

# 无人侦察机任务载荷规划及关键技术研究

王芳, 邵静, 周海瑞

(中国电子科技集团公司第二十八研究所, 江苏 南京 210007)

**摘要:** 首先介绍了无人侦察机携带的任务载荷类型及使用情况, 以及任务载荷规划的国内外发展现状, 然后重点分析了无人机任务载荷规划的流程和规划结果的表示方法, 最后对任务载荷规划所涉及的关键技术进行了简要介绍。

**关键词:** 无人侦察机; 任务载荷规划; 规划流程

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

## 0 引言

在技术进步和战争需求的双重影响下, 自 20 世纪九十年代末开始, 无人机领域进入快速发展时期, 各种类型和用途的无人机不断问世, 并取得了良好的实战效果<sup>[1][2]</sup>。其中, 用于战场侦察监视的无人侦察机无论在装备数量还是使用频率上都居于各类无人机的前列。

无人侦察机在执行任务前需根据任务要求、装备资源、战场环境等条件进行任务规划, 除进行飞行航路、通信等规划外, 任务载荷规划也是其中重要的规划内容。本文从无人侦察机携带的任务载荷类型出发, 研究了任务载荷规划的流程以及规划结果的表示方法, 并介绍了任务载荷规划涉及的关键技术。

## 1 无人侦察机任务载荷分类及使用

无人机任务载荷可分为侦察监视类载荷、通信类载荷和软硬杀伤武器载荷等三大类。其中, 侦察监视类任务载荷是无人侦察机携带的主要任务设备, 从应用方面可将侦察监视类载荷分为成像类传感器、信号情报侦察传感器、核生化探测和磁探测传感器等, 目前使用较多的是成像类和信号情报侦察传感器。

### 1.1 成像类传感器

成像类传感器主要是 CCD 电视摄像机、前视红外 (FLIR) 设备、多光谱成像 (MSI) 和超光谱成像 (HSI) 设备、合成孔径雷达 (SAR) 和激光雷达, 以及综合了前视红外、电视摄像机、激光测距/目标指示器等多种传感器的多探测器转塔。光电传感器成像需要良好的光照条件, 红外传感器在没有外部光源的情况下也能成像, 因此光电和红外传感器被分别用于日间和夜间侦察。SAR 成像具有全天候、穿透能力强的特点, 但是图像处理判读较光电/红外图像复杂。激光雷达及激光测距/目标指示器的分辨率高、抗干扰能力强、隐蔽性好, 但受大气及气象影响大。因此, 将多种成像设备综合使用能够更好地完成侦察监视任务。

现有无人侦察机普遍搭载了多种成像传感器。“全球鹰”机头下方安装了“综合传感器组”(ISS), 由“海萨”雷达系统和光电/红外系统 (CCD 昼/夜电视摄像机、前视红外传感器) 组成<sup>[3]</sup>。“捕食者”B 上搭载的“山猫”合成孔径雷达是目前世界上应用最成熟的一种无人机雷达, 具有 SAR、MTI 和态势感知能力, 除此之外还搭载有光电/红外、激光测距/目标指示器等。

### 1.2 信号情报侦察传感器

信号情报分为电子情报和通信情报两大类, 电子情报侦察主要是截获和分析敌方电磁辐射信号, 通信情报侦察主要是收集和通信信号。无人机在执行侦察任务时可利用信号情报 (SIGINT) 侦察传感器搜集敌警戒雷达、武器制导雷达信号, 监听敌通信电台。

美国空军为“全球鹰”装备了型号为“联合信号情报航空电子系列”(JSAF) 的信号情报侦察设备, 目的是将其用作长航时信号情报搜集平台。以色列、法国、德国等国家均开展了无人机信号情报侦察装备的研制。

## 2 任务载荷规划的国内外发展现状

20 世纪 80 年代, 外军开始研究飞行器任务规划系统。海湾战争期间, 任务规划系统首次被使用; 阿富汗战争和伊拉克战争中, 美军更是广泛使用了任务规划系统。目前, 美国的陆、海、空三军都装备有不同类型的任务规划系统, 其中战术级任务规划系统有美国空军的战术级任务支援系统 (MSS), 美国海军的战术飞机任务规划系统 (TAMPS)、战术 EA-6B 任务规划系统 (TEAMS) 等<sup>[4]</sup>。

任务规划系统中的任务载荷规划是在评估生成威胁空间、形成飞行计划的基础上, 根据所执行任务的具体要求以及可用载荷类型和数量、必经路径点等约束条件, 利用战场气象环境、载荷功能性能、目标属性特点等基础数据, 规划任务载荷的配置、开关机时间、侦察/发射角度、参数设置等, 形成与路径点相关的载荷行为和模式规划, 并包含在路径规划文件中。

相对国外先进任务规划系统而言, 我国任务规划领域起步较晚, 发展程度相对薄弱。在无人机任务载荷规划方面, 主要以人工分析任务要求、结合实际应用经验进行规划为主, 自动化程度不高, 规划流程和结果表示不规范, 相关技术也需要进一步深入研究。

### 3 无人侦察机任务载荷规划流程分析

#### 3.1 数据准备和约束分析

在进行任务载荷规划前, 应充分收集、分析和准备相关数据, 主要包括战场地理气象环境数据、敌方威胁和目标数据、我方平台和载荷性能数据三类, 具体为:

- (1) 对执行任务产生影响的云、雨、雾、风等气象状况数据;
- (2) 任务执行区域地形、地貌、地物等战场地理环境数据;
- (3) 任务执行区域敌雷达探测范围和防空火力分布、限制区、禁飞区等战场威胁数据;
- (4) 目标位置、数量、运动特性 (如固定目标、机动目标等)、隐蔽特性、分布情况等;
- (5) 可用平台的型号、续航时间、升限、爬升率等, 可用载荷的类型、性能、型号、数量、备件情况等。

在任务载荷规划前及规划中还应考虑若干约束条件, 主要包括:

- (1) 无人机应飞的关键航路点;
- (2) 平台物理性能约束, 如无人机的机动能力、挂载能力等;
- (3) 平台携带燃料总量、时间约束等;
- (4) 成像质量要求、信号质量要求等;
- (5) 多机协同侦察时还要考虑协作性要求。

#### 3.1.2 任务载荷规划流程

无人侦察机任务载荷规划的流程分为两个过程: 由上级无人机指挥信息系统进行的概略规划和无人机任务控制站进行的详细规划, 如图 1 所示。

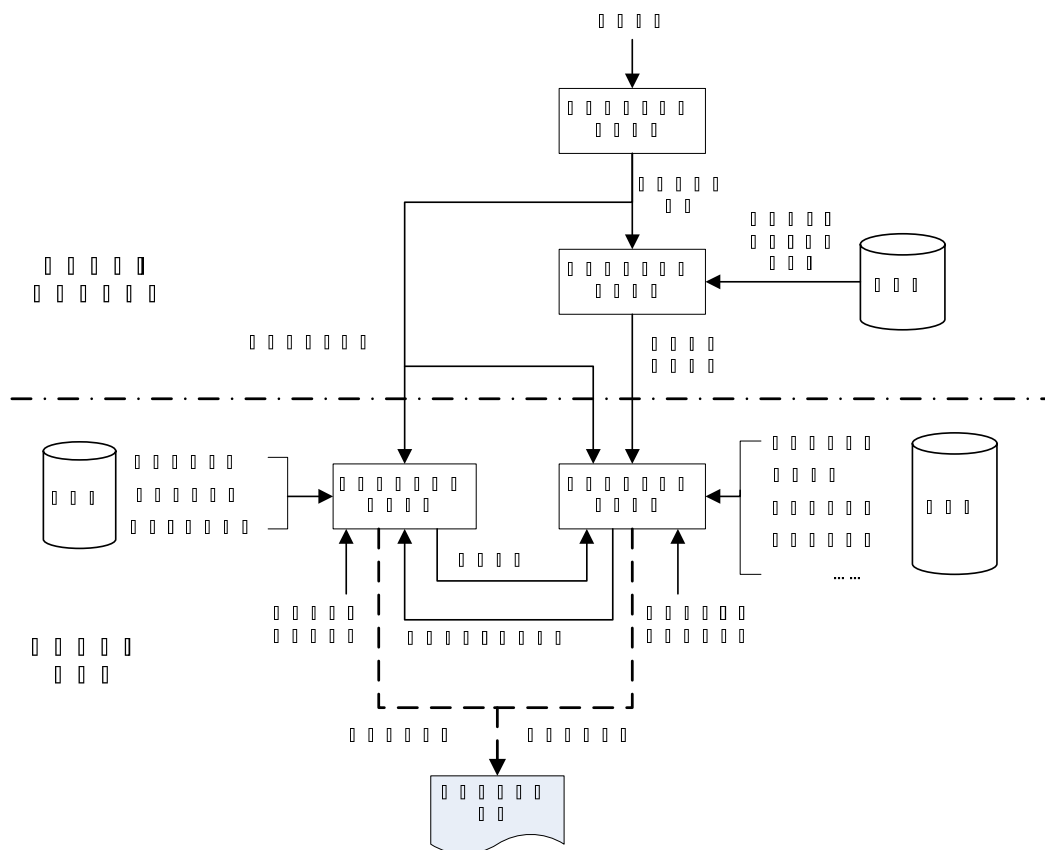


图1 无人侦察机任务载荷规划流程图

#### (1) 任务载荷概略规划

无人机指挥信息系统接收包含无人机作战任务的作战命令，分解出无人机兵力的作战任务，形成无人机作战计划，内容包括：任务目标或区域、关键的航路点或航线、任务执行时间范围、无人机兵力编成、侦察效果要求等。同时，根据数据库中存储的作战区域基本气象、环境数据以及无人机需要完成的作战任务，分析所需搭载的任务载荷类型，例如作战任务为日间侦察，战区为沙尘气候，建议搭载 SAR 成像传感器和可见光成像传感器。

#### (2) 任务载荷详细规划

无人机任务控制站接收上级指挥信息系统生成的无人机作战计划，根据本地数据库中存储的无人机平台当前的物理性能参数（最大拐弯角、最大爬升/俯冲角、升限、最低飞行高度、续航能力、低空加速性能等）、战场威胁数据（敌对空探测包络、敌防空火力范围、限制区域、禁飞区域等），以及本地接收的情报保障数据和战场态势数据，结合无人机飞行的燃料总量、时间约束等，对无人侦察机的飞行航路进行详细规划。

根据无人机作战计划以及飞行航路规划结果，针对目标/任务区域地理环境、气象状况、目标特性、侦察载荷性能等，考虑成像质量、信号侦察质量等约束，选择适宜的载荷型号和工作模式，规划载荷侦察的最佳路径，确定与路径点相关的载荷动作（开关机、调整视角、调节焦距、调节分辨率、设置瞄准模式、切换侦收频率等）<sup>[5]</sup>。在侦察载荷规划过程中，可能发现原有的飞行航路规划难以满足成像高度、成像角度、分辨率等要求，需要对航路规划进行调整，例如降低飞行高度、调整部分航路点、降低飞行速度等。通过交互调整，使侦察载荷规划与飞行航路规划达到协调统一，以满足作战任务要求。

最后，侦察载荷规划与飞行航路规划结果合并表示为一系列航路点及各个点上执行的载荷动作，并采用标准格式输出。

## 4 无人侦察机任务载荷规划结果表示

无人侦察机任务载荷规划的结果是与飞行航路点相关的载荷动作(事件),采用“通用路径定义”(CRD)格式表示。

CRD 是美军用于任务规划结果表示的标准规范,已应用于便携式飞行规划系统(PFPS)、海军战术任务自动规划系统(TAMPS)、战术级任务支援系统(MSS)等任务规划系统之间进行通用数据交换。该规范兼容当前大多数任务规划系统对目标实体的路径定义,并且这种规范为后继的任务规划系统提供了一种通用的路径定义机制,使得任务规划系统之间能够在一个统一的标准下共享规划信息。

无人机的路径模型可以这样描述:将整个路径以航路点为基准划分为很多小段子路径,无人机在子路径上保持相同的飞行状态,在航路点上执行预设的动作(事件),这样无人机的路径可以表示成是基于时间先后顺序,基于预设航路点的任务事件序列。无人机路径定义示例如表 1 所示,每个路径点都包含时间、温度、位置、天气、载荷动作事件、油量信息等。

《通用路径定义接口控制文件》最新版中建议采用 XML 格式来实现路径定义的通用性,把路径定义转换为 XML 表示,这样可以满足通讯的要求,而且 XML 还具有良好的可扩展性,这种方法也符合通用路径定义的标准化需要。

表 1 无人机通用路径定义格式示例

Time	Event	Lat&Lon	Alt	Hdg	Fuel	.....
00:00:00	BEGIN_ROUTE	N09-20-39.00 E033-46-26.00	0	258.2	40000	
00:09:37	BEGIN_TURN	N09-07-20.15 E032-42-47.64	19255	258.1	38766	
00:10:58	END_TURN	N09-11-20.37 E032-35-26.40	21770	338.1	38603	
00:12:30	BEGIN_IMAGE	N09-20-48.85 E032-31-34.33	25000	338.0	38421	
00:16:27	END_IMAGE	N09-45-14.45 E032-21-34.94	25000	338.0	38066	
.....						

## 5 任务载荷规划关键技术

### 5.1 海量数据存储技术

海量数据用来形容数据量空前巨大的数据,如何对海量数据进行存储是海量数据处理技术的关键之一。海量数据存储早期采用大型服务器存储,随着网络技术的发展,开始采用网络附加存储(Network Attached Storage)技术来实现网络存储<sup>[6]</sup>。为了能够共享大容量,高速度存储设备,并且不占用局域网资源的海量信息传输和备份,就需要专用存储区域网络(Storage Area Network)来实现。目前海量数据存储系统大多采用 SAN 存储架构的文件共享系统,所有服务器(客户端)都以光纤通道直接访问盘阵上的共享文件系统。

任务规划系统在处理过程中需要大量的基础信息数据,包括战区数据、地形数据、气象数据等,以及与规划相关的作战任务数据、路径数据、任务载荷作战效能数据、威胁数据、燃油油耗数据、地图数据等。随着数据规模的不断增大,采用海量数据存储管理技术成为发展趋势。

### 5.2 数据可视化技术

可视化是一种特殊的计算方法,它把数字符号转换为几何图像或图形,使研究者能够观察它们的模拟和计算过程,并进行交互控制,能够加深对数据的理解和利用,加快数据处理速度,大大增强工程设计的直观性,减少设计时间和试验费用。

在任务规划系统中采用可视化技术,能够使规划的过程更加直观地展示出来,使规划人员不仅能得到计算结果,而且知道在参数设置、线路计算、方案生成等过程中发生了何种现象和变化,及时调整参数并观察其影响。特别是在任务载荷规划和仿真推演过程中,通过用折线、曲线、网络线等几何线条表示数值的大小,用色彩或灰度来描述不同区域的数值,以及通过图形、图像、声音、动画等多种媒体表示规划结果,以及采用相关软件模拟任务执行过程,使载荷规划方案的合理性和存在的问题得到准确显示,有利于进行规划和方案决策。

### 5.3 智能辅助决策技术

作战辅助决策是以人工智能、军事运筹学和信息处理技术作为工具，以数据库、专家系统和数学模型为基础，通过计算、推理和仿真等辅助手段来实现上述功能，以辅助指挥人员制定作战方案，组织实施作战指挥，并在平时借此完成作战模拟和进行部队训练<sup>[7]</sup>。

在任务规划过程中存在着大量基于任务、数据、模型和约束的计算、推理及验证。采用智能辅助决策技术建立专家知识库、智能决策模型和推理机，采用定量和定性相结合的方法分析和处理数据，能够有效辅助指挥决策人员制定最优侦察航路和任务载荷规划方案。

#### 5.4 视景仿真技术建模和运行

视景仿真技术是近几年随着计算机技术与仿真实理论的发展而发展起来的一门新兴学科，其采用计算机图形图像技术，根据仿真目的构造仿真对象的三位模型并再现真实的环境，达到非常逼真的仿真效果<sup>[8]</sup>。

视景仿真技术的产生源于军事仿真需求，在任务规划系统中应用视景仿真技术能够使规划方案得到形象而逼真的呈现，便于指挥决策人员发现问题和预测方案效果。通过对各型无人侦察机、任务载荷及地形进行三维建模，并根据规划方案实时计算和显示无人机飞行航路及载荷侦察范围和效果，以及进行多视角实时切换、实时交互控制，使决策人员能够直观地感受到载荷动作的效果，对无人侦察机的作战效能进行预先评估。

## 6 结束语

在未来信息化战场上，无人侦察机将发挥出越来越大的作用，而其完成任务的优劣，很大程度上取决于任务载荷规划是否符合作战要求。本文对无人侦察机任务载荷规划的流程以及规划结果的表示方法等进行了分析研究，并从适应未来发展的角度介绍了任务载荷规划涉及的若干关键技术，以期对无人机任务载荷规划研究有一定的启发。

#### 参考文献:

- [1] 刘重阳. 国外无人机技术的发展[J]. 船舶电子工程, 2010, 30(1):19-23.
- [2] 王勤, 叶蕴青. 无人机在海军作战领域应用[J]. 指挥信息系统与技术, 2012, 3(4): 36-40.
- [3] 季晓光, 李屹东, 美国高空长航时无人机——RQ-4“全球鹰”, 北京: 航空工业出版社, 2011.
- [4] 刘新艳, 黄显林, 吴强. 国外任务规划系统的发展[J]. 火力与指挥控制, 2007, 32(6):5-9.
- [5] Chairman of National Security Agency. STANDARDISATION AGREEMENT (STANAG) 4586:Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability[R]. USA: NATO, 2007.
- [6] 刘阳成, 周俭, 谢玉波. 海量数据存储管理技术研究[J]. 微计算机应用, 2011, 32(10):33-36.
- [7] 王瑛, 侯朝祯, 冯天飞. 指挥自动化辅助决策系统的设计和实现[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(9):41-43.
- [8] 汪连栋, 张德锋, 聂孝亮, 马孝尊, 电子战视景仿真技术与应用, 北京: 国防工业出版社, 2007.