

能源成因分类及非常规能源发展研究

邓旭¹ 姚亚明²

(1. 中国企业海外投资与金融风险研究中心, 北京 100871; 2. 中控国际资源投资集团有限公司, 北京 100006)

[摘要] 近年来,非常规能源快速兴起,形成了和常规能源、新能源三足鼎立的格局。为了使人们对上述这些能源特征、用途,以及它们之间相互关系有一个较为明确的认识,因此,有必要对能源重新定义和分类。本文通过当前能源结构、分布、使用情况,从成因角度将能源分为三种,即:来自地球本身、来自宇宙其他星球和来自二者的相互作用。同时,提出了非常规能源是今后一种新的能源类型,分析了全球和中国主要非常规能源种类、资源潜力、勘探开采现状,以及面临的地质理论和工程技术问题,既指出了它的特点,又指出了它与常规能源的密切关系。特别是,指出了我国发展非常规能源的必要性和意义。

[关键词] 能源;成因分类;非常规能源;联系与区别;资源潜力;开采特征

[中图分类号] F426.21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-0037(2017)10-28-5
DOI:10.19345/j.cnki.1671-0037.2017.10.009

Research on the Genetic Classification of Energy and Development of Non-conventional Energy

Deng Xu¹ Yao Yaming²

(1. Overseas Investment and Financial Risk Research Center of Chinese Enterprises, Beijing 100871;

2. China-ZK International Resources Investment Corporation, Beijing 100006)

Abstract: In recent years, the rapid rise of non-conventional energy, results in the formation of tripartite confrontation patten with the new energy and conventional energy. In order to enable the people a more clear understanding on the characteristics and uses of above energy, and their relationship, it is necessary to redefine and reclassify the energy. In this paper, through the current energy structure, distribution, and usage, from the angle of genesis, the energy is divided into three types, namely: from the earth itself, from other planets in the universe and from their interactions. At the same time, the non-conventional energy is proposed to be a new type of energy in the future, global and China's major non-conventional energy types, resources potential, present situation of exploitation, and the facing geological theory and engineering technical problems are analyzed, its characteristics and its close relation with conventional energy are both pointed out. In particular, it points out the necessity and significance of the development of China's non-conventional energy.

Key words: energy; genetic classification; non-conventional energy; relation and difference; resource potential; characteristics of exploitation

能源是国民经济的命脉,人们每天的生产、生活各项活动都离不开能源,尤其是在当今社会,能源的意义显得

更为重要,已经成为与空气、水、粮食并列的四大资源要素。回望历史,人类社会每一次大的进步,都与能源革命

收稿日期:2017-9-12

基金项目:新疆维吾尔自治区科技援疆“新疆低煤阶成因煤层气富集规律、压裂工艺、井上下联合开采综合配套应用技术开发及示范”(201491105);新疆维吾尔自治区高校科研计划科学研究重点项目“新疆阜康煤层气高效能开采技术研究”(20130523135425562)。

作者简介:邓旭(1957.10-),男,博士,研究员、教授,研究方向:企业改制、中国企业走向海外、国内外能源资源现状与发展趋势研究。

有不可分割的关系。薪柴能源,带来了农耕文明;煤炭能源,开创了工业革命时代;石油能源,促进了现代社会文明;天然气等清洁能源,则引领了当代绿色文明。当然,还有煤、油、气时代的电力等清洁能源,都给我们生活带来了较为深刻的变化。可以说,我们生活的地球越来越离不开能源,当然,我们生活的地球也为我们提供有各式各样的能源。

特别是近些年,非常规能源快速兴起。煤层气的地面成功开采,颠覆了以往仅在井下为煤矿安全而进行的抽放,并且未把其作为一种可以利用的能源而排放到大气中的传统概念。而页岩气的成功开采,则加速了人们对于非常规能源的认识,美国成功开采页岩气,则被称作是页岩气革命。而据科学家研究发现,蕴藏在大洋底部和陆上永久冻土带的天然气水合物,则是最大一块非常规能源,可以满足人类上千年的需求^[1-2]。说到这里,人们不仅要问,无论是煤炭、石油、天然气,还是水电、核电,拟或是太阳能、风力发电,还有生物制油,这些都是能源,那么是如何划分的,他们之间是什么关系?分别是哪些用途?非常规能源前景到底怎样?

1 能源成因分类

从形成本身来讲主要有三种:一种是来自地球本身(如:来自于地球深部的无机成因的天然气;地球本身产生的地热;地球成矿作用形成的铀矿,是核能发电的原料,地球表面的地形起伏,为水力发电创造了条件)。一种是来自宇宙其他星球(如太阳能、潮汐能等)。还有一种是其他星球与地球共同作用的结果(如化石能源,包括煤炭、石油、天然气,是生物遗体埋藏后经历物理、化学作用形成;生物能源,如沼气、生物制油等,则是生物直接转化而来)。因为生物生长是离不开太阳的。目前,通常将能源分为三个大类:即常规能源、非常规能源和新能源^[3-4,12]。具体分类如下:

1.1 按照形态

按照形态可分为固态:煤炭、沥青、油页岩、铀矿;液态:石油、页岩油、地热、水力;气态:天然气、煤层气、页岩气、天然气水合物、地幔气、沼气。

1.2 按照形成作用

按照形成作用分为物理:太阳能、风力、水电、核电、煤电;化学:氢能;生物:沼气、浅层生物气、生物制油;综合:煤炭、石油、天然气常规能源,煤层气、页岩气、天然气水合物等非常规能源。

1.3 按照能源开采方式、应用顺序

按照能源开采方式、应用顺序分为常规能源:煤炭、石油、天然气、水力;非常规能源:煤层气、页岩气、油页岩、天然气水合物、致密油气、沥青、油砂;新能源:太阳能、风能、潮汐能、生物制油、核能、地热能。

1.4 按能源的来源方式

按能源的来源方式分为直接来源:一次能源;间接来源:二次能源。一次能源即天然能源,指在自然界现成存在的能源,如煤炭、石油、天然气、水能等。二次能源指由一次能源加工转换而成的能源产品,如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。

1.5 按照在地球上的位置

按照在地球上的位置分为地球表面:风能、太阳能、潮汐能、水力发电,生物制油,沼气等;地球内部:石油、天然气、煤炭、铀矿、热能、油砂、油页岩、可燃冰等。

1.6 按能源性质

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

1.7 按能源消耗后是否造成环境污染

按能源消耗后是否造成环境污染分为污染型能源和清洁型能源,污染型能源包括石油、煤炭等,清洁型能源包括太阳能、风能、水电以及核能等。

1.8 按照能源可否反复获取

按照能源可否反复获取分为再生能源和非再生能源,人们对一次能源又进一步加以分类。凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源,反之称为非再生能源。

2 非常规能源资源

据有关部门调查研究统计,目前全球非常规石油资源规模达 $4\ 495\times 10^8\text{t}$,与常规石油资源基本相当;全球非常规天然气资源规模达 $3\ 922\times 10^{12}\text{m}^3$,是常规天然气资源的8倍。非常规油气资源在全球能源结构中的地位越来越重要,是未来油气勘探的战略性领域,亟须开展非常规油气地质的深入研究^[5-8]。

煤层气、页岩气、油砂、油页岩、致密油气等,之所以称作非常规能源,是相对于常规能源——煤、油、气来说的。显然,他们之间有许多共性,即都属于化石能源,均形成于含(煤)油气盆地之中。其生成、分布不仅与盆地发育、演化有关,而且与常规能源的形成、聚集密切相连、不可分开。可以说大多数非常规能源属于油气同一种能源的不同时期、不同阶段的产物。与常规能源相比,非常规能源优势是类型更多、分布更广、资源量更大。

2.1 资源类型与潜力

世界非常规油气资源丰富,潜力巨大。最新研究结果显示,全球煤层气资源量为 $256.3\times 10^{12}\text{m}^3$,约为常规天然气资源量的50%;全球页岩气资源量为 $456.2\times 10^{12}\text{m}^3$;全球致密气资源量为 $209.72\times 10^{12}\text{m}^3$ 。

世界页岩油资源量可达 $4\ 110\times 10^8\text{t}$,比传统石油资源量($2\ 710\times 10^8\text{t}$)多50%以上;世界油砂可采资源量约为

6 510×10⁸bbl (1bbl = 0.158 987m³), 占世界石油可采总量 (20 370×10⁸bbl) 的 32%。

研究表明, 全球陆地天然气水合物总资源量为 2.83×10¹⁵m³, 海洋为 8.5×10¹⁶m³。

从世界范围来讲, 非常规油气资源是极其丰富的, 是常规油气的最佳补充能源^[6-10]。

中国非常规油气资源丰富, 类型多、分布广。2006 年全国油页岩资源评价结果表明: 全国煤层气总资源量为 36.8×10¹²m³, 居世界第三位; 页岩气的远景资源量可达 100×10¹²m³, 我国致密砂岩气资源量约为 12×10¹²m³; 我国页岩油地质资源量为 476.44×10⁸t, 居世界第二位。页岩油探明储量为 20×10⁸t, 我国油砂资源量为 59.7×10⁸t。

从我国国情出发, 积极发展非常规油气资源的勘探开发, 可以弥补油气资源供应的不足^[1-3, 4-6]。

2.2 非常规油气研究进展

2.2.1 国外研究。对非常规油气地质的研究, 可以追溯到 20 世纪 30 年代, 虽然当时认为其没有勘探价值, 但已预测到非常规油气藏的存在。由于资源品位低、储层差、成藏机理复杂、勘探开发难度大, 非常规油气资源一直没有得到勘探界的重视。直到 20 世纪 90 年代, 随着油气勘探方向的转变和技术进步, 非常规油气资源逐渐成为储量增长的主体之一, 石油地质学家们才将注意力转移到非常规油气地质的研究上。经过近 20 年的努力, 非常规油气地质学得到了较大的发展, 涵盖非常规油气资源的内涵、种类、地质特征、资源评价方法和开发技术等多个方面^[9-12]。

2.2.2 国内研究。随着国内油气资源结构的转变, 非常规油气资源逐渐成为油气勘探的新领域, 由此引起了国内学者对非常规油气地质研究的重视。邹才能等 (2010) 进一步强调了非常规石油地质研究的重要性, 强调对非常规资源、非常规储集层、非常规成藏、非常规油气开发技术等研究、评价与开发等^[6-8]。

2.2.3 本文研究。对于常规油气来说, 油气生、储、盖、圈、运、保油气成藏六大要素, 发生在盆地内的大系统内; 而页岩气则发生在六大要素之一——生的小系统内, 即页岩气的生成、运移、储集等均发生在生油岩——页岩之中, 确切说是在页岩层系之内^[10-13]。

2.2.3.1 非常规油气是常规油气的继承与发展。常规油气: 六大要素——生、储、盖、圈、运、保, 加上调整、破坏。只关心油气藏——常规油气 (一次形成的、调整后形成的), 这在当时没有什么不对, 限于当时的理论、方法、技术等条件, 也只有这样。

非常规油气包括煤层气、页岩气、页岩油、致密气、致密油、深盆地、天然气水合物、油砂、油页岩、重油沥青等。

现在, 非常规油气非常炙热, 这很好, 但是不能够作

为排斥、忽视常规油气的理由。为什么叫非常规油气, 就是相对于常规油气。正确的态度应是对常规油气的继承和发展, 而绝不是对立。

2.2.3.2 非常规油气是常规油气外延、内涵的延伸和扩展。如果把常规油气放在突出、拐点的位置, 实际上也应该如此。那么向前延伸, 就是致密油、致密气、深盆地、天然气水合物, 再往前延伸就是页岩气、煤层气、页岩油; 往后延伸就是油藏破坏的 (或加深演化的产物) 油砂、沥青、重油、油页岩等。

生油、生气物质没有变, 只是时空关系的改变, 从时间上来说开始得更早、结束得更晚; 从空间上来说, 无论纵向、还是横向, 空间范围更大。

2.2.3.3 油气运移在非常规、常规油气中联系、割裂的角色。按照常规油气理论, 包括蒂索生油理论, 将油气运移划分为初次运移和二次运移。

本研究把在烃源岩内部的运移叫作前初次运移, 这个阶段形成煤层气、页岩气、页岩油。把从烃源岩才出来不久的运移叫作后初次运移或前二次运移, 这个阶段形成致密油、致密气、深盆地、天然气水合物等。把油气藏破坏的运移叫作后二次运移, 这个阶段形成油页岩、油砂、沥青等。

2.2.3.4 大系统概念及生油 (气) 量地位的提高。在讲到常规油气时候, 有一个含油气系统, 大家都非常熟悉。本研究将常规油气、非常规油气定义为一个系统, 就按照前面说的, 用油气运移将他们联系起来, 姑且叫作能源系统。很显然, 能源系统范围要比含油气系统要大。在这个系统里, 不按生、储、盖、圈、运、保等来划分, 就按页岩气、页岩油, 致密气、致密油, 常规油气, 油砂、沥青等来划分。这样, 就要考虑几方面问题。

一是, 烃源岩的地位更加提高, 并且所生成的油气, 更加多地可以开采出来。

二是, 一个盆地 (坳陷、凹陷) 生油气量是一定的, 必然是常规油气量多的地方, 非常规油气量就可能相对减少。反之亦然。

三是, 重新对所有含油气盆地, 甚至过去认为缺乏储层、圈闭、盖层、保存条件的盆地, 要重新进行评价。资源量 (常规油气计算的盆地资源量) 这个数值的作用必将降低, 相应地生油 (气) 量作用将提高^[2, 9-11]。

3 我国发展非常规能源契机

3.1 能源现状

进入 21 世纪以来, 我国对能源的需求呈大幅度、高速增长趋势。2000 年, 能源生产总量为 135 048 万 t 标准煤; 2003 年, 能源生产总量为 171 906 万 t 标准煤; 2007 年, 能源生产总量上涨为 247 279 万 t 标准煤; 到了 2011 年, 能源生产总量更是达到 31 7987 万 t 标准煤。2014 年

我国能源消费总量426 321万t标准煤。相应地,能源进口量也是逐年增长。

2016年全国能源消费总量约为43.6亿t标准煤,同比增长1.4%左右;非化石能源消费比重达到13.3%,同比提高1.3个百分点;能源生产总量约34.3亿t标准煤,同比下降5.1%左右。全社会用电量约6万亿kw·h,增长5.0%左右。

与此同时,我国是一个富煤、贫油、少气的国家,2016年能源构成中,构成比例是:原煤61.8%、原油19.0%、天然气6.2%、水电8.6%、核电1.6%、再生能源2.8%,特别是清洁能源占比已增长到13%(但是离人们的期望仍有不小差距)。虽然,大力发展新型能源、可再生能源,但是仍然难以撼动传统能源的地位。高达61.8%的原煤使用比例,对大气环境污染和人们身体健康,存有不可低估的危害^[11-13]。

3.2 非常规资源

非常规天然气在中国天然气资源构成中达84.6%。中国非常规天然气资源量306.6万亿m³(其中,水合物131.8万亿),常规天然气资源量56万亿m³,是非常规天然气资源量的5倍多。非常规中,煤层气36.8万亿,页岩气126万亿,致密砂岩气12万亿,水合物131.8万亿^[6-8,11-13]。

3.2.1 页岩气。中国主要发育海相、海陆过渡、陆相三套页岩,即古生界海相页岩、中生界陆相页岩、石炭-二叠系过渡相页岩。具体为,海相分布在三大地区:南方古生界、华北地区古生界、塔里木盆地寒武-奥陶系,陆相分布在六大盆地:松辽盆地白垩系、渤海湾盆地古近系、鄂尔多斯盆地石炭-三叠系、准噶尔盆地石炭-侏罗系、吐哈盆地侏罗系、中国近海盆地古近系/中生界,都可以形成页岩油、页岩气。

3.2.2 煤层气。中国煤层气资源主要分布在4大区域。根据最新评价结果,全国42个主要含气盆地埋深2 000m以浅煤层气地质资源量36.81万亿m³,可采资源量11万亿m³。中国煤层气资源类型以低中阶煤层气为主(占77%),其中,低煤阶43%,中煤阶34%。中国煤层气勘探开发程度非常低,尚未开发的剩余煤层气资源潜力大。

3.2.3 天然气水合物。中国天然气水合物勘探近年来获得重要进展,在我国深水海域及陆上均获得天然气水合物实物样品。

2007年5月,在南海北部神狐深水区钻获天然气水合物。初步预测南海北部深水天然气水合物远景资源量达185亿t油当量,南海南部及东海深水780亿t油当量。

2009年9月,在青海祁连山南缘永久冻土带木里煤矿区成功钻获天然气水合物实物样品。粗略估算,我

国冻土区天然气水合物远景资源量至少有350亿t油当量。

3.2.4 致密砂岩气。我国致密气分布广泛、资源潜力巨大。四川、鄂尔多斯、松辽、渤海湾、塔里木、柴达木及准噶尔等10余个盆地都具有形成致密砂岩气藏的有利地质条件。早在1997年Rogner对中国的致密气资源进行了评估,约为11~14×10¹²m³(400~500万亿立方英尺)。

全国第二轮天然气资源评价结果显示,我国陆上天然气资源为30.23×10¹²m³。

3.3 大力发展清洁能源

一方面,大量使用天然气,给人们生活带来了极大的方便。2016年,天然气消费区域扩展至我国大陆所有省、区、市,近3亿人享受到了清洁高效能源带来的便利。“十三五”是全面构建现代能源产业体系的关键时期,也是天然气产业发展迈上新台阶的重要时期。“十三五”期间,我国将形成“西气东输、北气南下、海气登陆、就近外供”的供应格局。预计2020年我国天然气消费量应达10%比例,为3 500亿m³左右,用气普及率将进一步提高,供应能力将超过4 200亿m³(包括煤层气、页岩气及煤制天然气等非常规天然气和进口天然气)。

另一方面,虽然我国天然气产量逐年增长,但是消费量增长更快。

2016年,天然气产量1 371亿m³,同比增长1.5%;天然气进口量721亿m³,同比增长17.4%;天然气消费量2 058亿m³,同比增长6.6%。

从上面可以看出,2016年我国天然气消费量为2 058亿m³,按照现在以常规天然气为主且不到10%的增长速度计算,到2020年,常规天然气产量最多只可达到2 000亿m³,那么缺口就有1 500亿m³。这些缺口,就需要它们——煤层气、页岩气及煤制天然气等非常规天然气和进口天然气等来补充。然而,进口天然气本身量已经较大,同时还受多种因素制约,与石油一样,也有一个安全风险线;煤制天然气成本高,生产过程消耗大量水资源并产生大量二氧化碳和废水,不符合低碳经济的方向,可作为技术储备^[1-4]。

3.4 存在主要问题

是不是有这么多的资源量,马上就可以变为产量呢?也不尽然。首先需要说明的是,之所以称作非常规能源,是相对于常规能源来说的,与之相比其优势是类型多、分布广、资源大;但是劣势也非常明显,就是丰度低、物性差、成本高。其次是美国之所以能够取得开发利用的快速成功,一是得益于先进有效的技术,比如:长距离水平段钻井、大型水力分段压裂等技术,二是得益于政府的大力扶持政策,例如:国家立法和税收给予了非常规天

然气发展很大的支持。而尤其是后者,在非常规能源开发利用中起到更为重要的作用。

实际上,发展非常规能源需要同时具备三个条件:一是较好的资源基础,二是先进适用的开采技术,三是政府有力的政策支持。

4 结论与认识

4.1 从以上分类可以看出:一是世界能源种类丰富多彩,分布广泛;二是真正环保、经济、高效的能源又比较稀缺;三是各国能源分布还十分不均衡。相信,随着科学技术的不断进步,新的能源的不断出现,对能源的分类必将更加科学、合理。

4.2 中国非常规油气资源丰富,煤层气、油砂、油页岩、致密砂岩气和页岩气是目前最为现实的非常规油气资源。

4.3 在开展非常规能源工作的同时,不能忘记常规能源,特别是与常规能源的联系。

4.4 由于受下列因素的影响:非常规油气地质条件具有复杂性和特殊性;部分开发技术适用性差、不成熟;低渗透储层单井产量低,缺乏有效增产技术;综合利用效率低,环境污染严重等。因此要在我国实现非常规能源对常规能源的替代还需要开展大量的研究工作。

参考文献:

[1] 车长波,杨虎林,刘招君,等.我国油页岩资源勘探开

发前景[J].中国矿业,2008(9):1-4.

[2] 陈家良,邵震杰,秦勇.能源地质学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2004.

[3] 陈荣书.天然气地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.

[4] 崔民选.2007中国能源发展报告[R].北京:社会科学文献出版社,2007.

[5] 贾致芳.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1989.

[6] 刘成林,车长波,樊明珠,等.中国煤层气地质与资源评价[J].中国煤层气,2009(3).

[7] 聂海宽,唐玄,边瑞康.页岩气成藏控制因素及中国南方页岩气发育有利区预测[J].石油学报,2009(4):484-491.

[8] 蒲泊伶,包书景,王毅,等.页岩气成藏条件分析——以美国页岩气盆地为例[J].石油地质与工程,2008(3):33-35.

[9] 秦勇.中国煤层气地质研究进展与评述[J].高校地质学报,2003(3).

[10] 宋岩,陈孟晋,程胜飞,等.中国天然气地质理论进展[J].石油勘探与开发,2004(1).

[11] 赵群,王红岩,刘人和,等.世界页岩气发展现状及我国勘探现状[J].天然气技术,2008(3):11-14.

[12] 中国科学院能源战略研究组.中国能源可持续发展战略专题研究[M].北京:科学出版社,2006.

[13] 邹才能,等.非常规油气地质[M].北京:地质出版社,2011.