

聚烯烃管道

孙 逊 编著 ■



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

国外引进图书

塑料添加剂手册 [美]
塑料产品设计和加工工程
塑料注塑制件设计
热塑性弹性体
热固性塑料的注塑与传递模型
模具工程
国际塑料手册
反应挤出——原理与实践

合成树脂及应用丛书

甲基丙烯酸树脂及其应用
ABS树脂及其应用
不饱和聚酯树脂及其应用 (第二版)
有机硅树脂及其应用

塑料工业手册

聚酰胺
注塑·模压工艺与设备
不饱和聚酯树脂
热固性塑料加工工艺与设备
聚氨酯
聚氯乙烯
聚烯烃

塑料助剂产供销指南
淀粉塑料——降解塑料研究与应用
常用合成树脂的性能和应用手册
塑料材料的选用
树脂基复合材料制造技术
高分子物理学中的标度概念
复合材料结构损伤修理
塑料门窗组装设备原理与维修
塑料异型材制造原理与技术
超高分子量聚乙烯
软质塑料包装技术
聚烯烃管道
注塑成型及模具设计实用技术

ISBN 7-5025-3485-7



9 787502 534851 >

ISBN 7-5025-3485-7/TQ · 1443 定价: 40.00元

聚 烯 烃 管 道

孙 逊 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

聚烯烃管道/孙逊编著. —北京: 化学工业出版社,
2002.7
ISBN 7-5025-3485-7

I. 聚… II. 孙… III. 聚烯烃塑料-塑料管材-
生产工艺 IV. TQ325.107.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 026377 号

聚 烯 烃 管 道

孙 逊 编 著

责任编辑: 龚浏澄

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 19 字数 512 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3485-7/TQ·1443

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

自 20 世纪 20 年代后期,伟大的德国科学家施陶丁格 (Staudinger) 为高分子科学的大厦奠基以来,作为高分子材料三大组成部分 (塑料、橡胶、纤维) 之一的塑料的合成、加工及应用取得了极其伟大的进步。塑料的迅速发展为 20 世纪的人类进步的贡献之巨大,每一个人均可感受得到,因为塑料已进入人类生活的方方面面。

塑料管道是塑料的重要应用领域之一,经历了 60 余年的发展,积累了丰富的研究成果和实践经验。已形成面向应用,理论与实践并重,包括管材原料的合成与性质、管材 (管件) 成型加工设备与工艺、管性质分析、管道系统的设计、管道的连接、管道的工程施工、管道标准等主要技术环节,涉及高分子化学、高分子物理、高分子流变学、材料力学、结构力学、断裂力学、流体力学、土力学、机械学等基础科学,具有交叉应用科学特征的塑料管道技术体系。

聚烯烃 (PO, Polyolefins) 是聚乙烯、聚丙烯和聚 1-丁烯及其他烯烃类聚合物的总称。聚烯烃管道 (以聚烯烃为材质), 品种丰富, 应用广泛, 研究成果丰硕, 在塑料管道领域占有重要的位置; 近年来无论是在欧洲、美洲, 还是在亚洲, 都保持着高增长的用量。我国近年来大力推广的新型塑料管道, 大部分即属于聚烯烃管道或聚烯烃复合管道。本书以聚烯烃管道 (包括复合管道) 为主要写作对象, 系统总结聚烯烃管道从原料到工程应用的主要技术环节, 力图构筑一个较完整的技术体系框架。其中, 有关管道性质的研究方法 (第七章)、设计与安装 (第八章、第十章) 的内容, 大部分也适用于其他类型的塑料管道。

本书是系统总结塑料 (聚烯烃) 管道技术的科技书, 可供塑料管道生产、设计与施工、管道使用、管材原料制造、塑料机械制造、标准化工作、行业管理等领域的科技和管理人员参考, 冀望于

对我国塑料管道业的健康发展有所裨益。

本书写作中,尽可能广泛地吸收了数十年来的较成熟的研究成果和实践经验,以及近些年来的前沿进展,因此参考了大量的科技资料,散见于各类期刊、专著、技术报告及各类技术手册中。本书不能一一列举,仅择其要列于书后。在此特向为塑料管道技术研究作出贡献的广大中外科技工作者致意。

作者诚挚地感谢山东优秀企业家徐建国先生、全国塑料制品标准化技术委员会塑料管材、管件及阀门分技术委员会主任委员刘秋凝高级工程师、北京塑料工业协会理事长张玉川教授级高级工程师、四川大学高分子材料国家重点实验室董孝理教授、中国工程建设标准化协会管道结构委员会主任委员潘家多教授级高级工程师等各界贤达对作者本人的培养和关怀;还要特别感谢我的家人对撰写本书的支持。本书责任编辑龚浏澄先生对本书的体系框架多次提出指导意见,在此一并感谢。

本书涉猎的技术领域较宽,写作时间较短,加之作者水平所限,难免有不妥之处,敬请有关专家及读者赐正。

孙 逊

2001年12月于历下佛山苑

目 录

第一章 塑料管道产品	1
第一节 塑料管道分类及简介	1
一、按照塑料材料的品种分类	1
二、按照塑料管道的结构特征分类	6
三、按照管道材质组成分类	11
四、按照塑料管道的成型方法分类	14
五、按照管内运行介质是否带压运行分类	14
六、塑料管道应用领域与用量	15
第二节 聚烯烃管道	16
一、聚烯烃管道在塑料管道领域的位置	16
二、聚烯烃管道在我国迅速发展的推动力	17
第三节 塑料管道系统的术语	21
一、几何定义	21
二、与材料有关的定义	22
三、与使用条件有关的定义	23
四、常见塑料管材料的名称缩写	23
第四节 聚乙烯 (PE) 管道	24
一、聚乙烯管道概述	24
二、聚乙烯 (PE) 燃气管	27
三、聚乙烯 (PE) 给水管	29
四、管件与管道的连接方法	31
第五节 聚丙烯 (PP) 管道	32
一、聚丙烯管道概述	32
二、建筑物内冷热水系统用聚丙烯管	33
三、管件与管道的连接方法	35
第六节 聚丁烯 (PB) 管道	36
一、聚丁烯 (PB) 管道概述	36
二、建筑物内冷热水系统用聚丁烯管	37
三、管件与管道的连接方法	38
第七节 交联聚乙烯 (PEX) 管道	39

一、交联聚乙烯管道概述	39
二、建筑物内冷热水系统用交联聚乙烯管	40
三、管件与管道的连接方法	42
第八节 铝塑复合管	42
一、铝塑复合管概述	42
二、铝塑复合管产品与标准	45
第二章 制管原材料	48
第一节 管材料概述	48
一、聚烯烃管材料的组成	48
二、管材级原料的等级分类与命名	52
第二节 聚乙烯	55
一、聚乙烯树脂合成与概况	55
二、聚乙烯管材料的类型与发展	57
三、聚乙烯管材料的性能要求	59
四、影响聚乙烯压力管材料性能的结构因素	64
五、我国的聚乙烯管材树脂	74
第三节 聚丙烯	75
一、聚丙烯树脂的合成与概况	75
二、聚丙烯管材料的类型与发展	77
三、聚丙烯管材料的性能要求	77
四、影响聚丙烯管材料性能的结构因素	80
五、我国的聚丙烯管材树脂	82
第四节 聚丁烯	83
一、聚 1-丁烯 (PB) 树脂	83
二、聚丁烯管材料	84
第三章 聚烯烃管材挤出成型设备	86
第一节 概述	86
一、管材的挤出成型	86
二、挤出机的类型及选择	87
第二节 单螺杆挤出机	88
一、单螺杆挤出机的基本结构参数	88
二、螺杆	90
三、机筒	98
四、加料装置	101
五、驱动系统	102

六、控制系统	104
第三节 聚烯烃管材挤出系统	105
一、常规挤出系统	106
二、强制喂料的 IKV 系统	108
三、聚烯烃管材的直接挤出	114
第四节 机头组件	115
一、聚烯烃管机头的结构类型	116
二、聚烯烃管材挤出机头的设计与结构参数	119
三、多孔板和过滤网	123
四、机头小车	124
五、口模的调节	124
六、拥有共挤单元的聚烯烃管材机头	125
七、聚烯烃管材挤出机头的选择	125
第五节 定型及冷却装置	127
一、定径方法	127
二、内径定型	127
三、外径压力定型	128
四、外径真空定型	129
五、真空冷却槽	134
六、总冷却长度	137
第六节 其他下游及辅助设备	138
一、下游设备	138
二、生产辅助设备	142
第七节 聚烯烃管材的高性能挤出设备	146
一、高效能的挤出系统	146
二、管材挤出的下游设备	147
三、挤出过程自动化的实现	148
四、高性能挤出的其他设备	151
第四章 聚烯烃管材挤出成型工艺	153
第一节 塑料在挤出系统中的运动原理	153
一、热塑性塑料在不同温度下的三态变化	153
二、聚烯烃的聚集态结构与热力学性质	155
三、物料在挤出系统中的流动理论	158
四、聚烯烃熔体的流变性质	164
第二节 单螺杆挤出机的生产能力	166

一、常规挤出系统的生产能力	166
二、IKV 挤出系统的生产能力	168
第三节 挤出机的工作图与挤出机操作	170
一、常规挤出系统	170
二、IKV 挤出系统	173
第四节 聚烯烃管材挤出成型工艺控制	174
一、原材料的预处理	174
二、温度控制	175
三、压力控制	180
四、真空定型	180
五、冷却	181
六、螺杆转速与挤出速度	182
七、牵引速度	183
八、管材的在线质量控制与后处理	184
第五节 几个管材成型问题的探讨	184
一、管材的定径与冷却	184
二、挤出管材的各向异性	190
三、熔垂	191
四、内应力	193
第六节 聚烯烃管材挤出异常现象分析	197
一、熔体的弹性效应对成型加工的影响	197
二、聚烯烃管材生产中常见问题	199
第五章 交联管及复合管的制造	203
第一节 交联聚乙烯 (PEX) 管的制造	203
一、聚乙烯的交联工艺分类	203
二、物理交联	203
三、化学交联	204
四、交联方法的比较与生产管子方法	210
五、一步法交联聚乙烯管材的生产	212
六、两步法生产交联聚乙烯管子	216
第二节 铝塑复合管的制造	219
一、原材料	219
二、成型工艺	220
第六章 塑料管件的制造	230
第一节 管件的种类概述	230

第二节 管件的注塑	230
一、注塑机	231
二、模具与制品	237
三、管件注塑成型过程与工艺	241
四、塑料管件的尺寸精度	251
第三节 管件的焊制	255
一、管件类型	255
二、焊制工艺与设备	256
三、异常现象及解决方法	259
第四节 聚烯烃管件的其他成型方法	259
一、车削成型	259
二、聚乙烯的滚塑成型	260
三、其他方法	263
第七章 聚烯烃管的性质	264
第一节 聚烯烃管的力学性质	264
一、塑料管道区别于金属管道的力学性能表现	264
二、聚烯烃管的主要力学性能	268
第二节 长期静液压强度与塑料管的寿命	271
一、塑料管耐内液压试验方法	271
二、塑料管内液压荷载下的强度与时间曲线的基本形式	273
三、静内液压载荷下塑料管应力-寿命关系理论与模型	276
四、标准回归法	279
五、如何表征塑料管长期静液压强度	283
六、聚烯烃管的长期静液压强度曲线	283
七、聚烯烃热水管长期性能的研究	290
八、耐内液压试验方法的变化与应用	293
第三节 损伤的积累与塑料管的寿命	293
一、塑料材料的疲劳破坏	293
二、积累的损伤模式与 Miner 规则	294
三、Miner 规则的应用	295
第四节 塑料管材蠕变与松弛的力学特征	296
第五节 塑料管道的力学破坏研究	301
一、塑料管道力学破坏研究的理论基础——聚合物的断裂和强度理论	301
二、聚烯烃管的破坏形式	303

三、聚乙烯管的慢速裂纹增长与环境应力开裂	304
四、塑料管快速裂纹扩展 (RCP)	318
第六节 塑料管道的理化性质	331
一、耐腐蚀性能	331
二、耐老化性能	343
三、热性能	346
四、耐磨损性能	349
五、塑料管的卫生性	349
六、塑料管的气体渗透性	351
七、可燃性	352
第八章 塑料管道系统的设计	353
第一节 引言	353
第二节 水力设计	354
一、概述	354
二、圆管内的流态和影响水头损失的因素	356
三、水头损失计算的一般方法	360
四、热塑性塑料管压力管的水头损失计算	363
五、热塑性塑料重力自流管道的水力计算	371
第三节 静内液压力载荷的 ISO 方程	377
一、环向应力或周向应力 (σ_t) 分析	377
二、轴向应力 (σ_a) 分析	378
三、径向应力 (σ_r) 分析	379
四、ISO 方程	380
第四节 热塑性塑料压力管材标准化结构设计	380
一、常温使用热塑性塑料压力管材标准化结构设计	381
二、建筑物冷热水系统用热塑性塑料管材标准化结构设计	385
第五节 如何确定内压承载能力	388
一、管内介质和寿命要求的影响	389
二、安全度要求	390
三、温度对塑料管内压承载能力的影响	390
四、水锤压力	393
五、快速裂纹扩展	399
六、建筑内热水管的内压承载能力的确定	399
第六节 外液压载荷	401
第七节 塑料管道埋地设计	405

一、埋地管道设计的柔性管理理论	405
二、塑料管道埋地设计依据	408
三、塑料管道埋地设计准则	428
第八节 热应力与收缩应力	440
一、理论伸缩量及理论热应力	440
二、塑料管道系统热效应设计	441
第九节 塑料管道的纵向弯曲	443
一、塑料管道允许的最小曲率半径	443
二、塑料管道弯曲的几种情况	445
第九章 聚烯烃管道的连接	448
第一节 塑料管道连接方法概述	448
一、塑料管道常用连接方法	448
二、聚烯烃管道熔接原理	449
第二节 热熔连接	450
一、热熔对接原理与模型	450
二、焊接设备	451
三、焊接方法及步骤	452
四、焊接工艺	453
五、热熔对接接头的质量与检验	460
六、鞍形热熔连接	471
第三节 电熔连接	473
一、电熔连接技术概述	473
二、电熔管件	475
三、电熔连接机具	482
四、电熔连接方法与步骤	483
五、焊接工艺过程	484
六、电熔接头的质量与检验	488
第四节 热熔套接	492
第五节 钢塑过渡连接	495
一、聚烯烃法兰接头	496
二、预制钢塑转换管件	500
第六节 机械连接	501
一、PE、PP管的机械连接	501
二、交联聚乙烯管道的机械连接	501
三、铝塑复合管的机械连接	504

四、PB 管的机械连接	505
第七节 结构壁管的连接	506
第八节 系统的适用性	507
一、连接方法与系统适用性评价	507
二、系统适用性的试验方法	508
三、冷热水管系统的适用性试验	514
第十章 管道工程安装	516
第一节 地上塑料管道工程	516
一、概述	516
二、设计中主要考虑的因素	516
三、管道铺设设计	518
第二节 埋地管道工程	523
一、沟槽	523
二、管道基础	523
三、管道安装	524
四、沟槽回填	525
五、压力管道的固定	526
第三节 建筑内塑料压力管道工程	530
一、管材的选用问题	531
二、管道的敷设布置	532
三、热补偿	532
四、管道的固定	535
五、塑料管的保温	537
六、管道的弯曲	537
第四节 水下塑料管道工程	538
一、管路的压载设计	538
二、聚乙烯管的水下安装	541
第五节 低温地板辐射采暖	542
一、概述	542
二、低温地板辐射采暖机理及特点	543
三、地板辐射采暖设计	545
四、地板辐射采暖的施工安装	547
第六节 非开挖施工技术	548
一、聚乙烯管道与非开挖技术	549
二、定向钻进与导向钻进	550

三、爆管或胀管法	559
四、传统内衬法	560
五、改进内衬法	563
第七节 管道水压试验	564
一、塑料管道水压试验的特殊考虑	565
二、给水管的水压试验方法——压差法	565
三、Janson 严密性试验	568
附录	571
附录一 塑料管国际标准目录 (ISO TC 138)	571
附录二 塑料管材、管件国家标准目录	581
附录三 常用单位换算	583
主要参考文献	587

第一章 塑料管道产品

第一节 塑料管道分类及简介

塑料主要是以石油或煤为原始材料制得的一类高分子材料。塑料管道是塑料重要的应用领域之一。塑料管道最初出现在 20 世纪 30 年代。迄今为止,塑料管道已被国内外广泛地应用于城市供水、城市排水、建筑给水、建筑排水、热水供应、供热采暖、建筑雨水排水、城市燃气、农业排灌、化工流体输送以及电线、电缆护套管等领域。塑料管道的品种非常丰富,下面仅从六个方面对塑料管道品种进行分类和简介。

一、按照塑料材料的品种分类

最通常的分类方法是按照制造管道的塑料材料的品种分类。

按受热呈现的基本行为,塑料可分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。热固性塑料是指因受热或在其他条件下能固化成不熔不溶性物料的塑料材料,热固性塑料管的主要品种是玻璃钢管,也包括交联聚乙烯管等。热塑性塑料是指在特定温度范围内,能反复加热软化和冷却硬化的塑料。绝大多数的塑料管道都是热塑性塑料管道。热塑性塑料管使用量最大的三个品种为:聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)。其他如:丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)、聚丁烯(PB)、氯化聚氯乙烯(CPVC)、乙酸-丁酸纤维素(CAB)、缩醛树脂、聚四氟乙烯(PTFE)、尼龙(PA)、聚碳酸酯(PC)、聚偏二氟乙烯(PVDF)、苯乙烯橡胶(SR)等均可用于制作用途各异的管道。

(一) 热固性塑料管

1. 玻璃钢管

热固性塑料管主要是指玻璃纤维增强树脂塑料管(GRP),又

称玻璃钢管。这种管材通常有两种制造工艺：离心浇注成型法（Hobas 法）和纤维缠绕法（Veroc 法），纤维缠绕法又分为连续缠绕法与往复缠绕法。为了提高管材的刚度，并降低成本，以上三种制管工艺均可在制管过程中加石英砂，称之为玻璃钢夹砂管（RPM）。

（1）离心浇注工艺 在制管过程中，切短的玻璃纤维增强材料和砂，喂入固定在轴承上的钢模中，钢模由电动机驱动，随着钢模的高速转动，在钢模一端注入含催化剂的不饱和树脂，使其浸渍增强材料，在离心力作用下，树脂置换出纤维及填料内的空气，从而制造出无孔隙的致密的复合材料。由于离心力作用，管内壁形成一个平滑、光洁的富有树脂的内表面层，管材在较高温度下固化。所谓“Hobas 管”即为离心法制造的加砂玻璃钢管。

管材外模在离心旋转的条件下，喂料机由计算机控制往复输送数十次不同的原材料。其管壁按功能可分为内衬、增强、结构、增强、外保护五层，单根长度为 6m。这种管材内外壁光滑，不带承口，可用双承柔性套管连接。套管是采用二重水密封唇的三元乙丙橡胶与缠绕玻璃钢为一体的结构。

（2）连续缠绕工艺 在芯模上，用长纤维玻璃丝，以一定的斜角径向连续缠浇，在管芯树脂中要掺和一定比例的短纤维和砂，可生产任意长的管段。

（3）往复缠绕工艺 在芯模上，往复缠绕和用长纤维玻璃丝以一定的斜角，经径向交叉缠绕，对于有高刚度要求的管材可以加砂；但承受较高内压的管材一般不加砂。可生产 12m 以下任意长度的管子。

三种工艺比较，往复缠绕和离心浇注属于定长法，连续缠绕属于连续法。往复缠绕工艺承受内水压能力较高，接口数较少；连续缠绕工艺建厂投资较少；离心浇注工艺抗渗性好，制管成本较低，管材有利于维修。

2. 交联聚乙烯（PEX）管

详见本章第七节。