

The background of the cover features a dark space scene. In the upper right, the planet Jupiter is visible with its prominent horizontal cloud bands and a small, bright dot representing one of its moons. In the lower left, the large, light-colored moon Europa is shown with its intricate, reddish-brown surface markings. A bright, glowing ring or light source is positioned at the bottom center, casting a soft glow and creating a lens flare effect.

# CELESTIA

# 中文教程 (2014 年 第二版)

航航 (百度 ID: hanghang0713)

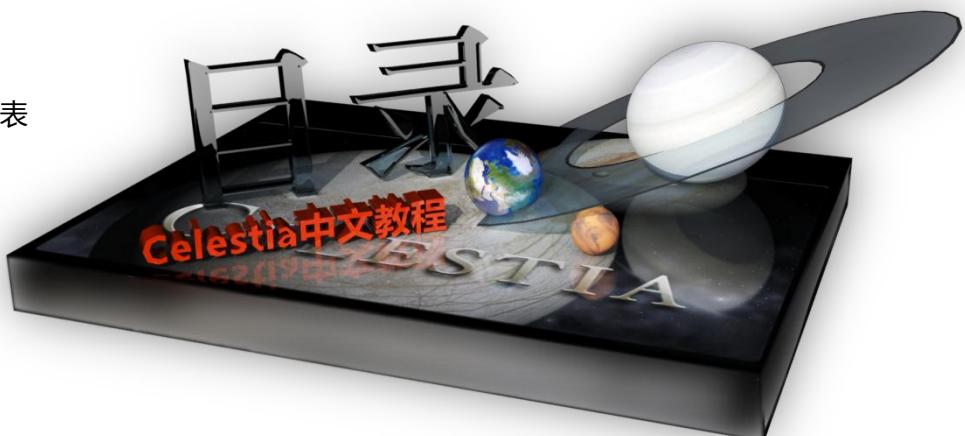
[hanghang0713@hotmail.com](mailto:hanghang0713@hotmail.com)

为 Celestia v 1.6.1 编写，文档版本 2.0，第二次扩写，第一次修订。

2014 年 7 月 28 日 星期一



教程说明 .....	1
<b>第一章 探索之路启程.....</b>	<b>4</b>
第一节 什么是 Celestia ? .....	4
第二节 Celestia 的安装 .....	5
延伸阅读 其他免费天文软件推荐.....	10
第三节 简单的 Celestia 操作.....	11
第四节 利用 Celestia 进行一些宇宙遨游活动.....	15
延伸阅读 恒星光谱与星等 .....	25
<b>第二章 高级用户操作及插件制作预备 .....</b>	<b>27</b>
第一节 插件的安装及使用 .....	27
延伸阅读 Celestia 教育版自述节选.....	31
第二节 Celestia 的文件 .....	34
第三节 插件制作的准备 .....	46
<b>第三章 SSC 初步.....</b>	<b>49</b>
第一节 概述 .....	49
第二节 基本参数.....	53
第三节 天体形状的描述 .....	55
第四节 天体运动的描述 .....	57
第五节 天体外观的描述 .....	72
延伸阅读 大气散射详解 .....	79
<b>第四章 插件制作实践.....</b>	<b>87</b>
第一节 行星系制作概要 .....	87
第二节 航天器的制作 .....	89
延伸阅读 卫星轨道计算 .....	96
第三节 贴图纹理制作技巧选讲.....	100
第四节 插件的改造、调试与发布 .....	110
延伸阅读 编辑模式使用方法 .....	119
<b>附录</b>	
附录一 GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Chinese and English version	
附录二 Celestia 1.6.1 鼠标、键盘及摇杆指令表	
附录三 Celestia CEL	
附录四 Celestia CELX 和 Lua	
附录五 希腊字母表及星座名缩写对照表	
附录六 单位制	
附录七 常量表	
附录八 大气散射开发历程	





# 教程说明

## 编写目的及适读对象

Celestia 是一款出色的天文软件，她使得物理和地理课堂变得更加有趣和生动；也使学生的课余生活更加丰富多彩。遗憾的是，这款优秀的自由软件在中国课堂并不普及；甚至作为一种娱乐方式，也不为人所知。其原因之一大概就是缺乏合适的中文使用说明。为了弥补 Celestia 中文资料的缺失，这本教程诞生了。

这本教程尽可能使不同层次的读者都有所收获。基础篇的内容可以引导新手，插件制作篇的内容又具有一定的参考性。延伸阅读和附录也给读者提供了更为广阔的阅读空间。

但是这本手册的编者水平有限，对于天文学和物理学的理解并不深刻。因此建议的读者为渴望获得新知的小学、中学生。虽说如此，编者也诚挚地期望，这本教程能够对有相关教学需求的教师有所帮助。

## 教程特点和编写过程

之所以称之为教程，是因为这本书是零起点的，从最基础的操作开始讲起，逐步深化，直至插件制作。不同于 Celestia 官方的用户手册和技术文档，这本教程尽量做到基础、技术两者兼顾。

这一教程预计以 docx、pdf 和 xps 格式发布，以尽量保持排版（作为编者，我真的很在排版上费心思，尽可能使文档版式精美吧），并给读者一个舒适的阅读体验，使之无论是在数字设备阅读还是打印出来，都赏心悦目。

这本教程编写前后经过近两年的时间，是起笔最早、规模最大的一本 Celestia 中文使用教程。最早是以“教材”之名，在 Celestia 百度贴吧发布了这本教程的预览版，得到了不少编写建议。当时基础篇已接近完成，插件制作篇正处于资料收集阶段。这本书所谓“第二版”，也是从那开始算的。后来情随事迁，多次辍笔，但不久之后便又被捡起。年初，发布了一篇整理出来的大气散射参数的文档，自那时，教程的收尾工作开始了。

由于是业余时间编写，时间十分有限。又无暇仔细校对，想必本册错误不少，还请读者指出并包涵。

## 作者信息

本书的编者和引用文档的译者是航航；百度 ID: hanghang0713, Windows Live ID: [hanghang0713@hotmail.com](mailto:hanghang0713@hotmail.com), MotherLode 署名: Hanghang, CelestialMatters 用户名: CelestialPhineas；Celestia MotherLode 上唯一一个提供中文版本的插件——“天宫一号”的缔造者。读者如果有什么好的建议或是问题欢迎联系我，我一定斟酌或尽力相助。

作者在 9 月开学后就是高三学生了。由此可见，水平确实十分有限，请读者原谅与包涵。高三后，学业愈忙，念必将无暇于本书，为不留遗憾于高中生活，努力将教程编写完毕。有粗制滥造之处还望读者原谅！

这本教程编写贯穿本人高中生活，在下格外珍重，最后也希望读者能够喜欢。





## 凡例

TIPS，小贴士，记录提示和小知识：

### TIPS      关于椭圆的概念

粗略的说：椭圆的中心到顶点的连线是一个半轴.....

代码框，用于排版代码：

```
print {text "欢迎光临地球。" row -4 column 1 duration 10.0}
gotolonglat {time 8.0 distance 5.0 longitude -25.0 latitude -10.0}
```

超链接，链接到网页或启动 Celestia 并前往相关地点：

[木卫一](#)

[Celestia](#)

## 主要参考和编译来源

来自 [Celestia MotherLode](#) 的文档：

第一章在写法上参考了 *Celestia 1.6.0 – User's Guide*, Frank Gregorio, Rev 1.6.0-1 March 2010

延伸阅读：*Celestia 教育版自述 (Readme)* , Frank Gregorio, 2012 年 2 月

第三章部分内容参考了 *SSC-Scripting Guide for Celestia*, Ulrich Dickmann & Bob Hegwood, Version 1.0 (a shortened version of the German original version) , May 2004

第四章第一节一翻译自 *STC-Scripting Guide for Celestia*, Christian Lenz, Version 1.2 (English) Rev. 1 January 2006

附录：CEL, 缩编自 *Celestia Cel Scripting Guide for Celestia version 1.3.1+*, Version 1.0g, Written by Don Goyette, with contributions from the Celestia developers and forum members. Editing by Selden Ball, Jr. and other Celestia forum members, Last revised on June 17, 2004

附录：CELX 和 Lua, 缩编自 *Celx Objects and Methods (for Celestia version 1.3.2)*, file version 1.5, Don Goyette, April 26, 2004

[百度](#):

延伸阅读：[卫星轨道计算整理](#)自[百度文库](#)上的同名文档，原文档作者不详（未署名）。

延伸阅读：[编辑模式使用方法](#), 转载自 [Celestia 百度贴吧](#), @o0 小甜甜姐姐 o0, 2013-05-26 12:52

[维基和其他](#):

第三章主要内容综合编译自 [Celestia Wikibooks Print Version](#)



延伸阅读：恒星光谱与星等，综合整理自[维基百科](#)。词条解释与数值参考部分另出他出，标于文尾。

延伸阅读：大气散射详解，综合整理自[维基百科](#)和@shany08 帮助整理的光学资料。部分内容翻译自 Eric Bruneton 的网站。<http://evasion.inrialpes.fr/~Eric.Bruneton/>。Celestia 大气散射开发编译自 Celestia 官方论坛，Chris Laurel, Fridger Schrempp, et al. <http://www.shatters.net/forum>

## 文档信息

Celestial 中文教程

航航 ( 百度 ID : hanghang0713 ) hanghang0713@hotmail.com

为 Celestia v 1.6.1 编写，文档版本 2.0，第二次扩写，第一次修订

2014 年 7 月 28 日 星期一

适用于 Creative Commons 署名-非商业用途-保持一致 3.0 版本协议

A Chinese (Simplified) Version of Celestia User's Handbook  
for Celestia v1.6.1, File Version 2.0, Extended 2, Rev. 1  
by Yin Yehang (Hanghang, Baidu ID: hanghang0713, also CelestialPhineas at CelestialMatters.org)  
Live ID: hanghang0713@hotmail.com  
Monday, July 28, 2014  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0

## 感谢（音序姓名）

Celestia 开发团队 (Chris Laurel、Clint Weisbrod、Fridger Schrempp、Bob Ippolito、Christophe Teyssier、Hank Ramsey、Grant Hutchison、Pat Suwalsk、Toti、Da Woon Jung、Vincent Giangiulio 和 Andrew Tribick)。若是没有他们的辛勤付出，我们会无聊、无知很多。

@楚留香宋甜儿 对于教程编写的大力支持以及帮助。

Fridger Schrempp，Celestia 合作开发者，celestia.Sci 项目开发者，在 CelestialMatters 解答了笔者的一些问题。

John Van Vliet，MotherLode 的插件检查志愿者，帮助笔者检查了“天宫一号”这一插件，并提出了诸多修改和插件规范化的建议。

@shany08 对于编写工作的支持以及资料查询。

Ulrich Adirondack，MotherLode 的管理志愿者，帮助笔者联系了 John Van Vliet，同时也感谢他十年以来为 MotherLode 所付出的一切。

@闲评秋月春风 提出了关于公式排版的建议（尽管由于种种排版因素未能采纳），并解答了笔者的一些物理问题。

@o0 小甜甜姐姐 Oo 帮助纠正了文档的部分错误（由于数据来源不尽一致，一些数据还是保留原样，没有采纳她的建议），并且提出了宝贵的编写建议。笔者同时引用了她的一篇帖子。

还要感谢 Celestia 百度贴吧和 Stellarium 百度贴吧的各位吧友对这本教程编写的支特和帮助。

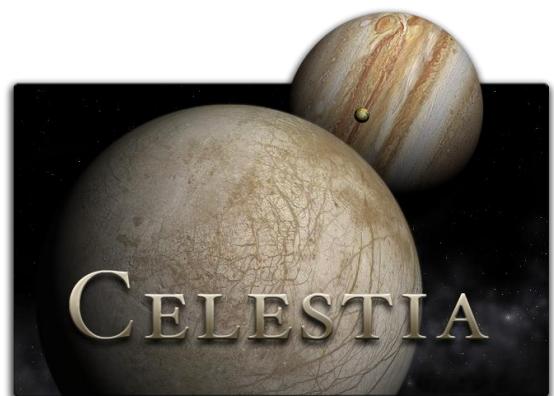


# 第一章 探索之路启程

## 第一节 什么是 Celestia ?

仰望星空，面对闪耀着的漫天星辰，你是否曾对其产生过好奇之感？打开电视机，看到 CCTV 9 上面有关宇宙的纪录片，你难道未曾为那一颗颗行星而动心？或是，梦想遨游宇宙，却苦于毫无机会……

那么，Celestia 就可以实现你的梦想！



Celestia 是一款开源免费的天文软件，可以模拟飞跃宇宙的虚拟实况。她由 Chris Laurel 主导开发，并得到了 NASA 的支持，拥有庞大的恒星、星系资料库和精确的行星轨道计算。Celestia 使用 OpenGL 图形接口，有着逼真的天体渲染效果。这些天体，小到人造卫星，大到银河和河外星系，都有着不错的呈现。

Celestia 可以用于教学或是研究。暂不说天文和天体物理，Celestia 就可以作为地理、物理等高中教学学科的有力演示工具。

此外，仅仅是为了玩乐，Celestia 也不失为一种不错的选择。

Celestia 最棒的特点就是，具有很强的可修改性和可扩充性。这个特点使得校正和添加数据变得容易，也提供给了用户一个美化和完善自己宇宙的机会。同时，Celestia 可以通过下载并安装插件使上述过程变得更加容易。插件开发的难度也不是很大，任何人都可以尝试，完全不需要编程知识。

使用她并非想象中的那么困难。Celestia 不会去用一大堆的数据去吓唬普通用户，而是以一种兴趣化的方式与大众分享前沿的天文研究成果。至于 Celestia 的使用，后面会介绍的。



CELESTIA 实现的震撼效果（需要部分插件能够实现的画质）



Celestia 目前的稳定版本是 1.6.1，可以在各大软件下载站下载到。也可以访问官方网站：  
<http://www.shatters.net/celestia> 获取下载的相关信息。

Celestia 对硬件的兼容性很好，出错的情况很少见到。

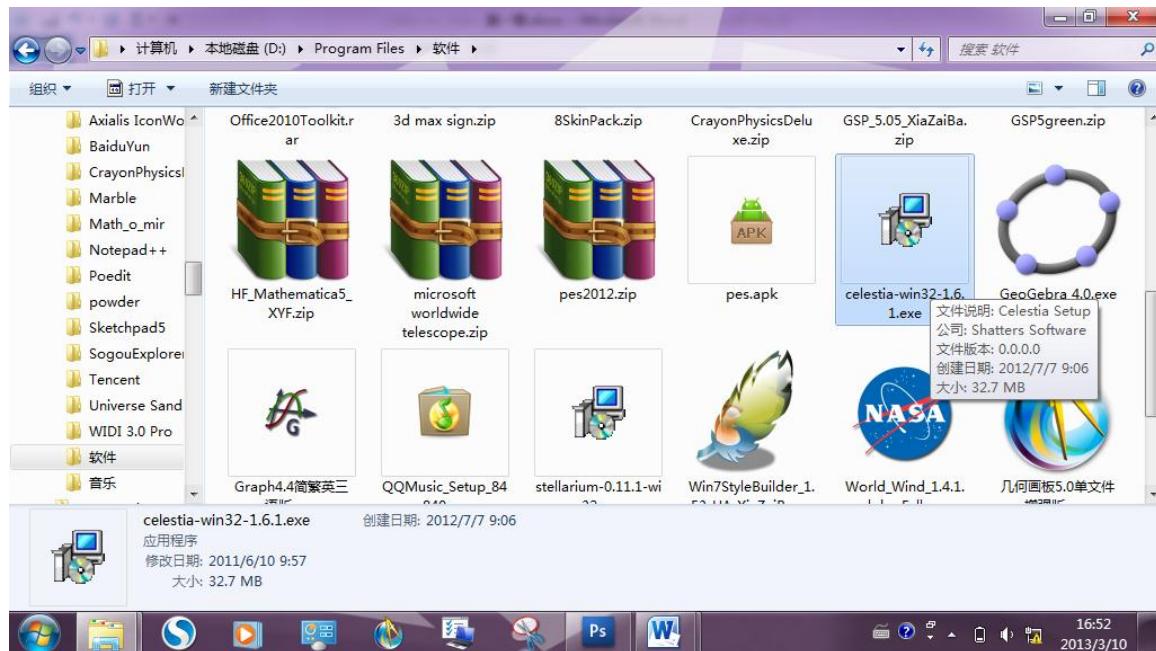
以下是 Celestia 对硬件和软件的最低要求（摘自 Celestia 1.6.1ED 版的自述文件）：

1. CPU 主频：1 GHz
2. 操作系统：Windows® 98, XP, Vista or 7 （Celestia 的正式版本也支持 Mac OS、Linux 等操作系统）
3. RAM：1 GB
4. 支持 OpenGL 的显卡，并有至少 128MB（推荐 256~512MB，但是可以运行 Celestia 的显存大小可能甚至比 128MB 还要低。此外 Celestia 支持集成显卡，虽然提供的画面是“照片级的”，她对硬件的要求并不高）的显存
5. 40MB 的磁盘储存空间
6. 14 英寸及以上大小的显示器
7. 键鼠
8. 网络连接（可选，Celestia 是完全可以脱机工作的，网络连接仅用于打开信息网页）

Celestia 正式版是极为精简的，可以说其简洁性是绝大多数软件的典范——仅仅 30MB 多出一点。而安装大量插件后可扩充到几个 GB！

## 第二节 Celestia 的安装

如果你下载了 Celestia 的安装程序，那么咱们就开始吧。



如图，被选中的那个文件就是 Celestia 的安装程序了。和普通的 Windows 程序的安装没什么区别，一路“下一步”或是“我同意”即可，如果你已经很熟悉了，那么这一段就可以跳过了。

双击打开安装程序，会立刻弹出安装窗口（如图），虽是英文界面，但内容还是很好理解的：

### 欢迎使用 Celestia 安装程序

这份安装程序会将 Celestia1.6.1 安装到您的计算机。

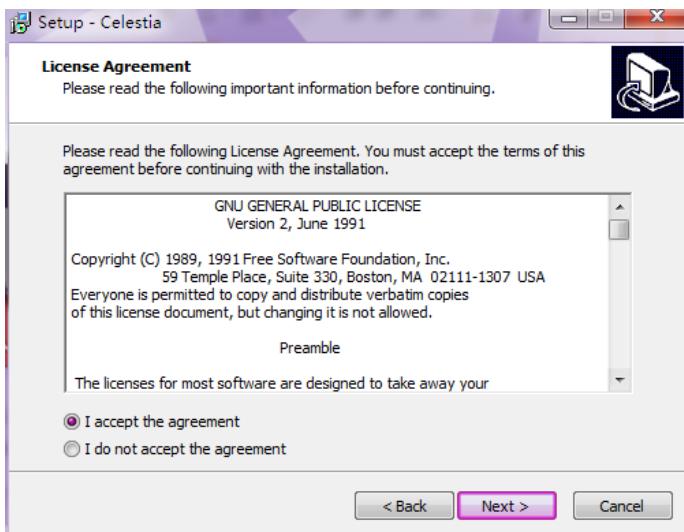
建议在进行下一步之前关闭您正在使用的应用程序。

单击“Next”继续，“Cancel”退出安装程序。



看到英文别惊，也不要盲目去搜索什么“汉化版”。仅仅是安装程序是英语的，软件界面其实还是汉语的（Celestia 支持多种语言）。

单击“Next >”，进行下一步安装。



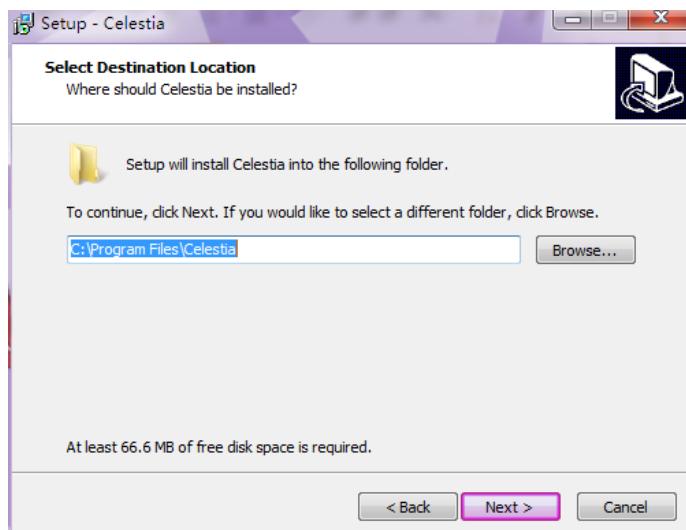
选择“*I accept the agreement*” , 表示你同意 GNU 通用公共许可证。然后就可以继续“*Next >*”了。

**TIPS-什么是 GNU ?**

GNU 通用公共许可证，是自由软件基金会为保护自由软件用户拥有更改软件的权利而提出的。它采取两项措施来保护你的权利：

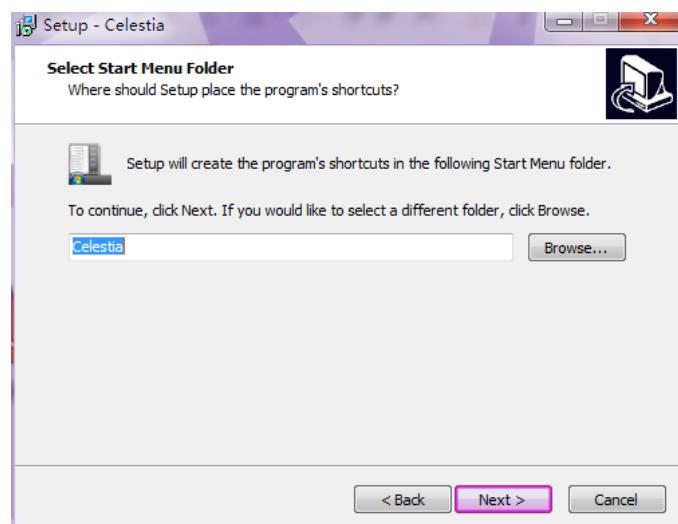
- (1)给软件以版权保护。
- (2)给你提供许可证。它给你复制，发布和修改这些软件的法律许可。

如果想了解更多，可以在 Celestia 安装完成后阅读这一许可证的汉语译版（但是汉语版本不具有法律效力）。

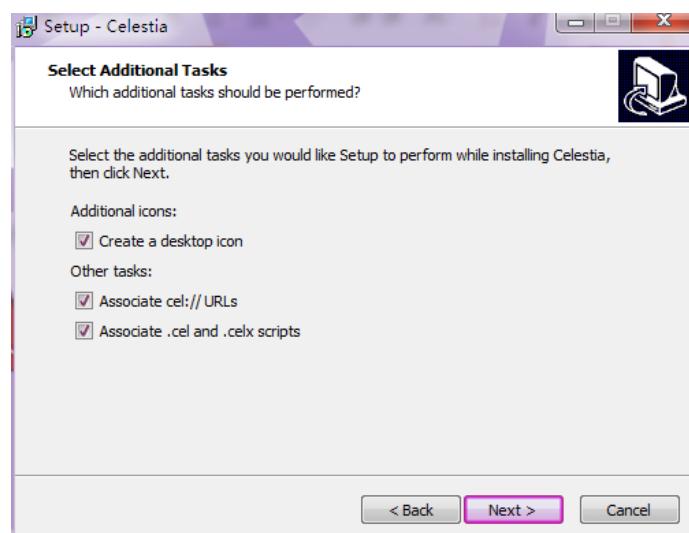


然后就到了安装路径的选择，一般是“*C:\Program Files\Celestia*” , 当然安装到其他路径也是可以的。

在这里，笔者推荐安装至一个你觉得较为方便的路径。因为这么做会为以后的插件安装及开发带来方便。



创建开始菜单上的快捷方式。不加赘述。



这个步骤虽然不是很重要，但有必要翻译一下。

## 其他任务

您希望安装程序进行以下哪几项任务？

选择您希望 Celestia 安装程序进行的任务，然后点“下一步”：

创建图标：

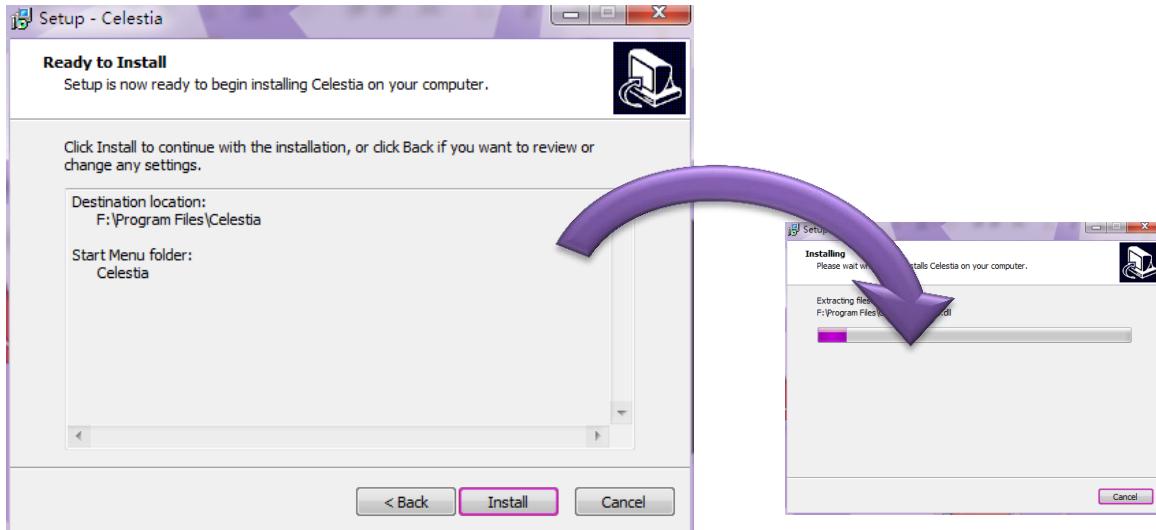
创建桌面快捷方式



## 其他任务：

- 关联 cel://URLs (Celestia URL, 一种描述 Celestia 中时间和物体位置的路径)
- 关联.cel 和.celx 脚本文件

根据自己的需要进行选择。对于初学者，我们建议全选，或至少选第二项和第三项。



确认一下安装信息，如果没有问题的话，直接跳过即可。

然后就会进入安装，一般来说，几秒钟就能完成。



文件安装完成之后，就会进入最后一步。前一个复选框是阅读自述文件，后一个则是启动 Celestia。选什么，请根据自己的情况而定。

有关于 Celestia 的使用，下一章节会进行更加详尽的介绍。



## 延伸阅读 其他免费天文软件推荐

一般来说，Celestia 的用户不光只用这一款天文软件。天文地理类软件的世界远比大家想象得精彩。

### 一、谷歌地球

天文地理类软件，最出名的当属 Google Earth（谷歌地球）。Google Earth 胜在庞大的数据库和不错的扩充性（Google Earth 也是有插件一说的）。Google Earth 数据量庞大，所以网络连接是必须的，因此非常不利于教学活动的进行。Google Earth 提供了地球、火星、月球以及星空的观测，其完全依赖于真实数据的 3D 地表是同类软件所不可比拟的。但是，Google Earth 在远景方面的表现非常糟糕，接缝明显且锯齿严重，所以喜欢宇宙之壮美的朋友还是不要选择 Google Earth 作为一款看天体的软件。

### 二、Stellarium

Stellarium 同样是一款开源免费的天文软件，也是开源世界中最优秀的软件之一（Ubuntu 系统的安装程序中就能看见她的身影）。与 Celestia 一样，提供接近照片级画质的天体观测效果。与 Celestia 所不同的是，Stellarium 侧重地面观测，而并非遨游宇宙，所以立体感欠佳。

Stellarium 的地景非常漂亮，并且可以 DIY。恒星数据全面而可扩充。很有意思的是，Stellarium 的卫星轨道数据很多来自 Celestia，这一点在其自述文件中有所提及。

Stellarium 的亮点是毫无瑕疵的大气层渲染和日月食渲染，几乎与照片毫无差异。

目前，Stellarium 的稳定版本是 0.12。0.12 更新了纹理和渲染引擎，加入了更加逼真的日食渲染。还改进了查找工具，增加了对月相的计算。汉化也更加彻底。

很多天文馆或天文台的工作人员，就在使用 Stellarium。这一点可以从金星凌日时央视的一些报道中看出。



### 三、Space Engine

Space Engine 的名气并不是很大，但是其画面可以说是目前为止最好的。与 Celestia 接近，Space Engine 同样是漫游宇宙的软件。

Space Engine 拥有实时的三维地表渲染，出色的光源（非常漂亮的镜头光晕）以及精致的星系。但比起 Celestia，Space Engine 更像是一个游戏。

目前 Space Engine 支持英语和俄语。

Space Engine 对硬件要求较高，要求硬件至少能兼容 OpenGL 2.0。



## 四、安卓平台

安卓平台上，笔者推荐“星图”。多语言，兼有 Celestia 和 Stellarium 的部分功能，触控操作方便，很适合初学者。天体建模也十分逼真，镜头光晕做得也是有模有样。

除此之外还有 Stellarium Mobile，与 PC 版的相差无几，但是功能有所精简，不过仍然是最好用的一个；Sky Safari Pro 也是一款不错的应用，但是是商业软件；还有能够精确预报天文事件的移动天文馆。

## 五、iOS 平台

iOS 平台上的天文地理类应用，最出名的当属 Solar Walk。Solar Walk 很大，800 多 MB，但是演示效果确实是好，功能也是同类软件中最全面的，在某些方面甚至超过 PC 平台上的一些软件。

## 六、其他

PC 上免费的天文地理类软件还有 NASA World Wind，Microsoft Worldwide Telescope，Skychart，Marble，Aciqra 等。各有特色。有兴趣的读者可以下载下来尝试一下。

需额外介绍一个收费软件——Universe Sandbox。准确来说，Universe Sandbox 是一个沙盘类游戏，并不是很专业的天文地理类软件，但是这个游戏在我们 Celestia 圈子里很出名，讨论得也很多，因此就拿出来说一说。



MARBLE 是一款地图软件，也能实现不错的效果。

Universe Sandbox 与其他软件最大的区别就是，Universe Sandbox 侧重实践而不是观测。Universe Sandbox 采用物理参数计算轨道，即通过质量等因素来计算天体运行情况，而且这些数据都是可以随时更改的。因此要玩好 Universe Sandbox 需要大量的物理学知识。

## 第三节 简单的 Celestia 操作

既然 Celestia 是一个兴趣化的工具，那么这一节里就让我们同样以兴趣化的方式介绍。

要把大象塞进冰箱，首先要把冰箱门开开。上一章中，我们介绍了如何安装 Celestia。那么，就先让我们启动 Celestia 吧。你可以通过“开始>（所有）程序>Celestia>Celestia”的方式，也可以找到你的 Celestia 安装目录，直接双击打开 Celestia.exe。





如果看到了如上图的启动画面，就说明 Celestia 已经处在正在启动的状态。

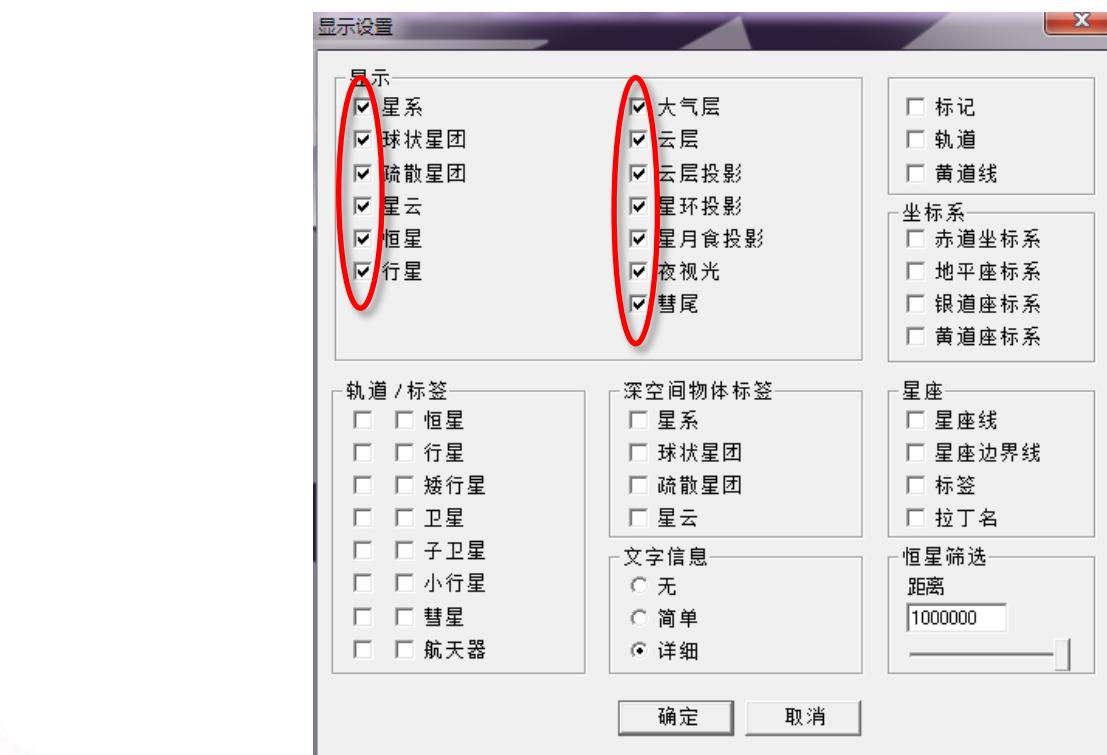
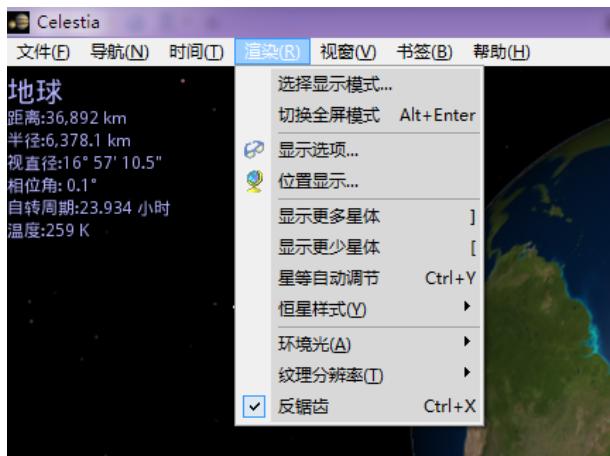
很快，我们就会进入软件：

视角从太阳前快速闪过，映出 Celestia 的 logo，然后就会前往地球，并提示“欢迎使用 Celestia。”

此时你可以滚动一下鼠标滑轮，或是用鼠标左键拖拽一下，看看会发生什么。

刚进入软件的人可能会心生疑惑：为什么这地球没有云呢？

所以，首先，在开始遨游之前，让我们调整一下渲染选项，以获得最佳的浏览效果。



找到“渲染(R)”菜单，单击之后就会看到一些有关渲染的选项。因为刚刚接触，所以我们的重点是如何获取更好的浏览效果。

玩过游戏的人可能会对纹理分辨率比较敏感，那么调成“高”吧，这样可以使得一些天体的表面显示得更加清晰。

要想获取云层等细节，单击渲染菜单中的“显示选项…”，会弹出如下图的窗口：

将图中画红圈的复选框全部勾选，点击“确定”。这样，云就出来了(获得如图所示效果)。



好了，万事可以说是俱备了。但如果你依然觉得很茫然，不知怎样入手，那么，不妨按一下键盘上的字母“D”，Celestia 会运行演示脚本，帮助你了解其功能。



如图，Celestia 会提示演示开始，按 ESC 结束。对于云层的再次消失，读者大可不必担心，随着脚本的运行，你就会发现，这只不过是 Celestia 卖的一个关子。

除了按 ESC 键退出外，还需要知道的是，敲空格键可以暂停脚本运行，再敲一次，就会恢复。



演示会从我们的家，地球开始，然后粗略地遨游一下太阳系。离开土星后，我们会在一些著名恒星之间穿梭往来。看完心宿二后，视图缩小，整个银河尽在眼前……最终，演示会回到地球，并悄然结束……

整个演示虽然简短，却体现了 Celestia 的大多数功能。同时，极具教育意义的语言，又为其增加了思想内涵，使 Celestia 的新人们能够了解更多有关于 Celestia 以及有关于天文的知识。



演示结束后，读者可能会发现，时间流逝到了一年后！这时，需要按一下“!（即 Shift+1）”来回到当前的时间，返回当前时间是一个很重要的键盘命令，每次脚本运行完毕后都最好执行一遍该命令。当然，如果你不需要，那就另当别论了。

相信你已经等不及要亲自动手试试了。好吧，下面我们就来介绍一些最基本的 Celestia 命令。

## 一、鼠标控制

鼠标动作	作用	等效的键盘命令
左键拖动	移动视角	小键盘区数字
右键拖动	绕选中物体旋转	[Shift 键+方向键]
右键+左键向左/右拖动	平面旋转视角	[左/右方向键]
右键+左键向上/下拖动	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
滚轮	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
Ctrl 键+左键向上/下拖动	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
Shift 键+左键拖动	改变视野 (FOV)	[. / ,]
鼠标中键	在 45 度视野和前一个设定间切换	
在物体上按左键	选中物体	[回车键并输入物体名称]
在空白处按左键	取消选定	[多次 Backspace]
在物体上左键双击	选中并置中物体	[c]
按右键	打开菜单	

## 二、前往

前往 (goto) 是最简单的键盘命令之一。你可以通过点击选中某一物体后按 “G” 前往该天体。前往命令是非常好用的，只要物体被选中（被选中物体的名称则会出现在左上角），就能使用该命令。

前往的对象基本不限，只要看到的，可以选中的，就可以前往。

## 三、置中

置中命令也很易于使用，选择物体后按 “C” 即可。

## 四、选中太阳和行星

很多朋友都说，在 Celestia 里走得太远就回不去了……最简单的，回到太阳系的方法就是“选中太阳 (H)”。无论走到多远，轻轻一按 “H” 就能够选中太阳，再一按 “G (前往)” 就能返回太阳系。



如果回到太阳后想回到地球怎么办？数字键【1~9】就可以选择太阳系中的对应（矮）行星。其中没有提及的数字“0”也是有用的，按一下数字“0”就可以选中系统中的恒星，对于太阳系来说就是太阳。但是“0”和“H”的用法是有很大区别的，读者使用 Celestia 时间久了就明白了。

Celestia 的操作指令还有很多，难以一一介绍。读者可以参考附录二中的指令表进行更深入的学习。

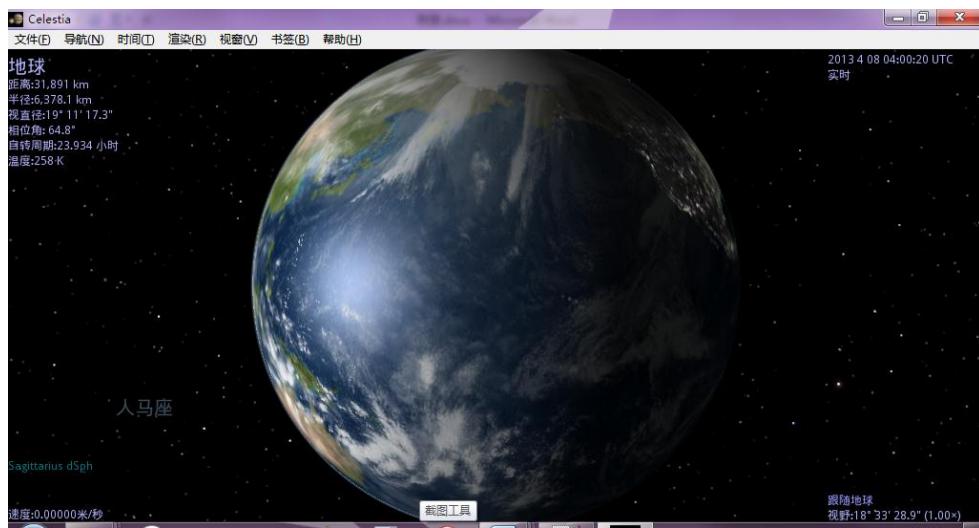
## 第四节 利用 Celestia 进行一些宇宙遨游活动

### 一、遨游太阳系

我们都生活在地球——一颗美丽、宁静、安详的蔚蓝色行星。可地球只是太阳系众多天体中平凡得不能再平凡的一颗。那我们的太阳系究竟是什么样子的？让我们打开 Celestia 来一看究竟吧……

#### 1. 地球上看日落

打开 Celestia 之后，地球就会映入眼帘。按住 Shift，同时按住键盘上的左键，旋转物体，将地球的晨昏线对准视野中央：

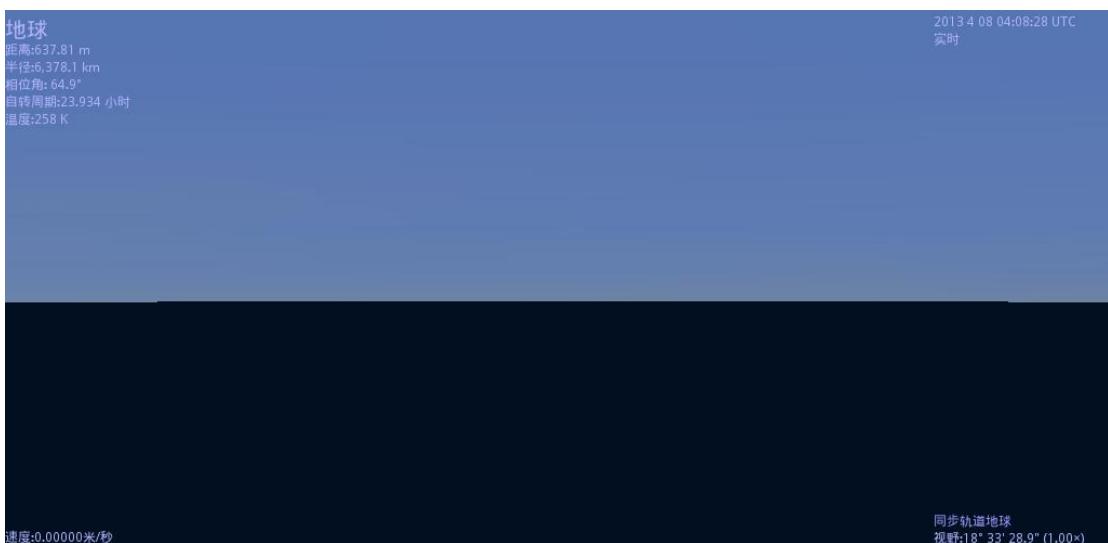


#### TIPS

Shift+键盘上的上下左右按键等效于用右键拖动星体。

此外，读者怕找晨昏线找准的话，可以右击地球找到“参考向量>显示明暗边界线”

按“Ctrl+G”前往物体表面。





打开小键盘锁 (Num Lock) , 用小键盘上的 4、6 调整视野, 找到太阳。



按键盘上的“L”加快时间流逝, 就能看见太阳缓缓落到地平线上了。

同理, 我们也可以去其他行星上看看日落是什么样子 (没有使用散射大气的样子) :



如图, 从左至右分别为水星、金星和火星上的日落 (或日出)

## 2. 观测日月食

Celestia 有一套非常不错的日月食预测及渲染机制。虽然无法像 Stellarium 一样模拟地球大气的折射和太阳的日冕, 但瑕不掩瑜, 全 3D 的日月食渲染是同类软件中罕见的。

如果你准确地记得日月食时间的话, 你可以通过“时间>设置时间”来设定你所想到达的时间点。如果你不记得的话, 可以通过“导航>星月食查找”来查找日月食。

查找后前往。请检查渲染菜单中的“显示选项”是否勾选了“星月食投

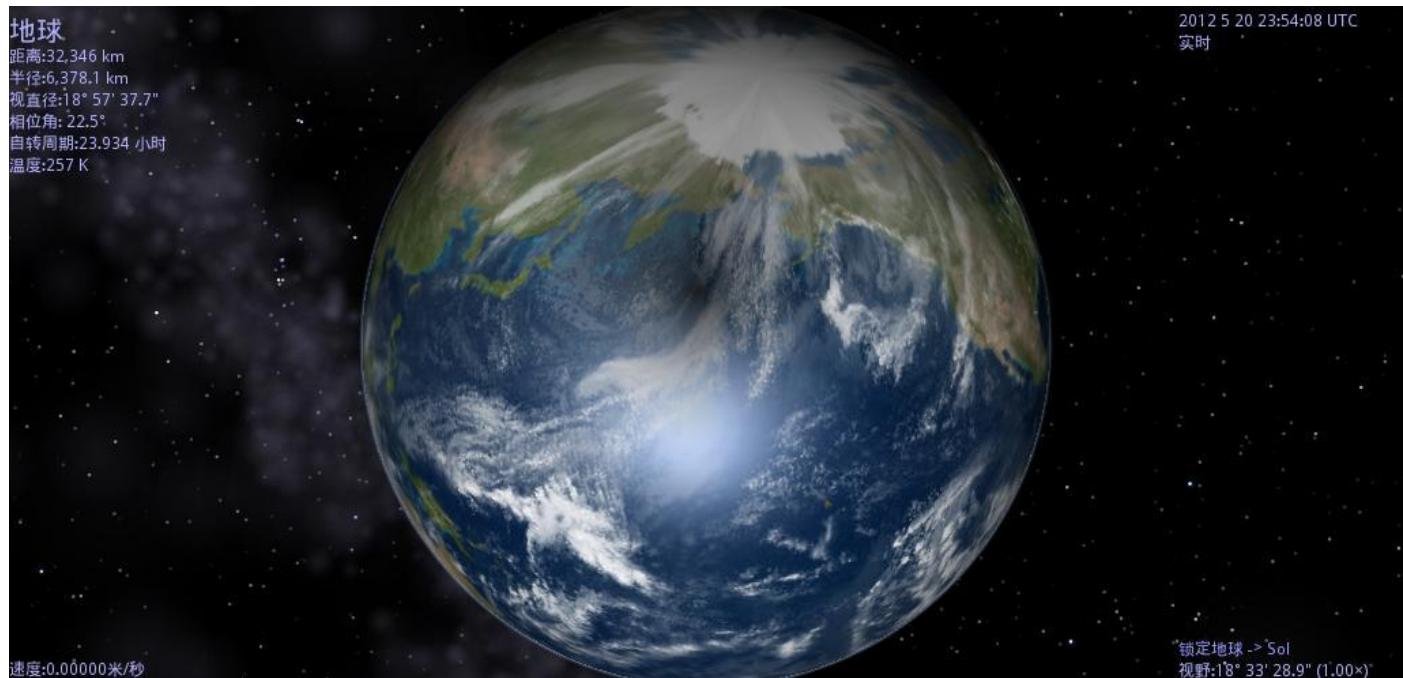


星月食查找窗口

影”，若没有勾选上，则无法看到月球在地球上（或地球在月球上）的投影。

先来看看日食吧。

设定好时间前往后，就会发现地球上有一个黑斑——这就是月球的投影。



将这个黑影对准屏幕中央，按 Ctrl+G 前往物体表面。再按 H 选中太阳，按 C 置中。



就可以看到日食现象了。如果觉得小的话，可以调整视野（键盘指令 “,逗号” “.句号”）。

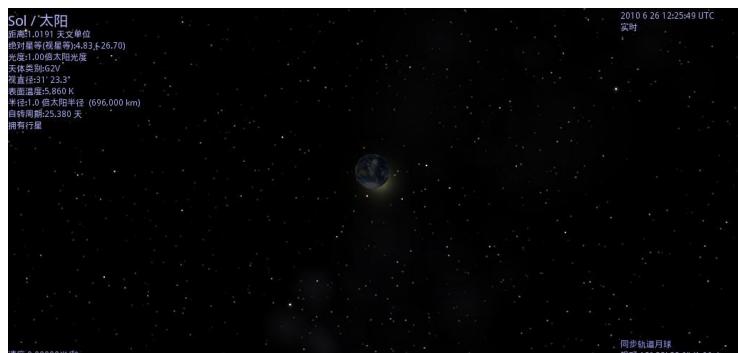


再来看看月食。



也可以到月球表面上看看。

为了让读者能看得清楚些，环境光设置到了“中”的级别。但笔者建议大家平时最好将环境光设为“无”，因为这样才合乎常理。至于环境光的设定，可以通过键盘命令“Shift+[]”，即“{}”或是渲染菜单中的“环境光”进行设定。



### 3. 使用“太阳系浏览器”来浏览太阳系天体



太阳系浏览器窗口

在“渲染”菜单中找到“太阳系浏览器”如图所示。太阳系浏览器是 Celestia 太阳系的一份列表，包含我们的太阳系中的各种星体。

前面有加号的表示该星体有所属的星体——如卫星、航天器等。单击加号可以展开。

展开“木星”，我们能看到大量的卫星在绕其运动。太阳系中的气态行星——木星、土星、天王星和海王星都有着十分丰富的卫星，并且越来越多的卫星正在被发现，读者可以通过安装插件来看到这些天体（插件的安装和使用后文会有所介绍）。

来看看太阳系里的各种奇葩天体吧。

在“太阳系浏览器”中找到你感兴趣的天体，如“木卫一”，单击，之后按旁边的“前往”按钮，Celestia 就会前往该天体。如右图即木卫一。

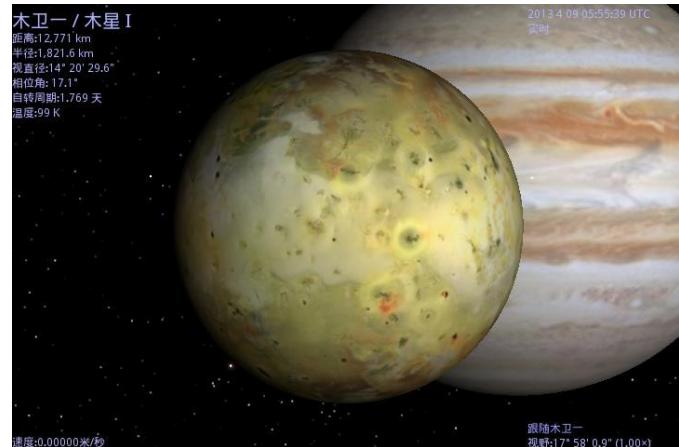
看卫星的话笔者推荐几个知名景点：

富于火山的木卫一

美丽的冰冻卫星木卫二

被浓厚大气和云雾包裹的土卫六

太阳系中的“潘多拉”——土卫十七（仅仅是名字这么叫罢了，那上面寸草不生）



当然也可以去看看小行星。

嫦娥二号在完成探月任务之后，被派往一颗小行星——图塔蒂斯 (Toutatis) 继续探索。下面让我们换一种方法来前往图塔蒂斯。

敲击键盘上的回车，会出现“目标物体名称”窗格，输入“Toutatis”，再次敲击回车，Toutatis 就会处在选中状态了。

选中图塔蒂斯后，按键盘上的“G”前往。

#### TIPS “目标物体名称”窗格

在这个窗格中，你可以通过星体名称来查找星体。可以查找到的星体包括恒星、星系和附近的行星、卫星等。但“离得太远”的行星系星体就无法找到，比如在太阳系找 Gliese 144-b 这颗行星就不怎么现实。“目标物体名称”绝大多数时候都会随着名称的输入检索，要想在下面的窗格中切换选中，可以按 Tab 键下翻，Shift+Tab 上翻。

生猛一般的 Toutatis





太阳系还有很多有意思的景点呢，不一一介绍了，读者可以从“导航”菜单中找到更多有关参观的好建议。现在，走出去，看看太阳系外的世界吧！

## 二、恒星间的漫游

执行“导航>恒星浏览器”菜单命令打开恒星浏览器窗口：



这里你能看到恒星的名称、距离、视星等、绝对星等和类型（光谱型）。

### 1. 寻找宜居行星

我们很有可能不是这宇宙中唯一形式的生命……在某颗遥远的行星上可能同样居住着生物——这些行星上可能会存在液态水，有着适宜的温度……

如果你已经知道这颗宜居行星的相关信息，那么你可以敲击回车，输入这颗行星所环绕的恒星的名称，再次敲击回车，按“G”前往。到达恒星后，右键单击恒星，找到环绕它的行星再次按“G”前往，就可以了。

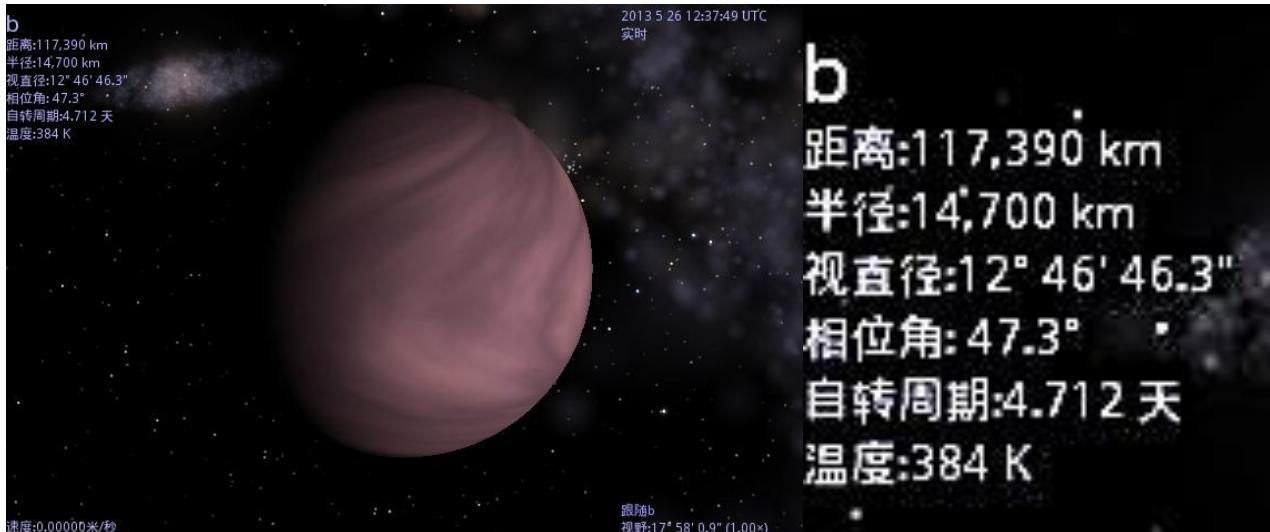
那我如果想要在 Celestia 宇宙中自己“发现”一颗宜居行星，该怎么做？

这就需要用到上文中的“恒星浏览器”了。

在“恒星浏览器”窗口，我们会发现“拥有恒星”选项按钮（右下）。以这种形式查找恒星，就能找到拥有行星的恒星了。选好自己想看的恒星后，单击“前往”按钮，就可以极速前往。

前往之后，按照前面交代的方法前往行星。

衡量一颗行星是否适宜居住的重要标准就是温度。Celestia 可以根据恒星类型和行星距其的远近来推知行星温度。



### TIPS 有关温度

Celestia 中的温度单位 “K” 是热力学温度单位，不同于日常生活中常用的摄氏度与华氏度。“K” 全称“开尔文”，简称“开”，是国际单位制(SI)中定义的基本单位之一。0K 为绝对零度，即 -273.15°C，比例关系上，1K = 1C。

因此热力学温度开和摄氏度的换算可以写作：

$$K = C + 273.15$$

如图为一颗行星，旁边的图片将其相关数据放大了一下，我们可以清楚地看到“温度”一项。

图中这颗行星温度 384K，相当于 110.85°C，这样的温度是不允许液态水（常压）存在的，因此我们可以认为它不适合居住。

想要随机在 Celestia 中“抓”出一颗宜居行星是非常难的，很大程度上还要靠你的运气。当然随着你对 Celestia 的了解不断深入，这项任务也会变得越来越容易。

当然仅仅看“温度”一项还是远远不够的。自转周期、物质组成等也是重要因素。但不得不说的一点是，系外行星的自转周期都是估计的数据，而不是来自实测。

## 2. 查看双星系统

双星系统是一种非常有趣的模型。它是由两颗恒星组成的系统。双星分为光学双星和物理双星。光学双星是指两颗恒星在天幕之中看起来很近，而物理双星则确实很近。这里我们讨论物理双星。

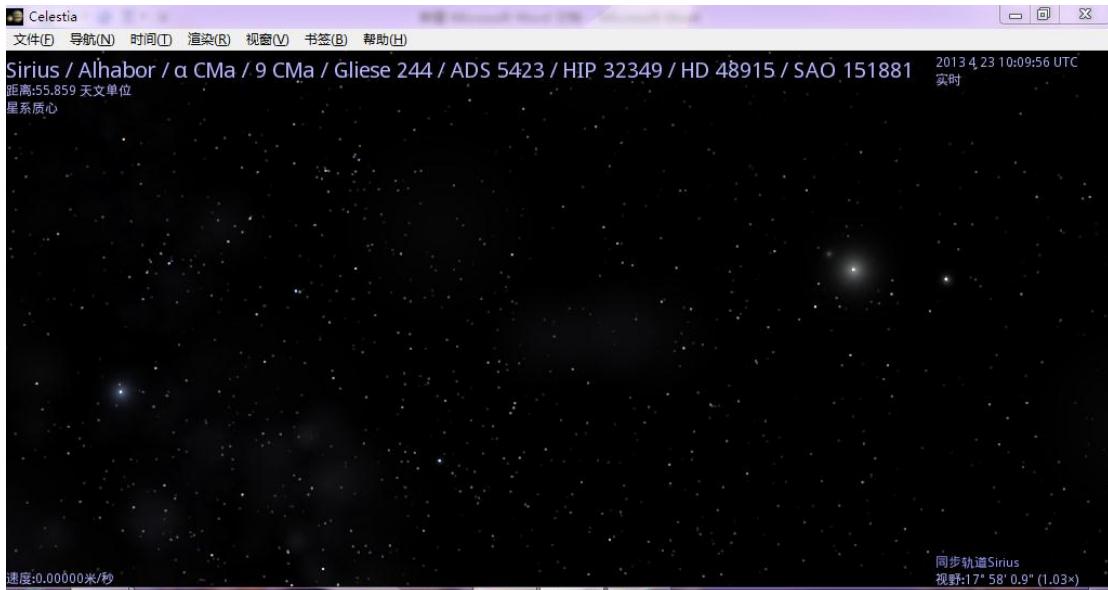
比较著名的物理双星有[天狼星](#)、[南门二](#)和[五车二](#)。

下面以天狼星为例，简单介绍一下双星的遨游。

敲击回车，输入“Sirius”，再敲一下回车，选中。按“G”前往。

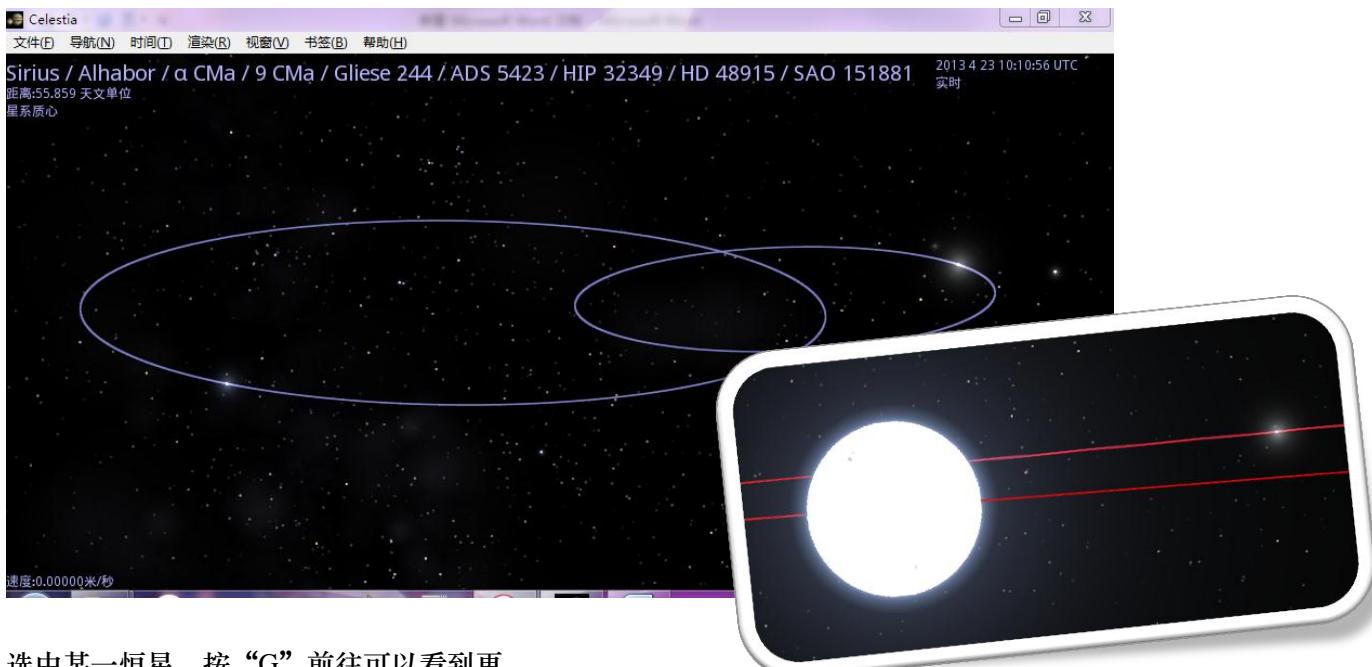
### TIPS

**你知道吗？天狼星 ( Sirius ) 是最早被发现的双星系统！**



可以看到如图所示双星系统。

按一下“O”以显示轨道：

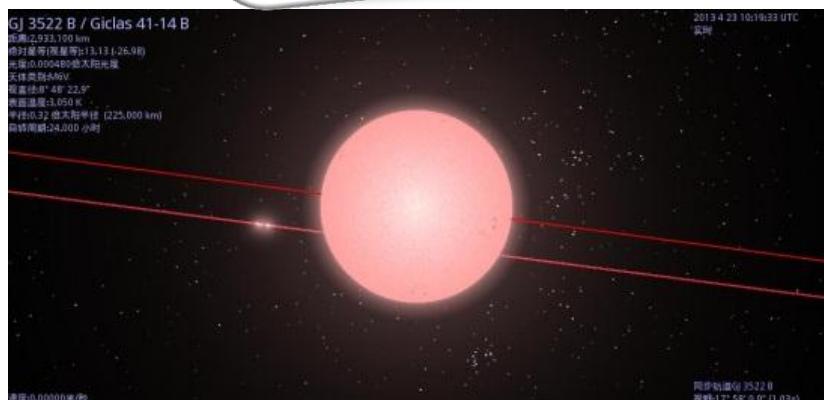


选中某一恒星，按“G”前往可以看到更多细节。

上图右为 Sirius B，最早被发现的白矮星，大小接近地球，质量却与太阳相当！

其实宇宙之中不光有双星系统，还有三星和其他甚至更加复杂的系统！

右图所示为 [GJ 3522 B](#)，一个三合星系统中



较大的一颗。

### 三、利用 Celestia 进行观测辅助

Celestia 虽然不是专用的观测辅助软件 (Stellarium 在这方面更加在行一些) , 但实现这一功能还是可以办到的。

利用 Celestia 进行辅助观测的思路很简单：前往所在地点，抬头看天。

前往所在地点的方法有很多，读者可以根据自己的喜好进行选择。

第一种：找到自己的家乡大致位置，如果在夜半球，用键盘上的 “{}” 调整环境光等级。将地球放大，再次对准，放大，如此反复到您觉得位置合适时，按 “ctrl+G” 前往地球表面。这种方法优点是比较简单，缺点是操作麻烦，需要比较清晰的地球纹理才方便对正。



第二种：右键单击地球，在弹出菜单中找到“参考向量>显示经纬网格”，利用经纬网定位，这种方法可以弥补贴图纹理不清晰的弊端。

第三种：这是最精确，也是最可行的办法。执行菜单命令“导航>驶向物体”，在弹出的对话框中输入自己目的地的地理信息——经纬度及海拔（距离），按“前往”按钮前往，再按“ctrl+G”前往物体表面。





好了，下面就该进入观测的环节了。为了获得较好的效果，您不妨关闭云层 (I)，或是关闭大气 (ctrl+A)。

拖动可以改变视野，但不久就会让人晕头转向。这时不妨打开经纬仪模式 (ctrl+F)。打开经纬仪模式之后，您就可以利用键盘上的方向键来改变视野了。从本质上说，这一功能就是用来切换方向键功能的（原有功能是左右旋转，上下扳舵）。事实上，不打开经纬仪模式，用小键盘（数字）区的方向键 ( $8\uparrow 2\downarrow 4\leftarrow 6\rightarrow$ ) 也可以达到相同的目的。

鼠标选中观测对象，按“C”置中，键盘上的逗号和句号用来放大缩小视野，或是用按住 Shift，同时按住鼠标左键拖动也可以。想看到更多星星可以调整可视星等（键盘上的方括号“[ ]”）。

除了这些，Celestia 还提供了丰富的天球坐标系和参考线、参考平面可用。

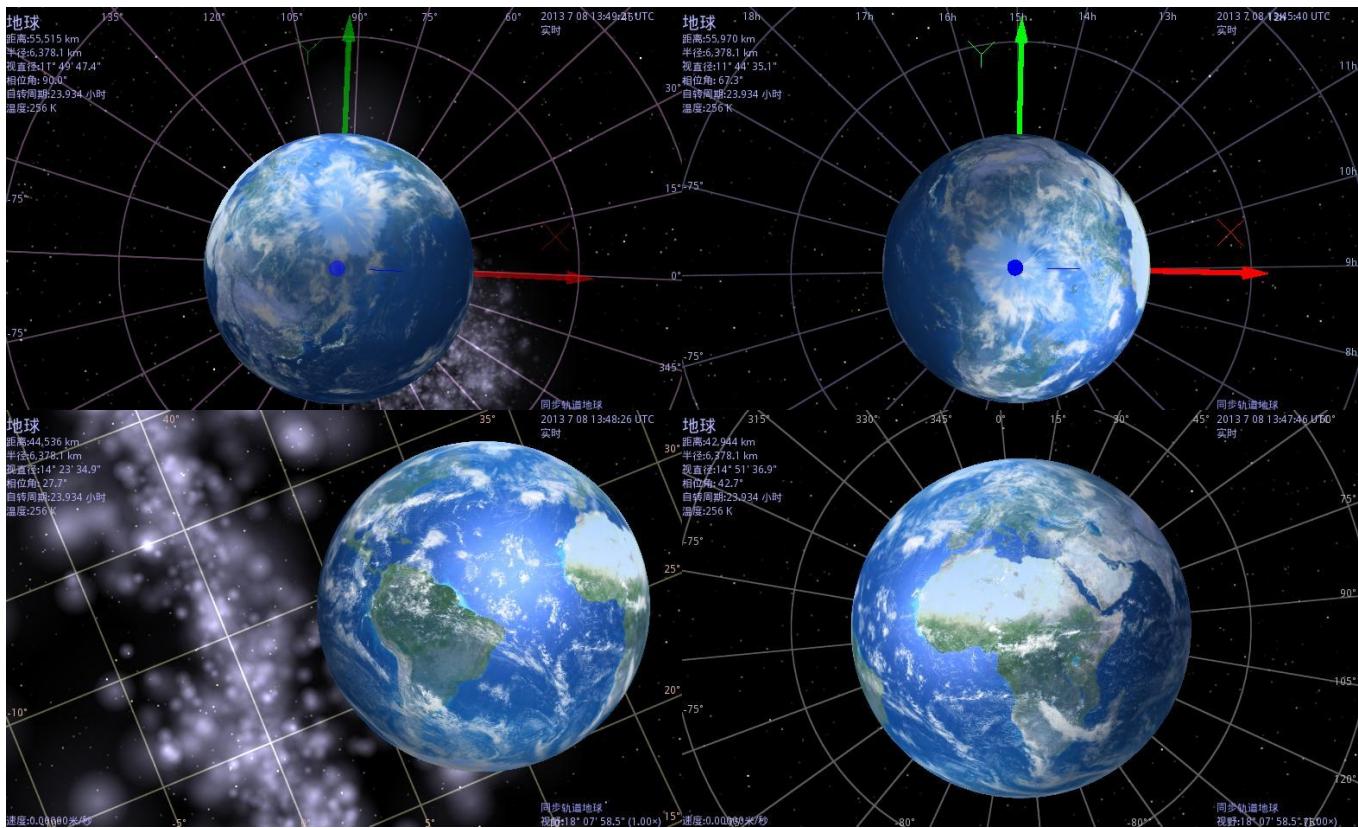
打开“渲染>显示选项”设置窗口。



右上角就可以看到黄道线、坐标系等参考了。

下面这四个图分别为黄道坐标系、赤道坐标系、银道坐标系和地平坐标系。

其中黄道坐标系、赤道坐标系和银道坐标系不随观测位置的改变而改变，而地平坐标系则不同，是随观测位置而变化的。



## 延伸阅读 恒星光谱与星等

下面，我们简单解释一下什么是星等，什么是恒星的光谱。

星等，是表示天体亮度的等级，亮度越大，等数越小。一般来说，一等星比二等星亮 2.512 倍，二等星比三等星亮 2.512 倍，以此类推……根据肉眼看到的天体亮度叫做视星等，根据天体在距离观测者 10 秒差距（即 32.6 光年，1 秒差距=3.26 光年）时应有的亮度而定的等级叫绝对星等。如太阳的视星等为-26.7，天狼星（Sirius）的视星等为-1.6；太阳的绝对星等是+4.9，天狼星的绝对星等是+1.3。除了视星等和绝对星等之外，星等还可分照相星等和光星等等。<sup>[1]</sup>

在 Celestia 中，由于观测者与天体的相对位置时时刻刻发生着改变，故视星等是在变化的。而绝对星等的大小由于是天体本身的一种性质，因此是不改变的。值得一提的是，Celestia 中的光度（单位：倍太阳光度）计算实际上是绝对星等的一种换算，在以后的插件制作中，你会发现 Celestia 根本没有光度这一参数。

下面是有关恒星光谱的概述。

恒星光谱取决于恒星的物理性质和化学组成，光谱的差异就是恒星性质的差异。Celestia 中的恒星光谱分类使用 MK 系统。MK 系统是基于早期的哈佛系统改进而成的——在光谱型的基础上增加了光度型。光谱型分为 O、B、A、F、K、M、R、S、N 等。每个光谱型又可以分为 10 个次型，用数字 0~9 来表示，如 B0、B1、……B9。光度型分为 7 级：I 超巨星，II 亮巨星，III 巨星，IV 亚巨星，V 主序星（矮星），VI 亚矮星和 VII 白矮星。按照该系统，太阳的光谱型为 G2V（黄主序星或干脆叫黄矮星）。

一般比较常见的光谱有：O、B、A、F、G、K 和 M，为了方便记忆，有一个口诀可供大家参考：

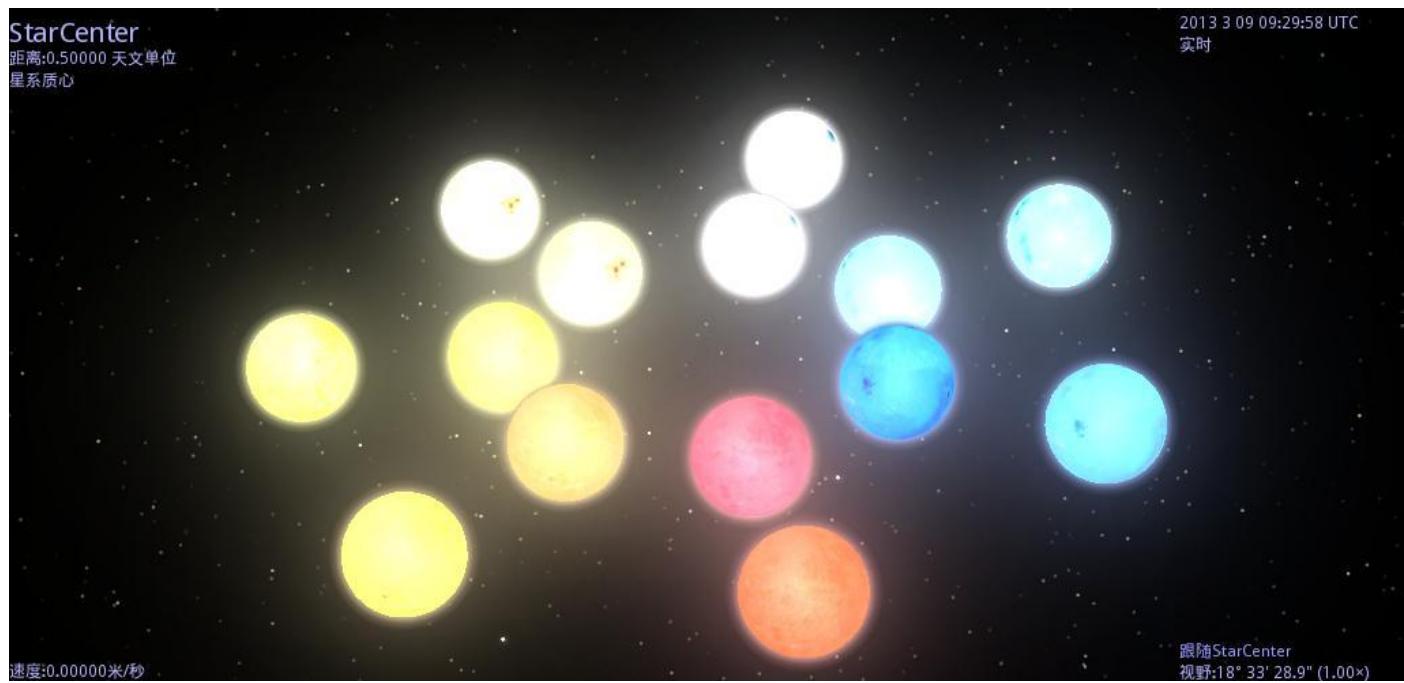


Oh Be A Fine Girl Kiss Me. (这句话貌似是对男天文学家的一种调侃)

下面是一个 MK 常见光谱的表格，可以帮大家对这些类型的恒星有个大体的认知。

类型	温度 (单位: K) [2]	约定的颜色	看见的颜色	质量 (单位: $M_{\odot}$ 倍太阳质量)	半径 (单位: $R_{\odot}$ 倍太阳半径)	光度 (单位: $M_{\odot}$ 倍太阳光度)
O	33000~	蓝色	蓝色	30~300	60	$1 \times 10^7$
B	10500~30000	蓝到蓝白色	蓝白色	8~30	12	$2 \times 10^5$
A	7500~10000	白色	白色	3~8	4	400
F	6000~7200	淡黄的白色	白色	2.1~3	2	60
G	5500~6000	黄色	淡黄的白色	0.9~2	1	1
K	4000~5250	橙色	黄橙色	0.6~0.9	0.75	$4 \times 10^{-3}$
M	2600~3850	红色	橙红色	~0.5	0.2	$4 \times 10^{-8}$

恒星光谱的颜色，直观起见，读者可以参考下图（恒星大小非真实比例，色彩未经光谱校正，只是近似）：



内圈是约定的颜色，外圈是看到的颜色，读者参考上面的表格即可一一对号入座。

【1】主要参考《现代汉语词典》的相关词条。

【2】Smith, Gene. Stellar Spectra (<http://casswww.ucsd.edu/public/tutorial/Stars.html>). University of California, San Diego.

质量、半径、光度等数据来自维基百科中的“恒星光谱”词条。不同来源的数据间有细微差别，本文提供的数值仅供参考，不一定准确。



## 第二章 高级用户操作及插件制作预备

相信读者看过第一章后应该对 Celestia 有了一个初步的了解吧。但笔者所提及的还只是冰山一角哦，更多的使用技巧还需要读者自己去摸索。读者不妨参考附录当中内容，多多练习，加深印象。

### 第一节 插件的安装及使用

Celestia 最吸引人的地方就是其丰富的插件了。您可以轻松获取这些装点宇宙的插件（extras 或 add-ons）。

下面是一些可供您获取插件的站点：

**Celestia Mother Lode:** <http://www.celestiamotherlode.net> .

这里是广大 Celestia 爱好者的圣地，最多最新的插件在这里聚集。

**国外插件网站：**

<a href="http://www.ikiru.ch/celestia/index.php?lang=en">http://www.ikiru.ch/celestia/index.php?lang=en</a>	<a href="#">Celestial Matters</a>
<a href="#">Praesep's Files</a>	<a href="#">Mike's add-on list</a>
<a href="#">BT's Celestia add-ons</a>	<a href="#">Celestia basic textures</a>
<a href="#">Selden's Resources</a>	<a href="http://celestiasws.free.fr/index_en.html">http://celestiasws.free.fr/index_en.html</a>
<a href="#">Jack's spacecraft add-ons</a>	<a href="#">Jim's Celestia page</a>
<a href="#">Maxim's site</a>	<a href="http://fsgregs.startlogic.com/Public_Files/Cham/">http://fsgregs.startlogic.com/Public_Files/Cham/</a>

**国内 Celestia 爱好者聚集地：**

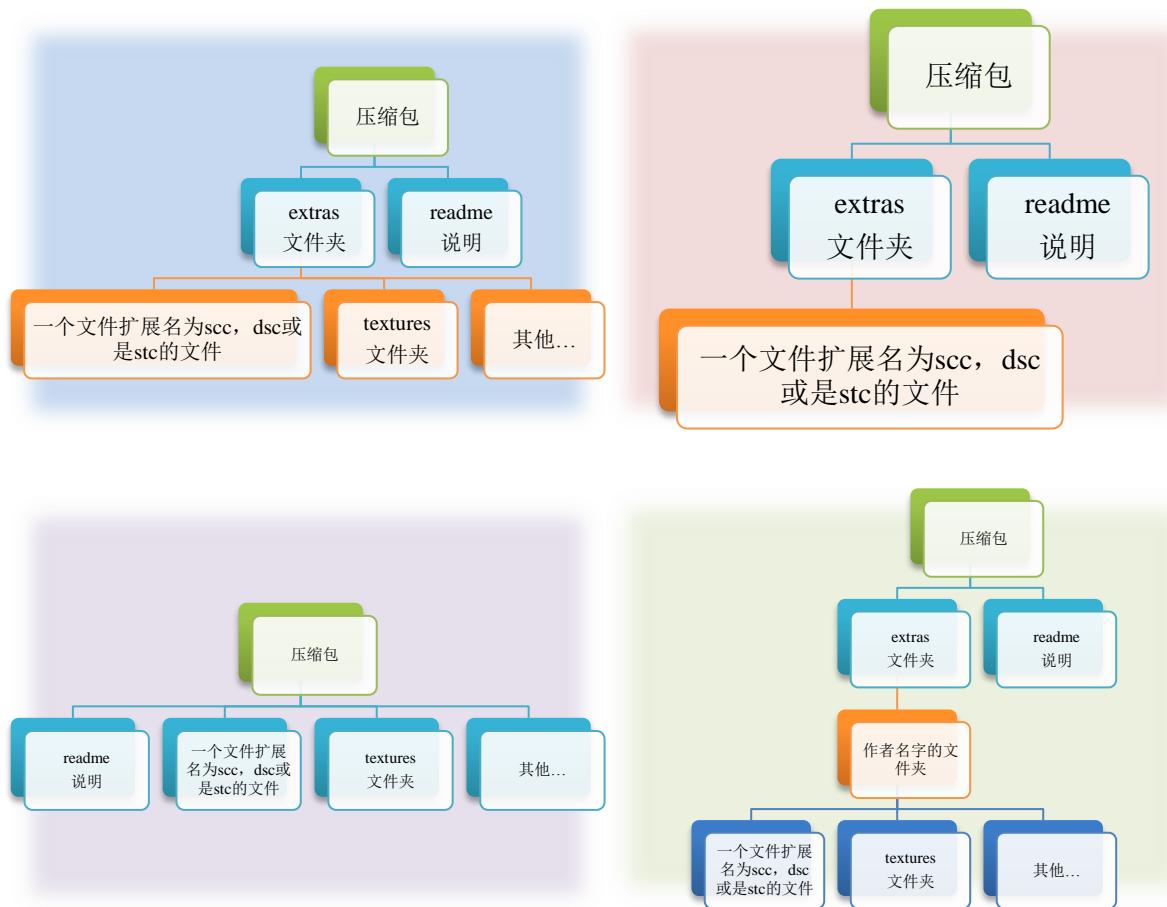
Celestia 百度贴吧：<http://tieba.baidu.com/celestia>

插件的下载不加赘述。特别说明的是 Celestia Mother Lode 上的插件常常分为 Part 1, Part 2 等多部分，通常要全部下载。Level 0~2 一类的下载地址是 vt 纹理的分卷，可以不全部下载，但是要从小的数字下起。

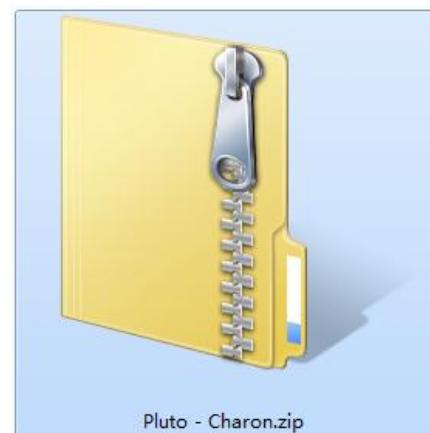
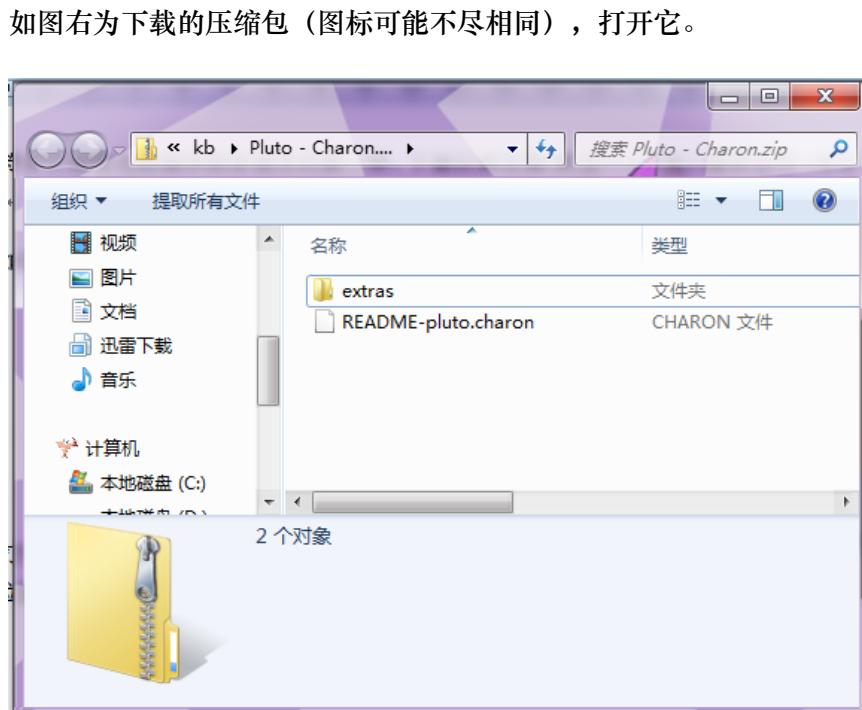
#### 一、一般插件的使用

特征：压缩包中可能出现“extras”文件夹，打开之后（如果不存在 extras 文件夹，那么该压缩包内容会直接符合下面特征），有一个或多个文件扩展名为 ssc, dsc 或是 stc 的文件和（可能有也可能没有）textures 文件夹。有的也会有一个“models”文件夹。

下面的文件结构图可能会更加直观一些：



符合上述情况的插件的安装方式都一样。下面以冥王星-冥卫一（卡戎）插件为例（来自 Mother Lode，作者 John van Vliet）

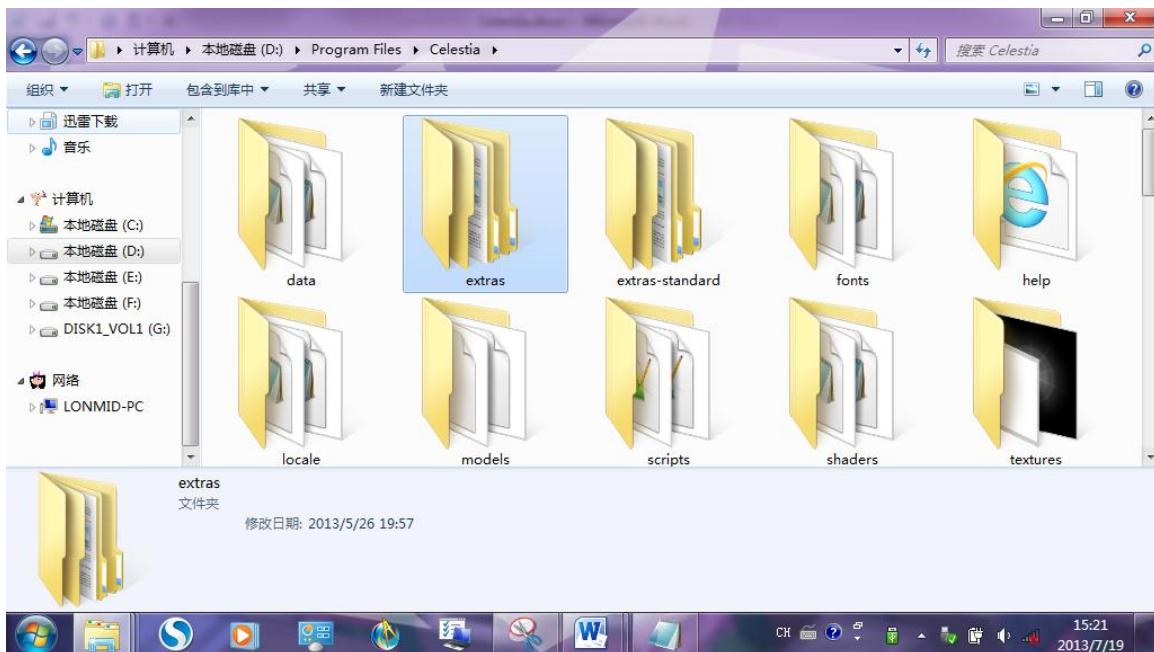


#### TIPS

Readme 是该压缩包的自述文件，即说明。是插件作者留下来的有关自己作品的简介和使用说明。英语不错的读者不妨跳过这一节，直接尝试通过 Readme 的指示完成插件安装和使用。



打开 Celestia 安装目录（还记得第一章中提到的，安装时要安到一个方便的位置吗）。



双击 extras 文件夹以打开。

将压缩包中除 Readme 之外的全部文件解压至该文件夹，这样就完成了插件安装。

## 二、仅数据的插件安装

比较系统的插件毕竟只是一部分，很多，甚至可以说是绝大多数插件都仅是一个数据文件。这类插件的特征就是压缩包（有的甚至都不打包）中只有 ssc, stc 或 dsc 类文件。

使用起来很简单，将这些文件复制到 extras 文件夹即可。

## 三、脚本的安装与使用

脚本是比较过瘾的插件。通常，一个脚本插件不仅准备了一场旅行，还包括一组更加清晰的天体纹理。

**特征：**您在下载插件时就应该已被告知这是一个“脚本（script）”或是一个“旅行（tour）”，而且当您打开压缩包时，您会看见“Celestia”文件夹。

这种插件的使用，是将压缩包中的 Celestia 文件夹和您安装位置的 Celestia 文件夹合并。一般来说，这么做没有风险。合并之后，纹理和新的数据会一同加入到 extras 文件夹中，而脚本则会加入到 scripts 文件夹。

安装完成后，打开 Celestia 软件。在“文件>脚本”中找到您下载的脚本并单击运行即可。

## 四、一般类型插件和数据类型插件的使用

### TIPS

这里面的 extras 文件夹也可以  
是 extra-standard 文件夹 像  
到这两个文件夹的效果是一样的



如果您下载的天体已经存在于默认的数据当中（如上文的冥王星-冥卫一系统），您可以前往这颗天体。如果您没有发现有什么不同，可以右键点击天体，在“替代表面”中找到您下载的插件。这种方法适用于已经做成插件的高清纹理、地图等辅助纹理、没有水的地球等等一类插件。

如果您下载的天体不存在于默认的数据当中（比如科幻的行星系），那么您就要搞清楚这颗天体的名称（可以参考插件附带的自述文件），然后前往。

## 五、插件的整理

细心观察上文中结构图的读者可能会发现一些端倪。那就是无论这个插件的文件夹叫什么，怎样存放在压缩包中，textures 文件夹和 scc, stc 或 dsc 文件总是在一起。是的，Celestia 的插件是可以整理的。

创建一个新文件夹，比如我想将全部的星云插件都放到“nebula”文件夹，那就创建一个，然后将有关插件放到里面，注意要保证同一个插件的文件始终在一起。

需要注意的是无论怎么整理插件，都不要让插件出了“extras”或“extra-standard”文件夹，否则插件不会被加载。

## 六、教育插件以及其他 lua 插件的获取和使用

Lua 脚本为 Celestia 提供了一个强有力的功能，使得开发和使用她变得更加容易。借助 lua，可以实现天体的数学轨道（比如让轨道变成一个包含三角函数的曲线），图形化的操作界面，更加丰富的计算功能……

Lua edu tool 就是一套基于 lua 的 Celestia 插件。它使得 Celestia 更加适用于教学活动。

教育插件的获取：<http://www.celestiamotherlode.net/catalog/educational.php>

Lua 插件通常的使用方法也是直接解压到插件文件夹。

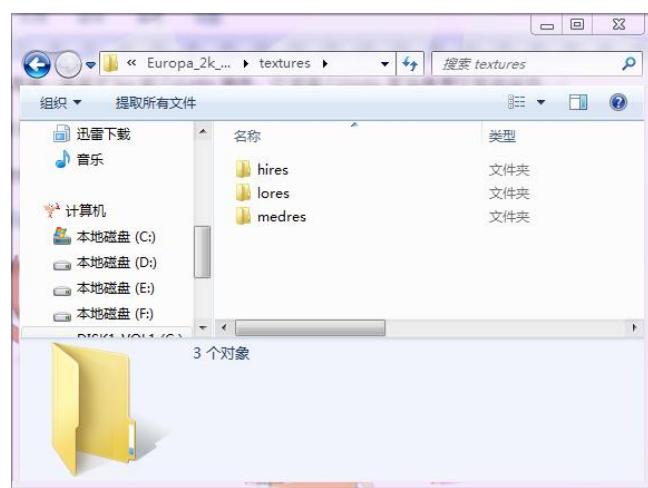
## 七、贴图纹理的使用

很多插件作者没有将自己的高清纹理做成插件。这就需要用户自己去想办法使用。

下面以 2K, 4K, 8K 木卫二纹理为例。

打开压缩包。

您会看到 hires, medres 和 lores 文件夹。其分别代表高、中和低三个清晰度级别。在这里，我们使用高的。



打开 hires 文件夹，提取当中的图片，复制到您的 Celestia 文件夹中的 Textures 文件夹中的 Hires 文件夹。查看您的 Textures 文件夹中的 Medres 文件夹中的相同图片的名称，并将拷贝到您的 Hires 文件夹中的那个图片重命名为相同的名称。

打开 Celestia，将纹理分辨率设为“高”即可看到更换的纹理。



同时，替换文件的方法更换纹理也是可行的，但不要忘记了备份旧文件。

有些纹理替换还需写 scc 的功底，这些在这里就不谈了，读者如有兴趣继续学习下去的话，会明白的。

比较难懂的纹理替换是恒星纹理替换。因为恒星纹理替换需要写启动文件，而写启动文件是有风险的，一点错误就能导致 Celestia 的崩溃。所以这个放到后面谈。

## 延伸阅读 Celestia 教育版自述节选

### (A) 概述

许多人都对我们的天空上还有一个“宇宙”心不在焉。他们不理解宇宙有多壮美。有多少人知道宇宙多大？很多人甚至都不会给太阳系中的行星排序，说不出什么是黑洞和脉冲星。

解释这种现象的原因有很多。由于光污染，银河在大多数的人类聚居地已经不可见。天空愈加地……不引人瞩目。天文也不是高中的必修科目，它仅仅在地球的宇宙环境中有所提及。太空离我们也挺遥远的，我们不可能打个太空船去绕海王星转圈或是追着个向着太阳狂飙的彗星到处乱跑。当我们看太空纪录片或电影时，我们就像一个旁观者，这也只能在有限的范围内提一提兴趣吧。

正是由于资源和手段的匮乏，大多数教师没有使用虚拟宇宙软件来在教室或微机室中教学天文。除了课本与讲义，许多教师用 PPT 或视频来展示宇宙，要不就是带几个微缩模型或领着学生上天文网站。

我们十分高兴地告诉您，这一限制已被克服。欢迎来到 Celestia 的世界。Celestia 是一款前无古人的免费实时虚拟宇宙软件。可以使您和您的学生在 3D 的壮美宇宙中体验到交互式的学习。通过使用高清天体表面纹理和超过 18GB 的由广大开发者制作的定制插件，Celestia 有能力将您带入虚拟深空，让您看到只有在超级计算机模拟，好莱坞大片和高端电子游戏中才能看到的画面。Celestia 不是一款让您只能看不能摸的视频软件，也不是一款把您的脚套牢在地球表面的观星软件（而很多程序就是这样）。

Celestia 是仅有的一款虚拟宇宙软件——可以让您和您的学生置身于超光速宇宙飞船的指令长之位。目的地全由您定。如您所愿，您可以以您喜好，以任何速度，任何方向，任何时间穿梭至太阳系的任何一个位置甚至飞越深空。如果您愿意的话，您还可以参观银河系中的恒星和星云或是走出银河系参观数以万计的河外星系。您可以回到过去飞跃诸如旅行者这样的跨时代的宇宙飞船，并与它们一起执行任务。您甚至可以去五十亿年后的未来目睹太阳与地球的毁灭！

Celestia 非常精确。她生动地描述了太阳系中的行星、矮行星、卫星、小行星、彗星和航天器，并能够在准确的位置绘制超过二百万颗恒星。她也能展示天体的自转、行星的大气、行星照、飘动的云、移动的云影、水和冰面的反光、磁场、星座、食、变化中的彗星尾、跃动的日珥和盘旋的星云气体。穿越银河系，Celestia 绘制超过一万个独立的星系和数以百计的球状星团。

Celestia 开源而生，完全免费，由 Chris Laurel 先生领导的 Celestia 开发团队倾力打造，聚集了一批优秀的天文爱好者和专家倾注才华将其发扬光大。Celestia 可以在 <http://www.shatters.net/celestia> 下载到。Celestia 1.6.1 教育版是一个 Celestia 的定制版本，为教育工作者新增了大量内容，包括声音和覆盖纹理。

Celestia 是一款高深的软件，使用起来可能会令很多人望而却步，尤其在学校里。因此，于 2004 年，教学计划的开发推进了 Celestia 的家用和教学用进程。今天，Celestia 教育活动系列完成。逐年更新使得其跟得上最新的天文发现。这一系列呈现了一个目的地超过 400 个的 12 个详细旅行。将其用于家中或学校的微机室里，供 7~12 岁的青少年直观地初步了解大学课程，了解宇宙学和我们居住的宇宙，对于任何年龄的用户都是极为合适的珍贵工具。

Celestia 教育活动由 Frank Gregorio 开发，一位曾获奖多次的高中天文教师，也是 Celestia 开发论坛的重要成员。用于家用和学校教学的教育活动文件占用 2.5GB 的磁盘空间，可以在 DVD 上获取，DVD 的获取需要一笔象征性的成本费。教育活动文件也可以以独立的压缩包形式从 Celestia 教育的网站上免费下载。

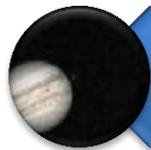
这些活动包含了 Celestia 专业志愿者们为建设一个更加壮美的宇宙而创作的数百个插件。稍经训练，您就可以自己修改甚至制作您自己的插件。提供给插件开发者的自学教材可以在论坛上下载到。每个活动都会引领您遨游



Celestia 宇宙，并包含一张学生用的学案以供作业和教师打分，还有详细的说明告诉学生如何操控他们的宇宙飞船来去他们想去的地方。每个活动也提供了一张供用户或学生填写的天文知识理解表单。在某些情况，手写稿可以作为一种关于教学话题的基础工具。

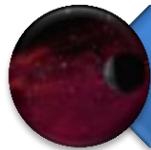
所有活动适应于《国家自然科学与数学课程标准》。

#### (B) 活动列表 (节选)



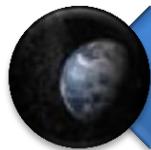
**Celestia的世界 – (90分钟左右)**

仅包含在DVD版



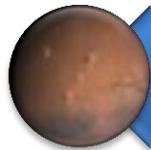
**Celestia 教育活动1、2，宇宙**

(二到三小时完成)



**Celestia 教育活动3、4，太阳系**

(四到五小时完成)



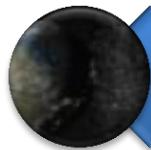
**Celestia 教育活动3E，太阳系的进一步探索**

(二到三小时完成)



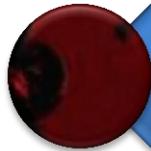
**Celestia 教育活动4E**

(二到三小时完成)



**Celestia 教育活动5, 火星的地球化**

(一个半小时完成)



**Celestia 教育活动6, 恒星的一生**

(四小时完成)



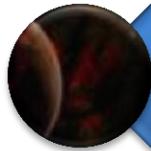
**Celestia 教育活动7 – 航天器，上**

(二到三小时完成)



**Celestia 教育活动8 – 航天器，下**

(二到三小时完成)



**Celestia 教育活动9 – 原始地月系**

(两小时完成)



**Celestia 教育活动10 – 地外文明的寻找**

(二到三小时完成)

正在开发：

Celestia 教育活动 11 – 震撼世界的撞击

Celestia 教育活动 12 – 起源

#### (C) 获取 Celestia 和教育活动 (略)

#### (D) 包含内容 (节选)

Celestia 主程序 | 一组插件 | 12 篇教育活动文档 | 活动表单 | 飞行计划

#### (E) 硬件要求 (因重复，略)

#### (F) 如何在家用电脑上安装 Celestia 教育活动



Celestia 教育活动是 Celestia1.6.1 的一个定制版本。第一步，下载基础程序文件 (Celestia 161-ED-WIN.zip) 至您的桌面或任何方便的文件夹, <http://www.celestiamotherlode.net/catalog/educational.php>.这是一个压缩包, 为了使用它, 首先要解压缩。Windows XP, Vista 和 7 自带了解压缩功能。Windows 98 没有, 但您可以从网络下载免费的解压缩工具。

下载后, 双击打开, 将其中的 Celestia 161-ED-WIN.exe 解压缩到方便的位置。再双击打开 Celestia 161-ED-WIN.exe, 就会开始安装。一路单击 “yes” 或 “accept” 就会自动进行安装。

默认的安装地址在 C:\Program Files\Celestia161-ED 目录。但您可以安装到任何喜欢的位置。

下载 “Educational Base Package (教育基础包)” 压缩包, 暂不要执行任何操作。

然后, 下载一个或多个教育活动, 也暂且不要有任何操作。

双击 “Educational Base Package” 压缩包开始解压缩。会弹出一个菜单, 询问解压位置。选择您存放主程序的位置, 一般都是 C:\Program Files\Celestia161-ED。然后点击 “解压” 。所有的文件一定都要被解压在 Celestia 的根目录下, 如有提示, 允许覆盖。一组高清纹理就会被安装到您的 Celestia 教育版程序中。

然后, 解压并安装 Celestia 教育活动的压缩包。操作与上文类似。

(G) 如何使用 CD 或 DVD 在家用电脑安装 (略)

(H) 如何在学校班级或微机室安装 (略)

(I) 学校服务器上的安装 (略)

(J) 学校服务器上的安装调整 (略)

(K) 如何卸载 Celestia (略)

(L) 开始教育版旅程 (略)

(M) 在学校微机室进行教学的几点建议 (略)

(N) 在教室演示的建议 (略)

(O) Celestia 的初始化 (略)

(P) 低配机针对 Celestia 教育版的设置 (节选)

关闭其他无用程序 | 安装最新显卡驱动 | 按 “^” 查看帧速率 | 重置纹理清晰度 | 重置渲染 | 降低可视星等

(Q) 问题与警告 (必读)

1. 音频控制文件只有被放在 Celestia 主文件夹根目录下才会功能正确。这个文件叫做 “openal32.dll” 。包含在本版本的该文件兼容性较好。但仍有一些电脑需要不同版本的该文件。如果您的电脑就是这样, 您就可能在每次关闭 Celestia 后经历程序崩溃, 或是在使用时根本听不到任何声音。发生了这种事时, 请在 Celestia 根目录下的 “openal32\_dll” 文件夹找到其他两个文件, 分别尝试覆盖原有的 “openal32.dll” 文件。然后重新启动 Celestia 教育版, 再看看能不能听到声音。如果不能, 尝试第三方的 “openal32.dll” 文件。通常就能解决问题。

2. 在书面文档中经常出现 “Click here” 的字样。这些是 Celestia 链接。当您点击这些链接时, Celestia 就会将您带到相应的地点。请注意: 您一定只能点击这些链接一次! 如果您双击了这一链接, 就会同时启动两个 Celestia。您的电脑也可能因此而死机。请您务必告诉您的学生, 只能点击这些链接一次!



3. Microsoft Office 2007 有一个烦人的安全功能。当点击 Celestia 地址时，用户经常会收到系统信息提示风险。一路点击“确定”即可。

4. 注意，如果一位用户在使用过程中将 Celestia 最小化了，然后又点击了 Celestia 链接，结果可能是看到了很奇怪的画面。右下角的文本会显示视野 (FOV) 数值超过了 100! 如果发生了这种事，重新点击链接。请告诉学生不要将 Celestia 最小化。

5. 非常重要：每个活动的文档都有一个 “[click here]” 链接来打开 Celestia（通常在第三到六页），这个链接不仅仅启动 Celestia，也告诉 Celestia 要加载哪些文件。通常状况下，学生不会一次就将活动完成，可能会将 Celestia 关闭并在下次回过头来重新开始旅程。不管他们什么时候重新开始，他们必须在包含最初那个链接的 “Important Notes” 部分重启活动，然后在闪烁的段落中单击链接。只有用闪烁的段落中的链接重启 Celestia 教育版，才能使 Celestia 重新定位上次旅行的地点。一定要提醒您的学生！

6. 有时，您会发现 Celestia 卡住很长时间，甚至窗口变白（Windows Vista 和 7 中的程序无响应标志）。耐心点，这意味着程序正在加载一个大数据文件，可能要花费 10~30 秒的时间方能加载完毕，对于影音文件，尤为这样。

7. 有时学生会误按 [Ctrl+R] 或 [Ctrl+U]。Celestia 会因此进入多视窗浏览模式，请教师予以帮助。关闭多视窗，请按 [Ctrl+D]。

## (R) 结语

希望您能喜欢这些启迪学生的教育活动。我计划周期性地添加新的活动。您如有问题或投诉，请随时联系我  
fsgreggs@comcast.net

真诚的，Frank Gregorio 2012 年 2 月

hanghang0713 译，2013 年 7 月

## 第二节 Celestia 的文件

### 一、文件夹

一般来说，Celestia 1.6.1 的 Windows 标准版由 11 个文件夹构成。分别是：data、extras、extra-standard、fonts、help、locale、models、scripts、shaders、textures 和 tools。其中可以精简掉的是 extras、extra-standard、help、tools 和 scripts。具体原因何在，后文会具体解释。

#### 1. data 文件夹

data 文件夹是 Celestia 存放数据的位置。这一文件夹中存放着星系、恒星、行星及卫星等天体的目录。主要文件类型有 \*.dat（数据文件）、\*.dsc（深层空间天体文件）、\*.stc（恒星数据文件）、\*.ssc（行星系数据文件）。默认的 data 文件夹中存放着以下文件：

恒星数据：  
stars.dat  
starnames.dat  
revised.stc  
extrasolar.stc  
nearstars.stc  
visualbins.stc  
spectbins.stc  
charm2.stc  
hdxindex.dat  
saoxindex.dat  
gliesexindex.dat



行星系数据:

solarsys.ssc	——太阳系主要天体数据
asteroids.ssc	——小行星数据
comets.ssc	——彗星数据
outersys.ssc	——太阳系中其他天体数据
minormoons.ssc	——子卫星数据
numberedmoons.ssc	——已命名卫星数据
extrasolar.ssc	——太阳系外行星系数据

地理位置信息:

eros_locs.ssc
gaspra_locs.ssc
ida_locs.ssc
merc_locs.ssc
venus_locs.ssc
earth_locs.ssc
mars_locs.ssc
moon_locs.ssc
marsmoons_locs.ssc
jupitermoons_locs.ssc
saturnmoons_locs.ssc
uranusmoons_locs.ssc
neptunemoons_locs.ssc
ring_locs.ssc
world-capitals.ssc

深层空间数据:

galaxies.dsc
globulars.dsc

星座数据:

asterisms.dat	——星座连线
boundaries.dat	——星座边界

data 文件夹中的数据文件是可以修改的。但是新增数据文件需要修改启动文件，这一点后面会提到。

## 2. extras 和 extra-standard 文件夹

这两个文件夹储存着插件。extras 文件夹默认状态下是空的，而 extra-standard 文件夹则默认储存了一些航天器。从本质上说，这两个文件夹没有任何区别，插件解压缩到哪个文件夹都一样，都会被加载。

可能有些朋友对于插件的使用心存疑虑，不知道怎样存放插件合理。

Celestia 查找插件时可以自动加载 dsc、stc、ssc 类型的文件。这些文件，只要存放在插件文件夹，就一定会被加载（加载成功失败暂且不论），无论是直接保存在插件文件夹（extras 或 extra-standard）里，还是插件文件夹中的文件夹里。所以，读者们可以大胆地整理插件文件夹。但是值得注意的是，插件的 dsc、stc 和 ssc 文件务必要和与其一起的 textures（有时还有 models，但这两个文件夹与 Celestia 目录下的两个同名文件夹并非同一个，前者是插件需要的，后者是公共的）文件夹处于同一位置，否则贴图和模型将无法正确显示。这些内容前面有所概述。

说到启动文件时还会继续讲道插件文件夹的问题。

## 3. fonts 文件夹

fonts 文件夹中储存着 Celestia 所需的字体。全部为 txf 格式。简单说一下 txf 文件的文件名吧。前面部分是字体名称，下划线后是语言代码（[ISO 639-1 code](#)）。例如 zh\_CN 就是简体中文的字体，zh\_TW 是繁体中文。



#### 4. help 文件夹

即帮助文件夹。

#### 5. locale 文件夹

地区化文件夹。简单地说，就是各语言的翻译文件都存在这里。

上文中说过，简体中文的代码是“zh\_CN”，所以 zh\_CN 文件夹中存放的就是汉化文件。LC\_MESSAGES 文件夹下有两个文件：celestia.mo 和 celestia\_constellation.mo。前者是一般词条的汉化，后者是星座名称的汉化。Mo 直接修改比较费劲。常见的修改方法是修改 po 文件然后编译成 mo。Po 文件可以下载 svn 版来获取。修改并编译成 mo 可以使用 poedit。

Locale 文件夹还存着一些诸如 controls、copying、demo、guide 和 start 文件。这些都是对英语版这些文件的翻译。

#### 6. models 文件夹

模型文件夹。Celestia 支持的模型文件有 cmod、3ds 和 cms。可能有人会对这个文件夹中的几个 png 图片感到疑惑。这几个图片是用于星系建模的，Celestia 的星系就是通过这几个图片渲染的。想明白怎么回事的话，可以置换这几个 png 尝试一下。

#### 7. scripts 文件夹

脚本文件夹。这个文件夹中的脚本 (\*.cel 或 \*.celx) 文件，将出现在“文件>脚本”菜单中。要注意的是，脚本文件名不能设为中文，否则在软件中将无法正确显示脚本文件名。

#### 8. shaders 文件夹

shaders 文件夹存放着 Shader，即渲染文件。本文件夹删去后，Celestia 仍可运行，但是，渲染通道会仅剩“基本”和“多重纹理”两种。笔者对 shader 了解不多，具体的就不多说了。

#### 9. textures 文件夹

该文件夹是天体外观的描述者，即纹理贴图文件夹。直接保存在该文件夹中的两个文件：flare.jpg 和 logo.png，分别是恒星光晕图片和徽标图片（这个标志会出现在启动画面）。

textures 文件夹下的三个子文件夹：hires、medres、lores，分别对应：高质量纹理、中质量纹理、低质量纹理。在“渲染>纹理分辨率”中可以设置优先加载哪个文件夹中的纹理。Celestia 支持的纹理格式有 jpg、png 和 ctx。其中 ctx 是一个索引文件，可以将加载的贴图指向某一文件夹。

#### 10. tools 文件夹

Tools 文件夹，顾名思义，是保存工具的文件夹。内部工具全部由 perl 语言编写。这个文件夹中的工具是帮助建立 dsc、dat 文件的。

### 二、启动文件 celestia.cfg



celestia.cfg 记录着 Celestia 启动时的默认加载的文件和一些默认设置。详解如下 (#字符后是注释) :

```

# 不可缺少的开头, 请确保启动文件 Celestia.cfg 全文被扩在 Configuration{} 中, 否则报错
Configuration
{
# 数据存放位置 #####
# 请保证 dat 数据的完整性, 特别是恒星数据和深层空间数据, 否则会导致 Celestia 不稳定, 容易闪退。
# 笔者有前车之鉴。
# 但增补数据和修改数据文件名称及位置是可以的。
# 恒星数据
StarDatabase           "data/stars.dat"
StarNameDatabase        "data/starnames.dat"
StarCatalogs           [
    "data/revised.stc"
    "data/extrasolar.stc"
    "data/nearstars.stc"
    "data/visualbins.stc"
    "data/spectbins.stc"
    "data/charm2.stc"
]

HDCrossIndex          "data/hdxindex.dat"
SAOCrossIndex         "data/saoxindex.dat"
GlieseCrossIndex      "data/gliesexindex.dat"
# 行星系数据
SolarSystemCatalogs   [
    "data/solarsys.ssc"
    "data/asteroids.ssc"
    "data/comets.ssc"
    "data/outersys.ssc"
    "data/minormoons.ssc"
    "data/numberedmoons.ssc"
    "data/extrasolar.ssc"
    "data/eros_locs.ssc"
    "data/gaspra_locs.ssc"
    "data/ida_locs.ssc"
    "data/merc_locs.ssc"
    "data/venus_locs.ssc"
    "data/earth_locs.ssc"
    "data/mars_locs.ssc"
    "data/moon_locs.ssc"
    "data/marsmoons_locs.ssc"
    "data/jupitermoons_locs.ssc"
    "data/saturnmoons_locs.ssc"
    "data/uranusmoons_locs.ssc"
    "data/neptunemoons_locs.ssc"
    "data/ring_locs.ssc"
    "data/world-capitals.ssc"
]

# 深层空间数据 (星云、星系等)
DeepSkyCatalogs       [
    "data/galaxies.dsc"
    "data/globulars.dsc"
]

# 星座及边界数据
AsterismsFile          "data/asterisms.dat"
BoundariesFile          "data/boundaries.dat"

# 恒星纹理贴图名称 #####
# 更新恒星纹理必须要更改这一部分, 否则部分纹理会出现雷同
# 建议更换完成纹理后, 将下面列表中所有的文件扩展名 “jpg” 更改为 “*”, 以便于 png 或 ctx 纹理的加载
StarTextures
{

```



```
# Default 是默认纹理，未列在本表中恒星光谱的表面纹理将使用本纹理
Default "astar.jpg"

# 常见光谱类型
O "bstar.*"
B "bstar.*"
A "astar.*"
F "astar.*"
G "gstar.*"
K "gstar.*"
M "mstar.*"

# 碳星光谱
C "mstar.*"
R "mstar.*" # 碳星前期
N "mstar.*" # 碳星前期
S "mstar.*" # 大致介于 M 型和 C 型光谱之间

# 沃尔夫-瑞叶星
WC "bstar.*"
WN "bstar.*"

# 棕矮星
L "brownndwarf.*"
T "brownndwarf.*"

# 恒星残留物
WD "astar.jpg"
NeutronStar "astar.jpg"
}

# 脚本、指针及插件文件夹设置 #####
# 书签脚本
FavoritesFile "favorites.cel"
# 向导（导航>向导）脚本
DestinationFile "guide.cel"
# 指针类型 (crosshair/inverting crosshair/arrow)
Cursor "crosshair"
# 启动脚本
InitScript "start.cel"
# 系统演示脚本
DemoScript "demo.cel"
# 插件存放目录 (Celestia 文件夹下的直接用引号将插件文件夹名称引起来即可，外部文件夹按照
"D:/celestia-extras" 或 "D:\celestia-extras"【包含引号】的格式写到方括号【即"[]"】内就行了)
ExtrasDirectories [ "extras-standard" "extras" ]

# 字体设置 #####
# 默认字体
Font "sans12.txf"
# 标签字体
LabelFont "sans12.txf"
# 标题字体
TitleFont "sansbold20.txf"
# logo 图片（选中图片将出现在启动画面）
LogoTexture "logo.png"
```



```

# 默认参数及系统安全设置 #####
# 45° 内星等自动调节（可见最小视星等）默认值 6.0
FaintestVisibleMagnitude 6.0
# 物体旋转速度调节（【shift+左右箭头】键盘命令使物体旋转的速度）默认值 120.0
RotateAcceleration 120.0
# 视野旋转速度调节（默认值 1.0）
MouseRotationSensitivity 1.0
# Lua (*.celx) 型脚本文件截图存放目录，“””为 Celestia 安装目录，即 Celestia 文件夹。如果想将
截图存放至其他文件夹，在引号内填写上文件夹名称即可
ScriptScreenshotDirectory ""
# Lua 型脚本执行涉及系统安全操作（打开、读取、删除文件或是启动某一程序）时 Celestia 的动作。选项
（ask/allow/deny）分别为询问、总是允许和总是拒绝。
ScriptSystemAccessPolicy "ask"

# 画质（渲染）选项 #####
# 更高的数值可以实现更高的画质，但是会降低帧速
# 轨道采样（默认值 100）
OrbitPathSamplePoints 100
# 星环采样（默认值 100）
RingSystemSections 100

# 阴影纹理质量，质量越高，投影锯齿越少。但会挤占留给天体纹理的内存。#
# 投影纹理质量（默认值 256，要求输入的数值必须为 2 的正整数次幂，最大
值 2048【即  $2^{11}$ 】）
ShadowTextureSize 256
# 日食投影纹理质量（默认值 128，要求输入的数值必须为 2 的正整数次幂，
最大值 1024【即  $2^{10}$ 】）
EclipseTextureSize 128
# 抗锯齿采样（默认 4x，不开启，开启请删去下面一行前面的#号）
# AntialiasingSamples 4

# 开发人员选项 #####
# 是否忽略渲染通道（默认不忽略，若想忽略，删去下面一行前面的#号）
# IgnoreGLExtensions [ "GL_ARB_vertex_program" ]
# 调试控制台 (~键触发) 能够存放的行数（默认 200，删去下面语句前面的#号可以设置其为 1000，想修改的话
可以将其数值改变）
# LogSize 1000
}

```

细心的读者会看到恒星纹理处的注释，是的，这也就是前面我们提到的恒星纹理更换方法。但是恒星纹理的更換风险相当大，所以请事先备份好原来的启动文件。

画质选项的修改可以给您带来更加优质的视觉体验，但也会消耗更多的系统资源。低配电脑最好不要贸然尝试。

### 三、试着读懂 Celestia 的数据文件

在前面对 data 文件夹的介绍中，我们提到了很多数据文件。这些文件（ssc、dsc、stc 等，dat 由于是数据文件无法用文本编辑器编辑）多是简单的文本文档，可以直接用记事本编辑修改的。下面以 solarsys.ssc 为例，介绍一下 Celestia 的数据文件。（绿色为笔者加上去的汉语注释）

```

# Planets and major natural satellites of the solar system. Though the IAU
# reclassified Pluto as a dwarf planet in 2006, it is still present in this
# file for historical reasons. There's no defined distinction between 'major'

```

#### TIPS

经常玩游戏的朋友应该明白这些  
画面选项的意义。



```
# and 'minor' satellites. For the most part, the moons included in this file  
# are the ones known before the era of Solar System exploration by spacecraft.  
# The rest of the solarsystem's natural satellites are in minormoons.ssc and  
# numberedmoons.ssc.  
#  
# The orbital and physical data for the planets necessarily come from a  
# variety of sources.
```

太阳系的行星与天然卫星数据。虽然 IAU 在 2006 年将冥王星重新定义为矮行星，但是这一天体由于历史原因仍然出现在了这一文件。“卫星”与“子卫星”（Celestia 中的定义与对应翻译，天文界对此没有太清晰的概念）没有什么明确定义的区别。对于大部分来说，这一文件中的卫星，都是在“太阳系时代”来临之前就已经为人类所知的。其余的太阳系天然卫星写在了 minormoons.ssc 和 numberedmoons.ssc 两个文件中。

行星的轨道与物理参数不可避免地来源不同。

```
# === Orbits ===
```

```
# CustomOrbits are used for most of the large bodies in the solar system.  
# These are orbital calculations built into Celestia. In most cases,  
# EllipticalOrbits are provided as well in order to give the reader of this  
# file some rough idea of the shape and size of a body's orbit. If a body has  
# a CustomOrbit defined, its EllipticalOrbit is *not* used by Celestia; the  
# CustomOrbit will override the EllipticalOrbit.
```

```
# For the planets, the orbits are calculated using the VSOP87 theory  
# (P. Bretagnon and G. Francou, "Planetary theories in rectangular and  
# spherical variables. VSOP87 solutions", Astronomy & Astrophysics 202  
# (1988) 309-315.
```

```
# The orbits of the Galilean satellites are from J. H. Lieske's "E5" theory  
# as given in Jean Meeus's Astronomical Algorithms, pp. 301-315
```

```
# The orbits of the following Saturnian satellites are from Gerard Dourneau  
# (1987), "Observations et etude du mouvement des huit premiers satellites  
# de Saturne":
```

Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Iapetus

```
# The orbits of the five largest Uranian satellites are from Laskar and  
# Jacobson (1978), "An Analytical Ephemeris of the Uranian Satellites"  
# (Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, and Oberon)
```

```
#
```

```
====轨道====
```

太阳系中的大天体多使用了“自定义轨道（CustomOrbits）”。这些轨道的计算是集成在 Celestia 软件内核的。大多数时候，这一文件同时提供了“椭圆轨道（EllipticalOrbits）”方便阅读，并给读者以一个对该天体轨道的粗略认识。可是一旦定义了“自定义轨道”，“椭圆轨道”参数就不再被使用了：“自定义轨道”会覆盖“椭圆轨道”。

大多数行星都使用了 VSOP87 理论 (P. Bretagnon and G. Francou, "Planetary theories in rectangular and spherical variables. VSOP87 solutions", Astronomy & Astrophysics 202 (1988) 309-315.) 斜体字为该理论论文，下同。

伽利略卫星来自 J. H. Lieske's "E5" theory as given in Jean Meeus's Astronomical Algorithms, pp. 301-315

下列土卫轨道来自 Gerard Dourneau (1987), "Observations et etude du mouvement des huit premiers satellites de Saturne"

这些卫星是：土卫一、土卫二、土卫三、土卫四、土卫五、土卫六、土卫七和土卫八。

天王星最大的五颗卫星来自 Laskar and Jacobson (1978), "An Analytical Ephemeris of the Uranian Satellites"

这些卫星是：天卫五、天卫一、天卫二、天卫三和天卫四。

```
# ***** IMPORTANT *****
```



```

# For applications where more accuracy is required, the orbits of any solar
# system body may be replaced by a SPICE kernel or a file of position/velocity
# samples. Detailed documentation on how to do this may be found on the
# Celestia WikiBook:
#   http://en.wikibooks.org/wiki/Celestia/Trajectories#CustomOrbit
# It is also possible to use JPL's DE405 or DE406 ephemeris For the positions
# of the planets, Moon, and Pluto. Details are here:
#   http://en.wikibooks.org/wiki/Celestia/JPL_Ephemerides
# ****
#
#
*****非常重要*****

```

在需要更高精确度的时候，太阳系天体的轨道可以使用一个 SPICE 内核或是位置/速度采样文件。详情如下：

<http://en.wikibooks.org/wiki/Celestia/Trajectories#CustomOrbit>

Celestia 也同样支持 JPL 的 DE405 和 DE406 的行星、卫星和冥王星历表，详情如下：

[http://en.wikibooks.org/wiki/Celestia/JPL\\_Ephemerides](http://en.wikibooks.org/wiki/Celestia/JPL_Ephemerides)

```

# === Rotational Elements ===
#
# For most bodies, IAU rotational elements are used. These are
# implemented
# internally by Celestia and selected by using a CustomRotation. The IAU
# rotational elements are given here:
#   http://astrogeology.usgs.gov/Projects/WGCCRE/
#
# UniformRotations are also listed for purely informational reasons; they are
# overridden by CustomRotations (when present.)
#
#
# When alternate data sources are used for orbits or rotational elements, the
# source is noted by a comment in the body definition
=====自转=====

```

大多数天体使用的都是 IAU 定义的自转。这些定义通过集成在内核中的“自定义自转 (CustomRotation)”来实现。IAU 自转定义详情如下：

<http://astrogeology.usgs.gov/Projects/WGCCRE/>

使用自定义轨道和自转数据时，来源会在旁边注明。

"Mercury" "Sol" 这里是形体名称和路径

```
{
    Texture "mercury.*" 贴图纹理文件名
    Radius 2440 半径数据
}
```

CustomOrbit "vsop87-mercury" 自定义轨道，如上文所提

```

# Overridden by CustomOrbit
# EllipticalOrbit { 这里是椭圆轨道参数，默认被自定义轨道覆盖。
#     Period          0.2408
#     SemiMajorAxis   0.3871
#     Eccentricity    0.2056
#     Inclination     7.0049
#     AscendingNode   48.33167
#     LongOfPericenter 77.456
#     # MeanLongitude 252.251
# }


```

```
BodyFrame { EquatorJ2000 {} }
```

## TIPS

SPICE 是 Spacecraft, Planet, Instrument, C-matrix and Events 的缩写，是 NASA 的一种轨道数据文件。



```
CustomRotation "iau-mercury" 自定义自转，前文有所提及

# Overridden by CustomRotation
# UniformRotation 这里是自转参数，默认被覆盖。
{
    Period      1407.509405
    Inclination 28.55
    AscendingNode 11.01
    MeridianAngle 329.548
}

Albedo          0.06 反照率
}

"Venus" "Sol"
{
    Texture "venussurface.*"
    # BumpMap "venusbump.*" bump, 即凹纹理文件名, 前面的井字符表示默认不开启。
    HazeColor [ 0.5 0.35 0.2 ] 雾气颜色
    HazeDensity 0.35 雾气密度
    Radius 6052

    Atmosphere { 大气参数
        Height 60 大气高度
        Lower [ 0.8 0.8 0.5 ] 低层大气颜色
        Upper [ 0.6 0.6 0.6 ] 高层大气颜色
        Sky [ 0.8 0.8 0.5 ] 天空颜色
        CloudMap "venus.jpg" 云图文件名
        CloudHeight 50 云层高度
        CloudSpeed 90 云速
    }
}

CustomOrbit "vsop87-venus"

# Overridden by CustomOrbit
# EllipticalOrbit
{
    #
    Period      0.6152
    SemiMajorAxis 0.7233
    Eccentricity 0.0068
    Inclination 3.3947
    AscendingNode 76.681
    LongOfPericenter 131.533
    MeanLongitude   181.979
}

BodyFrame { EquatorJ2000 {} }

# CustomRotation "iau-venus" 金星的 IAU 自转定义默认是不开启的，常规自转参数会取而代之。

# IAU Venus definition is simple uniform rotation 这么做与 IAU 对金星自转的定义有关。
UniformRotation
{
    Period      5832.443616
    Inclination 157.16
    AscendingNode 182.76
    MeridianAngle 19.80
}
```



```

        Albedo          0.77
    }

"Earth" "Sol"
{
    Texture "earth.*"
    NightTexture "earthnight.*" 夜视光（城市光点）贴图名称。

    # SpecularTexture "earth-spec.*" 反光贴图纹理名称，默认不开启，但地球仍具有反光效果，原因
    # 后面会有介绍。
    Color [ 0.85 0.85 1.0 ] 天体作为点的颜色（远景颜色，以及没有表面纹理的颜色）
    SpecularColor [ 0.8 0.8 0.85 ] 反光颜色
    SpecularPower 25.0 反光强度（数值越大，反光越集中，即高光越明显，数值越小，反光越发散，但是整
    # 个天体都会更亮）
    HazeColor [ 1 1 1 ]
    HazeDensity 0.3
    Radius 6378.140 # equatorial 这个注释的意思是“赤半径”
    # Oblateness 0.0034 扁率，默认不开启

    Atmosphere {
        Height 60
        Lower [ 0.43 0.52 0.65 ]
        Upper [ 0.26 0.47 0.84 ]
        Sky [ 0.40 0.6 1.0 ]
        Sunset [ 1.0 0.6 0.2 ]

        CloudHeight 7
        CloudSpeed 65
        CloudMap "earth-clouds.*"
        CloudShadowDepth 1.0 云影强度

        Mie 0.001 米氏散射参数
        MieAsymmetry -0.25 米氏散射参数
        Rayleigh [ 0.001 0.0025 0.006 ] 瑞利散射颜色
        MieScaleHeight 12 米氏散射参数
    }

    CustomOrbit "vsop87-earth"

    # Overridden by CustomOrbit
    # EllipticalOrbit {
    #     Period          1.0000
    #     SemiMajorAxis   1.0000
    #     Eccentricity    0.0167
    #     Inclination     0.0001
    #     AscendingNode   348.739
    #     LongOfPericenter 102.947
    #         MeanLongitude 100.464
    # }

    # Orientation of Earth's axis with respect to the ecliptic plane and
    # equinox of J2000 is computed with the long period extension of
    # extension of the the P03 precession model presented in
    # "Long-periodic Precession Parameters", J. Vondrak (2006)
    BodyFrame { EclipticJ2000 {} }
    CustomRotation "earth-p03lp"
}

```



```
# Overridden by CustomRotation
# UniformRotation
# {
#   Period          23.93447117
#   Inclination    -23.4392911
#   MeridianAngle  280.147
# }

Albedo          0.30
}

"Moon:Earth I" "Sol/Earth"
{
  Texture "moon.*"
  BumpMap "moonbump.*"
  BumpHeight 3.5  bump 深度
  Radius    1737.53
  # Oblateness 0.002

  InfoURL "http://www.nineplanets.org/luna.html"

  CustomOrbit "moon"

  # Overridden by CustomOrbit
  # EllipticalOrbit {
  #   Period          27.321661
  #   SemiMajorAxis  384400
  #   Eccentricity   0.054900
  #   Inclination    5.15
  # }

  OrbitFrame {
    EquatorJ2000 { Center "Sol/Earth" }
  }

  BodyFrame { EquatorJ2000 {} }
  CustomRotation "iau-moon"

  # Overridden by CustomRotation
  # UniformRotation
  # {
  #   Inclination    23.4608
  #   # AscendingNode 359.9949
  #   # MeridianAngle 38.3213
  # }

  LunarLambert 1.0

  Albedo          0.12
}

"Mars" "Sol"
{
  Texture "mars.*"
  # Texture "mars8k.dds"
  BumpMap "marsbump.*"
```



```

BumpHeight 2.5

Color [ 1 0.75 0.7 ]
HazeColor [ 1 1 1 ]
HazeDensity 0.45
Radius 3396 # equatorial
# Oblateness 0.0069

Atmosphere {
    Height 30
    Lower [ 0.8 0.6 0.6 ]
    Upper [ 0.7 0.3 0.3 ]
    Sky [ 0.83 0.75 0.65 ]
        Sunset [ 0.7 0.7 0.8 ]
        # Slightly bluish sunset, as seen in true color pictures
        # from Pathfinder

    Mie 0.0024
    MieAsymmetry -0.15
    Rayleigh [ 0.0010 0.0006 0.0003 ]
    Absorption [ 0 0 0 ] 大气消光颜色
    MieScaleHeight 20
}

CustomOrbit "vsop87-mars"

# Overridden by CustomOrbit
# EllipticalOrbit
# {
#     Period          1.8809
#     SemiMajorAxis   1.5237
#     Eccentricity    0.0934
#     Inclination     1.8506
#     AscendingNode   49.479
#     LongOfPericenter 336.041
#         MeanLongitude 355.453
# }

BodyFrame { EquatorJ2000 {} }
CustomRotation "iau-mars"

# Overridden by CustomRotation
# UniformRotation
# {
#     Period          24.622962156
#     Inclination    37.11350
#     AscendingNode  47.68143
#     MeridianAngle 176.630
# }

Albedo          0.150
}

"Phobos:Mars I" "Sol/Mars"
{
    Mesh "phobos.cmod" 模型名称
    Texture "phobos.*"
    Radius 13.0 # maximum semi-axis 注释意为最大半轴
}

```



MeshCenter [ -0.233 -0.156 -0.168 ] 模型中心，后面会有详细介绍

```
EllipticalOrbit
{
    Epoch      2455198      # 2010 Jan 1 12:00
    Period     0.31891023   # mean
    SemiMajorAxis 9377.2    # mean
    Eccentricity 0.0151 # mean
    Inclination 1.082     # mean
    AscendingNode 16.946
    ArgOfPericenter 157.116
    MeanAnomaly   271.138
}

BodyFrame { EquatorJ2000 {} }
CustomRotation "iau-phobos"

# Overriden by CustomRotation
# UniformRotation
# {
#     Inclination 37.10
#     AscendingNode 47.68
#     MeridianAngle 35.06
# }

Albedo      0.07
}
```

虽然只是节选，可是相信读者应该已经对 Celestia 的数据文件有一定的认识了。其他文件的结构与内容和 solarsys.ssc 相似。以上数据都是可更改的，并且重新启动程序就可以看到更改的效果。但更改数据需谨慎，不要忘记备份。

**TIPS**

工具并不重要，重要的是您有一颗探索的心。

### 第三节 插件制作的准备

#### 一、硬件要求和显示要求

Celestia 对于硬件要求并不高，可是涉及到插件制作问题时，您的计算机硬件还是尽可能给力为好。

##### 1. 足够使用的内存和处理器

不必要过于高端，因为过于高端的硬件与 Celestia 的兼容性可能反倒不好，够用就行。在调试 Celestia 插件时，需要大量地重启 Celestia，所以，为了避免耽误不必要的调试时间，请酌情选择内存与处理器。

##### 2. 足够的磁盘空间

建议预留 10GB 的磁盘空间，以便插件的制作和存放。因为某些文件需要占用大量磁盘空间。

##### 3. NVidia 的图形显示卡

Celestia 的部分显示效果只支持 NVidia 显示卡，而且兼容性也不是那么好。建议选择一款中端的 NVidia 图形卡，并确保其支持 OpenGL 2.0 图形接口，以看到雾气和大气散射效果，方便插件调试。



## 4. 升级显卡驱动

确定您的显卡驱动程序已升级至最新版本。这将有助于图形显示效果和渲染速度。

### 二、Celestia 要求

1. 升级您的 Celestia 至最新版本
2. 最好下载部分以前的版本

下载以前的版本可以帮助您测试插件的兼容性，并写好自述文件中的兼容性信息。

### 3. 保持一个纯净的 Celestia 版本

您必须要有一份纯净的 Celestia 版本，即没有更改过数据，没有置换过贴图，没有安装过插件的 Celestia 版本。这样可以保证插件制作的效率和兼容性。整个插件的制作和调试过程一定要在这个纯净的环境中进行。

### 三、一款好用的文本编辑器

插件制作中，编写插件脚本是重要的一部分。这里，笔者非常不建议使用系统自带的“记事本”，对于代码编辑器来说，同样是附件的“写字板”都要比“记事本”靠谱很多。

这里，笔者推荐 Notepad++，一款免费的 GNU 代码编辑器。简洁好用效率高。

```

D:\Program Files\Celestia\data\solarsys.ssc - Notepad++
文件(F) 编辑(E) 搜索(S) 视图(V) 格式(M) 语言(L) 设置(T) 宏(O) 运行(R) 插件(P) 窗口(W) ?
Cenozoic.ssc solarsys.ssc

1306 {
1307     Texture "oberon.*"
1308     Radius    761.4
1309
1310     CustomOrbit "oberon"
1311
1312     # Overridden by CustomOrbit
1313     # EllipticalOrbit
1314     #
1315     #     Period        13.463
1316     #     SemiMajorAxis 583600
1317     #     Eccentricity  0.0008
1318     #     Inclination   0.10
1319     #     MeanAnomaly   150
1320     #
1321 }

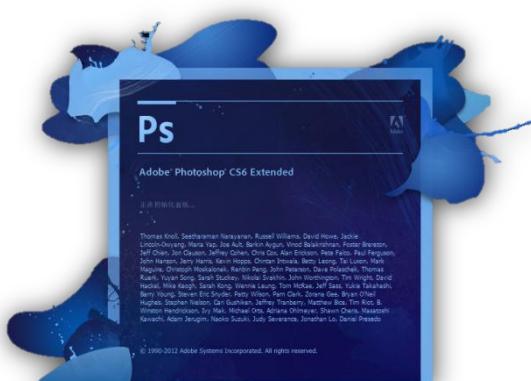
Nc length : 35741  lines : 1630  Ln : 792  Col : 7  Sel : 5 | 0  Dos\Windows  ANSI  INS

```

如图为 Notepad++，非常强大的文本编辑工具。曾经上过电影《社交网络》的（题外话）。

当然，也有很多其他的文本编辑工具，只要是您顺手的，就是最好的。

## 四、一款强大的图片编辑软件





纹理制作是插件制作的大成。一款强大的图片编辑软件是十分必要的。如果说，您用惯了 ACDSee、光影魔术手或是美图秀秀，那么很明显，您必须改变以往习惯。对于纹理制作这种相对专业的工作，普通的用于处理一般照片的修图软件是远远不能满足的。

至于选择什么样的软件，基本分寸是，支持多种图片格式的编辑和转换、支持多图层编辑、支持多种图层混合方式、强大的画笔和滤镜功能、能满足一般的抠图和图形变换需要。

毫无悬念地推荐 Adobe Photoshop。虽然是付费软件，其给插件制作带来的方便是难以言表的。

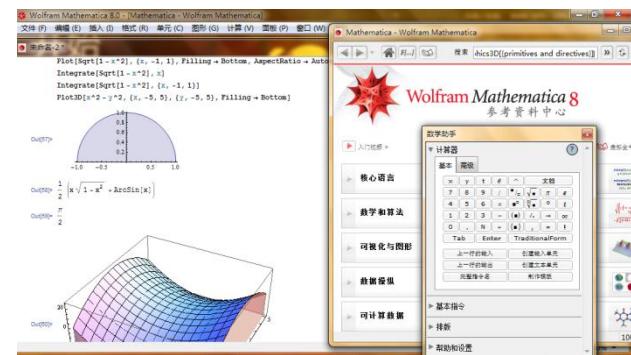
除了上文提到的基本分寸，Photoshop 还有批处理图像的功能，对于批量加工某种特定样式的贴图有奇效，可以减轻 80%以上的工作量。

由于 PS（甚至被写进了《现代汉语词典》，题外话）比较著名，在这里不加赘述。

GPL (GNU 通用公共许可证) 下的替代品（也很好用），如 GIMP。

## 五、有效的数学工具（可选）

由于插件制作也需要一些计算，数学工具会有所帮助的。不光是代数计算，几何计算也是常事。



专业的数学工具像 Mathematica、Matlab，还有一些专门的轨道计算软件，不是很接地气，但是绝对强有力。

## 六、3D 建模软件（可选）

### 常用于科研的 MATHEMATICA

大多数的插件还是不需要 3D 模型的。但是 3D 模型无疑会为一个插件添彩。而且，对于航天器和不规则天体的插件，3D 模型又是十分重要的了。

3D 建模，首推 Autodesk 3ds Max，就是常说的 3DS Max。可谓是最著名的 3D 模型制作软件了吧。开源免费的，同样好用的替代品，如 Blender。

但不是模型做出来就能用，也需要进行转换格式的。

好了，这一章的内容大概就这么多了。如果您理解了这两章的内容，那么您离高手就已经不远了。我们很快就会开始真正的插件制作介绍。插件制作并不像读者可能想得那么那么难，其实这是一个简单且乐在其中的工作。准备好创造宇宙了吗？翻开下一页吧……



# 第三章 SSC 初步

读者的水平，到这里，应该已经达到了一般用户的水平。其实插件开发不是一种真正意义上“开发”，这种工作也可以归为用户操作，但和一般的用户操作相比，插件制作的技术含量显然更高。这一章，我们会通过归纳的方式逐一介绍 SSC 脚本中的各个参数。

## 第一节 概述

### 一、什么是 SSC?

SSC 是“Solar System Catalog (太阳系目录)”的缩写。是用来定义行星系中天体的文件，这些天体可以包括，行星、卫星、小行星、彗星和航天器等。除了定义新的天体，SSC 文件还可以用于一些另类用途，如：替代表面、天体上的地理位置标签等。SSC 文件也可以用来重新定义其他 SSC 文件中定义过的天体。

SSC 文件一般存放在 data 文件夹或是插件文件夹 (extras、extra-standard) 中。Celestia 每次启动时都会加载 SCC 文件：首先按 A-Z 的顺序加载 data 文件夹中的 SCC，然后同样按 A-Z 的顺序加载插件文件夹中的 SCC。

Celestia 的 SSC 文件是纯文本文档，你可以使用任何你喜欢的文本编辑器来编辑它。

### 二、SSC 的范例

在以后的叙述中，为了方便，我们不妨将一段天体定义称作“一段 SSC”。可事实上，读者要明白，每个 SSC 文件可以存放的 SSC 不止一段，也就是说，一个 SSC 可以同时定义多个天体。这个道理，读者看一下 data 文件夹中的 solarsys.ssc 就明白了。

```

Add "Tatooine" "HD 143761"
{
    Texture      "Tatooine.jpg"
    BumpMap     "TatBump.jpg"
    BumpHeight   1.5
    Color        [0.6 0.4 0.3]
    Radius       7432.1254
    Atmosphere {
        Height 70
        Sky [ 0.35 0.6 0.9 ] #[ 0.40 0.6 1.0 ]
        Upper [ 0.26 0.47 0.84 ]
        Lower [ 0.43 0.52 0.65 ]
        Sunset [ 1.0 0.5 0.3 ]
    }
    # 井字符后面的文本是注释
    EllipticalOrbit {
        Period      2.4561
        SemiMajorAxis 1.6945
        Eccentricity 0.1067
        Inclination 0.0201
        AscendingNode 348.739
        LongOfPericenter 102.947
        MeanLongitude 100.46
    }
    # 注释的文本不会被执行
}

```



```
RotationPeriod    39.92425
Obliquity        12.08
LongOfRotationAxis 262.78
Albedo            0.8
}
```



上面就是一个标准的 SSC 示例。一段 SSC 的篇幅可以像上面这一个范例一样，也可以更长，或是更短——依需要而定。

下面就让我们分条地讲解 SSC 文件的各部分。

## 1. 前缀

通常状态下，SSC 是没有前缀的。但有时出于某种特殊需要，前缀又是必须的。

前缀的写法是：写在一段 SSC 的最前面，要写在天体名和路径之前，不要加任何括号或是撇号，写完后再敲一个空格即可。

前缀一般起到了声明对象类型或是实现 SSC 文件特殊用途的作用。

声明对象类型的前缀有：Location（地理位置）、ReferencePoint（轨道参考点）、BaryCenter（质心）等。

实现特殊用途的有：AltSurface（替代表面，从某种意义上来说也算是声明对象类型类，读者以后自然会明白这么说的道理）、Modify（修改）、Replace（重新定义）等。

不同前缀的 SSC，Celestia 会将其区别运行。比如 AltSurface 前缀和 Modify 前缀的运行效果就完全不同。前者会增加一个代替表面，而后者则会悄无声息地将已经定义过的对象修改。同理，不同前缀的 SSC，在可用的参数和书写规则方面也会有较大的区别。

## 2. 天体名

天体名即天体的名称，正式名称例如“Mercury”（“水星”）抑或是临时命名如“S/2006 S 5”都行，但名称中有“/”的，就不能再拥有卫星或其他所属天体了。因为“/”会对下一级天体的路径产生歧义。所以我们不建议在天体名中键入“/”符号。如果实在需要的话，可以用“|”代替。在 Celestia 1.6.0 及以后版本中，天体的多个名称可以使用冒号来分隔，如：“Eris:2003 UB313”，在 Celestia 中就会显示为“Eris/2003 UB313”，并且这两个名称都能被查找到，即“Eris”和“2003 UB313”这两个名称是等效的。

天体名的写法：写在这一段 SSC 的最前面（如果没有前缀的话），并用双撇号（即英文双引号）将其引起，如上文范例中的：

```
Add "Tatooine"
```

(Add 是前缀，"Tatooine"是天体名)

天体名中可包含任何字符，包括汉字。但这里面有一个编码的问题，我们以后会提到。



### 3. 路径

路径即上一级天体的定向，换句话说，就是你要新定义的这一天体绕着谁转。路径从恒星开始，至你想定义天体的母天体结束。如想定义嫦娥二号，就可以：

```
"Chang'e II: 嫦娥二号" "Sol/Earth/Moon" { ... 参数... }
```

### 4. 结构要求

在完成前缀、天体名和路径的录入之后，Celestia 要求接下来的整段 SSC 都要被花括号（即{}）括起来，这可以在上文中的例子中可以看出。这对花括号是必须的，并且要保证后面再用到花括号时一定要成对出现，即不能出现“}”数比“{”数少的时候。

括号和引号是插件制作中最容易出错的地方。有时，这两个细节会浪费你大量的调试时间，所以一定要养成正确使用括号和引号的习惯。

### 5. 天体的类别

天体的类别通过 Class 参数来定义，写法如下：

```
Class "class"
```

“Class”参数值类型为文本。

Class 参数一般并不会对天体的外观产生什么影响。很多情况下 Class 参数也是可以省略的。当 Class 参数省略时，Celestia 会根据一般的标准（如半径、上一级天体的类型等）来衡量天体的类型。

有时候，前缀也可以声明类型，但这两种方法不总是等效的，仅限于部分类型。

有关于 Class 参数，下一节会有更加详尽的叙述。

### 6. 颜色的表示

Celestia 中，颜色的表示为以下格式：

```
[R G B]
```

(R、G、B 处填写大于等于 0，小于等于 1 的数字，并用方括号括起来，数值之间用空格隔开)

示例：[0.35 0.6 0.9]

Celestia 采用 RGB（红绿蓝）颜色方式，数值范围 0~1。而通常 RGB 颜色方式的取值范围是 0~255，这就需要一个换算——直接除以 225 即可。

比如说白色：R 255，G 255，B 255；换算成 Celestia 中的颜色就是[1.0 1.0 1.0]。

或是说红色：R 255，G 0，B 0；换算成 Celestia 中的颜色就是[1.0 0.0 0.0]。

颜色作为一种参数值类型常用在 Color (天体颜色)、OrbitColor (轨道颜色) 和 Sky (天空颜色) 等参数名后。

### 7. 开关和真假的表示（布尔运算符）

True (开或真) 和 False (关或假)。



常用在 Visible (可见性)、Clickable (可点击性) 等参数名后。

## 8. 时间与日期的表示

时间与日期的表示既可以用一个数值，也可以用一串字符。当输入数字时，Celestia 会认为那是儒略日；而用一串字符来表示日期时，用的是格里历。注意，时间的格式是 24 小时制；公元前的年份要用负数表示；公元前 1 年为 0 年（天文学历法的一个特点，但平时大家用的历法是没有公元 0 年的）。

下面是援引自英文资料的日期示例：

```
2451545.0          # J2000 - noon January 1, 2000  
  
2453023.1232  
  
"2006 11 8"        # midnight November 8, 2006  
  
"1984 12 25 1:30:00"  # 1:30am December 25, 1985  
  
"--4 8 23 10:00:00"  # 10:00am August 23, 5 B.C.  
  
"2130 4 1 22:10:34.15" # 22:10:34.15 April 1, 2130
```

## 9. 注释

注释写在 “#” 字号后，可以是任意字符。在加载 SSC 时，注释会被跳过而不被运行。

注释可以写在一行代码后，如：

```
Inclination      0.0201 # 猜测
```

但是写在一行代码中间是不允许的：

```
Inclination # 猜测      0.0201
```

注释亦可以单独成一行或是一段：

```
# 以下是对轨道的描述:  
EllipticalOrbit {  
    # 周期  
    Period          2.4561 # 根据开普勒行星定律计算出的  
    # 轨道半长轴 (单位: Au)  
    SemiMajorAxis   1.6945  
    # 偏心率  
    Eccentricity    0.1067  
    Inclination     0.0201  
    AscendingNode   348.739  
    LongOfPericenter 102.947  
    MeanLongitude   100.46  
}  
# -----  
# 这一段数据是猜想的，并不是观测结果  
# -----
```

## 10. 模块的概述



对大气、轨道和自转这一类特征的描述，往往会出现如下结构：

```
EllipticalOrbit、Atmosphere 等 {
    参数名 参数值
}
```

我们不妨称这样的结构为“模块”。一般来说，结构中的这个花括号不可省。相关的参数一定要括在这个花括号中。

好了，说到这里，我想你对 SSC 也有一个基本的认识了。读者不妨尝试一下修改手头的几个 SSC，看看会发些什么。

## 第二节 基本参数

这一节说的主要是无法进行分类的基本或功能性参数。

### 1. Class 参数

上一节中我们简单介绍了 Class 参数的作用和写法。这里将 Class 作为一个参数加以介绍。

Class “类别名”

“类别名”参数值类型为文本，可以为 planet、moon、dwarfplanet、minormoon、asteroid、comet、spacecraft、surfacefeature、component、diffuse、invisible，参数值加双撇号（英文引号）。

示例：Class “planet”

Celestia 当中，行星 (planet)、卫星 (moon)、矮行星 (dwarfplanet)、子卫星 (minormoon) 和小行星 (asteroid) 在不显示轨道和标签或是查看太阳系浏览器时没有什么两样，而两样之处也仅仅是标签和轨道的颜色不一样罢了。正如上节所说，Class 参数可省，省略后 Celestia 会根据天体的半径和环绕天体来判断天体的类别，更确切地说，Celestia 根据 IAU 在 2006 年提出的行星定义来判断 Class 省略参数的天体。Class 参数中的“Asteroid (小行星)”参数值并不是 IAU 的官方定义所承认的天体类别，但 Celestia 中依旧使用这一词汇来描述那些没有矮行星大却又不是彗星的天体。

卫星与子卫星的主要区别并不在于大小。打个比方：火星的两个卫星很小，却别定义为“卫星”。木星和土星有很多比火卫一和火卫二大的卫星，却被定义为“子卫星”。

彗星和小行星在 Celestia 中的性质十分类似，但 Celestia 会为类别为“comet (彗星)”的天体计算彗尾。有些太阳系天体既是“小行星”又是“彗星”，比如 Chiron。这类天体在 Celestia 中只能定义一个类别——Class 参数不支持双重类别。

“spacecraft”参数值用于人造卫星等，“surfacefeature”参数值用于建筑物和地貌特征等，“component”用于人造卫星或飞船的部件，使得其可以转动。“diffuse”用于流体模型，如恒星表面的运动或是喷涌的火山灰等等。“invisible”的天体不可见。



下面是一份常见 Class 和其性质的表格，其中“远景可见性”一项指标是指当天体在屏幕上看上去的大小小于一像素时，它会不会以一个光点的形式画出（如上图，当离哈勃太空望远镜远到一定程度时，它就会变成一个光点——就像一颗星星，也同样注意卫星的背面被地球照成了蓝色：这就是行星照）。

Class	可见性 (Visible)	远景可见性	标签显示	可点击 (Clickable)	行星照
planet	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
moon	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
dwarfplanet	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
minormoon	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
asteroid	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
comet	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
spacecraft	Yes	Yes	Yes	Yes	No
surfacefeature	Yes	No	Yes	Yes	No
component	Yes	No	Yes	Yes	No
diffuse	Yes	No	No	No	No
invisible	No	No	No	No	No

## 2. 可见性

Visible    True or False

Visible 参数值类型为真或假，默认值为真。

Visible 是可见性的意思。一般省略，表示可见。当其值为“假”时，对象不可见。其作用相当于 Invisible 类别或前缀。

## 3. 反照率

Albedo 参数值

参数值为常数，大小介于 0,1 之间



反照率与天体的明亮程度和表面温度有着密切联系，在这里不对其具体情况加以赘述，但制作插件时请务必注意该参数数值的合理性与科学性。

#### 4. 链接

InfoURL      "URL"
--------------------

“URL”处填写一个统一资源定位符（URL），通俗的说就是一个网址。参数值带引号。

示例：InfoURL "http://www.nineplanets.org/luna.html"

在这里填写的链接，就是在天体上右键，点选“信息”所前往的位置。用这个参数，可以方便地让插件用户了解您的插件内容。比如，我在建立一个行星系，维基百科上有一个页面与此有关，我就可以在这个参数处打上这个链接。当用户在我所建立天体上执行“右键菜单>信息”指令时，就会自动打开浏览器窗口前往预设的网页。

### 第三节 天体形状的描述

这一节里，主要讲的是天体的形状，即 Celestia 中的天体是球、椭球或是其他形状是怎么做到的，以及如何控制天体的大小。

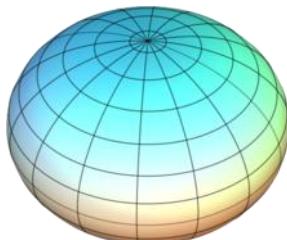
#### 5. 半径

半径是最简单的有关形状描述的参数，这一参数定义了天体的半径（是赤道半径而不是极半径）。

格式如下：

Radius      参数值
-----------------

参数值内填一般格式的数字或是用科学计数法表示的形如“1.234E3”（没有引号）的数字，单位是千米。



#### 6. 扁率

扁率可以刻画天体有多“扁”。像地球这样的扁率很小的天体一般不开启扁率参数（当然，你可以通过修改 SolarSys.ssc 来开启它），但像土星、木星这样扁率较大的行星不开启扁率就显得极为不合适了。

扁率参数与半径参数不矛盾，半径参数提供了赤道半径数值，而扁率则是赤道半径和极半径的一种比例关系。

$$O = 1 - \frac{R_{\text{极}}}{R_{\text{赤}}}$$

其中  $O$  为扁率，是一个比例数值，没有单位。 $R_{\text{极}}$  是极半径， $R_{\text{赤}}$  是赤道半径。

由上面的公式，设赤道半径一定，我们可以知道，当  $O=0$  时，天体是一个球，极半径与赤道半径相等；而  $O=1$  时，天体是一个“扁片”，极半径为零。

扁率的写法：



Oblateness      参数值

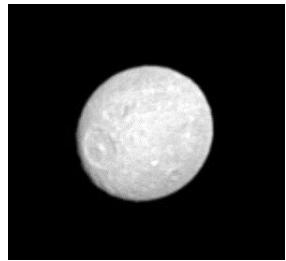
## 7. 半轴

这一参数是 Celestia 1.6.0 的一个新功能，它允许插件作者能够将天体做成三轴都不同的椭球。譬如土卫一 Mimas(如图所示)，或是更为明显的土卫十五 Atlas。

SemiAxes [ x y z ]

XYZ 处填写数字，格式为数字，单位为千米。

示例：SemiAxes [ 207.4 197.2 190.7 ]



半轴参数与半径、扁率参数是冲突的，即有半径和扁率时不要用半轴，有半轴不要用半径和扁率。

## 8. 3D 模型的添加

### 1) Mesh 参数

#### TIPS

**3DS 是 3ds Max 的模型格式。**

**cmod 则是 Celestia 专用模型格式**，它既有二进制格式又有贴图纹理，由于该格式数据专门为 OpenGL 编写，速度要比 3DS 模型快 1.5~2 倍，3DS 可以通过一个 Blender (一款开源的 3D 建模软件) 脚本转换成 cmod。

**cms 是一种伪模型 (也是 Celestia 专用的)**——它是纯文本 (完全为可读的代码)！用文本工具打开试试！

Mesh “文件名”

示例：Mesh "mimas.cmod"

“”务必为英语输入状态下的双撇号，文件名不允许使用通配符（即用 \* 代表大于等于零个字符）

Mesh "mimas.\*"

3D 模型应保存在 Celestia 的 models 文件夹或是插件的 models 文件夹中。Celestia 支持的 3D 模型格式有 cmod, cms 和 3ds。

### 2) MeshCenter 参数

MeshCenter 参数用来确定 3D 模型的中心。

MeshCenter [ x y z ]

XYZ 处填写数字，格式为数字，单位为千米。

### 3) NormalizeMesh 参数

NormalizeMesh 参数用来指出 Celestia 是否应用 3D 模型自身的比例和中心。在省略该参数时，默认的参数值为“true”，即忽略 3D 模型已有的尺度数据，而使用 Radius 参数定义的半径、MeshCenter 定义的中心来绘制模型。

使用 3D 模型自身的尺度和中心对于创建一个各部分被做在不同 3D 模型文件中的航天器（如太阳能帆板可以转动的人造卫星）极为有用。如果让 Celestia 自动确定比例和中心，则使得 3D 模型的各部分很难连接到一起。

NormalizeMesh True or False

NormalizeMesh 的参数值为开或关，不加任何引号括号

示例：NormalizeMesh False



当 NormalizeMesh 参数为 “false” 时，模型的比例就变成了由 MeshScale 参数来控制，而不是 Radius 参数。但此时 Radius 参数仍然是有用的，因为 Radius 参数会定义航天器的经纬网。因此在插件设计的过程中，插件作者要让 Radius 参数的数值能恰好 “装下” 这一 3D 模型，否则，Celestia 可能会因为距离换算的原因而不去显示 3D 模型 (Radius 参数太小会使 Celestia 在离航天器很近的地方误认为离得还很远)。

#### 4) MeshScale 参数

MeshScale 参数用来确定 3D 模型的比例。比如，一个 3D 模型在建立时坐标轴的单位是米，那么就要通过 MeshScale 参数在 Celestia 中换算成千米。参数值就应该是 0.001。

#### 5) Orientation 参数

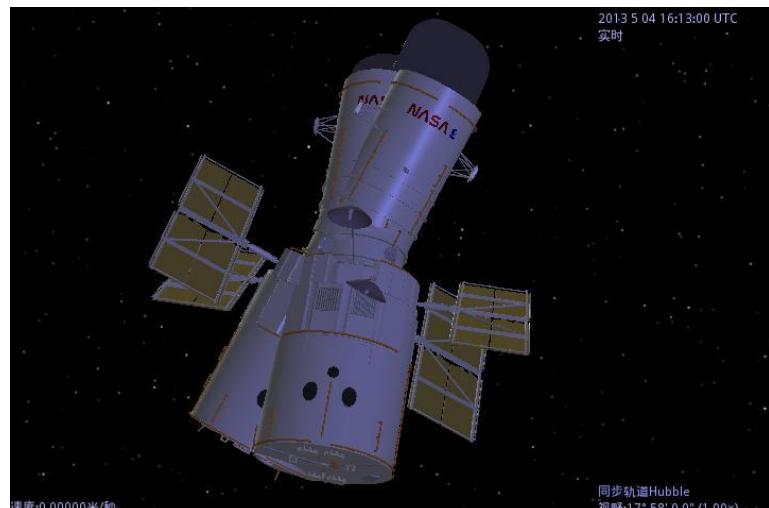
Orientation 参数可以将模型的坐标进行变换，与自转轴倾角的改变不同，Orientation 参数不改变经纬网格，仅仅是校正模型的坐标而已。需要注意的是 Orientation 参数不能与 BodyFixed 模块同时使用。

Orientation	[角度 x y z]
-------------	------------

示例：Orientation	[30 10 10 10]
----------------	---------------

下面这个图可以生动地展示这一参数的作用：

其中一个是没有 Orientation 参数的，另一个“Orientation [30 10 10 10]”，两个模型是共用一个经纬网的，它们的自转也是围绕着同一个轴。但加了 Orientation 参数的模型会与原始模型有 30° 的夹角。



## 第四节 天体运动的描述

天体轨道是 Celestia 天体建模中十分重要的部分。没有它，一般情况下插件不可被解释运行。

Celestia 并不能自动计算引力因素对轨道的影响，引力因素所影响的轨道一定要通过其在 SSC 文件中的定义表达出来。对于 Celestia 采用的 VSOP87 理论和 JPL DE405 星历表来讲，引力因素对轨道的影响已经被计算在内了。使用了采样轨道或 NASA 的 SPICE 文件的话，引力因素一般也已经被考虑进去了。

一般地，Celestia 中同一时间点的天体位置是一定的，并且绘制出其运行路径，即轨道。对于下面介绍的几种轨道方式：自定义轨道 (CustomOrbit)、椭圆轨道 (EllipticalOrbit) 和采样轨道 (SampledOrbit)，适用于所有的 Celestia 版本。而固定位置 (FixedPosition)、SPICE 轨道 (SpiceOrbit) 和脚本轨道 (ScriptedOrbit) 则需要 Celestia 1.5.0 或更高版本。

自转也是描述天体运动中很重要的一部分，我们会在结尾处增加对自转描述的简单介绍。

### 一、轨道颜色

默认地，轨道颜色根据天体类型绘制，而指明轨道颜色的天体就会使用 SSC 中定义的轨道颜色绘制轨道。

OrbitColor	[R G B]
------------	---------



示例: OrbitColor [0.1 0.1 1.0]

## 二、参考系

Celestia 中的轨道经常需要参考系模块，OrbitFrame 和 BodyFrame。

### 1. OrbitFrame

OrbitFrame 定义了天体轨道的参考系。这个模块常用于卫星轨道的编写。

```
OrbitFrame
{
<参考系>
}

如, solarsys.ssc 中月球轨道所定义的:

OrbitFrame {
    EquatorJ2000 { Center "Sol/Earth" }
}
```

其中 EclipticJ2000 是 J2000 黄道坐标系，马上说到。默认的情况（不加这个模块），以上一级天体为中心，x 轴指向升交点，建立 J2000 黄道坐标系。

### 2. BodyFrame

BodyFrame 定义了天体位置的参考系。

```
BodyFrame
{
<参考系>
}

如, solarsys.ssc 中月球所定义的:

BodyFrame { EquatorJ2000 {} }
```

EclipticJ2000 是 J2000 黄道坐标系，下面就要说它。默认地（不加这个模块），建立 J2000 黄道坐标系。

### 3. 坐标系

#### 1) J2000 黄道坐标系：

以地球在 J2000 时刻的黄道位置为基准，x 轴指向春分点，z 轴北指黄极，y 轴按照笛卡尔右手坐标系补全。

```
EclipticJ2000 {
```

```
Center <天体名（包括路径）>
```

#### TIPS J2000

J2000 是一个在天文学上广泛使用的纪元。前缀 “J” 表示这是一个儒略纪年法。J2000 表示儒略日 2451545.0，即 UTC 2000 年 1 月 1 日 11:58:55.816。

恒星的赤道坐标因岁差改变，所以科学家们现常采用 J2000 纪元作为参考点。

#### TIPS 笛卡尔右手坐标系

伸出右手的拇指、食指和中指，让中指指向正上方，那么中指指向就设为 z 轴，拇指指向设为 x 轴，则食指指向就是 y 轴。如此可建立一个空间直角坐标系。



```
}
```

## 2) J2000 赤道坐标系:

以地球在 J2000 时刻的赤道位置为基准, x 轴指向春分点, z 轴北指天极, y 轴按照笛卡尔右手坐标系补全。

```
EquatorJ2000 {
    Center <天体名(包括路径)>
}
```

## 3) 当前日期纪元赤道坐标系:

Center 是中心, Object 是作为坐标基准的天体, Freeze 参数可省, 如果设置, 坐标就会固定下来, 为 Freeze 参数中所设置的日期。

```
MeanEquator {
    Center <天体名(包括路径)>
    Object <天体名(包括路径)>
    Freeze <日期>
}
```

## 4) 天体坐标系:

相对天体表面静止, 随天体自转而转。

```
BodyFixed {
    Center <天体名(包括路径)>
}
```

## 5) 基底建系:

以一对向量(矢量)为基底建立坐标系, 另一轴按右手坐标系补全。

```
TwoVector {
    Center <天体名(包括路径)>
    Primary <轴>
    Secondary <轴>
}
```

此处轴的写法:



```
{  
Axis <轴名>    如: "x" 或 "-x" 或 "y" 或 "-y" 或 "z" 或 "-z"  
<相对位置> 或 <相对速度> 或 <常矢量>  
}
```

上面相对位置写法：

```
RelativePosition
```

```
{  
Observer <天体名>  
Target <天体名>  
}
```

其中 Observer 是观测位置，Target 是目标。Observer 默认值是中心天体（就像上文中定义的），Target 没有默认值，不可省。

相对速度大同小异。

```
RelativeVelocity
```

```
{  
Observer <天体名>  
Target <天体名>  
}
```

其中 Observer 是观测位置，Target 是目标。Observer 默认值是中心天体，Target 没有默认值，不可省。

常矢量有所不同：

```
ConstantVector
```

```
{  
Vector <向量>  
Frame <参考系>  
}
```

示例：地球的北极

```
ConstantVector
```



```
{
    Vector [ 0 0 1 ]
    Frame {
        EquatorJ2000 { Center "Sol/Earth" }
    }
}
```

#### 4. 参考系举例

这里精彩的参考系举例都是援引自英文资料，相信若不是开发者，写不出这么科学的参考系。上面读不太懂的读者不妨看看这。看完这里也不是很懂的读者也不比失去信心，毕竟这个模块不常用到这么难的地方。

##### 【例一】 地心黄道

x-y 平面为地球轨道面，x 轴指向太阳

```
OrbitFrame {
    TwoVector {
        Center "Sol/Earth"
        Primary {
            Axis "x"
            RelativePosition { Target "Sol" }
        }
        Secondary {
            Axis "y"
            RelativeVelocity { Target "Sol" }
        }
    }
}
```

##### 【例二】 太阳锁定

z 轴指向太阳，x 轴指向运动方向。

```
BodyFrame {
    TwoVector {
        Center "Sol/Test"
        Primary {
            Axis "z"
        }
    }
}
```



```
    RelativePosition { Target "Sol" }

}

Secondary {

    Axis "x"

    RelativeVelocity { Target "Sol" }

}

}
```

### 三、自定义轨道 (CustomOrbit)

自定义轨道是建在 Celestia 内核中的轨道计算，可用于大行星和大多数大卫星。下面就是一份标准的自定义轨道列表。从 Celestia 1.5.0 开始，JPL 的 DE405 星历表也可以使用了。Celestia 优先加载自定义轨道，也就是说同时存在自定义轨道和椭圆轨道时，自定义轨道会覆盖椭圆轨道。但是一旦自定义轨道当中有错，不可被识别，Celestia 就会跳过自定义轨道。

CustomOrbit <支持的轨道名>

示例：CustomOrbit "vsop87-venus"

支持的轨道名如下：

#### 1. VSOP87

VSOP87 (Variations Seculaires des Orbites Planeaires, 法语)是由 P. Bretagnon 等人提出的针对太阳系大行星的轨道理论。Celestia 并没有全部使用该理论内容。

vsop87-mercury	水星轨道
vsop87-venus	金星轨道
vsop87-earth	地球轨道
vsop87-mars	火星轨道
vsop87-jupiter	木星轨道
vsop87-saturn	土星轨道
vsop87-uranus	天王星轨道
vsop87-neptune	海王星轨道
vsop87-sun	太阳关于太阳系质心的轨道

#### 2. JPL 星历表

JPL 星历表并不支持 1.5.0 及更早版本。



使用 JPL 的 DE405 和 DE406 星历表要较 VSOP87 理论更加精确。代价是 JPL 的星历表需要查表，相比 VSOP87 要占据更大的储存空间。

首先，您需要下载星历表文件：

<ftp://ssd.jpl.nasa.gov/pub/eph/planets/unix/de406/>

其中文件名为 unxpNNNN.406 可能是最有用的。这一文件包括从 NNNN 年开始 300 年内的 DE406 星历表。unxmNNNN.406 包含公元前的星历表。每个文件大小都约为 9MB，因此 DE406 星历表的大小总计约 180MB。您不必下载很多，但如果您真的需要 300 年以上的星历表的话，JPL 的 FTP 服务器上的很多工具应该能够帮到您：

<ftp://ssd.jpl.nasa.gov/pub/eph/planets/C-versions/hoffman/>

DE405 相比前者更大更精确一些，但对于大多数用途，DE406 的精度足够了。两个星历表有何不同：

<ftp://ssd.jpl.nasa.gov/pub/eph/planets/README.txt>

使用 JPL 星历表，您需要在 Celestia 的 Data 文件夹中放入下载的文件，并重命名为“jpleph.dat”。然后，就可以通过自定义轨道参数使用了，下列就是轨道名：

关于太阳系质心的行星轨道：

jpl-mercury-ssb	水星轨道
jpl-venus-ssb	金星轨道
jpl-earth-ssb	地球轨道
jpl-mars-ssb	火星轨道
jpl-jupiter-ssb	木星轨道
jpl-saturn-ssb	土星轨道
jpl-uranus-ssb	天王星轨道
jpl-neptune-ssb	海王星轨道
jpl-pluto-ssb	冥王星轨道
地月系质心轨道	
jpl-emb-sun	关于太阳
jpl-emb-ssb	关于太阳系质心
地球关于地月系质心的轨道	
jpl-earth-emb	
月球轨道	
jpl-moon-earth	关于地心
jpl-moon-emb	关于地月系质心
太阳关于太阳系质心的轨道	
jpl-sun-ssb	

火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星轨道所计算的是质心的轨道。由于金星和水星没有卫星，其质心就是行星中心。如果您很好奇巨行星的中心偏离质心多些的话，粗略估计，对于天王星是 20km 弱。尽管伽利略卫星离木星较远，对质心影响更大，其与木星的质量比所造成的影响仍与前者相近。



### 3. 冥王星

冥王星轨道需要一个参考系，可以参考 solarsys.scc。

```
pluto
```

### 4. 伽利略卫星

伽利略卫星是指木卫一到木卫四。

J. H. Lieske 的"E5" 理论，来自 Jean Meeus's 的 *Astronomical Algorithms*, pp. 301-315:

io	木卫一
europa	木卫二
ganymede	木卫三
callisto	木卫四

### 5. 土卫

来自 Gérard Dourneau (1987), "Observations et étude du mouvement des huit premiers satellites de Saturne"

mimas	土卫一
enceladus	土卫二
tethys	土卫三
dione	土卫四
rhea	土卫五
titan	土卫六
hyperion	土卫七
iapetus	土卫八

### 6. 天卫

来自 Laskar 和 Jacobson (1978), "An Analytical Ephemeris of the Uranian Satellites"

miranda	天卫五
ariel	天卫一
umbriel	天卫二
titania	天卫三



## 7. 月球

需要参考系。

```
moon
```

## 四、采样轨道 (SampledTrajectory、SampledOrbit)

采样轨道仅对 Celestia1.5.0 或以上版本有效。

SampledTrajectory 是用来导入一个包含轨道位置、时间和速度信息的 ASCII 文本文档的模块。一般这种文件都要由专门的轨道建模和计算软件来制作。

```
SampledTrajectory
{
    Source <文件名>
    DoublePrecision True or False
    Interpolation <字符>
}
```

Source 参数为轨道数据文件，参数类型为文件名；DoublePrecision 为双精度选项，默认值为“True”，在较精确情况下，应该打开，单精度（False）的浮点数仅仅精确到八百万分之一，对于外太阳系天体，这个误差约为几百千米（！！）；Interpolation 为差值方式（即在采样点与采样点之间采用什么样的曲线类型来近似），可以填“linear”（线性，不很平滑），或是“cubic”（三次曲线，较为平滑，也是默认值）。三个参数中，前一个必须，后两个可省。省略后两个，该模块可以用一个参数替代（在更早的 Celestia 版本中比较常用，现在基本已经不再使用）：

```
SampledOrbit "file.xyz"
```

完整示例：

```
SampledTrajectory
{
    Source "file.xyz"
    DoublePrecision false
    Interpolation "cubic"
}
```

下面来说一下轨道采样文件的书写格式：

```
*.xyz:
2447818.615972 134114700.2612462193 64912642.6984842718 39861.799941
2447819.615972 133153386.7785827518 66969511.3118158504 237125.784089
2447820.615972 132137795.3581911474 69024279.8844281882 418499.867572
2447821.615972 131079666.1268854141 71061806.8872888833 596914.157647
```

以上数值来自航天器伽利略的采样轨道文件。

第一个数值是儒略日（TDB），后三个数值为位置坐标（单位：千米）。一些时候需要事先写好参考系。

在 Celestia 1.6.0 及以后版本中，增加了速度采样，但扩展名有所不同。

```
*.xyzv
```

```
2447818.56315 134161773.167 64807775.6074 25134.6399997 -10.166942 22.586552 3.6761912
2447818.58537 134142125.786 64851535.2259 31731.6025491 -10.297387 22.959501 3.2432655
2447818.60759 134122244.706 64895845.8673 37705.522983 -10.408213 23.18087 2.999273
```



2447818.62982 134102171.708 64940503.3727 43302.6470609 -10.498093 23.328464 2.8411332  
这也是航天器伽利略的轨道数据文件。

第一个数值是儒略日 (TDB)，接下来的三个数值为位置坐标 (单位：千米)，最后三个为速度值 (单位：千米/秒)。

下面引用一部分 galileo-cruise.xyzv 的一段注释，将会有助于理解：

```
# Records are <jd> <x> <y> <z> <vel_x> <vel_y> <vel_z> (记录分别是：儒略日、x 坐标、y 坐标、z 坐标、x 轴速度分量、y 轴速度分量、z 轴速度分量)
# Time is a TDB Julian date (时间是儒略日)
# Position in km (位置单位：千米)
# Velocity in km/sec (速度单位：千米/秒)
```

比起 xyz 格式，xyzv 显然更具优势。xyz 和 xyzv 文件都要放在插件的 data 文件夹中。

## 五、SPICE 轨道 (SpiceOrbit)

前面的一个小贴士里解释了什么是 SPICE。SpiceOrbit 模块就是用来导入 NASA 的 SPICE 轨道数据的。不是所有的版本都支持该模块。

```
SpiceOrbit
{
    Kernel <文件名>
    Target <ID 字符>
    Origin <ID 字符>
    Beginning <日期>
    Ending <日期>
    BoundingRadius <数值>
    Period <数值>
}
```

Kernel 与上文中的 Source 相近，都是用来指明数据文件的。Target 为目标对象，Origin 为坐标中心，需要与参考系相匹配。Target 和 Origin 后面要填写 NASA 的天体编号，具体情况参阅：

[http://www.gps.caltech.edu/~marsdata/req/naif\\_ids.html](http://www.gps.caltech.edu/~marsdata/req/naif_ids.html)

Beginning 是开始日期，Ending 为结束日期，值可以为儒略历日期或格里历日期，时间必须为 SPICE 内核中包括的一部分时间。BoundingRadius 为轨道边界半径（即天体离环绕的天体的最远距离），没有它就无法进行采样。Period 参数为轨道周期（一周长度），可省，是用来帮助 Celestia 绘制轨道的轨迹曲线的，如果数值为 0，或是省略了，Celestia 就会认为这个轨道是非周期性的。值得注意的是，BoundingRadius 和 Period 后面都要跟随一个长度，对于行星级（环绕恒星）的天体，这个单位是天文单位 (AU，即地球轨道半长轴的长度，可近似地认为是地日距离)；可是对于卫星级天体，这个单位就会变成千米。这一点，对于其他轨道模块的书写也是如此，请务必注意。

下面是一个示例：

```
"Pluto" "Sol"
{
```



```

SpiceOrbit
{
    Kernel "de403_2000-2020.bsp"
    Target "Pluto Barycenter"
    Origin "SUN"
    Beginning "2000 1 1"
    Ending "2020 1 1"
    BoundingRadius 40
    Period 248.0
}
}

```

通过上例，我们可以较为直观地看出 BoundingRadius 和 Period 的作用（将 BoundingRadius 乘以  $2\pi$ 试试），而 BoundingRadius 后面的 40 则近似为冥王星轨道的半径。由此可见这两个参数仅仅起到一个帮助绘制轨道的作用。

默认地，SpiceOrbit 的轨道坐标系是当前日期纪元黄道坐标系，使用 J2000 时刻的春分点。这和 Celestia 中行星级（环绕恒星）天体的默认参考系相匹配，但对于其他天体（如卫星级的）并非如此。因此对于非行星级天体，需要预先定义参考系。

## 六、脚本轨道

脚本轨道可以通过 Lua 语言编写出数学性的轨道。

```

ScriptedOrbit
{
    Module <文件名>
    Function <函数名>
    ...其他参数...
}

```

Module 后面的目标 Lua 程序，应放在插件目录的一个叫 celxx 的文件夹中（自己创建）。而且向前面提到的 BoundingRadius 参数和 Period 参数仍然适用于该模块，以便于轨道绘制。BeginDate 和 EndDate 一样可以使用。

Lua 轨道的编写需要有 Lua 程序的基础，笔者在这方面十分欠缺，故只引原例以供参考。

先新建一个 ssc，写入如下内容：

```

"Scripted" "Sol/Test Object"
{
    Radius 500

    ScriptedOrbit
    {
        Module "orbits"
        Function "lissajous"
    }
}

```



```
    PeriodX 1
    PeriodY 3.1
    PeriodZ 2.4
    PhaseX 0.5
    PhaseY 0.2
    PhaseZ 0.0
    AmplitudeX 1000
    AmplitudeY 800
    AmplitudeZ 540
}
}
```

然后在extras文件夹新建一个文件扩展名为lua的文档,放在前面提到过的那个celxx文件夹中,写入如下内容:

```
function lissajous(t)
    -- Create a new table
    local orbit = {};

    -- Save the parameter list
    orbit.params = t;

    -- Set the required fields boundingRadius and position; note that position is
    -- actually a function

    -- Compute the bounding radius from the amplitudes
    orbit.boundingRadius =
        math.sqrt(t.AmplitudeX * t.AmplitudeX +
                  t.AmplitudeY * t.AmplitudeY +
                  t.AmplitudeZ * t.AmplitudeZ)

    -- The position function will be called whenever Celestia needs the position of
    -- the object
    function orbit:position(tjd)
        local t = tjd - 2451545.0
        local pi2 = math.pi * 2;
        local x = self.params.AmplitudeX * math.sin((t / self.params.PeriodX +
        self.params.PhaseX) * pi2)
        local y = self.params.AmplitudeY * math.sin((t / self.params.PeriodY +
        self.params.PhaseY) * pi2)
```



```

local z = self.params.AmplitudeZ * math.sin((t / self.params.PeriodZ +
self.params.PhaseZ) * pi2)

        return x, y, z
    end

    return orbit
end

```

然后启动 Celestia，找到 Test Object 就可以看到轨道效果了。

## 七、椭圆轨道 (EllipticalOrbit)

利用开普勒六参数，即：轨道长半轴 (Semi-Major Axis)、轨道离心率 (Eccentricity)、轨道面倾角 (Inclination)、轨道升交点赤经 (Ascending Node)、轨道近日 (地) 点角距 (Arg of Peri-center)、过近日 (地) 点时刻 (Epoch)，也可以写出轨道。结合更多的参数，IAU 的各种轨道参数都可以转化成为 Celestia 的椭圆轨道。椭圆轨道是 Celestia 中最常用到的一种轨道。

准确来说，这一模块应该叫做“圆锥曲线轨道”。粗略的说，在一个比较简单的天体系统中，环绕的天体的轨道应是圆锥曲线，这一点可以通过数学推导。圆锥曲线包括椭圆、抛物线和双曲线，其离心率  $e$  的情况分别是 $<1$ 、 $=1$  和 $>1$ 。但是在 Celestia 中，由于种种原因， $=1$  的情况是不被支持的，也就是说，抛物线轨道会呈现错误的形状。因此，我们更主要研究椭圆形和双曲线形轨道，其中椭圆形轨道尤为重要。 $e=0$  时，视轨道为圆。

```

EllipticalOrbit
{
    Period           <数值>
    SemiMajorAxis   <数值>
    PericenterDistance <数值>
    ArgOfPericenter <角度>
    LongOfPericenter <角度>
    MeanAnomaly      <角度>      # 默认值: 0
    MeanLongitude    <角度>
    Eccentricity     <数值>      # 默认值: 0
    Inclination      <角度>      # 默认值: 0.0
    AscendingNode    <角度>      # 默认值: 0.0
    Epoch             <日期>      # 默认值: J2000.0
}

```

Period 是公转周期，单位随天体级别的不同而不同。行星的为年，卫星的为天。

SemiMajorAxis 和 PericenterDistance 二选其一，分别为轨道半长轴和近日 (地) 距离（后者常用于编写抛物线轨道），当两者同时存在时，取轨道半长轴。



ArgOfPericenter 和 LongOfPericenter 二选其一，分别为近日（地）点角距和近日（地）点黄经，同时存在，前者覆盖后者，下同。

MeanAnomaly 和 MeanLongitude 二选其一，分别为平近点角和平黄经。

Eccentricity 为离心率，上文已经较为详细介绍了，默认值为 0。

Inclination 为轨道倾角。

AscendingNode 为升交点（即对地球而言的春分点，轨道平面在这里与赤道面相交）黄经。

Epoch 为历时，即轨道参数所记录的位置状态所对应的时间。

## 八、固定位置 (FixedPosition)

固定位置轨道使天体相对于参考系中心静止。

```
FixedPosition [ <x> <y> <z> ]
```

其中 x、y、z 填写天体在参考系中的坐标。关于恒星和质心运动的天体，单位是天文单位，关于行星，即卫星级的天体，单位为千米，这一点和其他轨道模块相同。

为了方便地写出关于不规则天体静止的物体坐标，Celestia 提供这一替代功能：

```
FixedPosition
{
    Planetographic [ "<经度>" "<纬度>" "<高度>" ]
}
```

这一模块中，经度纬度单位为角度，高度是据上一级天体地表的距离，单位千米。

## 九、自转

Celestia 中自转也给出了多种模块可供选择，这里我们简要地将各个类型加以介绍。

### 1. 自转模块 (UniformRotation)

```
UniformRotation
{
    Period          <数值，单位小时>
    Inclination    <角度>
    AscendingNode  <角度>
    MeridianAngle <角度>
    Epoch          <日期>
}
```

示例：地球自转（默认被 CustomRotation 覆盖）

```
# Overriden by CustomRotation
# UniformRotation
# {
```



```
#    Period      23.93447117
#    Inclination -23.4392911
#    MeridianAngle 280.147
# }
```

自转模块是描述天体自转一种最简单的方式。参数如上，也很好理解，分别是：周期（恒星日，非太阳日）、地轴倾角、升交点黄经、（历时纪元时刻的）子午线角和历时。

## 2. 静止自转 (FixedRotation)

静止自转的天体会和参考系保持相对静止，因此不需要自转周期这一参数，其他与上同。

```
FixedRotation
{
    Inclination      <角度>
    AscendingNode    <角度>
    MeridianAngle   <角度>
}
```

## 3. 进动自转 (PrecessingRotation)

进动自转可以用来描述更加复杂的自转，比如在转动的地球仪下面旋转底座。

```
PrecessingRotation
{
    Period          <数值, 单位小时>
    PrecessionPeriod <数值, 单位年>
    Inclination      <角度>
    AscendingNode    <角度>
    MeridianAngle   <角度>
    Epoch            <日期>
}
```

示例：土卫七的自转

# 土卫七的自转是无序的，我们并不去尝试为精确的自转建模，但用了一个非零的进动率来模拟这种不规则性（翻译自 solarsys.ssc 的注释）。

```
PrecessingRotation
{
    Inclination      61      # 两极倾角测于
    AscendingNode    145      # 旅行者二号到达时的数值
    Period           120      # 五天的最合适周期
    PrecessionPeriod 0.0192    # 七天的进动周期
}
```

与上文相比，仅仅多出一个进动周期 PrecessionPeriod 参数。



除了上文介绍的几种自转之外，还有采样自转（SampledOrientation）、脚本自转（ScriptedRotation）和 SPICE 自转（SpiceRotation），与上文对应的轨道参数类似，但是日常应用很少，不在本文讨论范围，有兴趣的读者可以参考 [Celestia Wikibooks](#)。

## 第五节 天体外观的描述

### 一、贴图纹理

#### 1. 贴图概述

贴图纹理是 Celestia 中天体地貌的描述者，在接下来的叙述中，我们暂且不区分“贴图”和“纹理”两个概念。Celestia 的贴图纹理包括表面纹理（Texture）、夜视光纹理（NightTexture）、反光纹理（SpecularTexture）、法线纹理（NormalMap）、凹凸纹理（BumpMap）、云图（CloudMap）和云法线纹理（CloudNormalMap 这两者放到大气中去说）。此外还有辅助性的叠加纹理（OverlayTexture）和代替表面（Altsurface 模块）

Celestia 中的纹理采用一种简易圆柱投影法，按照等差经纬线在投影上等距的方式，将球投在圆柱上，再将圆柱展开。如图所示：

纹理贴图展开的接缝处，即平面图的左右两个边缘是 180° 经线，对于 Celestia 中所有的纹理都是如此。南北两个极点被展开成为上下边缘。

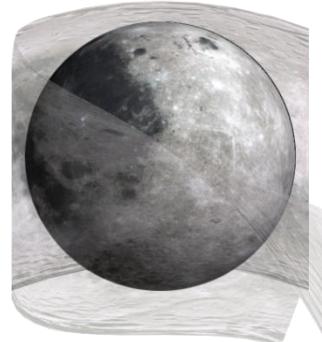
Celestia 支持的贴图纹理格式有 JPG、PNG 和 DDS，对于某些型号的显卡，BMP 的也可能支持，但一般不使用。

最常使用也最推荐的一种格式是 JPG，因为它压缩率高，兼容性好。但是不支持透明。一般适合做表面纹理。

PNG 格式常常用作云层的制作，由于其具有 alpha（透明）通道。PNG 是一种无损且画面还原度高的格式，兼容性也非常好。

DDS（Direct Draw Surface 的缩写，比较不常见，故附上全称），这一文件类型支持几种不同的特定格式。与 Celestia 关系最为紧密的几个格式是 DXT1、DXT3 和 DXT5。DDS 和 JPG、PNG 在很多方面都不同，因为这一格式一般不用于存储图片，而是专门设计给 3D 硬件使用的，它会被直接加载到显卡中。很旧的显卡并不支持 DDS 纹理，因此有少部分人可能无法使用这一格式（目前来说，一般不存在这种情况）。在某些情况下，DDS 的画面质量可能甚至逊于默认压缩质量的 JPG。它的压缩率也不是很高，例如 DXT1 的只有 1:6。

那么为什么使用这种格式？这是因为 DDS 的压缩率即便是在图片加载之后仍在发挥作用。以一张 2048x1024 分辨率的图片为例：存储为 PNG 或 JPG 格式，这张图片并不占据太多磁盘空间（JPG 的大概有 200kB，PNG 的大概有 1~2MB），但是一旦加载到内存，这两种类型的图片就会“膨胀”到  $长度 \times 宽度 \times 3 \text{ 字节每像素} = 6\text{MB}$ 。而一个 DDS 图像只需其 1/6 的大小，不光光在硬盘，在内存上的表现也始终如一。因此你就可以使用更多更清晰的贴图





纹理而无需牺牲性能。此外，DDS 格式不需要 CPU 对其进行解码，因此加载速度也更快。这对于尚未加载纹理的天体和 Vt 纹理来说是十分重要的。

由于 DDS 相对质量低，它不适合做法线纹理。但是 Nvidia 有一套使用 DXT5 制作法线纹理的方案，在 Celestia 中叫做 DXT5nm 格式，可以解决这个问题。

DDS 文件通常包含几个贴图，称为“mip 图 (mipmap(s))”，它们的分辨率较原图低，由 DDS 合成软件自动创建。显卡会根据物体显示的大小，从中挑选最合适的 mip 图，从而减少需要渲染的纹理像素，进而提升帧速率。

除了三种基本的文件类型之外，Celestia 为了处理更大的特写贴图纹理（比如放大后能看到河流的那种），采用了一种称为 Virtual Textures（直译为“虚拟纹理”，缩写 vt）的技术，这项技术会大大节约解码图片的时间以及内存占用。Vt 纹理索引文件扩展名为 ctx，指向一个保存有图片文件的文件夹。这一文件夹将贴图纹理按照不同的尺寸级别分为 level 0~12，level 0 只包含两张图片，显示整个天体的地貌特征；level 12 则可能有成千上万的特写贴图。Virtual Textures 的制作相对复杂。欲知详情可参阅 Celestia MotherLode : Documentation 来获得教程和代码资源。Virtual Textures 的局限是：只支持球面天体的表面显示。

在下载贴图纹理时，我们经常看到诸如 1k、2k 等说法，在前面我们也简单介绍了一些。这些数字指的就是贴图的分辨率。分辨率是一张图片横宽和纵高的组成像素数，数值越大纹理越清晰，也包含越多的细节，特写镜头也会更加清晰。

所谓 1k 是指 1024x512 像素的分辨率，2k 为 2048x1024，4k 位 4096x2048……以此类推。

和大多数图形应用（比如，游戏）一样，Celestia 只支持 2 的 n 次方形式的分辨率。至于不符合这项要求的纹理，对于大多数显卡是无法加载的，因此 Celestia 会对这样的纹理自动压缩，以至损失细节。

贴图纹理通常存放在 textures\lores 或 medres 或 hires，lores 是 low resolution 的缩写，即低分辨率，medres 是 medium resolution 中分辨率，hires 是 high resolution 高分辨率。在制作插件的过程中，管理这三个文件夹中的文件是自己的事，如果您在制作过程中只需一套分辨率的纹理，那么把这些纹理都保存在一个文件夹就可以了。但是在调试过程中，往往需要多个分辨率的同一张纹理，那么就可以按照上述规则，按照分辨率分别存至三个文件夹中。Celestia 对于贴图纹理的加载规则是：优先加载用户设定的分辨率级别（在“渲染>纹理分辨率”菜单中设置），如，用户当前设置纹理清晰度为“中”，那么 Celestia 就会优先加载 medres 文件夹中的文件。如果没有找到所需的文件，就会到 lores 中搜索更低分辨率的是否存在，如果仍然没有找到，就搜索 hires 文件夹。因此，在这三个文件夹中保存多大分辨率的纹理完全由插件制作者决定，你的存放规则可以是 1k、2k、4k，也可以是 2k、4k、8k。

## 2. 表面纹理

下面是默认的地球表面纹理（中等质量）：



木卫二欧罗巴（中等质量）：



我们会看见，上面那张地球图片中大陆部分是透明的，镂空的。换句话说，这张 PNG 纹理包含一个 alpha（透明）通道。Celestia 中，表面纹理如果包含 alpha 通道，就会被当做反光纹理来处理——也就是说，透过镂空部分，我们可以看见地球的地形，而这个图片，则会以反光的海洋形式叠到地形上。这是 Celestia 中极为特殊的一个例子，故我们不去研究（平时基本用不上，只会添麻烦）。

我们一般遇到的表面纹理是下面（木卫二）这种，所见即所得。

熟悉 3D 建模的朋友可以将表面纹理理解为 3D 建模中常常看见的漫反射贴图。

表面纹理使用规则如下，顺便给出同样描述漫反射颜色的颜色参数：

Texture “文件名”

示例：Texture “earth.png”

“”务必为英语输入状态下的双撇号，文件名可以使用通配符（即用\*代表大于等于零个字符），下同。



Color [ R G B ]

颜色参数用来描述（当缩放成一个点时）远景天体的颜色，以及未添加表面纹理的天体颜色。

### 3. 夜视光纹理

“夜视光”这个词来自 Celestia 中文译者的翻译，指的是地球背面的城市光点。这种类型的贴图除了用来表现城市光点外，也常常用来表现大火、岩浆、极光等现象。这类纹理类型的特点是自发光，只在天体无光的一面显示。

NightTexture “文件名”

### 4. 反光纹理

反光纹理控制高光显示区域，结合反射强度（或是说光泽度）、反射颜色参数使用。在这一类型纹理中，白色表示显示高光区域，黑色则全部为漫反射的无光斑效果。反光纹理非常适合表现地球的海洋反光。

这一功能仅在 OpenGL 顶点程序和更高的渲染通道中可见，想要看到这一效果，显卡至少支持 OpenGL 1.4（一般来说，都能看到这个效果）。

SpecularTexture “文件名”

SpecularColor [ R G B ] #反光颜色

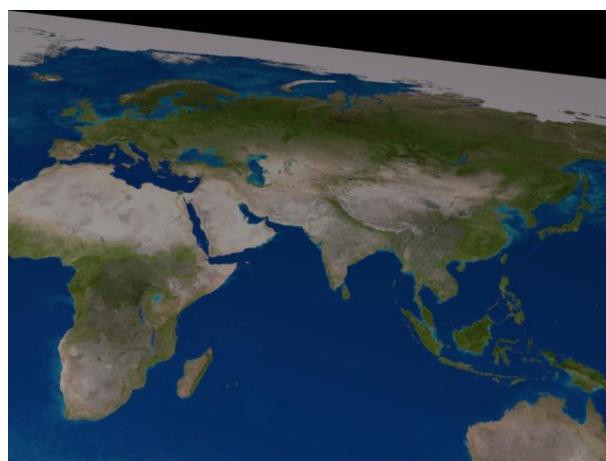
SpecularPower 25.0 #反光强度（数值越大，反光越集中，即高光越明显，数值越小，反光越发散，但是整个天体都会更亮）

### 5. 法线纹理

法线纹理 (Normal Map) 当中的“normal”一词常常被人误解——事实上，在这个语境中，normal 不是正常的意思，而是数学和物理上“法向”的概念。法线在图形显示领域是定义面或定点指向方向的向量，法线的方向指示了面或定点的前方或外曲面。法线纹理包含了天体各点的斜率和高度信息，可以向低分辨率模型添加高分辨率细节，它将模型本该具有的细节定义在了图片上。但是法线纹理只能给物体打上更为细腻的阴影（比如让山看上去有起伏感），不能改变物体的实际形状（比如放大之后您会很失望地发现远景看上去像是山的东西，近景仍然是面片一张）。

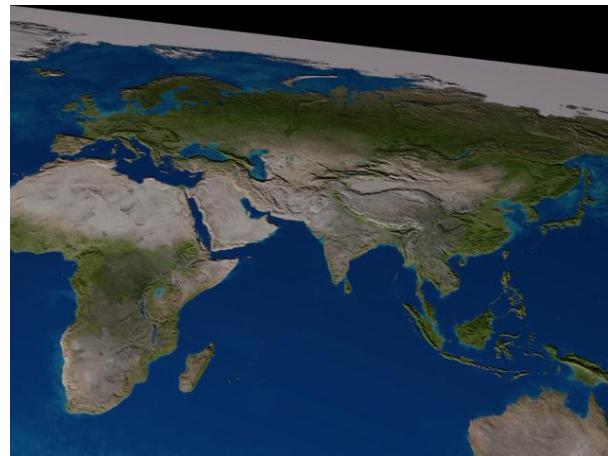
下面是使用 3Ds Max 2010 渲染的几张静帧，会有助于理解。

没有法线效果：

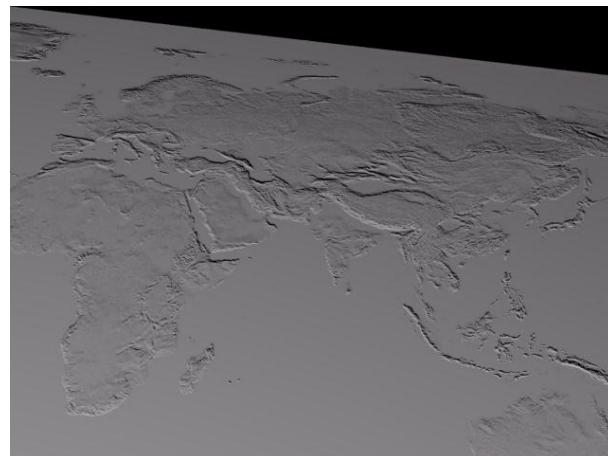




加上法线效果，可以看到山脉的起伏效果：



只有法线效果：



法线纹理仍然具有三个通道，红 R 绿 G 蓝 B。红色通道编码法线方向的左右轴，绿色通道编码上下轴，蓝色则是垂直深度信息（即包含后文介绍的凹凸纹理的信息）。

法线纹理需要专业工具进行创建。Fridger Schrempp 博士，Celestia 开发者之一制作了相关的纹理创建工具（一个命令行程序），可以在 Celestial Matters 上找到。Nvidia 的 Photoshop 插件也提供了相关功能。3D 建模软件 Autodesk 3Ds Max 和 Blender 也提供这一功能。

同样，这一功能仅在 OpenGL 顶点程序或是更高的渲染通道中可见。

```
NormalMap "文件名"
```

## 6. 凹凸纹理

凹凸纹理和法线纹理具有相同作用，但是不如法线纹理。很简单的道理是：法线纹理用三个通道去表现斜率和高度信息，而凹凸纹理只用一个通道表现高度。在 Celestia 中，凹凸纹理会在后台自动转换成法线纹理，然后才会被使用。



凹凸纹理为灰度图片，黑色表示最低处，白色表示最高处。谨记在心：凹凸纹理不是简简单单的一份表面纹理的黑白拷贝，凹凸纹理的灰阶表示高度信息，而表面纹理的灰阶反映的是在阳光照射下山脉的阴影以及由于地表不同部分反射率不同所造成的差异。

这一功能仅在 OpenGL 顶点程序或是更高的渲染通道中可见。

凹凸纹理还要结合凹凸高度参数才能正常工作。

```
BumpMap      "文件名"
BumpHeight   <数值>
```

## 7. 叠加纹理

叠加纹理会将一张贴图纹理叠加在天体表面。这一参数常用于“知识所限 (limit of knowledge)”纹理的添加（即将人类未探知的天体部分用灰色挡上），或是经纬网、国界线一类的辅助性纹理。

```
OverlayTexture "文件名"
```

## 8. 代替表面

代替表面纹理是以单个对象的形式出现的，类似于一种 class 类别，也就是说，它的地位与一段描述天体的 SSC 是对等的，写在对象定义之外（即写在两个“{}”之外，独立成段）。代替表面可以用于编写插件（直接书写，无需重新定义这一天体），提供更清晰纹理解决方案。

```
AltSurface "代替表面名称" "天体路径/名称"
{
    代替的纹理参数名      "文件名"
}
```

其中，代替的纹理参数名可以是上文中介绍的任何一个纹理参数名，一个代替表面可以代替多个表面纹理。

示例：

```
AltSurface "limit of knowledge" "Sol/Uranus/Ariel"
{
    Texture "ariel.*"
    OverlayTexture "ariel-lok-mask.png"
}
```

## 二、行星环

行星环模块比较容易编写，需要注意的是，Celestia 中的行星环只能位于赤道上方。这既是一个局限，但也不失为一个科学的约束。

```
Rings {
    Inner      <数值>      # 环内边缘高度，单位：千米
    Outer      <数值>      # 环外边缘高度，单位：千米
```



```
    Texture      "文件名"  # 与上文纹理文件添加规则一致  
}
```

星环纹理为行星环的径向截线，左侧为内圈，右侧为外圈。

### 三、大气层

大气层模块描述天体的大气外观。示例（地球大气）：

```
Atmosphere {  
    Height          60  
    Lower           [ 0.43 0.52 0.65 ]  
    Upper           [ 0.26 0.47 0.84 ]  
    Sky             [ 0.40 0.6 1.0 ]  
    Sunset          [ 1.0 0.6 0.2 ]  
  
    CloudHeight     7  
    CloudSpeed      65  
    CloudMap         "earth-clouds.*"  
    CloudShadowDepth 1.0  
  
    Mie              0.001  
    MieAsymmetry    -0.25  
    Rayleigh         [ 0.001 0.0025 0.006 ]  
    MieScaleHeight   12  
}
```

#### 1. 颜色大气参数

颜色大气参数是默认的大气模块参数体系。它通过定义大气各层次的颜色来描述大气的外观，具有编写容易、加载速度快以及可以在绝大多数硬件上运行的优点，但是缺点也很明显，这种参数体系不基于物理，缺乏物理意义的参数使得渲染出的结果不尽如人意，显得生硬、单调。

但是对于（几乎）所有的大气层来说（除非您不需要稠密的带天空的大气层，而只需要云），这一系列参数必不可少。因为在不支持更高级的大气显示方式时，Celestia 会采用这种大气参数。

```
Atmosphere {  
    Height          <数值>          # 高度，单位：千米  
    Lower           [ R G B ]        # 近地大气颜色  
    Upper           [ R G B ]        # 高空大气颜色  
    Sky             [ R G B ]        # 天空颜色  
    Sunset          [ R G B ]        # 落日颜色  
}
```

#### 2. 云层



云图反映了一个天体的云层外貌，一般使用 PNG 格式，因为云层纹理有透明度的需要。而云法线纹理表现了云层的凹凸，性质与上文的法线纹理类似。

CloudHeight	<数值>	# 云层高度，单位：千米
CloudSpeed	<数值>	# 云层速度（以地面为参考系），单位：千米每小时
CloudMap	“文件名”	# 云图
CloudNormalMap	“文件名”	# 云法线纹理
CloudShadowDepth	<数值>	# 云影深度（只在 OpenGL 2.0 或更高的渲染通道中显示云影）

云层速度需要特殊说明一下，它是相对于地面而言的。而且需要注意：当使用 Virtual Texture（以及其他高分辨率纹理，但是因显卡而异）时，这一参数必须设置为 0，否则就会出现拖影。

### 3. 大气散射参数

大气散射参数是一种比较高级的大气参数，可以提供更加逼真的大气渲染效果。

这一参数体系我们在延伸阅读中会有详尽的介绍。

### 4. 雾气

雾气的显示对于显卡也有着较高的要求，它只在 Nvidia 的某些显卡上才可以工作。通常这一参数不写入大气模块，但是作为描述雾气效果的参数，我们在这个位置加以介绍：

HazeColor	[ R G B ]	# 雾气颜色
HazeDensity	<数值>	# 雾气浓度，参数范围 0~1

## 四、自发光

自发光的天体没有阴影效果，整个天体呈现发光的外观，常用于热木星的制作。

Emissive True or False

Emissive 参数值类型为真或假，默认值为假。

## 延伸阅读 大气散射详解

以下是笔者在编写这本教程过程中，翻译整理的一份有关于大气散射的资料，前后编写时间、篇幅都比较长，也相对成形一些（原文档有 42 页之多，并且有排版），因此这部分版面占用较大，望读者原谅。为避免喧宾夺主，部分内容移至附录。（编注）

# 大气散射详解

By: hanghang0713

大气散射参数一直是 Celestia 的一个谜，一方面因为物理学这一分支的资料在互联网上比较匮乏，缺少深入浅出的解释；另一方面是由于官方没有将这些参数在供插件开发者阅读的资料中做出详解。笔者经多方查证（如果笔者是大学生的话，这一过程或许会更为容易），终于获得了关于大气散射的部分资料。又辗转于官方论坛，找到了 2010 年时，Chris Laurel 先生（项目发起者和主要开发者）开发这一特性时与坛友的一些讨论。下作以整理与翻译。笔者不精物理，不通光学，时间有限，未能晓其大意，冒昧如斯，望读者恕在下翻译不利，献丑献丑！凡关键之处英文原文，予以注释。本文，旨在让诸位同仁明白大气散射参数的大体意义和原理，对其持有一个正确和科学的看法；而不是通过盲目地反复实践，得出不具有指导性的经验。很抱歉不能使读者透彻了解，欲知详情，可自学大气科学、物理光学和量子力学等学科的专业知识。



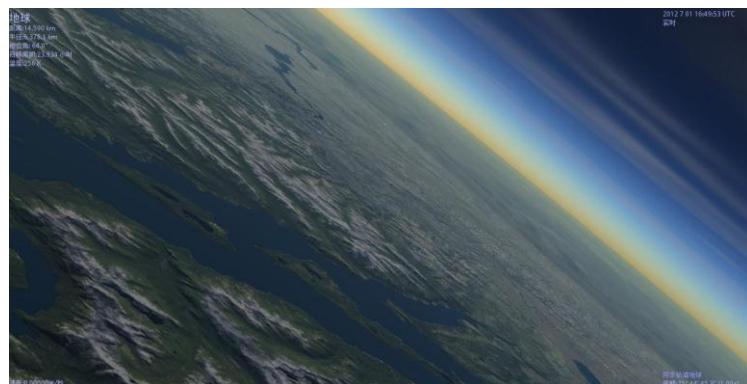
感谢南京大学洞哥 (@shany08 ) 对相关物理知识的整理与提供，本文档由 hanghang0713 编写，文本内容适用于 Creative Commons 署名-非商业用途-保持一致 3.0 版本协议。2014 年 3 月 1 日星期六。

2014 年 7 月 4 日星期五修订。

## 1. 大气散射功能特点

在 Celestia 早期版本中是没有大气散射参数存在的，之前的大气一直使用的是颜色参数。颜色参数虽然能够模拟大气层的样式，包括天空的颜色和晨昏的霞光，但是其效果非常一般，大气层的行为（如随视角变化而出现效果变化）也比较单调。1.5.0 后的版本加入了大气散射功能，这使得 Celestia 中的大气效果变得真实、科学、美观。

近景大气接近于航空照片，霞光不再限于晨昏处，更显真实。



远景大气使地球的整体效果大为改善，大气层终于开始有稠密的感觉。



地球光照效果更为自然，回光返照现象更为明显。图中我们可以看到，远景的地球大气如彩虹般美丽，这个效果与真实情况相差无几。



大气行为更加复杂，如土卫六的大气，在不同的观测角度效果不同，顺光为通透的紫色，逆光则变成了浓稠的淡棕色，并能够看





见背面被大气照亮。

但是大气散射参数只能被 OpenGL2.0 渲染通道支持，这就需要显卡必须支持 OpenGL2.0。而当显卡不支持散射参数时，普通的颜色参数就会被启用。也就是说，Celestia 优先渲染散射大气，颜色参数大气次之，但仅有其中一者能够被启用。

## 2. 大气散射参数

```
MieScaleHeight      <数值>
Rayleigh           [<数值> <数值> <数值>] # 注意这里不是 R、G 和 B!
Mie                 <数值>
Absorption         [<数值> <数值> <数值>] # 一样不是 RGB
MieAsymmetry       <数值>

示例，土卫六大气散射参数：
MieScaleHeight     220.0
Rayleigh           [ 0.0 0.0 0.00017 ]
Mie                 0.0001
Absorption         [ 0.000075 0.00030 0.00025 ]
MieAsymmetry       -0.55
```

含义如下：

**MieScaleHeight:** 米氏散射胶体粒子大气标高，单位 km。

**Rayleigh:** 瑞利散射系数，方括号中的数值分别对应三个波长——680nm、550nm 和 440nm。瑞利散射系数的单位都是  $m^{-1}$ 。

**Mie:** 米氏散射系数，单位  $m^{-1}$ 。

**Absorption:** 消光系数，方括号中的数值和 Rayleigh 一样亦分别对应三个波长（光谱上的红绿蓝）——680nm、550nm 和 440nm。单位  $m^{-1}$ 。

**MieAsymmetry:** 米氏散射不对称参数，即参数 g。

## 3. 大气散射物理原理

光在介质中与物质微粒相互作用，因而传播方向发生改变，这种现象叫做光的散射 (scattering of light)。天空颜色在落日时分的变化（太阳附近呈红色，远处呈蓝色）就是由比可见光波长更小的气体粒子发生了瑞利散射而造成的。而阴沉天气中灰蒙蒙的天空是由米氏散射造成的，空气中发生散射的小液滴直径与可见光波长相当。

散射光强 I 的关系，由下式给出：

$$I = I_0 \left( \frac{1 + \cos^2 \theta}{2R^2} \right) \left( \frac{2\pi}{\lambda} \right)^4 \left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2 \left( \frac{d}{2} \right)^6$$

其中：

$I_0$  – 散射前的初始光强

R – 观测者与粒子的距离

$\theta$  – 散射角

n – 粒子折射率

d – 粒子直径

### 1) 瑞利散射

瑞利 (L. Rayleigh)，英国物理学家，获 1904 年诺贝尔物理学奖。

瑞利散射是指散射粒子粒子线度比波长小得多的粒子对光波的散射，适用于孤立原子或分子散射，也适用于均匀纯净介质的密度起伏导致的散射。

### TIPS :

胶体是分散系（一种或多种物质分散在另一种或多种物质中得到的体系）的一种，其分散质粒子被称为“胶体粒子”，直径介于溶质粒子和浊液粒子之间，为 1~100nm ( 纳米 )。



根据电磁理论，在光波电场  $E(t) = E_0 \cdot \exp(-i\omega t)$  作用下，介质中单个电偶极子的瞬时电偶极矩  $p = p_0 \cdot \exp(-i\omega t)$  所辐射的次级波的功率为

$$P = \frac{\omega^4 p_0^2}{12\pi\epsilon_0 c^3}$$

由此式可知，式中电偶极矩为

$$p_0 = \frac{e^2 E_0}{m_e(\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega)}$$

设单位体积内有  $N$  个独立散射粒子，显然，总的电偶极子辐射功率为  $NP$ ，它相当于入射光波能量（坡印亭矢量的大小  $S = E_0^2 \epsilon_0 c / 2$ ）随距离的减少率  $dS/dz$ ，

$$\frac{dS}{dz} = -NP = -\frac{N\omega^4}{6\pi c^4} \left[ \frac{e^2}{\epsilon_0 m_e (\omega_0^2 - \omega^2 + i\gamma\omega)} \right]^2 S = -\frac{N\omega^4 \alpha^2}{6\pi c^4} S$$

上述方程的解为

$$S = S_0 \exp\left(-\frac{N\omega^4 \alpha^2 z}{6\pi c^4}\right) = S_0 \exp\left(-\frac{z}{z_0}\right)$$

式中，

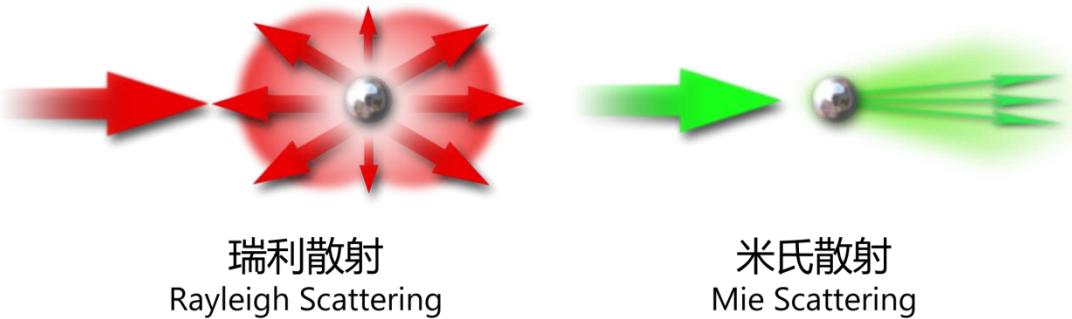
$$z_0 = \frac{6\pi c^4}{N\omega^4 \alpha^2}$$

为瑞利散射导致光能量衰减至  $1/e$  的距离，称衰减距离。由式  $z_0 = \frac{6\pi c^4}{N\omega^4 \alpha^2}$ ，可见独立散射粒子对光波的散射程度与光波频率的四次方成正比，蓝光比红光的散射光强约强 10 倍。天空呈现蓝色，是由于大气分子对蓝光散射较强，落日和曙日的红色是由于这时通过较厚的大气层，使蓝光散射掉较多，而余下红光部分。光纤通信的载波为红外线，极有利于减少载波在光纤中传播时，因光的散射导致的损耗。

在 Celestia 应用中，我们更常用到的是波长。波长与频率成反比，独立散射粒子对光波的散射程度与光波频率的四次方成正比，因此，独立散射粒子对光波的散射程度与光波波长的四次方成反比。

## 2) 米氏散射

米氏散射与瑞利散射之区别在于散射微粒较大，可与光波长相比。米氏（Mie）用麦克斯韦方程计算的结果，表明当微粒很小时，属于瑞利散射，向前方散射的成份与向后方的形成对称的形式（见下图左），但微粒大小接近波长时，向前的散射成份越来越多，而向后散射相对地减少，这就是所谓的米氏散射效应（见下图右）。此外对各方向有若干极大与极小，还可求得各方向散射光的偏振度。米氏散射理论在大气光学中占据重要地位，例如，米氏散射应用于研究大气中的雾滴分布，是人工降雨的理论依据。



笔者在整理这部分时，恍然大悟米氏散射可以解释丁达尔效应（胶体的一种特殊性质，您可以看到穿过胶体的光柱。比如雨后的森林，阳光从树叶间透出，形成一个个光柱。这种特性是无法在溶液中看到的，因此被视作判断胶体的常用方法）是怎么一回事。聪明的读者，你意识到了吗？

## 3) 大气标高

大气标高（scale height）又称特性高、尺度高、标尺高和比高。是一长度，可用来比较同一物理量在不同环境的减少率。如果一个物理量每经过一段距离  $H$ ，其值就减少为原值的  $1/e$ ，长度  $H$  就成为标高，标高越大，改变的幅度越小。标高常用于大气科学领域。

## 4) 常见可见光波长对照表

光的颜色	红	橙	黄	绿	青	蓝	紫
波长/nm	760~630	630~600	600~570	570~500	500~450	450~430	430~400
频率/ $10^{14}$ Hz	3.9~4.8	4.8~5.0	5.0~5.3	5.3~6.0	6.0~6.7	6.7~7.0	7.0~7.5

表中数据仅供参考。人类对色彩的感知受多方面因素影响，不同个体对色彩的感受有着或大或小的差异。上表仅仅是对一个特定人群进行调查获得的平均水平。

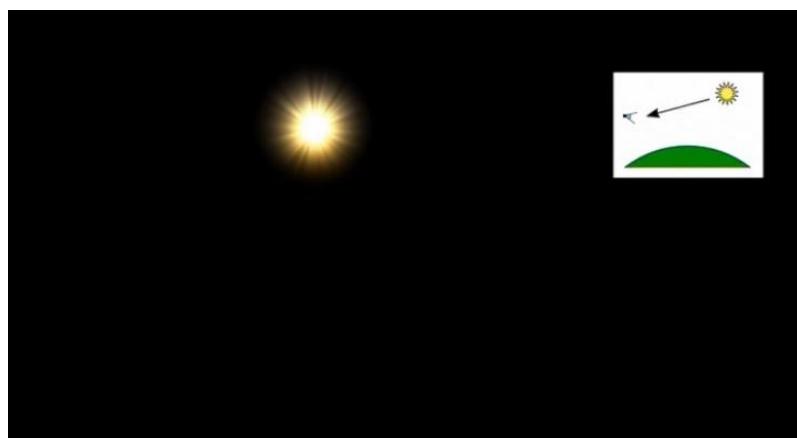
表格颜色也仅仅是一种美术排版上的设计，选取了比较柔和的颜色，与这一颜色的实际色觉无关。

#### 4. 大气散射的图形显示概述

大气散射在3D图形显示领域并不是一个新课题，其研究可追溯至本世纪初甚至更早。这项研究的意义不言而喻：游戏开发需要逼真的自然景物渲染，一些科教类3D应用（如Celestia）也需要这种东西。大气散射的相关方程包含大量积分运算，这使得精确计算几乎不可能，但好在我们有很多处理数据的近似方法。

Chris Laurel先生在编写大气散射功能时，Eric Bruneton的工作成为了主要参考。Eric Bruneton曾经参加过一个项目，研究如何渲染逼真的自然景物，如海洋、森林，当然也包括大气。这一研究成果可以通过<http://evasion.inrialpes.fr/~Eric.Bruneton/>访问。Eric Bruneton展示了一种全新的，也很精确的方法实时渲染散射大气效果——观者可以从任意一点，任意一个方向对大气层进行观察，毫无死角。包括从地表的定点观测到太空漫游，且将米氏和瑞利散射充分考虑。这种方法可以制造多种散射光的高级效果，例如晨光和黄昏、天空颜色和全景空中透视效果，以及光源或大气层内部的地球阴影和山川投影。

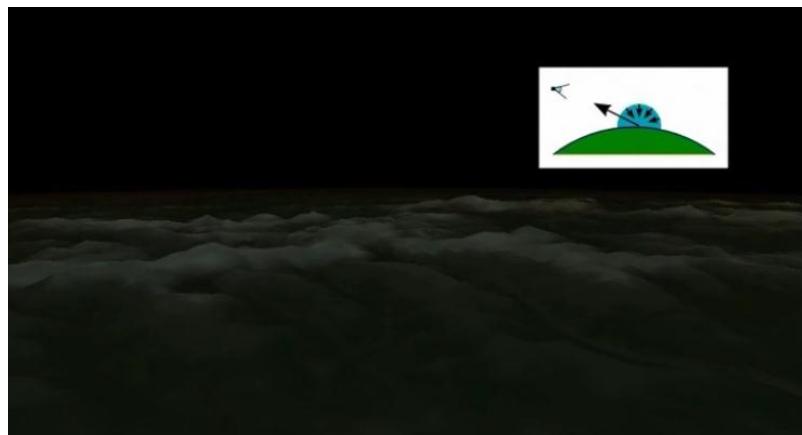
下面是Eric Bruneton提供的视频里的片段，对于理解大气散射渲染极有帮助。



效果分解：太阳直射光



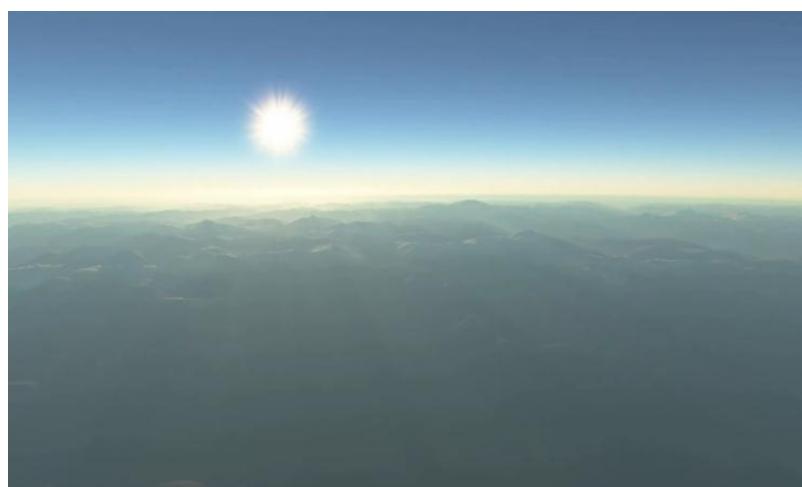
效果分解：反射太阳光



效果分解：反射天光（skylight）



效果分解：散射光（单次散射+多重散射）



### 整体效果

值得注意的是上文中的“天光”非字典里“天光”的解释。这里的“天光”指的是蓝色天空将地面照亮的现象，准确地说，由于大气散射作用，整个天空都被照亮，天空就是一个巨大的光源，来自天空中非阳光直射的光，就是这里所说的天光。

学过美术的朋友知道，一个物体最暗的地方并不是它的背面，而是明暗交界线处和物体的投影。这是初学美术的人必须要遵守的一条铁律，虽说实际情况可能复杂得多，这一结论也并不绝对。当然，在画室环境下的石膏，和地球上的山脉都符合这个美术原理。这个看似反常的现象也有着合理的解释：在画室里，石膏常常被白色衬布来衬托，而衬布在光源的照射下会反射光源，投到物体背面，将物体背面照亮。在户外，蓝天充当了这个角色。大气层由于散射作用将光投到了山脉的背面。但是在太空中，这个结论就不见得那么准确了。在一些行星，如水星，表面的唯一光源就是太阳，因此背光处可以说是绝对黑暗的。这对于一些没有大气的行星尤为如此。而我们有时看到月球的背面会被照亮，这就是另外一个问题了，充当“衬布”角色的是行星，这个现象在天文学上称为“行星照”。



光柱演示（应该是一种丁达尔效应，与米氏大气散射有关）



单次散射 (single scattering, 左) 和多重散射 (multiple scattering, 右) 对比图



### Earth shadow

[SFE07]  
no view-sun angle  
-> no shadow

Our method  
with view-sun angle  
-> shadow ok

地球阴影：左为旧有方法，不考虑观者与太阳的角度，导致没有考虑地球阴影。右为新方法，考虑观者与太阳的角度，可以看到日落时地球投射在大气层上的阴影，使得大气层渲染图像对比度有所提升，也更加逼真。



全景空中透视，大气层效果随高度变化。



宏观效果（图像经过裁剪）

## 5. Celestia 的大气散射渲染开发（见附录）

### 6. 大气散射参数对大气渲染的效果

MieScaleHeight，米氏散射胶体粒子大气标高，这个参数控制着大气中米氏散射粒子的高度，也就是大气中的胶体粒子的高度，会影响到大气的层次效果，也对局部大气的颜色具有修正作用。根据刚才对于大气标高的简介，我们可以粗略计算大气中的胶体粒子在各个高度处的不同。

Rayleigh，瑞利散射系数，这个参数决定大气层的颜色。三个数值各标记着大气层对红、绿、蓝三种光所对应的波长的散射作用。

Mie，米氏散射系数，决定着大气中胶体粒子的多寡，及其对光的散射作用强弱。这个参数会影响大气的通透度和亮度，对于修正瑞利散射参数的颜色起作用。

Absorption，消光系数，指大气层对于红绿蓝三种色光对应波长的削弱作用强弱。同样会影响到大气层的颜色。

MieAsymmetry，米氏散射不对称性参数。我们知道，米氏散射导致了胶体分散系中的丁达尔效应。对于胶体中的观察者来讲，同样会看到光柱效果。而在 Celestia 中表现的则更多的是太阳边缘的光晕。注意观察天空，我们会发现，太阳周围的天空要比其他地方更亮，这一参数就会影响这个区域的范围。

上述参数中，参数值需包含“[ ]”的，都会影响到大气层的颜色。有关米氏散射的参数都会影响到大气层的细节效果与行为。

可见，我们的大气是由于分子和胶粒对光的共同作用才呈现出如此复杂与美丽的景象的。



# 第四章 插件制作实践

上一章中我们系统地介绍了 SSC。但是真正成就一个插件的还是不断地实践。上一章更重要的意义还是在于参考，真正的渗透与领悟仍需要读者自己去做。

## 第一节 行星系制作概要

在 Celestia 的种种插件中，行星系最为基础和重要。行星系的复杂程度不一，不同的行星系可以体现不同的技术特点。行星系的制作又多看纹理的制作水平。一个好的行星插件，应该是“精致的”——可以让一个刚刚接触的人去“开拓”。如果你的行星系模型具有探索性，那么就可以说是相当成功的了。行星系的制作不光是一个美术工程，比美术更重要的是其科学性。行星系制作者应力保数据之准确。即便有想象成分，也要合理，并且处在物理学的框架之内。

行星系的工作流程也因情况而异。有些行星系在 Celestia 中已经给出，所做的工作将会是修正和美化，这主要就靠核心的 SSC 中进行的 Modify 工作了。而有些行星系是刚刚发现的，或者是完全不存在的，比如电影《阿凡达》中的那个行星系，这就需要我们从头开始，从扩展 STC 恒星数据开始，一步一步建立整个系统。

所以，让我们先从 STC 说起。

### 一、恒星的放置——STC 简介

STC, Star Catalog, 恒星目录的缩写，是 Celestia 用于存放少数恒星的文件（绝大多数的恒星都写在了 dat 文件，因为 STC 文件为文本，占用空间大，效率不高），这些恒星通常都是双星系统或是拥有行星的。

我们之所以把它放在一节中而不单独成章，是因为 STC 与 SSC 基本内容是相似的。

STC 文件可以使用一般的文本编辑器去创建，通常要求：一，每段恒星定义，或是说一段 STC 都必须符合其语法规则并写在花括号内（和 SSC 的规矩相似），否则 Celestia 会忽略整段定义。二，每个 STC 文件必须在结尾另起一行，否则不会被运行（这个是早期官方文档给出的教条，随着版本更新，这一特性或许已经改进，但出于谨慎，还是请大家谨记这条）。

下面是一则规范的 STC：

```
#####
# 注释
#####
# HIP 500000
# HIP 编号 和/或 "恒星名称"
{
    OrbitBarycenter "质心名称"      # 将恒星或质心放到这个质心下，根据需要可选
    RA                100.00          # 赤经，单位：度
    Dec               45.00           # 赤纬，单位：度
    Distance          1000            # 距离，单位：光年
    SpectralType     "A0V"           # 光谱型
    AbsMag            30              # 绝对星等，也可以用 AppMag（地球观测）视星等代替
    Radius             1250000         # 半径，单位：千米
    EllipticalOrbit                         # 关于质心的轨道参数
    {
        Period 90.00          # 周期，单位：年
    }
}
```



```
SemiMajorAxis 100.00          # 轨道半长轴, 单位: 天文单位
Eccentricity 0.1              # 离心率
Inclination 80.00             # 轨道倾角
AscendingNode 70.00            # 升交点黄经
ArgOfPericenter 10.00          # 近点角距
MeanAnomaly 150.00             # 平近点角
Epoch                         # 历时
}
SemiAxes           [1 0.85 1]    # 半轴
Mesh                "文件名"      # 恒星的 3D 模型
Texture              "文件名"      # 恒星纹理
RotationPeriod       480          # 自转周期, 单位: 小时
Obliquity           3.3947       # 自转轴倾角
EquatorAscendingNode 325         # 升交点赤经
RotationOffset        280.5        # 自转偏移, 单位: 度
PrecessionRate       48.98        # 进动率, 单位: 弧度/天
Orientation          [180 1 0 0]    # 方向
}

<另起一行>
```

其中一些参数, 如自转, 是在以往的 Celestia 版本比较常见的。前面我们介绍的 1.6.1 的诸多模块, 如自转、轨道, 都可以加进来。前文我们简单提到了质心 (Barycenter), 在 STC 中经常用到 (不光可以定义行星级质心, 也可以定义恒星级质心)。质心定义一个不显示任何对象但可以被选中的点, 它有位置和运动, 但是没有外观。其他天体可以通过轨道的编写束缚到质心, 绕质心运动。读者可以参考冥王星-冥卫一系统的 SSC (写在 solarsys.ssc)。

下面是一段真正可以运行的 STC 范例 (nearstars.stc, 天狼星双星系统), 读者可以在其基础上进行修改, 构建自己的恒星。

```
Barycenter 32349 "Sirius:Alhabor:ALF CMa:9 CMa:Gliese 244:ADS 5423"
{
    RA 101.287083
    Dec -16.716111
    Distance 8.583
}

"Sirius A:Alhabor A:ALF CMa A:9 CMa A:Gliese 244 A:ADS 5423 A"
{
    OrbitBarycenter "Sirius"
    SpectralType "A1V"
    AppMag -1.43

    EllipticalOrbit {          # fully specified orientation
        Period      50.09
        SemiMajorAxis 6.73   # mass ratio 1.99:1.03
        Eccentricity 0.5923
        Inclination 97.51
        AscendingNode 161.33
        ArgOfPericenter 4.56
        MeanAnomaly 40.89
    }
}

"Sirius B:Alhabor B:ALF CMa B:9 CMa B:Gliese 244 B:ADS 5423 B"
{
    OrbitBarycenter "Sirius"
    SpectralType "DA2"
```

AppMag 8.44

```

EllipticalOrbit {           # fully specified orientation
    Period      50.09
    SemiMajorAxis 13.00 # mass ratio 1.99:1.03
    Eccentricity 0.592
    Inclination 97.51
    AscendingNode 161.33
    ArgOfPericenter 184.56
    MeanAnomaly   40.89
}
}

```

注意上文中第一行，HIP 编号写在了 Barycenter 的后面。此处的恒星名定义是很特别的，与 SSC 有所不同。

## 二、行星的编写——SSC 实战

在写完 STC 后，我们要建立一个和其存放在同一目录的（这么做是为了方便插件打包和纹理、模型的存放）SSC，用于添加行星。同时，如果后面您还要为行星设计纹理的话，请在 stc、ssc 文件存放处增加 textures 文件夹，并在文件夹里建立 lores、medres 和/或 hires 文件夹（这是经常被忘记的）。如果有模型存放需求的话，可以新建 models 文件夹。以上这些文件和文件夹可以直接建立在插件文件夹 extras 中，但是强烈建议建立一个独立文件夹，专门存放这个插件，以免混淆。

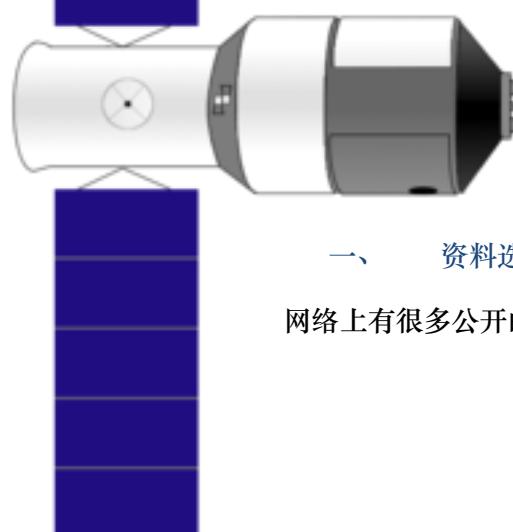
SSC 数据可以来自于真实数据，关于地外行星的轨道数据，维基百科中会有相对权威准确的数值，查询也比较方便容易。SSC 也可以使用虚构的数据，但前提还是必须符合物理学原理。请读者持有一颗求实之心，在写下轨道之前，利用开普勒三定律或更直接地用牛顿万有引力定律计算一下轨道的合理性。

读者在自己尝试编写过程中，可以先以一段较为完备的 SSC 为范本，在其基础上做出修改。前几章的内容会为您提供参考，提示您编写的规范性和准确性。

## 三、后续工作

建立完整整个系统，便是进入 Celestia 看看它可不可以运行了。后面我们会陆续介绍一些调试插件的技巧，可以帮助读者更有效地制作。大体框架完成之后，还要美化这些天体。这就需要纹理的制作，以及大气效果的评估了（大气能够存留什么气体，这些气体组成的大气的颜色如何）。前者后文也会集中介绍一些技巧，后者则需要参考太阳系数据，或是依靠坚实的物理功底进行理论计算。

## 第二节 航天器的制作



航天器的制作其实是插件制作之中比较高级的部分。其复杂之处主要在于模型选取或是制作，而 SSC 的编写则是所有类型插件之中相对简单的。好的 3D 模型的制作需要深厚的功底，但是 3D 建模软件并非难以上手。下面，我们就来通过制作天宫一号来了解一下 Celestia 中航天器的制作。

### 一、资料选取

网络上有很多公开的数据和图片资料可供选取，这里笔者推荐维基百科。



页面左侧就是维基百科提供的天宫俯视图。这将会是建模的主要参照。由于航天器的结构特点，往往只有俯视图就足够建出一个不错的模型了。当然我们也需要参照其他直观图资料，比如笔者在百度天宫一号吧上找到的这张不错的图：



唉，能把模型建到这个程度就好了。笔者是现学现卖，建的模型当然没法和这个比。

我们还要获取天宫的总尺寸、各舱尺寸。这些都可以从公开的资料中获取到。下图是维基百科上有关天宫一号大体信息的表格，这会成为很有用的资料。

空间站信息	
COSPAR ID:	2011-053A
最大成员:	3 人
发射日期:	2011 年 9 月 29 日 21 时 16 03.507 秒
发射台:	酒泉卫星发射中心
质量:	8,500 公斤
长度:	10.4 米
直径:	3.35 米

接下来是轨道信息，可以用 Stellarium 下载最新的 TLE (Two Line Element，两行式轨道根数) 星历表，下面是天宫一号的：

```
1 37820U 11053A 13314.12424001 .00044347 00000-0 41072-3 0 4743
2 37820 42.7760 195.3535 0005714 241.8552 275.8832 15.66731545121612
```

至此，资料收集工作算是齐了。

## 二、模型建立

### 1. 软件选取

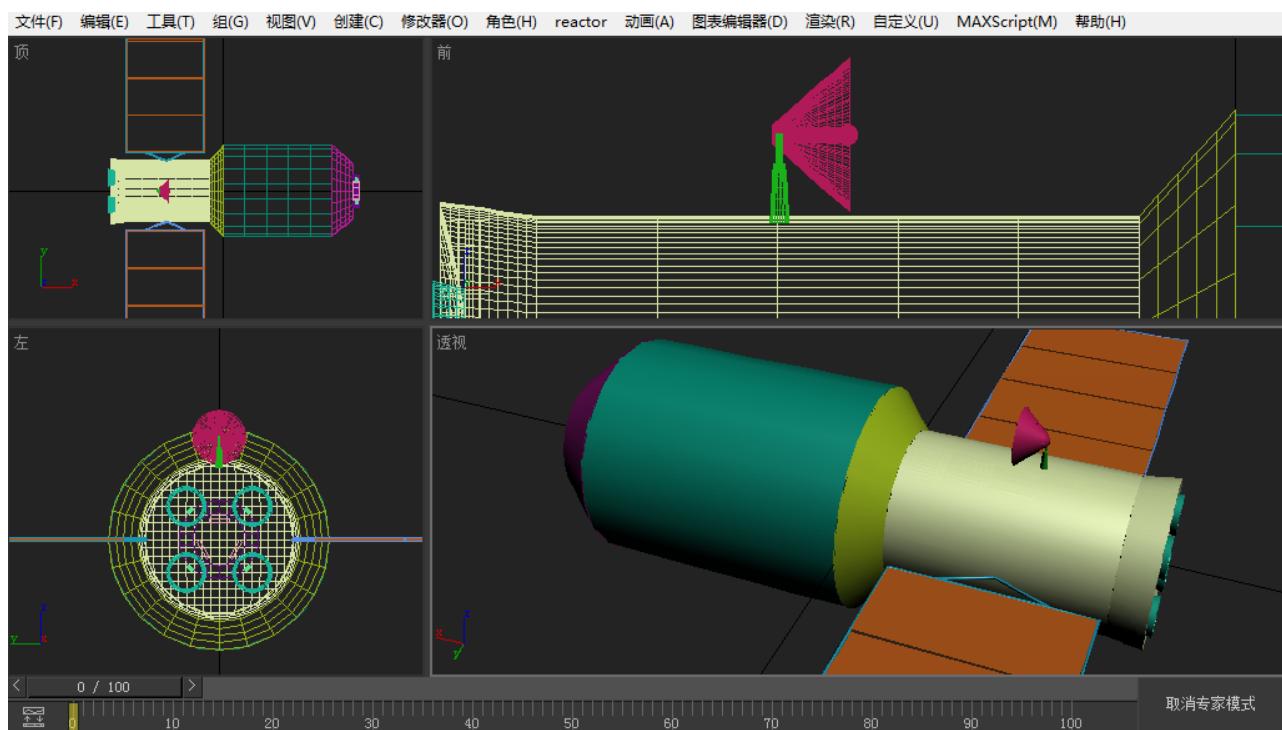
前面我们提到过，建立模型可以使用 3ds max（大小写问题请忽略，3ds max 不同年份的产品，名称大小写也不一样），后面的介绍中，笔者使用的 3D 建模软件都是 Discreet 3ds max 7，Discreet 被 Autodesk 收购之前的末代产品（稳定性不敢恭维，建这么一个模型，文件坏了三四次，大的重做就有两次）。

有模型的地方就会有纹理（基本如此，并不绝对），纹理制作，可以使用 Adobe Photoshop。接下来的叙述以 32 位 Adobe Photoshop CC Extended 为例。

### 2. 建模阶段

由于不在本书讨论范围之内，故省去具体建模过程，读者可以自学 3D 建模的相关教程。

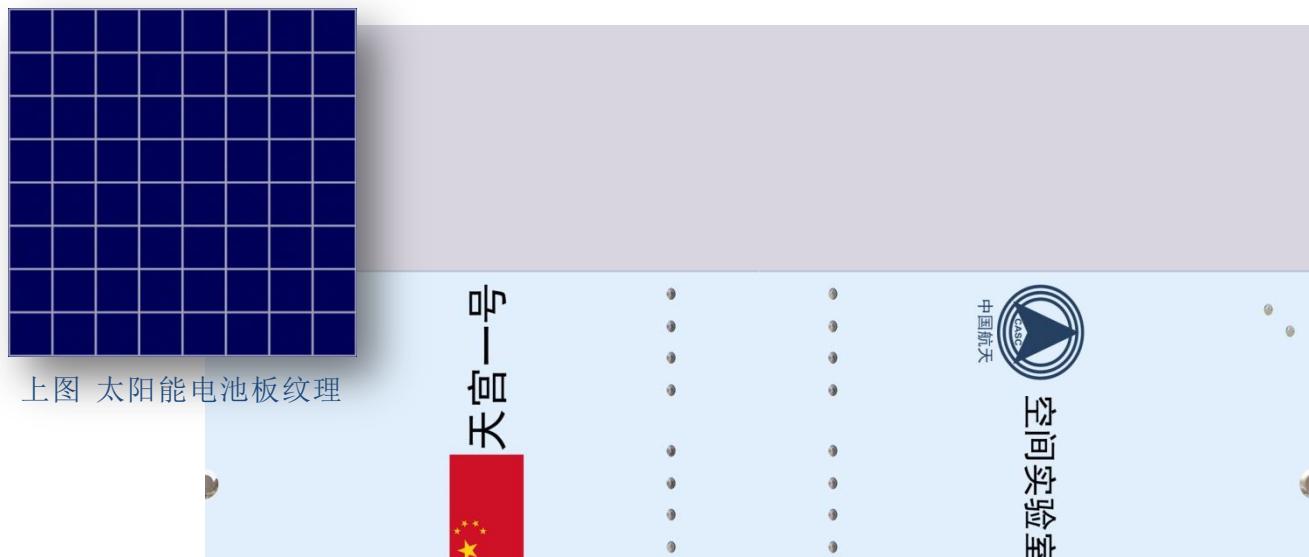
下面这个图就是这一阶段完成后的天宫模型。仅仅是完成了形状，还没有上纹理和材质以及进行优化。这里采用的也是相对简单的“几何体+布尔”建模方式。



### 3. 纹理制作阶段

下面到了纹理制作阶段了。推荐使用 Adobe Photoshop。大致估计一下所需纹理（模型某一部分的展开图）的尺寸，来设置画布大小，并尽量保证尺寸为  $2^m \times 2^n$  px (px 表示像素， $2^n$  表示 2 的整数次幂：2, 4, 8 ... 256, 512, 1024) 的形式。如调整为 2 的整数次幂实有困难，可在制作完成之后调整图像大小。

由于我们想做到的纹理效果比较简单，在这里笔者就不多叙述过程了，下面是制作完成的：



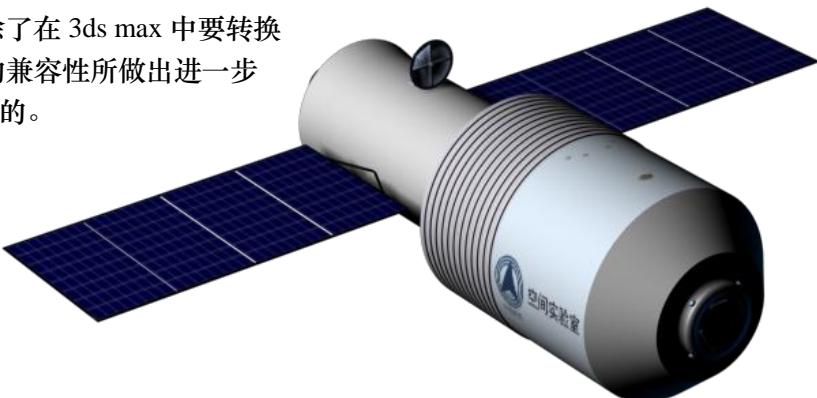
上图 太阳能电池板纹理

实验舱贴图

实验舱贴图的展开需要进行一定的后期调试(除了在 3ds max 中要转换贴图坐标, 还要根据 Celestia 对 3ds 模型贴图坐标的兼容性所做出进一步 PS 调整), 上图是经过调试和修改之后才最终完成的。

#### 4. 材质编辑阶段

让我们回到 3ds max。接下来就可以编辑材质了。编辑材质是一个弥足享受的过程。材质编辑完成之后的模型就接近于完成了。



#### 5. 导出阶段

模型制作完毕后需要导出为 3DS 格式才能用于 Celestia。执行“文件→导出”菜单命令即可实现。

### 三、插件编写

我们先在插件文件夹(通常是 extras)中建立一个新的文件夹, 作为这个插件的文件夹, 不妨命名为“tiangong”。在这个文件夹中建立“models”存放模型, “textures”存放纹理。

在 tiangong 文件夹中新建一个文件, 命名为 tiangong.ssc。这个就将会是我们插件主体 SSC。

两行式轨道根数我们在延伸阅读中有更为详尽的介绍。每个参数对应好, 部分需要换算, 按照前几章我们介绍的 SSC 初步内容, 就可以写好轨道参数。或是使用一个转换工具直接将 TLE 转换成 SSC。下面是笔者写的 SSC (中文版, 包含一些双语注释) :

```
# 天宫一号轨道数据
# TLE
# 1 37820U 11053A 13314.12424001 .00044347 00000-0 41072-3 0 4743
# 2 37820 42.7760 195.3535 0005714 241.8552 275.8832 15.66731545121612
# TLE 来源: http://celestak.com/NORAD/elements/noaa.txt Downloaded by using
Stellarium.
# 为转制成 SSC 格式, 使用了 Grant Hutchison 的工作表, 这里是链接:
http://www.lepp.cornell.edu/~seb/celestia/hutchison/spreadsheets.html#2 太帅了 o(∩_∩)
# 轨道数据仅仅在短时间内近似准确, 您不能用这一插件来预测精确的天宫运行位置。
```



```

# <引言>
# Also, don't forget that Celestia models the shape of the Earth using a spheroid.
The actual shape of our planet is much more complicated. As a result, a view from the
Earth's surface in Celestia is not accurate enough to show the correct path across the
sky of satellites in low Earth orbit like the ISS. Another issue is that Celestia v1.5.1
and earlier use a fixed rotation speed for the Earth. Since the Earth's rotation is
variable, the surface of Celestia's Earth is displaced from where it should be. Celestia
v1.6 will use a more accurate variable rotation speed. In other words, you can't use
Celestia to find out where to look in the sky to see the ISS.

# 同时，别忘了 Celestia 将地球做成了一个球体，而地球的实际形状更加复杂。这也就导致，Celestia 的
地面观察并不足以精确地显示近地轨道人造卫星在地球表面看到的轨迹，比如说国际空间站。还有一件事就是
Celestia 1.5.1 以及更早版本的地球自转速度为定值。也正是因为地球的自转周期是变化的，Celestia 中的
地球表面可能会和实际情况错位。Celestia 1.6 及以上版本使用了更为精确的变化转速。换句话说，您不能用
Celestia 来找国际空间站在天空中的位置。

# <引言结束> --摘自 Celestia Wikibooks
# 以上即原因，您也可以看到，更新轨道数据也非难事。

```

```

"天宫一号" "Sol/Earth"
{
    Class          "spacecraft"
    Mesh           "tiangong.3ds"
    NormalizeMesh false
    MeshScale      0.001
    Radius         0.0052 # 长度之半

    Beginning      "2011 9 29 13:16:03.507" # 发射 UTC, 北京时间: 2011-9-29
21:16:03.507

    EllipticalOrbit
    {
        Epoch          2456606.62424001
        Period         0.06382714
        SemiMajorAxis 6746.393
        Eccentricity   0.0005714
        Inclination    42.7760
        AscendingNode 195.3535
        ArgOfPericenter 241.8552
        MeanAnomaly     275.8832
    }

    UniformRotation
    {
        Inclination    42.7760
        MeridianAngle 42.7760
        AscendingNode 195.3535
    }

    Albedo          0.10
}

```

但是自转参数还需要进行后期调试（特别是倾角很不好操作），上文是调试好的。

#### 四、后期调试

插件制作完成之后还要进行后期的调试，其中包括自转轴的调整，以及 bug 的修正。后面章节中我们会进行专题介绍。

#### 五、发布



制作完成后，还需要做发布的准备。写好自述文档，打好 zip 包。自述文档应至少包含使用方法、作者和版权信息。下面是笔者的示例：

### 自述文档.txt

Celestia 插件：天宫一号，中国空间实验室，第一版

这是一个 Celestia 插件，您可以用它在 Celestia 中看天宫一号。

#### =简介=

天宫一号是中国未来空间站的雏形。就像电影《地心引力》当中的那样，中国未来的太空站就会是天宫。当然了，这个插件展示的不是未来的天宫空间站，而是在轨的天宫一号。看起来比较单薄。

#### =如何使用？=

1. 请先解压缩。您必须要有一个解压缩程序。如果您使用的是 Windows XP 或更高版本，“资源管理器”就可以代劳。

2. 解压缩“tiangong”文件夹，放到哪里都可以（如，桌面）。如果您不知道如何解压，把“tiangong”文件夹拖拽到桌面即可。

3. 把这个文件拷贝至插件文件夹（一般叫做“extras”）。“剪切”或“复制”您刚刚解压的文件夹，然后，打开“Celestia”文件夹中的“extras”文件夹，通常位于“C:\Program Files”。在那里粘贴即可。

4. 运行 Celestia，插件安装结束。

#### =怎样看见？=

1. 启动 Celestia

2. 按回车键

3. 输入“天宫一号”（汉语）

4. 再次按回车键

5. 按“g”前往

6. 您就会看到天宫

#### =比较重要=

1. 这一插件需要 Celestia 1.6.1 或更高版本。

2. 天宫的发射时间在“2011 9 29 13:16:03.507, UTC”，因此在此之前它是不可见的。那就请您将时间设置在“2011 9 29 13:16:03.507, UTC”或更晚。如果您不清楚如何设置，点开“时间”下拉菜单，就可以进行设置。

3. 这一插件不能用来预测天宫的精确位置，轨道数据仅在几天内准确。而且，Celestia 将地球定义为球体，而真正的地球形状则复杂得多。

#### =作者=

3D 模型，贴图纹理和太阳系目录（SSC 文件）由 Hanghang0713 制作，部分权利保留。任何人都可以编辑这一插件并用于任何非商业用途。

联系作者：hanghang0713@hotmail.com

或者：在百度贴吧@hanghang0713

#### =鸣谢=

TLE 数据来源：<http://celestrak.com/NORAD/elements/noaa.txt>

SSC 转制，Grant Hutchison 的工作表：

<http://www.lepp.cornell.edu/~seb/celestia/hutchison/spreadsheets.html#2>



=望您喜欢=

希望您能喜欢这一插件，第一版目前还比较简陋，如有时间，本人会在下一版中更新。

### **Readme.txt**

---

Add-on: Tiangong 1 Space Laboratory Ver 1.0

---

This is a Celestia add-on. You can see Tiangong with this add-on in Celestia.

=Introduction=

Tiangong 1 is the primary form of the future space station of China. As in the movie Gravity, the Chinese Space Station will be called Tiangong. Of course, this add-on will not show you the "future" Tiangong in the movie Gravity, but a quite simply one, which is now orbiting above.

=How to use it?=

1. You should unzip this zip file first. That means you'll have to get an unzipping program. If you are using Windows XP or higher, the "explorer" can work as an unzipping program.
2. Unzip the "tiangong" folder to wherever you like (e.g. your desktop). If you do not know how to do this, simplily drag and drop it on the desktop.
3. Copy the folder to your add-on (usually the "extras") folder. Cut or Copy the folder you have just unzipped. Then, open your "Celestia\extras" folder which is located at "C:\Program Files" most of the time. Paste.
4. Launch your Celestia, and that's finished.

=How to see it?=

1. Launch your Celestia.
2. Press "Enter".
3. Insert "Tiangong 1".
4. Press "Enter" again.
5. Press "g" for goto.
6. Now you can see the Tiangong.

=Rather Important=

1. This add-on requires Celestia 1.6.1 or higher.
2. As Tiangong was launched at "2011 9 29 13:16:03.507, UTC", you won't be able to see it before that. So, set your time "2011 9 29 13:16:03.507, UTC" or later. To do this, pull down the "Time" menu at the top and then adjust the time.
3. This add-on should not be used to predict the exact position of Tiangong. The orbit data is only approximately correct in a few days. Besides, Celestia defines the earth as a sphere, while the real shape of the earth is more complex.

=Author=

3D Model, Textures and Solar System Catalog (SSC file) by Hanghang0713, some rights reserved. Everyone is allowed to modify this add-on.

Contact me: hanghang0713@hotmail.com

Or:@hanghang0713 on Baidu

=Credits=

TLE source: <http://celestrak.com/NORAD/elements/noaa.txt>



Transformed into SSC format by using Grant Hutchison's spreadsheet. Available here:  
<http://www.lepp.cornell.edu/~seb/celestia/hutchison/spreadsheets.html#2>

=Enjoy!=

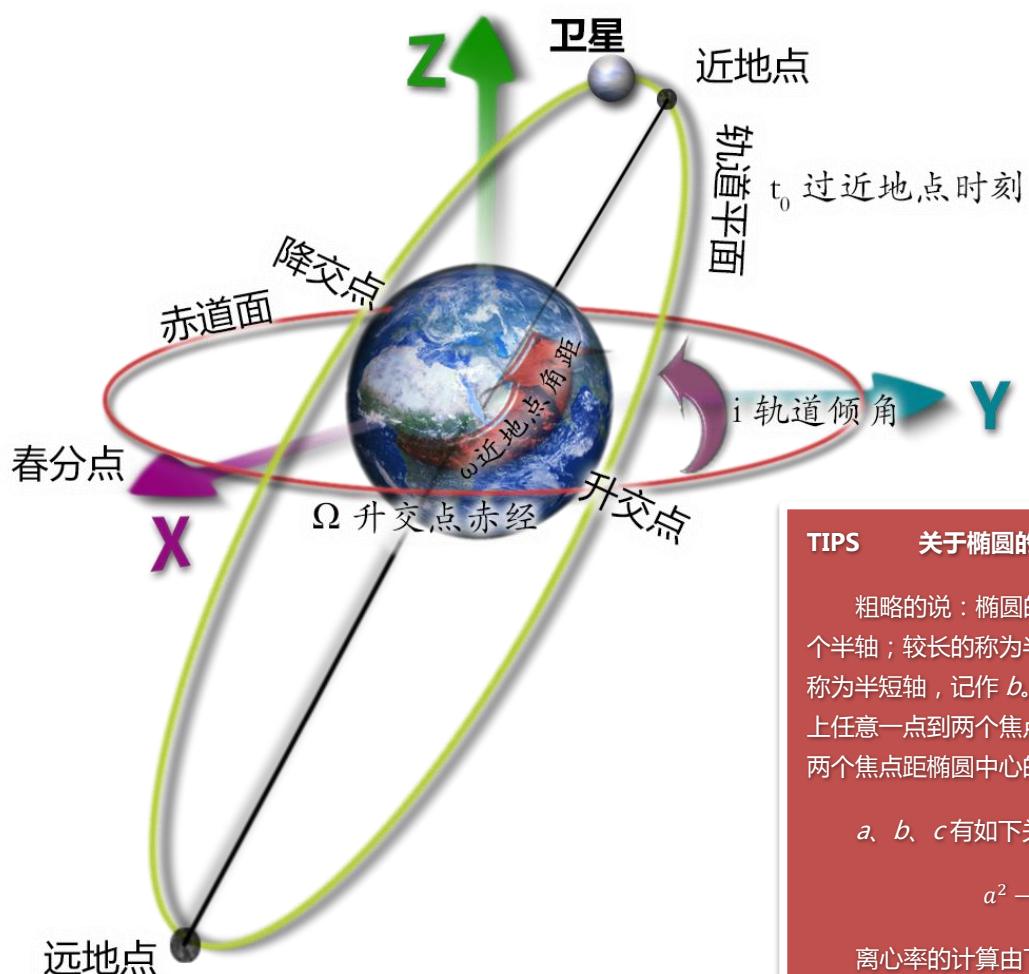
Hope you can enjoy this add-on. This is a kind of rough model. I'll improve it if possible in the future.

本节中，我们简单地介绍了流程，也给出了范例，谨供读者参考。真正完成自己的插件还需多实践。后文中我们还会给出更多例子和规则，以供参阅。本文中介绍的插件“天宫一号”可以在 CelestiaMotherlode.net 下载到，分类在 Spacecraft : Earth-orbit，作者就是笔者 hanghang0713。

## 延伸阅读 卫星轨道计算

这一文档改编自百度文库上的同名文档，原文档作者不详。笔者重新排版了公式并制作了插图。

如果知道卫星的轨道根数，可以根据它们求出卫星在任一时刻的位置。



### TIPS 关于椭圆的概念

粗略的说：椭圆的中心到顶点的连线是一个半轴；较长的称为半长轴，记作  $a$ ；较短的称为半短轴，记作  $b$ 。根据椭圆的定义，椭圆上任意一点到两个焦点距离之和为定值  $2a$ ，这两个焦点距椭圆中心的距离都是半焦距  $c$ 。

$a$ 、 $b$ 、 $c$  有如下关系：

$$a^2 - b^2 = c^2$$

离心率的计算由下式给出：

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

### 1. 开普勒六参数

卫星的轨道根数包括六个积分常数，包括， $a$  为轨道长半轴； $e$  为轨道偏心率； $i$  为卫星运动轨道面与赤道面的夹角； $\Omega$  为卫星轨道升交点 N 的赤道经度(自春分点算起)； $\omega$  为轨道近地点角距，即轨道平面内升交点到近地点的角度； $\zeta$  为卫星过近地点时刻



- a) 轨道半长轴，是椭圆长轴的一半。
- b) 轨道偏心率，也就是椭圆两焦点的距离和长轴比值。
- c) 轨道倾角，这个是轨道平面和地球赤道平面的夹角。对于位于赤道上空的同步静止卫星来说，倾角就是 0。
- d) 升交点赤经：卫星从南半球运行到北半球时穿过赤道的那一点叫升交点。这个点和春分点对于地心的张角称为升交点赤经。
- e) 近地点幅角：这是近地点和升交点对地心的张角。
- f) 过近地点时刻：卫星位置随时间的变化需要一个初值。

其中  $i$ 、 $\Omega$ 、 $\omega$  决定卫星轨道平面和长轴在空间的位置，而  $a$ 、 $e$ 、 $\zeta$  可求出卫星在任何时刻在轨道上的位置。

## 2. TLE 卫星星历

TLE 两行根数格式如下：

AAAAAAAAAAAAA  
1 NNNNNNU NNNNNAAA NNNNN.NNNNNNNN +.NNNNNNNN +NNNNN-N +NNNNN-N N N NNNNN

2 NNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NNNNNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NN.NNNNNNNNNNNNNN

以国际空间站为例

ISS (ZARYA)

1 25544U 98067A 06052.34767361.00013949 00000-0 97127-4 0 3934

2 25544 051.6421 063.2734 0007415 308.6263 249.9177 15.74668600414901

<b>第 0 行</b>	ISS (ZARYA)
<b>行号</b>	1
<b>NORAD 卫星编号</b>	25544
<b>秘密等级</b>	U
<b>国际番号</b>	98067A
<b>TLE 历时</b>	06052.34767361
<b>平均运动的一阶时间导数</b>	.00013949
<b>平均运动的二阶时间导数</b>	00000-0
<b>BSTAR 拖调制系数</b>	97127-4
<b>美国空军空间指挥中心内部使用</b>	0
<b>星历编号</b>	393
<b>行号</b>	2



NORAD 卫星编号	25544
轨道的交角[度数]	051.6421
升交点赤经[度数]	063.2734
离心率	0007415
近地点角距	308.6263
平均运动 (n) [每日绕行圈数]	15.74668600
在轨圈数	41490
第二行的校验和	1

a) 第 0 行

第 0 行是一个最长为 24 个字符的卫星通用名称，由卫星所在国籍的卫星公司命名，如 SINOSAT 3。卫星通用名称与 NORAD 编号、国际编号都是卫星识别编码。

b) 行号

行号是卫星星历的序列号，如第 1 行或第 2 行。

c) NORAD 卫星编号

NORAD 卫星编号，又称为 NASA 编号，SCC 编号，是 NORAD 特别建立的卫星编号，每一个太空飞行器都被赋予唯一的 NORAD 卫星编号。

NORAD 卫星编号由五位数的卫星识别码组成，每一位数都有特定的含义。

如“鑫诺 3 号”卫星的 NORAD 卫星编号为 31577；遥感 2 号 (YAOGAN 2) 卫星的 NORAD 卫星编号为 31490；“长征 3 号甲” (CZ-3A) 为 31578。

d) 秘密级别

卫星星历的秘密级别，分为 3 个的级别，分别用一个字符来表示：

- ① U 非保密的
- ② C 机密的
- ③ S 绝密的

e) 国际编号

国际编号是全世界国家使用的一种卫星标识方法，前两位是发射年份，后面是在这一年的发射序号。

如“鑫诺 3 号”卫星的国际编号是 07021A。

“07”表示“鑫诺 3 号”卫星的发射年份 2007 年；

“021”表示 2007 年国际编号的第 21 次发射；

“A”表示是第一次。按照国际编号规则，如果一次发射多颗卫星，使用 26 个英文字母排序，按照 A、B、C、D 的顺序排列为每个卫星编号；如果超过了 26 个编号，则使用两位字母，如 AA、AB、AC 编号。

f) TLE 历时

世界标准时间 (UTC, Universal Time/Temps Cordonne)，又称为协调世界时。

UTC 是从英国国际时间和法国协调时间演变而来。UTC 是以原子时秒长为基础，在时刻上尽量接近于世界时的一种时间计量系统。

UTC 使用纪元年的后两位，以及用一个十进制小数表示的一年中的第几日和日中的小数部分。

TLE 历时使用 UTC，指出了飞行体在确定的平近点离角的最精确的 UTC 时间。



如“鑫诺 3 号”卫星的 TLE 历时为 07169.62576014。

“07”表示 2007 年；

“169.62576014”表示 2007 年的第 169.62576014 日。换算成精确的 U.T.C. 时间为 2007 年 6 月 18 日 02 时 10 分 56 秒。

g) 平均运动的一阶时间导数  $\dot{n}_0/2$  (Rev/Day<sup>2</sup>)

平均运动的一阶时间导数作为一个平均运动的漂移参数，用来计算每一天平均运动的变化带来的轨道漂移，提供给轨道计算软件预测卫星的位置。两行式轨道数据使用这个数据校准卫星的位置。

h) 平均运动的二阶时间导数  $\ddot{n}_0/6$  (Rev/Day<sup>3</sup>)

平均运动的二阶时间导数作为一个平均运动的漂移参数，用来计算每一天平均运动的变化带来的轨道漂移，提供给轨道计算软件预测卫星的位置。

i) BSTAR 拖调制系数  $STAR(ER^{-1})$  (地球半径的倒数)

BSTAR 拖调制系数，采用十进制小数，适用 GP4 一般摄动理论的情况下、BSTAR 大气阻力这一项，除此之外为辐射压系数。

BSTAR 拖调制系数的单位是 1/ (地球半径)。

j) 美国空军空间指挥中心内部使用

美国空军空间指挥中心内部使用的为 1；美国空军空间指挥中心以外公开使用标识为 0。

k) 星历编号

星历编号是 TLE 数据按新发现卫星的先后顺序的编号。当一个卫星生成了一套新的 TLE 数据。在新的 TLE 数据中，新发现卫星的星历编号按顺序排列，每个数字代表一定意义。如“鑫诺 3 号”卫星的星历编号为 444。

l) 校验和

校验和是指这一行的所有非数字字符，按照“字母、空格、句点、正号=0；负号=1”的规则换算成 0 和 1 后，将这一行中原来的全部数字加起来，以 10 为模计算后所得的和。

校验和可以检查出 90% 的数据存储或传送错误。按十进制加起来的个位数字的校验和，用于精确纠正误差。

第 1 行或第 1 行的校验和，就是第 1 行或第 2 行的精确纠正误差的数字。

m) 轨道的交角 (度数: °)  $i_0$

轨道的交角是指天体的轨道面和地球赤道面之间的夹度，用 0~90 ° 来表示逆行轨道（从地球北极上空看是逆时针运行）；用 90~180 ° 表示逆行轨道（从地球北极上空看是顺时针运行）。

n) 升交点赤经 (度数: °)  $\Omega_0$

升交点赤经是指卫星由南到北穿过地球赤道平面时，与地球赤道平面的交点。

降交点是指卫星由北到南穿过地球赤道平面时，与地球赤道平面的交点。

升交点赤经是指从地球的球心点望过去，升空点的赤经坐标。

o) 轨道离心率  $e_0$



轨道离心率是指卫星椭圆轨道的中心点到地球的球心点的距离 (C) 除以卫星轨道半长轴 (A) 得到的一个 0 (圆型) 到 1 (抛物线) 之间的小数值。

在 TLE 格式中没有体现出小数点，但是总是假定有一个小数点在第一个数字之前。它说明了卫星的轨道椭圆有扁率，以及近地点和远地点的轨道高度。

p) 近地点角距  $\omega_0$

近地点角距是指在卫星的轨道平面内，从升交点到近地点按照卫星运行方向所走过的角度。近地点角距的数值是一个范围在 0~360° 之间的度数。

q) 平近点角  $M_0$

平近点角是指平近点角与真近点角和偏近点角之间的关系，即卫星在椭圆轨道上的瞬间位置。平近点角通过开普勒方程求得。

平近点角主要用来指示卫星在 TLE 数据中的特定的 TLE 历时瞬间时刻的位置。

平近点角的数值是一个范围在 0~360° 之间的度数。

r) 平均运动  $n_0$

平均运动 (n) 是指在一个太阳日内 (24h)，卫星在它的轨道上绕了多少圈。

平均运动的数值可以在每天 0 到 17 圈，没有每天超过 17 圈的稳定的地球卫星轨道。

卫星轨道周期 (T) 可以通过求平均运动的倒数获得；卫星轨道半长轴可以用平均运动的数值通过开普勒第三定律求得。开普勒第三定律，又称调和定律：行星绕日一圈时间的平方和行星各自离日的平均距离的立方成正比。

s) 在轨圈数

在轨圈数是指卫星从发射到 TLE 数据记录的 TLE 历时之间卫星在轨道上绕行的总圈数。

在轨圈数的最后一位数是小数。

### 第三节 贴图纹理制作技巧选讲

贴图纹理制作需要深厚的修图功底，下面我们以 Adobe Photoshop CC 为例，介绍部分制作技巧。

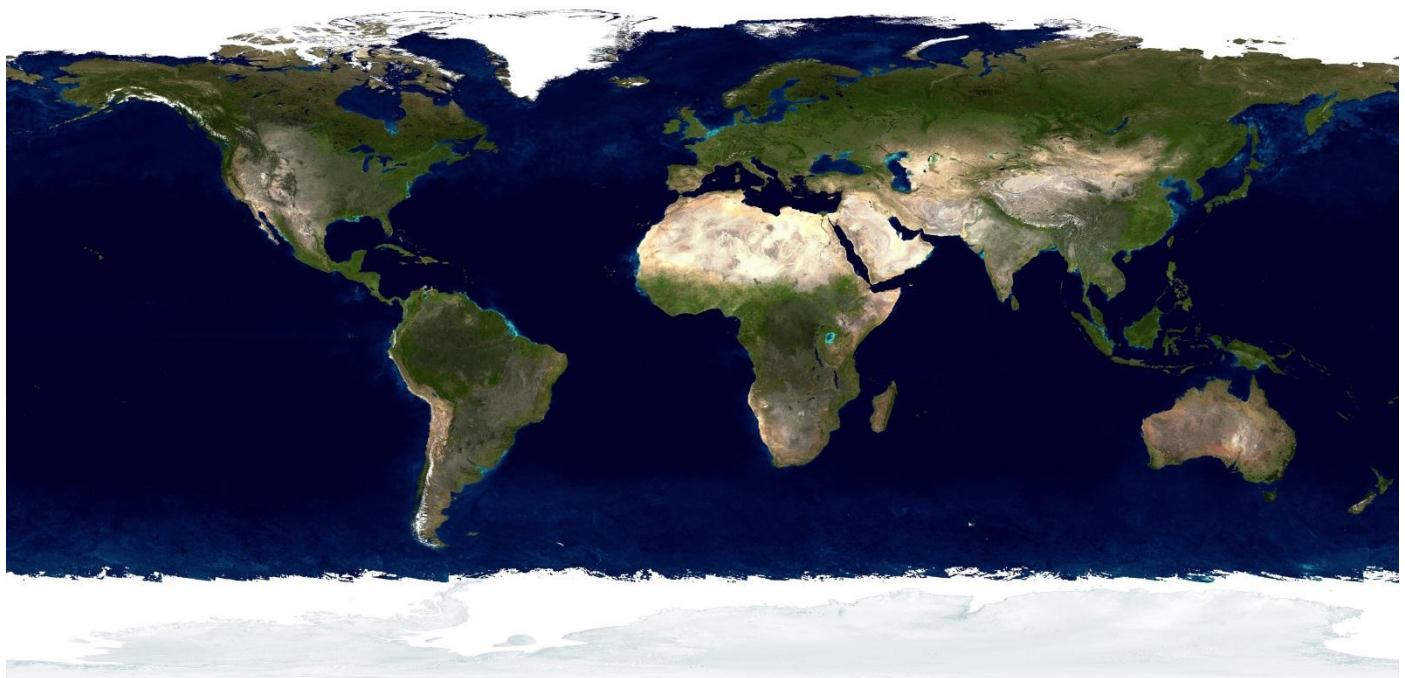
#### 一、纹理色彩修正

这里我们讨论的是近似的颜色修正，以使图像更加舒适美观。而非严谨的通过评估光谱来得出结果。下面举几个例子：

##### 1. 使地球海洋更蓝

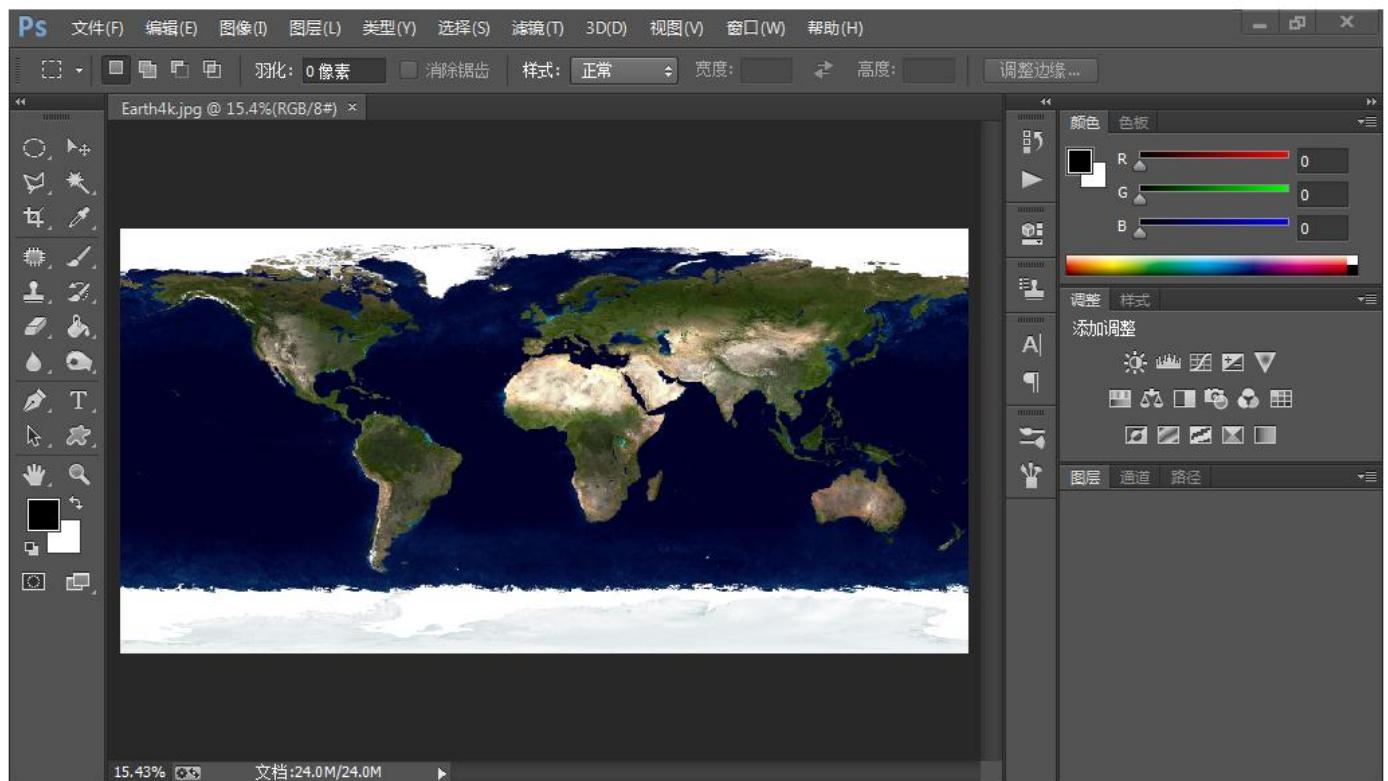
海洋本身不是蓝色的，至少不是卫星地图上看到的那种蓝色。水是无色透明液体，的确，水层较深时呈现蓝绿色（由于光的衰减等因素），但海面反光不在这一现象之列。海洋之所以看上去是蓝色是由于反射了天空的蓝色。所以在某些仿真软件，如 Space Engine 中，关闭大气会使海洋看起来变黑。Autodesk 3ds Max 自带的 mental ray 渲染器中的建筑与设计材质里面默认的水面效果也是如此。

但是 Celestia 中水面的颜色完全依靠表面纹理的颜色去模拟，不考虑反射因素，这就导致颜色太深的海面可能看上去不大对路。

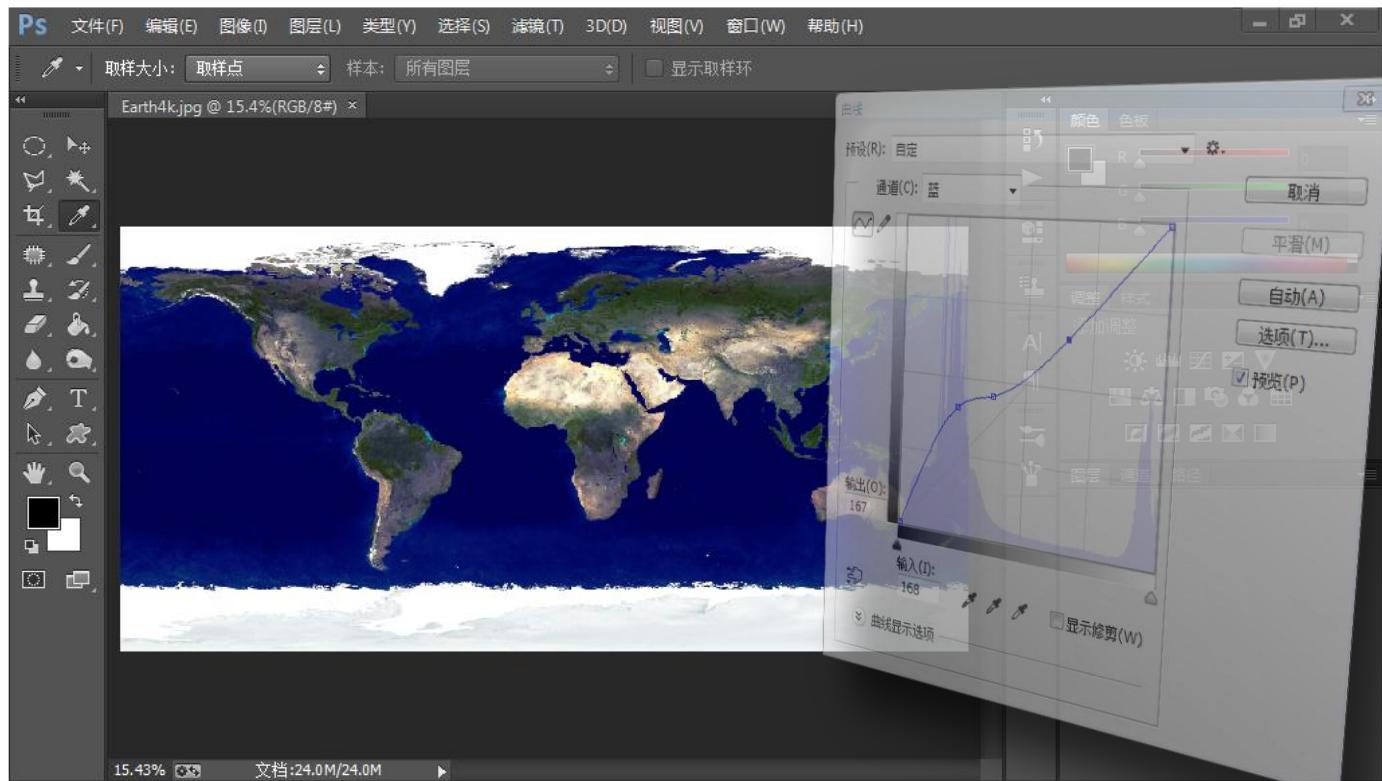


上面这张图的海洋其实已经很不错了，但是如果我们要想让它更蓝该怎么办呢？

首先先把这张图片导入 Photoshop，如下图所示：



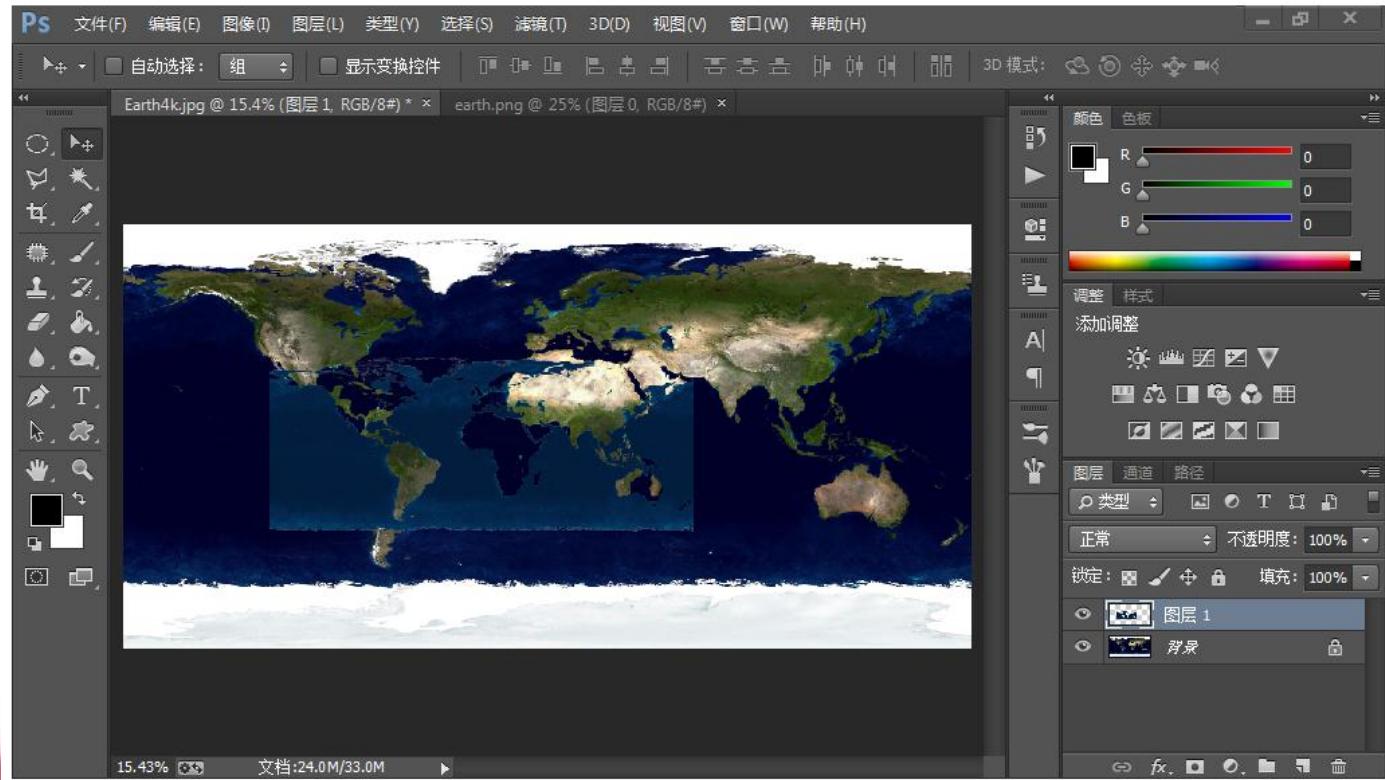
我们的思路是这样：让海洋的颜色更鲜亮。那么这似乎是个不错的方法：“图像>曲线”，然后修改蓝色通道的明暗输出：



目的是达到了，可是陆地的颜色不太正常了。可能有人会想到利用反光纹理选中海洋部分，再进行操作。的确是可行的。可这里我们有更好的方法：

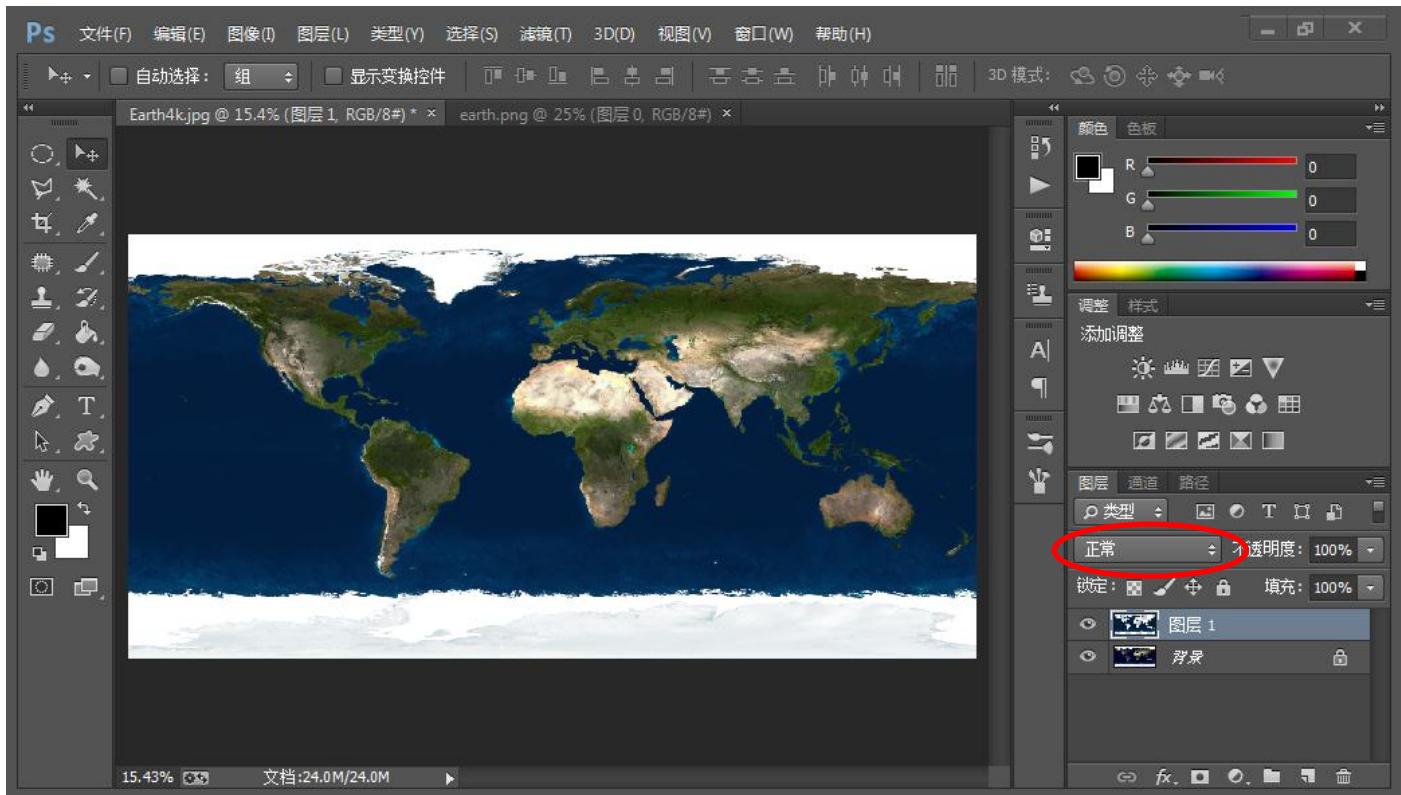
我们前面提到过，地球的表面纹理是一种特殊情况。它包含一个 alpha 通道，不反光，而其他部分是反光的。我们不妨利用这个纹理：

导入，并将其置入要编辑的那张纹理。

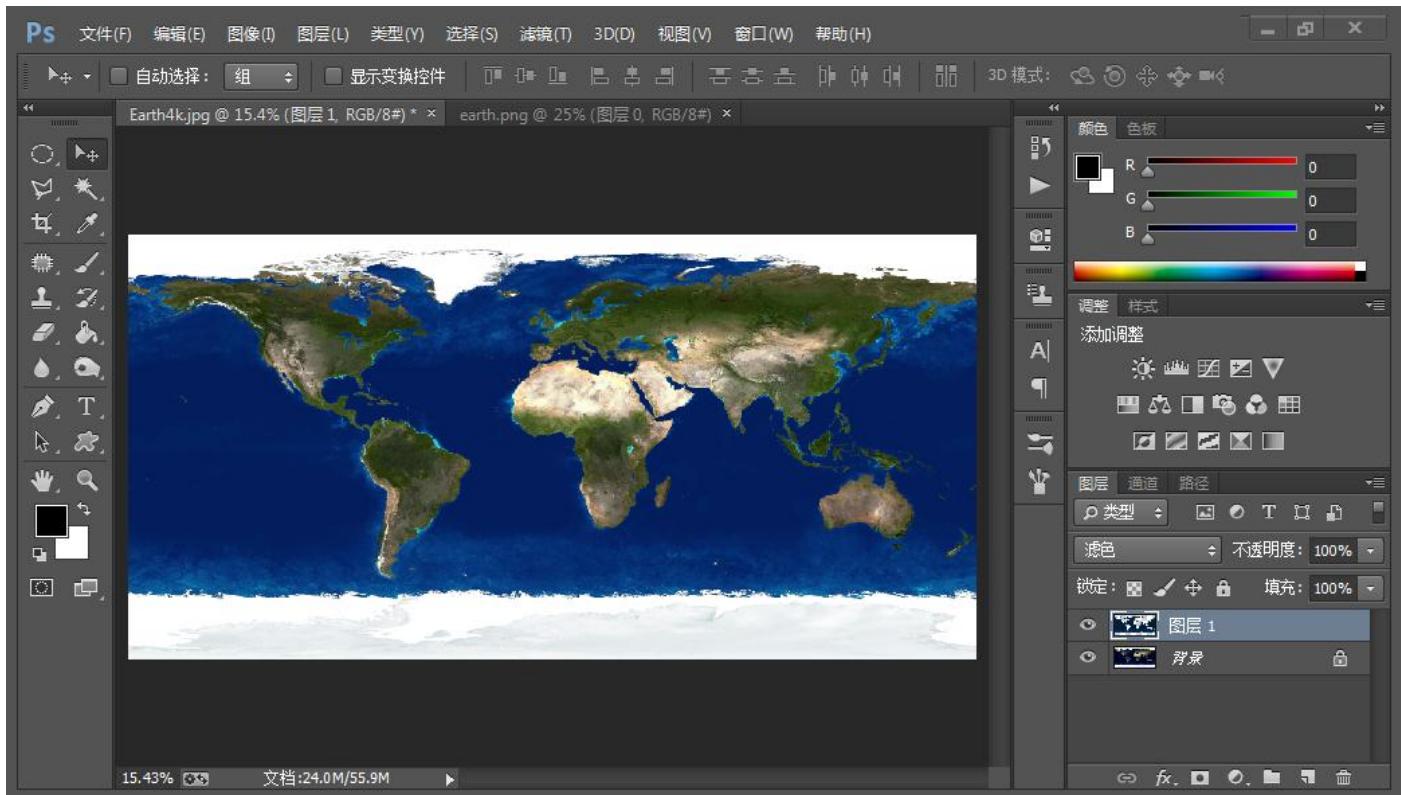




调整大小：



我们可以看到，海洋的颜色已经有所改善了，但是还不很漂亮。读者可能想到调整这个图层的亮度或饱和度。但是，我们还有一招，很不错。在图层混合模式上动动心思。图层混合模式的修改位置在上图中用圈圈出。这个功能可以帮助你实现无数强大图层重叠方式，而且使用起来并不困难。



上面这张图就可以看到效果了，我们将图层混合模式更改为“滤色”，效果就很明显了。



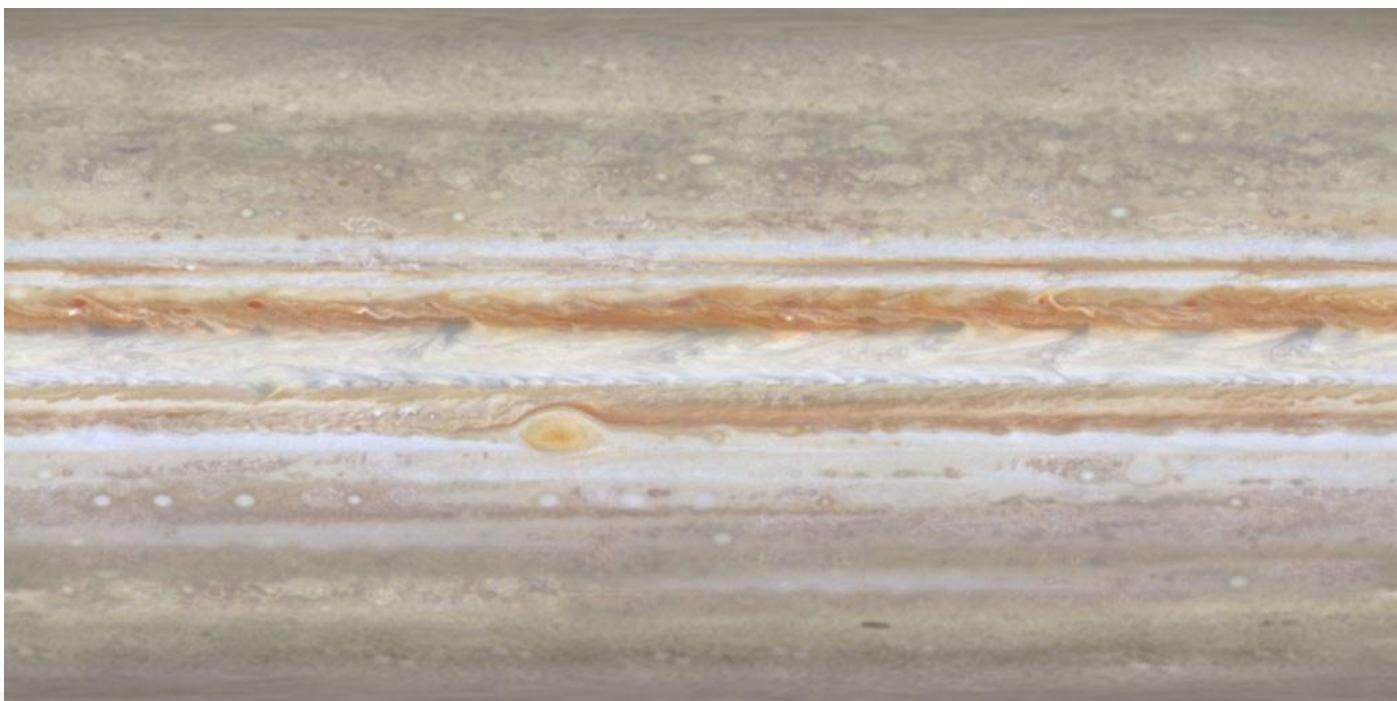
这一例中，我们简单介绍了图像菜单和图层混合的强大功能。上文只是冰山一角，多尝试，相信您会有更多发现！

## 2. 木星纹理色彩修正

木星是玩天文摄影的最佳拍摄对象之一。木星的颜色很有特点，它的对比度不是非常大，也就是说整个木星纹理的色阶会集中于中间调，而这个特点经常会被后期制作所修正。得到的结果显然更美观，但是距离视觉效果有点远。

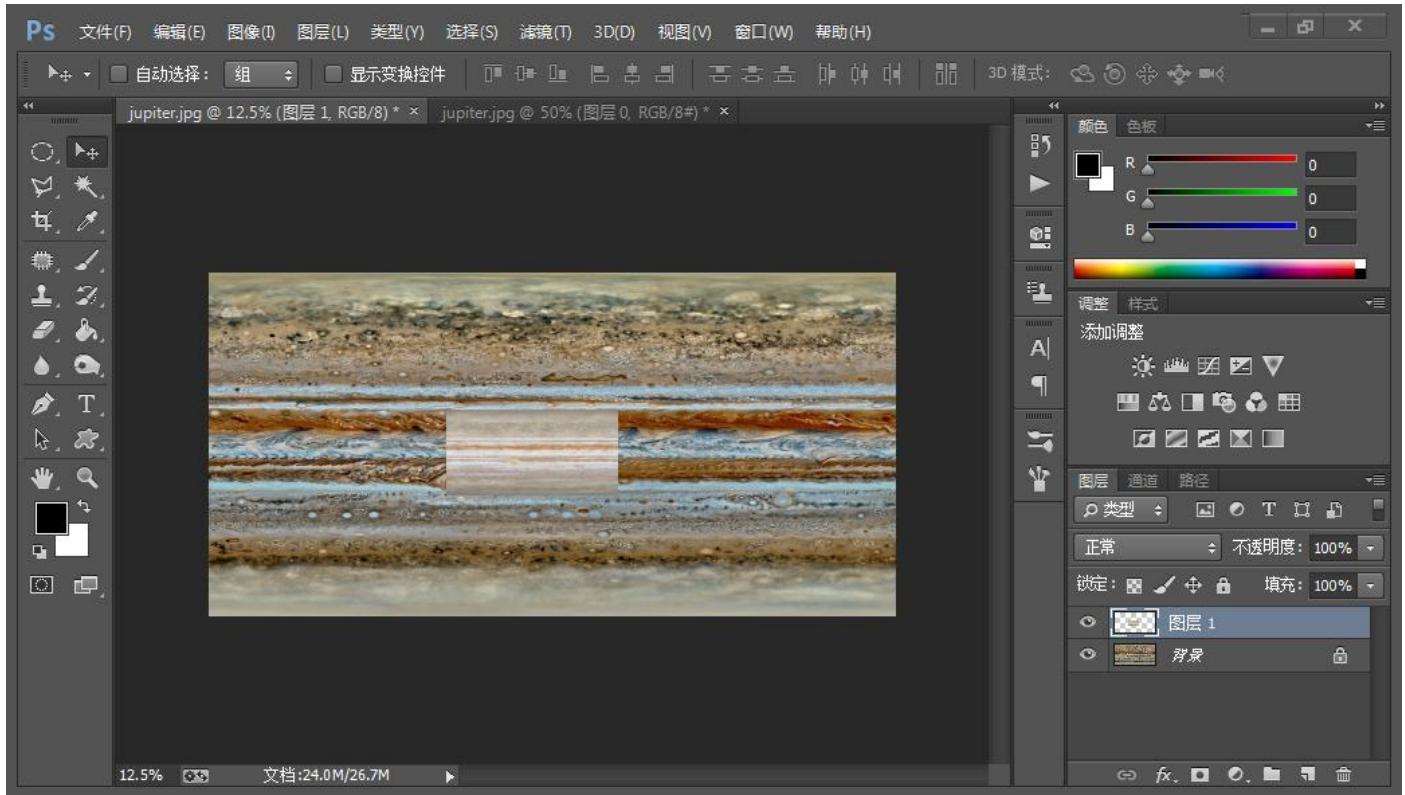


这张图的细节清晰度很显然是过关了。但是这种细节的缺少损失是以明暗兼具为代价的。这一纹理出来的效果艺术，但不一定舒服。





这是默认的纹理，比较模糊，但是色彩很舒服。下面我们做出调整：



和上文的流程接近，我们也不赘述了。还是将两张图叠到一起。

因为我们只想保留一张图的细节和一张图的颜色，为了保证提供颜色那张，也就是默认的那张的细节不干扰。可以进行模糊操作。“滤镜>高斯模糊”



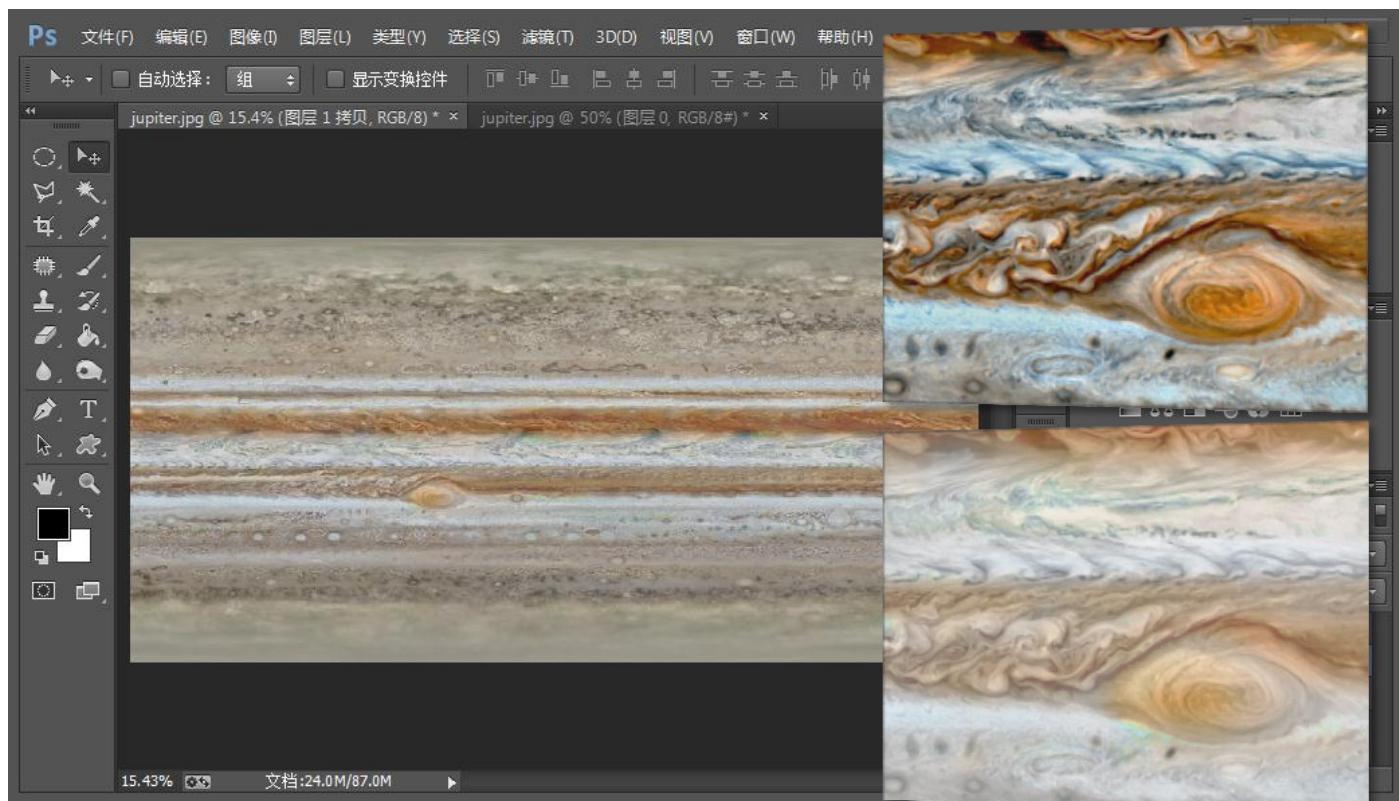


操作完成之后，便是调整图层混合模式了。我们发现叠上一层远远不够。那么可以尝试两层。下面是笔者的结果：

图层 1 拷贝 2：默认纹理图（已高斯模糊），图层混合模式：饱和度。

图层 1 拷贝 1：默认纹理图（已高斯模糊），图层混合模式：正常，不透明度：50%。

背景：要修改的图（保持原有清晰度），图层混合模式：正常。



右侧是对比图，上为原效果，下为修改后。可见颜色已经有所不同了。

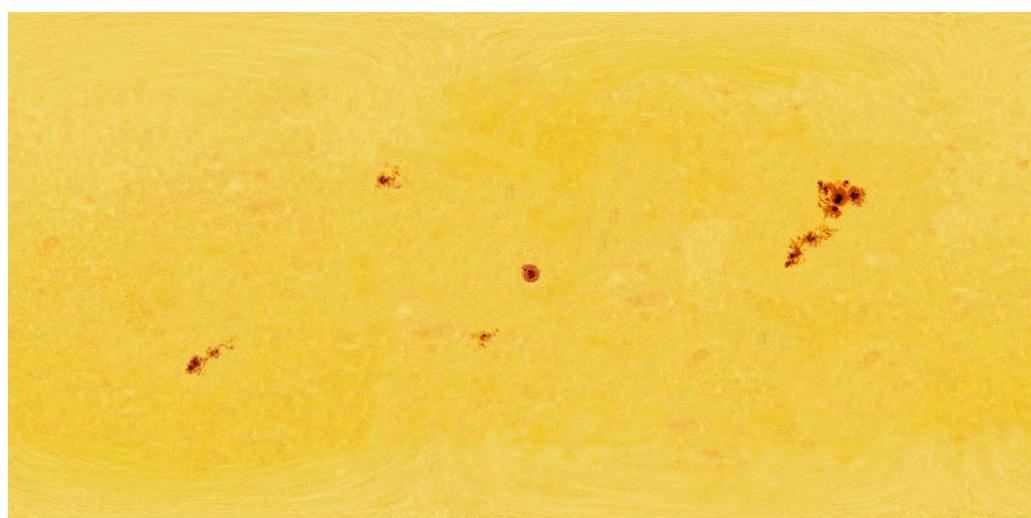
这一例我们对上文的介绍加以延伸。但这还只是粗浅的解决方案，可供读者参考。读者也可以发挥自己的才能，做出更加优秀的效果。

### 3. 恒星纹理制作

已经有了某一光谱型的比较清楚的纹理，如何制作其他光谱型的呢？下例是一种简单的方法（没有经过严格的光谱校对）：

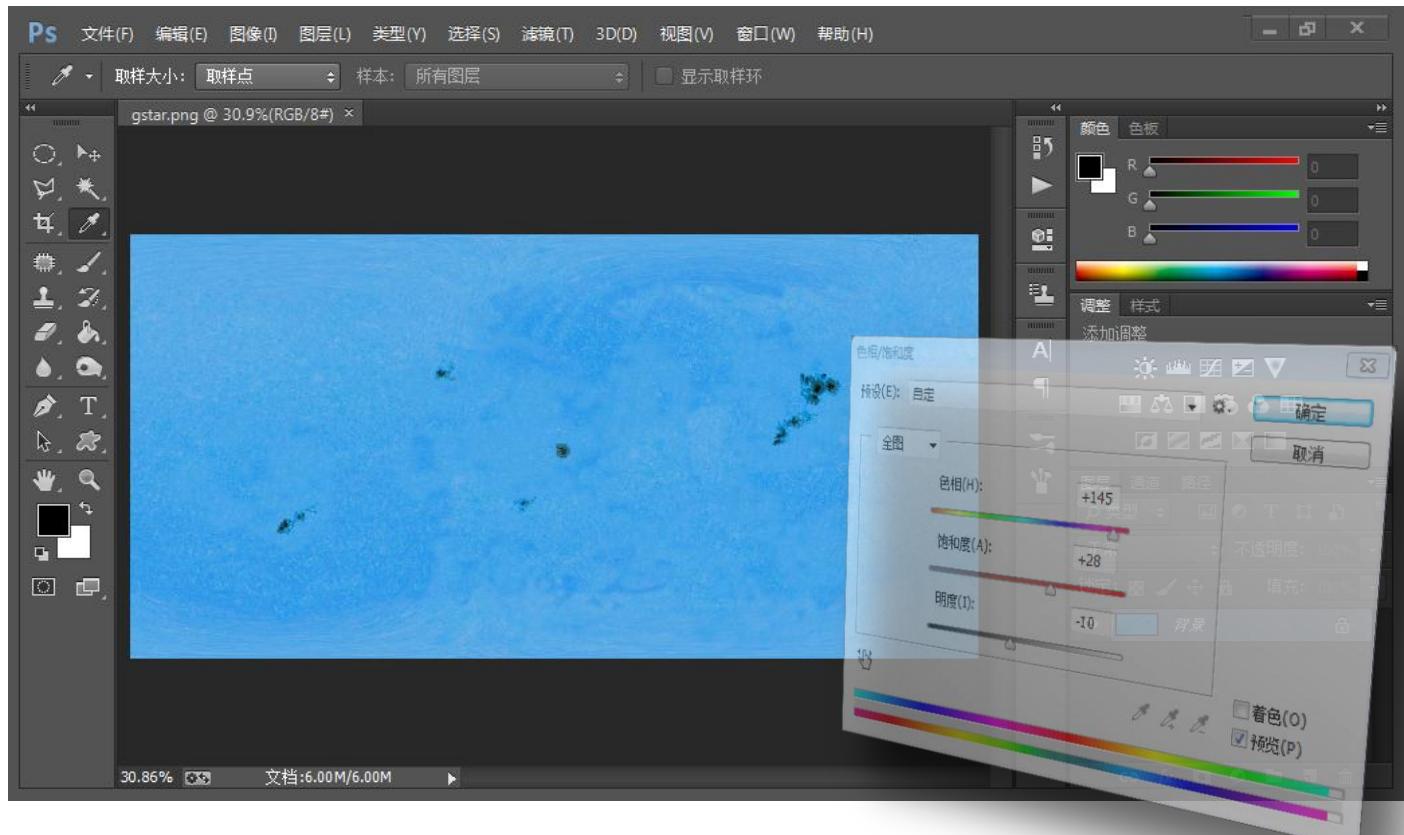
这是一张比较清晰的G型恒星的纹理。黑子、米粒结构都一清二楚。那么怎样将这些优势转化到其他颜色的恒星上去呢？

用 Photoshop 打开这张





图片。通过“图像>色相/饱和度”即可快速达到目的：



如图即可实现相当有趣的效果。

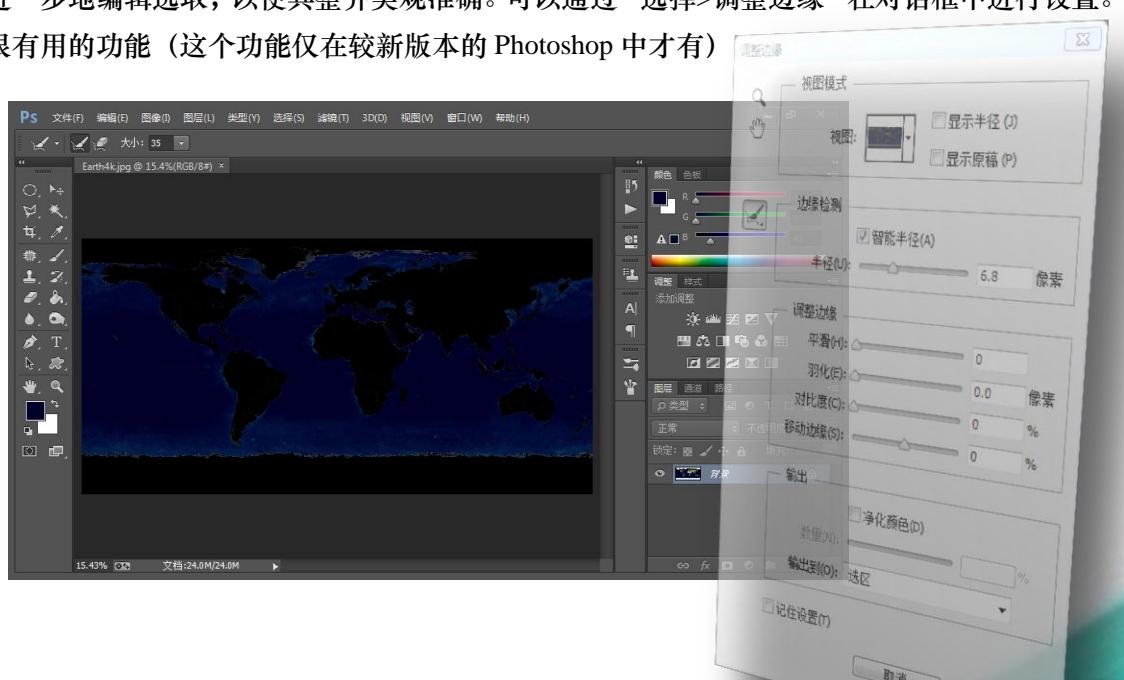
以上三例是色彩更改、修正的基本范例。读者可以尝试去制作更好的效果。

## 二、反光、凹凸、法线和夜视纹理的制作

### 1. 地球反光制作示范

地球反光即是海洋造成的。只要想办法选中海洋，将其填充为白色，其余填充为黑色就好了。这需要的就是抠图技巧了。笔者比较建议在这里用色彩范围的方式（“选择>色彩范围”）。

选取完之后还要进一步地编辑选取，以使其整齐美观准确。可以通过“选择>调整边缘”在对话框中进行设置。“智能半径”将会是很有用的功能（这个功能仅在较新版本的 Photoshop 中才有）





获得选区之后便是将海洋填充称为白色，其余部分填充成为黑色了。这一操作是 Photoshop 基础，也就不加以赘述了。

## 2. 凹凸纹理制作思路

凹凸纹理是很难用平面设计软件（如 Photoshop）来驾驭的。如果您有时间，笔者强烈建议通过 3D 建模的方式来导出凹凸纹理，这也是非常严谨的方法。因为正如前面（上一章）所介绍的那样：凹凸纹理不是一份简单的黑白拷贝。如果有地形数据，比如等高分色地形图，那么可以通过 Photoshop 等软件进行灰阶的转换。如果是从头开始，什么都没有，不妨试试“表面模糊”滤镜（仅在较近版本的 Photoshop 中可以看到），再结合鼠绘，也可以画出相对不错的效果。

## 3. 法线纹理的转制

法线纹理也不是能够凭空用 Photoshop 做出来的，由于其严格的通道划分特征，和难以捉摸的曲面描述方法。但是就像我们前面提到的那样，Nvidia 有一套 Photoshop 插件可供这类用途。这套插件叫做 NVIDIA Photoshop Plug-ins，是 Nvidia 提供给游戏开发者的一套 PS 插件。提供了 dds 格式纹理制作功能、凹凸转换法线功能以及环境贴图 cube map 转制的功能等。

安装了这套插件，法线纹理的制作基本就不成问题了。

Fridger Schrempp 博士为 Celestia 设计了一款名为 NmTools 的命令行法线纹理制作工具，有兴趣的朋友可以去 [CelestialMatters.org](http://CelestialMatters.org) 站了解详情。

## 4. 夜视纹理制作思路

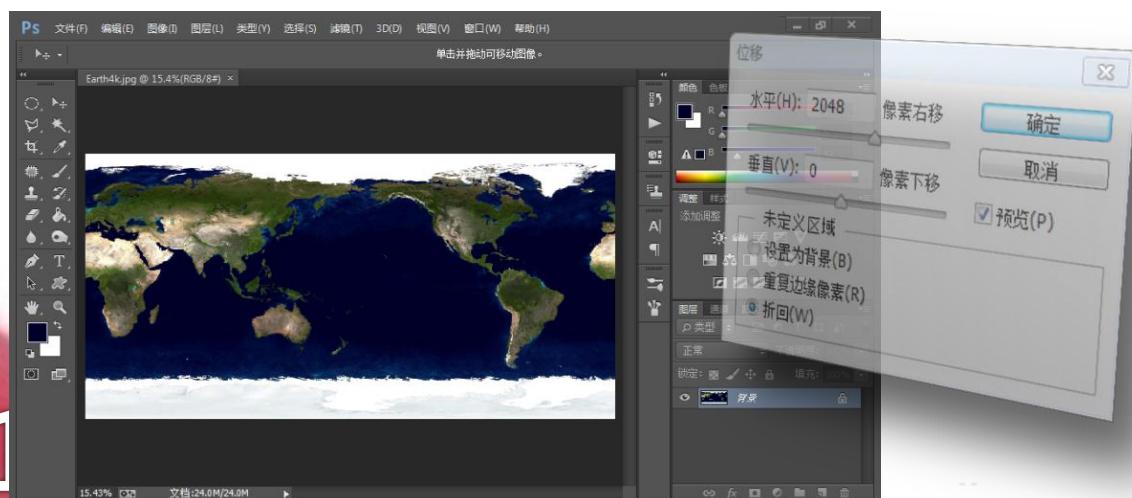
如果没有原始数据凭空制作的话，这确实是一个难事。城市光点的亮度和地区人口密度以及经济发达程度有关，最直观的例子莫过于三八线南北的光点数差异。

读者如果想尝试给自己的行星做夜视，可以借助做好的夜视图，拼贴起来。

## 三、180° 经线接缝修正以及两极修正

艺术纹理的制作往往是在一张画布上的自由挥洒。导致纹理图像的四个边线无法很好地接在一起，带来接缝的问题。下面我们来讨论如何修正。

180° 经线，在纹理上也就是左右两边。通过“滤镜>其他>位移”可以将 180° 经线平移至画面中央。在弹出的对话框中设置水平位移像素数为当前文档横宽的一半，如对于 4k 纹理，就输入 2048。在下面的三个选项中点选“折回”一项。这样就可以将 180° 经线放置到图片的正中央。

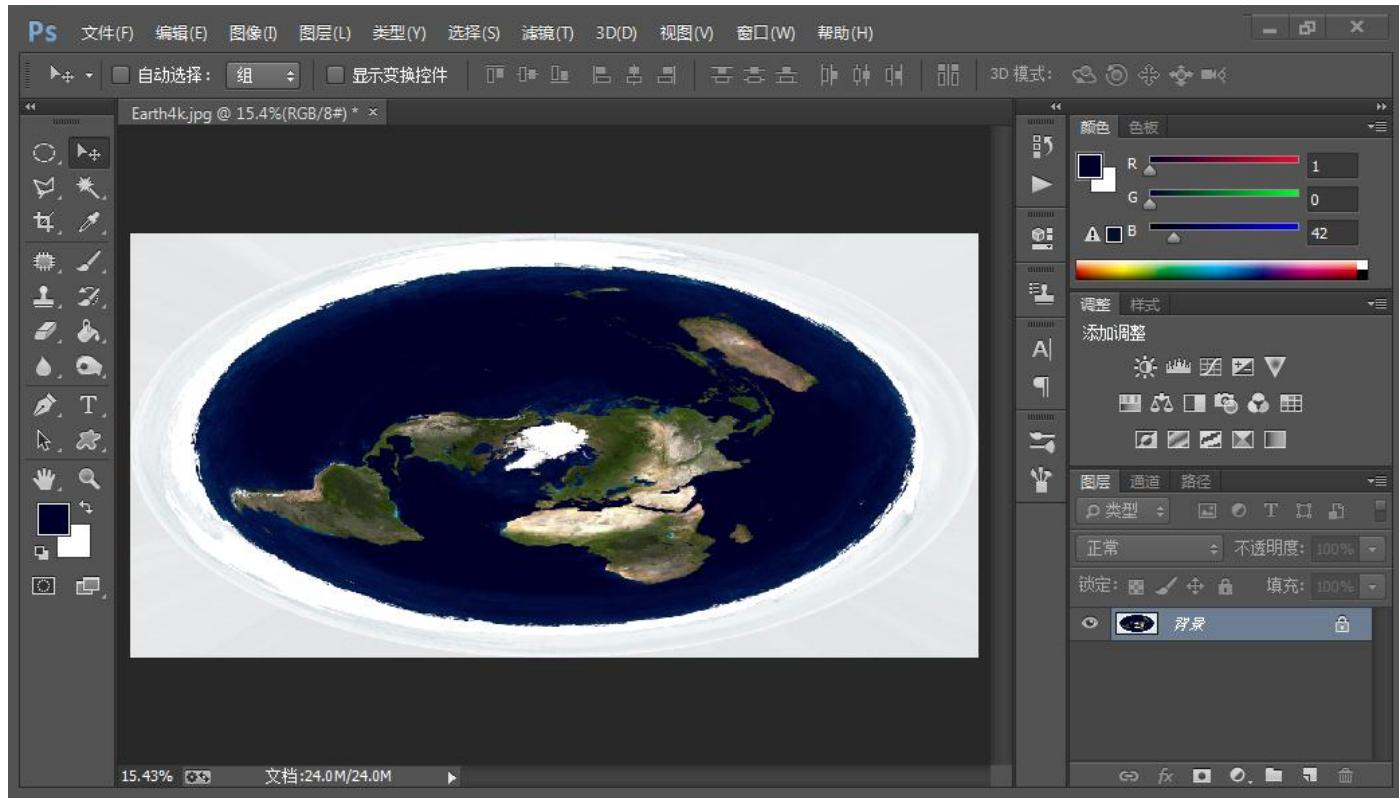




这之后，一切就简单了。仅需要在接缝处用仿制图章一类的工具修补，使接缝不可见，便大功告成。

两极的修正也是一个思路，先将纹理的极点变换到画面中央，再修补。

这回要用的滤镜是“滤镜>扭曲>极坐标”，在转换时点选“平面坐标到极坐标”，再确定即可。



修正工作完成之后，在使用滤镜时改为点选“极坐标到平面坐标”就可以转换回来了。

上图是修复北极。修复南极需要先将画布垂直翻转或旋转 180°，再使用“极坐标”。

需要注意的是，反复使用极坐标滤镜有非常严重的画面细节损失！读者若想避免，可以先增大图像的分辨率，再变换，修复完之后，变换回去，然后降低回原来的分辨率。对分辨率进行调整可以最大限度地减少画质损失。

#### 四、宜居行星制作策略

下面我们简述制作宜居行星纹理的一点小技巧。

宜居行星相比于满是撞击坑的那种岩质行星更容易制作。其主要特点是海洋和陆地，因此我们不妨从反光纹理下手。因为从某种角度来说，反光纹理就是一个海陆分布图。

建立一个新的 Photoshop 文档，分辨率应设置为你所要制作的分辨率的二倍，比如制作 2k 纹理，最好将分辨率设置为 4096x2048。因为在高分辨率下制作纹理，再压缩成低分辨率纹理，可以使细节有最好的彰显。上文中提到的极坐标对画面的损失正是一方面原因。

然后便是绘制自己的海陆分布了。海为白色，陆为黑色。画完之后，别忘了保存 PSD 原本。切记，导出 JPG 文件一定是最后一件事。因为 JPG 是有损格式。一路用 JPG 格式只会导致画面质量越来越差。



将这个海陆分布复制一份，在此基础上绘制表面纹理。这将主要是一个拼贴工作。图片资源可能会主要来自地球的风景，如卫星地图。这个过程需要花费一些时间，但是会影响到您纹理的最主要效果。

这之后就是制作凹凸、夜视等纹理了。前面我们曾提出一些思路，可以供读者参考。

如果您能够制作出来一套完整的宜居行星纹理，那么各种类型天体纹理的制作成功，就只是时间问题了。

纹理制作，实在是一件复杂艰辛的工作。本节仅给出了一些思路和技巧。希望能够启发读者。

## 第四节 插件的改造、调试与发布

### 一、插件改造

下载来的插件有些可能不适用于自己的需要。这就需要我们对其进行改造。但需要提醒读者的是，出于对原作者的尊重，改造后的插件最好不要随意发布。下面我们介绍一些插件低配化改造的技巧。

很多插件都使用了高清晰度的纹理，这就使得在低配置机器上运行这些插件十分困难。为了能够在低配机上正常使用这些插件，我们可以考虑在降低软件渲染画质的同时对插件进行一些更改。

低配置机器上引起卡顿甚至软件崩溃的原因最主要就是纹理的分辨率。Celestia 崩溃经常发生在纹理加载的过程中。因此，修改纹理是改变这一现状的最好方案。

前面我们提到了 NVIDIA Photoshop Plug-ins，这套工具可以帮助我们制作加载速度更快的 DDS 纹理。在 Photoshop 中适当压缩原文档分辨率之后，在“文件>另存为”中将贴图储存为 DDS 格式即可生成。

除此之外，引起卡顿的原因还可能是天体数过多。同时有太多天体出现在屏幕也会造成卡顿。这时读者可以修改 SSC，在合理的区间内减少天体数目，或者减小天体半径、增大轨道半径，使同时出现在屏幕的天体数减少。

### 二、数据文件的整理

当安装的插件过多时，Celestia 启动速度会被大大拖累。根据以往经验，影响启动时插件读取速度的因素主要是 SSC、STC 和 DSC 的“文件数量”。而 SSC、STC 和 DSC 中定义的天体数量对于启动速度影响并不是很大——这种速度差异只有在较低配置的电脑上加载 galaxies.dsc（这个文件有 3.89MB 之大，包含 142569 行代码，定义了 Celestia 中几乎全部的星系）时才能觉察得到。

因此，将插件整合到 data 文件夹，并将不同 SSC 文件合并，或许是一个可行的方法。经过笔者尝试，在 data 文件夹中新建其他文件夹来储存数据文件是可行的。只要在 Celestia 的启动文件，celestia.cfg 中正确引导即可。前面我们介绍了 Celestia 的启动文件，在启动文件的数据引导部分增加新文件或是更改已有文件的路径即可。下面截取自 celestia.cfg，为 Celestia 的数据引导，记录了 Celestia 的数据存放位置：

```
StarDatabase          "data/stars.dat"
StarNameDatabase      "data/starnames.dat"
StarCatalogs          [
    "data/revised.stc"
    "data/extrasolar.stc"
    "data/nearstars.stc"
    "data/visualbins.stc"
    "data/spectbins.stc"
    "data/charm2.stc"
]

HDCrossIndex          "data/hdxindex.dat"
SAOCrossIndex          "data/saoxindex.dat"
GlieseCrossIndex       "data/gliesexindex.dat"

SolarSystemCatalogs   [ "data/solarsys.ssc"
```



```

    "data/asteroids.ssc"
    "data/comets.ssc"
    "data/outersys.ssc"
    "data/minormoons.ssc"
    "data/numberedmoons.ssc"
    "data/extrasolar.ssc"
    "data/eros_locs.ssc"
    "data/gaspra_locs.ssc"
    "data/ida_locs.ssc"
    "data/merc_locs.ssc"
    "data/venus_locs.ssc"
    "data/earth_locs.ssc"
    "data/mars_locs.ssc"
    "data/moon_locs.ssc"
    "data/marsmoons_locs.ssc"
    "data/jupitermoons_locs.ssc"
    "data/saturnmoons_locs.ssc"
    "data/uranusmoons_locs.ssc"
    "data/neptunemoons_locs.ssc"
    "data/ring_locs.ssc"
    "data/world-capitals.ssc" ]

DeepSkyCatalogs      [ "data/galaxies.dsc"
                        "data/globulars.dsc" ]

AsterismsFile        "data/asterisms.dat"
BoundariesFile       "data/boundaries.dat"

```

重申一下：插件文件夹中的文件是通过搜索，或是说扫描的方式加载的。而 data 文件夹中的数据文件，必须通过启动文件引导，直接保存在 data 文件夹中的文件不会被加载！

```
"data/newfolder/newdata.ssc"
```

这种写法是可以接受的。修改完启动文件，Celestia 就可以加载存放在 data/newfolder 中的 newdata.ssc 了。特别要注意一下斜线 “/” 的方向——这和 Windows 中一般的路径用 “\” 有区别！

存放在 data 文件夹的 SSC 和 STC 文件会接受储存在 celestia\textures 的纹理和 celestia\models 中的模型。这个道理相信大家都懂。

笔者曾经做过一个 Celestia 的 mod 版本，Celestia 飞佛特别版，可以在飞哥与小佛吧的精品区找到，是一个献礼的作品。那个 mod 版本最大的特点就是数据整理，启动速度也因此大大地提升了（无论是在高配还是低配）。虽然现在让笔者评价，那个工作还有诸多不足，但接下来，还是以此为例吧。

下面是作者 mod 的 data 文件夹中的文件列表（通过 CMD tree 命令获得）：

```

CELESTIA\DATA
| cassini-cruise.xyzv
| cassini-orbit.xyzv
| cassini-solstice.xyzv
| galileo-cruise.xyzv
| galileo-orbit.xyzv
| huygens.xyzv
| spacecraft.ssc
| sun_detail.ssc
|
|---Asterisms
|   asterisms.dat

```



```
| boundaries.dat  
|  
|---DeepSkyObjects  
|     galaxies.dsc  
|     globulars.dsc  
|  
|---Locations  
|     Cel_Locs.ssc  
|     earth_locs.ssc  
|     eros_locs.ssc  
|     gaspra_locs.ssc  
|     ida_locs.ssc  
|     jupitermoons_locs.ssc  
|     marsmoons_locs.ssc  
|     mars_locs.ssc  
|     merc_locs.ssc  
|     moon_locs.ssc  
|     neptunemoons_locs.ssc  
|     ring_locs.ssc  
|     saturnmoons_locs.ssc  
|     uranusmoons_locs.ssc  
|     venus_locs.ssc  
|     world-capitals.ssc  
|  
|---SolarSys  
|     asteroids.ssc  
|     comets.ssc  
|     extrasolar.ssc  
|     moons.ssc  
|    outersys.ssc  
|     planets.ssc  
|  
|---Stars  
|     charm2.stc  
|     extrasolar.stc  
|     hdxindex.dat  
|     nearstars.stc  
|     revised.stc  
|     saoxindex.dat  
|     spectbins.stc  
|     starnames.dat  
|     stars.dat  
|     visualbins.stc
```

上述文件通过启动文件中的这一部分引导：

```
StarDatabase          "data/Stars/stars.dat"  
StarNameDatabase     "data/Stars/starnames.dat"  
StarCatalogs         [ "data/Stars/revised.stc"  
                      "data/Stars/extrasolar.stc"  
                      "data/Stars/nearstars.stc"  
                      "data/Stars/visualbins.stc"  
                      "data/Stars/spectbins.stc"  
                      "data/Stars/charm2.stc" ]
```



```

HDCrossIndex           "data/Stars/hdxindex.dat"
SAOCrossIndex          "data/Stars/saoxindex.dat"
GlieseCrossIndex       "data/Stars/gliesexindex.dat"

SolarSystemCatalogs   [ "data/SolarSys/planets.ssc"
                        "data/SolarSys/moons.ssc"
                        "data/SolarSys/asteroids.ssc"
                        "data/SolarSys/comets.ssc"
                        "data/SolarSys/outersys.ssc"
                        "data/SolarSys/extrasolar.ssc"
                        "data/Locations/eros_locs.ssc"
                        "data/Locations/gaspra_locs.ssc"
                        "data/Locations/ida_locs.ssc"
                        "data/Locations/merc_locs.ssc"
                        "data/Locations/venus_locs.ssc"
                        "data/Locations/earth_locs.ssc"
                        "data/Locations/mars_locs.ssc"
                        "data/Locations/moon_locs.ssc"
                        "data/Locations/marsmoons_locs.ssc"
                        "data/Locations/jupitermoons_locs.ssc"
                        "data/Locations/saturnmoons_locs.ssc"
                        "data/Locations/uranusmoons_locs.ssc"
                        "data/Locations/neptunemoons_locs.ssc"
                        "data/Locations/ring_locs.ssc"
                        "data/Locations/world-capitals.ssc"
                        "data/Locations/Cel_Locs.ssc"
                        "data/spacecrafts.ssc"
                        "data/sun_detail.ssc"]

DeepSkyCatalogs        [ "data/DeepSkyObjects/galaxies.dsc"
                        "data/DeepSkyObjects/globulars.dsc" ]

AsterismsFile          "data/Asterisms/asterisms.dat"
BoundariesFile         "data/Asterisms/boundaries.dat"

```

数据整合之后别忘了将纹理和模型分别整合到 celestia\textures 和 celestia\datas。

### 三、汉化

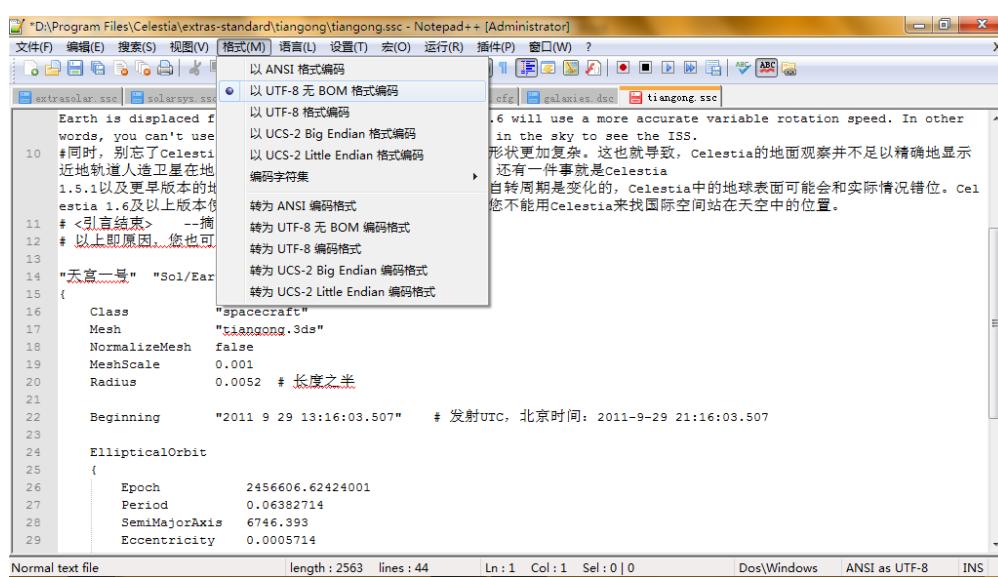
Celestia 的汉化已经很不错了。可是有些细节，我们想进一步汉化，该怎么办？

#### 1. 数据文件汉化

SSC、STC 和 DSC 的汉化是很容易的。只要将天体定义的名称改成汉语即可。要注意，SSC、STC 和 DSC 中的汉字是 UTF-8 格式编码的，以 ANSI 格式写入会导致乱码。

编码格式的更改方法如右图所示，以 Notepad++为例，只需“格式>以 UTF-8 无 ROM 格式编码”即可更改。

比较特殊的一种汉化是汉化星名。Celestia 允许 SSC、STC





和 DSC 的地区化，即，SSC、STC 和 DSC 中的词条，如太阳系的各个天体，可以通过 gettext 汉化。但是不允许对恒星名汉化——绝大多数恒星名不是写在 STC 文件中的，而是写在 data\starnames.dat。这个文件包含恒星的习惯命名和系统命名（如拜尔命名法）。中国是富于天文学传统的国度，也有自己的天文学体系，当然也有自己的恒星命名，并且绝大多数的恒星名是以“星官+数字”的形式系统命名的，如“心宿二（习惯命名：大火）”，这种命名在中国甚至较拜尔命名法更为常用。这说明了汉化恒星的必要性。我们可以通过修改这个文件加入汉化的星名。

```
0:Sol
88:TAU Phe
122:TET Oct
145:29 Psc
154:30 Psc
171:85 Peg
183:ZET Scl
186:31 Psc
194:c Psc:32 Psc
301:2 Cet
```

上文是 starnames.dat 的节选，我们可以看出这个文件的书写格式是“HIP 编号:(英文冒号)恒星名 1:恒星名 2”。汉化方法也显而易见，只需将汉语恒星名加进去并和其他名字用冒号隔开就好了。

```
0:日:Sol
43:王良增九
88:TAU Phe
122:TET Oct
124:王良增十
145:垒壁阵十:29 Psc
154:垒壁阵十二:30 Psc
171:壁宿增五:85 Peg
183:ZET Scl
186:土公增一:31 Psc
194:土公一:c Psc:32 Psc
301:八魁二:2 Cet
```

这是汉化好的，启动 Celestia 就可以看到效果了。starnames.dat 文件同样是以 UTF-8 格式编码的。

## 2. Gettext 汉化

Celestia 是用 GNU gettext 做的地区化。地区化文件储存在 locale 文件夹，简体中文代码是 zh\_CN。

locale 文件夹中的地区化文件为 mo 格式，这一格式是已经编译完成的，不能修改。

想要修改地区化文件，可以下载 Celestia 源代码进行更改。Celestia 的 subversion (svn) 提供了 mo 的源代码 po 文件，以及地区化模板 pot 文件，下载到 po 文件后使用 Poedit 就可以修改和编译了。保存后的 mo 文件放进 Celestia 的 locale 文件夹就可以发挥作用了。

## 3. 脚本汉化

cel 脚本通常用于编写旅行脚本，运行脚本后，脚本就会接管 Celestia 的控制，带您飞天入地。cel 文件的汉化也比较容易的。下以 Bob Hegwood 的 Earth Tour (地球之旅) 为例。

```
{
#
#-----
# EarthTour.cel V1.01: Touring Earth.
```



```

# Original script V1.01 by Bob Hegwood on 20 Jul 2004.
#-----
#
renderflags {clear "orbits|constellations|comettails|boundaries"}
renderflags {clear "pointstars|galaxies|markers"}
renderflags {set "cloudmaps|eclipseshadows|atmospheres|nightmaps"}
labels {clear "planets|moons|spacecraft|asteroids|constellations|stars|galaxies"}
#
#-----
# Set up lighting, the view and the date for this tour. (800x600 display)
# Celestia default FOV = 25. View Earth on June 6, 2004.
#-----
#
set {name "AmbientLightLevel" value 0.50}
set {name "FOV" value 35.0}
time {jd 2453163.0416667}
#
#-----
# Select Earth as our destination, approach and give general explanation.
#-----
#
select {object "Sol/Earth"}
center {time 5.0}
wait {duration 5.0}
follow {}
goto {time 8.0 distance 5.0}
wait {duration 8.0}
print {text "Welcome to Planet Earth!" row -4 column 1 duration 10.0}
gotolonglat {time 8.0 distance 5.0 longitude -25.0 latitude -10.0}
wait {duration 10.0}
timerate {rate 300.0}
wait {duration 4.0}
print {text "You may know a bit about THIS planet already..."row -4 column 1 duration
8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "But you may be surprised to know that our Home Planet\nis much like many
of the other bodies in our solar system. "row -4 column 1 duration 10.0}
wait {duration 12.0}
print {text "The Earth itself features a wide\nvariety of violent impact craters." row
-4 column 1 duration 8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "The surface of the planet is also always\nin motion, and it is constantly
changing." row -4 column 1 duration 8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "Let's peer beneath the clouds\nand take a quick look around." row -4 column
1 duration 5.0}
wait {duration 7.0}
timerate {rate 1.0}
synchronous {}
#
#-----
# Let's view some of the Earth's impact craters.
#-----
#
gotolonglat {time 5.0 distance 5.0 longitude -89.5 latitude 21.3333}
wait {duration 5.0}
gotolonglat {time 5.0 distance 1.5 longitude -89.5 latitude 21.3333}
wait {duration 5.0}
renderflags {clear "cloudmaps"}

```



```
wait {duration 2.0}
print {text "Here's the location of one violent impact..." row -4 column 1 duration 6.0}
wait {duration 8.0}
unmark {object "Sol/Earth"}
renderflags {set "markers"}
mark {object "Sol/Earth/Chicxulub Crater" size 15 color [1 1 1] symbol "x"}
print {text "This is Chicxulub." row -4 column 1 duration 5.0}
wait {duration 5.0}
unmark {object "Sol/Earth/Chicxulub Crater"}
wait {duration 2.0}
print {text "About 65 million years ago, a 10-kilometer wide asteroid impacted\nhere,\nand the results killed approximately 70% of the life on Earth!" row -4 column 1 duration
12.0}
```

以上是EarthTour.cel 前 70 行代码。我们可以看到 print 语句后的是输出内容，我们汉化的就是这一部分。“\n”是换行的意思。

下面是汉化的结果（删掉了注释）：

```
{
renderflags {clear "orbits|constellations|comettails|boundaries"}
renderflags {clear "pointstars|galaxies|markers"}
renderflags {set "cloudmaps|eclipseshadows|atmospheres|nightmaps"}
labels {clear "planets|moons|spacecraft|asteroids|constellations|stars|galaxies"}
set {name "AmbientLightLevel" value 0.50}
set {name "FOV" value 35.0}
time {jd 2453163.0416667}
select {object "Sol/Earth"}
center {time 5.0}
wait {duration 5.0}
follow {}
goto {time 8.0 distance 5.0}
wait {duration 8.0}
print {text "欢迎光临地球。" row -4 column 1 duration 10.0}
gotolonglat {time 8.0 distance 5.0 longitude -25.0 latitude -10.0}
wait {duration 10.0}
timerate {rate 300.0}
wait {duration 4.0}
print {text "您可能以前对这颗行星有些许了解……"row -4 column 1 duration 8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "但您在知道我们的家园和太阳系中其他的星体十分相似后，\n一定会感到十分惊讶。"row -4
column 1 duration 10.0}
wait {duration 12.0}
print {text "地球本身就富于多种强烈撞击形成的陨坑。" row -4 column 1 duration 8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "地球表面一直都在变化，\n处在长久的地质变迁之中。" row -4 column 1 duration 8.0}
wait {duration 10.0}
print {text "让我们关闭云层渲染\n来更好地进行观察。" row -4 column 1 duration 5.0}
wait {duration 7.0}
timerate {rate 1.0}
synchronous {}
gotolonglat {time 5.0 distance 5.0 longitude -89.5 latitude 21.3333}
wait {duration 5.0}
gotolonglat {time 5.0 distance 1.5 longitude -89.5 latitude 21.3333}
wait {duration 5.0}
renderflags {clear "cloudmaps"}
wait {duration 2.0}
print {text "这里就是撞击坑之一。" row -4 column 1 duration 6.0}
wait {duration 8.0}
```



```

unmark {object "Sol/Earth"}
renderflags {set "markers"}
mark {object "Sol/Earth/Chicxulub Crater" size 15 color [1 1 1] symbol "x"}
print {text "这是 Chicxulub。" row -4 column 1 duration 5.0}
wait {duration 5.0}
unmark {object "Sol/Earth/Chicxulub Crater"}
wait {duration 2.0}
print {text "大约 6500 万年前，一颗直径十余千米的小行星在此陨落，\n这次灾难导致地球上 70% 的生物死亡！" row -4 column 1 duration 12.0}

```

在 cel 脚本中，汉字也是以 UTF-8 格式编码的。

## 四、插件调试

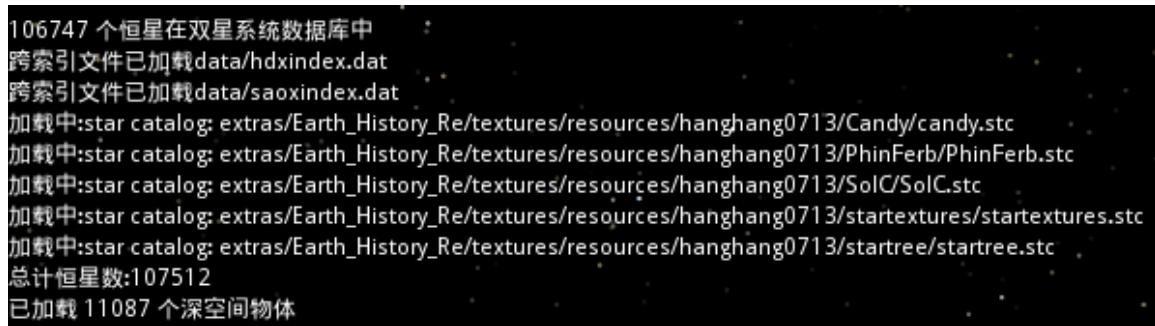
Celestia 提供了众多供插件开发者调试插件的功能。

### 1. 调试控制台

调试控制台，用“~”键盘命令调出。开启调试控制台后，上下方向键（↑↓）就会被接管，用于上下滚动控制台。



右侧出现的就是调试控制台。它记录这 Celestia 的运行情况。向上滚动（按键盘上的↑），还可以看到启动记录：



也可以看到出错的记录，并且会告诉你出错原因，有时会指出错误的代码在第几行：



```
加载太阳系目录:extras/Earth_History_Re/textures/resources/hanghang0713/EarthHistory/EarthHis.ssc
加载太阳系目录:extras/Earth_History_Re/textures/resources/hanghang0713/PhinFerb/PhinFerb.ssc
加载太阳系目录:extras/Earth_History_Re/textures/resources/hanghang0713/SolC/SolC.ssc
.ssc 文件出错 (行 9572): 警告:重复定义SolC (202421) 2005 UQ513 .
.ssc 文件出错 (行 9599): 警告:重复定义SolC 2005 QU182
Could not find custom orbit named '2006 SQ372'
.ssc 文件出错 (行 9947): 警告:重复定义SolC 2009 YE7
.ssc 文件出错 (行 9974): 警告:重复定义SolC (225088) 2007 OR10
.ssc 文件出错 (行 10348): 警告:重复定义SolC 2002 MS4
.ssc 文件出错 (行 10374): 警告:重复定义SolC 38628 Huya
```

这样就可以在退出后及时对出错的地方进行修改。

## 2. 命令行调试语句

通过命令行启动 Celestia 可以开启不同的 Celestia 模式。

### Windows 系统命令行

```
--dir <路径>
将 Celestia 的根目录设置为 <路径>。
--fullscreen
全屏启动 Celestia。
--once
向一个正在运行的 Celestia 实例发送命令行，如果没有正在运行的实例，开启一个新的 Celestia 窗口。
--url <url>|<文件名>
使用一个 Celestia <url>启动，或者当参数值为一脚本文件时，运行<文件名>。
--verbose > <文件名>
在<文件名>中写入调试信息（尽管--verbose 只能将信息回显到一个文件，定向符“>”是不能省略的）
```

### gtk 命令行

```
--conf
使用一个替代启动文件。
--dir
使用一个替代安装位置。
--extradir
加载额外的插件文件夹。
--fullscreen
全屏启动。
--nosplash
禁用启动画面。
- v [0|1]
开启或关闭调试模式。
```

### KDE 命令行

```
--conf
使用一个替代启动文件。
--dir
使用一个替代安装位置。
--extradir
加载额外的插件文件夹。
--fullscreen
全屏启动。
--nosplash
```



禁用启动画面。  
+[url]  
启动并前往 URL  
<url>  
以给定的 url 启动或执行脚本文件。  
-- help  
命令行帮助。

延伸阅读中，我们会引用小甜甜姐姐的经典帖子（发表在 Celestia 百度贴吧）继续说明。

## 五、发布

插件制作完成之后便是发布了。

发布之前请先确保插件检查无误。检查方法即上文中的调试技巧。需要注意的是，在一台电脑上检查无误，不代表在其他计算机上就可以正常运行。比如 Windows 和 Linux 系统在很多方面都有差别，而这些差别也决定着插件能否正常运行。

比如 Linux 系统中的文件名是区分大小写的，而且不允许有空格出现。在 Windows 系统中则没有这些限制。因此，Celestia 的插件规范性要求：插件中出现的任何文件名都必须为全小写无空格英文字符！做到这点才能保证万无一失。

发布之前请先写好自述文档，描述插件的使用方法和版权信息。如果使用了他人的成果，还要表明来源，并给出链接。

在确保万无一失之后，用压缩软件打包。压缩包的格式最好是 zip 格式。因为 zip 格式兼容性好，可以在大多数计算机上解压缩。最好不要打 rar 或 7z 包，因为其商用特性，很多没有安装专门软件的计算机将无法解包。

最后便是传到互联网上了。尽量提供方便的链接。若是传至 MotherLode，请认真填写上传表单。

## 延伸阅读 编辑模式使用方法

本帖作者小甜甜姐姐，载于 [Celestia 百度贴吧](#)。

[揭开 Celestia 尘封已久的终极秘密！！编辑模式的使用方法！！](#)

[celestia 吧](#) | [图片](#) [精品](#)



@CelestiaForum ! ! ! 求加精 ! ! !

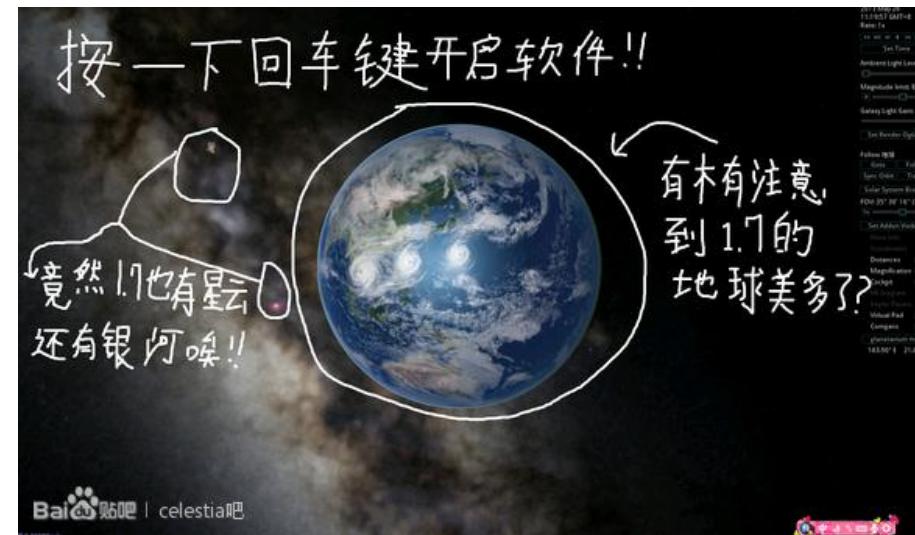
编辑模式的功能是用于调整星云，星系，行星等的角度，从此调星云的角度再也不会烦恼的要字沙 ! ! !

[oo 小甜甜姐姐 oo](#)

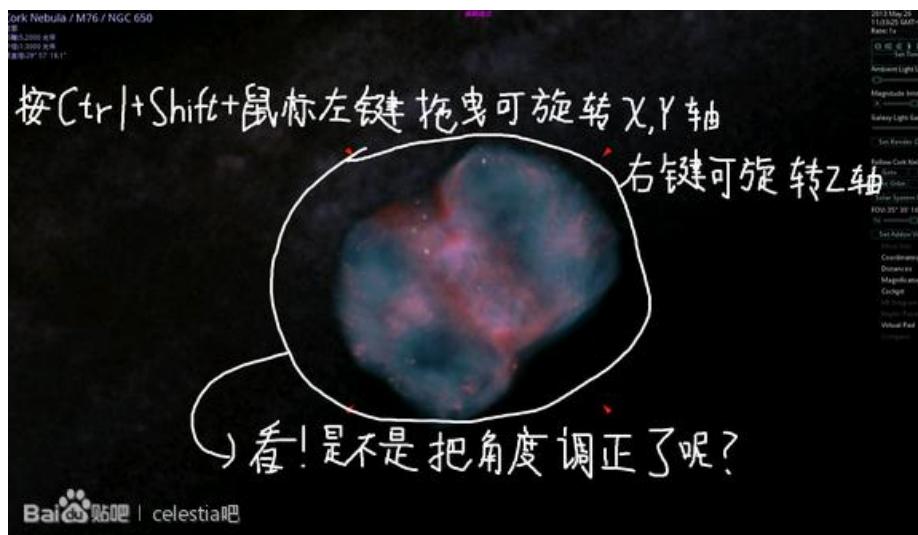
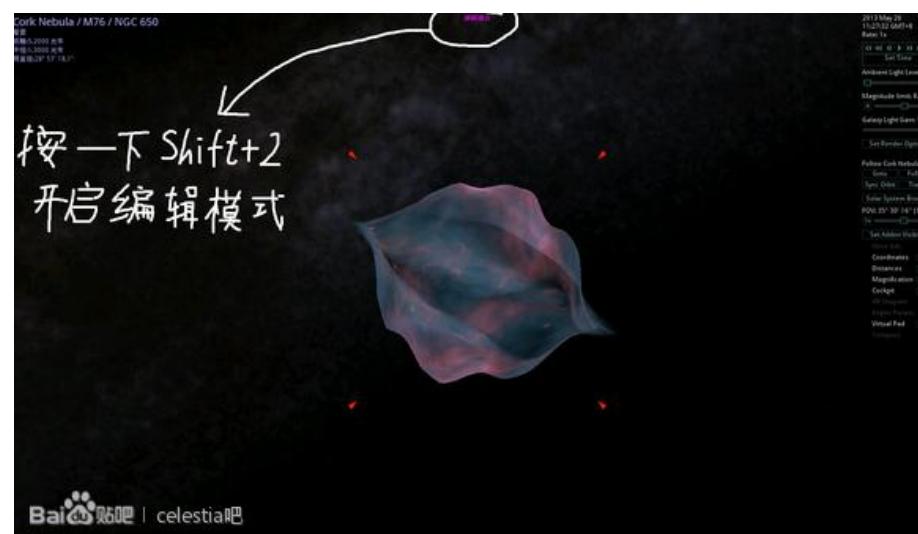
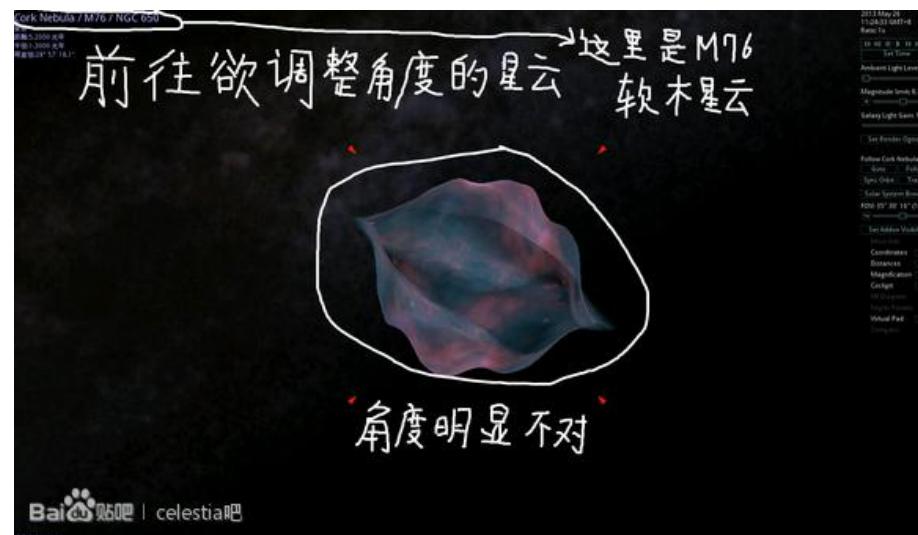
银河系

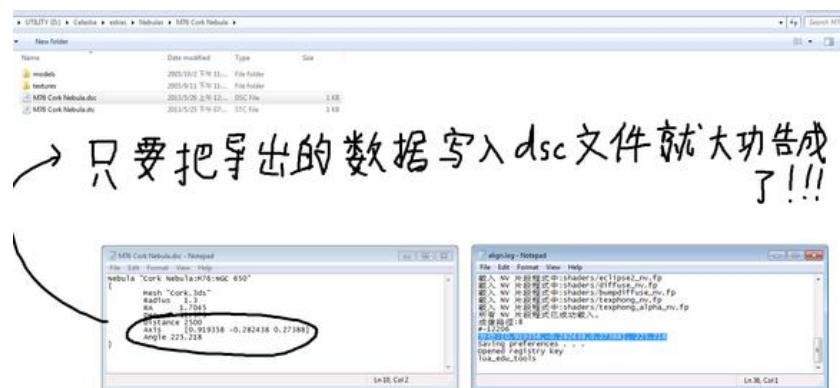
10

1 楼 2013-05-26 12:52



(1.7 是小甜甜姐姐在 1.6.1 的基础上开发的一个版本，不是 Sourceforge 上的 Celestia v1.7.0 subversion，编注)





Baidu Tieba | celestia吧



---

# 附录<sup>+</sup>

## 附录一

GNU GENERAL PUBLIC LICENSE

Chinese and English version

## 附录二

Celestia 1.6.1 鼠标、键盘及摇杆指令表

## 附录三

Celestia CEL

## 附录四

Celestia CELX 和 Lua

## 附录五

希腊字母表及星座名缩写对照表

## 附录六

单位制

## 附录七

常量表

## 附录八

大气散射开发历程



# 附录一

## GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Chinese and English version

**Chinese version(翻译版本，不具法律效力)**

**GNU 通用公共许可证(GPL)**

下面的正文是自由软件基金会 GNU 通用公共许可证原始文档的副本。Linux 操作系统以及与它有关的大量软件是在 **GPL** 的推动下开发和发布的。

你将看到：如果你打算为了发布的目的修改，更新或改进任何受通用公共许可证约束的软件，你所修改的软件同样必须受到 GNU 通用许可证条款的约束。

GNU 通用公共许可证

1991. 6 第二版

版权所有(C)1989, 1991 Free Software foundation, Inc.

675 Mass Ave, Cambridge, MA02139, USA

允许每个人复制和发布这一许可证原始文档的副本，但绝对不允许对它进行任何修改。

### 序言

大多数软件许可证决意剥夺你的共享和修改软件的自由。对比之下，GNU 通用公共许可证力图保证你的共享和修改自由软件的自由——保证自由软件对所有用户是自由的。**GPL** 适用于大多数自由软件基金会的软件，以及由使用这些软件而承担义务的作者所开发的软件。(自由软件基金会的其他一些软件受 GNU 库通用许可证的保护)。你也可以将它用到你的程序中。

当我们谈到自由软件(**free software**)时，我们指的是自由而不是价格。我们的 GNU 通用公共许可证决意保证你有发布自由软件的自由(如果你愿意，你可以对此项服务收取一定的费用)；保证你能收到源程序或者在你需要时能得到它；保证你能修改软件或将它的一部分用于新的自由软件；而且还保证你知道你能做这些事情。

为了保护你的权利，我们需要做出规定：禁止任何人不承认你的权利，或者要求你放弃这些权利。如果你修改了自由软件或者发布了软件的副本，这些规定就转化为你的责任。例如，如果你发布这样一个程序的副本，不管是收费的还是免费的，你必须将你具有的一切权利给予你的接受者；你必须保证他们能收到或得到源程序；并且将这些条款给他们看，使他们知道他们有这样的权利。

我们采取两项措施来保护你的权利。



- (1) 给软件以版权保护。
- (2) 给你提供许可证。它给你复制，发布和修改这些软件的法律许可。

同样，为了保护每个作者和我们自己，我们需要清楚地让每个人明白，自由软件没有担保(**no warranty**)。如果由于其他某个人修改了软件，并继续加以传播。我们需要它的接受者明白：他们所得到的并不是原来的自由软件。由其他人引人的任何问题，不应损害原作者的声誉。最后，任何自由软件不断受到软件专利的威胁。我们希望避免这样的风险，自由软件的再发布者以个人名义获得专利许可证。事实上，将软件变为私有。为防止这一点，我们必须明确：任何专利必须以允许每个人自由使用为前提，否则就不准许有专利。

## 有关复制，发布和修改的条款和条件

0. 此许可证适用于任何包含版权所有者声明的程序和其他作品，版权所有者在声明中明确说明程序和作品可以在 **GPI** 条款的约束下发布。下面提到的“程序”指的是任何这样的程序或作品。而“基于程序的作品”指的是程序或者任何受版权法约束的衍生作品。也就是说包含程序或程序的一部分的作品。可以是原封不动的，或经过修改的和／或翻译成其他语言的(程序)。在下文中，翻译包含在修改的条款久 每个许可证接受人(**License**)用你来称呼。许可证条款不适用于复制，发布和修改以外的活动。这些活动超出这些条款的范围。运行程序的活动不受条款的限止。仅当程序的输出构成基于程序作品的内容时，这一条款才适用(如果只运行程序就无关)。是否普遍适用取决于程序具体用来做什么。

1. 只要你在每一副本上明显和恰当地出版版权声明和不承担担保的声明，保持此许可证的声明和没有担保的声明完整无损，并和程序一起给每个其他的程序接受者一份许可证的副本，你就可以用任何媒体复制和发布你收到的原始的程序的源代码。你可以为转让副本的实际行动收取一定费用。你也有权选择提供担保以换取一定费用。

2. 你可以修改程序的一个或几个副本或程序的任何部分，以此形成基于程序的作品。只要你同时满足下面的所有条件，你就可以按前面第一款的要求复制和发布这一经过修改的程序或作品。

- a) 你必须在修改的文件中附有明确的说明：你修改了这一文件及具体的修改日期。
- b) 你必须使你发布或出版的作品(它包含程序的全部或一部分，或包含由程序的全部或部分衍生的作品)允许第三方作为整体按许可证条款免费使用。
- c) 如果修改的程序在运行时以交互方式读取命令，你必须使它在开始进入常规的交互使用方式时打印或显示声明：包括适当的版权声明和没有担保的声明(或者你提供担保的声明)；用户可以按此许可证条款重新发布程序的说明；并告诉用户如何看到这一许可证的副本。(例外的情况：如果原始程序以交互方式工作，它并不打印这样的声明，你的基于程序的作品也就不用打印声明)。

这些要求适用于修改了的作品的整体。如果能够确定作品的一部分并非程序的衍生产品，可以合理地认为这部分是独立的，是不同的作品。当你将它作为独立作品发布时，它不受此许可证和它的条款的约束。但是当你将这部分作为基于程序的作品的一部分发布时，作为整体它将受到许可证条款约束。准予其他许可证持有人的使用范围扩大到整个产品。也就是每个部分，不管它是谁写的。因此，本条款的意图不在于索取权利；或剥夺全部由你写成的作品的权利。而是履行权利来控制基于程序的集体作品或衍生作品的发布。

此外，将与程序无关的作品和该程序或基于程序的作品一起放在存贮体或发布媒体的同一卷上，并不导致将其他作品置于此许可证的约束范围之内。

3. 你可以以目标码或可执行形式复制或发布程序(或符合第 2 款的基于程序的作品)，只要你遵守前面的第 1, 2 款，并同时满足下列 3 条中的 1 条。



- a) 在通常用作软件交换的媒体上，和目标码一起附有机器可读的完整的源码。这些源码的发布应符合上面第 1, 2 款的要求。或者
- b) 在通常用作软件交换的媒体上，和目标码一起，附有给第三方提供相应的机器可读的源码的书面报价。有效期不少于 3 年，费用不超过实际完成源程序发布的实际成本。源码的发布应符合上面的第 1, 2 款的要求。或者
- c) 和目标码一起，附有你收到的发布源码的报价信息。(这一条款只适用于非商业性发布，而且你只收到程序的目标码或可执行代码和按 b)款要求提供的报价)。

作品的源码指的是对作品进行修改最优先择取的形式。对可执行的作品讲，完整的源码包括：所有模块的所有源程序，加上有关的接口的定义，加上控制可执行作品的安装和编译的 script。作为特殊例外，发布的源码不必包含任何常规发布的供可执行代码在上面运行的操作系统的主要组成部分(如编译程序，内核等)。除非这些组成部分和可执行作品结合在一起。

如果采用提供对指定地点的访问和复制的方式发布可执行码或目标码，那么，提供对同一地点的访问和复制源码可以算作源码的发布，即使第三方不强求与目标码一起复制源码。

4. 除非你明确按许可证提出的要求去做，否则你不能复制，修改，转发许可证和发布程序。任何试图用其他方式复制，修改，转发许可证和发布程序是无效的。而且将自动结束许可证赋予你的权利。然而，对那些从你那里按许可证条款得到副本和权利的人们，只要他们继续全面履行条款，许可证赋予他们的权利仍然有效。

5. 你没有在许可证上签字，因而你没有必要一定接受这一许可证。然而，没有任何其他东西赋予你修改和发布程序及其衍生作品的权利。如果你不接受许可证，这些行为是法律禁止的。因此，如果你修改或发布程序(或任何基于程序的作品)，你就表明你接受这一许可证以及它的所有有关复制，发布和修改程序或基于程序的作品的条款和条件。

6. 每当你重新发布程序(或任何基于程序的作品)时，接受者自动从原始许可证颁发者那里接到受这些条款和条件支配的复制，发布或修改程序的许可证。你不可以对接受者履行这里赋予他们的权利强加其他限制。你也没有强求第三方履行许可证条款的义务。

7. 如果由于法院判决或违反专利的指控或任何其他原因(不限于专利问题)的结果，强加于你的条件(不管是法院判决，协议或其他)和许可证的条件有冲突。他们也不能用许可证条款为你开脱。在你不能同时满足本许可证规定的义务及其他相关的义务时，作为结果，你可以根本不发布程序。例如，如果某一专利许可证不允许所有那些直接或间接从你那里接受副本的人们在不付专利费的情况下重新发布程序，唯一能同时满足两方面要求的办法是停止发布程序。

如果本条款的任何部分在特定的环境下无效或无法实施，就使用条款的其余部分。并将条款作为整体用于其他环境。本条款的目的不在于引诱你侵犯专利或其他财产权的要求，或争论这种要求的有效性。本条款的主要目的在于保护自由软件发布系统的完整性。它是通过通用公共许可证的应用来实现的。许多人坚持应用这一系统，已经为通过这一系统发布大量自由软件做出慷慨的贡献。作者／捐献者有权决定他／她是否通过任何其他系统发布软件。许可证持有人不能强制这种选择。

本节的目的在于明确说明许可证其余部分可能产生的结果。

8. 如果由于专利或者由于有版权的接口问题使程序在某些国家的发布和使用受到限止，将此程序置于许可证约束下的原始版权拥有者可以增加限止发布地区的条款，将这些国家明确排除在外。并在这些国家以外的地区发布程序。在这种情况下，许可证包含的限止条款和许可证正文一样有效。



9. 自由软件基金会可能随时出版通用公共许可证的修改版或新版。新版和当前的版本原则上保持一致，但在提到新问题时或有关事项时，在细节上可能出现差别。

每一版本都有不同的版本号。如果程序指定适用于它的许可证版本号以及“任何更新的版本”。你有权选择遵循指定的版本或自由软件基金会以后出版的新版本，如果程序未指定许可证版本，你可选择自由软件基金会已经出版的任何版本。

10. 如果你愿意将程序的一部分结合到其他自由程序中，而它们的发布条件不同。写信给作者，要求准予使用。如果是自由软件基金会加以版权保护的软件，写信给自由软件基金会。我们有时会作为例外的情况处理。我们的决定受两个主要目标的指导。这两个主要目标是：我们的自由软件的衍生作品继续保持自由状态。以及从整体上促进软件的共享和重复利用。

## 没有担保

11. 由于程序准予免费使用，在适用法准许的范围内，对程序没有担保。除非另有书面说明，版权所有者和其他提供程序的人们“一样”不提供任何类型的担保。不论是明确的，还是隐含的。包括但不限于隐含的适销和适合特定用途的保证。全部的风险，如程序的质量和性能问题都由你来承担。如果程序出现缺陷，你承担所有必要的服务，修复和改正的费用。

12. 除非适用法或书面协议的要求，在任何情况下，任何版权所有者或任何按许可证条款修改和发布程序的人们都不对你的损失负有任何责任。包括由于使用或不能使用程序引起的任何一般的，特殊的，偶然发生的或重大的损失(包括但不限于数据的损失，或者数据变不精确，或者你或第三方的持续的损失，或者程序不能和其他程序协调运行等)。即使版权所有者和其他人提到这种损失的可能性也不例外。

条款和条件到此结束

## 如何将这些条款用到你的新程序

如果你开发了新程序，而且你需要它得到公众最大限度的利用。

要做到这一点的最好办法是将它变为自由软件。使得每个人都能在遵守条款的基础上对它进行修改和重新发布。为了做到这一点，给程序附上下列声明。最安全的方式是将它放在每个源程序的开头，以便最有效地传递拒绝担保的信息。每个文件至少应有“版权所有”行以及在什么地方能看到声明全文的说明。

<用一行空间给出程序的名称和它用来做什么的简单说明>

版权所有(C)19xx(<作者姓名>

这一程序是自由软件，你可以遵照自由软件基金会出版的 **GNU** 通用公共许可证条款来修改和重新发布这一程序。或者用许可证的第二版，或者(根据你的选择)用任何更新的版本。发布这一程序的目的是希望它有用，但没有任何担保。甚至没有适合特定目的的隐含的担保。更详细的情况请参阅 **GNU** 通用公共许可证。你应该已经和程序一起收到一份 **GNU** 通用公共许可证的副本。

如果还没有，写信给：



The Free Software Foundation, Inc., 675 Mass Ave, Cambridge, MA02139, USA

还应加上如何和你保持联系的信息。

如果程序以交互方式进行工作，当它开始进入交互方式工作时，使它输出类似下面的简短声明

Gnomovision 第 69 版，版权所有(C)19XX，作者姓名，

Gnomovision 绝对没有担保。要知道详细情况，请输入 'show w'。

这是自由软件，欢迎你遵守一定的条件重新发布它，要知道详细情况，请输入 'Show c'。

假设的命令 'show w' 和 'show c' 应显示通用公共许可证的相应条款。当然，你使用的命令名称可以不同于 'show w' 和 'show c'。根据你的程序的具体情况，也可以用菜单或鼠标选项来显示这些条款。

如果需要，你应该取得你的上司(如果你是程序员)或你的学校签署放弃程序版权的声明。下面只是一个例子，你应该改变相应的名称：

Ynyodyne 公司以此方式放弃 James Harker

所写的 Gnomovision 程序的全部版权利益。

< Ty coon 签名>, 1989. 4. 1

Ty coon 副总裁

这一许可证不允许你将程序并入专用程序。如果你的程序是一个子程序库。你可能会认为用库的方式和专用应用程序连接更有用。如果这是你想做的事，使用 GNU 库通用公共许可证代替本许可证。

## English version

### GNU GENERAL PUBLIC LICENSE

Version 2, June 1991

Copyright (C) 1989, 1991 Free Software Foundation, Inc.

59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

#### Preamble

The licenses for most software are designed to take away your freedom to share and change it. By contrast, the GNU General Public License is intended to guarantee your freedom to share and change free software--to make sure the software is free for all its users. This General Public License applies to most of the Free Software Foundation's software and to any other program whose authors commit to using it. (Some other Free Software Foundation software is covered by the GNU Library General Public License instead.) You can apply it to your programs, too.

When we speak of free software, we are referring to freedom, not price. Our General Public Licenses are designed to make sure that you have the freedom to distribute copies of free software (and charge for this service if you wish), that



you receive source code or can get it if you want it, that you can change the software or use pieces of it in new free programs; and that you know you can do these things.

To protect your rights, we need to make restrictions that forbid anyone to deny you these rights or to ask you to surrender the rights. These restrictions translate to certain responsibilities for you if you distribute copies of the software, or if you modify it.

For example, if you distribute copies of such a program, whether gratis or for a fee, you must give the recipients all the rights that you have. You must make sure that they, too, receive or can get the source code. And you must show them these terms so they know their rights.

We protect your rights with two steps:

- (1) [copyright the software, and](#)
- (2) [offer you this license which gives you legal permission to copy, distribute and/or modify the software.](#)

Also, for each author's protection and ours, we want to make certain that everyone understands that there is no warranty for this free software. If the software is modified by someone else and passed on, we want its recipients to know that what they have is not the original, so that any problems introduced by others will not reflect on the original authors' reputations.

Finally, any free program is threatened constantly by software patents. We wish to avoid the danger that redistributors of a free program will individually obtain patent licenses, in effect making the program proprietary. To prevent this, we have made it clear that any patent must be licensed for everyone's free use or not licensed at all.

The precise terms and conditions for copying, distribution and modification follow.

## **GNU GENERAL PUBLIC LICENSE**

### **TERMS AND CONDITIONS FOR COPYING, DISTRIBUTION AND MODIFICATION**

0. This License applies to any program or other work which contains a notice placed by the copyright holder saying it may be distributed under the terms of this General Public License. The "Program", below, refers to any such program or work, and a "work based on the Program" means either the Program or any derivative work under copyright law: that is to say, a work containing the Program or a portion of it, either verbatim or with modifications and/or translated into another language. (Hereinafter, translation is included without limitation in the term "modification".) Each licensee is addressed as "you".

Activities other than copying, distribution and modification are not covered by this License; they are outside its scope. The act of running the Program is not restricted, and the output from the Program is covered only if its contents constitute a work based on the Program (independent of having been made by running the Program). Whether that is true depends on what the Program does.

1. You may copy and distribute verbatim copies of the Program's source code as you receive it, in any medium, provided that you conspicuously and appropriately publish on each copy an appropriate copyright notice and disclaimer of warranty; keep intact all the notices that refer to this License and to the absence of any warranty; and give any other recipients of the Program a copy of this License along with the Program.

You may charge a fee for the physical act of transferring a copy, and you may at your option offer warranty protection in exchange for a fee.

2. You may modify your copy or copies of the Program or any portion of it, thus forming a work based on the Program, and copy and distribute such modifications or work under the terms of Section 1 above, provided that you also meet all of these conditions:



- a) You must cause the modified files to carry prominent notices stating that you changed the files and the date of any change.
- b) You must cause any work that you distribute or publish, that in whole or in part contains or is derived from the Program or any part thereof, to be licensed as a whole at no charge to all third parties under the terms of this License.
- c) If the modified program normally reads commands interactively when run, you must cause it, when started running for such interactive use in the most ordinary way, to print or display an announcement including an appropriate copyright notice and a notice that there is no warranty (or else, saying that you provide a warranty) and that users may redistribute the program under these conditions, and telling the user how to view a copy of this License. (Exception: if the Program itself is interactive but does not normally print such an announcement, your work based on the Program is not required to print an announcement.)

These requirements apply to the modified work as a whole. If identifiable sections of that work are not derived from the Program, and can be reasonably considered independent and separate works in themselves, then this License, and its terms, do not apply to those sections when you distribute them as separate works. But when you distribute the same sections as part of a whole which is a work based on the Program, the distribution of the whole must be on the terms of this License, whose permissions for other licensees extend to the entire whole, and thus to each and every part regardless of who wrote it.

Thus, it is not the intent of this section to claim rights or contest your rights to work written entirely by you; rather, the intent is to exercise the right to control the distribution of derivative or collective works based on the Program.

In addition, mere aggregation of another work not based on the Program with the Program (or with a work based on the Program) on a volume of a storage or distribution medium does not bring the other work under the scope of this License.

3. You may copy and distribute the Program (or a work based on it, under Section 2) in object code or executable form under the terms of Sections 1 and 2 above provided that you also do one of the following:

- a) Accompany it with the complete corresponding machine-readable source code, which must be distributed under the terms of Sections 1 and 2 above on a medium customarily used for software interchange; or,
- b) Accompany it with a written offer, valid for at least three years, to give any third party, for a charge no more than your cost of physically performing source distribution, a complete machine-readable copy of the corresponding source code, to be distributed under the terms of Sections 1 and 2 above on a medium customarily used for software interchange; or,
- c) Accompany it with the information you received as to the offer to distribute corresponding source code. (This alternative is allowed only for noncommercial distribution and only if you received the program in object code or executable form with such an offer, in accord with Subsection b above.)

The source code for a work means the preferred form of the work for making modifications to it. For an executable work, complete source code means all the source code for all modules it contains, plus any associated interface definition files, plus the scripts used to control compilation and installation of the executable. However, as a special exception, the source code distributed need not include anything that is normally distributed (in either source or binary form) with the major components (compiler, kernel, and so on) of the operating system on which the executable runs, unless that component itself accompanies the executable.

If distribution of executable or object code is made by offering access to copy from a designated place, then offering equivalent access to copy the source code from the same place counts as distribution of the source code, even though third parties are not compelled to copy the source along with the object code.

4. You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Program except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense or distribute the Program is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.



5. You are not required to accept this License, since you have not signed it. However, nothing else grants you permission to modify or distribute the Program or its derivative works. These actions are prohibited by law if you do not accept this License. Therefore, by modifying or distributing the Program (or any work based on the Program), you indicate your acceptance of this License to do so, and all its terms and conditions for copying, distributing or modifying the Program or works based on it.

6. Each time you redistribute the Program (or any work based on the Program), the recipient automatically receives a license from the original licensor to copy, distribute or modify the Program subject to these terms and conditions. You may not impose any further restrictions on the recipients' exercise of the rights granted herein. You are not responsible for enforcing compliance by third parties to this License.

7. If, as a consequence of a court judgment or allegation of patent infringement or for any other reason (not limited to patent issues), conditions are imposed on you (whether by court order, agreement or otherwise) that contradict the conditions of this License, they do not excuse you from the conditions of this License. If you cannot distribute so as to satisfy simultaneously your obligations under this License and any other pertinent obligations, then as a consequence you may not distribute the Program at all. For example, if a patent license would not permit royalty-free redistribution of the Program by all those who receive copies directly or indirectly through you, then the only way you could satisfy both it and this License would be to refrain entirely from distribution of the Program.

If any portion of this section is held invalid or unenforceable under any particular circumstance, the balance of the section is intended to apply and the section as a whole is intended to apply in other circumstances.

It is not the purpose of this section to induce you to infringe any patents or other property right claims or to contest validity of any such claims; this section has the sole purpose of protecting the integrity of the free software distribution system, which is implemented by public license practices. Many people have made generous contributions to the wide range of software distributed through that system in reliance on consistent application of that system; it is up to the author/donor to decide if he or she is willing to distribute software through any other system and a licensee cannot impose that choice.

This section is intended to make thoroughly clear what is believed to be a consequence of the rest of this License.

8. If the distribution and/or use of the Program is restricted in certain countries either by patents or by copyrighted interfaces, the original copyright holder who places the Program under this License may add an explicit geographical distribution limitation excluding those countries, so that distribution is permitted only in or among countries not thus excluded. In such case, this License incorporates the limitation as if written in the body of this License.

9. The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the General Public License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns.

Each version is given a distinguishing version number. If the Program specifies a version number of this License which applies to it and "any later version", you have the option of following the terms and conditions either of that version or of any later version published by the Free Software Foundation. If the Program does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published by the Free Software Foundation.

10. If you wish to incorporate parts of the Program into other free programs whose distribution conditions are different, write to the author to ask for permission. For software which is copyrighted by the Free Software Foundation, write to the Free Software Foundation; we sometimes make exceptions for this. Our decision will be guided by the two goals of preserving the free status of all derivatives of our free software and of promoting the sharing and reuse of software generally.



## **NO WARRANTY**

11. BECAUSE THE PROGRAM IS LICENSED FREE OF CHARGE, THERE IS NO WARRANTY FOR THE PROGRAM, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES

PROVIDE THE PROGRAM "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PROGRAM IS WITH YOU. SHOULD THE PROGRAM PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION.

12. IN NO EVENT UNLESS REQUIRED BY APPLICABLE LAW OR AGREED TO IN WRITING WILL ANY COPYRIGHT HOLDER, OR ANY OTHER PARTY WHO MAY MODIFY AND/OR REDISTRIBUTE THE PROGRAM AS PERMITTED ABOVE, BE LIABLE TO YOU FOR DAMAGES, INCLUDING ANY GENERAL, SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THE PROGRAM (INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOSS OF DATA OR DATA BEING RENDERED INACCURATE OR LOSSES SUSTAINED BY YOU OR THIRD PARTIES OR A FAILURE OF THE PROGRAM TO OPERATE WITH ANY OTHER PROGRAMS), EVEN IF SUCH HOLDER OR OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

### *END OF TERMS AND CONDITIONS*

## ***How to Apply These Terms to Your New Programs***

If you develop a new program, and you want it to be of the greatest possible use to the public, the best way to achieve this is to make it free software which everyone can redistribute and change under these terms.

To do so, attach the following notices to the program. It is safest to attach them to the start of each source file to most effectively convey the exclusion of warranty; and each file should have at least the "copyright" line and a pointer to where the full notice is found.

<one line to give the program's name and a brief idea of what it does.>

Copyright (C) 19yy <name of author>

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program; if not, write to the Free Software

Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Also add information on how to contact you by electronic and paper mail.

If the program is interactive, make it output a short notice like this when it starts in an interactive mode:



Gnomovision version 69, Copyright (C) 19yy name of author

Gnomovision comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type `show w'.

This is free software, and you are welcome to redistribute it  
under certain conditions; type `show c' for details.

The hypothetical commands `show w' and `show c' should show the appropriate parts of the General Public License. Of course, the commands you use may be called something other than `show w' and `show c'; they could even be mouse-clicks or menu items--whatever suits your program.

You should also get your employer (if you work as a programmer) or your school, if any, to sign a "copyright disclaimer" for the program, if necessary. Here is a sample; alter the names:

Yoyodyne, Inc., hereby disclaims all copyright interest in the program  
'Gnomovision' (which makes passes at compilers) written by James Hacker.

<signature of Ty Coon>, 1 April 1989

Ty Coon, President of Vice

This General Public License does not permit incorporating your program into proprietary programs. If your program is a subroutine library, you may consider it more useful to permit linking proprietary applications with the library. If this is what you want to do, use the GNU Library General Public License instead of this License.

(请以英文原文为准，本拷贝仅供参考。中文版本不具有任何法律效力。)

## 附录二

### Celestia 1.6.1 鼠标、键盘及摇杆指令表

#### 鼠标控制

鼠标动作	作用	等效的键盘命令
左键拖动	移动视角	小键盘区数字
右键拖动	绕选中物体旋转	[Shift 键+方向键]
右键+左键向左/右拖动	平面旋转视角	[左/右方向键]
右键+左键向上/下拖动	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
滚轮	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
Ctrl 键+左键向上/下拖动	调整到所选物体的距离	[Home/End 键]
Shift 键+左键拖动	改变视野 (FOV)	[. / ,]
鼠标中键	在 45 度视野和前一个设定间切换	
在物体上按左键	选中物体	[回车键并输入物体名称]
在空白处按左键	取消选定	[多次 Backspace]
在物体上左键双击	选中并置中物体	[c]
按右键	打开菜单	





## 键盘控制

**Celestia 键位表**

**★ 常用键**  
例如: 3, G (选中地球并前往)

时间	
空格键	暂停/恢复时间的前进和命令
L	设置时间: 10 倍加快
K	设置时间: 10 倍减慢
J	时间后退/前进
I	设置为当前的系统日期和时间
?	显示从观察者到目的地的光传播时间延迟
- [连字符]	从当前虚拟时间中减去光传播时间延迟
\	设置时间: 1 倍前进(正常模式), 取消加快/减慢 x 倍

标签	
=	星座
B	恒星
E	星系
M	卫星
W	小行星
N	航天器
P	行星
V	切换信息显示

其他	
D	运行演示脚本
F8	切换摇杆控制
F10	截图
回车	切换帧速率显示 (FPS) 打开名称输入模式 [使用 Tab / Shift+Tab 高亮一个物体, 按 Esc 退出]

**导航**

导航	
H	选择太阳
C	置中选中物体
G	前往选中物体
F	跟随选中物体
T	追踪选中物体
Y	以相同速度同步轨道于选中物体

**选项**

选项	
I	云层
U	星云
O	轨道
星座图	显示地心赤道坐标系
/	自动星等关: 减小星等极限
:-	自动星等开: 减小45° 星等极限
:-	自动星等关: 增大星等极限
{	自动星等开: 增大45° 星等极限
}	减少环境光
-	增加环境光
-	缩小视野
-	放大视野
退格	取消当前选中

**星际漫游**

星际漫游	
F1	停止运动
F2	设置速度为 1 千米/秒
F3	设置速度为 1,000 千米/秒
F4	设置速度为 光速 [1 c]
F5	设置速度为 10 倍光速 (10 c)
F6	设置速度为 1 天文单位/秒
F7	设置速度为 1 光年/秒
A	加速
Z	减速
S	停止运动
Q	反方向
X	将移动方向设置为屏幕中央

## 导航

**1 - 9** 选择最接近该恒星的行星

**0 (零)** 选择该系统或行星的恒星

**H** 选择太阳

**C** 置中选中物体

**G** 前往选中物体

**F** 跟随选中物体

**T** 追踪选中物体

**Y** 以相同速度同步轨道于选中物体



- :** 锁定选中物体
- "** 追逐选中物体
- Shift +C** 置中/旋转 (置中选中的物体而不改变参考物体的位置)
- Ctrl +G** 前往所选物体表面
- Ctrl +F** 切换经纬仪模式
- Home** 接近物体
- End** 远离物体
- \*** 向后看
- Backspace** 选择系统中心或取消选择
- Esc** 取消运动或命令

## 时间控制

- 空格键** 暂停/恢复时间的前进和命令
- J** 时间后退/前进
- \** 设置时间: 1 倍前进(正常模式), 取消加快/减慢 **x** 倍
- L** 设置时间: 10 倍加快
- K** 设置时间: 10 倍减慢
- Shift +L** 设置时间: 2 倍加快
- Shift +K** 设置时间: 2 倍减慢
- !** 设置为当前的系统日期和时间
- ?** 显示从观察者到目的地的光传播时间延迟
- (连字符)** 从当前虚拟时间中减去光传播时间延迟

## 显示星体标签

- E** 星系
- Shift +E** 球状星团
- B** 恒星



**P** 行星

**Shift +P** 矮行星

**M** 卫星

**Shift +M** 子卫星

**w** 小行星

**Shift +W** 彗星

**N** 航天器

**=** 星座

**&** 地点

## 显示的项目

**U** 星系

**Shift+U** 球状星团

**^** 星云

**Ctrl +A** 大气层

**I** 云层

**Ctrl+L** 夜视光

**Ctrl+T** 彗尾

**Ctrl+E** 星月食投影

**Ctrl+B** 星座边界

**/** 星座图

**;** 以地球为基本的赤道坐标系

**Ctrl +K** 标记 (在物体上)

**O** 轨道

## 显示选项

**{** 减少环境光



- } 增加环境光
- ( 减少星系光
- ) 增加星系光
- [ 减小星等极限 :
- ] 增大星等极限 :
- Ctrl+Y** 切换星等自动调节 (自动调节可视的恒星)
  - , 缩小视野 [Shift 键+左键拖动]
  - . 扩大视野 [Shift 键+左键拖动]
- Ctrl+X** 切换反锯齿
- Alt+Enter** 切换显示模式 (全屏 / 窗口)
- Ctrl+P** 标记选中物体
- Ctrl+V** 切换 OpenGL 渲染路径
  - + 切换行星纹理样式 (艺术风格 / 有限知识)
  - % 切换恒星色表
- Ctrl+S** 切换恒星样式 (点 / 模糊点 / 缩放点)
- V** 切换信息显示 (无 / 简单 / 详细)
- Ctrl+W** 切换线框模式

## 多视窗选项

- Ctrl+U** 水平分割视窗
- Ctrl+R** 垂直分割视窗
- Tab** 切换活动视窗
- Del** 删除活动视窗
- Ctrl+D** 删除其他视窗 (重设为单视窗)

## 导航(通过方向键)

**上/下方向键** 向上/下移动



**左/右方向键** 将镜头顺时针/逆时针转动

**Shift+左/右方向键** 向左/右方向旋转物体

**Shift+上/下方向键** 向上/下方向旋转物体

## 导航 (通过激活数字锁后的数字小键盘)

**8** 向下移动 [上方向键]

**2** 向上移动 [下方向键]

**7** 顺时针转动 [左方向键]

**9** 逆时针转动 [右方向键]

**5** 停止转动

**4** 向左移动

**6** 向右移动

## 运动控制 (星际旅行)

**Z** 减速

**A** 加速

**Q** 反方向

**X** 将移动方向设置为屏幕中央

**F2** 设置速度为 1 千米/秒

**F3** 设置速度为 1,000 千米/秒

**F4** 设置速度为光速 (1 c)

**F5** 设置速度为 10 倍光速 (10 c)

**F6** 设置速度为 1 天文单位/秒

**F7** 设置速度为 1 光年/秒

**F1** 停止运动

**S** 停止运动



## 其他命令

<b>Ctrl+C</b>	将位置地址复制到剪切板 (Cel:// URL)
<b>Ctrl+Insert</b>	将位置地址复制到剪切板 (Cel:// URL)
<b>F10</b>	捕捉图像 (图片文件)
<b>Shift+F10</b>	捕捉影像 (视频文件)
<b>F11</b>	在影像捕捉中: 开始/暂停捕捉
<b>F12</b>	在影像捕捉中: 停止捕捉
~	切换调试控制台显示 (使用上/下方向键滚动列表)
`	切换 "帧速率" (FPS) 显示
<b>Ctrl+O</b>	打开 "选择物体" 对话框
@	切换编辑模式 (协助物体的位置)
D	运行演示脚本 (/celestia/demo.cel)
<b>Enter</b>	打开名称输入模式 (使用 Tab / Shift+Tab 高亮一个物体, 按 Esc 退出)

## 摇杆控制

<b>F8</b>	切换摇杆控制
<b>X axis</b>	向左/右移动
<b>Y axis</b>	向上/下移动
<b>L trigger</b>	将镜头顺时针转动
<b>R trigger</b>	将镜头逆时针转动
<b>Button 1</b>	减慢移动
<b>Button 2</b>	加快移动



## 附录三

### Celestia CEL

#### 数据型列表

<Strings>	字符串
<Number>	数值
<Vector>	向量
<Base64>	以 Base64 格式编码的 Celestia URL 地址

#### 默认值和零参数

Default	默认值
Null	零参数，即无需填入参数值

#### 语法

整个 CEL 脚本必须写在 “{ }” 内。

每条语句写法如下：

指令名，如 wait

空格

左花括号{

零参数或参数名，如 duration，空格，参数值

右花括号}。

注释用#字符。

#### Celestia 的坐标系

	Related Coordinate
<u>Celestia Mode</u>	<u>System (setframe)</u>
追逐	chase
跟随	ecliptical



锁定	lock
自由	universal
同步轨道	geographic
n/a	equatorial
n/a	observer/local (both used in code and Bookmarks)

## 指令表（音序）

cancel	取消 goto和 track指令， 重置坐标系为universal
center	置中选中对象
changedistance	改变距选中对象的距离
chase	将坐标系改为chase
cls	清除print指令的显示
follow	追踪选中对象， 重置坐标系为ecliptical
goto	使用当前坐标系前往选中
gotoloc	使用当前坐标系前往特定方位
gotolonglat	前往选中对象的特定经纬度
labels	开启或清除显示的标签labels
lock	将两个对象锁定在摄像机视角， 重置坐标系为lock
lookback	后视
mark	用特定符号标记对象
move	以特定速度移动摄像机
orbit	使用当前坐标系旋转选中对象
preloadtex	将纹理从硬盘预加载到内存
print	回显信息
renderflags	开启或清除某一渲染
rotate	旋转摄像机
select	选中对象
set	设置最小轨道半径Min Orbit Size, 设置环境光Ambient Light Level, 设置视野Field Of View, 设置极限星等Star Distance Limit, 设置恒星显示风格Star Style
setfaintestautomag45deg	设置45° 极限性等
setframe	设置坐标系
setorientation	设置摄像机角度
setposition	设置摄像机方位
setsurface	设置替代表面纹理
setvisibilitylimit	设置极限星等
seturl	将摄像机移动到指定的Celestia URL
synchronous	同步轨道， 重置坐标系为geographic.
time	以儒略日设置日期和时间
timerate	设置时间速率
track	追踪选定的对象
unmark	取消特定标记
unmarkall	取消所有标记



wait

暂停特定秒数



# 附录四

## Celestia CELX 和 Lua

### 对象类型 ( Classes of Objects )

celestia ... 程序和脚本  
 frame ..... 参考系和坐标系  
 object ..... 天体  
 observer ... 视角, 或是说观测者  
 position ... 三维坐标点  
 Rotation ... 自转: 轴+转速w 或 转速w+三维坐标x, y, z 设置自转  
 Vector ..... 向量

### 每种对象的方法 ( Methods Contained within Each Object )

**celestia** (general methods)

- createcelscript
- find
- flash ..... (see print)
- fromjulianday ..... (see tojulianday)
- getambient ..... setambient
- getfaintestvisible ..... setfaintestvisible
- getlabelflags ..... setlabelflags
- getminfeaturesize ..... setminfeaturesize
- getminorbitsize ..... setminorbitsize
- getobserver ..... (see observer object)
- getobservers ..... (see observer object)
- getorbitflags ..... setorbitflags
- getrenderflags ..... setrenderflags
- getscriptptime
- getselection ..... select
- getstar
- getstarcount
- getstardistancelimit ... setstardistancelimit
- getstarstyle ..... setstarstyle
- gettime ..... settime
- gettimestep ..... settimescale
- hide ..... show
- hidelabel ..... showlabel
- mark ..... unmark / unmarkall



```
newframe ..... (see observer: getframe and setframe)
newvector ..... (see Vector object)
newposition ..... (see observer: getposition and setposition)
newrotation ..... (see observer: getposition and setposition)
print ..... (see flash)
requestkeyboard ..... (see keyboard callback)
select ..... getselection
show ..... hide
showlabel ..... hidelabel
takescreenshot
tojulianday ..... (see fromjulianday)
```

**celscript** (Used to execute a CEL-script within a CELX-script)

```
tick
```

**frame** (Frame of Reference / Coordinate System)

```
from
getcoordinatesystem
getrefobject
gettargtobject
to
(also see celestia:newframe, observer:getframe/setframe)
```

**object** (celestial objects)

```
absmag
getchildren
getinfo
getposition
mark
name
preloadtexture
radius
spectraltype
type
unmark
```

**observer** (the person looking at the screen)

```
cancelgoto
center
centerorbit
chase
```




---

```

deleteview
follow
getfov ..... setfov
getframe ..... setframe      (see celestia:newframe)
getlocationflags ..... setlocationflags
getorientation ..... setorientation (see celestia:newrotation)
getposition ..... setposition    (see celestia:newposition)
getspeed ..... setspeed
getsurface ..... setsurface
gettime ..... (see celestia: gettime and settime)
goto
gotodistance
gotolonglat
gotolocation (actually gotoposition)
gotosurface
isValid
lock
lookat
rotate
singleview
splitview
synchronous
track
travelling

```

### **position** (a point in 3-D space)

```

addvector
distanceto
getx
gety
getz
orientationto
vectorto

```

### **Rotation** (a ???)

```

imag
real
transform

```

### **Vector** (a direction in 3-D space)

```

getx
gety

```



getz  
length  
normalize

## Callbacks

```
celestia_cleanup_callback (Restore user settings)  
celestia_keyboard_callback (Get user input)
```



# 附录五

## 希腊字母表及星座名缩写对照表

字母	名称	音标			
A α	Alpha	/'ælfə/	N ν	Nu	/nju:/
B β	Beta	/'beɪtə/	Ξ ξ	Xi	/ksai/
Γ γ	Gamma	/'gæmə/	Ο ο	Omicron	/'ɒmɪk्रən/
Δ δ	Delta	/'deltə/	Π π	Pi	/paɪ/
Ε ε	Epsilon	/'epsɪlən/	Ρ ρ	Rho	/rəʊ/
Ζ ζ	Zeta	/'zi:tə/	Σ σ	Sigma	/'sɪgmə/
Η η	Eta	/'i:tə/	Τ τ	Tau	/taʊ/
Θ θ	Theta	/'θi:tə/	Υ υ	Upsilon	/'ju:psɪlən/
I ι	Iota	/ai`əʊtə/	Φ φ	Phi	/faɪ/
Κ κ	Kappa	/'kæpə/	Χ χ	Chi	/kaɪ/
Λ λ	Lambda	/'læmdə/	Ψ ψ	Psi	/psai/
Μ μ	Mu	/mjʊ:/	Ω ω	Omega	/əʊ`mi: gə/

缩写	星座名	汉语	Ari	Aries	白羊座	Cen	Centaurus	小犬座
And	Andromeda	仙女座	Aur	Auriga	御夫座	Cep	Cepheus	摩羯座
Ant	Antlia	唧筒座	Boo	Bootes	牧夫座	Cet	Cetus	船底座
Aps	Apus	天燕座	Cae	Caelum	雕具座	Cha	Chamaeleon	仙后座
Aql	Aquila	宝瓶座	Cam	Camelopardalis	鹿豹座	Cir	Circinus	半人马座
Aqr	Aquarius	天鹰座	Cap	Capricornus	巨蟹座	CMa	Canis Major	仙王座
Ara	Ara	天坛座	Car	Carina	猎犬座	CMi	Canis Minor	鲸鱼座
			Cas	Cassiopeia	大犬座	Cnc	Cancer	蝘蜓座



Col	Columba	圆规座	Leo	Leo	狮子座			
Com	Coma Berenices	天鸽座	Lep	Lepus	小狮座	Pyx	Pyxis	罗盘座
CrA	Corona Australis	后发座	Lib	Libra	天兔座	Ret	Reticulum	网罟座
CrB	Corona Borealis	南冕座	LMi	Leo Minor	天秤座	Scl	Sculptor	天箭座
Crt	Crater	北冕座	Lup	Lupus	天狼座	Sco	Scorpius	人马座
Cru	Crux	乌鸦座	Lyn	Lynx	天猫座	Sct	Scutum	天蝎座
Crv	Corvus	巨爵座	Lyr	Lyra	天琴座	Sct	Scutum	玉夫座
Cvn	Canes Venatici	南十字座	Men	Mensa	山案座	Ser	Serpens	盾牌座
Cyg	Cygnus	天鹅座	Mic	Microscopium	显微镜座	Sex	Sextans	巨蛇座头
Del	Delphinus	海豚座	Mon	Monoceros	麒麟座	Sge	Sagitta	巨蛇座尾
Dor	Dorado	剑鱼座	Mus	Musca	苍蝇座	Sgr	Sagittarius	六分仪座
Dra	Draco	天龙座	Nor	Norma	矩尺座	Tau	Taurus	金牛座
Equ	Equuleus	小马座	Oct	Octans	南极座	Tel	Telescopium	望远镜座
Eri	Eridanus	波江座	Oph	Ophiuchus	蛇夫座	Tra	Triangulum Australe	三角座
For	Fornax	天炉座	Ori	Orion	猎户座	Tri	Triangulum	南三角座
Gem	Gemini	双子座	Pav	Pavo	孔雀座	Tuc	Tucana	杜鹃座
Gru	Grus	天鹤座	Peg	Pegasus	飞马座	UMa	Ursa Major	大熊座
Her	Hercules	武仙座	Per	Perseus	英仙座	UMi	Ursa Minor	小熊座
Hor	Horologium	时钟座	Phe	Phoenix	凤凰座	Vel	Vela	室女座
Hya	Hydra	长蛇座	Pic	Pictor	绘架座	Vir	Virgo	船帆座
Hyi	Hydrus	水蛇座	PsA	Piscis Austrinus	双鱼座	Vol	Volans	飞鱼座
Ind	Indus	印第安座	Psc	Pisces	南鱼座	Vul	Vulpecula	狐狸座
Lac	Lacerta	蝎虎座	Pup	Puppis	船尾座			



# 附录六

## 单位制

表一：国际单位制的基本单位

物理量名称	单位名称	单位英语名称	单位符号
长度	米	Meter	m
质量	千克（公斤）	Kilogram	kg
时间	秒	Second	s
电流	安[培]	Ampere	A
热力学温度	开[尔文]	Kelvin	K
物质的量	摩[尔]	Mole	mol
发光强度	坎[德拉]	Candela	cd

表二：国际单位制的辅助单位

物理量名称	单位名称	单位符号	单位导出式
平面角	弧度	rad	1
立体角	球面度	sr	1

表三：国际单位制中具有专门名称的导出单位

物理量名称	单位名称	单位符号	单位导出式
频率	赫[兹]	Hz	$\text{s}^{-1}$
力	牛[顿]	N	$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
压强	帕[斯卡]	Pa	$\text{m}^{-1}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
能量	焦[耳]	J	$\text{m}^2\cdot\text{kg}^2\cdot\text{s}^{-2}$
功率	瓦[特]	W	$\text{m}^2\cdot\text{kg}^2\cdot\text{s}^{-3}$



电荷量	库[仑]	C	s·A
电势	伏[特]	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
电容	法[拉]	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
电阻	欧[姆]	$\Omega$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
电导	西[门子]	S	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^3$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁感应[强度]	特[斯拉]	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
电感	亨[利]	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	K
光通[量]	流[明]	lm	cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
[放射性]活度	贝克[勒尔]	Bq	$s^{-1}$
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$
剂量当量	沃希[特]	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$

表四：十进制单位词头

因数	词头名称	前缀	符号
$10^{24}$	尧[它]	yotta-	Y
$10^{21}$	泽[它]	zetta-	Z
$10^{18}$	艾[可萨]	exa-	E
$10^{15}$	拍[它]	peta-	P
$10^{12}$	太[拉]	tera-	T
$10^9$	吉[咖]	giga-	G
$10^6$	兆	mega-	M
$10^3$	千	kilo-	k
$10^2$	百	hecto-	h



$10^1$	十	deca-	da
$10^{-1}$	分	deci-	d
$10^{-2}$	厘	centi-	c
$10^{-3}$	毫	milli-	m
$10^{-6}$	微	micro-	$\mu$
$10^{-9}$	纳[诺]	nano-	n
$10^{-12}$	皮[可]	pico-	p
$10^{-15}$	飞[母托]	femto-	f
$10^{-18}$	阿[托]	atto-	a
$10^{-21}$	仄[普托]	zepto-	z
$10^{-24}$	幺[科托]	yocto	$\gamma$

表五：国家选定的非国际单位制单位

物理量名称	单位名称	单位符号	换算
时间	分	min	$1\text{min}=60\text{s}$
	[小时]	h	$1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$
	日(天)	d	$1\text{d}=24\text{h}=36400\text{s}$
平面角(角度)	度	$^\circ$	$1^\circ=(\pi/180)\text{rad}$
	[角]分	'	$1'=(1/60)^\circ=(\pi/10800)\text{rad}$
	[角]秒	"	$1''=(1/60)'$ $=(\pi/648000)\text{rad}$
	升	l, L	$1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$
质量	吨	t	$1\text{t}=10^3\text{kg}$
	[统一的]原子质量单位	u	$1\text{u} \approx 1.6605655 \times 10^{-27}\text{kg}$
长度	天文单位	A	$1\text{A}=149600 \times 10^6\text{m}$
	秒差距	pc	$1\text{pc} \approx 206265\text{A} \approx 30857 \times 10^{12}\text{m}$
能	电子伏[特]	eV	$1\text{eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19}\text{J}$



# 附录七

## 常量表

表一：一些常用的物理常量（CODATA 1986 年推荐值）

物理量	符号	数值	单位
真空光速	$c$	$3.00 \times 10^8$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{N}\cdot\text{A}^{-2}$
真空电容率	$\epsilon_0$	$8.85 \times 10^{-12}$	$\text{C}^2\cdot\text{N}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$
牛顿引力常量	$G$	$6.67 \times 10^{-11}$	$\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$
普朗克常量	$h$	$6.63 \times 10^{-34}$	$\text{J}\cdot\text{s}$
元电荷	$e$	$1.60 \times 10^{-19}$	$\text{C}$
里德伯常量	$R_\infty$	10973731	$\text{m}^{-1}$
电子质量	$m_e$	$9.11 \times 10^{-31}$	kg
康普顿波长	$\lambda_c$	$2.43 \times 10^{-12}$	m
质子质量	$m_p$	$1.67 \times 10^{-27}$	kg
中子质量	$m_n$	$1.67 \times 10^{-27}$	kg
阿伏加德罗常量	$N_A$	$6.02 \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$
气体常量	$R$	8.31	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
波尔兹曼常量	$k$	$1.38 \times 10^{-23}$	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
斯芯藩-波尔兹曼常量	$\sigma$	$5.67 \times 10^{-8}$	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$
维恩位移定律常量	$b$	$2.90 \times 10^{-3}$	$\text{m}\cdot\text{K}$
电子伏特	$eV$	$1.60 \times 10^{-10}$	J
原子质量单位	$u$	$1.66 \times 10^{-27}$	kg
标准大气压	$atm$	$1.01 \times 10^5$	Pa
标准重力加速度	$g_n$	9.81	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$



注：常用的静电力常量  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.98755 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ ， $\epsilon_0$  为真空电容率。

表二：空气和水的性质（20°C，1 atm）

物理量	空气	水
密度	$1.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$1.00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
比热容	$1.00 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$4.18 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
声速	$343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$1.26 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

表三：有关地球的常用数据

密度	$5.49 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
半径	$6.37 \times 10^6 \text{ m}$
质量	$5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$
大气压强（表面）	$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$
地月距离	$3.84 \times 10^8 \text{ m}$

表四：有关太阳系一些常用数据

天体	平均轨道半径（m）	天体半径（m）	轨道周期（s）	天体质量（kg）
太阳	$5.6 \times 10^{20}$ (相对银河)	$6.96 \times 10^8$	$8 \times 10^{15}$	$1.99 \times 10^{30}$
水星	$5.79 \times 10^{10}$	$2.42 \times 10^6$	$7.51 \times 10^5$	$3.35 \times 10^{23}$
金星	$1.08 \times 10^{11}$	$6.10 \times 10^6$	$1.94 \times 10^7$	$4.89 \times 10^{24}$
地球	$1.50 \times 10^{11}$	$6.37 \times 10^6$	$3.15 \times 10^7$	$5.98 \times 10^{24}$
火星	$2.28 \times 10^{11}$	$3.38 \times 10^6$	$5.94 \times 10^7$	$6.46 \times 10^{23}$
木星	$7.78 \times 10^{12}$	$7.13 \times 10^7$	$3.74 \times 10^8$	$1.90 \times 10^{27}$
土星	$1.43 \times 10^{12}$	$6.04 \times 10^7$	$9.35 \times 10^8$	$5.69 \times 10^{26}$
天王星	$2.87 \times 10^{12}$	$2.38 \times 10^7$	$2.64 \times 10^9$	$8.73 \times 10^{25}$



海王星	$4.50 \times 10^{12}$	$2.22 \times 10^7$	$5.22 \times 10^9$	$1.03 \times 10^{26}$
冥王星	$5.91 \times 10^{12}$	$3 \times 10^6$	$7.82 \times 10^9$	$5.4 \times 10^{24}$
月球	$3.84 \times 10^8$ (相对地球)	$1.74 \times 10^6$	$2.36 \times 10^5$	$7.35 \times 10^{22}$



# 附录八

## 大气散射发展历程

### 1. Celestia 的大气散射渲染开发

当然，Celestia 为了能使更多的人享受到这种大气渲染效果，在原有的散射代码上做了精简，不会提供上述所有效果，但是会提供其中大部分。这些精简免去了增大软件大小、牺牲渲染速度的不利，使得散射大气的加载速度提高至可接受的范围，实时渲染成为了可能。

下面介绍的就将会是 Celestia 大气散射渲染开发工作的来龙去脉，本帖原载于官方论坛，帖子名为“重提大气散射渲染（Atmospheric Scattering Revisited）”，发帖人是 Celestia 之父 Chris Laurel，发贴于 2010 年 6 月 9 日。尽量还原原帖，毕竟官方论坛关闭，笔者的资料已成绝版。



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

我刚刚用预建的大气散射贴图（precomputed atmospheric scattering textures）做了一个视频，来展示更加逼真的行星大气效果：

<http://www.youtube.com/watch?v=vSNgxvshR6o>

注意这个视频里没有云层，行星表面也只是被大气层盖住了，没什么可看的。

这个方法和 Celestia 工具文件夹（指的应该是源代码 svn 版中的 tools 文件夹，译注）中的大气散射模拟实用程序（scattersim utility）很像，除了是用 GPU 渲染的这点外。我们需要一个明智的参数化方案（clever parameterizations）来将所需的数据表（table）都打包成合适的大小，以便 OpenGL 可以处理得过来这些 3D 贴图。一部分有关大气散射渲染技术上的革新在 Eric Bruneton 和 Fabrice Neyret 的文章中写得已经很明白了：

[http://www-ljk.imag.fr/Publications/Basilic/com.lmc.publi.PUBLI\\_Article@11e7cdda2f7\\_f64b69/article.pdf](http://www-ljk.imag.fr/Publications/Basilic/com.lmc.publi.PUBLI_Article@11e7cdda2f7_f64b69/article.pdf)

就像 Fridger 提到的那样，Celestia 默认的大气散射渲染方案是经过简化的，这样才能够实时运行。很遗憾的是，Celestia 的大气散射近似工作在光密（optically dense）的大气上，诸如金星的和土卫六的，表现得很不尽如人意。当务之急是预先计算大多数的积分，然后将结果储存为 3D 贴图（大概每个大气 1MB）。因此，为了极大地提升渲染质量，你需要牺牲一些灵活性。



——Chris



CelestialMatters

**t00fri****发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri (Fridger Schrempp, Celestia 主要开发者之一, 来自德国汉堡, CelestialMatters.org 的创始人) 回复:

Chris, 貌似是个良好的开端呵。但飞跃那种大气层看上去会是什么样子啊, 那降落时呢? 我最先想到的就是土卫六的大气, 当然喽, 实现这个固然让人兴奋, 但同时挑战性也不小呢……

我会研读您引用的那篇资料的, 多谢啦!

F.

**chris**

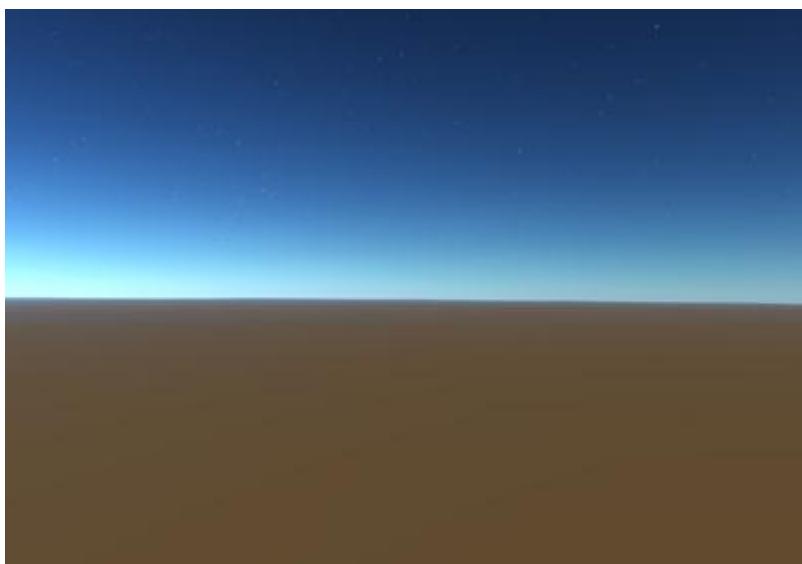
网站管理员

**发帖数:** 4218**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复:

我会上传另一个视频来展示您说的这种上天入地的。看起来挺不错的, 就是地面有点暗。如果土卫六大气层会稀释掉 95% (甚至更多?) 阳光直射的话, 这就应该是你想看到的那种。

下面几张图片使用的是相同的散射代码, 但是参数和大气标高有所不同。底纹是五月份拍摄的“蓝色弹珠”纹理 (Blue Marble, NASA 的这一项目很出名的, 译注)。瑞利散射参数是根据大气折射率以及地表处气体分子密度计算的。我是用的 15°C 时的真实值。和土卫六那个视频不一样的地方是, 我还没有用极其精确的数值来使图看起来对路。物理上正确的数值也能带出来对路的图片。



——Chris



[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

+35



同意。与物理数据协调一致的参数是一个非常不错的特性。你的地球也蛮有意思的。鉴于 BMNG（前两个字母疑为 Blue Marble 的缩写，译注）表面纹理会被削弱至 ZERO atmosphere（见资料，译者也没看过那篇资料），整体效果良好很让人欢欣鼓舞：大气层的米氏散射光正好正确地校正了颜色。

F.



**chris**

网站管理员

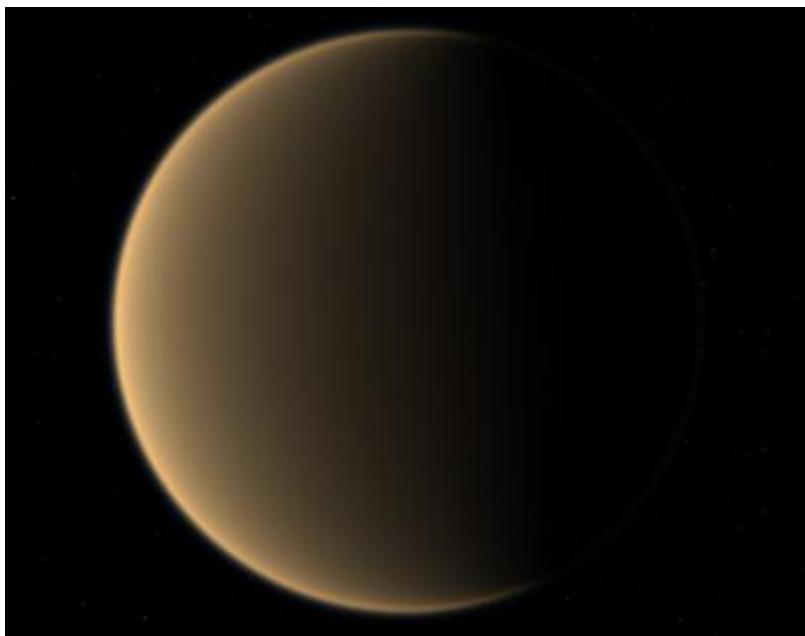
**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

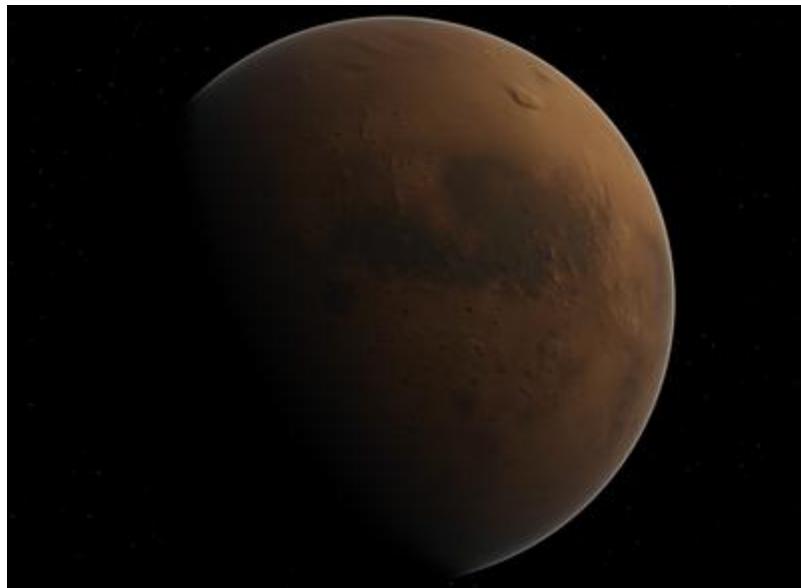
土卫六大气样式图片一张：



火星：

地平线处可能有点太亮了。找火星大气散射参数挺费事的（比如大气中灰尘的相位函数，phase function），因此，我现在用的参数是试出来的，误差很大，没有物理数据来源。

<http://www.youtube.com/watch?v=fRzopzZRKA0>



金星大气那玩意太不好整了。

——Chris



Celestial Matters

[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

Chris, 弄一个让大气随观测位置变化的参数怎么样, 可以用这个渲染土卫六背面的散射光  
(physics-observable-related determination of the parameters responsible for backlit Titan rendering 的确实现了,  
土卫六的大气行为非常棒, 译注)。比如, 我这个(可以看见 Kraken 海) :



这些参数可以设置大气层的背光（色彩、透明度、竖直方向的延伸、稠密的轮廓等）这些可真不是那么容易就能试出来的。

能不能放几个补丁让大伙深入研究一下？

F.

Celestial Matters

**t00fri**

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

现在，我阅读了，并且明白了上面这篇资料：《大气散射的预建》。而且，我还研究了 Eric Bruneton 网站上的很多视频、源代码等等。

<http://evasion.inrialpes.fr/~Eric.Bruneton/>

这可真是个好玩的东东。我当然会多在这个大气方案上下下功夫，也要研究一下这个网站上的其他相关项目。

Celestia（或是说“celestia.Sci”）要想做出真正的革新，化大为小，组织开发者“分帮结派”，竭尽一切可能，逐个攻破每个问题——这种工作方法简直帅呆了。但很遗憾的是，我看我们社区上的很多人都没有基本的物理和编程功底（这样的情况并不稀奇，比如正在翻译这篇文章的译者就没有任何编程功底，物理功底也很薄，真正的高人总是很少的，况且还有一句话叫“圣人无名”，译注）……

F.

PS：为什么不把这个高端大气的帖子放到应该放的地方？



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

做完了！

至于补丁的事，我在做……这个视频是用另一个单机运行（standalone）的程序，不是 Celestia 生成的。所幸 shader 不是那么难写。生成散射数据表比使用它们更费力气，况且还有很多数学问题要解决，大多是评估所需的储存空间数值和选取合适的参数化方案来传送数据表索引地址（balancing numerical precision with storage requirements and choosing the right parameterization for scattering and transmittance table indexes）。

注意：我的散射数据表生成器并不默认支持多重散射，它也同样忽略观者与太阳的角度因素。这个有待商榷，因为这项提高需要使用一个四维表，大小至少是三维散射数据表的 8 倍。

——Chris



[ajtribick](#)

**发帖数:** 1790

**加入时间:** Mon Aug 11, 2003 1:34 pm

**位置:** Switzerland



Ajtribick 回复：

看着真不错的说，确实是个好功能。这个和 HDR（就笔者所知，是包围曝光技术，即通过拍摄多张曝光值不同的照片合成为一张，来获得亮部和暗部细节都清晰的照片，简单的说就是“大光比”，但是缺点也是很明显的，画面给人的第一印象会有些色彩不正常：过于艳丽，且明暗似乎集中于中间调。Celestia 有一个 HDR 的 shader，可能是用来渲染出 HDR 照片水准画面的。1.6.1 标准版里并没有这个 shader，但是教育版中就出现了。译注）技术的交互性如何呢？



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

真实的散射效果当然得益于 HDR。不对称散射的相位函数（Asymmetric scattering phase functions）会生成一组范围很大的数值。如果不把这些数值仔仔细细地映射（mapping，应该是数学上的映射概念，译注）到 8 位的图形缓冲数值（8-bit framebuffer values）的话，你就会很容易看到有些场景太暗，有些场景过曝。我传的几个图片和视频都没有用 HDR，因此，你就会看到地平线处过亮。

——Chris



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

这一截图展示了反射高光受到外围散射的影响（how specular highlights are affected by outscattering）。瑞利散射更容易作用于短波光，因此，斜视的高光明显更红一些：

40<sup>+</sup>



——Chris



Celestial Matters

[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

棒！

嗯，日光下忽略多重散射可以，但是别在晨昏处忽略，因为晨昏辉光比平时的日光要穿透更厚重的大气层。

我对您现在的测试代码了解有限，和那个资料上介绍的有什么差异我不是很清楚。如果我们能做出颇具条理的进步那真是极好的。你说我是先破解源代码什么的呢，还是以你的代码展开工作，明晰一下物理意义呢（Either I start hacking my own testbench together from the given sources etc or we use your code as a starting point along with some more concise description of the physical contents?）？

还有，我该用那种 shader 语言呢？我不太在意这些细节。就我为 celestia.Sci 书写的全新（彩色）星系代码来说吧，我真是没少练老版的 ARB 汇编语言（ARBvp1.0），但是 GLSL 可能更顺手一些，也和那些 INRIA 的人用得接近（译者完全看不懂这部分）……

目前为止我做的第一件事把 Eric Bruneton 的预建大气代码移植到我的 Linux 桌面环境，这需要增添一些新东西，还有库（libs，一个程序设计领域的术语）。

F.

**chris**

网站管理员

**发帖数:** 4218**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

对，单次散射的限制只是暂时的。注意显示行星程序没有做出更改，这样才能加进去多重散射（Note that there is no change to the program displaying the planet is necessary in order to incorporate multiple scattering）。仅仅是数据表需要更改罢了。

我在忙散射和传送数据表转化形状的代码，同时在给 Celestia 做补丁来加载这些数据（I'm working to get the code for the scattering and transmittance tables into shape for sharing and also on creating a patch for Celestia that will allow loading and using the tables）。可能要花上几天。

GLSL 没有问题。Celestia 会把 GLSL 都放到 OpenGL 2.0 渲染通道中，GLSL 也比写渲染汇编容易得多。我觉得在这个节骨眼上汇编没有什么优势可言。

为了防止你很不巧地在用老爷机……我的代码在散射表中用的是一半的浮点精度（16 位），Bruneton 用的是 32 位的。我不确定这个能否在 DirectX 10 前的 GPU 上运行——尽管这些老 GPU 是支持半浮点贴图的，我觉得他们应该不能运行 3D 贴图。每个分量使用 8 位浮点应该都能工作，但是这样出来的效果一夜回到解放前（In case you happen to be using older hardware... My code uses half precision (16-bit) floats for the scattering table, as does Bruneton's. I'm not sure that this will work on pre-dx10 GPUs--while these older GPUs supported half float textures, I don't think they work in 3D textures. 8-bit per component textures mostly work, but they do exhibit some banding artifacts.）。

——Chris

**bh****发帖数:** 1453**加入时间:** Tue Dec 17, 2002 6:53 am**位置:** Oxford, England

42<sup>+</sup>

bh 回复：

图不错，Chris……我真是对此很感兴趣。

向您致意……bh。（像这样写在最后的，包括“——Chris”，“F.”都是签名档，译注）



[t00fri](#)

发帖数: 8808

加入时间: Fri Mar 29, 2002 5:53 am

位置: Hamburg, Germany

t00fri 回复：

有条不紊地展开米氏散射的工作如何（ $\Leftrightarrow$  资料，4D 表……）然后再相继展开更进一步的数据近似工作提高速度？这样我们就可以先评判 Bruneton 方法的最佳效果如何，然后再评估它到底有多快还是多慢。

插一嘴，我当年写米氏级数的研究报告时，这个东西不好收敛就已经是公认的事实了（Incidentally, when I wrote various research papers related to the Mie series many years ago, its partially poor convergence was already well-known. 这里“series”很可能是数学概念“级数”，这样就可以和后文的“convergence”，“收敛”相照应，“its”这个单数也好解释了。译者不方便对这个问题进行查证，英语知识和数学知识也颇为浅薄。读者如果觉得有必要弄明白，请劳烦自己查证）。

最不好办的问题却是“振子行为（oscillatory behaviour）”，这里很多名词都被牵扯进一般的米氏求和的 Legendre 多项式展开式来（many terms are involved in the usual Legendre polynomial expansion of the Mie sum, 这个地方等笔者上大学了，正经八百学完微积分了，估计就能翻译明白了）。在数学上，……

这个地方还是附上英语原文吧：

The worst problem actually was the oscillatory behaviour, when many terms are involved in the usual Legendre polynomial expansion of the Mie sum. Mathematically, the recipe for a dramatic convergence improvement (depending on wavelength and droplet size!), consists in specific resummation techniques that are also more suitable for approximations (e.g. saddle point integration  $\Leftrightarrow$  geometrical optics rays...) . The resummation I (and other authors) explored in particular was the so-called Sommerfeld-Watson transform that has actually many further useful applications.

Generically, the SW-transform first replaces the infinite Mie sum by a complex contour integral based on the calculus of residues (Cauchy theorem):

with this contour in the complex lambda plane:



So far, this is an EXACT relation. However, the main point is that it is MUCH easier to derive various accurate approximations from such type of (NON-oscillatory) integral representations compared to the original discrete Mie sum.

In a second step, one deforms the above closed contour appropriately, to pick up the dominant (resummed) contribution, once more including a (different) sum of residues. The remainder is a small "background" integral (with contour parallel to the imaginary lambda axis) that can be usually neglected!! The leading term even includes subtle diffractive effects near the shadow boundaries etc. Notably, one has quantitative control on the regime where this resummation is highly economical. Of course in the simple Rayleigh regime (where  $I \sim 1 + \cos(\theta)^2$  just involves TWO lowest order Legendre polynomials  $P_l(\cos(\theta))$  ;-), all this is surely not necessary.

如果您没有听说过这些技巧的话，谷歌上可以很容易搜到的。

好，坐等补丁。

是，在使用 Bruneton 的方法时，我确实遇到了速度问题。GLSL shader 文件……我总是可以远程使用我办公室那台机器来工作，那机器至少装了一个 NVidia9300 显卡。

Fridger



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

在清理代码时，修正了一个 bug。现在，土卫六的背光瞅着正常了：



用了 Henyey-Greenstein 相位函数， $g=0.6$ 。

——Chris



[bh](#)

**发帖数:** 1453

**加入时间:** Tue Dec 17, 2002 6:53 am

**位置:** Oxford, England

bh 回复：

现在让人印象深刻了。

向您致意……bh。



CelestialMatters

[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am



**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复:

我想知道为啥新的背光效果这么黄/橘?

下面的图片“数据”是我在新的大气功能放出来之前调的：下面的影像是我们 Celestia 的老人，Matt McIrvin 的图片，用 CICLOPS raw (raw 为原始数据之意，译注) 图的 RGB 三个通道还原的。

### 【图裂】

我的米氏大气参数出来的微紫色看起来真的很不错。

Fridger



[bh](#)

**发帖数:** 1453

**加入时间:** Tue Dec 17, 2002 6:53 am

**位置:** Oxford, England

bh 回复:

Fridger, 颜色漂亮得很。

向您致意……bh。



Celestial Matters

[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复:

打酱油的诸位，我这有 Eric Bruneton 的视频，帅呆了。他的工作对我们现在的讨论影响颇多：

实时行星渲染（二）



[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=8&ved=0CEgQtwlwBw&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DhqWmSEUV5jg&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGnRrV\\_PpV\\_FheyekVdMdXmjNYVvA](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=8&ved=0CEgQtwlwBw&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DhqWmSEUV5jg&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGnRrV_PpV_FheyekVdMdXmjNYVvA)

实时行星渲染

[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=6&ved=0CEAQtwlwBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DDehmVVAoSf8M&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGf15ysRP695LLXY4i49CJQbv-WYQ](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=6&ved=0CEAQtwlwBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DDehmVVAoSf8M&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGf15ysRP695LLXY4i49CJQbv-WYQ)

实时行星渲染（三）

[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=7&ved=0CEQQtwlwBg&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D7s4G1J9Hiwk&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGgKpVJz959TXj-DEw7kIkOSXIQiQ](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=7&ved=0CEQQtwlwBg&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D7s4G1J9Hiwk&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGgKpVJz959TXj-DEw7kIkOSXIQiQ)

实时海洋渲染和光源效果：

[http://www.google.com/url?url=http://www.youtube.com/watch%3Fv%3D2AVh1x-Uqjs&rct=j&sa=X&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&ved=0CDEQuAlwAQ&q=youtube+ebruneton&usg=AFQjCNHNSnndp0376J24xubKm\\_ZJZns4Ng](http://www.google.com/url?url=http://www.youtube.com/watch%3Fv%3D2AVh1x-Uqjs&rct=j&sa=X&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&ved=0CDEQuAlwAQ&q=youtube+ebruneton&usg=AFQjCNHNSnndp0376J24xubKm_ZJZns4Ng)

实时行星渲染（四，海洋）

[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=5&ved=0CDwQtwlwBA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DjL9BKTKTMY4&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGUpGj8nNqU1fK5u4fNOJXqRP8XFw](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=5&ved=0CDwQtwlwBA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DjL9BKTKTMY4&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNGUpGj8nNqU1fK5u4fNOJXqRP8XFw)

实时行星渲染（四，编辑）

[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=9&ved=0CEwQtwlwCA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DBBM7Pz7CgTnc&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNEcitQ6xjq3X-pYlwNgQOVALyOmHQ](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=9&ved=0CEwQtwlwCA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DBBM7Pz7CgTnc&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNEcitQ6xjq3X-pYlwNgQOVALyOmHQ)

最后，但堪称压轴，还要介绍一个最漂亮的视频：

Rendez-vous with Rama, 星际飞船自由飞行的动画，取材于 Arthur C. Clarke 的《Rendez-vous with Rama》。  
打开音量吧！

[http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=1&ved=0CCwQtwlwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DzBIQCm54dfY&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG\\_gas8oyiDA&usg=AFQjCNFRja1LxF5G5XTTJuFnxhfwQxxpkw](http://www.google.com/url?sa=t&source=video&cd=1&ved=0CCwQtwlwAA&url=http%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DzBIQCm54dfY&rct=j&q=youtube+ebruneton&ei=3q0XTIiCBsvG_gas8oyiDA&usg=AFQjCNFRja1LxF5G5XTTJuFnxhfwQxxpkw)

看好、玩好，诸位！

Fridger

**bh****发帖数:** 1453**加入时间:** Tue Dec 17, 2002 6:53 am**位置:** Oxford, England

bh 回复：

神奇……大爱海洋渲染……Celestia 也会有这么一天？

向您致意……bh。



Celestial Matters

**t00fri****发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

是啊……想想看土卫六的甲烷海;-)。

Fridger

bh 回复：

真想试试 Eric 的 Demo (demo 是 demonstration, 演示版, 的缩写, 玩游戏, 玩软件的朋友对这个应该熟悉, 译注) ……没有 Mac 版……哦, 算了。

向您致意……bh。

**chris**

网站管理员

**发帖数:** 4218**48<sup>+</sup>**

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

(回答 Fridger 关于背光颜色的提问)

因为我在集中解决这个代码的形状输出问题 (this code in shape to share) , 没花太多时间研究散射参数 (除了地球, 使用了大量的物理参数) 。

下面是土卫六的几张新图, 这次提高了瑞利大气散射参数:



这次有了一个蓝紫色的边缘。我很有信心这个可以更深入一步, 使用有准确来源的实测参数。我在用 Gordan Ugarkovic 的彩色图像作为参考:

<http://www.flickr.com/photos/ugordan/820494346/>

我不知道这个跟 Matt 那个那个更真实, 但是 Gordan 演示了很多有关于太空图片合成的技能以及关注。

默认地, 散射参数是:

瑞利散射分子大气标高

米氏散射胶体粒子大气标高

瑞利散射系数, 方括号中的数值分别对应三个波长——680nm、550nm 和 440nm。瑞利散射系数的单位都是  $m^{-1}$ 。

米氏散射系数, 单位  $m^{-1}$ 。

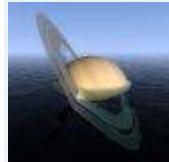


消光系数，方括号中的数值和 Rayleigh 一样亦分别对应三个波长（光谱上的红绿蓝）——680nm、550nm 和 440nm。单位  $m^{-1}$ 。

米氏散射不对称参数，参数 g。

米氏散射粒子和消光粒子画了等号，也就是说，它们的大气标高是相同的。更多的粒子种类或是不一样的密度轮廓可能会演示一个更加逼真的大气效果，但是默认的简易大气模型已经能很好地展示预期的土卫六大气效果了。

——Chris



[ajtribick](#)

**发帖数:** 1790

**加入时间:** Mon Aug 11, 2003 1:34 pm

**位置:** Switzerland

Ajtribick 回复：

好奇地问一句：这个代码能够应付不同光谱的恒星吗？比如，地球和一个红矮星太阳？



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

是的。散射和透射比是分三个波长计算的。混合恒星颜色仅仅是需要把恒星的光亮和这三个波长相转化罢了。这就使得光不会被吸收并以另一波长反射出来。但是就我所知，行星大气不会受这种效应影响。

还有一件不错的事：这会使得预建大气技术应用于被多个恒星照亮的行星更加简单。

——Chris



Celestial Matters

[t00fri](#)

发帖数: 8808

加入时间: Fri Mar 29, 2002 5:53 am

位置: Hamburg, Germany

t00fri 回复:

鉴于目前可以获取的 CICLOPS raw 图片都大体上缺乏物理的和硬件上的标准化, Matt McIrvin 和 Gordan Ugarkovic 都不明真相。Matt 有一纸哈佛物理博士的文凭, 所以我更倾向于相信他。至少他一定经历过科学的方法论的淘洗。Gordan 不是专业的科学家, 而他的图片输出技术简直逆天。我对他的图片处理经验深信不疑。我曾经和他探讨过水星的颜色……

就我个人来说, 我从来没有用过这些 raw 图混合 RGB 颜色通道来获取图像。一个人半途而废太正常不过了, 毕竟外行不具备所有的必修功课。鉴于目前为止 Celestia 的大气散射功能还没有达到一个很高的台阶, 我觉得讨论图片混合的事未免过早。我曾经和 CICLOPS 团队的首席科学家有过颇为深入和成果颇丰的联络。因此重新从团队获取必要信息应该不难。

(引用大气散射参数的物理意义)

这个或多或少和之前的不太一样, 是不是?

我不明白的是这里米氏散射和瑞利散射好像被分割成了独立的散射过程。事实上, 米氏散射在这里只是大体的框架, 而瑞利散射可以在一个特定的范围内由其衍生 (Mie scattering is the general framework here, while Rayleigh scattering can be derived from it in a particular limit)。

我猜这个意思是说分子对光的散射仅会在米氏散射中的瑞利散射的范围内考虑, 而胶体粒子, 会更加着重于考虑米氏散射 (I guess what is meant is that the scattering on molecules is only considered in the Rayleigh limit of Mie scattering, while for aerosols, a more general Mie approach is considered) ? 同意吗?

当然喽, 在查看补丁里到底有什么和缺什么之前, 做出猜想是困难的。Bruneton 等人的方法有一个提到了的不足: 胶体粒子的各项属性 (在给定高度的情况下) 是不变的。而在现实生活之中, 这些因素会随着很多气象条件改变 (大气层不是绝对静止和均一的, 译注)。

Fridger

[Chuft-Captain](#)

**发帖数:** 1692**加入时间:** Sun Dec 18, 2005 1:26 am

Chuft-Captain 回复:

很开心能看到你们能把 Eric 的技术结合到 Celestia 中。多年前，我就被他的工作深深震撼，那时我发现了他的 RAMA 模拟：

<http://shatters.net/forum/viewtopic.php?p=103977#p103977>

我很惊讶，Fridger 居然推荐起科幻来了：

(引用 Fridger 的推荐)

这可不是你的风格啊，Fridger! ;-)

“行星表面是技术文明发展的合适地点吗？”

-- Gerard K. O'Neill (1969)

[O'NEILL COLONY](#)

[LAGRANGE POINTS](#)



Celestial Matters

**t00fri****发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复:

嗨，CC。;-)

嗯，我的“心灵”可是比你想得复杂得多的动物哦……

其实我小时候是个大科幻迷，当然看过许多 Arthur C. Clarke 的小说。不幸的是呢，我越在（长期的）职业生涯中成长为一名成熟的物理学家，我就愈发明白这种文学中存在着多么多的“物理穿帮”。要想不犯自相矛盾的错误，你就需要大量的自然科学知识。

因此，随着时间推移，我对科幻作品开始愈发挑剔，而不是“全部推倒”。

还有，比如说，对 Celestia 项目，我希望科幻与科学要划清界限。最后，但也蛮重要的，Eric Bruneton (和他 INRIA 的小伙伴们) 简直就是图形显示领域的天才！看看他们在 3D 可视化上的成就真是一种享受。

Fridger



[Chuft-Captain](#)

发帖数: 1692

加入时间: Sun Dec 18, 2005 1:26 am

Chuft-Captain 回复:

我确实很喜欢硬科幻（比较科学的科幻作品，在现实科学理论中完全可行或具有可靠的前瞻性，译注）作品，比如 Larry Niven 的作品，都是在合情合理实打实的物理上构筑的。

比如三篇赢得雨果奖的短篇故事：

《Neutron Star》：关于飞船上的居民飞越中子星时的种种影响。

《The Hole Man》：关于火星上微型黑洞的谋杀故事。

《Inconstant Moon》：世界末日时的浪漫故事（情节曲折）。

还有不错的：

《The Turing Option》：关于机器智能的（Harry Harrison 和 Marvin Minsky 著）

《Earth》：David Bring 著

虽说后两个有点离谱，有些你说的“物理穿帮”。

看过这些吗？

（引用 Fridger 关于“划清界限”的论断）

我倾向于通过“可行性”来划分科幻和科学，也就是说，Eric Bruneton 的动画中 RAMA 那种结构和 O'Neill 气缸（cylinders），尽管不真实存在，本身也不属于“幻想”。因为众人皆知，Gerard K. O'Neill 在 1970 年的研究论证这些通过二十世纪的科学与技术定律都是完全可以实现的（所以他们“科学上真实”）。

（引用 Fridger 对 Bruneton 的赞美）

对滴。逼真的水面和反光效果多年以前就已经成为可能，这不是什么新东西。但是看到桌面级硬件能够实时渲染这种效果还是很让人兴奋的。

CC

Ps. 对不起有点离题。

“行星表面是技术文明发展的合适地点吗？”



-- Gerard K. O'Neill (1969)

[O'NEILL COLONY](#)

[LAGRANGE POINTS](#)

**ugordan**

**发帖数:** 5

**加入时间:** Mon May 04, 2009 5:39 am

ugordan (就是 Gordan Ugarkovic) 回复:

(引用 Fridger 对 McIrvin 和 Ugarkovic 的赞美)

多谢夸奖，但有一件事要指出。一个真相是在色彩表现上“没有真相”。任何色彩表现，无论是自然的还是屏幕上的，都受到太多的外来因素干扰了。比如显示器设计用途、色温、白平衡等等。这一点不需要哈佛的理论物理学家来解释，也没有人能够通过这种事情来证明自己对颜色的还原能力超乎常人地“精准”和“确凿”。

不管人们是否乐意接受这个事实：科学的方法论不会容许在色彩表现问题上主观地一刀切（这貌似在谈哲学，译注）。以鄙人拙见，一个人往往有个人偏好，但是引以为判断标准是不恰当的。我可以告诉您，我的图像设置为了 D65 sRGB 白平衡，意味着太阳光谱被分了出来，以和显示器的白色相匹配，所以白色的东西（比如干净的冰）就会在显示器上还原为白色。没有校正白平衡的太阳光可能会使冰发黄，因为太阳光谱在地面上看起来就很黄。一半是因为光源是太阳光谱，另一半是因为瑞利散射使天空的颜色发蓝。

我很想知道 Matt McIrvin 的方法，因为他的方法和我的得到的结果完全不同。

我也要澄清一下“CICLOPS raw 图片都大体上缺乏物理的和硬件上的标准化”这个观点。我校正 PDS raw 数据，CICLOPS 也一样，并且在过去几年里实现了一致的校正结果。不是简单地玩一玩原始 jpg 文件的直方图延伸。我惨淡经营着我的每一步，通道混合干了好几年，就是为了让我（色彩高度逼真）的实验品和 VIMS 的光谱数据相匹配。这么做是为了补偿 ISS GRN 滤镜的缺陷：效果太黄或太绿。这一事实也使得校正来自卡西尼号的图片数据成为了不可能，因为此法不适用于光谱太和缓的天体，而土星却偏偏落在了这个范围。

**ugordan**

**发帖数:** 5

**加入时间:** Mon May 04, 2009 5:39 am

ugordan 回复:

(引用 Chris Laurel 在土卫六大气上的工作)

我很喜欢这个版本，可能的话，在瑞利散射层上增加深度也许会好些 (would probably also increase the depth of the Rayleigh scattering layer)。将两种效果相混合使用，在高相位角时，获得一种更加“稠密”的效果是否可以做到呢？要是能增添具有相同散射颜色的分离雾气层，将会是一个巨大的进步。



Celestial Matters

[t00fri](#)**发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

(引用 CC 的提问，是否看过那些科幻)

其实我已经好久不看科幻了。说实话，我都说不清我看没看过你列出的那些小说。主要原因之一是德文译本的标题通常都不太一样，因为从英语（其他语言也是）翻过来的文艺译名大多都不怎么好听。

当然，在书店里，我都避让有关黑洞和中子星的科幻，因为你会清楚得很，作者并不真正理解物理的奥义，除非他碰巧是广义相对论的研究者什么的。所幸，这一点还是可以指望的。

这样人太多了，就是那些所谓的“科学作家，网络记者等等”，总是“自信满满”地写一些关于不凡“禽兽”的废话。光是看几个网页，听听“科教”电视广播，是不足以踏入这一领域的。

(引用 CC 关于硬科幻的想法)

哦，在我的研究领域也有很多关于未来实验的设想，还有未来的太空任务什么的，这些都是经过商议和研讨的。很久之前，我曾决定再也不参加这类研讨，因为人们看的都是财政上的花销而拿不出技术上的规划。RAMA 和 O'Neill 气缸也是这个道理。现在，我主要对实时绘图编码这方面感兴趣（参考 Eric Bruneton……）

Fridger



Celestial Matters

[t00fri](#)**发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

(引用 Gordan 关于颜色无真相的论断)



求求求求求你了，别做光学和渲染的基础知识讲座了……作为一个理论物理博士、高级科学顾问，我真的不需要这个。;-) 上文中，我只是用了“真相”这个词来说 Matt McIrvin 和你的土卫六背光的差异。我觉得这个很明显，……对不起。

(引用 Gordan 的“鄙人拙见”)

在我们先前关于水星颜色的讨论中，明摆着，你那个值得我们膜拜的图片工作遵从了“科学的方法论”。后者表明你是通过透明完整的文档逐步地重现了他人的成果（比如说参考正式发布之前的科学文档）。

你给出的绝大多数彩色图片都是根据太空任务的原始数据制作的，科学的方法论要求，你得给出我们一份简明的图片生成文档，来告诉我们你对这些图片结果的所有更正。

只有这样，你的图片才不光是好看（这点毋庸置疑），而更是有科学价值。

可能我漏掉了你可能发表过的文档，如果这样，我当然要致歉。但是从我在网上看到的你的这些图片，我注意到许多“正在进行着的”图片工作都是随后工作的“派生”。

为了进一步说明，你刚才说了如下内容：

(引用：我的图像设置为了 D65 sRGB 白平衡，……效果太绿或太黄。)

结果是呢：你声称你的颜色最佳，因为你做了很多很多色彩更正。但是没有人能重现正确的色彩，然后根据这个去校正文档信息和原始数据。

目前为止，鉴于上文中我对“科学方法论”的评述是出于我的背景。每个成熟的理论物理学家——包括 Matt McIrvin 也好，我也好——都经过了多年的专业训练来熏陶培养“科学的方法论”！这也是为什么我优先信任 Matt，不是因为他有哈佛物理博士的一纸文凭。;-)

(引用 Gordan 关于得出与 Matt 不同结果的疑惑)

我说我“信任他”，我也从来没有亲自去校正土卫六的背光颜色。因此如果你要弄明白，你得自己去联系，问他。我觉得他一定是用了一个十分简化的过程，尽管说没有什么相关文档。虽然这样的简化，可能过程不尽完美，但是从方法论的角度来看，更能让人接受一些。更繁琐的过程意味着更多的“歪曲”，以达到的“精确”结果（比如你的），这可能需要公布技术文档才能保证你的结果会在较长时间内有科学价值。

Fridger

[ugordan](#)

发帖数: 5

加入时间: Mon May 04, 2009 5:39 am

ugordan 回复:

(引用 Fridger 怀疑自己的话)

我从未声称或表明任何你说的那种话（如果有什么区别的话，我觉得你是在暗示那是“最佳颜色”）。我只是觉得，你因为我没给出技术文档，没遵循科学的方法论，就反驳我的工作，这么做很有意思！但，即便如此，你仍然不管三七二十一就愿意相信另一个人的图片（我无意冒犯那位）作为参考。

（引用 Fridger 的最后一段）

那么，你又不知道他的图片制作方式，你怎么知道他就“科学的方法论”，他就可以信任呢？权威难道就是你说的“科学的方法论”吗？

你的信任是说“Chris”就应该听你的吗？要不是这样，你为什么偏偏提到我们两个人中有一人有哈佛文凭？

McIrvin 先生（这里用尊称，可能是气话，译注）哪里来的数据，怎么来的校正方法，有还是没有？他对于大气边缘的颜色有我研究的细致吗？接受这些对你来说不是问题，但很明显你要向 Chris 征询选取图片资源的建议，因为这两者很明显不同，别介意那些高相位值的土卫六照片（包括 CICLOPS 那张）更像我的而不是他的。我没必要联系他，联系你足矣，我不知道为什么要按照另一个标准来评判我的工作。

从你那介绍“科学的方法论”的上一“集”，我就应该悄悄地走开，不再发帖。不知怎么地，你的双重标准激怒了我，我不得不回帖。我仍然坚持颜色是“主观问题”，它依赖于观察条件和观者个体等因素。如果你真觉得从哪方面来说这都是科学的颜色，我不得不说你太天真了。就算技术文档等身也说明不了什么。

光谱是科学上应用的，遵从科学的方法论的，应用时有理有据，毋庸置疑的。这对你的光学知识什么的同样适用。

色彩是人文的，光谱的主观表现。科学的方法不适用于这一领域。颜色最多只是大多数人群在特定条件下对光谱的感受，但不是绝对的。改变初始条件或观测条件，整件事情都会变得充满争议。



Celestial Matters

[t00fri](#)

**发帖数:** 8808

**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am

**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

（引用 Gordan 的话）

我已经暗示了：我怀疑你缺乏“科学的方法论”，正是因为你没有给出图片创建方法的文档。没有人更接近“权威”。

Matt 和我都在一流的研究机构中经过长期的理论物理训练。这自然建立了信任……这就是我在这想要说的。这不意味着我今天就觉得 Matt 的颜色从视觉上更加“精确”。我觉得我不用说这点，尽管我始终都很信任 Matt 的工作。



当我询问 Chris 关于他的橘色背光时，我其实是（现在也是）没太关注你的土卫六渲染的。我是看了 Chris 的链接才知道的。你的图片输出太大了，以至于我很难保存。;-)

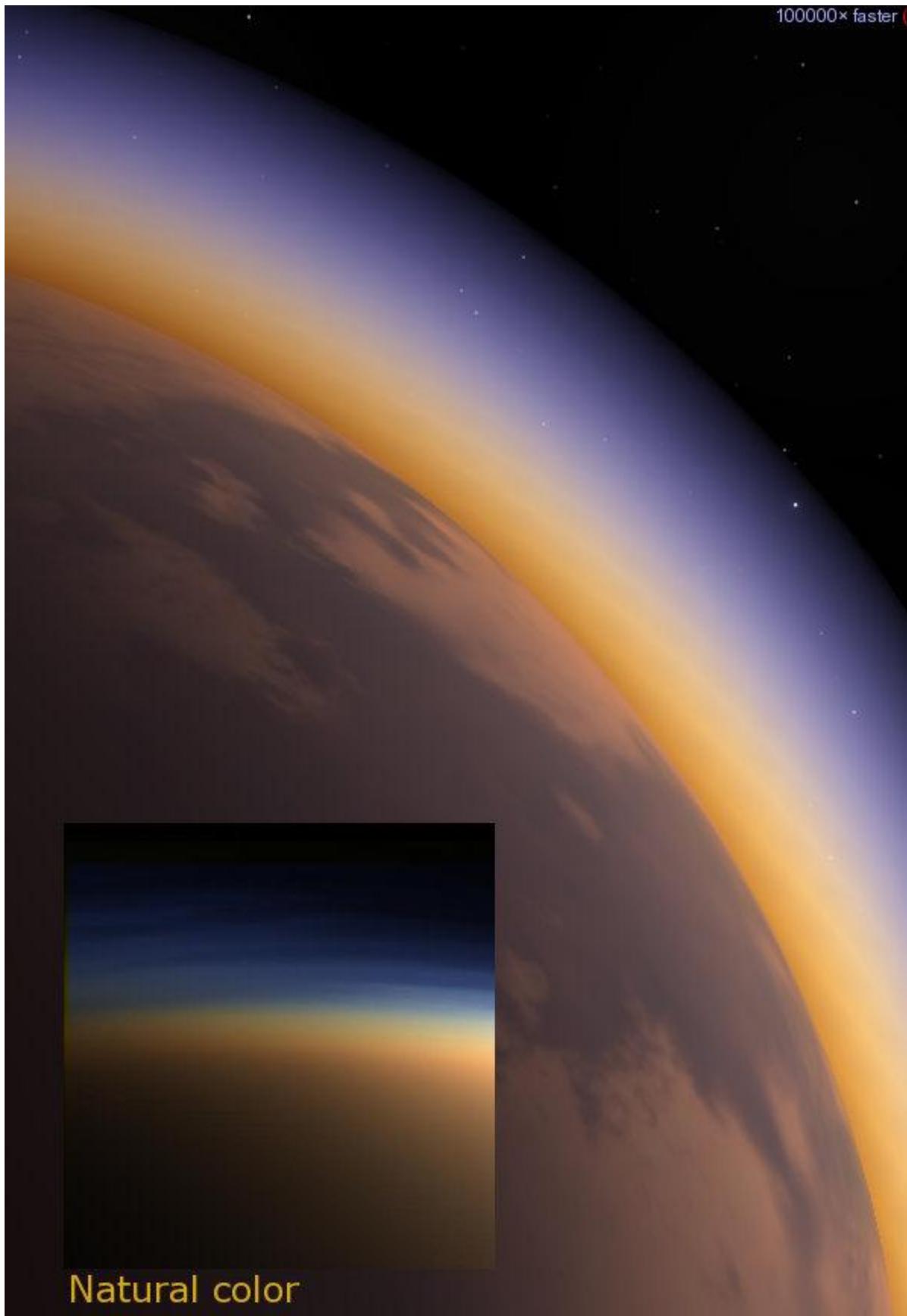
我和 Matt 工作的渊源很深：Matt 的土卫六背光颜色，就我所知，是最早的（2004 年 12 月）：

<http://mmcirvin.livejournal.com/179356.html?mode=reply>

注意我对米氏大气散射参数的调试（在最近做出新的工作之前）已经很有年头了！

下面是我以前的结果，目前没做什么更改：





60<sup>+</sup>



因为 Matt 没有在他的图片上写太多信息，我猜他只是将原始数据（可见光下的结果）混合了 RGB 通道，没加什么特别的“效果”。假定这么做是正确的，他的结果最终也应该是精确的。但是步骤至少是简单透明的。我在上文也暗示了 Matt 不知道“真相”。

鉴于我们当前意识到了 Celestia 的米氏大气在物理上很多方面不尽正确与完整。开始“科学的方法论”的大讨论还不是时候。这仅仅是激励我们要努力使土卫六大气行为正确。这也是我上文的目的。

但是现在我们想要改进 Celestia 的大气，使用 Eric Bruneton 等人最近的工作，基于大量预建的米氏大气。新问题的重要方面是将米氏大气参数和可以观测得到的物理量相结合。现在方法论这一方面也愈加成为一个中心问题。

（引用对于 Chris 是否要听 Fridger 的话那一段）

我不理解这个说法。Chris 似乎更加相信你的大气颜色结果（你可以看他发帖），至少在他最新的补丁中要用你的。最终我们会一起解决这个问题。Chris 不是科学家，他可能有着不同的判断标准。作为 Celestia 项目长期的合作开发者，我确实将我的“科学的方法论”渗透到了过去 8.5 年的 Celestia 官方开发中……

Fridger



[chris](#)

网站管理员

**发帖数:** 4218

**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm

**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

（引用大气散射参数的物理意义，和 Fridger 那句“这个或多或少和之前的不太一样，是不是？”）

差不多吧。Celestia 默认不会为米氏散射粒子和瑞利散射粒子使用不同的大气标高。

（引用 Fridger 的后文）

他们只是在实用性上做了区分——不是物理上的原因。因为散射表是三维的（或者四维的，如果加进去观者和太阳的夹角的话），保证表中每一元素的大小尽可能地小是非常必要的。在模拟中，瑞利散射依赖于波长，米氏散射却有赖于。这也允许将散射因子（inscattering factors）压缩储存进一个 64 位的贴图元素中（a 64-bit texture element），四个 16 位的半精度浮点，三个给瑞利 RGB，一个给米氏。米氏散射对波长的依赖性近似地使用了 Bruneton 的资料中第四部分的比率定则（proportionality rule）。没有这一捷径，我们就必须用分开的三维贴图来给米氏散射。散射的 shader 也会在瑞利散射使用简易( $1+\mu^2$ )相位函数时效果更好，要强出使用 Cornette-Shanks。

（引用 Fridger 关于大气不稳定受很多因素影响的见解）



对，整个预建散射表的方案应用的对象都必须球面对称。否则，我们只能徒劳于体积描绘（volume tracing）。



Celestial/Matters

**t00fri****发帖数:** 8808**加入时间:** Fri Mar 29, 2002 5:53 am**位置:** Hamburg, Germany

t00fri 回复：

(引用 Chris 的话)

谢谢，你的解释和我的观点一拍即合。近似工作很棒，只需要做一些物理上的调整就好了。我觉得它们在 Bruneton 等人的方法中做得很明智。

**chris**

网站管理员

**发帖数:** 4218**加入时间:** Mon Jan 28, 2002 12:21 pm**位置:** Seattle, Washington, USA

Chris 回复：

(引用 Gordan 的话)

瑞利散射层的高度增加很容易实现。至于在高相位角时让颜色不过于浓郁，可能会很自然地导致更深的米氏散射层。我会试着做些实验…… (Increasing the height of the Rayleigh scattering layer is simple to do. As for getting a less saturated color at high phase angles, that may naturally result from deeper Rayleigh layer.)

至于分离的雾气层，应该可以通过瑞利散射粒子创建，因为瑞利散射粒子会在雾气的高度达到峰值。然而我正在实验的预建散射表要求大气必须要球面对称，即粒子只会随着高度的变化而变化，不是经度和纬度。因此，雾气层会使土卫六十分完美地被蓝色光晕所包围。我还没有证实分离的雾气层值得被加进去，除非我们能找到一种模拟卡西尼和旅行者号在这个卫星上看到的种种不规则景象的方法。

——Chris