

〔法〕 Pierre-René Bauquis Emmanuelle Bauquis 著

卢雪梅 刘倩 刘哲 译

UNDERSTANDING
THE FUTURE

OIL & NATURAL GAS

石油天然气的 未来

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石油天然气的未来 / [法] 布奎斯 (Bauquis, P.), [法] 布奎斯 (Bauquis, E.) 著 ; 卢雪梅, 刘倩, 刘哲译 . —北京 : 石油工业出版社, 2012.4

书名原文 : Oil & Natural Gas: Understanding the Future

ISBN 978-7-5021-9010-1

I . 石…

II . ①布… ②布… ③卢… ④刘… ⑤刘…

III . ①石油工业—基本知识 ②天然气工业—基本知识

IV . TE

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 061374 号

Translation from the English language edition: “Oil & Natural Gas: Understanding the Future” by Pierre-René Bauquis and Emmanuelle Bauquis, ISBN: 2-914729-36-7

Copyright © 2005 H.E.C. HIRLE EDITIONS & COMMUNICATION, All Rights Reserved

本书经 H.E.C. HIRLE EDITIONS & COMMUNICATION 授权翻译出版, 简体中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。

著作权合同登记号图字 : 01-2012-2828

石油天然气的未来

[法] 布奎斯 (Bauquis, P.), [法] 布奎斯 (Bauquis, E.) 著 ; 卢雪梅, 刘倩, 刘哲译 .

总 策 划 : 张 镇

责任编辑 : 林永汉 刘 倩

特约编辑 : 刘慧云

责任校对 : 王 群

封面设计 : 李 欣

出版发行 : 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址 : www.petropub.com.cn

编辑部 : (010) 64523540 发行部 : (010) 64523620

经 销 : 全国新华书店

印 刷 : 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

635×965 毫米 开本 : 1/8 印张 : 20

字数 : 345 千字 印数 : 1—5000 册

定价 : 80.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

序一

可持续的能源安全是人类在 21 世纪面临的最严峻挑战之一。随着世界人口的快速增长，全球的能源需求到 2050 年预计将翻番，届时，地球上将有大约 90 亿居民，超出目前人口 20 亿之多。我们能否生产出两倍于我们当前使用的能源量而又不对我们的环境造成不可修复的破坏呢？

答案是，我们需要立即行动起来，共同创造一个和谐的能源未来——一个有保障的能源供应、公平和广泛的能源获取，以及清洁的环境为特点的未来。

在过去 50 年中，全球能源体系的变革加快了脚步。新技术、新能源及能源和能源市场的日益全球化是转变的重要因素，推动了能源体系的整合和多元化发展。

作为全球领先的综合性能源集团之一，道达尔一直参与并推动这些变革。我们正在通过在全球更多地区开展经营，积极提供更广泛的能源选择来进行业务多元化，重点致力于通过先进的能源技术和管理方法来提高能源产量和能效。与此同时，我们还努力采取行动来帮助抑制碳排放，包括减少公司自身业务活动的能耗和排放，以及向客户提供节能产品与服务。

单个公司的力量当然是有限的，我们需要与合作伙伴携起手来，进行跨文化、跨地域和跨技术的密切合作。这其中就包括了道达尔寻求与合作伙伴一起，激励能源思考、想法和解决方案。为此，道达尔在若干年前就决定率先

帮助普及能源知识。

在中国，我们很高兴出版这本由我们的前同事 Pierre René Bauquis 和他女儿 Emmanuelle 合著的《石油天然气的未来》一书的中文版。此书全面呈现了能源的发展历程乃至未来的远景，重点介绍了石油和天然气行业，从上游业务的勘探与生产、天然气液化到下游业务的油气运输、炼油和石化生产，并对其中每个业务链进行了描述和诠释。更为重要的是，此书还分析了油气活动的相关风险，如石油泄漏和大气污染等。此书已出版了 5 种不同语言的版本，并在 10 多个国家发行。

此书的发行恰逢道达尔与中国科学技术协会以及中国新闻社在北京联合启动“和谐能源之旅”——中国首个全国性能源科普巡展。该巡展从一个崭新的角度向观众介绍中国及全世界的宏观能源系统，旨在促进能源知识的普及。巡展将贯穿 2012 年全年，在北京展出后还将前往上海和广州。

以多种方式变革能源系统和迎接未来能源挑战要求人们和各利益相关方转变思维，加强对整个能源体系的认知和理解，树立一个全面而不是片面的能源观。

我真诚地希望这本书能够吸引您，无论您是学生、专业人士，还是一位想要更好地了解能源挑战复杂性的普通读者。我希望这本书还能鼓励您通过思考和行动，来迎接未来的能源挑战！

马哲睿

道达尔集团董事会主席兼首席执行官

序二

当今世界，能源问题牵动着人们的神经，上至各国政要，下至平民百姓，概莫能外。在各种能源当中，石油天然气作为优质能源而受到特别的关注。

石油天然气能撑多久？它们是怎样分布的、怎样生成的？采用哪些技术才能找到并把它们开采出来？油气产品是怎样加工出来的？油气与经济、政治、环境、运输等有着怎样的关系……对于这些问题，人们既充满好奇，又带有疑问，甚至是忧虑。因此，普及石油天然气知识，阐释石油天然气的未来，是石油公司和油气工作者义不容辞的责任。

道达尔大力支持《石油天然气的未来》中文简体版的引进和翻译工作，并在中国出版发行，这无疑是一件善事、好事。

本书作者曾担任道达尔的资深技术专家，他在阐释当今人类面临的重大问题——未来的能源问题时，没有马上给人们开出个“处方”，而是从石油古今入手，讲油气生成的地质知识，讲油气勘探开发的工程技术学问；讲油气加工、运输开发、利用，也讲其石化产品的方方面面。本书的内容既有石油大亨兴衰史，也有石油危机造成的动荡、事件、战争的介绍；既有石油经济、石油政治，也有石油军事、石油外交、气候、环境、生态等。可以说，这是一本石油知识的“小百科”，也是一幅“石油时代”的画卷。

作者没有对“未来”做出肯定性的答复，也没有给出“油气何时退出历史舞台”的具体日程，但他筛选、分析了未来新能源的可能走向。作者所持有的态度是乐观的，他认为，我们现在能够利用的所有能源都将在21世纪发挥作用。

不过，油气储量减少、环境污染等问题是客观存在的，为应对这一局面，必须从根本上改变我们的能源消费习惯、生产方式和生活方式，降低化石能源消费，鼓励所有领域的节能行为，大力开发利用可再生能源（风能、太阳能、生物质能等），促使公众接受核能等。

作为一位技术专家而非史学家，对有关历史的记述未必完全准确，对一些问题的看法，也可能仅是“一孔之见”，未必“经典”，但应该说，作者通过这本书为我们提供了一些新的观点和不同的视角。个中价值有待读者自己去细细品味。

总而言之，《石油天然气的未来》是一本很好的科普图书，值得有志向研究、有兴趣探究未来之路，特别是能源发展之路的人们来阅读。读了这本书，也许会有这样一种感觉：车到山前必有路，船到桥头自然直。通过对石油天然气行业以及相关问题的比较详细的了解，进而对人类自身、对技术进步、对未来发展抱有积极乐观的态度，这是十分重要的。

展望人类未来发展前景，我们有理由相信，21世纪的能源一定能够满足人类绿色、低碳、可持续发展的需要，为人类创造更加美好、和谐的生活。

中国改革开放以来，道达尔是最早与中国能源行业合作的外国公司之一。道达尔也是我的朋友，不久前，我参加了该公司与中国有关单位共同举办的“和谐能源之旅”活动。今天写此序，一是祝贺此书的正式出版，二是借此推动我国公民的能源知识普及工作，因为我作为一个能源工作者多年的心愿。

徐锭明

中华人民共和国国务院参事
国家能源专家咨询委员会主任

目录

第一章	从远古到现在	2
第二章	什么是烃类?	6
第三章	什么是能量?	12
第四章	什么是石油化工?	16
第五章	石油和天然气源自何处?	30
第六章	油气工业所采用的技术	38
第七章	国际石油巨头的传奇	80
第八章	石油天然气经济	94
第九章	石油天然气与运输	108
第十章	石油天然气与环境	118
第十一章	石油天然气与政治	132
第十二章	2001—2005 年油价冲击	144
第十三章	烃类、可再生能源及核能	150

〔法〕 Pierre-René Bauquis Emmanuelle Bauquis 著

卢雪梅 刘 倩 刘 哲 译

UNDERSTANDING
THE FUTURE

OIL & NATURAL GAS

石油天然气的 未来

石油工业出版社

从远古到现在



人类接触并使用石油和天然气的历史可以追溯到非常非常久远的年代。在古代，石油的用途是多种多样的，有些用于和平，有些则用于战争，很快，石油便成为了一种神秘的物质，甚至带上了宗教色彩。本书将要讲述的，正是石油天然气那悠久而又迷人的历史。

圣经时代的石油

让我们回到公元前 5000 年前后的美索不达米亚，位于底格里斯河和幼发拉底河之间的这块土地，就是今天的伊拉克。那时，整个地区生机勃勃，第一种文字刚刚成形，巴别塔拔地而起，巴比伦空中花园也已建成。那时使用的建筑材料既有烧砖也有土坯，但都以沥青做粘结剂。这里所说的沥青或超黏油是人们收集的一些渗出地表的油苗，不仅用来粘结砖，还用来防水。一些重要道路，像通往庙宇或宫殿的大道，都是用沥青铺设的，和当今的公路没有两样。此外，沥青还用于水道、运河、蓄水池和水坝，以及 Koufas 等船体的防水。Koufas 船是一种芦苇船，至今仍航行在

底格里斯河和幼发拉底河。沥青是粘结陶器及火石片的理想材料，还可用来粘结苏美尔人雕像（现存卢浮宫博物馆）的眼睛，防止其从眼框里掉出来。沥青可以加热、凝固，工匠们可将其切割成不同的形状。

其实，《旧约》源于美索不达米亚地区，这一点鲜为人知，而沥青又在该地区的文化中扮演着重要角色。这就是不同版本的《圣经》中数次提到石油的原因。倘若摩斯的摇篮没有用沥青做防水处理的话，也就不会有后来《十戒》的广为流传。

沥青的所有这些特性都让人们相信，这一黑褐色的物质是上帝的赐福，散发着神秘的宗教气息。美

索不达米亚人相信，沥青能驱赶邪气，因此，他们把沥青涂抹在婴儿的身上。人们赋予烃类宗教特性，最主要的原因在于天然气具有的自燃特性。在美索不达米亚人看来，自燃之火是神圣的，是神谕。在波斯，有一种古老的宗教信仰，即敬奉从岩石上燃烧的火焰中现身的太阳神 Mithras。这一宗教汲取了公元前 8 世纪的拜火教的教义，为所有的波斯人确立了唯一的神——太阳神，其标志就是火。天然气自然逸出并燃烧成火，被视为“永恒之火”，而出现这些“异象”的地方往往都建成了神庙。

万灵神药

由于具有如此众多或真实或想象的优点，美索不达米亚人将沥青视为包治百病的灵药。在迄今为止已知的第一份刻在泥板上的处方里，沥青就被用来治疗皮肤病。在古埃及人的药箱中，沥青和其他一些成分是必备药物。罗马历史学家普林尼（Pliny）在公元 1 世纪曾记载，沥青可用来治疗麻疯病、白内障、痛风和白翳。沥青与苏打混合可缓解牙疼，若与红酒搭配得当，还能治疗咳嗽。人们还认为沥青对治疗关节和肌肉损伤有益。兽医也很快发现了沥青的功效，用其治疗兽疥癣。文艺复兴时期的法国南部，曾在蒙彼利埃大主教的认可下销售和出口页岩油。



沥青可用来治疗麻疯病、白内障、痛风和白翳。沥青与苏打混合可缓解牙疼，若与红酒搭配得当，还能治疗咳嗽。人们还认为沥青对治疗关节和肌肉损伤有益。兽医也很快发现了沥青的功效，用其治疗兽疥癣。文艺复兴时期的法国南部，曾在蒙彼利埃大主教的认可下销售和出口页岩油。

法国阿尔萨斯地区的 Pechelbronn 村曾在 18 世纪名噪一时，据说那里的石油可以治疗肺病和肝病。



炽热的圣坛
沙普尔一世时期的德拉克马
(公元 3 世纪)



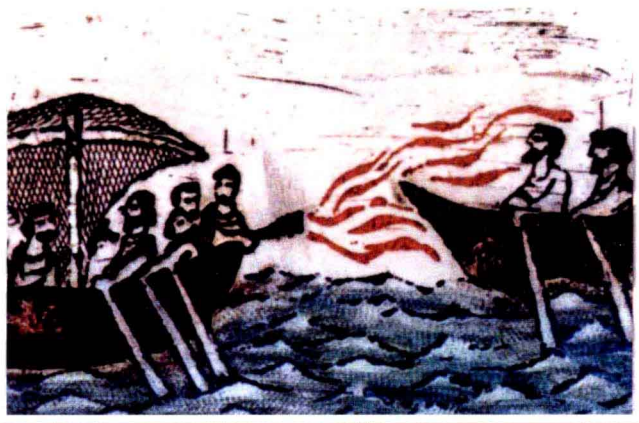
石油：万灵神药

最古老的海上开采方式：
16 世纪，人们拾取漂浮在西西里海面上的沥青块



石油与战争

天然气和石油的燃烧特性不仅使其具有宗教象征意义，还因此成为防卫和进攻的潜在工具。例如，希腊火就是一种高效的武器。在公元前5世纪的波斯战争中，波斯人就曾发射箭头浸泡过石脑油混合液的箭，用以点燃雅典最高法院的建筑。后来波斯人战败，希腊人将这一发明据为己有。亚历山大大帝在后来的战争中也使用过这种武器。罗马人则更进一步，将岩石和其他粘有燃油的发射物一起投进围攻的城池。8世纪的拜占庭人为增强军队的战斗力发明了一种骇人的武器——即装有石脑油、硫磺和硝石的陶罐，将其发射到敌人中间，海陆通用。阿拉伯人和十字军也频频使用希腊火，直到中国人发明了火药，这种武器才慢慢淡出了人们的视线。15



世纪，土耳其人占领了君士坦丁堡，希腊火退出了历史舞台。直到20世纪，才又出现了以凝固汽油这种稠化汽油的形式制造的火焰喷射器和燃烧弹等武器。



家用石油天然气

尽管烃类可烧毁整个城镇，然而它们有着更好的用途，譬如用于居室取暖、做饭和照明。美索不达米亚人用烃类来烧砖及制作陶器，公元前7世纪和6世纪的孔子也曾在其著作中提到过烃类，他将其形容为“能燃烧的水”和“闻起来很臭的气体”。当时，在四川，人们在地下钻出深度上千米的孔，用竹筒将地下的天然气引至熬盐的炉中，竹筒就是现代输气管道的前身。日本皇室曾用石油照明，罗马战车曾用石油当作润滑剂。

墨西哥的阿兹特克人咀嚼口味各异的树脂基胶糖。在拉丁美洲，人们找到了陶土蒸馏器的遗迹。亚洲的缅甸人很早就开始出口石油。16世纪的欧洲，在采矿和冶金工具书《金属的特性（De Re Metallica）》中，有专门的章节论述烃类，这表明当时的人们已经对这方面颇感兴趣。19世纪工业革命前夕，开采、炼制、国际贸易、交通、民用和军用等相互结合，所有油气工业发展的要素都已具备，推动历史跨入现代化的时代。

工业革命和黑金热

欧洲的工业革命，推动石油工业从立足收集当地渗出地表油气的低效状态，转向进行全球油气资源勘探的高效状态。第一次找油热是由鲸鱼数量的日渐减少而引发的，人们为了获取鲸鱼油，将这种动物逼到近乎绝迹。到 19 世纪后半叶，石油已成为全世界最常用的照明燃料。

18 世纪，路易十五签署了第一份书面石油矿权特许，地点位于法国东部的 Pechelbronn。人们将这里的沥青砂放入水中熬煮，以获得想要的船用防水沥青、照明用油及其他具有医疗功效的成分。

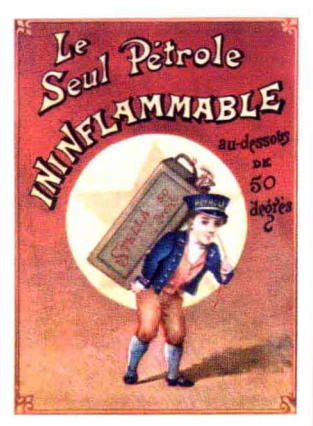
在石油工业化的早期阶段，药剂师扮演了非常重要的角色。正是一位名叫 Quinquet 的法国药剂师，非常聪明地想到把火焰放入玻璃罩子，从而发明了现代油灯。

如果说 18 世纪发明了油灯，那么 19 世纪时，欧洲的城镇就已经开始用油灯进行公共照明了。1815 年，波兰的一个小镇开始用油灯照明，布拉格和布加勒斯特紧随其后。1853 年，一位加利西亚药剂师通过蒸馏得到了一种轻质、无色的油，用这种油点燃后的火焰明亮无味。

随后，对蒸馏器的需求开始迅速增长。1830 年，现代炼油厂的前身——第一座大型蒸馏装置在巴库建成。

需求增长推动了相关研究的进步，石油很快被广泛用作取暖、照明、润滑和燃料。1889 年，戴姆勒发明了内燃机，1897 年又制造了第一辆汽车，比亨利·福特推出其 T 型车生产线早了 11 年。

随着汽车的出现，美国被迫改变方针。此前，石油并不受欢迎，原因在于它会毁坏人们用来保存食物的盐。然而，石油顷刻之间成为了工业和交通发展的驱动力。1910—1940 年，美国公路上的汽车数量增加了 30 倍。1930 年，美国人消耗了全球四



分之三的石油产量，美国开始在国内外大力勘探石油，欧洲则紧随其后（1907 年成立了盎格鲁—荷兰壳牌集团，1908 年成立了英国 BP 集团的前身）。

什么是烃类？

烃类是碳、氢原子构成的化合物，因此被称为“碳氢化合物”，它是一种化石生物物质。木材是当今最重要的生物物质，在一些国家仍被用作能量来源。烃类的存在形态从轻到重有以下3种：

· 气态

- 天然气
- 液化石油气*

* 气态还是液态，取决于压力

· 液态

- 石油
- 天然气凝析油
- 液化石油气*

· 固态

- 沥青
- 煤炭
- 天然气水合物

煤炭

与众不同的烃类

虽然化学家将煤归类为固态烃，但在传统意义上，煤一般并不归入此类，其原因有二：

- 煤炭的开采方式不同于石油和天然气，煤炭是用采矿方式开采，而大多数其他烃类则是通过井眼来开采的。

- 煤炭的形成也不同于油气。煤炭主要由古老的石炭纪森林等陆相生物物质形成。而油和气则主要由单细胞藻和浮游生物等海相生物物质形成。

煤炭的品质各异，从低阶的褐煤，到高阶的无烟煤，煤阶越高，所含的灰分就越少，释放的热量也就越多。

烃类与生物质

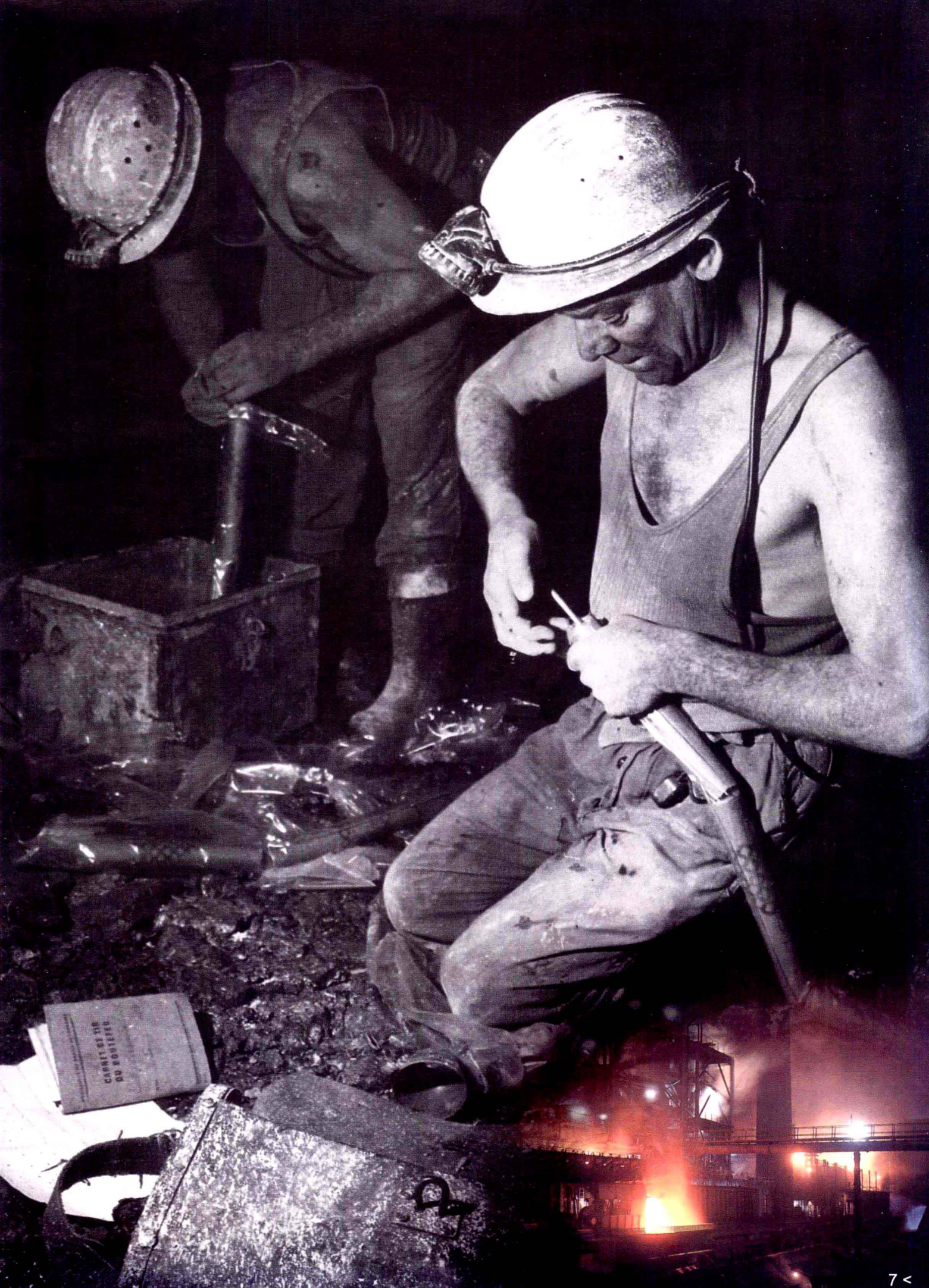
大自然中有许多物质主要是由碳和氢构成的，但却并不被称为烃类，像植物纤维素、果糖及麦片中常见的淀粉等。这

些分子中，有些被称为碳水化合物。碳氢化合物与生物质产物的化学关系并非巧合，这表明烃类本身也源自生物质。



烃类和煤炭都源自化石生物质，可将其看作植物和浮游生物赖以生长的太阳能的浓缩形式。但是很可惜，烃类的形成需要几百万年的时间，而且根据我们目前掌握的知识，它是不可再生的。

了解到烃类来自化石生物质这一点至关重要，因为这意味着，将来人类可以深入研究现有的可再生生物质，在某些情况下取代石油。但是，与通过漫长的地质年代孕育的烃类相比，这些生物质的能量密集程度低得多，这是一个很大的缺点。



烃类的构成

油气田中的石油天然气既包含烃类，也含有杂质。

- 天然气和石油中都含有杂质，天然气中的杂质常为水、二氧化碳、氮气、硫化氢、氦；石油中的杂质包括水、氮化物、氧化物、硫化物、重金属、盐。
- 天然气和石油的主要成分是碳氢化合物，其化学含义是由氢和碳构成的分子，这些分子被称为烃类。

根据其碳原子和氢原子的连接方式，这些烃类可分为烷烃、烯烃、环烷烃和芳香烃。天然气中几乎所有的烃类及石油中的普遍烃类都是烷烃。

烷烃

烷烃的化学表达式是 C_nH_{2n+2} ，但在烷烃分子中，碳原子的数目变化较大，既有由一个碳原子构成的甲烷，又有由几百个碳原子构成的复杂分子。

常见烷烃

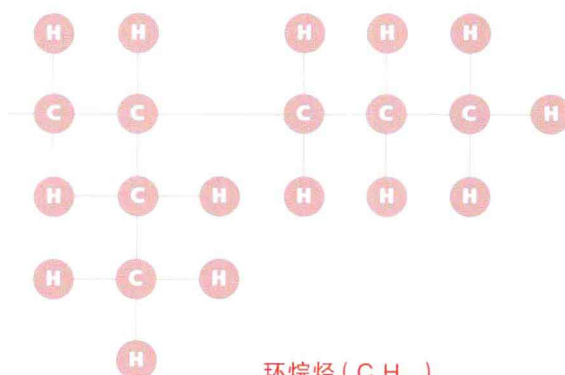
气态	甲烷	1 个碳原子	CH_4
	乙烷	2 个碳原子	C_2H_6
	丙烷	3 个碳原子	C_3H_8
	丁烷	4 个碳原子	C_4H_{10}
液态	戊烷	5 个碳原子	C_5H_{12}
	己烷	6 个碳原子	C_6H_{14}
	庚烷	7 个碳原子	C_7H_{16}
	辛烷	8 个碳原子	C_8H_{18}

烷烃和环烷烃

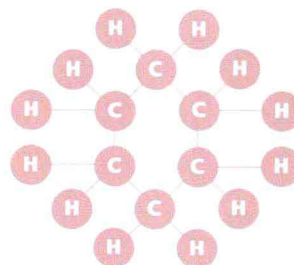
根据碳链结构，烷烃还可分为正构烷烃和异构烷烃。



异构烷烃 (C_nH_{2n+2})



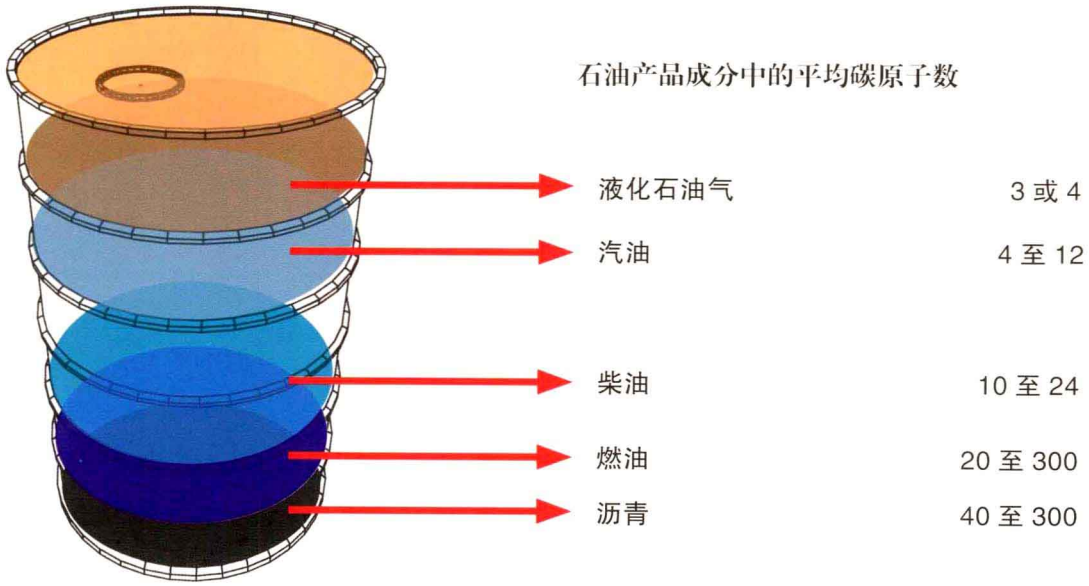
环烷烃 (C_nH_{2n})



天然气、原油和石油产品

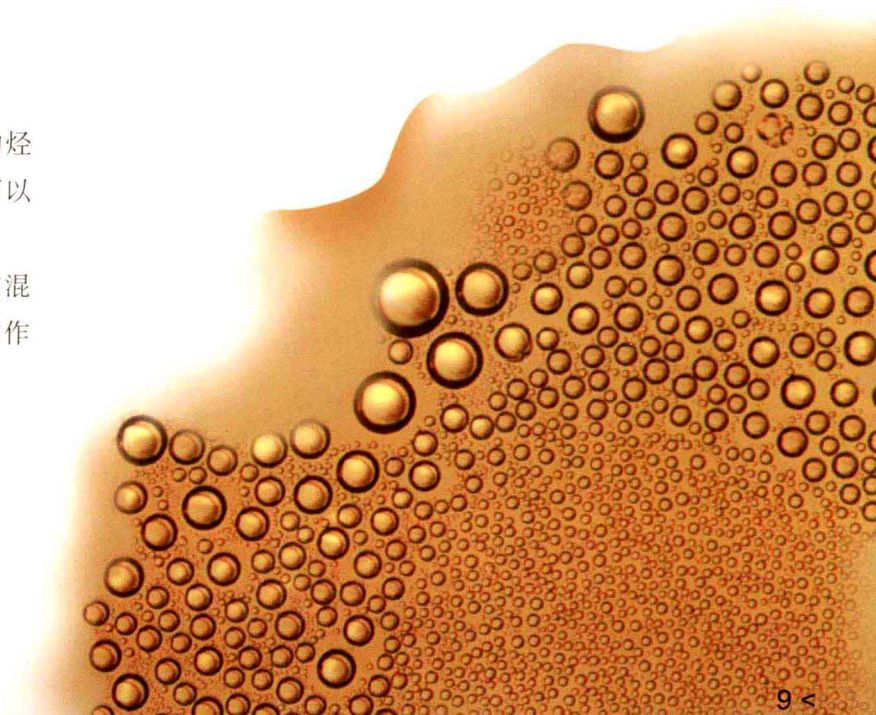
原油与天然气一样，都可视为各种碳氢化合物构成的混合物（鸡尾酒），并可根据其碳原子数目进行分类。典型的天然气就是各种碳氢化合物的混合物，但其主要成分还是包含 1 个碳原子的甲烷，另有少量的乙烷、丙烷、丁烷，以及含有 5 个或 6 个碳原子的凝析物（戊烷和己烷）。原油所含的碳氢化合物类型则更广泛，其碳氢化合物的碳原子数目少则 3 个（丙烷），多则数百个。

构成石油产品的分子中的碳原子数目越多，石油产品中每质量单位的碳的比例就越高。烃中的碳原子数越多，其挥发性就越低，沸点也就越高。很明显，烃类和石油产品的性质，随着碳原子数量的多（沥青甚至是煤）少（天然气，尤其是甲烷）按比例发生变化。



就像人的签名一样，每个油气田都有其特有的烃类构成，只要对油气样本的烃类构成加以分析就可以了解油气的来源。

石油产品主要是通过对构成原油的碳氢化合物混合物（鸡尾酒）加以蒸馏而制得的，所以，也可称作“亚鸡尾酒”（参见第四章）。



石油产品的碳含量及其主要特征

石油产品*	碳氢化合物 分子中平均 碳原子数	沸点 (℃)	碳在石油产 品质量中所 占的比例 (%)	氢在石油产 品质量中所 占的比例 (%)	硫在石油产 品质量中所 占的比例 (%)
甲烷 (天然气)	1	- 160	75	25	忽略不计
打火机中的 丁烷气和瓶装 液化石油气	4	- 5 ~ 2	83	17	忽略不计
汽油	4 ~ 12	15 ~ 180	86	14	忽略不计
柴油	10 ~ 24	150 ~ 370	86	14	忽略不计
燃油	20 ~ 300	300 ~ 700	86	11	3
沥青	40 ~ 300	500 ~ 700	86	10	4
煤	非分子结构	固态	92	5	3

* 从轻到重排列

物质的构成：难以理解的概念

要想用一两句话说明分子和原子是怎样构成物质的非常困难，因为他们实在太小了，比我们能观察到的或我们大脑所能理解的尺度要小得多。

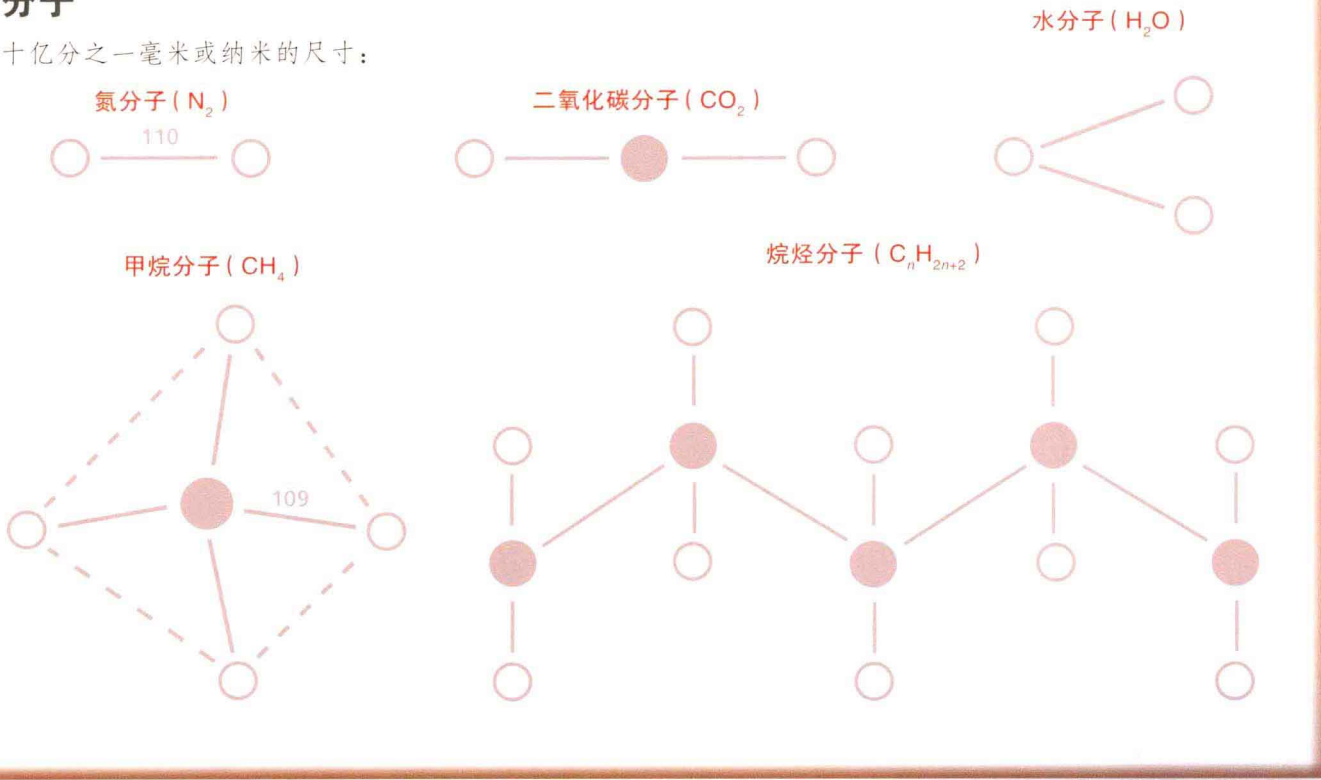
视力良好的人可以看清十分之一毫米的东西，但视力差的人只能分辨一毫米左右的细节，而分子和原

子的单位是 10^{-9} 毫米，换言之，就是 1 毫米的十亿分之一或者 1 纳米。

这就是我们很难描述清楚分子结构的原因，不过，下图还是可以帮助我们大致了解分子的大小。

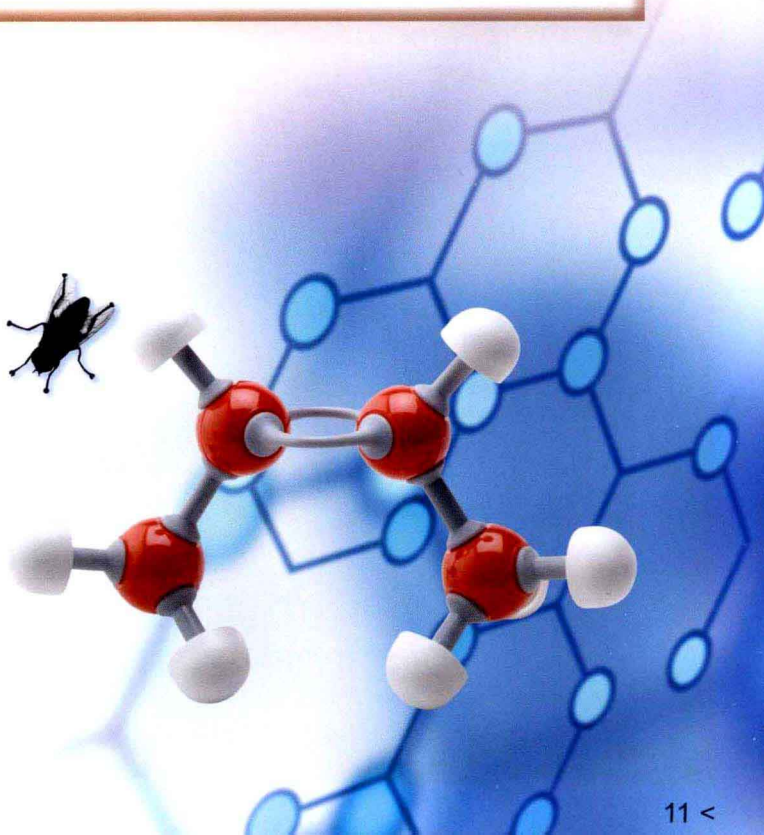
分子

十亿分之一毫米或纳米的尺寸：



现在，若要设法表示物质的结构，比如由原子构成的金属，或者由分子构成的石油，我们大脑所面临的任务就会更为艰巨。即使学过物理的人也几乎无法理解，我们所了解的物质，怎么会是由大量的虚空和少数几种真正的物质——即那些构成原子的粒子（中子、质子等）组成的呢？

要理解这一概念，唯一的办法就是，把物质内部（无论是一茶匙还是一升油）粒子所占的空间与真空所占的空间，想象成一只苍蝇（粒子）与圣保罗大教堂（空间）之间的关系。



什么是能量？

对于能量一词的含义，我们都有基本的理解。相对而言，当我们感到“能量充足”时，也就表示我们充满了行动所需要的能量！科学家使用这一字眼时，与我们的理解基本相仿。能量是一种物理系统的性能，表示其可以发力或做功，既可以是机械能（推动汽车或火车移动的能量），也可以是热能（做饭或加热洗澡水的能量）。

能量的大小取决于动力的强度和提供动力的时间。

$$\text{能量} = \text{动力} \times \text{时间}$$

例1

一辆汽车，发动机动力为 80 马力，每小时行驶 100 公里需消耗 6 升燃料，即一小时耗油 6 升，两小时耗油 12 升，依此类推。这辆车的动力恒定在 80 马力，其消耗的能量与其工作的时间成正比。

例2

以 1 千瓦的卤素灯泡为例，第一小时它会用掉 1 千瓦的电量，第二小时 2 千瓦，依此类推。因此，电力公司按千瓦小时计量其用户的用电量，换言之，也可以计量用户一个月或一个季度消费的能量。