

比对教学法解析与高分子相关的几组易混淆有机物

刘洪涛*

(武汉纺织大学材料科学与工程学院, 武汉 430073)

摘要:采用比对教学法,针对与高分子相关的互有联系而又有差异的几组有趣而又易混淆有机物(氨/铵/胺;酰胺/酰亚胺;氰/腈;酯/脂;蜡/石蜡/石蜡油),分别进行分析、区别、鉴赏、归纳,以促进初学者对其辨析异同、把握特征、掌握知识。

关键词:高分子化学; 有机化学; 比较教学

引言

人们常说:“有比较才有鉴别。”只有通过鉴别,才能从许多的假象中甄别出事物的本质规律^[1]。比对,即比较、对照。所谓比较法,就是把两种或两种以上互有联系而又有差异的知识,分别进行分析、区别、鉴赏、归纳,从而辨析异同、把握特征、掌握知识、培养能力的方法。对照,也称对比,就是把两种相差、相反、相关的事物,或同一事物相差、相反、相对的两个方面,放在一起加以比较,使之相反相成,以更鲜明地表现事物特征。除了语文教学,在高分子专业课程教学中,比对教学法也可以和有必要广泛使用。构造(constitution)、构型(configuration)、构象(conformation)三个概念的比对解析^[2],就是比对教学法应用的成功典范。作为系统、完整的学科体系,以化学为主要来源之一的高分子科学还很年轻,但却集结了化学、材料科学、物理学、数学、生命科学等众多学科的知识。这无形中部分削弱和分散了基础化学的地位,使得高分子专业学生对有机化学知识的掌握程度下降,进而造成专业课学习困难。本文结合笔者承担《高聚物合成》、《聚合物加工》、《高分子改性》等专业课程教学的经验,采用比对教学法解析与高分子相关的几组有趣而又易混淆有机物(氨/铵/胺;酰胺/酰亚胺;氰/腈;酯/脂;蜡/石蜡/石蜡油),供相关专业人员参考。

1 名称“外形”相似

常用《有机化学》教材一般按以下顺序分别介绍各类有机物:烷烃;烯烃、二烯烃;炔烃;脂环烃;芳香烃;卤代烃;醇、酚、醚、环氧;醛、酮、醌;羧酸、羧酸衍生物(酰卤、酸酐、酰胺、酯、油脂);含氮化合物(硝基化合物;胺;氰、腈;重氮、偶氮);杂环化合物;糖类;氨基酸、多肽、蛋白质;核酸;元素有机物。这其中许多与高聚物合成、加工、表征及性能研究密切相关,深刻认识和理解各类有机物对学习和研究高分子具有重要意义。但从课堂互动和学生作业情况看,有两类有机物掌握不够理想:一是名称“外形”相似,二是结构“外观”相似。

1.1 氨、铵、胺

对学化学的人来说,这三个字司空见惯。它们都含有氮原子,“外形”也相似,都有“安”字。但实际上三者涵义区别很大,甚至连读音音调也完全不同,其间区别与联系列于表1。

氨(ammonia, NH_3),音 ān,因其在常温下为气态分子,故命名为“气”字头的“氨”。氨基(amino, $-\text{NH}_2$),是与氨紧密联系的一个提法,而很少有“铵基”、“胺基”之说。氨基是有机化学中的基本碱基,所有含氨基的有机物都有一定碱的特性。典型的如氨基酸就含有氨基,有一定碱的特性。氨基还是一个活

收稿:2011-06-03; 修回:2011-07-06;

基金项目:湖北省教育科学“十二五”规划 2011 年度课题(2011B611);

作者简介:刘洪涛(1977—),男,博士,副教授,从事高分子专业教学与生物源纤维材料研究工作。E-mail: lht@wtu.edu.cn.

表 1 氨、铵、胺的区别与联系

Table 1 Difference and relation of ammonia, ammonium and amine

中英文名称	读音	特征	常用组词
氨/ammonia	ān	强调共价作用	氨气、液氨、氨水、氨基、氨基酸、聚氨酯
铵/ammonium	ǎn	强调离子作用	铵盐、季铵盐、铵根、铵离子、碳酸氢铵
胺/amine	àn	氨的氢取代衍生物	伯/仲/叔胺、乙二胺、(聚)酰(亚)胺、羟胺

性大、易被氧化的基团。在有机合成中需用易脱除的基团进行保护,如酸酐保护、苄基保护、叔丁氧羰基保护等。亚氨基(imino, $-\text{NH}-$ 或 $\text{HN}=\text{}$),是氨分子去掉两个氢原子后剩下的二价基团。当它与烃基相连时,组成仲胺。

铵(ammonium, NH_4^+),音 ǎn,是由氨分子与一个氢离子(质子)配位结合形成的正离子。是化学中一种阳性复根,也就是“铵离子”,亦称“铵根”。其化学性质类似于金属离子,故命名为有金属偏旁“钅”的“铵”。

胺(amine),音 àn,是氨的氢原子被取代后的衍生物。氨的一个、两个、三个氢原子被烃基取代后的生成物,分别称为伯胺(RNH_2)、仲胺(R_2NH)、叔胺(R_3N)。季铵盐可认为是铵根离子的四个氢都被取代的产物。亚胺(imine),是羰基上的氧原子被氮所取代后形成的一类有机物,结构通式为 $\text{R}_2\text{C}=\text{NR}'$,其中 R 和 R' 可以是烃基或氢。

氨、铵、胺三者在高分子中均有重要应用。工业上,为了得到合成聚丙烯腈(腈纶)所需的单体丙烯腈(丙烯氨氧化法)、合成聚己二酰己二胺(锦纶 66)所需的中间体己二腈(己二酸催化氨化法)^[3],都需要大量使用氨。人造纤维生产中,铵盐滴定法是检测粘胶熟成度的最普遍方法。而胺类本身就是许多大品种高聚物合成的主要单体之一,在加工固化中也广泛使用,如六亚甲基四胺固化酸法酚醛树脂、二元胺固化环氧树脂。

1.2 酰胺、酰亚胺

酰胺(amide),定义为 An amide is an organic compound that contains the functional group consisting of a carbonyl group linked to a nitrogen atom,即酰胺是含有由羰基与氮原子连接组成官能团的有机物,如图 1 所示。另外,肽(peptide)是酰胺之一,通常由两个或两个以上 α -氨基酸以肽键共价连接而成。聚酰胺(polyamide, PA)是含酰胺键的聚合物,常用制备方法有:内酰胺开环聚合、二胺与二酸缩聚、 ω -氨基酸自缩聚。

酰亚胺(imide)则被描述为:An imide is a functional group consisting of two carbonyl groups bound to nitrogen,即酰亚胺是由两个羰基与氮原子连接组成的官能团。一般由氨或伯胺与羧酸或酸酐反应制备。聚酰亚胺(polyimide, PI)是含酰亚胺的聚合物,通常由二酸酐与二胺反应制备。

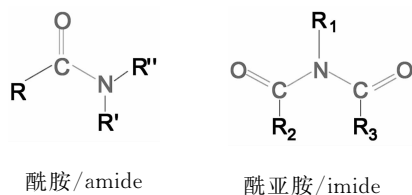


图 1 酰胺与酰亚胺的结构

Figure 1 Structure of amide and imide

1.3 氰、腈

学过高分子化学的人对腈应该很熟悉,而对氰字,因“三聚氰胺”事件,也不再陌生。含氮化合物氰与腈的“外形”也很相似,都有“青”字。但两者涵义有明显差异,读音音调也完全不同,由其衍生的名词复杂程度,与前组相比只有过之而无不及,其间区别与联系列于表 2。

氰(cyanogen),音 qín,是一种无色、可燃、带苦杏仁味的剧毒气体,分子式 $(\text{CN})_2$,化学性质与卤素相似,故称为拟卤素,化学活性位于氯之后溴之前。氰化物(结构可类比卤化物)具有令人生畏的毒性,其释放的氰根离子能在体内很快与细胞色素氧化酶中的三价铁离子结合而使组织不能利用氧,极少量摄入

后在极短时间内即可致人呈“电击样”死亡。采用亚硝酸盐-硫代硫酸钠治疗法,可使氰离子转变为低毒的硫氰酸盐而排出体外。而硫氰酸盐的水溶液正是丙烯腈溶液聚合和腈纶溶液纺丝的溶剂和介质,由此可缓解学生对学习高分子的恐慌情绪。

表 2 氰、腈及其衍生物的区别与联系
Table 2 Difference and relation of cyanogen,nitrile and their derivations

名称	结构式	常用组词或相关说明
氰/cyanogen	$\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$	氰气、氢氰酸、氰化钾、硫氰酸盐、三聚氰胺
(正)氰酸	$\text{N}\equiv\text{C}-\text{OH}$	水溶液中显极强酸性、挥发性、腐蚀性液体
(正)氰酸酯	$\text{N}\equiv\text{C}-\text{O}-\text{R}$	不稳定,易水解,易聚合、很难得到纯态物
异氰酸	$\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$	强烈乙酸气味的液体,与醇反应得异氰酸酯
(单)异氰酸酯	$\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$	用于制氨基甲酸酯类杀虫剂、杀菌剂、除草剂
二异氰酸酯	$\text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$	合成聚氨酯的主要原料之一、MDI、TDI
腈/nitrile	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	腈纶、(聚)丙烯腈 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ 、己二腈
异腈(胂)	$\text{R}-\text{N}^+\equiv\text{C}^-$	腈的同分异构体,如异氰基甲烷、乙腈

腈(nitrile),音 jīng,可看作是氢氰酸($\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$)分子中的氢原子被烃基取代后的生成物(结构可类比为卤代烃)。氰和腈的关系,就好比氯气和卤代烃的关系,由此消除陌生感。氰、腈及其衍生物在分子中也都有重要应用。除了前已述及的硫氰酸盐用于腈纶溶液纺丝之外,二异氰酸酯是聚氨酯合成的基本原料,而偶氮二异丁腈则是自由基聚合的最主要引发剂之一。其它相关衍生物结构与特征见表 2。

1.4 酯、脂

酯(ester),音 zhǐ,是由羧酸(或无机含氧酸)与醇(酚)反应脱水而生成的一类羧酸衍生物。酯还可由酰卤或酸酐与醇(酚)反应,或由羧酸盐与卤代烃反应制得。如聚酯纤维(涤纶)由对苯二甲酸与乙二醇缩聚而成,聚碳酸酯由双酚 A 钠盐与光气界面缩聚制得。

脂,音 zhī,其主要成分一般是含偶数碳原子的高级脂肪酸的甘油酯。习惯上把常温为液态的叫做油(oil),固态或半固态的叫做脂(脂肪,fat)。油的主要成分是不饱和脂肪酸的甘油酯。脂的主要成分饱和脂肪酸的甘油酯^[4]。由此可见,“脂”是一种特殊的“酯”。表 3 列出了酯、脂的区别与联系。

表 3 酯、脂的区别与联系
Table 3 Difference and relation of ester and fat

中英文名称	读音	特征	常用组词
酯/ester	zhǐ	羧基与羟基缩合产物	聚酯、聚碳酸酯、不饱和聚酯、聚氨酯
脂/fat	zhī	高级脂肪酸的甘油酯	油脂、脂肪、树脂、润滑油、民脂民膏

1.5 蜡、石蜡、石蜡油

蜡(wax)的主要成分一般是含有偶数碳原子的高级脂肪酸与高级一元醇所组成的酯。如蜂蜡的主要成分是十六酸三十醇酯(棕榈酸鲸蜡酯) $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOC}_{30}\text{H}_{61}$ 。蜡水解可得到相应的醇和酸,即蜡具有酯的属性。工业上蜡用于制造蜡烛、软膏等^[4]。

石蜡(paraffin wax)是一种白色固体(含杂质的为黄色),其主要组分是碳原子数为 22~36 的直链烷烃,溶于苯、氯仿、四氯化碳等非极性溶剂,而不溶于水、甲醇等极性溶剂。

石蜡油(paraffin oil),即液体石蜡(liquid paraffin),是一种无色透明油状液体,其主要组分是碳原子数为 16~20 的正构烷烃,不溶于水、甘油,溶于苯、乙醚。

以上是从有机化学角度进行的界定,而实际上蜡本身原是指从蜜蜂巢中取得的天然物质,即蜂蜡。后来在植物和矿物中也发现了外观和物理性质与蜡相似的物质,不管它的化学组成如何,也都称为蜡^[5]。因此也模糊了三者界限,其间区别与联系列于表 4。

2 结构“外观”相似及其它

除了上述几组名称“外形”相似的有机物之外,在历届学生作业中,都或多或少出现了结构“外观”

表 4 蜡、石蜡、石蜡油的区别与联系

Table 4 Difference and relation of wax, paraffin wax and paraffin oil

中英文名称	主要组分	主要用途
蜡/wax	高级脂肪酸酯	蜡烛、蜡纸、润滑脂、纺织品防污、减少毛羽
石蜡/paraffin wax	C ₂₂ ~C ₃₆ 直链烷烃	密封材料、增塑分散剂、光亮剂、防水防锈
石蜡油/paraffin oil	C ₁₆ ~C ₂₀ 正构烷烃	橡胶加工助剂、护肤品、导泻剂、钠存储介质

相似聚合物的模糊不清、张冠李戴。名称“聚酯”写成“聚脂”，虽然造成了不必要的错乱，但还能判断其意图。结构写错了，那就只能判错了。比如聚甲基丙烯酸甲酯、聚醋酸乙烯都属于典型乙烯基单体的自由基聚合产物，在其取代基部分的结构“外观”比较相似，总有几个同学会写反。此类错误就明显反映出有机基础不够扎实。比较容易混淆的类似例子还有都含有一N=N—基团的重氮(diazo)、偶氮(azo)，都含有葡萄糖单元的纤维素和直链淀粉等。另外，高分子教学还会接触到一些相对生僻的有机物如“脞(音 wò)”、“甾(音 zāi)”等。合成聚己内酰胺(锦纶 6)所需的单体己内酰胺是中间体环己酮脞的重排产物，羽绒纤维具有超强疏水性是因其表面含甾醇^[6]。

3 结语

人们认识事物总是从毫无所知或知之不多再到知之甚多，继而到游刃有余，这其中要学会鉴别才会少走弯路。针对高分子材料与工程专业课程教学中遇到的几组具有代表性的易混淆有机物，全文主要以高分子纤维材料(含天然、合成与人造纤维)知识体系为背景，对其进行了系统总结和比对分析，以有助于初学者不再模棱两可、不再只知其然而不知其所以然。当然，要提高实际应用能力，还需长期的“产-学-研-教”相结合的实践锻炼。

参考文献：

- [1] 程远刚. 语文教学与研究, 2007, (11): 31.
- [2] 贺昌城. 高分子通报, 2008, (9): 61~64.
- [3] 马源, 禹保卫, 张海岩. 河南化工, 2007, 24(8): 4~6.
- [4] 徐寿昌. 有机化学(第二版). 北京: 高等教育出版社, 1995, 340.
- [5] 周长江. 化工之友, 1999, (4): 10~11.
- [6] 金阳, 李益民, 李薇雅. 纺织学报, 2003, 24(5): 41~42.

Term Interpretation for Some Confusable Polymer-related Organic Compounds Using Comparative Teaching Method

LIU Hong-tao

(School of Material Science & Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China)

Abstract: By using comparative teaching method, several groups of interesting but confusable polymer-related organic compounds, including ammonia/ammonium/amine, amide/imide, cyanogen/nitrile, ester/fat, and wax/paraffin wax/paraffin oil, were analyzed, distinguished, appreciated, and summarized, so as to help the beginners to discriminate and understand their characteristics.

Key words: Polymer chemistry; Organic chemistry; Comparative teaching