
聚乙烯燃气管道电熔焊接手册

文件编号： GT-YF-14

版本/修订： 第 1 版第 0 次修订

受控状态： 非受控

手册编号：

2007.09.23 发布

2007.09.23 实施

广东 XX 新型建材有限公司

一、概述

聚烯烃塑料管材包括由聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP-R，PP-B）树脂，经挤出成型获得的管材。如果将其扩展，还可包括钢编织增强、钢板孔网增强、玻纤增强等复合塑料管材。

当把这些管材用管路元件连接起来时，则构成了管道系统。可以用来输送气体或液体介质。

聚烯烃塑料管材与管路元件一般可以采用以下三种连接形式：

- 对接热熔连接
- 承插热熔连接
- 电熔连接

电熔连接对上述管材具有普遍的适应性，它是将预埋了电阻丝的电熔管件套在管材或管路元件上，然后通以电流，电阻丝发热使管材与管件上的连接部位熔融，在树脂熔胀压力的作用下连接界面两侧的树脂分子重新绕结，冷却后达到连接目的。近年来，大口径聚乙烯缠绕管也有电熔连接的应用。

电熔连接是电熔管件在电熔焊机的支持下连接管材的一个过程。

二、电熔管件的设计

电熔管件依据其与管材的连接型式可以分为：电熔套筒、三通、变径、鞍型三通、钢塑过渡。大口径PE缠绕管的电熔连接则将电热丝制成带状体，将其敷设相应连接界面内。

电熔连接大量地用于输配燃气的聚乙烯管道系统中，在这一系统中电熔管件的技术标准亦相对最为完善。

目前，设计制造电熔管件有二个标准可以遵从：

- 1、GB15558.2《燃气用埋地聚乙烯管件》
- 2、ISO/8085-2000《燃气用聚乙烯管件》

上述标准对电熔管件的材料，几何特性，机械、物理性能等指标和测试方法都做出了详细的规定。

国家标准《燃气用埋地聚乙烯管件》（GB15558-2）亦在修订中，相信随着这些标准的修订与完善将为管件制造商提供更为完善的技术条件，促进国内电熔管件的产品质量不断提高。

除此之外，电熔管件设计的另一个重要环节是电热丝发热元件的设计，它往往决定着管件的连接性能，也是衡量管件品质的最主要指标之一。

有多种思路设计电热丝发热元件，但遵从的原则都是一致的：

- 在熔接全过程，发热元件的温升不能导致树脂降解，但能使树脂充分熔融。
- 尽可能选择单一的电气参数向发热元件提供能量，如选择：恒压源；

恒流源等。

依据上述原则，问题归结为：合理地设计和选择电热丝表面积功率负荷及熔接界面的功率负荷。

一个好的设计是以管件的容错性强为表征的. 而评价熔接的可靠性则可以按 ISO/13954-1997《塑料管材管件-聚乙烯电熔焊组件的剥离试验》; ISO/13955-1997《塑料管材管件-聚乙烯电熔焊组件的挤压试验》来进行。

另外, 电熔管件设计的另一个问题是电热丝的敷设方法, 其实, 这既是一个工艺问题也是一个设计思想问题, 有些制造商将电热丝裸绕在管件的表面以使热传递获得最好的效果(所谓的裸露式); 另一些则将电热丝埋伏在管件的内侧以使电热丝得到保护(所谓的埋敷式), 各有说词。应该说这是设计思想的争论, 而按工艺方法分类, 可分为:

- 一次注塑成型
- 两次注塑成型
- 机械布线法

从获得制品的性能上讲, 一次注塑成型是最理想的, 在获得弯头, 变径类管件时尤其可以显示优势。但在控制管件几何尺寸上不及机械布线法容易, 另外, 受注塑机注塑量的限制难以获得大口径管件。

两次注塑成型法与一次注塑成型法基本上是一致的, 只是先注一套绕丝的支架, 再在支架上绕丝后进行注塑, 可以得到“埋敷式”管件, 也便于加工过程实现自动化。但有人对两次注塑获得的制品存有异议。

机械布线法最大的优势是可以利用厚壁管材加工大口径电熔管件, 避开了大型注塑机和模具的巨大投资。

目前, PE 管件已在国内形成了一定的投资热点, 应审慎地确定设计思想和工艺方案, 防止低水平建设; 也要防止不切实际地追求自动化, 特别是管材企业投资管件生产还应考虑自身的市场容量对投资效益的影响。

三、电熔焊机

在电熔管件的应用早期, 所有电熔管件的制造商都为自己的管件开发了适合其自身特点的电熔焊机。一般它具备两种基本能力:

- 电压或电流调节能力, 以便在施工现场电源波动或是管件负载变化时能按预定的电压(电流)值向管件的电热丝供电。
- 时间控制能力, 当管件在熔接时的电压(电流)确定后, 对管件输入的能量问题, 转化为时间控制问题, 焊机应有较高的时间控制精度。

随着管件应用量的扩大, 电熔连接过程自动化及不同品牌电熔管件与电熔焊机的兼容性问题被提出。

电熔连接自动化的本质问题是电熔焊机可以自动识别给定的电熔管件所需要的焊接参数。而兼容问题则要求电熔焊机对不同的电熔管件具有普遍的适应性。目前有以下三种形式的自动化识别系统。

● 电阻识别系统

生产管件时在电熔管件的电热丝中串入了一个电阻（这个电阻的阻值很大，以至可以忽略管件自身用于发热的电阻阻值）。在焊接过程开始前，焊机首先检测该电阻，并按照焊机内存中预存的表格，找出与这个管件对应的焊接参数，并按此参数控制供给管件的能量。

● 自动调节系统

它是基于控制输入能量的设计思想建立起来的一个识别系统，当给管件加上一定的电压（电流），管材和管件的接口界面受热膨胀，多余的熔融树脂从校准井溢出。电熔焊机设在校准井处的微动开关切断电源。这是一个不需预先设置参数的焊接自动化系统。

● 条码自动识别系统

在生产阶段给管件贴上统一的条形码做为识别的标识，生产厂商按照统一的编码规则输入必要的信息。

施工人员用焊机配置的光笔读出这些信息，输入给焊机的控制系统以保证焊机向管件提供所需的最佳能量。光笔将条形码中的信息输入给焊机的控制系统，避免了出现错误的危险。

这种识别系统适用于不同品牌、不同规格电熔管件的自动识别与控制，愈来愈受到用户的认同。

目前，电熔焊机的国际标准（ISO/12176.2-1998）已经公布，该标准对电熔焊机的分类、安全性能及主要的技术条件和指标都提出了系统的要求，使电熔焊机的制造过程更加规范。

四、电熔连接的操作

电熔连接的操作过程可以分为以下几个步骤：

1. 切割管材并标记管材插入管件的深度；
2. 刮削管端口；

管材的端口应用刮刀去掉表面的旧层（刮削厚度一般为 0.2mm），刮削完毕的表面不可再被污染。

3. 擦拭管件

应用洁净的棉织物或专用拭纸擦拭管件的熔接区域。

4. 装夹管件

应尽可能使用专用的夹具固定要连接的组件，管子的不圆度不应超过管子外径的 1.5%，否则应在相应的夹具上进行校正。

管材与管件应有适合的间隙，一般以用微力插入为宜，（大口径管件需用木锤敲入），间隙过大或过小都会影响接口的质量。

5. 熔接

按照电熔焊机的操作要求连接导线，并向焊机输入必要的参数（当管件具有自动识别功能时，可按自动识别系统的要求操作），起动焊机，熔接将自动完成。

6. 冷却

待熔接区达到冷却时间后方可移开焊机的插头并拆除夹具。

五、影响电熔连接接口质量的几个因素

1. 电源波动对接口质量的影响

对于给定的一个电熔管件，其内部预埋的电阻丝的阻值是一定的，此时，电阻发热消耗的功率只与焊机提供的电压（电流）有关。

焊机提供的电压（电流）值必须有一个上限，超出了这个上限，电热丝表面的热负荷过大会使其周围的树脂过热分解。当然，电压值也必须有一个下限，低于这个下限，电热丝将无法充分地发热，熔接界面的树脂无法充分地绕结。

从这种意义上讲，一个电熔焊机相当于一个稳压（稳流）源，它必须具备在电源电压波动很大的情况下，保持向电熔管件提供的电压（电流）不超过允许的波动范围。这一指标是焊机的最主要指标之一。因为实际施工现场，供电电源的电压波动往往很大。当然，同种管件间其内部电热丝的电阻值也会存在一些差别，即使供电电压（电流）一样，也会造成一定的功率波动。

2. 熔接时间对接口质量的影响

在热传递条件相同时，每种规格的管件在熔接时所消耗的能量应当是相同的，如果加热能量恒定，消耗能量的大小仅与时间有关，实践表明，熔接时间必须控制在一个合理的区间内。

当加热时间不足一个最短的熔接时间，即消耗的能量处在一个下限时，接口界面的分子无法充分绕结，机械强度和气密性都无法达到可靠连接的目的。

当加热时间超过最长时间时，即：消耗的能量过多，可能会造成大量的熔融树脂溢出观察孔，热量积累过多，同样也会造成树脂分解产生烟雾。使接口质量下降。

3. 环境温度对熔接质量的影响

如果熔接过程的环境温度不同，则意味着管件在熔接加热过程的热传导条件发生了变化，会引起熔接时所需总能量的变化，同样表现在熔接时间发生变化，实际测试表明：当环境温度在 $-5\sim+40^{\circ}\text{C}$ 范围变化时，熔接时间的修正值大约在 $0.5\sim 1\%$ $^{\circ}\text{C}$ （电熔管件给出的熔接时间参数，一般都是以环境温度 20°C 时为标准给出的）。

4. 不良操作对焊接质量的影响

所谓不良操作，一般指两方面的内容，一是指熔接时装卡、定位管材与管件及在管材的刮削、擦拭管

件时不符合规范要求；二是指对焊机输入熔接参数时发生了错误，这些都会对接口质量造成不良影响或使熔接失败。

采用条形码或磁卡的输入方式可有效地避免输入参数时造成的误操作，但焊机一般无法判断装卡管材时出现的错误。

特别需要指出的是，刮削管材端口是十分重要和必要的。尤其是存储期较长的管材，刮削更显得重要，否则会大大增加不良接口的比率，甚至造成百分之百的熔接失败。

六、可焊性的判别

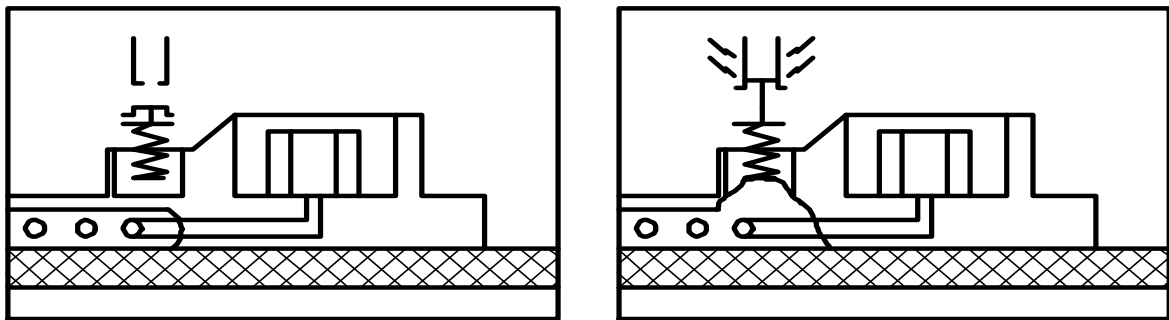
当管材和管件来自不同的供应商时，其可焊性的判别是必须的，除非得到了两个供应商的认可。这在目前的市场状况下是十分重要的，因为很多管子材料品质的差别实在太太。

可焊性的判别一般要在实验室中通过剥离实验的方法判别。在没有实验设备的施工现场，亦可以采用一个简单的方法，粗略判断管材和管件的可焊性及焊接的可靠性：

取一个熔焊完成的管件，沿管件的轴线方向锯下一条 10~15mm 样条，用两只手钳剥离两侧叠在一起的样条。当二侧的样条受拉变形被伸长，而熔接的界面没有被破坏时，一般可以认为管材与管件具备可靠性，而且焊接是可靠的。反之，应查找焊接失败的原因。

七、自动调节焊接电熔管件

自动调节焊接电熔管件，我们也常把它简称为自动调节管件。其原理是利用焊接过程中材料熔融产生的压力驱动焊机插头上设置的微动开关来控制焊接的过程。如下图所示：



焊接前

焊接后

自动调节管件为电熔焊接提供了一个近乎理想的焊接概念。

在电熔焊接的过程中，影响焊接质量的因素有：

-
1. 电源波动造成的能量输入偏差；
 2. 焊接参数输入错误造成的错误焊接；
 3. 管件自身电阻偏差造成的能量输入偏差；
 4. 环境温度的影响；
 5. 管材嵌入不当，主要指嵌入的间隙及两段管材不同轴时产生的外力干扰。

上述五种因素对焊接质量的影响程度依次增大。

在以往的概念中人们一般把注意力放在提升焊机的功能上，最典范的例子是条形码系统用于焊接系统中，它有效地避免了手动输入熔接参数时可能产生的错误，也可以拒绝管件自身电阻值超差时对管件进行焊接。但无论怎样以往的焊接方式都有一个共同弱点：无法对一个多变量系统给出一个综合的控制量。尤其无法修正嵌入间隙对焊接质量的影响，其实这是对焊接质量影响最大的一个因素。再如，具有条形码输入功能的焊机，可以使焊机读出条形码系统中焊接过程对环境温度的补偿量，但焊机实际测得的环境温度，往往并不是焊接时管材或管件的表面的温度，因此，这种补偿实际只能是近似的。

自动调节管件控制焊接过程的基本思想则完全不同于以往的思想，其关注的是电熔焊接进程的效果，是综合了各种影响因素的综合效应来确定焊接的终止时刻。因此，它具有更高的可靠性。

正是由于上述特点，自动调节管件的设计思想也有一定的特点，如焊接区表面积功率负荷一般要设计得小一些等等。

自动调节焊接管件与支持这种管件的电熔焊接机具构成了一个电熔管件的自动焊接系统，它具有如下显著的特点：

- 焊接程序自动化；
- 焊接时间由操作现场的综合参数确定，无需预先确定；
- 可避免重叠焊接；
- 可有效地发现管材嵌入不当的情况。

与条码技术相结合，自动调节焊接电熔管件将成为一种最优秀的自动化焊接系统。