

船用替代燃料与 新能源

Marine Alternative Fuel &
Sustainable Energy

氨燃料

Ammonia





目录 CONTENTS

01

一、船舶应用氨燃料的发展

02

二、船舶应用氨燃料的安全

05

三、绿氨燃料的生产、运输及加注

06

四、氨燃料动力船案例：21万吨散货船

一、船舶应用氨燃料的发展

◎ 氨燃料发展前景

推动替代燃料和新能源应用是业界公认实现航运减排目标的根本途径。近年来，业界围绕各种替代燃料和新能源开展了不同程度的研究及实践，其中绿氨被认为是未来国际海运最具应用前景的替代燃料之一。

一般而言，安全性、经济性、可供性、技术成熟度、减排贡献度、规则完备度等六个因素是影响燃料能否实现规模化应用的主要因素。当前船舶应用氨燃料在技术成熟度和法规完备性两个方面尚不完善，但预计在2024年二者均能取得突破，可支撑实船示范应用；减排贡献度方面，全生命周期核算口径下，绿氨的减排效果主要取决于合成过程中所用电力排放值，理论上可以做到净零或零碳排放，减排潜力巨大。灰氨当前基本不具备实际减排效果；经济性和可供性方面，现阶段受制备成本限制，绿氨经济性不佳，也不具备大规模供应的能力，但随着未来可再生电力和绿氢成本的持续降低，其经济性和可供性有望得到大幅提升。此外，由于氨具有毒性，港口发展氨燃料的意愿不强，民众接受度较低，可能对氨在内河及沿海水域船舶的应用造成一定制约。

◎ 氨燃料发展现状

截至2024年6月，全球范围内已有3艘氨燃料动力营运船，另有26艘氨燃料动力船订单。2022年，澳大利亚铁矿石出口商Fortescue在一艘海洋工程船上完成了柴油混燃改造，成为了世界上第一艘氨动力远洋船舶，目前该船正在进行海上测试。中国和日本均有试点船舶正在建造，日本邮船首艘试点拖轮已完成首次氨燃料加注，中国远洋海运试点拖轮预计在2025年初完成交付。此外，比利时航运公司CMB、中国天津西南海运、新加坡托克集团等企业均已下单氨燃料动力船，涉及船型包括散货船、油船、集装箱船、液化气体运输船等，预计这些船舶最早将在2026年交付。

发动机方面，当前瓦锡兰已推出其四冲程中速船用氨燃料发动机W25，功率范围1900-3100kw。中船集团也在开展氨燃料四冲程机的研制，预计将于2025年研制完成。二冲程低速机方面，曼恩能源（MAN）和WinGD将于2025年初左右推出其首台商用氨燃料发动机。



中远海运 5500 HP 氨燃料港作拖轮



中远海运氨燃料动力油船

规范法规方面，中国船级社（CCS）已于2022年推出《船舶应用氨燃料指南》，国外部分船级社也已发布相关指南或指导性文件，可作为氨燃料动力船舶设计的重要指导依据。国际海事组织（IMO）正在编制氨燃料临时导则，将于2024年9月通过审批，且IMO层面已有液氨运输船货物作燃料的提案正在讨论。国际船级社协会（IACS）已经发布了IACS UR H1“氨燃料动力船氨排放控制”，正在开展非液氨货物液化气体运输船应用氨燃料的技术要求研究。

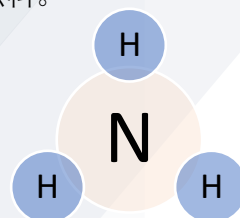
序号	CCS的服务能力	服务对象
1	船用氨燃料温室气体排放评估与认证	船公司、燃料生产厂家等
2	签发氨燃料全生命周期标签	船公司、燃料生产厂家等
3	氨燃料动力船/船队经济性分析	船公司
4	氨燃料动力船船型/系统/设备认可	船公司、设计单位、船厂、产品厂等
5	氨燃料动力船入级与检验	船公司、设计单位、船厂、产品厂等
6	氨燃料动力船培训和咨询	船公司、设计单位、船厂等
7	氨燃料动力船船型/系统/设备风险评估	船公司、设计单位、船厂等
8	

二、船舶应用氨燃料的安全

◎ 燃料特性

参数	数值
密度（液相）/kg·m ⁻³	770
闪点/°C	132
沸点/°C	-34
自燃点/°C	650
爆炸极限/%	16~28
低热值/MJ·kg ⁻¹	18.6
能量密度/GJ·m ⁻³	12.7
液化压力/bar	10（常温）
最小点火能量/mJ	680

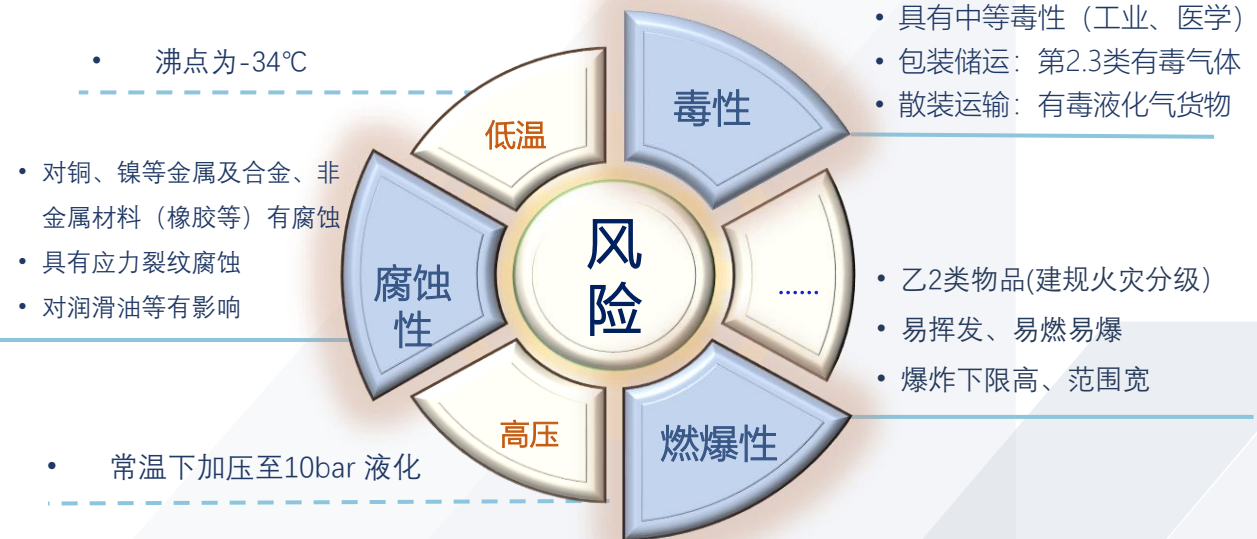
- 氨燃料的最小点火能量较高，爆炸极限下限高，范围窄，相比较于柴油、LNG、甲醇等燃料，燃烧性能相对不佳。
- 液氨属于液化气体燃料，用作燃料时可低温或高压储存，受能量密度和低热值限制，氨燃料舱在船上占据空间较大，约为同热值柴油的3倍，略高于LNG和甲醇燃料。





来源: THRUST

◎ 安全风险



氨对人体有害，其对人体的危害程度取决于浓度和暴露时间两个要素。工业对于氨的暴露等级划分如下表（来源：美国国家AEGl研究委员会出版物）。

暴露等级	10min	30min	60min	240min	480min	人员危害程度
Level 1	30	30	30	30	30	造成伤害但可快速恢复
Level 2	220	220	160	110	110	导致不可逆或长期健康损伤
Level 3	2700	1600	1100	550	390	致死

氨对环境还有严重危害，应特别注意对地表水、土壤、大气和饮用水的污染（来源：MSDS 氨化学品安全技术说明书）。

◎ 安全防护

毒性

1. 浓度监测、控制与报警
2. 毒性区域划分
3. 氨处理装置
4. 水喷淋系统
5. 个人防护设备 (PPE)
6.

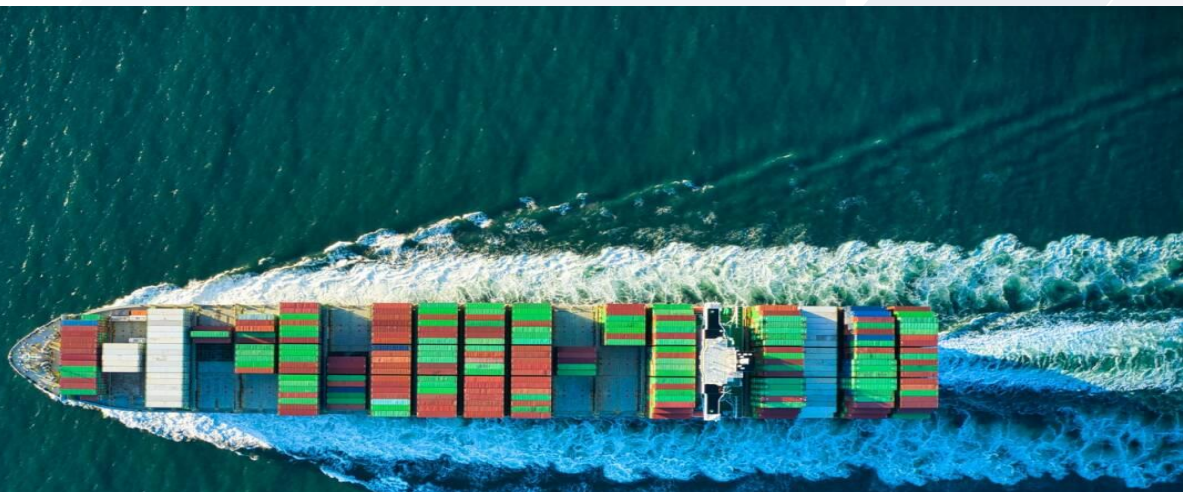
腐蚀性

满足IGC规则对于氨运输船的材料防腐蚀要求

氨燃料在围蔽处所内存在一定燃爆风险，可通过设置处所通风、电气防爆等措施进行防护。对于开敞区域，当前普遍认为氨燃料发生燃爆风险的可能性很小。

◎ 排放风险

氨燃料动力船的尾气排放应重点考虑氮氧化物 (N_xO)、氧化亚氮 (N_2O) 以及未燃 NH_3 ， CO_2 和硫氧化物 (So_x) 等常规动力船易排放的物质产生相对较少。对于 N_xO ，目前船用氨燃料发动机技术本身通常可满足 teir II 排放要求。未燃 NH_3 的排放则根据发动机类型和燃烧循环的不同，有较大差异，目前 CCS《船舶应用氨燃料指南》要求排放浓度不超过 25ppm。此外对于 N_2O (100年温室气体潜力为 CO_2 的 298 倍)，目前主要通过发动机优化燃烧来控制排放。其中 N_2O 和 NO_x 的排放均为氨燃烧后的含氮氧化物，若通过优化燃烧促使 N_2O 排放浓度降低，会造成 NO_x 浓度的同步上升。



三、绿氨燃料的生产、运输及加注

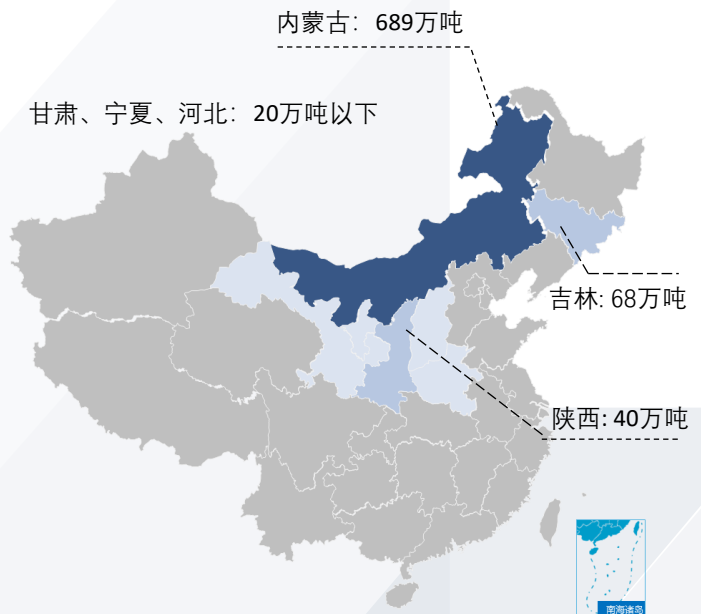
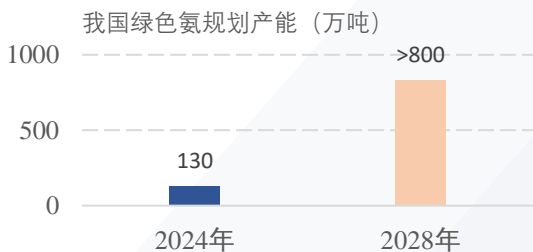
◎ 生产工艺

当前绿氨的生产基本采用传统合成氨的哈伯博士法，其生产过程可概括为：H₂和N₂在高温高压催化剂的条件下合成为NH₃，与传统合成氨最大的区别在于，绿氨生产过程中需采用绿氢和绿电。

◎ 产能布局

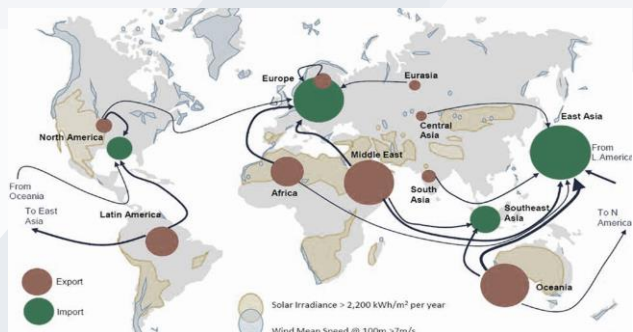
全球绿氨规划产能已超7000万吨，中国、澳洲及中东有望凭借成熟的合成氨产业基础以及丰富的风光资源成为未来全球最大的绿氨生产中心；

中国已有绿氨规划产能超过800万吨，初具规模且仍在快速增长，根据规划2024年将有100万吨以上产能投产。



◎ 运输布局

传统合成氨为大宗货品，全球贸易运输网络已十分成熟，其主要产自中国、印度、俄罗斯和美国四个国家，并在全球范围内进行贸易。其中中国和印度虽然产量大，却是氨的主要进口国，而俄罗斯则是主要的出口国。考虑到未来绿氨产能分布格局的逐渐形成，氨的运输网络可能会发生较大改变。



◎ 加注布局

当前全球范围内尚无氨燃料加注船在运营，也无专用于氨燃料动力船加注燃料的加注站，仅有200余个具备氨燃料存储功能的港口，具体港口数量分布如下图所示。



四、氨燃料动力船案例：21万吨散货船

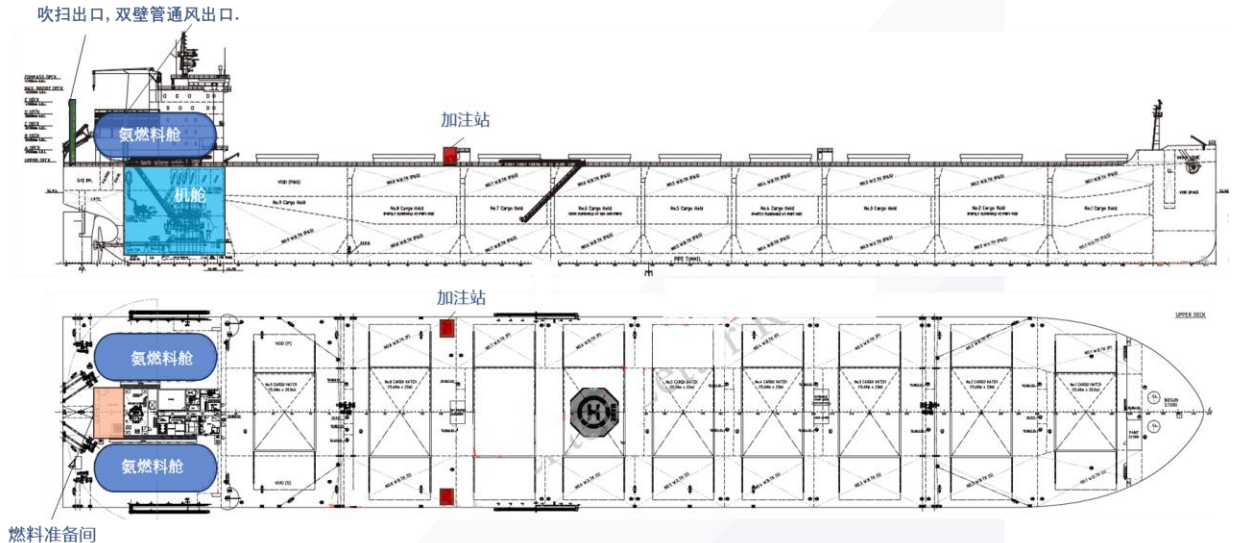
◎ 船舶参数

船长	300.00	m
型宽	50.00	m
型深	25.20	m
吃水	18.40	m
载重吨	210,000	m
氨主机	MAN B&W 5G60ME	
最大持续功率	14,200kW×70r/min	
氨燃料舱舱容	2×3000m ³	



◎ 设计方案

燃料舱布置于船尾区域主甲板两侧；透气口和通风出口位于船尾；加注站处于距离生活处所较远、靠近船中位置；燃料舱布置在主甲板上，因此几乎不会产生货损，但需对母型船生活区域的布置进行调整。加注站的布置避开了货物操作区域，除加注作业外，不会对货物操作造成明显影响。



◎ 经济性分析

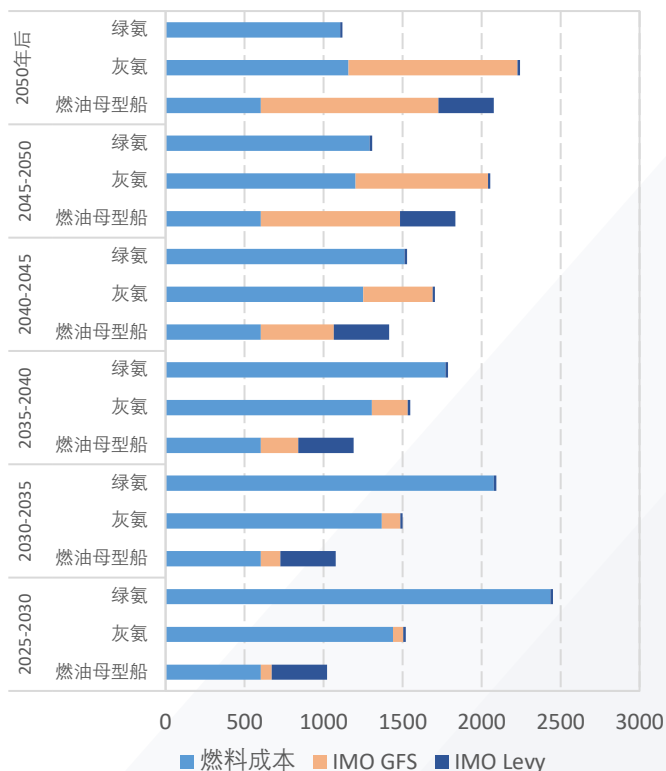
氨燃料方案的初始投资成本较常规动力母型船约增加1490万美元，约占母型船造价的20%，主要为氨燃料主机和供应系统附加成本以及新增液氨燃料舱成本等。考虑到氨燃料主机、供应系统等关键设备在应用初期存在市场溢价情况，额外初始成本预计会比测算结果更高。

类别	型号/参数	数量	投资成本 (万美元)	投资成本增量 (万美元)
主机	MAN B&W 5G60ME/142000kW	1	950	388
发电机	1100kw	3	126	84
供应系统	—	1	250	138
燃料舱	Type-C/3000m3	2	800	800
其他辅助系统	—	—	80	80
总计			—	1490

年燃料消耗量

船型	MGO (吨)	LFO (吨)	HFO (吨)	氨 (吨)
氨燃料动力船	480	0	0	23285
燃油母型船	480	0	10773	0

采用燃油、灰氨、绿氨燃料方案的营运成本



测算假设:

- 船舶航线为中澳航线;
- 测算时间为1年, 主要考虑燃料成本、碳税和碳强度罚款;
- IMO 碳税取100美元每吨当量CO₂;
- IMO GFS 罚款基准取FuelEU Maritime的50%;
- 2025年燃油 (HFO) 价格取500美元/吨, 不考虑价格变化。
- 2025年灰氨加注成本按照出厂价格的1.2倍计算, 约600美元/吨; 2025年之后考虑工艺优化带来的小幅成本下降。
- 绿氨加注成本按照出厂价格的1.2倍计算, 约1028美元/吨, 2025年之后考虑绿氢价格变化和工艺优化带来的持续大幅下降。

当前阶段, 燃油船的营运成本明显低于绿氨燃料船, 但随着绿氨价格的逐步下降, 以及IMO GFS罚款的持续增加, 燃油船和绿氨燃料船的营运成本差距将逐渐缩小。2045年之后, 绿氨燃料船营运成本将低于燃油动力船。此外, 考虑到IMO GFS预计会允许采用联合池方式履约, 绿氨动力船产生的合规盈余将能通过联合池转化为收益, 绿氨动力船实际的经济性应会比上述测算结果更好。



船用替代燃料与新能源

Marine Alternative Fuel & Sustainable Energy

- 液化天然气 Liquefied Natural Gas
- 甲醇 Methanol
- 电能 & 氢能 Electricity & Hydrogen
- 生物燃油 Biofuel (bio-diesel)
- 船用绿色燃料 Marine Green Fuels
- 氨 Ammonia
- IGF风险评估宣传册



新能源与绿色技术水上应用安全实验室

MARINE SUSTAINABLE ENERGY AND GREEN TECHNOLOGY LABORATORY

地址：湖北武汉江汉区建设大道 177 号 CBD 楚世家崇章中心 14、15 楼

电话：+86 27 83666067

传真：+86 27 85865165

电子邮箱：ccsgt@ccs.org.cn