

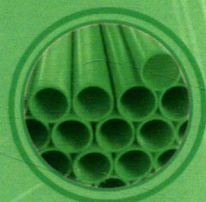
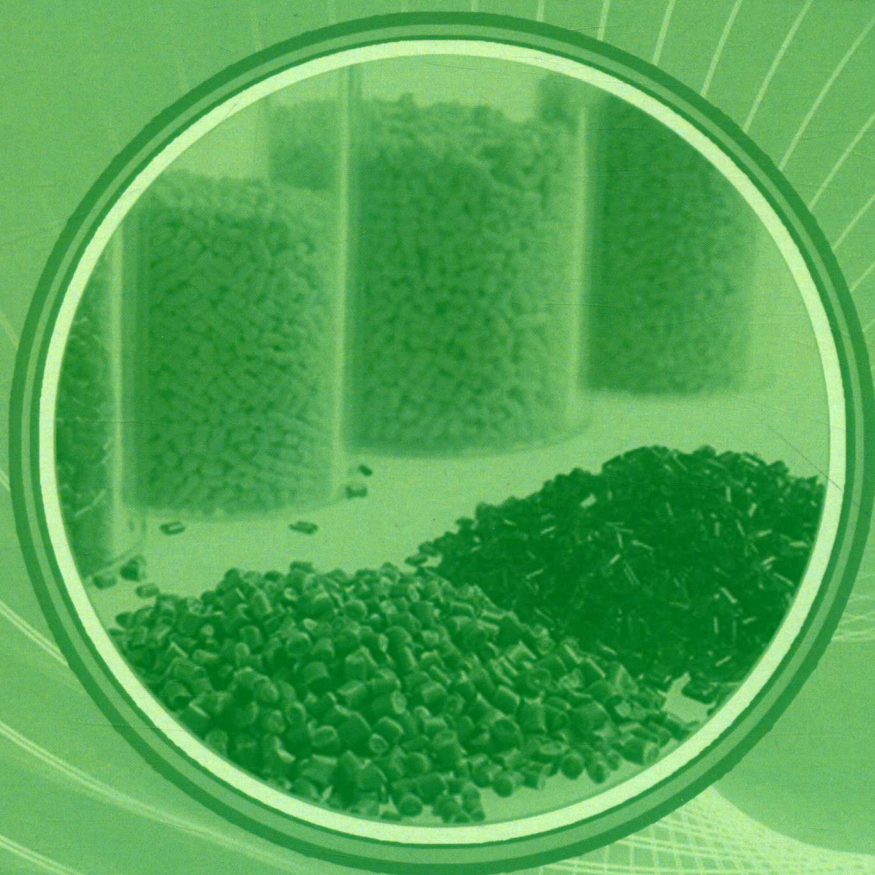


“十三五”职业教育部委级规划教材

塑料改性技术

SULIAO GAIXING
JISHU

宋波 编著



 中国纺织出版社



“十三五”职业教育部委级规划教材

塑料改性技术

宋 波 编著



 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书从塑料改性生产与应用的角度,介绍了工业实用的塑料改性工艺原理、常用材料及其作用机理、各类改性方法与改性添加剂的改性效果、实施方法与工艺控制等实用知识与技术。全书共分五章,分别介绍了塑料改性概论、共混改性技术、填充改性技术、功能改性技术及晶型改性技术。

本书为高职高专高分子工程技术类专业教学用书,也可供从事塑料行业的技术人员、研究开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料改性技术 / 宋波编著. — 北京: 中国纺织出版社, 2016.10

“十三五”职业教育部委级规划教材

ISBN 978-7-5180-2933-4

I. ①塑… II. ①宋… III. ①塑料—改性—高等职业教育—教材 IV. ①TQ320.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 215987 号

责任编辑: 范雨昕 责任校对: 楼旭红
责任设计: 何 建 责任印制: 何 建

中国纺织出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码: 100124

销售电话: 010—67004422 传真: 010—87155801

http: //www.c-textilep.com

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 http: //weibo.com/2119887771

北京京师印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

2016年10月第1版第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.5

字数: 225千字 定价: 42.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

前言

随着科学技术的迅速发展，对塑料产品性能提出了更高的要求。如汽车、飞机配件，电子、电气零件，机械、建筑结构部件等，都要求具有高强度、高硬度、高精度、高密度特性；有的部件要求具有不燃、强韧、导电、导热、抗老化等优越性能。为了满足不同领域的使用要求，需要利用化学方法或物理方法改进塑料的一些性能，以达到预期的目的，称为塑料改性。由于高分子材料改性要比合成一种新的聚合物并使之工业化要容易得多，并且这些改性工作在一般的塑料工厂就能进行，且易见效，常能解决工业生产中不少具体问题。因此，塑料改性技术越来越受到工业界普遍的重视，也已经成为高职高专高分子材料专业学生必须掌握的技术。

塑料改性主要围绕通用塑料的高性能化、工程塑料的低成本化、特种塑料的实用化，通过单组分材料向多组分复合材料转变（即合金、共混、复合）、赋予材料功能化、优化性能与价格等方面进行。其中最常用的就是共混改性和填充改性。再进行细分还包括通过加入功能性填料使塑料实现阻燃、导电、导热等的功能性改性，以及通过成核剂控制结晶性聚合物加工性能、结晶度、晶粒大小或晶型等的晶型改性等。

全书共分为五章，从改性塑料生产与应用的角度，介绍各类改性方法的基本原理、基本工艺过程、技术要点及改性材料的物理性质变化等。同时，各章都涉及了一些较新的改性技术，以满足对新技术的推广与应用需求。

塑料改性涉及面广，包括了大量的工业实用技术，由于编者水平有限，书中定会有不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2016年2月



课程设置指导

课程名称：塑料改性技术

适用专业：高分子材料工程专业技术专业

总学时：72

理论教学时数：36

实验（实践）教学时数：36

课程性质：本课程是高分子材料工程专业技术专业的一门专业必修课，教学内容是从事高分子材料加工技术人员必须具备的专业知识。该课程是在学习了高分子材料化学基础、高分子材料物理基础、材料性能测试技术等专业理论课程基础上开设的一门实践性和综合性都很强的课程。它与塑料成型设备、塑料成型工艺、塑料配方与配制技术、毕业设计、顶岗实习等课程有着紧密的联系。

课程目的：

1. 了解塑料改性的方法及技术，认识塑料改性的重要性，理解塑料共混改性的基本原理。
2. 掌握共混改性的基本工艺过程、技术要点，具备调整设置改性生产工艺参数、进行工艺操作的技能。
3. 培养具有对高分子材料改性初步设计和解决处理常见质量问题，生产出符合要求产品的能力。

课程教学基本要求

教学环节包括课堂教学、实验、作业和考试。通过各教学环节，重点培养学生对理论知识的认识和实验技能的训练，提高学生分析问题、解决问题的能力。

1. 课堂教学：36 学时
2. 实验：36 学时。安排若干塑料改性项目，提高学生理论联系实际的能力。
3. 作业：每章给出若干思考题，尽量系统反映该章的知识点，布置适量书面作业；实验后上交实验报告。
4. 考试：采用笔试方式，题型一般包括填空题、简答题和材料设计题。

课堂教学环节学时分配表

章 数	讲 授 内 容	学时分配
第一章	概论	4
第二章	共混改性	10
第三章	填充改性	10
第四章	功能改性	6
第五章	晶型改性	6
合 计		36

目 录

第一章 概论	001
第一节 塑料改性基本概念	001
一、塑料改性技术的定义	001
二、塑料改性技术的分类	002
第二节 塑料改性设备	003
一、初混设备	003
二、熔融共混合设备	004
三、切粒设备	007
四、干燥设备	009
第三节 塑料改性技术的最新进展	010
一、塑料改性在塑料工业中的地位	010
二、改性塑料的发展方向	011
第二章 共混改性	013
第一节 概述	013
第二节 聚合物的相容性	015
一、聚合物相容性原理	015
二、相容性的表征方法	015
三、聚合物相容性与性能的关系	018
四、聚合物相容性对结晶的影响	018
五、聚合物共混物的相容性原则	019
六、提高共混物相容性的方法	019
第三节 聚合物共混物的形态结构	021
一、非结晶聚合物共混物的形态结构	021
二、含结晶聚合物的共混物形态特征	023
三、聚合物共混物的界面	025
四、形态结构的测定方法	027

第四节 共混物增容剂	029
一、非反应型增容剂的增容	030
二、反应型增容剂的增容	032
第五节 橡胶增韧塑料原理	034
一、橡胶增韧机理	035
二、准韧性聚合物增韧的脆—韧转变理论	041
三、影响抗冲强度的主要因素	044
第六节 常见塑料共混物	046
一、通用塑料共混物	046
二、工程塑料共混物	049
第三章 填充改性	057
第一节 填充改性基本原理	057
一、填料的作用	057
二、填料的性质	058
三、常用填料介绍	062
第二节 填料表面处理	064
一、填料表面处理的作用机理	065
二、填料表面处理方法	065
三、偶联剂与表面处理剂	069
第三节 聚合物基体中填料的分散	073
一、聚合物基体中填料的分散状态	073
二、填料—聚合物界面	074
第四节 填充塑料的性能	076
一、填充改性的经济性	076
二、填充塑料的力学性能	077
三、填充塑料的加工	081
第五节 刚性粒子增韧	083
一、增韧聚合物的机理	083
二、影响刚性粒子增韧的因素	086
三、聚合物/弹性体/无机刚性粒子三元体系	087

第六节 增强塑料改性	090
一、增强材料的作用机理及性质	090
二、增强改性塑料的特点	092
三、常用增强材料	094
四、增强纤维塑料改性工艺	099
第七节 纳米复合材料	102
一、纳米粒子的结构和特性	102
二、纳米技术在聚合物改性中的应用	103
三、高聚物/纳米复合材料	105
 第四章 功能改性.....	109
第一节 阻燃改性	109
一、燃烧的基本知识	109
二、阻燃剂的阻燃效应	112
三、阻燃剂的介绍	114
四、塑料的抑烟技术	120
第二节 导电改性	122
一、导电高分子材料的分类	122
二、导电机理	122
三、金属填充型导电高分子材料	124
四、碳系导电复合材料	126
第三节 塑料导热改性	128
一、导热机理	128
二、导热的影响因素	129
三、导热复合材料	130
四、导热塑料存在的问题	133
 第五章 晶型改性.....	135
第一节 晶型改性原理	135
一、高聚物的结晶	136
二、结晶对高聚物性能的影响	139

三、成核剂对部分结晶聚合物性质的影响	140
四、聚合物用成核剂的特点、分类及表征	141
第二节 成核剂对结晶聚合物透明性的影响	143
一、增透原理	143
二、聚丙烯用透明成核剂	144
第三节 聚丙烯 β 晶型改性	151
一、聚丙烯的结晶形态调控依据	151
二、聚丙烯 β 晶型成核剂的作用机理	153
三、聚丙烯 β 晶型成核剂	155

参考文献.....	158
-----------	-----

第一章 概论

学习目的与要求

本章主要介绍塑料改性技术的应用、设备和发展趋势。通过本章的学习，应全面了解塑料改性的主要方法和设备及改性技术的发展趋势等。

科学技术的迅速发展，对塑料产品性能提出了更高的要求。如汽车、飞机配件，电子、电气零件，机械、建筑结构部件等，都要求具有高强度、高硬度、高精度、高密度特性；有的部件要求具有不燃、强韧、导电、导热、抗老化等优越性能。塑料改性要比合成一种新的聚合物并使之工业化要容易得多，并且这些改性工作在一般的塑料工厂，通过加工设备进行初混、熔融共混、切粒和干燥工序就能进行，投资少，容易见效，常能解决工业生产中不少具体问题。因此，塑料改性技术越来越受到工业界普遍的重视。通用塑料工程化、通用工程塑料功能化和特种工程塑料实用化是塑料改性发展的方向。

第一节 塑料改性基本概念

塑料原料的合成树脂产量多年来始终以高速度增长，塑料工业在当今世界上已成为新兴的材料工业，塑料已与钢材、水泥、木材并列为四大基本材料并且产量居首位。

一、塑料改性技术的定义

通过物理和机械的方法在聚合物中加入无机或有机物质，或将不同类聚合物共混，或用化学方法实现聚合物的共聚、接枝、交联，或将上述各种方法联用、并用，以达到使材料的成本下降、成型加工性能或最终使用性能得到改善，或在电、磁、光、热、声、燃烧等方面被赋予独特功能等效果，统称为塑料改性。

由于塑料的应用广泛，总体数量又大，因此在塑料、橡胶、纤维三大合成材料中，塑料改性技术研究得最多，进展也最迅速，对国民经济发展促进作用也最为显著，因而近年来已成为塑料工业中最为活跃的一个领域。塑料改性的原理、方法、技术及改性的结果往往也适合于合成橡胶与合成纤维。

二、塑料改性技术的分类

广义的塑料改性包括化学改性和物理改性两大类。

1. 化学改性

所谓化学改性是指在高分子化合物主链上发生化学反应,从而使高分子化合物具有更好的性能或全新的功能。这种化学反应有的是在高分子化合物形成时进行的,有的则是在已形成的高分子化合物主链上再进行。通常提到的化学改性方法是指嵌段共聚、接枝共聚、交联或降解等,这些方法一般适用于大批量、通用型塑料的工业化生产,多在石油化工企业或化工企业内进行。最典型的例子是ABS树脂,即丙烯腈—丁二烯—苯乙烯共聚物,其中苯乙烯约占55%,丁二烯约占15%,丙烯腈约占30%,它具有优良的抗冲击性能,同时又具有良好的刚性、耐油性和优良的成型加工性,得到极为广泛的应用。ABS树脂的主要成分之一就是聚丁二烯大分子上接枝丙烯腈和苯乙烯而成的共聚物。SBS是嵌段共聚物最典型的例子,它是苯乙烯和丁二烯通过阴离子聚合方法制成的嵌段共聚物,在常温下聚苯乙烯段为塑料相,它使橡胶段顶端冻结为物理交联点,加工时由于温度达到聚苯乙烯黏流温度,材料有了流动性。通过这种改性,可以免除使用纯橡胶时必须进行的硫化交联过程,大大简化了加工工艺。而用高密度聚乙烯为原料,在已形成的聚乙烯大分子主链上进行无规氯化制成氯含量达25%~40%的氯化聚乙烯(CPE),得到的是既不同于纯聚乙烯又不同于完全规则氯化的聚氯乙烯的又一新的高聚物品种,它不仅可以作为聚氯乙烯的抗冲改性剂使用,而且可以按塑料加工方法直接使用,加工成具有一定橡胶特性的塑料制品。

2. 物理改性

物理改性则是指在整个改性过程中不发生化学反应,仅依靠不同组分相互之间各组分本身的物理特性、力—形变特性、形态的变化等实现其性能的改善或获得新的功能。物理改性具有适用面广、花样繁多、过程相对简单等特点,在一般塑料加工企业中使用相对简单的工艺和设备就可进行。当然有时物理改性过程中也不可避免地伴随化学反应的发生,如对无机矿物填料用偶联剂等助剂处理使其表面有机化、在具有强烈剪切作用的混炼设备中高分子链发生断裂、有时有意在改性过程中让其发生一些化学反应以增强改性效果等。但这里所说的化学反应不完全等同于前面所说的化学改性中的化学反应,人们也将其列入物理改性范畴。狭义的塑料改性是指物理改性,本书中采用这一分类法。物理改性的方法有填充改性和共混改性两大类。

(1) 填充改性是在塑料中加入无机填料或有机填料改性,使塑料制品的原料成本降低达到增量目的,或使塑料制品的性能有明显改变,即在牺牲某些方面性能的同时,使人们所希望的另一方面的性能得到明显的提高。

(2) 共混改性是将性质不同的两种或两种以上的聚合物按适当比例在一定温度和剪切应力作用下进行掺混,形成具有新性能的材料。

在塑料改性中,通过加入功能性填料,如阻燃、抗静电、导电或导热等,从而使塑料可以阻燃、抗静电、导电、导热等,这也可以称为功能性改性。这是填充改性目前研究的热点。

此外,对某些结晶性聚合来说,通过添加少量成核剂,使其结晶度提高、晶粒细化或晶

型改变等,可以提高强度、降低雾度或增加韧性等。这也是塑料改性的一个重要分支,本书亦单独列为一章。

第二节 塑料改性设备

塑料改性涉及所使用的原辅材料、加工设备、改性技术与效果和具体应用四个方面的问题。其加工设备按塑料改性流程,一般可分为初混、熔融共混、切粒及干燥四类,相应设备介绍如下:

一、初混设备

初混设备,是指物料在非熔融状态下进行混合所用的设备,初混所用到的设备几乎全为间歇式。初混设备的种类有很多,例如转鼓式混合机、双锥混合机、螺带混合机、Z形捏合机、高速混合机等,但目前塑料共混过程中得到广泛应用的主要为Z形捏合机和高速混合机两种。

1. Z形捏合机

Z形捏合机又称双臂捏合机,主要由转子、混合室及驱动装置组成。转子装在混合室内。混合室是一个W形或鞍形底部的钢槽,上部有盖和加料口,下部一般设有排料口。钢槽呈夹套式,可通入加热冷却介质。有的高精度混合室还设有真空装置,可在混合过程中排出水分与挥发物。

转子在混合室内的安装形式有两种,一种为相切式安装,一种为相交式安装。相切式安装时,两转子外缘运动迹线是相切的;相交式安装时,两转子外缘运动迹线是相交的。相切式安装时,转子可以同向旋转,也可异向旋转,转子间速比为 $1.5:1$ 、 $2:1$ 或 $3:1$ 。相交式安装的转子因外缘运动迹线相交,只能同速旋转。相交式安装的转子其外缘与混合室壁间隙很小,一般在 1mm 左右。在这样小的间隙中,物料将受到强烈剪切、挤压。这一作用可以增加混合(或捏合)效果,同时可以有效地除掉混合室壁上的滞料,有自洁作用。

一般认为,转子相切式安装由于有两个剪切分散区域,更适用于以分散混合为主的混合过程。转子相交式安装有一个剪切区域,但分布作用强烈,更适用于以分布混合为主的混合过程。

Z形捏合机曾经是粉料混合最通用的设备,但因其生产效率低,劳动强度大,能耗高,近年来已逐渐被高速捏合机所取代。但当进行填充改性(尤其加入非粉状填料时),以及有较多的液体助剂时,Z形捏合机仍有一定的使用价值。因为它比较适合于黏稠的物料。

2. 高速混合机

高速混合机是一种高强度、高效率的混合设备,混合时间短,一般是几分钟,很适合中、小批量的混合,可用于混色、制取母料、配料及共混材料的预混。普通高速混合机由混合室(又称混合锅)、叶轮、折流板、回转盖、排料装置及传动装置等组成。

混合室呈圆筒形,是由内层、加热冷却夹套、绝热层和外套组成。内层具有很高的耐磨

性和光洁度。上部与回转盖连接，下部有排料口，为了排除混合室内的水分与挥发物，有的还装有抽真空装置。叶轮是高速混合机的主要部件，与驱动轴相连，可在混合室内高速旋转，由此得名为高速混合机。折流板断面呈流线型，悬挂在回转盖上，可根据混合室内物料的多少调节其悬挂高度。折流板内部为空腔，装有热电偶，以测试物料温度。混合室下部有排料口，位于物料旋转并被抛起时经过的地方。排料口接有气动排料阀门，可以迅速开启阀门排料。

当高速混合机工作时，高速旋转的叶轮借助表面与物料的摩擦力和侧面对物料的推力使物料沿叶轮切向运动。同时，由于离心力的作用，物料被抛向混合室内壁，并且沿壁面上升，当升到一定高度后，由于重力作用，又落回到叶轮中心，接着又被抛起。这种上升运动与切向运动的结合，使物料实际上处于连续的螺旋状上、下运动状态。由于叶轮转速很高，物料运动速度也很快，快速运动着的粒子间相互碰撞、摩擦，使得团块破碎，物料温度相应升高，同时迅速地进行着交叉混合，这些作用促进了组分的均匀分布和对液态添加剂的吸收。混合室内的折流板进一步搅乱了物料流态，使物料形成无规运动，并在折流板附近形成很强的旋涡。对于高位安装的叶轮，物料在叶轮上、下都形成了连续交叉流动，因而混合更快。混合结束后，夹套内通入冷却介质，冷却后的物料在叶轮作用下由排料口排出。高速混合机混合速度非常快，这对于那些热敏性或不宜经受过长“热历程”的物料是十分有利的。物料填充率也是影响混合质量的一个因素，填充率小时，物料流动空间大，有利于混合，但填充量小会影响产量；填充率大时，又影响混合效果，所以选择适当的填充率是必要的。一般填充率选择 0.5 ~ 0.7 较适宜，对于高位式叶轮，填充率可达 0.9。

高速混合机有夹套，可通过蒸汽或依靠电热来加热物料，但由于高速剪切混合作用产生的摩擦热已足够使物料达到必要的塑化温度，夹套加热一般仅为备用。温度测量用的热电偶置于折流板空腔内，并与自控仪表连接。

另外，在操作中特别要注意的是，切勿使物料温度高于软化点，以及不能使用过多的液体助剂，否则会造成物料结团，不仅达不到混合目的，还会造成无法卸料（卸料口在机筒下方，尺寸较小）的后果，甚至导致设备损伤。

二、熔融共混合设备

物料在熔融状态下进行混合所用的设备称为熔融共混设备。熔融共混设备的种类有开炼机、密炼机、混炼型单螺杆挤出机和双螺杆挤出机等。目前应用最为广泛的是双螺杆挤出机。

1. 开炼机

开炼机又称双辊炼塑机，是最早出现的混炼设备。其作用原理是通过两根转动的辊筒将物料混合或使物料达到规定的状态。

开炼机工作时，两个辊筒相向回转且速度不等。堆放在辊筒上的物料由于与辊筒表面的摩擦和黏附作用以及物料之间的粘接力而被拉入辊隙之内，在辊隙内物料受到强烈的挤压与剪切，这种剪切使物料产生大的形变，从而增加了各组分之间的界面，产生了分布混合。该剪切也使物料受到大的应力，当应力大于（固相）物料的许用应力时，物料就会分散开。通过辊隙时，料层变薄且包在温度较高的辊筒上，加上承受剪切时产生的热量，物料即渐趋熔

融或软化。此过程反复进行,直至达到预期的熔融塑化和混合状态,塑炼即完成,随即可出片造粒或为其他设备供料。影响开炼机熔融塑化和混合质量的因素有辊筒温度、辊距、辊筒速度及速比、物料在辊隙上方的堆放量以及使物料沿滚筒轴线方向的分布和换位等。

开炼机的优点有如下几点:

(1) 开炼机工作时,经取样可以直接观察到物料在混合过程中的变化,从而能及时调整操作工艺及配方,达到预期的混合目的,特别是对那些其物性尚不完全清楚的物料用开炼机比用其他混炼方法更有利于探索最适宜的工艺操作条件。

(2) 在开炼机上可随时观察到热固性材料的固化程度。

(3) 开炼机结构简单、混炼强度高、价格低廉。

开炼机的缺点有如下几点:

(1) 工人的劳动强度大,劳动条件差。

(2) 能量利用不够合理,物料易发生氧化。

2. 密炼机

密炼机是在开炼机基础上发展起来的一种高强度间隙混合设备。由于密炼机的混炼室是密闭的,在混合过程中物料不会外泄,因此,避免了物料中的添加剂在混合过程中的氧化与挥发,并且可以加入液态添加剂。密炼机的密闭混合有效地改善了工作环境,降低了工人的劳动强度,缩短了生产周期,为自动控制技术的应用提供了条件。密炼机最早用于橡胶的混炼和塑炼,继而又在塑料混合中得到了广泛的应用。

密炼机的混炼室是一个断面为 M 形的封闭空腔,内装一对转子,转子两端有密封装置,用来防止物料从转子转轴处渗出。混炼室上部有加料及压料装置口,加料装置由一个斗形加料口和翻板门组成。压料装置由上顶栓和气缸组成,上顶栓与活塞杆及活塞相连接。卸料装置设在混炼室下部,由下顶栓、下顶栓开闭装置及锁紧装置组成。翻板门的开闭、上顶栓的提起与压下均由气动系统操纵,下顶栓的开启与闭合以及锁紧装置的动作由液压系统操纵。密炼机在工作时,混炼室壁、转子、上顶栓及下顶栓均须加热或冷却,因而配置有加热冷却系统。加热介质一般是蒸汽或电加热,冷却介质是水。为了防止在混炼过程中转子发生轴向移动或重新调整转子轴向位置,当转子轴承采用滑动轴承时,一般设有轴向调整装置。当采用滚动轴承时,转子轴向力由轴承承受,转子与混炼室壁间的间隙一经调定,不必再设计轴向调整装置。密炼机工作时,翻板门开启,物料由加料门加入,翻板门关闭,上顶栓在气压驱动下将物料压入混炼室,在工作过程中,上顶栓始终压住物料。混合完毕后,下顶栓开启,物料从排料口排出。排出的物料一般加入排料挤出机,可进行造粒或直接挤成片材。转子是密炼机的核心部件,转子结构是决定混炼性能的关键因素之一。传统的密炼机转子是两棱椭圆形转子,它的工作部分在任一断面均呈椭圆形,转子表面有两条螺旋凸棱,凸棱凸出转子工作部分两端向中心延伸,一条左旋,一条右旋。两条凸棱一长一短,螺旋角也不相同。转子中心有空腔,可通入加热或冷却介质。

为了增大混合能力和生产效率,发展了多棱转子,如三棱及四棱转子。目前,在上述转子的基础上,又研究出了许多新型转子,如在凸棱上开有周向沟槽的转子,在表面装有销钉

的转子。这些新型转子在减少能耗、提高混炼质量、降低混合温度等方面均有突出优点。

3. 混炼型单螺杆挤出机

单螺杆挤出机是聚合物加工工业中最重要的一类挤出机。其特点是结构简单、成本低，易于制造、性能/价格比高。它不但可用于挤出制品的生产，而且也应用于聚合物的共混改性。一台普通的单螺杆挤出机一般由下列三部分组成：

- (1) 挤压系统：它主要由螺杆和料筒组成，是挤出机的关键部分。
- (2) 传动系统：其作用是驱动螺杆，保证螺杆在工作过程中所需要的扭矩和转速。
- (3) 加热冷却系统：它保证物料和挤压系统在加工过程中的温度控制要求。

常规单螺杆挤出机螺杆一般分为三段，即具有较深螺槽且槽深不变的加料段，螺槽深度沿着出料方向由深变浅的压缩段（熔融段）以及具有较浅螺槽且槽深不变的计量段（均化段）。螺杆的尾部为一圆柱体，大小应该按照国家标准选定，尾部用一个或几个键槽或花键与传动装置相连。螺杆直径的单位为 mm，直径标准系列为 30、45、65、90、120、150、200 等。挤出机在工作状态时，螺杆可能承受很高的扭矩负载，尤其在加料段，螺杆的槽深较深，螺杆的截面积较小，有时螺杆内部还需通冷却水冷却，进一步减小了加料段的截面积。因此螺杆为了要承受很高的负载，必须采用高强度的材料。国内常采用 38CrMoAl 制造螺杆，表面经氮化处理以增强其耐磨和耐腐蚀性。

对常规单螺杆挤出机，由于螺杆槽深较深，难以提供很高的剪切速率，因而也难以提供大的剪切应变；另一方面，熔体在螺槽中向前输送时，很难不断地调整界面取向使之与剪切方向处于最佳角度（ 45° 或 135° ），因而也难以获得大的界面增长，对混合不利。此外，为了获得混合均匀的混合物，希望挤出机不但能提供良好的横向混合（即垂直于料流方向截面上的混合，是由横流引起的混合），而且能提供良好的纵向混合（料流方向的混合）。实验和理论分析的结果表明，常规单螺杆挤出机的径向混合效果差，而且物料在挤出机中的停留时间分布函数分布窄，也不能实现良好的纵向混合。

对于分散混合，其混合效果主要取决于剪切应力的大小。而要提高剪切应力，必须提高剪切速率。常规单螺杆挤出机提高剪切速率的方法有两个：一是减小熔体输送区的螺槽深度；二是提高螺杆转速。但实际上单螺杆挤出机熔体输送段的槽深不可能很小，所以难以提供高剪切区；螺杆的转速也不能很高，特别是对于那些对剪切敏感的物料，过高的螺杆转速易引起物料的降解。普通的单螺杆挤出机很难获得满意的混合分散效果，为了提高单螺杆挤出机的混炼效果，通常可适当增大螺杆的长径比，但过大的长径比会给制造和装备带来困难。所以，一般通过对普通螺杆进行改进的方法，即采用新型螺杆，以提高剪切速率、延长混炼作用时间和加强对混合物料的分割和扰动，从而提高混合分散效果。

新型螺杆的种类很多，有些结构的新型螺杆是为了提高塑化能力和塑化质量，有的则是为了提高均化质量和混合质量。常见的几种新型螺杆（元件）按其结构和工作原理可分为：分离型螺杆、分流型螺杆、屏障性螺杆、静态混合器等。但这些新型螺杆由于结构复杂，制造维护成本较高，应用并不广泛。

4. 双螺杆挤出机

双螺杆挤出机在聚合物加工、改性中已经得到了越来越广泛的应用,是目前塑料改性最主要的设备。随着对啮合同向双螺杆挤出机要求的提高,已出现新一代高速大扭矩双螺杆挤出机,螺杆转速高达 $600 \sim 1200\text{r/min}$,这将大大促进新型螺杆元件的研制和更优螺杆构型的设计,也会对传统系统、控制系统、螺杆、机筒的材质提出更高的要求,更会促进挤出理论的发展。

双螺杆挤出机的种类很多,为揭示其本质可以从不同角度进行分类,如啮合与否,两根螺杆在啮合区螺槽是开放还是封闭,两根螺杆的旋转方向是同向还是异向,螺杆是圆柱形的还是锥形的,或两螺杆轴线是平行还是相交等。在塑料改性中绝大部分使用的是啮合同向平行双螺杆挤出机。

双螺杆挤出机主要有以下技术参数。

(1) 螺杆直径。对于平行双螺杆挤出机而言,一般情况下其螺杆直径不变。螺杆直径是指螺杆外径,用 D 表示,单位 mm 。与单螺杆挤出机一样,双螺杆挤出机的螺杆直径是一个重要技术参数,它的大小在一定程度上表示出双螺杆挤出机生产能力的大小。螺杆直径越大,生产能力越大。

(2) 螺杆长径比。螺杆长径比系指螺杆上有螺纹部分的长度(即螺杆有效长度)与螺杆直径之比,用 L/D 表示,其中 L 为螺杆有效长度, D 为螺杆直径。对啮合同向积木式双螺杆挤出机来说,由于其螺杆长径比可以变化,因而在产品样本上的长径比应当指最大可能的长径比。对于啮合异向旋转锥形双螺杆挤出机,由于其螺杆直径是变化的,因而其长径比规定为螺杆的平均直径和螺杆的有效长度之比,这里的平均直径是其大端直径和小端直径的平均值。

螺杆长径比也是一个重要技术性能参数,在一定意义上它表示出双螺杆挤出机能完成特定生产任务和功能的能力(与螺杆转速、加料量一起),也能表示出生产能力的大小。但应当指出,长径比这个概念已没有在单螺杆挤出机中那么重要,除了适于特定的任务外,已不是长径比越长,其生产能力越高了(双螺杆挤出机的生产能力更多地决定于螺杆直径、螺杆转速、螺杆构型和加料量)。

(3) 螺杆的转速范围。双螺杆挤出机的螺杆转速一般都能无级调节,其螺杆有一个最低转速和最高转速。目前最高转速可达 1000r/min 以上。转速越高,剪切力越大,产量越大。

三、切粒设备

改性塑料常以粒料形式供应塑料加工厂制造各种塑料制品,因此需要使用切粒机。切粒机一般与挤出机连用组成粒料生产线。

从挤出机多孔口模挤压出来的熔融料条可经过冷切或热切两种方式造粒,热切又可分为空气中切粒和水中切粒两种。常见切粒方法的应用范围与生产能力见表 1-1。