

# 中国油气管网与能源互联网发展前景

黄维和<sup>1</sup>, 沈鑫<sup>2</sup>, 郝迎鹏<sup>2</sup>

(1.中国石油天然气股份有限公司, 北京 100007; 2.中国石油规划总院, 北京 100083)

**摘要:** 未来较长一段时期,油气仍是中国能源利用的主体,2030年之后在能源消费总量占比超过30%,能源主体地位进一步体现。能源互联网是未来能源发展的趋势,欧美及日本已结合本国能源特征发展出不同的模式。随着中国油气地位的提高,油气管网建设和运营规模不断扩大,油气管网将成为能源互联网中消纳可再生能源、建设智慧能源的重要参与者,并应融入能源互联网发展,加快油气互联网布局。梳理中国油气管网发展现状及前景,阐述能源互联网的发展趋势,探讨中国油气管网与能源互联网的融合发展模式,给出推动中国油气管网和能源互联网发展的建议。

**关键词:** 油气管网; 能源互联网; 融合发展; 智慧能源

**中图分类号:** F423

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2019)01-0001-06

美国学者 Rifkin(2011)编著的《第三次工业革命》使能源互联网的概念广泛传播,并在世界范围内产生了深远影响<sup>[1]</sup>。发展能源互联网的目的,在于提高能源综合利用效率,缓解能源供需压力,减少污染物排放,推动能源产业转型升级和可持续发展。油气作为当前阶段维系国计民生和经济发展最重要的能源,油气管网发挥着不可替代作用。当前中国正在推进能源生产与消费革命,推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,油气管网的发展迎来“互联网+智慧能源”新的发展契机。

## 一、中国油气管网发展现状及前景

### (一)中国油气管网发展现状

油气管道是油气安全、环保、高效运输最有效的手段,是能源输送的重要组成部分。目前国内已建成原油、成品油、天然气三大管网输送体系,形成了“北油南运”“西油东送”“西气东输”“海上登陆”的油气供应格局,特别是天然气管道成为近年来建设的重点。截至2017年底,中国油气长输管道总里程达到12.99万公里。

在全球油气管道运输体系中,北美地区的油气管网系统最为发达。据统计,截至2017年3月,北美地区油气管道里程合计84.5万公里,占全球管道总里程的43%<sup>[2]</sup>。中国单位国土面积对应的管网里程与发达国家相比,差距仍然较大,油气管网建设仍有较大空间。

### (二)油气在中国能源革命中的地位

世界能源发展经历了三次能源转型,目前已演变到“油气时代”(占比60%左右),正在向“低碳能源时代”转变。当今世界正处于第三次能源革命初期,能源消费由总量的增长向集约化、高效化方向发展,主体能源结构正向多元化、清洁化和低碳化方向转型,其中新能源将逐步进入黄金发展期,但以分布式太阳能、风能、第二代生物燃料为代表的新能源技术达到产业规模尚需时日。

中国能源消费结构仍以煤炭为主,与世界能源结构相比,中国能源发展落后一个“能源时代”。2017年,天然气在中国能源消费结构中占比7.3%,远低于世界天然气消费平均水平(24.3%);新能源消费占比13.7%,略低于世界平均水平(14.8%)。推动能源革命已成为中国能源方针和政策的核内容,是指导当前和今后一个时期能源领域发展改革的行动纲领,中国工程院提出了未来中国能源革命的“三步走”战略,分别以“控制大气质量”“控制碳排放”和“能源永续供应”为抓手,加快扩大天然气利用,优化能源结构,增加清洁能源比重。从当前至2035年,油气消费占比将由26%增长至30%,随后将逐渐趋于稳定;非化石能源

消费比重将逐年提升,至2050年将增长至能源消费总量的近1/3。因此,未来中国能源结构调整中,在可再生能源替代化石能源成为主体能源以前,以油气为主的化石能源将长期占据主要地位。天然气将发挥在能源系统中的优化与能源集成作用,逐步发展成为中国主体能源之一(2030年,天然气在一次能源消费中的比重将提升至15%以上)。具体如表1所示。

表1 能源革命条件下的中国能源消费总量与结构预测

类别	2017年	2020年	2030年	2035年	2040年	2050年
能源消费总量/10 <sup>8</sup> 吨标准煤	44.8	48	55	60	58	56
煤炭/%	60.3	58	48	45	41	40
石油/%	18.7	17	16	15	15	14
天然气/%	7.3	10	15	15	16	17
非化石能源/%	13.7	15	21	25	28	29

数据来源:中国工程院。

### (三)中国油气管网发展前景

油气管网是保障油气供应的主要基础设施,是实现能源生产与消费革命的重要支撑,今后10~15年仍将是中国油气管道建设的高峰期。依据国家发改委和国家能源局联合印发的《中长期油气管网规划》<sup>[3]</sup>,未来中国将继续完善东北、西北、西南和海上四大战略通道以及国内骨干管网建设,建成“横跨东西、纵贯南北、覆盖全国、联通海外、资源多元、调度灵活、安全可靠”的油气运输体系,油气管网总里程将超过30万公里,基本建成现代油气管网体系,与北美、欧洲油气管网系统共同构成世界三大油气管网体系。

## 二、能源互联网的发展趋势

能源互联网立足于能源发展的未来模式,具有支持多种能源融合发展、支持大规模分布式能源接入、支持多种储能设备的接入、支持互联网技术改造能源系统、支持向电气化转型等五大特征,深刻改变了原有的能源生产、运输和利用方式,使之更加安全、清洁、高效、经济和可持续。

世界发达国家高度重视能源互联网发展,提出了不同的发展模式。根据融合方式不同,对能源互联网的发展模式进行分类,可分为侧重信息互联网、侧重能源网络结构以及革新性能源互联网3种发展模式。

### (一)德国——E-energy项目

以信息通信技术为基础构建未来能源系统,德国联邦政府发起E-energy项目,致力于能源的生产、输送、消费和储能各环节之间的智能化<sup>[4]</sup>,包括智能发电、智能电网、智能消费和智能储能4个方面,成为实践能源互联网最早的国家。其本质与当前的“智能电网”模式类似,借助互联网收集能源相关信息,经分析决策后指导能源网的调度运行。E-energy项目计划实现了用户侧与需求侧的直接互联,构建了新型的能源体系架构,实现了多类型分布式能源和大型负荷的集中管理,整合储能设备和可再生能源设备、智能家居组成虚拟电站,直接参与电力市场交易,构建了能源互联网雏形。

### (二)美国——FREED项目

美国能源互联网发展模式侧重能源网络结构,以FREED项目为代表,其主要特点为通过自治或中心控制的方法实现能源的供需平衡,其本质为分布式的能源网络。美国FREED项目对能源互联网的描述为,综合运用先进的电力电子技术、信息和智能管理技术,将大量由分布式能量采集装置、储存装置和各种类型负载构成的新型电力网络节点互联,实现能量双向流动的能量对等交换和共享网络<sup>[5]</sup>。

### (三)日本——数字电网、电力路由器

日本能源互联网发展模式属于革新性能源互联网,以日本的数字电网、电力路由器为典型代表。2010年,日本开展能源和智能电网领域研究工作,并于次年推广“数字电网”计划,构建一种基于各种电网设备的IP来实现信息和能量传递的新型能源网,其特点是实现了互联网技术和能源网络的深度融合<sup>[6]</sup>。

能源互联网是在现有的能源供给系统基础上,通过新能源技术与互联网技术的深度融合,将大量分布式能量的采集、转换、输送、调配、储存、交易、使用等装置互联耦合起来,通过智能化管控,实现能量和

信息的多项流动和共享的网络。在综合能源利用技术、先进储能技术、综合能源管理技术、智能电网技术、先进信息技术等关键技术不断进步促进下,能源互联网发展将激发能源生产、传输、存储、消费等能源全价值链的变革,集成多种形式能源,建设一体化集成供能系统,实现多能源协同供应和能源综合梯级利用,满足用户电、热、冷、气等多种用能需求,如图1所示。

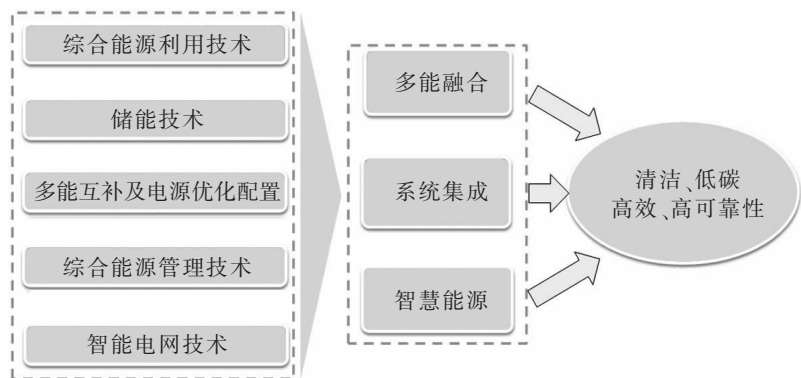


图1 能源互联网基础框架

### 三、油气管网与能源互联网融合发展前景

#### (一)中国能源互联网发展前景

2016年,国家制定了“互联网+”行动计划,随后国家能源局发布《关于组织实施“互联网+智慧能源”(能源互联网)示范项目的通知》,推出了包括化石能源互联网化交易运营、绿色能源多样化利用等56个能源互联网示范项目。截至2018年10月,已有2个项目实施完毕并完成交付,另有10余个项目在2018年底具备验收条件。

能源互联网要求设备智能、多能协同、信息对称、供需分散、系统扁平、交易开放<sup>[7]</sup>。设备智能即能源互联网能够对不同能源的生产设备、供应渠道、能源用户提供统一的接入端口,实现能源流、信息流无差别交流互换。多能协同强调以各类能源生产、储存、输送和消费特点为依据,通过互联网技术充分挖掘产业信息,实现传统化石能源、可再生能源以及核能等多种能源形式,电网、油气管网、热力管网甚至煤炭车船运输网等多种能源输送网络的互联协调,实现电、气、油、煤、热等多种能源和服务的优势互补与优化配置。信息对称充分发挥互联网技术本身高度开放的属性,实现信息的高速传导和海量数据的存储,实时高效的双向数据交互技术和数据存储分析技术,实现能源供应商与各个阶层用户之间的信息实时共享与公平开放。供需分散即在未来能源系统中,能效高、启停方便的分布式能源所占比例越来越大,众多分散式的能源生产、储能装置和需求点通过能源互联网相互联接,将形成一个“形散而神不散”紧密联系的生态圈。系统扁平,通过功能强大的互联网技术和管理分析软件,将众多类型的用户和能源经销商反馈的大量信息进行快速处理,减少中间层级,实现能源供应渠道直营化和短宽化。交易开放,未来每个参与主体的定位将变得模糊,可能既是能源的“生产者”,又是“消费者”,或者随着时间和场景的变化不断变换“身份”,这也意味着参与主体之间始终保持开放的交易状态。

未来较长一段时期,化石能源仍是中国能源利用的主体,因此化石能源是构建能源互联网重要的组成部分之一。能源互联网在推进能源生产和消费革命过程中,应立足于整个能源系统的升级,将互联网技术与化石能源及可再生能源的生产、运输、存储、销售及贸易深度融合。油气管网与电网、互联网一样具有灵活、可靠的网络化结构和实时互动的技术特征,相似的运行方式表现出来的相仿的组织模式和特点,使得油气管网更易融入能源互联网的发展。因此,现阶段构建的能源互联网应以中国能源结构为基础,融合现有的电网和油气管网,与互联网共同构建“能源广域网”,融合城市配电网、配电网、微电网、城市热网等构建“能源局域网”,采用分散自治协同模式,达到能源按需传输和动态平衡,实现多种能源纵向优化配置和横向多能互补,构建能源产业发展的新业态。

横向多能互补,以历史和实时生产、输送及交易数据为基础,对不同能源的供应特性和用能对象的需求特征进行智能化分析;以互联网技术为手段,加强能源间的互补与融合,突出各类能源之间的相互协调,优化各能源品种自身产业链,实现跨能源种类的优化互补(图2)。例如,通过能源互联网实时掌握用户电力、热力需求情况,及时启动燃气热电联产机组,抽调油气管网内的天然气转化为电力和热力,及时满足用户需求,提高能源综合利用效率。

纵向优化配置是对各种能源的生产、运输、存储、贸易、用能等环节,实施能量流、信息流和业务流高度一

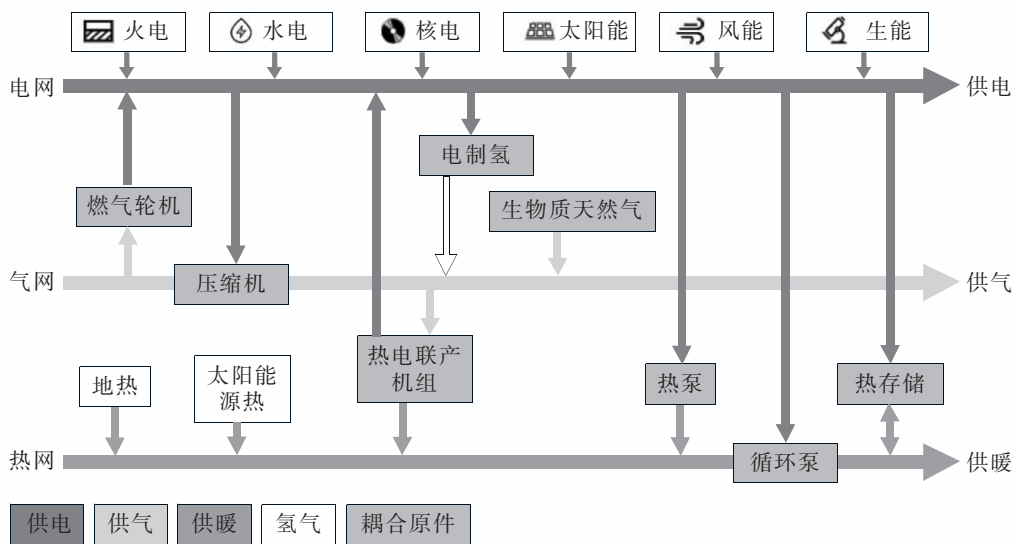


图2 能源互联网核心特征:横向多能互补

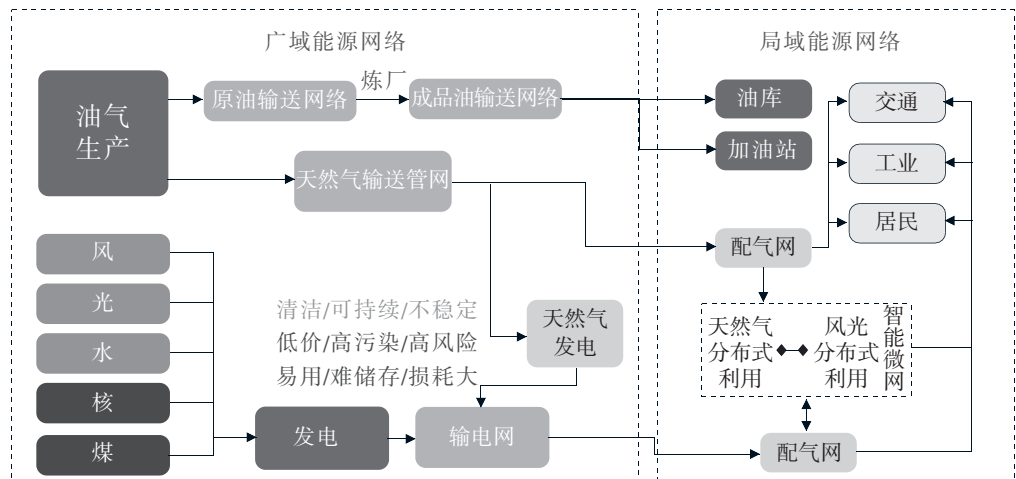


图3 能源互联网核心特征:纵向优化配置

体化管理,支持能源纵向运营优化,提升资源配置水平(图3)。例如当前中国可再生能源发电弃风、弃光现象仍然严重,2017年分别达到12%和6%,造成能源浪费。利用能源互联网实时掌握可再生能源发电上网的波动情况,充分利用天然气方便快捷优势实时配置调峰气电,既可稳定上网电力负荷,又可实现天然气的优化配置,实现天然气与可再生能源互驱共进,进一步提高清洁能源利用比例。

### (二)油气管网将有效融入能源互联网发展

中国油气管网与互联网的融合发展已经走在了“互联网+”传统产业发展的前列。现已建成了油气生产和供给信息化系统,实现了全产业链生产监控和运营管理,通过SCADA系统实现自动控制、数据采集与传输,建成多种业务管理与优化系统,实现了油气产、运、储、销、贸一体化优化。以中石油为例,北京油气调控中心负责对国内超过5万公里的油气管道实施集中调度指挥、远程监控操作、维修作业协调和管网优化运行,已成为世界上调度运行的管线最多、管道运送介质最全、运行环境最复杂的长输油气管网控制中枢。同时,中石油已建成了覆盖全国2万座加油站、2300家天然气批发客户和700万终端用户的信息系统。通过油气价值链优化系统和电子销售与交易系统(图4),形成了以智能的油气优化配置、开放的油气交易、高效的能源服务为特征的油气工业互联网架构。

现在到2035年,随着能源革命的不断推进,油气供应将在中国一次能源供应体系中的占比逐渐由1/4提升到1/3,对维持国民经济社会稳定发展的作用愈发重要。油气管网将为能源互联网实现可再生能源消纳、智



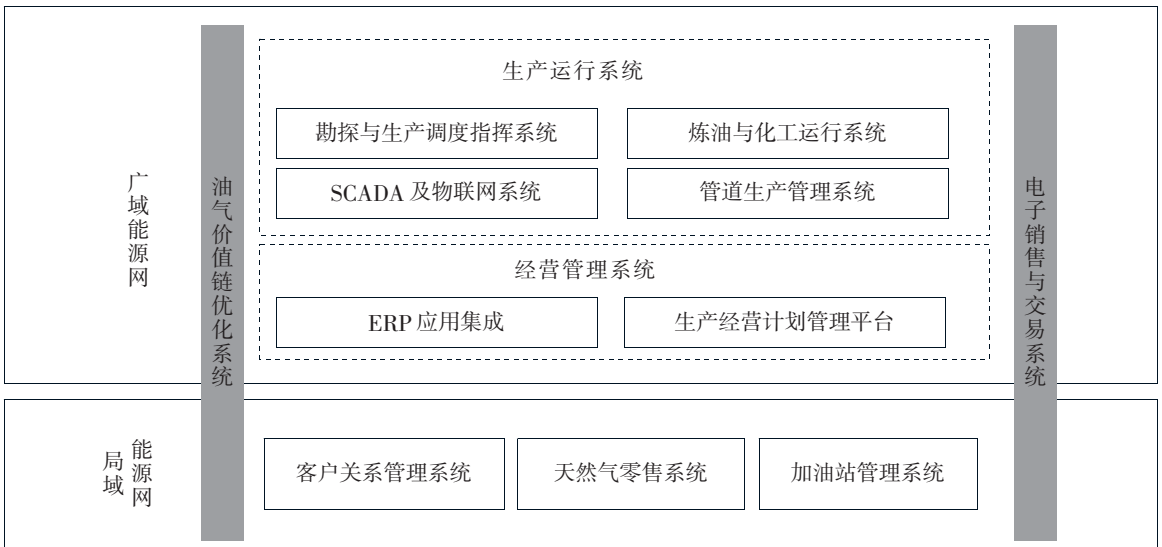


图 4 油气工业领域互联网架构

慧能源建设发挥积极作用。能源互联网在油气领域的建设,将对油气能量流赋予能源系统全信息属性,实现信息流对能量流的灵活管控,在多种能源数据交互和高效联动下,革新油气产、运、储、销、贸全产业链的运营机制和管理模式,实现油气行业能量流和信息流的重构、管理模式和运营机制的重塑,如图 5 所示。

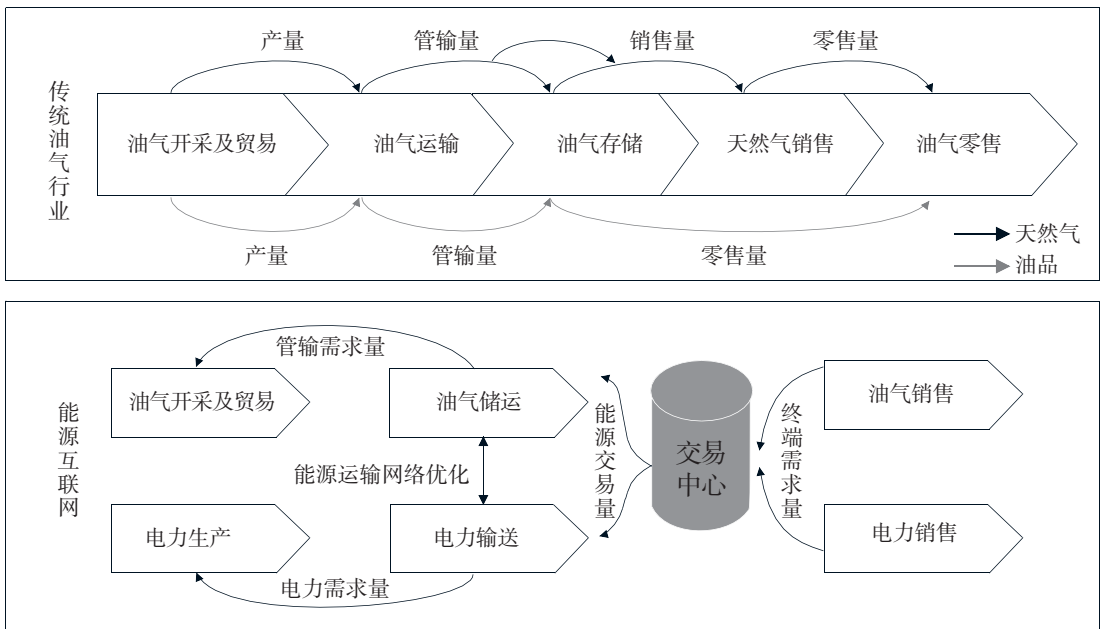


图 5 能源互联网模式下油气产业链运营机制

#### 四、推动油气管网和能源互联网发展的设想

中国正处在能源生产和消费革命的关键时期,能源互联网将从根本上提升中国能源产业的生产和消费理念,改变对传统能源利用模式的依赖,这是对人类社会生活方式的一次根本性革命。中国油气管网发展应顺应世界能源发展的大势,融入能源互联网发展,推动油气管网与能源互联网融合。为推动油气管网与能源互联网融合发展,建议国家和相关行业应积极采取以下措施:

##### (一) 构建一体化多能互补系统

面对多能融合及智能化能源网络,需要对不同能源供应特性和用能对象的需求特性进行分析。对不同能源品种的生产、运输、存储、贸易、用能等环节实施能量流、信息流和业务流一体化管理,提升资源配置水平。在供能侧通过多类型能源互补集成,提升新能源比重,实现能源的梯级利用,提高能源利用效率;在

运输侧构建电、冷、热、水以及通信等多能源的综合输送体系;在用户侧通过负荷资源参与需求响应,实现不同负荷的灵活可调。

## (二)构建综合能源控制管理和交易平台

能源互联网发展要坚持规划和标准先行,建立各能源行业的全产业链数据共享机制,编制跨能源行业数据标准,建立数据整合及共享机制;建设能源互联网大数据体系及监管平台,实现多种能源数据的集成、共享和监管。

建立市场规则,将油、气、电、煤等关联程度高的能源品种统一建设综合性交易平台,体现能源的市场价值;建立价格指数,对外形成国际定价权影响力,对内实现价格发现功能,传递数据和信息,实现产业链优化。

## (三)构建智能化油气管网

将人工智能引入油气储运行业,以适应未来智能化发展趋势,构建 AI 环境下的油气储运运行体系。研究大数据在油气管网中的应用,建立管道实时数字孪生体,挖掘并应用大数据,研究分析模型,建立基于机器学习算法和大数据计算框架的知识库。研究建立智能化油气管网与未来智能电网等有机融合,油气管网与其他能源供给方式一体化的智能运行体系。

## (四)加快能源体制改革,推动能源互联网建设

能源交易市场化是能源互联网发挥作用的关键要素之一,油气体制改革将促进油气交易市场化,按照“放开两头、管住中间”的总体原则,加快油气及电力体制改革的进程,为能源互联网建设创造基础条件。推动出台鼓励天然气与可再生能源融合发展政策,实现多能互补,加快天然气管道建设,推动天然气发电装备国产化。

### 参考文献:

- [1] RIFKIN J. The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy, economy and the world[M]. New York: Palgrave MacMillan, 2011.
- [2] 马钢,白瑞. 全球油气管道分布及发展展望[J]. 焊管, 2018, 41(3): 6-11.
- [3] 国家发展改革委,国家能源局. 中长期油气管网规划[R/OL]. (2017-05). <https://wenku.baidu.com/view/88ce2e3fbdd126fff705cc1755270722192e590f.html>.
- [4] SCHMECK H, KARG L. E-energy-paving the way for an internet of energy[J]. Inform Technol, 2010, 52: 55-57.
- [5] HUANG A Q. FREEDM system—a vision for the future grid[C]. Proceedings of IEEE Power and Energy Society General Meeting, Minnesota, 2010.
- [6] BOYD J. An internet-inspired electricity grid[J]. IEEE Spectrum, 2013, 50: 12-14.
- [7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会,国家能源局,工业和信息化部.关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见[EB/OL]. (2016-03-01) [2018-06-16]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/01/content\\_5047633.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-03/01/content_5047633.htm)(1).

## Prospects of China's Oil and Gas Pipeline Network and Energy Internet Development

HUANG Weihe<sup>1</sup>, SHEN Xin<sup>2</sup>, HAO Yingpeng<sup>2</sup>

(1. Petro China Company Limited, Beijing 100007, China; 2. China Petroleum Planning and Engineering Institute, Beijing 100083, China)

**Abstract:** For a long time to come, oil and gas will remain the main body of energy utilization in China. After 2030, the proportion of total energy consumption will exceed 30%. The status of the main body of energy will be further reflected. Energy Internet is the trend of energy development in the future. Europe, America and Japan have developed different modes according to their own energy characteristics. With the improvement of China's oil and gas status and the expansion of oil and gas pipeline network construction and operation scale, oil and gas pipeline network will become an important participant in the energy Internet to absorb renewable energy and build intelligent energy, and should be integrated into the development of energy Internet to accelerate the distribution of oil and gas internet. This paper reviews the development status and prospects of China's oil and gas pipeline network, expounds the development trend of energy internet, probes into the integration development mode of China's oil and gas pipeline network and energy internet, and finally gives some suggestions to promote the development of China's oil and gas pipeline network and energy internet.

**Key words:** oil and gas pipeline network; energy internet; integrated development; intelligent energy

[责任编辑:孟青]