



燃气聚乙烯管道 工程技术

王可仁 廖复中 郑镜藩(新加坡) 编著

RANQI JUYIXI

GUANDAO GONGCHENG
JISHU

上海科学技术出版社

燃气聚乙烯管道工程技术

RANQIJUYIXI GUANDAOGONGCHENG JISHU

王可仁 廖复中 郑镜藩(新加坡) 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

燃气聚乙烯管道工程技术/王可仁,廖复中,郑镜藩
(新加坡)编著. —上海:上海科学技术出版社,2009.2
ISBN 978-7-5323-9657-3/TU·323

I. 燃... II. ①王... ②廖... ③郑... III. 聚乙烯塑料—天然气管道—管道工程 IV. TU996.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 175167 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张:5.875

字数:153 千字

2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—5 100

定价:18.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书以有关国家规范为标准,参照国外成熟的技术,从燃气管道工程专业需求的角度出发,系统地介绍了有关聚乙烯材料的基础知识,熔接机具的性能操作、燃气聚乙烯管道工程的设计、施工、输配、抢修,以及聚乙烯管在非开挖燃气管道更新改造中的应用等内容,汇集国内经验并引入了国外相关信息与新技术资料。

本书内容丰富、叙述简明、图文并茂、资料可靠,特别融入了国内外从事燃气聚乙烯管道工程专业人员多年所积累的宝贵经验与施工技巧,实用性强。它可供城市燃气设计、施工和管理人员阅读,也可作为专业培训教材以及大、中专院校有关专业教学的参考用书。

前言

与金属管道相比,聚乙烯(PE)管在燃气管道上应用的目的因优越性越来越得到人们的认可。燃气聚乙烯管在欧美、日本、新加坡等地区已得到广泛应用,在燃气输配管网中已成为主角。

近年来,我国在城市燃气管网的建设和改造中,聚乙烯管应用也发展很快。由于起步晚,我国在燃气聚乙烯管道工程的设计、施工和输配管理中遇到不少问题,出现了不少矛盾,因此国内燃气行业希望有一本适应我国国情、实用性强、可操作的燃气工程技术方面的工具书,以指导有关设计、施工和输配管理。本书正是基于这样的出发点编写而成的。

聚乙烯(PE)管材料与金属及众多非金属管材相比,具有防腐性良好、质轻、施工简便、柔性良好、抗振性能好、寿命长等一系列优点,国外从20世纪60年代开始就已经在燃气工程中全面应用聚乙烯管道。我国从20世纪80年代开始在城市燃气管网输配系统推行聚乙烯管材。在形成原材料加工、设计、施工、运行维护体系的同时,国内还陆续制定了国家及行业的有关聚乙烯燃气管材和管件产品规范,以及聚乙烯管道工程技术规程和规范。聚乙烯管在我国燃气输配管网系统中的广泛应用已成为不可阻挡的发展趋势。

目前,国内生产燃气用聚乙烯管材、管件的厂家已有数百家,产品市场已初具规模,但产品质量参差不齐,生产工艺不规范。此外,燃气管道工程、设计、施工和输配维修人

员缺乏经验,大多数未培训就上岗,导致各地投入运行的聚乙烯管网燃气泄漏事故与质量事故时有发生,给城市燃气用气安全留下了严重隐患。在这种形势下,为燃气行业设计、施工及管理人员提供一本具有实用性的聚乙烯管工程技术方面的专业技术工具书就显得十分必要。为此,上海华焰燃气管道工程技术发展有限公司在上海燃气管理处、上海市北燃气销售公司等单位的支持下,组织了国内外数位长期从事燃气管道工程的人员和专家,在充分调研、汇集国内外成熟的规范和资料、结合国内目前现状、认真总结自身多年实践经验的基础上,经努力于2006年完成了《燃气聚乙烯管道工程技术》初稿,通过专家评审后作为教材对聚乙烯管道工程设计、施工、输配管理人员进行培训,取得了良好的成效。在此书的基础上,借助国内外燃气同行的支持,历时一年左右时间完成了本书的编写。希望通过本书的出版,对提高我国聚乙烯燃气管道的技术水平,促进我国燃气事业的健康发展起到良好的推动作用。

本书由王可仁、廖复中和郑镜藩(新加坡)编著,王可仁主编;席德粹、张永刚、郑海旭审阅,席德粹主审。此外刘海鸿负责了全书的整理及编排工作。

本书的编辑出版得到了上海市政管理局、上海燃气管理处、上海市化学建材行业协会、上海煤气第一管线工程有限公司、上海煤气第二管线工程有限公司、上海市北燃气销售有限公司、上海大众燃气销售有限公司、上海浦东天然气销售有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、上海白蝶管业科技股份有限公司等单位以及王以中、祝伟华、张一翹、徐仁宝、王志华、徐杰、邵沧伟、汪宝平、俞华华、藏良、王岳偕等同行的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

第 1 章 概述	1
1.1 燃气聚乙烯(PE)管发展概述 / 1	
1.1.1 国外聚乙烯燃气管发展概述 / 1	
1.1.2 国内(上海)聚乙烯燃气管发展概述 / 7	
1.2 聚乙烯管应用于燃气管网的适应性 / 8	
1.2.1 聚乙烯管与金属管道的比较 / 8	
1.2.2 燃气用聚乙烯管的要求 / 9	
1.2.3 目前国内生产的聚乙烯管材规格 / 9	
第 2 章 聚乙烯管道生产技术	10
2.1 聚乙烯管道的材料、生产设备和工艺 / 10	
2.1.1 聚乙烯材料 / 10	
2.1.2 聚乙烯生产设备 / 13	
2.1.3 聚乙烯生产工艺 / 15	
2.2 聚乙烯管材和管件的验收 / 16	
2.2.1 现场管材的验收 / 16	
2.2.2 现场管件的验收 / 21	
2.2.3 电熔管件与管材间的尺寸匹配验收 / 22	
第 3 章 聚乙烯管道产品的分类与性能	24
3.1 聚乙烯管道产品的分类 / 24	
3.1.1 管材 / 24	
3.1.2 管件 / 24	

3.2 聚乙烯管道的特点及原材料的性能要求 / 25

3.2.1 聚乙烯管道的特点 / 25

3.2.2 原材料的性能要求 / 25

第4章 燃气聚乙烯管道的连接方法、安装机具及其操作 38

4.1 聚乙烯管道的连接方法 / 38

4.1.1 聚乙烯管道的连接分类 / 38

4.1.2 连接方法优缺点 / 39

4.2 热熔焊接机具及其操作 / 42

4.2.1 工作原理与适用范围 / 42

4.2.2 机具组成与操作要点 / 44

4.2.3 热熔焊接操作守则 / 51

4.3 电熔焊接机具及其操作 / 52

4.3.1 工作原理与适用范围 / 52

4.3.2 电熔连接的设备及辅助工具 / 52

4.3.3 电熔连接的操作步骤 / 53

4.3.4 操作注意事项 / 56

4.3.5 电熔焊接操作守则 / 57

4.4 聚乙烯管焊机的维护与故障排除 / 57

4.4.1 热熔焊机的维护与故障排除 / 57

4.4.2 电熔焊机的维护与故障排除 / 60

第5章 燃气聚乙烯管网的施工设计 62

5.1 聚乙烯混配料的分级 / 62

5.2 聚乙烯管道压力设计 / 62

5.3 聚乙烯管材和管件的选用 / 64

5.3.1 管材 / 64

5.3.2 管件 / 65

5.4 接口类型的选择 / 67

5.5 水力计算 / 67

5.5.1 概述 / 67

- 5.5.2 K 与 d 对 λ 的影响 / 69
- 5.5.3 水力计算公式 / 70
- 5.5.4 利用水力计算图求解管径 / 71
- 5.6 燃气聚乙烯管道敷设施工设计 / 73
 - 5.6.1 聚乙烯管道敷设的相关计算 / 73
 - 5.6.2 聚乙烯管道允许弯曲半径 / 76
 - 5.6.3 管沟、管基和回填土设计 / 76
 - 5.6.4 聚乙烯管敷设道路工程 / 76
- 5.7 燃气聚乙烯管道的保护设计 / 77
 - 5.7.1 示踪带(线)和示踪标识球 / 77
 - 5.7.2 警示带和保护板 / 78
- 5.8 燃气聚乙烯管非开挖穿管施工设计 / 79
 - 5.8.1 聚乙烯穿管口径设计 / 79
 - 5.8.2 聚乙烯穿管入坑的设计 / 80
 - 5.8.3 穿管长度的设定 / 81
- 5.9 燃气聚乙烯管非开挖定向穿越施工设计 / 81
 - 5.9.1 穿越轨迹的设计 / 81
 - 5.9.2 允许拖力的计算 / 84
- 5.10 制动块设置的设计 / 85
 - 5.10.1 制动块的作用 / 85
 - 5.10.2 制动块的设置及安装 / 86

第 6 章 燃气聚乙烯管道施工 91

- 6.1 施工前期准备 / 91
- 6.2 聚乙烯材料储运 / 91
 - 6.2.1 材料存放和搬运 / 91
 - 6.2.2 机具准备 / 95
- 6.3 土方工程 / 95
 - 6.3.1 沟槽的形式和支撑 / 95
 - 6.3.2 土方工程的注意点 / 96
- 6.4 燃气聚乙烯管道的敷设 / 96

- 6.4.1 敷设前的准备 / 96
- 6.4.2 敷设中应注意的方面 / 97
- 6.5 阀门和聚水井的安装 / 101
 - 6.5.1 阀门安装 / 101
 - 6.5.2 聚水井安装 / 101
- 6.6 燃气聚乙烯管道的连接 / 102
 - 6.6.1 基本要求 / 102
 - 6.6.2 热熔连接 / 102
 - 6.6.3 电熔连接 / 103
 - 6.6.4 钢-塑过渡接口 / 103
 - 6.6.5 机械接口 / 104
 - 6.6.6 电熔连接接口质量可靠性问题 / 104
- 6.7 管道疏通、吹扫与强度和气密性试验 / 105
 - 6.7.1 管道疏通 / 106
 - 6.7.2 管道吹扫 / 108
 - 6.7.3 强度和气密性试验 / 108

第7章 燃气聚乙烯管道的检验与工程验收 110

- 7.1 燃气聚乙烯管道接口质量检验 / 110
 - 7.1.1 热熔焊口的检验 / 110
 - 7.1.2 电熔焊口的检验 / 112
- 7.2 燃气聚乙烯管道敷设检验 / 113
- 7.3 燃气聚乙烯管道强度和气密性试验 / 114
 - 7.3.1 强度试验 / 114
 - 7.3.2 气密性试验 / 115
- 7.4 工程验收 / 115
 - 7.4.1 工程验收的基本条件和实施单位 / 115
 - 7.4.2 工程验收的主要内容 / 116
 - 7.4.3 工程验收时应提交的文件 / 116

第8章 燃气聚乙烯管道的特殊施工与抢修 117

- 8.1 燃气聚乙烯管道非开挖定向穿越施工 / 117
 - 8.1.1 原理概述 / 117
 - 8.1.2 方案准备 / 118
 - 8.1.3 施工准备 / 118
 - 8.1.4 施工及过程 / 119
 - 8.1.5 接口处理 / 120
 - 8.1.6 回拖施工中的“浮管效应”及对策 / 120
 - 8.1.7 地面管的规范吊装对安全回拖具有的意义 / 124
- 8.2 运行中的聚乙烯管道接管和镶接施工 / 126
 - 8.2.1 基本要求 / 126
 - 8.2.2 防静电 / 127
 - 8.2.3 阻气 / 127
 - 8.2.4 嵌T镶接施工 / 128
- 8.3 运行中的聚乙烯管泄漏抢修技术 / 129
 - 8.3.1 聚乙烯管点状泄漏抢修方法 / 129
 - 8.3.2 聚乙烯管套筒接口泄漏抢修方法 / 130
 - 8.3.3 聚乙烯管受损较大的抢修方法 / 131
- 8.4 燃气聚乙烯管投用 / 132
 - 8.4.1 基本要求 / 132
 - 8.4.2 取样判断方法 / 132
 - 8.4.3 修复后的聚乙烯管道的接管和维修 / 133

第9章 燃气聚乙烯管在非开挖旧管道更新及修复中的应用 135

- 9.1 燃气聚乙烯管非开挖穿管施工法 / 135
 - 9.1.1 施工准备 / 135
 - 9.1.2 施工方法 / 139
 - 9.1.3 检测与验收 / 142
- 9.2 聚乙烯缩径穿管施工法 / 143

9.2.1	原理及一般规定 / 143	143
9.2.2	工程案例 / 147	147
9.3	聚乙烯 U 形折叠管内衬施工法 / 150	150
9.3.1	原理与一般规定 / 150	150
9.3.2	国外 U 形折叠(U-liner)穿管工艺 / 153	153
9.4	爆管法管道更新施工法 / 157	157
9.4.1	原理及一般规定 / 157	157
9.4.2	三类爆管法 / 158	158
9.4.3	切割刀头和牵引头 / 159	159
9.4.4	爆破头 / 160	160
9.5	可剥离表皮新型聚乙烯管及多层复合管材的应用 / 161	161
9.5.1	可剥离表皮新型聚乙烯管材的应用 / 161	161
9.5.2	多层复合管材的应用 / 163	163
附录		168
1.	燃气用高密度聚乙烯管(PE80)性能参数 / 168	168
2.	燃气用高密度聚乙烯管(PE100)性能参数 / 169	169
3.	HDPE 系列管件(电熔管件系列) / 171	171
参考文献		173

第1章 概 述

1.1 燃气聚乙烯(PE)管发展概述

1.1.1 国外聚乙烯燃气管发展概述

1.1.1.1 输送燃气用塑料管材的发展

1) 20 世纪 20 年代,现代物理和化学分析方法的进步揭示了聚合物的奥秘。1931 年聚氯乙烯塑料得到了开发。二次世界大战中,由于铜和钢材的短缺,塑料管开始应用于燃气输配及给水。

2) 燃气输配用塑料材料应用的起始年代和国家。

① 醋酸—丁酸纤维素: 1943 年,美国。

② 硬聚氯乙烯: 1950 年,前联邦德国。

③ 耐冲击聚氯乙烯: 1952 年,美国。

④ 环氧玻璃钢: 1955 年,美国。

⑤ 聚乙烯(PE): 1956 年,美国。

⑥ 涤纶: 1963 年,意大利。

⑦ 尼龙: 1969 年,澳大利亚。

3) 塑料管应用于燃气应考虑的因素。

① 经济性。

② 接口稳定性、严密性。

③ 耐应力开裂性。

④ 耐腐蚀性和耐化学性。

⑤ 耐老化性。

⑥ 韧性。

⑦ 柔软性、可挠性。

⑧ 耐久性。

⑨ 强度与温度的关系。

⑩ 长期静液压强度的大小。

4) 聚乙烯管更适用于燃气。

经淘汰,到 20 世纪 60 年代后期,只剩下 PVC 管和聚乙烯管,而比较下来,在燃气上应用聚乙烯管优于 PVC 管。PVC 管的缺点主要在 3 个方面。

① 易脆性,易产生断裂现象。

② 缺乏可挠性,不能盘卷。

③ 接触溶剂的可靠性差。

1.1.1.2 英国国家管网署提供的最新资料

在国际上,自 1965 年第一条聚乙烯燃气管道敷设以来,它就得到了广泛的应用。英国是最早发明聚乙烯并最早在燃气输配中批量使用聚乙烯管道的国家之一。20 世纪 80 年代到 90 年代,随着英国北海油气田的开发及阿尔及利亚天然气田的开采,国际天然气产业进入了快速发展的年代,此时在 PE63 的基础上成功研发了 PE80,第二代聚乙烯燃气管材较快占领了燃气管道市场。之后又研制出用双峰共聚工艺生产的 PE100 材料,称为第三代聚乙烯管,在性能与应用上又上了一个新台阶。英国从 1969 年开始使用聚乙烯燃气管至今已铺设了 16~500 mm 的燃气聚乙烯管十余万公里。

以下根据英国国家管网署 2007 年初提供的资料,对了解英国燃气界的现状作一个简单介绍。

1) 英国国家管网操作压系统。

① 国家长输管网系统(National Transmission System)。以钢管组成管网,最高操作压: 9.0 MPa。

② 区域长输管网(Local Transmission System)。以钢管组成管网,操作压介于 0.7~7.0 MPa 之间。

③ 区域中压管网(Intermediate Pressure)。以钢管及聚乙烯管组成管网,操作压介于 0.2~0.7 MPa 之间。

④ 中压管网(Medium Pressure)。主要以钢管、铸铁管及聚乙烯管组成管网,操作压介于 7.5 kPa~0.2 MPa 之间。

⑤ 低压管网(Low Pressure)。主要以钢管、铸铁管及聚乙烯管组成管网,操作压最高 7.5 kPa。

2) 管网管材的组成。根据英国国家管网署 2006 年 1 月份的统

计,英国国家管网的总长度约计 125 877 km,管材分布如图 1-1 所示,其中 51%的管材是由聚乙烯管材组成。

整体管材分布如下:

- ① 球墨铸铁(Ductile Iron): 7 799 km(占 6.2%)。
- ② 钢管(Steel): 7 995 km(占 6.35%)。
- ③ 灰铸铁管(Spun Iron): 21 101 km(占 16.77%)。
- ④ 铸铁管(Cast Iron): 25 502 km(占 20.26%)。
- ⑤ 聚乙烯: 63 480 km(占 50.43%)。

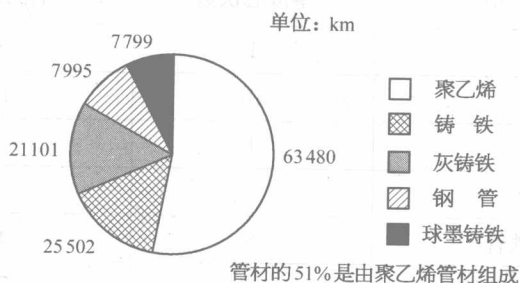


图 1-1 英国国家管网燃气输配系统管道材料统计表

(英国国家管网署 2006 年 1 月核准)

3) 英国国家管网的泄漏事故。图 1-2 是 1990~2006 年总计 17

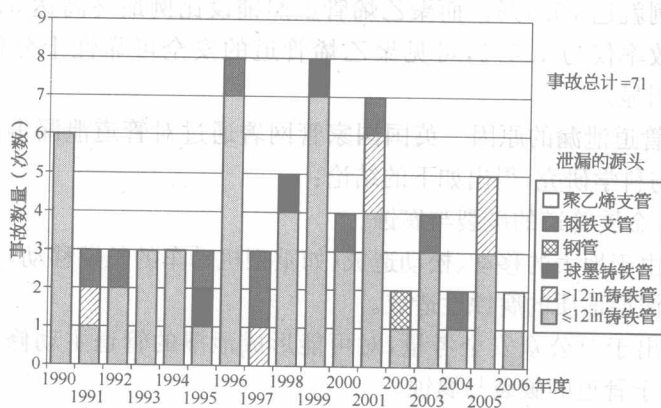


图 1-2 1990~2006 年英国涉及燃气输配与支管的事故统计

(英国国家管网署 2007 年 1 月核准)

年间,英国燃气管网输配主管及支管所发生的泄漏事故一览表。在总计 71 宗泄漏事故中,铸铁管道泄漏占大部分。

随着聚乙烯管道大量取代铸铁管道,尤其是至 2006 年,51%的管网已由聚乙烯管材组成,因而由铸铁管材所形成的泄漏事故量大大减少。

对图 1-2 的分类事故次数及所占比例的统计见表 1-1。

表 1-1 1990~2006 年英国涉及燃气输配与支管的事故统计

类 型	事故总次数	所占比例(%)
聚乙烯支管	1	1.4
钢铁支管	10	14.1
钢管	1	1.4
球墨铸铁管	3	4.2
>12 in 铸铁管	6	8.5
≤12 in 铸铁管	50	70.4

从以上统计可以看出,总的铸铁管事故数占总事故数的比例高达 83.1%(4.2%+8.5%+70.4%),其中单“≤12 in 铸铁管”的事故比例就达 70.4%。而聚乙烯管虽然铺设比例最终高达 51%,但累积事故率仅为 1.4%,可见聚乙烯管道的安全可靠性和优势明显。

4) 管道泄漏的原因。英国国家管网署通过对管道泄漏事故的精密探讨与科学研究,得出如下的结论:

(1) 金属管道的破裂与腐蚀。

① 由于地表的移动、松动造成(如重型机动车的长期移动)。

② 泥层地质的腐蚀性造成。

③ 出于对公众安全考量,对可能形成泄漏的管道主动修复或撤换,等同于管道的破裂与腐蚀。

(2) 主要由管材接口处所形成的泄漏的危害。

① 造成环境的污染。

② 造成经济上的损失。

③ 危害土方挖掘工程的安全性。

(3) 聚乙烯管道的失效事故基本上是由于第三者的疏忽而造成的破坏。

而聚乙烯管网系统在以上方面明显具有其优越性。

5) 聚乙烯材料在燃气行业的使用简史。

(1) 第一代原材料(PE63): 20 世纪 60、70 年代。

① 管径小于 100 mm。

② 1976 年启用挤压断气检测法,最大管径 180 mm。

③ 1977 年管径由英制改公制。

(2) 第二代原材料(PE80): 20 世纪 80、90 年代。

① 管径小于 250 mm。

② 1986 年挤压断气检测法,口径大过 180 mm。

③ 1987 年实行英国 PE 准则 PLZ[包括破口检测(Notch pipe Testing)法]。

④ 实行切除热熔焊条检测法。

(3) 第三代原材料(PE100)。

① 以电熔焊接法取代热熔承插焊接法。

② 1990 年启用自动化热熔焊接法。

(4) 第四代原材料(PE100+可剥包皮): 21 世纪。

2002 年起开始使用带表皮层的聚乙烯材料,表层可撕开,无需刮除聚乙烯表层氧化皮,被称为“可撕表层聚乙烯管材”。

6) 以聚乙烯管材更新管网。图 1-3 为 1975~2005 年期间英国燃气输配管网管材的变迁图表,从中可以明显看出以下几点。

(1) 燃气管网总里程及聚乙烯管网长度均逐年增长。

(2) 铸铁管线长度呈逐年下降趋势。

(3) 钢管及球墨铸铁管里程数逐年变化不明显。

在英国,尤其在城镇市区内,建筑物、公用设施及道路高速发展,加之从历史价值、保护与优化环境等因素考虑,燃气输配管网的扩充延伸与更新,越来越不能采用开挖铺设的方式,而只能发展和运用非开挖更新法。由于聚乙烯管材比其他管材具有明显的优越性,因而用非开挖