



**苏联大百科全书选译**

**苯·芳香族化合物·  
石油的芳构化**

**石油工业出版社**

統一書号: 17037·5

苯·芳香族化合物·石油的芳構化

\*

石油工業出版社出版 (社址: 北京六師航石油工業部十號樓)

北京市書刊出版業營業登記證出字第083号

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

\*

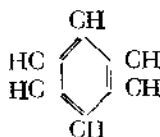
787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 \* 印張 $\frac{11}{8}$  \* 11千字 \* 印1—2,600册

1956年5月北京第1版第1次印刷

定價(10) 1角2分

**苯**<sup>①</sup> 或称环己三烯  $C_6H_6$  是芳香族化合物其中包括芳香烃  $C_nH_{2n-6}$  的最簡單的代表(見“芳香族化合物”条)。苯是一种無色、能流動、能揮發並具有特殊氣味的可燃液体。它的沸點  $t_{кип.}$  为  $80.1^{\circ}C$  (在 760 毫米汞柱的压力下); 融點  $t_m$  为  $5.5^{\circ}C$ ; 比重  $d_4^{20}=0.8794$ ; 折光指數  $n_D^{20}=1.50110$ 。苯燃燒時生出帶濃煙的火焰。苯的蒸汽与空气混合即生成爆炸性的混合体; 苯的着火限度为含苯量 1.5~5.6%。苯与烃類(汽油、煤油、潤滑油、松節油)能以任何比例相混合; 苯难溶於水(在  $22^{\circ}C$  時, 1 仟克水能溶解 0.66 克苯; 1 仟克苯能溶解 1.86 克水), 不溶於甘油; 苯能溶解脂肪、橡膠、膠質(瀝青油)及其他有机物質, 也能溶解硫磺、磷及碘。

苯是英國科学家法拉第在 1825 年在照明煤气中所發現的。它的名称是因为最先曾用乾餾得到了純态的苯甲酸的鈣鹽而獲得的(見苏联大百科全书“苯甲酸”条)。德國化学家凱庫列在 1865 年研究出了苯的結構式, 其形狀为由六个碳原子所組成的一個环, 其中有三个碳原子是單鍵; 有三个是双鍵:



也曾經提出过其他的苯的結構式, 但这些結構式都未曾得到普遍的承認。

① 原文“Бензол”及“Бензон”均譯为“苯”。——譯者

在石油中是含有少量的苯的。這一點最先由俄國化學家 Ф. Ф. 貝依爾什金和 А. А. 庫爾巴托夫在 1880 年所指明過。在苯的實驗室製法中，法國化學家貝爾特洛在 1866 年利用將乙炔加熱到  $550\sim 600^{\circ}\text{C}$  所實行的苯的合成，在化學史上是具有重大意義的。依靠這個合成曾經決定了脂肪系化合物與芳香系化合物之間的關係。

工業上製取苯和其他許多最簡單的芳香烴（甲苯、二甲苯）的來源，在最初幾乎只有煤煉焦和造氣工廠進行乾餾所得的產品。當煤在煉焦爐中強烈加熱時，得出焦炭、氣體和煤焦油。有一小部分苯留在煤焦油中。大部分苯，因為它有揮發性，都逸到氣體中去了。用吸收劑（煤焦油中的高沸點餾分或石油）在吸收塔中或用固體吸附劑（活性炭、矽膠、礬土）在吸附塔中將苯從氣體中回收下來。將被苯所飽和了的吸收劑在精餾塔中蒸餾，即得粗苯，在此粗苯中摻入最先從煤焦油中所蒸出來的輕餾分。

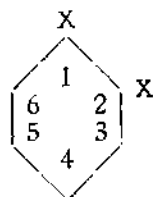
為了除去粗苯中所隨帶的不飽和烴和其他雜質，乃將粗苯用硫酸和鹼處理並再在蒸餾塔中進行蒸餾；再用多次蒸餾，有時或用再結晶的辦法將苯最終地進行精製——應用最先由我國<sup>①</sup>科學家所發明的許多方法，也能從石油中大量地製得苯和其他最簡單的芳香烴。А. А. 列特尼在 1878 年曾經發現在將石油高沸點餾分在  $600\sim 700^{\circ}\text{C}$  下加熱（見“石油的結構化”條）所得的汽油中含有許多芳香烴。在高溫熱分解時所生成的氣體和焦油，為了製得粗苯，也如上所示，同樣地進行處理。Н. Б. 謝林斯基曾經指明：苯可以由石油中所含的環己烷經催化脫氫而得（見大百科全書“催化反應”條）。蘇聯化學家（В. А. 喀桑斯

① “我國”係指俄國。——譯者

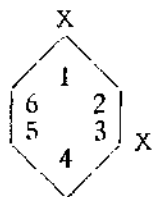
基、A. Ф. 布拉傑、B. Л. 莫尔達夫斯基、B. И. 加尔H夫等) 在 1936 年發明了从帶開鏈碳原子的脂肪族烴中用催化反应的方法製得苯和其他的芳香烴。上述兩種反应为工業上从石油中製取苯的方法奠定了基礎。H. Д. 謝林斯基和 B. A. 喀桑斯基曾經確定：將乙炔通过加熱了的活性碳時，可以得到產率很高的苯： $3C_2H_2 = C_6H_6$ 。

苯(和其他芳香烴)的特點是对溫度的作用很穩定：苯易被濃硝酸与濃硫酸的混合物(硝化混合物)所硝化並易被發煙硫酸所磺化；当硝酸作用於苯時，得到硝化苯(見苏联大百科全書“硝化苯”条) $C_6H_5NO_2$ 。硝化苯是有机化学工業的一个主要產品。H. H. 齐寧在 1842 年所發明的將硝化苯还原成苯胺(見苏联大百科全書“苯胺”条) $C_6H_5NH_2$ 的方法曾經是工業有机合成蓬勃發展的起點。这种發展引起了对苯和其他芳香烴的大量需要。將硫酸作用於苯即得到一种重要的工業產品——磺酸苯 $C_6H_5SO_3H$ 。由磺酸苯可以製得酚 $C_6H_5OH$ (石碳酸)。

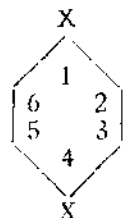
当苯分子中的兩個氢原子被其他原子或原子团所取代時可得具有三个異構体(見苏联大百科全書“異構化机理”条)的化合物，其名称为：鄰位異構体，如取代物处於相鄰的位置；間位異構体，如取代物的位置祇相隔了一个碳原子；对位異構体，如取代物位於相对的碳原子上。这些異構体的結構式示於附圖。圖中苯核以一个六角形的环來表示而碳原子用數字 1 至 6 來代表。



鄰位異構体



間位異構体



对位異構体

例如，二硝基苯  $C_6H_4(NO_2)_2$  有三个異構体：鄰位二硝基苯(1, 2 或 1, 6)、間位二硝基苯(1, 3 或 1, 5)和对位二硝基苯(1, 4)。当三个取代体完全相同時所得出的苯的三元取代衍生物，只能有三个異構体，即 1, 2, 3(鄰位異構体)；1, 2, 4(不对称異構体)和 1, 3, 5(对称異構体)。如果三个取代体中有两个相同，那末苯的三元取代衍生物的異構体数目为 6 个而当三个取代体都不相同時則为 10 个。所有这些从理論上所預計出來的異構体在实际上都得出。

苯是生產染料、炸藥、藥劑、香料的重要原料。但大部分苯則是送去製造發動機燃料的；摻入苯可使發動機燃料的抗爆性增加。苯在工業上也用作溶剂。

当人們在通風不良的生產廠房吸入含於空气中的苯蒸汽時，會發生中毒。急性中毒時呈現一般的虛弱現象、動作失去協調、萎黃病(呼吸緊促)；慢性中毒時發生貧血，紅血球与白血球大大減少。防止受苯蒸汽中毒最好的办法是对生產廠房進行良好的通風。預防中毒乃是衛生醫療勞動保護工作所应經常關心到的一件事情。

## 参考書目\*

Б. Н. 門舒特金著，炭环化合物，1926 年列寧格勒版。

А. Е. 契契巴賓著，有机化学的基本開端，第 1~2 冊，1932 年莫斯科第四版。

Л. 菲塞及 М. 菲塞著，有机化学，英文原本的俄文譯本，1919 年莫斯科第一版。

原名: Бензол

譯者: 孫 巨

譯自“苏联大百科全书”第二版第四卷

**石油的芳構化** 是石油或石油產品的一種化學加工過程，其目的是大量增加石油或石油產品中具有閉環結構的芳香烴（見“芳香族化合物”條）——苯、甲苯等的含量。此時，有着雙重的目的：1）改善作為發動機燃料的汽油的質量（隨着芳香烴含量的增加，汽油的抗爆性也因之加強。使用這種汽油可以使在加壓下進油操作的發動機獲得較高的壓縮比，因而使發動機的效率增高）；2）獲得為各種不同的工業合成（染料、塑料、炸藥等的合成）所用的芳香烴。

許多卓越的俄國化學家在研究石油的組成方面作了許多工作。還在十九世紀七十年代，Д. И. 門捷列夫就指出過不允許將石油祇用做發動機燃料，因為石油是一個豐富的化學原料的來源。隨後，Ф. Ф. 貝依爾什金及 А. А. 庫爾拜多夫的研究工作（1883 年），特別是 В. В. 馬爾柯夫尼柯夫和 В. H. 奧格洛勃林的系統性研究（1883 年），曾經確定了石油的複雜成分和存在於其中的芳香烴。石油中芳香烴的含量，不論對於顯著地改善作為發動機燃料的汽油的質量以及對於將芳香烴經濟地提取出來以期利用為化學原料來說，都是顯得不足的（見蘇聯百科全書“石油”<sup>①</sup>條）。

石油芳構化方法是俄國化學家與工程師所發明並使之進一步發展的。還在 1877 年，А. А. 列特尼（見蘇聯大百科全書“A. А. 列特尼”條）就指出過：當將石油及石油殘渣通過灼熱的鋼管時，能生成苯、甲苯、二甲苯及其他芳香烴。在 1895 年，

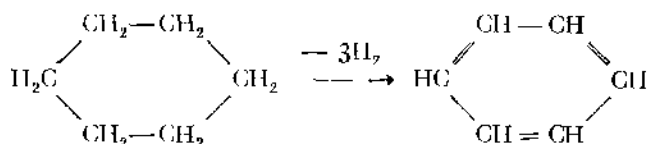
---

①“石油、汽油、石油煉制”石油工業出版社，1956 年。

工程師 A. H. 尼基福羅夫在 H. Д. 謝林斯基的實驗室中發現了高壓能促成石油芳構化的現象；他做了一個芳構化用的爐子並獲得了專利權。石油芳構化最先在俄國獲得了廣泛的工業應用（1915~1917年），那時正是第一次世界大戰時期，國家對生產炸藥所用的甲苯極感缺乏。也曾經利用過石油的高溫裂化（高溫熱分解）來製得芳香烴。卓越的蘇聯化學家 H. Д. 謝林斯基（見蘇聯大百科全書“H. Д. 謝林斯基”條）和他的許多學生在發明石油芳構化這個方法中有着特殊的功蹟。H. Д. 謝林斯基將他四十年的活動貢獻給了這個工作。

工業上石油芳構化的主要方法是石油的高溫熱分解。這種熱分解是將石油在磚砌的爐子中或在特殊的爐子（發生爐）中，在 700°C 下加熱而進行的。所得的熱分解汽油或熱分解苯含有 50% 的純苯。在爐子中所生成的焦炭，週期性地燒掉。

在 1911~1912 年 H. Д. 謝林斯基發明了一個石油芳構化的新方法，這個方法是將六員環烷烴或所謂氫化芳香烴（見蘇聯百科全書中“環烷烴”條）藉催化脫氫（奪去氫）（見蘇聯大百科全書“脫氫”條）而成芳香烴。例如，將環己烷在 300°C 下通過鉑催化劑時，就放出氫氣而生成苯：

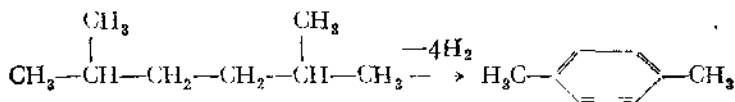


H. Д. 謝林斯基和他的學生（B. A. 喀桑斯基、Ю. К. 尤列克、Н. И. 舒依金、А. Ф. 普拉傑和其他等人）利用其他的烴類和各種不同的催化劑在這方面所作的進一步的研究工作促成了對石油中烴類的研究的進一步發展並搞清了這樣一個石油芳構化方



法应用於工業上的实际可能性。

在 1936 年，苏联化学家 В. Л. 莫尔達夫斯基和 Г. Д. 加姆曉尔，В. А. 喀桑斯基和 А. Ф. 普拉傑，В. И. 加尔日夫、М. Г. 西維爾揚諾夫和 А. Н. 西奧夫同時在三个不同的實驗室中發明了石油中具有直鏈的烴類催化环化成为芳香烴的方法。此法在最簡單的場合下可以用二異丁基轉化(脫去 8 个氢原子)成对位二甲苯的反应來表示：



这个方法为石油的芳構化和製得作为宝贵的化学工業原料用的芳香烴開闢了一條新的道路。

## 参考書目

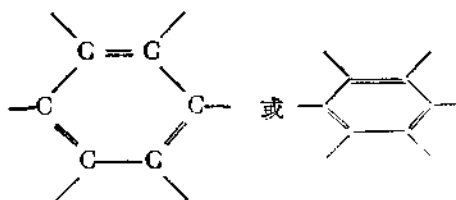
- В. В. 馬尔柯夫尼柯夫和 В. Н. 奥格洛勃林，高加索石油的研究，1883 聖彼得堡第一版。
- А. А. 列特尼，高溫对石油的影响，聖彼得堡工藝學院通信，1878 年。
- Н. Д. 謝林斯基，論文选集，第 1~2 冊，1941 年莫斯科第一版。
- С. С. 納苗特金，石油化学，1939 年莫斯科第 2 版。
- В. А. 喀桑斯基 (及其他等人)，石蜡族烴的接觸环化，苏联科学院院報，新版，1940 年，第 27 冊。
- А. Ф. 普拉傑，石蜡族烴的催化环化，1948 年莫斯科第一版。

原名：Ароматизация нефти

譯者：孫 巨

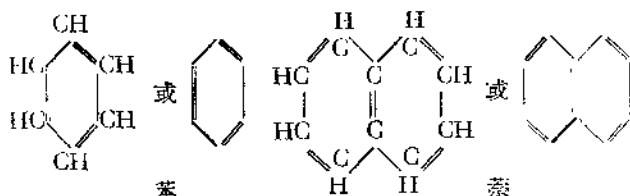
譯自“苏联大百科全书”第二版第三卷

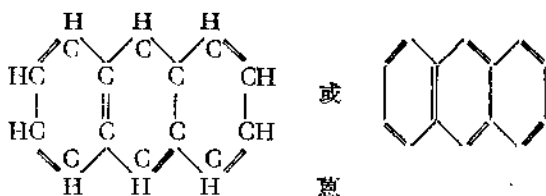
**芳香族化合物** 是最重要和最普遍的有机化合物中的一种，屬於等环或碳环化合物一類，在其分子中有一个或數个由碳原子所組成的环之分別。芳香族化合物的化学結構特點是它們含有由六个碳原子所組成的特殊的环組，这六个碳原子是依次交替地藉單鍵及双鍵相互联接起來的。这样的环組叫做苯核：



在苯核中有由三个共軛双鍵所組成的閉合系統，乃使該組物質具有所謂芳香族的性質，也就是使芳香族化合物与饱和的和不饱和的脂肪族化合物及開鏈化合物所具有顯著不同的那些性質。

苯， $C_6H_6$  是最簡單的純粹的芳香族化合物。比較複雜的芳香族化合物的分子中含有幾個相互綜合起來的苯核；例如萘  $C_{10}H_8$ ，蒽  $C_{14}H_{10}$  及其他許多芳香族化合物。





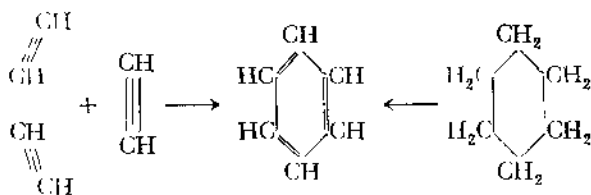
芳香族化合物名称的产生是因为在以前属于这一类化合物中的有各种不同的具有香味的天然物质（植物油脂、香油、香膠等）。后来在这一类化合物中也开始包括从上述天然产物中所得出的化学上的单体物质，例如从苯膠中所得的苯，从含甲苯的香油中所得的甲苯。現時，“芳香族化合物”这一名称已经失去它原来的意义了，因为在各种不同类别的有机化合物中都有具有香味的物质，而大部分芳香族化合物却是不香的或者是根本没有气味的。

从十九世纪中叶开始，芳香族化合物化学开始迅速发展，而这一类物质也开始广泛应用于工业及实验室操作中。在大批的、把他们自己的活动贡献于研究芳香族化合物的化学家中，俄国的科学家起了先进的作用。

下列的许多研究工作乃是标志芳香族化合物化学发展的主要阶段：A. A. 伏斯克列辛斯基关于确定苯的元素组成和关于制得苯醌之研究（1838 年）；H. H. 济寧对芳香族硝化物还原之研究（1842—1845 年）；Ю. Ф. 弗里茨基关于芳香烃的苦味酸鹽的研究（1857 年）；Г. Г. 古斯塔夫遜关于铝的氯化物对芳香烃的作用之研究（1854 年）；H. Д. 謝林斯基关于石油的裂化芳构化（見“石油芳构化”条）及环烷烃之催化芳构化之研究（1912—1917 年）。在十九世纪六十年代初，A. M. 布特列洛夫創立了經典性的有机化合物結構理論之後，德國化学家凱庫列在 1865 年提出了苯及其衍生物之分子結構理論。这个理論

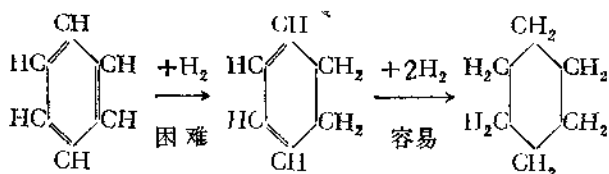
直到現在幾乎還沒有過變動。這個理論是：在苯的分子中假定有帶交替的單鍵與雙鍵碳原子的六員環存在。俄國化學家 Ф. Ф. 貝依爾什金在苯的取代衍生物方面的綜合性的研究工作（從 1866 年到 1880 年）促使了這個理論的鞏固。

芳香族化合物作為含有一個或幾個苯核物質的結構可由下列各點來証實：乙炔  $C_2H_2$  在  $650^{\circ}C$  下在活性炭存在下很容易轉化為苯（Н. Д. 謝林斯基）。另一方面，從環己烷分出三個氫分子（脫氫）也得到苯。



當苯及其衍生物氧化裂化時所生成的物質，其分子結構常常相應於原芳香族化合物的結構。人們常用這個反應來確定複雜的芳香族化合物的分子結構。芳香族化合物在一方面，具有為所有的有機化合物所共有的化學反應（尤其是大部分官能團的化學反應），而在另一方面，也具有許多獨特的性質。茲將這些特性中的最重要的列述如下。

1) 在雙鍵（是不飽和物的特點）上的加成反應，對芳香族化合物來說通常是進行得很慢的。例如氫加在苯核上使之生成環己烷的反應很難進行。苯核穩定的原因，無疑地是由於有閉合的共軛雙鍵存在的緣故，因為所有的加上二個氫原子後的產物，即衍生成二氫化苯，所進行的反應是與一般不飽和化合物所進行的一樣的。



在天然日光或明亮的人造日光下，鹵素很容易加在雙鍵上，但反應產物通常是不穩定的，在加熱時將分離出鹵化氫來。當氯作用於苯時得到六氯環己烷  $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$  各旋光性異構體的混合物，其中有一個，如所週知，乃是強烈的殺蟲劑（見蘇聯大百科全書“環己烷”條）。

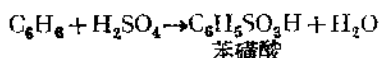
2) 苯與脂肪族化合物不同，對氧化劑特別是對稀硝酸、鉻酸及高錳酸鹽是很穩定的。但是含羥基或胺基的苯的衍生物及比較複雜的芳香族化合物則相當容易發生氧化。

3) 鹵素除了在芳香族化合物的雙鍵上的加成反應以外，還可以取代氫原子。此時，根據反應條件的不同，鹵素或者是聯在苯核上或者是聯在它的脂肪族側鏈上（Ф. Ф. 邦達林柯，1866 年）。在低溫和有催化劑存在下，鹵素通常是跑到苯核上去；反之，在高溫和有光綫的作用下則有利於進行鹵素跑到脂肪族側鏈上去的反應。在芳香族化合物中苯核上的鹵素原子對反應是很不活躍的，要進行取代反應是很困難的；而在側鏈上的鹵素原子在許多場合下甚至比在飽和烴中的鹵素原子還要活躍。應該指出：聯在苯核上的許多其他的原子或原子團也具有芳香族的特性，就是說，它們的特性與相應的脂肪系中的取代物多少是不同的。例如，酚（芳香族化合物的氧衍生物）的酸性比醇的酸性大而硝基酚在這方面甚至接近於羧酸；芳香胺類的鹼性比脂肪胺類的鹼性弱得多；反之，芳香酸類的酸性則比脂肪族酸類的酸性强得多。

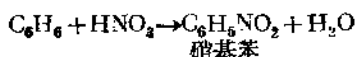
4) 当將第二个取代物引入苯核中去的時候，在苯的場合下，可以生成三个二元取代衍生的異構体，称为：鄰位-、間位-或對位-衍生物。在鄰位衍生物中，取代物位於二个相鄰的碳原子上；在間位衍生物中，取代物位於被一个未被取代的碳原子所隔開的二个碳原子上而在對位衍生物中，取代物位於苯核中相對的二个碳原子上。名詞“鄰位”、“間位”和“對位”也可以用俄文字母 *o-*, *m-* 和 *p-* 或者用拉丁字母 *o-*, *m-*, *p-* 來表示。應該考慮到，在苯核中的雙鍵是不能視為嚴格固定在一个位置上的；否則在苯的二元取代衍生物中的碳原子的意义就不会相同了，因而也就得有二个雙鍵位置不同的鄰位異構体和間位異構体了，但实际上这是沒有的。

在苯核中引入第二个取代物的位置取決於第一个取代物的特性，第一个取代物对第二个取代物產生所謂定向的或定位的影响。通常，有一些取代物的定位是跑到鄰位和對位上去的，而另一些取代物的定位則是跑到間位上去的。这种特性的規律要經過試驗才能決定（見苏联大百科全書“在苯中取代時的定位規則”条）。

5) 濃硫酸和濃硝酸对芳香族化合物的作用是特別的。与濃硫酸或發煙硫酸之作用（磺化）導致芳香磺酸之生成，此時在苯核中可引入一个或幾個磺酸基， $-\text{SO}_3\text{H}$ ，例如：



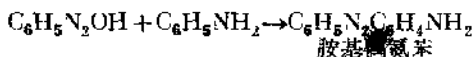
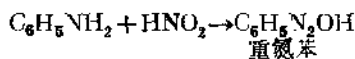
当苯受濃硝酸或濃硫酸与濃硝酸之混合物作用的時候，發生硝化作用，其結果生成硝基苯，例如：



这两种反应都廣泛应用於化学工業中。

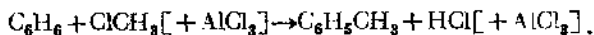
6) 亞硝酸对芳香胺之作用（重氮化作用）導致所謂重氮化合

物的生成，重氮化合物也能与酚或芳香胺相结合，结果生成强烈着色的偶氮化合物（见苏联百科全书“偶氮化合物”条）。例如，亚硝酸作用于苯胺时生成重氮苯，重氮苯能与苯胺起作用生出胺基偶氮苯。

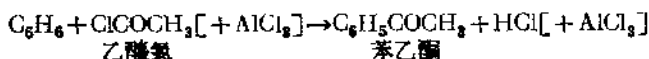


这些反应对芳香族化合物来说是典型的反应，在生色偶氮染料（见苏联大百科全书“偶氮染料”条）中以及其他的化学过程中都具有极重大的意义。脂肪族胺类受亚硝酸作用时生不出重氮化合物而是转化为相应的醇类。

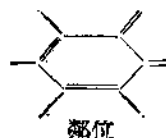
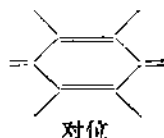
7) 弗里特-克拉夫茨反应，更正确的说是弗里特-克拉夫茨-古斯塔夫逊反应（因为俄国化学家 Г. Г. 古斯塔夫逊在这方面作过综合性的原始研究工作），在芳香族化合物化学中具有重大的意义。这个反应（仅指对芳香族化合物而言）是指芳香族化合物与其他有机化合物，主要是与卤素衍生物在铝的卤化物存在下互相起作用。这个反应有两类，一类是导致烃类之生成，这类反应要求采用少量的铝盐，在铝盐的作用下芳香烃与烃基的卤素取代物相缩合而放出卤化氢，例如：



在另一类的场合下酯或酸酐在等分子量的铝盐存在下作用于芳香烃而生成相应的酮：



8) 在一定条件下，首先是在氧化时，某些芳香族化合物是这样变化的：苯核转化为带有所谓苯醌结构的环。苯醌结构有对位与邻位之分，可用下列示意结构式来表示：



間位的苯醌化合物是沒有的。苯醌化合物具有一些特點，在這些特點中最典型的是它的強烈的顏色，因此這些結構在許多合成和天然染料化學中起着重大的作用。

9) 芳香族化合物，特別是帶有縮合苯核的芳香族化合物具有與硝基衍生物，尤其是與苦味酸生成絡合物的能力。這些絡合物稱為苦味酸鹽。他們有時在實驗室條件下用來証實或淨化適當的烴類。蘇聯化學家 H. H. 葉菲列諾夫曾經對芳香烴的苦味酸鹽及其衍生物作過綜合性的研究。

芳香族化合物廣泛應用於許多有機化學工業的生產中。各種不同的芳香族化合物在苯胺染料和化學藥物工業中用作為原料；酚是生產某些種類的塑料所必需的；大量的芳香族化合物，主要是苯、甲苯、二甲苯及萘用於炸藥之生產上、用於油漆顏料工業以及用來製造現代化的特种發動機燃料。

在第一次世界大戰以前，獲得芳香族化合物的來源幾乎祇有在煤煉焦時所得出的煤焦油。當時也曾經從某些含有少量芳香烴的石油中得到過少量的芳香族化合物。但在戰爭時期對芳香烴的爭奪，特別是对生產三硝基甲苯所需的甲苯之爭奪大大地變得厲害了。這種情況以及苯胺染料、化學藥劑及其他工業的迅速上升以及對於特种發動機燃料要求的提高就促使人們去找尋新的獲得芳香族化合物之來源。蘇聯科學家首先發現了這個來源。H. Д. 謝林斯基曾經指出過芳香烴可以藉石油高溫裂化並將其產品分餾而得到；某些金屬的氧化物能促進這個過程之進行。在 1936 年，蘇聯化學家 Б. Л. 莫爾達夫斯基和 Г. Д.



加姆曉尔、B. A. 喀桑斯基和 A. Ф. 普拉傑、B. И. 加尔日夫、M. Г. 西維良諾夫和 A. H. 西奧夫發明了一個新的石腊經的催化芳構化反應。於是，石油就變成了一個新的獲得芳香經的豐富的源泉。在許多動植物的機體中也有許多芳香經存在，但是這一類型的原料只有在用合成法製造這些複雜的芳香族化合物為不合宜的場合下才有意义。

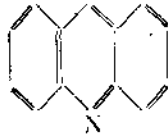
以上所述述的芳香族化合物的特點和性質對某些在分子中具有共軛雙鍵的閉合系統的雜環化合物來說也或多或少地存在着。屬於這一類化合物的有氮雜苯、氮雜萘、(夾)-氮雜蒽等。



氮雜苯



氮雜萘



(夾)-氮雜蒽

對於現代化的芳香族化合物的分子結構理論在一些專門的參考書中有記載。這些理論都以在分子的電子結構方面所達到的成就和以量子力學上所得出的結論為基礎。

## 參考書目

- A. E. 阿尔布卓夫著，俄國有機化學發展簡況，1948年莫斯科第一版。
- B. H. 門舒特金著，碳環化合物，1926年列寧格勒第一版。
- Э. 弗羅勃列夫斯基著，關於芳香族化合物分子結構的凱庫列定理及其驗證，1876年聖彼得堡第一版。
- A. Ф. 普拉傑著，石腊族經的催化芳構化，1948年莫斯科第一版。
- П. 加列尔著 B. M. 麥其奧諾夫校訂，有機化學，德文原本俄譯本，1938年莫斯科第一版。

原名：Ароматические соединения

譯者：孫 巨

譯自“蘇聯大百科全書”第二版第三卷