

ICS 35.240.01

CCS L70

T/CICC

中国指挥与控制学会团体标准

T/CICC 02003—2025

无人系统协同感知、决策与控制
态势感知

Collaborative awareness, decision-making, and control for unmanned
systems—Situation awareness

2025-09-29发布

2025-09-29实施

中国指挥与控制学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 态势感知	1
4.1 总体概述	1
4.2 态势觉察	2
4.2.1 多源数据获取	2
4.2.2 数据传输	2
4.2.3 数据预处理	3
4.2.4 目标检测与识别	4
4.2.5 目标跟踪	4
4.2.6 信息融合	4
4.3 态势理解	5
4.3.1 态势特征提取	5
4.3.2 态势关联	5
4.3.3 威胁评估	5
4.3.4 意图识别	5
4.3.5 态势共享	6
4.3.6 态势一致性评估	6
4.3.7 态势图构建	7
4.4 态势预测	7
4.4.1 意图预测	7
4.4.2 要素预测	7
4.4.3 风险预测	8
4.5 实时监控与反馈	8
4.6 优化与系统更新	8

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定编写。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国指挥与控制学会提出。

本文件由中国指挥与控制学会归口。

本文件起草单位：东南大学、南京航空航天大学、西北工业大学、北京理工大学、合肥工业大学、南京擎苍智能科技有限公司、南京信息工程大学、杭州市滨江区浙工大人工智能创新研究院、合肥峰创信息技术有限公司、珠海紫燕无人飞行器有限公司、南京华格信息技术有限公司。

本文件主要起草人：温广辉、周艳、沈涵、陈杨杨、符兴全、戴海峰、沈典、彭秀辉、王融、杨浩、沈俊、熊智、赵宇、刘永芳、张栋、周佳玲、吕跃祖、宫光霖、段培虎、许涛、都海波、余兰林、葛泉波、贾超、宣琦、朱俊威、朱根生、韦宗国、王江平、李钊、梅繁文、刘建平、许迟。

无人系统协同感知、决策与控制 态势感知

1 范围

本文件规定了无人系统协同感知、决策与控制态势感知模块的总体流程、核心模块和功能要求。本文件适用于无人系统协同感知、决策与控制态势感知模块的设计、开发和应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

T/CICC 02001-2025 无人系统协同感知、决策与控制 术语

T/CICC 02002-2025 无人系统协同感知、决策与控制 总体架构

3 术语和定义

T/CICC 02001-2025界定的术语和定义适用于本文件。

4 态势感知

4.1 总体概述

态势感知是无人系统基于分布式传感器网络、协同处理算法与智能模型，实时采集、融合与解析系统内外环境多源数据，生成全局性、结构化态势认知，并服务于高效自主决策的核心能力。该模块输出的综合态势图，是指挥人员进行环境判断与决策制定的关键依据。指挥人员负责定义信息采集需求、辨识系统可能遗漏的高价值目标、注入领域先验知识，并对核心态势信息进行最终确认，以保障态势输出的可信度与可用性。态势感知流程涵盖态势觉察、态势理解与态势预测三个层次，旨在支撑指挥人员在复杂多变的环境中优化任务规划、规避行动风险并提升整体任务效能。无人系统态势感知总体框架见图1。

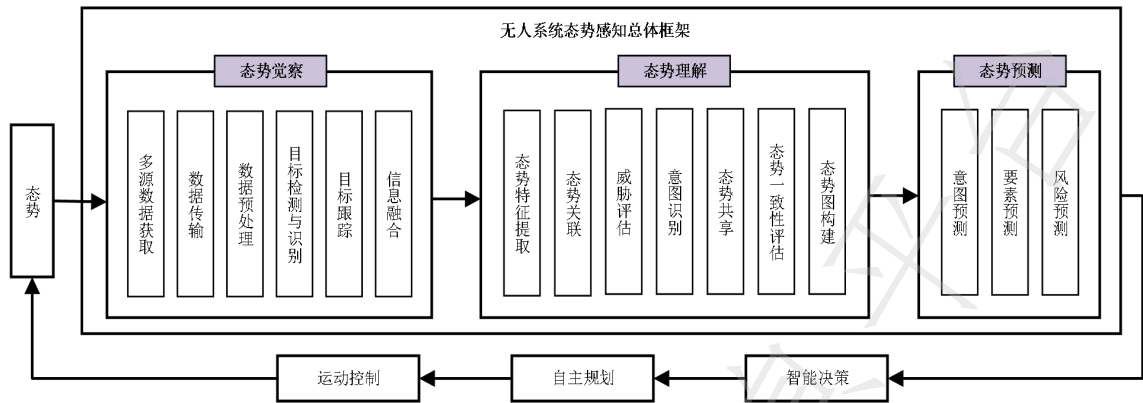


图1 无人系统态势感知总体框架

4.2 态势觉察

4.2.1 多源数据获取

多源数据获取是无人系统通过多模态传感器（惯性传感器、光学传感器、射频传感器、声学传感器等）实时或近实时地采集、接收和提取自身数据、环境数据、目标数据及其他数据等多源异构数据的过程。数据采集类型见表1。

表1 数据采集一览表

数据类型	功能描述与示例
自身数据	描述无人系统自身的导航与状态信息的数据。示例：导航信息（位置、速度、姿态角、角速度、加速度）、动力系统状态（发动机转速、温度、油耗、电机转速、推进器效率）、任务载荷状态（相机、雷达等任务设备是否开机、工作是否正常、温度是否过高）、能源状态（电池剩余电量、电压、电流、预计续航时间）等。
环境数据	描述无人系统所处外部环境的物理特性与地理信息的数据。示例：基础感知信息（与最近障碍物的相对距离）、气象水文信息（温度、湿度、气压、风、浪、流强度、能见度）、地理空间信息（静态地图要素、标志物（如灯塔、信标）的地理坐标与特征）等。
目标数据	描述目标的导航与状态信息的数据。示例：导航信息（位置、速度、姿态角）、物理特性（尺寸、形状）等。
其他数据	描述自身、环境及目标状态的其它类型数据。示例：图像/视频、点云、红外成像等。

4.2.2 数据传输

数据传输是指将多源传感器获取的原始数据，通过通信网络高效、低延迟地传输至处理中心或分布式结点（即无人机、无人车、无人艇等无人装备）。在组网通信中，多频分级结构划分不同频段承载分级网络功能，具有抗干扰能力强、频谱资源利用率高、通信效率高、隐蔽性强及动态拓扑适应性强的优势，保障了复杂场景中通信的可靠性、实时性与安全性。其示意图见图2。主要流程如下：

- a) 异构多源数据归一化处理：将来自无人机、无人车、无人艇等无人系统的多源异构数据转换为统一标准的结构化信息，打破通信壁垒，使不同设备无缝对接，同时优化数据结构与传输效率，降低带宽压力；
- b) 结点初始化：广播信标帧发现邻居结点，建立初始通信连接；

- c) 分簇：将网络结点划分为多个称为“簇”的逻辑组，每个簇由一个簇头和若干簇成员构成；
- d) 频率分配：根据簇的角色和通信需求，分配不同频率；
- e) 设计自组网路由协议：由于无人系统自身拥有移动性高、动态性高、链路长、结点差别大等特点，导致系统中的通信链路稳定性较差，需要设计既适应无人系统自组织网络的特定场景又能够满足其特性要求的路由协议以实现高效的信息传输，常见的组网路由协议有贪婪周边无状态路由协议（greedy perimeter stateless routing, GPSR）、移动性的距离路由效应算法（distance routing effect algorithm for mobility, DREAM）、优化链路状态路由协议（optimized link state routing protocol, OLSR）、目的序列距离向量路由协议（destination sequenced distance vector, DSDV）、动态源路由协议（dynamic source routing protocol, DSR）、按需距离向量路由协议（ad hoc on-demand distance vector routing, AODV）、时序有序路由算法（temporally ordered routing algorithm, TORA）、区域路由协议（zone routing protocol, ZPR）、连接感知路由协议（connectivity-aware routing, CAR）、地理源路由协议（geographic source routing, GSR），见图3；
- f) 动态维护：进行频谱的动态分配与安全加固，如加密或者抗干扰调频，实时监控网络状态，修复链路中断或结点故障。

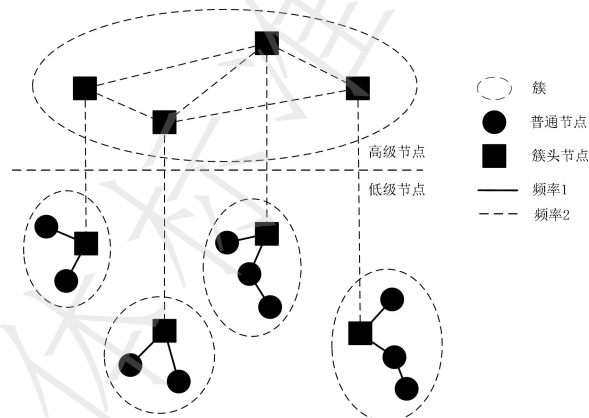


图2 多频分级结构示意图

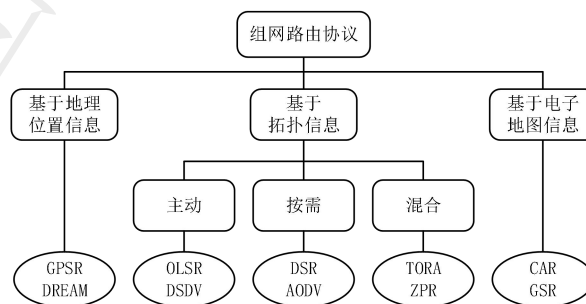


图3 组网路由协议

4.2.3 数据预处理

数据预处理是连接原始采集数据与高层决策的关键环节，为后续的数据融合、目标识别、协同控制等任务提供高质量输入。主要流程如下：

- a) 数据清洗：去除随机噪声、异常值与冗余数据，提升数据的准确性和可靠性；
- b) 时空校准：通过高精度时钟同步和坐标转换，统一多源数据的时间基准与空间坐标系，支撑跨模态融合；
- c) 数据降维与压缩：减少数据体量，降低计算、存储与通信开销；
- d) 数据增强：提升数据多样性，优化模型性能。

4.2.4 目标检测与识别

目标检测与识别是利用目标检测算法识别数据中的目标，结合图像识别、模式识别技术确定目标的类别、属性等。主要流程如下：

- a) 特征提取：从输入图像中提取语义和空间特征，用于后续目标定位和分类；
- b) 目标预测：对特征图上的每个位置进行目标分类和边界框回归；
- c) 后处理：对模型输出的预测结果进行筛选和优化，去除冗余检测，保留最终可靠的目标框；
- d) 结果输出与可视化：将检测结果以直观的形式呈现，如在图像上绘制边界框、标注类别和置信度。

4.2.5 目标跟踪

目标跟踪是确保检测到的物体在视觉序列中得到持续监测，在面临遮挡或目标快速运动的情况下保持目标的持续性和稳定性。主要流程如下：

- a) 运动模型：根据当前帧中目标的位置和大小，通过平移、缩放等方法获得候选样本；
- b) 特征提取：通过一系列的手段，使目标在特征领域中更加突出，与背景的分度度更大；
- c) 观测模型：通过模型将目标与背景进行区分，在候选目标中找出最接近的作为当前帧的目标；
- d) 模型更新：在目标跟踪的过程中，由于环境的变化、目标形态的变化等因素，初始模型对目标的识别度降低，为了更好的提高对目标的判别能力，采用对模型参数进行更新的方法，使其能够适应环境和目标的变化；
- e) 集成方法：集成方法有利于提高模型的预测精度。

4.2.6 信息融合

信息融合是将多平台多传感器获取的探测信息进行融合处理的过程，构建全局一致的态势全景图，解决单一信源信息不完备、质量差等问题，提升态势感知范围，是态势生成的核心环节。主要流程如下：

- a) 数据处理：对原始传感器探测数据进行清洗和校准等预处理工作，清除实时数据中无效或干扰信息，校准存在传输或探测误差的错误数据，为后续的数据关联与融合提供较为准确完善的目标信息；
- b) 实时关联：主要负责对多个传感器维度采集到的目标信息进行关联，形成对目标多角度的数据描述；
- c) 特征匹配：在感知数据经过初步关联后形成以目标为中心的数据实体，当目标实体存入历史特征库时，通过特征匹配模块将增量的目标实体和历史目标实体进行特征匹配，判断两个目标是否为同一个目标；
- d) 增量融合：若经过匹配判定二者属于同一个目标实体，需对实体进行消歧，将增量的目标实体和历史目标实体融合为一个；

- e) 并行计算：历史特征库中存在大量的目标实体及特征信息，逐一进行比对计算会带来很大的延迟，通过并行计算对匹配融合过程进行加速以满足时间需求。

4.3 态势理解

4.3.1 态势特征提取

态势特征提取是从融合数据中提取关键特征，既包括无人系统核心要素，如无人系统的位置、数量、运行状态等，也涵盖外部环境要素，如风浪流强度、地形起伏程度、障碍物信息、资源分布、目标属性、目标位置等。主要流程如下：

- a) 基础特征提取：从融合的信息中提取物理特征和行为特征；
- b) 特征选择与降维：剔除冗余无关特征，降低维度和计算复杂度，保留对态势感知关键的核心特征；
- c) 态势要素结构化建模：将零散特征整合成层次化态势要素，采用向量、矩阵、图结构或时空网格等形式结构化表示；
- d) 动态特征演化分析：捕捉特征随时间的变化规律，识别趋势或异常行为，支撑实时态势判断；
- e) 多源特征融合：在数据层、特征层或决策层整合分布式结点的局部特征，形成全局态势认知，解决异构数据融合和分布式协同问题；
- f) 特征验证与优化：根据态势评估误差反馈修正特征权重或筛选规则，自适应动态环境变化，持续优化提取流程；
- g) 特征输出与应用：将结构化特征以态势图、特征向量或事件信号等形式输出。

4.3.2 态势关联

态势关联是态势估计的前提，主要任务是对态势要素数据进行分组，确定各要素之间的关系，并据此解释态势要素的核心特性。态势关联包括以下部分：

- a) 空间关联：在空间上确定态势元素之间的相互关系；
- b) 时间关联：把由于某种原因而中断的前后两部分态势航迹关联起来。

4.3.3 威胁评估

威胁评估是识别潜在威胁并分析其来源、类型、发展趋势及可能影响的过程。该过程旨在为决策制定与方案规划提供依据，从而保障系统的安全稳定运行。主要流程如下：

- a) 建立评估指标体系：建立威胁评估指标体系，确定评估维度和权重；
- b) 收集目标特性数据：收集目标特性数据，如类型、速度、距离、武器装备等；
- c) 计算威胁值：利用威胁评估模型计算威胁值；
- d) 确定威胁等级：根据威胁值将目标分级，确定威胁等级；
- e) 多目标威胁排序：对多目标威胁进行排序，为决策提供优先处置顺序；
- f) 分析威胁来源与路径：分析威胁来源，识别威胁产生的根源和传播路径；
- g) 生成威胁评估报告：生成威胁评估报告，为后续决策提供依据。

4.3.4 意图识别

意图识别是通过分析目标历史行为轨迹、环境交互模式及多源态势数据，推断其未来行动意图（如攻击、规避、协作等）的关键环节，为无人系统提前规划应对策略、优化资源分配等提供决策依据。主要流程如下：

- a) 数据准备：收集并处理目标历史轨迹、环境数据和交互数据，确保数据一致性和可靠性；
- b) 特征提取：提取运动特征、行为模式和上下文特征，以便分析目标行为；
- c) 意图建模与推理：通过规则推理、概率模型和深度学习方法推断目标的未来行动意图；
- d) 意图验证与更新：根据实时数据修正意图推断，通过多智能体协同验证减少误判风险。

4.3.5 态势共享

态势共享是将处理后的态势信息（主要包括敌方威胁、意图）高效分发给各相关单位的过程，确保态势认知的一致性与实时性。主要流程如下：

- a) 态势信息标准化：将态势信息标准化，构建统一格式的态势报文；
- b) 制定分发策略：制定态势信息分发策略，确定信息分发对象、内容和优先级；
- c) 建立内部共享模型：建立指挥所内部的发布/订阅模型，实现态势信息实时共享；
- d) 建立跨单位传输机制：设置指挥所间的信息传输机制，确保跨单位态势一致；
- e) 信息加密与安全传输：执行数据加密与安全传输，保障态势信息安全；
- f) 监控传输质量：监控态势信息传输质量，确保信息及时、准确到达；
- g) 验证一致性与协同反馈：接收方验证态势信息一致性，执行必要的协同与反馈。

4.3.6 态势一致性评估

态势一致性评估是为确保无人系统感知的态势与实际态势的一致，以及系统内部各结点对态势认知的一致，是态势感知系统有效运行的关键保障。态势一致性的内涵如图4所示，态势一致性评估指标体系如图5所示。主要流程如下：

- a) 确定评估维度：确定态势一致性评估的三个维度，即感知一致性、理解一致性、预测一致性；
- b) 计算感知一致性：收集实际态势数据和系统感知的态势数据，计算感知一致性；
- c) 评估理解一致性：分析系统内部各结点对态势的理解差异，评估理解一致性；
- d) 计算预测一致性：比较态势预测结果与实际演变结果，计算预测一致性；
- e) 设定修正阈值：设定一致性阈值，判断是否需要进行态势修正；
- f) 执行认知修正：当一致性不足时，执行态势认知修正措施，提高各结点间认知一致性。

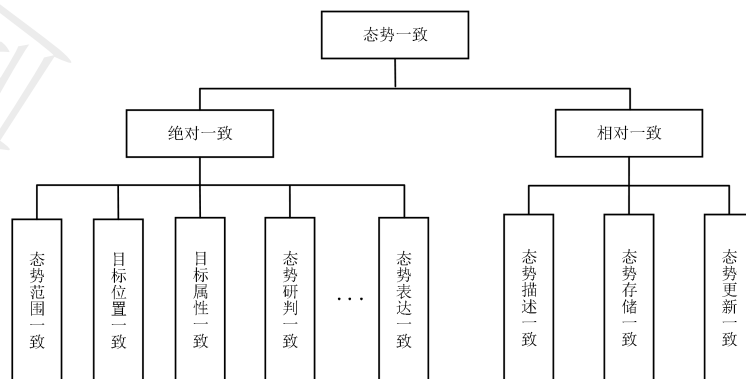


图4 态势一致性内涵

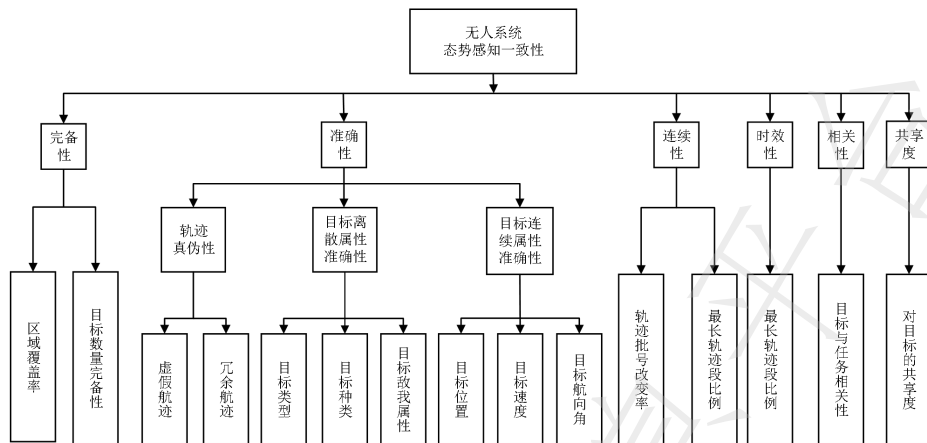


图5 态势一致性评估指标体系

4.3.7 态势图构建

态势图是环境态势的综合图形表达，通过标准化的符号体系和组织结构，为指挥决策提供统一的认知基础。主要流程如下：

- 明确目标受众：确定态势图的构建目标和受众，如战略决策层或战术执行层；
- 设计图结构与表达：设计态势图的结构和表达方式，如结点-边结构或多层次叠加结构；
- 建立统一标准：建立统一的态势图标准，确保各级使用者有共同认知基础；
- 构建基础态势图：从态势数据库获取实时数据，构建基础态势图；
- 动态更新内容：根据态势评估和预测结果，动态更新态势图内容；
- 开发特殊类型图：开发特殊类型的态势图，如威胁热力图、意图预测图等；
- 分发与共享：将态势图分发给授权用户，支持跨平台访问和共享。

4.4 态势预测

4.4.1 意图预测

意图预测是基于当前态势信息，例如敌我双方的实时状态、机动行为、环境条件等，运用合适的算法，推测敌方或对抗系统未来的战术意图或行动。主要流程如下：

- 态势信息收集与预处理：获取并处理实时的态势信息，确保信息的完整性和适用性；
- 特征提取与分析：提取与意图预测相关的特征，并结合专家知识进行分析；
- 模型选择与训练：根据情况选择适当的算法，训练意图预测模型；
- 意图预测与决策支持：基于模型预测敌方或对抗系统的未来意图，为决策提供依据；
- 反馈与优化：根据实际反馈调整模型，优化预测结果和决策效率。

4.4.2 要素预测

要素预测是通过对当前场景或环境各类要素（如资源、地形、气象等）的收集、分析和建模，结合历史数据和实时数据，预测未来可能出现的环境要素的状态和变化趋势。主要流程如下：

- 数据采集：收集多源态势数据，比如敌我双方的力量部署、环境信息、气象条件等；
- 要素提取：从收集的数据中提取关键要素，比如敌我双方的资源、位置、行动、能力等；

- c) 数据预处理：对收集的原始数据进行清洗、归一化和标准化处理，去除噪音，填补缺失值，确保数据的质量，采用适当的特征工程方法，优化数据输入模型的效果；
- d) 模型构建与训练：建立预测模型，并根据历史数据和实时数据进行学习，预测未来的环境要素；
- e) 模型验证与优化：验证预测模型的准确性和可靠性，通过对比预测结果与实际结果，调整和优化模型。

4.4.3 风险预测

风险预测是对决策筹划中的潜在风险进行预估的过程，目的是通过对可能影响任务成功的多种不确定因素进行综合分析，提前识别并评估可能的风险。主要流程如下：

- a) 识别风险因素：确定影响任务成功的关键风险因素，如敌情、我情和环境；
- b) 构建风险模型：根据态势信息和任务要求，构建预测模型，评估各因素对任务的影响；
- c) 量化风险分布：基于风险因素的取值区间，量化风险的不确定性，形成风险发生的可能性分布；
- d) 合成风险影响：综合多个风险因素的影响，合成总体潜在风险分布；
- e) 计算风险等级：根据潜在风险分布，计算并确定风险等级，如低、中、高；
- f) 风险评估与反馈：基于风险等级，评估任务可行性，并为调整作战方案提供依据。

4.5 实时监控与反馈

实时监控与反馈是利用各类传感器收集智能体自身状态和周围环境信息，实时传输至控制中心或其他智能体。控制中心对数据快速处理、分析，直观地展示各智能体的状态。同时，智能体根据接收到的反馈指令调整自身行为，实现无人系统高效、安全地执行任务，提升其在复杂环境下的自主决策与应对能力。主要流程如下：

- a) 状态环境感知：利用各类传感器收集智能体自身状态和周围环境信息；
- b) 数据实时传输：将数据实时传输至控制中心或其他智能体；
- c) 数据处理展示：控制中心快速处理和分析数据，并以直观方式展示各智能体状态；
- d) 行为动态调整：智能体根据反馈指令及时调整自身行为。

4.6 优化与系统更新

优化与系统更新是根据运行数据与反馈，优化态势感知算法，更新系统模型与参数，以适应新场景与需求。主要流程如下：

- a) 运行数据采集与分析：全面采集运行数据与用户反馈，分析系统运行状态、问题及新需求；
- b) 感知算法优化：依据数据分析结果，针对性改进态势感知算法，提升系统监测与判断能力；
- c) 系统模型更新与验证：将优化后的算法融入系统，更新模型与参数，完成部署并验证。