

613124

5821
56275
T.2

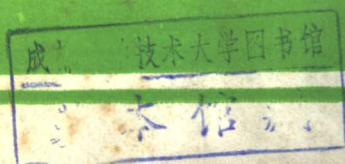
节能技术

第 二 辑

节约用电和热能的综合利用



21
75
2



科学技术文献出版社重庆分社

目 录

节能的远红外线加热.....	(1)
电红外线局部加热.....	(29)
风机的节电(之一).....	(49)
风机的节电(之二).....	(55)
风机的节电(之三).....	(62)
风机的节电(之四).....	(69)
选择省能式照明设备的准则.....	(80)
余能的开发和利用大有可为.....	(91)
锅炉设备节省能量的措施.....	(96)
论炼钢电弧炉的功率水平.....	(102)
家庭用电节能措施.....	(111)

节能的远红外线加热

细川修克

一、前言

节约资源和能源任何时候都是国家的一项措施。在干燥方面用电量是很大的,因此,把节约用电和降低运行费用结合起来是一件重要的事情。节约用电,首先应通过提高干燥效率来解决,其方法就是提高被干燥物的干燥效率(例如,缩短涂料的干燥时间,降低干燥温度等)和提高干燥方法的效率。

对于被干燥物(例如涂料等)来说,其现状是:为了达到同样节省资源的目的,宁可降低干燥效率而使用不加溶剂的水溶性涂料,这种涂料的需要量在急剧增加。

以前,干燥的手段有热风炉(热源:重油,煤气,液化石油气,电)、气体红外线炉、红外线灯泡等主要干燥方法。数年前开始采用电磁波干燥法,用上了远红外线、紫外线、电子射线、微波等。本文介绍了吸收效果好、使用方法简单、价格便宜的远红外线加热器“远红外线辐射器”的干燥方法。

二、远红外线的基本知识

(1) 红外线

将日光和高温物体发出的光分成光谱,在红光外侧看不见的区域,具有强烈热作用的辐射线称为红外线。红外线是一种电磁波(无线电、电视的电波、可见光、紫外线、X射线、Y射线也是电磁波),其波长范围在0.75微米~1000微米之间,即比可见光的波长要长,比微波的波长要短。红外线虽然是看不见的,但是由于1微米以上的波长具有能被物体吸收的热作用,所以也通称为“热线”。

辐射线特性虽无变化,但是从测量装置

方面来区分时,0.75~4微米的波长称为近红外线,4~400微米的波长称为远红外线。

如图1所示,也有根据使用的目的,按波长不同,划分为近红外线、中红外线和远红外线的。但是正确地划分其区域边界位置是不可能的。

红外线是一种电磁波,其速度与光速相同,是直线传播的。另外,和光一样,可使用反射器。瞬间直接传播无需把途中的媒质加热。

有一个关于红外线直线传播的有趣的故事。这是研究昆虫世界是否已经使用红外线通讯的问题。它是由美国佐治亚州农业部谷物昆虫研究所的菲利浦博士提出的。通常,昆虫从气味探知雌性的方向,其感觉器官具有介质天线的结构,适于接收1~14微米的红外线信号。

昆虫体内分泌的引诱物质,由于体温的影响及其他因素作用而被激励,碰巧遇到相同波长的光时,则按脉泽原理将红外线放大并发射,从而可能呼唤远方的异性。这就是生物界令人惊奇的妙趣。

(2) 分子振动和红外线吸收

不管有机物或无机物,其分子都是由构成化学键的原子组成,这些化学键和原子好

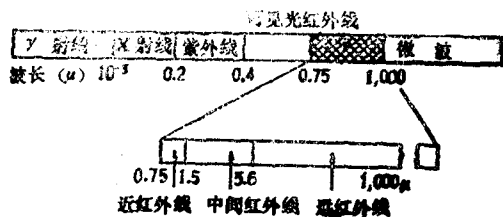


图1 红外线在光谱中的位置

象弹簧和圆球构成的链那样运动着。即经常伸缩（伸缩振动）或改变角度（变角振动）（图2）。然而，重要的是各键的振动周期不

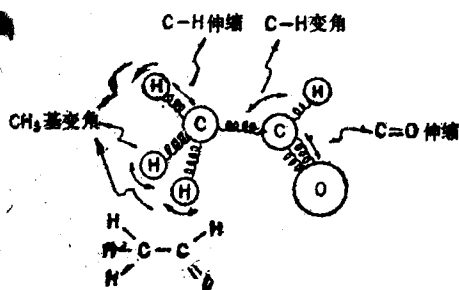


图2 乙醛的几种振动

仅由 $C=O$ 或 $C-H$ 等键的种类决定，而且还受到分子整体的影响。这种情况和弹簧与圆球构成的链中弹簧的振动不是独立存在，而同时受到其余部分影响的情况是相同的。

当具有某一频率（频率等于波数乘以光速，单位为周/秒）的红外线遇到这种结构的分子时，若分子中存在以相同的频率振动的弹簧时，弹簧就吸收红外线，吸收的能量使弹簧的运动更加激化。如不存在具有适合的频率的弹簧，红外线就不被吸收，从而原封不动地穿过分子。

通常，分子吸收光后从一个能级过渡到另一个能级时，必须满足玻尔量子条件。设低能级为 E_n ，高能级为 E_m ，吸收的光振动数为 V_{mn} ，普朗克常数为 h ，则

$$E_m - E_n = hV_{mn} \quad (1)$$

某分子不具备满足玻尔量子条件的两个能级时，该分子就不能吸收频率为 V_{mn} 的光。如果存在满足玻尔量子条件的 E_m ， E_n ，处于 E_n 能级的分子被频率为 V_{mn} 的光照射，该分子就向 E_m 方向迁移，但是这种迁移不是肯定会发生的，而具有一定的或然率。其或然率越大，吸收系数也越大。

分子的常态能 (E) 可以近似地由自旋能 (E_r)、振动能 (E_v)、电子能 (E_e) 之和来表示。

$$E = E_r + E_v + E_e \quad (2)$$

这3种能分别有自己的能级，根据所吸收能的不同，向更高能级跃迁，例如，双原子分子，如图3所示。跃迁有三种情况：

- (1) 仅 E_r 变化；
- (2) 仅 E_v 或 E_r 和 E_v 变化；
- (3) E_e 变化。

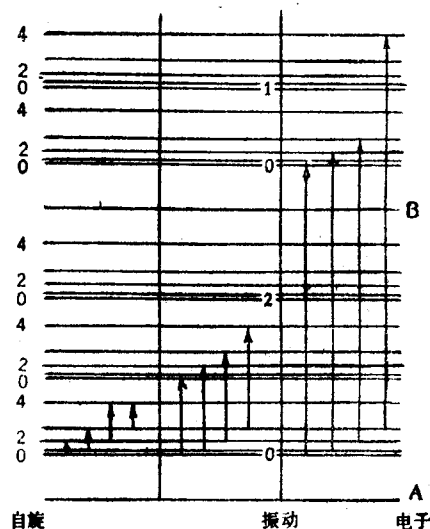


图3 双原子分子能级

E_r 、 E_v 、 E_e 的能级间隔差别很大(如图4所示)，因吸收电磁波而引起的跃迁，视电磁波能量，亦即波长不同，决定发生哪种跃迁情况。仅 E_r 变化时，是吸收从远红外线到微波领域电磁波， E_e 变化时，则是吸收从紫外线到可见光的电磁波。这里提到的红外线吸收情况下，发生 E_v 或 E_v 和 E_r 变化的跃迁。但是，分子量超过 100 的分子， E_r 能级的间隔极窄，其效果几乎可以忽略不计。

波长 2 至几十微米的红外线，能量为 1~10 大卡/克分子。即吸收红外线时，主要在分子振动能级之间发生跃迁，这时接受能量为 1~10 大卡/克分子。从前作为热源用的红外线灯和石英管辐射的波长，在 2 微米以下，能量为 10~50 大卡/克分子左右。比 2 到数十微米红外线能量 (1~10 大卡/克分子) 要大。

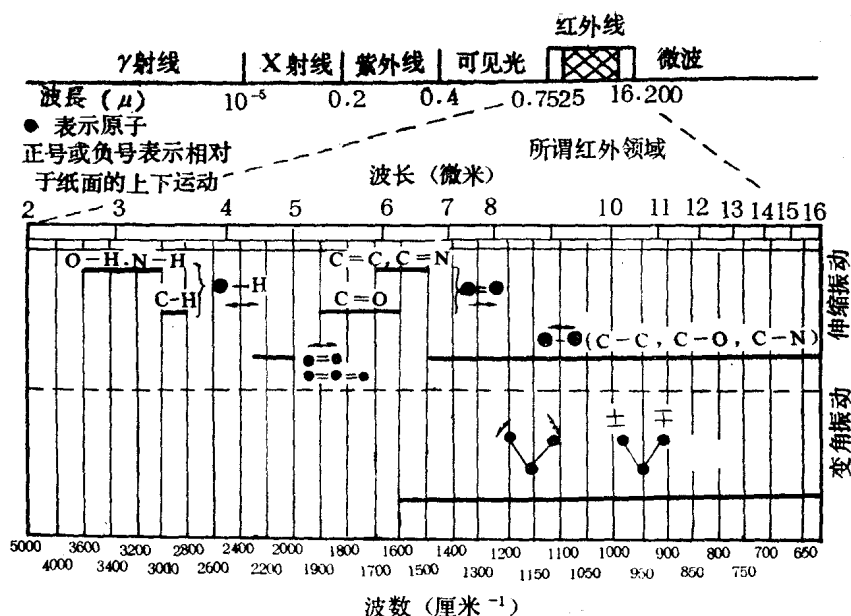


图 4

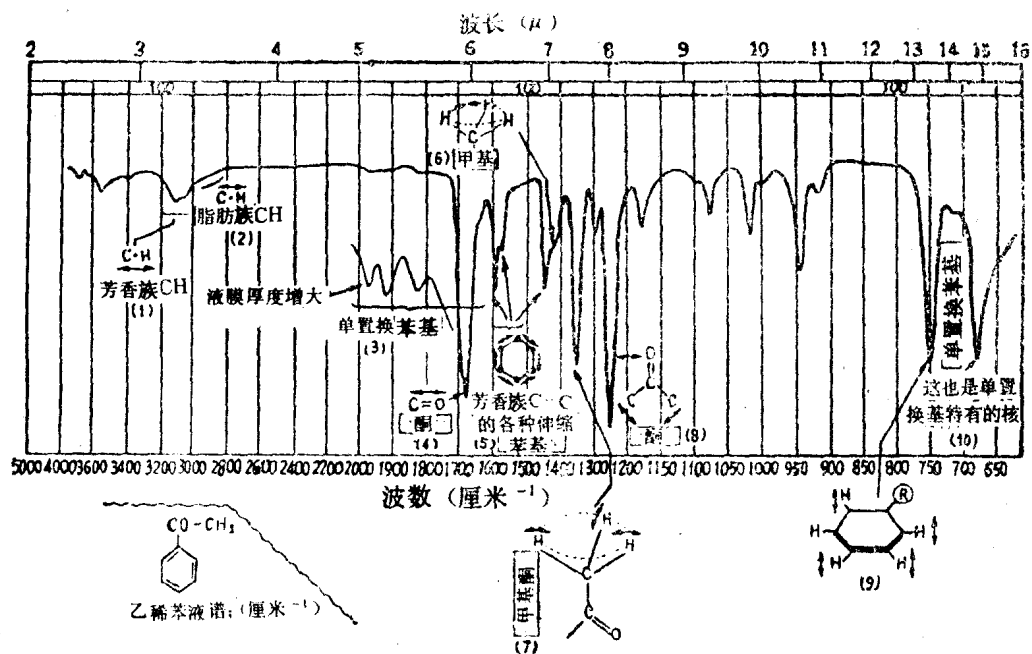


图 5

若仅比较能量的大小,可以认为使用近红外线比用远红外线要好。但是如前所述,问题在于其能量是否能被吸收。有机分子振动的波谱,波长范围约为3~100微米,对近红外线的吸收几乎等于零。因此,对于有机分子,红外线辐射能的利用效率最差。

相反,有机分子对远红外线能很好地吸

收(图5,图6)。因而,远红外线对有机分子的选择性加热能力比近红外线的高。

(3)吸收带的位置

如上所述,分子中各种键的振动周期,受分子整体的影响,这些键有的象多键那样特别强烈,有的象X—H(如N—H, O—H, C—H等)单键那样特别弱。这相当于上述弹

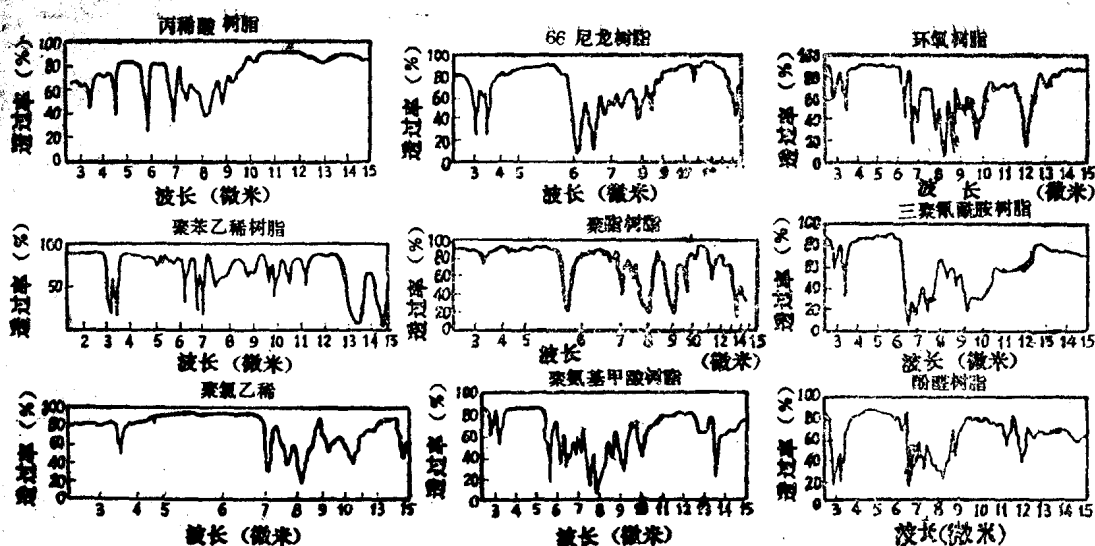


图 6 各种树脂的红外线吸收光谱

簧特别强，圆球特别弱的情况。分子键就象弹簧一样，受链的其余部分影响较少。即这些键的伸缩频率，因键的种类不同，而限制在一定的范围内。这种振动的特殊吸收带，出现在 $3600 \sim 1500 \text{ 厘米}^{-1}$ 范围内（参阅图 5）。

与上述情况相反， $\text{C}-\text{C}$ 、 $\text{C}-\text{O}$ 、 $\text{C}-\text{N}$ 等键，不论弹簧强度或两原子的质量均不太变化，而且象 $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}$ 那样，由于在同一分子中相互连接的情况较多，所以互相有影响。因此，吸收带的范围很广，且因各自的结构不同，而表现出很大的差异。再加上各种变角振动迭加（图 5），频率大于 1500 厘米^{-1} 那样的特征显著的吸收带很少。然而，频率低于 1500 厘米^{-1} 的吸收光谱，随化合物的不同而不同，通常称为指纹区域，它可用于红外线分光分析。

具有代表性的化合物吸收带如图 5 所示。

1) 芳香族化合物和不饱和键化合物的 $\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动吸收带位于 3000 厘米^{-1} 的高频侧。

2) 相反，饱和化合物的 $\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动吸收带在 3000 厘米^{-1} 以下。

3) 芳香族化合物吸收带在 $2000 \sim 1660 \text{ 厘米}^{-1}$ 范围内，按芳香族置换形式不同出现

具有特殊形状的吸收带群。单置换苯基有 4 个吸收带群，此例中最低频侧内的 1 个吸收带群被 4) 的吸收带复盖而未出现。

4) 具有羰基的酮、乙醛、酯、酸、酰胺、酸酐等化合物在 $1800 \sim 1600 \text{ 厘米}^{-1}$ 范围内，具有强烈的吸收，但是其位置和强度按种类不同有微小的变化。

5) 芳香族吸收带出现在 $1600, 1580, 1500, 1450 \text{ 厘米}^{-1}$ 处，但其强度是参差不齐的。在此例子中没有 1500 厘米^{-1} 的吸收带。而这些吸收带是以环的变大或变小形成的振动为基础的。

6) 甲基和亚甲基在 1460 厘米^{-1} 附近有吸收。

7) 甲基除 6) 的吸收带之外，还在 1380 厘米^{-1} 附近有吸收。但是，若是甲基酮，就移向 1360 厘米^{-1} 附近，同时，形状也变尖锐。

8) 酮基若是芳香族，就在 1300 厘米^{-1} 附近，若是脂肪族，就在 1100 厘米^{-1} 附近出现一至数十个吸收带。

9) 芳香族化合物在 $900 \sim 650 \text{ 厘米}^{-1}$ 范围内具有 1~2 个极强的吸收。它们的位置按置换形式的不同各有特征。单置换苯类在 750 厘米^{-1} 和 700 厘米^{-1} 附近有吸收。

上述情况说明远红外线辐射器的长波红外线对高分子物质是有效的。在利用红外线时，必须了解有关红外线的基本定律。

(4) 红外线辐射的基础定律

a) 普朗克定律

红外线辐射强度、光谱分布与温度的关系可用普朗克定律表示。即

$$W_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1} \quad (3)$$

式中 W_λ ——单位面积，单位波长间隔内以波长 λ 辐射的辐射量（以每单位波长瓦/厘米²为单位）， W_λ 称为在温度为 T 时，辐射体的波长 λ 单色辐射强度。

T ——辐射体的绝对温度°K；

λ ——辐射线波长；

e ——自然对数的底 = 2.718

C_1 、 C_2 ——常数，其值由所用波长 λ 的单位决定。 λ 以厘米表示时，则

$$C_1 = 3.7402 \times 10^{-12} \text{ 瓦} \cdot \text{厘米}^2$$

$$C_2 = 1.43848 \text{ 厘米} \cdot \text{度}$$

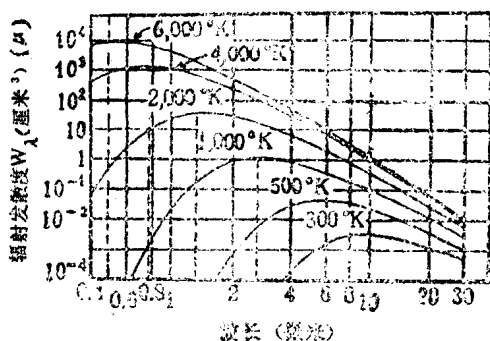


图7 单色辐射强度和波长的关系

图7所示为在不同绝对温度下，辐射体的单色辐射强度。这些曲线的波长单位为微米。可以看出，辐射元件温度上升时，辐射能强度也急剧增加。

b) 维恩位移定律

在式(3)中把 W_λ 用 λ 微分，其微分值取零时，可求出 W_λ 最大时的波长 λ_m ，即

$$\lambda_m T \approx K \quad (4)$$

式中 K 是常数，若 λ_m 以厘米为单位，则 $K = 0.2897$ (厘米·度)；若 λ_m 以微米为单位，则

$K = 2897$ (微米·度)。(4)式即维恩位移定律。辐射体峰值辐射线的波长 λ_m 乘以绝对温度的结果等于常数。辐射体温度上升，则辐射体的峰值向短波侧移动(图7)。

将式(4)中的 λ_m 代入式(3)，则得

$$W_{\lambda_m} = 1.3 T^5 \times 10^{-15} \quad (5)$$

以峰值辐射的波长 λ_m (以微米为单位)辐射的辐射能量强度 W_{λ_m} (以瓦/厘米²为单位)，约与辐射体绝对温度的五次方成比例地增加。换句话说，若辐射体的绝对温度升高一倍，则峰值能量增加到32倍。

3) 斯蒂芬-波尔兹曼定律

绝对温度 T 时辐射体的辐射能量，可通过对式(3)中的 W_λ 对 λ 的积分 ($\lambda = 0 \rightarrow \infty$) 来求得，即

$$W = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} W_\lambda d\lambda = T^4 \delta \quad (6)$$

式中： W ——为辐射体的全部能量，辐射面用瓦/厘米²表示； δ ——斯蒂芬-波尔兹曼常数，其值等于 5.673×10^{-5} 尔格/厘米²·秒·度⁴ 或等于 5.673×10^{-12} 瓦/厘米²·度⁴。

这就是斯蒂芬-波尔兹曼定律。由于是在全波长领域积分，故 W 与波长无关，而由辐射物体绝对温度的四次方决定。

(4) 逆二次方定律

如图8所示，配置一个辐射体点光源 S 和具有相等感光面积（例如1厘米²）的两个检测器 D_1 和 D_2 。将 D_1 放在离 S 点距离 d 的位置， D_2 放在离 S 点距离为 $2d$ 的位置。

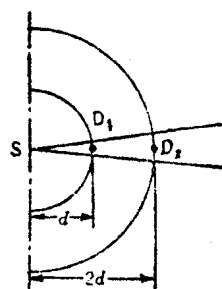


图8 逆二次方定律

据斯蒂芬-波尔兹曼定律公式(6)可得，自 S 点向半球面辐射的全部红外线能量为瓦/厘米²。因此，以 D_1 的半径为 d 的半球面，即向 $2\pi d^2$ 厘米² 表面积辐射的全部红外线能量是 W ，以 D_2 的半径为 $2d$ 的半球面，即向 $8\pi d^2$ 厘米² 表面积辐射的全部红外线能量也是 W 。

这里

$$D_1 \text{ 接受的红外线能量} = \frac{W}{2\pi d^2} = W'$$

$$D_2 \text{ 接受的红外线能量} = \frac{W}{8\pi d^2} = \frac{W'}{4}$$

可见, 将点光源至检测器的距离减小一半时, 该检测器接受的红外线能量增大到4倍。这就是逆二次方定律。该定律表明, 点光源的辐射线的强度与点光源和检测器间的距离的平方成反比。

(5) 朗伯余弦定律

若光源为平面辐射体, 且为完全的乱散射面, 则在全部波长区域所放射出的辐射强度, 按视线和表面的法线之间角度的余弦而变化。

如图9所示, 检测器R位于向着面积为A的乱散射平面光源的法线成角度 θ 的视线, 且在距离为d的点上。

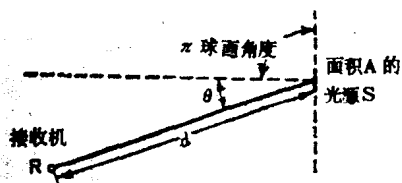


图9 朗伯余弦定理

光源的全辐射量为 W_0 , 此时, 检测器所接受的辐射强度为

$$J = \frac{W_0 A^*}{\pi d^2} \cos \theta \quad (7)$$

式中J的光源以每平方厘米面瓦(W)表示。根据逆二次方定律, J与光源和接收机间距离的平方成反比而变化。

三. 远红外线辐射器的特征

这种辐射器是由特殊金属发热体表面镀以稀有金属氧化物而制成的。稀有金属氧化物, 接受通电后发热体放出的热能, 而成为一个换能器, 从而辐射出长波红外线。由于辐射出与高分子物质、溶剂、无机填充剂、颜料等物质的分子振动波长相同的波长, 结果由于使被照射物(例如涂料的涂膜)分子发

生强烈的分子共振现象, 而可获得以前用红外线所得不到的良好的结果。

本加热器主要特征如下:

1) 显著缩短热处理时间

〔举例〕三聚氰酰胺涂料以前需要30分钟烘干, 现在5~7分钟即可, 并且得到硬度、光泽和粘着性良好的优质产品。

2) 设备(炉体、房屋、占地)规模小

〔举例〕以前炉长40米, 现在4~10米即可。不论以前采用的是热风炉还是采用红外线灯炉都有上述同等效果。

3) 节电50%左右。间接考虑到维护等情况, 它比气体和热风的运行费用低。

4) 由于用50微米以上的波长, 能均匀加热到物质的内部, 所以不必将物质表面加热到必要温度以上, 就能得到优异的物理性能。因此, 涂漆干燥时几乎不需要固化时间, 这不仅缩短了作业线, 而且也能防止灰尘落上, 提高涂膜的性能(不发泡的涂膜的内部固化性也好)。

5) 无色差引起的加热不均匀。

6) 因为加热器的发热体是密封的, 不与 O_2 接触, 不会老化, 也不必担心性能下降。尽管安装在滴水的场所或经常激烈振动的地点, 也不必担心会损坏。掌握适当的使用条件, 几年都不会坏。

7) 温度精确度也很高, 并能按需要量选择控制方法。

8) 远红外线辐射器按其发热体形状不同有BO型、LP型、FT型、喷射远红外线加热器EX型等形式, 可以按加热目的选择最适合的加热器形式。

9) 由于加热器使用电力, 所以不会发生燃烧气体和有害气体。

10) 启动、运行、停运时操作简单, 也可以用自动计时器控制运行。

11) 由于没有直接火焰, 故防火安全性好, 并且工作环境也好。

12) 万一发生故障, 也能迅速更换, 并且容易维护。

* 原文为WA——译注。

四、远红外线的特征

(1) 吸收性

通常由分子聚合成的高分子物质(合成树脂、涂料、印刷油墨、水、食品、油脂、木材等)具有能很好地吸收4~50微米的红外线波长的特性,这与远红外线辐射器放射的波长一致,所以显著地提高了效果。

比较图10和图11,可以看出三聚氰酰胺树脂的红外线吸收特性和远红外线辐射器辐射的波长几乎完全一致。由此可以判断,远红外线辐射器辐射的红外线几乎被三聚氰酰胺树脂100%地吸收。

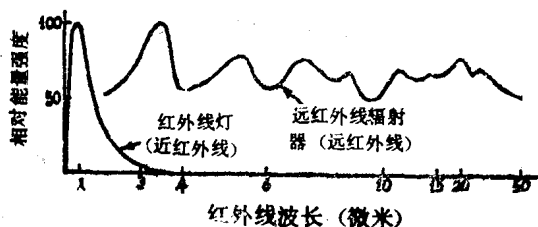


图10 远红外线元件辐射的波长

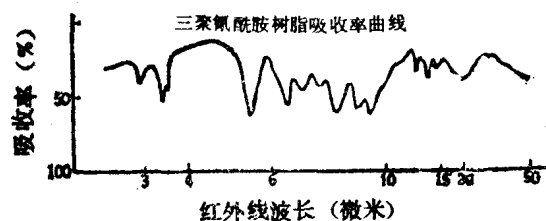


图11 三聚氰酰胺树脂的红外线吸收光谱

例如,涂有涂层的金属板和未涂敷的金属板,在相同条件下照射时的温升差别如图12所示。

(2) 反射性

利用反射板,能够容易地将直射的远红外线集中在工件上。反射板的断面设计成抛物面状,就能变为平行光线来加热工件。

反射效率以铝板为好,不锈钢板比铝板差,在发生腐蚀性气体的情况下采用不锈钢板。

使用抛物面状反射板和使用平面反射板

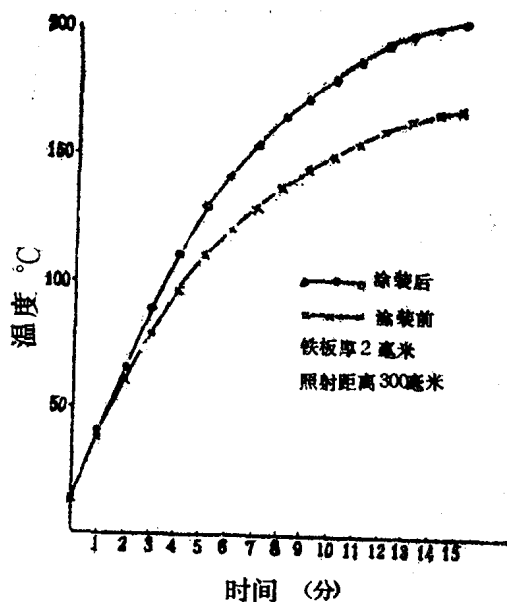


图12 温升曲线

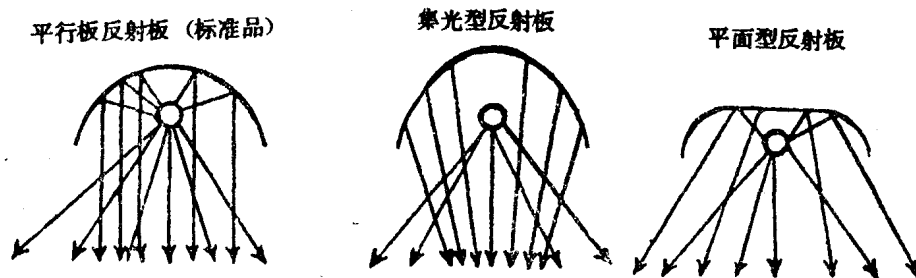


图13 反射板形状

相比,其效率相差30%,因此,最好尽可能使用抛物面状反射板(图13)。为了不降低反射板的效率,必须对其定期清扫,以防止

表面反射率下降。

(3) 直射性

远红外线是辐射热,对被照射物质直接

照射加热，而与中间的空气层无关。因此，有炉体不必完全密封，不提高周围气温就能加热的优点。反面光照不到的阴影部分不能被加热，因此，在处理立体的被照射物时，必须考虑炉内加热器的配置情况，并且要设计得能全面地照射。

(4) 照射距离

加热温度与照射距离成反比。加热器与被照射物间的距离 d 越小，效率越高，但是，能量分布可能不均匀。为了不产生能量分布不均匀，一般距离标准为

$$400 > d > 150 \text{ (毫米)}$$

但是，用传送带传送平板状物体时，不必担心能量分布不均匀。因此，将距离靠近 $d = 50$ (毫米)，而加速传送带速度，是一种高效率的使用方法。而各加热器相互间的标准距离为120~250毫米。

五、远红外线的用途

(1) 电子工业

1) 为了清理陶瓷基板、印刷电路板和干燥基板印刷，用适于印刷材料的波长照射，是绝对必要的。当前，虽然广泛使用红外线灯和石英灯，但是这种光源对于高分子涂料，可以说是不适用的。使用波长适当的红外线，又快又省电。特别有利的是，能提高传送带速度和提高生产率。另外，由于可缩短传送带的长度，可以减少占空因数和有效利用场地。洗净的情况也相同，由于基板本身是高分子材料，所以认真选择红外线的波长是绝对必要的。

2) 印刷电路板穿孔的预热

对电路板进行接触加热时会出现温度不均匀情况。由于担心温度不均匀而离开一定距离时会使热效率恶化。虽有红外线加热板，但其温度分布多半不好。必须采用专门设计的温度分布均匀的加热板。

3) 密封用环氧处理

4) 彩色显像管的环氧处理

5) 色标、标识处理

以上都是有效利用红外线的实例。

6) 光刻胶的预烘干，后烘干，电阻、导电胶的印刷干燥。

(2) 电气工业

1) 瓷漆的烘烤加工

瓷漆是高分子系涂料，易吸收红外线。与其他绝缘物情况一样，当不能用太高的温度进行干燥时，就必须用远红外线烘干，因为用远红外线照射的时间短。

2) 变压器和电动机线圈绝缘浸渍剂浸渍后的干燥。

对于电气工业来说，这是必需的加工。它比高温蒸汽要简单的多。

3) 电工钢片的云母烘烤

不必担心烤坏，时间也短，占空因数也小。

4) 防止高压电器部件结冰、结露

为了在足够的绝缘距离进行加热，最好采用远红外线加热，若被加热部件系陶瓷制品时必须采用专用的频率。

(3) 涂漆工业

1) 汽车车身涂漆后的干燥

虽然大型干燥炉多半使用热风干燥，但是红外线干燥法比用空气作传热介质干燥法的效率要高。为了进行修饰，采用远红外线(喷射式远红外线加热器EX型或LP型)来代替修理工厂广泛使用的红外线灯时，能很好地进行处理和获得硬度、光泽都良好的漆膜。

2) 搪瓷漆等的烘烤干燥

与1)的情况相同，在采用传送带流水作业时，红外线辐射和对流并用是有效的。

3) 广告、广告牌

用远红外线效果很好，在重复着色时特别方便。

(4) 塑料工业

1) 原料粉末和颗粒的干燥

高分子材料的吸收波长，一般在24微米以上的长波范围。因此远红外线干燥效率比以前的红外线灯和石英管高。在设计炉体时，最好与利用废热的通气干燥并用。

2) 乙烯板和丙烯板的加热成形

因为这两种塑料板的热传导差,在以前的固定式热风炉中预热,经常要用数小时至一天的时间。特别是30毫米厚的丙烯板的弯曲加工,用原有加热法加工,会产生内应力,而不能加工,而用远红外线进行弯曲加工时,对于弯曲部分几乎能使热量均匀地通到塑料板的中心部分,因此,加热时间也非常短,光弹性试验也证明其残余应力变小。

3) 真空成形时的加热

虽然现在多半用干燥加热器,但是若应用适当的远红外线,能缩短一半的时间。

4) 吹模预热

作者用内热式远红外线NK型加热器,作为吹模预热用的专用加热器,取得良好效果。

5) 环氧加热固化

近来电器用线圈都采用模塑化,这种固化方法是用远红外线法使热传到内部,不但效果好,而且已有许多实际应用例子。

另外,在聚酯薄膜的干燥、泡沫人造革、聚丙烯漆器、收缩薄膜等收缩塑料的预热、二次加工干燥方面都取得了许多实际成绩(见表1)。

(5) 玻璃工业

1) 安全玻璃的塑料粘结

由于高分子的吸收和吻合而取得良好的效果。

2) 瓶子的干燥

用远红外线干燥水洗后的瓶子,其效果比热风等干燥要好的多。这是由于玻璃的红外线吸收范围主要在3、6、12微米,并与远红外线辐射的波长特性很吻合所致。

3) 瓶子和玻璃容器的记号,商标干燥

(6) 皮革制品,人造革制品

1) 树脂加工固化

如上所述合成树脂的硬化或干燥适于采用远红外线。

2) 熟皮的加工干燥

皮子是动物纤维,由于对远红外线的长

波能很好的吸收,所以效果良好。

3) 人造革的加工

为使人造革热加工时不失掉颜色和光泽,使用远红外线加工很安全。

(7) 包装用(乙烯薄膜包装)

近来,食品、玩具、机械零件都是包装出售。乙烯和其它包装薄膜加热,为了能同样加热,同样伸长,没有再比远红外线更好的加热方法。

(8) 印刷

1) 胶版印刷,照相凹版印刷

2) 玻璃纸印刷

3) 丝网印刷,其它

由于这些印刷都是高分子系材料的干燥,所以采用红外线干燥既能缩短干燥时间,又有利于质量和性能。

(9) 木材工业

1) 印模板,裱糊板

印刷油墨是高分子材料,因此时间可缩短到几分之一。

2) 胶合纸板,聚酯装饰板

与1)相同的效果,成绩显著。

3) 墙壁纸外涂层的干燥

所用时间为以前方法所用时间的若干分之一。

4) 木制品涂漆的干燥

木制椅子脚、衣橱等,由于涂漆简单,所以从磨光、涂底色到涂漆使用远红外线都有利,特别是对立体制品,使用LP型远红外线加热器更为有效。

(10) 化学纤维工业

1) 聚酯、尼龙制品的凝固硬化

2) 防缩树脂加工

3) 上浆干燥

4) 漂白、染色工序的干燥

上述各项都是采用高分子材料,所以最好用远红外线干燥。

(11) 药品工业

1) 安甌灭菌干燥

2) 抗生物质真空干燥

表 1

远 红 外 线 应 用 和 举 例

① 金属方面

d = 照射距离

工 件	使用树脂种类	以前处理条件	远红外线处理
硅钢片	涂5微米厚绝缘清漆	干燥加热器350℃, 1分20秒	d = 17毫米, 280℃, 60秒
样板外表装饰干燥, 烘干 2.9t×900×340×30	三聚氰酰胺树脂涂料 (黑色)	红外线灯 130℃, 20分	d = 250毫米, 140℃, 5分钟
彩色螺丝 (colour vis) 的烘干	环氧树脂涂料 (兰色)	热风炉, 100℃, 2小时	d = 340毫米, 120℃, 8分钟
金属制混凝土用 框架涂漆干燥	常干性邻苯二 甲酸树脂涂料	自然干燥, 放置24小时	d = 130毫米, 100℃, 2分
铝板上感光剂涂料 的烘干硬化	感光剂涂料	石英管加热器15分	d = 100毫米, 2分钟
汽车门修补涂饰烘干	丙烯酸树脂涂料	红外线灯30分钟	d = 200毫米, 10分钟
摩托车油箱涂漆烘干	丙烯酸树脂涂料	热风炉150℃, 25分钟	d = 250毫米, 160℃, 6分钟
摩托车消音器烘干	硅树脂涂料(黑色)	热风炉320℃, 30分钟	d = 150毫米, 280℃, 12分钟
摩托车管架涂漆烘干	三聚氰酰胺树脂涂 料(黑色)	热风炉140℃, 25分	d = 200~300 毫米, 150℃, 7分钟
滚 筒 盖	三聚氰酰胺树脂	热风炉130℃, 30分钟	d = 300毫米, 140℃, 5分钟
煤油炉外壳涂漆烘干	三聚氰酰胺树脂涂 料(红色)	直火式热风炉 140℃, 20分钟	d = 250毫米, 150℃, 4分钟
钢板柜涂漆烘干	三聚氰酰胺树脂涂 料(白色)	红外线灯120℃, 20分钟	d = 250毫米, 130℃, 4分钟
钢片快门涂漆烘干	三聚氰酰胺醇酸树 脂涂漆(灰色)	热风炉150℃, 30分钟	d = 250毫米, 160℃, 5分钟
铸 铁 阀 门	水溶性三聚氰酰胺 树脂金属银	热风炉120℃, 20分钟	d = 200毫米, 120℃, 10分钟
自 行 车 架 子	三聚氰酰胺系树脂涂料	红外线灯130℃, 18分钟	d = 300毫米, 140℃, 4分钟
罩胎轮涂饰烘干	三聚氰酰胺树脂涂料	热风炉, 140℃, 20分钟	d = 250毫米, 140℃, 7分钟
照像机外壳烘干	环氧树脂(黑色)	红外线灯150℃, 30分钟	d = 220毫米, 160℃, 7分钟
钓具用线盘涂饰干燥	氨基醇酸树脂涂料	热风炉150℃, 40分钟	d = 200毫米, 150℃, 7分钟
铁板+胶合板	水性橡胶系粘接剂	热风炉110℃, 5分钟	d = 200毫米, 120℃, 30秒
工程用网纹铁板止 滑涂饰干燥	聚酯树脂系涂料	自然干燥, 4小时	d = 100毫米, 100℃, 6分钟
卷尺涂饰干燥(钢制)	丙烯酸树脂涂料	热风炉170℃, 8分钟	d = 100毫米, 140℃, 2分钟
压 缩 机 气 柜	水性三聚氰酰胺涂 料环氧系	热风炉120℃, 30分钟	d = 250毫米, 130℃, 7分钟
粉 体 涂 饰	粉体涂料	热风炉200℃, 25分钟	d = 200毫米, 200℃, 8分钟
电 线	绝缘清漆	热风炉350℃, 2分钟	d = 300毫米, 280℃, 1分钟

② 木工方面

装饰板 (厚2.7毫米)	尿烷树脂涂料, 涂量 4 克/尺 ²	热风炉60℃, 10分钟	d = 400毫米, 80℃, 2分钟
装饰板 (厚2.7毫米)	氨基醇酸涂料	热风炉60℃, 7分钟	d = 300毫米, 1分钟
胶合纸板精加工涂饰	水性氨基醇酸树脂涂料, 涂量 4 克/尺 ²	热风炉90℃, 3分钟	d = 200毫米, 1分钟 30 秒
聚酯装饰板	聚酯树脂涂料(透明)	热风炉80℃, 6分钟	d = 500毫米, 1分钟
木制椅子脚	氨基醇酸树脂涂料	热风炉70℃, 7分钟	d = 300毫米, 2分钟
墙壁纸外涂层的干燥	PVC 树脂	石英管加热器5~6秒	d = 50毫米, 2秒

③ 日用电器, 电动机方面

冰箱涂漆的烘干	丙烯酸粉体涂料(白色)	热风炉180℃, 20分钟	d = 200毫米, 200℃, 7分钟
压缩机气柜	邻苯二甲酸系树脂涂料	红外线灯120℃, 25分钟	d = 250毫米, 130℃, 7分钟
电唱机转盘涂料烘干	三聚氰酰胺树脂涂料	热风炉120℃, 20分钟	d = 100毫米, 5分钟
电锅外涂层烘干	三聚氰酰胺树脂涂料(白色)	石英管加热器 140℃, 10分钟	d = 250毫米, 140℃, 5分钟
大型电动机外壳涂漆干燥	邻苯二甲酸系涂料	自然干燥, 24小时	d = 250毫米, 15分钟
扬声器零件涂漆烘干	三聚氰酰胺树脂涂料	热风炉120~130℃, 40分钟	d = 200毫米, 130℃, 7分钟
通用小型电动机涂漆烘干	三聚氰酰胺树脂涂料	红外线灯120℃, 15分钟	d = 200毫米, 130℃, 6分钟
电动机外壳涂漆干燥(钢材40公斤)	邻苯二甲酸树脂涂料	自然干燥, 24小时	d = 200毫米, 120℃, 10分钟

④ 建筑方面

石膏板(厚 9 毫米)	氨基醇酸树脂涂料(透明)	热风炉110°, 3分钟	d = 300毫米, 110℃, 26秒
石膏板(厚9毫米)	无机水性涂料	热风炉150℃, 30分钟	d = 250毫米, 160℃, 8分钟
石膏板和铝板的粘接	乳化系粘接剂	热风炉120℃, 3分钟	d = 200毫米, 1分30秒
石板(厚 9 毫米)	无机水性涂料	热风炉150℃, 30分钟	d = 250毫米, 8分钟
日本瓦预热		滑履倾斜炉35°, 5分钟	d = 250毫米, 70℃, 5分钟
日本瓦下涂层	丙烯氨基甲酸乙酯树脂涂料	热风炉70℃, 10分钟	d = 250毫米, 70℃, 3分钟
日本瓦上涂层	丙烯氨基甲酸乙酯树脂涂料	热风炉70℃, 12分钟	d = 250毫米, 70℃, 4分钟
石板瓦预热		煤气滑履倾斜炉 62℃, 8分钟	d = 250毫米, 60℃, 3分钟
石板瓦下涂层	双组份氨基甲酸乙酯树脂涂料	热风炉40℃, 5分钟	d = 400毫米, 80℃, 3分钟
石板瓦上涂层	双组份氨基甲酸乙酯树脂涂料	热风炉80℃, 15分钟	d = 400毫米, 80℃, 7分钟

铝板外涂层	氯系树脂	热风炉130℃,15分钟	d = 180毫米,2分钟
铝窗框外涂层干燥	氨基甲酸乙酯系涂料(透明)	热风炉120℃,10分钟	d = 150毫米,3分钟
建筑材料包装用锌板涂漆干燥	环氧改性树脂涂料	热风炉200℃,7分	d = 200毫米,1分钟
钢板木纹印刷油墨干燥	PVC 树脂油墨	热风炉180℃,7分钟	d = 150毫米,40秒
线圈涂层干燥	氯乙烯树脂蜡克漆(透明)	石英管加热器,30秒	d = 150毫米,10秒
镜面花纹烘干		热风炉70℃,30分钟	d = 150毫米,5分钟

⑤ 塑料

聚酯薄膜(金银线用)干燥	丙烯酸树脂涂料	石英管加热器处理能力130米 ² /小时,耗电量160瓦/米 ²	d = 120毫米,140米 ² /小时,75瓦/米 ²
聚酯薄膜印刷干燥	丝网印刷	自然放置24小时	d = 300毫米,70℃,30秒
泡沫人造革(PVC)	PVC	热风炉120~130℃,2分钟	d = 240毫米,45秒
聚丙烯漆器(汤碗)	双组份氨基甲酸乙酯树脂涂料	热风炉80℃,30分钟	d = 330毫米,5分钟
苯乙烯二次发泡	苯乙烯树脂		d = 300毫米,90℃,1分钟
丙烯酸软化(厚10毫米)	丙烯酸树脂	10分钟	d = 100毫米,4分钟
聚丙烯板软化(厚6毫米)	聚丙烯树脂	12分钟	d = 300毫米 180℃,4分30秒
真空型薄板预热	ABS树脂5毫米厚	4分钟	d = 300毫米,180℃,2分钟
收缩薄膜的收缩	PVC	石英管3秒	d = 100毫米,2秒
氯乙烯管预热	PVC	热风炉140℃,16分钟	d = 100毫米,180℃,2分钟
氯乙烯压花加工预热	PVC	石英管6米/分	d = 80毫米,18米/分
滑雪板(ABS)	氨基甲酸乙酯	热风4小时	d = 400毫米,65℃,15分钟
滑雪板打印油墨(ABS)	环氧墨水	热风2小时	d = 400毫米,65℃,10分钟
钩竿(FRP)	双组份氨基甲酸乙酯	红外线灯10分钟	d = 350毫米,6分钟
冷塑料型坯成型预热(中空成型用)	丙烯酸树脂	2分钟	d = 20毫米,40秒
聚乙烯泡沫体的硬化	聚乙烯	热风炉120℃,60分钟	d = 300毫米,100℃,20分钟
纸上涂漆	PVC 糊状树脂	热风12米/分	d = 100毫米,30米/分
卷尺(玻璃纤维)塑料溶胶干燥	塑料溶胶	热风炉140℃,2分钟	d = 100毫米,120℃,1分钟
合成纸用印刷油墨	印刷油墨	石英管50米/分	d = 50毫米,90米/分

⑥ 粘接剂

线圈管架粘接剂的干燥	环氧系粘接剂	热风炉70~80℃, 60分钟	d = 120毫米, 7分钟
密封材料加热熔敷	沥青和橡胶的混合物	油燃烧器加热 7 分钟	d = 90毫米, 45秒
螺丝密封固定干燥	环氧树脂涂液	热风炉 2 小时	d = 250毫米, 15分钟
钢台(铁板 十三聚氰胺面板)	橡胶系粘接剂涂敷(厚0.5~1毫米)	热风炉80℃, 3分钟	d = 200毫米, 1分30秒
开关按钮(ABC 树脂) 粘接干燥	胶接剂	自然干燥24小时	d = 300毫米, 60℃, 30 分钟

⑦ 印刷方面

摩托车油箱标志	丝网印刷油墨	热风炉150℃, 15分钟	d = 200毫米, 1分30秒
金属板印刷油墨烘干硬化	丙烯酸树脂油墨	自然放置24小时	d = 120毫米, 2分钟
铝板胶版印刷干燥	胶版油墨	煤气炉180℃, 10分钟	d = 100毫米, 1~2分钟
镀敷保护层的烘干	丙烯酸树脂油墨	热风炉 80℃, 40 分钟	d = 150毫米, 3分钟
印刷电路板	保护膜的干燥	热风炉120℃, 20分钟	d = 300毫米, 5分钟

⑧ 陶瓷

玻璃背面的外涂层干燥	环氧树脂涂料	热风炉 140℃, 9 分钟	d = 200毫米, 140℃, 4分钟
玻璃装饰品涂料烘干	环氧系涂料(黄色)	热风炉180℃, 30分钟	d = 250毫米, 180℃, 8分钟
汽车后视镜、侧镜涂料烘干	三聚氰胺树脂涂料	热风炉120℃, 30分钟	d = 100毫米, 130℃, 3分钟

⑨ 脱水干燥

食盐脱水	水份	热风炉 90℃, 15 分钟	d = 200毫米, 90℃, 10分钟
无机染料脱水干燥	水份	热风炉 80℃, 3 小时	d = 200毫米, 80℃, 10分钟
石棉脱水干燥	使100%水分绝对干燥	热风炉120℃, 15分钟	d = 200毫米, 120℃, 7分钟

⑩ 除水干燥

汽车油箱的除水干燥		热180℃, 12分钟	d = 300毫米, 180℃, 5分钟
餐具 (ABS) 洗净后的除水干燥		热风炉80℃, 15~20分钟	d = 300毫米, 80℃, 3分钟
冰箱外壳的除水干燥		热风炉150℃, 10分钟	d = 250毫米, 150℃, 3.5分钟

上述二项都是在真空下处理,可以说只有采用远红外线方法干燥。

(12) 食品工业

1) 茶、紫菜和粉末食品的干燥

为了不损坏食品的固有性质,采用远红外线干燥法很有利。由于内部和外部能均匀并且能同时干燥,所以不必担心会干燥过度,从而用较低温度就能干燥。因此这种方法能保证原有制品的质量。如果干燥食品,必须记住要同时采用热风干燥。

2) 速熟食品的干燥

速熟食品在真空干燥的情况下,采用远红外线干燥是最好的。

3) 烤鱼、肉卷、烤鱼糕、烤鸡杂、烤鸡腿

采用自动机器烤食品时,用远红外线方法既省时间,掉称又少,因而受到重视。食品内部都能均匀加热,而表面不会烤焦。另外由于内部不会发生半生不熟现象,所以不会发生沙门菌,放在店铺内陈列时商品寿命长。烤鸡杂时,由于不会出烟,所以可以在室内和商店内使用。

(13) 照像工业

1) 胶片的干燥

特别是对X光胶片的干燥很方便。

2) 感光纸的干燥

由于温度合适,所以变形小。

(14) 化学工业

1) 干燥材料的活化

对硅胶、氧化铝胶等,远红外线干燥很有效,若经特殊设计,则不需要转换操作。

2) 粉末制品的干燥

远红外线对颜料和染印机浆料的干燥很有效。

以上是各种用途举例,此外,在工厂的现场,在热管理方面也会有许多节电的方面。

六、远红外线炉的经济效果

(1) 并用排热的远红外线炉

炉体以远红外线作为主要热源,用来烘干石板上涂的水溶性涂料。该炉体的特点是,用热交换器将排出热量的80~90%回收,作为热风,并兼有远红外线照射的功能。

涂膜干燥条件

加热器功率 1.1千瓦

φ16远红外线辐射器

BO型远红外线加热器用

照射距离 100毫米

照射温度 150℃

照射时间 4分钟

送风速度 2米/秒

用不同的加热方式加热涂在石板上的同一种水性涂料,其结果大不相同。

热风干燥 150℃ 30分钟

远红外线照射干燥 150℃ 10分钟

远红外线和热风并用 150℃ 4分钟

为比较其运行费用和设备费用的经济效益,用三种炉子烘烤涂以水性无机涂料的石板(2000毫米×1000毫米×4毫米)。这三种炉子是:

A 烧重油的热风干燥炉;

B 用电的远红外线干燥炉;

C 用电的热风并用式远红外线干燥炉。

一天(7小时)烘2000块,一个月以25天计,运行费用为:

石板比热 0.2大卡/公斤℃

$2000[\text{块/天}] \times 17(\text{公斤}) = 34000(\text{公斤/天})$

每小时处理数 $34000/7 = 4858(\text{公斤/小时})$

A. 烧重油的热风炉

[1]被加热物的热容量

20℃的石板4858(公斤)上升到150℃

所需的热量 $Q_1 = 0.2 \times 4858 \times 130 = 126308(\text{大卡/小时})$

[2]炉壁损失

$0.5\text{米} \times 180\text{米} \times 2 = 180$
 $2.5\text{米} \times 180\text{米} \times 2 = 900$ } 1080 米²

$$Q_2 = 500(\text{大卡/小时} \cdot \text{米}^2) \times \\ \times 1080(\text{米}^2) = 540000(\text{大卡/小时})$$

[3] 排气损失

取每小时排气次数为10次

$$0.5 \times 25 \times 180 = 225(\text{米}^3)$$

$$225 \times 10 = 2250(\text{米}^3/\text{小时})$$

$$Q_3 = 2250 \times 0.31 \times 130 = 90675(\text{大卡/小时})$$

合计 $Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$= 756983(\text{大卡/小时})$$

$$756983(\text{大卡/小时}) / 11000(\text{大卡/小时})$$

$$= 70 \text{ 公斤/小时}$$

$$= 83 \text{ 升/小时}$$

1个月的运行费用

$$83(\text{升/小时}) \times 40(\text{日元}) \times 7(\text{小时}) \times \\ \times 25(\text{天}) = 581000 \text{ 日元/月}$$

B. 用电的红外线干燥炉

$$[1] \quad Q_1 = 126308(\text{大卡/小时})$$

$$[2] \quad \left. \begin{array}{l} 0.5 \text{ 米} \times 60 \text{ 米} \times 2 = 60 \\ 2.5 \text{ 米} \times 60 \text{ 米} \times 2 = 300 \end{array} \right\} 360 \text{ 米}^2$$

$$Q_2 = 500 \text{ 大卡/小时} \cdot \text{米}^2 \times 360 \text{ 米}^2 \\ = 180000(\text{大卡/小时})$$

$$[3] \quad 0.5 \text{ 米} \times 2.5 \text{ 米} \times 60 \text{ 米} = 75 \text{ 米}^3$$

$$75 \times 10 = 750 \text{ 米}^3/\text{小时}$$

$$Q_3 = 750 \times 0.31 \times 130$$

$$= 30225(\text{大卡/小时})$$

$$\text{合计 } Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$= 336533(\text{大卡/小时})$$

$$336533(\text{大卡/小时}) / 860(\text{大卡/小时}) = 392(\text{千瓦/小时})$$

1个月的运行费用

$$392(\text{千瓦/小时}) \times 8(\text{日元}) \times \\ \times 7(\text{小时}) \times 25(\text{天}) = 548800 \\ \text{日元/月}$$

C. 用电的热风并用式远红外线干燥炉

$$[1] \quad Q_1 = 126308(\text{大卡/小时})$$

$$[2] \quad \left. \begin{array}{l} 0.5 \text{ 米} \times 24 \text{ 米} \times 2 = 24 \\ 2.5 \text{ 米} \times 24 \text{ 米} \times 2 = 120 \end{array} \right\} 144 \text{ 米}^2$$

$$Q_2 = 500 \text{ 大卡/小时} \cdot \text{米}^2 \times 144 \text{ 米}^2 \\ = 72000(\text{大卡/小时})$$

$$[3] \quad 0.5 \text{ 米} \times 25 \text{ 米} \times 24 \text{ 米} = 30 \text{ 米}^3 \\ 30 \text{ 米}^3 \times 10 = 300(\text{米}^3/\text{小时})$$

$$Q_3 = 300 \times 0.31 \times 130 = 12090(\text{大卡/小时})$$

$$\text{合计 } Q_1 + Q_2 + Q_3 = 210398(\text{大卡/小时})$$

$$210398(\text{大卡/小时}) / 860(\text{大卡/小时}) = 245(\text{千瓦/小时})$$

一个月的运行费用

$$245(\text{千瓦/小时}) \times 8(\text{日元}) \times \\ \times 7(\text{小时}) \times 25(\text{天}) = 343000 \text{ 日元/月}$$

上述情况可综合于表2、表3。

表 2 设 备 费 (万 日 元)

	炉 体	传 送 带	加 热 器	热风发 生器	热交 换器	配电 设备	电气 设备	合计
重油热风炉	180(米) × 10 = 1800	180(米) × 3 = 540		450				2790
远红外线炉	60(米) × 10 = 600	60(米) × 3 = 180	180(台) × 3 = 540			400	250	1970
远红外线热风并用炉	24(米) × 10 = 240	24(米) × 3 = 72	72(台) × 3 = 216		200	250	200	978

表 3 运行费和设备费比较表(%)

	运行费	设备费
重油热风炉	100.0	100.0
远红外线炉	94.4	70.6
远红外线热风并用炉	59.0	35.0

(2) 远红外线炉和红外线灯炉的 经济效果比较

为提高生产率、改进高温烘烤、节约用电、改善环境,将现有的红外线灯炉用远红外线加热器(“喷射远红EX型”)代替,其经济效果实例示于表4。设备改装前后的配置图示于图14。