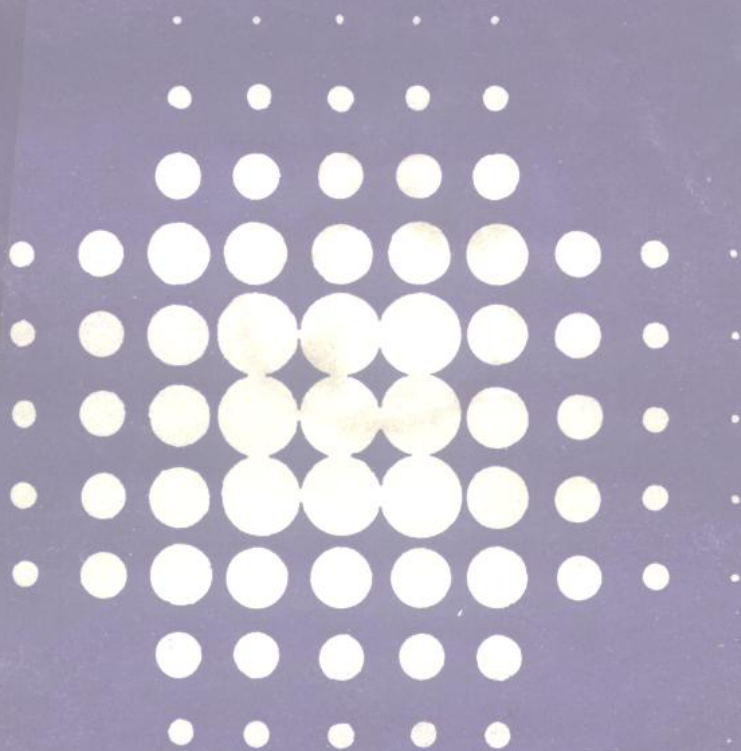


油田开发用 高分子材料

何勤功 古大治等 编著
金钟超 审校



石油工业出版社

内 容 提 要

本书共十章，分别论述了聚合物溶液与分散体系；油田开发用高分子材料的基本特性；天然水溶性聚合物、生物聚合物、合成聚合物的结构，性能及应用；流变学基础；流体流变性的测定方法；油气田工程流体的流变性及管流特性；非牛顿流体的渗流力学引论。

本书可作为石油高等院校的油气田应用化学、钻井工程、采油工程、油藏工程及石油储运等专业的教学参考书，也可供石油工业有关生产技术人员、科学研究及设计人员参阅。

DPB/16

油田开发用高分子材料

何勤功 古大治等 编著

金钟超 审校

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京门头沟妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168毫米 32开本 13¹/₈印张 347千字 印1—2,000

1990年10月北京第1版 1990年10月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0453-4/TE·436

定价：4.10元

前 言

随着石油工业的飞速发展，油田化学已逐渐发展为油田开发技术中的一门新兴技术学科。特别是高分子化学，已渗透到油田开发的各个领域内。但是，许多从事油气田开发的科技工作者，对高聚物比较陌生，对这些聚合物的组成，结构及其性质缺乏系统的了解，基于这一状况和需要，我们三院校（成都科技大学、西南石油学院、中国石油大学）多年从事高分子材料科学、流变学、油田应用化学及油田开发领域的教学与科研工作的部分教师，根据广泛收集的国内外有关文献资料，并结合自己的研究成果，合作编写了这本书，以供石油系统科技工作者及广大石油职工、石油院校师生学习和掌握这一新兴学科之用。愿它能够起到这个作用。

本书共分十章，第一、二、三章由何勤功执笔，第四章由黄荣华执笔，第五章由佟曼丽执笔，第六、九章由濮德林执笔，第七章由杨昌美执笔，第八章由古大治执笔，第十章由葛家理执笔。最后由何勤功、古大治对全书进行了统稿。

中国石油天然气总公司金钟超副总经理，对本书进行了审校，提出了许多宝贵的意见。石油勘探开发研究院油田化学研究所所长陈立滇同志对本书中不少章节的内容，提出十分重要和有益的建议，在此一并谢忱。

本书由于涉及众多学科，加之编著者学识水平所限，谬误或不当之处在所难免，望请读者不吝指正。

编著者 1989年9月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 高分子材料用于油气田 开发的意义	(1)
第二节 高分子基本概念 和 定义	(2)
一、若干术语	(2)
二、聚合反应与 分子结构基本概念	(8)
参考文献	(13)
第二章 高分子溶液与分散 体系	(14)
第一节 溶解过程和溶剂 的选择	(14)
一、高分子溶液性质 特 征	(14)
二、聚合物的溶解 过 程	(16)
三、溶剂的 选 择	(18)
第二节 聚合物溶液的热力学性质	(22)
一、高分子溶液与理想溶液的差别	(22)
二、高分子溶液的混合焓	(24)
三、稀溶液理论简述	(28)
第三节 聚合物稀溶液的粘度	(31)
一、爱因斯坦粘度表达式	(31)
二、切粘度	(34)
三、聚合物溶液的粘度	(36)
第四节 聚电解质溶液	(41)
一、聚电解质的离解平衡	(42)
二、聚电解质球状离子模型	(45)
三、聚电解质在溶液中的形态尺寸与粘度	(47)
第五节 聚合物分子量及其分布表征	(50)
一、聚合物分子量的测定方法	(50)
二、聚合物的分子量分布及其表征	(58)
第六节 聚合物浓溶液与凝胶	(65)
一、聚合物浓溶液	(65)

二、冻胶与凝胶	(65)
第七节 聚合物-粘土分散体系	(69)
一、分散体系的种类	(69)
二、多相分散体系	(70)
参考文献	(77)
第三章 油田高分子材料基本特性	(79)
第一节 水溶性聚合物的结构特征	(79)
一、天然水溶性聚合物	(80)
二、丙烯酰胺类合成聚合物	(87)
三、生物聚合物	(89)
第二节 流度比与阻力系数概述	(90)
一、流度比 M	(91)
二、阻力系数 F_R 与残余阻力系数 F_{RR}	(94)
三、聚合物流动行为与采油率关系	(98)
第三节 聚合物在孔隙介质中的滞留机理	(100)
一、吸附	(101)
二、机械捕集	(107)
三、聚合物滞留对流体通过孔隙介质的流动影响	(118)
第四节 聚合物溶液的稳定性	(123)
一、聚合物的降解	(123)
二、剪切降解与稳定性	(125)
三、聚合物溶液粘度的温度依赖性与热稳定性	(126)
四、化学稳定性	(128)
参考文献	(129)
第四章 油田开发用聚合物	(131)
第一节 淀粉与纤维素类聚合物	(131)
一、淀粉	(131)
二、纤维素	(138)
三、羟乙基纤维素	(141)
四、羧甲基纤维素	(147)
第二节 植物胶	(151)
一、瓜胶	(151)
二、槐豆胶	(157)

第三节 生物聚合物	(158)
一、制造	(158)
二、结构	(158)
三、性质	(159)
四、应用	(164)
第四节 聚丙烯酰胺	(164)
一、结构	(165)
二、性质	(166)
三、共聚物与衍生物	(178)
四、应用	(179)
第五节 聚醚	(182)
一、制造	(182)
二、结构	(183)
三、性质	(183)
四、应用	(189)
第六节 油溶性聚合物	(191)
一、聚烯烃	(191)
二、聚丙烯酸酯	(194)
参考文献	(199)
第五章 高分子材料在油田开发工程中的应用	(201)
第一节 用于钻井工作液的聚合物	(201)
一、概述	(201)
二、用于泥浆的聚合物及其作用	(201)
第二节 压裂液	(209)
一、概述	(209)
二、压裂液性能分析	(210)
三、用于压裂液中的水溶性聚合物	(212)
第三节 用于提高采收率的聚合物	(227)
一、概述	(227)
二、聚合物在强化采油中的作用	(227)
三、聚合物驱筛选标准	(229)
四、聚合物的筛选程序及性能分析	(229)
五、聚合物在强化采油中的应用	(237)

参考文献	(243)
第六章 流变学基础	(244)
第一节 流变学的研究对象	(245)
第二节 形变和流动	(247)
第三节 应变、应变速率和应力	(249)
一、形变的描述——应变张量及其分量	(249)
二、流动的描述——应变速率张量及其分量	(259)
三、应力的描述	(263)
第四节 本构方程和材料函数	(268)
一、流体动力学问题的基本方程式	(268)
二、本构方程	(269)
三、材料函数	(271)
第五节 流体的流变学分类	(272)
一、纯粘性流体	(274)
二、粘弹流体	(279)
第六节 流变学中的力学模型	(280)
一、Maxwell 模型	(281)
二、Kelvin-Voigt 模型	(281)
三、广义 Maxwell 模型	(282)
四、广义 Kelvin-Voigt 模型	(284)
参考文献	(286)
第七章 流体流变性的测定方法	(288)
第一节 流变测定法	(288)
第二节 剪切粘度测定方法	(290)
第三节 剪切流动中的法向应力差测定	(303)
第四节 动态粘度测定方法	(308)
第五节 拉伸粘度的测定方法	(310)
参考文献	(315)
第八章 油气田工程流体的流变性	(316)
第一节 分散体系的流变性	(317)
一、悬浮液的流变性	(317)
二、乳状液的流变性	(331)
三、钻井流体的流变性与胶体化学稳定性	(334)

第二节 高分子溶液的流变性	(338)
一、高分子溶液粘度的影响因素	(339)
二、高分子溶液的弹性	(344)
第三节 天然气的粘度	(344)
参考文献	(348)
第九章 油气田工程流体的管道流动特性	(349)
第一节 牛顿流体的管道流动	(351)
一、入口长度	(351)
二、定态层流流动	(353)
三、定态湍流流动	(357)
四、阀门和管件中的压力降	(360)
第二节 广义无时间依赖性非牛顿流体的管道流动	(362)
第三节 幂律流体的管道流动	(366)
第四节 宾汉塑性体的管道流动	(371)
一、宾汉塑性体管道流动的速度分布	(371)
二、白金汉(E. Buckingham) 方程	(372)
三、宾汉塑性体管流压力降的计算	(372)
第五节 粘弹性流体的管道流动及其湍流减阻效应	(375)
一、粘弹性流体的管道流动	(376)
二、湍流减阻效应	(379)
三、高聚物减阻剂和减阻溶液的特性	(380)
四、减阻作用的实验结果	(383)
五、高聚物湍流减阻的机理	(390)
参考文献	(392)
第十章 非牛顿液渗流力学引论	(394)
第一节 高聚物溶液在多孔介质中的流变特性	(394)
第二节 非牛顿液体单相稳态渗流	(400)
第三节 非牛顿液体的非稳态渗流	(402)
第四节 聚合物驱油的渗流规律	(405)
第五节 非牛顿液渗流力学进展	(410)
参考文献	(411)

第一章 绪 论

第一节 高分子材料用于油

气田开发的意义

随着石油工业的发展和科学技术的进步,化学剂和化学方法在石油、天然气钻探,开发、开采和集输等过程中的应用日益广泛。油田化学剂新品种的研制和应用技术的研究,在国际上愈来愈受到重视。油田化学已逐渐形成一门新兴的边缘学科。

从本世纪四十年代起,在工业发达国家中,化学工业的增长速度往往超过整个工业的增长速度,而高分子化学工业的发展又比化学工业的其它部门更为迅速,这不仅由于原料来源相对丰富,适于大规模生产,更重要的是高分子材料具有各种特殊的优异性能,成为整个材料科学中极为重要的研究对象,与金属材料、无机非金属材料并驾齐驱,成为日益发展的工业及其它各个领域不可缺少的材料。

从六十年代初开始,我国就注重发展油田化学,化学剂品种不断增多,质量不断提高,并广泛应用于石油和天然气开采,油、气井增产,油、气集输和污水净化等各个领域。还先后在玉门、新疆、大庆、胜利等油田利用化学剂注入地层驱油,开展了包括注聚合物溶液、胶束溶液、碱水、 CO_2 、轻质油、泡沫等一系列现场试验,取得了不少经验。

本书涉及的油田开发用高分子材料,以水溶性聚合物为主,且以溶液形式用作化学处理剂或工作流体,而不作为结构材料使用。水溶性聚合物已十分广泛地应用于钻井、完井、修井及油气井生产等各种场合,在石油钻采开发工程的各个环节几乎都涉及到聚合物应用的问题。聚合物钻井液和处理剂的开发与应用,提

高了钻进速度，降低了钻井成本，也使钻进复杂地层成为可能；聚合物压裂液、酸化液和堵水剂的研制与应用，促进了压裂、酸化和堵水技术的发展，已成为油田增产的有力措施；聚合物应用于油田水质处理及注水系统，可使采收率提高；其它如原油降凝、降粘及集输减阻技术等方面的应用均展示了可喜的前景。

高分子溶解过程和溶剂的选择，高分子溶液的热力学性质，动力学性质，聚合物的分子量及分子量分布，高分子在溶液中的形态和尺寸，高分子的相互作用等方面的研究与了解聚合物溶液的性质，可以大大加强我们对高分子结构与性能的基本规律的认识，对于扩大油田开发用高分子材料的应用范围和发展高分子的基本理论皆有十分重要意义。

第二节 高分子基本概念和定义

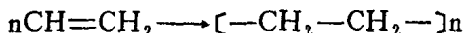
高分子科学中目前使用的许多术语，都来自生产工艺，它们的某些含义既可按定义来理解，也可按习惯来理解。这是因为要对高分子材料的性质和潜在的能力作出充分确切与科学的评价，不但需要熟悉这一领域的理论，且还应了解其技术发展过程。正由于某些术语来自于工艺，这与在其它学科分支相比较时，似乎高分子术语定义得不十分确切，所以我们在描述和学习过程中，必须从概念上加以认识之。

一、若干术语

1. 聚合物与聚合度

聚合物的定义是由大量的简单分子（单体）化合而成的高分子量的大分子所组成的天然的或合成的物质。大分子或高分子是聚合物的同义词。单体是与其它相同或不同类型的分子结合以形成聚合物的一种化合物。作为单体的化合物必须具有至少二个可反应的位置，并能引入其它单体构成聚合物的功能。例如，众所周知的用于食品包装薄膜的聚乙烯就是由乙烯分子($\text{CH}_2=\text{CH}_2$)在适当的化学反应条件下，与其它成千上万的乙烯分子聚合反应

生成的高分子材料固体产物。在乙烯分子中可反应的位置是碳碳双键，因此，乙烯的聚合反应可描述为：



在聚合物中单体重复单元数 n 可从 $2 \sim 10^6$ 变化，如 $n=2$ 定义为二聚体， $n=3$ 为三聚体， $n=4$ 为四聚体等。如若单体重复单元数低于10时，通常定义为齐聚物。若单体重复单元数非常大时，往往称为高聚物或聚合物， n 值定义为聚合度。组成聚合物的基本的重复单元链节数称为聚合度，通常用DP (Degree of Polymerization) 表示。

线形聚合物（除了末端）可以是由足够多的重复单元，通过特定原子间的键连接而成的。对于高度支化的聚合物、支链相互交联的物质，以及由几种不同的较小初始单体合成的聚合物来说，相同的、简单的重复单元的概念就失去了某种实用意义。重复单元的概念仅应用在原子基团容易表示的情况。

同一个大分子的聚合度和分子量 M 之间的关系为：

$$M = (DP) M_0 \quad (1-1)$$

式中 M_0 ——是重复单元的化学式分子量。

2. 平均分子量 $\bar{M}$

聚合物的分子量有两个特点：一是比小分子远远大得多的分子量，一般在 $10^5 \sim 10^7$ 之间；其次是除了有限的几种蛋白质外，无论是天然的还是合成的聚合物，分子量都是不均一的，具有多分散性。因此，聚合物的分子量只有统计的意义，用实验方法测定的分子量只是某种统计的平均值。若要确切地描述聚合物试样的分子量，除了给出分子量的统计平均值外，还应给出试样的分子量分布。虽然，测得两个试样的平均分子量相同，但分子量分布不同，两个试样的性能是有差异的。我们将在第二章第五节专门研讨聚合物的分子量的测定方法、聚合物的分子量分布及其表征。这里仅阐述常用的几种统计平均分子量基本概念。

既然，聚合物分子量具有统计平均含义，所以，式(1-1)应修正如下：

$$\overline{M} = m \cdot \overline{DP} \quad (1-2)$$

式 (1-2) $\overline{M}$ 为聚合物的平均分子量等于重复单元链节分子量 m 与平均聚合度 $\overline{DP}$ 的乘积。例如, 平均分子量为 500 万的聚丙烯酰胺, $m = 71$, $\overline{DP}$ 按计算则应为 70,420。

3. 数均分子量 $\overline{M}_n$

假设某聚合物试样重 W 克, 其中分子量为 M_1 的单体有 n_1 个摩尔, 分子量为 M_2 的二聚体有 n_2 个摩尔, 分子量为 M_3 的三聚体有 n_3 个摩尔, 分子量为 M_i 的 i -聚体有 n_i 个摩尔等等。

i -聚体的分子数占总分子数的分数为:

$$N_i = n_i / \sum_i n_i$$

它的重量 $W_i = n_i M_i$, 占总重量的分数为:

$$W_i = W_i / \sum_i W_i$$

数均分子量为按分子数的统计平均, 定义为:

$$\begin{aligned} \overline{M}_n &= \frac{n_1 M_1 + n_2 M_2 + n_3 M_3 + \dots + n_i M_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i} \\ &= \frac{\sum_i n_i M_i}{\sum_i n_i} = \sum_i N_i M_i \end{aligned} \quad (1-3)$$

采用端基分析、沸点升高、冰点降低、气相渗透压法测定的平均分子量为数均分子量。除膜渗透压法适用的分子量范围略高为 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$ 外, 上述其它方法适用分子量范围均在 3×10^4 以下。

4. 重均分子量 $\overline{M}_w$

按重量的统计平均, 定义为:

$$\overline{M}_w = \frac{\sum_i W_i M_i}{\sum_i W_i} = \sum_i W_i M_i = \frac{\sum_i n_i M_i^2}{\sum_i n_i M_i} \quad (1-4)$$

采用光散射、超速离心沉降平衡法测定的平均分子量为重均分子量。适用的分子量范围较高为 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$, 光散射法甚至可测 1×10^7 的分子量。

5. Z均分子量 $\overline{M}_z$

按Z量的统计平均, Z定义为:

$$Z_i = M_i W_i$$

则Z均分子量为:

$$\overline{M}_z = \frac{\sum_i Z_i M_i}{\sum_i Z_i} = \frac{\sum_i W_i M_i^2}{\sum_i W_i M_i} = \frac{\sum_i n_i M_i^3}{\sum_i n_i M_i^2} \quad (1-5)$$

采用超速离心沉降平衡测定方法可得重均或Z均分子量, 适用分子量范围也可在 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$, 甚至高达 1×10^7 分子量聚合物。此外, 也可定义 $(Z+1) = M_i^2 W_i$, 得到 $(Z+1)$ 均分子量。

6. 粘均分子量 $\overline{M}_v$

用溶液粘度法测得的平均分子量为粘均分子量, 定义为:

$$\overline{M}_v = [\sum_i W_i M_i^\alpha]^{1/\alpha}$$

即 $\overline{M}^\alpha_v = (\overline{M}^\alpha)_w \quad (1-6)$

式中 指数 α 是一个与高分子在溶液中形状有关的即 $[\eta]$ - $\overline{M}$ 方程中的参数(详见第二章第五节)。

因为

$$\overline{M}_n = \frac{\sum_i n_i M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i W_i}{\sum_i \frac{W_i}{M_i}} = \frac{1}{\sum_i \frac{W_i}{M_i}}$$

所以 $\frac{1}{\overline{M}_n} = \sum_i \frac{W_i}{M_i} = \left(\frac{1}{\overline{M}} \right)_w \quad (1-7)$

即数均分子量的倒数等于分子量倒数的重量平均。同样:

$$\overline{M}_w = \frac{\sum_i W_i M_i}{\sum_i W_i} = \frac{(\overline{M}^2)_w}{\overline{M}_n}$$

所以 $(\overline{M}^2)_w = \overline{M}_n \cdot \overline{M}_w \quad (1-8)$

即分子量平方的数量平均值等于数均分子量和重均分子量的乘

积。 $(\overline{M}^2)_n$ 在数学上称为分布函数 $n(M)$ 的二次矩数。

再有

$$\overline{M}_z = \frac{\sum_i Z_i M_i}{\sum_i Z_i} = \frac{(\overline{M}^2)_n}{\overline{M}_n}$$

$$\text{所以} \quad (\overline{M}^3)_n = \overline{M}_n \cdot \overline{M}_z \quad (1-9)$$

即分子量平方的重量平均值等于重均分子量和 Z 均分子量的乘积。同样可以证明:

$$\begin{aligned} \overline{M}_{z+1} &= (\overline{M}^3)_n \\ &= (\overline{M}^2)_n \cdot \overline{M}_n \end{aligned}$$

$$\text{所以} \quad (\overline{M}^3)_n = \overline{M}_n \cdot \overline{M}_z \cdot \overline{M}_{z+1} \quad (1-10)$$

式(1-6)中 α 的数值一般在0.5~1之间,因此 $\overline{M}_z < \overline{M}_w \leq \overline{M}_n$,即 $\overline{M}_z$ 介于 $\overline{M}_w$ 与 $\overline{M}_n$ 之间,更接近于 $\overline{M}_n$ 。当 $\alpha=1$ 时, $\overline{M}_z = \overline{M}_n$;当 $\alpha=-1$ 时, $\overline{M}_z = \overline{M}_w$ 。

7. 分子量分布宽度

单用一个分子量的平均值尚不足以描述一个多分散的聚合物试样,最理想的是能知道该试样的分子量分布曲线。有时为了简明地表达,可采用分布宽度这一参数来描绘聚合物试样分子量的多分散性。聚合物试样中各个分子量与平均分子量之间差值的平方平均值即称为分子量分布宽度。如:

$$\begin{aligned} \sigma_z^2 &= \overline{(M - \overline{M}_n)^2} \\ &= \int_0^\infty (M - \overline{M}_n)^2 N(M) dM \\ &= \overline{M}_n^2 \left[\frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n} - 1 \right] \end{aligned} \quad (1-11)$$

因为 $\sigma_z^2 \geq 0$,所以 $[\overline{M}_w/\overline{M}_n - 1] \geq 0$, $\overline{M}_w \geq \overline{M}_n$,假如分子量均一,则 $\sigma_z^2 = 0$, $\overline{M}_w = \overline{M}_n$ 。

同理,若 $\sigma_z^2 = 0$,聚合物分子量均一, $\overline{M}_z = \overline{M}_n$ 。 σ_w 和 σ_z 称为分布宽度指数。 $W(M)$ 称为聚合物分子量按重量分数的分布函

数。以 $W(M)$ 对分子量 M 作图，即得聚合物分子量微分分布曲线（图1-1）。从图中可看出各种统计平均分子量之间有如下关系：

$$\bar{M}_z \geq \bar{M}_w \geq \bar{M}_\eta \geq \bar{M}_n$$

两种统计平均分子量的比值 α 称为多分散系数，

$$\text{即：} \quad \alpha = \bar{M}_w / \bar{M}_n \quad (\text{或} \alpha = \bar{M}_z / \bar{M}_w) \quad (1-12)$$

也可采用简捷实用的方法，以累积分布的累积重量分数0.90和0.10处的分子量之比值，作为多分散指数，以比较聚合物试样分子量分布的宽窄。即：

$$\alpha' = M(I = 0.90) / M(I = 0.10)$$

经典的分级方法系将聚合物按分子量大小不同，分成若干级分并测定每个级分的重量，然后经数学处理作图得分子量分布曲线。作图时假定：

(1) 每一个级分也存在有分子量分布，有一半的重量是小于这个级分平均分子量的，另一半则大于平均分子量；

(2) 每一个级分的分子量分布范围不超出相邻两个级分的平均分子量，则第 i 个级分的累积重量分数 I_i 为：

$$I_i = 1/2 W_i + \sum_{j=1}^{i-1} W_j \quad (1-13)$$

式中 I_i ——分子量小于和等于 $\bar{M}_i$ 的聚合物在试样中所占的重量分数；

$1/2 W_i$ ——分子量为 $\bar{M}_i$ 的级分的重量分数的一半；

$\sum_{j=1}^{i-1} W_j$ ——分子量小于 $\bar{M}_i$ 的各级分的重量分数之和。

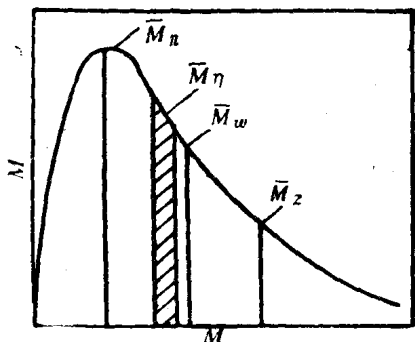


图 1-1 分子量分布曲线
和各种统计平均分子量

以 ΣW 对 M 作图,画出累积重量分级阶梯形曲线,再通过各阶梯垂线的中点,连成光滑的连续曲线,即为累积重量分布曲线。从累积重量分数曲线求出各点的斜率($\Delta W/\Delta M$),并以($\Delta W/\Delta M$)为纵坐标,分子量 M 为横坐标作图,即得微分重量分布曲线。

实际上,真正单分散聚合物 $\overline{M}_w/\overline{M}_n=1$,并不存在或也不可能由合成获得。负离子聚合反应得到的聚苯乙烯 $\overline{M}_w/\overline{M}_n<1.04$,似认为是单分散的聚合物。高压聚乙烯的 $\overline{M}_w/\overline{M}_n$ 达20以上,缩聚反应聚合物 $\overline{M}_w/\overline{M}_n$ 多为2左右。

二、聚合反应与分子结构基本概念

聚合物分类有若干方法,例如按产物来源可分天然存在的聚合物,人工合成的高分子,或是经化学方法改性的天然聚合物;按化学结构又可分聚烯烃、聚酰胺、聚酯等;按聚合物的使用特征往往分为橡胶弹性体、玻璃态、部分结晶体等;按应用范围则分为胶粘剂、涂料、纤维、工程塑料等等分类方法。此外,一种重要的分类法是按聚合过程机理分为加聚物和缩聚物。

1. 缩聚物与加聚物

由低分子单体合成聚合物的反应通称为聚合反应。单体加成聚合反应称加聚反应,其产物称做加聚物。加聚物的元素组成与原料单体相同,仅仅是电子结构有所改变。加聚物的分子量是单体分子量的整数倍。式(1-2)中重复单元链节分子量 m 即可视为单体分子量。烯烃类聚合物或碳链聚合物大多是由烯烃类单体通过加聚反应合成的。

在聚合反应过程中,除形成聚合物外,同时还有低分子副产物产生的反应,称做缩聚反应,其产物称做缩聚物。根据单体中官能团的不同,低分子副产物可能是水、醇、氨、氯化氢等。由于低分子副产物的析出,缩聚物结构单元要比单体少若干原子,缩聚物的分子量就不是单体分子量的整数倍。

缩聚反应兼有缩合出低分子和聚合成高分子的双重涵义,是缩合反应的发展。缩聚反应一般是官能团的反应。反应产物缩聚

物中留有官能团的结构特征，如酰胺键—NHCO—、酯键—OCO—、醚键—O—等。因此，大部分缩聚物是杂链聚合物，容易被水、醇、酸等药品所水解、醇解、酸解。

随着高分子化学的发展，陆续出现了许多新的合成反应，如二元醇和二异氰酸酯合成聚氨酯反应。从元素组成变化上看，属加聚反应。但其产物结构具有官能团结构特征，属于杂链聚合物，酷似缩聚物，其反应规律与缩聚反应相近。

加聚反应和缩聚反应的划分是以分子的元素组成和结构形式变化为基础的。这一传统分类法曾经沿用了很长时间，至今还在广泛采用。

2. 聚合物的化学转化

与小分子相比较，由于聚合物的分子量高、结构和分子量的多分散性等基本特征，聚合物的化学反应特征有：

(1) 将聚合物作为制造新产品的原材料不甚满意，由于高分子溶液粘度极高，难于结晶、精制，从而限制了聚合物化学反应的应用。

(2) 在聚合物化学反应过程中，起始官能团和反应后形成的新官能团，往往连接在同一个大分子链上。制取只含有同一基团的“纯的”高分子物极其困难。如聚丙烯腈水解制取聚丙烯酸过程中，大分子链上总是兼含未反应的腈基—CN，及其它不同反应阶段的基团：酰胺基—CONH₂，羧基—COOH，环状亚胺等。这种在聚合物分子链上含有多种不重复的结构单元的聚合物称为异链聚合物。

(3) 大分子链在反应过程中，总是伴随有不同程度的聚合度的改变。

(4) 聚合物化学反应过程沿用反应式表示，不能说明有多少结构单元参与反应。

由低分子合成的聚合物或天然聚合物经过化学反应转化为二级聚合物，是制备聚合物的重要方法。聚合物化学反应是研究聚合物分子链上或分子链间官能团相互转化的化学反应过程。利用