



贺建党九十华诞 展科技创新风采

冯伟忠：不要只盯着光伏风电 改造火电多发电

□李吉亮

“2008年底，科技部部长万钢来视察，建议我们的主管单位中能，成立一个专门的节能公司，服务全行业，服务全国。在去年10月份，中能能源科技公司注册成立了，我也是这个公司的总经理，将为发电厂的节能改造提供各种服务。”

“我们应该与时间赛跑。风和太阳明天还会再有，但是煤炭这么用下去，明天可能就没有了。所以我们目前的当务之急，是把火电的效率提上去，延缓资源的枯竭。”

“人们在历史上还记得牛顿、瓦特，但是当时的官员是没什么人记得的。为什么人们记得他们？因为他们对历史的贡献是革命性的。”

外观红黄相间的上海外高桥第三发电厂坐落于东海边，其129米的炉顶高度也是外高桥地区的制高点。外三的两台100万千瓦的超超临界发电机组供应着中国最大的工业化城市上海10%左右的电力。

从外观上，外三的两个厂房如同工业巨兽一般雄伟，然而令人惊奇的是，与以往中、小发电厂外积着一层灰的景象不同，整个外三厂区花木青翠欲滴，黑色的轿车上也相当光洁，发电厂房内一尘不染。除了远处蒸汽的轰鸣声，很难想象这是一个重型能源企业。

279.39克/千瓦时，这是2010年全球火力发电企业的最低能耗标杆，也是世界火电企业第一次叩开280克/千瓦时大关。这个纪录的创造者正是上海外高桥第三发电厂，总经理冯伟忠也被德国人称为全球火力发电“舒马赫”。

于2008年初投入运行的外高桥三厂一直是世界火电企业的标杆。2008年287.44克/千瓦时与2009年282.16克/千瓦时均打破了当年的世界纪录。作为领跑者，冯伟忠直言现在还不是谈极限的时候：“我认为未来还有好几克的下降空间”。

事实上，冯伟忠还有一个更加大胆的计划。在“十二五”期间，冯伟忠想一改一百多年来火力发电厂的基本系统设计，新建一台独创的“新型汽轮机发电机组”，运用现有的材料和装备技术，通过改变系统设计和集成创新，在单位造价相当的情况下，使机组效率再相对提高5%。

目前该技术已经获得国家专利授权。据冯伟忠介绍，如果该技术能够得到运用，结合外三目前已成功应用的节能创新技术，采用目前成熟的超超临界蒸汽参数，其机组净效率就可达48.5%以上，远超目前国际上正在研发的一代高效燃煤火电技术。该技术不但能应用于新建机组，还为现有中、低效率机组的就地改造提供了新的出路。若能在全国全面推广，那么在没有任何增加能耗的情况下，全国的火电机组的效率可平均提升10%左右，“相当于新增7000万千瓦装机容量”。而这正是外三，乃至上海可为全国能源行业作出的示范性贡献。

2010年节煤折合5亿元

“正常来说，一个火电厂建成后就好比购买了一辆新车一样，能耗通常像油耗一样是随着时间的推移而逐渐上升的。”冯伟忠称，“要让能耗降低，除非对汽车进行改进。对发电企业而言就是不断地进行技术改造以提升机组效率。”

基于中国一次能源的构成中煤炭占了近90%的现实，在整个中国的电力结构中，火电占到了绝对多数。根据中电联2011年公布的数据，截至2010年底，中国的火电装机比例高达73.4%，而西方国家的比例大多在20%左右。

为了支撑近年来接近两位数的GDP增长率，作为全球最大的能源消耗国，中国正源源不断地从地下数百米甚至上千米的幽暗之处挖掘积累了上百年的煤炭资源，其中大部分将长途运输数百公里乃至数千公里来到发电厂，为工业的发展注入“血液”，为夜间的城市带来光明。

国家统计局数据显示，2010年中国原煤产量为32.4亿吨。《BP世界能源统计2010年》称，以中国的煤炭开采速度，中国的煤炭储量仅为38年，远低于世界平均的200年左右。新华社的报道更是称，煤炭大省山西的采空区面积达到了2万平方公里，约为全省面积的1/8。

对煤炭的大量消耗不仅使中国面临能源枯竭的危机，交通運輸也承受着巨大的压力。全国大部分铁路运力都是用于煤炭运输，而全球唯一的一条限速双号通行的高速公路——京藏高速公路的产生，也是因为不堪重型运煤卡车的巨大流量，才想出了如此绝招。

由于发电占到了中国用煤的一半以上，对中国而言，要继续保持高速的发展，如何用好每一吨煤炭，尽量多地发电，是延缓资源枯竭，减少碳排放的关键。然而客观情况是，中国火电机组的发电煤耗总体偏高。2010年供电耗煤为335克/千瓦时，相比而言，日本为299克，韩国为300克，意大利为303克。中国与先进国家相比有着将近10%的巨大差距。

严峻的形势凸显了外三示范作用。“以外三的发电规模，每度电每节省一克标煤相当于全年省下1.3万吨动力煤。”冯伟忠说。这意味着，与全国平均能耗相比，外三2010年节煤达到了62万吨左右，约为人民币5亿元。

即使是与国内同类型百万千瓦超超临界机组相比，外三照样一年可以节省标煤16万吨，减排二氧化碳达40万吨。外三正为全球能源业的节能减排提供标杆示范的作用。

“正常来说，一个火电厂建成后就好比购买了一辆新车一样，能耗通常像油耗一样是随着时间的推移而逐渐上升的。”冯伟忠称，“要让能耗降低，除非对汽车进行改进。对发电企业而言就是不断地进行技术改造以提升机组效率。”

据冯伟忠介绍，投产近三年来，外三每年



冯伟忠

都会进行各种大大小小的技术创新与改造。在刚刚过去的2010年，外三的技术改造直接投入更是高达6000万~7000万元人民币。“我们煤耗每度电节省3克，就能省下3000万元左右，此外每年每节省一吨煤，政府还会奖励300~500元，所以说我们应该是一种良性的循环。其他电厂如果也这么做，也将获得良好的经济效益。”

解决世界级难题

为了实现机组的高效能，冯伟忠对设备和系统等进行了一系列的改造，连阿尔斯通这样的供货商都惊得直冒冷汗，甚至曾以“后果自负”施压，但最终结果却让他们惊叹连连。

在外三“十一五”众多的技术创新中，最令冯伟忠自豪的就是其解决了困扰全球发电界几十年的“固体颗粒侵蚀”问题。固体颗粒侵蚀指的是当水蒸气在几百摄氏度的高温下，其氧离子活性会大大加强，与金属管道内壁发生化学反应，产生氧化皮，进而脱落。氧化皮堆积在管内会造成锅炉爆管事故；而随高速蒸汽运动的氧化颗粒会刮伤轮机叶片。这正是降低发电机组效率的最大问题。事实上，之前全球所有运行的超临界和超超临界机组都遇到了这一问题，每年因此损失的煤炭达亿吨。

“要解决这个问题，面临的不是一个瓶颈，而是几十项技术，是一个系统的工程。”冯伟忠称，“为了破解它，我前后研究了十五年。”

2007年1月，冯伟忠应邀到英国就“固体颗粒侵蚀问题”的研究作专题学术报告，那时外三还在建设中。“我仅仅是讲了一个思路，问题如何产生，应该如何解决，国际上对此非常关注。后来我把这些理论和研究成果运用到外三，获得了惊人的成效。运行了30多个月，现在外三的汽轮机叶片仍然光亮如新。”德国西门子公司在看了轮机叶片照片后评价道：“这种情况对于汽轮机来说是史无前例的”，“你们的技术在世界上将是一次突破。”

冯伟忠认为在节能问题上，首先需要考虑的并不是节能，而是保效率。像固体颗粒侵蚀叶片导致的效率的下降，是不可逆的，这才是更加根本的。“比如说我装了个新设备，好不容易使煤耗每度电省了3克，但是侵蚀问题让我每度电多用了4克，那不是还倒退了么？”

国内有些100万千瓦的超超临界机组，在使用了几年之后，汽轮机效率下降了4%甚至是8%。

冯伟忠介绍：“要知道下降2%，理论上就可报废了。年煤耗400万吨的电厂，2%就是8万吨，相当于6000多万元人民币，就算是把4个高中压缸全换了，也就是3个亿到3.2个亿。如果重新买设备，5年节约下来的煤就等于换设备的钱了。而4%意味着每度电多耗12克煤，8%就是24克。把发电机组从超临界提升到超超临界，也就是下降10克。4%就是返回去一代，8%就是返回去两代。这得多严重？”

“所以这类问题得早作研究。对于外三来说，哪怕我是今天研究出解决方案，也是晚了，因为我们的机组已经运行了。必须在未运行前就把相关方案全方位地想好。”冯伟忠如是称。事实上，在上世纪90年代，冯伟忠便开始关注并研究这个课题了。

为了实现机组的高效能，冯伟忠对设备和系统等进行了一系列的改造，连阿尔斯通这样的供货商都惊得直冒冷汗，甚至曾以“后果自负”施压，但最终结果却让他们惊叹连连。目前外三已获得了12项世界首创技术和6项国内首创技术，已拥有9项专利授权。2010年11月，外三获得“国家高新技术企业”称号，是国内获此荣誉的唯一一家火力发电企业。

对于“十二五”，冯伟忠称公司正考虑将目前获得的节能成果推广开来。“2008年底，科技部部长万钢来视察，建议我们的主管单位中能，成立一个专门的节能公司，服务全行业，服务全国。在去年10月份，中能能源科技公司注册成立了，我也是这个公司的总经理，将为发电厂的节能改造提供各种服务。”

“改写世界发电厂历史”

“我受的正规全日制教育只有五年级，后来的知识主要靠自学。但从另一个角度来说，我的大脑没有被格式化。爱因斯坦说过，知识是有限的，但是想象力是无限的。”

在“十二五”期间，冯伟忠有着一个更加大胆的计划，那就是将其独创的“新型汽轮机”技术从构想变为现实，甚至最终在全国推广开来。冯伟忠称如能实现，这将在零能耗的情况下为中国新增数千万千瓦的装机容量。

“它将改变传统电厂的设计格局，但是不需要专门为此开发新的设备及材料。”冯伟忠透露。

“一立方米水到底能发多少电？”冯伟忠说，“这个没人知道，取决于势能差。势能差越大，那么转化出来的电也就越多。于是大坝造得越高，为的就是一个高势能差。同理，一克煤到底能够发多少电，这也无法得知，取决于它的热力循环情况。蒸汽压力、温度越高，理论上能够发的电也就越多了。这就是为什么发电技术会从低、中、高、亚临界，超临界到超超临界，不断地把蒸汽压力温度提高。”

据可查资料，现有超超临界机组中的蒸汽达到了600℃，而目前全球正在挑战700℃大关。不过这一路径现在遇到了不少麻烦。

“为了应对700℃，需要不断研制耐高温、耐高压的特种钢。国外的研究目前在技术和经济上都有问题。”冯伟忠称。在提升至700℃之后，发电机的热效率值将比目前600℃超超临界机组获得3%的提升，但是特种合金的价格将提升9倍。“花费翻了这么多，实在划不来。原计划2011年德国要开始建设世界上第一个采用700℃技术的55万千瓦机组，但是去年决定先推迟3年。”

“而我的方法是换个角度。要破解难题，就是让电厂设计更合理。”冯伟忠的眼睛闪烁着光芒，“我把具有多个汽缸的汽轮机给拆了，一部分放到锅炉上去。700℃技术主要贵在管道上，放到锅炉上去后，高温高压管道长度就只是原来的10%至20%。不但能大降低投资，而且管道短了，阻力变小，散热损失小了，效率还要更高。这不就是脑筋急转弯吗？”

冯伟忠认为国外研发下一代技术之所以遇到瓶颈，是由于路径依赖的问题。“我受的正规全日制教育只有五年级，后来的知识主要靠自学。但从另一个角度来说，我的大脑没有被格式化。爱因斯坦说过，知识是有限的，但是想像力是无限的。”

对路径依赖问题，冯伟忠的解释是：“西方自从汽轮机发明之后，天经地义地就认为布局就是这样，汽轮机一定要放在一个厂房，锅炉放在另一个厂房。从没想过，这是可以改变的。所以现在国际火电界都在关注这个技术。”

经过测算，用外三现有的节能技术，再加上这一新型技术，仅采用现有材料和装备，机组效率还能够获得相对5%的提高。对于一个年煤耗400万吨的电厂，这又将节省下20万吨。而这又将每年节省将近2亿元的燃料费用。

冯伟忠透露，因为这个跟目前电厂创新的局部技术是不一样的，那是他自己就能够决定的，而这次是全局性的变革，因此需要新建一台示范性机组。“这需要国家批准。现在有关方面正在逐步关注这个事情，我相信优秀的技术肯定是有极强的生命力的。”

“我很想在旁边建一个9号机，用这项技术在世界上树一个里程碑。”冯伟忠说，“100多年来，即使是外三，它的主设备也是国外设计，我仅仅是用不少局部的技术提升了它的性能。但是如果9号机用了这项技术，那就是一个完全的原创了。它会改写世界发电厂的历史。接下来发电厂的设计格局可能会发生全新的改变。”

冯伟忠认为，如果今后发展700℃机组，这也将是唯一的选择，“因为它极大地减少了管道的数量。”

而就在前不久，在研究了冯伟忠的技术方案之后，西门子公司的一位总裁签署了一个报告，称“本技术能大大提高火力发电机组的净效率，是改革高污染发电行业成为低排放绿色产业的唯一机遇”。

“西门子公司用了‘唯一’。现在世界上火力发电西门子是最先进的。而且西门子还称，‘如果该技术能够运用于工程中，将使中国成为世界火电技术的权威。’”冯伟忠自豪地说道。

根据冯伟忠提供的数据，现在全国7亿千瓦火电，只要其中有一半的机组采用该新技术进行就地改造，在相同煤炭使用量的情况下，输出电力至少增加20%。

“那就是7000万千瓦的新增装机容量。”冯伟忠说，“这7000万，没有增加一点能耗。还有什么能源能够跟它比吗？所以眼睛不要光盯着光伏、风电。这7000万千瓦可是零能耗，还有比这个质量再好的能源吗？这是功德无量的。所以政府有补贴应该往这里投啊。没有什么比这个性价比更高，更环保，更节能的。我们应该与时间赛跑。风和太阳明天还会再有，但是煤炭这么用下去，明天可能就没有了。所以我们目前的当务之急，是把火电的效率提上去，延缓资源的枯竭。”

自主创新 建立独立科研平台

——记中国地震局地质研究所何昌荣研究员

□朱刚刚

在一个国家的各个科学领域，如果未能掌握相关技术细节和进一步创新，即使斥巨资引进国外的先进产品，都可能出现难以正常运行，最终无法发挥设备效能的状况。在此情况下，提高自主创新能力的显得异常重要。现任中国地震局地质研究所构造物理实验室主任的何昌荣研究员，就是通过改造“气体介质三轴流变仪”的工作，很好地诠释了“自主创新”这一理念。

1999年，中科院地球物理研究所花巨资从澳大利亚引进了一台用于高温高压条件下的岩石流变学实验研究的仪器——气体介质三轴流变仪。该设备自引进以来，就一直存在着气体泄漏等技术问题，且生产厂家也无法解决。一筹莫展之下，只好把它暂时打入“冷宫”。

几年后，经中国科学院地质与地球物理研究所与中国地震局地质研究所协商，决定将仪器移到中国地震局地质研究所，由高温高压岩石力学研究组（即何昌荣的研究组）对其实施改造。其时，该研究组已在研制气体介质三轴流变系统获得了成功经验。

2006年3月，该设备正式移交中国地震局地质研究所。何昌荣牵头申请了科技部仪器设备改造升级专项“气体介质三轴流变仪的改造”项目，并很快获得批准。在这一项目的资助下，何昌荣带领姚文明、党嘉祥、赵树清等技术骨干开始对设备进行全面改造。

改造工作往往受到原始设计的制约，因此有时比重新设计、制造的难度还要大。他们首先对轴向加压系统进行了彻底的、大刀阔斧式的改造，扩展了压力容器下部的空间，使下部密封实现原位拆装；接着，他们对控温系统进行

全面升级改造，提高了系统设计的简洁性和系统的控制精度，将原有控温表0.2%精度等级升为0.1%级，大大提高了维护性和精度；接下来，对加压系统和高压容器的密封结构进行了大量创新性改造，使其密封性能达到设计指标的同时，将关键部位密封件的使用寿命提高到耐久的水平；最后，研究组采用西门子高性能工控机及成熟的16位AD/DA等板卡对采样—控制系统进行了全面升级，实现了图形界面人机对话机制，使该机控制界面可用鼠标和键盘配合方便地进行程序设定、控制变量切换、传感器参数管理、安全阈值设定、辅助功能等操作。

经过发现问题、寻找原因、开动脑筋解决问题的漫长过程，研究组终于使仪器性能达到了“围压0-300MPa，自动控制；温度室温到1300℃，自动控制；轴压系统加载能力500kN，液压伺服控制，可选择控制位移或压力”的考核指标。

2010年12月3日，项目通过了中国地震局科学技术专家组的验收。验收专家组认为该项目“圆满完成了任务书规定的研究任务和考核目标，取得了很好的工作效果，为我国在该研究领域积累了相关技术，建立了很好的实验平台。通过项目实施，锻炼了高温高压实验设备设计、改造、运行队伍。对扭转高温高压实验室设备依赖进口的局面具有重要促进作用”。

设备生产厂家难以解决的技术难题最终在何昌荣教授研究组的手中得到了解决。在整个过程中，他们处处射出自信信国技术、自主创新意识的与必胜的决心。有了新的设备，就有了新的科研工具，而他们在改造过程中的辛勤劳动必将以高质量科研成果的方式得到回报。

何昌荣研究员，1989年获东京大学岩石力学博士学位，现任中国地震局地质研究所研究员，构造物理实验室主任（地震动力学国家重点实验室的一部分）。主要从事高温高压岩石力学、地震动力学等领域的工作以及相关的设备研制工作，有多篇代表性论文发表于GRL、JGR、PAGEOPH、Tectonophysics、BSSA、《中国科学》等国内外著名的学术期刊。

环境保护 从根源抓起

□刘洋 李春丽

当今时代，世纪经历了一个经济快速发展的过程，同时也经历了一个对环境问题不断加重的过程。如何保护环境，减少污染成为全世界共同的话题。

胡薇敏，江西乐平人，东北大学环境工程研究所所长，长期从事环境污染控制研究工作。作为国内较早从事环境保护工作的高级知识分子，她一直致力于通过自己的努力，使人们生活在更美好的环境中。

微生物技术在环境保护工作中的应用研究

目前国内外对于污水处理过程中广泛使用的絮凝剂主要有两大类，一类是无机絮凝剂，另一类是有机絮凝剂。尽管这些絮凝剂在一定程度上能够满足工业要求，但如同样是引发老年痴呆、癌症等疾病的隐患。因此，开发高效、安全、无二次污染的微生物絮凝剂尤为重要。

微生物絮凝剂是由微生物产生，可使水体中的悬浮颗粒、菌体细胞及胶体粒子凝聚、沉淀的一类次生代谢产物。胡薇敏通过不懈努力，目前已经开发出多种应用于污水处理方面的微生物絮凝剂产品，部分产品已经开始在相关领域得到实际应用。

此外，他所率领的团队还利用微生物技术，在处理其他难降解有机污染物方面取得了突出进展，例如采用微生物技术处理氯苯胺、氯酚等，同时还还将生物技术应用于食品、医药废弃物回收处理和处置等领域。承担了国家自然科学基金项目“用微生物强化固液分离的研究”，同时“高效微生物絮凝剂的研究”获辽宁省科技进步奖二等奖，“生物技术在人参抗癌有效成分制备上的应用”获辽宁省科技进步奖二等奖。

微生物絮凝剂是由微生物产生，可使水体中的悬浮颗粒、菌体细胞及胶体粒子凝聚、沉淀的一类次生代谢产物。胡薇敏通过不懈努力，目前已经开发出多种应用于污水处理方面的微生物絮凝剂产品，部分产品已经开始在相关领域得到实际应用。

此外，他所率领的团队还利用微生物技术，在处理其他难降解有机污染物方面取得了突出进展，例如采用微生物技术处理氯苯胺、氯酚等，同时还还将生物技术应用于食品、医药废弃物回收处理和处置等领域。承担了国家自然科学基金项目“用微生物强化固液分离的研究”，同时“高效微生物絮凝剂的研究”获辽宁省科技进步奖二等奖，“生物技术在人参抗癌有效成分制备上的应用”获辽宁省科技进步奖二等奖。

此外，他所率领的团队还利用微生物技术，在处理其他难降解有机污染物方面取得了突出进展，例如采用微生物技术处理氯苯胺、氯酚等，同时还还将生物技术应用于食品、医药废弃物回收处理和处置等领域。承担了国家自然科学基金项目“用微生物强化固液分离的研究”，同时“高效微生物絮凝剂的研究”获辽宁省科技进步奖二等奖，“生物技术在人参抗癌有效成分制备上的应用”获辽宁省科技进步奖二等奖。