

36室焙烧炉车间的进风口、天窗设计计算选型

茹德敏 袁聪聪

河南华慧有色工程设计有限公司

DOI:10.12238/pe.v1i2.6468

[摘要] 敞开式环式焙烧炉散热量很大,所在焙烧车间占地大,对于炉体稳定运行,焙烧车间通风散热所必须的进风口、天窗的设计尤为重要。36室敞开式环式焙烧炉是典型的焙烧炉型,对配置此类焙烧炉的车间进行进风口、天窗的设计计算有一定代表性。36室敞开式环式焙烧炉车间的进风口、天窗设计计算的初探讨论,对炉窑类高散热车间的设计研究具有积极意义。

[关键词] 焙烧炉; 散热量; 进风口; 天窗

中图分类号: TF806.1 **文献标识码:** A

Calculation and Selection of Air Intakes and Skylights in the Baking Plant with 36-Chamber Baking Furnace

Demin Ru Congcong Yuan

Henan Huahui Nonferrous Engineering Design Co. Ltd

[Abstract] The opening and ring baking furnace has a large heat dissipation, and occupies a large area of the baking workshop. For the stable operation of the furnace body, the design of the air intakes and skylights necessary for ventilation and heat dissipation in the baking workshop is particularly important. The opening and ring baking furnace with 36 chambers is a typical baking furnace type, and it is representative for the design and calculation of air intakes and skylights in workshops equipped with such baking furnaces. This article provides a preliminary discussion on the design and calculation of the air inlet and skylight in the baking workshop of opening and ring baking furnace with 36 chambers, which has positive significance for the design and research of high heat dissipation workshops such as furnaces and kilns.

[Key words] baking furnace; heat dissipation; air intakes; skylights

前言

预焙阳极厂的组成部分中,焙烧车间是极为重要的一个部分:生阳极在焙烧车间经过焙烧后成为成品阳极^[1]。焙烧车间在炭素厂的组成车间中占地比例最大,且由于焙烧炉散热量大,超过了有关标准规定的数值($23\text{W}/\text{m}^3$)^[2],属于热车间。因此,必须考虑必要的通风手段进行散热。自然通风成本低廉、利于维护,因此对焙烧车间自然通风的计算,选择合适的进风口和天窗非常重要。

36室敞开式环式焙烧炉是常见的预焙阳极用焙烧炉型,配置单台36室敞开式环式焙烧炉的焙烧车间具有很强的典型性。本文对36室敞开式环式焙烧炉车间的进风口和天窗进行了初步的计算和探讨。

1 焙烧车间自然通风的计算方法与步骤

自然通风是指利用厂房内空气密度差引起的热压或风力造成的风压来促使空气流动而进行的通风换气,自然通风量的计算方法很多,如压差法、风速法和CFD数值模拟法、 CO_2 平

衡法、水汽平衡法等。但是,自然通风量尚无具体准确又无争议的测算方法^[3]。通风量的计算方法在不断的发展,并且设计所涉及的因素较多,故在设计中力求计算方法简单可靠。大部分自然通风一般都是热压、风压共同作用,对散发热量的厂房及辅助建筑物,自然通风的计算仅考虑热压,即按热压法计算^[2]。因此对36室敞开式环式焙烧炉车间的通风天窗计算本文选用热压法。

计算步骤包括:

- (1) 计算车间的全面换气量。
- (2) 确定窗孔的位置,分配各窗孔的进、排风量。
- (3) 计算各窗孔的内外压差。
- (4) 根据各窗孔的进、排风量和内外压差计算窗孔口的面积。

2 36室敞开式环式焙烧炉车间自然通风的计算过程

计算依据:为简化计算,设定36室敞开式环式焙烧炉(以下称焙烧炉)尺寸为 $121\text{m}\times 30.5\text{m}$,炉面标高为 $+0.400\text{m}$;厂房尺寸

表1 温度梯度

车间散热强度 (W/m ³)	厂房高度 (m)										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11.6~23.2	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
24.4~46.5	1.2	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
47.7~69.8	1.5	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5
70.9~93	-	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9
105.8~116.3	-	-	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3

表2 系数m₂值

热源高度(m)	≤2	4	6	8	10	12	≥14
m ₂	1.0	0.85	0.75	0.65	0.60	0.55	0.5

表3 系数m₃值

Q _r /Q	≤0.4	0.5	0.55	0.60	0.65	0.7
m ₃	1.0	1.07	1.12	1.18	1.30	1.45

210m×36m×12m(厂房高度),且认为天窗高度即为厂房高度。全部采用自然通风,无局部通风,且设定为夏季工作时间,室外温度30℃,车间内散热量经验值为57W/m³,室内工作区(炉面)温度70℃,进风口面积设为A_r=200m²,进风口中心高度为2.5m。

2.1 车间自然通风量的计算

当车间无局部排风时的通风量计算式为:

$$G = \frac{Q}{c(t_p - t_{wf})\beta} \quad (1)$$

$$\text{或 } G = \frac{mQ}{c(t_n - t_{wf})\beta} \quad (2)$$

式中,

G-通风量, kg/s;

Q-散至室内的全部显热量, kW;

c-空气比热, c=1.01kJ/kg·K;

t_p-车间的排风温度, °C;

t_n-室内工作区温度, °C;

t_{wf}-夏季通风室外计算温度, °C;

β-考虑进风口高度影响的进风有效系数;

m-温差比。

2.1.1 β值的确定

β值可根据热源面积A_r所占地板面积A的百分比,及通风口高度可从进风有效系数β值图^[2]查得β=0.6。

热源面积所占地板面积的百分比:

$$A_r/A = \frac{121 \times 30.5}{210 \times 36} \times 100\% = 48.8\% \quad (3)$$

2.1.2 车间排风口温度t_p的计算

当室内散热量比较均匀,且热强度不大于116.3W/m³时,按下式计算:

$$t_p = t_n + \Delta t(H-2) \quad (4)$$

式中,

t_p-车间的排风温度, °C;

t_n-室内工作区温度, °C。

H-厂房高度, m;

Δt-温度梯度(按表1确定), °C/m。

查表Δt=0.8°C/m,代入式(4):

$$t_p = 70 + 0.8 \times (12-2) = 78(°C) \quad (5)$$

2.1.3 m值的确定

m值按下式计算:

$$m = m_1 \times m_2 \times m_3 \quad (6)$$

式中,

m₁-根据热源占地面积A_r和地面积A之比值,按系数m₁值图^[1]确定m₁=0.85。

m₂-根据热源的高度,按表2确定;查表2得m₂=1。

m₃-根据热源的辐射散热量Q_r和总散热量Q之比值Q_r/Q,按表3确定,查表3得m₃=1.0。

根据焙烧炉的热能计算及以上图表数据,代入式(6):

$$m = m_1 \times m_2 \times m_3 = 0.85 \times 1.0 \times 1.0 = 0.85 \quad (7)$$

将数据代入式(1):

$$G = \frac{57 \times 210 \times 36 \times 12}{1.011 \times (78-30) \times 0.6} = 177.7 (\text{kg/s}) \quad (8)$$

或代入式(2):

$$G = \frac{0.85 \times 57 \times 210 \times 36 \times 12}{1.001 \times (70-30) \times 0.6} = 181.3 (\text{kg/s}) \quad (9)$$

两式计算结果基本一致,取平均值 $G=179.5 \text{kg/s}$ 。

2.2天窗(排风口)面积计算

排风口面积按下式计算

$$A_p = \frac{G}{\sqrt{\frac{2g\rho_p h_p (\rho_w - \rho_{ng})}{\xi_p}}} \quad (10)$$

式中,

A_p -排风口的面积, m^2 ;

G -排风量, kg/s ;

h_p -排风口中心距中和界的高度, m ;

ρ_w / ρ_w -排风口/进风口处的空气密度, kg/m^3 ;

ρ_{ng} -车间内空气的平均密度,按工作区和排风口处空气密度的平均值采用, kg/m^3 ;

ξ_p -排风口的局部阻力系数,可查^[2] $\xi_p=10$;

g -重力加速度, 9.8m/s^2 。

$G=179.5 \text{kg/s} \approx 0.6 \times 10^6 \text{kg/h}$ 。

h_p 值为排风口中心距中和界的高度,可查^[2]。

查干空气在压力 100kPa 时的参数^[2]得 $\rho_w=0.965 \text{kg/m}^3 (78^\circ\text{C})$, $\rho_{ng}=1.127 \text{kg/m}^3 (30^\circ\text{C})$ 。

故 $\Delta \rho = \rho_w - \rho_{ng} = 1.127 - 0.965 = 0.162 (\text{kg/m}^3)$; (11)

应用自然通风孔的面积图^[4],过空气流量 0.6×10^6 向上作垂线,过垂线与 $\xi_p=10$ 的交点做水平线,再过水平线与自然通风孔的面积 $F=200$ (A_r 值)的交点作垂线,取此垂线与密度差 $\Delta \rho = 0.162$ 的交点对应的(窗孔中心与中和面之间的距离) $h=h_r$ 值 2.2m ,已知炉面标高为 0.400m ,天窗高度 12m ,则天窗(排风口)距中和界高度为 $h_p=h_{ri}=12 \text{m}-2.2 \text{m}-0.4 \text{m}=9.4 \text{m}$ 。 ρ_{ng} 查表为 0.997kg/m^3 。

将以上数据代入式(10):

$$A_p = \frac{179.5}{\sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times 0.965 \times 9.4 \times (1.127 - 0.997)}{10}}} = 110.2 (\text{m}^2) \quad (12)$$

可得排风口面积为 110.2m^2 。

3 根据工程实际进行进风口、天窗(排风口)尺寸的确定

天窗尺寸的设计计算,必须根据实际的现场情况来设计合适的进风、排风口。根据以上数据,进风口面积 $A_i=200 \text{m}^2$,天窗(排风口) $A_p=110.2 \text{m}^2$ 理论上已能满足36室敞开式环式焙烧炉车间厂房的自然通风。

但实际设计中,进风口往往还需要兼顾厂房采光照明、厂房冬季保暖、抗风载荷等要求,因此需结构与建筑专业协调配合,核算确定合理尺寸;天窗(排风口)尺寸的确定,则需考虑36室敞开式环式焙烧炉的运行特点:双系统循环运行,即焙烧炉发热部位并非完全均匀分布。实际生产中,36室敞开式环式焙烧炉普遍采用6室运转的双系统循环运行。即生产运行中,车间的主要发热量可能出现局部集中,达到局部的散热量远大于平均数据的情况。因此,留有一定的冗余系数是完全必要的。由于焙烧炉发热量集中在 $1/3$ 的运行炉室上,可取冗余系数 $K=2\sim 3$,即

$$A_{p\text{实}} = K A_p \quad (13)$$

若取 $K=3$,则 $A_{p\text{实}}=3 \times 110.2 \text{m}^2=330.6 (\text{m}^2)$ 。

最终可以 $A_{p\text{实}}=330.6 \text{m}^2$ 为基础,根据建筑外观的美观要求、标准构件等具体情况选择天窗尺寸和结构形式,经核算后确认。

4 结论

敞开式环式焙烧炉炉型多样,除36室敞开式环式焙烧炉外,54室和72室敞开式环式焙烧炉也较为常见,并且焙烧炉的设置方式又分为地上炉、半地下炉和地下炉3种,而且随着技术的进步和节能环保要求的提高,焙烧炉炉型向大型化发展。因此,焙烧车间进风口、天窗的设计计算也日趋复杂化,为进一步提高焙烧车间通风与节能设计,应持续对焙烧车间厂房通风散热系统进行模拟研究。

[参考文献]

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部、国家质量监督检验检疫总局.炭素厂工艺设计规范[S].中华人民共和国住房和城乡建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布,2012.
- [2]陆耀庆.供暖通风设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1987:27-28,626-650.
- [3]丁露雨,鄂雷,李奇峰.畜舍自然通风理论分析与通风量估算[J].农业工程学报,2020,36(15):189-201.
- [4]刘光启,马连湘.化学工艺算图手册[M].北京:化学工业出版社,2002:764.