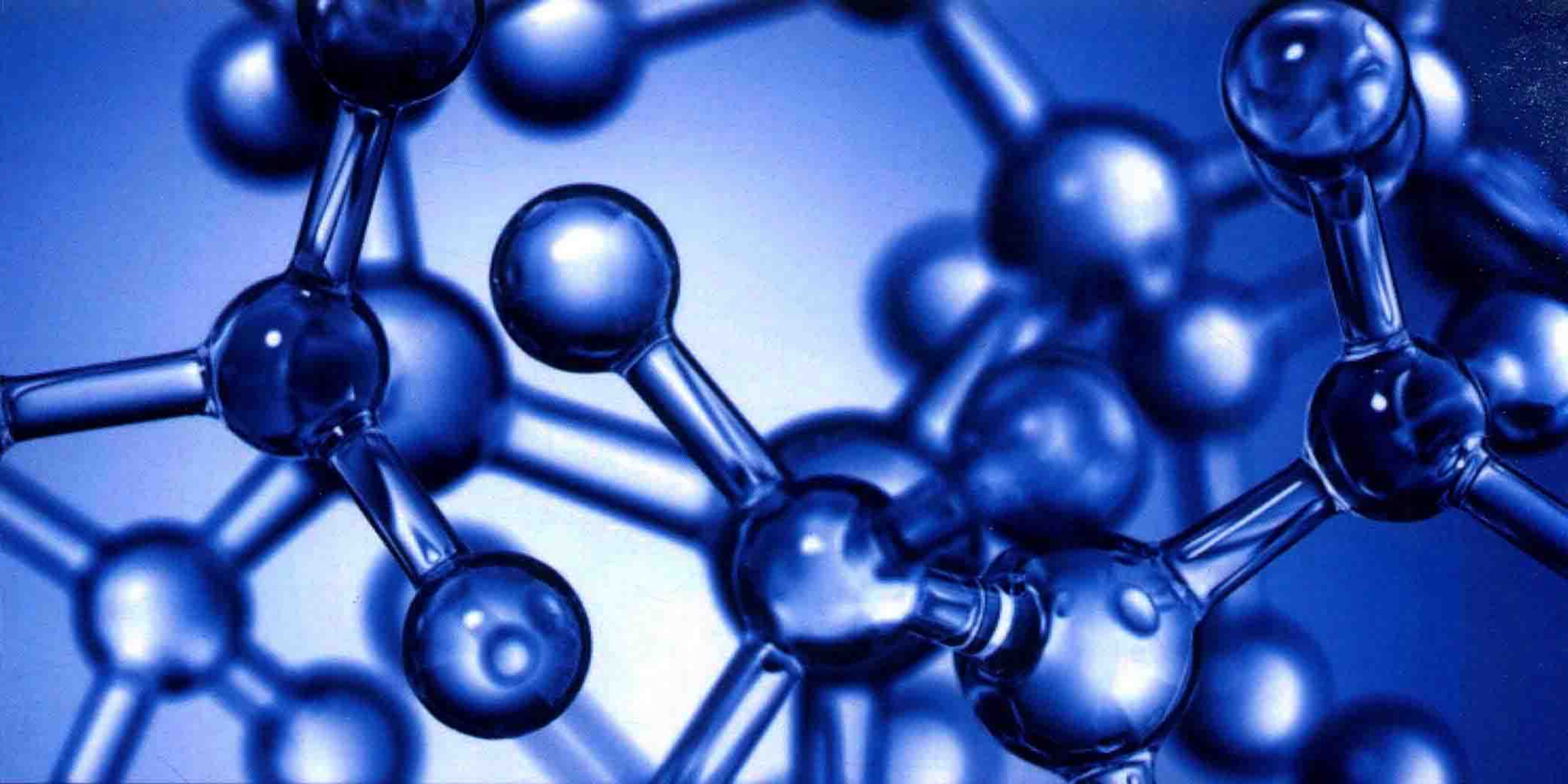




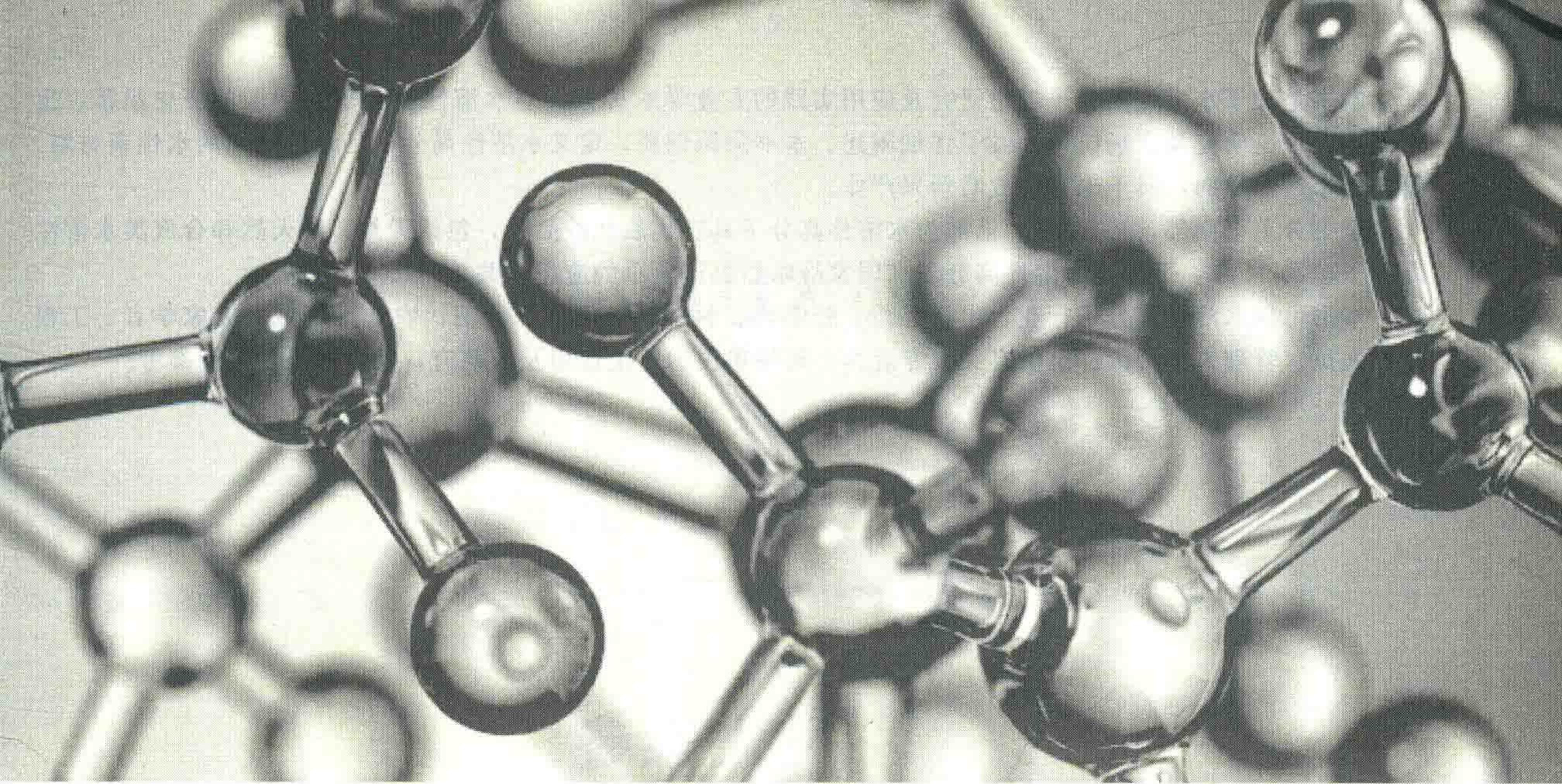
WATER
SOLUBLE
POLYMER

水溶性高分子

王宇 主编



化学工业出版社



WATER
SOLUBLE
POLYMER

水溶性高分子

王 宇 主编



化学工业出版社

北京

本书是关于水溶性高分子理论研究及应用实践的专业学术著作。对水溶性高分子在中国的历史沿革、生产制造、理论研究及市场应用都做了详细阐述。本书强调创新，定义水溶性高分子是绿色环保的水性新材料，符合国家产业导向，属于未来的战略新兴产业。

全书分上下两部，共 31 章。上部为水溶性高分子具有代表性的品种，包括天然、半天然和合成类水溶性高分子，共 21 章。下部是水溶性高分子在国家战略新兴产业中的应用，共 10 章。

本书可供水溶性高分子行业、生物医药、新能源新材料、节能环保、现代农业等领域的专家学者、工程技术人员、管理人员阅读。也供有关大专院所、科研单位的师生使用及为政府，投资人提供决策参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水溶性高分子/王宇主编. —北京：化学工业出版社，2017.11

ISBN 978-7-122-30734-7

I. ①水… II. ①王… III. ①水溶性高聚物
IV. ①TQ31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 244193 号

责任编辑：王 婧 郭乃铎 杨 菁
责任校对：王 静

文字编辑：孙凤英
装帧设计：张 辉

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：三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 53³/₄ 字数 1480 千字 2017 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：198.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员

主 编

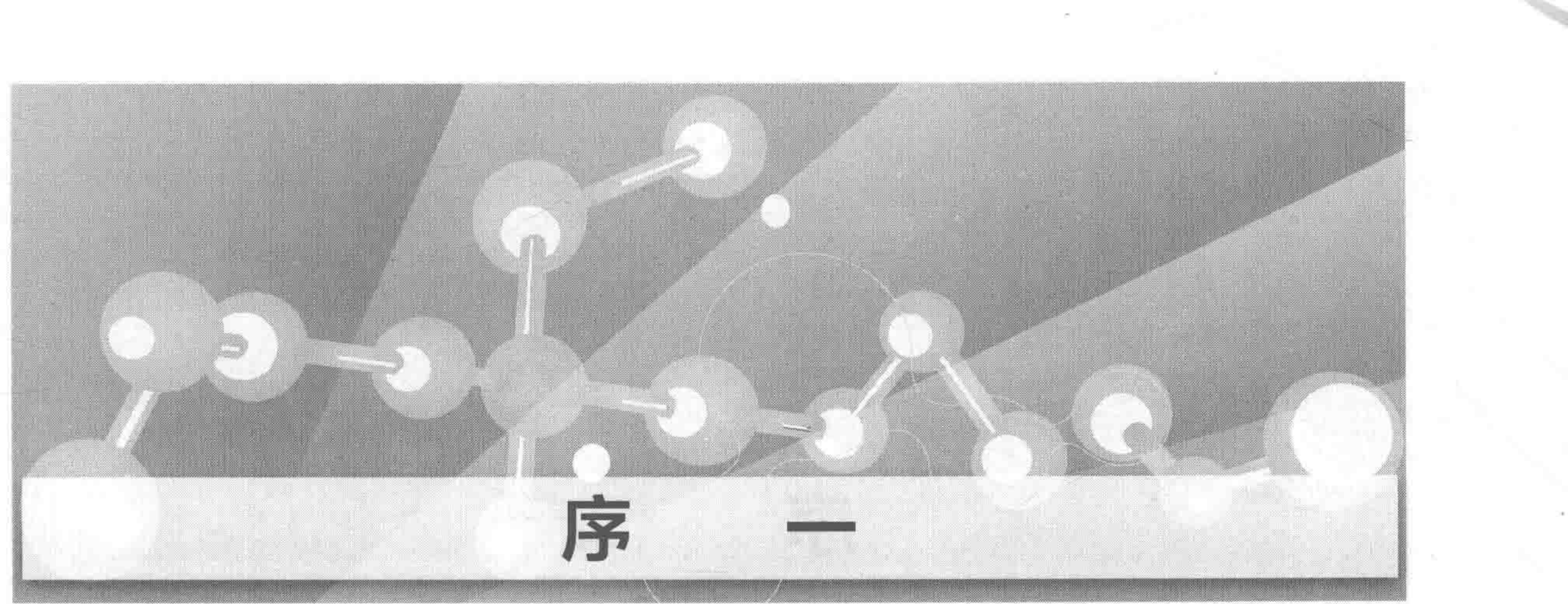
王 宇

参编人员

谷世有	戎志梅	朱申敏	朱建民	顾晓华
魏星光	王 勤	储根初	涂加浩	贾润萍
谢建军 ^①	黎常宏	施 鹰	谢建军 ^②	冯玉军
殷鸿尧	洪 雁	张冰如	王桂云	户献雷
何 涛	陈 占	肖筱新	何国锋	王志尧

① 中南林业大学。

② 上海大学。



序

很高兴应全国功能高分子行业委员会秘书长王宇博士的邀请为《水溶性高分子》一书做序。

水溶性高分子是一类以绿色环保为鲜明特色的功能高分子新材料，凭借其优异的理化性能指标，在医药、食品、水处理、化妆品、水性涂料、工业、航空、船舶等民生领域有了广泛的应用。同时，在节能环保、新能源、新材料、生物医药、现代农业等战略新兴产业已经引起足够的重视。此外，在更前沿的智能高分子材料、拆层石墨烯等领域的研究也已经悄然兴起。可以说，水溶性高分子已经成为国民经济发展的重要基础支撑材料，它将为中国的蓝天白云和经济建设做出应有的不可替代的贡献。

水溶性高分子具有的特点：它是治理目前三废（废气，废水，废渣）的关键原料，也是取代传统污染型化工建材的基础原料，同时，作为重要的工业“维生素”和“稀土元素”，它为其它产业的发展提供了重要的辅助作用。据统计，目前中国已经成为水溶性高分子领域的第一生产大国，我们也相信在不远的将来会成为世界第一技术及应用强国。这需要中国科技工作者及企业家做出更多的努力和贡献。

相比较传统精细化工，中国水溶性高分子在市场规模、人才储备、科研力量等方面还有很多不足，还需要社会、科研院所、企业更多的投入，才能真正与欧美日巨头竞争。

目前本行业还处于较为初级的萌发阶段。在标准制定，海关编码，环评分类，科技项目申报等方面还会遇到困难。但所幸国内还有一批推动中国水溶性高分子事业发展的专家、学者和企业家在默默耕耘。此次《水溶性高分子》专著的出版，让我看到了国内专家、学者和企业家在学术方面的专注、对产业方向的前瞻性、在科研方面的努力与成果。更难能可贵的是，在经济为先的市场环境下，能够沉下心来，扎扎实实做学问，认认真真做研究，让我们国内有了系统介绍水溶性高分子的专著，为今后基础研究和产业发展提供参考和依据，这是行业之幸。

经上海交通大学材料学院朱申敏副院长推荐，我成为宇昂科技院士工作站的首席院士，对王宇博士有了较深入的了解。他年轻有为，锐意进取，有理想与激情，是中国水溶性高分子领域杰出的学者和企业家。他立志让水溶性高分子成为中国的战略新兴产业的梦想是他编写本书的初衷，这也让我深受感染，接受邀请为本书做序。

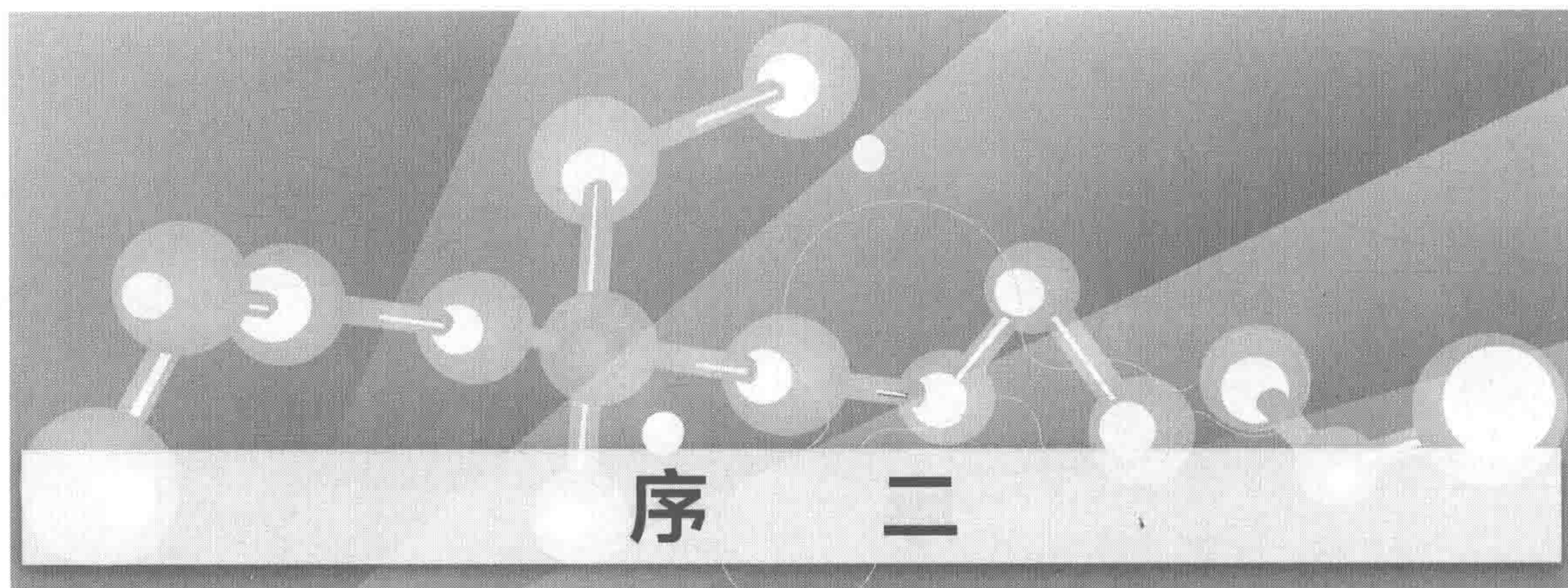
本书倾注了所有编写人员的心血，寄托了他们的希望，也展现出行业协会为本书出版所作的巨大作用，但水溶性高分子这门学科在中国还是个不很成熟的前沿学科，还有许多有待开发的技术，还有许多领域需要得到印证及探索。本书的内容及章节可能还有一些不够完善的地方，需要进一步提炼和升华。但瑕不掩瑜，相信本书的出版将为推动中国水溶性高分子的发展推供巨大的理论及实践指导。

衷心祝愿中国的水溶性高分子事业能蒸蒸日上！

中国科学院院士

颜世安

2017/9/24



20 世纪 80 年代，我师从郭燮贤院士学习物理化学，毕业后跟随严瑞瑄先生开始接触水溶性高分子；历经在化学工业部、外企及民企的 30 多年的变迁，我见证了中国水溶性高分子技术和产业的飞速发展。

水溶性高分子作为水基工业的核心，广泛应用于水基工艺过程或水基产品中，具有分散、絮凝、增稠、润滑、凝胶、成膜、吸水、保湿、界面活性和导电等多种性能，在传统的工农业生产和国防工业中得到了广泛的应用，包括应用于水处理、石油开采、制浆造纸、矿物洗选、医药化工、纺织印染、涂料与油墨、皮革、照相材料、电镀与金属加工、陶瓷加工、建材、制糖、食品与生物制品、化妆品与清洗剂以及农业保水剂等领域。水溶性高分子不愧为“百业助剂”。近年来，水溶性高分子在国家战略新兴产业，包括页岩气开采、膜材料制备、纳米材料制备、石墨烯制备、3D 打印、锂电池、太阳能电池、智能材料以及药物控释等领域都发现了重要的用武之地。毫无疑问，水溶性高分子材料在环境保护、绿色制造、新能源和生物医药等可持续性发展产业中拥有不可或缺的地位。

尽管在最近的 20 年间，中国的水溶性高分子产业取得了突飞猛进的发展，在技术创新、产能规模、产品种类齐全、产业链广度和深度等多方面都具备了与欧美发达国家同台竞争的實力，但是在产品和技术的深入度、精细度、高标准要求等方面还是与欧美发达国家存在一定的差距。随着产业的逐渐发展，迫切需要国内企业和科研机构在水溶性高分子领域以务实、求真、严谨的态度，坚持做好相关的技术研究工作，形成水溶性高分子的知识、人才、产业、科教、研发体系，并能与时俱进。基于此，全国功能高分子行业委员会决定编写《水溶性高分子》，应主编王宇的邀请，我为该书作序。

本书论述全面、内容丰富、涵盖范围广泛、知识结构新颖，理论与案例相结合，系统阐述水溶性高分子的发展历史、产品种类、物化特性、制造方法和应用特点，以及水溶性高分子在新领域的探索与发展方向。本书对水溶性高分子在传统领域以及战略新兴领域阐述上着墨较多。编写团队结合自身和同行们多年来的研究和实践，参考国内外最新的文献报道，力图为广大读者全面和深入地展示水溶性高分子的神奇特色与发展潜力，反映当今水溶性高分子领域新的科学技术成就。

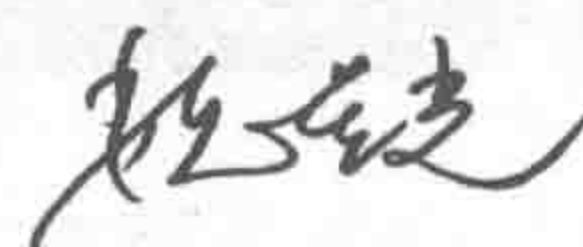
我非常欣喜看到此书的出版，《水溶性高分子》一书，作为系统性介绍水溶性高分子的专业性学术书籍，能够让广大读者了解水溶性高分子的历史、技术现状和发展需求，是有利于行业向更专业化方向发展的坏事，我也非常希望能够看到水溶性高分子更多的产品、人才涌现出来，带动国家整体科技水平实力的提升。

非常感谢行业协会的秘书长王宇，作为杰出的青年专家和本领域唯一的科技部万人领军人

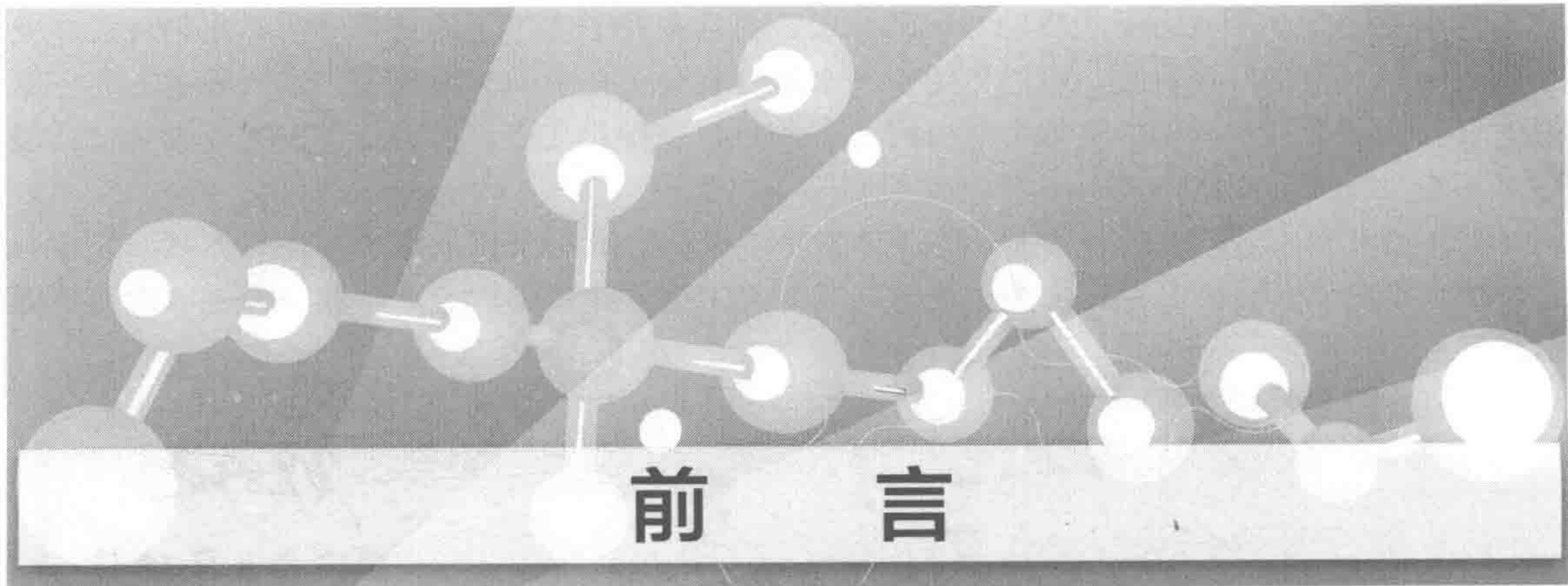
才，他为此书的出版投入了无数的心血和汗水，前后花费了3年多的宝贵时间。作为优秀企业家代表，他创立的宇昂科技，已经作为中国水溶性高分子企业的杰出代表，在国际上占有一席之地；作为行业一员，他一直致力整合行业资源，促进行业交流，推动行业发展，为行业发展做出了较大努力和贡献。

我一直相信水溶性高分子产品是一个非常具有前景、利国利民的绿色环保好产品，我也一直相信在国内众多优秀专家、优秀企业家的共同努力下，我们的产业和事业一定能够取得更大的成就。

共勉！



2017年9月19日



前言

《水溶性高分子》一书从酝酿、商讨到最后成稿，已三年有余。如今即将正式出版，心情是非常激动的。

水溶性高分子是绿色环保的水性高分子新材料，其最重要的特色是绿色低碳，环境友好。它在生物医药、新能源、新材料、节能环保、现代农业等领域的应用方兴未艾，在“十三五”规划中强调的绿色低碳领域更是异军突起，大放光彩。我们相信，在未来，中国一定会更加注重生态，注重环保，注重绿色与低碳。水溶性高分子产业必将成为中国不可或缺的战略新兴产业。

衷心期待本书的出版能为中国水溶性高分子行业的发展提供思路与方向，为广大水溶性高分子企业享受国家政策扶持、税收优惠、出口退税优惠、园区产业扶持的相关政策提供助力，为有志向研发生产及应用水溶性高分子的广大科研人员提供学习的参考。希望本书的出版能加速中国水溶性高分子从低端生产向高端制造的转型。水溶性高分子不仅可以造福中国，更可以走向世界，为全球的绿色低碳、节能减排做出贡献。

本书策划与编写的初衷来自三个方面。

1. 责任和使命使然

在严瑞瑄老师的引领下，我于1996年年底荣幸参与筹备了全国水溶性高分子行业协作组，成为协会的首任秘书，2003年成为全国功能高分子行业委员会秘书长至今。因为深受前辈们的情怀感染，我将自己最宝贵的20年青春全部献给了中国的水溶性高分子行业并见证了它的全部发展历程。继严瑞瑄老师之后编写本行业的著作责无旁贷。这是我作为协会秘书长的神圣使命与荣耀。

同时，我创建的上海宇昂水性新材料科技股份有限公司，专注于水溶性高分子产业12年，随着企业的发展壮大，在园区环评的分类，科技项目、高新技术的申报，高转成果的评分，税收政策的优惠享受，海关编码的归类，国家标准、行业标准的制定等方面都遇到了不可想象的困难。创新型、科技型、外向型的实体小、微企业的发展壮大需要政策的大力支持。但水溶性高分子在中国还是个新兴产业，尚未得到行业外大量的关注与支持，企业的发展举步维艰。在与业内人员交流时，这些问题或多或少成为了共同的议题。大家希望我们能为行业做些事，成为政府与企业之间的桥梁与纽带。故我立志要策划编写一本内容新颖全面的水溶性高分子专著，希望能为广大企业提供一个学术层面的理论依据，能为政府相关部门的决策提供一些行业发展的借鉴与参考，也希望本书的出版能推动水溶性高分子材料成为国家下一个战略新兴产业的进程。

2. 从学科基础与研究方向的角度提出发展建议

作为全国功能高分子行业委员会的秘书长及最早一批投身水溶性高分子行业的科技工作者，我欣喜地看到有诸多科研院所及企业的科研人员正在关注并投身到这项伟大的事业中来。然而近 20 年来，中国快速发展的水溶性高分子领域没有权威的能反映中国最新进展的指导书。高等院校目前尚没有水溶性高分子课程，现在的研发人员要么从国外归来，要么从化工专业或传统高分子材料专业转来。从人才培养及储备角度来说，我们极其缺乏后备军。希望本书的出版能为高校培养专业学生提供教学参考书，促进人才的培养和行业的发展。

3. 抓住战略新兴产业的历史机遇

中国已经将新材料发展作为战略新兴产业重要的一方面。同时，绿色环保、节能低碳已经成为中国经济转型升级的主旋律。这对水溶性高分子的发展是绝对的利好。可以说，我们已经迎来了中国水溶性高分子产业发展的黄金期，少则三五年，多则十余年，本行业必将兴起。此时，一本具有鲜明时代特征的学术著作应运而生，其实际意义将尤为深远。期望它将对国家及地方政府的相关决策提供理论依据，为水溶性高分子的地位提供学术支持。中国迫切需要可持续发展的绿色发展，水溶性高分子由于其天然的环保“基因”及“上善若水，水利万物而不争”的协同效应，必将为中国的经济发展提供特色鲜明的动力。

2014 年我整整用一年时间酝酿思考，最终决心编写本书。

2015 年上半年请示全国功能高分子行业委员会谷世有理事长并得到他的大力支持，之后分别在北京、上海、广州、南昌、苏州召开编写成员会议，2015~2017 年多次与国内本行业 20 余名领军专家、学者探讨交流，最终完成这本著作。

关于本书的特色，这里有几点要特别说明。

1. 本书强调创新，有鲜明的时代特性

本书与国家“十二五”“十三五”战略新兴产业规划内容相契合，紧扣绿色低碳的时代主题，反映中国近 10 年来本行业的最新发展。我们会根据中国未来的五年规划适时修订并更新内容，做到紧跟潮流，与时俱进，能全面展示中国水溶性高分子产业的现状与发展。我期望本书不仅有高度，还要接地气，成为中国水溶性高分子领域颇有权威的专著。

2. 编写成员的构成与编写初衷

本书的编写成员既包括国家科研院所的院士、万人计划、国家杰青、博士生导师，也包括企业的创始人、高级工程师、一线的技术骨干。既有从欧美日留学归来的海归，也有中国培养的人才。既有年逾七旬的前辈，也有年富力强的中青年。尽管身份各异，但编写团队充满激情与信念，不计报酬无条件付出，这样一个能代表中国本行业高学术水平的团队的绝对支持是我敢于主动请缨编写这本著作的动力源泉。

此外，在编写的表述上，一方面我努力使本书能反映中国水溶性高分子目前的学术现状，具有技术指导性，另一方面文笔又尽量平实简朴，让关心本行业的领导、伙伴与友人能理解。如果能有国家政策的扶持与资本的助力，将极大推进本行业的快速发展。国家政策给我们以导向，资本可以给我们实体经济插上腾飞的翅膀，二者的助力可以让我们快速发展。

3. 求同存异，百家争鸣的编写原则

随着时代的发展及学科的跨界交融，水溶性高分子材料的内涵与外延也不断拓展。原有的定义已经不能满足现今的发展，不同的专家学者对此有不同的认识。我本着开放包容、求同存异、百家争鸣的原则，尽量把大家的思想归集在一起，因而，部分章节的论点或略有异同，但我相信这样的处理可以更好地凝聚学术团队，更好更快地推动本行业的发展。

4. 品种精选的原则

水溶性高分子是门庞大而又严谨的开放体系，其有代表性的品种逾数百种。每年都有无数的专利、论文及著作发表。新的产品、新的技术、新的应用领域、新的理论研究层出不穷。限

于篇幅，我们无法一一列举，故尽量选取有中国特色的、创新性的品种进行阐述。诸多品种不得不忍痛割爱。我会根据未来水溶性高分子的发展及读者的反馈建议，不断修订、完善。

本书的编写，首先要感谢第九届、第十届全国人民代表大会常务委员会副委员长、原化学工业部副部长成思危先生。作为本行业的奠基者之一，他的关于水溶性高分子重要性的论断早在30年前就高屋建瓴。榜样的力量是无穷的，这坚定了我在本行业坚持到底绝不放弃的信念。

其次要感谢全国功能高分子行业委员会原理事长严瑞瑄老师。严老师分别于1988年编写《水溶性聚合物》，1998年编写《水溶性高分子》并于2010年再版。我有幸参加了1998版、2010版《水溶性高分子》的编写工作。作为他的学生及助手，我与严老师感情深厚，在水溶性高分子行业共同奋斗了20年。他的学识与教诲让我终身受益。

再次，要深深感谢全国功能高分子行业委员会谷世有理事长。作为年逾七旬仍战斗在水溶性高分子第一线的老领导，他为本书的出版付出了诸多的心血，为年轻的科研人员带了一个好头。由于他的辛勤奔波，本书的筹备、编写都按照进度顺利推进。他为本书的出版立下了汗马功劳。

还要感谢化学工业出版社与时俱进的创新理念与我不谋而合，解决了我编写的后顾之忧。

最后，郑重感谢我们所有参与编写的专家、学者。他们都是各自领域的领军人物，无论教学、科研还是企业工作，都有无数的事务缠身，大家要抽出大把宝贵的时间做码文字、查资料、核对数据等繁琐工作，真的是很为难他们。但编委们无怨无悔，无偿付出，为我们的著作出版做出了巨大的贡献。

本书共31章，分上下两部，具体编写分工如下：第1章、第16~18章由宇昂科技的王宇编写；第2章、第19章、第20章由王宇、陈占编写；第3章由王勤、魏星光、黎常宏、王志尧编写；第4章由朱建民、顾晓华编写；第5章由储根初、涂加浩编写；第6章由贾润萍编写；第7章、第14章由谢建军（中南林业大学）编写；第8章由户献雷编写；第9章由黎常宏编写；第10章由何国锋、魏星光编写；第11章由肖筱新编写；第12章由张冰如编写；第13章由朱建民、顾晓华编写；第15章由洪雁编写；第21章由王宇、陈占、王桂云编写；第22章由何涛、王宇编写；第23章由朱申敏、王宇编写；第24章由朱申敏编写；第25章、第26章由施鹰、谢建军（上海大学）、王宇编写；第27章由戎志梅编写；第28章由谢建军（中南林业大学）、王宇编写；第29章由贾润萍、王宇编写；第30章由冯玉军、殷鸿尧编写；第31章由王宇、户献雷编写。同时，宇昂科技的魏亚娜、熊俊超、朱广东、蒋华攀、宋智飞、金玉伟、冯雪菲、刘振璐以及中科院上海高等研究院殷勇，广州天赐麦景璋也为本书的出版付出了辛勤劳动，谨向所有为本书辛苦工作的同志们表示诚挚感谢！

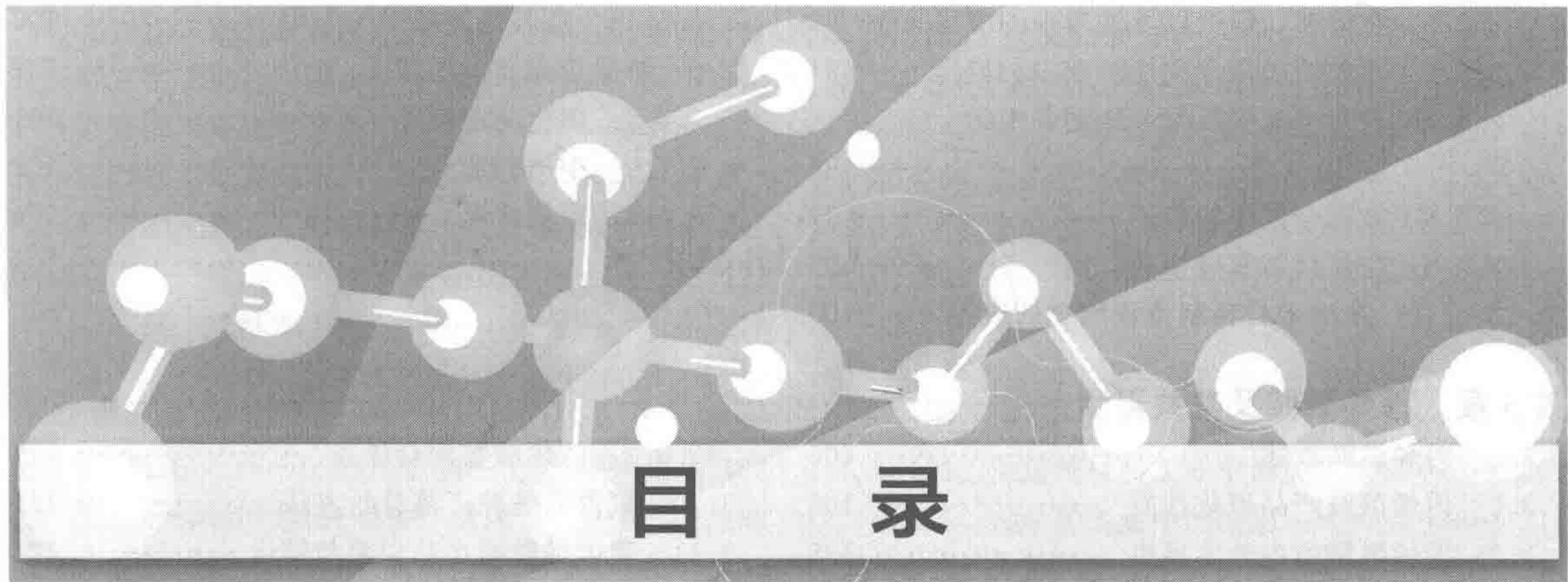
现在已经是2017年盛夏，青灯照壁，掩卷长喟。一方面是心中的重担终于要放下了，有种如释重负的感觉；但另一方面也是极其惶恐不安，因为不知本书能否如愿：让读者满意，让大家从中获益。同时，因为时间及水平所限，书中的诸多不足、缺陷只有等下次再版时修订了。

期待本书的出版能为中国水溶性高分子产业的发展助力。期待中国的水溶性高分子能早日成为中国的战略新兴产业，我将为此而奋斗终生！

敬请各位专家、学者，各位关心和支持水溶性高分子行业的友人不吝提出本书的不足与错误。

王宇

2017.5.31



上 部
水溶性高分子具有代表性的品种

第 1 章 概论	2
1.1 简介	2
1.2 定义与分类	3
1.2.1 传统定义	3
1.2.2 分类	3
1.3 水溶性高分子基本性能	5
1.3.1 溶解性	5
1.3.2 电化学性质	6
1.3.3 流变学特性	6
1.3.4 分子量	7
1.3.5 分散作用	8
1.3.6 絮凝作用	9
1.3.7 增稠作用	10
1.3.8 减阻作用	11
1.3.9 成膜性	11
1.4 中国水溶性高分子发展、应用与思考	12
1.4.1 中国水溶性高分子发展历程	12
1.4.2 水溶性高分子在中国环保领域中的应用	13
1.4.3 水溶性高分子在战略新兴领域的应用	15
1.4.4 中国水溶性高分子的三个重要发展阶段	16
1.4.5 中国水溶性高分子发展的主要问题	17
1.4.6 水溶性高分子在民生领域的应用	21
1.4.7 水溶性高分子与相关学科的关系	23
1.4.8 水溶性高分子在未来新兴产业中的探索研究	25
1.4.9 中国水溶性高分子未来的发展	26
1.5 市场需求	27
参考文献	35
第 2 章 聚乙烯吡咯烷酮	36
2.1 概述	36
2.2 发展史	36
2.3 制备	37
2.3.1 N-乙烯基吡咯烷酮的合成	37
2.3.2 聚乙烯吡咯烷酮的合成	39
2.4 性质	50
2.4.1 基本物理属性	50
2.4.2 PVP 分子量测定及其表征	51
2.4.3 玻璃化转变温度	56
2.4.4 光谱特性	57
2.4.5 PVP 溶解性和溶液特性	58
2.4.6 PVP 溶液的流变特性	60
2.4.7 PVP 的表面活性	62
2.4.8 PVP 的成膜性、吸水性及相容性	62
2.4.9 络合性	65
2.4.10 化学稳定性	65
2.4.11 生理安全性	66
2.5 应用	67
2.5.1 在医药中的应用	68
2.5.2 在消毒产品中的应用	77
2.5.3 在日用化工中的应用	82
2.5.4 在食品饮料中的应用	87

2.5.5	在涂料、颜料以及油墨中的应用	92	2.5.11	在其他领域中的应用	100
2.5.6	在纺织印染及洗涤工业中的应用	94	2.6	制造企业及市场情况	101
2.5.7	在化学反应及聚合物制备中的 应用	96	2.6.1	国际制造商	101
2.5.8	在黏合剂中的应用	97	2.6.2	中国制造商	102
2.5.9	在新材料领域中的应用	99	2.6.3	市场情况	104
2.5.10	在纳米材料制备领域中的应用	100	参考文献		105
第3章 丙烯酰胺及其共聚物					106
3.1	丙烯酰胺概述	106	3.9.2	丙烯酰胺聚合体系	119
3.2	丙烯酰胺产品理化性质	106	3.10	聚丙烯酰胺产品分析方法	121
3.3	丙烯酰胺国内外发展史	108	3.11	聚丙烯酰胺产品包装与储运	121
3.3.1	丙烯腈原料与98%硫酸水解反应 后用氨中和制得丙烯酰胺	108	3.12	聚丙烯酰胺的应用	121
3.3.2	丙烯腈原料与水以骨架铜为催化 剂转化合成丙烯酰胺	108	3.12.1	聚丙烯酰胺作为分散剂的应用	122
3.3.3	原料丙烯腈与水以微生物腈水合 酶为催化剂制得丙烯酰胺	108	3.12.2	聚丙烯酰胺在油气田工业中 的应用	123
3.4	丙烯酰胺制造方法	109	3.12.3	聚丙烯酰胺在水处理工业中 的应用	127
3.4.1	化学法——硫酸水合法	109	3.12.4	聚丙烯酰胺在造纸工业中的 应用	132
3.4.2	化学法——骨架铜催化水合法	109	3.12.5	聚丙烯酰胺在矿业、纺织印 染行业中的应用	141
3.4.3	生物法——腈水合酶催化转化法	110	3.13	聚丙烯酰胺的研究及应用展望	142
3.5	丙烯酰胺市场前景	110	3.13.1	分子结构设计	142
3.6	聚丙烯酰胺概述	112	3.13.2	聚丙烯酰胺的结构与市场展望	142
3.7	聚丙烯酰胺产品理化性质	112	3.13.3	中国进口聚丙烯酰胺的状况	143
3.7.1	固体聚丙烯酰胺的物理性质	112	3.13.4	中国聚丙烯酰胺和丙烯酰胺的 出口市场	144
3.7.2	水溶液聚丙烯酰胺的性质	113	3.13.5	出口产品类别	144
3.7.3	聚丙烯酰胺的化学性质	116	3.13.6	海关出口量分析	144
3.7.4	聚丙烯酰胺的毒性	117	3.13.7	扩大出口的方法	145
3.8	聚丙烯酰胺国内外发展史	117	参考文献		145
3.9	聚丙烯酰胺的制造方法	118			
3.9.1	丙烯酰胺的自由基聚合	118			
第4章 聚乙二醇					148
4.1	概述	148	4.7.2	光伏行业	161
4.2	发展史	149	4.7.3	医药行业	162
4.3	制备方法	150	4.7.4	日化行业	166
4.4	物理性质	152	4.7.5	涂料、油墨行业	166
4.4.1	溶解性	153	4.7.6	造纸行业	167
4.4.2	相容性	155	4.7.7	煤炭行业	168
4.4.3	吸湿性	156	4.7.8	水处理行业	169
4.4.4	黏性	156	4.7.9	纺织行业	170
4.4.5	稳定性	156	4.7.10	木材加工行业	170
4.4.6	表面张力	156	4.7.11	金属加工和机械润滑行业	171
4.5	化学性质	157	4.7.12	农业	171
4.6	毒性	158	4.7.13	陶瓷制造	172
4.7	应用	159	4.7.14	橡胶和塑料	173
4.7.1	混凝土减水剂	159	4.7.15	生物化工	173

4.7.16	储能材料应用	174	4.7.22	包装印刷行业	178
4.7.17	聚乙二醇在生物材料中的应用	175	4.8	聚乙二醇产品质量的检测方法及影响因素	178
4.7.18	相转移催化剂	176	4.8.1	聚乙二醇质量检测方法	178
4.7.19	食品行业	177	4.8.2	影响聚乙二醇质量的因素	179
4.7.20	聚乙二醇在制备介孔材料中的 应用	177	4.9	未来的发展	180
4.7.21	皮革加工行业	178	参考文献		181
第5章 聚氧化乙烯					183
5.1	概述	183	5.4.6	在建筑材料工业中的应用	209
5.1.1	国外的研究和生产情况	183	5.4.7	在采矿工业中的应用	211
5.1.2	国内的研究和生产情况	184	5.4.8	在采油工业中的应用	211
5.2	制备方法	185	5.4.9	在化学工业中的应用	212
5.2.1	聚合机理	185	5.4.10	在涂料工业中的应用	213
5.2.2	实验室的制备方法	186	5.4.11	在医药工业中的应用	213
5.2.3	工业上的制备装置	186	5.4.12	在洗涤剂工业中的应用	214
5.2.4	有关的专利报道	187	5.4.13	在日用品工业中的应用	217
5.3	性质	189	5.4.14	在清洗剂工业中的应用	219
5.3.1	物理性质	189	5.4.15	在印刷工业中的应用	221
5.3.2	化学性质和生物毒性	199	5.4.16	在包装工业中的应用	222
5.4	应用	202	5.4.17	在农业上的应用	222
5.4.1	聚氧化乙烯水溶液的配制	202	5.4.18	在纺织工业中的应用	223
5.4.2	在造纸工业中的应用	204	5.4.19	在市政建设中的应用	223
5.4.3	在黏合剂工业中的应用	206	5.4.20	其他方面的用途	224
5.4.4	在陶瓷工业中的应用	207	5.5	发展趋势	224
5.4.5	在电器工业中的应用	208	参考文献		225
第6章 水性聚氨酯					227
6.1	概述	227	6.3.3	交联改性	247
6.1.1	聚氨酯化学	227	6.3.4	有机氟硅改性水性聚氨酯	249
6.1.2	水性聚氨酯简介	227	6.3.5	纳米材料改性	252
6.1.3	水性聚氨酯的性能	228	6.3.6	复合改性	254
6.1.4	水性聚氨酯发展史	231	6.3.7	超支化预聚体改性	255
6.2	水性聚氨酯的制备	231	6.3.8	植物油改性水性聚氨酯	255
6.2.1	异氰酸酯	232	6.4	水性聚氨酯在涂料工业的应用	257
6.2.2	多元醇	233	6.4.1	水性聚氨酯防水涂料	257
6.2.3	亲水性扩链剂	234	6.4.2	水性聚氨酯功能型涂料	259
6.2.4	催化剂	237	6.4.3	水性聚氨酯防腐涂料	263
6.2.5	成盐剂和封端剂	240	6.4.4	水性聚氨酯在纺织工业的应用	265
6.2.6	水性聚氨酯的合成	241	6.4.5	水性聚氨酯胶黏剂	268
6.3	水性聚氨酯的改性	244	6.4.6	水性聚氨酯在新能源行业的应用	271
6.3.1	丙烯酸酯改性	244	参考文献		273
6.3.2	环氧树脂改性	246			
第7章 高吸水树脂					277
7.1	概述	277	7.1.3	高吸水树脂的应用及开发意义	286
7.1.1	高吸水树脂分类	278	7.2	高吸水树脂的制备原料	287
7.1.2	高吸水树脂的发展	280	7.2.1	单体	287

7.2.2 各种助剂	289	7.5.1 高吸水树脂在日用卫生品中的 应用	329
7.2.3 其他原料	293	7.5.2 高吸水树脂在吸附材料中的应用 ...	331
7.2.4 无机矿物原料	299	7.5.3 在农林业中的应用	338
7.3 高吸水树脂制备的实施工艺	301	7.5.4 高吸水树脂在人工智能方面的 应用	340
7.3.1 水溶液聚合法	301	7.5.5 高吸水树脂在其他方面的应用	344
7.3.2 敞开体系法	302	7.6 高吸水树脂的加工方法	352
7.3.3 悬浮聚合法	304	7.6.1 高吸水树脂粉末与颗粒加工法	353
7.3.4 乳液聚合法	307	7.6.2 高吸水性片的加工法	353
7.3.5 泡沫分散聚合法	308	7.6.3 高吸水性膜的加工法	357
7.3.6 其他聚合工艺	310	7.6.4 高吸水性海绵的加工法	359
7.4 高吸水树脂的性能与表征	313	7.6.5 高吸水性纤维加工方法	361
7.4.1 吸收性能	313	参考文献	365
7.4.2 保水性能	325		
7.4.3 凝胶强度	327		
7.5 高吸水树脂的应用	329		
第 8 章 卡波树脂..... 367			
8.1 概述	367	8.4 合成	372
8.2 定义和分类	367	8.4.1 沉淀聚合法	372
8.2.1 定义	367	8.4.2 其他聚合方法	373
8.2.2 分类	367	8.5 应用	374
8.3 性质	368	8.5.1 卡波树脂在日化行业中的应用	374
8.3.1 分子量	368	8.5.2 卡波树脂在医药制剂中的应用	379
8.3.2 润湿分散性能	368	8.5.3 其他应用领域	379
8.3.3 流变性能	369	8.6 展望	379
8.3.4 耐电解质性	372	参考文献	379
第 9 章 二甲基二烯丙基氯化铵 (DMAAC) 及其聚合物 381			
9.1 概述	381	9.4.1 反应历程	385
9.2 理化性质	381	9.4.2 反应过程控制与副产物	386
9.2.1 二甲基二烯丙基氯化铵	381	9.4.3 DMAAC 合成基本方法	386
9.2.2 聚二甲基二烯丙基氯化铵	382	9.4.4 PDMAAC 的合成	387
9.3 国内外发展史	382	9.4.5 聚合工艺条件	389
9.3.1 二甲基二烯丙基氯化铵	382	9.4.6 PDMAAC 合成工艺流程图	390
9.3.2 聚二甲基二烯丙基氯化铵	384	9.5 PDMAAC 产品应用领域	390
9.4 工艺路线	385	9.6 PDMAAC 市场前景	391
第 10 章 聚胺 392			
10.1 概述	392	10.4.2 聚胺的表征	403
10.2 发展史	393	10.4.3 国内聚胺产品的性能	407
10.3 制备工艺	393	10.5 应用	408
10.3.1 聚胺的合成机理	393	10.5.1 聚胺在水处理方面的应用	408
10.3.2 聚胺的实验室制备	395	10.5.2 聚胺在造纸方面的应用	409
10.3.3 聚胺的工业生产	396	10.5.3 聚胺在油田上的应用	409
10.3.4 聚胺制备的影响因素	397	10.5.4 聚胺在纺织方面的应用	410
10.4 性能	401	10.6 发展前景	411
10.4.1 聚胺的理化性能	401	参考文献	411

第 11 章	聚羧酸类水处理剂	412
11.1	聚丙烯酸	414
11.1.1	性状	414
11.1.2	制备	414
11.1.3	性质	414
11.1.4	应用	415
11.2	聚马来酸（水解聚马来酸酐）	415
11.2.1	性状	416
11.2.2	制备	416
11.2.3	性质	416
11.2.4	应用	417
11.3	马来酸酐-丙烯酸共聚物	418
11.3.1	性状	418
11.3.2	制备	418
11.3.3	性质	418
11.3.4	应用	419
11.4	丙烯酸-丙烯酸羟丙酯共聚物	419
11.4.1	性状	419
11.4.2	制备	419
11.4.3	性质	419
11.4.4	应用	420
11.5	丙烯酸-2-丙烯酰胺基 2'-甲基丙基磺酸共聚物	420
11.5.1	性状	420
11.5.2	制备	420
11.5.3	性质	421
11.5.4	应用	422
	参考文献	422
第 12 章	聚环氧琥珀酸与聚天冬氨酸	423
12.1	聚环氧琥珀酸概述	423
12.2	聚环氧琥珀酸的发展史	423
12.2.1	聚环氧琥珀酸的发展历程	423
12.2.2	聚环氧琥珀酸生产历程	428
12.3	聚环氧琥珀酸的制备	428
12.3.1	制备方法之一：水相合成法	428
12.3.2	制备方法之二：有机溶剂合成法	429
12.3.3	制备方法之三：催化剂回收的水相合成法	429
12.4	聚环氧琥珀酸的性能	429
12.4.1	聚环氧琥珀酸的除垢性能	429
12.4.2	聚环氧琥珀酸阻垢性能的稳定性	432
12.4.3	聚环氧琥珀酸的缓蚀性能	435
12.4.4	聚环氧琥珀酸的环境毒性	437
12.5	聚环氧琥珀酸的产品标准	437
12.5.1	工业化产品标准	438
12.5.2	循环冷却水中聚环氧琥珀酸含量的测定	440
12.6	聚环氧琥珀酸的用途	444
12.6.1	在循环冷却水系统中的应用	444
12.6.2	在造纸行业中的应用	446
12.6.3	聚环氧琥珀酸在无磷洗涤剂中作为洗涤助剂的应用	447
12.7	聚环氧琥珀酸的应用前景	448
12.8	聚天冬氨酸概述	449
12.9	聚天冬氨酸的发展史	450
12.10	聚天冬氨酸的制备	450
12.10.1	马来酸酐水相合成法	450
12.10.2	马来酸酐无水合成法	450
12.10.3	天冬氨酸固相合成法	451
12.10.4	天冬氨酸液相合成法	451
12.11	聚天冬氨酸的产品标准	452
12.11.1	聚天冬氨酸技术指标	453
12.11.2	工业聚天冬氨酸工业品外观	453
12.11.3	工业聚天冬氨酸工业品的 pH	455
12.12	聚天冬氨酸的性能	456
12.12.1	聚天冬氨酸的阻垢性能	456
12.12.2	聚天冬氨酸阻垢性能的稳定性	457
12.12.3	聚天冬氨酸分子量对阻垢性能的影响	459
12.12.4	聚天冬氨酸的缓蚀性能	461
12.12.5	聚天冬氨酸的生物可降解性能	461
12.12.6	聚天冬氨酸的毒性试验	463
12.13	聚天冬氨酸的应用	464
12.13.1	在农业中的应用	464
12.13.2	在工业循环冷却水处理中的应用	467
12.13.3	在其他行业中的应用	469
12.14	聚天冬氨酸的应用前景	469
	参考文献	469
第 13 章	聚碳酸丁二醇酯（PBC）	471
13.1	概述	471
13.1.1	生物降解高分子材料	471
13.1.2	聚碳酸丁二醇酯	472
13.2	制备方法	473

13.2.1 酯交换法	474	13.3.3 可生物降解膜材料	479
13.2.2 催化剂	474	13.3.4 聚合物的共混改性	479
13.3 应用	477	13.3.5 聚碳酸酯二醇在聚氨酯防水涂料 中的应用	480
13.3.1 生物可降解聚碳酸丁二醇酯在 生物医学领域的应用	477	13.4 发展前景	480
13.3.2 聚碳酸丁二醇酯在聚碳酸酯聚 氨酯弹性体合成中的应用	478	参考文献	481

第 14 章 纤维素 483

14.1 纤维素的来源与分类	483	14.4 纤维素的改性	495
14.1.1 植物纤维素	483	14.4.1 纤维素的功能化	495
14.1.2 细菌纤维素	484	14.4.2 纤维素衍生物	497
14.1.3 人工合成纤维素	485	14.4.3 天然纤维复合材料	504
14.2 纤维素的结构	485	14.5 纤维素的生物质利用	508
14.2.1 纤维素的分子结构	485	14.5.1 从纤维素制备生物乙醇	509
14.2.2 纤维素的超分子结构	486	14.5.2 从纤维素制备汽油	510
14.2.3 纤维素中的氢键	487	14.5.3 从纤维素制备氢气	510
14.2.4 纤维素的结晶结构	487	14.5.4 从纤维素制备生物柴油	511
14.2.5 纤维素的液晶结构	490	14.6 细菌纤维素及其制备方法	511
14.3 纤维素的溶解与再生	491	14.7 纤维素及其改性材料的应用	513
14.3.1 NaOH/CS ₂ 溶剂体系	491	14.7.1 在水处理中的应用	513
14.3.2 铜铵溶剂	492	14.7.2 在纺织工业中的应用	514
14.3.3 NaOH/尿素体系	492	14.7.3 在造纸工业中的应用	515
14.3.4 胺氧化合物系列	493	14.7.4 在生物医药领域的应用	516
14.3.5 离子液体体系	494	14.7.5 在食品工业中的应用	522
14.3.6 NaOH 稀溶液法及其直接纺丝 技术	494	参考文献	523

第 15 章 淀粉及其衍生物 525

15.1 天然淀粉的结构	525	15.4.8 醚化淀粉	553
15.1.1 淀粉的分子结构与聚合度	525	15.4.9 交联淀粉	557
15.1.2 淀粉的颗粒结构	528	15.4.10 接枝共聚淀粉	559
15.2 淀粉的糊化与回生	532	15.4.11 酶改性淀粉	561
15.2.1 淀粉的糊化	532	15.4.12 热处理淀粉	561
15.2.2 淀粉的回生	534	15.4.13 其他（脂肪替代物、多孔淀粉、 酶阻淀粉和淀粉基塑料）	562
15.2.3 淀粉糊化与回生特性的全过程 描述	535	15.5 我国变性淀粉工业发展分析	564
15.3 淀粉糊的特性	536	15.5.1 发展现状	564
15.4 变性淀粉	536	15.5.2 存在问题	566
15.4.1 基本概念	536	15.5.3 发展趋势	566
15.4.2 糊精	540	15.6 环糊精	567
15.4.3 预糊化淀粉	541	15.6.1 环糊精的组成与结构	567
15.4.4 酸解淀粉	544	15.6.2 环糊精的制备	568
15.4.5 氧化淀粉	545	15.6.3 环糊精的工业应用	569
15.4.6 双醛淀粉	548	15.6.4 环糊精的发展现状	571
15.4.7 酯化淀粉	548	参考文献	572

第 16 章 聚乳酸	573
16.1 概述	573
16.2 发展史	574
16.2.1 研发生产过程	574
16.2.2 应用开发历程	576
16.3 制备	577
16.3.1 聚合生产工艺	577
16.3.2 聚合工艺对比	578
16.4 性能	578
16.4.1 特性	579
16.4.2 聚乳酸的共混改性	580
16.5 应用	581
16.6 发展前景	582
16.6.1 未来发展前景广阔	582
16.6.2 发展中存在的问题	583
16.6.3 未来发展重点方向	585
参考文献	586
第 17 章 透明质酸	587
17.1 概述	587
17.2 发展史	588
17.3 制备	589
17.4 性能	593
17.4.1 流变学特性	593
17.4.2 依数性	593
17.4.3 保水性	594
17.4.4 生物活性	594
17.4.5 降解反应	594
17.4.6 透明质酸产品标准 (YY/T 0606.9—2007)	595
17.5 应用	595
17.5.1 化妆品中的应用	596
17.5.2 临床医学中的应用	597
17.5.3 保健食品中的应用	599
17.6 发展前景	599
参考文献	599
第 18 章 黄原胶	601
18.1 概述	601
18.2 发展史	602
18.3 制备	602
18.3.1 微生物菌种和原料	603
18.3.2 培养液调配	603
18.3.3 培养条件	604
18.3.4 发酵合成	605
18.3.5 分离和提纯	606
18.4 性能	607
18.5 应用	609
18.5.1 应用于石油行业	609
18.5.2 应用于食品工业	609
18.5.3 其他领域	610
18.6 发展前景	611
参考文献	612
第 19 章 动物胶	613
19.1 干酪素	613
19.1.1 概述	613
19.1.2 发展史	613
19.1.3 制备	614
19.1.4 性能	615
19.1.5 应用	616
19.1.6 发展前景	620
19.2 明胶	620
19.2.1 概述	620
19.2.2 发展史	620
19.2.3 制备	621
19.2.4 性能	623
19.2.5 应用	625
19.2.6 发展前景	626
19.3 骨胶	626
19.3.1 概述	626
19.3.2 发展史	627
19.3.3 制备	627
19.3.4 性能	628
19.3.5 应用	631
19.3.6 发展前景	631
参考文献	632
第 20 章 聚谷氨酸	634
20.1 概述	634
20.2 发展史	635
20.3 制备	635
20.3.1 聚谷氨酸的发酵工艺	636
20.3.2 聚谷氨酸的分离与提取工艺	640
20.4 性能	642
20.5 应用	642
20.6 发展前景	643
参考文献	643