

全球能源互联背景下的大数据需求侧管理

从全球能源互联背景出发, 展望电力互联网构建的条件与影响, 进而研究需求侧管理的机遇与挑战。结合大数据技术的应用, 挖掘电力互联网与大数据契合点——智能电网, 提出超大网络情况下需求侧管理解决方案。同时深入剖析未来电力缺口预测的可能, 并设计可供参考的数据模型, 为大数据电力应用设定实验方向。

王彦力¹ 刘畅²/1.国网天津市电力公司信息通信公司 2.国网天津市电力公司

0 引言

近日在美国举行的电气与电子工程师学会电力与能源协会2014年会上, 国家电网公司董事长、党组书记刘振亚发表署名文章《构建全球能源互联网, 服务人类社会可持续发展》, 提出“全球能源互联网”概念, 即由跨洲、跨国骨干网架和各国各电压等级电网(输电网、配电网)构成, 连接“一极一道”(北极、赤道)大型能源基地, 适应各种集中式、分布式电源, 能够将风能、太阳能、海洋能等可再生能源输送到各类用户, 是服务范围广、配置能力强、安全性高、绿色低碳的全球能源配置平台。



王彦力/工程师

1 能源互联网的建立

全球能源互联网的到来, 说明人类能源文明史又向前迈进一步, 不仅从化石能源转换到清洁能源, 且人类能源利用方式更为多样化和智能化。能源互联网除环保意义外, 政治外交意义更为突出, 全球能源互联的发展, 将会撼动现有国际能源秩序的基础, 从而改变各国间的能源外交和国际能源合作。2014年11月在北京召开的APEC亚太经合组织会议上, 中国的“一带一路”规划备

受关注。这股经济浪潮不仅会将中国的铁路、油气、电力设施带到更远的地区外, 更有可能为我国电力的第一次大范围跨国输出创造条件。

1.1 互联电网结构

能源互联网分为三层结构, 即洲内联网、洲际联网和全球互联, 实现统筹全球能源资源开发、配置和利用。全球能源网的实践行为也陆续开展, 如欧盟能源一体化(电网一体化)、洲际联网(德国在北非撒哈拉沙漠光伏发电, 通过电网引回德国的多年尝试已有进展)、北美自由贸易区能源供给联网等。

1.2 互联电网关键技术

电力能源互联网将依靠两项关键技术: 特高压、智能电网。特高压技术实现电力的大容量、远距离传输; 智能电网如同电网的神经元, 深入电网的细枝末节, 实时监控电网运行状况, 为超大电网的稳定运行提供保证。

2 电网互联背景下的需求侧管理

在如此庞大的全球电力能源网下, 需求侧管理更加具有其特殊意义。节能减排将成为后工业时代的一个长期目标, 在满足人们工业生产、日常生活需求的同时, 如何提高电能的有效利用值得持续探索。

2.1 全球需求侧管理的几点假设

1) 电力负荷需求可通过跨时区的调剂而平衡。电力的大范围平衡, 将为居民电力的自由使用, 相关需求侧政策的制定提供更大的调节空间。

2) 智能电网的神经元、数据分析元在互联的电网系统中普遍使用。这正是大数据产生的关键环节, 这些数据在为

关键词/Keywords

电力·
互联·
需求侧·
大数据·
智能电网·

电网运行提供可靠保证的同时,也将预测能源的变换趋势,为基建投资等提供数据支持。

伴随未来城市整体数字化水平的上升,综合应用智能电网技术以及云计算、物联网、大数据等信息技术,实现城市区域电网与信息通信网的有效融合。基于对用电负荷数据、电网运行信息、气候环境信息等综合分析数据挖掘,实现城市内电气信息的显示、分析、诊断、维护、控制及优化管理,支撑城市能源供需调节、公共服务、产业优化和环境监测。通过构建全覆盖的电力信息网络神经元和城市能源智能监测管理平台,实现电网与分布式电源、储能、电动汽车等用户侧设备的广泛交互,以及与燃气、供热等多类型能源的协调运行,实现城市能源供给、消耗的统一监测,能效分析、梯次利用和协调管控,构建全球智能社会。

3) 全球电力能源联合机构的建立。这是重中之重。它将主导建立新的能源秩序,在一定世界能源生产和消费格局上形成国际能源规则和相应能源保障机制,包括国与国之间的协议、能源商品市场的惯例和约定俗成,类似于欧佩克(OPEC)或国际能源署(IEA)。

2.2 需求侧探索方向

在全球电力能源互联下,需求侧管理仍应从两方面入手:一方面,通过对区域生产性负荷的流程优化以及非生产性负荷的智能化改造,改变负荷特性。另一方面,通过细化的用能策略数据分析(数据挖掘),优化用能策略,有效引导电力客户主动开展需求响应。通过部署需求响应终端设备和需求响应控制系统,基于双向信息交互实现柔性负荷控制,增强负荷平衡能力,实现大用户的能效分析和需求响应,使得电网负荷能够以园区为单位参与电网调控,实现削峰填谷和低碳运行。

3 大数据需求侧解决方案

本文聚焦于大数据环节。智能电网的大数据奠定需求快速响应基础,电网与用户之间的网络化互联,构建一个覆盖全网,能够精确测量、收集、储存、分析、运用和传送用户用电数据、电价信息和系统运行状况的完整能源互联网络和系

统。由智能采集设备实时获取的用户、电动车辆信息源源不断地汇总于电力数据中心,经过深度的数据挖掘,电力平衡策略迅速提供,同时在此平衡条件下,各用户的最佳电能使用方案也一并送达智能终端,供用户选择,实现真正意义上的双赢。

3.1 电力大数据应用现状

为适应电力数据飞速增长,满足电力专业需求,电力大数据技术成为关键。电力大数据技术分为四个类:分布式计算技术、数据挖掘、统计分析、数据可视化。

(1) 分布式计算技术

为快速处理大量数据,分布式计算技术成为必须,现今主流分布式计算技术为Hadoop,但此平台发展前途尚未达到企业可以依赖的程度。因此未来满足电网互联需求的电力专业分布式计算技术必将产生。大量电力数据持续涌入数据湖,分布式计算技术将其中的有用数据进行提取、处理,处理方式关乎效率。

关于非结构化数据问题。很多大数据应用都会触及非结构化数据处理问题,但就电力企业电网运行数据来说这样的数据极少,不会影响处理速度。

(2) 数据挖掘技术

数据挖掘技术是通过分析大量数据,从大量数据中寻找其规律的技术,主要有数据准备、规律寻找和规律表示3个步骤。数据准备是从相关的数据源中选取所需的数据并整合成用于数据挖掘的数据集;规律寻找是用某种方法将数据集所含的规律找出来;规律表示是尽可能以用户可理解的方式(如可视化)将找出的规律表示出来。

数据挖掘的任务有关联分析、聚类分析、分类分析、异常分析、特异群组分析和演变分析等。

(3) 统计分析

统计分析,常指对收集到的有关数据资料进行整理归类并进行解释的过程。统计分析可分为描述统计和推断统计。

1) 描述统计。描述统计是将研究所得的数据加以整理、归类、简化或绘制成图表,以此描述和归纳数据的特征及变量之间的一种最基本的统计方法。描述统计主要涉及数据的集中

趋势、离散程度和相关强度，最常用的指标有平均数、标准差、相关系数等。

2) 推断统计。推断统计指用概率形式来推断数据之间是否存在某种关系及用样本统计值来推测总体特征的一种重要的统计方法。推断统计包括总体参数估计和假设检验，最常用的方法有Z检验、T检验、卡方检验等

(4) 数据可视化技术

数据可视化旨在借助于图形化手段，清晰有效地传达与沟通信息，便于相关者对数据的理解和认识。数据可视化与信息图形、信息可视化、科学可视化以及统计图形密切相关。

3.2 需求侧大数据应用前景

大数据其优点在于从原本看似无关的“垃圾”数据中挖掘其潜在价值，这就好比人的大脑原本仅开发20%，如果将这个比例提高至100%，整个人类社会架构都会改写。全球电力互联网的需求侧数据挖掘可包括以下方面：

1) 补足网络断点。网络断点是电网将电力从A点输送至B，而煤炭运输途径B点送至C点的电厂发电。将电网数据与煤炭运输数据进行结合，电网企业是否可以考虑直接在B点与C点间建立输电线路。

2) 预测能源缺口。通过全球经济走势、科技发展、生活方式变化等经济统计数据的提炼，预测能源的快速增长点，提早调动投资开展基建，以求与经济发展同步。

3) 寻找最短供电线路。由于网络过于庞大复杂，为科学合理、可靠安全地调度以及合理便捷的用户供电方案出了难题，大数据将为决策提供依据。

4) 排列缺电等级。在一定程度上，电力缺口与基础设施投资存在偏差，如何抉择重点投资项目时，需求增速等成为权重，而这又有赖于大数据的深入挖掘。

4 电力缺口预测

本文深入探究能源缺口预测的可能成因，提出如下数据分析模型供将来大数据应用参考。

4.1 变量设计

为挖掘电力需求缺口，本文定义变量如下表所示。

表 变量清单

变量类型	变量名称	变量符号
被解释变量	互联网电量月同比增长率	EG
	剔除电量惯性增长后电量月同比增长率	EGG
解释变量	互联网各国月度GDP增长率	GI
	互联网各国月度GDP同比增长率	OGI
	互联网各国第一产业产值(月度)	FI
	总体第一产业产值月度同比增长率	FIG
	互联网各国第二产业产值(月度)	SI
	总体第二产业产值月度同比增长率	SIG
	互联网各国总体第三产业产值(月度)	TI
	总体第三产业产值月度同比增长率	TIG
	互联网各国人口月度增长率	HI
	互联网各国广义货币同比增长	M2
控制变量	互联网各国工业产品出厂价格指数	PPI
	互联网各国全民消费价格指数	CPI
	城镇固定资产投资同比增长	GDT
	失业率	SY
	石油进口量增长率	OIL
	煤炭进口量增长率	COAL

注：模型数据使用范围为近五年的月度数据，以保证数据与经济实际相符。

4.1.1 被解释变量

为挖掘区域经济增长与电力需求之间的关系，预测电力缺口，本文将“互联网电量月同比增长率(EG)”作为电力需求变化的代表变量，出于两点考虑：即提供足够的有效数据样本数量，以及避免单纯电量数据变异过大对拟合结论的影响。同时考虑到电量增长的惯性，通过剔除惯性增长后的互联网电量增长率作为EG的替代变量进一步回归。

EG为本期电量增长量对比上一期电量。EGG为当期EG与上一期EG之差。

4.1.2 解释变量

为与电量增长率相匹配，解释变量也采用增长率类变量，同样围绕探寻主题，本文设定互联网各国月度GDP增长率和同比增长率作为经济增长的体现，以观察电量与经济之间的变化规律。

互联网各国月度GDP增长率(GI)=[(当期

GDP增长率 - 上期GDP增长率) / 上期GDP增长率] × 100%

互联网各国月度GDP同比增长率
(OGI)=[(当期GI-上期GI)/上期GI]×100%

之所以在设置GI的同时,设置OGI,同样考虑经济惯性问题。

4.1.3 控制变量

为了准确反映电量增长与经济发展的关系,同时设置互联网各国第一、二、三产业产值(月度),总体第一、二、三产业产值月度同比增长率,互联网各国人口月度增长率,互联网各国广义货币同比增长,互联网各国工业产品出厂价格指数,互联网各国全民消费价格指数,城镇固定资产投资同比增长,失业率,石油进口量增长率,煤炭进口量增长率作为控制变量,以减小其他因素对数据回归的计算。

(1) 互联网各国第一、二、三产业产值(月度)及同比增长率

设置此类变量目的在于体现除区域经济增长信息外,究竟哪个产业成为经济新增长点,以为投资量提供佐证。传统意义上讲,第二产业发展应该与电量需求密切,其他两个产业产值增速迅速而电量需求增幅缓慢。但未来的变化规律还有待数据检验。

互联网各国第一产业产值(FI)=各国当月的第一产业产值取常用对数,主要使用产值水平情况参与计算。二、三产业产值计算雷同,省略。

互联网各国第一产业产值月度同比增长率
(FIG)=[(当月第一产业产值-上月第一产业产值)/上月第一产业产值]×100%。其他产业计算相同。

(2) 互联网各国人口月度增长率、失业率
每增加一人就会增加一人单位的用电量,人口增长与电力需求相关度较高;失业率伴随经济下行以及通货紧缩,用电需求可能停滞或倒退。

(3) 互联网各国广义货币同比增长

印刷货币的速度同样与经济状况密切相关,体现为通货膨胀水平。

(4) 互联网各国工业产品出厂价格指数、互联网各国全民消费价格指数以及城镇固定资产投资同

比增长

出厂价格指数反映了第二产业发展状况,产品产量关系电力需求;价格指数反映经济供需双方平衡情况;固定资产增长体现资金流向,关乎经济发展持续性。

(5) 石油进口量增长率、煤炭进口量增长率

设置此两项指标用以观察其他资源需求增长与电力资源需求增长的同期性,更直接地反映投资的必要性,以及替代其他能源形式的可能。

4.2 模型设计

结合上述变量,本文设计如下大数据应用模型: $EG_t(EGG_t) = \beta_0 + \beta_1 GI_t + \beta_2 OGI_t + \beta_3 FI_t + \beta_4 FIG_t + \beta_5 SI_t + \beta_6 SIG_t + \beta_7 TI_t + \beta_8 TIG_t + \beta_9 FI^*CHN_t + \beta_{10} FIG^*CHN_t + \beta_{11} SI^*CHN_t + \beta_{12} SIG^*CHN_t + \beta_{13} TI^*CHN_t + \beta_{14} TIG^*CHN_t + \beta_{15} FI^*RUS_t + \beta_{16} FIG^*RUS_t + \beta_{17} SI^*RUS_t + \beta_{18} SIG^*RUS_t + \beta_{19} TI^*RUS_t + \beta_{20} TIG^*RUS_t + \dots + \beta_n HI_t + \beta_{n+1} M2_t + \beta_{n+2} PP_t + \beta_{n+3} CPI_t + \beta_{n+4} GDT_t + \beta_{n+5} SY_t + \beta_{n+6} OIL_t + \beta_{n+7} COAL_t + u$

此模型首先观察GDP增长与电量增长的关系程度,近而挖掘具体是哪国的哪一产业对互联网电量增长关系密切,通过大数据检验,为下一步电网投资寻找依据。本文同时设定用于区分国家地区的哑变量,比如CHN表示中国,若采用的数据为中国数据,则此变量为1,若非,则变量取0;RUS表示俄罗斯,含义相同。需注意,互联网各国哑变量设置需缺省一个国家,以避免回归的多重共线性。

回归结果同时需检验相关性,可使用PEARSON方式。

5 结束语

电力需求中心与供应中心的不一致性必将造就全球电力互联网。页岩气革命的成功,北美能源供应独立的趋势日益明显,世界能源生产从原来“中东”一个中心,改变为“中东”和“墨西哥湾”两个中心,亚太地区(中国、日本、韩国和印度)成为世界能源消费中心。两个中心(储藏和生产中心与消费中心)之间的距离之差,形成了贸易的市场需求。

能源秩序发生革命性变化之时,全球能源互联网实质性基础业已形成,能源外交、国际合

(下转第595页)

收各类企业资源优势,进行微能网基础设施及服务平台建设,提供多样化的能源服务,推动能源生产和消费模式的转型。

4 结束语

自2009年起,国家电网公司已经开展了多项智能电网综合工程建设,实现了电网智能化水平的全面提升。坚强智能电网的建设理念在国际上得到广泛认可,实践成就举世瞩目,客观上已具备承载并推动第三次工业革命的坚实基础。构建以智能电网为基础的能源互联网不仅能够有效解决可再生能源的汇集、传输和消费问题,而且可以推动能源开发方式、能源消费方式、生产生活方式的改变,为新工业革命开辟更广阔的空间。但是如何实现能源互联网的全面建设,对智能电网的建设和电力市场改革等方面提出了更高的要求。能源互联网的发展尚处于起步阶段,其发展方向和特点都有待于专家学者们的进一步研究。同时能源互联网的建设是一项长期的系统工程,它不仅仅涉及技术问题,还需要政府引导、全社会的参与,要实现能源互联网的全面建成的确还有很长的路要走。

(上接第577页)

作也将根本性变革。不断变化着的能源秩序所调整的能源外交和国际合作,也重新塑造世界能源秩序。

基于上述原理的需求侧响应将进一步与客户需求相结合,适应世界各国经济社会发展形势、符合客户用能需求及习惯的用能新模式建立,回归能源电力的商品本质属性,能源互联网的益处持续彰显。鉴于发展的持续深入性,电力智能化将不仅仅局限于生活必需品的单一范畴,探索更大范围内需求响应技术的应用及商业化运营机制有待视野的进一步放开。可以预见未来需求响应的广泛实施,将使需求侧资源成为电网调节和消纳新能源的重要手段,实现能源资源优化和能源效率提升。

由此得出结论:智能电网作为大数据应用的良好基础,必将使电力事业发展焕发新的活力,同时电力缺口预测仅是大数据应用的冰山一角,

参考文献

- [1] Maibritt Pedersen Zari. Biomimetic app roaches to architectural design for increased sustainability [C]. Sustainable Building Conference (SB07) 2007,Auckland,New Zealand, 2007.
- [2] Tsoukalas L H, Gao R. From smart grids to an energy internet: assumptions, architectures and requirements [C]. DRPT 2008, April 6-9, 2008, Nanjing, China.
- [3] 杰里米·里夫金. 第三次工业革命[M]. 张体伟, 孙毅宁, 译. 北京: 中信出版社, 2012.
- [4] 于慎航, 孙莹, 牛晓娜, 等. 基于分布式可再生能源发电的能源互联网系统[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(5).
- [5] 贾要勤, 杨仲庆, 曹秉刚. 分布式可再生能源发电系统研究[J]. 电力电子技术, 2005, 39(4).

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

吴燕, 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为能源互联网、智能电网、智慧城市。

白茹, 女, 硕士, 经济师, 主要研究方向为能源互联网、智能电网、智慧城市。

参考文献

- [1] 王震. 能源互联: 网络全球的大革命[J]. 国家电网, 2014, 10 (10) : 42.
- [2] 许勤华. 能源互联下的世界能源秩序[J]. 国家电网, 2014, 10 (10) : 52.
- [3] Stock, James H, Watson Mark W. Introduction to econometrics[M]. U.S.:Pearson Education, 2012.

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

王彦力 (1985-), 女, 工程师, 电力信息通信应用研究。

刘畅 (1982-), 男, 硕士, 高级工程师, 电力建设信息化应用。