

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

民用中小型无人驾驶航空器空中交通 管理四维航迹数据定义及数据接口要求

Four - Dimensional Trajectory Data Definition and Interface
Specification of Civil Medium and Small UAS Traffic Management
(UTM)

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 发布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 四维航迹数据内容 2

 5.1 四维航迹模型 2

 5.2 基础参数 3

6 数据交换接口 7

 6.1 接口功能 7

 6.2 通信协议要求 7

 6.3 数据传输要求 7

 6.4 接口描述 7

附 录 A （资料性）无人驾驶航空器四维航迹保护空间实际占用空间的处理 10

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》的规则起草。

本文件由深圳市交通运输局提出。

本文件由深圳市交通运输局归口。

本文件起草单位：深圳美团低空物流科技有限公司、中国民航管理干部学院、丰翼科技（深圳）有限公司、中国民用航空深圳空中交通管理站、深圳市低空经济产业协会。

本文件主要起草人：贾佳、张邦彦、郑宇、闫琰、吕人力、霍瑛、张彬华、许蓉、赵文娟、苑宗剑。

引 言

随着低空经济的迅猛发展，民用中小型无人驾驶航空器运行数量、运行频率显著提升，低空空域资源日趋紧张，亟需高效、安全的空中交通管理技术。在这一背景下，基于四维航迹飞行计划共享的冲突化解技术为无人驾驶航空器空中交通管理提供了创新的解决方案。四维航迹数据能够全面反映无人驾驶航空器在复杂运行工况下的偏差与冗余，动态描述其时空占用状态，进而规划出安全合理的多机飞行模式，成为解决空中交通冲突的有效工具。

本文件旨在通过统一的数据定义与接口标准，推动精细化空域管理技术的建立与发展。该文件在全数字化框架下，通过智能计算对飞行活动进行仿真预演与动态规划，支持不同智能水平的软硬件模块在系统中的协同工作，实现异构飞行器在同一空域的高密度融合飞行。

本标准将明确四维航迹的核心概念及其参数计算方法，并规定在动态飞行任务阶段的数据报送内容、格式与频率。需要注意的是，胶囊大小、间隔大小等管理类要求不在本标准范围内。

民用中小型无人驾驶航空器空中交通管理四维航迹数据定义及数据接口要求

1 范围

本文件规定了四维航迹数据内容和数据交换接口要求。

本文件适用于深圳市民用中小型无人驾驶航空器多机协同调度系统的设计、试验和使用，其他类型无人驾驶航空器参考使用。

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。

GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语

MH/T 4053-2022 民用无人驾驶航空器空中交通管理信息服务系统数据接口规范

3 术语和定义

GB/T 38152和 MH/T 4053-2022 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

静态航迹 static trajectory

无人驾驶航空器可执行的时空轨迹。

注：它由一组航迹点列表组成。航迹点信息主要包括空间位置和航迹点间时间差，用于表示无人驾驶航空器执行航迹时应在某个相对时间到达某个空间位置。静态航迹在无人驾驶航空器实际执行时需要增加航迹开始执行时间，以让相对时间变为可执行的绝对时间。

3.2

无人驾驶航空器航迹时空保护空间 trajectory protection volume

系统对无人驾驶航空器分配的即时允许飞行空域的范围。

注：由沿四维航迹的时间轴和垂直于四维航迹方向的空间轴所形成的几何空间所表示，该空间位置形态随航迹时间的推进而变化。

3.3

四维航迹 four - dimensional trajectory

四维航迹是期望无人驾驶航空器执行的计划时空轨迹。

注：它是无人驾驶航空器在空间中的三维位置点坐标和航空器在每个位置点相应的过点时间所组成的一系列点的集合，由静态航迹，航迹开始执行时间和无人驾驶航空器四维航迹保护空间相关信息所组成，示意图见图1。

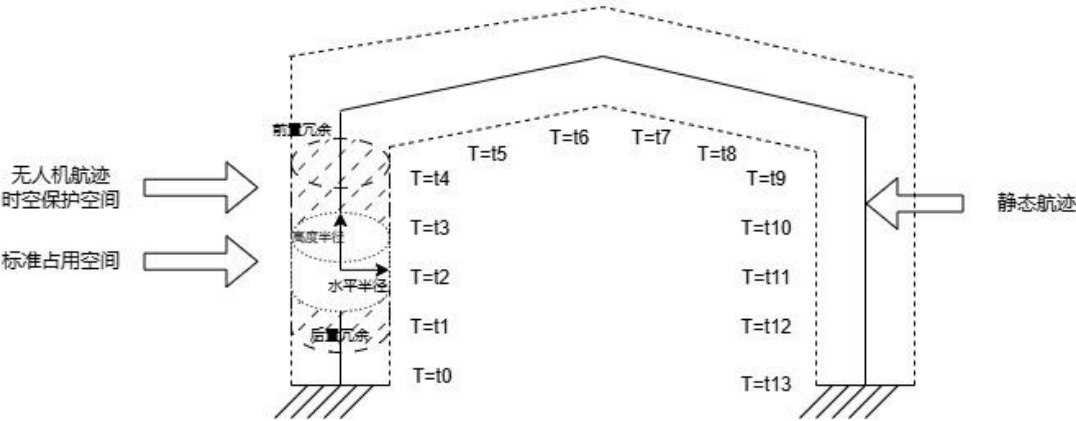


图 1 四维航迹示意图

3.4

无人驾驶航空器运行控制系统 UAS operation control system

无人驾驶航空器系统运行人或者制造商为无人驾驶航空器系统所有人和操控人等相关人员提供的，用以组织开展并控制无人驾驶航空器飞行活动的技术系统。

[来源：MH/T 4053-2022, 3.8]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

4DT：四维航迹（Four - Dimensional Trajectory）

TPV：无人驾驶航空器航迹时空保护空间（Trajectory Protection Volume）

5 四维航迹数据内容

5.1 四维航迹模型

5.1.1 静态航迹

5.1.1.1 在空间维度方面，航迹点应采用 WGS84 坐标系，其坐标内容包含经度、纬度及高度信息。各航迹点之间应以直线相连，且仅能以直线相连，该直线代表一个航段。若存在转弯曲线情况，则应通过精细化采样方式，或者运用胶囊冗余空间的概念进行处理，以确保能够全面覆盖转弯半径。航迹点的设置应完整覆盖无人驾驶航空器的起飞阶段，航迹飞行阶段和降落阶段。

5.1.1.2 在时间维度，航迹点之间具有时间差，代表从当前航迹点前往下一个航迹点的飞行时间。应不对两个航迹点之间的位置点相对前序航迹点和后续航迹点的时间做出假设，即认为无人驾驶航空器可以在前序航迹点和后续航迹点的时间差之内，处于两航迹点连线之间的任意位置。给定静态航迹，增加航迹开始执行时间后，每一个航迹点的时间应为绝对时间。

5.1.2 无人驾驶航空器四维航迹保护空间

- 5.1.2.1 无人驾驶航空器在飞行中的执行分配空间应以无人驾驶航空器四维航迹保护空间的形式存在，即表示为每一个绝对时间点上，无人驾驶航空器所允许占用的空间范围。
- 5.1.2.2 无人驾驶航空器在飞行中的标准占用空间，表示为无人驾驶航空器在指定航迹上飞行在到指定航迹位置时所需占用的名义空间范围，宜表示为立体，如圆柱体等。
- 5.1.2.3 无人驾驶航空器的标准占用空间结合时间轴冗余信息以及静态航迹的航段参数可以计算出在某绝对时间该无人驾驶航空器最终使用的无人驾驶航空器四维航迹保护空间范围。
- 5.1.3 无人驾驶航空器四维航迹保护空间表示形式
- 5.1.3.1 无人驾驶航空器在执行过程中，可能存在超过标准占用空间的沿航迹的时间轴冗余，该冗余可以提前或者延后。无人驾驶航空器四维航迹保护空间用于表征在特定时间点无人驾驶航空器允许占用的空间范围，应由基础无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数、无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置冗余、无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置冗余、无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小间距四个参数所表示。
- 5.1.3.2 基础无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数用于描述标准占用空间，应为输入值。如：典型的圆柱体占用空间应使用圆柱的水平半径和高度的一半来定义，也就是参数为水平半径和高度方向长度。该参数通常为无人驾驶航空器在指定航迹位置的跟踪精度。
- 5.1.3.3 无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置冗余为无人驾驶航空器在指定航迹位置和时间，对其标准占用空间的在航迹未来时间上的占用，并基于此计算其对当前空间的占用， 应为计算值，取无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置沿航迹轴冗余所在时间与前置点位所在航段的结束时间的最大值，用于基于无人驾驶航空器四维航迹保护空间的航迹冲突计算和无人驾驶航空器执行参考。
- 5.1.3.4 无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置冗余为无人驾驶航空器在指定航迹位置和时间，对其标准占用空间的在航迹过去时间上的占用，并基于此计算其对当前空间的占用，应为计算值，取无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置沿航迹轴冗余所在时间与后置点位所在航段的开始时间最小值，用于基于无人驾驶航空器四维航迹保护空间的航迹冲突计算和无人驾驶航空器执行参考。
- 5.1.3.5 无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小间距代表两两无人驾驶航空器四维航迹保护空间之间的最小距离，应为输入值。综合基础胶囊参数和无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置冗余，无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置冗余，即可计算出在特定时间点上，无人驾驶航空器的实际无人驾驶航空器四维航迹保护空间尺寸。无人驾驶航空器四维航迹保护空间与航段时间精度匹配或不匹配时的具体处理方法，参见附录 A。

5.2 基础参数

5.2.1 基础数据类型

四维航迹基础数据内容见表1，通过表1及5.1中的计算方法，即可获得航迹和无人驾驶航空器四维航迹保护空间的实际尺寸。

表1 基础数据类型

	字段名	字段代码	数据类型	描述	样例
总体信息	航迹标识	TrajectoryID	uint64	静态航迹唯一标识，可对应于战略冲突使用到 T-1 的飞行计划数据	1234567
静态航迹	航段	Segments	List	多个航段组成一条静态航迹，每个航段由航迹点（航段发起点）索引、航迹点位置、航迹点时间片组成	

表1 基础数据类型（续）

	字段名	字段代码	数据类型	描述	样例
		-Index	uint64	代表航段的排位 id	1
		-LLA	struct	航迹点位置，包含经纬高三维参数，由 WGS84 坐标系描述（精度需要小数点后 7 位），高度为椭球高	39.9735581, 116.4087426, 100
		-DeltaTime	uint32	单位毫秒，航段占据时间片	1000
航迹开始执行时间	航迹执行开始时间	StartTimestamp	uint64	单位毫秒，Unix 时间戳，作为 4DTrajectory 数据基准时间点描述第四维属性	1689840598000
无人驾驶航空器四维航迹保护空间	无人驾驶航空器四维航迹保护空间标准空间参数	CapsuleBaseSpatialParameters	List		
		-EffectiveRegion	struct	参数生效半开区间，按位置定义，可按照航迹点 id 来定区间	EffectiveRegion { // 区间起始值 int32 start = 1; // 区间是否包含起始值 bool start_inclusive = 2; // 区间结束值 int32 end = 3; // 区间是否包含终止值 bool end_inclusive = 4; }
		-Geometry	enum	无人驾驶航空器四维航迹保护空间标准空间几何形状	enum Geometry { UNUSED_SHAPE = 0; // 圆柱 CYLINDER = 10; }
		--HRadius	float	单位米，无人驾驶航空器四维航迹保护空间水平半径（需要根据标准空间几何形状更新字段）	10m

表1 基础数据类型（续）

	字段名	字段代码	数据类型	描述	样例
		--VRadius	float	单位米，无人驾驶航空器四维航迹保护空间垂直单方向高度 （需要根据标准空间几何形状更新字段）	4m
无人驾驶航空器四维航迹保护空间标准时间参数		CapsuleBaseTemporalParameters	List		
		-EffectiveRegion	struct	参数生效半开区间，按位置定义，可按照航迹点 id 来定区间	EffectiveRegion { // 区间起始值 int32 start = 1; // 区间是否包含起始值 bool start_inclusive = 2; // 区间结束值 int32 end = 3; // 区间是否包含终止值 bool end_inclusive = 4; }
		--CapsuleLeadingMargin	float	无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置沿航迹轴冗余单位秒，前置沿航迹轴冗余参数	1s
		--CapsuleTrailingMargin	float	无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置沿航迹轴冗余单位秒，后置沿航迹轴冗余参数	5s
		-CapsuleMarginType	enum	无人驾驶航空器四维航迹保护空间冗余的使用类型，包括按照默认前后增加冗余的	enum CapsuleMarginType

表1 基础数据类型（续）

	字段名	字段代码	数据类型	描述	样例
				方法使用，或者按照空间占用时间延长的方法使用。	{ UNUSED_TYPE = 0; MARGIN = 1; EXTENSION = 2; }
	无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小间距	CapsuleMinInterval	struct		
		-HInterval	float	单位米，无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小水平间距	2m
		-VInterval	float	单位米，无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小垂直间距	2m
		-FInterval	float	单位未定（以时间或空间的形式表示），无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小沿航迹间距	2m or 1s
飞机信息	drone_sn	DroneSn	uint64	代表该航迹所应用的无人驾驶航空器	
航迹生产时间戳	trajectory	TrajectoryGenerationTimestamp	uint64	代表航迹的生产时间，用于判断哪一条航迹为最新	1689840597000

5.2.2 数据计算方法

- 5.2.2.1 四维航迹信息中，包含航线航迹信息和无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数两部分。
- 5.2.2.2 航迹参数信息应遵循相关航线制定标准完成，满足必要的安全，性能等要求。
- 5.2.2.3 无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数，包括无人驾驶航空器四维航迹保护空间标准空间参数，无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置沿航迹轴冗余，无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置沿航迹轴冗余，无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小间距的制定应保证受控无人驾驶航空器在设计运行域范围内可以极大概率性满足，并满足相关运行规范性中的指标。无人驾驶航空器四维航迹保护空间最小间距宜考虑无人驾驶航空器的物理尺寸、无人驾驶航空器间风扰以及运营人认为必要的其他安全性因素来确定。

5.2.2.4 使用四维航迹飞行的无人驾驶航空器在运行前，宜完成无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数的测试，并根据实际满足必要概率后所得的无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数作为该无人驾驶航空器运行时使用的参数。

6 数据交换接口

6.1 接口功能

运营人运行服务系统使用无人驾驶航空器空中交通管理信息服务系统的间隔流量等管控服务时，应报送四维航迹数据，与协同运行的相关方开展协商，化解潜在飞行冲突。四维航迹数据模型作为运营人申请的飞行计划数据核心结构，提供关键冲突判断和协商调整的计算依据。

6.2 通信协议要求

- 通信协议应满足如下要求：
- a) 可使用 RPC、HTTP、AMQP 等协议实现飞行计划两个系统间的数据交换；
 - b) 通信双方需建立可靠通信链路，确保双向身份鉴权和飞行计划数据加密传输。

6.3 数据传输要求

运营人运行服务系统与无人驾驶航空器空中交通管理信息服务系统的双向数据传输应满足 6.4 要求；在拥有多个运营人运行服务系统共同服务的分布式场景下，数据处理和传输的结果应满足分布式一致性要求。

6.4 接口描述

运营人运行服务系统向无人驾驶航空器空中交通管理信息服务系统提交飞行计划申请，应符合表2 基于四维航迹的飞行计划申请数据格式要求。响应报文应符合表3数据格式要求。

表 2 基于四维航迹的飞行计划申请数据格式

字段名称	字段代码	数据类型	格式	描述
飞行计划申请编号	reqNo	string	字符数字符号组合	预战术阶段飞行计划的唯一标识，具备服务系统全局唯一性
空域申请编号	airSpaNo	string	字符数字符号组合	战略阶段空域或航线使用申请的唯一标识，可置空
执飞无人驾驶航空器编号	droneNo	string	字符数字符号组合	在民航局相关系统实名登记的无人驾驶航空器编号，不可置空
驾驶员执照编号	licenseNo	string	字符数字符号组合	在民航局相关系统实名登记的监管驾驶员执照编号，不可置空
执飞航路编号	routeNo	string	字符数字符号组合	飞行计划执飞的航路信息，可置空

表 2 基于四维航迹的飞行计划申请数据格式（续）

字段名称	字段代码	数据类型	格式	描述
执飞优先级码	priority	enum	有限范围枚举	飞行任务的优先级
飞行任务性质	mission	enum	有限范围枚举	必填项。 1, 代表违法建设巡查 2, 代表海事巡查 3, 代表汛期地质灾害抢险排查飞行 4, 代表训练飞行 5, 代表试飞 6, 代表熟练飞行 7, 代表转场（调机） 8, 代表个人娱乐 9, 代表航空表演 10, 代表空中广告 11, 代表空中拍照 12, 代表跳伞飞行服务 13, 代表航空摄影 14, 代表空中游览 15, 代表操控员培训 16, 代表包机飞行 17, 代表石油服务 18, 代表气象探测 19, 代表科学实验 20, 代表海洋监测 21, 代表直升机引航 22, 代表城市消防 23, 代表空中巡查 24, 代表医疗救护 25, 代表电力作业 26, 代表渔业飞行 27, 代表航空喷洒 28, 代表航空护林 29, 代表航空探矿 30, 代表人工降水 31, 代表路桥巡检 32, 代表物流运输 33, 代表其他
视距内外飞行类别	vlosFlag	boolean	标志位	0, 视距外飞行 1, 视距内飞行
应急处置程序	emergencyProc	string	字符串	应急处置程序，可置空
预计开始时间	takeoffTime	uint64	时间戳	预计起飞时间戳
预计结束时间	landingTime	uint64	时间戳	预计降落时间戳
起飞点	takeoffPoint	string	字符数字符号组合	起飞起降场编号

表 2 基于四维航迹的飞行计划申请数据格式（续）

字段名称	字段代码	数据类型	格式	描述
降落点	landingPoint	string	字符数字符号组合	降落起降场编号
四维航迹数据	4DTrajectory	struct	结构体	四维航迹数据，由静态航迹、调度时间、无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数共同组成

表 3 基于四维航迹的飞行计划审核结果数据格式

字段名称	字段代码	数据类型	格式	描述
飞行计划申请 编号	reqNo	string	字符数字符号组合	预战术阶段飞行计划的唯一标识，具备服务系统全局唯一性
空域申请编号	airSpaNo	string	字符数字符号组合	战略阶段空域或航线使用申请的唯一标识，可置空
飞行计划申请 时间	reqTime	uint64	时间戳	接收到飞行计划申请的时间戳
结果描述	reqResult	enum	枚举	200 代表申请成功无需调整，201 申请成果需要调整
调整后四维航 迹数据	4DTrajectory	struct	结构体	四维航迹数据，由静态航迹、调度时间、无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数共同组成。 如不需要调整则置空。

附录 A
(资料性)

无人驾驶航空器四维航迹保护空间实际占用空间的处理

A. 1 无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数与航段时间精度匹配时的实际占用空间处理

无人驾驶航空器四维航迹保护空间的实际占用空间取决于无人驾驶航空器的无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数以及静态航迹信息，尤其是航段的时间信息。当航段的时间精度高于无人驾驶航空器四维航迹保护空间的时间精度需求时，图 1 展示了无人驾驶航空器四维航迹保护空间占用的示意图，精确地按照无人驾驶航空器四维航迹保护空间前置沿航迹轴冗余和无人驾驶航空器四维航迹保护空间后置沿航迹轴冗余进行占据。示意图请参考图 A.1 所示。

A. 2 无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数与航段时间精度不匹配时的实际占用空间处理

无人驾驶航空器四维航迹保护空间的实际占用空间取决于无人驾驶航空器的无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数以及静态航迹信息，尤其是航段的时间信息。无人驾驶航空器四维航迹保护空间无人驾驶航空器四维航迹保护空间无人驾驶航空器四维航迹保护空间当航迹的航段精度低于无人驾驶航空器四维航迹保护空间的时间精度需求时，实际的占用空间会以航段的起始端和末端为标准，宜根据需求，在静态航迹和无人驾驶航空器四维航迹保护空间参数上使用配套的参数，如图 A.1 所示。

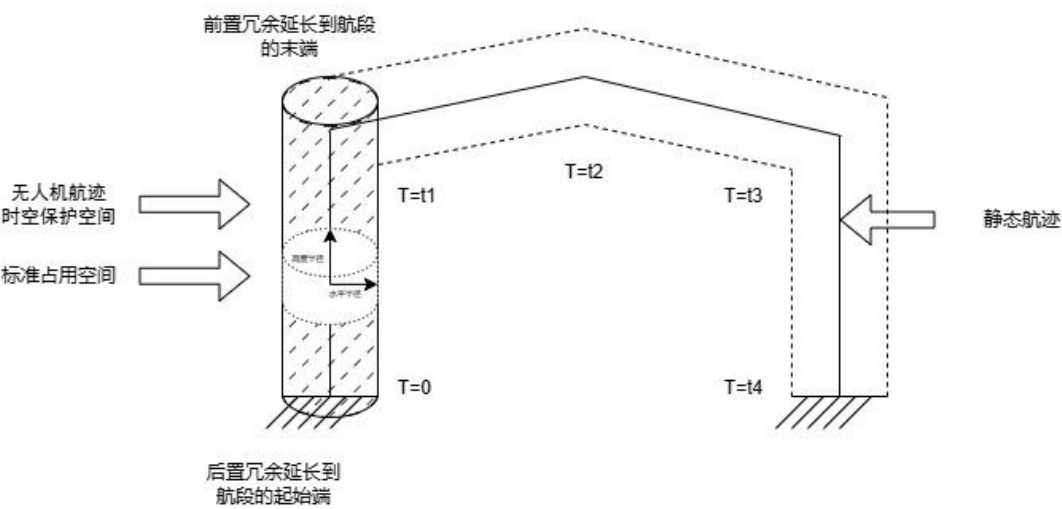


图 A.1 航段占用时间大于无人驾驶航空器四维航迹保护空间前后冗余时的图示