

表9 HDPE、MDPE 管道热熔对接焊接工艺参数典型值

壁厚 $e$ (mm)	加热卷边 高度 $h$ (mm)	加热时间 $t_2$ ( $t_2=10 \times e$ ) (s)	允许最大切 换时间 $t_3$ (s)	增压时间 $t_4$ (s)	保压冷却时间 $t_5$ (min)
<4.5	0.5	45	5	5	6.5
4.5~7	1.0	45~70	5~6	5~6	6.5~9.5
7~12	1.5	70~120	6~8	6~8	9.5~15.5
12~19	2.0	120~190	8~10	8~11	15.5~24
19~26	2.5	190~260	10~12	11~14	24~32
26~37	3.0	260~370	12~16	14~19	32~45
37~50	3.5	370~500	16~20	19~25	45~61
50~70	4.0	500~700	20~25	25~35	61~85

注：加热温度 ( $T$ ):  $210^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ; 加热压力 ( $P_1$ ): 0.15MPa; 加热时保持压力 ( $P_{\text{保}}$ ): 0.02MPa; 保压冷却压力 ( $P_1$ ): 0.15 MPa。

目前，熔接条件（工艺参数）国内通常是由热熔对接连接设备生产厂或管材、管件生产厂在技术文件中给出。

### 5.2.2 本条规定了热熔对接连接具体操作要求。

2 待连接件伸出夹具的长度是根据铣削要求和加热、焊接卷边宽度的要求确定，国内外的经验是一般不小于公称直径的10%。

3 校直两对应连接件，是为了防止两连接件偏心错位，导致接触面过少，不能形成均匀的凸缘。错边量过大会影响卷边均匀性、减小有效焊接面积，导致应力集中，影响接头质量，国内外的经验是一般不大于壁厚的10%。

4 擦净管材、管件连接面上污物和保持铣削后的熔接面清洁，是为了防止杂物进入焊接接头，影响焊接接头质量。热熔连接时应保持铣刀、加热板表面清洁。

为保证焊接时加热板的清洁，在正式焊接之前，需要采用加热板加热废弃的管材，使得管材端口形成熔融的卷边，将加热板

上的污渍吸附带走，从而达到清洁加热板的目的。此方法称之为卷边形成清洁法。在下列情况下采用加热卷边法清洁加热板：

- 1) 当天进行第一次热熔连接前；
- 2) 更换不同直径管材、管件热熔连接前；
- 3) 采用其他方法清洁加热板之后。

用干净的无纺布、无水酒精清洁铣刀及加热板表面清洁待连接管材或管件的内外表面，去除所有杂质（灰尘、油污等）。清洁时应确保加热板已冷却并已切断电源。当加热板温度低于 $180^{\circ}\text{C}$ 或更换管材或管件焊接规格时，建议在每次初始焊接前使用同规格的管材或管件制作两个空焊，以移除加热板上的细小污染颗粒物。

铣削连接面，使其与管轴线垂直，是为了保证连接面能与加热板紧密接触。切屑厚度过大可能引起切削振动，或停止切削时扯断切屑而形成台阶，影响表面平整度。连续切削平均厚度不宜超过 $0.2\text{mm}$ ，是根据工程施工经验确定。热熔对接管段两侧一般铣削连续整3圈以上。

5 为保证焊接质量，规定了对接面间隙。

7 保压、冷却期间，不得移动连接件和在连接件上施加任何外力或快速冷却，是因为聚乙烯管连接接头，只有在冷却到环境温度后，才能达到最大焊接强度。冷却期间其他外力会使管材、管件不能保持在同一轴线上，导致不能形成均匀的凸缘，造成接头内应力增大，从而影响接头质量。

要求卷边形成均匀一致的对称凸缘，是因为形成均匀的卷边是保证接头焊接质量的重要标志之一。卷边的宽度与聚乙烯材料类型、生产工艺（挤出或注塑）、加热温度，以及焊接工艺等有关，因而，很难给出统一的确定值。国外一般建议在确定的（相同的）条件下，进行几组试验，取其平均值，用于施工现场质量控制，要求实际卷边宽度不超过此平均值的 $\pm 20\%$ 。

5.2.3 本条规定的卷边对称性、接头对正性检验和卷边切除检验是参考《燃气输送用聚乙烯管材和管件 设计、搬运和安装规

范》ISO/TS 10839 制定。

由于卷边对称性检验和接头对正性检验是接头质量检查的最基本方法，也是比较简便和比较容易实现方法，因此，要求100%进行此项检查。15%卷边检验为焊接质量的概率保证，同时检验比较复杂，因此，要求抽样15%进行此项检验。当条件许可时，可采用100%卷边切除检验。

其他非破坏性检验方法，可考虑通过超声波和X射线探测等常规非破坏性检测方法来进行接头质量的评估。虽然超声波和X射线探测等常规非破坏性检测方法检测技术有可能检测不到所有在热熔对接头上存在的缺陷，但可以检测出受污染和存在气泡的区域。因此，可考虑使用此类技术，以进一步确认热熔对接接头的质量。

### 5.3 电熔连接

**5.3.1** 由于聚乙烯管道的连接主要是通过熔融聚乙烯材料进行连接，熔接条件（温度、时间）是根据电熔焊机检测环境温度调节的，若管材、管件从存放处运到施工现场，其温度高于现场温度时，会导致加热时间过长。反之，加热时间不足，两者都会影响接头质量。电熔焊机存放处与施工现场温差较大时，其内置温度传感器将会作出错误的温度补偿。同时，如果待连接的管材和管件，从不同温度存放处运来，两者温度不同，而产生的热胀冷缩不同也会影响接头质量。

**5.3.2** 本条规定了电熔承插连接的具体操作要求。

**1** 擦净管材、管件连接面上污物，是为了防止杂物进入焊接接头，影响焊接接头质量。采用干净的无纺布、无水酒精擦洗能取得较好效果。

**2** 不圆度检查及整圆要求，应在所有工作之前进行。使用整圆工具对插入端进行整圆是为避免不圆度造成配合间隙不均而影响焊接。

**3** 标记插入长度是为了保证管材或管件插入端有足够的熔

融区，避免插入不到位或插入过深。

刮除表皮是为了完全去除表皮上的氧化层，表皮上的氧化层厚度一般为 0.1mm~0.2mm。

当聚乙烯管带有外层保护，工作管无氧化层、洁净情况下，可不需要刮削。

4 检查配合尺寸，是为了防止不匹配的管材与管件进行连接，影响接头质量。且不得强力插入，插入端与电熔管件配合过紧，强力插入是造成电熔连接短路、熔融料溢出等失败的重要原因。

5 校直待连接的管材、管件使其在同一轴线上，是为了防止其偏心，造成接头熔接不牢固，气密性不好。使用夹具固定管材和管件，是为了避免连接过程中连接件的移动并保证连接件同轴性，影响焊接接头质量。

6 由于不同厂家生产的电熔连接机具或电熔管件的焊接参数（如：电压、加热时间）可能不同，因此，在电熔连接时，通电加热的电压和加热时间，应按电熔连接机具或电熔管件生产企业提供的参数进行设定。

对于参数设定应采取扫描焊接条形码方式输入，可以校核管件电阻有无异常，并可以对环境温度进行补偿，从而可避免人为操作失误导致焊接质量事故。手动输入达不到以上目的。

7 冷却期间，不得移动接管道元件和在接管道元件施加任何外力，是因为聚乙烯管道电熔连接接头，只有在冷却到环境温度后，才能达到其最大焊接强度。冷却期间其他外力会使管材、管件不能保持在同一轴线上，会造成接头内应力增大，从而影响接头质量。

**5.3.3** 本条参照《燃气用聚乙烯管道焊接技术规则》TSG D2002-2006 编制，规定了电熔鞍形连接的具体操作要求。

确定连接位置后，采用记号笔沿鞍形管件边缘划线，标志安装范围。

刮除管材连接部位表皮是为了去除待连接面的氧化层，清除

连接面上污物。通常将未打开包装的鞍形管件放置在管道上，用记号笔粗略地画出需要刮削的范围，在刮削边界内的管道表面画上网格线，采用刮刀刮除管材连接部位表皮。

固定电熔鞍形管件，是防止在连接过程中管件移动，影响焊接质量。用记号笔沿鞍形管件边缘在管道上画上定位线，以便检查管件在熔合期间是否有移位。

**5.3.4** 本条规定了电熔承插连接接头质量检查的具体要求。

**1** 连接件轴线对正性检测，保证电熔管件与管材或插口管件焊接前配合间隙均匀性且无应力，保证接口焊接后质量。

**2** 检查周边刮痕，是为了确认已经去除焊接表面上的氧化层；已经过特殊设计带包覆热塑性防护层的部分管材且工作管洁净可不需要刮削。

**3** 电熔连接是通过电阻丝加热连接部位的聚乙烯材料，使其熔融，然后连为一体，因此，在连接过程中有一定量的熔融料移动，但是，在聚乙烯管道系统的电熔管件设计时，设计有一段非加热区，足以满足正常熔融料移动要求，因此，对于聚乙烯管道系统，接缝处不应有熔融料溢出。

**4** 电熔连接完成后，除特殊结构设计外，电熔管件中内埋电阻丝不应挤出，是因为电熔管件设计有一段非加热长度，即使在熔接过程中存在电阻丝细微位移和溢料，也不应露出电熔管件。若电阻丝存在较大位移，可能导致短路而无法完成焊接。对于特殊结构设计的电熔管件，如：管件的非加热区设计为安装导向段，其承口尺寸大于管材外径，装配后有一定缝隙，就有可能从此缝隙中看到最外匝加热丝向外位移。只要焊接过程中不发生电热丝短路，移出距离不超出管件端口，通常不会影响焊接质量。

**5** 电熔管件上的观察孔是为了观察连接情况而专门设计的，电熔管件一般在两端部均设有观察孔，不宜设单观察孔，观察孔与电熔管件加热段相通，能观察到连接面聚乙烯熔融情况，观察孔指示柱移动或有少量熔融料溢至观察孔，说明电熔连接过程正

常，但是，如果熔融料呈流淌状溢出观察孔，说明电熔连接加热过度。

同时应检查电熔接口的熔接纪录，接口是否正常完成，电阻值、熔接时间、输入能量值等是否有异常。

**5.3.5** 本条规定了电熔鞍形连接接头检查的具体要求。

1 检查周边刮痕，原因同电熔承插连接质量检查。

2 如果鞍形分支或鞍形三通的出口不垂直于管材的中心线，说明管件的鞍形面与管材的连接面没有完全接触，存在虚焊。

3 如果管材壁塌陷，说明可能是因为施压过大，导致管壁塌陷，塌陷之处，管件的鞍形面与管材的连接面也不能完全接触，存在虚焊。

4 因为鞍形管件边缘设计有一段非加热面，足以满足正常熔融料移动要求，若鞍形管件周边出现溢料，说明已过焊。

同时应检查电熔接口的熔接纪录，接口是否正常完成，电阻值、熔接时间、输入能量值等是否有异常。

## 5.4 法兰连接

**5.4.3** 本条规定是为了保障法兰连接时，两法兰面保持平行，连接轴线能够同心。法兰面不平行，将给安装和将来的维护管理带来麻烦。按对称顺序分次均匀紧固法兰盘上的螺栓，是为了防止发生扭曲和消除聚乙烯材料的应力。

**5.4.4** 规定法兰密封面、密封件不得有影响密封性能的划痕、凹坑等缺陷，是为了保证法兰连接的密封性；法兰密封面、密封件材质应符合输送城镇燃气的要求，是为了保证其能长期使用。

**5.4.5** 规定法兰盘、紧固件应经过防腐处理，是为了保证其能长期使用。

## 5.5 钢塑转换管件连接

**5.5.3** 规定此条的目的是提示操作人员，在钢管焊接时，注意焊弧高温对聚乙烯管道的不良影响，因为聚乙烯管道软化点在

130℃左右、熔点在 210℃左右，过高的温度会使聚乙烯管与其接合部位软化，达不到密封效果，影响钢塑转换管件的连接性能。采取降温措施是为了防止因热传导，导致塑料与金属接合部位软化而损伤钢塑转换管件。

**5.5.4** 规定此条的目的是强调钢塑转换管件连接后，应对钢管端（焊接、法兰连接、丝扣连接等）连接部位，以及连接过程中破坏的防腐层，按原设计防腐等级进行防腐处理，以保证燃气管道系统能长期使用。常采用防腐材料整体包覆方式。

## 6 管道敷设

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 聚乙烯管道的土方工程，即施工现场安全防护、沟槽开挖、沟槽回填与路面修复、管道走向路面标志设置等基本与钢管所要求的相同。因此，本条规定土方工程应符合《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33 土方工程的要求。

**6.1.2** 《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250 - 2016 对新建、扩建和改建的城镇燃气管道的穿跨越工程做了技术规定。与聚乙烯燃气管相关的部分条文要求如下：

- 1) 当中压和低压燃气管道采用 PE 管时，管材性能应符合现行国家标准《燃气用埋地聚乙烯 (PE) 管道系统 第 1 部分：管材》GB/T 15558.1 的有关规定。
- 2) PE 管材应采用 SDR11 系列管材。
- 3) 曲率半径不应小于 PE 管管径的 500 倍。
- 4) 聚乙烯燃气管道连接前应对管材按设计要求进行核对，并应在施工现场进行外观检查，管材表面划伤深度不应超过管材壁厚的 5%；
- 5) 聚乙烯燃气管道焊接应使用全自动焊机；
- 6) 聚乙烯管道焊接前应进行焊接工艺评定；
- 7) 按要求对热熔及电熔焊接后的管道进行外观检查，且焊口应进行 100% 切边检查；
- 8) 管道回拖前，应对焊接完成的管段进行水压试验；
- 9) 回拖结束后，应将管道放置 24h 以上，待管道在穿越过程中的拉伸应力充分释放后，方可与两端管道进行连接。

其他具体施工组织设计、钻进轨迹设计、回拖力计算、

设备选型、泥浆配比等设计、施工工序等在现行行业标准《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250 中也有相应的要求。

**6.1.4** 日本煤气协会编写的《聚乙烯煤气管》中规定：1) 管段上无承插接头时，允许弯曲半径为外径 20 倍以上；2) 管段上有承插接头时，允许弯曲半径为外径 125 倍以上。

在美国《General construction specifications using polyethylene gas pipe》中也规定：1) 管段上无承插接头时，允许弯曲半径为 25 倍公称直径；2) 管段上有承插接头时，允许弯曲半径为 125 倍公称直径。

《燃气输送用聚乙烯管材和管件 设计、搬运和安装规范》ISO/TS 10839: 2000 中规定：当弯曲半径大于或等于 25 倍的管材外径时，可利用其自然柔性弯曲；但不得采用机械方法或加热方法弯曲管道，并应考虑管道工作温度对最小弯曲半径的影响。

综合国外相关要求和国内多年实际操作经验，本标准确定为：聚乙烯管道允许弯曲半径不应小于 25 倍公称直径，当弯曲管段上有承插管件时，管道允许弯曲半径不应小于 125 倍公称直径。

**6.1.5** 规定此条的目的是为了确保管道安装位置（标高）符合设计要求和确保工程质量。管沟一般也不允许长时间泡水，否则应对管沟基础进行处理。

**6.1.6** 采用水平定向钻敷设和插入管敷设时，无法敷设警示带；插入管敷设时，虽可随管线敷设示踪线（带），但对于聚乙烯管道无法进行探测，为了保证管线安全，两种施工方式都应设置地面标志或其他标识方式进行标识。

## 6.2 沟槽开挖

**6.2.1** 本条是聚乙烯燃气管道敷设前提。对于管底标高，可通过设置标高控制点，控制点之间拉通线找平，并用水准仪复测，

保证基底标高符合设计要求。对于标高不符合设计要求的，应对管沟修整后，再进行管底标高复测。

**6.2.2** 当沟槽采用原状土地基时，不能超挖扰动基底原状土层，防止降低基础强度。

原状土的超挖和扰动，常因地基不平，局部或全部地基面高程低于设计标高，或者测量未经复核、无专人指挥开挖工作、操作控制不严、不预留 150mm 土层直接由机械开挖到底等各种原因造成。当出现超挖或者扰动时，应挖出扰动土并回填挖槽原土或换填中粗砂、素土，分层夯实到设计标高。

**6.2.3** 本条针对 4 类不同情况，提出了地基处理的常规做法，以确保地基基础质量。聚乙烯燃气管道是柔性管道，不耐划伤，同时按管土共同工作原理共同承担外部荷载的作用力，管底垫层和周围土壤的密实度，决定了“管道—土壤”系统的负载能力，所以管底基础必须认真处理，使承载力达到设计要求。

聚乙烯管道表面较柔软，清除坚硬的物块或加 150mm 垫层，避免管道受到集中应力的作用；将管底夯实，使管底有足够的支撑力。

**6.2.4** 槽底开挖宽度除满足安装尺寸要求以外，还应考虑管道不受破坏，不影响工程试验和验收工作。

由于各施工单位的技术水平、施工机具和施工方法各不相同，以及施工现场环境不同，沟底宽度可根据具体情况确定。

### 6.3 管道敷设

**6.3.1** 本条是聚乙烯燃气管道敷设前提。对于管底标高，可通过设置标高控制点，控制点之间拉通线找平，并用水准仪复测，保证基底标高符合设计要求。对于标高不符合设计要求的，应对管沟修整后，再进行管底标高复测。

检查管基质量主要包括管基密实度和有无对管道不利的废旧构筑物、硬石、垃圾等杂物，密实度对管道不均匀沉降有较大影响，杂物容易损伤管道。最终使得管道铺设后外壁与原状地基、