

# 世界核电厂运行 实绩报告（2023）



**WORLD NUCLEAR  
ASSOCIATION**



标题：世界核电厂运行实绩报告（2023）

制作单位：世界核协会、中核战略规划研究总院

出版日期：2023年8月

报告编号：2023/001

封面图片：福清核电有限公司福清核电站5、6号机组

世界核协会在编写本报告的过程中得到了国际原子能机构（IAEA）动力堆信息系统（PRIS）的大力支持，特此向IAEA表示感谢。

截至2022年12月31日，核电国家与地区概况数据准确。

©2023 世界核协会版权所有。注册于英格兰和威尔士，机构编号：01215741

本报告反映了业界专家的观点，但并未代表世界核协会任何成员组织的观点。

# 目录

---

序言	3
1.核电厂运行实绩	4
2.案例研究	
福清核电站5、6号机组调试经验	14
加拿大达灵顿核电厂翻新项目进展	16
田湾核能供汽项目	18
3.核电国家与地区概况	20
4.全球核电反应堆状况	57
5.总干事的总结发言	58
背景信息	59
缩略语	60
区域分类	60
延伸阅读	60



# 序言

---

2022年，全球的核反应堆发电量已连续第六年超过2500TWh。核能发电约占全球清洁电力的四分之一，仅次于水力发电。2022年，全球核能发电量达2545TWh，比2021年略低100TWh。

核能发电量的降低在很大程度上是受三起欧洲核电站事件的影响。首先，法国的一项焊接修复计划以及多次停堆导致其核能发电量减少81TWh。其次，德国境内剩余的六座反应堆中，2021年底关闭了三座，使该国失去了一个可靠的低碳发电来源，并加剧了其对化石能源的长期依赖性。第三，俄乌冲突导致扎波罗热核电站的六个机组停堆。

与2021年相比，这三个因素共同导致法国、德国和乌克兰的核能发电量减少134TWh。展望未来，随着反应堆恢复运行，法国的核能发电量有望在未来两年内恢复。但德国和乌克兰的核能发电情况不容乐观。德国于2023年4月关闭了最后三座反应堆，而俄乌冲突持续胶着，都将继续对欧洲核能发电量施加全面影响。

与欧洲的情况不同，亚洲去年的核能发电量增加了37TWh。在过去十年，亚洲的核能发电量增加了一倍多，现已超过西欧和中欧的核能发电量。全球的在建反应堆有四分之三位于亚洲，且这一良好势头还将继续下去。

而在非洲、北美洲和南美洲，去年的核能发电量与2021年相比几乎没有变化。

同时，如果要实现全球脱碳目标并使全世界所有人都用上可靠安全的清洁能源，那么目前的核能发电远远不够。

为实现这一目标，我们需要最大限度地提高现有核电站的运行效率并加快新反应堆的建造速度。

《世界核电厂运行实绩报告（2023）》按核反应堆使用年限详细列出了每个国家的核能发电量。如今，一些反应堆运营商计划将反应堆的运行时间延长到80年。通过延长运行时间，许多目前在运的反应堆有充分机会为实现2050年净零排放目标做出贡献。

2022年有六座新的反应堆并网：中国两座，芬兰、巴基斯坦、韩国和阿联酋各一座。另有八座反应堆开工建设：中国五座，埃及两座，土耳其一座。新增和新建反应堆是值得庆祝的，但要想在2050年实现温室气体净零排放，现在的建设和调试速度仍远远不够，还需要大幅加快，至少要将全球核能发电量增至现在的3倍。



Sama Bilbao y León  
世界核协会总干事

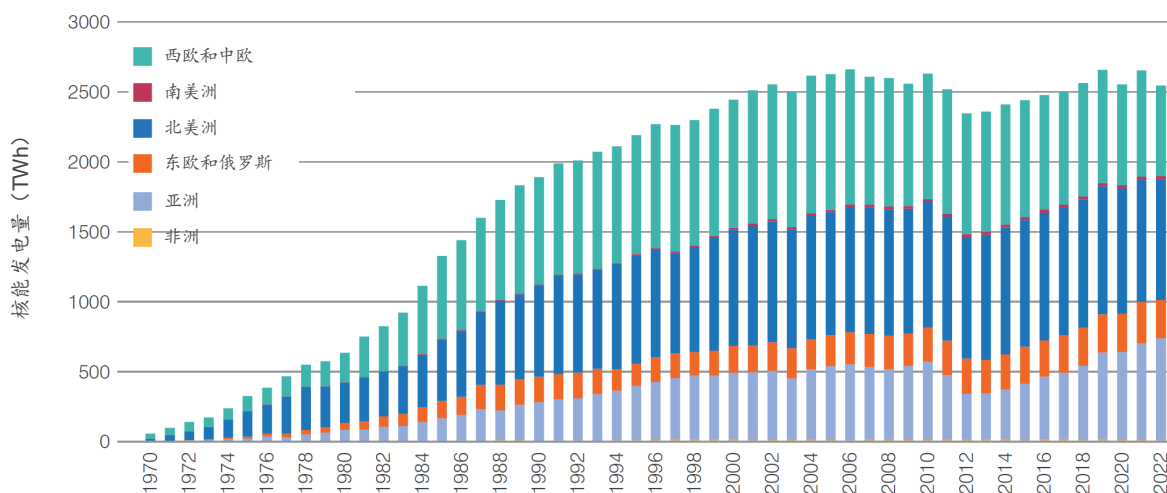
# 1

## 核电厂运行实绩

### 全球亮点

2022年，核反应堆的总发电量为2545TWh，其中包括乌克兰核能发电估计量59TWh。这相比2021年的2653TWh减少了108TWh。如果不包括乌克兰在内，2022年的全球核能发电量为2487 TWh，同比2021年减少了85.4TWh。

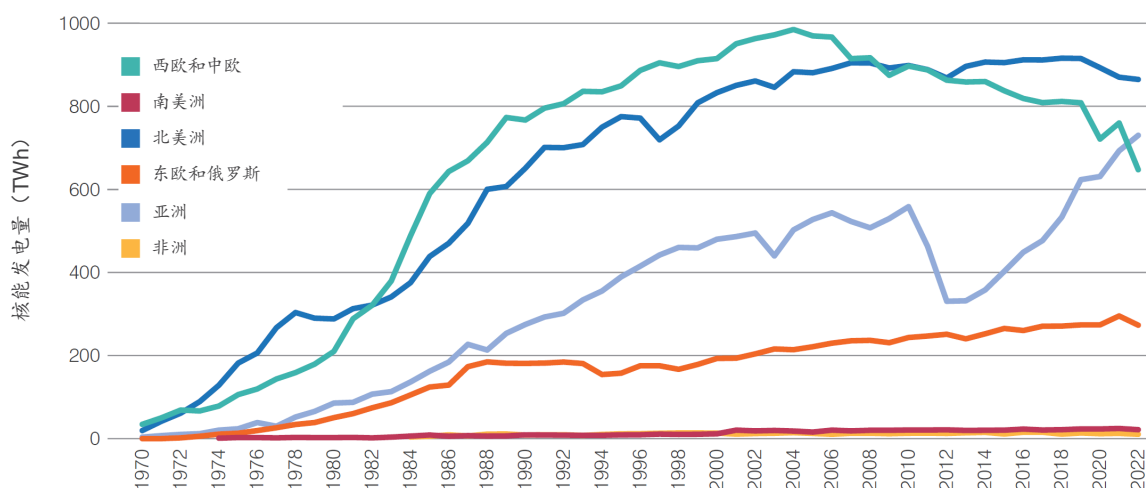
图1：核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年，亚洲的核能发电量增加37TWh。南美洲和非洲略有下降，但依然维持在近年来各洲的典型核能发电范围内。帕利塞兹核电站的关停导致北美洲的电量输出下降6TWh。东欧和俄罗斯的核能发电量下降22TWh，据估计与乌克兰的减少量基本相当。西欧和中欧的核能发电量下降112TWh，这一减少可归因于德国和法国。德国因为部分反应堆关闭，发电量减少34TWh，而法国由于多次反应堆停堆，发电量减少了81TWh。

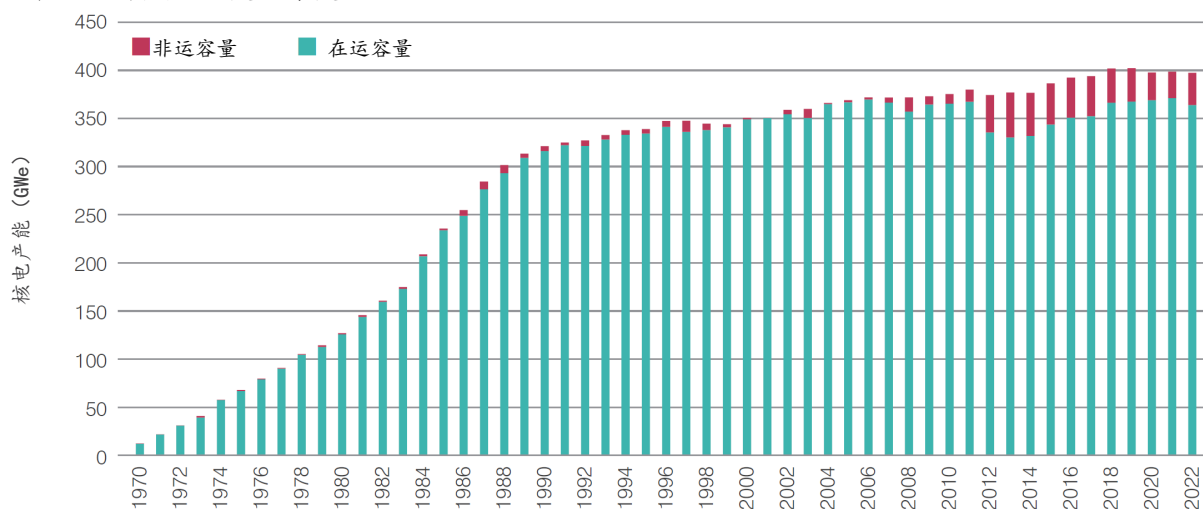
图2：地区核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年底，可运行核电站装机容量为394GWe，相比2021年增加5GWe。2022年发电反应堆的总装机容量为363GWe，相比2021年减少7GWe。在大多数年份，有少数可运行反应堆因为长时间停堆等原因并未发电。2011年福岛第一核电站事故后，日本的反应堆等待批准重启，未运行的反应堆数量一直较高。

图3: 可运行核能发电容量 (净容量)



资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年底，可运行反应堆总数为437座，相比2021年增加1座。在所有可运行反应堆中，压水堆的占比刚刚超过70%，2018年至2022年间启动的36座反应堆中，除2座反应堆外，其余均为压水堆。

表1: 2022年底可运行核电反应堆数量 (与2021年相比)

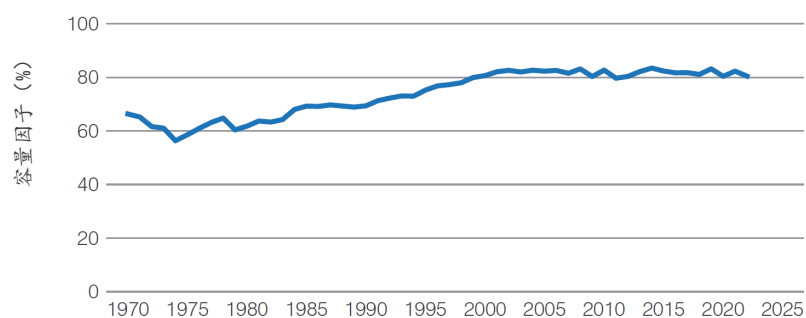
	非洲	亚洲	东欧和俄罗斯	北美洲	南美洲	西欧和中欧	总计
沸水堆		20		33		8	61
快中子堆			2				2
气冷堆						8(-3)	8(-3)
高温气冷堆		1					1
轻水气冷堆			11				11
加压重水堆		23		19	3	2	47
压水堆	2	104(+5)	40	61(-1)	2	98	307(+4)
总计	2	148	53	113	5	116	437(+1)

资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

## 运行实绩

2022年全球反应堆平均容量因子为80.5%，低于2021年的82.3%，延续了自2000年以来全球容量因子总体走高的趋势。本节中所述的容量因子是根据每个日历年都会上报其发电量的反应堆进行计算。

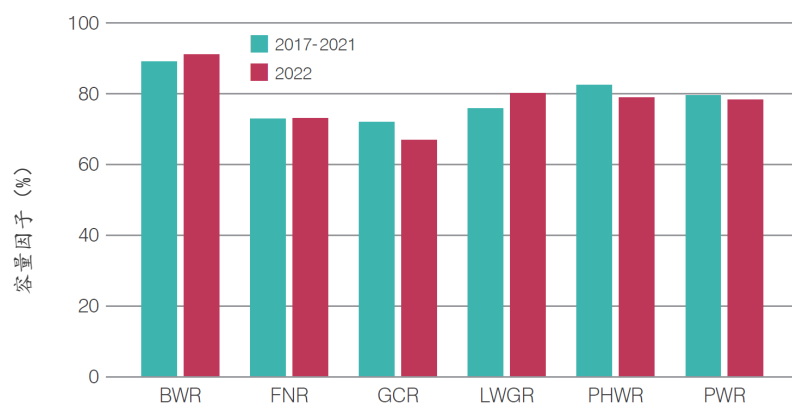
图4：全球反应堆平均容量因子



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年不同类型反应堆的容量因子与此前五年大体一致。平均而言，沸水堆的容量因子始终保持在最高水平。

图5：按反应堆类型划分的容量因子

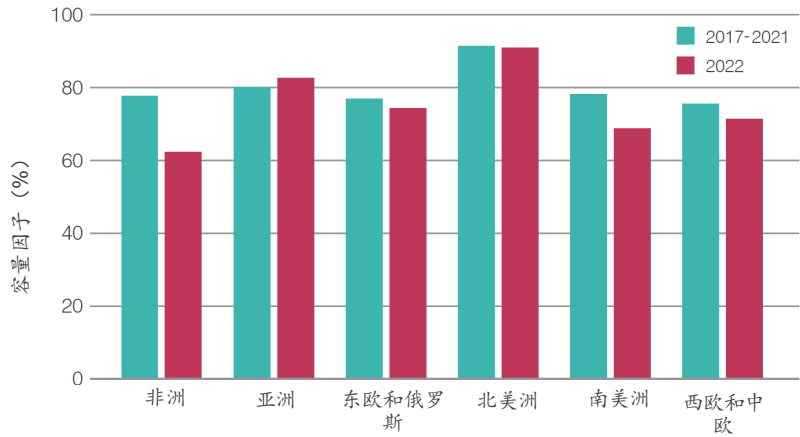


资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



2022年，不同地理区域反应堆的容量因子也与此前五年的平均值大体一致，其中北美洲保持着最高的平均容量因子。非洲的容量因子取决于其仅有的核电站——南非库贝赫核电站的运行情况。

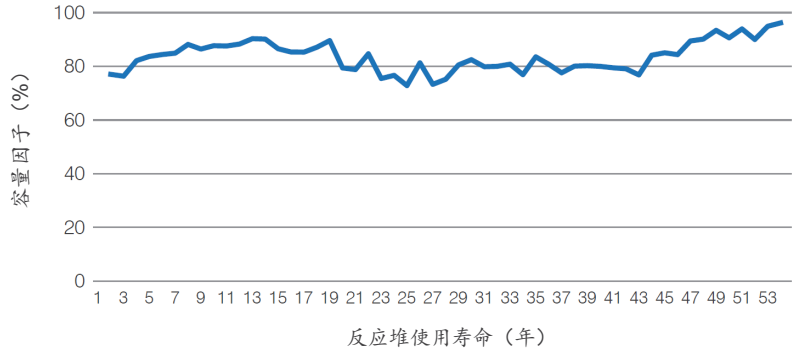
图6：按地区划分的容量因子



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核反应堆性能未发生与使用寿命相关的下降趋势。尽管存在一些差异，这些反应堆在运行25至35年之间的平均容量因子较低，而运行超过45年的平均容量因子较高。

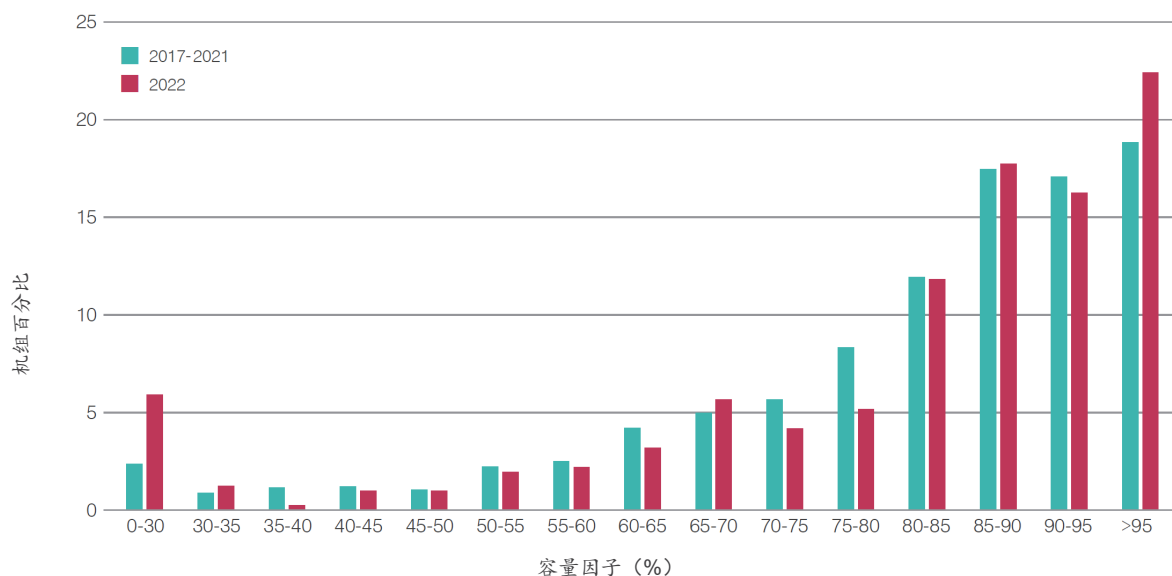
图7：2018至2022年按反应堆使用寿命划分的平均容量因子



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年容量因子的分布情况与此前五年的平均容量因子大致相似。超过三分之二的反应堆的容量因子大于85%。

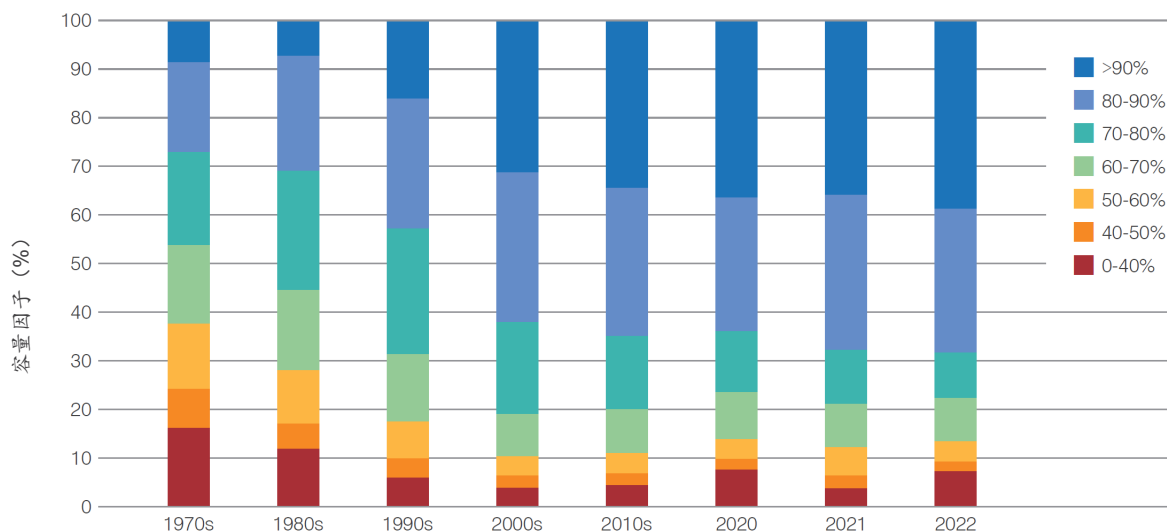
图8：按容量因子划分的机组百分比



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

自20世纪70年代以来，平均容量因子每十年都有稳步提高。21世纪初期，容量因子达到较高水平，这一趋势持续至今。

图9：容量因子的长期趋势图



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

## 新建核电设施

2022年，八座大型压水堆开工建设。其中五座位于中国，两座位于埃及的El Dabaa核电站厂址，一座位于土耳其的阿克库尤核电站。

表2: 2022年开工建设的反应堆汇总表

	地点	型号	工艺	净容量 (MWe)	开工日期
田湾核电站8号机组	中国	VVERV-491	压水堆	1100	2022年2月25日
徐大堡核电站4号机组	中国	VVERV-491	压水堆	1100	2022年5月19日
三门核电站3号机组	中国	CAP1000	压水堆	1163	2022年6月28日
海阳核电站3号机组	中国	CAP1000	压水堆	1161	2022年7月7日
达巴核电站1号机组	埃及	VVERV-529	压水堆	1100	2022年7月20日
阿克库尤核电站4号机组	土耳其	VVERV-509	压水堆	1114	2022年7月21日
陆丰核电站5号机组	中国	HPR1000	压水堆	1100	2022年9月8日
达巴核电站2号机组	埃及	VVERV-529	压水堆	1100	2022年11月20日

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年有八座反应堆开工建设，六座反应堆并网。截至2022年底，在建机组总数为60台，相比2021年底总数增加两台。

表3: 2022年底按地区划分的在建机组

	沸水堆	FBR	加压重水堆	压水堆	总计
阿根廷				1	1
孟加拉国				2	2
白俄罗斯				1	1
巴西				1	1
中国		2		20	22
埃及				2	2
法国				1	1
印度		1	3	4	8
伊朗				1	1
日本	2				2
俄罗斯		1		2	3
斯洛伐克				2	2
韩国				3	3
土耳其				4	4
乌克兰				2	2
阿拉伯联合酋长国				1	1
英国				2	2
美国				2	2
总计	2	4	5	51	58

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年，有六座反应堆首次并网发电，包括芬兰的奥尔基洛托3号机组，作为EPR首堆于2005年开工建设。其他五座反应堆的建设时间短很多，巴基斯坦卡拉奇核电站3号HPR1000机组（华龙一号）的建设仅用了69个月。

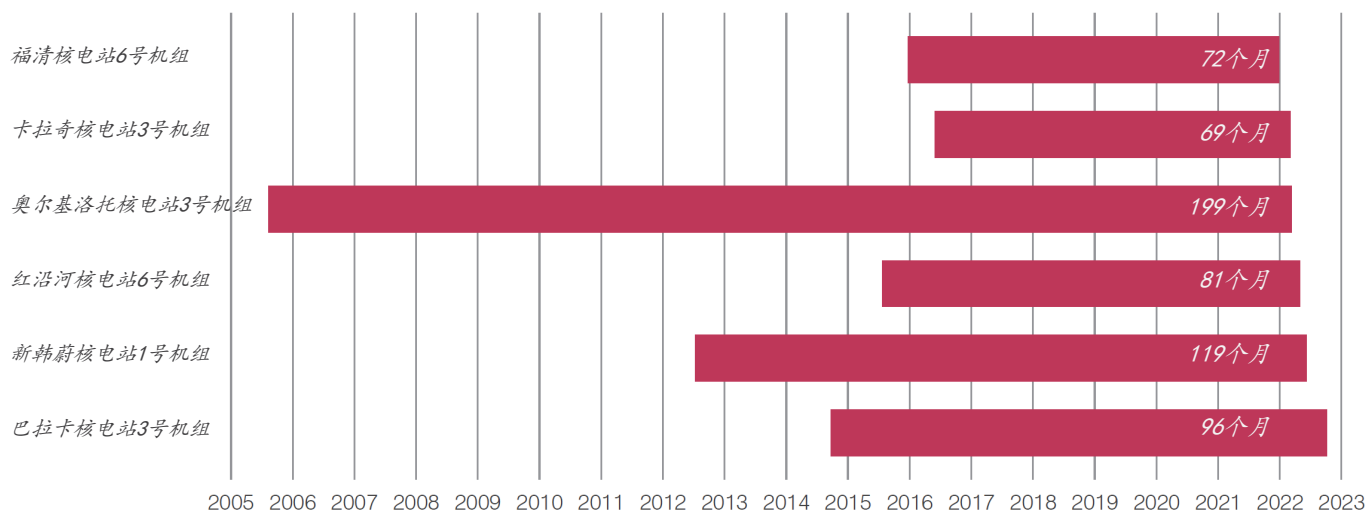
表4：2022年反应堆并网情况汇总表

	地点	净容量 (MWe)	型号	堆型	动工时间	首次并网的时间
奥尔基洛托核电站3号机组	芬兰	1600	欧洲压水堆	压水堆	2005年8月12日	2022年3月12日
新韩蔚核电站1号机组	韩国	1340	APR-1400	压水堆	2012年7月10日	2022年6月9日
巴拉卡核电站3号机组	阿拉伯联合酋长国	1310	APR-1400	压水堆	2014年9月24日	2022年10月8日
红沿河核电站6号机组	中国	1061	ACPR-1000	压水堆	2015年7月24日	2022年5月2日
福清核电站6号机组	中国	1075	华龙一号	压水堆	2015年12月22日	2022年1月1日
卡拉奇核电站3号机组	巴基斯坦	1014	HPR1000	压水堆	2016年5月31日	2022年3月4日

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

建造时间最短的是中国福清6号核电机组和中国设计建造的巴基斯坦卡拉奇HPR1000反应堆。这延续了最近的趋势，即这两座反应堆基于系列化建设和正在进行的新建设项目中所保留的技术有助于加快反应堆建设速度。相比之下，奥尔基洛托3号机组的首个同类项目建设耗时199个月，这较为罕见。

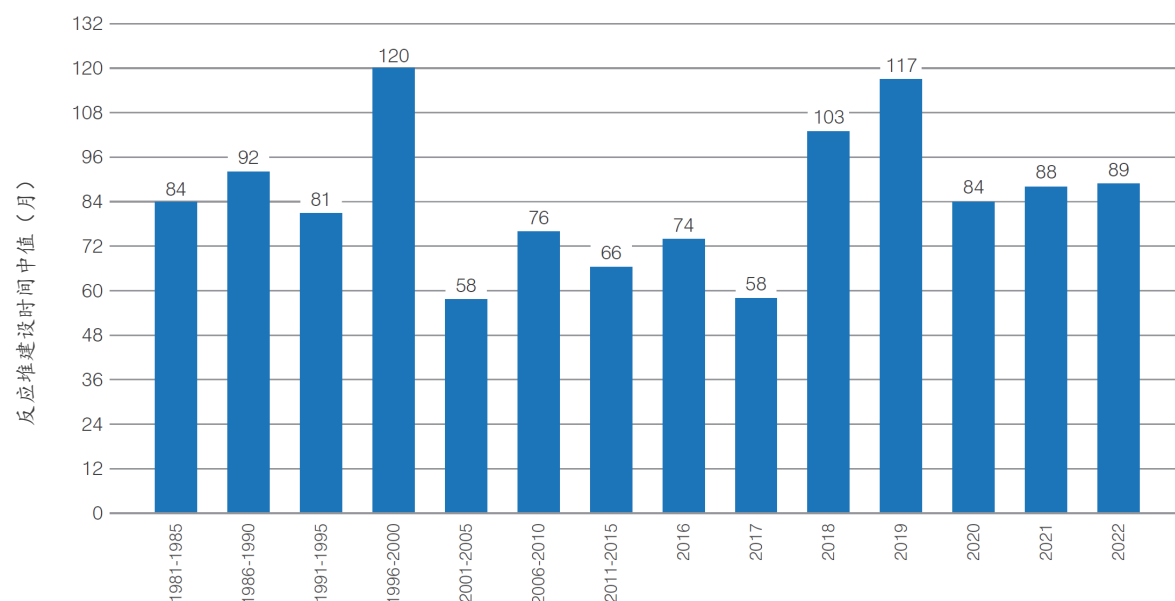
图10：2022年并网发电新机组建设时间



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

尽管反应堆的建设时间差异很大，但2022年并网发电的反应堆的建设时间中值与2021年相比变化不大，只增加了一个月，为89个月。

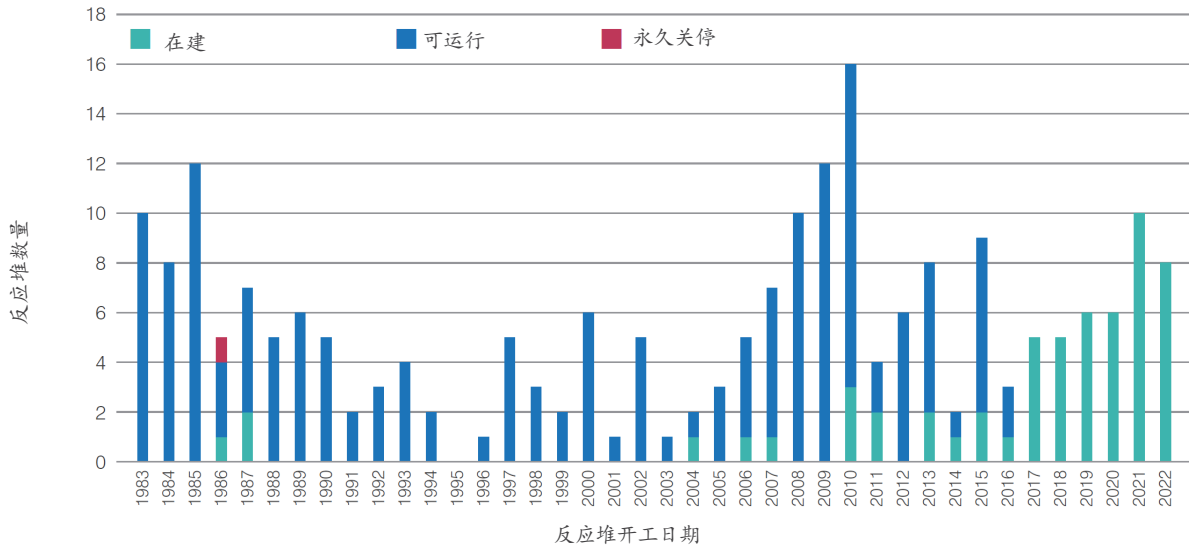
图11：自1981年以来的反应堆建设时间中值



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

目前在建的大部分反应堆都是在过去十年内开始建设的。少数耗时较长的项目要么是实验电厂，要么是采用革新技术的首创（FOAK）反应堆，或是重新启动之前暂停建设的项目。以乌克兰赫梅利尼茨基（Khmelnitski）核电站3号和4号反应堆为例，这两座反应堆分别于1986年和1987年开工建设，但自1990年暂停建设之后，重启建设尝试均未取得积极进展。斯洛伐克的莫霍夫采核电站4号机组及其姊妹机组（3号机组）均于1987年开工建设。莫霍夫采核电站3号机组于2023年1月实现并网。

图12: 1983年开始建设的反应堆的运行状况 (截至2023年1月1日)

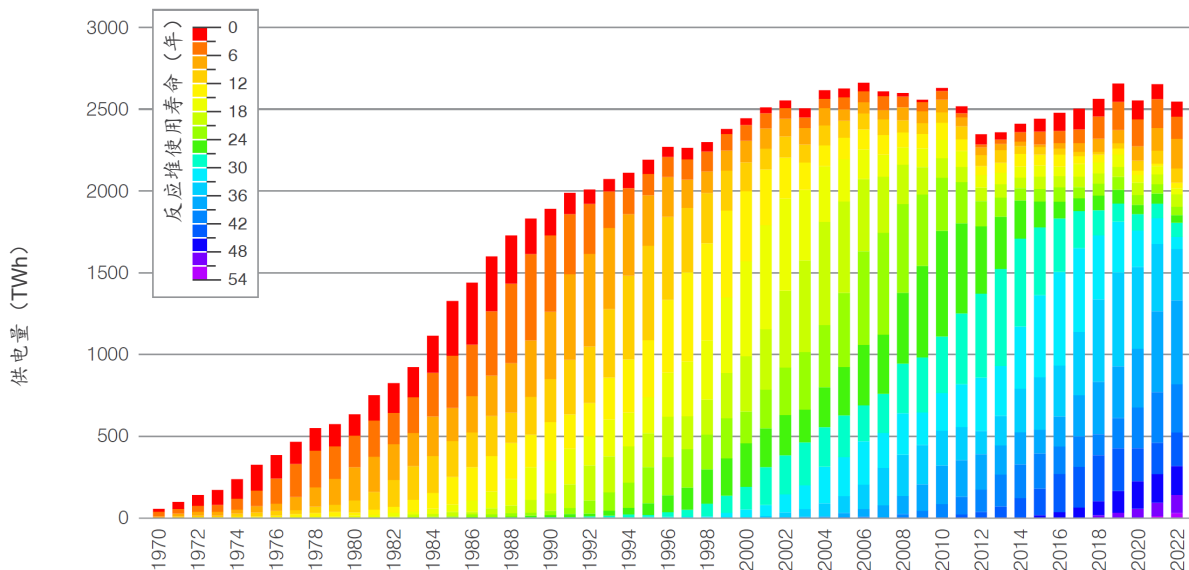


资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

图13按运行寿命分列了自1970年以来每年的全球核电站总发电量。核电反应堆每年的运行寿命均用各寿命条中的颜色表示。

20世纪70年代和80年代,核能发电快速扩张,图中表现为红色持续增加,这表示处于头十年运行阶段的反应堆。从20世纪90年代开始,随着新反应堆新开工速度的放缓,每年的色条中红色减少。但随着近年来新建和后续服役反应堆数量的增加,运行时间较短的反应堆的发电量开始再次增加。这从过去十年色条中的红色数量不断增加可以看出。

图13: 按反应堆运行寿命分列的全球核电总发电量



资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

2022年，有五座反应堆永久关停。德国最后三座反应堆原定于2022年关闭，延长了运行时间，但最终在2023年4月全部关闭。2022年永久关停的五座反应堆总容量为3271 MWe。

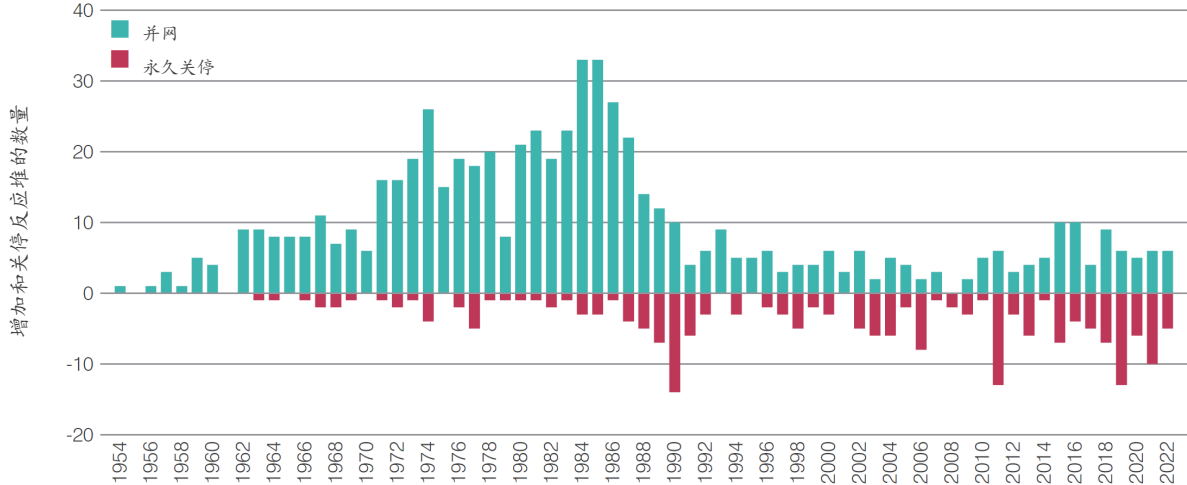
表5: 2022年关停的反应堆

反应堆名称	地点	参考机组功率 (MWe)	首次并入电网的时间	永久停运
亨斯顿核电站B厂2号机组	英国	495	1977年3月31日	2022年1月7日
帕利塞兹核电站	美国	805	1971年12月31日	2022年5月20日
欣克利角核电站B厂2号机组	英国	480	1976年2月5日	2022年7月6日
欣克利角核电站B厂1号机组	英国	485	1976-10-30	2022年8月1日
杜尔核电站3号机组	比利时	1006	1982-06-23	2022年9月23日

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

随着六座反应堆的启动和五座反应堆的永久关停，四年来开始运行的反应堆数量首次超过停止运行的数量。

图14: 1954至2022年年反应堆的首次并网和关停情况



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 2

## 案例研究

### 福清核电站5、6号机组调试经验



福清核电站5、6号机组（图片：福建福清核电有限公司）

福清核电有限公司（FQNPC）拥有和运营的福清核电站。福清核电站共有六台百万千瓦级核电机组，这些机组自2014年8月起陆续并网。1-4号机组采用法国M310设计，命名为M310+，5、6号机组为中核集团的华龙一号示范机组。

华龙一号与福清核电站1-4号机组有许多相似之处。这两种设计均为常规三环路压水堆，具有类似的常规岛设计。同时，作为第三代反应堆，华龙一号同时采用能动和非能动安全系统来增强纵深防御。非能动系统包括安全壳排热、二次侧余热排出和反应堆腔注水。

华龙一号的堆芯燃料组件数量从M310+的157个增加到177个。在提高堆芯额定功率的同时，降低了平均线性功率密度，不仅提高了核电站的发电能力（相比M310+的1000 MWe，净发电功率增加到1075 MWe），而且提高了核电运行的安全裕度。

华龙一号技术由中国核工业集团有限公司（CNNC）开发，基于30多年的核电研究、设计、制造、建造和运营经验。除了拥有能动和非能动严重事故预防和缓解措施外，该设计还吸纳了2011年3月日本福岛第一核电站事故后总结的反馈和改进。

首座华龙一号（福清核电站5号机组）于2020年11月27日并网，创造了第三代核电站设计的66.7个月的建设时间记录。福清核电站6号机组于2022年3月25日投入商业运行，标志着示范项目全面完工。





## 受访者：贾玉强

中核集团福建福清核电公司福清5、6号机组厂长

在调试过程中是否遇到了任何具体挑战？

作为华龙一号的示范机组，福清核电站5、6号机组的调试不仅工作量大，还由于首次应用大量新技术带来了许多挑战，包括首堆机组试验和新设计验证。

首台机组试验是仅在新型核动力反应堆的首台机组上进行的新调试试验。华龙一号的首创反应堆试验共包含五项试验。福清核电站5号机组通过专门的试验组织和管理、调试、建造和安装、一体化设计办公室、提前沙盘推演等方式，将整个项目的前后端有机结合起来，在第一时间发现并解决问题，如快速冷却和二次侧非能动换热能力验证试验，利用现场模拟机资源提前对试验方案和风险预案进行验证，提前检查试验结果。所有的首台机组调试都一次性成功了。

华龙一号结合能动和非能动安全的新设计理念为项目的完整性、调试方案的适用性以及首台机组调试结果的合规性带来了挑战。调试团队建立了问题导向的协调机制，并通过风险管理、联合指挥部等管理创新提高了问题解决效率。

同时，对现场上一机组的投运经验进行反馈，进行了细致的规划。例如，根据华龙一号的设计特点进行了差异化分析。进行了超过60个投运项目的差异调整，以及与M310+相比近100个验收标准的差异调整。

不断进行改进。例如，在福清5号机组投产期间，补充了20余项验证和调试项目，确保全面高质量完成机组调试任务。

这些国内示范电厂的建设经验对华龙一号机组（HPR1000）在巴基斯坦及其他海外项目的建设有哪些启示？

施工单位可参观福清机组，深入了解设计的技术特点以及施工运行经验。他们还可以接受相关项目管理专业的在职培训。

项目管理团队总结了国内示范项目的建设经验，发布了《华龙一号标准化技术手册》和《华龙一号标准化管理手册》，可供海外此类机组的施工承包商参考。

对于境外在建单位，可聘请国内示范项目经验丰富的项目管理人员提供现场支持服务。国内示范项目还可为华龙一号机组海外施工承包商提供项目管理咨询、技术支持等远程服务。

海外在建机组员工也可与国内示范电厂员工建立合作关系，开展工程建设经验反馈、关键人员互访、海外现场观察指导、工程建设体系对标等活动。

福建福清核电公司正在筹备成立华龙一号业主联合会，可以与全体华龙一号业主共享华龙一号建设、运行维护、技术管理、人员培训等方面的信息，共同提升华龙一号的建设和运营绩效。

## 加拿大达灵顿核电厂翻新项目进展



3号机组恢复运行——汽轮机层工作人员照片（图片：安大略电力公司）

达灵顿核电厂的四个CANDU 850反应堆满足了安大略省约20%的电力需求，自20世纪90年代初以来便一直在运行。2016年，安大略电力公司开始了一项为期10年的翻新项目，从2号机组开始，对所有的四台机组进行翻新，这将把反应堆的运行寿命延长30年。2号和3号机组的工作已经完成，1号和4号机组的翻新工作仍在继续。

从2007年开始，安大略电力公司开展了全面的电厂设备评估，随后进行了广泛的方案规划和准备。这一前期时间投入和对细节的关注产生了为期10年的综合执行计划（所有四台机组将在2026年底前恢复使用），承诺的总预算为128亿加元。

2016年10月，由项目合作伙伴、行业专家、能源专业人员和熟练技工组成的安大略电力公司团队关闭了2号机组（计划翻新的四个达灵顿反应堆中的第一个），并于2020年6月重新连接到电网——执行期限为44个月。除了使2号机组能够再运行30年外，还从反应堆和相关机组系统的翻新的完整演变中吸取了4000多条经验教训。

3号机组的翻新工作于2020年9月开始，吸取了2号机组的经验教训。然后在2022年2月，1号机组开始执行——这是翻新项目期间内两个机组的首次重叠执行。

3号机组于2023年7月17日重新连接到安大略电网——34个月后，比安大略电力公司的承诺提前了169天。7月19日，4号机组（待整修的四座达灵顿反应堆中的最后一座）离线，开始停堆翻新。

### 反应堆详情

地点	加拿大安大略省鲍曼维尔
反应堆类型	加压重水反应堆（PHWR）
负责人	安大略电力公司
运营商	安大略电力公司
净容量	4 x 878 MWe
1号机组施工/并网	1982年4月1日/1992年11月14日
2号机组施工/并网	1981年9月1日/1990年10月9日
3号机组施工/并网	1984年9月1日/1993年2月14日
4号机组施工/并网	1985年7月1日/1993年6月14日



## 受访者： Subo Sinnathamby

核电厂翻新高级副总裁

四年后，项目是否按预期进行？

这个项目的进展比预期的要好。在运营中的商业核电站内执行长期大型建设项目需要团队持续关注安全和质量，以成功推动该项目向前发展。项目执行阶段过半时（撰稿时已完成60%），正是安大略电力公司领导和员工、我们的供应商合作伙伴和商人内部的“一个团队”文化，专注于完成高质量的工作，使本项目保持提前进度，工作环境远比安大略省的平均商业施工现场安全。

详细的时间表、有效实施2号机组改造的经验教训以及强有力的风险缓解计划，使团队能够克服重大挑战，包括发现和首次执行。

在我们2019年的案例研究中，安大略电力公司确定了从2号机组项目执行中吸取的许多经验教训。是否有可能将这些经验教训应用于后续机组的翻新？

作为一个学习型组织，达灵顿翻新项目团队在整个规划、工具验证、运行和维护、工人培训、材料管理、工作系列执行和最终恢复使用过程中不断收集信息。

对信息进行评估，确定经验教训，然后纳入后续翻新计划。从2号机组的执行中，团队总结了4000条经验教训，以提高工作质量、工人安全并改善后续机组的成本和进度绩效。

通过新的执行策略和创新有效实施这些经验教训，2号机组到3号机组在安全、质量和进度方面的绩效提高了20%以上。根据经验教训，3号机组的一项关键创新是对工具的改造，使压力管和排管能够一起拆除，而不是在2号机组中串联拆除，从而节省了30天的时间，并提高了3、1和4号机组时间表上的工作人员安全。

新冠肺炎疫情对项目是否有任何影响？如果有，如何应对挑战？

达灵顿翻新项目也未能幸免于新冠肺炎疫情带来的挑战。安大略电力公司现场所有工人的健康和安全的任务一直是我们的首要任务。实施社交距离指南、加强所有工作区域的消毒和清洁以及执行筛查协议不仅最大限度地减少了病毒在我们电厂的传播，还向我们的员工、工人和社区强调了安大略电力公司对维护安全工作场所的承诺。

在2号机组成功恢复运行后，将3号机组的翻新工作推迟四个月是一个经过深思熟虑的决定，以确保我们有适当的措施在这种前所未有的环境中保护操作人员和项目人员。将这些措施落实到位所需的时间确保了项目在执行期间不会爆发新冠肺炎疫情或影响进度。

计划在达灵顿建造新的小型模块化反应堆。恭喜。随着翻新项目将现有达灵顿机组的运行时间延长到小型模块化反应堆潜在启动之外，在现有运行电厂现场建造和运行新反应堆是否有任何好处或挑战？

安大略电力公司在成功运行核电站和执行大型项目方面的记录为在达灵顿现场建造新的小型模块化反应堆铺平了道路。安大略电力公司已与通用电气日立、SNC Lavalin和Aecon合作，在现有达灵顿站附近的陆地上完成了四台BWRX-300小型模块化反应堆的规划、设计和建造。安大略电力公司正在与这三家公司合作，利用几十年的核能和大型项目经验（包括从达灵顿翻新项目中吸取的经验教训以及安大略电力公司的运行经验）来建造和运营小型模块化反应堆。

## 田湾核能供汽项目



田湾核电厂蒸汽能源供应项目 (图片: 中核江苏核电站)

田湾核电厂 (TNPP) 位于江苏省连云港市连云区。该电厂计划由八座压水堆组成, 总装机容量为9.1GWe。总投资预计约1500亿元人民币 (210亿美元)。

目前1~6号机组在运行, 7、8号机组正在建设中。最后两台机组建成后, 年发电量将超过70TWh, 成为世界上装机容量最大的核电站。

田湾核电厂核能供汽项目将利用3、4号机组二回路的蒸汽 (670 t/h, 270°C, 6.0 MPa) 作为热源对海水淡化设备提供的除盐水进行加热。然后以600t/h的额定流量向石化行业用户提供248°C、1.8 MPa的蒸汽。

本项目采用4套蒸汽转化设备。每套包括一台过热器、一台蒸发器、一台一级预热器、一台二级预热器, 以及除氧器、一级给水泵和二级给水泵。每套蒸汽转化设备的设计容量满足33%的需求, 但四套将以每套25%的正常模式运行。蒸汽转化设备能适应广泛的运行工况, 操作灵活。



## 受访者：张祥贵

中核江苏核电厂3、4号机组副厂长

与使用其他来源的蒸汽相比，田湾蒸汽对工业用户有什么优势？

与传统化石能源相比，核能具有可靠性高、清洁低碳等特点。从设计参数来看，田湾核电厂的核能供汽项目每年可为连云港市石化行业提供480万吨。这可以每年减少40万吨煤炭的使用，相当于减少107万吨二氧化碳、184吨二氧化硫和263吨氮氧化物的排放量。

除了田湾，中国还有什么潜力？

2020年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会上承诺，我国将尽最大努力在2030年前实现二氧化碳排放峰值，并在2060年前实现碳中和。与“碳达峰、碳中和”目标相一致，核能作为清洁高效的基荷电力提供者，在国家能源系统中发挥着重要作用。发展核能将为中国向清洁低碳能源体系转型提供基础。

目前山东海阳、浙江秦山核供热项目运行业绩和社会效益良好。福清和三门也计划进行改造，以利用核能供应工业蒸汽。

田湾核能供汽项目作为国家首个核能工业蒸汽大型工程，将于2023年底具备供汽条件。在展示核能绿色、高效与和谐利用的同时，希望核能提供的工业蒸汽在未来得到广泛应用。

核电厂停堆对工业现场的运行有何影响？

在田湾核能供汽项目的设计中，考虑了核电厂停堆期间工业现场的操作。本工程采用4套蒸汽转化设备，每套蒸汽转化设备可同时由3、4号机组提供加热用汽。正常运行时，3、4号机组各向蒸汽转化设备提供50%的加热用汽。在一台机组离线的情況下，另一台机组将为蒸汽转化设备提供100%的加热用汽，保证向用户可靠供应蒸汽。

在一套蒸汽转化设备需要维修的情况下，也可以维持供应，因为其他三套可以各自过渡到33%的需求。

# 3

## 核电国家与地区概况

---

第3章总结了拥有可运行反应堆的国家或地区的最新发展和性能数据，并介绍了正在建设第一座核反应堆的新进入国家的最新情况。

截至2022年12月31日，可运行反应堆和在建反应堆的数量信息正确。第4章列出了截至2023年7月31日的反应堆开工、并网和停堆的全球最新情况。

生命周期内二氧化碳减排量数据是根据每个国家或地区截至2022年12月31日核电供应电力由燃煤电厂生产时本应释放的二氧化碳排放量计算得出的。列出了自2016年以来，核电与化石燃料相比减少的二氧化碳排放量。

如第2章所述，容量因子是基于每个日历年发电的核电机组进行计算。

发电图表显示了每年的总发电量，并根据首次并网日期将其细分为不同使用寿命的反应堆发电量。

# 阿根廷

阿根廷有两座核电站：阿图查（Atucha）核电站位于布宜诺斯艾利斯西北约100公里处；恩巴塞尔（Enbalse）核电站则位于科尔多瓦以南约100公里处。阿图查核电站由两座西门子设计的加压重水反应堆（PHWR），属于阿根廷特有；和恩巴塞尔核电站为加拿大原子能有限公司（AECL）的一台Candu 6加压重水反应堆机组。

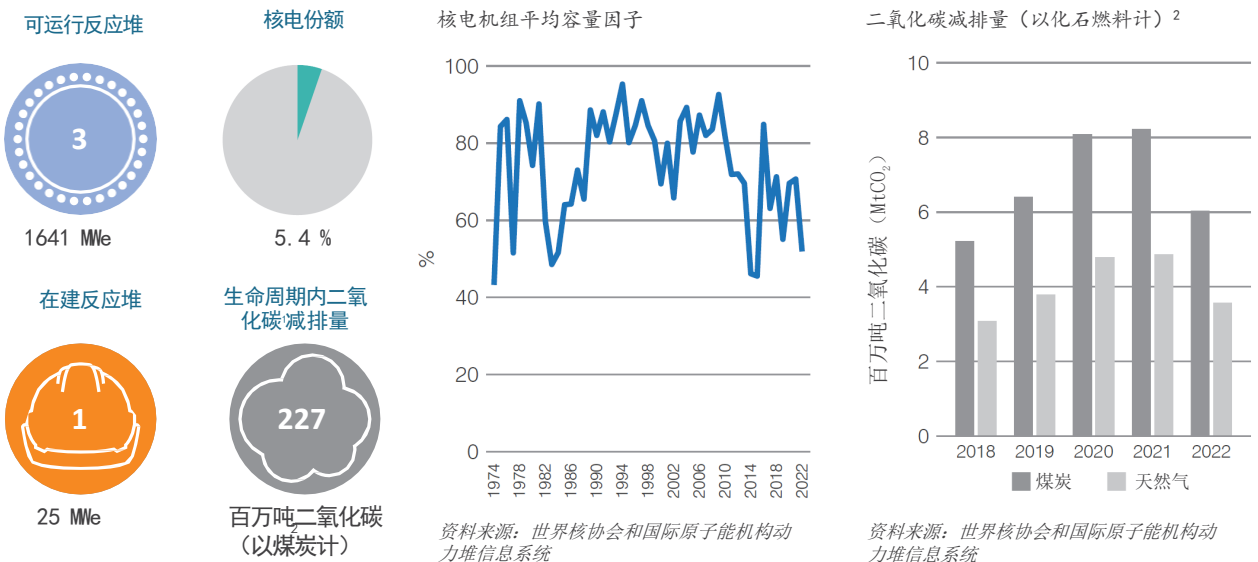
为期30个月的拉美首座核反应堆阿图查

（Atucha）核电站1号机组翻新项目将于2024年启动，届时该机组目前的运行许可证将到期。这将允许阿图查核电站1号机组再运行二十年。

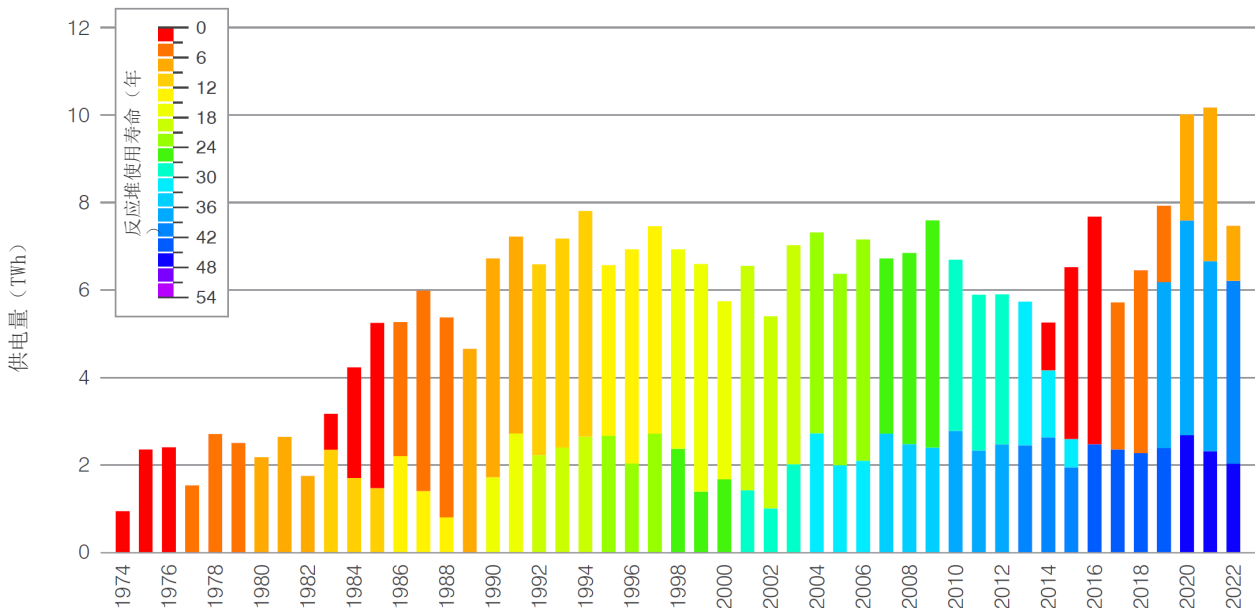
2022年8月，该厂乏燃料干法贮存设施完工，该设施将储存阿图查核电站1号机组的乏燃料组件，为翻新做准备。现场第二个干式贮存设施的工程预计将于2023年开工。

阿图查核电站2号机组于2014年启动，自2022年10月例行检查发现反应堆四个内部支架中的一个脱落以来一直处于停运状态。维修工作于2023年6月开始，预计需要两个月才能完成。

CAREM25原型小型模块化反应堆（也在阿图查现场）的建造于2014年初开始，但已多次暂停。2022年10月，该国国家原子能委员会（CNEA）表示，该反应堆的土建工程预计将于2024年完成，并于2027年底达到初始临界状态。



核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 亚美尼亚

亚美尼亚在首都埃里温以西30公里的米沙摩尔拥有一座核电站，由两台VVER机组组成。1号机组于1976年并网，2号机组于1980年并网。1988年早些时候该地区发生大地震后，出于安全考虑，两台机组均停运。面对严重的能源短缺，2号机组于1995年重新启动。

在对机组的应急冷却系统、发动机舱、汽轮机和蒸汽发生器进行现代化改造以及压力容器退火后，其运行寿命延长至2026年。

2023年3月，宣布将运行寿命进一步延长十年——这将使该机组运行到2036年。亚美尼亚总理尼科尔·帕希尼扬（Nikol Pashinyan）于2023年5月会见了俄罗斯国家原子能公司总干事阿列克谢·利哈切夫（Alexei Likhachev），讨论了延寿工程，预计该工程将于2023年底开工。会议期间还讨论了在亚美尼亚建造俄罗斯设计的新反应堆的问题。

可运行反应堆



416 MWe

在建反应堆



0 MWe

核电份额



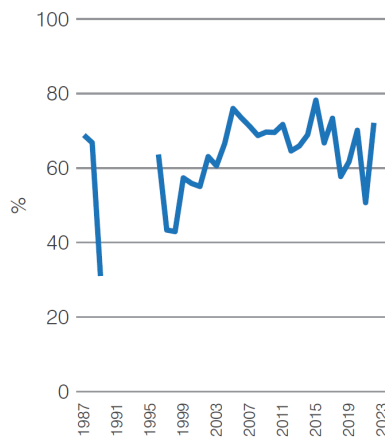
31%

生命周期内二氧化碳减排量



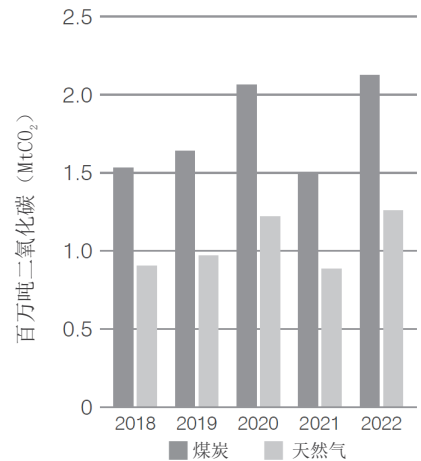
百万吨二氧化碳  
(以煤炭计)

核电机组平均容量因子



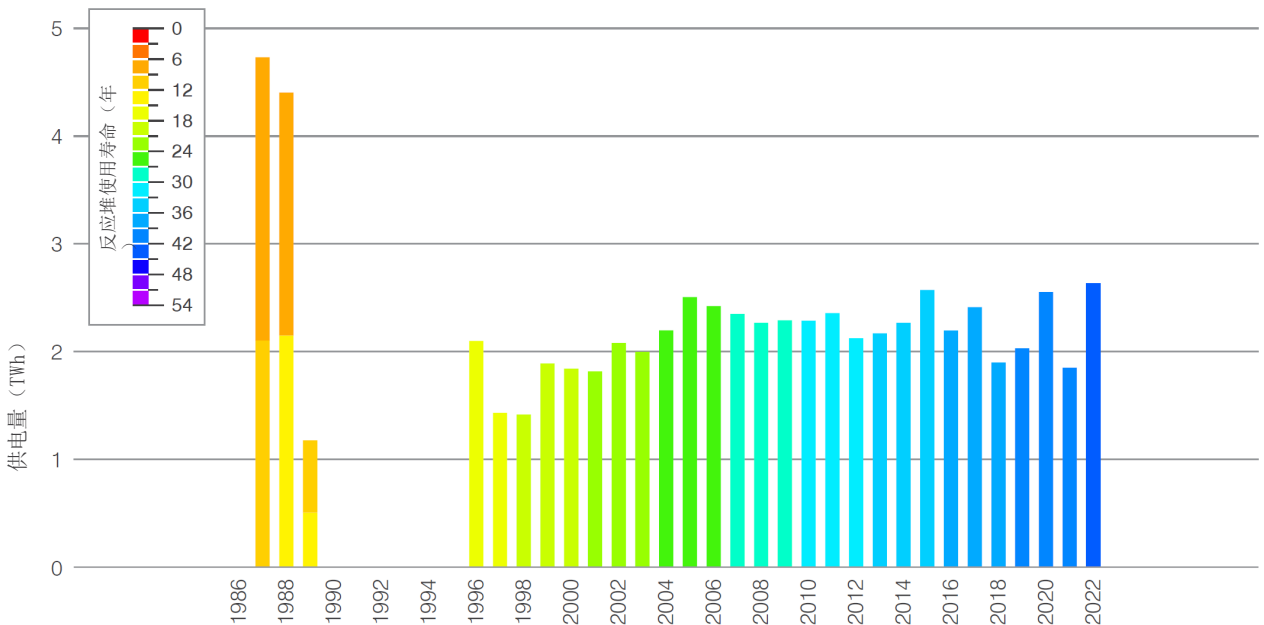
资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

二氧化碳减排量（以化石燃料计）



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



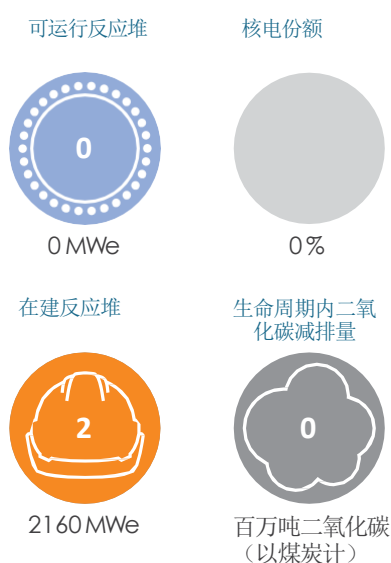
## 孟加拉国

两台由俄罗斯设计的VVER-1200机组正在孟加拉卢普尔（Rooppur）建造，其地址位于达卡西北约160公里的帕德玛河东岸。

1号机组于2017年11月开工，2号机组于2018年7月开工。这些反应堆被命名为V-523，基于俄罗斯新沃罗涅日二期的V-392M反应堆。一旦完工，该双机组电厂预计将提供该国约9%的电力。

2022年10月，政府宣布，由于新冠肺炎疫情和俄乌冲突引起的问题，卢普尔的建设落后于计划约一年。

同月，由于对俄罗斯的制裁，俄罗斯政府授权孟加拉国政府以俄罗斯卢布而不是美元偿还为建设该电厂提供的贷款。2023年4月，因为针对俄罗斯银行的国际制裁使得用卢布付款变得不切实际，孟加拉国政府选择以人民币结算3.18亿美元的未偿贷款。



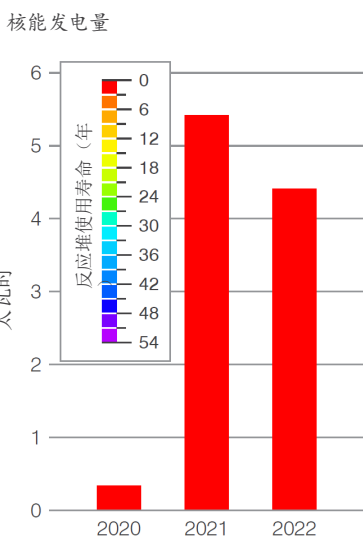
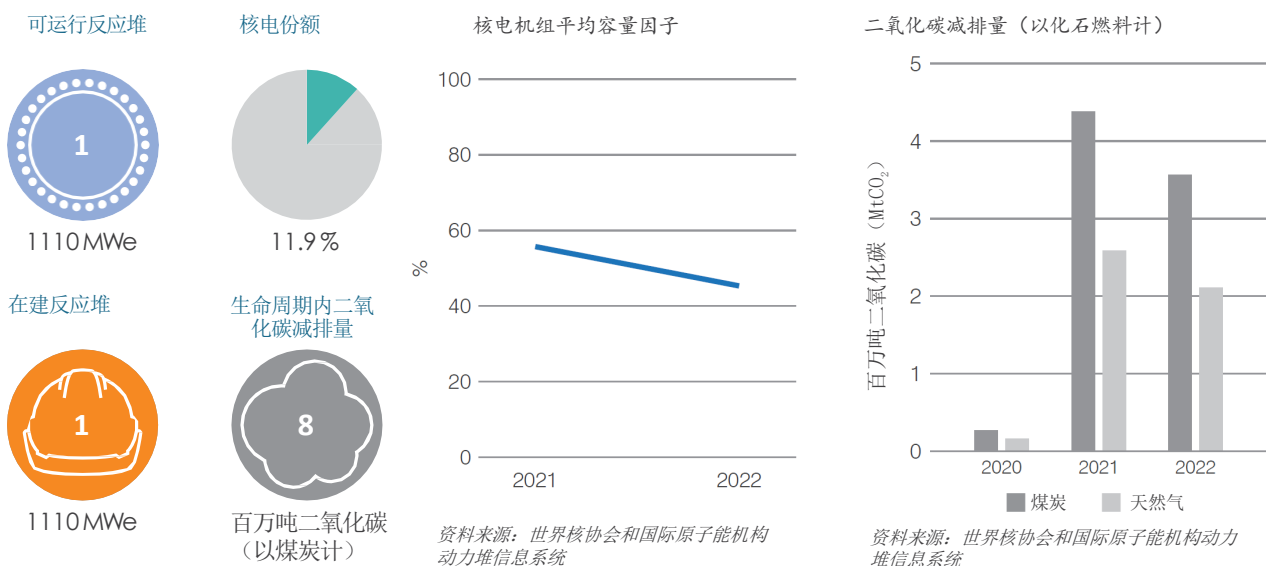
卢普尔核电站1号机组堆芯吊篮的安装工作于2023年5月完成（图片来源：俄罗斯国家原子能公司）

## 白俄罗斯

白俄罗斯有两座VVER-1200反应堆，位于明斯克西北约120公里处的奥斯特罗韦茨。这些反应堆是在俄罗斯境外建造的第一批VVER-1200。1号机组于2020年11月并网，2号机组于2023年5月并网。

2023年2月，政府宣布了创建放射性废物管理组织的计划，该组织将负责放射性废物的长期储存和处置。

在反应堆启动之前，白俄罗斯的电力需求几乎完全由燃气发电满足，大部分天然气从俄罗斯进口。两台机组全部投产后，该发电厂每年应发电约18.5TWh，略低于白俄罗斯总电力需求的一半，并将天然气年需求量减少45亿立方米。



## 比利时

比利时有两座核电站：杜尔（Doel），位于安特卫普西北15公里处的一座四机组核电站；蒂昂日（Tihange），位于列日西南偏西约25公里处的一座三机组核电站。

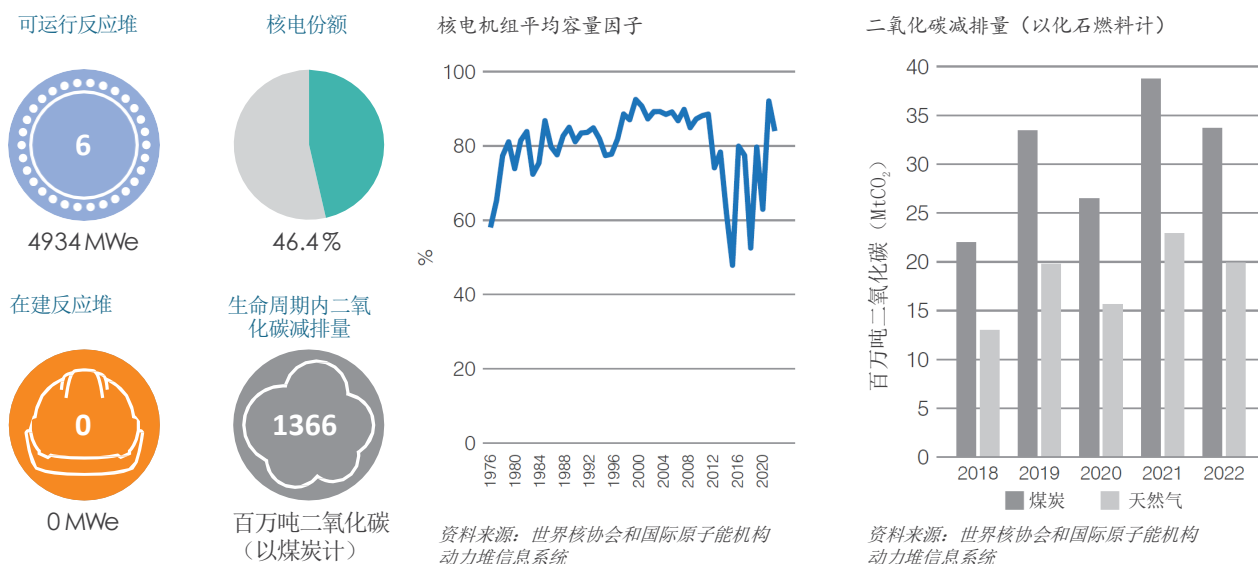
杜尔核电站3号机组于2022年9月按计划停运。有人呼吁延长反应堆的运行时间，但运营商Engie认为法律和后勤障碍是一个问题。尽管政府在2022年7月要求Engie调查延长蒂昂日核电站2号机组的运行寿命，但该机组也在运行40年后于2023年1月底永久停运。

2022年初的俄乌冲突促使人们迅速重新评估了该国到2025年逐步淘汰核能的政策。这一政策在2020年新联合政府当选后得到重申。

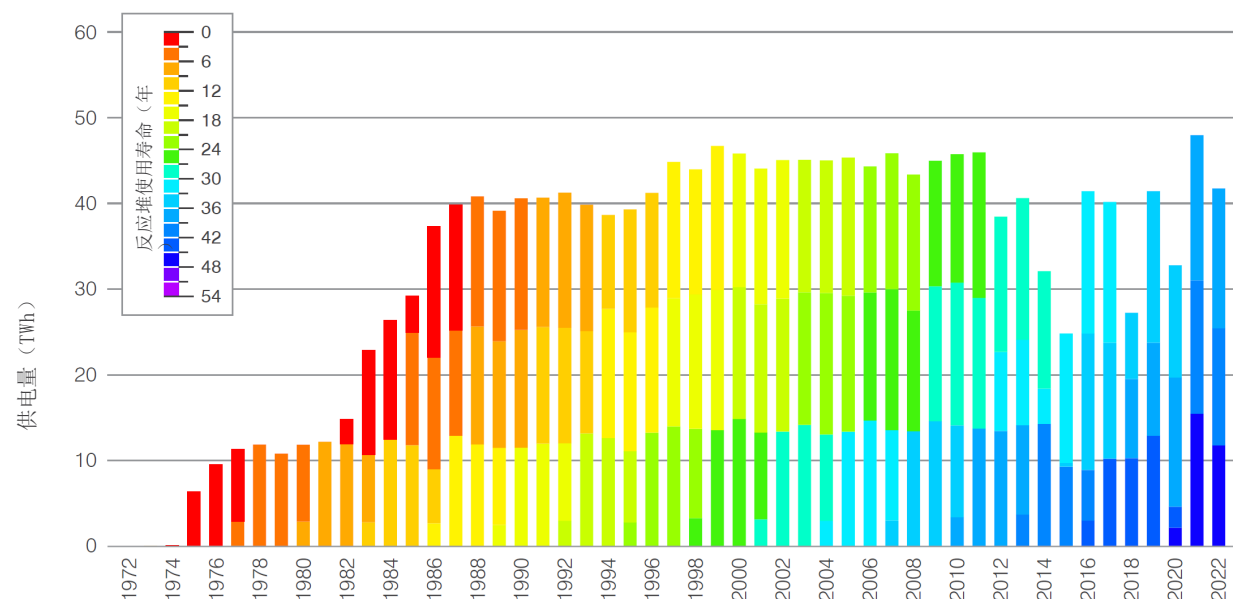
在2022年3月，比利时决定将杜尔核电站4号机组和蒂昂日核电站3号机组的运行时间延长至2035年2月之后。

2023年，政府要求Engie调查杜尔核电站1号机组和2号机组以及蒂昂日核电站1号机组是否可以在2025年的停运日期之后继续运行，以便为2025年至2027年的冬季进行储备。

2023年2月，用于回收医用放射性同位素生产中产生的放射性残留物的设施RECUMO在莫尔开始建设。该设施计划于2026年开始运行，并将处理现有残渣和同位素生产产生的残渣，直至2038年。



核能发电量

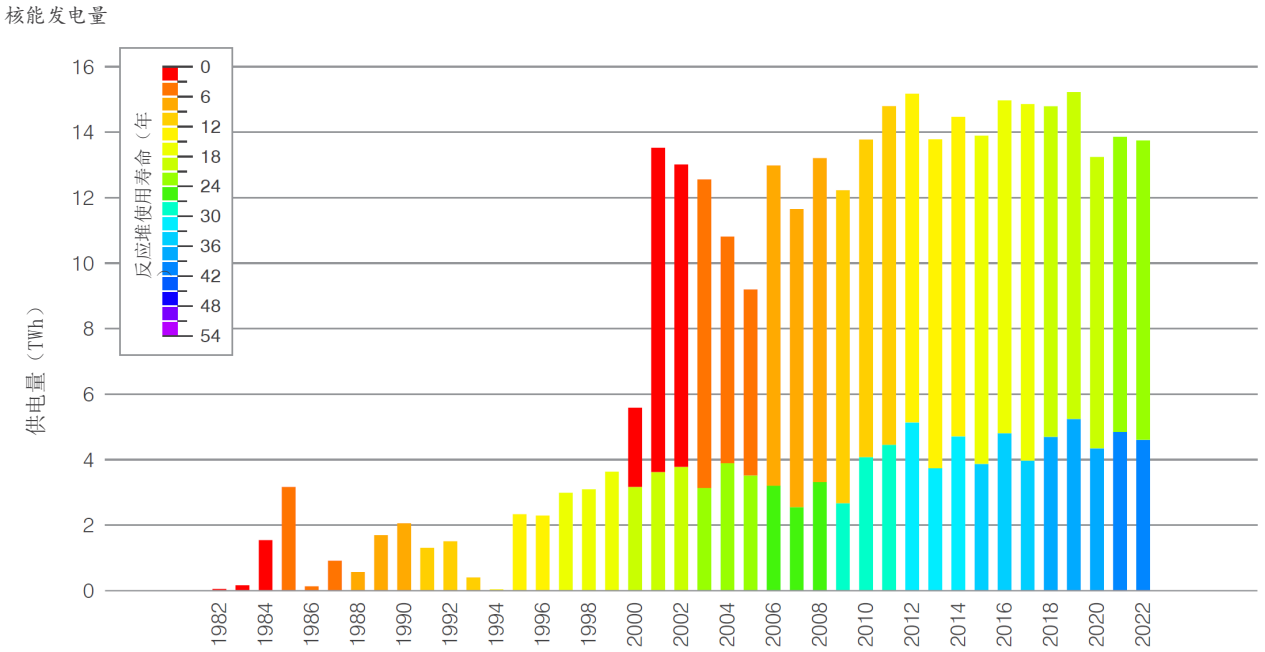
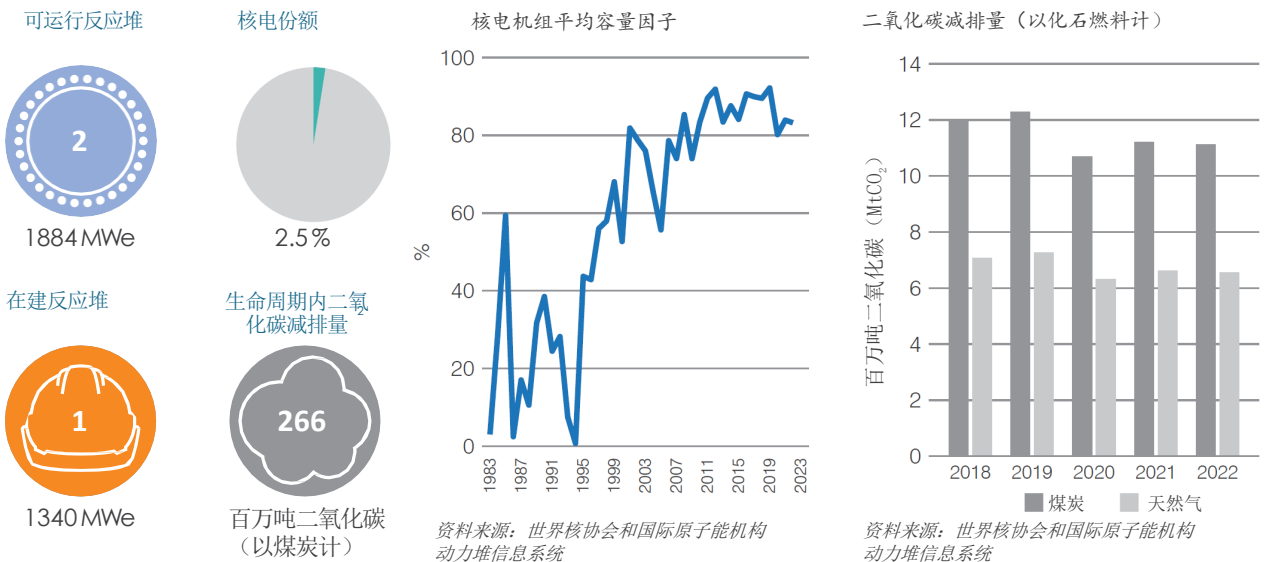


# 巴西

巴西有一座安格拉（Angra）核电站，位于里约热内卢以西200公里处。该电站有两座可运行反应堆，总容量为1884 MWe，第三台机组正在建设中。

经过多年的延迟，安格拉核电站3号机组于2010年开始建设，但已多次暂停。2022年11月重新开工，但在安格拉杜斯雷斯市政府下令后，于2023年4月再次停止施工。

2022年12月，巴西核工业公司（INB）与俄罗斯国家原子能公司签署了一份合同，从2023年至2027年向安格拉核电站供应330吨天然六氟化铀。2023年5月，与西屋公司签署了三份合同，涵盖为安格拉核电站1号机组换料提供先进的16x16燃料组件，并开发一个燃料组件保护格架部件项目，以及INB供应人员在美移动燃料。



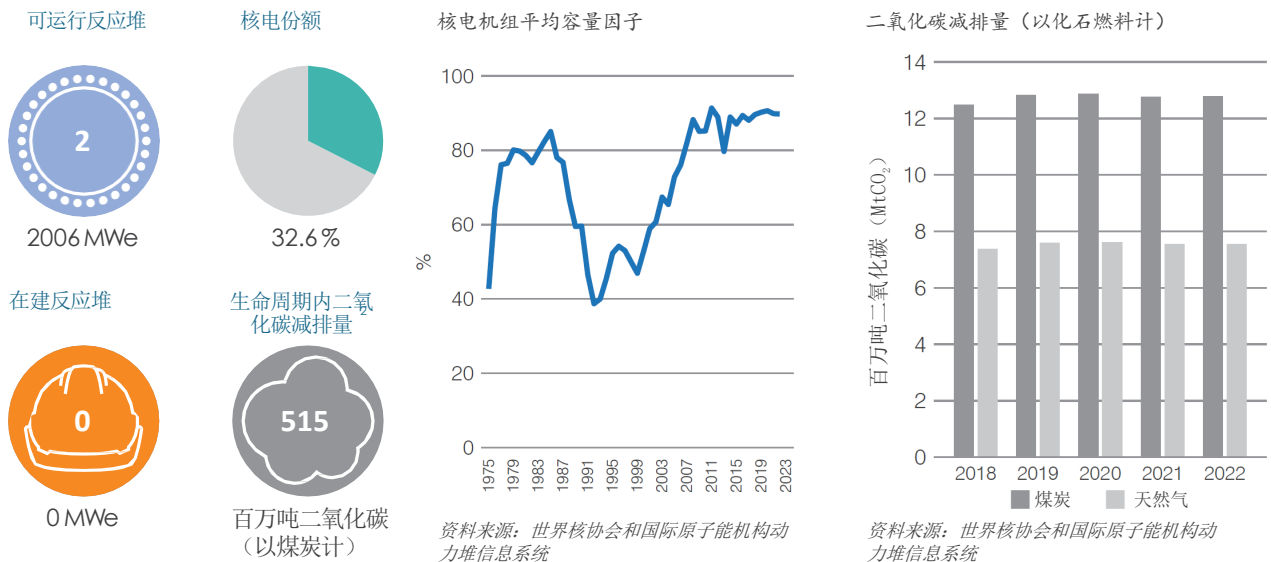
# 保加利亚

保加利亚科兹洛杜伊核电站，位于索菲亚以北约110公里处的多瑙河畔。它有两座在运的VVER-1000反应堆，总装机容量为2006 MWe。作为该国加入欧盟的条件，在21世纪初关闭了四台VVER-440机组。

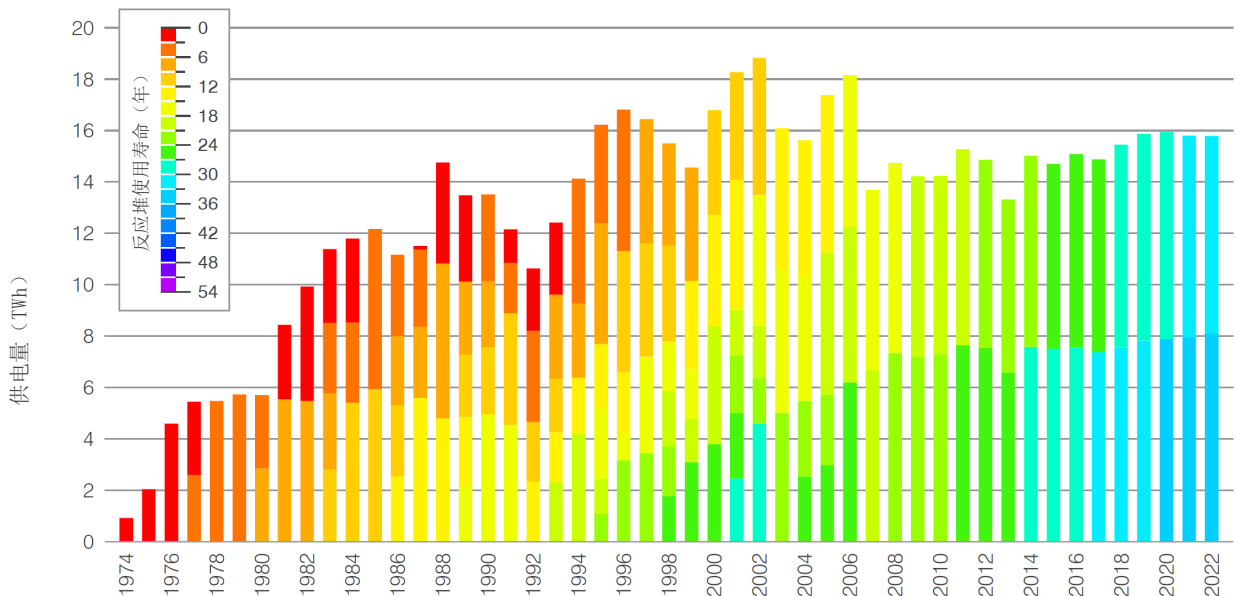
2022年俄乌冲突导致保加利亚寻求俄罗斯供应核燃料的替代品。投票后，政府于2022年12月与西屋公司签署了一份为期10年的协议，为科兹洛杜伊核电站5号机组供应燃料，并与法马通公司签署了一项在2025年至2034年期间为科兹洛杜伊核电站6号机组供应燃料的协议。

2023年1月，能源部长制定了一项能源战略，其中包括在科兹洛杜伊和贝莱内分别建造两座新反应堆的计划。该战略概述了在2030年前继续使用煤炭，然后到2038年将其减少至零的计划。

同月，国民议会以112票对45票、39票弃权的表决结果赞成一项要求部长们与美国政府就科兹洛杜伊的新AP1000机组进行谈判的决定草案。



核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 加拿大

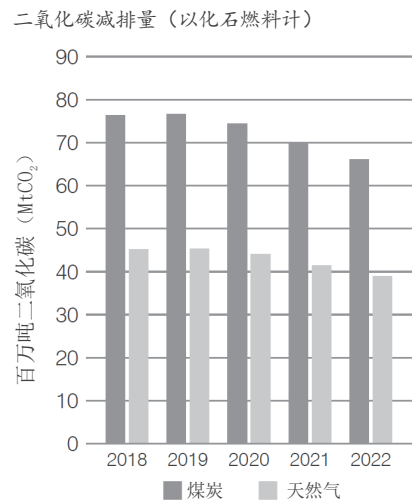
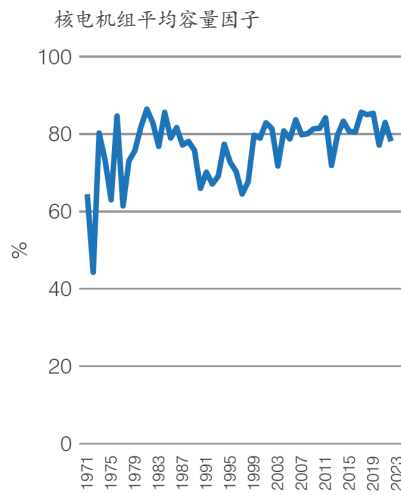
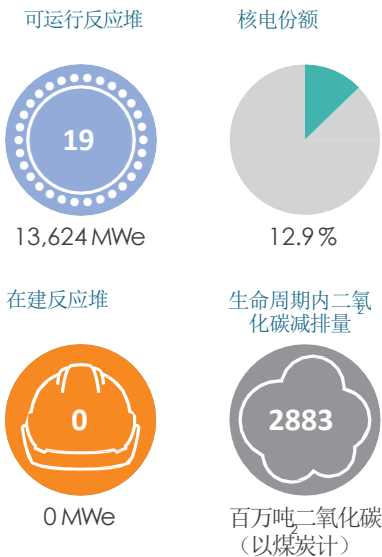
加拿大东南部的四个核电站有19个反应堆在运行，其中18个位于安大略省，一个位于新不伦瑞克省。

布鲁斯核电站由1977年至1987年间投运的八台机组组成。2015年，决定翻新其中六台机组，将其运行时间延长至2064年。

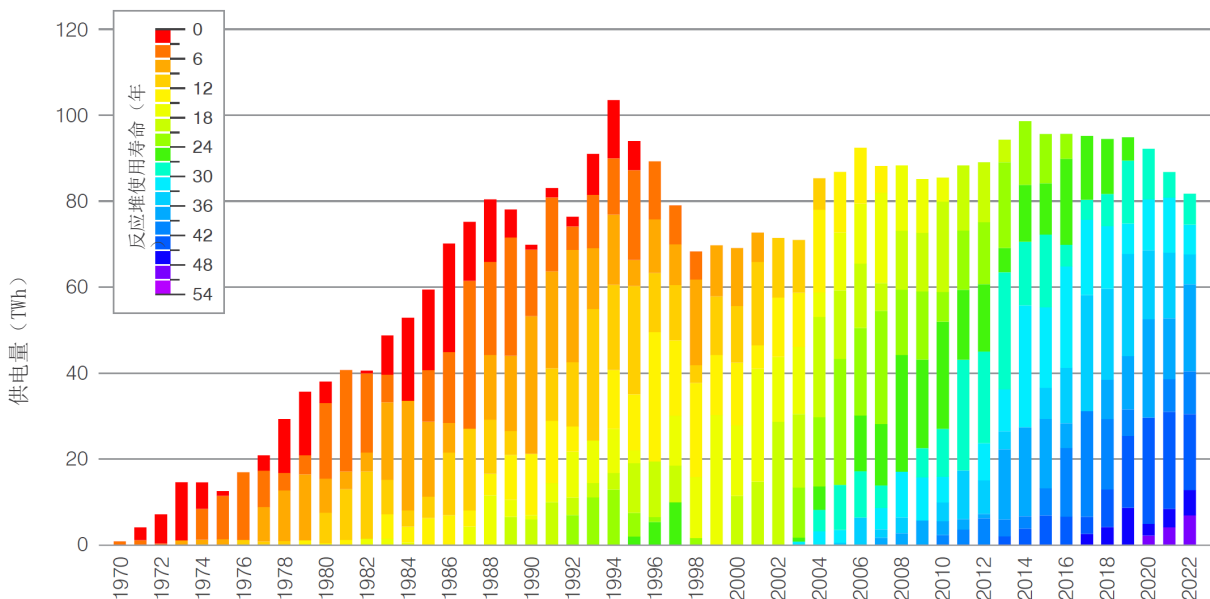
2023年5月，布鲁斯核电站第一台翻新机组（6号机组）达到了“基本完工”的主要里程碑，换料工作正在进行中。2023年3月，3号机组开始翻新，反应堆计划于2026年恢复运行。

2015年，安大略发电公司（OPG）决定对达灵顿核电站实施全面翻新计划，以便将四座反应堆的寿命延长30年。2号机组于2016年10月下线，2020年6月重启。3号机组于2020年9月下线翻新，1号机组于2022年2月下线翻新。预计3号机组将于2023年底恢复运行。4号机组的翻新计划于2023年7月开始，所有四台机组的工作有望在2026年前完成。

2023年1月，安大略发电公司、通用电气日立、SNC-兰万灵和Aecon宣布在达灵顿建立为期六年的联盟，以开发、设计和建造BWRX-300。



核能发电量



## 中国（大陆）

中国（大陆）有55座可运行反应堆，总容量为53GWe，主要分布在其东南沿海地区。截至2023年6月，还有23座在建反应堆，总计24 GWe。

2023年1月，中国华龙一号反应堆防城港核电站3号机组并网。该机组于2015年12月开工建设。

四座CAP1000反应堆已开工建设：三门核电站3号机组和4号机组分别于2022年6月和2023年3月启动；海阳核电站3号机组和4号机组分别于2022年7月和2023年4月启动。

2022年9月，陆丰核电站5号机组开始建造1100 MWe的华龙一号反应堆。

2023年2月，海阳开始建设一条长达23公里的供热管网，该管网将从海阳核电站输送核能产生的热量。该项目计划在2023年底前投入运营，将提供高达970万吉焦耳的能量，足以满足100万居民的需求。

中国首个核电站工业供热项目于2022年12月完工。浙江海盐核能供暖示范项目利用秦山电厂冬季余热，为海盐县公共设施、居民小区和工业园区提供28.8亿焦耳热量。

2022年11月，中国核工业集团有限公司开始建设中国第一个由漳州电厂供电的核电抽水蓄能项目。

可运行反应堆



52,181 MWe

在建反应堆



22,084 MWe

核电份额

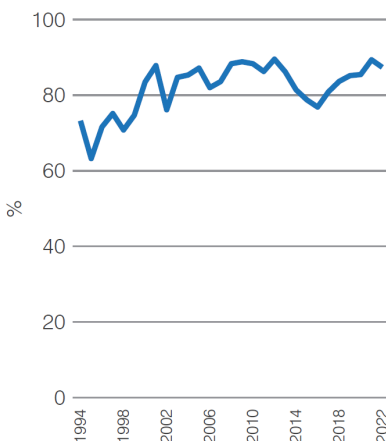


生命周期内二氧化碳减排量



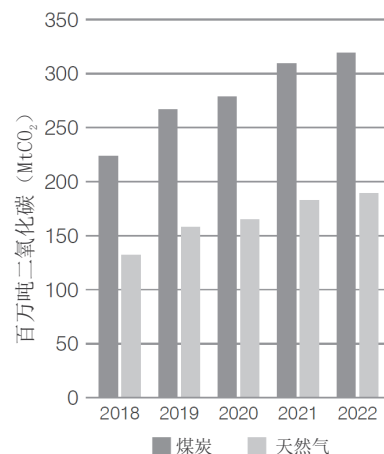
百万吨二氧化碳  
(以煤炭计)

核电机组平均容量因子



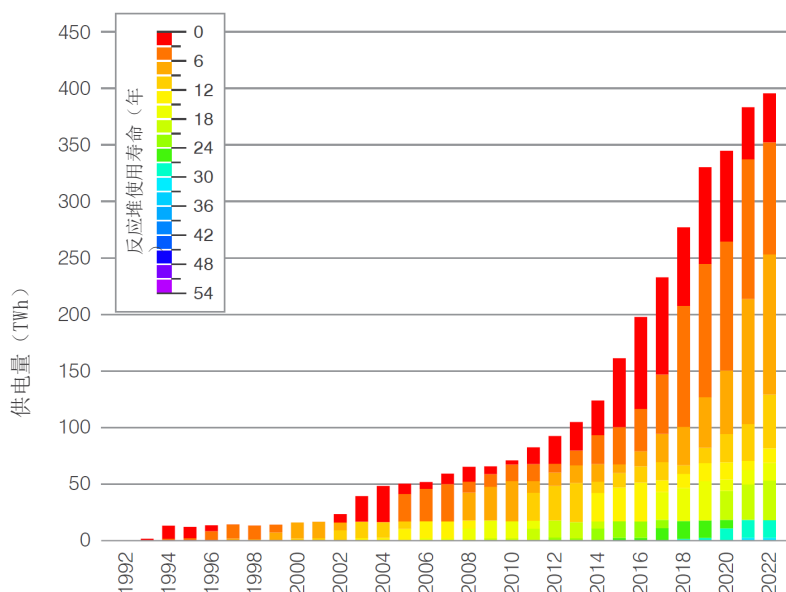
资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

二氧化碳减排量（以化石燃料计）



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

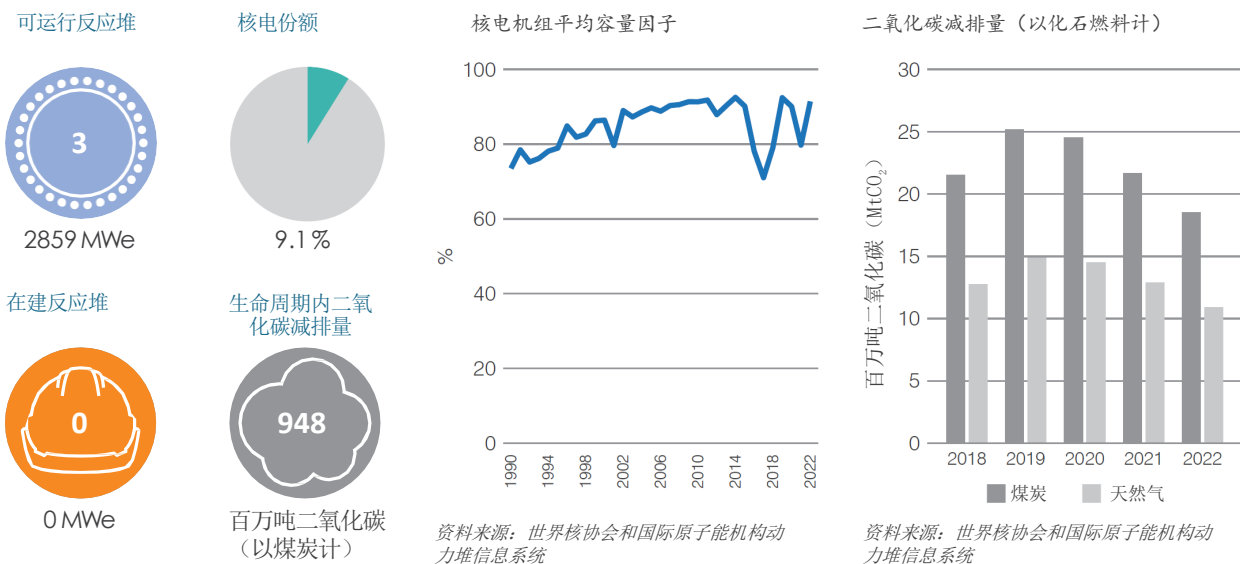
# 中国台湾

中国台湾有两座可运行的核电反应堆，总容量为1874 MWe，位于该岛南部海岸的马鞍山。这些反应堆的运行许可证分别于2024年7月27日和2025年5月17日到期。

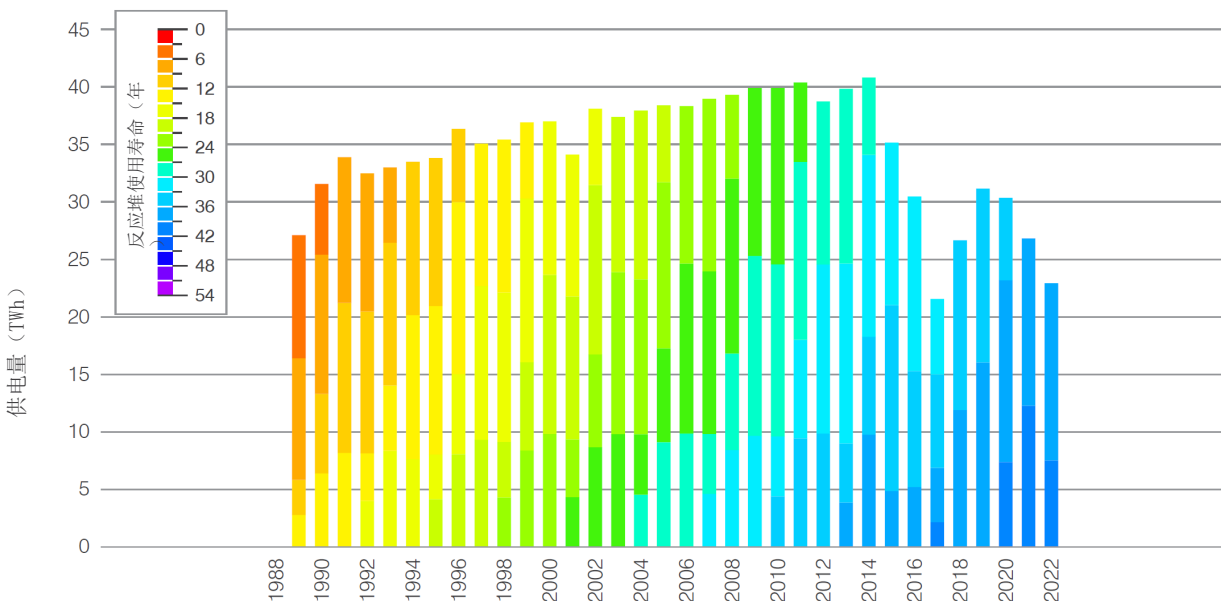
自2016年1月一来，台湾省制定了到2025年逐步淘汰核能的政策。根据这项政策，岛上当时可运行的六个反应堆将在40年运营许可证到期时退役。之后不久，《电力法》修正案将逐步淘汰政策行成为法律。

尽管该修正案后来在2018年11月举行的全民公决后被取消，但当局表示任何核电厂都不会获得许可证延期。2021年7月，台电宣布关闭国圣核电站1号机组，随后于2023年3月关闭2号机组。

其能源目标是20%来自可再生能源，50%来自液化天然气，30%来自煤炭。



核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



## 捷克共和国

捷克共和国有六座可运行的反应堆：两座VVER-1000机组位于布拉格以南100公里的泰梅林（Temelin）；四座VVER-440机组位于布尔诺以西约30公里的杜科瓦尼（Dukovany）。

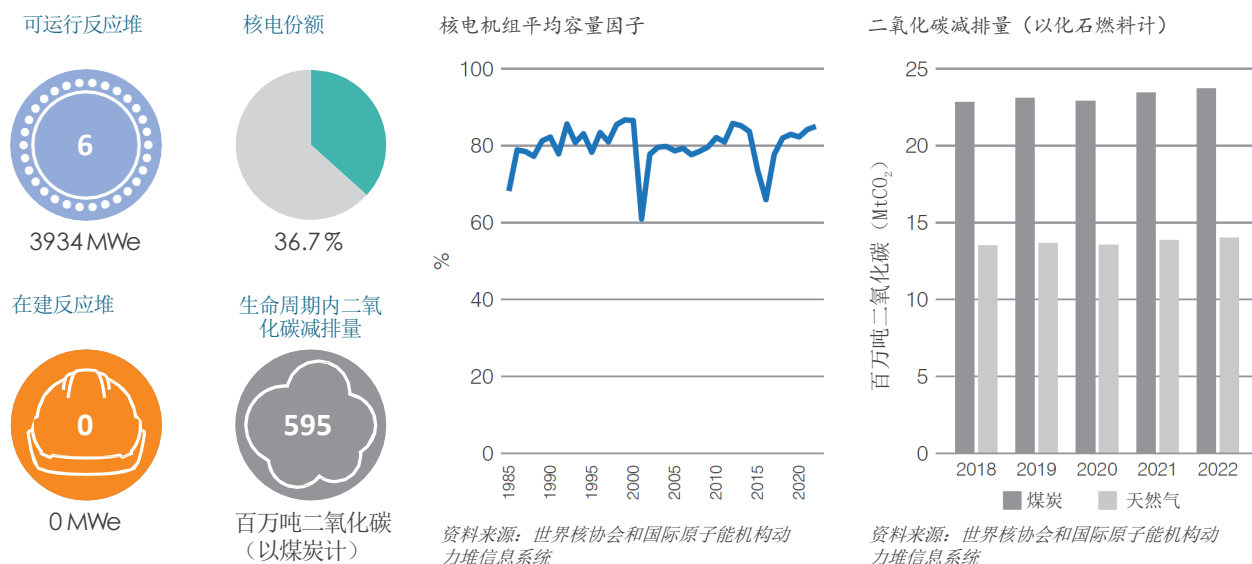
政府于2015年的长期能源战略预测，到2050年需要将核能在该国能源结构中的份额提高到50-55%。

2023年2月，捷克公用事业公司CEZ宣布，该公司计划向杜科瓦尼核电站4号机组投资约1亿美元，将其运行寿命延长至60年，到2047年关闭。

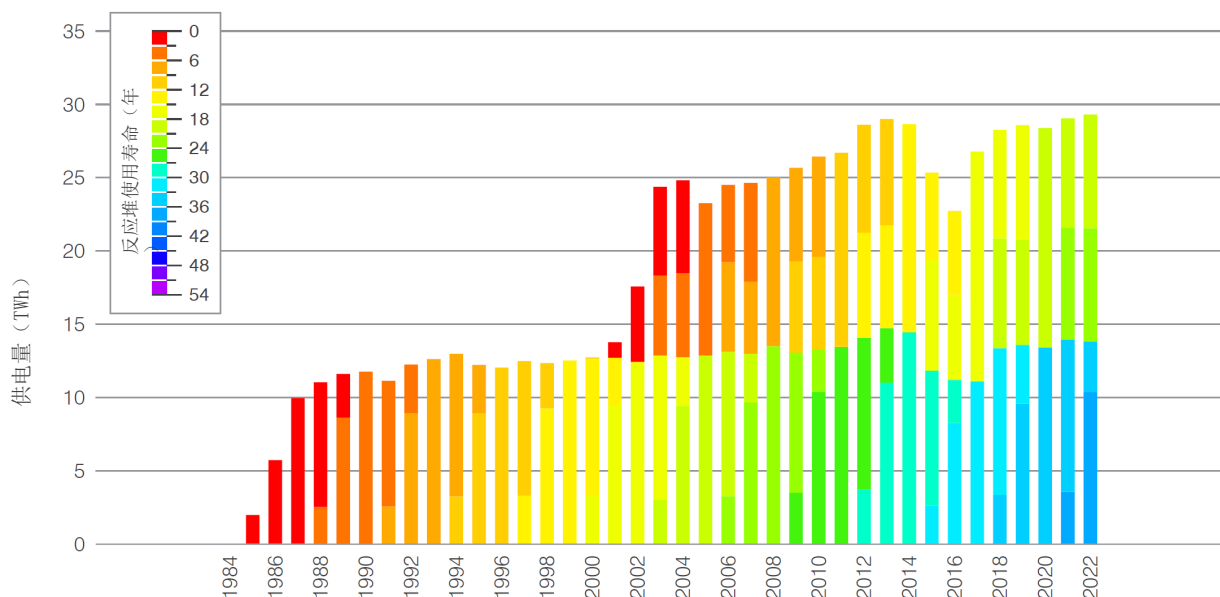
2022年11月，法国电力集团、西屋电气与韩国水电和核电公司三家供应商提交了在杜科瓦尼建造新反应堆的初版标书。预计终版标书将于2023年9月前完成。

该国还计划建造其第一座小型模块化反应堆，泰梅林核电站是一个潜在厂址。2023年2月，CEZ将德马洛维茨（Dětmárovice）和图西米瑟（Tušimice）的燃煤电厂确定为建造第二座和第三座小型模块化反应堆的首选位置，希望在21世纪30年代下半叶将其建成并投运。该国致力于在2033年前逐步淘汰燃煤发电。

2023年3月，CEZ与西屋签署了一项协议，约定西屋自2024年起向杜科瓦尼核电站供应VVER-440燃料组件。此前，西屋和法马通于2022年4月就泰梅林核电站达成了类似供应协议。



### 核能发电量

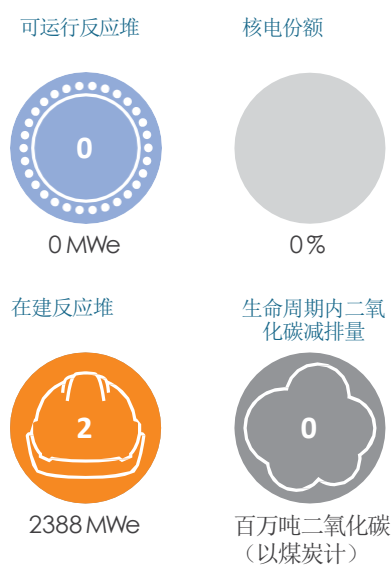


## 埃及

三台VVER-1200机组目前正在埃及El Dabaa建造，该地位于北地中海海岸线上，亚历山大港以西140公里。目前还计划建造第四台海水淡化能力很强的机组。

2015年11月，埃及与俄罗斯签署了一项政府间协议，以建造和运营四座反应堆，内容涵盖包括核燃料供应、乏燃料、培训和发展监管基础设施。2019年4月，核电站管理局（NPPA）获得了埃及核与辐射监管局（ENRRA）颁发的El Dabaa场地批准许可证。

El Dabaa核电站1号机组于2022年7月开工建设，2号机组于2022年11月开工建设，3号机组于2023年5月初开工建设。



El Dabaa核电站2号机组开工建设（图片来源：俄罗斯国家原子能公司）

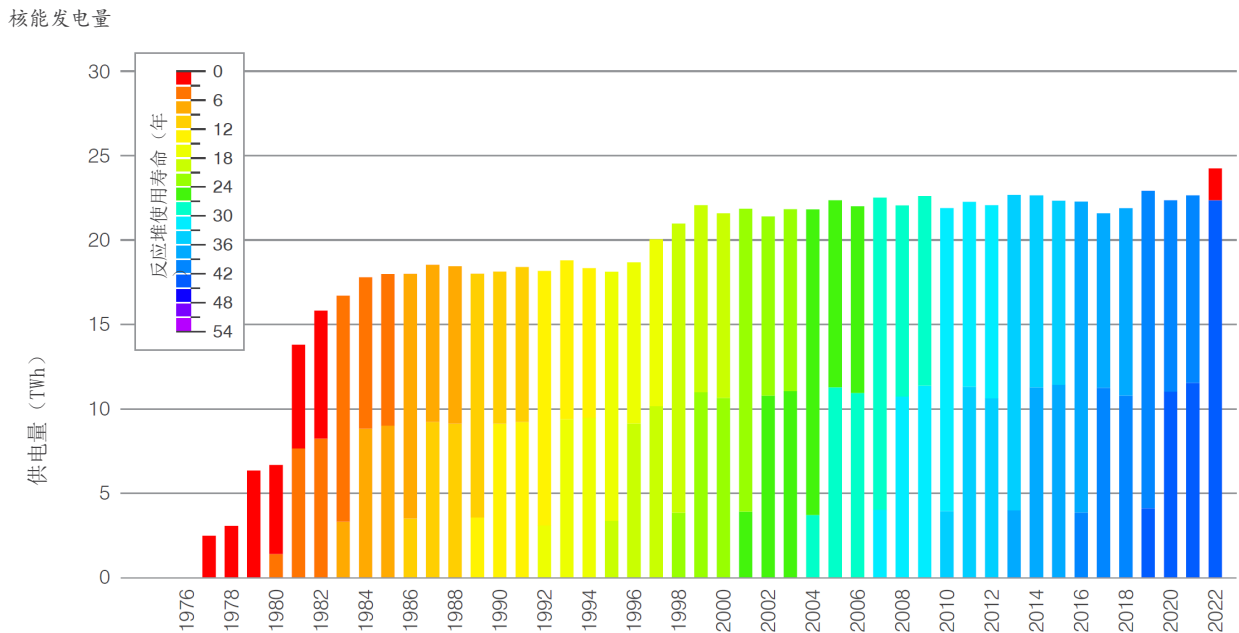
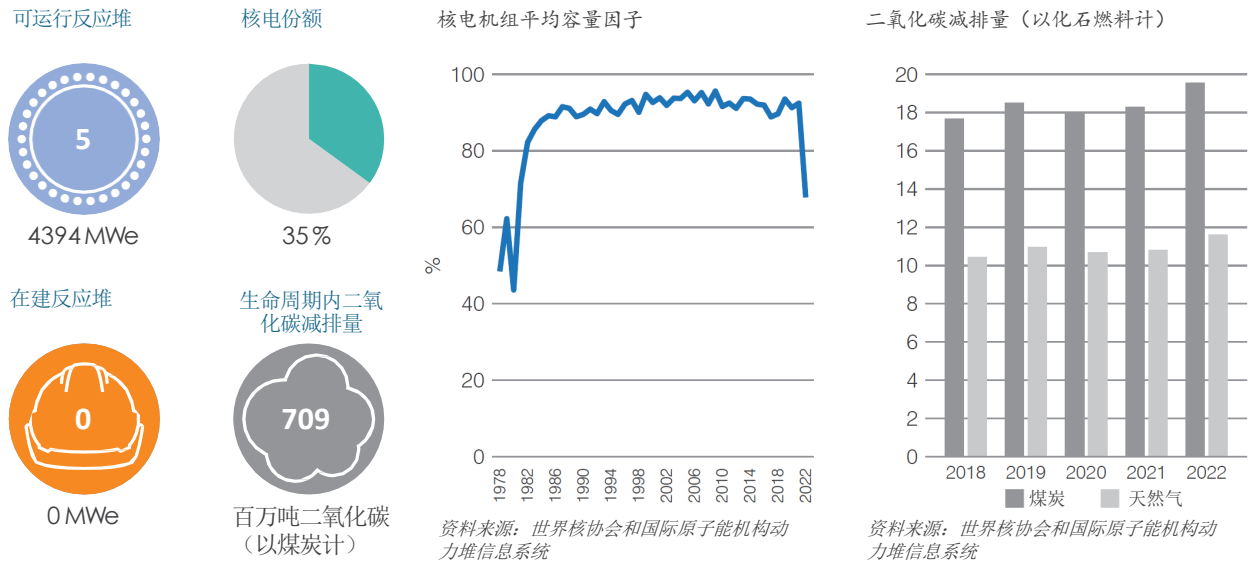
# 芬兰

芬兰有两座核电站：洛维萨核电站是一座双机组VVER-440电站，位于赫尔辛基以东80公里处；奥尔基洛托核电站位于首都西北约220公里处，配有两台沸水堆机组和一台EPR。

奥尔基洛托核电站3号机组——欧洲首座EPR——于2005年5月开工建设。2021年12月最终初次达到临界，2022年3月首次发电。经过扩展试验阶段（在此期间，必须修复所有四台给水泵叶轮的损坏），于2023年4月中旬开始常规发电。

2023年2月，芬兰政府批准了富腾的运行寿命延长请求，将洛维萨核电站1号机组和2号机组的运行时间再延长20年，直至2050年底。这两台机组分别于1977年和1980年启动。

芬诺能源于2013年12月签署了一份合同，约定由俄罗斯国家原子能海外公司（Rosatom Overseas）向皮海约基附近的波的尼亚湾海岸上的汉希基维核电站供应一座VVER-1200反应堆。俄乌冲突后，芬诺能源于2022年5月宣布终止合同。争议评审委员会（DRB）后来裁定这是非法行为，芬诺能源自此启动了国际仲裁程序。



## 法国

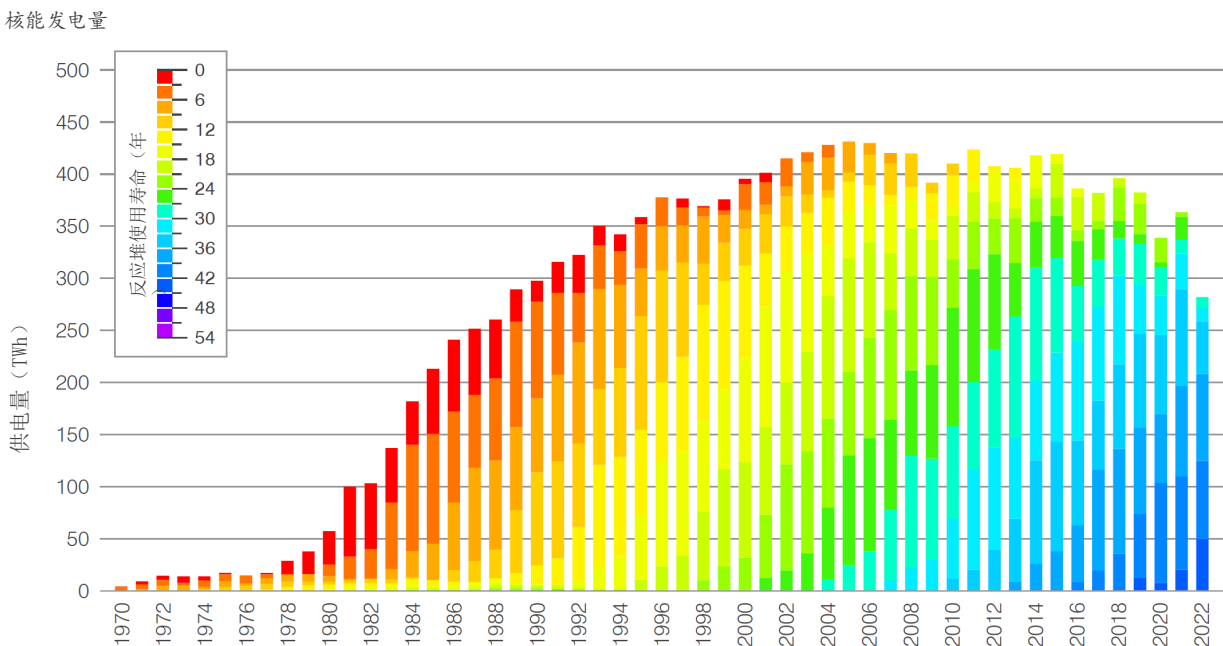
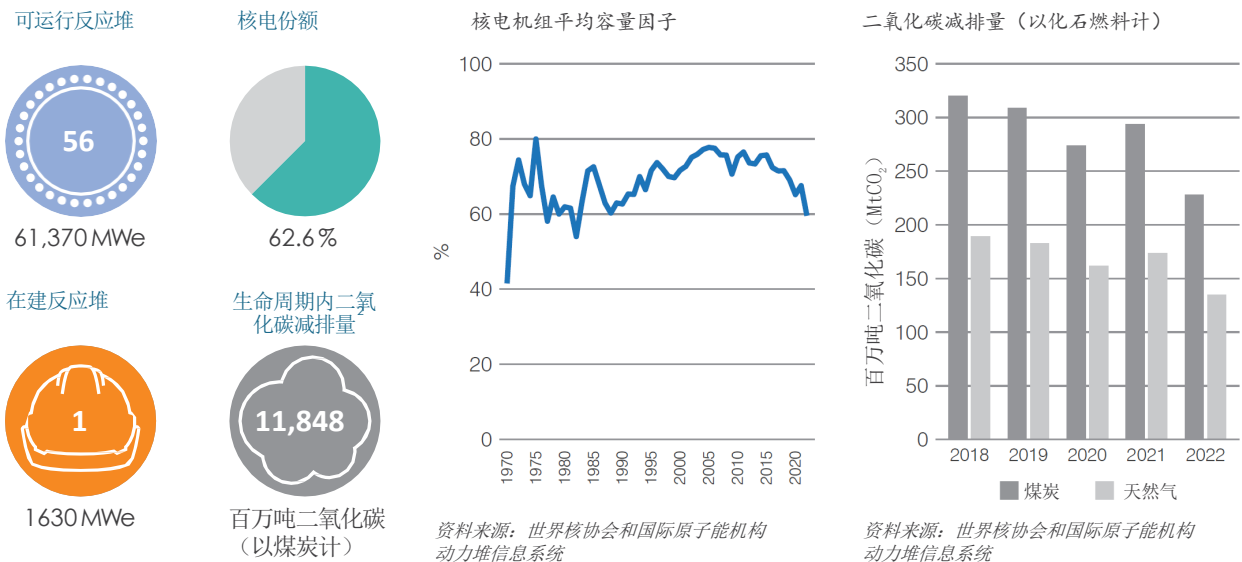
法国在全国各地的沿海和内陆地区拥有56座可运行反应堆，总容量为61,400 MWe。位于西北海岸诺曼底的弗拉芒维尔核电站正在建造一座EPR。

2023年1月，政府批准了一项法案草案，其中取消了到2035年将法国核能发电份额降至50%的目标。

2023年3月，法国议会正式批准了政府的核投资计划，即在三个地点建造六台EPR-2机组，预计成本为520亿欧元。

法国电力集团于2023年6月完成全面国有化。公司的财务最近受到数个核电站的一般应力腐蚀问题的不利影响。这个问题于2021年12月首次发现，当时对锡沃核电站1号机组一回路为维护检查显示安注系统管道焊缝附近存在腐蚀。很快在其他机组也发现了类似的故障，因此需要对法国大部分核电站进行检查。由此造成大量停堆，法国电力集团在2023年2月公布了2022年的创纪录年度亏损179亿欧元（190亿美元）。

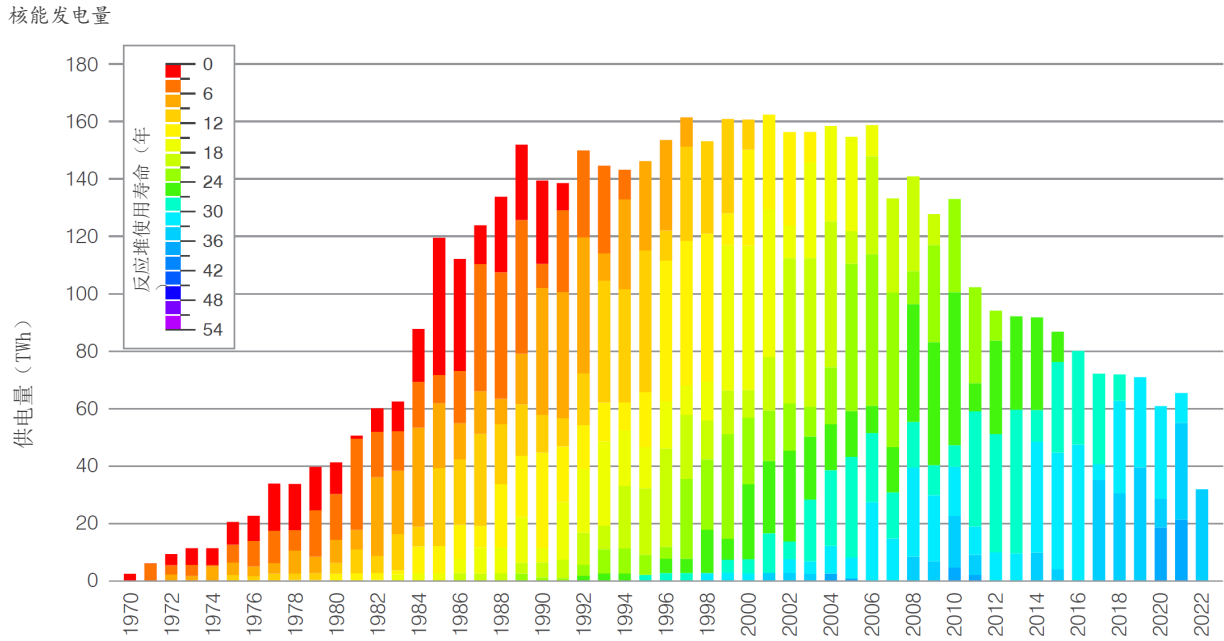
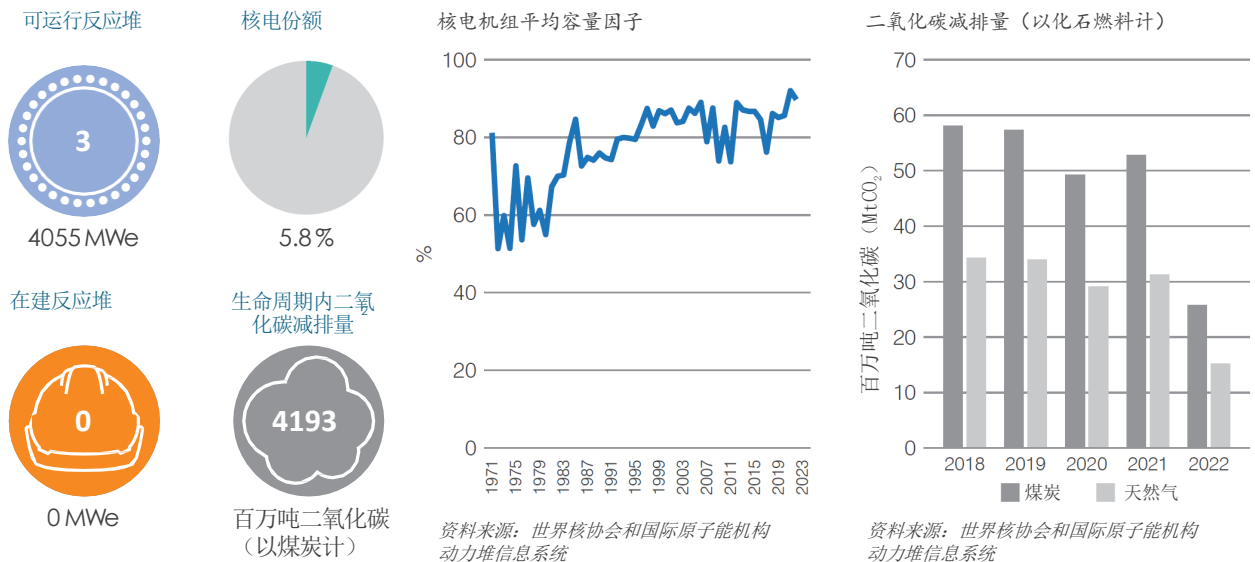
2022年7月，法国核安全监管机构（Autorité de Sûreté Nucléaire）批准了法国电力集团计划在2023至2025年检查和维修所有反应堆的策略。



# 德国

德国在2023年4月关闭了最后三座反应堆——内卡韦斯特海姆2号核电站、伊萨尔2号核电站和埃姆斯兰核电站，自此德国不再有在运核电机组。

这三座反应堆本应在2022年底关闭，但由于俄乌冲突，德国重新评估了这一计划。在由该国电网输电运营商进行“压力测试”后，2022年10月，德国决定这三座反应堆继续运行至2023年4月中旬。



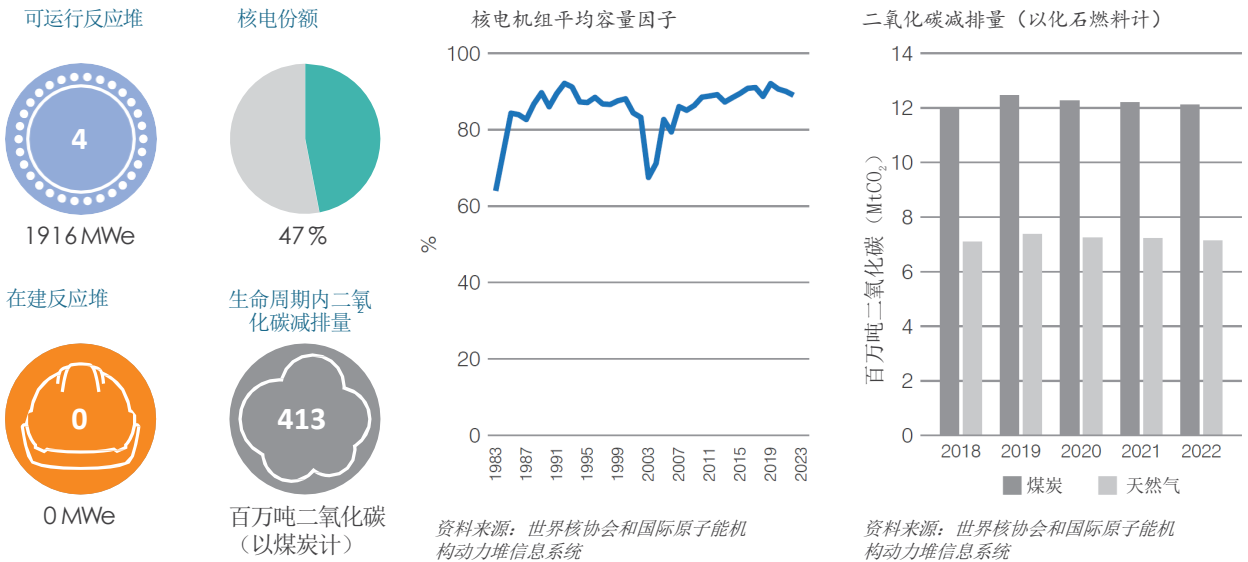
# 匈牙利

四座VVER-440反应堆在布达佩斯以南100公里的保克什 (Paks) 核电站运行，总容量为1916 MWe。该电站发电量占匈牙利总发电量的一半，但仍仅满足该国约三分之一的电力需求，因此匈牙利严重依赖进口。

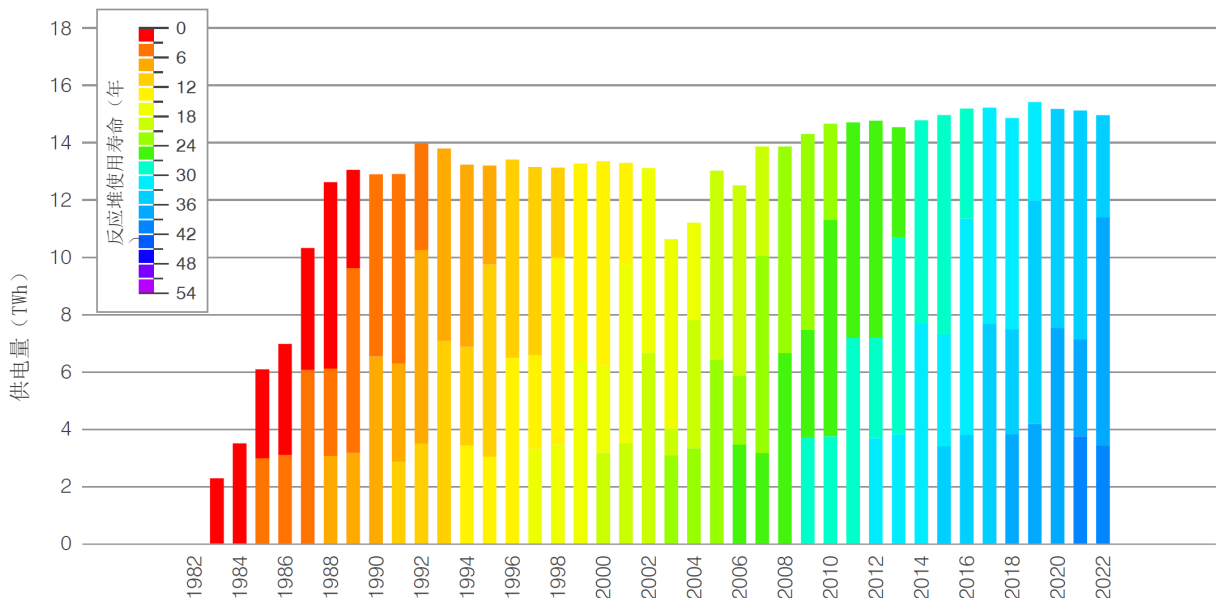
这四台机组均于20世纪80年代启动，最初计划在2012年至2017年期间达到其运行寿命的终点，但获得了20年的延期许可。2022年12月，匈牙利议会批准了将四台机组的运行寿命再延长20年的计划。这项立法以170票赞成、8票反对和1票弃权获得压倒性支持。这一决定使该国能够采取措施，使保克什核电站运行至21世纪50年代。

2022年8月，匈牙利原子能管理局 (HAEA) 为俄罗斯国家原子能公司将在保克什-2核电站建造的两台VVER-1200机组颁发了建造许可证。

2023年4月，尽管存在俄乌冲突以及欧盟对俄罗斯的制裁，但匈牙利政府宣布，其打算继续建造保克什-2核电站。虽然没有公开细节，但匈牙利已宣布，其与俄罗斯国家原子能公司商定了保克什-2核电站项目建造和融资的修订案。次月，欧盟委员会批准了修订后的合同。



核能发电量



# 印度

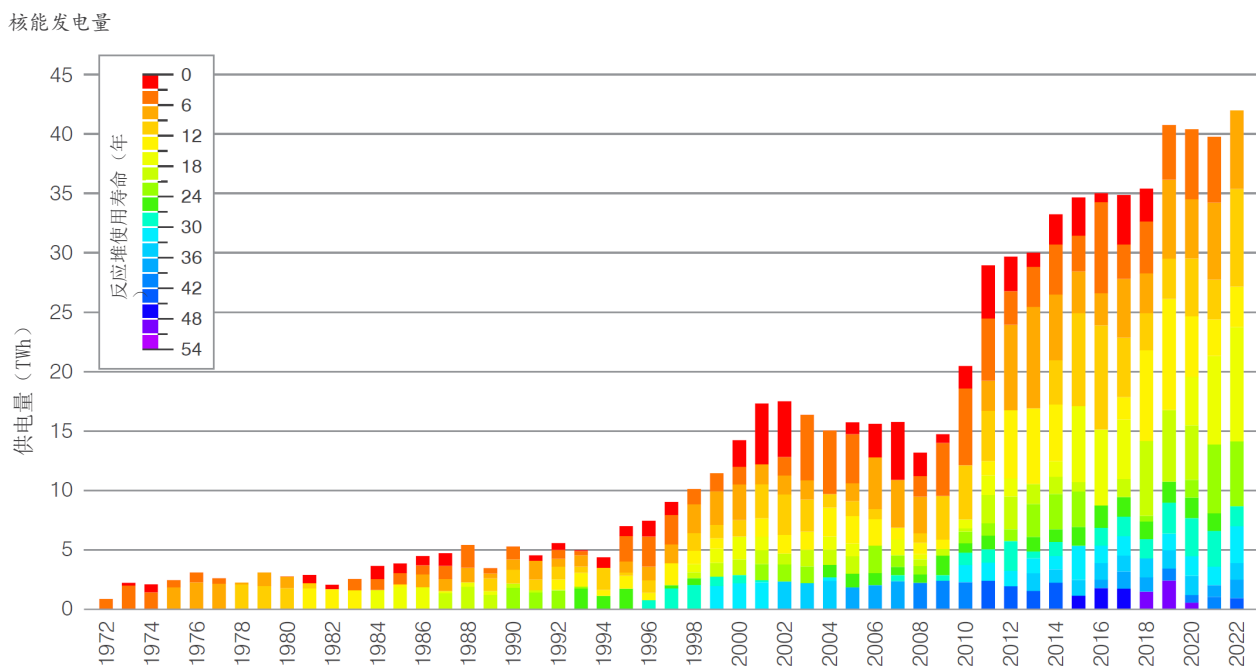
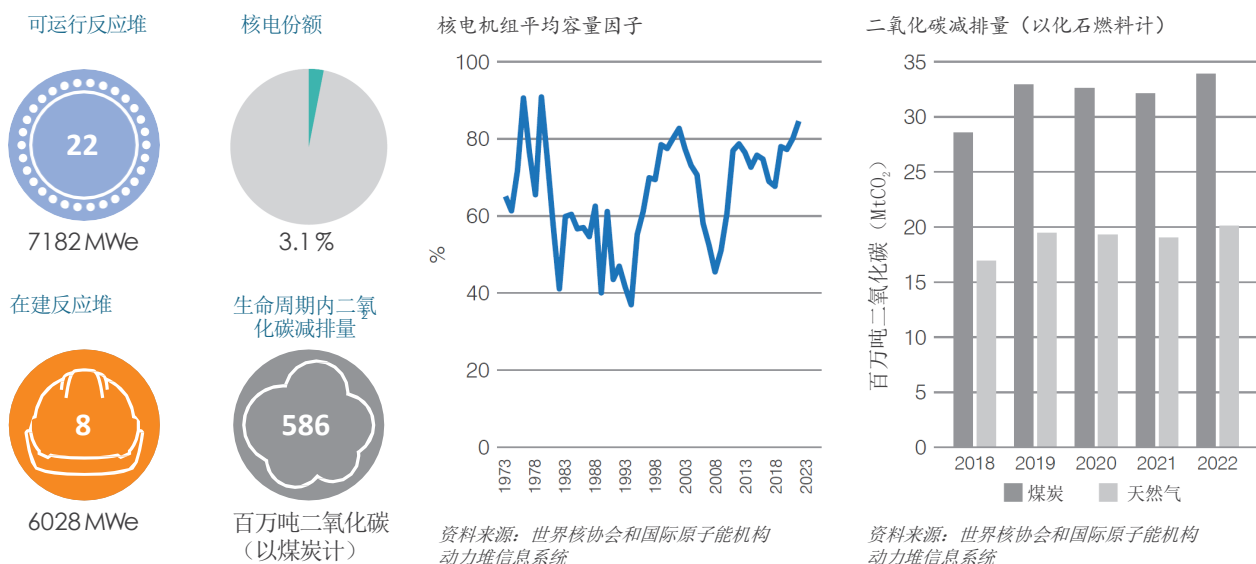
印度在内陆和沿海的七座核电站拥有22座反应堆。大多数反应堆是本土设计的加压重水反应堆（PHWR）。

2023年4月，印度政府宣布，计划在2031年之前将核电容量从6780 MWe增加到22,480 MWe，且在2047年之前，使印度的核能发电份额达到近9%。

两座位于泰米尔纳德邦库丹库拉姆核电站的VVER-1000反应堆分别于2013年和2017年开始商业运营。该电站正在建造另外四台VVER-1000机组：3号和4号机组于2017年开始建造；5号机组于2021年6月开始建造；6号机组于2021年12月开始建造。这四台机组预计都将于2027年完工。

卡克拉帕核电站是印度古吉拉特邦本土设计的核电站，有三座可运行反应堆和一座在建反应堆。3号机组是印度首座PHWR-700，于2021年1月并网，但截至2023年6月尚未投入商业运营。3号和4号机组分别于2010年和2011年开工建设。

拉贾斯坦邦核电站7号和8号机组正在建设另外两座PHWR-700机组。2023年5月，印度最大的电力公司NTPC与印度核电有限公司（NPCIL）签署了一份“补充合资协议”，以开发六台PHWR-700机组：两台位于中央邦的Chutka核电站，四台位于拉贾斯坦邦的Mahi Banswara核电站。



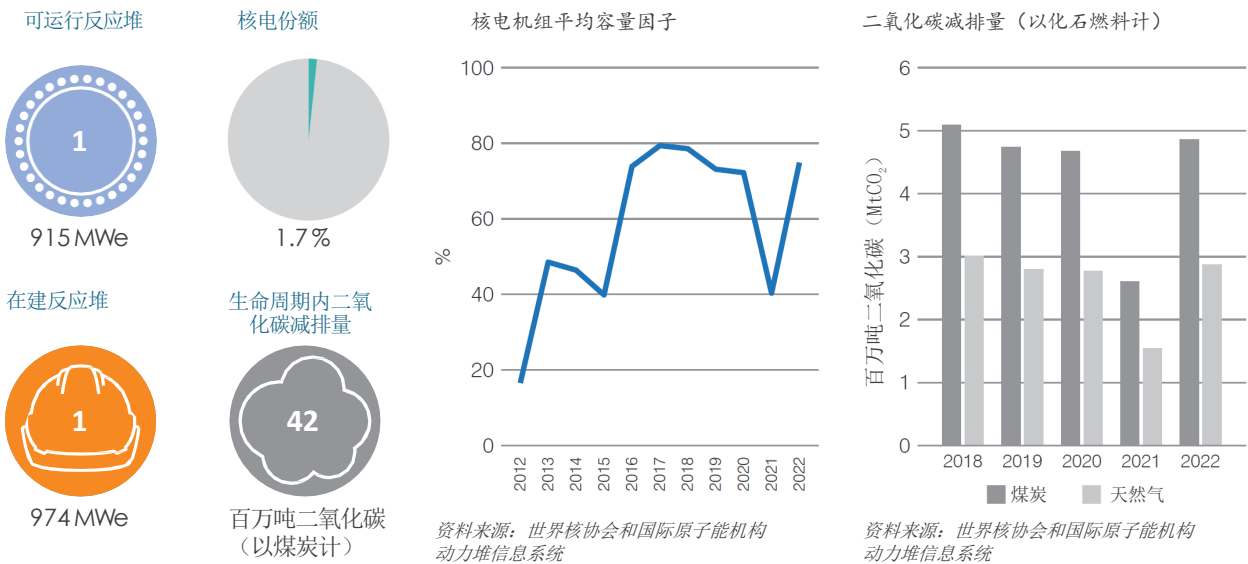
# 伊朗

在伊朗波斯湾海岸设拉子西南约180公里处的布什尔核电站，一台VVER-1000机组正在运行。

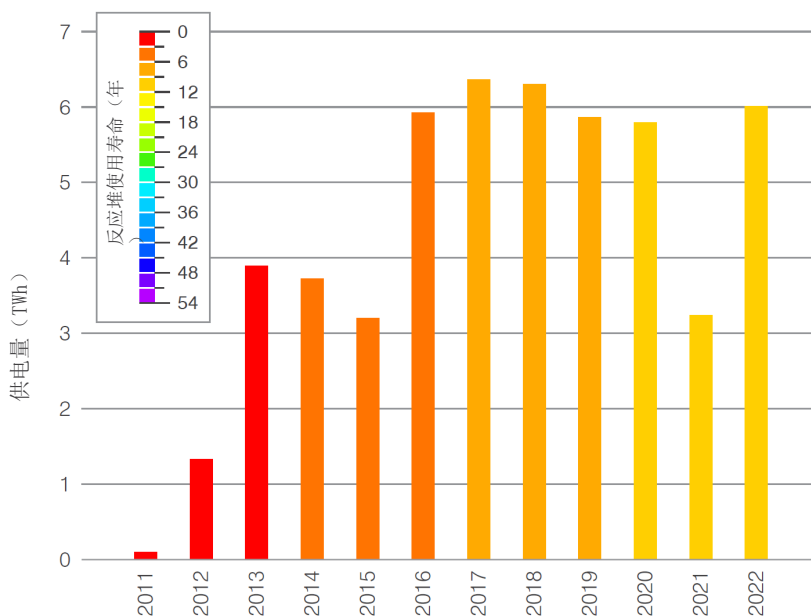
第二台VVER-1000于2019年在布什尔核电站开始建造，预计将于2024年启动。另一台VVER-1000原计划两年后启动，但尚未开始建造。2022年8月，在布什尔开工建设了该国第一座核能海水淡化厂，产能为70000立方米/天。

自2002年以来，伊朗长期受到国际原子能机构对其发展核武器可能的调查。2022年12月，联合国报告称，2015年《联合全面行动计划》（JCPOA）的实施没有取得任何进展，伊朗仍在浓缩“数量令人担忧”的铀。

2023年2月，法国、德国、英国和美国呼吁伊朗遵守其《全面保障监督协定》规定的所有国际义务。次月，伊朗同意加强与国际原子能机构的合作，包括在浓缩场所重新安装监控摄像头。



核能发电量



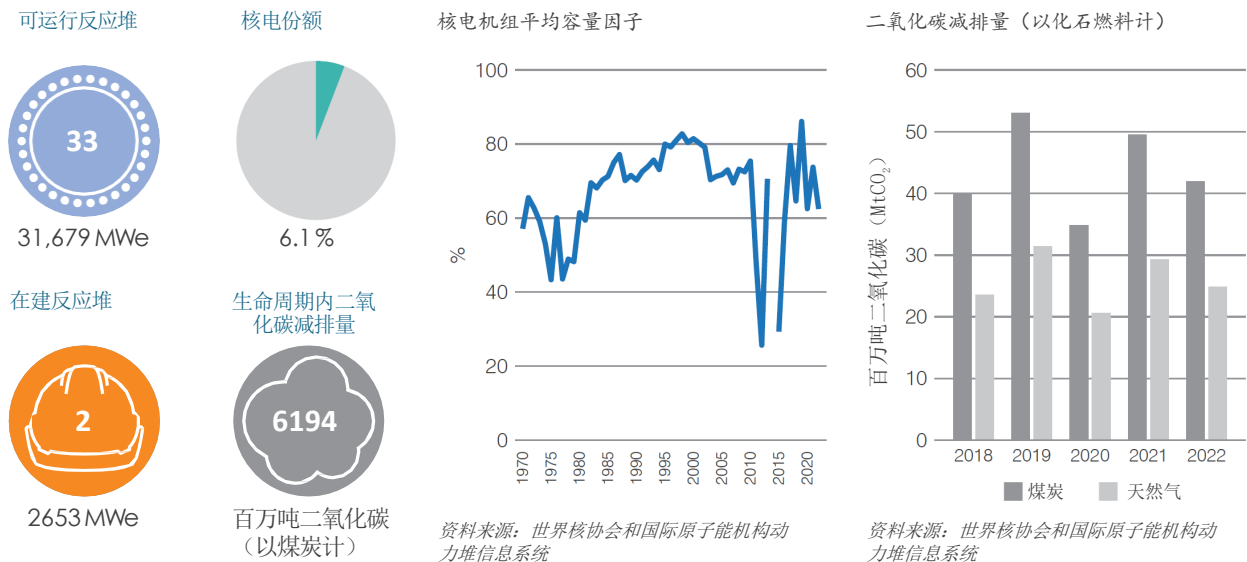


# 日本

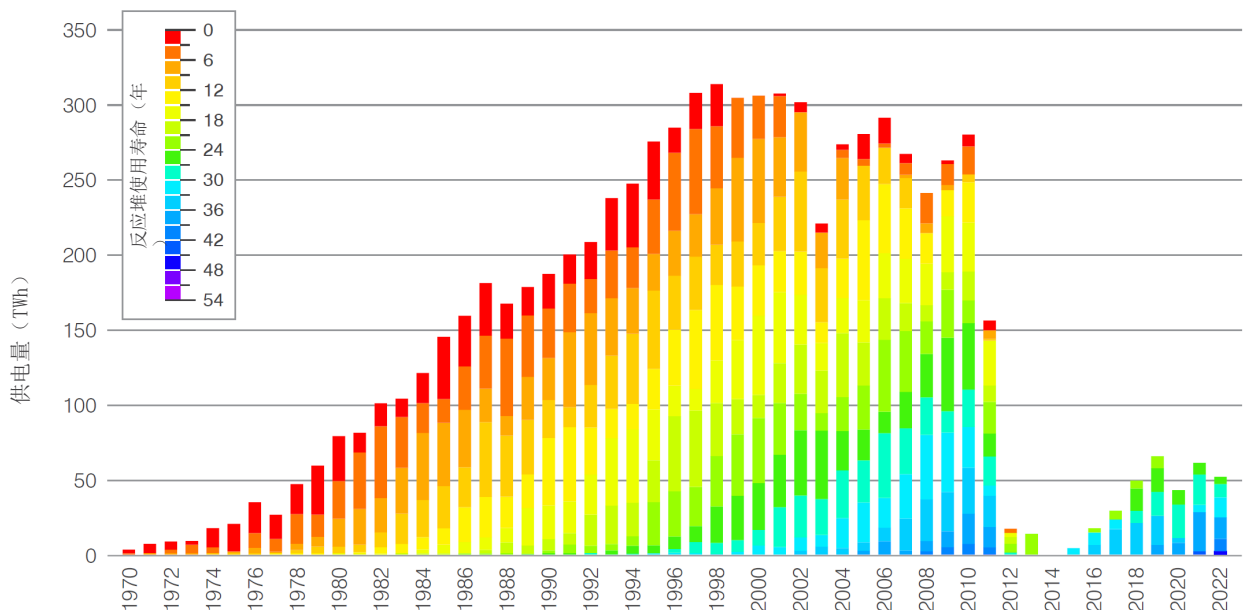
在2011年3月的海啸和随后发生的福岛第一核电站事故后，日本的所有反应堆都必须获得监管部门的批准才能重新启动。截至2023年6月，该国33座可运行反应堆中只有10座（9500 MWe）已重启。

2022年12月，政府采取了一项政策，通过尽可能多地重启来最大限度地利用现有反应堆，同时也开发先进反应堆来取代已关停的反应堆。

2022年9月，经济产业省（METI）概述了维持反应堆运行寿命60年上限的计划。然而，2011年福岛事故后反应堆保持闲置的年份将不计入运行寿命中。2023年2月，内阁批准了一项新政策，允许核反应堆的运行时间超过60年的期限，并在反应堆运行30年后每十年批准一次延寿。



## 核能发电量



# 墨西哥

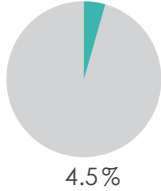
墨西哥有两座可运行的核反应堆，位于该国东海岸，距离首都墨西哥城以东290公里。Laguna Verde核电站1号机组于1990年开始商业运营，2号机组于1995年开始商业运营。

2020年7月，墨西哥能源部批准将Laguna Verde 1号核电站的运行许可证延长30年。如此一来，该电站的反应堆可运行至2050年。2022年8月，Laguna Verde核电站2号机组的运行许可证也获得延期，可运行至2055年4月。

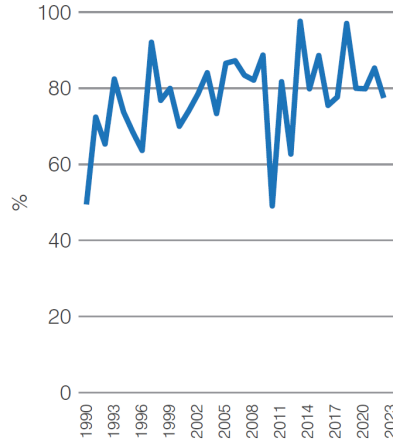
可运行反应堆



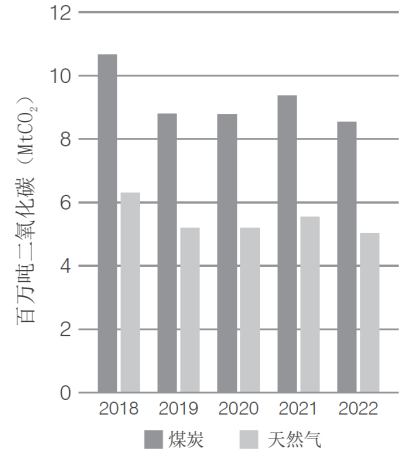
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



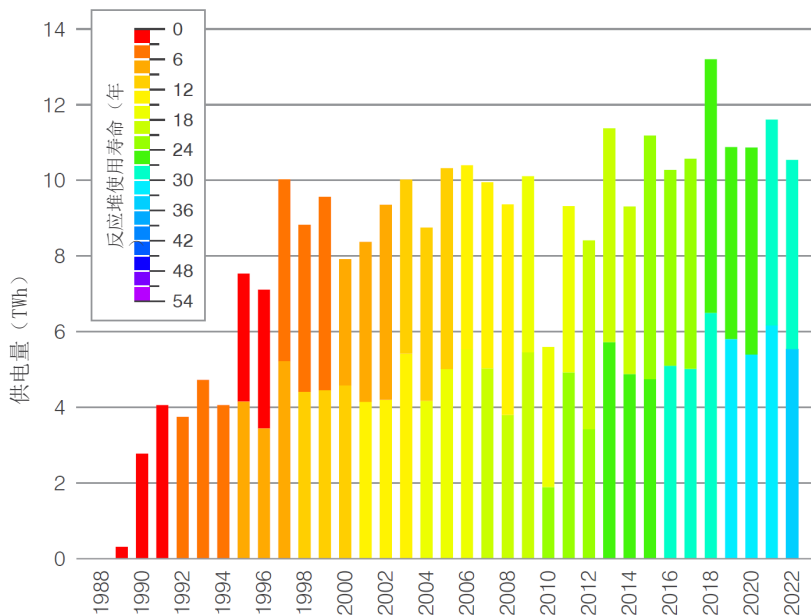
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 荷兰

在鹿特丹西南约70公里的博尔瑟勒 (Borssele) 正在运行一座485 MWe的压水堆。

2018年5月，政府宣布到2030年逐步淘汰燃煤发电的法律草案之后，人们逐渐重新燃起对核能的兴趣。

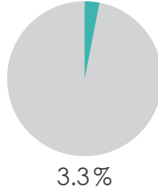
2023年4月，政府宣布其成立2024年气候基金的草案，其中包含用于核能发展的3.2亿欧元。在该项基金中，有1000万欧元将用于2023-2025年期间关于延长博尔瑟勒核电站运行寿命的研究；1.17亿欧元已分配给关于建造两座新反应堆的研究；6500万欧元将用于核技能投资；6500万欧元将用于支持小型模块化反应堆的发展。

2022年12月，荷兰核安全和辐射防护局首次考虑了将博尔瑟勒核电站的运行寿命延长至其原许可证到期时间2033年后的计划，并开展了相应技术研究。同月，政府确定博尔瑟勒场地为最适合建造两座新反应堆的地点。但政府同时表示，在2024年底之前都无法对建造地点做出最终决定。初步计划表明，这些反应堆的容量将达到1000-1650 MWe，届时将提供该国9-13%的电力，并可能在2035年左右完工。

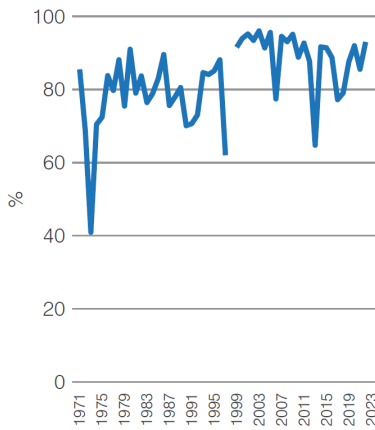
可运行反应堆



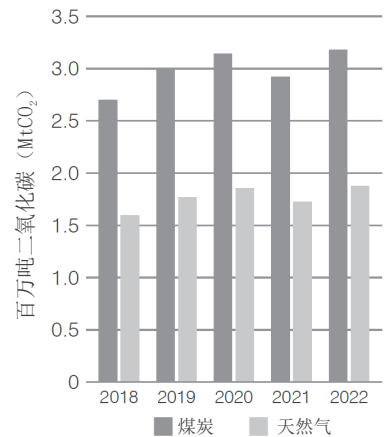
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



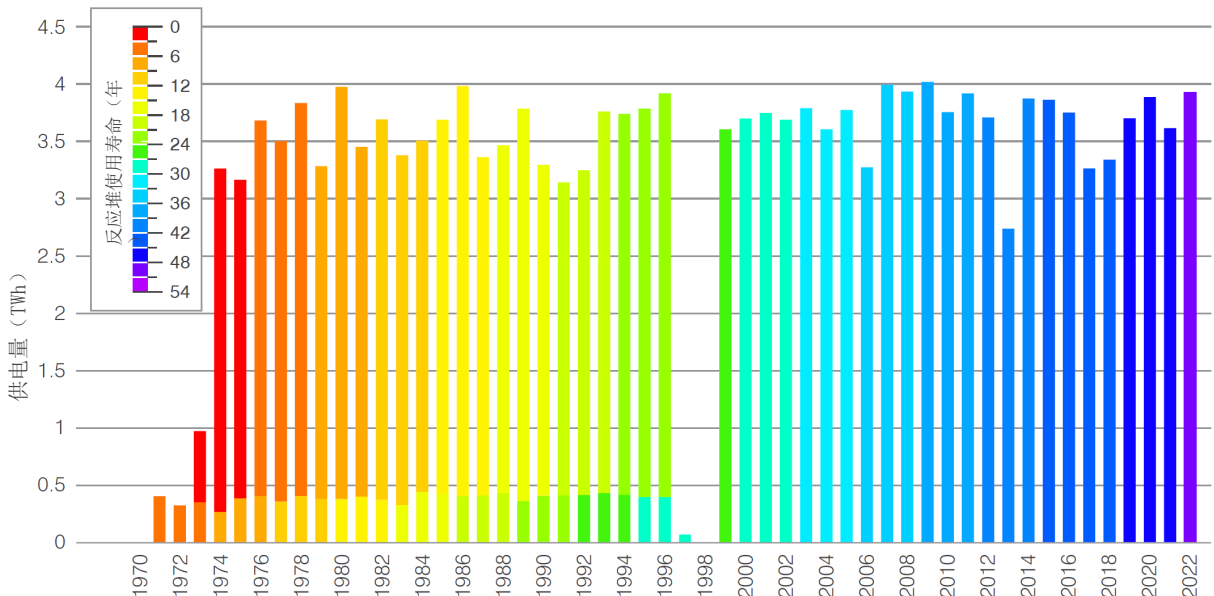
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 巴基斯坦

巴基斯坦在两处地址共有六座运行中的核反应堆，均由中国提供：其分别位于伊斯兰堡西南210公里的内陆地区恰希玛（Chashma）和海德拉巴西南约100公里的海岸地区卡拉奇。

恰希玛核电站的四台机组型号为CNP300——基于中国的秦山1号反应堆建设。第一座反应堆于2000年并网，第四台机组于2017年并网。

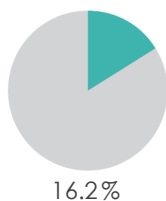
2010年11月首次签署了在恰希玛增建一台机组的建造协议。2020年进行环境评估后，巴基斯坦原子能委员会（PAEC）在2023年2月宣布，其已签署在恰希玛核电站建造HPR1000/华龙一号压水堆5号机组的最终合同。该反应堆将由中核工业集团有限公司建造，该公司还将负责部分供应，金额占预计建设所需37亿美元资金中的85%。

卡拉奇拥有两台中国设计的HPR1000机组。其第一台机组于2021年3月并网时，巴基斯坦的核能发电量几乎翻了一番。第二台机组一年后于2022年3月并网发电，同年4月投入商业运营。

可运行反应堆



核电份额



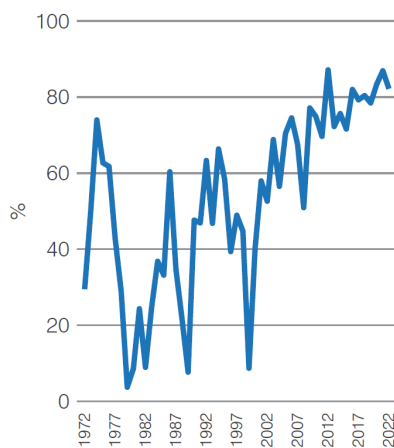
在建反应堆



生命周期内二氧化碳减排量

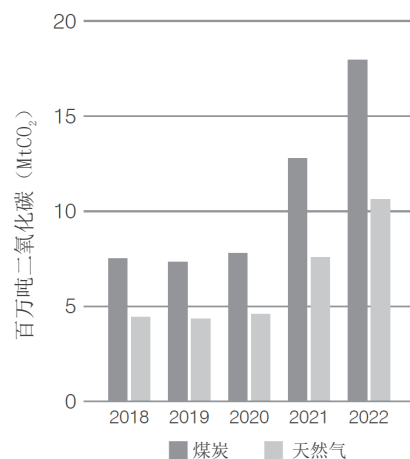


核电机组平均容量因子



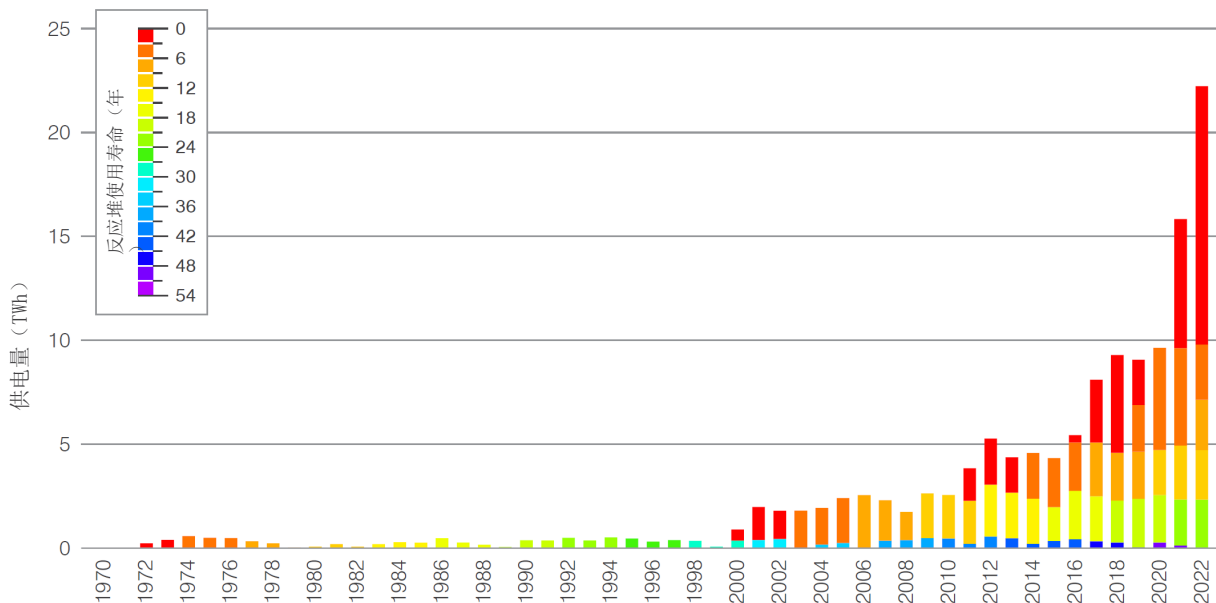
资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

二氧化碳减排量（以化石燃料计）



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 罗马尼亚

两台CANDU-6加压重水反应堆在布加勒斯特以东150公里的切尔纳沃达（Cemavoda）核电站运行。除了电力之外，该电厂还为邻近的切尔纳沃达镇提供区域供暖。

按最初计划，切尔纳沃达核电站拥有五台机组。2022年12月，罗马尼亚政府通过了一项法律草案，其中包括与法国国家核电公司（SNN）子公司EnergoNuclear签订的一项国家支持协议。该协议预计耗资70亿欧元（74亿美元）的切尔纳沃达核电站3号和4号机组项目。

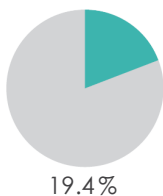
2017年还启动了一项升级1号机组的三期项目。项目第二期时间为2022年2月至2026年，内容包括提供财务资源、谈判和授予工程、采购和施工合同、评估、准备和安排需开展的活动以及获得启动项目所需的所有授权。第三期计划于2027年至2029年履行，从关停1号机组开始，包括其升级所需的所有工程及其重新调试。经升级后，反应堆可再运行30年，直至2060年。

2022年12月，RoPower公司和NuScale Power公司签署了一份合同，进行罗马尼亚蒙特尼亚（Muntenia）多伊切什蒂（Doicești）的VOYGR-6小型模块化反应堆电厂的前端工程和设计工作。2023年5月，美国与日本、韩国和阿联酋的跨国公私合作伙伴宣布为该目提供资金。

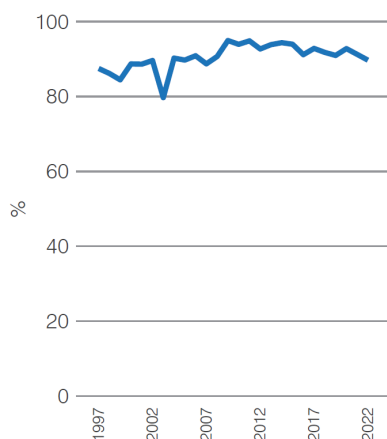
可运行反应堆



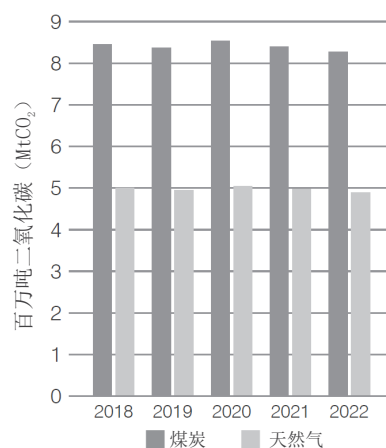
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



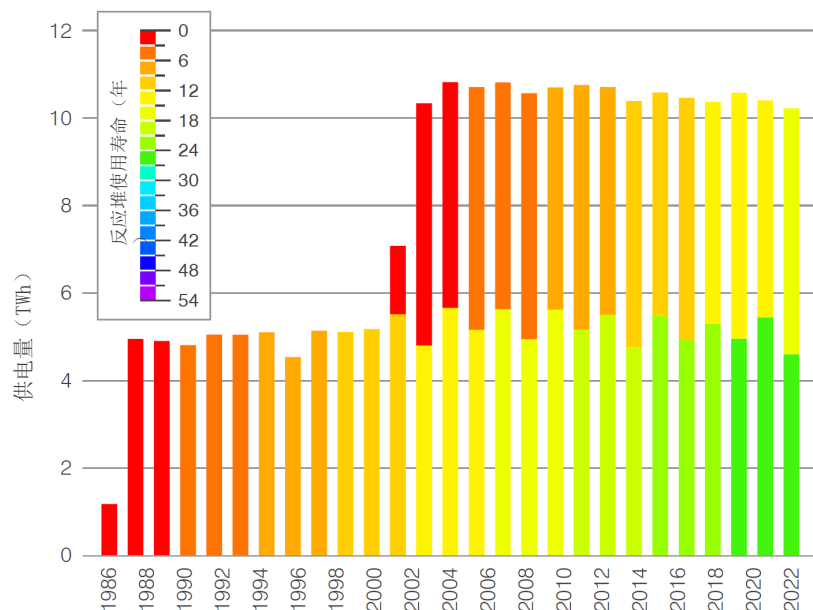
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 俄罗斯

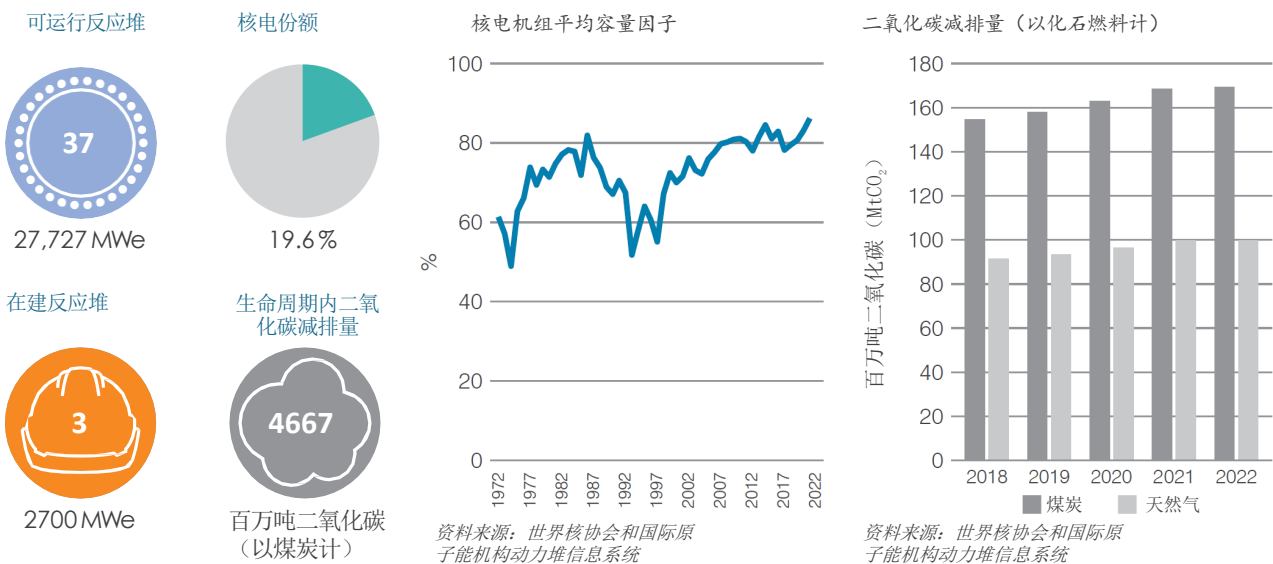
俄罗斯有37个可运行的反应堆，大部分位于西部地区。另外还有三个反应堆正在建设中：库尔斯克电厂的两个大型VVER-1200机组，以及位于塞韦尔斯克的示范性铅冷快中子反应堆BREST-300-OD。

截至2023年6月，共有19座反应堆在俄罗斯以外国家建设，分别是土耳其（4）、伊朗（1）、印度（4）、斯洛伐克（1）、孟加拉国（2）、中国（4）和埃及（3）。

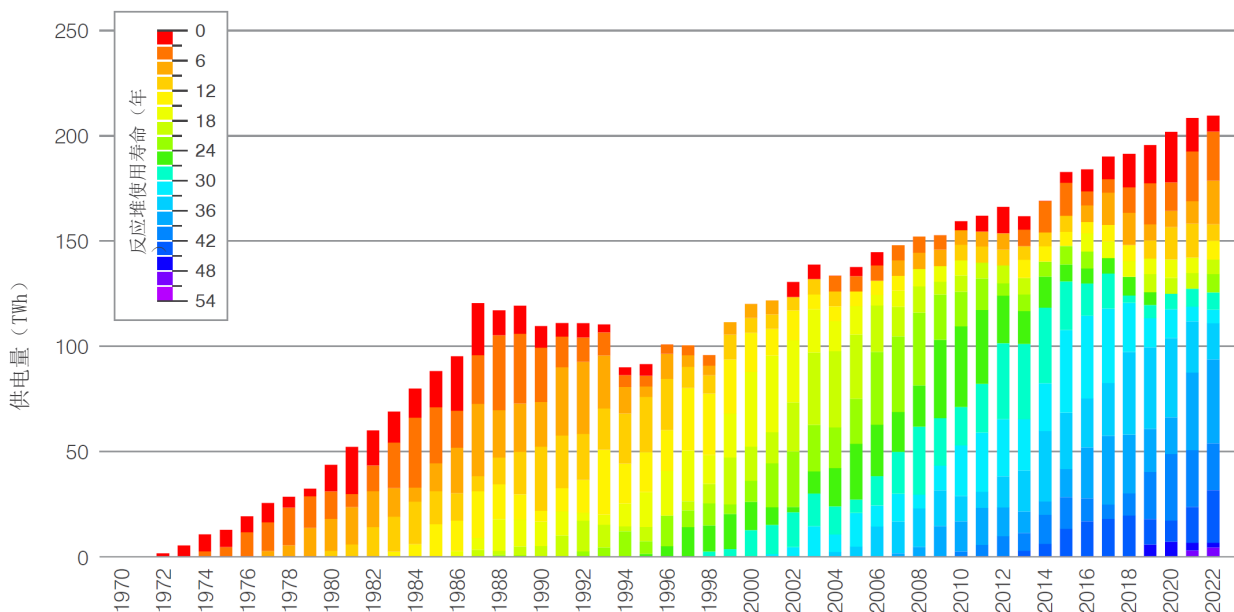
该国在第二代浮动核电站领域也取得了进展，开发了优化型浮动式发电机组（OFPU）。该机组使用两座根据最新破冰船所用反应堆改造的RITM-200M反应堆。

2022年9月初，Atomenergomash公司举行了龙骨铺设仪式，标志着首批四台优化型浮动式发电机组的开工建设。

此外，俄罗斯目前正根据22220项目开发第三代LK-60核动力破冰船，以供北极西部全年使用和北极东部夏秋季使用。俄罗斯破冰船队中最早的三艘破冰船——“北极”号、“西伯利亚”号和“乌拉尔”号——已经在俄罗斯的北海航线上运行。目前还有两艘破冰船（“雅库特”号和“楚科奇”号）在建。而且，2023年2月，波罗的海造船厂（Baltic Shipyard）与Atomflot签署了一项协议，将建造另外两艘核动力破冰船。



核能发电量



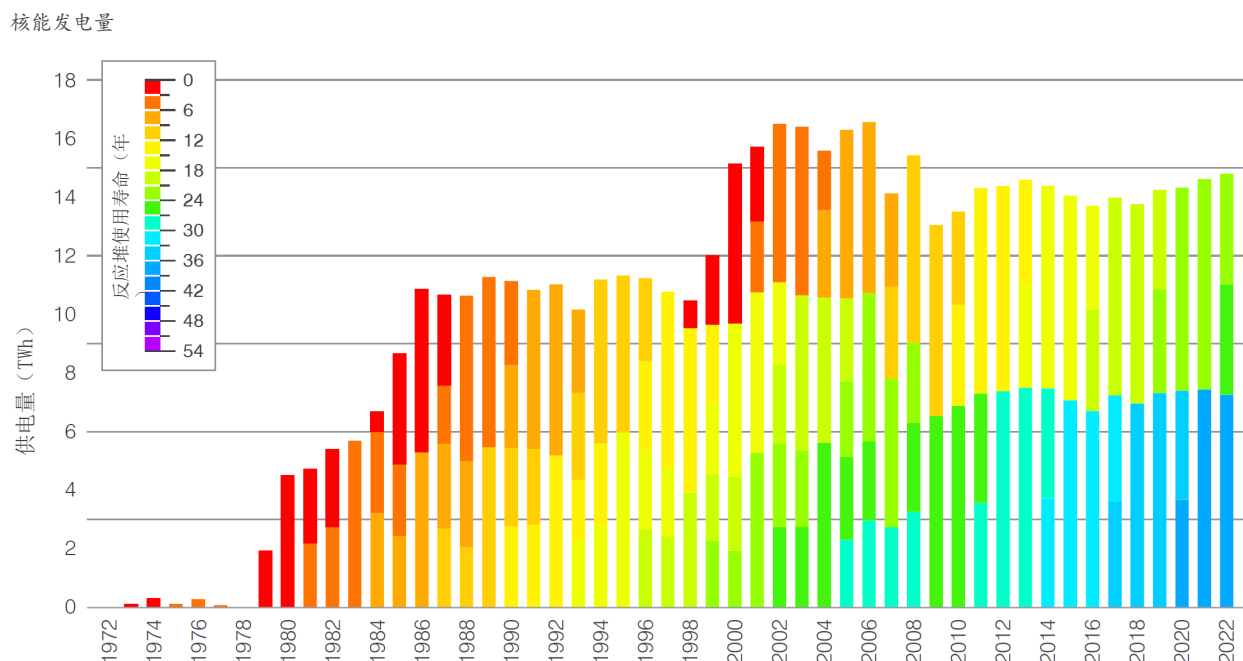
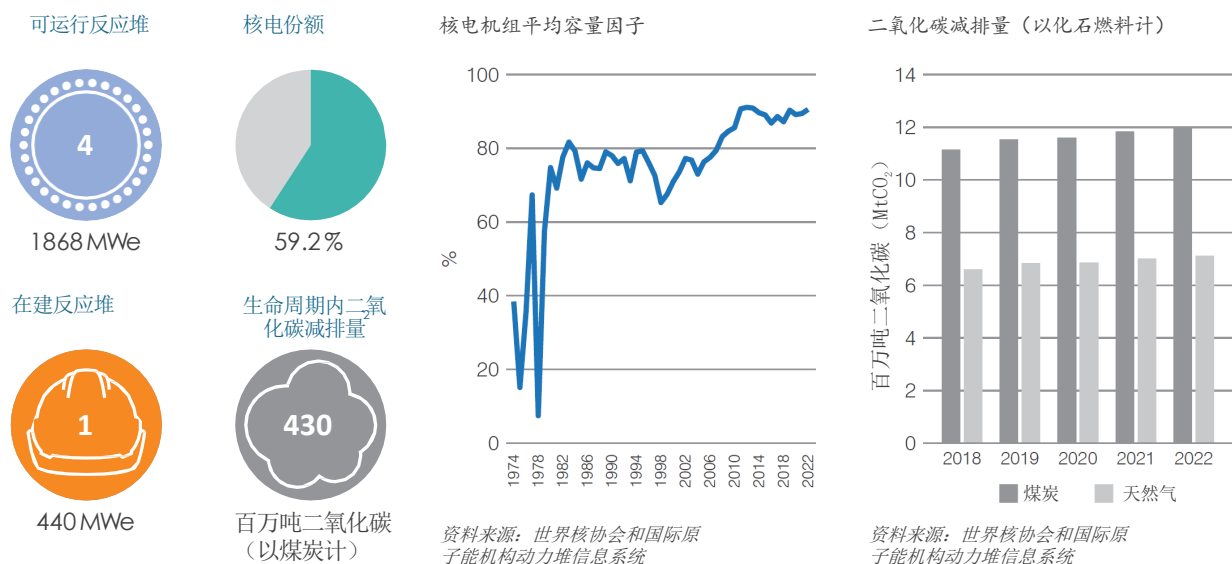
# 斯洛伐克

斯洛伐克有两座核电站，运行的都是VVER-440/V-213反应堆。其中，位于布拉迪斯拉发东北140公里的波胡尼斯（Bohunice）V2核电站拥有两座，位于布拉迪斯拉发以东100公里的莫霍夫采（Mochovce）拥有三座，该场地另有4号机组正在建设中。作为斯洛伐克加入欧盟的一个条件，波胡尼斯V1核电站的两台VVER-440/V-230已分别于2006年和2008年关停。2022年10月实现首次临界后，莫霍夫采核电站3号机组于2023年1月底并网。

而在波胡尼斯核电站，两座V1反应堆于2012年开始退役，并于2022年7月底完全拆除。

2008年首次宣布了增加1000-1600 MWe机组的新反应堆（5号机组）计划，为此成立了合资企业，其中捷克公用事业公司CEZ作为合资伙伴占股49%，其余股份由斯洛伐克国有公司Javys持有。第二年签署了成立合资企业JESS（Jadrová Energetická Spoločnosť Slovenska，斯洛伐克核能公司）正式合资协议。尽管CEZ在2022年3月表示该项目实际上已经暂停，但JESS于2023年2月向斯洛伐克核监管局提交了波胡尼斯核电站5号机组的选址许可证申请。

2023年6月，Slovenské Elektrárne公司与法国法马通签署了一份关于为VVER-440反应堆开发欧洲核燃料的谅解备忘录。



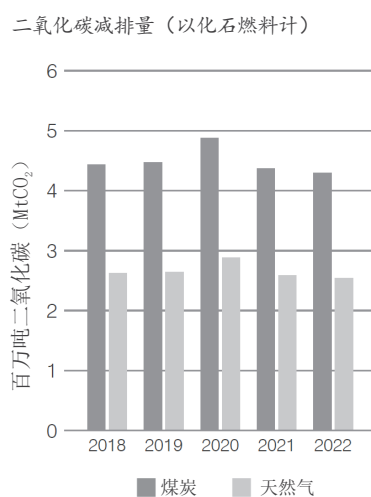
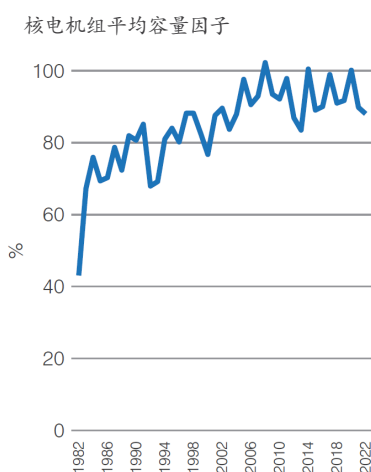
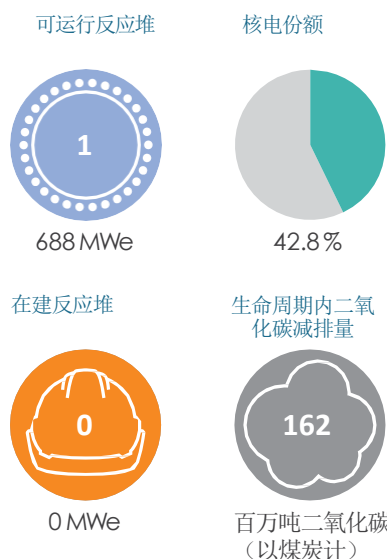
# 斯洛文尼亚

斯洛文尼亚在萨格勒布东北约40公里处的克尔什科 (Krško) 有一个独立的反应堆在运行。它是一个双回路的西屋压水堆，净容量为688 MWe。

该核电站的运营公司克尔什科核电公司 (Nuklearna elektrarna Krško, NEK) 由斯洛文尼亚国有公司Gen-Energija和克罗地亚国有公司Hrvatska Elektroprivreda (HEP) 共同所有。

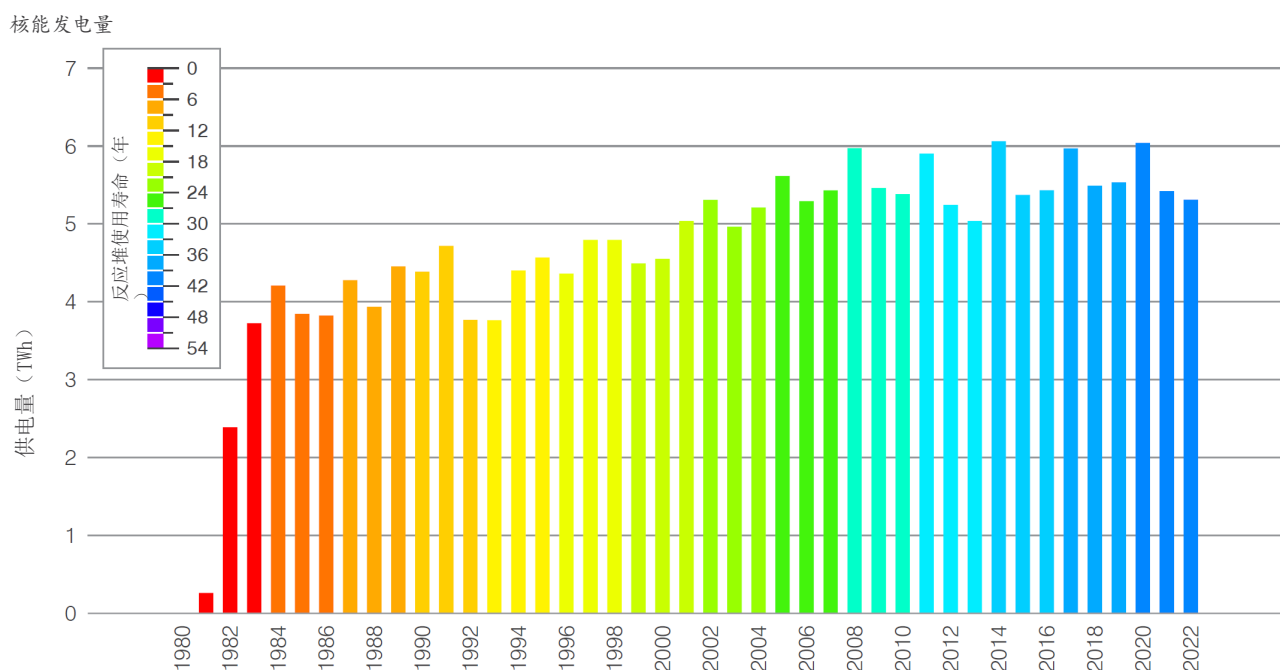
预计将于2023年8月就在克尔什科核电站增加一台机组 (称为JEK 2) 做出原则性决定，并预计2027建设。

2023年1月，环境部批准将克尔什科延寿20年。2023年4月，克尔什科的废燃料干式贮存设施投入使用。



资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



资料来源: 世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



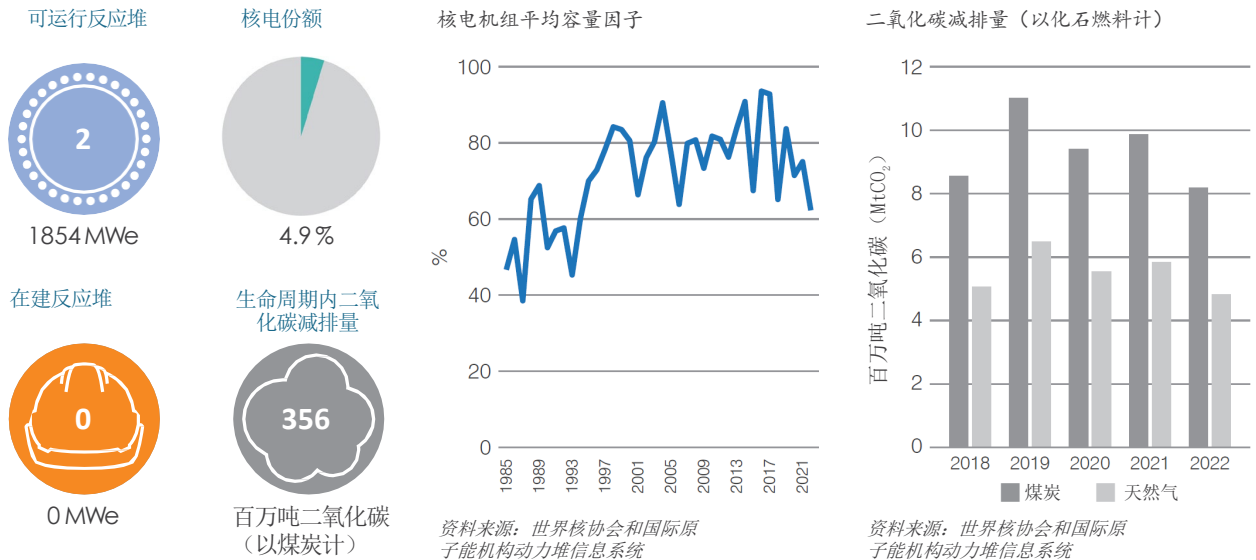
# 南非

南非仅有一个核电站，库贝赫（Koeberg），位于开普敦以北30公里处。该电厂的两座反应堆分别于1984年和1985年接入电网，总容量为1854 MWe。

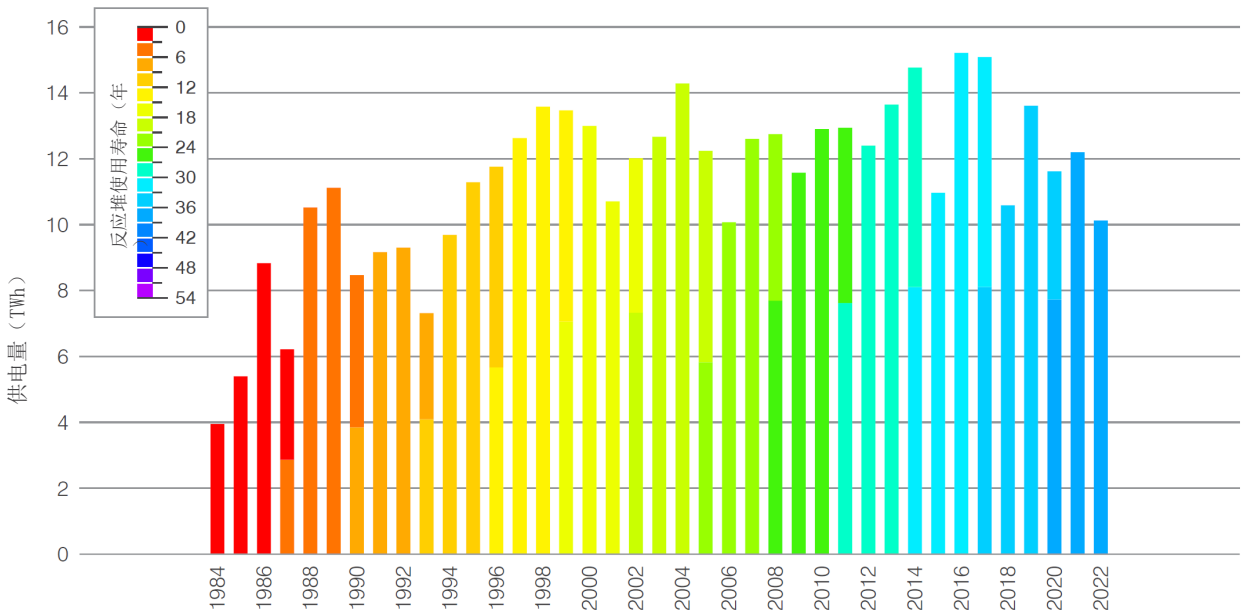
2022年7月，Eskom公司提交了安全案例，将该电厂的运行寿命从目前40年的许可证期限延长20年至2045年。

2023年2月，南非总统西里尔·拉马福萨宣布全国进入“国家灾难状态”，以应对该国的电力危机。该声明促使政府采取实际措施，以解决电力短缺造成的经济损失。

库贝赫核电站1号机组在换料和更换三台蒸汽发生器方面面临挑战，其中第一台于2022年12月进入换料和停堆维护程序后于2023年3月拆除。1号机组预计将停运至2023年6月。2号机组的蒸汽发生器也计划在2023年下半年更换。随着库贝赫核电站1号机组下线，以及Kusile燃煤电站三台机组长时间停机，南非电力系统在2023年中受到严重限制，预计6月、7月和8月的冬季可能会出现较高的用电负荷风险。



核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

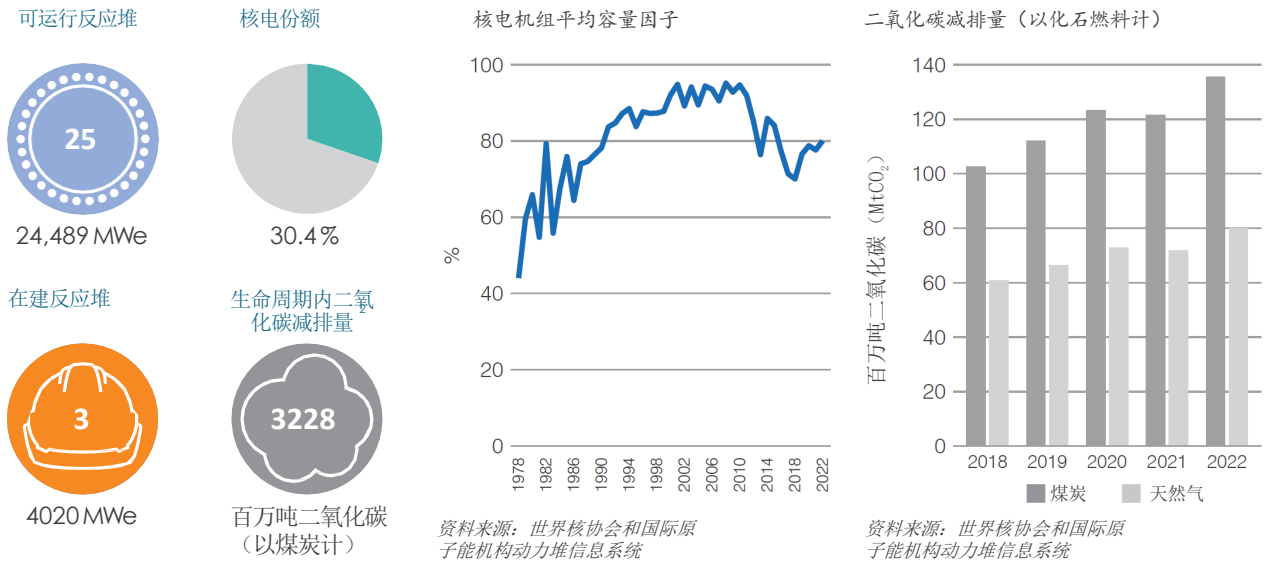
# 韩国

韩国有25座反应堆在运行，为该国提供了超过四分之一的电力。

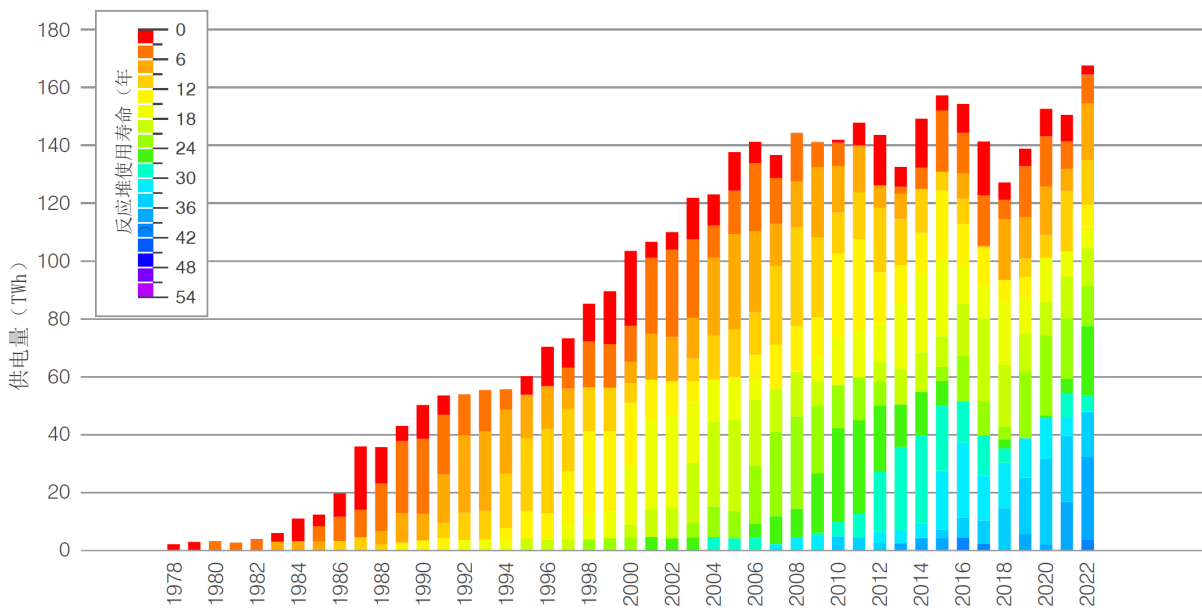
2022年3月，尹石烈凭借反对上任总统关于逐步淘汰核能政策当选新总统。2022年8月，贸易、工业和能源部（MOTIE）发布了长期能源计划的更新草案，呼吁将核容量从2022年的24.7 GWe增加到2036年的31.7 GWe。该计划包括到2033年建造六座新反应堆，以及延长现有反应堆的运行寿命。2022年11月，第十个框架计划设想，到2030年核能将占总发电量的32.4%。

2022年12月，新韩蔚（Shin Hanul）核电站1号机组开始商业运营，2号机组预计将于2023年9月投入运行。2023年2月，贸易、工业和能源部宣布，其正在努力获得相关批准，以使韩国水电与核电公司（KHNP）能够在2023年9月重新开始新韩蔚核电站3号和4号机组的初步建设。

韩光（Hanbit）核电站4号机组在2017年5月下线进行“计划预防性维修”停堆后，于2022年12月恢复运行。停堆期间，在其安全壳建筑中发现需要修理的“空隙”。这次持续五年的停堆期间，还更换了蒸汽发生器。韩光核电站3号机组在2018年至2020年期间下线进行类似维修。



## 核能发电量



## 西班牙

西班牙在全国五个地点拥有七座可运行的核反应堆，且都在1980年代启动。机组的总容量为7123 MWe，发电量占该国总发电量的20%以上。

2011年，西班牙计划在2020年代结束其反应堆的运行，主要是因为其运行寿命将被限制为40年。目前该限制已被取消，正在运行的反应堆预计将于2035年关闭。

2022年7月，第一个装有伽罗娜（Garroña）核电站乏燃料的容器被放置在核电站临时干式贮存设施中。

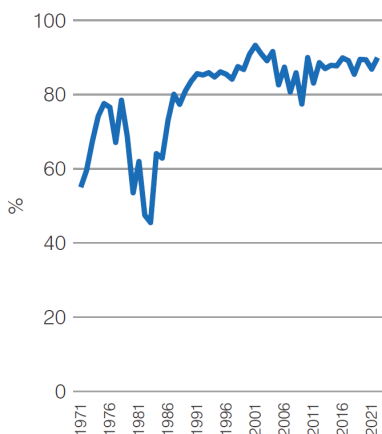
可运行反应堆



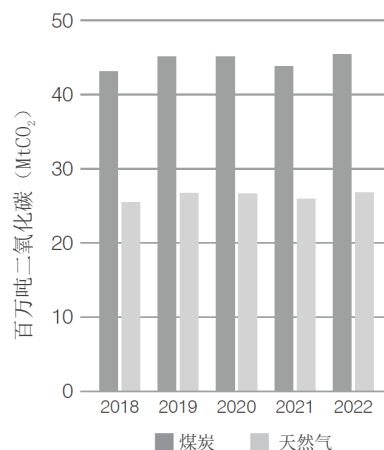
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



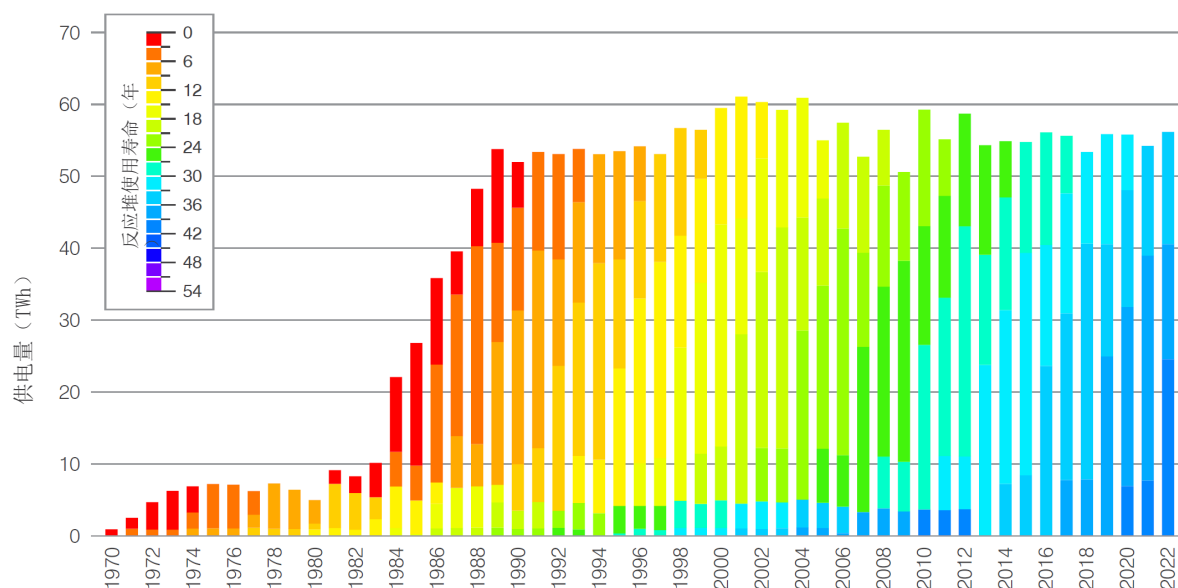
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 瑞典

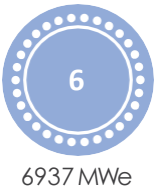
瑞典有六个可运行的反应堆，分别位于三处：哥特堡以南50公里的灵哈尔斯（Ringhals）核电站、斯德哥尔摩以南220公里的奥斯卡港（Oskarshamn）核电站和斯德哥尔摩以北120公里的福斯马克（Forsmark）核电站。

2022年12月，富腾和Kärnfull公司宣布正在该国探索小型模块化反应堆的发展。2023年1月，瑞典大瀑布电力公司宣布正考虑在灵哈尔斯核电站安装小型模块化反应堆这一方案。

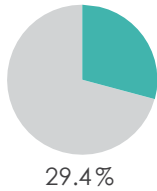
2023年4月，灵哈尔斯核电站4号机组在因日常维护期间压力容器损坏而停堆八个月后重启。

2022年10月，支持核能的中右翼联合政府上台。在执政的第一个月内，政府即要求瑞典大瀑布电力公司（Vattenfall）调查灵哈尔斯核电站1号机组和2号机组是否可能重启，并准备建造新反应堆。2023年1月，政府宣布正在制定立法，取消该国最多10座反应堆的限制和仅在现有地点新建核反应堆的要求。立法提案预计将于2024年3月通过。

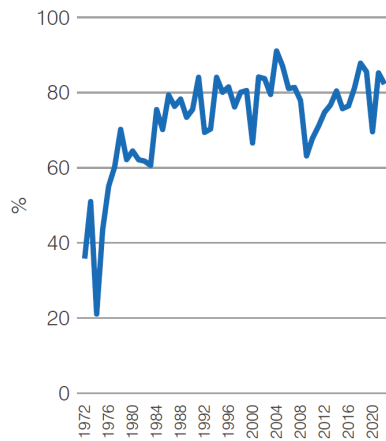
可运行反应堆



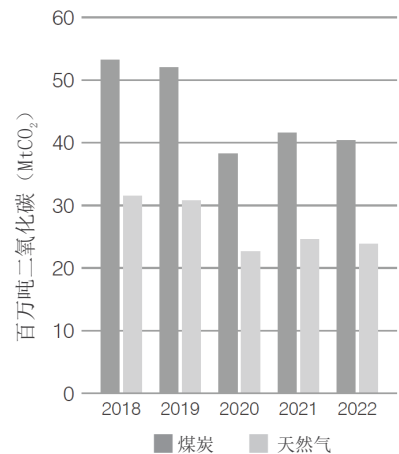
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



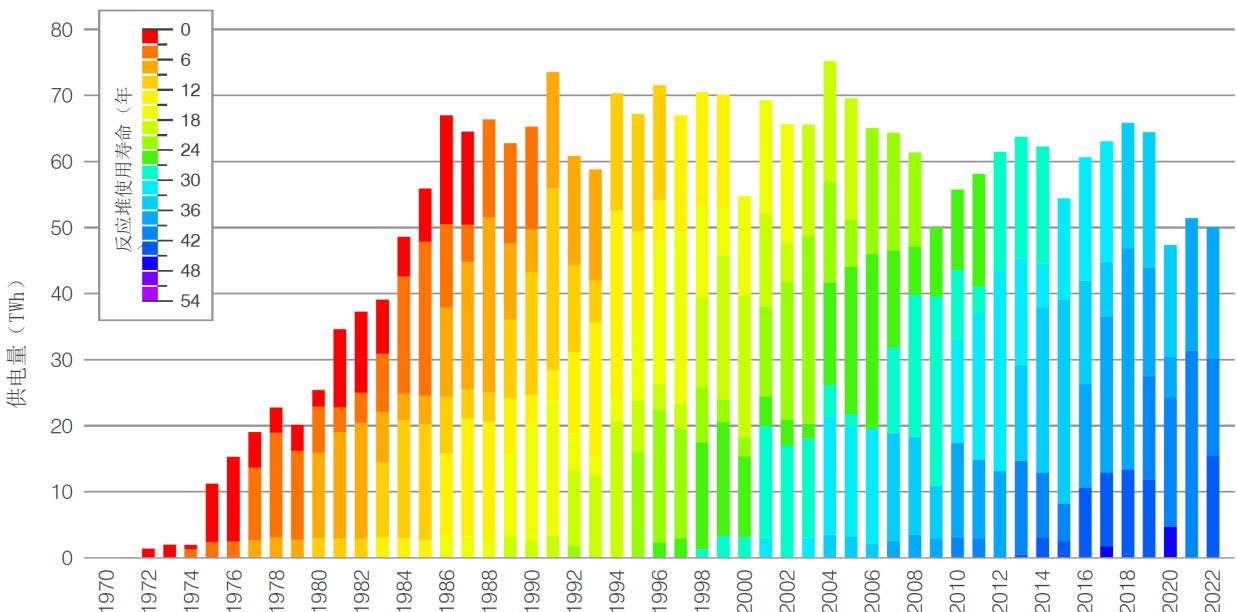
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



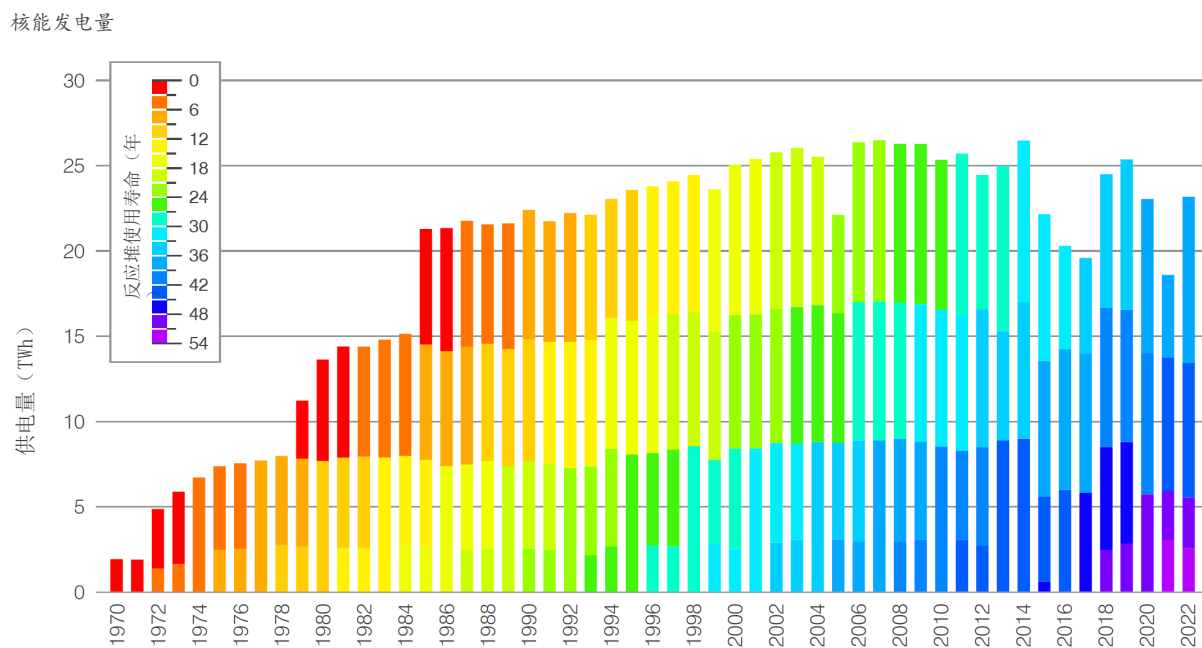
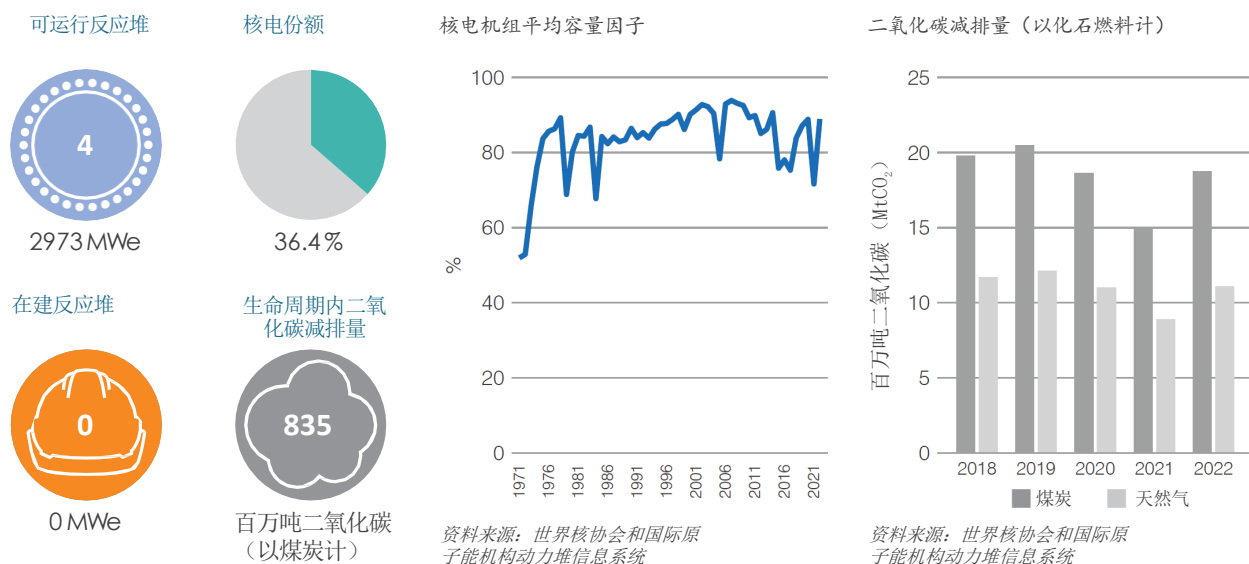
资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

# 瑞士

瑞士苏黎世西南30公里处的贝兹瑙核电站（Beznau）有两座反应堆；在苏黎世西南40公里处的戈斯根（Gösgen）核电站有一座反应堆；在苏黎世西北35公里处的莱布施塔特（Leibstadt）有一座反应堆。其总共的核电发电量占该国电力份额达40%。该国有逐步退出核电的政策：不再建造新反应堆，但只要监管机构认为现有的反应堆是安全的，它们就可以继续运行。

2022年9月，经过14年的选址过程，瑞士国家放射性废物处置合作公司（Nagra）提议将瑞士北部的Nördlich Lägern作为深地质处置库场址。

低放和中放废物处置库计划到2050年投入运行，高放废物设施计划在十年后投入运行。



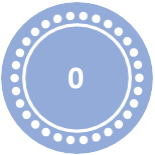
## 土耳其

土耳其南部海岸位于梅尔辛西南120公里处的阿库尤核电站正在继续建设中，建成后将拥有四座1114 MWe VVER-1200反应堆。预计这些反应堆将在2024年至2028年期间并网。

2022年11月，土耳其政府宣布开始研究建造第三座核电站的可能性。

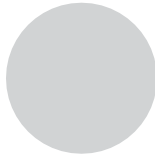
2023年1月，韩国电力公司（KEPCO）提交了一份在该国北部一个未披露的地点建造四座APR-1400反应堆的建议书。此前有报道称，韩国电力公司和土耳其政府在2022年底就锡诺普（Sinop）核电站四座APR-1400反应堆的开发进行了讨论。2023年3月，土耳其国有发电公司EUAS成立了一家名为TUNAS的专注于核能的子公司，专门负责“建造”锡诺普项目。TUNAS计划于2023年开始在该地点进行挖掘。

可运行反应堆



0 MWe

核电份额



0%

在建反应堆



4456 MWe

生命周期内二氧化碳减排量



百万吨二氧化碳  
(以煤炭计)



在建3号机组（图片来源：阿库尤核电站）

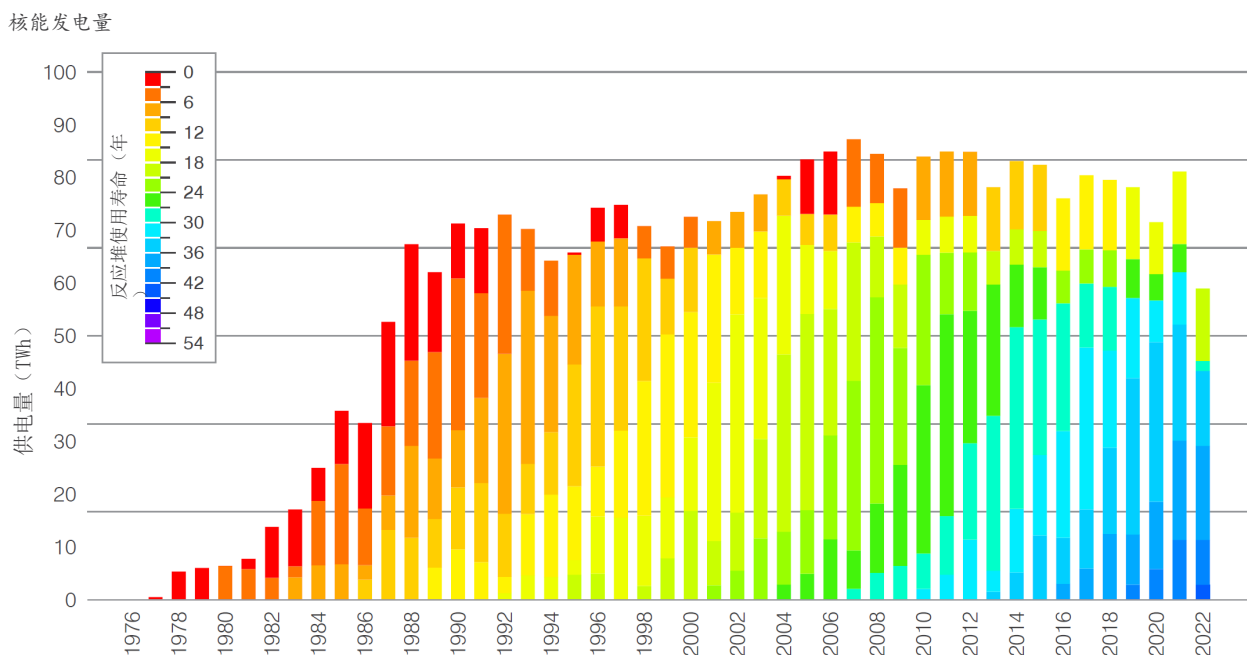
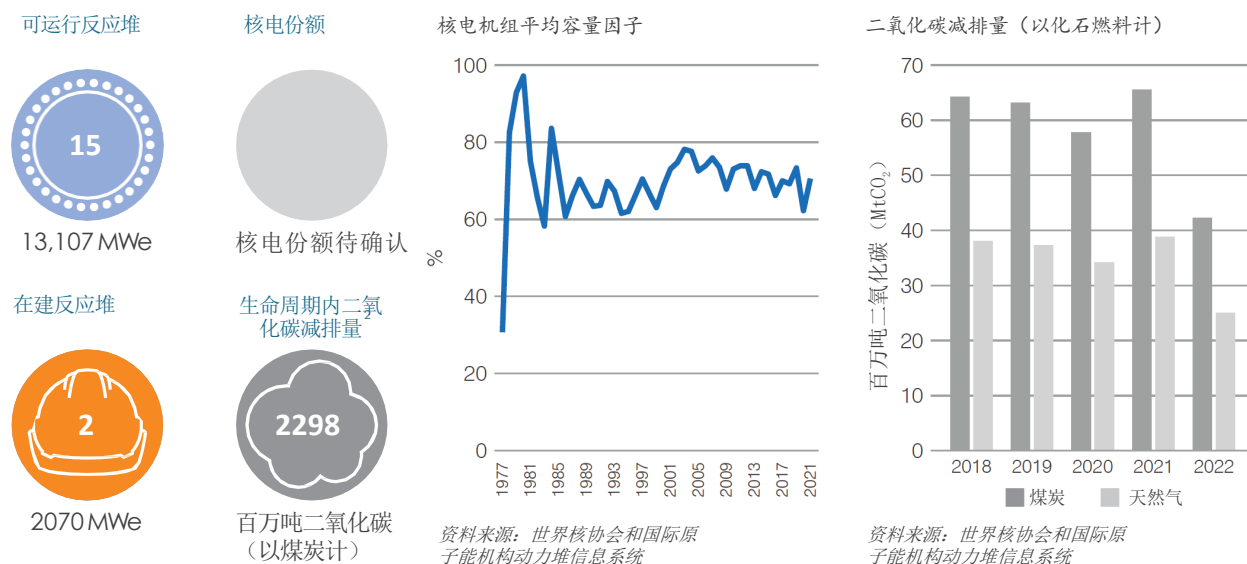
# 乌克兰

乌克兰共有15座反应堆，均为VVER机组。罗夫诺核电站和赫梅利尼茨基核电站位于该国西部，南乌克兰核电站和扎波罗热核电站位于南部。

2022年2月，俄乌冲突爆发后，由此引发的战争影响了乌克兰各地的能源系统，包括核设施。核能发电在战争期间大幅下降，自2022年9月以来，扎波罗热核电站的所有六台机组均下线，因为该电厂已被俄罗斯军队占领。但随着总体电力需求的减少，核电份额仍略高于一半。

2022年10月，俄罗斯总统弗拉基米尔·普京发布了一项法令，将扎波罗热核电站移交给俄罗斯控制。乌克兰外交部称该声明是“非法企图”转移电厂的运行控制权。

自2023年1月以来，国际原子能机构的核安全和安保专家组一直驻扎在包括切尔诺贝利核电站在内的多座乌克兰核电站。



# 阿联酋

阿拉伯联合酋长国的巴拉卡（Barakah）核电站有三座可运行的核反应堆，该核电站位于阿布扎比以西230公里。它是中东第一座核电站。

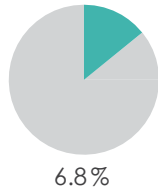
巴拉卡核电站1号机组于2020年8月首次发电，2号机组于2021年9月发电，3号机组于2022年10月发电。

现场第四台机组于2015年9月开始建造。2023年6月，巴拉卡核电站4号机组开始进行最终运行准备测试，测试结果表明，该机组预计将于2023年晚些时候开始运行。一旦四台机组全部投入运行，该发电站将提供阿联酋25%的电力。

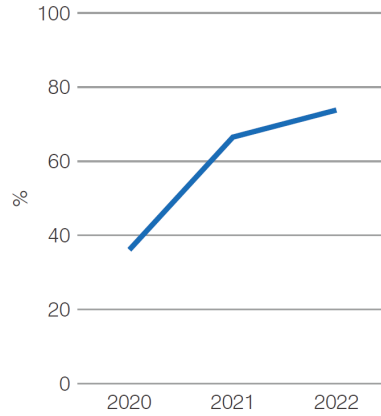
可运行反应堆



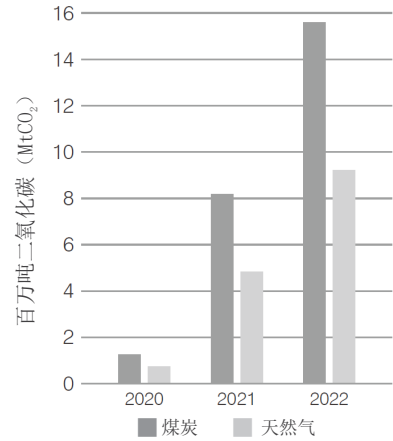
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



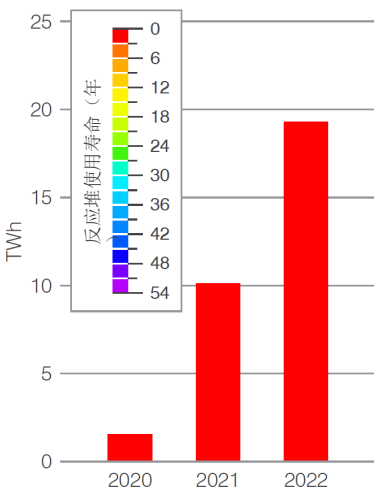
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统



## 英国

英国（UK）七个厂址中共有九座可运行的反应堆，其中八座是先进气冷反应堆（AGR），一座压水堆在西泽韦尔（Sizewell）。这些先进气冷反应堆将于2020年代末退役。欣克利角另有两座EPR正在建造中。

2022年4月，核监管办公室开始了对470 MWe 劳斯莱斯小型模块化反应堆设计的通用设计评估（GDA）。2022年11月，劳斯莱斯宣布已确定部署劳斯莱斯小型模块化反应堆电站的四个潜在场址——塞拉菲尔德（Sellafield）、特劳斯芬尼德（Trawsfynydd）、威尔法（Wylfa）和奥尔德伯里（Oldbury），以及首家生产小型模块化反应堆部件工厂的三个潜在场址——桑德兰（Sunderland）、红车（Redcar）和迪赛德（Deeside）。

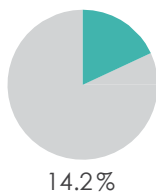
2022年11月，英国政府宣布将与法国电力集团（EDF）成立合资企业Nuclear New Build Generation (SZC) Ltd (NNB SZC)，计划投资6.79亿英镑（8.15亿美元），占股比例50%。该合资企业旨在在西泽韦尔C核电站安装和运营两台EPR。英国政府表示，这项投资允许中国广核集团退出该项目。NNB SZC于2022年12月与法马通签署了一份早期框架协议，内容涵盖初始工程设计和采购活动。

2023年3月，英国政府宣布成立大英核机构（Great British Nuclear），该机构旨在使英国核电份额到2050年达到该国发电量的四分之一，同时还发起小型模块化反应堆融资竞争。

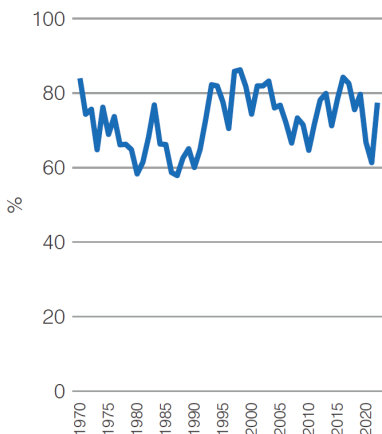
可运行反应堆



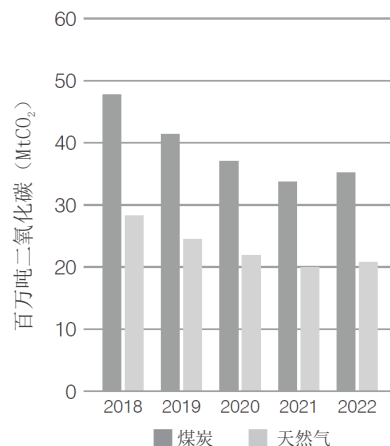
核电份额



核电机组平均容量因子



二氧化碳减排量（以化石燃料计）



在建反应堆



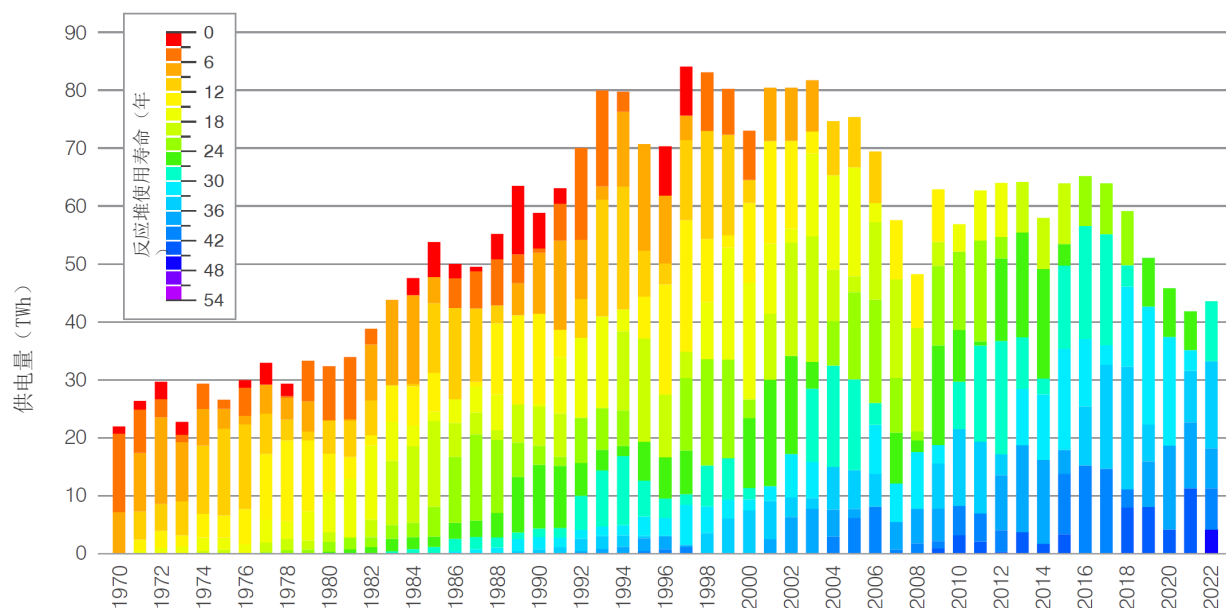
生命周期内二氧化碳减排量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

核能发电量



资料来源：世界核协会和国际原子能机构动力堆信息系统

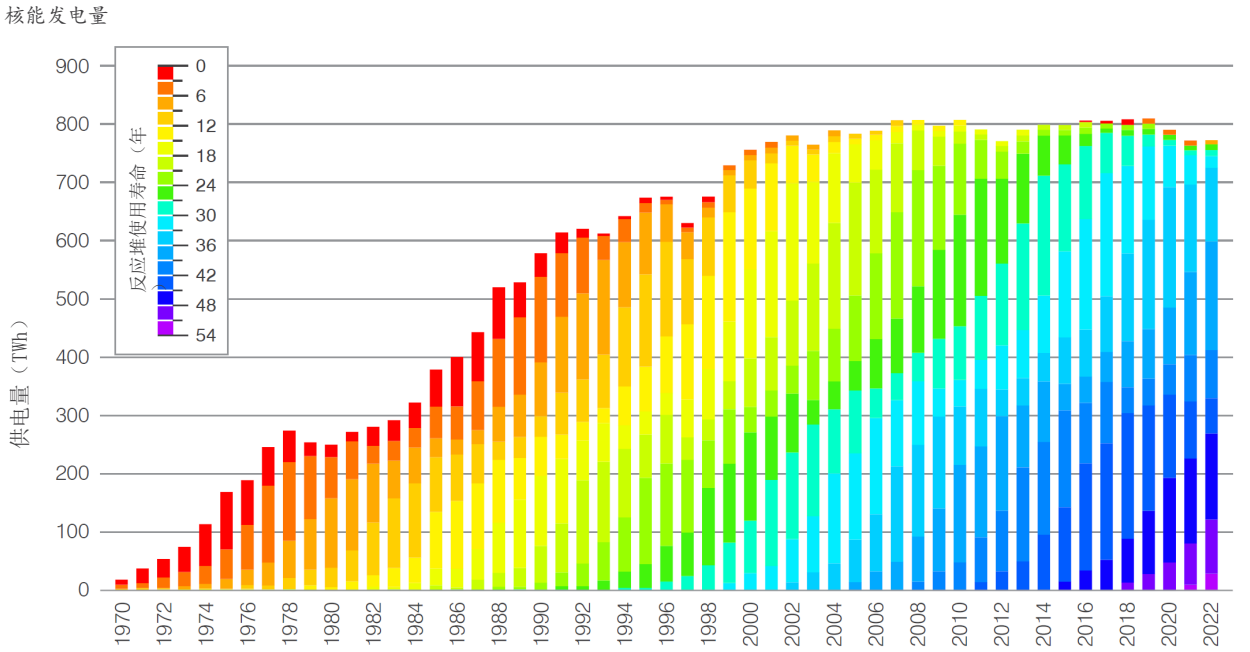
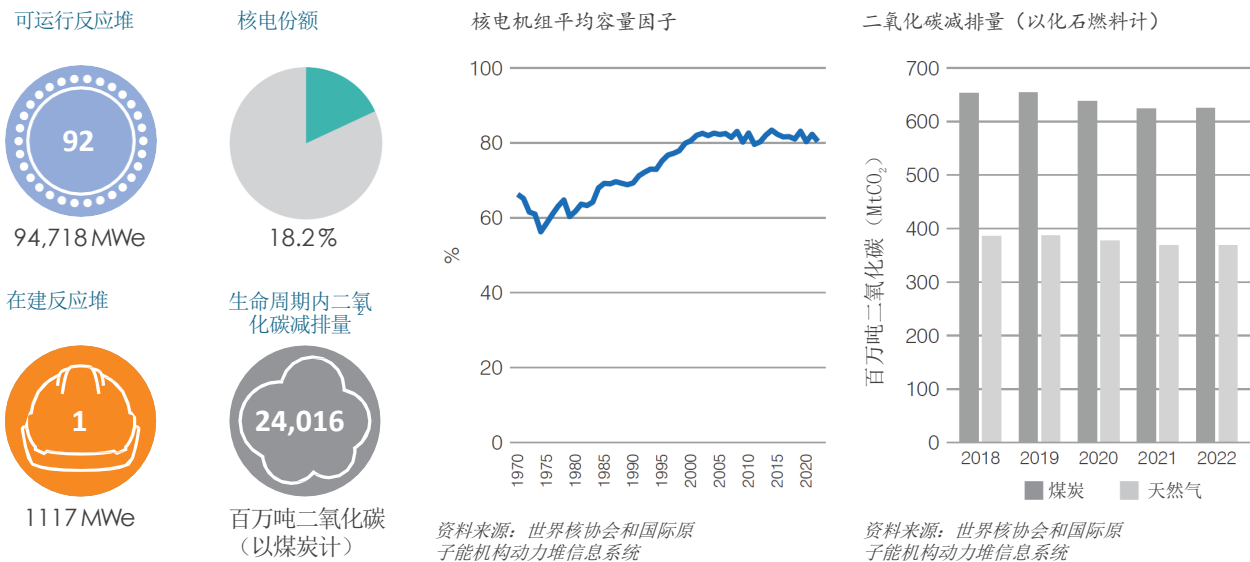
# 美国

美国有93座可运行的反应堆，总装机容量达到了95,800 MWe，是全世界现有核电站最多的国家。

沃格特勒（Vogtle）核电站3号机组（AP1000）于2023年4月并网，次月达到满功率。另一台AP1000，即4号机组预计将于2024年初开始运行。

2022年8月，美国签署了《通货膨胀削减法案》。该法案通过针对大型现有核电站和新型先进反应堆以及高丰度低浓缩铀（HALEU）和制氢的投资和税收激励措施，为现有和新的核发展提供支持。

在加利福尼亚州，太平洋煤气与电力公司（PG&E）曾计划在2024年和2025年关闭代阿布洛（Diablo）峡谷核电站的两台机组。2022年8月，加利福尼亚州长加文·纽瑟姆（Gavin Newsom）提议将该核电站的运行寿命延长五至十年，并提供高达14亿美元的贷款，以使两台机组维持运行。当月晚些时候，加利福尼亚州议会通过了一项法案，允许该核电站比原计划多运行五年。2023年3月，美国核管理委员会批准了太平洋煤气与电力公司关于将两台机组的运行时间分别延长至2024年和2025年后的请求，条件是太平洋煤气与电力公司在2023年底前提交许可证续期申请。



## 4

## 全球核电反应堆状况

2023年7月31日

## 2023年1月1日至7月31日期间并网发电的反应堆

	地点	型号	净容量 (MWe)	并网时间
防城港核电站3号机组	中国	华龙一号	1105	2023年1月10日
莫霍夫采核电站3号机组	斯洛伐克	VVER V-213	440	2023年1月31日
沃格特勒核电站3号机组	美国	AP1000	1117	2023年4月1日
奥斯特罗韦茨核电站2号机组	白俄罗斯	VVER V-491	1110	2023年5月13日

## 2023年1月1日至7月31日期间开工建设的反应堆

	地点	型号	净容量 (MWe)	动工时间
三门核电站4号机组	中国	CAP1000	1163	2023年3月22日
海阳核电站4号机组	中国	CAP1000	1161	2023年4月22日
El Dabaa核电站3号机组	埃及	VVER-1200V-529	1100	2023年5月3日

## 2023年1月1日至7月31日期间永久关停的反应堆

	地点	型号	工艺	净容量 (MWe)	永久停运
蒂昂日核电站2号机组	比利时	W (3回路)	压水堆	1008	2023年1月31日
国盛核电站2号机组	中国台湾	BWR-6	沸水堆	985	2023年3月15日
埃姆斯兰核电站	德国	Konvoi	压水堆	1335	2023年4月15日
伊萨尔2号核电站	德国	Konvoi	压水堆	1410	2023年4月15日
内卡韦斯特海姆2号核电站	德国	Konvoi	压水堆	1310	2023年4月15日

# 5

## 总干事的总结发言

在俄乌冲突导致化石燃料价格飙升之前，能源市场已经开始出现动荡。这种动荡凸显了能源安全问题，并对快速脱碳以有效应对气候变化提出了越来越紧迫的要求。同时，它也凸显了实现全球可持续发展目标，为所有人提供负担得起的清洁能源的重要性。

越来越多的政府认识到核能发电在应对所有这些挑战方面的价值。

由14个欧盟成员国组成的欧洲核联盟重申，核技术和可再生能源在实现欧盟气候和能源安全目标方面是相辅相成的，因此必须将其视作欧洲能源转型的组成部分。

在亚洲，韩国政府推翻了上届政府的逐步淘汰政策，并发布了一份更新过的长期能源计划草案，呼吁增加核容量；而日本政府采取了最大限度地利用现有反应堆和发展先进反应堆的政策。

在非洲，埃及El Dabaa核电站的四座反应堆仍在建设中。待其投入使用，埃及将成为第二个运营核电站的非洲国家。非洲其他国家也打算部署核能，其中乌干达、尼日利亚和加纳已在规划建设。

在北美洲，延长加拿大Candu反应堆运行时间的工作进展顺利，若干小型模块化反应堆的建造计划正在进行中。在美国，沃格特勒的AP1000机组正在启动中，《通货膨胀削减法案》中的投资和税收激励措施将加强美国最大限度地利用现有核电站的承诺，并鼓励核能新技术的部署。

但是，除非我们能够将政策转化为行动，否则政府的承诺仍只是美好愿望。核工业可以做些什么来确保其实现规模化的高速增长和交付？

与其他许多行业相比，核工业中的大多公司相对较小。而且相同核能领域的公司之间竞争激烈也是可以理解的。

但如果核工业要在未来的能源结构中占据有效的竞争优势，那么这些公司就需要通力合作，在全球范围内推广核能。我们需要发展我们的行业自我意识，共同审视整个能源行业，寻找挑战和机遇，并制定联合战略以充分利用两者。简而言之，我们必须同舟共济，以实现共同的成功，否则只能导致各自失败。

今年晚些时候将在迪拜举行第28届联合国气候变化大会（COP28），在此，该行业必须团结起来。在气候变化大会上，各领域都会提出果断坚决的主张。只有通过提出一个连贯一致的愿景，明确核能在净零、清洁能源未来中的重要作用，人们才能听到核工业的声音。

这便是世界核协会致力于将世界各地成员公司团结起来的原因，这样一来，我们就能够共同为核能辩护。因为我相信，只要我们齐心协力，全球核工业就能以一种具有成本效益、安全且公平的方式实现使整个经济脱碳的核能承诺。



Sama Bilbao y León,  
世界核协会总干事  
2023年7月

# 背景信息

---

## 致谢

世界核协会在编写本报告的过程中得到了国际原子能机构（IAEA）动力堆信息系统（PRIS）的大力帮助，特此向IAEA表示感谢。

## 乌克兰

在编写本报告时，国际原子能机构动力堆信息系统的数据库尚未收到乌克兰反应堆的运行实绩数据。

乌克兰反应堆的输出估计值基于其他数据来源，例如国际能源署公布的乌克兰核电站的总电力输出，还使用了2022年1月1日至2022年10月27日期间乌克兰输电系统运营商（UKRENERGO）的数据。

## 其他数据假设

卡克拉帕核电站3号机组（印度630 MWe加压重水反应堆）的数据尚未公布，该反应堆已并网，但仍处于试运行状态。印度政府提供的电力输出数据显示，该核电站2022年的发电量不到1 TWh。就本报告而言，该反应堆的发电量未计入。

另外，中国石岛湾核电站HTR-PM反应堆的数据尚未提供，也未估算该反应堆的发电量。

## 反应堆状态

国际原子能机构动力堆信息系统的反应堆数据库中有“暂停运行”这一状态类型，这有别于其“运行中”状态。日本有23座反应堆的状态确定为“暂停运行”，这些反应堆自2011年福岛第一核电站事故后停堆以来一直未重启。此外，印度有四座反应堆也处于此状态：马德拉斯（Madras）核电站1号机组、拉贾斯坦邦核电站1号机组、塔拉普尔（Tarapur）核电站1号机组和塔拉普尔核电站2号机组。

世界核协会的“可运行”状态反应堆对应于国际原子能机构的“暂停运行”或“可运行”反应堆，但拉贾斯坦邦核电站1号机组除外，我们认为该机组处于“永久关停”状态。

## 容量因子的定义

容量因子的计算方法是，将反应堆的实际电力输出除以反应堆在其100%净容量下平稳运行时的预期输出。在计算容量因子时，不包括在相应日历年内不发电的反应堆。如果有反应堆在某个日历年内启动或关停，则该年容量因子的计算根据是该年相应反应堆处于“可运行”状态的时间内以100%输出运行时本应产生的电力输出。

# 缩略语

<b>AGR</b>	先进气冷堆	<b>JCPOA</b>	《联合全面行动计划》
<b>BWR</b>	沸水堆	<b>LWGR</b>	轻水冷却石墨慢化反应堆
<b>CO2</b>	二氧化碳	<b>MoU</b>	谅解备忘录
<b>COVID-19</b>	由SARS-CoV-2冠状病毒引起的疾病	<b>MWe</b>	兆瓦（百万瓦电力）
	冠状病毒	<b>PHWR</b>	加压重水堆
<b>EU</b>	欧盟	<b>PRIS</b>	动力堆系统数据库 (IAEA)
<b>FNR</b>	快中子反应堆	<b>PWR</b>	压水堆
<b>FOAK</b>	首创项目	<b>SMR</b>	小型模块化反应器
<b>g</b>	克	<b>TWh</b>	太瓦时（一万亿瓦时电力）
<b>GCR</b>	气冷堆	<b>VVER</b>	水-水高能反应堆（PWR）
<b>GWe</b>	吉瓦（十亿瓦电力）	<b>WNN</b>	世界核能新闻网
<b>HTGR</b>	高温气冷堆		
<b>IAEA</b>	国际原子能机构		

# 区域分类

## 非洲

南非、埃及

## 亚洲

亚美尼亚、孟加拉国、中国内陆和台湾、印度、伊朗、日本、哈萨克斯坦、巴基斯坦、韩国、土耳其和阿联酋

## 东欧和俄罗斯

白俄罗斯、俄罗斯和乌克兰

## 北美洲

加拿大、墨西哥和美国

## 南美洲

阿根廷和巴西

## 西欧和中欧

比利时、保加利亚、捷克共和国、芬兰、法国、德国、匈牙利、意大利、立陶宛、荷兰、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士和英国

# 延伸阅读

世界核协会信息资料库

<https://world-nuclear.org/information-library.aspx>

世界核协会反应堆数据库

<https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database.aspx>

世界核能新闻网

<https://world-nuclear-news.org>

国际原子能机构动力堆信息系统

<https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>

世界核协会是代表全球核工业的工业组织。协会的使命是通过提供权威信息、发展共同的行业立场和促进能源辩论，从而提高主要国际影响者对核能的更广泛了解，并为扩大核业务铺平道路。



世界核协会  
Tower House  
10 Southampton Street  
London WC2E 7HA  
英国

+44 (0)20 7451 1520  
[www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)  
[info@world-nuclear.org](mailto:info@world-nuclear.org)

