

高等学校教学用书



窑炉及干燥器

华南化工学院

硅酸盐工学教研组 编

冶金工业出版社

高等学校教学用书

窑炉及干燥器

华南化工学院硅酸盐工学教研組 編

冶金工业出版社

窑炉及干燥器

华南化工学院硅酸盐工学教研组 编

1960年9月第一版 1960年9月北京第一次印刷 精装 3,010 册
平装 3,015 册

开本 $850 \times 1168 \cdot 1/32$ ·字数280,000·印张 $11^{12}/32$ ·插页4·定价 精装 1.80元
平装 1.30元

统一书号 15062·2176

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经售

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

前 言

本书是根据这门课的多次讲稿和指导课程设计与毕业设计的经验，将以前编写的讲义（1954年起）作了多次修改，由刘振群同志负责写成。在这次出版前，又结合我国工农业大跃进的成就及我们教研组各位老师的意见，较深入地修改了一次。

本书共分十一章。前六章阐明了有关窑炉及干燥器的基础理论和一般的燃烧设备及预热器：气体动力学、燃料及燃烧、燃烧设备、煤气发生炉、传热以及废热利用设备和空气预热器。由第七章至第十章，分别叙述了干燥及干燥器，水泥工业、陶瓷耐火材料工业和玻璃工业用窑。最后一章介绍了窑炉结构要件及砌筑材料。另外，本书在附录中阐述了物料平衡和热平衡的基本原理。

本书适宜于高等学校硅酸盐专业——建筑材料专业，耐火材料专业，电瓷专业等作为教学参考用书，也适于从事窑炉热工工作的工程技术人员参考。

本书基本上采用政府正式公布的单位，只是重量单位采用千克（1千克等于1公斤），例如比热用千卡/千克·度，空气湿含量用克/千克等，意义更明确，运算较方便。

緒 言

(一) 窯爐及干燥器在硅酸盐工业中的作用

硅酸盐工业的生产过程，一般都离不开高温煅烧处理。制造水泥，要在旋窑、立波窑、立窑或其他类型的窑中烧制熟料；制造玻璃，要将配料在池窑或坩埚窑中熔化，玻璃制品又要在退火窑中退火；耐火材料及一些陶瓷生产须要预先在旋窑、立波窑或立窑中煅烧熟料。熟料破碎后作为坯体的骨架，减少收缩，增加强度；成型后的半制品又要在隧道窑、多室窑、轮窑、倒焰窑、龙窑或阶级窑中烧成。

干燥也是硅酸盐工业生产过程的重要部分之一。很多原料，如石灰石、矿渣、粘土、砂子及煤等，有时在进厂之前需要干燥，使其不致粘结，或在配料前干燥，使配料均匀。陶瓷耐火材料成型后的半制品，为了使其具有一定的强度，便于运输和码窑，以及减少入窑水分，加速烧成，要把它放在隧道干燥器，格子干燥器或运输带式干燥器内干燥。所以，从事硅酸盐工作者就要从下列两个方面掌握窑炉设备：

(1) 如何操作和改进现有的窑炉，使其提高质量和产量，节省燃料消耗；

(2) 能按工艺要求，从热工观点设计窑炉。

其实，这两方面是统一的，操作窑炉要从热工原理出发，才有方向；设计窑炉，要从现有窑炉方面取得一些经验数据（如果设计的是新式窑，要先作研究工作，取得数据），而且设计出来的窑炉要保证能操作。

所谓热工观点，是包括窑炉结构，燃料燃烧，窑内传热及气体阻力等几方面。同时设计的窑炉，首先要能满足工艺要求，而且

無論在投資和維持費方面都是最經濟的，劳动条件是最好的。

(二) 建国以来，我国在窑炉热工設備方面的成就

我国制造陶瓷已有五千年的历史，自古就能用烧柴的龙窑、阶级窑及景德镇瓷窑烧制品质优良的陶瓷。前面两种窑能利用废热，使温度达 1400°C 以上，其作用原理和现代最先进的隧道窑及多室窑相似。这些窑现在全国各地，如广东石湾、高陂、丰溪、湖南醴陵，江苏宜兴等地仍多采用。

解放前由于封建主义、帝国主义、买办资产阶级的摧残，使硅酸盐工业窑炉停止在几百年前的基础上，毫无进展。

解放后，由于党的正确领导，和一切生产一样，窑炉也得到了辉煌的发展。无论在窑炉操作方面，在新窑设计方面，在窑炉理论研究方面都取得了极大的成就。

在水泥工业窑方面，首先采用长火焰快速烧窑法，扭转了过去短火急烧的缺点。1956年提出加强煅烧，去年工农业大跃进又采取了三大一快的操作法（大料大风大煤及快转窑），使全国旋窑半数以上的生产率超过原设计的30%；有45%的窑，生产率超过原设计能力的50~75%。窑的运转率平均达到91.34%。在保护窑皮长期安全运转方面，广州水泥厂，江南水泥厂都有一套很好的经验，创造了安全运转600多天的纪录。水泥研究院对旋窑的热工测定方法也做了相当多的工作。全国大小城市和农村更建立了无数的水泥土立窑。

陶瓷耐火材料方面，兴建了很多煤气隧道窑，电气隧道窑，煤气多室窑。操作上普遍推行快速烧窑法，提高了产量，在很多方面达到了世界水平。例如重庆钢铁公司耐火材料厂，上海耐火材料厂，泰山耐火材料厂在100米³左右的倒焰窑中烧粘土制品，烧成最快时间只要6小时左右，烧硅砖只要70小时左右。建湘瓷厂烧日用瓷只要16小时左右。沈阳陶瓷厂在隧道窑中烧卫生陶瓷，推一车的时间缩短为50分钟。重庆第二机制砖厂等用輪

窑烧红砖，每月每米³隧道产砖3,000块。去年以来，全国龙窑及阶级窑都改烧煤及煤气成功，在龙窑和阶级窑以及其他窑炉的热工研究方面也做了不少的工作。

在玻璃窑方面，现在全国各地正在兴建新的大型的玻璃池窑。池窑的生产率也提高到每米²熔化部分面积，每昼夜1,300千克的指标。

解放后，由于我们学习了苏联先进技术，和我国工程技术人员和广大职工的努力，在窑炉方面已取得了很大的成绩，有些已达到世界水平，今后应继续向苏联学习，结合我国具体情况，深入钻研，为争取在最近期内在各个方面达到国际水平而努力。

(三) 苏联学者对窑炉的贡献

1742年俄国天才的伟大学者M. B. 罗蒙诺索夫就建立了气体流动的理论——矿坑内空气的自由流动，是由于冷的重的气体将热的轻的气体压出——并奠定了烟囱抽力的理论基础。后来B. E. 格伦 格拉日 馬以諾进一步发展了窑炉内气体流动的理论，他是世界上第一个用模型法来解释窑炉内气体运动情况的学者，为科学地研究窑炉打开了一条道路。H. H. 道布罗赫多夫对窑炉内的热交换及煤气成分的计算方面有很大贡献。H. E. 斯卡烈多夫及 M. A. 巴夫洛夫等对冶金炉理论作了很多研究工作。M. B. 基尔比切夫院士及 M. A. 米海耶夫学派利用相似论模拟法研究窑炉内的气流分布和窑炉结构的关系，为从物理、数学理论基础来进一步研究窑炉创造了新的途径。现在正在用放射性同位素研究窑炉内气体运动的性质，物料运动的性质及耐火材料磨损的情况等。苏联在硅酸盐工业方面的科学技术水平是世界上最先进的，在这方面的科学家也是最多。

目 錄

緒 言	9
第一章 气体动力学	12
第一节 气体运动的性質	12
第二节 柏努利方程式	15
第三节 气体在密爐系統中必須克服之总阻力	19
第四节 密爐內气体的运动	26
第五节 煙囪設計	28
第六节 噴射泵計算	32
第七节 選擇通风机	35
第八节 射流过程	37
第二章 燃料及燃燒	41
第一节 燃料种类	41
第二节 燃料成分表示方法及其換算基准	44
第三节 燃料的热值	45
第四节 发火点溫度	46
第五节 根据燃料組成計算燃燒所需空气量	47
第六节 空气过量系數及煙气分析	47
第七节 根据燃料組成計算燃燒产物量	49
第八节 燃燒溫度及溫度測量	51
第三章 燃燒設備	55
第一节 燃燒設備在密爐中之应用	55
第二节 层狀燃燒的火箱	55
第三节 沸騰层燃燒的火箱	63
第四节 煤粉噴射燃燒器	64
第五节 重油燒嘴	67
第六节 煤气燃燒器	71
第四章 煤气发生爐	77
第一节 煤气发生之基本理論	77

第二节	发生爐的构造和操作控制	83
第三节	煤气的清洁	90
第四节	計算发生爐之座数、尺寸及煤气組成	94
第五章	傳 热	101
第一节	热傳导	102
第二节	对流傳热	107
第三节	热輻射	111
第四节	气体輻射	115
第五节	輻射給热系数	118
第六节	熾热窑操作室內的热交换	119
第七节	不稳定的热傳导	123
第八节	用有限差法計算窑牆的加热与冷却	126
第六章	廢热利用設備及空气預热器	135
第一节	廢热利用的方法及原則	135
第二节	换热器之构造及其計算	136
第三节	蓄热器	140
第四节	廢热鍋爐	146
第五节	預热器	147
第七章	干燥与干燥器	153
第一节	干燥意义	153
第二节	湿空气之参变数	154
第三节	干燥过程的物料平衡及热平衡	158
第四节	I_d 图	163
第五节	泥土物料中水分的类型及其与物料的結合	173
第六节	干燥过程与自由表面蒸发速度	175
第七节	泥土物料中水分的內扩散	178
第八节	新的干燥方法	181
第九节	物料在干燥过程中的收縮与变形	185
第十节	干燥过程中物料的开裂	186
第十一节	粘土的干燥敏感性	187
第十二节	干燥所需的时间	188
第十三节	陶瓷耐火材料半制品干燥器	190

第十四节 块状和粒状物料的干燥器	198
第八章 水泥工业窑	203
第一节 胶凝材料烧成理论	203
第二节 旋窑的结构	205
第三节 物料在旋窑内的运动	216
第四节 旋窑内的热交换	219
第五节 旋窑设计步骤	220
第六节 立波窑的设计步骤	226
第七节 旋窑的操作控制	230
第八节 立窑的操作原理	231
第九节 烧煨水泥熟料的立窑	233
第十节 烧制石灰的立窑	236
第十一节 烧制粘土熟料、煨烧铁矿石和白云石的立窑	239
第十二节 立窑的计算	240
第九章 陶瓷耐火材料工业窑	246
第一节 合理的煨烧制度	246
第二节 窑的分类	251
第三节 间歇式倒焰窑	253
第四节 隧道窑	272
第五节 轮窑	289
第六节 气室窑	294
第七节 我国陶瓷窑	297
第十章 玻璃工业窑	305
第一节 玻璃熔化过程	305
第二节 坩埚熔窑	306
第三节 池窑的构造	310
第四节 池窑内的气体流动方向	313
第五节 池窑内玻璃质的对流	314
第六节 用经验数据决定池窑的尺寸	315
第七节 玻璃熔窑的燃料消耗及热平衡	319
第八节 用传热及热平衡计算池窑各带的尺寸	322
第十一章 窑炉结构要件及砌筑材料	334

第一节	窑基	334
第二节	窑墙	335
第三节	窑顶	336
第四节	气体管道	338
第五节	砌窑用的耐火材料及绝热材料的选择	340
附录	物料平衡与热平衡	341
第一节	计算基准, 连系物, 计算因子	341
第二节	物料平衡	345
第三节	热平衡	355
主要参考文献		361
外国人名原文表		364

高等学校教学用书

窑炉及干燥器

华南化工学院硅酸盐工学教研組 編

冶金工业出版社

窑炉及干燥器

华南化工学院硅酸盐工学教研组 编

1960年9月第一版 1960年9月北京第一次印刷 精装 3,010 册
平装 3,015 册

开本 $850 \times 1168 \cdot 1/32$ ·字数280,000·印张 $11^{12}/32$ ·插页4·定价 精装 1.80元
平装 1.30元

统一书号 15062·2176

冶金工业出版社印刷厂印

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经售

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

前 言

本书是根据这门课的多次讲稿和指导课程设计与毕业设计的经验，将以前编写的讲义（1954年起）作了多次修改，由刘振群同志负责写成。在这次出版前，又结合我国工农业大跃进的成就及我们教研组各位老师的意见，较深入地修改了一次。

本书共分十一章。前六章阐明了有关窑炉及干燥器的基础理论和一般的燃烧设备及预热器：气体动力学、燃料及燃烧、燃烧设备、煤气发生炉、传热以及废热利用设备和空气预热器。由第七章至第十章，分别叙述了干燥及干燥器，水泥工业、陶瓷耐火材料工业和玻璃工业用窑。最后一章介绍了窑炉结构要件及砌筑材料。另外，本书在附录中阐述了物料平衡和热平衡的基本原理。

本书适宜于高等学校硅酸盐专业——建筑材料专业，耐火材料专业，电瓷专业等作为教学参考用书，也适于从事窑炉热工工作的工程技术人员参考。

本书基本上采用政府正式公布的单位，只是重量单位采用千克（1千克等于1公斤），例如比热用千卡/千克·度，空气湿含量用克/千克等，意义更明确，运算较方便。



目 錄

緒 言	9
第一章 气体动力学	12
第一节 气体运动的性質	12
第二节 柏努利方程式	15
第三节 气体在密爐系統中必須克服之总阻力	19
第四节 密爐內气体的运动	26
第五节 煙囪設計	28
第六节 噴射泵計算	32
第七节 選擇通风机	35
第八节 射流过程	37
第二章 燃料及燃燒	41
第一节 燃料种类	41
第二节 燃料成分表示方法及其換算基准	44
第三节 燃料的热值	45
第四节 发火点溫度	46
第五节 根据燃料組成計算燃燒所需空气量	47
第六节 空气过量系數及煙气分析	47
第七节 根据燃料組成計算燃燒产物量	49
第八节 燃燒溫度及溫度測量	51
第三章 燃燒設備	55
第一节 燃燒設備在密爐中之应用	55
第二节 层狀燃燒的火箱	55
第三节 沸騰层燃燒的火箱	63
第四节 煤粉噴射燃燒器	64
第五节 重油燒嘴	67
第六节 煤气燃燒器	71
第四章 煤气发生爐	77
第一节 煤气发生之基本理論	77

第二节	发生爐的构造和操作控制	83
第三节	煤气的清洁	90
第四节	計算发生爐之座数、尺寸及煤气組成	94
第五章	傳 热	101
第一节	热傳导	102
第二节	对流傳热	107
第三节	热輻射	111
第四节	气体輻射	115
第五节	輻射給热系数	118
第六节	熾热密操作室內的热交换	119
第七节	不稳定的热傳导	123
第八节	用有限差法計算密牆的加热与冷却	126
第六章	廢热利用設備及空气預热器	135
第一节	廢热利用的方法及原則	135
第二节	换热器之构造及其計算	136
第三节	蓄热器	140
第四节	廢热鍋爐	146
第五节	預热器	147
第七章	干燥与干燥器	153
第一节	干燥意义	153
第二节	湿空气之参变数	154
第三节	干燥过程的物料平衡及热平衡	158
第四节	I_d 图	163
第五节	泥土物料中水分的类型及其与物料的結合	173
第六节	干燥过程与自由表面蒸发速度	175
第七节	泥土物料中水分的內扩散	178
第八节	新的干燥方法	181
第九节	物料在干燥过程中的收縮与变形	185
第十节	干燥过程中物料的开裂	186
第十一节	粘土的干燥敏感性	187
第十二节	干燥所需的时间	188
第十三节	陶瓷耐火材料半制品干燥器	190