

神华重载铁路技术创新与实践

薛继连

(神华集团有限责任公司,北京 100011)

[摘要] 神华重载铁路工程立足于神华集团自身实际需求,致力于重载铁路成套技术研发,着重在重载铁路工程建设技术、重载运输技术、建设运营管理技术3个方面积极开展工程技术创新。系列技术创新不仅推动了神华集团尽快掌握重载铁路核心技术,而且促进了企业快速发展,并取得了显著的社会效益和经济效益。神华铁路走出了一条以企业为主体、以需求为导向,通过打造产、学、研联合体、推行科研项目工程化等手段开展重载铁路技术研究的新路子。

[关键词] 重载铁路;技术创新;实践体会

[中图分类号] C931 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)08-0043-07

1 前言

长期以来,我国重载铁路行业技术发展相对滞后,主要是因为一直延续计划经济体制,发展模式陈旧,技术创新动力不足。神华铁路作为市场取向改革的产物,为我国重载铁路发展注入了新的活力。经过多年的探索和实践,神华铁路已初步形成了具有自身特色的重载铁路发展模式。

神华铁路是解决神华煤炭外运的专用重载铁路通道,也是国家西煤东运第二大通道,在保障国家能源运输安全等方面具有重要的战略地位。神华铁路建设伊始就确立了“站在巨人肩膀上勇于创新”的指导思想,在借鉴国内外先进经验的基础上,以创新发展模式为着眼点,以发展重载铁路运输为着力点,立足自身实际,在投融资、建设、运营、管理、技术等方面进行了全方位、集成化的持续创新,坚持企业主导、搭建平台、聚合资源,形成了独具特色的工程管理创新体系,取得了一系列重大科技成果,掌握了具有自主知识产权的重载铁路核心技术,综合效益显著。总结神华铁路技术创新与实践,既能为神华铁路的未来发展提供理论指导,也对加快我国铁路发

展方式转变、促进铁路可持续发展具有重要意义。

2 神华重载铁路工程概况

神华铁路是党的“十四大”提出的跨世纪工程,是开发神府东胜煤田的神华配套工程。神华集团是中央直管的跨地区、跨行业、多元化经营的特大型企业,2010年自产煤3.57亿t,商品煤销售4.5亿t,电力投运总装机容量3395万kW,铁路营业里程1470km,截至2010年年底,资产总额约5509亿元^[1]。

2.1 神华铁路的特点

神华集团已投入运营的铁路包括包神(包头—神木)铁路、神朔(神木—朔州)铁路、朔黄(神池—黄骅)铁路、大准(大同一准格尔)铁路、黄万(黄骅—万家码头)铁路,在建或已批复建设的铁路项目包括准神(准格尔—神木)铁路、甘泉(甘其毛都—万水泉)铁路、黄大(黄骅—大家洼)铁路、巴准(巴图塔—准格尔)铁路、塔韩(塔然高勒—韩家村)铁路等。神华铁路具有以下4个显著特点:一是所经过地区地形地貌复杂,绝大部分为山区铁路,桥隧相连、坡陡弯急,神朔线、朔黄线最大坡度达1.2%,

[收稿日期] 2011-06-10

[作者简介] 薛继连(1954—),男,山西大同市人,教授级高级工程师,研究方向为重载铁路及技术管理、地下工程;

E-mail: xuejl@shenhua.cc

神朔线连续长大上坡道最长一段 26 km,朔黄线连续长大下坡道最长一段 56 km,最小曲线半径仅 400 m,最长的隧道达 12.78 km;二是工程地质条件复杂,朔黄线西段穿越煤矿密集采空区,东段穿越滨海软土、盐渍土地地区;三是由企业自管自营,神华铁路由一个以煤为主的能源企业自行建设、管理和运营;四是运输能力较大,装备水平较高,为了适应神华集团煤炭产量逐年快速递增,要求铁路运输系统必须具备较大的运输能力,必须具备较高

的运输装备水平。

2.2 神华铁路的发展规划

到“十二五”末期,神华自有铁路运营总里程将达到 3 300 km,基本形成西到银川,北到蒙古国,东到黄骅港、天津港、山东东营、龙口港,并连接大秦线、集通线的自有铁路网,初步形成以煤运通道为骨干,集疏运系统相配套的煤运重载铁路网络架构(见图 1)。开行万吨和两万吨以上的重载列车,保证神华多个亿吨级煤炭基地的投产使用。

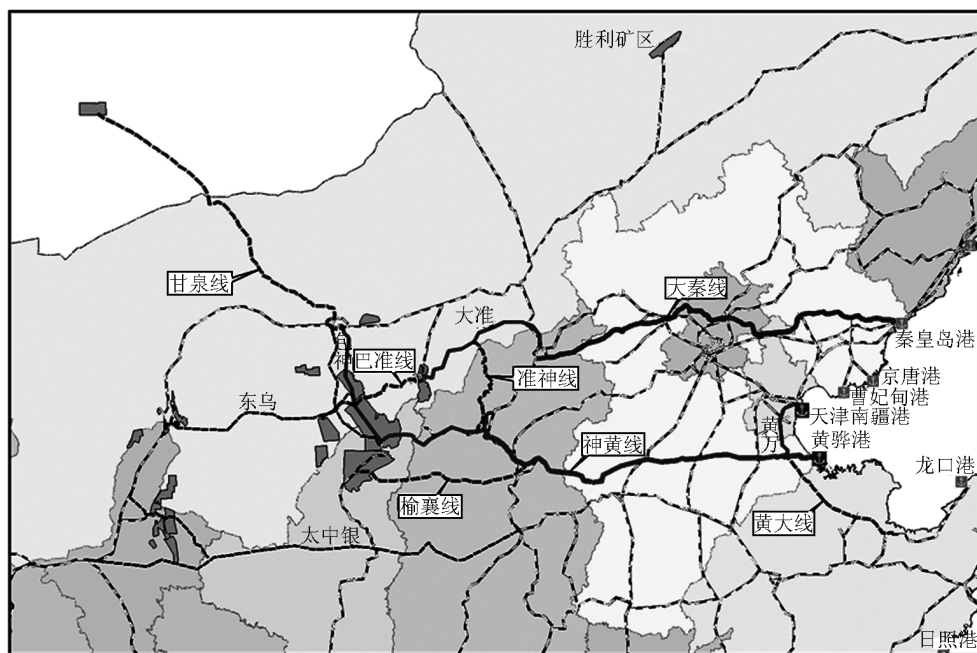


图 1 神华铁路网络示意图

Fig.1 Shenhua railway network diagram

3 神华铁路技术创新战略

3.1 战略提出的背景

由一个以煤炭生产为主的企业负责建设、管理与运营如此规模庞大的一个自有铁路网,在技术、人才、经验等各方面都严重不足,而且还受到一些政策的限制和外部发展环境的制约。这就要求神华铁路的发展必须走自主创新之路,从企业自身实际需求出发,克服种种困难和不利因素,坚持产、学、研联合,发展重载铁路运输技术。

3.2 战略总体思路

神华重载铁路技术创新的战略总体思路可概括为:需求引领、整合资源、企业主导、高效适用、持续创新。

1)需求引领。从自身实际需求出发,立足于解决生产经营活动中遇到的重大问题,着力提高创新的针对性、实用性和前瞻性。

2)整合资源。以科研项目为依托,通过开展产、学、研密切合作,整合相关资源,形成创新组合优势。

3)企业主导。突出企业在技术创新中的主体地位和责任,企业既是技术创新需求的主体,也是研发投入的主体;既是开展科技创新的试验平台,也是科研成果的最终用户。

4)高效适用。强化技术成果的推广应用,做到研发与应用同步,成熟一个应用一个。

5)持续创新。以提高神华铁路自主创新能力为出发点,建立可持续的科技创新体系。重点是完

善以企业为主体的产、学、研合作,科技创新要素参与分配、绩效考核和创新型人才长效激励等机制,形成层次分明、全员创新、持续创新的氛围。

3.3 战略主线

神华重载铁路实行“大轴重、大牵引质量、高行车密度并举”战略,以企业需求为导向,以研发神华重载铁路自主知识产权技术为主线,开展综合集成、系统创新,重点加强运力提升技术、安全保障技术、铁路信息技术、节能环保技术等领域的成套技术研究;广泛利用社会科技资源,构建产、学、研相结合的可持续创新体系,通过引进、消化、吸收、再创新和自主创新,掌握具有自主知识产权的关键技术,形成重载运输成套技术体系,为打造“绿色、高效、数字化”的国际一流重载铁路提供技术支撑。

4 技术创新实践

4.1 工程建设技术创新

4.1.1 创新复杂地质条件下特长双线隧道综合施工技术

针对朔黄铁路长梁山隧道围岩软弱、地质结构复杂、地下涌水量大、穿越煤系地层,又是铁路双线长大隧道(长 12.78 km,仅次于北京—广州铁路大瑶山隧道)的特点,为了防止塌方,保证工期,在国内首次采用了超前地质预报技术,并在施工中总结形成了“复杂地质条件下特长双线隧道综合施工技术”,使该隧道提前半年竣工。该技术主要包括:a. 在国内率先采用国际先进的 TSP—202 等超前地质预报技术,实现对掌子面前方 100 m 内地质状况的准确预报,为科学施工奠定了基础;b. 采用正台阶、全断面隧道软弱围岩施工技术,解决了有水砂页岩、微膨胀性泥岩地质条件下的隧道施工问题,创造了国内铁路双线软岩隧道单口工作面的掘进记录;c. 采用超前预注浆技术进行堵水与加固围岩,顺利通过了总影响带宽 350 m 的 F12 断层带;d. 采用自主研发的长隧道大流量通风技术,在无轨运输条件下实现单头掘进 2 175 m;e. 采用综合防排水技术,在洞内涌水量为 12 494 m³/d 的情况下实现正常生产^[2]。实践证明,该项技术作为集多领域先进技术的组合创新成果,效果显著,具有广阔的推广应用前景。

4.1.2 自主研发特殊土和特殊条件下铁路路基修建综合技术

神华铁路是直接连接大型港口的重载铁路,在

接近海岸线的肃宁北至黄骅港站地区,有很多软土、盐渍土等路基地段,工程地质条件较差。为了降低远距离运料换土填筑路基所带来的高造价,并从根本上解决这些路基的加固处理问题,神华铁路在修建过程中首创了铁路利用盐渍土填筑路堤技术、基床表层中粗砂夹两布一膜土工布加固技术和海滨路堤修建技术,成功地解决了特殊土和特殊地质条件下的路基修建技术问题^[3]。其中,在盐渍土地区修建重载铁路路基技术达到了国际先进水平。采用该技术所建成的路基,经过多年的运营及 50 年不遇的风暴潮侵袭考验,基床稳定,未发生病害。该技术在朔黄铁路上首次采用获得成功,并在黄万(黄骅—万家码头)铁路、秦沈(秦皇岛—沈阳)铁路修建中得到推广应用,对我国其他基础设施的软土、盐渍土路基施工具有较大的推广价值。

4.2 重载运输技术创新

4.2.1 重载铁路桥梁和路基检测与强化技术研究

发展重载铁路主要是增加车辆的轴重和提高列车牵引的定数。由此产生了对既有铁路桥梁和路基承载能力的测定、评估及进行加固和有效利用问题。神华集团与铁道第三勘察设计院、中南大学共同承担了“重载铁路桥梁和路基检测与强化技术研究”课题,该课题被列入国家“863”计划,是现代交通技术领域重大交通基础设施核心技术课题,涉及众多学科领域。主要内容是:运用基础理论和计算机仿真分析,通过室内和现场试验相结合的研究途径,结合神华铁路重载运输条件,铁路桥梁和路基现状及特点,提出铁路桥梁和路基的静、动力性能检测技术,桥梁结构实时监测技术、道床和路基状态连续检测技术,并建立桥梁和路基健康状态的评估体系,最终形成神华铁路重载运输条件下桥梁和路基运行中快速加固以及维修技术;掌握重载铁路路基与桥梁在重载运输条件下运行的动力特性,发现结构疲劳破坏规律,形成路基和桥梁检测与强化技术体系。

4.2.2 轮轨关系研究

由于轴重大、万吨列车通过对数多,造成铁路轨道磨损严重。按照铁道部颁布的标准,曲线地段通过总重不得大于 6 亿 t,根据神华铁路目前的运量测定,2 年左右的时间就得换一次钢轨,造成运营成本增加。为了解决这一难题,神华集团与北京铁路局、铁道科学研究院共同承担了铁道部下发的“重载铁路轮轨关系及延长钢轨使用寿命研究”课题。从重载铁路轮轨相互作用关系出发,对 75 kg/m 钢轨病

害进行现场调查与测试分析,开展重载铁路轨道结构配置、曲线设置参数、轮轨型面匹配关系的优化分析,以及钢轨打磨、曲线钢轨润滑技术与试验工作,提出了延长重载铁路钢轨使用寿命的综合技术措施。通过在朔黄线实际测试,该技术可使钢轨使用寿命延长 50 % 以上,大大提高了运输的安全性,并取得了显著的经济效益。

4.2.3 重载列车动力分布无线重联控制系统

开行万吨重载列车必须采用大马力机车牵引。由于受到外部条件的限制,企业买不到大马力的和谐机车,因此只能采用现有的 SS_{4B} 机车进行多台重联牵引。实现重联牵引的关键是实现机车的操纵同步,而要实现操纵同步,就必须具备统一的频点和同步通信设备。而且,神华铁路半径小,坡道大,开行万吨重载列车对机车同步操纵系统具有很高的要求。针对这一难题,神华集团与株洲机车研究所、铁道科学研究院共同研发了“重载列车动力分布无线重联控制系统”。首次研究形成了 800 MHz 空间波传播 + 400 kHz 接触网感应通信的混合无线传输技术,解决了山区铁路复杂地形条件下机车的无线通信技术难题;首次研究形成了国产远程分布动力重联核心技术,解决了重载列车多台机车远程无线同步控制难题,并实现了列车的自动过分相;首次研发了新型制动控制装置,实现了多台机车同步制动和缓解的精确控制。该系统的研制成功为神华铁路开行万吨重载列车提供了核心技术保障。这套系统较国外进口系统价格降低了约 30 %。

4.2.4 运输综合(仿真)培训系统

列车司机的培养是铁路运输中的一个难题,一般一个正式司机的培养成长时间长达 5 年以上,这远远满足不了神华铁路快速发展的需要。为了解决这一难题,神华集团与西南交通大学联合研发了“运输综合(仿真)培训系统”。综合应用仿真技术、系统集成技术、信息技术等,研究开发了列车驾驶、车站作业、调度指挥“三位一体”的铁路运输综合仿真培训系统,创新了铁路职工培训手段,改善了职工培训环境和条件,且不占用运营设备,排除了人员培训对正常运输生产的干扰,确保了人员和设备安全;提高了职工实际操作和应急处理水平。利用此系统进行乘务员培训,可使乘务员由学员到司机的成长周期缩短 1 年以上,参加国家司机资格考试的合格率由 43 % 提高到 88 %。

4.2.5 80 t 级自卸式煤炭漏斗车研制

针对港口翻车机速度慢、能耗大的问题,神华集

团与北车集团联合研制了“80 t 级自卸式煤炭漏斗车”,采用与地面设施匹配的底开门结构,实现了边走边卸,自动开关门的功能,减少了煤车翻卸环节,且地面不需要操作人员,从而提高了运输效率,降低了投入成本,减少了工作人员,改善了劳动条件。

4.2.6 重载铁路信息技术

结合神华重载铁路实际,初步构建了运输管理、资源管理、工程管理、办公管理四大信息技术平台。其中自主研发建成的综合运输信息系统,在行业内第一次创新应用了铁路重载运输调度集中系统、第一次实现了铁路综合调度指挥、第一次达到了运输生产的全专业协同,实现了调度系统的智能操控、远程指挥;已建成的企业资源管理系统把信息技术和先进管理思想融为一体,显著改善了企业业务流程,提高了精细化管理水平;已建成的红外线轴温探测系统、列车动态监控系统、海事救援系统、运输安全信息认证系统等均处于行业领先水平。这些重载铁路信息技术创新为神华集团打造“绿色、高效、数字化”铁路提供了坚强保障,全面提升了铁路这一传统产业的现代化管理程度。

此外,神华铁路还开展了轨侧润滑技术的引进和创新、国产大马力交流机车技术研究、供电运动系统研发等。这些技术的研发成功,为神华铁路形成拥有自主知识产权的重载铁路成套技术提供了有力支撑。

4.3 建设运营管理技术创新

传统铁路的管理模式分工太细、用人太多,管理协调难度较大,根据神华铁路基本上是煤炭运输、只有少量客运的特点,创建了“公司运作,自主经营;网运分管,联合运输;统分贯融,保障综合”的神华重载铁路建设运营管理模式^[4]。这种模式以神华铁路系统下属子公司——朔黄铁路公司为代表。“朔黄模式”是朔黄铁路开展建设运营技术创新的总体框架,也是朔黄铁路公司创新内部管理、提高效率和效益的基础。

4.3.1 建设管理技术

1) 强化统筹。针对铁路工程建设中存在的各环节分离、“管生不管养”等弊端,朔黄铁路从建设伊始就成立公司,实行“公司运作,自主经营”,依托项目法人责任制,由项目法人对工程的筹划、投融资、建设、运营一体化运作。以追求整体效益为出发点,建设时就充分考虑了运营、还本付息等问题,反复优化设计。在一期工程建设中进行了 38 项优化

设计,使建设方案更加符合运营需要,并核减投资约16亿元。

2)强化协同。按照总体规划安排,在“公司运作,自主经营”的基础上建立投融资、建设、运营部门之间的高效协调机制。这种协同,使朔黄铁路能够按照“统筹规划、分段建设”的方针,实现“边建设、边运营”,缩短了工期,保障了质量,提高了效益。同时,保障了朔黄铁路适时、适度的工程投资安排,做到运输能力与市场需求相匹配。朔黄铁路一期工程刚竣工,就及时展开二期工程建设,两期工程共节约投资27.5亿元;二期工程刚结束,就开始全线电气化、自动闭塞改造;接着根据发展需要对全线进行2亿t扩能技术改造,2008年又启动了3.5亿t扩能改造,实现了工程建设、企业效益与国家需要的有机结合。

4.3.2 运营管理技术

1)在运营上实行“网运分管,联合运输”。网运分管的思想源于网运分离。网运分离原本是铁路运输业的一种组织模式,是指将铁路运输业按照业务属性纵向分拆为线路基础设施服务和客货运输服务两大类,分别由不同的主体经营。朔黄铁路创造性地把网运分离理念运用到铁路运输企业内部管理之中,引入市场竞争机制,实行联合运输。主要表现在:利用市场机制组织生产要素,采用招投标方式选择联合运输单位,实行“竞争上线、择优上网”,激励每一个联合运输单位“多拉快跑”,有效降低了运输成本。目前有6家联合运输单位的机车在朔黄铁路上运营,机车数量约占朔黄铁路运行机车总量的一半。

2)在内部组织和管理体制设置上实行“统分贯通,保障综合”。在内部组织方面,打破铁路运输企业按专业站段设置业务部门的传统做法,分别组建负责线路、牵引供电、通信信号等固定设施维护和机车车辆等移动设施运营的两大类业务组织,即“网”的业务分公司和“运”的业务分公司。在管理体制设置方面,实行大集权与大分权相结合、条与块相结合,按业务属性在运输调度指挥、财务、物资采购等方面实行集中统一管理,而将基层管理等方面的权力基本下放到分公司;按“块块”设置公司和分公司的职能部门,按“条条”设置专业化作业工队。在保障服务方面,按照综合化的原则,实行党群部门综合、后勤服务部门综合,对通用性生产辅助设施设备实行综合管理,实现共用设施设备共享,避免重复投

资,节约运营成本,提高综合保障能力,大大精简了机构和人员,增强了同层组织间的协调能力。朔黄铁路公司总设计定员应为26850人,目前实际用人仅为10530人,公司每营业公里用工8.2人,接近意大利、法国等发达国家铁路用工水平,大大低于国内铁路行业其他单位用工水平。

5 技术创新成效

神华铁路工程以需求为导向的技术创新从实践效果看是好的,创新成果转化率高、应用效果显著、综合效应明显,许多创新成果填补了国内空白,具有广泛的推广应用价值。主要体现在:

1)支撑了神华快速发展。铁路是神华集团的生命线,它使神华相关产业连为一体,解决了我国煤炭企业普遍存在的运输瓶颈问题,体现出巨大的协同效应。通过技术创新,神华铁路运输能力得到大幅提升,基本做到了煤炭产量与铁路运量的同步递增,为神华煤炭外运提供了安全、快捷、大能力的运输通道,有力地支撑了神华集团的快速发展。

2)抢占了重载铁路技术制高点。通过开展重载铁路技术创新,神华铁路形成了一批具有自主知识产权的重载核心技术,打破了国外技术壁垒,部分技术达到了国际领先水平。其中“重载列车动力分布无线重联控制系统”填补了我国重载列车动力分布无线重联控制技术的空白;“运输综合(仿真)培训系统”主要技术具有首创性,成果总体上达到国际先进水平,其中视景生成技术、动感仿真技术等达到了国际领先水平(2009年中国铁道学会鉴定意见);“轮轨关系研究”课题进一步丰富和发展了我国重载铁路钢轨打磨、润滑综合维修技术等延长钢轨使用寿命的理论和方法。截至目前,神华铁路系统已先后获得200多项发明和实用新型专利授权,在国家级、省部级刊物上发表论文和专著100多篇(部)。其中,《朔黄重载铁路建设与运营技术》获2007年国家科技进步二等奖;《特殊土和特殊条件下重载铁路路基修建技术》获2007年“中国铝业杯”首届中央企业青年创新奖;《朔黄重载铁路盐渍土路基两布一膜土工布修建技术》获第十二批中国企业新纪录重大创新奖。

3)取得了显著的社会效益和经济效益。在社会效益方面,神华铁路经过一系列的创新,在不增加一寸土地的基础上,显著提高了运输能力,保障了国家煤炭运输安全,为促进资源开发、带动地方经济发

展起到了重要作用。另外,在建设运营过程中,注重环境保护、水土保持,造福沿线百姓,体现了胡锦涛总书记倡导的“包容性增长”理念,促进了中央企业与地方经济、资源与环境等方面的和谐。2006年,朔黄铁路获“国家环境友好工程”称号,这在铁路系统尚属首例。在经济效益方面,一是通过改善工程建设管理模式保证了工程进度和质量,并节约了大量的投资,比如朔黄铁路工程比计划提前一年两个月竣工投产,全线工程创优,比概算节约25亿元。二是实现了安全高效运营,截至2010年年底,神华铁路累计实现运输收入1231亿元,实现净利润394亿元,上交税收141亿元。

6 几点体会

1) 加快铁路重载技术研发是重载铁路建设的关键。客运高速、货运重载是当今铁路发展的两大趋势。在我国的这种大规模、长距离的货物运输格局下,铁路货运具有明显的比较优势,重载铁路尤为突出,因此要加快发展重载铁路。发展重载铁路的关键是技术创新,要突破一系列关键技术难题,掌握先进的重载运输成套技术。近年来,我国在高速铁路技术研发方面投入很大,但在重载铁路方面投入不足,与国外相比,重载技术相对落后。“十二五”期间国家应把重载铁路技术研发放到重要的战略位置,予以高度重视,加大投入和政策扶持力度。

2) 打造以企业为主体的产、学、研联合体是推动重载铁路技术创新的有效途径。企业是国家创新体系的主体,重载铁路技术属于应用性很强、集成化程度很高的综合性技术,更应发挥企业创新的主体作用。但从重载铁路成套技术研发内容看,涉及多领域、多学科,既包括基础理论的研究,也包括应用技术的创新,任何一个企业单凭自身力量都无法完成。企业作为技术创新需求主体、投入主体,既是技术创新的实验平台又是最终用户,因此,以企业为主搭建开放型科研组织平台,以需求为导向,以项目为纽带,建立紧密的产、学、研联合体及高效的运行保障机制,聚集和整合有关科研资源与力量,协同开展重大关键技术攻关是推动我国重载铁路技术创新的

一条有效途径。

3) 推行科研项目工程化是提高科研成果转化应用的重要环节。解决科研成果与实际应用“两张皮”问题的一个有效办法就是在科研项目实施过程中,实行工程化管理,将科技研发全过程寓于工程应用之中,做到研有所用、见到实效,最大限度地发挥企业创新的外溢性效应。以需求为导向、以企业为主体的研发体系在这方面具有独特优势。

4) 坚持“软技术”与“硬技术”并肩发展,是企业技术创新的基本保障。支撑企业持续发展的技术因素既包括应用型的“硬技术”,也包括管理型的“软技术”。从某种程度上讲,如果没有良好的软实力做基础,企业难以构造出一个高效、完整的科技创新体系。因此,企业技术创新必须坚持“软技术”与“硬技术”同时抓、并肩发展,这是企业开展持续创新的基本保障。

7 结语

展望未来,具有自主知识产权的铁路重载运输成套技术将是我国铁路科技创新的重点和方向。这对适应我国铁路货物运量快速增长的需求,解决铁路运输能力不足问题,提高铁路运输的综合效益,保障国民经济持续稳定快速发展具有重要意义。因此,下一步神华集团将以提升神华铁路运输能力为主要目标,瞄准世界重载铁路科学技术前沿,重点研究重载铁路运输成套技术、重载铁路安全保障技术、铁路信息技术等关键技术,使神华重载铁路走在世界重载铁路发展的最前沿。

参考文献

- [1] 神华集团有限责任公司. 神华集团有限责任公司二〇一〇年度报告[R]. 2011.
- [2] 朔黄铁路编写领导小组. 朔黄铁路[M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [3] 薛继连,陈文化,刘放民,等. 盐渍土、软土地区重载铁路路基修建技术[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [4] 薛继连,白东升,史立新. 朔黄模式:合资铁路制度创新及效应[M]. 北京:中国经济出版社,2007.

Technology innovation and practice on Shenhua heavy haul railway

Xue Jilian

(Shenhua Group Co. , Ltd. , Beijing 100011, China)

[**Abstract**] Shenhua heavy haul railway engineering based on its own actual needs, committed to research and develop whole sets of heavy haul railway technology, and focused on launching engineering technology innovation mainly about three aspects: the railway engineering construction technology, heavy-load transportation technology, construction and operation management technology. Series of technology innovation impelled Shenhua Group to master the core technology of overloaded railway as soon as possible, promoted enterprise's development, and remarkable social benefits and economic benefits had been achieved as well. Shenhua group oriented system for heavy haul railway technological innovation, in which enterprises played the leading role, aiming at market demands, and combined the efforts of enterprises, universities and research institutes, and pursued scientific research project by engineering means.

[**Key words**] heavy haul railway; technology innovation; practice experience