

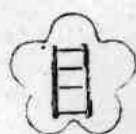
TN13

远红则技术交流

塑料 其它

甘肃省科学技术交流站翻印

1980.3



试制远红外线烘漆流水线总结

广州市仪表厂技术组 ————— 1

远红外线干燥风扇喷漆零件

广州节能电田瓦罗献棠 ————— 31

远红外线大功率电热田的试制及应用

广东省电力局广州修配厂 ————— 35

远红外加热在塑料加工中的应用

广州市越秀区塑料制品五厂 ————— 46

远红外干燥电扇叶漆膜流水线烘道

广州电扇厂 ————— 49

远红外线加热干燥低氢焊条小结

广州造船厂 ————— 53

远红外线加热干燥技术在绝缘材料生产上的应用

广州绝缘材料厂 ————— 58

远红外 辐射加热干燥木材的初步试验

广州家具配林厂马国础 ————— 66

远红外线加热电解槽封料

广州化工厂 ————— 69

制锁行业应用远红外线烘漆及熔炼的情况

广州市制锁总厂技术科 ————— 71

试制远红外线烘漆流水线总结

广州仪表厂技术组

设计任务

我厂产品电度表的罩壳，底座的表壳喷漆处理以往是发外加工的，每套成本1.38元，每年加工费达5~7万元（不包括运输和途中的损耗），而且经常供应不及时，影响生产。此外，电度表的基架在本厂电泳涂漆后，用烘箱加热干燥，生产周期长，实际上每天只能生产一炉（约五百只），也会影响生产，为了扭转亏损和扩大生产，必须制喷漆和烘漆设备。其任务为：

<1> 采用先进的烘漆工艺。

<2> 月产量满足一万台电表的需要。

<3> 烘烤漆种：黑或灰的环氧电泳漆、胺基灰漆、胺基锤纹漆。

<4> 烘烤工件：罩壳、底座基架。

根据革委会下达的任务，我们通过两年多的时间的学习和试验，最近建成一条以不锈钢带为辐射源的直热式远红外烘漆流水线，试机情况良好，基本上达到了设计的要求，下面分远红外线加热干燥的机理、远红外线辐射元件的温度选择、照射距离的选择、辐射涂料的选择、直热式远红外烘漆流水线设计的几个具体问题、对其他问题的探讨等六个部份整理资料如下：

一、远红外加热干燥的机理

采用鼓风式电热烘箱烘烤电泳黑色水溶性环氧电泳底漆的工件，工艺规定：升温到 160°C ，保温二小时才能干燥，我们也曾试验，把温度升高到 200°C ，也要保温半小时才能干燥。而采用远红外烘漆流水线，在单只工件耗电费相近的条件下，干燥时间缩短为4.5分钟，工效提高了6~8倍。

为什么应用远红外线加热干燥技术能大大缩短涂料的干燥时间？要回答这个问题，有必要先来看一看涂料干燥的机理。

涂料的干燥机理因涂料的成分和结构不同而异，表1归纳了常用的一些涂料的干燥机理及促进干燥的因素。实际上所用的涂料，多属于复合干燥一类。这种复合方法的干燥机理不只是表内所述因素及机理的组合，而且由于被组合了的各因素间的相互作用而使得机理变得更复杂了。

表1：各种涂料的干燥机理及促进因素

种	类	干燥机理	促进干燥的因素	备注
物理性干燥	由于溶剂的挥发作用	溶剂蒸发后形成漆膜	温度、风量、蒸气压	各种油漆水溶性漆
	由于融解、冷却后固化	融解的涂料形成液体，冷却后固化形成漆膜	温度	粉末涂料
	膨润胶化干燥	膨润溶液融解→连续膜	温度	氯乙烯溶液
化学性干燥	由于氧化反应	伴随着氧化作用的同时产生聚合并固化形成漆膜	温度	油性涂料
	由于聚合作用	由于聚合反应而固化，形成漆膜	温度、光能、触媒	聚脂树脂系树脂
复合干燥	物理性和化学性干燥的组合	(上述情况的组合)	(上述因素的组合)	胺基漆等

远红外线以光速（30万公里/秒）传播热量，急剧地加热被干燥的物体，可以大大缩短涂料物理干燥的时间。一般涂料的干燥，除了挥发物理性干燥作用外，还包括氧化、热聚合等化学反应，即所谓“复合干燥”。它们都有一个共同的要素：温度。当一定波长的远红外线照射漆膜时，涂膜分子吸收了与其分子本身固有频率相同的红外波段，使分子振动和转动激化，涂膜就直接发热，升温。使靠传导、对流进行加热的方式，从涂膜与基体的热容易考虑，温度只能缓慢上升。应用远红外线辐射传热，由于涂料自身吸收了热线的能量，可以在短时间内均匀地升温干燥。

远红外线不仅被涂料中的树脂溶剂所吸收，甚至也被颜料一类无机物吸收，所以其吸收率比近红外线好得多。通常，近红外线约有10%被漆膜吸收，约有30%被漆膜反射，剩下的透过漆膜而被基体所吸收。与此相比，远红外线则有50%被漆膜吸收，其余透过漆膜为基体吸收。因此，远红外线加热不仅比传导、对流加热快，而且比近红外线加热的效率都高得多。

此外，还须注意涂料干燥中光化学反应聚合对涂料快速干燥的作用。涂料进行光化学反应而聚合，不需要以热作媒介，涂料吸收了远红外线，只有一部分对促进光化学反应起作用。据日本资料介绍：三聚氰胺树脂吸收 $5\sim 10\mu$ 及 $3\sim 4\mu$ 的红外线，实际上只有前者促使光化学反应，而后者就在物质内转换成热能。这种光化学反应由于温度提高而促进的场合（也有热化学反应）对于复合型干燥涂料的干燥是有效的。

应当说，远红外线加热有助于某些涂料的光化学反应，也是其效率大大高于其他加热方式的原因之一。

二、远红外辐射元件温度选择

根据黑体辐射规律，人们很自然地会想到，只要提高温度，

就能获得大功率的辐射能，取得更好的加热干燥效果。这种想法对不对呢？对于“黑体”来说，这种想法是正确的。但对于“实物”来说，往往只能“事倍功半”，甚至“得不偿失”。

这里，应当弄清楚“黑体辐射”与“实物辐射”的区别。

黑体，是指完全吸收入射的辐射线，或者在给定的温度下，辐射的能量比其他任何物体都大的理想物体。黑体，是对一切温度一切波长来说，完全的吸收体，辐射体。

〈1〉实物的辐射率

黑体只是人们进行研究工作而假定出来的“理想物体”，如同绝对零度（ -273°C ）一样，目前世界上既没有真正的绝对零度，也还没有真正的黑体。温度下的黑体的辐射能要小，有的甚至只有黑体辐射能量的百分之几到百分之几十。这两者比例定义为实物的黑度（或称辐射率）

$$\text{辐射率}(\epsilon_t) = \frac{\text{实物的全辐射能}}{\text{同一温度下黑体的全辐射能}}$$

黑体的辐射率为1，而实物的辐射率总是小于1。

必须注意， ϵ_t 是随物体的种类、表面状况和温度不同而不同的常数。要计算物体的辐射能，就要知道 ϵ_t ，通常这个值是由经验得到的。

表2列出几种金属材料的辐射率

材 料	表 面 状 态	辐 射 率	
		常 温	高 温
铁 钢	光洁表面	0.2~0.3	200°C 0.6
	粗糙表面	0.5	800°C 0.8
不 锈 钢	光 洁 面	0.2~0.3	800°C 0.3~0.4
	900°C 氧化	0.8	0.9
黄 铜	压 延 面	0.2	600°C 0.6
铝	光 洁 面	0.04	600°C 0.04~0.06
	粗 糙 面	0.04	0.1~0.2
耐火粘土		0.9	800°C 0.4

从很多实测结果，可以概括出 ε_t 的一般趋向：

① 金属 ε_t 值一般较小，它随温度的增加而成比例地增加，不同金属测得其电阻的平方根成正比，同种金属其表面氧化的比没有氧化的大几倍。

② 非金属物体，低温 $\varepsilon > 0.8$

高温 $0.87 \sim 10.3$

③ 绝热材料约 ε_t 值比金属大得多，但随温度的上升而下降。如耐火材料在 $1000^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ 时，其 ε_t 只有常温约 $3/4 \sim 1/4$ ，而且还受到化学组成的粒状，组织结构等的影响。

最后，还须说明，上面论述的 ε_t 是对于辐射的整个波长范围的平均值，严格地说，物体的 ε_t 也随波长而变化。把 ε_t 称为全辐射率，而把对应于各个波长的辐射率称为单色辐射率 ε_λ ，这个 ε_λ 这个 ε_λ 的实际测定只限于非常少的几种金属，所以一般难以预计。从对锡的 ε_λ 的测定来看，它不仅随温度而且随波长的变化，且变化形状复杂，看不出其规律。一般把单色辐射率 ε_λ 不随波长变化的物体称为灰色体，通常在热计标中把物实看作灰色体，而采用 3π 。

<2> 实物的辐射能量

以 W_t 表示实物的全辐射能，以 W_{tot} 表示黑体在相同条件下的全辐射能，则：

$$\varepsilon_t = \frac{W_t}{W_{tot}}$$

$$W_t = \varepsilon_t \cdot W_{tot}$$

$$\text{又} \because W_{tot} = \sigma T^4$$

$$\therefore W_t = \varepsilon_t \cdot \sigma T^4$$

即实物的全辐射能量与物体的辐射率及表面的绝对温度的四次方成正比。

各种物体的 ε 不同，且它们随温度而变化的规律也不一样。用单纯提高温度的办法，并不一定能获得足够的辐射能量。

一般来说，只要 ε 不随温度升高而明显下降的物体，把表面温度提高是可以大大提高 W_X ，从而取得好的加热干燥效果的。

例如，SI（放在 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 范围内， ε 变化较小，其全辐射能量 W_t 主要决定于表面温度。从 673°K 增加到 873°K （即从 400°C 增加到 600°C ），温度提高近 $1/3$ 倍，据斯忒芬——玻尔兹曼定律可知， W_t 增加到原来的三倍左右（2.85倍），又从维恩位移定律可知，峰值波长由 4.3μ 变为 3.3μ 。如果我们需要的只是 4.3μ 的波段，那么 600°C 时的峰值波段就“浪费”了，但此时 4.3μ 波段的能量仍远远大于 400°C 时 4.3μ 的能量。

另一方面也要看到，在其他因素不变时，要提高辐射体的表面温度，总得消耗更多的能量（电能等）。一般而言，辐射体的表面温度与消耗功率近似地成线性关系，消耗功率提高一倍，表面温度可增加 $30\sim 70\%$ （对不同的辐射元件，这个比例不尽相同）。对我厂所用的不锈钢带电热源，当表面温度从 400°C 提高到 600°C ，消耗功率大概增加 $2/3$ 倍。此时， W_t 增加到2.85倍，而峰值能量增加到3.7倍，其他波段的辐射能量的增加低于2.85倍。因此，从单件耗电指标这个经济效益来看，用提高温度的方法，特别要注意利用峰值波段的能量。否则，经济效益是不明显的。譬如，对于水份或胺基漆、电泳漆的干燥。由于这类物质在 $3.3\sim 3.5\mu$ 都有强烈的吸收峰，所以把辐射元件的表面温度提高到 600°C ，节电效果是显著的。

如果矛盾的主要点是提高产量，则用提高温度的方法，增加辐射强度，缩短加热干燥的时间，是普遍有效的。

我们曾对不锈钢带辐射元件进行过比较试验。把表面温度从

440°C (1.2kW) 提高到 520°C (1.5kW)，耗电率增加 1/4，工作干燥时间由 12 分钟降为 6 分钟，烘烤时间缩短 1/2，从单件耗电来说，提高温度后，可比原来节约 1/4。但是，温度绝不能无限提高，它既受不锈钢本身的载流限制，特别是受到辐射涂层的限制（主要是温度太高，涂层容易剥落）。通过反复试验，权衡利弊，现在我们使用的最高温度是 500°C 左右。若能进一步解决涂层的粘结问题，温度尚可提高。

总的来说，我们希望辐射元件的设计水平，制造工艺进一步提高，使元件消耗较小的能源，产生较高的温度，辐射较大的能量。这样，就可以把目前的节电效果进一步提高。

三、照射距离的选择

照射距离与干燥效果有什么关系呢？有的说，距离与效果成平方反比；有的说，这是一种误解，两者关系不大，众说不一。从实际使用的情况来看，它们的关系介乎两者之间。如何解释这个现象呢？我们的看法如下：

（一）辐射照度与照射距离的关系

在日常生活中，我们知道，同一光源发出的光，可以不同程度照明物体，这要根据物体到光源的距离，以及物体表面与辐射光线所形成的角度来确定。这个物体表面的照明程度，称为照度。红外线具有可见光一样的特性。被加热的物体，因照射距离至不同，接收的辐射能量也会有差别。我们不妨把被加热物体接收到的辐射能量称为辐射照度。

目前我国应用的辐射元件，大部分都是管状或板状的。管状辐射体近似点光源，它的辐射能量的分布比较接近与距离的平方成反比的规律。在实际使用中，多数加工反射罩，可以产生一部分平行光线。但是它所发出的大部分还是扩散光线。所以距离增大，辐射照度就很快下降。

板状辐射器发出的是平行光线和扩散光线的复合光，随距离的变化仍有影响。

日本有一种LP型灯状辐射器，设计比较合理，据说辐射出的光线主要是平行光线，辐射照度几乎不随照射距离而变化。

不过，即使辐射线全部平行光线，按理说辐射照度不受距离影响。但是，由于远红外线很容易被 CO_2 、 H_2O 及漆膜蒸发出来的气体分子所吸收，使辐射照度受到一定影响。在一定条件下，吸收远红外线的气体是不变的，也就是说，不同强度的辐射线的损耗率不变。但这个损耗率占全辐射能的比例却因辐射能的强弱而不同。从辐射器发出的辐射能较少，在传播途中，就容易衰减，甚至全部被吸收，也就是受距离的影响越大。相反，发出的辐射能较强，在传播相同的距离，损耗的能率与前者相同，但剩下的能率依然相当大，则辐射照度受距离的影响就不易觉察，能够传播到更远的距离。

由于辐射照度随距离而变化，干燥效果必然受到影响。不过，因所用元件不同，影响的程度也不同。管状元件受影响最明显，板状元件，受影响就相对地少一些；辐射能大，受影响就少。辐射能小，受影响就大。

(二) 辐射干燥与对流干燥的比例问题

应用远红外线加热干燥，使效率明显提高，因此容易产生一种误解，认为应用了远红外线，就只是辐射干燥。这种看法是不全面的。辐射元件的温度一般在 $400\sim 600^\circ\text{C}$ ，辐射只是一种主要的传热方式，同时，对流传热同样发挥重要的作用。而对流传热受距离变化的影响比辐射传热更为明显，更为严重。

目前的辐射元件，受到种种限制，辐射能都不是很大的，且无法被物体全部吸收。只能做到大部分吸收，有些甚至能只吸收一部分。在这种情况下，一件物体被加热干燥了，到底“辐射

干燥”与“对流干燥”的功劳各有多少？恐怕就很难说了。假定功劳各半，当照射距离变化时，即使对物体所接受的辐强度毫无影响但对流干燥的影响已足以使整个干燥效果受到明显的影响。

换句话说，如果我们能够大大提高辐射干燥的比例，也就是说，使一件被干的物体，主要是由于辐射而干燥（在 400°C 以下，辐射元件的主要传热方式是，辐射这是一码事，而被干燥的物体是否由于吸收了相对应的辐射波长的能量而快速干燥，又是另一码事）那么，距离变化对干燥效果的影响应当大大减少。

要尽可能消除距离对干燥效果的影响，使远红外线加热，干燥技术得到更广泛，更合理的应用，就应当设计出高效的远红外线辐射元件，同时，也要合理地设计烘道（烘炉）

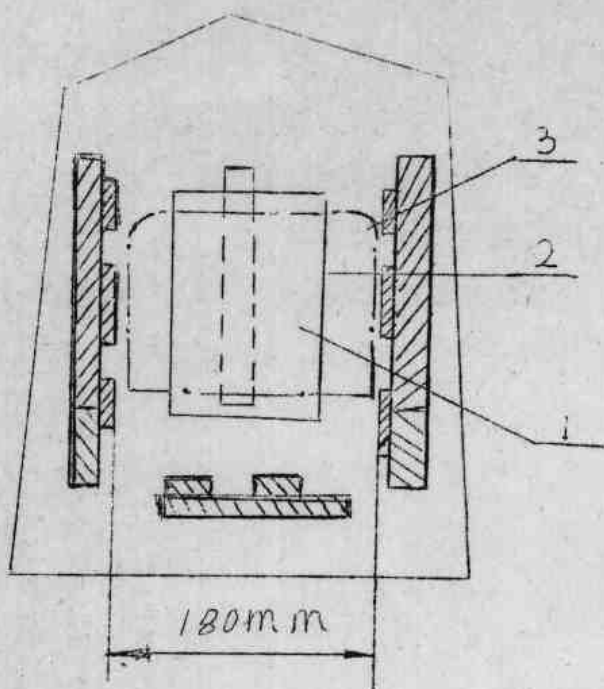
（三）实际应用的情况

我们曾经在敞开式的简易烘箱里做过一些比较试验，其他条件尽可能不变，只改变照射距离，比较干燥效果。试验结果如下：

辐 射 元 件	放 距	烘焙时间	干燥程度
1K 金属电热板	210mm	18分钟	基本干
手涂 TiO_2 50% Fe_2O_3 10% Cr_2O_3 SiO_2 各 20 %	160mm	10分钟	基本干
1.2KW 碳化硅板(江苏) 烧结 ZrO_2 50% Fe_2O_3 10%	230mm	18分钟	干 透
Cr_2O_3 · SiO_2 各 20 %	160mm	10分钟	干 透

米：所烘工件是黑色水溶性环氧电泳气底忙的基架。

从上述试验结果可以看出，在一定范围内，距离增大 $1/4$ ，干燥时间几乎增加一倍，亦即单件耗电率几乎增加一倍，在设计烘道时，我们决定尽可能减少照射距离，而辅之以滑调湿级调速等手段。



我厂需要电泳涂漆处理的工件主要有三种；

①机架：电泳涂漆，形状比较复杂，宽度约55mm，材料2mm铁板。

②底座：电泳涂底漆，再喷一层胶基漆，形状较简单，材料0.8mm铁板。

③大壳：电泳涂漆为底，再喷一层胶基漆，方形罩壳，最

大宽度140mm，材料0.8mm铝板。

我们设计的远红外线烘道，必须满足这三种工件不同漆种的干燥要求。因此，在决定辐射元件的^块柜时，最小也要定为180mm，以保证大壳安全通过，又能保证漆膜干燥的质量要求。

实践证明，我们的方案是可行的。烘基架时，照射距离约60mm，辐射元件的温度为500℃左右，工件只要以1米1分钟的速度通过5m烘道，实际上只有4.5分钟的烘烤时间，就可以干透，质量比旧式干燥烘箱的略有提高。

烘大壳时，虽然照射距离减少到20mm，在输入功率（温度）不变时，只要把传送速度提高到2.5米1分钟，就可以把工件烘干。但质量不如把温度降为350~400℃，速度为1.2米1分钟时好。

缩小照射距离和提高温度，都会使烘道的温度提高而高于旧

工艺规定的温度。实践证明，采用远红外线加热干燥，可以打破旧工艺各种涂料烘烤所规定的温度，如烘烤电泳漆，可从 160°C 提高到 250°C ；烘胺基漆，可从 120°C ，提高到 200°C 而不影响漆膜的质量。但是必须合理地调整照射时间。

此外，照射距离不能太近，太近容易出现阴影而扩大的现象，使工件受热不均。应根据具体工件，结合干燥速度和质量，合理地调整照射距离。

四、辐射涂料的选择

在绝对零度以上的任何物体都辐射红外线。任何固体发热，辐射出的红外线都是连续的。所以，固体辐射源在发射远红外线的同时，也发射近红外线。

物体总是有选择地吸收远红外线的，不同的漆膜对远红外线有不同的吸收峰。辐射发出的红外线，只有对应于被干燥的漆膜的分子固有振动频率的那些波段才能被吸收，引起分子共振，迅速升温，也只有这些被吸收了的远红外波段才是促使干燥的主要能源，而没有被吸收的波段，或者被工件的基体吸收，或者被周围的气体吸收，也起着提高漆膜周围温度的作用，应当说这个作用对漆膜快速干燥的贡献是次要的。

辐射元件的辐射波长如何，这是大家都很感兴趣的趣的问题。目前，广州地区还没有办法直接测试辐射元件的辐射波长，只能测试一般物质的吸收光谱。按照上述推理，我们可以先测试辐射元件在常温状态下的吸收光谱，而后根据维恩位移定律，计算辐射元件在实际使用温度条件下的吸收光谱，也就可以比较接近地估算出元件在辐射一定温度时的辐射波长特性。

选择辐射涂料时，应充分考虑被烘物质的吸收特性。各种物质的吸收特性在资料上有介绍。但这些资料一般只反映各种物质

在常温的吸收特性。在实际应用过程中涂料并不是处于常温，而是处于一个升温过程和降温过程，从维恩位移定律可知，物质的射，波长（也就是吸收波长）随温度变化而变化。这个吸收光谱的变化情况应当引起注意，在选择辐射涂料时予以考虑。

上海的有关单位，对目前应用的一些辐射元件的辐射曲线进行过测定，图2—图5来看，加涂辐射涂料，一般并不改变基体在一定温度条件下的辐射波长特性，仅仅是提高了辐射强度，换句话说：加涂了辐射涂料，只是使辐射曲线沿Y轴方向移动，而不能使曲线X轴左右移动，再仔细比较分析一下，还可以发现，某些配方使远红外线在某些波段的辐射能量增加的比例大于其他波段。特别明显的是复合烧结 ZrO_2 50%， Cr_2O_3 ， SiO_2 各20%， Fe_2O_3 10%的辐射元件在7—10 μ 波段，能量增加近一倍，其他波段只增加10~20%，而用等离子喷涂 Ti_2 80%， ZrO_2 20%的碳化硅板，在各个波段增加的比例都差不多（约30%）。这一情况符合下述结果：在板面温度同是380~400℃，其他条件亦保持相同的条件下，烘烤墨绿胺基醇酸漆的试片，复合烧结的SiC板比等离子熔射的快10—15秒，但烘烤水溶性电泳环氧底漆的试片时等离子熔射的反而比复合烧结的快10秒左右。这些情况表明，有些物质的单色辐射率（对应于各个波长的辐射率称单色辐射率辐射）是不同的，由于单色辐射率不同，在吸收光谱上就表现为有选择的吸收。选择辐射涂料时，应特别注意这一特性，即选择的辐射涂料不仅具有较大的平均辐射率 ϵ_λ ，而且在我们所需要的波段具有较大的单色辐射率 ϵ_λ 。

黑体是对一切温度，一切波长都全部吸收的理想吸收体。根据维恩定律，在一定温度下，它的辐射峰值能量在一定的波段。例如在400℃，它的峰值就出现在4.4 μ ，600℃，它的峰值就出现在3.3 μ ，而其他波段的能量不可能比这个峰值更高。实际辐射

它遵守黑体辐射的规律。在相同的温度条件下，因实物的辐射率低于黑体，不仅峰值能量低于黑体，其他波段的能量也低于黑体的对应波段。辐射元件的辐射强度是由温度决定的，要改变在一定温度条件下的辐射强度，只有提高辐射面的辐射率，许多金属氧化物，氟化物的辐射率都比较大。加涂这些氧化物、氟化物，使辐射元件的辐射率增大，可以提高辐射强度，取得较好的加热干燥效果。例如，在金属电热板表面涂刷远红外辐射涂料，在不改变烘道其他条件的情况下，可节电50%。碳化硅板由于它本身是非金属 ϵ^t 较大，辐射强度也比较大（在相同电功率，相同板面

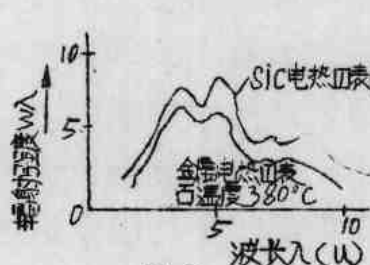


图2

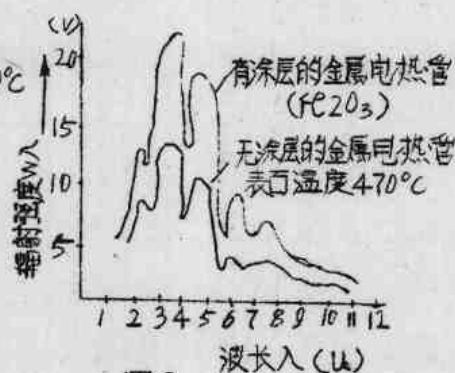


图3

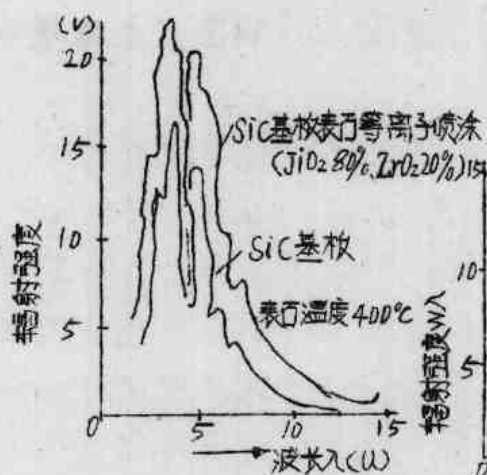
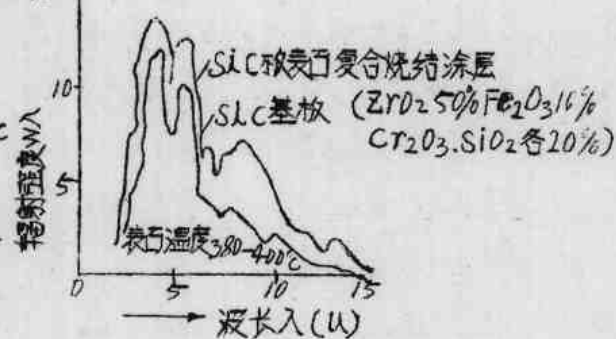


图4



温度等条件下，都不加涂料的碳化硅板已比不锈钢电热板节电30%)，再加涂辐射涂料，效果就不那么显著，一般可节电20%左右，如果采用所谓方格”“远红外线涂料，可达30%左右。

加涂辐射涂料，可以提高辐射强度。但从目前应用过程中总结出来的各种资料分析，辐射强度增加不过一倍左右。而据斯忒芬——玻尔兹曼定律可知，辐射能率和绝对温度成4次方正比表面温度只要提高1/3，辐射强度就增加到近三倍。两者比较可知，用提高温度的方法来增加远红外线加热干燥的效果，是值得进一步研究的。

能否通过加涂各种不同配方的辐射涂料，在一定温度条件下，调查辐射体在任意波长的辐射强度呢？日本有人在这个方面进行过一些研究，搞了一种以氧化锆和氧化钛为主要成分的远红外线辐射涂料，但与老产品比较，5μ以上的远红外线辐射能率只增加了10%，全辐射能率只增加8%，效果尚不显著，看来要取得真正的突破是相当困难的。同时我们校所介绍的配方，用目前国内的典型粘结剂（水玻璃+氟硅酸钠）进行试验，效果确实不错，但经过高温冷却后，很容易剥落，难以实用。

此外，日本还有一种能调节波长的远红外辐射涂料，主要是通过调查发热体的温度来调节波长的。

在小型试验中，我们发现其他条件可能不变的前提下，采用 ZrO_2 50%， Cr_2O_3 、 SiO_2 各20%， Fe_2O_3 10%；或 CeO_2 50% Cr_2O_3 ， SiO_2 各20% Fe_2O_3 10%，或 TiO_2 80%， ZrO_2 20%或 Fe_2O_3 单体的辐射涂料，烘烤电泳黑漆的基架，比没有涂料的不锈钢板节电30~50%左右，而 ZrO_2 95% TiO_2 5%的配方节电效果更好一点。

从辐射涂料的粘结效果来看，最好是 Fe_2O_3 单体的涂层，其他含有一定量的 Fe_2O_3 的涂层次之，不含 Fe_2O_3 的涂层就极易剥落。从经济的角度来看， Fe_2O_3 最便宜，每公斤只要一元多。而

ZrO_2 就很贵，每瓶100g的化学纯的 ZrO_2 要三十多元，而且不容易买，综合考虑各种因素，我们采用了 Fe_2O_3 单体作为远红外辐射涂料。

采用手工涂刷远红外辐射涂料，比等离子熔射，复合烧结的方法，具有简单、方便的优点，但也存在容易剥落的缺点。通过分析，我们认为涂层剥落与基体的清洁程度，表面光洁度及涂料成分有关。在涂刷前，我们把不锈钢带进行喷砂处理，使表面粗糙以增大^{*}粘结面积，且用丙酮进行清洗，去除油污等不洁成分，经过这些处理，粘结性能有所提高，但仍然有较严重的剥落，通过进一步试验分析，我们认为这种剥落，主要是由于涂层与基体冷热胀缩的特性不一致。我们所用的电热体是0.35mm厚的不锈钢带，热胀冷缩比较大，而上海介绍的涂料配比（氧化物：粘剂=1:1.5，其中粘剂的配比是：氟硅酸钠：水玻璃=1:2.5）是应用在板式电热元件的，板式电热元件冷热胀缩的程度比不锈钢薄带少得多。因此，我们一方面采取措施，减少不锈钢带的相对跨度，减少受热变形的程度；另一方面通过试验，把氧化物与粘剂的配比扩大到1:4（粘剂的配比不变）涂层在常温阴干24小时以上才通过电加热。涂层干燥后，富有弹性，粘结性能又有提高。现在我厂的烘道经过多次试验，约有20%左右的涂料层剥落，暂时也没有发现剥落日趋严重的趋势，基本上可以正常生产。

涂料按配比开好后，应及时使用，否则会因凝固而报废。调配时，应先把氧化物和氟硅酸钠分别研磨成粉末，而后把氟硅酸钠倒进水玻璃中搅拌均匀，最后再把氧化物加进粘剂中搅拌。搅拌的时间不宜太长，超过25分钟，涂料就会明显变稠，开始凝固，不能使用，只要搅拌数分钟，使涂料充分均匀，就可以开始涂刷，也可以用空气压缩机喷涂。涂层厚度在0.2~0.3mm，涂层太厚或不均匀，容易剥落、龟裂；太薄，会影响辐射强度。