欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术介绍

0、编者按(詹华忠Allen)

2017年11月27日，国家能源局、环境保护部联合发布《关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知》，建议发电企业积极参与燃煤锅炉生物质耦合发电工作，尝试破解秸秆田间直燃等环境治理难题，促进电力行业特别是煤电的低碳清洁发展。

国家发改委2017年12月18日印发《全国碳排放交易市场建设方案》，专门针对发电行业提出：为贯彻落实党中央、国务院关于建立全国碳排放权交易市场的决策部署，稳步推进全国碳排放权交易市场建设。这说明燃煤火电机组面临进一步降低CO_2排放压力，需要前瞻性考虑适应未来降低CO_2排放相关途径迫在眉睫。

燃煤锅炉耦合生物质燃烧技术建设周期短、投资和运行费用低、发电送出稳定且能实现显著的节能减排效果。燃煤锅炉耦合生物质燃烧对改善区域环境，充分利用电厂已有的大部分设备和已存在的供电、供热市场，增加当地农民收入有着天然优势;是一种现实、有效、可行和重要的减少燃煤火电机组温室气体排放的重要举措和发展方向。该技术备受新五大发电集团和各省、市自治区关注，作为当前节能环保工作重点，进行可研、考察，急需确定技术路线，亟待采用。恰逢其时，中国电力科技网于2018年4月17-18日在天津召开“第一届燃煤锅炉耦合生物质燃烧技术应用研讨会”。会上，中国电力工程顾问集团公司副总工程师龙辉做了专题演讲《欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术介绍》，值得借鉴国外的实践。

一、前言

从上世纪90年代起，欧洲就开始开展生物质燃烧技术研究与应用。大型燃煤锅炉耦合生物质技术在在英国、荷兰、芬兰、丹麦、德国等许多国家得到应用。

如何在未来的火电机组解决CO_2减排问题。大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧发电技术就是其中解决方案之一。大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧发电技术在欧洲得到推动和发展得益于该技术减少燃煤电厂的CO_2排放要求，政府的补贴等。

目前欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧技术的主流发展方向是生物质与煤耦合燃烧。我们一直在调研、跟踪这一技术的最新发展。这里着重介绍欧洲比较有代表性的国家荷兰、芬兰、英国大型燃煤锅炉耦合生物质技术发展情况。

二、欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用情况

2.1荷兰大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧发电技术发展

2.1.1实验阶段

1993年，在KEMA的1MW燃煤实验锅炉进行的耦合燃烧试验，包括5%和10%的的材料的耦合燃烧：建筑垃圾废木料、污水污泥、焦炭产品。

重点：燃烧性能、灰量、排放。由于实验效果积极，在90年代中期，荷兰的燃煤发电厂开展生物质耦合燃烧技术得到发展。

2.1.2积累经验阶段

1995年~2000年，在示范电厂运用不同燃料完成3%~5%~10%(重量百分比)的耦合燃烧。

完成的主要工作包括：

1)对焦炭、(干)污水污泥、废木料、烃气、生物质能球团、柑桔球团、城市废物、咖啡渣、可可豆壳、动物脂肪、肉及骨、谷物粗粉进行工业示范试验，确认燃烧特性，完成物料平衡计算(包括排放情况，灰量)，并且将耦合燃烧比例从10wt%提高到35wt%(或更高)，对木球、棕榈仁压榨、回收固体燃料、橄榄残留、小麦壳粒，大豆壳等生物质采用专用混合燃烧装置。

2)对锅炉燃烧、腐蚀，磨煤机运行，污染物排放，灰渣等副产品质量，对SCR烟气处理的影响，选择催化还原催化剂的活性对燃烧的影响，监测炉膛内的腐蚀情况、煤/生物燃料混烧的磨煤机性能、煤灰质量带来的影响进行了分析。

2.1.3目前发展情况

目前已经有超过50个试验，使用煤和生物质能、垃圾等物质的耦合燃烧,比例超过40wt%。

自2007年以来，在荷兰的燃煤发电厂，耦合10%(重量百分比)的二次燃料已经很普遍。2010年以后提高耦合燃烧比例，实现600MW机组10~15%(重量百分比)的耦合燃烧，600MW以下机组实现15~35%(重量百分比)的混合燃烧，10~30MW的独立工业单元超过35%(重量百分比)的混合燃烧。

2015年,荷兰最新设计投运的
鹿特丹的MPP3电厂是目前世界上最新建成的节能和CO_2
深度减排示范电厂。1100M
W超超临界机组采取超超临界参数+生物质混烧+区域
供热+CO_2捕集的CO_2
深度减排技术路线。机组容量：2X1100MW，机组参数：28.5MPa/600°C/620°C,机组发电效率>47%。生物质混烧比例30%，准备2019年投入使用。

2.2芬兰大型燃煤锅炉生物质混烧技术应用

芬兰建成世界上最大的混烧生物质的循环流化床锅炉---芬兰AlholmensKraft550MW热电厂。其中燃料：煤：10%、泥煤：45%、森林废弃物：10%、工业废木材：35%。已经成功运行多年，生物质可以以任何比例与煤混烧，包括100%生物质。

2.3英国

英国是目前世界上采取生物质混烧技术最多的国家。英国共有16座大型火电厂完成了生物质混烧发电，其中13座为总容量超过1000MW的大型燃煤火电厂，其总装机容量为25,366MW。

2.3.1英国Tilbury电厂生物质燃烧改造项目

Tilbury电厂位于伦敦东南，始建于1961年，1968年开始运行，目前属于RWEPower公司。电厂装机容量为2X712MW，2004年改造为生物质发电。

Tilbury电厂所需燃料，60%来自加拿大不列颠哥伦比亚虫蛀后的林木，10%来自欧洲，30%来自RWE所属佐治亚州工厂生产的木材颗粒。

电厂第一阶段改造情况介绍：

目前Tilbury电厂已经完成了第一阶段的改造,主要包括改造真空卸载机、磨煤机，皮带输送机，灰斗，燃烧器改造等。

第一阶段改造中存在的主要问题：

A物料输送特性和预期不同。部分生物质燃料强度不够，在输送过程中容易破碎，增加了粉尘量，同时使输送更困难。

B磨煤机特性与预期不同。主要变化与磨辊、碾压力有关。

C从煤仓到给料机的流动性较差。在给料机和磨煤机间加装回转阀，作为煤仓和磨煤机间的压力密封。

D灰分特性变化。生物质特性不适合传统的浓相气力输送。静态情况下，灰分会堆积，引起结渣和堵塞。

运行中料仓自燃着火情况

2012年2月27日9、10号机组发生料仓起火事故，其主要原因是料仓中的木材颗粒分布不均，由于局部自燃引起着火。

Tilbury电厂事故分析：

A生物质燃料处理过程中及运输、储存区域(如灰斗、料仓)的粉尘水平较高。

B木材颗粒的点火、燃烧特性和煤相近，木屑由于水分较低，相比燃煤粉尘，流动性更强。

C如果木屑遇到火源，可能引发自燃，产生大量的烟和CO，并难以扑灭。

解决方案：

在设计阶段考虑扑灭料仓内木材颗粒自燃的方法。

当检测到料仓和灰斗内自燃发生时，设法减少破坏原料及将其暴露给更高氧含量水平的可能性。

电厂下一步升级计划

电厂的第一阶段改造于2013年中期结束。第二阶段改造将对电厂进行重大升级改造以符合新电厂环境标准，并延长电厂工作寿命至2027年。

2.3.2英国Drax电厂耦合生物质发电技术改造项目

Drax电厂6×660MW机组。前3台机组1974年投运，后3台1986年投运。现在锅炉均改造成有单独生物质磨制和燃烧的锅炉，是世界上总容量最大的采用单独生物质处理、磨制和燃烧的耦合生物质燃烧的燃煤电厂。

2008年第二次改造---Drax电厂6X660MW机组全部改造

对全部6X660MW机组完成了10%BMCR热量生物质改造。

生物质混烧项目通过在煤粉处理系统中预混生物质和煤粉，并将混合后的燃料送入磨煤机和燃烧系统。通过这一途径混烧率上限约可达输入热量的10%，并且在此水平上，混烧对锅炉电厂运行和性能的影响适中。

2011年，完成2、3、4号机组生物质耦合燃烧均切换到1号机组使之达到60%热输入。

经过多次改造,系统的设计及性能都在不断地发展。其引入了根据出力要求直接完成生物质供给量的自动控制，使磨煤机切换到混烧时具有恢复调节功能。

三、欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电主要技术路线

3.1欧洲最初总结出的生物质耦合发电主要技术路线

3.1.1方案1

将生物质颗粒送入磨煤机中反复碾磨，并将碾磨好的生物质输送至已有的点火系统。该方案在北欧一些小型煤粉炉系统中成功开展。

3.1.2方案2

是在煤粉处理系统中，将生物质与煤粉按照比例进行预混，在现存燃煤系统中进行混合燃料的研磨和燃烧。该方法所需增加的投资不高且实现相对容易。由于适用生物质原料供应安全性问题，或者政府补贴资助或其他财政鼓励混烧计划的政策的长期安全使用等想法，该方法是火电厂的运行人员最初开始耦合燃烧技术时常用的方法。

3.1.3方案3,4和5

包括预研磨生物质直喷煤粉燃烧系统。例如，喷入煤粉管道、改造燃烧器或者新型专用生物质燃烧器。这些方案涉及更高的资本投资，但是混烧比例比方案2要高很多。英国及北欧国家已经完成了很多利用预磨生物质直喷混烧技术的生物质利用项目。可以使系统在更高的生物质混烧比率工作。

在英国及其它国家已有有这些系统的设计及运行经验，为新一代的生物质耦合系统的发展提供了技术支持，为改造现在或者新建项目奠定基础。所有相关的耦合技术都会把生物质研磨至合适的颗粒大小分布以实现高效的煤粉火焰燃烧，同时也都会利用气力输送将预磨的生物质颗粒从磨煤机送入炉膛。这种方法可以作为改造及新建具备生物质耦合发电的燃煤电厂工程的优先选择。

3.1.4方案6

包括在专用机组的生物质气化，通常空气在大气压下吹进，在煤粉锅炉中混烧。在产生气体进入煤粉锅炉中燃烧前可净化或者不净化。这种生物质混烧方法在北欧少量的电厂中采用。

3.2新技术路线

欧洲公司近年来根据其在英国、韩国、美国多台500MW~660MW燃煤电厂耦合生物质燃烧改造项目的经验，提出以下大型燃煤锅炉生物质耦合发电技术路线。

①生物质磨和生物质燃烧器.实现100%烧生物质燃料

②生物质磨和独立的燃烧器.耦合5~40%的生物质能量输入

③生物质磨和共用的燃烧器，耦合5~40%的生物质能量输入

④独立的磨煤机和独立的燃烧器，耦合5~15%生物质能量输入

⑤共用的磨煤机和共用的燃烧器，耦合5~15%生物质能量输入

这一技术路线是根据很多最新的项目采用更先进的系统，包括预磨生物质物料直喷混烧技术，可在更高混烧率下运行。所有这些系统包括预磨生物质向锅炉的气力输运，向煤粉管道、改进煤粉锅炉或专门生物质锅炉的喷射技术。大量这些系统已商业运行，并成功运行了3~4年。

3.2.1专用生物质燃烧器

在现有的燃煤锅炉中安装新的生物质混烧专用燃烧器。对于很多电厂来说，维持现有的煤粉燃烧能力是一个很好的选择。对于这种技术，有许多技术难题及商业风险需要研究，如：

新燃烧器的位置将对现有的煤粉燃烧系统及锅炉的效率都有很大的影响。这还可能为锅炉的运行带来潜在的风险，因此需要对新燃烧器的位置进行仔细的评估。

生物质的直接燃烧技术很复杂，包括其燃烧机理及其与锅炉控制的关系，而且安装成本很高。

3.2.2直接喷入改造后的煤粉燃烧器

将预磨后的生物质直接喷入当前的煤粉燃烧器，这需要对当前燃烧器进行很大的改造。改造成本比较高，而且在技术上也存在很大风险。但如果考虑到生物质燃料可能会堵塞煤粉输送系统，尤其是煤粉分离器、煤粉分配器及煤粉燃烧器，对某些生物质燃料来说，采用改造燃烧器的方法可能是一个合适的选择。

生物质送入炉膛的位置及配套的截止阀和相关设备等都在燃烧器平台上，易于观察与维护;

由于该位置接近炉膛，因此减少了研磨后的生物质颗粒进入煤粉管道所带来的风险;

该位置远离磨煤机，因此磨煤机事故对生物质传送和喷射系统的影响大大减少。

把生物质送入输煤管道或者直接把其输入燃烧器，所以都需要一个高灵敏度的生物质分离驱动阀，该阀可以把生物质输送系统与磨煤机及点火系统迅速地分离。如果整个系统能够正常运行，把生物质喷入输煤管道的方法具有很多的优势：

A不需要对锅炉结构、二次风管道、输煤管道及煤粉燃烧器进行较大修改;

B锅炉和磨煤机能够单独进行正常的煤粉发电，直到所有的燃烧及锅炉系统都改造完成后才会引入生物质燃烧系统;

C利用这种方法，生物质与煤粉的燃烧产物混合得很好。这意味着由于生物质燃烧产物积累而在炉膛及锅炉内产生的带状沉积和腐蚀带所引起的危险将被减少。

在最新的系统中引入了生物质供给率的自动控制，当使磨煤机切换到混烧时具有恢复调节功能。

在进入主煤粉管道前安装VARB，保证生物质燃料流动均匀可控。

四、欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术发展对我国的启示

2005年，欧盟碳开始交易体系开始运行，如今，这一系统已涵盖欧洲国家11000家发电厂、工厂以及绝大多数的航空
公司
，覆盖欧
洲45%的温室气体排
放量，成为世界上最大的碳排放交易市
场。欧洲的电厂开展了各种方式的CO_2
深度减排工作。2017年全国7个碳排放权交易市场全面启动运行，并正式印发《全国碳排放交易市场建设方案》。

对国外大型燃煤锅炉生物质混烧技术应用比较成熟的国家(英国等国家)典型的大型燃煤锅炉生物质耦合燃烧技术运行情况进行调研、采取的主要工艺分析及研究结论如下：

4.1大型燃煤锅炉混烧生物质技术在英国、美国、芬兰、丹麦、德国、奥地利、西班牙和许多国家应用较多，电厂装机容量最高达1100MW，并有多个大型燃煤锅炉实现耦合生物质发电的应用业绩。

4.2自2007年以来，在荷兰的燃煤发电厂，耦合生物质10%(重量百分比)的燃烧已经很普遍。2010年以后提高耦合比例，实现600MW机组10~15%(重量百分比)的生物质耦合燃烧，600MW以下机组实现15~35%(重量百分比)的生物质耦合燃烧，10~30MW的独立工业单元超过35%(重量百分比)的生物质耦合燃烧。

而英国近年来生物质耦合燃烧技术发展表明：大型燃煤锅炉可实现自由比例的生物质燃料(0~100%)给锅炉提供热量。可实现100%的生物质燃料，不再烧煤。

英国是目前世界上燃煤火电机组生物质混烧技术发展领先的国家，实现了三代技术的跨越，部分大型燃煤火电机组实现了“ 煤改生物质 ”燃烧。值得我们学习和借鉴。

欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术发展路线目前可归纳为生物质颗粒=》生物质磨机=》管道分配系统=》煤粉管道，尽管生物质耦合燃烧技术有难以计量方面的缺点，但我们认为解决该问题后将是大型燃煤锅炉生物质混烧技术发展的主要方向，可以实现大型锅炉各种比例耦合燃烧技术应用，同时具有成熟、可靠、安全的特点，该技术在国际上已经得到广泛应用。

国外有15%、40%、100%耦合生物质发电的技术。结合具体项目的燃料供应、资金，运行维护习惯，以及我国电厂的情况，我们认为40%耦合生物质发电技术比较适合于我国，即在电厂内或紧挨电厂建设燃料预处理工厂进行烘焙和研磨;然后通过大管道输送到锅炉附近，再通过管道分配系统均匀分配到煤粉管道。该方案生物质燃料预处理比较独立，生物质耦合比较较高(可达热值比例40%)，电厂的改造较小，便于项目投资、建设和运行管理。

五、建议

中国不可能像西方一些国家那样完全去煤化，燃煤发电在未来30年仍将占较高的比重。按照目前的电力发展形势分析，即使我国目前的火电机组供电煤耗将从2017年的309g/kWh虽可以继续下降，但由于火电机组总容量不断增加，如不采取相应的措施，我国的火电机组的CO_2排放总量仍将增加。

生物质发电是国家政策支持发电项目，属于绿色、环保能源，对于实现能源的战略接续、改善生产生活环境、有效利用资源具有十分重要的意义。

随着国民经济的高速发展和生活水平的不断提高，我们对能源的需求也日益增加。而主要传统能源(煤炭和石油等)的有限性和环境污染等因素，促使我们积极开拓和发展可再生能源。

因此对我国生物质燃烧技术发展建议如下：

5.1采用大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术

5.1.1降低生物质燃料供应风险，具有燃料的灵活性

我国生物质直燃技术发挥占受收集、储运与预处理的限制，成为技术发展的瓶颈。能量密度低，分布分散、纤维结构，预处理困难;生物质的特点不利于长距离运输、受区域性、季节性影响，生物质直燃电厂密集程度增大。

而大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧技术采用压紧颗粒，同时采用分片经营，乡为单位，社会投资，进退自如。具有克服生物质原料供应波动影响，克服纯烧生物质的缺点，能够利用大型电厂的规模经济，热效率高、低成本、低风险，污染物排放减少。生物质耦合发电可充分利用燃煤电厂大容量、高蒸汽参数达到高效率的优点。

5.1.2充分利用现有燃煤电厂原有的设施和系统来实现生物质发电，充分利用原有燃煤电厂已经存在的供电和供热市场。

5.1.3大型燃煤锅炉耦合生物质发电具有工艺简单、工艺设备要求低，转动设备少，故系统耗能少、故障低、维护量小等特点。

5.2建设示范工程

建议政府主管部门推动将大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用到我国大型火电厂中，可首先在生物质丰富地区建设一个600MW机组耦合生物质发电的示范工程，为进一步的推广应用积累建设和运行经验。

5.3开展国际合作

鉴于国内开展大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术研究起步较晚，目前还缺乏先进的技术和设备。中国农林生物质原料复杂多样，品质差异巨大，因此需要一套性能稳定、可靠的燃烧设备，能够最大限度适应中国多品种、多形态、季节差异大、含水量与热值复杂多样等问题的燃料。国内虽已有2个电厂对原有燃煤锅炉进行混烧生物质试验和技术改造，积累了一定的经验，但国内该技术的发展仍属于技术起步期，距离技术成熟期还有一定的时间。

我们建议进一步分析欧洲大型燃煤锅炉生物质耦合发电技术的设计和运行经验，并开展与国外公司的合作。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/123624.html