

Multistage 说明文档

多级火箭支持

作者：Vinka

兼容性：2006 & 2010



介绍

Multistage.dll 模块可以通过编辑文本文件（ini 格式）支持多级火箭发射。该模块对大部分火箭都支持。你可以建立自己的火箭，而无需编写特定的 dll 文件。

新版本功能

- 加载/保存 scenario（但是最好在保存后先退出 Orbiter，在加载，否则可能会崩溃）
- 多级火箭的多个实例可以存在同一个 scenario 中
- 支持 DanSteph 的 OrbiterSound
- Orbiter Vessel2 类型兼容
- 从代码中删除所有过时的功能
- 自动驾驶的一些新功能

说明和限制

助推器（Boosters）

助推器只可以附加在第一级火箭上，你可以定义最多 10 组助推器。每组最多 10 个助推器（同组的每个助推器都有同样的参数），如果你想使用不同的参数，例如推力和燃烧时间，只能使用不同组的推进器。当第一级火箭引擎推力水平达到 95% 或程序控制一定延迟后，助推器自动燃烧。燃料质量为 0 的时候助推器自动分离。

级（Stages）

同一时间只有一级火箭可以燃烧，当燃料质量到达 0 时，该级火箭分离，下级火箭（如果有的话）点燃。如果第一级火箭燃料耗尽，而助推器仍在推动，第一级火箭分离，直到所有助推器分离。你可以定义最多 10 级火箭。

级间（Interstages）

级间（Interstages）可以定义在不同级之间。级间就是前一级火箭分离后到下一级火箭点燃前的这段。最多可以定义 9 个级间。

有效载荷 (Payloads)

最多可以定义 10 个有效载荷。你可以将其设置为焦点，这样有效载荷分离后，飞船焦点转移到有效载荷，让你可以控制有效载荷。焦点切换的视觉效果不是很友好，因为焦点跳转到有效载荷时使用了不同的位置和大小。如果定义了整流罩，整流罩必须早于有效载荷分离。在有效载荷分离阶段，最后一级仍然处于激活状态。因此，你可以在分离有效载荷之前改变姿态，旋转速度。如果你还有足够的燃料，你甚至可以重新启动主引擎改变轨道。要分离的第一个有效载荷必须处于顶部。

整流罩 (Fairing)

整流罩可以保护有效载荷。整流罩最多可以由 10 个部分组成。

模块命令键

三个预设键：

“F”：分离整流罩

“J”：按设置的顺序分离级，级间，有效载荷

“P”：开始自动导航程序，如果有的话

任务文件格式 (Scenario)

以下几行必须添加到任务 (scenario) 文件中 (orbiter\scenarios 中的 .scn)：

CONFIG_FILE <subdir\filename> 由 multistage module 读取的 ini 文件

GUIDANCE_FILE <subdir\filename> 由 multistage gnc module 读取的导航文件，非必需

CONFIGURATION 0 (=发射)，1 (=飞行)

CURRENT_BOOSTER x (=当前运行的助推器组)

CURRENT_STAGE x (=当前运行的级)

CURRENT_INTERSTAGE x (=当前运行的级间)

CURRENT_PAYLOAD x (=还未分离的当前有效载荷)

FAIRING 0 (=无整流罩)，1 (=目前的整流罩)

下面几行是在保存任务时由 multistage.dll 自动生成的，用于加载任务时自动恢复当前状态。一般情况下不需要担心这些。

MET：任务保存时的运行时间

STAGE_STATE：当前级状态 (点火，延迟点火.....)

STAGE_IGNITION_TIME：记录用于计算延迟点火的时间

GNC_RUN：导航程序运行标志

GNC_PROGRAM：导航程序当前状态

GNC_STEP：导航程序当前阶段

GNC_MET：保存任务时导航程序运行时间

GNC_AUTO_JETTISON：标志自动分离

GNC_ENG_TIME：记录开始执行 engine 命令后的运行时间

GNC_ROLL_KILL：roll 程序的当前状态

GNC_ROLL_PITCH：记录 roll 程序中开始俯仰时的运行时间

GNC_ROLL_TIME：记录 roll 程序开始后的运行时间

GNC_PITCH_TIME：记录俯仰命令开始后的运行时间

初试化文件格式 (ini)

该文件遵守标准的 windows ini 文件格式，下面内容可以/必须定义：

[MISC]

杂项 (miscellaneous) 参数部分 (该部分不是强制性的)

COG：中心到地面的距离 (米)，用于将火箭示在一定高度，要将火箭放在发射台上时非常有用

GNC_DEBUG：如设置为 1，将在屏幕上显示导航参数 (调试用)

TELEMETRY：如设置为 1，在 Orbiter 的根目录下将生成一个名为 "telemetry.txt" 的文件。这个文件中的字段被 <tab> 分隔，可以直接在 EXCEL 中导入。记录的字段是：met (任务进行时间)，altitude (高

度) , vertical speed (垂直速度) , horizontal speed (水平速度) , longitude (经度) , latitude (纬度) , mass (质量) , thrust (推力)

FOCUS : 可以设置为 1 和指定的有效载荷编号。如果这个参数是指定的 , 那么当指定有效载荷分离时 , 焦点将从多级飞船转移到最新建立的有效载荷。这通常会改变视点和距离 , 你会在 Orbiter 窗口中看到一个不连续的动作

[TEXTURE_LIST]

你必须声明用于引擎排气渲染要使用纹理文件 , 这个列表预载在 dll 中 , 为所有 multistage vessels 实例共享

TEX_x : ENG_TEX 列表中要使用的纹理名称。x 代表 1 , 2 , , 到 16。纹理名称必须要和 texture 文件夹中的现有文件对应

[PARTICLESTREAM_x]

定义一个粒子流。“x”代表 1 , 2 , 到 13。粒子流参数定义在 Orbiter SDK (详见它)。在 ini 文件使用它之前你必须先定义一个粒子流段 (section)。粒子流预装在 dll 文件中 , 为所有的 multistage vessels 实例共享。

三个粒子流是预定义的 , 可以不需要 [Particulestream] 段 (section)。名字分别为 “contrail” , “exhaust”和 “rcs” (它们是在 Atlantis 和 Deltaglider 基础上制作的)。

NAME : 关联粒子流的名称 , 这个名字将用在助推器和级关联的引擎粒子流

SRCSIZE : 详看 orbiter API 文档

SRCRATE : 详看 orbiter API 文档

V0 : 详看 orbiter API 文档

SRCSPREAD : 详看 orbiter API 文档

LIFETIME : 详看 orbiter API 文档

GROWTHRATE : 详看 orbiter API 文档

ATMSLOWDOWN : 详看 orbiter API 文档

LTYPE : 详看 orbiter API 文档。可用的值是 EMISSIVE , DIFFUSE

LEVELMAP : 详看 orbiter API 文档。可用的值是 LVL_LIN , LVL_FLAT , LVL_SQRT , LVL_PLIN , LVL_PSQRT

LMIN : 详看 orbiter API 文档

LMAX : 详看 orbiter API 文档

ATMSMAP : 详看 orbiter API 文档。可用的值是 ATM_FLAT , ATM_PLIN , ATM_PLOG

AMIN : 详看 orbiter API 文档

AMAX : 详看 orbiter API 文档

TEX : 粒子流渲染的纹理文件名字

[BOOSTER_x]

助推器组定义 , x 代表 1 , 2 , 3 , 到 10。序列必须按顺序排下来。助推器非强制性 (因为一些火箭没有助推器)

强制参数

N : 该组中助推器的数量

MESHNAME : 基本网格名 , 助推器网格名字必须为 <meshname>_1.msh , <meshname>_2.msh , <meshname>_N.msh。你必须为每一个助推器提供一个网格

OFF : (x , y , z) 助推器网格偏移火箭的矢量位置 (米)

HEIGHT : 助推器高度 (米)

DIAMETER : 助推器直径 (米)

THRUST : 助推器推力 (牛)

EMPTYMASS : 助推器空质量 (千克)

FUELMASS : 助推器燃料质量 (千克)

BURNTIME：助推器燃烧时间（秒）

ANGLE：围绕 Z 轴的有效助推器 OFF 矢量初试角度。该组的所有助推器与 Z 轴距离相同，间距相同
非强制参数

BURNDelay：助推器点火前延迟的时间（秒，第一级火箭推力水平达到 95% 时开始计时）。如果这个参数没有定义，助推器在发射时点火。

SPEED：第一个助推器分离的平移速度（m/s），对于其他助推器，速度矢量旋转考虑了助推器的 X-Y 平面位置角

ROT_SPEED：第一个助推器分离的旋转速度（rad/s），对于其他助推器，旋转速度矢量也旋转。

MODULE：分离时创建的 vessel class。默认情况下建立“stage”class，这需要安装 stage.dll（和 multistage.dll 安装）

ENG_i：（x，y，z）排气推力渲染矢量位置。i 代表 1，2，……到 4，每个助推器最多允许 4 个引擎。必须按顺序排下来，中间不能空缺。如果有该参数，ENG_DIAMETER 参数也必须定义。默认情况下，助推器 Z 轴上只渲染一个引擎。

ENG_DIAMETER：排气推力渲染的引擎直径

ENG_TEX：用于引擎纹理渲染的纹理文件名（该文件必须存在于 texture 目录中）

ENG_PSTREAM1：引擎附带的粒子流的名称。名称必须在 PARTICLESTREAM_x 项中定义，或者是一个预定义的粒子流（contrail，exhaust 或 rcs）。

ENG_PSTREAM2：引擎附带的第二个粒子流名称（可选）

CURVE_i：（t，l）定义助推器推力水平随时间变化曲线（t 是时间，单位是秒，l 是最大推力的百分比）。配置文件最多可包含 10 点（i 代表 1，2，……到 10）。如果没有定义曲线，所有时间推力都是 100%

[STAGE_x]

级定义，x 代表 1，2，3，……到 10。排序不能空缺，STAGE_1 是必须的。

强制参数

MESHNAME：级（stage）的网格参数

OFF：（x，y，z）级网格偏移火箭的矢量位置（米）

HEIGHT：级高度（米）

DIAMETER：级直径（米）

THRUST：级推力（牛）

EMPTYMASS：级空质量（千克）

FUELMASS：级燃料质量（千克）

BURNTIME：级燃烧时间（秒）

非强制参数

IGNITE_DELAY：上一个级间分离到本级火箭点火间延迟的时间

SPEED：级分离的平移速度（m/s）

ROT_SPEED：级分离的旋转速度（m/s）

MODULE：分离时创建的 vessel class。默认情况下建立“stage”class

PITCHTHRUST：级俯仰姿态推进器推力（牛）。如果特别指定，将使用默认值。推力被认为是由距离旋转轴 1 米位置的两个推进器提供。如果你想模拟不同距离的推进器，你必须按真实推进器增加距离，并使用真实的推力值。

YAWTHRUST：级偏航姿态推进器推力（牛）。如果没有特别指定，将使用默认值

ROLLTHRUST：级旋转姿态推进器推力（牛）。如果没有特别指定，将使用默认值

ENG_i：（x，y，z）推力渲染喷气矢量位置。i 代表 1，2，3，……到 32，每级允许最多 32 个主引擎。序列不能空缺。如果存在，参数 ENG_DIAMETER 必须定义。默认情况下，每级 Z 轴只能渲染一个引擎

ENG_DIAMETER：如果 ENG_i 定义，该参数必须设置。默认情况下喷气尺寸是级直径的一半

ENG_TEX：引擎纹理渲染的纹理文件名称（该文件必须存在于 texture 目录下）

ENG_PSTREAM1：引擎附带的粒子流名称

ENG_PSTREAM2：引擎附带的第二个粒子流名称

[SEPARATION_xy]

级间段定义，xy 代表 12，23，34，……到 910。

可以没有级间，有两级以上才能存在级间。

强制参数

MESHNAME：级间网格名称

OFF：(x, y, z) 级间网格偏移火箭的矢量位置 (米)

HEIGHT：级间高度 (米)

DIAMETER：级间直径 (米)

EMPTYMASS：级间质量 (千克)

非强制参数

SEPARATION_DELAY：上级火箭燃烧结束到级间分离延迟的时间 (秒)

SPEED：级间分离的平移速度 (m/s)

ROT_SPEED：级间分离的旋转速度 (m/s)

MODULE：级间分离时建立的 vessel class 名称。默认是“stage”

[FAIRING]

整流罩定义部分。可以没有整流罩

强制参数

N：整流罩名称

MESHNAME：网格基础名称，整流罩网格名称必须为
<meshname>_1.msh, <meshname>_2.msh, ……<meshname>_N.msh

OFF：(x, y, z) 第一个整流罩网格偏移火箭的矢量位置 (米)

ANGLE：有效整流罩 OFF 矢量围绕 Z 轴的初试角度

HEIGHT：整流罩总高度 (米)

DIAMETER：整流罩总直径 (米)

EMPTYMASS：整流罩总空质量 (千克)

非强制参数

SPEED：第一个整流罩分离的平移速度 (m/s)

ROT_SPEED：第一个整流罩分离的旋转速度 (rad/s)

MODULE：整流罩分离时生成的 vessel class。默认为“stage”class

[PAYLOAD_x]

有效载荷定义部分，x 代表 1，2，3，……到 10。序列不能有空缺。可以没有有效载荷部分。

强制参数

MESHNAME：有效载荷网格名称。所有的载荷必须有不同的网格名称，否则 Orbiter 将崩溃。一个有效载荷最多可以定义 5 个网格，他们必须被声明为同样的字符串，用;分隔。示例：mesh1;mesh2

OFF：(x, y, z) 有效载荷网格偏移火箭的矢量位置 (米)。如果有效载荷有一个以上的网格，你必须以同样的顺序进行声明。矢量位置用;分隔。示例：(0,0,25);(0,0,27)

HEIGHT：有效载荷高度 (米)

DIAMETER：有效载荷直径 (米)

MASS：有效载荷质量 (米)

MODULE：飞船建立时命名的 module 名称。这是有效载荷飞船类型的配置文件名称

NAME：有效载荷释放时飞船的名称

非强制参数

SPEED：有效载荷分离平移速度 (m/s)

ROT_SPEED：有效载荷分离旋转速度 (rad/s)

RENDER：如果设置为 1，整流罩分离时，有效载荷仍然显示在火箭上。在整流罩没有完全盖住有效载荷时有用。

声音参数 (**Sound**)

为 OrbiterSound 提供支持

[SOUND]

MAIN_THURST：为主引擎播放指定声音文件

HOVER_THRUST：为悬停引擎播放指定声音文件

RCS_THRUST_ATTACK：为 RCS 引擎播放指定声音文件

RCS_THRUST_SUSTAIN：为 RCS 引擎播放指定声音文件 (持续)

AIR_CONDITIONNING：为空气调节系统播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_1：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_2：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_3：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_4：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_5：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_6：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_7：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_8：为座舱环境播放指定声音文件

COCKPIT_AMBIENCE_9：为座舱环境播放指定声音文件

气动参数 (**Atmospheric**)

以下参数将火箭近似作为一个圆柱体进行计算：

圆柱体质量是组件质量总和

圆柱体高度是使用的组件高度

圆柱体直径根据组件总体积等量进行计算

PMI 是按照圆柱体计算

横截面也是按照圆柱体计算

阻力系数可以给任意值

转动阻力也可以给任意值

这些参数在每次火箭分离时进行更新。无机翼支持，无升力支持。未来版本可能会允许用户指定更高精度的气动参数。

自动导航 (**Guidance Autopilot**)

介绍

Multistage 支持自动导航系统，通过一个 txt 文件进行设置。这是一个初步版本。还有很多功能还没有进行测试或实施。

如何使用

导航系统是自动进行所有发射过程。在发射前，按 P'键开始自动飞行。再次按 P'键停止自动飞行，但是这样，将不能再次打开自动飞行。

导航文件格式在下面详细给出，导航文件必须在 scenario 文件中指定，在 ship 部分添加下面一行：

GUIDANCE_FILE Config\multistage\shuttle.txt

导航文件的每行格式如下：

<mission elapsed time>=<command>(param1,param2,...)

Mission elapsed time 是任务运行时间，单位是秒，负值可以用于发射前动作（主引擎启动顺序，声音播放）。

支持以下命令：

engine(starting_thrust,final_thrust,thrusting_time)

该命令控制主引擎推力随时间变化率，“starting_thrust”是指定初试推力，“final_thrust”指定最终推力，

"thrusting_time"指定变化时间。推力必须是 0 到 100 之间。

roll(init_pitch_time,init_pitch_angle,heading_target,pitch_target,pitch_mode)

该命令控制滚动程序。"pitch_mode"控制火箭进行正确俯仰（1=向上俯仰，-1=向下俯仰），直到到达"init_pitch_angle"（in°），然后俯仰导航回路关闭，控制俯仰到达"pitch_target"。当"init_pitch_time"结束，到达正确"heading_target"后滚动和俯仰导航关闭。这是一个非常复杂的机动，参数设置不好会导致一场灾难。注意下一个命令不能在滚动完成前执行。

pitch(starting_pitch,final_pitch,pitch_time)

该命令控制俯仰程序。火箭从"starting_pitch"在指定时间"pitch_time"内，俯仰至"final_pitch"。

注意，俯仰过程应该缓慢进行，并连在一起（上次的 final_pitch 应该是下次的 starting_pitch）。

aoa(aoa_angle)

该命令控制攻角和速度矢量。

spin(rate)

该命令控制滚动速度（°/sec）。你可以使用正/负值进行左/右滚动。

attitude(pitch,heading,roll)

该命令控制飞船姿态到指定的 pitch，heading 和 roll，范围从-180°到 180°，标准的 LVLH（水平垂直坐标系）

Disable(<pitch|roll|jettison>)

该命令控制禁用指定程序。可以是"pitch"，"roll"，"jettison"程序。禁用（jettison）意味着燃料质量为 0 时，不会自动分离助推器和级，所有的分离必须由 jettison()命令执行。

Playsound(<sound file name>)

该命令播放指定声音文件（需要 OrbiterSound）

fairing()

该命令将分离整流罩（按键命令是 F'）

jettison()

该命令将分离有效载荷（或级）

target(target_apogee)

一旦调用，该命令将不断检查当前轨道参数，当远地点高度到达"target_apogee"时关闭所有引擎。

制作火箭的一些经验

如果你要制作一个真实的火箭，你可以在 www.astronautix.com 上找到大量关于火箭尺寸，质量和推力的信息。否则你应该遵循下列这些经验：

你应该设定一级火箭的质量由 9/10 的燃料质量和 1/10 的空质量组成

发射的总推力（N）必须至少等于总质量 kg*9.81

使用可以让你不使用自动导航，经过最佳航线飞行到达正确的轨道的真实数值。你可以通过增加推力或燃烧时间来改变发射效率。

所有网格的中心都在（0，0，0）。这点应该与重心一至。

示例

版权

3 stage example meshes：由 Vinka 用 Anim8or 制作

Space shuttle：默认 Orbiter 提供

你可以在你的插件中自由分发 spacecraft.dll，stage.dll 和 multistage.dll。

感谢 BigJimW 和 Roger“Frying Tiger”Long 测试这个版本。

已知错误

没有对 ini 文件错误进行太多保护，因此这将可能导致 Orbiter 崩溃

支持

任何问题，帮助，需求或错误报告 [联系 vinka@swing.be](mailto:vinka@swing.be)

未来工作

可配置的大气飞行参数

ini 文件错误报告

ullage motor 支持

更多的自动飞行功能

更真实的飞行参数