



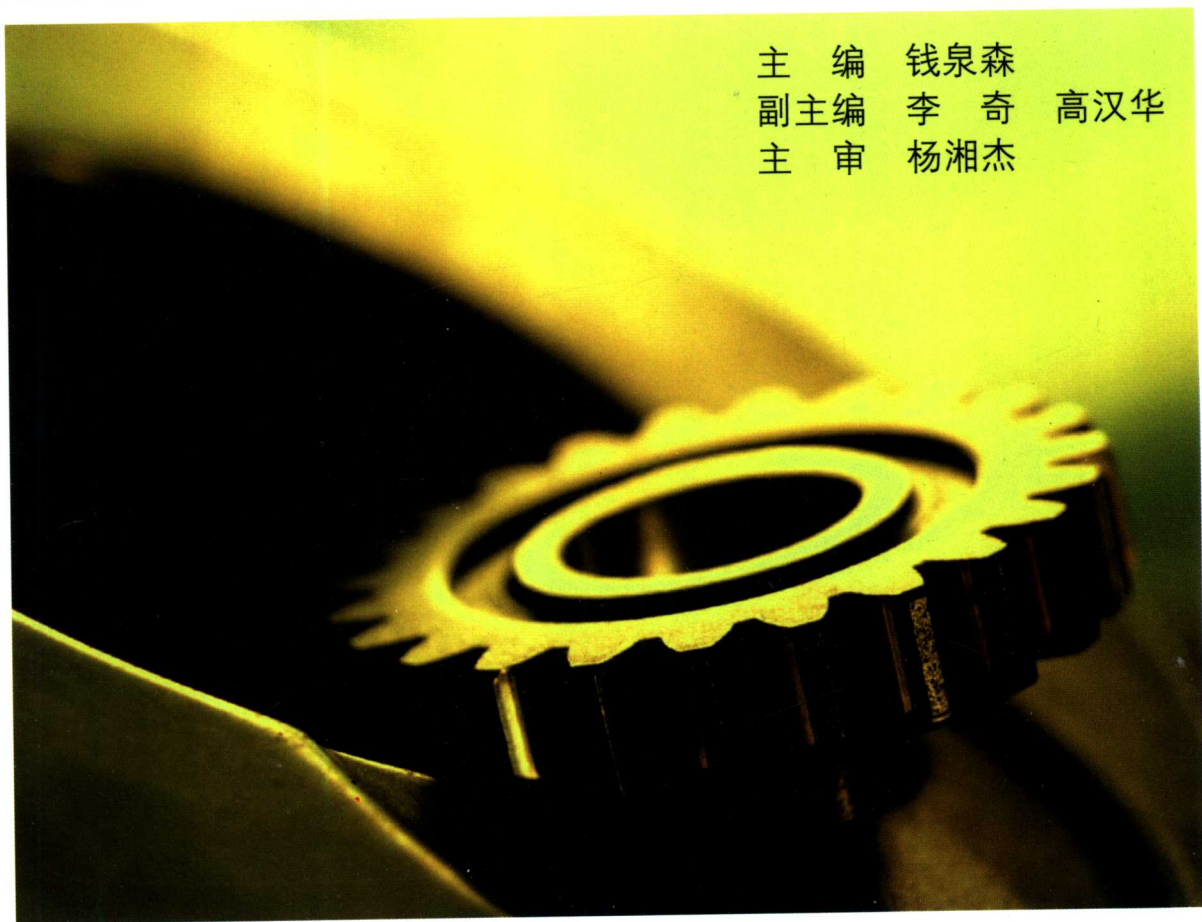
高等职业教育通用教材

ERSHIYISHIJI GAODENGZHIYEJIAOYU TONGYONGJIAOCAI

塑料成型工艺及模具设计

SULIAOCHENGXING
GONGYIJIMOJUSHEJI

主 编 钱泉森
副主编 李 奇 高汉华
主 审 杨湘杰



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn



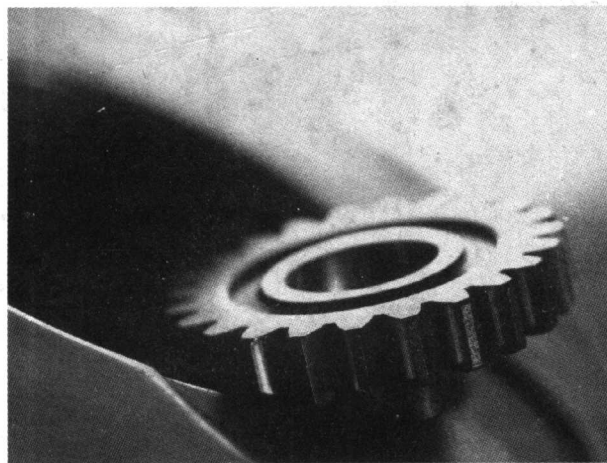
高等职业教育通用教材

ERSHIYISHIJI GAODENGZHIYEJIAOYU TONGYONGJIAOCAI

塑料成型工艺及模具设计

SULIAOCHENGXING
GONGYIJIMOJUSHEJI

主 编 钱泉森
副主编 李 奇 高汉华
主 审 杨湘杰



山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型工艺及模具设计/钱泉森主编. —济南:
山东科学技术出版社, 2004. 10
ISBN 7-5331-3783-3

I. 塑... II. 钱... III. ①塑料成型—工
艺—高等学校: 技术学校—教材②塑料模具—设计
—高等学校: 技术学校—教材 IV. TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 080687 号

21 世纪高等职业教育通用教材
塑料成型工艺及模具设计

主 编 钱泉森
副主编 李 奇 高汉华
主 审 杨湘杰

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号
邮编: 250002 电话: (0531)2098088
网址: www.lkj.com.cn
电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号
邮编: 250002 电话: (0531)2098071

印刷者: 山东人民印刷厂

地址: 泰安市灵山大街东首
邮编: 271000 电话: (0538)6119320

开本: 787mm × 1092mm 1/16
印张: 21.25
字数: 480 千
版次: 2004 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
印数: 1 - 3000

ISBN 7 - 5331 - 3783 - 3

TG·13

定价: 31.00 元

内容提要

本书根据教育部对高职高专的教学要求编写，并充分吸收了各校的成功经验和教学成果。主要内容包括：塑料模设计基础、塑料模塑成型工艺、塑料注射模设计、压缩模设计、压注模设计、其它塑料模设计、塑料模具材料及选择、塑料模具的装配试模与验收，以及模具CAD/CAM技术等。

本书充分体现实用性、成熟性、衔接性、创新性 & 先进性的原则，以必需、够用为度，每章后附有复习题，可作为高职高专模具专业教材，亦可供相关工程技术人员参考。

前 言

本书是应21世纪高职高专通用教材编委会的要求,根据模具设计与制造专业的教学大纲和教学计划编写的。

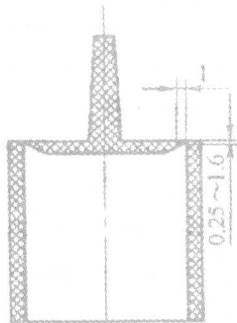
本书在编写过程中,考虑到高职高专学生学习专业课的特点,充分体现“实用性、成熟性、衔接性和创新性、先进性”的原则,结合高职学制三年改两年的变化,突出重点,以必需、够用为度,每章后附有复习题,重要章节中有设计举例。

本教材由江西现代职业技术学院钱泉森主编,南昌大学杨湘杰教授主审。全书共10章,其中第1、3章由钱泉森编写,第5、6、7章由江西工业工程职业技术学院李奇编写,第8、9、10章由江苏泰州职业技术学院李为民和江西现代职业技术学院陈玉平编写,第2章和第4章的4.1~4.3节由江西渝州科技学院高明亮编写,第4章的第4.4、4.5、4.8~4.11节由武汉工业学校高汉华编写,第4章的第4.6、4.7节由武汉职业技术学院刘旭华编写。全书由钱泉森统稿修改。

在编写和审稿过程中,山东潍坊职业技术学院杜洪香、浙江机电职业技术学院虞建中、江西现代职业技术学院黄海燕、胡萍、胡晶等老师给予了大力支持,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 塑料工业与塑料模具的发展概况	1
1.2 塑料工业在国民经济中的地位	8
1.3 本课程的性质、任务和学习方法	10
第 2 章 塑料模设计基础	12
2.1 塑料及其性能	12
2.2 塑料制品的工艺性	19
复习题	33
第 3 章 塑料模塑成型工艺	34
3.1 塑料成型加工方法的分类	34
3.2 压缩模塑成型工艺	36
3.3 压注模塑成型工艺	43
3.4 注射模塑成型工艺	44
3.5 塑料模塑工艺规程的编制	56
复习题	58
第 4 章 塑料注射模设计	60
4.1 注射模具分类及其基本结构	60
4.2 注射模具与注射机的关系	66
4.3 分型面的选择	76
4.4 浇注系统设计	80
4.5 成型零件的设计	99
4.6 侧向分型与抽芯机构的设计	116
4.7 推出机构设计	140
4.8 模架零部件的设计及选用	158
4.9 模具温度调节系统设计	163
4.10 热固性塑料注射模具设计简介	169
4.11 注射模设计程序与实例	174
复习题	182

第5章 压缩模设计	184
5.1 压缩模的类型及基本结构	184
5.2 压缩模与压机的关系	188
5.3 压缩模设计	193
5.4 压缩模设计实例	209
复习题	215
第6章 压注模设计	217
6.1 压注模的特点和类型	217
6.2 压注模设计要点	220
6.3 压注模典型结构	228
复习题	230
第7章 其它塑料模设计	232
7.1 挤出模具	232
7.2 发泡成型模具	252
7.3 中空成型模具	258
复习题	267
第8章 塑料模具材料及选择	269
8.1 塑料模具用钢	269
8.2 塑料模具用钢的选择	271
复习题	275
第9章 塑料模具的装配试模与验收	276
9.1 塑料模具部件的装配	276
9.2 塑料模具的试模和验收	294
9.3 塑料模具的保养与维修	296
复习题	299
第10章 模具CAD/CAM技术	300
10.1 快速成型技术	300
10.2 常用CAD/CAM软件简介	305
附录	322
附录一 常用塑料及特性	322
附录二 常见塑料件缺陷分析	326
附录三 常用热塑性塑料注射成型工艺参数	330
参考文献	333

第 1 章 绪 论

1.1 塑料工业与塑料模具的发展概况

从 1910 年生产酚醛塑料算起, 塑料工业的发展还不到 100 年, 但发展速度十分惊人。1910 年全世界塑料产量只有 20kt, 到 2003 年达到 126Mt。目前有 300 多个塑料品种, 每年以 10% 左右的速度增长。塑料、钢铁、木材、水泥是现代社会中的四大基础材料, 我国塑料工业也是国民经济的重要行业之一。

1.1.1 我国塑料工业的发展历史

建国前夕, 我国只有上海、广州、武汉、重庆等一些大城市有作坊式的塑料制品加工厂, 生产酚醛和赛璐珞等塑料制品, 1949 年全国总产量仅为 200t。1958 年新中国第一套聚氯乙烯树脂生产装置在锦西化工厂建成, 标志着我国塑料工业步入快速发展时期。1958 年国内塑料制品产量为 24kt, 1965 年为 139kt, 1979 年为 948kt, 1988 年则猛增到 3.542Mt, 1996 年达 15.34Mt, 2000 年已接近 20Mt, 在世界各国塑料制品产量排名中居第二位。

1958 年我国聚氯乙烯树脂生产装置投产以及少量酒精法低压聚乙烯树脂投入生产, 为我国塑料制品加工工业的兴起奠定了基础, 许多竹、木制品作坊、五金铁器加工厂等纷纷转产, 利用当时橡胶工业的一些生产设施, 兴办起了塑料制品加工厂, 使不怕雨水、质轻耐用、耐酸耐碱的塑料鞋和各种薄膜、容器及日用小商品进入寻常百姓家。正是这些简单实用的塑料制品使人们对塑料有了新的了解和认识。由于国家的重视和人们对塑料材料认识的深化, 从 20 世纪 60 年代起塑料这个新生事物显示出强大的生命力, 先是围绕着聚氯乙烯树脂加工出薄膜、硬管、软管、鞋底、全塑凉鞋、板材和人造革等制品, 随着聚乙烯、尼龙、聚苯乙烯等树脂在中国问世或从国外进口, 以及塑料加工用的一些重要助剂如二盐、三盐和硬脂酸盐等热稳定剂和增塑剂、发泡剂、润滑剂等相继研制成功并投入生产, 生产的塑料制品的品种大大增加, 渔业用单丝、鞋用人造革、针织布人造革、电线电缆护套料、唱片片基、塑料编织袋、瓶和桶等中空容器、打包带、绝缘胶带、农用喷雾器、收音机外壳、电器元件骨架等相继亮相并进入市场。

20 世纪 70 年代, 我国塑料加工业快速发展, 造成原料奇缺, 许多加工厂走上“收旧利废”的道路, 加强废弃塑料回收再利用的研究, 并取得了显著的成效。

从 20 世纪 70 年代末开始, 国家发展轻工业的“六优先”和“对内改革、对外开放”方针为全国塑料制品工业开创了迅猛发展的机遇。在当时那个大发展时期, 塑料制品的花色品种数增加到以千万计, 几乎所有现存于世界上的各种用途的塑料制品在中国

都能够生产，基本上可满足国民经济各个领域和人民日常生活对塑料制品的需求。

1997 年国内塑料制品加工企业（乡镇及乡镇以上独立核算企业）为 19 427 个，其中薄膜制造企业 2 108 个，板、管、棒等制品企业 2 349 个，丝、绳及编织制品企业 2 108 个，泡沫塑料及人造革、合成革制品制造企业 1 750 个，包装箱及容器制品制造企业 1 346 个，日用塑料制品制造企业 1 570 个。此外还有为数众多的私营和个体企业。全国上述企业的总加工能力已经超过 20Mt。这说明无论从塑料制品总量上看，还是从行业规模上看，中国都已步入世界塑料制品生产大国的行列。

我国塑料工业经过多年的发展，不仅使塑料制品总产量跃居世界第二位，而且在塑料加工、产品开发及应用等方面都已步入塑料先进大国行列。回顾我国塑料工业的发展历程，不难看出其取得的 10 项突出成果：

一是石油化学工业的发展，为塑料制品加工工业奠定了快速发展的基础。塑料工业的核心是塑料制品加工工业，是一门新型的材料工业。国民经济持续、稳定、健康发展，特别是石油化学工业的迅速发展和不断增长的社会需求，为塑料制品加工工业的发展带来了机遇并奠定了坚实基础。

二是行业整体技术装备水平不断提高。通过大规模引进国外先进技术与装备，更新加工设备和提高加工技术，我国塑料制品加工水平大幅提升。同时国内机械制造行业通过消化吸收、加强自行研制的力量，设计制造出大批水平与国外同类机型相当的设备，甚至可制造出达到国际先进水平的成套生产线，为塑料工业提供了良好的技术装备，各种档次和不同规格的国产化塑料加工机械及各种配套辅机在塑料制品加工行业中已成为主要生产手段。

三是组建起了一批大型企业集团。为增强企业实力和市场竞争能力，一大批通过资产重组的大中型企业脱颖而出，成为塑料工业骨干企业和样板企业。这些企业无论在技术装备方面，还是经营管理方面，均处于全国先进水平。塑料行业中与塑料行业直接相关的骨干企业集团有几十家，其中上市公司（集团）10 多家，产品的产量、产值、利税占有相当的比重，在行业中起着极重要的作用。

四是塑料制品行业所有制结构得到调整和完善。国营大中型企业通过改制，采取兼并、联合、拍卖和实行股份制等办法摆脱了困境，重新走上快速发展之路。面对新出现的多种新型所有制企业，有关部门采取不断加强行业管理的措施，积极支持鼓励非公有制经济成分的成长，大大促进了塑料制品工业生产力的发展。

五是国际行业间交流大大增强。自 20 世纪 80 年代以来，我国塑料行业利用外资先后建立三资企业累计 2000 多家；通过举办各类展览暨研讨会增强了对世界先进设备与加工技术的了解，激发了塑料制品加工行业深化改革，推动技术进步的积极性。

六是信息和技术成果交流工作大大加强。中国塑料加工工业协会通过创办《中国塑料》、《塑料信息》等专业刊物和中国塑协信息网（www.cppia.com.cn），促进塑料信息的传播和利用，方便了与世界各国塑料工业协会、众多的塑料企业、公司随时沟通信息，大大地提高了工作效率。

七是塑料材料（制品）的推广工作得到加强。塑料材料（制品）的性能及在各个领域中的应用需要一个逐渐加深的认识过程，通过积极宣传和一定规模的试点，才能为社

会认可和接受,而一旦某种材料(制品)得到推广应用,就为塑料工业创造出巨大的发展空间。农用塑料、建筑用塑料等的推广应用和发展就有力地证明了这一点。

八是废弃塑料处理、塑料工业环保工作得到充分重视。随着塑料工业的发展,废弃塑料回收及再生利用始终得到行业主管部门和塑料行业从业人员的普遍重视。根据我国的资源、地理和经济实力等实际国情,应当牢固确立“废弃塑料以回收再生利用为主,以填埋、焚烧、提取热能和降解为辅”的处理方针,继续努力做好废弃塑料的回收及再生利用工作,为实现塑料工业和保护环境协调发展做出努力。

九是塑料行业协会作用愈发加强。新时期行业管理工作对促进全行业的发展显得越来越重要。中国塑料加工工业协会作为全国塑料制品加工行业的民间组织,承担着在市场经济条件下行业管理的职责。随着近年来各省市政府机构的改革,一大批地方塑料工业协会陆续成立,今后协会和各专业委员会所取得的宝贵经验还将发挥更大的作用。

十是塑料工业“产、学、研”结合及人才教育培养得到重视。我国塑料工业通过开发具有自主知识产权的技术和装备,极大地促进了行业的发展和技术水平的提高。例如:采用锥型或平行双螺杆挤出机生产用于门窗的聚氯乙烯塑料异型材始于20世纪80年代技术装备和模具的引进,如今已成为新世纪化学建材中十分重要的产品;对同向旋转平行双螺杆挤出机的引进和消化吸收,已使之成为我国塑料加工机械制造业中举足轻重的拳头产品。据不完全统计,塑料行业共获得国家和省部级科技进步奖350项。这些科技成果为我国塑料工业赶超国际先进水平发挥了重要作用。此外,我国还教育培养了一大批专业人才,为行业持续发展打下了坚实基础。

1.1.2 我国塑料制品工业的发展方向

从目前到2015年,我国塑料原料树脂将有较快增长,将扩建几个世界级的大型乙烯工程项目,乙烯总量“十五”将达到8.5Mt左右,合成树脂将随之大幅度增加,为塑料制品工业发展提供了原料基础;从人均消费量看,我国人均消费量仅12kg左右,而发达国家是30~100kg,世界平均消费量也达18kg,因此,我国塑料工业发展前景广阔。

我国未来塑料工业的发展将主要在农用塑料制品、农用塑料节水器材、包装塑料制品、建筑塑料制品、工业交通、工程塑料制品及医用塑料制品等方面。

1. 农用塑料制品

根据中国塑协农膜专业委员会不完全统计,目前全行业已拥有大小规模不等的农膜生产企业近千家,生产能力2Mt/a以上,实际产量超过1Mt/a,其中生产能力超过10kt/a的企业约60家。大型骨干企业约30家,其生产能力和年产量均占全国总量的60%。我国已成为世界上农膜产量和使用量最大的国家。根据农业部的预测,到2005年我国园艺设施栽培面积将达到 $1.5 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 左右,全国地膜覆盖面积达 $1.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$,再加上氨化膜、青贮膜、塑料育苗容器、遮阳网、防虫网、捕捞网具、农产品贮藏保鲜材料、农药器械、泡沫塑料板材等,约需塑料制品3Mt/a。

根据水利部门的初步规划,节水灌溉工程面积要在目前 $1.7 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 的基础上再新增节水灌溉面积 $9.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$,累计达到 $2.6 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 。其中喷灌 $5.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$,滴灌 $6.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$,管道输水 $9.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$,渠道防渗 $3.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$,需要各种塑料节水器材如各类管材与管件、灌水器、喷头、防渗用薄膜、土工编织布等1.7Mt/a。

2. 包装塑料制品

包装至今仍是塑料应用中的最大领域，其发展仍大大超过其它传统包装材料。

我国水泥、化肥产量均居世界首位，目前水泥包装 50% 以上使用复合编织袋，还有矿产品、化工产品、合成树脂、原盐、食糖、棉花和羊毛等包装。由于我国纸张和黄麻资源缺乏，塑料作为主要包装材料是必然趋势。

我国是粮食生产大国，产量接近 500Mt/a，需要大量包装材料。我国粮食的小包装在一些大城市中已有了起步并取得了进展。我国粮食销售小包装的比例如达到发达国家的水平，至少需要各种塑料基材 1.1Mt/a。

食品、饮料、药品、洗涤用品、化妆品、化工产品等在我国迅速发展，它们对复合膜、包装膜、容器、周转箱等包装制品有很大的需求，如饮料的产量基本上是 5 年翻一番，预计 2005 年将达到 25Mt 左右，其中 50% 将使用聚酯瓶，即需 100 亿个左右；还有方便食品、乳制品、罐头食品、味精、糖果、饼干等需要各种包装材料数 Mt；药品包装也有很大市场。

综上所述，包装材料制品总需求量约为 5.5Mt/a。

3. 建筑塑料制品

塑料是继钢材、木材、水泥之后当代新兴的第四代新型建筑材料。塑料建材是化学建材的主要组成部分，主要包括塑料管、塑料门窗、建筑防水材料、隔热保温材料、装饰装修材料等，塑料建材在建筑工程、市政工程、村镇建设以及工业建设中用途十分广泛。塑料建材不仅能大量代钢代木，替代传统建材，而且还具有节能节材、保护生态、改善居住环境、提高建筑功能与质量、降低建筑自重、施工便捷等优越性。塑料建材的节能效益十分突出，其节能效益表现在节约生产能耗和使用能耗两个方面。以生产能耗计算，建筑塑料制品仅为钢材和铝材生产能耗的 1/4 和 1/8，硬质 PVC 塑料生产能耗仅为铸铁管和钢管的 30% ~ 50%，塑料给水管比金属管降低生产能耗可达 50% 左右。

建筑业是国民经济的支柱产业，今后 5 ~ 10 年我国建筑业仍将会有较大的发展。住宅将成为我国新的消费热点和新的经济增长点，国家化学建材领导小组相继发出了《关于加强我国化学建材生产和推广应用的若干意见》、《国家化学建材产业“九五”计划和 2010 年发展规划纲要》以及《关于加速化学建材推广和应用和限制淘汰落后产品的规定》等文件，大大加强了塑料建材推广应用力度。到 2005 年，建筑密封材料的用量约为 0.1Mt/a。

4. 工业、交通及工程塑料制品

该领域的产品包括：汽车用塑料，工业、交通、运输业用塑料，电子、电器、信息产业用工程塑料。预计 2005 年后工业、交通及工程塑料总需求量约为 4.5Mt/a。

5. 医用塑料制品

塑料以其优良的性质、可靠的性能、方便的成型工艺在医疗领域获得了越来越广泛的应用，用塑料材料制备医疗用品极具发展前景。

首先，塑料具有良好的物理力学性能和化学稳定性，比较适合在医疗领域使用；其次，高分子材料来源丰富、价格低廉，适合制成一次性医疗用品，避免了传统材料制品

因价格高昂而不得不多次使用导致的消毒和交叉感染问题；再次，塑料具有或较容易改性而获得良好的组织相容性、血液相容性；还有，塑料加工方便，制作成本低，适合多种成型方式，便于加工成复杂的形状和开发新型医疗产品。据英国材料协会统计，1995年全球医疗器械市场（含诊断和治疗器械）已达1000亿美元；其中医疗材料市场已达120亿美元，并且以7%~12%的年均增长率持续增长。与呼吸机相关的塑料制品是塑料在医疗器械中应用最集中的领域之一，其相关制品包括面罩、鼻罩、气管插管、气管切开插管、支气管导管、呼吸机连接管、各种套管等。

这一类的产品是临床用量较大的易耗品，我国年均消耗该类产品的价值在数亿元人民币左右，市场十分巨大。目前我国已经能够自主生产呼吸机及其相关塑料制品，但由于产品精细度等因素，产品主要应用在中小城市和广大农村地区，而京、津、沪等大城市的市场主要应用的还是国外进口产品，因此市场空间仍是很大的。

人工心脏应用的塑料主要是聚醚聚酯类材料，具有弹性好、抗老化、组织相容性和血液相容性好、产品性能可通过分子设计来调节改变等优点。制备人工心脏目前主要使用脂肪族聚醚聚酯，其发展方向是将其改性，在分子链上接枝硅橡胶和维生素E等以进一步改善其生物相容性。随着人工心脏向小型化、耐用性强及低阻力的方向发展，有可能将来像人工心脏起搏器一样得以广泛应用，那时塑料将发挥更大的作用。

在消化系统中齿科是应用塑料量较大的领域，其中塑料制品包括：义齿、牙托粉、全口托牙、托牙组织衬垫、补牙树脂等，主要由聚甲基丙烯酸酯类及其共聚物制成。

第二次全国口腔健康流行病学调查显示，我国成人的恒牙患龋率为49.88%，儿童的乳牙患龋率为76.55%，65~74岁老人的平均失牙数高达11颗，而随着口腔保健知识的不断普及，人们对于牙齿的保健意识也在增强，因此，这一类医用塑料制品的市场前景将相当广阔。

运动系统中的塑料制品常用的有人工关节、人工骨钉、骨水泥等，在临床使用上，塑料以其质轻、稳定性好、自润滑佳等优点而获得广泛应用。

目前国内外正在研究将以贵金属为催化剂制备的超高相对分子质量聚乙烯用于制备人工关节，该材料具有耐磨损、自润滑等特点，非常适合制备人工关节。近年来出现的羟基磷灰石骨水泥或磷酸钙骨水泥作为一种新型的人工骨置换材料，其化学成分与人体骨组织的主要成分极为相似，生物相容性良好，无毒、无刺激、不致畸、不致癌，而且植入体内后可与原骨结合成一体，形成牢固的骨结合，在临床上得到很好的应用，具有很高的商业价值。

人工神经导管主要用于损伤神经的修复，是目前最有希望获得突破而应用于临床的项目之一。近几年来医学界正在研究降解塑料在神经导管中的应用，主要材料有聚乙交酯、聚丙交酯、胶原等。目前美国约翰·霍普金斯大学等单位已经在动物实验中取得了令人瞩目的成果。如果能够实现临床应用，其商业价值将十分巨大。

此外，由碳纤增强的硅橡胶颅骨板、羟基磷灰石或陶瓷材料所制成的新型人工颅骨移植片具有良好的性能，也已开始用于临床。

目前，人工角膜移植并发症主要是植入物与人体的相容性问题导致的植入物排出，其次是角膜感染、眼内炎症和青光眼等，这些将是材料工作者下一步所要致力解决的问题。

题。

我国城市学生的近视眼发病率很高,据卫生部统计,沿海省市部分大中城市高中生的近视眼发病率高达50%,而年轻人较为喜爱佩戴隐形眼镜,舒适、卫生、含水量高的材料制成的隐形眼镜市场十分巨大。

由于塑料具有性能优异、价格低廉、加工成型方便等特点,所以必将大量取代传统材料,在医疗领域获得更广泛的应用,因此,新型的治疗、诊断、预防、保健用塑料制品的市场发展前景十分美好。

1.1.3 我国塑料模具工业现状及发展方向

1. 我国塑料模具工业的现状

20世纪80年代以来,在国家产业政策和与之配套的一系列国家经济政策的支持和引导下,我国模具工业发展迅速,年均增速为13%,1999年我国模具工业产值为245亿元,其中塑料模约占30%左右。在未来的模具市场中,塑料模在模具总量中的比例还将逐步提高。

我国塑料模工业从起步到现在,历经半个多世纪,有了很大发展,模具水平有了较大提高。在大型模具方面已能生产122cm(48in.)大屏幕彩电塑壳注射模具、6.5kg大容量洗衣机全套塑料模具以及汽车保险杠和整体仪表板等塑料模具;精密塑料模具方面,已能生产照相机塑料件模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具。如天津津荣天和机电有限公司和烟台北极星I.K模具有限公司制造的多腔VCD和DVD齿轮模具,所生产的这类齿轮塑件的尺寸精度、同轴度、跳动等要求都达到了国外同类产品的水平,而且还采用最新的齿轮设计软件,纠正了由于成型收缩造成的齿形误差,达到了标准渐开线齿形要求。还能生产厚度仅为0.08mm的一模两腔的航空杯模具和难度较高的塑料门窗挤出模等等。注塑模型腔制造精度可达0.02~0.05mm,表面粗糙度 R_a 达0.2 μm ,模具质量、寿命明显提高,非淬火钢模寿命可达10万~30万次,淬火钢模达50万~1000万次,交货期较以前缩短,但和国外相比仍有较大差距,具体数据见表1-1。

表1-1 国内外塑料模具技术比较表

项 目	国 外	国 内
注塑模型腔精度	0.005~0.01mm	0.02~0.05mm
型腔表面粗糙度 R_a	0.01~0.05 μm	0.20 μm
非淬火钢模具寿命	10万~60万次	10万~30万次
淬火钢模具寿命	160万~300万次	50万~100万次
热流道模具使用率	80%以上	总体不足10%
标准化程度	70%~80%	小于30%
中型塑料模生产周期	1个月左右	2~4个月
在模具行业中的占有量	30%~40%	25%~30%

成型工艺方面,多材质塑料成型模、高效多色注射模、镶件互换结构和抽芯脱模机构的创新设计也取得较大进展。气体辅助注射成型技术的使用更趋成熟,如青岛海信模

具有限公司、天津通信广播公司模具厂等厂家成功地在 74 ~ 86cm (29 ~ 34in.) 电视机外壳以及一些厚壁零件的模具上运用气辅技术, 一些厂家还使用了 C-MOLD 气辅软件, 取得较好的效果。如上海新普雷斯等公司就能为用户提供气辅成型设备及技术。热流道模具开始推广, 有的厂采用率达 20% 以上, 一般采用内热式或外热式热流道装置, 少数单位采用具有世界先进水平的高难度针阀式热流道装置。但总体上热流道的采用率还不到 10%, 与国外的 50% ~ 80% 相比, 差距较大。

在制造技术方面, CAD/CAM/CAE 技术的应用水平上了一个新台阶, 以生产家用电器的企业为代表, 陆续引进了相当数量的 CAD/CAM 系统, 如美国 EDS 的 UG II、美国 Parametric Technology 公司的 Pro/Engineer、美国 CV 公司的 CAD5、英国 Deltacam 公司的 DOCT5、日本 HZS 公司的 CRADE、以色列公司的 Cimatron、美国 AC-Tech 公司的 C-Mold 及澳大利亚 Moldflow 公司的 MPA 塑模分析软件等等。这些系统和软件的引进, 虽花费了大量资金, 但在我国模具行业中, 实现了 CAD/CAM 的集成, 并能支持 CAE 技术对成型过程如充模和冷却等进行计算机模拟, 取得了一定的技术经济效益, 促进和推动了我国模具 CAD/CAM 技术的发展。近年来, 我国自主开发的塑料模 CAD/CAM 系统有了很大发展, 主要有北航华正软件工程研究所开发的 CAXA 系统、华中理工大学开发的注塑模 HSC 系统及 CAE 软件等, 这些软件具有适应国内模具的具体情况、能在微机上应用且价格较低等特点, 为进一步普及模具 CAD/CAM 技术创造了良好条件。

近年来, 国内已较广泛地采用一些新的塑料模具钢, 如 P20、3Cr2Mo、PMS、SM I、SM II 等, 对模具的质量和使用寿命有着直接的重大的影响, 但总体使用量仍较少。塑料模标准模架、标准推杆和弹簧等越来越广泛地得到应用, 并且出现了一些国产的商品化的热流道系统元件。但目前我国模具标准化程度和商品化程度一般在 30% 以下, 和国外先进工业国家已达到 70% ~ 80% 相比, 仍有很大差距。

据有关方面预测, 模具市场的总体趋势是平稳向上的, 在未来的模具市场中, 塑料模具的发展速度将高于其它模具, 在模具行业中的比例将逐步提高。随着塑料工业的不断发展, 对塑料模具提出越来越高的要求是正常的, 因此, 精密、大型、复杂、长寿命塑料模具的发展将高于总量发展速度。同时, 由于近年来进口模具中, 精密、大型、复杂、长寿命模具占多数, 所以, 从减少进口、提高国产化率角度出发, 这类高档模具在市场上的份额也将逐步增大。建筑业的快速发展, 使各种异型材挤出模具、PVC 塑料管材管接头模具成为模具市场新的经济增长点; 高速公路的迅速发展, 对汽车轮胎也提出了更高要求, 因此子午线橡胶轮胎模具, 特别是活络模的发展速度也将高于平均水平; 以塑代木、以塑代金属使塑料模具在汽车、摩托车工业中的需求量巨大; 家用电器行业在今后将有较大发展, 特别是电冰箱、空调器和微波炉等的零配件的塑料模需求很大; 而电子及通讯产品方面, 除了彩电等音像产品外, 笔记本电脑和上网机顶盒将有较大发展, 这些都是塑料模具市场的增长点。

2. 我国塑料模具工业和技术今后的主要发展方向

(1) 提高大型、精密、复杂、长寿命模具的设计制造水平及比例。这是由塑料模成型的制品日渐大型化、复杂化和要求高精度以及因高生产率要求而发展的一模多腔所决定的。

(2) 在塑料模设计制造中全面推广应用 CAD/CAM/CAE 技术。CAD/CAM 技术已发展成为一项比较成熟的共性技术,近年来模具 CAD/CAM 技术的硬件与软件价格已降低到中小企业普遍可以接受的程度,为其进一步普及创造了良好的条件;基于网络的 CAD/CAM/CAE 一体化系统结构初见端倪,它将解决传统混合型 CAD/CAM 系统无法满足实际生产过程分工协作要求的问题;CAD/CAM 软件的智能化程度将逐步提高;塑料制件及模具的 3D 设计与成型过程的 3D 分析将在我国塑料模具工业中发挥越来越重要的作用。

(3) 推广应用热流道技术、气辅注射成型技术和高压注射成型技术。采用热流道技术的模具可提高制件的生产率和质量,并能大幅度节省塑料制件的原材料和节约能源,所以广泛应用这项技术是塑料模具的一大变革。制定热流道元器件的国家标准,积极生产价廉高质量的元器件,是发展热流道模具的关键。气体辅助注射成型可在保证产品质量的前提下大幅度降低成本,目前在汽车和家电行业中正逐步推广使用。气体辅助注射成型比传统的普通注射工艺有更多的工艺参数需要确定和控制,而且其常用于较复杂的大型制品,模具设计和控制的难度较大,因此,开发气体辅助成型流动分析软件显得十分重要。

(4) 开发新的塑料成型工艺和快速经济模具,以适应多品种、少批量的生产方式。

(5) 提高塑料模标准化水平和标准件的使用率。我国模具标准件水平和模具标准化程度仍较低,与国外差距甚大,在一定程度上制约着我国模具工业的发展。为提高模具质量和降低模具制造成本,模具标准件的应用要大力推广。为此,首先要制定统一的国家标准,并严格按标准生产;其次要逐步形成规模生产,提高商品化程度,提高标准件质量,降低成本;再次是要进一步增加标准件规格品种。

(6) 应用优质模具材料和先进的表面处理技术对于提高模具寿命和质量显得十分必要。

(7) 研究和应用模具的高速测量技术与逆向工程。采用三坐标测量仪或三坐标扫描仪实现逆向工程是塑料模 CAD/CAM 的关键技术之一。研究和应用多样、廉价的检测设备是实现逆向工程的必要前提。

1.2 塑料工业在国民经济中的地位

塑料从过去本来是副产物和代用品的材料,至今已变成不可缺少的、不可代替的新兴材料,它已深入到国民经济的各个部门,在国民经济中推广应用塑料对加速我国的现代化建设,具有十分重大的意义。

1.2.1 塑料工业的发展促进了现代科学技术的发展

近年来,高速飞行器(如超音速飞机、火箭、导弹等)的制造,宇宙航行器(如人造卫星、宇宙飞船等)的开发,原子能的利用以及电子技术的研究,对材料提出了越来越苛刻的要求。一种材料,不仅要求某一种技术性能好,而且要求它同时具备多种优良的技术性能。例如,质量要轻,强度又要大,还要能耐高温、耐腐蚀。

据报道,高速飞行器的发动机,例如喷气涡轮,它的温度可能达到上千度,所以不

能采用一般的金属材料来制造，现在正在试用塑料制造喷气轮。据称，可载 200 多人的波音 757 型喷气式大型客机就有 2 500 个部件是用塑料制成的。美国的全塑料火箭所用玻璃钢占总重的 80%。在阿波罗号宇宙飞船上采用塑料制成的部件有上千种，从一般的垫圈到飞船的阻燃外壳、宇宙服及登月舱等都应用了品种甚多的塑料。

在原子能利用方面，首先是提取核燃料。用化学方法提取，成本高，效果也差，如改用合成树脂去分离铀或钍等放射性原料，则效果良好。在原子能工厂对放射性的防护方面，也需要利用塑料。例如，要使 γ -射线强度减低到千万分之一，使人体不受射线的危害，需要 35cm 厚的铝板作为原子反应堆的防护层，这种厚度的铝板 1m^2 就有 4t 重，而每 1m^3 反应堆的容器，就需要 100t 重的防护层；如果改用塑料作为防护层，就可大大减少厚度。此外，塑料还可以作为原子能工厂的防护劳保服，利用塑料处理工厂排出的废水以防环境污染。

随着电子技术的高速发展，对电子器件提出越来越高的要求，如体积小、重量轻、性能可靠、成本低等。随着固体电路、分子电路、集成电路等的出现以及高频和超高频技术的广泛应用，对材料性能的要求更加苛刻了。可以肯定，要想设计和制造一部电子设备，离开了塑料是难以实现的。尽管雷达早在第二次世界大战初期就已经研究成功，但由于当时缺乏高频绝缘材料，因而直到聚苯乙烯等高频绝缘材料出现后，雷达才被人们制造出来。

1.2.2 塑料工业的发展加速了国防现代化建设

在国防工业方面广泛采用塑料可以提高国防现代化的水平，塑料在军事上的应用也是多种多样的。例如，用玻璃钢制造的火箭外壳，不但重量轻，制造劳动量小，而且结构紧凑，性能良好；塑料在军用飞机上的应用，从玻璃钢防弹油箱和雷达罩开始，目前已发展到几千种零件都用塑料制造，如一架喷气式轰炸机使用的玻璃钢部件达千个以上，总重超过 1t；世界上第一架全塑料飞机现已经实际飞行，平均飞行速度可达 327km/h，整架飞机除发动机、电子设备、机轮外，全部都是用塑料制成的；国外还出现了全塑料歼击机、侦察机等。

目前，许多国家用塑料来制造扫雷艇、潜艇等，既减轻本身重量，增加载重量，又降低油耗，提高航速。利用泡沫塑料可以架设军用浮桥，打捞海底沉船。

此外，坦克外壳、工事砂包、降落伞、军用帐篷、枪托、钢盔衬里、军用水壶等都可广泛使用塑料。

1.2.3 塑料工业的发展推动了农业现代化的发展

在农业方面广泛应用塑料，可以推动农业现代化的发展。比如，在早春气温较低的时候，用塑料薄膜覆盖幼苗保温，就可以提早播种期，大大提高土地的利用率；在必要的时候，也可以用来延迟收割期。这种薄膜可以代替温室和暖棚的玻璃，它的价格比普通玻璃便宜，保温能力强，透光性好，使用方便，质地坚固，不怕冰雹或强风袭击，不用时收藏起来还不占地方。近年来，国外又研制了一种新型农用薄膜，用到一定季节后，变成破碎的粉状物，其中的肥料成分进入土壤。据报道，采用塑料薄膜育种能提早水稻收割 15~26d，增产 15%~20%。塑料温室室内能够全年生长作物（辣椒、西红柿、黄瓜、茄子等），可以大大缓解淡季蔬菜供应紧张。

塑料薄膜还可用于水果的预包装，它与水果的表皮类似，不透水而有一定的透气性。将薄膜袋套在尚未成熟的水果表面，水果成熟时，塑料袋也会膨胀而形成第二层包装的外皮。这种方法有助于保护水果，防止病虫害。

现在有一种特殊塑料，加到生土中就会使生土变成熟土，适于种植。还有一种塑料，将它混入土壤中，其作用犹如贮水槽，当植物浸水时，塑料就吸水；而当土壤干涸时，这种塑料就把水分释放到土壤中。

有一种塑料，把它撒在秧田里，在水面上就会形成一层薄膜，这种薄膜可以防止水分蒸发，从而保持水温，使秧苗提早发育。如果把它撒到水库里，就可以减少水库里水的蒸发。还有一种泡沫塑料管和微孔塑料管，把它埋在地下，水在泥土下面直接渗入作物的根部，这样可以不用沟渠，既可增大耕地的面积，又能减少水分的蒸发。

此外，利用塑料可使海水淡化，改造盐碱地和低洼地，建设小型水库，制造农业机械及农具（如农药喷射器、粪勺、提桶等），编织渔网，制造浮子，以及用于农产品的包装、贮存等。

1.2.4 塑料的发展提高了人民的健康和物质生活水平

塑料给人们的身体健康带来福音。例如，用塑料做的假牙，酷似真牙，这早已为大家所熟悉。大血管坏了，可以用塑料管接起来；肾脏坏了，可用塑料人工肾脏来代替。近年来，还可以用塑料接骨，修补头骨。又如，患肾炎的病人不能食盐，如果让他先吃下一种塑料，再食含有盐分的可口食物就放心了，因为盐分被塑料除去了。

此外，塑料还可以治疗胃溃疡、心脏病、高血压、肝脏病、水肿病等；塑料可以用来制造假肢，提取链霉素，作为药物包装材料，制造医疗器械等。

塑料为人们提供了越来越丰富的生活日用品，当你走进百货商店的时候，你会立即被那各式各样的、五光十色的塑料制品所吸引。玲珑有趣的儿童玩具、逗人喜爱的梳子、透明美观的糖缸、轻便耐穿的凉鞋、轻盈价廉的雨衣、漂亮多彩的桌布、不会打碎的奶瓶、鲜艳夺目的花卉等等，简直把人们带进了“塑料世界”。

塑料不仅为人们提供了越来越多的经济实惠的日用品，而且还为人们创造了日益丰富的物质条件。目前，已出现了全塑料自行车，车重只有 7.2kg，这种自行车已经通过了以时速 40km/h 行走 5000km 的考验，它具有轻巧、不怕漏气、雨淋、生锈等特点。国产全塑小轿车、电动车、照像机、保温瓶、游艇等已相继投入成批生产。

许多家用电器都离不开塑料。例如，DVD、电视机、录像机和电脑等的外壳及元器件、电冰箱的内衬、洗衣机的内缸及面板、吸尘器的外罩及管子、电风扇的风叶等等都是用塑料制成的。

塑料家具、壁纸、地板、地毯、盥洗用品、厨房用品等已广泛进入一般家庭。总之，塑料的应用范围越来越广泛，在此不必一一赘述。

1.3 本课程的性质、任务和学习方法

本课程是高职高专“模具设计与制造”专业的主要专业课之一，它的教学内容与机