

压缩空气储能：从追赶到领先的跨越



国际首套10MW先进压缩空气储能示范系统

储能是解决可再生能源大规模接入、提高常规电力系统和区域能源系统效率、安全性和经济性的迫切需要，被称为能源革命的支撑技术，是国家大力支持的战略性新兴产业。

而压缩空气储能（CAES）具有规模大、单位成本低、寿命长、安全环保等诸多优点，备受业内的关注。

近日，中国科学院工程热物理研究所储能研发中心在国际学术期刊《能源》（Energy）上发表了一项最新研究成果：用计算流体力学的方法建立了压缩空气储能透平膨胀机内部流场三维数值模型，研究了透平膨胀机气动效率和磨损量随叶顶间隙和膨胀比的变化规律，找到了在保证对透平膨胀机效率影响较小的前提下，可显著降低磨损量的最佳叶顶间隙取值范围和透平膨胀机运行工况区间。

从追赶到领先

中国科学院工程热物理研究所副所长陈海生研究员告诉《中国科学报》，传统的压缩空气储能技术是一种源于燃气轮机技术的储能系统。在用电低谷，通过电动机带动压缩机将空气压缩并储存于储气室中，使电能转化为空气的内能存储起来；在用电高峰，高压空气从储气室释放，进入燃烧室同燃料一起燃烧，然后驱动透平做功，带动发电机发电。

然而，陈海生介绍，传统的压缩空气储能技术存在依赖储气洞穴、依赖化石燃料以及系统效率较低等瓶颈问题。

中国科学院工程热物理研究所高级工程师纪律告诉记者，工程热物理所通过十余年的努力，突破了1~10MW压缩空气储能各项关键技术，于2013年在廊坊建成国际首套1.5MW新型压缩空气储能示范系统，于2016年在贵州毕节建成国际首套也是目前唯一一套10MW新型压缩空气储能示范系统，效率达60.2%，是全球目前效率最高的压缩空气储能系统。

据了解，新型压缩空气储能技术研发主要有以下三个方面的技术进步：首先，由于气体压缩过程会产生压缩热，通过蓄热技术回收这部分热量再利用，不必燃烧化石燃料提供热量；其次，可以采用压缩空气液化储存或高压气态储存在储气装置中，摆脱对储气洞穴的依赖；此外，通过高效的压缩、膨胀、超临界蓄热及换热，系统集成优化，整体提高系统效率。

“透平膨胀机是系统核心的做功发电装置，其效率及运行特性对于压缩空气储能系统的整体运行情况具有决定性影响。”中国科学院工程热物理研究所助理研究员王星博士说。

据研究人员介绍，他们此次的研究是为了满足压缩空气储能在我国西部地区的应用需求，针对当地环境的特点，而对透平膨胀机做出优化分析。虽然我国西部地区的风能、太阳能资源丰富，适合应用压缩空气储能技术，然而当地空气粉尘含量较高，对透平膨胀机内“高流速、高转速”特征的核心部件具有潜在的危害。

王星等研究人员发现，增大涡轮叶片和壳体之间的叶顶间隙可以减少磨损，然而增加叶顶间隙会增加流动损失。同时，透平膨胀机内部流动三维特征明显，使粉尘运动特征复杂，需要对流场进行研究和组织，实现对部件抗磨损性能的主动优化。为此，研究人员通过耦合纳维—斯托克斯方程和Tabakoff & Grant磨损量半经验公式，建立了透平膨胀机“气—固”多相流三维数值模型，通过求解模型获得了各部件磨损量的分布特征。结果显示，透平膨胀机导叶尾缘、动叶前缘及二者间的轮毂、机匣等部位磨损较严重，建议增强进口过滤，施加防磨涂层等，优化叶片的抗磨损性能。

纪律说，通过大量的基础研究和关键技术突破，工程热物理所完成了1~10MW新型压缩空气储能系统研发，创造了“国际首套、规模最大、效率最高、专利和论文数量最多”等多个世界第一。

从2005年开始基础研究，到2009年关键技术研发，到2016年10MW技术工程示范，用了约10年时间，我国的新型压缩空气储能技术完成了从追赶到领先的跨越。

2017年，工程热物理所开始研发100MW级新型压缩空气储能技术，预计2020年完成样机研制，额定效率将达到70%左右。示范项目建成后，将成为国际上规模最大、效率最高的新型压缩空气储能电站，有效促进我国压缩空气储能技术及产业发展。

一个万亿价值链

那么，为什么要建设储能系统呢？又为什么要发展压缩空气储能技术呢？

陈海生告诉记者，现行的电力系统由原材料、发电、输电、配电和用电这五大价值链组成。“用消费品零售业来做类比的话，就好比原料、生产、运输、分配和消费都有了，唯独没有仓储这个环节。”

陈海生介绍，电力系统用户端每日的用电负荷是波动变化的，且峰谷差日趋增大。为了满足要求，当前的发电装机容量与电网容量需要按最大需求建设，发电端根据用电端的实时动态负荷进行匹配。在用电低谷时，发电机组停机或低负荷运行，这导致发电装机容量和电网容量的利用率低。

不仅如此，这种现行系统的动态平衡存在风险，比如近年来在印度、韩国、美国、英国等地都发生了大面积停电事故。增加储能系统为电力系统提供缓冲，不失为有效的解决方案之一。

据陈海生介绍，截至2018年底，我国储能装机为31.2GW，约占全国电力总装机的1.6%，低于世界2.7%的平均水平。据国际能源署预测，到2050年，我国储能装机将达到200GW以上，占电力总装机的比例将提高至10%~15%，可以催生一个万亿级的产业。

能源革命的支撑技术

除了解决上述传统能源的用电负荷波动的问题，储能技术对于可再生能源大规模开发利用和分布式能源系统的发展也有重要的支撑作用。

陈海生说，储能技术可将间断、不稳定、不可控的可再生能源发电储存起来，再按照需求平稳、可控地释放，具有平滑波动、跟踪调度输出、调峰调频等功能，可促进可再生能源电力大规模并网，有效解决弃风、弃光问题。

分布式能源系统是未来高效、低碳、高安全性能源系统的主要发展趋势之一。可是，分布式能源系统相较于大电网，具有负荷波动大、系统调节能力差、故障率高等问题。

陈海生表示，储能技术可作为负荷平衡装置及备用电源，有效解决上述问题，提高分布式能源系统供电的可靠性、稳定性。

因此，储能技术被称为“能源革命的支撑技术”。

有了压缩空气储能充当稳压器，可以将可再生能源、分布式能源产生的急剧波动的低质量电能“变废为宝”“点石成金”，从而促进可再生能源、分布式能源产业的发展，社会效益巨大。

压缩空气储能的未来发展

陈海生告诉记者，目前压缩空气储能产业的发展需要聚焦性能、示范和电价机制三个方面。

首先是要继续提高该技术的性能，降低成本。大规模化是压缩空气储能技术的发展趋势，也是其降低成本和提升性能的主要途径。

其次是多做示范。目前新型压缩空气储能技术的示范系统数量少、规模小，不能满足技术发展的示范需求，因此迫切需要政府、企业、科研院所加大支持和投入力度，多建示范项目，推动技术应用和产业化。

最后是要建立合理的电价机制。目前，其他大规模储能技术尚未享受到和抽水蓄能同样的两部制电价机制。“因此，如能进一步全面体现压缩空气储能对电力系统的贡献，形成合理的电价机制，将有效地激励压缩空气储能等各项新型储能技术产业的发展和推广应用。”陈海生说。（本报见习记者 池涵）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/144347.html>