

ICS 35 240 60

16519

T/GXDSL

团体标准

T/GXDSL 015—2025

基于人工智能的无人机与机器人跨领域协
同作业交互标准

Interaction Standards for Cross - field Cooperative Operations of Unmanned Aerial
Vehicles and Robots Based on Artificial Intelligence

2025 - 3 - 25 发布

2025 - 3 - 27 实施

广西电子商务企业联合会 发布

目 次

前 言	II
一、引言	1
二、范围	1
三、规范性引用文件	2
四、术语和定义	3
五、技术要求	3
1. 通信技术	3
2. 感知技术	4
3. 决策技术	4
4. 控制技术	4
六、协同作业流程	4
1. 任务分配	5
2. 交互流程	5
3. 协同执行	5
七、安全与可靠性	5
1. 安全要求	5
2. 可靠性要求	6
八、测试与验证	6
1. 测试方法	6
2. 验证方法	6
九、附录 A（规范性）数据格式与接口	6
1. 数据格式	6
2. 接口规范	7
十、附录 B（资料性）案例分析	7
1. 案例一：物流配送	7
2. 案例二：应急救援	7
十一、参考文献	7
十二、附则	8

前 言

本文件依据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》的规定起草。

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。

本文件由广西产学研科学研究院提出。

本文件由广西电子商务企业联合会归口。

本文件起草单位：广西研科院高新技术有限公司，广西产学研科学研究院，清华大学零一学院，西安交通大学，中国移动通信集团广西有限公司，广西蓝脑科技有限公司，商务部国际商报广西记者站，山东大学(乐陵)人工智能研究院，西安蓝脑科技有限公司，成都锦城学院，西北工业大学，西北农林科技大学，海南大学，重庆大学，西安欧亚学院，西北大学，西那瓦国际大学(泰国)，西安理工大学，上海信昊信息科技有限公司，上海工程技术大学，广西立新科技产业有限公司，湖南交通职业技术学院，中绿数科(厦门)规划设计有限公司，广西自贸区蓝脑科技合伙企业(有限合伙)，上海蓝脑企业管理合伙企业(有限合伙)，新疆蓝脑科技有限公司，蓝脑人工智能科技(德州)有限公司，中国工商银行广西分行，智链云(山东)人工智能科技有限公司，桂林电子科技大学。

本文件主要起草人：庄文斌，韦新，陈世卿，王冰，王建，李征骥，李三雁，张志敏，王博知，李鹏，张慧卿，庞然，韦博鲲，段玉聪，王钊锦，宋永端，杨猛，赵闪光，张春辉，陈媛，郑小伟，李学平，龚才春，何浩聪，赵国帅，周建伟，袁红，李高健，罗迪，陈虎虎，吕波，于波。

本文件为首次发布。

基于人工智能的无人机与机器人跨领域协同作业交互标准

本标准由广西产学研科学研究院提出并归口管理。本标准旨在规范基于人工智能的无人机与机器人跨领域协同作业的交互流程、技术要求和安全标准，以促进相关技术的健康发展和广泛应用。

一、引言

随着人工智能技术的快速发展，无人机与机器人在跨领域协同作业中的应用越来越广泛。然而，目前缺乏统一的交互标准，导致不同系统之间的协同作业存在兼容性和安全性问题。本标准的制定旨在解决这些问题，推动无人机与机器人协同作业的标准化和规范化。

二、范围

本标准规定了基于人工智能的无人机与机器人跨领域协同作业的交互标准，包括技术要求、协同作业流程、安全与可靠性等方面。本标准适用于无人机与机器人在物流、农业、应急救援等领域的协同作业。

具体而言，本标准适用于以下场景和要求：

(1) 物流领域

- **货物配送：**无人机与地面机器人协同完成货物的运输和配送任务，提高物流效率。
- **仓储管理：**利用无人机进行仓库内的货物盘点和管理，提升仓储管理的智能化水平。

(2) 农业领域

- **农林植保：**无人机与地面机器人协同进行农作物的病虫害监测和防治，提高农业生产的智能化水平。

- **环境监测：**无人机搭载传感器进行农田环境监测，为精准农业提供数据支持。

(3) 应急救援领域

- **灾情侦察：**无人机与地面机器人协同进行灾情侦察，快速获取受灾区域的信息。
- **物资投送：**无人机与地面机器人协同进行救援物资的投送，提高应急救援的效率。
- **人员搜救：**无人机与地面机器人协同进行人员搜救，提高搜救的效率和成功率。

本标准旨在通过明确的技术要求和协同作业流程，确保无人机与机器人在跨领域协同作业中的高效性和安全性。同时，本标准还涵盖了安全与可靠性方面的内容，以应对复杂环境下的作业需求。

三、规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

- **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》**

该标准为本文件的结构和起草提供了基本的指导原则，确保技术规范的标准化和规范化。

- **ASTM F2910-22《小型无人机系统（sUAS）的设计和建造标准规范》**

该规范规定了小型无人机系统的设计和建造要求，包括结构强度、飞行性能、安全特性等方面，适用于低空经济场景下的无人机设计。

- **ASTM F3002-22《小型无人机系统（sUAS）指挥和控制系统设计标准规范》**

该规范明确了小型无人机系统的指挥和控制系统设计要求，包括通信协议、控制界面、任务规划等功能，确保无人机在复杂环境下的可靠操作。

- **ASTM F3269-17《包含复杂功能的无人机系统的安全绑定飞行行为方法的标准实践》**

该标准实践提供了无人机系统在复杂功能下的安全绑定飞行行为方法，包括飞行安全策略、故障处理机制、应急响应流程等，以保障飞行安全。

- **GB/T 39266—2020 工业机器人机械环境可靠性要求和测试方法**

该标准规定了工业机器人在机械环境下的可靠性要求和测试方法，适用于机器人在复杂环境下的稳定性和可靠性评估。

- **GB/T 39006—2020 工业机器人特殊气候环境可靠性要求和测试方法**

该标准规定了工业机器人在特殊气候环境下的可靠性要求和测试方法,适用于机器人在极端气候条件下的性能评估。

- **T/NTRPTA 0030-2020 无人机精准测绘技术规范**

该技术规范为无人机在精准测绘领域的应用提供了详细的技术要求,包括测绘精度、数据处理、成果提交等内容,适用于低空经济场景下的测绘作业。

- **T/AOPA 0070—2024 架空输电线路无人机激光扫描数字航拍勘测技术规范**

该团体标准规定了无人机在架空输电线路勘测中的技术要求,包括作业前准备、作业实施、数据处理等内容,适用于低空经济场景下的电力巡检。

- **T/AOPA 0069—2024 电力架线多旋翼无人机系统技术与应用要求**

该团体标准为电力架线多旋翼无人机系统的技术要求和应用提供了规范,包括系统组成、技术要求、作业流程等内容,适用于低空经济场景下的电力架线作业。

- **《国家人工智能产业综合标准化体系建设指南(2024版)》**

该指南为人工智能技术在各领域的应用提供了标准化指导,包括机器学习、知识图谱、大模型、自然语言处理等关键技术标准,适用于无人机与机器人协同作业中的智能化技术应用。

四、术语和定义

- 无人机(UAV):指通过遥控或自主控制在大气层中飞行的无人飞行器。
- 机器人(Robot):指能够通过编程完成特定任务的自动化设备。
- 协同作业(Collaborative Operation):指无人机与机器人在共同任务中通过交互实现合作。
- 人工智能(AI):指通过计算机技术实现的智能行为,包括感知、决策和学习。

五、技术要求

1. 通信技术

- 通信频段：无人机与机器人之间的通信应使用 2.4GHz 或 5.8GHz 频段，这两个频段具有较好的穿透能力和抗干扰能力。

- 通信协议：应支持 Wi-Fi、蓝牙或专用通信协议，以满足不同场景下的通信需求。

- 数据传输速率：不低于 1Mbps，以确保数据的实时性和完整性。

2. 感知技术

- 传感器类型：应包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达等，以实现多维度的环境感知。

- 感知精度：摄像头分辨率不低于 1080p，激光雷达测距精度不低于 1cm，确保对环境的高精度感知。

3. 决策技术

- 算法类型：应支持深度学习、强化学习等人工智能算法，以实现复杂环境下的自主决策。

- 决策速度：决策时间不超过 100ms，确保快速响应。

4. 控制技术

- 控制精度：无人机的飞行控制精度应达到厘米级，以实现精准作业。

- 控制稳定性：在风速不超过 5m/s 的环境下，无人机应能稳定飞行，确保作业的可靠性。

六、协同作业流程

1. 任务分配

- 任务分配方式：根据任务类型和环境条件，由中央控制系统或分布式系统进行任务分配，确保任务的合理性和高效性。
- 任务分配时间：不超过 5 分钟，以提高任务响应速度。

2. 交互流程

- 交互方式：通过语音、手势或数据接口进行交互，以适应不同的作业场景。
- 交互频率：每秒至少交互一次，确保实时协同。

3. 协同执行

- 执行时间：根据任务复杂度，执行时间不超过 1 小时，以满足实际作业需求。
- 执行精度：任务完成精度应达到 95%以上，确保作业质量。

七、安全与可靠性

1. 安全要求

- 飞行安全：无人机在飞行过程中应遵守国家相关飞行安全规定，确保飞行安全。
- 操作安全：机器人在操作过程中应确保人员和设备的安全，避免意外事故。

2. 可靠性要求

- 系统可靠性：无人机与机器人的协同作业系统应具备 99.9%的可靠性，确保系统的稳定运行。
- 故障处理：系统应具备自动故障检测和处理能力，及时发现并解决故障。

八、测试与验证

1. 测试方法

- 性能测试：包括通信性能、感知精度、决策速度等，确保各项技术指标符合要求。
- 安全测试：包括飞行安全和操作安全，确保系统在复杂环境下的安全性。

2. 验证方法

- 案例验证：通过实际案例验证系统的有效性和可靠性，确保系统在实际应用中的表现。
- 用户反馈：收集用户反馈，持续改进系统，提升用户体验。

九、附录 A（规范性）数据格式与接口

1. 数据格式

- 数据类型：包括文本、图像、视频等。
- 数据编码：采用 UTF-8 编码。

2. 接口规范

- 接口类型：包括 API 接口和数据接口。
- 接口协议：支持 HTTP/HTTPS 协议。

十、附录 B（资料性）案例分析

1. 案例一：物流配送

- 任务描述：无人机与机器人协同完成物流配送任务。
- 协同流程：无人机负责空中运输，机器人负责地面配送。
- 结果分析：任务完成时间缩短 30%，配送效率提高 50%。

2. 案例二：应急救援

- 任务描述：无人机与机器人协同完成应急救援任务。
- 协同流程：无人机负责搜索和定位，机器人负责救援和物资运输。
- 结果分析：救援时间缩短 40%，救援成功率提高 60%。

十一、参考文献

- [1] 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》.
- [2] ASTM F2910-22. 《小型无人机系统 (sUAS) 的设计和建造标准规范》.
- [3] ASTM F3002-22. 《小型无人机系统 (sUAS) 指挥和控制系统设计标准规范》.
- [4] ASTM F3269-17. 《包含复杂功能的无人机系统的安全绑定飞行行为方法的标准实践》.
- [5] 张宝昌, 鲍宇翔, 王润琪, 等. 基于协同梯度下降的可信学习方法[J]. 中国科学: 技术科

学, 2024, 54:257 - 264.

[6] Li T, Liu J, Zhang W, et al. UAV-human: A large benchmark for human behavior understanding with unmanned aerial vehicles[C]. In: Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Virtual: Springer, 2021.

[7] 高杨, 李东生. 基于态势感知一致性的 UAV 集群分布式协同性能分析[J]. 宇航学报, 2018, 39:1148 - 1156.

[8] 王成才, 吴亮, 燕昌, 等. Coactive design of explainable agent-based task planning and deep reinforcement learning for human-UAVs teamwork[J]. Chin J Aeronaut, 2020, 33:2930 - 2945.

[9] 吕金虎, 詹茂鹏, 王成才, 等. 有人/无人机智能协同: 机遇与挑战[J]. 科学通报, 2024.

[10] 樊邦奎, 张瑞雨. 无人机系统与人工智能[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2017, 42(11):1523-1529.

[11] 陈宗基, 魏金钟, 王英勋, 等. 无人机自主控制等级及其系统结构研究[J]. 航空学报, 2011, 32(6):1075 - 1083.

[12] 从规则驱动到群智涌现: 多机器人空地协同研究综述[J]. 哔哩哔哩, 2024.

十二、附则

本标准自 2025 年 3 月 27 日起实施, 发布日期至实施日期间为过渡期。如有必要, 将根据技术发展和实际应用情况进行修订。本标准由归口广西电子商务企业联合会。