

华中科技大学

大学生创新训练项目申报书

项目名称： 远洋海岛群储换电船舶的优化调度和航线的动态调整策略

所属一级学科： 电气工程

项目负责人： 杨子赫

专业： 电气工程及其自动化

院系： 电气与工程学院

申请资助经费： 2000

指导老师： 魏繁荣

导师所在单位： 华中科技大学电气与工程学院电力系

实施起止时间： 2023. 2. 28-2024. 2. 28

填表时间： 2023. 2. 27

华中科技大学本科生院编制

一、项目成员							
申 请 人 或 团 队	姓名	学号	年级	QQ	所在院(系)、专业	联系电话	项目分工
	杨子赫	U202112240	大二	1316805815	电气与工程学院 电气工程及其自动化专业	17334334689	报告、ppt 编写、文献查阅、 模型构建、算法设计、仿真 运行
	詹智杰	U202112243	大二	2327308950	电气与工程学院 电气工程及其自动化专业	18271430166	文献查阅、模型构建、算法 设计、仿真运行
	吴炳旭	U202112233	大二	2275035774	电气与工程学院 电气工程及其自动化专业	18749311209	文献查阅、模型构建、算法 设计、仿真运行
团队名称：205 支队							
指 导 教	姓名：	魏繁荣	年龄：	31	工作单位：	华中科技大学电气与工程学院电力系	
	职称：	讲师	职务：	教师	E-mail：	weifanrong@huat.edu.cn	
	研究方	电力信息-物理信息安全、多能源系			联系电话：	18672987933	

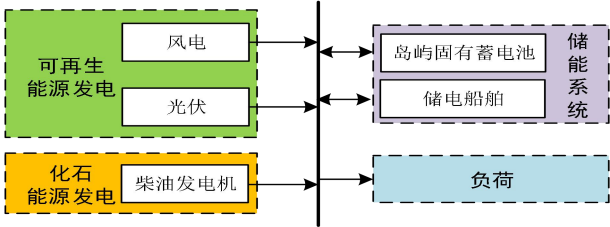
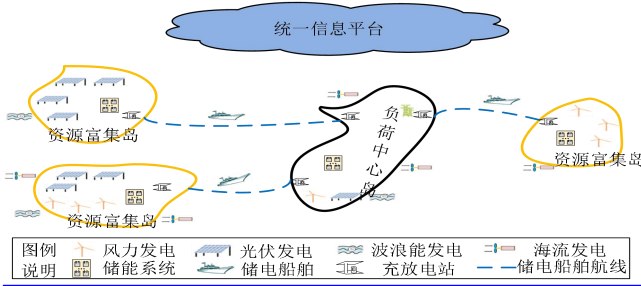
师	向：统运行		
二、项目研究目的			
<p>远洋海岛作为维护国家海防和海洋权益的重要支点和平台，具有特殊的地缘战略意义，中国南海南沙群岛、东海钓鱼岛等岛屿的主权问题尤其受到空前的高度重视；丰富的油气资源、生态资源、旅游资源以及独特的贸易地位使得海岛发展前景广阔，而可靠的能量供给是远洋海岛发展建设的动脉。远洋海岛受工程造价、系统运维和电力传输技术的制约，架设大陆-海岛供电网络非明智之举，而传统孤岛海岛供电系统基本上依赖柴油发电机供电，需要频繁地进行燃料补给，无法支撑较高的负荷密度，同时内燃机组也会带来高噪音、高排放与高污染等问题，对海岛当地的可持续性发展有较大的负面影响。远洋海岛蕴含了丰富的、可用于直接发电的风能、光伏、波浪能、海流能等可再生能源，有效消纳海岛清洁能源，并转化为电力、储能、淡水、交通动力等复合资源，建立能独立平稳运行的远洋海岛群综合能量供给系统，将对维护国家主权领土完整及最大限度开发利用远洋海岛群的自然资源提供有力的能源保障，并有效促进当地经济社会发展，推进国家远洋海岛海洋战略的实施。远洋海岛群综合能量供给系统的核心在于打破海岛电网孤立发展的格局，将海岛群作为一个整体通过独创性的储电(换电)船舶进行“互联”，既考虑到海岛个体的特性与局限，又能充分利用海岛丰富的可再生能源，实现海岛群整体资源的优化配置，解决远洋海岛资源保障困难的问题，达到海岛群电能自给自足、可持续发展的目的。在此背景下，作为传统电缆的替代方案，本项目提出了一种新供电模式，即将旅游型远洋海岛不可或缺的电动旅游班船作为一种移动式的共享储能，通过吸引其在非客运时间参与电网调度，实现负荷中心岛和资源富集岛间的能量转移。我们期望提出能够有效优化调度储换电船舶的策略，并预测船舶在海岛集群中的最优路径解，从而减少能量在运输过程中的流失，提高能量从资源富集岛向负荷中心岛传输的效率。</p>			
三、项目研究内容			
<p>根据远洋海岛上的居民分布、可再生资源储量、负荷需求水平等情况，将拟开发的岛屿划分为负荷中心岛和资源富集岛两大类。</p> <p>负荷中心岛的功能定位为：居民居住、旅游、行政管理、医疗教育、港口运输、军事、生产加工、农业渔业等。由于负荷中心岛的人口密集、可用空间不足、可再生能源储量有限，因此在该类岛屿上仅少量配备一定容量的燃气轮机及柴油机，用于作为应急、备用电源使用。</p> <p>资源富集岛的功能定位为：常规机组发电、可再生能源发电、物资制备（氢气、淡水）。等。相比于负荷中心岛，资源富集岛上居住人口很少，可用空间较大，可再生能源储量丰富，因此其配置了大量的风、光、波浪能、海流能发电设备、以及海水制氢、制淡装置，承担着为负荷中心岛进行能量及物资供应的角色。</p> <p>作为传统电缆的替代方案，本项目采用了一种新供电模式，即将旅游型远洋海岛不可或缺的电动旅游班船作为一种移动式的共享储能，通过吸引其在非客运时间参与电网调度，实现负荷中心岛和资源富集岛间的能量转移。我们期望提出能够有效优化调度储换电船舶的策略，并预测船舶在海岛集群中的最优路径解，从而减少能量在运输过程中的流失，提高能量从资源富集岛向负荷中心岛传输的效率。</p> <div></div> <p>图 1 远洋海岛微电网系统结构图</p> <p>现阶段，利用多主体互补性对闲置资源进行优化配置、旨在实现多方共赢的共享经济日益蓬勃，涉及领域也在不断拓展。借鉴共享经济的工作模式，共享储能的概念应运而生。</p> <p>所谓共享储能，是指在统一平台调度下，各岛屿分时段使用同一储能设备消纳富余能源或进行负荷功率支撑，在共享设备产能的同时，共同分摊投资成本。远洋海岛群各岛屿自然条件不一，岛上赖以发电的可再生能源形态各异，在调度周期内此消彼长，具有时空互补的分布格局。在新能源出力平时段，功率输出较为平缓，在岛内配置较小规模的储能设备足以消纳随时间持续累积的低密度的能量；而在新能源大发时段，共享储能设备能够直接消纳实时功率，避免了二次充放电等低效能量转换，同时转移岛内已经消纳完成的低功率密度出力时段的能量，实现共享机制的可持续运转。可见，共享储能设备具有系统公益属性，有效避免了分布式储能设备资源闲置和产能浪费的现象，实现了多方共赢。</p> <p>随着环保意识的觉醒，因船舶油料泄露、尾气排放量大等导致海洋污染的问题逐渐引起了人们的重视，建设生态友好型远洋海岛群能量供给系统是大势所趋。实现这一目的的关键在于集储能与航行于一体的 EV，相对于传统的 EV(Electric Vehicle)指代电动汽车，项目赋予了 EV 新的内涵（Electric Vessel）。其主要由大规模电池组、DC-DC 变换器、控制器、智能电表等组成。其中，智能电表实时监测电池组的工况。EV 依赖电池储能供给内部电路，驱动电机进行水面航行，性能可以比拟现已开发成功、能够利用岸电进行能量补充的纯电动船舶。实验证明，在同等海况及载重情况下，较之以化石能源为动力的传统船舶，电力船舶可节能 10%左右，并且无尾气排放。而得益于大规模储能特性，具有同等节能减排属性的 EV 续航能力将成倍增长，完全能够胜任在远洋海岛群之间进行岛际航行。</p> <p>作为共享储能载体，EV 可供远洋海岛群各岛屿的新能源发电设备分时使用，凭借与岛内储能的同质特性，即插即用。EV 在各岛停泊间，通过通用接口与岛内电网（负荷中心岛）或充电站（资源富集岛）建立电气连接，主动参与海岛微网的调度运行。位于资源富集岛时，EV 直接消纳富余能源，提高可再生能源利用率，同时转移岛内电池能量，实现共享储能和固有储能的有机配合；而在负荷中心岛时，EV 释放储能，替代柴机对负荷提供功率支撑，并为岛内电池补充能量，降低柴油等化石能源的消耗比率。而且，EV 兼具灵活的充放电特性和快速的响应能力，能够在短时间内为微网提供紧急的调峰、调频服务，有助于增加微网的生存性和稳健性。</p> <div></div> <p>图 2 远洋海岛群共享储能示意图</p> <p>1. 面向生态友好型远洋海岛群的储电概念船舶及其时空转移模型</p>			



图 3 EV 结构图

远洋海岛群之间由于地理位置和自然环境的独特性，在经济性和可靠性的约束条件下，通过电缆及输电线路等传统输电方式进行送电不具备可实施性，为此采用储换电船舶来进行岛屿之间的能量调度。

在对远洋海岛群能量供给系统进行日前调度时，如何量化分析风向、海（洋）流等因素对 EV（Electric Vessel）路线选择策略的影响，协调时空耦合特性下能量流和交通流之间的关系，在尽可能保障负荷中心岛供电可靠性的同时，又能合理消解系统运行成本带来的负担，是一个值得研究的问题，因此本项目将对远洋海岛群的储电概念船舶及其供能路径优化策略进行探索。

2. 基于改进蚁群算法的储换电船舶供能路径优化策略研究

储换电船舶通过前往新能源电站进行电能的收集和补充，行驶到负荷中心的 V2G 站点完成电能的释放和转运，能够承担远洋海岛群之间的能量调度任务。为保证远洋海岛群的能量供需平衡，需要合理设计储换电船舶的运输航路和调度方案。本选题将从储换电船舶在远洋海岛群的路线优化调度角度切入，首先构建远洋海岛群能量调度场景，结合各岛屿日前负荷调度量，在保证各岛屿能量供应满足的前提下，通过采用改进蚁群算法，以航行路径最短为优化目标，期望制定考虑服务时间窗的储换电船舶日前优化调度策略。

3. 基于共享理念的公交电力船舶海岛群间客-货-能量综合航路规划策略

由于常规燃料补给的困难，远洋海岛常规机组发电的成本很高，而资源富集岛的新能源发电无需燃料成本，两者之间形成了可观的价差，即资源富集岛的售电电价会处于一个相对较低的水平，远低于负荷中心岛的用电电价。当储换电专用船舶不足时，为避免窝电和弃电，资源富集岛会以低于向专用船舶的售电电价，向电动交通船舶出售电力；对负荷中心岛而言，电动交通船舶送达的电力免去了专用船舶在电池转运过程中的损耗和其他附加成本，加之如不利用这部分电力，则必须开启常规机组，使用高昂的常规燃料发电进行填补，因此，负荷中心岛理应以一个高于其在资源富集的购电电价(即资源富集岛向专用船舶的售电电价)电动交通船舶送达的电力进行收购。在此背景下，一旦电力买售价差具有足够吸引力，公共交通运营方则可以充分利用其空闲时间，根据能量供给方发布的各资源富集岛全天的风光总出力预测曲线，尽可能多地从周围的资源富集岛收集电能，再到负荷中心岛售电，这一模式将迎来双赢局面：一方面，对于公共交通运营方，能够赚取额外的利润；另一方面，对于远洋海岛群能量供给方而言，能减轻其能量供给压力，减少所需专用储换电船舶的数量和容量，降低专用储换电船舶的建造和运输成本，还能弥补专用储换电船舶搜集和输送不够及时的缺点。这就是共享公交电力船舶(Sharing Transit Electric Vessel， STEV)概念。

基于共享公交电力船舶(Sharing Transit Electric Vessel， STEV)的概念，首先构建远洋海岛群 STEV 能量搜集场景，在保证满足搜集过程中各类要求的前提下，以 STEV 非客运时段搜集总电量最大为优化目标，期望制定 STEV 非客运时段搜集能量最大化的策略，并通过两次运行粒子群算法进行求解，借以通过算例验证该策略的有效性和优越性。

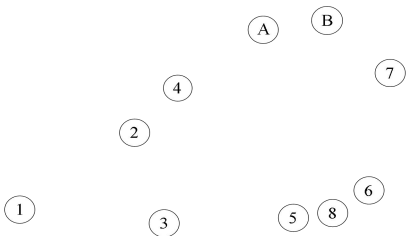


图 4 作为仿真算例的西沙群岛中永乐群岛各岛地理位置拓扑图

4. 计及共享全电船舶参与的海岛群微电网风-光-柴-储-荷日前调度策略研究

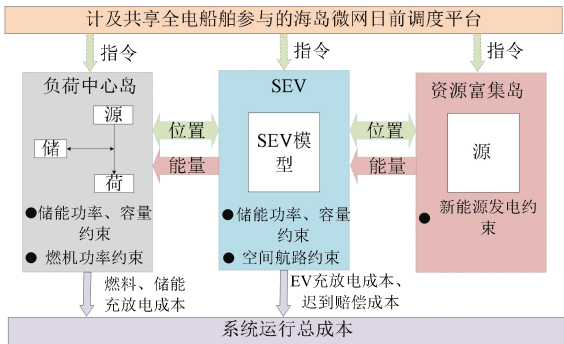


图 5 计及 SEV 参与的海岛电网日前调度图

在对计及共享全电船舶（Shared Electric Vessel， SEV）在内的远洋海岛群能量供给系统进行日前调度时，如何协调交通调度和能源调度的双重需求，并对 SEV 和海岛电网两个主体的运营利益进行分配，是一个值得研究的问题。

如果将非客运时间的电动旅游船看作是一种移动式储能设备，在其空闲时间段，调度其往返于资源富集岛和负荷中心岛输送富余电能，客运旅游班船就变成了所谓 SEV。位于资源富集岛时，SEV 进行充电，直接消纳新能源机组生产的富余能源，提高可再生能源利用率；而在负荷中心岛停泊时，SEV 释放储能，替代燃机供给负荷，降低柴油、天然气等化石能源的消耗比率。若此，SEV 在兼顾客运的同时，还可完成从资源富集岛往负荷中心岛输送富余电能的职能，是一种高效、绿色的输电方式，不仅解决了资源富集岛的电能转运问题，还大大提高了对闲置资源的利用率。

本节将量化分析 SEV 的时空转移特性，建立计及在途电能损耗的新型 SEV 模型；并建立计及 SEV 参与的海岛电网日前调度模型，同时采用主子问题分解的方法进行模型求解；最后利用 Shapley 值法对电网方和 SEV 方的利益进行分配，从而实现双赢模式。

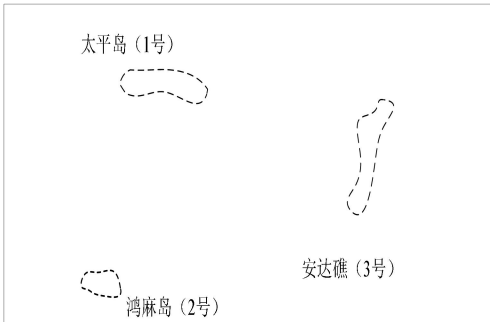


图 6 作为仿真算例的太平岛水域岛屿群相对位置图

四、国、内外研究现状和发展动态

2010 年 3 月起施行的《中华人民共和国海岛保护法》明确指出“有居民海岛的开发、建设应当优先采用风能、海洋能、太阳能等可再生能源和雨水集蓄、海水淡化、污水再生利用等技术”。远洋海岛蕴含了丰富的、可用于直接发电的风能、光伏、波浪能、海流能等可再生能源。以西沙群岛为例，研究表明，西沙群岛年日照小时数约为 2900h，全年均可利用，年太阳辐射总在 6000MJ 以上，属于中国太阳能资源最丰富的地区之一；其有效风能密度年平均为 180~285MJ·m⁻²，年有效风能为 1050kW·h·m⁻²；南海波浪能蕴藏量达 632.5 万千瓦，西沙海区为主要分布区之一；西沙群岛属强海流区，最大功率密度为 4.35kW·m⁻²，蕴藏丰富的海流能源。

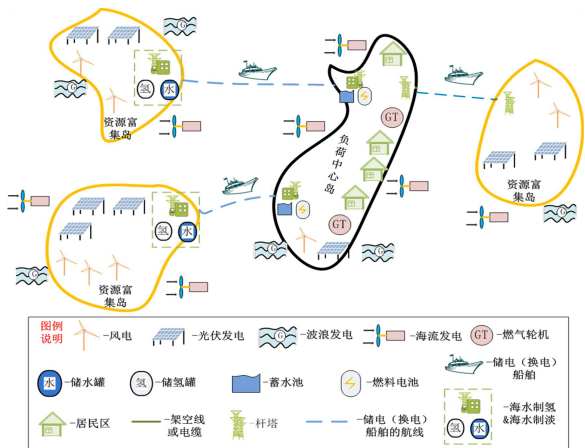


图 7 远洋海岛群综合能量供给系统示意图

现有的研究不仅对风力发电、光伏发电、波浪能发电、海流能发电以及储能技术研究开展了大量的工作，而且在微网技术以及孤岛电网运行控制方面已经取得了重要的阶段性进展，对构建近海型的并网海岛供电系统与离网海岛供电系统打下了坚实的理论和技術基础。但是上述绝大部分成果都是面向并网型微网，即使是针对孤岛电网的研究成果，也难以直接适用于远离大陆，且发电机组燃料储量有限的远洋海岛(群)综合能量供给网络。

五、研究路线及解决的主要问题

（一）研究路线

1. 面向生态友好型远洋海岛群的储电概念船舶及其供能路径优化策略的研究路径

- 1) 多种储能模式进行比较，得出共享储能优越性
- 2) 构建 EV 交通流、能量流混合模型
- 3) 提出远洋海岛群能量供给系统调度优化策略
- 4) 远洋海岛群能量供给系统日前调度存在预测偏差，可能会对能量流、交通流产生影响。因此利用改进型分层抽样预测偏差
- 5) 进行算例仿真，得出结论

2. 储换电船舶日前优化调度策略的研究路径

- 1) 构建远洋海岛群能量调度场景，做出基本假设
- 2) 储换电船舶日前调度数学模型构建
- 3) 基于改进蚁群算法的储换电船舶日前调度方案优化求解
- 4) 以西沙群岛为算例仿真，如图 8

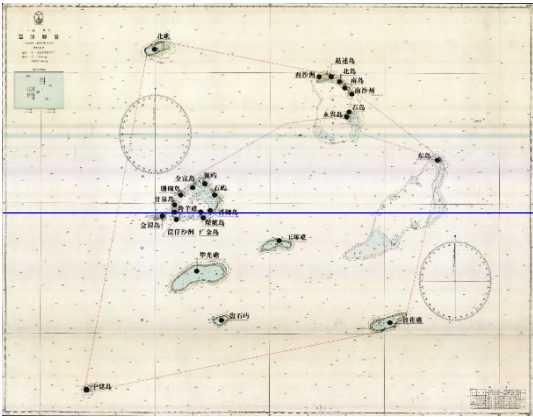


图 8 西沙群岛地理信息图

3. 基于共享公交电力船舶的远洋海岛群能量收集转运策略的研究路径

- 1) 构建远洋海岛群 STEV 能量搜集场景，做出基本假设
- 2) 构建 STEV 非客运时段能量搜集数学模型
- 3) 通过运行粒子群算法进行求解
- 4) 算例仿真

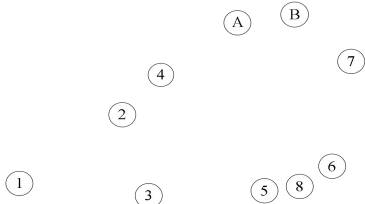


图 9（图 3）作为仿真算例的西沙群岛中永乐群岛各岛地理位置拓扑图

4. 计及共享全电船舶参与的海岛电网日前调度的研究路径

- 1) 提出 SEV 的多主体运营模式（合作博弈，应用 Shapley 值法基本模型）
- 2) SEV 建模
- 3) 构建计及 SEV 参与的海岛电网日前调度模型
- 4) 算法求解
- 5) 算例仿真

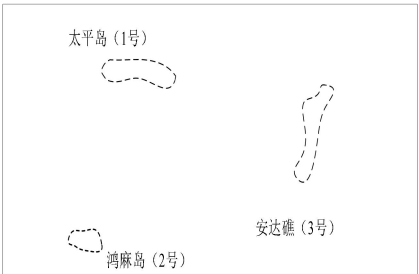


图 10（图 5） 作为仿真算例的太平岛水域岛屿群相对位置图

（二）拟解决的主要问题

本项目目的为现实导向，为了解决现实问题，建立合理的反映实际的模型以链接理论与实际是关键，因此针对四个章节策略，分别提出如下四个主要问题：

- 1）如何构建 EV 交通流、能量流混合模型？
- 2）如何构建储换电船舶日前调度数学模型？
- 3）如何构建 STEV 非客运时段能量搜集数学模型？
- 4）如何构建计及 SEV 参与的海岛电网日前调度模型？

六、项目创新及特色

新概念：作为传统电缆的替代方案，本项目提出了一种新供电模式，即将旅游型远洋海岛不可或缺的电动旅游班船作为一种移动式的共享储能，通过吸引其在非客运时间参与电网调度，实现负荷中心岛和资源富集岛间的能量转移。我们期望提出能够有效优化调度储换电船舶的策略，并预测船舶在海岛集群中的最优路径解，从而减少能量在运输过程中的流失，提高能量从资源富集岛向负荷中心岛传输的效率。

新载体：作为共享储能载体，EV 可供远洋海岛群各岛屿的新能源发电设备分时使用，凭借与岛内储能的同质特性，即插即用。EV 在各岛停泊间，通过通用接口与岛内电网（负荷中心岛）或充电站（资源富集岛）建立电气连接，主动参与海岛微网的调度运行。位于资源富集岛时，EV 直接消纳富余能源，提高可再生能源利用率，同时转移岛内电池能量，实现共享储能和固有储能的有机配合；而在负荷中心岛时，EV 释放储能，替代柴机对负荷提供功率支撑，并为岛内电池补充能量，降低柴油等化石能源的消耗比率。而且，EV 兼具灵活的充放电特性和快速的响应能力，能够在短时间内为微网提供紧急的调峰、调频服务，有助于增加微网的生存性和稳健性。

现有架构与所提架构的对比

对比	现有架构	所提架构
灵活性	主要依靠远距离油气补给，易受天气等原因中断供应；只依靠本岛独立供能，岛屿间没有联系，无人岛荒废。	主要依靠多种可互补、可再生能源供能，能灵活运行；岛屿间互相支持，岛屿群充分开发利用。
充裕性	只能提供少量的电能，无法满足远洋海岛群的多样资源需求	提供充足的电力、储能、淡水、氢能、交通动力等复合资源，能满足海岛群独立平稳运行需求
经济性	建设成本小；发电容量小，维护成本较小；燃料运输成本高。	建设成本大；发电容量大，维护成本较高；运行成本很小。
稳定性	单个岛屿发电容量小，负荷过高时需限电；容易发生故障断电，恢复时间长。	多个岛屿提供的发电容量大，能支持大容量、多样性的负荷；发生故障时，依靠储电、储氢快速恢复供电。
环保性	主要依靠柴油发电机发电，产生大量废气、噪声污染；运输和储油存在泄漏污染风险。	主要依靠可再生能源发电，清洁，污染很小。

七、项目综述

概述：本项目基于各岛屿日前能量供应链调度需求，以航行路径最短为优化目标，将制定考虑服务时间窗的储换电船舶日前优化调度策略；考虑储电（换电）船舶在进行电功率和电能量跨岛支援时的不确定性时延，结合储电（换电）船舶交通-能量流混合模型，将提出基于 FGS0 算法的储电（换电）船舶调度和航线的动态调整策略；基于共享公交电力船舶的概念，通过构建远洋海岛群电力船舶能量搜集场景，将提出以电力船舶非客运时段搜集能量最大化为目标的船舶航线动态调度策略；将建立计及在途电能损耗的新型全电船舶模型，借以提出计及全电船舶参与的海岛电网日前调度方法；

关键词：共享储能、EV、STEV、SEV

1. 项目背景：

远洋海岛作为维护国家海防和海洋权益的重要支点和平台，具有特殊的地缘战略意义，中国南海南沙群岛、东海钓鱼岛等岛屿的主权问题尤其受到空前的高度重视；丰富的油气资源、生态资源、旅游资源以及独特的贸易地位使得海岛发展前景广阔，而可靠的能量供给是远洋海岛发展建设的动脉。远洋海岛受工程造价、系统运维和电力传输技术的制约，架设大陆-海岛供电网络非明智之举，而传统孤岛海岛供电系统基本上依赖柴油发电机供电，需要频繁地进行燃料补给，无法支撑较高的负荷密度，同时内燃机组也会带来高噪音、高排放与高污染等问题，对海岛当地的可持续性发展有较大的负面影响。远洋海岛蕴含了丰富的、可用于直接发电的风能、光伏、波浪能、海流能等可再生能源，有效消纳海岛清洁能源，并转化为电力、储能、淡水、交通动力等

<p>复合资源，建立能独立平稳运行的远洋海岛群综合能量供给系统，将对维护国家主权领土完整及最大限度开发利用远洋海岛群的自然资源提供有力的能源保障，并有效促进当地经济社会发展，推进国家远洋海岛海洋战略的实施。远洋海岛群综合能量供给系统的核心在于打破海岛电网孤立发展的格局，将海岛群作为一个整体通过独创性的储电(换电)船舶进行“互联”，既考虑到海岛个体的特性与局限，又能充分利用海岛丰富的可再生能源，实现海岛群整体资源的优化配置，解决远洋海岛资源保障困难的问题，达到海岛群电能自给自足、可持续发展的目的。</p> <p>2. 项目意义</p> <p>作为传统电缆的替代方案，本项目提出了一种新供电模式，即将旅游型远洋海岛不可或缺的电动旅游班船作为一种移动式的共享储能，通过吸引其在非客运时间参与电网调度，实现负荷中心岛和资源富集岛间的能量转移。我们期望提出能够有效优化调度储换电船舶的策略，并预测船舶在海岛集群中的最优路径解，从而减少能量在运输过程中的流失，提高能量从资源富集岛向负荷中心岛传输的效率。</p> <p>经过项目的锻炼，小组成员将深入接触真实的科研过程，学习掌握常用的科研工具，获得建模、检索等基本的科研技能，同时了解包括运筹学、经济学、编程等多方面的知识，有利于成员科研素养的全面快速成长，为复合型人才培养打下基础。</p>
<p>八、项目实施方案</p> <p>2023. 3-4：前期调研</p> <p>通过查阅资料获得远洋海岛群数据，为算例仿真做准备</p> <p>2023. 4-6：相关知识学习</p> <p>1) 学习 MATLAB，掌握至少一种编程语言</p> <p>2) 学习运筹学</p> <p>3) 学习统计学中的抽样方法</p> <p>4) 了解相关的数学公式</p> <p>2023. 7-8：面向生态友好型远洋海岛群的储电概念船舶及其供能路径优化策略的研究</p> <p>1) 多种储能模式进行比较，得出共享储能优越性</p> <p>2) 构建 EV 交通流、能量流混合模型</p> <p>3) 提出远洋海岛群能量供给系统调度优化策略</p> <p>4) 远洋海岛群能量供给系统日前调度存在预测偏差，可能会对能量流、交通流产生影响。因此利用改进型分层抽样预测偏差</p> <p>5) 进行算例仿真，得出结论</p> <p>2023. 9-10：储换电船舶日前优化调度策略的研究</p> <p>1) 构建远洋海岛群能量调度场景，做出基本假设</p> <p>2) 储换电船舶日前调度数学模型构建</p> <p>3) 基于改进蚁群算法的储换电船舶日前调度方案优化求解</p> <p>4) 以西沙群岛为算例仿真</p> <p>2023. 11-12：基于共享公交电力船舶的远洋海岛群能量收集转运策略的研究</p> <p>1) 构建远洋海岛群 STEV 能量搜集场景，做出基本假设</p> <p>2) 构建 STEV 非客运时段能量搜集数学模型</p> <p>3) 通过运行粒子群算法进行求解</p> <p>4) 算例仿真</p> <p>2024. 1-2：计及共享全电船舶参与的海岛电网日前调度的研究</p> <p>1) 提出 SEV 的多主体运营模式（合作博弈，应用 Shapley 值法基本模型）</p> <p>2) SEV 建模</p> <p>3) 构建计及 SEV 参与的海岛电网日前调度模型</p> <p>4) 算法求解</p> <p>5) 算例仿真</p>
<p>九、项目预期成果</p>

1、获得多个基于现实的概念模型																					
2、运用 MATLAB 编写具有功能性的算法，获得仿真结果																					
3、将多个方案仿真结果进行对比得出最优化的储换电船舶调度方案和行之有效的船舶航行策略																					
4、运用可视化功能强大的 MATLAB，产出 1-2 篇论文																					
十、经费预算																					
<table><tr><td>申请资助经费总额</td><td>人民币贰仟元</td><td></td></tr><tr><td rowspan="6">开支类别与金额</td><td>开支类别</td><td>金额</td></tr><tr><td>书籍购买</td><td>300</td></tr><tr><td>资料打印</td><td>200</td></tr><tr><td>论文版面费</td><td>1500</td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td>总计</td><td>2000</td></tr><tr><td>说 明</td><td colspan="2"></td></tr></table>			申请资助经费总额	人民币贰仟元		开支类别与金额	开支类别	金额	书籍购买	300	资料打印	200	论文版面费	1500			总计	2000	说 明		
申请资助经费总额	人民币贰仟元																				
开支类别与金额	开支类别	金额																			
	书籍购买	300																			
	资料打印	200																			
	论文版面费	1500																			
	总计	2000																			
说 明																					
十一、审批情况																					
指导教师意见	<div>签名：_____</div> <div>年 月 日</div>																				
院系意见	<div>院（系）（章）签名：_____</div> <div>年 月 日</div>																				
学校意见	<div>本科生院（章）签名：_____</div> <div>年 月 日</div>																				