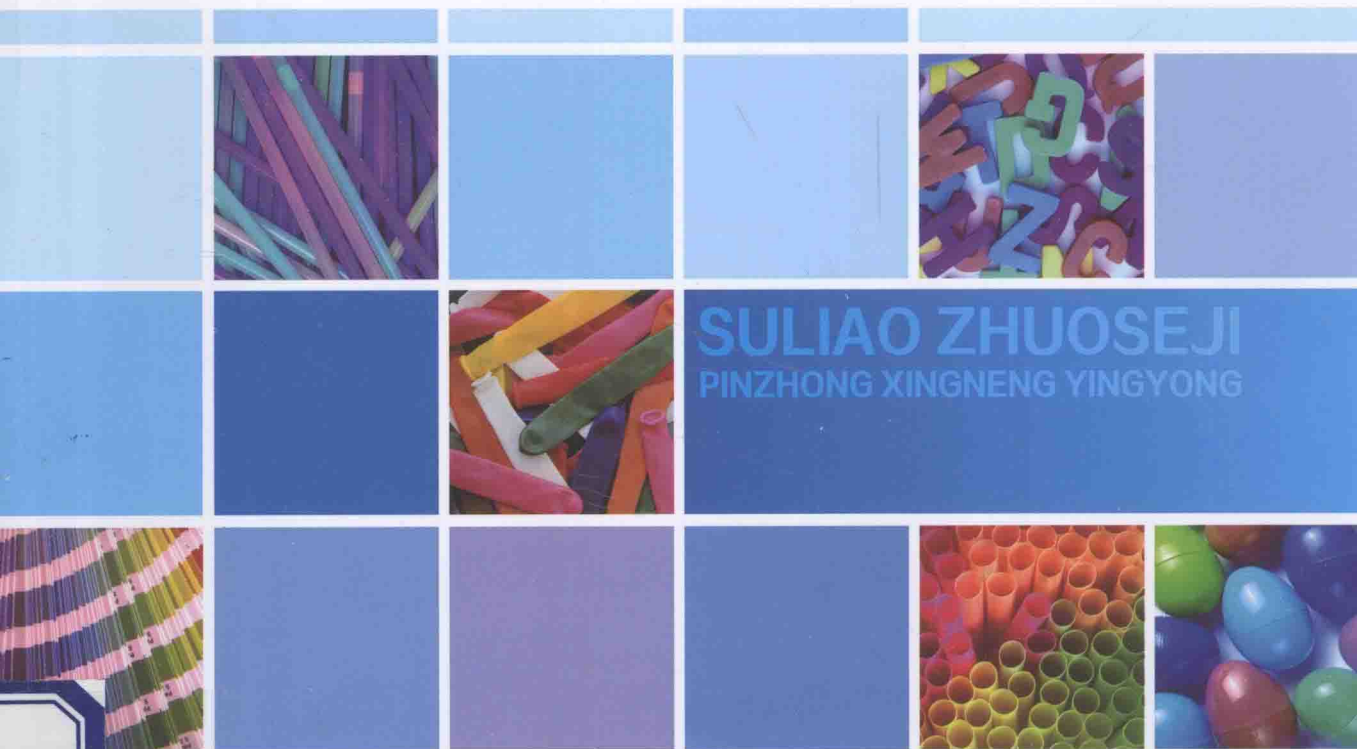


# 塑料着色剂

## ——品种·性能·应用

陈信华 徐一敏 云大陆 编著



SULIAO ZHUOSEJI  
PINZHONG XINGNENG YINGYONG



化学工业出版社

# 塑料着色剂—— 品种·性能·应用

陈信华 徐一敏 云大陆 编著



化学工业出版社

·北京·

该书对与塑料着色相关的知识进行了系统的总结。在对塑料着色剂的性能要求进行初步介绍的基础上,首先对无机颜料、效果颜料、有机颜料、溶剂染料的品种、性能及应用进行了重点论述,然后介绍了着色剂的检验方法和标准、颜料在塑料中的分散、塑料配色实用技术与质量控制、塑料着色成型工艺、塑料着色国际法规体系及相应的要求等。

该书希望能够成为沟通着色剂使用者和生产者的桥梁,成为塑料着色入门者以及着色剂研发、生产、销售和应用人员的工具书。

### 图书在版编目(CIP)数据

塑料着色剂——品种·性能·应用/陈信华,徐一敏,  
云大陆编著. —北京:化学工业出版社,2014.9

ISBN 978-7-122-21250-4

I. ①塑… II. ①陈…②徐…③云… III. ①塑料着色-着色剂 IV. ①TQ320.67

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第150307号

---

责任编辑:赵卫娟 仇志刚  
责任校对:王素芹

装帧设计:关 飞

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张22 字数598千字 2014年11月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:88.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2014—28号

# 本书编写人员名单

王贤丰 云大陆 刘晓梅 吴克宇

陈悦 陈信华 宋奇忆 姚志卿

徐一敏 赵瑞良 张小明 谢新辉

# 序 言

中国色母粒行业伴随着塑料行业的发展经历了从无到有、从小到大、从弱到强的发展历程。一代色母粒人为其倾注了毕生经历，行业的发展也锻炼了一代人，成就了一代人。

本书作者在将近 40 年的从业经历中，经过长期的塑料着色理论研究与实践活动，积累了宝贵的经验。伴随着本书的出版，每一个读者都是这一经验的分享者。

正如作者所说，塑料着色是一项系统工程，产业链庞大繁杂，需要从业人员拥有的相关知识涉及色彩学、材料学、机械工程直至法律法规等。本书对色母粒领域的相关知识进行了全面梳理，力求做到专业性、知识性、全面性，可作为塑料着色的工具书使用。

本人从 1982 年起与色母粒结缘，2002 年到中国染料工业协会色母粒专业委员会工作，有幸亲身经历了中国色母粒行业的发展历程，并努力践行着引导行业科学发展的理念。借本书出版之际，我谨向老一辈色母粒人致以崇高的敬意，希望你们或著书立说或言传身教，把丰富的经验传给年轻一代；我也殷切希望新一代色母粒人虚心学习，勇于实践，继往开来，开创色母粒事业的新纪元。



2014 年 6 月

# 前言

色彩有着悠久的历史，早在史前天然的有色矿物就被用于岩石与洞穴的着色，它以绚丽的色彩装扮着周围的大千世界，它伴随着人类的物质文明和精神文明的进步而不断发展。19世纪世界著名的化学公司开始生产合成染料和颜料，随后的几十年里，这些公司发展壮大并开拓了新的产品应用领域，其中之一就是20世纪初诞生而迅速发展的塑料。

提起塑料应该每个人都不陌生，从儿童玩具到仪器仪表，从电脑外壳到汽车部件，从牙刷、浴缸、卫生用品到飞机零件、宇宙飞船，塑料制品在我们的生活中随处可见。塑料发展历经百年就达到了今天无处不在的普及程度，而且还在以不可思议的速度继续发展，真可谓人间奇迹！今天可以毫不夸张地说：我们的生活离不开塑料。

能改变物体的颜色，或者能赋予本来无色的物体颜色的物质，统称为着色剂。着色剂是通过有选择性地将有色光波中某些光吸收和反射，而产生出颜色。按照传统习惯一般将着色剂分为染料和颜料两大类。

塑料着色的工业链是由颜（染）料制造工业、色母粒制造工业及改性料制造工业和塑料加工业三大行业组成。色母粒及改性料制造业连接上下游行业，对整个产业链的发展有着举足轻重的作用。历史经验表明在这一工业链中色母粒及塑料制品加工商往往对着色剂的复杂性知之甚少，同样颜（染）料制造商对塑料及加工知识了解也十分有限。因此在工业链之间信息的充分交流是非常重要的。通过这样的方式，可以明显增进上下游行业的相互了解，从而使工业链中各方的产品都有可能达到更高的质量标准。

对着色剂的使用者而言，着色剂的有效使用价值取决于它的颜色性能、牢度性能和加工性能。一种颜色价值很高的着色剂，如果因为加工性能差，在用户的应用加工条件下就不能发挥其颜色价值，用户的使用价值就低；同样，一种颜色性能和加工性能都很好的颜料，如果用在牢度性能不合适的场合，其对该用户的使用价值也低。因此本书用了大量篇幅介绍着色剂结构和各项性能，以供着色剂使用者选择。以确保着色质量为基础，优化考虑颜料性能、应用配方、应用设备、技术条件和环境的综合变化，选择合适的着色剂以达到最优着色成本的目标。

鉴于着色剂生产者 and 使用者都希望所选择着色剂性能稳定，所以本书也对塑料用着色剂的技术指标和检验方法进行了介绍，希望统一方法，提高双方产品质量。但仅仅质量检验还远远不够，如希望着色剂在各类塑料中取得良好的着色效果，还需模拟塑料加工代表性应用条件进行应用测试。

对着色剂的生产者而言，还需要掌握着色剂应用相关的学科知识和行业技能，如果不掌握这些学科知识，要制造高质量着色剂产品是困难的，因为着色剂产品质量不仅需要工厂生产的质量控制，还需要产品应用测试的论证，以及制造工艺和应用性能的关联。即不知道客户如何使用着色剂产品，就无法生产出高质量的产品，为此本书也用一定篇幅介绍了树脂、色母粒生产以及塑料着色成型工艺。

总而言之，塑料着色是一项系统工程，涉及着色剂、塑料原料、加工设备、加工工艺及最终产品的质量保证，特别是塑料制品与我们生活息息相关，塑料制品的安全性需符合世界各国的法规。原材料的毒理学，塑料中所有组分必须综合考虑，只有这样，用户才会对最终

制品满意。尽管塑料着色各个环节综合水平在不断提高，但仍存在各种各样的疑问、问题和错误。考虑到原料（塑料和着色剂）的复杂性，法规、规章的差异，以及不同顾客的特殊需求，出现上述情况是不足为奇的。尤其是对于顾客的特殊需求来说，由于有些需求之间是相互矛盾的，有些需求又难以得到满足，所以在这一产业链中各方需要进行积极磋商来解决问题，尽量使客户满意。为了达到上述目的，本书将三个领域里相关知识作一个全面梳理，从专业性、知识性、全面性着手，力求将本书编写成塑料着色领域的一本工具书。

当今社会是一个互联网时代，是个知识爆炸巨变的时代，是个充满不确定性因素的时代，是个信息数据重构商业，流量决定未来大数据时代，本书将塑料着色的巨大系统工程，分拆成了一个个知识的碎片，期望读者通过本书的阅读，让这些碎片汇聚在脑海中，消化吸收，提供正能量。希望本书的出版，成为塑料着色入门者的基础，塑料着色剂研发、生产、销售、应用者的工具。

本书在编写过程中得到了塑料着色行业专家和同仁们的热心帮助，在此一并对他们表示衷心的感谢。

限于作者的学识水平有限，时间仓促，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

陈信华  
2014年6月



# 目 录

## ◎ 第1章 塑料与着色剂概述/ 1

1.1 塑料 .....	1
1.1.1 塑料的特性 .....	1
1.1.2 塑料的用途 .....	2
1.1.3 塑料的分类和品种 .....	2
1.1.4 改性塑料 .....	8
1.2 塑料着色 .....	9
1.2.1 塑料着色的意义 .....	9
1.2.2 塑料着色剂 .....	10
1.2.3 塑料着色剂的种类和特性 .....	11

## ◎ 第2章 塑料着色剂性能要求/ 13

2.1 塑料着色剂基本要求 .....	13
2.1.1 塑料种类对着色剂的基本要求 .....	13
2.1.2 塑料成型工艺对着色剂的基本要求 .....	14
2.1.3 塑料制品用途对着色剂的基本要求 .....	15
2.1.4 塑料着色剂的基本要求 .....	16
2.2 色彩性能 .....	17
2.2.1 着色力 .....	17
2.2.2 饱和度、亮度、遮盖力 .....	18
2.2.3 二色性 .....	18
2.3 耐热性 .....	19
2.3.1 耐热性指标的定义 .....	19
2.3.2 耐热性与使用浓度 .....	19
2.3.3 耐热性与结构、晶型、粒径大小 .....	20
2.3.4 耐热性与树脂及添加剂 .....	21
2.3.5 耐热性指标的应用 .....	22
2.4 分散性 .....	22
2.4.1 分散性与表面性能 .....	23
2.4.2 分散性与粒径大小、粒径分布 .....	23
2.5 迁移性 .....	24
2.5.1 发生迁移的主要原因 .....	24
2.5.2 迁移性与化学结构、应用浓度 .....	24



2.5.3	迁移性指标的应用	25
2.5.4	迁移性在消费品法规上新的应用要求	25
2.6	<b>耐光(候)性</b>	25
2.6.1	耐光(候)性与化学结构、粒径大小	26
2.6.2	耐光(候)性指标的应用	27
2.6.3	耐光(候)性技术指标和实际使用差异	28
2.7	<b>收缩/翘曲</b>	29
2.7.1	收缩/翘曲与塑料的结晶度	29
2.7.2	收缩/翘曲与颜料化学结构、晶型、粒径大小、着色浓度	30
2.7.3	收缩/翘曲指标的应用	32
2.8	<b>耐化学稳定性</b>	33
2.8.1	耐酸、碱性	33
2.8.2	耐溶剂性	33
2.8.3	耐氧化性	33
2.9	<b>安全性</b>	34
2.9.1	化学品的急性毒性	34
2.9.2	有机颜料中的杂质	34
2.9.3	双氯联苯胺颜料的安全性	34
2.9.4	无机颜料的重金属	36

### ◎ 第3章 无机颜料及效果颜料主要品种和性能/ 38

3.1	<b>无机颜料发展历史</b>	38
3.2	<b>无机颜料分类与组成</b>	39
3.2.1	无机颜料的分类	39
3.2.2	无机颜料的组成	39
3.3	<b>无机颜料的塑料着色性能</b>	40
3.3.1	无机颜料的性能要求	40
3.3.2	无机颜料颗粒性质对着色性能的影响	41
3.3.3	无机颜料在塑料着色中的安全性能	43
3.4	<b>无机颜料在塑料中的用途</b>	43
3.4.1	用于塑料着色	43
3.4.2	特殊功能	44
3.5	<b>无机颜料及效果颜料主要品种和性能</b>	47
3.5.1	消色颜料	47
3.5.2	彩色无机颜料主要品种和性能	54
3.5.3	效果颜料(无机)主要品种和性能	71
3.5.4	效果颜料(有机)主要品种和性能	79

### ◎ 第4章 有机颜料主要品种和性能/ 84

4.1	<b>有机颜料发展历史</b>	84
4.2	<b>有机颜料的分类</b>	85
4.3	<b>有机颜料在塑料着色中的重要性</b>	86

4.3.1	有机颜料和无机颜料差异 .....	86
4.3.2	有机颜料和溶剂染料差异 .....	89
4.4	着色性能与颜料化学结构、晶体结构、应用介质的关系 .....	90
4.5	偶氮颜料 .....	90
4.5.1	单偶氮颜料 .....	91
4.5.2	双偶氮颜料 .....	117
4.5.3	缩合偶氮颜料 .....	125
4.6	酞菁颜料 .....	137
4.6.1	蓝色酞菁颜料 .....	137
4.6.2	绿色酞菁颜料 .....	140
4.7	杂环及稠环酮类颜料 .....	142
4.7.1	二噁嗪类颜料 .....	143
4.7.2	喹吖啶酮类颜料 .....	145
4.7.3	花系类和芘酮类颜料 .....	150
4.7.4	蒽醌和蒽醌酮类颜料 .....	156
4.7.5	异吲哚啉酮系颜料和异吲哚啉系颜料 .....	159
4.7.6	吡咯并吡咯二酮系颜料 .....	163
4.7.7	喹酞酮类颜料 .....	169
4.7.8	金属络合类颜料 .....	170
4.7.9	噻嗪类颜料 .....	172
4.7.10	蝶啶类颜料 .....	173

## ◎ 第5章 溶剂染料主要品种和性能/ 175

5.1	溶剂染料发展历史 .....	175
5.2	溶剂染料的类型、性能与品种 .....	176
5.3	溶剂染料在塑料着色上的应用特性 .....	178
5.3.1	溶解度 .....	178
5.3.2	升华 .....	179
5.3.3	熔点 .....	180
5.4	溶剂染料市场和生产 .....	180
5.5	溶剂染料主要品种和性能 .....	181
5.5.1	蒽醌类溶剂染料 .....	181
5.5.2	杂环类溶剂染料 .....	194
5.5.3	亚甲基类溶剂染料 .....	204
5.5.4	偶氮类溶剂染料 .....	207
5.5.5	甲亚胺类溶剂染料 .....	209
5.5.6	酞菁类溶剂染料 .....	210

## ◎ 第6章 塑料着色剂检验方法和标准/ 212

6.1	检验和标准 .....	212
6.1.1	检验的重要性 .....	212
6.1.2	采用国际标准, 提升企业竞争力 .....	212

6.1.3	质量控制检验和应用性能检验	213
6.1.4	评判标准	214
6.2	色彩的检验方法和标准	216
6.2.1	测试用 PVC 材料的基础配方	216
6.2.2	色彩性能测试方法	217
6.2.3	色彩性能的评判	218
6.3	耐热性的检验方法和标准	219
6.3.1	耐热性试验方法之一: 注塑制样法	219
6.3.2	耐热性试验方法之二: 烘箱法	219
6.3.3	耐热性试验方法之三: 两辊法	220
6.4	分散性的检验方法和标准	221
6.4.1	分散性评定方法之一: 两辊法	221
6.4.2	分散性评定方法之二: 过滤压力升法	221
6.4.3	分散性评定方法之三: 吹膜法	223
6.5	迁移性的检验方法和标准	224
6.6	耐光性和耐候性的检验方法和标准	225
6.6.1	耐天然光日晒牢度和气候牢度试验	225
6.6.2	耐人造光日晒牢度和气候牢度试验	227
6.7	耐化学稳定性的检验方法	230
6.7.1	耐酸碱性测试	230
6.7.2	耐溶剂性测试	231
6.8	翘曲和形变性的检验方法	232
6.8.1	形变性/收缩率的检验方法	232
6.8.2	翘曲性的检验方法	232

## 第 7 章 颜料在塑料中的分散/ 234

7.1	颜料在塑料中分散的目的和意义	234
7.1.1	颜料分散前粒子类型与性能	234
7.1.2	提高着色力、降低着色成本	235
7.1.3	满足塑料加工对颜料分散性要求	236
7.1.4	节能降耗	237
7.2	颜料在塑料中的分散	237
7.3	颜料的润湿	239
7.3.1	接触角与杨氏方程	239
7.3.2	颜料的润湿过程	239
7.3.3	颜料表面特性的判断依据——润湿角	245
7.4	颜料的分散	246
7.5	颜料的分散稳定性	247
7.5.1	双电层稳定机制	247
7.5.2	空间位阻稳定机制	249
7.6	颜料色母粒和颜料预制剂	253
7.6.1	色母粒的定义和市场	253
7.6.2	颜料在聚烯烃色母粒中的分散	254

7.6.3	化纤原液着色 .....	259
7.6.4	塑料预分散颜料制剂 .....	264

## ◎ 第8章 塑料配色实用技术及质量控制/ 266

8.1	配色的原理和原则 .....	266
8.1.1	基本原理 .....	266
8.1.2	配色基本原则 .....	267
8.1.3	塑料配色是一个复杂的系统工程 .....	268
8.2	塑料配色人员应具备的基本知识 .....	268
8.2.1	全面掌握着色剂的性能 .....	268
8.2.2	全面掌握塑料的各项性能 .....	268
8.2.3	全面掌握塑料加工成型工艺条件 .....	269
8.2.4	全面了解塑料加工助剂类型并掌握其添加量 .....	269
8.2.5	全面了解塑料制品符合国内外安全法规 .....	269
8.3	塑料配色的基本步骤 .....	269
8.3.1	塑料配色前期准备工作 .....	269
8.3.2	塑料配色具体步骤 .....	270
8.4	质量控制 .....	273
8.4.1	色差 .....	273
8.4.2	配方设计质量控制 .....	276
8.4.3	生产质量控制 .....	276
8.4.4	建立质量控制系統 .....	277
8.4.5	问题产生与解决 .....	277
8.5	塑料配色的实用技术 .....	279
8.5.1	如何配制特白塑料制品 .....	279
8.5.2	如何配制特黑塑料制品 .....	279
8.5.3	如何配制灰色塑料制品 .....	280
8.5.4	如何配制户外用塑料制品 .....	280
8.5.5	如何配制透明制品 .....	281
8.5.6	如何配制珠光塑料制品 .....	281
8.5.7	如何配制金色、银色塑料制品 .....	282
8.5.8	如何配制荧光塑料制品 .....	282
8.6	计算机配色 .....	283
8.6.1	计算机配色的优点 .....	283
8.6.2	计算机配色的原理 .....	283
8.6.3	建立着色剂数据库 .....	284
8.6.4	计算机配色的实施 .....	286

## ◎ 第9章 塑料着色成型工艺/ 287

9.1	塑料成型基础 .....	287
9.1.1	塑料的三种物理状态及其应用 .....	287
9.1.2	塑料成型的工艺特性 .....	288

9.2 挤出成型 .....	289
9.2.1 环形口模 .....	289
9.2.2 圆孔口模 .....	296
9.2.3 扁平口模 (T型模) .....	298
9.2.4 异形口模 .....	302
9.3 注射成型 .....	304
9.4 压延成型 .....	309
9.5 模压成型 .....	310
9.6 发泡成型 .....	312
9.6.1 聚乙烯泡沫塑料 .....	313
9.6.2 聚氨酯泡沫塑料 .....	313
9.7 其他成型 .....	314
9.7.1 滚塑成型 .....	314
9.7.2 浸塑 .....	315
9.7.3 离型纸 .....	317

## 10 第 10 章 塑料着色国际法规体系以及相应的要求和标准/ 318

10.1 主要国家法规标准体系简介 .....	318
10.2 各国对塑料着色剂的法规和要求 .....	319
10.2.1 总体要求 .....	319
10.2.2 关于化学物质控制要求 .....	320
10.2.3 具体产品的要求 .....	321
10.3 塑料着色剂行业如何应对国际化学要求 .....	329

附录 1 专用术语和缩写语/ 331

附录 2 测试方法/ 332

附录 3 标准深度测定/ 333

附录 4 用于多项式中  $a(\phi)$  值计算的相关系数/ 335

索引/ 337

参考文献/ 340

# 第 1 章

## 塑料与着色剂概述

1907 年美籍比利时人贝克兰发明了世界上第一种塑料, 历经百年的发展, 今天的塑料制品已经随处可见, 无处不在, 而且继续以不可思议的速度继续发展壮大。在人类的工业发展历史上还没有其他的材料有过这样奇迹般的经历。塑料的发现和利用已经被作为 20 世纪影响人类的重要发明而载入史册。纯粹的树脂或无色透明或呈现自然的白色, 仅仅把它简单制成产品并不具备能够引人注目、惹人喜爱的特性。因此, 赋予塑料制品缤纷的色彩, 成为塑料加工从业者不可推卸的神圣使命。

### 1.1 塑料

#### 1.1.1 塑料的特性

塑料作为一种新型材料为什么在短短 100 年里发展如此之快? 主要是因为它具有如下优点。

(1) 塑料制品可以大规模生产 由于塑料制造原料以石油为主, 可以超大规模生产, 所以生产成本较低。塑料原料本身虽然不那么便宜, 但利用塑料可塑性, 可大大降低塑料制品的生产成本。

塑料的可塑性就是可以通过加热的方法使固体的塑料变软后放在模具中, 让它冷却后又重新凝固成一定形状的固体。塑料可塑性能使相当复杂的几何形状制品都变得比较容易制作, 而其加工效率远胜过金属加工。塑料发展近 100 年中发明创新了不少塑料成型工艺, 特别是注塑成型工艺, 一道工序即可制造出复杂的制品。伴随塑料工业发展, 由于塑料易于着色, 设备费用比较低廉, 加工性能优良, 能耗小, 产品成本降低, 从而使塑料制品代替了木材、钢材、棉花、纸张等一系列传统材料, 加速了塑料工业的发展。

(2) 塑料的相对密度轻而且具有较高的强度 塑料的密度在  $1\text{g}/\text{cm}^3$  左右, 只有铝的  $1/5$ , 钢铁的  $1/10$  左右。许多聚烯烃塑料如聚乙烯、聚丙烯的密度都小于  $1\text{g}/\text{cm}^3$ , 能浮于水上。如果将它们做成泡沫塑料, 其密度仅为  $0.1\text{g}/\text{cm}^3$  左右。少数聚合物的密度较大, 如聚氯乙烯 (PVC) 为  $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ , 聚四氟乙烯为  $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ , 但还是比金属和陶瓷轻。

塑料虽密度小, 但是比强度高。尼龙的密度是钢铁的  $1/10$ , 但尼龙的断裂强度只比钢丝小一半。塑料虽然没有金属那样坚硬, 但与金属、陶瓷制品相比, 质量轻、力学性能好, 还具有比较高的机械强度及耐磨性, 故可以制作轻质高强度制品。目前塑料部件大量用于汽车零部件, 占车用材料体积的  $50\%$  左右, 使轿车的重量减轻了  $1/3$ 。汽车重量减轻, 每升汽油就能多跑路程, 节油降耗。

(3) 塑料具有耐腐蚀性 耐腐蚀是环境保护要解决的一个重要课题。我国每年因腐蚀造



成的直接经济损失至少有 200 亿元。大部分塑料的抗腐蚀能力强，不与酸、碱反应，常常被用作化工厂的输液管道。合成纤维制备的工业滤布可用于化工生产等。另外，塑料容器可用于存放和运输高腐蚀性液体。

塑料既不像金属那样在潮湿的空气中会生锈，也不像木材那样在潮湿的环境中会腐烂或被微生物侵蚀，所以塑料可大量用作建筑物的门窗等。

(4) 塑料具有良好的绝缘性和绝热性 塑料的分子链是原子以共价键结合起来的，分子既不能电离，也不能在结构中传递电子，其电阻率可达  $10^{14} \sim 10^{16} \Omega$ 。所以塑料具有优良的绝缘性，可用于电器开关、家用电器的绝缘外壳、电线电缆绝缘护套，还大量应用在电子、电气、雷达、电视、广播、通信、计算机等电子行业和仪器仪表行业中。

塑料比热容大，热导率小，不易传热，故其保温及隔热效果好，因而广泛地应用于保温隔热领域中。采用农用薄膜建造温室大棚，使我国东北地区冬天也能吃到新鲜蔬菜。导弹、火箭、航天飞机等飞行器表面的温度达到  $1300^{\circ}\text{C}$ ，其表面的保护层就是选用热导率小的高分子材料，如酚醛-环氧树脂和有机硅树脂。

塑料的缺点是耐热性差，温度高就会变形，易于燃烧，所有的塑料在光、氧、热、水及大气环境作用下会老化，塑料的表面硬度都比较低，易受损伤。由于塑料是绝缘体，故带有静电，容易沾染灰尘。

塑料的显著特点也是它最大的缺点：不易腐烂降解，埋在土里几百年也不会发生变化，这对环境极为有害。伴随人们生活节奏的加快，社会生活正向便利化、卫生化发展。为顺应这种需求，一次性泡沫塑料饭盒、塑料袋等开始频繁地进入人们的日常生活。这些使用方便、价格低廉的包装材料的出现给人们的生活带来了诸多便利。但另一方面，这些包装材料在使用后往往被随手丢弃，造成“白色污染”，对生态环境还会造成潜在危害。

### 1.1.2 塑料的用途

由于塑料具有许多优异特性，所以塑料制品可制得像丝绸一样柔顺，像钢铁一样坚固，像海绵一样轻盈，像玻璃一样透明。今天塑料产品琳琅满目，充斥在我们生活的每一个角落。所以可以毫不夸张地说：我们的生活离不开塑料。塑料的主要用途如表 1-1 所列。

表 1-1 塑料主要用途

结构材料	家电产品，汽车零部件，机械零件
绝缘材料	电缆，绝缘板，电器零件
建筑材料	塑料建材，给排水管，燃气管
包装材料	薄膜袋，包装薄膜，泡沫塑料，塑料容器
日常用品	办公用品，家具，玩具
交通运输	道路交通设施，车辆部件
纺织纤维	衣着纤维，地毯，草坪

### 1.1.3 塑料的分类和品种

#### 1.1.3.1 塑料的分类

塑料种类很多，到目前为止世界上投入生产的塑料有三百多种。塑料的分类方法较多，分类体系比较复杂，各种分类方法也有所交叉，常规的分类方法主要有以下几种。

(1) 按塑料的理化特性分类 按塑料的理化特性可分成两大类：热塑性塑料和热固性塑料。



① **热塑性塑料** 热塑性塑料中树脂的分子结构是线型或支链型结构。它在加热时可塑制成一定形状的塑件，冷却后保持已定型的形状。如再次加热，又可软化熔融，可再次制成一定形状的塑件，如此可反复多次。在上述过程中一般只有物理变化而无化学变化。由于这一过程是可逆的，在塑料加工中产生的边角料及废品可以回收粉碎成颗粒后重新利用。如：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、有机玻璃等都属于热塑性塑料。

② **热固性塑料** 热固性塑料在受热之初为线型结构，具有可塑性，可塑制成为一定形状的塑件。当继续加热时，线型高聚物分子主链间形成化学键结合（即交联），分子呈网状结构，分子最终变为体型结构，变得既不熔融，也不溶解，塑件形状固定下来不再变化。在成型过程中，既有物理变化又有化学变化。由于热固性塑料的上述特性，故加工中的边角料和废品不可回收再生利用。如：酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、有机硅塑料、聚硅氧烷塑料等属于热固性塑料。热塑性和热固性塑料结构见图 1-1。

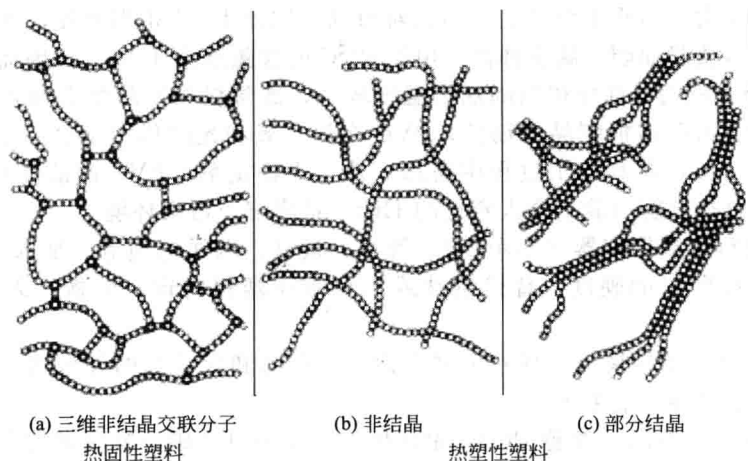


图 1-1 热塑性和热固性塑料结构

## (2) 按塑料用途分类

① **通用塑料** 一般指产量大、用途广、成型性好、价格低的塑料。其产量约占世界塑料总产量的 75% 以上。构成了塑料工业的主体。通用塑料包括聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS)、聚氯乙烯 (PVC)、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、环氧树脂 (EP)、酚醛树脂 (PF)、聚氨酯 (PU)、不饱和聚酯。

② **工程塑料** 一般指能承受一定的外力作用，并有良好的力学性能和尺寸稳定性，在高、低温下仍能保持其优良性能，可以作为工程结构件的塑料。工程塑料包括聚酰胺 (PA)、聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT) 和聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚碳酸酯 (PC)、聚甲醛 (POM)、聚苯醚 (PPO)。工程塑料的产量相对较少，价格较贵。

③ **特种塑料** 一般指具有特种功能（如耐热、自润滑等），应用于特殊要求的塑料。如聚苯硫醚 (PPS)、聚砜 (PSU)、聚醚砜 (PES)、聚四氟乙烯 (PTFE)、聚醚醚酮 (PEEK)。

特种塑料和工程塑料的耐磨性、耐腐蚀性、耐热性、自润滑性及尺寸稳定性等均比通用塑料优良，它们具有某些金属特性，因而在机械制造、轻工、电子、日用、宇航、导弹、原子能等工程技术部门得到广泛应用，越来越多地代替金属制作某些机械零件。

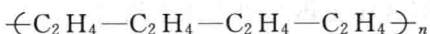
(3) **按塑料成型方法分类** 按照加工成型方法不同可分为挤出塑料、注塑塑料、中空塑料、模压塑料、压延塑料等。

(4) **按塑料制品分类** 按照制品不同可分为薄膜塑料，管道塑料，电线塑料，电缆塑

料, 建材塑料, 泡沫塑料等。

### 1.1.3.2 塑料的主要品种

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料中树脂的分子结构一般都是由一种或两种及以上的“基本单元”按照一定的排列方式, 通过化学键重复连接而成, 犹如珍珠串链一样, 呈线型或支链型结构, 常称为线型聚合物。例如聚乙烯分子里的基本单元为  $C_2H_4$ , 每个聚乙烯分子里含有  $n$  个连接起来的基本单元:



热塑性塑料主要品种和性能如下。

① 聚氯乙烯 聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, 简称 PVC), 分子式:  $\left( CH_2CHCl \right)_n$ 。PVC 是氯乙烯单体经聚合而成的热塑性树脂, 是主要通用塑料品种之一, 在世界五大塑料中的生产能力仅次于聚乙烯, 居第二位, 约占合成树脂总量的 16%。

PVC 树脂为白色或浅黄色粉末, 由于 PVC 分子链上带有负电性很强的氯原子, 使分子之间产生很大的引力, 阻碍了分子之间的相对滑动, 因此 PVC 相当刚硬, 并且具有良好的耐化学腐蚀性, 但质脆而硬, 缺少弹性。由于 PVC 的含氯量大于 55%, 因而具有阻燃性和自熄性。PVC 分子链的极性使树脂的加工温度较高, 通常根据制品要求加入不同量的增塑剂减小分子间的引力和增加制品柔韧性。PVC 在热、氧和光的作用下会脱落 HCl 而变色, 材料性能降低, 因此, 在其加工过程中需加入热、光稳定剂。PVC 的缺点是单体有毒性, 增塑剂有毒性, 燃烧分解时放出令人窒息的 HCl, 难降解, 污染环境。

PVC 硬质塑料可制作容器 (不耐压)、管材、板材, 电线电缆等。加入大量  $CaCO_3$  做成钙塑料, 可提高塑料的硬度, 替代钢铁或木材制作塑料门窗、地板、天花板和电线套管等。

PVC 软质塑料 (增塑聚氯乙烯) 可制作饮料、药品和化妆品的外包装、薄膜产品, 常用来制造玩具、凉鞋和人造革等。

② 聚烯烃 (polyolefin, 简称 PO) 聚烯烃是分子中只含碳、氢元素的聚合物。最常用的是聚乙烯和聚丙烯, 是生产量和使用量最大的塑料。

a. 聚乙烯 (polyethylene, 简称 PE) 分子式:  $(C_2H_4)_n$ 。PE 是由乙烯的均聚物和乙烯与  $\alpha$ -烯烃的共聚物组成, 是分子中仅有 C—C 和 C—H 键的非极性高聚物。聚乙烯为无臭、无味和无毒的蜡状结晶型热塑性树脂, 具有优良的耐低温性 ( $-140 \sim -70^\circ C$ ), 化学性能稳定, 耐大多数酸、碱和盐。在常温下它不溶于一般溶剂, 吸水性小, 电绝缘性能优良, 力学性能中等。但是其耐热性、耐老化性和耐环境应力开裂性能较差。聚乙烯占塑料总产量的 30% 以上, 为最大的通用塑料产品之一。

目前, 人们采用密度来区别各类聚乙烯。各类聚乙烯的分子结构见图 1-2。低密度聚乙烯的长支链长度甚至超过主链, 分子呈树枝状, 规整性差, 结晶度小而密度低。高密度聚乙烯无长支链, 分子呈直线状, 结晶度大而密度高。线型低密度聚乙烯的分子状态介于两者之间, 因而密度也介于两者之间。

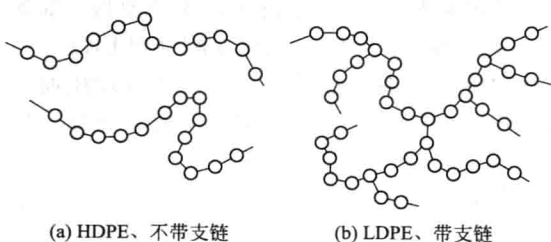


图 1-2 聚乙烯分子结构

低密度聚乙烯 (简称 LDPE) 是乙烯的均聚物, 又因其于高压下聚合, 故又称高压聚乙烯, 是常用塑料中略重于聚丙烯 ( $0.903 \sim 0.904 g/cm^3$ ) 的塑料。LDPE 除具有一般 PE 的性能外, 其熔点低、热封性优良, 并且透明度、柔软性、黏结性和电性能 (高频绝缘性) 优于 HDPE, 尤其是 LDPE 的加工性佳, 这就是其广为应用和不可替代