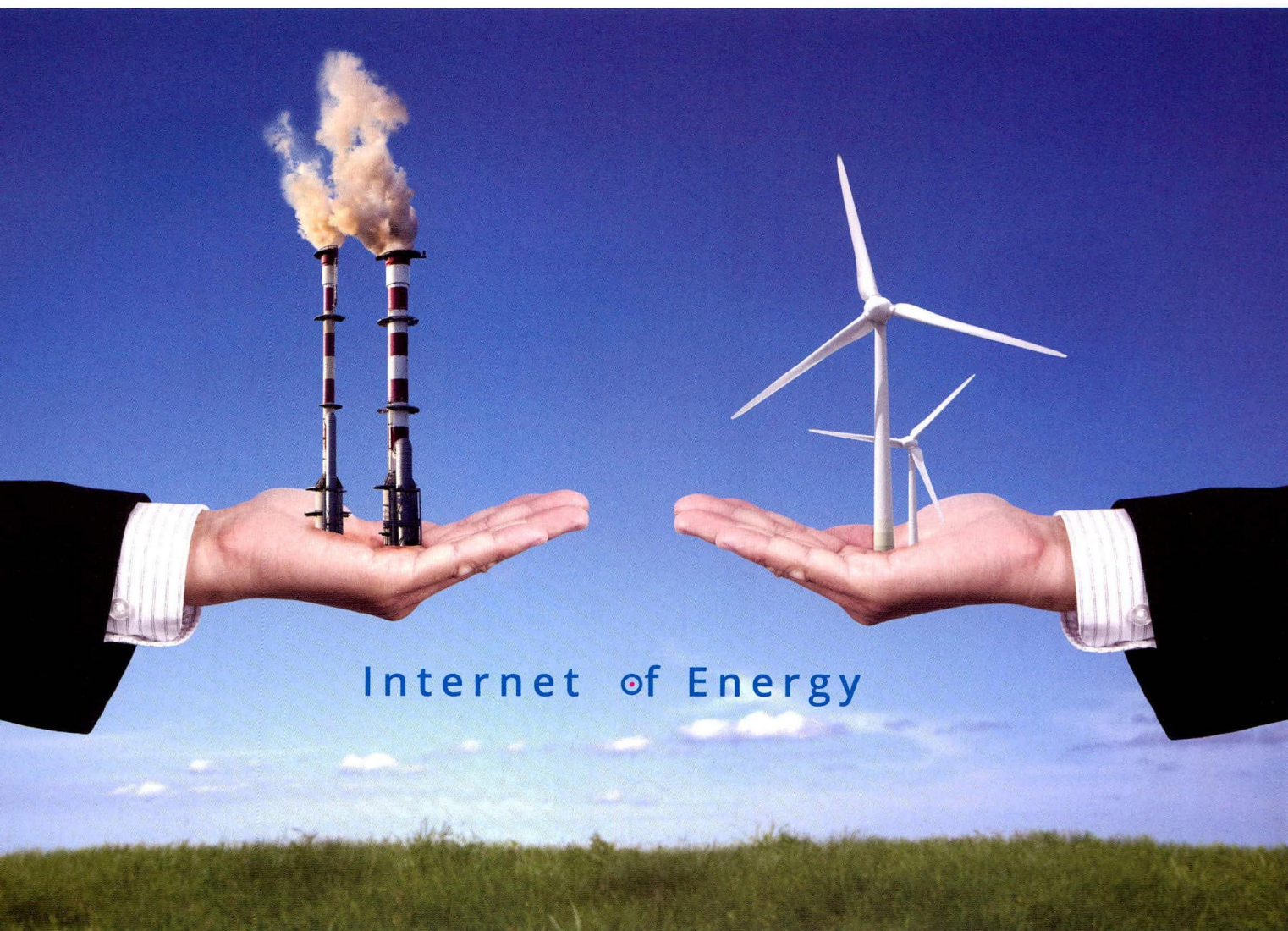


# 能源互联网背景下的储能

文 / 来小康 王松岑



# 技术及产业发展

美国著名学者杰里米·里夫金在其著作《第三次工业革命》中，首次提出了能源互联网(Internet of Energy)的愿景。储能技术作为能源互联网中的重要组成部分，直接关系到能源互联网是否能实现，是可再生能源大比例使用的关键支撑技术，是实现分布式能源、微电网广泛应用的基础。

在能源互联网背景下，电化学储能、储热、氢储能、电动汽车等储能技术或设备围绕电力供应，实现了电网、交通网、天然气管网、供热供冷网的“互联”，储能和能源转换设备共同建立了多能源网络的耦合关系。在未来的能源互联网中，部分新能源发电将通过制氢、制热等方式进行转换，或以电化学储能等双向电力储能设备存储并适时返回电网。在各电力储能技术的支撑下，新能源发电与热电联供机组、燃料电池、热泵等转换设备协调运行，实现了在新能源高效利用目标下，以电能为核心的多能源生产和消费的匹配。

随着能源互联网研究的逐渐推进，其应用的价值将不断体现，应用的范围也将不断扩张，是能源互联网中极具发展前景的技术和产业。

## 各种储能技术及产业发展现状和趋势

储能从技术原理上主要可分为适合能量型应用的电化学储能、压缩空气储能、熔融盐蓄热、氢储能以及适合功率型短时应用的飞轮、超导和超级电容器储能等。

抽水蓄能是目前技术最成熟、应用最广泛的大规模储能技术，具有规模大、寿命长、运行费用低等优点，目前效率可达70%左右，建设成本大致为3500¥/kW~4000¥/kW。缺点主要是电站建设受地理资源条件的限制，并涉及上、下水库的库区淹没、水质的变化以及库区土壤盐碱化等一系列环保问题。

钠硫电池具有能量密度大，无自放电，原材料钠、硫易得等优点，缺点主要是倍率性能差、成本高，以及高温运行存在安全隐患等。未来发展趋势主要是提高倍率性能、进一步降低制造成本、提高长期运

行的可靠性和系统安全性。

目前主要的液流电池体系有：多硫化钠/溴、全钒、锌/溴、铁/铬等体系，其中全钒体系发展比较成熟，已建成多个MW级工程示范项目，具有寿命长、功率和容量可独立设计、安全性好等优点。缺点主要是效率和能量密度低、运行环境温度窗口窄。发展趋势主要是选用高选择性、低渗透性的离子膜和高导电率的电极提升效率，提高工作电流密度和电解质的利用率以解决高成本问题等。

铅碳电池是在传统铅酸电池的铅负极中以“内并”或“内混”的形式引入，具有电容特性的碳材料而形成的新型储能装置。相比传统铅酸电池具有倍率高、循环寿命长等优点。但是碳材料的加入易产生负极易析氢、电池易失水等问题，发展趋势主要是进一步提高电池比能量密度和循环寿命，同时开发廉价、高性能的碳材料。

锂离子电池的材料种类丰富多样，其中适合作正极的材料有锰酸锂、磷酸铁锂、镍钴锰酸锂；适合作负极的材料有石墨、硬（软）碳和钛酸锂等。锂离子电池的主要优点是：储能密度和功率密度高，效率高，应用范围广；关注度高，技术进步快，发展潜力大。主要缺点是：采用有机电解液，存在安全隐患；寿命和成本等技术经济指标仍待提升。

近年来以美国和日本为代表的发达国

家对储能电池的发展路线进行了探索，在实现电池的长寿命、低成本、高安全方面取得了一定的进展。以零应变材料为代表的长寿命电池材料、能够摆脱锂资源束缚的钠系电池体系、基于固态电解质的全固态电池等是目前主要的研究热点和发展趋势。

压缩空气储能具有规模大、寿命长、运行维护费用低等优点。目前传统使用天然气并利用地下洞穴的压缩空气储能已经比较成熟，效率可达70%。近年来，国内外学者相继提出了绝热、液态和超临界等多种新型压缩空气储能技术，摆脱了对地理和资源条件的限制，但目前基本还处于技术突破或小规模示范阶段，效率基本低于60%。发展趋势主要是通过充分利用整个循环过程中的放热、释冷来提高整体效率，同时通过模块化实现规模化。

熔融盐蓄热是利用熔融盐使用温区大、比热容高、换热性能好等特点，将热量通过传热工质和换热器加热熔融盐存储起来，需要利用热量时再通过换热器、传热工质和动力泵等设备，将储存的热量取出以供使用，目前已在太阳能热发电中实现应用。其优点主要是规模大，可方便配合常规燃气轮机使用等。但目前还存在成本高、效率和可靠性低等缺点，发展趋势主要是突破工质选择和关键材料。

氢储能是通过电解把水分解成氢气和

氧气,实现电能到化学能的转化,被认为是未来能源互联网的重要支撑,日趋成为多个国家能源科技创新和产业支持的焦点。目前存在的问题主要是能量转换效率低(总效率低于50%)、生产过程能耗大,需配套建立氢气输送管线、加氢站等相关基础设施。在氢储能的各环节中,制氢的主要发展趋势是减少能耗、降低成本、提高转化效率,储氢主要是发展新型高效的储氢材料、提高储氢容器的耐压等级,输氢主要是发展抗氢脆和渗透的输氢管道材料及研究氢与天然气混合输送的技术、建设及完善相关配套设施,用氢主要是发展低成本的气体重整技术、降低氢燃料电池的成本、提高性能稳定性。

飞轮储能具有功率密度高、使用寿命长和对环境友好等优点,其缺点主要是储能密度低和自放电率较高,目前主要适用于电能质量改善、不间断电源等应用场合。

超导储能和超级电容器储能在本质上是电磁场储存能量,不存在能量形态的转换过程,具有效率高、响应速度快和循环使用寿命长等优点,适合在提高电能质量等场合应用。超导储能的缺点是需要低温制冷系统、系统构建复杂、成本较高等。超级电容器在大规模应用中面临的主要问题是能量密度低,其发展趋势主要是开发高性能电极及电解液关键材料技术,以提高储能密度、降低成本。

## 我国储能技术及产业发展的重点方向

储能是“第三次工业革命”中很重要的一环,中国要重视储能这一战略性前沿技术的开发,抢占这一新兴产业的科技制高点。

作为学科交叉性强、技术环节多、产业链较长的具有战略意义的前沿技术和战略性新兴产业,相应的技术研究和产业发展也宜分阶段实施。近期(2016年-2017年)以电化学储能为主要攻关方向,重点开展在国外已取得技术突破并有重大应用前景的钛酸锂和铅炭电池研究和应用示范。中期(2018年-2020年)以新型长寿命、低成本的锂离子和铅碳两种电池储能及深冷压缩空气储能为主攻方向,同时开展容量高温蓄热和高效氢储能的前期探索研究。远期(2021年-2030年)重点突破全固态电池的产业化技术、大规模深冷液化压缩空气储能和配套高效蓄热的工程化技术、大规模高效氢储能关键技术。

预期通过10年~15年持续的科研攻关和产业发展,最终全面掌握针对储能应用的高安全性全固态电池的量产技术,实现关键材料技术的原创突破,液化压缩空气储能效率突破60%,形成涵盖储能基础研究、试制、规模化生产的全产业链体系,带动新材料、新能源、高端装备等相关产业的互动、健康、可持续发展。

作者单位:中国电力科学研究院