

中等专业学校教学用书

建筑材料工业热工学和热工设备

下 册

B. A. 基泰依采夫

И. B. 柯罗尔柯夫 合著

P. M. 古尔维奇



建筑工程出版社

中等專業學校教學用書

建築材料工業熱工學 和熱工設備

(下 冊)

陳際武 鍾景中 譯



SEU 0693148

建築工程出版社出版

• 1961 •

原本說明

書 名 ТЕПЛОТЕХНИКА И ТЕПЛОВЫЕ УСТАНОВКИ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

著 者 В. А. КИТАЙЦЕВ
Р. М. ГУРВЧИ
И. В. КОРОЛЬКОВ

出版者 ПРОМСТРОЙИЗДАТ

出版地点
及 年 份 МОСКВА—1954.

建筑材料工业热工学

和热工設備

(下 册)

陈际武 鍾景中 譯

1959年1月第1版 1964年3月第3次印刷 3,571—7,580册

850×1168 $1/32$ • 190千字 • 印張7 $5/8$ • 插頁4 • 定价(10)1.40元

化工出版社印刷厂印刷 • 新华書店发行 • 書号: 936

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

譯 者 的 話

本書系根据 苏联 国立建筑材料書籍出版社 (Государственное издательство литературы по строительным материалам) 1954年出版的В. А. 基泰依采夫、Р. М. 古尔維奇、И. В. 科罗尔柯夫 (В. А. Китайцев, Р. М. Гурвич, И. В. Корольков) 合著的“建筑材料工业热工学和热工設備” (Теплотехника и тепловые установки в промышленности строительных материалов) 一書譯出。原書經苏联建筑材料工业部教育司审定为中等专业学校教科書。

在譯文方面，譯者在專業名詞上和造句上都尽量做到明确流暢；在譯名方面，竭力做到統一，但由于本書涉及的專業範圍較寬，有时如某些專業名詞过于強調一致，似乎反覺别扭。

全書的翻譯工作主要由陈际武同志担任。本書的第九篇第六章及第十篇由鍾景中同志譯出。

本書的校对工作由以下各同志分別担任：第八篇的前四章及第十二篇由宋崑同志校閱；第八篇的后三章及第九篇的第四章及第五章由鍾景中同志校閱；第九篇的前三章由刘巽伯同志校閱；第十一篇是請吳健生副教授校閱的。最后全書由陈际武同志作了仔細的整理。

此外，在翻譯过程中，承蒙吳健生副教授的鼓勵及帮助，特此表示謝意。

最后，由于譯者的能力有限，誤譯与疏漏之处在所难免，謹請讀者加以指正及批評。

目 录 (下册)

第八篇 建筑陶瓷焙烧窑

第一章 窑爐概述	10
第二章 間歇式窑	12
1. 間歇式窑內焙燒的均匀性及其提高的方法	12
2. 間歇式窑的尺寸及構造	14
3. 間歇式窑的热工特性	15
4. 間歇式窑內廢气热量的利用	16
第三章 燒成帶移动而物料固定的連續式窑	17
1. 多室窑	17
2. 輪窑	19
第四章 燒成帶固定而物料移动的連續式窑	36
1. 隧道窑的構造及操作	37
2. 隧道窑的热工特性	46
3. 隧道窑投入生产及看管	47
第五章 窑的热平衡	49
1. 热平衡收入部分	49
2. 热平衡支出部分	50
3. 窑的效率	54
第六章 窑类型的选择	55
第七章 焙燒陶瓷制品窑的近似計算	57
1. 焙燒室及窑道的容积及尺寸	58
2. 窑的操作制度	59
3. 焙燒粘土磚的隧道窑的簡單热工計算	59

4. 燃料的燃燒	61
5. 燃料消耗量的計算	62
6. 熱量收入	68
冷却帶的热平衡	71
第八篇复習題	71

第九篇 膠凝物質煅燒窯

第一章 豎窯的構造和操作	72
第二章 煅燒地方性膠凝物質的豎窯	73
1. 豎窯类型	73
2. 豎窯的裝料設備及卸料設備	77
3. 豎窯的生产率	79
4. 豎窯的热工特性	81
第三章 煅燒水泥熟料自动化豎窯	83
1. 自动化豎窯的構造	84
2. 自动化豎窯內燃料的燃燒	88
3. 豎窯所采用的燃料	91
4. 豎窯內气体运动阻力	91
5. 自动化豎窯的生产率	92
6. 提高自动化豎窯生产率的方法	93
第四章 迴轉窯	94
1. 迴轉窯的構造	94
窯体	94
窯的托輪和傳动裝置	96
窯头和密閉裝置	97
热交換設備	98
喂料机	101
2. 燃料在迴轉窯內的燃燒	101
3. 迴轉窯的热工特性	105
4. 迴轉窯的生产率	107

5. 提高廻轉窯生產率及熱效率的措施	110
6. 窯體的水冷卻	112
7. 廻轉窯廢氣和熟料的熱量利用裝置	113
余熱鍋爐	113
料漿過濾器	115
蒸發器和預熱器	115
煅燒機	118
冷卻機	119
第五章 豎窯和廻轉窯的熱工計算	125
1. 物料平衡	126
燃料消耗量	126
原料消耗量	127
飛灰量	128
干空氣消耗量	128
空氣帶入的水分	129
廢氣量	129
2. 熱平衡	130
3. 燃燒溫度的計算	133
4. 廻轉窯熱工計算舉例	134
廻轉窯 1 公斤熟料的物料平衡	140
第六章 石膏煅燒設備	142
1. 同時進行石膏的粉磨與煅燒	142
2. 石膏脫水炒鍋	143
第九篇復習題	145

第十篇 玻璃窯

玻璃窯的類型	146
第一章 玻璃熔化池窯	147
1. 池窯構造概述	147
2. 熔制平板玻璃的池窯	148

3. 池窑的蓄热室.....	152
4. 池窑的小爐.....	154
5. 交換器.....	156
6. 池窑內傳熱.....	163
7. 池窑的生产率.....	163
8. 池窑的热工特性.....	165
9. 生产平板玻璃的玻璃熔化池窑的热平衡 計算举例.....	167
第二章 生产玻璃的其他熔窑	171
1. 引上通路.....	171
2. 熔化玻璃的坩堝窑.....	172
3. 退火爐.....	175
第十篇复习題.....	176

第十一篇 建筑制品蒸汽养护设备

建筑制品蒸汽养护(水热处理)概述	178
第一章 蒸汽养护室	178
第二章 蒸汽养护鍋(蒸压釜)	181
1. 蒸汽养护鍋(蒸压釜)的構造.....	182
2. 蒸压釜的热工特性.....	184
3. 蒸压釜操作时的保安技术.....	186

第十二篇 热工檢查及热工过程的自动調节

控制-計量仪表类型概述	187
第一章 測量温度的仪表	188
1. 陶瓷測溫錐.....	188
2. 膨脹溫度計.....	189
3. 热电高温計.....	190
4. 电阻溫度計.....	192
5. 光学高温計.....	194

第二章	測量气体正压和負压的仪表	197
第三章	測量气体流量和流速的仪表	200
1.	皮托管 (压头管)	200
2.	風速計	201
3.	节流器	202
第四章	測定气体組成及湿度的仪器	204
1.	化学气体分析器	204
2.	电气气体分析器	207
3.	干湿球湿度計	209
第五章	热工檢查的組織	210
1.	热工設備操作的經常檢查	210
2.	热工設備的热工試驗	218
第六章	热工过程的自动調节	219
1.	直接作用的調节器	220
2.	間接作用的調节器	221
	第十二篇复習題	225
附录:	供課程設計和畢業設計的热工設備計算的	
	参考資料:	227
I.	几种最重要燃料的特性	228
II.	气体从 0° 至 2500° 的平均热容量	230
III.	各种材料的比重 γ 、容重 γ_0 、导热系数 λ 及热容量 C	231
IV.	某几种材料的黑度 ϵ	232
V.	空气相对湿度, %	233
VI.	空气绝对湿度, 克/米 ³ , 745 毫米水銀柱	235
VII.	局部阻力系数	236
VIII.	建筑材料工業干燥車間及窯爐車間工艺 設計标准	237
	一、磚瓦厂	237
	二、生产其他建筑陶瓷制品的企業	240

三、石灰厂.....	241
四、石膏厂.....	241
五、水泥厂.....	242
六、玻璃厂.....	243
IX. I—d 圖 湿空气的压力为 745 公厘水銀柱，以其中含 1 公斤干空气为計算基础（温度200°以下）	
X. I—d 圖 湿空气的压力为 745 公厘水銀柱，以其中含 1 公斤干空气为計算基础（温度 1050° 以下）	

第八篇 建筑陶瓷焙燒窑

第一章 窑爐概述

工業窑爐是一种高温处理物料的设备，当高温处理时物料內發生一系列的物理-化学变化。

在絕大多數的情況下，窑內利用燃料燃燒的热量。

在許多情況下，采用電加熱。

窑爐通常由燃燒室和工作室組成，在燃燒室內產生熱，而在工作室內將熱傳遞給被加熱的物料。此外，為了排出熱傳遞過程終了後的廢氣總是設有抽風設備。

上述各部分不是每種類型的窑都有。在某些情況下有些部分可以合併起來：例如，輪窑的燃燒室和焙燒道是合併起來的等等。

燃燒室 燃燒室的構造應該與供燃燒的燃料種類相適應，並且保證得到所需的熱量。燃燒室與工作室之間的相互位置和窑的構造及用途有關（最廣泛採用的燃燒室構造已在第六篇中講述過）。

焙燒室 是窑的工作部分。在此室內熱量傳遞給被焙燒的物料。焙燒室的尺寸和形狀應該保證氣體在室內得以連續流動以及均勻傳熱。

大家都知道，傳熱的方式可以是傳導、對流和輻射。根據窑的構造，在不同程度上利用其中任一種傳熱方式。

燒成制度決定於溫度曲綫。溫度曲綫以直角座標表示，此座標表明在焙燒時窑內溫度變化的情況（圖97）。在橫座標上表示焙燒時間（小時），在縱座標上表示對應於某一定時間的溫度。

焙燒室的形狀和尺寸決定於焙燒物料的種類，並根據生產量

411.53
179

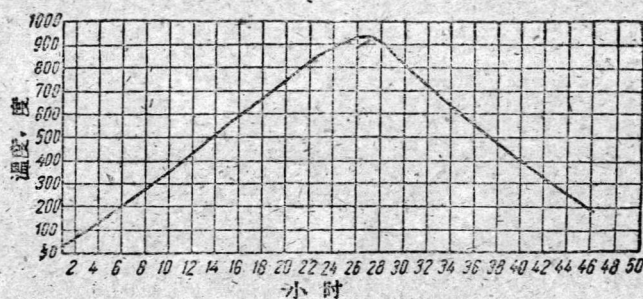
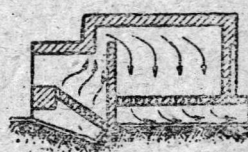
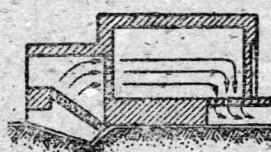
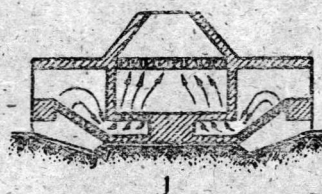


圖 97 隧道窯內焙燒磚的溫度曲線

和生产特点来選擇,以保證制品的優良質量及所需的窯的生產率。

抽風設備 在一定程度上也決定於產量和生產特點。在最簡單的窯內廢氣直接從窯室逸入大氣中(土窯),但是在大多數的窯內廢氣是用專門的抽風設備(煙囪及通風機)沿着煙道排出的。不論抽風設備的類型如何,它應該保證氣體產物全部排出。



2

3

圖 98 間歇式窯的類型

窯的分類
在建築材料工業中所採用的各種焙燒窯可以分為間歇式和連續式兩種。

在間歇式窯內,每一時刻僅進行一個焙燒階段(裝窯、加熱、冷卻、出窯)。在連續式窯內焙燒過程是連續進行的,而且在窯的各部分同時進行着焙燒的各階段。這兩種類型的窯根據其構造特點又可分為幾類。間歇式窯分三類:(1)昇焰窯;(2)平焰窯;(3)倒焰窯(圖98)。連續式窯分二類:(1)焙燒物料不動而燒成帶移動的窯;(2)燒成帶不動而物料移動的窯。

第二章 間歇式窯

間歇式窯用于焙燒陶瓷制品。窯由焙燒室組成，在焙燒室內依靠分佈于窯周圍的燃燒室中燃料的燃燒來加熱制品；制品冷卻也就在焙燒室內進行。焙燒室的水平斷面是圓形或是矩形。經窯門將焙燒的制品裝入室內，焙燒好的成品也經窯門卸出。

裝窯完畢後，這些窯門用臨時的磚牆堵住，焙燒終了把它們拆掉。窯某些結構上的主要區別在于焙燒室內火焰運動的方向（參看圖98）。

間歇式窯是各種類型的窯之中最不經濟的一種。在間歇式窯內燃料的消耗量非常大，因為在焙燒過程中，並沒有利用出窯廢氣的熱量。在這種窯內燒瓦時標準燃料的正常消耗量為燒成制品重量的8~10%，而耐火粘土制品為28~35%；對於下水管，則燃料消耗量達到90%。在容積大的窯內燃料的消耗比容積小的窯稍少些，因為在窯牆的蓄熱上和向四周放散的熱量上，單位制品燃料損失量是隨窯的容積增大而降低的。

間歇式窯主要的優點是有可能依據原料質量實行所要求的燒成制度，不論在燒成溫度方面或火焰的性質方面都有可能，因為在這種窯內易于得到氧化氣氛和還原氣氛。

間歇式室窯用于焙燒尺寸大的、形狀複雜的、要求特別謹慎的燒成制度的制品，也用來生產少量的各種不同類型的制品。

1. 間歇式窯內焙燒的均勻性及其提高的方法

應用最廣的是間歇式倒焰窯（圖99）。這種窯主要用來焙燒粘土瓦、陶瓷管、耐火材料及耐酸制品。此種窯和其他類型的間歇式窯比較起來，其焙燒均勻性最好。

窯高度方向上溫度分佈不均勻的原因可能是：（1）由燃燒室

至焙烧室出口处气体混合得不好，因此产生气体的分层（炽热气体总是趋向上流，而往下流的只是最冷的气流）；（2）传热给物料的同时，往下的气流受到冷却；（3）窑底部的负压使得冷空气通过砌筑体不严密处吸入。

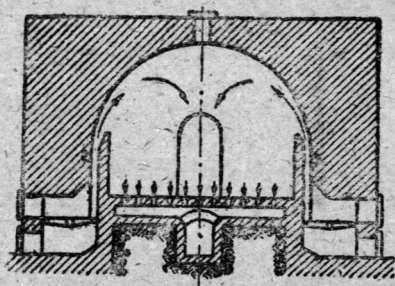


图 99 間歇式倒焰窑

垂直方向上温度的不均匀首先是以改善燃烧室的操作来消除。在烧成最初阶段最好是經窑室尽量通过大量的气体。为了使空气和燃烧室气体很好混合，从燃烧室到窑内噴火口的气体速度应该是很大的。在温度上升最快的阶段中，如采用半煤气燃烧室及供給二次空气，把燃烧直接轉移到焙烧室中则会得到很好的結果。

窑水平断面上温度的不均匀主要是窑本身构造上的缺点，即由于烟气体排出的不妥所致。由于这样，在窑底出口处各部分烟气体便分布不均匀。根据气体运动时遇到的阻力不同，在水平断面各个部分气体的流量是不相同的。这些阻力是由砖垛、窑底孔和窑底烟道的阻力造成的。窑底孔的阻力最大。

要消除或减少在水平断面上温度的不均匀性，可以用减少窑底孔总断面（为了在窑底孔中得到比烟道或窑底烟道阻力大得多的阻力）或改变窑底某些地方窑底孔断面的方法来达到。

窑底烟道的断面是这样选择的，即要使其内部的速度不高于2~3公尺/秒。排气烟道的布置应使窑底各部分的负压都相同。

間歇式窑内温度分布的不均匀不仅在加热和烧成时见到，而且在冷却时亦同样产生。为了消除冷却时的不均匀性，冷空气最好从下面透入，而热空气从上面导出。冷空气入口可以設置在烟道上在閘門及窑墙之間的地方，而废气由窑頂孔排出。在这种情况下，不但能够均匀，而且还可大大加速窑的冷却过程。

2. 間歇式窯的尺寸及構造

燃燒室的热力强度是根据热的最大需要量确定，通常达到最高燒成温度时期需要的热量最多，那时燃燒室在一个短時間內工作强度最大。

为保証正常操作起見，爐篦子的面积、烟道的尺寸、抽風设备的功率必須按照燃料的最大消耗量来求出。燃料的小时平均消耗量等于整个燒成時間內燃料的全部消耗与燒成時間的比值：

$$B_{cp} = \frac{G}{Z}, \quad (137)$$

式中： B_{cp} ——整个燒成時間內燃料的平均消耗量，公斤/小时^①；

G ——燃料消耗量，公斤；

Z ——燒成時間，小时。

燃料的最大消耗量和平均消耗量之間的比值随燃料的种类和被焙燒物料的不同而变。当燒木柴和煤炭时此比值是这样的：对于磚瓦为1.5~2.5；耐酸器皿为2.5；下水管为4~5。

根据燒成的性質，常常是須要把未完全燃燒产物由燃燒室部分地直接轉移到窯的工作室中去进行再燃燒。对于这类窯常使用半煤气燃燒室。

間歇式窯的窯室有圓形的和矩形的。圓窯的單位容积所佔的窯牆面积和重量比方窯要小些。由于这样，在圓窯內砌体的蓄热量及通过窯牆的热損失比較小。这种窯是比較經濟的。

在容积不大的窯（100立方公尺以下）內窯的形狀对燃料單位消耗量的影响比較大。随着間歇式窯容积的增大，窯的形狀对燃料單位消耗量的影响便减小。

供焙燒建筑陶瓷用的間歇式窯的工作室容积波动于60~200立方公尺範圍內。

① 原文为公斤，恐系作者笔誤——譯者。

窑的容积增大则使燃料的单位消耗量减少。窑容积增大的限度决定于煅烧均匀的可能性。

窑室的高度取决于焙烧物料的性质，一般等于2.5~4公尺。窑室的宽度主要决定于制品焙烧均匀的可能性。对于方窑，一边设置燃烧室时，宽度不超过3公尺；在窑两边设置燃烧室时，方窑的宽度可以增加。沿圆周设置燃烧室的圆窑，窑室的直径可达10公尺。

间歇式窑的生产率决定于在其中烧成的时间，当整个工作过程的总时间缩短时，则窑的生产率便急剧地提高。

3. 间歇式窑的热工特性

间歇式窑的特点是燃料单位消耗量大。其主要原因是废气带走的热量、窑砌体的蓄热量以及当热物料冷却时的热量损失很大的缘故。

废气带走的热损失与窑的尺寸及被煅烧物料的种类有关，达到全部热量损失的25~50%。烧成温度愈高，则废气带走的热损失就愈大。

窑砌体的蓄热在热平衡中也佔很大的数值。

为了减少热量向窑牆外界介质散出的损失，把窑牆砌得很厚（1~1.5公尺）。但是，这使得砌体蓄热量很大。蓄热损失及周围介质的热损失达到全部热量损失的30%，而这些热量损失也随窑的尺寸而变。对于小型窑来说，此损失比大型窑相对的要高些。

要减少周围介质的热损失，可以采用外部隔热的方法。此方法虽然使外表面的温度减低，但也使砌体平均温度升高，也就是说增加了蓄热的损失。

当采用导热系数及热容量不大的轻质耐火材料来砌筑窑牆和窑顶进行隔热时，能得到较好的效果。当采用这种砌体时，窑牆的厚度比一般的要薄得多。砌体的温度也降低，因为轻质耐火材料的导热性和蓄热性很不好。

当用泡沫耐火粘土磚砌筑圆形间歇式窑内襯时，窑牆的总厚



度为 710 公厘，而代替了用一般耐火材料砌筑的 1100 公厘。在这种构造的窑内燃料的损失可减低 20% 以上。

热平衡中很大一部分热量也用在烧成物料上。

所有上述热量损失的总和为燃料总消耗量的 50~80%，因此，设法利用这些热量对减少生产上燃料的总消耗就具有极其重要意义了。

4. 间歇式窑内废气热量的利用

在同流换热器内烟道气体热量的利用 烟道气体的热量可以用来预热空气。当使用劣质固体燃料或气体燃料并在窑内必须获得高温的情况下，烟道气体热量的利用便有着特殊的意义。在这种情况下，采用热空气，便有可能得到比较高的烧成温度。

为了预热空气，在大多数情况下都采用单独式同流换热器（供单个窑用）或组合式同流换热器（供几个窑用）。

用陶瓷管构成的单独式同流换热器直接安装在窑的底下。这就提高了热量的利用，因为在进同流换热器和出同流换热器的通道上没有烟道气体和空气的损失。在焙烧大型陶瓷制品（玻璃熔窑大砖等）的室式窑内便采用这样的构造。单独式同流换热器的缺点是由于可通过的地方很小，难于观察和修理。

在组合式同流换热器内，当足够数量的窑联用的条件下，可以达到均匀而恒定的空气温度。当空气预热的温度不高时，组合式同流换热器能得到良好的热的利用率，这种换热器在空气不仅供燃烧用而且还供干燥设备或取暖设备用的情况下非常适宜。

物料冷却时热量的利用 在大多数情况下，利用物料冷却时的热量的目的都是与同流换热器相同，即供干燥设备或取暖用。在某些情况下，此热量是用来预热相邻间歇式窑内的物料。

废气热量和物料冷却时热量的利用方式必须根据企业内热平衡的详尽研究加以选择。不仅要了解清楚储备的热量，而且也要弄清所设计的设备在经济上的合理性。例如，当同流换热器内烟道气体温度降低颇大时，则其利用率会增大。但是此时由于同流