



热工学及陶瓷厂热工设备

下 册

杜海清編著

湖南科学技术出版社

书号：0311

热工学及陶瓷厂热工设备

下 册

杜海清编著

•

湖南科学技术出版社出版（长沙市新村路）

湖南省新华印刷厂印刷 湖南省新华书店发行

开本：787×1092毫米 1/32·印张：12 1/2·插页：2·字数：270,000

1962年12月第一版

1962年12月第1次印刷

印数：1——1,000 定价：(6) 1.00元

统一书号：15162·70

75.54
263

內容簡介

210575/03

本书分上、下二册。上册的主要内容为热工学理論部分。下册的主要内容为陶瓷窑爐結構、設計原則研究、干燥理論和它的設備以及热工測量等。

这本下册分三大編，即第五、六、七編。第五編为陶瓷耐火材料工业窑，除对陶瓷一般使用的窑作了广泛的介紹外，并对倒焰窑、隧道窑以及电热窑爐作了重点詳細的叙述。第六編为干燥和干燥設備，首先介紹了干燥理論如干燥靜力学和干燥动力学；然后介紹了各种干燥設備，既介紹了結構簡單的簡易干燥器，也介紹了現代的隧道式干燥器。第七編为热工測量及窑爐热平衡，介紹了測定窑內溫度、压力及气氛性質各种測量仪表的构造和使用；并且还根据上册所叙述的燃料燃燒計算、传热原理和本册所叙述的窑爐結構和热工測量等知識作出窑爐热平衡以总结全书。全书各章內容的叙述采取了实际与原理并重的办法，并有例題說明。

本书可供中等专业学校~~的硅酸盐专业~~——陶瓷专业、电瓷专业、耐火材料专业、~~建筑材料专业~~及~~砂輪~~专业作为教材用。也可供从事上述专业窑爐热工工作的工程技术人员作为参考用书。

下 册 目 录

第五編 陶瓷、耐火材料、工业用窑

第十三章 祖国的陶瓷窑爐(5)

§115 景德鎮窑(蛙窑).....(5)

§116 串窑(階級窑).....(13)

§117 龙窑.....(15)

第十四章 間歇式窑(18)

§118 引論.....(18)

§119 升焰式窑.....(18)

§120 倒焰式窑.....(22)

§121 加煤自动化倒焰窑.....(29)

§122 悬吊式窑頂矩形倒焰窑.....(31)

§123 陶制拱形爐柵燒成室的倒焰窑.....(33)

§124 煤气燃燒室倒焰窑.....(33)

§125 半煤气倒焰窑.....(36)

第十五章 倒焰窑各部尺寸的确定(38)

§126 倒焰窑容积的确定和它的計算法.....(38)

§127 窑頂.....(45)

§128	窑頂拱內應力的計算	(49)
§129	窑拱厚度及其异形磚的計算	(52)
§130	窑拱高和窑直徑的關係	(62)
§131	悬挂式窑頂	(65)
§132	窑頂火孔或窑頂氣孔	(67)
§133	窑牆	(67)
§134	吸火孔	(70)
§135	烟道	(75)
§136	窑門	(79)
§137	看火孔	(80)
§138	烟囱	(82)
§139	通风节制裝置	(94)
§140	倒焰窑經驗設計数据(列表57为本章总结)	(95)

第十六章 隧道窑 (98)

§141	引論	(98)
§142	隧道窑的演变与发展	(100)
§143	隧道窑的优缺点	(105)
§144	厥斯勒标准間接焰式隧道窑	(107)
§145	厥斯勒简化間接焰式隧道窑	(112)
§146	其他形式間接焰式窑	(114)
§147	間接焰式窑所采用的建筑材料	(115)
§148	間接焰式窑的优点	(116)
§149	直接焰式隧道窑	(117)
§150	半直接焰式隧道窑	(146)

- §151 剛玉結構隧道窯·····(146)
- §152 施潤德路——厥斯勒半直接焰式窯·····(147)
- §153 熱交換交叉燃燒式隧道窯·····(148)
- §154 袖珍式隧道窯·····(151)

第十七章 隧道窯基礎與窯車工程·····(156)

- §155 隧道窯基礎的構造·····(156)
- §156 窯車工程·····(159)
- §157 車台·····(161)
- §158 車桁、車梁、裝置坯架台·····(163)
- §159 墊板、棚板、承座·····(164)
- §160 窯車上支柱·····(166)
- §161 窯車的粘結劑——水泥·····(168)
- §162 影響窯車結構的其它因素·····(168)

第十八章 電熱窯爐 ·····(171)

- §163 電熱窯爐的優點和缺點·····(171)
- §164 電爐的分類·····(172)
- §165 電力消耗與發熱量·····(173)
- §166 電阻發熱體·····(173)
- §167 發熱體的裝配方法·····(176)
- §168 發熱體的設計·····(177)
- §169 室式電熱窯·····(178)
- §170 電熱隧道窯·····(178)
- §171 鐘罩式電窯·····(182)

§172 灶式車形窑和往復窑·····(182)

第十九章 其他各種陶瓷窑·····(181)

§173 兩層或三層圓窑·····(184)

§174 多室窑·····(184)

§175 荷夫曼(Hoffman)式輪窑·····(187)

§176 悶熱窑爐·····(190)

§177 熔塊窑·····(195)

第二十章 窑爐的設計施工與焙燒·····(196)

§178 陶瓷用窑型式的選擇·····(196)

§179 窑爐設計原理·····(197)

§180 窑設計的計算·····(204)

§181 筑窑的材料·····(212)

§182 窑爐施工最重要的砌築規程·····(225)

§183 烟囪、烟道、工業窑爐的干燥(烘窑)及其
引入操作制度·····(229)

§184 間歇式窑及連續式窑的焙燒工藝·····(232)

第六編 干燥和干燥設備

§185 干燥的意義·····(248)

第二十一章 干燥靜力學·····(250)

§186 空氣與水蒸汽混合物·····(250)

§187	相对湿度(ϕ)	(251)
§188	空气的湿含量(X) [公斤/公斤干]	(252)
§189	湿空气的热含量(I) [仟卡/公斤干空气]	(252)
§190	露点($t_{\text{露}}$) [$^{\circ}\text{C}$]	(253)
§191	湿球温度($t_{\text{湿}}$) [$^{\circ}\text{C}$]	(254)
§192	湿空气 I—X 图	(255)
§193	湿空气 I—X 图的应用	(259)
§194	干燥操作的物料核算与热量核算	(262)
§195	理論干燥器	(271)
§196	实际干燥器	(273)

第二十二章 干燥动力学 (278)

§197	干燥时间的計算	(278)
§198	影响干燥速率的諸因素	(280)
§199	干燥曲綫与干燥速率曲綫	(281)
§200	干燥速率的計算	(283)

第二十三章 干燥設備 (290)

§201	干燥器分类	(290)
§202	热地板干燥棚	(291)
§203	室式干燥器	(293)
§204	簡易室型干燥器	(294)
§205	隧道式干燥器	(294)
§206	H·H·阿尔捷姆全干燥器	(300)
§207	半連續式干燥器	(302)

- §208 鏈式干燥器.....(302)
- §209 轉筒干燥器.....(303)

第二十四章 干燥器中送入带热体和排除带

- 热体装置(305)
- §210 排气装置.....(305)
- §211 干燥器在正负压下的操作.....(306)
- §212 干燥器的热源.....(307)

第七編 热工測量及窑炉热平衡

第二十五章 温度測定(310)

- §213 温度的測定.....(310)
- §214 热电偶高温計.....(314)
- §215 光学高温計.....(326)
- §216 輻射高温計.....(328)
- §217 測温熔錐.....(330)

第二十六章 窑內压力和气体流速流量測定 ... (348)

- §218 压力測量仪器.....(348)
- §219 气体的流量和流速的測定.....(356)

第二十七章 燃料及气体分析和測定(361)

- §220 燃料的化学分析及物理試驗.....(361)

§221	气体分析	(364)
§222	热工测定的注意事项	(374)
第二十八章 窑爐热平衡		(375)
§223	比热及发热量	(375)
§224	进入窑內的热量	(378)
§225	进入窑內的热量分布	(379)
§226	气体带出的热量	(380)
§227	窑壁損失的热量	(381)
§228	加热物带出的热量	(384)
§229	窑爐效率热平衡的計算	(386)
§230	热平衡图的繪制	(389)

第五編 陶瓷、耐火材料、工业用窑

在陶瓷及耐火材料工业中,除了有用来預燒原料(如粘土、白云石、鎂石等),熔制輔助产品(如珐瑯、釉、燒块等)以及生产澆鑄的高級耐火材料(如富鋁紅柱石、熔融鎂石、碳化硅等)的窑爐(如豎窑,迴轉窑,地窑及电爐等)以外,主要的是用来煨燒成型制品的窑。在这类窑中,陶瓷及耐火材料制品,因受着一定溫度和气氛条件的影响,在其内部进行着一系列的物理化学变化,最后根据不同的質量标准,达到不同的燒結程度。例如,生产陶瓷制品时,要求达到一定的玻化程度和完全消除了气孔,而在生产耐火磚时,产品具有不少的气孔率。

在燒成过程中,由于固相結構的改变、液相填充气孔以及制品在加热和冷却时的尺寸改变等緣故,物料的体积会发生变化。又因制品具有一定的厚度,所以沿制品断面的物料体积改变是不均匀的,这样就在制品中产生了内部应力,如果这个内部应力超过了一定数值,就会使制品变形或开裂,形成废品。因此,在燒成(包括冷却)过程中,必須控制溫度,使其具有一定的升降速度。

即使是在煨燒同一种类制品的时候,在燒結开始以前和燒成溫度时的保溫時間也不是一个固定不变的数值,它决定于这些溫度的高低。

为了有利于反应的进行,在很多物料的燒成过程中,都要求具有一定的气氛条件。例如在陶瓷制品的燒成过程中,起初需要

氧化气氛以氧化坯料中的有机杂质，后来又需要还原气氛以便将坯料中的氧化铁还原成氧化亚铁，或者促进石膏的分解作用。另外，在含氧化钛的高频瓷制品的烧成过程中，需要氧化气氛以避免氧化钛的还原，从而保证制成介电损耗低的电瓷。一定的气氛条件可以根据燃烧产物中游离氧的含量来确定。如：强氧化焰——含游离氧 8 ~ 10 %；氧化焰——含游离氧 4 ~ 5 %；中性焰——含游离氧 1 ~ 1.5 %；还原焰——含游离氧小于 1 %。这可以从控制燃烧的方法（如燃料和空气用量的比例以及它们的混合情况）来达到目的。

上述温度、时间和气氛三个因素的关系，通过烧成制度加以规定。也就是说，在烧成制度中确定了煨烧的最高温度、各个时期的温升速度和气氛条件。烧成制度的确定不仅取决于不同性质的物理化学性能，而且与窑的结构和操作也有密切关系。如窑内的煨烧温度因结构上的缺陷或操作不当就会不均匀，产生废品（“过烧”和“生烧”等），因而必须延长烧成时间。相反的，若窑的结构上具有某些优点或者操作上的改进，就可使烧成制度确定得更为合理。

因陶瓷工业的日益发展，故烧成陶瓷器所用的窑炉的种类也日益增多。根据所采用的燃料，火焰进行的方式，火焰与坯件的接触与否、窑炉的用途、烧成作业、窑炉形式、及筑造层数等的不同，可按下列几个方面来进行分类。

1. 根据采用燃料种类的不同分类：

(1) 煤炭窑：如以长焰烟煤为主要燃料的方形或圆形的倒焰窑、石灰窑、石英煨烧窑；以焦煤为主要燃料的熔块炉、炼铁炉以及以木炭为主要燃料的锦窑等等均是。

(2) 煤气窑:如以发生爐煤气为主要燃料(也有采用天然煤气的)的方形和圓形的倒焰窑、隧道窑等,也有采用半煤气窑設計的煤炭窑。

(3) 重油窑:如以重质柴油为主要燃料的試驗窑、方形和圓形的倒焰窑、隧道窑等。

(4) 电热窑:如采用金属綫状、片状或柱状的电阻发热的馬弗尔試驗窑,以及借两电极間的电弧热的炼鋼爐等均是。它們的溫度易于控制。

(5) 薪柴窑:以松柴为主要燃料的宜兴窑、德化窑、景德窑等。在技术革命中,我国的这些窑已开始用煤或煤气作为燃料。

2. 根据火焰进行方式的不同分类:

(1) 升焰窑(直焰窑):如石灰窑、石英煨燒窑、燒粉窑。

(2) 横焰窑(平焰窑):如景德窑、克赛尔窑等。

(3) 倒焰窑(火焰由上向下):如方形或圓形的陶瓷燒成窑,它最为实用和普遍。

3. 根据火焰与被燒物接触的不同分类:

(1) 直接焰式窑:一般采用气体燃料燒成;但用揮发釉的耐酸器,則以长焰的烟煤为燃料。

(2) 間接焰式窑:坯体与釉子在一次燒成时,坯件是用耐火匣鉢裝置的,属于間接焰式。

(3) 馬弗尔窑(爐胆式):被燒物置于爐胆內,火焰在爐胆外边流通。

4. 根据窑的用途不同分类:

(1) 素燒窑:燒成溫度較低,坯件不需燒至玻化程度。

(2) 締燒窑:燒成溫度在素燒与本燒之間,坯件有部分玻化

至燒固程度。

(3) 本燒窑：燒成溫度較高，坯件要求充分玻化。有坯釉一次燒成的，也有先將坯件本燒，而后施釉再釉燒的。

(4) 釉燒窑——視釉子溫度而決定窑內溫度，一般較本燒溫度為低。

(5) 釉上彩燒窑——中國一千幾百年來用的紅爐、現代的錦窑、馬弗尔窑均屬這一類，一般溫度均低。

(6) 熔塊窑：有坩堝式的小爐，也有大量生產用的反射爐，溫度高低不一，視需要而定。

5. 根據工作情況的不同分類：

(1) 不連續窑：如間歇窑，裝窑燒成后，須待窑爐冷卻后出窑，再行第二次裝燒。窑爐為燒窑間歇相隔，一般窑爐大部分屬於這一類。

(2) 半連續窑：如德化窑、登窑、連接窑等。窑室相連，可連續數室，燒成后冷卻出窑。

(3) 連續窑：如燒磚的輪窑。為燒成物固定不移，燃燒室依次前進，迴轉輪燒。又如隧道窑，窑室溫度狀態一定，燒成品依一定時間移動，或連續進行。通常為水平式。

6. 根據築造形式的不同分類：

(1) 正方形窑：其平面為正方形，燃燒室在四角，一般為倒焰式，其容積不能太大。

(2) 長方形窑：如松村式倒焰窑，燃燒在邊長較長的两面進行，邊長短的两邊開窑門。較大的其長度可達10米，寬約4~4.5米。

(3) 圓窑(圓筒窑)：火焰有升焰式和倒焰式兩種，建築費用

較大，但窑內溫度易均勻。大者其直徑為5米或更大。

(4) 橢圓形窑：形狀如腰鼓橫切的一半，又稱鼓形窑；為長方形窑演變改進而成，其平面的中部較大，兩頭較小，立面也是中部較高，兩頭較低。

(5) 酒瓶式：如石灰窑，石英煨燒室，燒粉窑等，火焰為升焰式。

7. 根據建築層數的不同分類：

(1) 一層窑——大部分窑均為一層。

(2) 二層窑——升焰式窑的下層為本燒，上層為素燒；倒焰式窑的上層為本燒，下層為素燒。也有二層均為本燒的。

(3) 三層窑——有一、二、三層均為升焰式的，也有底層和中層為倒焰、中層與上層為升焰式的。一般底層為本燒或綿燒，上層為素燒。上述二層與三層窑的火焰均係自下而上進行的。相反，也有自上而下進行的，這時上層為本燒，下層為素燒，也有二層三層均為本燒的。

第十三章 祖國的陶瓷窑爐

§ 115 景德鎮窑(蛙窑) 馳名世界的景德鎮瓷器都是在景德鎮窑中燒成的。在景德鎮，這種窑有70座左右，它至少有一千三百年以上的歷史了。過去，景德鎮窑全部採用松柴做燃料，現在已向以煤為燃料的方向改進。就目前而言，它們的燃料雖不同，但結構相差並不大，這裡僅將使用松柴為燃料的窑作一概括的介紹。

景德鎮窑為一室窑，形狀有如橫臥復置的半邊罈(或半邊蛋

形), 前部大, 后部小, 出口(窑門)設于前方, 烟囱紧接窑身置于后方, 如图 156 甲丁为縱断面图, 乙为横断面图, 丙为正视图。A 为出口, 器物由此装入或取出。B 为火床, 燃料在此处燃燒。C 为燒成室, 装积受燒煨的器物。D 为挂窑口, E 为烟囱, F 为观音堂, G 为投柴口。H 为窑墙内的間隙, K 为盖閉間隙的磚, I 为发火通风孔, Y 为火眼, L 为望火孔, M 为看火孔。

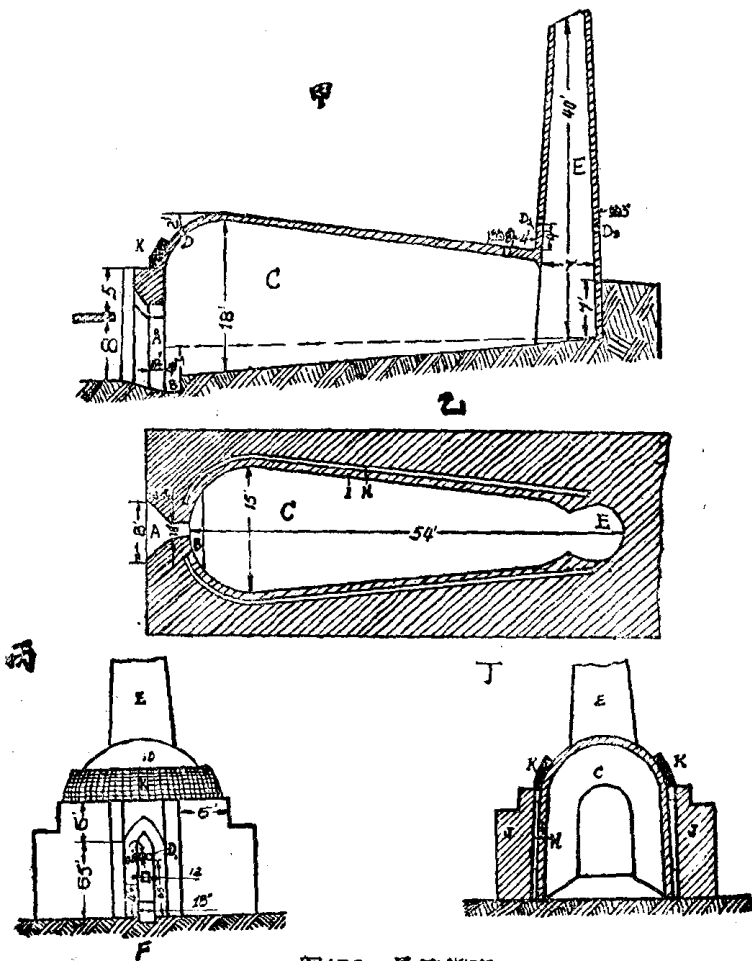


图156 景德鎮窑

本燒室細長似隧道形，前端大而靠烟囱處小，兩端均為圓形，窑底全長15~16米，前方較后方為低，其傾斜度約為3度（前后高低差約1.5米）。室內前部較后部高而寬，但其最高最寬處約距窑門3~4米，由此至后方則高與寬均漸次減少，窑底寬度一般較窑室寬度為大，只在距前端約4米處的前后，有窑體較窑底為大或相等的窑，此處的墻壁面與他處的墻壁面稍有不同，即形成一稍微擴大的腹部，稱為窑的大腹。至距前端約7米之處又構成稍微擴大的部分，且有將此處約一米長的墻壁曲度構成急促變化的（即窑底寬度變化加大），稱為窑的小腹。大抵以此小腹處為分裝大小器匣鉢的界綫（景德鎮稱下小上大的碗形匣鉢為大器匣鉢，上下同大且直徑為35厘米的匣鉢為小器匣鉢）。故有須裝燒小器匣鉢較多的窑，此小腹部稍移筑于后方，反之則稍移筑于前方，不完全一致。又本燒室的高度均較寬度為大，只最后端近烟囱口處有長約60~70厘米部分的寬度較高度為大，且此部分的寬度與高度均無很大變化，形成底道寬狹相等的通入烟筒的半橢圓形洞道，俗稱為挂窑口，寬約2.7米，中央高約2.4米，全室內各匣鉢柱之間，除以匣鉢破片為支持外，完全為火焰通行的空隙。而此挂口處分裝大器匣鉢柱8根，每兩匣鉢柱之間約有8厘米的空隙，其空隙之上都以匣鉢片與泥土料封閉，只留下端距窑底約24厘米（即疊積大器匣鉢5個的高度的部分不予封閉），即燒成室與烟筒底因此分隔，只有下端一列共7個（ 8×24 ）厘米²的長方形孔及兩個靠墻下端寬約27厘米的尖壁形孔，為其火焰的通路。此處所述通焰孔的大小，僅僅是其中一個例子，實際因季節關係常略有變更，大致是春夏較大，即孔的高度約為30厘米，或6個大器匣鉢的高度。