

# 建筑节能技术轨道的探索

赵延军<sup>1,2</sup>

- (1. 长安大学 建筑工程学院, 陕西 西安 710061;  
2. 西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 鉴于建筑节能技术在缓解能源短缺和实现可持续发展的重要作用, 引入技术经济学前沿思想的技术轨道理论, 首先提出了建筑节能技术轨道的概念。其次, 针对行业特征, 建立了建筑节能技术轨道的约束体系、分类体系和核心体系: 约束体系包括技术约束、经济约束和社会环境约束; 分类体系包括建筑构造系统节能技术轨道、建筑设备系统节能技术轨道、能源供给系统节能技术轨道和运行管理系统节能技术轨道; 核心体系包括建筑节能技术的发展轨迹、形成轨道、可能轨道、最优轨道、延伸轨道和转辙轨道。最后, 着重分析了建筑节能技术轨道的宏观研究和微观研究的特点。

**关键词:** 建筑节能; 技术轨道; 约束体系; 分类体系; 核心体系

**中图分类号:** F416.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-6248(2009)04-0051-04

建筑节能在经历 20 世纪七八十年代的缘于安全推动、20 世纪 90 年代的缘于环保推动和 21 世纪初至今的缘于能源价值推动的发展之后<sup>[1]</sup>, 各种节能技术的研发、应用及政策环境表现出空前的发展。建筑节能技术的研究已经深入各个方面, 主要包括节能具体技术领域<sup>[2]</sup>、节能技术经济领域<sup>[3]</sup>、节能技术管理领域<sup>[4]</sup>、节能技术政策领域<sup>[5]</sup>、节能技术地区应用领域等<sup>[6]</sup>。在各种建筑节能技术研究的基础上, 本文探讨一个新的方向: 建筑节能技术的技术轨道, 即从历史发展观的角度, 研究建筑节能技术从产生至今, 其发展所遵循的自身规律, 对将来的影响以及未来发展趋势。

从长期发展趋势看, 技术创新具有连续性、衍生性、延展性的特征。某个行业的一项创新可能会导致同一领域的多项创新相继出现。其中的重要原因是找到并且抓住了创新的产业技术轨道。所谓产业技术轨道, 即在企业技术创新过程中, 同行企业不得

不采取的近乎一致的技术选择方法、核心技术路线、产品主导设计模式、技术整合方式、产品和工艺技术标准, 以及主流的制造流程<sup>[7]</sup>。作为产业层面的技术经济前沿问题之一的技术轨道, 一直倍受理论界和企业界的关注。作为某一行业的技术轨道通常通过一定积累和发展逐渐形成, 表现为一系列相关技术组成的技术体系, 在一定技术水平和时期内很难改变, 其发展具有不可逆性, 并在较长时期主导同行的技术创新。因此, 技术轨道对于行业技术发展具有至关重要的作用, 不但可以描述技术发展的特征和轨迹, 而且引导企业在技术开发中顺轨而行、提高效率、降低成本, 为企业在新的技术革命或“轨道切换”中提供有力支持。

## 一、建筑节能技术轨道的提出

根据行业技术轨道形成的 3 类决定因素<sup>[7]</sup>, 在

收稿日期: 2009-05-25

作者简介: 赵延军(1969-), 男, 山西平陆人, 长安大学副教授, 西安建筑科技大学工学博士研究生。

建筑节能技术领域提出技术轨道具有其可能性。第一,基于技术科学与管理科学的根本性进展。当今计算机技术的飞速发展,为诸多行业的技术升级换代提供技术基础。在建筑节能技术中,应用计算机技术进行节能方案优化设计,如 Energy Plus 模拟程序和 GenOpt ( the generic optimization program ) 优化程序可以用来降低房间采暖所必需的总能耗<sup>[1]</sup>。现代项目管理和项目融资科学的发展,使新的建筑节能技术的推广和应用成为可能。BOT( build-operate-transfer,建设—经营—转让)运作模式、合同能源管理运作模式等各种创新管理模式在建筑节能技术领域得到有效应用<sup>[8]</sup>。第二,基于建筑节能技术行业的技术积累。通过建筑节能技术多年的发展,其专门技术知识与技术能力已达到一定程度。例如,相变材料技术、中空(真空、镀膜)玻璃技术、真空超级隔热维护结构技术等节能技术的积累,与环境共生、提高能源利用效率<sup>[9]</sup>、开发新能源和再生能源等思想的发展。第三,基于建筑节能技术市场需求的递进扩张。从少用能源到减少能量散失,再到提高能源利用效率,在国际和国家的宏观层面以政策推动为主,在以企事业单位为主体的微观层面以长期经济、社会和环境效益推动下,建筑节能技术的市场需求不断提升已成为必然趋势。第四,基于建筑节能产品品种的扩展。目前,墙体、门窗与屋面的节能产品及各种整合技术产品在档次、功能和性能等方面存在多样化要求,研发、生产主体必须考虑规模经济的要求,树立一种主导设计将是经济、合理的选择。通常,在一个行业具备上述要素,其技术轨道具有可行性,且技术轨道的形成主要由上述要素决定。

在建筑节能技术领域进行技术轨道研究具有重要意义。第一,这种研究是对节能技术的“历史总结”和“轨迹刻画”。第二,它对节能技术的发展轨道进行顺轨预测,并对节能技术可能存在的多个轨道进行分析、判断和优选,甚至在此基础上,从原创需求出发衍生新的技术轨道。当前国内大量研发通常紧随西方发达国家,但是从国内或国际的有效新需求形成目标,即从原创需求再到原创研发,这样的研发较少。第三,在轨道研究基础上,进行节能技术轨道未来可能的转辙分析研究,在建筑节能中的核心关键技术中进行创新技术。

基于上述分析,建筑节能技术轨道可以定义为:在建筑节能技术行业,基于行业技术积累和需求扩

张达到一定程度,存在于各个细分节能技术行业的技术创新过程中,人们采取的近乎一致的技术选择方法、核心技术路线、产品主导设计模式、技术整合方式、产品和工艺技术标准,以及主流的制造流程。

二、建筑节能技术轨道的体系

在分析相关技术轨道的基础上,针对建筑节能技术行业的特征,基于系统分析的角度,建立建筑节能技术轨道的约束体系、分类体系和核心体系<sup>[10]</sup>。

(一)约束体系

建筑节能技术轨道的约束体系决定具体一项建筑节能技术研发应用前景,是建筑节能技术约束条件的集合。根据行业特征,将约束体系的内容分为技术约束、经济约束和社会环境约束,以及具体的各项细分约束(表1)。

表1 建筑节能技术轨道的约束体系

约束集合	一级约束	二级约束
建筑节能技术轨道 的约束体系	技术约束	节能效果
		环境舒适度
		施工可行性
		技术成套性
		材料环保性
	经济约束	产品造价
		维护成本
		产品价格
		市场需求
		运作模式
	社会环境约束	政策导向
		地区特征
		能源取向
		环保特征
		配套措施

(二)分类体系

建筑节能技术自身体系庞大、分支复杂的特征体现了建筑节能技术领域各细分行业具有技术专业性和特殊性。在建筑节能层面,将技术轨道分为建筑构造系统节能技术轨道、建筑设备系统节能技术轨道、能源供给系统节能技术轨道、运行管理系统节能技术轨道。在此基础上,还可以进一步细分,如建筑构造系统可分为墙体系统节能技术轨道、门窗系统节能技术轨道、屋面系统节能技术轨道、楼地面系统节能技术轨道、遮阳系统节能技术轨道;墙体系统

可分为多层复合墙体技术轨道、外墙内保温隔热技术轨道、外墙外保温隔热技术轨道、相变墙体材料技术轨道等。

根据技术轨道理论和建筑节能技术行业特点,在建筑节能技术轨道研究中,往往应将某一项具体技术轨道,如建筑构造的墙体节能系统中的多层复合墙体技术轨道作为突破点。同时,应重视某一系统节能技术轨道的综合研究,分析现有和可能的技术整合,研发和创新有效的成套节能技术。

### (三) 核心体系

核心体系主要针对具体的一项或一套建筑节能技术而言。在对技术轨道理论<sup>[7]</sup>研究的基础上,对建筑节能技术轨道的核心体系提出具体的6项内容:(1)建筑节能技术发展轨迹。通过分析节能技术的发展过程,用一系列技术指标、性能指标和特征指标,以及节能效果实现的不同技术方法进行描述和表现节能技术的历史轨迹。(2)建筑节能技术形成轨道。在当前节能技术积累的基础上,所形成的该项技术的主流技术选择方法、核心技术路线、产品主导设计模式、技术整合方式、产品和工艺技术标准,以及主流的制造流程。(3)建筑节能技术可能轨道,即当前存在的和可能存在的该项节能技术的其他轨道。(4)建筑节能技术最优轨道,即当前该项节能技术的最优技术轨道,它可能是当前的技术形成轨道,也可能是当前的技术可能轨道。(5)建筑节能技术延伸轨道,是将来该项节能技术沿着技术形成轨道可能发展和延伸的技术轨道。(6)建筑节能技术转辙轨道。当技术革命、市场需求等发生重大变化,该项节能技术的轨道将发生根本性的转辙变化,产生新的技术轨道。

在研究建筑节能技术轨道的过程中,约束体系、分类体系和核心体系规划了建筑节能技术轨道的框架,共同构成建筑节能技术轨道的完整体系。约束体系是节能技术制约条件的集合,决定其将来发展应用前景。分类体系是节能技术具体细分专业技术轨道的集合,体现节能技术轨道的外延。核心体系是节能技术轨道研究对象的集合,体现节能技术轨道的内涵。

## 三、建筑节能技术轨道的研究特点

根据建筑节能技术行业的特点,在调查分析节

能技术总体发展状况和具体节能技术的开发应用过程,将建筑节能技术轨道的研究分为2个层次,即宏观研究层次和微观研究层次。

### (一) 宏观研究

建筑节能技术轨道的宏观研究是指对整个建筑节能技术领域的技术发展轨迹以及不同技术范式下的变化特点进行总结、分析、归纳和预测。由于研究对象是整个建筑节能技术领域总体,故在约束体系中主要形成一般约束原则,在分类体系中形成科学合理的完整结构,在核心体系中建立建筑节能技术领域的基本技术轨道理论。宏观层面的研究突出建筑节能技术轨道的基本原则、基本框架和基本理论,因此主要采取定性分析方法和定量评价方法。

### (二) 微观研究

在现代技术高速发展的今天,实施一项具体的建筑节能技术的研发,首先进行该项技术的技术轨道研究是非常重要的技术战略措施。建筑节能技术轨道的微观研究就是针对具体的节能技术,为更有效地开发节能技术所进行的相关技术轨道研究。具体技术轨道的研究是为节能技术的研发指引可能最优方向或进行项目筛选等提供参考。因此,在约束体系中表现为建立约束函数及对约束值进行评价;在分类体系中,根据具体节能技术的特点,主要形成严谨的技术结构框架;在核心体系中,以节能技术轨道的基本理论为基础,结合专业技术知识,建立各种节能技术轨道模型。

## 四、结 语

本文提出建筑节能技术轨道的概念,是融合多学科的新的研究领域,对建筑节能技术的发展和創新具有重要意义。在建筑节能技术轨道的宏观层次和微观层次,建立节能技术轨道体系,通过约束体系、分类体系和核心体系构成节能技术轨道的主要研究内容。由于建筑节能技术的专业性极强,因此,节能技术轨道的研究重点和突破点应是具体一项或一套节能技术轨道的专业研究。以专业研究为基础,进行大跨度的技术整合和技术创新,将成为建筑节能技术研发的新趋势。

### 参考文献:

[1] 华虹,陈孚江. 国外建筑节能与节能技术新发展

- [J]. 华中科技大学学报:城市科学版,2006,23(增刊1):148-152.
- [2] 曾旭东,赵 昂. 基于 BM 技术的建筑节能设计应用研究[J]. 重庆建筑大学学报,2006,28(2):33-35.
- [3] 闫文周,惠彦涛. 新型建筑节能结构体系技术经济分析[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版,2005,37(2):239-242.
- [4] 王亦斌,曾玉敏. 我国节能型建筑产业发展对策研究[J]. 华中科技大学学报:城市科学版,2005,22(4):25-27,35.
- [5] 卢 求. 德国生态节能建筑资助政策与措施[J]. 建筑学报,2008(9):89-91.
- [6] 付祥钊,高志明,康侍民,等. 长江流域建筑节能探讨[J]. 重庆建筑大学学报,1997,19(5):78-83.
- [7] 傅家骥,雷家骥,程 源. 技术经济学前沿问题[M]. 北京:经济科学出版社,2003.
- [8] 孙金颖,梁俊强,刘长滨. 建筑节能服务市场投融资模式设计与风险分析[J]. 暖通空调,2007,37(10):7-11.
- [9] 范亚明,李兴友,付祥钊. 建筑节能途径和实施措施综述[J]. 重庆建筑大学学报,2004,26(5):82-85.
- [10] Toole T M. Technological trajectories of construction innovation[J]. Journal of Architectural Engineering,2001,7(4):107-114.

## Study on technological trajectory of construction energy conservation

ZHAO Yan-jun<sup>1,2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China; 2. School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, Shaanxi, China)

**Abstract:** As construction energy conservation technology (CECT) play an important role in the sustainable development to reduce energy consumption, the development law of CECT is discussed, with the help of the technological trajectory theory, which is a part of advanced idea in technology economics. After the analysis for the possibility and significance of construction energy conservation technology trajectory (CECTT), the conception of CECTT is put forward. Based on the characteristics of CECT, the constraint system, classification system and core system of CECTT are established. The constraint system includes the constraint of technology, economy and society-environment, the classification system includes CECTTs of building construction system, building equipment system, energy supply system and operation management system, and the core system includes the development track, formed trajectory, possibility trajectory, optimal trajectory, extension trajectory and transferred trajectory of CECTT. Furthermore, the macroscopic and microcosmic research on CECTTs are discussed.

**Key words:** construction energy conservation; technological trajectory; constraint system; classification system; core system