

项目合同编号：25—13K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：氢动力船舶的节能环保关键技术研究

承担单位：安康市宏达船舶制造有限公司

项目负责人：陈景文

通讯邮编、地址：725000、陕西省安康市高新技术产业开发区新安康大道2号

传真、电话：0915—3217866

起止年限：2025 年 12 月 至 2026 年 12 月

陕西省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

构建一套具备完全自主知识产权、高效稳定的氢动力船舶节能环保技术体系。核心任务包括建立氢燃料电池与锂电池混合动力系统模型，实现燃料电池的寿命预测与智能健康管理；攻克船舶复杂环境下的燃料电池适应性、多能源协同控制以及结构轻量化设计等关键技术难题。

2. 技术关键

本项目旨在构建具备高效稳定性能的氢动力船舶节能环保技术体系，融合氢能源动力集成、轻量化设计与智能控制技术，实现船舶能源利用效率显著提升与污染物近乎零排放的目标，为内河航运绿色转型提供技术支撑。项目的研究内容涵盖氢燃料电池优化、动力系统集成、船舶结构设计等多个技术环节，具有高度的综合性与专业性。拟解决的关键问题集中于以下二个方面：

（1）氢燃料电池在船舶恶劣工况下的环境适应性与耐久性问题

船舶运行环境复杂，存在持续振动、环境温湿度剧烈变化以及高盐高湿腐蚀等严峻挑战，极易导致氢燃料电池的性能加速衰减与使用寿命缩短。如何通过结构创新防护以及智能控制算法优化，确保燃料电池在此类动态、恶劣工况下保持长期稳定、可靠运行，是项目需解决的首个关键问题。

（2）船舶结构轻量化与安全性的精准平衡问题

为实现节能减排目标，项目要求船舶自重较同类型传统船舶减

轻约 10%，这需要大规模采用高强度铝合金、纤维增强复合材料等新型轻质材料，并运用拓扑优化与有限元分析等先进设计手段。但轻量化设计绝不能以牺牲结构强度与安全性为代价，因此，项目将在显著降低船体重量的同时，确保其结构完整性、强度与稳定性完全满足严格的船舶安全规范，是项目解决的另外一个关键问题。

3. 依托工程（依托工作）

项目依托安康市宏达船舶制造有限公司现有的实验场地和设备，并结合与陕西科技大学的产学研合作，全面展开研发与工程体系建设。公司作为陕南唯一同时具备船舶设计与制造资质的企业，已形成较为完善的生产线和实验设施，并建有多个省市级研发平台，具备较强的技术积累和创新能力，能够为本项目的实施提供技术、资源等支撑，并确保研究成果具备良好的转化与应用基础。

二、考核指标

1.预期目标

(1) 实验样船：建成一艘试验样船，总长不少于 7 米，船宽不少于 2 米，型深大于 0.8 米，并取得市级船舶检验机构颁发的证书，对比同类传统燃油船舶，重量减轻约 10%。

(2) 工程验证目标：通过实船测试验证技术体系的可靠性、稳定性与适配性，累计示范运行时长不少于 1 个月，覆盖内河典型（C 级航区）航行工况。

(3) 成果转化目标：形成可复制、可推广的内河氢动力船舶技术方案，为陕西省“公铁水”联运绿色转型提供技术装备支撑，推动技术在货运、旅游、港口作业等场景的初步应用。

2.成果提供形式

(1) 授权专利或软件著作权 1 项；

(2) 在中文核心期刊及以上期刊发表论文 1 篇；

(3) 编写《氢动力船舶的节能环保关键技术研制总结报告》。

3. 其他考核指标

开展技术交流 1-2 次。

三、项目年度计划内容及考核目标

年度	计划内容及考核目标（每栏限 125 字）
2025.12—2026.02	完成项目团队组建和分工、开展市场调研和需求分析、制定详细的项目研究计划和技术路线。搭建实验平台，开展氢燃料电池建模的基础研究，申请知识产权。
2026.03—2026.06	深入研究氢燃料电池的性能优化和耐久性提升技术，开展船舶动力系统的初步集成设计。按照计划进行各项技术的研发工作，进行小规模实验和原型机制作；对实验数据进行收集和分析，不断优化技术方案，撰写科研论文。
2026.07—2026.09	完成氢动力船舶系统的集成工作，在实际环境中进行船舶系统的性能测试和验证；根据测试结果进行调整和改进。
2026.10—2026.12	完成氢动力船舶动力系统的集成和优化，进行实验室模拟测试和小规模实船试验，完善技术方案。

四、项目经费

项目总经费： 99.5 万元

交通运输厅补助： 49.5 万元

自筹资金： 50.00 万元

经费支出预算表

科 目	总经费 (单位： 万元)	厅补经费 (单位：万元)
(一) 直接费用	94.50	49.50
1. 设备费	21.00	13.00
(1) 购置设备费	20.50	13.00
(2) 设备改造与租赁费	0.50	0.00
2. 业务费	48.00	27.50
(3) 材料支出	30.00	20.00
(4) 测试化验实验加工支出	2.00	1.00
(5) 燃料及动力支出	1.00	0.50
(6) 差旅费/会议费/国际合作与交流费	5.00	1.50
(7) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/印刷支出	8.00	4.50
(8) 其他支出	2.00	0.00
3. 劳务费	25.50	9.00
(9) 劳务性支出	10.50	1.50
(10) 咨询专家支出	15.00	7.50
(二) 间接费用	5.00	0.00
4. 管理费	3.00	0.00
5. 绩效支出	2.00	0.00
合 计	99.50	49.50

注：预算编制按照《陕西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（陕政办发〔2022〕3号）文件执行。项目验收将组织财务专项验收或审计。

五、项目绩效目标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1、专利授权数（项）	1
		(1) 授权发明专利	/
		(2) 实用新型	1
		(3) 外观设计	/
		2、软件著作权授权数（项）	1
		3、发表论文（篇）	1
		(1) 其中 SCI 索引收录数	/
		(2) 其中 EI 索引收录数	/
		(3) 其它	1
		4、著作（部）	/
		5、制订标准数（项）	1
		(1) 国际标准	/
		(2) 国家标准	/
		(3) 行业标准	/
		(4) 地方标准	/
		(5) 企业标准	/
		(6) 科技报告	1
	其他成果	1、填补技术空白数	/
		(1) 国际	/
		(2) 国家	/
		(3) 省级	/
		2、获奖项数	/

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	(1) 国家奖项	/
		(2) 部、省奖项	/
		(3) 地市级奖项	/
		3、其他科技成果产出	1
		(1) 新工艺（或新方法模式）	/
		(2) 新产品（含农业新品种）	1
		(3) 新材料	/
		(4) 新装备（装置）	/
		(5) 平台/基地/示范点	/
		(6) 中试线	/
		(7) 生产线	/
		4、研究开发情况	
		(1) 小试	是
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	否
产出类指标	人才引育	1、引进高层次人才	/
		(1) 博士、博士后	/
		(2) 硕士	/
		2、培养高层次人才	/
		(1) 博士、博士后	/
		(2) 硕士	/
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	2

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
效果类指标	产业化情况	4、是否设立科研助理岗位	否
		1、开放共享仪器设备数(台/套/只等)	/
		2、科研仪器设备利用率(%)	/
		3、孵化科技型企业(个)	/
		4、转化科技成果(个)	/
	经济效益	1、新增产值(万元)	50.00
		2、新增销售(万元)	20.00
		3、新增出口创汇(万美元)	/
		4、新增利润(万元)	3.00
	社会效益	1、新增税收(万元)	1.50
		2、新增就业人数	2-5
		3、就业培训(人次)	1-2
		4、带动农民增收(万元)	5.00
		5、培训和指导科技服务(人次)	1-2
		6、新增产业带动情况	吸引相关产业链上下游企业的关注与合作,形成良好的产业集聚效应,带动周边地区相关产业的发展,促进区域经济的协调发展。
		7、技术集成示范(项)	/
		8、建立示范基地(亩数)	/
		9、节约资源能源	降低能源消耗,促进可持续发展。
		10、环保效益	减少污染物排放

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
其他需要说明的情况		无	

六、承担单位或研究人员分工

注：主要描述参与单位或研究团队的分工安排	
参与主体	核心分工内容
安康市宏达船舶制造有限公司(承担单位)	1. 负责项目工程化落地实施，包括实验场地与设备的统筹调配、氢动力船舶样船的制造组装、结构轻量化加工及总装调试；2. 开展实船试验组织工作，搭建实际运营环境下的测试场景，收集船舶运行数据并反馈技术优化需求；3. 负责船舶制造过程中的工艺把控、质量监督，确保样船符合船舶安全规范及轻量化设计要求；4. 协调产业链资源，对接潜在配套企业，推动研究成果的转化与产业化应用；5. 承担项目资料归档、数据整理、后勤保障及与甲方的日常沟通协调工作。
陕西科技大学(产学研合作单位)	1. 牵头核心技术攻关，包括氢燃料电池性能优化、环境适应性改良及耐久性提升技术研发；2. 负责多能源混合动力系统的协同控制算法研究；3. 开展船舶动力系统集成方案设计、拓扑优化与有限元分析，提供轻量化结构设计的理论支撑；4. 负责项目技术路线规划、实验方案制定，指导小规模实验及原型机测试，分析实验数据并优化技术方案；5. 牵头专利、软件著作权申报及学术论文撰写，开展技术交流与成果推广相关工作。
关键人员具体分工	1. 陈景文（项目负责人）：统筹项目整体推进，协调校企资源，把控技术方向与研究进度，负责项目验收材料汇总；2. 王素娥、刘宝泉、康家玉：担任技术指导，聚焦氢燃料电池与动力系统协同

	<p>控制核心技术研发,解决关键技术瓶颈; 3. 张倩、 巩磊: 负责理论研究、算法设计及仿真分析, 协 助撰写学术论文与技术报告; 4. 董建军、陈合力: 牵头样船制造、实船试验组织及工艺优化, 对接 生产环节技术需求; 5. 董毅、朱成福、董如雪、 王飞: 参与样船组装、零部件加工、实验辅助及 测试数据记录工作; 6. 董婷: 提供船舶节能环保 相关技术标准咨询与行业应用指导; 7. 李根巧: 负责项目各类资料、数据的整理归档, 协助专利 申报与成果汇总。</p>
--	--

七、项目参加人员表

项目负责人							
序号	姓名	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	在项目中担任具体工作	签名
1	陈景文	1978.12	安康市宏达船舶制造有限公司	正高级	电气工程	项目负责人	陈景文
2	董毅	1990.02	安康市宏达船舶制造有限公司	初级	船舶制造	项目实施	董毅
3	董建军	1976.05	安康市宏达船舶制造有限公司	初级	船舶制造	项目实施	董建军
4	王素娥	1973.11	陕西科技大学	正高级（教授）	电气工程	技术指导	王素娥
5	刘宝泉	1987.02	陕西科技大学	高级（副教授）	电气工程	技术指导	刘宝泉
6	康家玉	1969.11	陕西科技大学	高级（副教授）	电气工程	技术指导	康家玉

7	陈合力	1964.10	安康市宏达船舶制造有限公司	高级	船舶检验	技术指导	陈合力
8	董婷	1979.11		高级	交通工程	技术指导	董婷
9	张倩	1995.07	陕西科技大学	中级（讲师）	电气工程	理论研究	张倩
10	巩磊	1993.02	陕西科技大学	中级（讲师）	电气工程	算法研究	巩磊
11	朱成福	1982.06	安康市宏达船舶制造有限公司	初级	船舶制造	项目实施	朱成福
12	董如雪	1994.12	安康市宏达船舶制造有限公司	初级	船舶制造	项目实施	董如雪
13	李根巧	1992.07	安康市宏达船舶制造有限公司	初级		资料员	李根巧
14	王飞	1995.10	安康市宏达船舶制造有限公司	/	船舶工程	项目实施	王飞

八、信息表

项目合同编号	25—13K	密级	/	A: 机密 B: 秘密 C: 内部					
项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究								
项目实施所在地	安康		起止年限	2025 年 12 月至 2026 年 12 月					
总 经 费	99.5 万元		厅 拨	49.5 万元					
第一承担单位	单位名称	安康市宏达船舶制造有限公司							
	所在地	陕西省安康市高新技术产业开发区				代码	610971 000000		
	通讯地址	陕西省安康市高新技术产业开发区新安康大道 2 号				邮编	725000		
	单位性质	(3) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他			代码	68543P			
参与单位	序号	单 位 名 称							
	1								
	2								
	3								
项目负责人	姓 名	陈景文	性 别 (1)	1.男 2.女	出生年份	1987.12			
	学 历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他							
	职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他							
	联系 电话	18109220168/ 02986168635		电子 邮箱	chen.jw@sust. edu. cn				
项目联系人	姓 名	董建军		性 别	男				
	联系 电话	13689158882/ 0915-3217866		电子 邮箱	825510373@qq.com				
项目组人数	14	高 级	6	中 级	2	初 级	5	其 他	1
主要研究内容 (100 字以内)	针对传统燃油船舶污染重、能效低的问题，开展氢动力船舶核心技术攻关，构建一套具备完全自主知识产权、高效稳定的氢动力船舶节能环保技术体系。								
成果属性	A	A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学 F: 装备 G: 其他							
成果形式	B	A: 专著、论文 B: 样机、样品 C: 试验工程、产品 D: 示范工程 E: 产品 F: 其他							

九、共同条款

合同各方应共同遵守《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》。

1. 合同执行过程中，乙方如需修改合同某项条款，应向甲方提出变更内容及理由的申请报告，经甲方审核同意后实施。未接到正式批准以前，双方仍须按原合同条款履行，否则后果由自行修改条款的一方负责。

2. 乙方因任何主观或客观原因（如：与大纲评审内容有出入，挪用经费、技术措施或某种条件不落实等）致使计划无法执行而要求解除合同的，需取得甲方书面同意且应视不同情况，部分或全部退还所拨经费；出现上述情况的，甲方有权单方解除本合同且视不同情况要求乙方部分或全部退还所拨经费。

3. 乙方的厅补助经费及自筹经费应按国省有关科研经费使用范围开支。

4. 项目执行过程中，甲方提出变更合同有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5. 项目完成后，乙方必须按要求向甲方提交一套真实、完整、详细的技术资料及样机，并提出项目验收申请报告，由甲方审查后组织验收。

6. 合同正本一式捌份，甲方单位伍份，承担单位叁份。

7. 本合同经双方签章后生效，规定内容执行完毕后自然失效。

十、合同签约各方

合同甲方：

负责人：(签字)

联系人：(签字)

电 话：029-88869067



(公 章)

合同乙方：(承担单位) 安康市宏达船舶制造有限公司

单位负责人：(签字)

项目负责人：(签字)

电 话：0915-3217866



(公 章)

财务负责人：(签字) 崔江艳

账户名：安康市宏达船舶制造有限公司
开户银行：中国银行安康分行城西支行
账号：102804806446

陕西交通科研项目科研诚信

承诺书

项目承担单位及项目负责人承诺在科研项目实施过程中，遵守科学道德和科研诚信要求，严格执行《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》的规定和科研项目合同书约定，保证所提交材料的真实性，确保自筹经费全额到位、专款专用。如违背以上承诺，愿意承担相关责任，并同意主管部门将相关失信信息记入公共信用信息系统。



项目编号：25—13K

2025 年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称：氢动力船舶的节能环保关键技术研究
申请单位：（盖章）安康市宏达船舶制造有限公司
联系人：董建军
电 话：13689158882

陕西省交通运输厅制

二〇二五年十二月

目 录

一、项目研究的背景和必要性	1
1.1 项目研究背景	1
1.2 项目目的	2
1.3 项目概况	4
1.4 应用与推广领域	5
1.5 经济效益	6
二、前期科研及工作基础	6
2.1 国内外研究现状与不足	6
2.2 项目前期科研及现有工作条件	10
2.3 参考文献	12
三、实施方案	13
3.1 拟解决的关键问题	13
3.2 项目研究内容及实施方案	14
3.3 技术路线	15
3.3.1 研究技术方案	15
3.3.2 工作流程	17
3.4 后续技术改造或基本建设计划的衔接	18
四、项目承担单位及参加单位概况	20
4.1 单位概况	20
4.2 技术力量及人员构成	21
4.3 各自承担的主要工作	22
4.4 项目主要负责人情况	23
五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件	23
5.1 依托工程（工作）概况	23
5.2 投资来源	24
5.3 工程进度与项目科研进度的配合	24
5.4 组织管理形式	25
六、项目经费估算及资金筹措情况	27
七、项目绩效指标	28
八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益	31
九、其它需要说明的问题	32
十、申请单位意见	33

氢动力船舶的节能环保关键技术研究大纲

一、项目研究的背景和必要性

1.1 项目研究背景

全球气候变化与能源危机日益严峻，传统燃油船舶的高能耗、高污染问题愈发突出，给生态环境带来沉重负担，交通运输领域的绿色低碳转型已成为不可逆转的趋势。陕西省内河资源丰富，2024年全省内河货运量达1.2亿吨，2026年计划实现内河港口集装箱吞吐量突破50万标箱，安康汉江作为“南水北调”中线工程重要水源涵养地，更肩负着“一江清水供京津”的重要使命，发展绿色内河航运具有重大的生态价值与战略意义。氢能作为一种来源广泛、清洁无碳的二次能源，是构建清洁低碳、安全高效现代能源体系的关键载体。氢动力船舶凭借其零碳排放、低噪音、高能效等显著优势，被视为内河航运实现根本性绿色变革的核心方向。

陕西省正推进“公铁水”多式联运枢纽建设，氢动力船舶技术研发成为支撑区域交通高质量发展的关键突破口。然而，氢动力船舶，特别是适用于内河航运的氢动力船舶，其大规模商业化应用仍面临一系列关键技术瓶颈。当前，氢燃料电池在船舶振动、温湿度剧变、腐蚀等恶劣工况下的环境适应性、耐久性与可靠性有待提升；高效、安全、经济的大容量储氢技术，尤其是在极端环境下的应用，仍是行业共性挑战；氢燃料电池与锂电池、超级电容器等多种能源在船舶这一特殊移动平台上的协同管理与优化控制策略尚不成熟；同时，在满足

严格安全规范的前提下，实现船舶结构的有效轻量化以降低能耗，亦是技术难点。这些瓶颈严重制约了氢动力船舶的技术成熟度与市场竞争力。

本项目聚焦氢动力船舶的节能环保关键技术研究，立足陕西省内河航运发展实际需求，结合氢能源零排放、高效率的技术优势，旨在破解内河船舶能源消耗高、污染排放大的痛点，为区域交通绿色转型提供技术支撑。

1.2 项目目的

本项目以破解内河船舶能源消耗高、污染排放大的行业痛点为核心，立足陕西省内河航运绿色转型实际需求，聚焦氢动力船舶节能环保关键技术研发，旨在通过系统性技术创新与工程实践，构建一套具备完全自主知识产权、高效稳定、安全可靠的技术体系，为区域交通高质量发展与国家清洁能源船舶技术突破提供支撑。

（1）构建先进的混合动力系统理论与模型基础

本研究旨在建立精确的氢燃料电池与锂电池混合动力系统模型，为后续技术研发与优化提供理论支撑。在此基础上，重点突破基于数据驱动的氢燃料电池剩余寿命预测、精准故障诊断及智能健康管理（PHM）技术，实现对燃料电池系统运行状态的实时感知、早期预警与智能维护，从而有效提升系统的运行可靠性与使用寿命，降低全生命周期运维成本。

（2）攻克关键子系统技术瓶颈，提升核心性能指标

项目致力于在关键技术上实现突破：一是研发与优化高功率密

度、长寿命、高环境适应性的船用氢燃料电池系统，通过新材料、新结构、新工艺的应用与智能控制策略的开发，确保其在船舶复杂运行环境下的稳定输出。二是攻关高效安全的大容量储氢技术，探索高压气态、低温液态及固态储氢等多种路径，着力解决储氢容器在重量、体积、安全性与成本之间的平衡难题。目标是将动力系统功率密度提升至 3000 W/L 以上(较传统燃料电池提升约 30%)，并确保其在-20℃至 60℃的宽温范围内稳定运行，启动时间缩短至 30 秒以内。

（3）实现多能源系统高效集成与船舶结构轻量化设计

本研究构建氢动力船舶的动力系统架构，开发智能化的能量管理与协调控制系统，以实现氢燃料电池、蓄电池、超级电容器等不同特性能源的优势互补与动态最优分配，确保动力系统响应迅速、运行平稳、能效最大化。同时，项目将大力开展船舶结构的轻量化设计，综合运用高强度铝合金、纤维增强复合材料等先进材料，结合拓扑优化与有限元分析等现代设计方法，目标是在确保结构强度与安全性的前提下，实现船舶自重较同类型传统燃油船舶减轻 10%，从而显著降低航行阻力与能源消耗。

（4）完成技术验证与成果转化，支撑产业与区域绿色发展

项目最终集成上述研究成果，完成一艘氢动力实验船的建造与测试，通过实际水域的示范运行，全面验证技术体系的可行性与先进性。预期实现相较于传统燃油船舶能源利用效率提升至少 10%、污染物近乎零排放、相对同等功率柴油机动力船舶节和降碳效果显著。项目执行期内，将申请国家专利，形成研究报告与技术装置，并进行必要的

技术交流与宣传推广。这些成果不仅将填补陕西省在氢动力船舶技术领域的空白，为陕西北区“公铁水”多式联运绿色发展提供关键技术装备支撑，更将为我国内河航运的绿色低碳转型提供可复制、可推广的技术范式，提升我国在全球绿色船舶技术领域的核心竞争力，具有显著的经济效益、环境效益和社会效益。

1.3 项目概况

本项目“氢动力船舶的节能环保关键技术研究”旨在响应全球节能减排减排趋势及内河航运绿色转型需求，针对传统燃油船舶污染重、能效低的问题，开展氢动力船舶核心技术攻关。陕西省内河资源丰富，安康汉江流域生态责任重大，发展清洁动力船舶对保护水域环境、推动“公铁水”联运及区域交通高质量发展具有重要战略意义。

项目总体目标是构建一套具备完全自主知识产权、高效稳定的氢动力船舶节能环保技术体系。核心任务包括建立氢燃料电池与锂电池混合动力系统模型，实现燃料电池的寿命预测与智能健康管理；攻克船舶复杂环境下的燃料电池适应性、高效安全储氢、多能源协同控制以及结构轻量化等关键技术难题。项目设定明确性能指标：能源利用效率较传统燃油船舶提升至少 10%，污染物近乎零排放，船舶自重减轻 10%，并实现较同等功率柴油机动力船舶的节能和降碳效果明显。技术实施路径聚焦于混合动力系统架构设计，采用燃料电池与蓄电池混合储能方案，通过基于低通滤波器的频率分割策略，对超级电容与蓄电池分别实施 VDCG 控制与双闭环控制，以实现功率波动平抑与系统稳定高效运行。

1.4 应用与推广领域

本项目研发的氢动力船舶节能环保关键技术，凭借零排放、高效率、强适配性的核心优势，可广泛应用于内河航运、港口运营、生态旅游、应急救援等多元场景，同时为船舶改装与产业链协同提供技术支撑，应用领域覆盖“运输-服务-产业”全链条，市场适配性与社会价值显著。

内河货运领域是核心应用场景。我国内河航道里程超 12.8 万公里，承担煤炭、矿产、农产品等大宗商品运输任务，传统燃油船舶能耗高、污染重，且受限于封闭航道的环保要求。本项目技术可直接适配 500 总吨以下内河货船，通过氢燃料电池与锂电池混合动力系统，实现船舶节能 30% 以上、污染物近乎零排放，完美契合长江、汉江等流域“生态航运”要求。以陕西省为例，安康汉江现有货运船舶超 300 艘，若推广应用本项目技术，每年可减少柴油消耗超 1.2 万吨，降低氮氧化物排放约 480 吨，既满足“一江清水供京津”的生态使命，又为航运企业降低 25%—30% 的燃料成本，兼具环保与经济价值。

内河旅游客运领域市场需求迫切。随着“文旅+航运”融合发展，国内内河旅游船舶需求持续增长，如汉江、漓江、太湖等景区年客运量超千万人次。此类船舶对噪声、排放、舒适性要求严苛，本项目研发的低噪音动力系统（运行噪音 $\leq 60\text{dB}$ ）、轻量化船体设计（自重减轻 10% 以上）及零排放特性，可显著提升游客体验，同时避免燃油污染对景区水质与生态的破坏。以安康汉江旅游航线为例，推广氢动力旅游客船后，单船年均可减少尾气排放超 3000 立方米，噪声降低

15-20 分贝，既能满足景区环保评级要求，又可打造“绿色航运旅游”IP，助力区域文旅产业升级。

港口作业与应急救援领域适配性突出。港口拖船、引航船等作业船舶长期在港口水域高频运行，尾气与噪声污染对港口环境影响显著；应急救援船则需快速响应、稳定续航的动力保障。本项目技术具备启动时间 ≤ 30 秒、宽温域适应（-20℃至 60℃）的优势，可满足港口作业船“短距高频”的动力需求，及救援船在复杂水域的稳定运行要求。例如，青岛港、上海港等已试点氢动力拖船，本项目的储氢安全技术与能量管理系统，可进一步提升船舶续航能力（达 8 小时以上）与作业效率，降低港口运营的环保压力；应急场景下，氢动力救援船可实现零排放作业，避免油污泄漏加剧灾害区域污染。

1.5 经济效益

项目将攻克氢燃料电池在复杂工况下的稳定性、大容量储氢安全等行业难题，形成覆盖“动力集成-储氢安全-能量管理-结构优化”的全链条技术体系，填补国内内河氢动力船舶技术空白。技术达到国内先进水平，功率密度 $\geq 3000W/L$ ，适应-20℃至 60℃宽温域，船舶自重减轻 10%，节能和降碳效果显著。项目实施将推动内河航运绿色转型，助力生态保护与交通高质量发展协同推进，带动相关产业链协同发展，为国民经济绿色低碳转型提供技术支撑。

二、前期科研及工作基础

2.1 国内外研究现状与不足

在全球积极应对气候变化并加速能源体系转型的宏观背景下，氢

能作为实现“碳中和”目标的关键清洁能源载体，其应用场景正从陆路交通向水上运输迅速扩展。

氢动力船舶，尤其是面向内河航运的绿色船舶，已成为全球航运业前沿竞争的焦点领域。早在 20 世纪中期即有氨燃料电池的相关研究，近年来已有少量氨燃料电池产品进入实际应用，国际上也已经开展了一些关于氨动力船舶及其动力装置的研究项目。全球首艘氨燃料电池驱动船 VikingEnergy 号于 2003 年研发成功^[1]；2016 年，美国能源部通过了 REFUEL 计划；2019 年，中国大连船舶重工集团有限公司和德国曼恩集团（MAN）联合设计的氨动力超大型集装箱船方案通过船级社原则性批准；大宇造船海洋（山东）有限公司、韩国三星重工业株式会社等企业在 2020 年分别推出了氨燃料苏伊士型油船和 23000TEU 超大型集装箱船概念设计；2022 年，由中国船舶集团有限公司旗下上海船舶研究设计院自主研发设计的中国首创首款氨燃料动力 7000 车位汽车运输船（PCTC）正式获得 DNV 颁发的认可证书；MAN 集团已经于 2020 年启动了氨燃料的研发^[2]。

由于氨燃料电池的功率等级尚达不到氨动力海上船舶应用的需求，氨动力海上船舶主要采用内燃机形式作为动力^[3]。在现阶段，氢燃料电池适用于多种内河船舶，可作为小型船舶的主力，也可作为大型船舶的辅助动力；以质子交换膜燃料电池（PEMFC）类型为主，功率等级相比传统柴油机动力有较大差距。发达国家已成功研制不同类型氢动力船舶并取得示范应用效果，如德国“Alsterwasser”游船^[4]、日本燃料电池渔船、法国“Energy Observer”游艇^[5]、美国

“Water-Go-Round” 渡船^[6]、韩国 “GoldGreen Hygen” 氢动力旅游船^[7]等；后续将深化研究与应用，如挪威 “Ulstein SX190” 海上工程船^[6]、“Topeka” 滚装船^[8]，意大利 “ZEUS” 试验船^[9]等

然而，国际上的先进项目仍多基于改良的成熟技术，其研究重点正从早期的技术可行性验证，逐步转向提升系统集成度、环境耐久性及全生命周期经济性。当前国际研究的前沿与难点集中于：如何显著提升燃料电池在海洋高盐高湿环境下的耐久性^[10]、如何开发兼具高安全性与高体积能量密度的船用储氢解决方案^[11]，以及如何建立标准化的岸基加氢基础设施。

反观国内，在“双碳”战略目标的强力驱动下，我国氢动力船舶技术正处于从无到有、快速发展的阶段。我国前期研制了“富原一号”“天翔1号”氢动力实验船，但船型、功率均较小。随着陆上新能源汽车产业的蓬勃发展，氢能和燃料电池技术快速成熟，为我国氢动力船舶提供了良好的发展机遇。2021年下水的“蠡湖号”游艇、“仙湖1号”游船，燃料电池功率分别为70kW、30kW；正在研制中的“绿色珠江号”内河货船、“三峡氢舟1号”公务船，燃料电池功率达到500千瓦级。尽管如此，国内船型与国际先进产品相比仍存有一定差距，同时我国氢动力船舶的系统集成技术尚未完全成熟。国家及地方层面相继出台政策，鼓励在内河、湖泊等水域开展氢燃料电池船舶的示范应用^[12]。

对于陕西省而言，尽管拥有丰富的汉江等内河资源，且安康水域肩负着“一江清水供京津”的生态重任，但其氢动力船舶产业尚处于

萌芽阶段，面临核心技术储备不足、产业链局部缺失以及缺乏针对内河船舶特点的专用技术体系等严峻挑战。

通过深入的文献检索与技术现状分析，可以清晰地识别出若干制约氢动力船舶规模化、商业化发展的核心技术瓶颈，这些也正是本项目亟需攻克的重点与难点。首先，在燃料电池方面，现有研究多集中于其稳态性能，而对于其在船舶特定恶劣工况（如持续振动、温湿度剧变）下的性能衰减机理与寿命预测模型研究尚不深入。国际能源署（IEA）的报告指出，船用燃料电池的耐久性仍是当前示范项目面临的主要风险点之一。本项目需突破基于数据驱动的在线寿命预测与健康管理技术，以应对这一挑战。其次，在储氢技术方面，如何在船舶严格的空间与重量限制下，实现储氢系统安全、密度与成本的平衡，是公认的世界性难题。特别是在应对内河可能出现的极端高低温交替环境时，储氢容器的材料相容性、循环寿命与安全阀策略仍需深入研究。再次，在系统协同控制方面，氢燃料电池、锂电池及超级电容器的动态响应特性差异巨大，传统的能量管理策略难以在所有工况下实现最优功率分配。有研究指出，基于频率分割的混合储能协调控制是当前的研究热点，但其在船舶大功率、变工况条件下的工程化应用案例仍较为有限。最后，在轻量化设计方面，尽管高强度铝合金与纤维增强复合材料在船舶上的应用已有先例，但如何通过拓扑优化与有限元分析，在实现减重 10% 目标的同时，确保结构强度与安全性完全满足中国船级社（CCS）等相关规范的要求，是对设计方法与验证手段的极大考验。

综上所述，本项目在充分剖析国内外研究现状与明确技术缺口的基础上立项。通过重点攻关船用燃料电池智能健康管理、高性能储氢技术、混合动力系统协调控制及结构轻量化设计等关键技术，旨在构建一套具备完全自主知识产权、高效稳定且贴合内河航运需求的技术体系，这不仅将为陕西省“公铁水”联运绿色转型提供核心动力，也必将为我国在全球绿色船舶技术竞争中占据有利地位贡献力量。

2.2 项目前期科研及现有工作条件

本项目依托单位为安康市宏达船舶制造有限公司，其前身为安康市原国有企业红旗造船厂，曾是西北地区规模最大的造船厂，具有超过六十年的造船历史与经验积累。公司于2009年完成改制，现位于陕西省安康市高新技术产业开发区，占地36.6亩，现有员工69人，其中研发人员26人，占职工总数的29.21%，并拥有8名具备30余年造船经验的资深技师。作为陕南唯一一家同时具备船舶设计与制造资质的企业，公司已形成集船舶设计制造、船用产品生产与船员培训为一体的综合性高新技术企业。

公司具备设计与建造船长60米以内、500总吨以下钢质、铝合金及玻璃钢船舶的资质，同时具备设计与建造船长30米以内、500kW以下渔船的资质。近年来，公司先后被认定为高新技术企业、陕西省“专精特新”中小企业、陕西省民营经济转型示范企业、陕西省瞪羚企业、陕西省质量标杆企业及安康市装备制造产业链链主企业。依托“安康市中小企业创新研发中心、安康市专家工作站、安康市智能新能源船舶工程技术研究中心、陕西省船舶工业设计中心、陕西省省级

企业技术中心、陕西省专家工作站”等六大研发平台，公司技术实力雄厚，并已通过两化融合贯标体系认证、知识产权体系认证及中国船级社 ISO 质量、环境与职业健康安全管理体系认证。截至目前，公司共取得发明专利 3 项、实用新型专利 19 项。

经过十六年的持续发展，公司已建立完善的实验设施与高效的生产线，为本项目研发奠定了坚实的物质与技术基础。同时，自 2017 年以来，公司与陕西科技大学建立了长期稳定的合作关系，共同组建专业技术团队，联合建设多个研发设计平台，为项目实施提供了强有力的技术支撑与人才保障。

在承担的 2023 年度安康市“揭榜挂帅”重点科技项目——船舶氢燃料与锂电池混合动力系统研发过程中，公司积累了丰富的技术经验与数据资源，为本次“氢动力船舶节能环保关键技术研究项目”提供了坚实的前期研究基础。依托在船舶制造领域的技术优势与经验积累，并结合陕西科技大学在新能源技术方面的研究实力，项目团队将重点突破氢燃料电池系统与船舶动力系统的集成技术、船舶氢气储存与安全技术以及氢动力船舶能效优化技术等关键环节。

为确保项目顺利推进，公司已投入大量资金用于购置先进实验设备与仪器，成立专门的氢动力船舶研发小组，并聘请多位船舶动力与新能源领域的知名专家学者提供指导与咨询。同时，公司还与多家氢能源企业及高校建立了紧密合作关系，共同推动氢动力船舶技术的研发与应用。上述条件与成果为本项目的实施提供了坚实的前期研究基础与保障。

2.3 参考文献

- [1] Corbett J J, Winebrake J J, Green G H, et al. Mortality from ship emissions: A global assessment [J]. Environmental Science and Technology, 2007, 41(24): 8512– 8518.
- [2] 赵博.全球低碳船舶项目大盘点[J].中国船检,2021,(06):11-22.
- [3] 胡玉真,王敏,李灵东,等.我国氢氢动力海上船舶创新发展研究[J].中国工程科学,2023,25(02):133-146.
- [4] De-Troya J J, Alvarez C, Fernandez-Garrido C, et al. Analysing the possibilities of using fuel cells in ships [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2016, 41(4): 2853– 2866.
- [5] 于全虎.氢能和燃料电池及其船舶应用进展[J].船舶,2020,31(5):69– 76.
- [6] American Bureau of Shipping. Sustainability whitepaper: Hydrogen as marine fuel [R]. Spring: American Bureau of Shipping, 2021.
- [7] Choi C H, Yu S J, Han I S, et al. Development and demonstration of PEM fuel-cell-battery hybrid system for propulsion of touristboat [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2016, 41(5):3591– 3599.
- [8] Wilhelmsen. Topeka's hydrogen vessels one step closer to reality[EB/OL].(2021-12-07)[2022-04-14].<https://www.wilhelmsen.com/media-news-and-events/press-releases/2021/topekas-hydrogen-vessels-one-step-closer-to-reality/>.
- [9] Cavo M, Gadducci E, Rattazzi D, et al. Dynamic analysis of PEM fuel

- cells and metal hydrides on a zero-emission ship: A model-based approach [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2021, 46(64): 32630– 32644.
- [10] Bressel M., et al. Durability Issues and Challenges for Hydrogen Fuel Cell in Marine Environment [J]. Journal of Power Sources, 2023, 556: 232421.
- [11] Rivard E., et al. Status and Challenges in Hydrogen Storage Technologies for Maritime Applications [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2022, 47(65): 27832-27851.
- [12] 童亮,袁裕鹏,李骁,等.我国氢动力船舶创新发展研究[J].中国工程科学,2022,24(03):127-139.

三、实施方案

3.1 拟解决的关键问题

本项目旨在构建具备高效稳定性能的氢动力船舶节能环保技术体系，融合氢能源动力集成、轻量化设计与智能控制技术，实现船舶能源利用效率显著提升与污染物近乎零排放的目标，为内河航运绿色转型提供技术支撑。项目的研究内容涵盖氢燃料电池优化、储氢技术研发、动力系统集成、船舶结构设计等多个技术环节，具有高度的综合性和专业性。拟解决的关键问题集中于以下二个方面：

(1) 氢燃料电池在船舶恶劣工况下的环境适应性与耐久性问题
船舶运行环境复杂，存在持续振动、环境温湿度剧烈变化以及高盐高湿腐蚀等严峻挑战，极易导致氢燃料电池的性能加速衰减与使用

寿命缩短。如何通过材料改良、结构创新防护以及智能控制算法优化，确保燃料电池在此类动态、恶劣工况下保持长期稳定、可靠运行，是项目需解决的首个关键问题。

（2）船舶结构轻量化与安全性的精准平衡问题

为实现节能减排目标，项目要求船舶自重较同类型传统船舶减轻10%。这需要大规模采用高强度铝合金、纤维增强复合材料等新型轻质材料，并运用拓扑优化与有限元分析等先进设计手段。然而，轻量化设计绝不能以牺牲结构强度与安全性为代价。如何在显著降低船体重量的同时，确保其结构完整性、强度与稳定性完全满足严格的船舶安全规范，是对项目在材料选型与结构设计方面提出的极高要求。

3.2 项目研究内容及实施方案

课题 1：氢燃料电池与锂电池混合动力系统建模与智能管理

针对船舶空间狭小、工况复杂的特点，研究氢燃料电池、锂电池、超级电容器及交直流负荷单元的高效集成架构。设计各单元经双向DC/DC、DC/AC 变换器与直流母线连接的电能传送拓扑，确保能量双向流动与系统稳定。基于系统工程与优化算法，优化燃料电池、储氢装置、电动机等关键部件的布局与连接方式，构建船舶混合储能系统基础模型，为系统仿真、能量管理与性能优化供给结构框架。

针对氢燃料电池、蓄电池、超级电容器等多种能源动态响应特性差异大的问题，研究智能能量管理与协调控制策略。设计基于低通滤波器（LPF）的混合储能频率分割策略，将系统净功率波动分解为高频与低频分量。针对功率密度型储能器件（超级电容），采用 VDCG

控制策略以快速平抑高频波动；针对能量密度型储能器件（蓄电池），采用电压外环电流内环的双闭环控制，避免其过度充放电。通过上述协调控制，实现不同能源的优势互补与动态最优分配，保障动力系统在全工况下的稳定、高效运行。

课题 2：船舶结构轻量化设计与样船制造

为实现船舶自重相较小类型传统燃油船舶减轻 10% 的目标，系统开展船舶结构轻量化设计。广泛对比高强度铝合金、纤维增强复合材料等先进材料的性能与工艺特性，并将其应用于船体结构，对船体结构进行精确优化设计，实现减重与安全的精准平衡。

在此基础上，依据优化设计图纸，完成实验船的建造，并安装集成的氢动力系统。在指定试验水域进行实船测试，全面收集动力系统运行数据、能效数据及排放数据，评估技术体系的实际性能是否达成预设目标。通过示范应用，验证技术方案的可行性与成熟度，形成可复制、可推广的氢动力船舶技术方案，为后续产业化奠定坚实基础。

3.3 技术路线

3.3.1 研究技术方案

课题一：氢燃料电池与锂电池混合动力系统建模与智能管理

课题将采用理论建模、台架试验与数据驱动分析相结合的技术方案。首先，在理论研究层面，将运用系统工程理论及电力电子建模方法，在仿真平台中构建涵盖燃料电池、蓄电池、超级电容器及功率变换器的混合动力系统动态数学模型，模型参数通过对选定的 5 组以上商用关键部件进行实验室标准充放电测试获取，以确保其准确性。其

次，在试验验证层面，将搭建涵盖燃料电池、蓄电池及直流母线的半实物仿真台架，通过引入模拟船舶振动台与温湿度环境箱，复现船舶典型恶劣工况，采集电压、电流、温度、阻抗等全生命周期数据。最后，在数据分析与算法开发层面，采用长短期记忆网络与卷积神经网络等深度学习算法，构建数据驱动的燃料电池剩余寿命预测模型与故障诊断算法，创新性地实现对其性能衰退的精准拟合与早期故障预警，形成完整的智能健康管理策略。在系统控制层面，将设计并验证基于低通滤波器的功率分频策略与针对超级电容的VDCG控制、蓄电池的双闭环控制相结合的协调控制算法，确保系统能量管理的动态最优。

课题二：船舶结构轻量化设计与样船制造

在船舶轻量化设计方面，将采用试验与仿真相结合的方法：一方面，对候选的高强度铝合金、纤维增强复合材料进行力学性能与腐蚀性能测试，获取材料基础数据库；另一方面，运用拓扑优化技术对船体主结构进行概念设计，并基于非线性有限元法对优化后的详细结构进行静力学、模态及疲劳强度校核，仿真工况将覆盖静水、波浪载荷及碰撞等至少5种典型与极限场景。

实验船将按设计图纸建造，集成完整的氢动力系统，并在测试水域进行系泊、航行及为期不少于1个月的示范运行测试，全面采集能源消耗、排放、振动噪声等超过10项关键性能指标的数据，对整套技术体系进行最终的综合验证与评估。

3.3.2 工作流程

本项目实施周期为 2025 年 12 月至 2026 年 12 月, 分为四个阶段。

第一阶段 (2025.12-2026.02)：完成项目团队组建和分工、开展市场调研和需求分析、制定详细的项目研究计划和技术路线。搭建实验平台，开展氢燃料电池和储氢技术的基础研究。

第二阶段 (2026.03-2026.06)：深入研究氢燃料电池的性能优化和耐久性提升技术，开展船舶动力系统的初步集成设计。按照计划进行各项技术的研发工作，进行小规模实验和原型机制作；对实验数据进行收集和分析，不断优化技术方案。

第三阶段 (2026.07-2026.09)：完成氢动力船舶系统的集成工作，在实际环境中进行船舶系统的性能测试和验证，根据结果进行改进。

第四阶段 (2026.10-2026.12)：完成氢动力船舶动力系统的集成和优化，进行实验室模拟测试和小规模实船试验，完善技术方案。

项目将依托安康市宏达船舶制造有限公司的现有实验场地、设备及与陕西科技大学的产学研合作，确保资源及时到位，并严格按照《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》进行过程管理与验收。

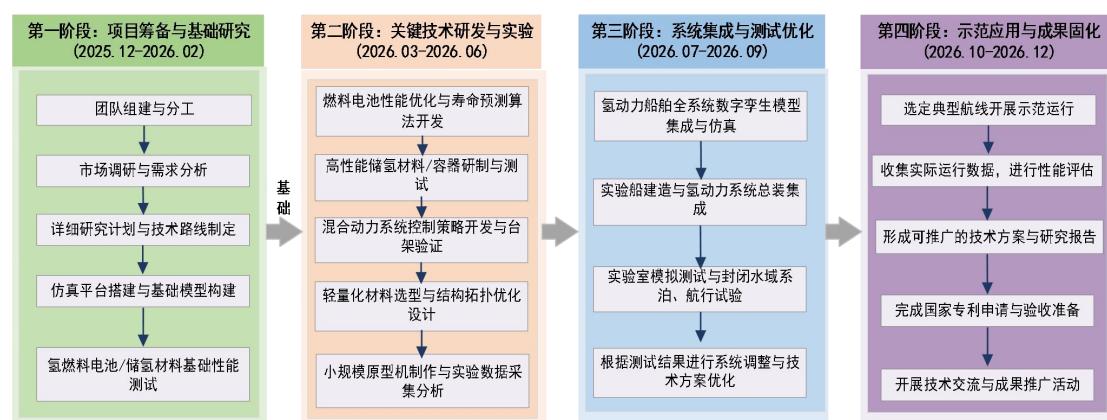


图 1 工作流程图

3.4 后续技术改造或基本建设计划的衔接

在本项目完成氢动力船舶节能环保关键技术研究后，所形成成果将不仅停留在理论层面，而是能够直接支撑后续的技术改造与基本建设。通过建立氢燃料电池与锂电池混合动力系统模型、完善能量管理与控制策略、优化船舶结构轻量化设计，项目成果已具备较高的成熟度，并在实验船建造与实船测试中得到验证。这些成果为后续的产业化应用奠定了坚实基础，体现出较强的市场需求契合度。

未来的技术改造将依托安康市宏达船舶制造有限公司现有的生产线和实验设施，逐步开展氢动力船舶的批量化生产改造。在现有钢质、铝合金及复合材料船舶建造资质的基础上，进一步扩展至氢动力船舶专用工艺，建立适配燃料电池系统与储氢装置的制造规范。同时，公司将利用已建成的“智能新能源船舶工程技术研究中心”等多个研发平台，持续开展燃料电池寿命预测、故障诊断与健康管理的迭代研究，并与陕西科技大学、西北工业大学等科研院所保持长期合作，推动成果在材料改良、储氢技术及多能源协同控制方面的深化应用。

在市场推广层面，项目成果将结合陕西省“公铁水”联运发展战略，推动氢动力船舶在江河、湖泊等内河航运场景的规模化应用。通过与氢能源企业合作，建立氢气供应、储运与安全保障体系，形成完整的产业链支撑。预计成果推广后，船舶污染物排放接近零排放，能够满足绿色航运的市场需求，并为行业提供可复制、可推广的技术方案。

此外，项目还将配套建设氢动力船舶试验基地与氢能补给站，形

成研发—制造—应用的完整闭环。通过完善氢气储运与安全检测设施，确保氢动力船舶在复杂运营条件下的安全性与可靠性。由此，科研成果与实际应用之间将实现有效衔接，不仅提升成果的成熟度，也为陕西省乃至全国氢动力船舶产业的发展提供坚实的技术支撑和建设基础。

3.5 有关技术经济指标

本项目在氢动力船舶节能环保关键技术研究过程中，已形成一套具备自主知识产权的技术体系，并在实验船建造与实船测试中得到验证，成果具有较高的成熟度和应用价值。

3.5.1 技术经济指标

在船舶结构方面，采用高强度铝合金与纤维增强复合材料进行轻量化设计，使船舶自重较同类型传统燃油船舶减轻约 10%，航行阻力显著降低，能效水平得到提升。与同等功率柴油机船舶相比，节能效果超过明显，实现了近乎零排放的环保目标。

此外，通过引入高效的废热回收系统，将主机与辅机运行时产生的余热转化为电能或热能进行再利用，进一步提升了能源的综合利用率，对降低总体运行能耗贡献显著。

从经济性角度分析，尽管氢动力系统的初始集成导致实验船的建造成本相较于传统燃油船舶略有增加，但其运行阶段的成本优势显著。在优化的能量管理策略支持下，单位航程的氢燃料消耗量有效降低。同时，项目在储氢技术上也取得了重要突破，在确保安全性的前提下，实现了储氢容器重量与体积的有效控制，为平衡系统成本与性

能奠定了坚实基础。综合计算，其在全生命周期内因节能与减排带来的经济效益，将赋予该技术方案良好的投资回报潜力。

3.5.2 技术性能指标

在核心动力系统方面，氢燃料电池与锂电池构成的混合动力系统经过深度集成与优化，使得船舶的能源利用效率较传统燃油船舶提升至少 10%，并能确保在复杂的航行工况下保持动力输出的高度稳定。

该系统呈现出优异的综合性能：其功率密度达到 3000 W/L 以上，较传统燃料电池提升约 30%，为船舶提供了更为强劲、紧凑的动力源；船舶动力的快速响应能力提高明显；宽泛的工作温度范围（-20℃至 60℃）则保障了船舶在不同季节与气候条件的江河、湖泊环境中均能稳定运行，展现出强大的环境适应性。

四、项目承担单位及参加单位概况

4.1 单位概况

安康市宏达船舶制造有限公司，其前身是安康市原国有企业（红旗造船厂），也曾是西北最大的造船厂，2009 年改制后，位于陕西省安康市高新技术产业开发区新安康大道 2 号，占地 36.6 亩，现有员工 69 人，其中研发人员 26 人，占职工总数的 29.21%，具有 30 余年造船经验技师 8 人。具有 60 余年造船历史，是一家集船舶设计制造、船用产品生产、船员培训为一体的高新技术企业，也是陕南唯一一家同时拥有船舶设计和制造资质的企业。公司具有设计、建造船长 60 米以内、500 总吨以下钢质、铝合金、玻璃钢船舶资质；具有设计、建造船长 30 米以内、500KW 以下渔船资质。公司先后被评为高

术企业、陕西省“专精特新”中小企业、陕西省民营经济转型示范企业、陕西省瞪羚企业、陕西省质量标杆企业、安康市装备制造产业链链主企业，同时拥有“安康市中小企业创新研发中心、安康市专家工作站、安康市智能新能源船舶工程技术研究中心、陕西省船舶工业设计中心、陕西省省级企业技术中心、陕西省专家工作站”六大研发平台，技术实力雄厚，先后通过两化融合贯标体系认证、知识产权体系认证，以及中国船级社 ISO 质量管理体系认证、环境管理体系认证、职业健康安全管理体系认证。截至目前公司取得发明专利 3 项、实用新型专利 19 项。

4.2 技术力量及人员构成

姓 名	单 位	性 别	出生年月	技术职称	专 业	在项目中担任具体工作
陈景文	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1978.12	正高级（教授）	电气工程	项目负责人
董毅	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1990.02	初级	船舶制造	项目实施
董建军	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1976.05	初级	船舶制造	项目实施
王素娥	陕西科技大学	女	1973.11	正高级（教授）	电气工程	技术指导
刘宝泉	陕西科技大学	男	1987.02	高级（副教授）	电气工程	技术指导
康家玉	陕西科技大学	女	1969.11	高级（副教授）	电气工程	技术指导

陈合力	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1964.10	高级工程师	船舶检验	技术指导
董婷	安康市宏达船舶制造有限公司	女	1979.11	高级工程师	交通工程	技术指导
张倩	陕西科技大学	女	1995.07	中级(讲师)	电气工程	理论研究
巩磊	陕西科技大学	男	1993.02	中级(讲师)	电气工程	算法研究
朱成福	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1982.06	初级	船舶制造	项目实施
董如雪	安康市宏达船舶制造有限公司	女	1994.12	初级	船舶制造	项目实施
李根巧	安康市宏达船舶制造有限公司	女	1992.07	初级	船舶工程	资料员
王飞	安康市宏达船舶制造有限公司	男	1995.10	无	船舶工程	项目实施

4.3 各自承担的主要工作

项目负责人，确保项目按照既定目标、时间节点及质量标准顺利完成。同时，负责协调项目团队内部及与客户、合作伙伴之间的沟通与协作，及时解决项目实施过程中遇到的问题与挑战，保障项目顺利推进并达成预期成果。

技术指导人员负责把控项目整体技术方向，确保研究方案与行业发展趋势及技术标准保持一致。同时，指导团队在关键技术环节的突破与应用，提供专业咨询与技术支持，帮助解决研发过程中出现的技术难题，保障项目研究成果的先进性与可行性。

理论研究人员负责构建项目的学术与技术基础，深入开展氢动力船舶相关的理论模型研究与机理分析，确保研究内容具有科学性与系统性。同时，负责提出创新性的研究思路与方法，为后续实验验证和技术应用提供坚实的理论支撑。

算法研究人员负责设计与优化项目中的核心算法，确保能量管理、故障诊断与寿命预测等环节的计算模型高效、准确与稳定。通过数据驱动方法与智能控制策略的研发，提升系统的实时响应能力与整体运行效率，并为成果的工程化应用提供可靠的算法保障。

实施人员负责将研究成果落实到具体实验与工程实践中，确保各项工作按照既定计划和技术要求顺利推进。他们承担实验设备调试、系统集成、实船测试与数据采集等任务，并在项目执行过程中及时反馈问题与改进建议，保障研究成果能够有效转化为实际应用。

4.4 项目主要负责人情况

陈景文，男，1978年12月生，博士研究生学历，正高级教授，安康市宏达船舶制造有限公司技术副总，长期从事电力电子与电力传动、新能源发电与微电网技术研究，具有22年专业工作经验和12年项目经理经验。主持多项省级科研项目，在新能源动力系统集成领域成果丰硕，具备扎实的理论功底和丰富的项目管理经验，能够有效统筹项目研发与实施。

五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

5.1 依托工程（工作）概况

本项目依托于安康市宏达船舶制造有限公司现有的研发与工程

体系开展。公司作为陕南唯一同时具备船舶设计与制造资质的企业，已形成较为完善的生产线和实验设施，并建有多个省市级研发平台，具备较强的技术积累和创新能力。近年来，公司承担了“船舶氢燃料与锂电池混合动力系统研发”等重点科技项目，积累了丰富的技术经验和数据资源，为本项目的实施提供了直接的工程支撑。依托这些研发平台、实验条件和前期项目成果，本项目能够在成熟的工程环境中顺利推进，并确保研究成果具备良好的转化与应用基础。

5.2 投资来源

项目总预算 99.5 万元，其中 49.5 万元为陕西省交通运输厅补助经费，剩余资金全部由企业自筹。

5.3 工程进度与项目科研进度的配合

本项目的科研进度与工程建设进度紧密衔接，形成了从理论研究到工程应用的有机统一。在科研层面，项目按照既定时间节点分阶段推进，涵盖基础研究、技术研发、系统集成与测试以及示范应用与推广等环节；在工程层面，依托单位宏达船舶制造有限公司已具备完善的生产线和实验设施，并在前期承担的氢燃料与锂电池混合动力系统研发项目中积累了丰富的工程经验，为科研成果的落地提供了坚实保障。

在项目筹备与规划阶段，科研团队完成了研究计划和技术路线的制定，同时公司搭建了实验平台并开展氢燃料电池与储氢技术的基础研究，为后续工程实施奠定了条件。进入技术研发与实验阶段，科研工作聚焦于燃料电池性能优化、储氢材料研发和动力系统初步集成设

计，而工程环节则同步开展原型机制作与小规模实验，确保科研成果能够在工程实践中得到验证。随着系统集成与测试阶段的推进，科研团队在动力系统优化与能量管理策略上不断完善，工程团队则在实船试验和实验室模拟中进行性能验证与改进，实现科研与工程的双向反馈。最终在示范应用与推广阶段，科研成果通过典型船舶的应用得到检验，工程建设则完成了技术产品的成熟化与推广应用，形成可复制、可推广的技术方案。

5.4 组织管理形式

本项目的组织管理形式采取“统一领导、分工明确、协同推进”的模式，由安康市宏达船舶制造有限公司作为依托单位全面负责项目的组织实施与资源保障。公司设立项目负责人，统筹项目整体进度与质量控制，确保研究工作按照既定目标和时间节点顺利推进。在此基础上，建立由技术指导、理论研究、算法研究和实施人员组成的多层次研发团队，形成从顶层设计到具体执行的完整管理链条。

在管理机制上，项目实行目标管理与过程控制相结合的方式。项目负责人负责总体协调与外部沟通，技术指导把控研究方向与关键技术环节，理论研究人员开展模型构建与机理分析，算法研究人员负责能量管理、寿命预测与故障诊断等核心算法的设计与优化，实施人员则承担实验设备调试、系统集成与实船测试等具体工作。各环节之间通过定期会议、阶段性评审和成果验收实现信息共享与进度对接，确保科研进展与工程实施保持一致。

同时，项目依托公司已建立的三大研发平台和与高校、科研机构

的长期合作关系，形成产学研联合的管理格局。通过外部专家咨询与内部团队协作相结合的方式，项目在技术攻关、成果转化和风险控制方面均具备完善的组织保障。整体管理形式既强调科学的研究的严谨性，又兼顾工程应用的实效性，为项目的顺利实施和成果推广提供了坚实的制度支撑。

六、项目经费估算及资金筹措情况

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科 目	估算数	科 目	总经 费	厅补 经费	其他 经费
省交通运输厅补助	49.50	合 计	99.50	49.50	
工程配套研究经费	/	(一) 直接费用	94.50	49.50	
单位自筹	50.00	1.设备费	21.00	13.00	
其他经费	/	(1) 购置设备费	20.50	13.00	
		(2) 设备改造与租赁费	0.50	0.00	
		2.业务费	48.00	27.50	
		(1) 材料费	30.00	20.00	
		(2) 测试化验实验加工费	2.00	1.00	
		(3) 燃料动力费	1.00	0.50	
		(4) 差旅费/会议费/国际合作与交流费	5.00	1.50	
		(5) 出版/文献/信息传播/知识产权事费	8.00	4.50	
		(6) 其他费用	2.00	0.00	
		3.劳务费	25.50	9.00	
		(1) 专家咨询费	15.00	7.50	
		(2) 聘用人员劳务费	9.00	1.50	
		(3) 其他劳务费	1.50	0.00	
		(二) 间接费用	5.00	0.00	
		4.管理费	3.00	0.00	
		5.绩效支出	2.00	0.00	

注：预算编制按照《陕西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（陕政办发[2022]3号）文件执行，详见附件《科研经费预算编制说明》。项目验收将组织财务专项验收或审计。

七、项目绩效指标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1、专利授权数（项）	1
		(1) 授权发明专利	/
		(2) 实用新型	1
		(3) 外观设计	/
		2、软件著作权授权数（项）	1
		3、发表论文（篇）	1
		(1) 其中 SCI 索引收录数	/
		(2) 其中 EI 索引收录数	/
		(3) 其它	1
		4、著作（部）	/
		5、制订标准数（项）	1
		(1) 国际标准	/
		(2) 国家标准	/
		(3) 行业标准	/
		(4) 地方标准	/
		(5) 企业标准	/
		(6) 科技报告	1
	其他成果	1、填补技术空白数	/
		(1) 国际	/
		(2) 国家	/
		(3) 省级	/
		2、获奖项数	/
		(1) 国家奖项	/

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	(2) 部、省奖项	/
		(3) 地市级奖项	/
		3、其他科技成果产出	1
		(1) 新工艺（或新方法模式）	/
		(2) 新产品（含农业新品种）	1
		(3) 新材料	/
		(4) 新装备（装置）	/
		(5) 平台/基地/示范点	/
		(6) 中试线	/
		(7) 生产线	/
产出类指标	其他成果	4、研究开发情况	
		(1) 小试	是
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	否
	人才引育	1、引进高层次人才	/
		(1) 博士、博士后	/
		(2) 硕士	/
		2、培养高层次人才	/
		(1) 博士、博士后	/
		(2) 硕士	/
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	2
		4、是否设立科研助理岗位	否

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
	产业化情况	1、开放共享仪器设备数（台/套/只等）	/
		2、科研仪器设备利用率（%）	/
		3、孵化科技型企业（个）	/
		4、转化科技成果（个）	/
效果类指标	经济效益	1、新增产值（万元）	50.00
		2、新增销售（万元）	20.00
		3、新增出口创汇（万美元）	/
		4、新增利润（万元）	3.00
	社会效益	1、新增税收（万元）	1.50
		2、新增就业人数	2-5
		3、就业培训（人次）	1-2
		4、带动农民增收（万元）	5.00
		5、培训和指导科技服务（人次）	1-2
		6、新增产业带动情况	吸引相关产业链上下游企业的关注与合作，形成良好的产业集聚效应，带动周边地区相关产业的发展，促进区域经济的协调发展。
		7、技术集成示范（项）	/
		8、建立示范基地（亩数）	/
		9、节约资源能源	降低能源消耗，促进可持续发展。
		10、环保效益	减少污染物排放
其他需要说明的情况		无	

八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益

（一）项目预期目标（项目的考核目标）

1. 实验样船：建成一艘试验样船，总长不少于 7 米，船宽不少于 2 米，型深大于 0.8 米，并取得市级船舶检验机构颁发的证书，对比同类传统燃油船舶，重量减轻约 10%。

2. 工程验证目标：通过实船测试验证技术体系的可靠性、稳定性与适配性，累计示范运行时长不少于 1 个月，覆盖内河典型（C 级航区）航行工况。

3. 成果转化目标：形成可复制、可推广的内河氢动力船舶技术方案，为陕西省“公铁水”联运绿色转型提供技术装备支撑，推动技术在货运、旅游、港口作业等场景的初步应用。

（二）提交的研究成果及其形式

1. 授权专利或软件著作权 1 项；
2. 在中文核心期刊及以上期刊发表论文 1 篇；
3. 编写《氢动力船舶的节能环保关键技术研制总结报告》。

（三）经济、社会、环境效益分析

1. 经济效益

项目成果落地后，预计新增产值 50 万元、新增销售额 20 万元、新增利润 3 万元，为区域经济注入新动能。

2. 社会效益

新增就业人数 5 人，开展就业培训 1-2 人次、科技服务指导 1-2 人次，带动农民增收 5 万元，促进区域就业稳定与民生改善。

3. 环境效益

污染减排：安康汉江流域推广应用后，可有效保护汉江水源涵养地的水质与生态环境，避免燃油泄漏对水域的污染，助力“一江清水供京津”生态使命落地。

九、其它需要说明的问题

无。

十、申请单位意见

《氢动力船舶的节能环保关键技术研究》项目依托安康市宏达船舶制造有限公司现有的实验场地和设备，并结合与陕西科技大学的产学研合作，全面展开研发与工程体系建设。公司作为陕南唯一同时具备船舶设计与制造资质的企业，已形成较为完善的生产线和实验设施，并建有多个省市级研发平台，具备较强的技术积累和创新能力，能够为本项目的实施提供技术、资源等支撑，并确保研究成果具备良好的转化与应用基础。

项目总预算 99.5 万元（其中企业自筹 50 万元、陕西省交通运输厅补助经费 49.5 万元），经费专款专用，确保人力、物力、财力资源足额到位；

本项目聚焦内河氢动力船舶核心技术突破，填补省内相关领域技术空白，其成果转化前景广阔，且具有显著的经济、社会与环境效益，综上，我公司同意申报本项目。



“氢动力船舶的节能环保关键技术研究”

大纲评审意见

2025年12月3日，陕西省交通运输厅在西安主持召开了“氢动力船舶的节能环保关键技术研究”（项目编号：25-13K）项目大纲评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了项目研究大纲，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目针对氢燃料电池在船舶恶劣工况下的环境适应性与耐久性、多能源混合动力系统的协同管理与优化控制和船舶结构轻量化与安全性的精准平衡等问题，开展氢燃料电池与锂电池混合动力系统建模、高效安全储氢技术与船舶结构轻量化设计和氢动力船舶系统集成优化等研究，拟解决高效稳定性能的氢动力船舶节能环保技术问题，对推动氢动力船舶推广应用具有现实意义，立项必要。

二、研究内容合理，研究目标明确，技术路线可行。

三、研究人员组成合理，前期研究基础扎实，试验设备齐全，依托工程落实，经费预算合理，具备开展研究工作的条件。

四、预期成果覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架契合。

主任委员： 李英寿

2025年12月03日

专家审查意见表

项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究				
专家姓名	李英春	职务/职称	研究员	专业	电气类
专家单位	陕西科技大学			联系电话	13609108197

评审意见

氢动力船舶的自主研发成为支撑区域交通高质量发展的关键突破口；本项目聚焦氢动力船舶的节能环保关键技术研究，立足陕西内河航运高质量需求，结合氢能源零排放、高经济性的技术优势，旨在破解内河船舶能源消耗高、污染排放大的痛点，为区域交通高质量提供技术支持。

研究内容中着眼于：氢燃料电池与锂电池混合动力系统建模与船舶管理；实现氢燃料电池技术与船舶结构的系统化设计；氢动力船舶系统集成化；研究充分，技术方案合理，船舶性能指标明确；预期目标切实可行；

评审专家（签字）： 李英春

2025年12月3日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究				
专家姓名	张琦	职务/职称	副教授	专业	电力电子与电力传动
专家单位	西安理工大学			联系电话	18091828799

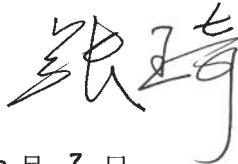
评审意见

该项目以氢动力船舶为研究对象,聚焦于混合储氢系统构建、能量管理及功率变换等关键技术,选题具有重要的理论价值与实际应用前景,符合绿色航运与节能减排的国家战略需求。项目研究目标明确,技术路线总体可行,前期研究基础较为扎实。评审过程中关注的主要问题如下:

1. 项目拟研究氢燃料电池、蓄电池或超级电容构成的混合储氢系统,船舶负载通常的用电设备都包含了哪些类负载?建议分析具体的用电负荷特征,结合船舶负载特征建立负荷模型,从而有效匹配各部分容量、功率。
2. 设计船舶电力系统采用了混合动力系统智能能量管理与协调控制策略,并期望将扰动分解为高频与低频扰动进行解耦控制,这里的高频、低频是如何定义的?动态下如何有效区分这些扰动?这些频率的扰动产生机理是什么?
3. 功率单元中选用的双向DC/DC、DC/AC变换器拓扑形态是什么?各部分在运行过程中稳定性是否可以进行定量及定性评价?

该项目意义重大,研究方案总体合理可行,团队具备相应研究能力。同意通过评审,建议予以立项支持。期望项目组在实施过程中,深化具体技术细节设计,加强仿真与实验验证,力争在混合动力系统高效、稳定、智能运行方面取得实质性成果,为我国绿色智能船舶发展提供技术支撑。

评审专家(签字):



2025年12月3日

(本意见入档,应填写工整,纸面不敷,可另加纸)

专家审查意见表

项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究				
专家姓名	孙建	职务/职称	执行院长教授	专业	交通运输工程
专家单位	长安大学			联系电话	13918769316

评审意见

课题团队较为细致地介绍了氢动力船舶的节能环保关键技术研究，完成了对三个课题任务分工，选题具有良好的可行性、创新性，具有较好的可行性。建议改进增加：

1. 基于氢的存储、运输方面的技术要求，相较于当前电池储能，安全性及充放电有所区别。

2. 课题提出氢燃料电池与锂电池混合动力具有较好的可行性，但在混合动力方面的核心技术方法和技术到底是什么？仅仅是氢气轻量化存储和回收吗？

3. 专家指摘方面，在此以及填补技术空白方面建议进一步提升。

评审专家（签字）：

孙建

2023年12月3日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究			
专家姓名	薛大文	职务/职称	副高	专业
专家单位	重庆交通大学船舶与海洋学院		联系电话	18716266117

评审意见

氢动力船舶的节能环保关键技术研究属于目前国内前沿的科研创新项目，现评审意见如下：

- 1). 技术指标和经济性及安全性等方面综合考虑。
- 2). 半实物仿真台架的温湿度环境箱试验需满足宽温度范围 $-20^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 的范围。
- 3). 燃料电池的安全性：此方案从性能提升、预警防护中需明确阐述在着火时的安全隐患问题。
- 4). 部分次、设计制造实验周期1年的时间比较长。

评审专家（签字）：薛大文

2025年12月3日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	氢动力船舶的节能环保关键技术研究				
专家姓名	李清波	职务/职称	主任/教授	专业	环境
专家单位	大连海事大学环境科学与工程学院		联系电话	13889527201	

评审意见

项目针对氢燃料电池在船舶振动、温湿度剧变、腐蚀等恶劣工况下的环境适应性、耐久性与可靠性，以及氢燃料电池与锂电池、超级电容器等多种能源在船舶这一特殊移动平台上的协同管理与优化控制等问题，开展氢燃料电池在船舶恶劣工况下的环境适应性与耐久性；高效、安全且经济的大容量储氢技术；多能源混合动力系统的协同管理与优化控制；船舶结构轻量化与安全性的精准平衡等方面研究，对解决和构建高效稳定性能的氢动力船舶节能环保技术体系，融合氢能源动力集成、轻量化设计与智能控制技术，实现船舶能源利用效率显著提升与污染物近乎零排放的目标和推动内河航运绿色转型工作具有现实/理论意义，立项必要。

建议：

1、研究内容要明确，与研究目标相匹配，进行适当缩减。

2、明确成果考核，具有可考核性。例如实验船的主要参数。尺寸，航速，续航。以及测试的总里程等。

3、适当提高考核指标。作为预研项目，专利数偏少。

存在问题：研究内容偏多而且大，与研究经费以及研究基础不匹配。从研究经费倒推，经费总额约 100 万，去除劳务费及管理费，剩余 60 多万。研究方案中包括材料测试、原型机和试验样船设计与建造以及实船验证等内容，例如，固态储氢要进行 X 射线衍射、扫描电镜及 PCT 测试平台对其进行微观结构与储氢性能的系统表征，这些要花多少钱？实验船要进行 1 个月的测试，要使用多少氢气，费用又是多少？项目经费能否支撑。

评审专家（签字）： 李清波

2025 年 12 月 3 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家意见处理表

项目名称：氢动力船舶的节能环保关键技术研究

(项目编号: 25-13K)

序号	姓名	建议内容	处理意见 (逐条回应, 详细说明修改情况)
1	李英春	/	/
2	张琦	1. 项目拟研究氢燃料电池、蓄电池或超级电容构成的混合储氢系统, 船舶负载通常的用电设备都包含了哪些类负载? 建议分析具体的用电负荷特征, 结合船舶负载特征建立负荷模型, 从而有效匹配各部分容量、功率。 2. 设计船舶电力系统采用了混合动力系统智能能量管理与协调控制策略, 并期望将扰动分解为高频率管理与协调控制策略, 并期望将扰动分解为高频率	1. 船舶设备核心是同步电动机, 其次是部分照明负载, 前期已经进行了相关负荷特性测试, 模型已建立, 下一步更精细化改进; 2. 这里的高频低频指的是电船能量的类型, 将驱动电流的能量分为高频波动型输出和低频平缓型输出, 动态情况下根据系统运行工况测试情况, 采用自适应滤波器进行自动

		<p>与低频扰动进行解耦控制,这里的高频、低频是如何定义的?动态下如何有效区分这些扰动?这些频率的扰动产生机理是什么?</p> <p>3. 功率单元中选用的双向 DC/DC、DC/AC 变换器拓扑形态是什么?各部分在运行过程中稳定性是否可以进行定量及定性评价?</p>	<p>分频,再用功率密度电池和能量密度电池分别进行平抑,频率扰动的机理主要是船舶在不同水域航行时电机驱动电流输出引起的;</p> <p>3. 功率单元中选用的双向 DC/DC 是复合型斩波电路、DC/AC 变换器拓扑三电平逆变电路,两级变流器在运行过程中可以进行定性评价。</p>
3	孙健	<p>1. 鉴于氢能存储、运输方面的技术要求,相较于当前电能的经济性需要充分分析论证;</p> <p>2. 课题提出氢燃料电池与锂电池混合动力,具有较好的经济性。但在混合动力方面的核心优化方法与技术到底是什么?仅仅是实现轻量化和余热回收吗?</p> <p>3. 产出指标方面,在论文以及填补空白方面建议进</p>	<p>1. 目前,氢能存储、运输方面的成本相对较高,但该项目所处的安康地区正在规划小水电的制氢项目,可以就地进行生产运输,相对其它地区在成本和便利性优势较为明显;</p> <p>2. 混合动力的核心优化方法是在保证电机</p>

		一步提升。	供电稳定性的前提下,实现最经济的容量配置,在此技术上,技术上去实现分频控制的能量管理,实现高效能源利用率; 3. 已根据专家建议,修改在高水平期刊发表论文;
4	戴大利	1. 技术指标和经济性及安全性等方面综合考虑; 2. 半实物仿真台架的温湿度环境箱试验需满足宽湿度范围-20℃~60℃的范围; 3. 燃料电池的安全性,方案从性能提升、预警防护中需明确表达已经着火时的安全逃避问题; 4. 立项、设计、制造、实验周期 1 年的时间比较紧。	1. 在建模和实际设计中将综合考虑技术指标和经济性及安全性等方面需求; 2. 在测试环境中将提高测试温度到 60 度; 3. 在样船设计中已综合考虑燃料堆位置、安全防护及逃逸等多重保护措施,下一步将再细化; 4. 前期已经有一定的预研,下一步将时间进一步细化,保证项目顺利实施。

5	李清波 (线上)	<ol style="list-style-type: none">研究内容要明确,与研究目标相匹配,进行适当缩减。明确成果考核,具有可考核性。例如实验船的主要参数。尺寸,航速,续航。以及测试的总里程等。适当提高考核指标。作为预研项目,专利数偏少。	<ol style="list-style-type: none">已经将研究目标精简为两个核心研究内容;已在考核指标中明确详细考核参数:总长不少于7米,船宽不少于2米,型深大于0.8米,并取得市级船舶检验机构颁发的证书,对比同类传统燃油船舶,重量减轻约10%。专利申请以最低1项为起点目标,结题时将尽可能完成2项以上。
---	-------------	--	--

项目负责人(签字): 陈宗文

氢动力船舶的节能环保关键技术研究 (项目编号: 25-13K)

大纲评审专家委员会名单

序号	评审会职务	姓名	工作单位	所学专业	从事专业	职称/职务	签 名
1	主任委员	李英春	陕西科技大学	电气工程	电力传动	高工	李英春
2	委员	张琦	西安理工大学	电气工程	电力电子技术	副教授	张琦
3	委员	孙健	长安大学	交通运输工程	城市交通大数据 与仿真	教授	孙健
4	委员	戴大利	重庆德马高速装备工 程研究院有限公司	电气工程	电机传动	高工	戴大利
5	委员	李清波	大连海事大学 (线上)	土壤学	船舶防污染和可 持续船用燃料	教授	李清波