

News & Highlights

核电不稳定导致美国政府关闭三哩岛核电站

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

1979年3月28日凌晨3点55分，一声听起来像是“机场最大的喷气式飞机发出的巨响”吵醒了一名住在宾夕法尼亚州三哩岛核电站附近的女士。她回忆说：“这声巨响使所有窗户震动起来，甚至整个房子都在颤抖。”[1]。美国历史上发生了最严重的民用核电站事故。“我们仍在处理这场事故的后果”，弗吉尼亚州里士满的弗吉尼亚联邦大学机械与核工程系的核工程师兼教授James Miller说。

三哩岛核事故摧毁了该核电站的其中一个核反应堆。这场事故是美国和世界核能发展的转折点。三哩岛核电站未损坏的1号反应堆在2019年被关闭，比原定计划提前15年。因此许多人认为40年前的那场事故发生之后，核能的发展开始走向衰落。

但是，Miller和其他专家表示，三哩岛核事故产生的影响远比大多数人想象得要复杂。他说：“尽管人们普遍认为美国核能工业发展停滞的原因与三哩岛核事故有很大的渊源，但是其他一些因素也不能忽视。”这些因素以及新经济挑战仍然是美国未来依赖核能资源的障碍。这在很大程度上阻止了这种相对清洁的能源对降低美国碳排放的贡献。

1974年和1978年三哩岛核电站（图1）的1号和2号反应堆分别投入使用时，核能在美国的发展呈上升趋势。20世纪70年代，50多个新的反应堆投入使用[2]，核电站在美国的发电份额增长了近6倍。1978年发电份额达到12.5% [3]。

因设备故障和工作人员的操作失误[4]，而使三哩岛2号反应堆产生异常，但并未导致爆炸。附近居民听



图1. 一张2010年拍摄的航拍照片显示了宾夕法尼亚州三哩岛核电站的冷却塔。该核电站位于哈里斯堡市以南的萨斯奎哈纳河上。1979年3月，在美国历史上最严重的核事故中，左侧的2号反应堆出现故障且无法运行。右侧的1号反应堆没有受到事故影响，但由于经济因素，2019年9月被停用，比原定计划提前了15年。Credit: Wikimedia Commons (CC0)。

到的巨响是反应堆关闭后蒸汽从涡轮机房排出的声音。但是，反应堆中约有一半的燃料熔化了，不过熔化的燃料没有渗过保护层[4]。这场核事故也释放出了放射性气体，超过8万人暂时逃离了该地区[4,5]。美国核管理委员会在事故后估计，事故产生的辐射量对核电站周围80 km半径范围内的200万居民的辐射水平低于胸透时X射线的辐射水平[6]。继三哩岛核事故之后，又发生了两次严重的核事故。1986年苏联切尔诺贝利核电站的一个反应堆发生爆炸并起火，大量放射性物质被释放到大气中[7]。反应堆的大部分燃料熔化并烧穿了保护层[8]。时至今日，由于放射性污染，该核电站周围约2600 km²

内的土地仍然无法居住[9]。最近的一次核灾难发生在2011年，一场海啸袭击了日本福岛第一核电站，导致三个反应堆熔毁，引发氢气爆炸，致使放射性物质泄漏到大气中[10,11]。事故发生后，从核电站附近撤离的人口总计有16.4万人。截至2019年4月，由于持续存在的辐射风险，仍有约4.3万人无法返回家园[12]。

三哩岛核事故并未终结美国的核能利用。美国的核能发电量仍高于世界上其他任何国家。美国国内仍有90多个反应堆在运行[13]。这些反应堆为美国提供了约19%的电力。核能是美国最大的低碳能源来源；相比之下，包括太阳能、风能和水力发电在内的所有可再生能源合计占全国电力的17%[14]。

然而，自20世纪70年代以来，核工业发生急剧衰退。三哩岛核事故之后，美国公共事业部终止了39个核反应堆的建造计划[15]。在过去的25年中，只在田纳西州的瓦茨巴尔核电站建设了两座反应堆[16]。其他一些国家仍然致力于建造新的核电站。例如，中国已经开启了48座反应堆，还有9座仍在建设中[17]。但是美国只有乔治亚州的沃格特勒核电站有两座建设中的反应堆。而且还是在美国能源部提供120亿美元贷款担保的情况下，这些反应堆的工作才得以继续[18]。

三哩岛核事故确实造成了美国核能的发展走向低迷。为了预防事故发生，美国采取了一系列补救措施。这影响了从核电站设计和操作程序到人员培训和政府监督的所有方面。Miller说，这些措施包括在每个核电站安装反应堆模拟器，升级控制室，改善安全系统以及增强核电站运营商之间的信息共享。他说，这起事故还导致了该行业更加严格的监管。

俄亥俄州戴顿大学的物理学教授Robert Brecha说，这些措施提高了核电厂的安全性，但同时也增加了发电成本。但他说，也许最重要的是，这次事故改变了公众对核能的想法。“一个标榜自己极其安全且可控的行业与其他许多技术一样，会发生人为失误和工程错误，工程师往往会低估潜在的风险。”

然而，事故发生之前就已出现的其他趋势也导致美国核能陷入困境。在事故发生时，飙升的建造成本、高贷款利率和不断下降的电力消耗已经减少了公共事业公司开发核能的野心[19]。例如，2013年的一项研究发现，计划在1960—2010年取消的反应堆中，有40%在三哩岛核事故之前就被废弃了[19]。Miller说：“事故发生的时候，核电站订单量的减少、核电站建设的放缓以及核电站成本的增加早已是现实了。”

核电现在面临着更加严峻的财务状况。水力压裂法已将天然气的成本削减了2/3，而且以廉价天然气为燃料的电厂正在削弱核反应堆在电力市场的竞争力[20]。受低价电力影响的最新受害者是三哩岛核电站未损坏的1号反应堆。该反应堆因为运行经济困难，2019年9月20日被关闭[21]。其他州的核反应堆在政府补贴或税收抵免的帮助下仍旧开放着[22]。可再生能源的成本也在下降[23]，从经济角度来看，核能的吸引力甚至更小。

专家预测，到21世纪中叶，美国1/5~1/3的核电站可能会被关闭[20]。核能在未来发电和控制碳排放方面应扮演什么样的角色仍存在争议。但是Brecha支持从核能转向可再生能源。他希望三哩岛核电站的关闭将刺激美国对未来国家能源的深入研究。他还说：“我们需要仔细思考未来20年或30年后的目标。”

References

- [1] McDonnell J. A pump failure, a claxon alert, a nuclear crisis [Internet]. Washington, DC: The Washington Post; 1979 Apr 8 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.washingtonpost.com/archive/politics/1979/04/08/a-pump-failure-a-claxon-alert-a-nuclear-crisis/13c206c7-ced8-4599-917e-43534f4c4006/>.
- [2] Monthly energy review [Internet]. Washington, DC: United States Energy Information Administration; 2019 Oct 25 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly>.
- [3] US nuclear generating statistics from 1971 to 2018 [Internet]. Washington, DC: Nuclear Energy Institute; [updated 2019 Jun; cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.nei.org/resources/statistics/us-nuclear-generating-statistics>.
- [4] Canales K. The Three Mile Island nuclear power plant is closing for good—here's what happened on the day of the worst nuclear disaster in the US [Internet]. New York: Business Insider; 2019 Aug 27 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.businessinsider.com/what-happened-threemile-island-worst-us-nuclear-disaster-2019-8>.
- [5] Cusick M. 40 years after a partial nuclear meltdown, a new push to keep Three Mile Island open [Internet]. Washington, DC: NPR; 2019 Mar 28 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.npr.org/2019/03/28/707000226/40-years-after-a-partial-nuclear-meltdown-a-new-push-to-keep-three-mile-island-o>.
- [6] Backgrounder on the Three Mile Island accident [Internet]. Washington, DC: United States Nuclear Regulatory Commission; [updated 2018 Jun 21; cited 2019 Oct 19]. Available from: <https://www.nrc.gov/reading-rm/docollections/fact-sheets/3mile-isle.html>.
- [7] Chernobyl accident 1986 [Internet]. London: World Nuclear Association; [updated 2019 Jun; cited 2019 Oct 23]. Available from: <https://www.worldnuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>.
- [8] Bressan D. How the Chernobyl nuclear plant meltdown formed world's most dangerous lava [Internet]. New York: Forbes; 2019 Jun 14 [cited 2019 Oct 23]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/davidbressan/2019/06/14/how-the-chernobyl-nuclear-plant-meltdown-formed-worlds-most-dangerous-lavaflow/# 6242575b1691>.
- [9] Bendix A. How dangerous is it to visit Chernobyl? We asked a nuclear-waste expert involved in the cleanup [Internet]. New York: Business Insider; 2019 Jun 14 [cited 2019 Oct 16]. Available from: <https://www.businessinsider.com/chernobyl-hbo-radioactive-nuclear-expert-says-tours-are-safe-2019-6>.
- [10] Griffiths J. Fukushima trial ends in not guilty verdict, but nuclear disaster will haunt Japan for decades to come [Internet]. Atlanta: CNN; [updated 2019 Sep 19; cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.cnn.com/2019/09/19/asia/japan-fukushima-trial-intl-hnk/index.html>.
- [11] Thompson A. Radioactive glass beads may tell the terrible tale of how the Fukushima meltdown unfolded [Internet]. Scientific American; 2019 Mar 11 [cited 2019 Oct 23]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/radioactive-glass-beads-may-tell-the-terrible-tale-of-how-the-fukushimameltdown-unfolded/>.
- [12] Evacuation order lifted in Fukushima host town [Internet]. London: World

- Nuclear News; 2019 Apr 10 [cited 2019 Oct 24]. Available from: <http://worldnuclear-news.org/Articles/Evacuation-order-lifted-in-Fukushima-host-town>.
- [13] Nuclear power in the USA [Internet]. London: World Nuclear Association; [updated 2019 Aug; cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.worldnuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/usa-nuclearpower.aspx>.
- [14] What is US electricity generation by energy source? [Internet]. Washington, DC: United States Energy Information Administration; [updated 2019 Oct 25; cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427>.
- [15] King L. Three Mile Island, where a meltdown forever changed nuclear energy in America, shut down Friday [Internet]. Rosslyn: USA Today; 2019 Sep 20 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.usatoday.com/story/news/politics/2019/09/20/three-mile-island-closes-meltdown-changed-nuclear-energy-america/2352254001/>.
- [16] Stockton N. Nuclear power is too safe to save the world from climate change [Internet]. New York: Wired; 2016 Apr 3 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.wired.com/2016/04/nuclear-power-safe-save-world-climatechange/>.
- [17] Power reactor information system [Internet]. Vienna: International Atomic Energy Agency; [updated 2019 Oct 29; cited 2019 Oct 16]. Available from: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN>.
- [18] Gardner T. US finalizes \$3.7 billion loan for Vogtle nuclear power plant [Internet]. London: Reuters; 2019 Mar 22 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.reuters.com/article/us-usa-nuclearpower-vogtle/u-s-finalizes-3-7-billion-loan-for-vogtle-nuclear-power-plant-idUSKCN1R31X9>.
- [19] Hultman N, Koomey J. Three Mile Island: the driver of US nuclear power's decline? *Bull At Sci* 2013;69(3):63–70.
- [20] Kramer D. US nuclear industry fights for survival. *Phys Today* 2018;71 (12):26–30.
- [21] Sholtis B. Three Mile Island nuclear power plant shuts down [Internet]. Washington, DC: NPR; 2019 Sep 20 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.npr.org/2019/09/20/762762962/three-mile-island-nuclear-powerplant-shuts-down>.
- [22] Loh T. A meltdown didn't kill Three Mile Island, but shale probably will [Internet]. Bloomberg Businessweek; 2018 Jun 5 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.bloomberg.com/news/features/2018-06-05/a-meltdown-didn-t-kill-three-mile-island-but-shale-probably-will>.
- [23] Dudley D. Renewable energy costs take another tumble, making fossil fuels look more expensive than ever [Internet]. New York: Forbes; 2019 May 29 [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/dominicdudley/2019/05/29/renewable-energy-costs-tumble/#695211d0e8ce>.