

附件 3

是否参加“青年红色筑梦之旅”项目	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
是否国家重点领域项目	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否

大学生创新创业训练计划
项目申报表

推 荐 学 校	西北工业大学
	空-地协同建图定位的搜救
项 目 名 称	运载智能无人系统
项 目 类 型	创新训练项目
项 目 负 责 人	杜高源
申 报 日 期	2022 年 5 月 10 日

陕西省教育厅 制
二〇二二年五月

项目名称		空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统					
所属学科		工学					
项目类型		(√) 创新训练项目 () 创业训练项目 () 创业实践项目					
		是否为“青年红色筑梦之旅”项目 (否)					
		是否为国家重点领域项目 (否)					
项目实施时间		起始时间： 2022 年 5 月 完成时间： 2023 年 5 月					
申 请 人 或 申 请 团 队		姓 名	学 号	所 在 院 系 / 专 业	联 系 电 话	E-mail	分 工
	主持人	杜 高 源	20203000 71	教 育 实 验 学 院/ 本 硕 实 验 班	15729056096	2296704779@qq.com	负责无人 机与地面机 器人的协同 slam 建图 工作
	成 员	张 路 通	20193011 39	材 料 学 院/ 材 料 成 型 及 控 制 工 程	13298467998	zhanglutong7998@163.com	负责无人系 统的机械设 计、整体装 配以及调试 维护
		陆 畅	20193028 08	计 算 机 学 院/ 计 算 机 科 学 与 技 术	13689518651	1010785798@qq.com	负责无人系 统的深度学 习和视觉识 别的部署优 化
		徐 王 锦	20203000 47	教 育 实 验 学 院/ 本 硕 实 验 班	13773699722	2446092971@qq.com	负责无人系 统的电控电 路设计与调 试优化

		化 运 涛	20213026 10	计 算 机 学 院/ 计 算 机 科 学 与 技 术	15176355180	1598764319@qq.com	负责机械臂算法的设计与维护以及底盘的控制算法开发
指 导 教 师	姓名	布树辉			研究方 向	无人机感知, SLAM, 机器学习	
	年龄	43			行政职务/专业 技术职务	教授	
	手机	15991345913			电子邮箱	bushuhui@nwpu.edu.cn	
指导教师对项目的支持情况	<p>指导老师所在项目研究依托飞行器智能感知与控制实验室开展。研究团队在无人机、机器人的图像处理、分析方面开展了大量的研究工作,近五年完成多项国家自然科学基金重点、面上项目,主持三项装备预研项目。所开发的无人机实时地图在军事和民用的多个领域得到了应用,并取得较好的评价;开发了高空长航时无人机监视、目标识别分析系统,目前已开始在某型号得到应用。</p> <p>指导老师所在研究团队目前拥有约 500 平方米的研究场地,经过十多年的 985、双一流学科建设投资,研究团队积累了较为丰富的实验设备。目前已经拥有 3 套高性能集群计算机系统,8 台高性能 GPU 工作站,20 多台图形工作站等计算设备;多旋翼无人机 4 套,固定翼无人机 2 套,地面机器人 5 套;Minolta Vivid 非接触式三维形状扫描设备与软件系统,三维旋转控制台 1 台;6 套 RGBD 相机等设备,4 套激光雷达。上述工作条件可以保证本项目的研究工作能够顺利展开和完成。</p> <p style="text-align: center;">1</p>						

	主 要 成 果	<p>指导过的创业类竞赛：</p> <p>《通用性机器人开发平台》2018 年全国高校商业精英挑战赛第六届创新创业竞赛全国总决赛一等奖。团队学生成员：徐一伦，祝镇。</p> <p>第十六届全国大学生机器人大赛,Robomaster 2017 机甲大师赛,西部赛区三等奖, 2017 年。</p> <p>国际数模竞赛一等奖, 马懿慧, 2018 年。</p> <p>指导教师承担科研课题情况：</p> <p>中科创达, 智能算力网络与个性化机器学习研究, 2020.7-2021.12</p> <p>中央军委科学技术委员会, 国防科技创新特区, 强干粘附 XXX 控制, 2019.8-2021.7</p> <p>装备预先研究, 无人作战平台 XXX 应用技术, 2019.7-2020.12</p> <p>陆军特种装备研究所, 动态战场 XXX 系统定制</p> <p>中国电科, 基于图像信息的环境感知和定位技术研究, 2018.</p> <p>国家自然科学基金, 基于混合深度网络的复杂三维场景解析, 2016.1 - 2019.12</p> <p>模式识别国家重点实验室开放课题基金, 面向智能设备的场景学习与感知, 2014.1-2015.12</p> <p>国家自然科学基金, 基于曲面柔韧度的三维形状局部特征描述符研究, 2013.1 - 2015.12</p>
<p>一、项目简介（200 字以内）</p> <p>面对复杂的救援情境，人力与传统单体救援机器人存在一定的局限性。现结合当前技术基础进行创新，拟研发空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统，含一履带式底盘的地面机器人和一多旋翼的空中机器人，实现以下能力要求：1. 地面机器人与空中机器人各自的巡航建图与定位导航；2. 无人车无人机协同建图，共同搜救；3. 机械臂的视觉抓取与自主规划；4. 地面机器人使用机械臂抓取，将物品放置到无人机座舱中或从中取出。</p>		
<p>二、项目相关研究现状及发展动态（不少于 200 字）</p> <p>□ 发展总述</p>		

近年来,多机器人协作已成为当今多智能体研究领域的热点。相较于单一智能体系统,多智能体协作有着区域覆盖面广、环境适应性强、任务执行率高等特点,在该领域中受到广泛研究人员的青睐。

在工业场景中,协作机器人正被用于制造业,例如移动机器人在物流仓库中有序配送。但是,机器人协作在民用领域中仍然存在着巨大的挑战,例如,它们需要与人类进行交互并在未知环境中部署。在民用应用中,搜索与救援是一个关键场景,其中异构机器人的协作将可能通过更快的响应时间来拯救生命。在搜救(search and rescue, SAR)行动中,多机器人协作也可以显著提高搜救人员的效率,加快对受害者的搜索。首先,确定搜救范围并利用无人机做初步探测,实时绘制环境地图,同时对搜救行动进行实时监测,或建立紧急情况下的通讯网络,最后利用无人车进行路径规划、物资运载等。因此,异构机器人组合——UAV/MRM的空地协同系统能够为搜救和探索行动提供更大的优势。

无人机(unmanned aerial vehicle, UAV),特别是多旋翼无人机(以下简称“无人机”),因其新颖的结构布局、独特的飞行方式、较低的价格,使其成为当前机器人领域的研究热点。它们能快速通过障碍物、粗糙的地形或者陡峭的山坡,并且能够从高空提供视野。然而,无人机的载荷与电池寿命是有限的,因此很难执行需要重型设备或复杂操作的任务。

移动机器人机械臂(mobile robot arm, MRM)是当前领域研究的热点,一方面,在灾难救援中,该技术在提高救援人员搜救效率、安全程度等方面存在巨大潜力;另一方面,MRM有更高的电池容量和更大的有效载荷,这意味着它可以携带更重的传感器、更强大的计算机和复杂的操作设备来执行任务。

□ 国外现状

一些发达国家对于多机器人协作的无人系统的科学研究开始相对较早,在“911”事件中,原本一直致力于实验室研究的救援机器人,开始投入实用,这是搜救机器人参加的第一次救援活动.之后,救援机器人吸引了许多科技大公司高等院校及企业的注意,开始投入研究的资金也日益增多。

(1) 法国的 MAGMaS 异构多机器人系统

一个 MAGMaS 由一个地面机械手和一组配备了简单机械手的空中机器人组成。基于其系统的动态结构，该课题组提出了一种增加扰动观测器的非线性控制方案，用于在存在模型不准确和外部扰动的情况下执行轨迹跟踪任务。通过解决考虑异构系统约束并最大化力可操纵性椭圆的最优力/扭矩分配问题来利用系统冗余。仿真结果验证了针对这种新型异构机器人系统提出的控制方案。最后，课题组提出了由 kuka LWR4 和基于四旋翼的空中机器人组成的 MAGMaS 的原型机械设计和初步实验评估。

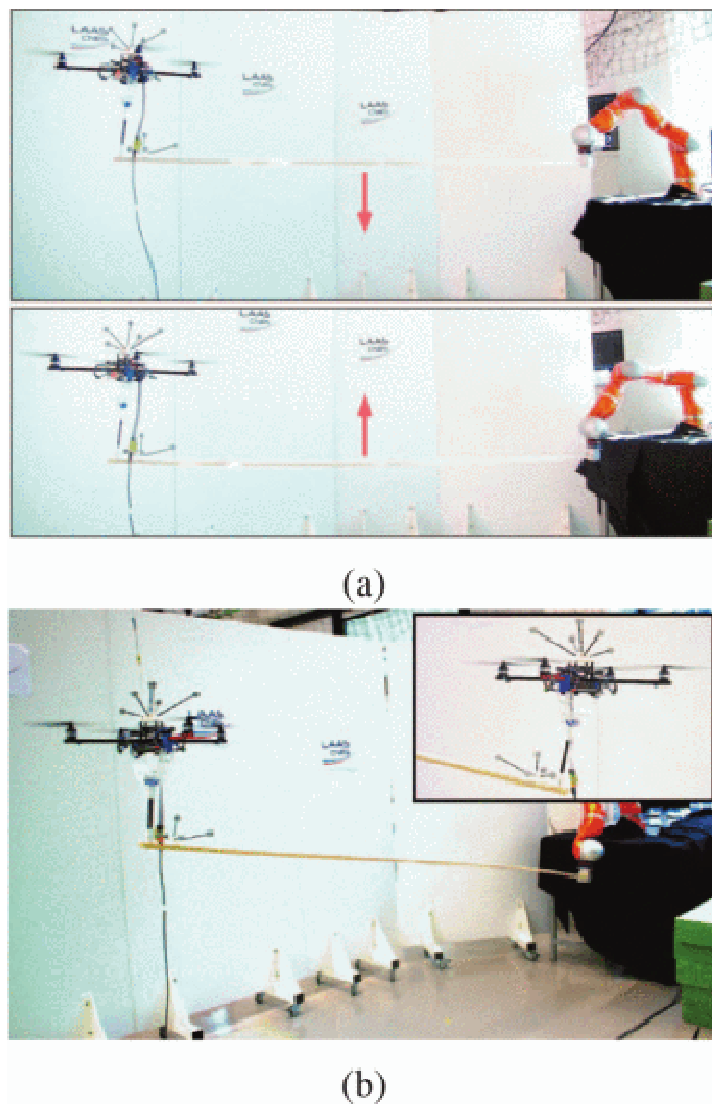


图 1 MAGMaS 无人系统

(2) 美国的集成腿式地-空机器人系统

这项工作提出了一种可用于地下探索的自主多模式的腿式空中机器人系统，将腿

式机器人扩展为能够在搜索和救援场景中快速部署的空中平台的载体。该多模式机器人围绕四足波士顿动力机器狗构建，通过定制的自主传感器提高了有效载荷，并对无人机载体平台进行增强。而空中机器人是定制的四轴飞行器。

这项工作介绍了新颖的设计和硬件实现以及板载传感器套件。此外，它以统一的监督方式建立了整体自主架构，包括引导、导航、感知、状态估计和控制能力，可以实现快速部署和高效探索。该机器人系统已经通过了真实地下隧道区域搜索救援的实地评测。

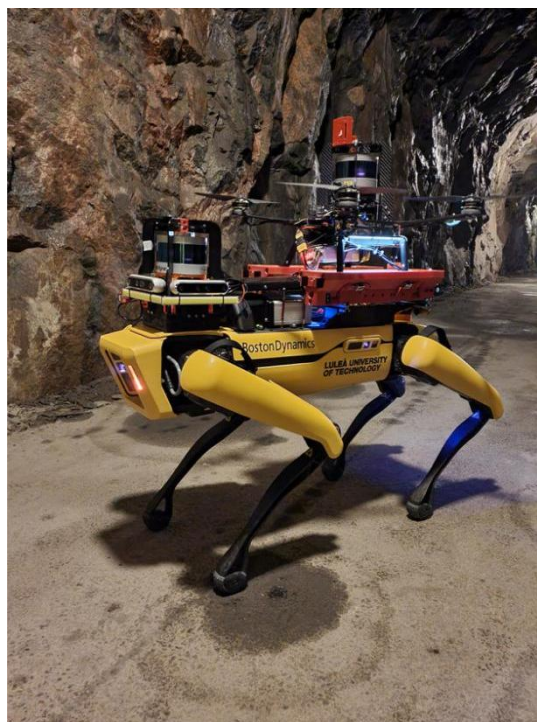


图 2 集成腿式地-空机器人系统

(3) 日本的地震灾后建筑物测绘空-地机器人系统

该机器人系统包含了两个地面和一个空中机器人，已参与了地震受损建筑物的协作测绘。该无人系统的目标是生成感知多层环境布局的三维地图。实验在日本仙台东北大学一栋结构受损的建筑的顶层三层进行，该建筑在 2011 年东北地震中受损。该无人系统解决了协同作图的生成和合并方面的一些难题。

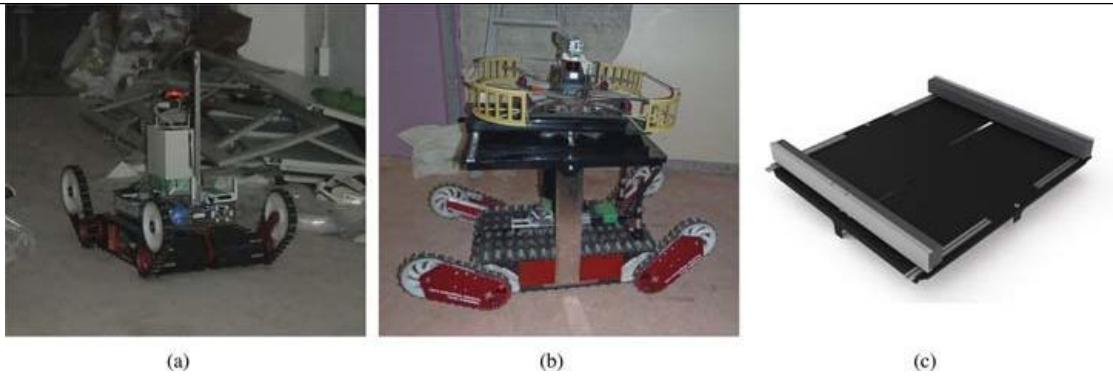


图 3 两种地面机器人平台以及 UAV 着陆平台



图 4 可用于室内测绘的空中机器人

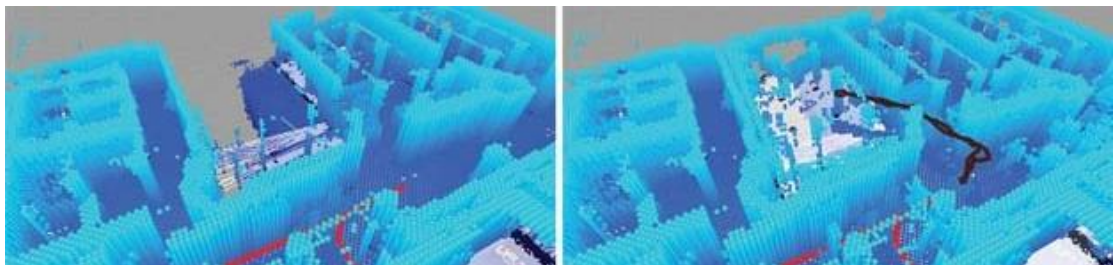


图 5 空-地合作得到的 3D 地图

(4) 相关的国际机器人科研竞赛

哈利法大学组织的穆罕默德·本·扎耶德国际机器人挑战赛（The Mohamed Bin Zayed International Robotics Challenge, MBZIRC）。赛事其中一项任务要由无人机和无人车组成的团队协作并自动扑灭模拟城市高层建筑中的一系列模拟火灾。

由美国国防部高级研究计划署举办的 DARPA 机器人挑战赛，堪称机器人界的

奥林匹克，其中 DRC 赛事以灾难挑战为主题，助力开发可以在险恶环境下行动的机器人。因此，特定量身定做八大任务。如果机器人能独立完成这些任务，则意味着未来能在灾难救援任务中扮演关键角色。日本 Schaft 的高 1.46 米、重 98 千克的 HRP-2 机器人几乎完成了所有任务，最终以 27 分夺冠，尤其在爬梯、废墟行走和移除障碍物项目上表现十分出色。

□ 国内现状

在国内，救灾机器人的研究起步较晚，但受到的重视程度很高。如国家“863”计划支持研发地震搜救辅助机器人等的一系列措施；国内各大高校、研究机构以及企业单位等都进行了积极研究，近年来取得了很大进展。

在 2017 年科技部发布的《“十三五”公共安全科技创新专项规划》中，也对我国搜救机器人给予了一定的支持，除此之外，很多有关搜救机器人方面的竞赛也不断出现，例如全国机器人大赛中，就有排爆搜救机器人、全地形机器人、水中机器人模拟管道漏油点检测等比赛项目。

（1）香港科技大学的异构机器人系统

该系统由空中机器人和地面机器人组成。采用扩展卡尔曼滤波器（EKF）进行机器人位姿估计，并通过在线轨迹生成算法实现地面机器人的动态避障。空中机器人首先调查一个感兴趣的区域并寻找一些目标。然后由空中机器人引导地面机器人到达目标位置，同时使用激光测距仪避开沿途的障碍物。该系统是完全自主的，可将操作员从重复的操作中解放出来。

该系统的地面机器人采用轮式底盘，尚不具备全地形的行动能力。

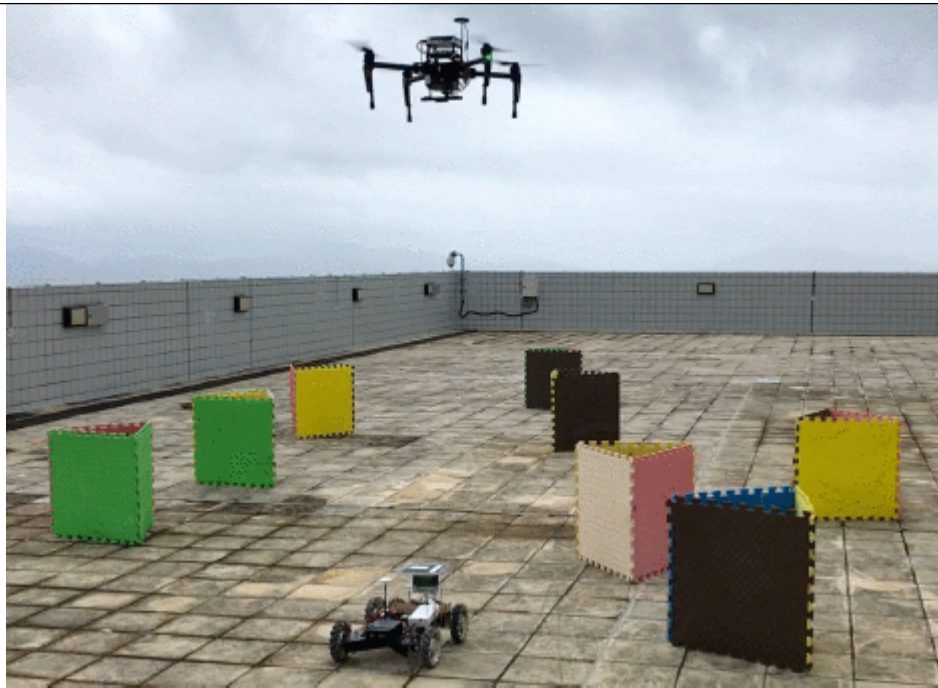


图 6 异构机器人系统

（2）北京理工大学的水陆空多域机器人系统

北京理工大学近年来研究了基于纵列双涵道的水陆空多域机动载运车辆，集成了水面高速行驶、陆地高机动性行驶和空中多自由度可控机动行驶的三大主要功能，可以实现在各种气候条件以及复杂地形、交通状况下的综合高效机动运送能力。

陆空协同机器人系统国内外研究仍都处于起步阶段，处于同一水平，我国近些年来在该领域取得了丰硕成果，具有超越可能。

三、项目实施的目的、意义（不少于 200 字）

党的“十九大”明确提出建设科技强国、数字中国、智慧社会的宏伟目标。习近平总书记在 2014 年两院院士大会上指出，机器人是制造业皇冠顶端的明珠，其研发、制造、应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。

在国家政策的大力支持下，目前我国机器人及智能系统技术正得到飞速发展，工业机器人、服务机器人、特种机器人的研究和产业已经非常成熟，但是这些机器人及智能系统都难以适应人类居住的陆空立体环境，难以满足多任务需求。

对于地震、塌方、核污染以及火灾等突发灾难，存在营救时间紧迫，营救环境复杂，营救危险系数高等特点，人类营救团队进入待营救区域的代价很高、风险很大，因此，能够取代人类在这种环境下进行搜索营救的救援机器人就备受业界关注。

多机器人协同的智能无人系统(MRS)的自主搜救问题是近几十年来一个非常有趣的研究课题。该领域的吸引力源于它所包含的研究主题极为复杂多样，包括实时态势的感知和地图建立、目标检测与姿态回传、通信网络建立与群体智能合作决策等先进技术。这些都使得协同多机器人搜救系统的实现成为一个非常困难的问题。虽然实现起来有相当大的困难，但使用自主 MRS 进行搜救行动有许多独特的优点。一个足够智能的机器人搜救系统可以代替人类作为灾难营救中的急先锋，通过多种方式进行融合感知并绘制现场地图，开展自主搜救工作以及物资的传送，提高人类救援团队的安全程度甚至替代人类救援团队进入。

相较于传统单体的救援机器人来说，多机器人协同的无人系统更加智能和稳定。通过多种形态机器人的优势互补、信息融合，后者更加适应复杂多变营救环境，能够完成更加复杂、类人的营救任务。我们拟实现的空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统来辅助或代替救援人员进入营救现场，执行探测、搜索、物资传送等救援任务。

四、项目研究内容和拟解决的关键问题（不少于 300 字）

研究内容：

本项目的目标是利用现有技术, 整合团队成员的知识与技能，共同实现空-地协同建图与未知环境中的自主探索，地面机器人的复杂地形越障；并利用地面机器人搭载的机械臂与无人机进行物资传递；其中机械臂的抓取和运动将尝试使用视觉 抓取方式

与自主规划算法进行实现。

本项目致力研发的空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统,预期实现无人操作下的自主任务执行:综合地面机器人搭载的激光雷达和空中机器人的深度相机,以及其他多种传感器实现激光-视觉多模态的 SLAM 导航系统;通过对 YOLOv3 深度学习框架的优化与硬件部署,结合 darknet 神经网络实现实时营救复杂环境中的被困人员和危险物品的识别与标记,进而地面机器人结合 SLAM 建立的地图通过 Dijkstra 算法进行自主的路径规划;通过视觉相机对待传递物体进行识别与定位,机械臂通过 MoveIt! 平台与 OMPL 运动与动力学解算实现自主规划抓取传递物体。在时间、资源等允许的情况下,将继续探索空中机器人在以上多传感器融合下的自主避障工作,

空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统的涵盖了机械设计与验证、对于地震、塌方、核污染以及火灾等突发灾难,存在营救时间紧迫,营救环境复杂,营救危险系数高等特点,人类营救团队进入待营救区域的代价很高、风险很大,因此,能够取代人类在这种环境下进行搜索营救的救援机器人就备受业界关注。

多机器人协同的智能无人系统(MRS)的自主搜救问题是近几十年来一个非常有趣的研究课题。该领域的吸引力源于它所包含的研究主题极为复杂多样,包括实时态势的感知和地图建立、目标检测与姿态回传、通信网络建立与群体智能合作决策等先进技术。这些都使得协同多机器人搜救系统的实现成为一个非常困难的问题。虽然实现起来有相当大的困难,但使用自主 MRS 进行搜救行动有许多独特的优点。一个足够智能的机器人搜救系统可以代替人类作为灾难营救中的急先锋,通过多种方式进行融合感知并绘制现场地图,开展自主搜救工作以及物资的传送,提高人类救援团队的安全程度甚至替代人类救援团队进入。

相较于传统单体的救援机器人来说,多机器人协同的无人系统更加智能和稳定。通过多种形态机器人的优势互补、信息融合,后者更加适应复杂多变营救环境,能够完成更加复杂、类人的营救任务。我们拟实现的空-地协同建图定位的搜救运载智能无人系统来辅助或代替救援人员进入营救现场,执行探测、搜索、物资传送等救援任务。

零件加工与装配、电路布局研究与电路板制作、电控程序编写、上层软件的实现与仿真、部署算法与联合调试等工作。其中重点是基于机器人操作系统 ROS 的软件设

计与算法仿真部署，以及全地形底盘的合理设计与制作，同时还需要稳定的硬件电控来实现软件算法，以驱动机械运作。现将项目内容进行拆分为以下关键方面：

1) 地面机器人的全地形移动底盘

地震、煤矿坍塌、建筑事故等救援现场地形复杂，故提高地面机器人的通过能力成为本研究的一个关键。全地形底盘拟采用主副履带设计，利用履带式特有的强大通过能力保证再崎岖多变的地形中正常行驶。

2) 多旋翼无人机稳定飞控的实现与调试

无人系统的协同配合离不开无人机的平稳巡航。无人机虽然在机械方面的结构模型较为简单，但难点在于飞控的实现与调试，所以预计将有大量时间花费在飞控算法的研究与调试上，期望实现飞控算法的鲁棒性来保证飞行巡航的稳定。

3) 空-地机器人中心化与去中心化的通信系统

空-地系统有两种通信方式：中心化与去中心化。中心化即与同一上位机通信，通过上位机进行协同配合；去中心化更加体现无人化的特点，空-地两机器人直接通信与配合。拟探索两种通信方式，理解并实现一种或两种通信方式，应用于本项目的智能无人系统。

4) 空-地协同建图和多传感器融合的智能体路径规划

已有的激光 SLAM 和视觉 SLAM 建图方法各有利弊，而通过无人机和无人车协同建图的方式将二者优势融合，加以热成像、二氧化碳传感器等多种传感器融合的信息反馈，可以得到更加准确的实时地图，进而方便无人系统的自主探索搜救。此外，由于机器人计算资源的有限以及搜救环境的复杂多变，传统的路径规划方法无法得到充分施展，项目拟采用 A*启发式算法和 Dijkstra 算法实现自主导航，结合多模态 SLAM 地图进行路径规划，对待搜救环境进行自主探索。

5) 机械臂的视觉抓取与自主规划

结合搜救的具体情况，通过无人系统在营救方和被困人员之间传递物品成为待实现与优化的热点技术与新兴应用。本智能无人系统拟对物体进行基于深度学习的物体识别定位，将得到的物体姿态位置传递给地面机器人搭载的机械臂，实现视觉抓取；通过 moveit! 编程接口实现机械臂的自主规划，完成物品的传递。

拟解决的问题：

1. 地面机器人底盘的方案设计与具体实现，为良好越障能力提供支撑；
2. 多模态 SLAM 建图算法的设计、实现与成功部署；
3. 空-地机器人系统的自主避障与路径规划；
4. 基于深度学习的目标物体识别与定位，实时图像回传；
5. 六自由度机械臂的自由抓取与自主运动规划；
6. 多机器人无人系统的通信模式的探索与实现；
7. 对于无人机自主避障的后续探索。

五、项目研究与实施的基础条件（不少于300 字）

1) 成员技术体系方面

团队成员强强联合，技术体系包括了机械设计、电控电子、软件算法等构建智能无人系统所需要的学科知识，并都有一定的工程实践经验。

负责软件的成员能够熟练使用 Ubuntu 以及在 ROS 中开发和维护机器人软件算法，负责图像以及导航建图的同学对于机器学习和 SLAM 建图算法有一定的实践经验，实现过 YOLOv3 目标检测以及 Cartographer 算法的相关项目。

电子设计成员能够熟练使用 STM32 并有各种中型电子开发的经验，已经设计并制作了多种控制板和通信模块，熟悉底层驱动和控制的开发流程，已掌握 CAN 总线网络设计，对于串口、IIC 等通讯协议有过深入了解，学习并应用过 PID 算法，正在探索 FreeRTOS 的应用。

机械成员具有丰富的机械结构设计以及组装经验，已有一年的机械设计经验，在此前已经进行过相关类型机器人的设计与制作，积累了很多经验和教训，可以熟练运用三维设计软件 Solidworks 与 3D 打印机进行机器人的设计与制造，对于零件选用、材料选取和整体装配很有心得。

2) 团队合作配合方面

团队结合本项目的预期目标进行了详尽地探讨和分工，确保成员充分理解彼此与明确合作目标，并结合各自的技术知识和兴趣特长，合理分配任务，保证成员之间沟通的融洽和可协调性。

3) 指导老师经验方面

指导老师布树辉教授长期致力于研究自主无人机与机器人，在同时定位与构图（SLAM）、环境理解等方面取得了较为突出的成果，在研究的无人机实时地图在国际上有较大的影响力，能够在我们有困难的时候给予指导。

六、项目实施方案（不少于 300 字）

结合项目的实际情况，我们拟将实施方案划分为机械设计、电子电控、软件算法三个方面分别进行规划。

机械部分：

机械结构：

- ▣ 全地形底盘：全地形底盘拟采用履带式设计，并配有四个可以摆动的副履带辅助越障。每个副履带的摆臂各自独立，通过高减速比的减速箱提供高扭矩，增加地面机器人的越障能力。
- ▣ 二自由度自稳云台与激光雷达：SLAM 建图的基础，借助陀螺仪始终保持雷达水平，提高建图质量。
- ▣ 可扩展性：可以在原有的底盘基础上在上层搭载更多模块如语音交互等，可以提供更为多样的功能。

先对地面机器人的总体机械结构进行大致设计，主要为底盘与搭载结构。对结构设计中创新点的发掘，将机器人的雏形在 Solidworks 中进行简单的设计。然后对于小细节进行完善与改进。对照国标件对零件进行合理选择，并根据其重量以及所需要的速度与扭矩选择电机与减速箱，选择合适的减速比。运用 SolidWorks Simulation 有限元分析对材料进行受力分析。最后，将设计好的零件图发往厂家去加工制作，在材料到齐后对其进行组装，并且在调试后对于不合理的地方进行改装与改造。

下图 7 为机械部分使用 Solidworks 软件建模的地面机器人结构图：



七、技术路线、项目创新点及特色（不少于 300 字）

技术路线：

拟采用从简单到复杂、从单体到协作的实现思路，逐步逐阶段地构建项目目标中的智能无人系统。

先完成空中和地面机器人各自的机械结构、电控通信、软件算法的基本实现，各自能够完成单独建图定位与自主导航；设计部署并调试地面机器人搭载的机械臂，使其能够初步通过遥控操作，实现简单的自主规划。

当两个机器人的基本功能实现完成，将着手探索两个机器人的协同配合。尝试由中心结点（上位机）同一发布运动指令控制运动开始，探究两者的建图回传算法框架，由上位机统一处理，实现两者之间的建图信息共享，协同完成复杂地形搜救。接下来为无人机添加座舱，通过优化无人机动力实现物品的搭载，

创新点与项目特色：

面向灾难搜救的无人系统旨在辅助或是替代救援人员进入未知危险的非结构化环境，因此，研制具备一定自主能力，通过协同建图、配合转送物资的搜救运载智能无人系统是顺应社会需求和发展趋势的一项工作。

1) 创新的机械结构

地面机器人通过主履带实现移动，以四个独立副履带辅助其在崎岖复杂环境中进行工作。无人机拟设计一符合动力学的座舱，用于搭载传递物资。

2) 创新的供电和电路板连接方式

电控框架采用总线式的连接方式，大大降低了地面机器人内部连线的复杂度，同时也进一步提高了各模块的独立性，可随时增减功能模块来实现地面机器人的功能多样化。

3) 创新的多机器人协同的合作建图与信息融合模式

采用视觉与激光雷达融合的建图方法，得到更加合理精确的地图。并且使用多传感器，通过视觉识别结合其他传感信息的方式，可以自主搜寻到存活人员并标注到 SLAM 算法建立的地图上，并导出为标准 TIFF 格式图像以供救援人员查看。

4) 深度学习能力

本搜救无人系统采用高性能 YOLOv3 深度学习框架，基于 darknet 神经网络，具有极高的帧率和识别率，在实际救援场景中，可辅助搜救人员进行被困人的查找，危险品的识别，深度学习图像识别能力赋予了空-地机器人及机械臂一定的智

能，能提高无人系统的自主救援能力，能够在不依靠外界操作人员的情况下做出独立的正确判断，进一步提高搜救效率。

八、已有基础（包括与本项目有关的研究积累和已取得的成绩、学校可以提供的条件、尚缺少的条件及解决方法）

1. 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

负责软件的成员能熟练运用算法与数据结构，在能运用 C 和 C++基础上，熟练掌握 Python 和 Java。已有一年的关于 SLAM 和机器人自主导航的相关算法学习和实践，对机器学习和图像识别也已经有一年的学习与实践，如 caffe、Tensorflow 和 ssd 等，通过训练模型已经实现通过摄像头对目标物资以及受困人员的识别。

机械成员有丰富的机械结构设计及组装经验，已有一年的机械设计经验，其设计的第一代履带式移动底盘已经成功投入使用，并且之前已经进行过相关类型机器人的设计与制作，积累了很多经验与教训，可以熟练运用三维建模软件 solidworks 与 3D 打印机进行制造。

电子设计成员能熟练运用 STM32 并有进行过各种中型电子开发，如利用陀螺仪的激光云台，采用 ARM 控制系统、MPU6050 传感器，通过 Altium designer 自行设定出稳定、考干扰的、智能云台。加入卡尔曼滤波算法，消除姿态传感器数据漂移问题，从而实现在任何位置，保持云台水平。

已经设计过稳定高效的基于 STM32 的遥控器、底盘控制板、电机驱动板、超声波防撞板、二氧化碳板，在每个板子上，设计了电压采集，可以实时监视电压，实现低压报警，防止电池过放。板子中加入光耦隔离，防止驱动电源对信号的干扰。已经掌握 CAN 总线网络设计，并应用到电子系统中，提高板子的可靠性、实时性和灵活性。同时对 PID 算法、卡尔曼滤波有一定的掌握和应用。

小组内详细地对任务进行了分工，专业搭配合理，并且都有一定的电子和软件基础，并且对产品有了初步的构想。指导老师也具有丰富的项目经验，能够在我们有困难的时候给予指导。

2. 已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

已经具备的条件：

（1）已有一履带式底盘，在前期可做测试实验；

(2) 已有一些普通摄像头与舵机；

(3) 已有底盘控制的经验和电源及电路搭建的基础；

学校可以提供的条件：

(1) 提供宽裕的经费，团队可以进行一些大胆的尝试，增加试错和优化的空间；

(2) 提供可以用于搭建模拟营救环境的场地；

(3) 优良的实验室环境，指导老师丰富经验的指引，以及丰富的资源平台，西工大图书馆、中国知网等等；

(4) 激光雷达、深度相机等机器人的相关硬件支持；

(5) 为项目提供良好的学术探讨氛围和交流机会；

尚缺少的条件：

(1) 缺少用于空-地机器人系统的性能强劲的工控机，对环境实时感知与数据采集的较高性能的深度摄像头，激光雷达等；

(2) 缺少高精度控制的电机，精密减速箱合适的履带以及其他支持高精度控制的硬件条件；

(3) 需要软件方向成员对深度学习与视觉识别的软件算法问题进行更深入的学习，实现优化和调整；

(4) 需要仿真的场地进行调试；

解决方法：

(1) 积极与指导老师布树辉教授交流，积极在 MOOC、慕课网等优秀课程平台上搜索相关课程进行学习，充分利用网络资源进行弥补不足，学习无人机相关实践知识；

(2) 提高对相关芯片、控制器的理解以及对算法优化的认识，并且阅读大量此内容方面的论文资料，进行讨论，提高团队协作程度。

(3) 积极依托实验室资源和学校条件，配置相关硬件器材，向已有经验的实验室、项目组等请教经验，咨询疑难；

(4) 优化机械设计制造，降低加工成本；

	(3) 会议、 差旅费	1000	用于学术交流与课题研讨
	(4) 文献 检索费	1000	用于相关文献查阅
	(5) 论文 出版费	1000	用于相关专利申请和论文发表
2. 仪器设备购置费		9000	购买双目相机、激光雷达、工控机、网桥等
3. 实验装置试制费		1000	用于地面机器人的零件购买、模拟场地的搭建
4. 材料费		5500	购买 3d 打印材料、舵机、电机、电子元器件、相关机械及电路工具
总计			20000 元
十一、导师推荐意见			
<p>本项目面向灾难搜救和物资运载的无人系统设计进行研究,提出了基于空-地机器人协同制图巡航的系统,具有机动性能好、空间分辨率高、无人化程度高等优势。该项目利用 SLAM 与自主导航技术、深度学习与视觉抓取技术,通过多传感器的信息协同,能更精确、快速、全面地对灾后环境进行监测,并协助救援人员转运物资。所提出的系统在技术上先进,方案设计的合理可行,预期实现空-地机器人系统对特定区域的快速扫描与越障搜救,能够有效地辅助救援人员灾后的搜索营救工作。成果形式为论文、专利和软著各一项。</p>			
签名:			
年 月 日			

十二、院系推荐意见	
院系负责人签名:	学院盖章 年 月 日
十三、学校推荐意见	
学校负责人签名:	学校盖章 年 月 日
十四、省教育厅评审意见	
	单位盖章 年 月 日

注：表格栏高不够可增加。