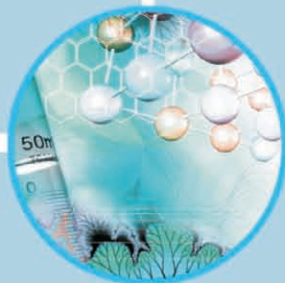


APPLIED ORGANIC  
CHEMISTRY

# 应用有机化学

○陈碧芬 主编



# 应用有机化学

○陈碧芬 主编



## 图书在版编目(CIP)数据

应用有机化学 / 陈碧芬主编. — 宁波 : 宁波出版社, 2012. 5

ISBN 978-7-5526-0182-4

I. ①应… II. ①陈… III. ①有机化学—高等职业教育—教材 IV. ①062

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 093716 号

## 本书为宁波市高校特色教材建设项目成果

## 应用有机化学

---

主 编 陈碧芬

责任编辑 王晓君 吴 波

封面设计 吉祥文化

出版发行 宁波出版社

地址邮编 宁波市甬江大道 1 号宁波书城 8 号楼 6 楼 315040

网 址 <http://www.nbcbs.com>

印 刷 宁波报业印刷发展有限公司

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 19

字 数 360 千

版 次 2012 年 5 月第 1 版

印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5526-0182-4

定 价 30.00 元

---

如发现缺页或倒装,影响阅读,请与承印厂联系调换 电话:0574-87685521

## 前 言

本书为宁波市特色教材。在编写时,立足宁波化工产业,结合高职高专化工专业人才培养方案,以工作任务为导向,组织选择教材内容。通过引入一个个具体的典型的化工项目来构建相关理论知识,发展职业能力。

本教材在编写上以宁波石化经济开发区现有实际石化项目为载体,截取具体生产工艺的片段或者原料单体的制备,来设计教材项目,我们选编了9个项目,22个子任务。在项目的设计上涵盖了脂肪烃、脂环烃、芳烃、二烯烃、卤代烃、醇酚醚、醛酮、羧酸及其衍生物和含氮化合物的性质鉴定和转化制备。

通过宁波石化园区实际的工艺项目引入各个子任务,立足于实际能力的培养,因此对教材内容的选择标准作了根本性改革。围绕化工有机合成岗位的典型工作任务选择任务内容,以期更为有效地培养学生的实际工作能力,提高课程内容的实用性与工作任务的相关性。

在内容编排上,考虑到学生的认知水平,由浅入深地安排课程内容,实现能力的递进。在每个项目模块内容的编排上,按照实际操作过程进行编排,即按照资料搜集整理、原辅材料确定、实验装置设计和搭建、反应影响因素分析与反应条件确定、反应过程控制、产物收集提纯的顺序编排。

教材内容突出对学生职业能力的训练,故理论知识的选取紧紧围绕工作任务完成的需要来进行,同时又充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要。这些内容融合了相关职业资格证书对知识、技能和态度的要求,使学生在在学习过程中获得化学高级工证书,具备相应上岗能力。

本书在编写中参考了相关书籍和资料,在此,编者对在本书编写中给予了支持和帮助的同志表示感谢。由于编者水平和条件有限,本教材在内容和编写方法上,难免存在不足和疏漏之处,恳请读者提出宝贵意见,以使我们不断进步。

# 目 录

## 第一章 绪论

项目一 —— 有机实验常见基本操作和规则 .....	(1)
任务一 —— 常见有机玻璃仪器的清点和清洗任务操作单 .....	(1)
任务二 —— 玻璃工操作和塞子的钻孔任务操作单 .....	(5)
1.1 有机教学目的与要求 .....	(8)
1.2 有机教学重点、难点 .....	(9)
1.3 有机化合物和有机化学 .....	(9)
1.4 有机化学的产生和发展 .....	(9)
1.5 有机化学的研究对象、内容及意义 .....	(10)
1.6 有机化合物的研究方法 .....	(11)
1.7 有机化合物中的化学键 .....	(11)
1.8 原子轨道和轨道杂化 .....	(12)
1.9 有机反应的基本类型 .....	(12)
1.10 有机化合物的分类 .....	(13)

## 第二章 脂肪烃

项目二 —— 脂肪烃的鉴别和制备任务 .....	(15)
任务一 —— 烷烃、烯烃、炔烃和小环烷烃的鉴别任务操作单 .....	(15)
任务二 —— 环己烯的制备任务操作单 .....	(17)
2.1 本章关键词 .....	(20)
2.2 通式、同系物和系差 .....	(21)
2.3 同分异构现象 .....	(22)
2.3.1 烷烃的同分异构现象 .....	(22)
2.3.2 烯烃的同分异构现象 .....	(23)
2.3.3 炔烃的同分异构现象 .....	(24)

2.4 烃类的命名 .....	(25)
2.4.1 烃基的命名 .....	(25)
2.4.2 烷烃的命名 .....	(27)
2.4.3 烯烃的命名 .....	(28)
2.4.4 炔烃的命名 .....	(31)
2.5 脂肪烃的化学性质及其应用 .....	(32)
2.5.1 烷烃的化学性质 .....	(32)
2.5.2 烯烃的化学性质 .....	(35)
2.5.3 炔烃的化学性质 .....	(47)
2.6 脂肪烃的结构 .....	(53)
2.6.1 烷烃的结构 .....	(53)
2.6.2 烯烃的结构 .....	(56)
2.6.3 炔烃的结构 .....	(58)
2.7 脂肪烃的物理性质 .....	(60)
2.7.1 烷烃的物理性质 .....	(60)
2.7.2 烯烃的物理性质 .....	(62)
2.7.3 炔烃的物理性质 .....	(63)
2.8 脂肪烃的来源 .....	(63)
2.8.1 烷烃的来源和制法 .....	(63)
2.8.2 烯烃的来源和制法 .....	(64)
2.8.3 炔烃的来源和制法 .....	(66)
2.9 思考与练习 .....	(68)
附录:常见脂肪烃及其用途 .....	(70)

### 第三章 脂环烃

3.1 本章关键词 .....	(74)
3.2 环烷烃的分类和命名 .....	(74)
3.2.1 脂环烃的分类 .....	(74)
3.2.2 脂环烃的命名 .....	(74)
3.2.3 脂环烃的结构与稳定性 .....	(75)
3.3 环烷烃的化学性质 .....	(76)
3.4 环己烷的构象 .....	(77)
3.4.1 环己烷的构象 .....	(77)
3.4.2 取代环己烷的构象 .....	(79)

3.5 环烷烃的物理性质 .....	(80)
3.6 环烷烃的来源和制备方法 .....	(81)
3.7 思考和练习 .....	(82)
附录:常见环烷烃及其用途 .....	(85)

## 第四章 芳烃

项目三 —— 芳烃化合物的鉴别和制备 .....	(86)
任务一 —— 芳烃的鉴别任务操作单 .....	(86)
任务二 —— 苯甲酸的制备任务操作单 .....	(88)
任务三 —— 乙酰苯胺的制备任务操作单 .....	(91)
4.1 本章关键词 .....	(95)
4.2 芳香族化合物的分类和命名 .....	(95)
4.2.1 分类 .....	(95)
4.2.2 命名 .....	(97)
4.3 芳香烃的结构及取代基的定位规律 .....	(98)
4.3.1 芳香烃的结构 .....	(98)
4.3.2 取代基的定位效应 .....	(101)
4.4 芳香族化合物的化学性质 .....	(105)
4.4.1 可燃性 .....	(105)
4.4.2 亲电取代反应 .....	(105)
4.4.3 加成反应 .....	(112)
4.4.4 侧链自由基取代反应 .....	(113)
4.4.5 氧化反应 .....	(113)
4.4.6 氯甲基化反应 .....	(115)
4.4.7 加特曼-科克反应 .....	(115)
4.4.8 聚合反应 .....	(116)
4.5 多环芳烃 .....	(116)
4.5.1 联苯和联多苯 .....	(116)
4.5.2 稠环芳烃 .....	(117)
4.6 休克尔规则和芳香性 .....	(120)
4.6.1 休克尔规则 .....	(120)
4.6.2 非环芳烃 .....	(121)
4.7 芳香族化合物的物理性质 .....	(122)
4.8 芳香族化合物的来源和制备 .....	(123)

4.9 思考和练习 .....	(124)
附录:常见的芳香族化合物及其用途 .....	(127)

## 第五章 二烯烃

项目四 —— 丁腈橡胶单体的制备设计 .....	(131)
任务一 —— 丁腈橡胶单体的制备任务操作单 .....	(131)
5.1 本章关键词 .....	(132)
5.2 二烯烃的分类和命名 .....	(133)
5.2.1 二烯烃的分类 .....	(133)
5.2.2 二烯烃的命名 .....	(133)
5.3 共轭二烯烃的结构和共轭体系 .....	(134)
5.3.1 共轭二烯烃的结构 .....	(134)
5.3.2 共轭效应 .....	(135)
5.4 共轭二烯烃的化学性质 .....	(136)
5.5 共轭二烯烃的来源和制备方法 .....	(138)
5.6 思考和练习 .....	(139)

## 第六章 卤代烃

项目五 —— 卤代烃的鉴别和制备 .....	(143)
任务一 —— 卤代烃的鉴别任务操作单 .....	(143)
任务二 —— 溴乙烷的制备任务操作单 .....	(146)
任务三 —— 聚氯乙烯(PVC)单体的制备任务操作单 .....	(149)
6.1 本章关键词 .....	(150)
6.2 卤代烃的分类和命名 .....	(151)
6.2.1 卤代烃的分类 .....	(151)
6.2.2 卤代烃的命名 .....	(151)
6.3 卤代烃的化学性质 .....	(152)
6.3.1 卤代烃的化学性质 .....	(152)
6.3.2 亲核取代反应历程 .....	(156)
6.3.3 影响亲核取代反应的因素 .....	(158)
6.3.4 消除反应历程 .....	(160)
6.4 卤代烃的物理性质 .....	(161)
6.5 卤代烃的来源和制备方法 .....	(161)
6.7 思考和练习 .....	(164)



附录:常见卤代烃及其用途 .....	(168)
--------------------	-------

## 第七章 醇酚醚

项目六 —— 醇酚醚的鉴别和制备 .....	(169)
任务一 —— 醇和酚的鉴别任务操作单 .....	(169)
任务二 —— 正丁醚的制备任务操作单 .....	(172)
任务三 —— 乙二醇(MEG)的制备设计任务操作单 .....	(175)
7.1 本章关键词 .....	(176)
7.2 醇酚醚的分类和命名 .....	(176)
7.2.1 醇的分类和命名 .....	(176)
7.2.2 酚的分类和命名 .....	(178)
7.2.3 醚的分类和命名 .....	(179)
7.3 醇酚醚的化学性质 .....	(180)
7.3.1 醇的化学性质 .....	(180)
7.3.2 酚的化学性质 .....	(184)
7.3.3 醚的化学性质 .....	(189)
7.4 醇酚醚的物理性质 .....	(191)
7.4.1 醇的物理性质 .....	(191)
7.4.2 酚的物理性质 .....	(191)
7.4.3 醚的物理性质 .....	(192)
7.5 醇酚醚的来源和制备 .....	(192)
7.5.1 醇的制备 .....	(192)
7.5.2 酚的制备 .....	(194)
7.5.3 醚的制备 .....	(195)
7.6 思考和练习 .....	(196)
附录:常见醇酚醚及其用途 .....	(199)

## 第八章 醛酮

项目七 —— 醛酮的制备和鉴别 .....	(202)
任务一 —— 醛和酮的鉴别任务操作单 .....	(202)
任务二 —— 环己酮的制备任务操作单 .....	(205)
8.1 本章关键词 .....	(208)
8.2 醛酮的分类和命名 .....	(208)
8.2.1 醛酮的分类 .....	(208)

8.2.2 醛酮的命名	(208)
8.3 醛酮的化学性质	(210)
8.3.1 亲核加成反应	(210)
8.3.2 $\alpha$ -活泼氢的反应	(213)
8.3.3 氧化与还原反应	(214)
8.4 醛酮的物理性质	(215)
8.5 醛酮的来源和制备	(216)
8.6 思考和练习	(219)
附录:常见的醛酮及其用途	(221)

## 第九章 羧酸及其衍生物

项目八 —— 羧酸及其衍生物的制备	(222)
任务一 —— 羧酸及其衍生物的性质验证任务操作单	(222)
任务二 —— 己二酸的制备任务操作单	(226)
任务三 —— 乙酰乙酸乙酯的制备任务操作单	(230)
9.1 本章关键词	(233)
9.2 羧酸的分类和命名	(233)
9.2.1 结构和分类	(233)
9.2.2 命名	(234)
9.3 羧酸衍生物的分类和命名	(237)
9.3.1 分类	(237)
9.3.2 命名	(237)
9.4 羧酸的化学性质	(238)
9.5 羧酸衍生物的化学性质	(242)
9.6 羧酸及其衍生物的物理性质	(247)
9.6.1 羧酸的物理性质	(247)
9.6.2 羧酸衍生物的物理性质	(248)
9.7 羧酸及其衍生物的来源和制备方法	(249)
9.7.1 羧酸的制备	(249)
9.8 思考和练习	(251)
附录:常见羧酸及其衍生物的运用	(252)

## 第十章 含氮化合物

项目九 —— 含氮化合物合成及鉴定	(255)
-------------------	-------

任务一 —— 伯、仲、叔胺的鉴别任务操作单 .....	(255)
任务二 —— 苯胺的制备任务操作单 .....	(258)
任务三 —— 己内酰胺的制备任务操作单 .....	(261)
10.1 本章关键词 .....	(265)
10.2 含氮化合物的分类和命名 .....	(265)
10.2.1 硝基化合物 .....	(265)
10.2.2 胺 .....	(266)
10.3 含氮化合物的化学性质 .....	(267)
10.3.1 硝基化合物的化学性质 .....	(267)
10.3.2 胺的化学性质 .....	(271)
10.3.3 重氮化合物的化学性质 .....	(278)
10.4 含氮化合物的物理性质 .....	(281)
10.4.1 硝基化合物的物理性质 .....	(281)
10.4.2 胺的物理性质 .....	(282)
10.5 含氮化合物的来源和制备方法 .....	(283)
10.5.1 胺的制备 .....	(283)
10.5.2 重氮盐的制法 .....	(286)
10.6 思考和练习 .....	(286)
附录:常见含氮化合物及其用途 .....	(289)
参考文献 .....	(290)

# 第一章

## 绪 论

### 项目一 —— 有机实验常见基本操作和规则

**项目综述:**本项目包括两个子任务:1. 常见有机玻璃仪器的清点和清洗任务;2. 玻璃工操作和塞子的钻孔任务,为有机操作提供基本能力。

**教学目标:**

- **能力目标**— 能够正确认领、清洗常见玻璃仪器,能正确搭建常见有机操作装置。
- **知识目标**— 掌握工艺装置图的绘制,任务报告的书写。
- **素质目标**— 会分析和处理工艺出现的质量问题。

### 任务一 —— 常见有机玻璃仪器的清点和清洗任务操作单

专业名称: 化工类

课程名称: 应用有机化学

时间: \_\_\_\_\_ 地点: \_\_\_\_\_ 指导教师: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_

**工作任务:**对有机实验室常用玻璃仪器进行正确清点和清洗,进行常见装置的搭建。

**任务目的:**

1. 了解实验规则、安全知识;
2. 了解有机实验室常用玻璃仪器的名称、规格、用途;
3. 掌握玻璃仪器的洗涤和干燥方法。

#### 一、课前任务

预习任务内容,回答以下问题:

1. 玻璃仪器洗涤干净的标准是什么?
2. 玻璃仪器的干燥有几种方法?
3. 洗液如何进行配制?

4. 如何判断洗液是否还有效?

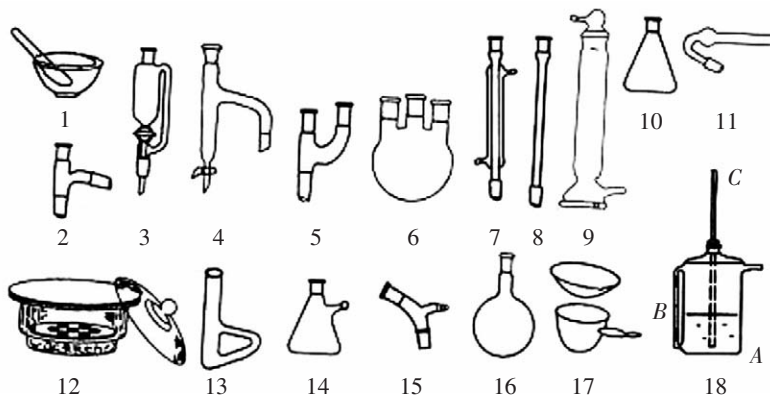
5. 本次任务所需的药品有哪些,熟悉各药品的性质与安全性。

药品名称	分子量 (mol wt)	用量 (mL, g, mol)	熔点 (°C)	沸点 (°C)	如何防护	在任务中的作用

## 二、任务操作步骤

### 1. 常用玻璃仪器的清点、认领

逐个认识、验收实验中的全部仪器。验收时应特别注意仪器是否有破损,对带有活塞、盖子的仪器应检查是否能打开,带有螺旋的铁器应检查螺旋是否能转动等。对验收中发现问题可按仪器的名称、规格、数量及存在的问题的性质填写在仪器领用单中。



1. 研钵 2. 蒸馏头 3. 磨口恒压滴液漏斗 4. 油水分离器 5. Y形管 6. 三口烧瓶 7. 直形冷凝管 8. 空气冷凝管 9. 干燥塔 10. 锥形瓶 11. 磨口干燥管 12. 干燥器 13. 提勒管 14. 抽滤瓶 15. 尾接管 16. 圆底烧瓶 17. 蒸发皿 18. 水蒸气发生器

### 2. 玻璃仪器的洗涤和干燥

(1) 洗涤烧杯、试管、称量瓶、表面皿、量筒,洗净后自然晾干。

(2) 用酒精灯烘烤 1 支试管。

仪器的洗涤是化学实验中最基本的一种操作。仪器洗涤是否符合要求,直接影响实验结果的准确性和可靠性,所以实验前必须将仪器洗涤干净。仪器用过之后要立即清

洗,避免残留物质固化,造成洗涤困难。

玻璃仪器的洗涤方法很多,应根据实验要求、污物的性质和沾污的程度来选择洗涤方法。

(1)水洗。直接用水刷洗可以洗去水溶性污物,也可刷掉附着在仪器表面的灰尘和不溶性物质。但是这种方法不能洗去玻璃仪器上的有机物和油污。

(2)用去污粉、洗衣粉或肥皂洗涤。这种方法可以洗去有机物和轻度油污。洗涤时须对仪器内外壁仔细擦洗,再用水冲洗干净,直到没有细小的去污粉颗粒为止。

(3)用铬酸洗液洗涤。铬酸洗液是等体积的浓硫酸和饱和重铬酸钾溶液混合配制而成,它的强氧化性足以除去器壁上的有机物和油垢。对一些管细、口小、毛刷不能刷洗的仪器,采取这种洗法效果很好。用铬酸洗液清洗时,先用洗液将仪器浸泡一段时间,对口小的仪器可先往仪器内加入量为仪器容积  $1/5$  的洗液,然后将仪器倾斜并慢慢转动仪器,目的是让洗液充分浸润仪器内壁,然后将洗液倒出。如果仪器污染程度很重,采用热洗液效果会更好些,但加热洗液时,要防止洗液溅出,洗涤时也要格外小心,防止洗液外溢,以免灼伤皮肤。洗液具有强腐蚀性,使用时千万不能用毛刷蘸取洗液刷洗仪器。如果不慎将洗液洒在衣物、皮肤或桌面时,应立即用干燥的抹布擦干后再用大量清水冲洗。废液应倒在废液缸里,不能倒入水槽,以免腐蚀下水道。

洗液用后,应倒回原瓶,可反复多次使用。多次使用后,铬酸洗液会变成绿色,这时洗液已不具有强氧化性,不能再继续使用。

(4)用有机溶剂清洗。有些有机反应残留物呈胶状或焦油状,用上述方法较难洗净,这时可根据具体情况采用有机溶剂(如氯仿、丙酮、苯、乙醚等)浸泡,或用稀氢氧化钠、浓硝酸煮沸除去。

已洗净的玻璃仪器应该是清洁透明且内壁不挂水珠。在进行多次洗涤时,使用洗涤液应本着“少量多次”的原则,这样既节约试剂,又能保证洗涤效果。用自来水洗净后,应根据实验要求,有时还须用蒸馏水、去离子水或试剂清洗。

### 3. 玻璃仪器的干燥

有些实验要求仪器必须是干燥的,根据不同情况,可采用下列方法将仪器干燥。

(1)倒置晾干。对于不急用的仪器,可将仪器插在格栅板上或实验室的干燥架上晾干。

(2)热(冷)风吹干。对于急用的仪器,可用电吹风直接将仪器吹干。若在吹风前用少量有机溶剂(如乙醇、丙酮等)淋洗一下,则干得更快。

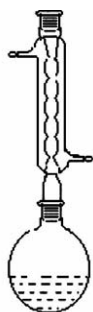
(3)加热烘干。将洗净的仪器放在电热干燥箱的隔板上,将温度控制在  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右烘干。一些常用的蒸发皿、试管等器具可直接用火烘干。火烤试管时,要用试管夹夹住试管,使试管口朝下倾斜在火上烘烤,以免水珠倒流炸裂试管,并不断移动试管使其受热

均匀,不见水珠后,去掉火源,将管口朝上让水蒸气挥发出去。

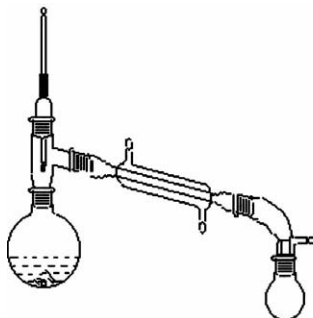
必须指出,在化学实验中,许多情况下并不需要将仪器干燥,如量器、容器等,使用前先用少量溶液润洗 2~3 次,洗去残留水滴即可。带有刻度的计量容器不能用加热法干燥,否则会影响仪器的精度。如需要干燥时,可采用晾干或冷风吹干的方法。

#### 4. 常用实验装置的搭建

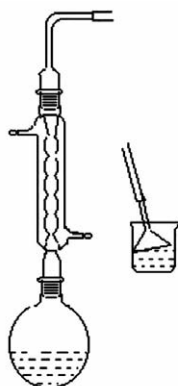
a. 回流装置



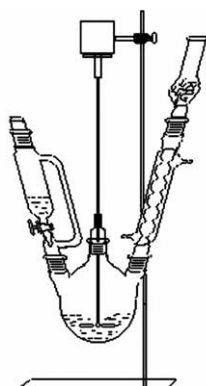
b. 蒸馏装置



c. 气体吸收装置



d. 搅拌装置



### 三、操作记录与报告

#### 1. 洗液配置

所用药剂	重铬酸钾	浓硫酸
药剂用量		

#### 2. 绘制蒸馏、搅拌装置图

## 任务二 —— 玻璃工操作和塞子的钻孔任务操作单

专业名称: <u>化工类</u> 课程名称: <u>应用有机化学</u> 时间: _____ 地点: _____ 指导教师: _____ 班级: _____ 姓名: _____ 学号: _____
工作任务: 弯制不同角度的玻璃管并替玻璃弯管配制合适的橡皮塞。
任务背景和目的: 在有机化学实验中,常常需要多种不同角度的弯管,直径不同的毛细管及滴管和搅拌棒等用品,因此必须掌握一些简单的玻璃工操作,才能自己动手制这些用品。 通过任务二,要求学生能够掌握简单玻璃工操作的基本要领,会弯不同角度的玻璃弯管,会拉不同直径的毛细管,并且掌握打孔器的使用方法,替所弯制的玻璃管配制合适口径的橡皮塞。

### 一、课前任务

预习任务内容,回答以下问题:

1. 熄灭煤气灯与熄灭酒精灯有何不同,为什么?
2. 不正常火焰有几种,若实验中出现不正常火焰,如何处理?
3. 有人说,实验中用小火加热,就是用还原焰加热,因还原焰温度相对较低,这种说法对吗?用还原焰直接加热反应容器会出现什么问题?
4. 当把玻璃管插入已打好孔的塞子中时,要注意什么问题?

### 二、实验仪器及用品

仪器:煤气灯、酒精喷灯(或酒精灯)、石棉网、锉刀、打孔器、量角器。

液体药品:工业酒精。

材料:火柴、硬纸片、玻璃管(聚乙烯塑料管)、橡皮胶头(胶帽)、玻璃管、橡皮塞。

### 三、任务操作步骤

#### 1. 酒精喷灯的使用

(1) 观察煤气灯、酒精灯和酒精喷灯等各部分的构造。

(2) 正确点燃煤气灯,观察正常火焰的颜色,把一张硬纸片竖插入火焰中部,1~2s后取出,观察纸片被烧焦的部位和程度。

观察到纸片的上部烧焦程度最大,中部次之,下部最弱。说明外焰和内焰之间的温度最高,内焰次之,焰芯温度最低。原因为何?请看下面的实验。



(3)用一根玻璃管伸入焰心,用火柴点燃玻璃管另一端逸出的气体。

气体燃烧,呈淡蓝色火焰,说明焰心有尚未燃烧完全的物质,如一氧化碳、甲烷等与空气的混合物等。

(4)正确关闭煤气灯。

## 2. 玻璃管的简单加工及操作要点

(1)玻璃管(棒)的截断:锉刀只能向前或向后锉,不能来回锉。锉出的凹痕应与玻璃管(棒)垂直,这样才能保证截断后的玻璃管(棒)截面是平整的。然后双手持玻璃管(棒),两拇指齐放在凹痕背面,并轻轻地由凹痕背面向外推折,同时两食指和拇指将玻璃管(棒)向两边拉,如此将玻璃管(棒)截断。如截面不平整,则不合格。

(2)熔光:切割的玻璃管(棒),其截断面的边缘很锋利,容易割破皮肤、橡皮管或塞子,所以必须放在火焰中熔烧,使之平滑,这个操作称为熔光(或圆口)。将刚切割的玻璃管(棒)的一头插入火焰中熔烧。熔烧时,角度一般为 $45^\circ$ ,并不断转动玻璃管(棒),直至管口变成红热平滑为止。熔烧时,加热时间过长或过短都不好,过短,管(棒)口不平滑;过长,管径会变小。转动不匀,会使管口不圆。灼热的玻璃管(棒),应放在石棉网上冷却,切不可直接放在实验台上,以免烧焦台面,也不要用手去摸,以免烫伤。

## (3)弯曲

第一步,烧管。先将玻璃管用小火预热一下,然后双手持玻璃管,把要弯曲的部位斜插入喷灯(或煤气灯)火焰中,以增大玻璃管的受热面积(也可在灯管上罩以鱼尾灯头扩展火焰,来增大玻璃管的受热面积),若灯焰较宽,也可将玻璃管平放于火焰中,同时缓慢而均匀地不断转动玻璃管,使之受热均匀。两手用力均等,转速缓慢一致,以免玻璃管在火焰中扭曲。加热至玻璃管发黄变软时,即可自焰中取出,进行弯管。

第二步,弯管。将变软的玻璃管取离火焰后稍等一两秒钟,使各部温度均匀,用“V”字形手法(两手在上方,玻璃管的弯曲部分在两手中间的正下方)缓慢地将其弯成所需的角度。弯好后,待其冷却变硬才可撒手,将其放在石棉网上继续冷却。冷却后,应检查其角度是否准确,整个玻璃管是否处于同一个平面上。

## 3. 制备毛细管和滴管

第一步,烧管。拉细玻璃管时,加热玻璃管的方法与弯玻璃管时基本一样,只是要烧的时间长一些,玻璃管软化程度更大一些,烧至红黄色。

第二步,拉管。待玻璃管烧成红黄色以后,从火焰中取出,两手顺着水平方向边拉边旋转玻璃管,拉到所需要的细度时,一手持玻璃管向下垂一会儿。冷却后,按需要长短截断,形成两个尖嘴管。如果要求细管部分具有一定的厚度,应在加热过程中当玻璃管变软后,将其轻缓向中间挤压,减短它的长度,使管壁增厚,然后按上述方法拉细。

第三步,制滴管的扩口。将未拉细的另一端玻璃管口以 $40^\circ$ 角斜插入火焰中加热,并