

塑料产品设计与制造 简明手册

李钟猛 编

西安电子科技大学出版社

塑料产品设计与制造 简明手册

李钟猛 编

西安电子科技大学出版社

1994

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本手册全面地介绍了塑料产品设计与制造的基本知识,包括塑料的品种、性能、工艺特性、主要用途;塑料成型加工方法的原理、适用范围;塑料产品的装配方法、装潢修饰、结构设计、强度计算,以及塑料产品的造型设计和色彩设计等内容。

本手册是一部内容广泛、实用性强的塑料产品设计与制造方面的工具书,并尽量采用图表形式,数据力求实用,便于读者设计时查阅。

本手册可供从事塑料产品设计、模具设计、工艺设计等工作的技术人员使用,对从事塑料技术管理工作人员、科研人员以及大专院校有关专业的师生也有一定的参考价值。

塑料产品设计与制造简明手册

李钟猛 编

责任编辑 夏大平 马乐惠

西安电子科技大学出版社出版发行

西安电子科技大学印刷厂印刷

新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 43 8/16 字数 1045 千字

1994 年 2 月第 1 版 1994 年 2 月第 1 次印刷 印数 1—4 000

ISBN 7-5606-0237-1/TQ·0001

定价: 32.00 元

序

如同人们曾按生产工具所采用的材料，将人类以往的历史时期划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代一样，我们不妨将目前所处的时代叫做塑料时代。本世纪初才出现的三大合成材料之一——塑料，在短短的几十年里，由于它具有一系列的优异特性而获得了迅猛的发展。它的应用领域已经渗透到了农业、轻工业、重工业、航空航天、国防工业，直到包含人们日常生活用品在内的国民经济的各个部门。

解放以来，特别是近十年，我国的塑料工业有了长足的发展。高分子合成、塑料加工和塑料机械三大门类工业都逐步形成了具有一定规模的、较为完整的体系。塑料加工工业的发展更是蓬蓬勃勃，方兴未艾。塑料产品的类型、品种、结构、形状、尺寸简直是变化无穷，日新月异。随着塑料产品生产的发展，对塑料产品的设计提出了愈来愈高、愈来愈多、愈来愈新的要求。为了适应这一要求，李钟猛同志积多年教学、科研、生产的丰富的实践经验，在广泛搜集、系统归纳、精心整理大量国内外相关资料的基础上，紧密结合我国塑料产品生产的实际，编写了这本《塑料产品设计与制造简明手册》。

本手册的最大特点是以设计为主线，着力于实用。它包容了塑料的种类及特性、成型加工方法、装潢修饰、装配方法、结构设计、强度计算、造型设计等塑料产品设计的各个阶段、各个方面的系统内容。图表结合、扼要说明的表述方式，充分体现了它的实用性。深信本手册定是从事塑料产品设计、塑料模具设计、塑料工艺设计工作的技术人员的大力助手，也是塑料技术管理人员、科学研究人员和大专院校有关专业师生的实用的参考工具书，同时也是广大乡镇企业有关技术人员的重要参考资料。

郑品森

1991. 10. 28

前 言

近年来,我国塑料工业得到了高速的发展,无论是塑料品种的开发,应用领域的拓宽,塑料成型加工工艺的采用,还是塑料成型模具的设计及制造,塑料成型机械的研制,塑料产品装饰手段的运用等方面都取得了长足的进步。

塑料产品设计是一项相当复杂的技术与艺术有机结合的创作活动,它涉及到塑料的选用、产品的结构设计及尺寸计算、产品的艺术造型及装饰手段、塑料成型加工工艺、塑料产品的装配方法、模具设计等方面的内容。塑料产品设计对于开拓新的应用领域,保证产品质量,降低制造成本,提高产品的市场竞争能力等都具有十分重要的意义。但是,目前国内系统介绍塑料产品设计的专著尚属少见。

为了满足社会需要,编者试图以塑料产品的结构设计和艺术造型为主线,将塑料的选用、产品的尺寸计算、成型加工工艺的确定以及装饰手段的运用等方面的知识连串起来。这种探索性的尝试旨在为塑料产品设计人员提供技术设计和艺术造型设计等系统内容及实用参考资料,以提高设计人员的技术水平和艺术水平。

本手册所安排的内容,其目的在于使产品设计人员能够根据产品用途及工作条件,合理选择塑料品种,结合该产品所可能采用的成型加工方法,正确进行结构设计及尺寸计算;并在此基础上对产品进行艺术造型和必要的装潢修饰,从而使产品取得实用、美观、经济的效果。

在手册的编写过程中,笔者参阅了大量的国内外有关资料,并进行了认真的整理和归纳。在编排方式上,尽量采用图表的形式,辅以简明扼要的说明,以求直观醒目,查阅方便。书中所用术语、单位、标准等,也尽量采用国际标准、单位以及我国新近颁布的标准。

在本手册的编写过程中,一直得到西安电子科技大学出版社的领导和杨兵、夏太平、马乐惠编辑的热情鼓励及大力帮助;承蒙郑品森教授在百忙中审阅了本手册的内容并为手册作序;林伯清同志为本手册绘制了全部插图,在此一并表示诚挚的感谢。

由于本手册涉及面广,内容繁多,加之编者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和错误,殷切希望广大读者批评指教。

编 者

1991年11月

目 录

第一章 塑料概论	(1)	一、聚苯乙烯(PS)	(71)
第一节 塑料工业发展概况	(1)	二、聚氯乙烯(PVC)	(78)
一、国外塑料工业发展概况	(1)	三、聚乙烯(PE)	(98)
二、我国塑料工业发展概况	(4)	四、聚丙烯(PP)	(114)
第二节 塑料的成分	(5)	五、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)	(131)
一、树脂	(6)	六、聚氨酯塑料(PUR)	(135)
二、填充剂	(6)	第四节 工程塑料	(138)
三、增塑剂	(6)	一、工程塑料的分类	(138)
四、着色剂	(7)	二、聚酰胺(PA)	(138)
五、稳定剂	(7)	三、ABS	(146)
六、润滑剂	(8)	四、聚碳酸酯(PC)	(152)
第三节 塑料的特性	(8)	五、聚甲醛(POM)	(159)
一、质轻	(8)	六、聚苯醚(PPO)	(163)
二、比强度高	(9)	七、热塑性聚酯树脂及塑料	(165)
三、消声耐磨	(10)	八、聚砜(PSF)	(169)
四、优异的化学稳定性	(10)	九、氟塑料	(174)
五、卓越的光学性能	(10)	十、其它工程塑料	(191)
六、理想的绝缘性能	(11)	第三章 塑料的成型加工方法	(194)
七、多种防护性能	(11)	第一节 概述	(194)
八、可贵的粘接性能	(12)	一、产品设计与成型加工	
第四节 塑料的分类	(12)	方法的关系	(194)
第五节 塑料及树脂缩写代号	(13)	二、塑料成型加工方法的分类	(194)
第六节 塑料产品的分类	(16)	三、各种塑料适应的成型方法	(197)
第七节 塑料产品设计程序	(18)	第二节 塑料的工艺性能	(197)
第二章 合成树脂与塑料	(20)	一、塑料的成型特性	(198)
第一节 概述	(20)	二、塑料的工艺性能	(207)
一、塑料的性能	(20)	第三节 塑料的模塑成型方法	(215)
二、塑料供应状态	(27)	一、压制成型	(215)
第二节 通用热固性塑料	(28)	二、注射模塑	(216)
一、酚醛塑料(PF)	(28)	三、层压成型	(219)
二、氨基塑料	(50)	四、挤出成型	(222)
三、环氧树脂及其塑料(EP)	(55)	五、中空吹塑成型	(228)
四、不饱和聚酯树脂及其塑料(UP)	(62)	六、压延成型	(230)
五、聚邻(间)苯二甲酸二烯		七、发泡成型	(234)
丙酯塑料	(65)	第四节 塑料的浇铸成型方法	(239)
六、有机硅树脂及其塑料	(68)	一、浇铸成型的工作原理和分类	(239)
第三节 通用热塑性塑料	(71)	二、静态浇铸	(239)

三、嵌铸	(241)	二、塑料产品印刷前的表面处理	(318)
四、离心浇铸	(242)	三、塑料薄膜的凸版印刷	(321)
五、塑性溶胶的浇铸成型	(243)	四、塑料薄膜的凹版印刷	(325)
六、流涎铸塑	(245)	第五节 塑料产品的热转印	(339)
第五节 玻纤增强热固性塑料的低压 成型方法	(245)	一、热转印的工作原理及其特点	(339)
一、玻纤增强热固性塑料所用树脂 及玻璃纤维	(246)	二、热转印机械	(340)
二、手糊成型法	(246)	三、烫印箔	(342)
三、袋压成型法	(248)	四、烫印模具	(345)
四、缠绕成型法	(249)	五、烫印胎具	(346)
五、其它低压成型方法	(252)	六、烫印方法及对塑料产品的要求	(349)
第六节 热塑性塑料的热成型	(253)	第六节 塑料产品的其它彩饰工艺	(352)
一、热成型的工作原理和特点	(253)	一、溶剂增光	(352)
二、模压成型	(254)	二、模内装饰	(352)
三、真空成型	(256)	三、轧印	(353)
四、气压成型	(257)	四、喷花	(354)
五、复合差压成型	(258)	五、填漆和彩绘	(355)
第七节 塑料的机械加工	(259)	六、热贴印	(355)
一、塑料机械加工的特点和 切削性能	(259)	七、模具型腔皮纹的腐蚀工艺	(356)
二、塑料的几种主要切削 加工方法	(261)	第七节 塑料产品的表面金属化	(359)
三、塑料产品表面的机械修饰	(263)	一、概述	(359)
第八节 金属的塑料涂覆	(264)	二、化学沉积法(化学镀法)	(359)
一、涂覆前金属的表面处理	(265)	三、电镀法	(365)
二、塑料涂覆的方法	(266)	四、真空镀膜法	(372)
第四章 塑料产品的装潢修饰	(269)	五、喷镀法	(378)
第一节 塑料着色	(269)	第五章 塑料产品的装配方法	(380)
一、着色的功能	(269)	第一节 机械连接	(380)
二、着色剂	(272)	一、螺纹连接	(380)
三、着色工艺方法	(279)	二、铆钉连接	(383)
第二节 涂料涂饰	(300)	三、铰链连接	(383)
一、涂料涂饰的特点	(300)	四、夹扣和搭扣连接	(385)
二、塑料产品涂饰前的表面处理	(300)	五、钩圈扣件连接	(385)
三、涂料	(301)	六、嵌件连接	(385)
四、涂料涂饰方法	(309)	第二节 焊接	(388)
第三节 塑料薄膜的复合	(311)	一、概述	(388)
一、复合薄膜的结构和特性	(311)	二、热气焊接	(389)
二、复合薄膜的制造方法	(314)	三、摩擦焊接	(396)
第四节 塑料产品的印刷	(317)	四、感应焊接	(396)
一、塑料产品的印刷分类和 印刷版式	(317)	五、加热工具焊接	(398)
		六、超声波焊接	(400)
		七、高频电流焊接	(402)
		第三节 粘接	(404)
		一、概述	(404)
		二、粘合剂的分类	(404)

三、粘合剂的选择	(407)	五、塑料容器设计	(534)
四、活性粘合剂的特点、型号和 生产厂家	(418)	第七章 塑料机械零件强度计算	(545)
五、粘接接头的形式	(420)	第一节 塑料齿轮强度计算	(546)
六、粘接前接头的表面处理	(423)	一、概述	(546)
第六章 塑料产品结构设计	(426)	二、塑料齿轮强度计算	(549)
第一节 塑料产品的结构工艺性	(426)	第二节 塑料轴承强度计算	(554)
一、塑料产品的尺寸精度和表面 粗糙度	(426)	一、压配过盈量的确定	(554)
二、塑料产品的形状	(431)	二、塑料轴承的配合间隙	(555)
三、脱模斜度	(433)	三、尼龙轴套设计注意事项	(558)
四、壁厚及其均匀性	(434)	四、塑料轴承的强度和刚度计算	(560)
五、加强肋	(437)	第三节 塑料容器计算	(564)
六、支承面	(440)	一、硬PVC内压圆筒形容器计算	(564)
七、圆角	(441)	二、玻璃钢内压圆筒形容器计算	(568)
八、孔	(441)	第四节 塑料管件及其附件计算	(574)
九、螺纹	(444)	一、管件壁厚计算	(574)
十、凸凹纹、标记及符号	(446)	二、阀杆手轮计算	(575)
第二节 金属嵌件	(449)	三、热延伸补偿器(膨胀节)计算	(576)
一、金属嵌件的用途及其形式	(449)	第五节 塑料螺纹零件强度计算	(576)
二、带有嵌件的塑料产品 典型结构	(450)	一、联接螺纹计算	(576)
三、嵌件设计要点	(452)	二、传动螺纹计算	(579)
第三节 电镀、油漆、烫印产品的 结构特点	(455)	第六节 塑料零件胶接强度计算	(582)
一、电镀产品的结构特点	(455)	一、零件的胶接形式	(582)
二、喷涂产品的结构特点	(456)	二、零件胶接强度计算	(583)
三、烫印产品的结构特点	(458)	第七节 塑料零件焊接强度计算	(588)
第四节 塑料日用品设计	(459)	一、影响焊接强度的因素	(588)
一、塑料日用品的类型	(459)	二、焊接强度计算	(589)
二、塑料日用品的选材原则	(459)	第八节 塑料密封件的计算	(590)
三、塑料日用品的结构设计	(460)	一、端面密封垫圈的计算	(590)
第五节 塑料机械零件设计	(462)	二、径向密封(填料函)的计算	(593)
一、一般结构零件设计	(462)	三、旋转轴的端面密封(机械密封) 计算	(595)
二、受力结构零件的设计特点	(470)	第八章 塑料产品的造型设计	(598)
三、塑料齿轮设计	(473)	第一节 概论	(598)
四、塑料滑动轴承设计	(478)	一、塑料产品造型设计的概念	(598)
五、塑料活塞环设计	(484)	二、塑料产品造型设计的特征	(599)
第六节 塑料化工零部件设计	(487)	三、塑料产品造型设计的 基本原则	(601)
一、塑料的耐腐蚀性能	(487)	第二节 塑料产品造型中的 美学法则	(602)
二、塑料管材及管件设计	(489)	一、比例与尺度	(602)
三、塑料阀门	(520)	二、均衡与稳定	(614)
四、塑料泵	(530)	三、统一与变化	(619)
		第三节 造型的构成	(631)

一、形态要素及其性格		二、色彩的三要素	(658)
(感情特性)	(631)	三、色彩的表示方法	(659)
二、立体构成	(635)	四、色彩的混合	(666)
三、错视	(640)	五、色彩的对比	(669)
四、塑料产品造型设计	(650)	六、色彩的调和	(670)
第四节 造型的色彩设计	(655)	七、色彩的功能	(672)
一、色彩的基本知识	(655)	八、工业产品色彩设计	(681)

第一章 塑料概论

第一节 塑料工业发展概况

一、国外塑料工业发展概况

塑料是人们利用化学方法人工合成而得的一种新型材料。自 1868 年硝化纤维素开创以来,世界塑料工业发展至今已有 120 余年历史;从 1909 年酚醛树脂工业化生产算起,只有 80 多年历史,而从塑料成为工程材料应用至今也只有 30 年的历史。最近十几年塑料工业才真正获得很大的发展。

塑料工业是一门年轻的新兴工业,它的发展历史虽然很短,但其发展速度十分惊人。据统计,1910 年全世界塑料产量只有 2 万吨,1930 年为 10 万吨,1950 年为 150 万吨,1960 年为 640 万吨,1970 年为 3 000 万吨,1980 年为 6 000 万吨,1985 年已激增到 7 648 万吨。从以上统计数据可以明显地看出,从 1930 年到 1950 年这 20 年间,世界塑料产量增加了 14 倍;从 1950 年到 1985 年的 35 年间,世界塑料产量增加了 50 多倍。自 1950 年以来,世界塑料产量增长几乎是每隔 4~5 年就翻一番。有资料预测,从现在起到本世纪末,世界国民经济生产总值的年增长率大约为 4%~5%,而世界塑料产量的年增长率将为 7%~9%,在此期间,塑料产量将增加到 5 倍,届时塑料将占全部消耗材料的 75%。

表 1-1 列出了世界有关国家 1985 年塑料产量及所占世界塑料总产量的百分数,表 1-2 列出了世界有关国家 1984 年人均塑料消耗量。

表 1-1 1985 年有关国家塑料产量

国 名	塑料产量 (万吨)	占世界塑料总 产量的百分比 (%)	国 名	塑料产量 (万吨)	占世界塑料总 产量的百分比 (%)
美 国	2 200.0	28.0	法 国	337.6	4.4
日 本	923.2	12.1	意大利	290.0	3.8
(前) 西 德	770.0	10.1	英 国	198.0	2.6
苏 联	490.0	6.4	其 他	2 438.8	31.9

塑料工业的基础原料最早是以农副产品为主,从 20 世纪 20 年代起转向以煤及煤焦油产品为主,从 50 年代起逐渐转向以石油及天然气为主,目前不少国家塑料的基本原料来源基本上是建立在石油化学工业的基础之上的。由于塑料的基本原料从煤化学转入石油化学,塑料无论是在产量、品种上,还是在成型加工技术上,都得到极其迅速的发展。

从塑料品种发展来看,20 世纪 20 年代以前主要是发展热固性塑料,从 30 年代起逐步转向以发展热塑性塑料为主;在 60 年代,工程塑料已成为研究的主要课题,发展很快,应用范围日益扩大。同时,芳杂环的耐高温塑料也向前推进了一步。现将主要品种的塑料工

业化生产的年份列于表 1-3。

表 1-2 1984 年有关国家人均塑料消耗量

国 名	人均消耗量 (千克)	国 名	人均消耗量 (千克)
芬 兰	109.0	加 拿 大	66.5
(前) 西 德	107.0	日 本	65.7
瑞 典	92.0	挪 威	49.3
美 国	83.9	英 国	42.8
澳大利亚	79.2	荷 兰	34.3
丹 麦	73.0	西班牙	31.0
法 国	69.4		

表 1-3 主要品种的塑料工业化生产的年份

工业化生 产年份	热塑性塑料	热固性塑料	工业化生 产年份	热塑性塑料	热固性塑料
1868	硝化纤维素(1833)		1938	聚苯乙烯(1869)	
1909		酚醛塑料(1872)	1938	尼龙 66(1935)	
1919	酚醛塑料(1897)		1939	高压聚乙烯(1933)	三聚氰胺甲醛塑料 (1935)
1926		苯胺甲醛塑料 (1892)	1939	聚偏氯乙烯(1933)	
1927	醋酸纤维(1865)	醇酸树脂(1901)	1941		不饱和聚酯树脂 (1935)
1929	聚醋酸乙烯(1912)	脲醛塑料(1918)	1943	聚四氟乙烯(1938)	聚硅氧烷(1931)
1931	聚丙烯酸甲酯 (1880)		1947		环氧树脂(1934)
1935	乙基纤维素(1913)		1948	聚丙烯腈(1893)	
1936	聚氯乙烯(1872)		1948	ABS 树脂(1948)	
1936	聚甲基丙烯酸甲酯 (1932)		1948	聚三氟氯乙烯 (1934)	
1936	聚乙烯醇缩醛 (1928)		1953	聚对苯二甲酸乙二醇酯 (1941)	聚氨酯泡沫塑料 (1947)

续表

工业化生产年份	热塑性塑料	热固性塑料	工业化生产年份	热塑性塑料	热固性塑料
1954	低压聚乙烯(1952)	聚邻(间)苯二甲酸二烯丙酯(1946)	1963	聚酰亚胺(1959)	
1957	聚丙烯(1954)		1965	聚苯并咪唑(1959)	
1958	聚环氧乙烷(1859)		1965	聚苯醚(1964)	
1958	聚碳酸酯(1956)		1965	聚砜(1965)	
1958	氯化聚醚(1950)		1965	聚甲基戊烯(1965)	
1959	聚甲醛(1926)		1969	聚对苯二甲酸丁二酯(1969)	
1960			1973	聚丁烯	
1962	乙丙塑料(1962)				

注：括弧内数字为发现年份。

通常，人们按塑料用途将它分成三大类：通用塑料、工程塑料、特种塑料。通用塑料的产量大(约占塑料总产量的 75%)，价格低，用途广，但性能一般，通常用作非结构材料，今后发展趋势是：增长不大，维持现状。工程塑料已成为发展重点，它的产量不大(约占塑料总产量的 5%~7%)，但其发展速度很快(平均年增长率为 15%~20%，高于通用塑料 7%~8% 的平均年增长率)，一般可作为结构材料；今后发展趋势是：扩大生产，降低成本，开拓用途。特种塑料的产量少，价格贵，用途特殊，多数品种还处于试制和小批量生产阶段，主要用于尖端科学技术和国防工业。按热性能可将塑料分为热固性塑料和热塑性塑料两大类。其中，热塑性塑料发展最迅速，产量最大(约占塑料总产量的 60%~70%)，品种最多，应用最广。

几十年前，塑料还只能作为象牙、玳瑁、宝石、牛骨等制件的代用品，可是到现在，它已成为许多工业部门不可代替的工程材料。目前，它的产量远远超过许多有色金属(铅、铜、铝、锌等)和其它天然材料(橡胶、皮革、木材等)。表 1-4 列出了几个主要国家 1979 年塑料用途分布情况。

在今后的发展中，虽然塑料新品种不断涌现，但是人们仍以改进老品种为主，通过塑料的改性，可以改善性能，扩大应用领域。改性的方法主要有共混、共聚、等规聚合、交联、填充、增强等。

表 1-4 塑料用途分布表(单位:%)

用 途 国 别	建筑	包装	电气	运输	家具	农业	玩具	日用品	机械 产品	粘合剂	其它	合计
美国	19.5	27	8	5	5	—	—	10	1.0	7.0	17.5	100
日本	14.0	25	11	8	1	2.5	1	6.0	1.0	18.0	17.5	100
(前)西德	25.0	21	15	7	5	4.0	—	2.5	—	15.0	10.0	100
法国	18.0	29	6	—	5	—	—	4.0	—	—	38.0	100
意大利	10.5	30	9	6	5.5	4.0	3	5.5	0.5	15.0	6.0	100
英国	18.0	32	11	5	7	2.0	4	2.5	2.0	—	16.5	100

随着塑料产量的提高,品种的增多,应用的扩大,促进了塑料成型加工工艺的发展。通常,热固性塑料采用浇铸、浸渍、压缩、层压、传递、低压等模塑成型工艺;热塑性塑料则采用挤出、注射、压延、吹塑、发泡等模塑成型工艺。近年来,国外挤出成型和注射成型工艺发展很快,目前正朝着高速、高效、自动化方向发展。据统计,挤出成型加工量占塑料总消耗量的30%以上,注射成型占20%以上,两者占塑料制品量的60%以上。

塑料生产的发展和应用领域的扩大,促进了塑料成型机械的不断发展。发展的重点是挤出成型机和注射成型机,目前正朝着大型、微型、高速、自动方向发展。据了解,目前超大型挤出成型机的螺杆直径高达300~420 mm,挤出的高密度聚乙烯管径可达1.5 m;最小挤出成型机挤出的细管,直径仅为人发的2倍,内径0.15 mm,壁厚0.02 mm;世界上最大的注射成型机注射量最大可达100 kg,最小注射成型机的最小注射量为0.01~0.02 g;聚氯乙烯压延薄膜可制成3 m宽的幅度。

由于塑料成型机械朝着大型化、微型化、高速化、自动化等方面发展,这就给模具设计与制造提出了更高的要求:模具的结构要与成型工艺的高速、精密、自动化相适应,并积极开展模具设计的标准化工作;利用电子计算机进行辅助设计(CAD)及辅助制造(CAM);提高模具机械加工自动化程度,大力发展模具先进加工工艺。

当前,塑料成型加工技术仍以挤出、注射成型为加工基本工艺,并以以流变学塑性理论为基础的热塑性塑料的成型加工为主导,发展其它新工艺。微电子技术塑料工业中的应用将进一步扩大,如利用电子计算机求出符合产品性能要求的最适合的配方;由电子计算机对挤出或注射成型过程中的工艺参数进行最佳控制;根据加工塑料特性,利用电子计算机设计最佳几何参数的螺杆结构。能源(高频、微波、红外线、超声波、放射线、激光等)的综合利用也将进一步应用于塑料成型加工技术中去。

二、我国塑料工业发展概况

从很多历史记载和出土文物证明,我国是最早制造和使用塑料的国家。远在两千多年以前,我国人民已经掌握了完整的脱胎漆器(福建特产的工艺品,俗称卤漆)工艺,并在建筑上应用以麻布增强的油漆。解放前,我国塑料工业基本上是个空白点,仅能生产赛璐珞、酚醛塑料、氨基塑料等少数几个品种,而且设备简陋,效率极低,原料也靠进口。

解放后,我国塑料工业从无到有,从小到大,今天已发展成为一个具有相当规模的工

业体系。许多过去进口的塑料，有的试制成功，有的投入成批生产，而且在大品种上基本齐全。60年代兴起的工程塑料，我国也很快相继研制成功，而且还根据我国实际情况，利用国产资源，独创了一种新型尼龙品种，即尼龙1010，并广泛用于工业部门。

表1-5列出了我国塑料工业产量增长情况。1980年塑料产量为103.7万吨，占世界第15位，1985年为235万吨，一跃成为世界第7位，每年按25%的速度增长。目前，我国已能生产塑料有20大类31种。

表 1-5 我国塑料工业产量增长情况(万吨)

年 类 别	1952	1957	1965	1975	1976	1977	1978
合成树脂	0.2	1.3	11.2	33.2	35.7	52.7	67.9
塑料制品	0.2	1.5	13	60.7	64.0	76.9	92.0

右续表

年 类 别	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
合成树脂	79.3	89.8	91.54	100.8	112	116	—
塑料制品	94.8	103.7	138	166	181	205	235

我国塑料工业是50年代中后期发展起来的，尤其是进入70年代以来，石油化工的发展，为塑料工业的发展创造了极为有利的条件，相继引进了6套大型合成树脂装置，为我国塑料工业增加47万吨的生产能力，而且品种、型号有了明显增加。改革开放以来，大大地加速了塑料工业的高速发展。近年来新建了多套大型合成树脂装置，生产能力成倍提高，我国塑料产量已跃居世界第五位。

我国塑料工业，从高分子合成工业到塑料加工工业、塑料机械工业、塑料模具工业都先后相继形成，并不断扩大成为一个初具规模的完整的工业体系。

但是，与世界发达国家相比，我国塑料工业还存在较大差距。1985年我国塑料产量虽然已达235万吨，但仅为当年世界塑料总产量的3%强，人均塑料消耗量也只有2.14 kg，与1979年世界人均15 kg的水平相比，存在很大差距。

第二节 塑料的成分

塑料的主要成分是树脂。最早，树脂是指树木分泌出的脂物，如松香就是从松树分泌出的乳液状松脂中分离出来的。后来发现，从热带昆虫的分泌物中也可提取树脂，如虫胶；有的树脂还可以从石油中得到，如沥青。这些都属于天然树脂，其特点是无明显的熔点，加热后逐渐软化，可溶于有机溶剂，而不溶解于水等。

随着生产的迅速发展，天然树脂不仅在数量上而且在质量上都远远不能满足需要。于是人们根据天然树脂的分子结构和特性，应用人工方法制造树脂。这就促使了塑料工业的诞生、发展和壮大，从而出现了各种合成树脂，如酚醛树脂、氨基树脂、环氧树脂、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯等。

当前,塑料中的树脂主要是合成树脂,很少采用天然树脂。

有些合成树脂可以直接用作塑料,如聚苯乙烯、聚乙烯、尼龙等;但有些合成树脂必须其中加入一些添加剂,才能作为塑料,如酚醛树脂、聚氯乙烯等。

塑料按其成分不同可分为简单组分塑料和复杂组分塑料。简单组分塑料基本上以树脂为主,有的不加任何添加剂,如聚四氟乙烯等;有的加入少量添加剂(着色剂等),如聚苯乙烯、聚乙烯等。复杂组分塑料除树脂外,还加入填充剂、增塑剂、稳定剂、着色剂等多种添加剂,如酚醛塑料粉、聚氯乙烯塑料等。

可见,一般塑料是由树脂和添加剂组成的。尽管树脂在塑料中起决定性作用,但也不能忽视添加剂的重要影响。例如酚醛塑料粉中若无填充剂,聚氯乙烯中若无稳定剂,硝化纤维素中若无增塑剂等,就不能作为塑料,而且也无法进行成型加工。

一般说来,复杂组分塑料成分如下:

一、树脂

树脂是塑料的基础成分,塑料的可塑性或流动性就是它所赋予的,它决定了塑料的基本性能,并将其它成分粘合起来,因此树脂又称粘合剂。

塑料中的树脂主要是合成树脂,其次是纤维素酯(醚),很少用天然树脂(松香、虫胶、沥青等)。树脂在塑料中占 40%~100% 的重量。

二、填充剂

填充剂又称填料,它是塑料中的另一重要的但并非必要的成分。在许多情况下,填充剂所起的作用并不亚于树脂。正确选用填充剂可以改善塑料的性能和扩大它的使用范围;此外,还能降低塑料的成本。一般填充剂的用量占塑料总量的 20%~50%。

例如,酚醛树脂中加入木粉后,既克服了它的脆性,又降低了塑料的成本,并改进了工艺性能。聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后,便成为十分价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。尼龙、聚甲醛等树脂中加入石墨、二硫化钼后,使塑料的耐磨性、耐热性、硬度及机械强度等得到全面的改进。采用玻璃纤维作为塑料的填充剂,能使塑料的机械强度大幅度提高。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能,以弥补树脂本身性能的不足。如加入金属粉后使塑料具有导电性,加入磁性材料使之具有导磁性。

填充剂按其化学性能可分为无机填料和有机填料;按其形状可分为粉状的、纤维状的和层状的。粉状填料有木粉、纸浆、石英粉、滑石粉、大理石粉、云母粉、石棉粉、金属粉等;纤维状填料有棉花、亚麻、石棉纤维、碳纤维、玻璃纤维、金属须等;层状填料有纸张、棉布、麻布、石棉布、玻璃布、木片等。

三、增塑剂

有些合成树脂(如硝化纤维素、醋酸纤维素、聚氯乙烯等)的可塑性很小,柔软性也很差。为了降低树脂的熔融温度和熔体粘度,提高其流动性,增强产品的柔软性、弹性等,通常加入能与树脂相溶的不易挥发的有机化合物,这类物质称为增塑剂。

加有增塑剂固然可以使塑料的工艺性能和使用性能均得到改善,但也降低了塑料的某些性能,如硬度、拉伸强度、压缩强度、热变形温度等。

增塑剂通常是一种高沸点液体或低熔点固体的酯类化合物,如樟脑、磷酸三苯酯、磷酸三甲酚酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、癸二酸二丁酯、癸二酸二辛酯等。由于树脂的类型不同,所用增塑剂的种类也不相同。例如,硝化纤维素中一般加入樟脑或磷酸三苯酯;聚氯乙烯使用的增塑剂为数很多,其中又以邻苯二甲酸二辛酯用得最多。

增塑剂的用量一般为5%~70%,有时高达100%。

四、着色剂

着色剂又称色料,它的主要作用是美化和装饰产品。在塑料中加入色料不仅能使塑料色彩鲜艳,同时还能改善塑料的耐候性,即提高抗紫外线的能力。例如本色聚甲醛树脂在中等程度的紫外线照射下,会导致表面粉化、龟裂和机械性能降低,用碳黑着色后就能在一定程度上有助于防止老化;又如二盐基性亚磷酸铅等颜料,能对树脂起屏蔽作用,避免紫外线射入,因此它同时又是聚氯乙烯的稳定剂。

着色剂包括染料、无机颜料和有机颜料三大类。无机颜料是不溶解的固体有色物质,是不透明的,与被着色物以机械混合方式着色,而不起化学作用。它具有良好的耐光性、耐热性及化学稳定性,但着色力差,色泽不好,如钛白粉、立德粉、铬黄、镉红、群青等。染料可溶于水或有机溶剂。它以溶解的方式分散在塑料中,在着色过程中能以分子形式扩散到树脂分子中去,甚至可以产生一定的化学反应,因而染色力极强,透明性极好,并有鲜艳的光泽,但其耐光性、耐热性及化学稳定性较差,如分散红、士林黄、士林蓝等。有机颜料介于无机颜料与染料之间,如联苯胺黄、立索尔宝红、酞青蓝等。

要使塑料具有特殊的光学性能,可在其中加入珠光色料、磷光色料和荧光色料。

着色剂的用量一般小于2%。某些情况下,其用量可低至0.01%。

五、稳定剂

凡能阻缓塑料变质的物质均称为稳定剂。在塑料中加入稳定剂的目的是为防止或抑制树脂因受到外界因素(光、热、氧等)作用所引起的破坏。稳定剂主要包括以下三类:

(一) 光稳定剂

光稳定剂包括紫外线吸收剂、光屏蔽剂等,如2-羟基-4-甲氧基二苯甲酮、水杨酸苯酯等,其主要作用是防止或抑制树脂发生光化降解。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚碳酸酯等塑料中常加入光稳定剂。

(二) 热稳定剂

热稳定剂的作用不但能抑制树脂在加工过程中的受热降解,使成型加工顺利进行,同时还能防止或抑制塑料在使用过程中受光、热、氧作用而引起的分解,提高其使用寿命。例如聚氯乙烯加热时,产生分解现象,析出氯化氢气体;这种气体对聚氯乙烯的继续分解起着催化作用,促使聚氯乙烯进一步分解,最终造成树脂的分子结构破坏。为了防止这种破坏,需加入热稳定剂。常用热稳定剂有三盐基性硫酸铅、硬脂酸钡等。

热稳定剂主要用于聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、ABS、尼龙等。

(三) 抗氧剂

许多树脂在制造、贮存、加工和使用过程中都会因氧化而加速降解,从而使塑料的性能恶化。加入抗氧剂的目的就是为了延缓或抑制氧化速度。常用抗氧剂的塑料有聚乙烯、聚

丙烯、聚氯乙烯、聚甲醛、ABS、尼龙等。

常用抗氧剂有烷叉双酚类化合物、锰盐或铜盐等。

稳定剂的用量一般为 2%~5%。

六、润滑剂

为提高塑料熔体的流动性,减少或避免对设备或模具的摩擦和粘附,以及改进产品表面质量而加入的一种添加剂称为润滑剂。酚醛塑料、聚氯乙烯、环氧塑料、氨基塑料、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、ABS、尼龙等常加入润滑剂。

常用润滑剂有硬脂酸、石蜡、金属皂类。润滑剂用量一般为 1% 以下。

当然,塑料的成分远远不止上述几种,还有防静电剂、阻燃剂、驱避剂、发泡剂、固化剂、偶联剂等。

第三节 塑料的特性

塑料工业发展如此迅速,用途这样广泛,是与它的特性分不开的。塑料的品种很多,不同品种的塑料具有不同的特性,所以人们形象地比喻塑料“像金属般的牢固,棉花般的轻盈,玻璃般的透明,有铜那样的韧性,橡皮那样的弹性,海绵那样的多孔,云母一样的绝缘”。当然,并非每一种塑料都同时具备上述所有的特性。现将塑料的特性归纳如下:

一、质轻

塑料是一种轻质材料,仅含树脂的塑料的相对密度约在 0.83~2.2 之间,多数介于 1~1.5 之间。塑料的相对密度与其中填料的种类和含量有关。最轻的塑料是聚 4—甲基戊烯(1),相对密度只有 0.83,比水还轻;最重的塑料是聚四氟乙烯,相对密度为 2.2。总的来说,塑料的平均相对密度约为铝的 1/2,钢的 1/6,铅的 1/8。

以空气或其它气体为填料的泡沫塑料,其相对密度更小,一般在 0.01~0.5 之间,几乎比软木轻 4~6 倍,比木材轻 30~35 倍。

常见塑料的相对密度列于表 1-6。

塑料的相对密度小,这对于要求全面减轻自重的车辆、飞机、船舶、建筑物、宇航器等具有特别重大的意义。

例如,一辆中型汽车用塑料制成的零件已超过 500 多种,塑料用量达 62 kg。目前已出现塑料车身的小轿车,车身重量只有 154 kg,比钢板车身轻 86 kg。国外研制的全塑自行车,车重只有 7 kg,仅是普通自行车车重的一半。

波音 747 型大型喷气式客机,其中就有 1 万多个塑料零件,使飞机重量减轻了 450 kg。一架喷气式轰炸机使用的玻璃钢部件达 1 000 多个,总重 1 t(吨)以上;国外还出现了全塑歼击机、侦察机等。

有人设计一艘载重 15 t 的小货轮,用钢制船身重 6 t,用塑料制的船身只有 1.5 t,载重量可以增加 30%。国外还出现了长 40~50 m 的大型塑料船。许多国家用塑料来制造扫雷艇、鱼雷快艇、潜艇等,现代潜艇每艘用泡沫塑料高达 50 t。

用塑料制成的房屋,冬暖夏凉,隔音绝热,抗震防震,便于搬迁,特别适用于野外工