

关于红外加热技术及其应用的讨论(四)

本期发表两组文章,都关系到实际应用方面的问题。正确运用红外加热技术,既牵涉到对机理的认识,又牵涉到具体技术的实施,这两者应该是一致的。本刊在组织了一部分机理方面的讨论文章之后,又推出实际应用方面的问题,目的就在于促进理论和实际的结合。这样做也许可以使问题搞得更清楚一些,更深入一些。在今后几期中,我们将继续组织这两方面的文章,欢迎读者参加讨论。

——编者

当前红外加热炉温度控制中存在的问题及改进方法

王耀农

(南京起重机械总厂四分厂)

能否正确地对加热炉进行温度控制,是当前推广红外加热技术的成败关键之一。本文就当前红外炉温度控制中普遍存在的问题及其改进方法,进行一些初步探讨。

一、当前存在的问题

当前红外炉温度自动控制中,最普遍最突出的问题就是简单地沿用电阻炉的常规方法来控制红外炉。即以气氛温度(介质温度)为主要温控参数,用调整全部或绝大部分辐射元件电压的办法来保证气氛温度不变。无论是各种商品红外烘箱,还是不少单位自制的通道式或封闭式的红外烘炉,甚至是从国外引进的成套设备中,都存在着这个问题。

应该看到,在大多数情况下,温控的基本目的就是要使被加热物料在规定的温度下进行加热,并且达到工艺所要求的干燥程度。如果物料在加热前的初始条件(如含湿度)是一致的,则只要使物料通过加热炉后,各自吸收的总的热量基本保持不变,就可以保持各个物料出炉后良好的干燥质量,这是我们解决问题的一个出发点。

吸热量不能直接测定,但它可以用加热时间和传热速度两个因素来分别控制。在成批生产中,物料通过加热炉的时间一般是不变的,而温控的实质则是为了造成稳定的传热速度。

所谓气氛温度就是炉内介质(空气)的温度。使气氛温度稳定,就能使炉中物料与空气介质之间的对流换热能量基本保持不变。对于主要是通过空气介质进行对流换热的电阻炉来说,用这种方法控制是正确的。

但是,对于以辐射传热为主的红外炉来说,气氛温度不能反映辐射换热,因而它就失去

了它在一般电阻炉中所起的那种决定性作用，这就要求我们另找一些能够反映辐射加热特点的可以控制的参数。

无论是通道式的红外炉，还是封闭式的红外炉，如果我们仍象电阻炉那样，以气氛温度为主而去调整全部或绝大部分辐射元件的电压，则无论电功率是突变(开关控制)还是连续变化(可控硅控制)，都会引起这些辐射元件表面温度的大幅度波动。随之，元件的辐射能量和辐射光谱也必将大幅度地变化。这就造成了加热条件的不稳定，从而导致物料吸收的有效辐射能量大幅度地变化。

尽管有的物料在炉中烘烤时间相等，但它们吸收的有效辐射换热能量并不相等，因此干燥质量完全可能不一致。

由上可知，简单地沿用电阻炉的方法来控制红外炉是行不通的，这是对两种加热炉的加热机理和应用技术缺乏了解的结果。

二、改进后的控制方法

1. 控制原则和要点

设被加热物料在炉中吸收的有效辐射换热能量为 $W_{\text{辐射}}$ ，吸收的对流换热能量为 $W_{\text{对流}}$ ，则红外炉温度控制的原则应为：

(1) $W_{\text{辐射}} \gg W_{\text{对流}}$ ，以便最大限度地发挥红外辐射加热的优势。

(2) $W_{\text{辐射}} + W_{\text{对流}} = \text{常数}$ ，以使干燥质量保持稳定。

由(1)可见，要控制物料吸收热能的总量不变，首先必须控制 $W_{\text{辐射}}$ 基本不变。只要控制了 $W_{\text{辐射}}$ ，物料的均匀加热也就基本上有了保证。在这同时，再对气氛温度进行适当控制，以使 $W_{\text{对流}}$ 也能基本稳定。这样，物料吸收的总的热量就可以基本不变。因此，红外炉的温度控制应包含如下三个要点：

(1) 控制绝大部分辐射元件的辐射表面温度，使其保持不变。在工艺条件许可的范围之内，对该温度进行选择，使辐射元件的辐射光谱和实际被加热物料的吸收光谱尽量相匹配。这里要注意的是，表面温度不能选得太低，否则不能发挥红外辐射加热的优势。一般选择的表面温度在 $400^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，此时加热干燥效果好，节能效果亦好。

(2) 稳定气氛温度。

(3) 选择炉内到达动态平衡时的气氛温度作为给定的气氛温度，以便减少由调节而引起的炉内温度场的波动。这点很重要，而往往被忽视。

还必须指出，不管任何数值的动态平衡温度，只要它不超出工艺许可范围，都可选为给定的气氛温度，这样就大大减小了调节的麻烦。

2. 具体控制方法

(1) 第一种方法

下面选取通道式红外炉中的一个控制区间来示意。设该区间共有七块辐射板，如图 1 所示。

我们将中间第 4 号板单独用一套可控硅温控仪进行控制。将与该温控仪相连接的热电偶插在空气中测量气氛温度，以便在气氛温度偶尔出现波动时进行微量的补充调节。对其余六块板则一律控制辐射表面温度，另用一套可控硅温控仪进行控制。

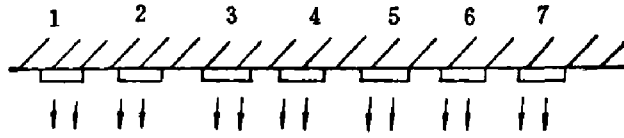


图1 通道式红外炉的一个控制区间

表面温度的测量方法如下,将热电偶的热端剥去金属外壳,然后将双金属片埋在某辐射板表面,再用碳化硅粉进行封涂,以准确地测量辐射表面的温度并控制其不变。在测量辐射表面温度时,为了预防因辐射元件烧坏而引起温控仪的误动作,应采用两根热电偶,分别放在不同的辐射元件的表面,作为对照,并加接警报装置,以便在出现异常情况时及时报警。另外,在整个控制系统中还必须装有监视仪表,以便经常掌握运行情况。目前也有一些新的测量辐射表面温度的技术,本文中所采用的热电偶方法只是比较通用和经济的一种方法。

用4号板调节气氛温度,并不会对辐射能量产生很大的影响。因为我们所选的气氛温度本身就是炉内达到动态平衡时的气温,所以调节量并不大,只是在偶尔波动的情况下,才作为一点辅助性的补充调节。由这点补充调节所引起的辐射能量的有限变化,相对于物料所吸收的总传热能量来说,要小得多。这在一般的工业生产中是完全允许的,比起用电阻炉方法进行控制时所引起的辐射能量的大幅度变化要小得多。

用这种方法控制的通道式红外炉,可以用来烘烤金属外表的喷漆,面包、饼干等等。

(2) 第二种方法

为了克服用4号板调节气氛温度时带来的辐射能量的变化,可将4号板换成一根普通的不涂有红外辐射涂层的电热管,而其它辐射板和控制方法则一律不变。由于用电热管对气氛温度作微量调节所引起的辐射能量的变化要小得多,这种方法简单而又可靠。

(3) 第三种方法

对气氛温度本身不进行任何控制,而将气氛温度的变化作为控制信号,按比例地改变辐射能量。这种控制方法比较麻烦。

本文所提出的红外炉控制方法中强调了如下观点:必须控制物料所吸收的有效辐射能量,并且尽量使 $W_{\text{辐射}}$ 与 $W_{\text{对流}}$ 之和接近一个常数。这里提出的具体控制方案不一定是最佳方案,只想给出一个控制红外炉温度的基本原则。

还需要指出的是,炉体的热工结构设计,电功率的选择,照射距离的选择,热风对流的采用等等是否正确,对温度控制也有着很大的影响。

致谢——在本文的写作和调研过程中,曾得到南京工学院钱钟韩教授,南京市新技术研究所刘培勋工程师,原南京市科协远红外技术推广组程正献,机械工业部南京汽轮机厂总工程师刘新亚,南京市电机电器公司总工程师张明勋,南京起重机械总厂总工程师陈古陶等同志的大力帮助和支持,在此特表示衷心感谢。

(本文1983年8月27日收到)