

在城市燃气工程中 推广使用聚乙烯(“PE”)管材

28-34

刘永志 张玉梅

(重庆建筑大学城市建设学院 400045)

TU532.61
TU986.7

摘要 阐述了“PE”管的优点、性质、使用条件及推广的意义。

关键词 燃气, 聚乙烯, 热熔接 管材, 城市燃气

中图分类号 TQ325.12

1 概述

1.1 燃气工程常用管材

1) 铸铁管口耐腐蚀、寿命长、消耗金属多、安装困难、接口易漏气、承受压力低、抗拉强度及抗冲击能力低、性碎。

2) 钢管口强度大(承载应力大)、可塑性好、便于焊接,但不耐腐蚀,要采取防腐措施。

3) 塑料管,二战期间(1943年),在美国燃气工程中开始使用。介于战争期间,钢材紧张,钢管仅供军用,民用只有使用代用材料。由于塑料工业的发展,1943~1990年对多种塑料管材进行试验比较,其中包括:

ABS(丙烯晴—丁二烯—苯乙烯)

CAB(醋酸—丁酸纤维素)

PVC(聚氯乙烯)

PA(聚酰胺)

PB(聚丁烯)

PE(polyethylene)(聚乙烯)

以及其它塑料管道的研究、比较,最后经确认“PE”管性能最佳,用于燃气输配管道的可行性才被世界各国所公认。英、法、比利时、荷兰、匈牙利、奥地利、德国、丹麦等国应用都有15年以上历史。大多数国家平均“PE”管占配气管的比例皆在20%以上,丹麦约占90%。起初“PE”管仅用于低压,七十年代开始用于中压。一般“PE”管中,燃气最高使用压力限制在0.1~0.4 MPa。由于管材性能不断提高,使用压力还可更高些。在美国,1960年铺设“PE”燃气管仅1 000 km,占燃气管总铺设里程的0.1%,1970年后,新铺设燃气管中90%是“PE”管。

我国的城市燃气工程中,虽从60年代开始试用非金属代用材料(包括塑料管),由于材质不理想(如用PVC、PA等)的原因,都未成功,一直到1985年后,才引进国际公认的“PE”管

收稿日期:1997-08-27

刘永志,男,1935年生,教授

并逐步推广。经法国援建我国北京体院小区燃气系统,采用"PE"管中压配气技术,于1989年投产;英国援建的我国首都机场示范区燃气管网,供5000户居民用气,也利用"PE"管中压配气技术。上海煤气公司曾在八十年代初分别在宛南三村、曹阳三村用"PE"管作输送人工煤气试验。1990年以来,已在北京、上海、无锡、深圳、天津、哈尔滨、成都、重庆等地迅速推广。四川省的绵阳、广元、自贡市、都江堰市等地也是大量使用,深受广大工程技术人员及工人的欢迎,已使用的效果良好。

1.2 城市燃气工程使用"PE"管的优点

- 1) 节约金属材料,生产"PE"管原料是非金属材料;
- 2) 耐腐蚀,钢管寿命一般为20~30年,"PE"管可达50年,而不象钢管要作外防腐层;
- 3) 重量轻,便于运输和安装,如D25 mm、长100 m,重约18 kg,而镀锌钢管D25 mm、长100 m、重242 kg;
- 4) 施工及连接方便,热熔连接,接口严密,焊缝强度大于母材,且提高劳动生产率10%;
- 5) 经济,比钢管造价低13%~25%,小管径比钢管便宜,节省投资约30%;
- 6) 管理方便,切断、断气、接管都容易,事故率低;
- 7) "PE"管韧性好,抗震;
- 8) "PE"管挠性好,穿越障碍容易,施工方便;
- 9) "PE"管道内壁光滑、摩擦阻力小、避免燃气杂质沉淀,提高了管道输送能力。可用"PE"管内穿管换管技术换管。

2 聚乙烯管的特性

2.1 物理性质

1) "PE"管有密度小,重量轻的特点,便于安装和运输。标准化的柔性中密度聚乙烯燃气管,可绕成盘状供应,管子长,接头少,便于机械化施工,敷设方便,费用低。聚乙烯树脂的密度在 $926 \sim 957 \text{ kg/m}^3$ 之间。

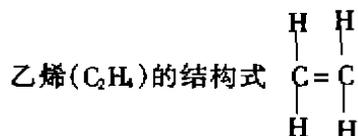
密度在 $(910 \sim 930) \text{ kg/m}^3$ 称为低密度聚乙烯;

密度在 $(930 \sim 940) \text{ kg/m}^3$ 称为中密度聚乙烯,以MDPE表示;

密度在 $(940 \sim 960) \text{ kg/m}^3$ 称为高密度聚乙烯,以HDPE表示。

按GB 15558.1—1995中(表1)规定,密度 $\geq 930 \text{ kg/m}^3$ 。

从分子结构看,低密度聚乙烯分子结构中支链结构比例大;高密度聚乙烯呈直链状;而中密度聚乙烯结构介于两者之间,支链数控制在每1000个碳原子含有2~6个支链。如表1。



通过外界压力与温度作用分子激发,把双链拆开,自由链再结合形成链。

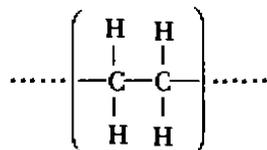
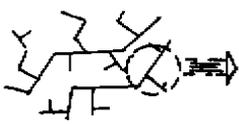
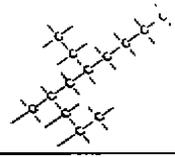
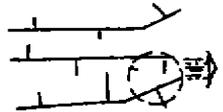
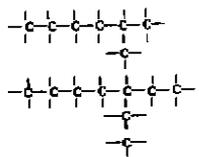
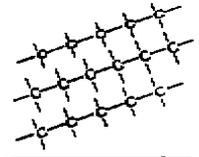


表 1 乙烯种类与分子结构特征

乙烯种类	密度(g/cm ³)	分子结构	
低密度聚乙烯	0.910~0.930		
中密度聚乙烯	0.930~0.94		
高密度聚乙烯	0.94以上		

目前世界各国采用中密度聚乙烯管的较多,采用中密度聚乙烯管的优点相对比高密度聚乙烯管可靠。高密度聚乙烯管虽然刚度、强度比中密度聚乙烯高,但中密度聚乙烯管有良好的柔性、耐熔变性、耐应力开裂性好、冲击强度延伸率大;高密度聚乙烯管由于热熔冷却时再结晶化性差,可出现残余变形。因此,其热熔连接性就不如中密度聚乙烯管。

2) 为了减轻聚乙烯管材的老化,对管材有颜色的规定:

表 2 各国用作燃气管的塑料管材及颜色

国家	管材类型	颜色	国家	管材类型	颜色
美国	HDPE MDPE	桔黄/黄	比利时	MDPE HDPE	黑色
日本	MDPE	绿	西班牙	MDPE	黄色
澳大利亚	MDPE HDPE PVC	黄	瑞典	MDPE	黄色
法国	MDPE	黑色带黄条	丹麦	MDPE	黄色
英国	MDPE	黄、黑色带黄条	芬兰	MDPE HDPE	黑色带黄条
瑞士	MDPE HDPE	黑色带黄条	中国	MDPE HDPE	黄、黑色带黄条
德国	MDPE HDPE	黄、黑色带黄条			
意大利	(MDPE) HDPE	黑色			
荷兰	MDPE PVC	黄、黑色带黄条			

3) 对“PE”管强度要求

- (1) 长期静液压强度(20℃, 50年, 95%) ≥ 8 MPa;
 (2) 短期静液压强度 20℃, 9 MPa, 韧性破坏时间 > 100 h;

80℃ 4.6 MPa 脆性破坏时间 > 165 h;

80℃ 4.0 MPa 破坏时间 > 1 000 h。

4) 热稳定性

环境温度过高或过低, 都对聚乙烯管道的耐压强度和使用寿命有较大影响。聚乙烯燃气管道输送不同种类燃气的最大工作压力见表 3。

在不同温度下, 温度过高或过低, 聚乙烯管输送燃气的最大工作压力要降低, 如表 4。

因此, 北京市规定, 工作温度在 $-2 \sim +40$ ℃ (施工时), 对南方地区夏季施工应采取一些有效防护措施。台湾有些采取夜间施工的办法。

聚乙烯管加工和熔接时要加热, 为了防止原料和管中聚合物在加工和焊接过程中发生降解, 需加入稳定剂, 保持热稳定性。

5) 耐候性

聚乙烯管暴露在室外空气中, 在紫外线、热、氧化作用下, 其延伸率和冲击强度等物理性能会降低, 产生老化现象。为了减轻管材的老化, 为聚乙烯管着色, 因为某些颜色有吸收紫外线性能。贮存时应放于室内并盖上罩布, 避免阳光照射, 延缓老化。

6) 耐应力开裂性

聚乙烯管埋于地下时发生地基不均匀沉降或因随地形变化而弯曲变形, 产生应力, 随着时间推移而产生应力松弛, 当变形达到某一临界值时, 管材会出现龟裂, 且持续增大直至破坏。在这点上 MDPE 优于 HDPE。规范要求: 80℃, 4.0 MPa 达 $\geq 1 000$ h(型式检验要求)。出厂检验要求 ≥ 170 h。

7) 断裂伸长率和拉伸屈服强度

一般聚乙烯管材的拉伸强度为钢管的 1/5。其伸长率为钢管的 20 倍。对敷设地的地形变化有较高的适应性, 规范规定断裂伸长率 > 350%, 一般拉伸屈服强度为 15 MPa。

8) 压缩复原

用专用压管设备, 将试样在 10 分钟内缓慢压至间距为原试样壁厚的两倍, 并保持至少 60 分钟, 松开压管设备, 使试样自然复原。要求试验温度 80℃, 试验环向应力为 4 MPa, 达 170 h。

9) "PE"管的奉命

根据温度为 20℃ 状态下, 通过 1 000 h 的破坏性实验, 推断"PE"管使用寿命为 50 年。根据国外使用情况看, 此使用寿命是可靠的。

2.2 抗化学腐蚀性

各种塑料管对无机化合物作用的抵抗力比金属管强。但对有机化合物作用的抵抗力就

表 3 聚乙烯管道输送不同种类燃气的最大工作压力

燃气种类	最大工作压力(MPa)	
	SDR 11	SDR 17.6
天然气	0.4	0.20
液化石油气	0.1	1
人工煤气	0.005	1

表 4 不同温度下聚乙烯管道输送燃气的最大工作压力

工作温度(℃)	最大工作压力(MPa)	
	SDR 11	SDR 17.5
-20~0	0.1	0.0 075
0~20	0.4	0.2
20~30	0.2	0.1
30~40	0.1	0.0 075

注: 工作温度在 0~20℃ 范围内, 短期允许波动 +8℃。

有所不同。MDPE 对氯类、氧、碱均有良好耐化学性,有很强电绝缘性,耐化学腐蚀和电化学腐蚀性。苯类芳香族化合物、汽油、四氯化碳等有机溶剂对聚乙烯有一定影响,使其物理性能降低。如含芳香烃 50 g/m^3 的人工煤气,按饱和吸收状态考虑,对“PE”管屈服强度降低 5%。因此,目前“PE”管用于天然气输气管线上较多。

3 聚乙烯管的连接

聚乙烯燃气管道连接一般采用承插熔接、对接熔接、鞍型熔接、电熔连接等形式连接,不得使用螺纹连接及粘接。聚乙烯管道与金属管道连接,应采用钢-塑过渡接头连接。

热熔接有承插熔接、对接熔接及电热熔接等。目前,世界各国用得最多的为后者,主要原因是电热熔接施工方便、连接可靠。一般外径 $d_e \leq 110 \text{ mm}$ 管子的连接,采用电熔焊; $d_e > 110 \text{ mm}$ 管子的连接,可采用对接焊。但电熔焊更简单可靠,接口强度高,很不容易出现泄漏。

连接方式如图 1,图 2。

3.1 对接连接

在待连接的两段“PE”管之间插入一加热平板,通电使其达到 $210 \text{ }^\circ\text{C} \sim 220 \text{ }^\circ\text{C}$,待管端熔化后,立刻抽出加热板,将对中的“PE”管管端加压使其熔接,冷却后即牢固。

3.2 电热丝熔接

管子连接件内预制埋入铜电热丝,将“PE”管连接端头外皮刮光后,插入连接件内,通电加热(不同管件用不同电流及加热时间)使管件受热熔化而与管子粘结。

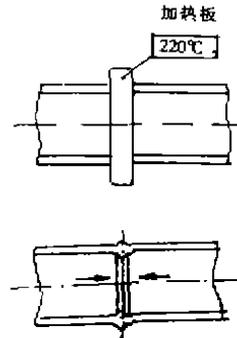


图 1 对接连接

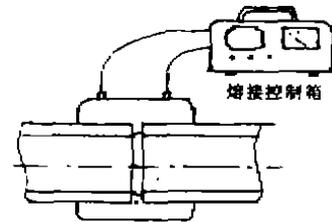


图 2 电热丝熔接

4 “PE”管的经济效益与社会效益

4.1 “PE”管与钢管管材价格比较

“PE”管不仅耐腐蚀、质轻、寿命长,而且比钢管明显经济,按目前市场价格,“PE”管约 $1.8 \sim 1.9$ 万元/吨,而钢管按 5500 元/吨,外加 10%防腐费计,则价格相差如表 5:

表 5 说明“PE”管与较薄的无缝钢管比较,当“PE”管外径在 $D160$ 以上时,管材价格高于钢管。

4.2 施工费用

表 5 “PE”管与钢管的价格比较

规格	“PE”管材价格(A)	钢管价格(B)	比价(%) ($\frac{A-B}{B}$)
	元/m	元/m	
D32	5.50	11.00	-50
D40	8.47	17.50	-52
D63	20.56	27.14	-24
D90	41.26	50.69	-19
D110	61.25	64.02	-4.3
D160	129.42	103.72	+25

"PE"管重量为钢管的1/8,且可以敷设很长距离才连接,接头少,不像钢管要做表面防腐,可机械化施工,速度快,生产效率高。

据国外统计资料表明,"PE"管的工程费用一般比钢管节约10%~30%(其中管材约10%~40%,施工费用节约40%左右);国内十多个城市的使用证明"PE"管与钢管同等工程量比较,一般工程总造价降低13%~15%。

4.3 其它

"PE"管由于不受原料限制,节约金属,使用寿命一般可达50年,而且维护劳动强度低,可提高劳动生产率10%。实践证明事故率低、又防腐、防震、管理简单,减少城市道路开挖,切断改线也容易。

5 推广"PE"管用于城市燃气工程

目前在我国已具备了推广"PE"燃气管的各种条件。

1) "PE"管原材料性能已达到国际标准,"七五"期间,在一些条件较好,技术力量强的燃气公司进行了原料和技术引进,管材试制和使用等工作,并进而对国产专用塑料、机具设备和对气源适应性进行开拓性的研究工作,列入国家科委"七五"期间重点攻关项目,并于1991年3月通过了国家级技术鉴定和验收。又先后在深圳、无锡、成都、广州等地对国产塑料专用料制作的高密度聚乙烯燃气管道进行了小区试验,确认聚乙烯燃气管材的技术可靠性。一般认为其优点是操作方便,劳动强度低,小口径管道(D_g 110 mm以下),比同口径钢管经济,国产机具也容易掌握,操作可靠。

齐鲁石化公司生产的燃气管专用料,其性能指标到世界名牌专用料性能。东北、河北、上海、无锡等都建成了生产合格的"PE"管材,管件机具的工厂。

2) "PE"燃气管标准及燃气管道工程技术规程已制定并经国家批准(即"燃气用埋地聚乙烯管材,管件"及"聚乙烯燃气管道工程技术规程"GB15558.1及15558.2和CJJ63-95)。

3) 施工所采用的机具,特别是聚乙烯管熔焊机已研制成功并有产品供应。

4) 对聚乙烯燃气管道的水力学特性研究,得出了聚乙烯管流体输送计算公式及各种相关设计数据。

由于燃气管道摩擦阻力系数 $\lambda = 0.11 \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$

对 ΔP 低压管道单位长度摩擦阻力损失:

$$\frac{\Delta P}{l} = 6.9 \times 10^6 \left(\frac{k}{d} + 192.2 \frac{d \cdot \nu}{Q} \right)^{0.25} \frac{Q^2}{d^5 \rho} \frac{T}{T_0} \quad (1)$$

对中压燃气管道(包括A、B两级)的单位长度摩擦阻力损失:

$$\left(\frac{P_2^2 - P_1^2}{L} \right) = 1.4 \times 10^6 \left(\frac{k}{d} + 192.2 \frac{d \cdot \nu}{Q} \right)^{0.25} \frac{Q^2}{d^5 \rho} \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

以上(1)(2)式中:

ΔP ——低压燃气管道的摩擦阻力损失(Pa);

λ ——燃气管道的摩擦阻力系数;

$l \cdot L$ ——燃气管道的计算长度(m)、(km);

Q ——燃气管道的计算流量(m^3/h);

d ——管道内径(mm);

ρ ——燃气密度(kg/m^3);

ν ——0℃和 101.325 kPa 时燃气的运动粘度(m^2/s);

k ——管道内表面的当量绝对粗糙度,由生产厂方提供;

R_e ——雷诺数 $R_e = \frac{d \cdot v}{\nu}$; v ——燃气流动断面的平均流速(m/s);

由于聚乙烯管内壁光滑(k 值小),摩阻损失小,能耗低,使用的管道内径可比钢管、铸管小,在相同管径时输送的流量大。故在维修改造旧金属管道时,可将“PE”管穿入其中,达到换管不全部开挖的目的。

5) 已编制埋地聚乙烯燃气管施工、操作规程。

随着我国天然气的普遍应用,推广“PE”管对国民经济和城镇供气都有很大益处,有利于促进城市燃气事业的发展和节约投资。

参 考 文 献

- 1 刘永志. “PE”管的特性及用作燃气管道的施工. 四川城市燃气, 1996(2)
- 2 [德]. R·埃贝哈德, R·许宁. 燃气供应技术手册. 燃气输配. 四川石油管理局勘察设计研究院, 1996
- 3 刘宗伦. 用于燃气输配的聚乙烯管. 城市煤气, 1995(5)
- 4 张榕林. 塑料管用于燃气输配系统的可行性. 公用科技, 1989(4)
- 5 于海君等. 聚乙烯燃气管对接熔接工艺. 煤气与热力, 1996(2)
- 6 白春贵等. 聚乙烯管在燃气管道更新的应用. 煤气与热力, 1994(4)

The Application of Polyethylene Pipe in City Gas Engineering

Liu Yongzhi Zhang Yumei

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045)

Abstract This paper presents properties, advantages and useable rane of polyethylene pipe in City Gas Engineering.

Key Words Gas, Polyethylene, thermal fusion welding

(编辑:袁 江)