

煤 石油 天然气

化学和工艺

MEI SHIYOU TIANRANQI

HUAXUE HE GONGYI

[联邦德国] K.H.施密特 I.罗梅 著

化学工业出版社



062109



# 煤 石油 天然气 化学和工艺

[联邦德国] K.H.施密特 著  
I.罗梅

潘德慧 董炜波 译  
邹仁鋈 审校



200423265



化学工业出版社

(京)新登字 039 号

## 内 容 提 要

煤、石油和天然气都是由生物物质生成的化石燃料。它们既是能源又是资源，既可作为燃料又可作为原料。

本书从化学和工艺学的角度来讨论化石燃料的开采、物理化学性质、分析检验、生产加工和利用等实际问题。书中每章末附有习题和问题，并在附录中给出答案。

读者可以从本书获得煤、石油、天然气三者在生产过程中的相互联系和各自的作用，以及如何有效地生产作为燃料或基本化工原料的知识。

本书可供在油田、煤矿、天然气加工厂和化工厂工作的工程技术人员和工人参考。

潘德慧译第一至三章，董炜波译第四至六章，李玉民参加译稿整理工作，邹仁铨对全书的译稿进行了审校，王伯英对译稿进行了校核和编辑加工。

Karl-Heinz Schmidt

Ingo Romey

**Kohle-Erdöl-Erdgas**

**Chemie und Technik**

Vogel-Verlag, Würzburg, 1981.

**煤 石油 天然气**

**化学和工艺**

潘德慧 董炜波 译

邹仁铨 审校

责任编辑：裴桂芬

封面设计：许立

\*

化学工业出版社出版

(北京朝阳区惠新里3号)

北京市燕山联营印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

\*

开本 850×1168 $\frac{1}{2}$  印张 7 $\frac{1}{2}$  字数 201 千字

1992年2月北京第1版 1992年2月北京第1次印刷

印数 1—1,850

ISBN 7-5025-0161-4/TQ·123

定 价 7.40 元

# 序 言

自从工业化学开始发展以来，煤、石油和天然气即已成为有机产品的原料。本世纪前半叶，煤化学取得了重大成就。到本世纪中期，石油则占据了极其重要的地位，并开辟了石油化学领域。后来，欧洲和北非相继发现很大的天然气产区，于是天然气也进入有机原料之列。

由于煤、石油和天然气均由生物物质生成，它们彼此之间有类似性，作为原料可以互相代替，所以应该对这三种原料以及另外一些有关的原料有一个共同的概念，它们都可统称为化石燃料，因为除其来源外，作为燃料几乎是它们唯一共同的用途。这样，研究它们的化学和工艺就可以叫作燃料化学和燃料工艺。早在三十多年以前，Carl Kröger和其他卓有成就的科学家就已经从事煤和石油工艺学的研究了。

燃料化学和工艺的课题是，将煤、石油、天然气或其它类似物质转化成基本化工产品。煤、石油和天然气的利用可归纳成以下两个问题：

1. 对煤、石油和天然气怎样能有效地加以利用？（课题：原料一定，寻求产品）

2. 用煤、石油或天然气代替原来的原料路线能否更好地和更经济地生产某种产品？例如，不用淀粉或糖而用石油（乙烯）制造乙醇。

（课题：产品一定，寻求原料）

上述这些内容对于将来要在煤矿、褐煤矿、焦化厂、石油炼厂或其它基本化工企业从事矿工、工艺工程师或化学师工作的学生们来说均有裨益，通过本书，学生们可对有机化工重要原料的来源、开采、化学性质、加工和利用有一个全面了解。正在从事实际工作的专业人员可将本书作为了解自己业务领域生产过程的相互联系或获得关于各方面问题的系统知识的读物。对政治经济问题感兴趣的读者可由本书获得讨论能源和原料问题的一些基础知识。

若想理解本书的内容，读者必须具备化学系或化工系一年级大学

生的化学和物理学基本知识，同时要熟悉物理学和工艺学一些最重要的定义。

本书特点主要探讨化石燃料在来源、加工和用途方面的共性。篇幅较短，但由于主要强调了共性且涉及到基础知识，即使若干年后工艺学有了进步，这些知识仍将具有意义。

读者应对每章末的习题和问题进行深入钻研。在书的正文中有解法提示，附录中有习题答案。

本书所用的单位、单位名称和单位符号与煤炭协会矿山企业报BB22000 1975年11月号（第一部分）和1976年2月号（第二部分和第三部分）所载相同并与1969年7月2日“测量单位的规定”及以后1973年7月6日和1973年11月27日的规定和决定一致。

我们衷心感谢H·Bohlender博士所给予的鼓励，并蒙他修改了《石油炼制的方法》一节的内容。

# 目 录

序言	
第一章 绪论	1
习题	5
第二章 化石燃料	6
2.1 化石燃料的形成	6
2.2 化石燃料的矿床	9
2.3 化石燃料的开采	11
2.3.1 采煤	11
2.3.2 石油开采	17
2.3.3 天然气开采	19
2.3.4 由油页岩和油砂提取有机物质	20
2.4 化石燃料的性质和用途	21
2.4.1 烟煤的性质和用途	21
2.4.2 褐煤的性质和用途	24
2.4.3 石油的性质和用途	26
2.4.4 天然气的性质和用途	34
2.4.5 油页岩、油砂及其产品的性质和用途	36
2.5 习题	38
第三章 化石燃料的精制和化学转化	40
3.1 煤气生产方法	41
3.1.1 干馏法	42
3.1.2 气化法	43
3.1.3 烃类裂解制造燃料气和合成气	51
3.2 石油炼制的方法	53
3.2.1 脱盐	55
3.2.2 蒸馏	57
3.2.3 焦化	59
3.2.4 减粘裂化	60
3.2.5 加氢精制(加氢脱硫)	61
3.2.6 催化裂化	64
3.2.7 加氢裂化	67
3.2.8 催化重整	69

3.2.9	异构化	71
3.2.10	烷基化	74
3.2.11	水蒸气转化 (蒸汽分解)	76
3.2.12	蒸汽热裂解 (以生产乙烯为主)	80
3.2.13	裂解的理论基础	84
3.2.14	炼油厂中物料间的联系	101
3.3	炼焦工艺	105
3.3.1	烟煤的高温焦化	106
3.3.2	煤焦油的回收和加工	110
3.3.3	焦炉煤气的回收和加工	114
3.4	煤的液化法	114
3.4.1	煤液化的历史	115
3.4.2	液相加氢	117
3.4.3	新发展	123
3.4.4	煤炭的抽提	129
3.4.5	新进展	131
3.4.6	气相加氢	131
3.4.7	费-托合成	133
3.5	习题	133
<b>第四章</b>	<b>精制燃料和合成燃料的性质与用途</b>	<b>135</b>
4.1	工业燃料气的性质与用途	135
4.2	动力燃料的性质与用途	139
4.2.1	车辆用汽油	140
4.2.2	航空燃料	146
4.2.3	柴油燃料	147
4.3	燃料油的性质与用途	148
4.4	润滑剂和沥青的性质与用途	149
4.4.1	润滑剂	150
4.4.2	沥青	151
4.5	焦炭的性质与用途	152
4.5.1	烟煤焦炭	152
4.5.2	石油焦	155
4.6	煤饼的性质与用途	156
4.7	由燃料制成的基本化工原料的性质与用途	159
4.7.1	氢气和一氧化碳	160
4.7.2	不饱和烃	162

4.7.3	芳香烃:苯、甲苯、二甲苯和乙苯	168
4.7.4	芳香烃:萘和蒽	176
4.8	习题	178
<b>第五章</b>	<b>燃料的分析检验</b>	<b>180</b>
5.1	燃料的检验	180
5.1.1	密度的测定	180
5.1.2	粘度的测定(Vogel-Ossag)(根据DIN 51561)	184
5.1.3	测定液态石油烃的沸腾过程(根据DIN 51751)	186
5.1.4	蒸气压的测定(根据DIN 51754)	186
5.1.5	燃烧值和热值的测定(根据DIN 51900)	187
5.1.6	闪点的测定(根据DIN 51755, EN 57和DIN 51758)	189
5.1.7	燃点的测定(根据DIN 51794)	190
5.1.8	矿物油流动点的测定(根据 EN 6)	192
5.2	燃料的分析	193
5.2.1	烃类含量的测定(根据DIN 51791, 现在为DIN EN)	193
5.2.2	高沸点烃中芳香烃和非芳香烃含量的测定 (根据DIN 51384)	194
5.2.3	硫含量的测定(Grote-Vrekeler法)(根据DIN 51768)	195
5.2.4	残碳的测定(Conradson)(根据DIN 51551)	195
5.3	焦煤和焦炭的分析检验	196
5.3.1	焦煤的分析检验	196
5.3.2	焦炭的分析检验	200
5.4	习题	201
<b>第六章</b>	<b>燃料经济</b>	<b>203</b>
6.1	燃料的贮藏	203
6.2	需要与供应	205
6.3	燃料的运输和分配	211
6.4	习题	214
<b>第七章</b>	<b>习题答案</b>	<b>215</b>
<b>第八章</b>	<b>公式符号、下标符号、单位缩写</b>	<b>216</b>
	参考文献	218



# 第一章 绪 论

煤、石油和天然气都是天然资源，它们通常蕴藏在地下，要通过挖掘或钻井进行开采。它们可以原始状态或精制后经燃烧而产生能量。因此，人们把它们叫做天然燃料或化石燃料（“化石”表示发掘的意思，源自拉丁语）。工艺学上对燃料的定义是：燃烧时能放出廉价有用能量的物质。因此，燃料属于初级能源，由于它们具有这一性质，所以自人类以来就对它们加以利用了。

燃料技术的发端可追溯到75万年前的旧石器时代，当时人类刚开始学会用火为自己服务。他们的燃料是干燥的植物、木材和泥煤，而后是地沥青、石油、煤和天然气。今天，我们已具有多种精制的燃料和合成燃料，它们所含的能量有一些已超过了天然燃料。自从人类能够利用热能驱动机器以来，天然燃料的净化、精制和化学转化有了特殊的意义。

所有化石燃料都含有处于化学结合状态的碳和氢，此外还含有少量的氮、硫和其它元素。因此，化石燃料可用作化学原料，今天它们已是制造化肥、塑料、合成纤维、合成橡胶、染料、药物等许多工业产品的基础。此外，为从矿石中提取各种金属，特别是对炼铁来说，必须用化石燃料做还原剂。

燃料可分为以下几类。

## A) 按聚集状态分类

1. 固态燃料（煤、焦炭、煤砖）
2. 液态燃料（石油、汽油、甲醇）
3. 气态燃料（天然气、焦炉煤气、氢气）

## B) 按来源分类

1. 天然燃料（煤炭、褐煤、石油、天然气、木材）
2. 精制燃料（焦炭、煤砖、汽油、柴油、燃料油）

## 3. 合成燃料(合成汽油、合成天然气、城市煤气、甲醇、氢气)

## C) 按化学成分分类

1. 有机燃料(石油、褐煤、汽油)
2. 无机燃料(氢气、一氧化碳、肼)

## D) 按释放能量的原理分类

1. 化学燃料:经氧化作用而燃烧的燃料,以上所述皆属此类。

2. 电化学燃料:可在燃料电池中直接转化成电能的燃料。不必先把能量转变为热,即可避免在热转化成电流时的严重能量损失。对燃料电池来说,合适的电化学燃料有氢气、甲烷、丁烷,同时以氧气作为氧化剂。

不属于化石燃料的有:

**核燃料:**这是一些以核物理方式经原子核裂变而得到能量的燃料,其中包括铀、钚和钍。

德国标准使用的是分类系统A,本书则根据系统B来分类,因为这种分类能够最完善地考虑到物料的性质。

由于能量在燃料工艺中具有重大意义,所以有必要简单地考察一下能的各种表现形式及其定义。

能具有做功的本领,它可表现为机械能、电能、光或热等多种形式。能量的单位是焦耳,它等于1牛顿(1N)的力将施力点沿该力的方向移动1米(1m)所做的功。

$$1\text{J} = 1\text{Nm} = 1\text{kgm}^2\text{s}^{-2}$$

$$(1\text{焦耳} = 1\text{牛顿米} = 1\text{公斤米}^2\text{秒}^{-2})$$

焦耳是由力学单位导出的。电能的单位以瓦特秒(Ws)表示,数值上1瓦特秒等于1焦耳。

$$1\text{Ws} = 1\text{J}$$

$$(1\text{瓦特秒} = 1\text{焦耳})$$

在国际单位制(SI)中,热量没有本身的单位,过去所用的卡(cal)已被焦耳或瓦特秒代替。

$$1\text{cal} = 4.1868\text{J} \text{①} = 4.1868$$

① 该数值为国际蒸汽表卡的换算系数。——编者注

(1 卡 = 4.1868 焦耳 = 4.1868 瓦特秒)

此外，在石油工业中还使用非米制单位，热量以英热单位(Btu)表示：

$$1 \text{ Btu} = 1054.18 \text{ J} \text{ ①}$$

(1 英热单位 = 1054.18 焦耳)

单位热量是对质量单位而言的，即，以千克为基准，在美国则以常衡磅(1 b av)为基准(常衡磅1 b av 常简写为1 b, 1 b 源自拉丁语 *Libra* = 磅, 1 1 b = 0.4536 kg)。

$$1 \text{ kJ/kg} = 0.430 \text{ Btu/1 b} = 0.239 \text{ kcal/kg}$$

(1 千焦耳/公斤 = 0.430 英热单位/磅 = 0.239 千卡/公斤)

化学中用摩尔(mol)这个单位表示物质的量。1 摩尔相当于某物质  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子的质量，该粒子相应于总化学式，可以是原子(c, He)、分子( $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )或离子对(NaCl)。摩尔反应热及燃烧热的数值通常在 1 万焦与 10 万焦之间，因此，一般以千焦( $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$ )或兆焦( $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$ )为单位进行计算。单位热量乘以摩尔质量即得摩尔热量。

例 1 摩尔质量为  $128.19 \text{ kg/kmol}$  的萘在  $80.2^\circ\text{C}$  熔化时消耗的单位熔化热量为  $1.145 \text{ kJ/kg}$ 。从而，熔化 1 千摩尔萘需要  $1.145 \times 128.9 = 146.7 \text{ kJ}$ 。所得结果是萘的摩尔熔化热，单位为  $\text{kJ/kmol}$  或  $\text{J/mol}$ 。

进行化学反应时放出或吸收的热量需要做进一步精确地考察。

如果是气体之间进行反应而且反应中摩尔数有变化，则等压情况和等容情况下反应热不同。工艺过程大多数是在等压下进行的，此时的各种热量叫做焓，以符号  $H$  表示，该符号来自英语单词 *Heat*——热(焓 = 热含量，字源是希腊文 *thal pein*——加热)。

焓无绝对值，只能相对地测定。为确定焓的相对值，人们规定标准状态下元素的焓值为零，虽然此时它们仍含有能量，而且能在化学反应中放出能量。由于产物仍然包含着总能量的一部分，所以放出的仅是能量的差值。一般在  $H$  前面写一个希腊字母  $\Delta$  来表示这种能量差。

由元素生成一种化合物时表现出的热量叫做生成焓  $\Delta H_f$ ，下标  $f$

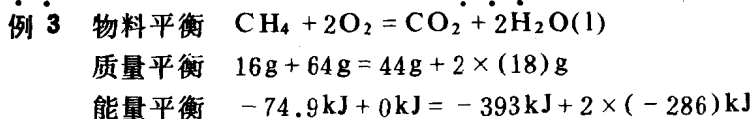
① 按 SI 单位该数值应为 1055.06 J，现据原文译出——编者注。

表示“生成”的意思。在例2中考察了由元素生成一氧化碳的情况。我们看到，对元素来说，在物料平衡式和质量平衡式中都有一定的数值，而在能量平衡式中却没有。CO的生成焓已通过实验测出，可从数据表中查到 [1.5]。

物料平衡	$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$
质量平衡	$24\text{g} + 32\text{g} = 56\text{g}$
能量平衡 $\Delta H_f$	$0\text{kJ} + 0\text{kJ} = -217.4\text{kJ}$
摩尔生成焓	$= 0.5 \times (-217.4)\text{kJ/mol}$ $= -108.7\text{kJ/mol}$

由此可知，在生成28g一氧化碳时要放出108.7kJ可利用的热。因为产物所具有的化学能比反应物的少，反应是放热的，所以数值前有一负号。与此相反，如果产物具有的能量比反应物的多，则称为吸热反应。

甲烷燃烧生成二氧化碳和水是一种很常见的反应类型。此时是一个化合物发生了反应，所放出的能量叫做反应焓，以符号 $\Delta H_r$ 表示。



将能量移项并相加，得出反应焓为 $\Delta H_r = -890.1\text{kJ/mol}$ 甲烷。这是一个放热反应（物料平衡式中 $\text{H}_2\text{O}$ 的下标l表示液态）。

在该例中，由于水处于液态，所以反应焓包括水的凝结热，凝结热在数值上与气化热相等。反应后，全部的碳都以 $\text{CO}_2$ 形式存在，全部氢都以 $\text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。在这种条件下的放出的反应热叫做燃烧焓或者燃烧值 ( $H_0$ )。因此，例2中的 $\Delta H_f$ 并不表示碳的燃烧值，而是碳转化为CO的反应热。

如果水保持在蒸汽状态，则我们得到热值 ( $H_u$ )。甲烷的热值为 $800.1\text{kJ/mol}$ ， $90\text{kJ/mol}$ 的差值相应于2摩尔水的汽化热。在上述两种情况下，标准条件都是 $25^\circ\text{C}$ 和1bar（燃烧值和热值的下标0和u表示它们相应于原来命名的高热值和低热值）。

燃料的化学性质和化学应用是由碳和氢这两个元素决定的。通过

化学变化可以制得由它们组成的具有反应活性的简单烃类，而由这些烃类可以合成出许多重要的化合物，例如大多数塑料。这些烃类包括廉价的甲烷以及较贵的乙烯、丙烯、丁烯和丁二烯等。在高温下以空气和水蒸气与甲烷相互作用，可制得一氧化碳和氢气，在催化剂作用下由这两种气体可有目的地合成各种烃（合成燃料）以及醇、醛、酮、羧酸等含氧化合物。另外，氢还是合成氨原料之一，这样，燃料也就成了无机化工中肥料生产这个庞大部门的原料。

因此我们可以说，几乎所有的有机化学工业完全是依赖于化石燃料而存在的，而且无机化学工业也要使用这种原料。

由于世界上的燃料贮藏量在不远的将来就会消耗殆尽，而且对我们目前的碳需要量来说还找不到经济上可行的其它来源，所以，对于化石燃料的节约和富有成果的使用必须予以特别的考虑。

## 习 题

- 1.1 按照本章中的定义，乙烯为什么不属于燃料？
- 1.2 乙炔 ( $C_2H_2$ ) 的生成焓为  $226.6 \text{ kJ/mol}$ 。请计算  $1 \text{ kmol}$  以及  $1 \text{ kg}$  乙炔的燃烧值。
- 1.3 利用本章中的数据，计算  $CO$  的燃烧值。

## 第二章 化石燃料

天然燃料或称化石燃料在它们的矿床中大部分都是固体，以液态或气态存在者较少。

固体燃料包括烟煤、褐煤、泥煤、木材；石油沥青、油砂、油页岩。

液体燃料包括自然界中存在的石油。

气体燃料包括天然气、沼气、腐烂气。

铀不属于天然燃料。铀是从沥青铀矿 $UO_2$ 制取的，制得后即以“混合元素”的形式存在，即它由多种同位素——铀238、铀235和铀234组成。能用作核燃料的仅仅是U235，它在混合元素中的含量仅为0.714%；因此，为了富集这种同位素，需要进行多方面的加工。

从铀释放能量的过程与从天然燃料有着根本的区别。天然燃料是获取氧而发生燃烧（氧化作用），铀则是发生原子核分裂，同时作为反应产物而生成其它元素（核裂变）。

### 2.1 化石燃料的形成 2.1.1 2.2 10.3.1

化石燃料是通过一种生物-地质化学过程形成的，这种过程已经延续了几百万年，至今仍在延续着。其原料是生物有机物质，叫做生物物质，它们被水或砂子、石砾及土壤等固体隔绝了空气，经过长期的压力和热量的作用，这些有机物质开始发生变化；它们发生绝氧分解，即在没有氧气进入的情况下发生分解。通过这种分解，生成了挥发性的富氢化合物，将它们与固体物质分离即可提高固体物质的含碳量。这种一定条件下提高含碳量的地质生物过程叫做碳化作用。表2-1表示了按含碳量大小排列的几种燃料。它们的含碳量与其“碳化度”相对应，同时一般也是与它们的年龄相对应的。富含氢的石油没按照碳化度的次序排列，而是排在最后。

表 2-1 一些化石燃料的含碳量\*

燃 料 品 种	含碳量, 重量%	燃 料 品 种	含碳量, 重量%
石 墨	100	泥 煤	58~60
无 烟 煤	95~97	木 材	18~50
烟 煤	75~94	石 油	84~87
褐 煤	58~73		

\* 含碳量可作为碳化度和年龄的指标

上面所说的热量主要来自细菌分解反应的反应焓, 压力则是由压在深处反应区上的地壳所造成的。不过, 地质断层对压力也有影响。

气态和液态物质很容易由它们的形成处移开, 固态物质也可能通过地质位移而发生地点转移。如果现在的矿床仍然处于原始的形成处, 就叫做原地矿(希腊-拉丁语:于发现处形成), 其它情况下则叫做移置矿(希腊-拉丁语:于它处形成)。

各种燃料的差别主要是由形成它们的生物物质和化学过程的长短决定的。固体燃料主要来源于陆地上的高级植物, 例如, 煤炭主要来源于决定石炭纪植物界面貌的高大植物: 蕨类、木贼和石松, 这些植物比现在的高大得多。

固体燃料的形成历史分为两个阶段: 由植物通过泥煤到褐煤(第一碳化阶段)和由褐煤到烟煤(第二碳化阶段), 即, 植物→泥煤→褐煤→烟煤。

泥煤是在沼泽地区隔绝空气的条件下由死亡的植物形成的, 其中残留着许多植物结构。在化学成分上, 泥煤含有植物木质素的分解产物腐植酸, 带羧基( $-\text{COOH}$ )、酚和醇羟基( $-\text{OH}$ )、酮基( $\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}$ )和甲氧基( $-\text{O}-\text{CH}_3$ )的化合物以及沥青和胶态结合的水。

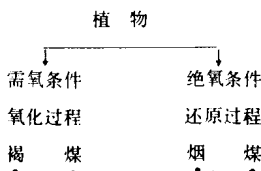
这个阶段的第二个产物是褐煤。褐煤是在第三纪和上白垩纪形成的, 其中含有沥青、腐植酸、Humaten和黑物。在煤化过程中, 腐黑物含量不断增加, 同时羧基分解放出 $\text{CO}_2$ 。在这一时期, 菌类和细菌

可能一直都在促进植物的分解，但随着腐植酸含量的增加，它们的生存条件被破坏，于是称之为生物化学阶段的碳化第一阶段到此结束。

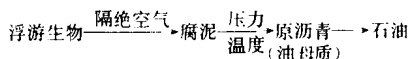
随后到来的是地质化学阶段，在这个阶段中形成了烟煤。第二碳化阶段是在温度、压力和时间的确定影响下进行的，但压力的作用尚不清楚，因为这个阶段的化学反应过程中要放出 $\text{CO}_2$ 和 $\text{CH}_4$ ，如果气体不能离开反应区，则体系的压力要升高，根据勒·夏特列原理，反应必定要停止。温度的影响肯定是最大的。

通过缩合反应由剩余的腐植酸还要生成腐黑物，这些腐黑物在分解出气体和分子增大的情况下先转移到褐煤而后转移到烟煤中。

另外一种关于煤的成因的观点 (W. Fuchs) 认为烟煤并非由褐煤生成，而认为两种煤是彼此无关地通过不同的微生物过程形成的。



石油绝大多数是由海中悬浮的低级植物和动物——浮游生物（希腊语：四处飘浮者）——中的有机物质形成的，细菌和高级植物的成分很少。在隔绝空气并受细菌作用下，在海底形成腐败泥渣（腐泥），腐泥在压力以及首先是热量的作用下变成原沥青。



石油在形成时以及形成以后所承受的最高温度能够相当可靠地加以确定。其略高于 $200^\circ\text{C}$ 。这个温度通过异构体（异构体是摩尔质量相等但结构不同的分子）的分布可获知。此外，石油还含有一些复杂的化合物（吡啶）。它们在 $200^\circ\text{C}$ 以上即发生分解。

各种石油的年龄有很大差别，年龄范围从六亿年前的古生代（塞武纪）到一百万年的新生代（第四纪）。处于 *Orinoco* 河口的已知最年



青的石油矿甚至是在冲积层形成的,属于现代地质期,年龄为4000年。

如前所述,天然气经常是作为煤或石油的“副产物”而生成的,但它也可独立存在。类似于天然气的一些气体(沼气、腐烂气)是在细菌作用下通过腐烂过程由各种生物物质生成的。由农业副产品经合成方法也可生产这些气体并可加以经济利用(生物气)。

油页岩是含有碳酸盐的砂-土-岩石,其中含有一大部分有机物质大部分分解成油,因此叫做油母质(希腊-拉丁语:产生油的物质)。油母质可在淡水池或盐水池中生成。死亡的植物或动物物质一层夹一层地淀积上无机物质,层间夹着的生物物质发生腐烂并发生类似于石油生成时的变化,不过得到的却是粘稠的类似沥青的物质。油页岩的形成期间为塞武纪到第三纪。

含油砂或叫焦油砂是暗黑色的软砂或软砂岩,形成的地质年代主要为中生代。含油砂中的矿物99%以上为石英砂和粘土,它所含的油是粘性的,从生成看可看成是一种重石油。

### 2.2 化石燃料的矿床 <sup>[2.1][2.2][2.3][2.4]</sup>

我们不能准确地说出化石燃料的总储量,因为地球表面被人类勘察过的还只是一小部分。推测一些尚且不能开发的地区有多少化石燃料仅具有理论意义。例如,人们推测海洋下面的石油将有几十亿吨。

人们把现在看来已经能够全部开采或者在不久的将来看来能够全部开采的矿床叫做资源,而把资源中当前就能从技术上和经济上加以

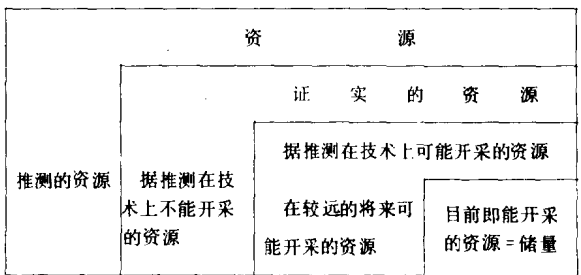


图 2-1 资源和储量