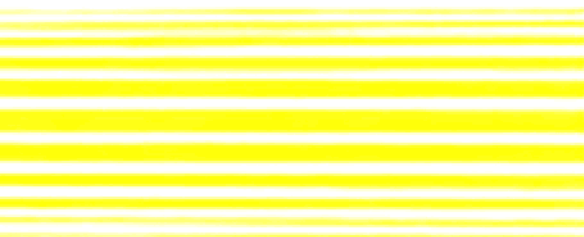


中等专业学校轻工专业试用教材

# 塑料成型工艺学

轻工业部广州轻工业学校 编



中国轻工业出版社

T6320.6-45

2

ND24/13

中等专业学校轻工专业试用教材

# 塑料成型工艺学

轻工业部广州轻工业学校 编



395517

中国轻工业出版社

## 内 容 简 介

本书是全国统编中等专业学校轻工专业试用教材。本教材是在全国专业学校塑料成型专业教学研究会制订的教学大纲的基础上编写的，内容包括塑料工业及塑料成型工业的一般情况、塑料成型的理论基础、塑料配制、塑料成型方法和成型过程分析和塑料的机械加工整饰和装配等。

本教材主要作为中等专业学校塑料成型专业的塑料成型工艺课程教材，也可供塑料成型制品厂的技术人员和工人作为培训教材和参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型工艺学/轻工业部广州轻工学校编.-北京:  
中国轻工业出版社, 1996.12重印  
中等专业学校轻工专业试用教材  
ISBN 7-5019-0774-9

I. 塑… II. 轻… III. 塑料成型-生产工艺-专业学校-  
教材 IV. TQ320.65

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第21477号

中国轻工业出版社出版  
(北京东长安街6号)  
三河市宏达印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经营

850×1168毫米1/32 印张: 14.125 字数: 357千字

1990年4月 第1版第1次印刷

1996年12月 第1版第4次印刷

印数: 25001—28000 定价: 25.50元

## 序 言

本教材是根据1986年在郑州召开的全国中等专业学校塑料成型专业教学研究会制订的教学大纲进行编写的。

本教材共分十章。第一章绪论主要介绍塑料工业及塑料成型工业的一般情况。第二章塑料成型的理论基础，主要介绍各种成型工艺共同的基本理论，以便以后各章节的叙述和学习。第三章为塑料配制，它主要介绍各种塑料的配制方法。第四章至第九章为各种塑料成型方法和成型过程的分析，是本书的主要内容。第十章为机械加工整饰和装配，主要介绍塑料制品的后加工。

本教材可作为中等专业学校塑料成型专业的塑料成型工艺课程教材，也可作为塑料成型制品厂技术人员培训的课本和本专业技术人员参考书。

教材编写分工如下：第一、二、三、四、七章由关越梧编写；第五、六、八、九、十章由张仁杰编写；全书由关越梧担任主编，北京塑料工业学校王善勤担任主审。

在编写过程中，得到了轻工业部教育司中专处及北京塑料工业学校、常州轻工业学校的大力支持，在此致以衷心感谢。在定稿前，北京塑料工业学校、常州轻工业学校、河南省二轻工业学校、安徽省轻工业学校、江西省二轻学校部分教师参与了审稿工作，并提出了宝贵意见，特此表示感谢。

由于水平所限，书中难免有不妥或错误之处。我们诚恳希望使用本教材的教师及读者批评指正。

编者

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
一、塑料工业发展概况.....	( 1 )
二、塑料成型及其在塑料工业中的重要性.....	( 3 )
三、我国的塑料制品生产.....	( 5 )
四、本课程的主要内容和要求.....	( 5 )
<b>第二章 塑料成型的理论基础</b> .....	( 7 )
<b>第一节 概述</b> .....	( 7 )
<b>第二节 聚合物的流动和流变行为</b> .....	( 7 )
一、剪切粘度和非牛顿流动.....	( 7 )
二、拉伸粘度.....	( 16 )
三、温度和压力对粘度的影响.....	( 18 )
四、流动缺陷.....	( 21 )
<b>第三节 聚合物的加热与冷却</b> .....	( 22 )
<b>第四节 聚合物的结晶</b> .....	( 26 )
一、聚合物的结晶能力.....	( 27 )
二、聚合物的结晶度.....	( 28 )
三、结晶形态和结晶度的测量.....	( 28 )
四、结晶对性能的影响.....	( 31 )
五、晶态与非晶态的互转过程.....	( 33 )
六、结晶与成型.....	( 36 )
<b>第五节 成型过程中的取向作用</b> .....	( 37 )
一、热固性塑料模压制品中的纤维状填料的取向.....	( 38 )
二、热塑性塑料模压制品中聚合物分子的取向.....	( 39 )
三、拉伸取向.....	( 43 )
<b>第六节 聚合物的降解</b> .....	( 47 )

一、热降解 .....	( 48 )
二、力降解 .....	( 50 )
三、氧化降解 .....	( 50 )
四、水降解 .....	( 52 )
第七节 热固性塑料的交联作用 .....	( 52 )
<b>第三章 塑料配副</b> .....	( 55 )
第一节 概述 .....	( 55 )
第二节 粉料和粒料 .....	( 55 )
一、粉料的配制 .....	( 56 )
二、粒料的配制 .....	( 62 )
三、粉料和粒料的工艺性能 .....	( 64 )
第三节 分散体 .....	( 75 )
一、成型用的分散体及其分类 .....	( 75 )
二、溶胶塑料的组成及其作用 .....	( 77 )
三、溶胶塑料的制备 .....	( 82 )
四、溶胶塑料的流动行为 .....	( 84 )
<b>第四章 模压及层压成型</b> .....	( 87 )
第一节 模压成型 .....	( 87 )
一、概述 .....	( 87 )
二、成型前的准备工作 .....	( 88 )
三、模压成型工艺过程及控制因素 .....	( 100 )
四、模压成型中容易产生废品的类型、原因及其处理方 法 .....	( 113 )
第二节 层压成型 .....	( 116 )
一、概述 .....	( 116 )
二、层压塑料常用的树脂 .....	( 117 )
三、层压塑料用的填料 .....	( 122 )
四、高压成型 .....	( 128 )
五、低压成型 .....	( 138 )

<b>第五章 挤出成型</b> .....	( 147 )
<b>第一节 概述</b> .....	( 147 )
<b>第二节 单螺杆挤出成型机及辅助设备</b> .....	( 149 )
一、单螺杆挤出成型机 .....	( 149 )
二、挤出成型的辅助设备.....	( 155 )
<b>第三节 挤出过程分析</b> .....	( 156 )
一、挤出过程中塑料的流动.....	( 156 )
二、塑料在螺杆中的流动理论 .....	( 156 )
三、塑料在挤出成型机中的受热 .....	( 172 )
<b>第四节 挤出成型机的一般操作方法</b> .....	( 173 )
<b>第五节 吹塑薄膜生产工艺</b> .....	( 174 )
一、吹塑薄膜的生产形式 .....	( 175 )
二、吹塑机头 .....	( 177 )
三、生产工艺流程及其控制 .....	( 184 )
四、生产过程中不正常现象产生的原因及消除办法.....	( 194 )
五、吹塑薄膜的发展 .....	( 196 )
<b>第六节 管材挤出工艺</b> .....	( 198 )
一、挤出成型机 .....	( 199 )
二、机头.....	( 199 )
三、生产工艺流程及其控制 .....	( 203 )
四、生产过程中不正常现象产生原因及消除办法 .....	( 208 )
<b>第七节 中空吹塑</b> .....	( 210 )
一、中空吹塑的形式 .....	( 211 )
二、生产过程 .....	( 214 )
三、中空吹塑设备及模具.....	( 215 )
四、成型条件的控制 .....	( 221 )
五、中空吹塑生产过程中不正常现象、产生原因及消除办法 .....	( 223 )
<b>第六章 注射成型</b> .....	( 226 )

第一节	概述	( 226 )
第二节	注射成型工艺过程及控制因素	( 229 )
	一、成型前的准备	( 229 )
	二、注射成型过程	( 233 )
第三节	注射成型工艺条件分析	( 242 )
	一、温度	( 242 )
	二、压力	( 247 )
	三、时间	( 251 )
第四节	热塑性塑料的注射成型工艺举例	( 255 )
	一、热塑性塑料注射成型的特点	( 255 )
	二、聚苯乙烯塑料	( 257 )
	三、聚丙烯塑料	( 258 )
	四、聚酰胺塑料	( 259 )
	五、聚碳酸酯塑料	( 262 )
第五节	热固性塑料的注射成型	( 269 )
	一、热固性塑料注射成型的特点	( 269 )
	二、注射成型机的特点	( 270 )
	三、成型工艺条件	( 273 )
第六节	其他制品的注射成型	( 275 )
	一、注射吹塑	( 275 )
	二、塑料夹芯结构的注射成型	( 278 )
	三、流动注射成型	( 282 )
	四、双色注射成型	( 285 )
第七节	注射成型中出现的不正常现象及原因分析	( 286 )
第七章	压延成型	( 293 )
第一节	概述	( 293 )
第二节	压延工艺	( 295 )
	一、压延工艺流程	( 295 )
	二、软质聚氯乙烯薄膜的生产工艺	( 295 )



三、硬质聚氯乙烯片材生产工艺 .....	( 297 )
第三节 压延工艺过程中的影响因素 .....	( 298 )
一、树脂 .....	( 299 )
二、配方中的其他组分 .....	( 299 )
三、混合和塑炼 .....	( 300 )
四、压延机的辊温 and 转速 .....	( 301 )
五、压延辊和各转辊的速比 .....	( 302 )
六、压延辊的辊矩 .....	( 303 )
七、压延效应 .....	( 303 )
八、薄膜的冷却定型 .....	( 304 )
第四节 人造革和墙纸的生产工艺 .....	( 306 )
第八章 泡沫塑料成型 .....	( 309 )
第一节 概述 .....	( 309 )
第二节 泡沫塑料的发泡方法及原理 .....	( 311 )
一、泡沫塑料的发泡方法 .....	( 311 )
二、泡沫塑料发泡原理 .....	( 316 )
第三节 泡沫塑料成型工艺 .....	( 317 )
一、聚苯乙烯泡沫塑料 .....	( 317 )
二、聚氯乙烯泡沫塑料 .....	( 325 )
三、聚乙烯泡沫塑料 .....	( 332 )
四、聚氨酯泡沫塑料 .....	( 349 )
第九章 其他成型 .....	( 359 )
第一节 热成型 .....	( 359 )
一、热成型的基本方法 .....	( 360 )
二、热成型工艺 .....	( 368 )
第二节 铸塑 .....	( 372 )
一、浇铸成型 .....	( 372 )
二、搪塑 .....	( 377 )
三、滚塑 .....	( 381 )

第三节 涂层.....	( 386 )
一、布(纸)基涂层.....	( 385 )
二、火焰喷涂.....	( 388 )
三、热熔喷涂.....	( 390 )
四、沸腾喷涂.....	( 391 )
五、静电喷涂.....	( 393 )
第十章 机械加工、整饰及装配.....	( 395 )
第一节 机械加工.....	( 395 )
一、机械加工工艺特点.....	( 395 )
二、车削、铣削和刨削.....	( 397 )
三、钻孔、铰孔和镗孔.....	( 400 )
四、锯切.....	( 402 )
第二节 整饰.....	( 406 )
一、机械整饰.....	( 406 )
二、涂饰.....	( 412 )
三、彩饰.....	( 422 )
第三节 装配.....	( 425 )
一、焊接.....	( 426 )
二、粘合.....	( 434 )
三、其他连接.....	( 440 )

# 第一章 绪 论

## 一、塑料工业发展概况

人们很早就开始利用天然可塑性高聚物。在19世纪以前已利用的天然树脂有沥青、松香、琥珀、达玛脂、虫胶等。到19世纪中叶以后，人们发现了加工改性天然高聚物的方法，如天然橡胶经过硫化，制成橡皮和硬质橡胶；硝酸纤维用樟脑作增塑剂，制成赛璐珞；乳酪蛋白质用甲醛塑性化制成酪素塑料。这些用天然高聚物（橡胶、蛋白、纤维素等）为基础的塑料在19世纪末，已经有了工业价值，但产量不大，性能也不太理想。

在1872年发现用苯酚和甲醛可以合成酚醛树脂。由于电气工业和仪器设备制造工业的发展，推动了酚醛树脂在20世纪初投入工业生产，为塑料工业开辟了新的道路。

到20世纪的20~30年代，相继又出现了醇酸树脂、聚氯乙烯、丙烯酸酯类树脂（如有机玻璃）、聚苯乙烯等。从40年代起，因科学技术和工业的高度发展和石油资源的开发，塑料生产更获得极其迅速的发展，出现了聚乙烯、聚丙烯、不饱和聚酯、聚硅醚树脂、氟塑料、环氧树脂、聚甲醛、聚碳酸酯、氯化聚醚、聚酰亚胺等新品种。

在产品来说，从20世纪初酚醛塑料开始工业化以后，到1950年全世界塑料总产量达到150万吨左右，1960年增加到690万吨，1970年达到3000万吨左右，1980年则为5900万吨，1985年达7000万吨以上，成为四大工业材料（钢铁、木材、水泥和塑料）之一，且其年增长率也居于首位。

至于塑料制品的发展，几乎与塑料生产是同步的。当塑料最初问世时，由于品种不多和对它的本质理解不足，在塑料制品生

产技术上，只能从塑料与某些材料具有若干相似之处而进行仿制。作为借鉴的主要是橡胶、木材、金属和陶瓷等制品。此后，塑料品种渐多，而且在其制品生产不断实践和实验的基础上，对塑料各类制品和塑料的特征都有了比较明确的认识，因此，不论在生产技术和方法上，都有显著的改进和扩展。这一时期的开始约在本世纪的20年代。50年代以来，由于各项尖端科学技术以及许多工业部门和农业上发展的需要，要求具有某些特种性能和性能特别优良的塑料制品，而且在制品数量、结构、尺寸大小和准确程度上也提出了更高要求。基于这些要求，同时还力求不使塑料固有性能在制品生产过程中有所下降，对许多原料的生产方法就不得不从头至尾细心研究，作一番革新，而对一些适合客观需要所设计的新型塑料和制品又不能不分别根据具体的特点在生产上进行创新。革新和创新就是这里所说的变革。截至目前为止，不仅塑料制品的数量和应用种类都有了显著的增长，而且绝大多数的新旧生产方法也逐渐形成合理的系统，从而使塑料制品的生产日益成为一个专门而又较大的生产部门。

塑料除了能制得色彩鲜艳、令人喜爱的日用品外，它还有许多用途。由于塑料具有许多独特的实用性能，如质轻、耐腐蚀、绝缘和良好的多种防护特性等，因而被广泛地应用于机电、化工、建筑、交通运输、能源利用、轻纺、农业、渔业等国民经济、国防和科研的各个部门。它不仅可以代替或节约贵金属、木材、皮革、纤维等短线材料，提高产品质量、简化加工工序、降低生产成本和提高生产效率，而且可以解决工程上不少关键问题。建筑材料、包装材料和农业薄膜是塑料用量最大的几个方面。某些塑料具有耐高温、耐烧蚀和抗辐射的特征，可成功地应用于航天和原子能等尖端技术领域，曾是世界各国竞相研制的重要材料。

## 二、塑料成型及其在塑料工业中的重要性

塑料工业共包含塑料生产（包括树脂和半成品的生产）和塑料制品生产（也称为塑料成型工业或加工工业）两个系统。这两个系统是相辅相成、互相依赖的。没有塑料的生产，就没有塑料制品的生产，其理由是十分明显的。但没有塑料制品的生产，塑料就不会成为生产或生活资料。要生产一个合格的塑料制品，除了要对塑料性能提出要求外，尚需要有一个合理的成型方法，否则难以达到目的。显而易见，塑料成型是塑料工业和其他工业联系的桥梁。由于塑料生产和塑料制品生产是一个系统的两个连续部，其关系用图1-1来表示。

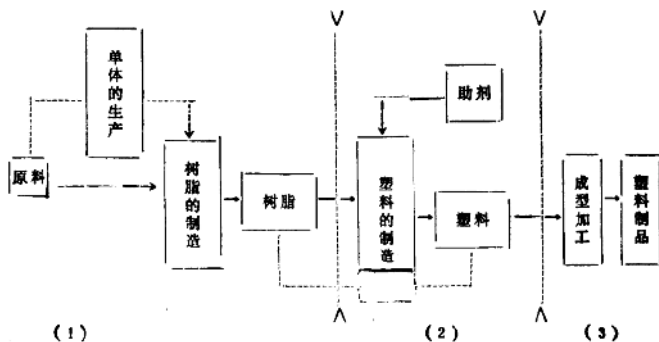


图 1-1 自塑料至塑料制品的简单生产流程

从图1-1可以看到，从塑料到塑料制品的流程共分为3个连续部分。图中长方形表示过程；正方形表示原料、中间产物或成品；实线箭头表示流程前进的方向；虚线箭头表示该段流程前进的另一种方式。据上所述，当知（1）和（3）两部分是分别属于树脂和塑料制品两个生产部门的，而生产部门也确实是这样分的。至于第（2）部分，按理也应属于树脂部门，但一般较大的成型工厂往往为了方便，也有将这部分归入自己的生产范围。

这样，除能满足它自己对塑料在配方上的多样性要求外，还可以简化仓库的管理。

塑料制品的生产是一种既复杂而又繁重的过程，它的目的在于根据各种塑料的固有性能、利用一切可以实施的方法，使其成为具有一定形状而又有使用价值的物件或定型材料。当然，除加工技术外，生产成本和制品质量都应列为重点考虑因素。

塑料制品生产系统主要是由成型、机械加工、修饰和装配四个连续过程组成的(如图1-2)。成型是将各种形态的塑料(粉料、粒料、溶液和分散体)制成所需形状的制品或坯件的过程，它在四个过程中最为重要，是一切塑料制品或型材生产的必经过程。成型的种类很多，诸如各种模塑、层压以及压延等。其他三个过程，通常是根据制品的要求来取舍的，也就是说，不是每种制品都须完整地经过这三个过程。机械加工指的是在成型后的工件上钻

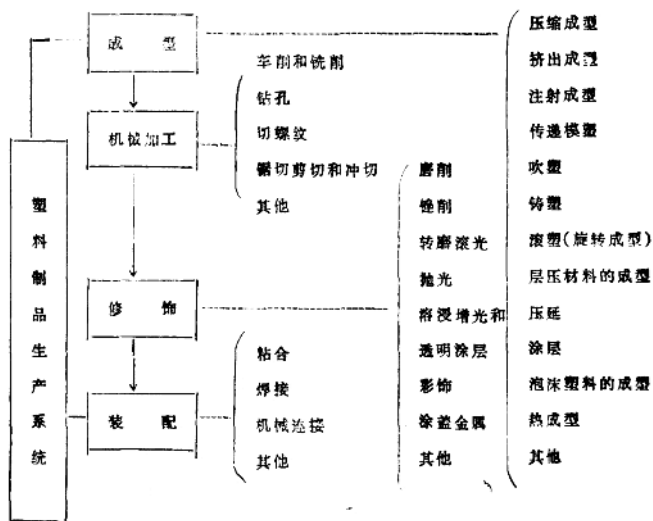


图 1-2 塑料制品生产系统的组成

眼、切螺纹、车削或铣削等过程，它是用来完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作。修饰的目的是美化塑料制品的表面或外观，间或也有为达到其他目的的，例如，为提高塑料制品的介电性能就要求具有高度光滑的表面。装配是将各个已经完成的部件连接或配套以使其成为一个完整制品的过程。后三种过程有时统称为加工，从对比角度来说，加工过程常居于次要地位，塑料制品生产系统的组成见图1-2。

### 三、我国的塑料制品生产

我国的塑料制品生产仅在解放后才得到发展。解放前，塑料制品生产极少，只能生产一些日常用品，质量既差，数量又少。一切原料和设备几乎都依靠进口。

解放后，我国塑料工业也和其他工业一样，得到很大的发展，建国三十几年来，平均年增长率竟超过30%，而成为国民经济的重要组成部分。特别是我国的石油工业的发展，为塑料工业提供了原料，可以预料，今后塑料工业将会得到更大的发展。现在，全国各地都建立起塑料厂，不但沿海城市有，而且内地和农村都有。工厂的生产条件都得到改善，且向着自动化方向发展。根据生产发展的需要，各地已建立起不少的研究机构和专业学校，既为塑料工业培养了人材，而且也有许多创造发明。除此以外，我们还建了生产塑料工业设备的工厂，制造各种成型方法所需的设备，有些已达到国际先进水平。

### 四、本课程的主要内容和要求

本课程是塑料成型工艺专业的主要专业课之一，是一门实践性、综合性很强的科学。它是在学生已学过物理、化学、力学、高分子物理学及各种塑料性能的基本知识的基础上进行讲授的，论及的内容主要是塑料成型工艺和有关理论。

本课程共分十章。第一章绪论，第二章为塑料成型理论基

础，第三章为塑料的配制，第四至十章为各种成型方法和加工。根据我国具体情况，本课程的重点应是第二、五、六、七章。

学习本课程时，要在密切结合工艺过程的前提下尽可能对每种工艺所依据的原理、生产控制因素以及在工艺过程中塑料所发生的物理和化学变化和它们对制品性能的影响具有清晰的概念，并进一步理解各种成型工艺所适应的塑料品种及其优缺点和所涉及成型机械及模具的结构性能。此外，还需更密切与现在的塑料加工厂相结合，加强参观与实习，以利于对本课程的学习与理解。



## 第二章 塑料成型的理论基础

### 第一节 概 述

塑料成型是一门工程技术，它所涉及的内容是将塑料转变为有用并能保持原有性能的制品。

在所有的成型过程中，首先要求对塑料在这一过程中所能表现的各种物理和化学行为有足够的认识，因为只有在这种基础上才能求得合理的原料配方，定出合理的工艺和发展工艺，并进而对所用的工艺设备提出合理的要求。

本章将简要地叙述塑料在成型过程中所表现的一些共同的基本物理和化学行为——聚合物的流变、加热和冷却、结晶、取向（包括纤维性填料）、降解以及热固性塑料的交联作用。

### 第二节 聚合物的流动和流变行为

#### 一、剪切粘度和非牛顿流动

由于聚合物的大分子结构和流动特点，它在物理聚集态上常可归为结晶态、玻璃态、高弹态和粘流态。但在正常应用中只限于玻璃态和结晶态，而在成型过程中，除少数几种工艺外，均要求它处在粘流态，因为在这种状态下的聚合物不仅易于流动，而且易于变形，这给它的输送和造形都带来很大的方便。为使塑料在成型过程中易于流动和变形，并不限定用粘流态的聚合物（聚合物熔体），也可采用聚合物的分散体（包括溶液）。熔体和分散体都属于液体的范畴。

液体的流动和变形都是在受应力作用的情况下实现的。重要的应力有剪切力、拉伸和压缩应力三种。三种应力中，剪切应力