

光纤连接器固化炉温度的测量、监控与校准

作者：陈波、张雨，ADC 电信（上海）有限公司

在光纤连接器的植纤过程中，光学环氧树脂胶水的固化质量对于胶水的性能，包括粘合性、Tg（玻璃态转变温度）等起到至关重要的作用。本文通过分析当前常用的光纤连接器固化炉，阐述了对流加热与传导加热方式的差异、正确测量胶水固化温度的方式、如何监控固化炉温度、以及校准固化炉温度的方法。

当前常见的光纤连接器固化炉的加热方式有两种：对流加热和传导加热。

对流加热：即气体中较热部分和较冷部分之间通过循环流动使温度趋于均匀的过程，采用该方式的固化炉我们称之为对流加热固化炉（图1）。

传导加热：热量从系统的一部分传到另一部分或由一个系统传到另一系统的过程，采用该方式的固化炉我们称之为传导加热固化炉（图2）。

对于光纤连接器内的环氧树脂胶水来说，合适而稳定的固化温度是保证其充分固化并达到工作强度的前提条

件。目前采用上述两种加热方式的固化炉，都普遍应用在光纤连接器制造行业内，而从两种加热方式的原理上我们不难看出，对流加热通过空气循环更利于保证加热温度的均匀性和插芯内胶水固化的一致性。尤其是对于预组装的连接器的来说，固化时因为在加热板与插芯之间还存在塑料部件，导致传导加热会有比较大的损耗，而且实际插芯内的温度与当前固化炉上显示的温度（固化炉探测到的温度）也有较大的差异。

从表1、表2的数据中可以看到，对于对流加热固化炉来说，其温度偏差要明显小于传导加热固化炉，因此选

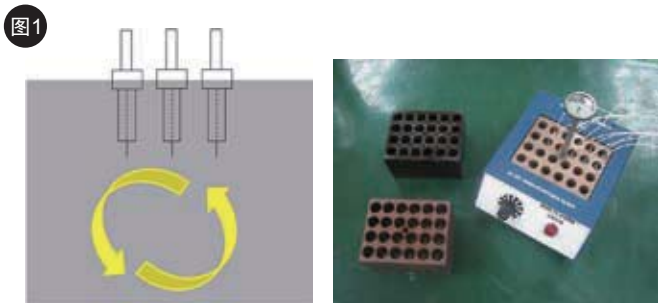


图1 对流加热原理和固化炉

表1 对流加热固化炉的测量数据（单位：度）

项目	固化炉设定温度	固化炉实际显示温度	检测点1的温度	检测点2的温度	检测点3的温度	检测温度与实际温度的最大偏差
时间点1	130	130	121	120	123	10
时间点2	130	129	123	120	122	9
时间点3	130	130	120	121	120	10

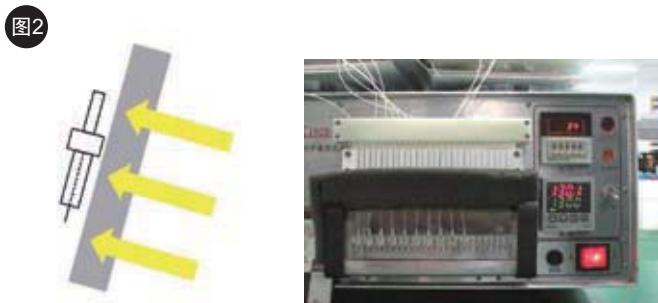


图2 传导加热原理和固化炉

表2 传导加热固化炉的测量数据（单位：度）

项目	固化炉设定温度	固化炉实际显示温度	检测点1的温度	检测点2的温度	检测点3的温度	检测温度与实际温度的最大偏差
时间点1	130	130	112	116	114	18
时间点2	130	129	112	115	114	17
时间点3	130	130	113	113	115	17

用对流加热更有利于光纤连接器的固化。(注：数据表中增加了温度偏差；增加了关于对流加热和传导加热方式的分析)

当然，我们也看到一些传统的传导加热固化炉也正在通过增加保温罩等方式来减少温度的流失，从而尽可能的增加温度稳定性。

在介绍了固化炉加热系统的工作方式之后，我们再来详细分析固化炉加热系统应该如何进行温度测量，如何对固化炉温度测量系统进行监控以及校准。

一、如何正确测量胶水固化温度

胶水固化温度是指植纤过程中进行插芯加热时，插芯内的胶水实际温度，对于此温度的测量可以通过将热电偶固定在插芯内来实现。首先，准备一个普通的插芯（根据实际的固化系统来选择插芯类型，例如 2.5mm SC 插芯），并将环氧树脂胶水注入插芯内，然后将热电偶的探头插入插芯内。最后，将热电偶和插芯一起放入固化系统内进行固化，加热后，探头部分即制作完成，然后可以将热电偶数据线接到温度采集仪上测量和记录温度。

改装后的热电偶，可用于模拟测试插芯内的胶水在加热固化时的实际温度。

二、验证固化系统显示的当前温度与用上述方法测定的插芯内胶水温度之间的差异

我们如果采用固化炉自身的温度测量系统作为胶水固化的实际温度，那么与实际插芯内胶水的加热温度可能会有 10 度左右的偏差，而且根据固化炉的温度探点位置不



表3 采用初始温度探点位置的温度测量数据 (单位：度)

项目	固化炉设定温度	固化炉实际显示温度	检测点1的温度	检测点2的温度	检测点3的温度	检测温度与实际温度的最大偏差
时间点1	130	130	112	116	114	18
时间点2	130	129	112	115	114	17
时间点3	130	130	113	113	115	17

同，这种偏差还有可能会更大。例如下面所示的固化炉，初始温度探点的位置在加热金属板的一侧，而实际上更接近插芯的位置则应该选择在加热空腔内部，详见图 3 及表 3、表 4 数据。

总之，造成这种差异的根源就在于温度测量点的位置不同，对于固化炉自身的温度测量系统来说，无法将测量探头的位置直接放在被加热的插芯内，而只能通过选择合适的位置来减小这种差异。

三、如何调整和补偿固化炉温度测量系统与实际插芯内胶水温度的偏差

仅通过上述第二部分得到的温度偏差数据还不足以对固化炉系统进行调整，这里需要考虑到固化炉各个加热孔之间的温度偏差，以及每个孔的加热温度随时间的波动情况。

温度波动性：每个加热孔在一段时间内（建议选择为实际的固化时间）温度最大值与最小值的差。只有当各个加热孔的温度波动都符合实际工艺的固化温度公差范围要求时，才可对固化炉温度检测系统进行补偿。

温度偏差均值：固化炉的各个加热孔温度平均值的均值，用该数据作为固化炉温度检测系统补偿调整的基准点，该温度与实际固化要求温度之间的偏差即为实际需要进行调整的补偿值。

当上述数据得到确认之后，根据固化炉实际的温度进行补偿，使得固化炉显示的检测温度与实际用热电偶测定的插芯胶水温度达到基本一致。

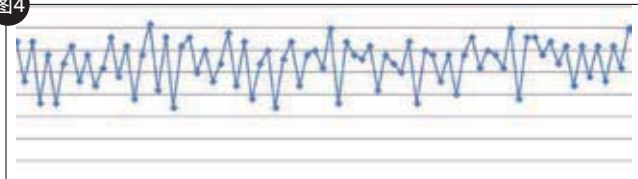
四、如何进行固化温度的监控

固化炉的加热过程呈现出周期性的高低波动，这是因为固化炉不会一直持续加热，当实际温度达到设定温度的上限时，固化炉停止加热；而当实际温度低于设定温度的下限时，固化炉启动加热。因此我们将会看到如图 4 所示的温度曲线。

表4 采用优化温度探点位置的温度测量数据 (单位：度)

项目	固化炉设定温度	固化炉实际显示温度	检测点1的温度	检测点2的温度	检测点3的温度	检测温度与实际温度的最大偏差
时间点1	130	120	113	112	114	8
时间点2	130	120	114	111	112	9
时间点3	130	121	113	112	112	9

图4



由于存在这种加热过程的波动性，尽管已经将系统设定在了合适的温度，但是随着时间以及环境的变化，实际的固化过程中仍然有可能超出规定的加热范围。因此，有必要对整个固化过程进行实时监控。实时监控系统需要具备以下几个功能：

- **温度超标报警。**可在系统内设置加热温度范围，当实际温度超过范围时触发报警器，提示相关人员进行处理。
- **设定温度采集频率。**设定温度采集频率对于整个监控系统来说十分重要，采集频率过低，则可能无法监控到温度失控的期间；而采集频率过高，则会浪费监控系统的资源。这里可根据实际使用的固化炉温度曲线来设定温度采集频率。
- **记录保存温度数据。**通过对记录数据的分析，可监控整个系统周期运行的稳定性，并预见系统运行的不良趋势，从而为设备的周期性维护提供依据。

最后，需要确认固化炉监控通道的选择。从实测的固化炉温度图上（图5）可以看到，不同加热孔位的温度是有差异的，如果将监测通道选择在温度偏高的孔位，那么该孔温度稍微上升，就会报警，而其他通道还没有超标；而该孔温度下降到靠近下限时，则其他通道早已超标。反之亦然。所以，最优方案是选择中值孔进行监控，即选择最接近设定温度的加热孔。

五、固化炉的周期性校准

随着固化设备的老化以及环境的变化，需要对固化炉进行周期性的校准。需要注意的是，这里所说的校准只是针对具体的某个温度点来进行，而不是线性的区间。例如，当温度点在 100 度的时候，上下波动公差是 ± 2 度。那

图5

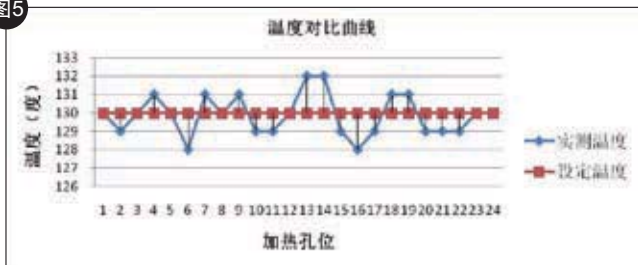
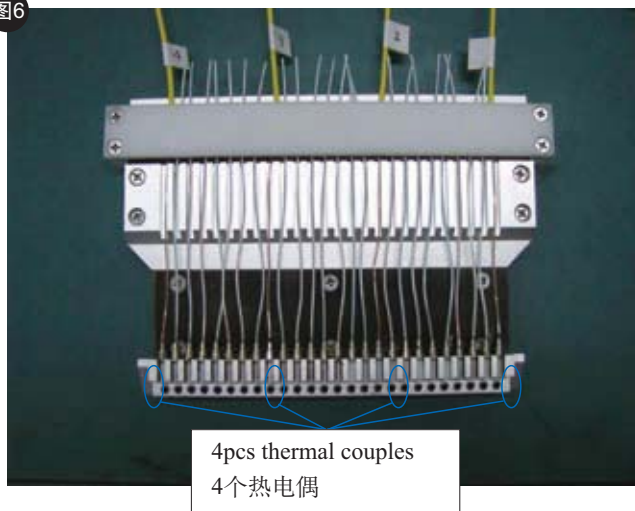


图6



么当温度点在 60 度的时候，上下波动的公差就不一定相同。所以，在对固化炉进行校准的时候必须首先根据实际的工艺参数要求，确定需要校准的温度点。

校准时，可以采用全部校准的方式，即用热电偶对所有的加热位置进行校准。对于一套稳定的系统，也可以采用取点校准的方式，即要求选取的校准点要尽量反映整个加热区域的情况，例如图 6 所示的 4 点校准法。

建议对于系统的首次校准，可采用完全校准法，而对于后期的周期性校准，则可选择取点校准法。

接下来，对于固化温度校准过程还需要确定数据采样的时间段，因为在前面已经介绍过固化加热系统的波动性，校准的过程需要保证在要求的时间段内，温度波动曲线都能够满足工艺要求。在这里，建议采样时间至少应大于或等于实际连接器的固化加热时间。

校准过程完毕后，可以将采集到的详细数据进行整理分析。需要确认的几个参数如下：

- **升温时间：**即待测连接器（热电偶）放入固化炉内后在达到设定温度之前的升温时间，这个参数对于制定连接器的固化工艺有影响，因为实际的连接器加热时间里包含了升温时间和加热时间两个部分，而足够的加热时间是保证胶水充分固化的先决条件。另外，接下来在数据分析中所用到实测温度都是指在升温时间之后的加热时间段内测量的温度。
- **各通道实测温度的均值与设定值之间的偏差是否满足工艺要求。**
- **各通道的实测温度在整个加热过程中的波动是否满足工艺要求。** LWC