

我国核电技术发展的路线选择问题演变与启示

○ 曾建新^{1,2}, 杨年保³

(1. 中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083;

2. 南华大学 经济管理学院, 湖南 衡阳 421001;

3. 湖南理工学院 期刊社 湖南 岳阳 414006)

〔摘要〕世界各国核电发展中都存在技术发展路线的选择问题,我国尤为突出而且复杂。我国关于核电技术发展路线选择问题主要集中在技术的选择、发展的路径和管理体制上,并且呈现出以利益格局为核心的由简到繁、由少到多、由浅入深的演化特征。产生众多选择问题的主要原因是核电发展相关技术路线图的缺失,从根本上解决就需要从制订国家层面的全局性、战略性和协同性技术路线图入手。

〔关键词〕发展路线;核电技术;选择;演变;启示

核电作为一种高能效优势和放射性劣势都很明显的特殊能源方式,自 1954 年进入人类社会生活以来,其发展历程就一直伴随着问题和质疑的艰难选择。我国核电发展过程中,对核电技术选择的问题尤其突出,并不同程度地影响了核电技术的发展和进程,而且有些问题仍在持续。分析这些问题产生的背景、内容和性质及其对我国核电发展的影响,正确认识和处理这些问题,对保障和促进我国核电健康、持续发展具有重要意义。

一、核电技术发展路线的涵义与特征

技术路线图自 1970—80 年代在美国摩托罗拉和康宁公司最早应用于产品开发以来,逐渐被广泛地运用在国家、行业和技术发展规划之中,并日益

作者简介:曾建新(1970—),中南大学商学院博士生、南华大学经济管理学院副教授,研究方向:核能经济管理;杨年保(1964—),湖南理工学院期刊社副教授。

成为政府、行业和企业科技决策和技术管理的新型工具。⁽¹⁾

(一) 路线图、技术路线图与技术路线的涵义

1. 路线图

路线图(roadmap)指在特定地理空间内现有(或可能存在)的路径或路线的标示。⁽²⁾就是说,路线图是由若干节点(标示)联接成的轨迹线,一种特定的路线图给出了一条沿着某方向延伸的轨迹及其节点(标示)。因此,路线图是指示人们到达他们渴望到达的目的地的图示,其本质是团队(或组织)关于未来达到的目标的共识。⁽³⁾通俗地说,路线图就是某项工作或活动的详细计划。⁽⁴⁾

2. 技术路线图

技术路线图(Technology roadmap)是因为它强调用图示的形式表达出技术和时间的关系,以及技术和研发项目、产品、市场的关系而得名。⁽⁵⁾目前尚无对技术路线图的统一定义。技术路线图的奠基人美国摩托罗拉公司当时的 CEO Robert Galvin 后来把技术路线图定义为对某一特定区域的未来延伸的看法,该看法集中了集体的智慧和最显著的技术变化的驾驭者的看法。⁽⁶⁾此后,美国、英国、加拿大、澳大利亚等国家,以及中国的学者和组织都从不同角度对技术路线图进行了定义。刘传林综合国内外定义和观点,认为技术路线图是一张明确了各个时期的技术目标,以及完成该目标所需要的资源和条件的战略规划结果图。⁽⁷⁾从过程看,技术路线图是一种涉及多种领域知识、多个主体参与、多个线程并行控制的战略规划方法。⁽⁸⁾

技术路线图在结构上表现为纵横两个方向的路径,水平方向上反映的是技术随着时间而变化的过程;纵向上反映的是技术和研发项目、产品、市场的关系路径。⁽⁹⁾因此,制定技术路线图最重要的是设置节点。⁽¹⁰⁾

技术路线图的类型依据分类角度的差异,国内外也出现了众多的类型。其中典型的有两种:一是根据技术路线图制定的主体,分为国家(政府及区域)、产业(行业)、企业(产品)三种技术路线图;⁽¹¹⁾另一种是以技术路线图制定的对象(或任务),可分为若干种类型,例如 R. Albright & R. Schaller (1998) 把技术路线图分成四类:科学技术路线图、产业技术路线图、产品投资组合路线图和企业或者产品技术路线图。⁽¹²⁾

总之,技术路线图是国家战略规划、行业发展和企业竞争与发展越来越重要的技术管理工具,⁽¹³⁾是预测未来并给出达到未来目标的路径的共识性意愿,⁽¹⁴⁾反映的是制订主体的意志。它将市场、产品、技术、研发计划和资源按照内在的逻辑联系起来,展示出一幅面向未来、达到目标的路径性图景。⁽¹⁵⁾

3. 技术路线

技术路线(Technical route map)通常有两种含义。一是指解决某问题的具体程序及操作步骤的工作过程,可以用流程图来表示。也就是说,这里的“技术”指的是研究、开发或项目中达到目标的步骤和方法。二是指特定技术的路线,非特别说明,本文出现的该词即指此义。

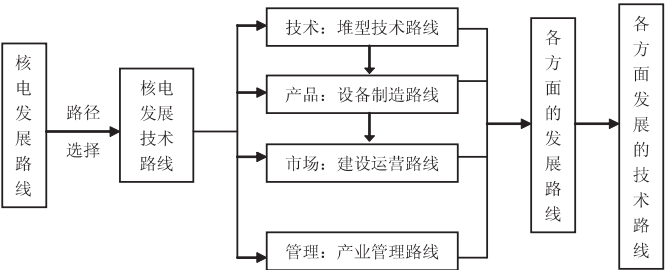
技术路线流程图与技术路线图在图表的表现形式、指导的作用上有共同之处,反映的主体意愿的本质也相同。但是,在学术或正式的文书使用上,应当区分二者在指称对象上的差异,以避免概念的混乱和歧义。从对象上辨别就是,前者指特定的技术;后者指特定项目的方法,当然方法中含有使用的技术。从形式上辨别就是,前者可以表达为“技术+路线+图”,后者为“项目+方法+图”。

(二) 核电发展路线、核电技术路线与核电技术发展路线

我国 2007 年颁布的《核电中长期发展规划(2005—2020)》(以下简称《核电规划》)提出了核电发展的几条路线:指导思想和发展方针上,统一“核电发展技术路线”;核电发展战略上,坚持热堆—快堆—聚变堆的“三步走”路线,坚持发展百万千瓦压水堆核电技术路线;在规划实施的核电发展技术路线上,引进消化吸收的三代百万千瓦压水堆核电技术完全掌握前,适当自主建设二代改进型核电技术。简言之就是:三步走的战略发展路线、大型压水堆核电技术路线、三代核电技术来统一堆型的发展路线。

应当注意到,《规划》中只提到了“技术路线”和“路线”,没有提到“技术路线图”。但是核电界对《规划》中“路线”出现了不同的解读,许多人把它们当做“技术路线图”特别是一度引起了核电建设中对“堆型”与“机型”、⁽¹⁶⁾“二代”与“三代”的激烈争论。⁽¹⁷⁾因此,有必要区分核电发展路线、核电发展技术路线、核电技术发展路线、核电技术发展的技术路线等概念。根据路线、路线图、技术路线、技术路线图的涵义,如果把核电作为其客体对象,则相关概念的关系如图 1-1 所示。

图 1-1 核电的相关路线与技术路线的关系



严格意义上,核电技术包括堆型技术、核燃料技术、设备制造技术、核电站建造技术、核电站运营与维护技术等围绕核电站的全产业链技术。由于堆型技术是核电技术的核心和关键,业界因此通常把核电技术视为或指称堆型技术。⁽¹⁸⁾因此,核电技术发展路线是指以堆型技术为核心的核电相关技术发展的路线。

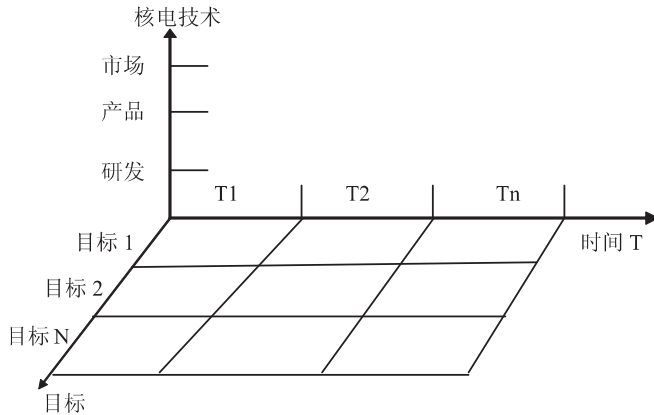
将上图中的各路线按照“图”的规范表达出来即为各路线图。技术、产品、市场和管理四个方面的技术,按照“路线图”的规范表达出来即为各方面的具体技术路线图。

(三) 核电技术发展路线的结构与分析框架

核电技术发展路线要解决的问题主要有这样三个方面:(1)堆型选择,即选择哪些或哪种堆型技术;(2)发展目标,即选定的堆型技术要达到什么目标;(3)

实现路径,即采取什么路径来实现,是自主研发还是引进技术等等。根据技术路线图的纵横结构的时间维和技术维,加入目标维,选定自主创新路径情况下,核电技术发展路线图的三维结构如图 1-2 所示。

图 1-2 基于自主创新的核电技术发展路线的三维结构示意图



上图中,在每个时间节点,都存在对核电技术发展的每个环节,都有要达到的目标。在自主创新的实现路径下,具体如何组织创新需要根据每个节点的环节和目标,以及有关条件和环境状况进行抉择。该框架表明,以堆型技术为核心的核电技术是“牵一发而动全身”的产业“龙头”,这意味着,核电技术的发展不仅仅是技术问题,而是牵涉到全产业链的全局性问题。

三维结构图既是制定核电技术发展路线图的框架,也可作为分析核电技术发展历史的框架,不过需要考虑各个时期实现路径的特殊性,如果存在多元的路径,结构就会复杂些。

二、我国核电技术发展路线的演变及特征

(一) 世界核电技术发展路线演变的三个阶段

世界核电的发展自 1950 年代起步,至今已走过 60 余年。以热堆占绝对优势的核电技术也由一代的原型堆发展到 1970—80 年代的改进型二代堆,再到 1990—2000 年代的革新型三代堆,目前正在开发革命型四代堆。其间发生了三次核电站严重事故,每次都成为世界核电发展的一个转折点。⁽¹⁹⁾ 1979 年美国三哩岛核电站堆芯熔毁事故使压水堆经受住了考验逐渐成为主流堆型。1986 年的前苏联切尔诺贝利核电站爆炸事故终结了石墨气冷堆的发展,并催生了安全性标准更高的三代堆型。⁽²⁰⁾ 2011 年日本福岛核电站熔堆氢爆事故,使沸水堆面临严重危机,也使核电安全标准进一步提高。⁽²¹⁾

三次核电站严重事故改变了世界核电技术发展路线,以特殊的方式推动着核电技术向前发展。这是世界核电技术发展路线演变的重要特征。

(二) 我国核电技术发展历程与路线变迁

我国核电发展从七十年代动议以来,走过了 40 余年的历程,按照核电技术

的水平状况和核电发展政策 ,可分为萌芽(或酝酿阶段) 、起步、缓慢发展、批量发展和规模化发展以及转型发展阶段等六个进程轨迹 ,如表 2 - 1 所示。

表 2 - 1 中国核电发展历史阶段与堆型技术变化

阶段	历史时期	基本目的	发展方针	自主技术	引进技术
核电萌芽	1970~1982	电力替代选择	零的突破	核潜艇动力堆	/
核电起步	1983~1994	掌握核电技术		CNP300	法国 M310
缓慢发展	1995~1999	缓解电力短缺	电力补充	CNP600	加拿大 CANDU 俄国 VVER-91
批量发展	2000~2005	缓解电力短缺	适度发展	CPR1000 高温气冷堆	/
规模发展	2006~2011	统一核电堆型	积极推进		美国 AP1000 法国 EPR
转型发展	2011~(后福 岛时代)	创造自主品牌	安全高效	CP1000、钠冷 快堆、CAP1400	/

由上表可见 我国核电技术发展路线变化的特征是: (1) 堆型技术方面: 压水堆始终是主流; 堆型和机型呈由少到多的增长趋势 ,多堆型、多国标准特征明显; 堆型技术市场由垄断走向竞争。(2) 发展路径方面: 一直是自主与引进的“两条腿走路” ,而且引进的堆型技术差异很大 ,发展速度呈由慢到快的趋势。从引进的时间看 ,中后期力度最大。自主技术则集中在 2000 年以后先后出现。(3) 发展环境方面: 核电技术与发展目的及方针呈互动促进格局; 受世界核电发展进程的影响不大 ,但受世界核电大国的技术影响大。(4) 整体进程方面: 自主技术在二代、三代落后于世界水平 ,四代处于世界领先水平但不成熟; 技术引进多但消化吸收少 ,引进五种技术只消化了 M310 和 AP1000 两种技术。所以 ,中国工程院杜祥琬院士认为“我国的核能事业还很年轻 ,处在发展的初级阶段”^{〔22〕}。

(三) 我国核电产权体制演变与产业结构变迁

我国核电工业脱胎于军工性质的核工业 ,在核技术向民用方向的转变的过程中 ,产业结构逐渐发生分化与整合 ,形成了不同历史时期的市场结构。产权体制由于我国的社会主义国家国情 ,在整体上 ,国有独资或控股的产权性质是我国核电企事业资产产权的基本特征 ,也是我国核电企事业单位组织架构、领导与决策机制、资产管理等微观管理的基本特征。表 2 - 2 给出了各历史时期核电产业企业的产权体制格局和产业结构变化。

表 2 - 2 我国核电企业的产权体制与产业结构变迁

历史时期	产权体制	核电业主	堆型技术供应
1982~1987	国有独资	核工业部(秦山核电有限公司)	中国核工业部
	国有控股	中国广东核电合营有限公司	法国(EDF)
1988~1999	国务院管理	核工业总公司、中广核集团(控股)	核工业总公司
1999~2003		中核集团(独资)、中广核集团	中核、中广核
2003~2007	国有控股	中核集团、中广核集团	中核、中广核
2008~	国资委管理	中核集团、中广核集团、中电投集团、华能集团公司	中核、中广核、国家核电、清华大学

由上表可发现,我国核电产业企业的产权体制只发生一个变化,即引进法国核电技术建设大亚湾核电时,开始出现了国有控股的核电企业。但这一变化对核电产业格局及发展带来的影响是深远而且巨大的,它直接催生了后来与中核集团分庭抗礼的中广核集团公司。

在产业的市场结构方面,核电资产与资源的分化配置在国有性质下出现了同质的竞争性利益集团,其演变过程如下:首先,从核工业部分离出中广核集团公司,由“一统天下”演变成“楚汉相争”的南北两大核集团;然后,从中核集团公司中又分离部分企事业单位至新组建的国家核电技术公司,批准中电投集团成为核电业主,这样核电技术和核电建设就分别演变为“三国鼎立”局面。其次,华能集团公司控股的山东石岛湾高温气冷堆示范电站开工建设,成为第四个具有控股资质的核电业主,而且国家核电公司有做业主的意图和趋势。这将会使核电业主出现“五龙争雄”的格局。

在堆型技术路线方面,目前中核集团和中广核集团占据主导地位,国家核电技术公司的后 AP1000 技术有逐渐取代二者的趋势,同时清华大学核能院的高温气冷堆技术和中核集团的快堆技术一旦商用趋于成熟,竞争必将进一步加剧。

我国核电(堆型)技术和核电业主的发展演变,表现出由完全垄断到寡头垄断到垄断竞争的特征,逐步出现同为国有集团企业之间争夺项目、市场和资源的利益冲突。这意味着,我国核电在向市场化、竞争化方向迈进。

概括起来,我国核电技术发展路线演变的基本特征是:堆型技术发展进步较慢,自主与引进并行,产业的市场结构由垄断走向竞争,核电企业产权结构由国有独大走向多元化。

三、我国核电技术发展的路线选择问题与特征分析

我国在核电发展的各个历史时期都出现了一些争论,它们按内容的表面指向有三类问题:一是技术选择问题;二是路径选择问题;三是核电管理问题。

(一) 我国核电发展的技术选择问题争论

技术选择问题的中心是选择什么样的堆型技术来发展,如表 3-1。

表 3-1 我国核电发展中的技术选择问题

争论问题	时期	问题描述
轻重之争 ^[23]	1970s 初	发展轻水堆(压水堆): 国际技术较成熟, 我国有核潜艇基础。 发展重水堆(重水堆): 适合低品位铀资源, 有技术基础。
大小之争 ^[24]	1970s 初	发展大型核电站: 适合我国大国的国情。 先发展中小型核电站: 适合起步阶段的研发规律和工业基础。
快慢之争 ^[25]	1970s 初	发展快堆: 适合铀资源不丰富国情, 符合未来方向, 但不成熟。 发展热堆(慢堆): 有国内外的较成熟的技术基础。
CPR1000 与 CP1000 之争 ^[26]	2000s	中广核: CPR1000 是具有自主知识产权的二代加成熟技术。 中核: CP1000 是自主研发的二代加先进技术。
AP100 与 EPR 之争 ^[27]	2000s 中	引进美国 AP1000: 非能动和模块化技术优势, 最先进的三代技术。 引进法国 EPR: 成熟技术改进, 功率大(1750Me)。

表 3-1 表明 核电堆型技术的选择不仅是堆型或机型自身的优缺点和先进性及成熟性问题 ,而且与铀资源禀赋、相关产业的工业技术基础等国情相关。争论出现的原因主要有两个: 一是对不同堆型技术的认识存在差异; 二是不同利益集团的出现 ,使技术问题不再单纯。

(二) 我国核电技术发展的路径选择问题

路径选择问题即选择什么方式和路径发展核电技术。核电技术发展的选择与核电站建设密不可分 ,而核电站建设又与企业集团的利益攸关。因此 核电技术发展的路径选择不单纯是技术创新的问题 ,这也使对路径选择的争议成为了中心 ,如表 3-2。

表 3-2 我国核电发展中的路径选择问题

争论问题	时期	问题描述
自主与引进之争	1980s 初 ^[28]	主张技术引进: 高起点, 发挥后发优势, 有法日韩的经验可循。 主张自主研发: 核心技术买不来, 造成对外依赖, 受制于人。
	2000s 中 ^[29]	引进 AP1000: 三代最先进技术, 起点高。 发展自主品牌: 自主的 CPR1000 或 CNP1000 较成熟, AP1000 是“首次吃螃蟹”, 有风险。
建设速度之争 ^[30]	2000s 中	核电建设不能搞“大跃进”: 相关条件跟不上, 有安全隐患。 核电应规模化积极建设: 比例低而市场容量大, 有基础能力。
市场格局之争 ^[31]	2000s	中广核集团: 中核垄断研发资源和核燃料, 对产业不利。 中核集团: 中广核没有历史包袱, 且中核的资源也在共享。
堆型与机型之争 ^[32]	2000s	统一堆型技术路线: 万国牌、多标准不利于核电管理和发展。 统一堆型下多机型: 同一堆型有多种机型, 能不间断发展。
二代与三代之争 ^[33]	2000s 末	主张以三代技术建设核电站: 技术先进, 安全性高, 起点高。 主张二代加和三代技术同时使用: 二代加技术成熟, 安全性好。
海陆之争 ^[34]	2000s 末	主张沿海建设: 经济较发达, 水源充足, 利排放, 有运行经验。 主张内陆建设: 国际内陆核电站多且表现良好, 内地需要。

我国在核电技术发展的路线选择主要涉及到技术来源(引进或自主)、技术应用(核电建设项目)、技术布局(堆型统一) 和发展节奏(速度) 四个方面的争论。争论产生的主要原因是: 对不同路径的科学论证和评价不足; 缺乏统一的宏观战略规划和强有力执行约束; 利益集团基于自身利益的影响。

(三) 我国核电技术发展中的管理问题

管理问题是指政府对核电产业与技术发展的政策、方针、体制及法规制度等。核电的发展投资大、风险大、涉及面大、影响大 ,离开政府的支持将不可能得到发展。但是 ,也正因为政府的主导作用和公共管理职能 ,使核电技术的发展需要科学、正确、强有力的管理。在我国核电发展的进程中 ,核电管理问题日益突出。表 3-3 给出了直接与核电管理相关的主要争论。

表 3-3 我国核电发展中的管理问题

争论问题	时期	问题描述
核与电之争 ^[35]	1980s~1990s	核电姓“电”: “电”是目的, 核电为民用, 应按民品管理。 核电姓“核”: 核电涉及军工和国家利益, 应按军工体制管理。
两核集团股权之争 ^[36]	1990s~2000s	中核集团(北): 占中广核 45%股份, 不分红, 也不参与管理。 中广核集团(南): 都是国有产权, 以核养核、滚动发展。
控股资质之争 ^[37]	2000s 中	扩大核电业主范围: 民用技术, 允许非核电力企业控股核电。 控制核电业主数量: 专业性强, 技术要求严, 应控制业主数量。

纵观我国核电管理体制演变 ,有两个基本特点:

- 1. 我国能源管理体制变化较快 ,而且 2008 年前 ,仅有 2 次短时期(不超过 5 年) 设置过全局性的能源管理机构 ,更多的时候是局部性电力管理机构行使全局性能源管理职责 ,甚至有时没有能源管理机构。
- 2. 核电在 2008 年国家能源局成立前几乎没有纳入过能源管理体制 ,基本上实行的是国务院、军工性质的专门部委两级专门管理体制。应当说 ,2008 年前中国核电姓“核”而不姓“电”。

长期以来的核电与其他电源工业隔离的相对封闭式管理体制 ,核电建设项目管理、核电安全监管、核电技术研发管理以及核电具体业务管理分属不同机构 ,导致核电发展长期缺乏全国性的统一规划 ,难以得到电力系统单位的支持和协同。^{〔38〕}

(四) 核电技术发展问题演变的整体特征

按核电发展的历史阶段 ,将三类争论问题结合核电堆型技术及其供应企业、核电业主和核电纳入民用电力专门管理(能源局) 情况 ,则它们的分布如图 3 - 1 所示。

图 3 - 1 我国核电发展历史阶段中主要争论问题和核电技术的散点分布

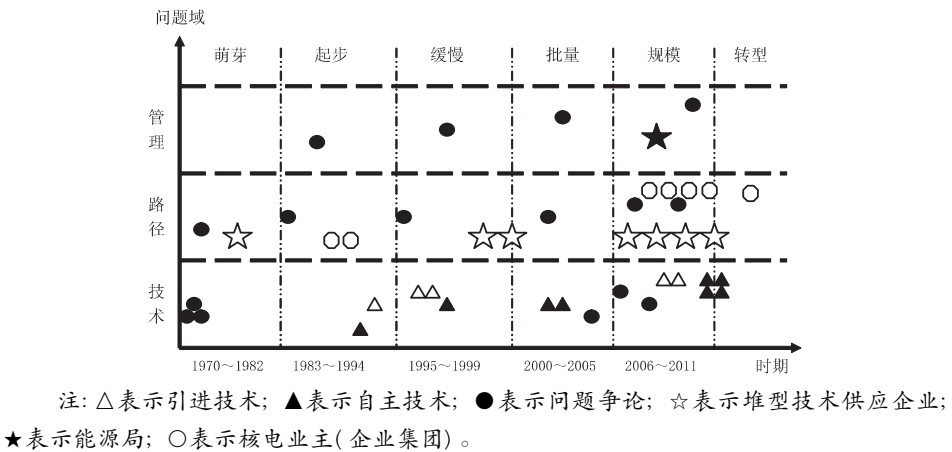


图 3 - 1 表明 ,我国核电发展中的争论问题分布特点是: 初期以技术问题为主; 中期争论较少 ,主要是路径问题; 后期是技术、路径和管理三大问题交织。

我国核电发展中争论问题是前进中的问题 ,其演进总体特征是: (1) 从争论的主体看 ,由最初的核科技界向核电企业集团转变 ,基本上发生在利益直接相关方范围内 ,到后期逐渐扩大到非直接相关的社会民众; (2) 从发生的时间看 ,选择问题贯穿我国核电发展全过程 ,但主要集中在 2000 年代中后期; (3) 从争论的内容看 ,由纯技术选择向利益之争转变 ,并逐步转向核电管理体制 ,中心是核电堆型技术; (4) 从争论问题的性质看 ,主要是技术、路径和体制三个方面 ,且都集中反映在国家的核电产业管理问题上; (5) 从核电管理体制看 ,统一管理体制的缺失 ,使对核电管理缺乏全局性、战略性、协调性的规划布局与统筹安排 ,从而导致核电需要而且能够加快发展的时候矛盾集中爆发出来。

四、技术路线图视角的我国核电技术发展路线问题演变原因解释与启示

技术路线图理论表明,技术路线图是战略性的技术管理工具和达到未来目标的共识性意愿表达,这为我们认识我国核电技术发展中的问题提供了一个新的视角。因此,本文拟从技术路线图的以下三个方面对这些问题进行归纳性考察:(1)技术路线图制定情况,它反映了对核电管理的认识和重视程度;(2)技术路线图路径和节点状况,其明晰度反映了市场、产品、技术、研发计划和资源的关系顺滞;(3)技术路线图操作性状况,它反映了制定过程的参与方及其共识性。

(一) 核电技术发展路线图制定情况

我国核电发展虽有战略性和原则性的方针和政策,但长期缺乏实施型的具体技术路线图,只有2007年的《核电发展中长期发展规划》相当于核电和技术发展操作性路线图,结束了把政策方针当路线图的局面。

一国的能源发展战略是否包括核电,发展核电时利益相关各方所担任的角色,核电所需关键技术与政策的解决路径,都需要相应的技术路线图来给出清晰、明确的方向和定位。是否有针对性的技术路线图反映了特定主体的重视程度、战略思维与管理状态。缺乏技术路线图的技术发展容易出现盲目性、无序性和各自为战的现象。

可见,体现国家意志和利益的核电发展技术路线图的长期缺位,是我国核电发展持续出现大量问题的一个重要原因,反映了国家对核电发展的战略性重视和全局性统筹的不足。

(二) 核电技术发展路线图的明晰性

核电技术发展的技术路线从三维结构看,包括技术方面的核电技术发展路线、产品方面的核电工程建设路线、市场方面的核电企业布局路线。我国热堆—快堆—聚变堆的三步走战略路线是清晰的,但在热堆阶段,许多方面的技术路线图及实施路线(方案)却是模糊或缺失的,而且随着利益集团的增多和利益之争的加剧,使即使原本一些清晰的技术路线出现“执行软约束”⁽³⁹⁾。这就需要在战略性技术路线图之下制订更详细、更具体、或者分支的可操作的技术路线图,这样在实施过程中就会减少问题和少走弯路。

总之,核电技术发展路线的明晰性不足是我国核电发展中出现选择的诸多争论问题的主要原因。尽管局面有了极大的改观,但深层次的利益格局这一根本问题仍然没有清晰的路线,或者没有纳入核电全局、能源全局甚至相关产业全局进行战略性统筹,为产生新的问题埋下了种子。

(三) 核电技术发展路线图的共识性

核电技术发展路线的制定,包括政策与方针和原则在内,关系到国家能源与产业战略,涉及到众多产业、行业、企业以及地方政府和民众的利益,特别是核电工业紧密相关企业的直接利益。因此除了听取行业专家的意见外,还需要他们的参与和意愿表达,以此达成共识。《核电规划》的制定是由国家发改委牵头组

织制定的,进行了较为充分的调研和较为广泛的专家座谈,因此《规划》的实施进展较好,这从我国核电每年获得“路条”和开工建设的核电站项目数量和核电自主化进程的顺利推进得到一定的证明。这表明,取得与重要的相关方的共识对核电的发展是非常重要的。

共识的取得过程也是各方利益的协调过程。一个明显的例子是,中核集团和中广核集团的矛盾是直接导致国家核电公司产生的原因,不然为什么不让有基础的二者联合起来受让 AP1000 技术,而使国家决定另起炉灶呢?⁽⁴⁰⁾而国家核电的出现,不仅增加了一个竞争对手,而且稀释了核电发展和研发资源,这又产生新的问题。在国核技极力主张用 AP1000 技术取代二代加技术时,拥有二代加技术的中核和中广核罕见地齐声反对。这从另一个侧面表明了各方利益集团的形成对核电发展具有重要影响。

(四) 核电技术发展路线选择问题演变的启示

1. 正确认识核电技术发展路线选择问题是促进我国核电更好地发展的一把钥匙。我国核电发展中虽然出现了诸多问题,但不能因为这些问题来否定取得的成就。应当明确,问题的存在是正常现象。问题是事物矛盾的外在表现,是矛盾双方在某方向的内在冲突,是事物发展多路径、多元化选择的必然结果。矛盾是变化的,也总是存在的,问题也就必将不断消除和出现。更重要的是,矛盾的解决过程就是事物发展的过程。因此,问题的关键在于,找出问题内在的根本原因才能有利于问题的正确解决,把各种问题变成解开发展中的迷惑的一把钥匙。

2. 抓住主要矛盾和矛盾的主要方面是解决问题、推进核电发展的根本所在。我国关于核电的许多问题涉及的因素比较多,按照矛盾论思路,我们可将核电发展中的争论问题及其解决思路简化,如表 4-1。

表 4-1 核电发展的主要问题涉及的矛盾与解决逻辑

问题类别	矛盾的双方	冲突的根本	解决逻辑
技术	拥有核电技术的各方	技术的可行性和适用性	国情下的市场选择
路径	引进派和自主派;二代技术方和三代的技术方	项目背后的利益	明确路线并积累技术
管理	利益的既得方和诉求方	利益格局的改变	以国家利益为出发点 兼顾公平的统筹调节

事实上,大部分问题得到了妥善解决或有明确思路,特别是核电管理体制得到明确和加强,出台了国家首个核电专项规划,核电技术实施路线得到充实,各方利益暂时得到平衡。在某种意义和程度上,正是这些问题,促进了相关各方尤其是政府不断改进核电管理,加强技术研发,推动了核电的向前发展。

当然,也有些问题依然没有彻底解决,尤其是多代、多堆型竞争局面和趋势使统一核电技术路线难以贯彻,自主技术与引进技术的冲突竞争难以避免,造成并使这种问题持续的根子——利益集团问题没有得到解决。⁽⁴¹⁾这些问题将成为我国核电发展中的问题持续和产生新的问题的重要源头,也将是推进我国核电

健康、持续、高效发展所必须应对和最终要解决的问题。

3. 制定明确、具体的核电发展技术路线图是健康有序推进我国核电发展的重要手段和当务之急。我国核电技术发展中的这些选择问题是核电发展过程中出现的,在一定角度上是可预见的,因而可以采取预防措施,可能出现严重影响正确方向的问题。而解决或防止过多争论问题的一个重要方法就是制定核电发展相关的明确、具体、专门的技术路线图。

技术路线图是以技术为核心的对特定领域未来技术发展趋势的判断和共识,强调对特定技术的连续性或间断性变化的预测和管理,对技术创新具有很强的实践意义和指导价值。⁽⁴²⁾技术路线图一方面给出了达到目标的明确具体的方向、任务、时间节点和相关条件,具有极强的指导性、可操作性和协同性,利于早作筹划安排和布局,还为及早发现断裂性或隐藏性问题提供警示;另一方面,路线图制定过程中利益相关方的参与,使其意愿诉求得到了表达或回应,对调动其积极性和发挥创造性具有激励作用,从而有利于路线图的顺利实施,并利于及时得到信息反馈来进行正确的修订和调整。因此,制定国家、核电产业、核电相关行业以及核电堆型技术发展等专门路线图是引导我国核电稳妥有序发展的当务之急。

五、结论与建议

综上所述,我们的结论是:

(一) 核电发展进程中出现的技术路线选择问题本质上是利益相关方矛盾的表现。对各种问题性质的正确认识,是解决核电发展问题作出正确应对的前提。正确应对问题才能把问题转化为积极的推动力量,反之则会成为阻碍因素。

(二) 我国核电技术发展路线选择问题多而复杂,是我国核电发展问题的集中反映。问题的内容和表现形式在不同的历史阶段呈现不同的特点,整体上的演化呈单一性向复合性、技术向利益与管理、表面向深层次、局部向全局演变等特征。

(三) 核电发展中路线选择问题产生的主要原因是相关技术路线图的缺失,导致预期的不确定性和不稳定性,从而形成利益格局的不均衡及其行为带来的乱象。制订全局性、战略性、协同性的核电技术发展的详细而具体的路线图,理顺各方在其中的位置和角色,出台刚性的配套政策和法规,是减少不必要问题和降低问题消极作用的极为重要的手段和方式。

注释:

(1) 李雪凤、全允桓、谈毅《技术路线图——一种新型技术管理工具》,《科学学研究》2004年第S1期。

(2) [15] 谈毅、李雪凤《基于技术路线图的产业创新模式初探》,《中国科技论坛》2005年第6期。

(3) 刘海波、李平《技术路线图的产生和作用》,《科技潮》2004年第9期。

(4) [10] 刘青、代晓明《“路线图”含义及应用浅析》,《中国科技词语》2009年第3期。

(5) [9] 李雪凤、全允桓、谈毅《技术路线图和技术路线图思维》,《科学学与科学技术管理》2005年

第8期。

(6) Galvin, R. Science roadmaps. Science, 1998, 280(8): pp. 803-804.

(7) 刘传林《技术路线图制定流程及其控制机制研究》,“中国科技大学硕士论文”,2010年,第5页。

(8) 刘传林、陈坤、张瑛《技术路线图制定流程及其柔性机制研究》,《科学与科学技术管理》2010年第4期。

(11) 长城企业战略研究所《技术路线图: 自主创新的战略工具》,《新材料产业》2006年第1期。

(12) R. Albright and R. Schaller. 1998. Taxonomy of roadmaps Proceeding of technology roadmap workshop, Office of Naval Research, Washington DC: pp. 23-27.

(13) 佟瑞、李从东《技术路线图研究学科定位及国内外理论与实践评述》,《中国科技论坛》2011年第3期。

(14) 詹武《技术路线图理论与实证研究》,“景德镇陶瓷学院硕士论文”,2008年,第11-15页。

(16) [32] 张禄庆《我国需要统一的是堆型而不是机型》,“中国核电信息网”,<http://www.heneng.net.cn>, 2010年9月6日。

(17) [37] 李彬《中国核电技术路线图: 从“万国牌”到核电大国》,“21世纪网”,<http://www.21cbh.com>, 2012年7月13日。

(18) [21] 曾建新、王铁骊《基于技术轨道结构理论的核电堆型技术演变与我国的选择》,《中国软科学》2012年第3期。

(19) 官慧《核安全进化论——世界历次核事故给核能发展带来的启示》,《中国核工业》2011年第4期。

(20) 王秀清《世界核电复兴的里程碑——中国核电发展前沿报告》,科学出版社,2008年,第6-7页。

(22) [30] [34] 何祚庥《科学发展核能必须“稳中求进”——兼与杜祥琬院士商榷》,《中国能源报》2012年6月11日。

(23) [24] [25] 李觉、雷荣天、李毅、李鹰翔等(主编:《当代中国的核工业》,中国社会科学出版社,1987年,第312-314页。

(26) [29] [38] [40] [41] 路风《被放逐的“中国创造”——破解中国核电谜局》,《商务周刊》2009年第2期。

(27) 宿清华《中国核电产业“怪圈”》,“环球企业家网”,<http://www.gemag.com.cn>, 2011年11月11日。

(28) 中中国核工业总公司党组《发展核电,造福人民——秦山核电站建设的基本经验》,中国核工业集团公司编《秦山核电建设基本经验选编》,原子能出版社,2004年,第39-47页。

(31) 李尔康《中国核电包赚不赔的奥秘》,《装备制造》2009年第7期。

(33) 朱学蕊《我国核电发展的代际之争》,《中国能源报》2011年1月17日。

(35) 欧阳波、郭宇宽《中国核电的爱与痛》,《南风窗》(上) 2004年第12S期。

(36) 邓瑶、段心鑫《核电资本盛宴: 中核领衔备战A股上市》,“21世纪经济报道”,<http://www.21cbh.com>, 2010年11月16日。

(39) 陈玲、薛澜《“执行软约束”是如何产生的? ——揭开中国核电谜局背后的政策博弈》,《国际经济评论》2011年第2期。

(42) 张振刚等《技术路线图概念的拓展与延伸——基于企业创新视角的创新路线图分析》,《技术经济》2011年第12期。

(责任编辑: 嘉 耀)

Physiocracy and China's "Natural Law"

Abstract: The thought of physiocracy is a common product from the worship of science and China in West during the eighteenth century. Physiocracists deem the Chinese governance pattern as a paradigm for anti-mercantilism and thereby advocate respecting objective law and lowering governmental interference in economic policies. In terms of respecting Chinese wisdom, Quesnay with several other scholars equates the principles advocated by Confucius with Western traditional "Natural Law" with which they defend human freedom and natural right. The mindset originates in the dissemination of neo-Confucianism in West during the eighteenth century. "Li" is interpreted as the first matter appearing before anything else exists and the universal reason and spirit. Therefore it not only succeeds in communicating with scientific spirit but establishes the relation between Confucian philosophy of ethics and theory of the natural law, which shapes the notion that it gives weight to substance while looking down upon the God in Chinese philosophy. Silhouette, deeply influenced with that, is the first to make most of the account of "Wu Wei" in the Analects of Confucius. He verifies the rationality of laissez-faire theory. From the two aspects - governance experiences and philosophical spirit, China helps promote a crucial leap forward in Western political economy.

Keywords: physiocracy; China; natural law; Wu Wei

Zhang Chi

Party School of the Central Committee of C. P. C

Evolution and Enlightenment about the Questions of Technical Route Selection of Nuclear power Development in China

Abstract: There are problems of technical route choice about the development of nuclear power in all the countries in the world, particularly salient and complicated in China. These problems are mainly concentrated in the selection of technology, the path of development and the system of management. They show the characteristics of systemic evolution with interests pattern as the core and evolve from simple to complex, less to more, shallow to the deep, easy to difficult. The main reason of creating a multitude of problem is the lack of the map of development of nuclear power technology. Solving the problem fundamentally, the Chinese government should draw up roadmap of nuclear power development from the position of strategy, overall situation and synergism in the national level.

Keywords: development route; roadmap; technology of nuclear power; choice of problem; evolution

Zeng Jianxin¹ & Yang Nianbao³

1. Central South University; 2. University of South China;

3. Hunan Institute of Science and Technology