



无人系统 设计与集成

■ 李杰 李兵 毛瑞芝 关震宇 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

无人系统设计与集成

李杰 李兵 毛瑞芝 关震宇 编著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍了无人系统的设计与集成,对无人系统的总体设计以及相关技术进行了详细描述。全书共分7章,首先总结了无人系统的概念、意义、作战运用准则以及无人系统的发展,然后不仅从总体上对无人系统的设计进行了讨论,还对无人系统的控制与导航制导技术、三维在线路径规划技术以及图像智能信息处理技术等分技术进行了详细介绍,又对无人系统的任务载荷与数据链路进行了分析和介绍,最后以炮射巡飞弹的总体设计为例对于无人系统的总体设计进行了具体分析和阐述。本书内容建立在多年相关领域教学和科研工作基础之上,是对无人系统总体设计与集成以及关键技术的经验总结,对未来无人系统领域的研究具有很好的借鉴作用。

本书可以作为兵器、航空航天等国防科技领域工程技术人员以及科研工作者的学习参考书,也可以作为相关专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

无人系统设计与集成 / 李杰等编著. —北京:国防工业出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-118-09670-5

I. ①无… II. ①李… III. ①无人值守-系统设计②无人值守-系统集成技术 IV. ①TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 197347 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 13¼ 字数 253 千字

2014 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 49.90 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

无人系统自 20 世纪 60 年代出现以来,就引起了人们的高度关注,阿富汗战争中无人机的应用及其优良的作战能力,使无人作战装备成为各国竞相发展的热点。随着世界战略格局的改变以及作战样式的变化,为了减少人员伤亡和进行人难以完成的作战任务,推动了军用无人系统的快速发展。今后,随着科学技术的进步,特别是人工智能、微电子、微机电、网络与通信以及先进智能材料与制造等高新技术的发展,越来越多的军用无人系统将出现在战场上。

在无人系统的若干关键技术中,控制与导航制导技术、三维在线路径规划技术以及图像智能信息处理技术等将会是未来发展的重点。

结合多年国防科研工作积累和研究生教学经验,作者针对无人系统的总体设计以及相关关键技术展开论述,从系统科学的观点分析了无人系统的总体设计方法,并对无人系统的控制与导航制导技术、三维在线路径规划技术以及图像智能信息处理技术等关键技术进行了讲解。本书秉持理论与工程实践相结合的原则,理论介绍与实例研究直接相关,从而更易于读者对相关理论的理解与接受;实例仿真背景明确,但同时理论方法也具有较强的通用性,对未来无人系统的发展研究具有很好的借鉴作用。

本书由李杰编写第 1 章,李兵编写第 2 章及第 7 章,关震宇编写第 3 章及第 4 章,毛瑞芝编写第 5 章及第 6 章。全书由李杰、李兵统稿,徐蓓蓓、李明明完成了对书稿的编排和整理工作。

在本书的写作过程中,北京理工大学马宝华教授对书稿提出了宝贵的意见,在此由衷地表示感谢。

本书是多年科研教学成果的总结。由于时间有限,书中难免有不当和错误之处,敬请读者批评指正,不胜感激。

作者

2014 年 4 月

于北京理工大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 无人系统的基本概念和内涵	1
1.2 无人系统的意义及作战使命分析	1
1.2.1 无人系统的意义	1
1.2.2 无人系统的任务使命	2
1.3 无人系统的作战运用准则	6
1.3.1 无人系统的军事需求与作战伦理之间的平衡	7
1.3.2 无人系统的运用准则	8
1.4 无人系统的发展现状及趋势分析	9
1.4.1 无人系统的发展现状	9
1.4.2 无人系统的发展趋势	10
第2章 军用无人系统的总体设计	14
2.1 用户需求分析	15
2.2 技术需求转化	16
2.2.1 功能需求	18
2.2.2 性能需求	18
2.2.3 接口需求	18
2.2.4 环境需求	18
2.2.5 可靠性需求	18
2.2.6 安全性需求	19
2.2.7 需求分解、分配和确认	19
2.2.8 技术标准	19
2.3 总体设计技术	21
2.3.1 逻辑分解	21
2.3.2 设计方案	21
2.4 多学科优化设计方法	25
2.4.1 多学科优化设计的知识体系	25

2.4.2	分析建模中的关键技术	25
2.4.3	多学科优化设计方法	28
第3章	无人系统的控制与导航制导技术	31
3.1	自动控制系统	31
3.1.1	控制系统总体	31
3.1.2	先进的控制技术	34
3.1.3	自动驾驶仪的实现	35
3.2	自主导航与制导技术	37
3.2.1	惯性导航技术	37
3.2.2	卫星导航技术	38
3.2.3	组合导航	40
3.2.4	导航技术发展趋势	41
3.2.5	自主制导技术	41
3.2.6	寻的制导技术	43
3.3	导航与控制系统	47
3.3.1	概述	47
3.3.2	导航系统与避障技术	48
3.3.3	基于图像的辅助导航技术	52
第4章	三维在线路径规划技术	58
4.1	在线路径规划及空间表示方法概述	58
4.1.1	在线路径规划方法	58
4.1.2	规划空间表示方法	58
4.2	Dubins 路径	59
4.2.1	基本知识	59
4.2.2	Dubins 路径的基本概念	60
4.2.3	微分几何法计算 Dubins 路径长度	61
4.2.4	两点间 Dubins 路径生成	64
4.2.5	仿真分析	65
4.3	三维路径生成方法	67
4.3.1	三维 Dubins 路径最优解分析	67
4.3.2	螺线模型三维 Dubins 路径生成方法	68
4.3.3	二平面模型三维 Dubins 路径生成	72
4.3.4	仿真分析	79

第 5 章 图像智能信息处理技术	81
5.1 图像配准技术	81
5.1.1 图像配准技术的发展现状	81
5.1.2 图像配准的方法综述	81
5.2 图像获取的系统模型	84
5.2.1 相机透视投影成像模型	84
5.2.2 相机运动与成像关系	86
5.3 图像特征提取方法	92
5.3.1 基于仿射不变量的特征区域提取	92
5.3.2 基于尺度空间的特征点提取	97
5.4 图像特征配准方法	105
5.4.1 相位相关法	105
5.4.2 特征点匹配法	106
5.4.3 最邻近的 NN 算法	107
5.4.4 k-d 树算法	108
5.4.5 BBF 算法	109
5.4.6 去除错误配准特征点算法	110
5.4.7 仿真分析	112
5.5 图像的拼接方法	114
5.5.1 图像变换与配准误差计算	114
5.5.2 图像变换插值	115
5.5.3 图像的融合研究	117
5.5.4 图像拼接方式	119
5.5.5 仿真分析	122
5.6 基于光流场的动目标信息提取技术	126
5.6.1 光流场	126
5.6.2 球面光流场	128
5.6.3 光流场分布	129
5.6.4 球面光流场景深信息提取	132
5.6.5 基于时空梯度的球面光流算法	135
5.6.6 景深探测机制与计算方法	136
5.6.7 球面光流场景深探测仿真实验	138
第 6 章 无人系统任务载荷与数据链路	142
6.1 任务载荷	142

6.1.1	不同任务使命下的有效载荷及设计	142
6.1.2	任务载荷的应用概况及发展趋势	150
6.2	数据链路	153
6.2.1	概述	153
6.2.2	数据链路的机构与原理	153
6.2.3	对数据链路的特别要求	154
6.2.4	数据链路的抗干扰分析	155
6.2.5	数据链路的发展趋势	156
6.3	无人系统的互操作技术	157
6.3.1	概述	157
6.3.2	互操作技术标准	158
6.3.3	人与无人系统之间的互操作技术	161
6.3.4	无人系统与有人武器系统的互操作技术	163
6.3.5	我国发展军用无人系统的互操作技术建议	165
第7章	炮射巡飞弹总体设计实例	167
7.1	炮射巡飞弹系统的系统分析	167
7.1.1	任务设想	167
7.1.2	系统需求分析	167
7.1.3	系统质量功能开发	168
7.1.4	系统功能流图	169
7.1.5	系统的顶层系统结构	169
7.1.6	技术指标分析	171
7.1.7	作战运用方式	171
7.2	炮射巡飞弹系统的概念设计与评估	173
7.2.1	概念设计	173
7.2.2	概念设计评估与向下选择	175
7.3	炮射巡飞弹系统的总体方案设计	178
7.3.1	总体技术方案	178
7.3.2	炮射巡飞弹系统工作过程分析	178
7.4	炮射巡飞弹系统的结构设计	184
7.4.1	母弹设计方案	184
7.4.2	套筒设计方案	187
7.4.3	巡飞弹设计方案	190
参考文献		195

第 1 章 绪 论

1.1 无人系统的基本概念和内涵

随着有人任务系统设计的日趋成熟,以及机器人控制策略、计算机信息处理技术和微机电技术的发展,一类自主完成任务的系统正蓬勃地发展起来。这类系统的出现,大大节省了人力的开支。特别是在一些不适合操作人员介入的环境。如军事战场交战环境中,为了避免人员的伤亡,可以使用这类系统来代替完成侦察、搜索乃至攻击的任务。又如在有着生化污染的地区,为了避免有害物质对于工作人员的伤害,可以使用这类具有较高自主能力的系统来完成特定的任务。我们统称这一类系统为无人系统。

无人系统是无驾乘人员的以自主方式完成预定任务的系统。无人系统可具有人在回路的功能,但操作者不在运动平台内。无人系统具有鲜明的军民两用特征,在国民经济和国防诸多领域有广泛的应用。军用无人系统是指用于军事领域的无人系统。无人系统技术是以军事科学、系统科学、控制论、信息论为理论基础,综合运用人工智能、信息与网络、传感与通信等先进技术,研究单元无人系统构建及其多元集成与运用的理论和方法的新兴工程科学技术领域。

1.2 无人系统的意义及作战使命分析

1.2.1 无人系统的意义

随着智能化和自主能力的提升,使得无人系统成为各军事强国竞相发展的热点,在减少参战人员的伤亡及完成难以完成的作战任务方面的优势,推动军用无人系统的快速发展上。美国耗资 2300 亿美元的“未来作战系统(FCS)”计划就是要开发以网络为中心、有人系统与无人系统有机结合的新的陆战武器体系,如图 1.1 所示。美国陆军已将作战机器人投入伊拉克战场使用。美国国会已确定到 2015 年 1/3 的地面作战车辆要实现无人驾驶。由此可看出,军用无人系统将成为各国武器装备发展的一个重点,已经开始走出实验室,成为现代化战争中不可缺少的新型武器装备。

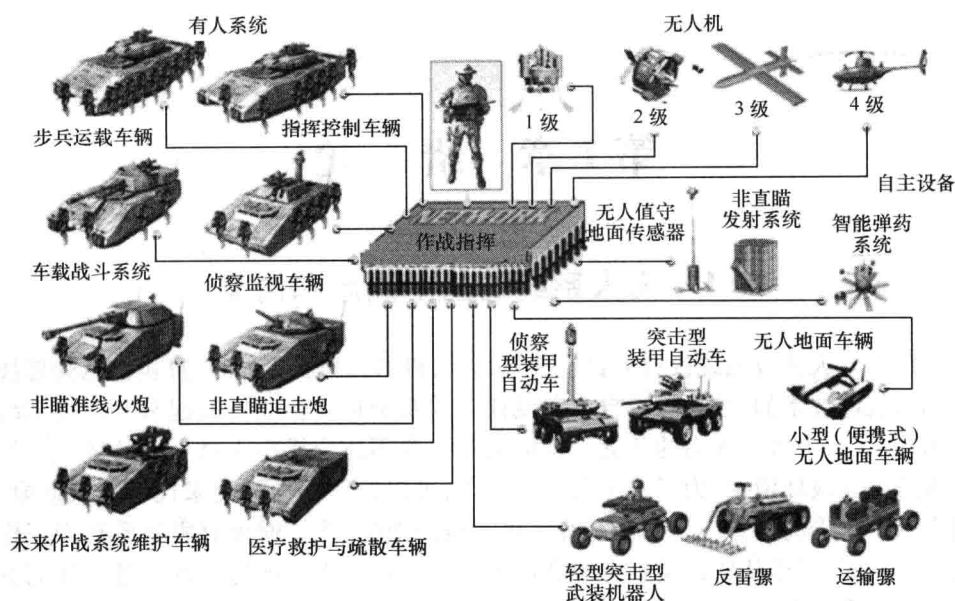


图 1.1 未来作战系统

开展军用无人系统研究,构建我国从高低空、地水面至水下军用无人系统装备体系、技术体系和研究能力体系,将显著提高我国在这一领域的装备与技术水平,缩短与国外发达国家的差距,为相关军用无人系统的研制提供强有力的技术和能力支撑,增强我军在高技术战争中的非对称作战能力;也为无人系统在民用领域的广泛应用起到牵引和支撑作用;对于我国国防科技工业基础能力建设、武器装备建设和国民经济建设均具有重要意义。

1.2.2 无人系统的任务使命

1.2.2.1 美国军用无人系统的任务使命

美国国防部对军用无人系统的任务使命按优先级的排序为:①侦察;②精确目标定位与指示;③探雷/排雷;④信号谍报;⑤作战管理;⑥化学/生物侦察;⑦武器化。

表 1.1 所列为 2007 年 5 月美国国防部披露的美国陆、海、空三军已装备使用、在研及规划中的军用无人系统的任务使命。

从表 1.1 可以看出美国军用无人系统有以下 4 个特点。

第一,美国军用无人系统任务使命相当广泛,共有 23 项之多,其中有 9 项任务使命是陆、海、空三军共同具有的,按已装备投入使用及在研的覆盖面大小排序,依

表 1.1 美国军用无人系统任务使命及其发展规划

序号	任务使命	陆军				海军				空军			
		UGS	UAS	UUS	USS	UGS	UAS	UUS	USS	UGS	UAS	UUS	USS
1	对敌防空压制						○				○		
2	情报、监视与侦察	●	●			○	●	○	○		●		
3	打击时间关键目标	●	○			○	○	○	○		●		
4	兵力保护	●	●			●	●	○	●		●		
5	反潜作战						○	○	○				
6	水面作战						○		○				
7	扫雷战					○	○	●	○				
8	空中作战										●		
9	电子战						○				●		
10	大气与海洋数字影像	○	○				○	●	○		○		
11	通信导航与网络节点						○	○	○		●		
12	作战搜索与援救						○				●		
13	大规模毁伤性武器与生化侦察	○	○				○	○	○		○		
14	特种作战支援					●		●	●		●		
15	海洋基地建设						○		○				
16	海上封锁作业					○	○		○				
17	爆炸物处理与简易爆炸装置失效	●	●			●	○		○	●	●		
18	火力交战									●			
19	障碍布放与有效载荷投放	●						○	○	●			
20	武器投送	○	○				○				●		
21	目标指示	●	●				○	○	○		●		
22	目标侦察与监视						○	○	○		●		
23	心理战与信息战						○	○	○		●		
●表示已装备;○表示在研;○表示未来规划计划													

次是:兵力保护,爆炸物处理与简易爆炸装置失效,情报、监视与侦察,目标指示,打击时间关键目标,大气与海洋数字影像,武器投送,障碍布放及有效载荷投放,大规模杀伤性武器与生化侦察。有7项任务使命是海、空军共有的,按已装备投入使用及在研的覆盖面大小排序,依次是:特种作战支援,通信导航与网络节点,目标侦察与监视,心理战与信息战,电子战,作战搜索与救援,对敌防空压制。有5项任务使命是海军独有的,即:扫雷战,反潜作战,海上封锁作业,水面作战,海洋基地建设,这些大部分处在研究或规划阶段中。还有2项任务使命即空中作战及火力交战是空军独有的。

第二,美军各种军用无人系统所担负的任务使命,已远远超出作为“无人作战系统”这一任务使命,因此,我们对军用无人系统的关注点需要拓展,除关注作为无人作战系统外,还要关注其他的任务使命,如情报侦察与监视,通信系统与网络节点,爆炸物处理,兵力保护,大规模杀伤性武器与生化侦察,特种作战支援,战斗搜索与救援,大气与海洋数字影像等。在美国,海军是军用无人系统未来发展的重点,规划的31种装备中有28种为海军发展,这是与美国保持其全球霸权地位的需求相适应的。

第三,就23项任务使命的覆盖面来看,海军军用无人系统覆盖面最宽(21项),地面、空中、水面、水下四种军用无人系统均覆盖,其中未来拓展的任务使命共9项,即:打击时间关键目标,通信导航与网络节点,大规模毁伤性武器与生化侦察,目标侦察与监视,心理战与信息战,海洋基地建设以及作战搜索与援救;其次是空军(18项),以空中无人系统执行任务最多;仅爆炸物处理与简易爆炸装置失效,火力交战,障碍布防与有效载荷投放3项任务使命由地面军用无人系统完成,无未来拓展的任务使命和规划项目;最后是陆军(9项),由地面军用无人系统和空中军用无人系统来完成,未来拓展的任务使命是大规模毁伤性武器与生化侦察。

第四,就已装备部队投入使用的军用无人系统所担负的任务使命而言,以空军最多共16项,其中13项是空中无人系统(UAS),即无人机。其次是陆军和海军,各10项。

上述4个特点可为我国规划军用无人系统的发展提供借鉴。

1.2.2.2 我国军用无人系统的任务使命

对军用无人系统所承担的作战使命进行深入分析,可以看出军用无人系统所承担的任务性质有5个特征,即:危险的;现有武器系统难以完成的;单调而持续的;高生存力与高效费比的;有污染的。

“危险的”任务如爆炸物处理与简易爆炸装置失效、扫雷及各种交战任务等;“现有武器难以完成的”任务如打击时间关键目标,作战搜索与救援,特种作战支援等;“单调而持续的”任务如情报,监视与侦察,大气与海洋数字影像,通信导航

与网络节点,目标侦察与监视等;“高生存力与高效费比的”任务如兵力保护,武器投送,障碍物布放与有效载荷投放,心理战与信息战,以及各种交战任务;“有污染的”任务如大规模杀伤性武器与生化侦察。

根据我国新时期军事斗争准备的任务需求,借鉴国外发展经验,笔者认为我国军用无人系统的主要任务使命有10项,即:战场侦察、监视与毁伤效果评估,打击时间关键目标和洞内目标,警戒巡逻与兵力保护,地/水雷及爆炸物探测与排除/使失效,目标精确定位与指示,导航、网络节点及数据传输,信息对抗,海上封锁与反潜,有效载荷(包括心理战载荷)投送,核、生、化监测。

(1) 战场侦察、监视与毁伤效果评估。在信息化战争环境下,对目标进行侦察、监视和毁伤效果评估是实施空地海一体化作战的基础,也是武器体系对抗中的一个难题,军用无人系统能较好地完成目标侦察、监视以及对目标的毁伤效果评估的任务,使武器系统形成一个“闭环”的对抗体系,提高武器装备作战效能和弹药的利用率。

(2) 打击时间关键目标和洞内目标。时间关键目标是指其空间位置可在短时间内改变的目标。主要包括两大类,一类是从山洞、掩体内突然出现并展开发射的目标,如地空导弹发射车;另一类是可躲避攻击的运动目标,如地地弹道导弹发射车。洞内目标主要指洞库内以及洞内机场跑道上的飞机及相关设施、永备工事内的火炮等目标。我军现有武器很难有效对付这类时间关键目标和洞内目标,采用具有较长滞空时间、动目标跟踪功能或山洞识别及钻入功能的攻击型无人飞行器,可有效对付这类目标。

(3) 警戒巡逻与兵力保护。与侦察卫星和高空侦察机不同,军用无人系统多是在有限区域内担负警戒巡逻任务,如军用地面机器人和低空无人飞行器对要地、边界及走私通道的警戒巡逻,水面无人艇对海岸线的警戒巡逻等。军用无人系统经常伴随步兵执行作战任务,在城区等复杂环境下作战时,参战人员容易受到来自附近建筑物内的冷枪或路边炸弹的突然袭击,采用军用无人系统不仅可对潜在的威胁实施侦察预警,还可以实施先发制人的打击和反射反击。也可让军用无人系统率先担任侦察攻击任务,为作战人员提供保护。

(4) 地/水雷及爆炸物探测与排除/使失效。在过去的战争中敌对双方均埋设大量地雷,导致战后排雷任务十分艰巨。战场上还遗留有大量未爆弹药等爆炸物,仅海湾战争,美国在伊拉克战场上抛撒出的集束弹药上千万枚,所产生的哑弹达17万枚之多,哑弹处理十分危险且任务艰巨。这些危险的作业最适宜于由军用无人系统来完成。对于路边炸弹等危险性大的爆炸物,由军用无人系统进行探测、排除或使其失效,既安全又高效。

(5) 目标精确定位与指示。军用无人系统可进行目标识别和定位。如空中无

人系统在飞行至目标区域上方预定高度时,图像传感器和卫星定位系统等开始工作,将对目标侦察和定位的信息传输至地面站,地面站显示出目标区域的情况以及重点目标的准确位置,为发射弹药进行精确打击提供前提。若将激光指示装置置于无人飞行器中,还可为半主动激光制导弹药提供激光指示目标的任务,从而避免前沿观察指示员或指示载机等装备长时间暴露在敌战区内带来的风险。

(6) 导航、网络节点及数据传输。通信是战场指挥的关键。军用无人系统可在多兵种一体化协同作战中为相互不在视距通信范围内的部队提供通信链路,也可在后方指挥控制站与前方人员及武器之间进行中继通信和数据传输,成为大网络中的信息节点,多个有人和无人系统可形成一个层次化的通信网络系统,以提高作战效率、武器体系的作战半径和指挥控制站的安全性。

(7) 信息对抗。军用无人系统可携带有源干扰机以及箔条等无源干扰器材,对敌方雷达与无线电通讯设备实施有源或无源干扰,达到压制、阻塞敌方通信指挥,诱骗敌方雷达或干扰敌卫星导航信号的目的,这在信息化战争中具有重要作用。

(8) 海上封锁与反潜。利用水面高速无人艇或无人潜水器可对水面舰船实施攻击,以完成海上航路封锁任务;利用无人飞行器、水面无人艇和无人潜水器可对潜艇实施侦察和攻击任务,这可显著提高海上封锁和反潜作战的效费比。

(9) 有效载荷(包括心理战载荷)投送。利用军用无人系统在敌方上空投放有效载荷要比利用有人系统更为安全,典型的实例是美国在阿富汗战争和伊拉克战争中由“捕食者”无人机发射“海尔法(地狱火)”导弹,美国正在研制供军用无人机投放的小直径弹药和专为地面军用机器人发射的小型导弹。利用军用无人机向敌控制区秘密投放各种心理战载荷,如传单、收音机、MP3等,可达到宣传群众、动摇敌军心的效果。

(10) 核、生、化监测。由于核武器、生物武器和化学武器产生的效应具有很强的破坏性和污染性,由人来完成监测任务危险性很大,利用军用无人系统对核、生、化武器造成的破坏和污染区域及其程度进行监测具有明显的优越性。

1.3 无人系统的作战运用准则

随着现代科学技术,特别是以计算机、人工智能等为表征的信息科学技术的迅猛发展,各种人造的无人系统大量地进入人们的日常工作和生活之中,带来了高效、精美和便捷。同样,在军事领域,无人武器系统正以几何级数的递增速度进入实战。目前,美国在伊拉克和阿富汗使用的军用无人系统(主要是小型地面机器人)已超过5000个,到年底有可能突破8000个。发展军用无人系统,满足未来战

争需求,已成为世界主要军事强国的共识。

在发展军用无人系统的整个过程中,需从高技术战争军事需求与伦理的平衡的角度,考虑军用无人系统的运用准则问题。构建军用无人系统的作战使用伦理准则是我们面临的一项新的任务,也是一项长期的研究工作。这项工作 在军用无人系统研究之初就应开始,而不是军用无人系统研制完成后再开始。爱因斯坦指出:“科学是一种强有力的工具。怎样用它,究竟是给人带来幸福还是带来灾难,全取决人自己,而不取决于工具。”(《爱因斯坦文集》第3卷,商务印书馆,1976)

1.3.1 无人系统的军事需求与作战伦理之间的平衡

军用无人系统的出现,很可能会导致一些传统的战争伦理,包括诸多的战争观念,如胜负观、控制观、道德观、人-机价值观等发生一系列深刻变化,这些变化也必将反映到军用无人系统的性能指标与技术指标、总体设计、技术方案和装备作战运用之中。

比如,在战场上,具有自主攻击能力的无人武器,能够依据预先设定的程序,攻击敌方作战人员,直至将其消灭或失能。但对已经受伤失去战斗能力或已放下武器的敌方人员,如何识别和判断对方的真正意图,并给以恰当 的回应。当遇到敌人以平民为掩护实施袭击时,无人作战系统如何应对,这些是无人作战系统难以准确判断和做到的,一旦判断错误,其后果很容易导致滥杀无辜。又如,在复杂的战场环境中,当无人作战系统难以识别出敌我友,区分出敌方军事目标和民用建筑时,它下一步的行动是什么?若冒然攻击可能会误伤友军或无辜,若放弃攻击可能贻误战机或被敌方击毁。这些都是无人作战系统必须面对和解决的问题。总之,人类应赋予军用无人系统多大程度的自主权,在发挥其优势的同时如何避免其危害,这是军用无人系统必须解决的军事需求与作战伦理之间的平衡问题,也是军用无人系统研制者必须考虑的问题。

无人武器系统的出现导致人们形成两种不同的意见,如表 1.2 所列。

表 1.2 关于军用无人系统的两种意见表

对立方面	反对意见	支持意见
伦理道德	无法辨别敌方官兵是否已经失去抵抗能力或已经投降,很容易出现不分青红皂白地滥杀无辜;易引起国际人道主义关切,缺乏道德准则	主要用来摧毁敌人的武器装备、军事设施等目标;在激烈的战场对抗过程中,很难区别敌人是否已经投降,即使有人武器系统也会对友军或平民造成误伤
失控或故障的后果	仅凭预先设置的软件认定并攻击敌人,一旦出错或失控,甚至可能伤及自己,后果十分严重	人驾驶的飞机还有可能误挂上核弹在本土上长距离飞行,一旦出现故障或失误,给人类带来的灾难更为巨大

(续)

对立方面	反对意见	支持意见
恐怖利用	一旦被恐怖分子利用,就会变成更可怕的“恐怖分子”	任何武器都可以被敌人利用,军用有人及无人系统都是双刃剑
超人智能	当自主军用无人系统的智能超过人类时,就会不按人类的意志行动,危及人类的安全	还远未发展到超过人类智慧的水平,即使将来智能化水平提高了,也能确保永远在人类的控制之中

从表 1.2 中可以看出,军用无人系统的最大优势和长处是“无人”,它们可以代替士兵不知“疲倦”、不怕“牺牲”地工作在恶劣的战场环境中。执行艰难危险的作战任务,军用无人系统的最大劣势和短处也是“无人”,它们既不懂人类的伦理,也不讲人类的道德,它们是一群毫无“是非意识”的“冷血杀手”,一旦失去人的控制,后果将是灾难性的。

1.3.2 无人系统的运用准则

1940 年,美国科幻作家艾萨克·阿西莫夫在其经典之作《我,机器人》中提出了著名的“机器人三大定律”:机器人不能伤害人类,也不能由于自己的“懈怠”而令人类受到伤害;机器人必须听从人类的命令,除非该命令与第一定律相悖;机器人必须在不违反第一和第二定律的情况下维持自己的生存。

目前,人们在研究智能机器人、自主无人系统时仍然借鉴这个著名的“机器人三大定律”,并将其作为机器人、无人系统的使用准则。但是,很显然,这个“三大定律”不完全适用于军用无人系统的研制和运用,因为军用无人作战系统就是以敌人作为攻击的目标。

在战场对抗中运用军用自主无人系统时,人们会遇到一些困境,例如,由于缺乏指挥人员的实时监视,军用无人系统在执行作战任务时,面对预定程序外的突发性、非结构性事件和环境,将会无所适从,或做出错误的响应,以致危及己方或友方的安全。由于至今尚没有国际公认的关于军用无人系统作战的伦理准则和道德规范,也未形成通用的军用无人系统对有人武器系统、军用无人系统对军用无人系统的作战运用准则和规范,因此,在战场上,很可能出现军用无人系统作战“既不讲道德,又不讲道理”的局面,极易导致战场对抗出现严重的混乱,导致对抗僵局的不确定性和不可控性。

针对这些问题,我们提出军用无人系统作战运用的四条基本准则。

(1) 军用无人系统只能在规定的时间和空间内,对特定的有生目标实施限定性的攻击,当对“敌”、“友”、“我”难以准确识别判断时,即使自身可能被摧毁,也不能冒然攻击,即具有“人本性”。

(2) 军用无人系统应能识别并确认授权使用者,即军用无人系统只“服从”于对它拥有控制权的使用者。在非授权使用、失控或故障情况下,应立即停止或终止执行任何攻击性指令,即具有“使用的专属性和退化性”。

(3) 军用无人系统不能将自身携带的作战规则程序和/或指令由未经授权的使用者以任何方式传输或复制给其他无人武器系统,也不能接受来自其他武器系统的作战规则程序和/或指令,除非获得授权使用者的批准,防止出现“机器人叛徒”。即具有“非授权封闭性”。

(4) 军用无人系统不能通过人工智能(包括自学习、自复制、自重构等)的方式,自主形成规定内容以外的新的攻击性程序或指令,即具有“功耗自守性”。

1.4 无人系统的发展现状及趋势分析

1.4.1 无人系统的发展现状

近年来,美国国防部及陆海空军等部门相继发布多版针对无人系统的路线图及其他相关文件,目的在于指导并推动无人系统的发展和应用。从美国国防部无人系统综合路线图 2009 ~ 2034 年和 2011 ~ 2036 年、美国空军无人机系统飞行计划 2009 ~ 2047 年以及美国陆军无人机系统路线图 2010 ~ 2035 年等多版路线图可以看出,美国无人系统的发展重点及趋势发生了变化,无人系统开始普及到各个领域,更加强调系统的自主性、相互适应性和通信。

现代军事斗争的环境日益复杂多变,对系统的性能水平也提出了更高的要求。无人系统的自主化能使人力需求和带宽需求最小化,同时可将战术活动距离扩大到视距以外。自主化系统是面向目标自我控制的系统,不需要外部控制,受控于规则和策略,通过自我选择操作行为来实现人为导向的目标。最初创建和测试系统控制算法的是操作人员和软件开发团队,但是如果利用机器学习能力,自主化系统能够自己制定改进策略来选择行为。另外,自主化系统甚至能在不可预见的情况下,以目标导向的方式优化系统行为,即在给定情况下系统自己找到最优解决方案。总的来说,自主性能够使操作人员运作任务而不是运作系统。

目前的系统大部分还是自动化系统,自动化系统能够自动控制或者自我调整,并能按照外部给定路径完成外部干扰引起的小偏差的补偿。然而,自动化系统并不能根据一些给定目标来定义路径或者选择能够指示路径的目标,因此自动化系统不能应对复杂多变的军事斗争环境。而自主化系统具有在不可预测情况下的目标导向性,这种能力与自动化系统相比是一个很大的提升。自主化系统能根据一系列规则和限制来做出决策,它能够在决策时判别哪些是重要信息,相较于按照预