

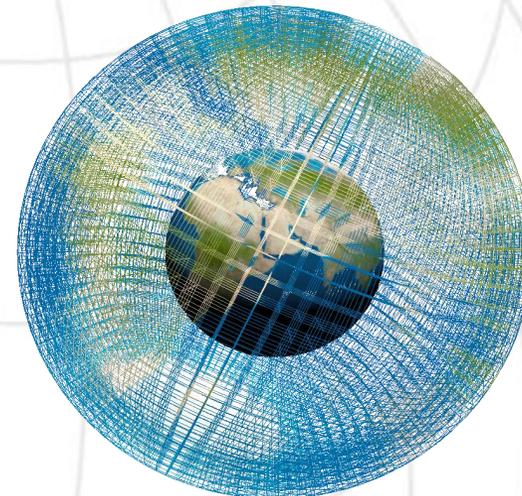


# 无人机空间位置标识标准及应用

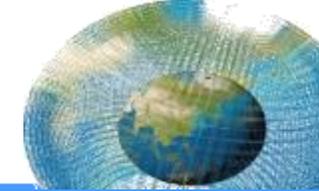
任伏虎

北京大学时空大数据协同创新中心

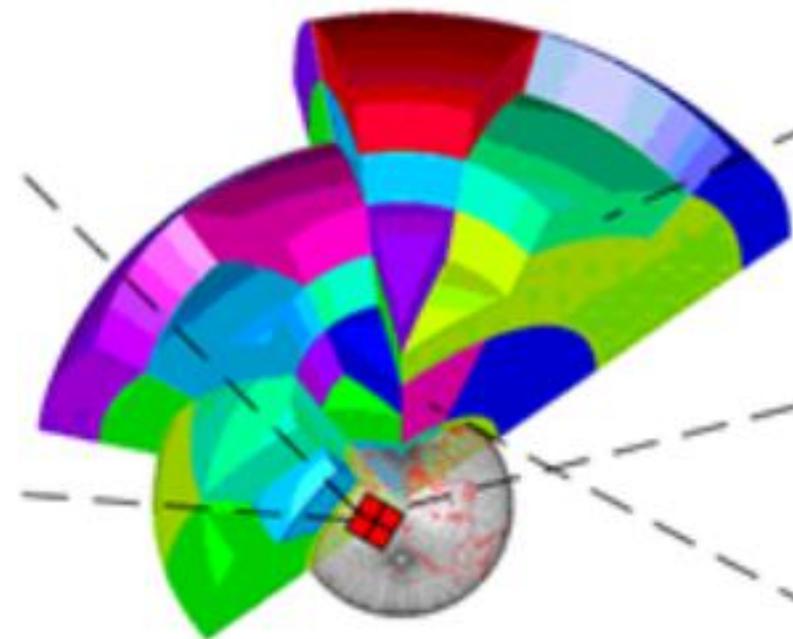
二〇一九年十一月



# 目录

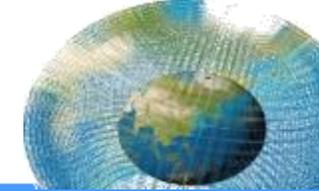


- 一、全球剖分网格研究进展
- 二、无人机与网格应用
- 三、全球立体剖分系统
- 四、无人机位置标识编码
- 五、产品与应用

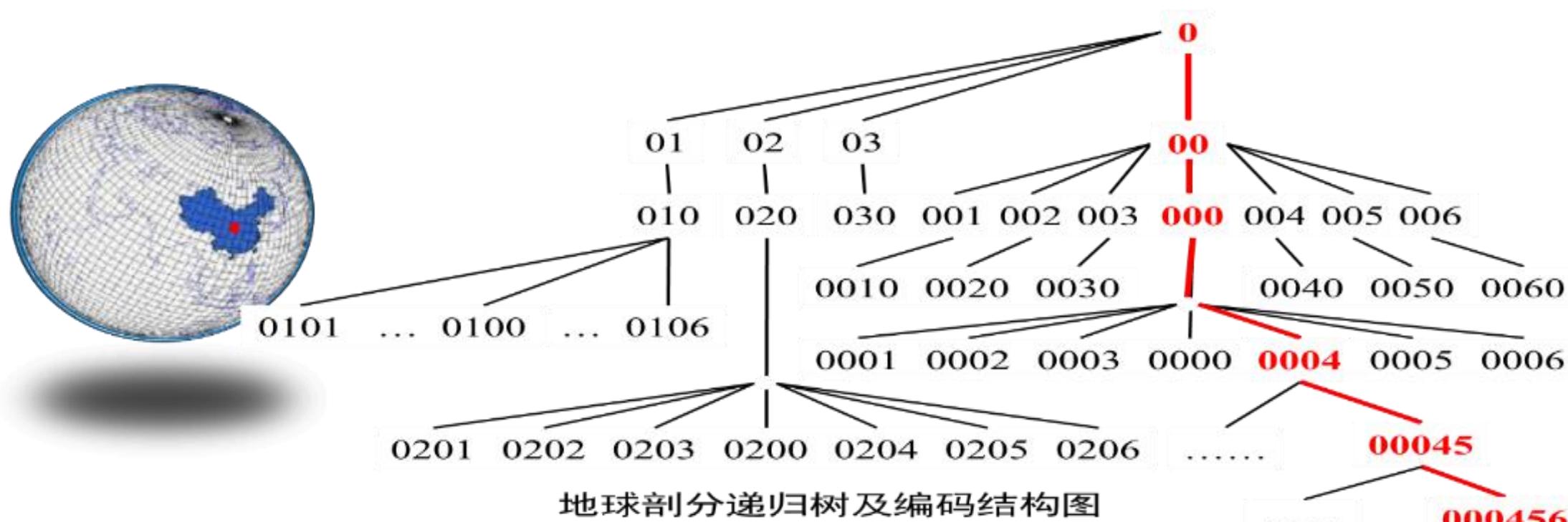


空间立体网格

# 一、全球剖分网格研究进展



地球剖分是指将地球空间范围进行多层次划分，形成连续的立体网格，每个网格均可赋予可计算的唯一编码，该编码可作为地球空间区域位置标识，地球上所有信息或数据均可落在某一个或多个网格中，因而可以对现实地球空间进行标识、表达、组织与计算。通过地球剖分形成的地球空间划分与编码规则，称为地理位置网格编码规则，是在现有经纬度编码基础上增加的一种离散化编码。

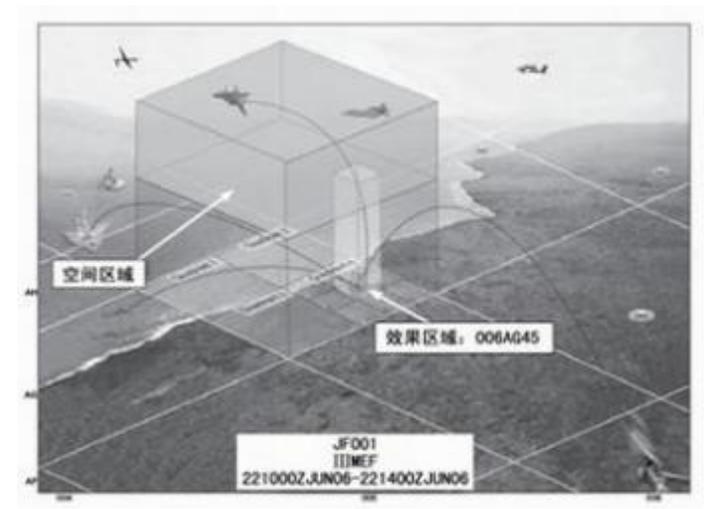
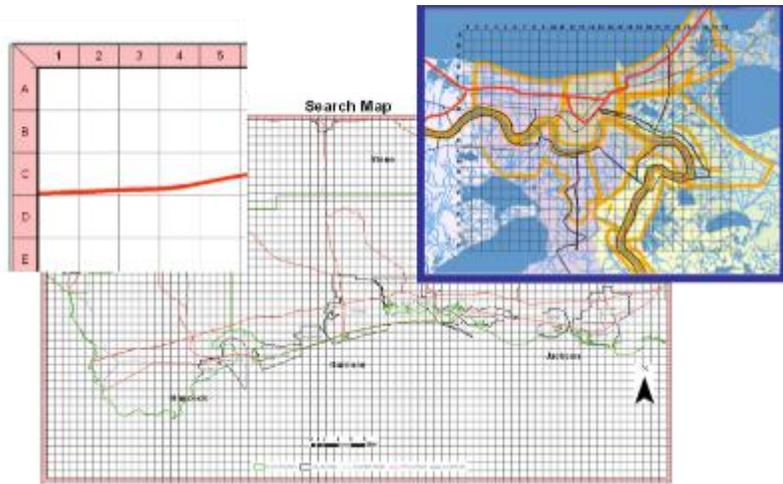


# 一、全球剖分网格研究进展



## 国际发展趋势

地球剖分网格技术是国际上高度关注的问题，被誉为未来全球空间信息组织与位置标识的基石。国际地理信息标准化组织OGC今年发布了离散网格系统标准DGGS，美国军方发展了基于地球剖分的全球军事网格参考系统MGRS，以及基于立体网格的杀伤箱技术，为军事目标提供全球区位网格位置标识，支撑美军信息化、协同化条件下的全球作战。



# 一、全球剖分网格研究进展



- 2009-2013年：973项目“全球空天信息剖分组织机理与应用方法研究”，[北京大学程承旗教授团队](#)提出了一种全新的、具有自主知识产权的全球无缝剖分网格及空间信息剖分组织理论（GeoSOT）。
- 2018-2022年：国家重点研发计划《全球位置框架与编码系统》，突破剖分编码理论与技术系统。

## 新一代物联网寻址协议

当前，目前的IP寻址方式缺乏唯一的空间位置信息，难以满足物联网基于位置关联的寻址需求。以网格位置标识为中心的寻址和路由基于地球剖分网格进行网络位置编码，**可实现网络空间与现实空间位置的直接映射，可作为5G寻址标准，为提升网络应用效能提供支撑。**

## 新一代空间信息系统架构

目前以经纬度为基础的空间信息系统难以满足对大数据的时空高效检索和关联分析，**地球网格编码为海量多源异构的大数据提供了新的时空大数据管理架构，推动空间信息技术升级，为国家大数据体系建设提供技术支撑。**

# 一、全球剖分网格研究进展



国家标准

标准类型	标准名称	进展
军队标准	GJB《地球表面空间网格与编码》(8896-2017)	已于2017年底正式发布
北斗标准	北斗网格码(20174067-T-801)	预审通过, 预计2020年发布
测绘地理信息标准	地理位置网格编码规则	送审阶段, 预计2020年发布
无人机标准	无人机三维空间位置标识	立项阶段

行业标准

标准类型	标准名称	编制计划
国家高分重大专项标准	GFB30201-2018《高分卫星遥感信息剖分组织参考框架》	2018年4月发布
公安行业标准	《警用地理信息标准地址元素组合及编码规则》	正在报批阶段
住建行业标准	《构建筑物标识编码》	正在申请编制立项
邮政行业标准	《邮编扩展编码规则》	正在申请编制立项
国土资源行业标准	《自然资源不动产编码》	正在申请编制立项
消防行业标准	《消防设施北斗网格编码标准》	正在申请编制立项



# 一、全球剖分网格研究进展



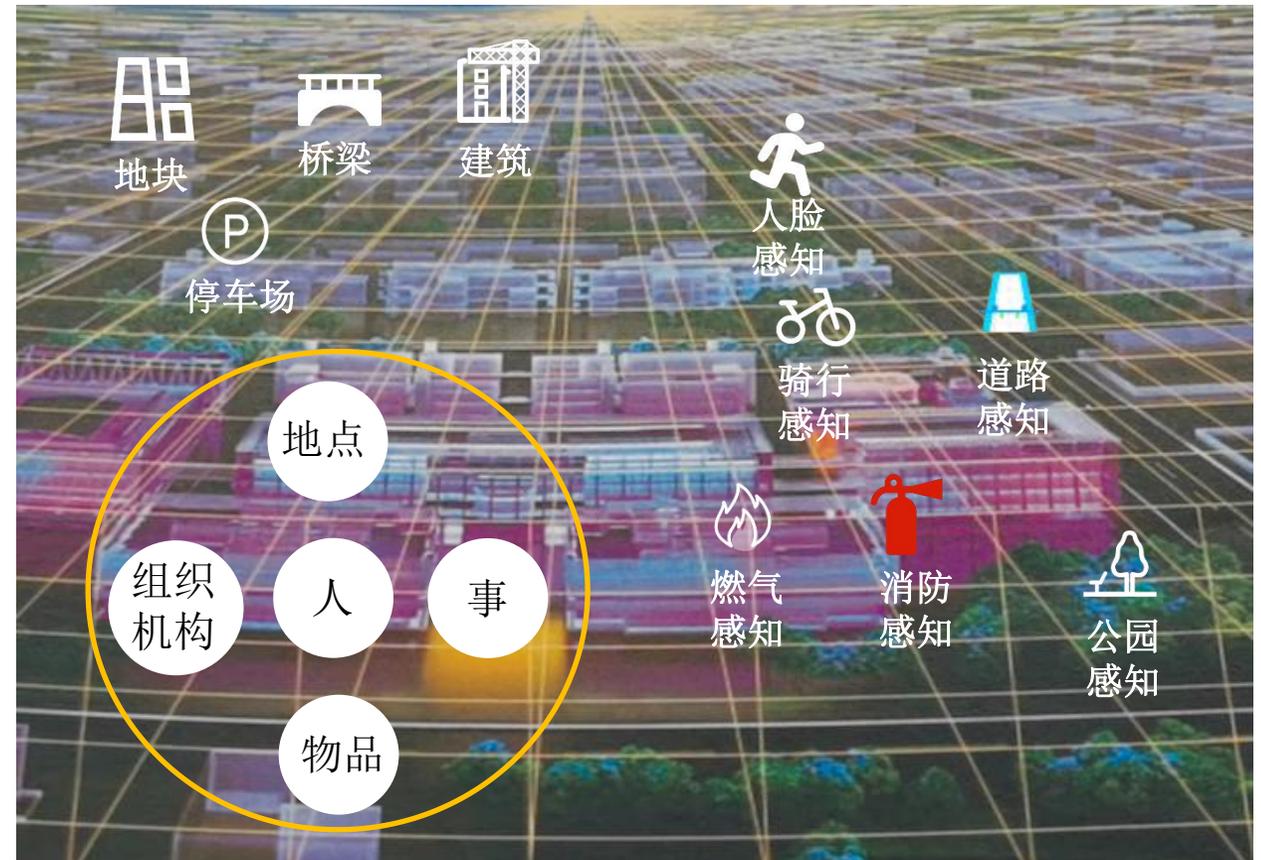
雄安新区今年启动智慧城市建设项目，在顶层规划中将北斗网格码作为底层支撑技术，目前顶层设计方案已经通过评审。利用北斗网格码实现空间全标识、空间全感知、大数据一体化智能服务。

万物  
互联

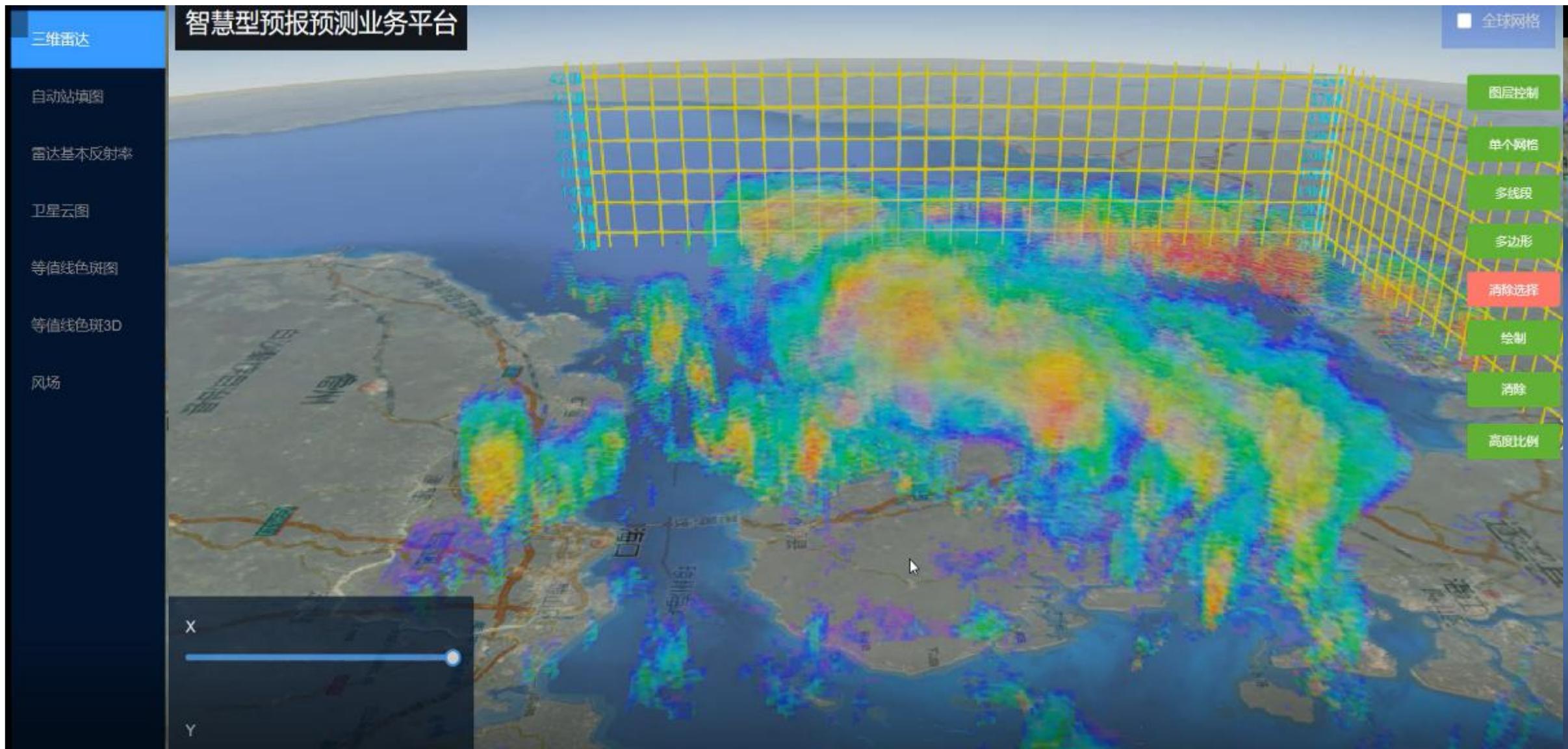
**土地** 一位一码（网格+空间）

**设施** 一物一码（网格+ID）

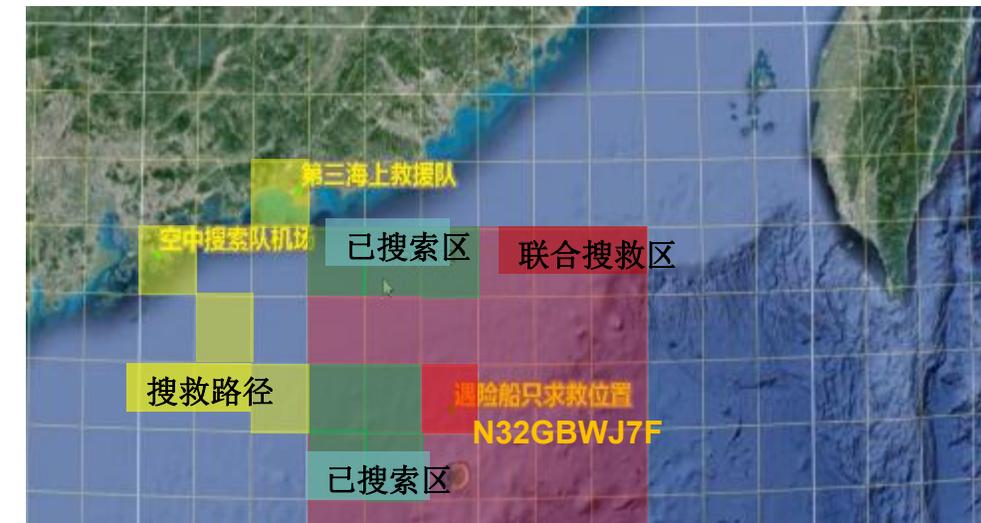
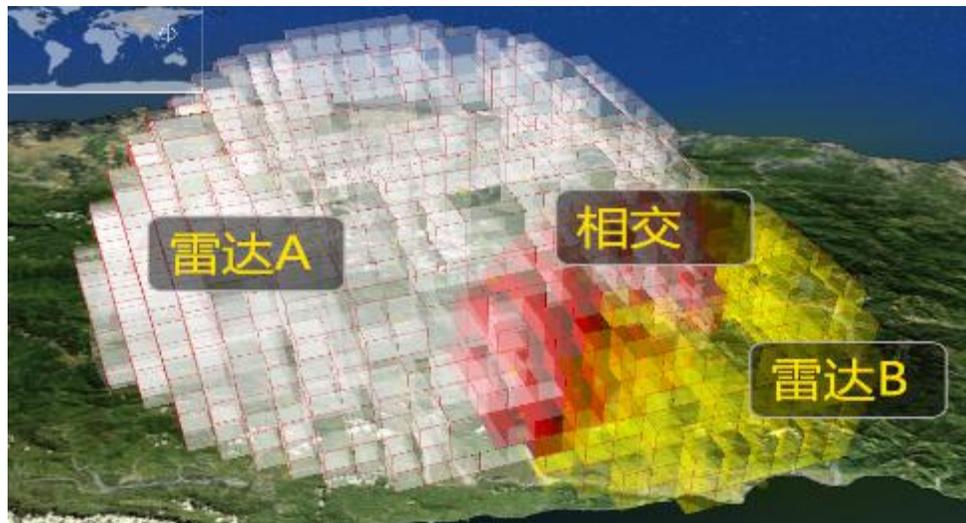
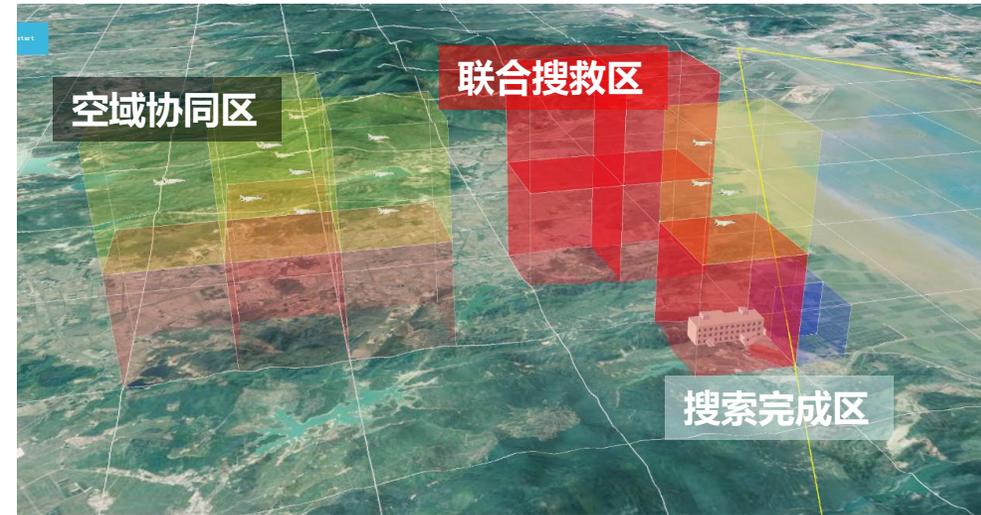
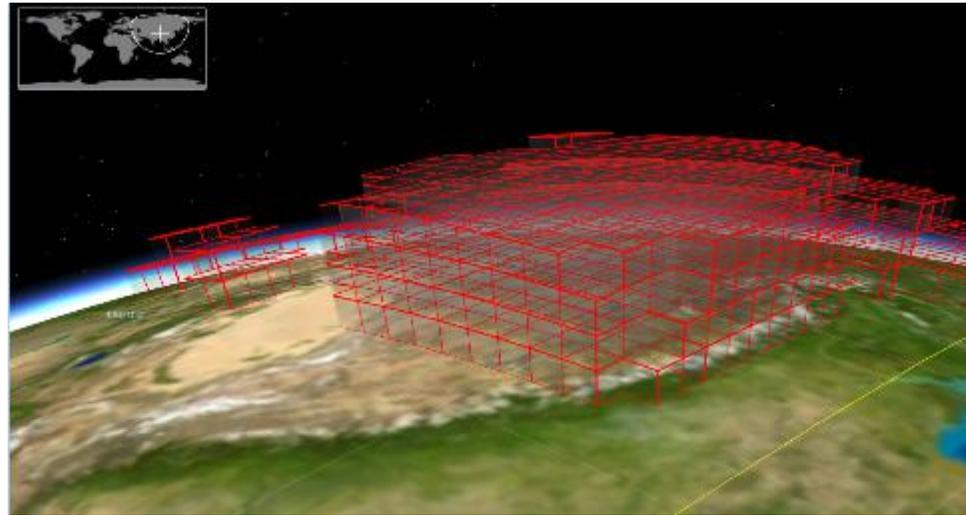
**事件** 一事一码（网格+活动）



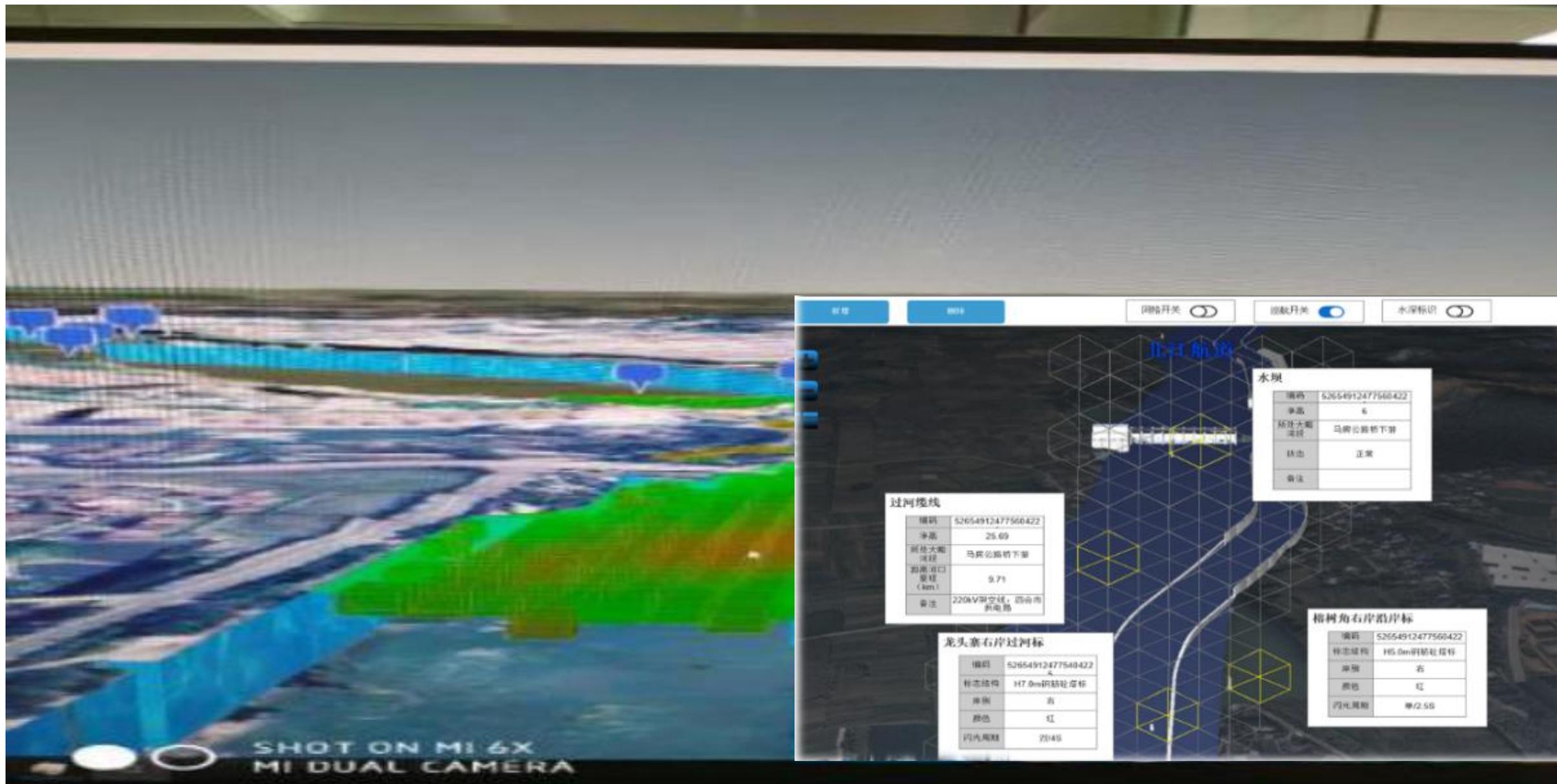
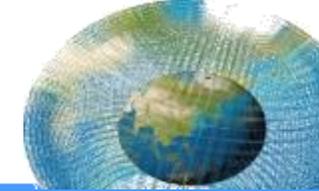
# 一、全球剖分网格研究进展



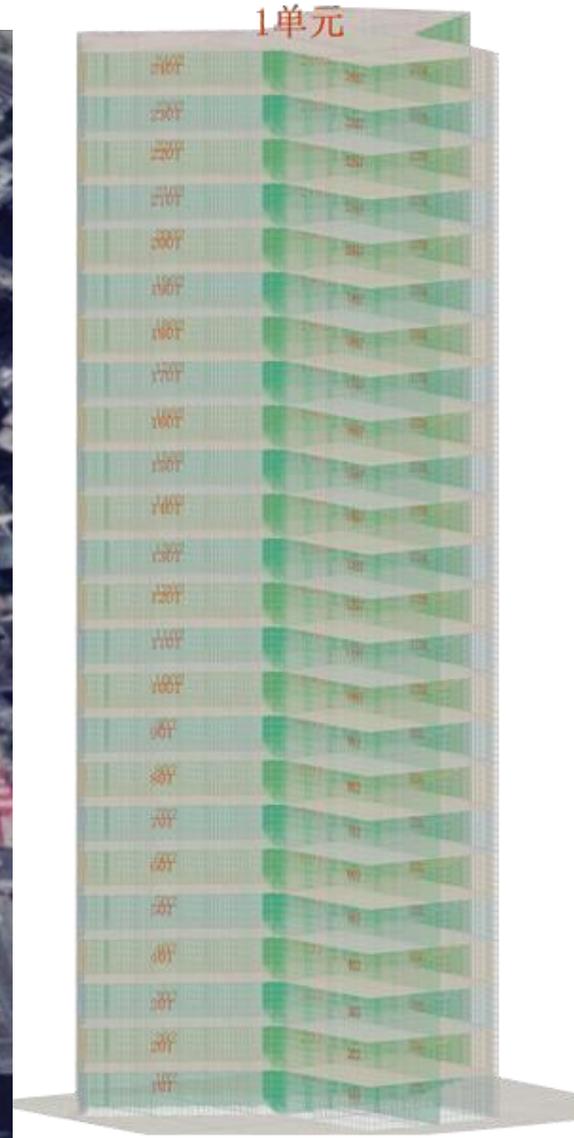
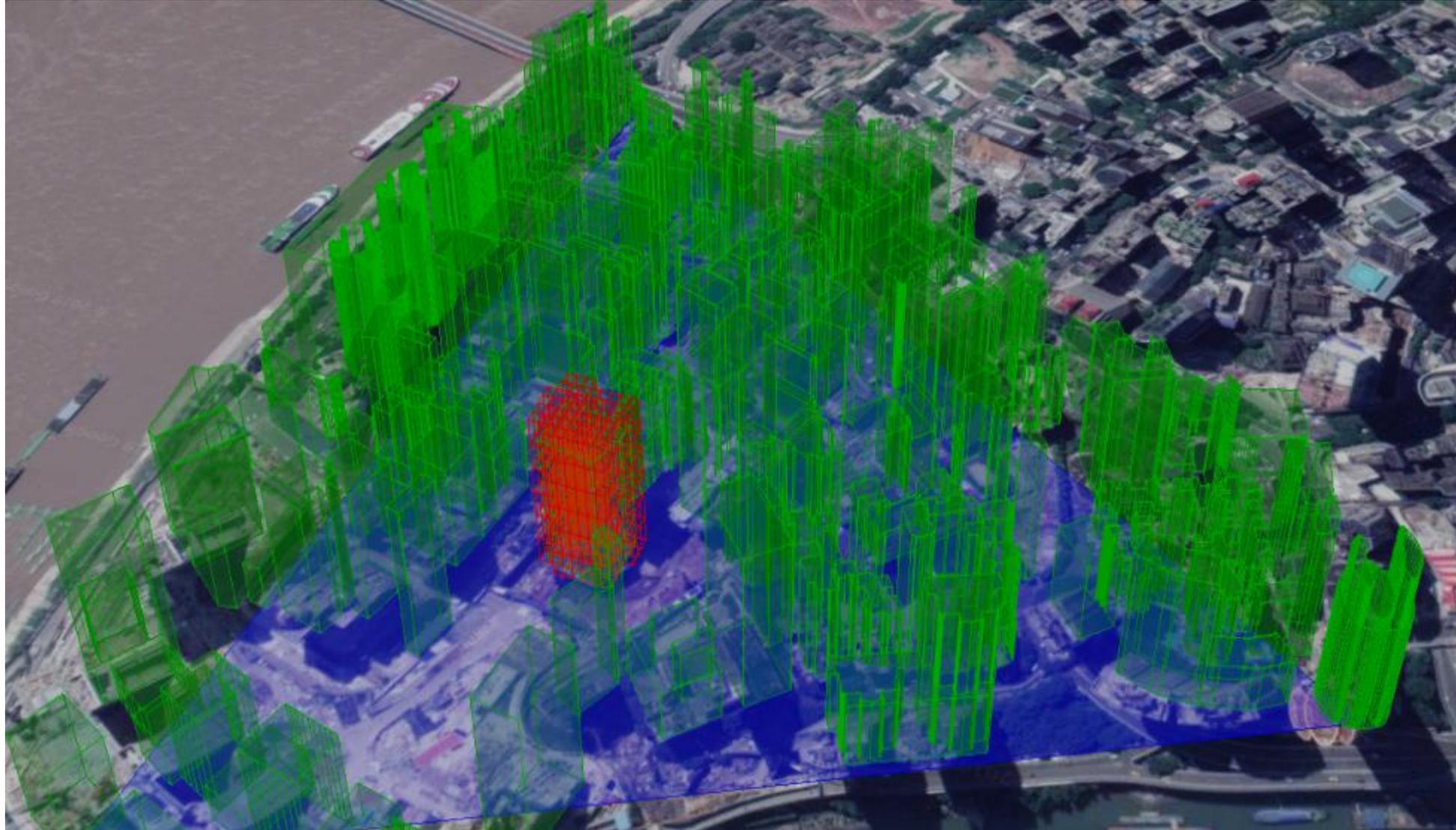
# 一、全球剖分网格研究进展



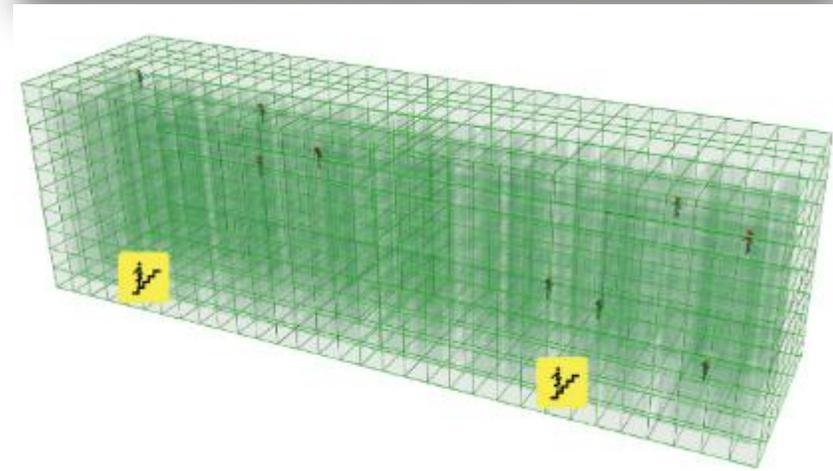
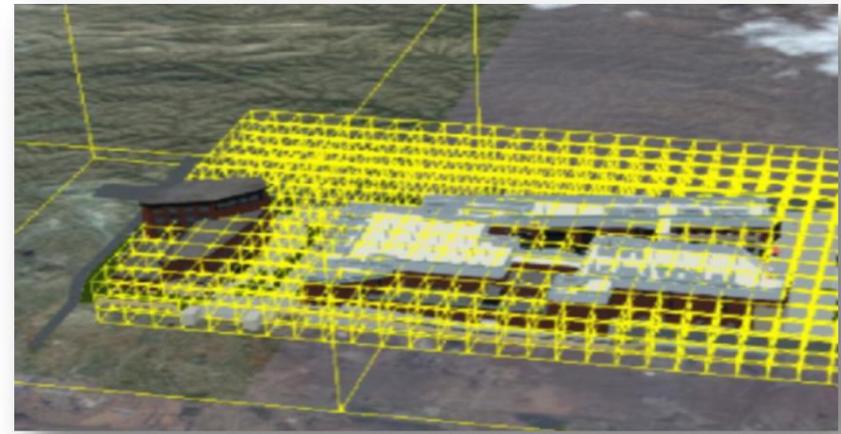
# 一、全球剖分网格研究进展



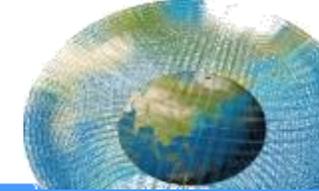
# 一、全球剖分网格研究进展



# 一、全球剖分网格研究进展



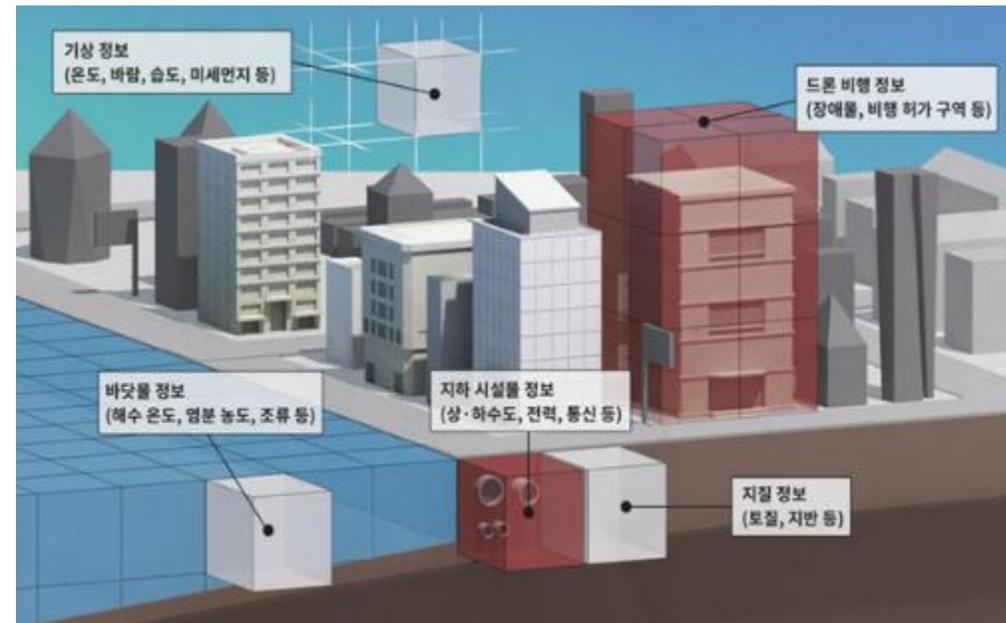
## 二、无人机与网格应用



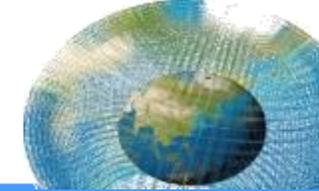
### 国内外现状

- 韩国交通部构建无人机3D网格地图

韩国交通部2016年宣布将构建3D网格地图，具备详细的障碍物技术和信息，可用于无人机在指定区域进行飞行测试。构建的3D地图将包括关于空间、障碍物的精确信息，并克服了2D地图的局限性。地图中还将包括地形的纬度、湿度、温度以及存在的电线和电缆，适应3D网格系统的产品也将同时完成研究和开发工作。韩国某些城市釜山、大邱、全州、宁越郡、高兴郡已经获得政府批准，允许无人机操作者在这些城市的空域中测试无人机，3D网格地图也将首次在宁越郡和高兴郡建立。



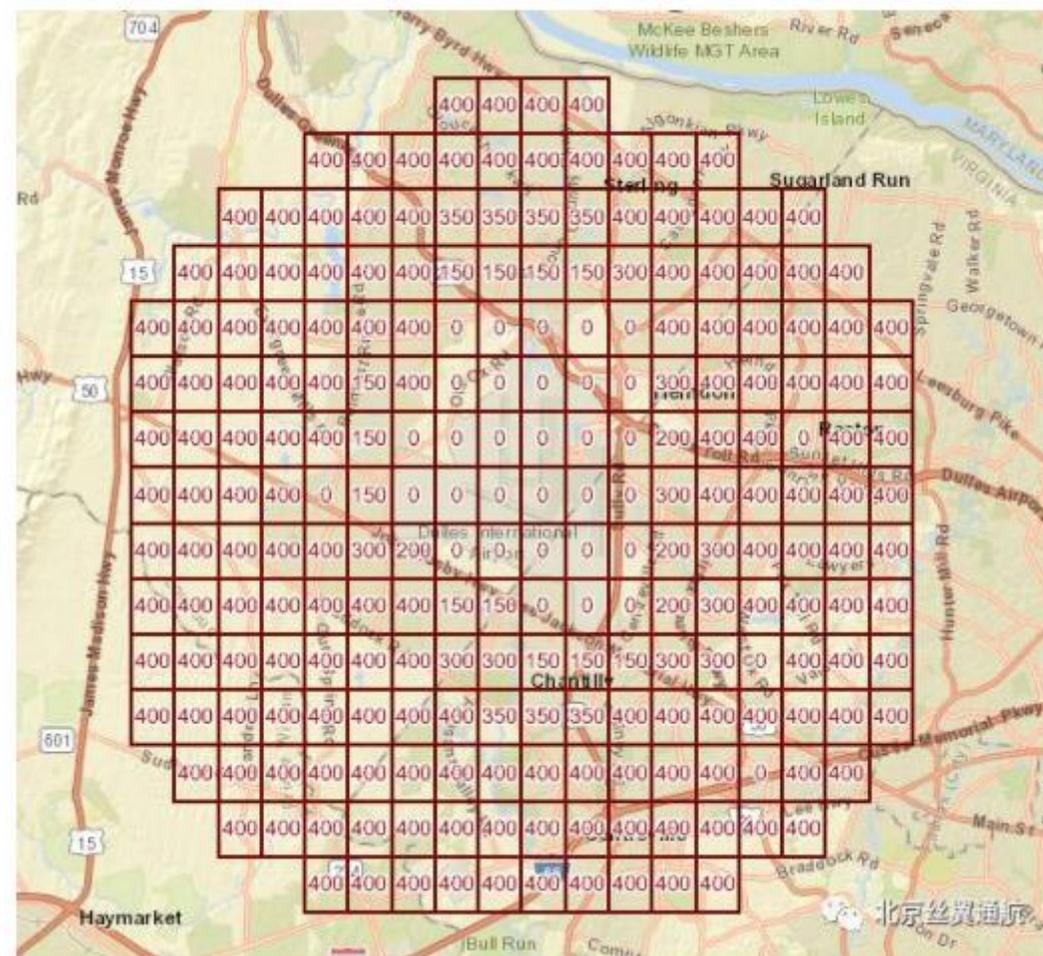
## 二、无人机与网格应用



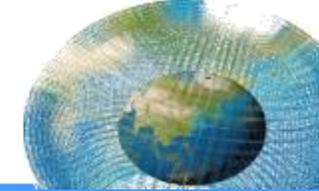
### 国内外现状

- 美国FAA 无人机空域网格图

FAA 2017年公布了无人机空域网格图，绘制了机场空域使用无人机的空域限制和高度限制。以机场为中心设置空域网格参数，每个网格为1分纬度×1分经度，大约有1平方英里的面积。网格单元上的数字表示离机场距离不同，允许无人机的最高飞行高度不同，以100英尺（AGL）为单位。网格中400代表在1平方英里的范围内最高操作飞行高度为400英尺；网格中0表示在机场或其他航空器运行区域等重要区域使用无人机飞行需要进一步与FAA协调。



## 二、无人机与网格应用



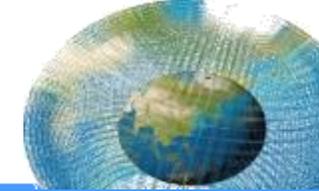
### 国内外现状

- 深圳试行网格化空域管理技术

深圳2018年启动无人机飞行管理试点工作，基于网格化的空域管理技术，划设了微型和轻型无人机的管控空域及适飞空域，既有效避开敏感地区、确保多方安全，又尽可能满足无人机用户的飞行需求和行业发展需求，旨在规范深圳地区民用无人机飞行活动，引导无人机用户合法飞行，维护飞行秩序，确保空防安全、军民航飞行安全和公共安全。为更好地保障空域运行安全，精细化运用空域资源。



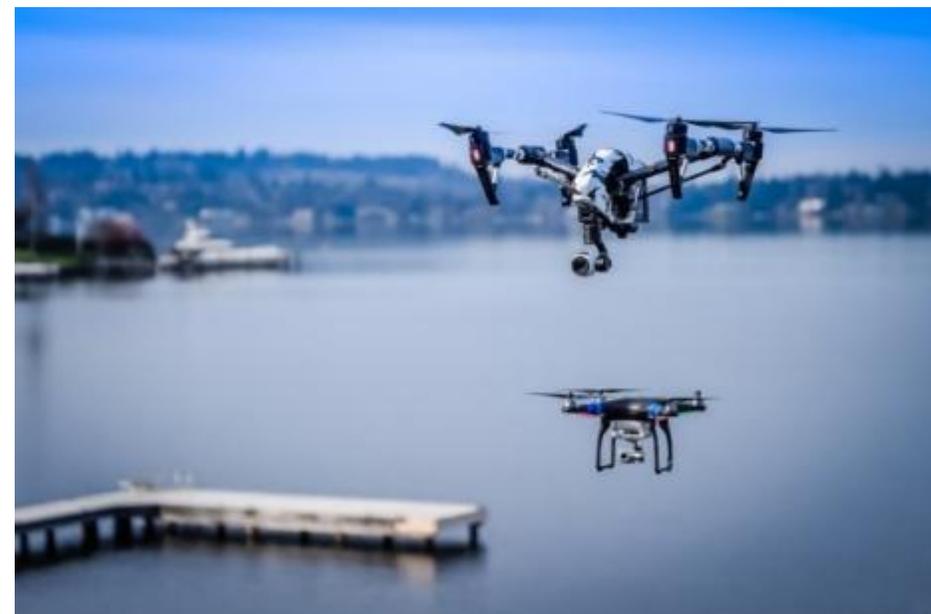
## 二、无人机与网格应用



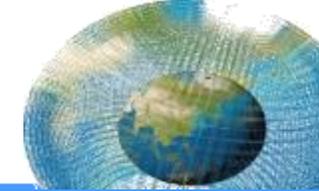
### 国内外现状

- 西南空管局建设无人机运行空域网格图

西南空管局2018年完成无人机运行空域网格图第一阶段工作，民航局空管局情报中心和西南空管局飞服中心成立专项研究小组，对FAA UAS Facility Map进行了持续跟踪和研究，最终形成《美国联邦航空局（FAA）UAS Facility Map研究报告》，对FAA无人机操作规范、UAS Facility Map制作规则等进行了分析研究。西南空管局研究小组还根据我国现行的无人机管理、无人机空域使用等法律法规，结合成都双流国际机场空域情况、飞行程序等综合因素，参照FAA相关规则，绘制出了双流机场D类空域无人机运行空域网格图。



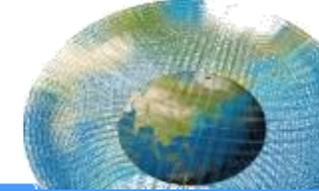
## 二、无人机与网格应用



### 无人机空间位置网格标识

- 无人机空间位置标识是无人机管控的基础。
- 无人机标识不仅要为无人机实时监控提供有力手段，更应该在保证安全的前提下，通过有效管控实现空域利用的最大化。
- 空间位置信息是无人机标识的核心组成部分，为动态标识信息，数据量巨大，其编码、传输、交换和处理比较复杂，同时还涉及位置隐私保护，需要采用适当的空间位置框架体系标准，高效地表达。
- 三维时空网格可高效支持无人机位置实时监控、碰撞检测、环境信息关联、航迹规划、低空空域管控等无人机应用场景。

# 二、无人机与网格应用



## 无人机网格位置标识标准

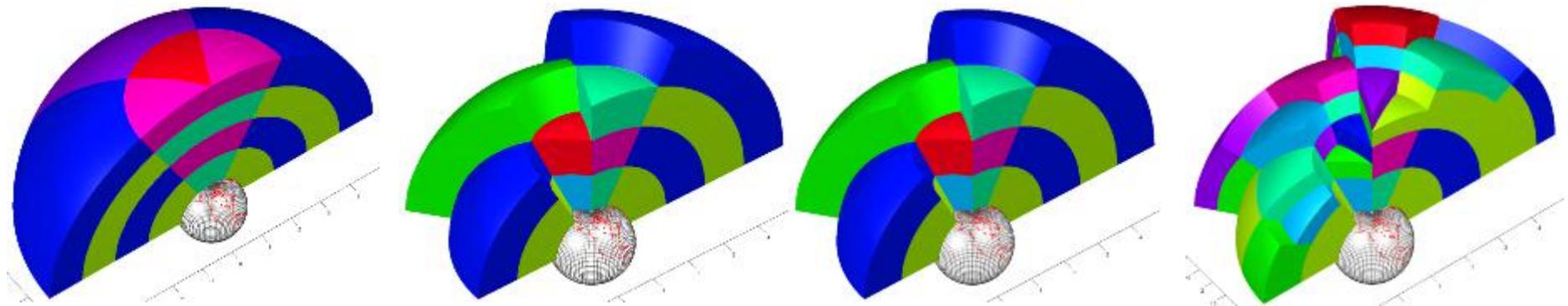
- 全国信息技术标准化技术委员会卡及身份识别分技术委员会（TC28/SC17）无人机执照与无人机识别模组工作组，《民用无人驾驶航空器系统身份识别 第10 部分：[三维空间位置标识编码](#)》由[北京大数据研究院](#)负责起草，已经进入国家标准立项程序。
- 廖小罕先生主持的IEEE标委会 P1939.1 Standard for a Framework for Structuring Low Altitude Airspace for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Operations 标准，其中包含[网格标准](#)，由[北京大学时空大数据协同创新中心](#)负责。



# 三、全球立体剖分系统



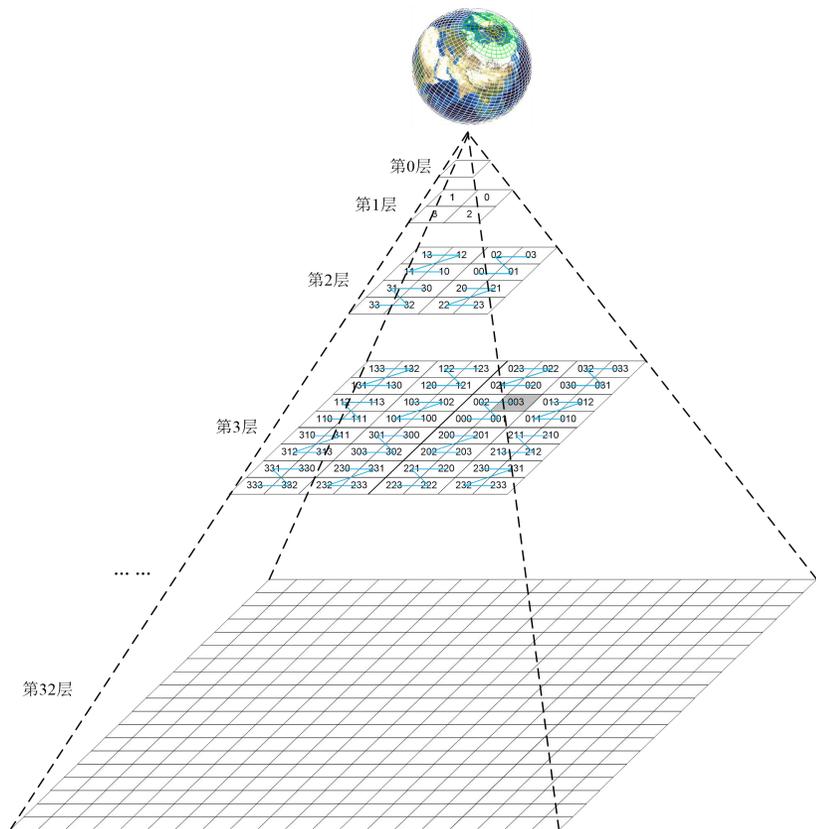
- 参考《地理位置网格编码规则》国家标准草案，采用一致的剖分模型。
- 地理位置网格剖分的地理坐标系和地球参考椭球采用2000国家大地坐标系（CGCS2000）。
- 在地球立体空间中球面按CGCS2000定义的经纬度坐标进行剖分，高程用CGCS2000定义的大地高方向进行剖分。
- 在地球表面空间网格基础上，结合高程方向和高程的划分粒度，设计出下至地心，上至地球外围52万km的地理位置网格结构，具有从整个地球空间到地球表面1.5cm<sup>3</sup>，共32级尺度网格，其中每一个网格带有唯一整数编码。



# 三、全球立体剖分系统



## 平面网格GeoSOT-2D



GeoSOT地球剖分网格金字塔

全球

32级

厘米级

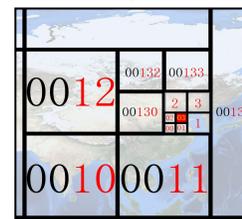
## 经纬度三次扩展的全球 $2^n$ 整型四叉树剖分



将全球 $360^\circ \times 180^\circ$  空间  
扩展到 $512^\circ \times 512^\circ$  虚拟空间

0级网格 (全球)

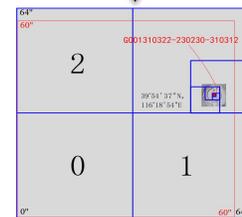
四分法



将度、分、秒的60进制  
扩展到64进制虚拟空间

度级网格

四分法



自全球向下, 全部采用  
四分法进行迭代分割

分级网格

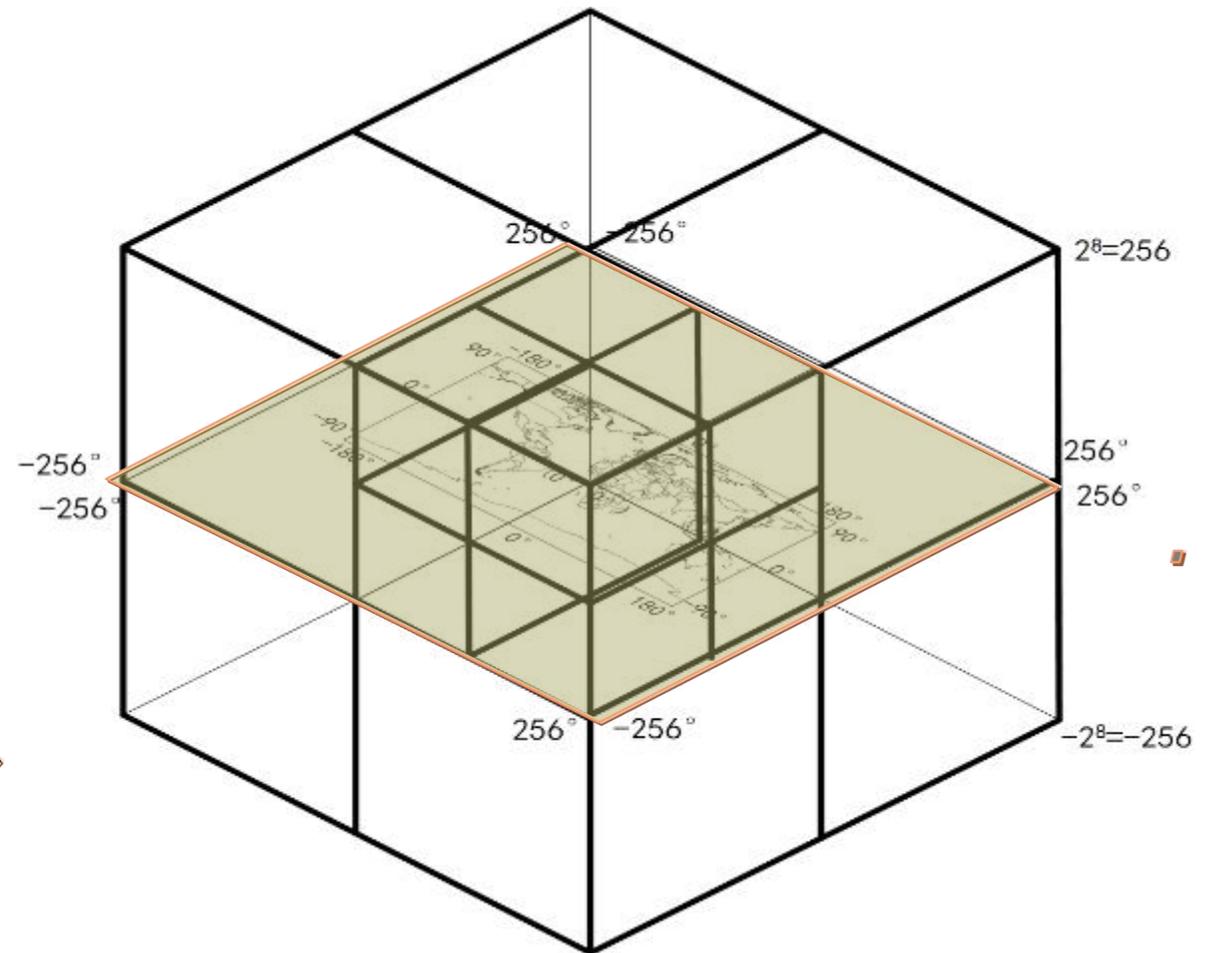
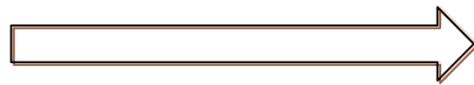
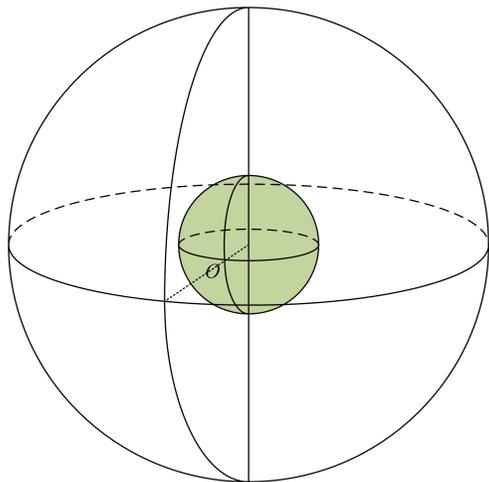
网格划分方法

# 三、全球立体剖分系统



## 立体网格 GeoSOT-3D

高度域剖分的级数与地球参考椭球面剖分的级数一致。对于任意剖分级数  $m$ ，高度域剖分成  $2^m$  层，且地下为  $2^{m-1}$  层，地上为  $2^{m-1}$  层。

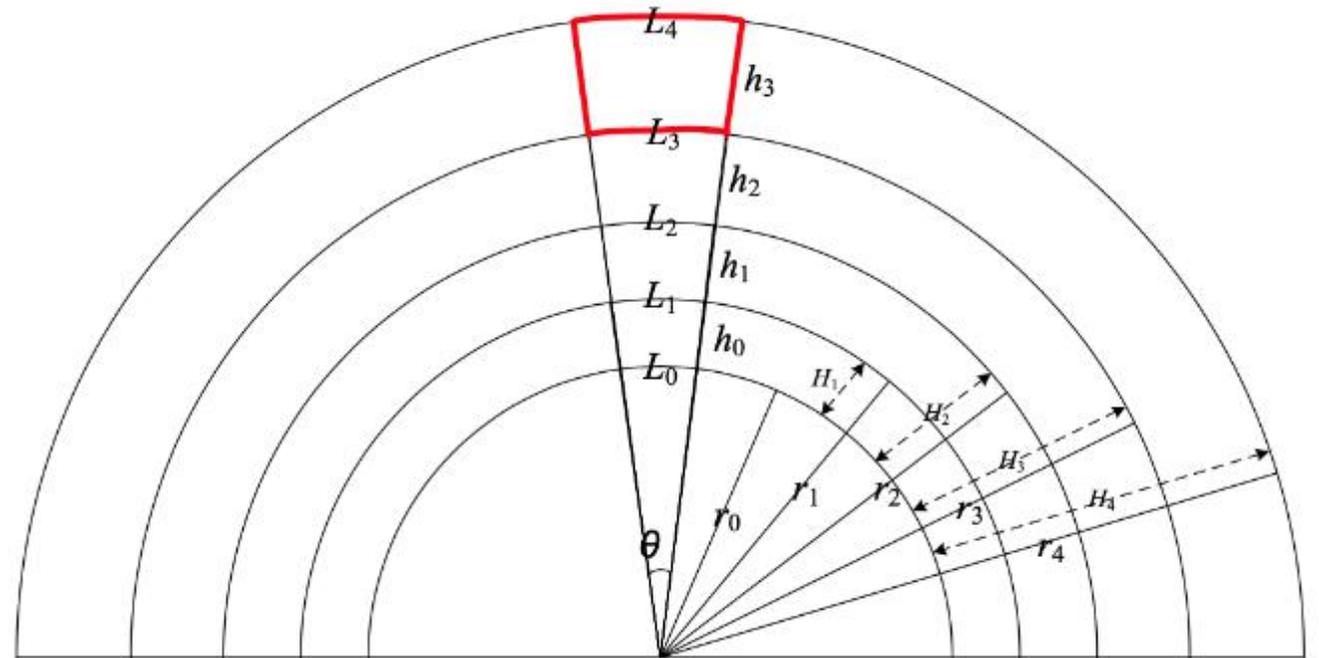


# 三、全球立体剖分系统



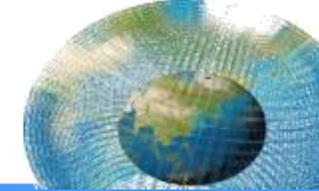
## 立体网格 GeoSOT-3D

同一级各网格在相同层高度(大地高方向粒度)应相等, 并且其高度与该层对应等高面赤道处相应级剖分形成的网格纬线方向长度匹配。



同级同层网格高度与对应等高面赤道网格长度关系

# 三、全球立体剖分系统



## 立体网格 GeoSOT-3D

地理位置网格剖分中第 $n$ 个网格的高度域粒度

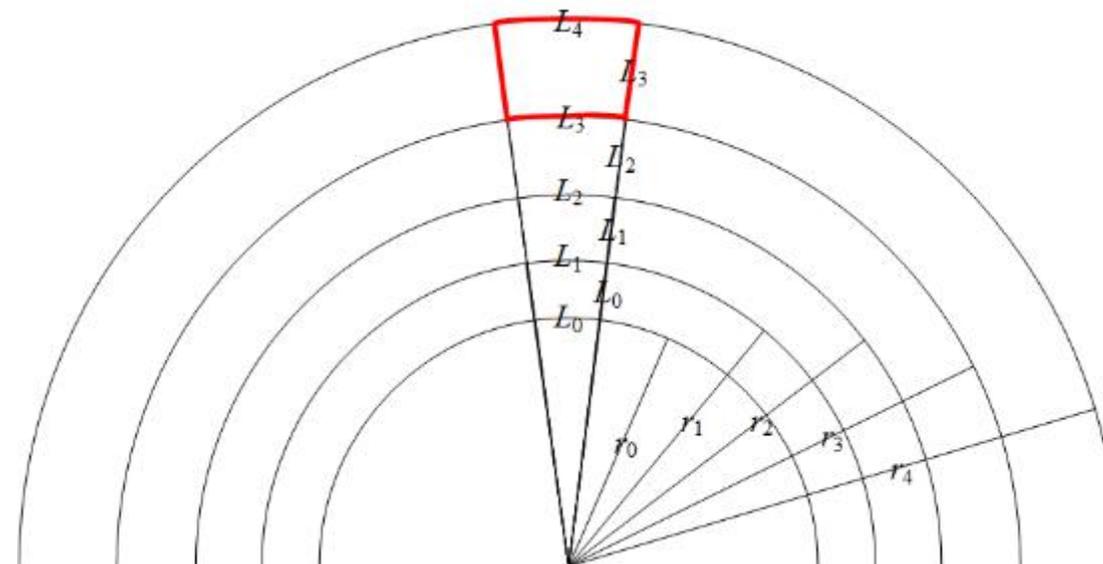
$$L_n = (1 + \theta_0)^n r_0 \theta_0$$

$\theta_0$ —该网格对应的地心角, rad;

$n$ —从地面向上(或向下)数第 $n$ 个立体网格,  $n$ 为整数, 地面上 $n \geq 0$ , 地面以下 $n < 0$ ;

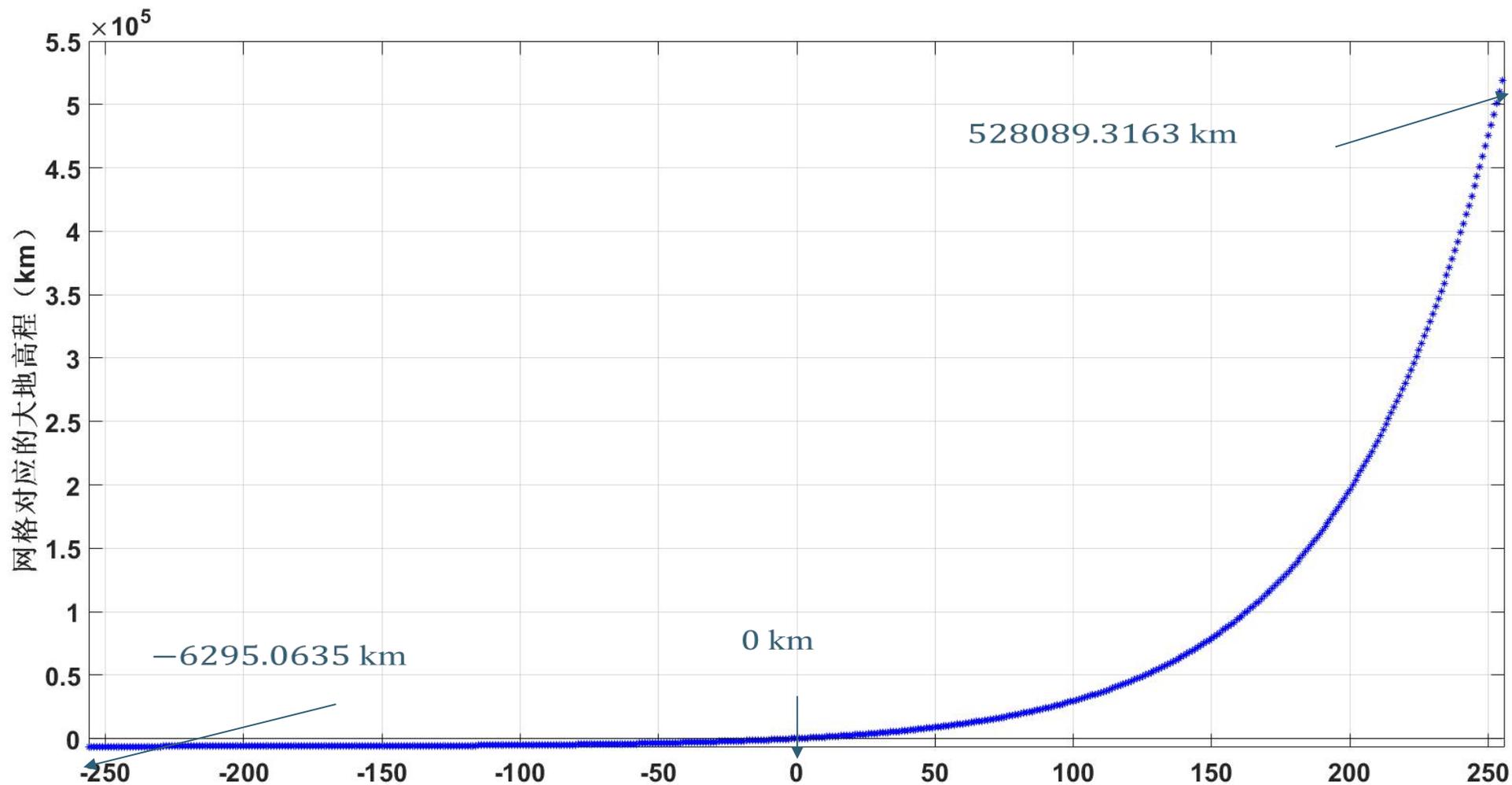
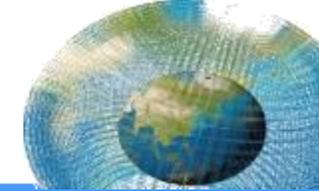
$r_0$ —地球平均半径取6371008.77138m, m;

$L_n$ —地球表面上空(或地下)第 $n$ 个网格的粒度(高度),  $m$ 。

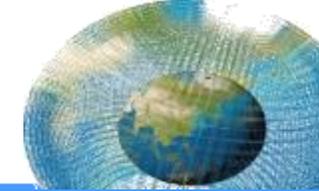


高程方向剖分粒度

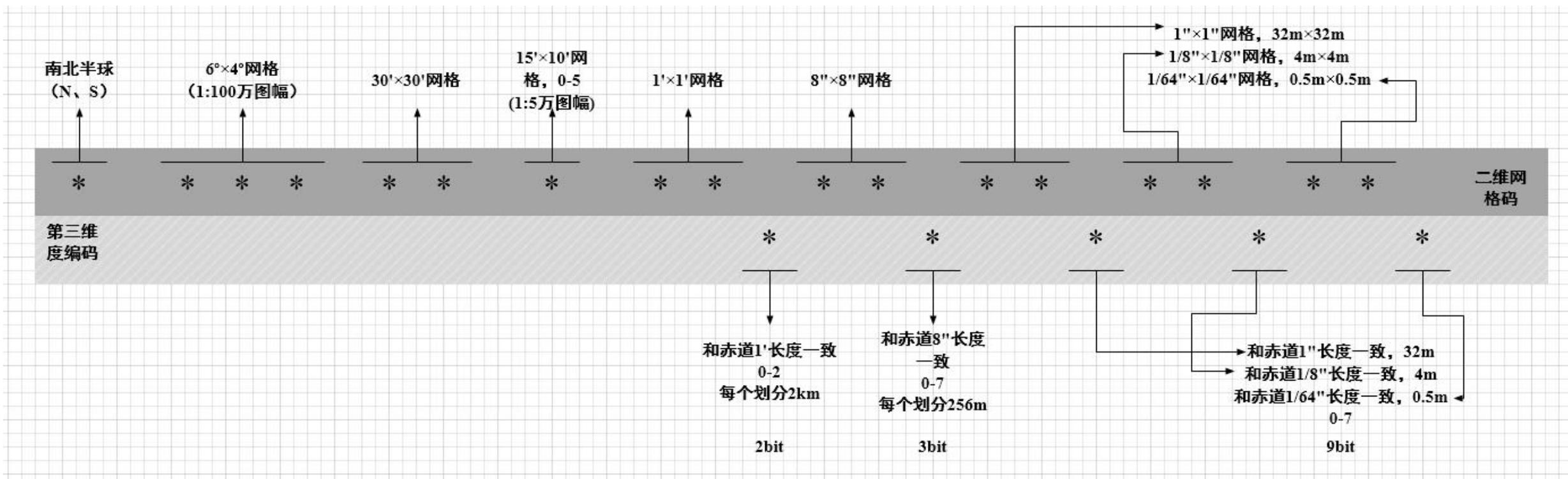
# 三、全球立体剖分系统



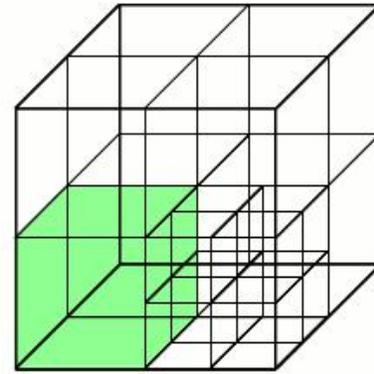
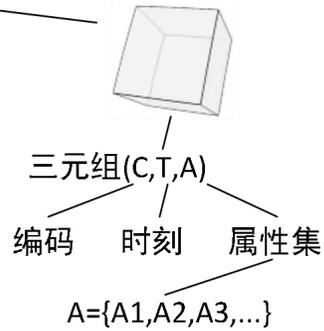
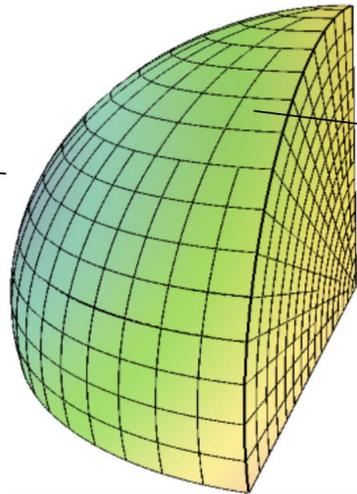
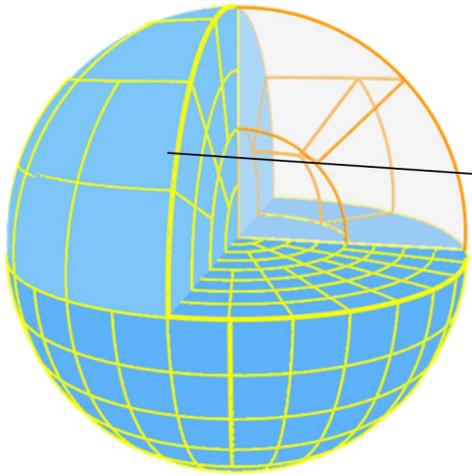
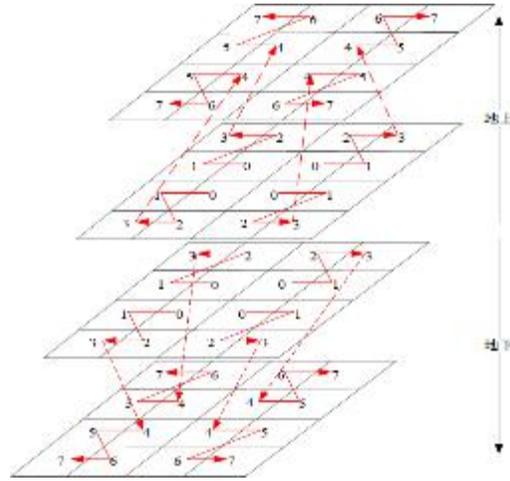
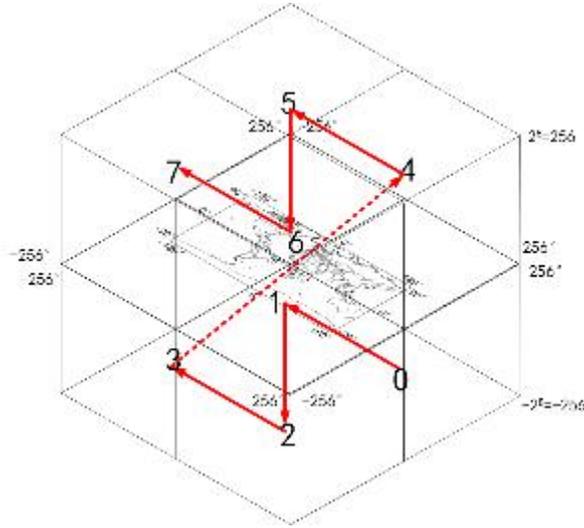
# 四、无人机位置标识编码



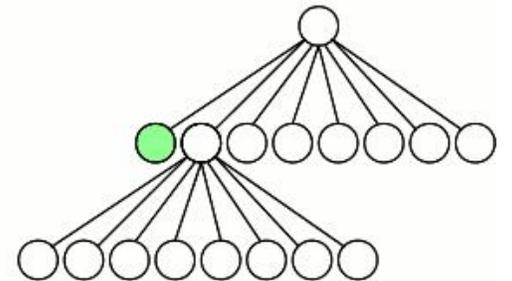
## 编码格式（平面二维+高度维）



# 四、无人机位置标识编码

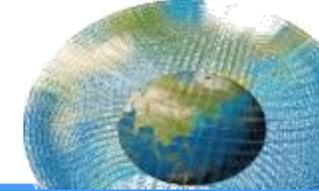


$mcode = 0 = 0 \times 8 + 0$



$e = 1 \quad V = 8$

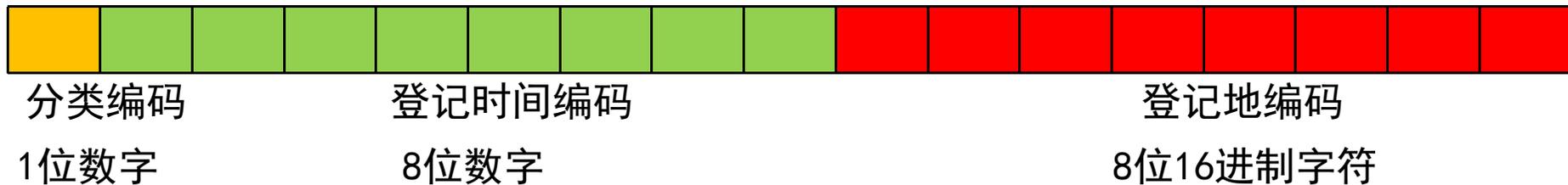
# 四、无人机位置标识编码



## 无人机全周期编码

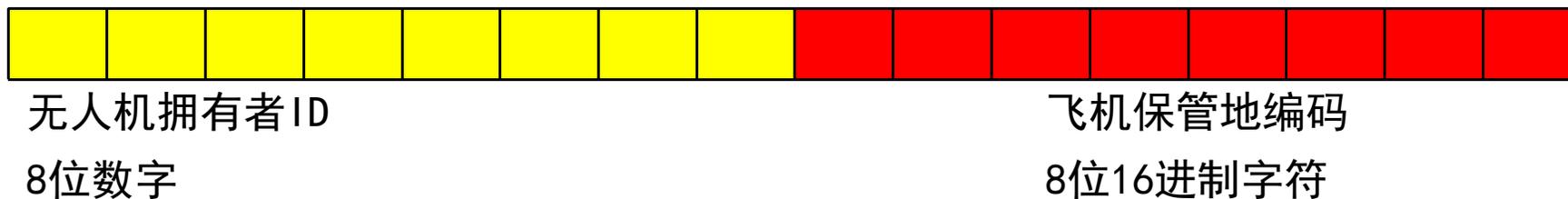
### 生产厂家管理编码

静态



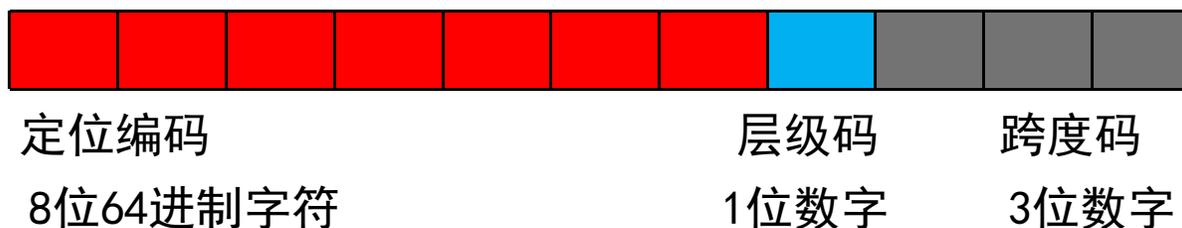
### 用户管理编码

可变更



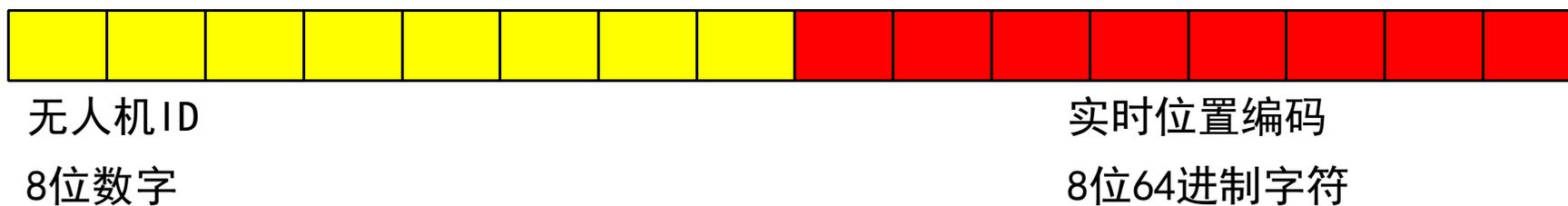
### 空域管理编码

每次申请



### 飞行管理编码

实时

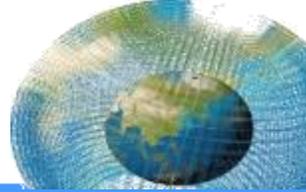


无人机生产厂家

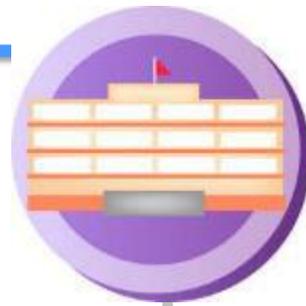
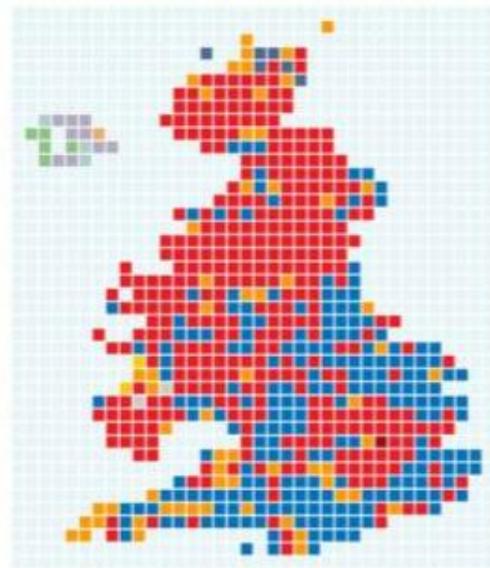
无人机

用户

管理部门



网格空间数据库



生产厂家管理  
用户管理  
空域管理  
飞行安全管理

生产无人机

生产厂家管理编码:分类、登记时间、**登记地编码**

存储无人机的生产信息

保管无人机

用户管理编码:无人机拥有者、**飞机保管地编码**

存储无人机的保管信息

申请空域

**空域管理编码**

空域审批

允许/禁止起飞

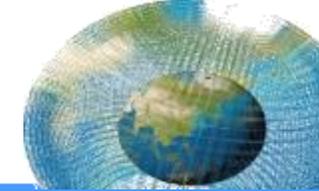
飞行管理编码:无人机ID、**实时位置编码**

飞行管理

无人机飞行

碰撞预警、路径规划、动态调度

# 五、产品与应用



## iWhere网格数据引擎

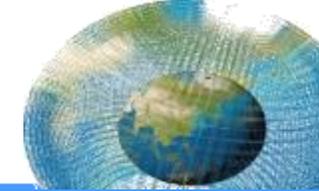
### 网格编码服务接口：

- 网格线绘制(二维)
- 根据经纬度获取二维网格码
- 获取二维网格码顶点坐标(二维)
- 线打码(二维)
- 多边形打码(二维)
- 多边形网格及边界(二维)
- 网格线绘制(三维)
- 经纬度转网格(三维)
- 根据网格码求中心点坐标(三维)
- 根据网格码求顶点坐标(三维)

### 无人机管控服务接口：

- 禁飞区数据接入
- 禁飞区数据删除
- 禁飞区数据修改
- 航路数据接入
- 航路数据删除
- 航路数据修改
- 无人机当前位置碰撞检测
- 自定义航路碰撞检测
- 获取网格化航路

# 五、产品与应用



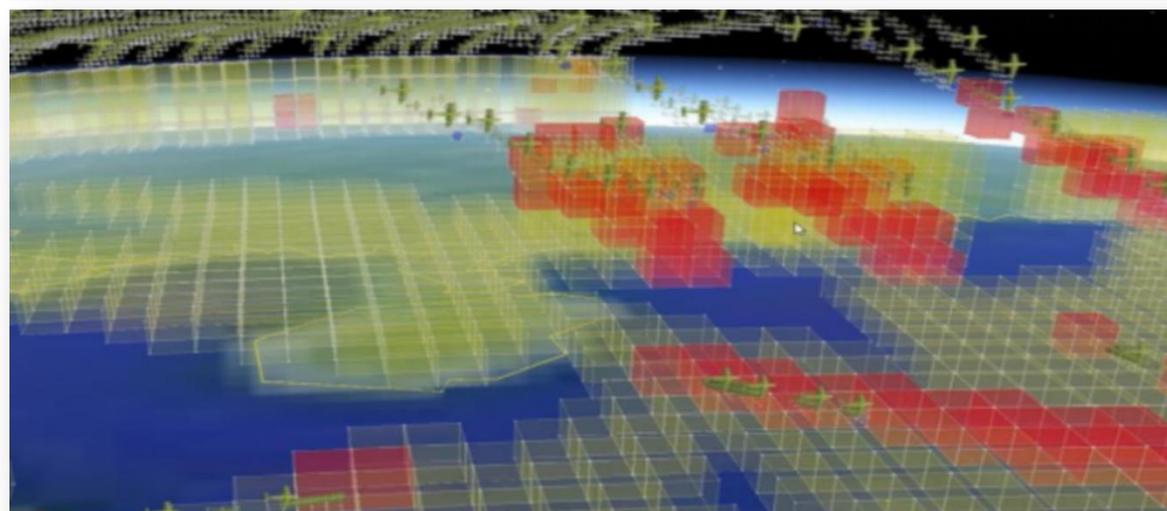
## 低空飞行冲突识别

将传统的轨迹遍历多变量冲突计算转化为分布式网格数据库的网格冲突状态查询。

(a) 基于空域建立时空细分编码模型。该模型描述了轨道、低空障碍物或危险区域的几何特征，并用网格代码识别网格。

(b) 设计网格的数据库表结构并创建网格数据库。

(c) 建立多级网格时空索引，设计查询优化方案，从网格数据库中检查飞行冲突检测结果。



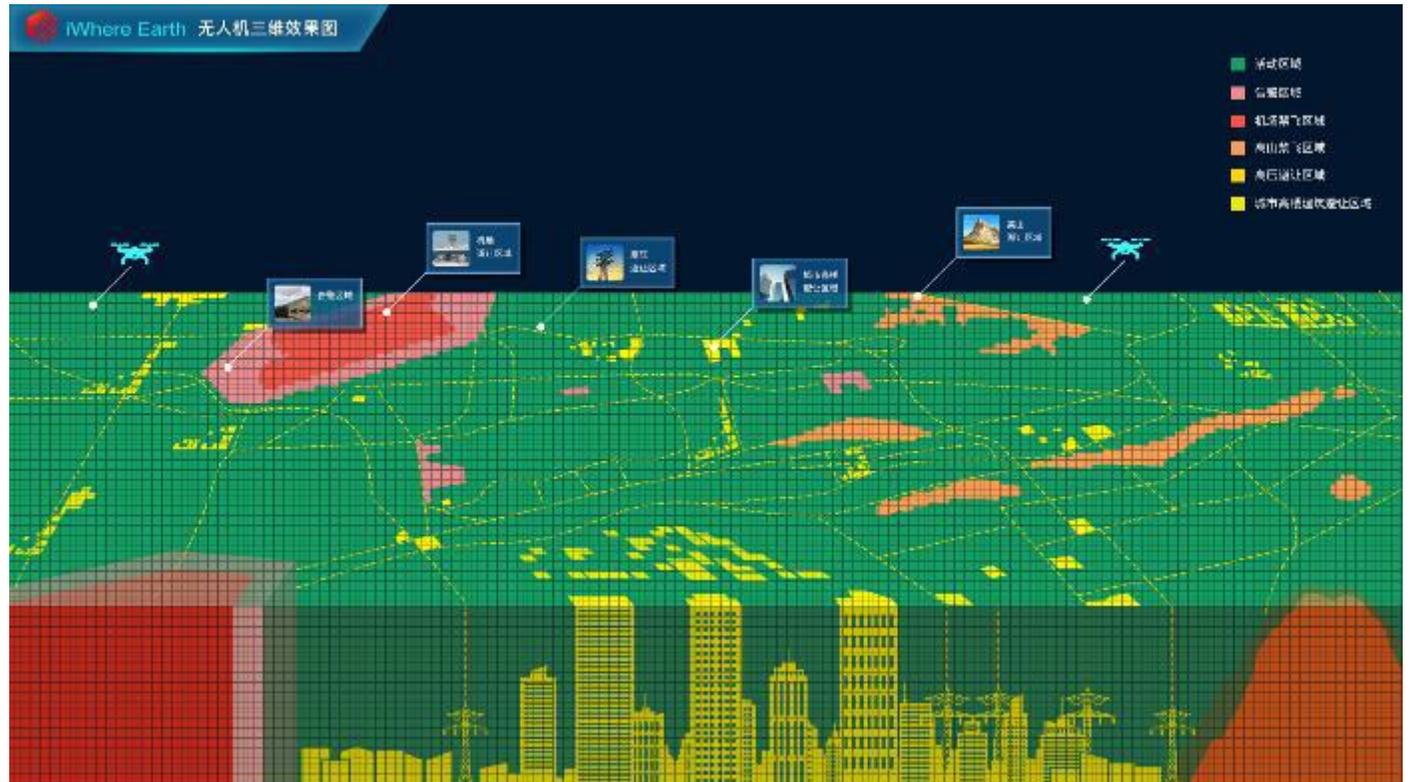
# 五、产品与应用



## 航路规划

在空域环境下，无人机飞行路径规划的空域数据种类繁多。无人机飞行空域的组织和管理有多种数据，包括航迹数据和建筑数据。

在空间网格环境建模的基础上，将无人机的最大高度、攻角和转弯半径组织成网格，采用路径规划算法对满足要求的路径进行规划。





**请各位专家批评指正！**