

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2010.01.016

地铁装备创新与 重大装备创新理论研究

简 炼

(深圳市地铁集团有限公司 广东深圳 518026)

摘 要 在深圳地铁一期工程的装备国产化创新过程中,首创“用户主导创新”理论,分别从用户是重大装备的创新主体、创新是用可靠性替代成熟性、创新的成效取决于决策的层次、技术创新的关键是第一次商业应用、集成创新是用综合技术实现新目标的成功应用、管理创新主导技术创新、高起点使创新技术和产品大跨越、大用户创新大产品等方面对这一理论进行分析论述。经过 5 年多的运营实践检验,证明在该理论指导下的深圳地铁创新装备具有安全性、可靠性、稳定性、经济性和先进性。

关键词 深圳地铁 重大装备 创新理论 国产化
中图分类号 U231⁺.8 **文献标志码** A
文章编号 1672-6073(2010)01-0058-05

深圳地铁一期工程是国家重点工程,也是城市轨道交通装备首个国产化依托项目,从 1998 年底开始,经过 6 年的创新,装备的国产化率达到了 70%,于 2004 年 12 月 28 日一次开通商业试运营,目前日均客流超过 37 万人次。创新的车辆和机电设备系统在安全性、可靠性、稳定性、经济性和先进性方面创造了地铁高水平运营的里程碑。在创新产品的同时,形成了创新理论,即适用于重大装备创新的“用户主导创新”理论。

1 用户是重大装备的创新主体

深圳市地铁集团有限公司作为用户,主导了地铁成套技术装备的创新,为重大成套技术装备创新探索了新路。与国家作为用户主导创新的军事装备、卫星、

载人航天装备等相类似,第一次提出了“以用户为创新主体”的概念,强调了“用户”在重大技术装备创新活动中的“主导”地位和作用(这里的用户可以是国家、军队、企业、机关、学校、自然人等产品和技术的需要或使用者),并以此为核心形成了一套适用于重大装备的创新理论。

所谓创新的“主导”,是指提出、组织、出资、牵引和把握创新活动朝着既定目标不断进展的行为;而“用户”,就是重大技术装备的直接使用者。“用户主导创新”的基本内涵是:依托重大工程项目,立足管理创新,以使用方为主体,主持和领导项目装备系统的技术创新,把工程建设项目提升为自主创新工程,把常规工程管理提升为创新风险管理,造就系列产品或大产品的诞生,进而实现产品和产业水平的整体跃升。

虽然用户不是各项技术创新的具体承担者,但作为创新产品的发起者、组织者、出资者、管理者、风险承担者、第一个使用者和共同权益人,用户自始至终搭建和支撑着装备技术创新的基础平台,主导着装备技术创新的总体水平和进程,是成就装备技术创新的不可替代的决定因素。而对产品开发商来说,他们是创新产品的开发者。假如创新失败,用户既得不到创新技术,也用不成装备,意味着工程建设出了问题,可见用户的责任之重大。正因为这样,早在制订标书时,深圳地铁就明确了自己作为“用户”的需求和承担,在各项技术创新成果中理所当然地享有一份知识产权。

2 风险控制是用可靠性替代成熟性

创新的风险与机遇可用 3 句话来概括:一是大风险才能出大产品,二是把所有的风险因素都转化成创新过程中的课题,三是创新的结果表现为系统运营的稳定可靠。换句话说,大规模、一揽子的创新项目乍看上去风险巨大,但惟其如此,才能有系统创新的大成

收稿日期: 2009-12-14

作者简介: 简炼,男,副总经理,教授级高级工程师,从事轨道交通技术、经济、管理和经营, mjl@126.com

基金项目: 国家重点工程建设项目(计投资[1999]415号)

果;对于消除风险的最好办法就是攻克难题,变风险为把握,创新产品虽然不成熟,但能够做到可靠度高。技术发展到了21世纪,一个新产品的可靠程度是可以控制的,是一个价值工程问题;控制风险的最佳方式就是把它纳入到创新过程中,化解在创新过程中,用可靠程度来代替成熟度。这就要求用户全程跟进创新,实时掌握状态,通过互动及时发现问题,采取措施加以消除,将新产品做成可靠的产品。从这个意义上讲,产品创新过程的风险控制就是技术可靠性程度的控制过程。

3 创新的成效取决于决策的层次

地铁装备的创新是一个具有规模化、系统化创新的综合应用,包含了管理创新、技术创新、集成创新3个不同而又密切相关的层面。正因为这样,用户高层的创新决策就非常重要。

管理学大师彼得·德鲁克曾经指出:“如果一种创新一开始不是针对管理层,那么它就不可能足够创新。”深圳地铁装备的创新,从一开始就突破和改变了管理的范畴和价值尺度,其决策将常规工程管理提升为风险创新管理,即把一个跨行业的工程项目拓展成一个规模化的创新工程,把对工程的常规管理外延到对创新的风险管理,管理的内涵和边际发生了实质性的改变。工程管理的内涵是把工程项目建成并自己使用,其技术装备产品都是自用而非出售的,使用价值就是它的边际效用;创新产品则除了自用外还要作为商品出售,市场价值才是它的价值所在。不难看出,高层管理者其实承担着双重使命:既要确保项目工程及其产品具有高质量的使用价值,又要实现创新工程及其产品具有优越的商品价值,以便参与市场竞争。而在实际管理中,这个双重使命又是合二为一的,因为在创新项目上,创新管理很大程度上已经覆盖了常规工程管理。这个双重使命如果成功了就是一箭双雕,一旦失败了则是两败俱伤,这就是创新决策的机遇和风险。

4 技术创新的关键是第一次商业应用

管理学家赫尔曼·西蒙说过,技术发明与技术创新的区别在于“创新不是通过技术,而是通过使用得到促进的”。创新理论家C·弗里曼也指出:“尽管创新是一种复杂的社会过程,但其中最为关键的步骤是新产品或新系统的首次商业应用。”在深圳地铁装备的创新案例中,用户正是作为“新产品或新系统的首次商业应用”的实现者,完成了从常规产品“用户”到产品创新“主导”的转换。这种主导作用贯穿于创新的全过

程;即创新课题的提出,创新的目标制定,创新的组织,创新经费由工程款支付,创新试验田的提供,创新的产品第一个使用,创新的风险承担,创新的成果分享,创新的知识产权共有,创新的产品推销。

5 集成创新是实现新目标的成功应用

集成创新是一个综合技术效果的概念,其要义在于提升装备的系统功能和运行水平,进而整体提升产品、产业的技术水平。集成创新就像是一条贯穿所有技术创新环节的主线(即目标化的一套综合指标),直到它所涵盖的一系列技术创新项目进入系统总成阶段时,才能真正摸到它的脉搏。所以,集成创新是前瞻性、整体性和规模性的技术应用,是风险大、效益也大的应用创新。一方面,用户必须有条不紊地按照有关规范和标书的技术要求跟进所有的技术创新项目,确保其经常处在动态的协调进展中,因为一个项目受挫就可能影响到整个创新系统的功能;另一方面,在所有分项创新基本完成的时候,它必须组织联通调试,以检验系统功能是否匹配、运行状态是否达标。在这方面,信息化的技术对系统创新的风险控制起到了关键作用。深圳地铁装备创新的结果打造了一个规模化的、可直接商业推广的“地铁成套装备大产品”,全面改观了城市轨道交通产业的面貌。

“用户主导创新”有几个显著特点:首先,依托重大项目展开规模化、系统化、综合性的创新,在创新类型上包含了管理创新、技术创新和集成创新,在创新形式上既有自主创新,也有消化吸收再创新、应用创新等,以及不同形式的有机结合。其次,以工程项目为创新契机和平台、用户最高需求为创新内容、系统装备为规模化创新的结果,不仅有一系列技术产品创新,而且打造了一个提升和改观产业形象的地铁成套装备大产品,其战略意义和经济价值不同于通常单一的技术和装备创新。再者,它还是一个超越了创新常规的创新模式。在多数人看来,创新的不确定因素太多,结果是难以预定的,其技术函数是多变量的,无法事先赋值。然而,用户主导创新的模式却颠覆了这种常规见解。深圳地铁的一系列装备创新成果都是水到渠成的既定结果,因为它们早已排定在了“创新时间表”(即“项目进度表”)里;而且这些成果也不只是某个技术和产品“点”的创新,更是整个地铁装备大系统“面”的提升,并以一种非常规的大跨越直达技术前沿。

6 管理创新主导规模创新

深圳地铁拓展管理内涵,将一向求稳的常规工程

管理提升为力图求新的风险管理,而且这种管理创新通过用户主导渗透到产品开发商的创新组织层面,形成一种目标一致的创新合力和协调互动的创新氛围,纳入一个共同管理创新的平台。通过管理创新实现规模化的技术创新,主要由以下 6 个环节构成。

6.1 整合创新资源

用户作为国家重大工程项目的建设和使用者,有条件直接得益于政府(政策)资源来构筑良好的创新平台和外部环境;作为项目的使用者,它可以提出精益求精的功能需要;作为重大商机的掌控者,它能够利用丰富的市场资源获取重要的技术信息,设法满足使用的需要;作为创新试验田的提供者,它对企业技术创新更具吸引力;而作为项目业主,它具有作战总司令部的地位,更有利于协调创新资源的通力合作。总之,通过用户这个枢纽对接重大项目与技术市场,能够把处于离散状态的各种资源整合成创新的优势资源,汇聚成创新的合力,从而产生出巨大的能量,从创新起点上就抢先占据了制高点。

6.2 对接高端技术

深圳地铁的创新目标一开始就定位在 21 世纪信息化水平上,这就意味着目标设定与现实起点之间存在一个巨大的落差,这个落差不仅是国产化创新所要填补的技术空白,也是深圳地铁从零起步所要弥补的空白。不但如此,系统指标一旦锁定在最新、最高、最好的国际一流水平上,为确保技术水准的系统匹配,整个装备的配套项目都会被纳入到高端目标体系中,从而对所有创新项目都提出高起点、高标准的要求。所以,创新目标的定位将决定整个创新的水准和实现程度。

深圳地铁非常敏锐地把准星锁定在信息化的智能交通系统上,提出以运营需求为主线,在一个综合信息平台上对行车安全、设备节能运行、收入和客流、信息和通信、防灾报警、车站的监控、乘客咨询和服务、运行和维护管理信息等分系统实现全面智能化,从而整体提升装备的系统功能。事实证明,正是这种全方位的高端对接信息化技术的定位,确保了创新装备系统连续运营近 5 年安全可靠的良好业绩。

6.3 用户特殊需求主导

体现在技术、产品上,就是用户需求主导创新产品的开发,即把用户订购的项目产品变成创新开发的产品,通过标书及合约方式明确规定其技术指标和要求,通过公开招标,选出技术方案满足程度高且性价比高的开发商作为合作伙伴,双方在责权利共同捆绑的合

作中实现用户特殊需求。在这里,“用户特殊需求”即指具体技术指标,包含了特定的创新要求;既是项目的定单产品,也是创新的目标产品。换个角度说,用户需求设定了创新目标,只有实现了创新目标的产品,才能满足用户的需求。由此可见,产品的生产过程与技术创新过程相当于同一个硬币的两面,两个目标体系通过用户特殊需求合二为一,从而把地铁建设项目变成系统创新项目,把规定购买成熟产品的工程投资变成开发新产品的风险投资,把工程竣工日期变为创新成功的时限。深圳地铁装备的一系列创新成果就是这样创造出来的。

6.4 商机交换技术

商机交换技术就是以项目招标为契机,吸引国内外一流厂商,制定创新目标和创新路径,招标选择实力强的合作者,承接最前沿技术,把特定的用户要求写入合同,吸引对方,使其明白:想要抓住商机,就要舍得让步或开发新技术,以此换取新技术等资源,为创新所用,最终成就自己的创新产品。以深圳主导创新的 A 型地铁车为例,通过两步实现了这项高端技术的“本土转移到自主创新”。第一,约定在国外只能设计、制造 1 列样车,其他都在国内的合资厂生产;第二,要求中方供货商自主设计、生产,外方提供设备配件和技术帮助,实现自主产权。

6.5 全程风险控制

用户主导创新模式的风险控制可以概括为:一是决策时的风险承担,用可靠的技术代替成熟的产品;二是创新过程中的风险控制,用先进技术,在风险处增加冗余,确保产品和系统的可靠性;三是系统运营的风险预防,提前制订系统应用时发生紧急情况的系列应急预案和措施,控制突发事件的影响。在创新的过程中,始终要坚持“办法总比困难多”这个推动历史前进的理念,勇于面对风险,想方设法采取措施攻克,变风险为风景,将“不成熟”,用“高度可靠”来代替。这就要求用户全程参与创新,通过互动及时发现隐患,将风险及时消解在创新过程中,决不留到后期解决。用户和开发商共同控制过程风险,风险的可控程度就大大增强。这就是用户主导创新相对于其他模式创新的风险可控之处。

深圳地铁在装备创新过程中遇到了几个长期困扰创新实践的观念、标准悖论:其一,地铁建设项目事关百年大计,技术标准规定,不成熟的产品不能采用,这是国内外至今还通行的惯例,国内外的地铁都在遵循,而创新产品是不成熟的;其二,重大建设项目的责任重大,一旦创新失败,谁来负责? 迄今为止,就国内外的

管理体制来说,地铁的决策者均没有创新的足够动力。但是,深圳地铁的决策者认为:“21世纪信息化水平的地铁装备是买不到的,创新产品虽然不够成熟,但为了达到新的目标,必须第一个吃螃蟹,只能自己进行创造。用户知道什么是创新的关键,用户和产品开发商可以在创新的过程中采取许多自己熟悉的防护措施,包括冗余等,可以保证产品的可靠使用,用‘可靠’取代‘成熟’做到心中有数,因为‘可靠’是自己做出来的,是有把握的,比采用别人用过的‘成熟’在某种程度上会更保险。”对“责任”的答复是:“用户是创新的主导,责任只能由用户承担;但责任如此重大,用户承担不了风险,所以创新只能成功。”这样一来,谁来承担责任的问题就变成了如何确保可靠性的问题。

实际上,用户主导在管理创新上的一个特点,就是要求高层决策者必须是复合型人才,并随时保持对创新项目的深度介入,强化决策的针对性和有效性,确保风险控制的及时跟进和果断处置。从形成创新构想、提出原型设计、开发实验模型,到样品生产、中试模拟、批量投产、单机调试、系统联调、上线运行,每一道程序的完成,用户和产品开发商都把安全可靠的措施作为创新成败的关键全程控制。把“心里没底”变为“胸有成竹”,变风险为把握。实践证明,上述的风险控制做法是行之有效的,创新的风险是完全可以可靠的技术来控制的。

6.6 系统联调

如果说,开通试运行是地铁装备系统创新这出大戏的正式上演,那么系统联合调试就是它的最后彩排,在这个关键环节,既要对所有分项创新产品的技术性能做出最终评价,更要对整个装备系统创新成效进行综合测试和全面考评,把各局域的创新技术和产品联通、协调、匹配到设计要求的系统运行状态,确保其安全、可靠、节约、高效地发挥系统功能,在充分展示一系列技术创新成果的同时,体现出系统创新的整体目标和优势,这也是规模化创新最终的价值体现。毫无疑问,确保系统总成之成效的关键因素早已落实在此前的一系列创新程序中,开发商对用户需求充分了解,良好的信息沟通与互动奠定了成功的基础。尽管系统联调的困难很大,但这一切都在深圳地铁一期工程开通运营的那一天圆满实现,深圳地铁创新装备系统运行的卓越表现远远超出了行家的预期。

7 高起点使创新技术和产品大跨越

“大跨越”是指从起点到顶端实现“从零到第一”

的大步跨越。听起来像是神话,但却是现实。深圳地铁创造这个神话主要得益于2个创新要素,一是“集成创新”,二是利用信息化产品的后发优势。具体说,就是利用信息技术及产品更新换代快、时效性强、功能升级快的规律,尤其是计算机软硬件、通信设备等信息化产品和技术“最新就是最好”的后发优势,以及中国人在应用软件开发上的相对优势,将重点放在智能系统网络构建和信息系统的“集成创新”上,开发出超越已有技术水平的后来居上的功效。“特殊需求”对系统提出更高的使用要求。深圳地铁有更加安全、节能、高效的特殊需要(如自动售检票系统与香港和深圳的“城市通”一票兼容、防灾安全系统的智能监控、装备运行的节能智能监控、装备维护的智能监控、乘客咨询服务智能化、人员培训的智能化等),比常规系统功能更多、更细、更周全,这促成了创新产品功能更新、更全、更强大。产品做到了人无我有,人有我新。

总之,集成创新和用户的特殊需求就像两个“引擎”,把深圳地铁的装备一步提升到了国际领先或先进水平。同时,集成创新的成果作为一种全新的信息技术系统,也获得了完全自主知识产权。也就是说,在产权意义上也实现了“从零到全部”的大步跨越。

8 大用户创新大产品

地铁重大成套装备创新从更为宏观的大视角来看,以用户主导创新不仅能够有效推动重大成套技术装备自主创新的开展,而且能够在更高层面上产生显著的产品和产业结构升级的跨越效应,起到整体改观产品和产业品质的效果,甚至造就上游超级大产品。

8.1 新产品孵化器

应该说,这是用户主导创新模式的直接效应。道理很简单,这个创新模式本来就是针对重大成套技术装备的规模化创新而提出的,地铁装备本身就包含着一系列跨学科、跨行业的技术产品。因此,在每一个创新产品的背后,都覆盖着一个或若干个创新产品的产业链上的企业;而随着这些创新产品一个个地成功推出,它们身后的自主创新产品和企业也就一个个地应运而生。截至2008年12月,深圳地铁创新装备被国家建设部推广应用了9项新技术,国内城市轨道交通已开始采用。其中的一些重大自主创新项目(如深圳现代计算机公司开发的自动售检票系统、北京和利时系统工程有限公司开发的深度集成综合监控系统等)不仅创造出了国际一流的技术和装备,而且直接影响了国际市场价格,使之急速跌落了一半,打破了垄断。所

以说,深圳地铁催生了一个又一个国际一流的自主创新企业和产品,可谓是名至实归的孵化器效应。

8.2 催生大产品

所谓“大产品”就意味着:其一,它不是单一的技术或产品,而是由系列产品组成的成套的产业化上游产品;其二,它不只是项目自用的产品,而且是可推广的商品;其三,结合前两项,它还是可整体复制和打包出售的成套产品。大产品之“大”,不是以某一项或某一类技术产品,而是以产业群衡量的重量级大产品;既有大系统的技术优势,又有大市场的竞争优势。

8.3 深圳地铁装备大产品的优势

深圳地铁装备创新的城市轨道交通大产品,其优势为:信息化水平高、安全自动控制水平高、运营可靠性高、运营节能多、造价低、维护费用低。

1) 信息化水平体现在:自主创新的信息化系统多,如智能收费管理系统、地铁综合监控系统、乘客咨询系统、通信系统、感温光纤系统、气体灭火系统、变频节能控制系统、智能司机培训系统等;获得的知识产权多,上述创新系统中已获得 6 项发明专利、5 项实用新型专利、若干软件著作权;装备的计算机硬、软件是最新的技术,采用的应用软件均是 2000 年以后自主开发的,通用计算机等软硬件均是 2000 年以后的产品;系统面世于 2004 年 12 月 28 日,自主创新的信息化装备至少领先同类装备 10 年。

2) 安全自动控制水平体现在:首次采用了综合监控系统,用于预防火灾;首次实现了火灾预警的全覆盖,在车站、设备房、隧道、电缆走廊敷设了感温光纤、气体灭火等系统;首次实现了从火灾报警到系统自动排烟在 6 s 以内完成。

3) 运营可靠性体现在:运营 1 800 多天,按 2 min 晚点影响的所有列车计算列车运行的正点率,运营列车的正点率年平均保持在 99.9%,列车的运行图兑现率保持在 99.9%。

4) 运营节能体现在:首次在 220 台电扶梯上创新采用了全变频控制技术,比没有采用全变频控制技术的电扶梯节能 30%,年节电达 400 万 kW · h 在空调和风机系统中创新采用了变频控制技术,比传统系统节电 70%。两项节能新技术的应用,节电可以达到运营总耗电量的 10%。

5) 造价低体现在:车辆和机电设备系统每公里的平均造价为 1.38 亿元,在同类型的国内地铁中,全进口的装备超过 2.1 亿元以上,其他同类地铁国产化装

备的平均每公里造价一般在 1.7 亿元左右。

6) 维护费用低体现在:装备故障率低,维修量少,运行近 5 年来每年平均装备的正常维护费用为车辆和设备总投资的 1%。

经过 5 年运营检验的上述 6 项指标优势明显,证明了我国在城市轨道交通领域的大产品跨入了世界同行的前列。今后深圳地铁成套装备武装的每公里约 5 亿元的地铁大产品,具备以建设运营转移 (BOT) 或建设转移 (BT) 的方式参与国内外市场竞争的实力。

9 结语

深圳地铁首创的“用户主导创新”的实践和理论,证明了这样一个事实:在信息化时代,只要敢于决策创新、找准创新路径、明确创新目标、坚韧创新毅力,在很多高新技术和重大成套技术装备领域,我国完全可以利用后发优势,一步赶超世界一流水平。同时,“用户主导创新”的理论也说明了这样一个道理:创新固然重要,但更重要的是要认识创新的规律。赫尔曼·西蒙曾说过一句格言,“最大的发明或许就是发明如何发明”,“用户主导创新”理论或许就是它的一个有力的举证。

参考文献

[1] 简炼.深圳地铁一期工程创新节能技术[J].都市快轨交通,2009,22(3):7-9.
[2] 简炼.深圳地铁装备系统的国产化创新[J].都市快轨交通,2006,19(3):7-10,14.
[3] 简炼.深圳地铁智能收费管理系统国产化创新[J].现代城市轨道交通,2005(5):6-8.

(编辑:曹雪明)

Theoretical Analysis on the Innovation of Major Metro Equipment
Jian Lian

(Shenzhen Metro Group Co., Ltd., Shenzhen 518026)
Abstract The “user-oriented innovation” theory was first created in the process of the equipment innovation and localization of Shenzhen metro phase 1 project. The theory postulates: the user is the key factor of innovation for major equipment; innovation means adopting reliability to substitute maturity; the key to technical innovation is the initial commercial application; the high starting point results in big strides in innovation and products, etc. The five years’ operation practice has proved the safety, reliability, stability, economy and advanced level of equipment which is innovated under the guidance of the user-oriented innovation theory for Shenzhen metro.
Key words Shenzhen metro; major equipment; innovation theory; localization