

“十三五”普通高等教育本科规划教材

高分子科学与 材料工程实验

第二版

刘建平 宋霞 郑玉斌 主编



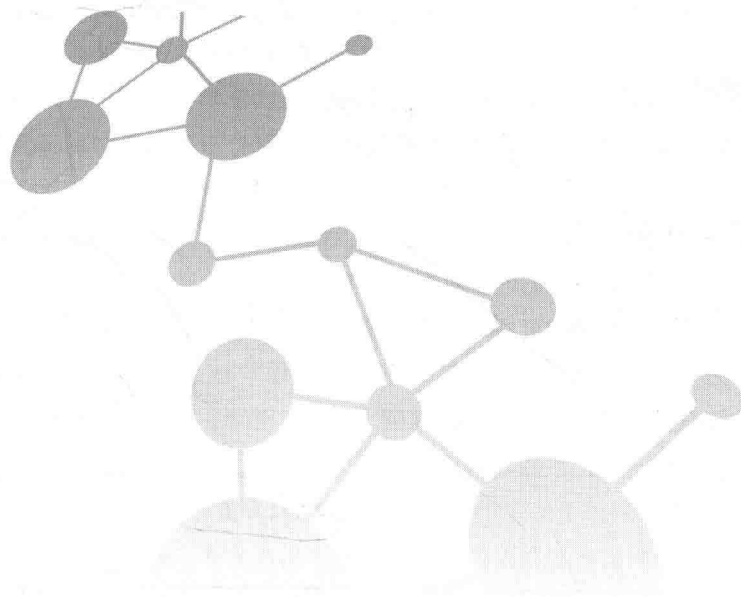
化学工业出版社

“十三五”普通高等教育本科规划教材

高分子科学与 材料工程实验

第二版

刘建平 宋 霞 郑玉斌 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书主要分为五个部分,第一部分主要是高分子化学中最基本的、最常用的、具有较强应用性的聚合反应实验;第二部分是高分子物理中高聚物的表征及性能分析实验,主要包括高聚物分子量测定、熔体流动性能、结晶度以及聚合物官能团的鉴定等;第三部分是高分子材料的成型与加工实验,主要包括注射成型、挤出成型、吹塑成型、人造革涂覆、模压成型、橡胶加工工艺以及复合材料的加工工艺等;第四部分是高分子材料的性能测试实验,主要包括高分子材料的加工性能即加工流动性、加工稳定性以及制品的力学性能、电性能、热性能、光性能等;第五部分是综合与设计性实验,这一部分是为了锻炼学生的综合实验能力和实验的自主设计能力而编写的,主要涉及高分子化学实验、高分子物理实验、高分子材料加工改性以及高分子材料的测试等方面内容,学生通过学习本部分内容,可以提高自主实验、综合实验的能力。本书附录给出了实验中常用的一些基础数据供实验者使用。

本书可供高分子材料及相关专业的教学使用,还可供从事高分子材料研究、开发和应用的科研人员及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高分子科学与材料工程实验/刘建平,宋霞,郑玉斌主编.—2版.

北京:化学工业出版社,2017.9

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-122-30071-3

I. ①高… II. ①刘… ②宋… ③郑… III. ①高分子材料-材料试验-高等学校-教材 IV. ①TB324.02

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第154154号

责任编辑:王婧杨菁

装帧设计:史利平

责任校对:王素芹

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21 字数531千字 2017年9月北京第2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:49.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

《高分子科学与材料工程实验》一书是为了适应教学改革、为了更好地培养我国 21 世纪高分子科学及高分子材料工程方面人才的需要,为高分子科学及高分子材料工程专业编写的教材。书中的内容尽量突出学科的方向,同时也兼顾了内容的新颖性及覆盖面。

本书包括五部分,共 86 个实验。第一部分为基本聚合反应,这一部分主要是一些经典的常用的高分子聚合反应,在编写内容上既注重高分子化学反应类型又兼顾了塑料、涂料、胶黏剂的合成;第二部分为高聚物的表征与性能分析,这一部分既注重了经典的高分子物理,又兼顾了其内容的实用性;第三部分为高分子材料的成型与加工,这一部分主要是以塑料的制造加工方法为主,同时也包括了复合材料和橡胶的成型与加工,这部分内容既有较强的实用性和可操作性,又有先进性和科学性;第四部分为高分子材料的测试,这一部分主要涉及高分子材料的力学性能、热性能、电性能、光学性能等方面,注重的是实用性和可操作性;第五部分为综合与设计性实验,目的是训练学生能够把学到的高分子化学、高分子物理以及高分子材料加工与测试方面的科学理论与实验方法综合应用,达到学生自主进行设计实验方案、实验内容,提高观察实验、分析实验、总结实验的能力。附录部分为了方便实验工作查阅有关实验数据,收录了实验中常用的提纯方法、分析方法和高分子化学、高分子物理的有关参数。总之,本书不仅注重理论指导实验,而且注重以实验来验证理论,目的是通过实验提高学生的理论水平和自主动手能力。

《高分子科学与材料工程实验》编写分工如下:温州大学刘建平主编第一部分、第三部分、第五部分;温州大学宋霞主编第二部分、第四部分及附录部分;大连理工大学郑玉斌参编第一部分、第二部分;参加编写工作的还有大连工业大学冯钠、华北理工大学尚宏周、闫莉、广西师范学院于淑娟。我们在此对支持、关心本书编写工作的各位老师、各位同仁表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中出现不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2017 年 3 月

目录

CONTENTS

第一部分 基本聚合反应

1

实验一 苯乙烯溶液聚合	1
实验二 苯乙烯乳液聚合	4
实验三 甲基丙烯酸甲酯的悬浮聚合	6
实验四 苯乙烯阳离子聚合	9
实验五 膨胀计法测定苯乙烯自由基聚合反应速率	11
实验六 甲基丙烯酸甲酯本体聚合制备有机玻璃板	14
实验七 环氧树脂的制备	16
实验八 环氧胶黏剂的固化反应及胶接强度测定	19
实验九 乙酸乙烯酯的溶液聚合及聚乙酸乙烯酯的醇解	22
实验十 丙烯腈和乙酸乙烯酯的乳液共聚合	26
实验十一 107 胶及涂料的制备	28
实验十二 苯丙乳液聚合及乳胶漆的制备与性能测试	30
实验十三 酸法酚醛树脂的制备	33
实验十四 碱法酚醛树脂的制备	35
实验十五 不饱和聚酯树脂及玻璃钢的制备	37
实验十六 热塑性聚氨酯弹性体的制备	41
实验十七 聚氨酯泡沫塑料的制备	44
实验十八 己内酰胺开环聚合尼龙-6	47
实验十九 熔融缩聚法制备尼龙-66	50
实验二十 对苯二甲酰氯与己二胺的界面缩聚	53
实验二十一 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯树脂的制备	55
实验二十二 离子交换树脂制备及交换当量测定	58

第二部分 高聚物的表征与性能分析

61

实验二十三 端基分析法测定聚合物的分子量	61
----------------------------	----

实验二十四	光散射法测定分子量	64
实验二十五	黏度法测定聚合物的分子量	72
实验二十六	蒸气压渗透法测定分子量	78
实验二十七	渗透压法测定分子量	82
实验二十八	凝胶渗透色谱测聚合物分子量	89
实验二十九	膨胀计法测定玻璃化转变温度	92
实验三十	高聚物熔融指数的测定	95
实验三十一	毛细管法测定高聚物熔体流变曲线	97
实验三十二	差热分析	101
实验三十三	热重分析法	107
实验三十四	密度梯度管法测定高聚物的密度和结晶度	111
实验三十五	反相气体色谱法测定聚乙烯的结晶度	117
实验三十六	透射电镜观察聚合物球晶初态	121
实验三十七	用扫描电子显微镜观察聚合物形态	125
实验三十八	红外光谱法鉴定聚合物	128

第三部分 高分子材料的成型与加工

133

实验三十九	热塑性塑料注射成型	133
实验四十	热塑性塑料挤出造粒实验	137
实验四十一	挤出成型聚氯乙烯塑料管材	140
实验四十二	锥形双螺杆挤出成型硬质 PVC 异型材	144
实验四十三	塑料挤出吹膜实验	147
实验四十四	挤出流延膜实验	152
实验四十五	中空塑料制品吹塑成型实验	155
实验四十六	聚乙烯泡沫材料的制备	159
实验四十七	离型纸法间接涂覆制作人造革试样	164
实验四十八	玻璃钢 (FRP) 制品手糊成型实验	168
实验四十九	不饱和聚酯的增稠及 SMC 的制备	170
实验五十	SMC 的层压实验	172
实验五十一	短切玻璃纤维预混料的制备	174
实验五十二	FRP 制品模压成型	176
实验五十三	酚醛塑料的模压成型	178
实验五十四	脲醛树脂及其层压板的制备	182
实验五十五	三聚氰胺-甲醛树脂及其层压板的制备	184
实验五十六	PVC/FRP、PP/FRP 复合管道缠绕成型工艺	186
实验五十七	复合材料拉挤成型工艺	189

实验五十八	橡胶的密炼	192
实验五十九	橡胶配合与开炼	194
实验六十	橡胶的硫化工艺	197

第四部分 高分子材料的测试

200

实验六十一	塑料拉伸强度的测定	200
实验六十二	塑料弯曲强度实验	206
实验六十三	塑料冲击强度的测定	211
实验六十四	塑料硬度的测定	216
实验六十五	高聚物维卡软化点温度的测定	218
实验六十六	马丁耐热性测试	220
实验六十七	塑料的热老化实验	223
实验六十八	聚氯乙烯热稳定性测试	225
实验六十九	氧指数法测定聚合物的燃烧性	228
实验七十	塑料燃烧烟密度的测定	232
实验七十一	聚合物材料动态(热)力学分析	235
实验七十二	转矩流变仪实验	242
实验七十三	介电常数、介电损耗的测定	246
实验七十四	聚合物电阻的测定	248
实验七十五	透明塑料透光率和雾度的测试	253
实验七十六	塑料薄膜和人造革等材料透水蒸气性实验	257
实验七十七	涂饰材料剥离强度测试	260
实验七十八	门尼黏度实验	263
实验七十九	门尼焦烧实验	266
实验八十	橡胶硫化特性实验	269

第五部分 综合与设计性实验

271

实验八十一	苯乙烯聚合的综合实验	271
实验八十二	苯乙烯-丁二烯共聚合实验设计	279
实验八十三	PC 合金综合设计性实验	285
实验八十四	阻燃尼龙综合设计性实验	289
实验八十五	玻璃纤维改性 PA-66 综合设计性实验	295
实验八十六	塑料的填充改性实验设计	298

附录一 常用单体的精制	303
附录二 引发剂的精制	305
附录三 酸值的测定	306
附录四 羟值的测定	306
附录五 环氧值的测定	307
附录六 结合丙烯腈含量的测定	308
附录七 比重瓶法测固体和液体的密度	309
附录八 常见聚合物的英文缩写	310
附录九 常用单体物理常数表	313
附录十 常用引发剂分解速率常数、活力及半衰期	314
附录十一 几种引发剂的链转移常数 C_I	315
附录十二 几种溶剂（或调节剂）的链转移常数（60℃）	316
附录十三 在均聚反应中单体的链转移常数 C_M	316
附录十四 自由基共聚反应中单体的竞聚率	316
附录十五 某些单体在阳离子型共聚时的竞聚率	317
附录十六 一些聚合物的溶剂和沉淀剂（非溶剂）	317
附录十七 几种高聚物的特性黏数-分子量关系式 $[\eta] = KM^\alpha$ 参数	318
附录十八 某些聚合物的 θ 溶剂	321
附录十九 一些常见聚合物的密度	322
附录二十 一些具有代表性的聚合物的结晶参数	323
附录二十一 一些聚合物的玻璃化转变温度（ T_g ）和熔点（ T_m ）	324
附录二十二 一些聚合物的折射率	325

第一部分

基本聚合反应

实验一 苯乙烯溶液聚合

一、实验目的

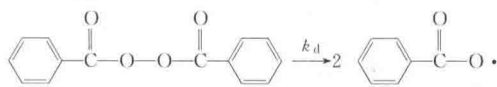
- ① 了解苯乙烯自由基聚合机理。
- ② 掌握自由基溶液聚合方法。

二、实验原理

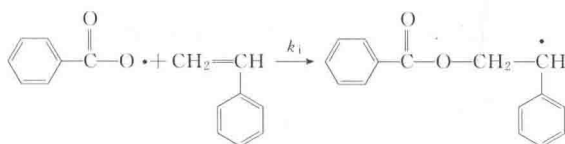
自由基聚合反应属于链锁聚合反应，活性中心是自由基，一般分为链引发、链增长、链终止及链转移等几个基元反应。

1. 链引发

链引发反应是初级自由基与单体反应生成单体自由基的过程。能产生初级自由基的物质称为引发剂，主要有过氧化物和偶氮化合物两大类，这些化合物的分子结构中有弱键，在较低温度下（40~100℃）就能均裂成两个自由基，例如过氧化苯甲酰的分解。

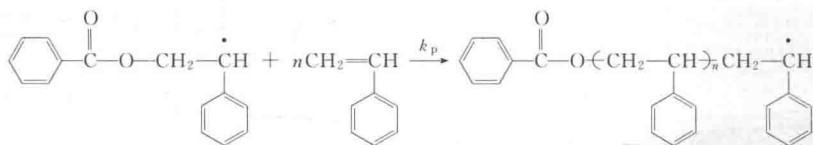


初级自由基与一分子苯乙烯单体反应生成自由基：



2. 链增长

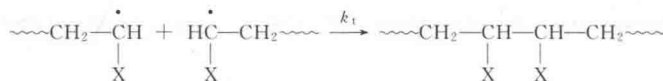
单体自由基与单体继续反应，增长速率极快，在 0.01~10s 之内，就能使聚合度达到 $10^3 \sim 10^4$ 。



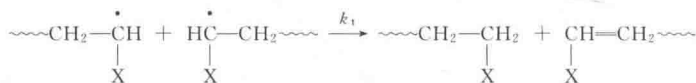
3. 链终止

自由基终止反应通常为双基终止，可分为偶合终止与歧化终止。

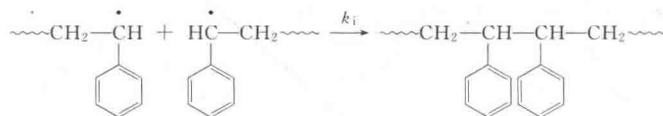
偶合终止：



歧化终止：

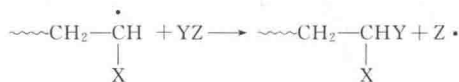


苯乙烯自由基聚合中链终止反应在一般温度下（40~100℃），通常是偶合终止。



4. 链转移

自由基聚合中还可有链转移反应，这是因为大分子自由基有可能从单体、溶剂或引发剂分子上夺取一个原子或原子团而转移。



若链转移所产生的自由基的活性与原自由基活性相近，则继续引发、增长，结果使聚合速率保持不变，聚合物分子量降低。若转移，所产生的自由基活性减弱或失去活性，则会出现缓聚或阻聚现象。某些化合物如硝基苯、酚类等对自由基聚合反应有缓聚或阻聚作用。由于苯乙烯受热时易聚合，在保存时常加入二酚类化合物等阻聚剂，所以在苯乙烯聚合体系中，必须除掉上述阻聚剂。

三、试剂与仪器

1. 试剂

苯乙烯，甲苯，过氧化苯甲酰（BPO），乙醇，去离子水。按照表 1-1 的用量准备药品。

表 1-1 苯乙烯溶液聚合加料量

药品	质量份	实际加入量/g
苯乙烯(精制)	30	9
甲苯	70	21
过氧化苯甲酰(BPO)	0.6	0.18

2. 仪器

水浴锅，搅拌器，温度计，冷凝管，100mL 量筒，250mL 烧杯，100mL 三口烧瓶，球形冷凝管（装置如图 1-1）。

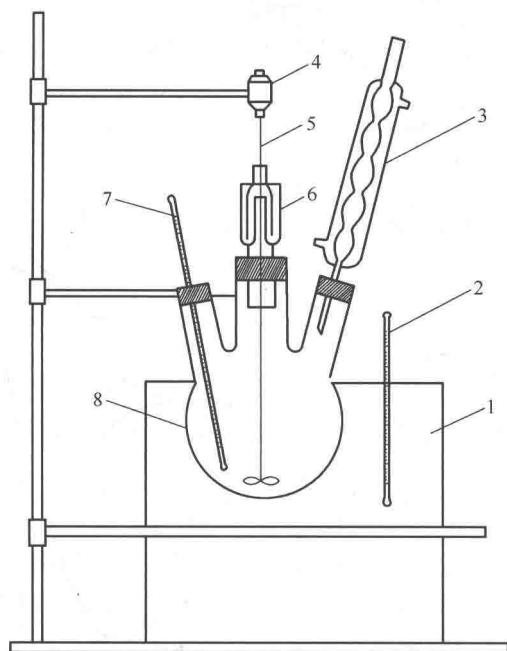


图 1-1 实验装置

1—水浴锅；2—温度计；3—冷凝管；4—搅拌器；5—搅拌棒；
6—液封；7—温度计；8—三口瓶

四、实验步骤

在 100mL 三口烧瓶中加入 21g 甲苯和 9g 新蒸馏的苯乙烯，并加入 0.18g 过氧化苯甲酰，开动搅拌，使引发剂溶解，然后在 90℃ 水浴中加热聚合 3h。然后将聚合物溶液在搅拌下慢慢倒入装有 40g 乙醇的 250mL 烧杯中，聚合物沉析出来。静置后将滤液倾斜倒掉，再加入少量乙醇洗涤聚合物软胶团，最后将聚合物软胶团放在表面皿中于 60~70℃ 烘箱中干燥至恒重。

五、实验结果与分析

$$\text{聚合物收率} = \frac{\text{收到量}}{\text{理论产量}} \times 100\%$$

实验二 苯乙烯乳液聚合

一、实验目的

- ① 了解乳液聚合基本原理。
- ② 掌握苯乙烯乳液聚合方法。

二、实验原理

乳液聚合是由单体和水在乳化剂作用下在配制成的乳状液中进行的聚合，体系主要由单体、水、乳化剂及溶于水的引发剂四种基本组分组成。在自由基聚合反应的四种实施方法中，乳液聚合和本体聚合、溶液聚合及悬浮聚合相比有其可贵的独特优点。烯类单体聚合反应放热量很大，其聚合热约为 $60\sim 100\text{kJ/mol}$ ，在聚合物生产过程中，反应热的排除是一个关键性的问题。它不仅关系到操作控制的稳定性和生产的安全性，而且严重地影响着产品的质量。对乳液聚合过程来说，聚合反应发生在分散水相内的乳胶粒中，尽管在乳胶粒内部黏度很高，但由于连续相是水，使得整个体系黏度并不高，易于由内向外传热，不会出现局部过热，更不会暴聚，同时易搅拌，便于管道输送，容易实现连续化操作。

在烯类单体的自基本体、溶液及悬浮聚合中，提高反应速率的同时使得聚合物分子量降低，两者是相矛盾的。但是乳液聚合可以将两者统一起来，这是因为乳液聚合是按照和其他聚合方法不同的机理进行的。在乳液聚合体系中，聚合反应发生在一个个彼此孤立的乳胶粒中，自由基链被封闭于其中，不能同其他乳胶粒中的长链自由基相碰而终止，只能和由水相扩散进来的初始自由基发生链终止反应，故自由基有充分的时间增长到很高的分子量。另外，在乳液聚合体系中有着巨大数量的乳胶粒，其中封闭着巨大数量的自由基进行链增长反应，自由基的总浓度比其他聚合过程要大，故反应速率高。聚合速率大，同时分子量高，这是乳液聚合的一个重要的特点。

目前乳液聚合已成为生产高聚物的重要方法之一。许多高分子材料，如合成橡胶、合成树脂、涂料、胶黏剂、絮凝剂、光亮剂、添加剂、医用高分子材料、抗冲击聚合物以及其他许多特殊用途的合成材料等，都可以大量地采用乳液法生产。

苯乙烯乳液聚合的机理与一般乳液聚合相同，采用过硫酸钾为引发剂、十二烷基硫酸钠为乳化剂、十二硫醇为分子量调节剂。

三、试剂与仪器

1. 试剂

苯乙烯（精制），过硫酸钾，十二烷基硫酸钠，十二硫醇，去离子水，硫酸铝钾。按照表 2-1 的用量准备药品。

表 2-1 苯乙烯乳液聚合配料量

药品名称	质量份	理论用量/g	纯度/%	实际用量/g
苯乙烯(精制)	100	60	99.9	60
过硫酸钾	0.3	0.18	99	0.18
十二烷基硫酸钠	3	1.8	85	1.8
十二硫醇	0.28	0.168	85	0.197
去离子水	300	180	99.9	180

2. 仪器

水浴锅, 搅拌器, 温度计, 氮气导管, 冷凝管, 200mL 量筒, 100mL 烧杯, 500mL 三口烧瓶, 球形冷凝管, 200mL 烧杯。

四、实验步骤

先按配方将所需药品称好, 其中引发剂过硫酸钾用分析天平称量, 去离子水用量筒计量, 其余药物用天平称量。

先将乳化剂及配方中的一部分投入反应器内, 启动搅拌, 再加入新蒸馏的单体苯乙烯(十二硫醇已先溶于其中), 通氮气 10min, 排除装置中的空气升温至 50℃, 加入引发剂过硫酸钾水溶液(用配方中一部分去离子水将过硫酸钾放入小烧杯中搅拌溶解)开始计算反应时间, 诱导期过后反应体系自动升温, 移去加热水浴用冷却水冷却, 使反应器温度保持 60℃左右反应 2h, 然后再升温至 90℃反应 1h, 即得聚苯乙烯乳液。

转化率的测定如下。

称取 10g 乳液加入到 200mL 小烧杯中, 一边搅拌一边加入 0.4% 硫酸铝钾溶液 70mL, 进行破乳。用预先称重的布氏漏斗抽滤(用水泵或真空抽滤)滤饼用去离子水洗 3 次, 再用少量甲醇捣洗两次, 以除去低聚物及未反应的单体(水洗或甲醇洗时可暂停抽滤), 洗后将滤饼连同布氏漏斗一起放入 70℃烘箱中烘 4h, 再放入 70℃的真空烘箱中, 每隔 2h 称重一次, 直到恒重为止。

转化率的计算:

$$\text{转化率} = \frac{\text{生成高聚物的质量}}{\text{乳胶样品质量} \times \text{乳胶中单体质量份}} \times 100\%$$

其中:

$$\text{生成的高聚物的质量} = (\text{布氏漏斗质量} + \text{产品质量}) - \text{空布氏漏斗质量}$$

$$\text{乳胶中单体质量份} = \frac{\text{单体量}}{\text{实际总投料量}}$$

五、思考题

- ① 反应前及反应过程中为什么要通氮气?
- ② 乳化剂在乳液聚合中的作用是什么?
- ③ 反应过程中为什么有自动升温现象? 为什么要控制反应温度?

实验三 甲基丙烯酸甲酯的悬浮聚合

一、实验目的

- ① 了解悬浮聚合的基本原理。
- ② 掌握甲基丙烯酸甲酯悬浮聚合方法。

二、实验原理

不溶于水的单体以小液滴状态悬浮在水中进行的聚合反应叫悬浮聚合。体系中主要有 4 个组分：单体、引发剂、介质（水）和分散剂（悬浮剂）。在悬浮聚合中，单体被分散剂在搅拌下均匀分散在水中，每个小液滴都是一个小的本体聚合的微型聚合反应器，液滴周围的水介质连续相都是这些微型本体聚合反应器的热导体。因此尽管每液滴中单体的聚合与本体聚合无异，但整个聚合体系的温度控制比较容易，适合工业化生产。

悬浮聚合是将单体以微珠形式分散于介质中进行的聚合。

从动力学的观点看，悬浮聚合与本体聚合完全一样，每一个微珠相当于一个小的本体。虽然悬浮聚合克服了本体聚合中散热困难的问题，但因珠粒表面附有分散剂，使纯度降低。当微珠聚合到一定程度，珠子内黏度迅速增大，珠与珠之间很容易碰撞黏结，不易成珠子，甚至粘成一团，为此必须加入适量分散剂，选择适当的搅拌器与搅拌速度。单体分散示意如图 3-1。

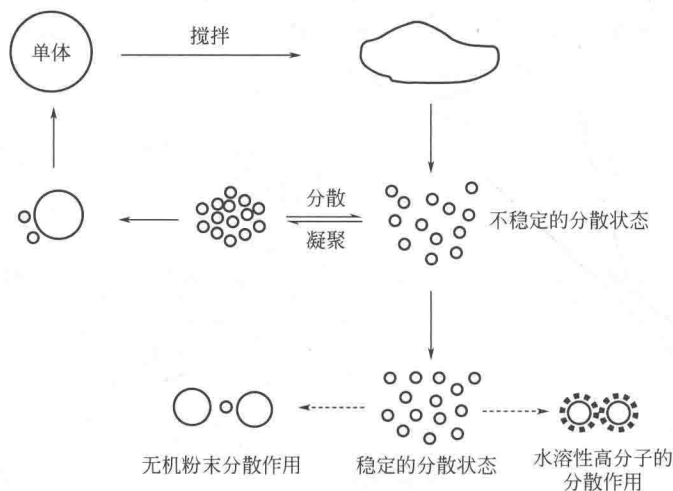


图 3-1 单体分散示意

由于分散剂的作用机理不同，在选择分散剂的种类和确定分散剂用量时，要随聚合物种类和颗粒要求而定，如颗粒大小、形状、树脂的透明性和成膜性能等。同时也要注意合适的

搅拌速度、水与单体比等。

悬浮聚合常用的分散剂有有机化合物和无机化合物两类：一类是明胶、羟乙基纤维素、聚丙烯酰胺和聚乙烯醇等，这类是亲水性的聚合物；另一类是不溶于水的无机物粉末，如硫酸钡、磷酸钙、氢氧化铝、氢氧化钙、二羟基六磷酸十钙等。本实验以氯化镁与氢氧化钠为分散剂进行甲基丙烯酸甲酯的悬浮聚合。

悬浮聚合法的优点是反应体系温度易控制，聚合热易排除，兼有本体聚合和溶液聚合之长处，后处理简单，生产成本低，产物可直接加工。但产品纯度不如本体聚合法高，残留的分散剂等难以除去，影响产品的透明度及介电性能。

三、试剂与仪器

1. 试剂

名 称	级 别	数 量
甲基丙烯酸甲酯(MMA)	除阻聚剂新蒸馏	24mL
过氧化二苯甲酰(BPO)	重结晶	0.2~0.24g
氯化镁(MgCl_2)	化学纯级	1mol/L 10mL
氢氧化钠(NaOH)	化学纯级	1mol/L 10mL
蒸馏水		60mL

2. 仪器

名 称	规 格	数 量
三口瓶	250mL	1 支
球形冷凝管		1 支
平板搅拌器		1 副
烧杯	1000mL, 200mL, 25mL	各 1 只
量筒	10mL, 25mL, 100mL	各 1 只
温度计	0~100 $^{\circ}\text{C}$	1 支
水浴锅	1kW	1 台
玻璃棒		1 根
玻璃漏斗		1 只
吸滤纸、布氏漏斗公用		3

四、实验步骤

① 安装时搅拌器装在支管正中，不要与壁碰撞，搅拌时要平稳，支管下装有加热水浴，(冷凝管可待料加入支管后再安上)，其装置如图 3-2。

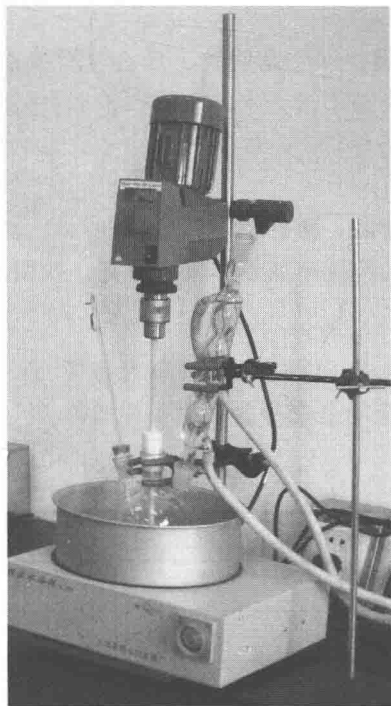


图 3-2 反应装置

② 将大部分蒸馏水 (40mL 左右) 先加于三口瓶中, 开动搅拌器, 加入预先配好的 1mol/L MgCl_2 溶液和 1mol/L NaOH 溶液各 8~10mL。加热水浴至 60°C , 反应 5min。

③ 同时取除阻聚剂新蒸馏的单体 24mL 于小烧杯中, 使其先与过氧化二苯甲酰混溶, 待全部溶解后, 用玻璃漏斗加至三口瓶支管中, 剩余的蒸馏水冲洗小烧杯, 洗液一并加入三口瓶支管中。

此时应注意调整搅拌器转速, 为使单体在水中分散成为大小均匀的珠粒, 搅拌速度恒定, 使反应温度保持在 $78\sim 80^\circ\text{C}$ 。

④ 注意观察悬浮粒子的情况, 由于聚合物密度增大, 球形的聚合物逐渐沉降于支管底部, 并且从支管嗅出单体气体很稀, 通常进行 1.5~2h, 即可升温至 85°C 熟化 0.5h 左右。

⑤ 反应结束后, 移去热水浴, 用水冷却后将产物倾入 200mL 烧杯, 用温蒸馏水清洗数次, 再过滤, 放在 60°C 烘箱中烘至恒重, 计算产率。

五、思考题

- ① 悬浮聚合成败的关键何在?
- ② 如何控制聚合物粒度?
- ③ 试比较有机分散剂与无机分散剂的分散机理。
- ④ 分析实验中哪些因素对分子量 (或黏度) 产率有影响? 有何影响?
- ⑤ 聚合过程中, 油状单体变成黏稠状, 最后变成硬的粒子现象如何解释?

实验四 苯乙烯阳离子聚合

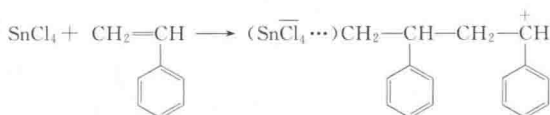
一、实验目的

- ① 了解苯乙烯阳离子聚合机理。
- ② 掌握阳离子溶液聚合方法。

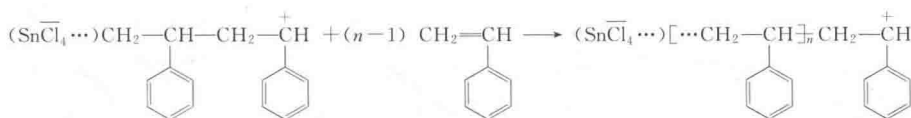
二、实验原理

阳离子型聚合是用酸性催化剂所产生的阳离子引发，使单体形成离子，然后通过阳离子形成大分子。苯乙烯在 SnCl_4 作用下进行阳离子聚合。

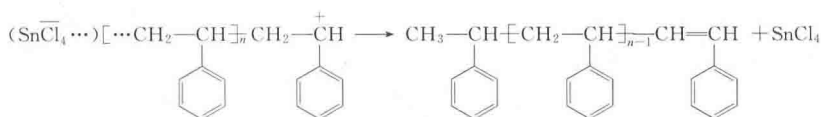
1. 链的引发



2. 链的增长



3. 链的终止



在这反应中，聚合的初速度与苯乙烯浓度的平方及生成的 SnCl_4 浓度成正比，聚合物的分子量与苯乙烯的浓度成正比，而与催化剂的浓度无关。反应进行很剧烈，必须使用溶剂，催化剂应逐渐加入，苯乙烯的浓度不应超过 25%。

三、试剂与仪器

1. 试剂

苯乙烯（干燥的，新蒸馏过的）	35g
SnCl_4 （干燥的，真空蒸馏过的）	0.8g
CCl_4 （干燥的）	100mL
甲醇或乙醇（工业）	500mL