



## 程序设计基础项目报告



项目名称：人造卫星过境预报系统

项目小组：0920 程序设计基础 13 组

成员：组长 王一鸣 2312279

组员 曹 翔 2412910 陈盛阳 2312316

王新博 2411048 翟文启 2412540

学院：物理科学学院

任课教师：李 妍

2024 年 12 月

# 人造卫星过境预报系统设计与实现

陈盛阳, 曹翔, 王新博, 翟文启, 王一鸣

(南开大学物理科学学院, 天津 300071)

**摘要:** 随着航天技术的飞速发展, 世界各国卫星的发射数量不断增加, 卫星过境预报需求日益迫切。精确的卫星过境预报对于科学观测、卫星通信任务等具有重要意义。本项目旨在为南开大学的天文爱好者开发一个人造卫星过境预报系统, 通过该系统, 用户可以通过输入观测点经纬坐标获取预测的卫星过境数据, 结合实时天气信息获取观测建议, 从而提升观测成功率与效果。

本论文首先介绍项目的背景与项目现状, 接着展示了基于 Python 语言的预报系统设计与实现过程, 进行了结果展示与结果比较, 最后探讨了本项目的应用前景与优化方向。

**关键词:** 过境预报; 民间观测; 近地卫星; Skyfield; GUI 交互; 天文观测指数

# Design of A Satellite Transit Forecasting System

Chen Shengyang,Cao Xiang,Wang Xinbo,Zhai Wenqi,Wang Yiming

*(College of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China)*

**Abstract:** With the rapid advancement of space technology, the number of satellite launches by countries worldwide is increasing continuously, leading to a growing demand for satellite-transit forecasting. Accurate satellite-transit forecasting holds significant theoretical and practical importance for scientific observation, satellite-communication and other fields. The project aims to develop a satellite transit forecasting system for astronomy enthusiasts at Nankai University, providing a convenient and accurate tool for predicting satellite transits. By inputting the longitude and latitude coordinates of the observation point, users can obtain predicted satellite transit data and receive observation suggestions based on real-time weather information, thereby effectively improving the success rate and effectiveness of observations.

The paper provides a detailed introduction to the project's background and objectives initially, followed by a comprehensive overview of the system's design process, which is based on Python Language. Then it conducts results demonstration and comparison, and finally, an exploration of the project's applications and optimized design in the future.

**Key Words:** Transit forecast; Civil Observation; Low-Earth Orbiters; Skyfield; GUI Intersurface; Astronomical Observation Index

## 目 录

一 引言 .....	4
1.1 项目背景与意义 .....	4
1.2 项目现状综述 .....	4
1.3 文献综述 .....	5
二 项目设计与实现 .....	6
2.1 卫星过境及观测条件判断概述 .....	6
2.2 基于结构化程序设计的项目运行逻辑 .....	6
2.3 功能模块和实现过程 .....	7
2.3.1 数据输入与处理 .....	7
2.3.2 卫星过境条件判断 .....	8
2.3.3 实时天气获取与处理 .....	9
2.3.4 基于联网状态的不同数据输出形式 .....	9
2.3.5 可视化 GUI 交互页面 .....	10
三 项目展示与结果分析 .....	12
3.1 不同场景的差异化结果输出 .....	12
3.1.1 多坐标展示 .....	12
3.1.2 针对有无天气数据的差异化输出 .....	13
3.1.3 针对联网状态的差异化输出 .....	13
3.2 结果精度分析 .....	14
四 应用前景与展望 .....	16
4.1 应用前景 .....	16
4.2 展望 .....	16
参考文献 .....	18
附录 .....	19
A 天文计算库 Sky Field .....	19
B 两行星历数据(Two-Line Element ,TLE) .....	19
C 描述卫星过境过程的参数 .....	19
D 部分关键代码 .....	21
任务分工表 .....	23

# 一 引言

## 1.1 项目背景与意义

广阔无垠的星海对人们有着无穷的吸引力，卡尔·萨根曾在《宇宙》一书中写道——“我们由星辰所铸，如今遥望群星！”人类是社会的，但首先是自然的。在某个晴朗无云的夜晚，抬起头，一片明亮、壮丽、优雅、安详、神秘的广阔星空如一张巨幕赫然呈现在眼前，如一丝清雨将双眼洗刷得干净透彻，什么都不剩，人与人最本质的归属之间再无任何隔阂，只有不断涌入眼中的无数星光直接打入内心，这吸引着无数天文爱好者前仆后继仰望深空，尤其是能抬头便看见人类自己智慧的结晶从星空中穿过。刘慈欣在《三体》中感叹“有些人至死都没有往尘世之外看一眼”，天文爱好者不希望这样的事情重演。

随着全球航天技术的进步，越来越多的国家投入到卫星发射与空间探测活动中。人造卫星过境观测是航天领域中的重要研究内容，卫星轨道和过境时间的精确预报对航天任务和地面观测具有重要意义，其准确性不仅影响着科学观测，还与卫星跟踪、通信以及空间站的维护密切相关。对于南开大学的天文观测爱好者来说，准确预测特定时段内的卫星过境时间有助于优化观测条件，合理安排时间，达到更好的观测效果。

## 1.2 项目现状综述

本项目之前已经开发出来的卫星过境预报系统有很多，包括但不限于：

1) 天文通小程序：能自动识别观测者位置，可显示近期天和空间站的过境信息，包括日期、亮度、过境类型等。它为天文爱好者观测空间站提供了极大便利，但其必须联网运行，在偏远地区可能由于信号不良而错失观测良机；并且其目标只是中国空间站，可供观测的卫星极其有限。

2) Heavens-above 网站：作为独立运行的外国网站，在该网站中输入观测地经纬度即可查询各种人造卫星的过境信息。但其未考虑天气等影响观测效果的因素，且为英文网站，使用难度大，不易于向大众普及。

综上，本项目小组希望开发一个可以根据天文爱好者的地理坐标，考虑天气等因素为天文爱好者提供卫星过境预报的程序。此程序应当操作简洁，使用门槛低，且可以离线运行。

### 1.3 文献综述

刘述民的研究聚焦于民用卫星过境查询系统<sup>[3]</sup>。该系统利用航天器轨道动力学知识，提出传感器对地覆盖模型，从零开始推导、模拟卫星实时运行轨迹，并采用 **Matlab Web Server** 技术实现网络化。系统可以根据用户输入的目标区域经纬度、查询时间段等信息计算出卫星的过境信息，并以二维图线表和文本报告形式展示结果。这为民用卫星用户提供了便捷的查询工具。

罗伏军的研究围绕遥感卫星过境仿真系统展开<sup>[4]</sup>。为满足用户对多星、多传感器、多成像模式联合成像的需求，研究采用 **STK connect** 技术建立仿真系统。解决了传感器参数转换、地面覆盖带外沿轨迹计算、覆盖性能指标评估等开发难点，实现了地面区域管理、卫星过境访问预报等功能。通过实验验证，该系统在自然灾害情况下的遥感卫星过境仿真具有可靠性。

郑建川等人针对暗夜社区的天文观测需求，设计了天文观测指数<sup>[2]</sup>。该指数考虑了云量、能见度、降水、风速等多个因素对天文观测环境的影响，并采用层次分析法确定了各指标权重。研究还通过实际观测数据对结果进行分析和评估，证明该指数能够准确反映社区的天文观测环境状况，为天文观测提供了科学的评价标准。

这些研究从不同角度对卫星过境相关问题进行了探究，为本项目小组的人造卫星过境预报系统设计与实现提供了重要的参考和借鉴。

## 二 项目设计与实现

### 2.1 卫星过境及观测条件判断概述

观测卫星过境受地理位置、卫星轨道、天气状况等因素影响。

星下点是在轨道上任意一个位置的人造卫星投射在地球表面上的射影点。所有星下点连成的曲线叫星下点轨迹。由于地球自转，星下点轨迹不只一条。相邻两条轨迹在同一纬度上的间隔正好等于地球在卫星轨道周期内转过的角度。

根据星下点轨迹和卫星高度，可以预测卫星何时从何地地上空经过，预测从何地、向何方观测到卫星，即进行卫星过境预报。

作为夜空中的天体，人造卫星被太阳照亮后人们在特定的时间内可以看到它反射出来的光亮，这也是天文爱好者观测卫星过境的光学基础。

天黑后和黎明前的一段时间适宜观测卫星过境，这时卫星并未运行到地球的阴影之中，仍能被太阳照射到，同时又不会因为角度过低而不利于观察。

附录 C 展示了对描述卫星过境过程的参数的简单理解。

### 2.2 基于结构化程序设计的项目运行逻辑

本项目基于结构化程序设计思想，采取较为清晰的模块化结构进行运行逻辑设计、主要函数与代码编写。这便于把复杂的预报系统项目分解为小型和便于管理的任务。整个项目可以按照以下两种思想进行分解。



图 2-1 结构化程序设计思想示意图

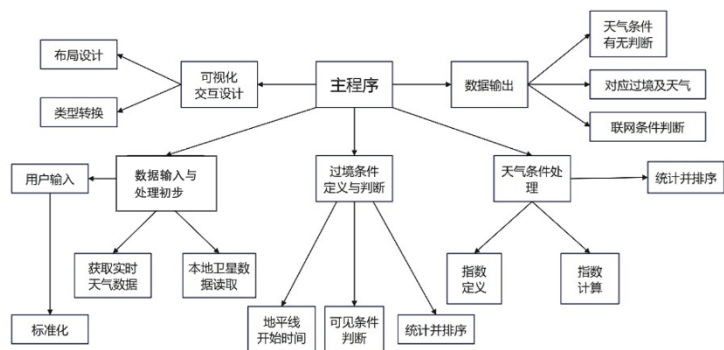


图 2-2 程序结构示意图

## 2.3 功能模块和实现过程

### 2.3.1 数据输入与处理

本模块负责接收用户输入的观测点等参数，读取本地卫星数据，对数据进行格式、类型等预处理，为后面的运算模拟提供基础。

本模块主要包括以下内容：



- 1) 读取用户输入的数据，包括观测点坐标(纬度、经度、海拔)、要查找的卫星名称和查询天数；
- 2) 加载卫星数据 TLE 文件，提供卫星的轨道参数；
- 3) 配置初始变量。

### 2.3.2 卫星过境条件判断

对于为南开大学的天文爱好者编写的卫星过境预报系统，预报在地面可见的卫星过境过程更有实践意义，本项目将按此原则编写程序。

如果需要展示不加限制条件的所有卫星过境过程，本项目只需要删去对日出日落时间范围这一限制的筛选。

对卫星过境及观测条件的判断概述在第 2.1 节已经完成，下面介绍主要利用 Sky Field 库这一较为完善的天文计算库完成计算的操作。在此过程中，寻找需要调用的函数、安排各函数处理数据的逻辑顺序、完成对卫星过境的模拟等是编写程序的关键。

为了计算方便，航天技术界的习惯是把查询当天(第一天)世界时 0.00h 作为时间起点，而时间以平太阳日为单位，包含整数与小数。本项目也按此进行时间转换。

本模块主要包括以下内容：

- 1) 将时间转化为协调世界时和平太阳日时间；
- 2) 建立观测点与卫星实时位置的相对位置关系；
- 3) 由卫星根数数据综合运算模拟卫星轨迹；
- 4) 获取查询时间范围内每一天的日出日落时间；
- 5) 找到每一次过境过程中的地平线升落时刻；
- 6) 筛选中天高度大于指定最低高度的过境时刻，保留这些数据；
- 7) 筛选在每日日出、日落前后的一段时间内过境的卫星过境时刻，保留这些数据。

### 2.3.3 实时天气获取与处理



图 2-3 和风天气 API 接入示意图

天文观测指数是衡量某个时间点、地点和天气条件下进行天文观测的可行性的一个指标。该指数是由多个要素综合计算得出的，包括总云量、能见度、降水、空气温度、露点温度、湿度、风速等影响观测的因素。本项目引入天文观测指数这一概念对观测点天气条件进行综合评估和展示。

本模块用于获取实时天气数据并进行处理，计算并输出每次过境过程对应的天文观测指数。

本模块主要包括以下内容：

- 1) 利用 **Requests** 库获取观测点处的未来 7 天天气数据；
- 2) 拟合已知数据，定义总云量、能见度、降水、空气温度、露点温度、湿度、风速等要素可用于进行天文观测指数计算的标准值；
- 3) 根据目标时间匹配天气数据；
- 4) 提取天气数据并据经验公式计算天文观测指数 F 值；
- 5) 匹配天气数据与对应的过境时刻。

### 2.3.4 基于联网状态的不同数据输出形式

本项目可以离线使用来预报卫星过境，但离线时无法获取实时的天气数据，这里存在矛盾。

考虑到局部短时天气的预测无法做到完全准确，又考虑到卫星轨道在短期内虽有进动但相对稳定，权衡之下本项目选择保留离线状态下的卫星过境预报

功能，按联网状态、是否获得天气数据两种原则分类输出的预报结果所包含的内容，联网且获得天气数据时输出过境预报结果和对应的天文观测指数，未联网或联网但无法获得天气数据时只输出过境预报结果。

本模块主要包括以下内容：

- 1) 判断联网状态，判断是否获得天气数据；
- 2) 规定输出格式；
- 3) 按时间顺序输出预报结果和天文观测指数文本报告。

### 2.3.5 可视化 GUI 交互页面

在完成基本计算预报任务后，本项目小组设计了程序的图形用户界面 GUI，提供一系列操作和功能的集成，使得抽象、复杂的任务可以通过直观、简单的操作完成，并使预报系统美观、可视化、操作便捷。



图 2-4 预报系统主界面示意图

整个界面主要由三部分组成，顶部为主标题和提示词，左半部分为输出界面，右半部分为输入界面。

右半部分包括四个输入栏，一个滑块和一个按钮。在输入栏中需要输入观测点的经度、纬度、海拔和要查询的卫星的标准名称，使用滑块调整查询天数。按照要求输入完初始变量点击按钮“Start”执行程序，左侧输出界面就会输出相应报告信息。

Loading,Please Waiting

CSS (TIANHE) catalog #48274 epoch 2024-12-07 16:58:47 UTC

查询时间间隔(北京): 2024-12-14 00:00:00+08:00 至 2024-12-20 00:00:00+08:00

查询时间间隔(UTC): 2024-12-13 16:00:00 至 2024-12-19 16:00:00

-----RESULT-----

2024-12-14 01:33:31 分界 高度: 0° 方位: 206° 距离: 2254km

天文观测指数 F: 86.55 (极佳)

2024-12-14 01:38:03 中天 高度: 14° 方位: 145° 距离: 1184km

天文观测指数 F: 86.55 (极佳)

2024-12-14 01:42:36 分界 高度: 0° 方位: 85° 距离: 2266km

天文观测指数 F: 86.55 (极佳)

...

共计 29 次过境!

表 2-1 输出样例

以上样例从报告中截取了一次完整的卫星过境过程。

报告开头给出了查询卫星的标准名称、对应的星历更新时间、分别以北京时间和协调世界时表示的查询时间间隔。

报告主体以两行为一组，展示了卫星位于从视平线（分界点一）升起、中天位置和从视平线（分界点二）落下三个节点的时间、方位、高度角、相对观测点的距离等信息，并给出了对应的天文观测指数。

报告最后统计了规定时间间隔内的卫星过境总次数。

本模块使用 Tkinter 库进行编写，过程中遇到全局变量 LAT,LON,ELEVATION,SATELLITE,days 从字符串类型转化为浮点数类型后无法被下方的变量识别(提示无定义)的难点。

本模块主要包括以下内容：

- 1) 设计预报系统布局；
- 2) 修改代码运行逻辑，读取 Tkinter 的输入信息；
- 3) 修改对应输出文本报告格式，调整换行等排版。

## 三 项目展示与结果分析

### 3.1 不同场景的差异化结果输出

本程序针对不同使用场景具有多样化的输出模式，现做如下展示。

#### 3.1.1 多坐标展示

在可获取天气数据的理想状态下以南开大学八里台校区体育场和长江入海口为例，进行多坐标查询。



图 3-1 南开大学八里台校区体育场



图 3-2 长江入海口

### 3.1.2 针对有无天气数据的差异化输出

若过境时间在七日内则根据天气数据输出天文观测指数 F，若超出七日则告知未获取查询日的天气信息。



图 3-3 南开大学八里台校区体育场的十四日数据

### 3.1.3 针对联网状态的差异化输出

联网条件下输出过境时间与天文观测指数，断网则只输出过境时间。



图 3-4 联网条件下输出

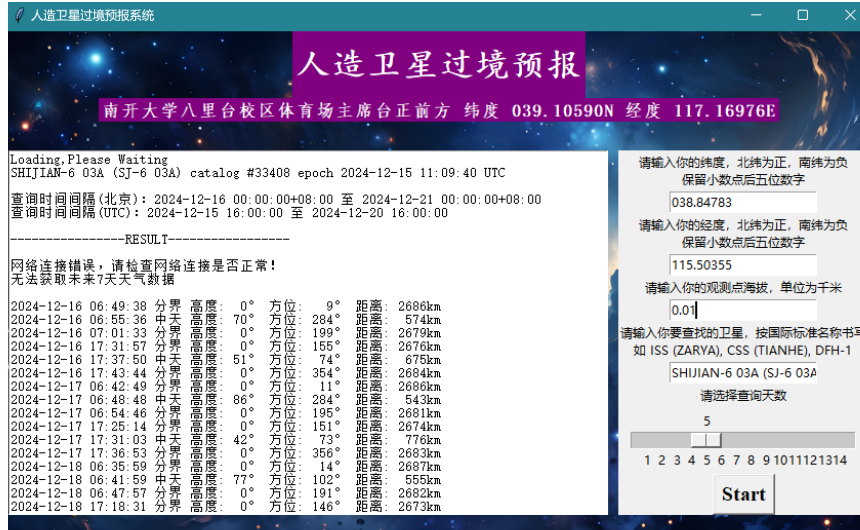


图 3-5 断网条件下输出

### 3.2 结果精度分析

查询南开大学八里台校区体育场 2024 年 12 月 16 日 08:00 至 12 月 26 日 09:00 的天和空间站过境时间, 将本程序输出结果与天文爱好者网站 Heavens-Above 结果进行对比。

查询时间间隔(北京): 2024-12-16 00:00:00+08:00 至 2024-12-26 00:00:00+08:00					
查询时间间隔(UTC): 2024-12-15 16:00:00 至 2024-12-25 16:00:00					
-----RESULT-----					
网络连接错误, 请检查网络连接是否正常!					
无法获取未来7天天气数据					
2024-12-16 06:05:01	分界	高度: 0°	方位: 286°	距离: 2271km	
2024-12-16 06:10:17	中天	高度: 69°	方位: 200°	距离: 416km	
2024-12-16 06:15:32	分界	高度: 0°	方位: 114°	距离: 2262km	
2024-12-16 07:42:15	分界	高度: 0°	方位: 275°	距离: 2268km	
2024-12-16 07:46:49	中天	高度: 15°	方位: 215°	距离: 1169km	
2024-12-16 07:51:22	分界	高度: 0°	方位: 154°	距离: 2255km	
2024-12-17 06:43:28	分界	高度: 0°	方位: 281°	距离: 2269km	
2024-12-17 06:48:26	中天	高度: 24°	方位: 210°	距离: 843km	
2024-12-17 06:53:22	分界	高度: 0°	方位: 140°	距离: 2256km	
2024-12-18 05:44:45	分界	高度: 0°	方位: 284°	距离: 2270km	
2024-12-18 05:49:55	中天	高度: 40°	方位: 206°	距离: 585km	
2024-12-18 05:55:03	分界	高度: 0°	方位: 127°	距离: 2259km	
2024-12-19 06:23:15	分界	高度: 0°	方位: 274°	距离: 2267km	
2024-12-19 06:27:45	中天	高度: 14°	方位: 215°	距离: 1217km	
2024-12-19 06:32:15	分界	高度: 0°	方位: 156°	距离: 2257km	
2024-12-20 05:29:09	中天	高度: 23°	方位: 211°	距离: 880km	
2024-12-20 05:34:03	分界	高度: 0°	方位: 141°	距离: 2256km	

图 3-6 本程序查询结果

日期	亮度 (星等)	开始			最高点			结束			过境类型
		时间	高度角	方位	时间	高度角	方位	时间	高度角	方位	
12月16日	-2.0	6:08:51	29°	西	6:10:17	69°	西南偏南	6:13:28	10°	东南偏东	可见
12月17日	-0.2	5:13:08	30°	东	5:13:08	30°	东	5:14:55	10°	东南偏东	可见
12月17日	-0.5	6:45:46	10°	西	6:48:26	24°	西南偏南	6:51:05	10°	东南偏南	可见
12月18日	-1.4	5:49:40	39°	西南	5:49:55	40°	西南偏南	5:52:56	10°	东南	可见
12月19日	1.1	4:53:52	14°	东南偏东	4:53:52	14°	东南偏东	4:54:26	10°	东南偏东	可见
12月19日	0.2	6:26:09	10°	西南偏西	6:27:46	14°	西南	6:29:26	10°	南	可见
12月20日	0.1	5:30:21	18°	南	5:30:21	18°	南	5:31:45	10°	东南偏南	可见

图 3-7 Heavens-Above 查询结果

与 Heavens-Above 结果对比，本程序预测结果误差在 2-3 分钟。除去过境时间过短不具备观测价值的情况，程序给出的数据处于用户可以接受的范围之内，基本满足民用的天文爱好者观测需要的预报精度。



## 四 应用前景与展望

### 4.1 应用前景

本程序专为天文爱好者打造，能够对特定卫星在未来设定时长内的过境情况进行预报。这一功能为南开大学校内的天文爱好者群体提供了极大便利，卫星观测的新手能够依据预报信息提前做好观测准备，经验丰富的观测者也可借此优化观测计划，捕捉到更多的如卫星与星空背景美妙组合的理想观测瞬间。

对于天文社区，随着程序的进一步推广与完善，不同地区的天文爱好者均可借助它开展有针对性的观测活动，促进经验共享，也能促进天文观测大众化、平易化，为全球民间天文观测注入新的生机与活力。

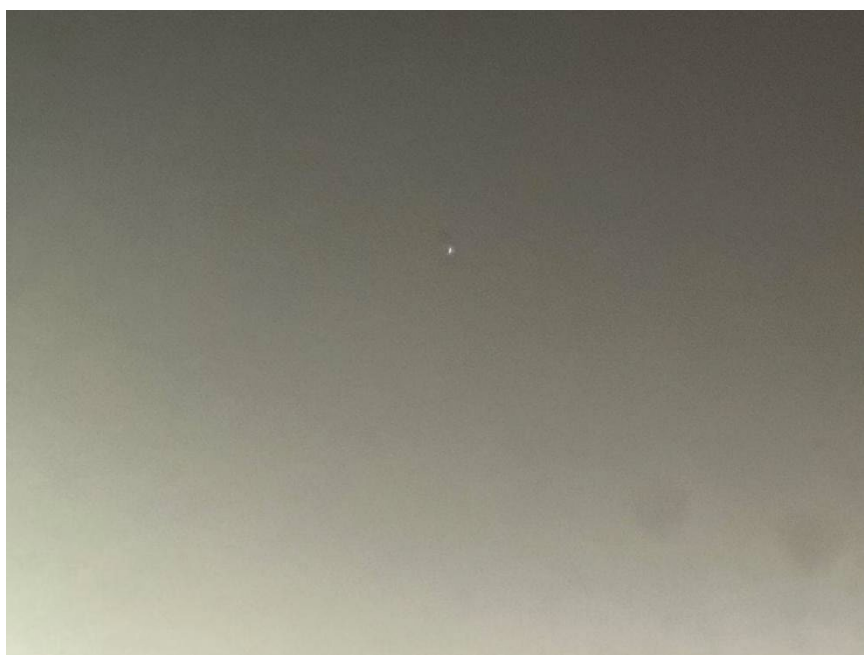


图 4-1 据本系统预报数据拍摄后经过处理的 ISS 照片(2024-12-06)

### 4.2 展望

由于编程能力尚待提升，时间精力尚为不足，本项目小组制作一个完美的卫星过境预报系统的工作任重而道远。

#### 1) 精确判断地影遮挡与太阳照射

地影遮挡和太阳照射情况会影响卫星观测效果。日后本项目小组希望引入

对地影遮挡与太阳照射与否的直接判断与数据输出，为天文爱好者提供更细致科学的观测时间推荐。

## 2) 星历数据联网更新与离线存储权衡

目前程序离线读取星历数据，对于实时数据更新仍存在局限。

联网获取星历数据可实时更新卫星轨道参数，有效应对卫星轨道机动、轨道衰减等因素导致的轨道变化，对一些轨道稳定性较差或新近发射的卫星其优势更为明显。

然而，星历联网更新与程序现有的离线优势存在冲突。离线模式保障了项目的可用性，为天文爱好者在网络受限或网络不稳定场景下提供最基本的观测预报。因此，在后续过程本项目小组需要继续探索如何在两者之间寻求平衡与优化，在保障离线使用功能不受影响的前提下，最大程度地提高星历数据的准确性与时效性。

## 参考文献

- [1] 李春阳,张廷华,田磊源.基于 STK/Matlab 的卫星过境预报[J].电子设计工程,2023,31(01):89-92+97.DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2023.01.018.
- [2] 郑建川,叶嘉晖,梅林.西涌暗夜社区天文观测指数设计与预报[J].科技风,2024,(21):7-10+126.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.202421003.
- [3] 刘述民.基于网络的民用卫星过境查询系统设计与实现[D].电子科技大学,2008.
- [4] 罗伏军,章文毅,黄鹏,等.遥感卫星过境仿真系统研究[J].计算机仿真,2011,28(09):94-97.
- [5] 于巾荔,丛亚轩,李嘉懿,等.基于 Mathematica 的天体运动模拟[J].大学物理,2024,43(03):67-73+78.
- [6] 张鹏,风云三号晨昏轨道卫星资料处理和应用关键技术研究.北京市,国家卫星气象中心,2019-11-28.
- [7] 刘彩璋,黄杰安,戴四军.新天文常数、系统对天文经纬度和方位角的影响[J].武汉测绘科技大学学报,1988,(03):47-55.
- [8] 康喆,牛炳力,李振伟,等.吉林天文观测基地光学观测环境及相关研究进展[J].天文学报,2024,65(02):3-16.
- [9] 翟军,孙西美.校园天文观测实践活动的开展与案例研究[J].地理教学,2015,(21):56-57.
- [10] 周昆.城市星空青岛城市星光公园[J].走向世界,2014,(07):78-83.
- [11] 曾永成.康德美学从“宇宙之美”起步的壮丽开篇——《宇宙发展史概论》的美学内容[J].美与时代(下),2023,(08):14-20.
- [12] 张生.因惊宇宙之美,遂忘人世之苦——谈宗白华的生命美学对叔本华思想的“创化”[J].文艺争鸣,2023,(04):92-102.
- [13] 钱祎,钱关键,吴莉莉.你有多久没有看到满天的繁星[N].浙江日报,2023-05-08(004).DOI:10.38328/n.cnki.nzjrb.2023.001536.
- [14] Skyfields.python-skyfield/sgp4lib.py.[EB/OL].(2024-06-14)[2024-11-15].  
<https://github.com/skyfielders/python-skyfield/blob/master/skyfield/sgp4lib.py>.  
2024.

## 附录

### A 天文计算库 Sky Field

Sky Field 是一个专为 Python 设计的纯 Python 天文计算库，提供高精度的行星和地球卫星位置计算。

它拥有以下优势：

- 1) 易于使用：提供了多样化的 Python API，让使用者能够快速调用；
- 2) 高性能：利用 NumPy 库进行底层运算，确保了计算速度和结果精度，这是它的核心优势；
- 3) 兼容性广：既支持 Python 2，也支持 Python 3，满足不同环境需求；
- 4) 广泛支持：包括详细的文档、安装指南和活跃的社区。

它可以被用于获取精确的星空数据、进行天文学实验、计算卫星轨道、观测星表等场景，可以被集成到与天文相关的应用中。

### B 两行星历数据(Two-Line Element ,TLE)

本项目主程序的附加文件“TLE.txt”是本论文第 2.3.1 节所写“加载卫星数据 TLE 文件”时的数据库，这是卫星星历，用 TLE 格式记录。

两行星历数据是北美防空联合司令部创立的用于描述卫星位置和速度的表达式，现已成为一种国际通用卫星星历文件格式。

两行星历的结构为三行，首行数据为卫星名称；后面两行则存储了卫星相关数据，每行 69 个字符，包括 0~9、A~Z(大写)、空格、点和正负号。

两行星历的时间按协调世界时计算。

两行星历定期更新。

### C 描述卫星过境过程的参数

描述卫星过境条件、描述观测卫星过程的诸参数可以简单地通过下列图片进行理解。

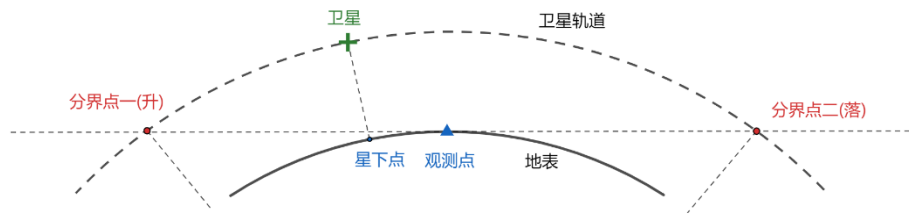


图 C-1 二维简化的卫星过境条件理解

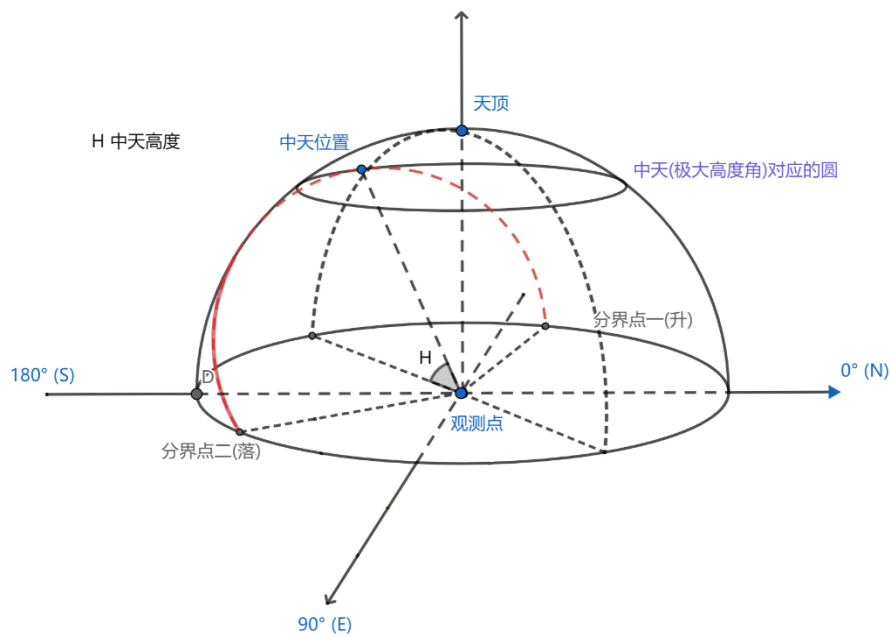


图 C-2 在观测点观测一次卫星过境的过程(包含卫星轨迹和部分参数)

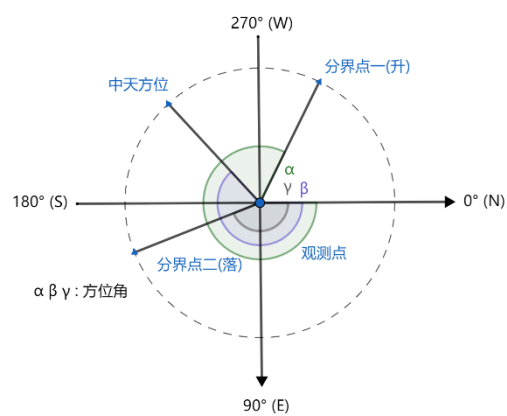


图 C-3 图 C-2 中过境过程图未表示的方位参数

## D 部分关键代码

- 1) 设置观测点，定义观测点和卫星的相对位置，设置预报时间：

```
Observation = Topos(latitude=LAT, longitude=LON, elevation_m=ELEVATION)
difference = satellite - Observation
zone = timezone('Asia/Shanghai')
now = zone.localize(datetime.now())
t0 = now.replace(hour=0, minute=0, second=0, microsecond=0)
t1 = t0 + timedelta(days)
```

- 2) 计算从地平线升降时间：

```
tmax = tmax.tt[altitude > 0]
doublets_0 = np.repeat(np.concatenate(((t0.tt,), tmax, (t1.tt,))), 2)
jdo_0 = (doublets_0[:-1] + doublets_0[1:]) / 2.0
trs_0 = _find_discrete(t0.ts, jdo_0, below_horizon_at, half_second, 8)[0]
```

- 3) 获取天气数据、标准化数据

```
def get_weather_data_for_week():
    try:

        url_daily = "https://devapi.qweather.com/v7/weather/7d?location={LON},
        {LAT}&key={API_KEY}"
        response_daily = requests.get(url_daily)

        for daily in daily_data:
            date_str = daily['fxDate']
            weather_date = datetime.strptime(date_str, '%Y-%m-%d').date()
            if target_time.date() == weather_date:
                # 判断是白天还是夜晚
                if 6 <= target_time.hour < 18:
                    return {
                        "cloud": -float(daily.get("cloudDay", 0)),
                        "vis": -3.3 * float(daily.get("visDay", 0)) - 80,
```

```
"precip": -10 * float(daily.get("precipDay", 0)),  
"temp": -(float(daily.get("tempMax", 0)) - 18) *  
(float(daily.get("tempMax", 0)) - 24) / 24,  
"dew": -10 * (19 - 19) ** 2,  
"humidity": -2 * float(daily.get("humidity", 0)) + 150,  
"windSpeed": float(daily.get("windSpeedDay", 0)),
```

4) 对日出日落时间范围限制:

```
def sun_rise_set(target_time, t_sunrise, t_sunset):  
    for sunrise in t_sunrise:  
        sunrise_t = sunrise.astimezone(beijing).replace(tzinfo=None)  
        if -2 <= (target_time - sunrise_t).total_seconds() / 3600 <= 2:  
            return True  
    for sunset in t_sunset:  
        sunset_t = sunset.astimezone(beijing).replace(tzinfo=None)  
        if -2 <= (target_time - sunset_t).total_seconds() / 3600 <= 2:  
            return True  
    return False
```

5) 可视化界面构建:

```
days_label=tk.Label(input_frm,text='请选择查询天数')  
days_label.pack()  
days_scale=tk.Scale(input_frm,from_=1,to=14,  
                     orient=tk.HORIZONTAL, tickinterval=1,resolution=1,  
                     length=220)  
days_scale.pack()  
start_button=tk.Button(input_frm,text='Start',  
                        font=("Times",15,"bold"),command=observation_set)  
start_button.pack()
```

## 任务分工表

### Nankai Aeronautics Satellite-observation Agency (NASA)

任务	陈盛阳 2312316	曹 翔 2412910	王新博 2411048	翟文启 2412540	王一鸣 2312279
讨论项目方向	√	√	√	√	√
文献查找	√	√	√	√	
协调分工		√			
开题报告文案	√	√	√	√	
开题报告PPT制作					√
Python语言学习 Skyfield库研究	√	√	√	√	
数据文件收集	√	√	√	√	√
代码功能模块	2 过境条件判断 3 天气获取与处理	1 数据输入与处理 2 过境条件判断 4 不同输出形式 5 GUI 页面设计制作	2 过境条件判断 4 不同输出形式	2 过境条件判断 4 不同输出形式	
代码调试打包		√			
结题论文文案	三 结果展示	摘要 二 设计与实现 附录	四 前景与展望	一 引言	
结题论文排版		√			
结题 PPT			√		

表 W-1 任务分工表