

中国高速铁路的创新机制及启示

赵建军, 郝 栋, 吴保来, 卢艳玲

(中共中央党校哲学部, 北京 100091)

摘 要: 中国高速铁路(简称高铁)在引进国外技术的基础上走上了自主创新的道路, 在头型、车体气密性、弓网动态受流、转向架等许多技术方面取得了创新。高铁的发展是由其内在的动力机制和运行机制保证的, 国内市场的刚性需求、国内外的技术推力、国家的规划和扶持、企业自我发展的追求等构成了高铁的动力机制, 技术学习过程、员工队伍建设、全面创新管理、创新生态系统的相互作用等构成了高铁的运行机制。中国高铁的未来发展应重点关注: 自身的技术储备、人才和氛围的培育以及技术、需求、产业链的交互作用。

关键词: 高速铁路; 创新; 技术; 产业链

中图分类号: U2

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2012)01-0057-13

引言

中国高速铁路(简称高铁)一直饱受争议: 有人认为它只是全盘引进而没有自主创新^[1]; 有人认为高铁上座率低, 亏损严重^[2]; 有人认为高铁维护成本过高, 缺乏竞争力^[3]; 等等。在“7·23”甬温线动车追尾事故之后, 中国高铁建设事业更是从技术、生产、管理、宣传等各方面都遭受了前所未有的质疑。中国高铁用短短5年的时间就走完了国外高铁40多年的发展历程, 中间的确存在一味强调速度的因素, 尤其是片面追求动车运营速度的问题。从2007年全国铁路第六次大提速以后, 动车组的时速可以达到200~250 km/h, 而“7·23”事故中的D301和D3115次动车时速都在200 km/h以上。从事后媒体的分析来看, 事故原因可能是, 一方面, 雷击导致机车失去动力; 另一方面, 信号设备出现故障, 值班人员也未能尽职尽责地有效防范事故发生。这次事故为我们

的企业、管理部门、政府等敲响了警钟——在追求便利、快捷、经济的同时不能以牺牲安全为代价, 宁可放慢一些步伐, 也不要为追求所谓的“世界第一”的虚名而牺牲更重要的东西。“我们无法容忍以生命为高昂代价的畸形发展, 但因为一些事故就彻底否定高铁, 也是因噎废食。”^[4]高铁对提高中国制造业水平、培植全新的产业链、加快城市化建设、发展交通运输业、保护环境等方面都产生积极影响, 甚至对中国具有重要的战略意义, 它能沟通区间的人员和物质流通, 加强与周边国家的联系, 助推军事和国防实力的提升。因此, 不仅要客观地分析和总结中国高铁的发展历程, 而且要寻求其中的经验和教训。中国高铁尽管毁誉参半, 却赢得了世界的广泛关注, 中国的高铁战略也激起了美国建设高铁网络的雄心壮志。对于中国、美国、俄罗斯这样疆域辽阔的大国来说, 发展高铁要比日本、欧洲各国具有天然的优势, 中国高铁的兴起很可能带来世界铁路的

收稿日期: 2011-09-06; 修回日期: 2011-12-07

基金项目: 科学技术部基金项目“创新方法的政策环境与体制机制研究”(2009IM040400)

作者简介: 赵建军(1961-), 男, 教授, 博导, 研究方向为技术哲学与可持续发展。E-mail: zhaojj@ccps.gov.cn

郝栋(1983-), 男, 博士研究生, 研究方向为自主创新、绿色发展。

吴保来(1970-), 男, 博士研究生, 研究方向为科技创新、科技与社会。

下一轮大发展。因此, 高铁技术将成为支撑高铁发展的重点, 掌握先进的高铁技术的国家就能在未来的竞争中占据主导地位。中国的高铁技术适时而生, 但国内外有很多置疑: 中国高铁在引进外国技术的基础上有自主创新吗? 它是国外高铁技术的简单拼接还是国外高铁产品的“山寨”版? 为了澄清这些疑问, 有必要全面剖析中国高铁, 尤其是应把焦点放在高铁创新的内部要素及外部环境上。

引进国外先进技术不可能解决中国高铁面临的所有问题, 中国的高铁系统也不可能把国外的高铁系统全部复制过来, 我们必须立足于自身的技术储备和技术创新。其实中国在发展高铁中也有自己的创新, 而且“创新”本身没有问题, 但这些创新是否有价值、有意义要接受检验。不能因为高铁存在问题就简单否定一切, “事实证明, 国际市场并没有因为某次事故而将中国高铁及其所具有的技术优点拒之门外”^[5]。高铁存在的所有问题需要在进一步的创新中逐步得到解决, 其技术问题归根结底要靠中国广大技术人员努力而艰辛的工作去解决。因此, 在经历了成功和失败、荣誉和挫折的两种境遇之后, 更明智地反思将有助于中国高铁从低谷中走出来, 用曾经积淀的创新精神和新的创新引导中国高铁登上高峰。

1 高铁的历史演进与创新之处

1.1 高铁的历史演进

新中国成立以来, 中国铁路取得了长足的进步, 但还远不能满足中国经济社会快速增长的需要, 必须加快发展才能为人民群众提供更加方便、快捷、优质、安全的公共服务产品。2004年1月, 国务院常务会议讨论并原则通过历史上第一个《中长期铁路网规划》, 其中, 高铁是铁路发展的重点之一, 要打造1.2万 km“四纵四横”快速客运专线网。三个月后, 国务院又召开会议专题研究

铁路机车车辆装备问题, 明确提出“引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌”的基本方针, 确定了引进少量原装、国内散件组装和国内生产的项目运作模式。同年, 广深铁路首次开行时速达160 km/h的国产快速旅客列车。

2004—2005年, 中国南车股份有限公司(简称中国南车)旗下的青岛四方机车车辆股份有限公司(简称青岛四方)、中国北车股份有限公司(简称中国北车)旗下的长春轨道客车股份有限公司(简称长客股份)和唐山轨道客车有限责任公司(简称唐车公司)先后从加拿大的庞巴迪公司、日本的川崎重工业株式会社、法国的阿尔斯通公司和德国的西门子公司引进技术, 开始联合设计、生产高速动车组。

2007年4月, 全国铁路实施第六次大提速和新的列车运行图, “和谐号”动车组驶入百姓的生活中。2008年2月, 铁道部和科技部签署计划, 共同研发运营时速380 km/h的新一代高速列车。2008年8月, 中国第一条具有完全自主知识产权、世界一流水平的高铁京津城际铁路通车运营。2009年12月, 世界上一次建成里程最长、工程类型最复杂的武广高铁开通运营。

2010年2月, 世界首条修建在湿陷性黄土地区、时速350 km/h的郑西高铁开通运营。2010年7月, 沪宁城际高铁的开通运营。2010年9月, 沪杭高铁从杭州到上海虹桥试运行途中, 最高时速达到416.6 km/h。2010年12月, 京沪高铁从枣庄至蚌埠间的先导段联调联试和综合试验中, 由青岛四方研制的“和谐号”380A新一代高速动车组最高时速达到486.1 km/h, 再次刷新运营试验最高时速。

中国高铁从无到有、从小到大、从少到多、从慢到快, 每一次都在不断进步。短短几年, 从引进时速200 km/h高速列车技术到自主开发时速350 km/h、380 km/h“和谐号”动车组, 从京津城际铁路、武广高铁运营到京沪高铁的开通, 中国

迅速跨入“高铁时代”。虽然按照国务院的规定中国高铁进行了以京沪高铁为主线的调整,并在2011年8月底进行了全面降速的安排,但是中国高铁今后在战略目标的确定、技术引进的选择、生产线的建设、生产过程的管理、产品的自主创新、运行后的服务等方面还应坚持创新,以产品质量、安全、服务等为重点,保证中国高铁的平稳发展。

1.2 中国高铁的创新之处

中国高铁从国外引进时速200 km/h的动车技术伊始,到350 km/h、380 km/h的飞跃,绝不仅仅是速度上的提升,还需要整个高速列车系统的更新来保证列车的安全运营。对于一些核心专利技术以外的配套技术,相关企业也突破传统列车的技术限制,在自身技术积累和引进技术的基础之上,进行了许多重要创新。

1) 车体头型的创新。

CRH380A 动车组的头型与国外的动车头型是完全不一样的,这是中国自己设计并经过空气动力学分析和风洞试验而确定的。头型的重要性不是一般人想象的那样简单,它的技术含量比飞机还高。虽然动车组的速度比飞机低一些,但是它后面还悬挂着8节车厢,在高速运行时,列车与地面、桥梁、隧道及对面列车的相互激扰致使其气动环境极其复杂,因此,需要解决诸如高速会车、气动噪声、微气波压、列车风等一系列的问题。动车组的技术人员与空气动力学的有关专家协同攻关,经过极为繁琐的计算和试验之后,确定了新一代高速列车的头型,比最初的动车组车头更尖、更长、更富有美感,且各项指标均达到国际先进水平。车头的改变使气动阻力比原来动车组降低了4%,这意味着每年可以节约6亿度电^[6]。

2) 车体密封的创新。

动车组车体的气密性直接影响着噪声、压力差等指标。飞机离地起飞时的速度在200多 km/h,

12级台风的速度是32.6 m/s,它们产生的噪声在100 dB以上,飞机起飞、降落时产生的压力差还可能导致人的耳朵刺痛。所以,时速350 km/h的高速列车必须要解决好车体的气密性和乘坐舒适度的问题。由于高速列车的运行速度不断提高,传统车体结构已不能满足高速列车对气密性的要求,时速200 km/h列车的气密性也不适合350 km/h以上列车的要求,必须寻求更好的高气密性车体技术。技术人员设计了气密隔墙结构,将头车司机室前部与车厢部分有效隔离,分隔成完全密封的两部分,避免在列车高速运行时,因车体头部所承载的空气压力过大,造成车体密封不严的现象。此外,在车体各大部件之间的连接部均采用满焊工艺进行焊接,且在车体的各个开口走线的位置,采用了套管加堵板的结构,走线完毕后灌上密封胶,更进一步保证了车体的高密封性能。动车的空调系统还设置了空气压力自动保护装置。

经过技术创新,中国的CRH3动车组内的噪声一等车不超过65 dB,二等车不超过68 dB。一只蚊子飞过的声音大概是40 dB左右,65 dB就相当于普通室内谈话的音量^[7]。中国动车组采用的气密性标准超过了世界标准,即使在通过隧道时,也不会出现飞机起飞那样的压力差,从而保证了旅客的乘坐舒适度。类似的减震、减噪技术在高铁的很多细节上都有体现,如武广高铁中大量采用了自主研发的先进的减震性轨道技术,包括重型无缝钢轨、新型扣件、弹性轨枕、吸音材料制成的声障屏和吸声式隔音窗等新材料新设备。

3) 弓网受流技术的创新。

列车运行需要通过接触网与受电弓可靠接触以获得电能。随着列车速度的提高,接触网震动加剧,同时接触网的网压波动又使弓网之间的接触压力变化加剧。因此高速动车的接触网受流问题的妥善解决是保证列车得到稳定动力的前提保证。接触网-受电弓系统的受流过程是受电弓在接触网下以动车组运行速度在运动过程中完成的,

是一个动态过程, 包含了多种机械运动形式和电气状态变化。因此在保证接触网具有良好的性能外, 技术人员为保证受电弓具有良好的弹性性能和良好的接触压力, 设计了筒链接触网和轻量化受电弓, 从而优化了弓网的匹配关系, 确保了高速情况下的受流质量, 有效地控制了气动和电磁噪声^[8]。系统地解决了高速列车重联运行下双受电弓的技术难题, 确定了中国高铁接触网-受电弓动态性能仿真评价指标参数, 有效解决了各种不同的接触悬挂类型、受电弓类型以及对应的弓网配合特性参数, 在世界上首次实现接触网与时速 350 km/h 动车组联挂、双弓运行^[9]。

除了创新性地解决了列车的电力牵引供电技术外, 还形成了中国高铁系统集成的标准和要求。接口设计是高铁系统工程电力牵引供电设计的关键技术, 包括电力牵引供电系统与铁路相关的路基、桥梁、隧道、轨道、通信、信号、信息、站场、动车组、综合接地、声屏障、房建暖通、给水排水、动车段(所)、综合调度、既有线运营公司等接口, 它实现了电力牵引供电系统与外部各系统之间的技术标准的匹配, 表明中国已基本形成了高铁电力牵引供电工程的理论体系、技术标准和评价标准。

4) 高速转向架的创新。

转向架是机车车辆走行部的零部件和装置组装而成的独立部件, 起支承车体、转向、驱动和制动的作用, 并保证机车车辆在轨道上安全平稳地运行, 它是机车的关键技术之一。当高速列车的运行速度超过 200 km/h 时, 会出现不稳定的蛇形运动, 蛇形运动的振幅大会导致车轮轮缘碰撞钢轨, 损伤车辆及线路, 甚至造成车辆脱轨、倾覆等安全事故。“转向架创新设计的要点并不是机械结构本身, 而是决定整个动车组运行品质的动力学性能设计。转向架的动力学性能是由转向架结构参数和悬挂参数所决定的, 在转向架结构参数确定之后, 悬挂参数就决定了整个动车组的动力学性能。因此, 高速转向架创新设计的核心就

是动力学参数的优化设计。”^[10]青岛四方的“转向架创新团队”正是在系统动力学的理论指导下, 首先建立理论模型, 确定参数优化和设计方案; 在方案前期准备中, 通过热弹塑性轮轨模型、刚柔混合转向架模型、车车耦合列车模型、车线耦合系统模型的建立, 突破了传统车辆动力学的单车和多刚体假设, 精确地描述了列车动力学性能。

就转向架轮轨匹配来说, 国外的高速列车通常采用 4~6 mm 轮轨间隙的限值。中国研发人员提出了 1 353 mm 轮对内侧距、LMA 磨耗型踏面与 1435 轨距、60 kg 钢轨型面的轮轨匹配方式, 使轮轨间隙拓展至 9 mm, 降低了轮轨作用力, 减少了轮轨磨耗, 实现了技术上的突破, 完全满足了动车组的要求。此外, 通过转向架横向往半主动控制、一系转臂式定位、二系大挠度悬挂与车辆间减振参数的系统匹配, 有效缓和了既有线动态变化快、线路不平顺、曲线半径小带来的激扰, 明显提高了转向架的临界速度, 使转向架具有良好的曲线通过能力, 从而保证了动车组运行的舒适性和安全性。由青岛四方等单位联合完成的“时速 250 公里动车组高速转向架及应用”项目也因此荣获国家科技进步一等奖。

中国的动车组在震动模态系统匹配、高性能的牵引系统、安全环保的制动系统、列车网络控制系统、人性化的系统界面等方面都取得了一定的突破, 国内生产企业较为系统地掌握了高速动车组的核心技术和主要配套技术, 保证了我们在关键技术上不受制于人。这是中国高铁企业能够实现“走出去”战略的前提, 没有核心技术的创新, 就不可能走出国门。

2 高铁创新的动力机制

大部分新事物的产生是因为它符合事物发展的客观规律与发展趋势, 与旧事物相比它具有更强大的生命力与更远大的发展前途。高铁的兴起同样意味着人类运输方式的巨大变革。中国高铁的崛起, 虽然相对较晚, 但受到了强劲的国内需

求驱动和国际竞争的压力等外在因素以及其自身发展壮大的内部动力因素的影响,所以发展速度较快。

2.1 国内市场的刚性需求

中国自改革开放以来,铁路建设突飞猛进。目前中国的铁路里程为 8 万 km,预计 2012 年将增加到 11 万 km,其中时速 200 km/h 及以上的客运专线及城际列车将达到 1.3 万 km。铁路营业里程达 77 965.9 km。由于中国人口基数较大,人均占有铁路里程数极为有限。从 1980 年末到 2007 年末的 27 年间,中国铁路营运里程净增 2.81 万 km,年递增 1.67%,而此间中国 GDP 年递增在 9%左右,铁路发展远低于经济增长的速度。^[11]因此,相对于经济增长的速度,目前中国铁路网还很不完善,运输能力还远不能适应经济社会发展和全面建设小康社会目标的要求,仍是制约国民经济发展的瓶颈。

在中国当前和未来的发展中,铁路将承担城乡之间繁重的旅客运输任务。随着城镇化比例的逐年提高,城际间的通勤、商务往来客流将大大增加。另外,城镇化率的提高,意味着转移农业劳动力的速度也相应较快,旅客集散地以大中城市为中心的趋势凸显。随着城乡居民收入的不断提高,旅游、交通方面的支出将成为居民消费的重要部分,居民出行量也将相应增长。高铁正是由于社会发展、人们生活节奏的加快以及人们交流频率的增加而产生的。中国现有的几大经济区域集中、经济发达、人口稠密,客运需求非常大,尤其在春运、暑运、节假日等时段,客运能力更是极度紧张,“一票难求”的问题十分突出,建设快速度、高密度、大运量的城际铁路才能从根本上解决未来的旅客输送问题。

从连接主要经济区域的铁路通道来看,中国的城际铁路通道单一,一旦发生自然灾害或突发情况,势必造成运输秩序混乱,继而对社会经济生活造成严重影响。有关专家认为,提高铁路抗

灾能力,最根本的是要加快铁路建设,尤其要加快铁路客运专线建设,在各大经济区域间尽快实现客货分线运输或多条铁路运输。

从以上分析可以看出,当前和未来一个时期内,铁路运输需求巨大,相对于运输需求,铁路运输能力不足的问题也相当突出。运能短缺不仅体现在局部和短期,更体现在生产力总体规模不足、技术装备总体水平不高等方面。如果仅仅在现有铁路网基础上修修补补,很难从根本上扭转铁路发展滞后的被动局面,必须按照国家“十一五”规划和《中长期铁路网规划》的要求,持续大规模地建设高铁,加快发展高铁的客运速度,才能满足全面建设小康社会的运输需求,基本消除“一车难求、一票难求”的现象。

2.2 国外与国内的技术推力

自 1964 年日本时速 210 km/h 的新干线投入运营以来,发达国家及一些发展中国家和地区竞相投资修建高铁。法国、德国、意大利、韩国和中国台湾等 20 多个国家和地区先后修建了高铁或制订了修建高铁的计划。其中,日本的新干线技术、法国的 TGV 技术和德国的 ICE 技术得到广泛应用。高铁所涉及的动车组设计制造、牵引供电、基础设施、运营调度、通信信号等所有子系统在国外都已经过实际运营的检验,技术标准虽有差异,但为中国高铁引进后的对比、综合和集成提供了参考,使中国的高铁创新成为可能。

国外的高铁技术经过了几十年的发展,各项技术日臻成熟。日本新干线营运列车从 0 系-800 系发展到 E1 系-E6 系,还有许多供输出海外的各种列车种类,形成了较为庞大的高铁技术体系。法国的 TGV 列车不仅在本国运行,还往来于比利时、荷兰、西班牙、英国等地,欧盟各国就是采用法国 TGV 技术作为全欧高铁的技术标准。此外,它还出口到韩国、澳大利亚等国,是被运用最广泛的高速轮轨技术。德国的 ICE 技术虽然起步较晚,但也经历了 ICE-1、ICE-2、ICE-3 等多

代发展, 并出口到西班牙、荷兰等国。这些高铁技术普遍采用动力分散的驱动方式, 在速度、轴重、降噪、降振等方面有了极大改进, 降低了建设成本, 提高了经济效益; 制动系统一般采用再生制动, 有的辅以踏板制动或涡流制动; 电气控制则采用交流电变频控制; 在列车运行安全控制方面也有许多技术创新, 还有诸如自动售票系统等多项配套技术。国外的高铁技术积累为中国的高铁引进提供了多种选择, 没有对这些技术的引进就不可能有中国高铁的发展, 更不可能有中国在此基础上的创新。正是基于以上认识, 中国进行了三次重要的项目招标引进, 分别对时速 200 km/h 动车组、时速 300 km/h 动车组和京津城际高铁进行了招标引进。日本川崎重工业株式会社把三组 E2 系及其车辆技术转让给中国, 法国阿尔斯通公司将 TGV 高速列车的七项关键技术转让给中国, 为中国的高铁创新奠定了基础。

国内铁路工业经过了几十年的发展, 已经形成了完整的生产体系, 机车车辆不仅实现了自给, 而且出口到国外很多国家。机车、客车、货车的数量、品种、质量都达到了国际一流水平。在“十一五”期间, 中国成功研制出 6 轴 7 200 kW 和 9 600 kW 大功率电力机车, 形成了具有自主知识产权的大功率机车产品系列。中国自主研制了载重 70 t 通用货车、80 t 煤炭专用货车、100 t 矿石和钢铁专用货车、450 t 大型专用货车, 研发了高速综合检测列车, 全面掌握了现代化大型养路机械核心技术并实现国产化, 以大秦铁路为典范的重载运输技术达到世界一流水平。^[12]此外, 在桥梁、通信信号、混凝土轨枕以及装卸、养路、施工等方面的设备和机械也都取得长足进步。铁路技术水平的进步提升了中国铁路装备的现代化水平, 铁路自身的技术积累也促使其取得了又一个具有自主知识产权的专利, 造就了一大批铁路科研人才梯队, 这些都是保证中国铁路能取得创新的基础和前提。

在中国高铁项目中, 数千名科技人员进行了长期研究, 自 2003 年以来, 申请高铁相关专利共计 946 项^[13]。中国的高铁技术体系正是在立足自我、博采众长、全面自主创新的基础上构建起来的, 是在国外与国内的技术推力中不断成长、壮大的。每一次技术问题的解决, 不仅丰富我们的经验, 使自身的技术得到了大幅度的提升, 而且是一次创新, 持续的创新使中国高铁具有自己的特色和面貌。没有国外技术的引进, 就没有中国高铁的现在, 没有国内自身的技术积累和创新, 就不会有中国高铁的未来。

2.3 国家的规划和扶持

没有国家宏观政策的指导, 没有政府机构的强力支持, 就不可能有高铁项目的发展。在国家和铁道部的科技项目中, 高铁领域始终是资金投入的重点, 近年来自主投入累计超过 3 亿元, 确保了高铁技术创新具有充足的资金保障。国家建立成果转化反哺科研机制, 每年按照高铁年度经营收入 5 % 的比例, 筹集上亿元资金用于行业服务和科技创新。^[14]其中, 每年设立行业服务技术创新基金, 用于保障行业服务重大项目资金需求。在高速动车组制动系统、牵引系统、无砟轨道扣件等领域, 自筹资金建设创新成果转化基地, 满足了创新工作的迫切要求, 使得企业在装备建设和队伍建设方面有了强大的资金支撑, 保证了创新的物质基础。

中国高铁推行的“走出去”的战略是党中央、国务院会同铁道部共同制定实行的高铁发展战略。党中央、国务院对中国铁路实施“走出去”战略高度重视, 胡锦涛总书记和温家宝总理多次作出重要指示和批示, 强调中国企业要尽快“走出去”。这为铁路事业指明了发展方向。同时, 国家在高铁的起步阶段、实施阶段、建设阶段以及运营阶段都给予有力的支撑和帮扶。国家主体与企业主体在高铁创新中的作用虽有不同, 但正是这种密切结合形成的合力推动了高铁的技术创

新、组织创新、管理创新和服务创新,使创新链条更加牢固和紧密,使主体之间的指导、协调、反馈等功能趋于合理、优化。

中国高铁发展取得的辉煌成就,与政府的发展规划和国家的大力投入是分不开的。在未来的发展中,国家还将继续发挥政府主导作用,整合各方的力量,在统领全局规划、指导企业生产、协调企业关系上承担自己的责任,把中国的铁路,尤其是高铁的品牌打出去,推出中国的铁路技术标准和产品,包括建设和运营的管理模式,提高铁路“走出去”的整体水平。

2.4 企业自我发展的追求

中国高铁发展规划确定后的一年内,青岛四方、长客股份和唐车公司作为高铁行业的领军先锋,在国家宏观政策的指引下,想方设法激发员工的创新潜能,在公司内部营造创新氛围,在社会上寻求创新外援,推动着中国高铁快速向前发展。

面对中国铁路大提速这一要求和历史机遇,青岛四方清楚地认识到:提高自主创新能力是加快产品结构调整和转变经济增长方式的重要途径。因此,该公司做出了从制造型企业向创新型企业转变的重大战略决策,以自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来为战略方针,努力突破高速列车的核心关键技术。青岛四方从技术引进入手,凭借长期以来在铁路机车车辆装备制造领域积累的技术基础,成功地从日本川崎重工业株式会社引进了时速 200 km/h 动车组。自身发展战略的调整使得青岛四方在高铁市场赢得了先机,取得了领先优势。青岛四方拥有一大批拔尖的科技带头人、中青年科技英才、管理骨干和“金蓝领”专家,建设了高铁的三大技术平台,同时,通过流程再造,整合了内部的技术资源。该公司已形成了以国家级技术中心、博士后科研工作站、高速列车系统集成国家工程实验室、经国家实验室认可委员会认可的检测实验中心为主体的完整

的产品研发、设计、检测体系。这些共同助推了企业的持续快速发展,为公司的自主创新提供必要的物质保障与人力资源。

长客股份的快速崛起,也是以国家铁路发展的总体要求为起点的。尤其是自 2004 年以来,该公司引进了国际一流水平的法国阿尔斯通公司时速 250 km/h 动车组和德国西门子公司时速 350 km/h 动车组的设计制造技术,成为其历次也是整个行业有史以来规模最大、水平最高、影响最深的一次系统全面的技术引进,引进的力度和效果史无前例。长客股份还利用产学研科研优势,进一步加强创新人才队伍建设,建立了各种吸引人才、激励人才、培养人才的机制,创造了有利于人才发展的客观环境,营造了尊重知识、尊重人才的氛围。

唐车公司按照国务院提出的“引进先进技术,联合设计生产,打造中国品牌”的总体要求,在铁道部的大力扶持下,锁定当时国际上最先进、最成熟、最可靠的铁路装备制造技术,构建高铁移动装备制造平台,加快铁路技术装备现代化进程,从而走上引进、消化、吸收、再创新之路,成长为中国高铁移动装备重要制造基地。为了提高单位内部每个员工的操作能力,激发他们协同创新的合作潜能,唐车公司通过出国培训,建立企业自身的消化吸收模式,使员工队伍得到了整体的大幅度提升。另外,唐车公司还采取了多种形式的奖励措施以鼓励员工进行创新,如出台奖励基金管理办法,采取“实名制”命名创新成果等方法,从多个方面营造创新的良好环境,最大限度地激发了员工的创新潜能。

企业作为市场经济的主体,是自主经营、自负盈亏的经济实体,这三家企业之所以从国外四家企业引进技术,是因为他们在分析自身条件的基础上经过充分论证而作出的决策。每一家企业都有自己的优势和特色,只有找到与本企业相契合的技术才有利于企业自身的快速发展,所以三家公司在引进谈判时是非常慎重的,是经过综合

考虑的。技术的选择要保证企业能够从中受益,能够促进企业更大的进步,能够带来企业的市场扩张,是微观主动性发挥的表现,是企业自救的市场行为。

3 高铁创新的运行机制

中国高铁的迅速发展不仅有其动力因素的刺激,而且还有一系列的运行机制保证自主创新的实现,引导企业及合作单位协同行动,通过人、财、物的调配保证决策目标及任务的真正实现,这种协调、灵活、高效的运行机制是高铁创新必不可少的基本保障。没有高铁企业内部各生产要素之间的结合、作用及制约,就没有企业内部活力的迸发;同样,没有内部与外部环境的互动,也不可能实现中国高铁事业的超越。

3.1 引进技术的学习过程是创新的基础

中国制造业有一个“怪圈”——“引进—落后—再引进”,造成这种现象的原因有很多,其中就有对引进技术学习不到位的原因。很多企业引进技术后,不是全面掌握该技术,而只是在外国专家的指导下,按照他们的要求进行工作,不知这样做的目的是什么,往往知其然而不知其所以然。如果高铁技术的引进也是如此,那么也就谈不上以后的吸收、消化和再创新。所以,技术学习阶段是引进技术中必不可少的一步,必须要脚踏实地地先做好学生,才可能“青出于蓝而胜于蓝”。

唐车公司在引进德国西门子子公司的高铁技术后的三年内先后组织 90 多个团组参加动车组项目出国培训,大约 580 多人次赴德国西门子子公司接受了相关技术的培训,培训覆盖了设计、工艺、管理、操作技能等所有方面。通过三年的消化、吸收后,唐车公司掌握了动车组列车的总成、转向架、牵引电机等关键技术和主要配套技术。^[15]而之所以能够取得这么高的成就,是因为唐车公司提出的“五化”的技术演进路径,即“僵化、固化、习惯化、优化、文化”。通过这种方式,使

工作流程融入工人的血液里,使之成为一种习惯。对于从国外引进的一些技术,如果只是按部就班、循规蹈矩,没有任何突破,则将永远落后,而且不进行再创新,单凭引进的技术不一定完全适合中国的具体情况。因此唐车公司的基层工人、技术人员经过仔细分析,改造现有的技术,最后实现了制造流程的优化。

在该公司生产的每一个现场,都摆放着现场操作指示板。上面不但标示着技术转让方提供的产品工艺流程,也标示着根据国产动车组运营需要所做的工艺调整方案和以操作工人名字命名的创新操作法。该公司的每项创新都会以标准和文件的形式固定下来,极大地激发了广大工作人员参与创新的积极性。这充分说明,有了技术学习的过程,才能为以后的技术创新奠定基础,创新不是空想,而应建立在学习的基础之上。

3.2 员工队伍建设是创新的关键

人才是每个企业,乃至国家、民族持久发展的源泉和动力。在企业中,那些岗位针对性强、动手能力强、技术水平高、职业素质好的员工永远都是最受欢迎的。改革开放 30 多年的实践证明:企业的生机在人才,企业的活力在制度,企业的发展靠创新。

青岛四方以前的员工大部分毕业于技工学校。该公司 2004 年引进高铁技术并投入生产后,员工的收入水平不断提高,发展空间不断拓展,吸引了很多有志之士。至 2009 年,员工队伍中已拥有本科毕业生 1 500 多人,硕士毕业生 300 多人和博士毕业生 15 人^[16]。员工学历水平的提高,使他们有能力承担前沿的研发任务和精细的生产任务,为中国高铁的崛起做出了不可替代的贡献。

唐车公司开展导师带徒、传技、授业等活动,让更多的优秀人才快速成长起来,让高技能人才在生产经营实践中通过难题攻关展现才情,在带徒传技中传授个人技能,发挥引领作用。中国北车所属企业普遍建立了以攻克技术与质量难关为

重点的技师协会,开展了“献一个绝招儿,攻一个难关,带一名高徒”的“三个一”活动,组织了签约培养的导师带徒活动等,充分发挥了高技能人才的典型示范作用,为企业培养了更多的优秀人才。现代企业不仅要有一定数量的劳动力,还必须拥有一定质量的员工,才能使企业有能力承担起生产经营上的重任。提高员工队伍的素质是提高企业经济效益、完成企业经营目标的前提条件。

员工整体素质的提高为创新型人才的涌现提供了温床,也为创新活动本身提供了氛围。中国的传统经济体制鼓励创新不够,但是随着改革开放后中国经济与世界经济的接轨,这种状况正在发生改变。高铁企业员工认识到:创新是企业的生命力,是企业制胜的必备法宝,是企业员工的天然使命。创新氛围增强企业员工的创新意识,达到人人创新、事事创新、时时创新的效果,中国高铁企业就在朝着这个目标努力奋进。

构建起一套实用高效的人力资源管理体系是高铁创新的关键因素。坚持以人为本,重视稀缺人才队伍的稳定和建设,从战略角度保持人才队伍的专业结构和梯次方面的平衡发展,以经营管理人才、专业技术人才、操作技能人才三支队伍建设为重点,构建多层次、多渠道的招聘培训体系,形成完善的人才培训、选拔任用、考核评价、激励保障和合理流动机制。

3.3 全面创新管理理念和管理方法是创新的保障

全面创新管理(TIM)是迄今为止最先进、最科学的创新管理模式。它是“以构建和提高核心能力为中心,以价值创造和增加为目标,以战略为导向,以技术创新为核心,以组织的各种创新(战略创新、组织创新、市场创新、管理创新、文化创新、制度创新等)的有机组合与协同创新为手段,凭借有效的创新管理机制和方法,做到人人创新、事事创新、时时创新、处处创新”^{[17]39}。

中国高铁企业的创新管理模式各不相同,但它们都体现出全面创新管理模式的主要特征,即全面性、全员性、全时空性、协同性和开放性。以唐车公司为例,企业的创新既包括技术创新,也包括非技术创新,涉及所有的创新要素,而且特别重视技术创新与非技术创新之间的协同作用。在唐车公司内部,每一位员工都是创新的积极参与者,每个职能部门都是一个创新的源泉,而且各职能部门之间沟通良好、互动频繁、协同运作,从而为全面创新提供了人员和组织保障。唐车公司还与部分高等院校、科研单位等联合设计开发、攻关技术难题,与政府部门、中介机构、供应商等及时联系沟通,使它们能够及时、便捷和经济地获取外部的最新科技知识和市场信息。这也使创新风险大为降低,创新成功率显著提高。唐车公司所采取的创新战略既不是纯粹的自主创新战略,也不是纯粹的合作创新战略,当然,更不是纯粹的模仿创新战略,而是一种兼有上述三种创新战略优点的复合式创新战略。

中国高铁的创新管理模式告诉我们:创新信息网络是TIM实施的基础和保障。企业要以技术创新为中心、战略创新为方向、组织创新为保障、市场创新为途径、制度创新为动力^{[17]40}。领导是实施TIM的关键。企业要与外部的创新源保持密切联系,降低创新风险,提高创新效率。内部则通过多种形式使各种创新不断相互交流,以使创新产生协同效应。通过提倡人人创新、处处创新、时时创新的企业文化,树立人人争创新,事事要创新的氛围。

管理创新一方面是技术创新的保证,另一方面又是技术创新的必然要求。技术可以引进、消化、吸收,管理经验也可以引进、消化、吸收,但是最终最优管理模式的建立却需要企业内部所有员工的共同努力,创新也只有建立在员工素质和能力提高的基础上才是牢固有效的。能否把先进的管理理念和方法转化为企业员工自觉自愿的

行动是考察企业创新维度的一个重要方面。

3.4 创新生态系统的相互作用是创新的必备条件

生态原指生物的生存状态,以及各生物之间、它们与环境之间环环相扣的关系。从生态角度来剖析高铁创新战略,就是将高铁创新作为一个系统工程,统筹国际国内环境因素,全面管理企业内部每个员工之间的关系等方方面面,瞄准目标,落实举措,和谐推进。

高铁创新是中国经济社会又好又快发展愿景下的战略选择,也是中国高铁迅速崛起的必备条件之一。高铁创新战略目标的实现过程,是中国特殊的国情、恰当的投入和激励以及积极的主体行为等多方面因素综合作用的生态化进程,需要集合社会各方面的整体智慧和力量,予以不断推进、深化和提高。

随着中国高铁行业的迅速崛起,需要解决的问题日益呈现出多样性。建设过程中,遇到了很多前所未有的技术难题,特别是高铁线路设计规范、无砟轨道设计理论和建造技术等诸多重大的关键科学技术问题亟待深入研究,迫切需要工程建设单位、高校和科研院所密切合作,协同攻关。因此,在高铁建造技术领域,有必要整合社会资源,充分利用企业、高校、科研院所等单位的优势,在政府指导和中介机构服务下,优化资源配置,建立以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系。

目前,青岛四方、长客股份和唐车公司都已与多所国内高校和科研院所合作进行技术攻关,如:浙江大学、西南交通大学、北京交通大学、中国铁道科学研究院、中国科学院等。高铁企业就重点课题与高等院校、科研院所成立联合攻关组,与高校和科研院所之间构建了协同仿真技术平台,有效地提高了企业的自主创新能力。按照未来中国高铁的发展趋势,借用社会资源,产学研发展的道路依然会延续。中国产学研合作促进

会常务副会长段瑞春在“山区高铁工程建设技术创新”专题汇报会上对高铁技术的创新总结出五个“一定”:成功的技术创新一定要从市场、技术和法规的“三维坐标”来确定主题和路线;一定要建立一个能够对市场和技术做出快速反应的技术转移机制;一定要对知识产权做到充分、有效的保护;一定要打响自己的品牌,形成自己的技术标准;一定要持续创新,把技术创新、管理创新和营销传播创新三者有机地结合起来^[18]。

生态圈最重要的特征之一就是和谐,只有和谐才能使万物自然生长,才能使生物多样化,才能使整个生态圈得以平衡发展。高铁创新的生态圈自然也需要和谐,这个和谐既强调国内的宏观经济大环境,也强调企业内部的微观小环境;既加强与国外企业的技术合作,也加强与国内企业的上下游供销合作;既强化企业间的互助交流,也强化与高校、科研院所的协同并进。在高铁演进系统中,其组成要素是非常复杂的,不仅仅是技术要素那么简单,还包括许多国家的、社会的、管理的、文化的要素。可以说,没有一个良好的外部环境,就没有高铁的发展,更不可能有高铁的创新;没有高铁企业内部的良性循环,同样没有高铁的快速发展。正是因为有了国外技术的引进、企业的自我追求、国家的扶持和社会支援的协作,才有了中国高铁这棵大树的生根、发芽进而茁壮成长。

中国高铁是在和谐的生态圈中成长起来的,它在立足于现实性基础上,抓住机遇,找准目标,解放思想,重塑组织,改变路径,直面未来。所以,企业要发展最好还是能有一个良好的生态环境,这才是可持续发展的根本之所在。目前,高铁所遇到的困境正是一种对自身的考验,如果不能克服这些问题,中国的高铁将流于平庸,只有正视困难,在逆境中奋勇前行才能收获成功。

4 中国高铁创新的启示及展望

高铁是一项巨大的系统工程,高速列车的制

造只是这项工程中的核心部分,它还包括工程设计施工、综合调度、通信信号、安全保障、信息控制和运营管理等很多方面。这些方面显然不能仅靠引进就能解决问题,更应立足于国内科研人员的研究成果。高铁的创新包含三个方面:一是引进专利技术以外的各种列车技术及相关外围技术的创新,如油漆的喷涂、铁路工程的建设、安全控制等;二是引进专利技术的创新,如弓网受电技术、转向架技术等;三是高铁产业链上下游工业基础的创新,如铝材、电线等。当中国高铁在350 km/h的速度上第一次实现了商业运营时,恰恰符合了熊彼特原初意义上的创新。因此,我们以一种系统的思考方式来理解高铁的创新行为将更切合实际,而不是把着眼点仅放在核心技术比国外先进多少上。综观中国高铁发展的历程,我们从中能找到一些启示:

1) 企业应制定明确的技术战略,应时刻追踪本行业的技术发展方向,根据市场变化、顾客需求、技术趋势等信息对技术进行评估,确保储备技术的保值和增值。

生产动车组的三家企业均有几十年甚至上百年的历史,而且都有生产客运列车的经验和技能,从制造工艺、工装设备、产品系列、实验条件等都积累了丰富的资源,技术成熟度高,产品市场需求旺盛,因此技术研发转化的阻力就比较小,更容易创新。技术本身是具有递进性和延展性的,某一方面技术的重大创新可能带动周边技术的全面创新,而且这种全面创新与原有技术之间一定有密切的联系,不可能把原有技术完全抛开而全部“另起炉灶”,只在原有基础上“修修补补”。由此可见,技术积累与技术创新是紧密结合的,没有中国铁路几十年发展所具有的技术底蕴和整个国家的工业基础,就不可能有高铁的创新。实际上,在从国外引进高铁技术之前,国内的几家企业曾联合设计过一些动车组,如“蓝箭”、“中华之星”等,虽然没有实现商业运营,但也都积累了许多经验。因此,我们可以把中国的技术储

备看做是高铁创新之道的起点,是起跑之前的热身运动,没有技术储备就没有技术创新。

创新,尤其是技术创新绝不是凭空而现的,而往往是建立在对原有技术的反思与批评的基础上经过深思熟虑才找到突破的。没有自身的技术积累和储备,即使引进了先进技术,也会因吸收消化过程的漫长而迟迟不能创新。技术储备往往容易受到忽视,但它却是企业发展的核心竞争力,无论国家间还是企业间的经济竞争,归根结底都是技术上的竞争,因此就必须建立一种持续性的技术储备机制,储备对象应包括技术人才、科技知识以及先进的技术装备等。这种储备短期可能不会产生效益,但是在出现重大转折或机遇时往往能发挥意想不到的作用。

2) 企业应为人才提供适于创新的环境,使创新成为企业文化建设的重点和企业发展的生命线,从而达到人人创新、事事创新、时时创新的最高境界。

人才的问题虽是老生常谈的问题,但也是无法回避的问题。企业的发展、技术的创新、市场的发现都是靠人来推动的,最好的企业往往是那些贯彻以人为本最彻底的企业。如谷歌公司世界各地风格迥异的办公室就充分体现了员工张扬的个性。创新是人类的本性,人类因追求自由而自觉的创造性活动而得以进化。每一个人都是创新的主体,每一个人都具有潜力,而创新潜力能否发挥在很大程度上取决于是否有一个有利于创新的环境和良好的氛围。企业一定要改变那种“枪打出头鸟”、“论资排辈”、“嫉贤妒能”等落后观念,应想方设法为人才打造一个适宜工作和生活的良好环境,搭建一个干事创业的平台,建立一个有利于人才成长和发挥才干的机制,只有如此,才能使人心中的创新种子孕育、发芽、长大。

从引进到创新是一个由靠人“输血”向自我“造血”转化的过程,正是这些人才的出现才实现了这种转变。中国的高铁就是在倡导创新的大背景下靠人才实现了跨越式发展。人才就是高铁

创新之路上的“运动员”，正是他们使创新成为可能，使竞争有意义；创新的环境就是体育比赛的规则，建立一套公平、公正、奖罚分明的制度将极大地促进人才的脱颖而出。

3) 企业应构建一个创新网络，建立一个创新联盟，实现内部与外部界面的彼此合作、协同和进化，提高资源的高效共享。

中国高铁的创新是系统综合的结果，它既是技术本土化的逻辑要求，也是市场需求拉动的正常反应，还是与上游供应商和下游客户互联的共同诉求，其中任何一个单独的因素都不足以带动整个系统的创新，只有在所有因素一体化的交互过程中才能孕育创新。在这样的一体化中，创新既有主动的，也有被动的，既有自觉的，也有自发的，既有“设计”的，也有“涂鸦”的，很难一概而论，但多因素的综合是产生总体大于局部之和效应的关键。这种复杂性最终服从于高铁创新系统的目的，即建立中国自己的高铁标准和高铁体系。在国际高铁“竞赛”中，这个目标就是中国所要抵达的“终点”，所有努力都是朝着这个方向做出的。

技术、需求、产业链就好像赛道上运动员的起跑、呼吸、摆臂、步幅、加速等技术一样，构成了科技人才的强大动能，引领他们飞奔在创新之路上。技术、需求、产业链的交互作用有助于企业构建一个创新网络和创新联盟。多种因素的相互作用作为创新最初的原动力提高了资源的利用率，促进各联盟成员实现共同进化。同时，及时关注和处理多种因素碰撞产生的问题，企业才能更好发展，解决问题的过程也是创新过程的一部分。

当然，中国高铁在取得巨大成绩的同时，也出现了许多问题，如：过分追求速度而忽视安全，车辆制造技术与运营管理技术脱节，动车配套产品的质量隐患等。这些问题最终酿成了“7·23”甬温线动车追尾事故。经过血的教训，我们更能体会生命无价的意义，促使我们更加重视安全、

尊严、权利等问题。中国高铁事业既然已经启动，就不可能停止下来。现在有人鼓吹希望回到“绿皮车时代”，难道“绿皮车”就绝对安全吗？任何交通工具都不可能保证绝对的安全，但任何一次安全事故都不能以此作为逃避责任的理由。高铁应该发展，而且要更稳妥、更合理、更健康地发展，这就要求我们必须认真分析每一次事故的原因，做好事前预防、事中控制和事后总结工作。

中国高铁在追随世界先进水平的道路中，体现了以增强自主创新能力为核心的发展思路。无论是原始创新、集成创新还是引进—消化—吸收—再创新，归根结底都有助于中国高铁的飞跃，有助于我们建立具有自主知识产权的高铁技术体系，有助于我们走出国门，参与国际市场的竞争。中国高铁在巩固原有技术创新轨道的同时，还要不断探索新的创新轨道，进而实现对核心技术的突破，打造自己的技术平台和标准。

目前，美国、俄罗斯等很多国家正在筹建高铁工程，以昆明为中心的“泛亚高铁网”也已启动，中国的高铁处于这样一个重新分配的世界格局之中，如果能抓住机遇，参与高铁国际市场的角逐，将对中国制造业的转型有很大的推动作用，有利于提升中国品牌的形象。因此，高铁的建设和运营不仅会产生许多可见的经济收益，也将带来巨大的社会效益。我们相信高铁的挫折和困难是暂时的，它的未来发展将会有有一个更广阔的空间。

参考文献

- [1] 孙春芳. 还原高铁十字路口之争：“中华之星”陨落解密[EB/OL]. (2011-06-04)[2011-09-01]. <http://www.21cbh.com/HTML/2011-6-6/zMMDAwMDI0MjczMw.html>.
- [2] 我国在运高铁亏损严重上座率难以保证[N]. 新晚报, 2011-06-27.
- [3] 赵坚. 中国高铁债务危机制度根源[J]. 中国改革, 2011(4): 12-14.
- [4] 詹勇. 高铁要坚定科学发展既定轨道[N]. 人民日报, 2011-08-12(9).
- [5] 徐艳清. 业内人士称中国高铁技术刚刚起步[EB/OL].

- (2011-08-05) [2011-09-01]. <http://gb.cri.cn/27824/2011/08/05/110s3329374.htm>.
- [6] 黄金萍. “南车”造车记[N]. 南方周末, 2010-07-28.
- [7] 宗巍. 制造商“解密”京沪高铁列车的人性化设计[EB/OL]. (2011-06-30) [2011-09-01]. http://news.xinhuanet.com/tech/2011-06/30/c_121606744.htm.
- [8] 严冰. 中国高速动车组驰出自主创新之路[N]. 人民日报海外版, 2008-09-05(15).
- [9] 李红梅. 既有线提速接触网系统 JY250 研发[J]. 铁道工程学报, 2008(4): 62.
- [10] 张卫华. 高速转向架技术的创新研究[J]. 中国工程科学, 2009(10): 9.
- [11] 张兴军. 我国人均占有铁路里程仅 6 厘米[EB/OL]. (2011-09-18) [2011-09-01]. http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-09/18/content_10075640.htm.
- [12] 申亚欣. “十一五”: 我国铁路技术创新实现重大跨越[EB/OL]. (2011-01-04)[2011-09-01]. <http://society.people.com.cn/GB/86800/13650189.html>.
- [13] 梁士斌. 2003 年以来我国申请高速铁路相关专利 946 项, 高铁未现与外国公司知产纠纷[N]. 法制日报, 2010-12-08(6).
- [14] 中国铁道科学研究院. 树立一流目标发挥综合优势大力推进高速铁路技术创新[J]. 中国铁路, 2010(1): 20.
- [15] 张许峰. 四年怎么走完二十年的路: 唐车调查(下)[N]. 河北日报, 2009-12-27.
- [16] 南车青岛四方机车车辆股份有限公司[J]. 铁道知识, 2010(1): 7.
- [17] 梁艳, 彭灿. 日本企业全面创新管理模式及其启示[J]. 商业时代, 2007(17).
- [18] 马金玲, 马武松. 加强产学研合作, 应用创新技术, 加快山区高速铁路建设: 山区高铁工程建设技术创新专题汇报会在京举行[J]. 中国科技产业, 2009(12): 41.

The Innovation System and Inspiration of Chinese High-Speed Railway

Zhao Jianjun, Hao Dong, Wu Baolai, Lu Yanling

(Department of Philosophy, the Party School of the Central Committee of C.P.C, Beijing 100091, China)

Abstract: Based on the introduction of foreign technology, Chinese high-speed railway is heading to its independent innovation. It has made many technical innovations in head shape, air tightness of the body, pantograph-catenary current collection, bogies, etc. The intrinsic dynamic mechanism and the operating mechanism guaranteed the high-speed railway development in China. The integrant demand of the domestic market, foreign and domestic technology drive, national planning and support, and self-development of enterprises' constitute the dynamic mechanism of high-speed railway. The technological learning, staff team development, comprehensive innovative management, and the interactions of innovative ecosystem constitute the operating mechanism of high-speed railway. The future development of Chinese high-speed railway should focus on the technological reserve, the cultivation of talent people as well as the interaction of technology, need and industry chain.

Key words: high-speed railway; innovation; technology; mechanism