

第一章 化学与环境

1.1 化学的误区——环境污染

一般认为，当代世界各国面临的重大社会问题集中在粮食、能源、人口、资源和环境五个方面。其中环境问题主要是由于人类社会迅速发展而引起的，它是人类社会现代化进程中必然会出现、又必须加以妥善解决的课题。如今，全世界的人们都深切感受到环境的压力——环境污染不分国界、种族、文化、意识形态。从 20 世纪 50 年代出现的震惊世界的八大污染事故到 80 年代的重大恶性环境事件，以致近年来世人关注的酸雨、臭氧层耗蚀、温室效应等全球性环境问题，无一不是由化学物质及其变化造成的。从全球看人们普遍关注着以下几个问题：(1) 大气污染；(2) 臭氧耗蚀；(3) 全球变暖；(4) 海洋污染；(5) 淡水资源紧缺和污染；(6) 土地退化和沙漠化；(7) 森林锐减；(8) 生物多样性减少；(9) 环境公害；(10) 有毒化学品和危险废弃物。其中七个直接与化学相关 (1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(9)、(10))。另三个问题间接和化学有关，如森林锐减的原因之一是酸雨的危害。

1.1.1 大气污染

燃料的燃烧是造成大气污染的主要原因。人类生活和工业生产技术的现代化，使燃料用量大幅度上升，从而造成对大气的污染日趋严重；随着交通运输业的发展，都市中大量汽车的排气也对环境造成了严重污染；另外，大气中还有来自工业生产的其他污染物。农业方面，由于各种农药的喷洒而造成的大气污染也是不可忽视的问题。大气污染

对建筑、树木、道路和工业设备等都有危害，对人体健康的危害也日益明显。

1.1.1.1 汽车尾气

汽车是现代重要的交通工具，随着汽车数量的激增，汽车尾气造成的环境污染也日益严重。20 世纪 40 年代初，美国洛杉矶市 250 多万辆汽车向大气排放含碳氢化合物、氮氧化合物和一氧化碳等废气，在阳光作用下形成以臭氧为主的光化学烟雾。造成许多人眼睛红肿，咽喉发炎，乃至思维混乱和肺水肿，两天内死亡 400 多人。20 世纪 70 年代初日本东京及附近地区也曾数次发生此类事件，受害者达 7 万多人。

汽车尾气中 CO 占首位；CO 浓度低时，会使人慢性中毒，浓度高时，会导致窒息死亡。尾气中的氮氧化合物既有害于人体健康，还会腐蚀建筑物，并能导致形成酸雨和光化学烟雾，被列为大气中的重要污染物。汽车尾气中的烃类污染物对自然界的危害，主要是破坏了生态系统的正常循环，还诱发产生光化学烟雾。尾气中的含铅有机化合物是引起急性精神性病症的剧毒物质，可在人体中不断积累，并造成贫血等中毒症状。而硫化物会引起肺部组织障碍，浓度高会致人呼吸困难和死亡。

1.1.1.2 温室效应

英国气象局局长彼得·尤因斯和美国国家海洋气象局局长詹姆斯·贝克发表联合声明，向世界发出严重气象警告：全球变暖正在迅速改变世界的气候。他们指出，即将过去的十年是自 1659 年开始记录气象以来北半球最暖的十年。从米奇颶风到委内瑞拉灾难性的洪水和泥石流都是由于极端气候条件造成的，并与全球气候变暖密切相关。两位气象学家指出，自 1976 年以来，人为造成地球变暖的速率是每十年大约增加 0.2°C 。由于气候明显变暖，近年大西洋形成了比以往要多得多的风暴。除了人类造成的温室效应，排放的工业有害气体如二氧化碳、汽车尾气和使用农药等因素外，他们无法找出其他任何原因来解释地球变暖。

由于温室效应， CO_2 的积累会使地球表面温度升高。据估算， CO_2

浓度每增加 10% 地表温度将升高 $0.3\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 。虽然温度增加不多，但有可能使极地冰冠融化，海平面上升，导致某些陆地淹没。

温室效应的加剧会对气候、人类健康及生态环境等多方面带来影响。地表升温会使更多的冰雪融化，反射回宇宙的阳光减少，极地更加变暖，降雨量发生变化。变暖的条件有利于病菌、霉菌和有毒物质生长，导致食物受污染或变质。因此，气候变暖将引起全球疾病的流行，严重威胁人类健康。

1.1.2 水污染

水污染主要指由于人类的各种活动排放的污染物进入河流、湖泊、海洋或地下水等水体中，使水体的物理、化学性质发生变化，从而降低了水体的使用价值。

近年来，石油对水体的污染也十分严重，特别是海湾及近海水域在石油的开采、炼制和使用的过程中，原油和各种石油制品进入环境而造成的污染，目前已成为世界性问题。1991 年发生的海湾战争，人为地使大量原油流入波斯湾，是最大的一次石油污染海洋事件，带来难以估量的恶果。1988 年，由于英国北海石油污染，1 200 只海豹死去，死掉的鱼虾更是不计其数。1983 年 12 月，120 多头鲸在澳大利亚的一处海边集体绝食。1988 年 9 月，又有 140 多头鲸在奥古斯塔集体自杀。1998 年 9 月，60 头鲸再次冲上这个海滩，人们费了九牛二虎之力才将其中的 38 头送回大海，一周之后，它们又重返海滩，以其不可思议的顽强走向死亡。

酸性和碱性物质进入水体使水的 pH 值发生变化。酸、碱在水体中可彼此中和，也可分别和地表物质发生反应生成无机盐类，由此引起水体中酸、碱、盐的浓度超过正常量而使水质变坏的现象称为水体的酸碱盐污染。酸主要来自冶金、金属加工的酸性工序，碱主要来自于印染、制药、炼油、碱法制纸等工业污水。

水体的重金属污染一般具有潜在的危害性。经过小鱼吃虾，大鱼吃小鱼的水中食物链被富集，而人处于食物链的终端。通过食物或饮

水 將毒物摄入人体。

1953~1968 年的日本水俣病事件，市民由于食用富集了甲基汞的鱼和贝类，造成慢性汞中毒。1955~1977 年富山县锌冶炼厂排放含镉废水 污染神通川水体 造成慢性镉中毒 患骨痛病的约有 250 人 其中 207 人死亡。这些震惊世界的公害事件都是工厂排放的污水中含有重金属所致。

水体的有毒有机污染物主要包括有机氯苯、多氯联苯、多环芳烃、高分子聚合物、染料等有机化合物。其共同特点是，多数为难降解的有机物或持久性有机物。它们在水中的含量虽不高，但在水体中残留的时间长，有蓄积性，可造成人体慢性中毒、致癌、致畸、致突变等生理危害。

1.2 积极整治污染，发展绿色化学

1.2.1 化学治理环境污染

要解决环境污染问题，除了加强规范化管理，提高全民族的环境意识 增加环保投入外 从技术上说 环境分析化学、环境污染化学、污染控制化学起着其他学科无法替代的作用。例如解决淮河水污染，必须对排污量大，污染严重的小造纸厂、小制革厂、小化工厂等乡镇企业进行技术改造和污染治理，这些均非化学手段莫属。

1.2.1.1 大气污染的治理

大气污染的防治，特别是有害气体的治理，是环境工程的重要课题。

(1) 燃烧法是使有害气体氧化、燃烧或高温分解，使之转化为无害物质的一种方法。适用于废气中浓度较高、发热量较大的可燃性有害气体的处理。主要是气态的含碳化合物，如 CO 、 CH_4 燃烧温度在 $600\sim 800^\circ\text{C}$ 。燃烧法简便易行 又可回收热能。

(2) 吸附法是用多孔性的固体吸附有害气体。气体分子量越大、沸点越高、浓度越高、温度越低，吸附效果就越好。吸附剂吸附达到饱

和时,可用加热、减压等方法使其再生。常见的吸附剂有活性碳、硅胶、离子交换树脂等。活性碳的内部有大量的细孔,比表面积大,气体吸附容量较大,而对水吸附量小,最适合用来净化有机废气。吸收装置有固定床和流化床。

(3) 冷凝法是根据物质在不同温度下具有不同的饱和蒸气压,将排气的温度降低,使一些有害气体或气态物质冷凝成液体分离出去。冷凝法分一次冷凝和多次冷凝,后者可提高废气的净化程度。冷凝法一般用作吸附或化学转化等处理的前处理。

(4) 催化转化法是在催化剂作用下,使废气中的有害成分转化为无害的或易回收的物质。分催化氧化和催化还原法两种,前者使废气中的一氧化碳和碳氢化合物被氧化成水和二氧化碳;后者可用氨作还原剂,用铂族金属等作催化剂使氮氧化物还原成氮气和水。催化转化法效率高 反应温度低 操作方法简单 应用广泛。

(5) 气体除尘,是净化空气并回收其颗粒物中有用成分的重要措施。除尘的装置叫除尘器,可从含尘气体中分离并捕获粉尘、炭粒、雾滴。按工作原理可分为机械力除尘、洗涤除尘、过滤除尘、静电除尘等几种。

1.2.1.2 化学方法处理污水

废水的主要成分是水,约占水体的 90% 以上,其余为杂质。化学的处理方法不仅用于生产废水的治理,也用于生活废水的治理。

(1) 中和法 pH 调整)

要处理酸、碱以及溶有重金属离子的废水时,一般是利用酸、碱等将废水中和成 pH 5.8~8.6。中和试剂必须根据水质来选用最适当者。要除去重金属时,必须将废水调至除去重金属所必要的 pH 值。有时中和所产生的污泥会使药品在没有完全被利用时反应就停止,所以在使用这样的中和试剂时必须搅拌。

(2) 氧化法

对于有机质废水以及一些无机物废水的处理,一般是使用氧化剂(O_2 、 $KMnO_4$ 、 $NaClO$)来提高处理的效果。也有利用臭氧的强氧化能

力来对污水进行有效的氧化。

(3) 油、水的分离法

石油冶炼的废水，以及金属表面处理的前处理工程之类的废水中所含的油分会浮上水面。利用油比重比水轻的性质来使浮上液面的油分加以回收。这种油分如有价值，可作为副产物来使用，如没有价值就可将之焚化处理。

(4) 臭氧处理法

臭氧的氧化能力仅次于氧，向来是用于杀菌、漂白、脱臭等方面。不过，由于其在较低温和低压状态时仍然具有氧化能力，因此最近将之用于油类、纤维素淀粉等的漂白。特别是在除锰离子时使用，操作上非常简单。氡离子在臭氧的氧化作用之下，最后分解成氮和二氧化碳。亚硝酸会被臭氧氧化成安全而无害的硝酸。硫化氢则会被臭氧氧化成硫酸。臭氧虽然可以使废水中的许多有害成分变成无害，但氨性氮的除去仍然有待研究解决。

1.2.2 化学变废为宝

人类生产、生活的结果，产生了大量气体、液体和固体废弃物，它们既消耗了资源，又污染了环境。废气、废液、废渣排放造成水质恶化，工业废渣和生活垃圾的排放、堆积、掩埋，占去了城市近郊大量的肥田沃土。因此，20世纪70年代以来，突出的“三废”即废气、废液、废渣的处理，已成为资源与环境协调发展的深层次问题。

研究废物资源化是一个很有意义的课题。凡有人群生存的地方，必然就有垃圾，这是一个世界性问题。美国人均每天废物量是1.6 kg，加拿大为1.8 kg，其他国家大抵如此。废物的普遍性比其他任何物料无法比拟的，它遍布于各行各业，其价格最低，供应充分，种类繁多。作为资源开发，废物很有吸引力，具有一举多得的效果：消除了废物，解决了环境污染问题，增加了有用的物品。

废物通常指生产过程中某一环节排出的、在该条件下失去使用价值的物料，它是一个相对的概念。从化学的观点看，任何物质均由原子

组成，并且可以分解为原子，新的物质不过是不同类的原子的重新组合。因此，任何废物均可转化为有用的新物质，关键在于找到转化的条件。许多在某时、某地认为是废物而随技术、经济条件的变化或者仅仅换一个地方，就有可能变成有用之物。因此，废物又有“放错地点的物料”的美称。这些变化不过是时间、地点、条件不同罢了。早在 12 世纪我国南宋时期的学者朱熹就提出过“天无弃物”的论点，表明古人已有废物可充分利用的思想。而运用现代化学技术已使这一思想成为现实。

1.2.2.1 废塑料再循环

废塑料再循环是指利用塑料废物进行机械再循环和化学再循环。化学再循环是通过化学方法转变成产生它的单体或其他工业原料，也就是用化学法对高聚物进行分子切割及组装。化学再循环中涉及的主要技术有：焦化——指在炼油厂高温间歇工艺设备中的重要原料的精炼；裂解——指在炼油厂催化连续设备中的轻质原料的精炼；解聚——用来使废塑料中的大分子催化分解成较短分子乃至单体的工艺；氢化——加氢使废塑料的链打开，是使化学品增值、解聚的一种重要途径；水解——在水存在下使废塑料分解，旨在获得单体；热解——在无氧或其他保护气氛条件下加热，使塑料分解成油或气体。在外热式加热炉中裂解的废塑料中不能含有氯、氮等成分，否则会产生盐酸、氢氰酸等有害物质，腐蚀设备、污染环境。

1.2.2.2 废纸再利用

纸以木材纤维作主要原料，可以循环再利用。日本的造纸业在利用海外废木材以及废纸循环利用方面走在世界各国的前列。20 世纪 90 年代日本的产业界提出了 56 项循环计划，规定到 2000 年废纸的利用率达到 56%。为实现这一目标，日本的各造纸厂都在扩大“再生纸”的产量。据统计，1998 年日本的废纸利用率已提高到 54%。目前废纸利用率超过 50% 的国家只有日本和美国。加拿大是 24%，中国为 38%。根据日本废纸再生促进中心 1997 年的调查，不同种类的纸张利用率大不相同。以牛皮纸为代表的废纸利用率为

80%以上，新闻纸和纸箱的废纸利用率均为 50%，印刷和信息用纸的循环利用率为 18%，所有纸张的整体利用率达 54%。目前废纸仍是纸循环利用的主流，但就像衣服一样，经过反复洗磨，纸的强度会降低。今后随着造纸技术的进步，掺合比率还有望进一步提高。

1.2.2.3 宝贵的废物——粉煤灰

粉煤灰是燃煤锅炉从烟囱中排放出的废料。这种四处飞扬污染空气的废物，如果以一定比例取代水泥，与沙和石子加水一起搅拌形成混凝土，其性能比纯粹用水泥搅拌的混凝土还要好，最大的优点是不开裂缝。不开裂就不漏水，所以大量掺入粉煤灰的混凝土在水利工程建设中备受欢迎。

20 世纪 80 年代，由美国和日本发起，开始使用大量掺入粉煤灰的混凝土筑坝技术，经过 20 年的实践，证明这种混凝土可以毫不逊色地使大坝经受住洪水的考验。粉煤灰不产生水化热，所以代替水泥就有效地避免了混凝土的裂缝。

最近加拿大研究人员发现，当粉煤灰的掺量大大高于水泥用量时，混凝土的抗冻能力显著增强。我国水利工作者又得出新结论，加入粉煤灰的混凝土更能防止水的渗透。

1.2.3 发展绿色化学

从人类意识到环境污染开始，到现在已发明了不少新方法处理废弃物、治理污染点或减少有毒物的暴露等，但这些只是污染控制，而不是污染预防。我们不能一直跟在污染的后面追，也许我们耗掉再多的时间与金钱都赶不上它的脚步，应从另一条路出发，抢在其之前将它拦截。1990 年美国国会通过了“污染预防法案”，明确提出了污染预防这一新概念，宣称环境保护的首选对策是在源头防止废物的生成，这样就可避免对化学废物的进一步处理。绿色化学就是从源头消除污染的一项措施，其内容包括新设计化学合成、制造方法和化工产品来根除污染源，是最为理想的环境污染防止方法。

绿色化学是当代国际化学学科研究的前沿，它汲取了化学、物理、

生物、材料、信息等学科的最新理论和技术，是具有明确的社会需求和科学目标的新兴交叉学科。

目前，在运用绿色化学技术预防污染方面已取得可喜的成绩。

20 世纪 80 年代以来 随着汽车的增加和含铅汽油的大量使用 汽车排铅已成为城市铅污染的主要来源。从 1985~1995 年的十年间 我国累计有 15 813 吨铅排入大气、水体等自然环境 主要集中在大城市。调查显示 北京大气中铅的 80%来自于汽车尾气。70 年代以后 世界各国 尤其是工业化国家越来越严格地限制使用含铅汽油，被誉为汽车绿色食品的无铅汽油开始得到广泛使用。1975 年 12 月，美国宣布逐步淘汰含铅汽油 到 1996 年已实现汽油无铅化。日本是最早、最彻底实现汽油无铅化的国家 1987 年就实现了。无铅汽油一般是加入 $[\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_3)_3]$ 作为高辛烷值组分，它可改善汽油的蒸发性能，对汽车的启动、加速以及减少发动机活塞磨损和耗油量都有好处。

氯氟碳化物以惊人的速度破坏着保护地球众生免遭紫外线伤害的臭氧层。继 1974 年在南极上空发现臭氧空洞以后，1988 年 5 月 在北极上空也发现这样的空洞。1987 年 9 月，联合国草拟了一个国际协定——“蒙特利尔议定书”，该议定书明确规定：氯氟碳化合物生产国从 1989 年 7 月开始将产量冻结在 1986 年的水平，至 1998 年削减 50%。德国已于 2000 年完全停止生产。联合国环境规划署起草的一份报告认为：臭氧层遭受明显破坏，90% 归因于氯氟碳化合物和聚四氟乙烯气体。现在大多数氯氟碳化合物生产国正在千方百计地设法生产其替代产品。电冰箱的 CFC-12 制冷剂和 CFC-11 发泡剂属于氯氟碳化合物，R600a 的研制成功，成了其完美的替代品。它具有流动性好 循环更快等特点 对臭氧层绝无破坏 温室效应系数也为零 实现真正绿色双重环保。在世界上，德国首先将其用于直冷冰箱上，此后在其他欧洲国家广泛推广。但对于无霜冰箱 在运用 R600a 技术上尚无一个国家能完全掌握。我国的容升冰箱在吸收德国异丁烷替代技术的基础上，又突破禁区，率先在风冷无霜冰箱上成功使用 R600a 雪种。它的成功宣告我国冰箱制冷技术已跻身国际前列，联合国特将其纳为收

藏品。但氟里昂有广泛而重要的应用，要立即淘汰它是不容易的，人类必须付出很大代价才能逐渐实现。

物料闭路循环，废物综合利用。山东潍坊化肥厂和高密化肥厂采用两水（冷却水和造气废水）闭路循环技术，使每吨氨耗水量从 300~500 吨下降到 32 吨，1992 年已在全国近 400 家小氮肥厂推广使用，年节水 10 多亿吨，这对节约水资源和保护环境有重大意义。江苏省江都自行车厂在 80 年代后期应用的电镀漂洗水无排或微排技术，把电镀生产中危害最大、数量最多的镀件漂洗水实现闭路循环，因而不生产电镀废水和废渣，是目前消除电镀废水污染最有效的方法。

改革工艺和设备，开发全新流程。英国在 20 世纪 80 年代用三价铬代替六价铬的镀铬工艺已获成功，改善了工作环境和劳动条件，革除了剧毒的六价铬的使用和排放，改善了镀层质量并提高了设备的处理能力。英 BP 公司 1985 年采用硫化床法加氢催化后，再用旋风除尘器回收聚合物代替泥浆法生产聚乙烯，催化效率高，节水又节能。在 1970 年代末法国研制成功乙苯生产的干除杂工艺，从而消除了生产过程中废水和其他废弃物的排放，还首先使用布达干法去脂工艺代替水法工艺，消除全部废水的生成和排放，实现了无废生产，降低物耗能耗。

防治污染基因工程。人工合成化学污染物多为非天然物质，一般不易被生物吸收或快速降解。针对这类污染物设计并建造成功的基因工程菌，具有高效专一的降解功能，使相应的污染物在环境中的浓度降低，毒性减轻。美国的农业支柱之一是除草剂，其中 2,4-二氯苯氧乙酸俗称 2,4-D。这种除草剂使患淋巴系统癌的机会高了 8 倍。美科学家从细菌质粒中发现降解 2,4-D 除草剂的基因片段，将这段基因组建到载体质粒上，转入另一种繁殖菌体细胞内，可构建成基因工程菌。

总之，绿色化学不但有重大的社会、环境和经济效益，开辟了废物利用的崭新途径，而且对化学本身也是一个新的认识。过去，化学科学较少研究其不利的有害作用，只强调化合物的功能，化学反应的效率。今后，化学家在 21 世纪关注和研究的首要领域是更安全、更清洁的化学问题，即尽量减少化学过程对环境的污染。

第二章 化学与能源

能源是人类文明发展和进步的基础，它是指提供能量的源泉或自然资源。如石油、天然气、原煤、油页岩、核燃料、风能、太阳能、海洋能、潮汐能等都是能源。由于它们以天然形式存在于自然界中，所以叫做一次能源。而由其直接或间接加工转换成为其他种类和形式的能源，如煤气、焦炭、汽油、煤油、柴油、电、人造石油、水蒸汽、酒精、氢气、激光等均称为二次能源。一次能源中像原煤、原油、天然气、油页岩、核燃料铀、钍等都是亿万年前自然界中留下来的，用一点少一点，无法得到补充，总有一天会枯竭，因此被称为不可再生能源。而像太阳能、水能、风能、海洋能均是在自然界能再生的能源，所以叫做可再生能源。众所周知，能源，尤其是一次能源中的不可再生能源，如煤、石油、天然气和核燃料等，对近代人类文明的发展起着决定性的作用，而且在尚未开发出成熟的新能源以前，人类社会的发展在相当长的时间里，还得依赖于这些已得到大规模经济开发和利用的、技术已相当成熟的常规能源，如煤炭、石油、天然气、水能和核能等。由于常规能源中的不可再生能源面临着日益枯竭的状况，所以如何最大限度地利用好现有的这些能源和加快开发经济实用的新能源，如太阳能、核聚变能、海洋能、风能等，是人类面临的重要课题。但是，一次能源中的煤、石油和核能等在使用中会产生诸如“酸雨”、“温室效应”以及核污染等环境问题。长期以来人类为解决这些问题已做了不懈的努力，并已取得了重大的进展，而化学一直是解决这些难题的重要手段之一。下面就化学在能源利用中所起的重要作用作一简单的介绍。

2.1 工业的“血液”——石油

石油俗称工业的“血液”是当今世界的主要能源 它在国民经济中占有非常重要的地位。首先，石油是优质动力燃料的原料。汽车、内燃机车、飞机、轮船等现代交通工具都是利用石油的产品——汽油、柴油作动力燃料的。石油也是提炼优质润滑油的原料。一切转动的机械，其“关节”中添加的润滑油都是石油制品。

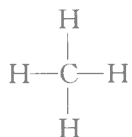
石油还是重要的化工原料。石油化工厂利用石油产品可加工出 5 000 多种重要的有机合成原料。地球上蕴藏着丰富的石油，据估计它的蕴藏量为 10 000 多亿吨 其中 700 多亿吨蕴藏在海洋里。

目前世界上对石油的成因存在着不同的观点，传统的有机成油理论认为是远古大型水体（海洋、大湖泊）中的动、植物体历经漫长的复杂变化形成的。但这种观点目前正受到世界上部分科学家提出的无机成油理论的挑战，他们认为碳氢化合物可在地下深处产生，并沿裂缝周期性上升；不仅在沉积层内，而且在岩浆岩和多孔火山岩内积聚。为了证明无机成油理论，已经有科学家通过实验室模拟地球深处的条件无机合成出了石油。另外，在绝无生命存在的空间星体上，也已发现类似于石油和可燃气的物质。这似乎在证明无机生成石油的理论并非是没有根据的。可以预料，无机生成石油理论在未来将是能源科技发展前沿的重要依据。如果这一理论得到验证，油、气资源则将不是像有人预测的那样，在今后 30~60 年会枯竭，而是可为人类服务更长的时间。

2.1.1 石油的基本组成

从地下开采出来的石油，称之为原油。从外表看，石油是一种有色、有味、粘稠状的液体，但是它和日常见到的动植物油的成分是迥然不同的。石油的主要成分是烃类有机物。世界各地所产的石油不尽相同，但无论何种原油或石油产品，其主要成分都是碳（C）、氢（H）两种

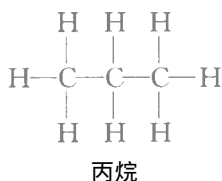
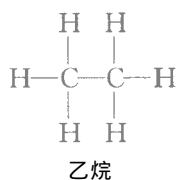
元素。通常把碳氢化合物称为“烃”。最简单的烃是甲烷 CH_4 ，其结构如下：



随着烃中碳原子数的增多，烃类化合物的结构也越来越复杂。石油中含有多少种烃至今尚无法说明，但通过大量的研究，发现各种石油或石油产品基本上由四类烃组成，即烷烃、环烷烃、芳烃和烯烃，它是一种碳氢化合物的混合物。

2.1.1.1 烷烃

烷烃分子的结构特点是：分子中各个碳原子用单键连接成链状，而每个碳原子余下的化合价都与氢原子相联结，因此把这类化合物叫做烷烃。“烷”取读“完”表示碳原子上没有空闲着的化合价，都被氢原子占据完了或饱和了，因此，烷烃也叫饱和烃。烷烃分子中各个碳原子可连接成直链，也可在直链上带有一些支链。通常把直链烷烃叫正构烷，把带支链的烷烃叫异构烷。



烷烃的命名是按分子中碳原子数目以天干（10 以上用中文数目）来表示，只有一个碳的烷烃叫甲烷（ CH_4 ），两个碳的叫乙烷（ C_2H_6 ），三个碳的叫丙烷（ C_3H_8 ），四个碳的叫丁烷，十一个碳的叫做十一烷（ $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ ）等，依次类推。

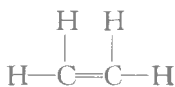
通常还把比烷烃分子少一个氢原子的原子团叫做烷基（常用 R 表示）。例如，甲烷分子 CH_4 中分出去一个氢原子，余下的“ $-\text{CH}_3$ ”叫

做甲基 依次类推 有乙基、丙基等。

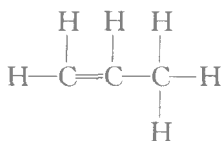
由于分子中碳、氢原子数目的不同，烷烃同系物之间的性质就有差异。在常温下，烷烃分子中含有 1~4 个碳原子的是气体，5~15 个碳原子的是液体，16 个碳原子以上的是蜡状固体。烷烃的化学性质很不活泼，不易和其他物质发生反应，但较大分子的烷烃可与发烟硫酸作用。把大分子烷烃加热到 400℃ 以上时，可以裂解成为几个小分子烃。

2.1.1.2 烯烃

烯烃分子结构和烷烃相似，也是直链或直链上带有支链；和烷烃不同的是，烯烃分子结构式中碳原子间有双键。当分子中碳原子数目相同时，烯烃分子中氢原子较烷烃少，碳原子的化合价不能完全和氢相结合，彼此之间形成双键，所以叫烯烃或不饱和烃，意即氢原子稀少或碳原子化合价没有被氢饱和。有的烯烃分子中氢原子更少，分子中有两对碳原子间有双键结合，叫做二烯烃。



乙烯



丙烯

烯烃的命名法与烷烃相似，如含两个碳原子的烯烃叫做乙烯 (C_2H_4) 三个碳原子的烯烃叫做丙烯 (C_3H_6)，四个碳原子构成的烯烃叫做丁烯 (C_4H_8)，若丁烯分子中有两个双键，就叫丁二烯 (C_4H_6) 等等。

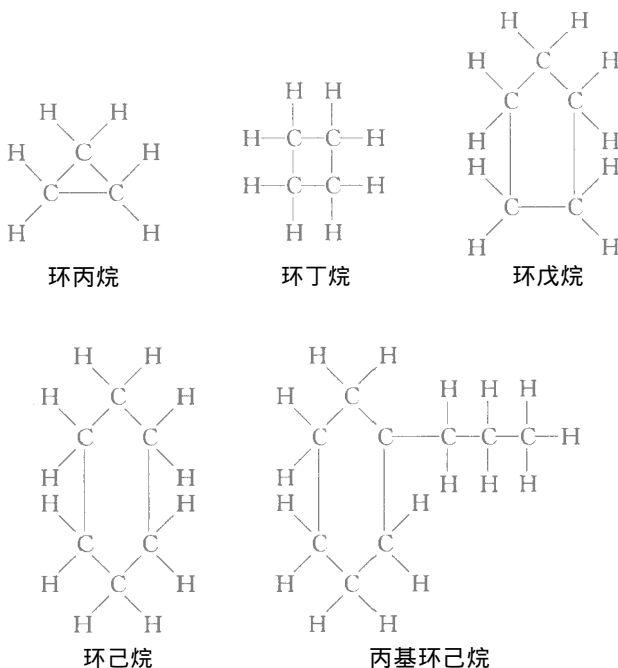
烯烃的同系物中 常温下 分子中含有 2~4 个碳原子的是气体，5 个碳原子以上的是液体，高分子烯烃是固体。

烯烃分子的碳原子间有双键，碳原子化合价没有和氢原子完全结合，这就有能力和其他元素的原子相结合，所以烯烃的化学性质很活泼，可与多种物质发生反应。例如，在一定条件下可加氢转化为烷烃，小分子烯烃还能相互聚合成为大分子烃，这一反应就叫烯烃的聚合

反应。

2.1.1.3 环烷烃

环烷烃的分子结构与烷烃和烯烃的结构有明显的不同。分子中的碳原子连成环状，所以叫环烷烃，如下图所示：

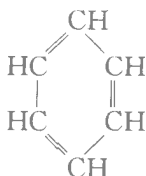


环烷烃的性质与烷烃相似，但稍活泼，在一定条件下，环己烷可从分子中脱掉氢原子转化成苯。高温可使环烷烃的环状结构断裂，生成烷烃和烯烃。

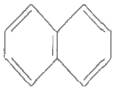
2.1.1.4 芳烃

这一类化合物最初是从天然树脂、树胶、香精油中提炼出来的，具有芳香气味，所以把这类化合物叫做芳香烃，简称芳烃。苯是芳烃中最简单的一个，可作为代表。芳烃都具有苯的结构，但并不都有香味。

苯是由六个碳原子和六个氢原子组成的环状化合物，分子式是 C_6H_6 。分子结构式如下：



为了书写简便，常将苯写作  (也叫苯环)，较复杂的芳烃不

只含一个苯环，如萘有两个苯环 ，蒽有三个苯环



含有数个苯环的芳香烃一般叫多环芳烃，含有很多个苯环的芳烃叫稠环芳烃。

芳烃较烷烃性质稍活泼，可和一些物质发生化学反应。例如苯与浓硫酸反应生成苯磺酸；在一定条件下，苯加氢可转化为环己烷。

以上四种烃类在石油中的分布变化较大，除极少地区所产的石油中含有微量烯烃外，大多数石油是没有烯烃的，但石油经过高温加工后会产生烯烃。

2.1.2 石油的蒸馏

蒸馏是将原油中各种碳氢化合物进行分类，它是属于物理变化。包括常压蒸馏和减压蒸馏两种。常压蒸馏是在常压下根据原油中各种烃分子的沸点不同，利用加热、蒸发、冷凝等步骤，直接将原油分馏为轻油和重油两种成分。轻油主要是指 $40\sim 200$ 的汽油或石脑油馏分和 $175\sim 275^\circ\text{C}$ 的煤油馏分。重油是 $200\sim 400^\circ\text{C}$ 的馏分，主要为润滑油和重质燃料油，残渣为沥青。详见表 2.1-1。

表 2.1-1 石油馏分分布表

馏 分	沸程/℃	组 成 和 用 途
气 体	<25	$C_1 \sim C_4$ 烷烃
轻石脑油	20~150	主要是 $C_5 \sim C_{10}$ 的烷烃和环烷烃, 用作燃料汽油和化学制品原料
重石脑油	150~200	
煤 油	175~275	$C_{11} \sim C_{16}$, 用作喷气式飞机、拖拉机和取暖燃料
粗 柴 油	200~400	$C_{15} \sim C_{25}$, 用作柴油机和取暖燃料
润滑油/ 重质燃料油	350	$C_{20} \sim C_{70}$, 用作润滑油和锅炉燃料
沥 青	残 渣	用于建筑方面

由于重油的沸点高达 $350 \sim 500^\circ\text{C}$, 如果在常压下蒸馏, 则重油在这么高的温度下会裂解成轻油; 在降低压力的条件下加热重油即进行减压蒸馏, 则重油能在较低的温度下沸腾蒸发成气体, 从而达到从重油中分离出各种变压器油馏分、轻质润滑油馏分、中质润滑油馏分和重质润滑油馏分, 它们统称为馏分油。在减压蒸馏塔中残留的油料, 经丙烷脱沥青, 脱蜡和精制后得到残留润滑油, 可作航空机油、气缸油等。如果将它与馏分润滑油或将两种馏分润滑油按不同比例调合, 可生产出各种不同规格的润滑油, 如粘度大的内燃机油等。

汽油是石油中的轻油馏分, 石油常压蒸馏的 $40 \sim 200^\circ\text{C}$ 馏分即为汽油 其主要成分为 $C_5 \sim C_{11}$ 的烷烃和环烷烃。由此得到的汽油称为直馏汽油, 它是制取汽油的基本方法。

2.1.3 汽油的辛烷值和汽油的使用牌号

汽油的使用性能主要是抗爆性和安定性。汽油的抗爆性是指汽油汽车发动机的汽缸燃烧时抵抗爆炸的能力, 可用辛烷值度量。汽油的辛烷值越高 其抗爆性越好。

汽油的安定性是指汽油在常温和液相条件下抵抗氧化的能力。安