

# 第三次工业革命背景下世界油气的 发展路径

孙德强<sup>1</sup>, 张涵奇<sup>1</sup>, 张国生<sup>2</sup>, 郑军卫<sup>3</sup>, 张映红<sup>4</sup>, 贾智彬<sup>5</sup>

(1. 中国科学院科技政策与管理科学研究所能源与环境政策研究中心, 北京 100190; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 3. 中国科学院兰州文献情报中心, 兰州 730000; 4. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101; 5. 中国地质大学, 北京 100083)

**摘要:** 截止到目前, 人类社会已经发生过两次世界工业革命, 即 18 世纪蒸汽机的应用和 19 世纪电力的广泛使用。在科学技术快速发展的今天, 第三次工业革命正在悄然拉开序幕。工业革命与能源更替之间存在着相辅相成的关系, 对石油和天然气的发展也有着重要影响。新能源和互联网技术作为第三次工业革命的核心, 二者之间是相互促进的。互联网的发展能够加速新能源的应用与推广, 新能源的广泛使用必将影响化石能源在能源结构中的占比。油气作为传统化石燃料中的重要组成部分, 要想紧跟第三次工业革命的浪潮, 并且得到更长远的发展, 就必须寻求适合自己的发展路径。提高天然气的战略地位、加强数字化信息技术在油气勘探开发中的应用、创新油气的开发技术、提高油气利用效率以及平衡新能源与传统化石能源之间的替代关系, 都将是谋求油气行业长足发展的必由之路。

**关键词:** 第三次工业革命; 能源革命; 油气发展路径

**中图分类号:** F416.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-2355-(2016)05-0012-05

**Doi:** 10.3969/j.issn.1003-2355.2016.05.002

**Abstract:** So far, twice World Industrial Revolution has happened in human society, one is the steam engine application in 18<sup>th</sup> century and the other is widespread use of electricity in 19<sup>th</sup> Century. Nowadays the Third Industrial Revolution is quietly opened the prelude with the low-carbon economy and the rapid development of science and technology. There is a complementary relationship between the Industrial Revolution and energy replacement, and the Industrial Revolution has an important influence on the development of oil and natural gas. New energy and internet technology are mutually reinforcing as the core of the Third Industrial Revolution. Development of the internet accelerate the application and promotion of new energy sources, and widespread use of new energy sources will affect the proportion of fossil fuels in the energy mix. As an important part of the traditional fossil fuels, oil and natural gas must seek for their own development path of the more long-term development in order to keep up with the wave of the Third Industrial Revolution. To improve the strategic position of natural gas, to search for high-quality oil and gas resources, to innovation the development technology of oil and gas, to improve the utilization efficiency of oil and gas and to balance the relationship between the new energy and traditional fossil fuels, all of these will be the only way for the development of the oil and natural gas industry.

**Key words:** Third Industrial Revolution; Energy Revolution; Development Path of Oil and Gas

**收稿日期:** 2016-04-19

**基金项目:** 国家自然科学基金重点项(编号: 71133005); 中国工程院课题咨询项目(编号: 2016-ZD-07-05); 中国工程院课题咨询项目(编号: 2015-NY01-005);

**作者简介:** 孙德强(1974-), 男, 博士, 副研究员, 中国科学院科技政策与管理科学研究所能源与环境政策研究中心工作。研究领域为能源安全、矿产资源评价、油气勘探、油气开发、油气发展战略等。

## 1 第三次工业革命的缘起及发展现状

迄今为止，人类社会一共发生过两次工业革命。第一次工业革命发生在18世纪的英国，以蒸汽机的广泛应用为标志。其后，煤炭等燃料代替了以往人力、畜力等，机器替代了传统的手工业生产，从而大力提高了生产效率。

第二次工业革命缘起于19世纪70年代的美国，以电力和内燃机的使用为标志。第二次工业革命开始后，科学技术的发展突飞猛进，各种新技术、新发明层出不穷，并被迅速应用于工业生产，大大促进了经济的发展。内燃机的广泛使用极大地改变了人类的生活方式，为“石油时代”和“汽车时代”的到来提供了物质技术条件<sup>[1]</sup>。

以互联网和新型能源体系革命为标志的第三次工业革命寻求人与自然的和谐，经济社会与资源环境的协调和可持续发展。

关于第三次工业革命，目前比较流行的有三种观点。其中第一种观点是互联网技术与可再生能源系统相结合，将成为第三次工业革命坚实的基础。杰里米·里夫金为我们描述了这样一幅画面“正如人们在互联网上可以任意创建属于个人的信息并分享一样，任何一个能源生产者都能够将生

产的能源通过一种外部网格的智能型分布式电力系统与他人分享<sup>[2]</sup>。”第二种观点是新材料和3D打印技术等数字化制造将引领第三次工业革命<sup>[3]</sup>。第三种观点是大数据的开发和利用将引领第三次工业革命<sup>[4]</sup>。近年来，互联网和新能源技术发展日新月异，可以预见，第三次工业革命即将拉开序幕。本文采用杰里米·里夫金在2011年提出的观点，即“互联网技术与可再生能源系统相结合，将成为第三次工业革命坚实的基础”。已经发生的两次工业革命以及第三次工业革命的特征及当前的状态参见表1。

## 2 第三次工业革命对世界油气发展的影响

已经发生的两次工业革命及当前的第三次工业革命的特征显示出工业革命与能源发展密切相关，如第一次工业革命中煤炭的使用，第二次工业革命中石油与电力的大量使用，以及目前第三次工业革命中的新能源发展。在世界能源结构中，石油与天然气的占比很大，目前第三次工业革命中互联网与新能源的发展必将影响石油与天然气的拓展空间，本文根据世界油气资源发展现状与需求趋势，分析第三次工业革命对世界油气行业发展的影响。

表1 两次工业革命及第三次工业革命特征及当前的形态

技术经济范式特征	第一次工业革命 <sup>[5]</sup>	第二次工业革命 <sup>[6]</sup>	第三次工业革命 <sup>[7]</sup>	当前状态
企业和产业出现新的最佳行为方式	工厂制生产	流水线、科层制、大型企业	扁平化、网络化、分布式结构	正在形成
需要新的劳动技能	学徒制、边干边学	熟练、守纪、规范	创意、设计、沟通	正在形成
出现充分利用新关键要素的新产品结构	棉花、煤炭、冶铁	钢铁、化工、石油、电力、汽车	计算机、互联网、新材料、新能源	正在形成
出现充分利用新关键要素的重大创新	水力纺纱、蒸汽机	大型机械、内燃机、电机、电报电话	物联网、互联网金融、智能电网	正在形成
出现新的投资模式和投资市场	贵族、商人投资	股票市场	风险投资、创业板	已经形成
形成新的基础设施投资高潮	运河、收费公路、铁路	高速公路、电站、摩天大楼	信息技术、新能源	已经形成
发明家—企业家型的小企业大量出现并趋向于形成一个新的产业部门	纺织	汽车(20世纪20年代)	软件公司、3D打印	正在形成
大企业通过快速扩张集中于生产和使用关键要素密集的新部门	铁路公司	汽车、石油、化工、电气(20世纪50年代)	信息技术、新能源	已经形成
形成新的商品消费与服务模式	生活消费品	耐用消费品、超市、消费信贷	生产性服务、电子商务	已经形成

## 2.1 世界油气资源的发展现状与未来需求趋势

2014年,全球一次能源消费增速为0.9%。与2013年的2.0%增速和过去10年的平均增速2.1%相比,显著下降。除核能之外,各种燃料增速均下跌。在亚太区、欧洲及欧亚大陆和中南美洲地区,增速都明显低于过去10年均值。石油仍然是全球最重要的燃料,占全球能源消费的32.6%<sup>[8]</sup>。近年来,世界许多地区的化石能源消费增速均有递减趋势,已有许多国家和地区将清洁无污染的可再生能源作为其能源发展战略的重要组成部分,推动可再生能源和新能源发展<sup>[8]</sup>。

过去15年来,石油的市场份额也在逐步降低。据BP预测,到2035年,石油将是增长最慢的燃料。尽管如此,全球液体燃料的需求(石油、生物燃料和其它液体燃料)可能增加1900万桶/d,到2035年达到1.09亿桶/d。需求增长将完全来自发展迅速的非经合组织经济体。全球大部分净增长都来自中国、印度和中东地区。经合组织的需求已达峰值,预计其消费将减少800万桶/d。近期满足需求增长的新增供应将主要来自非欧佩克组织的非常规能源,而后期欧佩克组织的供应将有所增长。到2035年,非欧佩克组织的供应预计将增长1080万桶/d,而欧佩克组织的产量将增加740万桶/d。非欧佩克组织供应中的最大增量将来自美国(360万桶/d)、加拿大(340万桶/d)和巴西(240万桶/d),这将抵消北海等成熟产油区的产量下滑。欧佩克组织的供应增长将主要来自天然气液体产品(310万桶/d)和伊拉克原油(260万桶/d),见图1<sup>[9]</sup>。

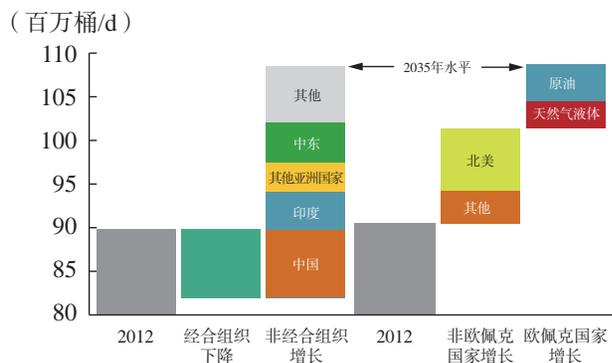


图1 全球油气液体燃料供需平衡关系图  
数据来源: BP 2035年世界能源展望。

页岩气产量增速最快,但常规气的增量最大。根据BP预测,至2035年,全球天然气供应预计年均增长1.9%,即达到1720亿ft<sup>3</sup>/d,2035年的

总量将达到4970亿ft<sup>3</sup>/d。页岩气是供应增长最快的能源(年均6.5%),占全球天然气增长的近一半。

## 2.2 第三次工业革命对世界油气发展的影响

回顾工业革命和能源革命的发展历程,不难发现二者之间存在着密切联系。除第一次能源革命以外,每一次能源革命发生之后都会引发新一轮工业革命。而工业革命又可以促进能源的开发和利用<sup>[10]</sup>。

结合杰里米·里夫金、克里斯·安德森以及麦肯锡全球研究所提出的三种观点,不难看出,第三次工业革命的本质就是数字化信息技术与新能源的合理融合应用,从而形成一种新型、高效、低碳环保的生产方式和能源消费方式,用以代替传统的粗犷的生产方式和能源消费方式。第三次工业革命的发展必将对油气的发展产生重大的积极影响。

首先,随着数字化科学技术的发展,油气勘探技术也会随之提高,进而剩余油气资源中的相对优质资源的探明程度会大幅度提高;其次,油气开发技术的创新也将使油田的采出程度进一步提高。也就是说,以往的勘探开发技术不能开采出来的油气,随着科技的发展进步,可能变为可采资源。世界油气资源的探明储量也会随之增长,世界油气资源供应更为充足。此外,随着数字化信息技术的深入发展普及,采出的油气也将得到更高效、更充分、更清洁的利用。

然而,第三次工业革命在一定程度上也将冲击油气行业的发展。3D打印技术和能源互联网的深入发展必将带动风能、太阳能等可再生能源的发展,使这些能源的应用成本降低。当新能源的成本降低至与传统油气行业相差无几时,而传统的化石燃料相比,新能源又更为清洁、高效,人们可选择的空间更广,石油在市场份额中的占比有可能会随着新能源的升高而降低。根据BP对世界能源的展望,到2035年,天然气的比重稳步提高,而石油和煤炭的比重双双下降,但仍是主导能源。可再生能源(包括生物燃料)的比重迅速提高,从当前的3%升至2035年的8%,并在2020年超过核电,在2030年超过水电,见图2。

## 3 第三次工业革命背景下世界油气的发展路径

在第三次工业革命即将来临的大环境下,无论是传统的化石能源,还是可再生能源,都将迎来重大变革。对于油气行业而言,第三次工业革

命的浪潮既注入了新鲜的科技和互联网血液，同时也受到了其他新能源的冲击。在这种机遇和挑战并存的境遇下，世界油气行业若想不被其他能源所代替，谋求更长远的发展，就必须找准适合自己的发展路径。

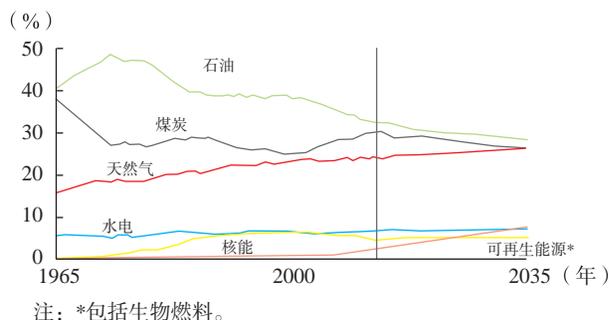


图2 2035年世界一次能源构成

#### (1) 提高天然气在化石能源结构中的比重

在传统的化石能源中，石油和煤炭一直占领主导地位。近年来，石油和煤炭正面临着资源量不足以及环境污染严重等问题。天然气显然更为低碳、清洁、环保，且全球的天然气资源量丰富，根据BP的统计数据，至2014年世界天然气的探明储量为187.1万亿 $m^3$ ，世界天然气产量34606亿 $m^3$ ，且每年的探明储量增长可观(见图3)，世界天然气的消费也在稳步增长(见图4)。另外，对于可再生能源的大规模应用，则更多的需要依赖于技术进步的突破，以及各国政府相关政策的支持和完善，这都需要一定的时间。因此，既要保证能源供应，又要兼顾环境污染等问题，提高天然气在能源结构中的比重无疑是一种重要途径。

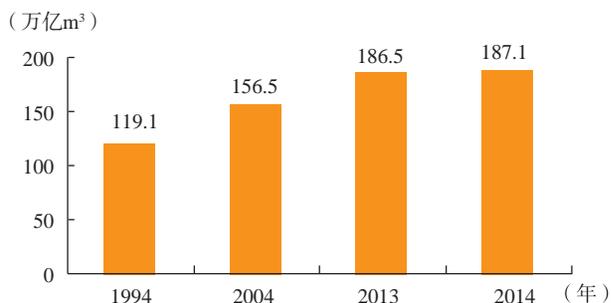


图3 1994—2014年世界天然气探明储量

#### (2) 利用先进数字化信息技术，降低石油勘探开发成本

在剩余的油气资源中，利用先进的数字化信息技术寻找相对高效、高品质的石油资源，同时降低石油的勘探开发成本，使之在多元化的能源

市场中仍然保持竞争力。

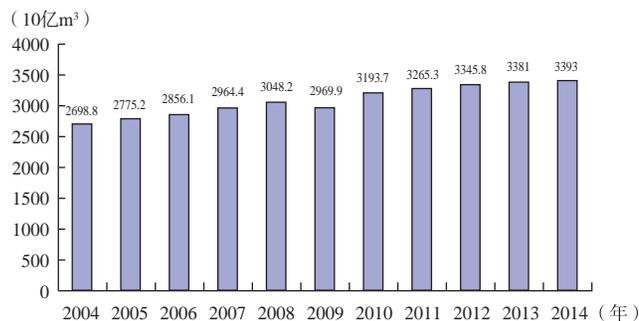


图4 2004—2014年世界天然气消费量

在第三次工业革命的浪潮中，以风能、核能等为代表的新能源将迎来飞速发展。为了不被新能源所取代，石油行业应抓住第三次工业革命的契机，利用蓬勃发展的互联网技术来提高勘探开发的精度与深度，在世界剩余的油气资源中寻找相对高效、优质的石油资源。对于以往勘探的禁区，如深海、极地等地区，新技术的突破可能使得在这些地区的勘探变为现实。另外，3D打印技术也有可能提高勘探开发仪器的生产效率，降低油藏勘探开发的成本，使之在多元化的能源市场中仍然保持竞争力。

#### (3) 创新发展油气的开发技术，大幅度提高油气采收率

对于已经发现的石油天然气资源，提升科技创新能力，突破勘探开发技术十分必要。

在第三次工业革命的大背景之下，应抓住机会全面提高勘探开发技术，如提高油藏精细描述、测井分辨精度、中-低渗油藏精细开采、分层压裂、高精度三维地震、水平井压裂、侧钻水平井等技术，从而大幅度提高油气的采收率。

#### (4) 提高油气的利用效率

对于已经开采出的石油和天然气，提高其利用效率很有必要。目前，特别是一些发展中国家，石油利用效率较低，经济增长方式粗放的问题还没有从根本上得到解决。因此，各国应综合发展战略、产业政策、投资管理等方面的问题，不断进行技术创新。另外，积极的普及有显著效果的节油技术，对于油气消费量过多的生产技术，则实行淘汰制度或寻找其他技术进行代替。对于耗油气过多的企业，要对其油气使用进行合理有效的计量监管。这些措施都可以有效提高石油天然气的利用效率。只有这样，才能在工业革命的浪潮中得到可持续发展。

### 2016年一季度风电并网运行情况

一季度,全国风电新增并网容量533万kW,截至3月底,累计并网容量达到1.34亿kW,累计并网容量同比增长33%;一季度,全国风电上网电量552亿kWh,同比增长21%;平均利用小时数422h,同比下降61h;风电弃风电量192亿kWh,同比增加85亿kWh;平均弃风率26%,同比上升7个百分点。

一季度,新增并网容量较多的省份是云南(209万kW)、吉林(56万kW)、内蒙古(28万kW)、山东(26万kW)和江苏(25万kW)。风电平均利用小时数较高的省份是福建(755h)、云南(753h)、四川(738h)和西藏(705h);平均利用小时数较低的省份是甘肃(294h)、吉林(224h)、宁夏(264h)和新疆(189h)。

### 2016年第一季度光伏发电建设和运行信息简况

2016年第一季度,全国新增光伏发电装机容量714万kW,其中,光伏电站617万kW,分布式光

伏97万kW。累计光伏发电装机容量达到5031万kW,同比增加52%,其中,光伏电站4329万kW,分布式光伏703万kW。一季度光伏发电量118亿kWh,同比增加48%。全国弃光限电约19亿kWh,主要发生在甘肃、新疆和宁夏,其中,甘肃弃光限电8.4亿kWh,弃光率39%;新疆(含兵团)弃光限电7.6亿kWh,弃光率52%;宁夏弃光限电2.1亿kWh,弃光率20%。

一季度光伏发电格局发生变化。华北、华东、华中和南方地区新增光伏发电装机均超过100万kW,分别为150万kW、131万kW、130万kW和104万kW;新增装机规模超过50万kW的省份包括:云南94万kW、山东88万kW、新疆71万kW、陕西60万kW、安徽58万kW、浙江53万kW和江西52万kW。华北、华东、华中和南方累计光伏发电装机总计达2560万kW,已超过西北地区的2364万kW。中东部地区累计光伏发电装机容量超过100万kW的省份包括:江苏440万kW、河北272万kW、山东221万kW、浙江217万kW、安徽179万kW、山西122万kW。

(5)加强油气和其他能源之间的替代和补充,促进各能源行业平衡发展

近年来,环境污染问题日趋严重,随着科技的日新月异,人们越来越多的将目光转向了低碳、环保、清洁的新能源。由于现有科技条件的限制,使得新能源的普及成本较高、大规模应用也较为困难。然而随着第三次工业革命悄然拉开帷幕以及科技的迅猛发展,各国都在积极寻求降低新能源成本的途径。相信不久的将来,科技进步足以推动新能源的大规模应用,在这样的大背景下,只有不断地深化加强油气和其他能源之间的替代和补充,平衡与能源间的应用,油气行业才能取得更长远的发展。

## 4 结论

低碳经济和科学技术迅速发展的今天,第三次工业革命即将登上历史的舞台,互联网和新能源作为第三次工业革命的核心,将会有更广阔的发展空间。而石油和天然气作为传统化石燃料中的重要组成部分,要想紧跟第三次工业革命的浪潮,并且谋求更长远的发展,就必须寻求适合自己的发展路径。油气行业在第三次工业革命中,任重而道远,只有提高天然气的战略地位,寻找

优质的油气资源,创新油气的开发技术,提高油气利用效率以及平衡新能源与传统化石能源之间的关系,才能使油气行业真正达到高效及长远发展,才能在第三次工业革命的浪潮中挺立船头,稳舵远航。

### 参考文献:

- [1] 金碚.世界工业革命的缘起、历程与趋势[M].2015.
- [2] 杰里米·里夫金.第三次工业革命:新经济模式如何改变世界[M].北京:中信出版社,2012.
- [3] 克里斯·安德森.创客—新工业革命[M].北京:中信出版社,2012.
- [4] 麦肯锡全球研究所.大数据:创新、竞争和生产力的下一个前沿[M].2011.
- [5] 弗里曼·弗朗西斯科卢桑.光阴似箭:从工业革命到信息革命[M].2007.
- [6] 弗里曼.工业创新经济学[M].2004.
- [7] 陆纪刚.结构调整、范式转换与“第三次工业革命”[M].2014.
- [8] 戴德立.BP世界能源统计年鉴[R].2015.
- [9] 戴德立.BP2035年能源展望[R].2014.
- [10] 张涵奇.世界工业革命与能源革命的更替规律及其对中国能源发展的启示[M].2015.