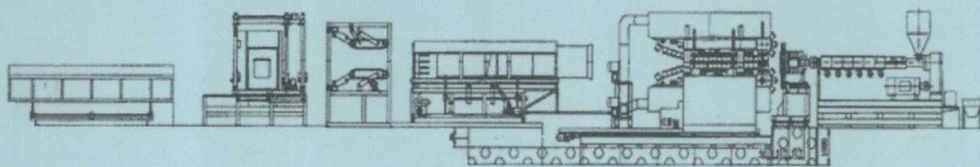


国家示范性高职院校建设课程改革系列教材



国家精品课程“塑料挤出成型”主讲教材



PLASTICS Extrusion

Molding Technology

塑料挤出成型技术

主编◎徐百平 主审◎王玫瑰



中国轻工业出版社

国家示范性高职院校建设课程改革系列教材

塑料挤出成型技术

徐百平 主编

何亮 孔萍 徐百平 杨崇岭 编

王玫瑰 主审



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料挤出成型技术/徐百平主编;何亮等编. —
北京:中国轻工业出版社,2011.8

国家示范性高职院校建设课程改革系列教材
ISBN 978-7-5019-7984-4

I. ①塑… II. ①徐…②何… III. ①塑料成型:挤出成型-高等职业教育-教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 081118 号

责任编辑:郭雪娇

策划编辑:赵红玉 林媛 责任终审:赵红玉 封面设计:锋尚设计

版式设计:宋振全 责任校对:吴大鹏 责任监印:吴京一

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:北京君升印刷有限公司

经销:各地新华书店

版次:2011年8月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.5

字数:380千字

书号:ISBN 978-7-5019-7984-4 定价:38.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

090193J2X101ZBW

出版说明

随着国家高等职业教育示范性建设工作的积极推进及骨干校建设的全面铺开，我国高等职业教育从理论到实践都积累了一定的阶段性成果。职业教育的定位高度及教学方法改革广度决定我国职业教育发展深度。几年来的研究和实践表明，职业教育将融入越来越多的产业、行业及企业要素，现代科技进步日新月异，科研技术服务在职业教育的深度和广度方面将发挥越来越大的作用。职业教育也渐渐从纯粹的技能培养向掌握新知识、新技能的计划能力、方法能力以及培养情商的社会能力拓展，从单纯的“维生技能”向更高的“精神价值”拓展，目标是培养学生的技能专长和可持续发展能力。

广东轻工职业技术学院高分子材料加工技术专业始创于1960年，始终坚持职业教育方向，坚持产学研相结合，2008年成为国家示范性高职院校重点建设专业，以塑料典型产品加工过程为主线，积极推进专业课程体系重构和项目教学方法改革，提出了“科研技术服务成果进课堂”的专业教学理念。2009年，成立广东省高校高分子材料加工工程技术开发中心，提出了“以研促学，强化校企合作”的专业发展理念。

本套丛书正是在这样的背景下产生的，是本专业核心能力课程《塑料挤出成型》、《塑料注射成型》、《塑料配混技术》和《塑料测试技术》指定参考教材，共包括《塑料挤出成型技术》、《塑料注射成型技术》、《塑料配混技术》和《塑料测试技术》四本书。由于我们采用了“教-学-做”一体化的项目教学改革，突出了以学生为主体的教学实施过程，这要求对应的教材要适合自学，保证内容的先进性并保证涵盖技术的宽广度。教材和教学是不同的，我们编写过程中尽量保证教材中知识的系统性，为方便读者自学，本套丛书具有如下特点：

1. 本套教材以产品为导向，主要针对典型产品个案，进行系统深入的阐述，并提出延伸阅读学习内容，适合“教-学-做”一体化项目教学改革；
2. 内容选材涵盖了职业资格鉴定内容，每部分都提出了明确的知识、能力和素质目标要求，体现了职业教育双证融通的特点；
3. 本套教材是校企合作的结晶，尽量保证内容深度和广度，纳入了行业最新技术进展，且书中绘制了大量的三维图形以便读者学习。

由于时间仓促，改革又是系统化工程，我们的理解存在不足，编写这样的教材难度颇大，敬请业界、学界同仁不吝赐教。

广东轻工职业技术学院高分子材料加工技术教研室
2011年4月

前 言

现代社会中经济、技术的发展对材料性能与质量提出了更高的要求，导致高分子材料加工技术不断向着节能降耗、绿色加工方向迈进。塑料挤出成型技术作为较早出现的技术，随着科技的进步也不断焕发出新生机，在高分子材料加工中占有重要的地位。精密挤出、高效率、智能化、高速化是这门技术的未来发展趋势。

“塑料挤出成型”是一门实践性较强的课程，为此，我们从塑料材料成型加工行业的实际情况出发，以典型产品为导向，将教材内容分为五个项目，每个项目开篇的“学习目标”有利于学生有的放矢地学习，设置的“查找、思考、分析、讨论、实操、总结、评价”等多种形式的学习活动有利于引导学生完成各项工作任务。本教材是以塑料挤出成型的典型产品为主线进行编写，配合项目教学改革，主要讲述如何选择使用塑料挤出机、挤出成型管材、吹塑塑料薄膜、挤出异型材、挤出吹塑中空制品等几方面内容，具体包括挤出机结构、工作原理、使用场合及成型模具、设备组成结构、工作原理、操作维护保养及生产中常见故障的处理方法等。同时，兼顾知识的系统性、逻辑性、实用性和先进性。在内容的表述上，我们尽量做到通俗易懂，语言简练，在时效性方面，我们结合生产实际，及时更新技术内容，重新绘制了大量3D图，以便于初学者的理解与掌握，另外，设计了延伸阅读能力拓展部分，可开阔学生视野，希望进一步培养其分析问题和解决问题的能力。

本教材由广东轻工职业技术学院组织编写，由徐百平主编、王玫瑰主审，项目1、项目2由徐百平编写，项目3由孔萍编写，项目4由杨崇岭编写，项目5由何亮编写。在编写过程中，我们得到了广东顾地塑胶股份有限公司宋波高级工程师、深圳塑料协会王文广教授级高工、佛塑集团塑料二厂刘庆会高工、揭阳大立模具厂曾雪东工程师等的大力支持。外聘教师胡祖火、马祥暖等为本书提供了大量的素材和思路。硕士研究生喻慧文及王小龙参与了部分插图的绘制工作。广东轻工职业技术学院的吴清鹤教授提出了宝贵的修改意见和建议，使本书的编写工作得以顺利完成。在此向他们表示诚挚的谢意！

同时，广东轻工职业技术学院校外实习基地、高分子加工技术教研室的同仁们也给予了通力协作，本教材参考了大量的公开出版发表的专著、教材、论文，在此一并表示衷心感谢！

编写适用于高职专业教学的《塑料挤出成型技术》教材尚属首次，同时塑料挤出成型技术近年来发展迅速，包含了大量工业实用技术，涉及面广，由于编者水平有限，且时间仓促，书中难免出现错误，敬请各位专家、老师及读者提出宝贵意见。

本书是国家精品课程“塑料挤出成型”主讲教材，可访问广东轻工职业技术学院国家示范性高职院校重点专业核心课程网站：<http://jp.gdqy.edu.cn/2009/sljc/index.asp> 下载所需多媒体教学资料。

编者

2011年4月

“塑料挤出成型” 课程标准

课程名称：塑料挤出成型

课程类型：专业核心类课程

适用专业：高分子材料加工技术

课程学分：5.0 总学时：140

1 课程定位

“塑料挤出成型”是本专业与珠江三角洲相关企业共同开发的一门具有工学结合特色的专业核心课程。通过本课程的学习，使学生掌握与塑料挤出成型岗位（群）相关的职业技术能力，得到社会能力和方法能力的训练，培养可持续发展能力，为后续的顶岗实习和毕业设计打基础，以便适应高分子材料加工领域技术飞速发展的要求。

先修课程：“化工原理”、“高分子加工机电控制”、“高分子材料化学”、“高分子物理”、“高分子材料及助剂”；

后续课程：“顶岗实习”、“毕业设计”。

2 课程目标

培养塑料挤出成型加工的原料准备、工艺控制、设备维护、产品质量控制等方面的职业能力，其能力和知识要求达到塑料挤出中（高）级工职业技能鉴定标准的要求。训练学生通过获取信息、制定计划、做出决定、实施计划、检查控制、评估反馈六步来完成工作的工作方法，使学生养成勤于思考、勇于创新的习惯，从而获得可持续发展能力。通过项目教学，逐渐提高学生包括责任感、团结协作、交往技巧等社会能力。

2.1 能力目标

- ①能针对不同典型制品，进行挤出成型生产线现场操作与维护。
- ②生产原料鉴别及挤出产品质量控制能力。
- ③能针对不同典型制品，进行挤出成型生产线工艺设定。
- ④能针对不同典型制品，进行挤出成型生产线选型配置、工艺设定与故障排除。
- ⑤针对具体的工作任务，能采用获取信息、制定计划、做出决定、实施计划、检查控制、评估反馈的工作方法，能够采用看板、甘特图等进行管理项目进程。

2.2 知识目标

- ①掌握挤出机的基本结构和工作原理。
- ②掌握原料鉴别方法和挤出产品质量控制原理。
- ③掌握不同典型产品的成型模具结构原理和调节原理与方法。
- ④掌握针对具体典型产品，不同设备配置情况下的生产线工艺设定原理与方法。
- ⑤掌握不同典型产品生产过程中常见故障的主要原因及调节排除原理与方法。

2.3 素质目标

- ①通过小组协同工作模式，培养沟通技巧，锻炼学生的社会能力。
- ②建立责任感、敬业精神，培养吃苦耐劳、一丝不苟的工作作风。
- ③体验团队合作的乐趣，学会欣赏别人，与人相处。
- ④独立工作能力、与自己相处、情绪调适的能力。
- ⑤对新技术的敏感能力、项目分解能力、管理能力等。
- ⑥语言表达能力等。

3 课程设计理念和思路

3.1 课程设计理念

本课程基于工作过程导向，整合原有的相关课程，设计学习项目，引入学生自主学习方式及小组学习的方式，特别注重培养学生的职业能力、方法能力和社会能力的培养。同时，将学习过程与塑料工考证相结合，针对现代社会对高级技术人才的高、新要求引起评价体系的深刻变化，本课程建立了合理、科学的评价体系，包括评价理念、评价内容、评价形式和评价体制等方面。在过程性评价中关注了学生解决项目任务等过程的评价，以及在过程中表现出来的与人合作的态度、表达与交流的意识和探索的精神。

3.2 课程思路

以挤出成型的典型产品为导向，融入职业能力目标，按照工作过程确定学习任务。本课程设计成15个教学项目，按照工作过程分解得到27个学习任务。将与挤出成型相关的职业能力目标进一步分解成相应的学习任务能力目标，按照能力目标的要求，将原来分散于第三学期至第五学期的《高分子化学与物理》、《高分子材料学》、《塑料成型设备》、《塑料模具设计》、《塑料成型工艺学》等课程的与挤出成型相关内容及第五学期末期进行职业资格证书考试的相关内容进行重构，按照工作过程安排在27个学习任务中，在第五学期完成学习及考证工作。训练学生通过获取信息、制定计划、做出决定、实施计划、检查控制、评估反馈六步来完成的工作方法，使学生养成勤于思考、勇于创新的习惯，从而获得可持续发展能力。通过项目教学，逐渐提高学生包括责任感、团结协作、交往技巧等社会能力。

4 课程内容、要求与学时安排

学习单元名称	训练项目	知识要求	技能要求 (含素质要求)	学时
使用挤出机	项目1： 单螺杆挤出机造粒 项目2： 双螺杆挤出机造粒 项目3： 嵌入式行星螺杆挤出机造粒（拓展项目-发明专利）	<ul style="list-style-type: none">● 单、双螺杆挤出机结构及工作原理理解● 材料及加工工艺及参数设定● 生产线开机调试步骤● 挤出机开启和关闭的方法及应急处理● 生产线调节方法● 辅机系统认识● 单螺杆双螺杆异同辨别与理解● 静态可视化观察● 仿真实验室学习	<ul style="list-style-type: none">● 资料检索能力● 逻辑思维能力● 生产线开启关闭及调节能力● 应急处理能力● 工艺参数设定能力● 牵引装置调试能力● 原料鉴别与质量控制● 挤出选型能力● 挤出特性利用能力● 方法能力● 社会能力	30

续表

学习单元名称	训练项目	知识要求	技能要求 (含素质要求)	学时
挤出 HDPE 管	项目 4: 认识管材生产线 项目 5: 匹配挤出机及模具, 生产管材 项目 6: 挤出 RPVC 管材 (拓展项目 - 企业生产)	<ul style="list-style-type: none"> ● 生产线总体认识 ● 控制面板认识 ● 管材成型模头结构 ● 材料及加工工艺及参数设定 ● 生产线开机调试步骤 ● 学习生产线开启和关闭的方法及应急处理 ● 生产线调节方法 ● 管材定型结构、冷却装置、牵引方法介绍 	<ul style="list-style-type: none"> ● 生产线认识辨别能力 ● 控制面板的识别能力 ● 成型模具的拆装能力 ● 模具结构的识别能力 ● 生产线开启关闭及调节能力 ● 应急处理能力 ● 工艺参数设定能力 ● 定型装置调试能力 ● 牵引装置调试能力 ● 方法能力 ● 社会能力 	30
挤出吹塑 PE 薄膜	项目 7: 认识薄膜生产线 项目 8: 匹配挤出机及模具, 生产薄膜 项目 9: 共挤吹塑复合薄膜 (拓展项目 - 资料文献)	<ul style="list-style-type: none"> ● 生产线总体认识 ● 控制面板认识 ● 吹塑薄膜机头拆装 ● 模头结构介绍 ● 膜泡定型方法、冷却装置、牵引、堆放方法介绍 ● 挤出机选型与吹膜规格的对应关系 ● 牵引速度与挤出速度的匹配 ● 单螺杆挤出机压缩段螺杆结构及熔融原理深化 ● 屏障螺杆应用 ● 制定成型工艺卡 ● 共挤吹膜相关知识 	<ul style="list-style-type: none"> ● 资料认知能力 ● 检索能力 ● 生产线认识辨别能力 ● 控制面板的识别能力 ● 成型模具的拆装能力 ● 机头结构的分析、设计能力 ● 生产线开启关闭及调节能力 ● 应急处理能力 ● 工艺参数设定能力 ● 定型装置调试能力 ● 牵引装置调试能力 ● 挤出机认识选型能力 ● 挤出机压缩段螺杆设计能力 ● 方法能力 ● 社会能力 	30
挤出 ABS (或木塑) 异型材	项目 10: 认识型材生产线 项目 11: 匹配挤出机及模具, 生产 ABS 异型材 项目 12: 挤出双组分异型材 - 塑钢门窗 (拓展项目 - 资料文献)	<ul style="list-style-type: none"> ● 单螺杆挤出机进料段螺杆结构学习 ● 定型方法、冷却装置、牵引方法介绍 ● 材料及加工工艺 ● 学习生产线开启和关闭的方法及应急处理 ● 生产线调节方法 ● 加工材料工艺参数设定 ● 挤出机型号与型材规格的对应关系 ● 观察螺杆操作参数对型材过程的影响 ● 牵引速度与挤出速度的匹配 ● 双螺杆挤出机与单螺杆挤出机的异同 ● 强制进料螺杆应用 ● 制定成型工艺卡 	<ul style="list-style-type: none"> ● 资料认知能力 ● 检索能力 ● 生产线认识辨别能力 ● 控制面板的识别能力 ● 成型模具的拆装能力 ● 机头结构的分析、设计能力 ● 生产线开车、维护、调节能力 ● 应急处理能力 ● 工艺参数设定能力 ● 定型装置调试能力 ● 牵引装置调试能力 ● 生产线配置选型能力 ● 原料鉴别与质量控制能力 ● 生产线故障排除能力 ● 方法能力 ● 社会能力 	25

续表

学习单元 名称	训练项目	知识要求	技能要求 (含素质要求)	学时
中空吹塑 成型 PE 瓶	项目 13: 认识中空吹塑成型 生产线 项目 14: 匹配挤出机及模具, 生产 PE 瓶 项目 15: 多层共挤吹塑复合 制品 (拓展项目 - 资料文献)	<ul style="list-style-type: none"> ● 生产线总体认识 ● 控制面板认识 ● 机头拆装 ● 模头结构介绍 ● 模具介绍 ● 材料及成型工艺 ● 应急处理 ● 生产线调节方法 ● 加工材料工艺参数设定 ● 定型方法、冷却装置、排气方 法介绍 ● 设定成型工艺参数 ● 单螺杆挤出机三段螺杆结构及 工作原理强化 ● 口模特性曲线 ● 工作点 ● 制定成型工艺卡 	<ul style="list-style-type: none"> ● 资料认知能力 ● 检索能力 ● 生产线认识辨别能力 ● 控制面板的识别能力 ● 成型模具的拆装能力 ● 机头结构的分析、设计能力 ● 生产线开启关闭及调节能力 ● 应急处理能力 ● 工艺参数设定能力 ● 定型装置调试能力 ● 生产线配置选型能力 ● 原料鉴别与质量控制能力 ● 生产线故障排除能力 ● 方法能力 ● 社会能力 	25
合 计				140

目 录

项目1 挤出机	1
1.1 学习目标	1
1.2 工作任务	2
1.3 单螺杆挤出机	2
1.3.1 单螺杆几何结构	3
1.3.2 单螺杆塑化挤出过程基本原理	5
1.3.3 单螺杆挤出机综合工作点	19
1.3.4 螺杆结构简单设计	20
1.3.5 料筒结构及其他零部件	24
1.3.6 加热冷却装置及温控	27
1.3.7 单螺杆挤出机造粒生产温度设定	30
1.4 双螺杆挤出机	31
1.4.1 双螺杆几何结构	32
1.4.2 双螺杆工作原理	39
1.4.3 双螺杆挤出机其他零部件	43
1.4.4 双螺杆应用性能比较	45
1.4.5 双螺杆挤出机造粒生产温度设定	49
1.5 挤出机安装、操作及维护	50
1.5.1 主机的安装	50
1.5.2 主机的调试	51
1.5.3 挤出机的操作	52
1.5.4 挤出机的检修与维护	54
1.6 延伸阅读	56
项目2 挤出成型管材	58
2.1 学习目标	58
2.2 工作任务	58
2.3 管材挤出成型设备组成	59
2.3.1 机头结构	60
2.3.2 定型装置	64
2.3.3 冷却装置	66
2.3.4 牵引装置	67
2.3.5 切割装置	67
2.4 挤出机选型	69
2.5 管材挤出成型配方与关键工艺	70

2.5.1	聚乙烯管材成型	70
2.5.2	聚丙烯管材成型	72
2.5.3	硬质聚氯乙烯管材成型	74
2.5.4	软质聚氯乙烯管材成型	76
2.6	常见故障排除	77
2.6.1	PE管生产中典型故障排除	77
2.6.2	PVC管材生产中典型故障排除	78
2.6.3	SPVC管生产中典型故障排除	79
2.7	延伸阅读	79
2.7.1	热收缩管	79
2.7.2	交联聚乙烯管	84
2.7.3	钢塑复合管和铝塑复合管	87
2.7.4	塑料波纹管	89
2.7.5	发泡复合管	90
项目3	挤出吹塑薄膜	94
3.1	学习目标	94
3.2	工作任务	95
3.3	吹塑薄膜成型设备组成	95
3.3.1	吹塑薄膜的成型方法	96
3.3.2	吹膜机头	97
3.3.3	冷却装置	104
3.3.4	牵引系统	107
3.3.5	卷取装置	109
3.4	匹配挤出机与模具	110
3.4.1	挤出机规格和螺杆形式	110
3.4.2	挤出机与口模的匹配	111
3.5	吹塑薄膜成型工艺	112
3.5.1	成型工艺流程	112
3.5.2	成型工艺控制	113
3.5.3	几种吹塑薄膜的成型工艺	117
3.6	吹塑薄膜成型中的常见故障排除	126
3.7	延伸阅读	127
3.7.1	共挤吹塑薄膜	127
3.7.2	流延薄膜	129
3.7.3	双向拉伸薄膜	130
项目4	异型材挤出成型	133
4.1	学习目标	133
4.2	工作任务	134
4.3	异型材挤出成型设备组成	134

4.3.1	工艺流程	135
4.3.2	异型材机头	136
4.3.3	冷却定型方法及装置	142
4.3.4	冷却定型装置	145
4.3.5	牵引装置	147
4.3.6	切割及堆放装置	149
4.4	挤出机选型	150
4.4.1	单螺杆挤出机的选型	150
4.4.2	双螺杆挤出机的优点	150
4.4.3	双螺杆挤出机的选择	151
4.5	异型材挤出成型配方与关键工艺	152
4.5.1	聚氯乙烯异型材	152
4.5.2	双组分异型材	156
4.5.3	木塑复合异型材	158
4.6	常见故障排除	161
4.7	延伸阅读	163
4.7.1	钢塑复合异型材	163
4.7.2	PVC 钢塑共挤结皮发泡异型材的制造	164
项目5 中空挤出吹塑成型		167
5.1	学习目标	167
5.2	工作任务	168
5.3	中空吹塑制品的应用与发展	168
5.4	中空挤出吹塑成型设备组成	170
5.4.1	中空吹塑成型常用的方法	171
5.4.2	挤出吹塑设备	174
5.4.3	机头	177
5.4.4	中空吹塑模具	182
5.5	中空吹塑制品的结构设计	190
5.5.1	包装用吹塑容器的性能	190
5.5.2	中空吹塑容器的设计	192
5.6	挤出吹塑成型关键工艺	195
5.6.1	挤出吹塑的形式	195
5.6.2	挤出吹塑成型关键工艺控制	196
5.6.3	管坯制造过程中的影响因素	197
5.6.4	吹塑过程中的影响因素	201
5.7	典型产品的挤出吹塑成型	203
5.7.1	聚乙烯瓶或桶吹塑成型	204
5.7.2	聚碳酸酯饮用水瓶挤出吹塑成型	205
5.8	多层共挤吹塑	209

5.8.1 共挤吹塑特点	209
5.8.2 共挤吹塑制品的结构	209
5.8.3 共挤吹塑设备	210
5.8.4 多层共挤吹塑成型工艺	211
5.9 延伸阅读	211
5.9.1 PET 的特性与干燥	212
5.9.2 PET 的注射拉伸吹塑	212
5.9.3 PET 注拉吹技术的发展现状及趋势	214
参考文献	215

项目1 挤出机

1.1 学习目标

塑料挤出成型（plastics extrusion molding）可以实现连续化生产，生产设备容易维护，生产效率高。大部分热塑性塑料都可以挤出成型，挤出成型制品总量约占国内塑料制品总量的1/3，因此挤出成型是重要的成型方法之一。螺杆挤出机（screw extruder）是塑料挤出成型工艺的核心设备，配上合适的口模、冷却定型、牵引、切割、卷曲等辅助设备后，就可以实现正常生产。螺杆是挤出机的核心，在塑化挤出过程中起着关键作用。成型过程中，挤出机的选择非常重要，单螺杆挤出机、啮合型异向双螺杆挤出机建压能力较强，主要用于成型制品，其中，单螺杆挤出机占绝对优势；而同向啮合自洁型双螺杆挤出机由于具有优异的混合性能和大产量操作特性，主要用于聚合物共混、填充改性及反应挤出等领域。

本项目学习的最终目标是根据产品选择挤出机类型、了解螺杆挤出机的结构参数、能进行简单的螺杆结构设计、了解挤出机的工作原理，能够根据物料特性设定加工参数及制定加工工艺，并能熟练操作挤出机完成造粒生产，如表1-1所示。

表1-1 挤出机的学习目标

编号	类别	目 标
1	知识	①挤出机总体认识 ②挤出机结构及工作原理理解 ③材料、加工工艺及参数设定 ④生产线开机调试步骤 ⑤学习挤出机开启和关闭的方法及应急处理 ⑥生产线调节方法 ⑦辅机系统认识调节
2	能力	①对挤出机辨别能力 ②对控制面板的识别能力 ③挤出机操作规程领悟能力 ④生产线开启、关闭及调节能力 ⑤应急处理能力 ⑥工艺参数设定能力 ⑦挤出选型能力及简单设计能力
3	职业素质	①团队合作与沟通能力 ②自主学习、分析问题的能力 ③安全生产意识、质量与成本意识、规范的操作习惯和环境保护意识 ④创新意识

1.2 工作任务

本项目的工作任务如表 1-2 所示。

表 1-2 挤出机的工作任务

编号	任务内容	要 求
1	认识单螺杆挤出机	①熟悉单挤出机生产线及工艺流程 ②测绘常规螺杆结构 ③了解挤出机工作原理，掌握熔体输送原理 ④造粒模头拆装 ⑤熟悉造粒模头结构
2	单螺杆挤出机造粒生产	①选择确定造粒所用塑料材料 ②学习生产线开机及关机的操作及应急处理 ③查看、熟悉功能界面，熟悉机器上的按钮、开关 ④学习冷却、牵引等生产工艺调节参数方法 ⑤记录工艺参数与现象，取样 ⑥停机，进行挤出生产线的日常维护保养
3	认识双螺杆挤出机	①熟悉双螺杆挤出机生产线及工艺流程 ②测绘常规同向旋转自洁双螺杆结构，了解造型原理 ③了解同向、异向双螺杆挤出机工作原理，对比熔体输送原理 ④造粒模头拆装 ⑤熟悉造粒模头结构
4	双螺杆挤出机造粒生产	①选择确定造粒所用塑料材料 ②学习生产线开机及关机的操作及应急处理 ③查看、熟悉功能界面，熟悉机器上的按钮、开关 ④学习冷却、牵引等生产工艺参数调节方法 ⑤记录工艺参数与现象，取样 ⑥停机，进行挤出生产线的日常维护保养
5	学习拓展	①学习停留时间分布物理意义及应用 ②了解多螺杆挤出技术及应用
6	工作任务总结	①测试挤出过程停留时间 ②整理、讨论分析实操结果，写出报告

1.3 单螺杆挤出机

螺杆挤出技术 (screw extrusion technology) 起源于古希腊科学家阿基米德 (Archimedes) 时代，而致力于工业化生产的专利则于 19 世纪 70 年代开始大量涌现。1869 年前后，分别出现了第一台啮合同向、反向旋转双螺杆挤出机，1901 年 9 月，德国人 Adolf Wun-

sche 申请了自清洁同向旋转双螺杆挤出机专利。20 世纪 20 年代，螺杆泵被用于输送黏稠的油。自 20 世纪 70 年代起，挤出理论进入完善和成熟阶段，基于可视化实验技术及有限元、有限体积方法的计算机数值模拟技术被大量应用，挤出成型技术（extrusion molding technology）正向着高速化、高效化、精密化和智能化的方向发展，科学研究及企业实践都不断取得新进步。

单螺杆挤出机（single screw extruder）结构简单、成本低、操作维护容易，能够建立稳定的挤出压力，因而广泛应用于挤出成型领域。在不断改善结构设计的基础上，其混合物料的能力也在不断提高，应用范围得以拓宽。对于成品及半成品挤出生产而言，单螺杆挤出机几乎是唯一的选择。单螺杆挤出机的结构如图 1-1 所示，主要由料斗（hopper）、机筒（barrel）、螺杆（screw）、模头（die）、加热冷却装置（heating and cooling apparatus）、传动装置（driving device）及相应的控制系统（control system）等组成。

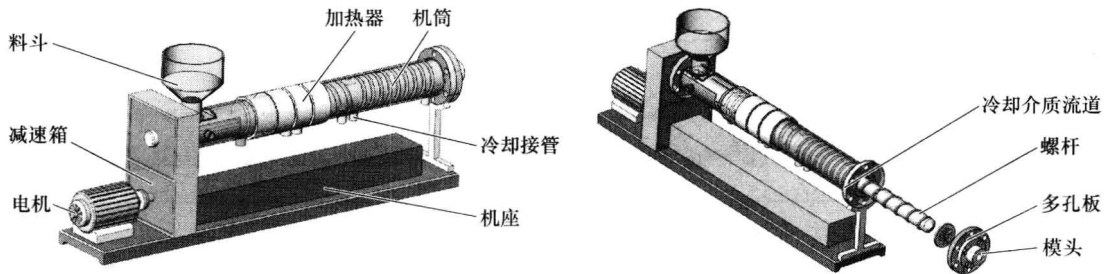


图 1-1 单螺杆挤出机结构简图

目前，挤出机直连减速器的结构应用比较广泛，因其结构紧凑，能够实现较高的传输效率。电机一般采用变频调速来控制转速，电机的输出转速经过齿轮箱加速后带动挤出机螺杆旋转。螺杆和料筒组成挤压系统，螺杆在机筒内旋转，分散状物料从加料口进入挤出机，被推向进向模头方向，物料移动时产生摩擦热，在加热冷却温度控制系统的作用下，从固态转变成黏流态，并逐步建立高压，从模头挤出，进而获得一定的几何截面和尺寸，再进一步冷却成固态。

按不同方式划分，单螺杆挤出机可分为卧式和立式挤出机，或排气式和非排气式挤出机，其中，非排气卧式单螺杆挤出机应用最为广泛。挤出机的主要规格可以通过以下参数来表征：螺杆直径 D (mm)，螺杆长度 L (mm)，长径比 (L/D)，螺杆中心高 H (mm)，长 (mm) × 宽 (mm) × 高 (mm)，驱动电机功率 P (kW)，料筒加热功率 E (kW) 及加热段数，产量 Q (kg/h)，转速范围 $n_{\min} \sim n_{\max}$ (r/m)， n_{\max} 表示最高转数， n_{\min} 表示最低转数。我国采用汉语拼音首字母缩写及挤出机直径、长径比等参数对挤出机型号进行编号。例如，SJP—65 × 30 代表塑料 (S) 排气 (P) 挤出机 (J)，螺杆外径为 65mm，螺杆长径比为 30mm。

1.3.1 单螺杆几何结构

常规的单螺杆的几何结构如图 1-2 所示。根据物料在螺槽中的运动及物理状态变化，单螺杆可分为三段，如表 1-3 所示。

表 1-3

常规单螺杆三段划分

名称	实现功能	所在位置	长度/mm	螺槽深度/mm
加料段 (固体输送段)	由料斗加入的物料靠此段向前输送, 并开始被压实, 物料中的气体反向从料斗排出	自料斗到压缩段开始的位置	L_1	h_1
压缩段 (熔融段)	物料在此段继续被压实, 并向熔融状态转化, 实现熔融及简单的分散混合	位于螺杆中间位置, 即固体输送段与计量段之间	L_2	向模头方向减小
均化段 (计量段、熔体输送段)	物料在此段呈黏流态, 完成分布与分散混合, 实现混合混炼、被螺杆连续地、定压、定量、定温地挤出机头	螺杆上靠近模头端的位置	L_3	h_3

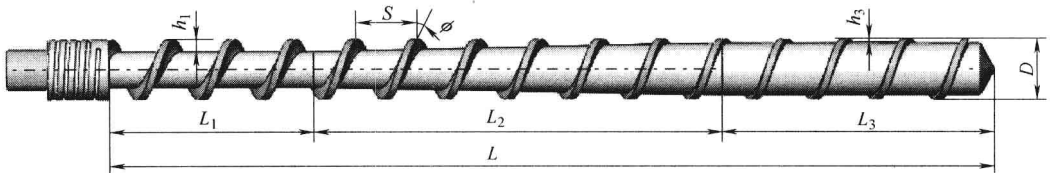


图 1-2 单螺杆几何结构简图

由于物料进入挤出机时存在着堆积间隙, 经历了由固态到熔体状态的变化, 并且这要求螺杆螺槽空间从固体输送段到均化段过程中应该存在空间容积的压缩, 称之为压缩比, 是单螺杆设计过程的重要参数。一个螺距的螺槽容积如图 1-3 所示。

压缩比 (compression ratio) 一般以几何压缩比 ε 为代表, 即加料段第一个螺槽的容积与计量段最后一个螺槽的容积之比, 忽略螺棱的影响, 可以定义为:

$$\varepsilon = \frac{(D - h_1) h_1}{(D - h_3) h_3} \quad (1-1)$$

螺杆的螺旋造型一般以螺距 S 及螺旋升角 ϕ 来表示。螺距即螺杆转动一周前进的距离, 为加工方便及输送物料, 使螺距等于一个常数, 一般取一个直径长度, 如图 1-4 所示:

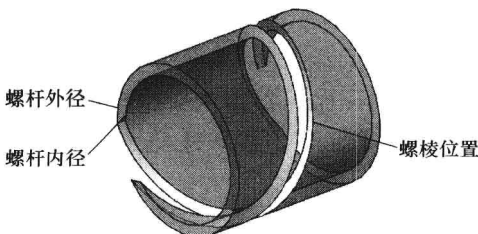


图 1-3 单螺杆一个螺距的螺槽容积示意图

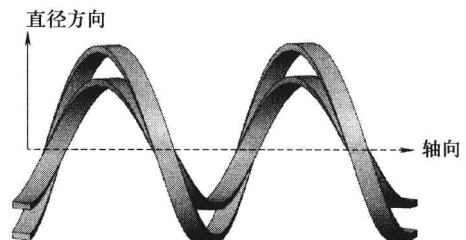


图 1-4 单螺杆螺旋线形成示意图

可见, 不同直径位置的螺旋升角不同, 以外径为标准的螺旋升角可以这样计算: