



轮窑烧制粘土质耐火制品

吳之衡 編著

上海科学技术出版社

目 录

前 言	1
輪窑的工作原理和砌筑的特点	4
一、輪窑的工作原理	4
二、輪窑砌筑的特点	8
輪窑的结构和特性	10
一、窑炉结构	10
二、窑炉的技术特性	10
輪窑的计算	11
一、窑的主要尺寸的计算公式	12
二、燃料消耗的计算公式	13
輪窑燒制粘土质耐火制品的热工操作	14
一、干燥	14
二、点火	15
三、装窑	16
四、燒成	18
五、調整	20
輪窑的主要优缺点和燒成过程中存在的問題	21
一、主要优缺点	21
二、燒成过程中存在的問題	21
燒磚輪窑的改建	22
一、窑的坑道壁和拱頂	22
二、固定燃燒发生炉	23

三、一次空气送风道.....	23
四、鼓风机.....	23
五、总支烟道.....	23
六、投煤孔.....	23
七、窖底.....	23
对今后改进的几点意见.....	24

附 图

前 言

自从党中央提出鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的伟大号召以后，在全国工业生产战线上即掀起了一个空前大跃进的局面，随着以钢为纲，为钢而战的钢铁生产大规模发展的形势，就要求在全国范围内高速度的发展耐火材料工业和提高耐火制品的质量，以满足钢铁工业的迫切需要。

对于欣欣向荣、日益发展着的我国耐火材料工业来说，在这社会主义工业高速度发展的要求下，如何革新制砖操作工艺、节省燃料和降低成本，是具有特别重要意义的。为此应首先合理地改变热工设备的操作，寻找新的更合理的热工设备的构造，和加速热工过程，以达到产量多、周期快、质量好、成本省的要求。

我国新兴的耐火材料工业所采用的热工设备，大部分是圆形或方形的倒焰窑，对于先进的隧道窑和比较先进的轮窑等热工设备的采用，尚处于萌芽时代。肯定的说，倒焰窑已经落后了，因为它的生产周期长、煤耗和修建费用太；轮窑虽然也是老式窑炉的一种，但是它比倒焰窑要先进得多。根据苏联文献记载的下列技术经济指标可以作一比较：

制 品 种 类	主 要 性 能	单 位	窑 炉		
			倒 焰 窑	輪	窑
粘土磚	周期時間	小 时	80~120	65~80	50
	标准单位燃料消耗量	公斤/吨	200~250	100~120	90
	劳动力消耗	人工时/吨	0.5	0.3	0.1
	廢品率	%	3.5	3.0	1.6

从上表可以看出輪窑的煤耗要比倒焰窑节省一半，甚可以和隧道窑相当；在质量上来说也較倒焰窑为高。因此，窑在苏联的耐火材料工业中已早被广泛地应用了。

上海泰山耐火材料厂原有 18 室燒磚輪窑一座，窑的坑总長为 82 公尺，窑室寬度 3.3 公尺，窑室高度 2.98 公尺。窑砌筑于 1948 年，窑衬是以較次的耐火磚和耐火泥砌筑的。当时燒成的主要产品为建筑用的磚瓦。解放后，該厂随着业生产方向的改变，逐步从生产磚瓦轉向专业生产耐火制品。于是該窑閑置長久未用。在党的正确领导下，根据勤儉建国充分利用和改建原有設備的原則，和苏联專家的建議，决定該座輪窑改建后燒制耐火制品。改建后，1957 年 5 月份苏联專家舒米林同志的指导下，进行了我国第一次以輪窑燒耐火粘土磚的工作。由于原有窑炉材料和結構非常低劣，窑衬耐火磚耐火度为 1670°C ，荷重軟化温度开始点仅 1220°C ($2\text{kg}/\text{cm}^2$)，耐火泥的耐火度仅 1230°C ，砌磚高低不平，灰約有 10 毫米左右，因此在高温燒成的条件下，窑炉結構遭破坏(特别是火箱部位)，部分窑頂下陷倒塌，試燒未全部束，即被迫停止。但总的說来，試燒工作是成功地达到了的。試燒的結果証明了利用輪窑燒制耐火材料是完全可的，燒成产品的理化指标大部分能符合部頒标准的要求；在

中升温的速率，要比倒焰窑容易得多。同时在试烧过程中所发现的情况和问题，为今后的改进修建和设计提供了良好的

1955年该厂将原轮窑修建改进后，窑室宽度改为4公尺，改为3.07公尺，窑的长度未予变动。经苏联专家多玛什同志亲自在现场的指导下，窑炉于第二季度正式投入了生产。在全国大跃进形势出现后，由于炼钢生产的突飞猛进，要求不断提高，该厂不仅将原窑接长了8个窑室扩建成为26室的轮窑，并且又添建了26室新轮窑一座。轮窑投入生产后，全体职工在党的建设社会主义总路线的光辉照耀下，鼓足了干劲，破除迷信，解放思想，在开展技术革命的基础上，轮窑的火焰速度，每昼夜已达15公尺，这样，两座轮窑的年产量可以达到60,000吨（每个窑以两个火焰烧成）。现将轮窑和倒焰窑在1958年生产比较正常的月份的有关数据对比如下：

窑 炉	摘 要	成品率(%)	单位产品燃料消耗量 (公斤/吨)
轮 窑	试烧时期	50左右	240
	1958年正式投入生产 比较正常之月份	97.72	132.57
倒焰窑	取与轮窑同样之月份	93.36	297

从上表的对比数据可以看出：利用轮窑烧制耐火材料，与倒焰窑比较起来是既省煤又省工，同时轮窑的修建工程和费用，又比隧道窑省得多、快得多，如果2座轮窑（26室）以年产60,000吨计算，仅煤炭一项，每年就可节约90余万元。因此根据勤俭建国和勤俭办企业的方针，在我国当前的条件下，在建立新的耐火材料工业时，轮窑是很有推广价值和发展前

途的。現將輪窯的構造、工作原理和上海泰山耐火材料廠改建輪窯的方法、熱工操作等經驗介紹于下，以供參考。

輪窯的工作原理和砌築的特點

一、輪窯的工作原理

耐火材料工業中的輪窯主要用來燒制粘土耐火制品。窯爐是由拱頂遮蓋着的環狀形排的連續窯坑道所組成，雖然在窯內並沒有橫隔壁來明顯表示出窯室的界限，但在使用的時候卻被劃分成若干窯室（圖1）。輪窯是用固體燃料（煙煤）或氣體燃料來燃燒的。

固體燃料從窯上面的投煤孔加入，並用有砂封的鑄鐵蓋把這些孔蓋上，一般燒制建築磚的輪窯，燃料就在裝置制品的坑道內燃燒，泰山廠的經改建後燒耐火制品的輪窯燃燒方法，是根據蘇聯布道林工程師所提出的特殊燃燒室——燃燒發生爐來燃燒燃料的。就是在坑道里按窯室在窯底下對着投煤孔裝設一定的固定燃燒發生爐，並在窯外面用鼓風機把空氣通過各空氣分道送到發生爐內進行燃燒（圖2）。

氣體燃料經過窯底煙道從窯下面送入，或者經投煤孔從窯上面通入，窯室的中央設有中央總煙道，用支煙道與每個窯室連接。窯的中央總煙道和支煙道相通，火室（即窯室）用鑄鐵閘錐來和窯的中央總煙道貫通，窯的外牆在每窯室設通道窯門，作為裝、出窯之用。

窯爐在工作時分成以下各帶（圖3）：預熱帶（從初溫到開

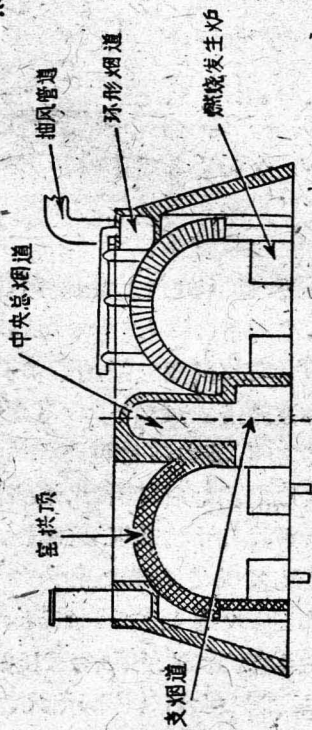
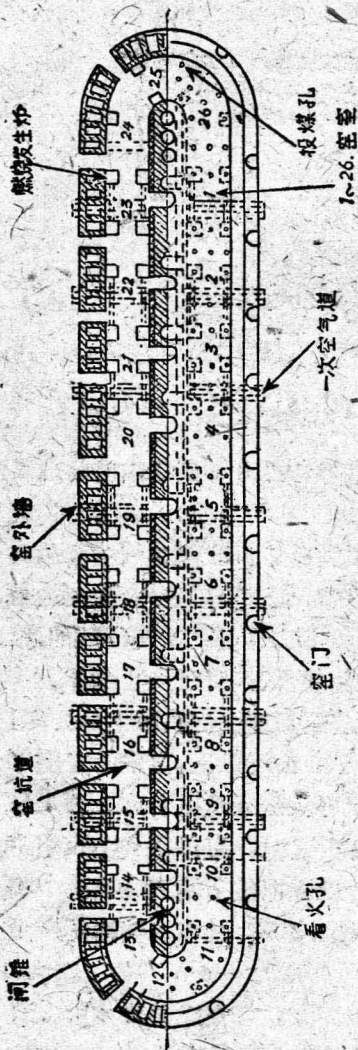


图1 轮窑示意图
上——平面图；下——横断面图。

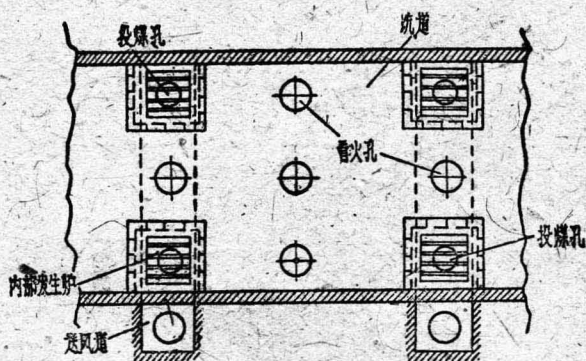


图2 燃燒發生爐設置示意图

始投煤的 800°C 左右)、燒成帶(溫度從 800°C 到燒成時的最高溫度)、冷卻帶(從燒成止火到卸出製品時為止)。各帶的長度決定於燒成的制度。預熱帶必須是負壓，才能使氣體流動。為了使預熱帶的熱氣不流入裝窯室，便於裝窯操作，在預熱帶和裝窯之間，沿窯坑道的橫斷面要用紙擋板來隔開(可用舊報紙封貼)，窯裝好後，隨着火焰的流動，紙板最後就會燒掉。

輪窯的尺寸波動很大，窯坑道的長度(沿其軸線的長度)可以從最短 60 公尺起至最長在 200 公尺以上，窯室的寬度可以從 2.4 公尺到 4.5 公尺，高度可以從 2 公尺左右到 3 公尺以上。如果窯坑道的總長超過 150 公尺時，可以用 2 個火焰進行工作。兩個火焰又稱兩把火，就是把整個輪窯分成兩個相等的部分，用兩個焙燒系統來焙燒。這樣，就能使輪窯的產量提高一倍。

投煤孔的數量隨燃燒發生爐而定，每個燃燒發生爐上有一個投煤孔，孔的直徑在 150~200 公厘之間。

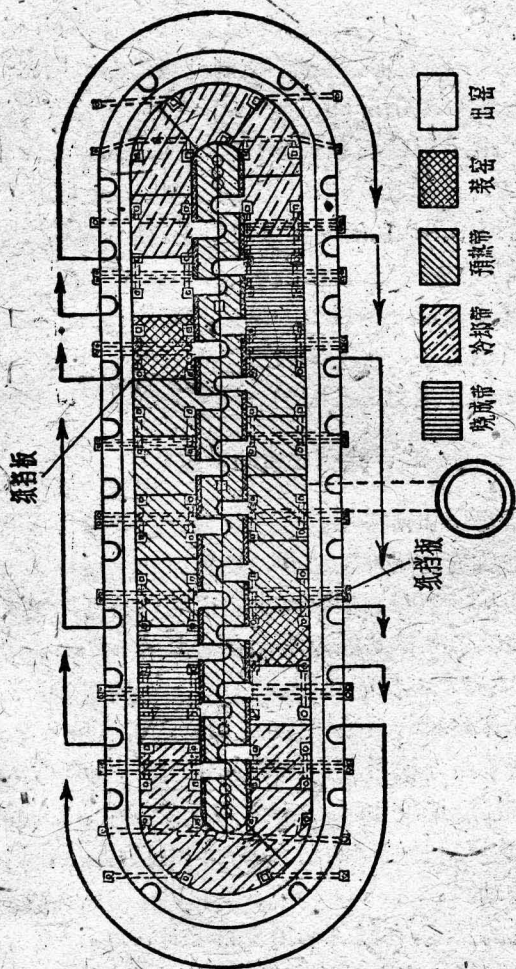


图 3 用 2 个火焰烧成的 26 室輪窑工作时所分成的各带
(箭头所指，是火焰前进的方向)

支烟道的数量等于窑室的数目。这些支烟道都分布在窑的内墙,但是窑的两端转弯处的支烟道应设在窑的外墙,这样会促使窑内火焰更均匀地流通,使制品更均匀地烧成。支烟道的大小不一定,从 $0.5 \times 0.5 \sim 0.8 \times 0.8$ 公尺,而主要烟道(出烟口处)的横断面的面积应为 $1.0 \times 1.0 \sim 2.0 \times 2.0$ 公尺。在窑墙上部的环形烟道(将冷却带的热空气通过来)的横断面积,可以为 $0.8 \times 0.8 \sim 1.0 \times 1.0$ 公尺以上,使热空气能畅通地沿烟道流动。

輪窑在操作时应准备以下的机械和配件:鼓风机、抽风机、鑄鉄閘錐、烟道盖、手搖螺旋形提閘三脚架以及輕便軌道等等。輪窑結構詳見文末附图。

二、輪窑砌筑的特点

砌筑輪窑窑頂和窑衬用的耐火材料,主要采用标准型的和楔形的較高質量的耐火粘土磚,投燃料处可用帶孔的大块粘土磚,或用标准型磚加工来砌成。窑的外墙可用建筑紅磚砌筑。为了使窑頂和窑墙能隔热,在耐火磚和紅磚之間可放有隔热物料,或砌筑輕質隔热磚。

輪窑的窑体如果构筑坚固,并經常注意和加强保养工作,如将窑衬經常不断地塗料維護,則窑內的耐火材料会久經使用而不坏。但沿燃燒发生炉的窑墙,由于受高温火焰的冲击,容易損坏,應該用質量較高的耐火磚,或加砌保护层,以避免窑衬变形而走动。

沿窑坑道的長度,在砌筑窑頂或窑墙时,每隔一定的距离应留一个热膨胀縫。窑頂是輪窑最重要的部位之一,在砌筑投煤孔时,應該特別小心注意,因为当异型磚砌筑得不好时,

或灰縫过大,磚头就会从窑頂掉下来,因而窑頂也就过早地遭受损坏。根据苏联文献記載,近来,窑頂的投煤孔处,已开始用耐火混凝土制成,这样,窑頂的使用期限便較為延長。

泰山耐火材料厂在1958年大跃进中,为了加速耐火材料的生产,以滿足全民炼鋼的需要,已試制成功了特种耐火材料——耐火混凝土,并澆注成特型大块,砌筑在輪窑拱頂使用。經過半年来使用的情況証明,除了在砌筑技术上欠妥而略有走动外,使用效果良好,并經苏联專家現場鑑定,認為十分滿意。这是应推广的特种耐火炉衬材料,其配料方法如下:

原 料	成分(%)	粒度(公厘)
煨燒矾土	40	<0.5
煨燒矾土	5	<0.5
廢火磚	40	<15
#500 矽酸盐水泥	15	

以上的配方,其使用温度在1400°C左右,澆注方法与一般混凝土一样,澆注24小时后即可脫模使用。澆注时要注意使外形正确,以便装配。

一般輪窑构成部分所需的建筑材料見下表:

窑室 数 目	材 料 預 算 需 要 量				
	紅 磚 (千块)	粘土磚(千块)		粘 土 异型磚 (吨)	配 件 (吨)
		标型磚	楔型磚		
16	350	98.0	160.0	43.0	16.5
26	893	156.98	273.49	60.125	26.87
32	1099.01	193.2	336.6	74.0	33.07

輪窯的結構和特性

一、窯 爐 結 構

泰山厂新建和修建的两座輪窯,每座共 26 个窯室,外窯墙用紅磚砌筑,窯衬和窯頂用一等一級耐火磚砌筑,并在窯衬上塗一层厚約 10 公厘左右的耐火泥,以維護窯衬的使用寿命。沿窯坑道長度的方向,每隔 4 公尺設置燃燒发生炉 2 个(即火箱),空气由空气总道沿空气分道从燃燒发生炉炉条下鼓入;廢气經支烟道和总烟道后由 42 公尺高的烟囱排出。为了利用窯的冷却余热,特在窯的上部設有环形烟道,并使用抽风机将余热沿环形烟道抽走并且加以利用。

二、窯炉的技术特性

1. 窯坑道总長度	151.3 公尺
2. 窯坑道总容积	1628 立方公尺
3. 窯坑道断面积	10.76 平方公尺
4. 窯室有效容积	53 立方公尺
5. 窯室長度	6 公尺
6. 窯室寬度	4 公尺
7. 窯室高度(至拱頂)	3 公尺
	(窯墙高 1 公尺, 窯拱高 2 公尺)
8. 窯总烟道断面积	1.793 平方公尺

- | | |
|--|---|
| 9. 窑支烟道断面积 | 0.43平方公尺
(拱高350公厘,
墙高350公厘,
宽度700公厘) |
| 10. 一次空气道尺寸
空气分道尺寸为 | 350×585公厘(包括拱頂)
200×500公厘 |
| 11. 发生炉炉条面积 | 1.0×0.78平方公尺 (发生炉
尺寸1000×780×700公厘) |
| 12. 发生炉横向中心距 | 2.8公尺 |
| 13. 发生炉纵向中心距 | 4公尺 |
| 14. 窑頂上投煤孔直径 | 200公厘 |
| 15. 烟囱高 | 42公尺
(上口徑1.5公尺,
下口徑3公尺) |
| 16. 一次空气用固定式鼓风机2座
(规格:风量10620M ³ /H, 风压162毫米水柱,) | |

輪窑的計算

根据苏联 П.С. 瑪梅金及 K.K. 斯特列洛夫同志所著的“燃燒室、窑及干燥器”一書中,关于輪窑(即环式窑)的計算是根据下列在煅燒耐火粘土制品时的实际数据来进行的,可供設計或改建燒磚輪窑时参考。

项 目	单 位	数 值
火的速度	公尺/昼夜	12~15
标准燃料的消耗	对被煨烧物料重的%	7~12
标准磚的装入密度	块/公尺 ³	250~300
同 上	吨/公尺 ³	1.0
烟道内的过量空气 α	—	5~6
排出空气处的过量空气 α	—	3~4
烟道内排出气体之温度	°C	100~150
烟道内气体的真正速度	公尺/秒	3~4
室内排出空气处的气体的温度	°C	200~300
窑的制品装置的阻力	毫米水柱	3~1
集合烟道的阻力	毫米水柱	2~3
烟道内所需要的负压	毫米水柱	11~15
窑坑道的最大宽度	公尺	4
窑坑道的最大高度	公尺	3
一个火眼的窑坑道的长	公尺	90以下
用一个火操作时窑的室数	公尺	16以下
窑的生产率	吨/昼夜	150以上

一、窑的主要尺寸的計算公式

1. 窑坑道的断面积(F)

$$F = \frac{G_{\text{昼}}}{vg} \text{公尺}^2$$

式中

$G_{\text{昼}}$ ——昼夜的产量(吨)

v ——火的速度(公尺/昼夜)

g ——制品的装入密度(吨/公尺³)

如果是半圓形的窑頂(見图), 那么就要根据下式来計算窑坑道的断面积:

$$F = b \left(h - \frac{b}{2} \right) + \pi \times \frac{b^2}{8} \text{公尺}^2$$

式中 b ——坑道寬(公尺)
 h ——到窑頂頂点的坑道高(公尺)

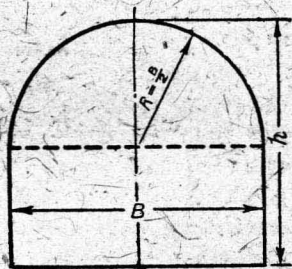
2. 坑道的煨燒容積(V)

$$V = vFz,$$

式中 v ——火的速度(公尺/昼夜)

F ——煨燒坑道的斷面積
 (公尺²)

z ——整個煨燒時間,亦即裝料、預熱、煨燒、冷卻及卸出制品等總的時間(晝夜)



3. 一个火焰的煨燒坑道的長 (L)

$$L = vz \text{ 公尺。}$$

图4 窑坑道斷面的計算圖

二、燃料消耗的計算公式

$$B = G_{\text{昼}} \times b \text{ 公斤/晝夜}$$

式中 $G_{\text{昼}}$ ——晝夜的产量(吨)

b ——燃料的消耗, 仟克/吨被煨燒物料

燃料消耗的更精確的数值, 可以根据窑的热平衡来計算。
 根据下式計算, 能够用到干燥上去的冷卻帶的过剩热量。

$$Q_{\text{过}} = a' B Q_H^P \text{ 公斤/小时}$$

式中 B ——燃料的平均消耗(公斤/小时)

Q_H^P ——燃料的发热量(仟卡/公斤)

a' ——冷卻帶的超过, 使燃料燃燒所需量的 过量
 空气系数

根据实际数值, 冷卻帶的过剩热量, 是煨燒用燃料所含热

量的 20~25%，所以 a' 一般是 0.2~0.25。

从冷却带排出的空气量

$$V_{\text{空}} = \frac{Q_{\text{过}}}{c_{\text{空}} t_{\text{空}}} \text{公尺}^3/\text{小时},$$

式中 $t_{\text{空}}$ ——煅烧耐火粘土制品时的空气温度，等于 150~200°C

$c_{\text{空}}$ ——空气的平均比热(仟卡/公尺³·度)

輪窑燒制粘土質耐火制品的热工操作

一、干燥(烘窑)

当輪窑全部砌筑完成后，应该有次序、有计划的加以干燥(烘窑)。泰山厂修建后的 18 室輪窑，系根据苏联威吉專家所提出的干燥方式作参考来进行工作的。

在窑的坑道內每隔 4~5 个窑室，在窑門口砌上临时燃燒

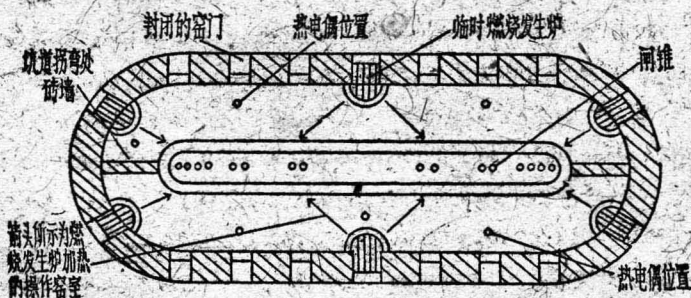


图 5 临时燃烧发生炉和筑墙的位置