



无人机任务规划

UAV Mission Planning

毛红保 田松 晁爱农 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

无人机任务规划

毛红保 田松 晁爱农 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

任务规划是无人机使用过程中的必要和关键环节。本书对无人机任务规划的相关概念、支撑技术和主要方法过程进行较为全面的分析和探讨,包括任务规划的概念内涵及系统发展,任务规划环境的数字地图技术和威胁空间建模技术,任务规划的主要技术方法,如任务分配、航路规划、链路使用规划、侦察传感器使用规划等,以及任务规划的检验和评估。

本书内容涵盖面广,可作为无人机领域使用管理人员或教学、科研人员的参考用书,也可作为高等院校相关专业的教学用书和学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

无人机任务规划/毛红保,田松,晁爱农编著.—北京:国防工业出版社,2015.1

ISBN 978-7-118-09706-1

I. ①无... II. ①毛... ②田... ③晁... III. ①无人驾驶飞机—研究 IV. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第221067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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售



*

开本 787×1092 1/16 印张 13¼ 字数 300 千字

2015年1月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 38.00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

三流的军队追随战争,二流的军队应对战争,一流的军队设计战争。战争如何设计?需要自顶而下的整套作战运筹体系,延申到装备层面就是战术级任务规划。任务规划是世界各军事强国高度重视和竞相发展的领域,已被广泛应用于飞行器、水面舰艇、地面车辆及机器人等的导航和控制系统中。本书主要阐述无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)的任务规划问题。

无人化是装备未来发展的重要趋势之一,但无人化是相对的,而不是绝对的。无人只是人与装备物理上的分离,在装备自主智能尚未达到一定程度的前提下,其作战过程仍然离不开人,只是人参与作战的形式发生了变化。就无人机而言,缺少了人在机上的实时决策,就必须将其所有作战行为预先规划好,这个过程就是无人机任务规划。

从作战规划的角度看,人类在战争活动中的规划行为古已有之,所谓运筹帷幄,就是军事人员在战前的精心策划。但以无人机为代表的无人化装备的出现,使得“任务规划”已演变为军事领域的专用名词,完全有别于过去的战前筹划。首先,从规划内容上看,任务规划完全超越了对作战的定性指导和简单定量计算,而是对作战全过程、全要素的详细设计,包括作战环境、作战资源以及具体作战样式的精确化、数字化描述,它是作战过程的导演脚本,体现了“设计战争”的思想,是作战的“灵魂”;其次,从使用方式上看,任务规划不仅仅是对作战人员操作行为的规范和指导,规划的结果数据将直接加载给无人机装备,作为装备运行过程中唯一且严格的执行依据,规划与作战之间具有显式的信息流动和信息控制,因此任务规划与装备作战使用密切耦合,与装备作战的全过程紧密交互;再次,从规划工具上看,今天的任务规划已经超越了几支笔、几张地图所能解决的问题,需要专门的任务规划系统作为支撑,因此,任务规划系统已经成为装备体系的重要组成部分,虽然其本身不具有任何硬杀伤或软杀伤效果,但却是作战效能提升的倍增器,其建设和发展受到国内外的广泛关注。

本书旨在对无人机任务规划的相关概念、支撑技术和主要方法过程进行较为全面的分析和探讨,内容的选材与组织力图突出基础性和系统性。全书共分9章,第1章绪论,阐述了任务规划的概念内涵,外军任务规划系统应用发展情况,以及无人机任务规划的内容、功能及未来发展。第2章和第3章对任务规划的两个支撑技术进行了分析研究,分别是数字地图技术和威胁空间建模技术,它们是构建任务规划基础

环境的重要内容。第4章至第7章是任务规划的主要技术方法,包括:任务分配的建模与分析,航路规划的主要方法和算法,无人机链路特性及使用规划,成像侦察传感器规划的原理与方法。现有与无人机任务规划有关的著作主要侧重于航路规划的研究,本书首次比较系统地探讨了无人机任务规划中的链路和载荷使用规划问题,因为这两者也是影响无人机任务成功率的重要因素。第8章和第9章研究了任务规划的检验和评估问题,包括任务规划仿真推演的实现方法,以及无人机作战效能评估的基本概念和方法。

全书的内容规划和最终统稿由毛红保完成。参与本书编写的人员包括:毛红保和田松编写了第1章、第6章以及第3章和第7章的部分内容;晁爱农编写了第2章;冯卉编写了第3章的部分内容;余伟巍编写了第4章;吴华兴提供了第5章的初稿;赵晓林提供了第7章前3节的初稿;王晓东编写了第8章;郭庆编写了第9章;于宏坤提供了部分参考资料,并且完成了大量绘图工作;李俊涛在部分内容的编写上给予了帮助。

本书编写过程中参考了很多国内外同行的研究成果,在此表示感谢!由于作者水平有限,加之当前装备作战任务规划是一个方兴未艾、蓬勃发展的领域,大量的新技术、新方法不断涌现,虽然在编写过程中投入了大量的时间和精力,仍难免存在问题和不足,恳请读者批评指正!

毛红保

二〇一四年九月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 任务规划的概念	1
1.2 任务规划的内涵	1
1.3 任务规划系统	3
1.3.1 任务规划系统的概念及设备组成	3
1.3.2 外军战术任务规划系统发展概况	4
1.3.3 战术任务规划系统的功能及特点	7
1.4 无人机任务规划	8
1.4.1 无人机任务规划的内容	8
1.4.2 无人机任务规划的特点	10
1.4.3 无人机任务规划流程	11
1.4.4 无人机任务规划系统的未来发展	12
1.5 小结	13
参考文献	14
第2章 任务规划的数字地图技术	15
2.1 引言	15
2.2 地理空间的数学构建	15
2.2.1 地球的形状及大小	16
2.2.2 地理坐标系的建立	19
2.3 地图知识基础	22
2.3.1 地图的概念	23
2.3.2 地图的比例尺	23
2.3.3 地图的投影	23
2.3.4 航空图及常用投影	25
2.4 航线与航迹解算	29
2.4.1 相关概念和术语	29
2.4.2 大圆航线的解算	31
2.5 数字地图	34
2.5.1 数字地图的概念和特点	34
2.5.2 数字地图的种类	35

2.6	数字高程模型	37
2.6.1	数字高程模型表示	37
2.6.2	任务规划中的数字高程模型处理	39
2.7	小结	40
	参考文献	41
第3章	任务规划威胁空间建模技术	42
3.1	探测类武器威胁空间模型	42
3.2	地空导弹威胁空间模型	44
3.2.1	地空导弹威胁空间基本概念	44
3.2.2	杀伤区模型	44
3.2.3	拦截覆盖区模型	47
3.3	高炮威胁空间模型	48
3.3.1	高炮的最大射击范围	48
3.3.2	高炮的有效威胁空间和有效射击半径	48
3.4	航空气象及其对飞行活动的影响	49
3.4.1	与飞行有关的主要气象要素	50
3.4.2	航空重要天气对飞行活动的影响	50
3.4.3	航空气象情报的发布与交换	51
3.5	武器系统威胁盲区计算	52
3.5.1	地形遮蔽盲区	52
3.5.2	地球曲率产生的雷达盲区	53
3.5.3	仿真实验	56
3.6	威胁度评估	56
3.6.1	单个威胁源的威胁度评估	57
3.6.2	多个威胁源的威胁度评估	57
3.7	小结	58
	参考文献	58
第4章	无人机任务分配	59
4.1	概述	59
4.2	任务分配问题建模	60
4.3	单无人机多任务时序分配	63
4.3.1	问题提出	63
4.3.2	旅行商问题模型及其求解	63
4.3.3	算例	64
4.4	多无人机多任务目标分配	64
4.4.1	问题提出	64
4.4.2	指派问题模型及其求解	65

4.4.3	算例	67
4.5	多无人机多任务兵力分配	68
4.5.1	问题提出	68
4.5.2	运输问题模型及其求解	68
4.5.3	算例	70
4.6	其他任务分配模型与算法	73
4.6.1	任务分配模型	73
4.6.2	任务分配算法	74
4.7	小结	75
	参考文献	75
第5章	无人机航路规划	76
5.1	航路规划概述	76
5.1.1	航路规划问题的产生和发展	76
5.1.2	无人机航路规划	78
5.1.3	航路规划的形式化描述	79
5.2	航路规划约束条件	80
5.3	常用航路规划算法	82
5.3.1	基于概略图的规划方法	83
5.3.2	基于栅格网的图搜索方法	86
5.3.3	基于数学规划的方法	96
5.3.4	人工势场法	100
5.3.5	其他规划算法	101
5.4	航路的平滑与评价	102
5.4.1	航路的平滑	102
5.4.2	航路的评价	105
5.5	多无人机协同航路规划	107
5.6	小结	108
	参考文献	109
第6章	无人机链路特性及使用规划	110
6.1	无人机链路系统功能与组成	110
6.1.1	链路系统功能	110
6.1.2	链路系统组成	111
6.2	无人机链路信道传输特性	111
6.2.1	无人机链路频段	111
6.2.2	无人机链路的视距传播特性	112
6.2.3	通视距离计算	113
6.2.4	视距链路传输的影响因素	117

6.2.5	卫星中继链路特点及其影响因素	124
6.3	无人机链路系统威胁分析	128
6.3.1	主要威胁来源	128
6.3.2	抗干扰能力	129
6.3.3	干扰威胁分析	130
6.4	无人机链路规划的主要考虑因素	132
6.4.1	中继链路的使用	132
6.4.2	频率规划与管理	133
6.4.3	链路站址选择	133
6.4.4	天线和功率控制	133
6.4.5	天象气象因素	134
6.4.6	链路因素对航路规划的要求	134
6.5	小结	134
	参考文献	135
第7章	无人机成像侦察传感器规划	136
7.1	无人机装备的主要成像侦察传感器	137
7.1.1	光电侦察传感器	137
7.1.2	雷达成像侦察传感器	138
7.2	成像侦察传感器规划约束分析	140
7.3	基于侦察图像质量评价与预测的传感器使用规划	141
7.3.1	图像质量评价方法	142
7.3.2	美国国家图像解释分级标准 NIIRS	142
7.3.3	通用图像质量方程 GIQE	148
7.3.4	传感器规划	149
7.4	基于搜索论的传感器使用规划	151
7.4.1	搜索论概述	152
7.4.2	目标的概率分布及发现概率	153
7.4.3	无人机最优搜索策略的凸规划模型	155
7.5	小结	156
	参考文献	157
第8章	任务规划仿真与推演	158
8.1	概述	158
8.1.1	仿真推演对任务规划的意义	158
8.1.2	任务规划仿真推演系统	159
8.2	飞行仿真推演	160
8.2.1	飞行仿真系统组成	160
8.2.2	飞行动力学模型	161

8.3	任务仿真推演	164
8.3.1	无人机的任务类型	164
8.3.2	无人机的任务计划	164
8.3.3	任务管理仿真	165
8.3.4	任务仿真推演流程	166
8.4	任务规划仿真与推演系统	167
8.4.1	仿真推演系统主要功能	167
8.4.2	仿真推演系统结构组成	168
8.4.3	仿真推演系统关键技术	168
8.5	小结	175
	参考文献	175
第9章	任务规划作战效能评估	176
9.1	作战效能的基本概念	176
9.1.1	效能的基本概念	176
9.1.2	作战效能的概念和分类	176
9.1.3	作战效能评估的基本步骤	177
9.1.4	作战效能的指标和度量	177
9.2	效能评估的基本方法	179
9.2.1	效能评估方法的发展历程	179
9.2.2	几种经典的效能评估方法	179
9.2.3	效能评估的其他方法	188
9.3	无人机装备效能评估	188
9.3.1	无人机装备效能评估的指标体系	188
9.3.2	基于ADC法的无人机装备效能评估	191
9.3.3	基于对数法的无人作战飞机效能评估	194
9.4	无人机作战行动效能评估	195
9.4.1	作战行动效能指标	195
9.4.2	排队论基本原理	196
9.4.3	基于排队论的无人机作战行动效能评估	199
9.5	小结	201
	参考文献	201

第1章 绪论

以无人机为代表的无人化装备的出现，使得任务规划成为作战过程中的一个必要和关键环节。本章首先阐述了任务规划的概念和内涵，给出了任务规划系统的概念和设备组成，然后综述了外军战术任务规划系统的发展概况和应用现状，重点是美军典型战术任务规划系统的发展历程。在此基础上，给出了无人机任务规划的主要内容、功能和一般流程。最后展望了无人机任务规划系统的未来发展趋势。

1.1 任务规划的概念

任务规划(Mission Planning, MP)，其本意是对任务进行规划，即对工作实施过程、方法的组织和计划。这里的“任务”可以指任何工作，是规划的对象。“规划”一词至少包含三层意思，一是具有整体性、全局性的思考和考量；二是以准确的数据为基础，运用科学的方法进行从整体到细节的设计；三是在实际行动实施之前进行，其目的是要将规划结果作为实际行动的具体指导。

在军事领域，任务规划已逐渐变为一个专有名词，尤其是无人化装备的出现，使得任务规划越来越重要，而且其含义也越来越明确。对某个具体装备而言，任务规划即指“装备作战任务规划”，是指运用任务规划系统对装备完成特定作战任务而进行的运行设置和统筹管理。相应地，装备作战任务规划也具有三个特点：首先，单一装备只是体系作战的一个节点，是作战体系的组成部分之一，其任务规划需符合整体作战规划的任务要求，因此，制作规划时需要具有整体性、全局性的眼光；其次，高技术装备的作战过程是复杂的，对作战过程的规划需要定量分析和准确的数据支持，并且充分体现装备使用的战术战法，因此任务规划需要战术与技术的有效结合；最后，装备作战规划的结果是装备作战行动的实施依据，对有人化装备而言，规划结果主要作为人员决策的参考，但对无人化装备而言，规划即控制，任务规划是装备运行过程中唯一且严格的执行依据，因此，任务规划的输出信息必须满足准确性、完整性和一致性的要求。

1.2 任务规划的内涵

人类在战争活动中的规划行为古已有之，所谓运筹帷幄，就是军事人员在战前的精心策划。但过去的作战规划更多停留在军事谋略的层面，很大程度上依赖个人经验和指挥艺术，规划结果的实施和贯彻也难以得到有效保证。而现代意义的装备作战任务规划，是利用专门的任务规划系统，按一定的规划流程组织实施，产生的任务规划结果数据要加载给作战装备，因此，规划过程具有显式的信息流动和信息控制，规划结果与装备作

战使用密切耦合，影响装备作战的全过程。目前，装备作战任务规划的研究受到高度关注，该领域的兴起有其客观必然性，是时代发展、战争形态演变和装备技术变革共同作用的结果。

(1) 任务规划是装备信息化、无人化发展的必然要求。

装备的信息化特点提出了任务规划需求。装备信息化，是以信息技术改造现有装备，或发展具有信息化能力的新型武器装备的过程。装备信息化的内涵是装备具有较强的信息获取能力、处理能力和交互能力。任务规划是通过专门的软件系统对装备作战过程进行预先筹划，如果装备本身不具备信息感知和处理能力，规划结果难以成为装备实际作战运行的有效依据。装备的信息化特点使得信息成为装备作战的核心要素，任务规划切合了装备作战的信息化需求。

装备的无人化特点使任务规划成为必要条件。无人化是装备未来发展的重要趋势之一，但无人化是相对的，而不是绝对的，无人只是人与装备物理上的分离，在装备的自主智能尚未达到一定程度的前提下，其作战过程仍然离不开人，只是人参与作战的形式发生了变化。就无人机而言，缺少了人在机上的实时决策，就必须将其所有作战行为预先规划好，这个工作对无人机而言是必不可少的。虽然有人机也有任务规划，但规划的结果只是给飞行员作为参考，而无人机没有规划就无法执行作战任务，因此，任务规划是无人机作战的必要条件。

(2) 任务规划是精确作战、协同作战的必然要求。

高度精确、密切协同是信息化作战的重要特点之一，这种精确和协同如何实现，完全取决于任务规划。战场的广域性、作战过程的复杂性以及战场态势的动态性使得完全依靠人的实时判断难以达到精确协同的要求，任务规划就是对装备作战方式、作战行为进行全过程的规划和控制，是实现精确作战、协同作战的必然要求。

(3) 任务规划体现了“设计战争”的思想，是科学指挥决策的重要手段。

三流的军队追随战争，二流的军队应对战争，一流的军队设计战争。战争如何设计？需要自顶而下的整套作战运筹体系，延伸到装备层面就是战术级任务规划，因此任务规划是世界各军事强国高度重视和竞相发展的领域。任务规划本身不具备任何硬杀伤或软杀伤效果，但它体现了作战思想和战术战法，是作战的“灵魂”。任务规划系统给作战人员提供了一个设计和导演战争的平台。

(4) 任务规划系统是将人的作战思想赋予装备的工具和手段，主导作战的仍然是人。

任务规划诚然重要，但不能认为有了任务规划就降低了对作战人员的能力素质要求。战争中的主体仍然是人，规划系统只是将人的作战思想、作战理念赋予装备的工具和手段。因此对于指挥员而言，了解掌握任务规划系统的运用是必不可少的，但同样重要的是研究装备的使用，研究战术战法，从而通过任务规划系统告诉装备怎样按照自己的意志行动。

任务规划系统可以通过大量的信息分析和模型运算告诉人们什么规划方案“更好”，什么规划方案“更坏”，但是按照博弈论的观点，应该视对抗双方的智力是均等的，当我们认为一个方案“好”的时候，敌人也清楚地知道这一点。在制定规划时如何“欲擒故纵”、“反其道而行之”、“明知山有虎，偏向虎山行”，这需要发挥指挥员的军事艺术，不是任务规划所能解决的范畴。作战指挥永远是科学与艺术的结合，任务规划系统再完美，只能解决“科学”的部分，“艺术”的部分仍然必须由人去完成。

1.3 任务规划系统

1.3.1 任务规划系统的概念及设备组成

任务规划系统(Mission Planning System, MPS)是指利用先进的计算机技术采集、存储各种情报信息,进行大规模分析计算,从而辅助制定任务计划的信息系统。任务规划系统的出现和广泛使用是现代意义的任务规划区别于过去所说的作战计划、作战筹划的根本标志。

按照自上而下的作战指挥权限,任务规划系统可划分为三个层级,分别是战略级、战役级和战术级。根据作战的需求和特点,每层有相应的任务规划系统作为行动支撑,各层系统相对独立又相互联系。不同层次的系统功能不同,规划内容不同,使用者的权限不同,考虑的影响因素也不同。战略和战役级任务规划系统属于顶层作战筹划,往往与 C⁴I 系统紧密交联甚至难以划清界线,而战术级任务规划系统是前者向具体作战装备的延伸,是任务规划的最终着落点。

本书主要阐述无人机的任务规划,因此主要关注航空器任务规划系统,在无特别说明的情况下,本书所提及的任务规划均指战术级(或称装备级)任务规划。

具体到航空器而言,MPS 是指利用先进的计算机技术,根据任务需求,从多渠道采集作战需要的各种情报信息,分析战场态势和威胁环境,为任务规划人员制作并提供数字地形、威胁分布、路径评估、油量计算、气象、载荷使用等决策依据,为地面指挥员和作战机组人员制定作战飞机出航航线和返航航线,制定作战机群协同作战计划和时间控制节点,确定各类载荷的使用时机和方式、武器发射或投掷的时间节点和地点,评估作战效能,以实现作战行动的最佳效果。

北约航天研究与发展咨询组在第 296 号报告中认为:飞机任务规划系统是一种综合运用所获取的信息资源,以一种理想或近似理想的方法来规划一个任务,从而达到某种目标的系统,是一种可以描述机载任务的信息系统。

MPS 主要由软件系统和硬件系统两大部分组成:软件系统又可分为系统软件和应用软件两大部分,主要由输入输出、数据库、人机交互界面、辅助决策、任务预演和回放等模块组成,软件部分是任务规划系统的核心;硬件系统主要由工作站、高档计算机、数传装置、高分辨率彩色显示器、宽幅打印机、投影设备等组成,如图 1-1 所示。

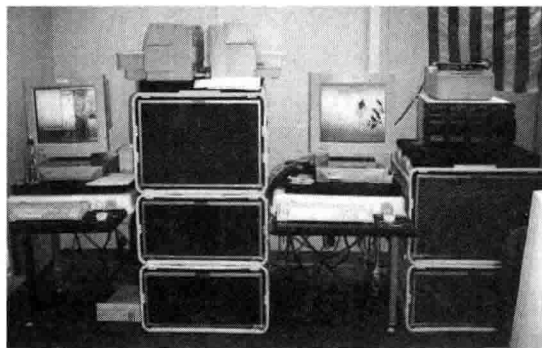


图 1-1 MPS 工作站实物图

由于 MPS 具备强大的情报采集、信息处理能力,可以极大提高作战任务的规划效率,成为 C⁴I 系统与作战装备联接的重要接口,广受世界各军事强国的关注。

1.3.2 外军战术任务规划系统发展概况

1.3.2.1 外军任务规划系统的应用现状

美军的任务规划系统起步最早、发展最快、技术最先进。1972 年因为巡航导弹的作战需要,美军开始进行任务规划系统的开发,后来逐步拓展到各种战术飞机和精确制导武器。任务规划系统真正在实战中发挥强大作用是在海湾战争期间,为多国部队的成功作战做出了重大贡献,并引起了各国的高度重视。之后美军对阿富汗作战以及伊拉克战争中更是广泛使用任务规划系统,为部队快速行动奠定了基础。

在美军各军兵种、各指挥层面都先后发展了多种类型的任务规划系统。以美空军为例,其任务规划系统主要分为上层(战役级)任务规划系统和战术级任务规划系统。上层任务规划系统装备于美军战术空军的战斗规划部,属于联合军级使用的任务规划系统,主要有战术专家任务规划装置 TEMPLAR、军级任务规划系统 FLAPS 和先进任务规划系统 APS;战术级任务规划系统有计算机辅助任务规划系统 CAMPS、任务支援系统 MSS、便携式任务规划系统 PMPS 等。另外美军海军、海军陆战队及美国陆军均装备有自身的任务规划系统。

除美军外,其他军事发达国家对任务规划系统的研究和应用都非常重视。英国空军的“探路者”Pathfinder2000 及飞机任务支援和规划系统,用于支持战斗机的作战规划;法国空军装备有 MIPSY、CINNA 和 CIRCE2000 三个系列的飞机任务规划系统,用于制作任务规划和攻击规划;意大利马可尼公司开发了具有任务规划能力的任务支持系统,可用于地面对空指挥或加装在作战飞机平台上;俄罗斯空军的任务规划系统也历经了多年的发展,根据相关资料,现有的俄罗斯任务规划系统已经发展到不低于 3.0 版本。

1.3.2.2 美军典型战术任务规划系统

1. CAMPS、MSS-I、MSS-II、AFMSS、PMPS

CAMPS(Computer Assistant Mission Planning System)是美国空军的计算机辅助任务规划系统,最初启动于 1980 年。1983 年启动基于 UNIX 硬件平台的 F-16 任务规划系统,项目名称为任务支持系统(Mission Support System I, MSS-I)。1986 年扩展到对 F-15 飞机任务规划支持,项目名称为 MSS-II,系统可以同时支持 4 个席位同时规划。1988 年系统应用于 F-111 飞机的任务规划,1991 年投入海湾战争使用。1992 年空军将项目名称更换为空军任务支持系统(Air Force Mission Support System, AFMSS)。1996 年,经过对 AFMSS 系统裁剪,发布便携式任务规划系统(Portable Mission Planning System, PMPS)。上述系统均运行在 UNIX 操作系统上,直到 1998 年,美国空军决定不再装备新的基于 UNIX 平台的任务规划系统,只对原有系统作软件升级改造。

2. TAMPS

美国海军战术自动任务规划系统(Tactical Automated Mission Planning System, TAMPS)启动于 1985 年,其功能与 MSS-II 相似,是海军基于 UNIX 平台下开发的针对固定翼飞机、旋转翼飞机和无人机的任务规划工具,计划支持 F/A-18、F-14B/D、E-2、E-3B、KC-130、AH-1、SH/HH-60、MH-53、UH-1、P-3C 等飞机和多种精确制导弹药(PGMs)、

联合攻击弹药(JDAM)和防区外攻击武器(JSOW)、防区外陆基导弹(SLAM)等武器系统的任务规划。TAMPS 在 1990 年前发布 6.0 版本, 于 1994 年完成系统测试。1999 年完成 6.2 版本, 2001 年在 F-14 作战测试时效果并不理想, 测试报告公布后, 海军正式终止 TAMPS 项目。

3. FPlanner、PFPS

1980 年, 美国空军在发展基于 UNIX 平台的任务规划系统的同时, 一群爱好计算机的美军飞行员, 极其厌烦操作繁琐、复杂的基于 UNIX 的大型计算机系统, 在一个车库里试图开发一种基于普通 PC 机 DOS 操作系统平台的任务规划系统, 命名为飞行规划者(FPlanner)。1980 年末, FPlanner 得到了军方很少的资金资助, 第二年开发了机载任务器卡的读写程序。1984 年, 默特尔比奇(Myrtle Beach)空军基地的一群小伙子在此基础上开发出一套完整的 A-10 攻击机任务规划系统, 并开始在部队试用。1989 年得到美国空军上层的关注, 并要求基于 UNIX 平台的主流任务规划系统效仿 FPlanner, 改善操作界面, 优化软件程序。同时空军同意增加对 FPlanner 的投资。

1990 年开始, 所有在 UNIX 平台开发的规划工具和软件模块, 同时也发布 PC 平台版本, 美国空军在 UNIX 平台和 PC 平台的两套任务规划系统并行发展。1992 年这一平衡被打破, 美国空军主持发展任务规划系统的部门从之前的作战部变更为电子信息系统部。电子信息系统部将 UNIX 平台下的任务规划系统重命名为 AFMSS, 纳入指挥控制(C⁴ISR)系统, 计划用一套系统包含所有功能。同时, 将原 PC 版本的 FPlanner 更名为 PFPS(Portable Flight Planning Software, 便携式飞行规划软件), 并独立发展。1996 年升级到 Windows 平台。AFMSS 系统过于庞大、复杂, 操作界面和风格设计远远不及界面友好、运行速度快的 PFPS, 后者深受飞行员的喜爱, 并广泛流行开来。

到目前为止, PFPS 能够支持包含 F-22 在内的 117 型飞机, 包含核弹在内的 40 多种机载武器的任务规划。在美国空军、海军、陆军和国土防卫队等单位迅速得到推广普及。美国海军于 1998 年引进 PFPS, 并更名称为 N-PFPS, 1999 年完成测试, 2001 年开始代替 TAMPS 在海军服役。

1.3.2.3 美军战术任务规划系统的统型——JMPS

随着计算机技术、网络技术、通信技术等相关新技术的不断发展, 任务规划系统实现的功能和需求也在不断的改进, 并且在多军兵种联合作战的需求推动下, 任务规划系统向开放化、互联化、集成化和组件化方向发展。美军在前期各军种任务规划系统独立发展的基础上, 经过多方协调, 2003 年美国空军同意对海军开放 PFPS 代码, 联合开发新一代航空兵战术任务规划系统通用体系架构, 并取名为 JMPS(Joint Mission Planning System), 目标是建立陆海空三军战术层面上的联合任务规划平台。美国空军希望将 JMPS 改进成一个可裁剪、可重新配置的框架, 提高系统的稳定性、存储管理质量等性能, 这样任务规划人员和飞行员能够更快速和更有效地规划作战任务。这个以网络为中心的框架可以在飞机和作战中心之间实现更大数量的战术数据共享, 从而显著增强战场环境感知能力。

联合任务规划系统的目的是取代早期的 MPS, 向机组人员提供结构更加合理的自动飞行、武器、传感器任务规划工具。JMPS 能够提供面向所有飞行阶段的单元级任务规划, 并且最终发展成支持空军、海军、海军陆战队、陆军和美国特种作战司令部的所有固定

翼和旋翼飞机、武器、传感器，以及精确制导弹药、巡航导弹和无人机的综合任务规划系统。图 1-2 为美军 JMPS 使用示意图。



图 1-2 美军 JMPS 使用示意图

JMPS 由基本运行架构、通用软件组件、一个基本的任务规划器，以及与之配对的被称为专用规划组件(Unique Planning Component, UPC)的软件模型组成，UPCs 用于向特别的飞行平台及武器系统提供独特的功能。JMPS 具有多种配置方案，以适应机载或陆上使用环境。根据服务的不同，硬件是特别提供的，但这些硬件都是由商用货架产品组成，涵盖便携电脑到桌面系统、多核工作站，硬件的配置主要依赖于具体需求及支持特殊武器系统。有些采用非网络化的独立配置，也有一些包含安全及网络连接的服务器系统。JMPS 符合通用操作环境需求，适用于 Windows 操作系统。JMPS 的版本发展如下：

(1) 1999 年诺斯罗普·格鲁曼信息技术公司(Northrop Grumman Information Technology, NGIT)被授权开发 JMPS1.0 版本，其框架和通用软件组件具备适用于基本的飞行规划能力。NGIT 还提供了一个通用软件组件和一个软件开发工具箱，以使一些独立的开发者可以开发针对于特殊飞行器的 UPCs。JMPS1.0 最终于 2003 年 3 月 17 日发布，但是并没有被投入实际使用。

(2) 2001 年 7 月，海军授权 NGIT 开发 JMPS1.1 版。1.1 版是第一个投入使用的 JMPS 版本，该版本用于海军的 F-14、F/A-18 和 E-2C 飞机。1.1 版增强了 JMPS1.0 加密密钥的支持，全球定位系统星历支持，以及其他功能。该版本也增加了精确制导弹药的任务规划能力，允许其任务规划在网络服务器环境中实现，支持离线任务规划，具备与重要数据源(如天气、图像、目标数据、威胁数据和攻击规划)的交互接口。1.1 版采取螺旋式开发方式，相继开发了 3 个 beta 版。

(3) 2003 年 3 月，美国空军指派 NGIT 为 JMPS 增加功能，随之产生了 JMPS 版本 1.2。1.2 版使美国空军具有精确制导弹药的规划能力，并使精确制导弹药的航路与飞机

航路规划相连接。其他对 JMPS 的改变或 JMPS 和 UPCs 的增强使 JMPS 任务规划系统适用于更多的机型。

(4) 2010 年 JMPS 完成 UN-1N、CH-64E、CH-53D 三种机型的测试，2011 年完成了 RC-135、F-22、A-10、E-3、E-8 五种机型的测试。美国空军计划将 JMPS 代替 PFPS 成为主流的战术任务规划系统。

1.3.3 战术任务规划系统的功能及特点

作为整个信息化作战系统的一个重要节点，战术任务规划系统不是一个孤立的封闭系统，它一端承载与战役级作战指挥系统的任务对接，另一端承载与作战装备的直接关联。其基本功能如图 1-3 所示，主要包括信息采集与处理模块、规划作业模块、任务预演评估模块和任务输出模块。

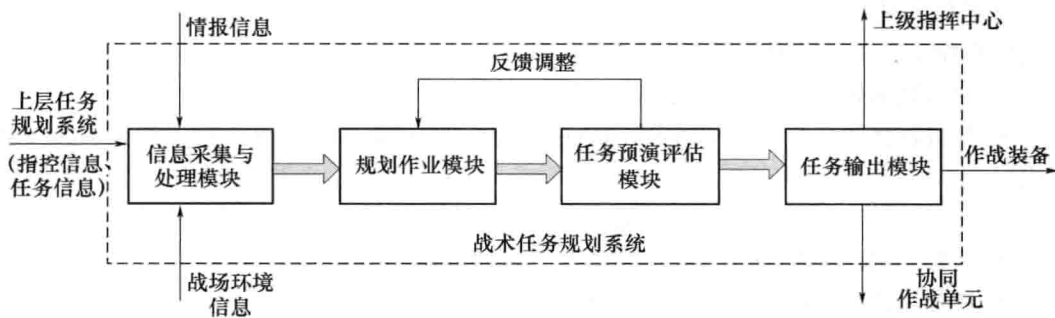


图 1-3 战术任务规划系统基本功能

(1) 信息采集与处理模块。信息是任务规划系统赖以工作的重要基础。任务规划系统需要采集的信息主要包括上级下达的任务信息、指挥控制信息、情报信息(如目标信息、敌作战意图等)和战场环境信息(敌情、我情、地形、气象、电磁)等。战时，这些信息是动态实时更新的，任务规划系统需要具备相应的信息接入和采集能力，为合理的规划决策提供有效的信息支撑环境。同时，采集的信息要进行加工处理，以合理的方式加以呈现，便于规划人员理解，并作为相关量化分析和计算的依据。信息的处理包括地形的渲染显示、禁飞区标绘、威胁区标绘、气象信息显示以及敌我相关战场态势标绘等。

(2) 规划作业模块。规划作业模块是任务规划系统的主体业务模块。规划作业模块用于制定装备作战过程的时间、空间和行为准则，通常包括航线规划、机载设备使用规划、一定的战术策略规划以及与其他作战实体的协同和交互规划等，不同类型的装备既有共性部分(如航线规划)也有专用部分(如载荷设备使用规划)，视装备作战特点和使用的复杂程度而异。根据任务规划系统所具有的自主化能力大小，通常还包括冲突检测、安全评估、自动的威胁规避和航线生成等分析计算模块，用于辅助人工决策操作。

(3) 任务预演评估模块。如前所述，规划是在实际行动实施前执行的工作，或者说是对即将实施的作战行动的预先安排，因此到底规划效果如何，预演评估是非常必要的，也是指挥员所关心的。预演主要包括飞行仿真、载荷作战效果仿真等，评估包括装备本身的效能评估和任务规划的作战行动效能评估两个方面。预演和评估均需要精确的装备