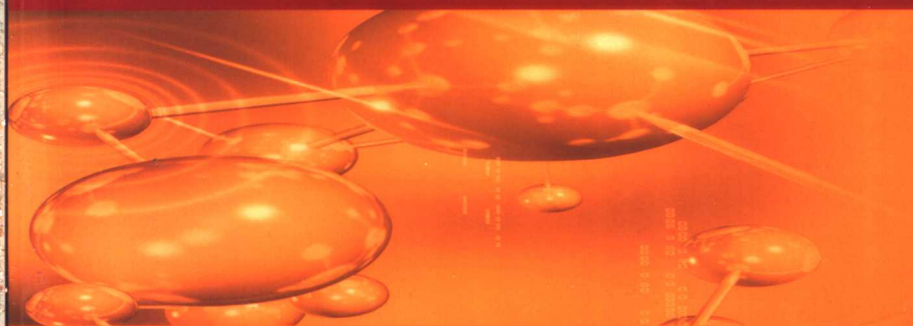


GAOFENZI 高分子分析手册 SHOUCE

董炎明 编著



中國石化出版社

内 容 提 要

本书分两篇。第一篇为高分子的化学分析,包括高分子组成的定性鉴别和定量分析,不仅有很具体的实验方法,还提供了大量的数据,便于读者实际应用。第二篇为高分子的仪器分析,涉及的分析方法达四五十种,重点介绍了每一种现代分析方法在高分子组成及结构分析中的使用范围、样品制备技术、谱图解析、应用实例等实用性内容。本书的主要特色是将众多的化学分析方法与仪器分析方法,组成分析与结构分析有机地结合在一起,并提出了独特的适用于高分子材料剖析的十一类高聚物的分类方法。本书所涉及的高分子材料范围很广,覆盖了塑料、橡胶、化纤、涂料、粘合剂等应用高分子的主要品种,并注意了有关添加剂的分析。

本书是一部适合于从事高分子材料分析与测试的分析人员、高分子合成与加工的研究人员和工程技术人员以及大专院校有关专业师生使用的工具书,也可供高等院校有关高分子研究方法、高分子近代分析测试方法和材料研究方法等课程做教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分子分析手册/董炎明编著.
—北京:中国石化出版社,2004
ISBN 7-80164-442-5

I. 高… II. 董… III. 高分子材料-结构分析-手册
IV. TB324-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078618 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北省徐水县印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 39.75 印张 1015 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

定价:85.00 元

前 言

高分子材料应用极其广泛,使高分子材料的分析已成为非常实用的一门技术。在日常生活中,人们需要鉴别食品袋是否无毒,或识别织物是什么纤维;当高分子制品破损时,要知道其组成以便选用适当的材料和方法修补。在生产中,分析人员须进行控制分析,监视生产过程;须对原料和产品进行分析,寻找出现质量问题的原因;须对使用中的产品进行跟踪分析,观察老化情况;须对竞争企业的产品进行评价,掌握发展动态;须区分回收的高分子废料,以便分类利用。而无论在企业、高校或科研单位,聚合过程研究、高分子设计、老品种改性和新产品开发等都离不开高分子材料的分析技术。

高分子材料的分析包括组成分析和结构分析两部分内容。前者与低分子的分析化学类似;而后者是高分子特有的,涉及键接结构、几何和空间异构、共聚序列结构、分子量及其分布、结晶结构和共混物相结构等各层次的结构问题。本书不以分析内容分篇,而以分析方法划分成化学分析和仪器分析两篇。第一篇高分子材料化学分析的主要内容为组成的定性鉴别和定量分析。所用方法是化学的,也包括某些简单物理性质的测定。所有方法基本上都简便易行,无需复杂昂贵的特殊设备,适合于普通实验室应用。书中提供了大量有关各种高分子材料的性质的图表,便利了分析结果的对照和查索。第二篇高分子材料仪器分析的内容除了组成分析外还包括结构分析。这一篇的重点不是原理和仪器操作,而是方法适用范围、样品制备技术、谱图解释和应用举例等实用内容,适合于广大技术人员进行方法选择、样品准备和得到结果后的分析利用。

鉴别未知高分子材料单靠一种方法往往是很不够的,须用多种方法相互印证或组成一套流程。第一篇中各章节的编排顺序基本上就是推荐的简单定性分析流程。第一步总是尽可能了解试样的来源、用途;评价其外观和初步的机械性质(第一章第二节)。接着是初步试验中适用性最广同时也最易操作的燃烧试验和干馏试验(第三、四节),并用密度、溶解性、折射率以及软化点或熔点测定(第五~八节)证实。倘若这些方法仍未奏效,可用显色试验(第九节)或高分子材料各别鉴定方法(第五章)确认。以上各步也可浓缩成综合性鉴别流程(第一章第十节),但只适用于常见高聚物的快速辨别。因为高分子材料通常是复杂的混合物,较细致的分析要从分离和纯化(第二章)开始。分离出的高聚物成分再

按上述流程进行,或先做元素分析(第三章),然后根据元素分析结果决定是否接着做官能团的化学分析(第四章)。被分离出的添加剂另外进行剖析(第六章)。

在第二篇中,X射线荧光光谱、X射线光电子能谱、俄歇电子能谱和电子探针微区分析能用于高分子材料的元素分析;红外光谱和激光拉曼光谱、近红外光谱、紫外-可见光谱、核磁共振谱和裂解气相色谱能用于官能团的分析,它们往往能提供比化学分析更有力的证据。各类色谱方法主要用于对高分子材料的分离和进一步的组成分析。其他近代分析技术如热分析法、光学和电子显微术、光散射法、X射线法和质谱等主要用于高分子材料的各层次的结构分析。第二篇的编排以仪器分析的方法为序,第七至十一章为以组成分析为主的方法,第十二章为以分离为主的色谱法,第十三至十八章为以结构分析为主的方法。

作者感谢妻子余紫冈为整理初稿而付出的辛勤劳动。

由于水平所限,书中定有不少错误和欠妥之处,敬请读者和同行指正。

编 者

2004年1月

目

录

第一篇 高分子材料的化学分析·····	(1)
第一章 简单定性分析·····	(1)
第一节 高分子材料的分类和命名·····	(1)
一、高分子材料的分类·····	(1)
二、高分子材料的命名·····	(2)
第二节 高分子材料的外观和用途·····	(11)
一、高分子材料的外观·····	(12)
二、高分子材料的用途·····	(16)
第三节 燃烧试验·····	(23)
一、试验方法·····	(23)
二、初步鉴别·····	(24)
三、利用表或流程图的鉴别·····	(24)
第四节 干馏试验·····	(29)
一、试验方法·····	(29)
二、热裂解的基本原理·····	(29)
三、鉴别表·····	(30)
第五节 密度·····	(31)
一、初步鉴别·····	(31)
二、测定方法·····	(32)
三、高分子材料的密度表·····	(34)
第六节 溶解性·····	(36)
一、初步鉴别·····	(36)
二、溶度参数·····	(37)
三、高分子材料的溶解性·····	(44)
第七节 折射率·····	(48)
一、测定方法·····	(48)
二、高分子材料的折射率·····	(50)
第八节 软化点或熔点·····	(51)
一、简易方法·····	(51)
二、熔点显微镜法·····	(51)
三、高分子材料的熔点或软化点·····	(52)

第九节 显色试验·····	(53)
一、李柏曼 - 斯托希 - 莫洛夫斯基 (Liebmann-Storch-Morawski) 显色试验·····	(53)
二、对二甲胺基苯甲醛显色试验·····	(54)
三、吡啶显色试验鉴别含氮高分子·····	(54)
四、一氯和二氯醋酸显色试验鉴别单烯类高分子·····	(55)
五、铬变酸显色试验鉴别含甲醛高聚物·····	(56)
六、吉布斯鞣酚显色试验鉴别含酚高聚物·····	(57)
七、橡胶的显色鉴别·····	(57)
第十节 综合性鉴别方法·····	(57)
第二章 高分子材料的分离和纯化·····	(60)
第一节 溶解 - 沉淀法·····	(60)
一、原理和操作注意事项·····	(60)
二、应用实例·····	(61)
第二节 萃取法·····	(64)
一、原理、制样和操作注意事项·····	(64)
二、应用实例·····	(65)
第三节 高分子复合材料的分离·····	(67)
第三章 元素检测·····	(69)
第一节 钠熔法·····	(70)
一、试液的制备方法·····	(70)
二、氮的测定·····	(70)
三、氯的测定·····	(70)
四、氟的测定·····	(71)
五、硫的测定·····	(71)
六、磷的测定·····	(71)

七、溴的测定·····	(71)	一、乙酰化法·····	(94)
第二节 氧瓶燃烧法·····	(72)	二、苯酐二酰化法·····	(95)
一、试液的制备步骤·····	(72)	三、异氰酸酯法·····	(95)
二、氯的测定·····	(72)	第五节 环氧值·····	(97)
三、硫的测定·····	(73)	一、高氯酸滴定法	
四、氮的测定·····	(73)	(参照 ISO 3001)·····	(97)
五、磷的测定·····	(73)	二、盐酸二氧杂环己烷法·····	(98)
六、氟的测定·····	(74)	第六节 羰值·····	(99)
第三节 特征元素的定性分析·····	(74)	第五章 各类高分子材料的特殊定性	
一、碳的测定·····	(74)	鉴别和定量分析·····	(100)
二、氢的测定·····	(74)	第一节 聚烯烃·····	(100)
三、氧的测定·····	(74)	一、熔点测定·····	(100)
四、氮的测定·····	(75)	二、汞盐试验·····	(100)
五、氯的测定·····	(75)	第二节 苯乙烯类高分子·····	(100)
六、氟的测定·····	(75)	一、定性鉴别·····	(100)
七、硅的测定·····	(75)	二、定量分析·····	(101)
八、磷的测定·····	(75)	第三节 含卤素高分子·····	(103)
九、硼的测定·····	(75)	一、含氯高分子·····	(103)
第四节 特征元素的定量分析·····	(75)	二、含氟高分子·····	(104)
一、碳、氢、氧的测定·····	(75)	第四节 其他单烯类高分子·····	(105)
二、氮的测定·····	(76)	一、聚乙烯醇及其衍生物·····	(105)
三、硫的测定·····	(76)	二、聚丙烯酸及其衍生物·····	(110)
四、氯的测定·····	(77)	三、含氮的乙烯基高分子·····	(111)
五、氟的测定·····	(78)	四、香豆酮和香豆酮-茛	
六、磷的测定·····	(78)	树脂·····	(112)
七、硅的测定·····	(79)	第五节 杂链高分子·····	(113)
八、硼的测定·····	(79)	一、聚氧化烯烃类(聚缩醛)·····	(113)
第五节 根据元素分析对高分子		二、聚酯·····	(114)
材料的鉴别·····	(80)	三、聚碳酸酯·····	(117)
一、根据元素定性分析结果的		四、聚酰胺(尼龙)·····	(117)
鉴别·····	(80)	五、纤维素衍生物·····	(120)
二、根据元素定量分析结果的		第六节 酚醛树脂·····	(125)
鉴别·····	(82)	一、苯酚(包括取代酚)-甲醛	
第四章 官能团的定量化学分析·····	(88)	树脂·····	(125)
第一节 酸值·····	(88)	二、呋喃树脂·····	(127)
第二节 皂化值·····	(89)	第七节 氨基树脂·····	(128)
第三节 碘值·····	(93)	一、脲醛树脂·····	(128)
一、威奇斯法·····	(93)	二、硫脲-甲醛树脂·····	(129)
二、考夫曼法·····	(94)	三、三聚氰胺-甲醛树脂(蜜胺	
第四节 羟值·····	(94)	树脂)·····	(130)

四、苯胺-甲醛树脂(苯胺树脂).....	(131)	二、增塑剂的化学分析.....	(178)
五、酚脲-甲醛树脂(酚素树脂).....	(132)	第二节 抗氧剂.....	(188)
第八节 环氧树脂.....	(132)	一、抗氧剂的分类和应用范围.....	(188)
第九节 聚氨酯.....	(134)	二、抗氧剂的化学分析.....	(193)
一、定性鉴别.....	(134)	第三节 填料.....	(194)
二、定量分析——预聚物中异氰酸酯基的测定.....	(134)	一、填料的分类和应用范围.....	(194)
第十节 聚硅氧烷.....	(135)	二、填料的化学分析.....	(195)
第十一节 橡胶.....	(135)	第四节 塑料添加剂.....	(198)
一、橡胶种类的简易识别法.....	(135)	一、塑料添加剂分析总思路.....	(198)
二、定性鉴别.....	(136)	二、塑料添加剂分析技术.....	(199)
三、定量分析.....	(138)	三、主要塑料添加剂的分析方法.....	(201)
第十二节 纤维.....	(138)	第五节 橡胶添加剂.....	(204)
一、手感目测法.....	(139)	一、橡胶添加剂的分离方法.....	(204)
二、显微镜观察法.....	(139)	二、主要添加剂的分析方法.....	(205)
三、燃烧法.....	(140)	第六节 纤维处理剂.....	(213)
四、溶解性试验.....	(141)	一、纤维处理剂的分离方法.....	(213)
五、试剂着色法.....	(144)	二、油剂.....	(214)
六、密度法和熔点法.....	(144)	三、整理剂.....	(222)
七、光学方法.....	(145)	第七节 胶粘剂添加剂.....	(227)
第十三节 涂料.....	(146)	一、添加剂的分离方法.....	(227)
一、涂料的分类.....	(147)	二、溶剂和稀释剂.....	(229)
二、涂料分析流程.....	(148)	三、固化与固化催化剂.....	(230)
三、涂膜的分析.....	(148)	四、增粘剂(或赋粘剂).....	(231)
四、油脂.....	(152)	五、增塑剂.....	(232)
五、天然树脂.....	(155)	六、填料.....	(232)
第十四节 胶粘剂.....	(156)	七、其他.....	(233)
一、胶粘剂的分类、主要组成和用途.....	(156)	第八节 涂料添加剂.....	(233)
二、胶粘剂的分析.....	(159)	一、分离方法.....	(234)
第十五节 高分子复合材料.....	(163)	二、颜料.....	(234)
一、高分子复合材料的结构.....	(163)	三、溶剂和稀释剂.....	(238)
二、高分子复合材料的成分.....	(166)	四、增塑剂.....	(239)
三、高分子复合材料的分析.....	(172)	五、催干剂.....	(240)
第六章 添加剂的剖析.....	(174)	六、固化剂和固化促进剂.....	(241)
第一节 增塑剂.....	(177)	七、颜料分散剂.....	(241)
一、增塑剂的分类和应用范围.....	(177)	参考文献.....	(242)
		第二篇 高分子材料的仪器分析.....	(245)
		第七章 红外光谱和激光拉曼光谱法.....	(245)

第一节 红外光谱法····· (245)	第一节 X 射线荧光光谱法····· (338)
一、红外光谱法的基本原理····· (245)	第二节 X 射线光电子能谱····· (339)
二、样品制备技术····· (248)	一、基本原理和实验技术····· (339)
三、定性鉴别····· (250)	二、应用····· (341)
四、定量分析和结构分析····· (282)	第三节 电子探针微区分析····· (353)
五、多重内反射光谱····· (289)	一、基本原理····· (353)
六、显微红外光谱····· (293)	二、应用····· (355)
第二节 激光拉曼光谱法····· (296)	第四节 俄歇电子能谱法····· (356)
一、基本原理····· (296)	第十一章 核磁共振谱法和电子自旋
二、应用····· (298)	共振谱法····· (360)
第八章 近红外光谱法和远红外	第一节 核磁共振基本原理与
光谱法····· (304)	实验技术····· (360)
第一节 近红外光谱法的	一、核磁共振原理····· (360)
基本原理····· (304)	二、核磁共振谱仪····· (361)
一、优缺点····· (304)	三、化学位移····· (362)
二、实验技术····· (305)	四、自旋 - 自旋偶合····· (363)
第二节 近红外光谱法在分子材料	五、去偶技术····· (364)
中的应用····· (305)	六、样品制备····· (365)
一、定性分析····· (305)	第二节 高分辨 ¹ H NMR 在分子材
二、定量分析····· (308)	料剖析中的应用····· (366)
三、结构分析····· (310)	一、分子材料的定性鉴别····· (366)
第三节 远红外光谱法的基本原理	二、共聚物组成的测定····· (372)
及其在分子材料中的	三、分子立构规整性的测定 ··· (374)
应用····· (311)	四、共聚物序列结构的研究····· (375)
第九章 电子光谱法····· (315)	五、端基的分析····· (376)
第一节 紫外 - 可见光谱法····· (315)	六、未知高聚物剖析实例····· (376)
一、基本原理····· (315)	七、添加剂的剖析····· (378)
二、分子的紫外吸收光谱····· (318)	第三节 ¹³ C - 核磁共振谱及其在高
第二节 荧光光谱法····· (321)	分子剖析中的应用····· (380)
一、基本原理····· (321)	一、质子去偶技术····· (380)
二、仪器和测定方法····· (323)	二、分子材料的定性鉴别····· (381)
三、激基缔合物····· (324)	三、分子立构规整性的测定 ··· (383)
四、荧光光谱法在高聚物研究中的	四、支化结构的研究····· (384)
应用实例····· (327)	五、键接方式的研究····· (386)
第三节 旋光谱(ORD)和圆二向色性谱	第四节 二维 NMR 技术 ····· (386)
(CD) ····· (330)	一、同核化学位移相关谱····· (386)
一、基本原理····· (330)	二、异核化学位移相关谱····· (387)
二、实验技术····· (333)	第五节 固体 NMR 谱 ····· (388)
三、应用····· (333)	第六节 电子自旋共振谱法····· (391)
第十章 元素分析的波谱方法····· (338)	一、ESR 的基本原理····· (391)

二、电子自旋共振谱线特征·····	(392)	第二节 热重法·····	(456)
三、ESR 实验方法·····	(395)	一、基本原理·····	(456)
四、ESR 在高分子研究中的 应用·····	(397)	二、实验技术·····	(457)
第十二章 色谱法·····	(401)	三、应用·····	(457)
第一节 气相色谱法·····	(401)	四、TG 与 DSC(或 DTA)联用 技术·····	(460)
一、基本原理·····	(401)	第三节 逸出气分析·····	(461)
二、气相色谱法在高分子材料 剖析中的应用·····	(402)	第四节 热机械分析·····	(463)
第二节 反应气相色谱法·····	(404)	一、静态热机械分析(TMA)·····	(463)
第三节 裂解气相色谱法·····	(404)	二、动态热机械分析(DMA)·····	(465)
一、高分子的裂解机理·····	(405)	第十四章 光学显微法和扫描探针 显微镜·····	(473)
二、裂解器和裂解条件 的选择·····	(406)	第一节 光学显微镜样品的 制备技术·····	(474)
三、PGC 在高分子材料剖析中 的应用·····	(408)	一、热压制膜·····	(474)
第四节 反相色谱法·····	(413)	二、溶液浇铸制膜·····	(475)
一、基本原理·····	(413)	三、切片·····	(475)
二、在高分子研究中的应用·····	(414)	四、打磨·····	(478)
第五节 凝胶渗透色谱法和高效液 相色谱·····	(416)	五、复型·····	(479)
一、基本原理和实验技术·····	(416)	六、崩裂·····	(479)
二、应用·····	(421)	七、取向膜·····	(479)
第六节 薄层色谱法·····	(428)	第二节 显微技术的选择和应用·····	(480)
一、基本原理和实验技术·····	(428)	一、正交偏光显微镜·····	(480)
二、应用·····	(431)	二、圆偏振光显微镜·····	(487)
第七节 场流分级·····	(433)	三、散射图形·····	(488)
一、基本原理·····	(433)	四、热台显微镜·····	(489)
二、用场流分级法分离高分子 材料的实例·····	(434)	五、折射率和双折射测定·····	(489)
第八节 超临界流体色谱法·····	(434)	六、相差显微镜和干涉 显微镜·····	(493)
一、基本原理·····	(434)	七、反射式显微镜及表面 结构测定·····	(493)
二、用超临界流体色谱法分离 聚合物·····	(435)	第三节 扫描探针显微镜·····	(495)
第十三章 热分析法·····	(436)	一、原子力显微镜的基本 原理·····	(496)
第一节 差热分析法和差示扫描量 热法·····	(437)	二、AFM 在高分子材料领域的 应用·····	(497)
一、基本原理·····	(437)	第十五章 激光小角光散射法·····	(501)
二、实验技术·····	(438)	第一节 基本原理·····	(501)
三、应用·····	(442)	一、仪器和实验方法·····	(501)
		二、模型法理论·····	(502)

三、球晶的结构因素对测定的影响.....	(504)	第一节 大角 X 射线衍射法	(542)
第二节 SALS 在 高分子结构分析中的应用.....	(505)	一、基本原理.....	(542)
一、球晶半径的测定.....	(505)	二、应用.....	(549)
二、结晶动力学测定.....	(506)	第二节 小角 X 射线散射法	(566)
三、球晶光学符号的测定.....	(507)	一、基本原理.....	(566)
四、形变球晶的测定.....	(507)	二、应用.....	(567)
五、带消光环球晶的大角光散射.....	(509)	第三节 大角衍射和小角散射的综合分析.....	(569)
六、棒状、碟状结晶的测定.....	(511)	一、对结晶结构的分析.....	(569)
七、多重结构的光散射.....	(511)	二、对液晶结构的分析.....	(570)
八、液晶态的检测.....	(512)	三、WAXD 和 SAXS 产生的信息与结构的对应关系.....	(571)
第十六章 电子显微镜法.....	(514)	第十八章 有机质谱和静态次级离子质谱.....	(572)
第一节 基本原理.....	(514)	第一节 有机质谱.....	(572)
一、透射电镜.....	(515)	一、质谱仪.....	(572)
二、扫描电镜.....	(517)	二、质谱术语和质谱中的离子.....	(577)
第二节 样品制备技术.....	(521)	三、分子离子峰和分子式的确定.....	(578)
一、电镜样品的基本要求.....	(521)	四、未知化合物谱图解析.....	(583)
二、SEM 的一般制样方法	(521)	五、在高聚物中的应用.....	(589)
三、TEM 的一般制样方法	(522)	第二节 静态次级离子质谱.....	(591)
四、电镜的特殊制样方法.....	(524)	一、仪器和原理.....	(592)
五、SEM 图像的立体观察	(535)	二、在 高分子中的应用.....	(593)
第三节 在 高分子结构分析中的应用.....	(535)	第三节 基质辅助激光解吸电离 - 飞行时间质谱.....	(608)
一、结晶.....	(536)	参考文献.....	(612)
二、液晶.....	(537)	附录一 高分子材料仪器分析法或装置的缩写代号.....	(618)
三、纤维.....	(537)	附录二 电子结合能标识元素表 (以 MgK_{α} 为激发源)	(621)
四、薄膜.....	(538)	附录三 电子结合能标识元素表 (以 AlK_{α} 为激发源)	(623)
五、多相 高分子体系.....	(539)		
六、乳液.....	(541)		
七、粘合剂.....	(541)		
第十七章 X 射线法.....	(542)		

第一篇

高分子材料的化学分析

第一章 简单定性分析

第一节 高分子材料的分类和命名

一、高分子材料的分类

高分子材料是当前高技术领域之一的新材料中很重要的一部分。目前品种已逾千种，每年还有许多新品种涌现。对高分子材料的分类有多种方法，但常用的有以下两种。

(一) 按性能和用途分类

由塑料、橡胶和纤维组成三大类高分子材料。

1. 塑料

常温下有一定形状，强度较大，受力后能发生一定形变(一般为百分之几)。根据受热后的行为可进一步分为两类：凡受热后可塑化或软化，冷却后又凝固成型并可反复进行的称为热塑性塑料，主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等；凡受热后塑化或软化，并发生化学变化而固化成型，冷却后再受热时不再发生塑化变形的称为热固性塑料，如酚醛树脂、脲醛树脂、聚氨酯和不饱和聚酯等。根据用途又可分为三类：产量大、价格低、应用广的称为通用塑料，其中聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、ABS、酚醛塑料和氨基塑料占了全部塑料产量的四分之三以上；机械强度好，能做工程材料和代替金属制造各种机械设备或零件的称为工程塑料，主要有聚碳酸酯、聚甲醛、尼龙、聚苯醚、聚砒、聚酰亚胺等；另一类为特殊塑料，指含氟塑料、硅树脂、环氧树脂、不饱和聚酯、离子交换树脂等具有特殊性能和用途的塑料。

2. 橡胶

在室温下具有高弹性，即受到很小外力，形变可高达十倍以上，去除外力后又能恢复原状的高分子材料，如丁苯橡胶、顺丁橡胶等。橡胶通常经硫化而轻度交联，受热不能塑化。有一类非化学交联的高分子材料既有高弹性又能热塑成型，称为热塑性弹性体，如SBS等。橡胶和其他具有高弹性的物质又统称弹性体。

3. 纤维

指长度为直径的100倍以上的细长物质。在室温下轴向强度很大，受力后形变较小(一般仅为百分之几至百分之二十)。纤维包括天然纤维、人造纤维和合成纤维，后两者统称为化学纤维。由纤维素组成的棉麻和由蛋白质组成的丝毛是天然纤维；由纤维素经化学处理获得的醋酸纤维等属人造纤维。真正由低分子物合成的涤纶、尼龙等称合成纤维。

塑料、橡胶和纤维很难严格区分，可以用不同的加工方式由同一种高分子原料制得不同

的材料。如聚氯乙烯是典型的塑料，但也可以抽丝制成纤维，称为氯纶，当加入较多增塑剂时也能制成有高弹性的软制品。

除了上述三种外，高分子材料的其他应用形式还有：涂料、粘合剂和功能高分子。人们还常把未经加工成型的高分子称为树脂，以区别成型后的塑料等制品。树脂这个名称来源于对松香、琥珀这些天然产物的称呼。

尽管高分子种类繁多，但真正实用的品种并不太多，而往往少数几个通用品种就占了总产量的大多数，一些复杂的共聚物、共混物和复合材料实际上也常由少数常见的品种组合而成。这对于分析工作来说是值得庆幸的。

(二) 按主链的结构分类

1. 碳链高分子

主链完全由碳原子组成的高分子称碳链高分子，可进一步分为单烯类和双烯类高分子。单烯类高分子如聚丙烯($\text{[CH}_2\text{—CH]}_n$)，双烯类高分子如聚异戊二烯($\text{[CH}_2\text{—CH=C—CH}_2\text{]}_n$)。

2. 杂链高分子

主链除了碳原子外，还含有氧、氮、硫等杂原子的高分子称为杂链高分子，如聚甲醛($\text{[CH}_2\text{O]}_n$)。

3. 元素有机高分子

主链没有碳原子，而侧基则由有机基团组成，如聚二甲基硅氧烷($\text{[Si(CH}_3\text{)}_2\text{—O]}_n$)。

二、高分子材料的命名

高分子的命名方法有以下两种：

(一) 习惯法

1. 大多数由烯类单体制取的高分子以原料单体命名，在单体名前加以“聚”字。如聚乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯。

2. 部分缩聚物以重复单元的化学结构命名，对于比较复杂的结构往往按有机物的分类给予简称。如聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚碳酸酯。

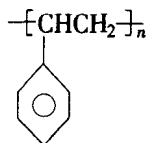
3. 部分缩聚物(主要为热固性塑料)在原料单体后面加上“树脂”两字命名。如酚醛树脂、醇酸树脂。

4. 橡胶在原料单体后面加上“橡胶”两字命名。如氯丁橡胶、乙丙橡胶。

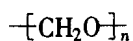
5. 部分高分子(多为化纤)常用商品名称呼。如聚己内酰胺称为尼龙 6(Nylon 6)、聚对苯二甲酸对苯二胺纤维称为凯夫拉(Kevlar)。

(二) 系统命名法

国际纯粹与应用化学联合会(IUPAC)提出，把高分子的重复结构单元按有机化合物系统命名法命名，然后冠以“聚”字。如：



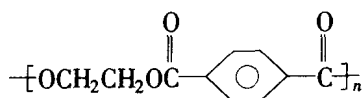
聚(1-苯基亚乙基)



聚氧化亚甲基



聚(1-亚丁烯基)



聚氧化亚乙基氧化对苯二甲酰

这种命名法虽然严谨，但太烦琐，只用于一些无适当习惯名称的新聚合物。

表1-1列出了高分子材料的分类、习惯名称(中、英文，包括某些俗名)、英文缩写和结构。本书从剖析的特殊角度出发，为了分析分组和论述的方便，把高分子材料分成十一类。每类高分子有相似的结构、相似的分析方法，放在一起叙述可以避免重复。这种分类还有以下特点：

① 按外观和基本机械性质，可将高分子材料分为热塑性塑料(第1~5类)、热固性塑料(第6~9类)和橡胶(第9~11类)。

② 按元素分析的结果，可将高分子材料归类如下：第1类和第2类(除少数共聚物外)只含C和H；第3类除C、H、O外，还含有Cl或F；第4类和5类除C、H外，还可能含有杂原子O、N和S；第6类和8类含有C、H、O；第7类和9类含有C、H、O和N；第10类还常含有S；第11类还含有Si。

③ 按基团分析或显色试验的结果，以下各类有类似的性质：第2类为苯乙烯的衍生物，第4类主要为聚乙烯醇的衍生物和聚丙烯酸的衍生物，第6类和7类都可检出有醛，第10类大多含不饱和键。

表1-1 高分子材料的名称、英文缩写和结构

中文名称	英文缩写	英文全名	重复单元或主要结构单元
1. 聚烯烃			
聚乙烯	PE	Polyethylene	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
高密度聚乙烯(低压聚乙烯)	HDPE	High-density polyethylene	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
低密度聚乙烯(高压聚乙烯)	LDPE	Low-density Polyethylene	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
线型低密度聚乙烯	LLDPE	Linear low density polyethylene	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
超高分子量聚乙烯	UHMWPE	Ultra high molecular weight polyethylene	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
聚丙烯	PP	Polypropylene	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
聚1-丁烯	PB	Poly(butylene-1)	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_2\text{—CH}_3 \end{array}$
聚异丁烯	PIB	Polyisobutylene	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{—CH}_2\text{—C—} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
聚4-甲基-1-戊烯	PMP	Poly(4-methylpentene-1)	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{CH}_2\text{—CH—CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
2. 苯乙烯类高分子			
聚苯乙烯	PS	Polystyrene	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
苯乙烯-丙烯腈共聚物	AS 或 SAN	Acrylonitrile-styrene copolymer	
苯乙烯- α -甲基苯乙烯共聚物	SMS	Styrene- α -methylstyrene copolymer	
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	ABS	Acrylonitrile-butadienestyrene copolymer	

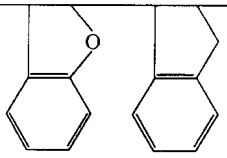
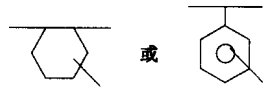
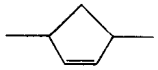
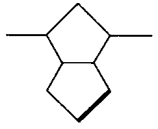
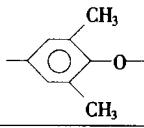
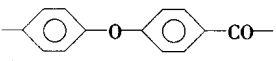
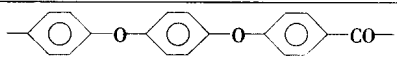
续表

中文名称	英文缩写	英文全名	重复单元或主要结构单元
2. 苯乙烯类高分子			
甲基丙烯酸甲酯 - 丁二烯 - 苯乙烯共聚物	MBS	Methyl methacrylate - butadiene - styrene copolymer	
丙烯酸酯 - 苯乙烯 - 丙烯腈共聚物	ASA 或 AAS	Acrylic ester - styrene - acrylonitrile copolymer	
丙烯腈 - 氯化聚乙烯 - 苯乙烯共聚物	ACS	Acrylonitrile-chlorinated-polyethylene-styrene copolymer	
苯乙烯 - 马来酸酐共聚物	SMA	Styrene - maleic anhydride copolymer	
聚 α - 甲基苯乙烯	PMS	Poly(α - methyl - styrene)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
3. 含卤素高分子			
聚氯乙烯	PVC	Poly(vinyl chloride)	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{Cl} \end{array}$
聚偏二氯乙烯	PVDC	Poly(vinylidene chloride)	$-\text{CH}_2-\text{CCl}_2-$
氯化聚乙烯	CPE 或 PEC	Chlorinated polyethylene	
氯化聚丙烯	CPP 或 PPC	Chlorinated polypropylene	
氯化聚氯乙烯	CPVC 或 PVCC	Chlorinated poly(vinyl chloride)	
氯化聚醚		Chlorinated polyether	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} \\ \\ -\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}- \\ \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$
氯磺化聚乙烯	CSM	Sulfochlorinated polyethylene	$\begin{array}{c} -\text{CH}- \\ \\ \text{SO}_2\text{Cl} \end{array} + (\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{Cl})(\text{CH}_2)_3$
氯乙烯 - 醋酸乙烯酯共聚物 (氯醋树脂)	VC - VA 或 PVCA	Vinyl chloride - vinyl acetate copolymer	
氯乙烯 - 偏二氯乙烯共聚物	VC - VDC	Vinyl chloride - vinylidene chloride copolymer	
聚氟乙烯	PVF	Poly(vinyl fluoride)	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{F} \end{array}$
聚偏(二)氟乙烯(F_2)	PVDF	Poly(vinylidene fluoride)	$-\text{CH}_2-\text{CF}_2-$
三氟氯乙烯 - 偏氟乙烯共聚物(F_{23})	CTFE - VDF	Chlorotrifluoroethylene - vinylidene fluoride copolymer	
聚三氟氯乙烯(F_3)	PCTFE	Poly(chlorotrifluoroethylene)	$\begin{array}{c} -\text{CF}_2-\text{CF}- \\ \\ \text{Cl} \end{array}$
聚四氟乙烯(F_4)	PTFE	Poly(tetrafluoroethylene)	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$
乙烯 - 四氟乙烯共聚物(F_{40})	ETFE	Ethylene - tetrafluoroethylene copolymer	
四氟乙烯 - 六氟丙烯共聚物(F_{46} , 聚全氟乙丙烯)	FEP	Tetrafluoroethylene - hexafluoropropylene copolymer	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2- + \begin{array}{c} -\text{CF}_2-\text{CF}- \\ \\ \text{CF}_3 \end{array}$

续表

中文名称	英文缩写	英文全名	重复单元或主要结构单元
4. 其他碳链高分子(乙烯基类高分子和丙烯酸类高分子等)			
聚乙烯醇	PVA(L)	Poly(vinyl alcohol)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
聚醋酸乙烯(酯)	PVAc	Poly(vinyl acetate)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{OCCH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$
乙烯-醋酸乙烯酯共聚物	EVA	Ethylene-vinyl acetate copolymer	
聚乙烯醇缩甲醛(维纶)	PVFM	Poly(vinyl formal)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---} \\ \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \diagdown \qquad \diagup \\ \text{CH}_2 \end{array}$
聚乙烯醇缩丁醛	PVB	Poly(vinyl butyral)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---} \\ \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \diagdown \qquad \diagup \\ \text{CH} \\ \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$
聚乙烯基(烷基)醚类		Poly(vinyl ether)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{OR} \end{array}$
聚丙烯酸	PAA	Poly(acrylic acid)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$
聚丙烯酸酯类		Polyacrylates	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{COOR} \end{array}$
聚甲基丙烯酸酯类		Polymethacrylates	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{COOR} \end{array}$
聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)	PMMA	Poly(methyl methacrylate)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2\text{---C---} \\ \\ \text{COOCH}_3 \end{array}$
聚甲基丙烯酸羟乙酯		Poly(hydroxyethyl methacrylate)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{---CH}_2\text{---C---} \\ \\ \text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$
丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯共聚物	AMMA	Methyl methacrylate - acrylonitrile copolymer	
甲基丙烯酸甲酯-苯乙烯共聚物	MMAS	Methyl methacrylate - styrene copolymer	
甲基丙烯酸甲酯-丙烯酸甲酯共聚物	MMA-MA	Methyl methacrylate - methyl acrylate copolymer	
聚丙烯腈(腈纶)	PAN	Polyacrylonitrile	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{CN} \end{array}$
聚丙烯酰胺	PAM	Polyacrylamide	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{CONH}_2 \end{array}$

续表

中文名称	英文缩写	英文全名	重复单元或主要结构单元
4. 其他碳链高分子(乙烯基类高分子和丙烯酸类高分子等)			
聚乙烯基咔唑	PVK (PVC)	Poly(vinyl carbazole)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4\text{---N---C}_6\text{H}_4 \end{array}$
聚乙烯基吡咯烷酮	PVP	Poly(vinyl pyrrolidone)	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---CH---} \\ \\ \text{N} \quad \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C} \end{array}$
香豆酮-茛树脂 (古马隆树脂、氧茛-茛树脂)		Coumarone resins	
石油树脂		Petroleum resins	
萜烯树脂		Turpentine resins	$\begin{array}{c} \text{---CH}_2\text{---} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{C} \text{---} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
环戊二烯树脂		Cyclopentadiene resins	
聚双环戊二烯	PDCPD	Polydicyclopentadiene	
5. 杂链高分子			
聚甲醛	POM	Polyoxymethylene	$\text{---CH}_2\text{---O---}$
聚氧化乙烯 (聚乙二醇、聚环氧乙烷)	PEO 或 PEOX	Poly(ethylene oxide)	$\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---O---}$
聚氧化丙烯	PPOX	Poly(propylene oxide)	$\begin{array}{c} \text{---CH---CH}_2\text{---O---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
聚苯醚	PPO	Poly(2, 6 - dimethyl - 1, 4, - phenylene oxide)	
聚醚酮	PEK	Poly(ether ketone)	
聚醚醚酮	PEEK	Poly(ether ether ketone)	

中文名称	英文缩写	英文全名	重复单元或主要结构单元
5. 杂链高分子			
聚羟基醚(酚氧树脂)	PO	Polyhydroxy ether (phenoxyresins)	$\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—C} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—O—CH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{—}$
聚乙二醇酸	PEGA	Poly(ethylene glycol acid)	$\text{—O—CH}_2\text{—CO—}$
聚乳酸	PL	Poly(lactic acid)	—O—CH—CO— CH_3
聚丁二酸乙二(醇)酯	PESU	Poly(ethylene succinate)	$\text{—O—CO—} \langle \text{CH}_2 \rangle_2 \text{CO—O—} \langle \text{CH}_2 \rangle_2 \text{—}$
聚丁二酸丁二(醇)酯	PBSU	Poly(butylene succinate)	$\text{—O—CO—} \langle \text{CH}_2 \rangle_2 \text{CO—O—} \langle \text{CH}_2 \rangle_4 \text{—}$
聚己内酯	PCL	Polycaprolactone	$\text{—O—} \langle \text{CH}_2 \rangle_5 \text{CO—}$
聚对苯二甲酸乙二(醇)酯(涤纶)	PET(P)	Poly(ethylene terephthalate)	$\text{—O—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$
聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	PBT(P)	Poly(butylene glycol terephthalate)	$\text{—O—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—O—} \langle \text{CH}_2 \rangle_4 \text{—}$
芳香聚酯类(液晶聚酯)	LCP	Aromatic polyesters	
	XTC (商品名)	美国 Easter Kodak 公司产	$\text{—O—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} +$ $\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$
	Ekonol (商品名)	日本住友化学株式会社产	$\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—} +$ $\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—O—} +$ $\text{—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$
	Vectra A950 (商品名)	美国 Hoechst Celanese 公司	$\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—} +$ $\text{—O—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$
聚碳酸酯	PC	Polycarbonate	$\text{—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—C} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—O—CO—O—}$
聚酰胺(尼龙)	PA	Polyamide(Nylon)	
聚己内酰胺(尼龙6)	PA6	Polycaprolactam	$\text{—NH—} \langle \text{CH}_2 \rangle_5 \text{CO—}$
聚己二酰己二胺(尼龙66)	PA66	Poly(hexamethylene adipamide)	$\text{—NH—} \langle \text{CH}_2 \rangle_6 \text{NH—CO—} \langle \text{CH}_2 \rangle_4 \text{CO—}$
芳香尼龙类(液晶聚芳酰胺)		Aromatic Nylon	
聚对苯甲酰胺	PBA 或 Kevlar (商品名)	Poly(p-benzamide)	$\text{—NH—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$
聚对苯二甲酰对苯二胺	PPTA	Poly(p-phenylene terephthalamide)	$\text{—NH—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—NH—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$
聚间苯二甲酰间苯二胺	Metamax 或 Nomex (商品名)	Poly(m-phenylene m-phthalamide)	$\text{—NH—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—NH—CO—} \langle \text{C}_6\text{H}_4 \rangle \text{—CO—}$