

轻工业技工学校 · 职业培训教材

塑料挤出成型 工艺与设备

王善勤 主编

王善勤 陈燕红 张京珍 张蓉 合编

.66

 中国轻工业出版社

轻工行业技工学校·职业培训教材

塑料挤出成型工艺与设备

王善勤 主编

王善勤 陈燕红
张京珍 张 蓉 合编

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料挤出成型工艺与设备/王善勤主编. —北京: 中国
轻工业出版社, 1998. 5 (2000. 1 重印)

轻工业技工学校、职业培训教材

ISBN 7-5019-2116-0

I. 塑… II. 王… III. 塑料-挤出成型-技术培训-教材
IV. TQ320. 66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 16194 号

责任编辑: 赵红玉

*

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: 三河市宏达印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 1998 年 5 月第 1 版 2000 年 1 月第 2 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 18.25

字数: 444 千字 印数: 3001—6000

书号: ISBN7-5019-2116-4/TQ·133 定价: 30.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换

编写说明

为了加速培养塑料工业后备技术工人,建设一支以在职中级技术工人为主体的、技术结构比较合理、具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍,以适应塑料工业建设发展的需要,我们根据原轻工业部塑料工人技术等级标准中级工人应知应会,于1987年编写了技工学校专业试用教材《塑料成型工艺》。

该教材在全国各塑料公司、技工学校、中等专业学校及广大工程技术人员的支持下,自出版以来深受行业及广大读者的欢迎。但是随着改革开放的进一步深化,引进的新设备、新技术、新材料不断增加,乡镇企业、民办企业的发展,原《塑料成型工艺》这本教材已经不能完全满足社会的需要。通过征求有关方面的意见,并参照中华人民共和国劳动部、原轻工业部1992年颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准》(塑料行业),《塑料成型工艺》教材编写小组在原教材的基础上,增加设备、模具与机头、新技术、新工艺、新材料、塑料合金、设备维护与保养、劳动保护与安全生产、环保等知识,按工艺分册的形式陆续出版。

《塑料成型加工系列教材》分册如下:

- 第一册 《塑料成型基础》
- 第二册 《塑料挤出成型工艺与设备》
- 第三册 《塑料注射成型工艺与设备》
- 第四册 《塑料压延、模压成型工艺与设备》
- 第五册 《泡沫塑料成型工艺与设备》
- 第六册 《塑料其他成型及二次成型加工》

本编写提纲经轻工业部广州轻校、常州轻校、全国部分塑料公司、塑料厂提出很多宝贵意见,在此表示感谢。

《塑料成型加工系列教材》编写小组

前 言

本教材是根据《塑料成型加工系列教材》编写提纲进行编写的。

本书共分七章。第一章绪论, 主要介绍挤出成型的地位、用途和发展; 第二章挤出设备, 内容包括单、双螺杆挤出机和各种辅机; 第三章机头口模, 主要介绍机头的作用、种类、特点分析及计算机辅助设计简介; 第四章挤出制品成型工艺, 分述了各主要制品管、膜、片与板、丝、绳、网、带、电线电缆、低发泡材料、棒、异型材等挤出制品的成型工艺; 第五章吹塑成型, 以中空制品为主, 介绍其所用设备、代表品种及成型工艺; 第六章特殊挤出制品的成型工艺, 包括了交联技术及制品、拉伸技术及制品、非连续断面制品的挤出和热固性塑料的挤出; 第七章技术与劳动保护, 概括了挤出机的操作、电器安全及用电常识、有毒作业及劳动保护。每章后面都增加了思考题, 以便学生复习和参考。

本书编写分工如下: 王善勤任主编并编写了第一章、第二章、第四章中第五节、第六节、第七节、第八节、第五章、第六章及附录, 陈燕红编写第三章, 张京珍编写第四章中第一节、第二节、第三节、第四节, 张蓉编写第七章。全书由胥成基担任主审。谢荣铮参与了全书策划并提供了部分资料。在此对本书提供帮助的各位一并表示感谢。

由于编者水平所限, 书中不妥及错误之处, 恳请广大读者及使用本教材的师生批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 挤出成型在塑料加工中的地位	(1)
第二节 挤出制品的用途	(1)
第三节 挤出成型的发展趋势	(2)
思考题	(3)
第二章 挤出设备	(4)
第一节 概述	(4)
一、挤出机	(4)
二、辅机	(5)
三、控制系统	(5)
四、挤出机的分类	(5)
第二节 单螺杆挤出机	(5)
一、单螺杆挤出机的主要技术参数	(5)
二、螺杆	(7)
三、机筒	(15)
四、多孔板、过滤网	(16)
五、加料装置	(17)
六、挤出机传动系统	(19)
七、挤出机的加热与冷却	(21)
八、挤出机的温度控制	(24)
第三节 双螺杆挤出机	(26)
一、双螺杆挤出机的结构和分类	(26)
二、双螺杆挤出机的工作特性	(29)
三、双螺杆挤出机的主要参数	(31)
第四节 挤出机的辅机	(32)
一、概述	(32)
二、管材辅机	(34)
三、板材辅机	(44)
四、吹塑薄膜辅机	(46)
五、异型材辅机	(59)
六、单丝辅机	(66)
思考题	(68)
第三章 机头口模	(70)

第一节 机头的作用、种类及其设计原则	(70)
一、机头的作用	(70)
二、机头的种类	(70)
三、机头设计原则	(70)
四、挤出成型机头的理论计算	(71)
第二节 机头的结构及主要技术参数	(80)
一、管材机头	(80)
二、薄膜机头	(84)
三、片材和板材机头	(89)
四、丝机头	(93)
五、打包带、网机头	(95)
六、电线、电缆机头	(96)
七、异型材机头	(97)
八、棒材机头	(104)
第三节 计算机辅助设计简介	(106)
一、计算机辅助设计的意义	(106)
二、型坯形状设计基本原理	(106)
三、系统程序设计	(107)
思考题	(109)
第四章 挤出制品成型工艺各论	(110)
第一节 管材成型工艺	(110)
一、圆管	(111)
二、波纹管、夹网管、增强管	(119)
第二节 薄膜成型工艺	(124)
一、吹塑薄膜	(125)
二、直接挤出薄膜	(134)
三、共挤薄膜(复合膜)	(137)
第三节 板、片成型工艺	(139)
一、平板	(139)
二、波纹板、钙塑板	(145)
第四节 丝、绳、带、网成型工艺	(146)
一、单丝	(146)
二、带、绳	(153)
三、网	(161)
第五节 异型材成型工艺	(164)
一、概述	(164)
二、异型材成型工艺流程	(166)
三、配方及工艺条件	(167)

四、异型材生产中易出现的不正常现象、原因分析及解决办法·····	(170)
第六节 电线电缆成型工艺·····	(171)
一、电线电缆用塑料·····	(171)
二、工艺流程·····	(173)
三、配方及成型工艺·····	(175)
四、电线电缆生产中易出现的不正常现象、原因分析及解决办法·····	(181)
第七节 低发泡制品成型工艺·····	(182)
一、概述·····	(182)
二、低发泡板材、型材挤出技术·····	(183)
三、合成木材的挤出成型·····	(187)
四、复合发泡材料的挤出成型·····	(193)
第八节 其他挤出制品成型工艺·····	(194)
一、棒材·····	(194)
二、焊条·····	(196)
三、运输带·····	(198)
思考题·····	(199)
第五章 吹塑成型·····	(200)
第一节 概述·····	(200)
第二节 吹塑成型过程·····	(200)
一、吹塑成型原理·····	(200)
二、吹塑成型过程·····	(201)
第三节 成型设备·····	(209)
一、挤出机·····	(209)
二、注射机·····	(209)
三、机头·····	(211)
四、型坯厚度控制和型坯切断装置·····	(213)
五、模具·····	(214)
六、吹塑装置·····	(217)
第四节 吹塑成型工艺·····	(219)
一、原材料的选择·····	(219)
二、成型温度·····	(221)
三、膨胀比·····	(221)
四、吹胀比·····	(223)
五、吹塑压力·····	(223)
六、模具的冷却·····	(224)
第五节 典型制品吹塑工艺·····	(225)
一、吹塑桶·····	(225)
二、吹塑瓶·····	(226)

三、双向拉伸瓶·····	(229)
四、复合中空容器·····	(235)
第六节 生产中出现的不正常现象、产生原因及解决办法·····	(237)
一、挤吹容器生产中经常出现的不正常现象、产生原因及解决办法·····	(237)
二、注—拉—吹瓶生产中经常出现的不正常现象、产生原因及解决办法·····	(238)
思考题·····	(239)
第六章 特殊挤出技术与制品·····	(241)
第一节 交联挤出技术·····	(241)
一、交联技术及其特点·····	(241)
二、化学交联和辐射交联技术及制品·····	(242)
三、交联挤出技术·····	(243)
第二节 拉伸技术·····	(244)
一、拉伸技术及其特点·····	(244)
二、单轴拉伸技术及其制品·····	(245)
三、双向拉伸技术及其制品·····	(245)
四、热收缩管和薄膜的制造技术及其制品·····	(249)
第三节 非连续截面制品挤出技术·····	(254)
一、塑料竹和带筋管材的制法·····	(254)
二、人工草坪及异径绳索·····	(257)
三、波纹管及其制法·····	(259)
第四节 热固性树脂的挤出技术·····	(262)
一、挤出成型技术·····	(262)
二、热固性塑料与热塑性塑料挤出比较·····	(263)
三、玻璃钢的拉挤(拔)成型技术·····	(264)
思考题·····	(265)
第七章 技术安全与劳动保护·····	(266)
第一节 挤出机的操作方法·····	(266)
一、开机前的准备工作·····	(266)
二、开机·····	(266)
三、停机·····	(266)
第二节 设备安全操作与维护保养·····	(267)
一、操作注意事项·····	(267)
二、设备的维护保养·····	(267)
第三节 挤出制品生产中的电器及安全用电常识·····	(268)
一、挤出制品生产中的电器·····	(268)
二、主要电器的安全用电常识·····	(268)
三、触电事故及其防止措施·····	(269)
第四节 有毒作业及劳保措施·····	(270)

一、塑料制品生产中主要的有毒作业·····	(270)
二、毒害的防治·····	(272)
三、劳动保护措施·····	(273)
思考题·····	(274)
参考文献·····	(274)
附录一 中华人民共和国工人技术等级标准(塑料行业)·····	(275)
一、初级挤出工·····	(275)
二、中级挤出工·····	(276)
三、高级挤出工·····	(276)
附录二 塑料标准目录·····	(277)
一、管材类·····	(277)
二、薄膜类·····	(277)
三、板、片材·····	(277)
四、丝、绳、带、网·····	(278)
五、异型材·····	(278)
六、电线电缆·····	(278)
七、中空制品·····	(278)

第一章 绪 论

第一节 挤出成型在塑料加工中的地位

在挤出机中通过加热、加压而使物料以流动状态连续通过口模成型的方法称挤出成型或挤塑。挤出成型加工的主要设备是挤出机,此外,还有机头口模及冷却定型、牵引、切割、卷取等附属设备。塑料在挤出机内熔融塑化,通过口模成为所需要的形状,经冷却定型而得到与口模断面形状相吻合的制品。

挤出成型是塑料加工工业中最早的成型方法之一。早在19世纪初期,挤出机就用于生产铅管、面条。早期的挤出机是柱塞式的,直到1936年才研制成功电加热的单螺杆挤出机,这就是现代塑料挤出机的起源。

同其他成型方法相比,挤出成型具有以下突出优点。

- ① 设备成本低,制造容易,因此投资少,上马快。
- ② 生产效率高。挤出机的单机产量较高,如一台直径65mm的挤出机,生产聚乙烯薄膜,年产量可达300 t以上。
- ③ 可以连续化生产。能制造较长的管材、板材、型材、薄膜等。而且产品质量均匀、密实。
- ④ 生产操作简单,工艺控制容易,易于实现自动化。占地面积小,生产环境清洁,污染少。
- ⑤ 可以一机多用。一台挤出机,只要更换机头口模,就能加工多种塑料制品。挤出机也能进行混合、塑化、造粒。挤出机与压延机配合,可以喂料生产压延薄膜,与油压机配合生产模压制品。

所以,挤出成型是重要的成型方法之一,在塑料加工工业中占有相当重要的地位。目前挤出成型制品占我国塑料制品总量的1/3以上(以质量计)。

第二节 挤出制品的用途

挤出成型可以加工绝大部分热塑性塑料和部分热固性塑料以及弹性体。

挤出制品主要有薄膜、管材、板材、片材、型材、棒材、丝、网、带、电线、电缆包覆、中空容器、泡沫塑料、复合材料等等。它们广泛应用于国民经济各个部门。

包装材料是挤出制品的重要用途之一。各种薄膜、复合材料、中空容器、编织袋、网、打包带、捆扎绳等广泛用于粮食、农副产品、纺织品、食品、药品、化工产品、化肥、水泥、精密仪器、日用品、体育用品、文化用品等的包装。

农业上,大量使用塑料薄膜育秧及温室种植,可缩短农作物生长期,增加产量,增加农民收入。如水稻育秧,能提早15~20天收割,每亩增产100~200 kg,太阳温室使寒冷的北方常年吃到新鲜的蔬菜。塑料管可用于农田排灌。塑料网用于养殖业可大大提高诸如珍珠、鲜贝的产量,也可用于捕鱼业、水产业。

在机械制造业及交通运输业,塑料制品的应用也十分广泛。塑料棒材可加工成轴承、齿轮、管件等机械零件。各种塑料管、板、异型材制造各种仪表盘、车门内壁、挡泥板内衬、水管、油管、气管、装饰件、门、窗、顶板、扶手、地板等。

由于塑料制品具有优异的耐化学腐蚀性,在化学工业上,大量采用塑料管、板、棒、中空容器作为防腐蚀材料,制造各种槽、罐、釜、管道、泵、风机、塔等的内衬、填料,可以节约大量金属材料。如1t塑料可以代替六七吨不锈钢、铜等金属。

在电子、电讯工业上,利用塑料的电绝缘性能好的优点,大量采用塑料作绝缘材料,如电线、电缆的绝缘层、防护层,各种电器的绝缘件、绝缘板等。

建筑业越来越多地采用塑料板材、型材制造门窗、地板、壁板、屋顶板、上下水管、隔音隔热材料、家具等。

在医疗卫生业,塑料薄膜、管材可以制造输血袋、输血管、氧气管、食道、尿道及手术器具等。

当然,在日常生活中使用的塑料制品更是琳琅满目,比比皆是。

第三节 挤出成型的发展趋势

目前,世界上塑料产量已达1亿t,年增长率在5%左右。挤出成型是塑料制品成型的主要方法之一,其发展速度相当快,约占塑料制品总产量的1/3以上。其发展趋势是向多样化、高速化、自动化方面发展,多样化是为了满足经济发展的需要,如品种、规格、花色的多样化,而高速化、自动化是为了提高生产效率,稳定产品质量,改善劳动条件。挤出成型的发展可以归纳成以下几个方面。

(1) 产品向多样化发展,如薄膜有民用、农业用、包装用之分。民用膜有单色、多色、彩虹、易撕等,如果再加上不同的材质,花色品种繁多;农业用膜分为蔬菜大棚膜、地膜、功能性农膜等;包装用膜也有食品包装膜、重包装膜、气垫膜、防滑膜、双向拉伸膜、热收缩膜等。产品规格也向多样化发展,如超宽薄膜,膜折径达10 m,超薄薄膜的厚度小于0.01mm。

随着科学技术的进步,多层共挤薄膜和多层复合膜具有很多优异的性能,如气密性增加,防潮性、耐油性提高,热封性、防异味透过性改善。常见的品种有聚酰胺-离子键聚合物-聚乙烯-聚乙烯-聚偏二氯乙烯-聚乙烯的三层复合膜;聚乙烯-离子键聚合物-聚酰胺-离子键聚合物-聚乙烯五层复合膜等。

(2) 高速化、自动化是为多样化服务,从而提高生产效率,稳定产品质量,满足各行各业的需要。

① 用射线、同位素测量和控制制品的厚度和规格,使产品厚度、宽度更精确。

② 用电子计算机对生产过程进行自动程序控制,可高效、高速、高质量的生产和管理,做到优质、高产。也可用于模具的设计与制造。

③ 采用激光技术用于产品切割、钻孔等可大大提高产品的外观质量。

④ 流变仪、电子显微镜及高速摄影的使用,可对配方进行优化,对共混改性的结构、形态有充分的认识,以便确定合理的配方和工艺条件。

⑤ 一些新技术的采用,如用辐射方法进行交联改性。利用取向原理,制造单向、双向拉伸制品和热收缩管、膜等产品。用内冷技术可大大提高吹塑薄膜的产量等等。

我国自改革开放以来,高分子合成材料,在石油化工工业发展的基础上,发展速度极为迅速,仅就塑料材料的年增长率已经大大超过了世界的平均水平,品种、规格及助剂的配套情况有明显的增多和改善。特别是近年来引进了国外的先进技术、先进设备及生产线,使塑料制品的产量、质量、花色品种都得到了巨大的发展,而且这个势头还会得到进一步扩大与深化。

思 考 题

1. 什么是挤出成型? 挤出成型有哪些优点?
2. 举例说明挤出制品的用途有哪些?
3. 挤出制品的发展趋势是什么? 有哪些新的技术采用?

第二章 挤出设备

第一节 概 述

挤出生产线通常由挤出机、辅机及其控制系统组成, 这些组成部分也统称为挤出机组。

一、挤 出 机

一台挤出机由挤压系统、传动系统、加热冷却系统三部分组成, 见图2-1。

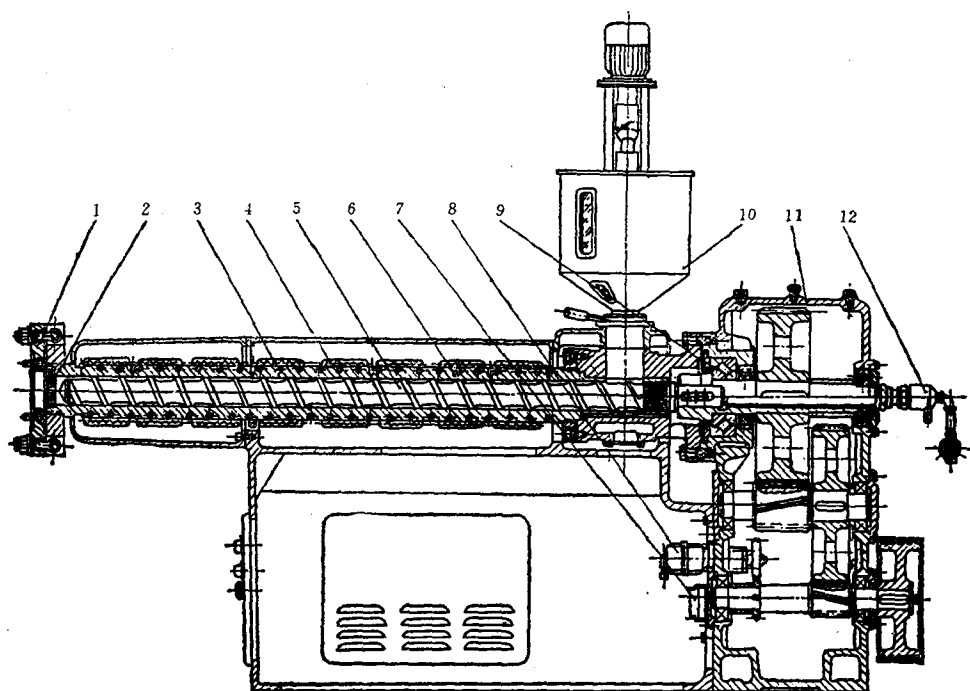


图 2-1 单螺杆挤出机结构图

1—机头连接法兰 2—滤板 3—冷却水管 4—加热器 5—螺杆 6—机筒
7—油泵 8—电机 9—止推轴承 10—料斗 11—减速箱 12—螺杆冷却装置

- (1) 挤压系统, 它主要由螺杆和机筒组成, 是挤出机的关键部件。
- (2) 传动系统, 其作用是驱动螺杆, 保证螺杆在挤出过程中所需要的扭矩和转速。
- (3) 加热冷却系统, 它保证塑料在成型加工中的温度控制要求。

二、辅 机

挤出机组的辅机组成根据制品的种类而定,一般情况,辅机由定型装置、冷却装置、牵引装置、切割装置、卷取装置等组成。

三、控 制 系 统

挤出机组的控制系统主要由电器、仪表和执行机构组成。

(1) 拖动电动机 主要有交流电动机、整流子电动机、直流电动机等,其主要作用是满足工艺所要求的转速,并保证主、辅机的协调运行。

(2) 驱动油泵、油(汽)缸和仪表 控制主、辅机的温度、压力、流量和制品的产量、质量,实现挤出机组的自动控制。

四、挤出机的分类

随着塑料挤出成型法的广泛应用和发展,挤出机的类型日益增多。

根据螺杆的数量分: 无螺杆挤出机、单螺杆挤出机、双螺杆挤出机、多螺杆挤出机。

根据螺杆的转速分: 普通挤出机、高速挤出机、超高速挤出机。

根据安装位置分: 卧式挤出机、立式挤出机。

根据装配结构分: 整体式挤出机、分开式挤出机。

此外,还有排气式挤出机、混炼挤出机、两段式挤出机等。

目前,应用最多的是卧式单螺杆整体挤出机,卧式双螺杆整体或组装挤出机发展也较快。

第二节 单螺杆挤出机

一、单螺杆挤出机的主要技术参数

挤出机的主要技术参数有以下8个。

(1) 螺杆直径(D) 指螺杆外径,单位: mm。

(2) 螺杆长径比(L/D) 其中 L 为螺杆的工作部分(有效部分)长度(工艺上将 L 定义为加料口中心线到螺纹末端的长度), D 为螺杆直径。

(3) 螺杆转速范围($n_{\max} \sim n_{\min}$) 用 $n(\text{r/min})$ 表示螺杆转数,其中 $n_{\max}$ 表示最高转数, $n_{\min}$ 表示最低转数。

(4) 驱动电机功率($P_{\text{电}}$) 表示主机螺杆拖动电机的功率,单位: kW。

(5) 机筒加热功率($P_{\text{热}}$)和加热段数(B) 机筒加热功率,单位: kW。

(6) 挤出机生产率(q_m) 单位: kg/h。

(7) 挤出机中心高(h) 指螺杆中心线到地面的高度,单位: mm。

(8) 挤出机外形尺寸($L \times b \times h$) 长、宽、高,单位: mm。

表2-1、2-2分别列出了我国单螺杆挤出机的基本参数和主要生产厂挤出机的主要

技术参数。根据我国一机部标准(JB1291—73)所规定的挤出机基本技术参数,其中字母为汉语拼音符号的缩写,其中“S”表示塑料,“J”表示挤出机,“Z”表示造粒机,“W”表示喂料机,最后的数字代表螺杆的直径,数字后面的字母“A”、“B”、“E”表示机器结构或参数改进后的标记(机型)。例如SJ—90表示螺杆外圆直径为90 mm的塑料挤出机。

表 2-1 单螺杆挤出机基本参数(JB 1291—73)

规格, 螺杆直径/mm	技术参数	螺杆转速 /r·min ⁻¹	长 径 比	产量/kg·h ⁻¹		电动机 功率 /kW	加热段数 (机身) ≥	加热功率 (机身) /kW	中心高 /mm
				硬聚氯乙烯	软聚氯乙烯				
30	20~120	15	2~6	2~6	3/1	2	3	4	1000
		20							
		25							
45	17~102	15	7~18	7~18	5/1.67	2	3	5	1000
		20							
		25							
65	15~90	15	15~33	16~50	15/5	3	3	10	1000
		20							
		25							
90	12~72	15	35~70	40~100	22/7.3	3	4	18	1000
		20							
		25							
120	8~48	15	56~112	70~160	55/18.3	3	4	30	1100
		20							
		25							
150	7~42	15	95~190	120~280	75/25	4	5	45	1100
		20							
		25							
200	5~30	15	160~320	200~280	100/33.3	5	6	75	1100
		20							
		25							

表 2-2

国内主要挤出机的技术参数

技术参数 型 号	螺杆直径 /mm	螺杆 长径比 (L/D)	螺杆转速 /r·min ⁻¹	生产能力 /kg·h ⁻¹	主电机 功率 /kW	加热功率 /kW	加热段数	机器 中心高 /mm	生 产 厂 家
SJ-30	30	20	11~100	0.7~6.3	1~3	3.3	3	1000	上海 挤 出 机 厂
SJ-30×25B	30	25	15~225	1.5~22	5.5	4.8	3	1000	
SJ-45B	45	20	10~90	2.5~22.5	5.5	5.8	3	1000	
SJ-45C	45	25						1000	
SJ-65A	65	20	10~90	6.7~60	5~15	12	3	1000	
SJ-65B	65	20	10~90	6.7~60	22	12	3	1000	
SJ-Z-90排气式	90	30	12~120	25~250	6~60	30	6	1000	
SJ-120	120	20	8~48	25~150	18.3~55	37.5	5	1100	
SJ-150	150	25	7~42	50~300	25~75	60	8	1100	
SJ-90	90	20	12~72	40~90	7.3~22	18	4	1000	大 连 橡 胶 塑 料 机 械 厂
SJ-90×25	90	25	33.3~100	90	18.3~55	74	5	1000	
SJ-120	120	18	15~45	90	18.3~40	24.3	5	900	
SJ-150	150	20	7~42	20~200	25~75	48	5	1100	
SJ-200	200	20	4~30	420(造粒)	25~75	55.2	6	1100	
JW-250	250	10	12~25	900~2200	33.3~100	蒸汽加热	—	1100	
SJ-18	18	20	12~120	5	1.5				北 京 塑 料 机 械 厂
SJ-45J	45	20	12~120	25~30					
SJ-65F	65	25	18~130	14~90	22				
SJ-90A	90	20	9~90	100	30				

二、螺 杆

(一) 挤出机螺杆的分段及作用

根据塑料在挤出机中的三种物理状态的变化过程以及对螺杆各部位的工作要求,通常将螺杆分成加料段 L_1 (又称固体输送段)、熔融段 L_2 (又称压缩段)和均化段 L_3 (又称计量段)三段,这就是通常所谓的普通常规螺杆(又称三段式螺杆),见图2-2。随着挤出成

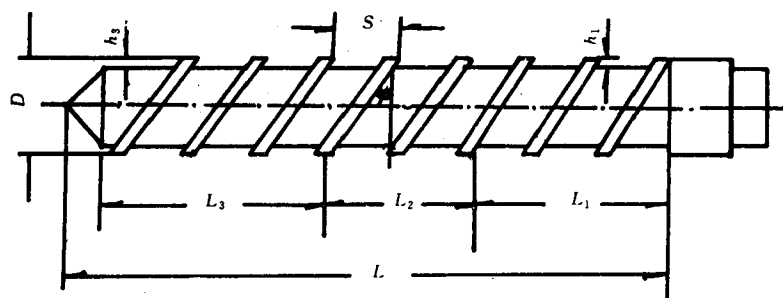


图 2-2 普通常规螺杆的结构