

可移动核电厂运营模式及法律问题研究

沈欣媛

(中国国际核聚变能源计划执行中心, 北京 100862)

摘 要: 国际原子能机构的研究显示, 可移动核电厂与运营模式紧密相关, 其运营模式按供给方和东道方的角度可划分为若干不同类型; 可移动核电厂所面临的法律问题主要集中在国际法律框架、核安全与辐射防护问题、核安保问题以及核损害赔偿四个责任方面。本文拟从上述几个方面对可移动核电厂的运营模式及所面临的法律问题进行简单剖析。

关键词: 可移动核电厂; 国际原子能机构; 运营模式; 法律问题

中图分类号: TM623 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.06.010

据国际能源署 (IEA)^[1] 预测, 全球能源需求及电力在总能源中所占份额未来将长期保持增长势头。核电作为一种清洁、高效的能源, 多年来一直是许多国家能源结构中的重要有机组成部分。国际原子能机构 (IAEA)^[2] 的数据显示, 截至 2015 年 8 月, 全球共有 30 个国家的 437 台核电机组正在运行, 总装机容量达 378 吉瓦 (电); 另有 15 个国家的 68 台机组在建, 总装机容量达 66 吉瓦 (电)。由于核电在加强能源安全、减少化石燃料价格波动的影响和减缓气候变化方面发挥着日趋重要的作用, 还有超过 30 个国家正在考虑或已经开始着手引进核电。IAEA 在 2014 年发布的预测表明, 到 2030 年, 全球核能将持续实现增长, 增长率在 8% ~ 88% 之间, 表明未来核电仍然存在很大发展潜力^[3]。

在全部在建商用核电厂中, 装机容量超过 700 兆瓦的大型机组占据主流。但也有部分国家一方面正在面临电力需求快速增长所带来的挑战, 一方面又受到电网规模较小、基础设施不够健全或投资能力有限等实际条件限制, 难以发展大型核电机组, 因此, 对装机容量处于 300 ~ 700 兆瓦的中小型机

组存在特殊需求。例如: 在 IAEA 于 2015 年 9 月召开的理事会上, 沙特阿拉伯王国就曾公开发言表示, 对中国核工业集团 ACP100 堆型正在开展的反应堆通用设计审查 (GRSR) 服务 (IAEA 为成员国提供的安全评审服务之一) 及其结果抱有兴趣。这也使得中小型反应堆, 成为全球主要核电技术输出国家重点关注和争夺的领域之一。

小型反应堆在偏远地区以及核技术的非电力应用 (如, 热力生产、海水淡化、原油回收、煤液化) 领域更易于发挥作用。目前, 全球共有约 20 种不同的革新型中小反应堆 (SMR) 设计概念, 这些创新概念目前正处于不同的设计和研发阶段。在所有中小型反应堆中, 可移动核电厂 (Transportable Nuclear Power Plant) 可通过铁路、公路及水上等途径运输, 灵活便利, 可满足多种需求, 因而受到更多关注。

有些国家已经开始考虑利用可移动核电厂满足本国能源需求, 相关的法律制度安排问题也就应运而生。IAEA 在革新型核反应堆和燃料循环国际项目 (INPRO) 框架^[4] 下开展的研究表明, 从供给方和东道方的角度来看, 可移动核电厂的运营模式

作者简介: 沈欣媛 (1981—), 女, 管理学硕士, 助理研究员, 主要研究方向为科技战略和科技管理、核能与核安全技术及管理。

收稿日期: 2015-11-19

可划分为若干不同类型，而与运营模式紧密相关的可移动核电厂所面临的法律问题主要集中在国际法律框架、核安全与辐射防护问题、核安保问题以及核损害赔偿四个责任方面。

1 可移动核电厂相关情况介绍

1.1 可移动核电厂概况

根据 IAEA 的定义，可移动核电厂指“工厂制造，可运输且 / 或可重新定位的核电厂，装载燃料后可以产生终端能源，如，电力、热力以及淡化水等”^[5]。可移动核电厂主要包括核反应堆（根据设计需求装载或未装载燃料均有可能）和电厂成套设备（汽轮机和发电机组）两大部分，必要时还可包含燃料储存设施。可移动核电厂必须完全可移动，但在设计上并不要求在运输途中也可生产能源或提供运输本身所需的能源。根据使用国的需求及目的不同，可移动核电厂安装完成后的状态亦有所区别，可初步划分为陆基可移动核电厂和浮动核电厂两类。

1.2 技术选型与运行模式

与一般陆基非可移动核电厂不同，可移动核电厂整体在工厂完成制造、预测试，然后通过公路、铁路或水上等不同途径运输至最终场址。燃料可以预先装入反应堆，也可以单独运输至场址后现场装入堆芯，于运行前完成整座核电厂现场测试。反应堆的维护、检修以及加料有多种方式，可采用类似于非可移动核电厂的方式，在现场完成，也可以将整座电厂运回工厂完成上述操作。一些可移动核电厂在设计上还允许在特定运行阶段完成后转运至其他地点继续运行。由于可移动核电厂的这些特殊性，要想对可移动核电厂所面临的法律问题加以研究，首先需要从技术选型及供应方与东道方的运行监管模式上对可移动核电厂加以分类。

从供应方的角度来看，可移动核电厂的运行部署方式可大致分为两种模式：一是反应堆由工厂制造、组装，供应方完成工厂装料和测试后运至运行场址；电厂成套设备可由同一运输工具运载（驳船、货运卡车或火车等平台）或单独运输相应工具平台至现场，也可采用传统方式在陆地完成电厂建造，待反应堆运输至现场后与电厂成套设备进行对接。二是核电厂由工厂制造组装、进行非核工厂测试，

而维护、装料及加料等操作在现场完成；新燃料及乏燃料储存设施可设在运输工具上，亦可设在运行场址，燃料可用传统方式经陆地运输至现场，也可经水路运输；工厂成套设备可放置在同一平台上，也可以分开单独运输，还可以按照传统方式在陆地上进行建造，在现场完成反应堆与电厂成套设备的对接。总体而言，上述两种运行部署模式的主要区别在于，反应堆是在出厂前完成装料和测试，还是运输至运行场址后再完成装料和测试，即运输途中反应堆是否已经装载燃料，两者的监管方式和所面临的法务问题响应也将相应产生差别。

从采购国（东道方）一方的角度来看，可移动核电厂的运行监管大致也可分为两种模式：一是供应方运行、东道方监管模式。供应方提供、运行并负责包括乏燃料在内的整个可移动核电厂的回收。可移动核电厂的运行由供应方负责，监管及许可证颁发由东道方负责。二是东道方运行、东道方监管模式。在这种模式下，供应方负责整体提供及回收乏燃料在内的整座核电厂。核电厂由来自东道方的运营实体负责运行，核电厂的监管和许可证颁发亦由东道方负责。此外，还有一种模式，就是可移动核电厂由供应方运营，但将监管职能进行外包，即供应方运行、第三方监管，东道方既不承担运行也不承担监管职能。尽管对于东道方而言，这种模式对基础设施、部署筹备时间以及资金投入的要求最低，看似最为有利，然而，实际上已有初步研究表明，这种模式将引发大量法律问题，如，核损害赔偿问题，核安全的政府、法律及监管问题等。由于很多职能必须由东道方完成，因此在实际执行的过程中，这一模式很容易演化为前两种模式，故不再单独加以考虑。

供应方的运行部署模式和东道方的监管模式会直接影响可移动核电厂所面临的法律问题。

1.3 可移动核电厂优势

相比一般核电厂，特别是针对东道方，可移动核电厂具有一些突出优势：（1）“门槛低”，对东道方基础设施和相应费用的要求较低；（2）“责任轻”，东道方不存在建造新燃料及乏燃料储存设施的义务，这减轻了东道方的法务负担；（3）核电厂场址选择更加简便，电厂退役后场址更容易恢复无核状态；（4）生产、运输和调试可移动反应

堆的速度较现场建造反应堆更快；（5）与相同装机容量传统核电厂相比，可移动核电厂的投资周期和建造费用相对低廉；（6）从长远安排的角度来看，还可以采用建设地区服务中心等方式帮助优化可移动核电厂的维护、装料（如有需求）等，并可为东道方提供一定的人员培训；（7）可移动核电厂退役责任属于供应方。

2 国际法律框架问题

根据 IAEA 的分析，现行国际法律文书对可移动核电厂的部署和运行具有一定的适用性，但是在上文所述的不同供应方运行部署模式和东道方监管模式下，国际法律文书的适用程度和国际法律制度安排存在一定差异，具体体现在以下五个方面：

（1）目前，一般陆基非可移动核电站所适用的国际核法律文书（公约）主要有《核安全公约》《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》《核事故或辐射紧急情况援助公约》《及早通报核事故公约》《核材料实物保护公约》及其修正案、《关于核损害民事责任的维也纳公约》《修正〈关于核损害民事责任的维也纳公约〉议定书》《核损害补充赔偿公约》《关于适用〈维也纳公约〉和〈巴黎公约〉的联合议定书》《关于核能领域的第三方责任公约》以及《关于 1960 年巴黎公约的补充公约》。

上述法律文书（公约）的覆盖范围涉及核安全、核安保、核损害责任赔偿等多个领域。如果开展可移动核电厂交易的双方为上述国际公约的缔约方，则必须首先审慎考察各项公约中相关条款的适用性。如，《核安全公约》^[6]的适用范围为“缔约方管辖下的一切陆基民用核动力厂”，其范围对陆基可移动核电厂适用，但对浮动核电厂并不适用，因此浮动核电厂的国际法安排方面需要进一步加以考虑。随着浮动核电厂的普及程度及必要性的提高，未来可根据需要对公约进行修订。

（2）由 IAEA 制定的不具法律约束力的要求及导则亦适用于可移动核电厂。如 IAEA 的《基本安全原则》及《安全要求》本身具有一定的灵活性^[7]，可以根据可移动核电厂供应方或东道方的具体要求进行个案处理，在未来也可以对上述安全标准进行必要修订，逐步将当初制定时未纳入考虑

的一些技术创新元素涵盖进来。

（3）针对上文所述的第二类供应方运行部署模式，即“反应堆出厂时并不装载燃料，采取燃料与反应堆分别运输至场址”的方式，现行法律文书即可适用，没有进一步新增相关法律文书的必要。针对核电厂本身，为确保最终可被成功运回供应国，完全可以采用签订特殊安排协定等方式妥善解决，国际运输方面的法律问题具体可参照大型辐照后核电厂组件的相关做法。

（4）针对上文所述的两类东道方运行监管模式，即“供应方运行，东道方监管”以及“东道方运行，东道方监管”，在国际法律文书层面也不存在明显挑战。其关键仅在于通过恰当的商业文书，以较为综合全面的方式，对供应方、东道方以及东道方的监管权限加以明确，以确保东道方在各阶段对核电厂具有颁发许可证及其他审批的权限。

（5）针对上文所述的第一类供应方运行部署模式，即“反应堆在工厂完成装料和测试”的情况，现行国际核法律文书及相关条款均不够充分，且以目前的形式来看，国际核法律框架并没有明确作出进一步调整的可能性。在这种情况下，可移动核电厂的供应方和东道方若希望以明确的法律框架指导交易的完成，则需要签订专门的国际条约，还应将所有相关的第三方纳入签约范围。在此类条约约束缺位的情况下，可移动核电厂的供应方和运营者必须严格遵守各国法律、条约及现有国际公约。由于牵涉到国际核安全、核安保以及核损害赔偿责任等方面的问题，在可移动核电厂调试、运输等过程中由谁以及怎样在安全、安保和核损害赔偿等方面负主导责任，应当属于东道方的司法审判权限。

3 与核安全及辐射防护相关的法律问题

当反应堆在工厂完成装料后运输至运行场址时，即上文所述的第一种供应方运行部署模式下，各方应针对具体某一个处于运输途中的反应堆属于可运行反应堆还是核燃料（新燃料及乏燃料）设施达成共识。这一共识应将可能涉及的各方均纳入考虑，包括供应国、东道国，以及装有燃料的反应堆在运输途中可能通过的所有领土、领海的主权国。必要时，可以针对某个可移动核电厂在设计上所采用的避免运输途中出现临界的技术措施作出评估，

依据评估结果作出决策，并需要与国际社会进行充分沟通。假如各方就该反应堆属于燃料组件达成共识，则针对新燃料及乏燃料运输的现行法律条文及安全标准可以适用；假如被运输的反应堆被定性为可运行反应堆，则无法适用现行任何国际法律文书及其他不具约束力的安全标准和安保导则。

4 与核安保相关的法律问题

在上文所述的第一种供应方运行部署模式下，已装料的反应堆对于目前核安保框架而言属于需进一步开展研究的新领域，但同样适用现行核安保及实物保护法律条款以及不具法律约束力的标准导则等。上述法律条款及标准导则经过了 IAEA 成员国的充分审议后制定，一般而言不会对技术创新造成阻碍。目前尚无证据表明现行实物保护法律条款以及标准导则不能适用于运输已装料的反应堆。因此，在基于经验反馈和最佳实践的法律条文以及导则标准明确出台前，应严格遵循现行条款。

5 与核损害赔偿相关的法律问题

由于可移动核电厂的运行和监管模式较为复杂，现行核损害赔偿责任的法律文书对于可移动核电厂是否适用仍存在争议，可考虑采用在利益相关各方之间签订协议的方式来解决这一问题，同时也急需对 IAEA 框架下其他国际法律文书的原则和条款进行深入研究。但鉴于很多对可移动核电厂感兴趣的国家并非上述国际公约的缔约方，针对这一问题的进一步研究不能局限于国际公约范围。

（1）现行国家法律制度适用性概述

目前在可移动核电厂发生事故、造成放射性释放以及产生现实或潜在威胁的情况下，并不存在彻底的法律真空地带阻碍民事赔偿责任问题的解决。事故发生国通行的法律法规将负责裁决补偿金额以及相关的刑事调查，但仍需要对相应法律制度中的漏洞开展深入研究。

对核电厂供应方、承包商以及保险业来说，专门针对可移动核电厂开发特殊的核损害赔偿责任制更加有利。出于商业利益的考虑，核电厂供应商以及承包商往往在参与核电厂项目前就已经开始寻求第三方风险补偿和保险机制，因此，从经济利益

的角度出发，针对可移动核电厂构建一套专门的核损害赔偿责任制度可能会更为理想。

（2）国际法律文书

在 IAEA 主持下达成的核损害赔偿公约主要包括 1963 年的《关于核损害民事责任的维也纳公约》，1997 年的《修正〈关于核损害民事责任的维也纳公约〉议定书》和《核损害补充赔偿公约》，1988 年的《关于适用〈维也纳公约〉和〈巴黎公约〉的联合议定书》，欧洲经济合作组织（OECE，后改组为经济合作与发展组织）和欧洲原子能共同体（Euratom）成员国于 1960 年达成的《关于核能领域的第三方责任公约》（《巴黎公约》）以及于 1963 年达成的《关于 1960 年巴黎公约的补充公约》。

上述公约及其修正案并未完全生效。同时上述国际公约对可移动核电厂的适用性，特别是免责条款的覆盖范围仍需进行进一步考证。如《巴黎公约》的免责条款适用范围更加宽泛，所有“运输途中”的反应堆均被囊括在内，但同时 IAEA 主导达成的其他条约的免责条款仅指出“通过海运或空运的，作为推进器或其他目的使用的能量来源”这一范围，后者究竟是否将可移动核电厂排除在国际核损害赔偿责任制度的范围之外目前仍存在争议。

除上述国际条约外，运输可移动核电厂的船只或飞行器必须采取由国际协定规定的特殊预防措施。在可移动核电厂项目实施过程中，其他相关国际组织框架下，如国际海事组织（IMO）、国际民用航空组织（ICAO）、国际航空运输协会（IATA）的法律文书也必须加以考虑，这些国际条约均支持外海自由探索、飞跃领空及国际空间的权利。但有关上述国际公约针对可移动核电厂的适用性问题目前仍有待进一步开展研究。

6 结论

可移动核电厂以其灵活便利、门槛低、投资省等特点而逐步成为国际核电市场上讨论的热点。俄罗斯建造的首个浮动核电厂“罗蒙诺索夫院士号”（Academician Lomonosov）计划将于 2016 年 9 月交付^[8]。

目前已开展的研究表明，假如反应堆在工厂完

成建造，但在运行厂址完成核燃料装载，则现行法律规则和框架基本可以适用，并不存在明显漏洞。但是，由于当前法律文书对运输中的可运行反应堆缺乏明确规定，因此，可移动核电厂所面临的法律问题主要集中在反应堆在工厂完成装料后运输至现场这种供货模式上。针对这种情况，IAEA 建议可以考虑分近期和远期制定相应战略。

在近期层面上，应考虑将所有相关方尽快纳入上文所述的各项国际公约中，对于上述国际公约未能涵盖的部分，供应方、东道方以及所有相关第三国之间可以通过达成专门协定或条约的方式加以解决，协定或条约中应对核电厂何时以及如何满足国际安全、安保及核损害赔偿要求加以限定，并规定在核电厂的调试、运输等过程中负责判定核安全、安保和核损害赔偿主体责任的裁决主体（一般为东道国）。在上述公约条款的基础上，所有涉及该出口交易的国家应在本国就相关安全、安保以及环境要求制定相关法律法规。尽管现行的国家及国际安全标准规范在起草阶段并未将可移动核电厂等创新型技术考虑在内，但其中很多内容对于可移动核电厂都可以适用。

在长期层面上，可考虑采取更多举措进一步完善现有制度安排，如建立可移动核电厂的设计国际认证机制，以及设备、组件，甚至运营商的国际许可证制度等，将更有助于促进可移动核电厂国际交

易的达成和国际市场秩序的完善。■

参考文献：

- [1] International Energy Agency. World Energy Outlook 2014[R]. Paris, 2014.
- [2] International Atomic Energy Agency. Power Reactor Information System[R/OL]. (2015-8-10) [2015-8-10]. <http://www.iaea.org/pris>.
- [3] International Atomic Energy Agency. International Status and Prospects for Nuclear Power[R]. Vienna, 2014.
- [4] International Atomic Energy Agency. INPRO Web Portal[R/OL]. (2015-08-31) [2015-09-05]. <http://www.iaea.org/INPRO/>.
- [5] International Atomic Energy Agency. Legal and Institutional Issues of Transportable Nuclear Power Plants: A Preliminary Study[R]. Vienna, 2014.
- [6] International Atomic Energy Agency. International Convention and Legal Agreements: Convention on Nuclear Safety[R]. Vienna, 1999-2012.
- [7] International Atomic Energy Agency. Fundamental Safety Principles[R]. Vienna, 2006.
- [8] World Nuclear News. Floating plant to be delivered in 2016 [EB/OL]. (2014-10-03) [2015-08-20]. <http://www.world-nuclear-news.org/NN-floating-plant-to-be-delivered-in-2016-23101401.html>.

Operating Model and Legal Issues of Transportable Nuclear Power Plants

SHEN Xin-yuan

(China International Nuclear Fusion Energy Program Execution Center, Beijing 100862)

Abstract: The IAEA study shows that transportable nuclear power plants are closely connected with their operating model, which could be divided into several types by suppliers and purchasers, and the transportable nuclear power plants face legal issues on four aspects, including the international legal framework, nuclear safety and radiation protection, nuclear security and compensation liability for nuclear damage. This paper analyzes the operating model and the legal issues faced by transportable nuclear power plants briefly from the above four aspects.

Key words: transportable nuclear power plant; IAEA; operating model; legal issues