

全国高等学校配套教材

供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

# 有机化学实验

主编 陆阳

全国高等学校配套教材  
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

# 有机化学实验

中图分类号: Q821.41-04 中国图书馆分类法 (2008 版) 字母排列法 CIP 国际标准书号: 978-7-117-18463-5

主编 陆阳

编者 (以姓氏笔画为序)

王欣 (北京大学医学部)

王津 (福建医科大学)

王学东 (潍坊医学院)

龙盛京 (广西医科大学)

朱莹 (首都医科大学)

李莉 (新疆医科大学)

李发胜 (大连医科大学)

杨丽敏 (上海交通大学医学院)

陆阳 (上海交通大学医学院)

根据全国高等医药五年制第七轮规划教材《有机化学》(第三版)编写而成。本教材由北京大学、大连医科大学、首都医科大学、福建医科大学、广西医科大学、潍坊医学院等单位的有关教师联合编写。编者们在多年有机化学实验教学的基础上,结合各校的具体情况,在原有教材的基础上,突出了有机化学与生物学、药学的结合,本着环保和实用的原则,力求既适于教学,又便于实验操作,同时满足学生技能培养上的需要。

为了便于实验教学,将有机化学实验分为性质实验、合成及提取实验和综合性实验三个部分进行编排,共选编了 23 个有机化学实验。其中制备性实验包括有机合成和天然活性成分的分离提取;综合性实验将有机化学反应、合成、分离、提纯,物理常数测定和波谱鉴定等有机化学综合应用,有利于学生在有机化学方面的实践能力和思维能力的培养。各院校可根据本校的有机化学教学需要和本单位有机化学实验室的实际情况,在有机化学实验的安排中,对本教材提供的实验进行取舍。

计算机化学软件是当今编制有机化合物结构模型的新工具,为有机化学实验提供了新的平台。本教材将计算机模型作业选编为实验内容之一,使学生通过熟悉 Chem3D 和 Chem3D 的基本操作,掌握有机物结构的绘制和立体构型的表示方法。

本教材每个实验前都列出了所需器材、药品和试剂以及与本实验相关文献资料的配制方法,为实验室技术人员的实验准备工作提供便利。每章最后还列出参考文献,供实验者参考。

本教材的内容均经过参编教师试做,具有可行性和操作性。本教材的编写得到了各院校领导的关心和支持,在此深表谢意。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大师生批评指正。

人民卫生出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学实验/陆阳主编. —北京：人民卫生出版社，  
2008.5  
ISBN 978-7-117-10105-9

I. 有… II. 陆… III. 有机化学—化学实验—医学院校—  
教材 IV. 062-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 048972 号

### 图 谱 鉴 主

(单长画掌刀裁刀) 吴 鑑  
(医学图学大系) 李 王  
(单人脚刀裁刀) 李 王  
(单学图学) 李学王  
(学大脚刀剪刀) 陈金永  
(学大脚刀暗器) 陈 未  
(学大脚刀锯齿) 陈 李  
(学大脚刀步大) 陈艾李  
(狗学图学大系文革土) 姚丽微  
(狗学图学大系文革土) 姚 超

## 有机化学实验

主 编：陆 阳

出版发行：人民卫生出版社（中继线 010-67616688）

地 址：北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编：100078

网 址：<http://www.pmph.com>

E - mail：[pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线：010-67605754 010-65264830

印 刷：北京市燕鑫印刷有限公司（万通）

经 销：新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：6.75

字 数：155 千字

版 次：2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号：ISBN 978-7-117-10105-9/R · 10106

定 价：12.00 元

版权所有，侵权必究，打击盗版举报电话：010-87613394

（凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换）

# 前 言

根据全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室对高等学校临床医学专业五年制第七轮规划教材修订的要求，我们编写了《有机化学实验》，本书是吕以仙主编的《有机化学》（第7版）的配套教材。

本教材由上海交通大学医学院、北京大学医学部、首都医科大学、大连医科大学、广西医科大学、福建医科大学、新疆医科大学和潍坊医学院联合编写。编者们在多年有机化学实验教学的基础上，参考目前国内外同类教材，编写了本教材。本教材的实验内容突出医学特色，应用现代的实验技术和手段，注重有机化学与生物学、药学的结合，本着环保和实用的原则，力求能适应现代医学教育在知识结构和实验技能培养上的需要。

为了便于实验教学，本教材按照基本操作技术、物理常数测定及模型操作实验、化学性质实验、合成及提取实验和综合性实验五个部分进行编排，共选编了23个有机化学实验。其中制备性实验包括有机合成和天然活性成分的分离提取；综合性实验将有机化学反应、合成、分离、提纯、物理常数测定和波谱鉴定等技能综合应用，有利于学生在有机化学方面的实践能力和思维能力的培养。各院校可根据本校的有机化学教学需要和本单位有机化学实验室的实际情况，在有机化学实验的安排中，对本教材提供的实验进行取舍。

计算机化学软件是当今绘制有机化合物结构的基本手段，同时也为有机物结构研究提供了新的平台。本教材将计算机模型作业选编为实验内容之一，使学生通过熟悉ChemDraw和Chem3D的基本操作，掌握有机物结构的绘制和立体结构的观察基本方法。

本教材在每个实验前都列出了所需器材、药品和试剂以及与本实验相关实验试剂的配制方法，为实验室技术人员的实验准备工作带来便利。附录中给出实验的参考学时数，供安排教学时参考。

本教材的实验内容均经过参编教师试做，具有可操作性。

本教材的编写和出版得到了参编院校领导的关心和支持，在此深表谢意。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，诚请广大师生和读者批评指正。

第一部分 有机化学实验	57
一、烃类化合物的性质	52
二、含氧化合物的性质	55
三、含氮化合物的性质	56
四、含硫化合物的性质	57
五、含卤素化合物的性质	58
六、含磷化合物的性质	59
七、含硼化合物的性质	60
八、含钛化合物的性质	61
九、含镍化合物的性质	62
十、含钴化合物的性质	63
十一、含铜化合物的性质	64
十二、含锌化合物的性质	65
十三、含锡化合物的性质	66
十四、含铅化合物的性质	67
十五、含汞化合物的性质	68
十六、含镉化合物的性质	69
十七、含镍化合物的性质	70
十八、含铂化合物的性质	71
十九、含铑化合物的性质	72
二十、含铱化合物的性质	73
二十一、含钯化合物的性质	74
二十二、含钌化合物的性质	75
二十三、含锇化合物的性质	76
第二部分 实验附录	77
一、实验试剂配制	77
二、实验学时数	78
三、实验参考学时数	79
四、实验参考学时数	80
五、实验参考学时数	81
六、实验参考学时数	82
七、实验参考学时数	83
八、实验参考学时数	84
九、实验参考学时数	85
十、实验参考学时数	86
十一、实验参考学时数	87
十二、实验参考学时数	88
十三、实验参考学时数	89
十四、实验参考学时数	90
十五、实验参考学时数	91
十六、实验参考学时数	92
十七、实验参考学时数	93
十八、实验参考学时数	94
十九、实验参考学时数	95
二十、实验参考学时数	96
二十一、实验参考学时数	97
二十二、实验参考学时数	98
二十三、实验参考学时数	99
二十四、实验参考学时数	100
二十五、实验参考学时数	101
二十六、实验参考学时数	102
二十七、实验参考学时数	103
二十八、实验参考学时数	104
二十九、实验参考学时数	105
三十、实验参考学时数	106
三十一、实验参考学时数	107
三十二、实验参考学时数	108
三十三、实验参考学时数	109
三十四、实验参考学时数	110
三十五、实验参考学时数	111
三十六、实验参考学时数	112
三十七、实验参考学时数	113
三十八、实验参考学时数	114
三十九、实验参考学时数	115
四十、实验参考学时数	116
四十一、实验参考学时数	117
四十二、实验参考学时数	118
四十三、实验参考学时数	119
四十四、实验参考学时数	120
四十五、实验参考学时数	121
四十六、实验参考学时数	122
四十七、实验参考学时数	123
四十八、实验参考学时数	124
四十九、实验参考学时数	125
五十、实验参考学时数	126
五十一、实验参考学时数	127
五十二、实验参考学时数	128
五十三、实验参考学时数	129
五十四、实验参考学时数	130
五十五、实验参考学时数	131
五十六、实验参考学时数	132
五十七、实验参考学时数	133
五十八、实验参考学时数	134
五十九、实验参考学时数	135
六十、实验参考学时数	136
六十一、实验参考学时数	137
六十二、实验参考学时数	138
六十三、实验参考学时数	139
六十四、实验参考学时数	140
六十五、实验参考学时数	141
六十六、实验参考学时数	142
六十七、实验参考学时数	143
六十八、实验参考学时数	144
六十九、实验参考学时数	145
七十、实验参考学时数	146
七十一、实验参考学时数	147
七十二、实验参考学时数	148
七十三、实验参考学时数	149
七十四、实验参考学时数	150
七十五、实验参考学时数	151
七十六、实验参考学时数	152
七十七、实验参考学时数	153
七十八、实验参考学时数	154
七十九、实验参考学时数	155
八十、实验参考学时数	156
八十一、实验参考学时数	157
八十二、实验参考学时数	158
八十三、实验参考学时数	159
八十四、实验参考学时数	160
八十五、实验参考学时数	161
八十六、实验参考学时数	162
八十七、实验参考学时数	163
八十八、实验参考学时数	164
八十九、实验参考学时数	165
九十、实验参考学时数	166
九十一、实验参考学时数	167
九十二、实验参考学时数	168
九十三、实验参考学时数	169
九十四、实验参考学时数	170
九十五、实验参考学时数	171
九十六、实验参考学时数	172
九十七、实验参考学时数	173
九十八、实验参考学时数	174
九十九、实验参考学时数	175
一百、实验参考学时数	176
一百一、实验参考学时数	177
一百二、实验参考学时数	178
一百三、实验参考学时数	179
一百四、实验参考学时数	180
一百五、实验参考学时数	181
一百六、实验参考学时数	182
一百七、实验参考学时数	183
一百八、实验参考学时数	184
一百九、实验参考学时数	185
一百二十、实验参考学时数	186
一百二十一、实验参考学时数	187
一百二十二、实验参考学时数	188
一百二十三、实验参考学时数	189
一百二十四、实验参考学时数	190
一百二十五、实验参考学时数	191
一百二十六、实验参考学时数	192
一百二十七、实验参考学时数	193
一百二十八、实验参考学时数	194
一百二十九、实验参考学时数	195
一百三十、实验参考学时数	196
一百三十一、实验参考学时数	197
一百三十二、实验参考学时数	198
一百三十三、实验参考学时数	199
一百三十四、实验参考学时数	200
一百三十五、实验参考学时数	201
一百三十六、实验参考学时数	202
一百三十七、实验参考学时数	203
一百三十八、实验参考学时数	204
一百三十九、实验参考学时数	205
一百四十、实验参考学时数	206
一百四十一、实验参考学时数	207
一百四十二、实验参考学时数	208
一百四十三、实验参考学时数	209
一百四十四、实验参考学时数	210
一百四十五、实验参考学时数	211
一百四十六、实验参考学时数	212
一百四十七、实验参考学时数	213
一百四十八、实验参考学时数	214
一百四十九、实验参考学时数	215
一百五十、实验参考学时数	216
一百五十一、实验参考学时数	217
一百五十二、实验参考学时数	218
一百五十三、实验参考学时数	219
一百五十四、实验参考学时数	220
一百五十五、实验参考学时数	221
一百五十六、实验参考学时数	222
一百五十七、实验参考学时数	223
一百五十八、实验参考学时数	224
一百五十九、实验参考学时数	225
一百六十、实验参考学时数	226
一百六十一、实验参考学时数	227
一百六十二、实验参考学时数	228
一百六十三、实验参考学时数	229
一百六十四、实验参考学时数	230
一百六十五、实验参考学时数	231
一百六十六、实验参考学时数	232
一百六十七、实验参考学时数	233
一百六十八、实验参考学时数	234
一百六十九、实验参考学时数	235
一百七十、实验参考学时数	236
一百七十一、实验参考学时数	237
一百七十二、实验参考学时数	238
一百七十三、实验参考学时数	239
一百七十四、实验参考学时数	240
一百七十五、实验参考学时数	241
一百七十六、实验参考学时数	242
一百七十七、实验参考学时数	243
一百七十八、实验参考学时数	244
一百七十九、实验参考学时数	245
一百八十、实验参考学时数	246
一百八十一、实验参考学时数	247
一百八十二、实验参考学时数	248
一百八十三、实验参考学时数	249
一百八十四、实验参考学时数	250
一百八十五、实验参考学时数	251
一百八十六、实验参考学时数	252
一百八十七、实验参考学时数	253
一百八十八、实验参考学时数	254
一百八十九、实验参考学时数	255
一百九十、实验参考学时数	256
一百九十一、实验参考学时数	257
一百九十二、实验参考学时数	258
一百九十三、实验参考学时数	259
一百九十四、实验参考学时数	260
一百九十五、实验参考学时数	261
一百九十六、实验参考学时数	262
一百九十七、实验参考学时数	263
一百九十八、实验参考学时数	264
一百九十九、实验参考学时数	265
一百二十、实验参考学时数	266
一百二十一、实验参考学时数	267
一百二十二、实验参考学时数	268
一百二十三、实验参考学时数	269
一百二十四、实验参考学时数	270
一百二十四、实验参考学时数	271
一百二十四、实验参考学时数	272
一百二十四、实验参考学时数	273
一百二十四、实验参考学时数	274
一百二十四、实验参考学时数	275
一百二十四、实验参考学时数	276
一百二十四、实验参考学时数	277
一百二十四、实验参考学时数	278
一百二十四、实验参考学时数	279
一百二十四、实验参考学时数	280
一百二十四、实验参考学时数	281
一百二十四、实验参考学时数	282
一百二十四、实验参考学时数	283
一百二十四、实验参考学时数	284
一百二十四、实验参考学时数	285
一百二十四、实验参考学时数	286
一百二十四、实验参考学时数	287
一百二十四、实验参考学时数	288
一百二十四、实验参考学时数	289
一百二十四、实验参考学时数	290
一百二十四、实验参考学时数	291
一百二十四、实验参考学时数	292
一百二十四、实验参考学时数	293
一百二十四、实验参考学时数	294
一百二十四、实验参考学时数	295
一百二十四、实验参考学时数	296
一百二十四、实验参考学时数	297
一百二十四、实验参考学时数	298
一百二十四、实验参考学时数	299
一百二十四、实验参考学时数	300
一百二十四、实验参考学时数	301
一百二十四、实验参考学时数	302
一百二十四、实验参考学时数	303
一百二十四、实验参考学时数	304
一百二十四、实验参考学时数	305
一百二十四、实验参考学时数	306
一百二十四、实验参考学时数	307
一百二十四、实验参考学时数	308
一百二十四、实验参考学时数	309
一百二十四、实验参考学时数	310
一百二十四、实验参考学时数	311
一百二十四、实验参考学时数	312
一百二十四、实验参考学时数	313
一百二十四、实验参考学时数	314
一百二十四、实验参考学时数	315
一百二十四、实验参考学时数	316
一百二十四、实验参考学时数	317
一百二十四、实验参考学时数	318
一百二十四、实验参考学时数	319
一百二十四、实验参考学时数	320
一百二十四、实验参考学时数	321
一百二十四、实验参考学时数	322
一百二十四、实验参考学时数	323
一百二十四、实验参考学时数	324
一百二十四、实验参考学时数	325
一百二十四、实验参考学时数	326
一百二十四、实验参考学时数	327
一百二十四、实验参考学时数	328
一百二十四、实验参考学时数	329
一百二十四、实验参考学时数	330
一百二十四、实验参考学时数	331
一百二十四、实验参考学时数	332
一百二十四、实验参考学时数	333
一百二十四、实验参考学时数	334
一百二十四、实验参考学时数	335
一百二十四、实验参考学时数	336
一百二十四、实验参考学时数	337
一百二十四、实验参考学时数	338
一百二十四、实验参考学时数	339
一百二十四、实验参考学时数	340
一百二十四、实验参考学时数	341
一百二十四、实验参考学时数	342
一百二十四、实验参考学时数	343
一百二十四、实验参考学时数	344
一百二十四、实验参考学时数	345
一百二十四、实验参考学时数	346
一百二十四、实验参考学时数	347
一百二十四、实验参考学时数	348
一百二十四、实验参考学时数	349
一百二十四、实验参考学时数	350
一百二十四、实验参考学时数	351
一百二十四、实验参考学时数	352
一百二十四、实验参考学时数	353
一百二十四、实验参考学时数	354
一百二十四、实验参考学时数	355
一百二十四、实验参考学时数	356
一百二十四、实验参考学时数	357
一百二十四、实验参考学时数	358
一百二十四、实验参考学时数	359
一百二十四、实验参考学时数	360
一百二十四、实验参考学时数	361
一百二十四、实验参考学时数	362
一百二十四、实验参考学时数	363
一百二十四、实验参考学时数	364
一百二十四、实验参考学时数	365
一百二十四、实验参考学时数	366
一百二十四、实验参考学时数	367
一百二十四、实验参考学时数	368
一百二十四、实验参考学时数	369
一百二十四、实验参考学时数	370
一百二十四、实验参考学时数	371
一百二十四、实验参考学时数	372
一百二十四、实验参考学时数	373
一百二十四、实验参考学时数	374
一百二十四、实验参考学时数	375
一百二十四、实验参考学时数	376
一百二十四、实验参考学时数	377
一百二十四、实验参考学时数	378
一百二十四、实验参考学时数	379
一百二十四、实验参考学时数	380
一百二十四、实验参考学时数	381
一百二十四、实验参考学时数	382
一百二十四、实验参考学时数	383
一百二十四、实验参考学时数	384
一百二十四、实验参考学时数	385
一百二十四、实验参考学时数	386
一百二十四、实验参考学时数	387
一百二十四、实验参考学时数	388
一百二十四、实验参考学时数	389
一百二十四、实验参考学时数	390
一百二十四、实验参考学时数	391
一百二十四、实验参考学时数	392
一百二十四、实验参考学时数	393
一百二十四、实验参考学时数	394
一百二十四、实验参考学时数	395
一百二十四、实验参考学时数	396
一百二十四、实验参考学时数	397
一百二十四、实验参考学时数	398
一百二十四、实验参考学时数	399
一百二十四、实验参考学时数	400
一百二十四、实验参考学时数	401
一百二十四、实验参考学时数	402
一百二十四、实验参考学时数	403
一百二十四、实验参考学时数	404
一百二十四、实验参考学时数	405
一百二十四、实验参考学时数	406
一百二十四、实验参考学时数	407
一百二十四、实验参考学时数	408
一百二十四、实验参考学时数	409
一百二十四、实验参考学时数	410
一百二十四、实验参考学时数	411
一百二十四、实验参考学时数	412
一百二十四、实验参考学时数	413
一百二十四、实验参考学时数	414
一百二十四、实验参考学时数	415
一百二十四、实验参考学时数	416
一百二十四、实验参考学时数	417
一百二十四、实验参考学时数	418
一百二十四、实验参考学时数	419
一百二十四、实验参考学时数	420
一百二十四、实验参考学时数	421
一百二十四、实验参考学时数	422
一百二十四、实验参考学时数	423
一百二十四、实验参考学时数	424
一百二十四、实验参考学时数	425
一百二十四、实验参考学时数	426
一百二十四、实验参考学时数	427
一百二十四、实验参考学时数	428
一百二十四、实验参考学时数	429
一百二十四、实验参考学时数	430
一百二十四、实验参考学时数	431
一百二十四、实验参考学时数	432
一百二十四、实验参考学时数	433
一百二十四、实验参考学时数	434
一百二十四、实验参考学时数	435
一百二十四、实验参考学时数	436
一百二十四、实验参考学时数	437
一百二十四、实验参考学时数	438
一百二十四、实验参考学时数	439
一百二十四、实验参考学时数	440
一百二十四、实验参考学时数	441
一百二十四、实验参考学时数	442
一百二十四、实验参考学时数	443
一百二十四、实验参考学时数	444
一百二十四、实验参考学时数	445
一百二十四、实验参考学时数	446
一百二十四、实验参考学时数	447
一百二十四、实验参考学时数	448
一百二十四、实验参考学时数	449
一百二十四、实验参考学时数	450
一百二十四、实验参考学时数	451
一百二十四、实验参考学时数	452
一百二十四、实验参考学时数	453
一百二十四、实验参考学时数	454
一百二十四、实验参考学时数	455
一百二十四、实验参考学时数	456
一百二十四、实验参考学时数	457
一百二十四、实验参考学时数	458
一百二十四、实验参考学时数	459
一百二十四、实验参考学时数	460
一百二十四、实验参考学时数	461
一百二十四、实验参考学时数	462
一百二十四、实验参考学时数	463
一百二十四、实验参考学时数	464
一百二十四、实验参考学时数	465
一百二十四、实验参考学时数	466
一百二十四、实验参考学时数	467
一百二十四、实验参考学时数	468
一百二十四、实验参考学时数	469
一百二十四、实验参考学时数	470
一百二十四、实验参考学时数	471
一百二十四、实验参考学时数	472
一百二十四、实验参考学时数	473
一百二十四、实验参考学时数	474
一百二十四、实验参考学时数	475
一百二十四、实验参考学时数	476
一百二十四、实验参考学时数	477
一百二十四、实验参考学时数	478
一百二十四、实验参考学时数	479
一百二十四、实验参考学时数	480
一百二十四、实验参考学时数	481
一百二十四、实验参考学时数	482
一百二十四、实验参考学时数	483
一百二十四、实验参考学时数	484
一百二十四、实验参考学时数	485
一百二十四、实验参考学时数	486
一百二十四、实验参考学时数	487
一百二十四、实验参考学时数	488
一百二十四、实验参考学时数	489
一百二十四、实验参考学时数	490
一百二十四、实验参考学时数	491
一百二十四、实验参考学时数	492
一百二十四、实验参考学时数	493
一百二十四、实验参考学时数	494
一百二十四、实验参考学时数	495
一百二十四、实验参考学时数	496
一百二十四、实验参考学时数	497
一百二十四、实验参考学时数	498
一百二十四、实验参考学时数	499
一百二十四、实验参考学时数	500

主 编

2008年3月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b>	1
一、有机化学实验要求	1
二、实验室规则	1
三、常见事故的预防和处理	2
四、急救常识	3
五、废弃物的处理	3
<b>第二章 基本操作技术</b>	4
一、玻璃仪器的洗涤及干燥	4
二、煤气灯的使用和玻璃加工	5
三、加热与冷却	9
四、蒸馏和回流	11
五、重结晶和过滤	19
六、萃取	22
七、干燥	26
八、升华操作	31
<b>第三章 物理常数测定及模型操作实验</b>	32
一、熔点和沸点测定	32
二、液体化合物折光率的测定	38
三、旋光度的测定	40
四、色谱分析	43
五、计算机模型作业	49
六、模型作业	52
<b>第四章 化学性质实验</b>	55
一、有机化合物元素定性分析	55
二、烃的化学性质	57
三、含氧化合物的性质	60
四、含氮化合物的性质	65

五、脂类、糖类及蛋白质的性质	68
<b>第五章 合成及提取实验</b>	74
一、苯甲酸的合成及其纯度测定	74
二、乙酸异戊酯的合成	75
三、甲基橙的制备	77
四、中药黄连中提取黄连素	79
五、槐花米中提取芦丁	81
六、蛋黄中提取卵磷脂	83
<b>第六章 综合性实验</b>	86
一、茶叶中提取咖啡因	86
二、乙酰水杨酸的制备和含量测定	88
三、有机化合物的结构鉴定	90
<b>附录</b>	91
附录一 有机实验常用玻璃仪器	91
附录二 常见有机化合物物理常数表	93
附录三 常用波谱数据	96
附录四 常用辞典、手册及网络信息资源	98
附录五 实验参考学时数	100

回流装置必须与大气相通，切勿造成密闭体系。否则会整理墨块关，恣纵限制对咽  
坐气相接触，牵四器外，群木，面皿，面罩将进接触。青藤怕室领真卦界。

## 第一章

### 绪 论

全世长人所制的主画幅是深山幽谷，全世长人所制的公降落类又不主动和重叠染色和  
被林斯托特为界全被呼和曾余式清《中古西耶吉学诗辞》员大件行是始草空缺美  
爱此限制中微施精工，理明以至内深实老派道真其主学系要之此固，关时以密施  
医床情染量石者或取总靠叫唤带疑全而初事手式墨草，工具，品袋，备货，器  
文学出版前，讲摹写长篇诗今一、有机化学实验要求

基础理论来源于实践，又反过来指导实践，通过反复的理论学习和实践有助于将所学的知识融会贯通。有机化学实验是基于有机化学的基本理论和规律而设计的，并在教学实践中不断完善的一门实验科学。

有机化学实验教学的目的是让同学们在认识、掌握有机化学基本理论知识的基础上了解、熟悉相应的实验方法，训练其有机化学的基本操作技能，培养他们仔细观察实验现象的习惯，加深对理论知识的理解。有机化学实验教学可以让同学们学会分析实验数据和结果，总结结论的方法，通过反复的理论和实验学习，达到对有机化学知识的深刻理解。

为了提高有机化学实验的效果，要求同学实验前认真预习实验内容，了解实验的目的、原理；实验中严格操作规程，仔细观察实验现象，尊重事实，及时地、简明扼要地、字迹清楚地记录各种观察的结果及数据，养成良好的实验习惯；实验结束后认真处理数据，从理论高度总结实验中观察到的现象和得到的结果，及时完成实验报告。

### 二、实验室规则

为了保证实验的正常进行和培养良好的实验作风，学生必须遵守下列实验室规则。

1. 实验的全过程应听从指导教师的指导。
2. 实验前做好准备工作，应先熟悉所需试剂的放置位置，并检查仪器是否完好无损，及时调换破损和故障的仪器。
3. 实验中应保持安静，并遵守秩序。实验进行时，严格按操作规程和实验步骤进行实验，操作要认真仔细，思想要集中，不得擅自离开实验室。合理安排实验的全过程，按时结束相关操作。
4. 注意安全，发生意外事故应及时采取应急措施，并立即报告指导老师。
5. 爱护仪器，注意节约水、电、煤气及消耗性药品。公用试剂、仪器用完后立

即恢复待用状态，并归还原处。

6. 保持实验室的整洁。实验时做到桌面、地面、水槽、仪器四净，实验时产生的固体垃圾应投入废物缸中，不得丢入水槽。实验完毕应立即清洗仪器，整理桌面，关闭所用水、电、煤气。

7. 轮流值日。值日生的职责为整理公用仪器，打扫实验室，清倒废物缸，并协助实验室管理人员检查和关好水、电、煤气和门窗。

### 三、常见事故的预防和处理

实验室的安全不仅关系到公共财产的安全，而且关系到师生的健康和人身安全。实验室事故与工作人员（包括指导老师和学生）在安全管理和安全技术上的认识和技能密切相关。因此，要求学生在实验前熟悉实验内容、步骤，了解实验中使用的仪器、设备、药品、工具，掌握发生事故时的急救措施和紧急处理方法，是避免事故发生和处理发生事故的有效手段。一旦发生事故，要迅速冷静地处理事故。有机化学实验室常见的易燃、易爆溶剂、试剂和有毒化学品的性质和处置方法如下。

1. 易燃溶剂、试剂、气体 有机化学实验中常使用酒精、乙醚和丙酮等易挥发、易燃烧的溶剂和试剂，使用和处理这些溶剂和试剂时必须远离火源。一旦发生易燃溶剂、试剂着火，应保持镇静，立即关闭煤气，切断电源，迅速移开附近易燃物质。对出现的小火，可用湿布或黄砂盖熄，切勿用嘴去吹。有机溶剂、油浴等着火火势较大，应立即使用灭火器，切忌水浇。衣服着火时可用石棉布、麻袋或厚外衣裹灭，或卧倒在地滚灭，或用附近喷淋水龙头冲灭，切勿四处奔跑。

2. 易爆物 有些有机化合物（如：叠氮化物、过氧化物、干燥的重氮盐、硝酸酯、多硝基化合物等）具有爆炸性，使用这些化合物的实验必须严格按照操作规程进行。使用过氧化物时应注意勿与具有还原性的物质接触以避免燃烧或爆炸（如：过氧化苯甲酰与衣服、纸张、木材等接触会引起燃烧），易燃有机物不能与某些强氧化剂如氯酸钾、浓硝酸、高锰酸钾等放在一起，它们接触后会发生激烈反应，引起燃烧或爆炸。有些有机化合物（如：共轭烯烃、乙醚和四氢呋喃等）久置后会生成易爆炸的过氧化物，须经特殊处理后才能应用，蒸馏这些化合物时切忌蒸干。金属钠、氢化铝锂等遇水会剧烈燃烧爆炸，在使用它们时切勿遇水，含水分较多的溶剂（如：乙醚等）不宜直接用于干燥氢化铝锂。一些气体或蒸气（如：乙炔、乙醚等）与空气的混合物也会发生爆炸，因此在使用易燃气体（或产生易燃蒸气的溶剂）时，要保持室内空气畅通，严禁明火，并应防止一切火星（敲击或电器开关等产生的火花）的发生。在有机化学实验中，不能将药品随意混合，以免发生危险。

3. 有毒化学品 实验时，注意勿使有毒药品直接接触皮肤，必要时可戴手套，操作后应立即洗手。实验后，有毒残渣必须作妥善处理。可能生成有毒或有腐蚀性气体的实验，都应在通风橱内进行，或用气体吸收装置吸收产生的气体，使用后的器皿必须及时清洗。

煤气开关、煤气灯及其橡皮管在使用前应仔细检查，发生漏气时应立即熄灭火源，打开窗户，并立即通知有关人员进行检查和修理。

另外，实验仪器装置不正确或操作错误，有时也会引起爆炸。如常压蒸馏装置和

回流装置必须与大气相通，切勿造成密闭体系，否则会发生爆炸。玻璃仪器应放置在石棉网上加热，不要与铁质器皿接触。

## 四、急救常识

1. 割伤 一般轻伤，先用消毒过的镊子取出玻璃碎片或固体物，再用蒸馏水洗净伤口，涂上红汞或碘酒，最后用创可贴包扎。大伤口则应立即用绷带扎紧伤口上部，以防止大量出血，急送医疗单位处理。

2. 烫伤 轻伤可涂以苦味酸药膏、蓝油烃等烫伤油膏；重伤涂以烫伤油膏后立即送医疗单位处理。

3. 试剂灼伤 酸、碱灼伤皮肤后，应立即用大量水冲洗，酸灼伤时还要用饱和碳酸氢钠溶液洗涤；碱灼伤时则可用 10% 醋酸溶液洗涤，最后用水把残余酸或碱洗净。苯酚灼伤皮肤后应立即用温水及稀酒精冲洗。液溴灼伤后，立即用大量水冲洗，再用酒精擦至无溴液为止，最后涂上甘油或烫伤油膏。

4. 试剂或异物溅入眼内 酸液溅入眼内，先用大量水冲洗，再用3%碳酸氢钠溶液冲洗，然后再用水洗涤。碱液溅入，则先用大量水冲洗，再用饱和硼酸溶液冲洗，后用3%碳酸氢钠溶液冲洗，最后用水洗涤。溴液溅入时，处理同酸液溅入，但应立即送医疗单位处理。玻璃溅入，用镊子移去碎玻璃或在盆中用水洗，切勿用手揉动。

## 五、废弃物的处理

化学废物处理途径：中和到 pH=6~8 的无毒的无机酸、无机碱及无机盐可以直接排放到城市下水道；一般有害有机酸、有机碱、溶剂必须分别放入酸、碱、有机溶剂回收桶内，集中处理；高活性化学品、爆炸品、强氧化剂、强还原剂不能与其他化学品混合，此类化学品分别盛于瓶中，单独处理。

药渣、废纸、火材梗等固体物不得随意乱扔或倒入下水道，必须放入指定容器，统一妥善处理以免污染环境、引起火灾或造成下水道的堵塞及腐蚀。

破损的玻璃仪器、废弃的毛细管和试剂、溶剂瓶等应放入专用回收容器，统一回收处理。

即恢复待用状态，并保持实验室的整洁，保持实验室的整洁，避免对实验造成干扰。

## 第二章 基本操作技术

### 一、玻璃仪器的洗涤及干燥

**1. 仪器的清洗** 在进行实验时，为避免杂质进入反应物中，必须使用清洁的玻璃仪器。最好在每次实验结束之后，立即清洗使用过的仪器。这样不但容易洗净，而且由于了解污物的性质，便于找出适当的方法处理残渣。如酸性残渣可用稀的氢氧化钠除去，碱性残渣可用稀盐酸或稀硫酸溶解除去。当不清洁的仪器放置一段时间后，常常会使洗涤工作变得困难。

(1) 常用洗涤剂：有机化学实验室常用的洗涤剂包括：去污粉、洗衣粉、铬酸洗液、碱性洗液或合适的化学试剂。

(2) 洗涤方法：刷洗：用长柄毛刷（试管刷）蘸取去污粉或者洗衣粉刷洗器壁<sup>[1]</sup>，将玻璃表面的污物除去后，再用自来水冲洗干净<sup>[2]</sup>。对于存有焦油状物质和炭化残渣的仪器，则需要用洗液。

洗液洗<sup>[3]</sup>：往玻璃仪器内加入少量洗液<sup>[4]</sup>，将仪器倾斜并慢慢转动，让洗液在仪器内壁流动数圈，然后将洗液倒回原容器内，用自来水洗净仪器中的残留洗液。若玻璃仪器用洗液浸泡数小时，洗涤效果更好。

超声波清洗仪清洗：利用超声波震动除去污物。可清洗不适合洗液清洗的仪器。往超声波清洗仪（图 2-1-1）内注入清水，加入少量洗涤剂，放入待清洗仪器，根据仪器的污秽程度确定超声仪清洗时间，最后用自来水将仪器漂洗干净。

用于某些特殊实验或供有机分析用的仪器，除用上述洗涤方法处理外，需再用蒸馏水清洗，以除去自来水冲洗时带入的杂质。

**2. 仪器的干燥** 根据实验要求的不同，可选用不同的干燥方法。

自然干燥：将清洗后的玻璃仪器倒置，或者倒插在玻璃仪器架上，室温条件下自然干燥。

对于一些需要无水操作的反应，仪器的干燥与否是实验成败的关键。这时仪器必须用烘箱干燥。

烘箱干燥<sup>[5]</sup>：将自然干燥的玻璃仪器，或经过清洗后的玻璃仪器倒置流去表面水珠后，送入烘箱（图 2-1-2）于 100~120℃烘 1 小时左右。待烘箱温度自然下降后，

从烘箱中取出玻璃仪器。如需在烘箱温度较高时取出玻璃仪器，则应戴手套，取出的玻璃仪器应放置在石棉网上，自然冷却至室温。不要将温度较高的玻璃仪器与铁质器皿等直接接触，以免损坏玻璃仪器。



图 2-1-1 超声清洗仪

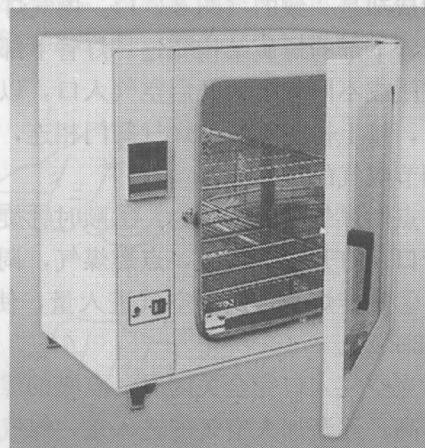


图 2-1-2 烘箱

**有机溶剂干燥<sup>[6]</sup>**：急用仪器时可往体积小的仪器内放入少量乙醇或丙酮，然后转动仪器让有机溶剂在内壁流动，使壁上的水和有机溶剂混合互溶，然后将溶剂倒入回收瓶。用电吹风，先用冷风，再用热风至仪器完全干燥，最后用冷风吹去残余的蒸气，不使其冷凝在容器内。

### 注意事项

- [1] 不要用秃顶的毛刷，也不要用力过猛，以免戳破仪器。
- [2] 洁净的仪器倒置时，器壁应不挂水珠。
- [3] 洗液（又称铬酸洗液）的配置：在一个 250ml 烧杯内，将 5g 重铬酸钠溶于 5ml 水中，然后在搅拌下慢慢加入 100ml 浓硫酸。（注意，切勿将溶液倒入浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 中！）
- [4] 铬酸洗液对皮肤有很强的腐蚀性，使用时应注意安全。铬酸洗液呈红棕色，可反复使用，溶液变绿时失效。大量铬污染环境，强酸溶液会锈蚀管道，因此清洗留在仪器上的铬酸洗液时，第一、二遍洗涤水应倒入废液缸内，不要倒入下水道。
- [5] 不能将有刻度的容量仪器如量筒、量杯、容量瓶、移液管、滴定管等放入烘箱内烘干，也不能将抽滤瓶等厚壁器皿进行烘干。有磨口的玻璃仪器如滴液漏斗、分液漏斗等，应将磨口塞、活塞取下，将其油脂擦去并经洗净后再烘干，因漏斗的活塞不能互换，烘干时不要配错。切忌将挥发、易燃、易爆物放入烘箱内烘烤。乙醇或丙酮等有机溶剂涮过的玻璃仪器，要待有机溶剂挥发净后才可放入烘箱，以免发生爆炸。
- [6] 有机溶剂易燃，使用时要远离明火。

## 二、煤气灯的使用和玻璃加工

有机化学实验中玻璃工操作包括各种角度玻璃管的弯制，测熔点用的毛细管的拉

制，搅拌棒的制作和某些简单仪器的修补等。较熟练地掌握玻璃工基本操作是有机化学实验室的重要工作。

**1. 煤气灯的使用** 煤气灯是化学实验室中最常用的加热器具，式样虽多，但基本构造却是一致的（图 2-2-1）。煤气灯主要由灯管和灯座两部分组成，灯管和灯座通过灯管下部的螺旋结构相连，灯管下部还有几个圆形的空气入口。通过旋转灯管可完全关闭或不同程度地开启空气入口，以调节空气的进入量。灯座侧面有一支管为煤气入口，接上橡皮管后与煤气阀门相连，将煤气引入灯内。灯座下面有一螺旋针阀，用以调节煤气的进入量。

点燃煤气灯的步骤为：①顺时针旋转灯管，关闭空气入口；②擦燃火柴，先放于灯管口，打开煤气阀门，点燃煤气，调节煤气灯座侧面的螺旋针，使火焰保持适当高度；③旋转灯管，调节空气进入量，使煤气完全燃烧，形成淡紫色分层的正常火焰（图 2-2-2）。

当空气入口完全关闭时，点燃的煤气火焰呈黄色，煤气的燃烧不完全，火焰温度并不高。逐渐加大空气的进入量，煤气的燃烧就逐渐完全<sup>[1]</sup>。使用煤气灯时，如煤气和空气的进入量调节得不合适，则会产生不正常的火焰。如果煤气和空气的进入量都很大，则点燃煤气后火焰在灯管的上空燃烧，这样的火焰称为“凌空火焰”，这种火焰将随点燃所用火柴的移去而自行熄灭。当煤气的进入量很小，而空气的进入量很大时，煤气将在灯管内燃烧，这时会听到特殊的嘶嘶声并看到一束细细的呈青色或绿色的火焰，这样的火焰称为“侵入火焰”。遇到这些不正常的火焰，应立即关闭煤气阀门，重新点燃和调节煤气。

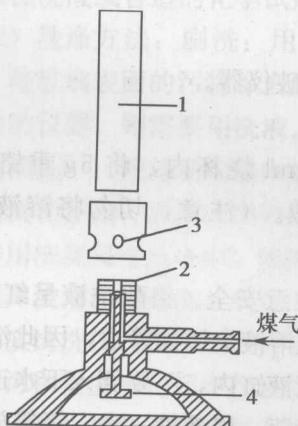


图 2-2-1 煤气灯的构造

- 1. 灯管
- 2. 煤气出口
- 3. 空气入口
- 4. 灯座螺丝

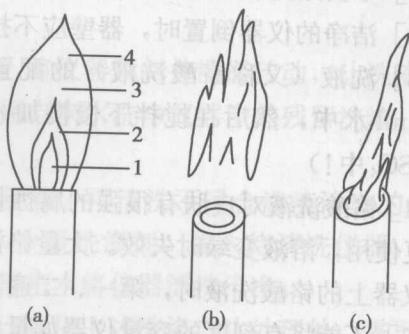


图 2-2-2 各种火焰

- (a) 正常火焰 (b) 凌空火焰 (c) 侵入火焰
- 1. 焰心 2. 还原焰 3. 最高温处 4. 氧化焰

## 2. 简单玻璃工操作

(1) 玻璃管的洗涤和切割：所有待加工的玻璃管（棒）都应根据实验要求进行清洁和干燥。制作熔点管等用的玻璃管则需用洗涤剂、洗液（或硝酸、盐酸等）洗涤，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗净并干燥，然后再进行加工。如果管内附有油腻物，应用铬酸洗液浸洗，然后用水冲洗。

在加工时，左手持管，将其平放在实验台上，用锉刀在需要切割的地方向一个方向锉出一条稍深的锉痕<sup>[2]</sup>，锉痕的长度要与管的半径相当，锉痕应与玻璃管垂直，握管的手不可离锉痕太远，如图 2-2-3。然后，用双手握管，两手的拇指顶着锉痕的背面的两边，稍向前用力，同时往左右拉，玻璃管（棒）即可从锉痕处平整地断开。折粗管时，在锉痕处涂点水，可比较容易折断。为了安全，折断时应尽可能远离眼睛，或在锉痕的两边包上布后再折。

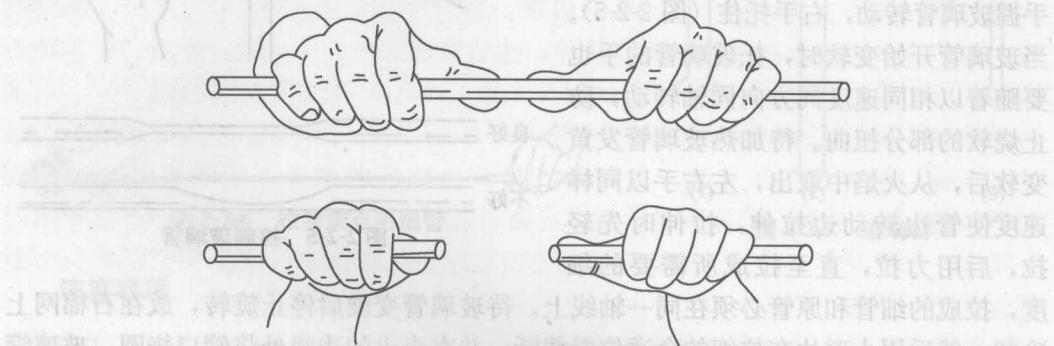


图 2-2-3 折断玻璃管

在切割粗玻璃管（棒）或靠近玻璃管（棒）端部分时，可采用骤热法。另取一根玻璃棒，将玻璃棒一端稍稍拉细，将拉细的一端在煤气灯上灼烧成圆球珠状，呈赤红色时，趁热将这个赤热圆球珠由火中取出直接放在锉痕处压紧，玻璃管即可沿锉痕裂开。如只是部分断裂，可逐次用烧热的玻璃棒压融在裂痕稍前处，至完全断开。

若断口处边沿锋利，必须在火中烧熔使其圆滑，熔烧时将管口在氧化焰中边烧边平回转动，直至管口平滑为止，切不可熔烧过久，否则管口收缩变小。

(2) 弯玻璃管：玻璃管的质地有软硬之分，软质玻璃管加热时易软化，硬质的玻璃管则需要较强火焰才能软化。弯玻璃管时，两手平持玻璃管的两端，先将玻璃管在火焰中快速地左右移动和转动，使其在较大范围内受热，然后将要弯曲的位置放在煤气灯的氧化焰中边转动边加热，使玻璃管均匀受热。为了扩大加热范围，可将玻璃管斜放入氧化焰中（或在灯管上套一个鱼尾灯头）。当玻璃管软化可以弯动时，离开火焰，两手水平持管，轻轻向中心用力，使其在重力下向下弯曲。如果要弯成较小的角度，需分几次进行，先弯成大的角度，再加热玻璃管，此时受热部分应稍有偏移，经过几次重复操作，即可弯成所需角度，每次弯管不可用力过猛，否则会在弯曲处出现瘪陷。弯好的玻璃管应在同平面上，弯曲部分为圆弧形（图 2-2-4）。此外，还经常出现弯管的内侧凹进去的现象，遇此情况时，可将凹进的部位在煤气灯上加热烧软，用手封住一端（或事先用塞子塞住），用嘴吹气直到凹进去的部位变平滑为止。

在弯好的玻璃管已经变硬但尚未冷却时，将其放在弱火焰上微微加热一会儿，然后将玻璃慢慢移离火焰，



(a) 正确的弯管（圆角） (b) 不正确的弯管（死角）

图 2-2-4 加工成的玻璃弯管

再放在石棉网上冷却至室温，这叫退火处理。否则，玻璃管（棒）因急速冷却，内部产生很大的应力，使玻璃管立即开裂，或是日后容易破裂。

(3) 拉制玻璃滴管：将一根干燥洁净直径为 $5\sim 6\text{mm}$ 、长度为 $15\text{cm}$ 的玻璃管，先用小火烘烤以防止玻璃管遇强热发生爆裂，然后慢慢加大火焰，并不断地转动玻璃管，使受热均匀。一般习惯用左手握玻璃管转动，右手托住(图2-2-5)。当玻璃管开始变软时，托玻璃管的手也要随着以相同速度同方向同轴转动，防止烧软的部分扭曲。待加热玻璃管发黄变软后，从火焰中取出，左右手以同样速度使管边转动边拉伸，拉伸时先轻拉，后用力拉，直至拉成所需要的细度，拉成的细管和原管必须在同一轴线上。待玻璃管变硬后停止旋转，放在石棉网上冷却，然后用小磁片在拉细的合适位置截断，并在小火的边缘处将管口烧圆。玻璃管粗的一端在大火中加热至发黄变软，在石棉网上垂直按一下，使其边缘突出，冷却后套上乳胶头，这样就制成了两根滴管。

(4) 拉制毛细管：取一根直径 $8\sim 12\text{mm}$ 、壁厚为 $1\text{mm}$ 的玻璃管，双手斜拿玻璃管于适当处，放在煤气灯的火焰上加热，火焰由小到大，烧时不断转动玻璃管。当烧至发黄变软时，离开火焰趁热沿水平向两边拉开。开始拉时要慢些，然后再较快地拉长，同时双手改握玻璃管沿着同一方向来回转动(图2-2-6)，以保证毛细管仍保持圆形，否则容易拉成扁管。为了防止中间拉得太细，而两头又太粗，当中间的最细处拉至直径约为 $1\text{mm}$ 时，可稍稍停顿一下，以便使中间最细处冷却硬化，再拉时不致变得更细，然后再继续快速向两边拉开，可将尚未硬化的粗处拉细，这样即可得到长而均匀，粗细合适的毛细管。拉好后将玻璃管平放在桌面上，并在两端的玻璃管下面垫上石棉网，冷却后用小磁片或锉刀把毛细管截成 $5\sim 6\text{cm}$ 的毛细管段，将毛细管的一端在煤气灯的弱火焰边沿处不断地来回转动，使毛细管封口，即得熔点管。

制沸点管时将一根内径为 $3\sim 4\text{mm}$ 、长度为 $7\sim 8\text{cm}$ 的毛细管，下端用小火封闭，就可作为沸点管的外管。另取内径约 $1\text{mm}$ 、长度约 $5\text{cm}$ 的毛细管用小火熔化封闭一端，作为沸点管内管。

(5) 玻璃钉的制备：取一根玻璃棒，将其一端在煤气灯氧化焰边缘加热，软化变黄后在石棉网上压扁(直径 $1.5\text{cm}$ 左右)。如果一次达不到要求，可将此端重复加热软化后压扁，压毕进行退火处理，以防冷却爆裂，然后于 $6\text{cm}$ 左右处截断，截断处圆口，制成的玻璃钉可供抽滤时挤压或研磨样品用。

取另一根玻璃棒，以相同的方法拉制，在煤气灯上不断旋转加热，火焰由小到大，待玻璃发黄软化后拉成 $2\sim 3\text{mm}$ 的玻璃棒。然后自玻璃棒开始变细处量取 $6\text{cm}$ 截断，将粗的一端在氧化焰边缘用大火烧软，在石棉网上按一下，就成了玻璃钉(图2-2-7)。此玻璃钉作为过滤少量固体时的玻璃钉漏斗使用。

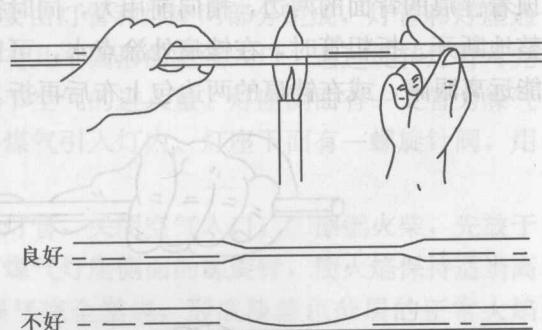


图 2-2-5 拉制玻璃管

蒸馏内器容于高处或面朝谷水。中水亦是分液漏斗器容的热时者，块块吐密本用  
盐水阱，小大油盆大江面烹水。中水在甚而一插块容本块容的热时者，面  
盐可禁串如铁块封空盖并盖五，其时同加为要得果吸。的从得革内要得果吸

束武的密邮。(cold) 衍者用以闻。利 005-02 有以盛热时者，块块吐密本  
尘气不中野长燃吐。(高) 蒸煮固本插块容的热时者，端外是零道底。这肉热子是  
遇谷部 005-02 高更盛朗立夏山难一美滋袖密邮。由燃吐密本块容的热时者，卷户本木  
百林野，而积食，斯甘育类此插块容的热时者，特品的斯理容于水，其盛高景怕降。而  
酥甘，野宝意西和从受墨断鼠微，而工本块容的热时者，中盛青苔。而  
断甘，令倾高饭到墨门数 001-01 便合散蝶舍到插块容的热时者，如中拖本场附  
加盛茎量块，将二氯化碳气体加压到的。

图 2-2-6 拉制熔点毛细管

图 2-2-7 玻璃钉

### 注意事项

[1] 火焰分为三层：焰心（内层）：煤气和空气的混合物，未燃烧，温度较低。还原焰（中层）：煤气不完全燃烧，并分解出含碳的产物，故这部分火焰具有还原性，称为还原焰。还原焰温度较焰心高，火焰呈淡蓝色。氧化焰（外层）：煤气完全燃烧，过剩的空气使这部分火焰具有氧化性，故称为氧化焰，氧化焰呈淡紫色。最高温度处在还原焰顶端上部的氧化焰中，温度约为 800~900℃（煤气组成不同，火焰温度也有所差别）。

[2] 不能来回锉玻璃管，否则不仅会使锉刀变钝，还会使锉痕增多，造成断面不整齐。

## 三、加热与冷却

### (一) 加热

对反应体系加热可以提高有机化学反应速率。提取、蒸馏、升华等操作以及某些物理常数的测定常需要加热。实验室常用的热源有酒精灯、煤气灯、电炉、电热套、微波炉、电磁炉等。加热的方式有直接加热和间接加热两种。直接加热常用酒精灯、煤气灯、电炉作热源，使用这些热源加热属于明火加热，出于安全的考虑，有机化学实验通常不推荐采用此加热方式。间接加热是指通过传热介质作热浴的加热方式。间接加热具有受热均匀，受热面积大，温度可控制和非明火等优点，间接加热是有机实验室常用的加热方式。通常，有机化学实验应根据反应性质和反应要求选用适当的间接加热方法。

1. 石棉网上加热 把石棉网放在三角架、铁环或电炉上，加热热源放在石棉网下面，被加热的玻璃仪器在石棉网上，通常被加热的玻璃仪器（如烧瓶）与石棉网之间留有空隙，以避免由于局部过热使有机物分解或玻璃仪器因受热不均匀而破裂。这种加热属于明火加热，适用于高沸点不易燃烧的物质，加热低沸点物质不用这种加热方式。

2. 水浴加热 加热温度在 80℃左右时，可选用水浴（water baths）加热。采

用水浴加热时，被加热的容器应部分浸在水中，水浴液面应略高于容器内的液面，注意勿使容器接触水浴底部。加热过程中，应注意调节火焰的大小，把水温控制在需要的范围以内。如果需要长时间加热，可选用温控性能较好的电热恒温水浴箱（锅）。

3. 油浴加热 加热温度在 90~250℃时，可以用油浴（oil baths）。油浴的优点是受热均匀，温度容易控制，适用的加热温度范围较宽（高），加热过程中不产生水蒸气等。采用油浴加热时，油浴的温度一般比反应的温度高 20℃左右。油浴所能达到的最高温度取决于所用油的品种，油浴常用的油类有甘油、食用油、液体石蜡和硅油。若在植物油中加入 1% 的对苯二酚，可增加油在受热时的稳定性。甘油和邻苯二甲酸二丁酯的混合液适合于加热到 140~180℃，温度过高则分解。甘油吸水性强，放置过久的甘油，使用前应先蒸去吸收的水分。液体石蜡可加热到 220℃，温度再提高，则易燃烧。固体石蜡可加热到 220℃以上，其优点是室温时为固体，便于保存。硅油和真空泵油在 250℃以上时较稳定，但由于价格贵，一般实验室较少使用。

采用油浴加热时，油浴中应悬挂温度计，以便随时控制热源温度。用油浴加热时，要特别当心，防止着火。当油的冒烟情况严重时，即应停止加热。油浴所用的油中不能溅入水，否则加热时会产生泡沫或爆溅伤人。

4. 沙浴加热 如加热温度在 200℃以上，可用沙浴。沙浴一般用铁盘装细沙，将容器半埋在沙中加热，容器底部的沙层要薄些，使容器易受热，而容器周围的沙层要厚些，使热不易散失。沙浴的缺点是沙对热的传导能力较差，沙浴温度分布不均，散热快，且不易控制，所以较少使用。

5. 电热套加热 电热套（heating mantle）采用耐高温的玻璃纤维做绝缘材料，电热元件被包裹于该绝缘材料层内。电热套可对烧瓶、锥形瓶等玻璃仪器加热、蒸馏。电热套与调压变压器结合可任意调节加热的程度。由于电热套加热避免了明火，不易着火，使用十分方便和安全，所以在有机实验室得到广泛应用。

微波炉、电磁炉属于非明火热源，使用安全可靠，是值得关注的新加热方式。

## （二）冷却

对反应体系冷却是有机实验室常用的操作手段。有些有机反应要求在低温下进行，而有些放热反应需要冷却，以避免因反应过程中温度急剧上升而导致副反应，甚至引起爆炸等事故。有时为了降低物质在溶剂中的溶解度或加速结晶析出，也需要进行冷却。最简单的冷却方法是将盛有反应物的容器浸入冷却剂中。常用的冷却方法有以下几种。

1. 冰水冷却 低于室温条件下的反应，则可用水和碎冰的混合物作冷却剂，它的冷却效果比单用冰块高，因为冰水能和容器更好地接触。如果水的存在并不妨碍反应的进行，则可以把碎冰直接投入反应物中，这样能更有效地保持低温。

2. 冰盐冷却 如果需要冷却的温度在 0℃以下时，常用碎冰（或雪）和无机盐的混合物作冷却剂。制冰盐冷却剂时，应把盐研细，然后和碎冰（或雪）按一定比例均匀混合（混合比例参见表 2-3-1）。

表 2-3-1 冰盐冷却剂的混合比例

盐类	100份碎冰(或雪)中加入盐的重量份数	混合物能达到的最低温度(℃)
NH <sub>4</sub> Cl	25	-15
NaNO <sub>3</sub>	50	-18
NaCl	30	-20
CaCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	100	-29
CaCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	143	-55

在实验室中，最常用的冷却剂是碎冰和食盐的混合物，它实际上能冷却到-5~-18℃的低温。

3. 干冰冷却 干冰(dry ice)固态二氧化碳，为白色晶体；熔点-56.6℃，密度1.56g/cm<sup>3</sup>(-79℃)。

在室温下，将二氧化碳气体加压到约101325Pa，然后冷却到-56℃左右，一部分蒸气就会冻结成雪花状的固态二氧化碳。固态二氧化碳的汽化热很大，在常压下汽化时可使周围温度降到-78℃左右，并且不会产生液体，所以叫“干冰”。常见的干冰呈块状或丸状。干冰主要用做制冷剂。在实验室里，干冰与一种挥发性液体(如乙醚、丙酮或三氯甲烷等)组成的混合物，可形成-77℃左右的低温浴。这种冷却剂应存放在杜瓦瓶(广口保温瓶)中或其他绝热效果好的容器中，以保持其冷却效果。使用干冰时工作人员必须戴保暖手套，以防止冻伤。

#### 四、蒸馏和回流

由于分子运动，液体分子有从液体表面逸出的倾向，这种倾向随着温度的升高而增大。如果把液体置于密封的真空体系中，液体分子继续不断地逸出而在液面上部形成蒸气，最后使得分子由液体逸出的速率与分子由蒸气中回到液体中的速率相等。此时液面上的蒸气达到饱和，称为饱和蒸气，它对液面所施加的压力称为饱和蒸气压。液体在一定温度下具有一定的蒸气压，这是液体与它的蒸气平衡时的压力，它与体系中存在的液体和蒸气的绝对量多少无关。

某一液体的蒸气压随温度的升高而不断增大，当液体的蒸气压增至与外界施与液面的大气压力相等时，有大量气泡从液体内部逸出，液体开始沸腾，此时的温度称为该液体的沸点。显然，液体的沸点与所受的外界压力大小有关。通常所说的沸点是指在1.013×10<sup>5</sup>Pa(一个大气压)的压力下液体的沸腾温度，在其他压力下的沸点应注明压力。例如：水的沸点为100℃，是指在一个大气压下水在100℃时沸腾；但在8.50×10<sup>4</sup>Pa时，水在95℃就沸腾了，这时水的沸点表示为95℃/8.50×10<sup>4</sup>Pa。随着外界压力的降低，液体的沸点也随之降低。

把液体加热至沸，使液体变为蒸气，然后再将蒸气冷却凝结为液体而收集到另一容器，这两个过程的联合操作称为蒸馏。应用蒸馏的方法，可以把挥发性物质与不挥发性物质分离，还可以把沸点不同的物质(沸点相差在30℃以上)以及对液体中的有色杂质进行分离。