关于推进我国由核大国向核强国迈进的探讨与思考

任德曦,胡 泊①,任 伟②
(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘 要] 论文阐述了推进我国核大国向核强国迈进的背景、规划、核战略产业、军民融合海陆空领域的发展。首先题解我国核大国、强国的顶层设计、国外背景、10 大产业的大国强国方向;进而阐明了我国已步入核电大国行列,在役在建设核电站进入世界第三位,但核电在国际国内能源、电力中比重很小,迈向核电强国任务艰巨;进而阐明举全国之力做强我国核工业,建设更先进的核潜艇,研发中国战略重器核航空母舰;建立强大有后处理的核燃料循环,打造“中国造”华龙 1 号,全产业链走出去;实施一批重大工程建设,推动核科技进步,继续研发、部署小堆项目建设;抓紧以核电代煤、治霾、减碳、供热的开发工作;加大核科技在农学、医学、科研、军工的应用。认真贯彻《核安全法》确保核工业安全发展,健全完善核应急体系,推动核安保能力提升,不断完善核安全结构和核安全系统的顶层设计,保障核工业安全万无一失。抓好军民深度融合国家战略发展,军民对接,使命承担,发展军民融合产业。

[关键词] 核大国; 核强国; 华龙一号; 海陆空并进; 后处理核燃料循环; 核安全与核应急; 军民深度融合战略

[中图分类号] F426.61 [文献标识码] A [文章编号] 1673-0755(2018)01-0005-07

这里讲的核工业是指核军品、核民品及其融合的核产业,海陆空相结合的核工业;我国的核大国、核强国是《核能经济学》[1]阐述的十大体系产业。

我国核电执行积极推进核电发展方针与安全高效发展方针,我国正从核电大国迈向核电强国[2]。“十二五”期间,我国核工业坚持军民融合发展取得了巨大成就,核心能力显著增强,自主创新成果丰硕,开创了核工业可持续发展的新局面,为实现我国核工业由大变强转变奠定了基础。

我国核电制定了《核电中长期发展规划 2011-2020 年》《核电安全规划 2011-2020 年》;制定了《“十三五”核工业发展规划》《“十三五”核能开发科研规划》《“十三五”军工核设施退役及放射性废物治理规划》《“十三五”军工安全规划》《“十三五”国家核应急规划》[2]。根据这些规划,“十三五”期间,我国核工业将有九大重要使命需要完成[2]。这九大任务,包括军工与民品,其中军工中的第一项是履行强军首责,筑牢国家安全基石,确保军工科研生产任务圆满完成。我国必须海陆空并进,推进我国由核大国向核强国迈进。

世界最早的核大国,均在研究、开发、创新、更新、替换原有的核设施和核产品上有所作为。美国为了保持核大国、强国的领先地位,从战略创新、安全、管理多方面推进。如核弹头延寿、反应堆创新、核武库管理计划未来 20 年蓝图。2017 年 6 月 29 日,在美国能源部举办的“释放美国能源”大会上,特朗普宣布将对能源政策进行全面评审,提出“创造美国能源主导的新时代”,并宣布推进美国进入能源主导新时代的六大全新举措。第一项举措是“复兴和扩张”美国核能工业。他表示:“对美国核政策的全面评审有助于我们找到振兴这一关键能源的全新征途。”[3]英国也在积极地发展核电,与法国、中国合作建设新核电站,替换将退役核电站。

今后,我国核工业将海陆空并进,就是我国核能十大产业体系均要创新,要可持续发展,要补短板,增缺项,做大做强。这十大体系是:核科技研究与发展体系、核资源与地质勘探体系、核燃料及其循环体系、反应堆工程体系、核武器制造体系、核电站与核能(电)装备制造体系、放射性同位素与辐射技术体系、核环保与核安全及辐射防护体系、核能经济与管理经济体系[1]。本文只探讨核大国迈向核强国的过程中当前急需加强或发展的问题。

[收稿日期] 2017-09-30
[基金项目] 原国防科工委项目“核能经济学”资助(编号:21052)
[作者简介] 任德曦,男,湖南岳阳人,南华大学经济管理学院教授。
①南华大学经济管理学院教授。②广州市特银电子科技有限公司,博士。

一 建设核电大国与核电强国任务艰巨

(一)我国已进入核电大国行列

2016 年我国已建设与在建核电站 56 座,装机容量 58075.74MW,占世界运行与在建机组 506 座的 11.6%,总装机容量 453786MW,占 12.8%,居美国、法国之后,处位于第三位。美国运行、在建机组 104 座(运行 100 座,在建 4 座),装机容量 105013MW,占世界总装机的 23%;法国运行与在建机组 59 座(运行 58 座,在建 1 座),装机容量 64880MW,占世界总装机容量的 14.3%。我国已进入核电大国行列。

至 2017 年 6 月,我国电力装机容量 16.3 亿 KW[4](16.46 亿 KW[5]),其中,水电 2.9 亿 KW(3.32 亿 KW),火电 10.6 亿 KW(10.54 亿 KW),核电 3473 万 KW(3364 万 KW),并网风电 1.5 亿 KW(1.49 亿 KW),太阳能发电(7742 万 KW)。全国全社会用电量 1-6 月 29508 亿 KW.h,核电发电量 1154 亿 KW.h,核电占全国用电量的 3.9%。在 30 个有核电国家中,我国排在第 25 位。2015 年,我国核电占全国发电量 3%,排在 27 位。2015 年世界核电发电量 2441TW.h,占世界总发电量 11.5%。占本国发电量 14%以上的国家有 20 位。其中法国 76.3%,乌克兰 56.5%,斯洛伐克 55.9%,匈牙利 52.7%。其中核电较多的国家有美国 19.5%,俄罗斯 18.8%,韩国 31.7%,加拿大 16.6%,德国 14.1%,英国 18.9%,瑞典34.3%,西班牙 20.3%,比利时 37.5%。

作为核电大国,核电装机容量与核电发电量应走在世界前列,而且在本国电力构成中有重要的地位与比重。我国核电建成与在建装机容量虽已是世界第三位,但是,核电装机容量只占全国电力装机容量的 3.56%,占全国发电量的3.9%,比重低,份额小,它对替代煤电,节能减排作用小。低于全球核发电量 11%的平均水平。我国已走在核电大国路上,但还不能与世界第二经济体、能源消费、能源生产世界第一大国相匹配。我国二氧化碳排放量已占世界二氧化碳排放量的 1/4,2016 年我国非石化能源消费只占到 13.3%,我国雾霾污染严重,2017 年政府工作报告提出要“加快解决燃煤污染问题”,“完成以电代煤”、“安全高效发展核电”。所以,作为核电大国,核电在国内的能源电力占比太低,盛名难副。

(二)我国由核电大国迈向核电强国任务艰巨

我国已在迈向核电强国的路上。至少五年内我国还将在核电大国、核电强国路上并进,在核电的安全、技术、质量、品牌、装机容量、发电量、“走出去”、国际市场的竞争力方面均要增大、做强[6],未来建设核电强国的任务艰巨。

1.抓紧完成至 2020 年规划在建的 20 座机组、装机容量 2327 万 KW 的建设。保证 2020 年完成 5800 万 KW 的规划实现,以利于后续核电站开工,这是建设核电大国、核电强国的双重任务。

2.抓紧部署 2020 年中长期规划的 3000 万 KW 待建机组的布局、开工工作。这些机组的建设,是核电大国的组成部分,又是核电强国的基石。因为新建的机组是世界最先进的 3 代机组,全世界还没有一国有此雄心。我国的核电至 2030 年装机容量必须占至世界首位,因为此时中国已近世界第一经济大国,人口第一大国,能源生产、消费大国,也仍然是煤炭消费、煤电第一大国,仍然是温室气体的排放大国。我国水电、风电、太阳能发展很快,非石化能源比重预测能达到 2030 年我国对世界承诺的占比 20%,届时我国以煤炭为主体的能源结构,以煤为主的电力结构可以改善,但还不可能彻底改变,离发达国家煤炭占能源消费 25%的能源结构还将有很大差距。我国煤炭消费由于自然资源清洁化及处理方式与技术进步,未来消费也许可能控制在 40%左右,这一目标达到可能要 15 年的努力,每年平均消费比重减少 2%,以目前煤炭消费占比 62-70%,下降到 40%,要做艰巨努力。2016 年,我国煤炭生产下降了 9%,消费量下降了 4.7%[5],这是供给侧产能过剩减少,包括弃水、弃风,减核同时在发生。2016 年火电、水电、核、风、光电均在增加,全国发电量 61424.9 亿 KW.h,火电 44370.7 亿 KW.h,占全国总发电量 72.24%,火电结构占比很高,核电 2132.9 亿 KW.h,占 3.47%,占比很低。从我国目前电力发展形势看,3000 万 KW 待建核电规划难以实现。

作为大规模替代煤电的基础能源,相较风能、太阳能,核能更具可行性,有比较强的优势。国际原子能机构 IAEA 报告显示:每生产 1KW.h 电力,煤炭需要排放 357 克碳当量,光伏发电需要排放 76.4 克碳当量,水电需要排放 64.4 克碳当量,风能需要排放 13.1克碳当量,核能只需排放 5.7 克碳当量。核电的二氧化碳排放量最少[7]。而且核电单机容量大,运营稳定,利用小时数高,可以作为电网基荷运行。

3.把 4 座 AP1000、2 座 EPR 示范堆、2 座 VVER——引进的这 8 台机组建设好、运行好,特别是 AP1000、ERP 是国际三代工程示范堆,由于各种原因已延期 3 年多,如果能在近期完工,且能投产商运,对国际核电事业是巨大贡献。

4.做好 4 代高温气冷堆机组示范工程收尾工作,达到商业运行。

5.抓好华龙 1 号 4 台国内机组、2 台国外机组的设计、施工、设备保证等多方面工作。这关系中国核

电走出去声誉与市场竞争力。

6.抓紧已列入“十三五”计划的 4 代示范快堆的开工。

7.做好小堆的开发、规划、布局、落地工作;探讨“以电代煤”、核电+核供热、治霾的可行方案,这是战略决策,尽管世界已有 200 多座池式反应堆,积累了 10000 多堆年的安全运行实践,我们仍应慎重,特别要做好对公众、社会的宣传知情工作。

8.对内陆发展核电这是早已决策之事,仍应执行。在沿海省的内陆,中部湖南、江西少煤、无油、无气的省,要保证 6000-7000 万人的生活与生产消费的能源需求是应发展核电的。在大江大河的支流、采用水循环冷却,核安全与热污染均是安全可靠的。

二　举全国之力做大做强核工业

(一)海上核产业做大做强,空间很大

我国核动力海上做大做强空间很大。首先要建海上核电站,这是核动力海上浮动平台,可机动的核平台。我国海岸线长,岛屿多,南海有需求,远洋油气资源开采和水面舰船核动力技术发展均需要海上浮动动力平台或舰船,我国已将核动力海上平台列入核工业发展“十三五”发展规划。我们需要核动力舰船、核动力破冰船。

(二)核潜艇必须做强

核潜艇以核能作为潜艇推进动力。与常规燃油动力装置相比,其特点是功率大,航速高,续航能力强,隐蔽性能好,一次下水潜行时间可达 60-90 天。据报道,世界上已建造的(包括已退役的)核潜艇约 500 多艘,主要集中在美国与苏/俄。划分为攻击型核潜艇与战略型核潜艇。美国攻击型核潜艇发展了六代,生产了 124 艘,战略导弹核潜艇发展了四代,生产了 59 艘,总计 183 艘。苏/俄共建了四代攻击型核潜艇 83 艘;巡航导弹核潜艇三代,共建了 65 艘;战略核潜艇五代,前四代共建了 80 艘,总计共建核潜艇 228 艘[1]。核潜艇已成为核大国海军的核心战略力量。

我国核潜艇已在 1971 年建成 091 长征一号攻击型核潜艇,至 1990 年不断研发改进,生产了长征 2、3、4、5 号,以后研制生产了更加先进的 093 级攻击型核潜艇。1982 年 4 月,我国第一艘战略核潜艇下水,即 092 级战略核潜艇。并在不断开发新型弹道核动力核潜艇,094 级核战略潜艇性能大大提高:排水量为 12000t(水下);主体尺寸长为 140m,宽 12.5m,吃水 12m;航速为 40km/h(水下);最大潜深为 400m;噪音量级为 115dB;自持力为 80d。武器系统:16 枚“巨浪”II 型导弹,最大射程可达 8000km,3 至 6 枚分弹头,6 具 533mm 鱼雷发射管,可发射两用鱼雷或 C-802 反舰导弹,备弹 18 枚[1]。

095 型/096 型弹道导弹核动力潜艇在研制开发中。战略核潜艇对敌形成威慑,我国必须发展世界竞争激烈的核潜艇事业,这是核强国海上核实力的标志。

(三)我国一定会有国之战略重器——核航空母舰

当我国辽宁号航空母舰服役后,中国人民就盼望有自己的核动力航空母舰。

核动力航空母舰是以核反应堆为推进动力的军用水面舰船。装备攻击战斗机、无人机、轰炸机、导弹、高能激光等新概念武器,具有最现代化通讯设施,是一个综合武器系统中枢,是远洋核战略战斗舰队力量,能在核环境中战斗。

以美国斯坦尼斯号为例,该舰全长 317 米,宽 40.8 米,标准排水量 79973 吨,甲板面积有三个足球场大,机库上 9 层,机库下 8 层,高 76 米,相当于 20 层楼高。装载 2 座反应堆,4 台蒸汽发生器,核燃料可以持续用 15 年,续航力可达 100 万海里,自持力为 90 天,编制人员 5984 人,生活设施一应俱全,是一座“海上城市”。该舰造价 35 亿美元,舰载机 50 亿美元,护卫的航母编队 65 亿美元,该航母采购费 150 亿美元。一个尼米兹航母编队 30 年服役,总的维护费 180 亿美元。其总花费 330 亿美元[1],约 3000 亿人民币,价格昂贵。

世界至今建造了核动力航母 13 艘,美国 12 艘,法国 1 艘——戴高乐号。航母发展已进入第三代。1961 年,美国建第一艘核动力航母,9 万吨级的“企业号”,高速驶往世界各地(现已退役)。之后,美国以总统命名,建造了 10 艘第二代尼米兹号,从 1975 年服役的“尼米兹”至 2009 年服役的“布什号”,经历约 40 多年。第三代 CVN21 项目规划共建 3 艘航母,福特号为第一艘,2008 年开建,2017 年 7 月服役。新一代航母打击力强,信息化程度高,作战设备更先进。福特号使用了新型核动力反应堆 A1B 设计,其压水堆的发电效率约为 33%,新型 A1B 压水式核子反应堆发电量为尼米兹级 3 倍,比现役核动力设计的功率提高约 25%,运行工作人员减少约 50%,核动力航母维护费用有很大降低。

中国正在自主创新建造我国第二艘大型航母。不久的将来中国定能建造自己的核动力航母在远洋航行。

(四)核能源空间应用前景广阔

核能空间应用有两方面:核空间电源与核能推进动力。

1.空间核电源是用裂变能或衰变能作为热源,

通过静态转化或动态转换,为空间飞行器提供电力的装置。空间核电源优点是结构紧凑、重量轻、体积小,能量密度大,单位质量的比功率和单位体积的比功率比较高,与太阳光照无关,抗电磁干扰和空间粒子辐射,很适合太空探测使用。用放射同位素锶-90,钚-238,钋-210 等长寿命放射性同位素衰变释放的热能,通过热电耦转换为电能。这种核电源,尺寸小、重量轻,寿命 20-50 年,比蓄电池组和燃料电池组寿命长得多。已广泛用于地球轨道通讯卫星、侦察卫星、气象卫星、海洋灯塔、海底开发、宇宙飞船、月球、火星实验。

中国 2013 年 12 月 5 日发射登月“玉兔号”,2014 年 12 月 14 登月。用$^{238}PuO_2$ 陶瓷片钚同位素电池做“暖宝”,以适应极端环境而保温设备、仪器,抗击 300℃昼夜温差(白昼时温度高达 150℃,黑夜时低至零下 180℃)恶劣气候。美国航天器“好奇号”登火星实验中,900KG 小车,用$^{238}PuO_2$ 陶瓷片(钚-238 氧化物)作动力及电力,推动小车运行[1],远高于“勇气号”、“机遇号”火星车使用太阳能电池板提供的能量。俄发射的月球车用^{210}Po(钋-210)同位素电池为月面观察仪器建立恒温环境。各国在航天事业上用放射性同位素能源很多、很广。

核反应堆电源能满足载人飞船、大型空间站的较大功率的需要,与太阳能电池阵—蓄电池组电源比较有许多独特优势,但要解决好核辐射与发射安全事故和核污染问题。

2.核推进分为核热推进和核电推进。核热推进与核电推进的共同点都是以核能作为推进的能源。区别之处在于,核热推进利用核反应堆核裂变产生的热量直接加热推进工质;核电推进则是先把裂变热能转变为电能之后,再利用电能电离和加速推进工质。两者相比,核热推进的推力可以很大,比冲却不如核电推进高;核电推进的比冲很高,但推力却比较小。空间核推进动力装置,即火箭发动机。用反应堆核能取代液体燃料,作为航天器推动初级能源。核火箭适用于外层空间,星际航行。在进行深空探测,比如到月球以外的火星、木星去探测时,用核动力更加方便,更加经济,更加有效益。

三 建立强大的核燃料产业体系,补齐短板

打造强大的有后处理闭合循环的核燃料体系,提升核燃料循环产业效能。提升国内天然铀保障能力,加大海外铀资源开发力度,优化核燃料产业布局,补齐核燃料短板,进一步提升核燃料循环产业整体质量和效益。

(一)保障天然铀供应,回收钚资源,开发钍资源

我国铀资源可保障现有核电站需求。我国钍-232 资源丰富,为世界第二。从未来核产业发展来看,我国需要提升国内天然铀保障能力,加大海外铀开发力度,特别在世界铀市场产能过剩时期。另外,我国要加快开发钍资源使其变成裂变核燃料铀-233。通过后处理,回收利用钚-239 核燃料。形成强大的循环利用的核燃料产业,为出口核电站提供全产业链服务。

通常,在热中子反应器利用^{232}Th(钍 232),可产生^{233}U。1 吨钍相当于 200 吨铀或 350 万吨煤炭提供的能量,可提供 10 亿 KW.h 的电力。而钍矿世界蕴藏量是铀储藏的 3-4 倍。世界上已知的钍元素储量可以至少为世界提供 1 万年的能源支持。为解决人类未来的能源需求,人类研究应用铀和钚的核电技术已经有六七十年了,虽然铀核电相对于煤电有其不可替代的优点,但是安全性和核废料的处置两大问题一直引起广泛关注。钍反应堆必将成为未来核电发展新方向。我国也应制定钍核能开发利用战略规划,加快研究开发步伐。

(二)建立闭合循环核燃料后处理厂

我国从铀矿勘探、开采、纯化、转化、浓缩、元件制造与使用,形成了完整的核产业链,但是在核燃料循环链中的短板是缺乏燃料后处理厂。“十三五”期间,我国将加强乏燃料后处理技术研究,补齐核燃料循环后端短板。

我国在 20 世纪 80 年代就确定核燃料“闭合循环”技术路线,将卸出的压水堆元件后处理,回收铀和钚,再制成二氧化铀或铀钚混合氧化物(MOX)燃料,返回反应堆中使用,可大幅提高铀资源的利用率。如实现快堆后处理和闭式循环,铀资源利用率可提高 60 倍左右。另一方面可显著减少放射性废物体积和毒性,通过后处理产生高放射性物质仅为直接地质处置处理方式的 1/4。可使最终处置废物放射性毒性降低一个数量级以上。

我国 20 世纪 60 年代为了取得钚-239 金属做核武器装料,从生产堆辐照后的乏燃料提取了^{239}Pu。苏联原设计的钚提取工艺为沉淀法,因该工艺流程长、厂房大、不锈钢用量万吨、产品回收率低,决定废止。通过自主研发,全国协同,改为当时世界先进的萃取工艺。先建中间试验厂(甲乙两条线),后建生产大厂。动员了二机部下属的院所厂、清华、中科院、长春应化所合力研究,从化学工业部抽调了一批干部、技术人员、高级熟练工人参与建设。1965 年 4 月中试厂动工,经过“抢建”,1966 年厂房基本建成,1968 年投产,创造了高产、优质、安全记录、当年就

为新的热核武器(氢弹)试验提供了钚装料。

大厂 1966 年 4 月动工,1970 年 4 月投产。表明我国首座军用后处理厂建设成功,将我国后处理工艺提高到 60 年代的国际水平,而且带来了巨大的经济效益。据《当代中国核工业》记载,萃取法工艺,与原来的沉淀法工艺相比:(1)不锈钢的用量减少 3/4;(2)大大减少了工作量,主厂房的建筑总面积和长度分别为原设计的 27% 和 20%,建设周期显著缩短。(3)节约工程总投资 3.6 亿元,相当于现在 50 亿元以上。(4)运行费用节约一半。这个项目的科研设计和成功运行,获得了 1978 年全国科技大会颁发的重大科技成果奖[8]。该项目从筹建、研发、开工、运行,历时 7 年,我参与、见证了这一个“自力更生、发奋图强、艰苦奋斗、勤俭建国”方针的巨大成果。

我国目前的科技研发能力、水平、制造能力、资金与上世纪 60 年代相比无疑有了大幅度提升。我国对乏燃料后处理产业作出了近、中、远期发展全面规划,开展了技术攻关,建成了后处理放化大楼等一系列科研设施,设立了乏燃料处置基金。后处理中试厂在 2010 年成功完成热试,形成了一定规模后处理能力。

今后在后处理上要按照从小到大、从易到难的思路,坚持自主创新,在掌握关键技术基础上尽快形成生产能力,链接、打通核燃料闭合循环之路,为自主建设工业规模后处理厂奠定基础。

四　打造“中国创造”核品牌,积极推进核能全产业链“走出去”

当前核电已成为国家外交、经济创新的新名片。我国要以核电为龙头,以龙华 1 号为品牌,以全产业链优势,以一带一路为重点,面向全球,积极推进核能全产业链走出去。大力推进包括基础研究、技术研发、天然铀开发、核燃料加工生产、核电建设经营、后处理、废物处理、核设施退役治理、资金融通等全产业链的科研合作、项目合作和产能合作。

稳定将“中国创造”核品牌推向全球,立足重点,辐射区域。我国将继续深化与巴基斯坦、英国、阿根廷、南非、土耳其等核电出口重点目标的国际合作;积极开拓埃及、沙特、伊朗新兴经济市场辐射;深化与哈萨克斯坦等中亚国家、蒙古等重要邻邦在天然铀领域合作;强化与法国、俄罗斯、美国、加拿大等国的科研合作。加强与一带一路沿线国家的核领域交流和培训,增强“华龙一号”等核电技术、装备的国际影响力,使其成为利用中国核电进入国际市场的支点。积极参与核电核燃料产业国际市场分工,推进核安保中心、地区核燃料中心等项目建设,积极打造我国地区核能力服务中心。

五　向核安全强国迈进

核安全是核事业、核产业的生命线。核大国、核强国,首先应是核安全大国、核安全强国。2017 年 9 月 1 日全国人大常委会通过将于 2018 年 1 月 1 日施行的《中华人民共和国核安全法》,标志着我国核工业发展向核安全强国迈进。

福岛核事故后,中国将在核安全方面采取更严格、更高标准。在许多方面采取行动改善国家核安全系统,增强国家核安全能力。

(一)国务院发布“国四条”:制定安全高效发展核电方针。福岛核事故后,国务院发布了“国四条”:立即对我国核设施进行全面检查;切实加强正在运行的核设施的安全管理;全面审查在建核电站;要用最先进的标准对所有在建核电站进行评估与整改;严格审批核电项目,在安全规划批准前暂停审批新项目。2012 年我国提出了安全高效发展核及核电方针。

(二)组织全国性的核设施安全大检查与整改。国家调集 300 名专家与学者对 15 台核电机组、26 台在建核电组、18 座民用研究堆和临界装置、9 座民用核燃料循环设施进行了安全检查,历时半年对全国在运、在建核电厂进行了独立、全面、深入、系统检查及评估,检查结论认为:我国民用核设施安全和质量是有保障的,但考虑到福岛核泄漏事故的原因,提出了 14 个方向的改进任务。所有改进、提高措施均在当前、4~5 年的运行、在建、设计中落实。

(三)优化核安全结构的顶层设计,提出了我国核安全发展目标,构建和培育核安全文化。2012 年 5 月国务院通过《核安全与辐射污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》,10 月首次讨论通过了《核安全规划(2011-2020 年)》和《核电中长期发展规划(2011-2020 年)》,就安全发展思想、方针、目标、原则做了规定。2014 年 9 月环保部、国家能源局、国家原子能机构联合发布《安全文化政策声明》,向全行业、全社会倡导加强核安全文化。

(四)升级相关的核安全法规和标准。严格按照国家原子能机构(IAEA)修订后核电站国际安全标准执行,对我国新建核电采用最严格的安全标准,提出核电设计新理念,采用新的核电标准,每堆年发生严重堆芯损坏事件的概率低于十万分之一[10^{-5}/(堆.年)],每堆年发生大量放射性物质释放事件的概率低于百万分之一[10^{-6}/(堆.年)],比原来的安全标准提高了一个数量级。

(五)提高核应急能力。国务院新闻办公室发

布了《中国核应急》白皮书,向全世界阐明了中国的核安全观,举行了首届核应急高峰论坛,建立了 320 人的国家应急救援队,各核电集团建立自己的互助救援基地,建立军队联动机制,开展应急培训与应急演习,“一案三制”(即核应急预案和法制、体制、机制)建设已较为完善。核应急提高到更高水平。

(六)加强国际核安全合作。中国与美国合作建设的中国国家核安全示范中心于 2016 年 3 月正式投入运行。

(七)颁布《核安全法》,完善国家核安全体系。《中华人民共和国核安全法》将“理性、协调、并进”的核安全观通过法律形式加以确认,这也使我国成为世界上第一个提出核安全观的国家。《核安全法》的特点是从“高”加入的核安全观,从“严”加强安全监管,从“重”强化核安全执法,满足公众的知情权。所谓全面从“严”,就是严格的标准,保证不能发生核事故;严格的制度,全产业链监控不留死角;严格的监管,发展部门和监管部门科学分工,形成合力;严厉的处罚,加大法律惩处力度。

高浓缩铀的安全性得到加强,放射性污染源的管理得到加强,建立了辐射环境监测系统。

(八)我国核设施安全,核电站运行安全业绩优秀。从 1991 年 12 月秦山第一台核电机组并网发电,至 2016 年底投运 36 台机组,运行 200 多堆,多年未发生 2 级以上事件、事故。核电安全业绩优秀。

六 核工业军民融合要深度发展

(一)核军民深度融合是国家战略

核工业作为国家战略高科技产业,承担着巩固国家安全基石、维护和保障国家安全与能源安全的重大使命。核工业第一次创业时期,“以军为主”,取得了“两弹一艇”的辉煌成就;成功建立了门类齐全、专业配套,只有少数几个国家才拥有的核科技工业体系,建立和发展了我国战略核威慑力量,奠定了核大国地位。

改革开放后,从军转民,军民结合,到军民融合。使新一代战略核潜艇研制成功,掌握了中子弹和核武器小型化技术。核电通过探索、适当发展、积极推进与安全高效发展核电方针,已建成在建核电站 56 座,装机容量 5800 万 KW,可完成我国至 2020 年核电建成发展规划,使我国进入核电大国行列。

2016 年 7 月,党中央、国务院、中央军委印发了《关于经济建设和国防建设融合发展的意见》,这是统筹推进经济建设和国防建设的纲领性文件,明确了新形势下军民融合发展的总体思路。《意见》提出了在技术领域、产业领域、科技领域、教育资源、社会服务、应急和公共安全、海洋开发和海上维权,各方面维护国家海外利益等军民融合的重点任务。

2017 年 6 月 20 日习近平总书记主持召开军民融合发展委员会第一次全体会议,会上他强调军民融合一定要抓住机遇,开拓思路,在“统”字上下功夫,在“融”字上做文章,在“新”字求突破,在“深”字上见实效,把军民融合搞得更好一些,更快一些[9]。我国军民融合深度发展进入了新的历史时期。

2017 年 9 月 22 日习近平总书记主持召开中央军民融合发展委员会第二次全会,并发表重要讲话,强调推动军民融合发展是一个系统工程,要善于运用系统科学、系统思维、系统方法研究解决问题,既要加强顶层设计,又要坚持重点突破;既要抓好当前又要谋好需求对接,强化政策改革创新,强化资源整合,向重点领域聚焦用力,以点布面推动整体水平提升,加快形成全要素,多领域,高效益的军民融合深度发展格局[10]。

(二)核工业是典型的军民融合战略产业

核工业军民融合是核行业特点的内在要求与必然选择。核能 10 大体系都是军民融合的产业体系、服务体系、核科研发展体系。核安全、核环保、辐射防护、核能经济与战略管理是为核武器、核电实体经济服务的;铀资源、铀矿采冶、纯化、转化、浓缩、元件是军民两用核燃料的基础环节;核舰船推进核动力堆技术与核电站反应堆技术是相通的;核技术具有军民两用的特性。所以,核工业从创建到发展的历史,就是从以军为主到军民结合进而全面军民融合发展的过程。

(三)使命承担、军民对接、协同创新、发展军民融合产业

1.做好“三对接”三服务

核军工产业承担着维护和保障国家安全和能源安全的重大使命。核军品是国家战略威慑力量,强核强军是首要责任。军民融合要做好“三对接”“三服务”。就是做好与使命对接,承担国家安全基石作用;军民融合产业、产品对接,找准军民融合发展方向与内涵;对接国防、军队需求,筑牢国家战略核威慑力量发展。融合对接是相互的,“三服务”要以对军工产业服务为主导,在目前国际形势下,国防、军队建设必须加强,核武器升级、延寿,核潜艇的换代,核航母的研发,均需加速进行。

2.找准重点融合产业、产品,做好规划与布局

加强核工业发展规划与国家区域发展战略规划的衔接,统筹谋划核工业军民产业布局与定位。落实国家安全与发展战略,做大、做优、做强核电、核燃料、核技术应用三大支柱产业。在核反应堆、一回路

主系统的研发、设计、调试、运行、维修、退役、延寿,核材料保障、运输,放射性废物处理、处置方面,建立完善军民融合体系机制,打造面向武器装备建设发展需要的全方位核技术专业化服务保障体系。建立军民两用核动力技术保障服务网络,构建日常保障充分,战时应急保障有力的军民一体化保障体系。推进核领域重点创新平台、设施的资源共享,鼓励各企业单位采取技术转让、合作开发、二次开发等方式,加快推进核领域军用高技术向民用领域有序转移。

我国正在由核大国向核强国迈进。还应举全国之力积极推进、海陆空并进、军民融合深度进军,至2030 年一个为中国“五位一体”服务并相适应的核大国、核强国梦可望实现。

[参考文献]

[1] 任德曦,肖东生.核能经济学[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2014:18-30,251-268.

[2] 王毅韧.“十三五”核工业发展规划,推动我国由核大国向核强国迈进[N].中国核工业报,2017-02-15(1).

[3] 世界核新闻网站.特朗普宣布美国能源迎来黄金时代,将复兴和扩张核能[J].伍浩松,张 焰,译.国外核新闻,2017(7):1.

[4] 中电联.2017 年 1-6 月份电力工业运行简况[J].中国核工业,2017(7):5.

[5] 国家统计局.2016 年国民经济和社会发展统计公报[N].经济日报,2017-02-28.

[6] 任德曦,胡 泊.世界核电重启与中国核电大国强国之路[J].中外能源,2017(3):24-32.

[7] 杨阿卓.环保视角下的核能发展[N].中国核工业报,2017-04-19(8).

[8] 李 觉,李鹰祥.当代中国核工业[M].北京:中国社会科学出版社,1987.

[9] 朱 博,李 景.核工业军民融合、深度发展的几点意见[J].中国核工业,2017(7):39-41.

[10] 新华社.向军民融合发展重点领域聚焦用力,以点带面推动整体水平提升[N].人民日报,2017-08-23(1).

Evolution of Powerful Nuclear Industry in Aeroamphibious Parallel

REN De-xi, HU Bo, REN Wei

(*University of South China*, *Hengyang* 42001, *China*)

Abstract: The thesis illustrates the background, plans, strategy, and aeroamphibious civil-military integration development of powerful nuclear industry. It describes the top-level design of China's nuclear power, analyzes the background of international nuclear development and puts forward the development direction of ten nuclear industries. China has been in the rank of big country of nuclear power. The number of nuclear power stations being constructed and in-service is in the third place of the world. However, nuclear power accounts for a small share in domestic energy utilization and electricity generation. Therefore, it is a challenging task for China to become a big powerful nation in nuclear. The actions should be taken ASAP to break the dilemma padded the short board of nuclear industry in order to boost China's nuclear power with aeroamphibious development. First of all, the setup and operation of 58 million kilowatt nuclear electricity should be finished safely and sufficiently by 2020. The layout and initialization of 30 million kilowatt nuclear electricity under construction follows on to be performed. More advanced nuclear submarines should be built. China´s strategic nuclear aircraft carrier researched and initiated is essential to an effective nuclear deterrent. To solve the short board, a strong circulation of nuclear fuel in post-process has to be established. Second, a number of major projects will be implemented to advance nuclear science and technology. The construction of a Chinese-designed Hualong-One reactor leads the whole industry chain to go out to the world. The fourth generation demonstration fast reactor power station is started up as a nuclear energy systems engineering. Modular High-Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR) is being built and will be put into operation. The research and deploy of various small reactor projects will be afterward on its way. Third, it takes further efforts to do the research of the replacement of coal by nuclear power, to fight against haze, to reduce carbon emission and to increase the supply of heat as well. The application of nuclear technology will be strengthened and be popularized in agriculture, medicine, scientific research and military industry. Fourth, to ensure the safety of the nuclear industry and to promote the upgrading of nuclear security capabilities, the system of the nuclear safety and nuclear emergency will continue to be perfected. Finally, the national strategy of civil-military depth fusion development is carried out. The formation of an all-factor, multi-field and cost-effective civil-military integration of the deep development pattern should be speeded up. Military and civilian alignment, taking responsibility to assume, will facilitate the development of the civil-military integration industries.

Key words: nuclear industries; strategy of civil-military integration; aeroamphibious development; Hualong-One reactor; High-Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR); nuclear safety and nuclear emergency; circulation of nuclear fuel in post-process