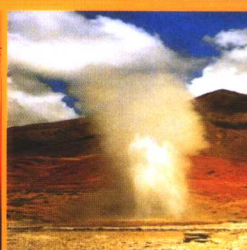
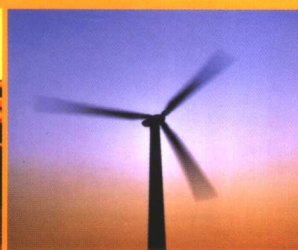
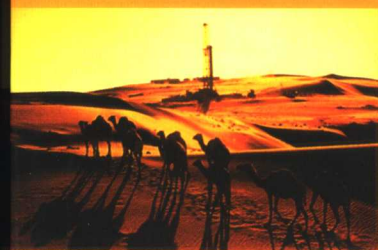


21世纪可持续能源丛书

能源与可持续发展

王革华 等编著

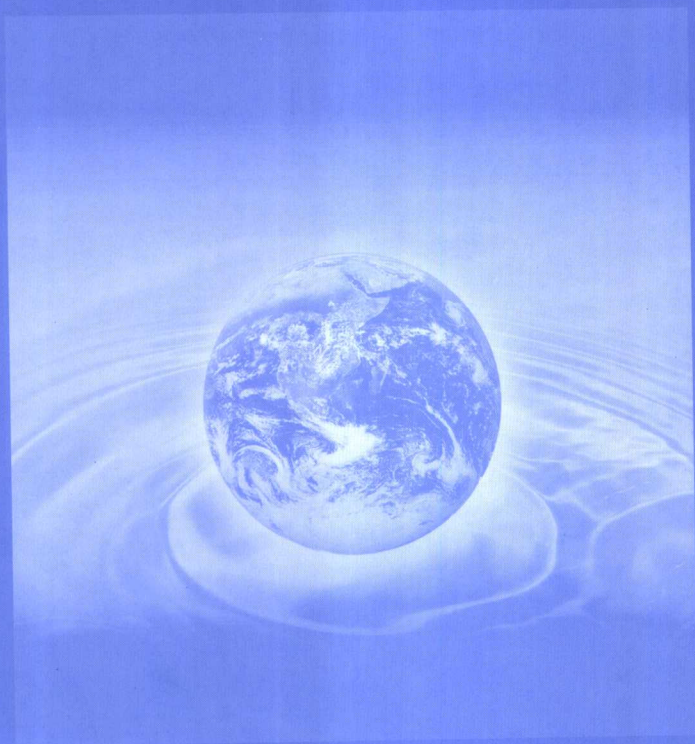


化学工业出版社

21世纪可持续能源丛书

能源与可持续发展

王革华 田雅林 袁婧婷 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

能源与可持续发展/王革华等编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 1

(21 世纪可持续能源丛书)

ISBN 7-5025-6020-3

I. 能… II. 王… III. 能源-关系-可持续发展
IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 081284 号

21 世纪可持续能源丛书

能源与可持续发展

王革华 等编著

责任编辑: 陈志良

责任校对: 陈 静 边 涛

封面设计: 于 兵 袁婧婷

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 214 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6020-3/TK·6

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

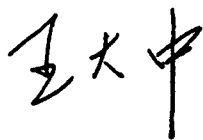
我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及到推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士



2004 年 7 月 8 日

前言

20 世纪末期，没有任何一个概念像“可持续发展”那样能够引起全人类的共鸣。人类在深刻反思过去的发展历程基础上，严肃地提出了未来的发展模式——必须走可持续发展的道路！可持续发展战略含义深刻、内容广泛，既是经济发展的要求，也是社会发展的必须；既有对自然资源合理利用的规范，又有对人类文明进步的展望；既涉及科技进步，又关系到产业发展，……。可持续发展问题，是 21 世纪世界将要面对的最大中心问题之一，它关系到人类文明的延续，并成为直接参与国家最高决策的不可或缺的基本要素。“可持续发展”的概念提出后短短的几年内，已经迅速被全球所接受，并被引入到计划制定、区域治理与全球合作等行动当中。

毫无疑问，要实现可持续发展的战略目标，可持续能源供应的支持是必不可少的，也可以说能源是实现可持续发展的关键因素之一。自从人类告别了渔猎进入农耕以来，从刀耕火种开始，人类社会的文明进步一直依赖于能源这个物质基础的支撑。尤其是以蒸汽机为代表的工业革命以来，能源技术推动了经济和社会的高速发展，每时每刻都在改变着我们生活的各个方面，渗透到社会和经济的每个角落。不要说全面的能源危机，即使是须臾的停电也是现代社会经济和生活不能容忍的，后果是严重的甚至是灾难性的！但是，能源利用也造成了发展中的问题，大量矿物燃料的使用已经造成了酸雨等局部环境污染，并且由于大量二氧化碳的排放正在对大

气环境造成影响，已成为温室气体的主要排放源。能源的开采、运输，以及农村地区大量消耗生物质能源造成了植被破坏、水土流失等一系列生态问题。另外，随着矿物燃料的日益枯竭，清洁能源的可持续供应问题已经迫切地摆到了我们面前！能源与经济、环境和社会问题交织在一起，向 21 世纪的发展提出了严峻挑战。

建国 50 多年来，尤其是改革开放多年的发展，我国社会经济取得了长足进步，经济总量已经位居世界六强，成就令世人瞩目。在中国共产党第十六次全国代表大会上，党中央提出了：“全面建设小康社会，在优化结构和提高效益的基础上，国内生产总值到 2020 年力争比 2000 年翻两番”的奋斗目标。要实现这一奋斗目标，在未来 20 年内经济增长速度必须要达到年均 7.2%，必须走出一条可持续发展的新型工业化道路。过去 20 多年中国经济基本上是在走一条靠高投入实现数量和规模扩张之路，大量低水平的重复建设，产业结构趋同，生产能力过剩，造成了稀缺资源的巨大浪费，也导致了生态环境的进一步恶化。中国能源消费总量已经超过 13 亿吨标准煤，占世界能源消费总量的近 10%，居世界第二位。但由于人口众多，人均能源消费水平很低，甚至还有上千万农村人口没有电力供应。全面建设小康社会意味着全面提高全国人民的生活水平，要让大多数人享受到现代物质文明和精神文明，这就要求以较高的速度发展经济，还要加快城市化进程，能源消费的继续增长将不可避免。因此，21 世纪中国的可持续发展面临着能源的严峻挑战：国内优质能源资源不足，能源环境问题严重，能源安全日益迫切，温室气体排放的压力等。

本书是在对国内外能源与可持续发展的大量研究基础上，经作者的分析整理而成。编写的宗旨是向更广泛的读者介绍能源和可持续发展的概念，能源与可持续发展的关系，以及实现可持续发展战略在能源方面应考虑的问题等。因此，本书先从能源与可持续发展的概述入手，进而阐述了能源与经济发展、社会进步，能源与环境、国家安全的关系，并介绍了国内外对未来能源需求前景的研究成果，同时探讨了建立一个可持续的能源系统，实现可持续发展的能源政策。贯穿全书的主线是能源是实现可持续发展的物质基础，经济增长和社会进步必须有充足的能源保证；能源利用不当会产生不利于可持续发展的环境问题；由于能源对经济社会发展具有如此重要的地位，能源已经成为各国所争夺的战略物资，能源供应事关国家安全。因此，本书提出可持续能源战略及其政策要解决的关键问题是如

何扩大可靠的和支付得起的能源供应范围，同时减少能源使用中对健康和环境的负面影响即政策和政策体制应着重于扩大供应能力、激励能源效率的提高、加速可再生能源的普及、拓展先进清洁化石燃料技术的应用。

随着经济、社会、科技和文化的发展，我们必将越来越加深对人与自然关系的研究与理解，越来越自觉而及时地调整人与自然的关系，走出一条符合中国国情的现代化道路，实现经济社会的全面、协调、可持续发展，建立新的人与自然和谐关系，使中国真正成为发达的世界强国。本书如果能使读者对此方面的了解有一定的帮助，那么作者将备感欣慰！限于作者的研究水平、综合能力以及阅历等，本书在分析和综合方面必定存在很多缺陷，欢迎读者批评指正，这既是对作者的关爱，也表现出对我国可持续发展战略的支持。

编 者

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 能源	1
1.1 能源的概念	1
1.1.1 能源的定义	1
1.1.2 能源的分类	1
1.2 能源资源的利用及其开发	3
1.2.1 常规能源的开发和利用	3
1.2.2 新能源和可再生能源的开发利用	9
1.2.3 电力	16
1.2.4 氢能	18
1.3 人类利用能源的历史和未来	20
1.3.1 火的使用	20
1.3.2 煤炭的黄金时代	21
1.3.3 石油的天地	22
1.3.4 能源的未来	24
1.4 能源利用的现状及面临的问题	26
1.4.1 能源结构	26
1.4.2 能源效率	27
1.4.3 能源环境	29

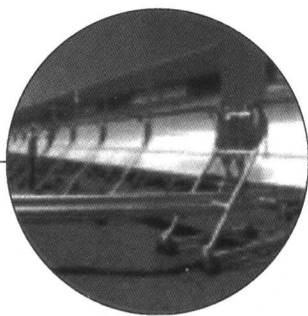
1.4.4 能源安全	31
第2章 可持续发展	33
2.1 可持续发展观点的提出	33
2.1.1 背景	33
2.1.2 古代朴素的可持续思想	35
2.1.3 现代可持续发展理论的产生	35
2.2 科学的发展观	38
2.2.1 传统意义上的发展观	38
2.2.2 对发展的认识变化	39
2.2.3 科学发展观点的内涵	43
2.3 可持续发展的概念和内涵	46
2.3.1 可持续发展的定义	46
2.3.2 可持续性的内涵	48
2.3.3 可持续发展	53
2.4 可持续发展对能源的需求	56
第3章 能源与经济发展	61
3.1 能源与经济增长的关系	61
3.1.1 经济增长对能源的需求	61
3.1.2 能源在经济增长中的作用	62
3.1.3 能源与经济增长评价	63
3.1.4 经济发展与能源消费的基本规律	65
3.2 能源与经济模式选择	73
3.2.1 循环经济在全球的兴起与发展	73
3.2.2 循环经济的概念内涵和评价原则	76
3.2.3 中国开展循环经济的重要实践	79
3.3 建立可持续的生态经济系统	80
3.3.1 当代社会生态与经济的矛盾日益突出	80
3.3.2 生态经济的理论和原则	84
3.3.3 从生化经济到阳光经济的转变	88
第4章 能源与社会进步	94
4.1 能源是社会文明程度的标志之一	94
4.2 中国文明生活用能与国际水平的比较	97

4.2.1	先期工业化国家的能源消费	97
4.2.2	新兴快速工业化国家和地区的能源消费	100
4.2.3	中国的能源消费	102
4.2.4	发达国家和发展中国家能源消费比较	104
4.3	全面建设小康社会需要能源支持	107
4.3.1	全面建设小康的内涵	107
4.3.2	全面建设小康社会对能源的要求	109
4.3.3	农村能源在全面建设小康过程中的意义	109
4.3.4	全面建设小康社会下的工业化道路选择	111
第5章	能源与环境	114
5.1	能源利用是引起环境变化的重要原因	114
5.2	能源利用导致的主要环境问题	119
5.2.1	酸雨污染	119
5.2.2	荒漠化加剧	124
5.2.3	生物多样性减少	127
5.2.4	温室效应和全球气候变化	129
5.2.5	核废料问题	133
5.3	各种能源的开发利用对环境的影响	134
5.3.1	化石燃料	134
5.3.2	水力发电	136
5.3.3	新能源与可再生能源	137
5.3.4	电力	138
5.4	我国能源环境问题	138
5.4.1	以煤炭为主的能源结构及其影响	138
5.4.2	生物质能的利用与生态的破坏	140
5.4.3	能源与资源利用率低导致的环境问题	141
第6章	能源安全	143
6.1	能源安全从战争开始	143
6.1.1	能源——战争的焦点	143
6.1.2	石油——战争的根源	146
6.1.3	美国在中东、中亚地区的战略目的	148
6.2	世界主要地区的能源安全政策	154

6.2.1 美国	154
6.2.2 欧盟的可持续能源政策	155
6.2.3 日本能源安全政策	158
6.3 我国的能源安全问题	163
6.3.1 我国的能源安全问题已经凸现	163
6.3.2 能源安全对策	165
第7章 建立一个可持续的能源系统	173
7.1 能源需求展望	173
7.1.1 21 世纪全球能源展望	173
7.1.2 中国能源供需形势	176
7.2 建立一个清洁、高效的可持续能源系统	180
7.2.1 能源资源条件	180
7.2.2 提高能源使用效率	181
7.2.3 开发利用可再生能源	182
7.2.4 采用先进能源技术	183
7.3 中国如何实现可持续的清洁能源战略	185
第8章 实现可持续发展的能源政策	189
8.1 使市场更好地发挥作用	189
8.1.1 市场与政府干预	189
8.1.2 用最小的政府干预解决外部性问题	191
8.1.3 用市场导向的方法解决外部性问题	193
8.2 强化技术创新	194
8.2.1 能源技术创新链	194
8.2.2 政府的技术创新政策和方法	195
8.2.3 工业化国家和发展中国家的合作	198
8.3 能力建设	200
8.3.1 能力发展的必要性	200
8.3.2 能力发展的利益相关者	200
8.3.3 能力发展的主题	203
8.3.4 能力建设计划和实施	205
参考文献	207

第 1 章

能 源



1.1 能源的概念

能源的问题是 21 世纪的热门话题。这个话题涉及自然科学和社会科学的众多科学领域。当我们乘坐着公共汽车的时候，当我们坐在家里面看电视的时候，能源始终关照着我们的生活。如果没有飞机、汽车、没有电灯、电视，无法想像现代人的生活会变成什么样子。那么能源是什么呢？

1.1.1 能源的定义

从物理学的观点看，能量可以简单地定义为做功的本领。广义而言，任何物质都可以转化为能量，但是转化的数量及转化的难易程度是不同的。比较集中而又较易转化的含能物质称为能源。由于科学技术的进步，人类对物质性质的认识及掌握能量转化方法也在深化，因此并没有一个很确切的能源的定义。但对于工程技术人员而言，在一定的工业发展阶段，能源的定义还是明确的。还有另一类型的能源即物质在宏观运动过程中所转化的能量即所谓能量过程，例如水的势能落差运动产生的水能及空气运动所产生的风能等。因此，能源的定义可描述为：比较集中的含能体或能量过程称为能源。可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任何形式能量的载能体资源。

1.1.2 能源的分类

对能源有不同的分类方法。以能量根本蕴藏方式的不同，可将能源分为三大类：

第一类能源是来自地球以外的太阳能。人类现在使用的能量主要来自

太阳能，故太阳有“能源之母”的说法。现在，除了直接利用太阳的辐射能之外，还大量间接地使用太阳能。例如目前使用最多的煤、石油、天然气等化石资源，就是千百万年前绿色植物在阳光照射下经光合作用形成有机质而长成的根茎及食用它们的动物遗骸，在漫长的地质变迁中所形成的。此外如生物质能、流水能、风能、海洋能、雷电等，也都是由太阳能经过某些方式转换而形成的。

第二类能源是地球自身蕴藏的能量。这里主要指地热能资源以及原子能燃料，还包括地震、火山喷发和温泉等自然呈现出的能量。据估算，地球以地下热水和地热蒸汽形式储存的能量，是煤储能的 1.7 亿倍。地热能是地球内放射性元素衰变辐射的粒子或射线所携带的能量。此外，地球上的核裂变燃料（铀、钍）和核聚变燃料（氘、氚）是原子能的储存体。即使将来每年耗能比现在多 1 000 倍，这些核燃料也足够人类用 100 亿年！

第三类能源是地球和其他天体引力相互作用而形成的。这主要指地球和太阳、月球等天体间有规律运动而形成的潮汐能。地球是太阳系的九大行星之一。月球是地球的卫星。由于太阳系其他八颗行星或距地球较远，或质量相对较小，结果只有太阳和月亮对地球有较大的引力作用，导致地球上出现潮汐现象。海水每日潮起潮落各两次，这是引力对海水做功的结果。潮汐能蕴藏着极大的机械能，潮差常达十几米，非常壮观，是雄厚的发电原动力。

能源还可按相对比较的方法来分类。

（1）一次能源与二次能源

在自然界中天然存在的，可直接取得而又不改变其基本形态的能源，称之为一次能源，如煤炭、石油、天然气、风能、地热等。为了满足生产和生活的需要，有些能源通常需要经过加工以后再加以使用。由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品叫做二次能源，如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。大部分一次能源都转换成容易输送、分配和使用的二次能源，以适应消费者的需要。二次能源经过输送和分配，在各种设备中使用，即终端能源。终端能源最后变成有效能。

（2）可再生能源与非再生能源

在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源，称之可再生能源。如太阳能和由太阳能转换而成的水力、风能、生物质能等。它们都可以循环再生，不会因长期使用而减少。经过亿万年形成的、短期内无法恢

复的能源，称之为非再生能源。如煤炭、石油、天然气、核燃料等。它们随着大规模地开采利用，其储量越来越少，总有枯竭之时。

(3) 常规能源与新能源

在相当长的历史时期和一定的科学技术水平下，已经被人类长期广泛利用的能源，不但为人们所熟悉，而且也是当前主要能源和应用范围很广的能源，称之为常规能源，如煤炭、石油、天然气、水力、电力等。一些虽属古老的能源，但只有采用先进方法才能加以利用，或采用新近开发的科学技术才能开发利用的能源；有些能源近一二十年来才被人们所重视，新近才开发利用，而且在目前使用的能源中所占的比例很小，但很有发展前途的能源，称它们为新能源，或称替代能源。如太阳能、地热能、潮汐能等。常规能源与新能源是相对而言的，现在的常规能源过去也曾是新能源，今天的新能源将来又成为常规能源。

(4) 燃料能源与非燃料能源

从能源性质来看，能源又可分为燃料能源和非燃料能源。属于燃料能源的有矿物燃料（煤炭、石油、天然气），生物燃料（薪柴、沼气、有机废物等），化工燃料（甲醇、酒精、丙烷以及可燃原料铝、镁等），核燃料（铀、钍、钚等）共四类。非燃料能源多数具有机械能，如水能、风能等；有的含有热能，如地热能、海洋热能等；有的含有光能，如太阳能、激光等。

从使用能源时对环境污染的大小，又把无污染或污染小的能源称为清洁能源，如太阳能、水能、氢能等；对环境污染较大的能源称为非清洁能源，如煤炭、油页岩等。石油的污染比煤炭小些，但也产生氧化氮、氧化硫等有害物质，所以，清洁与非清洁能源的划分也是相对比较而言，不是绝对的。

1.2 能源资源的利用及其开发

1.2.1 常规能源的开发和利用

(1) 煤炭

煤炭是埋在地壳中亿万年以上树木和植物，由于地壳变动等原因，经受一定的压力和温度作用而形成的含碳量很高的可燃物质，又称作原煤。由于各种煤的形成年代不同，碳化程度深浅不同，可将其分类为无烟煤、烟煤、褐煤、泥煤等几种类型，并以其挥发物含量和焦结性为主要依据。烟煤又可以分为贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、漆煤、弱黏煤、不黏煤、长焰煤等。



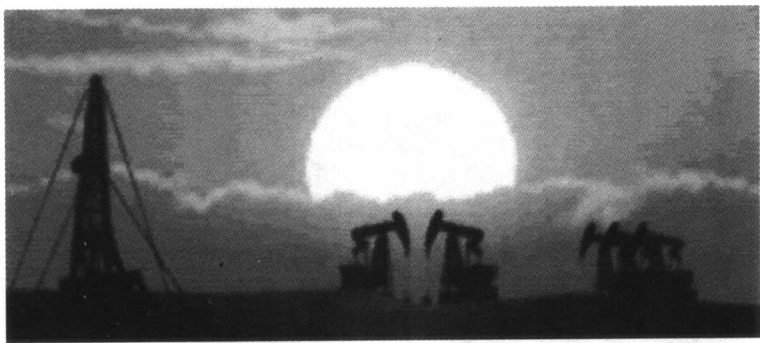
煤炭既是重要的燃料，又是珍贵的化工原料。煤的用途非常广泛，我们的生产和生活都少不了它。由于煤的类型和用途不同，各种行业对煤质的要求也不同，各种类型的煤都可以作为工业燃料和民用燃料。20 世纪以来，煤炭主要用于电力生产和在钢铁工业中炼焦，某些国家蒸汽机车用煤比例也很大。电力工业多用劣质煤（灰分大于 30%）；蒸汽机车用煤则要求质量较高，灰分低于 25%，挥发分含量要求大于 25%，易燃并具有较长的火焰。在煤矿的附近建设的“坑口发电站”，使用了大量的劣质煤来做燃料，直接转化成电能向各地输送。另外，由煤转化的液体和气体合成燃料，对补充石油和天然气的使用也具有重要意义。

根据成煤条件，地球上的煤炭资源主要分部在北半球，集中在北美、中国、前苏联，约占世界总蕴藏量的 80% 以上。世界 95% 的煤炭储量分布在北半球，南半球仅在南非、澳大利亚和博茨瓦纳等国有较大储量。中国煤炭资源的分布十分广泛，遍及全国各省区，并且生自各地质时代的煤炭都有。中国煤炭资源总储量居世界第一位。

(2) 石油

石油是一种用途极为广泛的宝贵矿藏，是天然的能源物资。在公路上奔跑的汽车，在天上飞翔的飞机，在水里航行的轮船，它们都是使用石油

或石油产品来做燃料的。假如没有了石油，那么可以想像一下，我们的行动都会受到限制，交通瘫痪，工厂停产。



但是石油是如何形成的，这个问题科学家一直在争论。目前大部分的科学家都认同的一个理论是：石油是由沉积岩中的有机物质变成的。因为在已经发现的油田中，99%以上都是分布在沉积岩区。另外，人们还发现了现代的海底、湖底的近代沉积物中的有机物，正在向石油慢慢的变化。

石油是一种黏稠的液体，颜色深。直接开采出来的未经加工的石油称为“原油”，由于所含的胶质和沥青的比例不同，石油的颜色也不同。石油中含有石蜡，石蜡含量的高低决定了石油的黏稠度的大小。另外，含硫量也是评价原油的标准，含硫对石油加工和产品性质的影响很大。

石油同煤相比有很多的优点。首先，它释放的热量比煤大的多。每千克标准煤（kgce）^① 燃烧释放的热量为 20 900kJ(5 000kcal)，而每公斤的石油燃烧释放的热量为 10 000 多千卡。就发热而言，石油大约是煤的二三倍。石油使用方便，它易燃又不留灰烬，是理想的清洁燃料。

从已探明的石油储量看，世界总储量为 1 043 亿吨。目前世界有七大储油区，第一大储油区是中东地区，第二是拉丁美洲地区，第三是前苏联，第四是非洲，第五是北美洲，第六是西欧，第七是东南亚。这七大油区占世界石油总量的 95%。

（3）天然气

天然气是地下岩层中以碳氢化合物为主要成分的气体混合物的总称。天然气是一种重要能源，燃烧时有很高的发热值，对环境的污染也较小，

^① gce：克标准煤；kgce：公斤标准煤；tce 吨标准煤，下同。