

煤炭产业技术创新战略的探讨

陈立武¹, 李冬东²

(1. 中国中煤能源集团有限公司, 北京 100120; 2. 煤炭信息研究院, 北京 100029)

[摘要] 在分析和探讨技术创新及其战略理论的基础上,分析了我国煤炭产业的技术创新及其战略问题,考虑到技术发展阶段差异较大的特点,先进企业的创新战略应选择率先创新与模仿创新并存,其他大多数企业则应主要采用模仿创新战略,并形成产学研相结合、主体及模式多元化的集成创新格局。

[关键词] 技术创新;煤炭产业;战略

[中图分类号] TD-9 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)11-0026-07

1 前言

煤炭产业为我国约提供 70% 的一次能源^[1],在可预见的未来仍将处于绝对主要位置。但是,在国际气候变化和碳减排压力的形势下,我国煤炭产业将面临资源和环境的双重约束,需要进一步提高产业集中度,加快向集约发展转型,通过技术创新调整产业结构。因此,分析探讨煤炭产业的技术创新及其战略,有助于推进技术升级,实现产业科学发展。

2 技术创新及其战略

技术创新是企业核心竞争力的源泉,也是产业升级发展的关键因素,深化认识技术创新特征,合理选择技术创新战略,很大程度决定了技术创新的成败。

2.1 技术创新及分类

2.1.1 技术创新概念的提出

美籍奥地利经济学家约瑟夫·阿罗斯·熊比特(J. A. Schumpeter)从论证技术变革对经济非均衡增长以及社会发展非稳定性的影响出发,在 1912 年德文版《经济发展理论》^[2]中首次提出了技术创新的思想与概念,1934 年译成英文时,正式使用“创新”

(innovation)一词。熊比特认为,创新是指企业家对于生产要素的新组合,创新的目的在于获取潜在利润。他分析了创新的内在机理,用技术变革的现实来解释资本主义经济的周期发展,认为决定经济周期运动的关键是技术创新。他认为,发明创造(包括科技成果)只是一种新概念、新设想或实验品;而技术创新则是将发明或科技成果引入生产体系,利用其原理制造出市场需要的商品。

此后,索罗(S. C. Solo, 1951 年)、弗里曼(C. Freeman, 1973 年, 1982 年)及美国科学基金会即 NSF(National Science Foundation of USA, 1976 年)等国外大批学者和机构曾先后对技术创新进行了系统研究。北京清华大学教授傅家骥^[3]认为,狭义技术创新始于研究开发,终于市场实现,广义技术创新则始于发明创造,终于技术扩散。

2.1.2 技术创新的基本类型

技术创新的分类可以根据不同的分类方法而定。根据创新过程中的技术变化强度的不同,可以划分为渐进性创新和根本性创新。渐进性创新(incremental innovation)是对现有技术的改进引起的渐进性、连续性的创新活动。而根本性创新(radical innovation)则是重大技术突破的创新活动。

根据创新对象的不同,可将技术创新划分为产

[收稿日期] 2011-08-22;修回日期 2011-09-15

[作者简介] 陈立武(1960—)男,湖南武冈市人,教授级高级工程师,研究方向为采矿工程技术、技术创新及产业政策等;

E-mail: clw68@163.com

品创新和过程创新。产品创新(product innovation)是指产品用途及其应用原理有变化的创新活动。而过程创新(process innovation)也称工艺创新,则是指产品的生产技术的变革,包括新工艺、新设备、新的组织管理方式。渐进性创新与根本性创新,产品创新与过程创新可以分别按以下创新矩阵分类,其中纵坐标是创新强度,横坐标是创新对象,这样可构成四类创新活动,如图1所示。

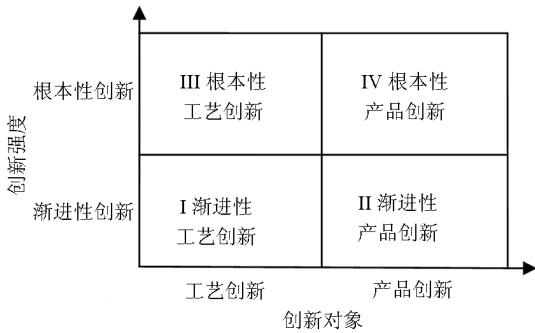


图1 技术创新分类矩阵图

Fig. 1 Technological innovation laplacian

根本性创新是跳跃的、不连续的创新,是渐进性创新活动逐步积累到一定程度的产物。而产品创新之后常紧跟一系列工艺创新活动。有时产品创新效益明显,有时工艺创新获益更大。渐进性创新与根本性创新也是如此。如美国3M公司开发生产一种小型不干胶便笺,技术虽不复杂,但每年为3M公司带来3亿美元以上的销售收入。

近年来,发达国家逐步注重集成创新。集成创新是美国高技术企业为适应经济发展而创造出来的一种新的技术管理和生产组织方式。其理论源泉是哈佛大学教授马可·伊恩斯蒂(Marco Iansiti)在1998年提出的“技术集成”(technology integration)理念。集成创新的主体是企业,其目的是为了有效集成各种要素,更多地占有市场份额,创造更大的经济效益。

2.2 技术创新基本战略及其分析

2.2.1 技术创新战略及其分类

美国哈佛大学商学院教授、战略研究专家迈克尔·波特(Micheal E. Porter)专门研究了与技术创新有关的市场竞争战略^[4]。英国学者弗里曼(Freeman)将创新战略按创新时机和创新程度分为进攻型战略、防御型战略、模仿型战略、传统型战略和机会型战略5种。而英国教科书则根据安索夫(I. Ansoff)对于企业经营战略的分类相应地把技术创新战

略分为市场领先者战略、追随领先者战略、应用工程战略和模仿战略。北京清华大学教授傅家骥^[3]提出了自主创新、模仿创新和合作创新3种技术创新基本战略类型。国内学者高健^[5]、施培公^[6]分别提出不同的创新战略分类。

笔者认为:创新战略分类可从两个维度进行,一是从创新技术进入市场的时间序列进行划分,将技术创新战略划分为率先创新和模仿创新;二是从创新的主体形式进行划分,将创新战略划分为自主创新和合作创新。通过矩阵组合可以形成4类典型技术创新战略,如图2所示。

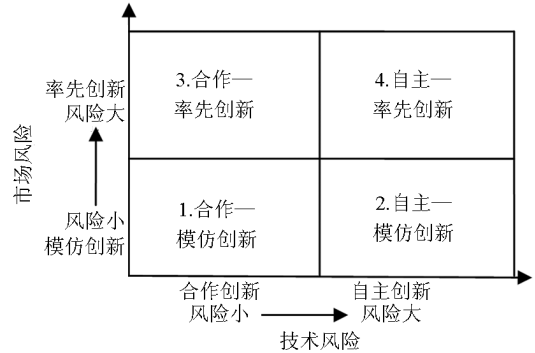


图2 技术创新战略矩阵及风险分析图

Fig. 2 Technological innovation strategy risk

2.2.2 创新战略分析

率先创新也可称原始创新,指企业依靠自身努力和探索,产生核心技术或概念的突破,并依靠自身能力完成创新后续环节,率先实现技术的商品化和市场开拓,向市场推出全新的产品或工艺,一般是根本性创新,开辟全新市场或领域。如美国Intel公司的计算机微软处理器,属于率先创新。

模仿创新是后发者的创新,是指企业以率先创新者的创新思路为榜样,以其创新产品或工艺为示范,吸取率先者经验教训,并改进和完善,进一步开发和生产富有竞争力的产品,参与竞争。模仿创新决非模仿抄袭,属于渐进性创新。如松下公司对某录像机全面剖析,查找关键缺陷,通过模仿开发,推出机型小、性能高、价格低的新型录像机,很快占领录像机总销量首位。

自主创新具有率先性^[3],它是企业通过自身努力和探索产生新技术或工艺,并依靠自身能力完成技术商品化,获取商品利润的创新活动。合作创新是企业间或产学研的联合创新行为。自主创新与合作创新具有主体或体系的相对性,当采用自主创新表征一国技术创新特征时,自主创新是指一国不依

赖外国的技术引进,依靠本国技术力量独立开发新技术进行创新的活动,但不排除国内各企业之间或产学研的技术合作。

2.3 创新战略与创新风险分析

技术创新的风险主要来自两个方面:其一是研发风险,这是一种技术性风险,起因于对科学发现和技术原理掌握不够,技术成功的不确定性;其二是市场风险,这是由于技术成果商业化和市场化是否成功的不确定性。两类风险并无严格界限,在不同的产业或创新项目中,两类风险大小有所不同。合作创新通常以合作伙伴的共同利益为基础,以资源共享、优势互补为前提,有明确的合作目标、期限和规则,在创新的某些环节或全过程共同投入,共同参与,共担风险,共享成果,集中于技术或市场风险大的产业或项目,且主要集中在研发(research and development)环节,有利于降低创新风险。有关创新战略风险的关系可见图2。

世界著名的铱星公司(Iridium LLC)2000年3月由美国破产法院破产清算^[7],再次表明率先创新存在的巨大风险,同时表明正确选择创新战略及技术创新管理体系的极端重要性。“铱星”开创了全球个人通信新时代,但因对电话市场前景判断失误,运营成本太高,背负40多亿美元债务无力按期偿还,被迫宣告破产,摩托罗拉公司因此损失巨大。

3 煤炭产业与技术创新

我国目前仍处于工业化中期阶段,煤炭产业仍然具有十分广阔的发展空间。我国现有煤炭产业的产能较大,但总体上技术比较落后,安全保障能力不高,经营比较粗放,企业缺乏竞争力。迫切需要通过技术创新,提升煤炭企业核心竞争力,改造煤炭产业,促进产业升级。

3.1 传统产业与煤炭产业

煤炭产业是典型的传统产业。传统产业是在新兴的高技术产业出现之后人们对以往技术产业的一种表述。传统产业和高技术产业的划分是一种相对阶段与时间观念。高技术的概念必须是从国际规范化和全球的视野来考察的。阿尔文·托夫勒(Alvin Toffler)1980年在《第三次浪潮》^[8]中指出,工业文明犹如夕阳西沉,将一系列传统产业称为“夕阳产业”,认为将较快趋于消亡。实践证明,这种提法有欠科学性,应客观科学分析传统产业。

首先,传统产业在国民经济中的地位,如以占国

内生产总值的比例统计将降低^[9],从业人数会减少,但通过注入高新技术和技术改造,传统产业国内生产总值绝对值还会增加,农业、纺织业、矿业等都不会消亡;其次,大量耗竭资源、污染环境和破坏生态的传统产业生产方式或技术属于“夕阳技术”,必然会被逐步取代。将传统产业笼统称为“夕阳产业”是不科学的,宜提“夕阳技术”或“夕阳产品”。

目前国内煤炭生产和消费分别约占国内一次能源构成的76%和68%^[11],预计到2050年,煤炭能源所占比例不会低于50%^[10]。煤炭产业在国民经济中的基础地位,将是长期的、稳固的,具有不可替代性。

3.2 煤炭产业技术发展的现状与问题

2009年,我国煤炭产量30.5亿t,位居世界首位^[10],但百万吨工亡率0.892人/百万t,原国有重点煤矿生产效率5.413t/工,采煤和掘进机械化程度分别为89.97%、80.03%,而美国、澳大利亚煤炭产量分别为9.73亿t、4.09亿t,百万吨工亡率分别仅0.01、0.018人/百万t,生产效率达30t/工以上,机械化程度达100%。即使与我国经济发展水平比较接近的印度,煤炭产量5.62亿t,百万吨工亡率0.167人/百万t。其主要原因是,尽管近年来煤炭需求旺盛、产量大幅度提高,但是总体上煤炭产业仍缺乏相应的现代先进技术支持,煤炭企业缺乏技术创新能力及创新形成的长效机制。

3.3 技术创新对煤炭产业的作用

一般来说,技术创新对煤炭等传统产业的作用主要体现在以下3个方面:

1)用高新技术改造技术装备和工艺,改善生产安全环境,防范安全事故,提高劳动效率,提高产品质量,降低产品成本。目前,我国煤炭产业技术改造的重点是大力推进煤矿、选煤厂等机械化、自动化,提高生产效率、煤炭质量,提高安全可靠,增强其市场竞争力。

2)用高新技术改造和完善生产管理系统,为煤炭产业提供多种先进的检测、控制装置和以计算机为核心的现代化通信网络,促进生产管理跨越和升级。目前,我国煤炭产业的许多先进企业正在努力推进信息化建设,优化企业组织结构,实现管理现代化。

3)利用高新技术来升级换代传统产品,促使传统产业的产品朝着多种类、多功能、高档次、高效率、低能耗、低物耗、低成本的方向发展,通过产品升级

换代焕发传统产业的生机和活力。

长期以来,煤炭产业的创新活动的主要目标是降低伤亡率,减少安全事故,减少物能消耗,提高采掘机械化程度,提高劳动效率,包括生产环节改造、采掘运机械化、井巷布置优化等装备与工艺措施,这些均属工艺创新。近年来,逐步重视产品创新,包括煤炭液化、煤炭气化、水煤浆、煤炭筛选分级和重新配置,以及煤制油、煤化工产品等,实现煤炭资源价值的最大化。

3.4 煤炭产业技术创新战略及其选择

3.4.1 技术创新阶段分析

工业化阶段与技术创新阶段具有良好的对应性,从美国、日本、韩国技术创新发展历程来看,经济、技术标志与工业化和技术创新阶段存在如表 1 所示的基本关系^[6],到 2009 年我国研发经费占国内生产总值之比为 1.70%,较 2000 年提高了 0.8 个百分点。中国内地以国际汇率记的人均 GNP 为 4 283 美元,低于世界平均值,位于所统计的 182 个国家(地区)中的第 95 位。

表 1 技术创新发展阶段标志^[5]

Table 1 Technological innovation stage mark

工业化阶段	工业化前	第一阶段	第二阶段	工业化后
经济标志				
人均 GNP /美元	< 300	300 ~ 2 000	2 000 ~ 4 750	> 4 750
技术标志 R&D/GNP	< 1 %	1 % ~ 2 %	2 %	2 % 以上
技术创新阶段	使用技术为主	改进技术模仿创新	率先创新模仿创新	率先创新为主

根据美国、日本和韩国技术和经济发展的经验,从国家、产业及企业的层次,技术创新战略的选择必须与经济竞争发展阶段相对应,必须与技术创新发展阶段相适应。从国家层次来看,企图越过模仿创新直接进入率先创新几乎是不可能的;从产业层次来看,由于特殊环境和政策造就的超越模仿创新阶段直接进入率先创新的行为,在个别产业、少数项目中是有可能实现的,但要考虑付出较高的代价或机会成本。其主要表现在自然、经济和人力等稀缺性资源高度集中于某一产业或项目,力促该产业或项目技术的超越发展,使稀缺性资源投入的边际效益下降,造成资源相对浪费,而使其他产业减少发展机会。因此,后发者发挥后发优势的最佳战略选择应

该首选通过引进、消化技术,实施模仿创新,在此基础上逐步完成向率先创新战略的过渡,实现产业腾飞。这个阶段是比较漫长的。美国约为 50 ~ 60 年(1860—1910 或 1920 年),日本约为 20 ~ 25 年(1955—1975 或 1980 年),韩国约为 20 年(1980—2000 年),我国如果从实行市场经济过渡转变的 1994 年起算,预计 20 年即到 2015 年,且研发经费占比达到 2.0% 以上,才有可能总体上进入率先创新阶段。

3.4.2 煤炭产业技术创新战略选择及其依据

从技术发展阶段来看,我国煤炭产业以大量成套购买国外先进设备和技术为标志,经历了大约 20 年(1975—1995 年)的使用技术阶段,2000 年后已相继进入改进技术阶段。20 世纪 70 年代中期从美欧等地大规模购买引进 100 多套综合机械化采煤成套设备,到 90 年代中后期综采部分关键设备(综采液压支架等)已出口到俄罗斯、印度等国。2007 年,首套放顶煤成套设备及技术出口俄罗斯。放顶煤支架专利成功转让给 DBT 公司,成为煤炭机械领域知识产权的首次出口。

由于我国幅员辽阔,煤炭产业历史悠久,一些小煤矿还停留在打眼放炮等开采阶段,而大多数国有重点煤矿则已进入综合机械化开采阶段,达到或接近国际先进开采水平,这些不同类型的煤矿之间技术发展的历史跨度相差大约 40 年。因此,煤炭产业在技术创新战略的选择过程中,既要考虑产业先进企业技术发展阶段,还要考虑产业内其他企业的技术发展阶段。

煤炭产业的先进企业在主导技术上已经进入改进技术阶段中后期,应该采用模仿创新与率先创新相结合的战略。同时对于一些特殊技术和项目,可以采用购买引进、模仿创新和率先创新三位一体的技术创新战略,争取实现技术跨越式发展。比如,煤炭产业的井巷支护技术,1995 年由煤炭部科教司牵头组织产、学、研有关专家,进行锚杆支护技术的重点攻关,从引进、演示、扩大试验,到 1999 年创新成功仅用了 5 年时间^[11],就实现了 20 年的技术跨越,2000—2005 年在全国各重点煤矿推广使用。目前,全国煤矿均已经大面积采用该技术,并在复合围岩、软岩、深部开采及其他高应力复杂条件下,部分填补了国内外井巷支护技术的空白,初步完成由模仿创新向率先创新的转变,对于提高我国煤矿安全保障能力、推动煤炭产业技术进步,发挥了重大作用。

4 煤炭产业技术创新的案例

神华集团、中煤集团等特大型煤炭企业,其大部分煤矿已经建成安全高效矿井,部分煤矿已达到国际领先或先进水平。因此,应该根据企业实力和效益原则,缩短模仿创新阶段,并在部分关键领域突出重点、集中资源,直接进入率先创新阶段,实现技术跨越,引领煤炭产业健康发展。

4.1 中煤集团的技术创新

中煤能源集团是我国特大型能源企业,煤炭产量位居全国第二,主营业务包括煤炭生产及贸易、煤机制造、煤矿建设、煤化工、坑口发电和煤层气开发,以及相关工程技术服务。近年来,中煤能源集团充分发挥煤炭产业链完整的优势,围绕提高企业核心竞争力,加大国内外、行业内的合作创新力度,强化创新能力建设。目前拥有露井联采、浅埋深硬顶板厚煤层综采放顶煤、湖下开采、重大煤机装备、特厚冲积层特殊凿井、深立井快速机械化施工、油页岩提油技术和煤层气成套开发等一批国际国内领先的核心技术,为产业技术创新发挥重要引领作用。

1) 围绕建设平朔亿吨级煤炭生产基地目标,结合矿区实际条件,研究解决了露天煤矿剥采工艺、综采放顶煤试验(井工煤矿综采放顶煤工作面可见图3)、年产千万吨级综采成套装备技术、露井联合开采关键技术等(安太堡露天煤矿可见图4),2010年11月创造了采煤工效599 t/工的世界最高纪录。2010年,中煤平朔煤业公司完成原煤1.05亿t,提前实现亿吨级奋斗目标,成为我国首个单一省区单一矿区建成的亿吨级矿区。



图3 中煤平朔井工煤矿综采放顶煤工作面

Fig. 3 The top coal caving in fully mechanized mining face in Pingshuo underground mine

2) 研究开发深部开采技术,包括大屯矿区深部开采岩巷非对称支护技术、深部煤巷围岩变形“三

控”技术、深部大断面交叉点的“双控锚杆(索)”技术,为解决煤炭深部开采提供了技术保证。



图4 中煤平朔安太堡露天煤矿——亚洲第一矿

Fig. 4 Pingshuo Antaibao open-cut mine

3) 年产千万吨级综采成套装备技术取得重要成果。结合我国大型煤炭基地和千万吨级矿井建设需要,完成国家千万吨采煤成套装备的研发、制造与应用,研制成功年产千万吨煤矿井下综采工作面成套装备,达到国内领先水平(特厚煤层大采高综采成套设备可见图5)。



图5 中煤集团承担的国家科技计划重大项目——特厚煤层大采高综采成套设备

Fig. 5 Fully mechanized mining equipment in thick coal seam by China National Coal Mining Equipment Co., Ltd.

4) 超大直径深立井设计、施工技术和特厚表土层冻结法凿井关键技术取得重大突破,攻克600 m特厚表土层冻结法凿井关键技术,创造了587.5 m的厚表土冻结施工世界纪录。已取得井壁结构设计、超大型凿井井架、液压伞钻、全液压抓岩机、超深孔爆破、千米深立井凿井成套装备及安全快速施工工法等一大批重大科技成果。

5) 成功开发循环经济与绿色能源成套技术,包括露天排土场生态治理复垦技术,矿区生态环境恢复治理成果由国家环保部向全国推广,自主开发的粉煤灰先提硅后提铝技术获得多项国际专利。开发实施沁南煤层气高技术产业化国家示范工程,首次研究形成整套适宜于我国高阶煤储层特征的具有自

主知识产权的煤层气开发技术体系,填补了我国煤层气产业的多项技术空白。

6)按照“先研究、后建设”矿区建设新模式,构建产业技术创新战略联盟,包括中煤科工集团、中国科学院、中石油东方地球物理勘探院等,以及中国矿业大学、北京科技大学、中南大学和北京大学等高校院所,系统研究包括地质与防治水、弱粘结基岩快速建井、矿压与采掘技术、保水采煤与生态治理、资源综合利用与循环经济等成套技术与装备,建设蒙陕亿吨级现代化矿区,为我国西部煤炭开发提供技术支撑。

4.2 神华集团的技术创新

神华集团公司是集煤矿、电力、铁路、港口、煤制油煤化工一体化的特大型能源企业,是我国目前最大煤炭企业、全球最大煤炭供应商。为提高企业竞争力,自2001年开始,整合、利用科技资源,着力加强战略合作,在解决重大关键技术难题的同时,建立了适合神华发展的产学研用相结合的技术创新模式。

1)研究实施神东现代化矿区建设与生产技术,包括快速建井技术,设计产能800万t/a的神东榆家梁矿仅用10个月建成投产,创造特大型井工矿快速建设的世界奇迹;首创综采面辅巷多通道快速搬家技术等,哈拉沟矿建成世界上第一个百人千万吨矿井,安全、环保、效益等方面达到了世界一流水平。

2)神华煤直接液化技术掌握了具有自主知识产权的煤直接液化工艺技术,2008年12月,世界上第一条年产百万吨油品的生产线已成功出油,标志着我国成为世界上唯一掌握百万吨级煤直接液化关键技术的国家。该项目是国家能源安全战略的重要组成部分,也是我国新能源发展的重大尝试。

3)建立与上海市的战略合作。与上海市及相关企业在采煤关键装备研发、电力设备制造和煤直接液化中试基地建设方面展开战略合作。神华集团参与研发、采购上海电气集团大型电站主机设备,极大支持了600MW电站主机设备的国产化进程,上海市则对神华煤直接液化中试基地建设给予巨大支持。

4)构建产业技术创新战略联盟。2007年,神华集团牵头联合中国航天科技集团、上海交通大学、煤炭科学研究总院等18家单位组建“煤炭开发利用技术创新战略联盟”,被列入国家首批试点的4个战略联盟之一。形成了以市场为链接点,自愿平等、

利益共赢、风险共担、资源共享、优势互补的双向合作及多方战略联盟相结合的产学研用合作新模式。

5 结语

1)煤炭产业必须通过技术创新手段,应用高新技术改造传统技术,促进其产业技术跨越和升级。同时,必须高度重视技术创新战略的合理选择,考虑宏观环境和技术发展阶段因素,根据市场和效益原则,力求自然、资金、技术和人力等资源要素的最佳配置。

2)模仿创新是后发产业实现技术跨越的最佳创新战略,煤炭产业技术发展阶段差异较大,现阶段我国煤炭产业先进企业的技术创新战略应选择率先创新与模仿创新并存为主要形式。其他大多数企业技术创新战略应主要采用模仿创新战略。

3)煤炭产业的各企业创新资源比较单一,各创新主体研发与生产制造资源分割。通过合作创新可以实现资源优势互补,提高创新效率,降低创新风险。因此,要推进产学研合作创新,包括国内外、产业内外的产学研合作,建设无边界产业技术创新战略联盟,形成主体开放、模式多元化的产学研集成创新格局。

4)2010年我国煤炭产量已占全球煤炭产量的44%,展望未来十年,我国煤炭产业应有所作为。神华、中煤集团等特大型煤炭企业,应继续改造完善煤矿生产系统的薄弱环节,实现集团内各煤矿全面机械化,研究解决煤炭开发西移所带来的安全与环境问题,提升安全技术综合保障能力。同时,积极推进自动化煤矿示范工程建设,并在数字化、智能化煤矿的研发和试验方面有所突破,引领煤炭产业科学协调发展。

参考文献

- [1] 黄盛初. 2010中国煤炭发展报告[M]. 北京:煤炭工业出版社, 2011.
- [2] 熊比特. 经济发展理论[M]. 杜贞旭, 郑丽萍, 刘显岗, 译. 北京:中国商业出版社, 2009.
- [3] 傅家骥. 技术创新学[M]. 北京:清华大学出版社, 1998.
- [4] 迈克尔·波特. 竞争战略[M]. 陈小悦, 译. 北京:华夏出版社, 2005.
- [5] 高健. 中国企业技术创新分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [6] 施培公. 后发优势[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.
- [7] 平树. “世界第一”怎么落到这般田地[N]. 科技日报, 2000-3-21.
- [8] 阿尔温·托夫勒. 第三次浪潮[M]. 朱志焱, 潘琪, 译. 北京:生

A probe into the technological innovation strategy of China coal industry

Chen Liwu¹, Li Dongdong²

(1. China National Coal Group Corporation, Beijing 100120, China;

2. China Coal Information Institute, Beijing 100029, China)

[**Abstract**] Based on discussion and analysis of technological innovation and relevant strategic theories, this article investigated technological innovation and strategy issues of China's coal industry with the conclusion that the major differences in technological advancing stages should be prudently considered. The innovation strategy for advanced enterprises should be both leading innovation and imitative innovation. For other enterprises, imitative innovation would be the main strategy. The optimal situation for China's coal industry is technology integration cooperation between enterprises, universities and research institutes with the diversity of participants and engagements.

[**Key words**] technological innovation; coal industry; strategy