

国外远红外加热与干燥

(译 文)

(二)

甘肃省科学技术交流站翻印

1980.3

目 录

用远红外元件进行热处理的效果	2
食品干燥装置	11
远红外线喷涂干燥装置中的机械结构	15
通用S型传送带式远红外线干燥炉	23
应用远红外线辐射发热体的各种干燥装置	39
长波长红外线辐射炉	51
箱状辐射体远红外线干燥炉	53
远红外线干燥机	58
涂料干燥装置	62
发热体辐射波长的测定	65
远红外线的测量技术和测量装置	111

用远红外元件进行热处理的效果

目前发展的一种以稀有金属氧化物为主要成分制成的远红外元件，能产生过去的红外线元件所不能达到的长波长红外线（50微米以上），这种元件用在干燥、硬化、烘烤等热处理方面，与热风干燥、红外线灯泡、石英管加热器、铠装加热器比较，具有更大的效率。

这种远红外辐射元件对于一般的有机物质、高分子物质，特别是大部分的塑料、蛋白质、油脂、淀粉等，食品；纤维物质（也包括纸、木材、合成板）、合成纤维、涂料、印刷油墨、橡胶、玻璃、水等的加热、干燥都是有效的，因而被广泛地应用于各个工业部门。

一、代表性应用

现将有代表性的应用举例如下：

1) 涂饰工业

汽车、自行车、车辆、窗框、缝纫机、机械、机壳、油筒等的表面涂饰的干燥、烘烤，静电涂饰烘干，真空喷镀斜角、涂层、外涂层烘烤，修理车体时的涂饰干燥（不要封闭炉，而用增加接触的方式可得到良好的效果），船舶定期修理时的涂饰烘干等。

2) 塑料工业

原料树脂的干燥、聚氨酯类等薄膜硬化、泡沫皮革的硬化、各种环氧树脂的硬化加工、各种薄膜的压压、醋酸乙烯、氯乙烯等糊状树脂的含浸硬化、真空成形、中空成形的预热软化，丙烯

厚板、聚乙烯厚板等的弯曲加工，聚乙烯管等厚制品的软化弯曲加工、各种乳胶、糊状树脂的脱水硬化，各种胶带的粘接剂干燥。

3) 印刷工业

照相凹版印刷、胶版印刷、丝网印刷、用水性油墨印刷、乙烯基清漆涂层加工、玻璃纸印刷、石墨印刷、集成电路基板印刷、金属印刷等的干燥硬化。

4) 金属工业

铁板层压加工、铁板脱水干燥、金属板印刷、金属装饰板的脱水干燥。

5) 木材、胶合板工业

木炭装饰板的印刷、加工印刷胶合板、板类树脂加工、胶合板保温材料干燥，木制家具的涂饰烘烤。

6) 食品工业

茶、紫菜、尤鱼、蘑菇、干菜、各种水产品、卷包的脱水干燥，烤白色、饼干，食品的保温加热、加工、罐头食品的灭菌、食品包装的热沉等。

7) 纺织工业

尼龙、聚酯纤维的热定形，尼龙带的硬化、含浸聚乙烯和醋酸乙烯乳胶液的加工硬化，尼龙纤维的脱水干燥、防水防缩树脂加工以及印染、上浆加工，毛织物的整理加工、漂白、染色工艺的水分干燥，纤维上浆干燥。

8) 造纸工业

特殊纸的水分干燥、纸制品的防水树脂加工，厚板纸的防水加工，电植绒的干燥，层压纸品加工，含浸聚氯乙烯的纸品硬化。

9) 玻璃及制瓶工业

制造安全玻璃时合成树脂的粘合干燥，制品的商标、文字、图案的干燥，酒瓶洗净后脱水干燥，人造真珠的干燥。

10) 制药工业

安瓿的消毒干燥，成品商标张贴干燥、粉末药剂的干燥等。

11) 电气电子工业

电冰箱、洗衣机、电风扇、冷冻机、混合机的涂饰烘烤，集成电路基板印刷的加工处理，电容电阻的加工干燥，变压器铁心，漆色线的油漆干燥。

12) 橡胶工业

橡胶制品的粘合干燥、糊状树脂的脱水，原料的预热软化。

13) 皮革工业

皮革树脂加工的硬化、鞣皮（熟皮）的加工干燥。

14) 照相工业

胶卷干燥和印相纸的干燥加工，复印机的印相干燥，照片的定影。

15) 其它，如电镀制品的干燥等。

二、具体应用效果

远红外线加热干燥已在各方面有了很多应用，现举几例说明。

1、涂饰工业的实例

1) 照明灯具的表面涂饰

铁制照明灯具下件表面三聚氰胺树脂涂层烘烤，过去使用红外线灯泡，功率 72 瓩，需 30 分钟时间，现用远红外元件，功率 22 瓩，只需 3 分钟就可完成，而且炉长的有效下分仅需 3 米就足够了（图 1）。制品的色泽、耐冲击性也比过去好。

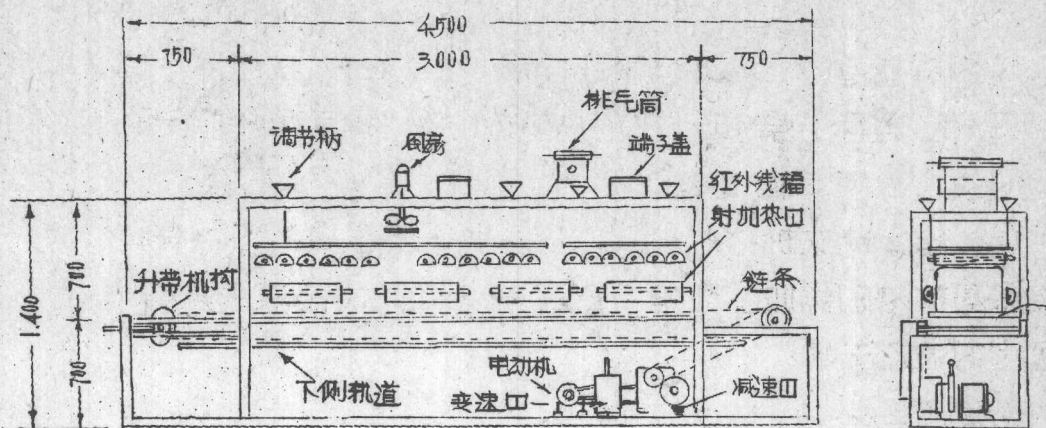


图1 化学设备工业的实例

说明：

① 炉体尺寸 700×1400×4500 毫米 (隧道式炉)

② 远红外元件规格 (管状)

1 吨 18 根；500 瓦 8 根。

全长 500 毫米，有效加热区长 440 毫米，直径 16 毫米

③ 烘烤温度 180 °C

④ 传送速度 150 ~ 600 毫米/分

2) 家用电口涂饰

过去用热风炉，制品处理时间为 30 分钟，需要炉道长 80 米，现在用远红外元件，处理时间为 5 分钟，炉长缩短到 13 米。传送速度为 2.5 米/分。

3) 玻璃真空镀膜保护涂饰

过去用热风炉需 30 分钟才能完成的物件，现用远红外炉只要 4 分就足够了。

新近被采用的远红外线隧道式炉如图 2 所示，其规格大致如下：

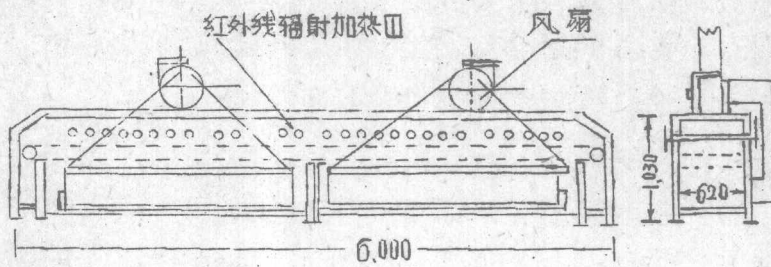


图2 保护玻璃真空镀膜凸涂饰的烘烤炉

炉体 6000 × 700 × 1,030 毫米

温度范围 130 ~ 180 °C ± 3 °C

自动调节温度 (温度指示调节口及测温电阻) 2 组

元件 1.3 瓩 30 根, 共 39 瓩

传送速度 1.0 ~ 2.0 米/分 (1.2 米/分)

传送方式 网状传送带

马达 驱动马达 0.4 瓩一台

排风机马达 0.4 瓩二台

2. 塑料加工方法的实例

不管是热塑性还是热固性树脂制成的薄膜、薄板、糊状树脂, 色含溶剂的表面处理用着色剂、粘接剂、油墨等, 对所有的塑料硬化、脱水干燥、预热软化、热凝固等都有优良的效果。举例如下:

1) 二液性聚氨基甲酸酯的加工处理

在聚乙烯薄膜上涂 50 微米二液性聚氨基甲酸酯形成皮肤的工艺, 过去用热风炉 (固定式) 加工处理需要 3 天, 现在用远红外线炉 (传送式) 只要 3 分钟, 处理温度都是 60 °C。并且物理性能提高一倍。

2) 聚丙烯薄板的预热

处理厚度为 0.3 毫米的薄板，过去用石英管加热需要 12 秒钟，现在只用 6 秒。处理温度为 $170 \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

3) 醋酸乙烯乳胶的硬化

在纸上涂上 200 微米醋酸乙烯乳胶物的含浸纸，过去用热风炉需要 10 分钟，现用远红外线元件，仅需要 2 分钟即可，而且纸张的物理性能也提高一倍多，抗拉强度由过去 20 公斤/厘米²，提高到现在的 50 公斤/厘米²。

4) 塑料厚板的弯曲加工

加工 20 毫米以上厚度的丙烯板等，只有长时间放入处理炉中使板软化后才能进行处理，而用远红外线元件，只要加热 3~5 分钟就能任意进行弯曲加工。

3、电子工业

1) 集成电路基板用环氧树脂的硬化

集成电路基板用环氧树脂的硬化，过去需要 90 分钟，现在只要 3 分钟。

2) 陶瓷电容器的烘烤

陶瓷电容器的丝网网板印刷的干燥，过去用电热干燥 200°C ，需要 3 分钟，而现在 140°C 只要 1 分钟。

4、纺织工业

聚酯粘丝的预定型。照片 2 为其加工装置。过去用电热加热，每分钟加工 100 米，现在用远红外线辐射元件处理，每分钟可加工 3000 米，而且质量无差异，弹性强度和挺括都比过去优良。

5、食品工业

紫菜等海藻类的干燥，过去只用电热干燥是达不到完全干燥的，如果装入固定式热风炉中，4 小时也不能完成，而利用远红外线炉（传送式），只需要 6 秒钟，就能完全干燥。

6、色装

用收缩薄膜进行食品等的色装，使用远红外辐射元件，与过去的热风方式相比，用电少。使用开放式的炉，也无需用鼓风设备。

7、其他

1) 在照相凹版印刷机上安装远红外线加热口，印刷速度可以提高十倍，也就是说，1台可以完成10台的工作量。

2) 装饰板（胶合板）的聚酯硬化，过去要12小时，现在用远红外线元件，只要一分钟。

3) 纸加工（树脂含浸），过去在 130°C ，要20分钟才能干燥，现在用远红外线只需要100秒钟。图3是纸加工的实例。图4是纤维素丝的红外线吸收光谱。

另外，图5表示人体的红外线吸收光谱，由图可知，人体是容易吸收远红外线的。

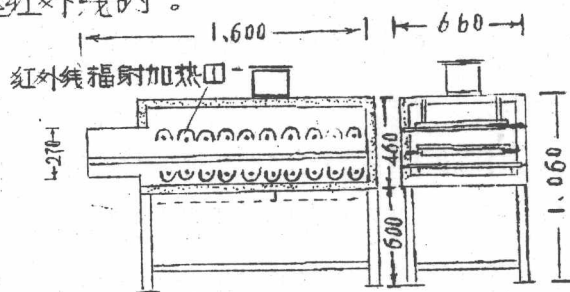


图3 纸加工的实例

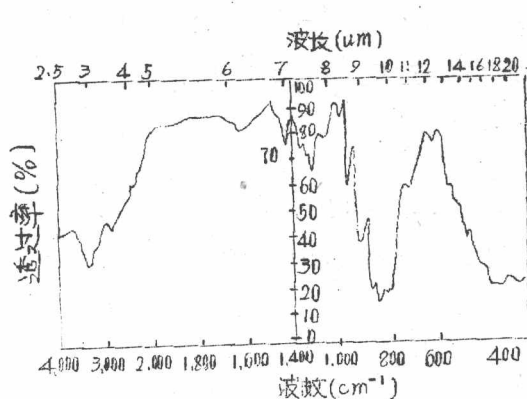


图4 纤维素的红外线吸收光谱

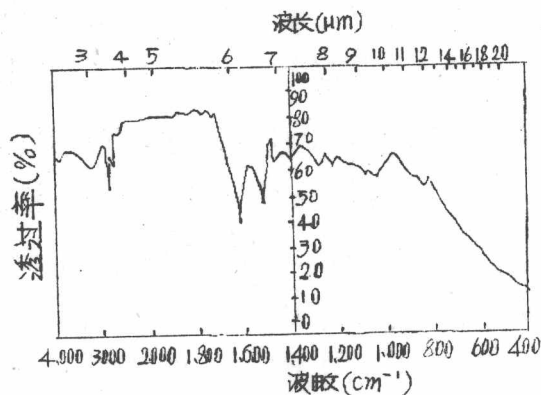


图5 人体的红外线吸收光谱

三、炉道设计中需要注意的问题以及耗电情况

远红外线炉道设计基本上按照一般的红外线设计方法，需要注意的问题有：

(1) 远红外线加热是利用辐射热，所以装置无论是密闭的还是开放的，都不会影响效率。然而，由于被加热物的形状关系，有不能全日照射到而通过炉道的情况，所以应注意设置反射板以提高辐射效率，同时要尽可能注意防止与外界空气接触以减少热损失。但不是采用象热风炉那样的热传导方式，所以没有必要完全密闭。

(2) 远红外线是直线前进的，具有和可见光同样的特性。所以在可见光的阴影下分，也产生远红外线的阴影。在加热象家具那样立体不规则的物体时，有必要考虑增加反射板装置以消除阴影。

(3) 与可见光照射相同，好的反射板能起到减少远红外线损失作用。反射板的材料可用铝板、镀银板、铝箔等为理想，不锈钢因能吸收红外线，故不宜使用。另外，需把反射板与横载板设计成抛物线形，可使光线平行地照射于被处理物上。

(4) 远红外线辐射元件与被加热物的距离越短，效率越高，但太短反而带来热分布不均匀的缺点。为了改善热分布均匀的现象，一般距离以 150~400 毫米为好。但是将平放状物体用传送方式在炉道中移动时，则不必担心会产生热分布不均匀现象。一般距离用 50 毫米时，加快传送速度效果较好。

各远红外元件之间的距离希望在 120~150 毫米。

(5) 炉道中所需的电力，粗略的计称，可用如下方法。

1) 加热时

$$\text{耗电 (瓩)} = \frac{\text{材料的处理重量(公斤/小时)} \times \text{比热} \times \text{温度上升} (^\circ\text{C})}{800 \times \text{炉的效率}}$$

(千卡/小时)

注: 1 瓩 = 860 千卡/小时

2) 干燥脱水时

$$\text{耗电 (瓩)} = \frac{a + b + c}{860 \times \text{炉的效率}} \quad (\text{瓩})$$

其中 a 为水分的处理重量 (公斤/小时) $\times$ 温度上升 ($^{\circ}\text{C}$)
千卡/小时

b 为蒸发的水重量 $\times 539$ (千卡/小时), (水的蒸发热为 539 千卡/小时)

c 为材料的处理重量 (公斤/小时) $\times$ 比热 $\times$ 温度上升 ($^{\circ}\text{C}$) 千卡/小时

译自《化学装置》1972, 4, 84~90页

食品干燥装置

介绍一种红外线食品干燥装置，它具有下述两项特征。

1、该装置由下述三个部分组成：

① 装设在输送食品的传送带上方的输入端附近，并在该传送带上下相对地设置若干个内装辐射远红外线加热管的预热装置；

② 在预热装置的下流侧和传送带的上方，装设由若干热传导性优良的热辐射管形成的第一干燥装置。该装置具有向传送带上的食品喷射热风的吹出口，而在辐射管的外表则涂有辐射远红外线的物质；

③ 在第一干燥装置的下流侧和传送带的上方，装设若干个同样的远红外线加热管的第二干燥装置。

2、依在预热装置和第一干燥装置内被加热过的空气通过第一干燥装置的热风吹出口的同时，并依第一干燥装置的排气由热辐射管向上方进行。

现在，再详细说明有关内容。

这种连续干燥食品装置，特别还具有这样的作用，即在干燥时对食品照射远红外线，能促进食品（特别是鱼类）中的肌酐酸的生成。

下页，以鱼类干燥装置（参照附图），来说明一个实例。

图1为装置的构造图。在一对皮带轮10、11上，装有传送带12，此传送带具有可挠性，是用铁丝网或板条制成的。

对于此传送带的前进方向，是按鱼类的预热装置13，第一干燥装置14，第二干燥装置15的顺序设置的。

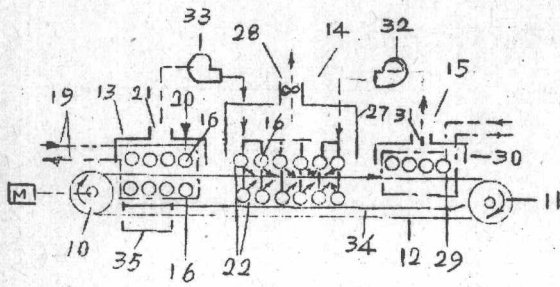


图1 本专利实例的说明图

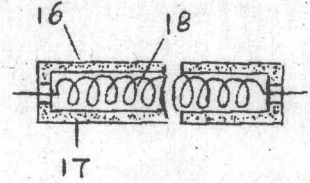


图2 加热口的截面图

预热装置 13，是装设在传送带 12 上正送入端的近旁，在该传送带的上下方相对地设置若干远红外线加热口 16。

此加热口 16（图 2）是在陶瓷管 17 的内下壁上敷设镍铬耐热合金丝 18，并将它与供电导线 19 相连接。

此外，20 是罩盖，此罩盖可将热风由其上开口 21 处送出到第一装置 14 中。

其次，第一干燥装置 14 是设在预热装置 13 的下流侧，配备着排列在传送带 12 上方的若干热辐射管 22。

不过，视鱼类的种类不同（例如在对油分少的鱼类进行干燥时），也可以将热辐射管上下成对地设置。

对于此热辐射管，可以供给来自预热装置的排出热风，和来自第二干燥装置 15 的热风而相互连接，利用此热风，可将鱼类的表面上形成的蒸汽皮膜层（所谓蜷缩现象那样的东西）吹走，而且如图 3 所示，在热传导率优良的刚性管 23 的上下安装热风供给管 24，在下下装设沟状的喷射热风的吹出口 25。在此管 23 的

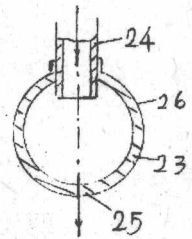


图 3

热辐射管的截面图

外百，涂敷加热后能辐射远红外线的涂料26。

此种涂料（黑色）的成分如下表所示：

颜 料	碳 黑	20.2 %	16 %
	二氧化硅 (SiO ₂)	79.8 %	
溶 剂	粘 接 剂	5.3 %	84 %
	甲 基 乙 基 酮	94.7 %	
辐 射 率	0.996		

这种涂料之所以在加热后能辐射远红外线，是由于这种涂料内的金属氧化物受热时，能将热转变成红外线的缘故。

此外，在第一干燥装置上，还装有罩盖27，此罩盖上下装有鼓风机28，用此鼓风机，可以将鱼类上发生的蒸汽和烟雾等排出。

在第一干燥装置的下流侧，安设第二干燥装置15，此装置中只在传送带的上方设置与预热装置相同的加热皿29。在此装置的罩盖30的上下做成排气口31。此排气口通过鼓风机32而与第一干燥装置的热辐射管22相通。

此外，33为预热装置的鼓风机，34为位于传送带下方的，承受从鱼类上滴下的油的受油盘，并与贮油皿35相通。

以下，就上述实例的作用加以说明。

由于加热皿16的镍铬电热丝通电，就加热陶瓷管17，使其辐射远红外线。

因而，放在传送带12上的鱼类被送入预热装置13内下，就可以利用上下对置的加热皿16而开始干燥。

在这一干燥中，如对鱼类辐射远红外线，则红外线不仅照射到鱼类的肉表面，而且还渗透到其内下，不但能均匀地干燥，而且远红外线还具有使鱼类肉中磷酸酶的活性降低的性质，因而鱼

肉内肌酸的生成量增大，使鱼类的滋味加浓。至于使这种磷酸酶的活性降低的原因，此处从略。

通过预热装置对鱼类，进入第一干燥装置内。在第一干燥装置的热辐射管 22 中，通入来自预热装置和第二干燥装置的热风。利用此热风加热管子表面的涂料 26，就能辐射出远红外线。

利用此远红外线，鱼类被再一次干燥，但由于在第一干燥装置上，热风是由喷出口 25 喷出的，因此把鱼类的表面上生成的一层所谓蜉蝣状的蒸汽层吹走，从而提高了远红外线的辐射效率。

最后，鱼类进入第二干燥装置 15，但因为这一装置内仍与预热装置一样，也被远红外线照射，所以在促进干燥的同时，还增长了肌酸的生成量。

如上所述，按照这个方法，对鱼类等的食品干燥，可以连续地进行，并且因为它利用远红外线来进行干燥的，所以和原来的方式相比，干燥时间可大大地缩短。

如图 4 所示，在只用热风干燥的方式中（虚线），在干燥初期（相当于预热装置）和干燥完成下分（相当于第二干燥装置）要花费很长时间。而在单用远红外线的干燥方式中（点划线），时间大致比上述方式缩短二分之一。

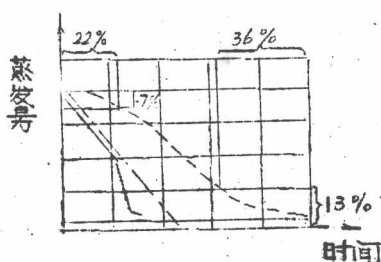


图 4 与以前干燥方式干燥时间的比较

另外，由于照射远红外线之外，同时还喷射热风，因此，照射干燥时间还可以缩短，而且滋味也更好，这个装置具有简单而优良的效果。

译自日本专利《特开昭 50-23065》

远红外线喷涂干燥装置中的机械结构

利用远红外线使涂料干燥硬化的方式，最近已逐步推广应用。这是因为它比其它干燥方式要好得多。利用它所取得的效果是：提高生产效率，降低生产成本并能易于生产，节省劳动力等；由于热效率增大，因而节省能源。

但是，要获得良好的效果，必须做到：①需要得到辐射能力强的远红外线发热体；②为提高装置的热效率，需要有适应各种目的并把热损失保持在最小值的机械结构装置。比如使用台灯要获得能阅读桌上书籍的适当照明度，不仅与提高电灯的瓦特数有关，而且还受台灯灯罩的形状和安装的位置、照射的距离、照明的方法如何等的影响，红外线干燥也完全相同。何况在喷涂干燥方面，由于使用的涂料种类，物理性能、被涂物的形状和热容量的大小等不同，因而干燥温度和其它条件也有差别。一般来说，在同一干燥装置上经常使用同样的涂料和同样被涂物的情况是不多的，因此，在设计制造这种装置时，要使它的照射条件尽可能简单而且能够随时进行调整。这就需要若干机械结构。本文就是介绍所研制的各种机构。

1、电力调整装置

如前所述，调整台灯照亮书本亮度的第一个因素，是灯泡的瓦数。而对于喷涂干燥，决定喷涂面上受到的红外线照射量多寡的首要因素，是施加于辐射发热体上的电功率的大小。因为这一照射量与喷涂面的温度成正比。所以最好是按照所需温度来调整发热体的红外线辐射量，也就是调整施加于发热体上的电力。

该装置是采用可控硅元件，并利用相位控制作为无触点连续电力调节器，其特点为：

① 因为它是一种电子控制的方式，无可动部件，因而使用寿命长，维修简单。

② 由于装有过电压保护装置，因此即使在电路中发生异常电压时，也可安全使用。

③ 由于用可控硅控制，所以电力的损失极少。等々，与以往使用的滑线式变压器等电磁式调节器相比，具有很多优点。

2、照射距离调节机构

如上述照射的例子中所提到的，另一个影响照射的因素是照射距离。由于红外线与光同属于电磁波，因而红外线在空气中传播，到达被加热物为止，在途中也会产生吸收、散射、反射等情况，所以照射距离越远，衰减就越大。为避免这种情况，就装上具有抛光面的铝制反射罩，以便减轻这种距离的影响，但这不可能全下照射出完全平行的光线，仍不免有某种程度的距离衰减性。

因此，在传送装置中装设了能简单地调节照射距离的机构。下面列举几个实例。

① 支架方式

图1所示为传送装置截面上的调节机构下分，是在按炉体框柱划分区段的各框柱上，开有图示那样的凹槽。利用手动操作，将发热皿嵌入支架凹槽。大体上，装置的宽度在1米以内的情况下可以采用。

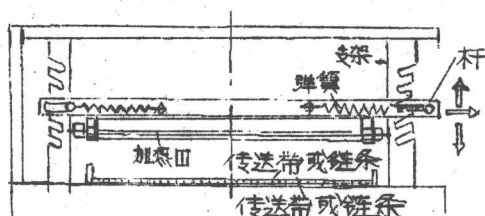


图1 用支架方式调节照射距离的截面图