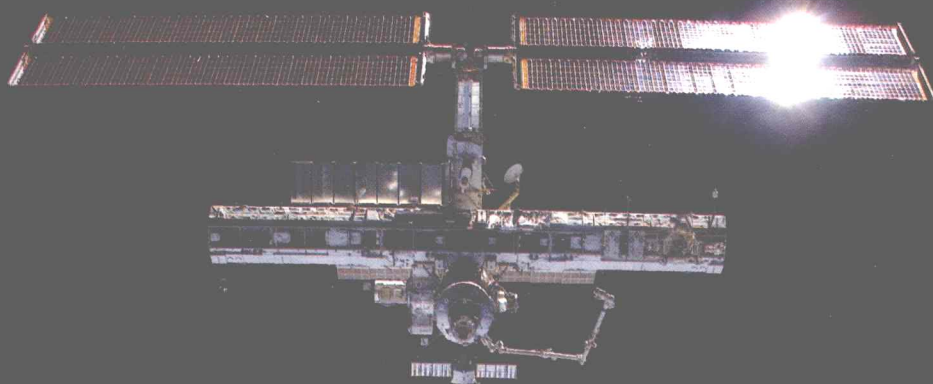
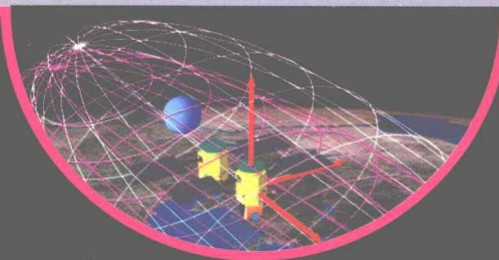


STK

在计算机仿真中的应用

杨颖 王琦 著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

STK 在计算机仿真中的应用

杨颖 王琦 著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要包括 STK 软件概述、STK 软件入门、STK 在卫星仿真中的应用、STK 仿真分析实例、STK 外部接口设计等内容,是一本专门介绍如何使用 STK 软件分析和执行陆、海、空、天、电(磁)任务的专业书籍。本书可供军事、航天、仿真、电子、计算机和系统工程等各专业高校学生作为学习用书,同时也可供系统决策、情报分析、项目论证以及其他专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

STK 在计算机仿真中的应用/杨颖,王琦著. —北京:
国防工业出版社, 2005.1
ISBN 7-118-03711-7

I. S... II. ①杨...②王... III. 计算机仿真—应
用程序 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 134046 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张19 453 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 30.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422 发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535 发行业务: (010)68472764

前 言

随着计算机和信息技术等高新技术的飞速发展，计算机仿真技术也正在全球范围内得到迅速的推动，并在航空、航天、地面战场模拟以及其他复杂任务分析中发挥着越来越重要的作用。

STK 的全称是 Satellite Tool Kit（卫星仿真工具包），是由美国 AGI 公司开发的一款在航天工业领域中处于绝对领先地位的商品化分析软件。它支持航天任务周期的全过程，包括概念、需求、设计、制造、测试、发射、运行和应用等。STK 是先进的商用现货（COTS）分析和可视化工具，它可以支援航天、防御和情报任务。利用它可以快速方便地分析复杂任务，获得易于理解的图表和文本形式的分析结果，以确定最佳解决方案。

STK 软件起初多用于卫星轨道分析，最初的应用集中在航天、情报、雷达、电子对抗、导弹防御等方面。但随着软件的不断升级，其应用也得到了进一步深入，STK 现已逐渐扩展成为分析和执行陆、海、空、天、电（磁）任务的专业仿真平台。目前，世界上有超过 450 家大型公司、政府机构、研究和教育组织正在使用 STK 软件，专业用户超过 3 万人。STK 正在许多商业、政府和军事任务中发挥着越来越重要的作用，其精确的分析结果可以获得大量实际验证，逼真的场景仿真获得了众多专家认可，应用领域也在不断扩大，涵盖了空间航天器设计和操作、通信、导航、遥感、战略和战术防御、战场管理和科学研究等多个领域，成为业界最有影响力的航天软件之一。

本书致力于让读者在基础理论、软件工具使用和仿真应用 3 个方面，全面翔实地了解和掌握 STK 在计算机仿真中的具体应用。本书的特点是理论与实践紧密结合，用了大量的篇幅介绍 STK 应用的实例设计。全书共分 5 个部分：STK 软件概述、STK 软件入门、STK 在卫星仿真中的应用、STK 仿真分析实例和 STK 外部接口设计。主要内容包括：STK 软件入门、空间仿真基础分析、传感器仿真应用、STK 链路和覆盖分析、卫星姿态控制、基础航天航空应用、弹道导弹飞行仿真、通信应用、地面战场仿真、外部接口设计等。

本书是作者在多年课题研究和大量应用实践的基础上，参考了国内、外本领域许多专家的研究成果，精心编写的一部关于 STK 仿真技术的专业书籍。作者期望 STK 软件能在国内的空间分析和仿真领域发挥更好的作用。本书可供军事、航天、仿真、

电子、计算机和系统工程等各学科高校学生作为学习用书，同时也可供系统决策、情报分析、项目论证以及其他专业技术人员参考使用。

我们非常感谢徐建卫、薛江东，杨为民三位专家对我们撰写本书所给予的耐心指导，是他们的远见和对空间分析技术的重视，使得我们投身到这一研究领域，并为之不懈努力；感谢张明博士提供的建模与仿真背景资料。

由于时间仓促，加之水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

杨颖 王琦 丛刚 王健 祁飞

2004年7月

目 录

第一部分 STK 软件概述

第 1 章 STK 软件简介	1
1.1 STK 主要功能	1
1.2 STK 具体模块介绍	2
1.2.1 STK 基础模块	4
1.2.2 分析模块	5
1.2.3 综合数据模块	9
1.2.4 STK 的扩展、集成和接口模块	10
1.3 STK 5.0 新功能介绍	12
1.3.1 全新的图形用户界面	12
1.3.2 增加和更新的模块功能	13
第 2 章 STK 的安装与配置	15
2.1 安装 STK	15
2.2 配置 STK 与 Matlab 6.x	17
2.2.1 先安装 Matlab 后安装 STK	17
2.2.2 先安装 STK 后安装 Matlab	18
2.2.3 运行 STK/Matlab	18
2.3 配置 STK 与 ArcView 3.x	19
第 3 章 走进 STK	21
3.1 STK 界面	21
3.1.1 STK 主菜单	22
3.1.2 STK 工具栏	23
3.1.3 可视化窗口	28
3.1.4 对象浏览器	29
3.1.5 属性浏览器	30
3.1.6 对象工具	31
3.1.7 HTML 浏览器	31
3.1.8 消息浏览器	32

3.2 STK 工具栏的管理	32
3.2.1 显示工具栏	33
3.2.2 定制工具栏	33

第二部分 STK 软件入门

第 4 章 创建第一个 STK 场景	36
4.1 新建场景	36
4.2 设置和保存新场景	38
4.2.1 设定场景时间周期	38
4.2.2 设定动画演示的时间步长	39
4.2.3 设定二维图像属性	39
4.2.4 设定三维图像属性	42
4.2.5 保存和关闭场景	44
4.3 创建第一个实例场景	45
4.3.1 加入地面站	45
4.3.2 加入城市	46
4.3.3 加入人造卫星	47
4.3.4 2 行星历数据的格式和导入	51
第 5 章 空间仿真基础分析	54
5.1 光照条件分析	54
5.2 卫星刈幅分析	55
5.3 可见情况分析	56
5.4 三维场景控制	58
第 6 章 STK 三维模型	61
6.1 STK 三维模型基础	61
6.1.1 模型查看程序	61
6.1.2 使用三维模型	65
6.2 制作 STK 三维模型	67

第三部分 STK 在卫星仿真中的应用

第 7 章 传感器的仿真应用	69
----------------------	----

7.1	传感器基础	69
7.2	传感器基础属性	69
7.2.1	基础定义属性	69
7.2.2	基础位置属性	74
7.2.3	基础指向属性	74
7.2.4	其他基础属性	76
7.3	传感器二维图形属性	76
7.4	传感器三维图形属性	78
7.5	传感器强制设定属性	84
第 8 章	STK 链路分析	87
8.1	对象设定	87
8.2	建立示例场景	87
8.2.1	添加基本对象	88
8.2.2	场景设置	92
8.3	分析报告	93
8.4	分析图表	99
第 9 章	STK 覆盖分析	103
9.1	添加基本对象	103
9.2	添加覆盖定义对象	104
9.2.1	设置 Basic 类属性	104
9.2.2	设置 2D Graphics 类属性	106
9.3	产生覆盖定义对象分析报告	107
9.3.1	计算访问数据和选择计算对象	107
9.3.2	产生分析报告	108
9.4	产生覆盖定义对象分析图表	111
9.5	添加覆盖品质参数对象	114
9.5.1	设置 Basic 类属性	115
9.5.2	设置 2D Graphics 类属性	115
9.6	产生覆盖品质参数对象分析报告	116
9.7	产生覆盖品质参数对象分析图表	120
第 10 章	STK 姿态控制	124
10.1	姿态控制基础属性	125
10.1.1	标准姿态控制	125
10.1.2	实时姿态控制	130
10.1.3	多段姿态控制	131
10.2	姿态球三维图形属性	132

10.3 姿态模拟器	134
10.4 其他姿态控制工具	137
10.4.1 矢量几何工具	137
10.4.2 三维姿态窗口	138
第 11 章 STK 任务规划	140
11.1 建立示例场景	140
11.2 任务规划应用	141
11.2.1 场景控制	141
11.2.2 资源控制	143
11.2.3 任务控制	146

第四部分 STK 仿真分析实例

第 12 章 基础航天应用	153
12.1 航天应用简介	153
12.2 卫星轨道机动分析	153
12.2.1 建立与设置场景	153
12.2.2 建立与设置卫星	156
12.2.3 建立轨道机动	157
第 13 章 STK 的航空场景设计	163
13.1 航空应用介绍	163
13.2 预警飞机飞行示例	163
13.2.1 建立基本场景	163
13.2.2 添加飞机对象	165
13.2.3 添加传感器	167
第 14 章 弹道导弹飞行仿真	175
14.1 导弹应用介绍	175
14.2 导弹发射仿真	175
14.2.1 建立和设置基本场景	176
14.2.2 创建导弹对象	176
第 15 章 雷达应用与实例	190
15.1 雷达应用介绍	190
15.2 雷达建模与探测仿真	190

15.2.1 建立基本场景	190
15.2.2 添加雷达仿真传感器	193
第 16 章 STK 在通信领域的应用	200
16.1 通信应用介绍	200
16.2 通信卫星动态链路仿真	200
16.2.1 建立基本场景	200
16.2.2 初期分析	205
16.2.3 覆盖分析	207
16.2.4 更改分析环境	210
第 17 章 STK 与地面战场仿真	212
17.1 地面应用简介	212
17.2 战场区域仿真	212
17.2.1 建立基本场景	212
17.2.2 建立作战对象	214
第 18 章 STK 的 GIS 拓展	225
18.1 STK 与 ArcGIS	225
18.2 STK、GIS 综合应用实例分析	225
18.2.1 建立 STK 场景	225
18.2.2 建立 ArcView 分析环境	227
18.2.3 进行交互分析	229

第五部分 STK 外部接口设计

第 19 章 STK 连接模块	236
19.1 连接模块基础	236
19.1.1 连接模块设置	236
19.1.2 输入/输出命令格式	237
19.2 连接工具 STK ButtonTool	238
19.2.1 STK ButtonTool 功能简介	238
19.2.2 STK ButtonTool 示例	240
19.3 常用连接命令	242
第 20 章 使用 VC 语言连接 STK	255
20.1 初始环境配置	255

20.2	编写 STK 控制程序	256
20.3	关键代码	265
第 21 章	使用 Matlab 连接 STK	275
21.1	连接 STK 与 Matlab	275
21.1.1	通过 STK 启动 Matlab	275
21.1.2	通过 Matlab 建立与 STK 的连接	276
21.2	作战防御实例	276
21.2.1	示例程序源代码	276
21.2.2	运行示例程序	285
第 22 章	使用其他编程语言连接 STK	287
22.1	用 VB 连接 STK	287
22.1.1	类模块的建立	287
22.1.2	应用程序的建立	291
22.2	用 Java 连接 STK	293
22.2.1	类模块的建立	293
22.2.2	应用程序的建立	304
22.3	用 CB 连接 STK	304

第一部分 STK 软件概述

第 1 章 STK 软件简介

STK 软件的全称是 Satellite Tool Kit (卫星仿真工具包), 是由美国 AGI 公司开发, 并在航天工业领先的商品化分析软件。STK 可以快速方便地分析复杂的陆、海、空、天任务, 并提供易于理解的图表和文本形式的分析结果, 用于确定最佳解决方案。它支持航天任务周期的全过程, 包括概念、需求、设计、制造、测试、发射、运行和应用等。

1.1 STK 主要功能

STK 是一种先进的商用现货 (COTS) 分析和可视化工具, 它可以支援航天、防御和情报任务。(利用 STK 可以快速方便地分析复杂的陆、海、空、天任务, 获得易于理解的图表和文本形式的分析结果以确定最佳解决方案。)

STK 提供分析引擎用于计算数据、并可显示多种形式的二维地图, 显示卫星和其他对象如运载火箭、导弹、飞机、地面车辆、目标等。STK 还有三维可视化模块, 为 STK 和其他附加模块提供领先的三维显示环境。STK 基本模块的核心能力是生成位置和姿态数据、可见性及遥控器覆盖分析。STK 专业版扩展了 STK 的基本分析能力, 包括附加的轨道预报算法、姿态定义、坐标类型和坐标系统、遥感器类型、高级的约束条件定义, 以及卫星、城市、地面站和恒星数据库。对于特定的分析任务, STK 提供了附加模块, 可以解决通信分析、雷达分析、覆盖分析、轨道机动、精确定轨、实时操作等问题。

STK 基本版的主要功能如下。

- 分析能力: 用户通过使用 STK, 可以快速而准确地计算卫星的位置和姿态, 评估航天器与太空、陆地、海洋和天空中的目标之间的相互关系, 计算卫星传感器的覆盖区域。
- 计算轨道和弹道: STK 提供了多种分析和数值方法模型 (2 体运动、J2、J4、SGP4、导入星历数据) 在各种坐标系类型和系统中计算卫星位置数据。
- 卫星数据库: STK 在网站上提供了一个由最新的 NORAD 2 行数据组成的卫星数据库, 该数据库中有超过了 10000 个物体的 (在轨工作的、不工作卫星以及轨道

碎片) 轨道参数。

- 可见性分析: STK 可以计算在场景中任何类型的车辆、设施、目标和传感器对于其他对象(包括行星和恒星)的访问时间。为了简化可视线,这些可视区还可以被一些几何约束条件诸如传感器视场、地面或者空间的最小仰角、方位角和距离等限制。
- 传感器分析: 传感器的视场可以加入到地基和空基的 STK 对象中,这样在可视条件计算中有了更高的真实度。
- 姿态分析: STK 生成标准的姿态剖面以及外部姿态四元组文件,提供了分析姿态运动和对不同的 STK 计算出的参数影响的方法。
- 可视化结果: STK 允许在多种二维地图显示中察看所有与时间相关的信息。多种不同类型的地图可以同时显示。
- 提供详尽的数据报告: STK 的特性之一就是提供一组标准的报告和图表来概述关键信息。所有的报告都可以以工业标准格式导出到流行的电子表格工具中。
- 接口定制: STK 的 PC 用户可以利用 STK 所采用的 Microsoft Component Object Model (COM) 来方便地与其他支持 COM 操作的应用程序集成,例如 Microsoft Office。另外, STK 的用户界面还可以被用户定义的 HTML 页面应用所定制。
- 多种操作系统平台可选: STK 有多种版本,可以运行在 Windows 2000、Windows NT、Windows XP、LINUX 和大多数主要的包括 SGI、Sun、IBM 和 HP 的 UNIX 平台。

STK 已经广泛地应用于以下场合。

- 计划、设计和分析复杂的航天系统。
- 实时空间操作任务。
- 三维场景的态势分析和决策支持。

目前有超过 450 家大型公司、政府机构、研究和教育组织正在使用 STK 软件,世界范围内的用户超过 3 万人。STK 在很多商业、政府、军事任务中发挥着重要作用,其精确的分析结果获得实际验证,逼真的场景仿真获得了众多专家认可,其应用领域也在不断扩大,涵盖了空间航天器设计和操作、通信、导航、遥感、战略和战术防御、科学研究等领域,成为业界最有影响力的航天软件之一。

1.2 STK 具体模块介绍

STK 标准版为 STK 套件的核心,对于所有的政府机构、航天和军事防御专业人士均为免费的。要扩展 STK 的分析能力,AGI 公司还提供了 STK 专业版以及三维显示选项,提供了多种模块以完成不同的任务。STK 的具体模块如表 1-1 所列。

表 1-1 STK 模块列表

基础模块	作用
Satellite Tool Kit (STK)	卫星工具箱基本版
STK/Professional (STK/PRO)	专业版

(续)

基 础 模 块	作 用
STK/Visualization Option (STK/VO)	三维显示
STK/Advanced VO	高级三维显示
分 析 模 块	
STK/Astrogator	轨道机动
STK/Attitude	姿态分析
STK/Chains	链路分析
STK/Comm	通信分析
STK/Conjunction Analysis Tools (CAT)	接近分析*
STK/Coverage	覆盖分析
STK/Interceptor Flight Tool (IFT)	拦截飞行工具*
STK/Missile Flight Tool (MFT)	导弹飞行工具*
STK/Orbit Determination (OD)	轨道确定
STK/Precision Orbit Determination System (PODS)	精确轨道确定系统
STK/Radar	雷达分析
STK/Scheduler	调度程序
STK/Space Environment	空间环境*
综合数据模块	
STK/High Resolution Maps	高分辨率地图
STK/VO Earth Imagery	高分辨率地球影像
STK/Radar Advanced Environment (RAE)	雷达高级环境*
STK/Terrain	全球三维地形
STK 的扩展、集成和接口	
STK/Connect and STK/Server	连接和服务
STK/Web Cast	网络实时播放
STK/Matlab Interface	Matlab 接口
STK/Distributed Interactive Simulation (DIS)	分布式交互仿真
STK/Geographic Information System (GIS)	地理信息系统
STK/Programmer's Library (PL)	程序员开发库
* 仅在美国国内销售	

1.2.1 STK 基础模块

1. STK/PRO 专业版

AGI 的免费 STK 标准版提供了执行基本空间分析任务的能力，STK 专业版 (STK/PRO) 则提供了目前最强大航天分析软件包的扩展分析能力。STK/PRO 是一个成熟的航天分析软件。利用额外的数据库、轨道预报器、姿势调整、坐标类型和系统以及传感器，STK/PRO 具有强大的功能并提供精确的分析能力用于解决目前最具挑战性的航天问题。

关键特性：

- 额外的坐标类型、系统和矢量、角度
- 可视分析约束条件
- 姿态建模
- 扩展的传感器建模
- 高精度轨道预报器 (HPOP)
- 长期轨道预报 (LOP)
- 生命周期工具
- 区域目标
- 扩展的数据库

2. STK/VO 视觉选项

STK/VO 是一个动态的三维视觉环境，它显示来自 STK 的所有场景信息。该工具通过显示逼真的航天、航空、陆地景象，提供复杂空间任务的模拟视图。

STK/VO 已经成为 STK 三维环境的核心，可以应用于所有的航天分析和视觉任务中。要扩展 STK/VO 的视觉性能，AGI 公司还提供了 STK/AVO 和 STK/VO EI。

关键特性：

- 不同资源的环境认知
- 灵活的动态数据显示
- 姿态可视化
- 多重轨道构成可视化
- 空间场景建模
- 分布式、实时操作可视化和支持
- 可升级的三维模型
- 动画演示和视频输出
- 高分辨率地球影像

3. STK/Advanced VO 高级视觉选项

STK/AVO 使得用户得到先进的视觉效果和最优化输出。

关键特性：

- 完整的三维渲染
- 高分辨率输出图像
- 用于专业品质动画和视频产品的视觉路径编辑器

- 地形可视化
- Az-El 遮蔽产生工具
- 区域生成工具
- 太阳能电池板功率
- 传感器遮蔽
- 星际任务可视化

1.2.2 分析模块

AGI 公司采用货架方式将很多专业软件集成为 STK 的分析模块,使得用户可以轻松地将 STK 应用多个领域。

1. STK/Astrogator 轨道机动模块

STK/Astrogator 是一个航天器操作人员和任务分析小组使用的交互的轨道机动和太空任务计划工具,从使用定制的推力模型、目标星历、航天器姿态到解决和优化方案的能力,该工具均提供了广泛的灵活性。该模块完全集成在 STK 中。

STK/Astrogator 给用户提供了对于轨道机动和站点覆盖的快速、方便的可视化分析。任务控制序列可以存储在 STK 的场景中,在任务执行中可被编辑。在飞行期间的变轨计划制定和执行中,分析人员可以使用飞行产生的数据诸如发动机校准参数和真实的初始轨道产生推进器点火和定时数据,从而产生指令并改进变轨计划。

计划制定和执行机动中,分析家可以运用飞行生成的数据诸如引擎标度参数和实际上初始轨道来产生推进器启动以及针对命令生成的数据提炼出机动计划。与 STK/VO 和许多行星模型一起使用,STK/Astrogator 能产生生动的、逼真的三维空间太空任务图片,这些太空任务从近地卫星变轨远至星际航行,范围很广。

关键特性:

- 任务控制序列
- 飞行分析和支援
- 组件技术
- 任务控制理论的高真实度模型
- 太空任务的多视角观测

2. STK/Attitude 姿态分析模块

STK/Attitude 是集成 STK 解决方案中的一个动态姿态建模和仿真组件。它提供了系统工程工具,与 STK 的经过验证的星历表生成功能结合,任务设计者得以评估真实的姿态轮廓。用户可以利用 3D Attitude View (姿态观察)来查看在任何参考帧处卫星的预报姿态。

关键特性:

- 多个片断
- 三维分析
- 姿态仿真

3. STK/Chains 链路分析模块

STK/Chains 模块允许用户开发目标网络用于视觉相关分析。链路是指一组 STK 对

象, 诸如卫星、设施、船只和传感器等, 按照一定次序建立通信或者数据传输路径。STK/Chains 模块还可以创建星座对象, 诸如卫星星座、地面站网络、目标组和传感器组。STK/Chains 的图形化能力使得用户可以以可视化形式展示空间中众多对象的复杂关系。

关键特性:

- 多级分析
- 卫星星座分析
- 地面网络的可见时间
- 复杂关系的可视化展示
- 全面的数据报告

4. STK/Comm 通信分析模块

STK/Comm 使得用户可以定义和分析详细的通信系统。STK/Comm 将产生详细的链接报告和图表, 使用二维和三维地图显示动态的系统性能, 考虑了详细的降雨模型、大气损耗和 RF 干扰源。

用户可以使用 STK 的内建组件快速建立高真实度系统模型。接收机和发射机模型可以附在其他的 STK 对象中, 诸如卫星、飞机、船只、设施和行星等。STK/Comm 包括诸多天线类型, 包括抛物线型、螺旋型、ITU 和多波束等。使用 STK 卫星轨道机动/几何引擎与定义的接收机和发射机属性结合, 就可以完成链路分析。

关键特性:

- 动态链接性能分析和建模
- RF 环境建模
- 等高线
- 多波束天线建模
- 干扰分析
- 定制输入

5. STK/Conjunction Analysis Tools (CAT) 接近分析模块

STK/CAT 提供了分层接近方法来识别空间目标接近的情况。为了分析空间碰撞, 当其他的太空物体距离所分析航天器太近的时候, STK/CAT 使用了球形或者椭圆型危险程度来指示这种威胁。

商业和军事的行动常常涉及地基的对卫星、导弹、运载器的激光照明。这些照明被用来提供精确的距离信息或传输数据到其他卫星或地面设施。然而, 这种照明也能对其他卫星构成严重的威胁。如果不注意, 敏感的卫星传感器能被损坏甚至被破坏。STK/CAT 被设计用于评定在给定的激光照明时间段内对卫星照明的潜能, 使得任务设计人员可以降低损坏宝贵太空资产的风险。

关键特性:

- 空前的计算速度
- 接近分析的椭圆
- 发射窗口分析
- 接近结果报告
- Laser clearing 激光排除