

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

Intelligent Combat Robots



智能作战机器人

罗庆生 韩宝玲 罗霄 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

智能作战机器人

Intelligent Combat Robots

罗庆生 韩宝玲 罗霄 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

智能作战机器人是由现代设计理论、现代制造技术、现代电子技术、现代控制技术、现代信息技术和现代材料技术等多学科、多领域、多技术有机融合的现代智能武器系统。本书主创人员经过数年的系统研究和科学探索,在智能作战机器人核心功能和关键技术方面取得了一系列突破。本书的编写立足于智能作战机器人相关基础理论知识与实际应用技术的无缝连接与有机结合,所涉及的技术均为当今业界的前沿和高新技术;汇集了相关技术领域最新的研究成果,具有先进性和实用性。无论是在理论学习,还是在技术推广,或是在经验借鉴方面,都可为广大读者提供帮助。本书可作为普通高等院校机械类、控制类、信息类等相关专业的本科生和研究生教材,也适合作为从事机械、控制、信息、探测、图像处理以及机器人技术研究和应用的科研人员的学习参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

智能作战机器人 / 罗庆生, 韩宝玲, 罗霄著. —北京: 北京理工大学出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-5640-8365-6

I. ①智… II. ①罗… ②韩… ③罗… III. ①智能机器人—研究 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第229225号



出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 318千字

版 次 / 2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

定 价 / 68.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

序 言

无论是在过去、现在还是在未来的战争中，“保持战力于地下，发挥火力于地上”是一种基本的、关键的战场建设原则。多年来，许多国家从战争学习战争，深入研究和系统探索保存己方军事实力的方法与手段，纷纷将飞机、坦克、火炮等重要军事装备从在露天基地里停放改为在山体洞库中隐藏。洞库，作为一种特殊的建筑结构形式，是战争中存放军用物资、建立防御工事、隐藏战略武器的绝佳之地，在古往今来的战争中得到了广泛的应用。现代的各种军用洞库，大多是在战略要地经人工开凿而成的，由于其顶部覆有坚硬的岩石山体和深厚土层，通常可抵挡普通导弹的直接命中，对钻地弹，甚至核爆，都有足够的抗御能力。军用洞库普遍还具备防洪、排水功能，内部拥有完整的电力、供水、消防、通信、医疗、空调系统，各出口设有防护钢门，可抗震、防爆和防核、生物、化学武器的侵袭，成为一些国家隐藏军事装备、躲避敌方打击、提供反制手段、保持还击实力的有效堡垒。

随着我国综合国力和国际影响力的日益增强，敌对势力亡我之心更加迫切。严峻的形势表明，敌对势力必定会凭借其苦心经营的各种洞库，隐藏武器装备、重要设施和军事人员，与我长期周旋。为提升针对反分裂、反霸权和反恐怖斗争中的打击能力，在传统的弹药难以对洞库类目标实施有效打击的情况下，发展能多途径投放、大面积抛撒、自主寻的、自动摧毁目标的反洞库智能作战机器人，已成为各国发展具有反洞库目标突出效果的先进武器与装备热点之一。


应当看到，具有反洞库目标打击能力的智能作战机器人可以在当前和今后的“洞库战”中发挥重大作用，该机器人装备着多模复合探测器、弹载实时控制器和高效火箭推进器，可以通过增程大口径火箭炮、炮兵地对地战术导弹或飞机进行投放，降落到地面后能够自动采集周围环境的图像信息，自动发现、自主识别、自行攻击洞库目标，摧毁洞库内的飞机、坦克、火炮等武器装备和作战人员，还可以封锁、围堵敌方洞库，有效

2 智能作战机器人

遏制敌机或物资的进出流动。由于智能作战机器人打击的范围广、精度高、效果好，且便于大量撒布，能够有效打击洞库目标，倍增军队的战斗力和威慑力，因而对其开展深入的理论研究和系统的技术探索是十分必要的。

在新的作战理论、作战模式和作战需求的不断催化和持续推进下，武器系统已经发展成为由现代设计理论、现代制造技术、现代电子技术、现代控制技术、现代信息技术和现代材料技术等多学科、多领域、多技术有机融合的具有自主探测、搜索、识别、选择、发火、攻击的现代智能武器系统。与此相符，本书所述的智能作战机器人就是这种现代智能武器系统，它包含结构子系统、探测子系统、驱动子系统、控制子系统和毁伤子系统等五大系统，集成瓣体设计、投放撒布、着地缓冲、快速解脱、弹体扶正、图像探测、目标识别、芯片控制、弹体瞄准、火箭助推、重心稳定、适时起爆等技术，是一种新概念的光机电一体化武器装备，是当代多种高新技术的综合产物，在推动我军特种装备技术发展、提升我军未来战争实际战力、促进我国相关民用产品技术进步等方面具有重要作用。

本书的主创人员经过数年的系统研究和探索，在智能作战机器人核心功能与关键技术方面取得了一系列突破，并将其主要成果修撰成书。该书共分5章，第1章绪论，第2章智能作战机器人系统结构设计技术，第3章智能作战机器人联合控制技术，第4章智能作战机器人图像采集和目标识别技术，第5章智能作战机器人系统相关辅助技术。该书所涉及的技术均为当今业界的前沿和高新技术，所论及的问题均为当今业界的热点和难点问题。全书汇集了相关技术领域最新的研究成果，无论是在理论学习，还是在技术推广，或是在经验借鉴方面都可为广大读者提供帮助。本书题裁新颖、内容充实、写作严谨、论证严密、语言流畅、图文并茂，可读性和适用性俱佳，拥有广阔的读者市场。



2013年9月于北京

前 言

天体运行、星移斗转；四季变换、日月往复；万物繁衍、生生不息。自然界的客观发展，本无所谓设计可言，但自从万物之灵的人类诞生以来，人类为了在险恶的自然环境中，以及与其他物种的强烈竞争中，取得生活之源和生存之本，不断适应、改造、完善自然界和人类社会本身，从而萌发了建设各种物质文明和精神文明的一些有目的、有意识、有组织、有计划的活动。这种活动就是“设计”。从设计的本质和内涵来分析，人类早期兽皮御寒、树叶遮羞，构木为巢、结绳记事包含“设计”；而制工具、造房屋、兴水利、办冶金也包含“设计”。人类历经“石器”时代、“青铜器”时代以及“铁器”时代的事实表明，人类的“设计”水平随着人类的成长和发展而提高。中国的万里长城、埃及的金字塔、巴比伦的空中花园和罗马的斗兽场是古代人类“设计”的光辉典范，闪耀着人类智慧的光芒。由此可见，人类经过数十万年的物质生产活动创造了当今无限美妙的物质世界；此外，人类创语言、造文字、兴宗教、建国家也是一种“设计”。文学、艺术、体育、政治、军事、经济、外交、法律都需要“设计”；东西南北中、工农兵学商都离不开“设计”。由封建主义到资本主义以及由空想社会主义到科学社会主义，更是一种在跨度上和深度上无与伦比的伟大“设计”。人类同样经过数十万年的社会实践活动创造了当今无限美妙的精神世界。古今中外的历史证明，人类文明的源泉是创新，人类生活的本质也是创新，而设计，其实质就是充满创新性的思维和活动。在人类已经高视阔步进入知识经济时代和网络信息社会的今天，为了使精神文明建设和物质文明建设同步发展，人们不但需要将设计提升为创新设计，更需要通过创新实践将创新设计的有关目标予以实现。从某种意义上说，创新设计为人类勾画出发明创造的美好蓝图，而创新实践则将这种美好蓝图变为发明创造的美好现实。

本书是北京理工大学“特种机器人技术创新团队”在多年的理论与实践过程中，经过创新性设计、创新性探索、创新性实践所获精华的浓缩、成果的集萃，代表着该团队在“智能作战机器人”设计与研究方面的水平与能力。北京理工大学“特种机器人技术创新团队”成立于2005年，主要从事军用机器人、工业机器人、机电伺服控制技术、

2 智能作战机器人

机电设备测试技术、传感探测技术和机电产品创新设计等的研发工作。该团队自成立以来，在罗庆生教授、韩宝玲教授的带领下，始终坚持科研促创新、创新促科研的理念，始终扮演高新技术探索者、科研攻关先锋队、创新项目孵化器的角色，整个团队成为一个充满创新精神、创新意识、创新才智、创新能量的先进集体。“十一五”期间，该团队经过数年的系统研究和科学探索，在智能作战机器人核心功能和关键技术方面取得了一系列突破，现将其主要成果修撰成《智能作战机器人》一书。本书共分5章，第1章为绪论，第2章为智能作战机器人系统结构设计技术，第3章为智能作战机器人联合控制技术，第4章为智能作战机器人图像采集和目标识别技术，第5章为智能作战机器人系统相关辅助技术。本书所涉及的关键技术均为当今业界的前沿和高新技术，所论及的主要问题均为当今业界的热点和难点问题。全书汇集了智能作战装备技术领域最新的研究成果，无论是在理论学习，还是在技术推广，或是在经验借鉴方面，都可为广大读者提供启发和帮助。

需要指出的是，自20世纪80年代以来，以美国为首的西方军事强国一直在积极开发各种新型智能作战装备。美国军方认为，在未来的作战中，能自动识别目标、自主控制装药爆炸，并能在最有利时机主动出击毁伤目标的智能作战装备将成为战场上的一大主力。相比而言，尽管近年来国内也积极开展了有关智能作战装备与技术的研究，但大部分只是关注国外技术进展而做的跟踪研究，到目前为止，还没有成熟的产品出现。综观国内外在智能作战装备开发研究上的现有技术成果，可知现有的这些武器、装备在打击洞库目标方面都还存在着局限和不足，因而在研制反洞库目标智能作战机器人方面还存在着巨大的发展空间。而本书所阐述的有关“智能作战机器人”的理念、技术、方法、途径会对缩小我国与国外在智能作战装备方面的差距有所助益。

在新的作战理论、作战模式和作战需求的不断催化下，武器系统已发展成为由现代设计理论、现代制造技术、现代电子技术、现代控制技术、现代信息技术和现代材料技术等多学科、多领域、多技术有机融合的具有自主探测、搜索、识别、选择、发火、攻击的现代智能武器系统。与此相符，本书所介绍的“智能作战机器人”也是这样一种现代智能武器系统，它是一种多技术的复合体，在一定程度上代表着智能作战装备技术的发展方向。让我们一起关注、期待和支持我国智能作战装备技术的发展吧！

在本书写作过程中，得到了××部相关领导的关怀，得到了北京理工大学相关部门的帮助。值本书即将付印出版之际，谨向所有关心、支持、帮助过我们的领导、专家、同事、朋友表示衷心的感谢！

作 者

2013年8月于北京

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 智能作战机器人简况	1
1.2 智能作战机器人研究的现状及发展趋势	2
1.2.1 国外研究的现状及发展趋势	2
1.2.2 国内研究的现状及发展趋势	3
1.3 智能作战机器人研究的主要内容	4
第 2 章 智能作战机器人系统结构设计技术	6
2.1 智能作战机器人的总体构成	6
2.2 原理样机的结构与特性分析	7
2.3 原理样机的仿真分析	37
2.3.1 仿真分析的对象与方法	37
2.3.2 虚拟样机分析	39
2.3.3 一代原理样机结构设计的思考与改进	41
2.3.4 基座的仿真分析	42
2.3.5 支架杆的仿真分析	44
2.3.6 弹簧的仿真分析	49
2.3.7 弹簧的测试实验	51
2.4 一代样机的改进与完善	53
第 3 章 智能作战机器人联合控制技术	54
3.1 中央联合控制系统的整体方案设计	56
3.2 中央联合控制系统的硬件设计	58
3.3 中央联合控制系统主控制器的硬件设计	59
3.4 运动云台系统的硬件设计	63

2 智能作战机器人

3.5	电控点火系统的硬件设计	68
3.6	双 DSP 通信系统的硬件设计	71
3.7	电源管理模块的硬件设计	73
3.8	中央联合控制系统的软件设计	76
3.9	双 DSP 系统通信程序	85
3.10	电源管理系统的软件设计	89
3.11	中央联合控制系统的仿真实验	91
3.11.1	Adams 与 Matlab 联合仿真	91
3.11.2	控制系统仿真模型的建立与实现	92
3.12	基于 Multisim 的电控点火仿真实验	96
3.12.1	Multisim 电路仿真软件的应用	96
3.12.2	电控点火电路的仿真结果与分析	97
3.13	基于 CCS V3.3 的双 DSP 通信测试实验	100
3.13.1	通信程序开发环境代码调试器简介	100
3.13.2	双 DSP 通信的仿真设计与实现	101
第 4 章 智能作战机器人图像采集和目标识别技术		105
4.1	国内外机器视觉研究的现状及发展趋势	105
4.1.1	机器视觉概述	105
4.1.2	国外机器视觉研究的现状及发展趋势	107
4.1.3	国内机器视觉研究的现状及发展趋势	109
4.2	探测子系统的硬件设计	112
4.2.1	探测子系统硬件平台的整体构成	112
4.2.2	探测子系统硬件平台的设计与分析	114
4.3	洞库类目标特征分析与样本建模	128
4.3.1	洞库类目标特征分析	128
4.3.2	洞库类目标样本建模	132
4.3.3	仿真样本库的建立	134
4.4	洞库目标图像预处理的理论研究与技术探索	135
4.4.1	探测子系统工作层次与作业流程	136
4.4.2	探测子系统全景图像拼接	137
4.4.3	图像预处理的理论研究与技术探索	143
4.4.4	图像畸变校正算法的理论研究与技术探索	163
4.5	目标识别的理论研究与技术探索	171
4.5.1	目标识别的理论研究与技术探索	171

4.5.2	目标定位的理论研究与技术探索	184
4.5.3	图像差分检测技术的研究与探索	187
4.6	图像采集与目标识别的仿真实验及分析	188
4.6.1	仿真实验硬件系统构成	189
4.6.2	仿真实验软件功能实现	189
第5章	智能作战机器人系统相关辅助技术	193
5.1	伞降减速系统的设计与研究	193
5.1.1	降落伞相关理论的研究	193
5.1.2	降落伞类型的选择	195
5.1.3	降落伞组件的确定	195
5.1.4	降落伞的伞衣形式及材料	195
5.1.5	降落伞具体参数设计	197
5.1.6	降落伞仿真分析	198
5.1.7	降落伞实物实验	206
5.2	火箭助推系统的设计与研究	211
5.2.1	小型助推火箭简介	211
5.2.2	助推火箭的设计与分析	214
5.2.3	助推火箭的研制与思考	216
5.3	运动学、动力学仿真分析	217
5.3.1	着陆展开过程的运动学、动力学仿真分析	217
5.3.2	搜索扫描过程的运动学、动力学分析	220
5.4	落地速度、角度对智能作战机器人自动展开性能的影响	225
5.4.1	落地速度对智能作战机器人自动展开性能的影响	225
5.4.2	落地角度对智能作战机器人自动展开性能的影响	228
5.5	原理样机综合性能测试实验	230
5.5.1	运动云台全视场扫描运动测试	230
5.5.2	运动云台运行时间与加减速测试	231
5.5.3	运动云台瞄准精度测试及误差分析	232
5.6	电源管理系统节能设计的仿真实验	235
5.6.1	Simulink/Stateflow 软件的应用	235
5.6.2	电源管理过程的动态建模与仿真	238
	参考文献	243

第 1 章 绪 论

1.1 智能作战机器人简况

在现代战争中，“保持战力于地下，发挥火力于地上”是一种基本的、关键的战场建设原则。第二次世界大战期间，德、日、意等法西斯国家就曾驱使大量劳工，倚山傍崖、开凿洞库，存放武器、装备等军用物资，躲避打击，负隅顽抗，令同盟国方面大费周章并付出惨痛代价。此后，洞库在战争中的重要作用日益凸显。尤其自第二次世界大战中的“珍珠港事件”之后，许多国家都吸取教训，开始将飞机、坦克、火炮等重要军事装备从在露天基地停放改为在山体洞库中隐藏。很多国家出于军事战略的考虑，在一些重要的山体地段都修筑了大大小小的洞库，其中以飞机洞库居多。这种洞库内有数百米的飞机跑道，战时洞库外只需要有几十米的跑道，飞机就可顺利起飞。一般的军事手段很难遏制住其制空权，也很难对其进行瘫痪性的军事打击。

不久前，英国皇家海军陆战队在阿富汗东部山区围剿“基地”组织成员时，发现了一个“基地”组织用来存放武器装备和作战物资的山洞群，该山洞群结构复杂，由 4 个相距数百米的山洞组成，每个山洞都配有坚固的金属大门，易守难攻。这一山洞群的发现表明“洞穴战”很可能会成为一种反恐作战新方式。

具有反洞库目标打击能力的智能作战机器人可以在当前和今后的“洞穴战”中发挥巨大作用，该机器人能够自动发现、自主识别、自行攻击目标洞库，摧毁洞库内的飞机、坦克、火炮等武器装备和作战人员，还可以封锁、围堵目标洞库，有效遏制飞机或物资的进出流动。这种机器人可以通过多种运载工具或技术手段进行投放，降落到地面后能够自动采集周围环境的图像信息，经采样、识别，发现洞库类目标后，可自主对目标发起攻击。智能作战机器人还可自动进入巡狩状态，对洞库进行封锁，让洞库中的武器装备发挥不出战力。

智能作战机器人装备有多模复合探测器、弹载实时控制器和高效火箭推进器，打击的范围广、精度高、效果好，且便于大量撒布，能够有效打击敌军的洞库目标，倍增己方士兵的战斗力和威慑力。

1.2 智能作战机器人研究的现状及发展趋势

1.2.1 国外研究的现状及发展趋势

自 20 世纪 80 年代以来,以美国为首的西方军事强国一直在积极开发各种新型智能机器人。美军方认为,在未来的作战中,能自动识别目标、自主控制炸药爆炸,并能在最有利时机主动出击、毁伤目标的智能地雷将成为战场上的一大主力。在美国目前研制的各型智能地雷中,最为典型的有两种:一种是自主机动式地雷,它可以自空中投送,自动实施快速攻击,并能够长时间地自动探测目标,当它锁定目标后,助推火箭会自行点火,并在控制系统引导下自动腾空攻击目标,如在预定时间内没有发现目标和实施攻击,它还会根据需要自行爆炸销毁。另一种是自寻的地雷(如图 1.1 所示法国“玛扎克”声控增程反坦克地雷和图 1.2 所示美国 M93“黄蜂”广域地雷),其典型代表是“赫尔卡斯”智能地雷。该地雷装有遥感、微型计算机和火箭装置,在隐蔽地域设置好后,就会自动监视周围情况,一旦有目标进入其警戒圈,它就会自动腾空飞起,追踪目标,直至将其击中。据称,1 颗自寻的智能地雷可以封锁约 20 000 m² 的范围。

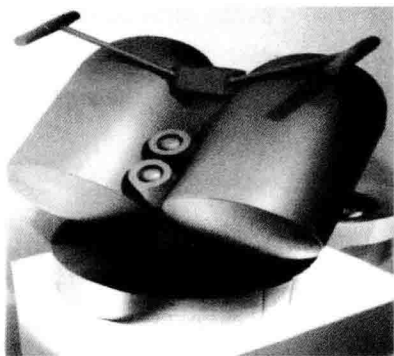


图 1.1 法国“玛扎克”声控增程反坦克地雷

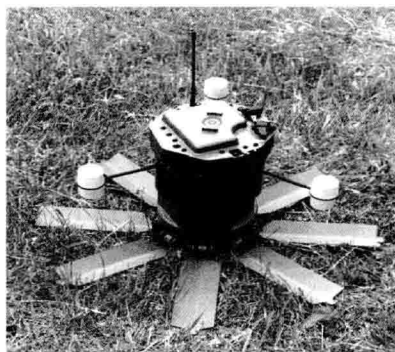


图 1.2 美国 M93“黄蜂”广域地雷

图 1.3 所示为美、英联合研制的 AHM 系列反直升机地雷。该地雷在布设后处于休眠状态,只有声探测系统处于值班状态。当直升机飞行时,其主旋翼和发动机会发出具有一定特征的声音,当地雷声频识别系统探测到这种声音后,会立即进行判断,如确认是己方直升机,地雷起爆系统就继续处于休眠状态;一旦确认是敌方直升机,声频识别系统就立即唤醒地雷,使之进入战斗状态。此时,红外探测起爆系统开始工作,以探测目标是否进入了攻击区,当发现敌方直升机已进入地雷防区时,立即自行点火,并迅速腾升至 100 m 左右的高度起爆,将直升机击毁。

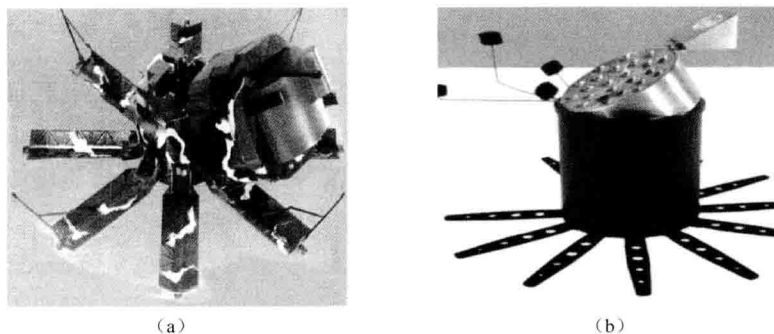


图 1.3 美、英 AHM 系列反直升机地雷

1.2.2 国内研究的现状及发展趋势

近年来,国内也积极开展了一些有关智能机器人技术的研究,但大部分只是关注国外技术而做的跟踪研究,到目前为止,还没有成熟的产品出现。

从“八五”末期开始,国内就开始了反坦克导弹、反坦克火箭弹、末敏弹等制导机器人的研究。虽然这些研究内容还不完全等同于国外智能机器人的概念和技术,但是其相关技术可以为研制智能机器人提供一定的支持和借鉴作用。

中国××集团某研究所自“八五”以来,结合炮射末敏弹的研究课题,一直在进行毫米波传感器的研制工作,完成了大量的毫米波辐射特性测试研究,建立了相关测试系统、缩比模拟塔和传感器模拟装置,为探测识别金属装甲目标做了大量的研究工作,同时进行了毫米波探测直升机的前瞻性研究,完成了超低空飞行和悬停直升机的探测试验,积累了大量数据,具有一定的技术贮备。

我国某大学在“八五”期间承担了“直升机噪声特性研究”、“直升机和坦克目标探测技术”、“机动目标的声探测技术”和“近炸引信目标探测和识别”等基金课题,尤其是在对目标噪声特性、目标识别定位方面,已经做了较为深入的研究并取得了阶段性的成果。

总体上,国内智能机器人技术因起步较晚,投入较少,与国外先进水平相比存在着较大差距,特别是在反洞库目标智能机器人的研究方面还几乎是空白。综观国内外在智能机器人开发研究上的现有技术成果,可知现有的武器、装备在打击洞库目标方面还存在着局限和不足,在反洞库目标智能机器人研究方面还有着很大的发展空间。

1.3 智能作战机器人研究的主要内容

未来的战争仍是一种在有限地域内对有限目标采用有限手段达到有限目的的局部战争。洞库，作为一种特殊的建筑结构形式，在当今世界的军事斗争中起着举足轻重的作用。典型的洞库可分为天然洞库和人工洞库，它们均是战争中存放军用物资、建立防御工事、隐藏战略武器的绝佳之地。洞库作战的优势是不易被发现，也不易被摧毁，在古往今来的战争中得到了广泛的应用。当代的洞库，大多是在战略要地经人工开凿而成，采用钢筋混凝土或钢制的大门，具有防核、防生物武器和防化学武器的能力，而且大部分洞库的出口都经过精心选择、精心设计、精心伪装，难以以常规方式发起直接的攻击，并且这些洞库上部往往都有厚厚的被覆层，对于现在的各种武器，包括所谓的钻地弹，甚至是核爆，都有足够的抗御能力。在传统的机器人难以对洞库类目标实施有效打击的情况下，发展能多途径投放、大面积抛撒、自主寻迹、自动摧毁目标的智能作战机器人已成为当今机器人研究的热点之一。

在新的作战理论、作战模式和作战需求的不断催化下，武器系统已发展成为由现代设计理论、现代制造技术、现代电子技术、现代控制技术、现代信息技术和现代材料技术等多学科、多领域、多技术有机融合的具有自主探测、搜索、识别、选择、发火、攻击的现代智能武器系统。智能作战机器人是一种现代智能武器系统，它包含了如图 1.4 所示的结构子系统、探测子系统、驱动子系统、控制子系统和毁伤子系统等 5 大系统。智能作战机器人集成并融合了瓣体设计、投放撒布、着地缓冲、快速解脱、弹体扶正、图像探测、目标识别、芯片控制、弹体瞄准、火箭助推、重心稳定、适时起爆等技术，是一种多技术的复合体，其主要研究内容和关键技术为以下 4 个方面。

1. 系统结构设计技术

机械结构是智能作战机器人各个子系统协同工作的运作平台，智能作战机器人建立起完善的机器人机构模型，并设计机器人的整体结构和各子系统的结构细节，该机器人结构平台具有功能强大、结构合理、性能稳定、运作可靠等特点。在仿真分析、样机实验的基础上，提出优化途径和改进措施，使智能作战机器人结构平台真正成为各子系统有机协调、高度融合的依托和支撑。

2. 系统联合控制技术

高效稳定的系统联合控制技术是保证智能作战机器人各个子系统及时、准确地完成相应工作任务的前提。智能作战机器人设计需采用控制功能强、抗扰能力好、综合性能优的硬件控制系统。开发出具有自主知识产权、功能齐备、性能突出、运行稳定、操作简便、嵌入性强、实时性好、可维护性和可扩展性优的软件控制系统，实现智能作战机器人软硬件控制系统的无缝连接和有机融合，是智能作战机器人系统整体性能的高效发挥的重要保障。

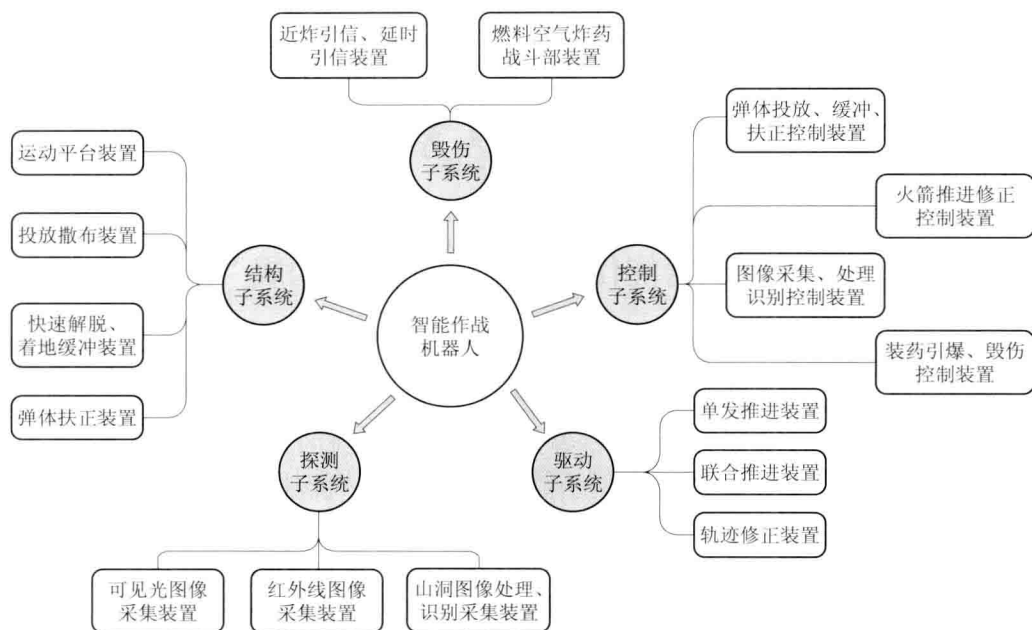


图 1.4 智能作战机器人系统组成示意图

3. 图像采集与目标识别技术

在复杂背景条件下对目标进行图像采集和精确识别是影响智能作战机器人命中率的重要因素，智能作战机器人图像采集与目标识别技术，具有目标搜索能力强、图景拼接精度高的洞库目标图像采集硬件系统，在目标识别、目标定位软件算法的基础上，提出采用改进的霍夫变换检测目标的外形特征，设计具有自主知识产权的洞库轮廓识别技术。针对洞库类目标图像像质较差的问题，提出采用图像转换、图像增强、图像平滑、中值滤波、图像分割、边缘检测、数学形态学处理等方法，强化图像的有用信息，滤除图像的冗余信息，改善图像的信息质量，正确指导对敌洞库目标的精确攻击。

4. 系统相关辅助技术

包括伞降减速技术、着陆缓冲技术、展开扶正技术、火箭发射技术、仿真分析技术、仿真实验技术等。这些技术是智能作战机器人系统研究的重要组成部分，是保证机器人完成预定作战任务必不可少的关键技术。通过合理综合，在科学移植、系统融合相关技术及其成果的基础上，根据智能作战机器人的具体战术指标和作战环境的实际影响因素，巧妙地将上述技术进行了系统改进和有机组合，保证智能作战机器人各子系统在功能上完美组合，在性能上相互促进，在作用上有序衔接，成为可有效发挥预期作战使命的可靠武器系统。

第 2 章 智能作战机器人系统结构设计技术

2.1 智能作战机器人的总体构成

智能作战机器人主要由基本组成、硬件系统和软件系统所构成。作为一种新概念武器，智能作战机器人的反洞库目标作战功能主要表现在介入战场方式多、进入战状时间短、搜索洞库精度高、攻击目标方位准等方面。机器人系统的总体结构反映了其基本作业理念和工作特性，也决定了其所能工作的环境和方式。机器人的总体结构外观如图 2.1 所示。

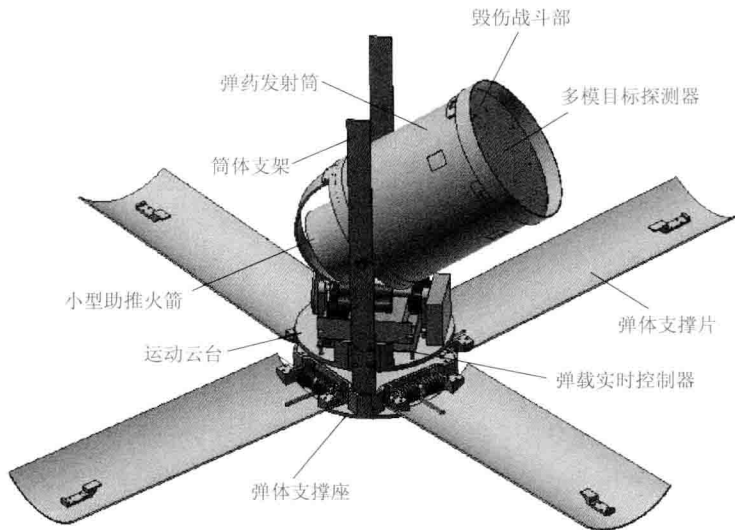


图 2.1 智能作战机器人总体结构外观图

根据智能作战机器人的作战功能和作业流程的需求，图 2.1 中，智能作战机器人配有多模目标探测器（即视觉观瞄组件）、弹载实时控制器（即中央联合控制系统）、小型助推火箭（即火箭推进装置）和毁伤战斗部等部件，具有弹体支撑座（即底座支撑平台）、弹体支撑片、两自由度运动云台、机器人发射筒、战斗部壳体、支架伞仓和端盖等部件与机构。其中多模目标探测器、小型助推火箭和毁伤战斗部结合在一块，形成弹体核心部分，装在机器人发射筒内部。在支撑片未打开前，其还配有降落伞、着地缓冲装置和快速解脱装置等落地展开部件。智能作战机器人投入使用时，首先用遥控方式或

人工方式解除安全保险装置,然后通过多种运载工具或技术手段进行投放,在预定弹着点上空 200 m 高度处打开战术布撒器,布撒出 3~5 个机器人,每个机器人依靠降落伞减速着陆,并依靠弹载缓冲装置进行着陆减震。在着陆瞬间,由内置的快速解脱机构自动解脱降落伞,自由扶正机构则使机器人修正位姿以进入最佳观察和瞄准状态。这时弹载计算机系统初始化并自检,装定自毁周期。当自检正常后,由多模目标探测器对周围 360°视场范围内的景物进行自主扫描探测,在正常天气条件下,多模目标探测器可在山体背景条件下有效探测并识别洞库类目标,一旦探测器发现敌方洞库类目标,并经弹载计算机识别确认后,解算出最佳攻击点,通过云台随动装置瞄准目标,启动助推火箭,使机器人向敌洞库目标飞去,再由触发或延时引信适时引爆所携带的燃料空气炸药(或高能炸药等),从而实现精确、迅猛的打击。在子弹发射以后,启动自毁装置进行母弹自爆。假如初始扫描时未能发现目标,在未达到定时自毁时间的条件下,智能作战机器人将处于休眠状态,一段时间后继续进行目标扫描,从而起到封锁洞库和机器人电源系统节能的综合效果。在整个工作过程中,音频探测系统始终处于监听工作状态,一旦有人员试图排弹,将根据其脚步声或车辆接近时发动机的噪声启动反排弹弹体自毁,从而在起到一定打击效果的同时,也大大提高了机器人系统的保密性。

2.2 原理样机的结构与特性分析

在智能作战机器人总体设计的基础上,根据机器人的技战术性能指标,认真分析功能、结构与技术之间的内在关系,找出结构设计的着力点和方案创新的突破口,开展智能作战机器人结构与特性分析,其研究流程如图 2.2 所示。

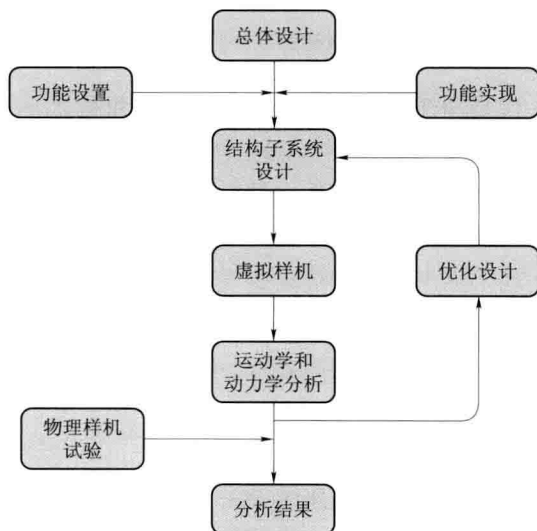


图 2.2 智能作战机器人结构与特性分析进程框图