

舰船综合电推及电磁能装备：大国重器蓄势待发



核心观点

- **综合电力系统是舰船动力及能源系统的发展主要趋势。**舰船综合电力系统（IPES）将相互独立的机械推进与电力系统，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供电，实现全船能源的综合利用。开展综合电力系统技术的研究，对舰船的总体设计、动力系统的优化、隐蔽性的提高、作战方式的选择以及高能武器上舰都具有显著的军事意义和经济价值。航母电磁弹射、潜艇泵喷推进、高能武器装备的应用都依赖于综合电力系统，船舶综合电力系统首先应用于军事领域，并逐步在民船中推广。
- **综合电力系统及电磁能技术是中国与美国并驾齐驱的重大技术领域。**虽然美国最早在其主战舰艇上完成综电系统及相关技术的实用化，但由于设计时间均在 20 世纪 80~90 年代，因此其电制均采用研制难度不大的交流低频电制，无法满足现代高能武器和设备的装配应用。因此美军在《海军电力与能源系统技术路线图》规划中，提出由低频交流电制逐渐向中压直流电制过渡的发展路线。我国的舰船综电技术起步虽然晚于美国，但在 2003 年首先提出中压直流综合电力技术路线，并在马伟明院士的带领下用 10 年时间成功解决一世界公认的重大核心技术难题，使我国全电化舰船技术一举达到世界领先水平。根据媒体报道，马伟明团队的一系列创新成果近年来进入“井喷期”，包括全电推进、电磁弹射、AIP 供电、泵喷推进器、大功率风电电机等，且部分产品已实用化。
- **综合电力系统及电磁能技术成果转化加速产业化进程，市场空间巨大。**国内军用市场方面，按照 2030 年以前我国建设 4 个航母作战群，对标“尼米兹”级航母作战群造价，以及 DDG1000 综合电力系统价值量占比，预计我国舰船综合电力系统平均每年产生 64 亿元市场需求，航母电磁弹射每年产生 18 亿元市场需求。全球市场方面，根据中国动力 2019 年报预测，全球船用电力推进系统市场规模将由 2013 年的 26 亿美元增加至 2024 年 73 亿美元，且民用市场占比会逐步增加。国内生产的电力推进船舶在发展初期（2008-2011 年）国产化率不到 15%，随着我国相关领域研发水平的不断提高，2018 年国产化率达到了 60%，预计未来几年国产化率还会持续增长，并进入国际市场。

投资建议与投资标的

- 从竞争格局来看，由于电力推进技术壁垒较高，目前国内的电推制造企业主要有中国动力和湘电股份。马伟明院士曾担任湘电股份独立董事，湘电股份 2016 年定增募集资金建设“舰船综合电力系统系列化研究及产业化项目”，后续还将引进湖南省军民融合装备技术创新中心（由湖南省政府与海军工程大学共同组建），旗下湘电动力子公司专业从事综电系统和电机业务，致力于打造成为我国综合电力系统和电磁弹射系统的主要产业化基地。*ST 湘电(600416, 未评级)有望成为舰船综合电力系统和电磁弹射系统产业化的核心受益标的。

风险提示

- 舰船全电化进程不及预期

行业评级

看好 中性 看淡 (维持)

国家/地区

中国

行业

国防军工行业

报告发布日期

2020 年 06 月 23 日

行业表现



资料来源：WIND、东方证券研究所

证券分析师

王天一

021-63325888*6126

wangtianyi@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860510120021

证券分析师

罗楠

021-63325888*4036

luonan@orientsec.com.cn

执业证书编号：S0860518100001

联系人

冯函

021-63325888*2900

fenghan@orientsec.com.cn

相关报告

高温合金及锻铸产业：制造业高端转型的基石，航空应用有望成为重要突破口： 2020-06-08

三表全面向好，高景气叠加确定性，20 年 2020-05-07

军工行业有望穿越周期：——19 年报和 20Q1 财务分析

基金主动持仓止跌回升，但低配幅度继续扩 2020-04-28

2019Q4 军工行业基金持仓分析：可能存在对报告的客观性

东方证券股份有限公司经相关主管机关核准具备证券投资咨询业务资格，据此开展发布证券研究报告业务。

东方证券股份有限公司及其关联机构在法律许可的范围内正在或将要与本研究报告所分析的企业发展业务关系，因此，投资者应当注意潜在的利益冲突，不应视本证券研究报告为作出投资决策的唯一因素。

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

目 录

一、	综合电力系统：舰船的新能源革命	4
1.1	综合电力系统是舰船动力发展的主要趋势	4
1.2	综电系统是电磁弹射上舰的必要条件	5
1.3	泵喷推进技术可显著提升潜艇隐蔽性等综合性能	7
1.4	综电系统及电磁发射技术具备广阔应用空间	8
二、	综电系统是中国与美国并驾齐驱的重大技术领域	8
2.1	美国最早将综电系统及相关技术实用化，但尚未全面普及	8
2.1.1	美国综电系统电制由交流电制向直流电制方向发展	8
2.1.2	美军电磁弹射 2017 年首次服役，在新航母中全面取代蒸汽弹射	10
2.1.3	美海军明确在下一代战略与攻击型核潜艇应用综合电力系统	13
2.2	不走弯路，国内综电系统及电磁能技术后来者居上	14
2.2.1	“中国电磁弹射之父”——马伟明院士	14
2.2.2	国内综合电力及电磁技术取得全面突破，创新成果进入“井喷期”	15
三、	技术成果转化，综电相关产品加速产业化进程	18
3.1	我国舰船综电系统和电磁装备市场空间巨大	18
3.2	投资建议与投资标的	19
	风险提示	21

图表目录

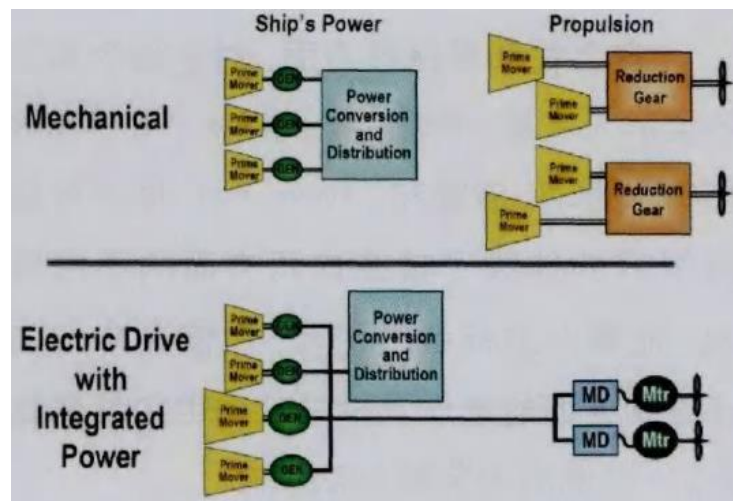
图 1：机械推进与电力推进对比.....	4
图 2：美军 DDG-1000 驱逐舰.....	5
图 3：英国伊丽莎白女王级航母.....	5
图 4：电磁弹射系统组成.....	7
图 5：电磁轨道炮组成示意图.....	8
图 6：舰船综合电力系统组成.....	9
图 7：2019 美国《海军电力与能源系统技术路线图》.....	10
图 8：美国通用原子公司电磁弹射器构成.....	12
图 9：电磁弹射器原理及结构与电磁轨道炮基本相同.....	12
图 10：美哥伦比亚级战略核潜艇航行想象图.....	13
图 11：马伟明团队电磁发射系统.....	15
图 12：中国新型核潜艇采用了无轴泵推系统.....	15
图 13：中压直流综合电力系统国内外发展情况对比.....	16
图 14：港媒：葫芦岛电磁弹射陆地训练线.....	17
图 15：综合电力系统主要解决高能武器上舰问题.....	17
图 16：国内电推系统市场国内厂商份额提升.....	19
图 17：2019 年全球电推系统市场份额.....	19
图 18：2017~2019 年湘电动力营收及净利/亿元.....	20
图 19：2016~2019 年湘电股份主营业务收入结构/亿元.....	20
表 1：舰船综合电力系统的六大优势.....	4
表 2：电磁弹射与蒸汽弹射对比.....	6
表 3：电磁发射技术分类.....	8
表 4：美国主要在役/在建电力推进舰艇统计.....	9
表 5：美国现役航母及配套弹射系统一览.....	11
表 6：马伟明主要科技成果.....	14
表 7：马伟明所获主要荣誉.....	14
表 8：中国综电、电弹、电能武器新闻曝光表.....	17
表 9：美国海军水平舰艇动力系统造价及占比.....	18

一、综合电力系统：舰船的新能源革命

1.1 综合电力系统是舰船动力发展的主要趋势

舰船综合电力系统（IPES）将相互独立的机械推进与电力系统，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供电，实现全船能源的综合利用。综电系统由发电、输配电、变配电、推进、储能、能量管理 6 个分系统组成，实现了全船能源的综合利用，使舰船动力从机械化走向电气化，有利于实现对全船能量的精确高效控制以及多种再生能源的灵活接入，有助于实现舰船的信息化和智能化。舰船综合电力系统是舰船发展的重要趋势，被誉为舰船动力从人力、风力、蒸汽动力再到核动力之后的第三次革命。目前电力推进系统已应用至民船、海工船和军舰中，比较多地应用在需要具备高机动性能、特殊工作性能、大容器辅机和对主机布置有限制的船舶中。

图 1：机械推进与电力推进对比



数据来源：《船舶与配套》，东方证券研究所

与传统的船舶传动方式相比，全电推进具有低噪声、舱室利用效率高、经济性和操纵性好等优点。传统舰船的动力系统都是机械传动，即通过燃气轮机或柴油机产生动力，经过减速齿轮、离合器、传动轴将动力输送至尾部的螺旋桨。机械传动要占用船体的大量空间和重量，且传动过程较为复杂，在低功率状态下运行经济性不佳。舰船采用全电推进技术后，通过燃气轮机和柴油机进行发电，将一部分电能通过储能装置进行储能，另一部分电能输送至舰船的推进装置（经过频率转换器）、武器系统和生活设施。采用全电推进技术后，舰船可以对自身的能源进行科学管理。例如，在不适用高能武器和大功率雷达的情况下关闭部分燃气轮机和柴油机以节省燃料，在执行反潜任务的情况下关闭噪声较大的柴油机。

表 1：舰船综合电力系统的六大优势

优点	简述
降低船舶噪声	推进电机扭矩大，可直接带动大直径螺旋桨推动舰船行进，省却了齿轮减速装置，因而可有效降低动力系统的噪声，可提高舰船的安静性和隐蔽性。
提高舱室利用率	通常情况下，采用传统推进系统的船舶轴系长度往往占到船长的 40%左右，而采用电力推进系统的船舶则省去了传动轴系、减速齿轮箱，从而改善机舱布局结构，使动力装置安排更加合理，节省了大量空间。

提高战斗力	为电磁轨道炮、激光炮等高能新概念武器上舰创造了条件，并使航母具备电磁弹射能力。
具备良好的经济性	装备电力推进系统的船舶有多台中速柴油机用于发电，可根据用电负荷选择发电机运行台数，使机组始终运行于高效工作区，实现最大的经济性。驱逐舰 DDG1000 采用全电推进系统之后，可以节省燃油 16%，而商船采用全电推进系统后的燃油节省率最高可达到 25%。
操纵性好	采用电力推进系统后，操纵控制方便，启动加速性好，制动快，正反车速度切换快，可推进电机转速易于调节，在正反转各种转速下都能提供恒定转矩，能得到最佳的工作特性，使船舶取得优良的操纵性。
具有良好的安全性	对采用柴油机推进的船舶来说，一旦主机重要部件或舵机、轴系出现故障往往会导致瘫船。而电力推进则使用多台原动机，即使个别机组发生故障也不导致船舶丧失动力。电力推进系统多采用两套以上互为备用，同步电动机定子有两组相互独立的绕组，一组发生故障仍可减载运行。

数据来源：东方证券研究所

在国外，船舶综合电力系统首先应用于军事领域，并逐步在民船中推广。随着各国海洋开发和海防建设的快速发展，船舶电能需求大幅增加，并对船舶动力的机动性、安静性和燃油经济性等性能要求显著提高。英、美等海军强国自上世纪 80 年代开始进行相关研究，美军于 2001 年完成全尺寸综电系统陆上演示验证实验，英法两国于 2003 年建立电力战舰技术演示试验场，与 45 型驱逐舰的研制紧密结合。2009 年 7 月，英国 45 型驱逐舰成为世界上首艘采用综电系统的服役主战舰。2013 年 10 月，美国 DDG 1000 驱逐舰下水。这些舰艇表明美英等国已在主战舰船上实现了中压交流综合电力系统的工程应用，同时美海军已经明确在其下一代战略与攻击型核潜艇应用综合电力系统。以中压交流和低压交流两种电制形式为主的综电系统近年来同样在民船中得到应用，如美国‘亚特兰蒂斯’号科考船、‘海洋绿洲’号邮轮、荷兰‘蓝色马林鱼’号半潜船等。

图 2：美军 DDG-1000 驱逐舰



数据来源：凤凰网，东方证券研究所

图 3：英国伊丽莎白女王级航母



数据来源：搜狐网，东方证券研究所

目前综合电力系统分为第一代-中压交流电制和第二代-中压直流电制。世界各国目前广泛开展工程应用的舰船综合电力系统可以看作第一代综合电力系统技术：以中压交流制为主，无储能分系统，存在设备体积和重量偏大、系统效率偏低、供电连续性不高等缺点；第二代综合电力系统采用中压直流电制，具备储能分系统和智能化能量管理系统。中压直流技术消除了原动机转速和母线频率间的相互影响，无需使用增减速齿轮和大容量变压器，突破了系统频率的限制，提高了系统的效率和功率密度，降低了设备的噪声振动水平，并大幅减小了设备体积和重量。第二代综电系统使舰船的机动性和可靠性提升明显，并且使高功率密度的武器和装备上舰成为可能。

1.2 综电系统是电磁弹射上舰的必要条件

舰载机弹射装置可大幅增加航母作战效能，未来电磁弹射将逐步取代蒸汽弹射。舰载机弹射器是将飞机在短距离内推进至起飞速度的装备。相比于滑跃起飞方式，装配弹射装置的航母可以实现：（1）全天候起飞作战能力，不受恶劣天气限制；（2）减少滑跑距离，实现重型机舰上起飞；（3）增加起飞重量，配备更多弹药和燃油；（4）提高起飞频率，增加作战效能。对一艘航母而言，舰载机弹射器的选择至关重要。相比传统的蒸汽弹射器，电磁弹射器不仅对飞机发射过程全程可控，而且可节约 30% 的人力资本，重量降低 50%，容积减少 65%，弹射效率提高 5 倍，系统的启动时间也从几小时缩短到 15 分钟。此外，蒸汽弹射无法控制推力大小的波动，最大推力可能超出飞机起飞需求的两倍，对机体结构造成额外的伤害甚至破坏。而电磁弹射可以通过控制输入电压和频率实现弹射过程的精确控制，不仅弹射更为平稳也更容易适配不同类型飞行器不同工况的起飞需求。

表 2：电磁弹射与蒸汽弹射对比

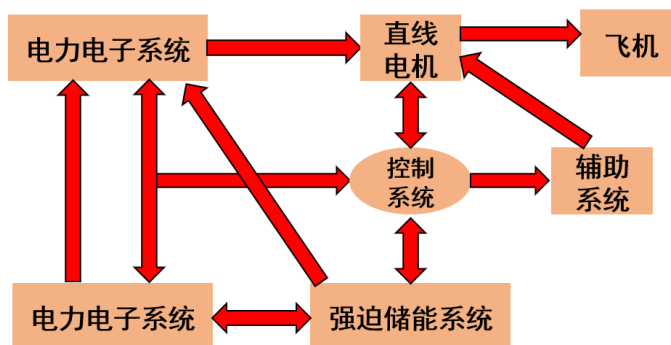
	电磁弹射	蒸汽弹射
体积结构	构成组件少，布局更加灵活	体积大、重量重
磨损折旧	弹射过程不仅加速均匀且力量可控	金属密封条磨损严重；突发爆炸性的冲击降低飞机和部件的结构寿命
运行维护	更简单的结构减少了维护人员的数量和工作强度	费用相对较高
能源消耗	依靠电磁力弹射，需要强大的发电和储能系统	消耗大量淡水
输出功率	“福特”号航母日出动舰载机可达到 270-310 架次，相比尼米兹级提高了 25%	尼米兹航母蒸汽弹射效率 5%
弹射重量	四十吨的重型舰载机、预警机、几吨的无人机都可弹射	较轻的无人机无法弹射
技术稳定性	技术密集度高，可靠性较低	技术成熟，故障率极低

数据来源：《科技日报》，东方证券研究所

一套舰载机电磁弹射系统主要包括直线电机、弹射轨道、电力电子系统、储能装置和弹射控制系统。储能系统在特定的时间周期内从航空母舰的配电系统获得电能，并将储存的能量在 2~3 秒的弹射期内以脉冲形式转换为电能，实现零存整取。电力电子系统控制储能系统脉冲放电，调节直线电机动子速度，使飞机达到起飞速度，控制系统保证弹射过程按规定的参数完成弹射。

综合电力系统是电磁弹射列装航母的必要条件。综电系统是将电磁弹射应用到常规动力航母上的关键，电磁弹射系统弹射飞机时，峰值功率超过 10 万千瓦，常规动力航母通过舰上发电机直接供电是不现实的，因此需要强大的综合电力系统作为保障。电磁弹射系统必须以综合电力系统为基础，通过储能分系统和能量管理分系统实现能量的零存整取，从而实现电能的瞬时大功率输出。

图 4：电磁弹射系统组成



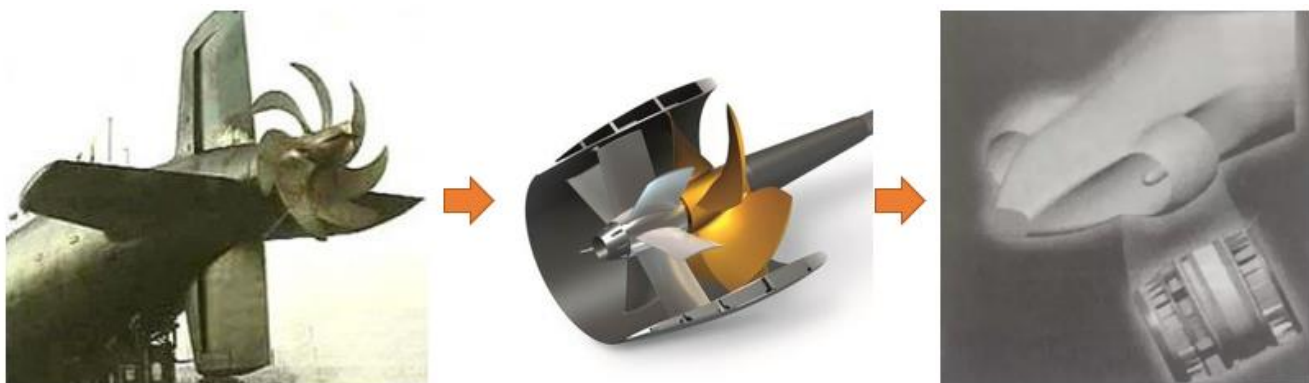
数据来源：东方证券研究所

1.3 泵喷推进技术可显著提升潜艇隐蔽性等综合性能

泵喷推进技术能有效提升潜艇隐蔽性，是目前实装的最先进的潜艇推进装置。潜艇作为海军作战力量的重要组成部分，凭借优良的隐蔽性在海洋战场上发挥着越来越重要的作用。在核反击力量中，弹道导弹核潜艇极具威慑力也最为致命，要让核潜艇最大程度地发挥出其核威慑力，高隐蔽、高机动、长续航能力至关重要。螺旋桨作为潜艇的推进装置和最主要的噪音源，要确保高航速的同时降低噪音，需要满足少空泡、低转速、高推力三大技术要求。因此潜艇推进装置也从传统螺旋桨，逐步发展到有轴泵喷，到无轴泵喷，甚至磁流体推进装置。泵喷技术由于桨叶外缘与电机转子连接，将桨叶的高压和低压区隔离，不易形成涡流和空泡现象，能够有效提升推进效能和降低振动噪声。

无轴泵喷有望成为泵喷技术未来发展方向。采用无轴泵推技术后，直接去掉了推进轴，由发电机发电直接驱动无轴泵推器内部的电动机旋转，可以节省大量艇体空间同时有效降低艇上机械噪音。无轴泵推装置的结构特点是每一片桨叶都具有自己的推动部件，而装置的外壳就相对一个电机的定子、桨片则相当于电机的转子，这样只需要提供电力就能够使得桨叶转动起来，进而产生推进力。由于减少了中间的传动环节，不仅简化了驱动机构组成，而且更重要的是减少了一个机械噪音源，对于提升潜艇静音性能有极大帮助。该技术的关键就是电机，一定程度上依赖综合电力控制技术对艇上的电能进行更精确、更有效率的分配，从而确保无轴泵喷推进装置的高效运作。

图 1：从七叶大侧旋螺旋桨到有轴泵喷到无轴泵喷潜艇推进装置



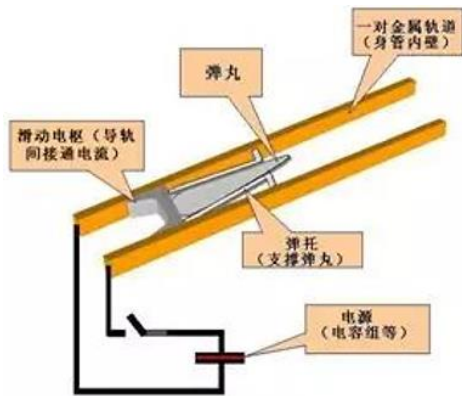
数据来源：观察网，东方证券研究所

1.4 综电系统及电磁发射技术具备广阔应用空间

电磁轨道炮能够大幅突破传统舰炮的炮口初速，是提升现代海军作战能力的重要手段。冷战后，美国海军提出了“由海向陆”战略，对陆火力支援能力需要大幅提高，电磁轨道炮的全新发射机理使其能有效突破传统舰炮的炮口初速，从而能够显著增大射程，成为满足美国海军作战需求的有效解决方案。美海军对电磁轨道炮的性能要求主要包括：早期炮口动能 20~32 兆焦，后期达到 64 兆焦，炮口初速大于 2500 米/秒，射程 200~370 千米，射速 6~10 发/分，导轨寿命 1000 发。而一般舰炮速度只有 1 公里/秒，因此其拦截和攻击能力要大大优于现有的舰载导弹和火炮。

与电磁弹射类似，电能武器依靠电磁场产生的安培力获得动力，归属电磁发射技术大类。电磁轨道炮由两条平行轨道和沿轨道滑动的电枢构成，两条轨道与电源相连，电枢位于两根轨道之间，传导电流并推动炮弹运动。当大功率脉冲电源快速放电时，瞬间强电流从一根导轨流入，经电枢后从另一根导轨流出，同时在两根导轨间形成强磁场，磁场与流经电枢的电流相互作用，产生强大的洛伦兹力，推动电枢和弹丸运动。电磁轨道炮同样以舰船上储存的电能为动力来源，利用电磁力沿导轨将弹头加速发射出去，基本原理与电磁弹射一致，但使用的是直流电。除此电磁炮外，以船舶综合电力系统为核心的高能装备还包括电磁阻拦、激光炮、粒子束武器、微波武器等。

图 5：电磁轨道炮组成示意图



数据来源：观察网，东方证券研究所

表 3：电磁发射技术分类

电磁发射技术	技术原理	应用
电磁轨道发射技术	采用电磁轨道炮作为弹射器本体	电磁轨道炮
电磁线圈发射技术	用序列脉冲或交变电流产生变化的磁场驱动带有线圈的弹丸或磁性材料弹丸的发射技术	电磁迫击炮、弹射系统、导弹助推器
直线电机弹射技术	以直线电机作为核心部分，采用注入电流励磁直线感应电机，绕组能够加载大电流，产生推力	电磁弹射器、磁悬浮列车
电磁装甲技术	利用电能干扰和破坏来袭射弹，来减轻和消除对主装甲的破坏，从而提高装甲防护能力的附加装甲	电磁装甲

数据来源：《科技日报》，东方证券研究所

二、综电系统是中国与美国并驾齐驱的重大技术领域

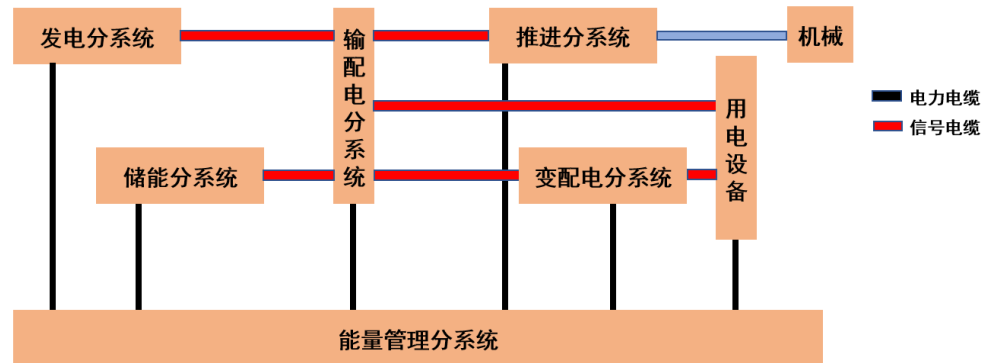
2.1 美国最早将综电系统及相关技术实用化，但尚未全面普及

2.1.1 美国综电系统电制由交流电制向直流电制方向发展

美国海军于 1986 提出“海上革命”的研究与发展计划，时任美国海军作战部长特罗斯特指出：“电力推进将是下一代水面舰队主力战舰的推进方式，是‘海上革命’的基础”。1994 年提出综合电力系统（Integrated Electric Power System）的构想，1995 年与洛马签署合同，并且重点投资永磁电机、电力电子逆变器和区域配电系统等。采用“批量定做”技术根据不同舰型需求进行发电、推进电机、配电、电力变换系统的模块化配置。2001 年美国完成全尺寸综电系统陆上演示验证实

验，整体研制按三步走的方针发展：1) 建造电力推进总功率为 2~15MW 的军辅船和水面舰艇；2) 建造总功率为 20~80MW 的主要水面战舰；3) 建造总功率在 80MW 以上的大型舰艇和核潜艇。

图 6：舰船综合电力系统组成



数据来源：《中国舰船研究》，东方证券研究所

2002 年美国海军进一步提出了“电力海上力量之路”计划，通过使用更先进的电力设备来确保高能武器装备上舰，为舰外无人装备提供电力支持，从而形成电力海上力量。第一步：首先将在综合全电推进的基础上，使用更先进的原动机、电制、储能设备来实现“电力舰艇”；第二步：在“电力舰艇”的基础上实现“电力战舰”，“电力战舰”是应用高能武器和先进探测设备的作战舰艇。第三步：“电力战舰”通过先进的方式为舰外无人装备，如无人潜航器、无人机以及岸基装备等提供电力支持，形成电力海上力量。

表 4：美国主要在役/在建电力推进舰艇统计

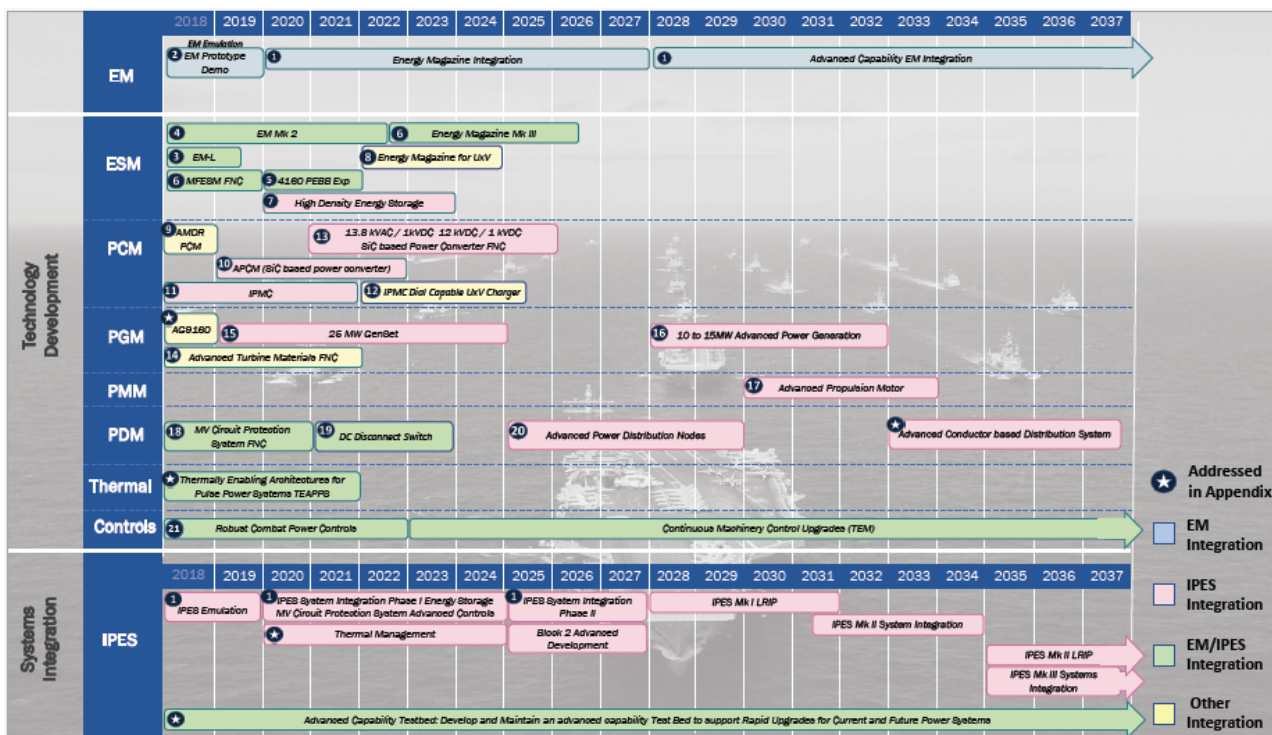
舰型	舰名/级别	服役时间	满载排水量	航速	电力推进方式	主要推进和动力设备
干货/弹药舰	“刘易斯-克拉克”级	首舰:2006 年	42674t	20kn	综合电力推进	4 台 FM/MAN B&W 9L 型和 8L 48/60 型柴油机 35.7 MW 2 台阿尔斯通电动机 单轴 定距桨 首侧推
驱逐舰	“朱姆沃尔特”级	首舰:2015 年	15494t	30kn	综合电力推进	2 台燃气轮机主发电机;2 台燃气轮机辅助发电机 2 台推进电动机 78.5MW 双轴
船坞登陆舰	“马金岛”号	2009 年	42330t	22kn	燃电推进	2 台 GE LM 2500+燃气轮机 52.2MW 2 台阿尔斯通变速电动机 7.5MW
两栖攻击舰	“美国”号	2014 年	45570t	22kn	混合电力推进	2 台 GE LM 2500+燃气轮机 52.2MW 2 台辅助推进电动机 7.46MW 双轴
导航试验支援舰	"Waters"号	1993 年	12404t	12kn	柴电推进	5 台 GE EMD 型柴油机 5.45MW 2 台 Westinghouse 电动机 15.07MW 双轴 4 个侧推
海洋监听船	“胜利”级	首舰:1991 年	3450t	16kn	柴电推进	4 台卡特彼勒 3512 TA 型柴油机 4MW 2 台 GE 电动机 2.39MW 双轴 2 个首侧推 1.79MW

电缆修理船	"Zeus"级	1984年	15174t	8kn	柴电推进	5台 GE EMD 20-645F78 型柴油发电机 14.32MW 2台电动机 7.51MW 双轴 首侧推
-------	---------	-------	--------	-----	------	--

数据来源：《船舶与配套》，东方证券研究所

目前美国正处于由第一代电力系统（IPS）向第二代（NGIPS）升级的过程中，未来舰船综合电力系统采用直流电制是发展的大趋势。虽然美国最早在其主战舰艇上应用综合电力系统，但由于设计时间均在 20 世纪 80~90 年代，因此其电制均采用研制难度不大的交流低频电制。由于未来舰艇高能武器的装配应用，用电量急剧增高，交流电制因变换损失大、传输效率低、供电连续性不高、设备体积和重量偏大等缺点，已不能满足要求。因此美国海军在规划舰艇综合电力系统电制的发展中，提出将由目前的低频交流电制逐渐过渡到直流电制。根据美国最新的《海军电力与能源系统技术路线图》规划，美国将分两期推进其新一代综合电力系统的研制计划，路线图包括三阶段过渡的发电构架（中压交流→高频交流→中压直流）和一个区域配电系统（ZEDS）构架。目前新一代电力系统已经完成系统模拟，第一期将在 2020~2024 年期间执行，第二期将在 2025~2027 年期间执行，并从 2028 年开始投入小批量试生产。从该规划判断，仅中压直流电制系统的工程进度而言，美国可能已经落后于我国。

图 7：2019 美国《海军电力与能源系统技术路线图》



数据来源：2019 美国《海军电力与能源系统技术路线图》，东方证券研究所

2.1.2 美军电磁弹射 2017 年首次服役，在新航母中全面取代蒸汽弹射

美国是航母弹射的先驱，历史上一共装备使用了 7 大类共计 37 型弹射器。从最初的飞轮式弹射器开始，美国海军航母的弹射器发展了压缩空气弹射器、液压弹射器、火药弹射器、蒸汽弹射器、燃

气弹射器、喷气弹射器、蒸汽弹射器以及电磁弹射器。根据《舰载武器》，二战前夕美国约 60% 的主力航母安装了弹射器，在太平洋海战中保持了持续而强大的空中力量。

现役美国航母中包含 10 艘尼米兹级核动力航空母舰，和 1 艘福特级核动力航空母舰，弹射技术仍以蒸汽为主。美国航母现役主力蒸汽弹射器 C-13-1 由两个直径 457.2mm、长度 101.68m 的气缸组成，弹射动能可达 90 兆焦，企业号、尼米兹号等航母都有搭载。蒸汽弹射器虽然弹射能力强，但也有明显缺点：极为笨重、维护人数多，而且弹射一次消耗主动力的蒸汽多，连续弹射会使主动力迅速下降并影响航母的航行速度，同时巨大的储气缸蓄压越来越高，容积也越来越大，如果被敌人攻击时有破片击伤储气罐不仅会带来大爆炸，而且泄露的高温蒸汽会瞬间烧伤操作人员。在电磁弹射高速发展的今天，蒸汽弹射将逐渐退出历史舞台。

表 5：美国现役航母及配套弹射系统一览

编号	舰名命名	级别	满载排水量 (t)	服役年份	弹射器型号	数量
CVN-68	尼米兹号航空母舰	尼米兹级	91487	1975	C-13-1	4
CVN-69	德怀特·D·艾森豪威尔号航空母舰	尼米兹级	91487	1977	C-13-1	4
CVN-70	卡尔·文森号航空母舰	尼米兹级	91487	1981	C-13-1	4
CVN-71	西奥多·罗斯福号航空母舰	尼米兹级	97000	1986	C-13-1	4
CVN-72	亚伯拉罕·林肯号航空母舰	尼米兹级	102000	1989	C-13-2	4
CVN-73	乔治·华盛顿号航空母舰	尼米兹级	104000	1992	C-13-2	4
CVN-74	约翰·C·斯坦尼斯号航空母舰	尼米兹级	102000	1995	C-13-1	4
CVN-75	哈里·S·杜鲁门号航空母舰	尼米兹级	97000	1998	C-13-2	4
CVN-76	罗纳德里根号航空母舰	尼米兹级	101200	2003	C-13-2	4
CVN-77	乔治·H·W·布什号航空母舰	尼米兹级	104200	2009	C-13-2	4
CVNX-78	杰拉尔德·R·福特号航空母舰	福特级	112000	2017	EMALS	4

数据来源：舰载武器、军事文摘等，东方证券研究所

美国电磁弹射系统近 30 年高速发展，未来有望逐步替代蒸汽弹射。早在 1945 年，美国海军就和西屋公司在夏威夷机场上一同建造了一台电磁弹射器，它可以在 178m 的距离上把 4t 的飞机加速到 180km/h。但这个能力较之当时主流的液压弹射器还有很大的距离，并且制造时需要消耗大量的铜，使用时也需要非常强大的电能供应，因此实用价值不高。50 年后基础技术取得飞跃式进步，电磁弹射正式从概念走向实用。

- 美国海军在 1992 年和卡曼电磁系统公司签订风险承包合同，要求其为一代航母 CVN-21 研制全新的飞机电磁弹射系统。
- 在卡曼公司结束先期前瞻性研究合同后，1999 年诺思罗普·格鲁曼公司和通用电气公司展开验证原型机的建造。
- 2003 年，诺格公司先期展示了一台长 50 米的 1:4 缩比样机作为验证机，工程样机在 2012 年建造出来。

- 2008年9月，完成电磁弹射系统第一阶段的实验，通过1万次重复实验验证了弹射系统电力、热力设备的性能及储能系统的充放电频率。
- 2009年，电磁弹射系统完成了海上真实环境、电力热动力满功率系列实验。
- 2009年6月，美国正式决定在“福特”级航母上安装电磁弹射系统，并授予通用原子公司研制合同。合同规定，该公司于2015年7月交付相关硬件，首艘“福特”级航母预计于2017年交付美国海军。
- 2010年12月18日，美国海军成功使用电磁弹射系统弹射F/A-18E“超级大黄蜂”战斗攻击机，此后又对T-45C舰载教练机、E-2D舰载预警机、EA-18G等所有型号现役战机进行了电磁弹射实验，均获得成功。
- 2016年，通用原子公司获得为美海军建造的第二艘“福特”级航母提供电磁弹射系统的合同，该航母预计于2022年交付海军。

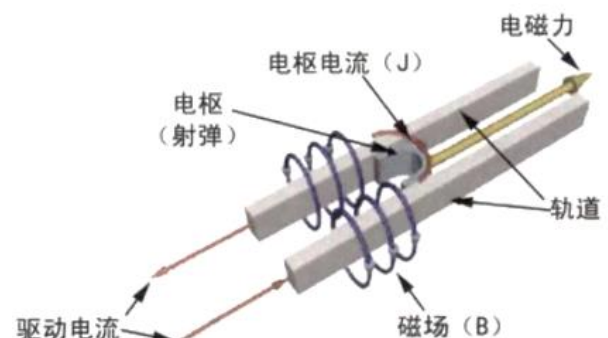
美国“福特”级航母首次配套电磁弹射系统，虽然装备初期故障率较高但不改全面取代蒸汽弹射的技术更迭大趋势。“福特”级航母共有4个弹射器，两具位于舰艏，另外两具位于斜角甲板，每个弹射器由2套供电系统和1套电磁弹射轨道组成。然而，自2017年7月22日服役以来，福特号正常工作一天的概率只有70%，连续正常工作四天的概率只有9%。据美军统计，平均弹射400次就会出现重大的故障，原设计的要求是4100次。由于电磁弹射的故障，该系统成本已超出9亿美元。与此同时，与“福特”级航母核动力系统配套的发电机系统也存在重大缺陷，在2016年船坞阶段就发生过两台涡轮发电机的爆炸事件。尽管新弹射系统的实战应用并不顺利，但其先进性和战术价值是毋庸置疑的，因此第二艘“福特”级依然选择采购通用原子公司的电磁弹射系统，预计未来将全面超越并取代蒸汽弹射。

图 8：美国通用原子公司电磁弹射器构成



数据来源：美军航母电磁弹射器发展现状，东方证券研究所

图 9：电磁弹射器原理及结构与电磁轨道炮基本相同



数据来源：美军航母电磁弹射器发展现状，东方证券研究所

2.1.3 美海军明确在下一代战略与攻击型核潜艇应用综合电力系统

美海军已经明确在其下一代战略与攻击型核潜艇应用综合电力系统。2016 年美国海军 DDG1000 驱逐舰的服役，拉开了综合电力系统应用于美海军作战舰艇的序幕。当前，综合电力系统已在水面舰艇装备应用，而在潜艇上仍处于试验测试阶段。

- 20 世纪 50~60 年代美国运用 2 艘核潜艇（“白鱼”号和“格莱纳德·利普斯科姆”号）验证了电力推进在潜艇上应用的相关技术；
- 20 世纪 80 年代后，美国提出要在未来攻击型核潜艇上采用综合电力系统；
- 2004 年美海军提出了针对新一代“弗吉尼亚”级核潜艇的 Tango Bravo 计划，其实质是在未来核潜艇上采用全电力推进；
- 2013 年美海军全电船项目计划办公室（PMS 320）提出海军动力系统发展路线图，提出包括下一代战略核潜艇在内的未来综合全电力推进舰艇计划；
- 2015 年，美国海军完成了潜艇综合电力系统兼容性测试相关设施的配置工作，用于潜艇综合电力系统兼容性检测；
- 2016 年，美海军提出安静型推进系统项目，计划在“俄亥俄”级替代艇（“哥伦比亚”级）及新一代攻击型核潜艇上采用综合电力推进系统，全面消除当前存在的潜艇相关齿轮传动系统噪声，而相关技术的测试工作将在第 5 批之后的“弗吉尼亚”级潜艇上进行。

哥伦比亚级战略核潜艇是美国的第五代弹道导弹核潜艇，革命性地引入了综合电力推进系统。哥伦比亚级战略核潜艇将是美国海军有史以来建造的最大潜艇，用于替代俄亥俄级战略核潜艇。长 171 米，宽 13 米，潜航排水量 20810 吨。12 艘该型潜艇预计采办成本为 960 亿美元，包括研发经费在内的项目总成本约 1250 亿美元。于 2017 年 1 月正式批准建造，计划建造 12 艘，首艇计划于 2021 年开工，2030 年建造完毕，2031 年服役，2042 年全部建造完成，每艇拟服役约 50 年。核潜艇隐蔽性是潜艇各项作战性能的基础，执行核威慑与核打击任务的战略导弹核潜艇，对隐蔽性的要求更高。为此，哥伦比亚级战略核潜艇在静音隐身方面做了很大的改进，其中一个革命性设计就是引入了涡轮综合电力推进系统，利用涡轮发电机将机械能转换为电能驱动潜艇的螺旋桨，省去了齿轮箱、推进轴等部件，消减了潜艇的一大噪声源。

图 10：美哥伦比亚级战略核潜艇航行想象图



数据来源：《兵器大观》，东方证券研究所

有轴泵喷推进是目前美军潜艇的主流，无轴泵喷推进装置尚未实装。上世纪 80 年代，英国在“特拉法尔加”级攻击型核潜艇上率先装备了一种新型的泵喷推进器，随后美国在“海浪”级、“弗吉

尼亚”级核潜艇上，纷纷采用泵喷推进器取代已被广泛应用的七叶大侧斜螺旋桨。以“海狼”级为例，该艇水下最高航速 30 节以上，水下 30 米时的低噪声航速大于 20 节，辐射噪声接近于海洋环境噪声，被美国官方称为当今世界上最安静、最快的潜艇。但是目前公开资料披露的美军潜艇泵喷推进器均为有轴泵喷，无轴泵喷目前尚无证据表明已经实用化。

2.2 不走弯路，国内综电系统及电磁能技术后来者居上

2.2.1 “中国电磁弹射之父”——马伟明院士

“中国电磁弹射之父”——马伟明院士。马伟明 34 岁破格晋升教授，38 岁成为博士生导师，41 岁当选最年轻的中国工程院院士，42 岁晋升海军少将军衔。马伟明长期致力于电气领域研究，瞄准国际科技发展前沿和武器装备发展需求，带领科研创新团队在“舰船能源与动力”、“电磁发射技术”和“新能源接入技术”等领域开展了一系列应用基础理论研究、关键技术攻关和重大装备研制，取得了一批具有革命性意义的原创性成果，引领了舰船综合电力和电磁发射两大颠覆性技术的发展。马伟明领衔团队获国家科技进步奖创新团队奖 1 项，国家科技进步一等奖 3 项、二等奖 2 项，国家技术发明三等奖 2 项，军队科技进步一等奖 17 项、二等奖 9 项。马伟明院士作为心系强军、锐意创新的科研先锋，2017 年获军队最高荣誉——“八一勋章”。

表 6：马伟明主要科技成果

成果	简介
电磁弹射	2008 年研制成功小型样机，做出了 1:1 单元设备样机，突破了全部关键技术，实现了与世界最先进技术的同步发展。
AIP 供电技术	成功研制出带整流负载的多相同步电机稳定装置，发明了带稳定绕组的多相整流发电机，从根本上解决了“固有振荡”难题，此项发明荣获国家科技进步一等奖。
全电推进	用不到 4 年时间完成了最关键的电力推进系统的理论分析、样机制造、系统集成以及功能试验考核，全面突破了新型感应推进电机和新型变频器的核心技术。这关键的一小步，使我国全电化舰船技术整整向前跨越了一大步，一举赶上世界发达国家的研制水平。
风电电机	成功研制出大功率风力发电变频器，其性能指标均优于国外同类产品。消息一经公布，立即在世界上引起强烈反应，一台风力发电变频器对中国的销售价格，从 230 万元一路跌至 90 余万元。这项技术对于我国新能源的开发利用具有划时代意义。

数据来源：央视网、新华网等，东方证券研究所

表 7：马伟明所获主要荣誉

时间	奖项
1996 年	入选首批国家“百千万人才工程”第一、二层次，获“中青年有突出贡献专家”称号和第五届中国青年科技奖
1999 年	第二届求是杰出青年实用工程奖、国家“十大杰出专业技术人员”荣誉称号，获何梁何利科学技术奖
2000 年	国家科技进步一等奖（第一名），第五届“中国青年科学家奖”
2010 年	十佳全国优秀科技工作者
2011 年	为表彰他在科技创新领域的突出贡献，胡锦涛主席签署通令，为他记一等功
2015 年	获 2015 年度何梁何利基金最高级别奖项——“科学与技术成就奖”
2017 年	评为 2016 年度最具影响力的十大“科技创新人物”；习近平主席签署命令：授予马伟明同志“八一勋章”
2019 年	授予“最美奋斗者”荣誉称号

数据来源：央视网、新华网等，东方证券研究所

马伟明解决中压直流重大核心技术难题，使我国全电化舰船技术一举达到世界领先水平。20 世纪 90 年代初，马伟明带领课题组成功研制出带整流负载的多相同步电机稳定装置，发明了带稳定绕组的多相整流发电机，从根本上解决了“固有振荡”这道世界性难题。随后马伟明带领团队马不停蹄，再接再厉，先后研制出世界首台交直流双绕组发电机系统和高速感应发电机系统。国外的舰船综合电力系统的技术路线是中压交流。经过反复研判，马伟明提出了中压直流技术路线，并且用 10 年时间把这一世界公认的重大核心技术难题成功解决了。世界同行这才明确宣布转向搞中压直流系统。此时，马伟明已经在这个方向取得了一系列突破性成果，实现了我国舰船动力的跨越发展，使我国全电化舰船技术一举达到世界领先水平。

攻克超静音发动机、AIP 供电技术和泵喷推进器，实现我国潜艇真正拥有“中国心”。过去，人民海军的潜艇电机设备大多靠进口，严重制约战斗力生成。由于潜艇空间狭小、承载重量受限，为它

提供体积小、重量轻、容量大、效率高的交直流电源，国际上一直没有理想的解决方法。上世纪 90 年代，马伟明率先提出用一台电机同时发出交流、直流两种电的设想，通过充分论证创造性地设计出电力集成的技术方案。经过 8 年刻苦攻关，研制出世界上首套交直流双绕组发电机系统，并正式装备部队。随后，马伟明带领团队马不停蹄，再接再厉，集中力量向新一代集成化发电系统的研制发起全面冲击。多项关键技术被突破，某兆瓦级高速感应发电机系统也很快研制成功。在 2017 年央视焦点访谈中，马伟明展示了用于下一代核潜艇的泵喷推进器。同年，央视《深度国际》披露“中国海军已接收一艘新型潜艇，采用无轴泵推技术”。

图 11：马伟明团队电磁发射系统



数据来源：观察网，东方证券研究所

图 12：中国新型核潜艇采用了无轴泵推系统



数据来源：CCTV4-《深度国际》，东方证券研究所

2.2.2 国内综合电力及电磁技术取得全面突破，创新成果进入“井喷期”

中压直流综合电力系统的研究开发，为我国舰船的发展奠定了较高的起点。我国舰船原动机性能落后国外，尤其是大档燃气轮机可选机型少、调速性能落后于国外。如果跟踪模仿发达国家中压交流综合电力技术路线，将使得不同类型原动机带动的发电机组因功率等级和调速性能差异大而难以并联稳定运行，一定程度上制约了我国综合电力系统的发展。为此，海军工程大学舰船综合电力技术重点实验室于 2003 年在世界上首先提出中压直流综合电力技术路线，采用二代综合电力系统的网络结构，为一代综合电力系统分系统设备供电，构成一代半舰船综合电力系统。马伟明院士曾表示：我国舰船全电力推进研究已经处于世界先进水平，领先美国一代。国产综合电力系统采用的中压直流体制，相比于西方国家目前采用的中压交流体制，具有系统功率较大，发电机并联简单、系统压降较低的优点。

图 13：中压直流综合电力系统国内外发展情况对比



数据来源：央视《科技盛典》纪录片，东方证券研究所

国产新型水面舰艇采用综合电力系统是大势所趋。国内海军工程大学、704、712 所均开展了综合电力系统研制工作。2013 年 7 月，中国实现了船舶电力推进核心设备自主研制“零突破”——中国船舶重工集团公司第 712 研究所（同湘电股份签有战略合作协议）宣布，中国首套具有自主知识产权的中压 3 兆瓦电力推进系统及核心设备(中压推进变频器、推进电机等)研制成功，通过中国船级社认证。该系统的主要技术指标已达到国际先进水平，标志着中国已经具备了设计、制造船舶大容量中压电力推进系统的能力，成为了世界上几个掌握此项技术的国家之一。2013 年 8 月，中国单轴推进功率 20 兆瓦以下船舶电力推进系统实现了全部国产化。这些系统现已在国产军辅船、海警船、半潜船等舰艇得到运用，另外国产出口型护卫舰也可以选装国产综合电力系统。但考虑到进度、成本等方面因素，国产新一代水面舰艇例如 052C/052D、055 驱逐舰第一批等均没有选择国产综合电力系统。外界普遍推测，海军可能会在第二批 055 型驱逐舰、新一代通用驱逐舰、新一代护卫舰选择国产综合电力系统，甚至未来国产航母也有可能采用综合电力系统，以提高这些舰艇作战能力。

我国新一代的中压直流综电系统不仅适合于大型舰船，而且可覆盖 3000 吨级以下的全系列舰船。现代军事行动强调体系化作战，轻型舰艇作为侦查救援的快速机动单位，是航母/大驱逐舰的延伸。而雷达、通讯、声呐等设备是构建体系化战斗群的必要保证，这些电子设备性能越高种类越复杂，对发电和配电的要求就越高。目前广泛工程应用的舰船综合电力系统主要适合于吨位较大的舰船，在轻型护卫舰、导弹艇、登陆艇等小吨位平台上应用较少。我国综电系统的研究基础相对薄弱，但是近 10 年内，由马伟明领导建设的海洋工程大学舰船综合电力技术重点实验室开展综合电力关键技术攻关，完成了我国一代半舰船中压直流综合电力技术关键技术验证试验，为电力系统的工程化应用提供了技术支撑。因此新一代的中压直流综电系统在轻型舰船方面具有非常广阔的应用前景。

国内针对综合电力系统在电磁弹射方向的应用已铺设陆地训练线，对培训飞行员和优化弹射器布局至关重要。中国在电磁弹射技术领域里一直处于理论研究和同步试验研究验证的小规模发展阶段，2015 年港媒曾曝光葫芦岛疑似陆地电磁弹射陆地训练线的卫星图。据报道，葫芦岛兴城的中国海军舰载机训练基地已建设了 2 条陆地训练用弹射器，同时进行蒸汽线和电弹线的测试，其中电磁弹射的试验装置长 120~150m，电磁轨道长约 80m。目前，建军 90 周年装备展览上已经出现

国产电磁弹射航母模型，甲板上有产舰载国预警机，舰载歼-20 以及舰载无人机。新加坡《联合早报》称中国第三艘航母（即第二艘国产航母）已经开工建造并装备电磁弹射和先进电磁拦阻装备。

图 14：港媒：葫芦岛电磁弹射陆地训练线



数据来源：联合早报，东方证券研究所

图 15：综合电力系统主要解决高能武器上舰问题



数据来源：《焦点访谈》，东方证券研究所

舰船综合电力推进系统是高能武器上舰的必由之路。舰载高能武器及装备呈现高功率电力需求大的特点。高功率微波武器大约需要电力 5MW，电磁弹射器平均需要电力 10MW。高能武器上舰将极大地改变平台的能量供需结构，舰船的平台设计应首先考虑武器系统的需求来统筹全舰的能源系统。虽然中国在该领域起步比美国晚，但已经抢在美国之前将这种划时代武器上舰测试。2018 年年初，一组搭载神秘炮塔的中国坦克登陆舰照片在互联网迅速流传。美媒认为，出现在登陆舰上的这种特殊武器是全球首款上舰测试的电磁轨道炮。台湾媒体猜测，电磁轨道炮可能会安装在 055 型驱逐舰的后续型号上，射程超过 200 公里。

表 8：中国综电、电弹、电能武器新闻曝光表

分类	事件	日期
舰船综合电力系统	中国航天科技集团公司九院全光纤直流电流测量装置产品顺利通过海军舰船综合电力系统直流断路器系统联调	2014.02.28
	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	2014.11.13
	2017 年 6 月 28 日上午，我国首艘 055 型万吨级驱逐舰在上海下水，采用第一代半混合综合电力系统	2017.06.28
	“万吨大驱”采用了国内首次，世界空白的某推进技术，标志着我国水面舰艇的推进技术达到了世界先进水平。052 型驱逐舰自持力只有 15~20 天，而 055 驱逐舰可在远海独立行动 1 个多月	2020.01.21
	中船重工 704 所成功完成舰艇中压直流综合电力推进系统实船短路及保护性试验取得圆满成功	2020.01.30
电磁弹射	开展航母电磁弹射研究陆上实验，电磁弹射的试验装置长 120 到 150 米，电磁轨道长 80 米左右	2015.10.31
	央视科技频道首曝我国自行研制的电磁拦阻装置与电磁弹射器，已经进入工程化样机阶段，并经过地无数次试验，已达装舰水平	2017.09.04
电能武器	这项技术的目的是在发射火箭弹时增加电磁推动力。火箭弹通常比导弹更便宜，更适合用于大规模发射	2018.08.29
	媒体猜测，电磁轨道炮可能会安装在 055 型驱逐舰的后续型号上，射程超过 200 公里	2018.12.28
	在某方推出的 32 兆焦电磁炮实际上舰，并且迅速完成实弹打靶精确命中	2019.06.10

	尽管工程师和专家取得了一些成就，但目前在电磁炮研究领域没有无可争议的领先者。至少从中期看，电磁炮不会成为超级武器。	2019.07.07
--	---	------------

数据来源：央视网、搜狐网等，东方证券研究所

我国潜艇已实现了电力推进，新型核潜艇采用了无轴泵推技术。我国目前在潜艇上采用由中高速柴油机拖动的 12 相交流整流型充电发电机给直流推进电动机供电，已实现了电力推进。2017 年央视《深度国际》栏目称：中国海军已经接收了一艘新型核潜艇，该型核潜艇的研制工作历时 5 年，采用了无轴泵推技术，用综合电力系统推进，该型核潜艇采用的无轴泵推尤其适合大洋高速航行作战。在该型潜艇以 6 节以上速度航行时，其速度越快降噪效果越明显，这一点对中国现在尤为重要，因为这将使美日反潜能力更难以发现。在作战效果上，一艘具有攻击性且作战能力强的核潜艇对维护海洋权益有着重要的作用，该型攻击核潜艇借助中国的最新技术，将使中国海军和美国和日本不再有技术代差。

三、技术成果转化，综电相关产品加速产业化进程

3.1 我国舰船综电系统和电磁装备市场空间巨大

香港战略学会主席梁国梁透露，中国计划 2049 年建国 100 年时完成 10 艘航母的建设，首轮建造目标为 6 艘。根据香港《明报》刊载的梁国梁文章称，中国发展航母在 2004 年 8 月时定案，称“048 工程”，研制之初确定的原则是两步三走：两步即先滑跃起飞后弹射起飞；三走指：第一步用 10 年时间建造 2 艘准大型航母；第二步再用 10 年时间建造 2 艘大型弹射航母；第三步视情况发展大型核动力航母。型号发展为进口续建的瓦良格号“辽宁”舰 001，自行建造的第一艘国产滑跃起飞型“山东”舰 002，两艘弹射常规平甲板航母 003/004，自行设计建造两艘核动力电磁弹射型 005/006，整个工程将于 2030 年初具规模，届时中国海军将获得 6 艘航空母舰。

国内未来航母规划将进一步发展动力推进技术，并搭载电磁弹射技术。军事专家尹卓在 2017 年表示我国的歼-15 战机已在陆上成功进行了成百上千次电磁弹射试验，在 003 航母上有大概率实装。虽然“辽宁”舰和“山东”舰采用滑跃式起飞方式，但马伟明院士在 2016 年曾公开透露说：“电磁弹射技术，将在十年内取代传统的化学能技术”，根据该时间节点推算，003 型航母可能直接采用电磁弹射技术。新华社微信公众号曾在 2018 年 11 月 25 号的推文中，首次透露了中国第三艘航母的研制状况“已经在船台上有序建造”，这是官方媒体第一次确认第三艘航母正在建造。

经测算，军用舰艇综合电力系统平均每年 64 亿元市场空间。美国海军 DDG1000 综合电力系统总成本为 1.83 亿美元，占舰艇总费用比重为大约为 4.3%。考虑到 DDG1000 堆砌造价高昂的众多新技术，且仅计划生产 3 艘，无法有效摊薄设计和制造成本。对标 DDG51 的机械动力系统平均成本 1.63 亿美元（占舰艇总费用比重为大约为 9.1%），综合电力系统造价增长 12%，因此假设标准状况下综合电力系统造价占比为 10%。对标美国“尼米兹”级航母作战群 230 亿美元造价，预计到 2030 年我国 4 艘弹射型航母及配套作战群将产生 644 亿元的综合电力系统市场空间。

表 9：美国海军水平舰艇动力系统造价及占比

舰艇类型	型号	动力类型	动力系统费用/亿美元	动力系统占比
驱逐舰	DDG51 IIA	燃气轮机	1.63	9.1%
	DDG1000	综合电力	1.83	4.3%
濒海战斗舰	LCS “自由”级	柴燃联合	0.84	18.5%

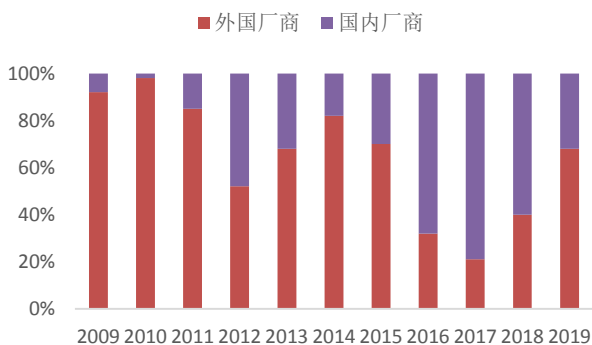
	LCS “独立” 级	柴燃联合	0.66	13.1%
--	------------	------	------	-------

数据来源：中国报告网，东方证券研究所

经测算，航母电磁弹射及阻拦装置年 18 亿元市场空间。据中国国防科技信息网报道，通用原子公司 4 部电磁弹射和阻拦装置的合同价为 6.76 亿美元，出售英国报价单套 6 亿美元（包括技术支持和后勤保障）。估算我国电磁弹射和阻拦装置的单套造价在 10 亿人民币左右，若 003 型航母提前装备电磁弹射装置，预计 2030 年前 4 艘弹射型航母每艘配备 2~4 条弹射线，同时投 2:1 配套地面训练线，总计需求 18 套电磁弹射，对应 180 亿人民币。

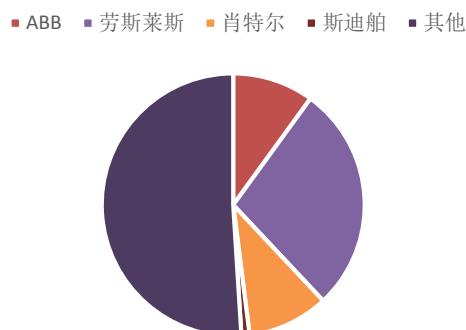
根据中国动力年报预测，全球船舶综合电力系统 2024 年市场空间有望达到 73 亿美元。根据中国动力 2019 年报预测，全球船用电力推进系统市场规模将由 2013 年 26 亿美元增加至 2024 年 73 亿美元，且民用市场占比会逐步增加。全球电力推进舰船中，海洋工程船占比约为三分之二。民船行业目前所大量采用的机械动力系统未来将逐渐被综合电力系统所取代。国内生产的电力推进船舶在发展初期（2008-2011 年）多采用 ABB、劳斯莱斯、肖特尔等国外厂商生产的吊舱电推系统，该时期国外厂商市占率达 85% 以上。随着我国相关领域研发水平的不断提高，国内电推系统制造商占据的市场份额越来越大，2018 年国外厂商生产的产品市占率已降至 40%，预计未来几年国产化率还会持续增长。从国内竞争格局来看，由于电力推进技术壁垒较高，市场呈现垄断局面，目前国内的电推制造企业主要有中国动力和湘电股份。

图 16：国内电推系统市场国内厂商份额提升



数据来源：中国产业信息网，东方证券研究所

图 17：2019 年全球电推系统市场份额



数据来源：中国产业信息网，东方证券研究所

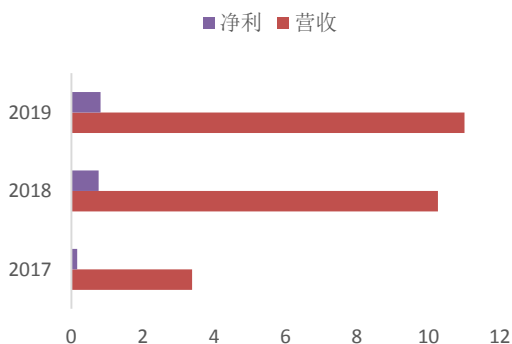
3.2 投资建议与投资标的

湘电股份有望成为舰船综合电力系统和电磁弹射系统产业化的核心受益标的。公司大股东湘电集团在“一五”期间被列入国家 156 项重点建设项目，承担了中国舰船电机、电控及大容量断路器成套设备制造的任务，确定了我国舰船推进电机成套设备研制生产线的雏形。2004 年湘电与马伟明院士所在的海军工程大学联合成立湘电电气工程公司，接纳海军工程大学高科技科研成果，将成果转化产品，产品发展成产业，致力于变频调速系统、电气成套设备、风力发电设备及特殊领域等产品的开发、研制、生产。2012 年湘电电气工程公司停止经营，相关业务转入湘电股份特种电气事业部。马伟明院士于 2007 年~2012 年期间担任湘电股份独立董事。公司先后荣获国家科技进步特等奖 5 项、一等奖 8 项、二等奖 13 项及部、省发明创新奖 50 余项。

- 2011 年，湘电集团在《践行“十力”文化 助推调结构转方式》报告中介绍了公司的大型船舶电力成套装备制造业务，主要产品有：10~20 兆瓦级新型感应电动机推进系统成套产品、“大船”项目 ZX 电机、大功率储能电机、永磁吊舱推进电机等。
- 2016 年公司定增募集资金 25 亿元，用于收购湘电集团军工相关资产，并在这些资产的基础上建设募投项目“舰船综合电力系统系列化研究及产业化项目”。该项目主要为进一步提升我国船舶综合电力系统核心研制和生产能力而建设，主要用于为我国军用舰船提供以电力为主要动力的驱动系统。
- 2019 年公司“舰船综合电力系统系列化研究及产业化项目”完成竣工验收，根据定增规划达产后预计可年产各类电机及控制元器件 76 台（套），产值 20.89 亿元。同年公司荣获国家技术发明二等奖一项。
- 2020 年公司披露定增预案，拟向兴湘集团（湖南省省属唯一国有资本运营平台，基金管理规模超过 220 亿元）募集资金不超过 10.8 亿元，用于补充流动资金，改善资产负债状况。5 月 16 日获国防科工局批复。

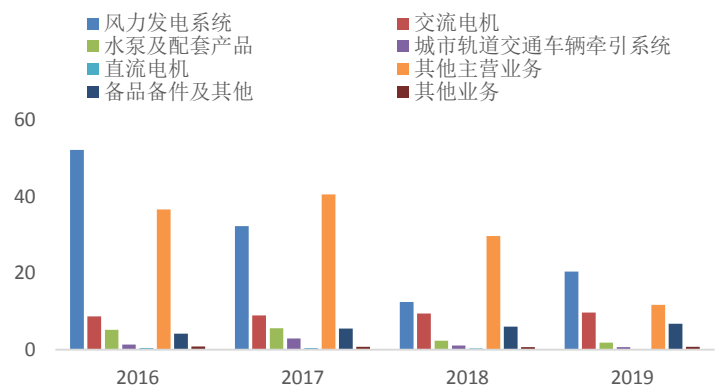
湘电股份旗下的湘电动力子公司专业从事综电系统和电机业务，致力于打造成为我国综合电力系统和电磁弹射系统的主要产业化基地。湘电动力由公司（73.97%）联合湘电集团出资 22.8 亿元于 2017 年成立，此后将引进湖南省军民融合装备技术创新中心和战略投资者，完成第二期增资扩股工作，确保注册资本达到 30 亿元人民币。湖南省军民融合装备技术创新中心成立于 2016 年，由湖南省政府与海军工程大学共同组建，主要在装备技术研究开发、科技成果转化等方面开展战略合作。2019 年湘电动力实现营收 11.01 亿元，净利润 0.82 亿元。

图 18：2017~2019 年湘电动力营收及净利/亿元



数据来源：wind，东方证券研究所

图 19：2016~2019 年湘电股份主营业务收入结构/亿元



数据来源：wind，东方证券研究所

贸易计提、风电剥离，有利于公司聚焦主业、优化资源配置、提高运营效率。公司 19 年经营亏损，主要受以下三方面因素影响：1) 国贸公司涉及经济合同纠纷案，计提损失影响利润 5.02 亿元；2) 风电外购部件质量问题整改发生维修费用影响利润 3.97 亿元；3) 2019 年销售的风力发电机组平均销售价格较 2018 年销售的价格有所下降，影响利润 1.76 亿元。其中国贸公司合同纠纷为一次性计提，预计不会对后续经营进一步造成影响。风电业务受装机量减少及产品质量问题影响，16 年以来经营成效不理想。因此公司于 20 年 2 月披露挂牌转让全资子公司湘电风能 100% 股权公告，剥离风电整机业务后，有利于加快聚焦主业板块，优化资源配置，提高运营效率。

风险提示

舰船全电化进程不及预期：综合电力系统是电力电子技术、交流调速技术、电机制造技术、永磁材料技术、计算机控制技术、原动机技术等多种技术的综合运用，并且需要与大跨度功耗的船用设备匹配，具有高度的复杂性。因此在实用化过程中可能存在不少困难和挑战，导致舰船全电化进程不及预期。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；

增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；

中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；

看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，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。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn

