

储能技术系列报道

中国飞轮储能:行走主流边缘

□本报记者 陈欢欢

飞轮储能技术作为未来大规模储能的应用方式之一进入国人的视野还是最近两年的事。

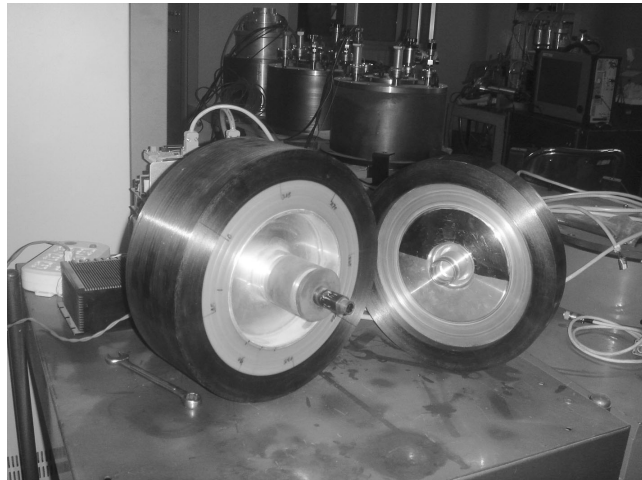
在我国,化学电池较为常见,抽水储能也应用较多,唯独飞轮储能这个名词颇为陌生。

在媒体对飞轮储能的报道中,北京航空航天大学教授房建成的一句话引用颇多:“目前,我国的飞轮储能技术还停留在实验室研究阶段,与国外技术水平差距在10年以上。”

然而,今年7月,英利集团高调宣布进军飞轮储能领域,称其技术国产化率达到了80%,并计划在“十二五”期间至少生产45万台。

那么,我国是否具有大批量生产飞轮储能的技术能力?国外的飞轮储能发展现状如何?飞轮储能是否能满足市场对储能技术的迫切需求?

带着这些疑问,《科学时报》记者来到我国少数几家研究飞轮储能的科研单位之一——清华大学工程物理系,采访了该系副研究员戴兴建。



占地面积只有电池的1/3是飞轮储能的一大优势。 陈欢欢/摄

美元。这还不包括巨大的潜在市场。

第二,港口、地铁等特殊场合的电能回收再生。

熟悉F1的人对动能回收系统(KERS)应该不会陌生。这是国际汽联为了顺应低碳这一国际形势而采取的重大举措。KERS系统能将车身制动能量存储起来,并在赛车加速过程中作为辅助动力释放利用。现在已经面世的KERS系统就是采用飞轮回收。国际汽联主席莫斯利曾表示,锂电池适合于长期的能量存储,而飞轮则更适合吸收汽车大力制动下短时间内释放的巨大能量。

除了F1赛车,制动能量巨大的港口起重机、地铁列车等都可以配备类似的动能回收系统。据悉,国内的很多港口起重机的动能回收方式已经从早期的电池转变为飞轮。港口公司更是将飞轮储能系统引入港口起重机的制造,成为其中一个部件。这块市场也将会很大。

第三,用于可再生能源并网的分秒级储能电源。

风力发电的波动很大,为了稳定输出往往会为风机配备柴油机组,但柴油机组并不适合频繁启动,而这恰恰是飞轮的强项。“国外现在采用的一种解决方案是同时配备飞轮储能系统用于分秒级的储能,减少柴油机启动次数。”戴兴建表示,跟UPS只有几百千瓦到几千瓦的容量相比,风力发电的容量大、规模大,因此市场也更大。他建议兆瓦级别的风电场配备供电容量20%-50%的飞轮储能。

不过,由于放电时间有限,戴兴建认为飞轮储能不一定是调节太阳能发电波动的最佳选择。

理论研究多 工程实践少

据了解,以美国为代表的西方国家对于飞轮储能的研究开发持续了50多年,目前能够提供产品的公司有10多家,主要在UPS、电能回收再生、风力发电储能、大功率脉冲电源等方面获得了商业应用。其中,用于UPS电源是发展最迅速的市场。

最近,Beacon Power公司承接了美国能源部的一个项目,为一座20MW的电厂储能调频,能做到15分钟的储

能规模。而一般应用于UPS的飞轮储能时间都不超过100秒。

“因此可以说这是美国目前最先进的飞轮储能系统。”戴兴建说,“这也说明美国的很多项目还处于示范阶段。”

另外,日本在上世纪90年代做出来了小型几千瓦的飞轮储能系统,欧洲在上世纪90年代也尝试过用飞轮储能回收刹车动能再生,但都没有特别明显的市场收益,未能真正实现商业化。

我国的飞轮储能研究始于上世纪80年代,由中科院电工所开始。到上世纪90年代之后,清华大学、华北电力大学等开始投入。另外,北京航空航天大学正在研究磁悬浮飞轮。

戴兴建指出,国内能实现充放电的科研单位不多,总体来说,理论研究较多,工程实践和实验比较少;理论分析计算较为充分,实验研究不充分;装置开发滞后。和国外差距10年以上。尤其在飞轮的转速、电机功率、系统效率等方面差距很大。

据介绍,清华大学经过15年的研究,研制了3代飞轮储能实验原理样机:300Wh永磁-流体动压悬浮飞轮储能系统、500Wh飞轮储能UPS、300Wh电磁悬浮飞轮储能系统。在高储能密度复合材料飞轮、微损耗轴承、系统实验技术方面具有优势。

此外,近5年来也有一些国内技术公司在研发工程样机。但直到英利提出雄心勃勃的计划为止,国内企业并未获得明显突破。

戴兴建表示,飞轮储能的空载损耗大(自放电率高)是制约其进一步发展的决定因素。据公开数据显示,现在产业化的主流技术的放电时间基本在10-100秒,最长达到900秒。

而延长飞轮储能的时间只有两种方法:减小损耗和补充能量,后者显然不合适,因此减小损耗被视为提高飞轮储能性能的唯一方法,也成为世界性难题。

戴兴建指出,目前飞轮储能的研究主要着力于研发提高能量密度的复合材料技术和超导磁悬浮技术。其中超导磁悬浮是降低损耗的主要方法,而复合材料能够提高储能密度,降低系统体积和重量。另外,我国还没有100千瓦、1万转以上的飞轮储能电机,研发大功率高速电机也是一大方向。

技术突破还需产业力量

其实,美国企业对飞轮储能的研究也并不顺利。据戴兴建介绍,美国的飞轮储能产品在2000年前后推出,其后并没有迅速占领市场,一直到2005年才真正实现赢利。一些公司经历过多次股权转让,还有多个应用研发项目因为技术无法突破而终止。

实际上,美国政府曾经支持过两个飞轮储能的大项目,一个是上世纪70年代能源危机之后由美国能源部提出的“超级飞轮计划”,但经过10多年的研究并没有解决关键技术难题;另一个是上世纪80年代提出的“航天飞轮计划”,在2004年由于美国空间站预算的缩减停滞下来。

“这两个计划虽然失败了,但是为美国的大学和科研院所积累了技术经验,支持了美国很多小公司20多年的研发。”戴兴建说,“手机从砖头式的大哥大发展到人手一支的普及型手机只用了不到10年的时间,但飞轮储能显然不行。”

值得注意的是,美国商业界为支持飞轮储能的研发投入了巨额资金,如Active Power曾连续几年从其母公司获得高达1000万美元/年的研发经费。

而在我国,由于受支撑政策的限制,飞轮储能一直没有获得大展拳脚的机会。从上世纪80年代至今,飞轮储能只获得过两个“863”探索项目和一个“八五”攻关项目的支持,除国防领域外,公开的总投入经费不足500万元。

据戴兴建介绍,清华大学的研究经费主要来自清华大学自主基金和自筹经费。由于缺乏经费,研究一直较难维持。

“这次本来都搞不下去了,又有公司找来合作,但是只能根据用户需求进行研究。”戴兴建说,目前,清华大学正与多家单位合作开展工程样机研制工作,应用目标瞄准UPS电源、风力发电储能、独立动力系统功率调节等。

在15年的研究进程中,清华大学工程物理系也培养了一批飞轮储能相关方向的研究生,不过由于市场较小,只有一名毕业生继续从事飞轮储能的研发工作。

一位知情人士说,有国家支持才能快速发展,但我国近年来对化学电池储能投入较多,而对超级电容器、飞轮、压缩气体储能等技术的支持很少,即使在当前的迫切需求之下,物理储能仍然很难进入国家重大规划层面。

戴兴建解释,飞轮储能其中的单项技术国内基本都有了(但和国外差距在10年以上),难点在于根据不同的用途开发不同功能的新产品,因此飞轮储能电源是一种高技术产品但原始创新性并不足,这使得它较难获得国家的科研经费支持。

“美国除了两个大项目后面全靠产业界推动,最终实现突破。我国要想有所突破也只能依靠产业界的力量。”戴兴建希望5-8年内,我国能形成一定规模的工业应用。

一个利好消息是,随着英利大手笔的投入,国内产业界呈现出趋暖的态势,不过戴兴建提醒道:“如果不突破损耗这个难关,使用飞轮储能的代价将会很高。”

进展

美报告指出藻类生物燃料仍处于初期阶段

近日,美国伯克利能源生物科学研究所(EBI)发布名为《藻类生物燃料生产实际技术与工程评估》的研究报告,指出发展具有竞争力的藻类生物燃料将需要更长时间的研发和示范。藻类生物燃料产业仍处于初期酝酿阶段,当前藻类生物燃料生产虽然已具有一定成效,但这一产业的发展速度依然较慢。

他们的结论源于详细的藻类生物燃料生产技术的经济分析。这项藻类生物燃料生产的技术与工程评估基于五种藻类生物燃料生产情况,包括微藻培养、微藻收获的生物絮凝和微藻油的己烷提取。

在五种情况下,水和营养素(氮、磷)由城市污水提供,城市污水为微藻生长提供所需碳。附加的CO₂由天然气电厂的烟气供应。对于250英亩生物燃料生产系统,主

要用于生产油,估算投资费用约为2100万美元,年操作费用约为150万美元,可生产约12300桶油,每桶油的价格为330美元。将系统规模扩大到1000英亩,则可使每桶油的价格为240美元,降低油价20%。

藻类生物燃料的最大问题在于成本竞争力。目前这种新型燃料的生产工艺具有发展前景,并且全球已有超过100家公司尝试把藻类生物质能和海藻油进行商业推广,但这些生产的规模非常小,使用种植的微藻进行生产费用也非常昂贵。

报告指出,将海藻生物燃料生产与废水处理相结合,对于未来的海藻生物质能产业可能是一项具有经济效益的战略。对于海藻油,报告认为其研发不能太快,也不能过于密集。对于研发和示范来说,10年是一个合理的预测期。(金波)

德研究人员尝试新的二氧化碳捕捉技术

碳捕获与封存(CCS)可以减少化石燃料燃烧以及其他工业用途的二氧化碳排放量,从而有助于减少温室气体的排放。早期时候的二氧化碳捕获办法需要消耗更多的能量和运行成本,同时在效率和接受度方面问题重重。而现在,德国达姆施塔特工业大学拥有专门用于捕获电厂烟气二氧化碳的中试装置。该大学能源系统和技术研究所计划利用这套装置来尝试两种方法,比之前方法需要的能量更少,运行成本更低。

在接下来的两年中,该研究所的主任Bernd Epple博士将和他的26名同事调查“碳酸盐循环”(carbonate looping)和“化学链”(chemical looping)这两种二氧化碳捕获方法。这两种方法都采用天然物质,使目前二氧化碳捕获所需能量减少一半以上。

“碳酸盐循环”方法包括利用天然石灰石,初步吸附从发电厂第一阶段反应器烟气中的二氧化碳。由此产生的纯CO₂释放到第二个反应器,然后被存储。这种方法的优势是即使现有的发电厂改造也可以使用。

在新的发电厂,利用“化学链”方法捕获CO₂几乎不用损失任何能源效率。根据这种方法,双级无焰燃烧产生的废气流只包含二氧化碳和水蒸气,然后二氧化碳可以得到捕获和储存。

这项研究得到了欧盟、德国联邦经济事务部以及各工业合作方700万欧元的资助。限于中试装置的高度,达姆施塔特工业大学已经建造了一座21米高的实验大厅来专门摆放这套装置。通过初步的试运行,这套装置已经表明其二氧化碳捕获能力。(李桂菊)

日本团队开发出氢直喷式重卡内燃机

东京城市大学和日本国立交通安全与环境实验室的研究人员正在开发一种重型车辆使用的多缸氢直喷式火花点火(DISI)内燃机(ICE),该项目旨在提供一个高功率输出、低氮氧化物排放的氢内燃机系统。

该研究小组根据其在近期SAE动力系统燃料及润滑油会议上发表了一篇论文。此外,东京城市大学与日野(Hino)汽车公司合作,指出这种氢动力卡车的性能水平相当于一台柴油混合动力模型,研究人员称正在努力使这种车辆商业化。

这种氢内燃机基于日野J05D-TC柴油发动机,4.7升自然进气的发动机工作压缩比是12.7:1,并配备了火花塞点火、水冷空气再循环系统,该项目下一阶段还将装备上中冷涡轮增压和优化喷射/点火等装备。

这个多缸氢直喷式ICE系统的

核心技术包括:高压氢气直喷器,氢直喷式火花点火ICE燃烧控制策略;氮氧化物还原催化体系。该小组基于柴油发动机的共轨式直接喷射器研制出了高压氢气直接喷射器,从而保证了安装时的兼容性。该喷射器结构紧凑,并能在瞬间向高压燃烧室内注入大量氢气。

氢气供应的最大压力为20MPa以保持它和工作流体(目前是柴油燃料,未来可能是非燃料流体)间的独立。阀门的开启和关闭由针阀控制独立工作流体溢出的电磁阀实时控制,该喷射器可为未来所需的多阶段喷射实现高速响应。

最终,实验获得了在受限驾驶条件(发动机转速1000rpm)下,制定燃烧控制策略产生低NOx排放(0.7g/kWh)、高功率输出(平均有效压力0.85MPa)以及高的指示热效率(41%)的效果。(吕鹏辉)

美开发出高稳定性核壳结构铂钨催化剂

11月10日,美国能源部布鲁克海文国家实验室的科学家宣布,已经开发出一种应用于汽车燃料电池的新型催化剂。研究成果已经发表于11月8日出版的Angewandte Chemie国际版上。

该催化剂由钨(或钼-钨合金)纳米球核心及围绕在其周围的铂单层壳组成。这种具有核壳结构的新催化剂在氧化和还原反应中,不排放废气,就不再需要这种催化剂,因此铂的使用量不会出现净增长。

稳定性试验表明,经过10万次潜在循环周期,铂单层/钨核催化剂的活性仍能保持70%的活性。这种催化剂非常实用,超越了美国能源部2010-2015年目标。

采用新型催化剂制作的燃料电池,每辆汽车只需要10克左右铂,不到20克钨。目前,用于处理尾气的催化转化器中,要使用5-10克铂。由于燃料电池为动力的汽车将不排放废气,就不再需要这种催化转化器,因此铂的使用量不会出现净增长。

铂单层催化剂不仅可用于汽车燃料电池,还具有广泛的适用性,可扩展应用于其他贵金属催化剂中。(冯瑞华)

德科学家研发适用于未来电网的电子器件

可再生能源电力并入电网,从电网输送到消费者会损耗大量电力,而未来新型的电子器件,可以减少这类损耗。德国Fraunhofer智能电力与设备技术研究(IISB)的电力电子技术专家正在开发电能高效转换的电子器件。

IISB所长Lothar Frey教授提到,未来几年关键的改革就是保障电网的可靠性。未来北非和中东沙漠阳光丰富地区的主要太阳能发电厂可为欧洲发电,电力通过长的高压电线抑或海底电缆输送到消费者。现有的电缆、系统和部件必须调整以适应未来的能源结构,电力才可以可靠并尽可能无损耗地输送给消费者。目前对于传输距离超过500

公里以上的电线或者海底电缆越来越多地使用直流输电,该过程电压恒定,并在长距离传输中只损失大约7%的能源,相比之下交流电损耗率可达40%。当然,这需要新建电站,在用户使用前将高压直流电转换成消费者所需要的交流电。

IISB的工程师Markus Billmann表示,他们正在与西门子能源合作开发大功率变频器,这些变频器都是直流电压传输电网所必需的,而且对于沙漠电厂项目也是至关重要的。一个重大挑战就是保护电池免受损伤。但现在这个问题已经解决了,Billmann与合作伙伴正在开发量身定制的材料与部件,以便在未来其设备消耗更少的能量。(吕鹏辉)

美国能源部建立全球气化数据库

11月,美国能源部发布了全球气化技术数据库。气化技术是未来燃煤发电厂零排放发电、生产燃料或生产化学品的预期可选择技术。该数据库形式为Excel格式,想了解世界能源气化和化工生产的用户可方便使用。化石能源局国家能源技术实验室与其他气化技术委员会成员合作完成汇编,该数据库信息包括合成气容量、原料、产品、气化炉技术、气化工厂所有者/经营者,以及全球所有气化工厂的位置信息。

气化技术这项工艺通过利用热力、压力、蒸汽将任何含碳原料转化为合成煤气或合成气。它提供了一种更环保、更友好的原料转化(如煤炭和生物质转化为有用的产品,比如电力或燃料)替代方式。气化技术在超过27个工业化国家中得以应用,同时该技术产品形式多样化,这说明了继续发展该行业巨大潜力。

2010年全球气化数据库全面收集了气化工厂数据,描述了当前世界气化产业,以及确定的近期规划产能。

该数据库显示,在过去几十年世界各地的气化产能不断增加,目前144家气化工厂共有412台气化炉在运行,合成气输出能力达到70817MW_{th},该数

据库还显示,有11家气化工厂(17台气化炉)目前处在建设阶段,另外37家气化工厂(76台气化炉)处在规划阶段,将在2011年至2016年陆续投入使用。这些气化工厂中大部分(40/48)将以煤炭作为原料。2011-2016年期间其他规划产能为51288MW_{th},增长超过72%。如果这一增长得以实现,那么到2016年全球192家气化工厂(505台气化炉)的产能将达到112106MW_{th}。

目前工业合成气产能自2007年增长了26%,自2004年增长了50%。中国有7家气化工厂正在建设(6个是利用煤炭生产化学品和化肥,1个是燃煤发电)。此外有10家气化工厂(8家是煤炭生产化学品和化肥,2家是燃煤发电)正在规划中,预计到2016年运行。

美国目前有2座整体煤气化联合循环(IGCC)发电厂正在建设,还有16个项目正在规划当中,预计在2010年到2016年陆续运行。合起来这18家气化工厂将占到美国发电产能增量的47%、气态燃料产能增量的23%、液态燃料产能增量的18%、化学品产能增量的12%。全球还有其他13家气化工厂正在建设或规划当中,11家利用煤炭,其他2家是利用生物质/废弃物。



全球气化产能(MW_{th})和规划增长情况

美国能源部一直努力通过可供应得起和环保的方式来挖掘美国丰富的化石能源资源的潜力。作为成果之一,化石能源局煤气化技术研发项目支持

发展先进的煤气化技术,来降低以煤炭为原料的整体煤气化联合循环电厂的成本,提高热效率,实现所有污染物接近零排放。(李桂菊)