

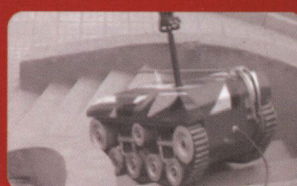
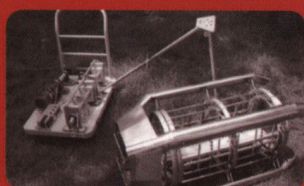
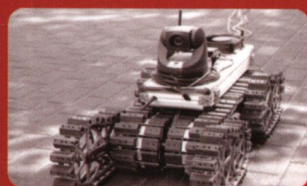
大学生

课外科技创新竞赛

获奖作品精析

(机械/机电/控制类)

罗庆生 韩宝玲 等编著



- ★ 全国三大竞赛获奖精品
- ★ 全面详实 生动解析
- ★ 参赛视频 精彩呈现



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

大学生课外科技创新竞赛 获奖作品精析

(机械\机电\控制类)

罗庆生 韩宝玲 等编著

主要写作人员：罗庆生 韩宝玲 罗 霄 李华师 葛 卓
樊红亮 蔺 伟 张 辉

参加写作人员：杨成伟 逯 鹏 向前友 李喜玉 何 灏 杨继伟
赵小川 苏晓东 龚汉越 刘祎伟 梁冠豪 牛 锴
黄 莹 岳 凯 向程勇 吴 帆 张叶青 周 双
赵欣驰 冯 达 罗翔辉 曹虹蛟 李金科 莫 洋
魏天骐 王 勇 智 耕 王 帅 范 昊



机械工业出版社

本书对作者的团队参加大学生课外科技创新竞赛的获奖作品进行了详尽的介绍和剖析,所述作品的研究背景、设计理论、基本构成、机构特点、运动特性、关键技术、创新成果、发展前景均是作者根据实际工作总结而成,展示了他们参与大学生课外科技创新活动的水平和成果,也代表着作者对大学生课外科技创新活动的认识与把握。

本书共 11 章,系统阐述了“新型多用途反恐防暴机器人”、“新型特种搜救机器人”、“新型轮腿式机器人”、“新型节肢机器人”、“新型仿生六足机器人”、“新型工业焊接机械臂”、“边缘救援平台”、“千足虫宠物机器人”、“‘外骨骼’智能健身与康复机器人”、“高处空间物品存放及管理系统”和“壁面清洁智能机器人”的研究背景及意义、作品概述、关键技术、主要创新点及取得成果、总结与展望。

本书在介绍和论述过程中着力突出大学生课外科技创新活动的新理念、新技术、新方法和新成果,以期对从事课外科技创新活动的指导老师和大学生提供助益和启发。

图书在版编目(CIP)数据

大学生课外科技创新竞赛获奖作品精析:机械机电控制类/罗庆生,韩宝玲
编著. —北京:机械工业出版社,2013.9

ISBN 978-7-111-43440-5

I. ①大… II. ①罗… ②韩… III. ①大学生—科技成果—课外活动—汇编—中国 IV. ①G644

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 168574 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:舒雯 责任编辑:舒雯

责任印制:杨曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·28.25 印张·697 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43440-5

ISBN 978-7-89405-010-6(光盘)

定价:88.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑:(010) 88379733

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

凝心聚力，帮助大学生科技创新起跑和腾飞（代序）

北京理工大学机电学院特种机器人技术研究中心成立于2005年，由博士生导师罗庆生教授和博士生导师韩宝玲教授带领，是一支拥有博士生导师、教授、高工、博士等高水平人才的研究团队，成员三十余人。该中心多年来一直进行军用机器人、工业机器人、机电伺服控制技术、机电设备测试技术、机电系统传感技术和机电产品创新设计等的研发工作，在科学研究、技术创新、产品开发、成果转化、人才培养等方面卓有建树，在国内享有很高的知名度和影响力。近年来，该中心整合了全校多个相关学科的技术、人才和信息优势，成为一支攻关力量强大、研发经验丰富、满足市场需求的高新科技研发实体，并与一些企业建立起良好的产学研协作关系，推动着机电伺服控制技术与特种机器人技术及产品的不断进步。在承担国家“863”、“973”和一些省部级纵向课题研究过程中，中心成员更是大大提升了自身的理论水平和能力，指导大学生开展课外科技创新活动的能力与水平也在与时俱进。

罗庆生教授是北京理工大学机械电子工程本科专业责任教授，他深知创新素养的培育、创新潜力的开发、创新品格的激励、创新能力的训练对新时期大学生创新型人才培养的重要性。韩宝玲教授曾担任北京理工大学教务处主管本科教学工作副处长，她也深感培养具有“高远的理想，精深的学术，强健的体魄，恬美的心境”的新时期大学生复合型人才在我国高等教育中的紧迫性。为使培养出来的学生成为创新型、复合型、通才型的人才，在多年的科研、教学实践中，罗庆生教授、韩宝玲教授带领团队探索并实施了“书本内外结合、课堂内外结合、校园内外结合、理论实际结合、继承创新结合、动脑动手结合”的新型教学模式，并把这一模式贯彻到指导大学生开展课外科技创新活动中去。

特种机器人技术研究中心在罗庆生教授、韩宝玲教授带领下，通过反复实践、积极探索和认真总结，形成了以指导大学生开展课外科技创新活动为主体，辅以短期性、专业性课程教学的新型创新教育模式。

在新型创新教学法、创新指导法实施过程中，研究中心紧密结合现有实验设备、重点研究方向、关键技术领域及教师在研课题，以多领域的科研课题和多学科的科研经验为实施理论教学、实验教学、实践教学提供重要依托和直接帮助。

实施过程中，该中心始终坚持“大学生课外科技创新活动、毕业设计课题、实验室项目”三位一体的结合方式，并提出“以高带低、以硕带本”的创新实践理论。团队成员积极指导不同专业、不同年级的大学生开展课外科技创新活动，充分发挥特种机器人研发中心在机器人核心技术方面多年来形成的优势，以研究中心的实验设备和工作室为硬件，以团队成员研究经验、实验技能等为软件，软硬结合，为大学生创新能力的培养提供全方位支持，针对大学生课外科技创新活动的具体内容，开展了综合性、设计性、创新性的设计类实验与设计类实践活动，锻炼和提升学生理论与实践相结合、动脑与动手相结合的能力。

在指导大学生开展课外科技创新活动中，特种机器人技术研究中心广泛采用学习小组互动、活动小组互动、设计专题互动等形式，发挥互动行为在培养学生辨析思维能力、强化学生质疑问题能力、发展学生人际交往能力、锻炼学生构思方案能力等方面的强大作用。与此同时，特种机器人技术研究中心还灵活运用反馈策略，使师生双方依据反馈信息，及时调整

大学生课外科技创新竞赛获奖作品精析

教与学的关系，提高教与学的效率，将在教学中、实验中、实践中获取知识的主动权交给学生，增强学生开展综合性、设计性、创新性实践活动的信心和能力。

特种机器人技术研究中心的全体成员通过多年的积极探索和认真总结，构建了“问题→探索→解答→结论→新问题→新探索→新解答→新结论”的新型反馈式、开放式、创新式、实践式教学模式，促使学生在开展课外科技创新过程中“多看、多想、多问、多议、多试”，使学生从单纯学习者转变成参与者、实施者和促进者，激发了参研学生们学习的自觉性、主动性和创新热情；提高了学生动脑思考动手实践的能力、分析问题解决问题的能力、创新设计创新实现的能力；提升了学生团队协作，集体攻关的能力；培养了学生的科研热情和科研意识，为学生成为科研团队的后备力量和投身于今后的科研工作夯实基础。据统计，参加特种机器人技术研究中心组织、指导、培训的课外科技创新项目的学生中，80%~90%的学生获得了免试推荐研究生的资格并选择在本校深造；部分学生以优异的成绩考取了清华大学、北京航空航天大学等院校的研究生；选择留学的学生更是凭借着参加创新项目的经历、与创新团队一起披荆斩棘、奋勇攻关所历练出的能力，得到了国外著名大学的认可和录取。

众所周知，当前在我国高等院校范围内影响最大、范围最广、水平最高的大学生课外科技创新成果竞赛包括“挑战杯全国大学生课外学术科技作品竞赛”、“全国大学生创新性实验计划项目竞赛”、“全国大学生机械创新设计大赛”。在这三大赛事中，罗庆生教授、韩宝玲教授近五年来指导的获奖项目就有十余项，其中更有一些是名列前茅、独占鳌头。

- 2007年6月-2008年10月，罗庆生教授、韩宝玲教授指导了“教育部大学生创新性实验计划项目”——新型多用途反恐防暴机器人的研制工作。该项目在2008年10月于长沙举行的首届全国大学生创新论坛中荣获“我最喜爱的10件作品”称号，且排名第一。2009年5月，“新型多用途反恐防暴机器人”在参加北京举办的“全国科技周开幕式”展出时，受到国务委员刘延东、科学技术部部长万钢等领导同志的高度评价，在国内引起极大反响。
- 2008年5月-2009年10月，韩宝玲教授、罗庆生教授指导了“教育部大学生创新性实验计划项目”——新型特种搜救机器人的研制工作。该项目在2009年10月于南京举办的第二届全国大学生创新论坛中荣获“我最喜爱的10件作品”称号。
- 2009年5月-2010年9月，罗庆生教授指导了“教育部大学生创新性实验计划项目”——新型轮腿式机器人的研制工作。2010年9月，在大连举办的第三届全国大学生创新论坛上，两个作品均获得“我最喜爱的10件作品”称号，其中“新型轮腿式机器人”项目在“我最喜爱的10件作品”排名第五。
- 2009年11月，罗庆生教授指导的“新型多用途反恐防暴机器人”项目参加了第十一届“挑战杯全国大学生课外学术、科技作品竞赛”，获得一等奖。
- 2010年5月，韩宝玲教授、罗庆生教授指导的“新型特种搜救机器人”项目参加了在北京举办的“全国科技成果展示会”展出，受到国务委员刘延东、科学技术部部长万钢等领导同志的高度评价，国内主要媒体都作了重点报道。
- 2010年10月，罗庆生教授与苏伟老师率领四件作品参加在江苏南京举办的第四届全国大学生机械创新设计大赛决赛，四件作品均获得一等奖，总成绩名列全国第一；其中罗庆生教授指导的“边缘救援平台”项目得到与会专家和现场观众的一致好评。
- 2011年10月，罗庆生教授为指导教师、机电学院三年级本科生为主要成员、融合了

凝心聚力，帮助大学生科技创新起跑和腾飞（代序）

数名其他专业本科生的“智能机器人代表队”代表北京理工大学参加了于哈尔滨举行的首届“中俄工科大学联盟”大学生机器人创新大赛及展示。“中俄工科大学联盟”由30所中国和俄罗斯两国顶尖的工科院校组成，代表着中俄两国在工科领域的科技实力和办学水平。北京理工大学“智能机器人代表队”创造了在所参加项目中均获得奖项的好成绩。罗庆生教授指导的全国大学生创新性实验项目——新型节肢机器人在大会展示活动中获得“最佳团队奖”，“智能机器人代表队”还获得“最佳组织奖”，代表队总获奖数达到六项，为此次赛事所颁奖项的四分之一，是所有参赛学校中获得奖项最多的。

- 2011年10月，罗庆生教授率领北京理工大学代表队参加在同济大学举办的“第四届全国大学生创新年会”，两个作品均获得论坛“我最喜爱的10件作品”称号；罗庆生教授、韩宝玲教授指导的“新型节肢机器人”项目以绝对领先的得票数排名第一。
- 2012年5月，罗庆生教授、韩宝玲教授指导的“千足虫宠物机器人”、“室内高处空间物品存放及管理系统”、“外骨骼智能健身与康复机器人”和“壁面清洁智能机器人”等四项作品参加了“首都高校第六届机械创新设计大赛”。上述四项作品全部获得一等奖，并将代表北京市参加在西安举行的“全国第五届大学生机械创新设计大赛”总决赛。
- 2012年10月，享誉全国的“新型节肢机器人”，以其丰富的行进步态、精彩的运动效果、可靠的控制性能、超群的演示功能，代表教育部系统出席中共中央宣传部、国家发展与改革委员会举办的“科学发展，成就辉煌”全国科技成果展，以迎接党的十八大胜利召开。

海阔凭鱼跃，天高任鸟飞。当前，我们的国家正面临科学发展、开拓创新的大好时机，时不我待，创新年代需要创新人才，创新人才需要创新培养。北京理工大学特种机器人技术研究中心在教学育人、科研育人、创新育人等方面做出了一些尝试，取得了一些成果，愿这些尝试与成果能够成为我国广大学生们不断创新、不断开拓的铺路石，让我们共同筑就通往创新成才的康庄大道。

中国工程院院士 朵英贤

前 言

广泛、深入、成功地开展大学生课外科技创新活动是我国高等教育创新型人才培养目标的重要体现，其作用和意义十分重大。当前，我国各高等院校及各专业学科都十分重视大学生课外科技创新活动的开展与实施，都把这种活动看成是促进大学生创新型人才培养的加速器和孵化器。作者及其学术团队坚持大学生课外科技创新指导工作已有多多年，在指导大学生课外科技创新活动方面成果丰富、水平突出，所指导的大学生课外科技创新项目获得过多项国家级奖项，罗庆生教授、韩宝玲教授也是国内最著名的大学生课外科技创新活动指导专家。

一个国家、一个民族、一个社会、一个团队，其发展前景与创新密切相关，而创新需要创新型人才；创新型人才除了需要创新意识、创新精神、创新激励以外，还需要创新思考、创新实践和创新训练。为了提升我国大学生在开展课外科技创新活动时的创新思考水平、创新实践能力和创新训练难度，使更多的大学生开展课外科技创新活动时有经验可以借鉴、有方法可以参考、有技术可以复制、有成果可以移植，我们精选了近年来由团队主要成员指导的在“挑战杯全国大学生课外学术科技作品竞赛”、“全国大学生创新性实验计划项目竞赛”、“全国大学生机械创新设计大赛”中大放异彩、引领潮流的11项获奖作品，将其研究背景、立项依据、主体思路、关键技术、创新成果编撰成书，以飨读者。

本书介绍的这些作品因完善的功能配备、独特的方案设计、巧妙的结构安排、合理的决策规划、优异的运动特性、稳定的性能表现、高效的控制机理、新颖的感测技术、完备的能源管理、科学的实验方法、有益的经验体会、广阔的应用前景而引人入胜。本书以这些作品的研发思路为主线，核心技术为依托，创新成果为抓手，总结团队在指导大学生课外科技创新活动中设计的新理念、探索的新思路、研发的新技术、实验的新方法、工作的新成果，系统地介绍给读者，以推动大学生课外科技创新活动在我国各高等院校更加普及、更加深入的开展。

本书所述作品的研究背景、设计理论、基本构成、机构特点、运动特性、关键技术、创新成果是作者根据实践工作总结而成，展示了大学生课外科技创新活动的水平和成果，也代表着作者对大学生课外科技创新活动的认识与把握。本书在介绍和论述过程中着力突出大学生课外科技创新活动的新理念、新技术、新方法和新成果，以期对从事课外科技创新活动的大学生们能够有所助益和启发。

本书共十一章，系统阐述了“新型多用途反恐防暴机器人”、“新型特种搜救机器人”、“新型轮腿式机器人”、“新型节肢机器人”、“新型仿生六足机器人”、“新型工业焊接机械臂”、“边缘救援平台”、“千足虫宠物机器人”、“‘外骨骼’智能健身与康复机器人”、“高处空间物品存放及管理系统”和“壁面清洁智能机器人”的研究背景及意义、作品概述、关键技术、主要创新点及取得成果、总结与展望。本书由罗庆生、韩宝玲负责编著，罗霄、李华师、葛卓、樊红亮、蔺伟、张辉、参与了大量的写作工作，杨成伟、逯鹏、向前友、李喜玉、何灏、杨继伟、赵小川、苏晓东、龚汉越、刘祎纬、梁冠豪、牛锴、黄莹、岳凯、向程勇、吴帆、张叶青、周双、赵欣驰、冯达、罗翔辉、曹虹蛟、李金科、莫洋、魏天骐、王勇、智耕、王帅、范昊参与了部分章节的撰写和相关资料的整理工作。

前言

当前，我国大学生课外科技创新活动的热潮风起云涌，作者所开展的工作及其成果只是沧海一粟。要使我国大学生课外科技创新活动的水平能够真正满足创新型人才培养的需要，还需集众人之智、众人之力才能有所作为，希望本书的出版发行能起到抛砖引玉的作用，同时也希望广大专家、读者对本书的谬误之处不吝赐教。

最后，向支持我国大学生课外科技创新活动的各级领导、专家和同事们表示衷心的感谢，向本书所引用参考文献的作者和支持本书出版发行的机械工业出版社表示诚挚的敬意。

作者

目 录

凝心聚力，帮助大学生科技创新起跑和腾飞（代序）

前言

第 1 章 新型多用途反恐防暴机器人.....	1
（第一届全国大学生创新年会“我最喜爱的 10 个项目”，排名第一，2008 年）.....	1
1.1 作品研究的背景及意义.....	1
1.2 作品概述.....	2
1.2.1 研究内容概述.....	2
1.2.2 技术指标.....	4
1.3 关键技术.....	4
1.3.1 结构造型技术.....	4
1.3.2 机器人视觉技术.....	9
1.3.3 铅酸动力电池组技术.....	14
1.3.4 控制与无线通信技术.....	19
1.3.5 机器人研发实验.....	30
1.4 主要创新点及取得的成果.....	33
1.4.1 作品主要创新点.....	33
1.4.2 作品取得的成果.....	33
1.5 总结与展望.....	33
1.5.1 作品研发工作总结.....	33
1.5.2 作品应用范围及前景分析.....	35
参考文献.....	35
第 2 章 新型特种搜救机器人.....	36
（第二届全国大学生创新年会“我最喜爱的 10 个项目”，排名第三，2009 年）.....	36
2.1 作品研究的背景及意义.....	36
2.2 作品概述.....	38
2.2.1 研究内容概述.....	38
2.2.2 技术指标.....	40
2.3 关键技术.....	40
2.3.1 结构造型技术.....	40
2.3.2 机器人视觉系统.....	43
2.3.3 电源系统控制技术.....	48
2.3.4 运动控制技术.....	52
2.3.5 无线通信技术.....	60
2.4 主要创新点及取得的成果.....	62
2.4.1 作品主要创新点.....	62
2.4.2 作品取得的成果.....	63
2.5 总结与展望.....	63
2.5.1 作品研发工作总结.....	63

2.5.2 成果应用范围及前景分析	64
参考文献	64
第3章 新型轮腿式机器人	66
(第三届全国大学生创新年会“我最喜爱的10个项目”,排名第五,2010年)	66
3.1 作品研究的背景及意义	66
3.2 作品概述	68
3.2.1 研究内容概述	68
3.2.2 技术指标	69
3.3 关键技术	70
3.3.1 机器人结构设计	70
3.3.2 机器人步态分析	74
3.3.3 机器人控制系统设计	78
3.3.4 机器人运动仿真与样机实验	87
3.4 主要创新点及取得的成果	91
3.4.1 作品主要创新点	91
3.4.2 作品取得的成果	92
3.5 总结与展望	92
参考文献	93
第4章 新型节肢机器人	94
(第四届全国大学生创新年会“我最喜爱的10个项目”,排名第一,2011年)	94
4.1 作品研究的背景及意义	94
4.2 作品概述	95
4.2.1 研究内容概述	95
4.2.2 技术指标	98
4.3 关键技术	98
4.3.1 结构设计技术	98
4.3.2 控制系统与多轴运动控制技术	102
4.3.3 步态控制理论与技术	108
4.3.4 传感探测技术	110
4.3.5 无线通信技术	112
4.3.6 电源管理技术	113
4.3.7 软件程序开发技术	114
4.4 主要创新点及取得的成果	116
4.4.1 作品主要创新点	116
4.4.2 作品取得的成果	117
4.5 总结与展望	117
参考文献	122
第5章 新型仿生六足机器人	123
(第五届挑战杯首都大学生课外学术科技作品竞赛一等奖,2009年)	123
5.1 作品研究的背景及意义	123
5.2 作品概述	124
5.2.1 研究内容概述	124

大学生课外科技创新竞赛获奖作品精析

5.2.2 技术指标	125
5.3 关键技术.....	125
5.3.1 典型昆虫观测实验	125
5.3.2 机器人结构设计	133
5.3.3 机器人运动学分析	137
5.3.4 机器人控制系统	144
5.3.5 机器人传感探测技术	151
5.3.6 机器人原理样机实验	164
5.4 主要创新点及取得的成果.....	170
5.4.1 作品主要创新点	170
5.4.2 作品取得的成果	171
5.5 总结与展望.....	171
5.5.1 作品研发工作总结	171
5.5.2 作品应用范围及前景分析	172
参考文献.....	172
第6章 新型工业焊接机械臂.....	174
(第八届“世纪杯”北京理工大学课外学术科技作品竞赛一等奖, 2011年)	174
6.1 作品研究的背景及意义.....	174
6.2 作品概述.....	174
6.2.1 研究内容概述	174
6.2.2 技术指标	176
6.3 关键技术.....	176
6.3.1 机械结构设计	176
6.3.2 嵌入式控制系统设计	180
6.3.3 运动控制算法设计	187
6.3.4 上位机软件设计	207
6.3.5 运动控制算法实验	216
6.4 主要创新点及取得的成果.....	225
6.4.1 作品主要创新点	225
6.4.2 作品取得的成果	226
6.5 总结与展望.....	226
6.5.1 作品研发工作总结	226
6.5.2 展望	227
参考文献.....	227
第7章 边缘救援平台.....	229
(第四届全国大学生机械创新设计大赛一等奖, 2010年)	229
7.1 作品研究的背景及意义.....	229
7.2 作品概述.....	230
7.2.1 研究内容概述	230
7.2.2 技术指标	231
7.3 关键技术.....	232
7.3.1 救援平台工作流程	232

7.3.2 拖拽系统设计计算	233
7.3.3 救援担架系统设计	238
7.3.4 自平衡控制系统	241
7.4 主要创新点及取得的成果	245
7.4.1 作品主要创新点	245
7.4.2 作品取得的成果	245
7.5 总结与展望	246
参考文献	246
第8章 千足虫宠物机器人	248
（首都高校第六届机械创新设计大赛一等奖，2012年）	248
8.1 作品研究的背景及意义	248
8.2 作品概述	248
8.2.1 研究内容概述	248
8.2.2 技术指标	249
8.3 关键技术	249
8.3.1 机械结构设计	249
8.3.2 运动仿真及步态设计	259
8.3.3 控制系统硬件电路设计	263
8.3.4 控制系统软件程序设计	273
8.4 主要创新点及取得的成果	276
8.4.1 作品主要创新点	276
8.4.2 作品取得的成果	277
8.5 总结与展望	277
8.5.1 作品研发工作总结	277
8.5.2 作品应用范围及前景分析	278
参考文献	278
第9章 “外骨骼”智能健身与康复机器人	280
（第五届全国大学生机械创新设计大赛二等奖，2011年）	280
9.1 作品研究的背景及意义	280
9.2 作品概述	283
9.2.1 研究内容概述	283
9.2.2 技术指标	285
9.3 关键技术	285
9.3.1 人体解剖学与肢体运动机理分析技术	285
9.3.2 机构设计技术	289
9.3.3 控制与驱动系统	301
9.3.4 安全保护装置	306
9.4 主要创新点及取得的成果	308
9.4.1 作品主要创新点	308
9.4.2 作品取得的成果	309
9.5 总结与展望	309
9.5.1 作品研发工作总结	309

大学生课外科技创新竞赛获奖作品精析

9.5.2 展望与规划	310
参考文献	311
第 10 章 高处空间物品存放及管理系统	313
(首都高校第六届机械创新设计大赛二等奖, 2012 年)	313
10.1 作品研究的背景及意义	313
10.2 作品概述	315
10.2.1 研究内容概述	315
10.2.2 技术指标	316
10.3 关键技术	316
10.3.1 系统设计方案	316
10.3.2 机械结构设计	318
10.3.3 控制电路设计	328
10.3.4 驱动程序设计	332
10.3.5 系统软件开发	334
10.4 主要创新点及取得的成果	344
10.4.1 作品主要创新点	344
10.4.2 作品取得的成果	345
10.5 总结与展望	345
10.5.1 作品研发工作总结	345
10.5.2 作品应用范围及前景分析	345
参考文献	346
第 11 章 壁面清洁智能机器人	347
(首都高校第六届机械创新设计大赛一等奖, 2012 年)	347
11.1 作品研究的背景及意义	347
11.2 作品概述	348
11.2.1 研究内容概述	348
11.2.2 技术指标	348
11.3 关键技术	349
11.3.1 机器人结构设计	349
11.3.2 履带吸盘式行走装置力学分析	357
11.3.3 机器人控制系统设计	359
11.4 主要创新点及取得的成果	362
11.4.1 作品主要创新点	362
11.4.2 作品取得的成果	362
11.5 总结与展望	363
11.5.1 作品研发工作总结	363
11.5.2 作品应用范围及前景分析	363
参考文献	364
附录	365
附录 A 轻型履带式机动平台减震悬挂装置专利	365
附录 B 轻型履带式机动平台履带自动张紧装置专利	367
附录 C 小型四履带移动机器人驱动装置专利	369

目录

附录 D	小型六履带全地形移动机器人专利.....	374
附录 E	仿生多关节型机器人腿部驱动传动装置专利.....	383
附录 F	多足式机器人足端压力传感器专利.....	386
附录 G	一种适用于特种机器人的超声波测距系统专利.....	389
附录 H	一种基于模块化的多关节链节式机器人专利.....	393
附录 I	一种节肢机器人的轮腿式运动足设计专利.....	398
附录 J	外骨骼穿戴式健身与康复机专利.....	404
附录 K	穿戴式腰背部健身与康复机专利.....	415
附录 L	室内高处空间物品存放及管理系统专利.....	422
附录 M	履带吸盘式壁面清洁机器人专利.....	427
附录 N	一种可用于爬壁机器人的履带吸盘组合式行走装置设计专利.....	433

第1章 新型多用途反恐防暴机器人

(第一届全国大学生创新年会“我最喜爱的10个项目”，排名第一，2008年)

1.1 作品研究的背景及意义

目前，世界各国尤其是发达国家都十分重视对反恐机器人的研究，而其中研究最多的是反恐排爆机器人，它主要用于代替专业人员直接在事发现场进行侦察、勘探、排除和处理爆炸物等危险品，有时也对恐怖分子或犯罪分子实施有效的攻击，是专业反恐队伍中必不可少的重要装备。

与国内外相关机器人以“排爆”功能为主的设计理念不同，本作品研究的是一种新型多用途反恐防暴机器人，突出“防暴作业”和“巡逻警戒”两大功能，力求在履带式移动平台设计技术、三维虚拟现实结构造型技术、模块化结构设计技术、高精度电动机控制技术、大功率驱动传动技术、远距离无线通信技术、大场景视觉监测技术、多任务实时处理技术、铅酸动力电池组技术等方面取得突破，研制一种新型履带式多系统、多功能、多用途无人操控的反恐机器人。该机器人采用大功率无刷直流伺服电动机驱动，配备有集成化车载微机系统、远距离无线通信系统、大场景视觉监测系统、多任务实时处理系统及防暴弹发射器，可运载有效负荷，完成在复杂地形下的高效运动，并可一次携带多枚警用特种防暴弹，完成巡逻警戒、反恐防暴的任务。该机器人可在文艺演出、体育竞赛、群众集会等人口密集的场所或交通枢纽、信息中心、政府机关等场所进行安全保卫或事态防范工作，能够针对如集会、游行、请愿、示威等人员密集、情绪激昂的场合可能暴发的失控、骚乱等情况提供快速、有效的控制和反制手段。

在敏感区域出现的全副武装的安保人员不仅会无形中增加紧张气氛，也会造成安保人员的需求缺口，而同样能执行监视、巡逻及快速反应任务的新型反恐防暴机器人不仅更具有亲和力，还有利于维持和谐的氛围，若大批量投放还能弥补安保人员需求的缺口。在需要快速反应的防暴作业时，坚固耐用的机器人不仅能有效地完成各项作业，也能保证安保人员的人身安全，还能避免流血事件，防止冲突升级。

目前，我国的反恐防暴机器人研究虽然已取得很大的成绩，但仍处于样机研究阶段，还没有投入实战，且产量少还不能满足大量装备的需求，应用经验还比较缺乏，因此进行新型多用途反恐防暴机器人的技术研究有着突出的现实意义。由于其集成了机器人行走技术、传感器技术、信息处理技术、控制技术、通信技术、导航与定位技术、执行与搭载技术、模块化结构设计技术、驱动传动技术、大场景视觉检测技术、多任务实时处理技术等诸多技术，并可发射催泪弹、闪光弹、染色弹等多种弹药，对于机器人技术研究、维护社会治安、反恐防暴、军事行动都有重要作用，有着广阔的应用前景。

1.2 作品概述

1.2.1 研究内容概述

新型多用途反恐防暴机器人分为作业端和操控端两部分，由七大系统组成，分别为履带式车载平台系统、视觉监测系统、运动控制系统、无线通信系统、能源动力系统、武器发射系统及人机交互系统。新型多用途反恐防暴机器人的系统构成图如图 1-1 所示。

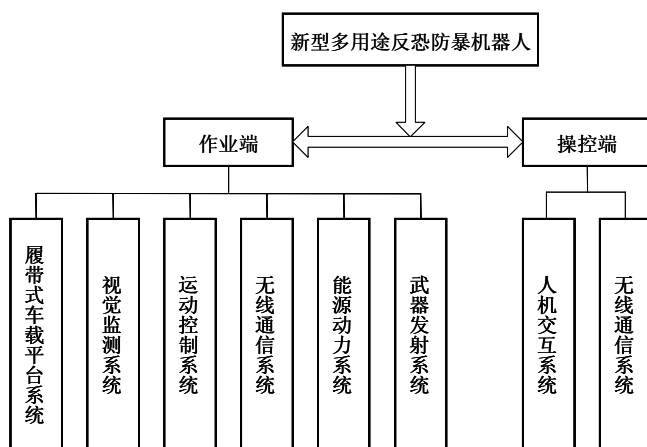


图 1-1 新型多用途反恐防暴机器人的系统构成图

1. 履带式车载平台系统

新型多用途反恐防暴机器人的履带式车载平台系统由平台机身、平台机盖、履带、承重轮、张紧轮、悬挂系统、张紧轮位置调节系统等组成，其设计效果的好坏直接影响机器人的动力性能和震 效果。考虑到国内外小型反恐机器人人居多，不能真正起到反恐防暴及压制震 的效果，在开展车载平台的结构设计时，一是注重平台外观的震 效应，研发具有实际应用价值、能够起到反恐震 效果、真正在战场作战中有优良表现的平台；二是为反恐作战服务，使平台在战场复杂条件、恶劣环境下仍能够保持高效运动。因此该系统主要研究高性能履带式移动平台的结构造型与仿真，并能够在目前已研制成功的履带式平台的基础上开拓创新，设计研究更高质量和性能的机器人移动平台。

2. 机器人视觉监测系统

机器人视觉监测系统的设计任务为：①对战场环境能够进行大场景观测，实时传输战场情况图像，使操控者能够根据战场情况做出判断，调整控制策略，并能够 使用，打破常规机器人 晚无法使用的限制；②具有 瞄准功能，能够随防暴弹发射器的运动调整监测场景，有效地发现目标、锁定目标、瞄准目标，提高防暴弹发射精度；③能够对机器人所行走的路面情况进行实时监测，并能够 使用，保证机器人能够有效选择有利地形、地势行进，保证作战任务的顺利进行。

在这些需求下，新型多用途反恐防暴机器人采用三路视频采集机制，视觉监测系统包括大场景检测远红外摄像头、防暴弹发射瞄准远红外摄像头、机器人前端路面监测远红外摄像

头、视频采集卡、视频无线发送模块、视频无线接收模块。视频无线收发模块使视频传输与控制指令的无线传输分离开来，保证了各种无线信号传输的实时性，有力地提升了机器人视觉监测的效果。研究重点是视频图像捕捉算法、实时高效的图像传输及视觉监测系统与各系统的有机集成。

3. 运动控制系统

机器人运动控制系统是机器人具备优良运动能力的可靠保证，其主要部件包括两台大功率无刷直流电动机及其驱动器、两台步进电动机及其驱动器、机器人主控计算机、减速器和驱动轮等。主控计算机为机器人的核心控制部件，控制策略的研究、选择及其实现是机器人实现多功能、多用途的关键；直流 150V 供电的大功率无刷直流电动机确保了机器人强的动力性能，以色列 ELMO 数字伺服电动机驱动器配有 API 函数库使控制编程简单方便；静力矩为 $5.0\text{N} \cdot \text{m}$ 的步进电动机能够保证发射器在携带多枚防暴弹时灵活转动，在全空间范围内对敌目标进行瞄准并实施攻击，同时步进电动机成本低、控制简单，具有很大的实用价值和研究意义。

4. 无线通信系统

无线通信系统由无线网桥和天线构成，机器人控制指令的收发均通过该系统完成。为保证控制指令的无差错、无延时传输，必须配备高性能的无线局域网收发装置，因此无线局域网装置的选择及网络编程中的有关协议成为该系统研究的重点。美国 Axelwave 局域网专业公司生产的 AX9000PE-30 无线网桥及 XA-212 天线以其出色的性能保证了该机器人控制的实时性，为高性能无线控制反恐防暴的研究积累了经验。

5. 机器人能源动力系统

机器人能源动力系统采用电池供电的方式，摆脱了传统拖缆供电带来的不便，使新型多用途反恐防暴机器人可真正实现野外作战。能源动力系统是机器人的“心”，负责各个系统的电力供应，为保证机器人稳定运行，电力供应的稳定是关键环节，必须投入充裕的人力、物力加以研制。在供电任务中，主要有 150V 直流大功率无刷直流电动机驱动器供电、48V 直流步进电动机驱动器供电、24V 直流无线网桥供电、24V 警灯供电、12V 直流主板供电、12V 直流视觉监测摄像头供电、12V 直流视频无线收发模块供电及机器人专用操控箱的交流供电。由于机器人由多系统组成，增加了复杂性，因此电源电路设计、电气设计、布线与确保电气接口安全、确保动力系统安全成为能源动力系统研究的关键。

6. 武器发射系统

武器发射系统由防暴弹发射器、特种弹药、弹药箱及发射电源组成，是新型多用途反恐防暴机器人执行反恐防暴任务的作业系统，特点是远距离、跨区域打击。武器发射系统主要研究防暴弹发射器的结构造型、仿真及加工，特种弹药模型的造型、仿真及加工，并涉及防暴弹发射触发式电源。因防暴弹发射电源触发模块有一套相关的军用标准，有成品可供选择，所以并不是本作品的研究重点。

7. 人机交互系统

人机交互系统是进行机器人控制的重要装置。操控人员需要通过操控端的液晶显示器了解战场情况，并做出控制指令的判断，进而操控机器人做出相应的动作。为此需要研究友好的用户操作界面，并结合机器人多任务、多系统的特点，制定有效的控制策略，简化开发程序的代码，简化操控面板的设计，同时还要做到低成本。为此没有使用市场上价格昂贵的工