

国防科技重点基金支持出版

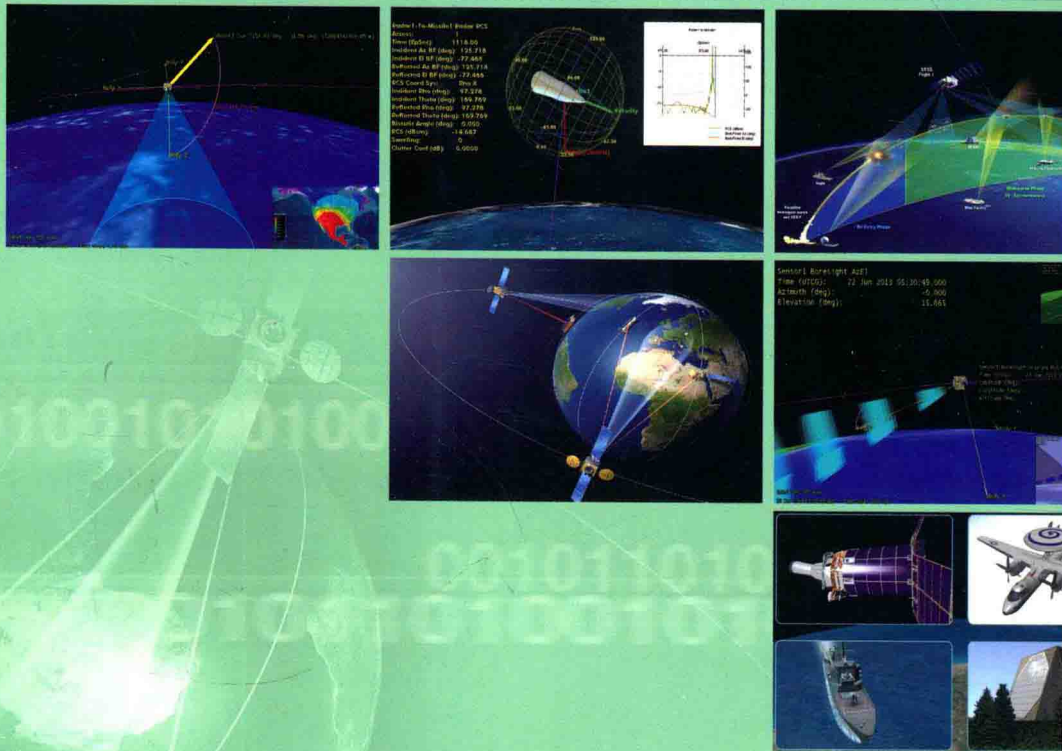
€

Science Fund of China

基于信息系统体系对抗STK 基础仿真应用

Basics and Applications of STK in System-of-Systems Operations

■ 李志强 吴曦 荣明 李小龙 等 编著



军事科学出版社

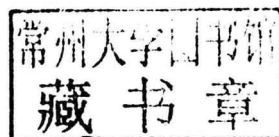
·支持出版

Supported By National Defense Science Fund of China

基于信息系统体系对抗 STK 基础仿真应用

Basics and Applications of STK in
System-of-Systems Operations

李志强 吴 曦 荣 明 李小龙
王 琦 王 磊 梁玉庆 编 著



军事科学出版社

北京 · BEIJING

内 容 简 介

STK (Satellite Toolkit) 是美国 AGI (Analytical Graphics) 公司开发的世界航天领域最先进的商品化仿真分析软件, 广泛应用于航空航天、宇航飞行控制、空间环境、卫星、导航、雷达、通信、电子对抗、导弹、空间飞行器、深空探测等与基础航天动力学相关的所有领域仿真分析与评估。

全书在系统介绍 STK 软件的基本功能和应用领域基础上, 重点介绍基于信息系统体系对抗仿真应用方向 STK 软件必须的基础功能部分。包括 STK 软件基础、航空间基础动力学、STK 空间基础应用分析、空间覆盖分析、链路分析、空间任务规划、姿态分析、轨道机动、传感器基础与应用、雷达分析、通信分析、电子干扰、导弹基础仿真与应用、STK 集成接口应用, 包括外部连接接口, Matlab 集成接口、VC++ 与 C#集成编程、STKX 集成编程、RT3 数据实时处理接口、STK 三维模型的使用与制作等, 最后介绍了 STK 核心扩展模块的高级应用。

本书是初次接触 STK 软件读者不可多得的基础书籍, 也可以供高级研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于信息系统体系对抗 STK 基础仿真应用/李志强等
编著. —北京: 军事科学出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-80237-682-3

I. ①基… II. ①李… III. ①计算机仿真—研究
IV. ①TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029059 号

书 名: 基于信息系统体系对抗 STK 基础仿真应用
作 者: 李志强 吴 曦 荣 明 李小龙 王 琦 王 磊 梁玉庆
责任编辑: 孙兆利
封面设计: 徐 超
出版发行: 军事科学出版社 (北京市海淀区青龙桥 100091)
标准书号: ISBN 978-7-80237-682-3
经 销 者: 全国新华书店
印 刷 者: 北京国防印刷厂
开 本: 16
印 张: 24.5
字 数: 620 千字
版 次: 2014 年 2 月北京第 1 版
印 次: 2014 年 2 月第 1 次印刷
印 数: 2000 册
定 价: 78.00 元

销售热线: (010) 62882626 66768547 (兼传)

网 址: <http://www.jskxcbs.com>

电子邮箱: jskxcbs@163.com

序 言 1

随着信息技术的飞速发展,作为现代信息技术重要发展方向的现代仿真技术在社会经济发展、国防军队建设以及科学技术进步方面发挥着越来越重要的作用。在航天领域,无论是航天基础装备研制还是航天系统任务发射,都离不开用现代仿真技术进行先期的仿真实验、分析论证以及进行必要的事前任务模拟训练。

美国分析图形公司(AGI, Analytical Graphics, Inc.)开发的 STK 软件(Satellite Toolkit, 卫星仿真工具包,目前已改名为 System Toolkit, 系统仿真工具包)是目前世界航天领域最专业的仿真分析软件,广泛应用于航空航天、导弹、雷达、通信、电子对抗、卫星导航、空间飞行器、深空探测以及信息对抗等与基础航天动力学相关所有领域的仿真分析。STK 软件从 1989 年发行至今,经过世界上成千上万个用户的实践检验,已经成为航天领域仿真分析软件事实上的标准。STK 软件经过独立的测评机构——美国 Aerospace 公司出具的测评报告证明,其仿真分析结果的置信度达到 99.5%。

目前,STK 软件在我国航天及一些重要科技领域也得到了广泛应用,但是由于 STK 软件的专业性和复杂性,国内系统介绍 STK 软件的书籍还较少。本书虽然是关于 STK 软件在信息对抗领域应用方向一本比较基础的书籍,但其出版是非常及时和必要的。对于我国从事卫星、导弹、通信、雷达、导航、电子对抗、空间飞行器、深空探测等航空航天领域研究的科技工作者都具有重要的参考价值。本书的主要编著者都是长期工作在信息系统与武器装备体系对抗仿真领域一线的科技工作者,具有丰富的实践经验。从书中大量的示例和提示标注可以看出,本书还大量融入了作者们在实践工作中的经验和心得,是初次接触 STK 软件较好的一本基础书籍。

本书重点论述了 STK 软件及其在信息对抗领域的基础应用,其内容安排由浅入深,系统全面,重点突出,实践性强,对于需要快速学习和掌握 STK 软件的年轻科技工作者来说,是一本很有价值的图书,也可供高等院校、科研院所高年级相关专业研究生和科研人员参考。

王 巍

(中国航天科技集团公司第九研究院研究员、中国科学院院士)

序 言 2

STK 软件是美国 AGI(Analytical Graphics, Inc.) 公司开发的世界航天领域最先进的商品化仿真分析软件。STK 从基础的航天与卫星领域起步,经过几十年的不断发展和完善,现在已发展成为广泛应用于航空航天、宇航飞行控制、空间环境、卫星、导航、雷达、通信、电子对抗、导弹、空间飞行器、深空探测等与基础航天动力学相关的所有领域仿真分析与评估的标准化仿真分析软件。由于 STK 功能的不断扩展,STK 软件原始名称 Satellite Toolkit 已经无法完全表达 STK 软件的仿真能力和应用范围。因此,AGI 公司在 2012 年 10 月发布 STK10.0 版本时,正式将软件名称更改为 Systems Toolkit,即系统仿真工具包,但英文缩写仍然为 STK。正是由于 STK 软件系统在航天领域仿真、设计、分析应用的卓越表现,现在大多数依赖于航天飞行基本动力学和空间分析的分析软件,几乎都以 STK 软件为基础进行扩展。

虽然 STK 软件功能强大,应用领域广泛,是世界航天与信息仿真分析领域研究的基础性仿真分析工具,但是,国内关于 STK 软件及其应用方面的基础书籍还非常少,本书的出版是非常及时和必要的。

本书是我国仿真软件领域一部较新的著作,对于我国从事航空航天、通信、雷达、电子对抗、导弹设计、空间飞行器仿真、深空探测以及体系对抗仿真分析的科技工作者具有重要的参考价值。本书的编著者都是长期从事信息系统、武器装备体系对抗仿真与 STK 软件应用的一线年轻科技工作者,不仅踏实勤奋,而且实践经验丰富。编者在编著过程中不仅收集了大量的文献资料、通过认真分析总结整理、完成了全书的编写工作,同时,在编写的过程中还大量融入了编者的工作心得。本书一个非常重要的特点是理论联系实际,全书不仅系统全面的介绍了 STK 软件组成、功能、使用及其相关基础性原理,重要的是在介绍每一个重要分析应用领域时,都以详细示例分析为基础进行介绍,使得读者既能掌握基本理论方法,也能按照示例进行循序渐进的学习,可操作性强。

本书的侧重点在于介绍基于信息系统体系对抗仿真应用方向 STK 软件必须的基础功能部分。包括了 STK 软件基础、空间基础动力学、空间基础应用分析、空间覆盖分析、轨道机动、传感器基础应用、雷达分析、通信分析、电子干扰、导弹基础仿真与应用;STK 集成接口应用,包括外部连接接口,Matlab 集成接口、VC++ 与 C#外部连接集成,VC++ 与 C#的 STKX 集成编程,RT3 数据实时处理接口以及 STK 三维模型的使用与制作等;最后介绍了 STK 核心扩展模块的高级应用。

全书不仅系统全面,而且文笔流畅,内容由浅入深,是从事航空航天、雷达、通信、导弹、空间分析、信息对抗以及武器装备体系对抗仿真等领域科研工作者不可多得的基础性书籍,同时也可作为高等院校和科研院所相关专业研究生参考资料。

全春来

(中国航天科工集团公司第二研究院副院长、研究员)

前 言

随着信息技术的飞速发展和在军事领域的广泛应用,现代信息化条件下的战争已经不再是传统意义上机械化战争时代以平台为中心的火力与火力的较量,而是基于信息系统体系与体系的对抗。现代信息化条件下体系对抗的核心是在信息系统支持下将预警探测、情报侦察、通信导航、电子对抗、空间支援、后勤保障等信息技术装备和火力毁伤的作战武器进行网络化融合,形成有序组合、协同配合的作战整体共同完成作战任务。它是在陆、海、空、天、电、信息多维空间中,以 C4ISR 系统为核心的体系对抗过程。对现代信息化条件下体系对抗仿真的基本要求,不仅要能够仿真现代信息化装备所具有的信息作战能力,如传感、探测、跟踪、通信、指控、干扰、支援等,而且能够仿真信息系统耦合下的陆、海、空、天、电一体的多领域武器装备体系的协同工作的体系级对抗过程。

STK(Satellite Toolkit,卫星仿真工具包)是美国 AGI 公司开发的世界航天领域最先进的商品化仿真分析软件,虽然是从基础的航天与卫星领域起步,但是经过几十年的发展和完善,现在已发展能够全面支持对复杂陆、海、空、天、电一体,覆盖航天宇航飞行控制、空间环境、卫星、雷达、通信、导航、电子对抗、导弹、空间飞行器、深空探测等与基础航天动力学相关的所有领域仿真分析与评估。STK 强大的信息作战仿真支持能力,能够良好支持现代信息化条件下体系对抗过程的仿真分析。

由于工作需要,我从 2005 年开始接触和使用 STK 软件,从事基于信息系统体系对抗仿真领域研究工作。虽然在本领域研究多年,但我还算不上是 STK 及其相关应用领域研究的“专家”。因为,STK 软件不仅极其庞大和复杂,而且其应用领域也极其专业,没有相关领域的专业知识,是很难理解 STK 软件及其相关应用的。但好在我大学本科学的是理论物理,硕士是导航制导控制工程,博士又是军事运筹,这种“大杂烩”的“复合型”知识结构,使得我在相关工具书的帮助下还能够相对全面的理解和掌握 STK。

在本领域近十年的学习和研究工作中,个人深感国内 STK 软件书籍的匮乏,在和一些从事航空航天、雷达、通信、导弹以及信息对抗仿真领域研究的专家学者们交流时,他们也感到确实需要一本能够系统、全面介绍 STK 软件的基础入门书籍。为了能够让初次接触 STK 软件的年轻学子们能够快速了解和掌握 STK 软件,我从 2012 年年底开始组织撰写这本册子。俗话说“看花容易,绣花难”。为了尽快完成这本册子,我几乎牺牲了所有的周末和假期,利用了所有可以利用的闲暇时间。整整一年过去了,“咬着牙”终于完成了这本自认为对大家有点贡献的“小著”。如果读者们通过阅读它,能够感觉有点进步,我就感到无比欣慰了,算是我们的辛苦没有白费。

本书主要定位为初次接触和想快速熟悉 STK 软件的年轻学子们,因此,书的主体内容为 STK 基础的部分。全书分为十五章,第一章对信息化战争体系对抗特征和 STK 软件的体系仿真支撑能力进行了介绍,第二章介绍了航天空间动力学基本原理;第三章介绍了 STK 软件模块组成、功能特点和安装步骤;第四章为 STK 软件基础入门部分,对 STK 界面组成,配置设置方法进行了详细介绍;第五章以创建一个新的 STK 分析场景为例,详细介绍了 STK 软件的基本操作;第六章介绍了 STK 的空间基础应用分析,包括光照分析、刈幅分析、可见性分析、链路分析、姿态分析、空间任务规划;第七章重点介绍了空间覆盖分析与轨道机动;第八章介绍了传感器基础与应用;第九章介绍雷达、通信与电子战分析应用;第十章介绍了弹道导弹分析应用;第十一章以 VC++、C#和 Matlab 编程实例,详细介绍 STK 软件外部编程接口和编程方法;第十二章介绍了 STKX 集成编程方法;第十三章详细介绍了 STK 三维模型使用与制作方法;第十四章介绍了 STK 实时数据处理接口 RT3 与分布式仿真接口 DSim;第十五章对 STK 高级分析模块进行了全面介绍。

本书是在我们团队的共同努力下完成的,参与本书资料整理、章节编写、校审和技术支持的人员包括了荣明、吴曦、王琦、王磊、李小龙和梁玉庆等,全书由我组织撰写和统稿。需要说明的是,为了保证本书的科学性和严谨性,本书在编写的过程中,对需要实践的相关章节内容都在 STK 软件上进行了实现,都有对应的示例场景和实现代码。如果读者想要获取本书的示例场景、示例代码和讨论相关技术问题,可以直接向我索取,腾讯微信号为:LL741106,或直接登陆 360 网盘下载,用户名密码均为 Lige1973。由于 STK 软件的专业性,如果书中出现遗漏,恳请读者谅解!

本书在撰写的过程中,得到了国防大学信息作战与指挥训练教研部黄艺主任、胡晓峰副主任、路文副主任、郭若冰总工,战略兵棋系统教研室的司光亚主任、罗批副主任、杨镜宇副主任,以及军事科学出版社孙兆利编辑的大力支持,在这里一并表示感谢!

特别感谢我国航天领域著名专家中国航天科技集团公司第九研究院研究员、中国科学院王巍院士,中国航天科工集团公司第二研究院研究员全春来副院长给予的亲切关怀和大力支持!王院士和全副院长在百忙之中,不仅提出了很多宝贵的修改意见,而且还亲自为本书作序来勉励我们。

感谢父母对我的养育之恩,感谢岳父岳母和我勤劳贤惠的妻子对我工作的大力支持。

感谢一切给予我关心和支持的亲朋好友、同事、同学和朋友们!我将永远怀着一颗感恩的心,祈祷你们身体健康、工作顺利,生活幸福!

李志强

2014年2月于北京国防大学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 信息化战争	1
1.1.1 信息化战争基本内涵	1
1.1.2 信息化战争本质特征	2
1.2 体系与体系对抗仿真	4
1.2.1 体系与体系对抗	4
1.2.2 体系对抗仿真	6
1.3 STK 对体系作战仿真的基础支撑	7
1.3.1 STK 软件基本功能	7
1.3.2 STK 体系仿真支撑能力	10
1.4 本章小结	11
第二章 航空间动力学基础	12
2.1 空间基础动力学	12
2.1.1 天体运动的开普勒定律	12
2.1.2 万有引力定律	13
2.1.3 限制性二体运动方程	13
2.1.4 宇宙速度	15
2.2 空间基础坐标系	17
2.2.1 天球坐标系	17
2.2.2 黄道坐标系	17
2.2.3 地心惯性坐标系	18
2.2.4 地心轨道坐标系	18
2.2.5 发射坐标系	18
2.2.6 本体坐标系	19
2.3 STK 常用坐标系统	19
2.3.1 天球坐标系与恒星库	20
2.3.2 中心天体坐标系	20
2.3.3 本体坐标系	22
2.4 卫星轨道根数描述	23
2.4.1 轨道参数描述	23
2.4.2 星下点轨迹	27
2.4.3 常见的几种轨道	28

2.4.4	轨道摄动	30
2.5	STK 卫星轨道参数	30
2.5.1	轨道根数参数	31
2.5.2	TLE 卫星星历	31
2.6	STK 轨道外推模型	34
2.6.1	二体运动外推算法(Two Body)	34
2.6.2	J2 摄动模型	35
2.6.3	J4 摄动模型	35
2.6.4	SGP4 轨道外推模型	35
2.6.5	高精度轨道外推(HPOP)	35
2.6.6	GPS 轨道外推	36
2.6.7	长期轨道预报(LOP)	37
2.7	火箭与导弹运载系统	37
2.7.1	火箭推进原理	37
2.7.2	齐奥尔科夫斯基理论公式	38
2.7.3	多级火箭推进原理	39
2.7.4	火箭推进基本概念	40
2.8	本章小结	40
第三章	STK 软件简介	41
3.1	STK 软件概述	41
3.2	STK 模块及其组成	41
3.2.1	基本模块	41
3.2.2	专业分析模块	45
3.2.3	综合数据	51
3.2.4	扩展接口	52
3.2.5	编程接口	53
3.3	STK9.0 简介	55
3.3.1	概述	55
3.3.2	STK9.0 新增功能及特点	56
3.3.3	STK9.0 安装环境与配置	57
3.4	安装 STK9.0 免费版	58
3.5	STK 部分第三方分析模块介绍	63
3.5.1	导弹建模工具 MMT	63
3.5.2	红外光电传感器性能分析 STK/EOIR	63
3.5.3	高级雷达环境(Radar Advance Environment,RAE)	64
3.5.4	STK/Solis 空间飞行器分析工具	64
3.5.5	轨道确定工具 ODTK	65
3.5.6	导航工具 NTK	66
3.5.7	综合的地形模型 TIREM	67

3.5.8 STK/Space Environment 空间环境	67
3.6 本章小结	67
第四章 STK 软件基础	68
4.1 对象组织模式	68
4.2 STK 软件界面	69
4.2.1 界面窗口组成	69
4.2.2 界面管理与定制	70
4.3 STK 主菜单	71
4.4 STK 工具栏	75
4.4.1 STK 预定义工具栏	75
4.4.2 STK 自定义工具栏	77
4.4.3 工具栏的管理	78
4.5 STK 图标对象	78
4.5.1 Vehicle 运载工具	79
4.5.2 Facility and Target 地面设施和目标	79
4.5.3 Sensor 传感器	79
4.5.4 Planet&Star 行星和恒星	80
4.5.5 Area Target 区域目标与 Line Target 线目标	80
4.6 可视化主窗口	80
4.6.1 二维显示窗口	80
4.6.2 三维显示窗口	81
4.6.3 三维姿态显示	82
4.7 对象浏览器	82
4.8 属性浏览器	83
4.8.1 打开属性浏览器	83
4.8.2 属性浏览器介绍	83
4.8.3 属性浏览器控制按钮	84
4.8.4 几个重要的属性设置页面	85
4.9 对象分析工具	86
4.10 消息浏览器	87
4.11 HTML 浏览器	87
4.12 附加工具介绍	88
4.12.1 影像转换工具	89
4.12.2 地形转换工具	90
4.13 本章小结	93
第五章 创建第一个分析场景	94
5.1 新建场景	94
5.2 设置场景时间参数	95

5.2.1	设定场景分析时间周期	95
5.2.2	设定场景动画(仿真)时间	96
5.3	向场景中加入对象	97
5.3.1	加入地面设施对象	97
5.3.2	加入城市对象	98
5.3.3	加入卫星对象	99
5.3.4	加入传感器对象	102
5.4	设置二维显示窗口属性	104
5.4.1	地理信息显示设置	104
5.4.2	窗口背景显示设置	105
5.4.3	动画时间显示	106
5.4.4	地图标注	106
5.4.5	太阳光照显示设置	106
5.4.6	地图投影设置	107
5.5	设置三维显示窗口属性	108
5.5.1	地理信息要素显示	108
5.5.2	宇宙背景显示	108
5.5.3	太阳光照显示设置	109
5.5.4	附加信息显示	110
5.5.5	地图标注	110
5.5.6	顶层徽标信息显示	111
5.5.7	天体管理与显示属性设置	112
5.6	二维显示维场景基本操作	114
5.6.1	场景缩放	114
5.6.2	距离测量	115
5.6.3	屏幕截图	115
5.7	三维显示维场景基本操作	115
5.7.1	场景视点控制	115
5.7.2	跟踪特定对象	116
5.7.3	设置观察方向	116
5.8	仿真对象显示参数设置	117
5.8.1	仿真对象二维显示设置	117
5.8.2	仿真对象三维显示设置	117
5.9	简单的计算分析	120
5.10	本章小结	122
第六章	空间基础仿真分析应用	123
6.1	光照分析	123
6.2	刈幅分析	124
6.3	可见性分析	125

6.4 链路分析	127
6.4.1 链路分析简介	127
6.4.2 链路分析示例	127
6.5 姿态分析	141
6.5.1 姿态分析应用领域	141
6.5.2 姿态控制基础属性	142
6.5.3 姿态球三维图形属性	149
6.5.4 姿态模拟器	150
6.5.5 其它姿态控制工具	153
6.6 空间任务规划	155
6.6.1 任务规划简介	155
6.6.2 任务规划示例	155
6.7 本章小结	165
第七章 空间覆盖分析与轨道机动	166
7.1 覆盖分析	166
7.1.1 覆盖分析简介	166
7.1.2 覆盖分析对象	166
7.1.3 覆盖分析示例	167
7.2 轨道机动	185
7.2.1 轨道机动简介	185
7.2.2 轨道机动原理	185
7.2.3 轨道机动任务控制序列(MCS)	186
7.2.4 轨道机动示例	189
7.3 本章小结	192
第八章 传感器基础与应用	193
8.1 传感器介绍	193
8.2 基础属性(Basic)	193
8.2.1 几何形态定义(Definition)	193
8.2.2 基础位置属性(Location)	197
8.2.3 基础指向属性(Pointing)	199
8.2.4 其他基础属性	203
8.3 二维显示属性(2D Graphics)	203
8.3.1 基础图形显示属性(Attribute)	203
8.3.2 投影属性(Projection)	204
8.3.3 瞄准线(Boresight)	205
8.3.4 显示时间设置(Display Time)	205
8.4 三维显示属性(3D Graphics)	205
8.4.1 基础图形显示属性(Attribute)	206

8.4.2	投影属性(Projection)	207
8.4.3	脉冲属性(Pulse)	208
8.4.4	顶点偏移属性(Vertex Offset)	208
8.4.5	矢量标识显示属性(Vector)	210
8.4.6	姿态球(Attitude Sphere)	211
8.4.7	数据显示属性(Data Display)	212
8.5	约束属性(Constraints)	213
8.5.1	基础属性(Basic)	213
8.5.2	太阳属性(Sun)	214
8.5.3	时间属性(Temporal)	214
8.5.4	高级属性(Advance)	214
8.5.5	区域属性(Zones)	215
8.5.6	分辨率属性(Resolution)	215
8.5.7	目标跟踪属性(Targeting)	215
8.5.8	矢量属性(Vector)	216
8.5.9	特殊属性(Special)	216
8.5.10	插件属性(Plugins)	216
8.6	应用示例	216
8.6.1	DSP 预警卫星	217
8.6.2	空中预警机	220
8.6.3	地面预警雷达	225
8.6.4	X 波段跟踪雷达	227
8.7	本章小结	228
第九章	雷达、通信与电子干扰仿真分析应用	229
9.1	雷达干扰分析	229
9.1.1	简介	229
9.1.2	雷达干扰分析示例	229
9.2	卫星通信分析	236
9.2.1	通信应用介绍	236
9.2.2	卫星通信动态链路分析示例	236
9.3	基于 STK/Analyzer 的雷达性能分析	240
9.3.1	STK/Analyzer 分析环境	240
9.3.2	雷达高级性能分析简介	240
9.3.3	分析示例想定准备	241
9.3.4	基于单参数最优化及多参数组合的性能分析	244
9.4	本章小结	251
第十章	弹道导弹飞行仿真基础应用	252
10.1	导弹应用介绍	252

10.2 导弹飞行仿真	252
10.2.1 基本场景的建立和设置	253
10.2.2 导弹对象创建	253
10.2.3 导弹对象行为设置	253
10.2.4 飞行过程仿真	267
10.3 本章小结	268
第十一章 外部接口与连接集成	269
11.1 STK 连接模块	269
11.1.1 STK 连接模块简介	269
11.1.2 连接模块基本设置	269
11.1.3 输入/输出命令格式	270
11.1.4 STKButtonTool 连接工具	271
11.2 使用 VC 连接 STK	275
11.2.1 初始环境配置	275
11.2.2 STK 控制程序示例	276
11.3 使用 C#连接 STK	281
11.3.1 初始化配置	281
11.3.2 创建应用对象	282
11.3.3 编写控制命令	283
11.4 Matlab 与 STK 的连接集成	284
11.4.1 概述	284
11.4.2 Matlab 安装	284
11.4.3 Matlab 的初始化配置	285
11.4.4 Matlab 与 STK 连接测试	286
11.4.5 联合优化分析示例	286
11.5 STK 常用连接命令集简介	290
11.6 本章小结	301
第十二章 基于 STKX 集成编程	302
12.1 STKX 简介	302
12.2 STKX 的 C++ 集成	303
12.2.1 创建基础 MFC 对话框程序	303
12.2.2 创建 STKX 二三维显示控件	304
12.2.3 添加应用程序接口类对象	305
12.2.4 声明和创建接口类对象	306
12.2.5 编写命令代码	307
12.3 使用 C#集成 STKX	311
12.3.1 创建 C#Form 工程	311
12.3.2 添加 STKX 二三维显示控件	313

12.3.3	添加应用程序对象	314
12.3.4	编写基本命令代码	315
12.3.5	获取基本鼠标响应事件与信息	316
12.3.6	获取仿真结果数据信息	317
12.4	本章小结	320
第十三章	高精度三维模型使用及其制作	321
13.1	STK 三维模型简介	321
13.2	MDL 模型格式解析	321
13.2.1	模型基本结构	321
13.2.2	模型基本语法	325
13.3	三维模型浏览器	331
13.4	三维模型使用	333
13.4.1	基本模型加载	333
13.4.2	模型列表控制	337
13.5	STK 三维模型制作	338
13.5.1	制作基本流程	338
13.5.2	模型转换工具	339
13.6	高级建模案例	341
13.6.1	导弹动态尾焰	341
13.6.2	弹头再入激波	345
13.7	本章小结	348
第十四章	分布式仿真与实时数据处理	349
14.1	实时数据处理 RT3	349
14.1.1	RT3 简介	349
14.1.2	RT3 扩展模块	349
14.1.3	RT3 连接示例	354
14.1.4	RT3 SDK 编程接口	355
14.2	STK 分布式仿真 DSim	356
14.2.1	DSim 简介	356
14.2.2	DSim 输入数据源接口配置	356
14.2.3	DSim 输出数据接口配置	359
14.3	本章小结	359
第十五章	高级分析模块介绍	360
15.1	STK 的高级分析模块	360
15.1.1	STK 高级分析模块简介	360
15.1.2	STK 高级分析模块价值	363
15.2	STK 导弹建模工具(MMT)	364
15.2.1	STK/MMT 导弹建模工具组成	364

15.2.2	STK 导弹设计工具(MDT)	364
15.2.3	STK 导弹拦截工具(IFIT)	365
15.2.4	STK 导弹飞行工具(MFT)	365
15.2.5	STK 导弹转换工具(MCT)	366
15.3	STK/EOIR 红外光电分析模块	367
15.4	STK/RAE 的高级雷达环境	367
15.5	STK/CAT 接近分析工具	368
15.6	STK/Solis 空间飞行器仿真工具	369
15.7	本章小结	370
	参考文献	371