

极简核电史 中国核电的“前世今生”

从欧阳予到邢继，再到福清核电站这 98 张新面孔，
一代又一代中国核电人在布满荆棘的道路上前赴后继。

李浩在师徒协议书上签下自己的名字。一声令下，他与其他 97 名应届毕业生一道，双手捧起热茶，呈给初识的师傅，并深深鞠上一躬。

这些来自五湖四海的年轻人，齐聚位于台湾海峡西岸的福清核电站。此时正值“华龙一号”全球首堆示范工程处在攻坚期。他们的加入，为这个中国自主三代核电技术项目注入新生力量。

此情此景，或许会让“华龙一号”总设计师邢继回想起 32 年前。当年，大亚湾核电站正式开工建设，这是中国首次从国外引进核电技术。

刚刚大学毕业的邢继被派往大亚湾。彼时，中国在核电领域还远远落后于世界。他如饥似渴地向法国人学习着国际先进核电站的工程设计知识。

除了法国人，另一位中国本土科学家也令人仰望。1300 公里外，秦山核电站先于大亚湾核电站两年开工。这是中国第一座自主设计建造的核电站，“中国核电之父”欧阳予担任该项目总设计师。

这位与邓稼先同时代的老前辈，曾为中国第一颗氢弹试验成功立下汗马功

劳。时光荏苒，他又肩负起核能从军用转民用的重任。

从欧阳予到邢继，再到福清核电站这 98 张新面孔，一代又一代中国核电人在布满荆棘的道路上前赴后继。

他们的故事，折射出过去近半个世纪里，中国打破垄断、自主创新的艰难历程。

蹒跚起步

1983 年，邢继如愿考入哈尔滨工程大学。对于这位痴迷军事的 19 岁四川青年而言，核动力装置专业或许更多意味着如鲨鱼般迅猛的核潜艇。

此时，他的一位核潜艇专家同乡正在为另一项重任奔忙。当年年初，49 岁的核潜艇专家管云龙受时任电力部副部长彭士禄邀请，南下深圳，筹建大亚湾核电站。

早在 5 年前，邓小平在会见法国外贸部长后，宣布引进两座法国核电站设备。深圳地处改革开放最前沿，邻近的香港电力供应趋紧，将法国技术落地深





福清核电有限公司核电机组外景。图片 | 新华社

圳便水到渠成。

中国核电事业可以追溯到上世纪70年代。在上海革委会的推动下，秦山核电站建设被提上日程。在那个强调自力更生的时代，该电站被周恩来等党和国家领导人寄予厚望。

但这座核电站命运坎坷。改革开放之初，中央决定引进法国技术，关于秦山核电站的废留之争一度甚嚣尘上。

彼时，国内对核电技术路线、方针政策等重大问题存在分歧。核工业部主张自主研发；电力部希望全面引进，较快形成发电机制；机械部则建议合作设计，合作生产，逐步提高国产化比例，形成自主制造能力。邢继入学当年，原国家计委和原国家科委联合在北京回龙观召开“核能发展技术政策论证会”。

这次会议确定“引进技术和自主研发相结合”的发展道路。会后，两部委联合上书国务院，并获得批准。

中国核电终于蹒跚起步。两条技术路线，把两位四川乐山同乡推上历史前台。笄云龙南下深圳前一年，55岁的欧阳予早已坐镇浙江嘉兴，主持秦山核电站工程建设。

欧阳予曾担任中国第一座军用生产核反应堆的总设计师。1967年，当中国第一颗氢弹腾空升起蘑菇云，这位年轻的参与者激动得热泪盈眶。

带着那一代知识分子的爱国热情，欧阳予投入到中国第一座核电站自主设计建设工作中，尽管当时300MW的机组容量已远远落后于世界水平。上海共有180多家单位参与秦山核电站建设。这座核电站的设备国产化率达到70%左右。

1991年12月15日0点15分，秦山核电站并网发电，中国大陆从此结束无核电的历史。喜讯传遍全国各地时，笄云龙的心情却不无沉重。此时，大亚湾核电站已开工4年。与法国专家共处的1000多个日夜里，中国的落后令他扼腕叹息。

在管道安装与焊接中，中方人员见识了法国专家的机械化操作。由于中方习惯的人工土方容易造成误差，影响抗震功能，中方不得不忍痛把管道工程全部交给法国人。

除了技术，落后还体现于资金实力。该电站总投资高达40亿美元，而

当时的国家外汇储备仅有1.67亿美元。大亚湾核电站不得不采取“借贷建设、售电还钱”的全新模式。

1994年，秦山核电站和大亚湾核电站先后投入商业运营。里程碑式的业绩背后，中国核电事业悄然调整航向。

此后，中国不断吸收引进多国技术，因而被业界戏称为“万国堆型展览馆”。

万国展览馆

中国在核电领域奋起直追时，世界核电事业却进入停滞期。石油危机导致世界经济趋缓，以及切尔诺贝利核事故等爆发，使得美欧多国逐渐停止发展核电。法国是一个例外。该国大力推动核电替代火电，到上世纪90年代末，其核电发电量在总发电量中占比已超过70%。

大亚湾核电站即引进法国的M310堆型。该电站投运当年，中国广核集团（下称“中广核”）的前身中国广东核电集团成立，眭云龙担任第一任董事长。

大亚湾核电站建设过程带给他巨大的心灵震撼。此后，他带领中广核团队痛定思痛，发奋向法国人学习。大亚湾核电站国产化率仅为1%，而随后建设的岭澳一期，国产化率已提升至30%。中广核的蓬勃发展，让“老大哥”中国核工业总公司（中国核工业集团有限公司，下称“中核”）感受到压力。

秦山一期、二期相继落成后，中核在首任总经理蒋心雄带领下，开启国外引进之路。

1998年，秦山三期开工。该项目采用加拿大CANDU-6堆型。这一堆型在国际上并非主流，但对发展中国家具有一定的吸引力。CANDU堆型曾出口巴基斯坦、印度等国。

俄罗斯也被列入进口国名单。2017年，在中俄两国总理见证下，中核与俄罗斯原子能工业部在莫斯科签署《建设

连云港核电站框架合同原则协议》。

中国在核工业与俄罗斯渊源深厚。“中国核电之父”欧阳予，和电力出身的时任国家总理，均曾留学苏联。

尽管切尔诺贝利阴霾未散，中国仍然决定引进俄罗斯AES-91堆型，在江苏连云港建设田湾核电站。至此，中国已收集法、加、俄三国堆型。但不久后，另一支力量强势入局，在中国核电界掀起新的风浪。

2004年，中国决定引进第三代核电技术。发标后，美国西屋公司、法国阿海珐公司的投标文件纷至沓来。这场长达两年的招标中，西屋公司AP1000堆型最终脱颖而出。为引进这一美国堆型，国家于2007年专门成立国家核电技术公司（下称“国核技”）。王炳华成为该公司历史上唯一一位董事长。

但第三代核电技术之争依然激烈。AP1000堆型在国外并无落地。作为世界首堆，三门核电站1号机组前景不明。此外，中标次年，西屋公司被日本东芝收购，再生变数。

中广核伺机而动。就在西屋公司被收购当年，中广核董事长钱智民决定再次向法国引进EPR堆型。与三门相似，台山核电站1号机组也是EPR全球首堆。中国已然成为名副其实的“万国堆型展览馆”。但从引进技术到自主研发之间，前路依然漫漫。

2006年，国家曾宣布将组织研制大型核电站、高铁、大飞机等16项重大成套技术装备。

如今，高铁已四通八达，国产大飞机C919也成功试飞。这些与核电经历相似的行业，鼓舞着具有自主知识产权的第三代核电横空出世。

华龙横空出世

不过，在“万国堆型展览馆”背后，中国核电产业竞争格局暗流涌动。3家公司竞相角逐，导致中国核电技术路线

不统一，研发力量分散。

中国始终未能进入核电强国之列，核电出口也面临瓶颈。

早在1999年，国家计委就曾提议中核与中广核联合研发自主知识产权的技术，却未能如愿。进入第三代核电技术时代，中国在“引进技术和自主研发相结合”发展道路演变出新的混乱。如前所述，中国先后引进美国 AP1000 堆型和法国 EPR 堆型。

但对外国垄断的顾虑和获取自主知识产权的渴望，驱使三家核电公司分别基于各自引进的技术，开展第三代核电技术自主研发。

国核技自引进 AP1000 堆型后，便开始自主研发 CAP1400 堆型。郑光明成为 CAP1400 总设计师。

然而，国核技的自主创新之路很快受到西屋公司阻挠。签约两年后，他们就提出，当初约定的 1350MWe 为净功率（即上网功率）。这意味着 CAP1400 的毛功率必须达到 1500MWe，才能拥有自主知识产权。郑明光不得不带领团队重新开始 CAP1400 的设计。国核技受挫，中核与中广核的博弈却仍在继续。

2013年3月，吴新雄出任国家能源局局长。短短一个月后，国家能源局便召集中核与中广核领导，专门召开协调会，商议两家技术的合并问题。

这一提议遭到两家公司抵制。此前，两大核电集团都曾对外宣称，其自主研发的三代核电技术完成了初步设计方案。

中广核的 ACPR1000+ 堆型源自法国 M310 堆型。大亚湾核电站建成后，该公司在管云龙带领下开启自主研发。此后，中广核相继研发出 CPR1000 堆型、CPR1000+ 堆型，以及最终的第三代 ACPR1000+ 堆型。

中核的 ACP1000 堆型则可以追溯到 1999 年推出的 CNP1000 堆型。11 年后，该公司将之改进为 CP1000 堆型。此后，中核又吸收美国 AP1000 技术，研发出第三代 ACP1000 堆型。

中核与中广核都在摩拳擦掌，等待新技术落地。但国家能源局却另有一番思绪。

2011 年日本核泄漏事故爆发后，中国乃至世界核电事业猛踩刹车。高层一边观望着引进第三代技术的三门核电站和台山核电站建设情况，另一边试图促成中核与中广核合作。

国家能源局拒绝核准两家公司各自的第三代技术落地项目，合作成为必然。但合作后双方的博弈故事，时常见诸报端。钱智民成为斡旋的关键人物。此时，这位原中广核董事长已调任中核总经理。这个逐渐被中核主导的项目，由来自中核的邢继担任总设计师。

20 多年前，当管云龙忍痛屈服于法国人时，年轻的邢继则很快与法国人打成一片，虚心请教国际上先进核电站工程设计知识。如今，他已成长为新一代核电技术骨干。

2019 年以来，他主导的“华龙一号”首堆捷报频传。最新消息是，福清核电 5 号机组正式开启氦气泄漏试验工作。

此时，国核技已与中电投合并为国电投，钱智民于 2018 年调任国电投董事长。他将 CAP1400 命名为“国和一号”。

面对外界关于“国和一号”与“华龙一号”未来竞争的担忧，这位辗转于 3 家核电公司的老将摆出以“和”示人的姿态。

纵观过去近半个世纪的核电发展史，中国核电人经历了比其他任何国家都更为艰难复杂的局势。

在历史变迁中，中国核电事业也被烙下不同时代的鲜明烙印。但无论是外部阻挠，还是内部纷争，都不曾打乱中国迈入核电强国的脚步。

华龙出世，世界核电格局也将为之改写。⑤

◎ 撰文 | 粟灵 罗玲艳

◎ 来源 | 能源杂志



1991 年 12 月 15 日 0 点 15 分，秦山核电站并网发电，中国大陆从此结束无核电的历史。喜讯传遍全国各地时，管云龙的心情却不无沉重。

