

塑料加工入门丛书

塑料挤出成型入门

张振英 编



材料加工入门丛书

塑料挤出成型入门

张景周 编



416

TQ320.66

Z36c

塑料加工入门丛书

张振英 编

塑料挤出成型入门

浙江科学技术出版社

塑料加工入门丛书

主 编：张玉龙

副主编：（按姓氏笔画排列）

王忠法 刘寿华 李长德

宋学智 何炜德 张振英

杨淑丽

图书在版编目(CIP)数据

塑料挤出成型入门/张振英编. —杭州:浙江科学技术出版社,2000.3

(塑料加工入门丛书)

ISBN 7-5341-1263-X

I. 塑... II. 张... III. 塑料成型:挤出成型
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14610 号

前 言

随着我国塑料加工工业的迅速发展，塑料制品广泛应用于工业、农业、交通运输、军工、文教卫生和人民日常生活的各个领域，因此，关注塑料制品成型的人们日益增多，尤其是对塑料挤出成型的关注更为迫切。为了满足各行各业的人员了解、掌握塑料挤出成型基本知识的渴望，特编写了《塑料挤出成型入门》一书。意在使有志从事塑料挤出成型的初学者，通过对本书的学习，能够对塑料挤出成型的过程和具体方法有一个最起码、最基本的了解。因为着眼于实用，所以在叙述上较为详细地介绍了塑料挤出成型设备、各种挤出制品的原材料配方、生产工艺等。而对理论和目前尚未推广的国内外先进技术则较少述及。由于本书主要是面向初学者或初始从业者，或作为中等专业学校、技工学校相关专业教材，因此，在文字表达上，力

求通俗易懂，以期使不具备专业基础知识的读者也能看懂，并在日后实际生产中能逐渐深化。

在本书编写过程中，得到了何杰工程师、杜国源研究员、李永先高工的热情帮助和大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，敬请广大读者予以批评指正。

编者

2000.1

第一章 概论

挤出成型是在挤出机中通过加热、加压而使物料以熔融流动状态连续通过口模成型的方法。挤出制品都是连续的形体,如管、棒、板与片、单丝、薄膜、打包带、异型材、网、电线电缆包覆层等,此外,还可用于塑料的共混改性、造粒、着色等。

挤出成型的主要设备是挤出机,此外还有其他辅助设备。挤出成型是塑料加工工业中的主要方法之一,它适用于各种热塑性塑料的加工。据不完全统计,目前世界上用于挤出成型的塑料占塑料制品总量的 1/3 以上。挤出成型发展的总趋势是向大型化、高速化、多功能化和全自动化方向发展。

第一节 挤出成型在塑料加工中占有的位置

塑料的成型方法很多,主要有挤出成型、注射成型、吹塑成型、模压成型、压延成型、压制成型、浇铸成型、挤拉成型、发泡成型等,其中挤出成型是塑料加工工业中较早、较重要的方法之一。其用途较广、覆盖面大,它基本上可以加工所有的热塑性塑料和少数几种热固性塑料。

挤出成型与其他成型方法相比,具有以下特点:

- (1) 设备成本低,投资少,便于土法上马。
- (2) 生产操作简单,工艺容易控制。
- (3) 占地面积小,生产环境清洁。
- (4) 挤出成型的制品密实,均匀。

(5) 生产效率高。

(6) 可以连续化生产。能生产较长的管材、板材、型材、薄膜等。

(7) 可以一机多用。一台挤出机往往只需要更换机头和辅机，就能加工多种型材。

(8) 可以进行综合性生产。现代挤出机能用于塑料的共混改性、纤维增强、造粒、着色等。

除上述特点外，挤出机还可以与其他设备配合生产各种产品，例如，挤出机与压延机或吹塑机配合，可生产压延薄膜；与压机配合，可以生产各种压制件等。可以看出，挤出成型在塑料加工中占有相当重要的地位，而且挤出成型也会伴随塑料工业的快速发展，具有更广泛的应用前景。

第二节 挤出成型塑料制品及其应用

挤出成型的塑料制品有软管、硬管、软板、硬板、单丝、薄膜、异型材、复合管材、电缆包覆层、金属管材和板材的包覆层、发泡型材、发泡板材、网、棒以及其他各种特殊型材等。这些制品用于各工业部门：在包装工业中，广泛用于食品、棉花、纺织品、药品、化肥、水泥、化学物品、精密仪器、日常用品等的包装；农渔业中用于育秧、排灌、渔网、绳索；车辆、船舶工业中的仪表、车门、内衬、水管、排气管、输油管、缆绳、顶棚、嵌条、甲板、扶手等；化学工业中的贮槽、反应釜、管道、烟囱等；电子通讯工业中的电线、电缆绝缘层及热护套等；建筑业中的壁板、地板、窗框、屋顶、给排水管、隔音隔热材料及家具等；医疗卫生工业部门的食道、尿道、输血管及其他医用器具等。

随着我国塑料工业的发展，挤出成型制品的应用已普及到国民经济的各个领域，并在尖端科学技术领域发挥着越来越重要的作用。

第三节 我国的塑料挤出成型机械工业

挤出成型是塑料成型加工中的相当重要的方法之一。我国自 20 世纪 50 年代末开始生产塑料挤出机，目前其生产厂家已发展到几十家。其中较大的生产厂家分布在上海、武汉、大连和山东等地。从产量来看，单螺杆挤出机的产量较大，约占挤出机总量的 80%~85%。螺杆直径从 15~300 毫米，多数挤出机的螺杆长径比为 20~25，也有更大一些的。在螺杆设计上，国内开发了多种新型螺杆，如分离型、屏障型等。

对于双螺杆挤出机，国内已有许多厂家生产，螺杆直径从 25 毫米到 200 毫米，共 20 多个产品规格，已能生产异向旋转双螺杆挤出机、同向旋转双螺杆挤出机等。锥形双螺杆挤出机也有厂家生产。近几年，行星式挤出机也已试制成功。

挤出机辅机是挤出机生产线的重要组成部分，挤出制品最终要利用这些辅机才可以完成。在挤出成型所用的辅机中，我国已能生产吹塑薄膜、流延薄膜、软管、硬管、波纹管、电缆包覆层、单丝、扁丝、打包带等辅机。它们在挤出成型中起着重要作用。

据资料介绍，我国的挤出机生产基本上能满足国内需要，而且还有出口。

第四节 塑料

在塑料的挤出成型过程中，工艺条件、设备参数和加工的原料之间有着密切的关系。一般说来，不同塑料要求不同的成型设备和工艺条件，但是同样的成型设备，只要配合适当的工艺条件，却又能加工不同的塑料。所以在工作中要正确处理工艺、设备和原料之间的关系。

对初学者来说，了解和掌握塑料的基本知识、基本性能、包括所用助剂在内的各种组分等，对于设计和选择合理的成型设备和工艺条件是非常重要的。下面简要介绍塑料和树脂的定义、塑料的组分与分类、塑料的基本性能和主要品种。

一、塑料与树脂的定义

1. 塑料 塑料是以合成树脂(如聚氯乙烯、聚丙烯等)为主要成分,通常还含有添加剂(如增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂、着色剂等),在加工过程中能流动成型,并在常温下能保持形状不变的材料。

2. 树脂 树脂在受热时通常能够软化或熔融,在软化时,受外力作用而产生流动倾向,常温下为固态或粘稠状液体的有机聚合物。一般说来,作为塑料基材的任何聚合物都可称之为树脂。

树脂可分为天然树脂和合成树脂。天然树脂系从动植物中分泌出的一种无定形有机物(如松香、虫胶等)。合成树脂是由低分子材料在一定温度条件下聚合而成的高分子化合物。原料主要来源于大自然中的煤、石油、天然气和众多农副产品,因而其来源丰富,可大量生产。

树脂在塑料中的作用是将塑料中的各组分结合起来，它对塑料的物理机械性能起决定性作用。树脂是塑料的主体材料，在不使用其他添加剂时，树脂亦可称为塑料。因此，塑料一般以树脂的名称来命名，另外，人们也可以根据塑料制品的性能要求来不断改进合成树脂的性能。

二、塑料的组成和分类

1. 组成 塑料的主要成分为合成树脂，约占总量的40%~100%。一般情况下，塑料的基本性能主要取决于所用树脂的性能。但大部分塑料中需加入各种助剂(也称添加剂)，以改进塑料的加工性能和使用性能。助剂在一定程度上对塑料的力学性能、物理性能和加工性能起重要作用。有些塑料也可不加任何助剂，这样的塑料叫做单组分塑料，否则即为多组分塑料。

2. 分类 塑料的品种很多，分类方法也很多，但目前尚无确切的分类方法。一般情况下可按塑料的物理化学性能、塑料的用途、成型方法、塑料的半制品和制品等4种方法分类。具体地说，按照塑料的物理化学性能可将其分为热塑性塑料(如聚氯乙烯、聚乙烯等)和热固性塑料(如酚醛、环氧等)；按用途可分为通用塑料(聚丙烯、聚乙烯等)和工程塑料(如尼龙、聚砜等)；工程塑料还可细分为通用工程塑料和特种工程塑料。按塑料的成型方法可分为模压塑料、层压塑料、注射、挤出和吹塑塑料、浇注塑料、反应注射成型模塑料等，按塑料的半制品和制品可分为模塑粉、增强塑料、泡沫塑料和薄膜等。

三、塑料的基本性能

塑料的资源丰富、品种多、易着色、用途广，其中某些特征是其他材料所不可比拟的，综合起来，可归纳为如下几点：

1. 质量轻、强度高 塑料的密度一般为 $0.9\sim 2.0$ 克/厘米³, 约为钢铁的 $1/8\sim 1/4$, 铝的 $1/2$ 。各种泡沫塑料的密度更小, 约为 $0.01\sim 0.47$ 克/厘米³。塑料的比强度高。如果按单位质量计算强度, 某些增强塑料可接近甚至超过钢材。

2. 优良的耐化学药品性 塑料具有良好的耐酸和碱的腐蚀性能。尤其是聚四氟乙烯的耐腐蚀能力比黄金还要强, 能耐腐蚀黄金的“王水”, 因而聚四氟乙烯被人们称之为“塑料王”。

3. 优良的电绝缘性能 大多数塑料具有极小的介电损耗和优良的耐电弧特性, 在这方面可与陶瓷、橡胶等材料相媲美。

4. 良好的隔音、减振性能 由于某些塑料具有良好的柔韧性和弹性, 当它受到外部多次机械冲击和振动时, 材料内部可将机械能转变成热能, 因此, 工程上将它作为减振、隔音材料使用。

5. 好的透明和透光性 多数塑料具有透明性和透光性, 可用于制造透明制品, 其中聚甲基丙烯酸甲酯类塑料的透明度像玻璃一样, 被称之为有机玻璃; 聚氯乙烯、聚乙烯等可制成透明、透光性塑料薄膜, 大量作为农用薄膜和包装材料使用。

6. 低摩擦性 许多塑料具有很小的摩擦系数, 优良的耐磨性和自润滑性, 尤其是聚甲醛、聚四氟乙烯的这些性能更为突出。在耐磨塑料中添加一定量的固体润滑剂和填充剂时, 可使耐磨性能得到进一步提高。

除上述性能外, 塑料还具有成型加工容易, 品种多, 价格便宜等优点, 但其缺点是机械强度和耐热性稍差, 热膨胀系数大, 易老化等。塑料的这些缺点使它在某些领域的应用受到一定限制, 但是, 随着塑料工业的发展和科研工作的不断深入, 经掺混、改性、增强等途径正在逐步克服这些缺点。性能优异的工程塑料和各种复合材料已大量出现, 从而拓宽了塑料在工业、

农业和军事领域的应用。

四、塑料品种

挤出成型使用较多的是聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚碳酸酯、聚酰胺、聚砜、氯化聚醚、聚甲醛、发泡聚苯乙烯、发泡聚氯乙烯等。另外，环氧树脂、酚醛和蜜胺等热固性塑料也可挤出，但需要使用柱塞式挤出机高压挤出，难度较大。下面简要介绍几种主要塑料：

1. 聚氯乙烯 聚氯乙烯塑料常被写成PVC,是我国发展较早、产量较大、用途广泛的热塑性塑料。它是由聚氯乙烯树脂与增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂、着色剂等助剂制成。改变助剂的品种和配比，可制得各种性能不同的软、硬质产品。

聚氯乙烯塑料的挤出工艺流程见图 1-1。

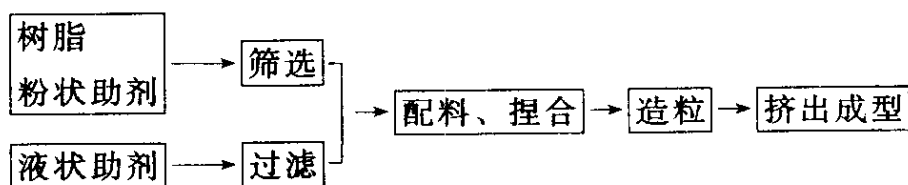


图 1-1 聚氯乙烯塑料挤出工艺流程

筛选和过滤是除去原料中所含的各种机械杂质和不易塑化的物质。捏合是将树脂、增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂和颜料等进行充分混合均匀。捏合对于聚氯乙烯塑料挤出成型来说，是很重要的一道工序。

聚氯乙烯属非结晶型塑料，其挤出成型温度应控制在 160~180℃之间。由于其熔融温度高于分解温度，因此成型有一定困难，需加入增塑剂降低熔融温度，加稳定剂提高热分解温度，使它易于成型。聚氯乙烯塑料的挤出制品有管材(硬管、软管)、板材(硬板、软板、瓦楞板)、异型材、单丝(窗纱丝、绳索丝)、扁丝、薄膜、打包带、运输带、电线电缆等。

2. 聚乙烯 聚乙烯常被写成 PE，它是由乙烯单体聚合而成，是产量大、应用普遍的塑料之一。聚乙烯树脂是无臭、无毒的白色粉末，一般成型用的是经挤出造粒的粒料。

聚乙烯的熔融弹性比聚氯乙烯大，设计挤出机头时不能忽视，否则无法制得尺寸准确的产品。除此之外，聚乙烯的挤出无什么特殊要求。

3. 聚丙烯 聚丙烯常被写成 PP，是由丙烯单体聚合而成。它是无色、无味、无毒的粉末，一般经挤出造粒后方可用于挤出成型。

聚丙烯的成型温度高于聚乙烯，挤出温度随制品形状及加工设备而异，一般为 180~260℃。其熔融流动性好于聚乙烯。聚丙烯凝固速度较快，易产生内应力，成型时应注意。

聚丙烯在挤出过程中易结晶，以致影响其透明性和机械性能。为制得透明制品，制品从机头挤出后立即进行冷却。能迅速冷却到 0℃ 左右较好，一般冷却到 20~40℃ 左右即可。

聚丙烯可用于制造管、板、膜、丝、带等。

4. 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) 它是在聚苯乙烯塑料改性的基础上发展起来的一种热塑性塑料。

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物是呈微黄色、不透明、无毒、无味的塑料。它是由 3 种组分构成，所以具有 3 种组分的综合性能。其中丙烯腈可赋予树脂较高的强度、耐热性、耐化学腐蚀性；丁二烯可使树脂具有弹性和良好的冲击强度；苯乙烯使树脂具有优良的耐热性和流动性，因此，变化 3 种组分的配比可控制丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物的性能。

丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物易吸水，成型前必须预干燥，否则制品易产生气泡。丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物的挤出成型温度为 160~210℃。其熔融粘度比硬聚氯乙烯小，热稳定性

好，因而成型性能较好。

5. 聚酰胺 聚酰胺俗称尼龙，在国内外都作为主要工程塑料使用。尼龙有多个品种，较常用的有尼龙 6、尼龙 11、尼龙 12、尼龙 66、尼龙 610、尼龙 1010 等。除此之外，还有许多改性品种，如玻纤增强尼龙、粉末尼龙、单体浇铸尼龙、共聚改性尼龙、芳香尼龙等。这些品种已实现商品化。

尼龙是结晶聚合物，结晶度取决于相对分子质量、熔体的冷却速度等。尼龙的主要特征是机械性能优异，如拉伸强度高，韧性好，能耐反复冲击震动；使用温度范围在 $-40\sim 100^{\circ}\text{C}$ ；耐磨性能好，摩擦系数低，优异的自润滑性；电绝缘性好，耐电弧；易着色且无毒；耐油，耐烃类、酯类等有机溶剂，耐弱碱，但不耐酸和氧化剂，以及水和醇类等极性溶剂；易成型加工。其缺点是吸水率高，尺寸稳定性较差。可通过增强、填充等改性方法克服这些不足，并可使其他性能有较大提高。

尼龙的挤出成型温度为 $190\sim 290^{\circ}\text{C}$ 。可用突变型螺杆。螺杆应长些，螺槽浅些，否则挤出量不稳定。另外，在挤出时应注意漏料和因自重而下垂的现象。为使挤出容易，要选择聚合度高的尼龙品种。

6. 聚甲醛 聚甲醛塑料是一种无支链、高密度、高结晶性的线型聚合物。其主要原料是三聚甲醛。它是继聚酰胺之后发展的一种性能优良的热塑性工程塑料。它具有优良的综合性能，不少方面超过了聚酰胺。

聚甲醛有均聚甲醛和共聚甲醛两种。均聚甲醛的结晶度高，与共聚甲醛相比，密度大，熔点高，机械性能好，其缺点是热稳定性较差，易分解，成型温度范围狭窄。挤出成型应选择相对分子质量较大的聚甲醛，挤出温度控制在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。挤出成型设备的受热件不要用铜制造，因为铜能加速聚甲醛分解。所

用塑料的含水量大于 0.25% 时需进行预干燥。

聚甲醛挤出成型用螺杆，以等螺距的计量型螺杆较好，其长径比为 20~24，计量部分约为螺杆总长的 1/4，压缩比 3~4 较好。对不同品级来说，螺杆的结构应略有不同，如高粘度聚甲醛，以采用深槽螺杆为好，中粘度料采用浅槽螺杆较好。

7. 聚碳酸酯 聚碳酸酯是无色或微黄色的透明塑料。它具有优良的冲击韧性、电绝缘性和良好的透明性，尺寸稳定性高，易加工，用途广。

聚碳酸酯可用挤出、注射等工艺成型。尽管聚碳酸酯的吸水性小，但微量水分会使制品产生气泡、银丝、斑痕等，所以在成型前应进行预干燥。由于聚碳酸酯的成型温度接近分解温度（320℃），长时间过热会变质，因此，聚碳酸酯挤出成型时应严格控制温度。一般说来，聚碳酸酯的挤出成型温度范围，机头为 220~240℃、机筒为 220~260℃。另外，还应注意，若冷却过快，易产生应力集中，对机械性能有直接影响。

8. 聚砜 聚砜的英文缩写为 PSU，是一种非结晶性热塑性工程塑料。其特点是耐热性优良，耐蠕变等机械性能及电性能优异。

聚砜类塑料较易吸湿，在成型前要进行干燥，以除去水分。

聚砜采用挤出成型法可制成各种管、棒、板、薄膜和电线包覆等。它的挤出成型温度范围一般为 315~370℃，但在成型薄膜和电线包覆时所需温度较高，一般为 400℃。

聚砜挤出成型时螺杆长径比一般为 20 左右，压缩比为 2.5~3.5，端头加热器的温度应控制在 315~370℃。

聚芳砜和聚醚砜塑料也是聚砜类塑料。聚芳砜的挤出成型螺杆转速为 29~90 转/分。料筒温度：后部为 232~260℃、中部为 260~316℃、前部为 316~343℃；口模温度为 343℃。但

在成型薄膜和电线包覆时，上述各项温度要相应增加 28～55℃。

聚醚砜通常采用单螺杆挤出机，其螺杆长径比为 24，料筒温度后部为 180℃、中部为 330℃、前部为 330～350℃。

第五节 塑料助剂

塑料助剂又叫塑料添加剂，它是塑料在成型过程中所需添加的辅助化学物质，加入助剂的目的是改善塑料的性能，或降低成本。常用助剂有增塑剂、稳定剂、润滑剂、填充剂(填料)、阻燃剂、着色剂等。

一、增塑剂

加入塑料中能提高塑料塑性和柔韧性的低挥发性物质，称为增塑剂。增塑剂能降低树脂的软化温度、熔融温度和玻璃化温度，降低熔体的粘度，增加其流动性，从而改善塑料的成型性能。它和塑料一般不发生化学反应，而是靠它们之间的相容性形成均一体系。

增塑剂的分类方法很多，常见的分类方法见表 1-1。

对挤出成型的塑料来说，使用增塑剂最多的是聚氯乙烯。常用聚氯乙烯增塑剂的性能及使用情况见表 1-2。