

TN II

远红外技术交流

甘肃省科学技术交流站 翻印

1980.3

国内远红外加热 干燥技术应用远例

远红外在注塑机上的应用

上海塑料制品九厂

我们厂生产各种塑料制品，全厂共有各种注塑机51台，过去注塑机的电加热器都采用电热圈加热，耗电量大，总装接功率达三百多千瓦，同时一到夏天注塑车间气温就上升升到39~40℃以上。

在市远红外技术推广组的启发下，在市电办、局、公司领导下，以及在本市和外省市各有关部门和兄弟单位协助下，党支部带领车间工人师傅等，于今年下半年开始，对注塑机应用远红外加热技术进行了探索 and 试验工作，经过一个多月的战斗，终于在七八年五月份第一台注塑机改革应用远红外加热成功，取得节电效果，以后又逐步推广应用，至八月份，已改装完成了十台注塑机，并计划于年内51台各种注塑机全部改装完毕。

下面汇报一下远红外在注塑机上的应用情况，加热原理和效果。

一、节电效果

用远红外加热代替原来的电热圈，一般可达30%以上，现从400克注塑机为例，对比效果如表4-1

表 4-1

加热方式	24小时内 用电量	平均度/时	节约比	冷车升温时间
电 热 圈	53.2 度	2.28 度		
远 红 外	38 度	1.58 度	30 %	缩短三分之一

以上对比条件是同机、同功率 7.2kW^{同产品}、同原料、同温度恒温控制。

再以 60 克注塑机对比效果如表 4-2

表 4-2

加热方式	装接功率	6 小时内用电量	平均度/时	节电比	备注
电热圈	2.58kW	6.49 度	1.08 度	/	条件与 400 克一样
远红外	2.8 kW	4.38 度	0.73 度	33 %	

如果 51 台全部改用远红外加热，开车率以 40% 计称，节电以平均 30% 计称每月可节电 9000 度。

二、设备情况对比

表 4-3

加热方式	造价	加工安装	维修	机壳反车间温度	材料来源	温度分布
电热圈	高	复杂	较难	高	大部分进口	有梯度
远红外	低	方便	容易	低	国内	较均匀

三、加热原理和安装结构

(一) 采用间接加热方法，见图 4-1 所示，这是考虑到注塑机的料筒是中碳钢，缺乏红外线的透过率，红外线不能透过料筒而直接照射塑料体。而同时，料筒体的外部状况（有深黑色氧化表皮层）对于远红外都有很好的吸收作用，也有一定的渗透能力。利用料筒体的这一外部条件对远红外有较高的吸收系数这一特点，对料筒进行外部红外辐射加热，料筒就大量吸收来自辐射体的远红外能量而发热升温，再由料筒产生辐射热（即红外线）和传导热交换，加热料筒体内塑料。这时，虽然不是远红外线与塑料分

予直接共振吸收，但是仍旧能够间接而充分有效地利用远红外线的能量。

(二) 辐射体用导热系数和辐射系数都较高的碳化硅烧结预制块作基体，拼装成圆筒体，紧贴地安装于注塑机的料筒体外围，基体向芯部加涂以 Cr_2O_3 涂料，基体中间圆孔内装电热丝。这样的结构辐射升温快，通电后，辐射源转向垂裂辐射的起始时间短，同时，辐射与吸收的远红外能量，基本上不受辐射热交换双方距离的负二次方关系而损失。

(三) 远红外辐射涂料是根据吸收体——料筒的吸收特性而选用 Cr_2O_3 ， Cr_2O_3 的全辐射率高，料筒中碳钢氧化表层所能吸收的红外线、对波长的选择性较少，主要是红外全辐射能量要高，因而，辐射与吸收二者的红外特性基本上是匹配的。

在对涂料的选筛中，我们同时对无锡 3[#] 配方 (Fe_2O_3 75%， Cr_2O_3 20%， Ni_2O_3 5%)，进行过试验，3[#] 配方所辐射的红外线，在波长较短处的能量较多，与大多数塑料分子的振动波谱有较多的重叠，匹配较好，共振吸收的效果显著，一般都认为是理想的涂料，但是经我们的试用，节电效果仅在 15%，而 Cr_2O_3 涂料在 30% 以上。

从以上对比试用说明，注塑机中加热口碳化硅对料筒的传热过程主要是红外辐射，虽然，碳化硅板是沿着料筒体外围紧贴地安装的，但毕竟是点接触式的极有限接触，因此传导热的比例是极少的，这也就是用导热系数基本相同而辐射特性有差异的二种涂料，结果传热效果就不一样。同时，主要辐射热交换的双方是碳化硅基体上的辐射涂层与料筒体外壁，涂料的辐射特性必须与料筒外表层的吸收特性相匹配。

(四) 根据红外辐射特性，在辐射基本外壁加装隔热软石棉，以增加热阻，再外面再加装光亮 $1\mu/m$ 薄铝板反射罩，把辐射基

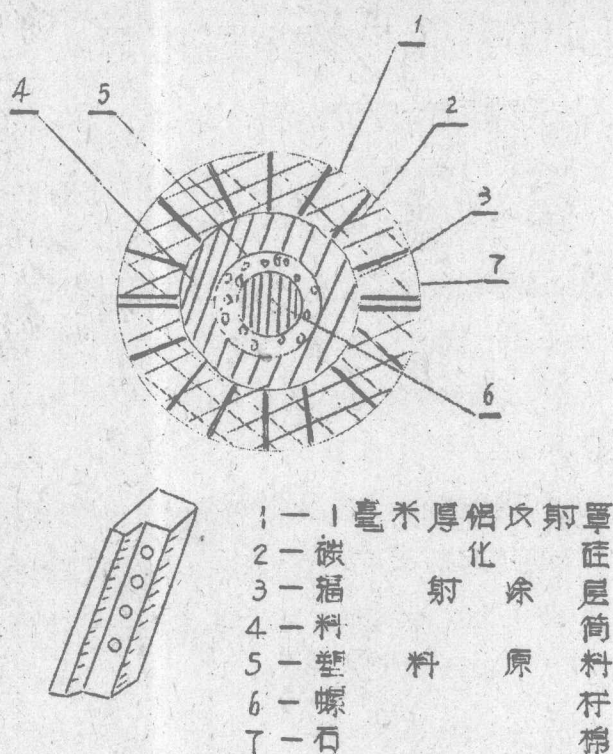


图 1 远红外加热器示意图

体和料筒升温后向外辐射热，仍旧反射在辐射基体和料筒，给辐射体和料筒继续和反复吸收红外线，使红外辐射能得到最充分的利用，这样，热能就按照人们的意志有效地交换，达到远红外加热节约电力的目的。

最后，由于我们对远红外的认识还很肤浅，更缺乏系统的研究，必定存在着很多缺点和错误，希望各有关部门和兄弟单位提出宝贵意见，为远红外新技术为四化服务，作出更大贡献。

远红外烘烤定子绕组绝缘漆的应用

天津市长征电器厂

天津市长征电器厂系生产小型电动机、炉灶鼓风机和仪用轴流风机。在定子绕组的绝缘处理过程中，原采用电阻炉、外热侧吹暖风式烘干。电炉丝容量50千瓦，炉膛容积6.5米³。原工艺对浸渍绕组预烘4小时，浸后烘烤18小时，全程耗电约1100度，而从质量上偶有外热内软现象。

若采用喷涂特种配方的碳化硅热元件烘烤1032绝缘浸渍漆，究竟用何种配方涂料，如何选用装置容量及如何修正烘烤规范等问题，我们做了一系列的试验、探讨，现简要将其过程和效果介绍如下：

一、选定涂层配方的试验。

曾用具有等离子喷涂的钛铁（ TiO_2 90%， Fe_2O_3 10%）、钛锆（ TiO_2 80%， ZrO_2 20%）、多元（ TiO_2 72%， ZrO_2 20%， MnO_2 、 Co_2O_3 、 Fe_2O_3 、 Cr_2O_3 各2%）及不加涂层的碳化硅“白板”，在特制的试验用（长×宽×高=600×500×450mm）内衬石棉板无盖的箱体，同温度、同时间、同距离等相同条件下，分别利用各种涂层的碳化硅板，对同尺寸试样浸1032绝缘漆后进行烘烤试验。最后经过漆膜进行硬度测试结果，认为钛铁配方对1032漆效果好。

二、匹配装置容量及定子绕组浸漆后实件烘烤试验。

这次试验系MY65型恒温自动干燥箱内，去掉原电炉丝，内装底层涂层板垂直向上，三层钛铁涂层板，每块板炉丝容量2千瓦，总装置容量6千瓦，外加自动恒温控温装置，在炉膛高2/3

置于12放10台电机定子绕组铁芯。

经预烘4小时，浸渍后烘11小时，采用每间隔1小时，用500伏兆欧表测绕组对铁芯绝缘电阻吸收法，监视烘干质量。在这过程中我们还不断开向箱门和调节控温装置尽量使炉丝不断电，以保证板百充分发射远红外线。

到第八小时，拆了一台绕组端部剖切检查，发现内外干燥一致，效果很好。全程耗电79度。

根据实测绝缘电阻变化情况绘制了 $M\Omega = f(t)$ 曲线见图2。

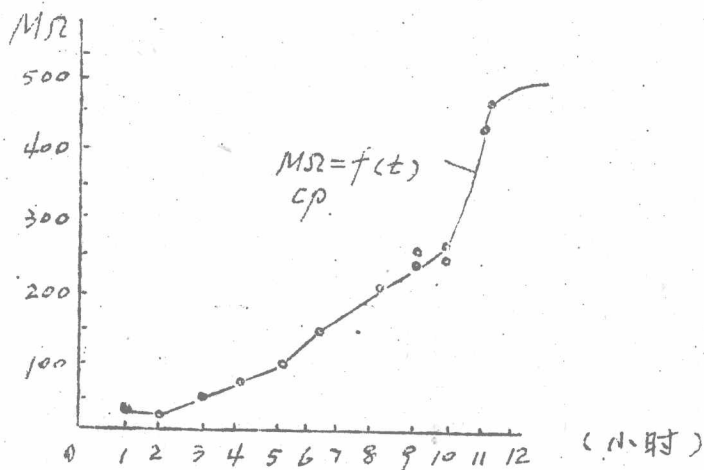


图2 $M\Omega_{cp} - t$ 曲线

从曲线看，在第八小时出现一段相对稳定区（绝缘电阻变化不大），十小时后又升高，十二小时以后接近绝缘电阻最大值（5000~∞）干燥效果好。

试验结果见表4

从试验结果说明，收效良好，相对该干燥箱的情况，烘烤时间缩短了31.7%，装置容量减少45.4%，耗电率减少67.4%。但在这当中有一个问题，即我们应该使装置容量与炉膛容积在这应烘烤规范要求的前提下（我们保135℃±5℃）应匹配使炉丝绝大部分时间保持通电状态，以使远红外线得到充分发射，扭转原来用温

度”烘烤的概念。

表 — 4

电热元件	烘 烤 时间 (时)	装置容量 (千 瓦)	全程耗电 (度)	质 量	备 注
电 炉 丝	22	11	242	一般	其中预烘： 4 小时
远红外线	15	6	79	佳	其中预烘： 4 小时
效 果	-7	-5	-163	良好	在远红外线 充分发射情况下

三、正式投产的装置和运行效果。

在第二步试验基础上，我们将烘干炉，膛内装衬铝板，按三相Y接，每相并接五块钹铁配方碳化硅板（每块1.5千瓦），总装置容量 22.5 千瓦（炉膛容积 6.5 米³）。经试运行，浸漆自烘干时间由原18小时减到10小时，效果较好，经四个月生产运行较稳定。减容 55%，生产效率提高 44.5%，综合节电 40% 以上。烘干炉装置见图 4-3 所示。

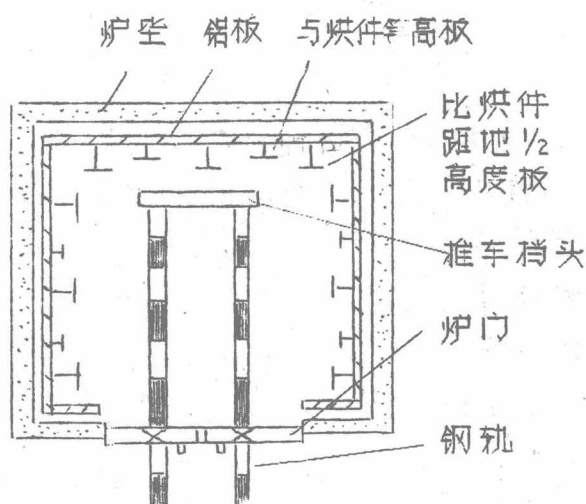


图 3 烘干炉装置图

远红外烘烤铸件砂芯的应用

武汉汽早发动机厂

我厂采用远红外线烘烤铸件砂芯，经过生产实践，取得了较好效果。在我厂铸件砂芯的配比中，I类黄砂100公斤，II类黄砂85公斤，红砂（即南京砂）15公斤，内加桐油28公斤，浆糊25公斤，经分析桐油、水在远红外区有很宽的吸收带，见图4。图中数据是武汉材料保护研究所测定的。

从图中可知，桐油和水一样，对远红外线的吸收，显示了很大的敏感性，当砂芯在红外辐射下，其红外线的辐射波长和桐油水的吸收峰值一致时，就大量地吸收红外线，物质在吸收红外线后，其内部的分子运动加剧，使砂芯的温度上升，蒸发和干燥砂芯中的水份，随着砂芯温度的继续增加，遂使桐油氧化并起分子的聚合作用，形成油膜，把砂粒很好地粘结起来以增加砂芯的强度，从而达到干燥的目的，又因远红外的波长较长，而且是分子共振现象加热，砂芯的内口和外口都处于均匀的加热状态，同时受热干燥，所以，不仅烘干速度快，并且烘干质量好。

远红外烘炉和红外辐射器：

远红外铸件砂芯烘炉的结构，炉体，仍用原烘炉，但为减少红外线辐射能量的损失，在炉膛各口上加一层铝板作为反射罩，故其炉膛尺寸比原炉膛各口减小40mm，其有关数据如下：

炉内尺寸：3860 × 1120 × 1760 mm

电源电压：3相 220 伏。

电 功 率：40.4瓩（实际消耗45瓩）

照射距离：140 mm

辐射器：1瓩的10块；0.8瓩的38块。

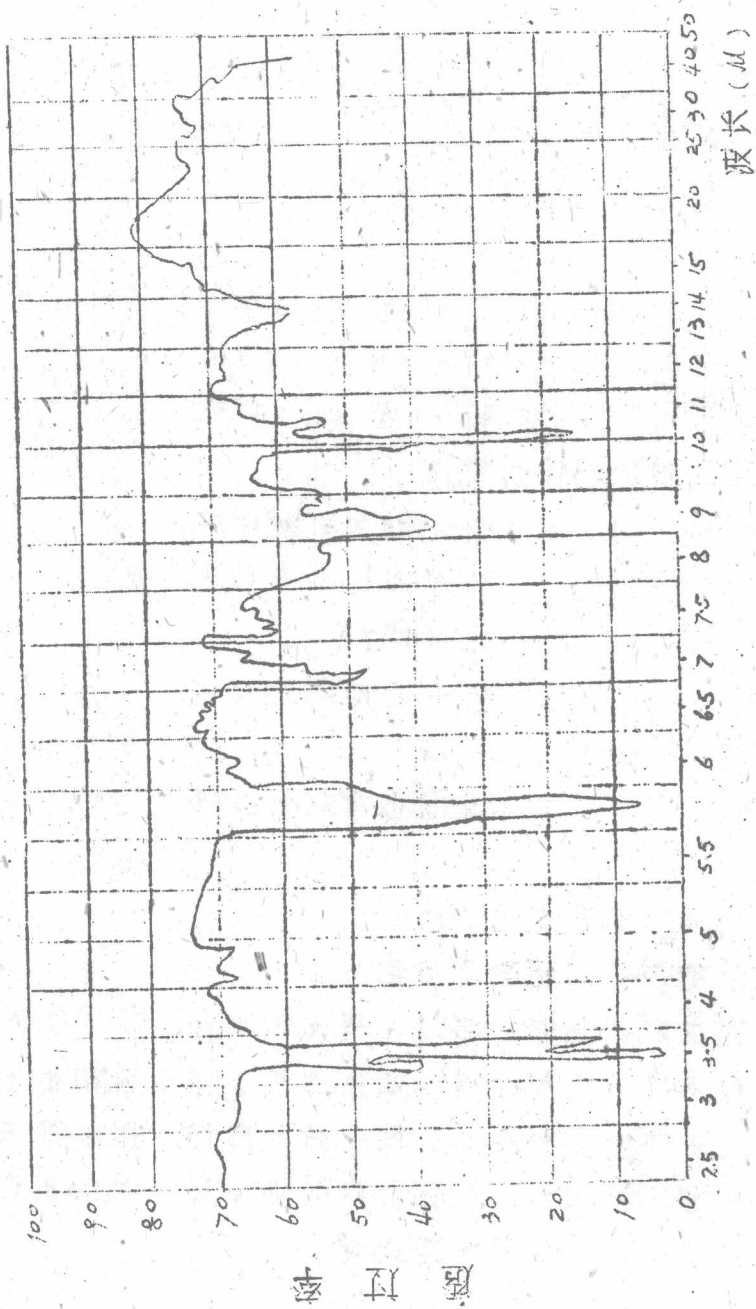


图4 桐油红外吸收光谱

辐射器是砂芯烘炉的核心，它在炉内的排列非常重要，它直接影响到被烘物的效果，经过反复实践，它在炉内的排列如图5所示。

辐射元件是使用武汉轻工耐火材料厂生产的碳化硅远红外辐射板，其每块规格尺寸为 $250 \times 170 \times 12 \text{ mm}$ ，板上有安装电热丝槽，该板的基体及远红外涂层原料及其配方是：

和电热丝。

一、基体原料及其配比：

碳化硅	80 ~ 180 目	65 %	郑州第二砂轮厂
瓷土	70 目	5 %	苏州
黑泥	70 目	20 %	广东

二、远红外涂层原料及其配比：

ZrO ₂	50 %	洛阳耐火材料研究所
SiO ₂	20 %	北京红星化工厂三级试剂
Cr ₂ O ₃	20 %	化学试剂
Fe ₂ O ₃	10 %	武汉氧化铁厂
广东黑泥	10 %	广东
硅溶胶	1 %	上海化学试剂二分厂
水	80 %	

远红外铸件砂芯烘干炉的效果：

(一) 升温速度快，升温曲线见图6。

图6中曲线是在空炉时测得。曲线1是铸铁电烘炉，功率50瓩。曲线2是远红外烘炉，功率45瓩，如果曲线1减去起始炉温差45度，则需1小时后才能上升到140度。另一方面，在实际生产中，此炉的炉温在常温下开始升温的速度是非常慢的，特别是在冷炉装有砂芯升温烘干时，其升温更是缓慢。

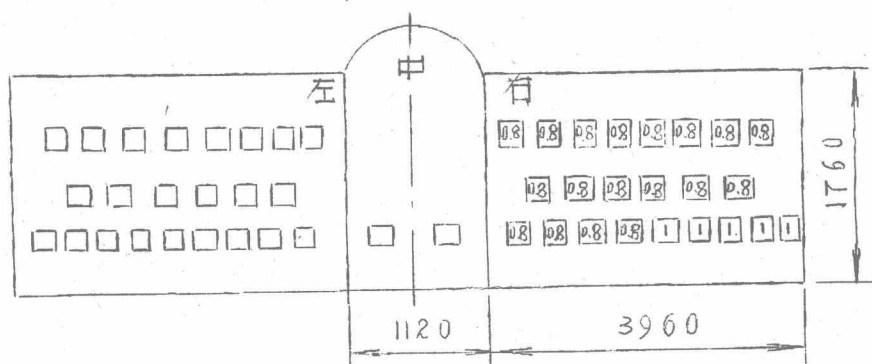


图5 远红外炉膛已开及硅板排列图，小方格中数字表示功率（旺）

（二）砂芯烘干质易高。

由远红外烘炉烘干的砂芯与铸铁片电热炉烘炉烘干的砂芯，均进行了抗拉强度和含水份的测定。为了便测得的数据，能确切地反映生产中的真实情况，因而，将试样分别放入各生产炉中，与工件同时加热干燥，再进行测试，其结果见表5。

表5 抗拉强度测定，强力试验机XS-06

工艺要求干燥	1号铸铁片电热炉					远红外烘炉				
	功率	试样烘干	测试结果			功率	试样烘干	测试结果		
	(旺)	时间(分)	件号	测试值	平均值	(旺)	时间	件号	测试值	平均值
抗拉强度 7-9公斤/厘米 ²	50	120	1	7.72		45	60分	1	8.8	
			2	7.72	7.72			2	8.8	8.6
			3	7.72				3	8.2	

含水份的测定，我厂铸件砂芯含水率在5-6%左右，现测试如下。

表 6

炉 类	功 率 (瓦)	烘芯时间(分)	湿砂芯重量 (克)	烘干重量 (克)	除去重量 (克)	备 注
2号铸铁片烘炉	59	165	112.9	106.2	6.7	此件破 了一点
			113.7	106.4	7.3	
			114	106.7	7.3	
远红外烘炉	45	135	113.8	106.4	7.4	
			112.3	104.9	7.4	
			113.4	106.1	7.3	

从表 6 中，可以看出铸铁片电热炉及远红外烘干的砂芯均是合格品，但是由远红外炉烘干的砂芯，在提高砂芯强度和水份的蒸发方面，均有较明显的增强。

(三) 烘芯速度快，节约电力节约时间，见表 7。

从表中得出结论：远红外烘炉比 1 号、2 号铸铁片电热炉快 30~60 分钟节电 39~40%

表 7

炉子编号 试验结果	1 号炉	2 号炉	远红外烘炉
每炉烘芯重量公斤	600~800	600~800	600~800
每炉机入平均功率(千瓦)	50	59	45
每车平均烘芯时间(分)	180	150	120
每车平均耗电量(度)	150	147.5	90

(四) 炉体易于改造，上马快、造价便宜，我厂改造此炉费用约 800 元，同时还有操作简便、维修工作易少等优点。

采用远红外炉的几点体会：

1、在设计铸件砂芯远红外烘炉时，一定要考虑到炉内温度的均匀分布，一般是在炉底下温度较低处，需要加大辐射器的功率，且可减少功率，在温度较高处（指被烘物为固定的）要增大辐射器之间的距离。

2、辐射元件在烘炉内的排列，非常重要，要求它所辐射出的能量应全部地，尽可能照射到被加热物上，它与被加热体的距离越短越好，但也不能太短，太短反而热量分布不均匀，一般距离在150~400mm。

3、远红外线和光一样，在空气中是直线传播，加之我厂铸件砂芯是不动的，大小，厚度相差很大，最大的砂芯尺寸为670×180×70和170×200×200，最小的有一级砂芯，所以有阴影存在，如能采用传送带式的流水烘道效率还可再提高。

4、辐射元件表面温度的控制，也应引起重视。表面温度低，辐射效率降低，表面温度增加，而辐射波长向短波移动，所以一般要求辐射元件表面温度在400~500度，我厂现在采用控制端电压的方式（即控制输入功率来控制辐射器的表面温度）。

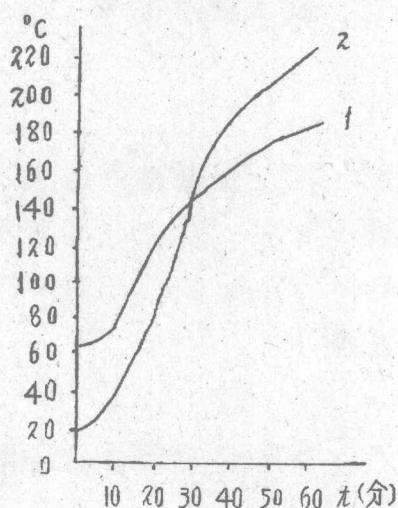


图6 升温曲线

远红外烘干交换机架漆膜的应用

苏州有炭电厂

我厂是生产 HJ 905 型 200 门——1200 门纵横制自动电话交换机的，产品中有很多部件加工工艺中要用烘房来加热干燥，特别是喷漆件烘房干燥，沿用工艺落后，用电量太大，对涂有氨基烘漆的交换机架烘干，需在 21 kW 烘房内烘 5 小时，出箱后漆膜硬度还不合要求，手触及留有手印，影响产品质量。

根据远红外线加热干燥原理，吸取兄弟厂的先进经验，对我厂电热烘房，作了远红外加热干燥技术改革，在改造烘房的同时改革了工艺，缩短了漆膜干燥时间，取得了较好的效果。

我厂采用的远红外辐射元件规格：300 × 180 × 20 mm 瓦状，碳化硅基板，功率 1 kW。涂料配方： Fe_2O_3 —10%， ZrO_2 —50%， Cr_2O_3 —20%， SiO_2 —20%。涂层涂制方法：将 Fe_2O_3 、 ZrO_2 、 Cr_2O_3 、 SiO_2 按比例混合研磨，用阿拉伯树脂加苏州白泥调成糊状用刷子涂在碳化硅基板上，放入窑中烧制（1300℃）而成。

烘房结构及几个问题

一、结构：

尺寸：4000 × 1500 × 1800 mm，房壁及顶部结构、由内向外，铝板、石棉板、保温砖。装 1 kW 瓦状远红外辐射元件 20 块，Y 连结。 $U = 220\text{V}$ ， $P = 20\text{kW}$ ， $I = 93.3\text{A}$ 。用 EFT 型毫伏计，配 EU 热电偶进行自动温度控制。

二、几个问题：

瓦状加热器辐射面积大，温度均匀适合处理固定零件，热效率高，节电效果好，装配简单。

加装铝板反射板能减少远红外线损失，提高辐射利用率。我

们把 0.8 mm 铝板装在烘房内壁，烘烤时间从2小时缩短为1.5小时，有一定效果。

辐射元件与被加热部件距离(S)及辐射元件之间的距离(d)， S 越短效率越高，但过短会使热量分布不均匀影响加工件质量，一般 $S = 150 - 400\text{ mm}$ ，我厂用 150 mm 。 d 一般选用 $150 - 250\text{ mm}$ 之间，我厂用 250 mm 。

表-8

远红外烘房与原先电阻板烘房比较

项 目	远 红 外 线 烘 房	原烘房
1. 干燥目的	HJ905交换机、架及罩壳等零工件喷漆烘烤硬化	同左
2. 涂 料	氨基烘漆	同左
3. 漆膜硬度	H以L	H以L
4. 烘房容积	$4000 \times 1500 \times 1800\text{ mm}$	同左
5. 处理方式	固定放置机架2只及其它零工件	同左
6. 烘烤时间	1.5 小时	5-6小时
7. 功 率	20 kW	21 kW
8. 耗 电 量	40 度	94度
9. 喷漆质量	好	较好

改用后烘房每天可节电130度，每月以25天计，仅此烘房一项可节电3250度。现我厂可改的设备均已改完每月可节电6640度。

远红外在聚酯漆包圆铜线生产上的应用

西安电缆厂

在英明领袖华主席“抓纲治国”战略方针的指引下，在厂党委的正确领导下，我们西安电缆厂电磁线车间广大职工为了早日实现四个现代化，迎头赶上国内外先进水平。以车间党支部为核心，实行领导干部、工人、技术人员三结合，学习了西安绝缘材料厂的经验，在机动科、供销科、检查科等有关单位的大力协助下，在QB-180#3机上进行改装远红外线烘炉，试验烘烤聚酯漆圆铜线，获得初步成功。

从1977年7月起，我们开始作技术准备，包括了解远红外线性能，测试漆的红外吸收光谱，查阅有关的标准红外吸收光谱，用远红外线板烘烤聚酯漆包线的实验室试验，确定试验方案。从1977年11月起，正式投入试验准备工作，从材料准备，元件制作，砌炉、烤炉到1978年2月1日投入正式试验，历时3个月，实现了一次试验成功。由于时间、试验条件限制，工作做得较粗糙，现仅初步试验结果，汇报如下：

一、原理

远红外线干燥加热技术是七十年代发展起来的一门新技术，在有机物，高分子物质的领域里应用有着广阔前景。一般称波长在5.6~25微米的红外线为远红外线，它不同于红外线灯产生的近红外线，后者波长在1~3微米。

有机物、高分子物质的分子（和基团）总是处于不停顿的热运动状态。各类分子和基团的热运动（包括振动和转动运动）有各自的固定频率范围。远红外线波的频率恰好也在相同的范围之内。当远红外线照射到有机物，高分子物质上时，凡符合分子