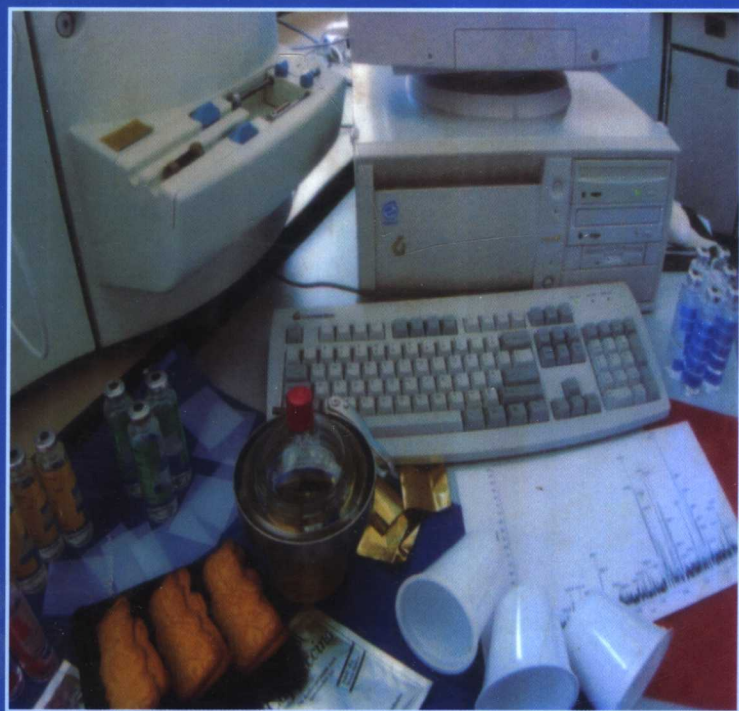


食品用塑料包装材料

阻隔功能、传质、品质保证和立法

[德] O. G. 皮林格 主编
[美] A. L. 巴纳
范家起 张玉霞 译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

食品用塑料包装材料

阻隔功能、传质、品质保证和立法

[德] O. G. 皮林格 [美] A. L. 巴纳 主编
范家起 张玉霞 译



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品用塑料包装材料——阻隔功能、传质、品质保证和立法/[德]皮林格 (Piringer, O. G.), [美]巴纳 (Baner, A. L.) 主编; 范家起, 张玉霞译. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8

书名原文: Plastic Packaging Materials for Food
ISBN 7-5025-5617-6

I. 食… II. ①皮…②巴…③范…④张…
III. 食品包装-包装材料-塑料 IV. TS206.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059985 号

Plastic Packaging Materials for Food/by O. G. Piringer and A. L. Baner
ISBN 3-527-28868-6

Copyright © 2000 by WILEY-VCH Verlag GmbH. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by WILEY-VCH Verlag GmbH

本书中文简体字版由 WILEY-VCH Verlag GmbH 公司授权化学工业出版社出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2001-4839

食品用塑料包装材料

阻隔功能、传质、品质保证和立法

[德] O. G. 皮林格 [美] A. L. 巴纳 主编

范家起 张玉霞 译

责任编辑: 龚浏澄 王苏平

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http //www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 34 1/4 字数 635 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5617-6/TQ·2009

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

译 者 序

在我国的食物包装中，塑料包装材料近年来的发展十分迅速，在塑料的各种用途中，包装材料占有重要的地位，并且所占的比例有增加的趋势。然而，与发达国家相比，我国在用于食物的塑料包装材料的安全性评价方面尚有很多不足之处，实验数据的积累、评价的手段和相关的法规也不够完备。本书的特点在于它综合了很多学科的必要知识，在人们对食物安全性的关注日益增加的今天，这本书对国内相关领域的工作者有很大的参考价值。本书对所有使用塑料包装材料的领域，如化妆品，也有一定的借鉴意义。

诚如本书的作者所言，对于某个人来说，涵盖如此之多学科的知识是非常困难的。译者在翻译此书的过程中对此深有体会，虽然尽了最大的努力，但错误和不足之处在所难免，请读者见谅和指正。

本书由张玉霞翻译第1章、第2章，其余由范家起翻译，感谢漆宗能先生对翻译过程的指导。感谢陈光明博士对第2章、魏海燕博士对第8章提出的意见和建议。

范家起

2004年3月

前 言

可以说本书是在实验室中创造的，但它也是由于需求的推动而产生的。为了支持欧盟统一食品包装法律的工作，也为了支持美国简化对与食品接触的包装材料的批准程序，需要极其大量的实验数据。

已发表了大量的文献和数据，其中包含了数以千计的聚合物和接触食品之间相互作用的测量结果。通过对分析设备的持续改进，以及 PC 机数据处理能力的不断提高，在过去 20 年中对实验数据的收集速度一直在增加。在 Crank 四十多年前的专著《扩散数学》中，就已经基本上理解并描述了在聚合物中扩散的数学模型。不过，由于经常缺乏必需的材料常数，在很多情形下甚至都无法使用最简单的扩散方程来模拟相互作用，所以在很多情形中运用这些数学模型就出现了困难。

因此，本书的动机主要来自这样一个愿望：把当前关于包装体系中聚合物材料与食品之间相互作用的知识收集在一起，并把这些知识整理成系统的方法，以便能对相互作用的程度进行估计。希望最终的结果会成为接近和测量聚合物与食品之间相互作用的实用指南。

在 1993 年，我们中的一位 (O. P.) 写了一部专著，它大体上是基于在 Fraunhofer 食品技术和包装协会进行的工作，勾画出了估计和测量在聚合物与食品之间相互作用的跨学科的方法。然而，在从那时到现在的几年中，已显示出这本书需要扩展和更新，以便把很多新进展包括进来。这本新书不仅对前一版本的内容作了补充，而且是全部重新写过。在各自领域有专长的几位本书作者同意贡献他们的知识，因为单独一个人已不再可能在要求的深度上有效囊括必需的材料。

本书前半部分的各章叙述了关于塑料、加工助剂和添加剂的基础知识，以及在这些体系中传质的物理化学和数学背景知识。本书的后半部分运用前半部分包含的知识，对聚合物/食品相互作用进行估计、测量和评价。这里把食品作为“模型物质”，但这些发现也可用于很多其他的产品和体系。

在这样一个发展的领域，本书只能是处于进展中的工作。本书不想成为最后的定论，它只基本上反映了作者的观点和经验。希望读者会发

现，本书包含的知识对于理解和估计聚合物与食品之间的相互作用现象是实际的和有用的，也希望研究人员能把这些材料用作将来研究的起点。

科学文献覆盖了如此之大的跨学科领域，使用了很多符号。在很多情形中，不同符号的含义相同，而相同的符号也会表示完全不同的含义。由于作者来自很多不同的国家和专业领域，在本书中也出现了这一情形。为了尽可能避免混淆，给出了这里使用的全部符号和很多缩写的详细列表。

参考文献的目录出现在各章的最后，它们表明这一章总体上的综述性质或描述性特征。附录 I 是收集的大量扩散系数值的详细列表。在介绍性的第 1 章中给出了有用的二级文献的目录，它们含有很多另外的论文。然而，作者意识到，很多有价值的参考文献并未被本书引用。

最后，我们感谢 Wiley-VCH 员工们的帮助和指导。

2000 年 1 月

A. L. Baner

St. Joseph, MO (USA)

O. G. Piringer

Munich (Germany)

作者名单

作者姓名、地址	章号
Dr. Albert L. Baner Nestlé Friskies R&D Center 3916 Pettis Rd. St. Joseph, MO 64503 USA	1,4,14
Dr. Timothy H. Begley Food and Drug Administration for Food Safety and Applied Nutrition 200 C Street SW. Washington, DC. 20204 USA	11
Prof. Dr. Titus A. Beu University "Babes-Bolyai" Faculty of Physics Kogalniceanu 1 3400 Cluj-Napoca Romania	8
Dr. Johannes Brandsch FABES Forschungs GmbH für Analytik und Bewertung von Stoffübergängen Schragenhofstr. 35 D-80992 München Germany	2,15
Dr. Roland Franz Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung	10

Giggenhauserstr. 35
D-85354 Freising
Germany

Dr. Peter V. Mercea 5,15
FABES Forschungs GmbH
für Analytik und Bewertung von Stoffübergängen
Schragenhofstr. 35
D-80992 München
Germany

Dr. Stanislav Nešpůrek 3
Academy of Sciences
Institute of Macromolecular Chemistry
16206 Prague
Czech Republic

Dr. Otto G. Piringer 1,2,6,7,9,13,15
FABES Forschungs GmbH
für Analytik und Bewertung von Stoffübergängen
Schragenhofstr. 35
D-80992 München
Germany

Prof. Dr. Jan Pospíšil 3
Academy of Sciences
Institute of Macromolecular Chemistry
16206 Prague
Czech Republic

Dr. Luigi Rossi 12
European Commission
Enterprise Directorate-General
Industrial affairs III
Rue de la Loi 200
B-1049 Bruxelles
Belgium

Dr. Monika Rüter 13

FABES Forschungs GmbH

für Analytik und Bewertung von Stoffübergängen

Schragenhofstr. 35

D-80992 München

Germany

Dr. Hans Zweifel 3

Zweifel P&A Consulting

Elsässerstrasse 184

CH 4056 Basel

Switzerland

本书中出现的非法定计量单位

非法定单位	法定计量单位	换算系数
atm	Pa	101325 Pa
bar	Pa	10^5 Pa
mmHg	Pa	133.322 Pa
mil	m	25.4×10^{-6} m
in	m	0.0254m
dalton	kg	1.66057×10^{-27} kg
Å	m	10^{-10} m

缩 写 词 表

缩写	含 义	出现章节	缩写	含 义	出现章节
ADI	允许日摄入量(毒物量)	10.1.2	HPLC	高效液相色谱	15.3
AFID	碱焰电离探测器	10.2.6	HSGC/FID	顶气相色谱/火焰电 离探测器	10.2.6
APCI	大气压力下的化学电 离	10.2.6	ILSI	国际生命科学协会	10.3.3
API-MS	大气压力下的电-离 质谱	15.4	ISO	国际标准化组织	10.2.3
ASTM	美国实验和测量协会	10.2.3	LC	液相色谱	10.2.6
BCR	欧盟咨议局	10.2.5	LMBG	食品法律和法规	10.2.6
BGA	联邦保健局	3.1.6	LOD	探测极限	10.2.2
BgVV	联邦消费者健康保护 和动物医药委员会	10.1.2	MAFF	粮农和渔业部	10.2.6
CAS	化学文摘社	10.2.6	MC	Monte-Carlo 方法	5.2
CEN	欧盟标准化委员会	10.1.2	MD	分子模拟	5.2
DIN	德国工业标准	10.2.3	MS	质谱	10.2.4
DST	双重吸收理论	5.1	MSD	均方位移	5.2.1
EC	欧共体	10.1.2	ns	纳秒= 10^{-9} 秒	5.2.2
EC	导电	3.1.4	OM	整体迁移	10.2.6
EDI	估计日摄入量	11.2	PM/Ref	欧洲包装材料参照数	10.2.6
EEC	欧洲经济共同体	10.1.2	ps	皮秒= 10^{-12} 秒	5.2.1
EN	欧洲标准	10.1.2	QM	最大量(毒物量)	10.1.2
ENV	前欧洲标准	10.1.2	QM(T)	在材料或制品中的残 留物质的最大允许量,以 物质和组分的总量表示	10.2.6
EPA	环境保护署	10.2.3	R	有关再生的	10.3.2
ESI-MS	电子喷射电离-质谱	15.4	R&D	研究和发展	10.3.2
ESIPT	激发态分子内质子迁 移	3.2.2	RIM	反应注射成型	2.3.1
EU	欧盟	10.1.2	SATP	标准环境温度和压力	9.1.1
FAO	联合国粮农组织	10.2.3	SCF	食品科学委员会	10.2.5
FB	功能阻隔	10.3.2	SFC	超流体色谱	10.2.6
FDA	食品和药物管理局 (USA)	10.2.3	SIM	选择离子监控	10.2.6
FID	火焰电离探测	10.2.6	SM	特定迁移	10.1.2
FP	食品包装	10.2.6	SML	特定迁移限制	10.1.2
fs	飞秒= 10^{-15} s	5.2.1	SRM	单个反应控制	10.2.6
FVP	功能确认和精度	10.2.6	STP	标准温度和压力	9.1.1
GC	气相色谱	10.2.2	TDI	允许日摄入量(毒物量)	10.1.2
GC/FID	气相色谱/火焰电 离探测器	10.1.2	TRC	规定阈限浓度	10.3.2
GC/MS	气相色谱/质谱	10.2.2	TSA	状态转变法	5.2
			TST	状态转变理论	5.2.2
			UNIFAC	液体混合物官能团活度 系数的统一准化学理论	4.3.2
			UNIFAC- FV	Unifac-自由体积	4.3.2

化学品和聚合物的缩写表

缩写	含 义	出现章节	缩写	含 义	出现章节
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	2.3.1	PA	聚酰胺	2.3.1
aPP	无规聚丙烯	3.2	PAI	聚酰胺-酰亚胺	5.2.1
BADGE	双酚 A 二缩水甘油醚	2.1.1	PBT	聚对苯二甲酸二丁酯	2.3.1
BHT	丁化羟基甲苯	11.4	PC	聚碳酸酯	2.3.1
BOPP	双轴取向聚丙烯	2.3.1	PCL	聚己内酯	2.3.1
Box	2-苯并噻唑啉	10.2.6	PDA	丙二胺	10.2.6
BR	丁基橡胶	2.3.1	PDMS	聚二甲硅氧烷	5.2
BS	丁二烯-苯乙烯	10.2.6	PE	聚乙烯	2.3.1
CR	氯丁橡胶	2.3.1	PEG	聚乙二醇	10.3.4
DAA	双丙酮醇	13.3.5	PES	聚醚砜	2.3.1
DAS	9,10-二甲氧蒽-2-磺酸	10.2.6	PET	聚对苯二甲酸二乙酯	2.3.1
DEG	二甘醇	10.2.6	PF	酚醛树脂	2.3.1
ECH	环氧氯丙烷	10.2.6	PHB	聚-D(-)-3-羟基丁酸	2.3.1
EDA	乙二胺	10.2.6	PHV	聚羟基戊酯	2.3.1
EP	环氧树脂	2.3.1	PI	聚酰亚胺	5.2.1
EPDM	乙烯-丙烯-二烯橡胶	2.3.1	PIB	聚异丁烯	2.3.1
EVA	乙烯-乙酸乙烯酯	2.3.1	PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯	2.3.1
EVOH	乙烯-乙烯醇	2.3.1	PO	聚烯烃	2.3.1
GPPS	通用聚苯乙烯	14.1	POM	聚甲醛	2.3.1
HAS	受阻胺稳定剂	3.1.7	PP	聚丙烯	2.3.1
HB-307	合成甘油三酯混合物	11.4	PPS	聚苯硫醚	2.3.1
HD	氢过氧化物型抗氧化剂	3.2.3	PS	聚苯乙烯	2.3.1
HDPE	高密度聚乙烯	2.3.1	PSU	聚砜	2.3.1
HIPS	高抗冲聚苯乙烯	2.3.1	PTFE	聚四氟乙烯	2.3.1
HMDA	六亚甲基二胺	10.2.6	PUR	聚氨酯	2.3.1
IPS	抗冲苯乙烯	2.3.1	PVC	聚氯乙烯	2.3.1
IR	异戊二烯	2.3.1	PVDC	聚偏氯乙烯	2.3.1
LDPE	低密度聚乙烯	2.3.1	QM	醛的甲基化物	3.2.2
LLDPE	线性低密度聚乙烯	2.3.1	SAN	苯乙烯-丙烯腈	2.3.1
MEG	单乙二醇	10.2.6	SB	苯乙烯-丁二烯	2.3.1
MEK	甲基乙基甲酮	13.3.2	SBR	丁苯橡胶	2.3.1
MeOH	甲醇	10.2.6	TBA	三溴苯甲醚	13.3.4
MF	三聚氰胺甲醇树脂	2.3.1	TCA	三氯苯甲醚	13.3.4
MPPO	改性聚苯醚	表 12-10	THF	四氢呋喃	10.2.6
NBR	丙烯腈-丁二烯橡胶	2.3.1	UF	脲醛树脂	2.3.1
OPA	双轴拉伸聚酰胺	2.3.1	UP	不饱和聚酯树脂	2.3.1
OPP	取向聚丙烯	2.3.1	VCM	氯乙烯单体	表 12-1
P4MP1	聚(4-甲基-1-戊烯)	2.3.1	VDC	偏二氯乙烯	2.3.1
			VLDPE	极低密度聚乙烯	2.3.1

符 号 列 表

拉 丁 符 号

符号	描 述	出现章节
a	活度	4.1.2
a	溶质半径	6.1
a	食品体积与聚合物体积之比	11.4
$a(x, y, z)$	标度场	7.1.1
a, b	相对分子质量和温度对扩散影响的关系常数	11.5
a, b, c	化学组分	4.1.1
a_e, a_r, a_{fr}	代表活度的混合贡献部分、剩余贡献部分和自由体积贡献部分	4.3.2
a_1	式(5-8)中的 Langmuir 容积常数, $[\text{cm}^3(\text{STP})/\text{cm}^3(\text{聚合物}) \cdot \text{atm}]$	5.1.2
A	自由能	4.1
A	粒子表面的旋转面积	6.2.1
A	表面积	7.1.1
A	积分常数	7.2.3
A	三角结构的矩阵	8.2.2
A	常数, 由实验数据确定	11.5
A_d	式(5-6)中的扩散模型参数, $[\text{cm}^2 \cdot \text{mol}/(\text{J} \cdot \text{s})]$	5.1.1
A_m	扩散粒子的摩尔截面积	6.4.1
A_p	聚合物对扩散性的影响	11.5
A'_p	聚合物对扩散性影响的绝热项	15.1.1
$A(r)$	Helmholtz 能, $[\text{J}]$	5.2.2
A_r	相对原子质量	4.2
A_u	单位面积	6.4.1
b	式(5-8)中的空洞亲和常数, $[\text{atm}^{-1}]$	5.1.2
b	表示迁移质特定贡献的参数	15.1.1
B	推广矩阵	8.2
B	实验室之间的分散	10.2.3
B_d	式(5-6)中的扩散模型参数	5.1.1
c	浓度	7.1.3
c	表示扩散活化能的特定贡献的参数	15.1.1
c_s	在时间 t 在外相中的渗透质浓度	9.3.2
c_e	平衡时在聚合物中的溶质总浓度	9.3.1
c_i	组分 i 在食品中的浓度	1.1
c_s	式(5-5)中在聚合物中的渗透质浓度, $[\text{g/g 聚合物}]$	5.1.1
c_i	在时间 t 在塑料中的渗透质浓度	9.3.2

续表

符号	描 述	出现章节
$C_{F,e}$	平衡时在食品或食品模拟物中的迁移质浓度	10.1.1
$C_{F,i}$	在厚度为 $d_{F,i}$ 的食品外层中的有味化合物的浓度	13.5
$C_{F,t}$	估计的在时间 t 的迁移质浓度	14.3.3
$C_{F,t}^*$	食品中迁移质的估计浓度	14.3.3
$C_{F,0}$	在食品模拟物中的迁移组分的初始浓度	10.1.1
$C_{F,\infty}$	平衡时在食品中的迁移质浓度	14.3.1
$C_{G,a}$	“a”在气相中的摩尔浓度	4.1.2
$C_{L,a}$	“a”在液体中的摩尔浓度	4.1.2
C_P, C_F, C_G	物质在包装材料、食品和气体中的浓度	13.4
$C_{P,a}$	“a”在聚合物中的摩尔浓度	4.1.2
$C_{P,e}$	平衡时迁移质在聚合物中的浓度	10.1.1
$C_{P,0}$	迁移质在聚合物中的初始浓度	10.1.1
C'_H	式(5-8)中的空洞饱和度, $[\text{cm}^3(\text{STP})/\text{cm}^3(\text{聚合物})]$	5.1.2
C'_P	每单位包装表面积的物质质量	13.5
$C'_{P,\max}$	在包装材料中的有味物质的最大允许量	13.5
$\bar{c}$	式(6-2)中定义的项	6.1
c_{11}	在纯液体(1)中的内聚能密度	4.3.1
Δc	浓度梯度	7.2.9
Δc_i	浓度变化	5.1
C	式(5-8)中在聚合物中的渗透质浓度, $[\text{cm}^3/\text{cm}^3(\text{聚合物})]$	5.1.2
CrD_{95}	两组测量(y_1 和 y_2)的临界差	10.2.3
CF	消费系数	10.3.1
d	渗透质分子(粒子)的半径, $[\text{cm}]$	5.1.1
d	膜厚	7.2.1
d_{eff}	非球形渗透质的有效“半径”, $[\text{cm}]$	5.1.1
d_i	渗透质最大的分子尺寸, $[\text{cm}]$	5.1.1
$d_{F,t}$	在时间 t 溶质在食品中的平均渗透距离	13.4
d_P	聚合物的层厚度	10.1.1
D	共同或表观扩散系数, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
D_0	式(15-2)中的参数	15.1.1
D_a	在非晶聚合物中的扩散系数	9.1.3
$D_{c \rightarrow 0}$	在“零”渗透质浓度的扩散系数, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
D_e	溶质在(食品)外相中的扩散	11.4
D_P	在聚合物中的扩散系数	6.4.3
D_u	扩散系数的单位值	6.1
D_F	有味化合物在食品中的扩散系数	13.4
D_G	气体的自扩散系数	6.1
D_L	在液体中的扩散系数	6.1
D_P^*	扩散系数的“上限”值, 它比任何可能的迁移质的真实值都要大	15.1.1
$D_{P,i}, D_{P,j}$	添加剂 i 和模拟物 j 在聚合物中的扩散系数	10.1.1
D_S	在固体中的扩散系数	6.1

续表

符号	描 述	出现章节
D_T	热力学扩散系数, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
D_G	式(5-7)中的指数前的系数因子, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
D_{1s}	式(5-7)中的溶剂自扩散系数, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
D^*	(痕量)内扩散系数	6.4.1
D^+	特性扩散系数, $[\text{cm}^2/\text{s}]$	5.1.1
E	每次测量的结果的随机偏离	10.2.3
$\text{erf}(z)$	误差函数	7.2.3
E	环境	1.2
E	全部分子增量之和	4.2
E_A	摩尔活化能	6.4.1
E_b	分子内部的能量项, $[\text{kJ/mol}]$	5.1.1
E_d	扩散活化能, $[\text{kJ/mol}]$	5.1.1
E_D	扩散活化能	9.1.1
E_i	分子间的能量项, $[\text{kJ/mol}]$	5.1.1
E_i	结构增量“i”的值	4.2
E_p	渗透活化能	9.1.1
E^*	式(5-1)中的临界能, $[\text{kJ/mol}]$	5.1
E^+	式(5-7)中的克服每摩尔相邻分子吸引力的能量, $[\text{kJ/mol}]$	5.1.1
ΔE	式(5-4)中的理论扩散活化能, $[\text{kJ/mol}]$	5.1.1
f	式(5-1)中在扩散跃迁中涉及的自由度的数目	5.1.1
f	流动速率	9.1.2
f_D	校正项	6.1
f_T	食品类型分布系数	11.2
F	食品(食品模拟液体)	1.2
F	力	6.4.1
g	系统质量	4.1.3
g_a	组分“a”的质量	4.1.3
g_i	组分“i”的质量	4.3.2
G	自由焓(Gibbs 自由能)	4.1
G	在混合物中存在的不同基团的数目	4.3.2
G	气体	4.1.1
$\underline{G}$	摩尔自由焓	4.1
G_A	两分隔液体的总自由焓	4.1.1
G_E	混合物的总自由焓(Gibbs 自由能)	4.1.1
G_E	过度自由能	4.1.2
h	Planck 常数 $= 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$	
h	空间网格常数	8.2
H	焓	4.1
H	Henry 定律常数	4.1.1
$\underline{H^E}$	每摩尔的混合过度焓	4.1.2
ΔH_s	气体在聚合物中的摩尔溶解热	9.1.1
ΔH_v	摩尔蒸发焓	6.3.3

续表

符号	描 述	出现章节
$\Delta H_{v,1}$	(液体 1)的摩尔汽化焓	4.3.1
i	迁移组分	7.2.4
J	流量坐标	7.1.1
J	流量向量	7.1.1
k	Boltzmann 常数 $= 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	7.1.3
k	反应速率常数	8.2.1
k	空间波数	10.1.1
k	比例系数	5.2.2
k^*	式(5-11)中的传输系数	4.1.1
K	分配系数	11.5
K	由实验数据决定的常数	15.1.1
K	式(15-2)中的参数	5.1.2
k_D	式(5-8) Henry 定律的溶解度参数, $[\text{cm}^3(\text{STP})/\text{cm}^3(\text{聚合物}) \cdot \text{atm}]$	13.4
$K_{G/F}$	迁移化合物在气体和食品之间的分配系数	13.4
$K_{G/P}$	迁移化合物在气体和包装材料之间的分配系数	10.1.1
$K_{P,F}, K_{P/F}$	迁移化合物在塑料 P 和食品或模拟液体 F 之间的分配系数	13.4
K_{12}, K_{22}	式(5-9)中聚合物的自由体积参数, $[\text{cm}^3/(\text{g} \cdot \text{K})]$	5.1.2
l	长度	9.1.2
l	材料厚度	14.3.5
l_L	Nernst 扩散层的厚度	7.2.5
l_P	包装材料的厚度	14.3.1
l_{12}	两种物质(1+2)的混合物的内聚能密度的校正因子	4.3.1
L	液体(液体食品)	4.1.1
L	片的厚度	8.2
L	长度	9.1.2
L_P	聚合物的厚度	11.4
m	质量	7.1.1
m	粒子的质量	6.1
m	所研究的材料的全部值的平均值(特征水平)	10.2.3
m_e	吸附的气体质量	9.1.2
m_E	从包装和环境转移进入食品的质量	1.2
m_F	从食品转移进入包装和环境的质量	1.2
m_P	食品质量	13.5
$m_{F,e}$	平衡时从聚合物向食品(模拟物)迁移的物质的量	10.1.1
$m_{F,t}$	在时间 t 从聚合物向食品(模拟物)迁移的物质的量	10.1.1
$m_{F,t}^*$	估计的迁移量	15.1.1
m_P	从包装转移进入食品的质量	1.2
m_P	包装中质量	13.5
$m_{P,t}$	在接触时间 t 内从食品或模拟物向聚合物迁移的物质量	10.1.1
m^*	式(5-4)中主链元素的质量, $[\text{g}]$	5.1.1
M	摩尔质量	4.1.3
M	空间节点的数目	8.2

续表

符号	描 述	出现章节
M_a	组分“a”的摩尔质量	4.1.2
M_e	分子保留指数	4.3.3
M_i	迁移质在第 i 个食品模拟溶剂中的浓度	11.2
M_r	相对分子质量	2.2.1
$M_{t,\infty}$	在无限时间迁移的质量	11.4
M_w	相对分子质量, [dalton]	5
$M_{F,t}$	在时间 t 迁移的溶质质量	11.4
$M_{F,\infty}$	在无限时间迁移的溶质质量	11.4
M_p	单体结构单元的相对摩尔质量	4.1.3
MW	相对分子质量	11.5
M_1	溶质的分子质量	4.3.2
$M_2^{(m)}$	聚合物单元的分子质量	4.3.2
n	不同组分的数目	1.1
n	混合物中分子的数量密度	6.1
n	反应的级数	7.1.3
n	时间步指数	8.2.1
n_i	给定增量类型的数目	4.2
$n_a(L)$	在液体中的材料量	4.1.2
n_1, n_2	测量次数	10.2.3
N	Avogadro 数 $= 6.022 \times 10^{23}$, [分子/摩尔]	
N_A	Avogadro 常数	6.4.1
OT_a	气味的绝对阈限水平	13.4
OT_r	气味的相对阈限水平	13.4
p	气体压力	4.1
p_c	临界压力	6.1
p_s	气体的分压	9.1.2
p°	1×10^5 Pa 的标准压力	4.1
P^0	纯渗透质的蒸气压	9.3.3
P^*	平衡饱和蒸气压	4.1.1
P	聚合物(塑料)	4.1.1
P	包装	1.1
P	透过系数	9.1.1
P_r	相对透过系数	9.3.1
q	热量	4.1
q_r	相互作用能的相对密度	6.2.1
Q	品质	1.1
Q	基团表面积参数	9.1.1
Q	扩散质的总量	8.4
Q	包装的总透过系数	9.1.1
Q^*	混合物的面积	4.3.2