

陶瓷製品燒成

江西省輕工業厅
景德鎮陶瓷研究所編



江西輕工業出版社

115

81.51/33

成 燒 制 品 陶 瓷

江西省輕工业厅景德鎮陶瓷研究所編著

內 容 提 要

本书系統地闡述了焙烧陶瓷制品的窑炉、燃料、匣钵、焙烧理論及工艺、快速焙烧陶瓷制品的基础知識，着重介紹了各种焙烧工艺的具体操作和烧成曲綫。还詳細分析了陶瓷制品产生缺陷的原因，提供了改进和防止的办法。此外，对各种热工仪表及燃烧制度的检查也作了詳尽介紹。全书結合理論的探討，对具体工艺知識的取材非常广泛，不仅适合各地陶瓷工业在烧成工艺上研究采用，同时还可以供各地窑业参考。

陶 瓷 制 品 燒 成

江西省輕工业厅景德镇陶瓷研究所編著

*

江西輕工业出版社出版

(南昌市第四交通路江西省輕工业厅內)

江西印刷公司印刷

(南昌市站前西路)

江西省新华書店发行 • 全国各地新华書店經售

(内部凭証发行)

*

开本：787×1092毫米¹/₂₅ • 印張：8

插圖：78 • 插頁：7 • 字數：85,000 • 印數：2,000

1961年12月第一版 1961年12月第一次印刷

統一書号：15·030 总書号：0033

定价：一元八角

目 錄

序 言.....	(1)
----------	-------

第一章 焙燒陶瓷制品的窯爐

一、間歇式窯.....	(3)
-------------	-------

(一)平焰式鎮窯.....	(3)
---------------	-------

1. 窯型
2. 窯身
3. 烟囱
4. 構築材料及护牆

(二)龙窯.....	(9)
------------	-------

1. 龙窯的構造
2. 龙窯与倒焰窯的比較

(三)直焰式窯.....	(11)
--------------	--------

1. 直焰式窯的描述
2. 直焰式窯的优缺点

(四)倒焰式窯.....	(11)
--------------	--------

1. 方型倒焰窯
 - ①方窯的構造
 - ②方窯的大小
 - ③方窯的吸火孔及烟道
2. 圓型倒焰窯
 - ①圓窯的構造
 - ②圓窯的大小
 - ③圓窯各部分詳述
3. 方窯与圓窯的比較
 - ①圓窯的优点

②方窑的优点

4. 几种小試驗窑

①直焰式試驗窑

②一个燃燒口的方型試驗窑

③二个燃燒口的高溫試驗窑

④平焰式試驗窑

二、半連續窑.....(38)

(一)階級窑.....(38)

(二)多室式窑.....(39)

1. 多室式煤气窑的描述

2. 多室式煤气窑的优缺点

(三)輪窑.....(40)

1. 輪窑的构造

2. 輪窑的优缺点

三、連續式窑.....(43)

(一)煤气隧道窑.....(43)

1. 煤气隧道窑的构造

2. 煤气隧道窑的优缺点

(二)电热隧道窑.....(46)

(三)錦窑.....(48)

第二章 焙燒陶瓷制品的燃料

一、燃料的种类.....(50)

(一)固体燃料.....(50)

1. 木柴

2. 煤炭

(二)液体燃料.....(52)

1. 石油

2. 重油

3. 酒精

(三)气体燃料.....(52)

1. 水煤气

2. 空气煤气

3. 混合煤气

4. 地下煤气

二、燃料的組成.....	(54)
(一)燃料的成份.....	(54)
(二)燃料反应和热效应.....	(54)
(三)燃料的灰份与水份.....	(56)
(四)燃料的发热量.....	(58)
(五)燃料的化学成份比較.....	(59)
三、陶瓷工业应用燃料的选择标准.....	(61)

第三章 焙燒陶瓷制品的匣鉢

一、匣鉢在使用上应具备的特点.....	(63)
二、匣鉢的制造方法.....	(63)
三、匣鉢的形状及大小.....	(63)

第四章 焙燒陶瓷制品的理論及工艺

一、窑內傳热的方式.....	(65)
二、窑內的气体流动.....	(65)
三、温度与时间的关系.....	(66)
四、瓷器的形成.....	(66)
(一)瓷器的描述.....	(66)
(二)几种主要矿物原料的热譜分析.....	(67)
(三)石英原料的作用与加热性状.....	(72)
(四)长石原料的作用与加热性状.....	(73)
(五)瓷器的微观結構.....	(73)
(六)瓷器的綜合热譜及形成瓷器的过程.....	(75)
五、焙燒的一般工艺.....	(76)
(一)燒窑器具.....	(76)
(二)装窑方法.....	(77)
(三)燒成制度的确定.....	(77)
1. 各阶段升溫速度的决定	

2. 焙烧火焰介质的决定

3. 止火温度的决定

4. 保温时间的决定

5. 冷却速度的决定

六、国内外陶瓷制品焙烧制度实录.....(78)

(一) 景德镇精细白瓷的化学组成与热工艺曲线.....(78)

1. 坯釉化学组成的特点

2. 某瓷厂细瓷的配方与加热曲线

3. 高级精细瓷的配方与加热曲线

4. 平焰式柴窑的烧成方法

5. 景德镇圆型倒焰煤窑以煤代柴加热曲线

6. 圆型倒焰煤窑操作规程

(二) 河北省唐山产区烧瓷实例.....(102)

1. 某瓷厂日用瓷的化学组成与加热曲线

2. 某瓷厂卫生瓷的化学组成与加热曲线

3. 某瓷厂建筑瓷的化学组成与加热曲线

4. 某瓷厂直焰窑焙烧大浴池的加热曲线

5. 某瓷厂化学瓷的化学组成与加热曲线

(三) 湖南省醴陵、长沙等地瓷厂日用瓷加热曲线.....(107)

1. 醴陵某瓷厂日用瓷的化学组成与加热曲线

2. 长沙某瓷厂日用瓷的化学组成与加热曲线

(四) 辽宁某瓷厂日用瓷的化学组成与加热曲线.....(111)

(五) 山东某瓷厂日用瓷的化学组成与加热曲线.....(113)

(六) 撫順某电瓷厂二层圆窑第一层焙烧大型高压电瓷 加热曲线.....(114)

(七) 苏联季米特洛夫瓷厂日用瓷化学组成与加热曲线.....(116)

(八) 德意志民主共和国日用瓷烧成曲线.....(117)

1. 双层圆窑焙烧日用瓷曲线

2. 隧道窑焙烧陶器、瓷器加热曲线

(九) 中国电气隧道窑焙烧无碱电陶瓷的热工艺概况.....(120)

1. 硅酸镁瓷的化学组成

2. 焙烧硅酸镁瓷的电压电流及温度控制实录

3. 焙烧钛康电容器陶瓷的电压电流及温度控制实录

4. 焙烧磁性瓷的电压电流及温度控制实录

七、确定坯釉最终烧成温度的经验计算公式.....(124)

八、煤窑烧成时间的经验计算公式.....(127)

第五章 快速焙烧陶瓷制品的研究

一、快速焙烧陶瓷制品的理论分析.....(129)

(一) 瓷坯中人工水份的排除.....(129)

1. 影响扩散速率的因素

2. 影响水份蒸发速率的因素

(二) 升温速度对结晶水排除的关系.....(131)

(三) 碳酸钙、碳酸镁的分解与气体介质温度的关系.....(132)

(四) 坯体中碳素和有机物的氧化与过剩空气(系数)的关系.....(134)

(五) 还原焰对氧化铁、硫酸钙、硫酸钠分解的影响.....(134)

(六) 瓷坯中液相的生成和新晶体的产生.....(136)

(七) 快速焙烧对莫来石生成数量的影响.....(136)

二、快速焙烧工艺操作的试验.....(137)

三、快速焙烧工艺的讨论与结语.....(141)

第六章 陶瓷制品产生缺陷的原因及防止办法

一、变形.....(143)

二、过火与老黄.....(144)

三、爽与波浪纹.....(144)

四、猪毛孔.....(145)

五、水泡边.....(146)

六、犯花.....(148)

七、无光.....(148)

八、气泡.....(149)

九、烟熏.....(150)

十、坯胎开裂.....(150)

十一、釉面开裂.....(151)

十二、脱釉.....(152)

十三、凝釉	(152)
十四、干釉	(153)
十五、粘釉	(153)
十六、溶洞及鸡蛋屎	(153)
十七、发黄	(154)
十八、炸釉	(154)
十九、水印迹	(155)
二十、麻刺	(155)
廿一、倒窑	(155)

第七章 热工仪表及焙烧制度的检查

一、温度的测定	(157)
(一)热电高温计	(157)
1. 高温计的基本性质	
2. 热电极的材料	
3. 热电偶的线路图	
(二)光学高温计	160)
(三)焰锥高温计	(161)
(四)肉眼判别窑内温度的方法	(164)
二、焙烧制度的检查	(164)
(一)工业生产中检查焙烧制度的必要性	(164)
(二)检查的方法	(165)
(三)烟气分析	(168)

序 言

陶瓷制品的烧成是陶瓷生产的最后一道工序，烧成工艺直接影响着产品的质量。在这一道工序中，如果因窑炉不善或烧成制度不良，则会前功尽弃，造成人力物力的重大浪费。因此，如何更好地掌握陶瓷制品烧成的理论和工艺知识，不断地研究改进窑炉的结构与烧成方法，是陶瓷工业生产中极为重要的问题。

我国陶瓷器烧成技术有着悠久的历史 and 良好传统。早在公元前2200—206年的陶器时代，我国的名窑就遍布全国各地，窑的类型也多式多样。唐朝(公元618—906年)的时候，各地名窑的瓷器制品已经各具特色：如江西景德镇的窑青制品，色白质薄；浙江绍兴的越窑青瓷，类冰似玉；河北邢台的邢窑制品，类银似雪；湖南岳州的岳窑制品，以瓷青著称；四川大邑的蜀窑制品，体薄质坚，色白声清。此外，安徽凤阳的寿窑和甘肃天水的秦窑等也都比较有名。当时各窑的热工制度已有所控制，还原介质的技术也有刷新。南唐五代时期(公元907—960年)，越窑及柴窑等名窑，不但进一步控制了烧还原焰的方法，而且烧成温度也更为准确。宋朝(公元960—1271年)的时候，各地瓷窑，星罗棋布，其出类拔萃者有定、汝、官、哥、弟等窑。定窑有北定、南定之别：北定在河南定州，南定系宋室南迁后在江西景德镇建造的。其制品质薄、色白，有光者称白定瓷；色黄、质粗者称土定瓷；色紫者称柴定瓷；色如漆者称黑定瓷。汝窑在河南汝州，器有厚薄二种，色以淡青为主，苍翠欲滴，其釉色有近柴窑者。官窑是宋朝在河南开封建置的窑，器有月白、粉红、粉青、大绿、油灰、开片、釉斑等。哥窑和弟窑是宋时浙江处州人章生一(哥)、章生二(弟)各自设置的窑。哥置者为大窑，也有琉田窑之说，又称哥窑；弟置者叫龙泉窑，又叫弟窑。二窑皆民窑中最优者。哥窑器色以青为主，浓淡不一；弟窑青色，无裂纹。除上述五个名窑外，均窑、镇窑和建窑也都负有盛名。均窑在河南禹县西神垕镇，其器以五色灿烂而著名。现在我国有名的铜红色釉(均红、郎窑红、祭红、美人醉等)，大都是以均窑为鼻祖。镇窑即指景

德鎮窯，自漢到宋，已名聞中外。尤其是宋景德瓷，在歐洲一帶，多以高價相求。建窯在福建省建安，其製品可與龍泉窯產品媲美。此外，還有江西的吉州窯、山西的耀州窯、江蘇徐州的肖窯、山西的霍州窯、浙江的象窯、山西的榆次窯、山西的平定窯、廣東的廣窯、山東的博山窯等等。到明、清兩代，北方諸名窯多已逐漸衰落下來，這時南方的龍泉窯和景德鎮窯卻大放異彩。龍泉窯當時的焙燒技術已達到熟而生巧的地步，對還原焰的燃燒技術已能控制自如，所產青瓷都帶粉青色面。而景德鎮自明朝以來逐漸成為全國瓷業的中心，當時有洪武窯、永樂窯、宣德窯、成化窯、正德窯、嘉靖窯、隆萬窯等，名窯燒成的瓷器譽滿中外。

關於我國古代各地名窯結構的變化，目前還缺乏系統完整的考查資料，但就目前沿用至今的古窯來看，北方平原多採用直焰式或半倒焰式的圓窯和方窯；南方多利用地勢依山建窯，故採用橫焰式的龍窯、景德鎮窯和階級窯較多。從一些古窯址的調查來看，古代窯一般比現代窯小。就建窯形式而言，升焰式最早，橫焰式較晚。我們應當繼承和發揚古窯的優點，運用新的科學技術，不斷地改進窯爐結構與燒成方法。

目前瓷用窯爐有間歇式的，如直焰式窯、龍窯、景德鎮窯、倒焰式窯；也有半連續式的，如階級窯、氣室式窯、輪窯；還有連續式的，如煤氣隧道窯、電熱隧道窯。它的發展過程是先簡後繁，由小而大。根據我國現實情況來看，龍窯、階級窯、景德鎮窯，都應當進行必要的改造，同時也要向先進的隧道窯發展。總之，在燒成方面，應當向煤氣化、半連續化和連續化逐步地過渡，以後還要過渡到電氣化。以不斷地減低操作強度，提高生產，合理利用燃料和降低成本。

本書內容有些是編寫人過去的講稿，有些是讀書筆記和工作報告。我們希望這本書不僅可以供作各產瓷地區在燒煉技術上參考，同時，還希望有助於硅酸鹽工業對窯爐方面的考證和熱工方面的研究，以促使焙燒工藝的不斷改進和提高。不過由於編寫人的水平有限，其中可能有錯誤之處，望讀者批評指正。

江西省輕工業廳景德鎮陶瓷研究所

1961年11月

第一章 焙燒陶瓷制品的窯爐

在陶瓷及耐火材料工業中，可以根據窯的結構特點來進行窯的分類。依據這個分類方法，一般可分為間歇式窯、半連續式窯及連續式窯三種形式。

一、間歇式窯

這種窯又叫不連續式窯，若根據火焰前進的方向予以區別，則可分為平焰式窯、直焰式窯及倒焰式窯三種。

(一) 平焰式鎮窯 (鎮是景德鎮簡稱，歷史上稱為饒州窯)

它是間歇式窯的一種，是我國陶瓷工業中的一種特有的窯爐結構。鎮窯不但在我國陶瓷史上起過重要的作用，而且曾一度成為國外陶瓷窯爐的典範。如十八世紀英國的紐卡斯特爾窯 (NewCastile Kiln)，德國的卡塞爾窯 (Kassel Kiln)，都是模仿鎮窯型式構築的。

1. 窯型：窯形似半個鴨蛋，所以又稱蛋形窯。窯身前端大而后端小。柴門、火床、投薪口皆設在前端，煙囪緊接着砌在窯身的后端。由於火焰前進方向較平，又稱平焰式窯。

2. 窯身：前端正中設有窯門，高約3米，寬約0.6米。窯門內設有一長方形火坑，長約1.2米，寬約0.7—0.8米。坑的前端較后端略寬且深。燒火時用小型匣鉢臨時架設活動火床於火坑上部，作為爐柵之用。窯身全長約16—18米。窯底前端較后端略低，其傾斜度約3度左右。窯室前端較高，但其最高處與最寬處都在距窯門3—4米之間，向后漸次狹低。窯底寬一般較大于窯身，但在距前端約4米左右的位置，也有窯身略大于窯底或相等于窯底的。在距窯頂蓬最高點往后1.8—2米處，其構築形式比別處略

为闊大，該处称为“大肚”（註1）。距“大肚”約后退7米左右的側牆壁間，又构筑与大肚相似形式的略闊大的腹部，其長約1米左右，牆壁曲度突急（即窯底寬度变化甚大），該处称为“小肚”（註2）。老式滿窯方法，常以小肚为分裝大小器匣鉢的分界綫。在窯身与烟囪的交界處为“挂窯口”（註3）。紧接着沿烟囪底部为一通道，这一通道两边的窯牆俗称“燕尾”（註4），主要是为負荷烟囪的重量而設置的。挂窯口到窯的小肚一段窯身，謂之“想理”（註5），小肚以前一段謂之“窩里”（註6）。实际上窯身各处的縱断面，均可构成一个半橢圓形，各处弧度略有差異。

3.烟囪：烟囪高度常等于窯身之長。自挂窯口算起，一般約16.5—17.5米左右。烟囪上下的橫断面积，形似鴨蛋，上口橫断面积为1.75—2平方米。囪壁厚仅10厘米，因此被称为薄壁烟囪。

4.構築材料及护牆：鎮窯的構築材料，通常是采取本烟囪底部后端（俗称观音堂）燒出的含砂較多的粘土（俗称柴金土），用来制成的窯磚，去砌筑窯內壁、窯頂蓬和烟囪。內牆及窯頂蓬厚約2.4米。护牆是用机磚（紅磚或青磚）砌筑，护牆內用碎磚和泥漿填塞。为增加护牆的整体强度，防止开裂，常在护牆中摆放大型木料，增加相互的拉力，实际上就是用木材代鋼筋。护牆与內牆之間留有空隙带，是用以絕热和在加热与冷却时給予窯身膨胀收縮的余地。护牆的总厚度約为2米左右。窯底的構築材料是先以三合土打好牢固的基础，窯室建成后，再在表面上以石英砂（俗称老土子）平鋪一层，厚約30—40厘米左右。为了燒窯时便于观察火焰情况及其他用处，在砌窯时全窯留有望火孔6个（直径約15—18厘米，分别称为发火孔、分析孔、腰火孔等。

註 解

- 1.大肚：系鎮窯結構的一个位置，約距窯頂1.8—2米之处，因为有点像人体的大腹，故俗称「大肚」。
- 2.小肚：系鎮窯結構的一个位置名称，位于大肚后約7米左右，因为有点像人体的小腹，故俗称「小肚」。
- 3.掛窯口：系鎮窯結構的一个位置名称，位于窯身和烟囪的交界處。
- 4.燕尾：系鎮窯結構的一个位置，因形象燕子的尾巴，故俗称「燕尾」。
- 5.想理：系鎮窯結構的一个位置，即由掛窯口到小肚一段窯身，若由于裝窯不当而引起缺点时，常常变动这个位置的火路，并在此处思索其产生缺点的原因，故称为「想理」。
- 6.窩里：系鎮窯結構的一个位置，因其位于窯的中間和中段，故以鳥窩作比，称为「窩里」。

平焰式鎮密結構示意图共 8 幅

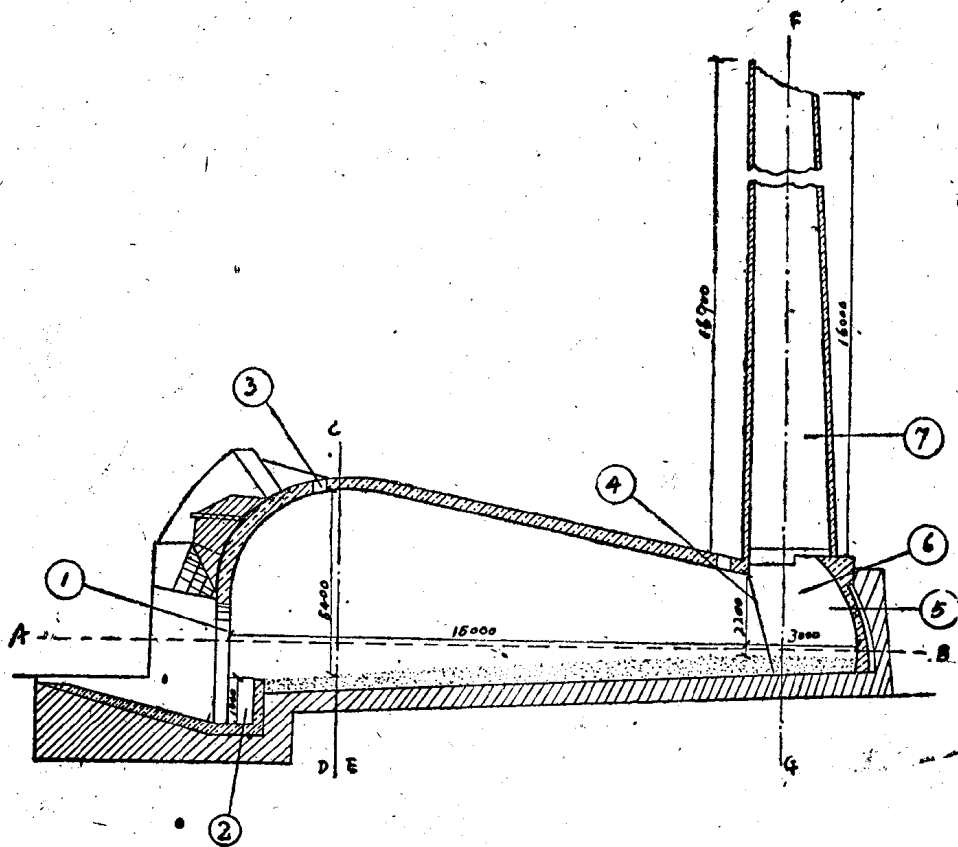


图 1 平焰密H—I剖面图

說 明

- | | | |
|--------|----------|----------|
| 1. 密門 | 6. 余堂 | } (見圖 2) |
| 2. 火坑 | 7. 煙囪 | |
| 3. 發火孔 | 8. 左看火孔 | |
| 4. 掛密口 | 9. 后看火孔 | |
| 5. 觀音堂 | 10. 右看火孔 | |

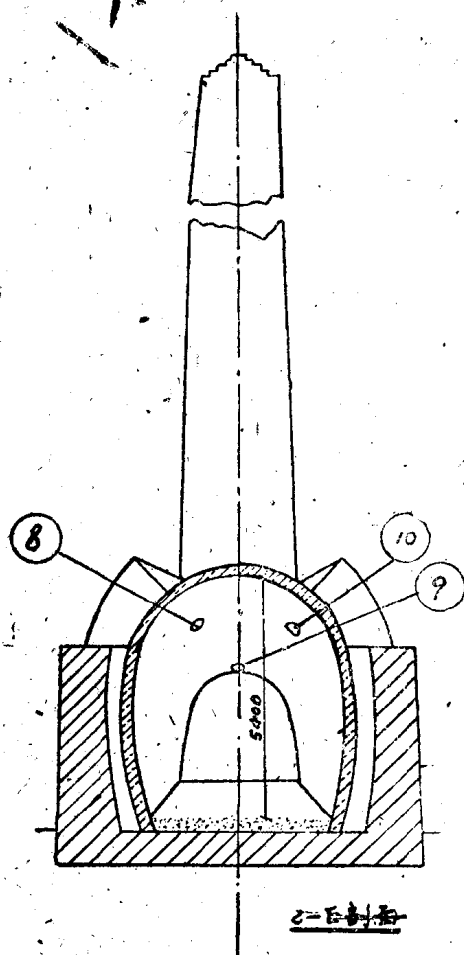


图2 平焰窑G—E剖面图

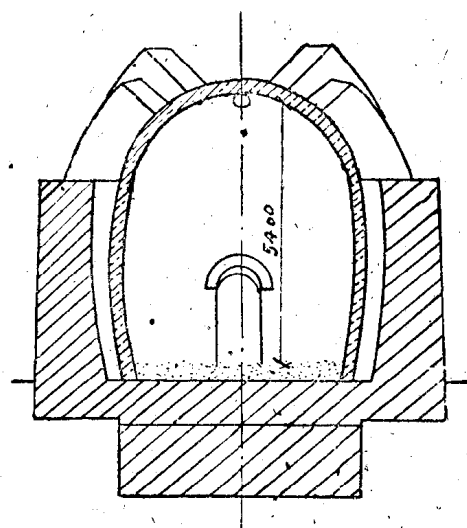


图3 平焰窑C—D剖面图

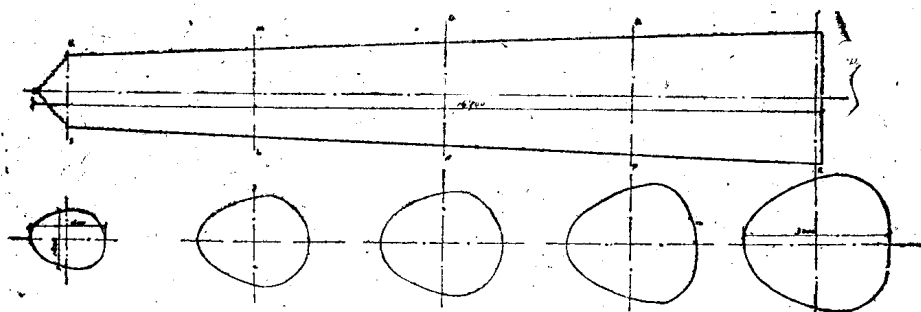


图4 平焰窑J—K、L—M、O—N、Q—P、Z—R剖面图

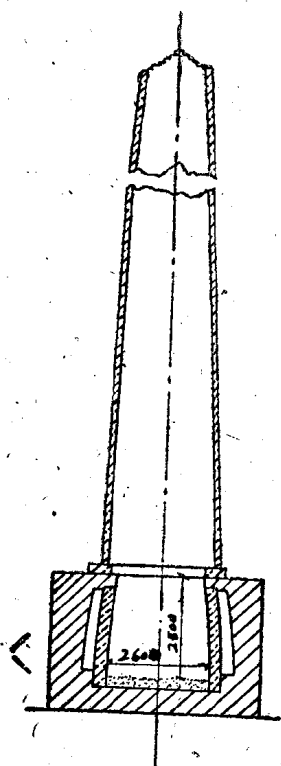


图5 平焰窑F—G剖面图

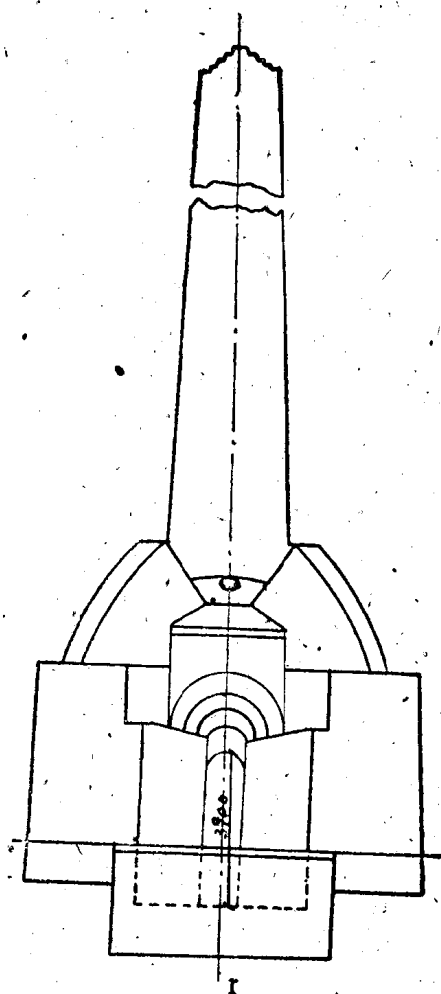


图6 平焰窑正面图

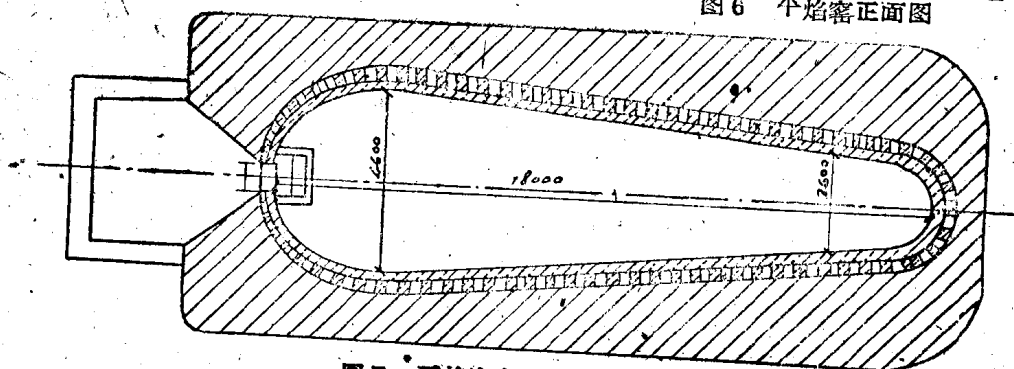


图7 平焰窑A—B剖面图

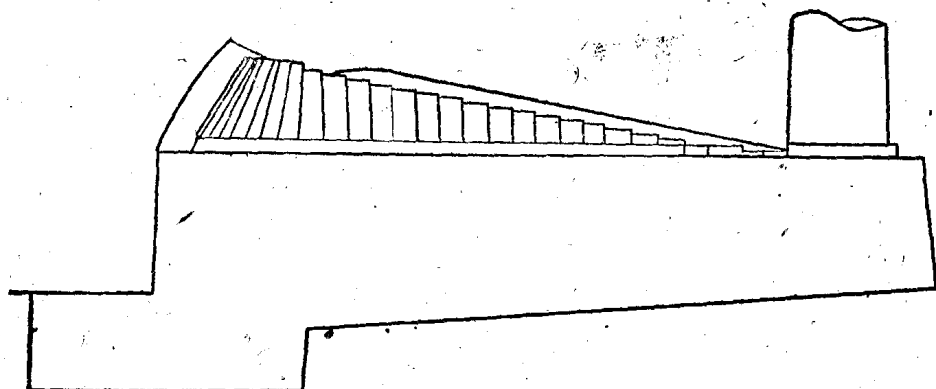


图8 平焰窑侧视图

总之，鎮窑为一平焰大室式窑，大者其容积为250立方米左右，普通为200立方米，中型的为180立方米以下。依180立方米的窑室而言，据统计每次窑可烧日用瓷（淨瓷）10—15吨，其中精细瓷占47—50%，普通细瓷占22—23%，粗瓷占27—28%。装窑密度（瓷坯）达到0.052—0.084吨/立方米。每次窑热量总消耗为71,834.813仟卡，每小时最高耗热量可达526.831仟卡，平均每公斤瓷器约耗松柴2—2.4公斤。全窑最终烧成温度为三个大阶梯，即最高温度：1309—1320°C，中间温度：1260—1280°C，最低温度1130—1170°C。烧成时间为18—32小时之间。

从鎮窑的结构和效果来看：归结起来有以下优缺点：

优点：

①构造简单，建筑成本低，比倒焰式窑的建筑费用约低50—70%，这是因为采用材料的价值较其他窑低，建筑时间快的原因。

②本烧室大而且长，所耗燃料比阶级窑节约（阶级窑每公斤瓷器耗柴约为3—4公斤）。

③护墙与内墙间的绝热空隙是现代窑的先进砌造法，而鎮窑已采用一千余年了。

④鎮窑是一窑一个烟囱，适宜快烧快冷，对加速窑炉周转有良好作用。

⑤鎮窑由于采取松柴做燃料，故瓷质较高，这是因为火焰清淨，不含硫磺，对瓷器色面有利。

⑥鎮窑瓷器系在还原气氛下烧成，故对石灰质瓷釉和石英——高岭土——絹云母质的瓷器最有利。