

# 合成树脂与塑料

來光祥 編著

化学工業出版社

# 合成树脂与塑料

来光祚 编著

化学工业出版社

本書共分四篇。在第一篇總論中，對塑料的發展史及其在國民經濟中的重要性、性能測定及成型加工法等予以簡要的敘述，並略述高分子化合物形成的化學過程，使讀者有一個關於合成樹脂及其制品的初步概念。在其余三篇中分別將縮聚樹脂、聚合樹脂及天然高分子化合物的加工制品分章敘述。凡目前工業上主要的塑料品種均有專章討論，介紹其製造過程、性能特點及應用範圍。在理論方面力求簡明扼要；對應用方面則作較詳細的說明。

本書供有關合成樹脂生產、加工及應用部門的工程技術人員參閱，以及中等技術學校和高等學校化學系有關專業學生參考之用。

## 合成樹脂與塑料

來光祚 編著

化學工業出版社（北京安定門外和平北路）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 092 號

北京市印刷一廠印刷

新華書店發行

開本：787×1092·4

1958年11月第1版

印張：27張

1958年11月第1次印刷

字數：695千字

印數：1-5,028

定價：(10) 平裝 3.80 元  
兩裝 4.20 元

書號：15063·0385

## 序 言

合成塑料是一門年青的科学，也是一門新兴的工業。由于合成塑料具有各种优異的独特性能，使它們成为現代的复杂技术中不可缺少的材料。可見合成塑料工業之所以为近代工業中發展最迅速的部門之一，不是偶然的。

毫無疑問，合成塑料工業是我国社会主义建設中必須建立和發展的重要部門之一。几年来，在党的英明领导下，我国在合成塑料方面的研究工作与工業生产，在第一个五年計劃时期，已經有了正确的佈置与良好的开端；在第二个五年計劃中，無論在品种与数量方面，都將有極大的躍进与發展。

鑒于这种情况，用本国文字来介紹合成树脂与塑料的書籍是十分需要的，借以推广知識并迅速培养技术队伍。希望本書能够在这方面尽到一点力量。

在本書中对于目前几种主要的合成树脂及其制品的制造方法、性能和用途加以扼要叙述，并擇要举例說明，使讀者获得一个初步的概念。在合成树脂的用途方面，除作为塑料外，也附帶介紹一些关于合成纖維及油漆的配制。性能测定是研究推广塑料的应用范围与工業生产中的重要环节，故專設一章，予以介紹。

在編写本書中，作者仅就可能范围内搜集資料。因限于水平，謬誤不当之处必多，深望广大讀者不吝指教，借資修正。

在准备本書稿件中，承北京大学馮新德教授，天津大学恽魁宏教授提出宝贵的意見。北京化学工業研究院徐世燾副院長对本書全稿曾作詳細审閱，提供补充資料与修正意見甚多，俾本書得以克服許多缺点。特向以上几位同志致以深厚的謝意。

来光祚1958年3月于北京

# 目 录

## 第一篇 总 论

**第一章 导言**..... 7

  塑料的组份及其分类..... 7

  塑料工业发展经过的回顾..... 8

  塑料的性能和用途..... 11

  塑料在国民经济中的意义..... 14

**第二章 高分子化合物的生成及其性质**..... 14

  高分子化合物生成的化学反应..... 15

    缩聚反应..... 15

    聚合反应..... 18

      聚合反应的种类..... 18

      聚合反应的历程..... 18

      聚合反应的实施方法..... 21

  分子结构与热塑性及热固性间的关系..... 23

    热塑性物质..... 23

    热固性物质..... 23

  分子排列与物理性能的关系..... 24

    橡胶状物质..... 24

    纤维状物质..... 24

    塑性物质..... 24

  分子量测定法..... 25

    渗透法..... 25

    粘度法..... 26

    浊度法..... 27

    超离心沉降法..... 28

    扩散法..... 28

    分子端基测定法..... 29

  平均分子量..... 29

    数量平均分子量..... 29

    重量平均分子量..... 29

  分子量分布曲线..... 29

  分子量与张力强度的关系..... 30

**第三章 塑料的成型与加工**..... 30

  压制成型..... 30

    压制条件..... 31

    压模的设计与种类..... 32

    压机..... 33

    压塑粉的压片与压锭..... 34

    压塑粉的预热..... 35

    压制方法..... 37

  压缩成型..... 38

  铸压成型..... 40

  挤压成型..... 42

  铸型成型..... 43

  联合成型..... 43

  真空成型..... 44

  泡沫制品(或多孔制品)..... 44

  吹塑制品..... 45

  金属装饰..... 46

  焊接..... 47

  辐射处理..... 48

  板、片及薄膜..... 48

  线及丝..... 49

  油漆..... 49

    油性漆..... 49

    纤维素涂料..... 50

    水乳胶漆..... 51

    树脂分散液..... 52

**第四章 塑料的性能及其测定**..... 54

  比重..... 54

  耐热性..... 54

  耐酒精性及耐油性..... 55

  吸水性..... 55

  收缩性..... 56

  冲击强度..... 57

  弯曲强度..... 57

  张力强度..... 58

  耐压力强度..... 58

  硬度..... 58

  摩擦系数..... 59

  表面电阻..... 59

  体积电阻..... 60

  击穿电压..... 60

  介质损失..... 61

  介质常数..... 61

  比容..... 62

  流动性..... 62

  挥发物及水分..... 63

  预热性能..... 64

  压片性能..... 64

  硬化速度..... 64

  外观..... 64

## 第二篇 缩聚树脂及塑料

**第五章 酚醛树脂**..... 65

  树脂的生成条件..... 65

  催化剂的性质..... 66

碱性溶液中的树脂化过程	67	滑润剂	109
酸性溶液中的树脂化过程	70	制造方法	109
催化剂的用量	71	性能	112
醛和酚的克分子对比	71	用途	114
酚的分子結構	73	貯藏	114
因酚的同分異構体所引起的复杂反应情形	75	長纖維填料压塑粉	115
树脂化反应中的其他复杂因素	76	矿物填料压塑粉	116
醛的分子結構	77	大豆酚醛树脂压塑粉	116
反应时间及脫水温度	77	層压制品	117
甲醇的影响	79	树脂	117
热塑性酚醛树脂与可溶性酚醛树脂在 轉化过程中的性能比較	79	填料	118
工業制造法	80	上膠法	119
設備	80	層压板	121
热塑酚醛树脂	81	卷制品	127
热固酚醛树脂	84	低压成型層压制品	129
水乳液树脂	85	其他制品	129
連續法	86	石棉酚醛树脂塑料	130
高压法	87	材料及配料	130
树脂的最后处理	87	制造方法	131
不溶性酚醛树脂轉变为可溶性的方法	88	性能及用途	132
树脂上廢水的利用	88	耐鹼树脂	133
鑄型树脂	89	冷硬膠泥	133
油溶性酚醛树脂	92	第七章 尿素甲醛树脂	134
利用天然树脂作为改进剂的	93	历史	134
利用油类作为改进剂的	95	尿素与甲醛的化学反应	134
利用醇类作为改进剂的	95	压塑粉	141
醚化树脂	95	材料	141
純油溶性树脂(100%油溶性树脂)	96	压塑粉的制法	143
間苯二酚树脂	99	压塑粉的性能	147
焦磷酸糠醛树脂	100	成型品的性能及用途	148
檀如椰子油甲醛树脂	100	透明压塑粉	149
酚醛树脂的应用	100	鑄型尿素甲醛树脂	150
透明压塑粉	100	油漆用树脂	150
酚醛树脂溶液漆	101	树脂的制造方法	151
酚醛树脂膠合剂	102	树脂的性能	152
糠皮質	103	用尿素甲醛树脂配制成油漆的种类	153
离子交换剂	103	膠合剂	154
木材的浸漬剂	103	層压制品	156
热塑性树脂交联剂	103	其他用途	158
第六章 加有填料的酚醛树脂制品		处理紡織品	158
(酚醛塑料)	105	制造紡織品印花油墨	159
压塑粉	105	制造湿氈紙	159
树脂	105	处理紙張木材等	160
充料	105	制造泡沫制品	160
硬化剂	107	硫脲甲醛树脂	160
金属氧化物	109	第八章 三聚氰胺甲醛树脂	161
		三聚氰胺的性能与制造方法	161

三聚氰胺与甲醛的化学反应	162	不干性油类改性的磷苯二甲酸酐甘油树脂	207
压塑粉	166	油类改性的失水苹果酸酐树脂	209
层压制品	167	其他改性的聚酯树脂	211
油漆用三聚氰胺甲醛树脂	167	松香改性的磷苯二甲酸酐甘油树脂	211
胶合剂	170	松香改性的失水苹果酸酐树脂	211
其他用途	170	蒽醌类改性的失水苹果酸酐树脂	214
第九章 苯胺甲醛树脂	171	合成树脂改性的聚酯树脂	214
苯胺与甲醛的化学反应	171	聚酯树脂的水乳液	215
成型制品及其性能	173	聚酯树脂成型品	216
改质苯胺甲醛树脂	174	第十二章 低压成型树脂	217
第十章 糠醛树脂	175	不饱和的直链型聚酯树脂与乙烯类单体的共聚物	218
纯糠醛树脂	175	不饱和酯类的聚合物	219
糠醛苯酚树脂	176	低压成型树脂层压品	221
糠醇树脂	177	第十三章 聚酰胺	224
其他糠醛类树脂	179	概述	224
第十一章 聚酯树脂	179	原料的制法	225
总论	179	己二酸的制法	225
原料	181	己二胺的制法	226
多元酸类	181	癸二酸的制法	227
多元醇类	182	对次苯基二乙酸的制法	227
一元酸类或脂肪酸类	182	己内酰胺的制法	227
聚酯树脂的类别	184	聚酰胺的种类	227
二元酸与二元醇的酯化物	184	聚酰胺的化学结构与性能的关系	231
饱和的直链分子聚酯树脂	185	聚己内酰胺	233
不饱和的直链分子聚酯树脂	187	二元酸与二元胺的缩合物	235
纯粹的二向结构聚酯树脂	188	控制分子量的方法	236
聚酯树脂树脂化的三个阶段	189	制丝与拉伸	236
酸酐与一般醇类的化学反应	189	性能	237
磷苯二甲酸酐甘油树脂的化学反应	189	用途	239
磷苯二甲酸酐甘油树脂(葛来弗泰尔)的制法	192	第十四章 硅有机聚合物	240
磷苯二甲酸酐甘油树脂的性能及用途	195	单体的制备及其缩合反应	241
纯粹的二向结构聚酯树脂的一般性能	193	聚硅醚油	246
油类或脂肪酸类对聚酯树脂一般性能的影响	194	聚硅醚树脂	247
油类改进聚酯树脂的方法	197	聚硅醚橡胶	250
应用脂肪酸	198	改性的硅有机聚合物	251
应用油类在多元酸中的溶合物	198	单体硅有机化合物的气相处理	252
应用油类及脂肪酸的混合物	198	第三篇 聚合树脂及塑料	
应用高沸点的溶剂	198	第十五章 聚乙烯	254
应用压力	198	制造方法	254
应用变性甘油	199	高压法	255
应用油类的甘油-酸酯	199	常压法	256
应用天然树脂	200	中压法	257
油类改性的聚酯树脂的一般制法	201	性能	257
油类改性的聚酯树脂	203	用途与制品	261
干性油类改性的磷苯二甲酸酐甘油树脂	203	聚丙烯	264
干性油类改性的季戊四醇树脂	205	第十六章 聚异丁烯	265
干性油类改性的聚酯树脂的用途	206		

制造方法 .....	265	第二十章 聚偏二氯乙烯 .....	309
性能 .....	267	偏二氯乙烯的制法 .....	309
用途 .....	269	聚偏二氯乙烯的制法 .....	309
第十七章 聚苯乙烯 .....	269	偏二氯乙烯与氯乙烯的共聚物 .....	310
苯乙烯的制法 .....	270	成型与加工 .....	311
聚合反应 .....	273	性能 .....	312
制造方法 .....	274	用途 .....	313
溶液聚合法 .....	274	第二十一章 聚氟乙烯 .....	313
整体聚合法 .....	275	聚四氟乙烯 .....	314
乳液聚合法 .....	277	四氟乙烯单体的制备 .....	314
性能 .....	279	聚四氟乙烯的制法 .....	314
制品及用途 .....	281	性能 .....	315
苯乙烯的共聚物 .....	284	成型加工法 .....	316
与丙烯腈的共聚物 .....	284	制品及其用途 .....	316
与丁二烯的共聚物 .....	284	聚三氟氯乙烯 .....	318
与二乙烯苯的共聚物 .....	285	第二十二章 聚乙炔吡唑 .....	320
与不饱和的植物油类或其脂肪酸类的共聚物 .....	285	乙炔吡唑的制法 .....	320
与乙炔吡唑的共聚物 .....	286	聚乙炔吡唑的制法 .....	321
与二氯苯乙烯的共聚物 .....	286	性能及用途 .....	321
与氯乙烯、偏二氯乙烯、甲基丙烯酸		第二十三章 聚醋酸乙烯、聚乙烯醇及其衍生物 .....	322
甲酯的共聚物 .....	87	聚醋酸乙烯 .....	322
与失水苹果酸酐的共聚物 .....	287	醋酸乙烯的制造 .....	322
苯乙烯衍生物的聚合物 .....	287	制造方法 .....	324
橡胶聚苯乙烯 .....	289	性能及用途 .....	326
第十八章 聚氯乙烯 .....	290	聚甲酸乙烯 .....	327
氯乙烯的制法 .....	290	聚乙烯醇 .....	328
聚合反应及分子结构 .....	291	制造方法 .....	328
制造方法 .....	292	性能 .....	329
乳液聚合法 .....	292	用途 .....	331
溶液聚合法 .....	295	聚乙烯醇缩醛类 .....	332
性能及用途 .....	295	聚乙烯醇缩甲醛 .....	333
配料 .....	296	聚乙烯醇缩乙醛 .....	335
稳定剂 .....	296	聚乙烯醇缩丁醛 .....	336
增塑剂 .....	297	聚乙烯醚类 .....	338
填料 .....	297	第二十四章 丙烯酸类树脂 .....	339
着色剂 .....	297	单体的制法 .....	339
滑润剂 .....	297	甲基丙烯酸甲酯的制法 .....	339
硬聚氯乙烯 .....	298	丙烯酸酯类的制法 .....	341
软聚氯乙烯 .....	300	丙烯酸腈的制法 .....	341
聚氯乙烯糊 .....	301	聚合反应 .....	342
泡沫聚氯乙烯 .....	303	物理性能的变化与分子结构的关系 .....	344
氯乙烯的共聚物 .....	303	制造方法 .....	345
与醋酸乙烯的共聚物 .....	303	整体聚合法 .....	345
其他共聚物 .....	306	乳液聚合法 .....	347
第十九章 过氯乙烯树脂(或氯化聚氯乙烯) .....	306	溶液聚合法 .....	348
制造方法 .....	307	成型品及加工法 .....	349
性能及用途 .....	307	性能 .....	351



用途	352
丙烯酸类树脂的其他制品及用途	353
聚丙烯腈及其共聚物	353
聚丙烯酸酯类	355
甲基丙烯酸酯类及其共聚物	356
丙烯酸酯类与甲基丙烯酸酯类的共聚物	356
丙烯酸及甲基丙烯酸的聚合物	356
甲基丙烯酸环己酯的聚合物	356
硬度改进的丙烯酸酯类树脂	356
丙烯酸酯类、甲基丙烯酸酯类、丙烯腈与乙 烯类化合物的共聚物	357
含氟丙烯酸酯类的聚合物	357
第二十五章 离子交换树脂	357
阳离子交换树脂	359
阴离子交换树脂	362
用途	363
第二十六章 环氧树脂	365
基本化学反应	365
制法	366
性能与用途	369
浇铸件	371
层压品	373
胶合剂	374
油漆	375
泡沫制品	377
压塑粉	377
第二十七章 聚亚胺酸酯及聚脲	378
基本化学反应	378
原料	379
间-甲苯二异氰酸酯的制法	380
1,6-己二异氰酸酯的制法	380
制法	380
性能与用途	381
成型制品	381
油漆	382
泡沫塑料	383
弹性体	384
胶合剂	384
改进的热塑性塑料的性能	385
第二十八章 氨基及萘树脂与萘烯树脂	385
氨基及萘树脂	385
原料处理	386
树脂制法	386
性能与用途	387
改性的氨基及萘树脂	389
萘烯树脂	390

## 第四篇 天然高分子化合物加工塑料

第二十九章 纖維素塑料	395
纖維素的来源	393
纖維素的化学	393
纖維素的物理結構	395
硝化纖維	396
历史	396
硝化反应	396
制造方法	398
产品的品級	400
性能	400
赛璐珞	401
薄片	401
压塑粉	404
塗料	405
其他用途	406
醋酸纖維	406
历史	406
化学反应	406
制造方法	409
性能	411
压塑粉	411
人造絲	412
塗料	413
其他制品	413
混合纖維酯	414
纖維素醚类	415
乙基纖維	416
历史	416
制造方法	416
性能与用途	417
低度纖維素乙醚的制法	420
苄基纖維	420
甲基纖維	420
再生纖維	420
梨液法	420
硫酸銨銅法	422
第三十章 其他杂項树脂及塑料	423
酪素	424
酪素的化学	424
酪素的提制法	426
酪素塑料的制法	427
酪素纖維	428
酪素的性能	429
硬化酪素的性能及用途	430
其他用途	430

大豆蛋白質 .....	431
大豆蛋白質的提制法 .....	431
大豆蛋白質的成型品 .....	432
大豆蛋白質的膠合劑 .....	433
大豆蛋白質纖維 .....	433
玉蜀黍蛋白質 .....	434
木素 .....	435

木素的化學 .....	435
木素和纖維素的分離法 .....	435
從亞硫酸鹽法紙漿廢液中製造木素塑料 .....	435
從鹼法和硫酸鹽法紙漿廢液中收回木素 .....	436
從其他材料製造木素塑料 .....	437
成型品的一般性能 .....	439

# 第一篇 总 論

## 第一章 导 言

塑料这个名詞，很难有一个适当的定义。广义地說，在一定的压力和温度等影响下能形成一定的形状，而当这些外力影响停止后仍能保持所改变的形状的物质，也就是能够压塑的物质，都可以称为塑料。照这个定义，塑料可包括许多物质，如水泥、橡胶、黏土等。但我们称为塑料系指具有以上特性的以高分子有机化合物或以合成树脂为基础的物质。这就是本书所要叙述的范围。

### 塑料的组份及其分类

合成树脂都是分子结构庞大，分子量很高的大分子物质，一般都是各种不同分子量的分子的混合物。它在塑料中是最主要的部分。它胶黏着塑料中的一切组分并使其具有成型性能，它决定塑料的类型，如为热固性或热塑性的，并影响塑料的基本性能，如机械性能、物理性能、化学性能及电性能等。塑料中的合成树脂用量一般为30—60%。

除合成树脂外，无机物质如石棉、云母粉、石英粉等，有机物质如木粉、废棉、纸及布等也常是塑料中的主要组分之一。这些物质称为填料。填料对塑料的机械、工艺、物理、电等性能起着重大影响，同时又能使塑料的成本降低。

为了使塑料增加塑性、流动性及柔软性，减低脆性及硬度，常常加入一种不易挥发的液体或低熔点的固体，称为增塑剂。着色剂是使塑料着色的材料。其他如滑润剂是防止压制时物料黏着模型用的，稳定剂是保持塑料在储藏期中的塑性或延长制品的使用寿命用的，都可适当地配入。

但塑料中并不是必须含有全部上述各种组分；相反地，有时在透明无色的制品中则甚至只有胶黏物质（合成树脂）一种，不加任何其他物质；如鑄型酚醛树脂及有机玻璃就是如此。

合成树脂的种类十分繁多，而且在继续迅速扩大中。在分子化合物的领域中合成高分子化合物佔了很大部分。关于高分子化合物的分类方法曾有卡洛泽尔斯、金利、摩根、梅格生、霍尔姆斯、彼得洛夫、鲁托夫斯基、洛雪夫、菲舍、迈耶尔、施塔亭格等许多科学家提出多种方案，有的是按制造时的化学反应分的，有的是按高分子化合物在加热时或在药剂作用下的特性分的，有的按高分子化合物的弹性塑性分的，也有按分子量及分子中碳原子数来归纳划分的。根据苏联科学家科尔沙克的意見认为只有以高分子化合物结构的特征作为分类的基础是最有用和有效的。因此他提出的分类原则是：

1. 均链聚合物
  - 饱和链族；
  - 不饱和链族；
  - 环链族。
2. 杂链聚合物
  - 碳氧链族；
  - 碳氮链族；
  - 碳硫链族；

含环碳氧键族。

每一族可以再按取代基的数量性质与位置等再划分为若干小类。

塑料的性质与高分子化合物的分子结构有着不可分割的联系，所以在考虑塑料的分类方法时也不能与后者相脱离。但在另一方面，在分类的开始时似又不能完全从聚合物的分子结构出发；因为高分子化合物主链的结构往往不能决定其相应类别的塑料在物理性能与工艺性能上的主要区别。所以苏联在新的国家标准中把塑料先划分为四大类，然后按照树脂的化学结构再分为若干小类如下：

第一类——以连锁聚合反应生成的高分子化合物为基础的塑料，其中包括乙烯聚合物、乙烯的卤素衍生物的聚合物、乙烯的烷基衍生物的聚合物、乙烯的芳基衍生物的聚合物、乙烯胺类衍生物的聚合物、乙烯醇及其衍生物的聚合物、乙烯酮类的聚合物、乙烯羧酸酯类的聚合物及丙烯醇及多元酸酯类的聚合物等。

第二类——以缩聚或逐步聚合反应生成的高分子化合物为基础的塑料，其中包括酚醛塑料、氨基塑料、聚酯塑料、聚酰胺塑料、聚亚胺羧酯及聚脲塑料以及硅有机聚合物塑料等。

第三类——以化学加工的天然高分子化合物为基础的塑料，其中包括纤维素醚类、纤维素酯类及蛋白质类等塑料。

第四类——以天然沥青、石油沥青及各种有机物裂解时所生成的树脂为基础的塑料。

根据加热时的工艺性能，塑料又可分为热固性的与热塑性的两类。热固性塑料大多数是以缩聚树脂如酚醛树脂、尿素-甲醛树脂等制成。这类塑料在受到热的影响时先行软化，然后进行内部变化而硬化，此后虽在更高的温度下既不能软化，也不能溶解。热塑性塑料主要是由聚合树脂如聚苯乙烯、聚氯乙烯等制成。这类塑料在受热时软化，必须到冷却后才能硬化。

### 塑料工业发展经过的回顾

从自然界中经常能制出各种大分子的物质。例如植物中的纤维素，动物中的蛋白质都是属于这一类的。自从有人类以来，人类就通过自己的劳动渐渐地使这些天然的高分子产物能够满足人类生活环境中的需要。例如利用动物的皮革或天然纤维的纺织品来做衣服，利用木材及草料来造房子，利用肉类及蔬菜来做食物。在现代塑料的发展之初，科学家在改进这些天然的高分子产物，使它更适合于人类的需要；有时是摹仿自然界怎样来合成高分子物质。但是人类终于能够制造自己所需要的新的物质了。

一直到十九世纪中叶，人类所知道的树脂只有那些天然的产物如沥青、松香、琥珀、琥珀、虫胶等。由于有机化学的发展，对天然树脂的需求激增，甚至自然界的供应有枯竭的危险；同时，由于工业革命的结果，技术进步的互流常要求所使用的材料具备天然产物所不能具备的性能。这样，就促使现代的塑料工业的生长。在十九世纪里，塑料工业的历史是人类应用最高智慧的科学研究来解决实际困难问题的辉煌例子。

有机塑料的发展历史一般可分为两个阶段。第一个阶段是十九世纪的后半期。这个阶段是以应用天然的或化学加工的树脂及高分子物质如纤维素、橡胶及蛋白质等为特征。第二个阶段是从二十世纪开始直到现在。在这个阶段里，主要是各种合成高分子物质的发展，并把它们广泛地应用到各种技术中去。

在第一个阶段里，最重大的成就是在 1839 年发明用少量硫黄与橡胶加热使橡胶硫化的方法。这个方法根除了天然橡胶发黏与流动性的缺点，使它成为有弹性而强固的物质，就是橡皮。

橡膠工業在硫化方法發明以前已經有若干年的歷史，最初是制成擦鉛筆字的橡皮，後來又制成雨衣。但是這種用生橡膠制成的雨衣，在冬季要變脆，在夏季要發黏，而且曝露在空氣或日光中後會嚴重地損壞。橡膠硫化的方法並不是像有些人所想像的那樣是偶然的發現，而相反地卻是若干年長時期苦心研究與運用知識與智慧的結果，因為沒有任何一種科學上的成就是可以不通過巨大的勞動而獲得的。

到1843年又發明使用多量的硫黃，其量佔橡膠的20—30%，使橡膠硫化成為堅硬而有彈性的硬質膠。這是第一種具有三向結構的，不溶解不熔融的塑料，也可視為第一種以天然聚合物用化學方法改進而制成的塑料。

硬質膠的發展極為迅速。因為這個發明對於當時還很幼稚的電報事業以及後來的電話事業給了不可估價的幫助。

1846年又接着發明橡膠的冷加硫法。

在十九世紀里，還有其他方面改進塑料的重要發明。如1872年發明以樟腦作為硝化纖維的增塑劑而制成賽璐珞。直到現在這項發明仍然在工業上獲得應用。賽璐珞是第一種以天然纖維素為基礎制成的塑料，也是許多同類型物質的始祖。

以硝化纖維制造塑料的歷史也是很久的，在1851年硝化纖維已被利用為制造照相底片的原料。在1856年左右科學家就研究用硝化纖維制造塑料。其時採用大量的溶劑，制成制品後溶劑必須設法使其揮發，這樣是很不經濟，因而沒有成功。直到發現樟腦的用途後，才可能用加熱加壓的方法制成成型品，同時樟腦也提高了制品的物理性能。

在十九世紀末期——1897年，發明第一種用化學方法改進的蛋白質塑料，就是酪素塑料。酪素塑料最初是制成小學生用的石板，稱為噶拉里，後來用以制造人造珍寶及鈕扣等。用酪素塑料制造人造羊毛是後來的發展，使酪素塑料的用途獲得擴大。

這樣，到了十九世紀終，各種以天然高分子物質如橡膠、纖維素及蛋白質等為基礎的塑料幾乎均已發明而且都有了工業價值。

到二十世紀進入第二個階段，才第一次用合成的方法制造高分子物質，並在這個基礎上建立起現代化的塑料、合成橡膠、合成纖維及油漆等工業。這個階段與前一階段的主要不同點是從以化學方法改造天然高分子物質轉變到高分子化合物的人工合成，制成具有預定的結構與分子大小的合成聚合物。

近年以來，合成塑料的領域又向着用化學方法改造合成高分子化合物的分子鏈的內部發展。例如從聚乙烯醇或聚丙烯醇制成酯類、縮醛類等各種衍生物。制造這種制品的化學反應與改進天然高分子化合物的反應是相似的，也是用皂化、酯化、縮醛化等。這些反應的產品可稱為改進的合成塑料。

高聚物合成方法發展的可能應歸功於十九世紀末葉及二十世紀間在有機化學中的成就，尤其是对聚合反應及縮聚反應的系統研究。

第一種具有工業價值的有機合成塑料是酚醛樹脂。早在1872年，已經觀察到使酚類與醛類作用能生成樹脂性的產物。但這個觀察沒有引起什麼實際的效果，因為在那時對這個樹脂性的反應產物只認為是在合成低分子量的化合物過程中的一個嚴重障礙而已。工業對於新的材料及合成樹脂的要求在那時還沒有提出。天然產品及天然樹脂還能完全滿足工業的需要。

到十九世紀末葉及二十世紀初，由於電器工業及儀器設備制造的發展，才要求比舊用的材料如橡膠、陶瓷、木材、琥珀、虫膠等，具有更理想性能的材料。這個要求引起對樹脂化過程進行細致而深入的研究，希望能得到非結晶體的而是樹脂性的產物。這方面的研究工作

进行到1902年，才第一次以半工业化的条件制成合成的，以酚醛缩聚树脂为基础的酒精溶液。

在1907—1914年间，固体的不溶解和不熔融的酚醛缩聚物的工业化生产实现了。酚醛塑料工业就这样建立起来。此后的发展甚为迅速。酚醛塑料到现在仍是重要的塑料品种之一。

在另一方面，另一种合成树脂即煤膏树脂，在1890年已经制成。在第一次世界大战时期，这种合成树脂曾经有过工业化生产，用来代替松香以制造油漆。但因制品质量不易掌握，而致发展上受到障碍。直到1919年时，在制造技术上有所提高，技术上的困难大部分得到了解决，因而这个工业又得到恢复起来。

在本世纪的二十及三十年代里，其他类型的合成缩聚塑料，也得到了工业化的发展，如尿素-甲醛塑料、聚酯树脂等。

从三十年代起，许多聚合树脂如聚苯乙烯、聚醋酸乙烯、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯等在工业上得到了更重大的意义。在这个时期里，这些塑料工业的发展速度远远超过了缩聚塑料的发展速度。

各种塑料工业的迅速发展是本世纪四十年代的特点，尤其是聚合物塑料的发展。几种新型的缩聚塑料如有机硅聚合物、聚酰胺、聚亚胺羧酯等的发展都是有重大意义的。

合成塑料工业经过短短的二、三十年后，到现在已成为国民经济中最重要的的一部分。其中包括各式各样的工艺过程，并制造出各种材料以应用于各项工业中。它在许多方面不论在质量上或数量上，决定了许多其他工业的发展，尤其是电器工业、交通运输业、机器制造业及仪器设备制造业等。现在合成的塑料、纤维、橡胶、油漆等的工艺不断地在互相联结起来，构成以高分子聚合物的化学与物理科学为基础的技术领域。合成塑料工业的发展，不仅远远超过了一般金属的生产，而且超过了许多新型金属如铝、镁合金等的生产，这是很值得注意的。

虽然在实验室中制造现代的合成塑料是化学家的工作；但近50年来，塑料工业的迅速发展和所取得的辉煌成就，却是各不同专业工程技术互相合作的结果。塑料的成型加工及应用就需要化学工程与机械工程的合作。各种加工设备如混合机、挤压机、压力机、精密而适合于快速成型的模具，以及各种多样的辅助设备都需要设计与改良，还需要冶金部门来解决特殊的钢材，很多塑料成型加工设备，都是引用其他工业中的现成设备。例如压力机是引用金属工业中的设备而加以改进的，挤压机是引用橡胶工业的设备，模具的技术是接受玻璃工业及橡胶工业中的成就，性能检验设备是采用纺织品及金属的检验设备。人造纤维工业，尤其是卡普隆等的发展是化学家、化学工程师与机械工程师们互相密切结合的成果。

塑料工业发展之迅速已如前述。到1957年全世界的塑料生产量据估计已超过400万吨，而今后的产量增长速度仍在迅速提高中。

塑料工业在我国已有二、三十年的历史。但在解放前半封建半殖民地的社会严重地限制了我国的塑料工业仅以成型加工为主，全部依赖进口材料，始终不能建立自己的独立的塑料工业。而且加工对象亦以酚醛塑料为限，生产和技术水平均非常落后。解放后，随着规模巨大的社会主义建设，经过短短的八、九年之后，塑料工业与其他工业一样，从无到有，进入蓬勃生长的新阶段。目前我国的酚醛塑料工业已建立了初步的基础，很多工厂正在建立与扩大中，而大多数主要的塑料品种都已从研究中取得成就，即可陆续进行生产。研究力量与生产力量的培养与壮大都很迅速。这一方面当然是由于党和政府的重视与领导，而另一方面亦足以说明塑料本身的性质对国民经济的重要性。我国的塑料工业虽在飞速发展中，但还仅仅是

一个开始，今后必须迅速扩大生产，扩大应用，扩大品种，做到在塑料工业中的百花齐放，为伟大的社会主义建设服务。这是从事于直接或间接与塑料工业有关的各方面人们的光荣而艰巨的任务。

## 塑料的性能和用途

塑料由于具有许多有价值的性能，已广泛应用于国防、工业、农业、交通运输和文化教育等各方面，人民日常生活用品也愈来愈多地应用塑料来制造。为了一定的用途，为什么选用塑料来制造与用什么塑料来制造，常是一项很复杂的问题。因为有许多因素都会影响塑料制品的物理性能。对每一项用途选定一种最适当的塑料作为制造材料，常需要经过多次试验与长期使用中的考验。为达到这个目的，就必须首先决定制品的必需特性；再选定树脂及其配料，以改进其性能，并使加工便利；然后选定最适宜的成型方法与条件；最后测定制品在各种应用条件下的特性变化。

塑料是具有复杂而多种的物理机械性能的材料，从坚硬而有弹性的，类似陶瓷、木材、骨头，直到柔软而可伸长的类似皮革及橡胶的材料都有。

硬性塑料有不加填料的，如有机玻璃、各种铸型树脂等；也有加有各种填料的，如压塑粉、层压品等。软性塑料常在具有高度弹性的状态下应用。

各种塑料的比重都是很低的，大约在0.9—2.2范围内，平均约为铝的 $\frac{1}{2}$ ，钢、铜、铅、黄铜等的 $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ 。

有些塑料可制成多孔的。其比重更低，约为0.1—0.02（100—20公斤/米<sup>3</sup>）。这种制品因导热系数极小（0.06—0.015）可充作绝热材料之用，也可供隔音之用。

假如按单位重量来计算强度，则有些塑料，例如：层合塑料等是现在机械强度最高的材料。这类塑料的应用温度范围极广。

若干种金属及合成塑料的单位重量强度比较如下：

由于上述性能，塑料在交通运输工具制造业中有了重大的意义。在中型汽车中，用塑料制成的部件超过200件，其中有驾驶盘、分电盘、齿轮及蓄电池壳等。主要是用塑料来解决轻型汽车的车身重量问题。这样的汽车可比用金属制的重量减轻400—500公斤。

在飞机制造业中，一些次要的部件，如仪表支架、滑轨、驾驶座、通讯设

备部件、螺旋推进器、油箱等都可用塑料来制造。现代的航空技术中倾向于制造全用塑料的飞机，其中只有马达是用金属制的。用低压成型的塑料制造飞机外壳，可制成高流线型的飞机。这样能解决用金属制造飞机时所不能解决的困难问题。

在造船工业中，塑料的用处很大，具体的用量要看船的性质。在大的船舶中，可用塑料制造仪器零件、驾驶盘，并大量应用为隔音绝热的材料。在较小的船舶中，可用低压成型的塑料作为结构材料，充当外壳等。

合成塑料因具有优良的电性能、机械强度与耐热性能，所以在现代技术上广泛地应用于电机电器工业中，作为绝缘及结构材料。电机电器工业是机器制造业中首先采用塑料的部门。

材料名称	比重 克/厘米 <sup>3</sup>	抗张强度 公斤/厘米 <sup>2</sup>	单位重量强度 (抗张强度/比重)
高级钢材	8.0	12,800	1,600
铸铁	8.0	1,500	190
杜拉铝	2.8	3,900	1,400
酚醛布质层压板	1.4	1,500	1,100
酚醛木质层压板	1.4	3,500	2,500
玻璃布层压板	1.8	3,000—7,000	1,700—4,000
定向聚偏二氯乙烯	1.7	7,000	4,000

正确地应用合成树脂或塑料为絕緣材料,可以使电机电器設備获得許多重大的改进与簡單化。

在强电流电器制造中最重要的絕緣材料有酚醛塑料、苯胺塑料、三聚氰胺塑料及新發展的著名的硅有机聚合物制品等。

在現代的弱电流电器中,只有导电部分应用金屬,其余都用塑料制造。应用超週波为基础的現代通訊工業必須依賴更理想的特別是在广大的週波范围与温度范围内,介質損失極小的塑料,才有發展的可能。因此某些合成塑料对于無綫电、电视、雷达等工業具有特別重大的意义。由于新的更优良的塑料的發現,高週波电器工業的發展前途,無疑地是很广大的。在这方面应用得最多的塑料有聚乙烯、聚苯乙烯、聚二氯苯乙烯、聚四氟乙烯及其他非極性的聚合物等。在電纜的制造上,近年来几乎大部分都改用塑料,同时代替鉛、棉紗及橡膠。利用塑料作为絕緣材料使電纜的重量与体积大为减小。

無論是黑色金屬或有色金屬都容易受潮湿空气,尤其是各种有侵蝕性的介質的腐蝕,这是大家都知道的。为了保护金屬制件,避免侵蝕,常常用各种方法把金屬的表面保护起来,最常用的是以油漆的皮膜作为蔽护層。

塑料与金屬不同,不仅能耐受潮湿空气的影响,而且在很大的范围内,也能耐受酸、鹼及鹽类的影響。塑料制品一般都不要求加有什么保护層,也不必塗漆。有几种塑料具有極广泛的化学稳定性,所以在这一点上,是胜过所有已知金屬材料的。同时还兼能耐高温(至200—300°C)而有优良的机械强度。

化学稳定性最高的塑料有聚四氟乙烯、聚乙烯、聚異丁烯、酚醛塑料(不耐鹼)、聚苯乙烯及聚氯乙烯等。

因此塑料在化学工業上有極广泛的用途,主要是作为化学稳定的化工机械結構材料与耐腐蝕的表面塗襯材料。塑料工業的發展使現代的化学工業可能获得各种形式与大小的化工設備。应用以塑料制成的化工設備,特別是用耐鹽酸及稀硫酸的塑料,使化学上的操作过程或制造方法在許多方面引起基本的改变(例如不用硫酸而改用鹽酸),因而使許多化学物質的合成获得可能或改进或更經濟。

某些具有微晶結構的塑料兼有硬性塑料及軟性塑料的性能,能在低温时不脆,在常温及較高的温度时也能相当坚硬。所以这些塑料是兼有耐寒及耐热两种性能。例如聚乙烯、聚偏二氯乙烯、聚四氟乙烯等就是如此。

另一些具有微晶結構的聚合物,在伸長与定向的状态下成为合成纖維类。这类塑料的特点是結晶稳定、机械强度高、柔軟耐寒而熔点高;例如聚酰胺,可以制成紡織品,广泛地应用于工業及日常生活中。

有許多塑料可作为減摩材料。它們的特点是摩擦系数小,而本身不易磨損。有些可充作軸承而不需添加滑潤剂,有些可用水或水乳液为滑潤剂。用布、木材或玻璃布等为填料的酚醛層压板是極好的減摩材料,广用于制造煉鋼工業中的軸承或齒輪、滑輪等。如在高温或有侵蝕性的介質中則用聚四氟乙烯制的軸承。

另一类塑料在干燥摩擦时具有極高的摩擦性能并不易磨損。这种塑料可作为耐摩材料。以石棉为填料的酚醛塑料是很好的摩擦材料。

許多塑料具有优良的光学性能与机械性能,因此可为光学仪器及机械制造中的貴重材料。这类塑料也称为有机玻璃。有机玻璃是无色而高度透明的,但很容易被無机或有机染料所着色。能通过有机玻璃的光的波長范围極广,尤其是紫外綫,可通过90—99%。因此在这一点上它远胜于普通玻璃。有机玻璃的折光率在1.5—1.6之間。虽然在理論上我們希望玻璃



的折光率要高(达2或超过2)。有机玻璃除光学性能高外,还兼具有优良的机械性能与成型性能。用与光学方面的塑料有两种:一种是坚韧的材料,可单独应用作为有机玻璃;另一种是柔软而有弹性的片状物,可用以胶粘普通硅玻璃,制成不碎玻璃。

几种透明塑料与金刚鑽及硅酸盐玻璃的光学性能比较如下:

现在有许多光学设备是用塑料制成的,如眼镜、放大镜、光学仪器等。有机玻璃现在已经不仅在航空工业、测远器及其他复杂的光学系统中为硅酸盐玻璃的竞争者,而且在制造稜镜、透镜及天文仪器中也与硅酸盐玻璃相抗衡。

塑料的另一个主要优点在于不需要使用一般的机械加工方法如车、钻、刨、锉、磨等,而可用特别的成型方法如挤压、压铸、压制等,以制成各种制品。成型方法的

名 称	比 重 克/厘米 <sup>3</sup>	折 光 率	老化性能	
			透明度, %	
			原 来	一年 后
聚甲基丙烯酸甲酯	1.19	1.49	94	93
丙烯酸树脂	1.32	1.50	92	91
聚苯乙烯	1.05	1.60	90	90
氯乙烯与醋酸乙烯共聚物	1.34	1.52	83	83
醋酸纖維	1.30	1.49	87	83
纖維素乙丁酯	1.20	1.47	89	89
酚醛树脂	1.32	1.60	85	—
金刚鑽	3.51	2.42	100	100
普通玻璃	2.50	1.52	老化極微	

发展为各种自动机器发明的结果。如自动压制机、自动压铸成型机等每小时可制造结构复杂的制品数百件。这些塑料加工方法的优点是节省材料,没有刨下来或车下来的废料,减低制造制品的工时及机时,减少普通机床的工作量,节省电力,操作简便,对工人的技术要求较低。这些都是对于大量生产和降低成本是有利的。

塑料的加工方法因有上述优点,所以能代替许多其他材料。即使塑料本身的价格超过它所代替的材料,但以制品的价格来比较则塑料制品仍较低廉。

因此塑性是塑料最重要的技术性能。正因为塑料有这种性能才使它获得广泛的用途。但在另一方面,也有其缺点,限制了它的用途。塑料的最大缺点是耐热性不高,一般是70—200℃;只有少数品种如硅有机聚合物、聚四氟乙烯等,可应用在较高的温度,如300—350℃。

塑料的导热性能是不好的,一般为0.2—0.6千卡/米·小时·℃;与45号钢10—40号铸铁和330号铜相比较,不免相差悬殊。导热性低,在必需将热散发开去的情况下是一缺点。但在某些情况下却仍是优点,这是可以理解的。因为塑料的导热性低,所以与人的皮肤相接触时有温暖的感觉。这在某些用途中也是需要的。

与玻璃、陶瓷及金属相比较,塑料的表面硬度较小。这又在很多情况下限制了它的应用。塑料的热膨胀系数约为 $(25-120) \times 10^{-6}$ ,而钢为 $11 \times 10^{-6}$ ,所以前者大了很多再加上它的导热性能不好,就形成了显著的残余内应力,以致在使用中遇温度变化激烈的情况时,制品会产生裂痕,尤其是在有金属嵌件的地方。

即使是硬性塑料,也会慢慢地产生塑性流动。这就是蠕变,一般都必需经过一段时间,而且随温度而迅速增长,所以应该注意。硬性塑料中的交联程度愈高,这个现象愈小。直链结构高分子的热塑性塑料制品这种现象更明显,会自己慢慢地变形。

合成塑料与一般有机物相同,长期地曝露于日光中或户外大气中就会发生老化现象。老化表现为缓慢的氧化、变色、吸水、表面硬度降低、裂痕及制品的自行崩溃。太阳光的辐射可能是造成这种破坏的主要原因,而反复地受潮与干燥也很有影响。塑料的老化速度是各有