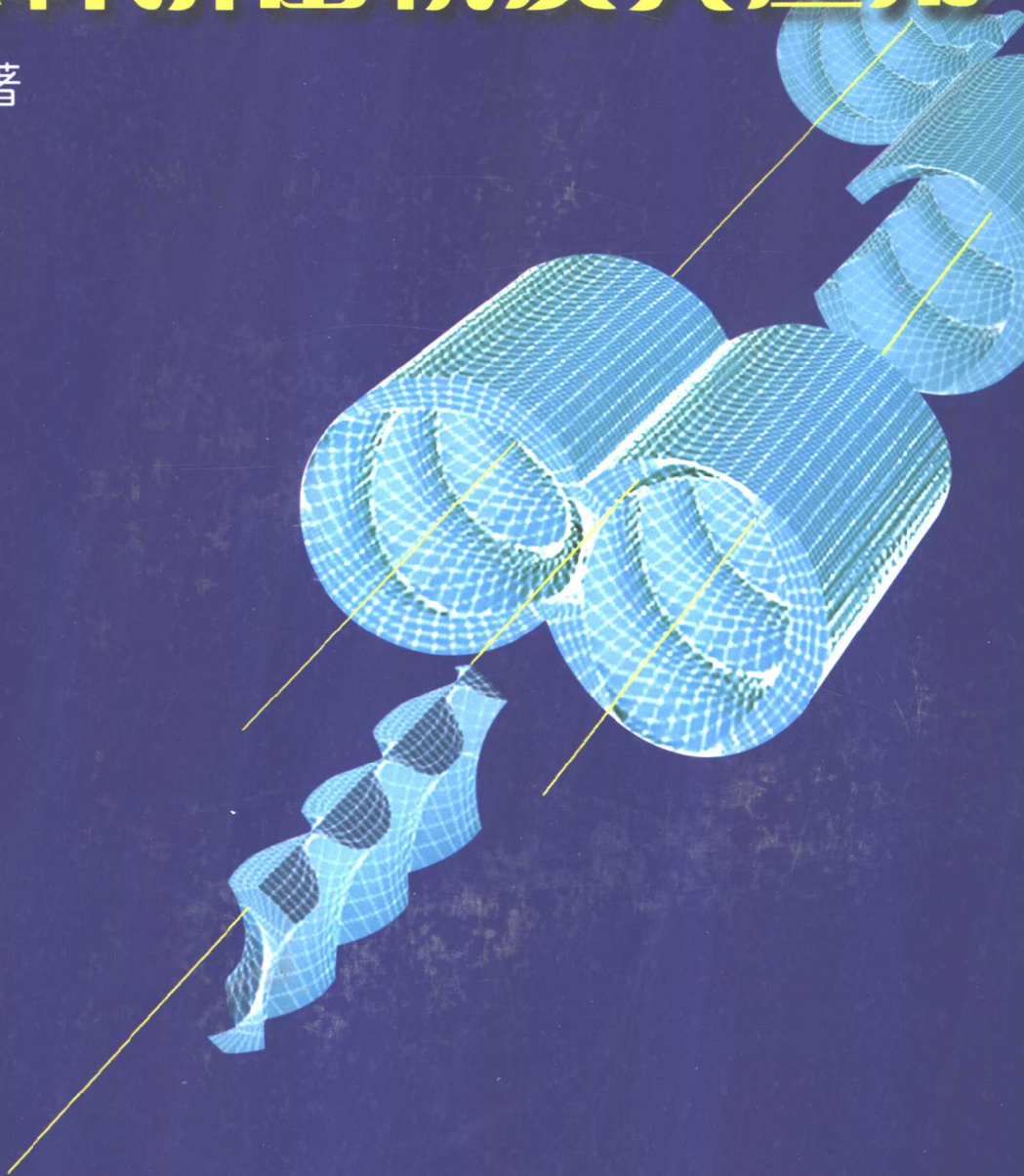




Twin Serew Extruders & Its Application

双螺杆挤出机及其应用

耿孝正 编著




中国轻工业出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

双螺杆挤出机及其应用

耿孝正 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

双螺杆挤出机及其应用/耿孝正编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2003. 1

ISBN 7-5019-3767-2

I. 双… II. 耿… III. 挤出机, 双螺杆—基本知识
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 056726 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 景京

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003年1月第1版 2003年1月第1次印刷

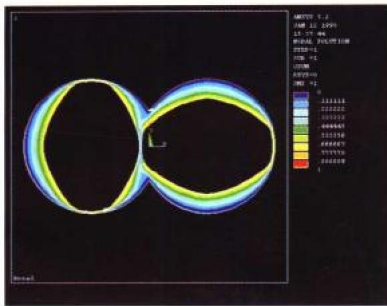
开 本: 787×1092 1/16 印张: 29.75

字 数: 714千字 插页: 4 印数: 1—2000

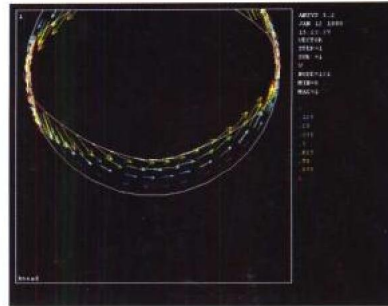
书 号: ISBN 7-5019-3767-2/TQ·270

定 价: 68.00元

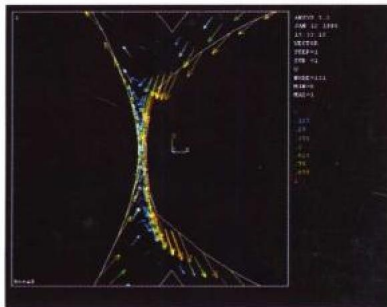
·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·



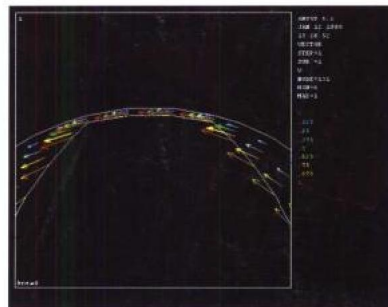
(a)



(b)



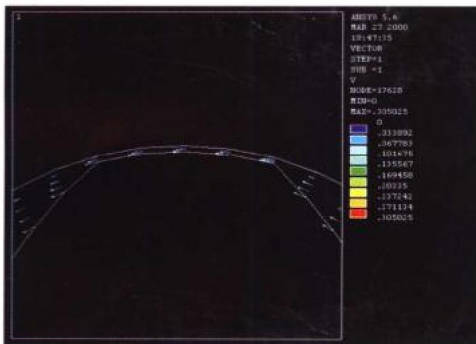
(c)



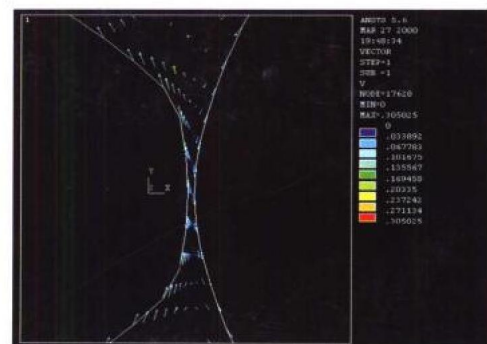
(d)

彩图1 垂直于螺纹元件轴线横截面上的速度分布

- (a) 垂直于螺杆轴线横截面等速线图 (b) 螺槽区域内的速度分布图
 (c) 啮合区速度分布图 (d) 螺杆机筒间隙内速度分布图



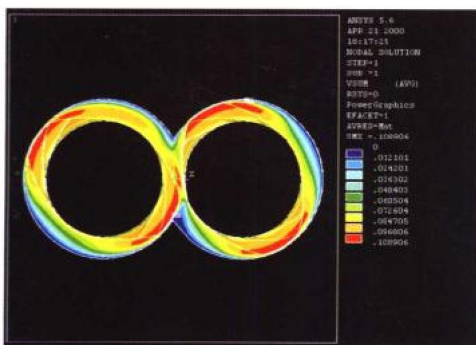
(a)



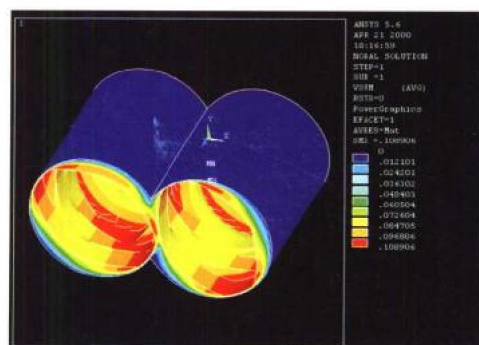
(b)

彩图2 速度矢量分布图

- (a) 螺棱顶部速度矢量图 (b) 啮合区速度矢量图



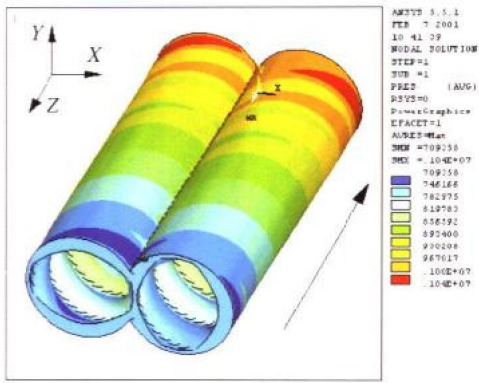
(a)



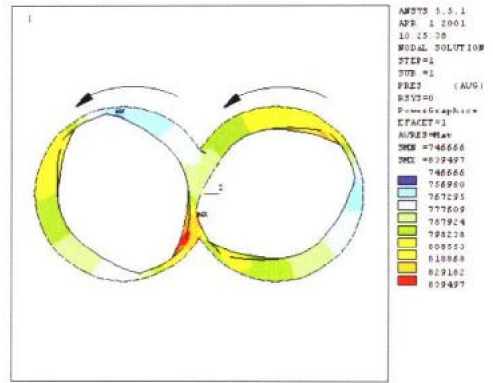
(b)

彩图3 组合流道端面速度分布和速度分布轴侧图

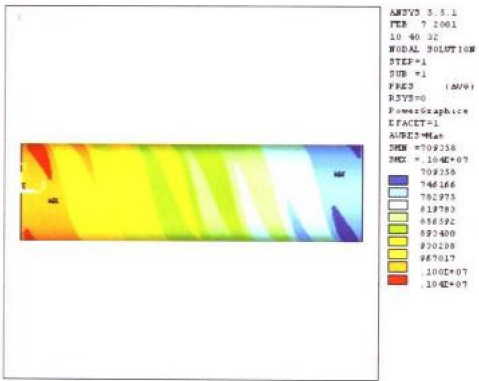
- (a) 端面速度分布 (b) 速度分布轴侧图



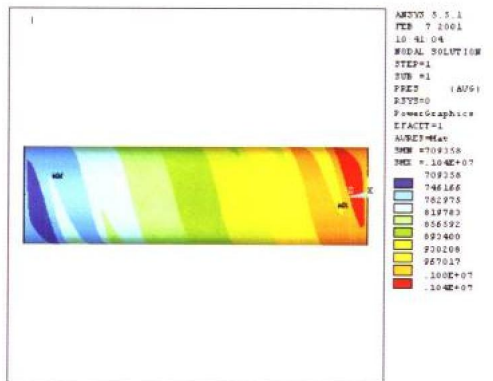
(a)



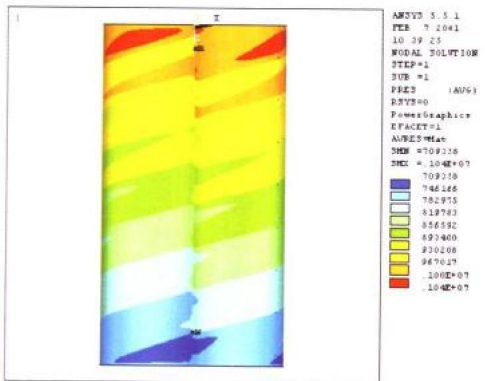
(b)



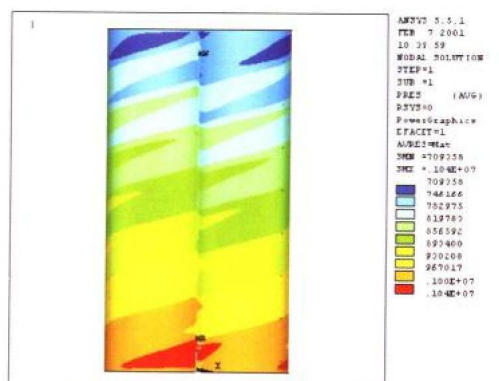
(c)



(d)



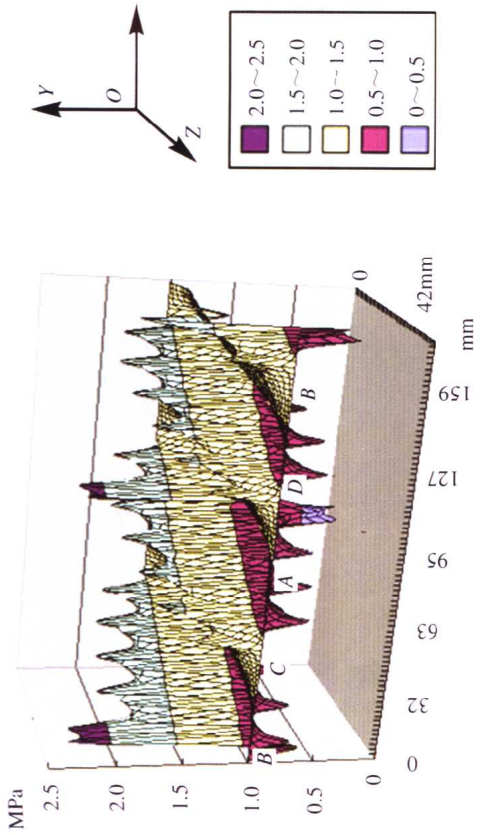
(e)



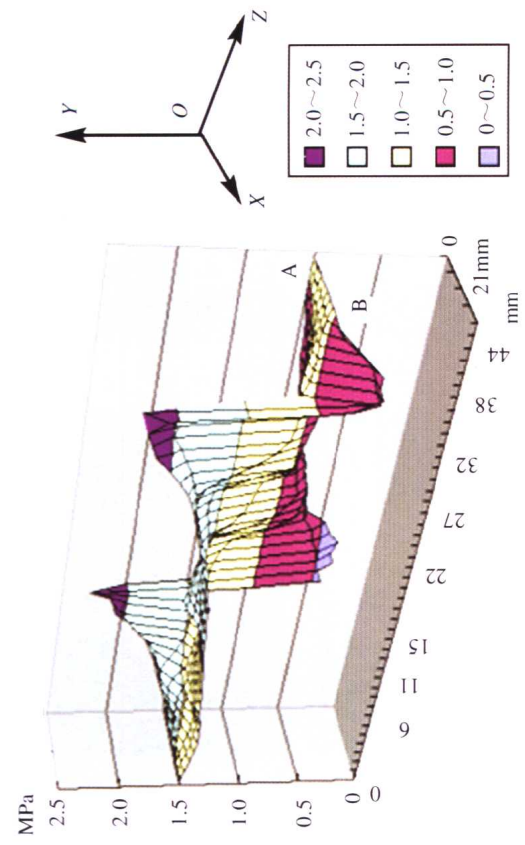
(f)

彩图4 螺纹元件流道的压力分布图

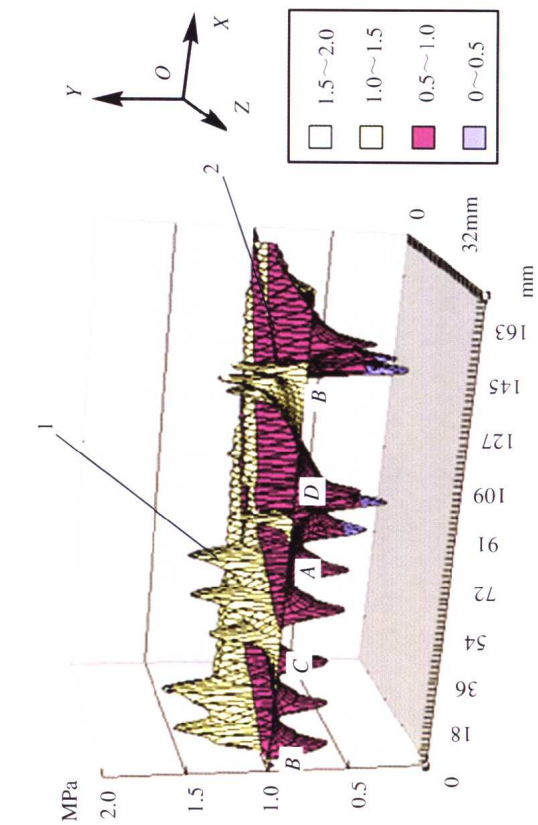
(a) 整个流道的压力分布 (b) 垂直于螺杆轴线截面中的压力分布
 (c) 左侧压力分布 (d) 右侧压力分布 (e) 上部压力分布 (f) 下部压力分布



彩图5 机筒展开表面压力分布

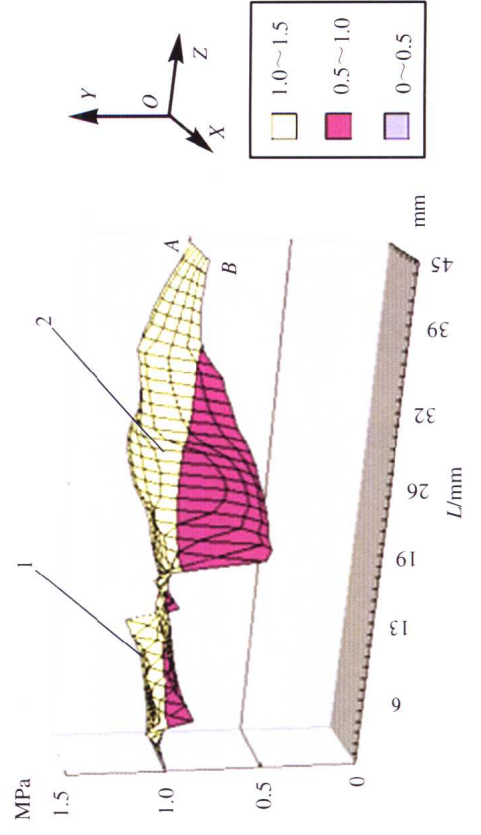


彩图6 啮合区展开压力分布图



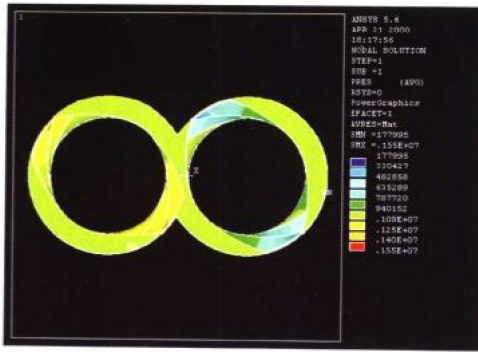
彩图7 组合流道机筒展开内表面压力分布图

bar=10⁵Pa 1—程合块部分 2—螺旋纹部分

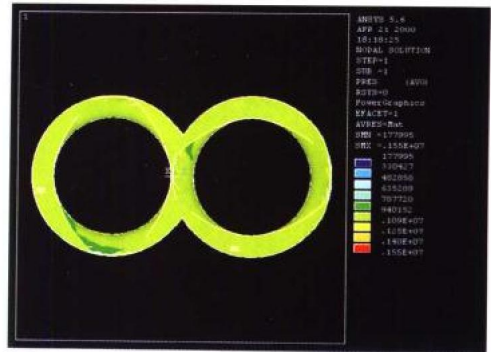


彩图8 组合流道啮合区展开压力分布图

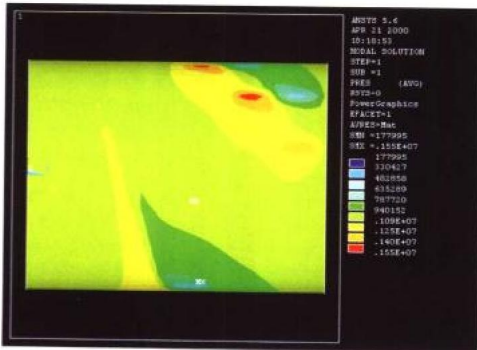
1—螺旋纹部分 2—程合块部分



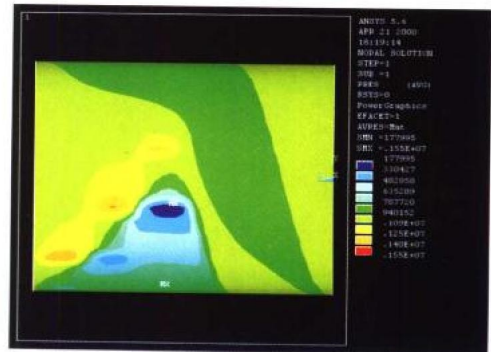
(a)



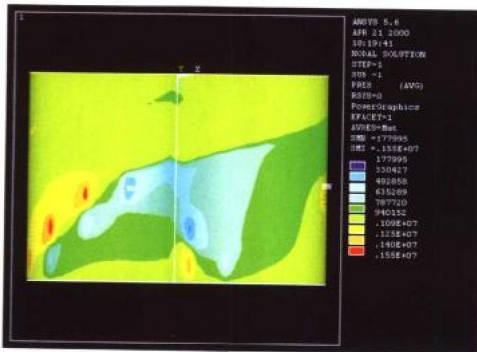
(b)



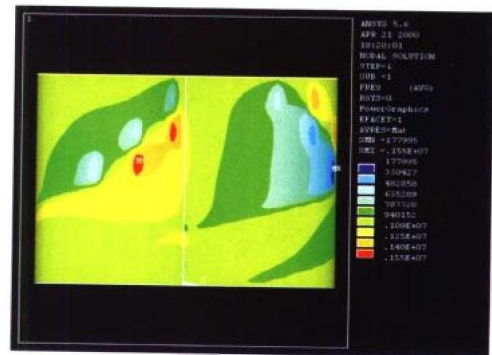
(c)



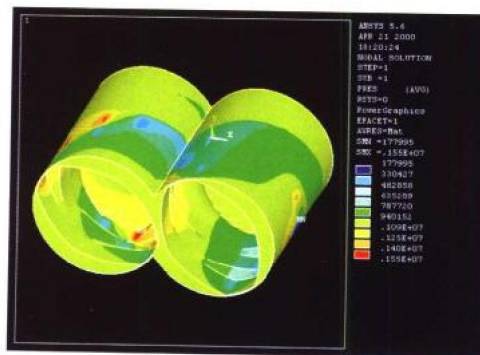
(d)



(e)

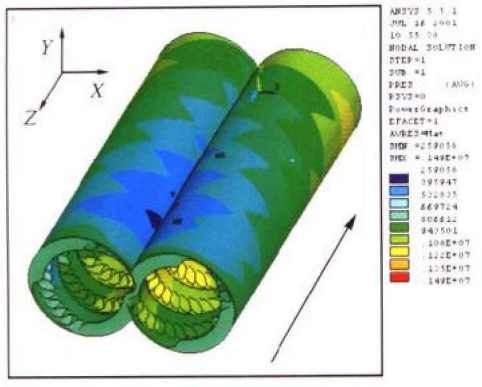


(f)

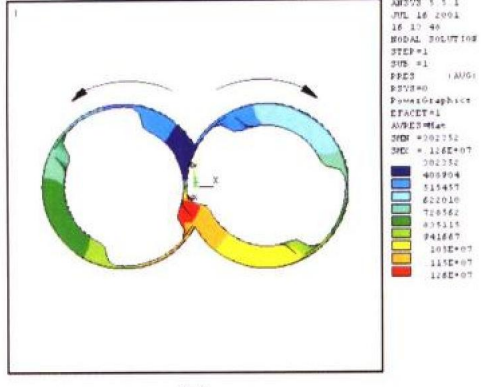


(g)

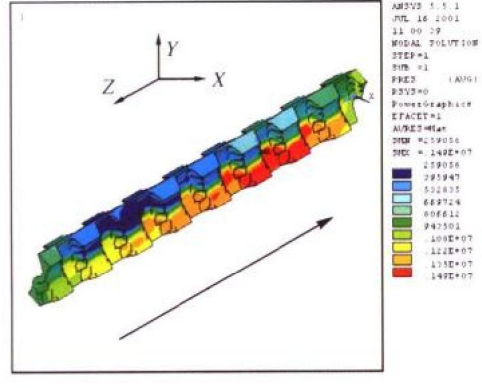
彩图9 捏合块、螺纹元件组合流道压力分布
 (a) 压力分布正视图 (b) 压力分布后视图 (c) 压力分布左视图 (d) 压力分布右视图
 (e) 压力分布俯视图 (f) 压力分布仰视图 (g) 压力分布轴侧图



(a)

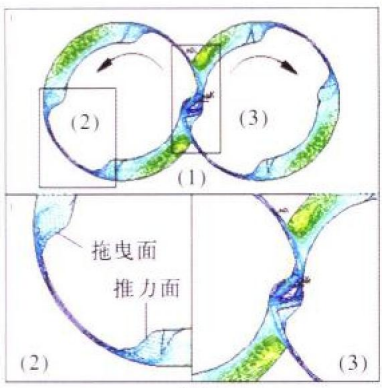


(b)

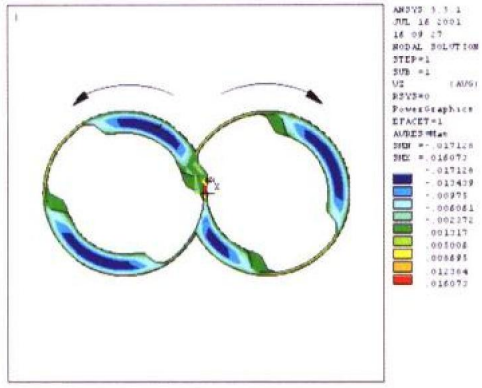


(c)

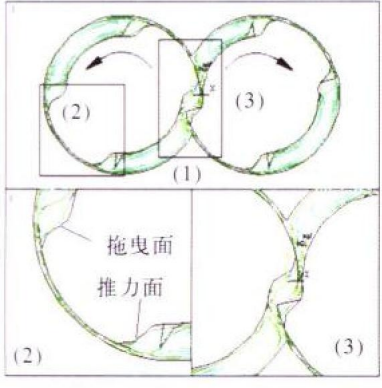
彩图10 常规螺纹元件的压力场
(a) 整个流道的压力场
(b) 某垂直于轴线截面内的压力场
(c) 啮合区的压力场



(a)

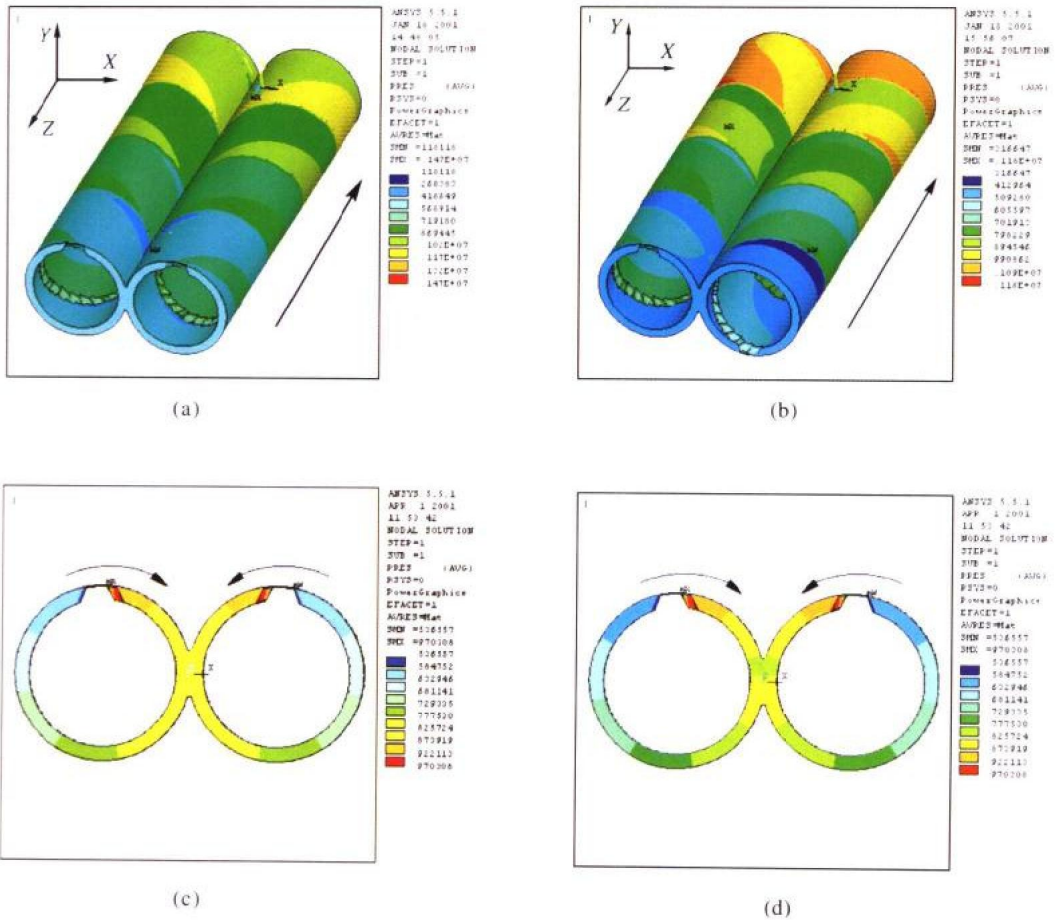


(b)



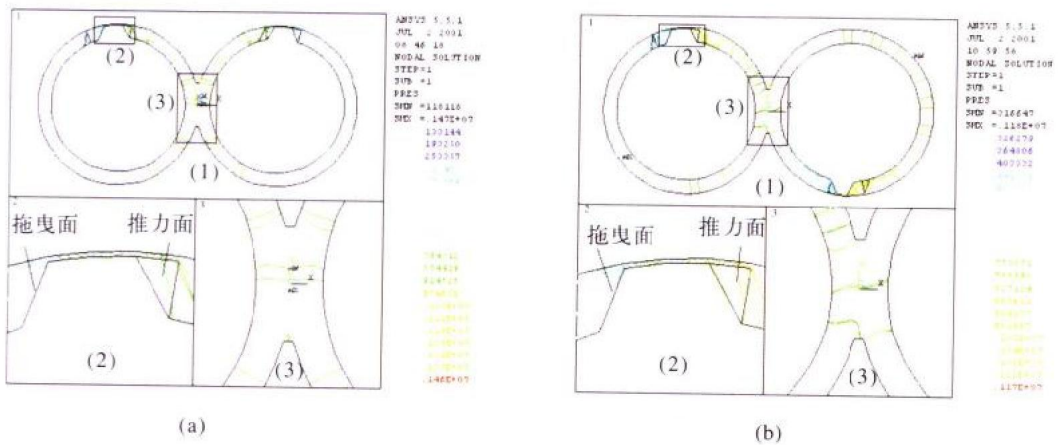
(c)

彩图11 在垂直于螺杆轴线某截面内的速度分布图
(a) 等速线图(1—整个截面上的等速线图 2—螺棱处等速线 3—啮合区等速线)
(b) 轴向速度分布 (c) 轴向等速线图
(1—整个截面上的轴向等速线图 2—螺棱处轴向等速线 3—啮合区轴向等速线)

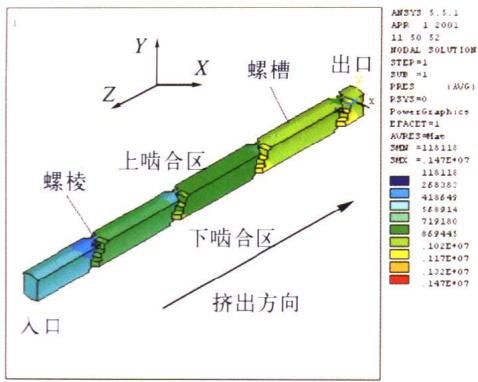


彩图12 螺纹元件流道的压力场

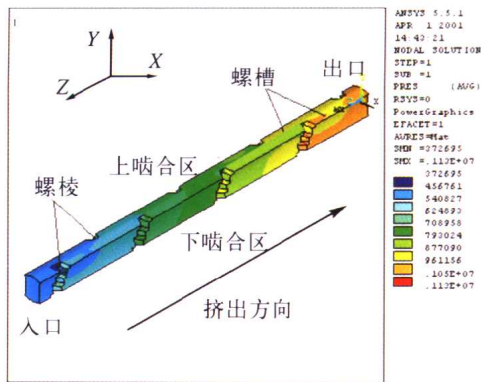
- (a) 并列型整个流道的压力场
- (b) 错列型整个流道的压力场
- (c) 对应于图2-5-32(a)中I-I截面上的并列型压力场
- (d) 对应于图2-5-32(b)中I-I截面上的错列型压力场



彩图13 对应于图2-5-32(a)(b)中I-I截面上的等压线
(a) 并列型 (b) 错列型



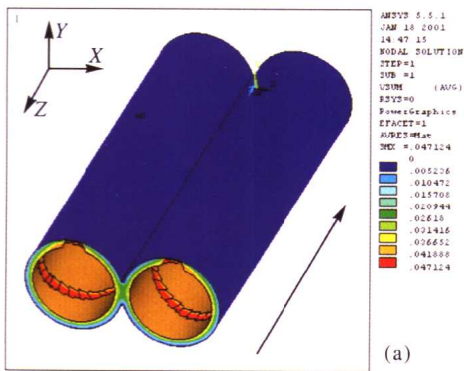
(a)



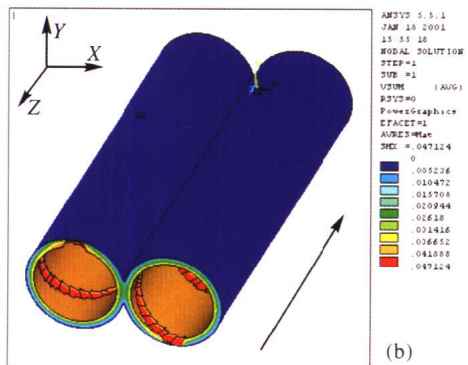
(b)

彩图14 啮合区的压力场

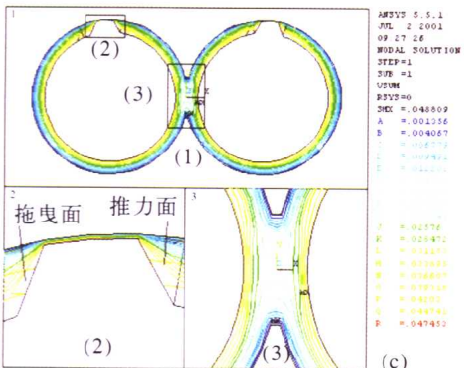
(a) 并列型 (b) 错列型



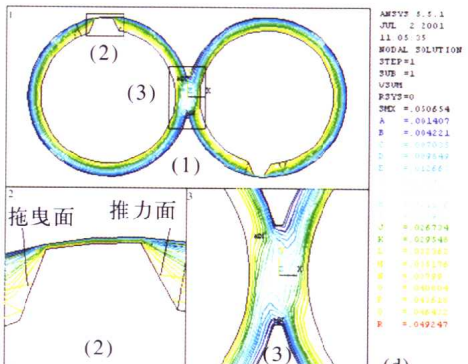
(a)



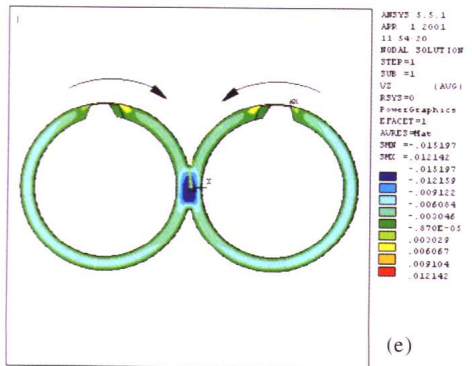
(b)



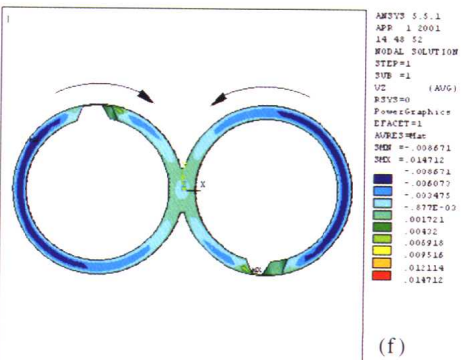
(c)



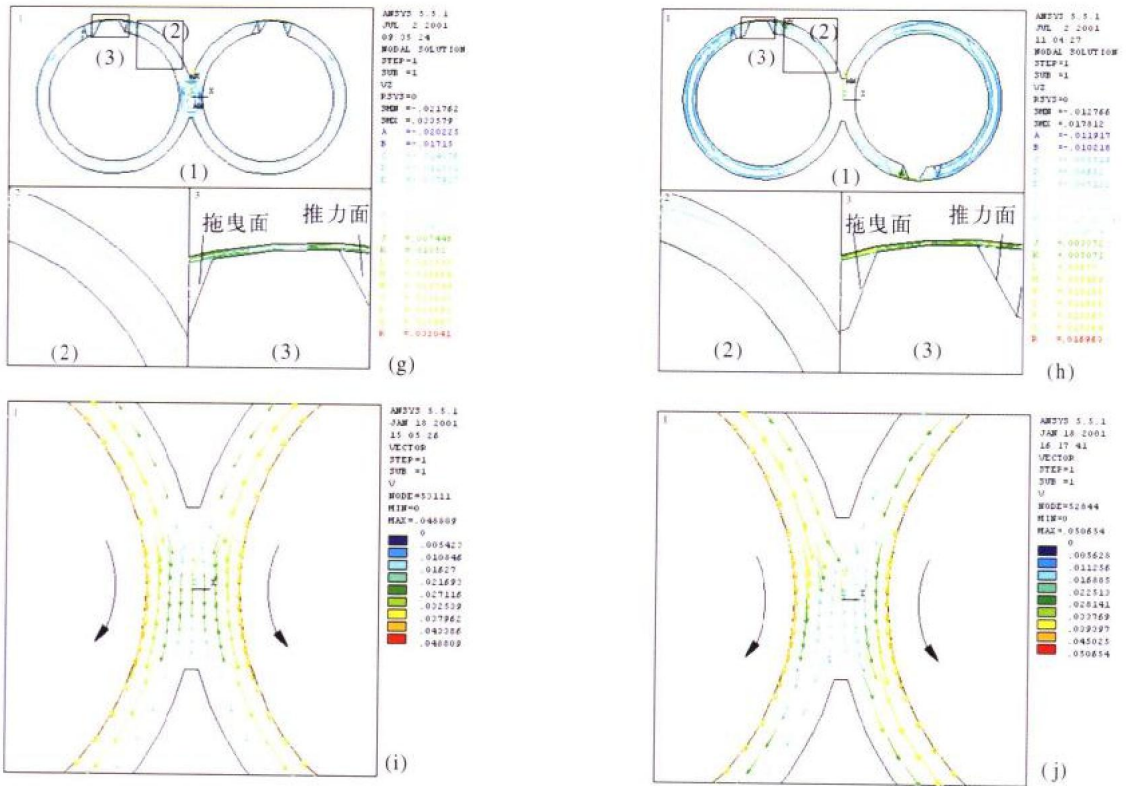
(d)



(e)



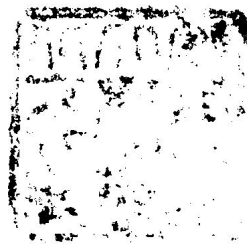
(f)



彩图15 常规螺纹元件的速度场

- (a)、(b) 并列型及错列型整个流道的速度场
 (c)、(d) 对应于图 2-5-32 中 I-I 截面上的等速线图
 (e)、(f) 对应于图 2-5-32 中 I-I 截面上轴向速度场
 (g)、(h) 对应于图 2-5-32 中 I-I 截面上啮合区的速度矢量图
 (i)、(j) 对应于图 2-5-32 中 I-I 截面上的等轴向速度线图

图中左为并列型，右为错列型



前 言

随着聚合物加工业的发展,作为聚合物主要加工设备之一的双螺杆挤出机得到了飞速发展,并以其优异的加工性能得到了越来越广泛的应用。在此背景下,人们希望对双螺杆挤出机有更多的了解。然而到目前为止,众多的关于双螺杆挤出机挤出理论、挤出性能、应用和设计方面的介绍,大多散见于期刊文章和有关书籍中,国外已出版的专著,以及笔者早年出版的专著《塑料混合及设备》,也多集中在双螺杆挤出过程方面,尚未有介绍包括双螺杆挤出过程、双螺杆挤出机设计和应用方面的专著。显然,这非常不便于人们对双螺杆挤出机系统、深入、全面的了解。为此,笔者编写了《双螺杆挤出机及其应用》这一专著,以飨读者,并希望对我国双螺杆挤出过程的理论研究、双螺杆挤出机的设计、应用和发展起到一定的推动作用。

笔者力图从各种双螺杆挤出机的挤出过程理论、双螺杆挤出机设计和双螺杆挤出机的应用三个方面,系统而深入地对双螺杆挤出机进行全面介绍。在介绍双螺杆挤出过程理论时,兼收并蓄,既全面介绍笔者及其研究生所取得的研究成果,也花大量篇幅介绍国外同行获得的成就,既介绍主流观点,也介绍不同意见;在介绍双螺杆挤出机设计时,着眼于先进设计指标、新设计思路、新结构及发展趋势;在介绍双螺杆挤出机的应用时,尽力提到各种可能的应用方面,并注意做到被加工物料、螺杆构型和操作工艺相结合,理论和实践相结合。

然而,众所周知,与单螺杆挤出机相比,双螺杆挤出机问世和工业化应用都较晚,因而对双螺杆挤出过程的研究不像单螺杆挤出过程那样成熟,而是刚刚起步,再加上双螺杆挤出机类型繁多,其螺杆几何学、螺杆构型及物料在螺杆中的挤出过程要比单螺杆挤出机复杂得多,因而给对这些问题的研究带来很大困难;双螺杆挤出机无论在结构设计上,机械制造上还是配套上都比单螺杆挤出机复杂而困难;双螺杆挤出机应用面广,遇到的问题复杂而多样。这些问题给笔者带来很大困难,因而即使诚惶诚恐、力争跟上发展形势地笔耕,也因水平及能力有限,终会使成书存在这样那样的问题,敬请读者、同行谅解、批评、指正。

在本书出版之际,笔者在此衷心地感谢在双螺杆挤出过程理论研究和本书写作过程中给我以帮助、支持的有关单位和个人:自1992年至1999年,在与美国杜邦(Dupont)公司合作进行双螺杆挤出过程可视化研究中,得到 Dr. Shih. Chi - Kai 的大力支持,1993年4月即研制出国内第一台全程装有玻璃视窗的双螺杆挤出实验装置,这为后来的一系列研究成果的获得打下了坚实的基础,Dr. Shih 的良好合作精神和严谨的科研作风给我留下深刻的印象,很多研究成果的取得和文章的发表与他是分不开的;没有国家自然科学基金委员的支持,把重点基金项目“聚合物挤出成型过程中的物理化学问题研究”(1998~2001年)下达给我们、在经费上提供资助,我们的双螺杆挤出过程理论研究不会取得如此多的成果,同时此书中的一些内容不会达到如此深度和广度;在与国际知名学者美国 PPI 的 Dr. B. Todd、荷兰 Gronigen 大学的 Prof. L. P. B. M. Janssen 的交往中,他们的研究思路、发表的文章和出版的书籍对本书的完成也起了一定作用。在此我要感谢江苏科亚化工装备有限公司,在刘光知总经理的支持下,该公司免费为我们制造可视化双螺杆挤出机机筒,对我们的研究起了很大作用,该公司的张宏革高级工程师

还审阅了本书的第八章,并提出了宝贵的资料和意见;感谢南京橡塑机械厂几年来为我们和美国 Dupont 公司合作研究项目加工制造出优良的实验装置,使任务按时顺利完成;感谢北京石油化工学院的张沛教授、北京化工大学的周昆颖教授及其研究生在完成上述国家自然科学基金重点项目中发挥的作用;更感谢我的博士、硕士研究生们,他们在读期间,兢兢业业,克服重重困难,对双螺杆挤出过程的研究做出了贡献,他们是:桑瑞菊、王克坚、王蓉、朱春雁、方炜、李继刚、刘光知、金虹、刘福桥、余全平、郭强、张胜国、陈志强、朱林杰、周甫萍、李鹏、马秀清、金月富、施丰、尹燕玲等。另外,多年来北京化工大学刘慧教授与笔者在双螺杆几何学方面的切磋,以及她发表的双螺杆几何学论文,对本书的成书也有促进。最后,在本书成书过程中参阅了大量国内外文献,在此对文献的作者表示衷心感谢。

耿孝正
2002年4月 北京

目 录

第一篇 挤出机概论	(1)
第一章 聚合物挤出基础理论	(1)
第一节 聚合物加工的基本阶段	(1)
一、固体输送	(2)
二、熔融	(3)
三、增压和泵送	(5)
四、混合	(6)
五、汽提和脱挥发分	(6)
第二节 聚合物的改性	(7)
一、聚合物的物理改性	(7)
二、聚合物的化学改性——反应挤出	(9)
第三节 聚合物加工中的混合	(13)
一、分散混合	(14)
二、广泛(分布性)混合	(15)
三、应变分布函数和停留时间分布函数	(17)
第四节 排气	(18)
第五节 单螺杆挤出过程	(20)
一、加料和固体输送	(20)
二、熔融	(22)
三、熔体输送	(26)
四、挤出机的工作图	(27)
参考文献	(29)
第二章 双螺杆挤出机概论	(30)
第一节 双螺杆挤出机的发展	(30)
第二节 双螺杆挤出机组的组成	(32)
第三节 双螺杆挤出机的分类、工作原理	(34)
一、双螺杆挤出机的分类	(34)
二、双螺杆挤出机的输送机理	(39)
第四节 双螺杆挤出机的主要技术参数	(41)
第五节 双螺杆几何学	(42)
一、概述	(42)
二、啮合同向自扫型常规螺纹元件几何学	(44)

三、啮合异向双螺杆几何学	(56)
四、啮合双螺杆的四个间隙	(63)
参考文献	(64)
第二篇 双螺杆挤出过程	(66)
第三章 啮合同向双螺杆挤出过程	(66)
第一节 固体输送	(66)
一、螺纹元件中粒料的固体输送	(69)
二、螺纹元件中粉料的固体输送	(73)
第二节 熔融	(76)
一、概述	(76)
二、典型的熔融子区	(81)
三、螺杆构型中聚合物颗粒熔融过程分析	(87)
第三节 熔体输送	(88)
一、概述	(88)
二、螺纹元件中的熔体输送	(89)
三、捏合(盘)块中的熔体输送	(103)
四、捏合块、螺纹元件组合流道的熔体输送	(119)
五、螺纹元件、捏合块元件、捏合块和螺纹元件组合流道流场差别比较	(121)
第四节 关于非常规螺杆元件挤出性能的研究	(122)
参考文献	(126)
第四章 啮合异向双螺杆挤出过程	(128)
第一节 加料和固体输送	(129)
第二节 熔融	(133)
第三节 熔体输送	(141)
一、解析法	(141)
二、数值法	(147)
第四节 混合	(152)
一、充满度	(152)
二、停留时间及停留时间分布	(154)
三、混合区	(156)
四、混合有效和混合不足	(160)
第五节 稳态挤出相互作用图	(162)
参考文献	(164)
第五章 非啮合双螺杆挤出过程	(165)
第一节 加料和固体输送	(167)
一、输送现象	(168)
二、螺杆并列时固体粒料输送的模型化	(170)
第二节 熔融过程	(175)
一、螺杆并列时物料的熔融过程	(176)

二、螺杆错列时物料的熔融过程·····	(179)
第三节 熔体输送·····	(180)
一、常规螺纹元件中的熔体输送·····	(180)
二、非常规(波状)螺杆的熔体输送·····	(193)
第四节 混合和停留时间分布·····	(198)
参考文献·····	(200)
第三篇 双螺杆挤出机设计 ·····	(202)
第六章 双螺杆挤出机设计总论 ·····	(202)
第一节 双螺杆挤出机的类型和整体方案的确定·····	(202)
第二节 双螺杆挤出机的主要技术参数·····	(207)
一、螺杆直径·····	(207)
二、中心距·····	(208)
三、长径比·····	(211)
四、螺杆转数范围·····	(211)
五、功耗·····	(212)
六、挤出量(产量)·····	(215)
七、螺杆轴向推力·····	(217)
参考文献·····	(219)
第七章 双螺杆挤出机挤压系统设计 ·····	(220)
第一节 啮合同向旋转双螺杆挤出机的挤压系统设计·····	(220)
一、螺杆设计·····	(220)
二、机筒设计·····	(252)
第二节 啮合异向旋转平行双螺杆挤出机的挤压系统设计·····	(258)
一、螺杆设计·····	(259)
二、机筒设计·····	(271)
第三节 锥形双螺杆挤出机的挤压系统设计·····	(272)
一、锥形双螺杆的分类·····	(272)
二、螺杆设计·····	(272)
三、机筒设计·····	(277)
参考文献·····	(277)
第八章 双螺杆挤出机的传动系统 ·····	(279)
第一节 概述·····	(279)
第二节 传动箱中减速部分和扭矩分配部分的布置·····	(280)
第三节 实现传动系统设计目标的各种传动方案·····	(283)
一、采用内齿传动·····	(283)
二、采用双啮合齿轮传动·····	(285)
三、多驱动系统·····	(289)
四、锥形双螺杆挤出机的传动系统·····	(291)
第四节 双螺杆挤出机传动箱结构设计·····	(292)

一、双螺杆中心距与传动箱设计中齿轮、轴及轴承之间的关系	(293)
二、双螺杆中心距的确定与齿轮参数的选择	(294)
三、关于箱体结构	(295)
第五节 止推轴承的组合设计	(295)
一、常用(串联)推力轴承的类型	(296)
二、承受两根螺杆轴向力的两止推轴承组在传动箱中的布置	(299)
三、传动箱的齿轮系统和止推轴承组在设计布局中的协调	(302)
参考文献	(303)
第九章 调压装置、排气装置、加料装置、加热冷却系统及挤出机下游装置	(304)
第一节 压力调节装置	(304)
一、径向调压阀	(305)
二、轴向调压阀	(306)
三、旋转调压阀	(308)
第二节 排气(脱挥)装置	(309)
一、排气口内的插件	(310)
二、连接套	(311)
第三节 加料装置	(314)
一、计量加料装置	(314)
二、强制加料装置	(318)
三、溢流加料装置	(319)
第四节 加热冷却系统	(319)
一、加热装置	(319)
二、冷却装置	(320)
三、机筒螺杆的温控	(321)
第五节 安全保护装置	(324)
第六节 挤出机下游装置	(324)
一、机头	(325)
二、过滤装置	(325)
三、切粒装置	(329)
参考文献	(335)
第四篇 双螺杆挤出机的应用	(336)
第十章 啮合同向双螺杆挤出机的应用	(336)
第一节 啮合同向双螺杆挤出机(加或不加熔体齿轮泵)组成的 大型挤出造粒生产线	(336)
一、啮合同向双螺杆挤出机大型造粒生产线	(336)
二、关于用啮合同向双螺杆挤出机一次连续挤出制品的问题	(341)
第二节 啮合同向双螺杆挤出机和单螺杆挤出机组成的双阶挤出机在 加工热敏性聚合物中的应用	(342)
一、关于双阶挤出机	(342)