

无铜柔性电热片

在柔性电路上构建电阻性金属箔以产生热量
深圳市圣柏林电热制品厂-编制

客户询问是否可以使用除铜以外的金属箔制成柔性电路。他们需要加热不平坦的表面，并希望将柔性电路的轮廓能力与电阻箔的加热质量相结合。

答案是肯定的，电阻金属箔可用于柔性电路上以产生热量。大多数制造电阻式挠性电路的制造商都将其称为挠性加热器。许多电阻箔可以用于这种类型的应用，许多不同类型的粘合剂和绝缘材料也可以。重要的是要了解构成柔性加热器所用材料的差异，以便您知道如何正确指定加热器，以实现最大的效率和可靠性以及最低的成本。

虽然有多种类型的电阻金属箔可用于构造柔性加热器，但最常见的类型是白铜，康斯坦丁（非常类似于白铜），铬镍铁合金和铝。给定应用的最佳金属箔类型取决于所需的电阻密度。这是根据工作电压和加热器工作温度得出的。

金属箔的选择取决于所需的电阻量，还取决于该电阻需要覆盖的面积。加热元件的总电阻由箔制成的金属的电阻率，金属箔的厚度和元件导体的宽度驱动。大多数柔性加热器的设计均覆盖了金属总加热区域的大约 50%。这意味着，如果加热元件走线的宽度为 0.020 英寸，则元件走线之间的间隔也应为 0.020 英寸。通常，这将提供最佳的热量分布，并将“热点”或过热的可能性降至最低。

以下是一些常用箔及其特殊特性的摘要：

白铜。顾名思义，白铜是铜和镍的合金。尽管有几种类型的铜镍合金具有不同的铜和镍比例，但用于柔性加热器的最常见合金是 715 合金。该合金是 70% 的铜和 30% 的镍。这种材料在制造过程中的处理方式类似于

铜，并且具有相对较低的电阻率 16.22047

$\mu\Omega$ 英寸（仅供参考，铜为 0.661417 $\mu\Omega$ 英寸）。这种合金通常用于不需要高电阻密度的应用中。白铜的一个优点是相对容易地对材料镀铜。这样就可以在某些区域（例如电源线）不加热的地方使用柔性加热器。在电阻性图形的选定区域上电镀铜会大大降低该区域中的电阻，从而导致产生热量很少或没有热量。镀铜还可以使用镀铜通孔在各层之间建立连接。当使用这种技术时，电阻箔通常需要在内层上，外层上有铜垫（可能还有电路）。可以焊接白铜，使其易于连接导线。白铜的电阻温度系数（TCR）低，因此加热器电阻随温度的升高和降低而变化很小。这使得温度更容易在宽范围内控制。

康铜。康铜是白铜的一种变体，铜含量为 55%，镍含量为 45%，电阻率为 19.63495 $\mu\Omega$ -英寸。Constantan 通常用于挠性电路应用，例如应变仪和热电偶。康铜的 TCR 也很低。

铬镍铁合金。铬镍铁合金有几种合金，但主要是镍，铬是第二元素。铁，钼，铌，钴和其他金属用于制造不同的因康镍合金。Inconel 600 可能是使用最广泛的合金，电阻率为 40.6 $\mu\Omega$ -英寸。高电阻率使该箔成为需要在小面积内封装高电阻的应用的理想选择。这是一个非常硬的箔，不容易镀铜。铬镍铁合金实际上也是不可能焊接的，这意味着通常必须将引线铜焊到加热元件上。与以前的箔一样，Inconel 的 TCR 也很低。

铝。通常选择铝箔作为加热器

节省金钱的元素材料。电阻率大约是铜的两倍，并且像许多其他纯金属一样，它具有很高的 TCR。铝的腐蚀速度也很快，这使制造商难以保持严格的电阻控制。但是，如果您想节省几分钱而又不关心严格的温度控制，则铝可能是一个不错的选择。

选择正确的胶粘剂/绝缘系统

绝缘和胶粘剂的选择主要由加热器的工作环境（即工作和环境温度，化学接触等）决定，而成本较低。绝热类型和粘合剂类型都必须针对加热器将在其上运行的温度进行额定，并留有足够的余量来考虑温度波动。温度波动可能由诸如可变电源电压和升高的环境温度之类的变量引起。

尽管有很多类型的挠性绝缘类型，并且可以使用相同或更多数量的粘合剂类型来制造挠性加热器，但其中有少数覆盖了所有应用的 95% 或更多。对于绝缘，这些包括：

聚酰亚胺。聚酰亚胺薄膜可用于多种柔性加热器应用中。除了是极好的电绝缘体（0.001 英寸聚酰亚胺的介电强度额定值为 7700V），它还已成功用于温度低至 -269°C (-452°F) 的应用中因此，聚酰亚胺加热器不仅用于极低温的空间/卫星应用，而且还用于诸如半导体制造等高温应用；聚酰亚胺薄膜的高介电强度允许使用厚度为低至 0.001"。这导致极快的响应时间以及热量从加热元件到被加热物体（通常称为散热器）的快速传递。聚酰亚胺薄膜也具有很好的耐化学性。聚酰亚胺薄膜表现出色

在柔性加热器所需的大多数物理和电气特性中，其缺点是成本。

硅橡胶。硅橡胶加热器结合了较高的工作温度和适中的价格。用于玻璃纤维加热器的最常见的硅橡胶基底用玻璃纤维增强，以增强尺寸稳定性。硅橡胶加热器可在超过 450°F 的温度下连续运行。橡胶加热器没有单独的粘合剂系统。基底和覆盖层材料通常以层压材料的形式提供给制造商，其一侧为固化橡胶，另一侧为未固化橡胶。蚀刻的电阻箔图案夹在两片橡胶之间，然后层压以密封。

聚酯 (PET)。如果该应用没有高温要求并且对成本敏感，则聚酯薄膜是一个不错的选择。聚酯的最高工作温度低于 225°F。这种局限性使聚酯成为聚酰亚胺薄膜之后的第三名

挠性加热器的总使用量为硅橡胶。聚酯所能承受的相对较低的温度还需要特别注意利用高温的制造工艺。可能必须使用特殊的非标准粘合剂将箔元件粘到聚酯基材和覆盖层上。

对于粘合剂，这些包括：

改性丙烯酸（薄膜）。改性丙烯酸粘合剂是易弯曲加热器的普遍选择，因为它易于加工，具有出色的粘合强度并且可以在高达 300°F 的温度下运行。它几乎只与聚酰亚胺薄膜一起用作电介质。如果采用好的技术进行处理，改性丙烯酸粘合剂几乎可以粘在任何光滑，清洁的表面上。因此，它可以与所有类型的箔一起使用。该粘合剂还可用于将成品加热器永久性地粘接到散热器上。丙烯酸类胶粘剂很难与聚酯一起使用，因为固化胶粘剂所需的温度会熔化或显著软化聚酯。

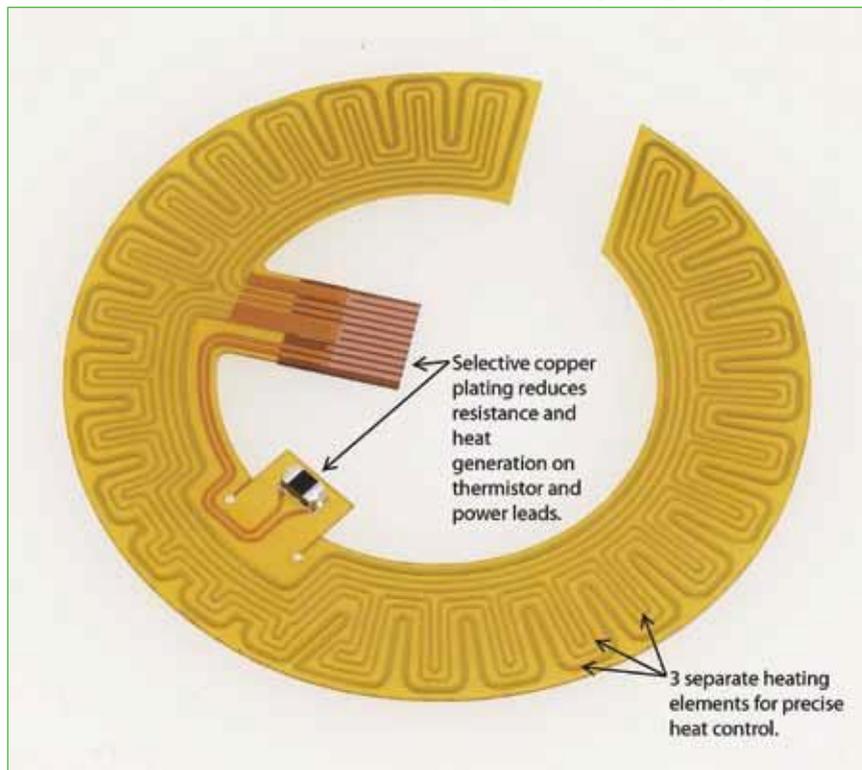


图 1. 柔性加热器可以具有多个加热元件，以实现精确的温度控制，并且在不需要加热的区域也可以选择镀铜。

改性环氧树脂（薄膜）。改性环氧胶粘剂与丙烯酸改性胶粘剂非常相似，在大多数情况下，两种胶粘剂体系是可互换的。丙烯酸和环氧粘合剂看起来相同，加工相同，并且在最终产品中的性能非常接近。一个显著的差异是，环氧树脂在温度和耐化学性方面比丙烯酸具有非常小的优势。美国制造商倾向于使用丙烯酸粘合剂，而亚洲制造商则倾向于环氧粘合剂。与丙烯酸粘合剂一样，环氧粘合剂很难与聚酯一起使用，并且主要与聚酰亚胺薄膜一起用作绝缘体。

铁氟龙（FEP）。聚四氟乙烯粘合剂用于要求材料能够承受极高或极低的温度或两者兼有的应用中。尽管这种材料可以在低于-300°F 到接近 400°F 的温度范围内工作，但由于加工温度高，因此选择该材料可以显著减少可以制造加热器的供应商数量。

聚酰亚胺胶。通常将 B 级聚酰亚胺以层压板的形式提供给挠性加热器制造商，在该层压板中，粘合剂涂覆在固化的聚酰亚胺膜片的一侧。这种材料是常用粘合剂中最昂贵的，并且由于 B 级粘合剂的固化需要很高的层压温度，因此也是最难加工的。与 FEP 一样，指定这种材料将大大减少供应商基础。固化后，聚酰亚胺胶粘剂可以比任何其他胶粘剂承受更高的温度（最高 500°F）。

加热器设计注意事项

一旦选择了构成加热器的材料，下一步便是布置加热器元件图案。大多数加热器将具有围绕加热器区域蜿蜒曲折的单个连续元素，但是某些加热器将具有可独立于其控制的多个元素

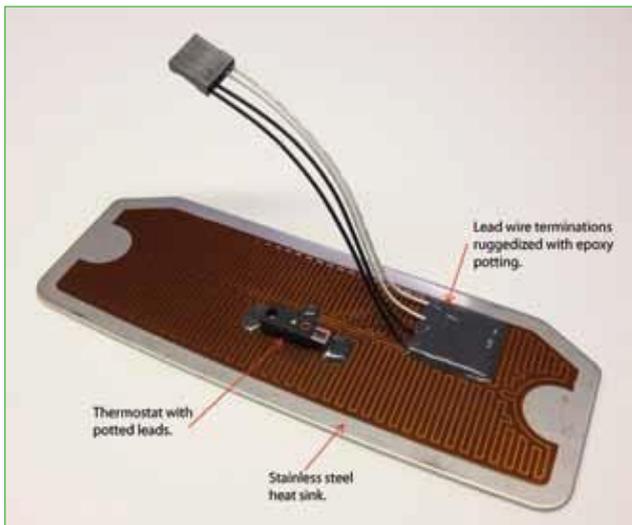


图 2. 可以将柔性加热器安装到散热器上，以节省组装时间和潜在的产量下降。恒温器，热敏电阻和导线等组件也可以安装和加固。

彼此精确控制温度。

加热器元件的图样布局要求加热器设计者使用均匀的导体图案（将产生所需的电阻）填充要加热的区域。在需要更多热量的区域中，加热器元件图案的轮廓也可以较小，而在需要较少热量的区域中，轮廓可以更宽。如上所述，加热器元件的选择区域可以镀铜（在白铜和康斯坦康铜上），以显着减少在这些选择区域中产生的热量。

一旦加热器材料选择和加热器元件布局完成，制造就相对简单了。柔性加热器的处理非常类似于单面柔性电路。使用光蚀刻工艺定义加热元件的走线，然后在加热和加压的情况下将覆盖层绝缘层层压到位。在层压覆盖层绝缘材料之前，许多加热器会将引线焊接，焊接或铜焊到加热器元件上。

终止。在绝大多数柔性加热器上，通过焊接，钎焊或钎焊到加热器垫上的导线来供电。连接器可用于可焊接箔片的应用中（例如，白铜，康斯坦丁等）。同样，绝缘位移触头可以是一种经济高效且可靠的向加热器供电的方式。由于这些触点不需要焊接，因此可用于所有类型的电阻箔。当使用绝缘位移触点时，加热器箔的厚度应至少为 0.002 英寸，以便于制造。

安装到散热器。完成加热器组件的最后一步是将加热器连接到要加热的物体上（散热器）。这可以由最终用户或柔性加热器制造商完成。用于将加热器安装到散热器的最常见的粘合剂可能是丙烯酸或有机硅基压敏粘合剂。确保将加热器安装在散热器上，并且在加热器和受热表面之间没有空隙或气泡是非常重要的。这些空隙将阻止元件产生的热量有效地传递到散热器。这又会导致加热元件中孤立的热点。如果热点足够大，则产生的温度可能导致加热元件像保险丝一样烧坏。因此，大多数加热器用户更喜欢由加热器制造商安装柔性加热器。

如果我不提制造这些产品的人是专家，那我将是失职。它们可以帮助选择材料/终端，元件布局和加热器连接方法。在设计中尽早介入可以最大程度地提高采暖项目的成功率。PCD&F

深圳市圣柏林电热制品厂

深圳市龙华区大浪街道安丰工业区B1栋

www.ful | chance.cn, www.ful | chance.com