

# “躯干国家”制造向“头脑国家” 制造转型的路径选择\*

——基于高端装备制造产业成长路径选择的视角

□李 坤 于 渤 李清均

**提要** :本文基于高端装备制造产业成长路径选择的视角,关注“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型过程中的经济发展与科技创新问题。研究认为,国家制造由“躯干国家”制造和“头脑国家”制造构成,前者向后者的演化需要国家制造创新能力支撑;高端装备制造产业成长的路径演化存在一个“大道定理”。研究发现,高端装备制造产业成长是国外国家制造转型升级的内生动力;高端装备制造产业成长上升国家战略对于国家制造转型是至关重要的;高铁装备制造产业成长经验契合这样的路径选择,本地化的技术创新更有利于地方发展;哈电集团“市场换技术”是企业制造成功经验,但前提必须依靠本土力量实现技术跨越。

**关键词** :国家制造转型 高端装备制造成长 大道定理 创新驱动 路径选择

## 一、引言

制造业回归目前已经成为国家制造能力较强各国应对国际金融危机深度影响、提振经济增长的重要途径之一。它主要源自于世界经济发展重心向实体经济回归,世界经济结构重塑平衡关系,世界经济催生新一轮产业革命,世界经济发展主题锁定“低碳经济与绿色增长”(曾铮,2012)。制造业回归与苏醒,高端装备制造产业成长必须先行。国家高端装备制造“十二五”发展规划明确指出:高端装备制造业是以高新技术为引领,处于价值链高端和产业链核心环节,决定着整个产业链综合竞争力的战略性新兴产业,是现代产业体系的脊梁,是推动工业转型升级的引擎。我们研究发现,从“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型,实质是高端装备制造产业成长机制正向激励的发展结果,已经成为中国国家制造的新目标,旨在实现由“中国制造”向“中国智造”的历史性跨越。史占中(2013)研究认为,如果不致力于推动能使我国制造业独领风骚的核心技术创新,最终导致我国无法实现真正的技术跨越,更遑论引领未来制造的发展。在国家空间里的能力价值比赛中,国家制造则是以其核心能力的技术复杂度而获得领先地位的(刘林青等,2003)。Porter(1990)在构建国家竞争优势模型时阐述了产业集群的创新扎堆机理,对国家制造转型升级的影响。Hausmann等(2007)认为,国家制造业竞争力提升内在原因是采取出口发达国家出口商品可能带来更好的经济绩效。美国拥有占全球41.06%的3D打印技术应用的市场份额(王忠宏等,2013),就是“头脑国家”制造的充分体现。美国宇航局委托研究项目称其3D打印技术是一个自我复制、自我成长的月球工厂,实现国家制造的核心机器的制造(胡迪、利普森等,2013)。这些理论主张证明一点,“头脑国家”制造是国家制造强盛之策,必须强化自主核心技术战略的持续支持。总体看,我国仍然是“躯干国家”制造。以高端装备制造业为例,90%的高档数控机床依赖进口,95%的高档数控系统来自于发达国家与地区制造,智能装备对外

\* 本研究得到国家自然科学基金“我国装备制造业技术管理与技术能力双螺旋发展模式构建与路径研究”(70972098)、国家自然科学基金“企业技术跨越过程中自主创新能力形成与演化机理研究”(71272175)、黑龙江省重大科技攻关课题“黑龙江省科技创新资源整合与成果转化”(GC09D102)的资助。

依存度高达 70% ,大部分机器人、工厂自动化装置、科学仪器和精密测量仪器基本由国外制造垄断。卡脖子战略是西方国家对中国国家制造战略升级的打压策略。燃气轮机中最为核心的高温燃烧室,国外不但不卖给我们产品或技术,就连合资工厂都不能在国内建设(陈祎森,2011)。从我国 躯干国家 制造存在的问题看,我国装备工业其经济总量虽然已经跻身于世界第一位,但高端装备销售收入对于整个制造业的贡献度微乎其微。如何寻求 躯干国家 制造向 头脑国家 制造转型的演化路径,是研究领域的一个空白。它是本文关切的中心论题。本文认为,躯干国家 制造向 头脑国家 制造转型发展,其演化路径聚焦在高端装备制造产业成长路径选择上,更有利于揭示经济全球化条件下,立足自我,整合世界高级发展要素,实现持续健康发展的激励结构与成长特征。为此,本文研究做出如下结构安排:构建理论分析框架,界定研究对象,进行数理分析,解释其转型路径演化的机理与机制;进行实证研究,从国家、行业和企业 3 个层面找出经验证据,回应理论分析提出的研究命题;最后做出本文总结,并针对现实存在的问题,提出相应的政策建议。

## 二、理论分析

(一)国家制造包括“躯干国家”制造和“头脑国家”制造,前者向后者转型是引领全球化发展的战略支撑

所谓国家制造是指主权国家国民经济与社会发展的制造能力,包括国家引领制造,行业先进制造和企业自主制造。国家制造水平与能力代表一国在国际制造业竞争实力与地位。其国家制造基本构成,参见图 1。

由于国家制造创新能力的缘故,不同创新能力对应的国家制造效用有所不同。从国际的国家制造发展经验看,国家制造大体包括两者类型:躯干国家 制造与 头脑国家 制造两部分构成。因国家制造创新能力不够,躯干国家 制造的制造效用曲线服从国家制造微笑经验曲线,其制造创新能力分布是,高端装备制造能力与市场定价能力产生的效用较少,总装集成式的躯干制造,是以资源、环境过度消耗和低成

国家引领制造
行业先进制造
企业自主制造

图 1 国家制造构成

本支撑的世界廉价制造的血汗工厂占居主体地位。此时,躯干国家 制造的效用受益区,参见图 2 所示。即效用受益区主要分布在 U 型曲线端口以下的部位。目前,我国国家制造基本处在这样一种情形。

国家制造创新能力是主权国家经济全球化竞争力提升与制胜的法宝。国家里能力价值竞赛往往体现在国家制造创新能力的竞赛。由于自然禀赋条件与主权国家制造创新能力的非均衡分布,国际制造的引领者常常以 头脑国家 制造的身份出现在世界经济的竞争舞台。由于国家制造创新能力的强有力驱动,头脑国家 制造与 躯干国家 制造的情形恰恰相反,其国家制造的效用曲线由微笑经验曲线转变为快乐经验曲线,U 型曲线转换为倒 U 型曲线,头脑国家 制造受益区面积被界定在倒 U 型曲线的 钟形 内部,其效用值明显增大。具体参见图 3。头脑国家 采取举国之策,动员公共财力与社会力量,进行高端装备制造产业成长的战略储备与成熟技术的有序释放,将制造业主体锁定在制造业岛主、增值链链主的位置,垄断技术、掌控市场、瓜分黄金利润区、引领未来发展走向。国际金融危机进入深度市场出清期,发达国家强调制造业回归,其用意不言而喻。

躯干国家 制造向 头脑国家 制造转型,是世界制造分工深化的继续,也是我国转变经济发展方式,优化经济结构,强化科技创新驱动,进一步增强发展平衡性、协调性、可持续性的战略之举。在不断提升国家制造创新能力和不断增加国家制造效用的双螺旋驱动下,努力超越国家制造分界线,由 躯干国家 制造向 头脑国家 制造转型是当前我国国家制造转型的重中之重,旨在国家引领制造、行业先进制造和企业自主制造的同步推进下,实现 U 型曲线向倒 U 型曲线的转换,由微笑曲线转变成快乐曲线,努力提升经济发展的质量、效益

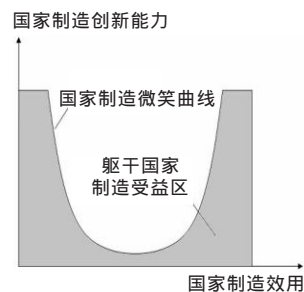


图 2 “躯干国家”制造示意

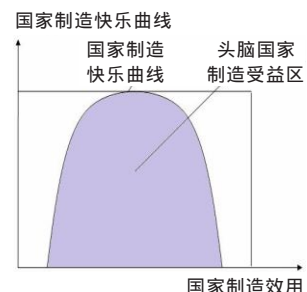


图 3 “头脑国家”制造示意

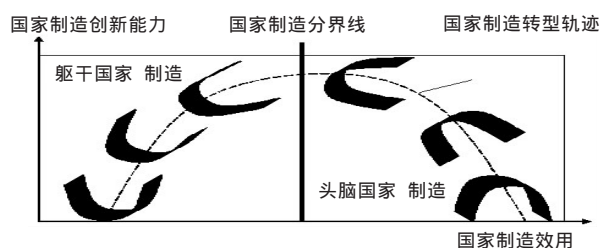


图4 “躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的路径示意和可持续性。其演化路径参见图4。

(二)支撑“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的高端装备制造业成长特征

高端装备制造业成长是“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型发展主体的战略支撑。这是因为高端装备制造业是国家制造的核心,决定着国家制造的前途和命运,决定是否具有全球发展的话语权、发展主动权。其产业发展特征至少包括如下方面:

(1)由低附加值转向高附加值。行业高附加值是高端装备制造产业成长的原动力。主要依靠技术创新制造顶端优势,获取的垄断与超额利润,形成以行业高额利润为主要特征的商业运作模式。

(2)由初级技术化转向高技术化。高技术化的内在涵义是技术跨越(technological leapfrogging)(Soete Luc, 1985)或实现经济蛙跳增长(Elise et al., 1993),带来丰厚生产利润与消费剩余。当关键、核心技术瓶颈实现重大突破时,高技术化比现行技术更具明显的成长优势。

(3)由组织分散孤立化转向规模合理化。高端装备制造产业成长不同单元组织的耦合逻辑关系是:为了获得最大化经济利益,使技术拥有方实施独占技术垄断和成熟技术扩散的根本动机(何予平、秦海菁等, 2009),产业组织的集体学习争取到了自身更大的成长空间,技术领导者的创新集聚与技术扩散,使更多愿意在集体学习中获利的技术跟随者形成了金字塔式的类似于科层的产业组织结构。

(4)由低加工度转向高加工度制造。高端装备制造产业成长,通过市场需求、生产供给的结构性变化,推动生产部门间的制造服务高度关联与分工深化,产生比消费需求增长快得多的中间需求,而且这种制造业服务化与内部分工深化,主要表现为生产的迂回化。高端装备制造生产迂回化,是分工深化的深层现象(杨小凯, 1996)的集中表现,促使研发集成单元和生产制造单元的深度分化与异化,社会网络创新效应集聚了垂直分工组织与纵

向合作组织之间所有的红利因素,在制造水平不断高级化的过程中,进一步凸显新工具带来的劳动剩余与消费剩余。

(5)由高消耗高排放向低碳可持续化。通过装备制造4R原则遵循与坚守,形成巨大的生态红利,缓解资源、环境的有限性与发展无限性间的矛盾,解决日益严重的资源短缺、环境污染、生态破坏等问题。高端装备广泛应用,有利于实施清洁生产制度、强化污染预防,以及构建生态工业以及废弃物综合利用为特征的经济发展模式,在政府、民众等全社会的共同努力下,保持经济、社会、自然系统的良性循环和可持续发展(谭元发, 2010)。

(三)激励“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的高端装备制造产业成长机制

(1)主导市场定价机制。主导市场定价是高端装备制造产业成长机制基本要件。关系型融资者拥有市场驾驭能力,并从融资中赚取正的净收益,在一定时间范围内又支付了必要的融资成本,使其预期在长时间内得到足够的补偿(青木昌彦, 2001)与额外的生产剩余。龙头骨干企业发出市场供求信息,以其独占性、不可复制性、垄断性和自主知识产权的私密性,形成了市场定价,传导价格信息,最终构成了主导市场定价机制。

(2)实现需求扩容机制。其核心功能是强化技术创新,将现行的能源安全问题、环境承载问题、生态发展问题、气候变化问题、公众健康问题、粮食安全问题等焦点(魏际刚, 2000),通过生产能力创新和装备战略升级,转换为实实在在的市场需求和生产扩容,以此促进经济发展方式转变和现行产业结构优化升级。

(3)促进多元化发展融合机制。其系统机制功能是:依据经济全球化、国际化、新型工业化、城镇化和生态发展等新要求,将高端装备制造产业成长机制功效作用由内封闭系统转换为开放性组织成长系统,实现高技术渗透融合装备制造系统,不断地成就高端装备制造业产业成长机制功能完善与提升,促成传统装备制造改造升级;依托信息化促成装备制造业与现代服务业的延伸融合,提高装备制造业的附加值和核心竞争力;促进装备制造内部集成系统与智能化工业的重组融合,形成新的新型产业形态,使柔性化制造系统、计算机集成系统相互融合,进而实现高端装备制造业的网络化、集成



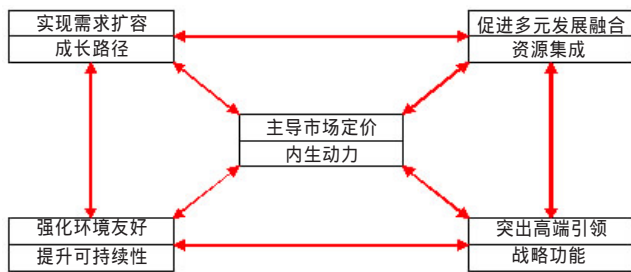


图5 高端装备制造产业成长机制基本构成

化以及服务化。

(4)强化环境友好机制。高端装备制造产业成长机制实质是一个绿色、循环、低碳发展机制的具体实现形式,目的是将资源节约、环境友好社会建设机制构建,以及探索发展平衡性协调性可持续性明显增强的条件与途径,与高端装备制造产业成长机制进行制度、体制、机制与政策层面的深度融合。

(5)突出高端引领机制。高端装备制造产业成长机制的基本功能是全球、区域对全社会经济发展的高端引领。目的是实现制造业低端转向高端的创新驱动目标。高端装备制造产业成长机制的正向与持续激励,将对全球层面、国家层面、区域层面、行业层面、企业层面进行顶端引领,为其提供高端市场、高端装备、核心部件和新系统研发集成单元与生产制造单元等发展机遇与实现方法,促进经济、社会与生态的可持续发展。

具体的机制构成参见图5。

(四)引导“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的高端装备制造产业成长路径选择的“大道定理”

在高端装备制造产业成长路径演化过程中,服从大道定理。其理论推导如下(纳塔丽·西德南科、尤里·耶申科,2011):

令成长的服务期限为 $t-a(t)$ ;引入到该系统的技术创新的单元数量为 $m(t)$ 。

假定 $m(t)$ ,  $t \in [t_0, T]$ ,是路径选择优化的独立控制变量, $m \in L_{[t_0, T]}^\infty$ 。

因技术创新空间分布式的投入与产出之间效益生成的驱动,具有明显的大道性质,即研发投入与产出之间存在一个最优化的关系,在确定未知函数 $a(t)$ ,  $m(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $\sigma(\tau, t)$ ,  $\tau, t \in [t_0, T]$ ,  $T < \infty$ ,使得以下函数最大化:

$$I = \int_{t_0}^T \rho(t) \left[ Q(t) - \lambda(t)m(t) - \int_t^T \sigma(t, v)dv \right] dt \rightarrow \max_{a, m, \sigma} (1)$$

其约束条件为:

$$Q(t) = \int_{a(t)}^t \beta(\tau, t)m(\tau)d\tau \quad (2)$$

$$P(t) = \int_{a(t)}^t m(\tau)d\tau \quad (3)$$

$$\text{约束不等式 } 0 < m(t) < M(t) \quad (4)$$

$$a'(t) \geq 0, a(t) < t \quad (5)$$

$$\text{初始条件: } a(t_0) = a_0, m(\tau) = m_0(\tau), \tau \in [a_0, t_0] \quad (6)$$

$$\int_{t_0}^t \sigma(\tau, t)d\tau = \chi^{m(t), p(t)} \quad (7)$$

$$0 \leq \sigma(\tau, t) \leq \Omega(t), \tau, t \in [t_0, T] \quad (8)$$

公式(1)中, $I$ 代表消费品效用最大化, $p(t)$ 代表折旧因子; $Q(t)$ 代表总产量; $\lambda(t)$ 代表设备单元成本; $m(t)$ 代表引进系统中新设备单元数量; $\sigma(t, v)$ 代表科学管理与研发项目投入的系数。

公式(2)中, $Q(t)$ 代表总产量; $a(t)$ 代表技术角度上过期设备的报废期; $\beta(\tau, t)$ 代表新出现设备单元在 $t$ 时刻处的产出与劳动力之比; $m(\tau)$ 代表在离散点 $\tau$ 处新增的设备单元数量。

公式(3)中, $P(t)$ 代表 $t$ 时刻的劳动力数量; $m(\tau)$ 代表在离散点 $\tau$ 处新增的设备单元数量。

公式(4)中, $0 < m(t) < M(t)$ 代表新设备单元约束空间,即不能超过设备新增产能的最大可提供量。

公式(5)中, $a'(t) \geq 0, a(t) < t$ 代表设备报废期限的强制性约束,即达到报废期限必须退出,这实质是社会经济发展的制度创新,表明技术创新必须嵌入制度创新,才能得以实现。

公式(6)中, $a(t_0) = a_0, m(\tau) = m_0(\tau), \tau \in [a_0, t_0]$ 代表初始状况下,消耗与投入之间存在基点的静态平衡,保持高端装备制造产业成长路径优化。

公式(7)代表在用于为了新技术开发时在 $\tau$ 处发生的投入 $\sigma(\tau, t)$ ,需要接受一个附加的控制函数,以逼近目标函数向最优化方向演化。

公式(8)中, $0 \leq \sigma(\tau, t) \leq \Omega(t), \tau, t \in [t_0, T]$ 代表一个合理的取值空间约束,确保目标函数向最优化区间演进不脱离可控制机制的响应范围。

当公式(1)目标函数与其他约束条件构成寻求最优解的数学表达式时,而且控制变量 $m$ 处在非连续状态,存在 $\sigma'''(\cdot, \cdot)$ ,服从控制变量 $m'''(\cdot)$ 的精确数学关系,我们将公式(8)作为寻求最优解的数值边界,明确了目标函数与约束条件之间确定的数学关系式。

命题:高端装备制造产业成长路径选择具有大道定理的理论属性。当技术创新与制度创新呈现出交互状态,躯干国家制造向头脑国家制造转型更具实现价值。

### 三、实证研究

(一)国外“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的经验及启示

(1)发达国家经验。一是基于国家核心利益考虑,上升国家发展战略。德国为重返世界制造大国地位,在新世纪初就确立了三大制造科技战略,确立了绿色制造、信息制造和极端制造三大发展目标,以科研为高端装备制造开路先锋,对于芯片制造、高档汽车制造、精密仪器制造起到了积极促进作用,特别是极端条件下,微细制造、超精密制造、巨型系统制造方面,显示了引领作用(祁明,2009)。为了摆脱温室气体排放对发展的硬约束,英国政府利用本国在碳捕获(CCS)技术领先优势,出巨资在4个火电发电厂开展碳捕获项目,力争2018年装备自制化和产业化,完成碳捕获技术与装备的全面实施(亚当·乔力,2011)。美国为抢占全球净煤发电高效环保项目,大力推进IGCC(集成气化联合循环)技术装备,与其他动能装备技术相比,该技术装备节水40%,大量氢气与氧气得到分离,二氧化碳与氧化氮实现分离,用以生产气肥料,发展了循环经济,二氧化碳则实现了地下封存(莫神星,2008)。二是动员国家科技创新资源,形成发展的顶端优势。2005年,美国制定专门法,构筑了创新美国法案,将国家科技创新动员机制合法化,进一步强化了国家实验室在高端装备制造产业成长中的控制力。美国国家级实验室一般有能源部、国防部、国家海洋和大气局、国家航空航天局等主导,与世界一流高校联手建设与运营,国家级实验室具体由大学代管,他们根据国家科研计划,获取大量研究经费。比如,劳伦斯伯克利国家实验室,是产生诺贝尔物理、化学家的地方,主要研究领域是高能物理、地球科学、环境科学、计算机科学、能源科学、材料科学,下设18个研究所和研究中心,科学家达到3800人,年获得联邦财政经费在5亿美元以上,同时承担军方的临时科研任务(祁明,2009)。从20世纪90年代开始,爱尔兰举国之力,围绕全球价值链向上移动,推动全岛经济与技术变革,将目标锁定在宽带路线的深度开发与创新,引爆了互联网与电子商务的互动发展,形成了新欧洲呼叫中心(Jeff Sapperstein Dr. Daniel Rouach,2003)。三是引领经济社会发展方向,实施重点领域的重大技术突破。

美国基于应对全球化挑战与国内制造业的产业空心化问题,提出重返制造业发展战略,实施高端装备制造产业成长战略规划,明确要求制造业提升竞争力和促进国内经济增长,主要是围绕改善制造业环境,政府聚焦、促进增长与投资、创新战略深化、经济多样化、降低国内制造业成本、公平竞争环境创造等(孙林岩,2009),形成高端装备工业发展的新优势。日本为了在超大规模集成电路(VLSI)方面赶超美国,形成电子高端制造新优势,继续保持微电子产业的领军优势,日本政府出面协调5家最大半导体生产制造商,组成超大规模集成电路技术技术同盟,以此为基础,开展了对大规模集成电路基础技术研究的“大会战”,设立由相互竞争的企业组成的共同研究组合(孙福全等,2008),创造了半导体制造国际主导发展的创新优势。四是更加注重增长贡献率,强化科技创新资源的商业化盈利运作。高粱(2011)研究发现,世界发达国家主导高端装备制造产业成长的主流趋势是:全球化、高技术化、垄断化、集群化、服务化,但核心战略是将其高端装备制造产业成长趋利与主导全球产业链分工,通过跨国集团垄断与产业规模化,瓜分世界市场,形成较强的商业化盈利运作模式。比如,电力设备领域,ABB、GE、三菱、西门子、阿尔斯通等全球前11家公司占居全球60%的市场份额;机床数控系统由法那克、西门子两家公司占居全球75%的市场份额;冶金装备由SMS、西门子、奥铁联、达涅利三家全球强势巨头企业占居50%以上的市场订单。由于这些行业巨头处于全产业链的顶端,直接控制定价权,主导了高端装备制造行业利润分配。

(2)发展中国家经验。一是摆到全局发展的核心位置。早在2002年,南非就以政府报告形式,由科学与技术部委托国家创新顾问理事会制定和完成了《南非国家先进制造技术战略》<sup>①</sup>,推动国家技术创新与发展高技术含量的先进制造业(孙林岩,2009)。2006年,印度由国家制造业竞争委员会牵头,制定和出台了《国家制造战略》<sup>②</sup>,从中央政府到地方政府,从制造业到每个子行业,从大型企业到中小企业,形成相互支持,共同促进增长、促进投资、促进就业(孙林岩,2009)的发展格局。巴西利用地理区位优势与自然禀赋条件,推进高端装备制造产业成长,致力于企业、大学与政府协同创新,加大科技体制改革,促进企业与科研机构紧密合作,加强与科技强国研发

合作,同时也与发展中国家开展科技创新合作,使其核电、通讯、电子、飞机制造、信息、军工等高端装备工业的技术水平跨入世界先进行列(祁明,2009)。二是注重私营与公营部门的协调。印度实施高端装备制造战略,突出强调国有与非国有企业之间的资源配置的公平性与协调性。南非则将国家先进制造业进行制度创新,形成国家主导,国有跟进,混合所有制企业合作的重要模式,特别是将创新网络中心作为公共服务平台与社会非盈利组织进行共融,形成特有的制度激励结构。澳大利亚国家实施高端装备制造产业成长战略,更加强调全球化、投资、创新与研发以及制造技能之间的公营与私人两部门的生产整合,国家盯住行业规制,企业盯住全球化产业市场,专项规划盯住重点领域的关键技术和领域,实施重点突破(孙林岩,2009)。三是实施靠大联强战略。埃及作为阿拉伯世界的科技创新领袖国家,特别注重高端装备制造产业成长。在推动纺织工业、冶金工业、食品工业、医药工业、化学工业、工程机械、现代农业和动植物保护等方面,列出了高端装备制造产业成长的发展清单,确立了七大国家发展计划,强化国际合作,引进总部经济,将跨国公司的科技创新资源向本土引入与集聚,与美国合作签订科技创新协议,制定跨国公司的母国与东道国之间合作互动协议,实施7个工业项目和4个信息技术项目。与欧盟实施埃及受援计划(IMP),额度达到2.5亿欧元。Intel公司首席执行官与埃及签署了加快信息与通信技术的转型一揽子计划(祁明,2009)。这些做法促进了埃及向科技创新国家行列靠拢。四是开办高新技术园区。印度的班加罗尔因具有世界土壤,使信息智能装备制造成为与美国匹敌的后起之秀。1991年兴办高新科技园区,1999年建立IIT学院,将工业工程与国防工业作为主攻方向,通过优化投资发展环境与培育企业家创新精神,允许德萨斯仪器公司(TI)在印度建立100%自我控制的海外中心,吸引西门子、飞利浦、朗讯科技公司、摩托罗拉、思科系统公司、爱立信、索尼、甲骨文和太阳微系统公司入驻班加罗尔,25家工程学院提供稳定充足的人才,全国32%的软件生产基地在这里集聚,主导全国55%的地方投资,并吸引跨国的电信、研发、金融服务、生物技术和电子资本与产业进入,1992年企业家数仅为29个,到2000年增加到812个;1992年从出口额0美元,到2000年增加到995百万美元<sup>③</sup>。

(3)几点启示。一是把发展高端装备制造业作为本国安全的核心保障,无论是发达国家还是发展中国家,对于经济发展的引领具有共识,把高端装备制造产业成长纳入国家核心战略,采取举国公共财政资源的社会动员机制,进行规划编制、项目实施、政策完善与补充,实现全球性质的技术领导。二是将高端装备制造产业成长机制与市场机制、政府干预政策、社会组织自律行为有机融合,形成一个混合型的体制机制,在公营与私营两部门之间做出均衡与权重,掌控核心的,合作有利的,改造传统优势的。三是善于利用全球化、国际化开放条件各种科技创新资源,实施协同创新战略,进而转变成为本土权力掌控的顶端优势,借助高端装备制造快速成长的新优势,实现高端装备制造业本土化回归。四是尊重国际分工深化规则,组织动员本国具有比较优势的发展资源,向高端装备制造行业集中与集聚,努力建成具有自主知识产权意义的主导、优势与支柱产业。五是依托国家级团队营造顶端优势的技术私密性垄断,强调大企业、大财团、中小企业的社会网络化分工与协作,优化空间布局与结构,突出企业在高端装备制造产业成长的核心地位。

(二)我国“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的宏观经验

(1)实施重大科技专项。一是从目标定位看,国家设定高端装备制造业到2015年,实现销售收入超过6万亿元,在装备制造业中的占比提高到15%,工业增加值率达到28%,国际市场份额大幅增加,骨干企业研发投入占销售收入比重超过5%;到2020年,高端装备制造产业销售收入在装备工业的占比提高到25%,工业增加值率较十二五末期提高2个百分点,高端装备制造业成为国民经济的支柱产业。二是从政策供给看,中央政府先后出台了《关于实施东北地区等老工业基地振兴战略的若干意见》、《国务院关于印发实施国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)若干配套政策的通知》(国发(2006)6号)、《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》(国发(2006)8号)、《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012~2030年)》、《国家重点基础研究发展计划和重大科学研究计划》、《国家科技重大专项知识产权管理暂行规定》等。三是从资金支持看,在国家层面重大科技专项的大力支持下,2009~2011年,中央共安排技术



改造专项资金550亿元,预计未来每年的专项资金不少于150亿元,其中装备创新能力建设、两化融合、节能减排等专题将占据重要地位。国家层面培育发展高端装备制造业的一个重要举措,组织实施重大产业创新发展工程和应用示范工程,依托优势企业启动一批特色优势、带动性强、辐射面广、市场化前景好的高端装备示范工程。四是从发展业绩看,高端装备制造业形成一定规模。高端装备制造业产值约占装备工业的10%。高端制造业为国家提供了一批发展迫切需要,具有自主知识产权的高端装备。比如,百万千瓦超超临界火电发电机组、百万千瓦先进压水堆核电站成套设备、1000KV特高压交流输变电设备、±800KV直流电输变电成套设备、百万吨乙烯装置所需的关键设备、超重型数控卧式镗车床、精密高速加工中心、2000吨履带起重机、ARJ21新型支线飞机、和谐号动车组、3000米深水半潜式钻井平台等,气象卫星率先实现业务化运行,已经初步形成高端装备制造产业格局。特别是提高自主创新路径选择,我国在世界上首次实现了具有存储和读出功能的量子纠缠交换,新型铁基超导材料研制跃居世界最前沿,载人航天和探月工程取得重大进展,千万亿次高效计算机天河一号研发成功,运算性能达到世界第一,太阳能技术(无锡尚德冥王星技术)刷新了单/多晶硅转换效率的世界记录,蛟龙号深海载人潜水器首次突破3700米水深记录(邢国钧、邓继跃,2012)。

(2)开展对内外合作。一是推动交流合作。国家通过推动高端装备制造领域的研发国际化交流与合作,不断地集聚国际一流装备研发成果。美国康明斯公司在中国已经设有26个机构、14家独资和合资企业;中国万向集团公司在美国、德国等8个国家建设18家海外研发机构(邢国钧、邓继跃,2012)。庞巴迪、阿尔斯通、西门子、通用电气等世界一流轨道交通装备巨头纷纷进入中国(葛继平、黄明、林莉,2012)。作为全球最大的轴承制造商,家族企业舍弗勒集团,从2005年在上海安亭建设境外研发中心,对中国和亚太地区同行业研发与技术创新实现了全覆盖(赵志豪,2012)。二是鼓励行业重组。我国大型装备制造企业多数属于国有企业,具有行业重组与整合的巨大成长空间,也为非国有资本的大量进入提供了新的发展契机。有关资料介绍(邢国钧、邓继跃,2012),高端装备制造企业行业重组大致包括

以下几种类型:强势整合型。比如,国家电网公司利用国家电力科学院的科技创新优势,收购了平高电气和许继电气之后,宣布在南京市建设国家电网制造研究基地,大力发展特高压电网装备。强强联合型。中工国际将股权划转给中国机械工业集团公司,实现中国工程机械与中国农业机械的大整合。嫁入豪门型。力源液压投靠中航集团,使力源液压的主营业务从民用液压、高压棒和马达,转向燃气重机、锻件、散热器和液压件等全新高端装备制造领域。傍大款整合型。江阴机械厂、扬州机械厂、上海叉车厂、蚌埠振冲起重机厂等先后投奔了柳工集团,实现了产品从单一型转向全产业链型。难兄难弟联合型。浙江物产集团公司,常熟科泓等4家公司管理人审议确认中国五矿集团公司与浙江中大集团股份有限公司组成的贸易商联合体所提交的重组方案,着力解决旗下公司经营不景气。乌鸡变凤凰型重组。贵航股份重组,拟发行8.03元/股向中国贵州航空工业有限公司、贵州盖克航空机电有限责任公司发行不超过1.1亿股,收购两公司旗下的航空制造类资产,旨在将优良产业和优良资产注入贵航,步入飞机、无人机领域,最终实现整体上市。整体分拆型。为实现中国高铁时代的高速发展,中国铁路机车车辆工业总公司实施企业分拆战略,与铁道部脱钩,资产划归国务院国资委监管,组建了中国南方机车车辆工业集团公司和中国北方机车车辆工业集团公司,加速产学研用一体化科技创新管理体制建设,动车组引进技术效应大大超出人们想象(方远明,2010;葛继平、黄明、林莉,2012)。三是支持跨国并购。从技术溢出角度看,国外一流高端装备企业对我国装备工业企业实施并购,有利于我们集体获取全球化高级科技创新资源。近年来,外资并购活动比较频繁。参见表1。

(3)促进传统优势产业战略升级。一是促进自主研发中心式的改造升级。传统优势装备工业骨干企业在推动高端化组织技术攻关,包括关键共性技术、基础共性技术和一般共性技术的联合攻关(孙福全等,2008)。以数控机床为例,从1984年开始,由原国家计委牵头,科技部、教育部和中国科学院等部门开始实施国家重点实验室战略,截至2005年底,国家涉及数控机床的国家重点实验室建成183个,直接支持高端装备产业成长的有10家。1992年国家计委颁布了《国家工程中心管理办法》,

开始实施国家工程中心建设,先进信息技术和高端装备制造列入其中,在目前已经完成的99个国家工程中心之中,有9家是高端装备制造业,大大推动行业技术成长。特别是国家在实施国有大中型企业技术改造过程中,从1993年开始,由国家经贸委牵头,国家税务总局、海关总署等部门联合制定了《鼓励和支持大型企业和企业集团建立技术中心暂行办法》,在361家企业技术中心中,11家高端装备制造企业技术中心发挥了重要作用。以济南一机床集团有限公司为例,早在1988年与美国MMT公司联合设计MJ系列数控机床,成为国内较早拥有数控高端技术的企业,是国家重要高端装备制造基地之一。1993年成立企业技术中心,针对国内市场的特点,历经引进、联合设计、自主研发几个阶段,成功研制出具有国际水准的各类数控加工中心,同时带动了整个数控机床行业的全面成长(孙福全等,2008)。二是实施老城区骨干企业搬迁产业园区集聚式的改造升级。沈阳铁西区的整个搬迁改造,推进沈阳机床、沈鼓、沈矿、沈飞、黎明航空、机车车辆等骨干装备工业企业集聚新铁西区,实现了传统装备工业向高端装备制造发展(唐晓华等,2012)。再比如,北京变压器厂原址位于北京市中心繁华地段,三面临街,一面是居民区,污水、噪音和废弃等环境扰民问题与矛盾十分突出,为了推进产品高端化发展,确定了搬迁改造与技术开发升级相结合的战略方针,整体搬迁中关村昌平科技园,实现了产品高端化(魏后凯等,2010)。利用港口资源,将高端装备制造企业向园区集聚(王辑宪,2010)是近年来广州、深圳、福州、上海、连云港、天津、大连、秦皇岛、葫芦岛高端装备产业成长的新趋势。特别是天

津滨海新区利用海港、空港资源,大力发展航空产业,集聚了机体制造、发动机制造、机载设备制造、航空仪表、电气设备、无线电设备、通信联络设备、机载雷达、飞机高空设备和总装等,集聚了39家航空制造企业,吸引2000多名工程技术人员,仅空客A320这一高端装备制造就吸引500多名高端人才(郝寿义、吴敬华、曹达宝,2012)。三是信息化融合式的改造升级。信息化(informatization)与工业化深度融合是高端装备制造产业成长机制正向激励的有效路径之一。当互联网、局域网、内部网在云计算的支撑下,智慧制造技术对传统装备工业的改造效用是巨大的。包括生产模式优化、管理科学化、制造过程的CAD/CAM、CAID、CIMS、PDM、虚拟技术,提高产品制造与集成的功能层次、智能化、数字化,增强其制造单元的自动化水平以及敏捷制造和柔性化程度(凌云、王立军,2004),即实现了信息化与高端制造的深度融合。龙开元博士在《中国工业布局沿边驱动机理研究》一文实证了这一观点,研究发现:信息技术的发展减弱了工业联系的时空阻碍性(龙开元,2008)。以轨道交通制造业为例,改革开放以来,其标志性收获是:一是打造核心业务管理平台,构建了涵盖产品设计、工艺设计、生产制造、运营管控核心业务的信息化支撑平台,实现了数据流、业务流、资金流的三流合一,形成了悉心共享、业务集成、并行协同的高端装备制造流程;二是构建产品研发信息化设计平台,例如,唐车建立300公里/小时高度动车组建模与仿真平台,通过基于Pro/Intralink与PLM的三维设计平台、基于ACAD-Mechanical的二维设计平台等,对产品的相关性进行分析与计算,将设计缺陷消灭在投产之前,不但提高了产品安全性与可靠性,减少了设计缺陷,显著增强了设计效率,有效规避了专利壁垒,提高了企业技术创新能力;三是实行了制造执行系统及设计制造核心业务集成化。比如,大连重工起重集团有限公司结合PDM、CAPP、ERP三大核心应用系统的使用情况和数据积累,重点对业务之间的数据关联关系和集成规则进行了全面梳理和规范,通过自行开发数据转换和集成接口程序,完成了设计物料与物料清单自动从PDM系统向CAPP系统的传递,实现了基于合同状态下的设计、工艺、生产三大业务系统产品主要数据的自动维护和快速流转,实现了三大核心业务的资源整合与深度集

表1 装备制造业外资并购案例

年份	国内企业	外资	所处行业
2001	大连第二电机厂	英国伯顿	冶金起重电机
2001	华为安圣电气	爱默生电气	电气
2001	上海贝尔	阿尔卡特	通信业
2002	无锡华芝	东芝公司	半导体
2003	沈凿	瑞典阿特拉斯公司	凿岩机械
2003	西北轴承	德国FAG公司	铁路轴承
2004	佳木斯联合收割机厂	美国约翰·迪尔	大型联合收割机
2004	山工机械	美国卡特彼勒	工程机械
2004	大连电机厂	新加坡威斯特	中小电机
2004	无锡威孚高科	德国博世	燃油喷射系统
2004	佳木斯煤机和鸡西煤机	美国国际煤机	煤炭机械
2005	哈尔滨第一工具厂	美国格里森公司	精密工具
2005	辽宁盘锦西化机	德国西门子	化工机械
2005	徐工机械	凯雷国际	工程机械
2005	江铃汽车	福特汽车	商用车

资料来源:唐晓华等:《振兴装备制造业研究》,中国社会科学院出版社,2012年。



成(葛继平、黄明、林莉,2012)。

(三)我国“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的中观经验

高铁制造行业作为高端装备制造业的重要领域,目前已经成为带动整个我国产业升级的重要引擎,成为其他战略性新兴产业发展的重要支撑。

(1)呈现出较高的产业成长性。中国的高速铁路的建设始于1999年所兴建的秦沈客运专线。经过10多年的高速铁路建设和对既有铁路的高速化改造,中国目前已经拥有全世界最大规模以及最高运营速度的高速铁路网。截至2010年10月底,中华人民共和国国内运营时速200公里以上的高速铁路运营里程已经达到7431公里。经过不断实践和超越,中国高铁不仅将核心技术学到手,用到位,而且还不断自我超越,根据中国国情、路情,不断填补高铁技术空白,将高铁理论与技术发展到新的高度。由此,中国高铁拥有了众多的“世界之最”、“世界第一”。目前,中国高铁不仅在关键技术领域取得一系列重大创新成果,还建立了具有自主知识产权、世界一流水平的中国高铁技术体系。2003年以来,我国已申请高速铁路相关专利共计1902项,其中已经授权1421项。

(2)拥有一批自主知识产权。中国高铁制造业的龙头之一——中国北车,取得了一大批国家级重大科研成果。在首批“十一五”国家科技支撑计划重点项目立项中,承担了轨道交通装备所有自主研发项目。拥有两个国际领先的动车组技术平台,CRH5动车组批量投入运营,CRH3动车组创造了时速394.3公里“中华第一速”,成为奥运配套交通的重要运输工具,也将成为京沪高速铁路的主力车型;拥有国际领先的3个产品系列的大功率交流传动电力机车技术平台,和谐2型、和谐3型电力机车大批量投入运营,占和谐型电力机车总量的70%以上,担当了大秦、京沪、京广等重要线路的牵引任务;具有国际领先水平的国内首台国产化和谐3型大功率交流传动内燃机车成功下线;两个国际领先水平的大型养路机械项目也落户北车。铁路机车车辆和城市轨道车辆产品占国内市场份额的一半以上。产品现已出口到30多个国家和地区。在海外建立合资企业,实现了技术输出。目前,拥有年新造电力机车370台、内燃机车460台、铁路客车和动车组2300辆、城市轨道车辆1100辆、各型货车

26000辆,年修理电力机车260台、内燃机车600台、客车2500辆、各型货车32000辆的能力,同时,具有较强的配件配套生产能力。

(3)产学研用一体化发展。中国高铁制造业的另一巨头——中国南车,具备铁路机车、客车、货车、动车组、城轨地铁车辆及相关零部件自主开发、规模制造、规范服务的完整体系。拥有中国最大的电力机车研发制造基地,全球技术领先的高速动车组研发制造基地,行业领先的大功率内燃机车及柴油机研发制造基地,国内高档客车研制的领先企业,全球领先的铁路货车研发制造基地,三家城轨车辆国产化定点企业,是中国最大的城轨地铁车辆制造商。同时,南车利用轨道交通装备专有技术,积极开发并成功扩展延伸产品市场,包括电动汽车、风力发电设备、汽车配件、船用曲轴和柴油机、大功率半导体元件、工程机械等。该公司还拥有变流技术国家工程技术研究中心、国家高速动车组工程实验室和5家国家认定技术中心、4个博士后工作站,并在美国成立了我国轨道交通装备制造行业第一个海外工业电力电子研发中心。公司的技术研发和制造水平已达到或接近世界同行业先进水平。

(4)打造“中国智造”品牌。按照“引进先进技术,联合设计生产,打造中国品牌”的要求,在国家政策扶持下,南、北车集团低成本成功引进了法国阿尔斯通、日本川崎重工、加拿大庞巴迪、德国西门子4家时速200公里及300公里以上动车组技术,以及阿尔斯通、西门子和美国GE、EMD等公司的大功率电力、内燃机车技术。中国机车车辆制造业历经仿制、技术引进结合自主研发、合资合作等形式,正处于一个技术升级换代的时期,关键生产工艺和装备水平有了大幅提升,缩小了与发达国家在铁路机车车辆装备方面的差距,逐步建立起自有技术研发和生产体系,和谐号动车组与和谐型大功率机车已经大面积投入运营。

(四)我国“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的微观经验

哈尔滨电站设备集团公司是隶属国务院国资委监管的国有重要骨干高端装备制造企业之一。目前,哈电集团在大型水电装备方面占国内市场的50%以上;在煤电主力机组装备方面占国内市场的30%以上;在电气装备方面占国内市场的45%以上<sup>④</sup>。其发电机组国产化产业成长技术跨越(中

国企业评价协会,2009)的路径演化:

(1)前苏联援建的模仿创新。1958年9月,我国第一台2.5万千瓦汽轮机在电站集团设计、制造成功。以后,相继设计、制造了我国第一台5万千瓦、第一台10万千瓦、第一台20万千瓦和第一台60万千瓦汽轮机;设计制造了我国第一台20万、30万、60万千瓦空冷汽轮机,我国第一台60万千瓦超临界汽轮机、第一台30万千瓦热电联供汽轮机和我国第一台65万千瓦核电汽轮机。

(2)改革开放以来实现了技术引进、消化、吸收、再创新。1985年,公司设计、制造的21万千瓦三缸两排汽冷凝式汽轮机出口巴基斯坦,开创了我国大型汽轮机组商业出口之先河。1986年,继我国第一台60万千瓦电站汽轮机在公司设计、制造成功,相继为安徽平圩电厂、内蒙古元宝山电厂、哈尔滨哈三电厂、河北盘山等电厂提供了该机组。

(3)新世纪以来强化自主创新。2002年2月,在秦山核电联营公司二期核电站实现核蒸汽汽转并网成功,正式投入商业运行。经考核,哈电集团研制的秦山核电二期工程两台65万千瓦核电汽轮机重要性能指标均达到并优于设计值,创造了中国核装置发电连续安全稳定运行时间最长纪录。该机组是哈电集团以自己力量为主研制的中国首台最大容量核电汽轮机。2007年,在进一步的消化、吸收、再创新的过程中,哈电集团首台套100万千瓦超超临界成套机组(锅炉、汽轮机、发电机)国电泰州1号于12月4日22时一次通过168小时试运行,正式投产发电,标志着哈电集团已经具备成套生产大容量、高参数超超临界火电机组的能力。2007年,哈电集团取得了为世界首座装备第三代核电技术的浙江三门核电站一期工程研制两台125万千瓦等级核电汽轮机的合同,成为国内乃至世界上首个进军三代核电领域的汽轮机制造企业。同年,又被确定为AP1000蒸发器承制单位和核主泵电机国内惟一承制单位。至此,哈电集团名副其实地成为中国三代核电市场首批设备供应商。

(4)在市场与技术交换中实现协同创新效用最大化。2008年6月,国内惟一具有自主知识产权的自主设计、自主制造、自主安装和自主调试的恰希玛核电站二期工程蒸汽发生器竣工庆典仪式,在哈电集团的生产车间隆重举行,这标志着哈电集团已完全具备自主生产核电蒸汽发生器能力,成功挺进

核岛主设备领域并打入国际市场。恰希玛项目的成功研制,实现了哈电集团核岛主设备业绩的新突破,树立了哈电集团核电发展新的里程碑,对进一步扩大国内外核电市场具有重要的战略意义,进一步捍卫了哈电集团在国内外核电领域的领先地位。2008年8月28日,哈电集团又签订了金沙江溪洛渡、向家坝水电合同,总额高达44.27亿元。这是我国水电发展史上的一项重大事件,中国三峡总公司领导表示,金沙江向家坝、溪洛渡水电站水轮发电机组招标采购,充分利用了三峡机组国产化的成果,进一步推进了大型水电设备的国产化进程。

## 四、结论及政策建议

### (一)基本结论

躯干国家制造向头脑国家制造转型是各国应对国际金融危机深度影响的国家制造发展策略,通过构建高端制造产业成长机制,实现对国家制造实体回归的正向激励,旨在全球化制造业某一领域体现发展引领性。

躯干国家制造向头脑国家制造转型依靠高端装备制造产业成长的战略支持,因其产业高成长性与定价权激励的缘故,其路径演化存在技术创新与制度创新交互作用与影响的“大道定理”。

国外躯干国家制造向头脑国家制造转型经验表明,把握高端装备制造的全球话语权与控制权,就等于抓住国家制造战略升级的新发展机遇,形成国家制造的国际化市场垄断;中国国家制造由躯干国家制造向头脑国家制造转型的路径选择,需要国家宏观、行业中观、企业微观3个层面的路径优化,包括国家实施高端装备制造发展战略,加强内外合作发展,推动传统优势装备工业优化升级;高铁制造与传统铁路制造之间,形成扩大内需式的互动,形成本土新消费市场;哈电集团“技术换市场”的国家制造,必须实现技术引进、消化、吸收、集成与再创新,以技术跨越激励高端装备产品制造的国产化。

### (二)政策建议

躯干国家制造向头脑国家制造转型是实现国家制造优化升级的重要途径,把国家政治动员、社会力量整合、市场化运作、国际合作实施利益捆绑式的制度安排,形成常态化的持续激励。

躯干国家制造向头脑国家制造转型既不

是制造业的低端放弃,也不是高端孤立坚守,需要遵循 大道定理 的规律要求,实现技术创新与制度创新的交互作用,形成 螺旋式 的协同创新架构,将科技创新驱动镶嵌到产业创新发展的核心部位。

躯干国家 制造向 头脑国家 制造转型需要高端装备制造产业成长机制的正向激励,需要构建国家制造主导、行业制造领先、企业制造主体的利益链,形成自上而下的逐级激励,以及由下而上的逐利支撑创新结构。

(作者李坤系黑龙江省工商行政管理局党组书记、局长,黑龙江省人民政府研究室原主任,黑龙江省科学技术顾问委员会副主任,哈尔滨工业大学博士研究生;于渤系哈尔滨工业大学管理学院院长、博士生导师,黑龙江省科学技术顾问委员会专家;李清均系黑龙江省人民政府研究室信息研究处处长,黑龙江省科学技术顾问委员会专家、黑龙江省社会科学同行评委,责任编辑:张劲松)

#### 注释

①The National Advisory Council on Innovation of South Africa, A National Advanced Manufacturing Strategy for South Africa, Website of South Africa's Minister of Science and Technology, 2002

②National Manufacturing Competitiveness Council of India. The national Strategy for Manufacturing, Website of India's National Manufacturing Competitiveness Council, 2006.

③班加罗尔网:www.bangaloreit.com/internetindia/index.htm

④资料来源: <http://hebdz.cn.gongchang.com/>

#### 参考文献

- (1)陈伟森:《立足创新 十二五 高端装备制造冲击6万亿》,《中国工业报》,2011年第12期。
- (2)方远明:《中国铁路产业 走出去 战略研究》,北京师出版集团、安徽大学出版社,2010年。
- (3)高粱:《中国装备制造业自主创新和产业升级》,知识产权出版社,2011年。
- (4)葛继平、黄明、林莉:《信息化与先进轨道交通装备制造融合研究》,科学出版社,2012年。
- (5)葛继平、黄明、林莉:《信息化与先进轨道交通装备制造融合研究》,科学出版社,2012年。
- (6)郝寿义、吴敬华、曹达宝:《滨海新区开发开放与产业发展》,南开大学出版社,2012年。
- (7)何予平、秦海菁等:《全球化中的技术垄断与技术扩散》,科学出版社,2009年。
- (8)胡迪、利普森、梅尔芭·库曼:《3D打印从想象到现实》,中信出版社,2013年。
- (9)刘林青、黄起海、闫志山:《国家空间里的能力加值赛——基于产业国际竞争力的结构观》,《中国工业经济》,2013年第4期。
- (10)龙开元:《中国工业布局演变驱动机理研究》,知识产

权出版社,2008年。

(11)凌云、王立军:《先进制造业基地建设的理论与实践》,中国经济出版社,2004年。

(12)莫神星:《节能减排机制法律政策研究》,中国时代经济出版社,2008年。

(13)纳塔丽·西德南科、尤里·耶申科:《经济、生态与环境科学中的数学模型》,中国人民大学出版社,2011年。

(14)青木昌彦:《比较制度分析》,上海远东出版社(中译本),2001年。

(15)祁明:《区域创新标杆》,科学出版社,2009年。

(16)史占中:《大国复兴与崛起:从 中国制造 到 中国智造》,《文汇报》,2013年1月15日。

(17)孙林岩:《中国制造业发展战略管理研究》,清华大学出版社,2009年。

(18)孙福全、彭春燕、刘冬梅、张华胜等:《产业共性技术研发组织与基地建设研究》,中国农业科学技术出版社,2008年。

(19)谭元发:《装备制造业循环经济研究》,中国经济出版社,2010年。

(20)唐晓华等:《振兴装备制造业研究》,中国社会科学院出版社,2012年。

(21)魏际刚:《我国发展战略性新兴产业的战略思考》,国家统计局中国经济景气监测中心:《把脉中国经济高层研讨会论文集》,2000年。

(22)王忠宏、李扬帆、张曼茵:《中国3D打印产业的现状及发展思路》,《经济纵横》,2013年第1期。

(23)魏后凯、白玫、王业强等:《中国区域经济的微观透析——企业迁移的视角》,经济管理出版社,2010年。

(24)王辑宪:《中国港口城市的互动与发展》,东南大学出版社,2010年。

(25)邢国钧、邓继跃:《转型升级中的装备制造业》,机械工业出版社,2012年。

(26)亚当·乔力:《低碳技术商业化指南——清洁技术与清洁利润》,中信出版社,2011年。

(27)杨小凯:《贸易理论和增长理论的重新思考及产权经济学》,汤敏、茅于軾:《现代经济学前言专题》(第一集),商务印书馆,1996年。

(28)中华人民共和国工业和信息化部:《高端装备制造业 十二五 发展规划》,2012年5月7日。

(29)曾铮:《关注全球产业格局新变化》,《经济日报》,2012年2月3日。

(30)赵志豪:《装备制造产业集群发展研究——基于网络视角》,上海财经大学出版社,2012年。

(31)中国企业评价协会:《中国企业自主创新评价报告》,中国经济出版社,2009年。

(32)Elise. S. Brezis, Paul. R. Krugman, Daniel. Tsiddon, 1993, Leapfrogging in International Competition: A Theory of Cycles in National Technological Leadership, *American Economic Review*, (5), pp.1211~1219.

(33)Hausmann, R., Hwang, J. and Rodrik, D., 2007, What Your Export Matters, *Journal of Economic Growth*, 12(1).

(34)Jeff Sapperstein Dr. Daniel Rouach:《区域财富——世界九大高科技园区的经验》,清华大学出版社,2003年。

(35)Porter, M. E., 1990, *The Competitive Advantage of Nations*, The Free Press.

(36)Soete Luc., 1985, International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging, *World Development*, (3), pp.409~422.