

[电能优化]

二次能源优化一次能源路径探讨

文/国家能源局电力业务资质管理中心 苑 舜 韩 晶

分析研究了世界尤其是中国能源发展的现状和趋势，建立了能源脑模型，探索共性链条，发现连接并改变能源系统生命周期的因子是二次能源中的电能。然后提出了电能优化的解决方案，分析了能源优化的技术需求，并探讨了通过优化电能实现一次能源优化的技术路径。

能源发展现状和趋势

1. 能源发展现状

随着世界经济规模的不断增大，世界能源消费量持续增长；同时伴随能源利用效率的不断提高，能源消费增速放缓，世界能源需求长期保持低速增长。2017年，世界一次能源消费量增长了2.2%，虽较2014—2016年约1%的增长率略有提升，但过去10年的平均增长率仍仅有1.7%。2017年世界能源消费的增长主要来自于发展中国家，占据了能源消费增量的80%，其中，中国占据了世界能源消费增量的1/3。

目前世界能源市场正处于转型期，在科技进步和环境需求的共同驱动下，能源结构正在向更清洁、更低碳的方向转型。2017年世界一次能源消费的增长主要来自天然气和可再生能源，煤炭在能源结构中的份额已持续下降至27.6%，天然气和可再生能源在一次能源消费中占比分别创下了23.4%和3.6%的记录。中国一次能源消费结构与世界能源消费结构存在一定差别，煤炭仍是主导燃料，占有所有能源消费的60.4%，高于世界平均水平；天然气占比仅为6.6%，具有较大提升空间。如图1~图3所示。

2. 能源发展趋势

未来5年，世界能源格局将发生重大调整，围绕能源市场和创新变革的国际竞争仍然激烈，能源开发与利用将面临全方位挑战。具体而言，世界能源发展将呈现以下5个趋势：①能源供应能力

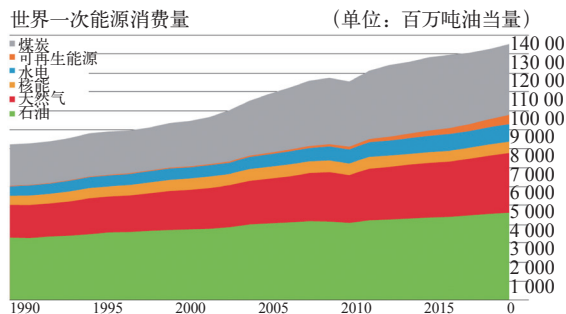


图1 世界一次能源消费量

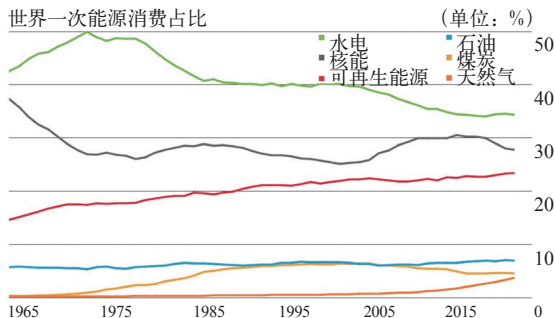


图2 世界一次能源消费占比

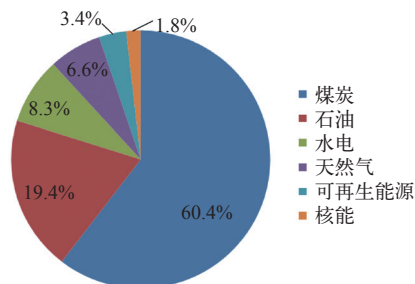


图3 中国一次能源消费占比

充足，能源需求将继续保持低速增长；②能源消费重心加速东移，能源供给逐步多元；③能源结构进一步向清洁低碳转变；④能源系统智能化渐成趋势；⑤能源大国间的博弈更加复杂剧烈。在较长的一个历史时期内，世界能源低碳化进程将持续推进，天然气和非化石能源将成为能源发展的主要方向，预计2040年天然气在一次能源消费中占比将高达26.3%，超过煤炭成为第二大能源并与石油占比接近；可再生能源在一次能源消费中占比将快速增长至14.1%，一次能源结构的优化已是大势所趋。

未来5年，中国能源发展方向将从保障供应转向更加注重发展质量；更加注重结构调整，降低煤炭消费比重，积极发展天然气，推进非化石能源替代化石能源；更加注重系统优化，提升系统调峰能力，加快智慧能源建设；更加注重市场规律，加快形成统一开放、竞争有序的现代能源市场化体系。其中，优化能源结构，推进非化石能源替代化石能源，构建清洁低碳、安全高效的能源体系将是中国能源发展的重要战略方向。

能源脑模型

1. 能源脑模型简介

为解开能源密码，寻找能源优化发展的途径，本文研究建立了能源脑模型。能源脑模型是将各类一次能源之间的关系及一次能源与二次能源之间的关系以象形方式呈现的模型，因形状和结构形式类似于人脑而得名。能源脑模型揭示了能源行业可自成闭环系统的奥秘，发现了决定整个能源系统平衡、稳定运行的关键因素，并可为提高能源行业运行效率和效果提供解决方案。如图4所示。

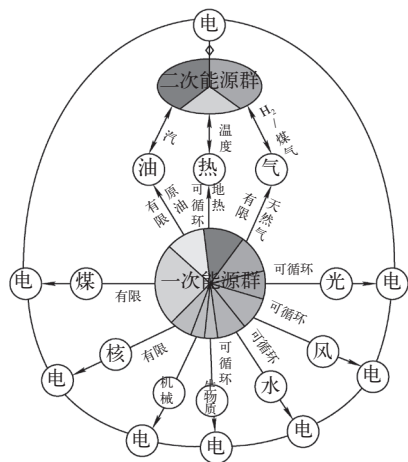


图4 能源脑模型

能源脑模型中的一次能源群囊括了几乎所有常见的一次能源,包括煤炭、石油、天然气、核能、地热能、太阳能、风能、水能、生物质能和机械能(包括势能、水流动能等)等。其中,煤炭、石油、天然气和核燃料储量有限,不可循环使用;地热能、太阳能、风能、水能和生物质能可循环使用。各种一次能源看似独立存在,实际可通过一个共性链条相关联,形成闭环能源系统,链条上的关键因子就是二次能源之一的电能。煤炭、核能、太阳能、风能、水能、生物质能和机械能可直接转化为电能。石油、地热能、天然气可先转换为汽油、蒸汽、热水、氢气和煤气等二次能源,再转换为电能。

能源脑模型中，一次能源群类似于人类的大脑，是高级神经中枢，控制着多种高级功能。各类一次能源占比由其对应的发电类型装机占比决定，一次能源的比例合理与否决定了能源大脑的运行效率和效果。二次能源群类似于人的小脑，既受大脑控制、执行大脑的指令，又具有二次调节、促进平衡的作用。各类二次能源的大致占比由一次能源的比例决定，又可在一定范围内进行再分配，协助实现整个能源系统的平衡。在各类能源的协调和优化过程中，信息化、感知系统和大数据分析将起到神经网络互动的作用。

2. 电能是二次能源优化一次能源的最佳方式

煤炭等能源有生命周期，指从发现并使用到用尽的过程。当前煤炭还属于第一次被人类使用，处于第一个生命周期；数亿年后再次形成到再次用尽为另一个生命周期。能源系统也有生命周期，指从发现并使用某一类能源到因某些能源用尽导致整个能源系统无法持续稳定运行，最终瓦解的过程。

目前,世界非化石能源替代化石能源的进程在持续加快,能源系统生命周期将获得延长。同时,各国从确保能源战略安全角度出发,也需要延长能源系统生命周期,严防某一类或某几类能源缺失引起的能源系统局部塌陷。为实现能源系统生命周期的延长,需对能源系统进行优化,能源脑模型展示了其中最便捷最有效的途径,是通过二次能源优化一次能源。

同时,能源脑模型揭示了能源系统中的关键和共性要素,是二次能源之一的电能。通过调节电能,可调节能源系统构架,实现闭环系统的高效稳定运转。通过合理配置各种来源电能的比例,可使能源系统更加均衡,生命周期获得延

长；并可在确保能源安全的基础上，提升系统弹性和协调性。因此，电能是二次能源对一次能源优化的最佳方式。

要实现电能的永生，需要储能技术做支撑。非可再生能源发电与可再生能源发电的永生特性需区分研究。煤炭、石油、天然气和核能的能量强大，但受地球内外环境及条件的影响，形成时间过长、内存不可逆，要想延长其生命周期，需

进行资源储备、能量储备。水能、风能和太阳能等可以循环利用，其中风电场、光伏电站配备储能装置后，可实现发电的连续性，水电、风电和光伏发电之间也可互补运行。储能装置的储能方式可分为机械储能、热储能、氢气储能和电池储能等，其中电池是最主要的能量存储形式，高密度电池又是最重要的发展方向，并将带动超导体、金属材料行业的技术进步。如图5所示。

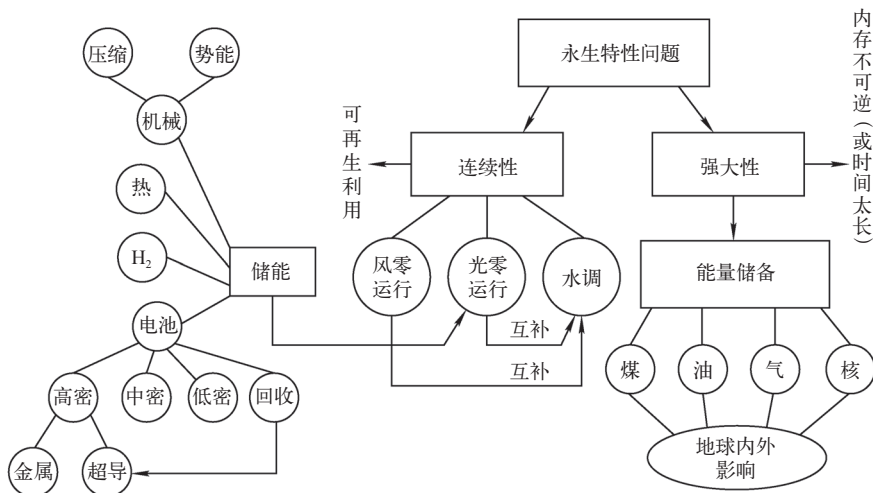


图5 永生特性问题解决方案

虽然各种来源的电能都需要通过能量储备来实现永生，但每种电能的解决方案不尽相同。以零起风机为例，风力发电机发出的交流电经转换模块转换为直流电，一部分存入储能装置；另一部分经加工后转换为稳定的交流电并入大电网。由于风能属间歇性资源，当风速不稳定导致所发电能质量较差，或风速小于临界值风机无法发电时，储能装置将储存的能量释放出来，与风机发电叠加后转换为交流电并入大电网，实现了向大电网提供持续、稳定且高质量电源的目标。此外，当风机从停机状态重新启动时，储能装置可作为外部电源为控制系统供电，起动风机运行。如图6所示。

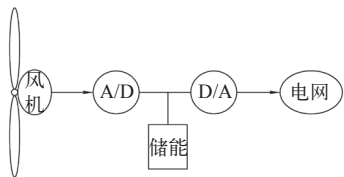


图6 零起风机储能方案

对于整个电力系统而言，要实现电能的持续、稳定供应，需要综合的电能解决方案，包括

做好电网的顶层设计、弹性设计、分布式管理以及感知和判别体系的技术创新。

3. 电能优化方案举例

电能优化是一个系统性工程，不可一刀切，需充分考虑资源禀赋、地域特征和发展基础等因素，因地制宜制定优化方案。以中国为例，中国国土面积达960万km²，南北跨越的纬度近50°，南北距离约5 500 km；东西跨越的经度达60°，横跨5个时区，东西距离约5 200 km。中国南方、北方气候差异巨大，尤其是冬季，南北最大温差接近50℃。南方和北方最大负荷出现的时间及电能需求因此有所不同，电能优化的区域差异由此产生。

三北地区及中、西、东部最大负荷通常出现在冬季，满足采暖需求是电能优化的重点，可通过管道输送能源或储能设施作为备用和补充，预防电力不足，避免冬季停电，实现电能的持续、稳定供应。南方最大负荷通常出现在夏季，满足防暑需求是电能优化的重点，可通过储能设施作为备用和补充，预防电力不足、避免夏季停电，实现电能的持续、稳定供应。如图7所示。

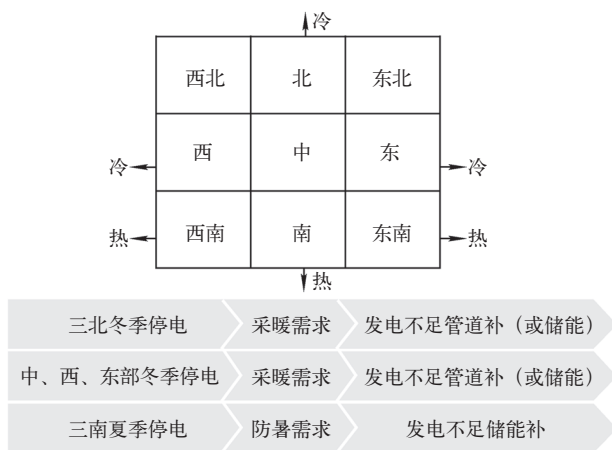


图7 中国电能优化区域差异

通过优化电能实现一次能源优化的技术路径探讨

1. 能源优化技术需求分析

技术创新历来是由技术需求推动的。能源脑模型已经揭示，电能是二次能源优化一次能源的最佳方式，解决好电力行业的问题，是实现一次能源优化的关键。仍然以中国为例，目前中国电力行业需重点解决以下4个方面的问题：①以安全为基础的电力系统发展和控制问题。中国已成为世界电力第一大国，电力系统具有复杂性、脆弱性和强刚性的特点，需要在交直流混网下，形成一套完整的技术和管理体系，保证电力系统安全稳定运行；②碳源和碳汇失衡带来的负面作用及大气污染问题。需要与电力系统相配合，通过节能减排改造、电替代煤、电替代油等手段，推动碳源和碳汇形成新的平衡；③新能源快速发展下的网源协调问题。面对新能源发电装机比例不断提升、局部电网支撑能力有限的矛盾，需要以发展新能源发电、智能配电网、分布式电源技术及优化调节方式为切入点，提高电力系统平衡性和稳定性；④能源信息网络、感知系统建设和大数据分析技术的开发和应用问题。能源领域的智能化和协调发展，离不开准确的数据判别和大数据分析。有了信息系统的支持，才能更有效地调节能源结构以及不断优化、重构能源结构以满足不同时期的能源需求，最终达到平衡发展。

2. 能源优化新技术探讨

基于对能源优化发展解决方案的研究及能源优化技术需求的分析，认为未来5年能源优化发展应以电能优化为突破口，重点关注一次能

源向电能转换、电能传输、储能与能源互联网等3个方向，全力构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

一次能源向电能转换方向，重点攻关清洁燃煤发电技术、可再生能源高效利用技术和安全先进核电技术3类新技术，在进一步提高燃煤发电机组能效、降低污染排放的同时，显著提高可再生能源发电的能量转换效率、经济性和智能化水平，实现核反应堆的持续改进创新和安全、经济、高效运行。

电能传输方向，重点攻关高比例可再生能源并网与传输技术、超导输电技术、先进电力电子器件技术和主动配电网技术4类新技术，提升大规模清洁能源消纳能力，提高电网和互联网信息的相互融合水平及源网荷协同水平，实现超导输电、超导储能和超导电力装备的突破，并以智能电网为导向开展先进电力电子器件研究、加强配用电网络建设，为智能化城市建设、智能生活的实现打下基础。

储能与能源互联网方向，重点攻关储能技术、氢能与燃料电池技术和能源互联网技术3类新技术，在大容量储能方面实现突破，推动高性能低成本燃料电池发电产业化，并通过能源流与信息流融合的协同控制技术，实现多种能源的灵活转化、高效存储和优化利用。

结束语

本文分析研究了能源发展的现状和趋势，判断一次能源结构的优化已是大势所趋；具体到中国，优化能源结构，推进非化石能源替代化石能源，构建清洁低碳、安全高效的能源体系将是能源发展的重要战略方向。本文研究形成了能源脑模型，揭示了能源行业可自成闭环系统的奥秘；探索共性链条，发现连接并改变能源系统生命周期的因子是二次能源中的电能；重点阐述了二次能源可以优化一次能源的原因，并论证了电能是二次能源优化一次能源的最佳方式；提出了电能优化的解决方案，保障电能的持续、稳定供应，实现能源系统生命周期的延长。最后，本文在分析研究中国能源优化技术需求的基础上，探讨了通过优化电能实现一次能源优化的技术路径，为能源优化发展、能源技术创新提供了方向参考。EA

(收稿日期：2019.03.31)

(编辑：朱金凤)