

中东国家民用核能开发与国际合作探析*

孙德刚 李典典**

内容提要 中东国家发展民用核能具有地缘经济与地缘政治的双重目的。在新能源革命与大国战略竞争的驱动下，中东国家寻求能源结构的多元化，满足国内日益增长的电力需求，促进海水淡化，加强核能科学研究，跻身世界“核俱乐部”，打破中东地区核垄断，提升政治大国地位。俄罗斯、美国、韩国、法国、日本等国积极促进民用核能项目出口，推动与中东国家的民用核能合作，竞争中东市场份额，同时形成议题联系，配合与中东国家的全方位合作。民用核能合作丰富了域外国家与中东战略合作的内涵，促进中东国家民用核能开发的技术进步与产业发展，助力中东国家从石油经济到后石油经济的转型，实现“碳中和”目标，但核能项目的实施仍面临诸多挑战。

关键词 中东地区 民用核能 新能源 国际合作

核问题存在核武器安全和民用核能开发两个维度。民用核能开发以及同域外国家的互动，涉及安全与发展两大议题。2020年3月，中国、法国、俄罗斯、英国、美国外长就《不扩散核武器条约》发表联合声明：“我们要庆祝和平利用原子能在电力、医药、农业、工业等领域带来的种种惊人效益。我们再次重申对促进和平利用核能及其应用普惠共享的强有力支持。《不扩散核武器条约》及核不扩散机制使我们相信核能项目现在和未来都可以保持和平性质，为人类带来福祉。”^① 国际民用核能合作日益成为国际关

* 本文系教育部人文社科重点研究基地重大项目“百年变局下中东治理的大国作用与影响研究”（ZZJJD81004）的阶段性成果。

** 孙德刚，复旦大学中东研究中心主任、国际问题研究院研究员；李典典，上海外国语大学国际关系与公共事务学院、中东研究所2020级博士研究生。

① 《安理会五常外长联合声明》，环球网公众号，2020年3月11日，https://mp.weixin.qq.com/s/8i4UaF71wai9rzB0zxZ_IQ，最后访问日期：2022年3月21日。

系研究的重要命题，对国际关系、地缘政治、国际能源产能合作、各国能源发展战略等均产生重要影响。

中东地区核问题涉及民用核能开发与核不扩散两大议题。从民用核能开发来看，气候变化问题已成为全球面临的共同挑战，任何一国都无法置身事外、独善其身。2021年11月，在英国格拉斯哥召开的第26届联合国气候变化大会（COP26）受到广泛关注，很多国家都宣布了“碳减排”“碳中和”的明确目标。2022年，在埃及召开的第27届联合国气候变化大会（COP27）上，国际原子能机构举办了40多场活动，重点关注核科学技术如何帮助应对气候变化。作为世界主要产油区，近年来为满足快速增长的电力需求、保障石油出口、促进经济增长、提高供应安全性、减少碳足迹以及实现能源结构多样化等，更多中东国家着眼于核能开发。^① 中东是全球油气供给的核心地带，但很多中东国家从中长期发展战略出发，坚持“绿色”“低碳”发展路径，也都向外公布了“碳中和”路线图，很多中东国家将能源供给的多元化作为参与全球治理的重要途径，而核能也被伊朗、埃及、土耳其、阿联酋、沙特等中东国家视为能源供给多元化的重要组成部分。^②

就中东地区核问题而言，目前学界研究的重点是中东地区核扩散问题，如冷战后伊朗、伊拉克、利比亚等国的核问题，而对域外大国参与中东国家的民用核项目研究成果有限。^③ 2014年习近平主席在参加中阿合作论坛第六届部长级会议时，提出了“1+2+3”合作机制，其中“3”包括民用核能合作，而该领域的研究成果并不多见，尤其对中东国家发展民用核能项目的动机、域外核能大国参与中东民用核能项目的原因缺乏研究。^④ 本文着重探讨中东国家民用核能的历史与现状，域外国家与中东国家核能合作的进程、方式及面临的挑战。这里的“核能合作”是个宽泛的概念，包括域外大国与中东国家围绕核燃料开采与运输、人力资源培训、核电机组出口、核反应堆研究、核专业人才交流等开展的双边和多边国际合作。

① Carole Nakhle, “Nuclear Energy’s Future in the Middle East and North Africa,” Carnegie Middle East Center, January 28, 2016.

② 感谢匿名评审专家提出的独到见解。

③ 参见赵伟明等《中东核扩散与国际核不扩散机制研究》，时事出版社，2012。

④ 参见 Degang Sun, Haiyan Xu and Yichao Tu, “In with the New; China’s Nuclear-Energy Diplomacy in the Middle East,” *Middle East Policy*, Vol. 29, No. 1, 2022, pp. 41-60.

一 中东国家民用核能开发的历史变迁与现实需求

中东国家的民用核能项目起步早、进展缓慢、发展不平衡,甚至多国在历史上围绕是否发展核能出现政策反复现象,具有明显的差异性。目前,世界铀储量最丰富的地区是澳大利亚,占世界总储量的28%,但澳大利亚不发展民用核能,铀资源主要用于出口。除澳大利亚外,其他主要产铀国的铀储量占世界总储量的比例为:哈萨克斯坦15%、加拿大9%、俄罗斯8%、南非5%、纳米比亚7%、尼日尔4%、巴西5%、美国1%、中国4%、约旦1%。^①中东地区除约旦外,沙特和埃及近年来也发现了一定储量的铀资源。^②从开采量来看,世界十大铀矿中,有一半在哈萨克斯坦。

在中东主要国家中,阿联酋、土耳其、伊朗、埃及、沙特、约旦积极发展民用核能,摩洛哥、突尼斯和阿尔及利亚正在考虑是否发展民用核能,以色列、科威特、阿曼和卡塔尔倾向于暂缓发展民用核能,其他国家则采取观望政策。^③民用核能开发不仅能够满足电力需求,而且可以带动其他产业的振兴,成为二战结束以来中东国家寻求高科技产业发展的标志性成果。

(一) 冷战时期的中东国家民用核能开发

中东国家的核计划至少有60年历史。以色列是最早建立军用核反应堆的中东国家,其历史可上溯到20世纪50年代,当时法国追求政治利益,以色列追求安全利益,双方在反对埃及纳赛尔政府与阿尔及利亚独立运动问题上存在互补利益。1952年,以色列成立原子能委员会,专门负责民用核能事务,以色列总理本-古里安亲自担任主席。法国为以色列在内盖夫沙漠中的迪莫纳核反应堆建设提供了重要技术支持;1956年第二次中东战争前

① “Uranium 2020: Resources, Production and Demand,” The Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, 2020, p. 16.

② 伍浩松:《2011年全球铀矿开采概况》,《国外核新闻》2012年第6期,第19页。

③ Robert Mason and Gawdat Bahgat, “Civil Nuclear Energy in the Middle East: Demand, Parity, and Risk,” The Arab Gulf States Institute in Washington, April 11, 2019, p. 1; Carole Nakhle, “Nuclear Energy’s Future in the Middle East and North Africa,” Carnegie Middle East Center, January 28, 2016.

后，法以正式签订建设核反应堆协议。然而，核反应堆建成后，以色列偏离了和平利用核能的轨道，在法国和美国的纵容下走上了“核武器化”道路。

20世纪60年代，美国根据和平利用核能协议，在特拉维夫附近的纳哈尔·索莱克（Nahal Soreq）帮助以色列建立了核研究中心，该中心是一座500万瓦小型核反应堆。与迪莫纳核反应堆的军事用途不同，该小型核反应堆主要用于研究。尽管以色列一直拒绝签订《不扩散核武器条约》，但却是国际原子能机构的成员国，该核反应堆接受国际原子能机构的监督。^①

受以色列核计划的“刺激”，阿拉伯国家也积极推动民用核能开发。1955年，在瑞士日内瓦召开的第一届世界和平利用原子能大会上，约旦和埃及派出代表团参会，表达了和平利用核能的决心，埃及代表团说道：“使用原子能是埃及在不久的将来的重要诉求。”^②冷战时期，美苏从意识形态斗争出发，在中东地区以民用核能援助为手段，争夺代理人。美国相继帮助埃及、伊朗、伊拉克、以色列、沙特和土耳其训练核科学家，帮助伊朗、以色列和土耳其修建研究型核反应堆，并在第四次中东战争结束后承诺帮助中东盟国修建6~8个核反应堆，造价超过60亿美元。例如，1974年美国尼克松政府为促使埃以签订《戴维营协议》，承诺向埃及和以色列提供核电厂。1977年美国西屋电气公司与以色列电力公司签订了一份谅解备忘录，计划帮助以色列建造一座核反应堆，后美国因担心在中东引发核扩散而终止该备忘录。以色列转而寻求与苏联合作，计划在内盖夫沙漠建造一座民用核反应堆，后因苏联解体而不了了之。^③苏联则帮助埃及、伊拉克和利比亚推动核计划的实施；法国和伊拉克也加强了核能合作。^④

海湾国家一直积极推动核计划，但往往在“民用”和“军用”之间保持一种模糊的态度。20世纪60年代，美国帮助当时的盟友伊朗发展民用核技术，引起海湾阿拉伯国家的不满。1973年第四次中东战争期间，国际油

-
- ① Gawdat Bahgat, “Alternative Energy in Israel: Opportunities and Risks,” *Israel Affairs*, Vol. 20, No. 1, 2014, pp. 9-11.
 - ② M. V. Ramana and Zia Mian, “Scrambling to Sell a Nuclear Middle East,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 39.
 - ③ 微亮：《以色列想建造核电厂》，《国外核新闻》1994年第6期，第8页。
 - ④ M. V. Ramana and Zia Mian, “Scrambling to Sell a Nuclear Middle East,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 39.

价大涨,海湾阿拉伯国家纷纷提出民用核计划,以减少开支。但是,核电建设周期长、成本高以及中东国家综合实力不足,限制了其核能开发的进程。1978年5月,沙特、科威特和卡塔尔签订了联合修建核反应堆的协议,但后来科威特改变主意,希望单独建立核反应堆发电。20世纪80年代初,随着国际油价下跌,海湾阿拉伯国家发展核能的热情降低。

与海湾合作委员会的民用核能诉求不同,伊拉克、叙利亚和利比亚这三个阿拉伯国家的核计划具有军事意图,试图通过研制核武器打破以色列的核垄断,但最终均以失败告终。1981年,伊拉克奥西拉克核反应堆被以色列炸毁;2003年伊拉克战争结束后,利比亚前领导人卡扎菲宣布主动弃核;2007年10月,以色列空袭了叙利亚的一处疑似核反应堆,强化在中东的核垄断,引起阿拉伯国家的震惊。^①以色列通过上述军事行动,保持了自己的核武器垄断地位。

冷战时期,中东国家相继进行核能开发,在一定程度上是受到美苏两大阵营战略竞争的影响,处于被主导的依附地位;安全需求是其发展的核心驱动力,民用核能诉求显然不及军事诉求;以色列因保持与美国的特殊关系,在核能开发方面取得诸多便利,在中东核能开发中占据优势地位。

(二) 21世纪以来的中东国家民用核能开发

21世纪以来,随着印度、巴基斯坦等国积极推出核电项目,伊朗、土耳其、以色列纷纷提出核计划,迫使广大阿拉伯国家也纷纷跟进,中东逐步进入“核竞争时代”。烃经济时代日益走向终结,迫使即便是油气资源原产地的中东也在考虑能源接替问题,发展核能是出路之一。2006年,阿盟秘书长穆萨和18位阿拉伯国家外长在开罗举行的例行会议上通过一项决议,呼吁阿拉伯国家联合采取行动,加大核技术研究力度,加强核能的和平利用,阿拉伯国家有意加入“核俱乐部”。摩洛哥、也门、埃及、突尼斯、阿尔及利亚和叙利亚等阿拉伯国家在和平利用核能方面表现出坚强决心;海合会六国走在前列,在国际原子能机构的帮助下,就形成联合核计划、和

^① James A. Russell, "A Tipping Point Realized? Nuclear Proliferation in the Persian Gulf and Middle East," *Contemporary Security Policy*, Vol. 29, No. 3, 2008, p. 521.

平利用核能与海水淡化进行可行性论证。^①

北非阿拉伯马格里布联盟国家综合实力相对较弱，但在高油价和国内人口不断增长的背景下也积极推进民用核计划。2006年3月和6月，利比亚分别和法国、英国签署了和平利用核能协议。此外，它还与阿根廷公司签订了修复现有小型研究型核反应堆合同，并计划合作兴建一座新核反应堆。后因“阿拉伯之春”的爆发，利比亚核能开发被无限期推迟。突尼斯总统本·阿里于2006年3月和11月两次专门就能源问题主持召开内阁会议，决心研发核能。12月，突尼斯与法国签订了和平利用核能的科技合作协议。阿尔及利亚和摩洛哥在外部大国的帮助下也开启了和平利用核能研究，如2006年12月，由美国通用公司提供的摩洛哥首座2兆瓦研究型核反应堆正式开始运行；^②阿尔及利亚则在中国的帮助下建造研究型核反应堆，两国核反应堆均出于研究目的。

2010年，阿拉伯原子能机构执行委员会第四十五次全体会议在突尼斯总部举行，再次通过了落实阿拉伯国家发展核能的决议和相关预算。大会执行委员会发表的公报指出，所有加入《不扩散核武器条约》的国家，都有权和平发展和利用核技术。^③同年，在巴黎召开的国际民用核能大会上，叙利亚副外长费萨尔·米格达德（Faysal Mekdad）说：“和平利用核能不应被少数几个拥有此技术的国家垄断，所有国家都应平等地拥有此权利，叙利亚有意发展核电。”^④后因2011年叙利亚爆发内战和代理人战争，和平利用核能项目被搁浅。

21世纪以来，以色列民用核能开发出现了反复现象。冷战结束以来，以色列上述两座核反应堆一座用于军事，一座用于研究，均不能为国家提供核能。2010年3月，以色列基础建设部部长乌兹·兰道（Uzi Landau）在巴黎民用核能大会上宣布：以色列政府计划到2020年修建核电站，并将和约旦一起在法国的帮助下建立联合民用核电站，共享核电。该倡议遭约旦拒绝，约旦政府强调，在巴以问题公正解决前，约旦不会与以色列联合共

① Thomas Lorenz and Joanna Kidd, “Turkey and Multilateral Nuclear Approaches in the Middle East,” *Nonproliferation Review*, Vol. 17, No. 3, 2010, p. 515.

② 唐志超：《中东：核竞赛已开始？》，《世界知识》2007年第6期，第40页。

③ 《阿拉伯原子能机构重申和平利用核能权利》，《人民日报》2010年8月2日。

④ 张炎：《以色列和叙利亚有意发展核电》，《国外核新闻》2010年第4期，第7页。

建核电站。日本福岛核泄漏事故发生后,以色列修建核电站的决心出现了动摇。内塔尼亚胡总理表示,鉴于日本发生严重的核事故,以色列将重新评估核能设施。即便如此,以色列追求能源多样化,以及发展清洁、安全和可再生的新能源的总体方向不会改变。^①

土耳其是中东地区大国,其第一座核电厂是由俄罗斯国家原子能公司(Rosatom)承建的阿库尤核电厂,第二座是由法国阿海珐集团和日本三菱重工集团合资的企业 ATMEA 承建的锡诺普核电厂,土耳其在 2017 年启动第三座核电厂的建设招标。第三座核电厂的厂址已选定,该厂将建设 4 台核电机组,总装机容量约为 5000 兆瓦。^② 俄罗斯原子能出口公司(AtomStroy Export)帮助土耳其建立了国内首座核电站——阿库尤。同时,土耳其积极寻求掌握和平利用核能的技术,避免在核能发展上受制于人。^③ 俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫于 2017 年 9 月 19 日在国际原子能机构大会期间表示,土耳其阿库尤核电厂的厂区建设工作已经启动,预计 2023 年 10 月正式完成投入运行。^④ 相比之下,中国参与土耳其核能项目仍有很长的路要走。土耳其和平利用核能的历史进程见表 1。

表 1 土耳其和平利用核能的历史进程

日期	国外投标公司	国外合作方	反应堆类型	最终搁浅的原因
1977~1980	ASEA-Atom STAL-LAVAL	瑞典	600 MWe BWR	融资、瑞典反核全民公决
1983~1986	AECL	加拿大	600 MWe HWR	融资、切尔诺贝利核泄漏事故的影响
	KWU	德国	990 MWe PWR	
	GE	美国	1185 MWe BWR	

- ① B. Ravid and Z. Rinat, "PM: Israel Reconsidering Nuclear Power Plans in Light of Japan Crisis," *Haaretz*, March 17, 2011; Gawdat Bahgat, "Alternative Energy in Israel: Opportunities and Risks," *Israel Affairs*, Vol. 20, No. 1, 2014, p. 11.
- ② 伍浩松:《土耳其将于 2017 年启动第三座核电厂建设招标》,《国外核新闻》2016 年第 4 期,第 26 页。
- ③ Thomas Lorenz and Joanna Kidd, "Turkey and Multilateral Nuclear Approaches in the Middle East," *Nonproliferation Review*, Vol. 17, No. 3, 2010, p. 517.
- ④ 伍浩松、张焰:《土耳其阿库尤核电厂启动厂址建设》,《国外核新闻》2017 年第 10 期,第 13 页。

续表

日期	国外投标公司	国外合作方	反应堆类型	最终搁浅的原因
1988~1991	ENACE	阿根廷	380 MWe PWR、 25 MWe PWR	核扩散顾虑
1996~2000	AECL	加拿大	700 MWe HWR	政局动荡、地震
	ASEA-Brown-Boveri	瑞典	1300 MWe BWR	
	NPI	德国	1400 MWe PWR	
	Westinghouse	美国	600 MWe LWR	
2007~2009	Atom Stroy Export	俄罗斯	1200 MWe PWR	报价与生态环境
2010	Atom Stroy Export	俄罗斯	1200 MWe PWR	成功

资料来源：Thomas Lorenz and Joanna Kidd, “Turkey and Multilateral Nuclear Approaches in the Middle East,” *The Nonproliferation Review*, Vol. 17, No. 3, 2010, p. 520。

由表 1 可见，21 世纪以来，中东地区核能开发进入新的阶段，中东各国自主性增强，在国际舞台上获得一定话语权，中东多国分别与域外核能大国签订和平利用协议。发展成为时代主流，发展经济成为核心驱动力，并且绿色可持续发展逐渐成为国际共识，核能开发成为一项必要选择。以色列仍处于中东地区核能开发的前列，但伊朗、土耳其、海合会国家等展现出强劲竞争力，在中东核能开发中占据一席之地。

（三）中东国家民用核能开发的动因分析

以阿拉伯、以色列、伊朗和土耳其为代表的中东国家发展核能有三大动因：经济动因、政治动因与安全动因。经济动因指中东国家出于满足国内经济社会发展、减少电力供应缺口、促进海水淡化等原因发展核能；政治动因即中东国家将核能视为政治大国地位的象征，通过掌握核能技术、培养核人才来获得核大国地位，跻身世界“核俱乐部”；安全动因指中东国家试图打破周边大国的核垄断与核讹诈，通过发展军民两用核能，以维持核平衡。如埃及主要基于政治动因发展核能，埃及领导人一直声称在阿拉伯世界拥有领导地位，作为中东无核武器区的有力倡导者，埃及在反对核扩散的同时支持《不扩散核武器条约》成员国和平利用民用核能。^① 以色列现阶段主要基于经

^① Robert Mason and Gawdat Bahgat, “Civil Nuclear Energy in the Middle East: Demand, Parity, and Risk,” The Arab Gulf States Institute in Washington, April 11, 2019, p. 16.

济动因发展核能。以色列的煤炭、石油和天然气储量均有限,绝大部分依靠进口,其中以色列1/3的电力曾来自煤炭发电,但是造成的环境污染问题,尤其是二氧化碳排放量不断增加,迫使以色列政府寻求清洁能源,如太阳能、风能和核能,发展新能源还可以减少对国外化石燃料的进口依赖。以色列发展核能的另一个动力是海水淡化。2014年,以色列在阿什克隆等四个沿海地区建立了四座海水淡化工厂,年淡化海水5亿立方米,占当年以色列淡水使用总量的5/8。迄今为止,以色列海水淡化主要依靠天然气。^① 伊朗则主要基于安全动因。除了发展核能增强民族自豪感外,伊朗发展核能的最主要目的是抵抗来自美国的外部威胁。长久以来,美国一直认为伊朗拥有核武器会直接威胁以色列,破坏地区稳定,并给美国、欧洲国家和其他盟国带来安全风险,遂积极动员国际社会阻止伊朗拥有核武器。目前,双方正就伊核协议进行谈判。中东地区核电机组台数、装机容量与铀需求量见表2。

表2 中东地区核电机组台数、装机容量与铀需求量

国家	2018年 装机容量 (10亿 千瓦时)	截至2020 年已建成 机组台数 (台)	截至2020 年在建机 组台数 (台)	截至2020年 计划建设机 组台数(台) 及装机容量 (兆瓦)	截至2020年 提议建机组 台数(台) 及装机容量 (兆瓦)	截至2020年 铀需求量 (吨)
埃及	0	0	0	4(4800)	0	0
以色列	0	2*	0	0	0	0
阿尔及利亚	0	1*	0	0	0	0
也门	0	0	0	0	2(1500)	—
伊朗	6.3	1	1	1(1057)	5(2760)	157
约旦	0	0	0	0	1(1000)	0
沙特	0	0	0	0	16(17000)	0
土耳其	0	0	1	3(3600)	8(9500)	0
阿联酋	0	0	4	0	0	966

注: *用于科学研究,尚未用于发电。

资料来源:“World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements,” February 2020, <https://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requireme.aspx>。

① Or Rabinowitz, “Nuclear Energy and Desalination in Israel,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 32.

二 域外国家参与中东民用核能开发的新态势

从供给方来看,近年来随着美国、法国、日本、俄罗斯等核能大国的国内市场日益饱和,核能出口日益成为这些大国转移优势产能的重要举措,探索海外市场尤其是发展中国家的民用核能市场成为这些大国的重要任务。在此过程中,“国际核能合作”应运而生,推销核电项目成为大国领导人出访中东的重要任务。世界民用核能大国不断鼓励本国民用核电公司走出去,并积极创造条件。日本日立、东芝和三菱,美国通用和西屋,法国阿海珐,俄罗斯国家原子能公司等都是核能大国开展“国际核能合作”的巨头。

(一) 俄罗斯

俄罗斯是核电出口大国,核电项目成为俄罗斯外交的重要筹码。2015年9月,俄罗斯国家原子能公司总裁报告普京总统:俄罗斯已获得海外12个国家共30座核电站建设订单,总订单超过3000亿美元。^①2020年,俄罗斯国家原子能公司公布2020年年报,报告显示,2018~2020年国外订单总量维持在1400亿美元左右。^②近年来,俄罗斯积极帮助东欧国家、印度、孟加拉国和土耳其建造核电站,如帮助白俄罗斯建成了该国第一座核电站。在与中东国家构建伙伴关系过程中,俄罗斯积极发挥自身核能优势。俄罗斯国家原子能公司是世界上最大的原子能公司,与美国、中国、法国和韩国的核能公司在中东展开了激烈竞争。新时期俄罗斯核能出口的重点开始从欧洲国家、越南和印度转向中东国家,与伊朗、土耳其、约旦、埃及、沙特积极探索核能合作项目。俄罗斯在中东地区开展的核电站项目情况见表3。

表3 俄罗斯在中东地区开展的核电站项目

对象国	建设核电站项目数量(个)	建成时间	建设经费(亿美元)	发电量(兆瓦)
伊朗	1~2	2011(2016)	—	1000

① M. V. Ramana and Zia Mian, “Scrambling to Sell a Nuclear Middle East,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 40.

② “Performance of State Atomic Energy Corporation,” Rosatom, 2020, p. 26.

续表

对象国	建设核电站项目数量(个)	建成时间	建设经费(亿美元)	发电量(兆瓦)
埃及	1	2015~2024	300	4800
阿尔及利亚	1	2015	—	—
土耳其	1	2018	—	—
约旦	1	—	—	—

资料来源: László Póti, “Russian Policies towards the MENA Region,” Working Papers, No. 9, *Middle East and North Africa Regional Architecture*, July 2018, p. 11.

冷战结束后,俄罗斯帮助伊朗建设了布什尔核电站,该核电站也成为中东地区首个投入运营发电的核电站。俄罗斯还积极帮助土耳其建设核电机组,其中俄罗斯和中国、日本一道帮助土耳其修建的阿库由核电站将占土耳其用电量的10%。^①2012年12月,俄罗斯与阿联酋在阿布扎比签署了和平利用核能的合作协议,双方的签字代表分别为俄罗斯国家原子能公司总经理谢尔盖·基里延科和阿联酋能源部部长穆罕默德·哈利利。

俄罗斯也是沙特重要的核能合作伙伴。2015年,俄罗斯与沙特签订了和平利用核能的合作协议,俄罗斯宣布将参与沙特阿卜杜拉国王原子与可再生能源城的核电建设。作为交换,沙特将投资俄罗斯国内油气项目。2018年初,两国达成一致,沙特将投资总额200亿美元的北冰洋“液化天然气-2”项目,俄罗斯帮助沙特开发核能。^②沙特和美国核能合作裹足不前,为俄罗斯提供了战略机遇。尽管美国与沙特就民用核能合作进行过密切交流,但是迟迟未能签订合作协议。美国希望沙特走阿联酋的道路——不得进行铀浓缩,同时必须将乏燃料运往国外,而沙特希望建立独立的民用核能全产业链体系。不仅如此,沙特还希望培养本国的核能工程师、技术专家、核燃料处理专家等,在沙特阿卜杜拉国王科技大学拟设立核工程课程。^③沙特希望核能国际合作能够奉行多元化战略,与美、俄、中、韩、法等国保持密切合作,避免依附任何一方。

- ① Ely Karmon, “Russia in the Middle East-The Sunni Connection,” Institute for Policy and Strategy, IDC Herzliya, August 2018, p. 5.
- ② Nicu Popescu and Stanislav Secieru, eds., “Russia’s Return to the Middle East: Building Sandcastles?” *Chaillot Papers*, No. 146, July 2018, p. 89.
- ③ Jim Krane, Amy Myers Jaffe and Jareer Ellass, “Nuclear Energy in the Middle East: Chimera or Solution?” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 46.

（二）美国

围绕 1954 年《原子能法》，美国国会制定了原子能管理的总法律框架。在核能出口方面，美国管控非常严格，严禁民用核能转为军用，目前只有约旦愿意满足这一标准，与美国开展核能合作。沙特、阿联酋、埃及、土耳其等强调核能是国家主权的象征，是一项系统性“国家工程”，不能受制于人。冷战时期，美国占领了全球民用核能约 90% 的市场，而到特朗普执政时期，随着其他大国民用核能技术的进步，美国占全球民用核能的市场份额已下降至 20% 左右，俄罗斯和中国占领了全球民用核能市场最大份额，在海外建设的 80~100 个重大核合作项目中，绝大部分由俄罗斯和中国承建。^① 除中俄外，美国还面临盟友如法国和韩国的激烈竞争。

为此，特朗普政府提出，美国国务院将奋起直追，与发展民用核能的国家签订合作备忘录，围绕核能出口，促进国内各部门之间的协调，与对象国建立总统、总理和部长等级别的合作委员会。截至 2019 年，美国努斯凯尔电力公司（NuScale Energy）与加拿大、罗马尼亚和约旦签订建设小型核反应堆的协议。但是美国与对象国分享核技术，必须经国会批准，这无疑会降低美国核能国际合作的效率。^② 迄今为止，美国已与阿联酋、沙特、约旦、埃及、土耳其、以色列等盟国签订核能合作协议，帮助上述国家培养专业人才，加强核能研究，但是因核电机组出口条件苛刻，美国在中东尚未获得大额订单。

（三）韩国

韩国在核电技术方面进步很快，从核技术进口国上升为核技术出口国。1962 年，韩国建成首座小型核试验反应堆。2007 年，韩国成为世界上第三个具备自行研发第三代核电技术的国家，约旦、阿联酋、土耳其、沙特成

① Tom DiChristopher, “The US Is Losing the Nuclear Energy Export Race to China and Russia; Here’s the Trump Team’s Plan to Turn the Tide,” CNBC, March 21, 2019, <https://www.cnbc.com/2019/03/21/trump-aims-to-beat-china-and-russia-in-nuclear-energy-export-race.html>.

② Tom DiChristopher, “The US Is Losing the Nuclear Energy Export Race to China and Russia; Here’s the Trump Team’s Plan to Turn the Tide,” CNBC, March 21, 2019, <https://www.cnbc.com/2019/03/21/trump-aims-to-beat-china-and-russia-in-nuclear-energy-export-race.html>.

为韩国重要的国际核能合作者。

2009年韩国总理韩升洙访问约旦,推销APR-1400核反应堆;2009年韩国总统李明博访问阿联酋,推销核能项目。正如韩国电力公司总裁所言:“没有韩国总统李明博的推销和韩国政府的大力支持,韩国电力公司不可能获得阿联酋核能订单。”^①2009年12月,韩国力压美国、法国等世界老牌核电出口国,成功赢得阿联酋价值204亿美元的四座轻水核反应堆核电站建设合同,包括工程开发、采购、建设、提供核燃料、运营和维修等。这四座核反应堆位于阿布扎比的宰夫拉(AI Dhafra),2012年、2013年、2014年和2015年四座核反应堆相继投入建设。这四座核反应堆远离城市,在海岸沙漠地带,靠近沙特。^②同时,为促进韩国与阿联酋之间的核能合作,帮助阿联酋推动人力资源培训,韩国还在阿布扎比成立“核安全韩国研究所”(Korean Institute for Nuclear Safety)。^③

韩国成功中标阿联酋巨额核电机组项目,在中东产生了重要示范效应,其他国家也开始将合作重点转向韩国。2010年3月10日,韩国与土耳其签署了为土耳其承建两座核电站的《核电项目合作相关的联合公报》。除土耳其外,2013年,韩国获准在约旦科技大学建设约旦首座核研究型核反应堆;2015年,韩国与沙特达成协议,拟在沙特建设两座韩国自主开发的“SMART”核反应堆,试运行后,两国将联手出口第三国,目前该核反应堆正在建设中。^④

(四) 法国

法国也是核能大国,在中东一直探索民用核能项目,对于核能经济发展

-
- ① M. V. Ramana and Zia Mian, “Scrambling to Sell a Nuclear Middle East,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 41.
- ② 同时,为防止“将鸡蛋放入一个篮子”,2009年阿联酋与美国签订《123协议》,宣布阿联酋将致力于公开与透明的和平利用核能计划,不会寻求浓缩铀和再处理乏燃料。参见 Thomas Lorenz and Joanna Kidd, “Turkey and Multilateral Nuclear Approaches in the Middle East,” *Non-proliferation Review*, Vol. 17, No. 3, 2010, p. 515.
- ③ John Banks, Kevin Massy and Charles Ebinger, eds., “Human Resource Development in New Nuclear Energy States: Case Studies from the Middle East,” *Brookings Energy Security Initiative Policy Brief*, Vol. 12, No. 2, November 2012, pp. 10-12.
- ④ Tom DiChristopher, “The US is Losing the Nuclear Energy Export Race to China and Russia: Here’s the Trump Team’s Plan to Turn the Tide,” *CNBC*, March 21, 2019, <https://www.cnbc.com/2019/03/21/trump-aims-to-beat-china-and-russia-in-nuclear-energy-export-race.html>.

具有重要意义。2009年，萨科齐执政期间法国与沙特、阿尔及利亚、约旦、利比亚、卡塔尔、阿联酋等中东国家签订了核能合作协议，阿海珐集团、布依格集团（Bouygues）、法国电力公司（Electricité de France）和欧洲气体扩散公司（Eurodif）等民用核能公司积极探索在中东国家的市场。^①

2008年8月，法国与约旦在巴黎签署核能合作协议，约旦原子能委员会与法国阿海珐集团签署了一份谅解备忘录，旨在成立一家合资公司，以勘探约旦境内的铀资源以及帮助约旦建设核电厂，约旦国王阿卜杜拉二世与法国总统萨科齐出席了签字仪式。^② 2008年法国总统萨科齐还访问阿联酋，两国签署核能合作协议，法国根据协议帮助阿联酋开发民用核能。

（五）日本

除俄罗斯、美国、韩国和法国外，日本也是核电出口大国。2009年4月14日，约旦国王阿卜杜拉二世访问日本，见证了约旦原子能委员会和日本经济产业省签署核能合作协议。根据该5年协议（根据需要还可再延长5年），日本将援助约旦引入核电，日方还将提供核电及技术方面的培训和进行人力资源开发，帮助约旦培养核技术人才。^③ 2010年12月，日本首相安倍回访问约旦，进一步推销核反应堆。^④ 近年来，日本核电公司参股其他核电企业的“拼船出海”现象也日益明显，美国通用电气公司、美国西屋电气公司和法国阿海珐集团都是日本企业参股的公司，这些核反应堆供应商与

① Robert Mason and Gawdat Bahgat, "Civil Nuclear Energy in the Middle East: Demand, Parity, and Risk," The Arab Gulf States Institute in Washington, April 11, 2019, p. 3. 另可参见 Mehran Kamrava, ed., *The Nuclear Question in the Middle East*, New York: Columbia University Press, 2012; Jim Krane, Amy Myers Jaffe and Jareer Ellass, "Nuclear Energy in the Middle East: Chimera or Solution?" *Bulletin of Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, pp. 44-51; Giacomo Luciani, "Nuclear Energy Developments in the Mediterranean and the Gulf," *The International Spectator*, Vol. 44, No. 1, 2009, pp. 113-129; Gawdat Bahgat, *Proliferation of Nuclear Weapons in the Middle East*, Gainesville: University Press of Florida, 2007; Dan Drollette Jr., "View from the Inside: Prince Turki al-Faisal on Saudi Arabia Nuclear Energy and Weapons, and Middle East Politics," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, January 2, 2016, pp. 18-21.

② 常冰：《法国与约旦签署核能合作谅解备忘录》，《国外核新闻》2008年第9期，第5页。

③ 张炎：《日本与约旦签署核能合作谅解备忘录》，《国外核新闻》2009年第5期，第4页。

④ M. V. Ramana and Zia Mian, "Scrambling to Sell a Nuclear Middle East," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 41.

主导关键部件供给的日本核能工程公司存在复杂关联。^①如法国阿海珐集团就严重依赖向其提供铸造设备和制造设备的日本钢厂和三菱重工集团,日本钢铁公司占据全球核反应堆部件市场将近八成份额。^②日本通过参股其他核电企业,实现嵌入式发展,既避免了恶性竞争,又节约了成本,使国内核电企业获得市场份额。

(六) 中国

中国核能企业的崛起与国际化发展,推动了中国特色的核能合作,中国核能开发在国际市场上尤其是中东地区占据重要地位。2012年,沙特和中国签署了民用核能合作谅解备忘录。2015年5月21~23日,中国核工业集团公司(CNNC)与埃及核电厂管理局(NPPA)签署合作建设电力反应堆的谅解备忘录,CNNC成为“埃及核电项目的官方合作伙伴之一”。^③2017年8月24日,CNNC与沙特地质调查局(SGS)签署了一份谅解备忘录,以进一步促进双方在勘探和评估铀和钍资源方面的现有合作。此外,沙特技术开发和投资公司(Taqnia)与CNNC签署了另一份谅解备忘录,利用气冷堆开发海水淡化项目。^④2018年9月21日,中国司法部公布了《中华人民共和国原子能法(征求意见稿)》,旨在促进中国庞大的核工业走向世界,争取在核出口市场上占有一席之地。2022年两会期间,全国政协委员、中国核动力研究设计院党委书记万钢建议,为更好地推动我国核电“走出去”,国家层面应加大统筹协调力度,出台核电出口融资政策以及加强在国际组织和国际活动中的宣传等,提升我国核电的知名度和竞争力。^⑤中东地区作为我国“一带一路”倡议着力区,民用核能发展也将备受重视。

-
- ① 李小军:《日本后福岛时期的核能政策研究》,《国际政治研究》2017年第3期,第132页。
 - ② 李小军:《日本与印度核能合作的动因、影响及前景》,《太平洋学报》2016年第3期,第38页。
 - ③ “China, Egypt Agree to Nuclear Cooperation,” *World Nuclear News*, May 28, 2015, <https://www.world-nuclear-news.org/NP-China-Egypt-agree-to-nuclear-cooperation-2805154.html>.
 - ④ “Saudi Arabia and China Boost Nuclear Co-Operation,” *Nuclear Engineering International News*, August 28, 2017, <https://www.neimagazine.com/news/newssaudi-arabia-and-china-boost-nuclear-co-operation-5910620/>.
 - ⑤ 《两会核声——万钢:以核电为纽带,构建能源领域人类命运共同体》,《中国电力报》2022年3月5日。

2022年12月,习近平主席访问沙特,在利雅得出席首届中阿、中国与海合会、中国与沙特“三环峰会”。习近平主席在中阿峰会上发表主旨讲话,提议中阿双方“开拓航空航天、数字经济、和平利用核能等新领域”。^①峰会期间,中国广核能源国际控股公司与AlJomaih集团在沙特利雅得签署框架合作协议,将携手在沙特、老挝、孟加拉国、阿塞拜疆等国打造超1000万千瓦的能源项目,涵盖太阳能、风力、燃气和热力发电项目。^②

稳步发展的中国与中东国家的核能合作具有不同形式,如培训核能人才、修建核电站、开采核物质、提供核材料、供应重水与轻水、提供技术援助等。中国通过核能合作的形式,推动了中国特色的核能合作。中国的核能合作指在《不扩散核武器条约》框架下出口天然铀、浓缩铀及装配式燃料组件,以及在重水研究反应堆/部件、供应反应堆、金属合金、核废料服务、后处理技术援助、核物理、工程和操作、工程建设等方面的合作。^③中国与中东国家的核能合作形式多样,不仅包括获得对象国的订单,帮助中东国家建设核电站,而且包括为对象国核电项目提供贷款、建设与核电项目相关的基础设施。^④

三 域外核能大国与中东国家民用核能合作的挑战

2015年伊朗核协议签订以来,埃及、以色列、伊朗、约旦、沙特、土耳其、阿联酋、阿尔及利亚等成为民用核能开发最积极的国家,也成为国际核能大国产能输出的重点国家。域外大国核能“走向中东”机遇与挑战并存。

第一,中东国家对核安全的顾虑限制了国际核能合作。中东不少国家在发展核能问题上犹豫不决,一方面是因为核能投资成本高,另一方面是

-
- ① 《习近平出席首届中国—阿拉伯国家峰会并发表主旨讲话》,《人民日报》2022年12月10日,第1版。
 - ② 《中广核能源国际与AlJomaih集团在沙特签署框架合作协议》,国际电力网,2022年12月9日,<https://power.in-en.com/html/power-2419665.shtml>。
 - ③ Weixing Hu, “China’s Nuclear Export Controls: Policy and Regulations,” *The Nonproliferation Review*, Winter 1994, p. 4.
 - ④ M. V. Ramana and Zia Mian, “Scrambling to Sell a Nuclear Middle East,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 40.

因为担心核安全,如沙特、科威特、阿曼、以色列等国对核发展就有顾虑。“核安全”是一个宽泛的概念,在英语中有“nuclear security”和“nuclear safety”两个词。根据国际原子能机构的定义,前者指在核材料使用、储存和运输过程中,对盗窃、蓄意破坏、未经授权获取、非法转让等恶意行动所采取的预防、探测和响应措施,对应中文可译为“核安保”;后者指从保护公众及环境不受放射性危害的角度出发,采取措施确保核设施的正常运行、预防事故的发生、限制可能的事故后果,对应中文可译为“核安全”。^①自20世纪70年代以来,以色列就在迪莫纳建立了核反应堆,到21世纪初,已经30多年。一直有技术专家表示,以色列迪莫纳核设施会产生核泄漏风险,成为第二个切尔诺贝利,埃及、约旦以及以色列都担心核辐射、核泄漏与核废料污染将对周边环境构成巨大威胁。^②这是中东国家在发展核能问题上一直举棋不定的重要原因。

1957年10月,英国坎伯兰郡附近的一座核反应堆石墨堆芯起火,导致大量放射性污染物外泄,酿成核灾难;1979年3月,美国宾夕法尼亚州哈里斯堡东南16公里处的三里岛核电站2号反应堆发生放射性物质外泄事故;1986年4月,乌克兰普里皮亚季邻近的切尔诺贝利核电厂的第四号反应堆发生爆炸,造成9.3万人死亡;^③2011年受地震影响,日本福岛第一核电站发生放射性物质泄漏事故。日本福岛核泄漏事故发生后,中东民众普遍对核电站的安全性尤其是核辐射感到担心。中东国家科威特、阿曼、以色列临时叫停了核电机组项目,沙特的核能项目也因此而推迟。以色列迟迟不愿意发展民用核能,主要不是因为缺乏技术条件,而是因为以色列政府缺乏意愿。近年来,以色列电力的1/3靠天然气发电,约2/5靠煤炭发电,尽管1999年以来以色列在东地中海地区发现了储量惊人的天然气,但实现能源结构的多样化是以色列政府努力的方向,发展核能与太阳能均是以色列的选项。以色列对核安全的担心主要基于三点。其一,以色列国土面积狭小,一旦发生核泄漏事故,必将使地下水、植被和其他生态环境受到污染;

① 傅小强:《从全球治理角度认识国际核安全问题》,《现代国际关系》2016年第3期,第2~3页。

② Mounzer Sleiman, “Shutting down Dimona: Israel’s Nuclear Programme, Arsenal and Environmental Threat,” *Contemporary Arab Affairs*, Vol. 3, No. 4, 2010, p. 437.

③ 梁长平:《全球安全治理视野下的核安全》,《阿拉伯世界研究》2013年第3期,第44页。

其二，以色列处于地震带上，周边地区地震多发，影响核电站的安全；其三，除土耳其、埃及、约旦、阿联酋以外，以色列尚未与中东主体国家建立外交关系，加上中东恐怖主义猖獗，反以、反犹主义情绪高涨，不排除以色列民用核设施会遭敌对势力打击，造成灾难性后果。^①

不仅如此，中东地区地震多（特别是伊朗和土耳其），温度高（如海湾地区以及埃及、约旦等），恐怖袭击频发，大国之间地缘政治争夺激烈，无论是自然还是人为因素都会影响中东地区民用核设施安全。2013年伊朗发生7.7级地震，世界核协会称，伊朗布什尔核电站出现了小裂缝。一旦波斯湾地区出现核泄漏，对于依靠海水淡化的周边国家来说将是严峻挑战。^② 韩国、俄罗斯、法国等将自己的核电站复制到中东，会不会水土不服而产生安全隐患，值得关注。

对于大部分中东石油和天然气出口国来说，能源安全并非紧迫任务。随着阿联酋、土耳其、沙特、埃及、约旦等纷纷发展自己的核项目，且核材料主要依靠外部大国供应，从长远来看面临供应安全的问题。此外，中东国家核能发展起步较晚，专业人才匮乏，技术仍然在发展阶段，都限制了域外国家核能“走向中东”。^③

第二，中东国家对核竞赛的担心抑制了域外国家核能产业向中东转移。2010年5月在《不扩散核武器条约》会议上，埃及代表曾经提议召开“中东消除大规模杀伤性武器国际会议”，后由于以色列的抵制、美国缺乏热情以及“阿拉伯之春”的爆发而搁浅。^④ 2012年3月，在韩国首尔举行的核安全峰会以加强核材料和核设施安全为主题，重点讨论加强核安全的国家措施和国际合作。全球核安全治理是全球安全治理的重要组成部分，各大

① Or Rabinowitz, "Nuclear Energy and Desalination in Israel," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 35.

② Jim Krane, Amy Myers Jaffe and Jareer Ellass, "Nuclear Energy in the Middle East: Chimera or Solution?" *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 47.

③ Ephraim Asculai, "Nuclear Power in the Middle East," *The Nonproliferation Review*, Vol. 19, No. 3, 2012, p. 395.

④ Liviu Horovitz, "Israel and the 2012 Middle East Nuclear Meeting," *The RUSI Journal*, Vol. 156, No. 5, 2011, pp. 52-58.

国都保留着核竞争的战略动机,取得实质性突破的难度很大。^①阿联酋驻美大使在与众议院外交委员会主席埃德·罗伊斯(Ed Royce)会谈时指出,既然伊朗有浓缩铀的权利,阿联酋也有同样的权利,阿联酋和美国签订的《123协议》禁止阿联酋从事铀浓缩也应该不再有效。^②如果朝着这个方向,中东无核区建设将遥遥无期,甚至会因为中东地区核电竞赛而引发核扩散危险。^③阿拉伯国家的这一顾虑,影响了俄罗斯等域外国家与伊朗的核能合作。

第三,核恐怖主义威胁抑制了中东国家发展民用核能的意愿。2006年沙特曾经发生“基地”组织石油化工厂的未遂恐怖主义袭击事件,^④对今后中东国家的核能项目和其他基础设施安全来说,无疑敲响了警钟。常规精确制导弹(PGMs)可以使核国家和非核国家进行类似核打击一样的战争,其效果与核战争相似。例如,用常规精确制导弹攻击该地区的核反应堆可能产生与核辐射事件类似的效果;常规武器战争诱发的类似的核效应会严重破坏有核国家和无核国家的关系,导致冲突升级。^⑤

核材料供应安全影响中东国家发展民用核能的决心。中东地区是全球冲突最集中的地区之一,核能开发具有高度的敏感性。众所周知,丰度超过20%的铀-235和钷都是核武器生产的重要材料。钷是核反应堆运行的副产品;一些核燃料中的铀-238在辐照过程中会转变为钷。^⑥钷作为核反应堆的产物之一,其产量在未来将会持续增长。当前民用领域的分离钷大多

-
- ① 黄仁伟:《全球治理机制变革的新特点和中国参与全球治理的新机遇》,《当代世界》2013年第2期,第4页。
 - ② Yoel Guzansky, “Below-the-Threshold Nuclear Development: The Nuclear Program in the UAE,” *Strategic Assessment*, Vol. 18, No. 3, October 2015, p. 77. 阿联酋驻国际原子能机构的代表 Hamad Alkaabi 在接受采访时也表达了类似的担忧。参见 John Mecklin, “UAE Ambassador and Nuclear Power Expert Hamad Alkaabi,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, pp. 25-31.
 - ③ 参见 Tomisha Bino, “The Pursuit of a WMD-Free Zone in the Middle East,” International Security Department, Chatham House, July 2017, pp. 2-18.
 - ④ Jim Krane, Amy Myers Jaffe and Jareer Ellass, “Nuclear Energy in the Middle East: Chimera or Solution?” *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, p. 48.
 - ⑤ Andrew F. Krepinevich, “Critical Mass: Nuclear Proliferation in the Middle East,” Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2013, p. 37.
 - ⑥ Ephraim Asculai, “Nuclear Power in the Middle East,” *The Nonproliferation Review*, Vol. 19, No. 3, 2012, p. 396.

是反应堆级的钚，虽然不是武器级的钚，但也可以制造出粗糙的核装置。由于钚有很强的化学毒性，即使将之做成脏弹，其危害性也非常大。^①《核材料实物保护公约》于1987年生效，是民用核材料实物保护领域中唯一的国际法文书。该公约旨在保护核材料在国际运输中的安保，防止未经政府批准或者授权的集团或个人获取、使用或扩散核材料，并在追回和保护丢失或被窃的核材料、惩处或引渡被控罪犯方面加强国际合作，对公约范围内的犯罪建立普遍管辖权，防止核武器扩散。^②中东国家对恐怖组织获得核材料的担心限制了其发展民用核能的意愿。

第四，高经济成本限制了中东国家民用核能产业的发展。冷战时期，美国、法国和日本修建的核反应堆占世界的3/4，但自20世纪80年代开始，比利时、德国、意大利、荷兰、日本、瑞典、瑞士、英国和美国均放弃了核产业，主要是因为核电项目成本太高。2016~2017年日本核电公司巨头东芝公司净亏损达99亿美元，法国核电公司阿海珐集团2014~2016年损失达75亿欧元。^③阿联酋、土耳其、伊朗、埃及等国的核燃料大多需要从国外进口，乏燃料还需要运出该地区，核材料运输和储存的经济成本较高。相比之下，2010~2015年，太阳能光伏电站的建设成本下降了2/3，今后还可能继续下降。从经济成本来看，太阳能比核能更廉价也更安全。^④

核电站的建设成本由于技术获得成本的变化而逐步降低，核电站的建设周期由原来的20多年、14年到现在在6~7年内可以完成。^⑤无论是核能还是其他可再生新能源，都属于资金密集型产业，除阿联酋、沙特等几个富国外，其他中小国家大多缺乏雄厚的资金从事民用核能开发。^⑥核能项目投资高、见效慢，难以在短时间内产生经济效益，成为这一新能源发展的短板。

-
- ① 蒋翊民、孙向丽：《核安全峰会与核安全全球治理》，《国际安全研究》2016年第3期，第145页。
 - ② 樊吉社：《核安全全球治理：历史、现实与挑战》，《国际安全研究》2015年第2期，第28页。
 - ③ Mark Hibbs, "The Future of Nuclear Power in China," Carnegie Endowment for International Peace, 2018, pp. 7-8.
 - ④ M. V. Ramana and Zia Mian, "Scrambling to Sell a Nuclear Middle East," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, 2016, pp. 41-42.
 - ⑤ 刘兵、李玉琼、刘赞：《我国核电“走出去”的机会窗口及时机抉择——基于Bass模型》，《科研管理》2019年第11期，第99页。
 - ⑥ Ali Ahmad and Ryan Snyder, "Iran and Multinational Enrichment in the Middle East," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 72, No. 1, p. 53.

第五,中东国家存在反核电运动,多边合作机制建设裹足不前。从欧美发达国家到亚洲大国再到发展中国家,很多建设核电项目的国家面临非政府组织和普通民众的反对,出于两个原因:“反核”和平运动以及民众对生活环境污染遭核污染的担心。随着中东国家引入核电大国的核反应堆数量不断增加,中东国家民众反核情绪也势必会上升,影响核能项目的选址与落地。中东国家试图建立和平利用核能的多边机制一直裹足不前。海合会国家曾经提议建立六国和平利用核能机制,最终沙特和阿联酋独自与外部大国合作建立核反应堆;土耳其试图建立土耳其—叙利亚—伊拉克三国和平利用核能计划,最终也未实现,而土耳其在俄罗斯的帮助下建立核反应堆;以色列曾经提议与邻国约旦联合建立核反应堆,和平利用核能,遭到约旦的拒绝。

结 论

域外国家与中东国家发展国际民用核能合作是中东国际核能合作的重要内容,其涉及中东国家能源消费结构多元化、域外国家与中东国家产能合作、各国外交战略调整等多个议题。本文通过研究得出以下结论。

第一,中东国家发展民用核能出于经济与政治的双重考量。中东国家人口自然增长率较高,国内石油和天然气的消费量不断增加,使油气出口大国赚取国际硬货币的能力不断下降。除政治诉求外,海湾国家、伊朗和埃及国内能源补贴日益成为政府的财政负担,亟须发展核能、太阳能和风能等新能源,减少碳排放量,防止空气污染,使更多的油气可以出口到国外,赚取外汇、增加国民收入。为满足国内的电力需求,中东不少国家不得不依靠石油发电,2021年根据联合石油数据库(JODI),2018年沙特用于发电的原油消费量平均为41万桶/天,2019年和2020年小幅上升至42万桶/天;2020年,全球石油需求量下降和原油产量大幅下降限制了沙特的原油出口,降低了伴生天然气产量,增加了用于发电的原油和燃料油消费量,如2020年7~9月,原油直接燃烧量平均为65.4万桶/天,高于2019年同期的54.5万桶/天。^①而这些原油本可以在国际市场上出售,扩大出口。中东

^① “Country Analysis Executive Summary: Saudi Arabia,” U.S. Energy Information Administration, December 2, 2021, p. 3.

国家日照时间长,太阳能尽管在中东地区发展迅速,也有发展太阳能的优越条件,但是迄今中东仍有近 10 个国家积极发展民用核能。这一方面是因为中东国家奉行能源结构的多元化战略,尤其注重紧跟时代潮流,积极发展核能、太阳能等新能源,避免对传统能源的依赖;另一方面,核能是国家综合实力的象征,被中东国家赋予了特殊的政治含义,掌握核能是一国提升政治大国地位、跻身世界“核俱乐部”的重要“入场券”。^①核能开发已经超出了纯粹经济和能源的范畴,上升为中东国家的一项战略。

第二,中东国家的“民用核竞赛”为域外国家在中东开展核能合作提供了战略机遇。受以色列掌握核武器、21 世纪以来伊朗积极推动核计划的刺激,以沙特、阿联酋、巴林和埃及为代表的阿拉伯国家决心采取“对冲战略”,应对国内不断增加的电力需求、海水淡化需求和伊朗的“拥核崛起”。^②埃及政府发言人曾经指出:“埃及拒绝任何限制《不扩散核武器条约》缔约国,特别是需要最大限度地利用包括核能在内的不同能源,以满足日益增长的能源需求的发展中国家诉求,发展核能是广大发展中国家弥补国内能源供应不足的重要手段。”^③中东有意发展民用核能的国家,大多奉行“多元化”战略,为域外国家提供了机遇。俄罗斯承建土耳其、埃及、约旦的核电机组,韩国承建阿联酋的四个核电机组,法国和日本联手承建土耳其的核电机组。作为新来者,韩国与日本和中东的核能合作尽管具有“增量”优势,但其他核能大国如俄罗斯、法国、美国具有“存量”优势。

[责任编辑:张玉友]

-
- ① 参见 Jeffrey Ball, “The New Age of Renewable Energy,” *Cairo Review of Global Affairs*, Winter 2018.
- ② “Nuclear Energy Expansion in the Middle East: Reactions to Iran?” *Journal of Strategic Comments*, Vol. 12, Iss. 9, 2006, pp. 1-2.
- ③ Nabil Fahmy, “Mindful of the Middle East: Egypt’s Reaction to the New US Nuclear Posture Review,” *Nonproliferation Review*, Vol. 18, No. 1, p. 171.