



面向十二五规划教材

教育部高等教育课程改革和建设规划教材

郝月 吴迎霞 ● 主编

# 普通化学

PU TONG HUA XUE

 吉林大学出版社

面向十二五规划教材

教育部高等教育课程改革和建设规划教材

# 普通化学

主 编：郝 月 吴迎霞

吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通化学 / 郝月, 吴迎霞主编. — 长春: 吉林大学出版社, 2013. 12  
ISBN 978-7-5677-1201-0

I. ①普… II. ①郝… ②吴… III. ①普通化学—高等职业教育—教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 004471 号

书 名: 普通化学  
作 者: 郝 月 吴迎霞 主编

责任编辑、责任校对: 唐万新  
吉林大学出版社出版、发行  
开本: 787×1092 毫米 1/16  
印张: 11.5 字数: 210 千字  
ISBN 978-7-5677-1201-0

封面设计: 刘 瑜  
北京东光印刷厂 印刷  
2014 年 3 月 第 1 版  
2014 年 3 月 第 1 次印刷  
定价: 28.90 元

版权所有 翻印必究  
社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021  
发行部电话: 0431-89580026/28/29  
网址: <http://www.jlup.com.cn>  
E-mail: [jlup@mail.jlu.edu.cn](mailto:jlup@mail.jlu.edu.cn)

## 本书编委会

主 编:郝 月 吴迎霞

副主编:黄玉玺 韩晓美

编 委:李常红 王 涛 王小云 龚伟立

张新龙 赵子亮 徐育清 吕兴寿

刘春风 梁 刚

# 前 言

本书的编写主旨是本着积极贯彻落实教育部提出的高等教育课程改革和教材建设规划的要求,深化课程体系与教学方法改革,提高教育教学质量,从理论与实例相结合的角度,我们组织专家编写了这本教材。这本教材的最大特点就是适合学生在教师讲解和自学的基础上增强其创新意识、培养实践能力,使他们通过学习这本教材,能够独立解决实际工作中所遇到的问题,所以我们在内容安排、形式体例、行文风格等方面做到“教学做”想结合,使理论知识的学习与实际操作训练紧密结合,使教学过程具有更强的时效性。达到边学边做,讲练结合,学以致用。

本书重视化学基本理论,突出实用性和实践性,注重与工程实践的联系,关注社会、生活热点。具体内容包括物质结构和元素周期律、物质的量、常见的金属元素及其化合物、常见的非金属元素及其化合物、有机化合物与烃、烃的衍生物、化学与能源、水化学与电化学。

本书还可以作为高等职业教育非化工类专业化学课程的教科书和参考书。

编 者

2013 年 12 月

## 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 绪 论 .....                | (1)  |
| 第 1 章 化学与能源 .....        | (3)  |
| 1.1 常见能源及其有效与清洁利用 .....  | (3)  |
| 1.2 可持续发展与清洁能源 .....     | (9)  |
| 1.3 核能与化学能源 .....        | (14) |
| 第 2 章 物质结构 元素周期律 .....   | (16) |
| 2.1 原子结构 .....           | (16) |
| 2.2 元素周期律 元素周期表 .....    | (21) |
| 2.3 化学键 .....            | (26) |
| 第 3 章 物质的量 .....         | (31) |
| 3.1 物质的量 .....           | (31) |
| 3.2 气体的摩尔体积 .....        | (34) |
| 3.3 物质的量浓度 .....         | (36) |
| 3.4 化学方程式的计算 .....       | (37) |
| 第 4 章 常见的金属元素及其化合物 ..... | (43) |
| 4.1 钠及其化合物 .....         | (43) |
| 4.2 铝及其化合物 .....         | (46) |
| 4.3 铁及其化合物 .....         | (49) |
| 4.4 硬水的软化 .....          | (50) |
| 第 5 章 常见非金属元素及其化合物 ..... | (54) |
| 5.1 氯及其化合物 .....         | (54) |





|        |                    |       |
|--------|--------------------|-------|
| 5.2    | 氧、臭氧和过氧化氢 .....    | (58)  |
| 5.3    | 硫及其化合物 .....       | (59)  |
| 5.4    | 氮及其化合物 .....       | (62)  |
| 5.5    | 硅及其化合物 .....       | (64)  |
|        |                    |       |
| 第 6 章  | 化学反应速率 化学平衡 .....  | (70)  |
| 6.1    | 化学反应速率 .....       | (70)  |
| 6.2    | 化学平衡 .....         | (72)  |
| 6.3    | 化学平衡的移动 .....      | (74)  |
|        |                    |       |
| 第 7 章  | 电解质溶液 .....        | (79)  |
| 7.1    | 强电解质与弱电解质 .....    | (79)  |
| 7.2    | 水的电离和溶液的 pH .....  | (81)  |
| 7.3    | 离子反应和离子方程式 .....   | (83)  |
| 7.4    | 盐类的水解 .....        | (85)  |
| 7.5    | 氧化还原反应和电化学基础 ..... | (87)  |
|        |                    |       |
| 第 8 章  | 有机化合物中的烃 .....     | (98)  |
| 8.1    | 有机化合物概述 .....      | (98)  |
| 8.2    | 甲烷与烷烃 .....        | (100) |
| 8.3    | 乙烯与烯烃 .....        | (105) |
| 8.4    | 乙炔与炔烃 .....        | (108) |
| 8.5    | 苯与芳香烃 .....        | (110) |
|        |                    |       |
| 第 9 章  | 烃的衍生物 .....        | (116) |
| 9.1    | 乙醇、苯酚和乙醚 .....     | (116) |
| 9.2    | 乙醛和丙酮 .....        | (121) |
| 9.3    | 乙酸和乙酸乙酯 .....      | (125) |
| 9.4    | 氯乙烷和卤代烃 .....      | (128) |
|        |                    |       |
| 第 10 章 | 化学与材料 .....        | (132) |
| 10.1   | 金属材料 .....         | (132) |



|               |                      |              |
|---------------|----------------------|--------------|
| 10.2          | 非金属材料 .....          | (135)        |
| 10.3          | 高分子聚合物与合成材料 .....    | (138)        |
| <b>第 11 章</b> | <b>化学与食品营养 .....</b> | <b>(144)</b> |
| 11.1          | 油脂 .....             | (144)        |
| 11.2          | 糖类 .....             | (146)        |
| 11.3          | 蛋白质 .....            | (150)        |
| 11.4          | 合理营养与平衡膳食 .....      | (152)        |
| <b>学生实验</b>   | <b>.....</b>         | <b>(155)</b> |
| 实验一           | 化学实验基本操作和溶液配制 .....  | (155)        |
| 实验二           | 重要的非金属化合物的性质 .....   | (158)        |
| 实验三           | 化学反应速率和化学平衡 .....    | (160)        |
| 实验四           | 电解质溶液 pH 测定 .....    | (162)        |
| 实验五           | 乙烯、乙炔的制法和性质 .....    | (164)        |
| 实验六           | 烃的含氧衍生物的性质 .....     | (165)        |
| <b>习题参考答案</b> | <b>.....</b>         | <b>(167)</b> |
| <b>参考文献</b>   | <b>.....</b>         | <b>(174)</b> |





## 绪 论

在我们周围世界中存在着的万物和现象是形形色色的、多种多样的。它们之间不管有多大的差别,但有一点是完全相同的,这就是它们归根结底都是客观存在的物质。如水、矿物、岩石、空气、食物和我们的身体,以及微观世界中的原子、电子等。物质都处在不断的运动和变化之中,例如,岩石的风化、金属的生锈、塑料和橡胶制品的老化以及人的生老病死等。

化学是自然科学的一个组成部分,它的研究对象是物质的化学变化。物质的化学变化取决于物质的化学性质,而化学性质又由物质的组成和结构所决定。所以,化学是研究物质的组成、结构、性质、合成及其变化规律的一门自然学科。

社会的发展,社会生产力的发展带动了化学的发展。人类社会自有史以来,就有化学记载,钻木取火,用火烧煮食物,烧制陶器,冶炼青铜器和铁器等,都是化学技术的应用。正是这些应用,又极大地促进了社会生产力的发展,使人类不断发展进步。在漫长的岁月里,炼丹术士和炼金术士们,为求得长生不老的仙丹,开始了最早的化学实验。这一时期积累了许多物质的化学变化知识,为化学的进一步发展准备了丰富的材料。从 17—18 世纪,随着冶金工业和实验室经验的累积,人们总结感性知识,认为可燃物能够燃烧是因为它含有燃素,燃烧的过程是可燃物中燃素放出的过程,可燃物放出燃素后成为灰烬。

到 19 世纪,化学进入了蓬勃发展时期,1803 年,英国化学家道尔顿提出“原子假说”理论,引入了“原子量”的概念;1811 年,意大利科学家阿伏加德罗引入了“分子”的概念,创立“原子-分子论”,成为近代化学的理论基础;1869 年,俄罗斯化学家门捷列夫发现元素周期律,排出了元素周期表,这是近代化学的重要里程碑。

我国是世界四大文明古国之一,在化学方面也有过许多重大的发明创造。远在六千多年前,我们的祖先就能烧制精美的陶器;早在三千多年前的商代,就已掌握了青铜的冶炼和铸造技术;两千多年前就能冶炼钢铁;造纸、瓷器和火药是中国古代化学工艺三大发明,早就闻名于世;酿造、涂料、染色、制糖、制革、食品和制药等化学工艺,在世界历史上都有令人瞩目的重大成就。明代著名医药



学专家李时珍在他的《本草纲目》中,详细地论述了数百种单质和化合物的特性和制备方法。

18世纪以后,当化学工业在欧洲迅速发展的时候,中国由于受帝国主义侵略,封建主义和官僚资本主义的压迫,我国科学技术的发展停滞不前,化学科学和化学工业都处于极其落后的状态。新中国成立后,我国的化学科学和化学工业有了巨大的发展,各种主要化工产品,如纯碱、烧碱、硫酸、合成氨、化肥和农药等的产量都有了较大的增长;石油化工生产更是突飞猛进,基本建成了合成塑料、合成橡胶、合成纤维、涂料和胶黏剂五大合成材料的工业基地;用于火箭、导弹、核工业和人造卫星等所需的各种特殊材料也能独立生产。在化学科学研究方面,1965年我国首先用化学方法合成了具有生物活性的结晶牛胰岛素,为蛋白质的合成作出了显著贡献。1990年11月,我国在世界上首次观察到DNA的变异结构——三链辫态缠绕片断,在生命科学领域取得重大进展。

随着人们掌握的化学知识越来越多,化学研究的范围也越来越广泛。为方便起见,按研究的对象和研究目的的不同,将基础化学分为无机化学、有机化学、分析化学和物理化学。化学与其他学科的相互渗透,又形成了生物化学、农业化学、石油化学、煤化学、海洋化学、地质化学、地球化学、辐射化学和半导体化学等许多分支。

迅速发展的科学技术,使稀有元素化学、配位化学等一些新的化学领域显示出可观的前景。同时,学术的发展、科学技术的进步又给化学提出了更高的要求,因此探求新工艺,合成新材料是化学的重要课题和光荣任务。





# 第1章 化学与能源

## 要点提示:

1. 洁净煤技术:目前意义上洁净煤技术是指高技术含量的洁净煤技术,发展的主要方向是煤炭的气化、液化、煤炭高效燃烧与发电技术等等。

2. 可持续发展:是指满足当前需要而又不削弱子孙后代满足其需要之能力的发展。

3. 清洁能源:需要进一步开发新能源,主要是核能、太阳能、生物质能、氢能等清洁能源。



## 1.1 常见能源及其有效与清洁利用

能源就是由自然界提供能量转化的物质,如太阳能、水力、地热能、煤、石油、核能和电力等。能源是当今社会的三大支柱(材料、能源、信息),能源是人类活动的物质基础。在某种意义上讲,人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。在当今世界,能源的发展、能源和环境,是全世界、全人类共同关心的问题,因此各国都十分重视能源的开发与利用,也是我国社会经济发展的重要问题。化学在能源的开发及有效与清洁利用中起着十分重要的作用。

### 1.1.1 世界能源的结构与能源危机

#### 1. 能源的分类

能源种类繁多,而且经过人类不断的开发与研究,更多新型能源将进入人们的生活和工农业生产。根据不同的划分方式,能源分为不同的类型。

按能源的基本形态分类,有一次能源和二次能源:前者即天然能源,指在自然界现成存在的能源,如煤炭、石油、天然气、水能等;后者指由一次能源加工转换而成的能源产品,如电力、煤气、蒸气及各种石油制品等。一次能源又分为可

再生能源(水能、风能及生物质能)和非再生能源(煤炭、石油、天然气、油页岩等)。

按能源性质分,有燃料型能源(煤炭、石油、天然气、泥炭、木材)和非燃料型能源(水能、风能、地热能、海洋能)。

按能源使用的类型又可分为常规能源和新型能源。常规能源包括一次能源中的可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源。新型能源是相对于常规能源而言的,包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及用于核能发电的核燃料等能源。

按能源消耗后是否造成环境污染可分为污染型能源和清洁型能源,污染型能源包括煤炭、石油等,清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。

2. 世界能源的结构与消耗

大规模使用化石燃料至今,环境污染已经到了地球难以承受的程度。工业革命以来,煤炭、石油、天然气、水电、核能与可再生能源等相继大规模地进入了人类活动领域。能源结构的演变推动并反映了世界经济的发展和社会的进步,同时也极大地影响了全球二氧化碳的排放量和全球的气候。

发达国家能源消费增速低于发展中国家。究其原因,一方面,发达国家的经济发展已进入到后工业化阶段,经济向低能耗、高产出的产业结构发展,高能耗的制造业逐步转向发展中国家;另一方面,发达国家高度重视节能与提高能源使用效率。

为了满足社会发展的需要,世界能源需求的量在增加,能源的结构也在变化。从表 1.1.1 和图 1.1.1 进一步的分析可看出:人类对能源需求的量增长很快,能源的结构也是在不断变化的。

表 1.1.1 不同时期世界一次能源增长速度

| 类别      | 增长速度/%               |                      |                      |                      |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|         | 1980—2000 年<br>(实际值) | 2001—2006 年<br>(实际值) | 2007—2015 年<br>(预测值) | 2007—2030 年<br>(预测值) |
| 一次能源总量  | 1.7                  | 2.6                  | 1.3                  | 1.6                  |
| 其中:煤炭   | 1.3                  | 4.9                  | 2.0                  | 2.0                  |
| 石油      | 0.8                  | 1.7                  | 0.8                  | 1.0                  |
| 天然气     | 2.7                  | 2.4                  | 1.3                  | 1.8                  |
| 核电      | 6.7                  | 1.3                  | 0.8                  | 0.9                  |
| 水电      | 2.1                  | 2.5                  | 1.5                  | 1.9                  |
| 生物质及废弃物 | 1.7                  | 2.1                  | 1.1                  | 1.4                  |
| 其他可再生能源 | 7.9                  | 3.1                  | 6.4                  | 7.2                  |

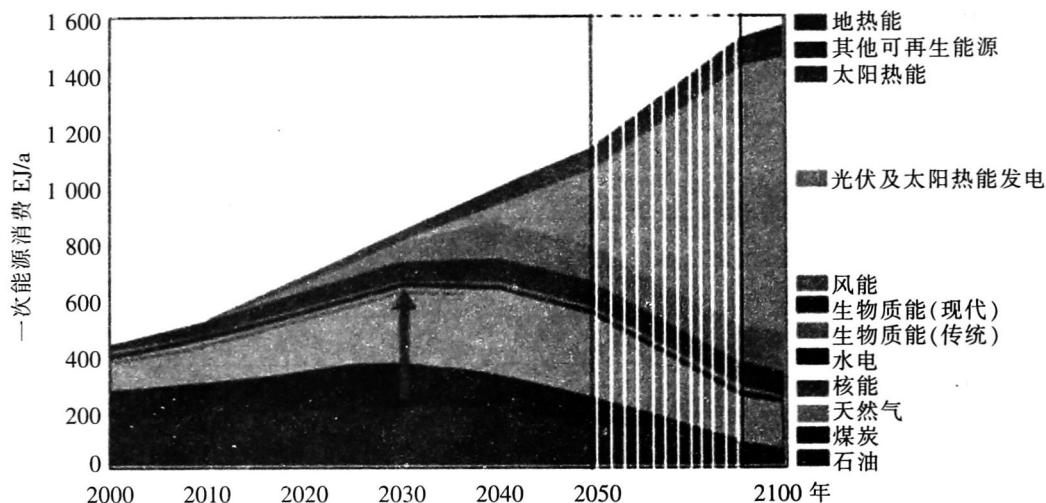


图 1.1.1 2004 年欧盟联合研究中心预测

### 3. 矿物能源的枯竭

随着人类生存和经济活动对石油、天然气和煤炭等矿物能源的依赖性日趋强势,以及矿物能源资源的大量开发,能源产量和消费量的不断攀升,全球富含矿物能源资源和能源廉价消费时代已告结束。

全球煤炭储量的使用年限共计为 150 年。其中主要能源国家煤炭储量的使用年限分别为,美国 230 年,印度 200 年,澳大利亚 200 年,中国 50 年,全球煤炭年消费总量为 65 亿 t,其中,中国煤炭年消费 2.333 万 t,美国 1.125t,印度 0.507 万 t,德国 0.273 万 t,俄罗斯 0.258 万 t。

从能源储存量的使用年限预测,不远将来,人类将面临碳氢化合物等矿物能源资源接近枯竭的严酷挑战。

#### 1.1.2 煤炭与洁净煤技术

##### 1. 煤炭的成分与热值

通常说煤炭,有的地方习惯叫石炭。煤是由古代植物遗体埋在地层下或在地壳中经过一系列非常复杂的变化而形成的。是由有机物和无机物所组成的复杂的混合物,主要含有碳元素,此外还含有少量的氢、氮、硫、氧等元素以及无机矿物质(主要含硅、铝、钙、铁等元素)。煤炭通常是指天然存在的泥煤、褐煤、烟煤和无烟煤以及人工产品木炭、焦炭、煤球等。

根据世界能源会议的估计,全世界煤炭资源约为  $10 \times 10^{12}$  t 标准煤,可供开采利用的约占 10%。我国煤的储藏量和开采量都很大,1996 年,我国原煤产量 13.8 亿 t,居世界第一。

6

A black fleur-de-lis logo, a stylized three-petaled flower, centered below the number 6.

表 1.1.2 煤炭成分和热值

| 种类  | 质量分数 $w/\%$ |     |       | 热值<br>( $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |
|-----|-------------|-----|-------|--------------------------------------------|
|     | C           | H   | O     |                                            |
| 木材  | 50          | 5   | 45    | 20.9                                       |
| 泥煤  | 57          | 5   | 38    | 24.3                                       |
| 褐煤  | 62          | 5   | 33    | 21.3                                       |
| 褐煤  | 70~78       | 5~6 | 13~24 | 24.3~30.5                                  |
| 烟煤  | 80~90       | 5~6 | 3~11  | 30.5~36.8                                  |
| 无烟煤 | 90~92       | 4   | 3~4   | 30.5~35.6                                  |

无烟煤俗称白煤或红煤,是煤化程度最大的煤,黑色坚硬,有金属光泽,是一种燃烧时无烟的坚硬的低硫高品位煤,是煤中最受欢迎的品种;烟煤是煤化程度高于褐煤而低于无烟煤的煤,是一种高热值的优质燃料,但大多烟煤含量较高,使用时会引起较多环境污染;褐煤煤化程度低,外观多呈褐色,光泽暗淡,含有较高的内在水分 and 不同数量的腐殖酸,但其储藏量极大,但至今开采甚少,可能因其有较高的含氧量、热值低、水分高等原因,褐煤的含硫量低,尾气中  $\text{SO}_2$  量符合排放标准,所以在发电厂中应用越来越多。

煤是固体燃料,其最大的缺点是燃烧反应速率慢、利用率低且不适合多数运输业(尤其是汽车)作动力源;另外煤作燃料还会引起一些严重的环境污染,如采矿时酸性矿井水的污染,燃煤时释放的  $\text{SO}_2$  和烟尘对大气的污染等。因此,从资源、经济与环境综合考虑,除改进煤炭的开采和燃烧技术外,适宜在煤产地搞热电联产,提高煤炭转换成电能的比重,利用新技术将煤转化为液体或气体燃料,实现煤的清洁燃烧,在石油天然气日益短缺的今天,这种转化日显重要。

## 2. 洁净煤技术

传统意义上的洁净煤技术主要是指煤炭的净化技术及一些加工转换技术,即煤炭的洗选、配煤、型煤以及粉煤灰的综合利用技术,国外煤炭的洗选及配煤技术相当成熟,已被广泛采用;目前意义上洁净煤技术是指高技术含量的洁净煤技术,发展的主要方向是煤炭的气化、液化、煤炭高效燃烧与发电技术等等。它是指在减少污染和提高效率的煤炭加工、燃烧、转换和污染控制新技术的总称,是当前世界各国解决环境问题的主导技术之一,也是高新技术国际竞争的一个

重要领域。根据我国国情,洁净煤技术包括:选煤、型煤、水煤浆、超临界火力发电、先进的燃烧器、流化床燃烧、煤气化联合循环发电、烟道气净化、煤炭气化、煤炭液化、燃料电池。

洁净煤技术包括两个方面,一是直接烧煤洁净技术,二是煤转化为洁净燃料技术。

直接烧煤洁净技术是在直接烧煤的情况下,需要采用的技术措施:①燃烧前的净化加工技术,主要是洗选、型煤加工和水煤浆技术。原煤洗选采用筛分、物理选煤、化学选煤和细菌脱硫方法,可以除去或减少灰分、矸石、硫等杂质;型煤加工是把散煤加工成型煤,由于成型时加入石灰固硫剂,可减少二氧化硫排放,减少烟尘,还可节煤;水煤浆是选用优质低灰原煤制成,可以代替石油。②燃烧中的净化燃烧技术,主要是流化床燃烧技术和先进燃烧器技术。流化床又叫沸腾床,有泡床和循环床两种,由于燃烧温度低可减少氮氧化物排放量,煤中添加石灰可减少二氧化硫排放量,炉渣可以综合利用,能烧劣质煤,这些都是它的优点;先进燃烧器技术是指改进锅炉、窑炉结构与燃烧技术,减少二氧化硫和氮氧化物的排放技术。③燃烧后的净化处理技术,主要是消烟除尘和脱硫脱氮技术。消烟除尘技术很多,静电除尘器效率最高,可达99%以上,电厂一般都采用。脱硫技术有干法和湿法两种,干法是用浆状石灰喷雾与烟气中二氧化硫反应,生成干燥颗粒硫酸钙,用集尘器收集;湿法是用石灰水淋洗烟尘,生成浆状亚硫酸排放。它们脱硫效率可达90%。

煤转化为洁净燃料技术主要有以下四种:①煤的气化技术,有常压气化和加压气化两种,它是在常压或加压条件下,保持一定温度,通过气化剂(空气、氧气和蒸汽)与煤炭反应生成煤气,煤气中主要成分是一氧化碳、氢气、甲烷等可燃气体。用空气和蒸汽作气化剂,煤气热值低;用氧气作气化剂,煤气热值高。煤在气化中可脱硫除氮,排去灰渣,因此,煤气就是洁净燃料了。②煤的液化技术,有间接液化和直接液化两种。间接液化是先将煤气化,然后再把煤气液化,如煤制甲醇,可替代汽油,我国已有应用。直接液化是把煤直接转化成液体燃料,比如直接加氢将煤转化成液体燃料,或煤炭与渣油混合成油煤浆反应生成液体燃料,我国已开展研究。③煤气化联合循环发电技术,先把煤制成煤气,再用燃气轮机发电,排出高温废气烧锅炉,再用蒸汽轮机发电,整个发电效率可达45%。我国正在开发研究中。④燃煤磁流体发电技术,是指当燃煤得到的高温等离子气体高速切割磁感线,就直接产生直流电,然后把直流电转换成交流电。发电效率可达50%~60%。我国正在开发研究这种技术。





### 1.1.3 石油和天然气

#### 1. 石油

我国有较丰富的石油资源,但旧中国石油工业几乎是空白。我国地质学家李四光以其独创性的地质力学理论为指导找到了大庆等一大批丰产油田。1950年我国原油产量居世界第27位,1986年居世界第五位。

石油又称原油,是一种黏稠的、深褐色液体。地壳上层部分空间有石油储存,主要成分各种烷烃、环烷烃、芳香烃和少量含氧和含硫的有机物质,是多种烃类的混合物,它是由古代海洋或湖泊中的生物经过漫长的演化形成,属于化石燃料,石油主要被用来作为燃油和汽油,也是许多化学工业产品如溶剂、化肥、杀虫剂和塑料等的原料。

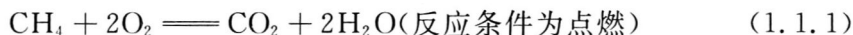
石油经过分馏和裂化等加工过程后可得到石油气、汽油、煤油、柴油、润滑油等一系列的产品,与外国石油相比,我国大部分石油具有以下特点:轻质油收率较低;原油中烷烃多,其中正烷烃含量高;渣油中沥青质少;含硫量低,但含氮量偏高;钒含量很低,镍含量中等。

石油加工产品中最重要的燃料是汽油,我国汽车消耗的燃料占全国汽油的95.4%,柴油的27.7%。

#### 2. 天然气

天然气是一种多组分的混合气态化石燃料,主要成分是烷烃,其中甲烷占绝大多数,另有少量的乙烷、丙烷和丁烷。它主要存在于油田、气田、煤层和页岩层。天然气燃烧后无废渣、废水产生,相较煤炭、石油等能源有使用安全、热值高、洁净等优势。天然气又可分为伴生气和非伴生气两种。

甲烷燃烧的化学方程式:



天然气是较为安全的燃气之一,它不含一氧化碳,也比空气轻,一旦泄漏,立会向上扩散,不易积聚形成爆炸性气体,安全性较高。采用天然气作为能源,可减少煤和石油的用量,因而大大改善环境污染问题;天然气作为一种清洁能源,能减少二氧化硫和粉尘排放量近100%,减少二氧化碳排放量60%和氮氧化物排放量50%,并有助于减少酸雨形成,舒缓地球温室效应,从根本上改善环境质量。但是,对于温室效应,天然气跟煤炭、石油一样会产生二氧化碳。因此,不能把天然气当作新能源。

天然气作为工业燃料代替煤,可用于工厂采暖,生产用锅炉以及热电厂燃气轮机锅炉;天然气发电是缓解能源紧缺、降低燃煤发电比例,减少环境污染的有







效途径;天然气也是制造氮肥的最佳原料,其具有投资少、成本低、污染少等特点,天然气占氮肥生产原料的比重在世界平均达80%左右;天然气还可作为居民生活用的燃料,随着人民生活水平的提高及环保意识的增强,大部分城市对天然气的需求明显增加;以天然气代替汽车用油,具有价格低、污染少、安全等优点。

#### 1.1.4 煤气和液化气

煤气和液化气是现代城市居民最重要的两大居民燃料,其共同特点是使用方便、清洁无尘,但两者的成分和来源均不同,使用方法也不一样。

煤气是以煤为原料加工制得的含有可燃成分的气体。煤的合成气及炼焦气是城市煤气的主要来源,其主要可燃成分为  $\text{H}_2$  (50%)、 $\text{CO}$  (15%)、 $\text{CH}_4$  (15%),根据加工方法、煤气性质和用途分为:煤气化得到的是水煤气、半水煤气、空气煤气(或称发生炉煤气),这些煤气的发热值较低,故又统称为低热值煤气;煤干馏法中焦化得到的气体称为焦炉煤气,高炉煤气。属于中热值煤气,可供城市作民用燃料。煤气中的一氧化碳和氢气是重要的化工原料。

我国规定煤气热值不低于  $15.9 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ ,可通过增加  $\text{CH}_4$  或  $\text{H}_2$  来调节其热值,煤气一般都先贮存在又高又大的煤气柜里,然后再沿着四通八达的煤气管道进入千家万户,降低有毒  $\text{CO}$  量是未来城市煤气发展的方向。

液化气的全称是石油液化气,它主要来源于石油,一种是采油时的气体产品叫油田气,一种是炼油厂的气体产品叫炼厂气,液化气的主要成分是丙烷和丁烷,将其加压成液体并装进钢瓶,使用时只要打开钢瓶上的阀门,释压后的液体即转变为气体冲出,就可以像煤气一样使用了,但二者灶具不可混用,使用时要注意安全,液化气省去了铺设管道的成本,非常适合在城市远郊的乡镇和农村使用。

与煤气相比,液化气具有两大优点:一是无毒,二是热值大。此外,一些工厂利用液化气在纯氧中燃烧时产生的高温来切割钢材,为液化气开拓了新的用途。近年来,国内一些大中城市多使用石油液化气为动力的汽车(称为“绿色交通”),液化气不但热值比汽油高,尤其是基本上不产生  $\text{SO}_2$  等有害气体和黑烟,而且汽车无需什么改造即可改用液化气为燃料。目前,我国正在加快“绿色交通”的进程。

## 1.2 可持续发展与清洁能源

能源的大量消耗尤其是常规能源中矿物燃料的大量使用,不但使储量锐减,而且带来人类生存环境的恶化,人类经过总结和反思,终于在1992年联合国环