

# 基于STK和GIS的航天发射场三维场景仿真技术研究

仝 非, 郭腾飞

(63796部队, 四川 西昌 615000)

**摘要:**深入研究了使用STK联合GIS实现航天发射场三维场景仿真的方法途径,阐述了场景对象三维模型、地形高程数据、地表纹理数据、地理信息矢量数据的运用和优化方法,通过具体应用效果展示,表明该技术对航天发射进行三维场景仿真效果逼真、专业性强、前景广阔。

**关键词:**STK; GIS; 航天发射; 仿真

**中图分类号:**TP391.9; V551 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2018)03-0067-05

## Study on the 3D Scene Simulation Technology of Space Launch Site with STK and GIS

TONG Fei, GUO Teng-fei

(No.63796 Troops of PLA, Xichang, Sichuan 615000, China)

**Abstract:** The method of using STK and GIS tools to realize 3D scene simulation of space launch site is studied. The 3D model, terrain elevation data, surface texture data, application and optimization of GIS data are described. The results show that the 3D scene simulation of the space launch activity is realistic, professional and promising.

**Keywords:** STK; GIS; Space launch; simulation

## 0 引言

3dsMax 是较为流行的三维建模软件,使用3dsMax对火箭、卫星以及发射场主体建筑进行仿真建模,对地理环境场景进行搭建是可行的。但是对火箭整个发射过程,特别是对火箭升空后地球及空间环境场景、火箭发射弹道以及卫星轨道等进行建模仿真和动画制作,存在工作量大,运动轨迹精度难以准确控制等问题(使用其它建模仿真软件也存在类似问题)。使用STK软件搭建航天场景的优势在于,软件已经集成了地球及空间环境模型,火箭/卫星轨迹已有满足场景仿真精度要求的数学模型,在简单设置参数以后,就可自动生成火箭弹道、卫星轨道等,简单易用。通过格式转换,STK还支持3dsMax等其它建模软件创建的模型,是一个专业的航天发射三维仿真平台。STK对多种格式的GIS(Geographic Information System)信息支持较好,使用发射场所在地数字高程信息和地表纹理信息,可以简单、快速、准确的搭建发射场周围地理环境三维场景。在当前网络互联互通、信息高度共享的时代,GIS信息的获取也较为容易,使得STK联合GIS

对发射场进行场景仿真容易实现,且效果较好。

## 1 航天发射场三维场景构建要素及搭建方法

### 1.1 场景构建要素

用STK联合GIS构建航天发射场的三维场景主要包括四个要素,分别是场景对象三维模型、地形高程数据、地表纹理数据、地理信息矢量数据。场景对象三维模型主要指发射塔架、火箭及其它建筑模型;地形高程数据指三维场景所处环境的GIS地形高程数据,主要为山川、湖泊、河谷等的高程数据;地表纹理数据指地表外貌,如地表卫星地图、交通道路地图、地形图等;地理信息矢量数据可以为多种格式的GIS数据,如国界、省界、公路铁路等,如图1所示。

### 1.2 场景要素搭建方法

#### 1.2.1 场景对象三维模型

在STK中场景对象三维模型可通过三个渠道获得:一是直接使用STK软件自带的模型库;二是通过3D建模软件(如3dsMax、LightWave等)制作三维模型然后转换成STK可以识别的模型格式;三是直接编辑STK模型文件(.mdl),完成模型修改、合并。

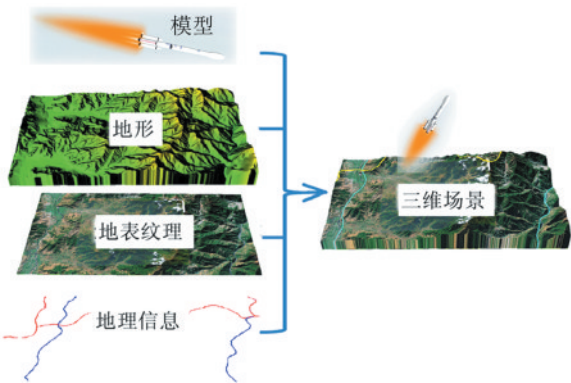


图 1 发射场三维场景构建要素

### 1) STK 自带模型库

STK 软件自带模型库包括:陆地(Land)、海洋(Sea)、天空(Air)、空间(Space)、导弹(Missiles)和其它(Misc)六类模型。STK9.2 版本自带模型数量达到 274 个,基本能够满足航天领域火箭发射、卫星入轨及在轨运行等仿真需要,如图 2 所示。



图 2 STK 自带模型库

同时可通过网络下载模型(图 3)。

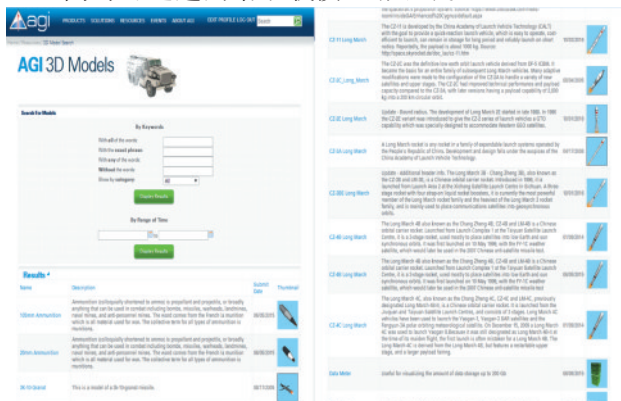


图 3 AGI 网站模型下载页面

### 2) 三维模型转换

STK 模型库中只有少量我国航天模型,对于特定的发射场塔架、新型号火箭等,可通过其它 3D 建模软件制作,然后通过格式转换,变为 STK 支持的模型格式。STK 中所使用的三维模型为其专有格

式“.mdl”。可使用 3dsMax、MulitGen Creator、SketchUp、Lightwave 等 3D 建模软件,制作成 .max、.3ds、.flt、.obj、.skp、.lwo 等格式的模型向 .mdl 格式转换。期间需要 Deep exploration 和 STK 自带的 LwConvert 转换软件。具体转换流程如图 4 所示。

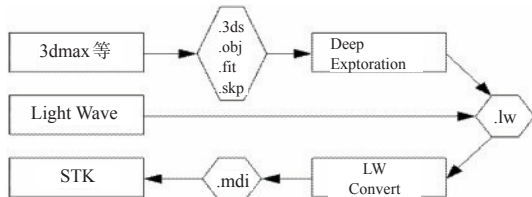


图 4 三维模型转换流程

在实际使用过程中,我们发现 Lightwave 建模软件对 STK 的模型格式匹配较好,相关设置,如关节、贴图等在格式转换过程中能够得到保持。使用 3ds 模型,可在 Lightwave 中进行关节设置和贴图等再编辑,然后转换为 .mdl 格式,在格式转换中相关模型细节能够得到保留。

### 3) 直接编辑 .mdl 模型文件

STK 模型专有的 .mdl 格式可以用记事本/写字板/word 等以文本文件形式打开和编辑。采用直接创建 .mdl 文件进行建模的方法基本不可行。一个简单的火箭一级模型, .mdl 文件的长度可达到 4 000 多行(A4 纸 100 多页),且以编辑文本文件的形式建模,无法实时看到语句生成的模型样式,难度较大。但 .mdl 格式的模型语句较容易读懂和掌握,可以通过编辑修改 STK 自带的 .mdl 模型文件,实现搭建航天发射场所需的塔架、火箭等模型的改造。

图 5 通过简单修改建模语言,完成了模型颜色、模型关节动作范围的修改。



图 5 直接编辑 .mdl 文件修改模型参数

### 1.2.2 地形高程数据

地形高程数据通过互联网较为容易获得,但获得的地形数据往往不能直接使用,主要是地形数据



的尺寸、分辨率及格式不满足需要,必须进行裁剪和调整。使用GlobalMapper可对地形数据进行裁剪,最终获得尺寸、分辨率合适的地形高程数据,然后存储为STK可以识别的.dem等格式。地形高程数据调整方法如图6所示。

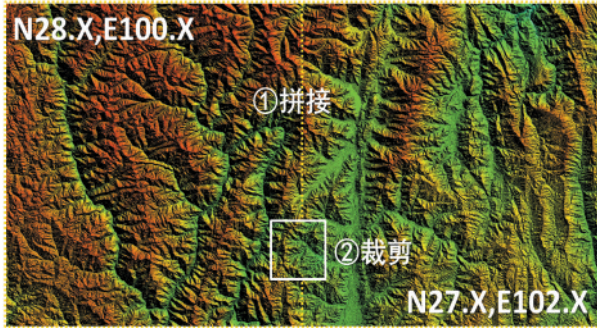


图6 地形高程数据调整流程

以某发射场三维场景搭建为例,通过拼接和裁剪,我们获得发射场周围20 km×20 km,约400 km<sup>2</sup>,格式为.tif的地形高程数据,精度30 m,如图7所示。

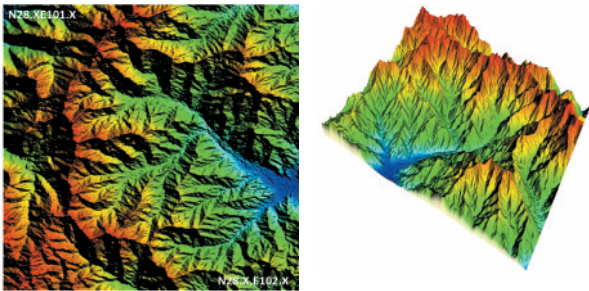


图7 发射场周围地形高程数据

### 1.2.3 地表纹理数据

地表纹理数据与地形高程数据相对应。地形高程数据能够反映地形的高低起伏信息,好比是皮下组织;而地表纹理数据则显示地形表面的实际模样,好比地形的表皮和外貌(可显示地形表面植被覆盖或沙土裸露情况、城市、山地、湖泊、海洋等)。为了在STK中较好的完成发射场周围地貌环境搭建,获取的地表纹理数据要和地形高程数据位置和尺寸一致;为了能够精细的展示发射场环境,应使用分辨率较高的地表纹理数据。

为使搭建发射场地理环境足够清晰,我们使用的地表纹理数据是与地形高程数据相对应的(位置和尺寸一致)的19级卫星地图(容量达到280 MB),格式为.jpg。地表纹理数据容易通过互联网获得。

有了发射场周围环境地形高程数据,有了相应的地表纹理图,就可在STK中进行格式转换和合成,从而得到发射场三维地形地貌场景。通过STK

Image Converter,可将.dem等格式的地形高程数据和.jpg等格式的地表纹理数据合成为STK可识别的.pdt格式,在STK三维场景中进行仿真和展示,

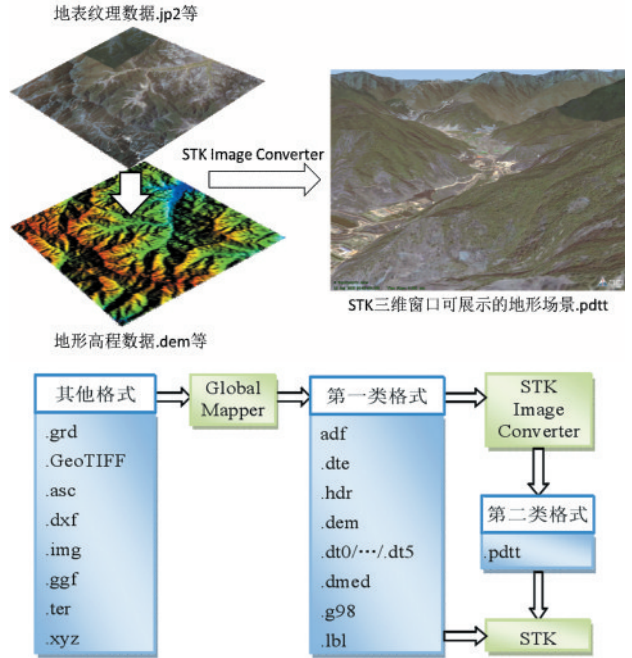


图8 STK地形和地貌数据合成流程

### 1.2.4 地理信息矢量数据

STK支持多种形式多种格式的地理信息(GIS)矢量数据。一方面STK拥有ArcGIS软件的插件,可支持ArcMap Documents (\*.mxd)、ArcMap Templates (\*.mxt)、Published Mapst (\*.pmf)和Datasets and layers (\*.lyr)等四种格式GIS数据的载入,可转化为区域目标、线目标和点目标用于任务分析;另一方面也支持shapefile格式文件的导入,即可单纯作为地理信息在三维和二维窗口中展示,如标示出国界、省界、公路铁路、地名等GIS数据,其中单纯用于二、三维窗口显示用的GIS数据可通过两种形式进行导入,一种是形成STK内部的矢量地图,在3D窗口属性的Map Details中使用;一种是将其与高分辨率地表纹理融合制作出含有GIS数据的纹理数据,以纹理数据的身份用于可视化显示。

## 2 场景动画设定

通过对STK场景对象三维模型和摄像机角度等进行脚本设定,可以使我们搭建的发射场按照火箭发射的真实流程,完成塔架撤离、火箭点火、助推/一级/二级/三级脱落、卫星入轨等过程动画,并输出保存为视频格式。STK场景动画设定主要包括以下两方面内容:

### 1) STK对象仿真轨迹设定

STK 软件本身就可对火箭发射弹道、卫星轨道等运行轨迹进行仿真设定。可设定的对象(STK Objects)主要包括 Facility(地面站)、Launch Vehicle(运载火箭)、Missile(导弹)、Satellite(卫星)、Ship(船)、Ground Vehicle(地面交通工具)、Aircraft(飞机)等类别。STK 针对不同类型的陆地、航空、航天器已经预设了轨迹计算仿真器,只需要简单的设定就可以完成火箭/导弹弹道飞行、卫星在轨运行的仿真演示。

某次发射任务中火箭的发射弹道可在 Launch Vehicle 中进行设定,设定的参数主要有:发射点经纬度坐标,发射点海拔高度,火箭分离点经纬度坐标,等。卫星轨道参数可在 Satellite 中进行设定,设定主要参数有:历元时刻,轨道高度,偏心率等。只要设定好几个参数,火箭弹道、卫星轨道等 STK 可自动生成,并使模型运行完成动画演示,如图 9 所示。

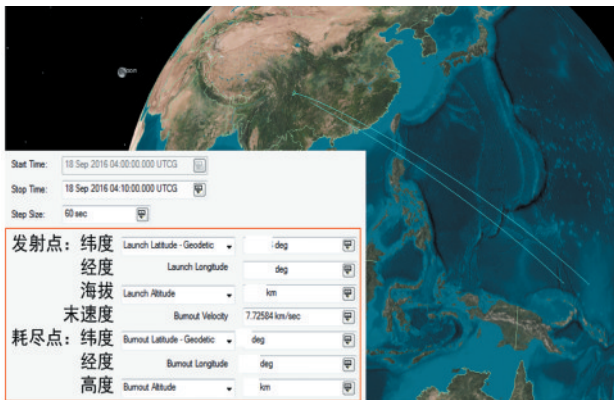


图 9 STK对象仿真轨迹设定

### 2) 三维模型关节动作设定

活动塔撤离,火箭助推/一级/二级/三级点火及分离,卫星太阳帆板展开等动作需要编辑动画脚本进行设计和设置,脚本规定了模型动作的时间(STARTIME)、持续时间(DURATION)、动作关节

①.txt

```

NEW_ARTICULATION
STARTIME      0.000000
DURATION      0.100000
DEADBANDDURATION 0.000000
ACCELERATION  0.000000
DECCELERATION 0.000000
DUTYCYCLEDELTA 0.000000
PERIOD        0.0
ARTICULATION  SlrPhl-1
TRANSFORMATION xrot
STARTVALUE    0.000000
ENDVALUE      -179.000000

```

①.txt 更改后缀 → ②.txt

```

.acma (aircraft)
.fma (facility)
.gvma (ground vehicle)
.lvma (launch behicle)
.mima (missile)
.sama (satellite)
.shma (ship)
.tma (target)

```

②.xls 存储为 → ②.txt

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	SPREADSHEET											
2	ARTICULATION	0	0.1	0	0	0	0	0	0	FirstStageEngine	Size	0 1
3	ARTICULATION	0	0.1	0	0	0	0	0	0	BoosterEngine	Size	0 1
4	ARTICULATION	70	10	0	0	0	0	0	0	Boosters	Rotate	0 -60

图 10 STK中模型关节动画脚本编辑格式

(ARTICULATION)、动作范围(VALUE)等,对模型关节动作进行控制。STK 模型动画脚本可在纯文本模式(.txt)或者 Excel 表格(.xls)中进行编辑,然后存储为 STK 指定后缀的文件名,放在与场景存档文件相同的文件夹内即可。图 10 是动画脚本文件的编辑格式和转换方法。

发射场火箭发射动画的主要关节动作设定举例如表 1 所示。

表 1 火箭发射动画的关节动作设定(例)

序号	对应模型	对应模型关节	对应命令语句	命令解释
1	活动塔	ServTwr_Rollback	retract 0 50	活动塔撤离
2	火箭	FirstStageEngine	Size 0 1	一级点火
3		BoosterEngine	Size 0 1	助推点火
4		Boosters	Rotate 0 -60	助推翻转
5		Boosters	Separate 0 -100	助推分离
6		Boosters	Drop 0 -200	助推陨落
.....	.....	.....	.....	.....

## 3 应用实例

### 3.1 流程及效果

通过综合运用以上技术,并对发射场某次火箭发射仿真场景进行搭建和设定,流程如下:

- 1) 场景对象三维模型:火箭、塔架。通过模型库提供并修改实现。
- 2) 地形高程数据:发射场周边地形。获取发射

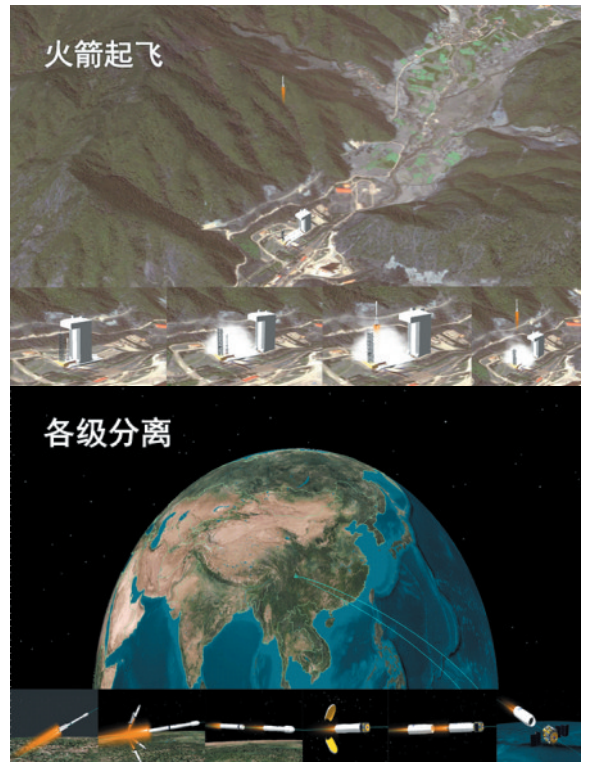


图 11 STK联合 GIS完成火箭发射场景仿真效果



场周围 20 km×20 km,约 400 km<sup>2</sup>的.dem 高程数据,精度 30 m。

3)地表纹理数据:与地形高程数据匹配的 400 km<sup>2</sup> 19级地表纹理.jpg。

4)地理信息矢量数据:显示国界的地理信息矢量数据。

实现效果如图 11 所示。通过对模型关节进行动画设定等步骤,可完成火箭发射及卫星入轨全过程的场景仿真。

## 3.2 仿真效果评估

### 3.2.1 场景模型精度

场景模型精度一是与场景模型的选用、制作和修改精细程度有关;二是模型添加到 GIS 地理场景下,要与场景进行缩放匹配,实现与山体、场地真实尺寸大小等一致。本实例通过对选用的火箭、塔架模型与地形进行了缩放及角度匹配,尺寸精度较高。但塔架模型构成与实物存在一定差距,在展示细节上存在不足。

### 3.2.2 发射过程真实度

发射过程的真实度取决于仿真模型动画设定

参数与真实发射任务的点火、一级/二级等脱落、太阳能帆板展开时序是否一致。参数设定如能够精细设定各时刻火箭动作,即可精细模拟火箭发射过程。

### 3.2.3 发射弹道准确度

在 STK 中,通过设定发射点和入轨位置经纬度、海拔高度等,可自动生成过程弹道。作为仿真场景展现,此弹道满足效果展示要求,但与实际弹道存在偏差。想要真实模拟火箭发射弹道,则可通过实时弹道的数据录入实现。

## 4 结语

STK 联合 GIS 数据构建航天发射场三维场景技术,是三维仿真建模、地理信息融合、计算机可视化等技术的综合运用,具有效果逼真、专业性强、前景广阔等优势。采用此方法构建三维场景,不仅可实现航天发射任务三维仿真、弹道/轨道计算、实时展示的功能,还可运用到后续发射系统建设中,填补现阶段任务训练、演练缺乏展示手段和平台的空白。

## 参考文献:

- [1] 王达,邱晓刚.基于STK-RTI中间件的天地一体作战建模仿真研究[J].系统仿真学报,2005,17(2):501-503.
- [2] 潘成胜,张馨.STK/Connect模块在GPS仿真演示系统中的应用[J].火力与指挥控制,2008,33(10):117-120.
- [3] 邓晶,张明智.基于STK的信息作战态势三维可视化表现方法研究[J].系统仿真学报,2010,22(11):2564-2659.
- [4] 姚宇婕,年福纯,张娟,等.STK三维模型制作与优化方法研究[J].飞行器测控学报,2013,32(2):156-161.
- [5] 高洁,罗丽娟.STK软件中三维模型的格式分析及制作[C].中国宇航学会飞行器测控专业委员会2005年航天测控技术研讨会,南宁,2005.
- [6] 丁溯泉,张波,刘世勇.STK在航天任务仿真分析中的应用[M].北京:国防工业出版社,2011.
- [7] 丁溯泉,张波,刘世勇,等.STK使用技巧及载人航天工程应用[M].北京:国防工业出版社,2016.
- [8] MARIBETHPRICE.ArcGIS地理信息系统教程[M].北京:电子工业出版社,2013.

(责任编辑:曲继鹏)