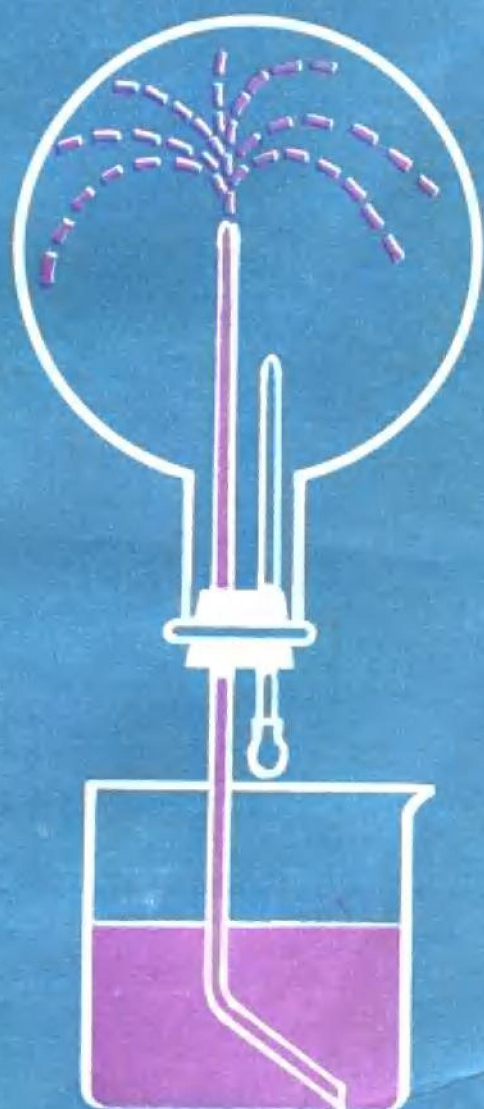


有机化学演示实验

苏州大学有机化学教研室 编

高等教育出版社



有机化学演示实验

苏州大学有机化学教研室 编

高等教育出版社

京(112)号

内 容 提 要

全书按基础有机化学教学顺序分 11 章叙述,共选编了 105 个演示实验,突出有机化合物的重要性质,反映基础有机化学的新发展,现象明显,说理清楚,仪器简单,操作简便省时,以利学生加强记忆。

本书可供各类高等学校化学、化工类专业基础课教学使用,亦可供其他有关学校选用。

有机化学演示实验

苏州大学有机化学教研室 编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 4.875 字数 110 000

1992 年 9 月 第 1 版 1992 年 9 月 第 1 次印刷

印数 0001—1 730

ISBN 7-04-003835-8/O·1130

定价 2.40 元

前 言

有机化学演示实验是有机化学教学中的重要环节,它既能帮助同学理解、掌握理论知识,又能培养学生严谨的学风、良好的实验技能。国内目前配合有机化学教学内容的有机化学演示实验教材甚少,而有机化学反应时间长,现象又不如无机离子间反应明显,进行有机化学演示实验存在一定的难度。为此,我们在多年从事有机化学演示实验工作的基础上,编写了本教材。

在编写中,我们注意以下问题:

1. 掌握有机化合物的性质是有机化学教学的主要目的之一,通过演示实验,对有机化合物的重要性质加深了解。
2. 有机化学发展很快,在编写时尽量设计一些反映有机化学教材内容发展的新演示实验。
3. 利用声、光、色的演示效果,激发同学学习有机化学的积极性。
4. 力求实验现象明显,说理清晰,操作简便,费时不多。

苏州大学化学系有机教研室,自五十年代起,先后有浦家诚、陈克潜、陆忠娥、李淮珍、郭松山等同志结合有机化学教学,开展了有机化学演示实验工作,积累了资料,编写了讲义,以后在漫长的教学实践中,不断加以丰富和发展。七十年代后,又先后在一些兄弟院校中表演过,效果得到肯定。与此同时,还拍摄了有机化学演示实验录像片,为国内许多高校转录。鉴于以上情况,深感有机化学演示实验对有机化学教学有促进作用,为此,由郭松山同志对实验内容进行了系统的整理编写和复核工作。

初稿完成后,1990年12月在苏州大学召开了有机化学演示实验审稿会。参加审稿会的有南京大学胡宏纹教授(主审),复旦大

学吴世晖教授,上海教育学院王运武教授,华东师范大学樊天霖副教授,安徽师范大学谢筱娟副教授、史好新副教授,南京师范大学贺灿欣副教授,山东师范大学梁芳珍讲师。会上,代表们提出了很多宝贵的意见,在此我们表示衷心的感谢。

会后由郭松山同志根据审稿会的意见,作了认真细致的修改和整理,施琴芬同志也参加了部分修改整理工作。

最后《有机化学演示实验》一书经陈克潜教授审阅定稿。

在本书编写过程中,许多实验经我校90届毕业同学赵宜江、马以瑾、宋捷盛、侯庆利重复进行验证。

根据我们的实践,本书所列实验,有的可在课堂上演示;有的可在学生实验中穿插进行,故本书定名为《有机化学演示实验》,以示与《有机化学课堂演示实验》有所区别。

本书所选实验大部分是我们历年教学实践中设计、积累的材料,部分取自于国内外化学书刊上发表的实验。谨以致谢。

限于我们的水平,书中的错误和缺点在所难免,敬希读者批评指正。

苏州大学化学系有机化学教研室

郭松山

一九九一年七月

目 录

前言	1
第一章 烷烃	1
实验 1-1 甲烷分子的组成——电火花分解	1
实验 1-2 甲烷在氯气中的燃烧	3
实验 1-3 甲烷的爆炸	4
实验 1-4 正庚烷的溴代——自由基取代反应	5
实验 1-5 石油的裂化	7
实验 1-6 石油的催化裂化	8
第二章 不饱和烃	11
实验 2-1 乙烯的制备——乙醇催化脱水	11
实验 2-2 乙烯与卤素的加成——喷泉试验	12
实验 2-3 乙烯与浓硫酸的加成	14
实验 2-4 乙烯的催熟作用	16
实验 2-5 乙烯与氧的混合爆炸	17
实验 2-6 碳-碳双键的催化加氢	18
实验 2-7 电弧法合成乙炔	21
实验 2-8 乙炔与氧的混合爆炸	22
实验 2-9 乙炔的水合反应	24
实验 2-10 乙炔在氯气中的燃烧——水中烈火	27
第三章 芳烃	30
实验 3-1 溴苯的合成——亲电取代反应	30
实验 3-2 甲苯侧链的光照卤代——自由基取代反应	32
实验 3-3 苯与氯的光照加成——自由基加成反应	33
实验 3-4 三苯甲基自由基的生成	34
实验 3-5 萘的磺化反应——动力学控制和热力学控制	36
第四章 卤代烃	39
实验 4-1 卤代烃与碘化钠丙酮溶液的反应(S_N2)	39
实验 4-2 卤代烃与硝酸银酒精溶液的反应(S_N1)	40

实验 4-3	1,2-二卤乙烷脱卤素	42
实验 4-4	三苯甲基负离子的生成	43
实验 4-5	碘仿的制备	44
实验 4-6	四氯化碳的灭火(或 1211 灭火)	45
第五章	醇酚醚	47
实验 5-1	结晶醇化物的生成	47
实验 5-2	乙醇中甲醇的检验	47
实验 5-3	氢键的形成	48
实验 5-4	醇在水中的溶解度	49
实验 5-5	醇金属的生成与水解	50
实验 5-6	甲醇的催化氧化	51
实验 5-7	乙醇的催化脱氢	53
实验 5-8	丁醇羟基的位置异构	55
实验 5-9	卢卡氏试验	56
实验 5-10	三苯甲基正离子的生成	57
实验 5-11	乙二醇水溶液的冰点下降	58
实验 5-12	多元醇与氢氧化铜的反应	59
实验 5-13	工业污水中酚的检出	60
实验 5-14	苯酚的显色反应	61
实验 5-15	苯酚的消毒作用	62
实验 5-16	连苯三酚吸收氧气	63
实验 5-17	电荷转移配合物的生成	64
实验 5-18	酞试验	65
实验 5-19	乙醚蒸气的燃烧	66
实验 5-20	乙醚的爆炸	67
实验 5-21	乙醚中过氧化物的检验	68
实验 5-22	冠醚的相转移催化作用——紫色苯的生成	70
实验 5-23	紫色苯的氧化作用	72
第六章	醛酮醌	73
实验 6-1	银镜反应	73
实验 6-2	醇醛缩合反应	74
实验 6-3	醛、酮与 2,4-二硝基苯肼缩合	75

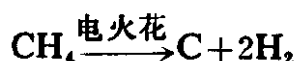
实验 6-4	斐林 (Fehling) 溶液试验	76
实验 6-5	醛与希夫 (Schiff) 试剂反应	77
实验 6-6	苯甲醛的自动氧化	79
实验 6-7	苯甲醛的歧化反应	80
实验 6-8	二苯甲酮的光化还原	81
实验 6-9	离子基的生成	83
实验 6-10	醌氢醌的形成	85
实验 6-11	蒽醌法制双氧水	86
第七章 羧酸及其衍生物		89
实验 7-1	甲酸的三氯化铁试验	89
实验 7-2	甲酸的还原性	90
实验 7-3	甲酸银的形成与分解	91
实验 7-4	羧酸的酸性——诱导效应	92
实验 7-5	酰氯的反应	94
实验 7-6	酯的生成和水解	96
实验 7-7	酸酐的反应	97
实验 7-8	酰胺的水解	99
实验 7-9	顺反异构体	100
实验 7-10	乙酰乙酸乙酯的互变异构	101
实验 7-11	乙酸乙酯的热消除反应	103
实验 7-12	化学振荡反应	105
第八章 含氮化合物		107
实验 8-1	硝基苯的制备——亲电取代反应	107
实验 8-2	芳胺的碱性	108
实验 8-3	伯、仲、叔胺与苯磺酰氯反应	110
实验 8-4	苯胺与溴的作用	111
实验 8-5	苯胺黑的生成	112
实验 8-6	重氮盐的偶联呈色反应	112
实验 8-7	冰染	115
实验 8-8	偶氮苯的光化异构	115
实验 8-9	冷光试验	117
实验 8-10	季铵盐的相转移催化作用	118

第九章 碳水化合物	120
实验 9-1 制镜	120
实验 9-2 五碳糖的反应	121
实验 9-3 醛糖的溴水氧化	122
实验 9-4 葡萄糖的氧化反应——蓝瓶子试验	122
实验 9-5 淀粉与碘络合物的形成	124
实验 9-6 淀粉的酶水解	124
实验 9-7 铜氨纤维的生成	125
实验 9-8 醋酸纤维的制备	126
实验 9-9 硝化纤维的制备	127
实验 9-10 木质素的颜色反应	129
实验 9-11 尘炸	130
实验 9-12 柱上层析——叶绿素的分离	131
第十章 蛋白质	134
实验 10-1 茚三酮试验	134
实验 10-2 双缩脲反应	135
实验 10-3 酶催化双氧水的分解	136
实验 10-4 pH、温度对酶活性的影响	137
实验 10-5 一氧化碳与血红蛋白的作用	138
第十一章 合成高分子化合物	141
实验 11-1 甲基丙烯酸甲酯的聚合	141
实验 11-2 酚醛树脂的制备	142
实验 11-3 界面缩聚	142
实验 11-4 玻璃态下的皮球	144
实验 11-5 一个反常的冷胀热缩——熵变的演示实验	144

第一章 烷 烃

实验 1-1 甲烷分子的组成——电火花分解

纯甲烷气体在电火花作用下，分解成碳和氢气（氢气体积为甲烷气体体积的 2 倍）。



仪器和试剂:

500 mL 分液漏斗(A)	1 只
粗玻璃管(B) (长约 250 mm, 直径约 30mm)	1 根
三通活塞(C)	1 只
普通活塞(D)	1 只
2000 mL 气样瓶(E)	1 只
铜电极(直径为 4—5 mm)	2 支
500 mL 气样瓶	1 只
感应圈(大于 6 kV)	1 只
甲烷	500 mL
着红色的水	200 mL

实验步骤:

先在分液漏斗 A 内装满着红色的水，将活塞 C 和 D 打开，使水排除 B 管中的空气并充满 B 管及 C-D-B 间的支管，旋转三通活塞 C 通入甲烷气至 B 管 75 mL 处(略多于 75 mL)，调节 A、B 中的液面在同一水准线上，并使 B 管中的水面恰好指到 75 mL 处，多余气体从 C 活塞排出。关紧 C、D 两活塞，连接电极与感应圈，接通电源。当观察到两电极间有电火花产生，气体体积迅速膨胀，约经 5—6 min 停止。

待气体冷却后，再调节 *A*、*B* 的液面使在同一水准线上，则看到 *B* 中气体体积差不多为原甲烷气的两倍。同时在 *B* 中两铜电极之上有游离的碳析出。

再把气样瓶 *E* 拿去，在活塞 *D* 上接一尖嘴的玻璃管，将 *D* 活塞打开，提高分液漏斗 *A*，使氢气从尖嘴喷出，即可点燃产生淡蓝色火焰。

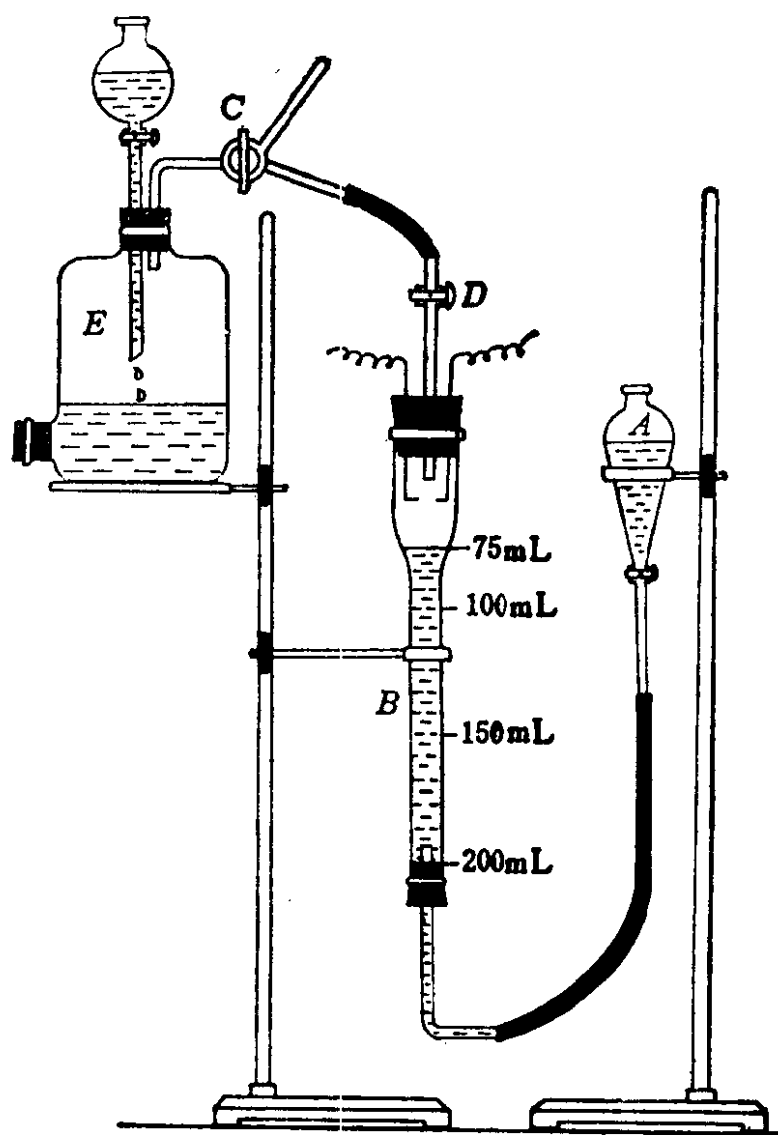


图 1 甲烷的电火花分解装置

〔注〕

1. 为了保证甲烷气纯度，以分液漏斗(*A*)中之水排出 *B* 管中

空气,再通入甲烷气,并反复数次。

2. 甲烷要检验纯度,以防点燃时发生爆炸。
3. 感应圈可产生的电压 $\geq 6\text{ kV}$ 。
4. 每次实验必须将铜电极擦亮,调节两极尖端之间距离约10 mm 为佳。
5. 本实验可证明甲烷由碳、氢两元素组成。

实验 1-2 甲烷在氯气中的燃烧

甲烷在氯气中燃烧生成氯化氢,并伴有黑烟。实验说明甲烷由碳、氢两种元素组成。



仪器和试剂:

立式玻璃圆筒(高约 600 mm,直径 200 mm)	1 只
带有尖口向上弯曲的玻璃导管	2 支
玻璃棒	1 根
甲烷气	500 mL
氯气	2000 mL
浓氨水	10 mL

实验步骤:

经浓硫酸干燥的氯气由弯曲玻璃导管 A 通入立式玻璃圆筒中,待圆筒充满氯气之后,将另一支预先通入甲烷气已点燃具有 20—30 mm 高火焰的导管 B 迅速插入圆筒内,甲烷气在氯气中燃烧,发出红黄色火焰,同时有黑烟产生,用玻璃棒蘸浓氨水放在筒口,有白色烟雾(NH_4Cl)生成,证明反应中有 HCl 放出。

[注]:

演示实验结束后,立即将实验装置移到室外,减少污染。

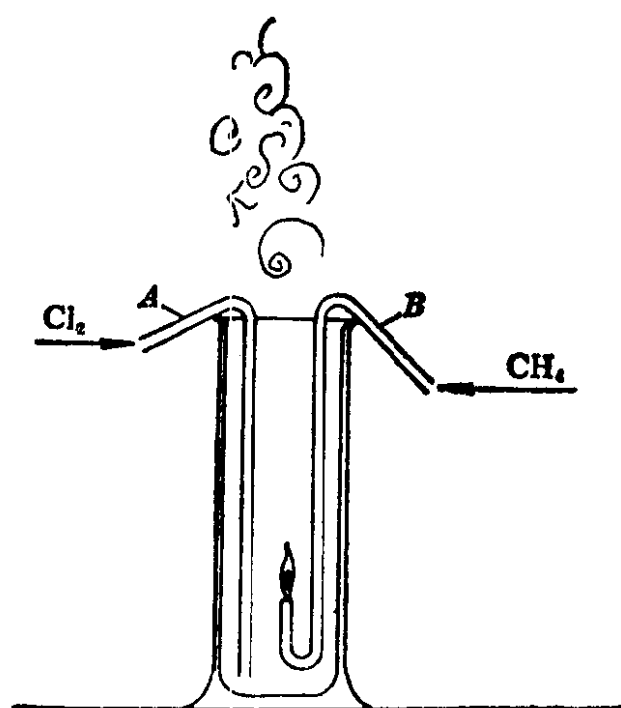
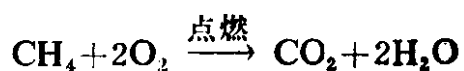


图 2 甲烷在氯气中的燃烧

实验 1-3 甲烷的爆炸

甲烷与空气以适当的比例（空气含甲烷 5—14%）混和时，点火会发生爆炸。若以氧气代替空气则效果更佳。甲烷在氧气中的爆炸极限为 5.1—61%（体积比）。



仪器和试剂:

φ25 × 200 mm 试管	2 支
水槽	1 只
酒精灯	1 只
氧气(气样瓶中)	
甲烷(气样瓶中)	

实验步骤:

取 φ 25 × 200 mm 试管 1 支，自气样瓶中以排水集气法收集

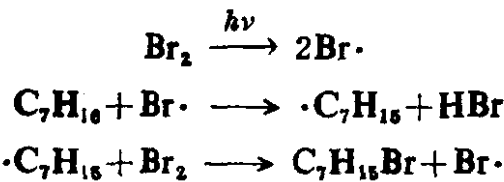
三分之一体积甲烷,再以同样方法收集三分之二体积的氧气,用橡皮塞塞紧,从水中取出,将试管颠倒数次,使甲烷与氧气充分混合,然后用抹布包裹试管。演示时拔去橡皮塞,试管口稍微下倾,迅速靠近火焰,立即发出尖锐的爆鸣声。

[注]

1. 煤矿中的瓦斯含有大量的甲烷,它是引起矿井发生火灾或爆炸的主要原因。
2. 用抹布包裹试管的目的是防止试管破碎伤人。

实验 1-4 正庚烷的溴代——自由基取代反应

烷烃的卤代反应历程为自由基历程。正庚烷与溴在光的引发下发生溴代反应,生成溴代庚烷和溴化氢(可用润湿的蓝色石蕊试纸检验)。在黑暗、室温、无引发剂存在的条件下不发生溴代反应。



溴代主要得到 2-溴代和 3-溴代庚烷,无 1-溴代庚烷生成。因 1-位自由基转位为稳定的 2-位自由基之故。

仪器和试剂:

直径 5 mm、长 300 mm,一头封闭的玻璃管(并配有软木塞)	1 支
装温度计的空套管	1 支
正庚烷	20 mL
5% 溴的四氯化碳溶液	5 mL
蓝色石蕊试纸	

实验步骤:

在玻璃管中装入六分之五体积的正庚烷,置玻璃管于温度计的

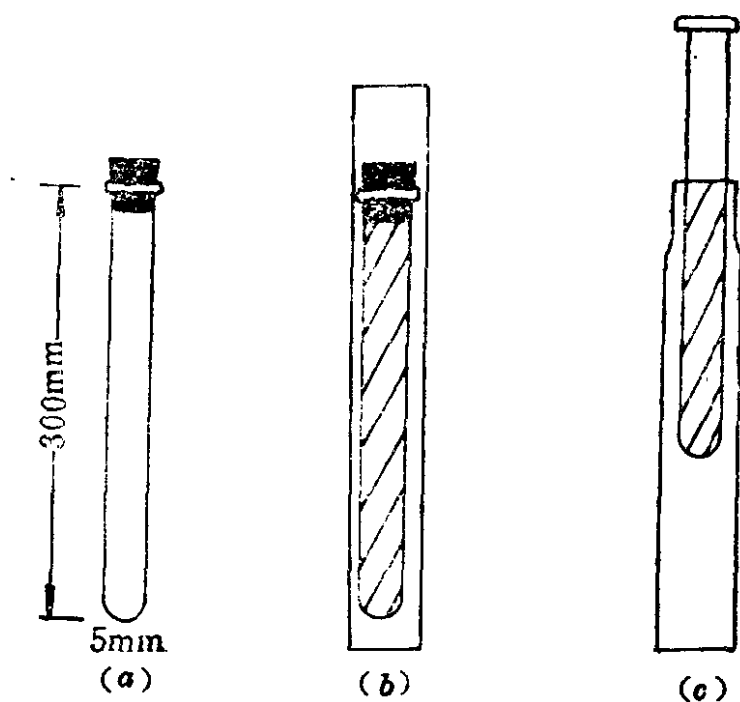


图3 正庚烷的溴代

- (a) 玻管中装六分之五体积正庚烷和 50% $\text{Br}_2\text{-CCl}_4$ 溶液
 (b) 置套管中充分混和反应物
 (c) 玻管上半段拉出套管照光

套管中，使其不见光，迅速加入 5% $\text{Br}_2\text{-CCl}_4$ 溶液至距玻管口 20 mm 处，塞上软木塞，盖上套管盖，将玻管反复颠倒使正庚烷与溴溶液充分混和。然后拿去套管盖，抽出玻管使玻管上半段的液体照光，见光一段中的混合物迅速褪色（由棕红色变成无色透明），以口吹气可见玻管口产生 HBr 白色雾滴，并能使润湿的蓝色石蕊试纸变红，说明已经发生卤代反应。再把藏于套管中的玻管拉出，可观察到明显的分界线，未照光的部分仍然为棕红色。未褪色部分仍可重复上述操作。全部演示时间只需 1—2 min 即可完成。

[注]

1. 玻管不能太粗，否则光线能通过照光部分散射到下部，致使照光与未照光部分的分界线不明显。
2. 若阴雨天光线暗时，则可用 220 V, 40 W 日光灯照射。
3. 溴的四氯化碳溶液不能加得太多，以免反应过分剧烈，反

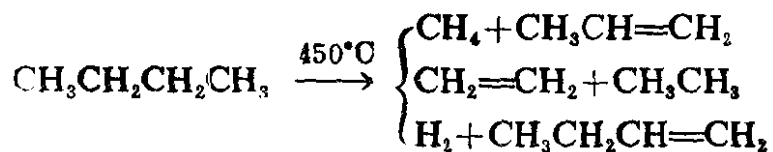
应液溢出管口。

4. 若无正庚烷,可用浓硫酸洗去烯烃的煤油代替,可得同样效果。

5. 以同样的方法可做甲苯侧链的溴代反应,现象也极为明显。

实验 1-5 石油的裂化

在高温下使烷烃分子裂解的过程称为裂化。烷烃的蒸气在无氧气的条件下受热到 450°C 以上时,分子中的 C—C 键和 C—H 键发生断裂,形成较小的分子。烷烃分子中所含有的碳原子数愈多,裂化产物愈复杂。例如:



仪器和试剂:

$\phi 20 \times 400$ mm 裂化管(自来水管即可)	1 根
喷灯	2 只
蛇形冷凝管	1 根
60 mL 滴液漏斗	1 只
有支口的接受管	1 支
柴油	50 mL
1% 高锰酸钾水溶液	5 mL
1% 溴的四氯化碳溶液	5 mL

实验步骤:

用喷灯先将裂化管加热烧红,再由滴液漏斗滴加柴油(或煤油),待空气排出后,用排水集气法收集裂化气体,在冷凝管下端的接收管中收集到裂化液体。然后用高锰酸钾或溴的四氯化碳溶液

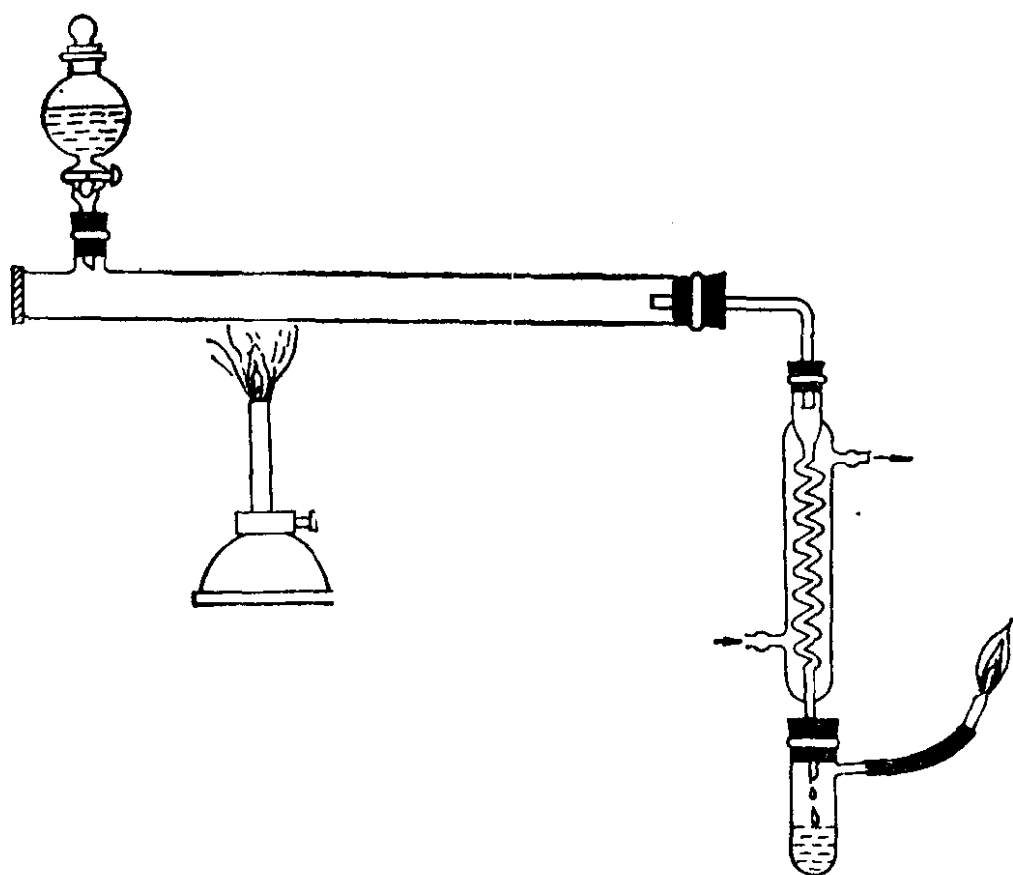


图 4 石油的裂化装置

分别鉴定裂化气及裂化液体的不饱和性。最后，可将裂化气直接点燃。

[注]

1. 利用裂化反应，可以提高汽油的产量和质量，但热裂化主要增加汽油的产量，对质量的提高并不理想。
2. 用两只喷灯加热可得到较好的效果，产生大量气体。
3. 柴油、煤油可预先用浓硫酸洗，再用高锰酸钾氧化去除杂有的不饱和烃。

实验 1-6 石油的催化裂化

石油在催化剂(工业上通常用硅酸铝，演示实验中用无水三氯化铝)的影响下可在较低的温度下裂化。不仅提高汽油产量，而且