

同位素在化学工业中的应用

化学工业部北京化学工业研究院九室編輯小組編

中国工业出版社

同位素在化学工业中的应用

化学工业部北京化学工业研究院九室編輯小組編

中国工业出版社

本书综合介绍有关同位素在化学、化工领域中的应用，及其在科学研究、生产技术等方面的成就。扼要地叙述了放射化学、辐射化学的一般理论及操作方法，以及稳定性同位素的富集与工业生产的方法。分别就同位素在有机化学、高分子化学、分析化学、物理化学、生产工艺等方面的实际应用作了系统地阐述，体现了和平利用原子能在化学及化工范畴内的具体应用及发展的途径。

本书可供从事于放射化学、辐射化学及同位素化学的工作者以及致力于有机化学、高分子化学研究和生产方面的技术人员参考。并可作为有机化学、高分子化学、工业化学等课程的参考书。

同位素在化学工业中的应用

化学工业部北京化学工业研究院九室编辑小组

*

化学工业部图书编辑室编辑(北京安定门外和平北路四号楼)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/18}$ ·印张 $25^{2/9}$ ·字数517,000

1962年11月北京第一版·1962年11月北京第一次印刷

印数0001—1759·定价(10—7)3.45元

*

统一书号: 15165·1467(化工-97)

序

近年来，随着和平利用原子能事业的发展，使得同位素化学突飞猛进，人们对于同位素的制备和分离浓集的技术，已经达到了很高的水平。到目前为止，发现的同位素已有一千多种，并可获得数量较大的稳定性和人工放射性的同位素，广泛的应用于国民经济的各个部门，不但成为科学研究工作中的一种方便而有力的武器，也有效地应用到工业生产控制和安全保护等过程中。放射性同位素在化学及化学工业领域中的应用更为广泛。在放射化学方面，用做标记原子进行化学分析，其特征是灵敏度高，并提出一些过去不能解决的分析方法。研究化学动力学和化学反应机理，可借助于射线能来发现反应的实质。应用在催化剂及催化反应中，它便能反映出催化的历程。在电化学中能用它来说明电解及电镀的现象、电极纯度的影响，以及腐蚀的化学性质等。在这些课题中，许多疑难及经久争论的问题，利用标记原子得以清晰的阐明。在工业生产流程中，可以利用放射性同位素作指示剂，控制高压容器、封闭体系内流体移动的情况，测量厚度和浓度，以及消除静电积累等等。这些，对于生产过程的自动化都有实际应用的意義。在辐射化学方面，由于放射性同位素的大量生产，如 Co^{60} 、 Cs^{137} 等，可以作为高强度的辐射源，以进行辐射对高聚物的作用、辐射聚合和辐射合成有机化合物的研究。有关这方面的工作，已经达到很发达的地步，根据已经掌握了若干规律，可以使被照射的高聚物的性质，能够按照我们的愿望而改变。例如可把高聚物转变为难溶化也难溶解的状态，使其具有不饱和性，使其具有交联结构以提高耐热性等。目前，经辐射处理而交联的聚乙烯薄膜，已有小规模生产。由苯直接氧化辐射合成苯酚，已达可进行小量生产的阶段，为化学工业开辟了新的途径。

稳定性同位素是原子工业和许多尖端科学所必须的原材料。若干稳定同位素的元素及其化合物的制备已进入生产规模。在许多科学研究部门利用稳定性同位素作标记原子来进行科学研究，其效果和利用放射性元素作标记原子一样，也是一个有力的工具。它的特点是没有放射性射线的危害作用，使用时间不受限制，特别是应用在有机化学研究上更为优越。

同位素的应用，在我国还是近几年来的事，在党的领导和重视下，必将很快的发展起来。目前，国内以中文介绍同位素应用的书籍还不太多，专门综合性介绍同位素在化学工业中应用的书籍也还没有。为了使从事于化学、化工有关的工作人员对于同位素在这一领域中的应用能有一个较为全面的了解，以更进一步大力开展这方面的工作，以及已经开始从事这方面工作的人员便于参考，我们认为有必要作出综合性的介绍。这就是编写本书的主要目的。

本书以放射性同位素和稳定性同位素在化学研究工作和生产技术中的应用为重点。放射性同位素和稳定性同位素在应用上各有其优缺点，同时，获得它们的难易，使用时操作的繁简和对仪器设备的要求也各有不同。在选择使用时必须考虑这些问题，因此，本书就稳定性同位素和放射性同位素分篇编写。

浓集稳定性同位素并非十分困难，有些属于化工产品，有些是从某些化工产品或半成品富集而制成。所以，本书对稳定性同位素的制备、生产技术和设备也作了较为全面的介绍。关于同位素的性质、应用原理和方法，以及同位素及其化合物的分析方法等，在其他有关同位素书籍中多有详尽的论述，本书则仅作适当的介绍。为了促进标记原子的应用工作的开展，标记化合物的合成是个非常重要和亟待解决的问题，本书在这方面作了必要的阐述。同位素在电化学和耐腐蚀研究中的应用也在迅速发展，有关的资料散见于文献中，本书中也搜集了一些。

辐射化学和辐射源的基本设备，还是一个比较新的问题，本书都作了比较详细的论述。

作为标记原子的同位素，在应用时所引起的交换反应和同位素效应都很重要，必须详加考虑。同时，在研究扩散问题时，同位素也是一个很好的工具。鉴于这些问题在其他有关同位素书籍中一般都有叙述，本书中便未加介绍。

本书是由化学工业部北京化工研究院九室部分工作同志集体编写而成，执笔的有吴冰颜(主编)、赵博泉、胡文澂、王笠、刘天化、张士泽、李国鹏、王作新、徐辉碧、陈建立等同志。

本书于1959年8月脱稿。近年来发表文献较多，尤其第一、二部分进展更快，许多内容不及一一补订。兹先将初稿问世，求教于读者，深望不吝指正，以备日后再版修订。

編 者

1962年6月于北京

目 錄

序	3
---------	---

第一部分 放射性同位素的应用

第一章 常用放射性同位素的性质和使用方法	11
----------------------------	----

(1) 放射性同位素及其衰变	11
----------------------	----

1—1 放射性元素的一般性质	11
----------------------	----

1—2 放射性衰变	12
-----------------	----

1—3 射线的性质	13
-----------------	----

1—4 位移定律	15
----------------	----

1—5 常用的放射性同位素及使用时的选择	16
----------------------------	----

(2) 放射性的测量	17
------------------	----

1—6 常用的测量仪器	17
-------------------	----

1—7 放射性强度的单位	20
--------------------	----

1—8 半衰期的测定	21
------------------	----

1—9 辐射能量的测定	22
-------------------	----

1—10 放射性强度的测定	24
---------------------	----

(3) 基本操作	25
----------------	----

1—11 一般要求	25
-----------------	----

1—12 样品的制备	25
------------------	----

(4) 安全防护	28
----------------	----

1—13 放射性的传播和沾污的预防	28
-------------------------	----

1—14 电离辐射对人体的效应	29
-----------------------	----

1—15 不同射线的影响	30
--------------------	----

1—16 安全剂量	31
-----------------	----

1—17 安全公约	32
-----------------	----

1—18 急救须知	32
-----------------	----

参考文献	33
------------	----

第二章 放射性同位素标记有机化合物的合成	34
----------------------------	----

(1) 合成标记有机化合物的必要性	34
-------------------------	----

(2) 合成标记化合物的方法	35
----------------------	----

2—1 原料的来源	35
-----------------	----

2—2 合成的方法	37
-----------------	----

(3) 合成放射性标记有机化合物的特点及注意事项	63
--------------------------------	----

2—3 标记位置的鉴定	63
-------------------	----

2—4 纯度的鉴定及精制的方法	63
-----------------------	----

2—5 真空装置	67
----------------	----

参考文献	69
------------	----

第三章 放射性同位素在分析化学中的应用	80
3—1 在分析化学中使用放射性元素的重要性	80
3—2 放射性滴定法	80
3—3 同位素稀释法	83
3—4 放射化分析法	86
3—5 利用天然放射性的分析法	90
3—6 利用吸收射线的测定方法	90
3—7 利用 β 粒子反射强度的分析方法	92
3—8 利用放射性同位素解决分析化学中的理论问题	92
3—9 放射性同位素应用于化学分析新方法的研究	95
3—10 今后的展望	97
参考文献	97
第四章 化学动力学中的应用	99
(1) 化学动力学在化学工业研究与生产中的意义	99
(2) 一般的应用	100
4—1 化学平衡状态下反应速度的测定	109
4—2 二氧化碳和碳的反应	101
(3) 有机化学反应中的应用	102
4—3 乙烯的氧化	102
4—4 丙烯的氧化	103
4—5 反丁烯二酸的氧化	104
4—6 门舒特金反应	105
4—7 溴乙烯与溴乙烷之间溴的交换和苯的溴化	107
4—8 费雪·特洛普许反应	107
4—9 乙酰替氯苯胺的重排作用	109
4—10 苯基乙二醛的重排	110
4—11 三草酸铬酸(Ⅲ)离子的消旋作用	110
4—12 二苯碘离子的形成	111
(4) 高分子化学中的应用	112
4—13 离子聚合反应	113
4—14 氧化-还原聚合反应及聚四氟乙烯的分子量	115
4—15 乳液聚合反应中链的引发	116
4—16 硫化物在新型氯丁橡胶乳液聚合中的作用	117
(5) 同位素动力学法	118
4—17 同位素动力学法的理论和基本方程	118
4—18 同位素动力学法的应用	121
参考文献	123
第五章 在吸附剂和催化剂研究中的应用	125
(1) 吸附作用的研究	125
5—1 固体表面的测定	126
5—2 吸附极少时和较小表面的吸附作用的研究	133
5—3 表面非均匀性的研究	137

(2) 催化剂的研究	141
5—4 催化剂制备的研究	141
5—5 固体品格完整性的研究	146
5—6 催化剂工作过程的研究	148
5—7 放射性催化剂	152
参考文献	153
第六章 在化学生产控制及安全防护中的应用	154
(1) 利用射线对物质穿透作用的方法	154
6—1 测量厚度	155
6—2 测量和自动控制密闭容器内液态物和粒状物的水平面位置	161
6—3 密度的测量与自动调节	167
6—4 煤气发生炉的加料自动化	168
6—5 成件的成品或半成品的自动计数	169
6—6 流量的测定与调节	170
6—7 高压气体压力的测量	71
(2) 利用射线的反射作用的方法	172
6—8 反射法测量厚度	173
6—9 反射法测量密度	174
(3) 利用放射性同位素作标记原子的方法	174
6—10 利用放射性同位素作“标记原子”寻找漏气处	175
6—11 利用放射性同位素指挥液体运输	177
6—12 利用放射性同位素寻找管道“清理器”	179
6—13 利用放射性同位素研究搅拌混合过程	180
6—14 利用标记原子法研究升华、蒸发、分馏过程	181
(4) 利用射线对某些物质的荧光效应的方法	182
(5) 利用射线的电离作用的方法	183
6—15 气体杂质含量测定	183
6—16 气体流速的测量	184
6—17 测量气体的密度和压力	185
6—18 快速生产过程中静电积累的消除	186
6—19 自动防火信号指示器	187
(6) 利用射线引起的核反应特征的方法	188
参考文献	190

第二部分 辐射化学

引言	192
第七章 辐射化学的基本设备	194
(1) 同位素的 γ 辐射源	195
7—1 固定辐照物的位置、移动 γ 辐射源的 Co^{60} 装置	195
7—2 固定 γ 辐射源的位置、移动辐照物的装置	201
7—3 简易的强放射性的 Co^{60} 辐射源装置	204

(2) X射线源	205
7-4 X射线的产生原理	206
7-5 X射线装置	207
7-6 X射线装置的应用范围	213
(3) 电子静电加速器	213
7-7 电子静电加速器的工作原理	213
7-8 电子静电加速器的构造及操作过程	215
(4) 电子回旋加速器	219
7-9 电子回旋加速器的工作原理	219
7-10 电子回旋加速器的结构	220
(5) 直线电子加速器	222
7-11 直线电子加速器的工作原理	222
7-12 4.5兆电子伏的直线电子加速器	223
(6) 辐射化学反应堆	225
7-13 辐射化学研究用的原子反应堆的特殊结构	225
参考文献	226

第八章 辐射剂量

(1) 放射性单位及剂量单位	228
8-1 放射性强度单位	228
8-2 剂量的单位	231
8-3 放射性强度与剂量率的关系	233
8-4 辐射化学的常用单位	234
(2) 辐射剂量的测定方法	235
8-5 计算法	235
8-6 试验法	237
参考文献	253

第九章 辐射化学在有机工业中的应用

(1) 脂肪族化合物的辐射化学	255
9-1 饱和烃	255
9-2 不饱和烃	260
9-3 含氧化合物	264
9-4 卤化物	268
(2) 芳香族化合物的辐射化学	270
9-5 芳香族化合物的辐射特征	270
9-6 苯的辐射氧化	274
9-7 苯的辐射氯化	280
(3) 结语	284
参考文献	285

第十章 辐射化学在分子化学中的应用

(1) 单体辐射聚合	288
------------------	-----

10—1 辐射聚合的方法	288
10—2 辐射聚合理论	294
10—3 辐射聚合的优点	296
10—4 工业生产	297
(2) 辐射接枝共聚	298
10—5 辐射接枝共聚的理论	298
10—6 辐射接枝共聚的方法	299
10—7 辐射接枝共聚的优越性	301
10—8 辐射接枝共聚物性质的改变	301
(3) 辐射对聚合物的效应	303
10—9 交联过程与裂解过程	303
10—10 辐射交联与裂解的反应机理	306
10—11 结构改变与性质改变	310
10—12 橡胶的硫化	318
(4) 结语	318
参考文献	319

第三部分 稳定性同位素

第十一章 稳定性同位素的富集和生产	321
(1) 富集和分离的基本理论	321
11—1 分离系数	322
11—2 简单蒸发(或减压蒸发)和瑞利公式	324
11—3 恒容蒸发和分馏	325
11—4 达到稳定状态所需的时间	326
11—5 级联组合应用于分离同位素	329
(2) 分离同位素的方法	330
11—6 分馏分离	330
11—7 化学交换分离	331
11—8 扩散分离	332
11—9 热扩散分离	332
11—10 电解分离	333
11—11 电磁分离	334
11—12 其它分离方法	335
(3) 分离氢的稳定性同位素——重水与重氢的制备	335
11—13 液氢蒸馏法浓缩重氢	336
11—14 水蒸馏法浓缩重水	340
11—15 电解水法富集重水	345
11—16 氢-水蒸气交换法富集重水	348
11—17 双温交换法富集重水	356
(4) 锂同位素 Li^6 和 Li^7 的分离	362
(5) 硼的稳定性同位素 B^{10} 的富集	363
11—18 蒸馏法富集 B^{10}	364

11—19 化学交换法富集 B^{10}	367
(6) Cl^{35} 的富集	369
(7) 氮的重同位素 N^{15} 的富集	372
11—20 NH_3 气与 NH_4NO_3 水溶液间进行化学交换浓聚 N^{15}	373
11—21 NO 与 HNO_3 水溶液进行化学交换浓聚 N^{15}	377
(8) 稳定性同位素 O^{18} 的富集	378
(9) 富集硫的稳定性同位素 S^{34}	382
参考文献	383
第十二章 稳定性同位素的应用	386
(1) 化学反应的机理	387
12—1 酯化作用和水解作用	387
12—2 氧化和还原反应	390
12—3 有机化合物的热解	397
12—4 氮化合物的反应	399
12—5 重排作用	404
12—6 互变异构化变化	409
(2) 稳定性同位素在吸附和催化方面的应用	414
12—7 表面的不均一性和微分吸附	414
12—8 氢同位素的催化交换	415
12—9 催化加氢作用	416
12—10 同分异构化、脱水作用等的催化作用	417
12—11 催化氧化	418
(3) 稳定性同位素在某些工业过程和分析化学方面的应用	420
12—12 稳定性同位素在某些工业过程方面的应用	420
12—13 稳定性同位素在分析化学方面的应用	423
参考文献	424
第十三章 稳定性同位素的分析	431
(1) 水的同位素分析	431
13—1 水的同位素分析的一般介绍	431
13—2 水样的提纯	432
13—3 测定密度的比重瓶法	434
13—4 测定密度的落滴法	438
13—5 测定密度的浮沉子法	442
13—6 由水的折射率测定水中氧的含量	445
13—7 重水中氧同位素组成的测定	448
(2) 3H 质谱分析	449
13—8 电磁聚焦质谱计的工作原理	450
13—9 标记原子分析法	452
参考文献	454

同位素在化学工业中的应用

化学工业部北京化学工业研究院九室編輯小組編

中国工业出版社

本书综合介绍有关同位素在化学、化工领域中的应用，及其在科学研究、生产技术等方面的成就。扼要地叙述了放射化学、辐射化学的一般理论及操作方法，以及稳定性同位素的富集与工业生产的方法。分别就同位素在有机化学、高分子化学、分析化学、物理化学、生产工艺等方面的实际应用作了系统地阐述，体现了和平利用原子能在化学及化工范畴内的具体应用及发展的途径。

本书可供从事于放射化学、辐射化学及同位素化学的工作者以及致力于有机化学、高分子化学研究和生产方面的技术人员参考。并可作为有机化学、高分子化学、工业化学等课程的参考书。

同位素在化学工业中的应用

化学工业部北京化学工业研究院九室编辑小组

*

化学工业部图书编辑室编辑(北京安定门外和平北路四号楼)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/18}$ ·印张 $25^{2/9}$ ·字数517,000

1962年11月北京第一版·1962年11月北京第一次印刷

印数0001—1759·定价(10—7)3.45元

*

统一书号: 15165·1467(化工-97)

序

近年来，随着和平利用原子能事业的发展，使得同位素化学突飞猛进，人们对于同位素的制备和分离浓集的技术，已经达到了很高的水平。到目前为止，发现的同位素已有一千多种，并可获得数量较大的稳定性和人工放射性的同位素，广泛的应用于国民经济的各个部门，不但成为科学研究工作中的一种方便而有力的武器，也有效地应用到工业生产控制和安全保护等过程中。放射性同位素在化学及化学工业领域中的应用更为广泛。在放射化学方面，用做标记原子进行化学分析，其特征是灵敏度高，并提出一些过去不能解决的分析方法。研究化学动力学和化学反应机理，可借助于射线能来发现反应的实质。应用在催化剂及催化反应中，它便能反映出催化的历程。在电化学中能用它来说明电解及电镀的现象、电极纯度的影响，以及腐蚀的化学性质等。在这些课题中，许多疑难及经久争论的问题，利用标记原子得以清晰的阐明。在工业生产流程中，可以利用放射性同位素作指示剂，控制高压容器、封闭体系内流体移动的情况，测量厚度和浓度，以及消除静电积累等等。这些，对于生产过程的自动化都有实际应用的意義。在辐射化学方面，由于放射性同位素的大量生产，如 Co^{60} 、 Cs^{137} 等，可以作为高强度的辐射源，以进行辐射对高聚物的作用、辐射聚合和辐射合成有机化合物的研究。有关这方面的工作，已经达到很发达的地步，根据已经掌握了若干规律，可以使被照射的高聚物的性质，能够按照我们的愿望而改变。例如可把高聚物转变为难溶化也难溶解的状态，使其具有不饱和性，使其具有交联结构以提高耐热性等。目前，经辐射处理而交联的聚乙烯薄膜，已有小规模生产。由苯直接氧化辐射合成苯酚，已达可进行小量生产的阶段，为化学工业开辟了新的途径。

稳定性同位素是原子工业和许多尖端科学所必须的原材料。若干稳定同位素的元素及其化合物的制备已进入生产规模。在许多科学研究部门利用稳定性同位素作标记原子来进行科学研究，其效果和利用放射性元素作标记原子一样，也是一个有力的工具。它的特点是没有放射性射线的危害作用，使用时间不受限制，特别是应用在有机化学研究上更为优越。

同位素的应用，在我国还是近几年来的事，在党的领导和重视下，必将很快的发展起来。目前，国内以中文介绍同位素应用的书籍还不太多，专门综合性介绍同位素在化学工业中应用的书籍也还没有。为了使从事于化学、化工有关的工作人员对于同位素在这一领域中的应用能有一个较为全面的了解，以更进一步大力开展这方面的工作，以及已经开始从事这方面工作的人员便于参考，我们认为有必要作出综合性的介绍。这就是编写本书的主要目的。

本书以放射性同位素和稳定性同位素在化学研究工作和生产技术中的应用为重点。放射性同位素和稳定性同位素在应用上各有其优缺点，同时，获得它们的难易，使用时操作的繁简和对仪器设备的要求也各有不同。在选择使用时必须考虑这些问题，因此，本书就稳定性同位素和放射性同位素分篇编写。

浓集稳定性同位素并非十分困难，有些属于化工产品，有些是从某些化工产品或半成品富集而制成。所以，本书对稳定性同位素的制备、生产技术和设备也作了较为全面的介绍。关于同位素的性质、应用原理和方法，以及同位素及其化合物的分析方法等，在其他有关同位素书籍中多有详尽的论述，本书则仅作适当的介绍。为了促进标记原子的应用工作的开展，标记化合物的合成是个非常重要和亟待解决的问题，本书在这方面作了必要的阐述。同位素在电化学和耐腐蚀研究中的应用也在迅速发展，有关的资料散见于文献中，本书中也搜集了一些。

辐射化学和辐射源的基本设备，还是一个比较新的问题，本书都作了比较详细的论述。

作为标记原子的同位素，在应用时所引起的交换反应和同位素效应都很重要，必须详加考虑。同时，在研究扩散问题时，同位素也是一个很好的工具。鉴于这些问题在其他有关同位素书籍中一般都有叙述，本书中便未加介绍。

本书是由化学工业部北京化工研究院九室部分工作同志集体编写而成，执笔的有吴冰颜(主编)、赵博泉、胡文澂、王笠、刘天化、张士泽、李国鹏、王作新、徐辉碧、陈建立等同志。

本书于 1959 年 8 月脱稿。近年来发表文献较多，尤其第一、二部分进展更快，许多内容不及一一补订。兹先将初稿问世，求教于读者，深望不吝指正，以备日后再版修订。

編 者

1962年6月于北京

目 錄

序	3
---------	---

第一部分 放射性同位素的应用

第一章 常用放射性同位素的性质和使用方法	11
----------------------------	----

(1) 放射性同位素及其衰变	11
----------------------	----

1—1 放射性元素的一般性质	11
----------------------	----

1—2 放射性衰变	12
-----------------	----

1—3 射线的性质	13
-----------------	----

1—4 位移定律	15
----------------	----

1—5 常用的放射性同位素及使用时的选择	16
----------------------------	----

(2) 放射性的测量	17
------------------	----

1—6 常用的测量仪器	17
-------------------	----

1—7 放射性强度的单位	20
--------------------	----

1—8 半衰期的测定	21
------------------	----

1—9 辐射能量的测定	22
-------------------	----

1—10 放射性强度的测定	24
---------------------	----

(3) 基本操作	25
----------------	----

1—11 一般要求	25
-----------------	----

1—12 样品的制备	25
------------------	----

(4) 安全防护	28
----------------	----

1—13 放射性的传播和沾污的预防	28
-------------------------	----

1—14 电离辐射对人体的效应	29
-----------------------	----

1—15 不同射线的影响	30
--------------------	----

1—16 安全剂量	31
-----------------	----

1—17 安全公约	32
-----------------	----

1—18 急救须知	32
-----------------	----

参考文献	33
------------	----

第二章 放射性同位素标记有机化合物的合成	34
----------------------------	----

(1) 合成标记有机化合物的必要性	34
-------------------------	----

(2) 合成标记化合物的方法	35
----------------------	----

2—1 原料的来源	35
-----------------	----

2—2 合成的方法	37
-----------------	----

(3) 合成放射性标记有机化合物的特点及注意事项	63
--------------------------------	----

2—3 标记位置的鉴定	63
-------------------	----

2—4 纯度的鉴定及精制的方法	63
-----------------------	----

2—5 真空装置	67
----------------	----

参考文献	69
------------	----

第三章 放射性同位素在分析化学中的应用	80
3—1 在分析化学中使用放射性元素的重要性	80
3—2 放射性滴定法	80
3—3 同位素稀释法	83
3—4 放射化分析法	86
3—5 利用天然放射性的分析法	90
3—6 利用吸收射线的测定方法	90
3—7 利用 β 粒子反射强度的分析方法	92
3—8 利用放射性同位素解决分析化学中的理论问题	92
3—9 放射性同位素应用于化学分析新方法的研究	95
3—10 今后的展望	97
参考文献	97
第四章 化学动力学中的应用	99
(1) 化学动力学在化学工业研究与生产中的意义	99
(2) 一般的应用	100
4—1 化学平衡状态下反应速度的测定	109
4—2 二氧化碳和碳的反应	101
(3) 有机化学反应中的应用	102
4—3 乙烯的氧化	102
4—4 丙烯的氧化	103
4—5 反丁烯二酸的氧化	104
4—6 门舒特金反应	105
4—7 溴乙烯与溴乙烷之间溴的交换和苯的溴化	107
4—8 费雪·特洛普许反应	107
4—9 乙酰替氯苯胺的重排作用	109
4—10 苯基乙二醛的重排	110
4—11 三草酸铬酸(Ⅲ)离子的消旋作用	110
4—12 二苯碘离子的形成	111
(4) 高分子化学中的应用	112
4—13 离子聚合反应	113
4—14 氧化-还原聚合反应及聚四氟乙烯的分子量	115
4—15 乳液聚合反应中链的引发	116
4—16 硫化物在新型氯丁橡胶乳液聚合中的作用	117
(5) 同位素动力学法	118
4—17 同位素动力学法的理论和基本方程	118
4—18 同位素动力学法的应用	121
参考文献	123
第五章 在吸附剂和催化剂研究中的应用	125
(1) 吸附作用的研究	125
5—1 固体表面的测定	126
5—2 吸附极少时和较小表面的吸附作用的研究	133
5—3 表面非均匀性的研究	137