

微型模块化反应堆陆战场能源保障应用历程及启示

陈荣江

(国防大学联合勤务学院, 北京 100036)

摘要: 微型模块化反应堆 (vSMR) 因其陆战场能源保障的重大潜力而成为军事强国的关注热点, 具有机动灵活、供能迅速、成本优势明显、安全性高等特征。美军在伊拉克、阿富汗等战场出现了燃油消耗大、补给难、成本高、风险突出等问题, 因此开始重新审视 vSMR 的军事能源保障用途。本文从美国陆军发展 vSMR 的历史过程入手, 对当前具有代表性的 vSMR 方案进行了介绍; 系统分析了基于 vSMR 技术的移动反应堆电源 (MNPP) 在地面军事行动中的应用场景、使用方式、主要优势及挑战。研究提出, 我国应积极开展 vSMR 军事应用的发展论证工作, 立足国情军情, 探索其在固定营区、机动战场、海外行动等不同领域的应用模式; 以军事需求为牵引, 加强军地协同攻关, 加速推进 vSMR 技术的应用步伐。

关键词: 反应堆; 微型模块化; 陆战场; 能源保障; 应用历程; 美国陆军

中图分类号: E952; E144 **文献标识码:** A

Application History and Enlightenment of Very Small Modular Reactor for Land Battlefield Energy Supply

Chen Rongjiang

(Joint Service College, National Defense University PLA China, Beijing 100036, China)

Abstract: Very small modular reactors (vSMRs) have become the focus of attention due to its great potential in land battlefield energy supply. It has the characteristics of flexible mobility, rapid energy supply, obvious cost advantages, and high safety. The problems of large fuel consumption, resupply difficulties, high costs and risks in the Iraqi and Afghan battlefields have led the US military to re-examine the use of vSMR in operational energy supply. This article starts with the historical process of the US Army's development of vSMRs, and introduces representative types of vSMRs at present; then the author systematically analyzes the application scenarios, use mode, main advantages, and challenges of mobile nuclear power plants (MNPP) based on the vSMR technology. The research suggests that China should actively demonstrate the military applications of vSMR, and explore its use modes in different areas such as fixed installations, mobile battlefields, and overseas operations based on national conditions and military conditions. Taking the military demand as the traction, China should strengthen the military-civilian coordination in tackling key problems and accelerate the application of vSMR technology.

Keywords: reactor; very small modular; land battlefield; energy supply; apply history; US Army

收稿日期: 2019-10-25; 修回日期: 2019-12-05

通讯作者: 陈荣江, 国防大学联合勤务学院博士研究生, 主要研究方向为军事能源发展战略; E-mail: ywlei9@163.com

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

在伊拉克和阿富汗战争期间,美军燃油补给线成为敌方重点攻击目标,向前线作战基地运送燃油车队经常遭到敌方袭击,2003—2007年,因燃油补给车队遇袭共计造成3000多名军事人员伤亡[1]。在造成人员伤亡的同时,燃油供应成本持续攀升。据估算[2],采取陆运方式向前线作战基地运送燃油,成本可达50美元/加仑(1加仑 \approx 3.785 L),而采取直升机空投方式向偏远哨所运送燃油,成本则高达400美元/加仑。以燃油供应为代表的陆战场能源保障已成为困扰美军海外作战部署甚至影响作战效能的一大难题。近年来,我军信息化水平不断提升、新型武器系统列装部队、力量抵达范围不断扩大,未来陆战场电力需求将显著增加,以车载/便携式油机发电为主的“油转电”供电模式将面临燃油保障压力大、电力供应不可靠等突出问题。

为解决上述问题,各国军队采取提高能源效率、推广可再生能源和替代燃油应用等应对措施,但并不足以从本质上消除陆战场能源保障问题。因此,核能因其独特的技术优势成为陆战场能源保障的重要选项。尤其是微型模块化反应堆(vSMR),具有输出功率高、电网适配性强、机动灵活的特点,在新型雷达系统、定向能武器系统、前线作战基地等方面的应用空间广阔,已引起军事强国的高度关注。目前vSMR尚未形成标准定义,但具备3个基本特征:每个反应堆模块发电功率上限约为10 MW[2];全系统在出厂前组装完毕;全系统可以通过海/陆/空方式机动运输。

关于vSMR的研究,国内多数专家学者从经济社会发展角度出发,重点分析技术现状、发展趋势和应用需求,而陆战场能源保障方面较少提及[3~6]。国外研究机构和专家学者则从固定设施、前线基地等多个应用视角探讨了vSMR陆战场能源

保障的可行性。美国国防科学委员会(DSB)、爱达荷州国家实验室(INL)均提出将vSMR应用于前线作战基地能源保障的观点,详细分析了前线作战基地应用vSMR的特殊需求以及面临的风险挑战[2,7]。美国核能研究所(NEI)全面论证了在美国本土军事基地进行vSMR部署的可行性并给出了时间路线图[8]。

从国内外研究现状可以看出,我国在vSMR陆战场能源保障研究方面尚处于萌芽阶段,相关进展明显落后于国外。本文剖析美国陆军vSMR的研究历史,介绍美国vSMR的技术发展现状,理清当前vSMR陆战场应用的现实基础、主要优势、面临挑战和具体场景,并就vSMR技术在我军发展应用的可行性和途径开展探讨。

二、美国陆军vSMR研究历史

对于美军而言,解决陆战场能源保障问题并非近期才面临的挑战。早在第二次世界大战、朝鲜战争和越南战争中,美军就大规模使用移动发电站(如电源驳船、大型柴油发电机等)为作战部队提供电力保障。1954年,美国陆军在参谋长联席会议法案要求下启动陆军核能计划(ANPP),目标是应用核能为偏远基地、前线作战基地供应能源,从而缩短电力、燃料和水的供应链[9]。1957—1977年,美国陆军开发并运行了8座核反应堆,其中5座为便携/移动式反应堆(见表1),均在测试和实际环境中成功运行[7]。这5座反应堆从输出功率上看属于vSMR的范畴,但其技术状况、应用方式并未达到拼装组合的模块化水平。

(1) PM-1自1962年开始为怀俄明州圣丹斯雷达站供电,该雷达站位于山顶,无法连接公用电网且路况较差,燃料补给困难。PM-1输出功率为1.25 MW,出厂后拆分为27个组件,通过货运飞机

表1 美国陆军核能计划中的便携/移动式反应堆系统

项目名称	运行地点	输出功率/MW	启用时间/年	退役时间/年
PM-1	美国怀俄明州圣丹斯雷达站	1.25	1962	1968
PM-2A	丹麦格陵兰岛世纪城基地	1.60	1960	1963
PM-3A	南极洲麦克默多海军基地	1.50	1962	1972
ML-1	(开发测试)	0.30	1962	1966
MH-1A	巴拿马运河	10.00	1968	1977

空运至雷达站附近，经转运、组装后投入使用 [10]。

(2) PM-2A 自 1960 年 11 月开始为位于丹麦格陵兰岛的军事基地提供电力和热能，成为第一个在偏远独立军事基地应用的核电站 [11]。PM-2A 被拆分后运送到目标基地，现场组装后成功运行，验证了利用预制组件组装核电站的可行性 [9]。

(3) PM-3A 是一座陆军建设、海军使用的核电站，也是海军第一座地面核电站 [11]。从 1962 年开始为南极洲的海军基地提供能源保障。截至 1972 年退役，PM-3A 生产电力超过 7.8×10^7 kW·h，并利用海水淡化厂的多余蒸汽生产淡水 4.92×10^7 L [12]。

(4) ML-1 是陆军首次尝试进行战场应用的机动模块化微型反应堆，始建于 1961 年，主要用于为指挥和通信中心、战场医院、雷达和武器系统提供电力 [11]。ML-1 总质量约为 38 t，各种组件拆解后放置于 4 个集装箱内，可以通过飞机、公路或铁路运输 [13]。经过几次重大改进和数百小时的运行测试，ML-1 的性能并未达到预期，同时因越南战争导致财政紧张、自身系统存在可靠性问题，于 1966 年停止发展 [13]。

(5) MH-1A 作为驳船式核电站，由一艘二战时期的军舰改装而成，1968 年投入运行，主要为巴拿马运河区域的军事行动提供电力和淡水 [11]。

经过近 20 年的实践探索，美国陆军总结经验认为，在当时的技术条件下，核反应堆维护复杂、研发费用高昂、安全风险始终存在，加之柴油发电机技术趋于成熟、石油价格不断走低，ANPP 的发展规模逐渐缩减。1977 年，巴拿马运河区域的 MH-1A 停止运行，此后美国陆军的核能应用研究进入低谷。

三、美国 vSMR 技术现状

核能技术经过数十年的发展，为人类社会提供了清洁能源保障，然而大中型核电站建造周期长、费用高，不适用于小型电网需求。在这一背景下，vSMR 技术价值重新获得关注，被视为大中型核电站的有效补充，且相关军事供电应用重新成为研究热点。

目前，美国在 vSMR 技术领域处于世界领先水平，正在积极研发新一代 vSMR 原型系统，其中较有代表性的有：马里兰大学帕克分校 (UMCP) 研发的 Holos 系统、洛斯阿拉莫斯国家实验室 (LANL)

研发的 MegaPower 系统。

(一) Holos 系统

Holos 以 8% 富集度的浓缩铀为燃料，1 次装料可运转供电 10~20 年，设计有两种型号 [9]：输出功率为 3.3 MW 型号，可装入 20 ft (1 ft = 0.3048 m) 标准集装箱；输出功率为 13 MW 型号，可装入 40 ft 标准集装箱，系统总质量不超过 40 t。Holos 采用紧凑型总体布局设计，所有组件集成后的外包络不超出标准集装箱 (见图 1)，由此满足快速、机动、安全的运输要求；系统核心模块可采用商用废物 / 乏燃料处置储存罐方案，进一步降低退役成本 [2]；采用“即插即用”应用模式，可与电网直接连接。

(二) MegaPower 系统

MegaPower 以 19.5% 富集度的浓缩铀为燃料。从核不扩散的角度看，这种核燃料浓缩水平低，属于非武器级。MegaPower 系统总质量约为 35 t，可联合供应 2 MW 电力和 2 MW 热量，1 次装料可连续运行 12 年 [2]。与 Holos 类似，为提升安全性和易运输性，MegaPower 采用了将所有组件封装在特殊装甲中的总体布局 (见图 2)。MegaPower 系统设计方案已经确定，正在开展技术集成验证；DSB 预测该系统在 2021 年前后进行原型演示 [2]。



图 1 Holos 系统运输构型

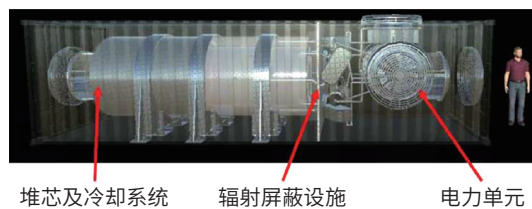


图 2 MegaPower 系统主体构成

四、美国陆军 vSMR 应用想定

在战场燃油消耗大、补给难、成本高、风险突出以及新一代 vSMR 技术不断成熟的多重因素推动下,美国陆军开始深入研究陆战场应用核能的可行性。2016 年,DSB 在《前线/ 偏远作战基地能源系统报告》中指出 [2], vSMR 将成为改变陆战场能源保障范式的颠覆性技术,有望实现陆战场能源从稀缺型向充足型的巨大转变。2018 年,美国陆军提出在地面军事行动应用 vSMR 技术的移动反应堆电源 (MNPP) 项目,但未公开部署应用路线图与时间规划 [9]。

(一) 基本设想

MNPP 是一种通过核裂变发电的小型移动电力系统,与 20 世纪 60 年代的 ML-1 相比,战场应用理念基本相同。但由于当前的 vSMR 技术更加成熟、体积更小、运行更加稳定, MNPP 成为陆战场供电的能力选项。按照设想 [9], MNPP 包括 1 个 vSMR 模块和 1 个装有核燃料的配套设备,全系统放置于标准集装箱内,具备良好的战场机动性和运输多样性。MNPP 模块化的设计 and 应用方式,可将多个 vSMR 模块拼装组合,为满足更大的电力需求提供了灵活性。

(二) 应用场景

考虑到 vSMR 安全防护问题,美国陆军在规划 MNPP 主要应用场景时,坚持安全与实用相结合的

原则,重点将其部署在战时部队登陆的主要港口、机场以及前线作战基地。这些关键部位用电需求大、情报收集能力和安全防护能力强,能够确保 MNPP 的安全防护。此外,大型雷达等电力需求大的能源密集型系统,以及难以接入公用电网的偏远军事基地,也成为 MNPP 的重要应用场景。

(三) 使用方式

按照规划, MNPP 经过工厂预装、反应堆临界测试与试运行后,在确保系统可靠、运行正常的前提下,根据需要运送至不同战场。MNPP 系统小巧轻便,运输方式机动灵活。典型使用方式为 [9] (见图 3): MNPP 通过空运方式从美国本土运至战区,而后转换公路运输至前线作战基地;经过现场组装、安全防护后开始为基地提供能源保障,长期连续工作;换料周期 (预计 10~20 年) 临近时, MNPP 返回美国本土进行换料、再次利用或退役处置。

五、美国陆军 vSMR 应用分析

(一) 应用优势

1. 保障优势

一是提升部队战斗力。实战表明,从空中和地面运送液体燃油要付出巨大的生命和金钱代价。应用 vSMR 进行陆战场供电,1 次装料可持续运行 10~20 年,从而大幅削减对柴油发电机的供电需求。这不仅可以显著降低部队护送燃油补给车队的频

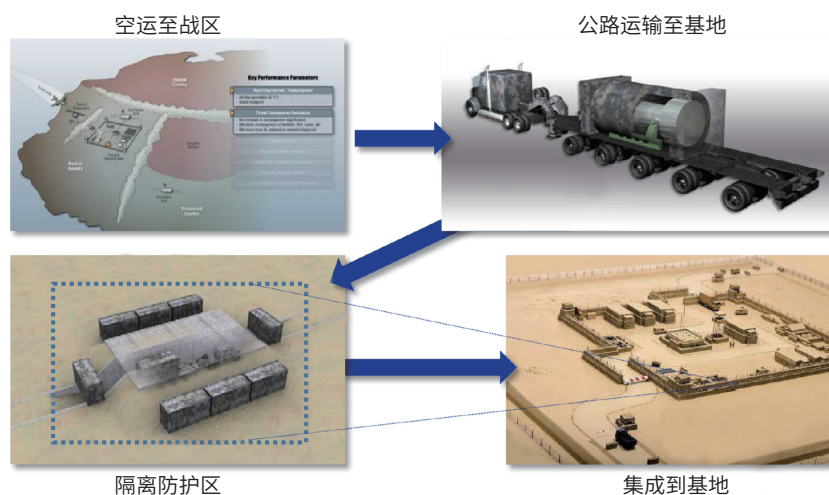


图 3 MNPP 战场应用模式

次，还可以将更多的燃油用于保障主战装备，从而扩大作战半径，提升持续作战能力。

二是机动灵活、供能迅速。尽管柴油发电机用于保障陆战场用电已近百年，但固有的热/声特性使其很容易被识别和攻击。vSMR 目标特性相对弱，不易被敌方识别和定位，经机动部署后可以迅速为遇袭的机场、港口等关键基础设施重建提供能源保障。

三是高功率密度满足新型武器的能源需求。随着定向能武器、电磁炮等新型高能武器技术发展，未来陆战场能源需求将持续增加，vSMR 具有高功率密度的天然优势，在同样体积内可为新型武器装备持续提供更多的电能。

四是电/热/水联供，满足前线作战基地多方面需求。vSMR 可供电、供热，同时结合海水淡化技术为远海移动基地提供淡水，满足基地武器装备能源需求的同时保障基地人员生活需求，有利于提升移动基地的综合保障能力。

2. 成本优势

美国陆军 MNPP 项目对输出功率为 13 MW 的 Holos 系统与前线作战基地、偏远哨所柴油发电机供电的经济效益进行了对比分析 [9]（见表 2）。负荷因子为 75% 的工况下，燃油价格为 2.25 美元/加仑时，Holos 供电成本为柴油发电机的 44.4%；燃油价格上涨至 7 美元/加仑时，Holos 供电成本不变，仅为柴油发电机的 14.8%。对比显示，柴油发电机供电成本受燃油价格的影响较大，综合成本较高；Holos 供电成本尽管受负荷因子的影响明显，但中高负载条件下的综合成本仅为前者的 1/5~1/3。可以预计，由于运输条件恶劣导致燃油价格进一步提高后，Holos 的成本优势将更为突出。

3. 环境优势

长期以来，由于军事行动的特殊性，陆战场环境污染问题一直是各国环境治理的“死角”。据

估算 [14]，2003—2010 年伊拉克战争期间，发生在该国的所有军事行动每年排放 CO₂ 的当量为 2.5×10⁸~6×10⁸ t，这与陆战场消耗大量传统化石能源有直接关系。相比之下，核能属于清洁能源，vSMR 运行时可实现污染物零排放；即便涉及核废料处理问题，vSMR 的燃料超过 10 年才更换 1 次，同时核废料有专门的处理机制，几乎不用担心环境污染问题。

（二）存在挑战

1. 监管与许可

虽然美国陆军在 20 世纪六七十年代开展了小型移动反应堆的系统研发与示范应用，但当前的商用反应堆设计规范和理念、核能管理体系、本土及国际运输系统，并不直接适用于 vSMR。监管机构目前的工作重点是大型核电站（基于传统核技术，固定不可移动）。推动 vSMR 技术在美军实现应用，需要美国国防部（DoD）与多方机构协调，对现有核监管体系制度进行针对性的补充完善，这将是复杂而漫长的过程。另外，由于缺乏国际通用的许可标准，对于全球作战的美军而言，实现 vSMR 在不同国家的陆战场应用，需要获得所驻伙伴国的许可。然而，不同国家对核能应用的态度有差异，vSMR 在保障美军全球军事行动过程中，将面临各种复杂的许可审批程序。

2. 生产能力

美国作为核大国，生产能力似乎不应成为 vSMR 发展所面临的挑战。但实际情况是，美国已多年没有新建核反应堆，国内核企业设备制造能力明显减弱，短时间内难以形成大批量生产能力。在核燃料供应方面，MNPP 项目评估后认为，如果在 5~10 年内部署 MNPP，将需要大量的低浓缩铀作为燃料，而目前美国只有 1 家制造商在进行商业用途的核燃料浓缩；为了满足 MNPP 燃料的潜在需求，

表 2 野战应用条件下的供电成本对比

美元/(kW·h)

负荷因子	柴油发电机（不同燃油价格）的供电成本			Holos 系统的供电成本
	2.25 美元/加仑	3.5 美元/加仑	7 美元/加仑	
25%	0.23	0.35	0.67	0.21
50%	0.19	0.29	0.56	0.11
75%	0.18	0.28	0.54	0.08
100%	0.19	0.28	0.55	0.07

需要对现有设备进行升级并重新获得美国核管理委员会（NRC）的许可，这需要 5 年左右的时间 [9]。

3. 安全防护

安全是发展核能、推广应用的底线。美国陆军规划了一系列安全措施确保 vSMR 核心组件安全，例如：使用低浓度核燃料、采用一体化集成设计、非能动安全系统、设计装甲防护等。但核安全问题仍然是推动 vSMR 军事应用的主要挑战之一，对于执行全球作战行动的美国陆军而言，将 vSMR 放置在前线 / 偏远作战基地，必将成为敌方重点打击和破坏的目标，从而面临潜在的核污染和处理问题。

六、对我国发展 vSMR 技术的初步思考

（一）未来 10 年将是 vSMR 发展的关键时期，应积极推进，抢占陆战场能源保障技术制高点

从公开资料研判，美国已将 vSMR 作为传统陆战场供能的重要替代选项。2018 年 10 月，NEI 发布《美国本土军事基地部署小型反应堆路线图》，计划于 2027 年年底部署第 1 台小型反应堆 [8]。地面军事行动中 MNPP 项目的提出，表明对 vSMR 陆战场应用也进行了系统研究。vSMR 技术对于军事装备更新换代和未来实战能力提升的战略意义不言而喻。

当前，我国尚未在 vSMR 陆战场应用方面展开系统研究。无论是用于营区的固定式小型反应堆，还是用于战场的机动式 vSMR，均涉及需求论证、技术研发、示范选址、环境评估、安装部署等在内的 vSMR 装备发展全过程，客观上需要相当长的时间。建议把握当前陆战场能源保障技术发展的主要潮流，从顶层设计入手，按照“先营区、后战场”“先国内、后海外”的基本思路，论证制定 vSMR 技术发展和军事应用发展路线图，抢占未来陆战场能源保障技术制高点。

（二）维护海外利益与国际维和行动的不断增多，对军事能源保障提出新要求，应提前论证 vSMR 海外运用可行性

从美军研究可见，海外军事基地是 vSMR 军事应用的重要方面。随着我国海外利益不断拓展、国

家参与国际事务不断增多，海外军事行动将日趋频繁，迫切要求军事力量具备“走出去”的能力，随之而来的是对海外能源供应与保障的需求。

不同国家电力基础设施条件不同，能源质量、筹措难度差异较大，这为海外能源保障带来诸多隐患。因此，实现海外军事行动能源保障独立自主、安全高效，vSMR 具有重大发展潜力。建议在进行相关核技术研发攻关的同时，从政治影响、国际磋商、政策制度、运行机制等多方面系统论证，及早明确 vSMR 海外运用的可行性。

（三）适时组织核能宣传教育，克服“谈核色变”心理，为 vSMR 军事能源保障扫清思想障碍

广岛 / 长崎核爆炸、切尔诺贝利核事故、福岛核事故所带来的灾难性后果，让人们深刻认识到核能的巨大威力，“谈核色变”思想早已根深蒂固。推动 vSMR 陆战场能源保障应用，不仅要在关键技术突破、配套资源体系化方面取得发展，更要在思想认知方面早作准备。积极组织核能宣传教育，以核动力航空母舰、核动力潜艇等核能军事应用成功案例为示范，让军事人员了解核能的工作原理、防护机制、应用优势、发展趋势等，引导其树立正确的核能观。

（四）充分发挥军地各自优势，坚持军地协同、形成合力，加速推动 vSMR 技术攻关与示范应用

推动 vSMR 军事应用，应充分发挥军地各自优势：军队应深入研究陆战场能源保障应用场景及潜在问题，及时制定应对策略，做好需求论证对接工作；国家应在小型模块化反应堆研发方面积极部署，依托中国核工业集团有限公司、清华大学等单位取得的研究成果，进一步推动相关技术发展；同时加强与地方职能部门、科研院所合作，鼓励社会科技力量参与 vSMR 科技创新，积极承担相关技术研发工作。

与投产的大多数商用核反应堆不同，vSMR 在 10~20 年的运行寿命中，需要多次启动、关闭，通过多种运输方式实施机动和部署。上述应用特征提出了新的核技术设计要求和标准。建议充分借助国内核反应堆民用技术发展迅速的优势，汇聚军地创新资源、形成研发合力，及早突破核心技术、扫清

政策障碍、开展原型系统建设和示范应用，从而加速推动 vSMR 陆战场能源保障应用。

七、结语

美国陆军 MNPP 项目的提出，从实践角度对 vSMR 应用于陆战场能源保障的可行性给予了回答，这为军事大国装备发展提供了有益参考。当前，我国正处于军事能源保障转型初期，应结合国防和军队建设以及未来战争对能源保障的需求，组织专业力量对 vSMR 核心技术进行集中攻关，研发符合国情和军事需求的 vSMR 原型系统并适时开展陆战场能源保障示范工程。在对军事应用场景、应用模式、安全防护措施等进行充分论证后，制定计划并逐步开展 vSMR 的装备定型、批量生产、采购、列装等工作，创新提升军事能源综合保障能力。

参考文献

- [1] Daehner E M, Matsumura J, Herbert T J, et al. Integrating operational energy implications into system-level combat effects modeling, assessing the combat effectiveness and fuel use of ABCT 2020 and current ABCT [R]. Santa Monica: RAND Corporation, 2015.
- [2] Defense Science Board. Task force on energy systems for forward/remote operating bases [R]. Washington DC: U.S. Department of Defense, 2016.
- [3] 陈仁宗, 王冠. 先进小型反应堆技术现状及未来发展趋势研究 [J]. 科技视界, 2018 (3): 15-19.
Chen R Z, Wang G. Current status and development tendency of advanced small reactors [J]. Science & Technology Vision, 2018 (3): 15-19.
- [4] 曹亚丽, 王韶伟, 熊文彬, 等. 小型模块化反应堆特性及应用分析 [J]. 核电子学与探测技术, 2014 (6): 801-806.
Cao Y L, Wang S W, Xiong W B, et al. Features and application analysis of the small modular reactors [J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2014 (6): 801-806.
- [5] 刘冲, 黄勇. 先进小型核反应堆发展前景及其所面临的问题 [J]. 南华大学学报 (社会科学版), 2018, 19(4): 10-14.
Liu C, Huang Y. The development prospect and problems of advanced small nuclear reactor [J]. Journal of University of South China (Social Science Edition), 2018, 19(4): 10-14.
- [6] 陈文军, 姜胜耀. 中国发展小型堆核能系统的可行性研究 [J]. 核动力工程, 2013, 34(2): 153-156.
Chen W J, Jiang S Y. Feasibility study on development of small nuclear power reactors in China [J]. Nuclear Power Engineering, 2013, 34(2): 153-156.
- [7] Griffith G. U.S. forward operating base applications of nuclear power [R]. Idaho Falls: Idaho National Laboratory, 2015.
- [8] Nuclear Energy Institute. Roadmap for the deployment of micro-reactors for U.S. Department of Defense domestic installations [R]. Washington DC: Nuclear Energy Institute, 2018.
- [9] Juan A V, Joseph G L, Charles J J, et al. Study on the use of mobile nuclear plants for ground operations [R]. Washington DC: U.S. Army, 2018.
- [10] William R C. Power reactors in small packages [R]. Washington DC: Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, 1968.
- [11] Suid L H. The Army's nuclear power program: The evolution of a support agency [M]. New York: Greenwood Press, 1990.
- [12] National Science Foundation. McMurdo station reactor site released for unrestricted use [J]. Antarctic Journal of the United States, 1980, 15(1): 2.
- [13] Adams R. ML-1 mobile power system: Reactor in a box [EB/OL]. (2019-02-01) [2019-10-15]. <https://atomicinsights.com/ml1-mobile-power-system-reactor-box/>.
- [14] The Guardian. What's the carbon footprint of the Iraq war? [N/OL]. The Guardian, (2010-11-07) [2019-10-11]. <http://www.guardian.co.uk/environment/green-living-blog/2010/jul/08/carbon-footprint-iraq-war>.