

中广核：硬“核”铸就“国家名片”

版次：A06 来源：深圳特区报 2022年08月01日



大亚湾核电基地俯瞰。深圳特区报首席记者 杨少昆 摄

■ 深圳报业集团记者 吴亚男 张妍 彭丹

全国拥有八大核电基地，在运核电机组26台，在建6台机组全部采用自主三代核电技术“华龙一号”；已构建6+1产业体系，业务覆盖核能、核燃料、新能源、非动力核技术、数字化、科技型环保等领域，拥有5个上市平台，总资产超7800亿元；截至2022年6月30日，在运清洁电力装机容量超7000万千瓦，其中核电2939万千瓦，新能源超过4100万千瓦……

它就是我国最大、全球第三大核电企业——中国广核集团（以下简称中广核），一家伴随我国改革开放和核电事业

发展壮大而茁壮成长、具有一定国际影响力的清洁能源集团。

7月14日，“稳中求进向未来·深圳媒体‘高质量发展调研行’”调研团来到中广核，实地调查采访这家与深圳经济特区共成长的大型清洁能源企业，探究其如何牢牢掌握发展自主权，实现“中国制造”到“中国创造”的华丽转身，助力我国从“核电大国”跻身“核电强国”的深层原因。这是高质量发展调研行活动首次走进在深央企。

40余年来，从跟跑到领跑，从引进来到走出去，中广核用“低头靠勇气，抬头靠实力”的魄力，蹚出了一条“引进、消化、吸收、再创新”的中国核电自主发展之路。

这条路，从南海之滨的深圳大亚湾畔，高起点起步。

国家名片 国产化率从1%提升到90%

夏日的大亚湾畔，碧空如洗，海水湛蓝，涛声阵阵。

海岸上，6台百万千瓦级核电机组巍然耸立，勾勒出改革开放40余年来，我国核电高起点起步、跨越式发展的足迹。

这里是中广核大亚湾核电基地。40余年前，中国引进法国M310技术建成的我国大陆首座商用百万千瓦级核电站——大亚湾核电站，即坐落于此。中国核电发展腾飞的“种子”在此播下。

作为改革开放初期我国最大的中外合资项目，大亚湾核电站总投资高达40亿美元，而那时国家外汇储备总共只有1.67亿美元。为解决最困扰的资金问题，大亚湾核电站与香港中华电力合资，引进法国技术和国际团队合作建设，在国内探索“借贷建设、售电还钱、合资经营”的全新模式——

向银行借贷进行建设，建成后将电卖给香港换取外汇。这种模式杀出了一条解决我国核电站起步建设资金和外汇问题的“血路”，演绎了“零资本裂变”奇迹。

在原国家计委的投资项目表上，大亚湾核电站一栏的投资数额赫然为“零”，有人把这一思路形象地叫做“借钱买鸡，养鸡生蛋，卖蛋还钱，还有钱花”。

从1987年8月7日到1994年5月6日，经过近7年建设后顺利投产的大亚湾核电站，实现了我国大陆大型商用核电站零的突破。

然而，彼时大亚湾核电站的核电设备国产化率仅为1%，连大宗材料如钢筋、水泥、瓷砖都要进口。只有调试锅炉是中国生产的。

从建设之日起，中广核就非常重视核电技术及设备的国产化。在国内企业实力非常薄弱的情况下，中广核据理力争，安排相关施工企业参与项目建设进行学习。1997年开始建设岭澳一期核电站时，虽然依然是外方设备总包采购，但中广核利用中方设备采购分包的机会，有意识地推动国内设备制造企业承担核电设备的部分国内采购，一举使设备国产化率达到了30%。

到了2005年建设岭澳二期核电站，中广核通过持续改进和创新，采用自主品牌核电技术CPR1000，两台机组国产化率达到64%。“中国制造”在核电领域以“岭澳二期”项目为依托，出色完成了令人瞩目的核电设备自主化、国产化进程的历史性跨越。而且，岭澳二期首次实现了以蒸汽发生器为标志的百万级核电站主设备的国产化。

此后，我国核电产业开始了规模化发展，中广核联合核电产业链上下游企业，共同推动国内核电建设的设备国产化

率持续提升。从中广核红沿河1号机组的75%，到阳江核电5、6号机组的85%，再到自主三代技术“华龙一号”示范工程防城港二期的接近90%，一条较为完整、颇具实力的核电发展产业链在中国铸就。

40余年来，中广核依托20多台机组的核电建设，推动我国核电产业链上下游企业组建了创新集群，带动5400多家设计、设备制造、建安企业共同发展，集聚了从设计研发、设备制造、性能验证到工程建设、生产运营、人才培养的较为完善的核电产业链，成为全球核电产业链上的一方高地，有力带动了我国核电产业核心竞争力的提升。

40余年前，在大亚湾播下的核电“种子”，如今已经成为“国家名片”，助力中国跻身世界核电大国、强国行列。中广核以大亚湾核电站为起点，一路披荆斩棘，与国际核电巨头同台竞技。

核电“黄埔军校” 从“黄金人”到国家核电事业中坚
在中广核，有一个流传甚广的“黄金人”故事。

上个世纪80年代末，大亚湾核电站在全国先后选派110多名优秀人才，前往法国和英国等地系统学习核电技术。培训费用高达每人130万法郎，相当于一个成年人体重的黄金的价钱，因此这些远赴海外接受培训的人才被称作“黄金人”。

“黄金人”称号的背后，肩负着中国核电人的使命。这些怀揣梦想的年轻人，学成归国后参与到大亚湾核电站的建设中，并且提前两年从外方手中接过了核电站运营的钥匙。

“黄金人”参与了岭澳一期、岭澳二期以及我国后续核电站批量化建设，成为我国核电行业的中坚力量。

人才是第一生产力。核电发展，人才先行。与深圳特区共成长的40余年间，中广核大亚湾核电基地建立了完善的人才培养体系，可以开展从主控室操纵员到换料操作员、维修技术人员，再到工程建设人才、管理人才的全方位培训。此外，大亚湾核电基地还建设了总投资达20亿元的国内核电行业最完备的培训设施。其中，核燃料操作员训练中心全世界仅有两个，一个在法国，另一个就在大亚湾。

“一名大学毕业的新员工，需要经过4至5年的不懈努力，通过上百门的培训、考试，还要通过国家核安全局组织的笔试、模拟机考试和口试的层层考验，最终才可能成为一名合格的主控室操纵员，其难度不亚于培养一名飞行员。”大亚湾核电运营管理有限责任公司电厂绩效管理副总工张锦浙告诉记者，通过层层考核，最终成为一名合格的“值长”，最理想的情况是需要12年。“我用了13年的时间，这已经算是很快的。”

在我国核电规模化发展过程中，中广核大亚湾核电基地对外输送了大量人才，为各新建核电站带去急需的管理和技术经验，成为中广核及我国核电人才培养的“黄埔军校”。

在深圳，目前仅有的两位“工人院士”周创彬、王建涛，均来自中广核。他们都是从大亚湾核电基地一步一步成长起来，成为如今手握多项国内外专利的技术“大拿”，参与到中广核全国各大核电基地的建设运营中。

截至目前，中广核累计培养核电领域专业技术人才约1万名，遍布国内各大核电站。其中，大亚湾核电基地为台山、阳江、红沿河、宁德、防城港等核电基地输送技术骨干超过2000名，为中广核其他核电基地培养运行、维修、工程技术

等领域关键技术岗位人才 4000 余名，并且广泛吸引电力、能源同行来大亚湾核电基地交流对标。

同时，中广核将大亚湾核电基地管理和技术进行标准化，形成大修、生产准备、人才培养等核心领域的标准包，进行“管理输出”，让大亚湾核电作为标杆电厂的经验，能在各核电新基地得到复制和运用，助力运行水平提升。

最美电厂 从绿水青山到金山银山

调研采访中，团队成员无不为了核电基地的生态美景所惊艳，大家纷纷赞叹其不愧为“中国最美电厂”。

占地 10 平方公里的大亚湾核电基地，碧海青山相辉映，陆地和周边海域生长生活着超 200 种野生动植物。附近海域游弋的中华白海豚、核电山林中频频出没的野猪、核电站旁郁郁葱葱的百年古榕林、长年栖息于此的白鹭，以及豹猫、海马、翠鸟、禾雀花等珍稀野生动植物，在这里和谐共生。

“我们员工在基地遇到过野猪，还曾拍摄到国家二级野生保护动物豹猫出没的照片。”在前往核电基地观景平台的路上，调研团注意到路边立着一块“野猪出没 注意安全”的黄色提示牌。大亚湾核电运营管理有限责任公司新闻发言人左裕轩颇为自豪地说，核电基地生态环境越来越好，证明核电是非常清洁的能源。

绿水青山就是金山银山。自大亚湾核电站建设开始，中广核就始终秉持与自然“共生、互生、再生”的理念，将安全与生态保护作为每一个项目建设运营的最核心要求，践行生物多样性保护责任，安全高效地发展清洁能源。

2021 年 10 月 11 日，中广核发布国内首份基于自然资本核算的生物多样性保护报告，开创性应用自然资本核算方法，

评估清洁能源生物多样性保护价值，展示了中广核参与生物多样性保护的实践成果。报告显示，大亚湾核电基地在1994年至2019年运营期内自然资本总价值达4244.87亿元。

“清洁、高效、可靠的核电，为满足粤港澳大湾区电力供应、改善能源结构发挥了积极作用。”左裕轩表示，大亚湾核电基地始终践行绿色发展战略，通过节能减排、生态保护、环保教育等举措，为推动大湾区低碳能源转型、生态文明建设贡献力量，助力粤港澳大湾区率先实现“碳达峰”“碳中和”。

截至2022年6月30日，大亚湾核电基地6台机组累计上网电量达8686亿度，其中对香港供电累计达2924亿度，占香港总用电量的四分之一。与同等规模燃煤电站相比，累计减少消耗标煤约2.6亿吨，减排二氧化碳约7.3亿吨，环保效益相当于种植近195万公顷森林，面积约相当于10个深圳市。

安全是核电发展的生命线。中广核核电机组安全业绩始终保持高端稳定，源源不断为粤港澳大湾区经济发展输送清洁、稳定的电力。自1994年首台机组投入商业运行以来，大亚湾核电基地一直保持安全稳定运行，安全运营业绩优于国际先进水平，近年来稳步保持在国际第一方阵。

截至2022年7月14日，岭澳一期1号机组连续安全运行天数达5755天，不断刷新国际同类型机组安全运行天数纪录，比排名第二的法国机组领先近60个月。目前该纪录还在延续中。

世界核营运者协会的WANO指标是国际上衡量核电安全水平的重要指标。2021年，大亚湾核电基地6台机组72项WANO指标中，60项达到世界前四分之一的先进水平，占比

83.3%；其中 58 项达到世界前十分之一的卓越水平，卓越率达 80.6%。

引领计划 从埋头创新到向外输出科研成果

反应堆整体水力学实验、反应堆热工实验、燃料组件流致振动验证实验、控制棒驱动线实验、燃料组件力学实验、华龙一号反应堆整体式三维 IVR 实验……位于龙岗的中广核综合热工水力与安全实验室，外部看起来与周边建筑区别不大，里面却大有乾坤。

调研团一走进该实验室，就被内部密集分布的三层楼高铁架台所震撼。记者注意到，多个铁架台上，有多位科研人员正在闷热的环境中有序做着科研实验。

“这是目前全世界同类设施中最先进的实验室之一，承担着全方位检测核电站的设计合理性的重任，被誉为华龙一号系统和设备的‘全科体检中心’。”中广核研究院副总经理周国丰说，这个实验室是中广核适应我国自主核电站、核燃料研发的需要，自主投资建设的，目前拥有 20 余个大型实验装置台，可以开展反应堆热工水力、水化学、结构力学等多个领域的核反应堆工程实验，满足第三代和第四代核电技术的研发需求。

创新是第一驱动力。多年来，中广核坚持将科技规划与业务规划同步谋划、同步部署，并提出科技创新“引领计划”，包括 4 大发展方向和 13 大重点方向，涵盖核电、核燃料、新能源和核技术四大业务领域，持续以科技创新引领高质量发展。目前，中广核拥有 1 个国家重点实验室、1 个国家工程技术研究中心、7 个国家能源研发中心，在一批重点项目、关键领域屡屡实现重要突破。

持续的创新投入，中广核收获了一个又一个重大科研成果。除华龙一号技术外，中广核还成功研发了中国首个核电站“神经中枢”——数字仪控平台“和睦系统”。中国由此成为全球第5个拥有此类技术的国家，目前已在国内多个新建核电项目中应用，实现多技术、多堆型的应用覆盖。

同时，中广核还完成了自主先进核燃料组件、离子体处理固废技术研发，并在全球首创电子束处理污水等一批重大科研成果。如今，中广核又在先进核反应堆、事故容错燃料等前沿领域积极布局、埋头创新。