

[苏] Ю. Е. 卢卡奇 А. Д. 别图霍夫 В. А. 谢那托斯 著
许鸿洗 林炳鉴 译

高聚物薄膜 生产设备

• 轻工业出版社 •

0.72

高聚物薄膜生产设备

Ю. Е. 卢卡奇

〔苏〕 А. Д. 别图霍夫 著

В. А. 谢那托斯

许鸿洗 林炳鉴 译

轻工业出版社

ЮРИЙ ЕФИМОВИЧ ЛУКАЧ
АРКАДИЙ ДЕМЬЯНОВИЧ ПЕТУХОВ
ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ СЕНАТОС
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК
МОСКВА • МАШИНОСТРОЕНИЕ • 1981

高聚物薄膜生产设备

Ю. Е. 卢卡奇

〔苏〕А. Д. 别图霍夫 著

В. А. 谢那托斯

许鸿洗 林炳鉴 译

*

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25号)

重庆新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

*

850×1168毫米 1/32 印张: 7¹⁶/₃₂ 字数: 185千字

1988年12月第一版第一次印刷

印数: 1—4,500 定价: 3.40元

ISBN 7-5019-0014-0/TS • 0014

内 容 简 介

本书详细介绍和讨论了高聚物薄膜生产设备的主要部件，结构及其计算和设计等问题。书中阐述了制备高聚物熔体的现代化设备、成型机头、薄膜冷却系统、卷绕装置和电力拖动控制系统与热工自动化系统的结构特点。

本书供塑料机器制造和塑料工业部门的工程技术人员使用，也可供大专院校相应专业的学生参考。

译者的话

高聚物薄膜(常指塑料薄膜)的生产方法有挤出-吹塑、压延、复合、改性等等。随着实践和科学技术的进步,当前有可能对薄膜生产的实践总结出一些经验并从理论上加以阐明。这给设计与制造高效、优质、自动化的生产线及设备提供了依据。本书是这方面较为实用的专著,尤其是对常用的挤出-吹塑法的理论与设计作了较详细的论述,这些内容是当前从事薄膜生产、设计、使用等工作的工程技术人员应该通晓的。

本书内容大致可分为三大部分:薄膜成型过程的理论基础及其数学模型;设备及零部件的结构要点和设计计算;自动化和检测手段。本书的特点是简明扼要地介绍和总结了薄膜生产的各种方法,较详细地介绍了所用设备的要点,提供了一些切实可用并较为先进的结构;全面系统地论述了挤出-吹塑设备(包括挤出机、机头、风环、薄膜成型区、辅机等)和辊压法的较实用的设计计算理论。因此,就当前来说,本书是从事这方面工作的工程技术人员的一本有实用价值和一定理论水平的参考书。

原著中有个别欠妥和印刷错误之处,在翻译过程中已尽量作了改正,必要时也加以注释。但限于译者水平,尚有不确切、不妥当之处,深望读者多多批评指正。对许多关心和支持本译稿早日脱稿和出版的同志,在此一并致以谢意。

译者

一九八四年十二月

绪 论

高聚物薄膜用天然、人造和合成的高聚物制成。高聚物薄膜的最大一类是由以合成高聚物为基础的塑料制得的。

全世界由高聚物材料生产的制品中，薄膜是稳定增长的品种。

按产量来说，占第一位的是聚烯烃薄膜，第二位是聚氯乙烯薄膜。

在“1981~1985年和到1990年期间，苏联经济和社会发展计划的基本方针”中写道：“……到1985年……合成树脂和塑料的产量提高达6~6.25百万吨，化学纤维和丝的产量提高达1.6百万吨……”

组织推行高生产率的技术，以制造大载重量自卸卡车所用的巨型轮胎、新型橡胶模压制品和非模压制品、高聚物薄膜和排放管。”

高聚物薄膜生产和消费的增长为其应用的卓有成效、工艺和使用性能的良好结合、应用的可靠性和该类制件替代传统材料等条件所制约。

塑料薄膜品种的多样化取决于原料、应用领域、制造方法和预定的结构，其分类：

按高聚物原料有：聚酰胺膜、聚(偏)二氯乙烯膜、聚氯乙烯类膜、聚酰亚胺膜、聚碳酸酯膜、聚烯烃膜；

按制造(成型)方法有：挤出膜、压延膜、高聚物溶液或分散体的流延膜；

按结构有：单层膜或多层膜、复合膜；

按用途有：防水膜、离子交换膜、电影胶片、包装膜、电绝

缘膜、普通用途膜。

大部分薄膜是由高聚物熔体用挤出法或压延法制成。目前工业上已掌握了宽达24000mm、厚度为3~500 μ m高聚物膜的生产方法。

在多层和复合膜中，其中有一层应是高聚物(包括发泡的、改性的)、纸、织物、金属箔、增强骨架等等。其制造的主要方法是挤出法和压延法。

薄膜较大量用作食品、日用品的包装材料、日常生活用品，以及应用于建造水利工程建筑物、水库、水渠和农业。

生产薄膜的工艺过程和装备各异，决定于原料特性、薄膜用途及其结构。不同高聚物膜生产的工艺流程都有许多相同的设备和装置，以实现决定制品质量和设备生产率的操作工序。这些设备就是熔体制备及其过滤和成型设备，薄膜成型、冷却(热处理)、牵引和卷取装置，薄膜改性(取向、光或辐射交联)装置。

阐明将高聚物材料加工成制品的理论基础的一系列著作，反映了目前国内外科学成就。在流变学领域中，有苏联学者格·伏·维诺格拉多夫、阿·亚·马尔金，以及国外研究者姆·孟·勒·特列罗尔、阿·波·梅特茨涅尔、依·波·别格里等人的著作。

在符·阿·卡尔金，格·尔·斯洛尼姆斯基，符·耶·古利，斯·雅·弗连克利，格·姆·巴尔钦尼耶夫，姆·斯·阿库琴，格·波·安德利安诺娃等的著作中，叙述了高聚物物理化学原理。

基于高聚物体系流变学和物理-力学领域中的科学成就，关于高聚物加工基本过程的理论概念，在波·伏·托尔涅尔、哈·伏·加宾、伏·哈·克拉索夫斯基、格·阿·别金、艾·克·别尔哈尔特拉、德·姆·马克-凯尔维等人的著作中作了详细的研究。

高聚物机器制造部门迅速发展，同时解决了提高设备生产率和所制高聚物制品质量的问题，建造了大型设备，形成了新的加工过程，扩大了被加工的高聚物及制成品的品种。

当前，塑料加工过程和装备有了明显的质变：工艺流程更加复杂并具有高度自动化的技术装备。因此，提高了对过程的数学模型的要求及其与高聚物加工实际条件的一致性。

在生产管膜的工艺过程中，那些用于制备熔体的传统机器的结构，如螺杆挤出机，都有本质上的变化(首先是螺杆的几何尺寸和机筒的工作表面)，采用了新型的过滤器、机头和薄膜热处理及牵引装置等结构。生产管膜的过程和装备的改进能提高生产线的生产率0.5~1.0倍，并且薄膜厚度差下降了50%。

利用研制高聚物材料加工成膜的设备方面的多年经验，作者试图在本书中反映显示目前国内外高聚物机器制造的新内容。本书中也试图报导现有的理论概念和实际经验，详细讨论了所研制装备的工艺和结构参数的工程计算方法。

目前的机器制造中，在建造装备时广泛采用了组合原则，即工艺流程中每个主要机构能独立地完成最大可能的功能。这不仅可用来提高设备的统一性，也可及时和快速地使生产线局部现代化，并创立了替代过时装置和机构的有利先决条件。例如，采用带剪切和混合元件的多段螺杆，以及内套带沟槽的机筒，可提高挤出机的生产率0.5~1.0倍，并保持必要的熔体温度和提高其均匀性(均质性)。

同样，也解决了成型机头、过滤器、牵引装置和卷取装置的现代化问题。在这种情况下，如带控制系统的电机传动，加热自动化系统，外罩的和结构的元件(高架、压机机座等)等设备单元实际上不改变。本书中材料的叙述，正是以装备分析的组合原则为基础。

目 录

绪 论	1
第一章 高聚物薄膜生产和改性的主要方法	4
1. 挤出法生产高聚物薄膜	4
2. 压延法生产高聚物薄膜	10
3. 制造复合膜的方法	11
4. 薄膜的物理和化学改性方法	14
第二章 熔体制备和薄膜成型过程的基本规律	20
1. 熔体制备过程	20
2. 高聚物薄膜成型过程	32
第三章 制备高聚物熔体的设备	42
1. 螺杆挤出机的结构和工艺特性	43
2. 组合挤出机的结构和工艺特性	53
3. 压延机的结构和工艺特性	58
4. 螺杆挤出机的计算原理	61
5. 圆盘和组合挤出机计算原理	82
6. 压延机的计算原理	89
第四章 成型机头和过滤器	96
1. 过滤器结构特点	96
2. 成型机头结构及其基本要求	99
3. 机头的计算和设计原理	110
第五章 高聚物薄膜冷却和成型系统	134
1. 高聚物薄膜冷却和成型系统的基本要求及其结构特点	134
2. 冷却状况对薄膜物理-力学性能的影响	143

3. 高聚物薄膜冷却和成型系统的计算和设计原理.....	147
第六章 高聚物薄膜的牵引和卷取设备	171
1. 管状薄膜牵引装置的结构特点.....	171
2. 平膜牵引装置的结构特点.....	175
3. 卷取装置的结构特点.....	178
4. 牵引和卷取装置的计算原理.....	185
第七章 发泡、复合和改性薄膜生产设备的特点	197
第八章 自动化手段和控制-测量装置.....	206
1. 挤出机和牵引-卷取装置的电动机转速稳定的电力 拖动.....	207
2. 薄膜生产过程中的薄膜张力调节系统.....	210
3. 热工控制和调节系统.....	215
4. 熔体制备和薄膜成型用的供热装备.....	219
参考文献	223

绪 论

高聚物薄膜用天然、人造和合成的高聚物制成。高聚物薄膜的最大一类是由以合成高聚物为基础的塑料制得的。

全世界由高聚物材料生产的制品中，薄膜是稳定增长的品种。

按产量来说，占第一位的是聚烯烃薄膜，第二位是聚氯乙烯薄膜。

在“1981~1985年和到1990年期间，苏联经济和社会发展计划的基本方针”中写道：“……到1985年……合成树脂和塑料的产量提高达6~6.25百万吨，化学纤维和丝的产量提高达1.6百万吨……”

组织推行高生产率的技术，以制造大载重量自卸卡车所用的巨型轮胎、新型橡胶模压制品和非模压制品、高聚物薄膜和排放管。”

高聚物薄膜生产和消费的增长为其应用的卓有成效、工艺和使用性能的良好结合、应用的可靠性和该类制件替代传统材料等条件所制约。

塑料薄膜品种的多样化取决于原料、应用领域、制造方法和预定的结构，其分类：

按高聚物原料有：聚酰胺膜、聚(偏)二氯乙烯膜、聚氯乙烯类膜、聚酰亚胺膜、聚碳酸酯膜、聚烯烃膜；

按制造(成型)方法有：挤出膜、压延膜、高聚物溶液或分散体的流延膜；

按结构有：单层膜或多层膜、复合膜；

按用途有：防水膜、离子交换膜、电影胶片、包装膜、电绝

缘膜、普通用途膜。

大部分薄膜是由高聚物熔体用挤出法或压延法制成。目前工业上已掌握了宽达24000mm、厚度为3~500 μ m高聚物膜的生产方法。

在多层和复合膜中，其中有一层应是高聚物(包括发泡的、改性的)、纸、织物、金属箔、增强骨架等等。其制造的主要方法是挤出法和压延法。

薄膜较大量用作食品、日用品的包装材料、日常生活用品，以及应用于建造水利工程建筑物、水库、水渠和农业。

生产薄膜的工艺过程和装备各异，决定于原料特性、薄膜用途及其结构。不同高聚物膜生产的工艺流程都有许多相同的设备和装置，以实现决定制品质量和设备生产率的操作工序。这些设备就是熔体制备及其过滤和成型设备，薄膜成型、冷却(热处理)、牵引和卷取装置，薄膜改性(取向、光或辐射交联)装置。

阐明将高聚物材料加工成制品的理论基础的一系列著作，反映了目前国内外科学成就。在流变学领域中，有苏联学者格·伏·维诺格拉多夫、阿·亚·马尔金，以及国外研究者姆·孟·勒·特列罗尔、阿·波·梅特茨涅尔、依·波·别格里等人的著作。

在符·阿·卡尔金，格·尔·斯洛尼姆斯基，符·耶·古利，斯·雅·弗连克利，格·姆·巴尔钦尼耶夫，姆·斯·阿库琴，格·波·安德利安诺娃等的著作中，叙述了高聚物物理化学原理。

基于高聚物体系流变学和物理-力学领域中的科学成就，关于高聚物加工基本过程的理论概念，在波·伏·托尔涅尔、哈·伏·加宾、伏·哈·克拉索夫斯基、格·阿·别金、艾·克·别尔哈尔特拉、德·姆·马克-凯尔维等人的著作中作了详细的研究。

高聚物机器制造部门迅速发展，同时解决了提高设备生产率和所制高聚物制品质量的问题，建造了大型设备，形成了新的加工过程，扩大了被加工的高聚物及制成品的品种。

当前，塑料加工过程和装备有了明显的质变：工艺流程更加复杂并具有高度自动化的技术装备。因此，提高了对过程的数学模型的要求及其与高聚物加工实际条件的一致性。

在生产管膜的工艺过程中，那些用于制备熔体的传统机器的结构，如螺杆挤出机，都有本质上的变化(首先是螺杆的几何尺寸和机筒的工作表面)，采用了新型的过滤器、机头和薄膜热处理及牵引装置等结构。生产管膜的过程和装备的改进能提高生产线的生产率0.5~1.0倍，并且薄膜厚度差下降了50%。

利用研制高聚物材料加工成膜的设备方面的多年经验，作者试图在本书中反映显示目前国内外高聚物机器制造的新内容。本书中也试图报导现有的理论概念和实际经验，详细讨论了所研制装备的工艺和结构参数的工程计算方法。

目前的机器制造中，在建造装备时广泛采用了组合原则，即工艺流程中每个主要机构能独立地完成最大可能的功能。这不仅可用来提高设备的统一性，也可及时和快速地使生产线局部现代化，并创立了替代过时装置和机构的有利先决条件。例如，采用带剪切和混合元件的多段螺杆，以及内套带沟槽的机筒，可提高挤出机的生产率0.5~1.0倍，并保持必要的熔体温度和提高其均匀性(均质性)。

同样，也解决了成型机头、过滤器、牵引装置和卷取装置的现代化问题。在这种情况下，如带控制系统的电机传动，加热自动化系统，外罩的和结构的元件(高架、压机机座等)等设备单元实际上不改变。本书中材料的叙述，正是以装备分析的组合原则为基础。

第一章 高聚物薄膜生产和改性的主要方法

被应用的薄膜品种的多样性决定其生产方法的不同。世界上高聚物制成的薄膜大多数是由塑料熔体制造的，其主体是加热时能变成粘流态或高弹态，同时不发生热降解的高聚物。

薄膜生产的方法由高聚物的化学性质和成品薄膜的用途决定。目前由处于粘流态或高弹态的高聚物制造薄膜的方法可分为四种：挤出、压延、复合膜的生产和薄膜的物理-化学改性。

挤出法和压延法的物理本质是由高聚物熔体形成胚料，随后使其变形为给定的薄膜尺寸，并借冷却使其定型。

复合膜生产过程是使粘流态高聚物与另外的带状物料相结合或使粘流态高聚物渗入另外的带状物料中去，同时保证必要的层间粘结力。对薄膜的物理-力学性能和使用性能的取向性影响问题，采用物理和化学改性法来解决。在第一种情况下，例如在物理因素影响下发生高聚物超分子结构的改变。在化学改性时，发生大分子化学结构的变化，从而改变它们之间的结合特性。

1. 挤出法生产高聚物薄膜

用这种方法制造薄膜的高聚物有：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚对苯二甲酸乙二(醇)酯及其它高聚物，绝大多数是均质物料，极少填充气体或矿物粉料以及改善其加工、使用性能的其它组分。挤出法分为平缝(平膜)模头挤出和环形(管膜)模头挤出。

管膜生产 在生产宽度50~24000mm、厚度0.005~0.5mm广泛品种的各类热塑性塑料薄膜时，挤出高聚物膜管再吹胀的方法的优点是既简单，又经济。主要的工业上已掌握的管膜生产流

程图示于图1。

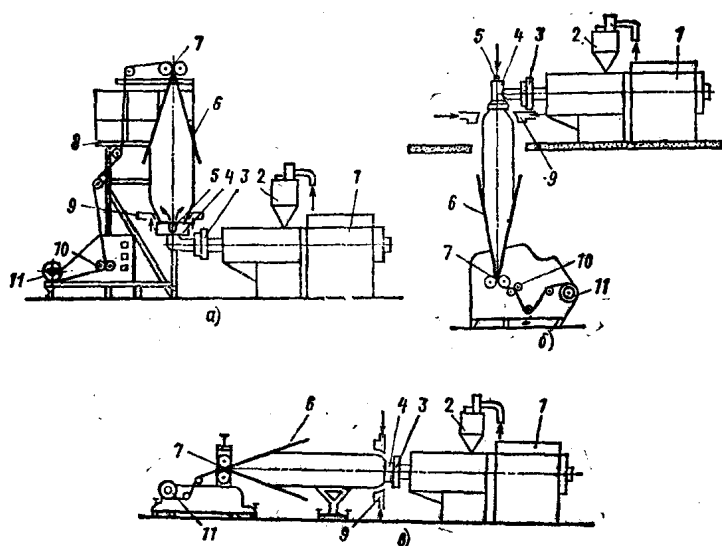


图 1 管膜生产流程图

管状薄膜生产的上吹法(图1a)用于制造任意宽度的薄膜。生产窄而薄的薄膜则采用下吹法(图1b)生产流程是合理的。例如，制造厚的气体填充(发泡)薄膜时，膜管的水平牵引(图1c)是有利的。

要加工的物料从原料准备和输送(供给)装置进入料斗2中，其上装有颗粒料烘干和预热装置、单独的气动式或真空式加料器。某些生产线的运转中，靠车间内部的气流输送机实现集中供料。

在生产管膜和其它挤出膜时，可应用下列形式挤出机1制备熔体：螺杆挤出机、圆盘挤出机、螺杆-圆盘组合和圆盘-螺杆组合挤出机、级联挤出机。

螺杆挤出机的主要工作构件是旋转于机筒内的螺杆。螺杆的主要功能是熔化原料、混合熔体和在机筒内部形成制品成型所需的压力。螺杆的螺纹不能满意地实现混合功能，特别在熔体制备过程的强化条件下。有鉴于此，在螺杆结构上增设有剪切和混合元

件的附加区段。

在圆盘挤出机中保证了熔体高质量的混合，但不能形成制品成型所需的压力。在组合挤出机中，综合了螺杆挤出机和圆盘挤出机的优点，制备高质量熔体的优化任务得以实现。

在螺杆-圆盘挤出机中，原料在螺杆部分中熔化，并在压力作用下进入圆盘部分再经混合和均化。由组合挤出机螺杆部分工作构件形成的压力，完全足够使熔体经圆盘区和成型机头挤出。

在圆盘-螺杆挤出机中，加入的物料靠圆盘熔化和混合，而靠螺杆经机头挤出物料。在个别设计中，例如用齿轮泵代替螺杆。

在级联挤出机中，加料、熔化和混合的功能是分开的，并靠螺杆或螺杆和圆盘(分别传动)独立地完成。这就有可能对熔体制备过程的功能进行控制。

在挤出法制造薄膜时，为了熔体过滤，不仅可采用固定型过滤器，而且也可用快速更换型过滤器。更换固定型过滤器中的过滤网时，必须令生产线停止工作。

膜管在环形模头4的口模和芯棒间的缝隙中成型。在制造窄膜时，为了提高生产线的产量采用了多口模模头，在这类模头中，从一总挤出机挤出的熔体，经一共同的集流管或几个单独给料器流入若干成型模头中。

用装置9能使膜管从内和外表面冷却，在该装置中，采用空气或液体作为冷却剂。在这两种情况下，冷却剂都以集中流束形式流向管膜表面。当用液体冷却时，则采用这样的设备，即在这类设备中，薄膜或直接浸入(沉没)液体中，或与被液体冷却的环套构件表面相接触，或借沿薄膜流动的液体来冷却。

牵引设备包括：稳定装置、折叠装置、插折装置、牵引装置、扩展-定中装置。稳定装置的作用是为了使吹胀的圆筒形膜管保持在某一位置上，并防止膜管沿牵引装置的辊向上移动。折叠装置(折叠夹板，俗称人字板)6，做成两块互相对称的倾斜板的形式，它保证了膜管由圆筒形过渡成平型。在有必要时，夹板能够

冷却。插折装置能使膜管内从两个相对的方向上形成内部的纵向折叠(褶合)。这就以折叠形式达到减少膜管的宽度,保证了制造带褶膜管的可能性。牵引装置7、10使薄膜拉伸,并经上述装置将其输送。

扩展-定心装置的作用是使平面形的膜管表面展平,并让它保持在某个位置上。

在制造薄膜时,还必须应用一些专门的附属装置,以便切割折叠膜管的边缘或将膜管剖成两幅;牵引辊上的膜管调整机械化;平膜管在牵引辊以后折褶是为了减少它的折叠宽度;送卷芯到卷绕装置的工位上;薄膜的横向切割和卷芯上更换薄膜;从辊芯上卸下膜卷;卷取装置的对中(跟踪膜条的边缘);薄膜表面活化处理;薄膜宽度和厚度的控制等等。应用哪一装置是由工艺过程的要求、工段或车间里运转的生产线的机械化和自动化水平来确定。

根据图1给出的流程图,管膜的生产过程是高聚物熔体经环形模头以膜管的形式连续地挤出,随后将其吹胀到需要的尺寸。

待加工的物料从料斗2加入挤出机1,然后经过滤器3流入环形模头4。按所选用的生产流程,采用角式模头(图1a、б)或者直通模头(图1,в)。高聚物熔体的圆筒形胚料从模头流出后,靠沿管道5通入机头内的压缩空气将其吹胀(横向拉伸)到需要的尺寸。然后,靠折叠装置6使膜管从圆筒形转变成扁平形,并靠装在操作台8上(图1)的牵引辊7夹住膜管、送入卷取装置11。

靠改变牵引辊转速以调节膜管纵向上的牵引比,用装置9使薄膜冷却。为了实现膜管内冷,在机头4的结构中设置供冷却剂输入、排出的通道。

膜管成型过程中,处于粘流态的高聚物在纵、横方向上都处在拉伸应力的作用下。这就促使高分子链的有序排列,相对拉伸方向上出现超分子量的构成物,即使高聚物变成取向状态。因为成型过程中,熔体的温度高于结晶体的熔化点,所以高聚物容易拉伸,分子的取向度是不大的。分子相互间可滑动,没有必要拉直[67]。可