

团 体 标 准

T/CAMC 0009-2025

低空智能网联系统 第3部分：时空信息技术通用要求

Low-Altitude Intelligent Networked System - Part three: General
Architecture

征求意见稿

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国计算机自动测量与控制技术协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
4.1 坐标框架	2
4.2 网格框架	2
5 低空时空网格的划分编码规则	2
5.1 二维空间网格划分编码方法	2
5.2 高度网格划分方法	3
5.3 时间网格划分编码方法	3
6 低空时空网格的标识规则	4
6.1 国家标识码	4
6.2 区域标识码	4
6.2.1 省级标识码	4
6.2.2 市、县级标识码	5
6.2.3 顺序码	6
6.3 时段码	6
6.4 低空空域属性	6
6.4.1 高度标识	6
6.4.2 低空空域状态	6
7 低空时空网格的数据融合管理规则	7
7.1 静态对象数据的融合管理	7
7.2 动态对象数据的融合管理	8
8 时空信息技术管理要求	8
8.1 通信技术要求	9
8.1.1 通信协议	9
8.1.2 数据传输要求	9
8.1.3 通信可靠性要求	9
8.2 导航定位技术要求	9
8.2.1 定位精度要求	9
8.2.2 导航信号覆盖要求	9
8.3 监视技术要求	9
8.3.1 监视设备要求	9
8.3.2 目标识别与跟踪能力	10
8.3.3 告警功能要求	10

8.4 数据处理与分析要求	10
8.4.1 数据采集要求	10
8.4.2 数据存储要求	10
8.4.3 数据分析与挖掘要求	10
9 时空信息安全要求	10
9.1 数据安全要求	10
9.1.1 数据加密	10
9.1.2 访问控制	10
9.1.3 数据存储和传输	11
9.2 网络安全要求	11
9.2.1 网络安全防护	11
9.2.2 安全审计	11
9.3 应急处理要求	11
9.3.1 应急预案制定	11
9.3.2 应急响应能力	11
10 测试与评估要求	11
10.1 测试方法与标准	11
10.1.1 功能测试	11
10.1.2 性能测试	12
10.2 节高度网格划分的 1 米精度要求。	12
10.2.2 安全测试	12
10.2.3 测试环境与数据	12
10.3 评估指标与方法	12
10.3.1 评估指标	12
10.3.2 评估方法	13
11 实施与监督要求	13
11.1 实施要求	13
11.1.1 实施计划	13
11.2.1 监督机制	13
11.2.2 检查内容与方式	13
附录 A （资料性附录） 编制说明	14

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。

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。

本文件由计算机自动测量与控制技术协会提出并归口。

本文件起草单位：北京大学大数据分析与应用国家工程中心、星展测控科技股份有限公司、航天时代低空科技有限公司、湖南中电星河电子有限公司、西安爱生技术集团有限公司、北京大学长沙计算与数字经济研究院、北京国科标研科技有限公司。

本文件主要起草人：王新民、李冰、潘超、杨文岗、郑宇、程若雪、朱文卿、尚尔钧。

低空智能网联系统 第3部分：时空信息技术通用要求

1 范围

本文件规定了时空信息技术在低空智能网联系统中的通用技术要求，说明了基于低空时空网格的时空信息时间、空间定位与数据融合规则。

本文件适用于时空信息技术在低空智能网联系统中的具体范围，包括涉及的低空飞行器类型（如轻小无人机、eVTOL等）、应用场景（如物流配送、巡检、载人等）以及相关的基础设施（如起降场、通信基站等）。

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 22021-2008	国家大地测量基本技术规定
GB/T 39409-2020	北斗位置网格码
GB/T 42578-2023	北斗剖分时间码
GJB 8896-2017	地球表面空间网格与编码
000014349/2023-00030	无人驾驶航空器飞行管理暂行条例

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空域 **airspace**

根据飞行任务需要划设的一定范围的航空空间。

3.2

网格 **grid**

由两组或多组曲线(面)集所包络的空间区域。

3.3

低空时空网格 **low altitude spatiotemporal grid**

具有时空属性的，高度位于低空的网格体系

3.4

网格编码 **grid code**

网格单元按照一定规则被赋予的唯一代码标识。

3.5

时空信息技术 **spatiotemporal information technology**

基于低空时空网格底座处理时空信息以支持低空智能网联系统的相关技术。

4 一般要求

4.1 坐标框架

坐标框架按 GB22021-2008 规定采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000)。

4.2 网格框架

网格剖分与编码框架按 GB/T 39409-2020 与 GB/T 42578-2023 规定采用北斗网格位置码与北斗剖分时间码。

5 低空时空网格的划分编码规则

低空时空网格的划分编码为组合码,由二维空间网格码、高度网格码以及时间网格码组成,共占 104 比特,如图 1 所示。其中,二维空间网格码占 58 比特,高度网格码占 12 比特,时间网格码占 34 比特。

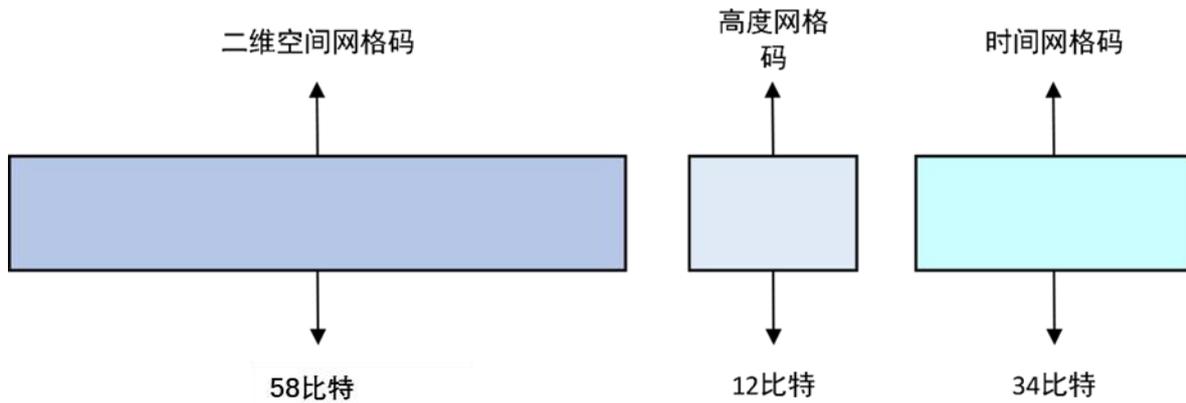


图 1 低空时空网格编码结构图

5.1 二维空间网格划分编码方法

二维空间网格划分应符合 GB/T 39409-2020 北斗二维网格位置码的要求,二维空间网格编码结构见图 2。

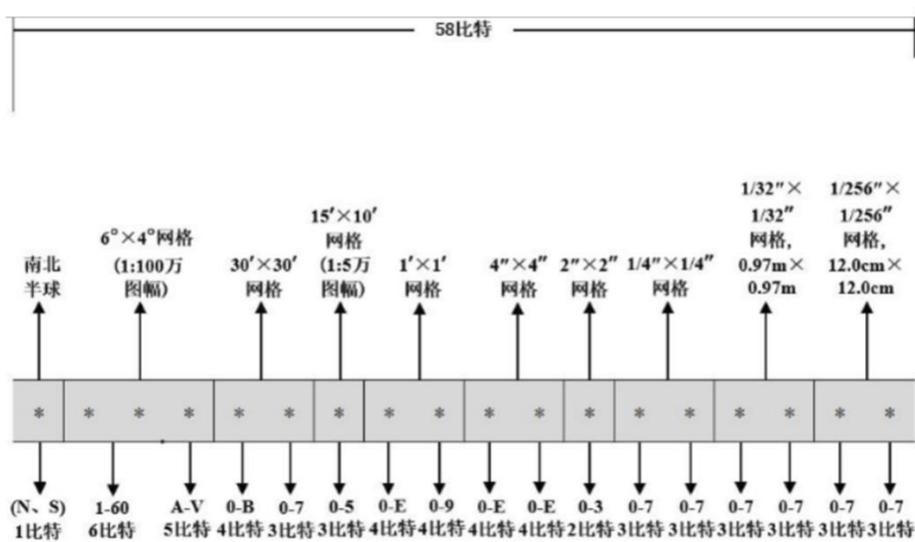


图2 第九级网格码结构图

其中，二维空间网格编码应符合 GB/T 39409-2020 5.2a)-j) 的要求，从北斗二维网格位置码第一级 6X4 开始划分，到第九级 1/256” 网格止，此时网格大小为 1/256” X1/256”，该网格层级粒度约等于 12.0cmX12.0cm 网格，整串编码长度占 58 比特。若一个网格无法容纳该实体，则以一个编码集合 {Grid1ID, Grid2D, ……， Gridn ID} (n>1) 的形式表示该实体。

5.2 高度网格划分方法

本标准综合低空空域 0 至 1000 米范围、负海拔区域（如中国吐鲁番盆地 - 154.31 米）及二进制划分要求，将高度维划分范围设定为 -1023 米至 1023 米。本标准将-1023-1023m 的高度范围划分为两部分，0-1023 和-1023-0。高度网格码结构见图 3。

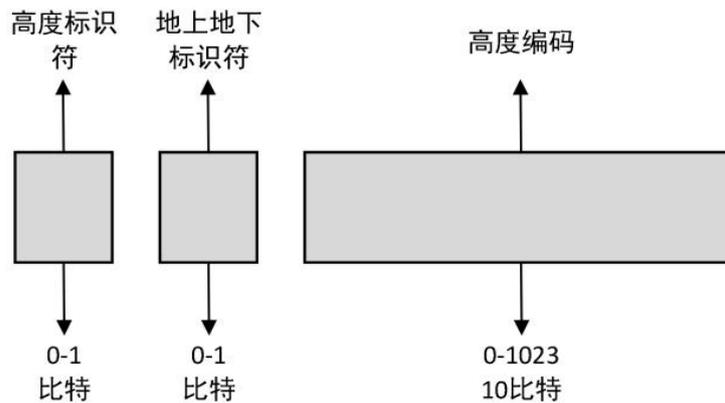


图3 高度网格码组成图

高度标识符取值 0 和 1，占 1 比特。当高度标识符为 0 时，高度编码标识大地高；当高度标识符为 1 时，高度编码标识海平面高。其中，地上地下标识符表示地上/地下，0 标识地上，1 标识地下。高度编码占 10 比特，网格高度范围为-1023m~1023m，最小粒度 1m。如大地高度 111m，则编码为 000001101111。

5.3 时间网格划分编码方法

时间网格划分应符合 GB/T 42578-2023 北斗剖分时间码中的要求，以公元 2000 年为时间起点，采用北

斗剖分时间码通用时间记录型标识，最小时间粒度选取 1 秒，共占 34 比特。时间网格编码码组成见图 4。

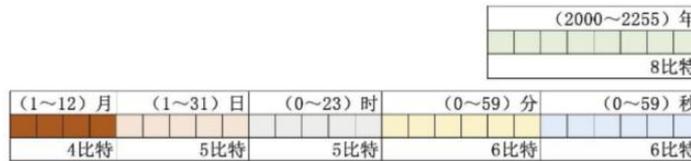


图 4 时间网格编码组成图

时间输入基本结构为公元 A 年 B 月 C 日 D 时 E 分 F 秒，将十进制(A(12 比特)-2000)转换为定长二进制数，得到年份编码。十进制 B(4 比特)、C(5 比特)、D(5 比特)、E(6 比特)、F(6 比特)分别转换为定长的二进制数，A~F 缺省的时候默认为 0，将以上不同长度的二进制整数在位域上直接连接，形成 34 比特的时间码。

6 低空时空网格的标识规则

低空时空网格的标识规则由国家标识码、区域标识码、时段码及空域属性码组成，如图 5 所示。



图 5 低空时空网格标识码组成图

6.1 国家标识码

国家码标识空域所在的国家，按照《世界各国的地区名称代码》(GB/T 2659-2000)采用两字母代码对各国家进行标识。

6.2 区域标识码

6.2.1 省级标识码

根据国家统计局的 2023 统计用区划代码和城乡划分代码，截止到县区级的代码共 6 位，前两位代表省级代码，如表 1 所示。

表 1 省级标识码

编码（前两位）	区域	编码（前两位）	区域
110000	北京市	430000	湖南省
120000	天津市	440000	广东省
130000	河北省	450000	广西壮族自治区
140000	山西省	460000	海南省

编码（前两位）	区域	编码（前两位）	区域
150000	内蒙古自治区	500000	重庆市
210000	辽宁省	510000	四川省
220000	吉林省	520000	贵州省
230000	黑龙江省	530000	云南省
310000	上海市	540000	西藏自治区
320000	江苏省	610000	陕西省
330000	浙江省	620000	甘肃省
340000	安徽省	630000	青海省
350000	福建省	640000	宁夏回族自治区
360000	江西省	650000	新疆维吾尔自治区
370000	山东省	710000	台湾省
410000	河南省	810000	香港特别行政区
420000	湖北省	820000	澳门特别行政区

6.2.2 市、县级标识码

以河北省为例，如表 2 所示：

表 2 市、县级标识码

编码（前 4 位）	区域
130000	河北省
130100	河北省, 石家庄市
130200	河北省, 唐山市
130300	河北省, 秦皇岛市
130400	河北省, 邯郸市
130500	河北省, 邢台市
130600	河北省, 保定市
130800	河北省, 承德市
130900	河北省, 沧州市
131000	河北省, 廊坊市
131100	河北省, 衡水市
131102	河北省, 衡水市, 桃城区
131103	河北省, 衡水市, 冀州区
131121	河北省, 衡水市, 枣强县
131122	河北省, 衡水市, 武邑县
131123	河北省, 衡水市, 武强县
131124	河北省, 衡水市, 饶阳县
131125	河北省, 衡水市, 安平縣
131126	河北省, 衡水市, 故城县
131127	河北省, 衡水市, 景县

编码（前 4 位）	区域
131128	河北省, 衡水市, 阜城县
131182	河北省, 衡水市, 深州市
139001	河北省, 定州市, 定州市
139002	河北省, 辛集市, 辛集市

6.2.3 顺序码

采用选定层级网格对区域进行细划分。完全处于分区内的被选层级网格按 Z 序从上向下，从左向右顺序编码，如：130100-001；有两个以上地区交叉时选择字母排序最靠前的两个位置标识。其网格按 Z 序从上向下，从左向右顺序编码，如：11 13-001。

6.3 时段码

占用时段描述空域被占用的时间跨度。由时间网格码类型和时间编码两部分组成，如表 3 所示。

表 3 占用时段编码

时间码类型	编码形式
0 时刻码	起始码+终止码（MMDDhhmmss-MMDDhhmmss）
1 剖分时间码	455566778899（参考北斗剖分时间码 （20203805-T-801）

6.4 低空空域属性

低空空域属性码由高度标识、低空空域状态及使用单位等部分组成。

6.4.1 高度标识

由高度基准、高度单位以及高度范围，具体编码如表 4 所示。

表 4 高度范围编码表

属性	类型	编码
高度基准	标准气压高度	1
	修正海平面气压高度	2
	场面气压高度	3
	大地高	4
	海拔高度	5
	真高	6
高度单位	米	M
	百米	H
	英尺	F
高度范围	由高度上限和高度下限组成，单位为米/英寸时，采用 3 位数字；为百米时，采用 2 位数字。	

6.4.2 低空空域状态

低空空域状态描述低空空域被占用的状态，包括未使用、正在使用、将要释放、已经申请、临时禁飞等，如表 5 所示。

表 5 空域状态编码

空域状态	编码
未使用	1
正在使用	2
将要释放	3
已经申请	4
临时禁飞	5

7 低空时空网格的数据融合管理规则

按照 000014349/2023-00030 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例要求，依托低空空域物理空间剖分成的各种尺度连续网格或网格体，引接与汇聚每个网格空间的静态、动态数据，为低空空域管控提供数字孪生数据支撑。

7.1 静态对象数据的融合管理

静态对象数据具有位置属性，且占有规则或不规则的立体几何空间，静态对象网格剖分表达指的是抽离静态对象的属性信息，把静态对象看作是一些剖分网格的集合。该表达方式在路径规划的碰撞检测中具有重要作用。本标准选用多尺度的剖分网格进行静态对象的网格剖分表达，其中较高尺度（除了最小尺度）的剖分网格条目可以用作任务规划时粗略的考察空间。而在实际应用中路径规划最终会在最小尺度进行判断，而飞行器会不会与静态对象发生碰撞，只需要判断飞行器的路线会不会与静态对象的剖分网格相交，简化了碰撞检测的计算难度，从而提高路径规划效率，如表 6 所示。

表 6 静态对象网格剖分表达数据结构

对象 ID	尺度层级	完全占用与否	低空时空网格编码	同尺度相邻网格索引	低一尺度网格索引
Obj_ID1	Level1	Occupy_BOOL1	低空时空网格 _CODE1	SD_INDEX1	LD_INDEX1
Obj_ID1	Level1	Occupy_BOOL2	低空时空网格 _CODE2	SD_INDEX2	LD_INDEX2
Obj_ID1	Level1	Occupy_BOOL3	低空时空网格 _CODE3	SD_INDEX3	LD_INDEX3
...
Obj_IDN	LevelN	Occupy_BOOLN1	低空时空网格 _CODEN1	SD_INDEXN1	LD_INDEXN1
Obj_IDN	LevelN	Occupy_BOOLN2	低空时空网格 _CODEN2	SD_INDEXN2	LD_INDEXN2
Obj_IDN	LevelN	Occupy_BOOLN3	低空时空网格 _CODEN3	SD_INDEXN3	LD_INDEXN3

7.2 动态对象数据的融合管理

动态对象数据的融合管理内容如下所示：

- a) 动态数据组织较静态数据组织更为复杂，静态数据展现的是位置和空间，而动态数据需要展现位置、轨迹、空域状态变化等多重信息，并且信息具有相关性，如轨迹数据通过位置数据与时间点累积获取，空域状态变化是飞行器位置变化的总体体现等。
- b) 动态对象数据除了具有属性以外，还具有时刻移动的位置信息，动态位置信息是分析动态对象运动以及空域占用情况研究的最基本信息，其最基础的表达是“某飞行器于某时刻处于某位置”，飞行器用对象 ID 表示，时刻用态势图时刻点表示，位置用飞行器质点所在的低空时空网格编码表示，如表 7 所示。

表 7 动态对象网格位置数据结构

对象 ID	低空时空网格编码	时刻点	速度大小	飞行方向	...	计划下一位移点	预计下一位移点
Obj_ID1	低空时空网格_CODE1	Time1	Speed1	Direction1	...	PlanNext1	WillNext1
...
Obj_IDN	低空时空网格_CODEN	TimeN	SpeedN	DirectionN	...	PlanNextN	WillNextN

对飞行轨迹的网格表达也是动态对象表达的重要组成，其指的是根据起终点以及任务等条件为某一飞行器设定的飞行路线，常常需要在飞行器起飞前规划好并存储在数据库中，在飞行过程中指导飞行器完成任务；飞行轨迹通常是一个网格序列，记录了飞行器在某一时间段内进入并离开的一系列网格编码，路径轨迹网格表达数据结构见表 8。

表 8 飞行轨迹网格表达数据结构

对象 ID	开始时刻点	当前时刻点	累积耗时	开始低空时空网格编码	当前低空时空网格编码	编码前缀	轨迹	任务 ID
Obj_ID1	First_Time1	Last_Time1	Spend_Time1	First_低空时空网格_CODE1	Last_低空时空网格_CODE1	Prefix_CODE1	低空时空网格_CODE_List1	Task1
...
Obj_IDN	First_TimeN	Last_TimeN	Spend_TimeN	First_低空时空网格_CODEN	Last_低空时空网格_CODEN	Prefix_CODEN	低空时空网格_CODE_ListN	TaskN

表格中的关键元素是轨迹，其存储内容是一个低空时空网格编码序列，由于字符串可能具有较长长度，所以设置存储的数据类型为 text；编码前缀属性是用于将所有路径/轨迹的网格编码中相同的编码前缀提取出来存储，从而减少存储空间并加快提取字段分析的读取时间。

8 时空信息技术管理要求

8.1 通信技术要求

8.1.1 通信协议

通信系统应当支持低时延、高可靠的数据传输协议（如 5G-A/6G，低空专用通信协议），确保低空时空网格编码数据、动态对象网格位置数据（见表 7）、飞行轨迹网格数据（见表 8）、空域状态变更指令等核心时空信息的高效传输；通信协议宜兼容广播式通信（如 ADS-B）在低空时空网格框架下的信息播发与接收机制。

8.1.2 数据传输要求

对通信的速率、带宽、时延等参数提出要求，以满足时空信息的实时传输需求。卫星通信数据传输的时延参需在 700ms 以下，上行速率应不低于 50 Mbps，下行速率应不低于 100 Mbps，支持动态带宽分配，可根据业务需求调整信道资源；控制链路的端到端时延需在 100ms 以下；高清视频回传业务需上行速率 100Mbps，4K 直播需 25Mbps 等。

8.1.3 通信可靠性要求

采用冗余设计、差错控制等技术手段，确保在复杂环境下（如城市峡谷、山区等）通信的稳定性和可靠性。应当具备在网络中断时，飞行器基于本地存储的低空时空网格地图（包含静态障碍物网格、空域属性）进行基本安全运行的能力。

8.2 导航定位技术要求

8.2.1 定位精度要求

针对不同的应用场景和飞行阶段，基于低空时空网格的相应尺度层级，飞行器定位结果应当能实时映射到本标准第 5 章定义的低空时空网格上。定位系统应满足不同飞行阶段和低空时空网格层级粒度的精度要求，详细内容如下所示：

- a) 在巡航阶段，定位精度应当不低于所使用低空时空网格层级对应网格边长尺寸；
- b) 起飞/着陆阶段及密集空域：定位精度应当不低于网格边长的 1/2，并优先采用更高精度的低空时空网格层级；
- c) 高度定位精度应当满足 5.2 节高度网格划分的要求。

8.2.2 导航信号覆盖要求

系统应确保导航信号在低空飞行区域的有效覆盖，针对城市高楼区、山区等信号遮挡严重场景，需采用信号反射增强、深度学习预测等复杂环境信号增强技术；同时需具备无 GNSS 信号场景下的自主智能导航能力，通过融合惯性导航、视觉导航等多源数据进行动态优化，有效解决信号遮挡区域的导航漂移问题。

8.3 监视技术要求

8.3.1 监视设备要求

所有监视设备（雷达、ADS-B 接收站、光电设备等）获取的低空目标位置信息应实时转换并关联到本标准定义的低空时空网格编码上。系统应基于低空时空网格编码对监视目标进行统一标识和关联融合，监视数据与低空时空网格编码的关联时间延迟应不大于 100 ms，应根据监视设备的数据精度选择对应的低空时空网格层级，多源监视数据在相同网格单元内的位置差异不应超过该网格层级的边长尺寸。

8.3.2 目标识别与跟踪能力

系统应能识别不同类别（轻小无人机、eVTOL 等）和尺寸的飞行器，并持续输出其当前的低空时空网格编码、速度、航向等动态信息，应当具备基于低空时空网格序列的目标航迹跟踪能力。

8.3.3 告警功能要求

当系统检测到飞行器位置（低空时空网格编码）接近或进入禁飞区、限制区（其范围由特定低空时空网格编码集合定义）时，应立即生成告警，告警信息应包含触发告警的低空时空网格编码；当预测到飞行器未来轨迹（基于低空时空网格序列预测）将与其他目标或静态障碍物（其占用低空时空网格集合）发生冲突时，应生成冲突预警，预警信息应包含预测冲突涉及的低空时空网格编码或区域（低空时空网格编码集合）；当检测到未授权飞行器出现在受保护空域（特定低空时空网格区域）时，应生成入侵告警。

8.4 数据处理与分析要求

8.4.1 数据采集要求

时空数据（位置、状态、环境等）的采集频率应满足低空智能网联应用的需求，并确保能有效捕捉目标在低空时空网格间的移动。所有采集的原始时空数据应在源头或接入时即完成向低空时空网格的映射和编码，形成标准化的网格位置数据。

8.4.2 数据存储要求

应建立以低空时空网格编码为核心索引的数据存储架构，支持高效的空域范围查询（按低空时空网格编码或编码集合）、时间范围查询和时空联合查询；静态、动态对象与空域状态变化历史应当记录其状态、时间及对应的低空时空网格区域。

8.4.3 数据分析与挖掘要求

应具备基于低空时空网格的飞行流量统计分析能力，如统计特定低空时空网格区域（如某个起降场网格区）在特定时段内的飞行架次；应具备基于低空时空网格的航迹预测能力，预测结果表现为未来可能占用的低空时空网格编码序列。应支持基于低空时空网格的空域态势可视化，直观展示不同网格单元的空域状态（见表 5）、占用情况、流量密度、流量上限等。应支持基于低空时空网格的精细化空域资源调度和冲突解脱算法。

9 时空信息安全要求

9.1 数据安全要求

9.1.1 数据加密

对时空数据的传输和存储进行加密处理，防止数据泄露和篡改。敏感的低空时空网格相关数据（如高精度静态障碍物网格分布、特定空域属性、实时精确飞行器网格位置、飞行计划轨迹网格序列）在传输和存储过程中应使用密码算法进行加密保护；低空时空网格标识码（第 6 章）中的敏感部分（如特定区域码、使用单位信息）宜进行访问控制或脱敏处理。

9.1.2 访问控制

建立严格的访问控制机制，对不同用户和系统设置不同的访问权限，确保数据的安全性。应采用校验码、数字签名等技术手段，确保低空时空网格编码数据、空域状态指令、飞行控制指令等在传输和处理过程中的完整性，防止篡改。应记录所有对核心低空时空网格数据的访问、修改、删除操作日志。

9.1.3 数据存储和传输

数据存储和传输。存储设备需具备防篡改、防泄露能力，支持存储介质加密（如硬盘加密、云存储加密）。核心数据应采用分布式存储与异地容灾备份策略。

9.2 网络安全要求

9.2.1 网络安全防护

承载低空时空网格数据传输和处理的网络应部署防火墙、入侵检测/防御系统（IDS/IPS）等安全设备，有效隔离外部攻击和内部违规访问；涉及低空时空网格关键数据传输的通信链路应采用安全通信协议（如 IPSec VPN, TLS/SSL）。

9.2.2 安全审计

对系统的操作和数据访问进行审计，记录相关信息，以便在发生安全事件时进行追溯和调查。

9.3 应急处理要求

9.3.1 应急预案制定

应制定涵盖时空信息技术（特别是低空时空网格数据处理与传输）故障、网络攻击、数据泄露等突发事件的专项应急预案。预案应明确低空时空网格数据服务切换流程，受攻击或污染低空时空网格数据的隔离与恢复流程，应急通信保障措施，应急指挥协调机制与责任人等。

9.3.2 应急响应能力

应建立快速应急响应机制，确保在发生安全事件时能及时启动预案并有效处置；应定期组织针对时空信息安全事件（特别是涉及低空时空网格核心数据和服务）的应急演练。

10 测试与评估要求

10.1 测试方法与标准

10.1.1 功能测试

功能测试内容包括但不限于如下所示：

- a) 系统应验证低空时空网格编码的完整性和准确性，确保生成的 101 比特组合码符合第 5 章规定的结构要求。
- b) 测试内容包括二维空间网格码（55 比特）、高度网格码（12 比特）和时间网格码（34 比特）的正确生成，以及低空时空网格标识规则中国家标识码、区域标识码、时段码及空域属性码的准确性验证。
- c) 静态和动态对象数据融合功能应按照第 7 章要求进行测试，验证多尺度网格剖分表达、路径规划碰撞检测以及动态轨迹网格表达的正确性。
- d) 系统应能正确处理表 6 和表 7 定义的数据结构，并实现高效的时空信息组织管理。

10.1.2 性能测试

10.1.2.1 通信性能测试

应验证系统是否满足第 8.1 节规定的时延要求。卫星通信数据传输的时延参需在 700ms 以下，控制链路的端到端时延需控制在 100ms 以内。高清视频回传业务需达到上行速率 100Mbps，4K 直播需达到 25Mbps 的传输能力。

10.1.2.2 定位精度测试

应验证系统在不同飞行阶段的定位能力。巡航阶段定位精度应不低于所使用低空时空网格层级对应的网格边长尺寸，起飞/着陆阶段及密集空域的定位精度应不低于网格边长的 1/2。高度定位精度应满足第

10.2 节高度网格划分的 1 米精度要求。

10.2.1.1 数据处理性能测试

应验证系统的实时数据采集、存储和分析能力，确保能够支撑高并发的低空时空网格数据处理需求，满足多架次飞行器同时运行的业务场景。

10.2.2 安全测试

10.2.2.1 数据安全测试

应验证敏感的低空时空网格相关数据在传输和存储过程中的加密保护效果，包括高精度静态障碍物网格分布、特定空域属性、实时精确飞行器网格位置等关键数据的安全性。访问控制机制和操作审计功能应得到有效验证。

10.2.2.2 网络安全测试

应验证承载低空时空网格数据传输的网络安全防护能力，包括防火墙、入侵检测系统的有效性，以及安全通信协议的正确实施。应急处理能力测试应验证应急预案的可操作性和响应速度。

10.2.3 测试环境与数据

测试应在典型的低空飞行环境中进行，包括城市高楼密集区域、山区复杂地形、起降场周边环境以及不同气象条件。测试数据应包含不同类型飞行器的真实飞行轨迹、静态障碍物空间分布、多时段空域使用情况等代表性数据，确保测试结果的有效性和可信度。

10.3 评估指标与方法

10.3.1 评估指标

10.3.1.1 技术性能

低空时空网格编码准确率应达到 99.9%以上，时空数据融合处理延迟应控制在秒级范围内，系统响应时间应满足实时性要求。定位精度应符合第 8.2 节规定的不同场景要求。

10.3.1.2 安全性

数据传输加密强度应符合国家密码管理相关规定，系统可用性应达到 99.5%以上，故障恢复时间应控制在合理范围内。告警功能应能及时发现禁飞区入侵、航迹冲突等安全威胁。

10.3.2 评估方法

采用定量测试与定性分析相结合的方式进行评估。通过自动化测试工具采集系统运行数据，运用统计分析方法计算各项技术指标的达标情况；组织专家评审和用户体验测试，从实用性、易用性等方面进行综合评价。评估过程应形成详细的测试报告，包含问题分析和改进建议。

11 实施与监督要求

11.1 实施要求

11.1.1 实施计划

实施计划包括但不限于如下所示内容：

- a) 相关企业和机构应在本标准正式发布后制定具体的实施计划。标准发布后 6 个月内完成人员培训和技术准备，12 个月内完成系统改造升级，18 个月内全面投入运营使用。对于新建系统，应从设计阶段开始严格按照本标准执行。
- b) 设备制造企业应确保生产的通信、导航、监视等设备支持低空时空网格编码标准，系统集成企业应按照第 5-9 章的技术要求进行系统集成和部署。运营服务企业应建立基于低空时空网格的空域管理和飞行服务体系，确保服务质量符合标准规定。

11.1.2 技术实施要求

技术实施要求包括但不限于如下所示：

- a) 系统实施应严格遵循第 4 章一般要求，采用 CGCS2000 坐标框架和北斗网格编码体系。低空时空网格的划分编码、标识规则、数据融合管理应完全符合第 5-7 章的规定。通信、导航、监视、数据处理等技术子系统应满足第 8 章规定的具体技术要求。
- b) 安全实施方面，应建立完善的数据安全、网络安全和应急处理机制，确保第 9 章安全要求的全面落实。特别是涉及敏感空域和关键基础设施的区域，应采取更加严格的安全防护措施。

11.2 监督与检查要求

11.2.1 监督机制

建立由行业主管部门统一协调、专业技术机构具体实施、用户单位参与反馈的多层次监督体系。行业主管部门负责制定监督计划和标准解释，专业技术机构负责开展技术检测和合规性评估，用户单位及时反馈使用中发现问题。

11.2.2 检查内容与方式

检查内容与方式包括但不限于如下所示：

- a) 监督检查重点关注系统技术实现的合规性、运营服务的规范性、安全措施的有效性以及用户满意度等方面。采用定期检查与随机抽查相结合的方式，原则上每年进行不少于一次的全面检查，必要时可开展专项检查。
- b) 检查过程中发现的技术问题应要求限期整改，对于涉及安全的重大问题应立即停止相关业务直至整改完成。检查结果应及时向相关企业和机构反馈，并根据问题严重程度采取相应的监管措施。

11.2.3 持续改进

建立标准实施效果的跟踪评估机制，定期收集实施过程中的技术问题、应用反馈和改进建议。根据低空经济发展和技术进步情况，适时启动标准修订工作，确保标准的先进性和适用性得到持续保持。

附录 A

(资料性附录)

编制说明

A.1 任务来源

随着低空经济进入规模化发展新阶段,空域资源精细化管理和飞行安全保障已成为制约行业发展的关键瓶颈。本标准主要涉及低空智能网联系统的相关行业,本标准涉及的技术主要是基于全球离散格网系统所改进的低空时空网格技术。其中,全球离散格网系统(Discrete Global Grid Systems, DGGS)作为一种地球空间参照系统,其特性是它的单元格结构、地理编码、量化策略和相关数学函数,为组织存储和分析多种分辨率和多尺度(从接近全球尺度到微米)的时空数据提供了一种新的思路。DGGS 将整个地球划分形成一个由分辨率逐级提高的区域(或单元)组成的全球格网,通过为每个区域分配一个独特的时空标识符,来优化数据的融合、分解和聚合,这些标识符是对其区域位置及分辨率的编码,从而将复杂的多维、多分辨率的时空操作简化为一组一维阵列和滤波操作。因此, DGGS 特别适用于高效的多源数据处理、存储、传输、可视化、计算、分析和建模。同时,低空飞行安全与空域管理面临的主要问题在于如何精细化管理空域,保证空域的安全性以及如何对空域资源进行高效分配利用。由于低空空域整体使用的情况比较突出,空域的临时释放效果非常有限,因此对低空空域进行分区的精细化管理,快速根据空域属性释放或者使用空域,提高空域资源利用率势在必行。

因此,在低空智能网联系统中,本标准提出了低空时空网格,其采用 GeoSOT 与北斗网格码的现有基础,在低空空域中进行时空立体化的划分编码改进,在领域内有着较强的空域时空管理基础,且具有原理独创性,各类指标上均领先于国内外团队。这项工作将为我国低空航空安全与空域管理提供新方法、新思路,将极大程度上提高空域利用资源率和飞行安全保障率,也将成为推动我国低空领域朝着精细化、安全化、智能化方向发展的有力抓手。该标准的制定将支撑我国低空经济万亿级市场的规范化发展。据行业预测,未来我国低空飞行器保有量将突破 200 万架,传统空管模式已无法应对日均千万架次的运行需求。本标准形成的时空网格底座将催化“低空数字孪生”、“智能空域大脑”等新型产业形态,为城市物流、应急救援、立体交通等场景提供标准化支撑。

A.2 编制原则

本标准编制遵循“全面性、适用性、可操作性、先进性、继承性、规范性”的原则,与国家现行相关标准接轨,本标准编制过程中,充分利用当前国内外在相关领域的研究和应用实践成果,借鉴国外先进经验制定。在国内标准体系衔接方面,本标准充分继承并发展了既有的空间网格标准体系。负责本标准的核心成员曾牵头制定了 5 项面向北斗和低空的二维、三维、四维网格国家标准和国军标,包括《地球表面空间网格与编码》(GJB8896-2017)、《北斗网格位置码》(GB/T39409-2020)、《地球空间网格编码规则》(GB/T40087-2021)、《北斗剖分时间码》(GB/T42578-2023)、《民用无人驾驶航空器系统身份识别三维空间位置标识编码》(GB/T43551-2023)。

其中,北斗网格码是国家 973 计划创建的地球空间剖分理论上发展的重要成果,是一套我国自主创新的地球域时空框架标准,目前已发展出相应的国军标、国家邮政新型邮编(寄递码)、国家空域网格标准等系列国家及全球标准。北斗网格码设计上与北斗卫星导航系统(包括增强系统)的定位精度相适应,同时兼顾人和设备的使用,是经纬度点位置编码体系的重要拓展。以北斗卫星导航系统为代表的定位导航授时(PNT)体系的一种基本输出,为万事万物的区域位置赋值,目的是在信息链的最前端实现全球空间位置网格化和一维整形数的统一标识和表达,从而为大数据条件下的各种应用提供更好、更便捷的空间信息基础服务,提高地球空间位置数据的组织、处理、分析、传递和运用效率。

因此,本标准具有较好的国家标准与行业标准基础。本标准将在核心团队设计的全球通用北斗时空剖分框架的基础上,对低空时空网格进行定位、划分、编码以及时空信息的统一融合,并进行时空数据 W 标准化的重新设计与要求指定,最终实现低空智能网联系统下时空信息的统一要求与通用管理。