

更新设备国产化观念

——对核电设备国产化能力评估方法的探索

汤紫德 金菊荪

(国家计委重大项目特派稽查员办公室, 北京 100824)

在研究我国能源发展战略、优化资源配置中, 提出了要“适度发展核电”。“十五”计划纲要中还进一步强调, 要“支持发展大型燃气轮机、大型抽水蓄能机组、核电机组等新型高效发电设备”。这足以指明我国核电发展的前景。

1996年, 在由国家计委主持召开的全国“核电国产化和技术政策”研讨会上已统一了认识, 明确我国核电发展方针为“以我为主, 中外合作, 引进技术, 推进国产化”, 其技术路线是分“两步走”, 即首先通过中外合作, 引进技术, 实现百万千瓦级压水堆核电机组的“自主设计、自主制造、自主建设、自主营运”的国产化目标, 逐步建立中国核电技术及管理体系, 进而跟踪国际先进水平, 为跨越式发展奠定基础。

发展核电走国产化道路, 不仅国内各界一致认同, 国外厂商也都表现出高度热忱。几年来, 直到今天, 各种核电国产化的中外版本和方案常有出现, 而对国产化能力的评估和测算方法, 却很少有人详细研究, 纵有论述, 也是立据各异, 甚感依据不足, 结论乏力。须知, 正确评估国产化能力, 是贯彻我国核电发展方针和技术路线、指导我国核电健康发展的重要环节, 也是申报核电立项文件中必不可少的章节。评估国产化能力, 应包含技术路线中“四个自主”的内容, 特别是对“自主设计”和“自主制造”能力的评估, 倍受各界关注。

1997年前后, 国家计委核电办公室曾请核工业、机械、电力等部门专门组织过有关核电国产化能力的调研、论证, 对“自主设计”能力已经作了一个定性分析, 认为: 我国通过秦山核电站和出口巴基斯坦恰希玛核电站, 以及秦山二期工程的建造, 国内已具备了30万千瓦压水堆机组的设计能力和实践经验, 基本具备了60万千瓦压水堆机组的设计能力, 为开展100万千瓦级压水堆机组的设计和建造奠定了一定基础。对于这个分析结论, 国内核电界至今没有异议, 本文暂不作进一步讨论。

对“自主制造”能力, 也曾大量调研的基础上, 有过类似于设计能力的分析, 但偏重于设备加工制造能力。多年来, 国内有关部门和生产企业, 对推进核电设备国产化都表以高度热情和期盼, 在评估国产化能力时, 都十分看重自身的业绩和加工制造能力, 习惯于把依照国外技术, 由外商提供图纸、实行来图加工的制作能力, 简单地视为国产化能力。出于上述理解, 通常采用二种办法来计算国产化比例:

其一, 采用价格法计算国产化比例, 即:

$$\text{国产化比例} = (\text{设备价格} - \text{进口部件材料费用}) \div \text{设备价格}$$

这种办法简便直观, 但在实际操作中, 往往受设备价格、材料配套件费用的选值等因素的影响, 如不同国家、不同地区和企业、不同时间和订货批量, 都可能有不同的报价; 又如实行承包、或招投标、或洽商等, 采购方式不同, 设备价格都会不同。这些不确定因素, 在一定程度上会使计算结果失去可比性。

其二, 采用工作量化计算国产化比例, 即:

$$\text{国产化比例} = (\text{设备制造总工时} - \text{进口因素工时}) \div \text{设备制造总工时}$$

综 述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
运 行 维 护
核 安 全
核 电 前 期
核 电 论 坛
核 电 经 济
核 电 国 产 化
质 量 保 证
核 电 信 息

这种办法减少了因订货时间、批量和物价波动因素的影响，但由于设备制造工作量多以经验工时计量，对不同技术档次、不同工艺水平、不同经历等情况估算的工时也必然不同，计算的结果自然不同。

显然，以上两种计算设备国产化比例的方法，不仅自身存在缺陷，使其缺少公允性外，而且它们只考虑了设备加工制造能力，忽略了设备国产化能力内含的其它要素，如设备设计、功能验证、质量保证及原材料供应等重要环节。

如何正确理解设备国产化？国内外大量实践证明，设备国产化不仅要考察制造企业按图加工能力，而且要求制造企业对所承制的设备必须有深入的了解，并同时具有对承制设备的设计能力。这种能力或通过引进技术，掌握设计；或与国内具备设计能力的单位合作，全面参与设计，使制造者了解设计，设计者了解制造，互相取长补短，共同参与对设备的设计验证和合格鉴定，完成设计、制造、验证的全过程。

由此而来，依照我国国情，我们拟定：用设备设计、加工制造、验证和鉴定、原材料和配套等四个方面，作为分析设备国产化能力的四个要素，用于评估设备国产化综合能力。

考核设备国产化能力四要素的基本要求应是：

设备设计。要求设计者充分了解设备所在系统的功能和运行参数，以及在变更和事故情况下的处置办法，能够“知其然，也知其所以然”。做到准确应用设计规范，确定相关结构、选材，完成各阶段的设计、计算和验证，并能指导加工制造，进行设备质量合格鉴定。

加工制造。设备承制单位要具备必要的加工制造装备和完善的质量保证体系，有同类设备的制造业绩，并能接受设计者（包括合作设计）的直接参与和指导，深刻理解有关设备设计图纸资料及规范要求，以此确定工艺路线和具体技术方案，以及材料、配套等。有严格的全过程控制和管理（包括售后服务），并形成相应文件，做到事事时时有所案可查。

验证和鉴定。主要包括检查和验证设备的设计原理、结构、选材等是否满足所在系统对设备功能要求的手段和能力，以及对设备加工制造质量进行全过程有效的合格鉴定能力。

材料和配套。指设备制造过程中所采用的主要原材料和配套零部件，目前国内能生产供应的部分。

运用设备国产化能力四要素评估国产化能力时，还应依据设备的特点和情况，确定各项要素在国产化中的权重值，使评估过程尽可能科学、合理。为讨论方便，我们分别设定设备设计在国产化中的权重值为a，加工制造为b，验证和鉴定为c，国产主要材料和配套为d。由此，可列出评估单项设备综合国产化能力的比重为：

国产化能力比重=设计能力×a+加工制造能力×b+验证和鉴定能力×c+国产材料及配套供应能力×d

采用这种综合分析办法评估设备国产化能力难度较大，要求评估者对各项设备国产化要素有比较全面的了解。但采用这种办法，可减少上述价格法和工作量法诸多不确定因素的影响，同时弥补了上述两种方法所忽略的设计，验证、鉴定等技术、质量和管理因素。

关于a、b、c、d几个权重值的选取，要根据具体设备在国产化中的重要性和技术含量来确定。一般设备设计（a）和加工制造（b）两项权重值的比重较大，建议可在0.3-0.4中选取；验证和鉴定能力（c）可取0.2左右。而原材料及配套，一方面要鼓励承制单位尽量采用国产材料和配套产品，另一方面也应充分考虑由于设备设计及加工对有关原材料、配套的品质、技术和供货所提出的要求，以及国内外两个市场开放和发展的现实，特别是有的设备采用的原材料，如蒸汽发生器的传热管，国内还没有生产供应能力，其进口价值几乎占据该设备总造价的一半。在这种情况下，原材料部分的权重值选取对国产化能力的影响将很大。因此，对是否采用国产原材料和配套的权重值（d）建议取0.1，以较小的比值为宜，有利于更客观地反映我国设备加工制造能力，而不受材料过多的制约。

为便于进一步理解和掌握上述国产化综合能力的评估方法，现以100万千瓦级压水堆核电站主设备蒸汽发生器为例，作一项试评。

首先，对现有国产化能力四要素作出评估。（假设值）

1、设计能力。国内已有参照国外技术，设计30万、60万千瓦机组的蒸汽发生器的实践，并已掌握部分设计软件和分析方法，对有关设计已达到知其然、尚不完全知其所以然的程度；承制企业尚未介入蒸汽发生器的设计，也未与设计单位形成稳定的合作关系。其现有设计的国产化能力百分值为70%。

2、加工制造能力。国内已有30万kW、60万kW机组蒸汽发生器制造经验，有与国外合作分包100万千瓦级机组蒸汽发生器部件及组装的经验，能理解加工图纸和资料，主要加工设备、场地基本具备，但工艺和

管理还不够稳定，技术储备不够充实。其能力可达80%。

3、验证和鉴定能力。国内已基本具备有关设计验证和加工制造过程的质量检测条件，有关质量保证体系及实施有效性尚待进一步加强。目前整体水平约70%。

4、国产材料及配套供应能力。蒸汽发生器用传热管及配套的不锈钢材料等尚需进口，国产部分锻件成品率不高。国内供应能力约40%。

而后，设定a、b、c、d值分别为0.3、0.4、0.2、0.1。

求得：

国产化综合能力=70×0.3+80×0.4+70×0.2+40×0.1=71

所以我们称：当前蒸汽发生器的国产化综合能力为71%。

需要说明一点，以上所介绍的设备国产化综合能力评估方法，着重于对单项设备或部套、系统的国产化能力评估。凡有条件承担核电设备及装置生产制造的企事业单位，都可采用此办法，以国产化四要素对本单位承制设备的国产化能力进行自我评估，从中明了自身的优势和不足，找出努力的方向，制定相应的措施，提高国产化能力。此办法也适应于其它行业产品的国产化能力分析，如汽车、发电、冶金、石油化工及信息技术装备等。

对于一个项目的国产化综合能力或水平的评估，如一座100万千瓦级压水堆核电站项目，其配套设备及装置近3万台、件，如果简单地采用上述办法逐台、逐件评估，既烦琐，又不能抓住重点。这就需要在上述方法的基础上，再引入典型分类法进行综合加权统计。经专家们分析，在100万千瓦级核电站项目的所有设备中，仅少数重要设备及装置的价值即可占到全电站设备总价的80%，特别是在重要设备中不到1/10的主设备（或重大关键设备）的价值可占到全电站设备总价的45%以上。其余大多数设备及配套，主要是一般通用或非标产品，其设计和制造技术难度相对较低，而且在核电站设备总价中所占比重不大，随着采购、配套管理水平的提高，这部分设备可基本立足国产。因此，在对一个核电项目国产化能力进行评估时，重点是放在重要设备部分，尤其是主设备部分的单项国产化综合能力分析，然后，再按各项各类设备在全电站设备总价中的价格权重关系进行统计汇总，即可较为准确地预测全电站国产化能力水平。这项工作，将主要由熟悉核电项目及设备成套的技术、经济专家来完成。

需要说明的第二点是，以上所介绍的方法，只是对国产化技术能力的一种预先评估。以项目而言，这种预先评估没有考虑项目建设中对各类、各项设备的实际采购情况，以及采购中可能发生的各种变化。众所周知，项目建设单位除了要承担推进国产化的义务，还要顾全对项目建设进度、投资和质量三大控制。因此，在设备的实际采购过程中，项目建设单位还要权衡设备价格，质量水平和供货周期，及设备生产企业的经营状况、售后服务、信誉程度等综合因素，因此，设备的实际采购情况与国产化技术能力的评估间会存在一定差距。一般讲，能力评估值往往高于实际采购额。

需要说明的第三点是，长期以来，人们在讨论国产化及其水平时，常常把国产化能力和国产化率混为一谈。从以上说明中，我们不难区分两者的差别：从时段区分，前者属预先评估，后者为后评价；从内涵区分，前者是一种对现有能力水平的技术评估，后者是实际实施的结果比较。两者概念虽有所不同，但又密切相关，即前者应作为后者实施参考和追求目标，随着管理和实践水平的不断提高，两者量差将逐渐缩小。这就是说，如果国产化能力按四个要素的评估准确，采购实施严谨，那么两者的结果将趋于一致，或十分接近。因此，采用国产化四要素进行综合能力评估的结论，可以作为决策部门的决策依据或参考。

上述方法是国内至今为止对核电国产化评估理念的一次大胆创新，由于它超出了价格法、工作量法的传统习惯，引入了包含设计技术、质量及管理国产化要素的新观念，评估的结果将更趋科学、合理，更能客观反映国产化能力水平和差距。但这种方法刚刚推出，需要与各界探讨，期待在实践中不断完善和提高，为推进我国核电及其他产业国产化技术进步发挥应有的作用。