



技 术 革 新 资 料

远红外加热干燥技术 专 辑

上 海 科 学 技 术 出 版 社

技术革新资料

远红外加热干燥技术专辑

上海科学技术出版社

技术革新资料
远红外加热干燥技术专辑
上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.5 字数 53,000

1979年4月第1版 1979年4月第1次印刷

印数 1—30,000

书号: 15119·1986 定价: 0.23 元

毛主席语录

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

认识从实践始，经过实践得到了理论的认识，还须再回到实践去。

目 录

远红外加热新技术.....	光 音	(1)
远红外干燥超微粒干版.....		
上海半导体器件二十一厂 诸福良		(23)
远红外烘烤汽车漆.....	上海汽车制造厂	(31)
远红外干燥玻璃纤维.....	上海耀华玻璃厂 朱仁华	(36)
远红外在酞菁染色工艺中的应用...	上海第十七漂染厂	(43)
远红外干燥谷物.....	上海技术物理研究所 卢为开	(50)
远红外加热干燥在其他方面的应用.....		(61)
一、铅笔远红外干燥烘房	中国铅笔二厂 周 菁	(61)
二、远红外在植绒织物上的应用		
上海工艺美术工厂植绒试制组		(65)
三、远红外在皮革干燥上的应用	上海红卫制革厂	(68)
四、在高速弹力丝假拈机上的应用 ...	上海织袜三厂技术组	(72)

远红外加热新技术

光 音

一、引 言

众所周知, 加热与干燥工艺对于工农业生产各个部门来说, 都是必不可少的。从粮食生产到食品加工, 从集成电路等微型元件的生产到火车、飞机和海轮等大型设备的制造, 都离不开加热与干燥这门工艺。有人估计, 仅物料干燥一项所耗费的能量, 就占了工业化国家燃料耗费量的10~15%。

因之, 采用现代化科技成果, 建造热效率高, 能源耗费少的加热干燥设备, 对于国民经济的发展有着十分重要的意义, 也是技术革新的一个重要课题。

现代科学技术的发展为传统的蒸汽、热风 and 电阻等加热技术增添了诸如红外加热、高频加热和微波加热等新的技术手段, 使加热效率得以成倍地提高。

近年来, 在加热技术领域内又崛起了一支新军——远红外加热技术。它是利用许多物质易于吸收远红外线的特点, 通过远红外辐射器将一般的热能转变为远红外辐射能, 直接辐照到被加热物上, 引起分子共振, 迅速升温, 从而达到加热与干燥的目的。这种加热技术具有耗费能源少, 加热效率高, 产品质量好和生产场地小的特点; 同时, 它的设备简单, 投资费用少和容易上马。虽然远红外加热问世还不久, 却已显示了许多独特的优越性, 受到国内外的重视。

我国几年来的实践证明：远红外与一般红外加热技术相比，可节约电力 50% 左右；减少加热干燥时间一半左右和缩小生产场地 $1/2 \sim 2/3$ 。远红外加热技术已广泛应用于涂料固化、印染固色、化纤定型、药品干燥、橡胶加工、塑料制造、皮革脱水、油墨干燥、食品加工、粮食干燥、瓷器生产、木材加工和金属热处理等领域。

二、远红外加热原理概述

今天，红外加热对我们来讲，已不是陌生的事物了，它在实验室、医院和工矿企业等许多地方得到了广泛应用。红外辐射器有红外灯泡、碘钨灯红外管、金属电热器和气体红外燃烧器等。红外加热的历史，可追溯到 30 年代。近年来，由于红外技术的发展，红外加热进入了远红外加热的新阶段。远红外线也是红外线，它具有红外线的一切特征，只是它的波长比近红外线长，具有更强的渗透性，远红外线更易为物体吸收，效率也高得多。

(一) 热传递的三种形式

在叙述远红外加热原理之前，先概述一下热能传递的几种形式。加热过程主要就是热能的传递过程。一般地说，热

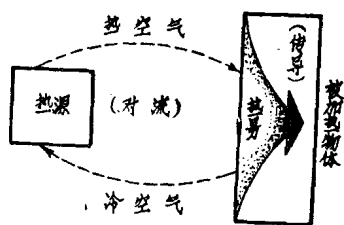


图1 热的对流与传导

传递的形式有三种：传导、对流和辐射。传导和对流需要通过固体、液体或气体介质来完成热能的传递。如传统的蒸汽滚筒加热和热风加热等就是如此。如图 1，热源

产生的热能通过空气介质，被带到被加热物体表面，经过物体本身的传导作用，由表及里

逐步传入物体内部。

辐射加热不需要介质的传递，而是将热能以电磁波的形式直接辐照至被加热物体，完成热传递。辐射加热要比对流和传导加热速度快，质量好，且热能损失少。远红外加热也是一种辐射形式的加热方法。

(二)什么是远红外线

我们知道，日光通过三角棱镜，可分成红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色可见光，在红色光和紫色光两端还存在着不可见光，即红外线和紫外线。可见光、红外线和紫外线都是电磁波，它们的区别仅是波长不同而已。在电磁波频谱上(图2)，我们可以看到红外线介于可见光与微波之间，其波长范围是0.75微米至1000微米。一般，我们又将红外线分成两部分：波长小于5.6微米，离红色光较近的，称为近红外线；波长大于5.6微米，离红色光较远的，称为远红外线，又称为长波红外线。应该指出，对红外线的这种区分方法，国内外尚没有统一的认识，也有人将红外线分成近红外线、中红外线和远红外线。

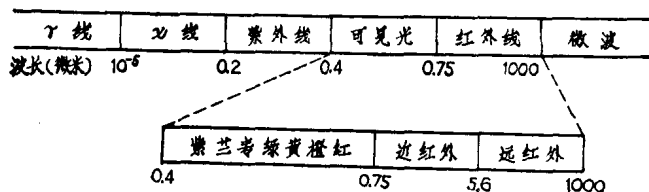


图2 电磁波频谱

(三)红外线是怎样产生的

红外线的产生与温度有着密切的关系。研究表明，自然界里任何固体或液体在其温度大于绝对零度(即 -273°C)时，都会辐射红外线。其辐射能量的大小和按波长的分布情况是

直接由物体的表面温度所决定的。不管温度高低如何，都有相应于物体表面温度的能量辐射，物体表面的辐射能量与物体表面绝对温度的四次方成正比；如果物体的表面温度升高一倍，则它所辐射的全部能量就增加到 $2^4=16$ 倍。另一方面，物体辐射能量最大的波长区间(称为峰值波长)，随着温度的升高而向波长短的方向移动。温度较低时的峰值波长比温度较高时的长。

如上所述，物体表面温度升高，辐射能量增加；另一方面，温度升高，峰值波长向着短波方向移动，这是红外辐射的两个重要规律。由此可知，为了增大红外辐射器的辐射能量，就得提高辐射器的表面温度，但是红外辐射的峰值波长却变短，减弱了它的渗透能力。所以需要合理地选择使用的温度，使辐射的能量适合被加热物体的吸收，这样才能最充分而有效地利用能源，同时加热的效率也最高。

物体的红外辐射，除了与温度有关外，还与物体本身的辐射率有关。同一温度下，物体的辐射率愈高，则其辐射的能量也愈大。不同的材料，不同的结构和不同的表面状态都会产生不同的辐射率。因此，我们要选择辐射率较高的材料作辐射源。图 3 示出了一些材料的辐射率和温度特性。同一物体在不同温度时，其辐射率也是不同的。一般地说，金属的辐射率 ε 较小，它随温度的增加而成比例地增加；不同种金属则与其电阻值的平方根成正比；同种金属其表面被氧化的要比未被氧化的辐射率大几倍。如铁的光泽面在低温时， $0.05 < \varepsilon < 0.45$ ，而铁的氧化面在低温时， $0.6 < \varepsilon < 0.95$ 。非金属物体的辐射率一般比金属的要大，但随温度的上升而降低。

(四)红外线是怎样传播的

红外线与可见光一样，都是直线传播的，传播速度 $c \approx 3 \times$

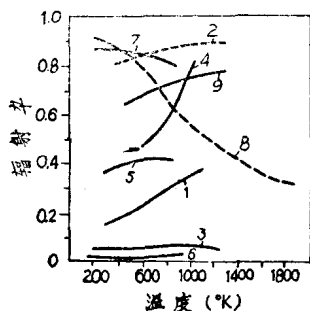


图3 部分材料的辐射率和温度特性

- 1—不锈钢面；2—不锈钢 900°C 氧化；3—铜研磨面；
4—铜 760°C 氧化；5—铝厚氧化膜；6—铝清净面；
7—石英玻璃；8—耐火粘土；9—镍铬合金线。

10^{10} 厘米/秒。当它辐射到达物体时，会出现以下三种情况（图4）：一部分在物体表面被反射，一部分为物体所吸收，其余部分透过物体。被吸收的红外线辐射能量就转变成热，使物体升温。被吸收的能量愈大，物体的温度就升得愈高。在应用红外线加热时，可以利用这种光学特性，将红外线聚光、散光和反光，以适应不同的使用情况。

不同的物质对红外线的反射、吸收和透射是不同的，即使

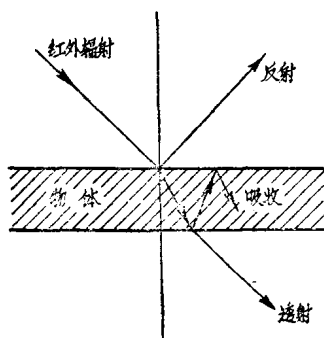


图4 红外线的反射、吸收和透射

是同种物质也可因其结构和表面状况的相异而不同。同一物体对不同波长的红外线，其反射、吸收和透射也是不相同的。入射的红外线能量 P 为反射能量 $P_{\text{反射}}$ ，吸收能量 $P_{\text{吸收}}$ 和透射能量 $P_{\text{透射}}$ 之和，即：

$$P = P_{\text{反射}} + P_{\text{吸收}} + P_{\text{透射}}。$$

$$\text{反射率 } \beta = \frac{P_{\text{反射}}}{P}; \quad \text{吸收率 } \alpha = \frac{P_{\text{吸收}}}{P};$$

$$\text{透射率 } \gamma = \frac{P_{\text{透射}}}{P}; \quad \alpha + \beta + \gamma = 1。$$

应用红外加热时，我们希望被加热物体的反射率和透射率小一些，而吸收率大一些才好。

到达被加热物体上的红外线辐射能量与红外线传播的距离有着密切的关系。如果我们近似地将它看成是点辐射源，则红外辐射源至被加热物体之间的距离每增加一倍，到达物体的红外辐射能量便减少到原来的 $1/4$ 。所以应用红外加热时，我们希望辐射源与被加热物体之间的距离小一些。

红外加热的效果，主要决定于被加热物体吸收红外辐射能量的多少。这就要求采用辐射率大的材料作辐射源和缩短辐照的距离，来使到达被加热物体的红外辐射能量尽可能地大；同时，要求被加热物体的红外吸收率也要大，以吸收尽可能多的辐射能量。由于同一物体对不同波长的红外辐射能量的吸收是不同的，因此，我们有必要进一步了解一下物体的红外线吸收特性，从中也可知道远红外加热比近红外加热为优的道理。

(五)远红外加热为什么比近红外加热为优

夏日阳光下，我们走在火车钢轨上感到很烫脚，而走在枕木上就不烫脚。这个现象，说明不同的物质对日光中红外线

的吸收程度是各不相同的。由于不同的物质，它们的原子和分子结构不同，因此对红外线的吸收特性也不同。同一物体在不同波长上，对红外线的吸收率也是不相同的。如果辐射的红外线能量符合被加热物的吸收特性，则吸收率就大；反之，则小。物体吸收了一定波长的红外线能量后，就产生共振现象，引起分子和原子的振动与转动加剧，增加了运动的能量，而使物体自身发热。

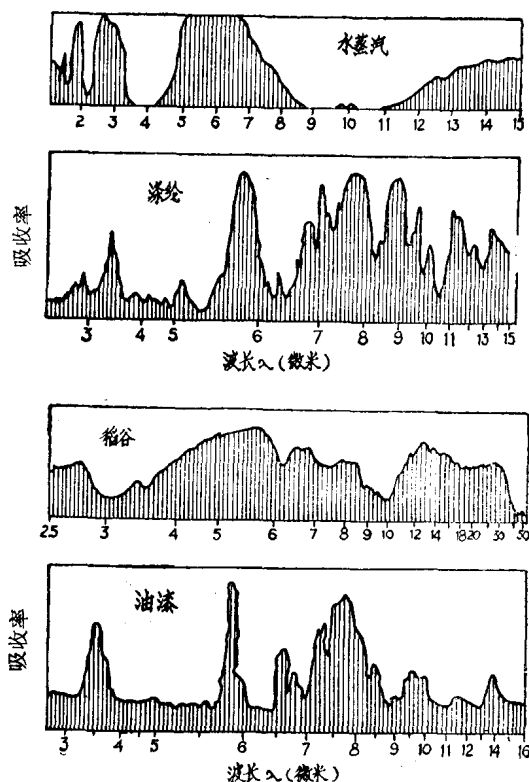


图5 部分物质的红外线吸收特性

并不是所有物质都吸收红外线，某些具有对称结构的分子，象氮、氢、氧等气体不显示出所谓的极性，因而不吸收红外线。

水、水蒸汽和玻璃等无机物以及绝大多数的有机物和高分子物质都能吸收红外线，而且能够强烈地吸收远红外线。图5是部分代表性物质的红外线吸收特性。图上这些物质不但在近红外区都有吸收峰，而且在远红外区域有着更宽的吸收带，能够强烈地吸收远红外辐射能量。很明显，应用红外加热，如果采用的辐射器，不但在近红外区域有高的辐射能量，而且在远红外区域也有良好的辐射能量的话，其加热效果，肯定比只有近红外区辐射能量的好得多。如果辐射的峰值在远红外波段，效果则更好。这就是远红外加热比一般的红外加热为优的道理。

图6是应用远红外加热干燥汽车车身面漆的照片。由图中可见远红外陶瓷辐射器没有可见光辐射，能量损失小。采用远红外陶瓷辐射器代替红外灯泡后，效率可以提高一倍。

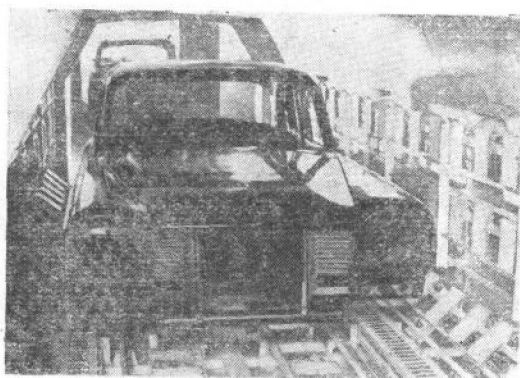


图6 远红外干燥汽车车身面漆

三、远红外辐射器的制备

远红外辐射器是产生远红外线的器具，也是应用远红外加热的主要设备。下面叙述远红外辐射器的种类、结构、材料和制造工艺。

(一)辐射器的种类

根据不同的使用对象，远红外辐射器的设计是灵活多样的。我们可以使用市售的标准制品，也可以在适合辐射加热的原有加热设备上改造。目前常用的标准制品有三种：管状辐射器、灯状辐射器和板状辐射器(见图7)。从图上可以看到，其中两种辐射器都带有反射罩，反射罩的截面全为抛物线状。反射罩一般都采用抛光的铝板制成，这是因为铝的光洁面有着良好的红外反射特性，并且材料便宜。

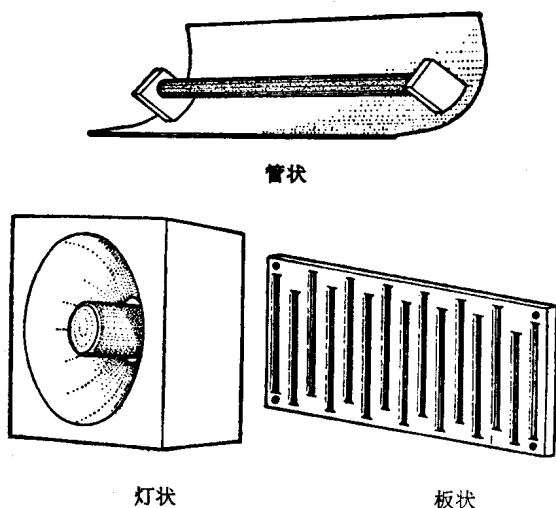


图7 三种标准的远红外辐射器

从管状辐射器辐射的远红外线是由两部分复合而成的：一部分为经反射罩反射而成的平行光；另一部分为管子前面直接辐射的扩散光。这种辐射器在不同距离上的温差大，适合加工平面状和小型的工件，如胶合板、铁皮、织物和玩具等。

从灯状辐射器辐射的远红外线，全部经过反射罩反射而成平行光直线传播，因此在不同距离上的温差小。这种辐射器适合加工大型的或形状复杂和厚度不均匀的物体，如车辆、家具和电器等。

板状辐射器没有反射罩，远红外线是由板表面直接辐射的，在不同距离上也有温差。这种辐射器的通用性较大，适用于前两种辐射器的加热对象。由于不需要清洗反射罩反射面上的污物，因此特别适合有大量溶剂和其它挥发物质的加热对象。

(二)辐射器的结构

上述三种标准辐射器和其它形式的辐射器，虽然形状和使用的材料不同，但总包含两个基本部分——热源和远红外辐射层。

热源的作用是给辐射层提供热能，使之辐射远红外线。通常采用的热源有电热、气体燃烧热和蒸汽热。它的设计要求是能将热能尽可能多地作用到辐射层，减少在其它方面的损失。因此，有必要在非加热面安装反射、隔热和保温材料。

辐射层的作用是在受到加热后，从其表面辐射出与其温度相对应的红外辐射能量。辐射层的表面由有效地辐射远红外线的材料所组成。组成的方法很多，既可用各种工艺将这类材料复合到金属或陶瓷基体上，也可以将它们直接烧结或粘结成为辐射层。辐射层的设计要求是能将热能迅速传递到

辐射表面,辐射表面要求有良好的辐射特性。因此,可能的话辐射层应做得薄一些,热能的分配要尽可能均匀。

图8为标准的金属管状辐射器的结构图。热源为电阻丝,辐射层为钢管和在钢管上涂覆的远红外辐射材料所组成,电阻丝与管壁间填充有氧化镁粉末,作绝缘和传热介质。

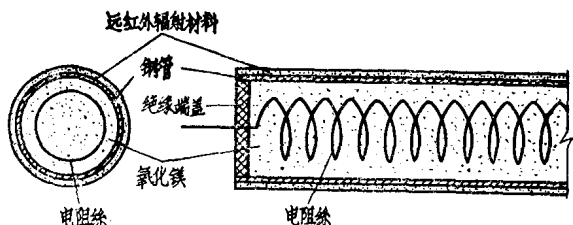


图8 金属管状辐射器的结构

(三)远红外辐射材料

能够辐射远红外线的材料很多,如各种金属的氧化物、碳化物、硼化物和氮化物等。目前常用的有铁、钛、锆、铬、锰和钇等金属的氧化物,根据使用对象,从中选择一种或几种混合制成与被加热物体的红外吸收特性相匹配的辐射材料。如果采用复合工艺,将材料结合在基体上的话,则要考虑选用热膨胀系数与基体材料大致相同的辐射材料,否则将影响使用时的复合牢度。

(四)辐射层制造工艺

远红外辐射层的制造工艺很多;可根据生产条件和改造的方便而灵活应用。目前常用的工艺有烧结法、涂刷法和熔射法。

1. 烧结法

(1) 陶瓷复合烧结——在陶瓷基体的坯料上,涂覆远红外辐射材料,阴干后在 1400°C 左右温度的窑内烧结成型。陶

瓷基体的材料可用碳化硅、锆英砂或一般耐火材料加入适量粘土构成。

(2) 陶瓷直接烧结——采用锆英砂之类的远红外陶瓷材料为主体，掺入少量其它辐射材料，加入粘结剂，成型后在 1300°C 左右温度的窑内烧结成型。

(3) 搪瓷复合烧结——在黑色金属底材上，涂覆搪瓷远红外辐射材料，经瓷化温度熔烧后成为搪瓷复合辐射层。搪瓷远红外辐射涂层材料是硼硅酸盐玻璃态物质和金属氧化物矿物晶体的混合物。

烧结法制造技术简单，具有成本低，使用寿命长和耐腐蚀的优点，适宜制造标准辐射器供应使用单位。

2. 涂刷法

在远红外辐射材料中，配入适当的粘结剂后，用漆刷将它们涂覆在原有的电热管、电热板和其它加热器的表面，阴干后即可使用。这种方法适宜于不能采用标准辐射器和在原有设备上改造的场合，可自己动手土法上马。但涂层容易剥落，使用寿命短。

3. 熔射法

用高温熔射的方法，将远红外辐射材料涂覆于金属或陶瓷基材上即成辐射层。通常采用的是电弧等离子体射流喷涂方法。用这种工艺生产的辐射层，其涂层与基体的结合牢度好，使用寿命也长，没有涂层剥落问题。它与烧结法制造的辐射层一样，可应用于食品和制药行业。但生产成本较高，且需要专门的设备。

(五)材料配方和工艺的实例

1. 实例一(涂刷法)

(1) 涂层材料的制备——涂层材料由粘结剂和金属氧化