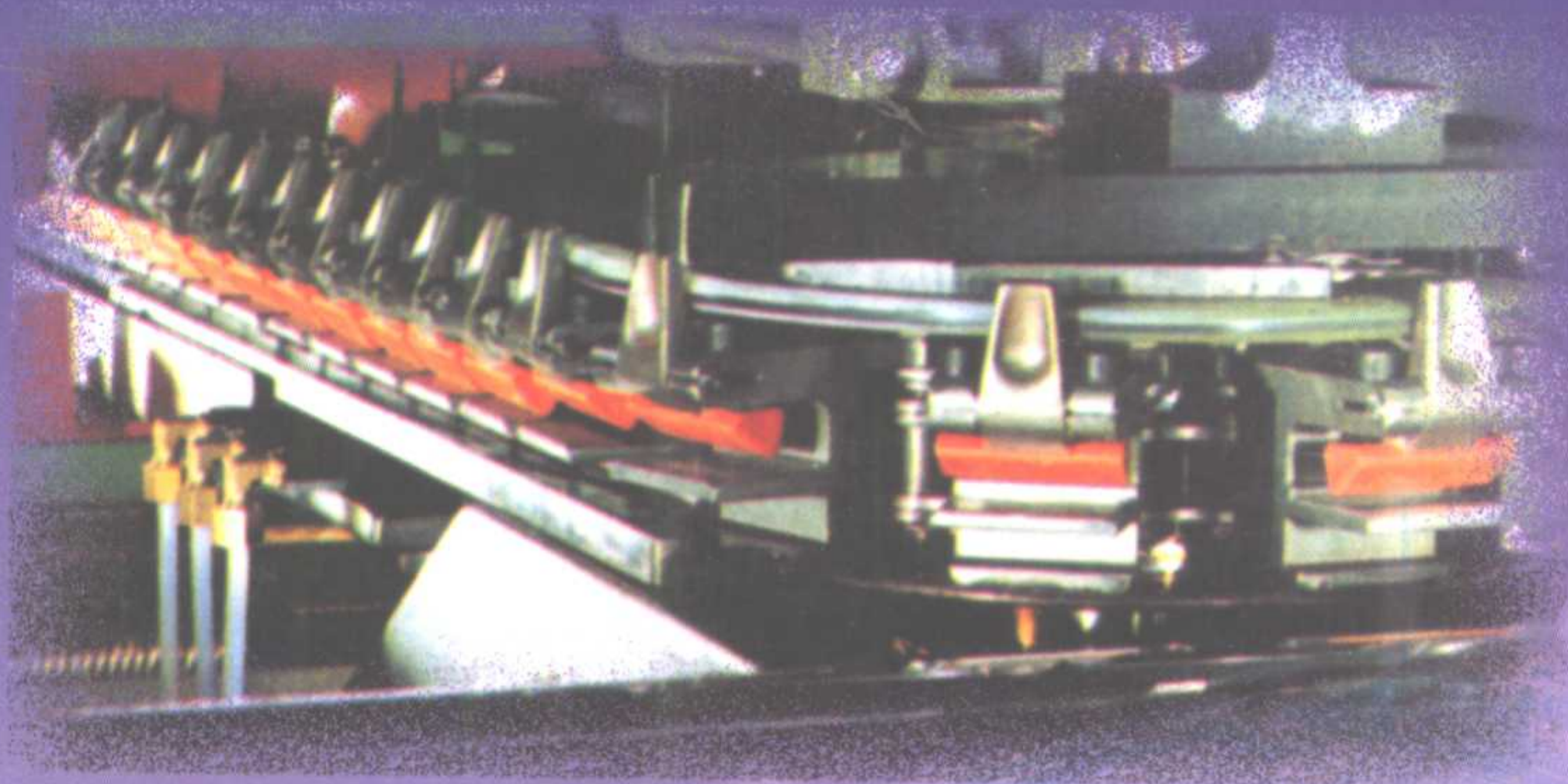


塑料成型加工丛书

# 双向拉伸 塑料薄膜



尹燕平 主编

化学工业出版社

塑料成型加工丛书

# 双向拉伸塑料薄膜

尹燕平 主编

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

双向拉伸塑料薄膜/尹燕平主编. —北京: 化学工业出版社, 1999. 8  
(塑料成型加工丛书)  
ISBN 7-5025-2585-8

I. 双… I. 尹… III. 双向拉伸薄膜-生产工艺  
IV. TQ320.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 45020 号

---

塑料成型加工丛书

双向拉伸塑料薄膜

尹燕平 主编

责任编辑: 龚浏澄 白艳云

责任校对: 陈 静

封面设计: 蒋艳君

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

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 12¼ 插页 1 字数 323 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2585-8/TQ·1152

定 价: 25.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

## 前 言

近 30 年来,随着高分子树脂及塑料成型加工技术的飞跃发展,双向拉伸塑料薄膜已成为国民经济和人民生活不可缺少的一种材料。目前,我国已引进百余条薄膜生产线,拥有近 50 万 t 的生产能力,可以生产多种质量高、性能好的双向拉伸塑料薄膜。然而,令人遗憾的是国内至今尚无一本全面论述双向拉伸薄膜工艺及设备的专著。

本书是以总结现代化薄膜生产线的工艺和设备为主,参考大量有关资料,试以介绍平面双向拉伸塑料薄膜生产工艺和设备的基本原理及有关影响因素,为合理选择加工条件,改进生产技术奠定初步基础;综合介绍不同薄膜的生产工艺和设备,以便相互借鉴,取长补短,促进设备和技术改造,有所创新;总结薄膜的生产技术,有利于提高生产技能,实现优质、高产、低消耗的目的;介绍薄膜生产线需要配备的必要条件,为建厂提供有关参考资料。

本书的主要编著者为第一章王德全,第二章、第三章、第六章、第九章尹燕平(刘镛声、刘苏鹏编写部分内容),第四章湛淳,第五章、第七章、第八章刘镛声、尹燕平、刘苏鹏、李英葆、王德全。该书在编写过程中得到刘江平等有关人士的大力支持和热情帮助,在此表示衷心的感谢。由于我们的水平有限,难免出现缺点和错误,敬请批评指正。

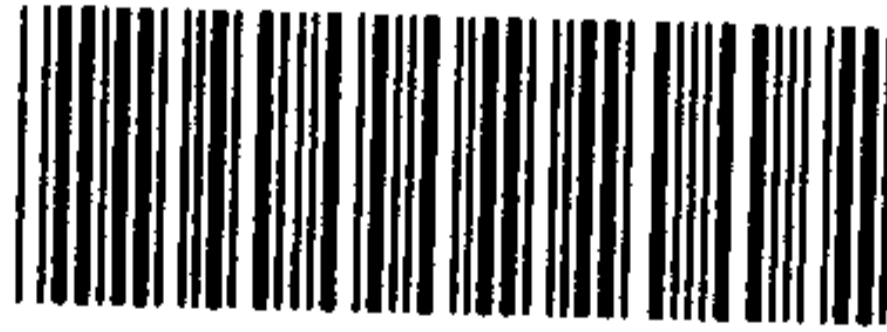
编者

1999 年 3 月

## 内 容 提 要

本书是在概述平面双向拉伸塑料薄膜的成型加工原理、生产工艺、设备及自动控制的基础上，以通用拉伸薄膜为例，分别介绍生产不同薄膜所需的原料、成型工艺、加工设备的特殊性，并介绍有关生产技术，原料和产品的性能、用途、检测方法等。

本书在编写过程中，参阅了大量的文献资料，总结了多种薄膜的生产经验，内容丰富，取材真实，实用性很强，可供从事塑料薄膜生产、研究、使用以及有关原料、设备加工厂等有关单位的技术人员、管理人员、操作人员阅读。



C592156

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第一章 概述</b> .....              | 1  |
| 一、双向拉伸塑料薄膜的含义、范围和品种 .....        | 1  |
| 二、平面双向拉伸塑料薄膜的特点及其性能 .....        | 2  |
| 三、国内外发展情况 .....                  | 3  |
| (一) 国外部分 .....                   | 3  |
| (二) 国内部分 .....                   | 5  |
| <b>第二章 双向拉伸塑料薄膜成型加工原理</b> .....  | 8  |
| <b>第一节 聚合物的流动和流变行为</b> .....     | 9  |
| 一、聚合物熔体在圆管中的流动 .....             | 9  |
| 二、聚合物熔体在狭缝流道中流动 .....            | 10 |
| 三、聚合物的拖曳流动 .....                 | 10 |
| 四、聚合物熔体的收敛流动 .....               | 11 |
| 五、聚合物熔体的离模膨胀行为 .....             | 13 |
| <b>第二节 高聚物物理状态与分子运动的关系</b> ..... | 15 |
| 一、温度对高聚物物理状态的影响 .....            | 16 |
| 二、分子量的影响 .....                   | 17 |
| 三、高聚物性质对温度-形变曲线的影响 .....         | 17 |
| 四、其他因素的影响 .....                  | 18 |
| <b>第三节 高聚物结晶态结构</b> .....        | 19 |
| 一、影响结晶过程的主要因素 .....              | 20 |
| 二、聚合物结晶对制品性能的影响 .....            | 22 |
| <b>第四节 高聚物的取向结构</b> .....        | 22 |
| 一、流动取向与拉伸取向 .....                | 23 |
| 二、影响聚合物取向的因素 .....               | 24 |
| 三、取向对聚合物性能的影响 .....              | 27 |
| <b>第五节 聚合物的降解</b> .....          | 28 |
| 一、影响降解的因素 .....                  | 28 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 二、防止或利用降解的办法 .....           | 30  |
| 第六节 双向拉伸塑料薄膜制造过程中的传热问题 ..... | 31  |
| 一、传热效率 .....                 | 31  |
| 二、关于传热的均匀性和稳定性 .....         | 32  |
| 第三章 双向拉伸塑料薄膜的基本生产工艺及设备 ..... | 34  |
| 第一节 原料选择 .....               | 36  |
| 第二节 分筛与输送 .....              | 37  |
| 一、原料分筛 .....                 | 37  |
| 二、原料输送 .....                 | 38  |
| (一) 低压气流输送 .....             | 39  |
| (二) 高压气流输送 .....             | 40  |
| 第三节 配料及物料混合 .....            | 45  |
| 一、配料 .....                   | 45  |
| 二、物料的混合 .....                | 46  |
| 第四节 分离原材料中的金属杂质 .....        | 47  |
| 第五节 原料结晶和干燥 .....            | 48  |
| 一、干燥过程的影响因素 .....            | 49  |
| 二、干燥方式及各种干燥器性能的比较 .....      | 53  |
| 三、干燥过程应注意的问题 .....           | 61  |
| 第六节 挤出-铸片系统 .....            | 64  |
| 一、单螺杆挤出机-计量泵法 .....          | 66  |
| (一) 单螺杆挤出机的基本结构 .....        | 66  |
| (二) 计量泵(齿轮泵) .....           | 86  |
| 二、串联挤出法 .....                | 87  |
| 三、双螺杆-计量泵直接挤出法 .....         | 92  |
| 四、单螺杆排气式挤出机-计量泵法 .....       | 96  |
| 五、熔体过滤器 .....                | 99  |
| 六、熔体管道 .....                 | 108 |
| 七、静态混合器 .....                | 109 |
| 八、机头(模头) .....               | 111 |
| 九、冷却转鼓(又称冷鼓或急冷辊)及附片装置 .....  | 118 |
| 十、辅助收卷机 .....                | 131 |
| 第七节 薄膜平面双向(轴)拉伸 .....        | 132 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 一、逐次拉伸法（二次拉伸法） .....   | 133 |
| （一）纵向拉伸（简称 MDO） .....  | 133 |
| （二）横向拉伸（简称 TDO） .....  | 142 |
| 二、同时双向拉伸法（一次拉伸法） ..... | 160 |
| 三、纵-横-纵三次拉伸法 .....     | 165 |
| 第八节 薄膜牵引装置 .....       | 166 |
| 一、展平辊 .....            | 166 |
| 二、冷却辊 .....            | 168 |
| 三、薄膜测厚仪 .....          | 169 |
| 四、薄膜导向辊及切边装置 .....     | 170 |
| 五、张力隔离牵引辊 .....        | 171 |
| 六、薄膜电晕处理器 .....        | 173 |
| 七、牵引机支架 .....          | 173 |
| 第九节 薄膜收卷机 .....        | 176 |
| 一、检测、控制薄膜张力的功能 .....   | 176 |
| 二、展平薄膜的功能 .....        | 178 |
| 三、自动调节收卷压力的功能 .....    | 178 |
| 四、双工位收卷的功能 .....       | 180 |
| 五、收卷轴横向（轴向）摆动的功能 ..... | 181 |
| 六、消除静电、计量收卷长度 .....    | 182 |
| 七、自动换卷的功能 .....        | 182 |
| 八、装卸卷芯的功能 .....        | 183 |
| 第十节 薄膜分切机 .....        | 184 |
| 一、自动装卸卷芯的小车 .....      | 186 |
| 二、放卷臂 .....            | 187 |
| 三、张力控制辊 .....          | 187 |
| 四、分切机摆边控制系统 .....      | 188 |
| 五、导向辊 .....            | 189 |
| 六、弓形展平辊 .....          | 190 |
| 七、切刀及刀槽辊 .....         | 190 |
| 八、夹紧辊 .....            | 191 |
| 九、跟踪辊（或称压紧辊、接触辊） ..... | 191 |
| 十、收卷臂（复卷臂） .....       | 191 |



|      |  |     |
|------|--|-----|
| 第十一节 | 废料回收 .....                                   | 192 |
| 一、   | 粉碎掺入法 .....                                  | 193 |
| 二、   | 挤出造粒法 .....                                  | 194 |
| 三、   | 团粒法 .....                                    | 196 |
| 四、   | 挤出、团粒两种回收方法的比较 .....                         | 200 |
| 五、   | 化学回收法 .....                                  | 200 |
| 第四章  | 双向拉伸塑料薄膜生产线的调节控制原理 .....                     | 203 |
| 第一节  | 计算机控制系统的结构 .....                             | 204 |
| 一、   | 德国布鲁克纳 (BRUECKNER) 公司平面双向拉伸设备的控制<br>系统 ..... | 204 |
| 二、   | 法国 DMT 公司双向拉伸薄膜生产线的控制系统 .....                | 208 |
| 第二节  | 可编程序控制中的数字 PID 调节器 .....                     | 208 |
| 一、   | 模拟量信号的滤波 .....                               | 208 |
| 二、   | 模拟量的整定 .....                                 | 209 |
| 三、   | 比例控制作用 .....                                 | 210 |
| 四、   | 积分控制作用 .....                                 | 210 |
| 五、   | 比例+积分控制作用 .....                              | 210 |
| 六、   | 比例+积分+微分控制作用 .....                           | 211 |
| 七、   | 积分+微分控制作用对系统性能的影响 .....                      | 212 |
| 八、   | PID 方程及参数的意义 .....                           | 214 |
| 九、   | PID 方程中参数的确定 .....                           | 215 |
| 十、   | PID 程序的编辑制 .....                             | 219 |
| 第三节  | 工艺参数控制 .....                                 | 219 |
| 一、   | 温度检测和控制 .....                                | 219 |
| 二、   | 压力测量和控制 .....                                | 233 |
| 三、   | 速度控制 .....                                   | 236 |
| 四、   | 薄膜厚度的测量和控制 .....                             | 245 |
| (一)  | 测量薄膜厚度的传感器 .....                             | 246 |
| (二)  | 薄膜厚度的控制 .....                                | 250 |
| (三)  | 模头螺栓与拉伸薄膜对应位置的确定 .....                       | 250 |
| (四)  | 厚度解耦 .....                                   | 251 |
| (五)  | 测厚仪系统的结构和控制原理 .....                          | 253 |
| 第五章  | 典型平面双向拉伸塑料薄膜的生产条件 .....                      | 257 |

|     |                                      |     |
|-----|--------------------------------------|-----|
| 第一节 | 双向拉伸聚丙烯薄膜 (BOPP 薄膜)                  | 257 |
| 一、  | 原材料                                  | 257 |
| (一) | 聚丙烯均聚物                               | 257 |
| (二) | 聚丙烯共聚物                               | 261 |
| (三) | 添加剂母料                                | 262 |
| 二、  | 平面双向拉伸聚丙烯薄膜的生产设备                     | 268 |
| 三、  | 双向拉伸聚丙烯薄膜的生产工艺                       | 270 |
| 第二节 | 双向拉伸聚对苯二甲酸乙二醇酯 (BOPET) 薄膜            | 274 |
| 一、  | 原材料                                  | 274 |
| 二、  | 双向拉伸聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜的生产设备                | 281 |
| 三、  | 双向拉伸聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜的生产工艺                | 283 |
| 第三节 | 双向拉伸聚苯乙烯 (BOPS) 薄膜                   | 287 |
| 一、  | 原材料                                  | 287 |
| 二、  | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的生产设备                      | 290 |
| 三、  | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的生产工艺                      | 299 |
| 第四节 | 双向拉伸聚酰胺 (BOPA) 薄膜                    | 304 |
| 一、  | 原材料                                  | 304 |
| 二、  | 双向拉伸聚酰胺薄膜的生产设备                       | 304 |
| 三、  | 双向拉伸聚酰胺薄膜的生产工艺条件                     | 305 |
| 第五节 | 双向拉伸聚酰亚胺 (BOPI) 薄膜                   | 305 |
| 一、  | 原材料                                  | 306 |
| 二、  | 成型工艺与设备的特点                           | 307 |
| 第六节 | 双向拉伸聚萘二甲酸乙二醇酯 (BOPEN) 薄膜             | 312 |
| 一、  | 原材料                                  | 312 |
| 二、  | 聚 2,6-萘二甲酸乙二酯薄膜成型加工的条件               | 313 |
| 第七节 | 双向拉伸聚对苯二甲酰对苯二胺 (BOPPTA) —— 芳酰胺<br>薄膜 | 314 |
| 一、  | 原材料                                  | 314 |
| 二、  | 聚对苯二甲酰对苯二胺薄膜的制造                      | 315 |
| 第六章 | 生产拉伸薄膜时的主要问题及解决的办法                   | 316 |
| 第一节 | 挤出片材时常见的缺陷和解决的办法                     | 316 |
| 一、  | 横向条纹                                 | 317 |
| 二、  | 片材向外翘曲                               | 317 |

|   |            |
|---|------------|
| 三、挤出片材出现纵向条纹 .....                        | 318        |
| 四、片材中出现气泡的原因 .....                        | 318        |
| 五、片材内含有晶点、焦料、未熔料等 .....                   | 319        |
| 六、挤出片材的边缘出现珠状边或缺口 .....                   | 320        |
| 七、片材结晶度不适宜 .....                          | 320        |
| 八、片材表面光泽度不良 .....                         | 321        |
| 九、厚片出现“鲨鱼皮效应” .....                       | 321        |
| <b>第二节 拉伸过程中出现的主要问题 .....</b>             | <b>321</b> |
| 一、双向拉伸时破膜的原因及解决的办法 .....                  | 321        |
| (一) 双向拉伸时破膜的原因 .....                      | 321        |
| (二) 防止出现“拉伸破膜”的基本原则 .....                 | 326        |
| 二、拉伸薄膜横向厚度均匀性 .....                       | 327        |
| 三、拉伸薄膜边缘及表面出现各种弊病 .....                   | 330        |
| <b>第三节 提高薄膜纵向强度的途径 .....</b>              | <b>330</b> |
| 一、选择生产薄膜的原材料 .....                        | 331        |
| 二、改进拉伸方法 .....                            | 331        |
| 三、优化制膜工艺条件 .....                          | 332        |
| <b>第四节 增大或减小薄膜热收缩率的方法 .....</b>           | <b>332</b> |
| <b>第五节 分切工艺参数对分切薄膜质量的影响 .....</b>         | <b>333</b> |
| <b>第六节 改变薄膜厚度时如何调整生产工艺 .....</b>          | <b>335</b> |
| <b>第七节 消除薄膜表面静电的方法 .....</b>              | <b>337</b> |
| 一、使用消电器消除薄膜表面静电的方法 .....                  | 338        |
| 二、在树脂中加入静电消除剂-内添加法 .....                  | 340        |
| 三、涂覆法消除薄膜表面静电 .....                       | 341        |
| 四、改善薄膜生产和加工条件, 减小薄膜表面静电 .....             | 341        |
| <b>第七章 双向拉伸塑料薄膜的基本性能和原材料及产品检测方法 .....</b> | <b>342</b> |
| <b>第一节 双向拉伸塑料薄膜产品性能指标 .....</b>           | <b>342</b> |
| 一、各类双向拉伸聚丙烯 (BOPP) 薄膜物理机械性能 .....         | 342        |
| 二、双向拉伸聚对苯二甲酸乙二醇酯 (BOPET) 薄膜物理机械性能 .....   | 342        |
| 三、双向拉伸聚苯乙烯 (BOPS) 薄膜物理机械性能 .....          | 344        |
| 四、双向拉伸聚酰胺 (BOPA) 薄膜物理机械性能 .....           | 346        |
| 五、双向拉伸聚酰亚胺 (BOPI) 薄膜的性能 .....             | 347        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 六、双向拉伸聚萘二甲酸乙二醇酯 (BOPEN) 薄膜的性能 .....   | 348        |
| 七、双向拉伸聚对苯二甲酰对苯二胺 (BOPPTA) 薄膜的性能 ..... | 348        |
| 第二节 原材料及产品质量的检测方法 .....               | 349        |
| 一、原材料性能的检测方法 .....                    | 349        |
| 二、双向拉伸塑料薄膜性能的测定方法 .....               | 354        |
| <b>第八章 典型双向拉伸塑料薄膜的用途 .....</b>        | <b>360</b> |
| 第一节 双向拉伸聚丙烯薄膜的应用 .....                | 360        |
| 一、非热封型双向拉伸聚丙烯薄膜 .....                 | 360        |
| 二、热封型双向拉伸聚丙烯薄膜 .....                  | 360        |
| 第二节 聚酯薄膜应用领域 .....                    | 361        |
| 第三节 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的应用领域 .....             | 362        |
| 第四节 双向拉伸聚酰胺薄膜的应用领域 .....              | 363        |
| 第五节 其他特种薄膜的应用 .....                   | 364        |
| 一、双向拉伸聚萘二甲酸乙二酯 (BOPEN) 薄膜 .....       | 364        |
| 二、双向拉伸聚对苯二甲酰对苯二胺 (BOPPTA) 薄膜 .....    | 364        |
| 三、双向拉伸聚酰亚胺 (BOPI) 薄膜 .....            | 364        |
| <b>第九章 双向拉伸塑料薄膜生产线的公用工程 .....</b>     | <b>366</b> |
| 第一节 生产线设备的布局及主线安装位置 .....             | 366        |
| 第二节 薄膜生产线公用工程的具体要求 .....              | 367        |
| 一、原料输送与大料仓区 (日用料仓) .....              | 367        |
| 二、原料干燥区 .....                         | 367        |
| 三、挤出-过滤器区 .....                       | 368        |
| 四、铸片-纵向拉伸区 .....                      | 368        |
| 五、横向拉伸区与牵引收卷区 .....                   | 369        |
| 六、薄膜储存间与薄膜分切区 .....                   | 370        |
| 七、包装间与废料回收区 .....                     | 371        |
| 八、过滤器清洗区 .....                        | 372        |
| 九、中央控制室、检测中心、模头研磨室 .....              | 373        |
| 十、低压配电房和油加热站 .....                    | 373        |
| 第三节 安全与消防 .....                       | 373        |
| 一、防火 .....                            | 374        |
| 二、预防各种人身事故 .....                      | 374        |
| 三、预防机械故障 .....                        | 375        |

附表一 国内双向拉伸聚酯薄膜主要生产厂 家 ..... 376  
附表二 国内双向拉伸聚丙烯薄膜主要生产厂 家 ..... 377  
附表三 国内双向拉伸聚苯乙烯薄膜主要生产厂 家 ..... 379

# 第一章 概 述

## 一、双向拉伸塑料薄膜的含义、范围和品种

双向拉伸塑料薄膜(Biaxially Oriented Plastics Film)简称BOPF,这种薄膜可以采用管膜拉伸法生产,也可以使用平面双向拉伸法生产。管膜法是在吹塑泡管的同时,将薄膜进行纵、横双向拉伸;平面拉伸法则是将高分子聚合物的熔体或溶液首先通过狭长机头制成片材或厚膜,然后在专用的拉伸机内,在一定的温度和设定的速度下,同时或分步在垂直的两个方向(纵向、横向)上进行的拉伸,并经过适当的冷却或热处理或特殊的加工(如电晕、涂覆等)制成的薄膜。

在生产双向拉伸塑料薄膜的过程中,人们通过改变工艺条件,即力场和温度场,可以制出纵横两个方向物理机械性能相同(各向同性)的薄膜,通常称为平衡(Balance)膜,也可以制出一个方向的机械性能高于另一个方向各向异性薄膜。所谓强化(Tensitized Film)或半强化膜就是指纵向机械性能高于横向的一种薄膜。

平面双向拉伸薄膜品种很多,许多结晶型聚合物和非结晶型聚合物都可拉伸成膜。目前,已经实现工业化生产的双向拉伸塑料薄膜的品种有以下几种:聚丙烯(简称BOPP)、聚酯(聚对苯二甲酸乙二醇酯、简称BOPET)、聚酰胺(尼龙、简称BOPA)、聚苯乙烯(简称BOPS)、聚酰亚胺(简称PI)、聚偏二氯乙烯共聚物(BOPVDC)、聚氯乙烯(BOPVC)、辐射交联聚乙烯(BOCIPE)、聚乙烯醇(BOPVA)、聚萘二甲酸乙二醇酯(BOPEN)、聚偏氟乙烯(BOPVDF)、聚对苯二甲酰对苯二胺(BOPPTA)、聚醚醚酮(BOPEEK)等。

由于平面双向拉伸薄膜的性能好,产品应用范围广,目前这种拉伸方法的发展速度远远超过管膜拉伸法。

## 二、平面双向拉伸塑料薄膜的特点及其性能

在生产双向拉伸塑料薄膜的过程中，由于聚合物在纵、横两个方向经历了一定的拉伸，改变了分子或链段的排列。因此，拉伸薄膜的主要性能比非拉伸薄膜有明显地变化，表 1-1 为几个具体实例。具体表现如下。

表 1-1 双向拉伸塑料薄膜和非拉伸塑料性能的比较

| 特 性   | 聚丙烯                 |                     | 硬聚氯乙烯               |               | 聚酯          |                     | 尼龙 6                |               | 聚乙烯醇        |       |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------|-------|
|   | NO                  | BO                  | NO                  | BO            | NO          | BO                  | NO                  | BO            | NO          | BO    |
| 拉伸情况  |                     |                     |                     |               |             |                     |                     |               |             |       |
| 拉伸强度/MPa  | 29.4~<br>49         | 127~<br>294         | 49~<br>78.4         | 98~<br>147    | 78.4        | 157~<br>245         | 58.8~<br>98         | 196~<br>245   | 49~<br>58.8 | 245   |
| 弹性模量/MPa  | 580~<br>882         | 1960~<br>2940       | 1372~<br>2352       | 2940~<br>3430 | 1960        | 3920~<br>4900       | 441~<br>588         | 1372~<br>2150 | 686~<br>784 | 4704  |
| 撕裂强度/(kN/m)   | 19.3~<br>193        | 1.54~<br>5.79       | 3.86~<br>386        | 1.46~<br>3.86 | —           | 3.86~<br>7.72       | 19.3                | 7.86~<br>10.8 | —           | 1.93  |
| 冲击强度/(kJ/m)   | 3.86~<br>7.92       | 14.9                | 7.72                | 57.9          | 3.86        | 96.5                | 935.1               | 96.5          | —           | 46.32 |
| 浊度/%  | 0.078<br>~<br>0.117 | 0.039<br>~<br>0.078 | 0.078<br>~<br>0.117 | 0.039         | 0~<br>0.039 | 0.039<br>~<br>0.195 | 0.156<br>~<br>0.273 | 0.078         | 0.039       | 0.078 |
| 热收缩率(100℃,<br>10min)/%                                  | 0                   | 0~8                 | 0                   | 30~50         | —           | —                   | —                   | 2             | —           | 0.5   |
| 使用温度/℃  | 0~<br>120           | -50~<br>130         | ~70                 | -60~<br>70    | ~80         | -70~<br>150         | ~130                | -60~<br>130   | —           | —     |
| 透湿率(40℃, 90%<br>RH)/[0.1(g·<br>mm)/(d·m <sup>2</sup> )] | 342                 | 1.5                 | 9                   | 6             | 17          | 5.5                 | 90                  | 40            | >100        | 1     |
| 氧透过率(25℃,<br>0.1MPa)/[0.1ml<br>·mm/(d·m <sup>2</sup> )] | 600                 | 240                 | 10                  | 8             | —           | 19                  | 15                  | 6             | <0.5        | <0.3  |

注：NO 非拉伸塑料薄膜；BO 双向拉伸塑料薄膜。

(1) 薄膜的拉伸强度、弹性模量明显增加 一般来说，拉伸薄膜的拉伸强度要比未拉伸薄膜的强度高 3~5 倍。拉伸薄膜的抗撕裂能力比未拉伸薄膜的抗撕裂强度有明显下降。

(2) 冲击强度和耐弯曲性增大 拉伸后薄膜的冲击强度和耐弯曲性能可以增加几倍至十几倍，其中 BOPP 及 BOPS 薄膜尤为突出。

(3) 耐寒、耐热性提高 可在温度梯度较大的条件下长期使用，不致过早脆裂或变硬。在拉伸方向的膨胀系数（热膨胀和湿膨胀）变小，未经特殊处理的薄膜拉伸后热收缩率有所增加。

(4) 折射率增加，表面光泽度提高，改善了薄膜的透明度。

(5) 增加幅宽、减薄厚度、增大面积系数、提高了材料的利用率并能改善薄膜厚度均匀性。

(6) 经过特殊处理可以进一步提高薄膜表面质量 例如能够提高薄膜表面的平滑性、平整性、尺寸稳定性、滑爽性、耐磨损性。还可以减小薄膜的热收缩率。

(7) 提高了薄膜的电绝缘性能, 拉伸薄膜的表面电性能有所变化, 拉伸后薄膜表面静电明显增加。

(8) 降低水蒸气、氧气及其他气体的渗透率。

### 三、国内外发展情况

#### (一) 国外部分

用双向拉伸工艺生产塑料薄膜的方法是始于 1935 年, 当时德国首先用这种方法生产 BOPS 薄膜。20 世纪 40 年代末, 美国道 (DOW) 化学公司制出了偏二氯乙烯与氯乙烯共聚物并推出了双向拉伸 PVDC 薄膜, 商品名为 Saran。

1953 年英国帝国化学公司 (I. C. I) 公司在市场上推出双向拉伸聚酯薄膜, 商品名为 Melinex。

1958 年双向拉伸聚丙烯薄膜得到了发展, 当时以意大利 Montecatini 公司的 Moplefan 商品最为有名, 并申请了专利权。

尼龙 6 塑料虽然早在 1939 年就由德国 I. G 公司开发出来。但是由于制造的难度和成本高昂, 直到 60 年代末期才开始用作包装材料。

近年来, 双向拉伸塑料薄膜的发展很快, 其中以聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (简称聚酯)、聚苯乙烯、尼龙薄膜的生产量最大, 应用范围也最为广泛。表 1-2 为近年来欧洲、美国、日本市场常见几种薄膜消费量不完全的统计情况。

表 1-2 欧洲、日本、美国 BOPF 消费量/10kt

| 地区 | BOPET  |        | BOPP   |        | BOPA   |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    | 1995 年 | 1996 年 | 1995 年 | 1996 年 | 1995 年 | 1996 年 |
| 欧洲 | 26     | 26     | 46.8   | 46.8   | 5.7    | 5.8    |
| 日本 | 24.4   | 24.5   | 45.5   | 45.7   | 2.8    | 2.9    |
| 美国 | 8.7    | 9.2    | 37.8   | 50.3   | 4.6    | 4.8    |
| 合计 | 59.1   | 59.7   | 130.1  | 142.8  | 13.1   | 13.5   |



下面简略介绍几种常用双向拉伸薄膜增长的有关情况。

1. BOPET 薄膜 1980年全世界的产量为40万t,到了1991年产量则达到98.6万t(生产能力达108万t),11年间薄膜的产量就增长了147%。1996年达到150万t以上。从产品的规格上来看,目前双向拉伸薄膜的厚度最薄可为 $0.5\mu\text{m}$ ,最厚可达 $356\mu\text{m}$ 。薄膜的幅宽最大已大于8m。从薄膜生产速度来看, $12\mu\text{m}$ 双向拉伸薄膜时的生产速度可高达350m/min。而且整个生产过程都是采用计算机进行自动控制。

2. BOPP 薄膜 从1962年以后,其年增长速率基本保持在12%~15%。1996年全世界BOPP的产量超过300万t。其中以中国、日本的远东地区增长最快。表1-3为世界各地BOPP薄膜产量统计情况。

表 1-3 1993年世界各地 BOPP 薄膜产量情况

| 地区 | 产量/(万 t) | 所占比例/% | 地区  | 产量/(万 t) | 所占比例/% |
|----|----------|--------|-----|----------|--------|
| 远东 | 80.2     | 40.2   | 非洲  | 2        | 1      |
| 欧洲 | 61.75    | 31     | 中近东 | 1.1      | 0.55   |
| 美洲 | 54.43    | 27.3   |     |          |        |

目前,BOPP薄膜的厚度最薄为 $2\mu\text{m}$ ,最厚为 $60\mu\text{m}$ 。最大幅宽超过10m,最高生产速度已高达350m/min。通常用于电容器绝缘材料的厚度有以下几种:2、4、5、6、7、8、9、10、12、 $15\mu\text{m}$ 。包装用BOPP薄膜的厚度为 $16\sim 60\mu\text{m}$ 。

3. BOPS 薄膜 这种薄膜是使用通用型聚苯乙烯(GPPS)为原料,加入适当的增韧剂,经双向拉伸制成的。由于它不含任何重金属及其他有毒成分,是一种无毒、无味、无嗅的产品,符合美国FDA有关标准,是国际上正在兴起的新型环保包装材料。在北美、欧洲、日本等发达国家,BOPS薄膜已代替PVC薄膜,广泛用于食品包装等行业。

60年代末,双向拉伸聚苯乙烯的技术才从美国传到日本,使BOPS薄膜得到进一步的发展,特别是近几年来,由于聚苯乙烯生产技术有了重大的突破,BOPS拉伸技术也日益成熟,加上聚苯乙烯原料成本大大降低,使BOPS膜片有了飞跃的发展。1993年美国BOPS拉伸片材的产量已达11.8万t。日本的产量为8.6万t。欧洲达7.5万t。美国