

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.03.007

聚乙烯管材缩径现象 对电熔连接和热熔连接的影响

冯健荣¹, 李秋绪¹, 林锦鸿²

1.港华辉信工程塑料(中山)有限公司; 2.卓通管道系统(中山)有限公司

摘要: 管材端口缩径, 即管材在挤出成型后出现的端口平均外径小于管材主体平均外径的现象。管材端口外径偏小存在影响热熔接口和电熔接口焊接质量的担忧。一般而言, 公称外径越大的管材缩径量越大, 本文选取了dn315管材用作试验验证, 对缩径管材分别进行了热熔连接和电熔连接, 通过相关试验表征了接口的焊接质量, 验证了符合国家标准要求的管材缩径现象不会影响热熔连接及电熔连接的质量。

关键词: 管材缩径; 热熔连接; 电熔连接

1 前言

管材端口缩径是管材加工中出现端口平均外径小于管材主体的现象, 考虑到实际应用的可操作性和热加工后不可避免的收缩, 依据GB/T 15558.2-2023《燃气用埋地聚乙烯(PE)管道系统 第2部分: 管材》规定, 距管材端口0.1dn处的平均外径应不小于距管材端口1.5dn或300mm(取两者之中较小者)处平均外径测量值的98.5%。

对于大口径管材而言, 其缩径比对应的缩径量更大, 理论上会出现热熔连接的翻边异常和电熔连接的配合间隙加大的问题, 存在对管材连接质量产生不利影响的顾虑。为探究聚乙烯管材缩径现象对热熔连接和电熔连接的影响, 验证国家标准对缩径要求的合理性和可靠性, 开展了对大口径管材缩径现象的相关试验。

2 聚乙烯管道的连接方式

聚乙烯管具有耐腐蚀、韧性好、寿命长、安装方便等特点, 已被大规模应用在城市供水、燃气等市政管网中。聚乙烯管网在使用中最为关注的是使用寿命和安全性。

聚乙烯管道的连接方式主要有热熔连接和电熔连接。热熔连接原理是将待连接的两个管材端面与加热板加压接触并升温熔化, 撤去加热板后将两熔化端面保持一定压力对接, 冷却形成结合牢固的接头。热熔连接中常见的问题包括焊接后卷边不对称、错边量大、接头试压漏气等。

电熔连接具有焊口质量稳定可靠、操作简单施工效率高等优点, 其基本原理是将预先埋入管件内壁的金属电阻丝通过接线端与电熔焊机连接, 通入电流, 电阻丝发热使管件和管材接触表面的聚乙烯升温熔化

[第一作者简介] 冯健荣, 本科学历, 从事埋地燃气管件研发工作。

并彼此熔合,冷却后形成符合工程技术要求的接头。电熔连接常见问题有焊接后指示销未正常升起、接口试压漏气、焊接过程管件冒烟着火、接头熔融料溢出等。

热熔连接和电熔连接中出现的接头焊接质量问题,严重时会造成燃气泄漏、爆炸的危害及经济损失。影响接头焊接质量的因素包括施工人员操作不规范、焊接设备及辅助工具使用不当、管材和管件自身质量的问题、焊接参数或熔接程序等错误、施工环境恶劣及设备未定期校准等,其中不乏有对管材缩径现象造成热熔连接和电熔连接接口质量不良的担忧。

管材缩径现象,实际上是管材热加工后不可避免地在端口处的外径收缩现象,这一现象归因于管材的生产过程中PE熔体经真空定径冷却成型后,继续通过喷淋冷却水对管材外壁进行冷却的方式,由于聚乙烯属于热的不良导体,其导热系数较低,而管材的冷却是从外壁向内壁进行的,将造成管材外壁和内壁的收缩率和温度变化量差异。

HDPE的结晶行为会因冷却速度的不同而有所差异。管材外壁受喷淋水冷,冷却速度大,形成结晶度较低的组织;而管材内壁主要通过和管材外壁热传导的方式来冷却,冷却速度小有利于晶体生长,形成结晶度较高的组织。由于管材外壁和内壁组织的结晶度不同,导致了收缩率的差异。

管材经定长锯切后外壁和内壁存在温度差,内壁温度较外壁更高,当管材整体冷却至室温时,内壁的温度变化量更大。

所以,管材外壁和内壁的收缩率和温度变化量差异导致了内壁收缩量更大,管材加工热历史产生的残余应力造成了端口缩径现象。为了减轻端口缩径程

度,生产过程中应尽可能控制工艺参数,如调整真空定径箱和喷淋箱冷却水温度、调整分段冷却工艺、增加在线烘箱退火工序、采用内冷式管材模头等。

3 管材缩径对焊接质量的影响

一般而言,公称外径越大的管材缩径量越大,考虑到热熔焊接和电熔焊接时,管材端口缩小对接口焊接质量的影响,抽取了卓通管道系统(中山)有限公司生产的dn315规格的管材分别进行热熔连接和电熔连接,并对焊接后的接口质量进行表征。

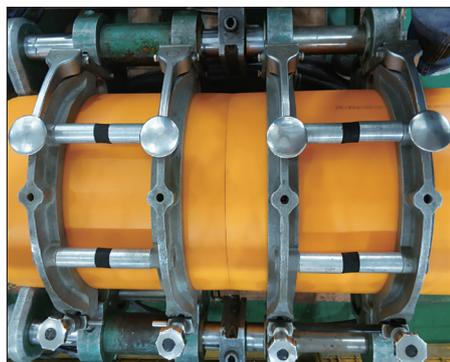
3.1 热熔连接测试

截取两节管材,根据标准要求对距管材端口300mm处和距端口0.1dn处进行平均外径测量,测得的缩径量超过2.20mm,但缩径比符合标准要求的98.5%。尺寸测量结果如表1所示。

表1 热熔连接测试管材的尺寸测量统计

管材样品	距端口300mm处平均外径 (mm)	距端口0.1dn处平均外径 (mm)	平均外径收缩量 (mm)	端口收缩比例
端口1	315.64	313.40	2.24	99.29%
端口2	315.50	313.30	2.20	99.30%

在标准要求范围内的管材缩径现象不会影响热熔连接的翻边对称性和接头对正性检查,接头的错边量不超过聚乙烯燃气管道工程技术标准CJJ63-2018要求的管材壁厚的10%。缩径现象只会影响管材外径,管材壁厚不会改变,不会形成应力集中点。缩径管材的热熔接口如图1所示。



(a) 热熔连接的管材安装



(b) 翻边切除后的热熔接口

图1 缩径管材的热熔接口

热熔接头有整个圆周平滑对称的翻边，表面饱满无气孔、鼓泡和裂纹；翻边切除后，翻边实心圆滑，管材焊缝无下陷；进行背弯和扭曲试验不开裂，无因熔合不足而造成的裂纹。如图2所示。

按GB/T 19810-2005进行热熔接头拉伸测试，试验结果为熔接面韧性破坏，符合标准要求。如图3所示。

3.2 电熔连接测试

截取两节管材，根据标准要求对距管材端口300mm处和距端口0.1dn处进行平均外径测量，测得的缩径量超过2.10mm，但缩径比符合标准规定的98.5%。尺寸测量结果如表2所示。

管材承插安装前进行划线定位，保证管材承插到位。使用电熔夹具进行安装固定，保证了套筒两侧管材的同轴度。电熔连接过程电熔焊机显示焊接完整，指示销正常升起，无熔融料溢出。将电熔接头锯切制样，观察电熔接头试样剖面，熔接区域管件与管材结合完整，导线排布均匀，熔接区域无大气孔。如图4所示。

按GB/T19808-2005进行电熔接头拉伸剥离测试，试验结果的最大脆性破坏面积为23.2%，满足标准中最大脆性剥离面积 $\leq 33.3\%$ 的要求。如图5所示。

由于dn315电熔管件的内无线区宽度通常为40mm，



图2 热熔翻边检查

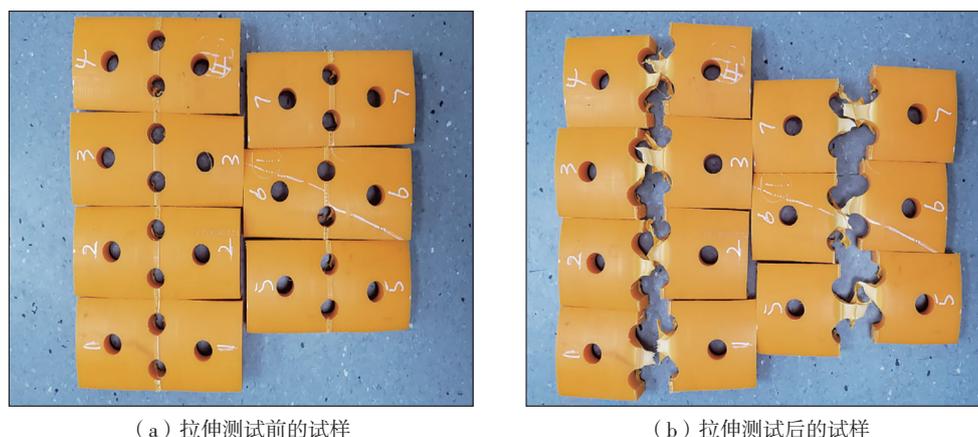


图3 热熔对接拉伸测试

表2 电熔连接测试管材的尺寸测量统计

管材样品	距端口300mm处 平均外径 (mm)	距端口0.1dn处 平均外径 (mm)	平均外径收缩量 (mm)	端口收缩比例
端口3	315.00	312.70	2.30	99.27%
端口4	315.26	313.10	2.16	99.31%



(a) 电熔接头安装焊接



(b) 电熔接头试样剖面

图4 电熔连接接头



(a) 电熔接头试样拉伸前



(b) 电熔接头试样拉伸后

图5 电熔接头试样的拉伸测试

且熔接区位于距离端口40mm-95mm的区域内，而dn315管材的端口缩小的现象在距离端口0mm-40mm的区域逐渐趋缓，当距端口30mm起管材的实际平均外径大于公称外径315mm时，不会增大熔接区域管材和管件的配合间隙。因此，电熔管件内无线区的设计避开了管材的缩径区域，在进行电熔连接时，管材缩径现象不会影响电熔接头的焊接质量。如图6所示。图7为电熔连接时管材和管件的安装配合示意图。

4 结论

管材缩径现象，是管材热加工后不可避免地在端口处出现外径收缩现象，管材端口平均外径偏小，理论上会出现热熔连接的翻边异常和电熔连接的配合间隙加大的问题，降低接头焊接质量。

通过对dn315管材进行了尺寸测量，得到缩径量

和缩径比，分别进行了热熔连接和电熔连接，然后通过相关试验表征了接口的焊接质量，得出本文的结论是：

(1) 符合标准要求的管材缩径不会影响热熔连接的翻边对称性和接头对正性，热熔连接的翻边通过了背弯和扭曲试验，焊缝无下陷，热熔拉伸试验合格，表明接头焊接质量高；

(2) 由于电熔管件内无线区的设计避开了管材的缩径区域，管材缩径现象不会对电熔连接过程造成影响，且电熔连接的接头通过了拉伸剥离测试，表明接头焊接质量高。

综上，符合国家标准要求的管材缩径现象不会影响热熔连接及电熔连接的质量。若管材在现场连接前测量的管材缩径比小于GB/T 15558.2-2023燃气用埋地聚乙烯（PE）管材执行标准规定的98.5%时，本文建议：

(1) 对于热熔连接，建议多次铣削管材端面或

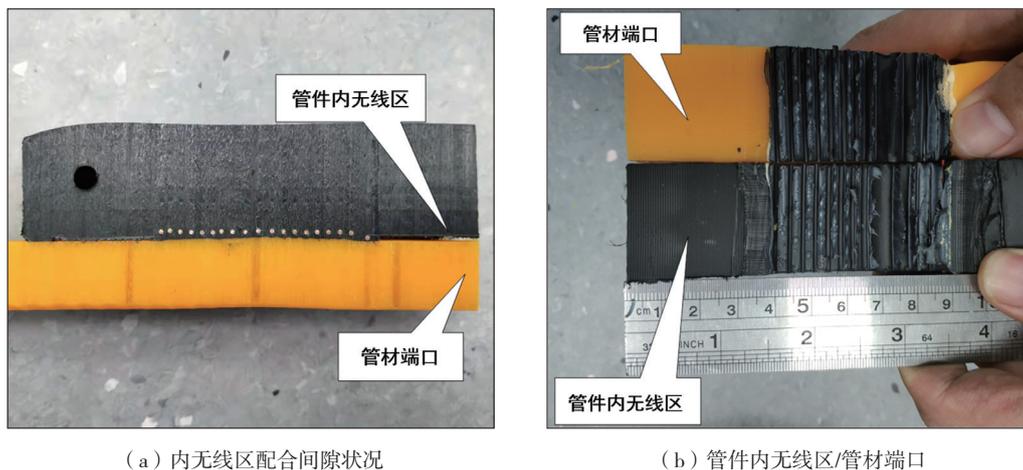


图6 管材缩径对电熔连接安装配合的影响

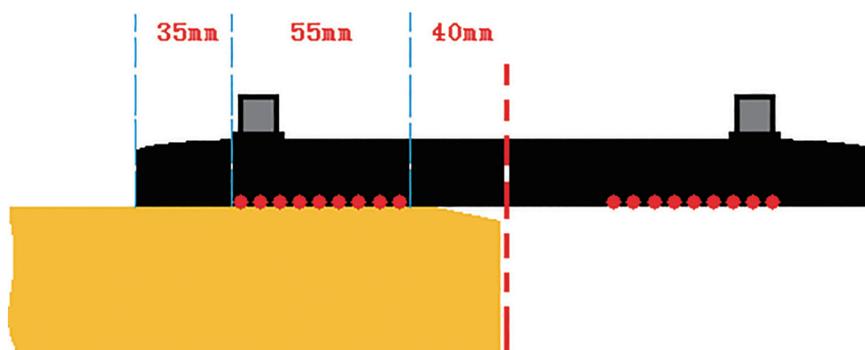


图7 电熔连接时管材和管件的安装配合示意图

切除端部管段，直至缩径比符合上述标准要求；

(2) 对于电熔连接，应做到管材划线并承插管件到位，使管材的缩径区域保持在电熔管件的内无线区。若管材缩径比小于上述标准要求，建议重新截取管材再进行电熔连接；

(3) 加强管材入库储存或进场施工的检查验收。

参考文献

- [1]王占杰,赵艳,郭晶.中国塑料管道行业“十二五”期间发展简况及“十三五”期间发展建议[J].中国塑料,2016,30(5):1-7.
- [2]张师军,乔金樑.聚乙烯树脂及其应用[M].化学工业出版社,2011.
- [3]EVGENY Z,VADLAMUDI M,ARNOLD L,et al.Crystallization of Polyethylene at Large Undercooling[J].Macro Letters,

2016,5:365-370.

[4]张伟娇,李挺,宋荣浩,等.冷却工艺对聚乙烯管材结晶行为的影响分析[J].当代化工研究,2023,(05):146-148.

[5]孙晋,胡法,胡砚磊,等.聚乙烯管材残余应力的定性和定量评价[J].塑料,2023,52(01):68-72.

[6]JANP, JAROSLAV K,PAVEL H,et al. Residual stress distribution in extruded polypropylene pipe[J].Journal of Macromolecular Science,2007,47(4):477-480.

城市燃气

订阅方法:

敬请登录杂志社官方网站
www.gas800.com

