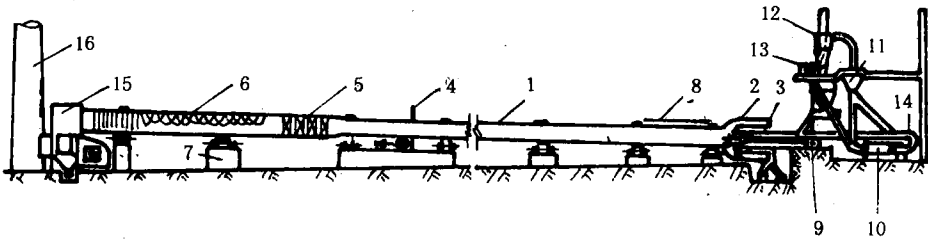


图 1-1 湿法长窑生产流程图

1—回转窑；2—多筒式冷却机；3—喷煤管；4—传动齿轮；5—热交换器；6—链条；7—托轮；8—水冷；9—鼓风机；10—煤磨；11—选粉机；12—旋风收尘器；13—煤磨排风机；14—从窑头吸热空气送入煤磨的管子；15—收尘器；16—烟囱。

(2) 带料浆蒸发器回转窑

为了将水分的蒸发过程移至窑外进行，可在窑尾后面设料浆蒸发器，使料浆水分大部分在料浆蒸发器内蒸发掉，因此湿法窑的筒体长度可缩短。装有料浆蒸发器的窑叫带料浆蒸发器回转窑。其流程如图 1-2 所示。

2. 干法回转窑的类型和特点

(1) 中空干法回转窑

中空窑是干法窑中最原始的一种型式，筒体内除砌有窑衬外，没有装设任何热交换装置。其生产流程如图 1-3 所示。

(2) 带余热锅炉的回转窑

由于中空窑内物料与热气流接触面积很小，所以传热效率很低，废气温度很高，热损失很大。为收回废气中的热量，在窑尾后面装设余热锅炉进行发电。称这种窑为带余热锅炉的回转窑，其生产流程如图 1-4 所示。

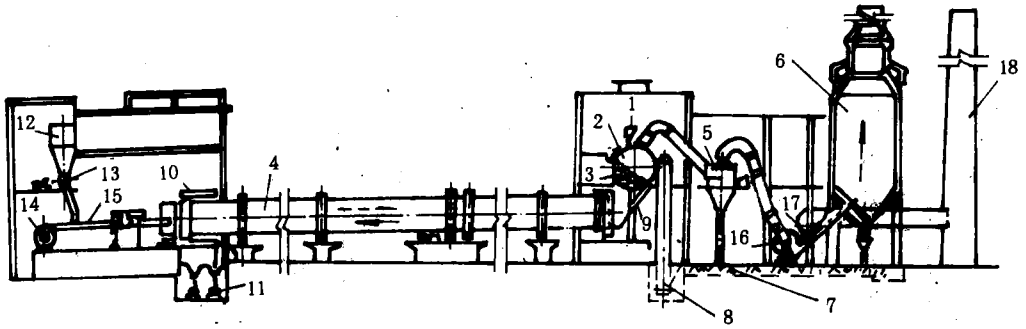


图 1-2 带料浆蒸发器回转窑流程图

1—喂料槽；2—卧式料浆蒸发器；3—换热带；4—回转窑；5—旋风收尘器；6—立式电收尘器；7—螺旋输送机；8—提升机；9—入窑管；10—熟料多筒式冷却机；11—熟料链式输送机；12—煤粉贮库；13—分格轮喂煤机；14—鼓风机；15—喷煤管；16—排风机；17—三通阀门；18—烟囱。

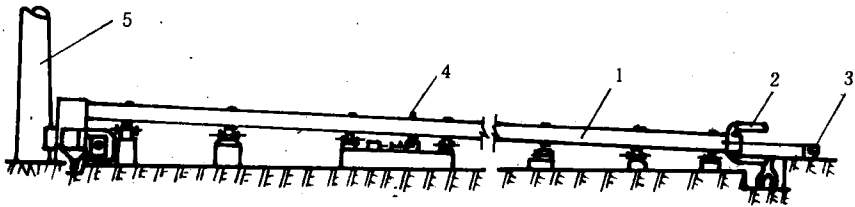


图 1-3 中空式回转窑

1—回转窑；2—多筒式冷却机；3—鼓风机；4—传动牙轮；5—烟囱。

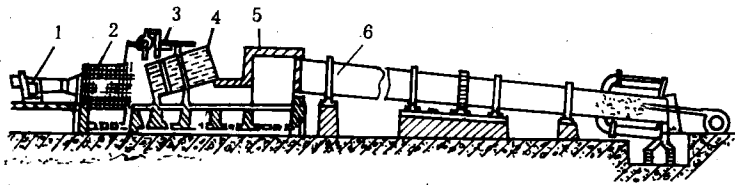


图 1-4 带余热炉窑工艺流程图

1—排风机；2—省煤器；3—蒸汽过热器；4—锅炉；5—烟室；6—回转窑。

(3) 立波尔窑（带加热机的回转窑）

窑尾废气中的热气除可用于发电外，更应该设法用来预烧物料。为此在窑尾后面加设一个加热机（回转炉篦子），将生料粉制成生料球，喂入加热机，由窑尾排出的废气进入加热机，穿过料球层，将热量传给料球，因此使排出加热机废气温度降低，加强了物料的预热。物料在加热机内进行干燥、预热和部分分解。带加热机的窑也称立波尔窑。由于料球含有 12~14% 的水分，因此也可将它划为半干法，因其生料制备和干法一样，所以实际上是干法的一种。其流程如图 1-5 所示。

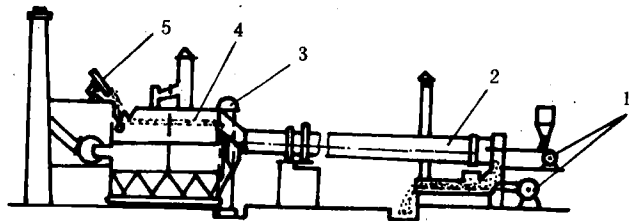


图 1-5 立波尔窑

1—鼓风机；2—回转窑；3—提升机；4—加热机；5—成球盘。

(4) 带悬浮预热器回转窑（简称 SP 窑）

生料粉在悬浮筒（旋风筒或立筒）内，悬浮于热烟气中进行热交换，因此传热效率高。悬浮预热器国内已投入生产的有旋风式与立筒式两种，其流程分别为图 1-6 与图 1-7。

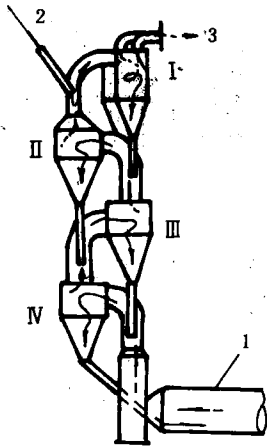


图 1-6 带旋风预热回转窑流程图

1—回转窑；2—生料进口；3—废气出口。

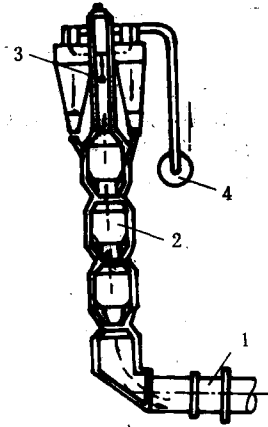


图 1-7 带立筒预热器回转窑流程图

1—回转窑；2—立筒预热器；3—生料入口；4—废气出口。

(5) 带分解炉和预热器的窑（简称 NSP 窑）

在带预热器的窑上再加设一个分解炉，在分解炉内再烧一把火，使经过分解炉的生料粉，其中碳酸钙绝大部分得到分解，因此可较大幅度地提高窑的产量。其生产流程如图 1-8 所示。

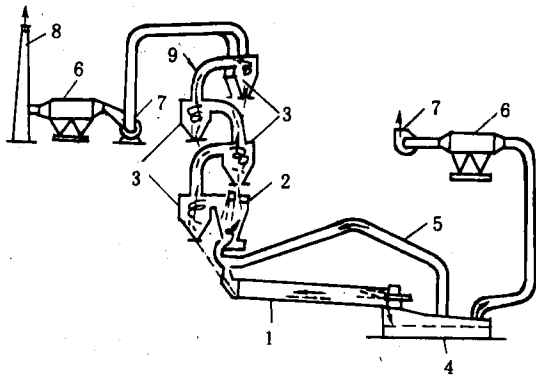


图 1-8 带窑外分解炉和预热器窑流程图

1—回转窑；2—分解炉；3—旋风预热器；4—冷却机；
5—二次风管；6—电收尘；7—排风机；8—烟囱；9—生料进口。

干法回转窑与湿法回转窑相比优缺点正好相反。干法将生料制成生料干粉，水分一般小于 1%，因此它比湿法减少了蒸发水分所需的热量。中空式窑由于废气温度高，所以热耗也不低。干法生产将生料制成干粉，其流动性比泥浆差，所以原料混合不好，成分不均匀，如无均化措施，其熟料质量不如湿法。而且生料制备过程粉尘大。但 60 年代、70 年代发展起来的 SP 窑和 NSP 窑具有产量高，热耗低等显著优点，具有强大的生命力。已成为 70 年代以来水泥窑发展的主要方向。

(二) 回转窑的发展概况

世界上用回转窑煅烧水泥是在 1885 年。我国于 1906 年首先在河北省唐山市启新洋灰公司（即启新水泥厂），建立了回转窑。以后又相继建立了大连（1907 年）、上海、中国、广州等回转窑水泥厂。初期建立的是热效率不高的干法中空窑，但不久就被湿法窑所代替。因湿法生产的熟料质量好。在本世纪 50 年代和 60 年代初，湿法长窑占主要地位。而我国到目前

为止湿法窑的比重仍很大，其次是半干法，干法占的比例还不小。随着水泥设备朝着大型化方向发展，湿法长窑的直径，国际上由 50 年代初的 3~4m 发展到 5~6m，到 1966 年最大达 $\phi 7.6/6.4/6.9 \times 232\text{m}$ ，日产熟料 3600t。我国 60 年代也建成 $\phi 4.4/4.15/4.4 \times 180\text{m}$ 窑，日产熟料 1000 多吨，至今仍为我国最大的一台湿法长窑。但是，在朝着大型化发展的过程中，产生了不少新问题，如大型湿法窑尾排出的粉尘激增，必须要加设收尘器；熟料的电耗也随窑规格的增大而猛增；而且大型窑的窑衬寿命也短。总之大型化湿法长窑缺点较多。

30 年代至 60 年代国际上（如西德和日本）兴建了相当数量的半干法——立波尔窑。半干法窑由于热耗低，因此在国际上曾兴旺了一段时间。我国至今立波尔窑仍占有一定比例。但立波尔窑的篦式加热机运转事故较多，料球在加热机上加热也不均匀，而且要求原料成球性能好。由于有这些缺点，因此目前有许多国家已不愿采用了。

50 年代初出现了带悬浮预热器的窑（简称 SP 窑），由于生料粉在悬浮状态进行换热，所以传热效率高，热耗低，而且生料无需成球，也没有运转部件，所以 SP 窑比立波尔窑优越得多，而且经过十多年的发展，成功地采用了一些新技术，基本上解决了 SP 窑与湿法长窑在熟料质量问题上的差距，又解决了 SP 窑正常运转的问题。SP 窑不仅熟料单位热耗低，而且产量高，对于相同产量的窑，SP 窑直径比湿法长窑小，窑衬寿命长，有利于产量大幅度的提高。因此 60 年代后期国际上大都兴建了 SP 窑，形成了 SP 窑的主导地位。

我国也是在 50 年代初开始研制 SP 窑的。建材研究院首先在上海进行四级旋风预热器的试验研究，根据试验结果在太原水泥厂 $\phi 2.74 \times 42\text{m}$ 窑上设计制造了第一台带旋风式预热器的回转窑，并于 1966 年 4 月正式投产。投产后产量提高 32%，热耗降低 45.5%。60 年代初在杭州水泥厂开始对立筒预热器的试验。1969 年在杭州水泥厂的 $\phi 2.4/2.2/2.6 \times 36\text{m}$ 窑上建成第一台具有我国自己特色的带立筒预热器的回转窑，使其产量提高了 25%，热耗降低了 35% 左右，从而带悬浮预热器的回转窑在我国也开始发展了。

到 70 年代初，国际上出现了窑外分解新技术，即在带预热器窑上增设一个分解炉（简称 NSP 窑）。它的产量比同规格的 SP 窑成倍增加，使单位熟料热耗也显著降低。SP 窑特别是 NSP 窑的出现，把水泥窑的烧成技术推向了一个新阶段。这一新技术一经发现立即引起了水泥工业界的重视，它的优越性已得到世界的公认。到 70 年代末，世界上工业发达的资本主义国家都基本上将预热器窑转向带分解炉的窑即 NSP 窑，一些发展中国家新建或扩建大、中型水泥厂也大都采用 NSP 窑。

70 年代初我国组织了 NSP 窑的开发工作，先是开发烧油的，取得成功后又开发烧煤的，试验窑的规模由日产 300t 熟料，发展到日产 700t 和日产 1200t 熟料。

70 年代末党的十一届三中全会以后，我国经济进入开放时期，水泥生产技术获得迅速发展，带分解炉窑的新型干法技术得到很大发展。1978 年我国建材主管部门组织了冀东水泥厂和宁国水泥厂日产 400t 熟料带分解炉窑的生产线成套设备进口工作，以后又在广西、广东、福建分别进口 4 台带预分解炉窑的生产线成套设备。成套设备进口不仅扩大了水泥产量，而且迅速提高了我国新型干法生产的技术水平。科研设计单位将设备进口中获得的技术首先用于改造和完善 70 年代我国自行建设的带分解炉窑的试生产线，又从国外进口了部分配套单机，从而使这些试生产的生产厂很快得以长期安全运转，并达到预期指标。

80 年代初国家建材局组织了日产 2000t 熟料带分解炉窑新干法生产线成套设备的设计、制造和建设。第一条线建于江西水泥厂，1986 年底建成并投入试生产，现已验收转入正常生产，江西水泥厂带分解炉生产线的正常生产，标志着我国新型干法生产技术达到一个新

水平。

我国新型干法的发展是采取两条腿走路的方针，一方面从国外进口成套设备；另一方面是通过科学试验和借鉴国外技术自行开发新工艺、新设备，建设生产线。到80年代末，我国带分解炉窑新干法生产水泥近1000万吨，加上带预热器窑的生产能力，将占我国大中型水泥企业总生产能力的1/4，这个发展速度在我国水泥生产技术发展史上是空前的。据80年代末统计，已投产开工带分解炉窑的生产线已有40条，其中日产熟料700t的22条；日产熟料1000~1500t的4条；日产熟料2000t的8条；日产熟料3200~4000t的6条。到2000年，一个具有中国特色的现代化的水泥工业窑将呈现在我们面前。

(三) 回转窑的发展趋势

由于SP窑和NSP窑具有产量、劳动生产率高，热耗低等显著的优点，所以在技术发达的国家一般都不再新建中、小型窑，而专搞大型窑。对于已生产的中型窑工厂，有的是维持生产，有的是在老厂附近扩建一条新的大型窑工艺线，或是把较大、较新的窑改为SP或NSP窑。

NSP窑是当前发展方向这是无疑的，但其规模多大才经济合适，应作些分析。从理论上讲，单位产品的基建投资和生产经营费用是随窑的规模增大而降低，而劳动生产率则随窑的规模增大而提高。但实际上由于大型设备的制造费用比较贵，操作管理技术要求也较高，当设备运转不正常或停机时，损失也较大。因此，水泥设备并不是不论条件愈大愈好。

SP窑的规模与投资关系见图1-9。

从图中可看出当规模为2000~3000t/d时，其实际投资少，是较经济的最佳规模。

NSP窑的规模与热耗等关系可见图1-10。从图中可看出当窑直径为5m，日产4000~5000t时，热耗最低，此时热负荷也不太高，这有利于长期安全运转。有人结合其他数据分析认为NSP窑的最佳规模为4000t/d左右。

若要新建一批大型NSP窑生产线，首先要具备以下几方面的条件：

(1) 要能够自己制造成批量的优质、配套齐全的大型设备。

(2) 要具备资源、电力、运输等建厂条件的大厂基地。

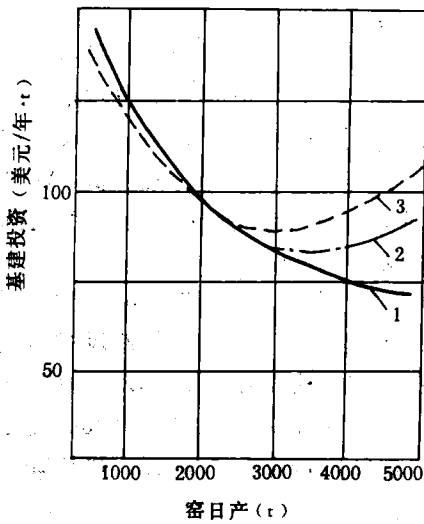


图 1-9 SP窑规模与投资关系

1—理论曲线；2—大型设备费用增加修正；
3—操作经验不足修正。

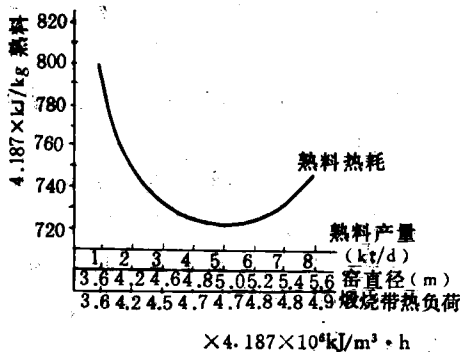


图 1-10 NSP窑规模与热耗关系

(3) 要有较高管理水平和技术管理人员和有较高文化和技术水平的的操作工人。

目前我国资源勘探工作还跟不上，设备制造能力和材料质量，技术力量等方面都较差，在短期内形成一大批大型窑的建厂条件困难较大。因此应先建日产2000t的NSP窑，取得经验

后再建日产 4000t 的 NSP 窑。

(四) 我国回转窑“八五”主要任务和今后发展方向

建材工业是能耗大户,其能耗约占全国能源总产量的 11%,万元产值能耗居全国各产业部门之首。因此建材企业生产承受着能源紧缺的巨大压力,另一方面建材的能源节约潜力很大,就水泥回转窑来说,干湿法的能耗差值就在 50%以上。因此国家建材局决定在“八五”期间组织节能综合工程的办法,以缓解建材工业发展能源不足的矛盾,提高企业生产的竞争能力。建材节能综合工程共有十个方面的子项工程,其中“大中型水泥厂的技术改造工程”是一个子项工程。

水泥是建材行业的主要产品,生产能耗约占建材工业能耗的 35%,因此搞好水泥工业节能是一件刻不容缓的大事。几年来我国大中型水泥厂在节能降耗加强管理和采用先进的节能装备方面都取得了一定成效,但与工业发达国家相比平均熟料热耗高 70%,电耗高 4~8%,目前水泥企业能源费约占生产成本的 35~50%,随着价格的调整,能源消耗占生产成本的比重将会越来越高,因此搞好节能综合工程是保证水泥正常生产的对策之一;通过节能综合工程的实施积极地将一些成熟的节能新技术应用于改造工程,同时又积极开发新型的节能装备,以更好地推动我国水泥工业的技术进步,缩短与国外先进水平的差距也具有很大的作用;通过节能综合工程逐步对一些老厂进行技术改造,使水泥工业的技术结构趋于合理;节能综合工程的实施也是提高大中型企业管理水平的有效手段。总之组织节能综合工程是提高经济效益和管理水平,推动技术进步,促使水泥工业持续、稳定、协调发展的重要措施。

大中型水泥厂技术改造工程的主要内容是:

1. 加速以 14 个老水泥厂为主的技术改造

在我国现有的 65 个大中型水泥厂中,50 年代末以前建成投产的有 30 个,占 46.15%,其中最老的水泥厂是唐山启新水泥厂和大连水泥厂,这些老厂普遍存在着工艺落后,设备陈旧、厂房简陋、生产效率低,特别是能耗高、粉尘大,迫切需要进行技术改造。1986 年经中央财经领导小组批准,同意对琉璃河、锦西、工源、本溪、上海、江南、广州、启新、抚顺、大连、哈尔滨、中国、洛阳和重庆 14 个老厂采取救活措施,给予优惠政策,即从 1986 年起,这 14 个老厂水泥提价后,所得差价收入全部返回企业,用于技术改造。技术改造的指导思想是以提高经济效益为中心,依靠技术进步,达到降低能耗和成本、提高生产效率和产品质量、开发新品种、改善环境污染和改变企业落后面貌的目的。

由于这 14 个老厂的自然条件 and 生产方法不同,有的是干法,有的是湿法和半干法,因此不可能采取一个模式对其进行技术改造,必须结合各厂具体条件和情况,因地制宜地进行各种方案的对比和论证,然后确定最佳方案。例如中国、上海、启新、琉璃河、哈尔滨水泥厂都是四、五十年以上的老厂,设备陈旧、工艺落后、能耗高,确定采取先扩后改(拆)的方式,即先扩建一条日产 2000t 熟料,或日产 1000t 熟料带分解炉窑的生产线,建成投产后将原有落后的生产线拆除。考虑到辽宁省电力供应紧张的实际情况,故对锦西、工源、大连和抚顺水泥厂仍保留原有余热发电的生产方式,但对余热锅炉要进行改造,提高发电效率。广州水泥厂进行湿改干的试点……等。14 个老厂技术改造工程完成后综合技术经济效果为:(1) 不仅将逐渐丧失的 380 万吨水泥的生产能力得到抢救,而且还可增产 380 万吨水泥能力;(2) 每吨熟料的平均标准煤耗从原来的 215kg 下降到 170kg,降低 21%,年节约标准煤 43 万吨;(3) 锦西、工源、大连和抚顺水泥厂的余热发电从平均每吨熟料 107kW·h 提高到 157kW·h,年增发电 1.34 亿度;(4) 油井、大坝、纯熟料水泥的产量将有所增加,除满足国内需要外,