

三论我国必须大幅度调整核能政策

——评《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》“核能卷” 对铀资源的分析

何祚庥

(中国科学院 理论物理研究所, 北京 100190)

摘要:中国必须大幅度调整核能政策,因为核电大发展还存在一个致命的难题——铀资源严重短缺。《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》“核能卷”给出的所谓“铀资源不是我国核电发展不可克服的制约因素”的“三大理由”,是不能成立的。中国如果仍坚持核电的“大跃进”,在2050年需求的天然铀储量至少是407万吨。中国能否指望从国际市场获得300余万吨天然铀资源储量,中国的快堆技术能否充分满足中国未来对核燃料的需求?为此,应制定中国核电发展的“天花板”;运用经济杠杆,大力从国际市场收购天然铀;中国核能应迅速转为面向海洋经济。

关键词:核电站;铀资源;《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》

中图分类号:TM623.8

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2011)05-0001-06

一、中国快速发展核电必须解决的一个难题——所需铀资源将高达400万吨的可采储量

在一论、再论《我国必须大幅度调整核能政策》的文章中,我曾再三强调,中国“必须重新审订‘2020年核电占5%,2030年核电占10%’,‘2050年核电达4亿~5亿千瓦’等既定目标”,谈了中国核电大发展将面临核安全(或核防卫),以及资金投入太大、发电成本太高等困难。其实,中国核电大发展还存在一个致命的难题——铀资源严重短缺。

“短缺”是和“需求”相联系的。所以,非常重要的问题是,按现有核政策,中国将需要多少铀资源?《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》“核能卷”对中国未来天然铀生产需要量和储量需求作了比较精确的回答,参见表1、表2。^{[1]203-204}

为什么“核能卷”竟给出两类需求?因为我国不仅需要保证2020年功率为7000万千瓦核电站可以正常运转,还需要保证其持续运转60年。

“核能卷”未给出“2020年后”的持续需求。但如果研究一下表1、表2,可发现,表2中的“天然铀储量需求”其实和表1中的“运行容量”成正比。也就是说,每100万千瓦核电站的正常运转必须有约1.1万吨天然铀储量的支撑。所以,如果“2030年达到2亿千瓦”,“2050年努力达到4亿千瓦以上”,如果仍沿用压水堆技术,4亿千瓦将需要440万吨的天然铀资源。由于中国核电未来的发展可能用到快中子堆,快中子堆有增殖核燃料的能力,将能大量节约核资源。如果其资源利用率提高10倍,其资源需求量将减少10倍;如果由于技术不甚完善,增殖能力接近于零,其资源利用率也就大体上和压水堆差不多。“核能卷”未给出中国核电未来所用不同技术所占比例,但“综合卷”却给出一个“我国未来核电发展路线”,参见表3、图1。^{[2]93}

表 1 天然铀生产需要量

年份	运行容量 /万千瓦	进堆初装 /t	进堆年换料 /t	进堆年需 /t	年需生产 /t
2010	900	1 920	1 575	1 575	6 015
2011	1 380	1 920	2 415	4 335	6 855
2012	1 860	1 920	3 255	5 175	7 695
2013	2 340	1 920	4 095	6 015	10 030
2014	2 820	1 920	4 935	6 855	11 325
2015	3 300	1 920	5 775	7 695	12 620
2016	4 040	2 960	7 070	10 030	13 915
2017	4 780	2 960	8 365	11 325	15 210
2018	5 520	2 960	9 660	12 620	19 150
2019	6 260	2 960	10 955	13 915	21 250
2020	7 000	2 960	12 250	15 210	23 350

表 2 天然铀储量需求

年份	当年消耗 储量/万吨	累计消耗 储量/万吨	占用 储量/万吨	储量 需求/万吨
2010	0.86	2.44	12.89	15.33
2011	0.98	3.42	14.69	18.11
2012	1.10	4.52	16.49	21.01
2013	1.43	5.95	21.49	27.45
2014	1.62	7.57	24.27	31.84
2015	1.802	9.38	27.04	36.42
2016	1.99	11.36	29.82	41.18
2017	2.17	13.54	32.59	46.13
2018	2.74	16.27	41.04	57.31
2019	3.04	19.31	45.54	64.84
2020	3.34	22.64	50.04	72.68

从表 3 和图 1 可看出,在这一“2050 年努力达到 4 亿千瓦以上”的初步规划中,压水堆约为 3.7 亿千瓦,快中子增殖堆仅为 0.3 亿千瓦。所以,仅压水堆所需天然铀资源至少将是 370×1.1 万吨 = 407 万吨的可采储量!

中国能否获得数量如此巨大的铀资源实属一大疑问。对此,“核能卷”却给出了一个完全肯定的回答:“铀资源不是我国核电发展的制约因素,通过努力是完全可以克服的”。理由是:其一,“中国是铀资源较丰富的国家之一。我国已探明相当量的铀资源,不是贫铀国家,而是一个潜在资源比较丰富的国家,有较大的发展潜力,前景看好,……只要加大投入力度,加强国内勘查,可以迅速提高我国铀资源的保障能力”。其二,“利用国内国外两个市场两种资源,加强国家的统筹安排,形成强有力的团队,在国际市场上获得我们需要的铀资源是完全可能的”。其三,“更重要的是我国要坚定不移地走循环经济的道路,实现铀钚再循环复用和快中子增殖堆核燃料增殖,可大幅度缓解对天然铀的需求,实现核燃料供应的可持续发展。”^{[1]230}

表 3 我国未来核电发展路线

	2020 年	2030 年	2050 年
总装机容量/万千瓦	7 000~8 000	20 000	40 000
其中:二代压水堆/万千瓦	6 110~6 490	9 000~12 000	10 000
三代压水堆/万千瓦	890~1 510	8 000~11 000	27 000
增殖堆(快堆)/万千瓦			3 000

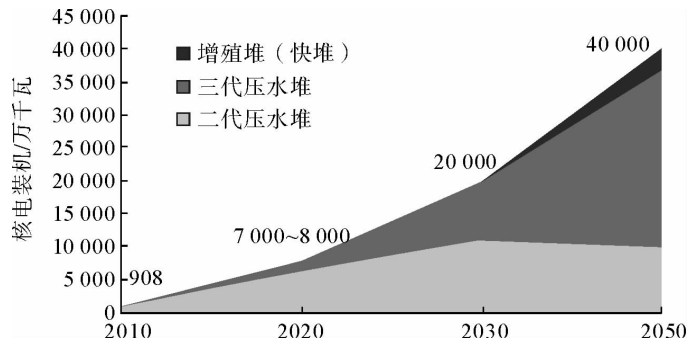


图 1 我国未来核电发展路线示意图

《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》“综合卷”也充分认同了“核能卷”所持论点,“经过国产和进口并举努力,铀资源不构成对我国核能发展的根本制约的因素,……2050 年达到 4 亿千瓦以上,……之后,核电将继续发展,成为我国未来的主要能源之一”。^{[2]viii}

但如果仔细阅读一下这一由“多位”能源专家“分别”从“不同”角度“共同”撰写的《中国能源中长期

(2030、2050)发展战略研究》的四卷本“大著”，其实“充满”了不少“互相”矛盾、“互相”冲突的“多种”见解，尤以天然铀资源问题最为突出。

下面将依据散见于此书不同卷帙中的各种资料、数据，评述“核能卷”所给出的所谓“铀资源不是我国核电发展不可克服的制约因素”的“三大理由”，是否真能成立？

二、中国究竟有多少天然铀资源？

“核能卷”再三称：“我国已探明相当量的铀资源”，“中国是铀资源较丰富”或“潜在资源比较丰富的国家”。^{[1]230}

“核能卷”未公布这一“相当量的铀资源”是多少。但“电力卷”却给了一个说法：“我国至今已探明大小铀矿 200 多个，证实存在相当数量的铀储量。矿石以中低品位为主，0.05%~0.3%品位的矿石量占总资源量的绝大部分，矿床规模以中小型为主(占总储量的 60%以上)，探明的铀矿体埋深多在 500m 以内”。“2003 年经济合作与发展组织(OECD)公布的数据显示：中国的铀资源量(成本低于 130 美元/kg 铀)为 7.7 万吨，其中，成本低于 40 美元/kg 铀的储量约占 60%，主要分布在江西、新疆、广东、辽宁等地”。^{[1]75}

当然，2003~2010 年，我国还在加快铀资源的勘探。“电力卷”还报导，“2008 年初，在伊犁地区，中核集团旗下的核工业二一六大队实现了我国地浸砂岩型铀矿找矿的首次重大突破，发现并提交了我国第一个万吨级地浸砂岩型铀矿床，使伊犁盆地成为我国第一个特大型地浸砂岩型铀矿田。”^{[1]75}

仅仅在 2008 年才发现了“第一个”“万吨级地浸砂岩型铀矿床”，就为之惊喜不已！这说明，2010 年前，我国所掌握的天然铀资源不会超过 2×7.7 万吨 = 15.4 万吨。

极有兴趣的问题是，这一“小于”15.4 万吨的储量占世界储量的份额是多少？

世界名列前 10 名的主要国家可采天然铀储量参见表 4^{[3]27}：

这 10 个国家已拥有世界总计储量 546.88 万吨的 90%，2003 年公布的我国的 7.7 万吨只是总储量的 1.4%，我们所估算的小于 15.4 万吨，最多也就是总储量的 2.8%。

更值得关注的是，中国天然铀资源的远景储量将涉及我国核电发展的未来。我国“曾利用‘二元对数正态分布地壳丰度模型法’估算，我国铀资源总量为 170 万吨。最近又正在进行新一轮的预测，我国铀资源总量可能超过 200 万吨”。^{[1]205} 其实，这类“预测”模型均是精度很差、充满着“一厢情愿”(wishful)意愿的预测模型。

2007 年，天然铀资源居“世界第一”、土地面积约为中国面积 77%的澳大利亚经过半个世纪的努力，一共才找出了 124.3 万吨的可采储量；中国竟然希望在未来的 30~50 年间，“依靠大力增加勘探力度”，从“年不足 60 万米钻探工作量”“提升为年钻探 200 万米”工作量，^{[1]230} 就能找出高达 200 万吨的天然铀资源的“可采储量”?! 这真是不可想象!!

相反，我们将不难利用理论物理学者惯用的“数量级分析方法”，对我国天然铀资源存量给出如下估计：

表 4 2005 年和 2007 年主要国家可采铀储量的分布情况

国家	价位在每公斤 130 美元以内的		增减情况(%)
	可采储量(万吨)		
	2005	2007	
澳大利亚	114.30	124.30	+8.8
哈萨克斯坦	81.61	81.73	+0.1
俄罗斯	17.24	54.56	+216.5
南非	25.56	43.50	+70.2
加拿大	44.38	42.32	-4.6
美国	34.20	33.90	-0.9
巴西	27.87	27.84	-0.1
纳米比亚	28.23	27.50	-2.6
尼日尔	22.55	27.40	+21.5
乌克兰	8.98	19.95	+122.2
其他国家	57.81	52.78	-8.7
世界总计	474.28	546.88	+15.3

根据 2003 年公布的铀储量和可能的年勘探到的矿量速度,可以判定,中国现在已掌握的天然铀资源最多仅占世界天然铀资源的 2.8%。由于中国国土面积约占世界陆地面积的 6.5%,而中国又仅为“比较丰富”,亦即不能认为是资源丰富的国家,也很难认为这一“比较丰富”的国家将能超过世界蕴藏量的“平均值”。由国际机构对已有资料的统计,“世界保有可采天然铀储量为 550 万吨”,“加上预测和推断铀资源约为 1600 万吨”。^[4]由此可估算出,中国近期可期望获得的天然铀资源的“上限”为 $550 \text{ 万吨} \times 6.5\% = 35.75 \text{ 万吨}$,远期可期望获得天然铀资源的“上限”为 $1600 \text{ 万吨} \times 6.5\% = 104 \text{ 万吨}$! 而如果中国仍坚持核电的“大跃进”,在 2050 年需求的天然铀储量至少是 407 万吨!

三、中国能否指望从国际市场获得“407 万吨-104 万吨=303 万吨”的天然铀资源储量?

“核能卷”对进口天然铀资源(尤其是中远期的需求)持十分乐观的态度。“我们完全有可能从国际市场上获得经济可接受的天然铀,保证我国核电的快速发展”,^{[1]206}书中且重复叙述了类似意见。^{[1]230}

但“综合卷”却说,我国“资源保有量尚难以满足核电大规模发展的需求”。^{[2]135}更提出警告:“我国的核电发展将可能需要累积解决 300 万吨或更多的天然铀供应问题”。^{[2]39}“我国需要从现在起,把铀资源供应问题作为一个重大的能源资源问题,……认真落实,才能使铀资源供应的可能性转化为现实性。”^{[2]39}

而尤妙的是,“核能卷”虽然对中长期的铀资源供应持极为乐观的态度,但对“近期”却表现出一定的担忧。“与中远期核电发展的需求相比较”,近期“却出现了储量不足和生产供应紧张问题”。^{[1]205}“目前我国核电的装机容量还不到电力总装机量的 2%,铀资源的对外依存度稍高,‘暂时’还不足以构成对我国能源安全不可接受的威胁”。^{[1]206}——这真是逻辑推演的一个很大的讽刺!我国核电仅占电力总装机量的 2%,就已经发生了“对外依存度稍高”,发生了“‘暂时’还不足以构成对我国能源安全不可接受的威胁”;而如果中国核能的未来要提升到 5%、10%,甚而 15%,反而认为更高的“对外依存度”将不足以“构成对能源安全的威胁”,反而乐观地认为我国“在国际市场上获得我们需要的铀资源是完全可能的”!

相反,2010 年,国际原子能机构发布了《铀 2009 年:资源、产量和需求》,即第 23 版的“铀红皮书”,却对世界铀产能和需求预测持有完全相反的意见。“截止到 2009 年 1 月 1 日,在总查明资源方面,成本低于 130 美元/kgU 的铀资源微降至 540.4 万 tU,比 2007 年 1 月 1 日的数据少 1.2%;但成本低于 260 美元/kgU 的铀资源数量增至 630.63 万 tU,比 2007 年成本低于 130 美元/kgU 的资源数量增加 15.5%。”^{[4]17}对于预测和推断的铀资源仍维持原来的“约为 1600 万吨”。

而极为有兴趣的是,这一第 23 版的红皮书给出了一张“2035 年前世界铀产能和需求预测对比”图,参见图 2。^[4]

这一预测图明确“反驳”了“核能卷”的预期:在 2020~2035 年间,“我国完全有可能从国际市场上获得经济可接受的天然铀”。^{[1]205-206}而相反,2010 年到 2020 年,在天然铀的产能和需求之间,国际市场上能提供的

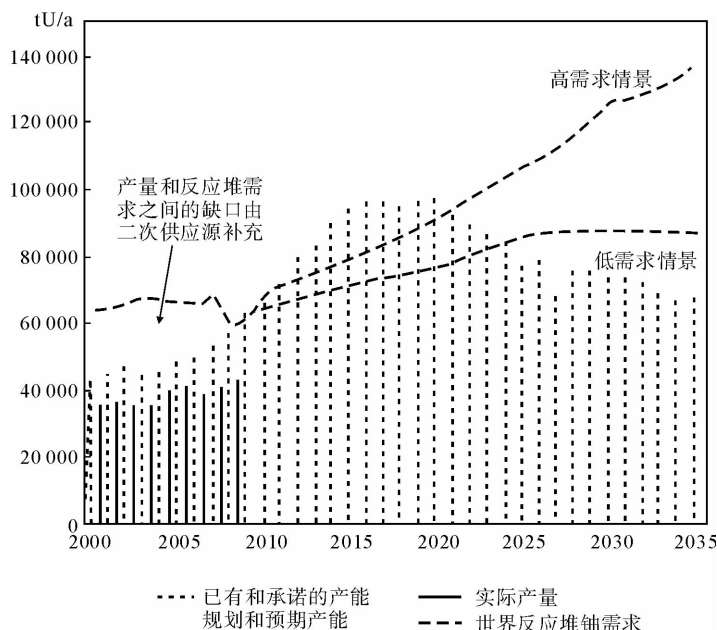


图 2 2035 年前世界铀产能和需求预测对比

天然铀却比较宽松。

更值得关注的是,我国对天然铀资源的需求将在国际市场上占多大份额?由“世界铀资源”红皮书已知,目前“世界保有可采天然铀储量是 550 万吨”,“加上预测和推断铀资源约为 1600 万吨铀”。我国到 2050 年的天然铀“缺口”约是 300 万吨,也就是将占当前保有量 550 万吨的 55%,或将占“未来”储量 1600 万吨的 19%。一个尖锐的问题是:我国能否从国际天然铀市场上取得如此巨大的份额?

非常值得参考的,是石油部门对如何确保石油供应安全问题的估计和分析。2008 年,美国石油消费量高达 8.85 亿吨,占当年世界石油消费总量的 21.5%,而美国自产原油 3.1 亿吨。同年,中国年消费 3.9 亿吨,占世界石油消费总量的 9.5%。其中,自产原油 2.1 亿吨,进口石油约 1.8 亿吨。但我国的石油部门“综合全球石油供需形势以及我国石油替代发展的潜力,借鉴美国石油安全战略的有关做法,为保证我国石油供应安全和经济社会平稳健康发展,我们建议我国石油对外依存度上限最好控制在 60%为宜,千万不要突破 65%。主要基于以下考虑:1)石油进口总量尽量不超过美国,避免成为世界石油市场上关注和攻击的焦点,对国家和平发展更有利,……”^{[1]169}

而极为奇妙的是,“核能卷”也完全认同:“我国于 1993 年成为石油净进口国,石油能源缺口越来越大。”“2008 年我国进口原油 1.79 亿吨”,“较高的对外依存度以及变幻莫测的国际形势,大大增加了我国石油进口的风险,进而影响我国的能源安全和国家安全。”^{[1]202}

同样是从国际市场争夺能源,石油的进口量占国际市场供应能力的 9.5%,就“进而影响我国……国家安全”;而中国核能发展的未来,其争夺的份额可能高达 19%,甚而是 55%,按“核能卷”的说法,却竭力主张要“加强国家的统筹安排,形成强有力的团队”,确保“在国际市场上获得我们所需要的铀资源”。^{[1]230}这岂不是在“国家安全”问题上“典型”地主张应奉行“双重标准”的政策!

四、中国的快堆技术能否充分满足中国未来对核燃料的需求?

不论是“核能卷”,还是“综合卷”,都对我国的“快堆”技术抱有殷切的希望。“核能卷”再三指出,“发展快堆可大幅度提高资源利用率”,^{[1]210}“可大幅缓解对天然铀的需求,实现核燃料供应的可持续发展”。^{[1]230}但是,通读“核能卷”里有关快堆技术的介绍,应该说,以阮可强院士为组长的“快堆及后处理组”却采取了“不跟风”和“极为谨慎”的态度。原因是:目前正在研发中的“快堆+后处理”技术并不是“先进”技术,不可能利用这一技术真正实现核燃料的快速增殖,参见图 3。^{[1]235}

图 3 勾画的是两种不同快堆技术——氧化物燃料快堆和金属燃料快堆,后者的发电容量可以快速增长,前者只能以“甚低”的速度慢慢增长!很不幸!整个国际社会发展的均是氧化物燃料快堆技术,而金属燃料快堆技术只在理论概念上成立,只进行过少量实验,并没有真正可行的研发工作。我国快堆的研发当然只能首先学习氧化物燃料快堆技术,只能期望在“2040 年前后建成一个配套的接近增殖的快中子堆核能系统,实现快堆核燃料循环的闭合和核燃料的接近增殖”。^{[2]107}

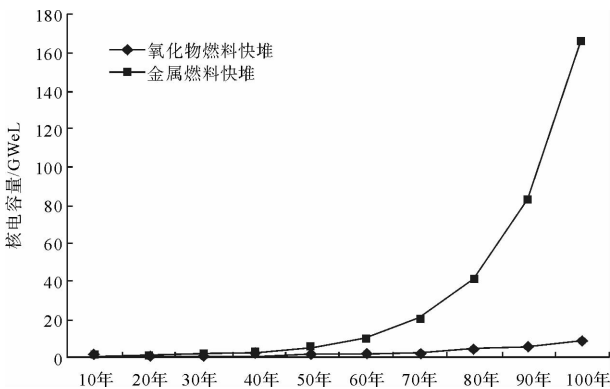


图 3 压水堆—快堆体系总装机容量增长过程

这里需要解读一下,何谓“接近增殖”?

理论上的快中子堆是增殖堆,可以实现核燃料不断增殖。但如果其增殖系数过低,仅略大于 1,约为 1.1~1.2,那么加上核燃料的后处理,实现闭式循环时,将不可避免地还要损失 10%~20%。最后就只能“接近

增殖”,其实就是不能做到“增殖”。

为什么“综合卷”勾画的未来发展路线示意图中,要求到“2050 年努力达到 4 亿千瓦以上”,而快堆却仅有 3 000 万千瓦,亦即仅占全部核能的 8.5%。原因在于,不可能期望现有“氧化物燃料快堆+湿式核燃料后处理”技术实现核燃料的大量增殖。^{[2]93}

五、小结

需要向石油部门学习,制定我国核电发展的“天花板”。所谓“加强国家的统筹安排,形成强有力的团队,大力从国际市场上获得(按:其实是攫取)我们需要的铀资源”的政策,是完全不能“被”采纳的。

支持并赞成运用经济杠杆,大力从国际市场收购天然铀,建立铀资源和钍资源储备,以应对未来可能发生的不测事件。

仍然支持和呼吁我国核能应迅速转为面向海洋经济。“海洋占地球表面积的 71%,……有取之不尽、用之不竭的潮汐能、海浪能、海流能、温差能、盐度差能等再生能源。海洋是人类生活、生产的重要空间,世界上 60%的人口居住在距离海岸线 100 公里的地区。……21 世纪是海洋世纪。……海洋世纪展示了海洋在未来国际竞争中的重要战略地位,迫切要求中国在新世纪中必须加速布局海洋、竞争海洋、兴盛海洋。……大力发展海洋经济,是新世纪拓展国家和区域经济发展空间的迫切需要。进入新世纪后,随着全球贸易的持续增长和陆地资源加速开发导致资源储量日益减少,西方发达国家和涉海国家都聚焦于海洋,以争夺海洋资源、控制海洋通道、扩大海洋空间和海洋科技‘制高点’为核心的海洋竞争日趋激烈。我国有 18 000 多公里海岸线,6 300 多个岛屿,300 多万平方公里的管辖海域,发展海洋经济潜力巨大。2010 年,我国海洋生产总值 38 439 亿元,比上年增长 28.8%,占全国生产总值的 9.7%,成为国民经济新的增长点。同时,我国还拥有和平利用公海和参加国际合作开发海洋资源的权力,开发和利用海洋的空间广阔,由此决定中国要拓展发展新空间,就必须向海洋进军,大力发展海洋经济”。^[5]而大力发展海洋经济的关键技术或“制高点”之一,是必须用核动力装备我国的远洋海轮,装备能漂浮在海上的移动电源,装备能保护我国海洋经济安全的核航母、核潜艇……等各种快速舰艇,以应对未来可能发生的石油短缺。

为什么我们坚决呼吁必须设定我国核电发展“天花板”?原因在于,我国必须保持能应对、能长期支撑海上军事活动的强大的能源储备。

参考文献:

- [1]中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究:电力·油气·核能·环境卷[M].北京:科学出版社,2011.
- [2]中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究:综合卷[M].北京:科学出版社,2011.
- [3]世界铀矿开采现状及发展前景[J].敏玉,译.国土资源情报,2009(5).
- [4]新版铀红皮书内容摘要[J].郭志锋,译.国外核新闻,2010(10).
- [5]李闽榕.海洋经济:中国发展新空间[N].光明日报,2011-05-29(07).

(责任编辑:江 雯)