

木材干燥室保温材料的选择与节能计算

唐晓淑, 张璧光, 高建民

(北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 通过对保温节能计算方法的探讨和具体的计算实例, 推荐适合我国不同企业的干燥室壳体结构。

关键词: 干燥室; 保温材料; 节能

中图分类号: TS652 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2001)02-0025-03

Selection of Thermal Insulating Materials for Wood Drying Kiln and Saving Energy Calculation

TANG Xiao-shu, ZHANG Bi-guang, GAO Jian-min

(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: This paper describes a research on saving energy calculation method and the selection of thermal insulating materials for wood drying kiln. With the calculating results, some kiln shell structures which are suitable for different types of wood drying kiln in China were recommended.

Key words: Wood drying kiln; Thermal insulating material; Saving energy

木材干燥技术研究的一项重要内容是如何高效、节能, 降低干燥成本。目前国内最常用的干燥方式是常规蒸汽干燥, 其中砖砌壳体干燥室约占 80%, 这种干燥室的最大缺点是保温性能差, 热能损失严重。近年来, 出现了一些金属壳体和砖砌铝内壁壳体的干燥室。本文通过对保温节能计算方法的探讨和具体的计算, 供不同企业在选用干燥室壳体结构时的参考。

1 计算方法

1.1 单保温层

以单位面积平壁为计算基准, 因干燥室平壁的长度与宽度比厚度大得多, 所以可以将其看作无限大平壁来考虑。故,

$$q = \frac{t_1 - t_2}{\delta} = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) \quad (1)$$

式中: q —单位面积热流量 / ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$);

t_1, t_2 —平壁内、外两表面的温度 / $^{\circ}\text{C}$;

λ —平壁的平均导热系数 / [$\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$];

δ —平壁厚度 / m 。

根据生产限定的散热量, 来确定合适的保温材料厚度, 即,

$$\delta = \frac{\lambda}{q} (t_1 - t_2) \quad (2)$$

单位面积保温费用:

$$F = \delta \times B \quad (3)$$

式中: F —保温费用 / ($\text{元} \cdot \text{m}^{-2}$);

B —保温材料单位造价 / ($\text{元} \cdot \text{m}^{-3}$)。

1.2 双层保温层

$$q = \frac{t_1 - t_3}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad (4)$$

式中: t_1, t_3 —第 1 层内壁, 第 2 层外壁的温度 / $^{\circ}\text{C}$;

δ_1, δ_2 —第 1 层内壁, 第 2 层外壁的厚度 / m ;

λ_1, λ_2 —第 1 层内壁, 第 2 层外壁的导热系数 / [$\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$]。

单位面积保温费用:

$$F = \delta_1 \times B_1 + \delta_2 \times B_2 \quad (5)$$

式中: B_1, B_2 —第 1 层, 第 2 层保温材料的单位造价 / ($\text{元} \cdot \text{m}^{-3}$)。

1.3 多层保温层

对于 n 层平壁的导热系数可以下列公式计算:

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (\text{W/m}^2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： λ_i 、 δ_i 分别为第 i 层壁的导热系数及厚度。

单位面积保温费用：

$$F = \sum_{i=1}^n \delta_i \cdot B_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中： B_i —为第 i 层保温材料的单位造价/(元·m³)。

2 计算实例

设干燥室内介质(空气)温度 80℃，周围温度按冬季最低气温-10℃，生产限定单位面积上热损失不得超过 60 W，现有 6 种保温材料和 2 种金属材料，其单价与导热系数见表 1。

表 1 各种保温材料的技术指标
Tab. 1 Index of different types of thermal insulating materials

品名	单价 元/m ³	导热系数 W/(m·℃)	密度 kg/m ³
硬质聚氨酯泡沫板	2000.00	0.016~0.027	30~60
玻璃棉板	580.00	0.041	14~48
岩棉板	180.00	0.035	80~150
聚苯保温板	120.00	0.031	20
珍珠岩颗粒	110.00	0.056	100
红砖	150.68	0.58~0.81	1 860
工业纯铝	48 780.00	236	2 710
铝合金(87Al~13Si)	58 520.01	162	2 660

(1)采用单层保温层

以硬质聚氨酯泡沫保温层为例，根据(2)式得保温层厚度为：

$$\delta = \left(\frac{\lambda}{q}\right)(t_1 - t_2) = \left(\frac{0.027}{60}\right)(80 + 10) = 0.041 \text{ m}$$

单位面积保温费用，由(3)式得：

$$F = \delta \times B = 0.041 \times 2000 = 82.00 \text{ 元/m}^2$$

若用其它 5 种材料作为保温层，按相同公式可得出相应的 δ 、 F 值，结果见表 2。

表 2 单层保温层厚度及保温费用

Tab. 2 Thickness and expenses of different types of single thermal insulating layer

保温材料	保温层厚度 δ /m	保温费用/(元·m ²)
玻璃棉板	0.062	35.96
岩棉板	0.053	9.54
聚苯保温板	0.047	5.58
珍珠岩颗粒	0.084	9.24
红砖	0.870	131.09

(2)采用双层保温层

国内常规蒸汽干燥室中，砖砌壳体干燥室约占 80%。所以在考虑双层保温层时，以红砖和其他保温材料的组合为主。若用硬质聚氨酯泡沫作内层，红砖

作外层，并设砖墙厚 δ_2 为 0.115 m，则由(4)式得：

$$q = \frac{t_1 - t_3}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad \text{即 } 60 = \frac{80 - (-10)}{\frac{\delta_1}{0.027} + \frac{0.115}{0.58}}$$

得到 $\delta_1 = 0.036 \text{ m}$ 。计算单位面积保温费用：

$$F = \delta_1 \times B_1 + \delta_2 \times B_2 = 0.036 \times 2000 + 0.115 \times 150.68 = 89.33 \text{ 元/m}^2$$

(3)同理可算出其它组合的各保温层的厚度及保温费用。具体结果见表 3。

表 3 各种双层保温层的结构及保温费用

Tab. 3 Structures of different types of double thermal insulating layers and their costs

内层保温层		外层保温层厚度 δ_2	保温费用
材料种类	厚度 δ_1 /m	m	元/m ²
硬质聚氨酯泡沫板	0.036	0.115	89.33
玻璃棉板	0.053	0.115	48.07
岩棉板	0.046	0.115	25.61
聚苯保温板	0.040	0.115	22.13
珍珠岩板	0.073	0.115	25.36
硬质聚氨酯泡沫板	0.030	0.23	94.66
玻璃棉板	0.045	0.23	60.76
岩棉板	0.039	0.23	41.68
聚苯保温板	0.034	0.23	38.74
珍珠岩板	0.062	0.23	41.48

注：外层保温层材料均为红砖。

根据国内企业的发展状况，应本着尽量利用原有设备改进保温措施，降低建造成本，并简单易建的原则，在原有砖砌壳体干燥室内壁加一层保温材料，不仅可以有效地提高干燥室的保温性，而且制作简单、造价便宜，同时也保证了壳体的坚固。

3 分析与讨论

干燥室的保温性能与其自身的防腐蚀性有很重要的关系。因为在木材干燥过程中，还有多种腐蚀性物质，如甲酸、乙酸、单宁等同时挥发。这些混合气体部分凝结在干燥室内壁，对内壁有腐蚀作用。以砖砌墙体为例，使用一年后的砖墙内壁水泥砂浆平面粉化深度在 3~5 mm，腐蚀深度达 8~10 mm，使得墙体在经历多次热膨胀冷缩之后，发生不规则裂纹，造成砖壁漏气，严重影响干燥质量。

目前，有些厂家采用纯铝板 and 硬质聚氨酯泡沫塑料，制成的金属壳体干燥室，使用寿命在 10~15 年以上，占地面积小，单台安装时间仅 1~2 星期。经实践证实，壳体的热损失可减少 60% 以上，总能耗可减少 12% 以上，是要求见效快、产品质量高的企业的最佳选择。现以上述计算结果为依据，模拟对比计算目前企业经常使用的几种干燥室壳体的造价(见表 4)。

表 4 各种干燥室壳体结构造价对照

Tab. 4 Comparison to the structures and expenses of different types of kiln shell

壳体类型	壳体结构	保温材料单价/(元·m ²)
砖内 壁壳体	砖+硬质聚氨酯泡沫板+砖	94.66
	砖+玻璃棉板+砖	60.76
	砖+岩棉板+砖	41.68
	砖+聚苯保温板+砖	38.74
	砖+珍珠岩颗粒+砖	41.48
砖砌铝 内 壁壳体	铝板+硬质聚氨酯泡沫板+砖	103.96
	铝板+玻璃棉板+砖	62.70
	铝板+岩棉板+砖	40.24
	铝板+聚苯保温板+砖	36.76
	铝板+珍珠岩颗粒+砖	39.99
金属壳 体	铝板+硬质聚氨酯泡沫板+铝板	111.27
	铝板+玻璃棉板+铝板	65.23
	铝板+岩棉板+铝板 ?	38.81
	铝板+聚苯保温板+铝板	34.85

注:表中砖壁的厚度均为 0.115 m,铝板厚度均为 0.0003 m

从表 4 可以看出,若综合考虑干燥室的坚固性、使用性和修建容易程度,对于金属壳体,应优先选用硬质聚氨酯泡沫板做保温材料。唯一的不足是耗资大。对于我国大多数企业来说,最经济实惠的选择是在现有砖砌墙体结构的基础上加以改进,即采用砖砌铝内壁壳体。不仅能克服砖体干燥室存在的易腐蚀、墙体产生裂纹、漏气等缺陷,又可有效降低干燥室成本。具体可参照无锡某木材厂的改进方法^[3]。

4 小结

展会信息

国际木材、木制品展览会

由中国林产工业协会主办的国内首次国际木业纯专业性大型展览会,将于 2001 年 4 月 10 日~13 日在北京·全国农业展览馆举办。即时将有众多的国内外轻工、建材、家具、装饰等行业的厂商及贸易商云集展会。并组织相关的技术研讨会,推出行业优质产品。

第八届全国家具展览会将在西安举办

在西部大开发的热潮中,第八届全国家具展览会暨第八届家具机械设备及原辅材料展览会,将于 2001 年 4 月 18 日至 4 月 21 日在西安国际展览中心举办。由中国家具协会主办,全国 20 多个省市家具协会协办的全国家具展览会,成功举办过七届,已经成为我国家具行业进行交流、观摩、洽谈、订货、研讨的重要活动之一。第八届全国家具展览会在西安举办,为加强我国家具行业的东西部交流,促进西部家具行业发展,为我国发达地区家具生产企业进入西部市场提供一个极好机会。

展览期间中国家具协会将举办西部大开发战略研讨会及家具设计奖评选活动。

1) 在资金允许的情况下,建议选择金属壳体干燥室。如采用性能优良的防腐蚀纯铝板和硬质聚氨酯泡沫塑料,用先进的加工工艺制成金属壳体干燥室。

2) 对现有砖砌墙体保温结构的改进,建议优先采用砖砌铝内壁壳体结构。保温材料优先选用岩棉板、聚苯保温板、珍珠岩颗粒。

3) 对于中、小型企业建议使用砖砌铝内壁壳体结构。如铝板+岩棉板+砖结构,铝板+聚苯保温板+砖结构以及铝板+珍珠岩颗粒+砖结构。

参考文献:

[1] 于明. 管路保温节能的计算方法研究[J]. 节能, 1999(5): 3~5.
[2] 张壁光, 乔启宇. 热工学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980, 111~121.
[3] 戴增安. 木材干燥窑的保温性与节能分析[J]. 木材工业, 1997, 11(2): 32~35.
[4] 赵寿岳. 经济实用的木材干燥窑[J]. 林产工业, 1996, 23(6): 22~24.
[5] 翁文增. 木材干燥窑的技术经济分析[J]. 林产工业, 1998, 25(1): 12~15.
[6] 王进武, 等. 木材干燥窑蒸汽供热系统能量利用分析与节能[J]. 木材工业, 1998, 12(3): 25~27.
[7] 艾沐野. 我国常规木材干燥设备使用状况初探[J]. 木材工业, 1997, 11(4): 32~33.
[8] 庄寿增, 等. 高效节能木材真空干燥技术研究[J]. 林产工业, 1996, 23(3): 13~17.
[9] 路延魁, 等. 空气调节设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.