

漫谈清洁煤技术

王素红



清洁煤技术是指煤炭从开发到利用的全过程中，在减少污染排放与提高利用效率的加工、燃烧、转化和污染控制等新技术的总称。

清洁煤技术主要包括两个方面：

一是直接烧煤洁净技术。在直接烧煤的情况下，需要采用相应的技术措施：①燃烧前的净化加工技术，主要是洗选、型煤加工和水煤浆技术。

②燃烧中的净化燃烧技术，主要是流化床燃烧技术和先进燃烧器技术。③燃烧后的净化处理技术，主要是消烟除尘和脱硫脱氮技术。二是煤转化为洁净燃料技术。主要是煤的气化以及液化技术，煤气化联合循环发电技术和燃煤磁流体发电技术。

清洁煤技术是当前国际上解决环境问题的主导技术之一，也是高技术国际竞争的重要领域之一。多年来，我国围绕提高煤炭开发利用效率、减轻对环境污染进行了大量的研究开发和推广工作，并随着国家宏观发展战略的转变，已把清洁煤技术作为可持续发展和实现两个根本转变的战略措施之一。

中国清洁煤技术的发展状况

煤是我国的主体和基础能源。世界各国的能源结构中，化石能源平均占了 80%，煤占 28%。而中国的化石能源占到 93%，煤占到 70%左右。按照“十一五”规划，2010 年度我国的能源消耗是 27 亿吨标准煤，实际上已超过 32 亿吨。

在低碳发展、绿色经济的大背景下，煤炭清洁利用对我国转变经济发展方式具有重要意义，将成为清洁能源领域备受关注的重点。2009 年 11 月，神华集团与美国 GE 能源集团宣布，双方成立合资公司开展战略合作，提高煤气化和整体煤气化联合循环发电技术（IGCC）的应用。同样在 2009 年 11 月召开的清洁煤发展论坛上，我国 10 大煤炭企业加入联合国清洁煤技术示范和推广项目。各种迹象表明，作为占我国一次能源使用量 68.7%的煤炭，其清洁高效利用获得了人们越来越多的关注。

在过去几十年，煤炭产量的增长对支撑我国经

济发展起了不可忽略的重要作用，但应充分认识到，依靠煤炭产量的增长来支撑经济增长是不可持续的。统计数据显示，以煤为主的一次能源结构以及传统的用煤技术造成的排放和污染，一直是我国大气污染治理的重点。主要原因是国有大型煤矿综合采掘装备，煤炭液化技术核心装备需要引进，瓦斯抽取和利用技术落后，矿

井生产系统装备水平低。重大石油开采加工设备、特高压输电设备、先进的核电装备还不能自主设计制造。氢能及燃料电池、分布式能源等技术研究开发不够，可再生能源、清洁能源、替代能源等技术的开发相对滞后，节能降耗、污染治理等技术的应用还不广泛等。我国是二氧化硫排放量最大的国家，导致区域性的环境酸化，酸雨区已超过国土面积的 40%。此外，煤炭燃烧生成的二氧化碳还会加重温室效应。

为此，我国政府提出，2020 年非化石能源占一次能源消费比重达到 15%左右的目标。专家认为，我国应大力调整能源结构，增加水电、风电等可再生能源及核电在能源结构中的比例。但同时也应认识到，煤炭等化石能源在未来较长一段时间，仍将在我国能源结构中占有主要地位。一方面由于禀赋特点是能源资源的主要提供者，另一方面因为技术落后又是环境生态的主要污染源，煤炭对中国是棘手的两难选择，煤的清洁高效利用是唯一出路。加强煤的清洁高效综合利用技术开发，推进传统能源清洁高效利用应该是国家能源战略的重中之重。

目前，世界煤化工的主战场在中国，煤炭能源化工是现代煤化工的重要表现。针对曾经出现的煤化工热，国家早就提出要科学规划、有序发展煤化工，结果不但没有冷下去，还遍地开花。根据中国的能源结构和产业结构，近、中期中国能源发展战略的重点应该是煤的清洁高效和低碳化利用。而煤化工是煤炭能源清洁高效利用技术开发的重要学科支撑，循环经济型煤炭能源化工是实现煤炭清洁高效利用的重要途径。

传统的煤化工路线包括煤炭焦化，煤气化——合成氨——化肥，煤——电石——乙炔——聚氯乙烯，以中国为主，产量占世界的 1/3 以上，对全国 GDP 贡献约 3%。煤化工的特点表现在基础研究多学科，工程开发多技术，工业生产多投资，经济效益多因素，高碳排放高水耗。传统煤化工已形成了我国煤化工的产业链。

综观国内外煤化工现状，可以看出：国外不景气、国内过热；国外小试、中试，国内引进、放大；国内外基本都是项目规划多、落实少，产能大、产量小；国内现阶段以技术储备为重，工业示范为主；煤气化是煤化工的基础和关键过程，其技术的主要选择依据是煤质、产品、效率、环境等特定条件，以适宜为准；技术创新和水资源是制约中国现代煤化工发展的瓶颈。

清洁煤技术的应用前景

煤化工市场前景良好，是高附加值产业，能够提高资源利用率，缓解我国缺气少油的资源状况。同时，在节能减排形势下，淘汰落后产能，发展低碳经济，国家采取了有利于国有大型企业发展的政策，促使其产业链延伸，鼓励并支持煤炭生产企业要向下游电力、煤化工延伸。

近年来，通过建设大型煤炭基地，培育和发展大型煤炭企业集团，建设大型现代化煤矿和安全高效矿井，我国原煤洗选技术呈现大型化、模块化趋势，煤炭优质化加工正成为煤炭行业提高附加值，满足社会需求的重要环节。在原煤投入使用之前，以物理方法为主对其进行加工，这是合理用煤的前提和减少燃煤污染最经济的途径。常规的物理选煤可除去煤中 60% 的灰分和约 50% 的黄铁矿硫。煤炭经洗选可大大提高燃烧效率，减少污染物排放。

高效清洁燃煤发电是世界各国洁净煤技术的主攻方向，目前我国高效清洁燃煤发电技术发展态势良好，600 兆瓦以上超临界机组已成为我国火电新建项目的主流。2009 年，我国燃煤脱硫机组装机容量已达到 4.61 亿千瓦，占火电装机容量比例由 2005 年的 12% 提高到 71%。乙烯、丙烯等低碳烯烃是重要的基本有机化工原料，塑料生产、合成纤维等都离不开烯烃。而来源于石油炼制的石脑油是最主要的烯烃生产原料。随着人们对石油匮乏的日益担忧，各国都在广泛开展非石油原料制取低碳烯烃或汽油燃料的研究开发。其中，用天然气或煤经由甲醇制

取低碳烯烃是广受关注的工艺路线。目前煤制烯烃技术在全球还没有工业化先例。

先进煤化工转化作为煤炭下游加工转化技术包括煤制油、煤基化工产品、煤制天然气等煤基化工转化新技术和新工艺。目前我国传统煤化工已出现产能过剩，但现代煤化工在我国才刚刚起步，许多项目尚处在示范阶段，前景非常广阔。

整体煤气化联合循环加上多联产，被认为是目前最具发展前景的清洁煤技术，它在燃烧前先去除烟气中的污染物，常规污染少，效率高，有利于综合利用煤炭资源，能同时生产甲醇、尿素等化工产品等。可以说，多联产是可持续发展的，技术上有良好继承性和可行性，有良好经济效益和环保性能，具有捕捉二氧化碳的天性，是实现未来二氧化碳捕捉和埋存的途径，它对于中国乃至世界都具有非常重要的战略意义。

(郑州解放军信息工程大学理学院数理系 450001)



封底照片说明

“模块定日阵”聚焦光热系统，由几百面小银镜组成一个等效凹面镜，通过反射将太阳光聚焦于集热器，经光热转换产生热量。数百个这样的模块或串联或并联，可形成一个集热、传热、储热矩阵，终端储热器的集热温度可以超过 300℃，并通过介质驱动发电装置发电。在全球不可再生能源日益短缺的今天，开发利用太阳能是最符合当今人们倡导的绿色能源理念。目前采用这种技术的兆瓦级太阳能热发电示范工程，已在我国海南三亚建设安装。

