



核心观点

❖ 核电是电网承载基本电力负荷的三大基础发电方式之一，是未来国内能源投资增量的最重要来源

稳定和安全是智能电网的基本要求，在电网体系中，水电、核电和大型火电站是电网承担基本负荷的电源单元，在受端系统增加大型稳定的电源点会不同程度地提高电网的运行性能，有助于提高电网运行的稳定性。核电是政策支持的清洁能源模式，是未来受端（近电力消费端）电源增量最主要的来源。

❖ 中国核电产业链将是代表中国未来高端制造的新名片之一

华龙一号首台机组 2020 年年底投运，国产化路线确定和技术不确定问题的解决，为后续我国自主三代核电批量化建设清理了障碍，华龙一号三代核电也将成为最能代表中国高端制造业走向世界的新国家名片之一。华龙一号首台机组年底的投产是我国核电创新发展的重大标志性成果，对于我国实现由核电大国向核电强国的历史性跨越具有重要意义。

❖ 核能应用方式扩大，有助于满足多样性能源需求

在诸多清洁能源中，核能不仅能够稳定供电，而且其稳定的供能能力和多样化的功能以及适用性是风能和太阳能所无法比拟的。随着小型堆和第四代核能技术的推进以及核电机组整体安全性的提升，核能的应用将进一步扩展。浮动式核电站，其将小型核反应堆和船舶结合，突破空间限制，使核电移动化。核能的非电应用，如核能制氢、高温工艺热、核能供暖、海水淡化等，未来将在确保全球能源和水安全的可持续性发展方面发挥巨大作用。

❖ 给予核能行业“增持”评级

随着 2019 年以来我国对于新建核电站的审批逐步放开，以及美国的 AP1000 和法国的 EPR 堆型实际建造进展不及预期，华龙一号在两核整合路线同意后有望成为中国能源领域增量投资的主力，并将在立足国内布局的情况下，打开海外市场，成为中国高端制造出口的新名片之一。

国内核电 2019 年以来开工重启及 2020 年底华龙一号首台机组投运，利好华龙一号装备产业和整个核能产业链，我们建议关注如下标的：核电设备制造领域，重点关注东方电气（核岛主设备）、东方电气（核岛主设备）、浙富股份（控制棒驱动）、江苏神通（核级管路和）和中密控股（核级泵机械密封）；核电运营以及核技术应用领域，重点关注中国核电（核电站运营）和中广核技（核技术应用）；核燃料循环领域，重点关注通裕重工（乏燃料处理移动设备）、应流股份（中子吸收材料）和海默科技（乏燃料处理）。

❖ 风险提示：事故风险、技术风险、政策风险、业绩风险

证券研究报告

所属部门 | 行业公司部

报告类别 | 行业深度

所属行业 | 机械设备/高端制造/核能

行业评级 | 增持评级

报告时间 | 2020/5/31

分析师

孙灿

证书编号：S1100517100001

010-68595107

suncan@cczq.com

川财研究所

北京 西城区平安里西大街 28 号中海国际中心 15 楼，100034

上海 陆家嘴环路 1000 号恒生大厦 11 楼，200120

深圳 福田区福华一路 6 号免税商务大厦 32 层，518000

成都 中国（四川）自由贸易试验区成都市高新区交子大道 177 号中海国际中心 B 座 17 楼，610041

正文目录

一、核电行业现状与展望.....	5
1.1.全球在运行、在建以及计划建设反应堆数量概况	5
1.2.压水堆仍是目前主流机型	5
1.3.二代反应堆迎来更新换代，三代机型将成为主力	6
1.4.一次能源结构中，火电占比收缩明显，核电空间大成长可期	7
二、各国对于发展核电的态度.....	8
2.1.主要核电技术出口国	8
2.2.其他国家	9
2.2.1.计划继续发展核电的国家.....	9
2.2.2.准备启动核电的国家.....	10
2.2.3.逐步减少核电的国家.....	10
三、中国自主的三代核电品牌华龙一号	11
3.1.华龙一号的发展历程	11
3.2.反应堆设计	12
3.2.1.堆芯设计核心参数	12
3.2.2.华龙一号的设计特点.....	13
3.2.3.安全性设计	13
3.3.各项参数对标 AP-1000，性价比更优	15
3.3.1.安全性难分伯仲	15
3.3.2.华龙一号经济性领先.....	15
3.3.3. AP1000 推进持续低于预期，华龙一号潜力巨大.....	16
四、应用广泛，需求带动小堆、第四代核电技术研发	17
4.1.核技术在各领域均有广泛应用	17
4.1.1 核能的新型应用扩展反应堆功能	17
4.1.2 核技术应用龙头.....	19
4.2.核能应用需求扩大，堆型小型化趋势明显	20
4.2.1 核电小型堆简介.....	20
4.2.2 各国小型堆发展.....	20
4.2.3 浮动核电站解决海上供能.....	21
4.3.经济性和安全性需求推动第四代核电加速发展	22

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

五、核电行业投资逻辑和建议.....	25
5.1.投资逻辑	25
5.1.1 核电是电网承载基本电力负荷的三大基础能源之一，未来的受端电源增量主要靠核电，是未来十年国内电源投资的最重要来源	25
5.1.2 核能应用方式扩大，有助于满足多样性能源需求	26
5.1.3 中国核电将是中国未来高端制造代表的新名片之一	27
5.2.投资建议与投资标的	28
5.2.1 核能产业链概况.....	28
5.2.2 行业投资建议和标的.....	28
风险提示.....	30

图表目录

图 1:	截止 2018 年底各国在运、在建、计划建造核反应堆数量.....	5
图 2:	2018 年底全球在运行反应堆类型.....	6
图 3:	2018 年底全球在建反应堆类型	6
图 4:	在运营反应堆在役时长统计	6
图 5:	2010-2018 中国电力发电量来源占比变化	7
图 6:	2010-2018 美国电力发电量来源占比变化	7
图 7:	德国 1995-2015 年核电占比变化.....	10
图 8:	比利时 1995-2015 核电占比变化.....	10
图 9:	在运营反应堆在役时长统计	14
图 10:	2019 年电源投资完成额结构	26
图 11:	历年电源投资完成额同比增速变化.....	26
表格 1:	第三代主流机型成本对比	7
表格 2:	各种电力来源优劣对比.....	8
表格 3:	各国对核电的态度	8
表格 4:	计划继续发展核电国家进展	9
表格 5:	华龙一号发展历程	11
表格 6:	华龙一号参数	13
表格 7:	华龙一号经济性策略.....	13
表格 8:	华龙一号灵活性设计.....	13
表格 9:	华龙一号安全性设计.....	14
表格 10:	核技术的广泛应用	17
表格 11:	我国四家核技术应用企业概况	19
表格 12:	小堆技术发展	20
表格 13:	第四代核能指标	22
表格 14:	第四代堆型特点及研发进展	23
表格 15:	核能产业链一览	28

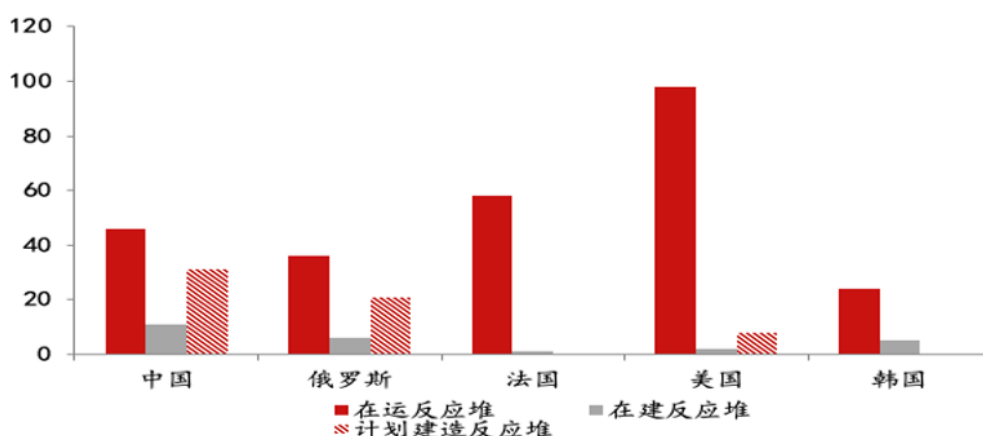
一、核电行业现状与展望

1.1. 全球在运行、在建以及计划建设反应堆数量概况

根据 IAEA 公布的数据，截止 2018 年底，在全球仍有 450 座核反应堆在正常工作，55 座新反应堆在建设中。而纵观整个 2019 年，有 6 座反应堆开始运行，新增核电机组的国家有俄罗斯（三座）、中国（两座）以及韩国（一座）。2010-2019 年，总共有 63 座反应堆投入运行，其中中国占 59%（37 座）；同时期关停的 55 座反应堆则无一来自于中国。在中国以外，全球的反应堆总量持续减少，十年间共有 26 座反应堆并网，比同时期关停的数量（55）少了 29 座。目前在建反应堆的数量为 49 座，继 2013 年的 68 座以来，这个数字已经连续六年下降或者较前一年不变。

中国的核反应堆建设审批在 2016 年至 2019 年三年间曾暂停，导致目前的进度远远没有达到 2016-2020 五年规划的水平。目前全国装机总容量为 45.5GW，在建的总量为 12.5GW 左右；而当初制定的目标位 2020 年达到 58GW 并且有 30GW 在建。但自 2019 年国务院重新批准核电站建设以后，中国核电站审批有望加速。

图 1：截止 2018 年底各国在运、在建、计划建造核反应堆数量



资料来源：IAEA，川财证券研究所

1.2. 压水堆仍是目前主流机型

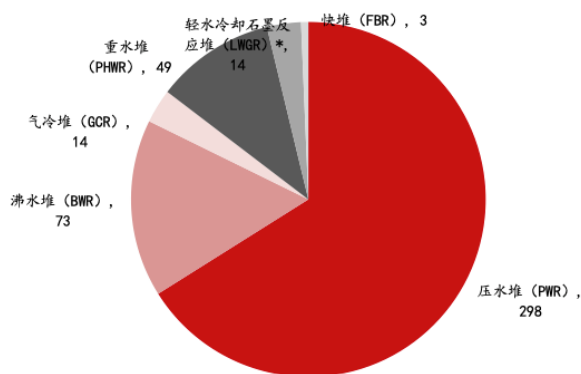
自从核电站问世以来，在实际应用上成熟的发电堆主要有以下三种：轻水堆、重水堆和石墨气冷堆。它们相应地被用到三种不同的核电站中，形成了现代核发电的主体。

热中子堆中的大多数是用轻水慢化和冷却的所谓轻水堆。轻水堆又分为压水堆

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

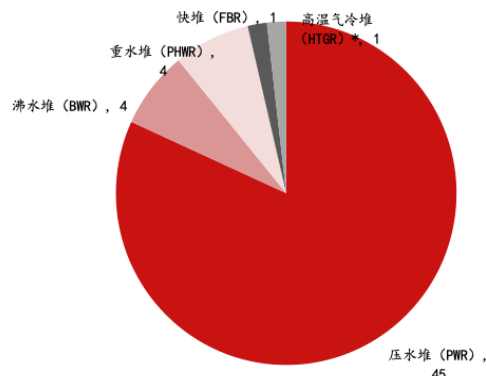
和沸水堆。压水堆核电站使用轻水作为冷却剂和慢化剂。主要由核蒸汽供应系统（即一回路系统）、汽轮发电机系统（即二回路系统）及其他辅助系统组成。冷却剂在堆芯吸收核燃料裂变释放的热能后，通过蒸汽发生器再把热量传递给二回路产生蒸汽，然后进入汽轮机做功，带动发电机发电。

图 2： 2018 年底全球在运行反应堆类型



资料来源：IAEA，川财证券研究所

图 3： 2018 年底全球在建反应堆类型



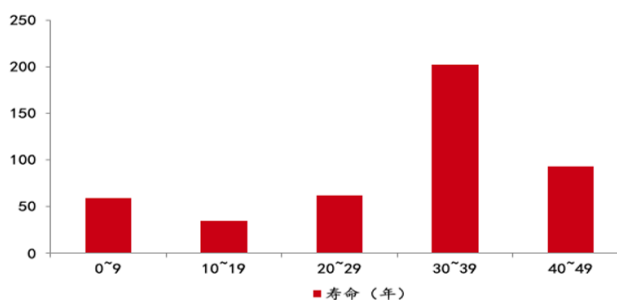
资料来源：IAEA，川财证券研究所

截止 2018 年底，全球共有 451 座核反应堆在运营，其中压水堆（PWR）占到了 66%，轻水石墨堆（LWGR）则是俄罗斯独有的老旧机型（切尔诺贝利正是该堆型）。而目前在建的 55 座反应堆中 PWR 更是占到了 82%，其中值得注意的是唯一一座在建的高温气冷堆（HTGR）将是中国研发第四代核反应堆的试验机型。

1.3. 二代反应堆迎来更新换代，三代机型将成为主力

通过对 171 座永久关停反应堆的寿命进行统计，目前在运行的以第二代为主的核反应堆的平均寿命在 24 年左右（建造时预计使用时间为 30 年）。剔除掉因为政策或意外事故等原因退役的核电站，大多数反应堆的商业运行时间在 20-40 年之间，最长的为美国的 US-219，自 1969 年投入商业运行至 2018 年退役，总共运行了 49 年。而通过对目前在运行的反应堆的在役时长进行统计，可以看到高达 202 座反应堆的运行时间在 30-39 年之间，超过 40 年的更是达到了 93 座，这些反应堆的更新换代势在必行。

图 4： 在运营反应堆在役时长统计



资料来源：IAEA，川财证券研究所

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

虽然第二代核电反应堆证明了核电在经济性上可以和其他能源相竞争,但是在经历了前苏联切尔诺贝利核电事故和美国三哩岛事故以后,各国对于核电的应用显得更加保守,而具有更高安全性的第三代反应堆则是提供了解决方案。三代堆面临的问题主要来源于成本方面,无论是在芬兰建设的 EPR 还是在美国本土建设的 AP1000,都先后由于超支等问题被延期或者叫停。目前国际上最主流的机型为俄罗斯的第三代 VVER,其占据了大部分国际市场。而我国的中核与中广核联合推出的华龙一号,拥有着更低的成本,可以保持在 2500 美元/kw 以内,远低于 AP1000 的 6200 美元/kw、EPR 和 VVER 的 4000 美元/kw。

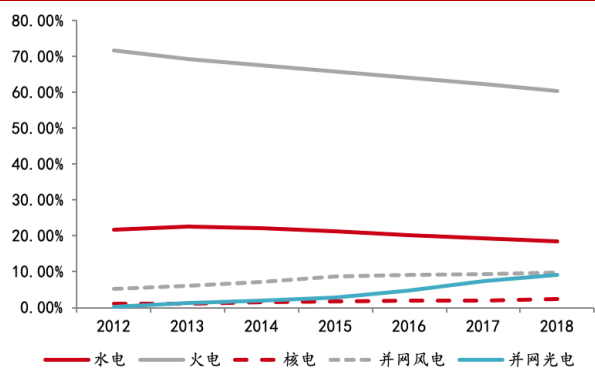
表格 1.第三代主流机型成本对比

第三代机型型号	成本 (美元/kw)
华龙一号	<2500
AP1000	6200
EPR	4000
VVER	4000

资料来源:北极星核电网,川财证券研究所

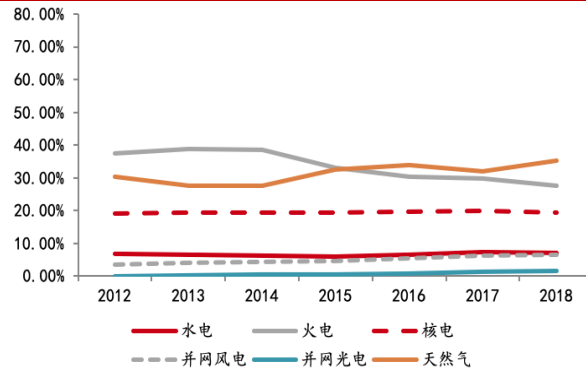
1.4. 一次能源结构中,火电占比收缩明显,核电空间大成长可期

图 5: 2010-2018 中国电力发电量来源占比变化



资料来源:国家能源局官网,川财证券研究所

图 6: 2010-2018 美国电力发电量来源占比变化



资料来源:Wind,川财证券研究所

自 2010 年至 2018 年,中国火力发电占比从 71%降至 60%,同期美国电力净发电量中煤炭的占比从 37%降至 27%,但是在这段时间受到福岛核电站事故影响,核能的占比却变化不大。在美国发电量占比增长明显的是天然气,虽然天然气是清洁能源,但是发电成本却相当高,接近煤炭的两倍,因此预计不会成为国际市场中,特别是在发展中国家中同核电形成竞争的主力。值得关注的是风能在美国能源结构中的占比从 3.48%升至 6.53%,从 140.82 亿千瓦时增至近翻倍的 272.67 亿千瓦时,太阳能更是激增 15 倍。在未来,以风能、太阳能光伏为主的可再生能源将与核能形成激烈竞争。但是值得注意的是与核能对比,太阳能和风能的劣势主要在于其发电量不稳定,并且输电困难,再加上更高的储电成本以及对于环境的更高要求,其很难威胁到大规模发电需求下核电的地位。本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

尽管除了美国，德国、比利时以及 70%以上电力依托于核电的法国都在鼓励可再生能源的投资，但是相对于太阳能和风能对于环境的要求和不稳定的电力输出，核能对于中国、印度、俄罗斯等国家而言仍然将会是未来发展的重点，国际市场也相当广阔。如果能在最新的第三代核反应堆的基础上继续增加安全性、提高经济性，核电的前路仍然可期。

表格 2.各种电力来源优劣对比

能源类型	优点	缺点
核能	不会造成大气污染	建造反应堆成本昂贵，核废料处理有难度，二代堆安全性不够好
风能	成本低，污染小	涡轮噪音大，受地域限制
太阳能	污染极小	太阳光照射不稳定，太阳能发电场成本昂贵
火电	容易获得，成本低	易造成空气和水污染
水能	对水和空气污染小	受地域限制，水坝会影响生态环境

资料来源：中国数字科技馆，川财证券研究所

二、各国对于发展核电的态度

2.1. 主要核电技术出口国

目前拥有全球领先的第三代核电技术的国家为中国、俄罗斯、法国、美国 and 韩国。其中中国和俄罗斯政府对于核电体现出支持的态度，都公布了各自大力发展核电的计划，因此其第三代机型即使只是在国内也拥有广阔的市场。作为传统的核电大国，法国的核电在能源结构中的占比常年在 70%以上，但是由于其第三代核电技术的高成本以及国内的政策态度，法国决定将逐步降低核电的占比。美国则是目前拥有核反应堆最多的国家，AP1000 在其国内的建设却不及预期，主要也是由于该核反应堆较高的成本导致。韩国在李明博时代曾提出出口 80 台机组的计划，但随着坚决反核的文在寅的上台和一系列反腐措施，该计划也无疾而终，包括阿联酋在内的海外市场将流入其他几个核电出口大国。

表格 3.各国对核电的态度

国家	对待核电态度
中国	2019 年 1 月，中国政府时隔三年再次批准 4 台使用我国自主科技的华龙一号核电机组建设。中国还计划到 2030 年在海外建造 30 座核反应堆。
俄罗斯	俄罗斯截止 2018 年核电在全国电力总量中占比 17.9%，根据最新的俄罗斯联邦目标计划预计，该国核电在电力供应中的份额到 2030 年将达到 25-30%，到 2050 年增至 45%-50%，到本世纪末将达到 70-80%。
法国	作为仅次于美国的全球第二大核能生产国，法国的电力超过 70%依赖于核能。然而，高昂的运维和新建成本让法国国营电力公司 EDF 不堪重负，2015 年法国政府颁布了《绿色增长能源转型法案》，提出在 2025 年将核电在能源结构中的比重降至 50%。同时扩大可再生能源占比，2030 年升至 32%。
美国	美国目前有 98 座在运商用核反应堆，位于佐治亚州沃格特勒核电厂的 AP1000 型

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

3 号和 4 号机组正在建设中，计划于 2021 和 2022 年开始运行。

韩国总统文在寅 19 日宣布，他领导的新一届政府将终止所有建设新核电站的计划，也不再批准延期运行现有核电站，以兑现竞选承诺。

韩国

韩国上世纪 70 年代建成第一台商业核电机组，进入 21 世纪以来更积极推进自主研发核电技术，争夺海外市场订单，跻身核技术主要出口国行列。放弃开发核能，显示韩国能源政策重大转向。

资料来源：IAEA，川财证券研究所

2.2. 其他国家

2.2.1. 计划继续发展核电的国家

目前正在运行核电的国家共有 30 个，其中有十三个国家正在继续新建或计划反应堆，除了以上提到的中国、俄罗斯和美国，还包括了阿根廷、匈牙利、巴西、芬兰、印度、日本、巴基斯坦、斯洛伐克、乌克兰和英国。

表格 4. 计划继续发展核电国家进展

国家	核电进展
巴基斯坦	巴基斯坦的“能源安全计划”设定目标于 2030 年核发电容量提升到 8800 兆瓦，其中包括一座 1100 兆瓦的核反应堆，预计 2020 年开工，2025 年商用。值得注意的是，目前巴基斯坦在建的两座核反应堆真是采用的中核集团的 ACP-1000；加上这两座在建机组，巴基斯坦的装机总容量为 6533 兆瓦，距离 2030 年达到 8800 千瓦的目标仍有两个第三代机组的空间。
印度	截止 2019 年底，印度共有 22 台在运机组，总净装机容量 6219MWe；7 台在建机组，总装机容量 5400MWe。印度 2018 年 3 月，印度与法电公司签署了 6 座欧洲压水堆的建造协议，10 月与俄罗斯签署了 6 台 VVER 型机组的核电厂协议。根据 World Nuclear News 消息，印度原子能部门在 2019 年 1 月宣称将在 2031 年前建成 21 座新的核反应堆，其中 10 座为自主设计的 PHWR 反应堆。根据国际能源署数据，至 2040 年，全球核电量将增长 46%，其中净增长的 93% 将来源于中国和印度。
日本	截止 2019 年底，日本共有 33 台在运机组，总装机容量 31.7GWe，但仅 9 台机组处于运行状态，总装机容量 8706MWe；2 台在建机组总装机容量 2756MWe。2018 年 7 月，日本政府批准了《基本能源计划》，确认到 2030 年核电份额约为 20-22%。在 2011 年福岛核电站泄漏事故之前，核电占到了日本电力总额的 30% 左右，由于泄漏事故影响，发生了骤降，近年逐步恢复，截止 2018 年为 6.2%。
英国	英国目前共有 15 台在运机组，总净装机容量 8883MWe；1 台在建机组，总装机容量 1720MWe。英国政府在 2017 年发布了“清洁增长战略”，政府与研究理事会、创新署合作投资 4.6 亿英镑用于未来核燃料、新的核制造技术、回收与再加工以及新的反应堆设计。值得关注的是，在该战略下，英国政府提出了高达 17.8 吉瓦（电）的核建设容量。欣克利角 C 第一座反应堆正在建设，而如果华龙一号顺利通过英国通用设计审查，该反应堆将用于布拉德维尔 B 核电站建设。
匈牙利	匈牙利目前有四座反应堆正在运行，分别建于 1982-1987 年间，其原子能管理局批准这四台机组达到最初的 30 年许可运行寿期后再运行 20 年。在计划中的两台机组是引进了俄罗斯的 VVER V-527 机型，预计分别在 2026、2027 年并网。
保加利亚	保加利亚于 2018 年 7 月将其拥有的科兹洛杜伊核电站（两座反应堆分别在 1988、1993 年商

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

罗马尼亚

业运行)进行升级改造,可将运行寿期延长至2051年。在当年6月,内阁还取消了2012年关于终止贝勒尼核电站建设的决定,该核电站引进的是俄罗斯VVER反应堆,面临的困境是资金不足,该国电力公司于2019年3月11日发布贝勒尼核电建设项目战略投资者意向征询书,邀请有意收购该项目少数股权和/或购买未来电厂生产的电力的投资者表达意向。

罗马尼亚计划通过在切尔纳沃德核电厂建造和调试3号和4号机组,进一步提高核发电容量。2018年5月,决定2026年对切尔纳沃德1号机组进行关闭整修。

巴西

巴西政府寻求增加其核电生产,计划在2025年至2030年期间投入运行四座新的压水堆。

资料来源:IAEA,川财证券研究所

2.2.2. 准备启动核电的国家

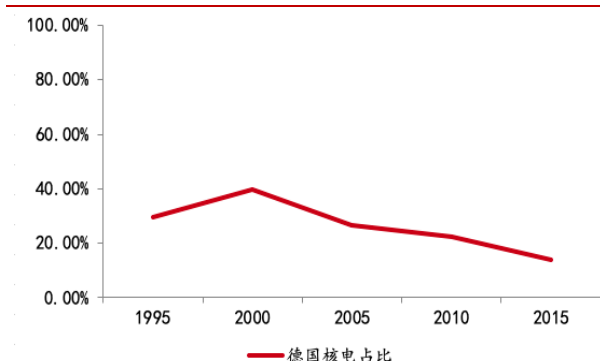
目前包括阿联酋、白俄罗斯、孟加拉国、土耳其以及埃及在内的国家都开始了各自的核电厂建设。沙特阿拉伯将于今年(2020年)完成一座小型模块堆的建造,并与2021年开始建造第一座大型核电厂。约旦公布了双轨核电计划,计划在2030年后建造1000兆瓦的大型压水堆。2018年底,乌兹别克斯坦与俄罗斯联邦签署了第一座总装机容量达到2400兆瓦的双机组和电厂协议。尼日尼亚则会通过BOT的方式建设四座反应堆,第一台机组于2027年投入运行。

2.2.3. 逐步减少核电的国家

2011年日本福岛核泄漏以后,联邦德国政府决定加快告别核电技术,计划在2022年前关闭所有核电站,截止2018年底,德国核电在能源结构中所占比例已由2020年的39.6%下降到了11.7%。取而代之的是可再生能源,在这个区间内跃升至40%左右。

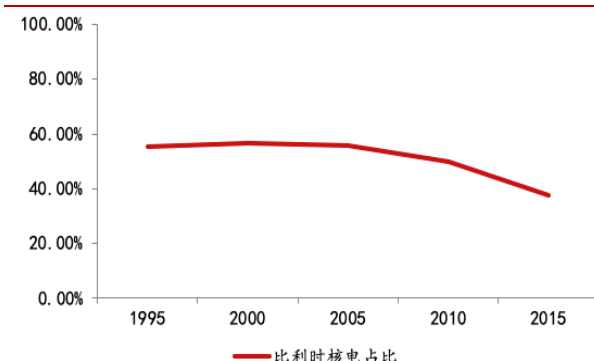
比利时政府于2018年3月30日批准一项新的“能源协议”,维持了之前到2025年逐步弃核的政策。2025年比利时将关闭全部7台在运核电机组,新战略鼓励投资天然气和可再生能源,特别是海上风力风电以弥补缺口。

图7: 德国1995-2015年核电占比变化



资料来源:IAEA,川财证券研究所

图8: 比利时1995-2015年核电占比变化



资料来源:IAEA,川财证券研究所

三、中国自主的三代核电品牌华龙一号

3.1. 华龙一号的发展历程

华龙一号（HPR1000）是由中国核工业集团和中国广核集团共同开发，具有完整自主知识产权的百万千瓦级压水堆核电技术，其设计采用先进的安全设计理念与技术，具有创新性的设计特征，满足最新的安全要求和国际上第三代核电的用户要求。

我国自主百万千瓦级核电技术研发，从 CNP1000 型号研发起步，历经 CNP1000、CP1000、ACP1000 再到华龙一号，不断提升安全与技术性能指标，至完成华龙一号型号研发，经历了近 20 年的历程。2011 年日本福岛核事故后，新建核电站的核安全标准更加严格，第三代核电站成为当今世界核电发展的主流技术。当时国内三代核电技术型号研发尚处于技术跟踪阶段，并未开展实质性的研究。而国际上已有 EPR、AP1000、VVER 等三代核电型号技术，且 AP1000 首堆已在国内开展工程建设。由于 AP1000 为美国西屋公司技术，国内引进消化吸收，知识产权为美方所有，对核电的出口造成一定的限制，并影响我国核电的国际话语权。

在华龙一号的研发过程中，以中核集团中国核电工程有限公司、核动力院为主，联合国外包括法、美、意、奥等 14 家国际组织及机构，国内 75 家高校、科研机构、设备制造厂共同参与，协作完成了共计 179 项研发工作。通过广泛利用社会研发资源，极大地加快了华龙一号的研发进程。

表格 5. 华龙一号发展历程

时间	事件
1996 年初	中国核工业集团有限公司启动了 CNP1000 概念设计，率先使用 177 堆芯布置
2005 年 6 月	CNP1000 完成初步安全分析报告
2007 年 4 月	在前期研发的基础上，通过开展多项重大改进，CNP1000 型号更名为 CP1000
2010 年 4 月	CP1000 通过中国核能行业协会组织的国内同行专家审查
2011 年初	福岛核事故后，为满足对第三代核电的要求，中核集团在 CP1000 的基础上启动 ACP1000 重点科技研发专项；同年底完成顶层方案设计，通过审查
2012 年 6 月	中广核集团的 ACP1000+ 完成方案设计，同年底通过专家审查
2013 年 4 月	国家能源局主持召开了自主创新三代核电技术合作协调会，确定中核、中广核两集团在 ACP1000 和 ACPR1000+ 的基础上，联合开发华龙一号技术。到 2013 年 8 月底，经过多轮技术交流，两集团形成了“华龙一号”总体技术方案，实现了技术融合，优势互补。
2014 年 8 月	华龙一号总体技术方案通过国家能源局和国家核安全局联合组织的专家审评。专家组一致认为，华龙一号的成熟性、安全性和经济性满足第三代核电技术要求，融合取得了很好的成果，体现了方案的总体技术特征，并为后续发展保留了空间。

2015 年 5 月	福清核电站 5 号机组正式浇筑第一罐混凝土 (FCD)，标志着具有中国完整自主知识产权的核电技术华龙一号首堆示范工程正式开工。
2015 年 8 月	华龙一号首个海外项目正式在巴基斯坦卡拉奇开工建设
2017 年 1 月	英国核设施检查局开始对华龙一号进行通用设计评估，预计持续 5 年，于 2021 年完成。通过以后，华龙一号将在布拉德维尔核电站部署。
2017 年 11 月	中巴签署恰希玛核电 5 号机组商务合同
2019 年 6 月	我国自主三代核电华龙一号海外首堆工程——中核集团卡拉奇核电 K-2 机组外层安全壳穹顶成功吊装。

资料来源：中新网、中国政府网等，川财证券研究所

国务院总理李克强在视察指导工作时强调：“我们的高铁在世界上已有口碑，接下来要推出更高水平的核电，要在国际市场上占据应有的位置。”作为“中国制造”的代表，华龙一号具备独立出口条件，已经在国际市场上展现了相当的竞争实力。

为了防止中核集团与中广核集团在国际市场的竞争，国家能源局对二者的市场进行了初步划分：中广核进入英国、东欧、东南亚市场，而中核则耕耘阿根廷、非洲、西亚、南亚。在未来，二者的加速融合是整体的大趋势，在技术整合以后，华龙一号作为一个整体的品牌将在国际市场上具有强劲的优势。

3.2. 反应堆设计

3.2.1. 堆芯设计核心参数

华龙一号（中核版本）的堆芯由 177 个 AFA3G 燃料组件构成，堆芯活性段高度（冷态）为 365.76cm，等效直径为 322.8cm，运行模式为 Mode-G；反应堆输出热功率为 3050MW（中广核版本为 3150MW）。对应的线功率密度为 173.8 W/cm。相较于传统二代加百万千瓦堆型，HPR1000 反应堆在提高总功率输出的同时降低了线功率密度，增加了堆芯安全裕量。

HPR1000 反应堆堆芯核设计采用了最新的能源标准 NB/T20057.1-2012，不仅满足国家相关的法规 HAF102、HAD102 和核工业行业标准 EJ318-1992，也满足相关的国际标准 IAEA SSR2/1。

本设计从燃料管理、反应性系数、反应性控制、功率分布控制等各方面确定了 HPR1000 反应堆堆芯核设计方案。燃料管理策略采用当前国际主流的 18 个月换料方案，核电厂可利用率超过 90%。组件中布置固体可燃毒物，不仅可以展平功率分布而且还可以降低堆芯硼浓度以确保慢化剂温度系数为负。堆芯具备固有负反馈效应。HPR1000 反应堆采用 2 套独立的反应性控制系统——控制棒控制系统和可溶硼控制系统。对于较缓慢的反应性变化，反应性控制是通过可溶硼浓度的变化实现的。而对于快速的反应性变化，控制棒控制系统可以提供

所需的反应性要求。HPR1000 反应堆堆芯的功率分布考虑了各种影响因素的组合以及各种不确定性，满足各类工况的设计准则要求。径向和方位角功率振荡是自阻尼的。对于轴向功率振荡，控制棒具备足够的控制能力。另外堆芯还配置了基于固定式自给能中子探测器的堆芯测量系统，对于堆芯的三维功率分布实施在线连续监测。

表格 6. 华龙一号参数

参数名	参数值
堆芯热功率	3050（中核） 3150（中广核）
设计寿命/年	60
换料周期/月	18
热工裕量/%	≥ 15
电厂运行方式	负荷追踪模式（Mode G）
极限地震 SL-2/g	0.3
堆芯损坏概率（CDF）/（堆·年） ⁻⁷	$< 1 \times 10^{-6}$
大量放射性释放频率（LFR）/（堆·年） ⁻¹	$< 1 \times 10^{-7}$

资料来源：中国核电信息网，川财证券研究所

3.2.2. 华龙一号的设计特点

1. 经济性

表格 7. 华龙一号经济性策略

设计策略	优点
低泄漏装载	减少反应堆本体系统和一回路系统的成本，较高的反应堆冷却剂平均温故可以提高汽轮机的效率。
高燃耗	每千克铀的发电量从二代+核电站的约 27 万千瓦时显著提高了 42 万千瓦时。
18 个月换料	电厂可利用率从二代+的 75% 提高到了 90%。
反应堆压力容器（RPV）设计寿命 60 年	提高了 RPV 寿命进而可提高整个核电厂设计寿命。

资料来源：《华龙一号反应堆堆芯与安全设计研究》，川财证券研究所

2. 灵活性

表格 8. 华龙一号灵活性设计

设计策略	优点
Mode-G 运行模式	具有较强的负荷跟踪能力，允许根据电网负荷变化，快速降低和提高反应堆功率水平。
运行带变宽	提高了安全裕量

资料来源：《华龙一号反应堆堆芯与安全设计研究》，川财证券研究所

3.2.3. 安全性设计

中核集团的华龙一号安全系统设计创新性地采用了能动加非能动的设计理念（中广核则采用三套非能动装置）。能动安全系统是高效、成熟、可靠的，且本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

已经过充分工程验证的，而非能动安全系统可有效应对动力源丧失，以非能动安全系统作为能动安全系统的补充，可在保证技术成熟性的同时，通过多样化的手段大幅提高安全性。以能动和非能动的方式实现应急堆芯冷却、堆芯余热导出、安全壳热量排出和熔融物压力容器内滞留等功能，非能动系统作为能动系统的备用措施以多样化的形式确保电厂安全。

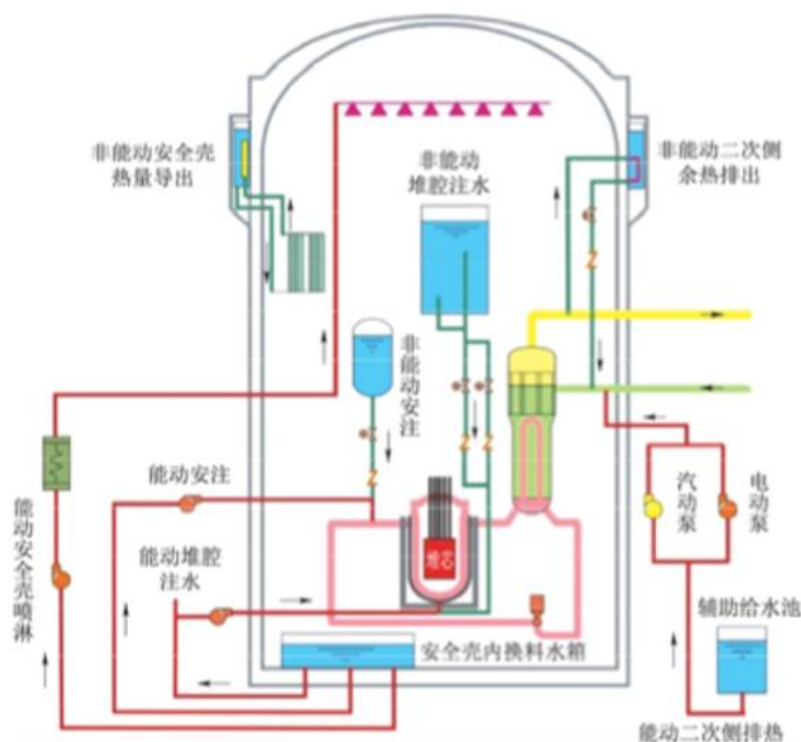
表格 9. 华龙一号安全性设计

设计策略	优点
二次侧非能动余热排出系统	应对主给水全部丧失且辅给水不可用，可安全带出事故后 72 小时堆芯热量。
非能动安全壳热量导出系统	用于在包括严重事故的超设计基准事故工况下的安全壳长期排热。
堆腔注水冷却系统	防止压力容器熔穿，实现严重事故工况下的压力容器内堆芯熔融物滞留。

资料来源：《华龙一号能动与非能动相结合的安全系统设计》，川财证券研究所

华龙一号主要安全系统的原理见下图。其中能动安全系统均为在成熟技术基础上继承发展，进行了充分的系统设计优化。“华龙一号”典型的非能动系统主要包括二次侧非能动余热排出系统、非能动安全壳热量导出系统和能动与非能动相结合的堆腔注水冷却系统。作为新设计的系统，验证其有效性是必不可少的，针对上述三个系统，均开展了实验研究，以证明其在特定的事故工况下能够发挥其既定功能。

图 9： 在运营反应堆在役时长统计



资料来源：IAEA，川财证券研究所

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

3.3. 各项参数对标 AP-1000，性价比更优

3.3.1. 安全性难分伯仲

从安全性角度衡量，两种机型难分优劣。美国原子能研究委员会（NRC）对反应堆堆芯损伤频率（CDF）的要求是 1×10^{-4} 堆年，美国核电用户要求文件（URD）为 1×10^{-5} 堆年，目前的在役核电厂大约为 5×10^{-5} 堆年，AP1000 的 CDF 为 5.08×10^{-7} 堆年，华龙一号的 CDF 值低于 1×10^{-6} 堆年，均远远上述可参考值；NRC 对大量放射性释放频率（LRF）要求的目标值为 1×10^{-6} 堆年（运行电厂允许 1×10^{-5} 堆年），URD 为 1×10^{-6} 堆年，在役核电厂为 1×10^{-6} 堆年 $\sim 9 \times 10^{-6}$ 堆年，AP1000 的 LRF 为 5.94×10^{-8} 堆年，华龙一号的 LRF 低于 1×10^{-7} 堆年，同样大幅低于可参考值。

此外，两种机型设计基准地震地面水平加速度均达到 0.3g。AP1000 采用非能动安全系统后，事故工况下 72 小时内操纵员可不采取任何手动动作，72 小时后也仅需少量的厂外援助。这大大减少了人因错误，而这种错误是造成核电厂事故的重要原因。华龙一号采用 177 组 12 英尺燃料组件，配备实体隔离的三个安全系列，采用了能动与非能动结合的安全措施，大幅度提高了应对内外部灾害的能力，事故工况下 30 分钟内操纵员可不采取任何手动动作，经优化后不干预时间也可延长至 72 小时。

3.3.2. 华龙一号经济性领先

经济性是国际市场竞争的决定性因素之一。从以往经验看，俄罗斯的 VVER、韩国的 APR1400 在国际竞争中胜出的一个主要原因是造价相对较低。韩国的阿联酋核电项目（APR1400）价格 200 亿美元，固定价比投资约为 3500 美元/千瓦。而法国 AREVA、美国 GE、西屋等一些老牌 NSSS 供应商在竞争中失利，也往往是因为造价过高。美国本土建设的 AP1000 成本高昂，例如，佐治亚州 Vogtle 核电项目比投资为 6360 美元/kW；法国弗拉芒维尔 3 号机组总投资 60 亿欧元，固定价比投资为 5200 美元/kW；英国计划 2025 年建成 2500 万千瓦新的核电机组，估计新建核电总投资 1100 亿英镑（1700 亿美元），估算综合比投资 6800 美元/kW。

而把目光投向国内建设的项目，由于在安全性方面增加了大量额外成本，AP1000 和华龙一号的比投资均要高于二代及二代加的核技术，但未来有较大的下降空间。根据中国核电在建项目的信息比较，AP1000 的首堆项目三门 1 期总投资 408 亿元，由于进度一再拖延目前总投资已达 440 亿元以上，比投资 17600 元/kW，华龙一号的首堆项目福清 3 期总投资 377 亿元，比投资 16400 元/kW，成本依然低于 AP1000，其他在建的二代项目比投资约 13000 元/kW。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

华龙一号的设计立足于我国已有核电工业基础，设备制造、工程建设、生产运营都具有成熟的经验可以借鉴。特别是设备制造方面，国内完全具备相应的供货能力和设备产能。据测算，华龙一号首两台机组国产化率将超过 85%，基础造价比投资每千瓦低于 2500 美元，与国际上在建的包括美国 AP1000 在内的其他三代核电机组相比有相当的竞争力，实现系列化以后设备国产化率可高于 95%，成本进一步下降空间巨大。

3.3.3. AP1000 推进持续低于预期，华龙一号潜力巨大

2007 年 10 月，国务院正式批准了国家发改委上报的《核电中长期发展规划（2005-2020 年）》，这标志着我国核电发展进入了新的阶段。《规划》提出：“我国的核电发展指导思想和方针是：统一技术路线，注重安全性和经济性，坚持以我为主，中外合作，通过引进国外先进技术，进行消化、吸收和再创新，实现核电站工程设计、设备制造和工程建设与运营管理的自主化，形成批量建设中国自主品牌大型先进压水堆核电站的综合能力。”从而确立了以后国内核电技术路线统一到 AP1000 及其国产化型号，进而发展自主品牌的基本方针。不过，引进 AP1000 后，不仅没有对中核和广核的自主研发之路造成太大冲击，反而加速了华龙一号的成熟。这其中的重要原因在于中核与广核作为国核技股东的地位，使他们完全拿到了 AP1000 的技转资料，并用于发展自己的堆型，以及 AP1000 过于革命和超前的理念技术导致首堆建设比较曲折，给华龙一号发展成熟留下了充足的时间。

因为三里岛事故后的近三十多年，美国没有进行新的核电站建设，作为世界压水堆鼻祖的西屋公司因拿不到新订单导致经费投入不足，设计能力严重下滑，对新理念和新技术应用中所出现问题的解决能力也不足。

AP1000 最重要的革命性创新——主泵采用屏蔽泵就是新技术导致新问题的典型。屏蔽泵已大量应用于核航母和核潜艇等军工设施，不但适用极其严格的核技术出口管制，还涉及军控，原来用于制造军用屏蔽电机泵的成熟的材料和工艺当然不能采用。美国的屏蔽泵制造商 EMD 公司为向中国出口用于 AP1000 的屏蔽泵，必须绕过美国政府的核技术出口管制清单，开发管制清单上没有的新材料、新工艺等，为此需要进行大量的试验和攻关，自然耗费相当的时间和经费，迄今屏蔽泵的研发过程说明了技术攻关的难度：如屏蔽泵的飞轮原来考虑用贫化铀，由于涉及敏感的核材料，后改用钨合金。

2007 年至 2015 年，经历首台主泵制造、首次工程和耐久试验、产品批量制造、设计修改、第二次工程耐久试验、再次设计修改和针对性验证、第三次工程与耐久性试验、设计修改和验证性试验等多次循环迭代过程，同时，得益于国家核安全监管部门自始至终严格审评和监管，使得 AP1000 屏蔽式主泵最终完善

并固化设计。2016 年三门一号机组的 4 台主泵全部安装成功，2017 年通过了热态调试，并最终于 2018 年并网运行。

美国国内的 AP1000 同样不顺利，2012 年 2 月 9 日、3 月 30 日，美国核管理委员会分别批准了南方电力在佐治亚州的 Vogtle 厂址和南卡罗来那电力与燃气公司在南卡罗来那州的 V. C. Summer 厂址各两台 AP1000 机组的建设运营联合许可证（COL）。V. C. Summer 的两台机组分别于 2013 年 3 月 11 日和 11 月 4 日完成核岛底板混凝土浇注。2017 年 3 月，西屋公司根据美国《破产法》第 11 章申请破产保护。2017 年 6 月 10 日和 7 月 28 日，东芝先后发布声明，宣布与 Vogtle 及 V. C Summer 项目业主达成协议，将为两个项目业主分别赔偿 36.8 亿美元和 21.68 亿美元。2017 年 7 月 31 日，分别持有 V. C. Summer 核电项目 55%与 45%股份的业主南卡罗来那电力与燃气公司与 Santee Cooper 各自发布声明，宣布将停止 V. C Summer 项目两台机组的建设。

目前在我国新建的核反应堆中，几乎所有之前计划的 AP1000 项目已经被华龙一号以及 ACP1000 技术所替代，包括了福清核电站 5、6 号机组，漳州核电站两台机组以及防城港红沙核电站的两台机组。可以说凭借着 AP1000 屏蔽泵带来的延期，国产反应堆已经在国内的建设中占得了先机。

四、应用广泛，需求带动小堆、第四代核电技术研发

4.1. 核技术在各领域均有广泛应用

除了发电以外，核能还有更广泛的应用，包括了海水淡化、城市供热、提供高温蒸汽等。而核辐射的应用范围则更为广泛：包括医疗领域的放疗、消毒、X 光、CT、伽马刀；工业领域的无损探伤、污水处理、灭菌、材料改性等；另外还可以用于辐射育种、食品农产品辐射加工等。

表格 10.核技术的广泛应用

领域	应用
传统核能领域	核能发电
核能的新型应用	海水淡化、城市供热、石油钻采、高温蒸汽等
核技术在医疗领域的应用	放疗、消毒、X 光、CT 伽马刀等
核技术在工业领域的应用	无损探伤、污水处理、灭菌、材料改性等
核技术在农业领域的应用	辐射育种、农产品辐射加工等

资料来源：中广核技官网等，川财证券研究所

4.1.1 核能的新型应用扩展反应堆功能

1. 海水淡化

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

气候变化、淡水短缺问题，已成为人类长期生存和可持续发展所面临的最大挑战之一。核能海水淡化，是一项利用核能进行海水淡化的解决方案。

由于海水淡化成本在很大程度上取决于消耗电力和蒸汽的成本，水电联产可以利用电厂的蒸汽和电力为海水淡化装置提供动力，从而实现能源高效利用和降低海水淡化成本。与核能等新能源结合是海水淡化降低成本走向大型化的趋势。核能可以为大规模的海水淡化厂提供能源，形成规模效益，是比较理想的淡化技术。

20 世纪 90 年代以来，核能应用于海水淡化技术得到了国际原子能机构和世界许多国家的广泛重视。在过去的 10 年中，全世界对利用核能来生产淡水的兴趣不断增加。核能的经济竞争力的提高、能源供应多样化的要求、保护环境的因素、以及核电工业的复兴等综合原因都激发了核能在海水淡化领域中的应用。

尤其在沿海缺乏淡水资源，同时又匮乏常规能源或者大量运输常规燃料有困难地区，利用核能淡化海水是一个很好的选择，具有良好的发展前景。利用核能进行海水淡化将一举多得：首先核能可为海水淡化提供大量的廉价能源，可降低海水淡化的成本；其次利用核能可缓解能源供求矛盾，优化能源结构；同时利用核能可解决大量燃烧化石燃料造成的环境污染问题；减少海水排放所产生的余热浪费和热污染问题。

2019 年 8 月，红沿河二期工程海水淡化系统正式产水。二期工程海水淡化系统共有三列反渗透装置，全部可用后，每小时可产淡水 240 吨。

据了解，红沿河核电一期工程海水淡化系统于 2010 年投产，是我国核电站中的首个海水淡化系统，开辟了核电站利用海水淡化技术提供淡水资源的先河，产出的水质优于国家饮用水标准，可直接饮用。二期工程海水淡化系统采取与一期相同的技术，并在建设过程中落实了 100 余条一期工程海水淡化经验反馈。

二期工程海水淡化系统全面建成后，将实现红沿河一、二期淡水、除盐水、生活水互通。在充分满足 6 台机组生产用水的同时，还可为红沿河员工提供生活用水，提高了红沿河现场供水的稳定性和用水经济性。同时，二期工程海水淡化系统全部投产后，红沿河现场将每天生产超过 2 万吨淡水。

2. 城市供热

核能供热主要是从核电机组二回路抽取蒸汽作为热源，通过厂内换热首站、厂外供热企业换热站进行多级换热，最后经市政供热管网将热量传递至最终用户。核能供热整个过程其实只发生了蒸汽加热水和水加热水两个环节，并且在核电站与用户之间设置了多个回路进行隔离，每个回路之间只有热量的传递。用户

暖气管道中的热水也只在小区内封闭循环，与核电厂层层隔离，十分安全。

核电热电联产供热价格与大型火电基本持平，并且不排放二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和烟尘颗粒物，“清洁”、“环保”是核能最好的标签。

2019 年 11 月 5 日，全国首个核能商业供热项目，国家电力投资集团有限公司山东海阳核能供热项目一期工程第一阶段正式投用，覆盖面积 70 万平方米。山东核电有限公司员工倒班宿舍和周边 30 多个居民小区正式由燃煤供热变为核能供热。

4.1.2 核技术应用龙头

国内主要从事核技术应用产业的大企业有中广核技术发展股份公司、烟台东诚药业集团股份有限公司、中金辐照股份有限公司和中国同辐股份有限公司四家。四家企业情况如下表所示。

表格 11.我国四家核技术应用企业概况

企业	概况
中广核技术发展股份公司	中广核技术发展股份公司于 2017 年 2 月通过中广核技术应用有限公司与中国大连国际合作股份有限公司重组更名上市，是国内 A 股首家核技术应用上市公司。中广核技是国内最大的工业电子加速器研发制造企业、国内最大的电子加速器辐照加工服务提供商和国内最大的高端线缆材料制造商，中广核技也在积极拓展核医学业务，中广核技拥有国家级研发平台 2 个，国家级第三方认可实验室 2 个，院士工作站 1 个，地方级科研中心 22 个，博士后科研工作站 5 个。
烟台东诚药业集团股份有限公司	烟台东诚药业集团股份有限公司成立于 1998 年，2012 年 5 月在深交所上市。东诚药业现已发展成为一家横跨生化原料药、中成药、化药、核药四大领域，融药品研发、生产、销售于一体的大型制药企业集团。东诚药业通过在核医药领域的战略布局和并购整合，先后拥有了以成都云克为代表的放射性药物生产平台，以上海益泰为代表的放射性药物研发平台，以上海欣科为代表的放射性药物即时标记与配送平台（核药房），以及以安迪科医药为代表的正电子药物生产与销售平台。
中金辐照股份有限公司	中金辐照股份有限公司是中国黄金集团的控股子公司，2003 年 8 月在深圳注册成立，历经三十年的发展，中金辐照已发展成为国内规模最大的合约灭菌、辐照技术服务连锁企业，拥有 11 套伽马射线辐照装置，一个医疗灭菌项目及一个大型技术检测中心。总设计容量 4500 万居里，设计及实际加工能力均占全国的 30%以上，国内第一，世界第四。
中国同辐股份有限公司	中国同辐股份有限公司于 2011 年 12 月 6 日注册成立，近年来形成了同位素及其制品、辐照加工产品和服务、射线应用仪器设备等优势领域，培育了一批高科技骨干企业，取得了显著效益。其中，同位素制品占有国内绝大部分市场份额，放射性药物、放射源占有国内 50%以上的市场份额。

资料来源：中广核技公司官网，川财证券研究所

4.2. 核能应用需求扩大，堆型小型化趋势明显

4.2.1 核电小型堆简介

核电小堆，又称小型先进模块化多用途反应堆，是指发电功率在 30 万千瓦以下的机组，小堆大致可分为压水堆、高温气冷堆、液态金属冷却快中子反应堆和熔盐反应堆四大类，目前比较受追捧的是压水堆和高温气冷堆。小型堆技术其实在上世纪 50-60 年代已经开始运用，特别是船舶推进系统的建造上为小型反应堆的开发和建造积累了大量工程技术经验。

小型反应堆的优点是高安全性、小身型、多用途，除了供电以外，还可以进行工业供热供气、城市供暖和海水淡化等。相比于大型核电站，小型反应堆的初始投资小，建造周期短，移动性强，即使是在大电网无法深入的地方也可以进行覆盖；如俄罗斯的浮式核电站，就穿越了 3100 英里北极海域到远东区域供电。特别是在安全性方面，由于功率小，以及采用了蒸汽发生器、稳压器等主要设备布置在压力容器内的一体化设计，加上紧凑的回路设计，小型堆减轻了事故后果的严重性，增强了和不扩散能力。在中国的应用，小型堆发电更适合在不同的地区专门应用：如福建等沿海省份可以用于海水淡化，吉林可以用于热电联供，江西等内陆少煤省份则可以优化能源结构。

拥有着如此多优点的同时，小型堆的实际使用也面临着一些难题。首先，应用于陆地的小堆并不适合我国存量的电力体系，特别是将低功率的小堆进行远距离输电的成本相当高昂。其次，即使小堆的安全性更高，在实际建设中选址仍然是很困难的。根据目前的核安全条例，核电站周边 5 公里都是限制发展区域。

4.2.2 各国小型堆发展

目前全球正在开发的小堆技术超过 40 种，美、法、俄、英、日等核电大国均将小堆技术列入国家战略，加大研发和产业推广力度。

表格 12. 小堆技术发展

国家	小堆技术发展
中国	2016 年 4 月玲龙一号成为全球首个通过国际原子能机构通用安全审查的小型堆。玲龙一号在现有成熟压水堆核电技术基础上，采用“一体化“反应堆设计和”非能动安全系统“，其安全性达到第三代核能系统技术水平。我国已经在海南昌江核电站开展了玲龙一号示范工程，于 2019 年底浇筑第一罐混凝土并计划于 2025 年建成投产。作为基于军用核动力研发的军民融合发展成果，玲龙一号除了民用方面，普遍认为将来可以用于国产核动力航母上。
美国	在美国政府的大力支持下，美国 SMR 技术开发商正在积极研发，并在 SMR 商业化应用道路上取得两项重大进展。第一项是美国核管会（NRC）2016 年 12 月 31 日收到首份 SMR 设计认证申请。第二项是核管会 2017 年 1 月 12 日宣布正式接收一份早期厂址许可证申请（ESP），因此即将启动对首个 SMR 厂址的评审。
俄罗斯	俄罗斯打造了全球首座浮式核电站，该浮式核电站名为“罗蒙诺索夫院士号”。“罗蒙诺索夫院士

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

号”于2019年8月，从俄罗斯北极地区的不冻港摩尔曼斯克启航，穿越北极海域行驶近3100英里，目前停靠在楚科奇海岸附近的佩维克港。该浮动核电站已于2019年底接入位于俄远东区域的楚科奇地区电网，开始发电。

俄罗斯同时也有另外两种SMR设计也是一直在进行。分别是SVBR-100和BREST-300。这两种均为快堆设计方案，BREST-300是用液态铅作为冷却剂，而SVBR采用液态铅铋合金作为冷却剂。两种方案现在都被推迟了，根绝俄罗斯联邦目标《Nuclear Power technologies of the new generation》，BREST-300早应该就在2016年开工建设，然而直到目前都没有开工。2018年10月，Rosatom宣称最早会在2026年开工建设BREST-300。

法国

法国核工业界与政府和相关工会组织在2019年初签署了战略协议，明确了国家能源的生态转型。根据这份协议，法国将开发新版欧洲压水堆以及基于法国技术的小堆。法电等多家机构9月联合推出一种小堆设计NUWARD——300~400MWe的小型压水堆，并宣布这种小堆将在2030年前实现商业化应用。

阿根廷

从2014年2月开始，阿根廷的CAREM-25小型堆已经开工建设。阿根廷国家原子能委员会在反应堆开工初期曾宣布CAREM-25将会在2016年开始冷测试，并且在2017年下半年开始装料。2018年该日期已经推迟到2020年。到了2019年中期，又推迟到2021或2022年。

资料来源：中国核电信息网，川财证券研究所

4.2.3 浮动核电站解决海上供电

海上浮动核电站，通俗地讲，相当于把陆上核电站的缩小版安装在船舶平台上，不占地、不怕地震、不产生污染排放，也可根据需要动态调整锚泊位置，为偏远地区、重要岛屿和海上油气开采平台提供清洁的电力、热能和淡水联供。

相比较于其他能源来源的发电方式，海上浮动核电站能够更稳定、更环保的电力。浮动核电站可用在没有电网、人烟罕至，靠近海的地方，包括在南极和北极地区的石油开发中。它也能在不需要建造大型电网系统的边远地区提供电力，以及用在能源密集型的海水淡化领域。

1. 俄罗斯率先开拓浮动核电站领域

俄罗斯建造了全球第一台浮动核电站，“罗蒙诺索夫院士”号长140米，宽30米，高10米，排水量21500吨，能配备70名左右船员。在这座“全球最强移动电源”上，装备的两座KLT-40型核反应堆，可输出70兆瓦电功率或300兆瓦热功率，供20万人使用。船上的海水淡化设备则可为居民提供每天24万立方米的淡水。除了为俄罗斯在西伯利亚北部的堪察加半岛威尔尤欣斯基镇提供稳定的清洁电力和饮用水之外，“罗蒙诺索夫院士”号还将为海上石油平台供应电力。根据计划，俄罗斯将打造一支海上浮动核电站船队，为大型工业项目、港口城市、海上油气勘探平台提供能源。

2019年8月23日，“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电站从俄罗斯西北部的摩尔曼斯克港起航，前往位于俄罗斯远东地区楚科奇自治区的佩韦克港。

2. 浮动核电站在中国大有所为

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

我国的中国海岛礁众多，特别是像永暑礁那样吹沙填海造起来的人工岛更是迫切的需要配备电站设施，像“罗蒙诺索夫院士”号这样的海上浮动核电站就特别适合这些缺电缺油又缺乏淡水的海岛使用。

2019 年 8 月，为促进海洋核动力装备产业化，中国核电、上海电气等 5 家企业拟共同出资 10 亿元，在上海成立中核海洋核动力发展有限公司。随后，多家外媒纷纷予以报道和解读，称“中国拟斥资 10 亿，为南海岛礁打造‘充电宝’”，分析认为中国展现其增强海上核能力的雄心，该重大项目可能成为南海浮动核电站的孵化器。

中核集团官方微信 2016 年 7 月 14 日也曾发表一篇题为“深度能源观察：我国将在南海岛礁建造 20 座海上核电站”的文章，文章称，随着中国海上民用核动力技术成熟，中国正在全力建造海上核动力平台及破冰船。中船重工未来将批量建造近 20 座海洋核动力平台。文章称，海洋核动力平台将为中国南沙岛礁提供能源保障及淡水保障。长期以来，由于电力供应问题，南沙岛礁驻岛官兵淡水供应得不到保障，只能通过小船往岛屿上送桶装水，遇上极端海上天气，可能官兵们就得依靠雨水生活。因为缺少淡水，官兵们可能很长时间不能洗澡。

海洋核动力平台的建造将支撑起中国对南海地区进行实际控制、商业开发的能力。预计，未来，得益于南海电力和能源系统建设力度加强，中国将加快南海地区的商业开发。

目前关于我国浮动核电站建造进展的消息并不多，仅在 2019 年 3 月全国政协委员、中国核动力研究设计院院长罗琦透露，中国首个海上浮动核电站可望开工建设。据称，该项目已基本明确运行基地及建造基地，待国家批复同意后就可以开工建设。

4.3. 经济性和安全性需求推动第四代核电加速发展

世纪之交，美国能源部开始规划发展在经济性、安全性、废物处理等方面有重大革命的新一代先进核能系统——“第 4 代核能系统”（Generation IV）。第 4 代核能系统是指 2030 年之前可以投放市场的新一代核能系统，它必须在一些有挑战性的目标上具有重大进展。这些目标包括可持续性、安全性和可靠性以及经济性。

表格 13. 第四代核能指标

第四代核能系统主要指标

能够和其他电力生产方式相竞争，总电力生产成本低于每度电 3 美分；
初投资小于每千瓦发电装机容量 1000 美元；
建设期小于 3 年；
对新融化概率低于 10^{-6} /堆年；
在事故条件下无放射性场外释放，无需场外应急
能够通过对核电站的整体实验向公众证明核电的安全性

资料来源：中国核电信息网，川财证券研究所

整体而言，第四代核能系统的开发目标可分为以下四个方面：一、核能的可持续发展，包括通过燃料的有效利用来实现提供持续生产能源的手段；实现核废物的最少化，加强管理，减轻长期管理事物，保护公众健康，保护环境。二、安全性、可靠性的提高，包括确保更高的安全性和可靠性；大幅度降低堆芯损伤的概率及程度，以及快速恢复反应堆运行的能力；取消在场址外采取应急措施。三、经济性的提高：包括寿命周期成本优于其他能源；资金的风险水平能与其他能源计划相比。四、防扩散能力和实物保护，包括保证核燃料难以用于制造核武器；加强实物保护，防止犯罪分子盗窃或转移武器可用材料；防范恐怖袭击。

2019年10月15日，中国核能行业协会、第四代核能系统国际论坛（GIF）在山东威海共同主办先进核能系统国际研讨会，同时发布《第四代核能系统研发展望报告》。第四代核能系统在可持续性、经济性、安全性和可靠性、以及抗扩散和实物保护能力方面有重要提升和突破。若要在2030年以后部署先进核能系统，目前最有希望实现这四大目标的核能系统包括钠冷快堆（SFR）、高温气冷堆（HTGR）、铅冷快堆（LFR）、熔盐反应堆（MSR），以及超临界水冷反应堆（SCWR）。目前我国对于上述大部分机型的研究都已经展开，第四代核电将是我国核电技术实现“弯道超车”的重要机遇。

表格 14. 第四代堆型特点及研发进展

反应堆类型	特点	研发进展
钠冷快堆	钠冷快堆（SFR）设计概念是以液态钠冷却、钚铀合金为燃料。燃料装入铁护套中，并于护套层填入液态钠，再组合成燃料束。这种燃料处理方式所遇到的挑战是钠的活性问题，因为钠与水接触会产生爆炸燃烧。然而，使用液态金属（如钠钾合金）取代水作为冷却剂可以减低这种风险。	2007年，中国成为GIF的成员国之，并于2008年10月和2009年3月分别加入超高温气冷堆和钠冷快堆两个系统安排。2014年12月，中国首座钠冷快中子反应堆——中国实验快堆首次达到100%功率。但对于示范堆的建设，还未见明显进展。
高温气冷堆	高温气冷堆（HTGR）使用铀燃料，石墨减速剂和气体作为冷却剂。高温气冷堆技术的核心特征就是固有安全性，即在任何情况下都没有发生堆芯融化的可能和大量放射性物质的释放，不会对公众和环境造成重大影响；同时还具有出口温度高、发电效率高和用途广泛等优势，可广泛应用于高温工艺供热、核能海水淡化等非电领域，被国际公认为是第四代先进核能技术。因此，可以说以高温气冷堆为代表的第四代先进核能系统主力堆型在安全可靠、环境相容性等方面具有较二代改进型和三代压水堆核电技术不可比拟的优势。	经过国家“863”计划中的清华大学10MW高温气冷实验堆（HTR-10）的建设和运行，我国掌握了自主发展高温气冷堆的技术。HTR-10即10兆瓦高温气冷实验堆，是位于中国清华大学核研院的一个实验核反应堆，反应堆采用的是气冷快中子型的球床反应堆，设计热功率10兆瓦，技术使用较高富集度铀的包覆颗粒作为燃料、石墨作为慢化剂、氦气作为冷却剂。 以HTR-10为基础，我国山东省石岛湾20万千瓦级高温气冷堆核电站示范工程项目于2006年列入国家科技重大专项，2012年12月9日经国务院批准正式施工，预计2020年并网发电

铅冷快中子反应堆

铅冷快中子反应堆(LFR)是一种快中子增殖反应堆,以熔融的铅或熔融的铅铋合金做为冷却剂。铅冷快堆的优点是:不必重新添加核燃料,堆芯可以在运行多年后整体更换,适用于不打算建造核工业基础设施的国家;停堆后继续冷却不依赖电源,与水堆相比固有安全;熔融的铅铋合金不会引发爆炸,在发生泄漏时不会快速凝固,进一步改善了安全性;铅的密度高,是良好的伽玛射线防护物质;铅的空泡系数为负,这避免了大型钠冷快堆堆芯正空泡系数的大麻烦;冷却剂运行压力极低,铅的沸点极高(1750摄氏度),这使得反应堆过热导致压力升高变为不可能;铅不与水或空气发生化学反应,不像钠会在空气中燃烧,在水中爆炸,因此允许更便宜、更安全的容器与热交换器/蒸汽发生器。

2011年,中国科学院正式启动了战略性科技先导专项“未来先进核裂变能——ADS嬗变系统”,中国科学院核能安全技术研究所·FDS团队在该项目的支持下,针对铅基反应堆CLEAR全面开展研发工作,计划通过研究实验堆CLEAR-I、工程演示堆CLEAR-II、商用原型堆CLEAR-III三期实现商业应用。目前已在铅基反应堆设计、铅铋回路与氧控技术、关键设备研发、核燃料与材料、安全分析与实验验证等方面取得了显著的进展。

2019年10月,我国首座铅铋零功率反应堆——启明星III号在该院实现首次临界,并正式启动我国铅铋快堆堆芯核特性物理实验。这被认为是我国在铅铋堆堆芯关键技术上取得里程碑式重大进展。

熔岩反应堆

熔盐反应堆(MSR)主冷却剂以至燃料本身都是熔盐混合物,它可以在高温下工作(可获得更高的热效率)时保持低蒸汽压,从而降低机械应力,提高安全性,并且比熔融钠冷却剂活性低。核燃料既可以是固体燃料棒,也可以溶于主冷却剂中,从而无需制造燃料棒,简化反应堆结构,使燃耗均匀化,并允许在线燃料后处理。在许多设计方案中核燃料,如四氟化铀(UF₄),溶于熔融的氟化物盐。炉芯用石墨做慢化剂,熔盐流体在其中达到临界。许多现代设计方案采用陶瓷燃料在石墨基质中均匀分布,熔盐提供低压高温冷却的形式。熔盐更有效地将热量带出炉芯,减少对泵、管道的需求,并因此而缩小炉芯的尺寸。

2017年底央视透漏中国大陆正在研制军用熔盐反应堆,可望用于舰船甚至大型飞机上,废料数量极少(降为千分之一)也无法或极难再提炼对于核不扩散有助益,熔盐炉新时代可能已经来临,而中国在钍矿的蕴藏量居世界前列,也是一大优势与动机。

2018年媒体报道,世界首个两兆瓦液态燃料钍基熔盐实验堆已在推进中,计划于2020年底建成,下一步还将继续建设100兆瓦示范堆。这标志着中国正引领全球熔盐堆研发。未来,该先导专项将形成这一新型核反应堆的设计研发、冷实验平台和主要装备制造基地在上海、实验与示范应用基地在甘肃的创新格局。按计划,2030年至2050年间,钍基熔盐堆将可实现商业应用及可持续发展。

超临界水冷反应堆

超临界水反应堆(SCWR)使用超临界水作为工作流体。超临界水反应堆也是一种轻水反应堆,但是工作流体运作于较高的温度与压力,采取类似沸水反应堆(BWR)的单次循环和类似压水反应堆(PWR)的单一相态运转机制。BWR、PWR与超临界蒸气锅炉皆是已实证过的技术。由于SCWR具有较高的热效率与简单的设计结构,成为倍受关注的新式核反应堆系统。

核动力院2003年便开始超临界水冷堆技术跟踪研究。2006年全面启动研究工作,成立了项目管理办公室和专家组并组建了研究团队。2009年11月,国防科工局正式批准了其申报的“超临界水冷堆技术研发(第一阶段)”项目立项。2010年,核动力院联合国内多家高校和科研机构,广泛开展超临界水冷堆技术协作。

2013年12月12日,超临界水冷堆技术研发(第一阶段)通过了国防科工局组织的验收。验收结论称,该项目按照批复全面完成了研究内容,达到了技术指标获得了创新性的研究成果,实现了研究目标。

资料来源:能源界官网、人民网等,川财证券研究所

五、核电行业投资逻辑和建议

5.1. 投资逻辑

5.1.1 核电是电网承载基本电力负荷的三大基础能源之一，未来的受端电源增量主要靠核电，是未来十年国内电源投资的最重要来源

1. 稳定和安全是智能电网的基本要求

智能电网就是电网的智能化，也被称为“电网 2.0”，它是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标，其主要特征包括自愈、激励和保护用户、抵御攻击、提供满足 21 世纪用户需求的电能质量、容许各种不同发电形式的接入、启动电力市场以及资产的优化高效运行。

广义的智能电网建设，涉及发电、输电、变电、配电、用电五大环节，包括清洁友好的发电、安全高效的输变电、灵活可靠的配电、多样互动的用电、智慧能源与能源互联网、全面贯通的通信网络、高效互动的调度及控制体系、集成共享的信息平台、全面覆盖的技术保障体系等 9 个领域的内容。智能配电网通过配电自动化实现配网故障的快速定位、隔离和自愈，极大缩短非故障段停电时间。利用配网广域同步监测技术实现配网故障的精准定位，有效缩短故障抢修时间。

在智能电网的建设中，电力的稳定供应是其中至关重要的一环。随着各国对于清洁能源的关注逐步增加以及核电技术安全性的提升，核电在发达国家的能源结构中处于主力水平。在法国，核电常年占到了电力总量的 70% 以上，而在美国、俄罗斯也达到了 20% 左右；相比之下我国 4% 的核电占比相当低。相比于风能和太阳能的间歇性、波动性和不确定性，特别是随着第三代、第四代技术在安全性和经济性方面的提升，核电在我国未来智能电网中将占据主要地位。

在 1970-1980 年期间，由于全球范围内出现多次停电事故，以美国为代表的各国政府逐渐要求将计算机的数据管理系统引入电网，形成了电网的第一次智能化。但是由于当时技术的不足以及通讯技术和信息技术成本的高昂，第一次智能化并没有普及至整个电网。而随着信息技术的发展，电网的智能化在当前迎来了重要发展契机。

2. 在电网体系中，水电、核电和大型火电站是电网承担基本负荷的电源单元

由于受到资源禀赋的影响，水电和火电多在西部，需要通过特高压实现超远距离输送。而因为火电的灵活性，目前主要由火电更多承担调节峰谷的作用。但

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

由于火电直接污染较明显，国家大力发展清洁能源，今年火电电源点建设明显控制，风电和光伏发电装机快速增加，但风电和光伏发电的不确定性对电网冲击比较大，国家虽然要求电网增加风电和光伏发电的消纳，但这个是在基础负荷供应稳定增加的前提和基础上的。

由于核电站的年运行小时数较高且稳定，加之西部水电基地的作用，核电基本上能稳定在额定工况下运转并实现与其它各种类型发电机组的优化联合调节和经济调度，这样既可取得良好的节能效益，又能为风能、太阳能、海洋能等受自然条件制约的可再生清洁能源的发展提供支撑。

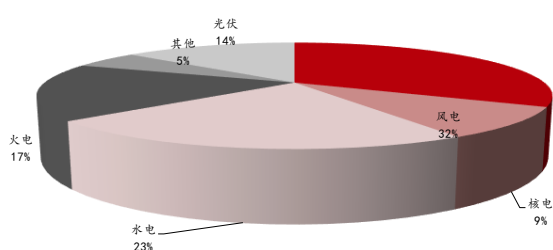
所以受端系统增加大型稳定的电源点会不同程度地提高电网的运行性能，有助于提高电网运行的稳定性。而国内水电受制于资源禀赋，多位于西部且增长空间有限，煤电受制于环境控制，电源点建设受政策抑制，未来能够成为基础负荷供应的电源形式中核电是最可行的选择。综上分析可知，今后在受端增建大电源，将主要靠核电。

3. 核电是政策支持的清洁能源模式，未来受端（电力消费端）电源增量主要在核电

核电有助于电网稳定，且有助于增强风电和光伏发电的消纳能力。受端系统多增核电站，既不需增加送端至受端的输电线回路数，又能减少运行中的输电线故障带来的系统冲击量。2. 增加受端系统核电容量后，相应地增加了受端系统的短路比，这有利于提高远距离特高压直流输电受端换流站运行的稳定性，同样也增强了风电和光伏发电的消纳能力。

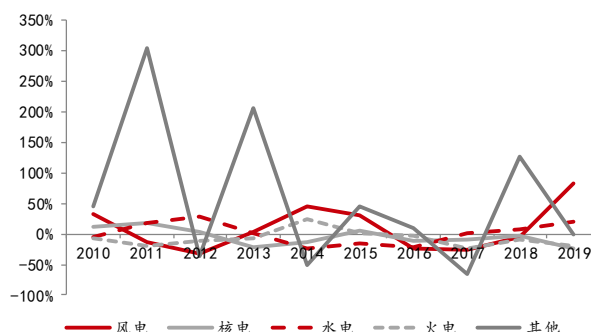
发展核电有助于提高电网运行的经济性。核电机组适于长期在额定工况下稳定运行，即在运行经济区内运转。为提高电力系统运行的经济性，可由受端系统建立的核电站承担基本负荷的供电，由远方多年调节水电站承担峰荷的变化，同时配合系统中各类型发电机组出力进行合理调节。

图 10：2019 年电源投资完成额结构



资料来源：Wind，川财证券研究所

图 11：历年电源投资完成额同比增速变化



资料来源：Wind，川财证券研究所

5.1.2 核能应用方式扩大，有助于满足多样性能源需求

从能源效率的观点来看，直接使用热能是更为理想的一种方式，发电只是核能

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

利用的一种形式。随着技术的发展，尤其是第四代核能系统技术的逐渐成熟和应用，核能有望超脱出仅提供电力的角色，通过非电应用如核能制氢、高温工艺热、核能供暖、海水淡化等各种综合利用形式，在确保全球能源和水安全的可持续性发展方面发挥巨大的作用。

核能制氢与化石能源制氢相比具有许多优势，除了降低碳排放之外，由于第四代核反应堆可以提供更高的输出温度，生产氢气的电能消耗也更少。目前，约20%的能源消耗用于工艺热应用，高温工艺热在冶金、稠油热采、煤液化等应用市场的开发将很大程度上影响核能发展。用核热取代化石燃料供暖，在保证能源安全、减少碳排放、价格稳定性等方面具有巨大的优势，也是一个重要的选项。目前，全球饮用水需求日益增长，而核能用于海水淡化已被证明是满足该需求的一个可行选择，这为缺少淡水的地区提供了希望。核能海水淡化还可用于核电厂的有效水管理，提供运行和维护所有阶段的定期供水。

当前我国能源转型升级进入了新阶段，对核能多用途利用提出了更高要求。国际原子能机构于2004年6月倡导成立“革新型小型核能装置”协作研究项目，主要致力于核能多用途利用，包括城市区域供热、海水淡化、工业工艺供热、偏远地区及孤网热电联供、海洋开发能源需求等。随着小型堆的研发以及安全性的提升，核电的应用将进一步扩展。

如浮动式核电站，其将小型核反应堆和船舶结合，突破空间限制，使核电移动化。海上浮动核电站一般采用小型核反应堆，安全性高。浮动核电站可为海洋平台提供能源，包括电力、蒸汽等，为海洋开发提供支持，还可为孤立海岛、封闭海湾提供电力和能源。在电力需求旺盛的时候可以作为电力来源；在冬天时又能作为城市供热的主力。

因此，随着未来对于清洁能源的重视，火电的占比将逐渐下降。在诸多清洁能源中，核电不仅能够稳定输出，而且其多样化的功能是风能和太阳能光伏所无法比拟的。

5.1.3 中国核电将是中国未来高端制造代表的新名片之一

在我国众多的高端科技产品中，高铁、卫星一直等产品深受国外青睐。在印尼，中国中标印尼首条高铁项目，成为首个全产业链运营的成功案例。泰国是我国自主研发的全球卫星定位与通信系统——北斗导航系统的首个海外用户。

而如今，随着技术的成熟，以及国内外首堆的建设，以华龙一号为代表的核电技术即将成为我国高端制造出口的“新名片”。华龙一号是我国具有完整自主知识产权的三代核电技术，是我国核电创新发展的重大标志性成果，对于我国实现由核电大国向核电强国的历史性跨越具有重要意义。

核心技术是国之重器，最关键最核心的技术要立足自主创新、自立自强。华龙一号的研发坚持自主创新路线，设计中采用了大量的先进设计特征，包括 177 燃料组件、能动与非能动结合的安全设计理念、强化的外部事件防御能力、改进的应急响应能力等。

作为我国具有完整自主知识产权的百万千瓦级压水堆核电技术，华龙一号形成了完整的知识产权体系，共获得 700 余件专利和 100 余项软件著作权，覆盖了设计技术、专用设计软件、燃料技术、运行维护技术等众多领域，是目前国内唯一能独立出口的三代核电机型，已成为国际核电舞台的新名片。华龙一号首堆示范工程拥有 28066 台套设备，国产化率达 88%。其中，反应堆压力容器、蒸汽发生器、堆内构件等核心装备，都已实现国产化。核心设备与关键材料实现国产化，不仅使我国自主三代核电技术不再受制于人，还为华龙一号出海提供了强有力的保证，解决了自主核电出口的“锁喉之痛”。

华龙一号首台机组 2020 年商用，国产化和技术不确定问题的解决，为后续我国三代核电批量化建设清理了障碍，华龙一号三代核电也将作为最能代表中国高端制造业走向世界的新国家名片之一。

5.2. 投资建议与投资标的

5.2.1 核能产业链概况

核能产业链可划分为研发、设计和建设、装备制造、核电运营，核燃料循环系统（包括核乏料处理）以及核技术应用六个部分。

表格 15.核能产业链一览

业务范围	企业名称
核电堆型研发	北京核工业第二设计院、上海核工程研究设计院、中广核设计院、清华大学、中国原子能研究院、中国西南物理研究院、中国核工业天津三院、核工业辐射防护研究院、核工业铀矿山研究院等
核电工程设计和建设	中国核电工程有限公司、中国核工业二三建设有限公司、中广核工程有限公司
装备制造	哈电集团、东方电气、上海电气、中核建中、中核北方
核电运营	中国核工业集团、国家电力投资集团公司、中国广东核电集团
核燃料循环	海龙核料、应流股份、安泰核原、阿波罗、南通中集、西安核设备、清原环境技术工程公司（中核集团旗下）
核技术应用	中广核核技术发展股份公司、烟台东诚药业集团股份有限公司、烟台东诚药业集团股份有限公司和中金辐照股份有限公司。

资料来源：公司官网，川财证券研究所

5.2.2 行业投资建议和标的

随着 2019 年以来我国对于新建核电站的审批逐步放开，以及美国的 AP1000 和本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

法国的 EPR 堆型实际建造进展不及预期，华龙一号两核整合之后有望在立足国内布局的情况下，打开海外市场，成为我国高端制造出口的新名片之一。未来的能源发展将由传统高污染的火电向更为清洁的新能源过渡，而由于风能和太阳能光伏不能稳定发电的限制，有着高安全性的第三代核反应堆将是未来十年能源领域投资的核心，华龙一号则是第三代反应堆中极具性价比的产品。

综上：国内核电 2019 年以来开工重启及 2020 年底华龙一号首台机组投运，利好华龙一号装备供应链，我们建议关注如下标的：

核电设备制造领域，重点关注东方电气（核岛主设备）、东方电气（核岛主设备）、浙富股份（控制棒驱动）、江苏神通（核级管路和）、中密控股（核级泵机械密封）等。

核电运营以及核技术应用领域，重点关注华龙一号的运营商中国核电（核电站运营）和中国广核（核技术应用）等。

核燃料循环领域，重点关注通裕重工（乏燃料处理移动设备）、应流股份（中子吸收材料）和海默科技（乏燃料处理）等。

风险提示

核电安全事故风险；

华龙一号首台机组尚未正式商用，所以仍存在一定的技术风险；

核电机组核准、招标和开工实际低于预期，不排除继续低于预期；

因为核电的跨行业、长周期、强周期以及政策不确定性，相关上市公司结算复杂且不确定，存在业绩低于预期的风险。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉尽责的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

行业公司评级

证券投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内证券的绝对收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

行业投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内行业相对市场基准指数的收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

重要声明

本报告由川财证券有限责任公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告仅供川财证券有限责任公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户，与本公司无直接业务关系的阅读者不是本公司客户，本公司不承担适当性职责。本报告在未经本公司公开披露或者同意披露前，系本公司机密材料，如非本公司客户接收到本报告，请及时退回并删除，并予以保密。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断，该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。对于本公司其他专业人士（包括但不限于销售人员、交易人员）根据不同假设、研究方法、即时动态信息及市场表现，发表的与本报告不一致的分析评论或交易观点，本公司没有义务向本报告所有接收者进行更新。本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供投资者参考之用，并非作为购买或出售证券或其他投资标的的邀请或保证。该等观点、建议并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。根据本公司《产品或服务风险等级评估管理办法》，上市公司价值相关研究报告风险等级为中低风险，宏观政策分析报告、行业研究分析报告、其他报告风险等级为低风险。本公司特此提示，投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素，必要时应就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。本公司以往相关研究报告预测与分析的准确，也不预示与担保本报告及本公司今后相关研究报告的表现。对依据或者使用本报告及本公司其他相关研究报告所造成的一切后果，本公司及作者不承担任何法律责任。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。投资者应当充分考虑到本公司及作者可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

对于本报告可能附带的其它网站地址或超级链接，本公司不对其内容负责，链接内容不构成本报告的任何部分，仅为方便客户查阅所用，浏览这些网站可能产生的费用和风险由使用者自行承担。

本公司关于本报告的提示（包括但不限于本公司工作人员通过电话、短信、邮件、微信、微博、博客、QQ、视频网站、百度官方贴吧、论坛、BBS）仅为研究观点的简要沟通，投资者对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“川财证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。如未经川财证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本提示在任何情况下均不能取代您的投资判断，不会降低相关产品或服务的固有风险，既不构成本公司及相关从业人员对您投资本金不受损失的任何保证，也不构成本公司及相关从业人员对您投资收益的任何保证，与金融产品或服务相关的投资风险、履约责任以及费用等将由您自行承担。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：000000000857

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明 C0004