

澳大利亚先进的燃褐煤发电技术

D·布罗克威

1 概述

煤炭是澳大利亚主要的发电燃料,电煤占全国总发电量的80%。澳大利亚发电用煤的2/3为高煤阶(烟煤),1/3为褐煤(水分含量为30%~70%的低阶煤)。据澳大利亚电力供应协会(ESAA)预计,今后15年内澳大利亚的电力需求量将增长37%。其中部分新增的电量将由新南威尔士州富余的发电容量满足,另外需要新建一批发电站。最近,Sinclair Knight Merz(SKM)公司为低阶煤发电新技术合作研究中心(CRC)提供的研究报告认为,维多利亚州和南澳大利亚州在今后的40年中需要新建9~11座装机容量为1000MW的燃煤电站,以满足最低为2%的电力需求增长率。

在随后的几十年内,可再生能源和生物能源的增长率可能比较大,但这些能源对澳大利亚全部能源的贡献率相对较小。煤炭仍将是澳大利亚未来主要的发电燃料。开发高效、低廉和清洁的燃褐煤发电技术对澳大利亚,特别是维多利亚州和南澳大利亚州有重要的经济战略意义。

2 低阶煤发电新技术合作研究中心(CRC)

该中心于1993年7月成立,其主要任务是研究和开发发电新技术和新工艺,以解决低阶煤燃烧成本高和对环境污染严重的问题。发电新技术是减少发电成本和环境污染的关键。与CRC中心合作的公司和机构有:Loy Yang 电力公司、Yallourn 能源公司、Hazelwood 电力公司、Flinders 电力公司、联邦科学和工业研究组织(CSIRO)矿物部、Transfield 技术服务公司、Lurgi 澳大利亚公司、莫纳什大学、阿德莱德大学、斯温伯恩技术大学、工业战略研究会。

维多利亚州和南澳大利亚州私有或合资的电力公司是进行高效发电技术研究的有力支持者。这些公司对维多利亚州和南澳大利亚州的长期褐煤发电市场表示非常乐观,特别在降低发电成本和减小环境污染方面倍感兴趣。

目前,低阶煤发电新技术合作研究中心正在进行40项褐煤发电新技术的研究开发项目。在其合作者(包括工业部门、CSIRO和学术机构)的积极参与下,该中心的研究力量很强。参与该中心研究课题的研究人员包括110多名科学家、工程师和技术管理人员,其中有35名研究生。

3 褐煤发电技术面临的机会和挑战

毋庸置疑,世界燃煤电站将继续严重依赖高阶煤,但拥有丰富褐煤资源的国家将积极增加褐煤燃料的使用量,这些国家包括:德国、俄罗斯、美国、波兰、捷克、希腊、土耳其、澳大利亚、中国、罗马尼亚、加拿大、保加利亚、印度、泰国、匈牙利、西班牙和印度尼西亚。值得关注的是,许多电力供不应求的亚洲环太平洋国家拥有大量的褐煤储量。

褐煤含有大量水分,一般在运输或出口之前需要先进行处理加工。褐煤主要用于坑口电站。据估算,全世界的证实褐煤储量足够供2100座发电能力为1000MW的电站使用30年。按澳大利亚目前的褐煤消耗速度计算,经济可开采的褐煤储量可供澳大利亚使用1000年。

3.1 褐煤发电的战略优越性

褐煤发电的战略优越性,特别对于澳大利亚经济来讲,在于该燃料的成本非常低廉。维多利亚州的褐煤、澳大利亚硬煤和天然气的直接发电成本分别为3澳元/MWh、11~15澳元/MWh和>20澳元/MWh。维多利亚州褐煤坑口电站发电成本非常低的

原因有：煤层厚度大，60~100m；煤层上覆岩层较薄，一般5~10m；采用斗轮式挖掘机，生产规模大。

燃料成本仅是发电成本的一个因素，其他主要成本有设备费、电站经营和维修费。然而，燃料成本本身已经显示了褐煤发电在澳大利亚的战略优越性。

通过采用目前的粉煤喷吹锅炉和允许合理的投资所得利润，维多利亚州褐煤发电的最终成本为40澳元/MWh。

3.2 褐煤发电的战略挑战

褐煤的高水分含量和常规采用粉煤喷吹技术的电站的低发电热效率，导致褐煤发电遇到了战略性挑战，即温室气体(GHG)排放问题。目前这一问题正在通过开发高效发电技术加以解决。

4 澳大利亚燃褐煤坑口电站

澳大利亚褐煤主要用途是发电。但是，褐煤的物理特性使其本身的使用面临特殊的挑战。褐煤的物理特性有：高水分含量、低灰熔点和易结渣性。

由于褐煤的高水分含量和干燥时的易自燃性，维多利亚州的褐煤用于靠近露天矿的电站。褐煤先由输送机运送到一个临时煤仓，经过短暂储存(一般少于24小时)之后，被运到粉煤喷吹锅炉燃烧发电。褐煤处于高水分状态，所有的水分都经过锅炉，因此需要采用大型的昂贵的锅炉。由于南澳大利亚州的褐煤生产于偏远的贫瘠矿区，且矿区缺乏发电时所需的冷却水，因此该州生产的褐煤需要通过铁路运送到260km之外的奥古斯塔港的电站。维多利亚州和南澳大利亚州的电力公司每年生产45TWh的电力，消耗6000万t褐煤。

5 先进的燃褐煤联合循环发电技术

为了提高燃煤电站的热效率和减少CO₂、NO_x和SO_x的排放量，许多先进发电技术处于不同的开发阶段。这些技术包括：循环流化床燃烧技术(CFBC)、超临界粉煤燃烧锅炉技术(SCPC)、液压流化床燃烧技术(PFBC)、集中气化联合循环发电技术(IGCC)和先进液压流化床循环发电技术(APFBC)。这些先进技术的主要开发方向集中在高阶煤的使用上。

褐煤的高水分含量大大影响了传统粉煤喷吹燃烧锅炉的发电效率。Loy Yang 电站的现代化锅炉燃烧水分含量为62%的褐煤，在高热值(HHV)条件下

澳大利亚先进的燃褐煤发电技术

获得了约29%的燃烧效率。相比之下，常规锅炉高阶硬煤的燃烧效率为37%。

6 燃褐煤先进循环发电效率

先进的高阶煤联合循环发电技术的总效率已经得到了许多国际机构的评估，其中国际能源署(IEA)的评估工作可能最为全面。CRC中心也进行了一项类似的先进发电技术中褐煤利用过程的评估工作，评估中考虑了煤炭干燥工艺(采用蒸汽流化床干燥技术(SFBD))的必要性，提出了与褐煤利用有关的褐煤特性。

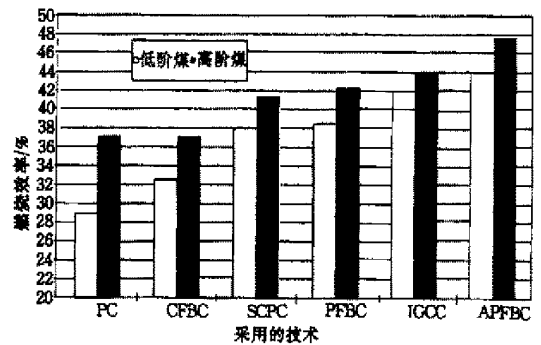


图1 低阶煤和高阶煤发电效率比较

图1显示了高热值条件下褐煤(水分含量62%)和高阶煤的净燃烧效率。高阶煤的燃烧效率取自参考文献(包括IEA数据)，包括许多不同的值。计算褐煤数据时假设炭转化率为100%。由于在流化床气化炉中进行彻底的炭转化过程不可能，91%的炭转化率得到了实验，并被证明适合于IGCC技术(此时炭在空气压力锅炉中燃烧)。

采用APFBC循环发电技术发电燃烧效率最高，燃烧褐煤(水分含量62%)发电时燃烧效率为44%(高热值条件下)。各种燃褐煤发电技术CO₂排放量大幅度降低的情况见图2。

7 先进液压流化床燃烧技术

APFBC技术(见图3)涉及到部分气化(炭化)过程和生成炭的压力燃烧过程。循环过程中产生燃料气(来自部分气化器)和热烟道气(来自炭燃烧器)。燃料气和烟道气混合在一起，与补充的空气在顶部的燃烧器中共同燃烧，燃烧生成气膨胀后通过燃气轮机。生成气的温度要控制在允许的燃气轮机入口温度上，以保证较高的燃烧效率。电能既产生于联合循环中的燃气轮机，又产生于高压蒸汽循环(蒸汽来自液压流化床燃烧过程)中的蒸汽轮机。

8 CRC 中心开发的燃褐煤 APFBC 技术

根据 APFBC 循环技术的基本原理, CRC 中心开发了一项独特的燃烧工艺, 该工艺中高水分褐煤的燃烧效率比图 2 中的各种燃烧技术的燃烧效率高。CRC 中心开发的改进 APFBC 技术燃烧工艺有以下主要特点:

- (1) 采用了干燥工艺;
- (2) 在蒸汽进入燃气轮机之前除去其中的碱蒸汽;
- (3) 燃气轮机入口温度高;
- (4) 炭得到了彻底转化。

9 燃褐煤发电成本

对于所采用的先进燃煤循环发电技术, 电站生产年限内的调整电价应当比其他发电技术的电价更有竞争性。常规电站的成本已被人们所熟知, 且由于市场压力成本有下降趋势, 新型发电技术的成本还不清楚。由于设计变得标准化以及良好的技术风险和富余度, 技术最先进的发电设备比常规发电设备要贵一些。

尽管许多资料对发电成本进行了分析, 但电价计算的假设条件和变化范围经常不清楚。澳大利亚能源研究和开发公司和澳大利亚电力供应协会于 1992 年进行过比较成本研究, 后来国际能源署于 1993 年也进行了同样研究。针对褐煤发电, CRC 中心委托 SKM 工程顾问公司按照同样的原理对一系列先进燃烧技术进行了比较成本研究。最近, 美国能源部的发电成本研究成果已经出版, 该研究对 APFBC 技术、各种 IGCC 发电方案、PFBC 技术和常规的粉煤喷吹技术的发电成本进行了比较。这些发电成本评估工作的结论可归纳如下:

- (1) 澳大利亚采用的各种褐煤发电技术的基本费用约为 1350~1800 澳元/kW;
- (2) 符合环保要求的燃褐煤电站的调整发电成本预计为 35~43 澳元/MWh。
- (3) 维多利亚州采用的成熟 APFBC 技术燃褐煤电站的发电成本预计为 35 澳元/MWh
- (5) 澳大利亚采用的 APFBC 技术燃褐煤电站的发电成本预计比燃高阶煤和天然气的先进发电技术更有竞争性。

(李孝尚译, 本刊校)

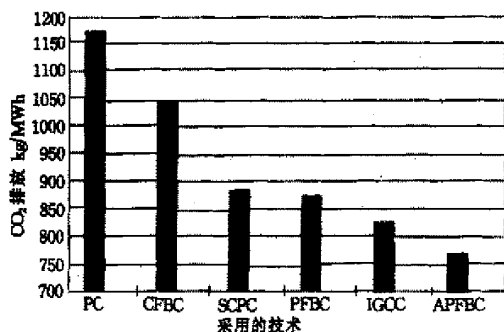


图 2 各种燃褐煤发电技术 CO₂ 排放量比较
(100% 炭转化率)

与 IGCC 技术相比, APFBC 技术的主要优点是: 在较差的条件下(对于高阶煤温度 1000℃, 对于褐煤温度更低, 炭转化率为 100%, 燃烧效率高。APFBC 技术中的较低燃气温度可减小清除燃气之前将其冷却的必要性, 这可使联合循环燃气轮机生产的电多于燃烧效率较低的高压蒸汽循环过程生产的电。同时, 由于 APFBC 技术没有空气分离设备, 因此辅助电力消耗也减少了。

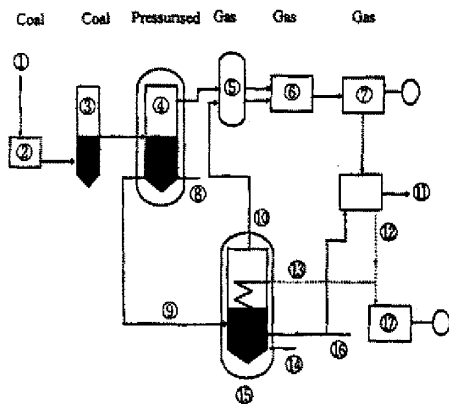


图 3 先进加压流化床燃烧技术流程图

- ①喂煤机 ②煤 ③干燥器 ④压力炭化器 ⑤气体过滤器 ⑥气体燃烧器 ⑦燃气轮机 ⑧空气 ⑨焦炭 ⑩热燃料气 ⑪通往烟筒 ⑫热回收锅炉 ⑬蒸汽 ⑭空气 ⑮压力流化床 ⑯供水管 ⑰蒸汽轮机

与其他燃烧技术相比, APFBC 技术目前开发的力度不够, 但它却被公认为效率最高(包括煤炭气化和燃烧过程)的燃烧技术。Foster Wheeler 公司在美国阿拉巴马州威尔逊卫勒(Wilsonville)建立了一个大型的硬煤燃烧示范厂。美国能源部(USDOE)已批准资助在佛罗里达州莱克兰德(Lakeland)建立一座 240Mwe 商业化硬煤示范厂, 该示范厂将于下世纪初开始建设。

澳大利亚先进的燃褐煤发电技术

作者: [D·布罗克威](#), [李孝尚](#)
作者单位:
刊名: [中国煤炭](#) 
英文刊名: [CHINA COAL](#)
年, 卷(期): 2000, 26(3)
被引用次数: 0次

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgmt200003022.aspx

授权使用: (zhangganguk), 授权号: 6e94a4a0-ab24-4414-97ec-9e1d008e46f3

下载时间: 2010年10月28日