

煤炭地下气化高新技术产业化战略思考

Strategic Thoughts on Hi-Tech Industrialization of Underground Coal Gasification

杨兰和

(中国矿业大学资源与环境科学学院, 博士、副教授 徐州 221008)

余 力

(中国矿业大学北京校区化工与环境工程系, 教授 北京 100083)

早在 1979 年,联合国“世界煤炭远景会议”上就明确指出:“发展煤炭地下气化是世界煤炭开采的研究方向之一,是从根本上解决传统采煤方法存在的一系列技术和环境问题的重要途径。”1992 年由国家科委制定的我国科学技术中长期发展纲要的白皮书中,明确提出了到 2020 年的战略目标和关键技术之一,是要完成地下气化研究试验和建立商业性煤炭地下气化站。国家“八五”重点科技攻关项目——徐州新河二号井煤炭地下气化半工业性试验,于 1994 年圆满完成预定试验目标,并通过了国家级技术鉴定,各项试验指标均达到国际先进水平。1995 年 5 月,经河北省计委批准立项,在唐山刘庄煤矿进行煤炭地下气化工业性试验。从 1996 年 5 月 18 日一次点火成功,至今已安全运行 3 年多,成为我国第一个煤炭地下气化工业性示范工程。该试验工程在国内外首创“长通道、大断面、双火源、两阶段”地下气化的新工艺理论和“多功能钻孔应用、正反向燃烧气化、压抽相结合气化、燃空区填充、探测燃烧区技术、温控爆破渗流燃烧技术”等先进的气化操作工艺,取得了具有世界性突破的重大成果。这一高新技术成果,为我国煤炭工业的深化改革和稳定顺利地进行产业结构调整,提供了一个全新的发展方向 and 不可多得的历史机遇。

一、煤炭地下气化是重点产煤区产业结构向集约型方向调整发展的重要技术介质

煤炭地下气化是将矿井内未开采的煤炭,利用气化剂如水蒸汽、氧气或空气等,在地下煤层中进行各种化学反应,把高分子的固体煤转化为低分子结构的可燃气体的一种化学采煤方法。它的直接产品煤气的用途十分广泛,可以供城镇居民生活用燃气,又可替代锅炉燃煤造气供工业生产或电厂发

电,还可以作为各种型窑的热源,更为重要的是煤气可以制成一系列化工合成产品。

煤炭地下气化作为一项先进、科学的工艺并通过半工业与工业性 4 年多的试运行实践,已达到稳定产气的目标。这一成功的技术实践,是煤炭行业传统采煤工艺及煤加工技术的一次革命性突破;指出了保护环境、保护资源、综合利用、发展煤炭精细加工的一条可靠技术路线。随着行业和企业科技水平的不断提高,它的产业链条将随着工业化生产进程而延伸和扩展。煤炭地下气化这一高新技术的转化与应用,作为重点产煤区产业结构向集约型方向调整发展的重要介质,正在逐步被人们所认识,并引起国家管理部门、地方政府和科技界的高度重视。作为一项具有带动性、应用性、市场性、前瞻性和可持续发展性的高新技术,一旦进入产业化过程,其独特的中介功能及诱人的开发前景,将会使目前生产与科研、经济发展与技术进步的分离状态得到显著的改善。

从中介方法论的角度来看,煤炭地下气化技术是联结科学与生产、科学与经济的中介物。它的产业化与应用,首先要求必须善于运用中介思维方法,准确地认识和把握其转化的特点与规律,从技术和技术市场的发育、发展起步,把高新技术成果产业转化的方向、目标、政策、机制以及物质技术条件,在一定时空范围内区域化、企业化、具体化。因此要善于依托中介机构、技术市场、技术经纪人队伍及技术保险业,形成实际可行的技术辐射网;要重视煤炭地下气化把建井、开采、气化 3 大工艺共融为一体,并直接从地下煤层中提取含能组份的这一显著的高技术含量的特点。

煤气属尚未普及应用的商品,其产品链的应用性开发潜力巨大。由这一高新技术成果产业化而出现的新的技术群、工业群,标志着我国煤炭工业的技术基础将经历一次质的变化。由这一技术基础的

改变而带动的产业结构调整和创新，将推动我国煤炭工业摆脱传统的粗放型经营模式，走上高技术化、集约型、可持续发展的道路。

二、煤炭地下气化是煤炭工业生产力扩张和叠加发展的首选技术

一项新的技术革命对经济增长和社会进步产生的深远影响，在于从根本上改变了一个产业的技术基础，并获得生产力扩张和叠加发展的显著效应。煤炭地下气化成果产业转化的结果是：实现了集建井、开采、气化 3 大工艺于一体，实现了井下无人、无设备、长壁式气化工作面，不需要采、运、洗选和地面气化的设备与工艺操作管理人员，就可以从井下煤层中直接提取煤的含能组份，在井下将煤炭转化为化工原料，也可在地面净化后作为清洁的终端能源直接供用户使用，这将大大节约煤转化的能耗、提高综合利用率、大幅度降低成本，使煤的附加值提高 5~15 倍。煤炭地下气化新工艺的实施，可获得 H₂ 含量在 50 % 以上、CO 含量在 15 % 以上的煤气，不仅可以合成甲醇、二甲醚等化工原料，还可提取纯氢。由于水煤气成本相对较低，其下游产品将具有强大的市场竞争力。这项新工艺实施时无“三废”外排，将有害物质扼制在源头，其环保效益也十分显著。煤炭地下气化工程实施后，可以盘活存量资产，将报废矿井的较为完备的基础设施如土地、道路、电网、工房建筑、办公设施等充分利用起来，既可节省建设投资、缩短建设周期，又可用最经济的方式开发边际资源，实现生产成本低、效率高、回收率高，生产系统简单、安全的目的。用前苏联“安格林”地下气化站实际运行的技术经济指标与条件相近的煤炭地下开采的技术经济指标相比较，其差异性是很明显的(表 1)。

美国专家曾对地下气化与地面气化生产相同的下游产品的成本作过比较：生产合成气成本下降 43 %，生产天然气代用品成本下降 10~18 %，发电成本下降 27 %。据前苏联列宁格勒火力发电设计院计算，地下气化热力发电厂与燃煤电厂相比，厂房空间可减少 50 %，锅炉金属耗量可降低 30 %，工作人员可以减少 37 %。如果与国外无井式气化相比，我国的“长通道、大断面、两阶段”地下气化工艺，可以大大降低供风压力，从而还可使运行费用及煤气成本更低(表 2)。

表 1 “安格林”地下气化站与条件规模基本相同的煤地下开采的技术经济指标对比表

项目	地下开采	地下气化	增减数	升降 %
基建总投资	2 500 万卢布	550 万卢布	- 1 950 万卢布	降 78
每吨煤投资	71.4 卢布	15.7 卢布	- 55.7 卢布	降 78
建设时间	2~3 年	1~2 年	缩短 1 年	
生产成本	18~22 卢布	7.8~8 卢布	- 11~14 卢布	降 61~63
生产效率	40~45 吨/月人	180 吨/月·人	+ 135 吨/月·人	升 300
资源回收率	70~80 %	90 % 以上	+ 10 % 以上	
安全	较差	好		
系统	复杂	简单		
环保	差	好		
占地面积	大	小		

表 2 地面气化与地下气化情况对比表

项目	地面气化	地下气化
基建投资(元/ m ³)	350~450	120~150
成本(元/ m ³)	0.4~0.6	0.15~0.25
生产工艺	备煤选煤	建地下气化炉
环境保护	有灰渣排放	无灰渣、污染物少

为了充分利用地下煤气产品，降低能耗和缩短输送距离，必须以现代技术手段合理配置气种，利用尾气能量形成最优化的产品链综合开发，如煤、气、电、冶产业联动，煤、气、化工联产等(如图 1 所示)。这种开发思路，应以加快高新技术产业化为基本目的，以建设商业性煤炭地下气化站为龙头，创立适应自身发展规律的工业园区，“筑巢引凤”，吸引外资，实现技术—资金—市场—效益的良性循环。这种要素配置方式，可使工业园区内部形成灵活而易于调整的产品链，同时也构成区内生产力总

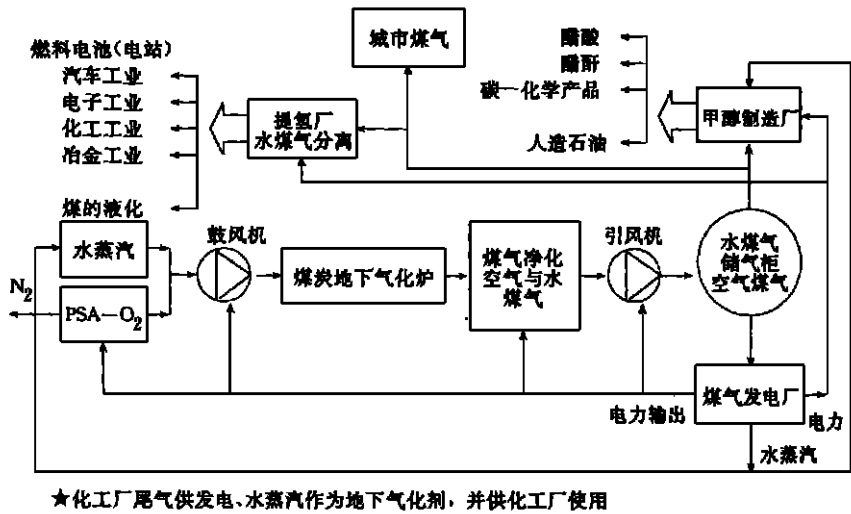


图 1 煤炭地下气化煤气发电煤化工联合循环系统示意图

体布局的优化与生产效率的提高。这种联合循环系统，通过“产业联动工程”和“工业园区”的方式实施煤炭地下气化技术成果的产业转化，可以较好地解决重点产煤区科学与经

济、技术与生产相互脱节的问题,有利于稳妥地建立我国煤炭资源开发利用的创新体系。从生产力经济学的角度看,它还可以创造独特的能量流向形态:以煤炭工业的能力转化与能量扩张,激活区域与企业的生产力要素,使产业结构与产品结构的顺序成长和有序突破相统一;以多元产业综合开发的财力积累与现代管理的智能渗透,打破传统封闭的产业格局,使产业规模的区域优势与联动效率相统一。

煤炭地下气化技术的产业应用,是在产煤区传统经济基础条件下进行的,既充分利用现有的生产基础和资源优势,又敢于打破常规用高新技术改变传统产业的技术基础,创造了新的物质表达方式。这种既有继承又有创新的产业结构格局,顺应了生产力发展的能力转化规律,开辟了新一轮物质财富的创造途径。煤炭地下气化技术的实施,不仅对形成第二代采煤方法的科学理论和创立煤炭地下气化的新学科产生了重大而深远的影响,而且作为重点产煤区域生产力扩张与叠加发展的一项首选技术,还将为我国煤炭工业的振兴开辟一条新路。这是由煤炭产业结构调整的方向与战略目标所决定的。

三、煤炭地下气化是实施可持续发展战略的基点工程

切实转变经济增长方式,把以大量消耗资源、能源,牺牲生态环境为代价的传统经济增长方式,转变到依靠科技进步、实施集约化经营的轨道上,是我国可持续发展战略的基本出发点。要实现经济的可持续发展,就必须实现科学与经济的密切结合,实现产业结构的调整、升级和不断创新。因此,在我国的长期经济发展中,依靠科技进步,把解决环境和资源保护问题与区域产业结构的调整和创新融为一体,就成为不同经济区域实施可持续发展战略的一项基础工程。煤炭地下气化技术成果,无论是从研究思想、技术路线、战略方向和产业价值的现实审视,还是从经济效益、环境效益、社会效益和社会资源保护的潜在意义评估,都切中了“可持续发展”这个基点。

煤炭在我国的能源消费中,80%以上用于燃烧。大气污染中80%的烟尘和99%的 SO_2 来自燃煤。煤的燃烧和三废排放,对我国水体、土壤污染也有明显的总体效应。特别是重点产煤区域,以井工开采为主的传统采煤方法和煤炭加工,对地表环境及大气环境的破坏,已形成十分严重的后果。据统计,目前全国约有30万公顷土地塌陷,且每年新增塌陷面积在2万公顷左右;矸石积存量已达30亿吨,占地1.2万公顷,而且以每年外排量1.3亿吨的

速度增加;矸石自燃和焦炭冶炼排出的大量烟尘及 SO_2 、CO等有害气体,使大气环境的恶化越来越严重。从世界目前的能源结构趋势分析,石油、天然气将先于煤炭而枯竭。从我国今后相当长的时期看,能源的来源仍然是以煤为主。因此,运用“煤炭地下气化”这一世界公认的较理想的煤炭清洁开发利用方式,实现我国重点产煤区域未来化石燃料的高技术开发和产业结构的调整与创新,无疑是区域经济发展的必由之路。

从煤炭地下气化技术的战略地位看,作为一项能源转换新技术,对我国碳—化学的发展具有十分重要的推动作用。它的发展不仅可以加速煤炭工业的结构调整和创新,而且还可以直接影响和带动煤化工、电力、交通、航天、城市煤气及氢能的开发利用等工业。用“煤炭地下气化”的高技术充实相关的工业门类,产生新的技术群、产业群,必将对我国未来国民经济发展产生重要而深远的影响。它对重点产煤区域农村经济发展和农村现代化建设的潜在影响,也将随着对产煤区集镇群落、村社群落和矿井群落的技术辐射而越来越大。

煤炭地下气化技术的产业应用,可以大大缓减采煤和燃烧对生态环境产生的负面效应,有效控制和减少地表环境、大气环境的直接破坏。它把资源保护的方式融入产业结构和环境结构的调整与改善之中,把环境保护的重点放在源头而非末端治理,是一项符合可持续发展原则的环境友好绿色技术,同时也是一项先进性和适用性很强的共性技术。它作为我国重点产煤区实施可持续发展战略的基点工程和创新工程,具有普遍的实践意义。

四、实现煤炭地下气化技术产业转化的几个关键问题

1. 运用国家科技、经济政策工具,发挥政府调控的主导作用

煤炭地下气化技术作为一项具有世界性突破的高新技术,煤气产品作为一个带动性、聚合性、边缘性较强的中间产品,其单项优势的延伸和聚集,都会在产业转化中形成新的产业联动趋势。因此,地方政府应当充分运用国家政策工具,要把国家关于高新技术成果转化和产业结构调整的大政策用足用活,敢于进行风险决策、风险投资、风险经营;要高度重视智力资本的投入,从高新技术成果转化的起步阶段,就要确定与现代企业制度相匹配的,以明确界定财产关系为基础的,有利于人的智慧、技能、创造潜能充分发挥的激励机制;要形成相配套的育新观念、育新战略、育新技术政策和育新氛围环境;要形成以企业为中心的技术创新机制,如,建

(下转第37页)

件,资助最多为两年,其领域集中在战略性企业规划、市场研究、管理队伍的建立、知识产权战略、提供技术和生产样板等方面。项目资金的80%由政府提供,20%由申请人自筹;资助额一般为2~5万元,个别可达10万元。

四、澳大利亚的科技政策体系对我国科技发展的主要启示

1. 增强全社会科技创新意识的培养,为科技发展奠定思想基础。澳大利亚将科技创新作为发展高科技的主导思想,并将创新作为一种文化进行宣传和提倡。创新的概念虽然是100多年前由熊彼特提出的,但至今仍具有很强的生命力,原因在于创新精神和内容不断发展和延续。面对21世纪高科技产业化发展的大趋势,我国经济的快速发展必须更多地依靠科技创新的力量,否则将落于他人之后。为此,就要增强全社会科技创新意识的培养。当今的科技创新意识意味着一种在合作和竞争的过程中不断求新的态度和精神;一种为一个明确的目标不断学习和进取的活力。科技创新的本质是一种生存和发展能力的体现。我国尤其要破除封建传统文化意识的影响,创造有利于创新意识萌生和发展的社会环境,包括教育环境、工作环境和生活环境。

2. 增强科研机构与企业的合作联系,为科技创新提供一种规范的机制。科技创新的成败,不在于有多少科研成果,而在于有多少成果形成了社会生产力,创造了多少社会财富和价值。多年以来,我国科研与生产相互脱节,主要原因是没有形成有效的科技创新体制和机制。澳大利亚在促进公共部门与

企业加强联系的作法方面对我们是很有启发的。一是应加强政府对科研机构的经费预算管理。目前虽然有相当多的科研机构已实行改制,改为企业化经营,但还保留了少部分由政府出资的科研机构。对这些机构应加强预算管理,进行考核,特别是要考核其有多少成果形成了专利,带来了多少经济效益,以此作为政府提供资助经费的依据,促进科研机构与企业和生产的紧密结合。二是力促“产学研”相结合机制的形成。许多国家的经验表明,形成“产学研”的机制是加快高科技产业化发展的有效途径。澳大利亚的特点在于,这种机制是通过研究成果的专利化、商品化、市场化进行运作的。我国也应借鉴这种方式,以加强知识产权意识和保护,促进知识更好地形成社会价值。三是对中小學生加强生产现场的科技培训,增强其科技创新的潜在意识,使教育更好地为科研生产服务。

3. 对科技创新的生产建设项目应加大政策支持力度。科技创新关系到我国经济发展的前途和命运,应放在重要的地位上。特别是在“十五”时期,直接关系到我国产业结构能否转换、实现结构升级,关系到国民经济发展是否能更持续、快速和健康。为此,国家应加大科技资金的投入力度,并在税收、信贷等方面支持、鼓励并帮助企业开展自主创新活动。在这方面澳大利亚实行了多种计划项目,这些项目大多是近年才实施的。由此可见,他们对科技创新的重视也刚刚才开始。只要我们认清形势,制定正确的政策,我国的科技创新一定能够更快更好地得到发展,并对经济发展产生不可估量的作用。

(责任编辑 王宏章)

(上接第53页)

立风险投资体制、区域性中介咨询机构、高新技术孵化中心、高科技开发企业等与市场经济规律相适应的市场主体;要善于运用产业关联、协调的理论指导实际工作,解决传统产业的结构矛盾;要以科技进步和市场机制为动力,以煤炭地下气化产品为龙头,促进相关产品、产业的优势互补,形成新的经济聚合效应和市场竞争优势。

2. 注重开发企业的创新功能,最大限度地激活企业的资源要素

煤炭地下气化技术的产业应用,关键在于企业的机制创新能力、技术创新能力、管理创新能力,在企业活力系统整合中能否得到最好的发挥。因此,企业在产业转化中,要做好4方面的基础工作:一是在技术项目的选择方面,要坚持多方案比较,以技术上先进、适用,经济上合理、合算,环保上科学、有效为基本目标;二是在技术论证和商务谈判方面,要坚持专业化操作,充分发挥本企业专业人员和外聘经济、技术专家的作用,把好技术评价、经济

评估和法律咨询3个关;三是在技术与经济协作方面,坚持多方位合作,大市场交流,引进和吸纳企业经营所需要的一切资源要素,拓宽企业市场竞争的方向;四是在人才开发方面,要坚持以人为本,走科研和企业相结合的道路。

3. 坚持走政府、企业、市场相结合的道路,创造协调联动的产业聚合优势

重点产煤区的政府要因势利导、适时把握本区导入新技术的成熟机会,即经过市场调研,确认煤炭地下气化技术的潜在市场,创造高技术成果顺利向生产领域转移的要素条件和市场氛围;同时,技术拥有方也要打破传统的科研和人事管理体制,依靠本单位技术力量,把技术成果的输出纳入市场机制。走政府调控、市场拉动、企业运作相结合的高新技术产业转化之路,形成协调联动的产业聚合优势,是重点产煤区域推动产业结构调整和创新工程的正确选择。

(责任编辑 肖庆山)