

# 团 体 标 准

T/

XXXXX—XXXX

## 跨域无人系统协同作业交互协议规范

Specification of cross-domain unmanned systems  
cooperative operation interaction protocol

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

广东省质量检验协会 发布



## 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》的规定起草。

本文件由珠海云洲智能科技股份有限公司提出。

本文件由广东省质量检验协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：



# 跨域无人系统协同作业交互协议规范

## 1 范围

本文件规定了面向海上跨域无人装备（无人艇、无人机、无人潜器等）协同作业的通信模式、协议帧结构、接口协议、信源ID分配等。

本文件适用于海上跨域多成员协同作业时的数据与指令交互。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**跨域无人系统** cross domain unmanned system

跨域无人系统是指在复杂和危险环境中自主执行任务、且具备高度智能化和网联化能力的无人装备协同作业集群。是执行无人化、系统智能化、作业网联化等能力特征的新一代装备系统，由机械、控制、计算机、通信、材料等多种技术融合而成。

## 4 通信模式

4.1 控制站、无人艇、无人机和无人潜器（水面状态）之间支持通过网络方式交互数据，采用 UDP 作为网络数据传输协议。

4.2 控制站、无人艇和无人机之间支持通过窄带数传方式交互数据。

4.3 无人艇和无人潜器之间支持通过水声通信方式交互数据（水下状态）。

4.4 各端之间交互的数据格式应满足本规范要求。

## 5 协议帧结构

协议帧由报文头、域类型、信源、信宿、报文序号、报文长度、报文内容、符号、校验和和结束符组成，具体格式如表1。

表1 协议帧格式

报文头	“\$USP”+ABC	用于识别报文，其中“USP”为Unmanned Systems Protocol的缩写，ABC为三位与报文内容对应的字母组合，视具体协议而定。
逗号	,	固定为英文‘,’字符。
域类型	1字节	消息发送方所属的域，无人艇为‘S’、无人机为‘A’、无人潜器为‘U’，指控端为‘C’。

表1 协议帧格式（续）

逗号	,	固定为英文 ‘,’ 字符。
信源ID	1字节	消息发送方在跨域系统中的唯一ID号。
信宿ID	1字节	消息接收方在跨域系统中的唯一ID号，0表示所有无人装备均应接收。
报文序号	1字节	高4位表示当前数据包被拆分的报文总数-1（0~15分别表示拆分的包总数为1~16个），低4位为当前报文在拆分后包的序号（0~15）。
报文长度	1字节	指的是后面的报文内容字段包含的字节数。
报文内容	<256字节	报文的具体内容。
逗号	,	固定为英文 ‘,’ 字符。
符号	1字节	固定为 ‘*’ 。
校验和	2字节	采用异或校验方式，包括从\$到*之间的所有字符
逗号	,	固定为英文 ‘,’ 字符。
结束符	2字节	固定为 “\r\n” 。

注1：报文中的多字节字段一律采用小端模式。

注2：报文内容大于255字节时，应进行拆包。

## 6 接口协议

### 6.1 基本要求

接口协议面向海上跨域无人装备（无人艇、无人机、无人潜器等），下文所有的“高度”参数针对无人机，“深度”参数针对无人潜器。

### 6.2 作业约束

6.2.1 无人装备协同作业的约束包括运动约束、禁航区约束、电子围栏约束。

6.2.2 运动约束协议帧，见表2。

表2 运动约束协议帧格式

说明	配置或反馈无人装备的运动相关约束，包括最大速度、最大高度/深度参数。		
报文头	“\$USPMCC”	交互频率	下发指令或查询时触发。
字段	类型	取值范围	说明
最大速度	uint16	>0	允许的最大速度（单位：米/秒）*10。
最大高度/深度	uint16	>0	允许的最大高度（无人机）/深度（无人潜器）（单位：米）。

6.2.3 禁航区约束协议帧，见表3。

表3 禁航区协议帧格式

说明	配置或反馈无人装备的禁止航行区域，在禁航高/深度上下限之间的区域被禁止航行。		
报文头	“\$USPRNA”	交互频率	下发指令或查询时触发。
字段	类型	取值范围	说明
区域ID	uint8	>0	禁航区域的唯一ID号。
高/深度上限	int16	>0（<=0表示不限制）	禁航区域的高/深度上限，即大于该高/深度的区域不禁航，单位：米，<0表示不限制。

表3 禁航区协议帧格式（续）

高/深度下限	int16	>0 (<=0表示限制)	禁航区域的高/深度下限，即小于该高/深度的区域不禁航，单位：米，<0表示不限制。
顶点数n	uint8	>0	当前禁航区具有的顶点个数。
顶点1经度	int32	(-180, 180]*1e7	顶点1坐标的经度*1e7。
顶点1纬度	int32	[-90, 90]*1e7	顶点1坐标的纬度*1e7。
...	...	...	...
顶点n经度	int32	(-180, 180]*1e7	顶点n坐标的经度*1e7。
顶点n纬度	int32	[-90, 90]*1e7	顶点n坐标的纬度*1e7。

6.2.4 用于配置或查询无人装备的电子围栏协议帧，报文头为“\$USPECF”，报文字段与禁航区一样，区别在于电子围栏只能有一个，ID固定为0。

### 6.3 无人装备状态信息

6.3.1 无人装备状态信息包括运动导航信息和健康状态信息。

6.3.2 运动导航信息协议帧，见表4。

表4 运动导航信息协议帧格式

说明	无人装备上报当前的运动状态参数，包括经纬坐标、速度大小、速度方向、高度/深度等。		
报文头	“\$USPMST”	交互频率	5Hz（无人艇、无人机）； 0.5Hz（无人潜器）。
字段	类型	取值范围	说明
位置经度	int32	(-180, 180]*1e7	当前坐标的经度*1e7。
位置纬度	int32	[-90, 90]*1e7	当前坐标的纬度*1e7。
速度大小	uint16	>0*1e2	当前的水平面对地线速度大小*1e2，单位：米/秒。
速度方向	uint16	[0, 360)*1e3	当前的水平面对地线速度方向*1e3，单位：°，正北为0，顺时针为正。
高度/深度	uint16	>0	当前的高度/深度值。

6.3.3 健康状态信息协议帧，见表5。

表5 健康状态信息协议帧格式

说明	无人装备上报当前的健康状态参数，包括系统健康状态、剩余能源比例及自定义参数等。		
报文头	“\$USPMST”	交互频率	0.2Hz或变更时触发。
健康状态	uint32	/	当前健康状态，按位分配，0表示不正常，1表示正常，具体如下： bit0：导航定位是否正常； bit1：能源供应是否正常； bit2：运动能力是否正常； bit3：通信状态是否正常。 bit4~bit15保留； bit16~bit31由用户自定义。
剩余能源	uint8	[0, 100]	当前剩余能源的百分比。
用户自定义	uint64	/	保留8字节，由用户根据需求自行设计。

## 6.4 无人装备控制指令

6.4.1 无人装备控制指令包括任务航线、任务队形、任务分区、任务控制及返航回收。

6.4.2 任务航线协议帧，见表 6。

表6 任务航线协议帧格式

说明	设置或反馈无人装备的任务航线或重规划的避碰航线（自主循线模式）。		
报文头	“\$USPMRT”	交互频率	下发指令或查询或重规划后触发。
字段	类型	取值范围	说明
任务点数n	uint8	>0	当前任务航线具有的路径点个数。
点1经度	int32	(-180, 180]*1e7	任务点1坐标的经度*1e7。
点1纬度	int32	[-90, 90]*1e7	任务点1坐标的纬度*1e7。
点1速度大小	uint16	>0*1e2	到达任务点1的线速度大小*1e2，单位：米/秒。
点1高/深度	uint16	>0	到达任务点1的高度/深度。
...	...	...	...
点n经度	int32	(-180, 180]*1e7	任务点n坐标的经度*1e7。
点n纬度	int32	[-90, 90]*1e7	任务点n坐标的纬度*1e7。
点n速度大小	uint16	>0*1e2	到达任务点n的线速度大小*1e2，单位：米/秒。
点n高/深度	uint16	>0	到达任务点n的高度/深度。

6.4.3 任务队形协议帧，见表 7。

表7 任务队形协议帧格式

说明	设置或反馈无人装备的任务队形位置（队形保持模式）。		
报文头	“\$USPMFM”	交互频率	下发指令或查询时触发。
字段	类型	取值范围	说明
队形点数n	uint8	>0	当前任务队形具有的点个数。
点1装备ID	uint8	>0	队形点1分配的装备ID号。
点1经度	int32	(-180, 180]*1e7	队形点1坐标的经度*1e7。
点1纬度	int32	[-90, 90]*1e7	队形点1坐标的纬度*1e7。
点1速度大小	uint16	>0*1e2	到达队形点1的线速度大小*1e2，单位：米/秒。
点1速度方向	uint16	[0, 360)*1e3	队形点1水平面对地线速度方向*1e3，单位：°，正北为0，顺时针为正。
点1高/深度	uint16	>0	到达队形点1的高度/深度。
...	...	...	...
点n装备ID	uint8	>0	队形点n分配的装备ID号。
点n经度	int32	(-180, 180]*1e7	队形点n坐标的经度*1e7。
点n纬度	int32	[-90, 90]*1e7	队形点n坐标的纬度*1e7。
点n速度大小	uint16	>0*1e2	到达队形点n的线速度大小*1e2，单位：米/秒。
点n速度方向	uint16	[0, 360)*1e3	队形点n水平面对地线速度方向*1e3，单位：°，正北为0，顺时针为正。
点n高/深度	uint16	>0	到达队形点n的高度/深度。

6.4.4 任务分区协议帧，见表 8。

表8 任务分区协议帧格式

说明	设置或反馈无人装备的任务分区情况（任务分区模式）。		
报文头	“\$USPMRG”	交互频率	下发指令或查询时触发。
字段	类型	取值范围	说明
任务区顶点数n	uint8	>0	当前任务区具有的顶点个数。
顶点1经度	int32	(-180, 180]*1e7	顶点1坐标的经度*1e7。
顶点1纬度	int32	[-90, 90]*1e7	顶点1坐标的纬度*1e7。
...	...	...	...
顶点n经度	int32	(-180, 180]*1e7	顶点n坐标的经度*1e7。
顶点n纬度	int32	[-90, 90]*1e7	顶点n坐标的纬度*1e7。

6.4.5 任务控制协议帧，见表9。

表9 任务控制协议帧格式

说明	对无人装备的任务执行进行控制。		
报文头	“\$USPMCT”	交互频率	下发指令时触发。
字段	类型	取值范围	说明
指令	uint8	>0	1: 启动/继续任务; 2: 暂停任务; 3: 终止任务。

6.4.6 返航回收协议帧，见表10。

表10 返航回收协议帧格式

说明	无人装备立即返航到指定位置的指令。		
报文头	“\$USPRTP”	交互频率	下发指令时触发。
字段	类型	取值范围	说明
返航点经度	int32	(-180, 180]*1e7	返航点坐标的经度*1e7。
返航点纬度	int32	[-90, 90]*1e7	返航点坐标的纬度*1e7。

6.4.7 遥控指令协议帧1，见表11。

表11 遥控指令协议帧1格式

说明	远程控制无人装备的运动，包括航速、航向和高度/深度指令。		
报文头	“\$USPRMC”	交互频率	2Hz。
字段	类型	取值范围	说明
速度大小	uint16	>0*1e2	水平面对地线速度大小指令*1e2，单位：米/秒。
速度方向	uint16	[0, 360)*1e3	水平面对地线速度方向指令*1e3，单位：°，正北为0，顺时针为正。
高度/深度	uint16	>0	高度/深度指令。

6.4.8 遥控指令协议帧2，见表12。

表12 遥控指令协议帧2格式

说明	远程控制无人装备运动到指定位置，包括目标点坐标、航速和高度/深度指令。		
报文头	“\$USPRMG”	交互频率	下发指令时触发。

表 12 遥控指令协议帧 2 格式

字段	类型	取值范围	说明
目标点经度	int32	(-180, 180]*1e7	目标点坐标的经度*1e7。
目标点纬度	int32	[-90, 90]*1e7	目标点坐标的纬度*1e7。
速度大小	uint16	>0*1e2	水平面对地线速度大小指令*1e2, 单位: 米/秒。
高度/深度	uint16	>0	高度/深度指令。

## 6.5 感知信息

感知信息主要为环境目标信息, 环境目标协议帧, 见表13。

表13 环境目标协议帧格式

说明	环境中发现的运动目标信息。		
报文头	“\$USPEMT”	交互频率	不小于0.5Hz。
字段	类型	取值范围	说明
目标数	uint8	[0, 255]	当前发现的目标个数。
批号	uint8	>0	个体当前发现的有效运动目标批号。
更新时戳	uint64	>0	状态更新时的GPS时间
位置经度	int32	(-180, 180]*1e7	位置坐标的经度*1e7。
位置纬度	int32	[-90, 90]*1e7	位置坐标的纬度*1e7。
速度大小	uint16	>0*1e2	水平面对地线速度大小*1e2, 单位: 米/秒。
速度方向	uint16	[0, 360)*1e3	水平面对地线速度方向*1e3, 单位: °, 正北为0, 顺时针为正。
高度/深度	uint16	>0	高度/深度值。
长度	uint8	>0	运动目标的长度, 单位: 米。
宽度	uint8	>0	运动目标的宽度, 单位: 米。

## 6.6 其他感知信息

6.6.1 包括丢包重传、数据查询、指令反馈及用户自定义。

6.6.2 丢包重传协议帧, 见表 14。

表14 丢包重传协议帧格式

说明	针对有拆包的报文, 发生丢包时由接收端发出重传请求。		
报文头	“\$USPPLR”	交互频率	丢包时触发。
字段	类型	取值范围	说明
报文头	char[6]	/	希望重传的包的报文头(不包括\$)。
报文序号	uint8	>0	希望重传的包的报文序号。

6.6.3 数据查询协议帧, 见表 15。

表15 数据查询协议帧格式

说明	指控端根据需求发起对指定信息的查询请求。		
报文头	“\$USPREQ”	交互频率	查询时触发。
字段	类型	取值范围	说明
报文头	char[6]	/	被查询的包的报文头(不包括\$), 信宿端收到后按照该报文头对应的数据包的内容立即打包和回传。

6.6.4 指令反馈协议帧，见表 16。

表16 指令反馈协议帧格式

说明	反馈对指定指令的执行结果。		
报文头	“\$USPACK”	交互频率	反馈时触发。
字段	类型	取值范围	说明
报文头	char[6]	/	反馈针对的操作指令报文头（不包括\$）。
状态	uint8	0: 执行失败 1: 执行成功 2: 拒绝执行	对指令的执行结果。

6.6.5 用户自定义协议帧，见表 17。

表17 用户自定义协议帧格式

说明	用户根据需求自定义的协议。		
报文头	“\$USPUDF”	交互频率	/
字段	类型	取值范围	说明
用户ID	uint8	>0	用户的唯一ID号，用于区分该消息的定义方，避免造成同名冲突。
报文ID	uint8	>0	用户方自定义的消息ID。
内容	uint8[250]	/	用户自定义的消息结构。

## 7 信源 ID 分配

为避免冲突，跨域无人装备在协同执行作业时，每个个体均应具有唯一的ID号，作为消息收发的信源或信宿ID，规定如下：

- 指控端：0~9。
- 无人艇：10~100。
- 无人机：101~200。
- 无人潜器：201~255。