

工程塑料

晨光化工厂 編

燃料化学
工业出版社

全书共分十章。概论中介绍了工程塑料的一般概念，工程塑料的特性，成型加工的方法，选用工程塑料的注意事项及发展趋向。其它各章介绍了聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、氯化聚醚、ABS树脂、聚醚等十几种工程塑料的原料来源、合成方法及简单工艺过程，重点介绍各种工程塑料的主要性能、应用、各种成型方法及最佳工艺条件，对各单位合理地选用工程塑料品种有所帮助。

本书可供从事工程塑料生产及成型加工的技术人员阅读，也可供选用工程塑料的部门参考。

工 程 塑 料

(只限国内发行)

晨 光 化 工 厂 编

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

北 京 印 刷 八 厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

* * *

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 13

字数 283 千字 印数 1—27,200

1973年7月第1版 1973年7月第1次印刷

* * *

书号15063·内539(化-109) 定价 1.34 元

編 者 的 話

灿烂的思想政治之花，必然结成丰满的经济之果。

解放前，我国塑料工业几乎是一个空白点。解放后，我国人民在伟大领袖毛主席和中国共产党的英明领导下，在战无不胜的毛泽东思想的光辉照耀下，在毛主席革命路线的指引下，坚决执行毛主席亲自制定的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线。经过1958年的大跃进，塑料工业与其它工业部门一样迅速地发展起来，初步改变了塑料工业一穷二白的落后面貌。

但是由于刘少奇等一类骗子竭力推行“专家治厂”、“技术第一”、“物质刺激”和“贪大求洋”、“条条专政”等修正主义路线，扼杀地方积极性，摧残塑料工业小、土、群，使塑料工业的品种、产量以及其基础原料和加工、应用的发展受到很大的影响。

通过史无前例的无产阶级文化大革命，战斗在塑料工业战线上的广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，以阶级斗争和两条路线斗争为纲，认真学习马克思列宁主义、毛泽东思想，提高了路线斗争觉悟。他们高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，深入开展“工业学大庆”的群众运动，使塑料工业获得突飞猛进地发展。新产品、新技术、新工艺、新材料不断出现，特别是工程塑料产量不断提高，品种不断增加，发展速度很快。

工程塑料在机械工业、电气、仪器仪表以及国防尖端技术上获得越来越广泛的应用，并取得了显著的效果。所有这些成绩的取得，都是战无不胜的毛泽东思想的伟大胜利，是认真执行毛主席无产阶级革命路线的伟大成果。

我们遵照毛主席“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，为了适应我国塑料工业迅速地发展，我们在有关单位的支持和鼓励下编写了这本书，但由于我们马克思列宁主义，毛泽东思想学得不够，业务水平有限，调查不够深入，资料搜集不够全面，不免存在缺点和错误，请同志们批评指正。

毛主席語录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

目 录

第一章 概论	1
第一节 工程塑料的定义及其应用概况	1
第二节 工程塑料的特性	3
第三节 工程塑料成型工艺	6
第四节 选用工程塑料的注意事项	12
第五节 工程塑料应用的发展趋向	14
第二章 聚酰胺	16
第一节 概述	16
第二节 聚酰胺树脂的生产	21
一、聚酰胺-6树脂的生产	21
二、聚酰胺-66树脂的生产	28
三、聚酰胺-1010树脂的生产	29
四、其它聚酰胺品种的生产	31
第三节 聚酰胺的性能	31
一、机械与热性能	41
二、电性能	47
三、吸水性	49
四、耐化学腐蚀性	50
第四节 聚酰胺的成型加工	56
一、注射成型	57
二、挤出成型	74
三、单体浇铸成型	78
四、火焰喷镀	79
五、其它加工方法	81
第五节 聚酰胺的应用	82
第三章 聚碳酸酯	85

第一节 概述	85
第二节 聚碳酸酯的生产	87
一、原料合成	87
二、聚碳酸酯合成	92
第三节 聚碳酸酯的性能	98
一、机械性能	101
二、热性能	107
三、电性能	109
四、耐化学腐蚀性	111
五、吸水性及尺寸稳定性	112
六、其它性能	113
七、增强聚碳酸酯	114
八、改性聚碳酸酯	116
第四节 聚碳酸酯的成型加工	117
一、注射成型	119
二、挤出成型	131
三、其它成型方法	134
第五节 聚碳酸酯的应用	136
一、在机械、仪表、电讯工业上的应用	136
二、在航空工业上的应用	137
三、在光学、照明方面的应用	137
四、在其它方面的应用	138
第四章 聚甲醛	139
第一节 概述	139
第二节 主要原料及单体的合成	140
一、甲醛的制备	140
二、三聚甲醛的合成与精制	141
第三节 聚甲醛的生产	145
一、聚合反应	145
二、工艺路线	146
三、共聚单体的合成和溶剂的选择	147

四、聚甲醛的生产	148
五、后处理	150
六、聚甲醛树脂规格、主要物理常数	151
第四节 聚甲醛性能	152
一、机械性能	152
二、热性能	157
三、电性能	158
四、化学性能	161
五、吸水性与透气性	166
六、聚甲醛的降解	167
七、聚甲醛的改性与增强	167
第五节 聚甲醛的成型加工	169
一、聚甲醛塑料的组份	169
二、聚甲醛的工艺特性	171
三、注射成型	171
四、挤出成型	178
五、吹塑成型	178
六、其它成型方法	178
第六节 聚甲醛的应用	180
一、在机电工业方面的应用	180
二、在汽车工业方面的应用	182
三、在农业方面的应用	184
第五章 氯化聚醚(聚氯醚)	185
第一节 概述	185
第二节 3,3'-双(氯甲基)丁氧环的合成与精制	186
一、间歇法	188
二、连续法	191
三、3,3'-双(氯甲基)丁氧环的精制	191
四、中间体、产品技术条件及其贮存	194
第三节 3,3'-双(氯甲基)丁氧环的聚合	195
第四节 氯化聚醚的性能	200

一、机械性能·····	201
二、电性能·····	203
三、热性能及其老化·····	205
四、耐湿性和透气性·····	210
五、化学稳定性·····	211
第五节 氯化聚醚的成型加工·····	214
一、填充剂·····	214
二、注射成型·····	216
三、挤出成型·····	219
四、压制成型·····	221
五、喷涂·····	222
六、机械加工和连接·····	227
七、模具设计·····	228
第六节 氯化聚醚的应用·····	229
一、做防腐材料·····	229
二、在机电工业中的应用·····	230
第七节 3,3'-双(氯甲基)丁氧环的共聚物·····	232
第六章 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂(ABS树脂)·····	235
第一节 概述·····	235
第二节 ABS树脂的原料·····	236
一、苯乙烯的合成与精制·····	236
二、丙烯腈的合成与精制·····	237
三、丁二烯的合成与精制·····	238
第三节 ABS树脂的生产·····	239
一、共混法·····	240
二、共聚法·····	240
第四节 ABS树脂的性能·····	242
第五节 ABS树脂的成型加工·····	247
一、注射成型·····	248
二、挤出成型·····	249
三、中空成型·····	250

四、真空成型.....	251
五、电镀及其它加工方法.....	252
第六节 ABS树脂的应用	253
一、在电气工业方面的应用.....	253
二、在汽车工业方面的应用.....	254
三、在航空工业方面的应用.....	255
四、在其它方面的应用.....	255
第七节 ABS树脂的发展动向	256
一、耐热ABS树脂	257
二、耐寒ABS树脂	258
三、透明ABS树脂	259
四、耐候性ABS树脂	261
五、耐燃性ABS树脂	263
六、玻璃纤维增强ABS树脂	265
第七章 聚砜.....	267
第一节 概述.....	267
第二节 聚砜的生产	267
一、原料合成.....	267
二、聚砜合成.....	271
第三节 聚砜的性能	277
一、耐热及蠕变性能.....	280
二、机械性能.....	281
三、电性能.....	283
四、化学稳定性.....	283
五、聚砜的改性与增强.....	284
第四节 聚砜的成型加工	285
一、注射成型.....	286
二、挤出成型.....	288
三、吹塑成型.....	290
四、热成型与热处理.....	290
第五节 聚砜的应用	291

一、在电气、电子工业中的应用·····	291
二、在汽车工业中的应用·····	292
三、其它方面的应用·····	292
第六节 新型聚芳醚·····	293
一、新型聚芳醚发展概况·····	293
二、新型聚芳醚的合成·····	294
三、新型聚芳醚的性能·····	297
四、新型聚芳醚的成型加工·····	302
五、新型聚芳醚的用途·····	303
第八章 聚苯醚·····	305
第一节 概述·····	305
第二节 聚苯醚的生产·····	306
一、原料合成·····	306
二、聚苯醚合成·····	307
第三节 聚苯醚的性能·····	312
一、机械性能·····	312
二、热性能·····	314
三、电性能·····	314
四、耐化学腐蚀性·····	315
五、吸水性和透气性·····	316
六、老化性及热分解·····	316
第四节 改性及玻璃纤维增强聚苯醚·····	318
第五节 聚苯醚的成型加工·····	321
一、聚苯醚塑料组成·····	321
二、聚苯醚成型加工·····	323
第六节 聚苯醚的应用·····	330
第九章 苯二甲酸二丙烯酸酯塑料·····	331
第一节 概述·····	331
第二节 邻(间)-苯二甲酸二丙烯酸酯(单体)的合成·····	332
一、丙烯酸法·····	332
二、氯丙烯法·····	335

三、单体出厂指标、贮存、运输和包装	341
第三节 邻(间)-苯二甲酸二丙烯酸酯的聚合	341
一、本体聚合	345
二、溶液聚合	348
三、预聚体出厂指标、贮存、运输和包装	348
四、交联共聚	350
第四节 聚邻(间)-苯二甲酸二丙烯酸酯塑料的性能	351
一、电性能	352
二、热性能	359
三、吸湿性和尺寸稳定性	361
四、化学稳定性和防霉性	364
第五节 聚邻(间)-苯二甲酸二丙烯酸酯成型与加工	365
一、压塑料	366
二、工业用层压板	376
三、浇铸料	383
第六节 聚邻(间)-苯二甲酸二丙烯酸酯的应用	384
第十章 其它工程塑料	387
一、氟塑料	387
二、聚芳酯	394
三、聚酯聚醚类	397
四、芳杂环聚合物	400

第一章 概 論

第一节 工程塑料的定义及其 应用概况

“塑料”是以种类繁多的合成或天然高分子物为基本成份，可塑制成型并能保持形状不变的材料。绝大多数塑料以合成树脂为基本原料，另外一般还含有辅助料，如：填料、增塑剂、染料、稳定剂等。

目前塑料的品种很多。根据其在加热和冷却的重复条件下具有的行为特性，可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

我们所说的热塑性塑料是在熔融状态下使它成型(塑化)某一形状，冷却后定型，然后可再加热而又形成一个新的形状(没有重大的分子链断裂)，如此重复若干次，其性质不发生显著变化。在这一点上它有点像石蜡，加热熔化；冷却又固化，可反复多次。因此，根据热塑性塑料这一特性，我们用热塑性塑料的碎屑进行再生和再加工是毫无困难的。例如：聚乙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、赛璐珞、ABS*树脂(丙烯腈—丁二烯—苯乙烯三元共聚物)和聚酰胺(即尼龙)就是热塑性塑料。

我们所说的热固性塑料是加热变成永久固定的形状的塑料。当用加热和加压使热固性塑料形成永久的形状后，就

* ABS分别为丙烯腈(Acrylonitrile)—丁二烯(Butadiene)—苯乙烯(Styrene)的缩写。

不可再熔融或再成型。从化学结构上讲，当加热时，热固性塑料在其线型链之间形成永久的交联，产生不可再流动的很坚硬的网状结构。继续加热和加压只能造成链的断裂，引起性质的严重变坏。

典型的热固性塑料产品有酚醛、脲甲醛、环氧树脂、不饱和聚酯以及聚邻苯二甲酸二丙烯酯（DAP）和聚间-苯二甲酸二丙烯酯（DAIP）等。

有些热固性树脂并不需要外部加热和需要稍微加压或不加压便可达到形体永久固定。例如：聚酯、环氧树脂、有机硅树脂和聚氨酯等。热固性塑料很像水泥的混合和变定。混合物要求一定的比例，并且混合物借助短时间内的化学反应（不需外加热和压力）而变硬。因此，热固性塑料的碎屑不可实行再加工。

塑料按其应用情况又可以分为通用塑料、工程塑料、耐高温塑料和特种塑料等。但这种划分并不十分严密。本书仅将工程塑料的主要品种作一些简单介绍。

“工程塑料”从广义上可以这样讲：凡是可以作为工程材料的塑料；或者说凡是 可以作为结构材料的塑料就叫做“工程塑料”。但从狭义上讲：“工程塑料”一般是指具有某些金属性能，能承受一定的外力作用，并有良好的机械性能和尺寸稳定性等和在高、低温下仍能保持其优良性能的塑料。

目前，人们常称呼的“工程塑料”主要指的是聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、氯化聚醚、ABS树脂、DAP和DAIP树脂、聚芳砜、聚芳酯、聚酰亚胺等。

各工业部门采用工程塑料具有许多优点，诸如特别好的抗腐蚀性、耐磨性、润滑和摩擦性能、揉曲性，较好的电气性能，良好的工作温度范围以及其它一些性能，如比重小、

比强度大、吸震、消音等。这些优点使它们具有较长的使用寿命。设计也简单，可减少停工和维修。构件始终保持密封，构件的寿命延长，而噪音、磨损和损坏均有降低。

因此，工程塑料在机器制造业、仪器仪表工业、交通运输、建筑、电气电子、医学工业等方面的应用得到了很大的发展。特别是近代发展起来的尖端科学技术，如宇宙飞行、火箭导弹、原子能等技术部门，工程塑料已成为不可缺少的材料。并且可以预计对于促进国民经济各部门的技术革新和技术革命将起重大作用。

第二节 工程塑料的特性

工程塑料的应用所以受到普遍的重视，发展前途广阔，这是因为除了材料本身具有丰富的原料资源和价格不断降低以外，更主要的是它具有许多金属和其它材料所不能比拟的特殊物理机械性能和化学性能。

1. 比重小：

工程塑料的比重一般约为 $1.0 \sim 2.0$ ，只有钢铁的八分之一到四分之一，铜的九分之一到五分之一和铝的二分之一左右。这对于要求全面减轻自重的机械装备（如车辆、船舶和飞行器等）来说有着特殊的意义。

2. 化学稳定性好：

工程塑料对酸、碱和有机溶剂均有良好的抗腐蚀性能。特别是聚四氟乙烯，除了能与融熔的碱金属作用外，差不多所有的化学药物包括王水都不能腐蚀它，这种特性对于制造化工机械设备特别可贵。

3. 良好的电绝缘性能：

几乎所有的塑料都有优良的电绝缘和耐电弧特性。并可与陶瓷、橡胶或其它绝缘材料媲美。

4. 较高的比强度：

工程塑料还可利用各种高强度的金属或非金属的纤维、薄板或粉末来增强，制成具有较高强度—重量比的复合材料。例如用玻璃纤维增强的塑料，其抗张强度—重量比可达1700~4000，而一般钢材仅有1600左右。

5. 优良的耐磨、减摩和自润滑性能：

用工程塑料制造的摩擦零件可以在各种液体（包括腐蚀介质、油及水等）、边界摩擦和干摩擦等条件下有效地工作。一般说来聚甲醛、聚碳酸酯、氯化聚醚、聚酰胺、聚四氟乙烯和酚醛等塑料，均可在无油、少油或水以及各种腐蚀介质中正常工作。同时在这些材料中加入各种固体润滑剂作为填料，可降低摩擦系数，进一步提高耐磨特性。这是许多金属材料所不能相比的。

6. 良好的对异物埋没性和就范性能：

由于这种特性，使其作为在有磨粒或杂质存在的恶劣条件下工作的摩擦零件更为适合，因为这样可以避免对金属摩擦而产生咬死或刮伤现象。

7. 优良的吸震性、抗冲击性和抗疲劳强度以及消声性：

在高速机械中采用塑料零件后可提高其运转速度。最显著的例子之一就是在机械中采用塑料齿轮后可以平稳无声的运转。

此外，塑料的弹性模数虽小于钢铁，但却有利于它的弹性压缩，因而减少了载荷应力的集中，可使压力均匀分布。

工程塑料虽具有上述诸特性，但事物总是“一分为二”的，它在某些性能上也存在着不足之处。例如：机械强度和

硬度远不及金属材料高。耐热性也低于金属（就目前出现的一些塑料品种而言），一般只能在100℃左右工作，仅有少数可在200℃左右工作。导热性也比较差，导热系数比钢铁小200~300倍；比某些有色金属则小500~600倍左右。其它

表 1-1 主要填料及其所提高的主要性能

填料的种类及名称	提高塑料的主要性能	备 注
无机填料： 各种金属粉末：铁粉 铅粉 铜粉 铝粉	负荷承载能力、导热性 负荷承载能力、自润滑性、耐磨性 负荷承载能力、导热性、耐磨性 光反射及防老化	
各种氧化物：氧化铝 二氧化硅 氧化锌 氧化钛 气相二氧化硅	硬度、耐磨性 硬度、耐磨性 负荷承载能力、自润滑性能 硬度、耐磨 耐磨性	对摩擦件有磨损作用 对摩擦件有磨损作用 易于磨损摩擦件
金属硫化物：硫化钨 硫化铅 二硫化钼	自润滑性、耐磨性 自润滑性及耐磨性 自润滑性及耐磨性	
天然矿物：天然石墨 滑石粉 云母 石棉纤维	自润滑性及耐磨性、导热性 硬度、自润滑性和耐磨性 耐热和电绝缘性能 耐热、耐磨	
其 它：人造石墨 焦炭 石墨纤维 石英纤维 玻璃纤维 碳化硅	导热性、自润滑性和耐磨性 硬度和耐磨性 自润滑性和耐磨性、导热性 耐热、耐磨、硬度、抗张和抗冲强度，并改善其收缩率 硬度和抗张强度 硬度和耐磨性	石油焦 不致降低塑料本身的机械强度 不致降低塑料本身的机械强度
有机填料： 主要有木质、竹质、棉、麻、纸等纤维和合成纤维		