

1 前言

窑炉是陶瓷生产中最重要烧成设备。我国陶瓷行业自古就有“生在成型，死在烧成”、“三分做，七分烧”及“陶瓷是火里求财”等行业谚语。我国陶瓷历史悠久，有事最早发明与使用瓷器的国家，所以也是创建窑炉最早的国家。从上溯万年前的野烧和西安半坡遗址发掘的远在五千年前就建造的穴窑；到距今两千五百年前的战国时代，南方就开始创建了依山而筑的龙窑，北方创建了半倒焰的馒头窑；至宋代，在山东、陕西等地，部分馒头窑已用煤作燃料；明代，在福建德化创建了阶级窑；明末清初，江西景德镇创建了景德镇窑。当时我国陶瓷窑炉与陶瓷生产技术远远领先于世界各国，生产的精美陶瓷也远销世界各地，享誉全球。

现在，随着经济的不断发展，人民生活水平的不断提高，陶瓷工业在人民生活、生活中都占有重要的地位。陶瓷的发展与窑炉的改革密切相关，一定结构特点的窑炉烧出一定品质的陶瓷。因此正确选择烧成窑炉是获得性能良好制品的关键。

在日用瓷生产过程，烧成是非常重要的工序，烧成过程严重影响着产品的质量。隧道窑是现代化的连续式烧成的热工设备，以窑车为运载工具，具有生产质量稳定、产量大、消耗低的特点，最适合于工艺成熟批量生产的日用瓷。由于现在能源价格不断上涨，为了节约成本，更好的赢取经济利益，就需要窑炉在烧成过程中严格的控制温度制度、气氛制度，压力制度，提高生产效率及质量，便于更好的节约燃料，降低能量消耗。

在烧成过程中，温度控制是最重要的关键。没有合理的烧成控制，产品质量和产量都会很低。要想得到稳定的产品质量和提高产量，首先要有符合产品的烧成制度。然后必须维持一定的窑内压力。最后，必须要维持适当的气氛。这些要求都应该遵循。

2 设计任务书

材料学院

2014-11-03

专 业	热能与动力工程	班 级	2 班														
学 生 姓 名	宋楚洋	指 导 教 师															
题 目	年产 840 万件 10 寸汤盘隧道窑设计																
<p>设计技术指标、参数或课题研究主要内容人：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 年产量：980 万件(年工作日 330 天，合格率 90%)。 2. 产品规格：10 寸，0.45kg/块 3. 10 寸汤盘坯料组成 (%) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">SiO₂</td> <td style="text-align: center;">Al₂O₃</td> <td style="text-align: center;">CaO</td> <td style="text-align: center;">MgO</td> <td style="text-align: center;">Fe₂O₃</td> <td style="text-align: center;">K₂O+Na₂O</td> <td style="text-align: center;">I. L</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">69.20</td> <td style="text-align: center;">19.96</td> <td style="text-align: center;">0.87</td> <td style="text-align: center;">0.49</td> <td style="text-align: center;">0.88</td> <td style="text-align: center;">3.12</td> <td style="text-align: center;">5.48</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> 4. 入窑水分： <3% 5. 最高烧成温度：1350℃ 6. 燃料：天然气 7. 烧成曲线：自定 8. 烧成周期：16 小时 9. 气氛：常温-1050℃ 氧化气氛 1050-1200℃ 还原气氛 1200-1350℃ 中性气氛 				SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	I. L	69.20	19.96	0.87	0.49	0.88	3.12	5.48
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	I. L											
69.20	19.96	0.87	0.49	0.88	3.12	5.48											
<p>基本要求：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 进一步了解窑炉设备的基本结构。 2. 掌握窑炉设备的工作原理、工程制图方法和编制设计说明书的方法。 3. 应用热工知识进行正确设计和计算。 4. 设计过程要独立完成有一定的创新性。 5. 提供设计图纸。 																	
<p>工作进度：</p> <p style="margin-left: 20px;">2014. 11. 3~2014. 11. 21 共三周时间完成</p> <p style="margin-left: 20px;">2014. 11. 3 ~11. 9 确定窑体主要尺寸和结构、设计计算</p> <p style="margin-left: 20px;">2014. 11. 10~11. 16 绘图、图纸上墨</p> <p style="margin-left: 20px;">2014. 11. 17~11. 21 编写打印说明书</p>																	

1、窑体主要尺寸的确定

3.1 装车方法

查资料得 10 寸汤盘的详细参数如下：

$\Phi 254 \times 20\text{mm}$ ，450g。烧成收缩取 8%，则：坯体直径尺寸=产品尺寸 \div （1-烧成收缩）
= $254 \div (1-8\%)=276$ （mm），坯体高度尺寸=产品尺寸 \div （1-烧成收缩）= 21.74 （mm）。

因为用液化气为燃料，所以为减少窑内热量损失，提高热利用率，采用明焰裸烧，并结合装载制品 10 寸汤盘的重量大小，选定全耐火纤维不承重型结构窑车，棚板、支柱均为碳化硅材料，以降低蓄散热损失，考虑到全窑最高烧成温度为 1350℃，选用碳化硅材料选用 SiC50%，体积密度 2.2g/cm³，最高使用温度 1400℃。

棚板的尺寸为：300×300×10 mm

支柱的尺寸为：50×50×100mm

在窑车的长度方向上设置 9 列棚板，宽度方向上设置 8 排棚板，在窑车高度方向上装 10 层。棚板间的间隙在长度方向上为 10mm，在宽度方向上为 10mm，棚板与车边间距为 15 mm。

由此确定窑车车面尺寸为：长：300×9+10×8+15×2=2810mm

宽：300×8+10×7+15×2=2500mm

3.2 窑内宽的确定

根据窑车和制品的尺寸，窑车车边距窑内墙取 50mm，所以窑内宽 B 为 2600mm。

3.3 窑体长度的确定

窑车装载量为 9×8×10=720 件每车，故装窑密度为 720/2.81=256.23 件/米窑长

$$L = \frac{G \cdot \tau}{24D_y \cdot K \cdot g}$$

=

$$=73.59\text{m}$$

窑内容车数：n=73.59/2.81=26.18 辆 取 n=27 辆

推车速度为：27/16=1.69 车/小时

有效窑长为 27×2.81=75.87m

该窑采用钢架结构，全窑不设进车和出车室故全窑总长取 76 米，分为 38 个标准节，每节长 2m

3.3.1 各带长度的确定

根据烧成曲线：

预热带长= (预热时间×总长)/总烧成时间=5.4×76/16=25.65m 因窑炉每节长度为2米,故预热带取13节。

烧成带长= (烧成时间×总长)/总烧成时间=3.3×76/16=15.675m 因窑炉每节长度为2米,故烧成带取8节。

冷却带长= (冷却时间×总长)/总烧成时间=7.3×76/16=33.675m 因窑炉每节长度为2米,故预热带取17节。

3.4 窑体高的确定

窑车车架高225mm,窑车四周用260mm烧结的氧化铝纤维,中间填充硅酸铝纤维棉折叠块,棉块上铺1层含锆纤维毯。

为避免烧嘴喷出的高速火焰直接冲刷到局部制品上,影响火焰流动,造成较大温差,窑车台面与垫板间、上部制品与窑顶内表面之间都设有火焰通道,其高度(大于或等于烧嘴砖尺寸):棚板下部通道取200mm,上部火焰通道取200mm。

并在料跺上方预留115mm插热电偶的空间,窑车上装制品的高度为(10+100)×10=1100mm,预热带、缓冷段、快冷段窑顶高250mm,烧成带与极冷段窑顶高460mm所以窑全高(轨面至窑顶):预热带、缓冷段、快冷段为:
485+400+1110+115+230+20=2350mm。烧成带和急冷段加两块通用砖65×2+2×2=134mm故烧成带、急冷段窑高为:485+400+1100+115+460+134=2694mm。

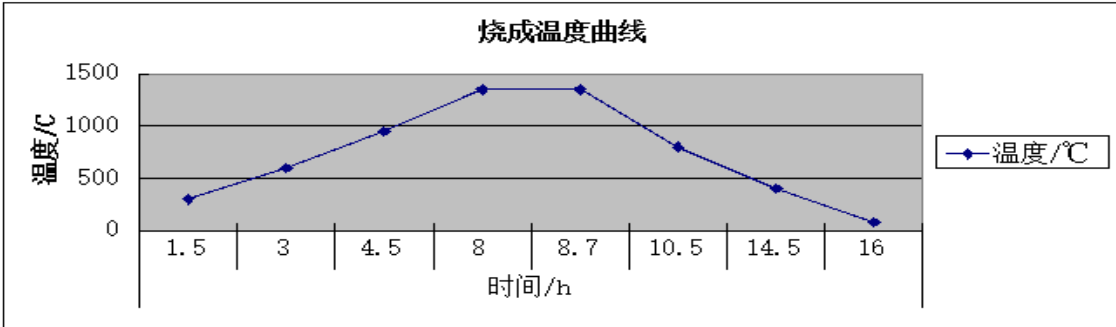
4、烧成制度的确定

根据制品的化学组成、形状、尺寸、线收缩率及其他一些性能要求,制订烧成制度曲线如下:

表2-1 温度制度

温度 (°C)	时间 (h)	烧成阶段	升(降)温速率 (°C/h)
20---300	1.5	预热带	190
300---600	2	预热带	200
600---950	1.9	预热带	230
950---1350	2.5	烧成带	90
1350---1350	0.8	烧成带(高火保温)	0
1350---800	1.8	冷却带(急冷带)	300
800---400	4.0	冷却带(缓冷带)	100

400---80	1.5	冷却带(快冷带)	213
----------	-----	----------	-----



5、工作系统的确定

5.1 排烟系统

为了更好的利用烟气的余热，采用分散排烟的方式。在预热带 1、2、3、5 节箱体位近窑车台面的窑墙上设 10 对排烟口，每节为 2 对，均以阶梯形布置，可以迫使烟气自上而下流动，使得制品受热均匀，各排烟支管汇总到排烟总管由排烟机排出，一部分送干燥房，其余的从烟囱排入大气。

5.2 燃烧系统

此窑采用小功率多分布高速调温烧嘴的布置方式。两侧垂直和水平交错排列，这样有利于均匀窑温和调节烧成曲线。下部烧嘴喷火口对准装载制品的下部火道，上部烧嘴喷火口对准装载制品上方的部分。烧嘴砖直接砌筑在窑墙上，采用刚玉莫来石材质。

烧嘴的具体布置情况为：1~5 节、10~15 节只设置下部烧嘴 17 对，共 34 只；16~20 节设置下部烧嘴 10 对，上部烧嘴 5 对，共 30 只。并在每个烧嘴的对侧窑墙上设置一个观火孔。烧嘴总数为：64 只，助燃风全部为外界空气。预热带带前部的部分烧嘴和烧成带上部烧嘴可能不开，为调节烧成曲线，增加产量留设备用。

5.3 冷却系统

制品在冷却带有晶体成长、转化的过程，并且冷却出窑，是整个烧成过程最后的一个环节。从热交换的角度来看，冷却带实质上是一个余热回收设备，它利用制品在冷却过程中所放出的热量来加热空气，余热风可供干燥用，从而达到节能目的。

5.3.1 急冷段

采用直接向窑内吹入冷风的方式，在 21 节中间位置设置了一道急冷阻挡气幕，21-23 节分上下两排设置了 14 对急冷风管，直接向窑内喷入冷风，并在 24 节设置了 2 对侧部抽热风口。

5.3.2 缓冷段

制品冷却到 700~400℃ 范围时，是产生冷裂的危险区，应严格控制该段冷却降温速率。为了达到缓冷的目的，本设计采用间壁冷却的形式，在 25 至 30 节设置 3 组中空墙来进行间壁冷却。

5.3.3 快冷段

在 31 节设置 2 对侧部抽热风口，在 32-34 节分上下两排设置 12 对快冷风管，气源为外

界空气。并在顶部设置抽热口，由抽热风机送至干燥室。

5.3.4 窑尾段

35 节设置 3 对轴流风机，直接对窑内的制品进行冷却，以保证制品的出窑温度低于 80℃。

5.4 传动系统

隧道窑内铺设轨道，轨道安放在钢架上的轨道垫板上，用螺丝联结并焊接。窑车是制品运输的载体。窑车底架由槽钢、钢板等经螺丝联结、焊接而成。

在窑头和窑尾各有一手动拖车道，每拖车道上有一辆拖车。窑外有一条手动回车线。拖车轨道和窑内轨道和回车线轨道相连接，并在同一水平面上。空窑车在回车线上装载制品，然后推到拖车上，将拖车推到窑头，再用顶车机将窑车推入窑内，窑车从窑尾出来经拖车道送至回车线，并在回车线卸载制品。

窑头装有油压顶车机。根据设定好的推车速度，顶车机将窑车顶入窑内。顶车速度可调。拖车道和回车线轨道直接装在轨道垫板上。在自动回车线上设置有一个窑车下检查坑道，深约 1.5 米，其长宽尺寸约同窑车大小，用来检修运行不良的窑车。

在回车线前部和后部，各设置一道安全检查门，其断面尺寸和窑头断面、曲封尺寸一致。检查门用多块薄钢板制作而成，用螺丝联结，可以调整其高度和宽度。

5.5 窑体附属结构

5.5.1 事故处理孔

由于窑车上棚架稳固，不容易发生倒窑事故。即使发生窑内卡车或者其他事故，也可停窑，能够快速冷却下来，再进行处理，对生产影响不大。因此该隧道窑不设置窑内车下检查坑道。在窑炉第 9 节，21 节布置了尺寸为 500×520 的事故处理孔两对。这样既简化了窑炉基础结构，减少了施工量和难度，又降低了成本，窑体保温也得到了明显的改善。

5.5.2 测温测压孔及观察孔

为严密监视及控制窑内温度制度，及时调节窑内温度制度，一般在窑顶及侧墙留设若干处测温孔，以安装热电偶。具体位置应在温度曲线的关键点以及需要的地方，如氧化末段、晶型转变点等。观察孔是为了观察烧嘴的情况，一般在烧嘴对侧窑墙上设置观察孔，为监控窑内压力制度，一般在预热带 500℃、预热带烧成带交界处等设测压孔。测温孔的间距一般为 3-5 米，高温段布置密集些，低温段布置相对稀疏。本设计在窑体的第 1 节~11 节，在第 1 节设置一处测温孔，接下来每隔一节设置一处测温孔，共 5 处测温孔；在进入烧成带之后的第 11 节与 15 节各设置一处测温孔，第 17、19、20 节的窑顶和窑侧墙处设置测温孔，共 8 处测温孔；第 23，25，27，29，31 节各设置一处测温孔，共 5 处测温孔。在烧成曲线的关键点，如窑头、氧化末段、晶型转化点、成瓷段、急冷结束段等都有留设测温孔。

压力控制主要靠调节烟气、空气等流量来实现。布置压力计于 2、6、9、16、19、24、27 车位中部,共 7 支。为方便画图,图纸中没有表示出。

5.5.3 膨胀缝

第一道膨胀缝距窑头 1.16m,然后每隔 2 米留设 20mm 左右的热膨胀缝,用含钎散棉填实。全窑共设置了 35 道膨胀缝。

5.6 窑体加固钢架结构形式

以 2 米为一个模数单元节,全窑 76 米,共有 38 节。窑体由窑墙主体、窑顶和钢架组成,窑体材料由外部钢架结构(包括窑体加固系统和外观装饰墙板)和内部耐火隔热材料衬体组成,砌筑部分,均采用轻质耐火隔热材料。窑墙、窑顶和窑车衬体围成的空间形成窑炉隧道,制品在其中完成烧成过程。每节钢架长度为 2 米,含钢架膨胀缝。全窑共 39 个钢架结构,其高度、宽度随窑长方向会有所改变。钢架主要由轻质方钢管、等边角钢等构成,采用焊接工艺,并在焊接处除去焊渣、焊珠,并打磨光滑。窑墙直接砌筑在钢板上,钢架承担着窑墙和窑顶及附属设备的全部重量。

6、燃料燃烧计算

6.1 空气量

由原始数据知液化气的热值 $Q_{net}=110$ (MJ/Nm³)

用经验公式计算, 得理论空气需要量 $L_0=$ $\times Q_{net}=22.06$ (Nm³/Nm³)

取空气过剩系数 $a=1.3$ 则实际空气需要 $L_a=1.3 \times 22.06=28.678$ (Nm³/Nm³)

6.2 烟气体量

烟气生成量用经验公式计算, 理论烟气体量: $V_g^0=$ $\times Q_{net}+1.3=23.767$ (Nm³/Nm³)

实际烟气体量: $V_g=V_g^0+(a-1) \times L_0=27.59+(1.3-1) \times 22.06=28.179$ Nm³/Nm³)

6.3 燃烧温度

理论燃烧温度

$$T=(Q_d+L_a C_a T_a+C_f T_f) / (V_g C)$$

在室温 $T_a=20^\circ\text{C}$ 时空气比热为 $C_a=1.30$ kJ/(Nm³·°C),

$T_f=20^\circ\text{C}$ 时液化气的比热为 $C_f=1.44$ kJ/(Nm³·°C) 设 $t=1800^\circ\text{C}$, 并查表得 $t=1800^\circ\text{C}$ 时的烟气体比热为 $C=1.67$ kJ/(Nm³·°C) 代入公式得

$$T=(110000+38.324 \times 1.30 \times 20+1.44 \times 20) / (39.087 \times 1.67) =1700.9^\circ\text{C}$$

相对误差为: $(1800-1700.9) / 1800 < 5\%$, 认为合理。

取高温系数 $n=0.8$ ，则实际燃烧温度为 $t_p=n \times t=0.8 \times 1800=1440^\circ\text{C}$ 。 $1440-1350=90^\circ\text{C}$ ，比烧成温度高于 80°C 以上，这符合烧成要求,保证产品达到烧熟的目的，助燃空气可以不预热便可使用

7、窑体材料及厚度的确定

7.1 整个窑炉的材料名称和厚度

窑体所采用的材料及其厚度应该满足各段使用性能要求,受表面最高温度限制以及砖形、外观整齐等方面的因素的影响,综合考虑确定窑体材料和厚度见如下。

窑墙部分:

第 1-13 节窑墙 (厚 445mm): 295mm 轻质保温砖+150mm 岩棉毡;

第 14-26 节窑墙(厚 560mm): 205mm 聚轻高铝砖+205mm 轻质粘土砖+150mm 硅酸铝纤维毡;

第 27-38 节窑墙 (厚 445mm): 295mm 轻质保温砖+150mm 岩棉毡;

窑顶部分:

堇青莫来石板制品具有热膨胀系数小,抗震稳定性好,使用寿命长,且不会突然断裂,使用过程中不氧化不落脏掉渣,不污染烧品,是烧成陶瓷制品最理想的材料。

第 1-13 节窑顶 (厚 250mm): 20mm 堇青莫来石板+230mm 硅酸铝纤维毡;

第 14-20 节窑顶 (厚 460mm): 230mm 莫来石绝热砖+230 mm 硅酸铝纤维毡;

第 21-26 节窑顶 (厚 460mm): 230mm 莫来石绝热砖+230 mm 硅酸铝纤维毡;

第 27-38 节窑顶 (厚 250mm): 20mm 堇青莫来石板+230mm 硅酸铝纤维毡;

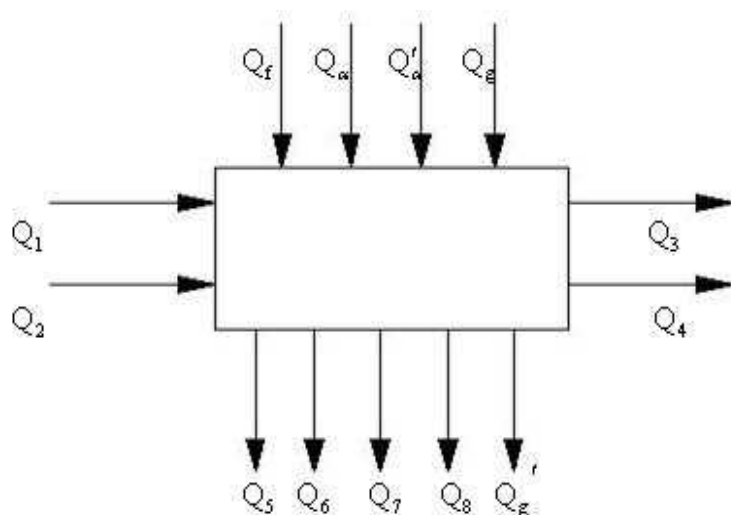
8、热平衡计算

8.1 预热带及烧成带热平衡计算

8.1.1 热平衡计算基准及范围

本次计算选用 1 小时为计算基准，以 0℃ 作为基准温度。以预热带和烧成带为计算范围。

8.1.2 热平衡框图



其中：

Q_1 ——制品带入的显热；

Q_2 ——窑具带入的显热；

Q_f ——燃料带入的化学热和显热；

Q_a ——助燃空气带入的显热；

Q'_a ——预热带漏入空气带入的显热；

Q_g ——气幕、搅拌风带入的显热；

Q_3 ——产品带走出的显热；

Q_4 ——窑具带走的显热；

Q_5 ——窑墙、窑顶带走的显热；

Q_6 ——物化反应耗热；

Q_7 ——窑车蓄热和散失热量；

Q_8 ——其他热损失；

Q'_g ——烟气带走的显热

8.1.3 热收入项目

8.1.3.1 坯体带入显热 Q_1

窑内容车数 27 辆，则

推车速度：27/16=1.69 车/小时

每小时出窑制品的质量 $G_m = \text{推车速度} \times \text{每车载重} = 1.69 \times 324 = 547.56 \text{kg/h}$

每小时入窑干坯的质量 $G_{干} = G_m \cdot \frac{100}{100 - L} = 547.56 \times \frac{100}{100 - 5.48} = 579.31 \text{kg/h}$

每小时欲烧成湿制品的质量 $G_1 = G_{干} \cdot \frac{100}{100 - \omega} = 579.31 \times \frac{100}{100 - 3} = 597.22 \text{kg/h}$

$Q_1 = G_1 C_1 T_1$ (kJ/h)

其中： G_1 —入窑制品质量 (Kg/h)； $G_1 = 597.22 \text{Kg/h}$ ；

T_1 —入窑制品的温度 (°C)； $T_1 = 20^\circ\text{C}$

C_1 —入窑制品的平均比热 (KJ/(Kg·°C))； $T_1 = 20^\circ\text{C}$ 时， $C_1 = 0.92 \text{KJ/(Kg·°C)}$ ；

$Q_1 = G_1 C_1 T_1 = 597.22 \times 0.92 \times 20 = 10988.85$ (kJ/h)

8.1.3.2 棚板、支柱等窑具带入显热 Q_2

单个棚板质量 = $300 \times 300 \times 10 \times 10^{-6} \times 2.2 = 1.98 \text{Kg}$

单个支柱质量 = $50 \times 50 \times 100 \times 10^{-6} \times 2.2 = 0.55 \text{Kg}$

棚板总重量 = $10 \times 72 \times 1.98 = 1425.6 \text{Kg}$

支柱总重量 = $9 \times 94 \times 0.55 = 465.3 \text{Kg}$

窑具的质量 $G_b = (1425.6 + 465.3) \times 1.5 = 2836.35 \text{kg/h}$

$Q_2 = G_b C_2 T_2$ (kJ/h)

其中： G_b —入窑棚板、支柱等窑具质量 (Kg/h)； $G_b = 2836.35 \text{kg/h}$

T_2 —入窑棚板、支柱等窑具的温度 (°C)； $T_2 = 20^\circ\text{C}$

C_2 —入窑棚板、支柱等窑具的平均比热 (KJ/(Kg·°C))；碳化硅棚板、支柱的平均比热容按下式计算： $C_2 = 0.963 + 0.000147t = 0.963 + 0.000147 \times 20 = 0.966 \text{KJ/(Kg·°C)}$

$Q_2 = G_b C_2 T_2 = 2836.35 \times 0.966 \times 20 = 54798.28$ (kJ/h)

8.1.3.3 燃料带入化学热及显热 Q_f

$Q_f = (Q_d + T_f C_f) \times x$ (kJ/h)

其中： Q_d —所用燃料低位发热量 (KJ/Nm³)；燃料为液化气，低位发热量为：

$Q_d = 110000 \text{KJ/Nm}^3$ ；

T_f —入窑燃气温度 (°C)；入窑燃气温度为 $T_f = 20^\circ\text{C}$ ；

C_f —入窑燃气的平均比热容 (KJ/(Kg·°C))；查表， $T_f = 20^\circ\text{C}$ 时液化气平均比热容为： $C_f = 1.44 \text{KJ/(Kg·°C)}$ ；

x —设每小时液化气的消耗量为 x (Nm^3/h)； $Q_f = (Q_d + T_f C_f)x = (110000 + 20 \times 1.44)x = 110028.8x$ kJ/h

8.1.3.4 助燃空气带入显热 Q_a

$$Q_a = V_a C_a T_a \quad (\text{kJ/h})$$

其中： V_a —入窑助燃风流量 (Nm^3/h)；前面燃烧部分计算得： $V_a = L_a \cdot x = 28.678x$ (Nm^3/h)；

T_a —入窑助燃风的平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)； $T_a = 20^{\circ}\text{C}$ ；

C_a —入窑助燃风的平均比热容 ($\text{KJ}/(\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$)；查表， $T_a = 20^{\circ}\text{C}$ 助燃风时平均比热容为：

$C_a = 1.30 \text{ KJ}/(\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ；

$$Q_a = V_a C_a T_a = 28.678x \times 1.30 \times 20 = 745.63x \quad (\text{kJ/h})$$

8.1.3.5 从预热带不严密处漏入空气带入显热 Q_a'

$$Q_a' = V_a' \times C_a' \times T_a' \quad (\text{kJ/h})$$

取预热带烟气中的空气过剩系数 $a_g = 2.0$ ，已求出理论空气量 $L_0 = 22.06 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$ 烧成带燃料燃烧时空气过剩系数 $a_f = 1.3$

$V_a' = x \times (a_g - a_f) \times L_0 = x(2.0 - 1.3) \times 22.06 = 15.44x$ (Nm^3/h) 漏入空气温度为 $T_a' = 20^{\circ}\text{C}$ ，此时

$C_a' = 1.30 \text{ kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ，则：

$$Q_a' = V_a' \times C_a' \times T_a' = 15.44x \times 1.30 \times 20 = 401.49x \quad (\text{kJ/h})$$

8.1.3.6 气幕带入显热 Q_s

$$Q_s = V_s C_s T_s \quad (\text{kJ/h})$$

气幕包括封闭气幕、气氛幕和急冷阻挡气幕，封闭气幕只设在窑头，不计其带入显热。取气氛幕和急冷阻挡气幕风源为空气，其风量一般为理论助燃空气量的 0.5-1.0 倍，取为 0.6 倍。

所以： $V_s = 0.6V_a = 0.6 \times 28.68x = 17.21x$ (Nm^3/h)，设 $T_s = 20^{\circ}\text{C}$ ，查得

$C_s = 1.30 \text{ kJ}/(\text{Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ，

$$Q_s = V_s \times C_s \times T_s = 17.21x \times 1.30 \times 20 = 447.38x \quad (\text{kJ/h})$$

8.1.4 热支出项目

8.1.4.1 制品带出显热 Q_3

$$Q_3 = G_m C_3 T_3 \quad (\text{kJ/h})$$

出烧成带产品质量： $G_m = 547.56 \text{ kg/h}$

出烧成带产品温度： $T_3 = 1350^{\circ}\text{C}$

查手册[11]，此时产品平均比热： $C_3 = 1.20 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 则： $Q_3 = G_m \times C_3 \times T_3 = 547.56 \times 1350 \times 1.20 = 887047.2$ (kJ/h)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/867120164101006144>