

空天守护者

人造卫星态势感知系统

开发设计竞赛

组别：创新开发

项目负责人：栗铭阳





1

项目背景

2

核心团队

3

技术方案

4

系统功能

5

界面展示

6

总结展望

项目背景

近年来，全球卫星数量迅速增长，轨道数据公开透明化趋势增强。TLE格式成为轨道计算的主流方式，但缺乏面向公众与教育群体的可视化工具。随着地理信息技术发展，将轨道数据与WebGIS结合，实现卫星轨迹动态展示，具有广泛价值与应用前景。

截至2025年3月底



全球活跃卫星数量
8000+ 颗



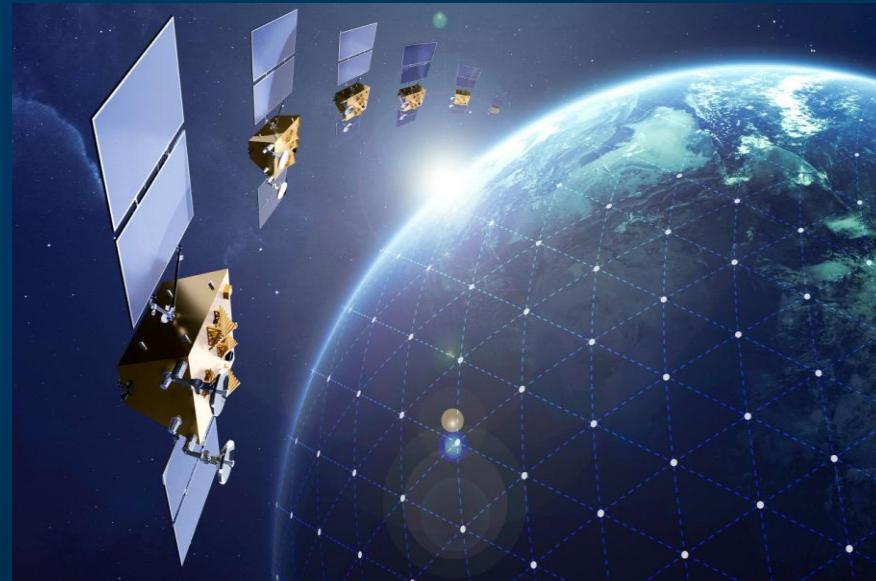
支持轨道类型
LEO/MEO/GEO



TLE更新频率
每日更新



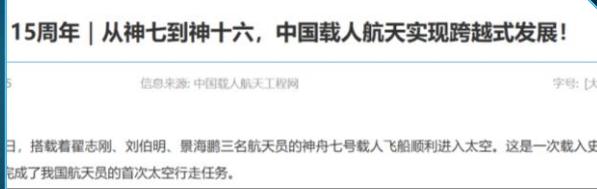
教育机构适配
高校/中学/科研单位



推动卫星轨迹可视化，助力航天教育与轨道认知普及

社会背景

- 2022–2023年，中国成功完成神舟十四号、十五号、十六号等多次载人飞行任务



- 轨道数据正加速融入国家级数字基础设施建设与空天信息融合应用体系中

2023年中国商业卫星在轨数量突破
400 颗

全国超过**150**个智慧城市
正部署空天一体化感知系统

- 全球轨道数据资源持续开放，推动共享与应用融合发展



主流平台免费提供TLE轨道数据
2万+颗



国内自研轨道可视系统超
300个



需求背景

需求1：保障卫星安全运行

人造卫星态势感知可实时检测卫星周围的环境和运动轨迹，提前发现潜在危险目标，采取措施

需求2：提高航天任务效率

提供目标卫星或空间站的精确位置，帮助地面人员更好地规划和执行任务

需求3：应对太空安全威胁

对太空中的可疑目标和异常活动进行监测，维护国家的太空安全

需求4：支持太空资源管理

对太空资源进行有效的管理和协调，避免卫星之间的频率干扰，有助于减少太空垃圾

构建低门槛，高交互，易推广的卫星轨迹平台

核心团队





软著授权

软件登记受理通知书

流水号: 2025R111416666
软件名称: 人造卫星轨迹可视化系统软件V1.0
登记类型: 计算机软件著作权登记
申请人: [REDACTED]

根据《计算机软件著作权登记办法》第十九条的规定,对申请人提出的上述计算机软件著作权登记申请,中国版权保护中心予以受理。

受理号: 2025R1151323981

经核实确认中国版权保护中心收到如下申请文件:

打印签字或盖章的登记申请表	4
程序鉴别材料 - 一般文存	60
文档鉴别材料 - 一般文存	70
著作权人(1) - 居民身份证复印件	1
著作权人(2) - 居民身份证复印件	1
合作开发合同或协议	3

项目已申请**软件著作权**, 确保核心技术成果受法律保护

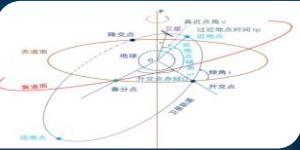


技术路线与方案

系统技术路线

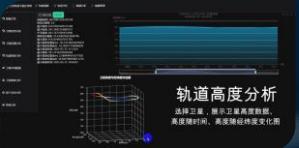
轨道数据采集

是否保密（U不保密，C或S为只对NORAD开放）
国际编号（21年第35次发射的物体A，长五B遥二一级即为物体B）
TLE 行号 1 48274U 21035A 22041
行号 2 48274 041.4677 261.7



数据解析处理

可视化展示



交互式分析

以轨道数据为核心，构建从采集到可视的工程化技术链条，实现空间信息智能呈现与动态交互。

前后端融合，精准轨道可视

后端架构

Django + Python

采用 Django 框架构建 RESTful API，借助 Python 为轨道解析与天文计算提供强大支撑。

Vue3+可视化库

结合 Vue3 框架，集成 Cesium.js 与 Spacekit.js，实现三维卫星轨道可视化、时间控制与交互操作。

前端框架

Satellite.js

基于 SGP4/SDP4 轨道模型，对 TLE 数据进行高效计算与轨迹预测，支持星下点、过境点等信息提取。

核心算法

Turf.js + ECharts.js

Turf.js 提供空间数据分析，ECharts.js 实现图表展示与数据趋势分析，提升用户交互体验。

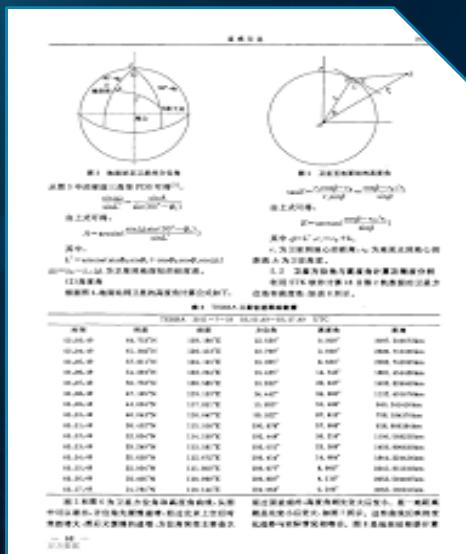
辅助分析

系统技术方案

核心技术一：SGP轨道计算

解析TLE两行元素数据

精确解析TLE轨道数据，提取卫星运行周期、倾角、近地点等关键参数，为后续轨道计算与动态可视化提供可靠基础。



采用SGP4/SDP4标准模型，精准计算卫星在不同时间的轨道状态与位置参数，确保轨迹预测与可视化的数据准确性与一致性。

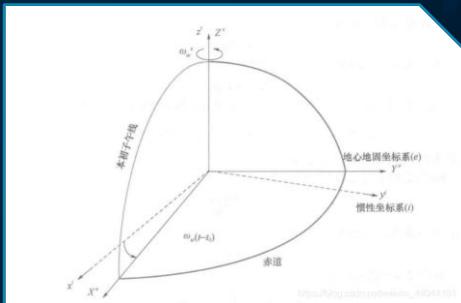
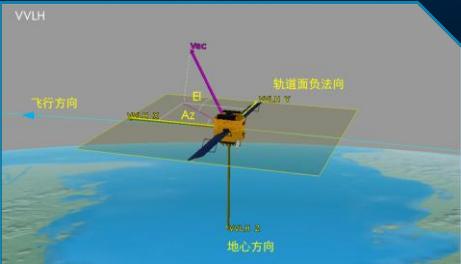
SGP4/SDP4模型计算轨道状态

精准轨道计算结合多坐标系转换，支撑系统高效可视化与轨迹推演。

Skyfield解算轨道与转换坐标

利用Skyfield天文计算库，高效完成TLE轨道参数解算及ECI、ECEF、LLA等多种坐标系间的精准转换。

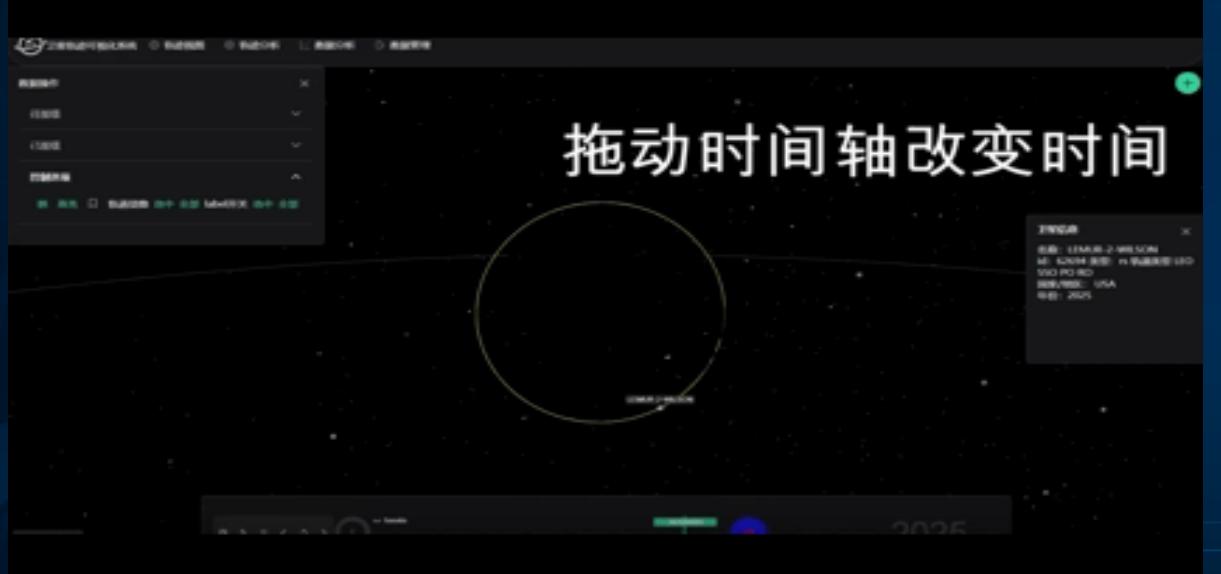
轨道类型	缩写	关键判断条件	典型参数范围
地球静止轨道	GEO	周期≈1436分钟 高度≈35786km 倾角<5° 偏心率<0.01	单位通常为米 (m)
倾斜地球同步轨道	IGSO	周期≈1436分钟 倾角>5° 偏心率<0.01	倾角: 5°-30° 高度同GEO
地球同步转移轨道	GTO	近地点<1000km 远地点>35000km 偏心率0.6-0.8	周期: 5-16小时
高椭圆轨道	HEO	偏心率>0.1	远地点高度>40000km
低地球轨道	LEO	平均高度<2000km	高度: 160-2000km 周期: 87-127分钟
中地球轨道	MEO	2000km≤高度<35786km	高度: 2000-35786km 周期: 2-24小时
太阳同步轨道	SSO	倾角96°-100° 高度<2000km	倾角: 97°-99° 高度: 600-800km
闪电轨道	MO	倾角≈63.4° 远地点>35000km 周期≈716分钟 (12小时)	近地点: 400-600km 远地点: 38000-40000km
赤道轨道	EO	倾角≈0°	倾角<1°
极地轨道	PO	倾角85°-95°	倾角≈90°
逆行轨道	AO	倾角0°-90°	-
逆行轨道	RO	倾角90°-180°	-



系统灵活支持ECI、ECEF、WGS84等多种坐标系自由切换，充分满足轨道可视化、定位分析、星下点投影等多类应用场景与功能拓展需求。

多坐标系统一转换支持

核心技术二：时间控制组件



拖动时间轴改变时间

01

统一同步Cesium与Spacekit时间轴

统一调度时间基准，提升多源轨迹表现的协调性与同步精度，实现跨引擎时序一致性的可视化融合效果。

时间快进/回溯/暂停控制

通过多样化时间控制功能，支持轨迹模拟中的快进、回溯与暂停操作，增强用户对时间线的交互操控能力。

02

03

支持Julian日与Unix时间的转换

兼容多时间体系，保障轨道计算与可视化流程中时间数据的一致性与高精度对齐。

实现多引擎一致性动态播放效果

通过统一时间控制逻辑，实现多可视化引擎的动态同步播放，确保轨迹展示在时序上的一致与稳定。

04

统一多源时间体系，实现轨迹可视化过程中高精度、强交互的动态控制体验。



技术亮点

双引擎融合架构

引入Cesium与Spacekit双引擎协同机制，兼顾地球可视化与轨道物理建模，提升系统的真实感与科学性。



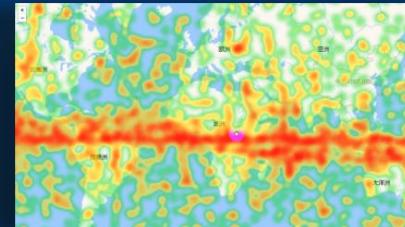
TLE版本化管理机制

构建TLE版本控制与动态更新体系，实现轨道数据的自动归档、精准管理，增强计算可靠性与可追溯性。

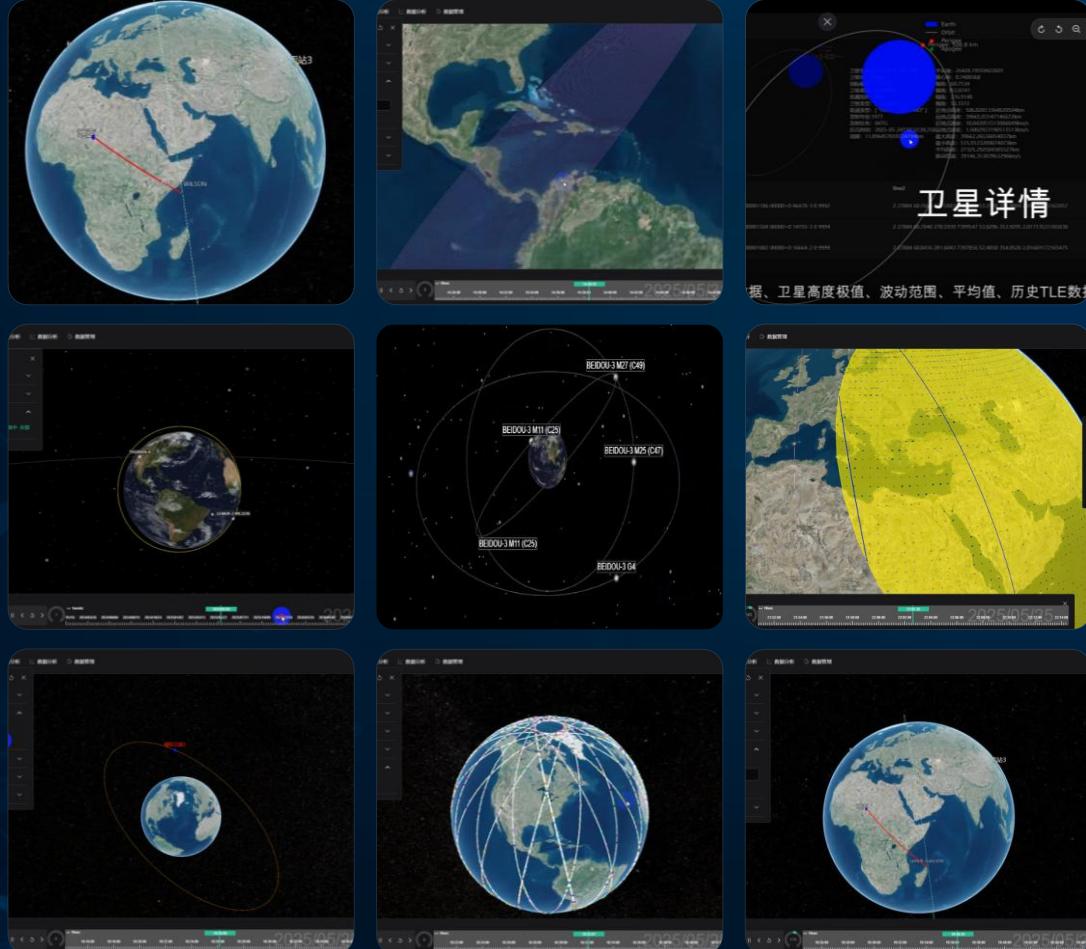
Orbit Catalog		Date	Epoch	Filter	Notes
2020	1	2020-01-01	2020-01-01	2020-01	
2020	2	2020-01-02	2020-01-02	2020-02	
2020	3	2020-01-03	2020-01-03	2020-03	
2020	4	2020-01-04	2020-01-04	2020-04	
2020	5	2020-01-05	2020-01-05	2020-05	
2020	6	2020-01-06	2020-01-06	2020-06	
2020	7	2020-01-07	2020-01-07	2020-07	
2020	8	2020-01-08	2020-01-08	2020-08	
2020	9	2020-01-09	2020-01-09	2020-09	
2020	10	2020-01-10	2020-01-10	2020-10	
2020	11	2020-01-11	2020-01-11	2020-11	
2020	12	2020-01-12	2020-01-12	2020-12	
2020	13	2020-01-13	2020-01-13	2020-13	
2020	14	2020-01-14	2020-01-14	2020-14	
2020	15	2020-01-15	2020-01-15	2020-15	
2020	16	2020-01-16	2020-01-16	2020-16	
2020	17	2020-01-17	2020-01-17	2020-17	
2020	18	2020-01-18	2020-01-18	2020-18	
2020	19	2020-01-19	2020-01-19	2020-19	
2020	20	2020-01-20	2020-01-20	2020-20	
2020	21	2020-01-21	2020-01-21	2020-21	
2020	22	2020-01-22	2020-01-22	2020-22	
2020	23	2020-01-23	2020-01-23	2020-23	
2020	24	2020-01-24	2020-01-24	2020-24	
2020	25	2020-01-25	2020-01-25	2020-25	
2020	26	2020-01-26	2020-01-26	2020-26	
2020	27	2020-01-27	2020-01-27	2020-27	
2020	28	2020-01-28	2020-01-28	2020-28	
2020	29	2020-01-29	2020-01-29	2020-29	
2020	30	2020-01-30	2020-01-30	2020-30	
2020	31	2020-01-31	2020-01-31	2020-31	
2020	32	2020-02-01	2020-02-01	2020-32	
2020	33	2020-02-02	2020-02-02	2020-33	
2020	34	2020-02-03	2020-02-03	2020-34	
2020	35	2020-02-04	2020-02-04	2020-35	
2020	36	2020-02-05	2020-02-05	2020-36	
2020	37	2020-02-06	2020-02-06	2020-37	
2020	38	2020-02-07	2020-02-07	2020-38	
2020	39	2020-02-08	2020-02-08	2020-39	
2020	40	2020-02-09	2020-02-09	2020-40	
2020	41	2020-02-10	2020-02-10	2020-41	
2020	42	2020-02-11	2020-02-11	2020-42	
2020	43	2020-02-12	2020-02-12	2020-43	
2020	44	2020-02-13	2020-02-13	2020-44	
2020	45	2020-02-14	2020-02-14	2020-45	
2020	46	2020-02-15	2020-02-15	2020-46	
2020	47	2020-02-16	2020-02-16	2020-47	
2020	48	2020-02-17	2020-02-17	2020-48	
2020	49	2020-02-18	2020-02-18	2020-49	
2020	50	2020-02-19	2020-02-19	2020-50	
2020	51	2020-02-20	2020-02-20	2020-51	
2020	52	2020-02-21	2020-02-21	2020-52	
2020	53	2020-02-22	2020-02-22	2020-53	
2020	54	2020-02-23	2020-02-23	2020-54	
2020	55	2020-02-24	2020-02-24	2020-55	
2020	56	2020-02-25	2020-02-25	2020-56	
2020	57	2020-02-26	2020-02-26	2020-57	
2020	58	2020-02-27	2020-02-27	2020-58	
2020	59	2020-02-28	2020-02-28	2020-59	
2020	60	2020-02-29	2020-02-29	2020-60	
2020	61	2020-03-01	2020-03-01	2020-61	
2020	62	2020-03-02	2020-03-02	2020-62	
2020	63	2020-03-03	2020-03-03	2020-63	
2020	64	2020-03-04	2020-03-04	2020-64	
2020	65	2020-03-05	2020-03-05	2020-65	
2020	66	2020-03-06	2020-03-06	2020-66	
2020	67	2020-03-07	2020-03-07	2020-67	
2020	68	2020-03-08	2020-03-08	2020-68	
2020	69	2020-03-09	2020-03-09	2020-69	
2020	70	2020-03-10	2020-03-10	2020-70	
2020	71	2020-03-11	2020-03-11	2020-71	
2020	72	2020-03-12	2020-03-12	2020-72	
2020	73	2020-03-13	2020-03-13	2020-73	
2020	74	2020-03-14	2020-03-14	2020-74	
2020	75	2020-03-15	2020-03-15	2020-75	
2020	76	2020-03-16	2020-03-16	2020-76	
2020	77	2020-03-17	2020-03-17	2020-77	
2020	78	2020-03-18	2020-03-18	2020-78	
2020	79	2020-03-19	2020-03-19	2020-79	
2020	80	2020-03-20	2020-03-20	2020-80	
2020	81	2020-03-21	2020-03-21	2020-81	
2020	82	2020-03-22	2020-03-22	2020-82	
2020	83	2020-03-23	2020-03-23	2020-83	
2020	84	2020-03-24	2020-03-24	2020-84	
2020	85	2020-03-25	2020-03-25	2020-85	
2020	86	2020-03-26	2020-03-26	2020-86	
2020	87	2020-03-27	2020-03-27	2020-87	
2020	88	2020-03-28	2020-03-28	2020-88	
2020	89	2020-03-29	2020-03-29	2020-89	
2020	90	2020-03-30	2020-03-30	2020-90	
2020	91	2020-03-31	2020-03-31	2020-91	
2020	92	2020-04-01	2020-04-01	2020-92	
2020	93	2020-04-02	2020-04-02	2020-93	
2020	94	2020-04-03	2020-04-03	2020-94	
2020	95	2020-04-04	2020-04-04	2020-95	
2020	96	2020-04-05	2020-04-05	2020-96	
2020	97	2020-04-06	2020-04-06	2020-97	
2020	98	2020-04-07	2020-04-07	2020-98	
2020	99	2020-04-08	2020-04-08	2020-99	
2020	100	2020-04-09	2020-04-09	2020-100	

空间-时间双维交互

设计基于地理围栏与统一时间轴的双维度控制逻辑，支持动态轨迹分析与星下点可视化，提升用户交互深度。



系统功能·轨迹展示与分析



轨迹展示：

三维动态轨迹播放，星下点分布动画，多卫星显隐控制，时间轴播放调节。

三维轨迹 精准感知

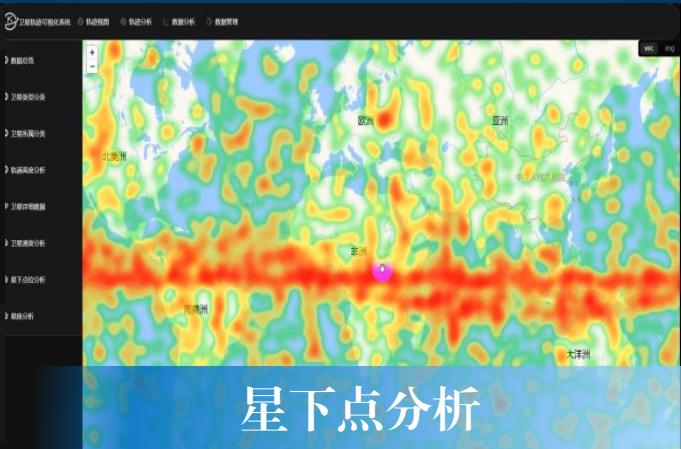
轨迹分析：

过境区域分析，自定义轨道模拟，通信链路实时显示，星下点覆盖轨迹交互。

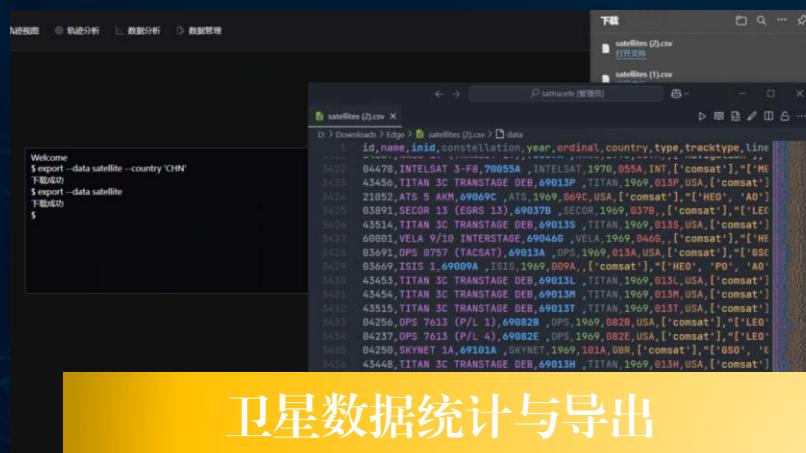
系统功能·数据分析与数据统计

卫星名称: LEMUR-2-ARIANNA 半长轴: 6950.52909665387
卫星ID: 62699 离心率: 0.0000699
国际编号: 25009CU 倾角: 97.7341
卫星别名: LEMUR 仰角: 145.7906
所属国家: CN 侧角: 21.423790000000003
所属组织: [未显示] 轨道类型: [未显示]
轨道高度: 589.3859228906831km 近地点高度: 589.3590528644881km
发射年份: 2025 远地点高度: 590.3590528644881km
发射任务: 009C 近地速度: 7.56760963632886km/s
历元时间: 2025-05-20T03:56:56.113 远地速度: 7.56670309472313km/s
周期: 1.6054766356144627km 最大速度: 594.584791910898km
平均速度: 594.249761478084km 波动范围: 26.210493573628124km/s

卫星详情



图数结合，全面掌握卫星信息





典型界面·轨道状态可视与调控

The screenshot displays the 'Satellite Trajectory Visualization System' interface. On the left, a 'Data Operation' panel titled '待加载' (Pending Load) shows a search bar with 'M11' and a table with two rows of satellite data. The first row is selected, showing 'BEIDOU-3 M11 (C25)' with ID 43603 and International ID 18067B. The second row shows 'BEIDOU' and '067B'. On the right, a large 3D model of Earth is centered against a star-filled background. A prominent white text overlay '加载卫星' (Load Satellite) is positioned above the Earth. At the bottom, a timeline bar shows a specific timestamp '18:19:50' and the date '2025/05/25'.

首页融合轨道状态展示与控制功能，支持快速感知与交互调度



典型界面·轨迹分析

轨道模拟分析
a:20000km e:0.5 i:30

模拟轨道变化，辅助状态解析

功能面板

过境分析

卫星模拟

20000 0.5 30 卫星模拟分析

轨迹预测

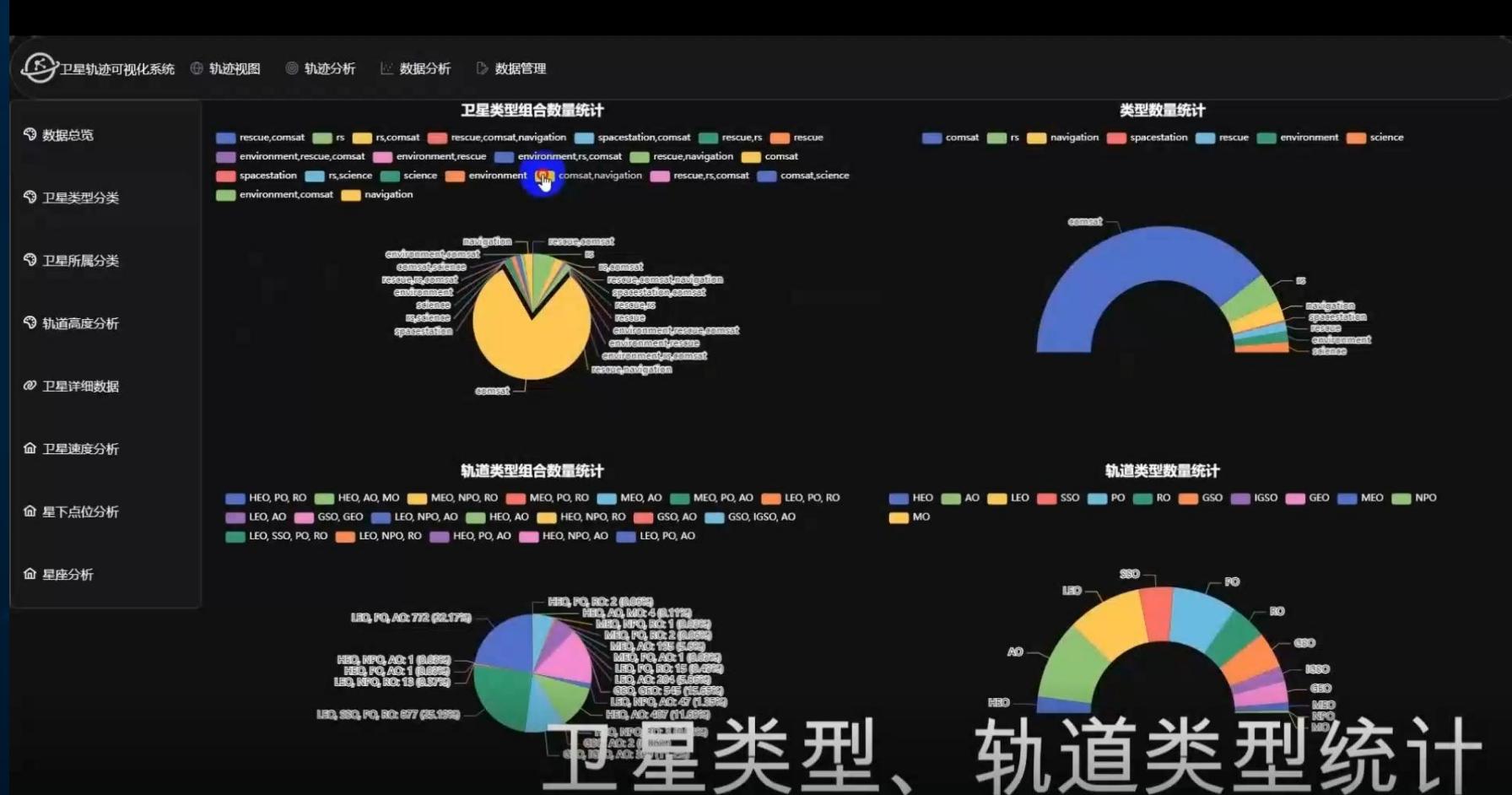
地面站通信分析

覆盖分析

15.84 MS 59 FPS



典型界面·多元卫星数据分析



多维度轨道数据解析，助力用户全面掌握卫星运行特征



典型界面·数据管理

The screenshot shows a dark-themed application window titled "Welcome". A context menu is open, with the "Paste" option highlighted. The menu items include: 表情符号 (Win+句点), 取消 (Ctrl+Z), 剪切 (Ctrl+X), 复制 (Ctrl+C), 粘贴 (Ctrl+V), 粘贴为纯文本 (Ctrl+Shift+V), 全选 (Ctrl+A), 书写方向 (More...), 截图 (Ctrl+Shift+S), and 检查 (More...). Below the menu, the text "数据导出" is displayed in large white font. At the bottom left, there is a command line interface with the text "export --data satellite --country 'CHN'" and a small note "暂停(Alt + K)".

支持数据删改导出，保障信息灵活管理

总结展望

01

成果

实现集成化轨道可视化与分析
平台：总结成果，实现集成化
轨道可视化与分析平台。

02

后续方向

接入AI预测、接轨遥感影像、
Web化轻量部署：展望未来，
接入AI预测，接轨遥感影像，
实现Web化轻量部署。

03

推广

服务航天教育、航天科普与轨
道分析研究：推广平台，服务
航天教育、科普与轨道分析研
究。



请老师批评指正

空天守望者：人造卫星态势感知系统

双引擎融合架构

TLE版本化管理机制

实时坐标转换模块

空间-时间双维交互

