

中美清洁煤科技计划与法律制度对比研究

赵蕴华 周肖贝

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 基于中美清洁煤技术科技计划与法律制度研究对两国差异进行对比分析。以环保和经济发展为出发点, 美国清洁煤技术科技计划多由政府和企业联合层层推进技术逐级发展, 涉及技术研发、示范以及商业化等全过程, 配有完备的法律事务体系及完善的政策, 国际热点碳捕集、利用与封存亦如此, 商业化应用走在世界前列; 中国清洁煤技术科技计划着重于全面推进各项技术的发展, 急需落实具体的推动措施并加强对地区强制性执行硬性标准的齐全构建, 形成专业的法律事务体系与配套政策, 驱动煤炭高效清洁利用。

关键词: 清洁煤; 中美; 科技计划; 法律制度; 碳捕集

中图分类号: X383; TQ53

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2016.06.012

Clean Coal Comparative Study Based on US-China Technology Plan and Legal Institution

ZHAO Yunhua, ZHOU Xiaobei

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: This paper analyzes the differences between the two countries based on China-US Clean Coal Technology of Science and Technology Program and Legal Institution Research. Taking the environmental protection and economic development as the starting point, the US Clean Coal Technology and Technology Program is developed by the government and the private sector at all levels to promote the progressive development of technology, involving technology research and development, demonstration and commercialization of the whole process, with a comprehensive legal affairs system and perfect policy, and for the international hot-Carbon Capture, Utilization and Storage, whose commercial applications ranked first in the world. China's Clean Coal Technology Program focuses on comprehensively promoting the development of various technologies. It is imperative to implement concrete measures to promote the implementation of mandatory standards and to form a professional legal system and supporting policies to drive coal for high efficient and clean utilization.

Keywords: Clean Coal, China-US, science and technology program, legal institution, Carbon Capture

作者简介: 赵蕴华 (1967—), 女, 中国科学技术信息研究所研究馆员, 主要研究方向: 重点科技领域分析、科技情报研究; 周肖贝* (1989—), 女, 中国科学技术信息研究所博士后, 主要研究方向: 重点科技领域监测与分析。

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目“重点科技领域深度分析与研究”(ZD2016-01); 中国博士后科学基金资助项目“基于专利SAO结构语义分析的产业关键技术识别研究”(2016M601098)。

收稿时间: 2016年9月22日。

1 引言

世界上煤炭资源较其他化石能源丰富，煤炭成本低、储量大，是目前可以满足长期巨大需求的化石能源，受到各国的青睐，在能源结构中占有重要地位^[1]。传统煤炭开发多为粗放式，主要以煤炭资源的开采和洗选粗加工为主，生产过程中排放了大量煤矸石和煤泥，井下排水、开采引起土地资源破坏，损伤了地下水和地表生态，同时煤炭未优质化利用则加剧环境污染，破坏生态环境，严重影响了对人类及社会经济的发展。因此，煤炭行业需向清洁发展转型，广泛推广应用清洁煤技术，保护环境，提高能源转化率，促进节能减排，实现低碳经济^[2-3]。

清洁煤领域的研究在能源与环境保护方面具有重要的社会与经济效应以及重大的科学价值，中美两国目前在清洁煤领域的基础研究和应用研究中均处于世界发展前沿^[4]，全球众多国家纷纷采取措施鼓励支持煤炭清洁技术的发展，进行了总体部署，各国清洁煤技术及产业取得了不同程度的进展，这与国家的政策和财政大力支持密不可分。本文以中美两个主要的清洁煤领域大图为研究对象，基于两国清洁煤技术方面的科技计划、政策与相关法律制度的对比分析总结，结合中美两国的技术发展现状探讨国家科技计划与政策的制定对相关技术发展的影响，以期为中国清洁煤未来发展提供一定的科技信息分析服务和决策支持服务。

2 中国清洁煤科技计划与法律制度

20世纪90年代中国开始重视清洁煤技术，于1994年成立清洁煤技术开发研究的专门机构“煤炭工业洁净煤工程技术研究中心”，并在1995年成立“国家洁净煤技术推广应用领导小组”，负责推广清洁煤技术。

2.1 中国清洁煤科技计划

从国家出台的清洁煤科技计划来看，21世纪之前发展较缓。1994年，发展洁净煤高效转化成为《中国21世纪议程》最优先发展的科技项目；

1997年出台了第一部关于洁净煤技术的专门规范性文件《洁净煤技术“九五”计划和2010年发展规划纲要》^[5]。

进入21世纪，国家对清洁煤的重视程度日益增加，相继出台重要计划，不断加强对清洁煤领域的投入，尤其对碳捕集、利用与封存技术等加大了研究力度。国内相关高校、研究院所以及企业在国家基础研究计划（973计划）、国家高技术发展计划（863计划）、科技支撑计划的部署以及国际科技合作项目的支持下开展了基础研究、技术研发和一些中小规模工程示范。

2006年，煤的高效洁净利用技术作为先进能源技术进入《我国应掌握自主知识产权的关键技术和产品目录》；同年2月，国务院颁布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》，其中能源作为优先发展领域，同时强调煤的清洁高效开发利用、液化及多联产等技术；同年12月，科技部等六部委联合发布《气候变化国家评估报告》，明确提出“积极发展高效、洁净、低碳排放的煤炭利用技术，优化能源结构”。

2007年7月，国家发展改革委颁布《煤炭工业节能减排工作意见》，促进企业发展煤炭清洁化利用技术；同年11月，颁布《煤炭产业政策》，进一步明确鼓励发展各项煤炭清洁化利用技术。

2009年7月，科技部、国家能源局和美国能源部共同宣布成立“中美清洁能源联合研究中心”，并于2011年1月在华盛顿举行揭牌仪式。2014年11月，中美两国发布“中美气候变化联合声明”，计划扩大清洁能源联合研发，如为先进煤炭技术等研究提供资金支持。美国在该声明中首次提出，到2025年温室气体排放较2005年整体下降26%~28%；中国首次正式提出中国的碳排在2030年有望达到峰值，同时非化石能源在一次能源中的比重将提升到20%。2015年，中美清洁煤联盟共同提出了第二阶段研究计划。

2011年12月，国务院出台《“十二五”控制温室气体排放工作方案》。2012年4月，科技

部编制的《洁净煤技术科技发展“十二五”专项规划》提出了洁净煤技术的重点方向与重点发展技术。国务院在《关于印发国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)的通知》中提出了解决煤炭清洁利用和高效转换的关键科技问题,探索预研CO₂捕集、利用与封存研究设施建设。碳捕集、利用与封存逐渐成为关注热点。科技部结合上述文件于2013年3月制定《“十二五”国家碳捕集、利用与封存科技发展专项规划》,编制发布碳捕集、利用和封存技术发展路线图,指导国内相关科研和产业发展。同年4月,国家发展改革委发布了《关于推动碳捕集、利用和封存(CCUS)试验示范的通知》,贯彻落实相关试点项目工作,推动了试点省示范工作的开展。

2014年9月,国家发展改革委、环境保护部和国家能源局联合发布《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020年)》,就燃煤发电行业的节能减排提出了新的要求和升级改造“时间表”,基于更加严格排放标准的超低排放将成为燃煤发电行业的“新常态”;国务院办公厅发布《关于进一步加快煤层气(煤矿瓦斯)抽采利用的意见》。同年12月,国家能源局、环境保护部以及工业和信息化部发布了《关于促进煤炭安全绿色开发和清洁高效利用的意见》,对煤的合理开采、高效燃烧、有效转化和污染控制做出了整体部署;环境保护部组织编制《二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南》(试行),提出示范项目的环境风险评估方法。

2015年3月,工业和信息化部与财政部共同推出《工业领域煤炭清洁高效利用行动计划》,计划到2020年节约煤炭消耗1.6亿吨以上;同年5月,国家能源局编制《煤炭清洁高效利用行动计划(2015—2020年)》,推进煤炭洗选和提质加工,发展超低排放燃煤发电,加快现役燃煤机组升级改造,开展煤炭分质分级梯级利用,提高煤炭资源综合利用效率等。

在技术研发方面,我国针对清洁煤技术不同项目从政策和资金等多方面给予很大支持,

“十一五”国家基础研究计划(973计划)部署了“温室气体提高石油采收率的资源化利用及地下埋存”项目,国家高技术发展计划(863计划)围绕CO₂矿化、微藻固定CO₂制备生物柴油、基于IGCC的CO₂捕集、利用与封存技术研究与示范等安排的重点项目技术研发。国家科技支撑计划围绕高炉炼铁CO₂减排与利用、煤制油高浓度CO₂捕集与地质封存、富氧燃烧CO₂捕集等组织关键技术、装备研发与示范在“十二五”先期启动相关项目^[6]。“十二五”期间原煤入选率提高至66%,超超临界发电技术、循环流化床锅炉发电技术、整体煤气化联合循环发电技术以及煤化工技术等得到了研发和深度应用。同时,也开展了CO₂化工利用关键技术研发与示范、CO₂矿化利用技术研发与工程示范、燃煤电厂CO₂捕集、驱替煤层气利用与封存技术研究与试验示范等碳捕集、利用与封存科技支撑计划项目,国土资源部初步完成417个盆地CO₂地质储存潜力与适应性评估,在内蒙古成功实施我国首个CO₂地质储存示范工程^[7]。

神华、华能、中电投、中石油、中石化、江苏中科金龙公司等企业都在开展研发示范活动。2015年由华中科技大学牵头的35MWth富氧燃烧碳捕集关键技术、装备研发及工程示范投入运行;吉林油田CCS-EOR(CO₂捕集驱油与埋存及提高油田采收率)项目至2016年已注入CO₂1Mtpa,它和延长油田CCS-EOR两个大型项目将在不久的将来进入运行阶段,预计在2017—2018年中国碳捕集、利用与封存的运行项目达到4个^[8-9]。

从上述来看,我国出台的相关政策覆盖了清洁煤技术的基础研究、示范研发以及产业化推广等,尤其是近几年出台的宏观政策明确了清洁煤及碳捕集利用与封存技术在国内的定位,并且对技术研发和相关示范项目的操作运行提供了更加强有力的支持,积极推进清洁煤技术产业化。

2.2 中国清洁煤法律制度

中国在清洁煤领域出台多部法律法规及相关标准来推广煤炭的清洁高效利用,如1996年颁

布的《煤炭法》、1997年颁布的《节约能源法》、2000年颁布的《大气污染防治法》以及2002年颁布的《清洁生产促进法》等，都有对煤炭清洁利用或节能技术的涉及，但整体偏于战略性及原则性，大多是鼓励性规定，缺乏明确的操作指引或强制性规定。

2004年12月，国家发展改革委发布《煤炭经营监管办法》，其中第十四条规定“国家鼓励使用洁净煤，推广动力配煤、工业型煤，节约能源，减少污染”。

2008年8月发布了《中华人民共和国循环经济促进法》，其中第二十一条为“国家鼓励和支持企业使用高效节油产品。电力、石油加工、化工、钢铁、有色金属和建材等企业，必须在国家规定的范围和期限内，以洁净煤、石油焦、天然气等清洁能源替代燃料油，停止使用不符合国家规定的燃油发电机组和燃油锅炉”。在《中国应对气候变化科技专项行动》明确规定将碳捕集、利用与封存技术作为减少温室气体的重要手段。

2009年3月，国家发展改革委、环境保护部、科技部等多个部委将推进洁净煤技术产业化列为落实《政府工作报告》的重点工作。

2013年9月，国家发展改革委适当调整燃煤发电企业脱硝标准，鼓励燃煤发电企业进行脱硝、除尘改造，燃煤发电企业脱硝电价补偿标准由0.8分/kWh提高至1分/kWh。

随着《火电厂大气污染物排放标准（2011年）》的颁布实施，2015年起将实行燃煤汞排放限制，逐步实施对PM_{2.5}超细颗粒物的排放标准。中国已启动SO₂、NO_x、汞等多种污染物协同控制关键技术的研发，并计划在600MW燃煤发电机组进行示范。

2015年12月，国务院常务会议决定在2020年前对燃煤机组全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造，对落后产能和不符合相关强制性标准要求的电厂坚决淘汰关停，东、中部地区要提前至2017年和2018年达标，大幅降低发电煤耗和污染排放。

进入21世纪，随着对煤炭清洁技术的重视

程度日益增加，部分法律进行重新修订，如《节约能源法》和《清洁生产促进法》等，部分地方立法机关也发布相关条例对煤炭清洁生产进行鼓励支持，但上述涉及清洁煤技术的具体法律条文有限，多侧重鼓励性规定，缺乏对清洁煤技术的明确操作指引和保障。

3 美国清洁煤科技计划与法律制度

美国在1985年和加拿大提出“清洁煤”概念之后开始不断发展清洁煤技术，在2001年成立了“国家能源政策研究组”，公布新的国家能源政策，确定煤炭是主要发电燃料，积极研究开发洁净煤技术，提出“黑煤变绿煤”，利用先进的清洁煤技术使黑色煤炭变成环保型煤炭，促进环境的保护和改善。2010年2月，奥巴马总统以备忘录形式要求美国国务院、能源部、环保署、财政部、科技政策办公室等14个联邦部门或机构建立碳捕集、利用与封存工作组，企图在联邦层面制定一个全面协调的碳捕集与封存商业化发展战略。

3.1 美国清洁煤科技计划

清洁煤技术一直是美国加快部署与发展的先进能源技术之一。1986年，在美国及国际出现高效利用能源和加强环境保护的需求下，美国最早实施清洁煤技术的相关计划“清洁煤技术示范计划”（Clean Coal Technology Demonstration Program, CCTDP）。该计划利用先进的煤炭利用技术，提高燃煤效率，保证能源供应的持续发展，减少环境污染，主要解决酸雨等环境问题，大幅度降低SO₂、NO_x和空气中颗粒物（PM₁₀）的排放^[10-12]。美国能源部负责组织实施CCTDP，整体分5轮共计57个示范项目，成功完成33个，主要集中在环境控制装置、先进发电技术、燃料处理以及工业应用等4个领域，其余24个项目被撤销。这些示范项目共投资32.5亿美元，其中政府投资13亿美元，企业投资19.5亿美元^[11-12]。该计划也成为政府和企业合作的典范。超过20余项的创新技术成功进行商业化运营（如整体煤气化联合循环IGCC、烟气脱硫、选择

性催化还原以及低 NO_x 燃烧器等技术),有利于改善能源生产及空气质量^[11-12]。之后陆续提出了不同的项目计划来推广清洁煤技术。

2002年,清洁煤创新技术示范项目“清洁煤发电计划”(Clean Coal Power Initiative, CCPI)出台,为期10年,计划投资20亿美元,由美国政府和工业界开发和展示商业规模的先进煤基发电技术,促进更高效、先进的清洁煤技术在电厂中的应用。美国能源部分3轮筛选18个项目,已完成4个,仍有4个还在进行中^[11-12]。CCTDP的成功实施为CCPI提供了良好的技术基础^[13]。该计划的实施为更先进的清洁煤技术提供联合资助,整合碳捕集、利用与封存技术,展示了通过提高煤电厂将煤转化为电力或其他能源形式的效率来减少温室气体排放的方法,削减发电厂的含硫、氮和汞污染物^[11-12]。

2003年,美国布什政府提出FutureGen项目,计划投资10亿美元建设一座煤基零排放电—氢工厂,首次将碳捕集、利用与封存(CCS)与整体煤气化联合循环(IGCC)技术相结合,实现燃煤发电厂有害气体的零排放^[14]。2008年,限于成本增加的因素,布什政府停止了该项目。2010年,美国政府将其重组为FutureGen 2.0项目进行推进,对先进的富氧燃烧技术进行测试,捕获和分离 CO_2 与其他气体,压缩和输送 CO_2 到封存点,注入 CO_2 进行地质封存,计划年捕获 CO_2 130万吨,对CCS全面示范。然而,受到《2009美国复苏和再投资法案》的法律限制,能源部于2015年2月暂停该项目^[11-12]。

2004年,美国财年预算支持煤炭科研项目的3.156亿美元资金中有500万美元用于煤生产洁净燃料的研究项目,采取各种优惠政策和开发先进技术鼓励利用煤层气,其利用率从原来占天然气利用总量的1%提高到17%。

2006年启动先进能源计划(AEP),开发清洁煤等技术,实现能源转换,并在美国气候变化技术计划(CCPT)中提到,通过碳捕集、存储等方式来控制温室气体的排放。2010年美国向多个清洁煤技术示范项目投入近40美元的资金。

2011年美国清洁煤技术研发经费30亿美元。

2013年2月,美国气候和能源解决方案中心发布《关于气候变化和清洁能源的联邦行动》,主要包括碳排放价格、提高能源利用效率、减少来自发电厂 CO_2 排放、加强低碳技术研发与示范、对清洁能源的税收抵免及收缩联邦碳足迹等行动,有力推进清洁能源,减少碳排放,并加强美国的气候适应能力;同年5月美国启动清洁能源制造计划。

2013年10月,美国能源部公布了18个项目并提供近8400万美元的资助以促进清洁煤第二代技术的创新研究;同年11月,发布3个整体煤气化联合循环(IGCC)及 CO_2 捕获集成技术的资助项目,投入1230万美元;同年12月,宣布清洁能源税收抵免计划(MTC)第二阶段的一项超过1.5亿美元的税收抵免(第一阶段结余部分),为清洁能源设备制造商提供总额达23亿美元的税收抵扣,帮助美国建立了清洁能源制造的优势。

2014年,美国总统研发预算中清洁能源及气候变化领域的研发投入分别为31.42亿美元和26.52亿美元,而能源部清洁能源技术活动预算提高到62亿美元,比2012年增长40%;其他政府部门用于清洁能源技术活动的预算提高到79亿美元,比2012年增长30%。计划10年内通过税收等激励政策投入230亿美元支持可再生能源生产以提高能效,鼓励企业加大先进能源设备和设施的投资,实施先进能源生产项目。

2015年8月,美国政府以及美国环保署(EPA)公布清洁电力计划(Clean Power Plan, CPP)最终方案^[15],这是美国史上首次针对发电厂制造碳排放污染设定标准,被称为“史上最严”的清洁能源计划,计划在2005年基础上,到2030年其电力行业碳排放减少32%,但同年11月参议院投票否决了该计划。

另外,截至2016年,全球共有15个碳捕集、利用与封存的大型项目投入运行,总碳捕集能力可达3000万吨/年(30 Mtpa),其中美国有7个项目,另有3个与加拿大合作的项目,预计

2017年年初将会有3个项目投入运行（分别位于密西西比、得克萨斯和伊利诺斯，碳捕集规模为5Mtpa）^[8-9]。

美国上述清洁煤技术科技计划主要侧重环保、节能以及经济发展方面的考虑，整体层层推进技术的发展以及科技计划的实施，不同科技计划之间衔接紧密，主要以政府和企业间合作为主，从技术研发、示范到商业化应用等均具有较强的指导性。

3.2 美国清洁煤法律制度

美国在1990年发布的《清洁空气法》修正法案，对SO₂等空气污染物的排放进行限定。2005年8月通过《能源政策法》，鼓励提高能源效率，节约能源，促进发展替代能源和可再生能源，并对清洁煤项目授权拨款事项及16.5亿美元的税收优惠作了详细规定，对碳捕集、利用与封存的早期研发和发展计划进行规定并提供资金。该法案各项条款细致严谨，通过立法和税收优惠促进形成清洁煤产业并为之提供相关保障。同时，为了减少燃煤对环境造成的污染，美国致力于通过煤炭气化与液化等加工方法使原煤转化成高能量密度的低硫低灰燃料，从而满足美国清洁空气法修正案（CAAA）的要求。

美国环境保护署2008年首次对地下封存的CO₂提出法规管制意见，并更新《安全饮用水法》，将CO₂灌注井纳入其中，以保证饮用水的安全。公布CO₂捕集、运输和封存指南，使碳捕集与封存规范满足于《清洁空气法》的要求。《减碳科技桥法2008》（Carbon Reduction Technology Bridge Act of 2008），对包括碳捕集与封存设备安装、CO₂运输、封存以及提高驱油率等项目进行最高到30美元/吨的CO₂税收减免，鼓励私营企业对碳捕集与封存进行投资及研发。同年，国会提出《利伯曼—华纳气候安全法》（Lieberman-Warner Climate Security Act, S.2191），提出加速该技术推广的3个机制，即免费排放额度、新火电厂排放性能标准的强制性碳捕集与封存实施以及补贴。

2009年3月，美国提出《碳捕集与封存技术

及早部署法案》，鼓励相关行业及早部署碳捕集与封存技术，且可以集体投票决定是否成立碳捕集与封存研究机构；同年7月，《美国清洁能源与安全法案》进一步规定了碳捕集与封存的监管框架，专门设立一章来规范碳捕捉和封存的实施，规定在碳注入后确保封存地信息的充分披露。

2010年年初，美国能源部和环保署成立碳捕集与封存工作组，大力开发CO₂的捕集、运输、储存技术。同年11月，美国环保局签署安全碳存储技术行动条例，规范了碳捕集与封存项目的具体实施措施，要求对CO₂封存设施情况进行监控并汇报有关数据。

2011年3月，《CO₂封存法案》纳入法律条款的提议案被全票通过，规定了碳捕集与封存项目关闭后的封存气体拥有权和责任转移的问题。该条例的实施，使美国碳捕集与封存项目运行有章可循，确保了地下封存CO₂的安全性，为美国未来大规模推广该技术扫清障碍。同年5月，《碳捕集技术法案》（S.757）以及《碳捕集与封存规划修正案》（S.699）这两项重要的碳封存法案通过，确保了煤炭未来长期使用。《碳捕集技术法案》（S.757）为解决减少CO₂排放提供了最新方法，或将直接为减少大气中CO₂的技术开发建立一个奖励系统^[16]。《碳捕集与封存规划修正案》为10个商业规模碳捕集与封存项目解决了部署的主要障碍。

《2014年碳捕集与封存部署法案》（Carbon Capture and Sequestration Deployment Act of 2014）（S.2287）强调碳捕集、利用与封存的税收激励政策，要求能源部对现有程序进行年度评估并支持，并修订税收法典，对碳封存进行税收抵免。《2014年通过提高石油采收率扩大碳捕集法案》（Expanding Carbon Capture through Enhanced Oil Recovery Act of 2014）（S.2288）通过对税收法典修订扩大现有的优惠来鼓励碳捕集、利用与封存，扩大采油生产，另外，联邦政府可通过合格强化油气开采项目来增加税收和以及特许权使用费的收取，实现收入的净增长。

美国多数州政府也参与制定了碳捕集相关的

法律制度,如华盛顿州的《地下注入控制规则》,制定新的地质封存实施标准;俄克拉荷马州颁布了《二氧化碳地质封存法》;印第安纳州将CO₂的运输管理纳入该州的法典的法律制度等^[7]。

4 讨论

清洁煤技术是通往能源可持续发展的必由之路,不但可以有效提高煤炭利用率,减少环境污染,促进生态环境平衡,而且在一定程度上保障了国家的能源供给与安全,促进经济发展。该技术的产生以及发展对环境保护、应对气候变化以及能源需求等至关重要。对清洁煤技术的发展无论从科技计划规划布局和实施还是从政策以及法律制度角度来看,中国与美国之间都存在一定的差距。

针对清洁煤技术相关科技计划,两国出发点基本一致,全面覆盖环境、资源以及经济发展等方面,但在具体的规划及实施过程中差别较大。美国从最早的清洁煤技术示范计划开始,到后来的清洁煤发电计划、Future Gen、Future 2.0和先进能源计划以及多个碳捕集、利用与封存大型项目的运行可以看出不同阶段的科技计划侧重于不同程度的清洁煤技术,分批次完成对项目的筛选及推进,在层层推进技术研发的同时,完善对该技术商业化应用的实际推广,从基础研究、技术研发直到最后的大规模产业化等具有较强的指导性,实现清洁煤技术产学研的紧密结合,并且科技计划之间衔接联系紧密,政府和企业各司其职,保证了清洁煤技术的研究、示范以及商业化应用的顺利进行。美国在煤炭高效清洁燃烧、煤炭转化、污染物控制新技术等方面走在世界前沿,尤其在温室气体排放以及碳捕集、利用与封存方面,全球已运行的大型碳捕集、利用与封存项目中近一半在美国,现阶段主要以此为热点进行相关计划的布置。中国清洁煤技术发展较美国虽晚,但在国家基础研究计划(973计划)、国家高技术发展计划(863计划)、科技支撑计划以及国际科技合作项目的支持下开展基础研究、技术研发及中小规模的工程示范,清洁煤技术相关科

技计划整体倾向于技术的全面推进,各项技术都已取得长足进步,多个领域达到世界先进水平,仍需提高原煤预处理技术和高效工业节能技术的应用规模以及燃煤发电技术的大规模商业化应用,加大煤化工行业技术的示范力度,积极研发探索前沿的碳捕集、利用与封存技术。

从国家出台的相关政策角度来看,美国在促进清洁煤技术应用上的政策较为完善,从清洁煤技术的研发、示范到商业化全过程,出台了一系列的政策措施,制定了清洁煤技术应用未来发展路线图及实施步骤。我国早期出台的清洁煤相关政策具有较强的宏观引导性,对具体实施措施的细化程度不够,但近几年对清洁煤的扶持力度逐渐加大,不断明确了清洁煤及碳捕集、利用与封存技术在国内的定位,深入细化不同政策,对技术研发和相关示范项目的操作运行提供了更加强有力的支持,积极推进清洁煤技术产业化。

从法律制度方面来看,美国构建清洁煤技术相关事务的法律体系,以法律和法规手段解决煤炭带来的能源问题,从立法、税收优惠以及经济奖励等多方面对清洁煤技术进行推广,诸如《能源政策法》、《减碳科技桥法 2008》、《CO₂封存法案》、《碳捕集技术法案》、《碳捕集与封存规划修正案》等,法律条文具体详细陈述相关研发计划,通过税收优惠政策激励企业采用先进清洁煤技术;在当前的碳捕集、利用与封存这一先进技术方面也出台一系列政策、法规和技术规范等推广发展,商业化应用目前已走在世界的前列。中国早期与清洁煤技术相关的法律多具战略性和原则性,无法为清洁煤技术一系列相关事宜提供强有力的法律法规制约和保障。21世纪以来,随着对煤炭清洁技术的重视程度日益增加,部分法律进行重新修订,如《节约能源法》和《清洁生产促进法》等,但与之相关联的具体法律条文仍然不多,无法在其发展过程中起到良好的指引作用以及保障作用,需加强对煤炭清洁生产利用的法制建设,进行总体布局和协调实施,完善专项法律及具体的实施细则,尤其是在碳捕集、利用与封存方面,中国的立法尚未取得突破^[8],还未形成专门的与

碳捕集、利用与封存相关的立法和标准政策，需要在示范项目的基础上来加强对其标准的制定。

我国清洁煤技术需要用长期的战略眼光进行规划，尤其是集中优势力量开展主要技术的产学研工作，在加大技术研发力度的同时，增加法律法规的约束和保障，提高税收方面的政策优惠力度，实行低碳管理，积极引导市场主体对清洁煤技术产业的投入，引导金融机构和多渠道民间资本，推动清洁煤技术的产业化进程以及相关技术的国际出口推广。

5 结语

煤炭在世界许多国家的能源结构中占据重要地位，传统煤炭资源的开采和利用引发了诸多环境问题，制约社会经济发展，所以必须大力推广清洁煤技术实现煤炭行业的清洁发展，中美两国对于清洁煤技术的出发点较为一致，侧重于环保和经济发展双重考虑。美国在清洁煤技术相关科技计划、政策以及法律制度方面比较完善，涉及技术研发、示范以及商业化等全过程，多由政府和企业联合，层层推进技术逐级发展，同时构建完善的法律事务体系，为之提供强有力的法律政策制约和资金支持进行保障；对于碳捕集、利用与封存这一清洁煤领域的前沿热点技术，美国在科技计划、政策、法规及技术规范等方面亦相对完善，国内各州纷纷制定碳捕集相关法律制度来推广相关项目的实际操作，已开展的商业化应用项目数量高居于世界首位。中国在清洁煤领域出台多项科技计划、法律法规及政策措施等推广煤炭清洁高效利用，科技计划着重于全面推进各项技术的发展，多个领域取得较大进步并达到世界先进水平，但仍需在示范力度、应用规模、商业化应用以及前沿热点技术研发等方面加强；法律法规早期多具有战略性和原则性，需落实具体的推动措施并加强对地区强制性执行硬性标准的齐全构建，形成专业的法律事务体系；碳捕集、利用与封存技术方面需给予大量相关政策引导，立法方面急需形成专门的相关立法、标准和政策等来引导和规范示范项目中相关新技术的实施，未

来需要不断利用创新驱动煤炭产业可持续发展，加强技术的融合与国际间的合作。

参考文献

- [1] TOWLER B F. The future of energy[M]. Boston: Academic Press, 2014: 273-299.
- [2] 陈贵锋. 洁净煤技术产业发展机遇与挑战[J]. 中国能源, 2010, 32(4):5-8.
- [3] 赵嘉博, 刘小军. 洁净煤技术的研究现状及进展[J]. 露天采矿技术, 2011(1): 66-69.
- [4] 陶蕊, 武思宏, 闫冬. 基于论文和专利数据的中美清洁煤技术研发实力与合作趋势分析[J]. 世界科技研究与发展, 2013, 35(2): 298-302.
- [5] 黄雄. 中国洁净煤技术法律问题研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2012.
- [6] 仲平, 彭斯震, 张九天, 等. 发达国家碳捕集, 利用与封存技术及其启示[J]. 中国人口资源与环境, 2012, 22(4): 25-28.
- [7] 赵荣钦, 丁明磊, 黄贤金. 中国碳捕集, 利用与封存技术的政策体系研究[J]. 国土资源科技管理, 2013, 30(3): 116-122.
- [8] GLOBAL CCS INSTITUTE. The Global Status of CCS: 2015[R]. Australia, 2015.
- [9] GLOBAL CCS INSTITUTE. The Global Status of CCS: 2016[R]. Australia, 2016.
- [10] 化文. 美国洁净煤计划[J]. 全球科技经济瞭望, 1994(1):26-28.
- [11] 美国国家能源技术实验室. Major demonstrations[EB/OL].[2016-09-10]. <https://www.netl.doe.gov/research/coal/major-demonstrations>.
- [12] 美国能源部. Major demonstrations[EB/OL].[2016-09-10]. <https://energy.gov/fe/science-innovation/clean-coal-research/major-demonstrations>.
- [13] 王琳, 李文华. 美国新一轮洁净煤发电计划的实施现状[J]. 洁净煤技术, 2005, 11(3):1-4.
- [14] 王润. 洁净煤的未来之路[J]. 世界科学, 2008(4):14-15.
- [15] 周琪, 付随鑫. 美国《清洁电力计划》及其对美国能源行业的影响[J]. 国际石油经济, 2015 (10): 25-31.
- [16] 汤道路, 苏小云. 美国“碳捕捉与封存”(CCS)法律制度研究[J]. 郑州航空工业管理学院学报: 社会科学版, 2011, 30(5): 159-162.
- [17] 张晓暄. 二氧化碳捕集与封存的国际法律制度研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [18] 闵剑, 加璐. 我国碳捕集与封存技术应用前景分析[J]. 石油石化节能与减排, 2011(2): 21-27.