****

**硕士研究生学位论文开题报告书**

**硕士生 姓名： 童金箭**

**学 号： 2181345**

**学科、 专业： 控制科学与工程**

**指 导 教 师： 齐 洁**

**开题日期： 2019 年 10 月 23 日**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **学位论文题目** | **基于Dijkstra-Q值迭代的划水型无人船路径跟踪与规划** | | | | | | | | | | | |
| **研究课题来源** | **纵向课题** | | | | | | | **开题报告会日期** | | **2019年10月23日** | | |
| **参加硕士研究生论文开题报告会的专家名单** | | | | | | | | | | | | |
| **姓 名** | **职 称** | | | **工 作 单 位** | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
| **专家对硕士生开题报告的评价（在括弧内划“√”即可）** | | | | | | | | | | | | |
| 对本学科前沿情况的了解 | | 十分了解 （ ） 一般了解（ ） 不够了解（ ） | | | | | | | | | | |
| 拟开展课题的创新性 | | 创新点明确（ ） 创新点一般（ ） 创新点不明确（ ） | | | | | | | | | | |
| 论文工作量的大小 | | 工作量较大（ ） 工作量一般（ ） 工作量不够（ ） | | | | | | | | | | |
| 开题报告书写是否规范 | | 书写规范 （ ） 书写一般（ ） 书写不规范（ ） | | | | | | | | | | |
| **专家对硕士生开题报告的意见（在括弧内划“√”即可）** | | | | | | | | | | | | |
| 同 意 开 题 （ ） | | | 建议修改或补充 （ ） | | | | | | 不 同 意 开 题 （ ） | | | |
| **专家论证意见（若建议修改或补充，请简要写出修改补充意见）：** | | | | | | | | | | | | |
| **开题报告会负责人签名：** | | | | | | | | | | | | |
| **硕 士 研 究 生 课 程 学 习 完 成 情 况** | | | | | | | | | | | | |
| **学位课课程名称** | | | | | **学分** | **成绩** | **选修课课程名称** | | | | **学分** | **成绩** |
| **随机过程** | | | | | **2** |  | **图像处理与分析** | | | | **2** |  |
| **应用泛函分析** | | | | | **2** |  | **嵌入式系统原理与应用** | | | | **2** |  |
| **线性系统理论(含最优控制)** | | | | | **2** |  | **机器人学与控制** | | | | **2** |  |
| **模式识别原理与技术** | | | | | **2** |  | **数据分析与机器学习** | | | | **2** |  |
| **系统工程与决策分析** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **智能系统与控制** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **中国特色社会主义理论与实践研究究究** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **自然辩证法概论** | | | | | **1** |  |  | | | |  |  |
| **英语听说3** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **科学素养概论** | | | | | **1** |  |  | | | |  |  |
| **现代检测理论与技术** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **英语5** | | | | | **2** |  |  | | | |  |  |
| **高级英语写作** | | | | | **1** |  |  | | | |  |  |
| **学位课学分** | | | | | **23** | | **总学分** | | | | **31** | |
| **教务员签名： 填写日期： 年 月 日** | | | | | | | | | | | | |
| **导师意见：**    **导师签名：**  **年 月 日** | | | | | | | | | | | | |
| **学院研究生工作指导小组意见：**  **组长签名：**  **年 月 日** | | | | | | | | | | | | |
| **文献综述（即所研究课题的历史、现状和前沿的主要问题，所查阅文献的目录。综述全部打印在A4纸上，作为附页夹装订在第3页后）** | | | | | | | | | | | | |
| **开题报告（包括：研究背景及意义，研究内容，研究方法（或技术路线），预期目标，难点及存在问题，工作的初步计划。打印在A4纸上，装订在文献综述后面）** | | | | | | | | | | | | |

**【注】以上表格均用A4纸打印。**

**文献综述**

1. **研究背景**

海洋占地球表面积的三分之二，蕴藏着丰富的生物资源、油气资源、矿产资源，是人类生存和可持续发展的战略空间和资源要地。随着人口急剧增长、陆上资源日益匮乏，世界各国高度重视和发展自由进入海洋空间、维护海洋空间权益、增强海洋空间控制等技术，尤其是大力发展海洋航行器，用于海洋资源的开发和海洋权益的争夺。我国海域面积辽阔，然而随着海洋开发活动的逐渐加强，海上事故频频发生，使得海上救援问题日益突出。而目前，我国海事巡航、搜救船舶均属于有人驾驶船舶，无法满足高海况下的出航率，从而导致难以应对日益增长的海事安全监管和应急反应需求。因此，对无人船相关技术的研究已经成为国际上的一种趋势。无人驾驶船，也被简称为无人船（Unmanned surface vehicles或USV），它基于船舶，同时载有特殊功能设备包括控制设备以及通讯设备等，进而在水面执行某些特殊操作。 目前，船舶航行安全主要依靠驾驶员的经验和即时判断，以及雷达、自动识别系统（AIS）、自动雷达标绘仪（ARPA）等多种导航设施作为辅助设备，为船舶的操作人员提供海事信息，进而采取船舶避碰策略[1]。航海领域因其一旦造成损失的不可挽回性、损失重大性，其避碰问题一直是学界关注的重点问题[2,3]。虽然从70年代至今，航海领域的避碰问题一直广受关注，其相关研究也获得了一定程度的推进，但这其中蕴含的各类问题还是层出不穷。航海领域的避碰问题将是今后20年、50年乃至更久时间内航海领域技术研宄的核心重点，应当作为研究者们的主要研究点[3-7]。显然，水面无人船的研发将在今后会不断增长。 近年来，无人自主平台的发展蓬勃有活力，技术领域、商业市场也投予了极大关注，但是在这之中，无人船的发展相对于地面、空中无人系统，其发展还处于相对滞后的状态，其中的发展潜力巨大。无人船是能够在海域中自主行动[8]，并能够完成提前设定的具体任务，高效智能的水上工作平台，是一个涉及机械制造、高新材料、船舶、通讯、人工智能等领域的高效集成的复杂工程。无人船需要在高度动态和不可预测环境中达到高级别的自主和智能，来确保自身、其他船只以及人和财产的安全。这就要求无人船在运动过程中具备与其周围环境进行交互的能力。即无人船可以从其周围环境中收集适当的信息，构造对应的环境模型，并利用环境模型来规划并执行上层任务。路径规划和避障航行就是诸多关键问题之一。航海时的各类碰撞事故是领域研究者们应当共同予以高度重视的核心问题。航海领域的交通事故中，人为因素占据较大比例，该问题己引起业内的广泛关注。

在航海领域的交通事故中，除了非常少数的事故中双方都无明显过失，大多数事故中都有着人为失误的因素存在[9-13]。因此，研究智能化的自动避碰方法，对减少事故中的人为失误，减少航海领域专业人才培训成长期，甚至接续发展为全自动、无人化、高智能的航海体系，都具有不可估量的重要意义[14,15]。 是机器人学中研究人工智能的一个重要方面。早在现代智能化无人船出现之前，路径规划就已经在工业机械手领域中得到了广泛的应用，并且有大量的研究[15-20]。著名学者蒋新松这样为路径规划定义：路径规划是智能机器人的一个重要组成部分，它的任务就是在具有障碍物的环境中按照一定的评价标准（如工作代价最小，行走路线最短，行走时间最短等）寻找一条从起始状态（包括位置和姿态）到目标状态（包括位置和姿态）的无碰路径。 路径规划是指在静态和动态障碍物并存的工作环境中，寻找一条从已知起点到目标满足一定评价标准的航行路径，使水面无人船在航行过程中能安全可靠地避开所有障碍物[5]。它包括全局路径规划和遇到不明障碍物下的局部重规划和规避障碍这两个部分。可划分为两个基本问题，一是最优路径规划问题，它反映了无人船航行可靠性，效率和能量消耗情况；二是避障问题，它反映了水面无人船探测障碍物，处理障碍物信息及规避障碍物的方法。这两个问题是相关的。路径规划一般都会涉及到避障。避障是给已在航线上航行的无人船提供各种有用的信息。无人船进行避障时，时变的动态环境与障碍目标会给无人船的路径规划的可行性与运行的实时性都带来挑战。因此，如何动态地搜索无人船的航行路径、实时地避开障碍物，提高无人船的实际生存与智能决策能力，成为目前制约无人船走向智能化应用的障碍。

1. **国内外研究现状及分析**

无人驾驶水面船刚开始出现于二十世纪五六十年代，主要是扫雷艇，并且也局限于在有人平台的遥控范围内进行一些简单的水面作业。随着各国对海洋强国战略的日益重视，各国开始加大无人船的研究力度，并将已服役的无人船用于一些危险性较高的任务，同时，在民用领域，无人船被用于水质检测、海情侦查、海上搜救、气象监测等活动[21] 。

现当下，无人船的行业应用需求增加，其进步和发展将极大促进船舶市场发展，降低成本、提高性能，并带来设施配套、管理升级和多产整合等方面的全方位提升。2006 年珠海航展中，由中国航天科工集团研制的“XG-2”水面无人船正式亮相，在该型号无人船的基础上，研发人员经过两年多的不懈努力，成功研制出了“天象一号”无人船，如图 1 所示。“天象一号”集成了包括图像处理、自主巡航、卫星导航以及雷达搜索等在内的多个模块，在一定程度上，“天象 1号”即代表了当时国内无人船的发展水平。其控制精度高，航线偏差小于 1m，在通关狭窄水道时具有明显优势，动力系统完备，航程达到数百里，持续作业时间长。并且，“天象一号”能适应复杂多变的海上情况，持续输出稳定气象图形。



图1.1 “天象一号”无人船

2018 年 11 月，中国第 34 次南极科学考察正式启动。M80B 型无人驾驶艇，在雪龙极地科学测量船的陪同下，向南航行至恩科斯堡岛，并且成功完成了极地海域地形探查工作。M80B 无人船是我国第一个为海底探测任务设计的无人专用平台，长 5.65 米，宽 2.4 米，续航达到 100 多海里，最大载荷 150 公斤。M80B无人船在恶劣的自然条件下连续工作 14 小时，完成了科考地附近海域 5 平方公里海域地形测量工作[22] 。

在国外，美国和以色列在无人船研发和使用方面一直处于领先。2003 年，由以色列研制的无人船“保护者”号正式完工，并交由以色列军方使用。“保护者”号船身长达 11m，最高速度可以达到 40kn，船上装载了照相机、探测雷达、红外传感器以及激光测距仪等设备。“保护者”号无人船各项性能指标均比较优越，拥有良好的应用前景。2018 年，在经过一系列成功的海上试航之后，世界上第一艘无人反潜海上猎人，将交付美国海军研究室。“海上猎手”的出现（如图2 所示），很大程度上得益于当前人工智能、自主控制系统、大数据、机器学习能力等领域的突破。据称，“海上猎手”未来还可能像击败人类顶级棋手的围棋软件“阿尔法狗”一样，利用特殊算法不但能识别和避让附近船只、持续追踪水下目标，更能通过不断学习完善自身效能。



图 “Protector”号无人船

总结以往的无人船的研究工作，虽然无人船的自动化控制与应用发展迅速，但是无人船实际应用中仍面临诸多的挑战。其中，路径规划问题是无人船运动控制与导航部分需要解决的关键问题之一，该部分工作性能好坏也影响着无人船智能化应用的可靠性。路径规划作为运动规划的一部分，与轨迹生成系统一同组成了运动规划系统。联通起点与终点之间的有效序列点，所组成的连线称之为路径，路径规划即是研究如何合理地生成路径的策略。其中路径规划的主要问题就是让无人船安全避障，而传统的避碰方法大多只要求不发生碰撞行为并且保持一定的安全距离，使其航行过程中不出现安全事故[23-29] 。

在无人船的路径规划研究中，国外由于发展的比较早，因此一直处于国际领先水平，而国内研究则处于快速发展阶段。改进的蚁群算法曾被用于规划无人船的路径，以得到无人船在存在障碍物环境下的最优路径。Eidal 也曾提出将随机方法与 A\*方法融合对无人船进行路径规划，该方法可以应对多个静态障碍[30] 。然而上述方法是全局路径规划器，面对动态故障情形，工作性能并不太好。此外，强化学习方法也被用于水下机器人的运动控制[31] 。与基于模型的控制不同，基于强化学习的无模型控制器不需要根据变化的环境手动调整控制器。基于标准强化学习的单步 Q 学习的避障控制，在给定状态下探索时，会增加碰撞次数。虽然可以采用神经网络函数逼近策略，来克服连续状态和基于强化学习的控制器设计中出现的大状态空间问题，但是无人船的实时避障问题仍难以解决。

对于未知环境中的自动无人船而言，避障也成为一项非常具有挑战性的任务。在这种情况下，可以使用基于模型的经典控制技术（如比例积分微分控制，PID）来实现，但是 PID 控制不能完全适应控制需求。跟踪目标在控制过程中可能发生“跳变”，而被控对象输出的变化有惯性，不能适应这一变化。这种要求控制系统能够应对跳变量带来的挑战，尤其是初始误差很大的情况，超调出现，不符合无人船高精度控制的要求[32] 。

综上所述，现有的研究工作对于无人船，尤其是考虑未来编队与平台集成需求，划水型无人船的研究存在不足。本课题提出基于强化学习的无人船路径规划与避障研究思路, 分析无人船工作环境，基于无模型强化学习算法动态规划可通行路径，将强化学习与最短路径搜索方法融合，提升无人船的实时避障与动态规划能力。

1. **前沿性问题**
2. 无人船航行轨迹追踪问题

船舶轨迹跟踪属于广义上的船舶动力定位，具体来说，是船舶在规定的时间内通过轨迹跟踪系统的控制到达原本设定的位置上。具有高性能的轨迹跟踪能力的控制器是水面船舶所需要的。在考虑无人船编队与平台集成需求时，也需要实现对无人船的追踪的问题。

1. 无人船航行运动区域的路径规划与避障问题

无人船运行时，航行区域内可能会出现其他船只、滩涂、障碍、非通行区域。无人船的航行运动区域会出现静态或动态的障碍目标。在规划无人船路径时，不同的区域目标或障碍，在路径搜索时必须被考虑。无人船的路径规划包含离线规划和在线规划，对于目标和环境已经明确描述的情况，无人船可以提前计算可通行的路径。对于动态障碍和位置目标，无人船应具有实时地路径搜索与位置迁移能力。

**参考文献**

1. Son N S, Kim S Y, Van S H. Design of an operation control and remote monitoring system of small unmanned ship for close-range observations[C]//Oceans' 04 MTS/IEEE Techno-Ocean'04 (IEEE Cat. No. 04CH37600). IEEE, 2004, 2: 1093-1101.
2. Kim K I, Lee K M. Ship encounter risk evaluation for coastal areas with holistic maritime traffic data analysis[J]. Advanced Science Letters, 2017, 23(10): 9565-9569.
3. Ning J Q, Huang T, Diao B Y. A fine grained grid-based maritime traffic density algorithm for mass ship trajectory data[J]. Computer Engineering & Science, 2015, 37(12): 2242-2249.
4. Schwemmer P, Mendel B, Sonntag N, et al. Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning[J]. Ecological Applications, 2011, 21(5): 1851-1860.
5. Silveira P A M, Teixeira A P, Soares C G. Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal[J]. The Journal of Navigation, 2013, 66(6): 879-898.
6. Qi L, Zheng Z, Gang L. Marine traffic model based on cellular automaton: Considering the change of the ship’s velocity under the influence of the weather and sea[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2017, 483: 480-494.
7. Schwehr K, Hatch L, Thompson M, et al. Google Earth Visualizations of the Marine Automatic Identification System (AIS): Monitoring Ship Traffic in National Marine Sanctuaries[C]//AGU Fall Meeting Abstracts. 2007.
8. Gregoris E, Barbaro E, Morabito E, et al. Impact of maritime traffic on polycyclic aromatic hydrocarbons, metals and particulate matter in Venice air[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2016, 23(7): 6951-6959.
9. Kruszewski J, Mohamed-Seghir M. Concept of ‘Sail by Wire’controller for a ship’s propulsion system from an unmanned ship perspective[J]. Journal of Marine Engineering & Technology, 2017, 16(4): 185-192.
10. Xie S, Wang D, Luo J, et al. Trajectory tracking control of unmanned ship based on back-stepping algorithm[C]//2014 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). IEEE, 2014: 990-993.
11. Rodseth O J, Kvamstad B, Porathe T, et al. Communication architecture for an unmanned merchant ship[C]//2013 MTS/IEEE OCEANS-Bergen. IEEE, 2013: 1-9.
12. Rodseth O J. From concept to reality: Unmanned merchant ship research in Norway[J]. I: Proceedings of Underwater Technology (UT), 2017.
13. Breivik M, Hovstein V E, Fossen T I. Straight-line target tracking for unmanned surface vehicles[J]. 2008.
14. Mansouri M, Pecora F. A robot sets a table: a case for hybrid reasoning with different types of knowledge[J]. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, 2016, 28(5): 801-821.
15. Landsiedel C, Rieser V, Walter M, et al. A review of spatial reasoning and interaction for real-world robotics[J]. Advanced Robotics, 2017, 31(5): 222-242.
16. Campbell S, Naeem W, Irwin G W. A review on improving the autonomy of unmanned surface vehicles through intelligent collision avoidance manoeuvres[J]. Annual Reviews in Control, 2012, 36(2): 267-283.
17. Campbell S, Naeem W, Irwin G W. A review on improving the autonomy of unmanned surface vehicles through intelligent collision avoidance manoeuvres[J]. Annual Reviews in Control, 2012, 36(2): 267-283.
18. Cetin O, Zagli I, Yilmaz G. Establishing obstacle and collision free communication relay for UAVs with artificial potential fields[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2013, 69(1-4): 361-372.
19. Lee S M, Kwon K Y, Joh J. A fuzzy logic for autonomous navigation of marine vehicles satisfying COLREG guidelines[J]. International Journal of Control, Automation, and Systems, 2004, 2(2): 171-181.
20. Chen Y, Luo G, Mei Y, et al. UAV path planning using artificial potential field method updated by optimal control theory[J]. International Journal of Systems Science, 2016, 47(6): 1407-1420.
21. Qi L, Zheng Z, Gang L. Marine traffic model based on cellular automaton: Considering the change of the ship’s velocity under the influence of the weather and sea[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2017, 483: 480-494.
22. Wang W, Mateos L A, Park S, et al. Design, Modeling, and Nonlinear Model Predictive Tracking Control of a Novel Autonomous Surface Vehicle[C]//2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2018: 6189-6196.
23. Park S, Deyst J, How J. A new nonlinear guidance logic for trajectory tracking[C]//AIAA guidance, navigation, and control conference and exhibit. 2004: 4900.
24. Cunningham A, Wu V, Biaz S, et al. Decentralized Collision Avoidance Framework for Unmanned Aerial Vehicles[C]//CSSE. 2013: 13-02.
25. Raimundo A, Peres D, Santos N, et al. Using distance sensors to perform collision avoidance maneuvres on UAV applications[J]. Using distance sensors to perform collision avoidance maneuvres on UAV applications, 2017: 303-309.
26. Bates W, Biaz S, Holt J, et al. Configuring Autopilot for Safe Flight and ROS Simulation Technical Report CSSE12-04[J].
27. Holt J, Biaz S, Yilmaz L, et al. A symbiotic simulation architecture for evaluating UAVs collision avoidance techniques[J]. Journal of Simulation, 2014, 8(1): 64-75.
28. Jasika N, Alispahic N, Elma A, et al. Dijkstra's shortest path algorithm serial and parallel execution performance analysis[C]//2012 proceedings of the 35th international convention MIPRO. IEEE, 2012: 1811-1815.
29. Ahuja R K, Mehlhorn K, Orlin J, et al. Faster algorithms for the shortest path problem[J]. Journal of the ACM (JACM), 1990, 37(2): 213-223.
30. Eidal M K. COLREGS Compatible Motion Planning for Autonomous Surface Vessels[D]. NTNU, 2018.
31. Bhopale P, Kazi F, Singh N. Reinforcement Learning Based Obstacle Avoidance for Autonomous Underwater Vehicle[J]. Journal of Marine Science and Application, 2019: 1-11.
32. Wiig M S. Collision Avoidance and Path Following for Underactuated Marine Vehicles[J]. 2019.

**开题报告**

1. **本课题的研究背景及意义**

近年来，伴随着全球形势的不断变化，海洋已成为各国家的重点发展对象，国家之间在海洋上的博弈日趋激烈。中国领海范围达到三百多万公里，但其岛链正处被邻国所封闭的状态，在我国第一岛链附近，正部署着国外势力的重兵，这使得我国的海洋安全态势十分严峻。在国际竞争日趋激烈的大环境背景下，保卫我国海洋领土的安全是我国发展的前提。所以，加快发展海洋建设是我国当今的重要任务，对维护国家安全与促进经济增长有着极其重大的意义。

在海洋安全维护方面，水面安全保障是其中的重中之重。在某些环境恶劣，依靠人力所不能达到的环境中，无人化的操作就显得十分重要。在这种背景下，水面无人船作为水面重要作战运输以及交通手段，正受到越来越多的关注。

目前来看，无人船研究的重点方向在于如何能够使其在复杂多变的海域环境下安全、有效地行驶，最终到达目标点。无人船根据一些有效的手段，能够避开潜在的风险，并以最优路径到达最终点，是无人船路径规划的主要研究内容。路径规划技术作为轨迹跟踪与运动控制的基础，是无人船所需研究的核心问题。无人船行驶在水面上，只有设定好路线无人船才能安全的到达终点。所以，设计一条合理的、不与障碍物相交的、能够依据突发情况实时躲避障碍物的航线是路径规划问题的关键所在。所以，研究无人船在水面上航行的路径规划问题是非常有必要的。

1. **研究内容**

针对划水型自主无人船路径规划与避障研究中存在的困难与不足，为提高无人船的路径搜索与避障能力，提高无人船的智能性。本课题拟开展的主要研

1）划水型自主无人船系统建模与控制分析

考虑到划水型无人船的系统布置与流体动力学特点，基于数据驱动思想对无人船进行系统建模与操纵、环境敏感性分析，提出合理的动力布置与改善方案，确保无人船的航向稳定性。

为保证无人船的航向跟踪与直线航行性能，研究无人船的底层控制与制导控制之间的耦合关系。针对无人船的航向操纵系统特性，为提高无人船的航向跟踪性能，研究可融合航行预期的直线航行控制方法。

1. 基于强化学习的路径搜索算法

考虑到无人船航行的环境存在障碍与非通行区域，多无人船路径跟踪与态势分析时，系统与环境的详细描述存在不确定性。为提高无人船在未知环境与复杂态势的生存能力，基于强化学习思想，通过与地面站进行离线或者非离线的交互，研究路径动态生成的强化学习方法。

考虑到无人船走向集群化、自主化，为保证航行安全，无人船之间存在运动互斥，基于迪杰斯特拉最短路径搜索算法，建立 Q 值迭代与最短路径搜索方法的融合模型，提升无人船的动态避障能力、使其实现自主路径规划和避障。

1. **研究方法**

课题总体分为如下三个阶段(如图3)：

（1）理论研究阶段：在充分调研与总结的基础上围绕无人船的动力配置、系统建模、操纵敏感性分析三个方面进行建模研究；开展无人船的航向操纵控制器设计与分析、强化学习的路径搜索与实时避障方案设计。

（2）平台验证阶段：依照设计的方案，结合现有的无人船平台，研发划水型无人船的平台与路径规划模块，分别采取软件在环和硬件在环测试手段评估方法可行性。

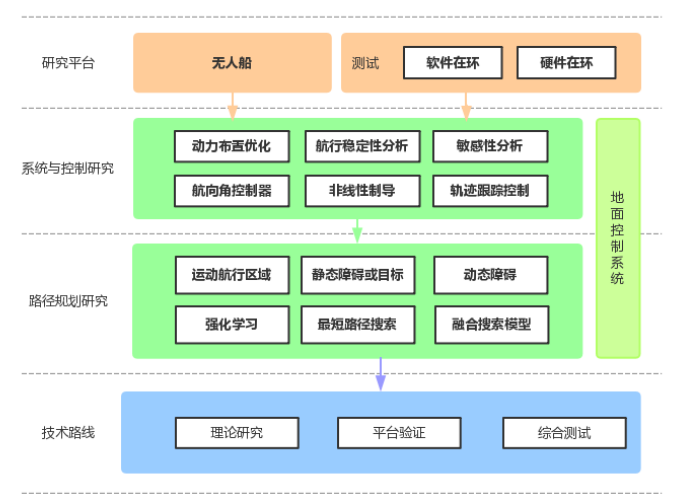
（3）综合实验阶段：基于无人船的测试平台，分别开展综合湖试，依次评估路径规划算法的性能。

图 3 系统研究框图

1. **预期目标**

进行SITL仿真实验，实现无人船的追踪和自足路径规划和避障，搭建实际船模，进行实船检测，实现无人船追踪和路径规划及避障。

1. **难点及存在目标**
2. 搭建无人船船模，实现无人船稳定航行，无人船的控制系统实现依托 ROS系统，分别构建控制、路径规划、水深度测量的节点，各个节点在 ROS 系统通信中间层的支持下，分别发布或者订阅信息，各个节点构成一个分布式控制系统，支持后续功能开发与测试。课题的执行将采用此平台构建无人船的基本控制系统。
3. 传统的平甲板船的流体阻力不太会出现流体阻力瞬间增大的问题在风和水流的影响下，但是对于滑板型无人船会出现阻力增大的问题，要实现无人船的自动矫正。
4. Q 值迭代与最短路径搜索融合，将Q值迭代方法用于无人船的路径规划问题，采用状态空间网格化及动作空间离散化的处理方法，构建无人船可行空间与可到达航点的数组。路径搜索的目标是在安全避障的前提下实现总体航行路径距离最短，使用dijkstra算法计算出可以用于无人船的稳定的航行路径。
5. **工作的初步计划**
6. 2019.10——2018.12

完成无人船SITL仿真实验，先实现无人船的追踪，再融入dijksta算法进行无人船的路径规划和有效避障。

1. 2019.12——2020.01

搭建无人船实际船体，测试组装船体航行状态。

1. 2020.03——2020.06

在镜月湖进行无人船的实际实验，先验证无人船的实际跟踪，再进行路径规划和避障检测。

1. 2020.07——2020.12

完成论文，准备毕业答辩