中航证券 AVIC SECURITIES

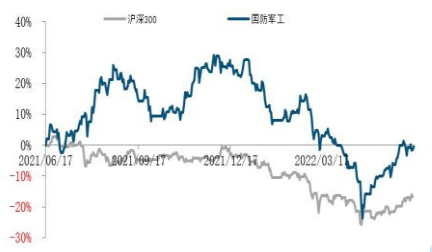
中航军工研究

综合电力系统：舰船动力的第三次革命

行业分类：军工　　2022 年 6 月 16 日

基 础 数 据（2022/6/16）	
上证综指	3285.38
创业板指	2585.47
国防军工（申万）	1525.84

国防军工指数与上证指数走势对比图



资料来源：ifind，中航证券研究所

分析师　张超
证书编号　S0640519070001

相关报告：湘电股份（600416）2021 年报点评：特种产品增长 125.91%，摘星脱帽重启征程

发布时间：2022 年 4 月 11 日

➢ **摘要：**

动力系统是船舶最重要的系统之一，是船舶的心脏和动脉，是船舶正常航行运转的主要支点。船舶的动力系统的演化是一个漫长的过程，但是伴随着人类科技技术的快速发展这一演化过程正在加速。从最早船舶诞生的史前时代开始的依靠人力划桨、依靠风力扬帆，到蒸汽机被发明、1807 年富尔顿的“克莱蒙特”号蒸汽机船试航成功，蒸汽船舶取代了帆船舰船动力的第一次革命花费了数千年之久。1866 年戴姆勒首先将汽油发动机装载了自制的船上，之后数十年间内燃机、燃气轮机、核动力等化学能逐步替代了蒸汽机，舰船动力系统的第二次革命仅耗时百年左右。船舶综合电力系统将传统船舶相互独立的机械推进系统和电力系统以电能的形式合二为一，被称为舰船动力系统的第三次革命，此技术革新也是船舶动力未来的主要发展方向之一。

综合电力系统发展已发展到第二代。第一代综合电力系统为中压交流综合电力系统，在各个国家已经取得了广泛的使用。第二代综合电力系统为中压直流电网结构，目前处于加速建造的进程中。

军船对安静性、机动性、安全性的要求较高，同时对高能武器的使用需求也进一步提升了综合电力系统对军用舰船的优势，因此**综合电力系统可以看作是海军大国的重要发展方向之一。**

通过分析美海军 2020 财年向国防部提出的长期造舰计划（即 30 年造舰计划）中各类型舰艇预计使用综合电力系统的情况，美海军**未来 30 年的造舰计划中综合电力系统的市场较大，且搭载综合电力系统的舰船多为吨位大、造价高的大型舰艇为主。**

股市有风险　入市须谨慎

中航证券研究所发布　　证券研究报告

请务必阅读正文后的免责条款部分

联系地址：北京市朝阳区望京街道望京东园四区 2 号楼中航产融大厦中航证券有限公司
公司网址：www.avicsec.com
联系电话：010-59562524
传　　真：010-59562637

世界范围内船舶综合电力系统的龙头公司包括了 ABB 与通用电气。ABB 是民用船舶电推系统的领军者，其产品在优势经济性、可靠性、安全性、操作性、多能源整合性、安静性、节省空间、安装简单、提供本地数字平台与可在现有船舶上改装等方面具有一定优势。通用电气的产品在军、民市场均有应用；其中在军品上通用电气为美海军朱姆沃尔特型驱逐舰与一些潜艇的综合电力系统提供服务，民船上提供包括电船、电推系统、船电网络与混动船等各类解决方案。

我们对美国综合电力系统在军船中的市场进行了测算未来 5 年市场空间约为 89 亿美元，以美元兑人民币汇率 1：6.6 测算，未来 5 年美国军船综合电力系统市场约为 587.4 亿元。

同时我们对我国军船综合电力市场进行测算，**我们预估未来 10 年我国海军综合电力系统的市场空间根据预估增速不同在** 366 亿人民币-681 亿人民币左右。

综合电力系统因其减少燃料消耗、增加空间可利用率等特点与民船需求相契合，因此在民船领域增长较快。目前，我国民船市场的下一轮景气周期可能正在到来，同时我国向高技术船舶产业领域迈进趋势明显，为**综合电力系统在民船领域打下良好的基础。**

此外，综合电力系统的一大优势就在于其系统对电磁弹射器与高能武器等瞬时高能耗的武器装备的适应性，有望助力高能武器上舰。主要体现为如下两点：

1、电磁弹射器作为主要应用于航空母舰舰载机起飞的装备凭借其比蒸汽弹射器在弹射能力、弹射性能、可靠性、适装性、运行维护成本等方面的提升，逐步取代了蒸汽弹射器在航母上的使用。美国新型福特级航母四艘全部使用电磁弹射、法国海军也预计购买电磁弹射器用于其新建航母。

2、高能武器是利用光、电磁、高功率微波等先进技术直接杀伤目标和破坏装备、对未来作战理念和作战方式带来革命性变化的武器装备。

目前上市公司中涉及综合电力系统的公司较少，主要包括湘电股份、中国动力等，随着综合动力系统的技术和应用逐步落地，迎来放量，相关标的也有望充分受益。

目 录

一、综合电力系统是舰船动力的第三次革命 6
1.1 舰船推进系统的三次演变进程 6
1.2 当前综合电力系统技术发展情况 7
1.3 综合电力系统在关键领域优势明显，是大国先进军船的重要发展方向 8
二、国际综合电力系统市场格局 13
2.1ABB-民用船舶电推系统领军者 13
2.2 通用电气-军、民市场齐发力 15
三、综合电力系统市场分析 17
3.1 美国军用综合电力系统市场测算 17
3.2 我国军用综合电力系统市场测算 17
3.3 综合电力系统在民船上的应用情况 18
3.4 综合电力系统顺应我国未来民船发展方向 19
四、综合电力系统的应用-装配电磁弹射器与高能武器 21
4.1 电磁发射技术 21
4.2 高能武器-电磁轨道炮与高能激光武器 24
五、建议关注标的 26
5.1 湘电股份：传统船用电工装备领军企业，新时代电力推进系统先行者 26
5.2 中国动力：军品民品齐发力，主营业务覆盖全部主流动力系统类型 28
六、风险提示 31

图表目录

图表 1 船舶综合电力系统组成 6
图表 2 船舶综合电力系统分系统作用及组成装置 6
图表 3 综合电力推进技术在关键领域的优势 7
图表 4 第一代与第二代综合电力系统在各分系统的不同 7
图表 5 综合电力系统在海军方面使用的大事件一览 9
图表 6 中压直流综合电力系统国内外发展情况对比 10
图表 7 美国海军 30 年造舰计划 11
图表 8 美国海军 30 年造舰计划舰船种类分布（数量） 11
图表 9 美国 DDG（X）驱逐舰设计草案 12
图表 10 Azipod®系统产品优势 13
图表 11 高冰级（high ice class）Azipod®系列情况 14
图表 12 7.6-22MW 功率 Azipod®系列 14
图表 13 1-7.5MW Azipod®系列 15
图表 14 通用电气的电推系统示意图 16
图表 15 通用电气电推船电网络情况 16
图表 16 美国海军哥伦比亚级潜艇各系统造价及占比 17
图表 17 我国船厂三大造船指标载重吨口径的情况及变化（单位：万载重吨、%） 20
图表 18 我国船厂三大造船指标修正载重吨口径的情况变化（单位：万修正载重吨、%） 20
图表 19 电磁发射技术分类 21
图表 20 电磁/蒸汽弹射器各项性能对比 22
图表 21 电磁弹射器分系统 23
图表 22 电磁轨道炮相关重大事件 24
图表 23 电磁炮结构原理图 24
图表 24 美国高能激光武器 HELIOS 假想图 25
图表 25 美国 LaWS 激光武器上舰 25
图表 26 湘电产品情况 26

图表 27 湘电股份定增预案情况 27
图表 28 湘电集团主要下辖主业单位 27
图表 29 中国动力 2017-2021 营收情况 28
图表 30 中国动力 2017-2021 归母净利润情况 28
图表 31 公司近年费用管理能力保持平稳 29
图表 32 2021 年 H1 各项业务营收中化学动力领域占比最大 29

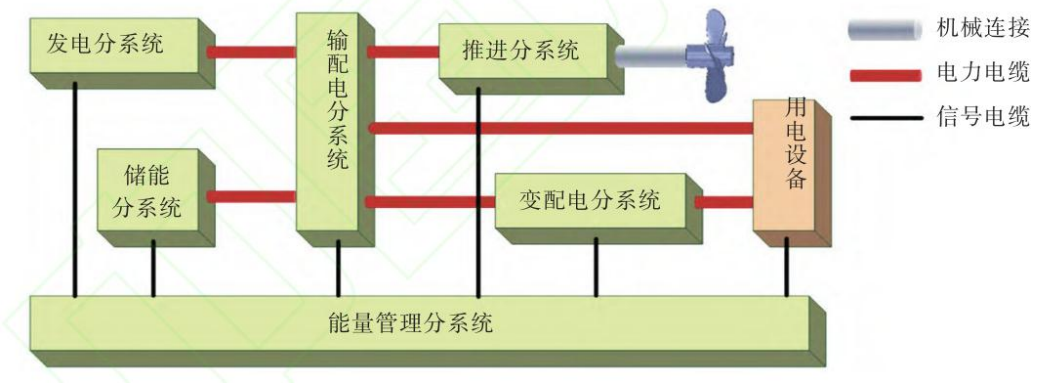
一、综合电力系统是舰船动力的第三次革命

1.1 舰船推进系统的三次演变进程

船舶综合电力系统将传统船舶相互独立的机械推进系统和电力系统以电能的形式合二为一，通过电力网络为船舶推进、通信导航、特种作业和日用设备等提供电能，实现了全船能源的综合利用。因此船舶综合电力系统也被称作是舰船动力系统的第三次革命（一般认为蒸汽机取代风、人力为舰船动力系统第一次革命；内燃机、燃气轮机、核动力等化学能为第二次革命）。

舰船综合电力系统共有 6 个分系统，分别为发电、输配电、储能、推进、变配电与能量管理。各分系统包含的装置与其在综合电力系统中的具体作用如下所示：

图表 1 船舶综合电力系统组成



资料来源：《中国舰船研究》，中航证券研究所整理

图表 2 船舶综合电力系统分系统作用及组成装置

分系统	包含装置	作用
发电分系统	发电机、原动机	将原动机的机械能转换为电能
输配电分系统	电缆、母线、断路器、保护装置	对电能的传输、对故障的识别隔离
储能分系统	电容器	对电能的储存、根据脉冲负载需求供应电能
推进分系统	推进电机、推进变频器	推进舰船航行
变配电分系统	变压器、区域配电装置	对电能电频、电压等依据用电设备的具体情况实现变换
能量管理分系统	智能化能量管理系统	监管能量应用、信息流控制能量流

资料来源：《中国舰船研究》，中航证券研究所整理

与传统动力系统相比，船舶综合电力系统将机械推进与电力系统合二为一，使其在各类衡量舰船性能的指标上拥有较大优势。具体来看，

图表 3 综合电力推进技术在关键领域的优势

电力推进优势	优势点分析
经济性	综合电力系统会根据电负荷判断发电机运行数量，在拥有多台原动机发电的同时可以控制原动机的运行数量，提升船只动力效率，从而提升经济性。美国海军 DDG-1000 采用全电推进系统可节省 15%-19%的燃油，民船采用全电推进系统可节省 20%的燃油。
安静性	全电力推进与传统机械能推进系统相比在调速上有明显提升，因此不需要配置减速齿轮箱等装置，让轴系和原动机之间并无刚性连接只有电缆与推进电机连接，从而降低自身噪音提升安静性。
机动性	综合电力推进系统可以监控能源的使用从而高效利用能源，同时将电能通过储电系统储存，因此当舰船需要急剧加速时可以使用储备电能进行瞬时加速，对于舰船的机动性有所提升。
操作性	在电力推进系统中提供推进动力的推进电机的转速易于调节，如上机动性中所述加速性、制动性上相比传统推进系统电力推进系统都有所提升。在整体操作性上综合电力系统较机械推进系统在各指标上均有不同提升。
安全性	与传统机械能推动船舶不同，电力推进系统的船舶拥有多台原动机，所以单一原动机的损坏并不会导致船舶失去动力，同时综合电力推进系统所拥有的储能分系统也可将储存电能应急使用。
舰船空间可利用率	与传统机械能推进相比，全电力推进不需要机械轴进行能量的传输，只需要电缆进行能量传输，因此可以节省占据船大量空间的船轴系、齿轮箱所需空间，同时推进分系统由电缆供电可以与原动机布置在不同位置，提升了对空间利用的灵活性。
高能武器装配	高能武器的装配如电磁轨道炮、电热化学炮、激光武器等需要瞬时高功率电力的武器等，因为综合电力推进系统可以科学的分配各系统的用电量同时系统拥有的储能分系统的存在可以用储存电能满足瞬时大功率用电高能武器的需求。
信息化	综合电力系统的船舶的信息化相比传统动力系统可以削减机械量的转换、削减系统设备的信息接口、削减系统的网络设备和数据处理量，效率比传统动力系统更高，更容易实现

资料来源：《中国舰船研究》，《海军工程大学学报》，《广东造船》，中航证券研究所整理

1.2 当前综合电力系统技术发展情况

综合电力系统发展已发展到第二代。第一代综合电力系统为中压交流综合电力系统，在各个国家已经取得了广泛的使用。第二代综合电力系统为中压直流电网结构，目前处于加速建造的进程中。

从构成上看，相比于第一代中压交流综合电力系统，第二代中压直流电网结构综合电力系统在发电、输配电、变配电、推进分系统上有较大的区别，主要体现在交流工频发电机、配电网络、变压器等全部变为中压直流的发电机、配电网络与变压器；同时新增了储能分系统，升级了能量管理分系统。

图表 4 第一代与第二代综合电力系统在各分系统的不同

分系统	第一代综合电力系统	第二代综合电力系统
发电分系统	中压交流工频同步发电机组	高速集成中压整流发电机
输配电分系统	中压交流工频配电网络	中压直流配电网络
变配电分系统	中压交流工频变压器或中压交流供电的直流区域配电装置	中压直流供电的直流区域配电装置
推进分系统	先进感应电动机、电子功率器件的推进变频器	基于组件的高度集成的推进变频器、永磁或高温超导电机
储能分系统	无储能分系统	超级电容器、集成式惯性储能或复合储能
能量管理分系统	基本型能量管理系统	智能化能量管理系统

资料来源：《中国舰船研究》，《船电技术》，中航证券研究所整理

从性能上看，第二代综合电力系统消除了原动机转速和母线频率之间的相互影响，从而让原动机和发电机直接连接不再依靠减速、增速齿轮降低噪声增加安静性；同时因为直流输配电的原因不再需要体积大的推进变压器与配电变压器从而减少变换设备的变压器的体积与重量；并且因为无需传输无功功效可以减少电缆重量；最后直流综合电力系统对原动机调速性能要求低从而使不同参数、类型的发电机组并联运行。

第二代综合电力系统相较第一代在性能上有了较大的改进，但与此同时第二代综合电力系统的制造也相对困难。其主要难点体现在:

① 直流系统短路电流不存在自然过零点，因此对中压直流电网结构中的中压直流断路器分断会很困难;

② 同时中压直流电网结构易出现电压失稳的情况因为推进负载具有负增量阻抗特性，并且系统失稳、系统动态响应性能变差的情况也易出现因为电力电子交流设备级联时输入的阻抗可能会不与之匹配，总体而言中压直流电网结构易出现静态稳定性问题。

1.3 综合电力系统在关键领域优势明显，是大国先进军船的重要发展方向

“十三五”期间，中国海军舰船武器装备得到了较为快速的发展，在数量、吨位、质量上都取得较大的提升。中国海军首艘国产航母、075 型两栖攻击舰、055 型万吨大驱接连下水，为国家努力建设强大的现代化海军走出了最坚实的一步。

“十四五”的未来四年，我们认为会是中国海军继续“走向深蓝”的四年。第一艘国产航母的列装中国进入双航母时代，多艘 055 型驱逐舰入列中国海军，如同《新时代的中国国防》白皮书中所说中国海军在“加快推进近海防御型向远海防卫型转变”。在此进程中海军对于舰船、舰艇的需求有望持续稳步上升，对舰船配套产业带来新的发展动力，进而带动整体舰船产业的发展。

对于军用舰船而言，综合电力推进系统较高的安静性、机动性、安全性，以及对高能武器的装配使用的可能性优势较大，成为了军船未来的主要发展方向之一。

综合电力系统的优点在军用船舶上可以较大程度的体现出来，一直以来，各国海军都对综合电力推进系统的研究与应用倾注了大量人力物力资源。在海军装备中，雷达系统、武器系统如垂直发射导弹等各系统在全力运行时的瞬时能量消耗极高，尤其是在战斗状态中瞬时对电能的消耗要求极高，而综合电力系统的出现就为这些问题提供了一个解决方案，可以监控能源的使用从而高效利用能源，同时将电能通过储电系统储存。当战斗状态等舰船需要瞬时大额度能量输出的时候可以使用储备电能进行瞬时输出，从而一定程度上解决了军用舰船瞬时、大额消耗能源的问题。

图表 5 综合电力系统在海军方面使用的大事件一览

时间	具体事件
上世纪 80 年代	美、英等海军强国开始对船舶综合电力系统等理论研究
2001 年	美国海军完成了全尺寸综合电力系统陆上演示验证实验
2003 年	英、法建立电力战舰技术演示验证试验场
2009 年	英国皇家海军 45 型驱逐舰入列，为世界首个应用船舶综合电力系统的水面主战舰艇
2013 年	美国海军应用综合电力系统的 DDG-1000 朱姆沃尔特级驱逐舰下水 英国皇家海军最后一艘 45 型驱逐舰入列
2017 年	英国皇家海军伊丽莎白女王号航空母舰入列服役，并成为世界首艘采用综合电力推进系统（IFEP）的航空母舰

资料来源：《简氏战舰年鉴》，《中国舰船研究》，中航证券研究所整理

未来的战争陆、海、空、天、电一体的信息系统是由信息化作战为核心联动的，海上作战力量--军用舰船的信息化率至关重要。

与传统机械能推动舰船相比，综合电力推进系统在舰船信息化领域有一定的优势。主要表现为以下几点：

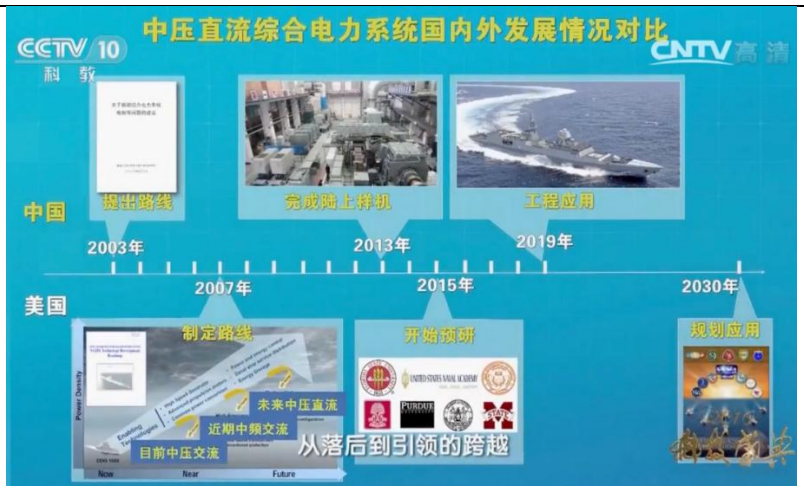
① **对信息的反馈更为可靠**。传统机械推进舰船的推进系统大部分物理量并非电量，因此在信息化处理时需要其他的设备装置来达成信息化接口要求，从而使得整体信息系统变得复杂，与之相对的电力推进系统舰船推进系统使用的物理量是电量，可以直接对信息化系统进行反馈。

② **信息化改造效率更高，无需新增信息接口或改造接口。**传统推进系统的舰船的电力设备许多都不存在信息接口，因而需要进行信息化改造增加设备的信息接口或对已有接口进行改造，需要动用额外的人力物力成本。而电力推进系统舰船在建造时因为综合电力系统需要对各种信息监管控制，多数设备网络在建造时就具备了处理信息的能力，所以在信息化改造的进程中效率较高。

③ **自动化程度更高，无需新增光纤、网络设备等。**传统推进系统的船只在建造时因为采用轴系等机械能传输装置所以对于光纤和网络设备的铺设不足，在进行信息化改造的过程中需要增设许多此类设备。反之电力推进系统的舰船在建造时就铺设了光纤和网络设备等，自动化程度高，遇到事故故障时本身就带有自动纠错能力而且各类信息会通过光纤电缆等传输进信息化系统共享。

从技术层面来看，我国在 2003 年海军工程大学舰船综合电力技术重点实验室在世界上首先提出中压直流综合电力技术路线，此路线为用第二代综合电力系统的网络结构为第一代综合电力系统的分系统供电，是一代半舰船综合电力系统。我国的一代半中压直流综合电力系统在应用了第二代综合电力系统网络结构的优点之上规避了第二代综合电力系统可能会出现的问题，目前在国际综合电力系统中有多项成果达到或超过发达国家的同等水平。因此我们认为，综合电力系统在海军主战舰艇上的应用未来可期，且有望取得快速发展。

图表 6 中压直流综合电力系统国内外发展情况对比



资料来源：CCTV，中航证券研究所整理

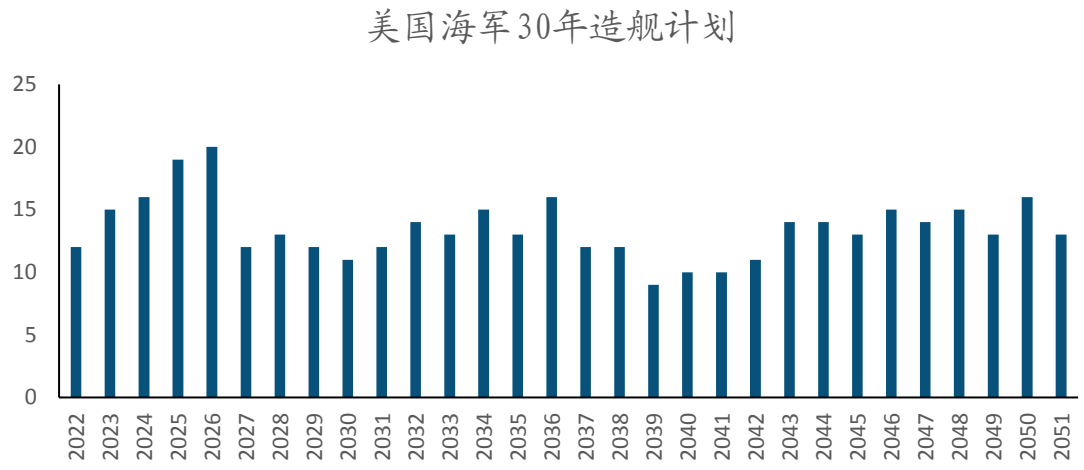
以美国海军为例，根据美海军向国防部提交的2020财年长期造舰计划，美国海军预计2022年到2051年的30年间共建造404艘舰艇，其中战略支援舰艇占比最多为20%，攻击潜艇占比第二约为19%，小型水面舰艇、两栖战舰和大型水面舰艇分别占比19%、17%和14%，其余舰船种类占比较少。

其中潜艇全部使用了全电力推进系统（一般来说潜艇可看作电推舰船）；小型水面舰艇因为其吨位小、搭载武器少对高瞬时用电量的需求不大等原因对综合电力系统需求不大；两栖攻击舰中黄蜂型两栖攻击舰采用了整合电力推进系统，美利坚级采用了柴电燃联合推进系统，可见电力推进仍是主要发展方向之一。**战略支援类船只中如海洋监测船、舰队补给游轮等也使用了综合电力推进系统。**

大型水面舰艇中阿利伯克级驱逐舰并未使用综合电力系统，朱姆沃尔特级使用综合电力系统但已停止建造，未来30年间的建造方向为短期仍建造阿利伯克三型驱逐舰，未来将建造DDG（X）驱逐舰。2022年1月12日，在美国水面舰艇协会研讨会上，美国海军展示了下一代驱逐舰DDG（X）的“初步概念设计草案”。该概念设计草案中明确显示了美国的下一代驱逐舰DDG（X）的动力采用了综合电力系统，同时搭载了高能激光武器、相控阵雷达等高耗能装备以充分发挥综合电力系统的优势。

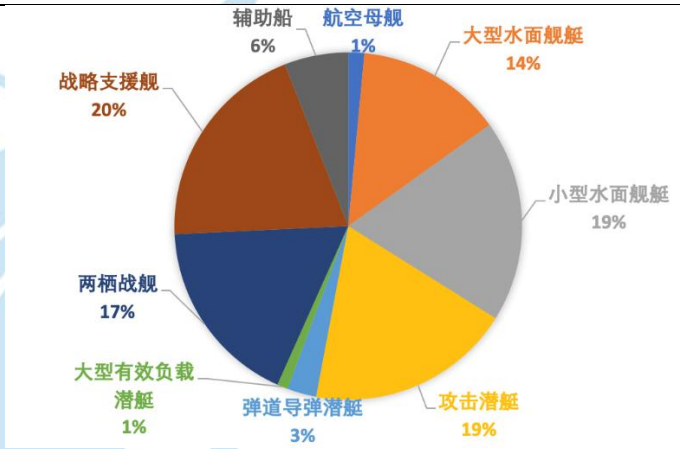
考虑到美国海军学院网站披露的信息上对相控阵雷达和未来激光武器等高能武器、雷达的用电需求，DDG（X）也将会采用综合电力系统。**可见在美国未来30年的造舰计划中综合电力系统有望实现快速发展，且搭载综合电力系统的舰船以吨位大、造价高的大型舰艇为主。**

图表 7 美国海军 30 年造舰计划（单位：艘）



资料来源：《美海军向国防部提交的 2020 财年长期造舰计划》，中航证券研究所整理

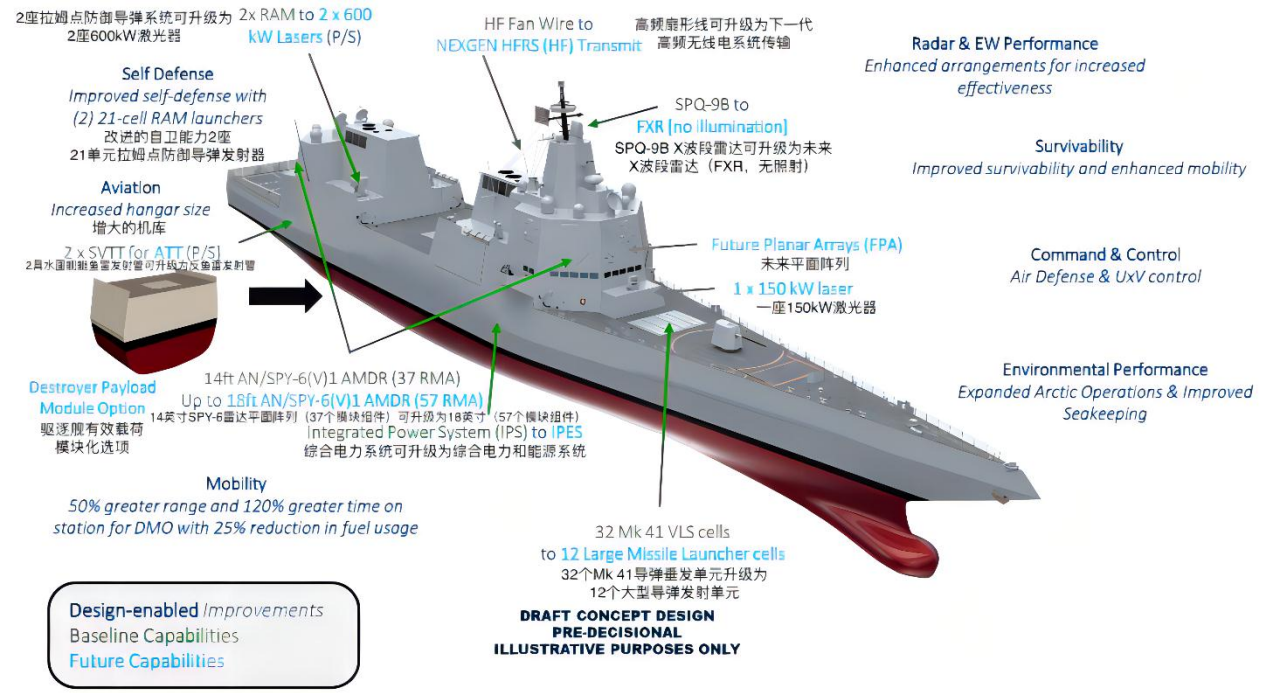
图表 8 美国海军 30 年造舰计划舰船种类分布（数量）



资料来源：《美海军向国防部提交的 2020 财年长期造舰计划》，中航证券研究所整理

世界主要国家海军的水面主战舰艇中已入列及公布建造计划的使用综合电力系统的型号包括了英国皇家海军的 45 型驱逐舰（6 艘）、伊丽莎白女王级航空母舰（2 艘）、朱姆沃尔特级驱逐舰（3 艘）以及 DDG（X）驱逐舰。可以看出对英国、美国等传统海军强国来说综合电力系统有望成为近期及未来设计水面主战舰艇动力系统时的主要发展趋势之一。

图表 9 美国 DDG（X）驱逐舰设计草案



资料来源：美国水面舰艇研讨会、国防科技要闻，中航证券研究所整理

二、国际综合电力系统市场格局

船舶电力推进系统的市场壁垒与技术壁垒相对要高，目前国际船舶电力推进市场主要被ABB集团、通用电气与西门子瓜分，占据全球市场80%以上的市场份额。

2.1ABB-民用船舶电推系统领军者

ABB 公司的船舶电推系统主要为 Azipod®系列推进系统产品，Azipod®系列推进产品已有 30 余年历史，适用于货船、游艇、邮轮、破冰船、海工船等各类船型，至今已在超过 25 类船型中取得应用。邮轮是 Azipod®系列产品的重要市场之一，自 25 年前首次安装在邮轮上以来，Azipod®装置仅在邮轮部分就节省了约1000000吨燃油，同时以99.9%的可用率运行了超过2000万小时。

图表 10 Azipod®系统产品优势

Azipod®产品优势	优势点分析
经济性	与传统轴系系统相比，Azipod®产品可将油耗降低20%，根据海事咨询公司Deltamarin的研究Azipod®电推系统一年可为一艘渡轮剩下170万美元的燃油费。
可靠性	Azipod®推进系统旨在实现最佳可靠性即99.6%可用率，并可提供各种冗余级别，例如双绕组、冗余驱动器和冗余转向系统。
安全性、操作性	与使用传统轴系系统的船舶不同，Azipod®可以在整个“急停”期间操纵，完全停止所需时间减少50%。由于Azipod®单元的推力特性，旋回初径减少了40%。Azipod®推进系统的转向能力在船舶的整个速度范围内保持不变，动作迅速，可更轻松地避免碰撞。通过旋转吊舱，在快速有效机动中保持正转速的同时，可将紧急制动减少高达50%。
多能源整合性	Azipod®是全电力推进系统，因此可以与集中类型的低压或中压集成能源兼容。
安静性	Azipod®因其没有产生噪音的齿轮、吊舱电机与轴均在船外等特点使其发动机噪音与振动可被降至很低。
节省空间	Azipod®的推进电机在船外，且组件更少可将安装成本降低20%。并且此系统需要更少的辅助系统空间与更低的推进器舱高度，同时并无很长的船轴。这些都为发电设备提供了空间同时Azipod®推进系统更容易制定最佳的总体布局。
安装简单	一次完整的推进器更换可以在48小时内完成。Azipod®系统的设计使船内部件可以尽早安装，推进器可以稍后安装，这提供了灵活性，并可能降低造船厂的前期投资成本。
提供本地数字平台	本地数字平台可用于预测性维护和远程技术支持，Azipod®系统配有可连接到远程数字监控和预测系统的传感器。
可在现有船舶上改装	Azipod®推进装置可安装在现有船舶上，以取代传统系统，该系统通常会解放更多空间，因此在改装项目中，将其适应现有船舶相对容易。

资料来源：ABB公司官网，中航证券研究所整理

我们认为，Azipod®系统的优势经济性、可靠性、安全性、操作性、多能源整合性、安静性、节省空间、安装简单、提供本地数字平台与可在现有船舶上改装完美契合了我们前文中所述综合电力系统的在经济性、安静性、机动性、操作性、安全性、底仓利用率、高能武器装配与信息化等方面拥有的优势。公司在30余年间对Azipod®系统的持续优化与改进使该推进系统逐步靠近、贴合综合电力系统的优势。

从产品上来看，Azipod®系列推进系统拥有功率范围从 1MW 到 22MW 的产品，使其适配从小型船只到能在最恶劣条件下运行的破冰船等各类船型。Azipod®推进系统是一种无齿轮可操纵推进系统，其电力驱动电机安装在船外的吊舱，可 360 度旋转以提高船舶的机动性与运行效率，燃油消耗量至多比传统轴系系统船只减少 20%。根据产品的用途与功率范围的不同，ABB 公司将其 Azipod®产品分为高冰级 Azipod®系列、7.6-22MW 功率 Azipod®系列与 1-7.5MW Azipod®系列三类。

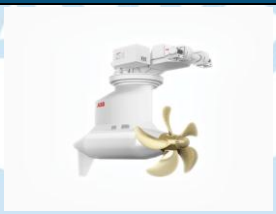
ABB 公司的高冰级 Azipod®系列有经过数十年经验验证的推进技术以确保破冰作业的成功，可以在恶劣的环境条件下独立冰上运行，且运行计划可预测。高冰级 Azipod®系列支持 DAS（double acting ship）概念，使其装机功率与能源消耗可最多降低 50%。Double acting ship 是指设计用于在开阔水域和薄冰中前进，但在重冰条件下掉头并后退的破冰船类型。我国的雪龙 2 号极地科学考察破冰船就采用了 Azipod® VI 电力推进系统。

图表 11 高冰级（high ice class）Azipod®系列情况

高冰级（high ice class）Azipod®系列		系列技术特点
	Azipod® ICE 推进系统功率范围 2MW-5MW	Azipod® ICE 推进系统是一种面向各种破冰船舶的全回转推进解决方案，内置高效低压永磁电机和直接安装在电机轴上的固定螺距螺旋桨
	Azipod® VI 推进系统功率范围 6-17MMW	Azipod® VI 推进系统是一种独特的用于冰上的全回转推进解决方案，内置高效交流电机和直接安装在电机轴上的固定螺距螺旋桨，它从其他推进器解决方案中脱颖而出。

资料来源：ABB 公司官网，中航证券研究所整理

图表 12 7.6-22MW 功率 Azipod®系列

7.6-22MW 功率 Azipod®系列		系列技术特点
	Azipod® MO 推进系统功率范围 7.6MW-14.5MW	Azipod® MO 推进系统是一种中功率吊舱式无齿轮推进系统，包括了三种机架尺寸，30 年来已在 25 种船型中获得使用。此设备配备 ABB **第四代**永磁电机，为船上高度低的船只设计，如客滚船上该系统可以放置在轿厢甲板下以确保车辆顺利装卸并最大限度的扩大甲板空间。**除渡轮和客滚船外该功率范围也适用于大型海上施工船、中型邮轮与穿梭油船**。
	Azipod® XO 推进系统功率范围 14-22MMW	Azipod® XO 推进系统是一种用于大功率开放水域船舶应用的推进解决方案，是**渡轮和邮轮**等的理想选择。该系统也可用于最高 PC 5 等级的冰区等级。

资料来源：ABB 公司官网，中航证券研究所整理

图表 13 1-7.5MW Azipod®系列

1-7.5MW Azipod®系列		系列技术特点
	Azipod® DO 推进系统功率范围 1MW-7.5MW	Azipod®DO 推进系统是第二代紧凑型 Azipod®推进系列，技术上结合了原 Azipod®C 系列和大功率 Azipod®XO 系列的最佳功能，是其功率范围内最有效的全回转推进器。实现其高性能的方法是通过对周围海水的直接冷却和主动空气冷却系统相结合的推进电机独特的混合冷却系统，可用于最高 PC 5 等级的冰区等级。根据功率需求与服务航速需求有 8 种不同的 Azipod®DO 系列产品选择。
	Azipod® DZ 推进系统功率范围最高 7.5MMW	Azipod® DZ 推进系统是带有喷嘴的 Azipod®系列最新推进器，基于其无齿轮、简单的结构和高推力性能，为 DP 船和其他需要高推力的船舶提供了经济高效、可靠的水下安装解决方案。实现其高性能的方法是与 Azipod® DO 系列一样的混合冷却系统。根据功率需求与服务航速需求有 10 种不同的 Azipod®DZ 系列产品选择。

资料来源：ABB 公司官网，中航证券研究所整理

2.2 通用电气-军、民市场齐发力

通用电气船舶电力推进业务属于公司电力转换（power conversion）业务的一部分，通用电气对电力转换业务的官方定义为应用电力转换科学和系统，帮助推动世界能源基础设施的电力转型。设计提供先进的电机、驱动和控制技术，使工业流程朝着更清洁、更具生产力的未来发展，电力转换业务服务于能源、海洋、工业和所有相关业务。公司电力转换业务分为海事、油气与发电业务三类，电力推进业务属于海事业务分类，通用电气的海事业务包括了军船、航运（民船）与近海（近海采油采气等）业务三类。

与 ABB 不同，通用电气着力于在军、民两类船舶市场中推广其电推系统产品，在军品中通用电气产品供给了美海军首艘采用综合全电力推进（IFEP）的水面舰艇朱姆沃尔特级驱逐舰，并且提供了美海军潜艇的电力推进系统。

在民船领域，通用电气的解决方案包括电船、电推系统、船电网络与混动船等，采用通用电气解决方案的船只可以获得 10%-20%的燃油效率提升。通用电气的电推系统包括了船上电力供应和网络、能源管理、自动化、控制、动态定位和数字技术等的无缝协作，以满足船舶的全功率需求，包括节能推进、服务负载和高能耗操作系统。通用电力深耕电推系统多年，形成了多项技术、产业优势，具体来看:

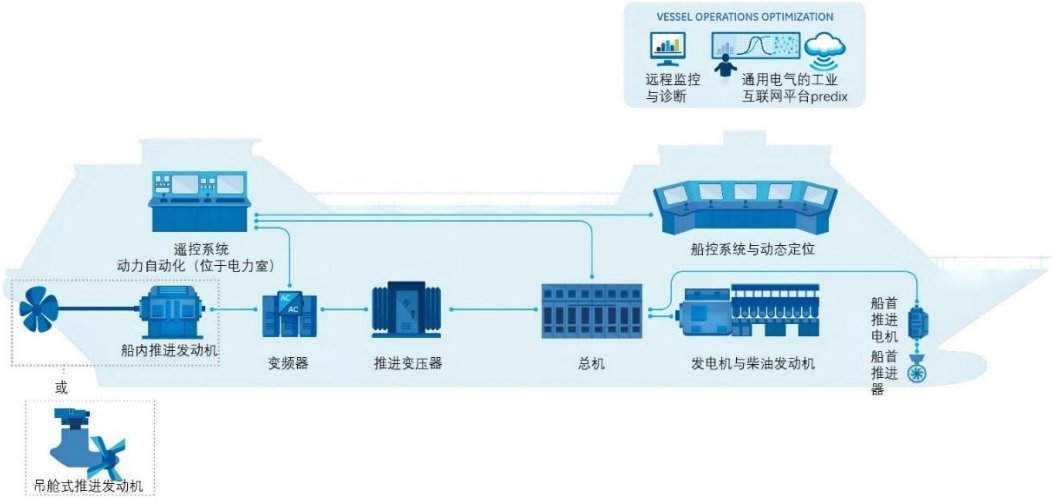
① 公司产品包括低压与更高的中压体系结构，并针对使用空间和效率进行了优化。

② 公司电推系统采用 1-40MW 系统，且可扩展至 120MW。

③ 公司电推系统安全且易于配置、安装、调试和维护。

④ 公司对海洋应用和船级标准了解深入，包括网络安全与船舶冰区等级等。

图表 14 通用电气的电推系统示意图



资料来源：通用电气公司官网，中航证券研究所整理

通用电气公司的船舶综合电力推进系统适用范围广，从较小的支援船只到较大的起重船，再到最新式的邮轮和油轮均有使用，同时公司提供混合动力系统的解决方案。公司的综合电力推进系统与混合动力系统为提高客户能效与脱碳能力的促成因素以帮助客户达成最新的能效法规的要求。与竞品相比通用电气的综合电力推进系统具有以下特点

① 船舶电网用途广泛，对小型船舶和最大型的运输船和深水海洋工程船同样适配。

② 可以在一个连接系统中整合推进设备与船载设备所需能量。

③ 电力推进与吊舱式推进满足了高机动性和推理要求从而提高燃油效率至多 10%。

④ 帮助船舶在整个使用寿命内满足未来不断增长的电力需求，例如适应新的操作设备。

⑤ 是最适合将未来能量技术与能源作为插件使用的解决方案，比如将多种清洁能源混合使用。

图表 15 通用电气电推船电网络情况

资料来源：通用电气公司官网，中航证券研究所整理

三、综合电力系统市场分析

3.1 美国军用综合电力系统市场测算

根据美国海军未来 5 年造舰计划的经费来看，**所有舰船未来 5 年总预算为 1470.6 亿美元，剔除并未使用综合电力系统的航母、DDG-51 与补油船 TAO-205 等型号，假设潜艇与其余辅船均使用综合电力系统（一般来说军辅船与潜艇上综合电力推进系统应用较为广泛），则美国海军未来 5 年所造舰船中会使用电力推进系统的舰船预算约为 886.85 亿美元，使用电力推进系统的舰船约占总预算的 60.31%，装配电力推进系统的舰船的未来市场占比较高。**

图表 16 美国海军哥伦比亚级潜艇各系统造价及占比

系统类别	成本（百万美元）	占比
计划成本	6557.56	43.63%
主体施工建造	5297.87	35.25%
订单更改	299.37	1.99%
电子系统	358.14	2.38%
推进系统	1700.9	11.32%
船体机械和电子设备	174.35	1.16%
武器系统	564.12	3.75%
其他成本	78.24	0.52%
单船总计	15030.53	100.00%

资料来源：2022 年美国海军部预算文件，中航证券研究所整理

对于综合电力系统的造价，我们选择以采用综合电力推进系统的美国哥伦比亚级潜艇为例，哥伦比亚级潜艇等推进系统在总造价中占比 11.32%，考虑到哥伦比亚级采用的是核电动力系统，对于一般**柴油-电动力系统来说我们以综合电力系统在舰船总造价的 10%计算**，我们预估在接下来 5 年美国海军综合电力系统的市场空间为 89 亿美元左右，以美元兑人民币汇率 1：6.6 测算，未来 5 年美国军船综合电力系统市场约为 587.4 亿元。

3.2 我国军用综合电力系统市场测算

从我国军用舰艇的市场来看，我国军用舰艇的主要供应商为中国船舶集团有限公司的子公司中国船舶工业集团有限公司以及中国船舶重工集团有限公司。军用船舶在两船集团营业中的占比以其上市子公司中船重工为例，2021 年中船重工股份有限公司的总营业收入为 395.39 亿元，其中海洋防务及海洋开发装备（注：海洋防务及开发装备并不等同公司的军品收入，这里我们仅以此为假设依据）为 74.43 亿元，占总营业收入的 18.83%。

但军用舰船，尤其是大型舰艇有建造期比较长，因此我们不单以 2021 年一年数据为准，2020 年中国

重工的海洋防务及海洋开发装备占总营业收入的 22.99%、2019 年占总营业收入的 40.72%，18 年占总营业收入的 35.77%，造成变动的主要原因为船舶行业制造周期较长、产品建造节点的不均匀分布。综合来看，2018 年—2021 年，中国重工海洋防务及海洋开发装备占营业的比重约在 30%左右。在这里我们选用上市公司中三大涉及军船的船舶建造企业中国船舶、中国重工与中船防务，2021 年此三家船舶上市企业的总营业收入之和为 1109.51 亿元，分别假设军船收入占造船公司营业收入的 25%、30%与 35%，再类比计算美国军船综合电力市场空间时假设综合电力系统在军船中占比 10%:

我国造船企业中军船营业收入占比	我国军用船舶市场空间	军用综合电力系统市场空间（年）
25%	277.38 亿元	27.74 亿元
30%	332.85 亿元	33.29 亿元
35%	388.33 亿元	38.83 亿元

注：因并无未包含在上市公司表内船厂的准确数据来源，此计算结果仅以上市公司子公司船厂计算，如沪东中华与渤海等未包含在上市公司报表内的船厂并未涉及。

分别假设未来综合电力系统在我国军船中年增速为 5%与 10%，则未来 10 年**军用综合电力推进系统市场空间**约为 366 亿人民币-681 亿人民币左右。

军用综合电力系统市场空间（2021）	年增长率	未来 10 年军用综合电力系统市场空间
27.74 亿元	5%	366.36 亿元
	10%	486.31 亿元
33.29 亿元	5%	439.65 亿元
	10%	583.61 亿元
38.83 亿元	5%	512.82 亿元
	10%	680.74 亿元

3.3 综合电力系统在民船上的应用情况

对于民用船只来说，船舶综合电力系统对化学燃料的消耗相对更少、舰船空间可利用率更高，同时操作方便简洁，推进机转速易于调节等，可成本端优势较为显著。

在船舶领域，军用技术转入民用发展较为成熟，特别是非战斗系统的军用技术很多时候都会对制造大型民用船只提供助力。综合电力推进系统类似，目前在民船领域使用的中压交流与低压交流两种形式的电力推进系统也得到了推广和应用，在豪华游轮、海洋工程船等大型船只电力推进系统的使用也逐渐增多。

我国民船领域综合电力推进系统也取得了稳步发展。根据新华社 2018 年 5 月的消息中船重工“船舶综合电力推进系统工程化技术研究”项目已通过工信部验收，我国已完全具备了自主知识产权的低、中压系统核心设备的生产能力。而且电力推进系统已经在中国科考船、挖泥船、起重船、海洋工程船、豪华游轮等多个船型进行 30 余套实船应用。

综合电力推进在民船领域的推进也在逐年急剧增长，根据 Clarksons 的数据在 2000 到 2009 年的所有新签船舶建造合同中电力推进船舶在总合同中占比在 5%以下，在 2010 年到 2016 年间电力推进船舶在总合同中占比在 7%到 11%之间，而到了 2017 年电力推进船舶在总合同中占比达到 22%。不止在新建造舰船中采用综合电力系统船舶的占比上，在数量上采用电力推进系统的船舶也有较大幅度的增长，1995 年采用电力推进系统的船舶总共仅有 269 艘，而这个数量在 2013 年变成了 1750 艘。在此基础上，采用电力推进系统的船舶在总船舶中的占比也仍有提升趋势。

同时对于高技术难度、高附加价值的大型民船如液化天然气（LNG）船等对于电力推进的装配、依赖度也很高。此类伴随高精尖技术带来高附加价值的大型民船对电力推进系统的需求一定程度上反映出来了未来民船市场对于电力推进系统的需求。

3.4 综合电力系统顺应我国未来民船发展方向

对我国综合电力系统在民船市场而言，国内船舶市场是主要的目标市场。根据中国船舶工业行业协会的数据，以修正总吨计算自 2008 年我国船舶新接订单成为世界第一以来，除 2011 年和 2018 年略低于韩国外，其余年份中国新船订单始终保持世界第一，2019 年以来更是实现了全球接单量的“三连冠”。

我国民船市场目前主要有 2 大增长逻辑，**一是民船市场的下一轮景气周期可能正在到来，二是我国向高技术船舶产**业领域迈进趋势明显。在两大发展逻辑的推动下，我国民船市场的需求量与价格有望共同提升。

民船市场的两大增长逻辑也正对应着我国综合电力系统在民船领域的发展方向。从逻辑一来看，**民船行业是典型的长周期行业，周期的上行下行趋势极大程度上影响了整个市场的景气程度，**同时民船行业与海运行业、大宗商品行业等关联度极高，整体船龄更是直接影响因素，上一轮新船交付高峰期为 2003-2011 年，**在船龄老化了接近 20 年的当下可以预计船只的交替期正在到来。**在当前我国的民船制造领域，我国船东倾向于在我国船厂下单，以 2022 年一季度为例我国船东全部订单均在我国船厂下单，而且我国船厂也更倾向于使用本国技术产品。因此伴随着民船行业下一轮景气大周期的到来，我国综合电力系统有望受益于我国造船产业在世界造船业的领先地位，进一步推进我国综合电力系统在民船领域中的使用。

从逻辑二来看，我国造船市场正逐步从过去主要建造散货船、油船、集装箱船等相对低附加价值船型发展为建造液化天然气 LNG 船、液化石油 LPG 船，滚装船、超大型集装箱船、豪华邮轮等建造难度大、单船定价高的高附加价值船型。对于高附加价值船型而言综合电力系统的经济性、安全性与舰船空间可利用率高等特点都契合了该类船型的需求。正如前文所说第一代的综合电力系统适合在大型舰船中推广使用所以对于豪华游轮、海洋工程船等大型船只电力推进系统的使用也逐渐增多。因此受益于我国民船

领域向高附加价值船型的技术升级综合电力系统有望拓展市场空间。

图表 17 我国船厂三大造船指标载重吨口径的情况及变化（单位：万载重吨、%）

指标	2020	2021	同比增长	2021Q1	2022Q1	同比增长
造船完工量	3740	4164	11.34%	1104	935	-15.31%
占比	42.30%	48.40%	--	46.40%	45.50%	
新接订单	2483	6231	150.95%	1067	757	-29.05%
占比	45.00%	52.00%	--	35.90%	41.90%	
手持订单量	7241	9798	35.31%	7426	9935	33.79%
占比	45.10%	48.10%	--	43.20%	47.40%	

资料来源：中国船舶工业行业协会，中航证券研究所整理

图表 18 我国船厂三大造船指标修正载重吨口径的情况变化（单位：万修正载重吨、%）

指标	2020	2021	同比增长	2021Q1	2022Q1	同比增长
完工量修正	1095	1378	25.84%	321	305	-4.98%
占比	36.40%	41.1%	--	38.70%	43.0%	
新接订单修正	810	2294	183.21%	435	394	-9.43%
占比	39.50%	48.8%	--	41.30%	40.4%	
手持订单修正	2542	3730	46.73%	2751	3970	44.31%
占比	36.10%	48.0%	--	36.30%	41.3%	

资料来源：中国船舶工业行业协会，中航证券研究所整理

四、综合电力系统的应用-装配电磁弹射器与高能武器

综合电力系统除了拥有对船体本身的安静性、机动操作性、安全性等优势外，其另一个重要优势就在于其系统对于高能武器装配的适应性。高能武器顾名思义，是一种高能量但是伴随着高耗能的新式武器，其特点在于瞬时释放极高的能量，但这同时也意味着作为其载体舰船也需瞬时为该类武器提供其所需的超高能量，这对于战时本身就需要维持全速推进船体与相控阵雷达等系统耗能的舰船无疑是很大的负担。综合电力系统是这一难题的解决方法之一。

在上文我们论证了综合电力系统可以根据各用电装备的需求合理分配舰船产生的、储存的电量从而极大的提升整个用电系统的效率，对于瞬时需求高耗能的高能武器系统来说，和可以在平时提高用电效率将剩余电量储存并在需要时瞬时分配自己所需的大量电能的综合电力系统的相性极好。综合电力系统也为更多高能武器上舰提供了良好的土壤。

4.1 电磁发射技术

电磁发射技术是继机械能发射、化学能发射后的新概念发射方式，本质上是用电磁能做功的方式，将电磁能转换成发射的有效载荷需要的动能。与化学能发射技术相比电磁能发射技术可以在瞬间提供极大的动能同时将质量范围从克级到几十吨的载荷短时间、短距离内加速到极高速度，同时对比化学能发射技术其初始速度、射速、能量极限等方面都有一定的突破。电磁发射技术根据其发射长度和末速度可分为三类技术应用。

图表 19 电磁发射技术分类

电磁发射技术分类	技术特点及其应用
电磁弹射技术	发射长度：百米级；末速度：100m/s；应用：航母电磁弹射装置
电磁轨道炮技术	发射长度：十米级；末速度：3km/s；应用：舰用电磁炮等
电磁推射技术	发射长度：千米级；末速度：8km/s；应用：火箭、小型卫星的发射

资料来源：《国防科技大学学报》，中航证券研究所整理

在电磁发射的三类技术应用中，电磁弹射技术是目前技术应用最多、相对最成熟的一种。对电磁弹射技术最直观的应用是电磁弹射装置，电磁弹射装置的原理是应用电磁感应原理将电能转为将飞机弹射起飞的机械能，此装置的应用可以大幅缩短飞机起飞所需要的距离等要求并且提升飞机的起飞初始速度。在应用上一般应用于两种受制于起飞距离要求的场合：1、航母上的舰载机弹射起飞，2、隐蔽短跑道的快速起飞。其中在航母上对舰载机弹射起飞是目前电磁弹射装置的最主要应用方式，故下文将重点介绍此类应用方式的特点与革新。在电磁弹射技术应用之前，航母舰载机的弹射由蒸汽弹射装置完成，相较于蒸汽弹射技术电磁弹射技术在弹射能力、弹射性能、可靠性、适装性、运行维护成本等 5 项核心数据上均有不小的提升。

图表 20 电磁/蒸汽弹射器各项性能对比

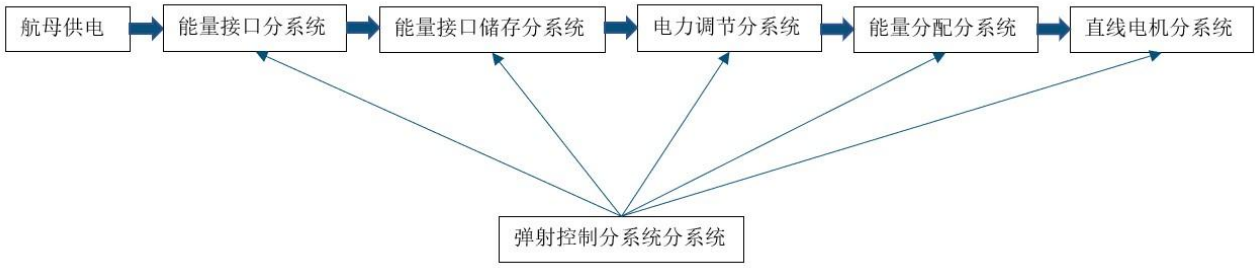
核心数据对比	对比结果描述
弹射能力	在弹射能力上电磁弹射最高弹射能力为 122MJ，较蒸汽弹射提高 29%，且调节范围比蒸汽弹射宽。
弹射性能	加速度峰均比：常态下蒸汽弹射装置峰均比为 1.15-1.2，某些情况下实际可达 2 以上。电磁弹射装置峰均比为 1.05。 弹射末速度误差：蒸汽弹射装置末速度误差可达 2.57m/s 以上，电磁弹射装置末速度误差可控制在 0-1.5m/s 以内。 使用寿命：因为电磁弹射装置的峰均比较蒸汽弹射低，且较为可控，所以电磁弹射装置对舰载机的冲击较少，可以提升舰载机平均使用寿命 31%。 预热时间：蒸汽弹射器预热时间为 24 小时，电磁弹射为 15 分钟。 能量效率：蒸汽弹射为 4%-6%，电磁弹射为 60%，高出 10 倍。
可靠性	蒸汽弹射装置全系统固有可靠性不高，2 次重大故障间的平均周期约为 405 周，电磁弹射装置拥有 4 能量链条，可在 1 个能量链条出故障的情况下完成弹射，2 次重大故障间的平均周期约为 1300 周以上。
适装性	蒸汽弹射装置需整体安装，美国 C13 蒸汽弹射器质量 538t，体积超过 1100 立方米，且大部分质量在上层甲板。 电磁弹射装置可以分模块安装，质量小于 280 条，体积小于 425 立方米，且分模块安装布局灵活。
运行维护成本	每次蒸汽弹射需要消耗 614kg 蒸汽，需要消耗大量淡水与将水加热成蒸汽的能量，对人力需求高，出现问题后修复时间长，全寿命周期成本高。电磁弹射装置每次弹射需要消耗 100MW 电力，同时不需要消耗淡水，系统可自己检查故障对人力需求较蒸汽弹射减少 30%，出现问题后修复时间少，全寿命周期成本低。

资料来源：《舰船科学技术》、参考美国航母数据，中航证券研究所整理

电磁弹射器的基本原理就是将航母提供的电能储存然后通过直线电机在弹射飞机的过程中将电能转换为飞机的动能释放。

以下为美国通用原子公司的电磁弹射器的架构图，由 6 个分系统组成；根据其结构可见电磁弹射器涉及的 4 项关键技术为储能技术、大功率电力调节技术、直线电机技术与弹射控制技术。电磁弹射需要在 3 秒内输出上百兆瓦的功率，航母无法直接瞬时提供这么高的电力因此需要将电力储存以达到瞬时输出要求。储能技术需要能量密度高的储能方式以减少体积从而达到在军舰上使用的要求。大功率电力调节技术的作用是将电力储存系统中的电能实现电能的变换从而让储存的电能驱动直线电机，该项技术的难点在于处理的电能瞬态功率高、电压大，但民用领域的大功率电力调节技术已经广泛应用。直线电机技术是通过动、定子间无机械接触从而仅通过电磁力完成电能到直线运动动能的转换，该项技术的难点在于对功率、能量效率的提升和对环境的适应能力。弹射控制技术是用实时、闭环的控制精确控制弹射末速度与弹射中的加速度，该项技术的难点在于处理直线电机的实时反馈与对信息的交互处理。

图表 21 电磁弹射器分系统



资料来源：《国防科技大学学报》，中航证券研究所整理

目前通过公开资料查询，在世界海军已服役的航母中仅有美国的福特级核动力航母有使用电磁弹射系统，在其 2017 年入列服役的福特级首舰福特号航母、2019 年下水的肯尼迪号航母以及在建的企业号与米勒号航母全部应用了飞机电磁弹射系统。

根据 2022 年美国海军部的预算文件针对目前在建的 CVN-81 米勒号航母的电磁弹射系统预算约为 5.93 亿美元，而 CVN-81 米勒号航母的整体预算为 124.84 亿美元，作为单系统在整体造价中占比约为 4.75%，占比很高。美国海军部将电磁弹射系统归为了航母武器系统的范围，以 CVN-81 米勒号航母为例，其整体武器系统总造价为 9.88 亿美元，占航母总造价的 8.14%，而单一子系统的电磁弹射系统就为 5.93 亿美元，占武器系统 60%，同时与电磁弹射系统相对的电磁拦阻系统造价 2.29 亿美元。

电磁弹射系统作为航母武器系统存在对外军贸的可能性。以近期披露的美国首次批准出口航母电磁弹射系统为例，根据美国国防安全合作局的声明，美国将对法国出售电磁弹射系统（EMALS）和先进拦阻装置（AAG），它们将用于法国海军的下一艘航空母舰上，预计总金额会达到 13.21 亿美元，占到法国新航母总投资的 23%。美国 CVN-81 米勒号航母的电磁弹射与阻拦系统合计 8.22 亿美元，对法国军贸出口的此两套设备价格比本国采购溢价 4.99 亿美元，为本国采购的 1.61 倍。军贸产品意味着较高的溢价以及更高的利润空间，如果电磁弹射系统可以成功作为军贸品出售会进一步提升该系统的市场空间。

电磁弹射系统的另一使用场合为隐蔽短跑道的快速起飞，对现代战争而言机场往往会是重点打击目标，以俄乌冲突为例，在冲突初期俄方使用精确制导武器打击乌方基础军事设施、防空设施、军用机场和飞机，同时俄方组织伞兵对乌安东诺夫机场实施控制。在机场跑道被毁或机场遭控制后隐蔽短跑道的作用将会凸显，而电磁弹射装置可以实现相对较短的距离助推飞机起飞，对非垂直起降飞机而言是助力其短跑道起飞的重要因素。因此，备有电磁弹射系统以应对战时隐蔽短跑道起飞需求可以为电磁弹射系统打开全新市场空间。同时，与航母上的舰载机弹射起飞相比，此类应用的军贸空间更加广阔；当前全球范围内有建造航空母舰能力的国家相对有限，作为航母武器系统应用的电磁弹射系统的潜在买家相对局限；而对隐蔽短跑道快速起飞的需求相对旺盛，潜在买家较多，可以进一步扩宽电磁弹射系统的市场空间。

4.2 高能武器-电磁轨道炮与高能激光武器

电磁轨道炮是对电磁发射技术的应用成果之一，与传统化学能发射应用火药燃气压力作用于炮弹不同，电磁轨道炮利用电磁力沿导轨发射炮弹，与传统化学能发射相比可以产生更高的初速度与更大的炮口动能从而提升射程、打击能力并减少打击时间。

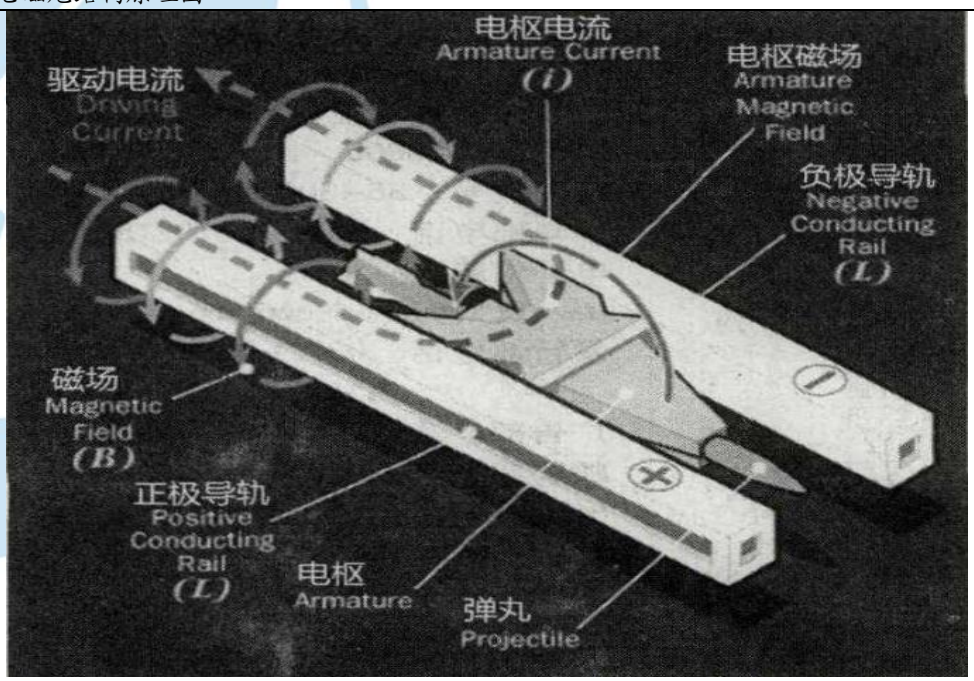
图表 22 电磁轨道炮相关重大事件

年代	重大事件
20 世纪初	提出利用洛伦兹力发射炮弹的设想
1978 年	澳大利亚国立大学建造了第一台电磁发射装置，将 3g 重弹丸加速到 6000 米每秒。
2000 年	美国海军启动 DDG-1000 驱逐舰研制计划，采用综合电力系统预计为未来电磁炮提供足够电力。
2001 年	美国海军在得克萨斯大学奥斯汀分校先进技术研究所召开电磁炮发展研究会，确立了‘三步走计划’预计制作炮口动能 64 兆焦的电磁轨道炮并计划在 2020-2025 年装备军舰。
2008 年	美国海军成功试射 10 兆焦电磁轨道炮
2010 年	美国电磁炮实验取得突破进展，炮口动能达到了 33 兆焦，完成‘三步走计划’第二步。
2021 年	美国海军部预算文件显示受到军费开支限制、相关技术尚未成熟的原因在 2021 年底停止对电磁轨道炮项目的研发。

资料来源：《舰载武器》，中航证券整理

电磁轨道炮主要由能源、加速器、开关三部分组成，其中能源部分的主要作用顾名思义是为电磁轨道炮提供能源，通常为蓄电池组、磁通压缩装置、单极发电机等；加速器部分的主要作用是进行能量的转换，将能源部分提供的电能转换成动能从而发射并让弹丸达到高速度；开关部分的主要作用是连接能源与加速器两个部分，在几秒内将兆安级电流引入加速器内。

图表 23 电磁炮结构原理图



资料来源：《舰载武器》，中航证券研究所整理

电磁炮技术目前仍无确切的上舰信息，美国方面的几次实验仍然显示出目前其达成预定目标的炮口动能 64 兆焦仍差距较大，伴随着预计搭载电磁炮武器的朱姆沃尔特级驱逐舰项目不再继续建造与 2022 年美国海军部预算文件显示 2022 年不再进行电磁轨道炮项目的开发，可以基本认为当前电磁炮技术在美国军舰上应用的可能性较小。

高能激光武器是用高能激光对远距离目标进行精确射击或导弹防御的武器，与电磁弹射和电磁炮一样，高能激光武器也有瞬时高耗能的特点；同时因为目前技术导致激光武器体积较大，无法灵活装配等特点，水面舰艇依托其较大的甲板空间，综合电力系统对瞬时高能耗的供给等优势，无疑是激光武器很好的载体。

目前的舰载激光武器可以通过其能耗需求来简单分成低能激光武器与高能激光武器两种，低能激光武器目前以有较为成熟的体系，以激光眩目武器为主，并非直接对武器或飞机进行硬杀伤损毁而是主要对光学系统、驾驶员等使用。而高能激光武器在保留炫目等低能激光武器的特点上拥有了硬杀伤损毁能力，可以依托高能激光光束损毁导弹、飞机甚至近距离的敌舰。在 2022 年 1 月美国海军公布的对未来美国新一代驱逐舰 DDGX 的规划预案上提到了该新型驱逐舰会使用综合电力系统与舰首 1 个 150 千瓦的激光武器和舰侧可能会装配 2 个 600 千瓦的高能激光武器。

图表 24 美国高能激光武器 HELIOS 假想图

资料来源：defence journal，中航证券研究所整理

图表 25 美国 LaWS 激光武器上舰

资料来源：google，中航证券研究所整理

五、建议关注标的

5.1 湘电股份：传统船用电工装备领军企业，新时代电力推进系统先行者

湘潭电机股份有限公司（以下简称“湘电股份”或“公司”）为湘电集团下属子公司，同时也是湘电集团集中主业部分的优良资产，于 1999 年底联合北京地铁总公司等 6 家企业共同发起设立，2002 年 7 月 A 股上市，代码 600416.SH，主营业务为大中型交直流电机(含特种电机)、水泵、矿用采运设备(含特种车辆)和城市轨道交通车辆及电气成套设备的生产和销售。

2020 年 6 月，公司剥离大幅亏损多年的子公司湘电风能，经过业务重整和经营发展，2020 年实现扭亏为盈及业绩上升，2021 年 4 月完成脱星摘帽。2020 年公司营业收入 46.96 亿元，归母净利润 0.75 亿元；公司实现营业收入 40.26 亿元（-14.28%），2021 年公司无风力发电系统项目营收，**剔除风力发电系统业务，同口径相比增长 120.60%。**；实现归母净利润 0.79 亿元（+5.60%），扣非归母净利润为 0.15 亿元，增加 2.98 亿元，**为 2018 年后首次为正，同时毛利率 19.15%（+5.75pcts），创 2013 年以来新高；净利率 2.91%（+0.67pcts），创 2011 年以来新高。**

公司现有业务可分为电机类、电控类与特种产品及备件类等三类产品：

图表 26 湘电产品情况

分产品	21 年营业收入（亿元）	营收增速	21 年毛利率	毛利率同比
电机	25.93	-7.70%	18.84%	+1.59pcts
电控	1.53	+42.41%	13.25%	-3.97pcts
特种产品及备件	12.02	+125.91%	19.70%	-5.19pcts

资料来源：公司年报，中航证券研究所整理

①特种产品及备件类：电磁能产品是公司“三电”（电磁能+电机+电控）主业之一，也是公司以军工产业发展作为走向高质量发展的突破口。公司主要聚焦海军新型装备建设需求，在海军工程大学创新团队的技术引领下形成了综合电力、电磁发射两大核心技术，并处于世界领先地位。公司是我国舰船综合电力推进系统、特种发射系统**唯一承制单位**，相关技术荣获国家科技进步特等奖，产品技术与制造能力在国内外处于领先地位，多项研制产品填补国内空白，具备独一无二的优势，**相关产品市场占有率 100%**。2021 年公司特种产品及备品类业务营业收入 12.02 亿元（+125.91%）

②电机产品类：从电机产品来看，公司背靠“双碳”政策的**高效节能电机业务增长明显**，2021 年市场订货继续保持两位数增长，年订货同比增长 40%，重点产品及成套业务订单翻倍。同时公司积极推动相关节能产品产业化发展，**未来重点开发飞轮储能电机、余热发电系统等节能产品**，目前已与知名院士及其团队合作完成 315 千瓦 ORC 系统样机制造。风力发电机方面，公司拥有海上风力发电技术与检测国家重点实验室、国家能源风力发电机研发实验中心等两个风力发电相关国家级创新平台；公司也是国内最

先自主研发大型风电装备研制企业，拥有领先的永磁直驱风力发电机组技术。公司在 6 兆瓦及以下直驱、半直驱、双馈风力发电机以及风电变频器、风电辅机等配套市场推广上位于行业前列，未来在存量风场改造、大型风场建设、海上风场建设等领域将带来巨大配套市场。

③电控产品：**公司是国内最早生产城市轨道交通车辆配套电机电气专业厂家**，从 1964 年开始为北京地铁研制车辆全套电气设备到现在，在国内（北京、成都、深圳等地）电气牵引设备市场领域占据领先主导地位。公司电气控制系统、电驱系统等可应用于风电、轨道交通、工程车辆、矿山运输等领域，具有核心竞争力。

2022 年 1 月 25 日，公司公布定增预案，拟募集 30 亿元进行车载特种产品，轨道交通等领域的产业化建设，收购湘电动力少数股权及补充流动资金，具体如下表所示：

图表 27 湘电股份定增预案情况

序号	项目	投资总额（亿元）	募集资金拟投资额（亿元）
1	车载特种发射装备系统系列化研制及产业化建设	12.00	9.60
2	轨道交通高效牵引系统及节能装备系列化研制和产业化建设	3.91	2.80
3	收购湘电动力 29.98%股权	8.62	8.62
4	补充流动资金	8.98	8.98
合计		33.51	30.00

资料来源：《湘潭电机股份有限公司 2022 年度非公开发行 A 股股票预案二〇二二年一月》，中航证券研究所整理

其中投资总额最多的项目为车载特种发射装备系统系列化研制及产业化建设，公司已为下一阶段特种产品及备件产业的研制、生产布局。同时，公司年报披露公司与知名院士团队合作，新培育孵化的车载特种某装备系统正逐步向系列化和产业化转化。特种发射相关产品也是公司融合一体的军民共同建设、优势互补、快速发展的模式的应用，公司正在开展民用卫星发射技术和产品研发。

图表 28 湘电集团主要下辖主业单位

下辖主业单位	涉及业务
湖南湘电动力有限公司	前身是湘电股份特种电气事业部，是国内最为重要军用动力研发、生产基地。船用电力推进系统及控制设备、发电成套设备、直流轧钢电机、石油钻井电机、风力发电设备、轨道交通等领域
电机事业部	集研制、开发、生产、销售交流电动机、发电机、永磁直驱风力发电机等产品于一体。目前已形成以火电核电辅机电机、冶金变频电机、石化及矿山防爆电机、永磁风力发电机制造技术、150MW 以下发电机制造技术为核心的电机制造技术。产品广泛用于冶金、电站、风电、核电、建材、石化、造纸、水泥、水利等行业，远销 80 多个国家、地区。
低压电机事业部	研发、制造、销售高效电机、新能源电机、特种专用电机、牵引电机及系统集成，为高端客户提供以高效节能电机、特种专用电机、牵引电机及电传成套系统为核心的一体化解决方案。承担并圆满完成了国家重

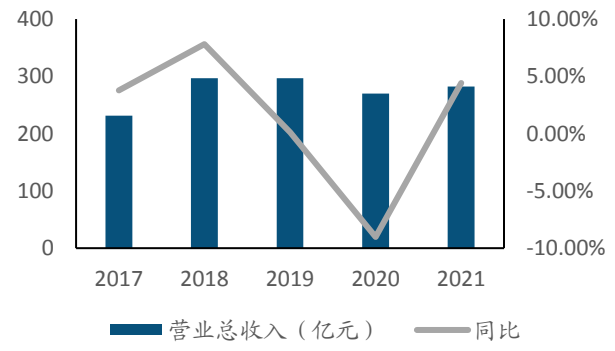
	大技术装备研制、863 电动汽车重大专项、新能源汽车驱动系统、风电辅机及控制系统等科技创新项目。
长沙湘电电气技术有限公司	前身是湘潭电机厂牵引电气设备研究所，主要从事电机、电控及电传动成套、新能源、节能环保、工程机械、特种装备等设备的技术研究、技术开发、技术服务、技术推广、新产品制造、项目孵化及转化、科技成果鉴定服务、电子电气设备测试试验等。
结构件事业部	全产业链大型钢构件制造专业单位，具有备料、下料、零件制造、搭焊、焊接、后处理、表面处理、精加工等完备的工艺流程，年钢材吞吐量近 12 万吨。
电气传动事业部	以“轨道交通牵引系统、风力发电电气控制系统、工程机械电气控制产品、工业自动化控制系统、新能源储能产品”等作为主导产品，为客户提供电气控制及系统集成的研发、制造、销售、服务。

资料来源：湘电股份公司官网，中航证券研究所整理

5.2 中国动力：军品民品齐发力，主营业务覆盖全部主流动力系统类型

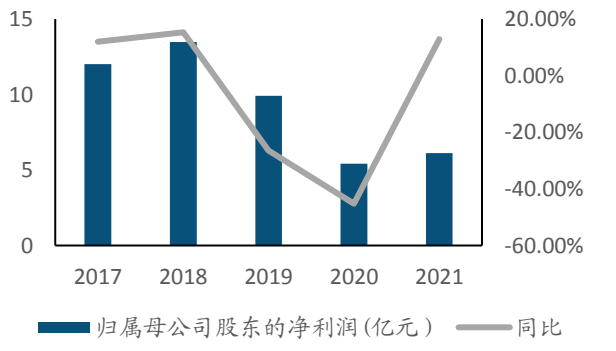
中国船舶重工集团动力股份有限公司是中国船舶集团有限公司下属子公司，前身为风帆股份有限公司，是全球技术门类最全、国内最大的动力装备上市公司。中国动力是我国海军装备动力系统的核心力量，设计研制、生产、试验、保障了我国海军航母、潜艇、水面舰艇和水中兵器等装备的动力系统。公司 2021 年实现营业收入 282.09 亿元（+3.09%），从增长趋势来看从 17 年到 21 年，除 2020 年因疫情对船舶、海运行业整体的影响导致营收同比下降外，其余年份均有不同程度的同比增长；同时 2021 年公司归母净利润 6.13 亿元（+12.93%）。

图表 29 中国动力 2017-2021 营收情况



资料来源：Wind，中航证券研究所整理

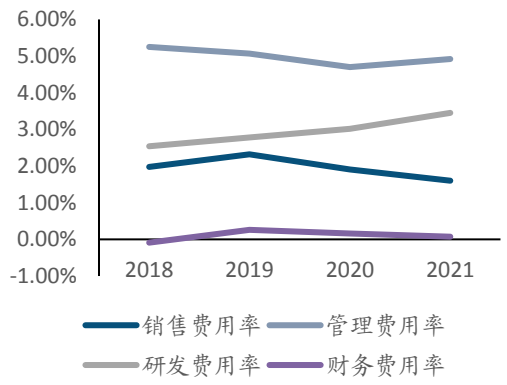
图表 30 中国动力 2017-2021 归母净利润情况



资料来源：Wind，中航证券研究所整理

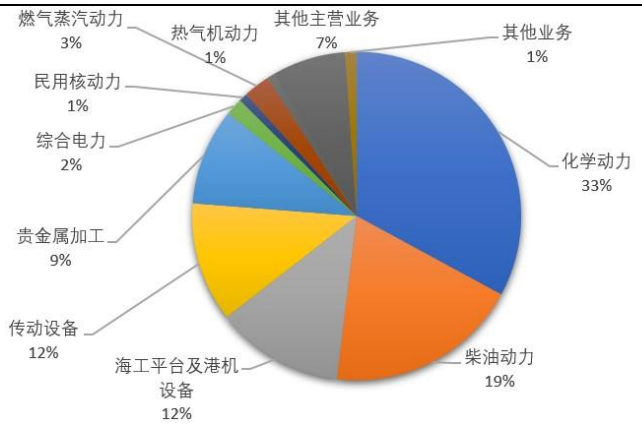
从公司的产品结构来看，公司主要营业收入由应用产业为主，截至 2021 年末公司应用产业收入 180.6 亿元，占公司总营业收入的 64.05%，其余军品相关业务占比 15.31%，航海业务占比 20.64%。

图表 31 公司近年费用管理能力保持平稳



资料来源：Wind，中航证券研究所整理

图表 32 2021 年 H1 各项业务营收中化学动力领域占比最大



资料来源：Wind，中航证券研究所整理

① 军品业务类：公司在作为国家重点保军企业坚持义军为本的同时，依托军用技术优势，大力发展军用技术民用化，截至 2021 年末公司防务产业收入 43.17 亿元（+36.53%），军品业务占营业收入比重为 15.31%（+3.38pcts），民品业务占比较高，形成了公司军品民品齐发力的良好局面。

② 航海产业类：公司航海产业类产品包括低速柴油机、中高速柴油机、综合电力与机电装备制造四类。2021 年公司在低速柴油机方向实现了高、低压双燃料主机的全覆盖，实现低速柴油机全产业链重大突破，其中利润率高的备件服务承接合同同比增长 38.2%；中高速柴油机方面公司 2021 年在巩固了行业地位的同时在新市场中持续发力，41200kW 主发电机组首次应用于中海油恩平 15-1CEP 平台模块钻机动力，打破国外产品长期垄断；综合电力业务上公司凭借国内唯一具有化学电源电力推进核心装置的主专业特点，利用公司在船舶电力推进系统领域的专业研发能力，持续推进全电动绿色新能源船在重点水域的推广，持续发力公务船、海工船、远洋船市场，加大与重大战略客户的合作，积极参与国内具有行业重大影响和示范意义的项目；机电装备制造业务上 2021 年稳步发展，多个首制项目实现保质按期交付。

③ 应用产业类：公司应用产业业务为公司主要营业收入来源，2021 年占比 64.05%。燃气轮机海外市场实现突破，报告期内与俄罗斯签订十余台国产燃气轮机供货合同和大修合同，并实现热锻部件（叶片）海外供货；核电工程保持稳定，成功承接多项装置研制项目；汽车启动电池稳步发展大免电池、农机电池同比增长 48.7%和 28%，全年替换市场销量 1006 万只，同比增长 9.83%；配套市场获得多个品牌的项目定点，成功配套丰田汽车并批量装车全年配套 505 万只；工业电池积极接单，中标中移动高功率电池项目；171 组“蓝海”系列高端电池成功配套新疆客户。港机生产迎难而上，首钢京唐公司双四连杆多用途门座起重机等十多个重点项目先后交付。

2022 年 1 月 12 日中国动力发布公告宣布公司拟与中船工业集团、中国船舶通过以各自持有的柴油机

动力业务相关公司股权共同对中国动力全资子公司增资并由该子公司向中船重工集团支付现金购买资产的方式规范柴油机动力业务同业竞争。中国动力全资子公司将全资持有中船动力（集团）有限公司、中国船舶重工集团柴油机有限公司、陕西柴油机重工有限公司和河南柴油机重工有限责任公司股权，进一步巩固中国动力在国内舰船柴油机动力业务领域的龙头地位。如整合顺利完成此前中国动力与中船工业集团在柴油机动力业务上的同业无序竞争将会消除，中国动力在柴油机动力领域的实力将会进一步加强，发展能力进一步提升，对于公司柴油机业务或将带来新的业务增长点。

公司在综合电力推进上的布局或也有望成为公司业绩新一轮增长点，在军品领域公司承担了我国海军现役及在研的绝大部分电力推进装置的研制供货任务，是国内**实力最强，产品线最完整的船舶电力推进系统供应商**；在民品上依托子公司长海电推、上海推进与齐耀重工的船用综合电力推进系统获得了除国外供应商外最多的项目业绩，截至 2020 年末在国内电力推进设备领域市场份额达到 60%；截至 2021 年末公司统筹资源，率先在新疆、湖北、安徽、福建、江苏、大湾区、海南等地提供新能源电动船舶，共计提供 50 余套新能源电动船舶动力系统，**市场占有率大于 90%**。

六、风险提示

① **军品方面综合电力系统推进不及预期。**当前我国海军并未在大型水面主战舰艇上使用综合电力系统，舰船的规划、建造时间又相对较长，因此会出现综合电力系统推进不及预期的可能性。

② **民品方面国产综合电力系统竞争力提升不及预期。**当前民品综合电力推进领域仍由国外巨头 GE 和 ABB 公司作为龙头生产商，我国在民品综合电力推进领域与国外巨头仍有一定技术差距。但伴随着近年我国厂商的进步与制造领域‘自主可控’的需求我国厂商在民用综合电力系统的竞争力有一定提升，但技术差距仍然存在，因此可能会影响我国厂商的竞争力

③ **其他技术替代。**正如我们文中所述，综合电力系统是未来船舶动力系统的发展方向之一。但综合动力系统绝非未来船舶动力的唯一发展方向。对于未来船舶动力技术的发展存在出现其他技术替代船舶综合电力系统成为主流发展方向的可能。

投资评级定义

我们设定的上市公司投资评级如下：

买入：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅 10%以上。

持有：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数涨幅-10%-10%之间

卖出：未来六个月的投资收益相对沪深 300 指数跌幅 10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

增持：未来六个月行业增长水平高于同期沪深 300 指数。

中性：未来六个月行业增长水平与同期沪深 300 指数相若。

减持：未来六个月行业增长水平低于同期沪深 300 指数。

分析师简介

张超，SAC 执业证书号：S0640519070001，清华大学硕士，中航证券研究所副所长、军工行业首席分析师。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与，未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明：

本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。