

英壬画板使用指南

inRm3D Sketchpad v2.852



作者：方小庆

修订：唐家军

英壬画板

inRm3D Sketchpad

1 概述.....	2	5. 3. 11 函数曲线.....	19
2 安装和注册.....	2	5. 4 平面和多边形.....	20
2. 1 系统需求.....	2	5. 4. 1 平面.....	21
2. 2 系统文件.....	2	5. 4. 2 平行面.....	21
2. 3 注册.....	2	5. 4. 3 垂面.....	21
3 场景控制.....	2	5. 4. 4 中面.....	22
3. 1 软件界面.....	3	5. 4. 5 多边形（正多边形）.....	22
3. 1. 1 特有界面.....	3	5. 5 曲面和函数曲面.....	22
3. 1. 2 工具栏.....	4	5. 5. 1 旋转曲面.....	23
3. 1. 3 其他控制.....	5	5. 5. 2 直纹曲面.....	23
3. 2 场景属性设置.....	6	5. 5. 3 轨迹面.....	23
4 鼠标和快捷键.....	8	5. 5. 4 函数曲面.....	24
4. 1 鼠标.....	8	5. 6 实体.....	25
4. 2 快捷键.....	8	5. 6. 1 球.....	25
5 对象及属性.....	9	5. 6. 2 三点球.....	25
5. 1 基本对象.....	9	5. 6. 3 圆台.....	26
5. 1. 1 创建几何对象.....	9	5. 6. 4 棱台.....	26
5. 1. 2 对象的通用属性.....	10	5. 6. 5 正多面体.....	26
5. 2 点和直线.....	11	5. 6. 6 长方体.....	27
5. 2. 1 自由点.....	11	5. 6. 7 凸多面体.....	27
5. 2. 2 约束点.....	11	6 菜单.....	27
5. 2. 3 交点.....	12	6. 1 文件.....	27
5. 2. 4 中点.....	12	6. 2 编辑.....	28
5. 2. 5 直线.....	13	6. 3 显示.....	30
5. 2. 5. 1 两点线.....	13	6. 4 变换.....	31
5. 2. 5. 2 射线.....	13	6. 4. 1 位移变换.....	32
5. 2. 5. 3 直线.....	13	6. 4. 2 投影变换.....	32
5. 2. 5. 4 点向线.....	14	6. 4. 3 反射变换.....	33
5. 2. 5. 5 平行线.....	14	6. 4. 4 旋转变换.....	33
5. 2. 5. 6 垂线.....	14	6. 4. 5 缩放变换.....	33
5. 2. 5. 7 切线.....	14	6. 4. 6 向量变换.....	33
5. 2. 5. 8 中线（角平分线）.....	15	6. 4. 7 反演.....	33
5. 2. 5. 9 相贯线.....	15	6. 4. 8 迭代.....	33
5. 3 圆、弧和曲线.....	15	6. 4. 9 自定义变换.....	34
5. 3. 1 点法圆.....	16	6. 5 数据.....	35
5. 3. 2 三点圆.....	16	6. 5. 1 参数.....	35
5. 3. 3 点法弧.....	16	6. 5. 2 计算器.....	35
5. 3. 4 三点弧.....	17	6. 5. 3 度量.....	36
5. 3. 5 轨迹线.....	17	6. 6 帮助.....	37
5. 3. 6 相贯线.....	18	7 其它.....	37
5. 3. 7 路径.....	18	7. 1 层的应用.....	37
5. 3. 8 抛物线.....	18	7. 2 参数的应用.....	38
5. 3. 9 椭圆.....	19	7. 3 迭代实例.....	40
5. 3. 10 双曲线.....	19	8 致谢.....	42

1 概述

inRm3D（英壬画板）是一个几何学习工具，凡是能用几何语言和几何方程描述的二维和三维几何模型，都能方便的制作、编辑和显示。在 inRm3D 中，三维场景的几何模型就象悬浮在空中的实物，可以用不同的视点、景深和透视度来观察。

inRm3D 可以方便地构筑出多种类型的点、线、圆（椭圆）、圆弧、平面、多边形（正多边形）、球（椭球）、圆台（柱、锥）、多面体（正多面体）、长方体、轨迹线、路径、圆锥曲线、函数曲线、旋转曲面、直纹曲面、轨迹面、函数曲面以及各种变换和迭代。还可以快速构筑出对象之间的交点、相贯线^①等。

inRm3D 几何模型的组成对象能在三维空间中动态保持其几何约束关系。最多可用 24 个层^②控制各对象按层显示或隐藏。构筑结果模型文件为纯文本格式 (*.sgf)，也可输出为 bmp、jpg、gif、png 等格式的图像。

2 安装和注册

2.1 系统需求

运行 inRm3D 的计算机必须具备：

- ◆ 操作系统：Win2000/NT/XP。在 Win7 中则必须禁用 inRm3D 的桌面效果（打开软件后，会自动禁用。手动设置可以右键 inRm3D 执行文件-“属性”-“兼容性”-“禁用桌面元素”）。在 win8 中也需要设置其兼容性（右键 inRm3D 执行文件-“属性”-“兼容性”-“以兼容模式运行这个程序”-勾选“Windows XP”）
- ◆ 中央处理器：主频 1G 以上。
- ◆ 内存：128M 以上。
- ◆ 显示卡：1024×768 真彩色，内存 8M 以上，支持 OpenGL^③指令集。

2.2 系统文件

inRm3D.exe：主程序，直接复制到任意目录下即可运行。

inRm3D.ini：内含用户设置的环境参数和最近打开过的 10 个文件名清单（自动创建）。

inRm3D Help.chm：帮助文件。

License.txt：注册信息文件（自动创建）。

inRm3D 的模型文件扩展名为 “.sgf”，是纯文本文件，在未了解其格式之前请勿轻易编辑修改。

2.3 注册

inRm3D 是共享软件，若未经注册，将不能保存编辑过的模型文件。Beta 版（测试版）不需注册。

3 场景控制

运行 inRm3D 软件后，画板窗口提供的基本绘图环境，称为“场景”。默认场景是深色背景下的一个三维坐标系。场景控制就是设置构图的前提环境，包括设置坐标系和各种基本参数。画板构图就是在场景中进行。

启动：双击 inRm3D 图标或者双击 “.sgf” 文档（已经设置默认打开方式时），即可启动 inRm3D 程序。软件主窗口部件名称和各种属性的含义，见下页图。

退出：点击窗口右上角的关闭按钮，或点击“文件”菜单下的“退出”项，即可退出 inRm3D。

因为是平面模拟三维软件，故构图对象需要遮挡、缩放和移动，才能体会到三维感觉，实现三维效果，因此，构图场景的设置十分重要。

在窗口背景任意空白处点住左键拖动鼠标，可实现旋转坐标系从任意角度观察几何模型。水平拖动可以调节平视角，垂直拖动可以调节仰视角（Z 轴始终在垂直于屏幕的平面内）。

按下【Ctrl】键并滚动鼠标滚轮，可以改变景深^④（视野范围同时改变）。

^① 一个平面和一个三维物体相交或者两个三维物体相交，都称为相贯，它们表面形成的交线称做相贯线。

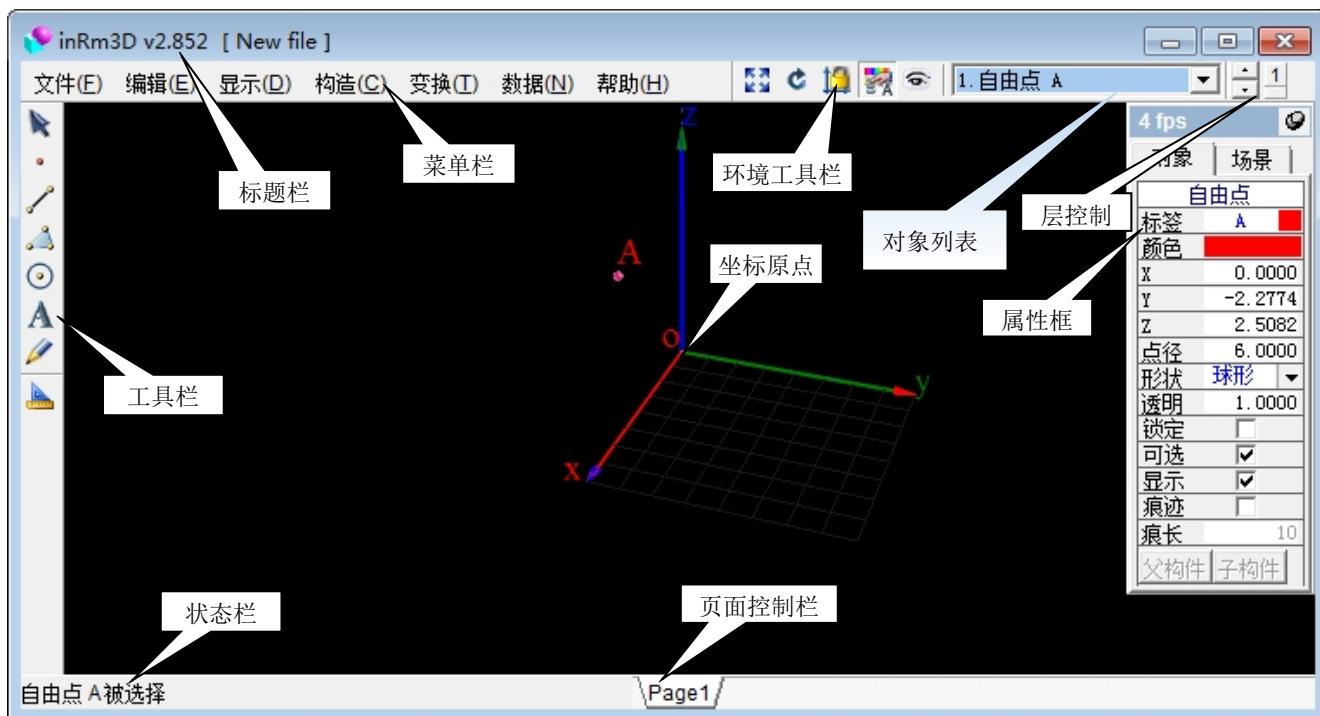
^② 本意是重叠起来的东西中的一部分，当构件的组成对象比较多时，各对象可放在不同的层，并随层显示。

^③ OpenGL（Open Graphics Library）是个定义了跨编程语言、跨平台的编程接口的规格，是调用方便的底层图形库。

^④ 本为摄影测量与遥感学术语，指景深相机在聚焦完成后，在焦点前后的范围内都能形成清晰的像，这前后距离范围就是景深。

拖动坐标原点（如果原点没有显示，在场景属性中勾选“原点”），可移动坐标系。双击原点或按【Ctrl+Shift+O】组合键可将坐标系移到屏幕中心。想要坐标系的坐标状态回到 inRm3D 打开时的状态，点击“场景”属性中的“恢复”按钮。

对场景属性进行适度设置能更好展现构件的三维效果（详见 3.2 节）。



3.1 软件界面

通用界面：有标题栏、菜单栏、状态栏、窗口大小控制等等。菜单栏分为“文件”、“编辑”、“显示”、“构造”、“变换”、“数据”和“帮助”等。具体功能将在后边详细介绍。

3.1.1 特有界面

菜单栏的右部是“环境工具栏”，用于设置对象的显示环境因素。



图标自左向右依次是：

“全屏”：扩大背景（显示区域）至显示器最大显示范围，菜单等系统控制都消失，只保留一个还原图标在窗口右上方。快捷键【Shift+Esc】可以切换全屏与否。

“场景旋转”：点击场景围绕 Z 轴旋转，再点击停止旋转。快捷键：【R】。可用鼠标拖拽（或用方向键）控制转向和转速。

“锁定视角”：默认情况下，鼠标点住背景任意位置，都可以拖动场景旋转。点击此按钮后，鼠标拖动场景旋转的功能被取消（不能取消【R】键功能）。再次点击此按钮，鼠标拖动场景功能恢复。快捷键：【L】。

“属性”：点击出现“对象”和“场景”的多种默认属性设置窗口。快捷键：【P】。

“全显”：把各种隐藏的构件全部显示出来。快捷键：【A】。

对象列表 (0/0) “对象列表”：通过下拉箭头，可以显示出场景中的各个对象。在对象列表中，某个对象的序号并不是一成不变的，对象的删除或恢复都可能改变其它对象的序号，但各对象的先后次序不会改变。如欲改变对象的先后次序，可使用菜单“编辑”-“次序...”。有时，场景中对象过多，互相叠压会造成深处的对象无法选定，使用对象列表就能选定任意的构造对象。

当某个作品由多个对象组成时，多个对象的叠加会使得作品显得杂乱无章。插入多个层，可以把不同的对象放置在不同的层，并随层显示，一般把结果作品放在最后的层。这里的层不能理解为每页纸张为一层，多张纸叠放在一起，而是每页纸都在同一个位置，其代表的层只是在逻辑上有前后。当层控制滑块移动时，可以逐步显示不同层的内容，可以清晰地展示作品的构筑过程。（详见 7.1 章节）

“插入/删除层”：上下的两个小箭头。上边的箭头是插入一个层，下边的是减少一个层。在 inRm3D 中最多可以插入 24 个层。

“层”：点击某一个对象，使用层状态控制板可以设置对象在各层上的显示状态（红色数字表示当前显示层）。

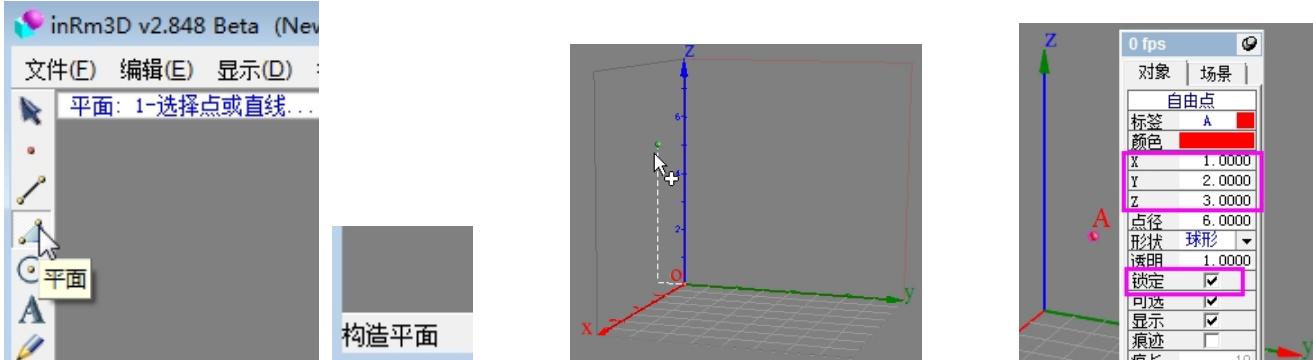
表示当前层)。上排带有数字的按钮可设置对象的在本层的显隐状态(按下表示隐藏),下排按钮可设置对象标签的显隐状态(当对象被隐藏时,相应的对象标签自动隐藏)。打开模型文件时,将显示保存时显示的层对象。按 Esc 键释放鼠标,这个带有层号的层状态控制板就变为有一个滑块的形式,拖动滑块会在各层中切换。

 层控制滑块: 使用鼠标拖动,可以切换不同层。快捷键是键盘的【→】和【←】键。鼠标滚轮也可切换层。

当鼠标悬停在以上图标上时,会出现图标工具名称和快捷键。

3.1.2 工具栏

在屏幕的左边,有“工具栏”。默认自上向下的工具依次为选择、点、直线、平面、圆、文字和标记工具。鼠标悬停到这些工具图标上时,会出现工具名称提示条。鼠标点取某一个工具时,在状态栏有鼠标状态描述,在场景的左上方,会出现工具使用向导。下左图就是点“平面”工具时场景左上角和状态栏的显示情况。



1、 选择工具: 当使用第一个“选择”工具时,鼠标左键某一个构件,可以选定某个构件。但三维的物体可能有多个层次关系。有可能多个物件都在垂直于屏幕的平面内,在视觉上叠加在一起。当使用“选择”工具在这些叠加的物体上悬浮时,鼠标会提示可以选择物件的名称,此时点下鼠标左键,就选定了这个物件。如果多个对象真正重合在一起,比如在长的线上构造了短的线段,短线段上又构造了更短的线,在最短的线段上循环点取,就能分别选定这几条线段。

在 win7 中,有时鼠标悬停在对象上时,不出现名称提示,就不能选定对象了,有两个方法解决。一是点对象列表,在列表中选取对象。二是鼠标在其他软件中处于编辑状态,再回到场景中就可以左键选对象了。

2、 点工具: 因为系统是默认三维坐标,同时有三个互相垂直的面存在,即平面 XOY、XOZ 和 YOZ,故绘制的最基本对象(点)也需要有三维位置的要求。而使用工具构造各种对象,需要有标识,才能知道构造的构件在哪个平面内。使用点工具构造点时,会有互相垂直的白色虚线,显示这个点在白色虚线确定的平面内。系统默认构造点的平面是软件使用者比较“正”对的面。如上中图,使用点工具构造点,因为面 YOZ 更加“正”对操作者,鼠标携带的点就绘制在 YOZ 平面上。想要把点构造在坐标系中固定大小的面 YOZ 内,使用点工具鼠标点平面 YOZ 的边框,代表平面的边框整体变色,绘制的点就只能在边框范围内移动。想要绘制的点不在某个坐标平面内,可以按住【Ctrl】键后移动鼠标绘制点或者绘制点后,转动坐标系,再移动点。

在 inRm3D 中,想要绘制确定位置的对象,都是先构造一个默认值对象,然后,在对象的属性中,修改对象的位置等属性值,并锁定。比如绘制的点坐标是(1,2,3),就是先构造自由点,再如上右图设置属性。

3、 直线工具: 通过在场景中构造两个点,而显示出一条线段。想要线段的端点不在坐标平面内,需要按住 ctrl 键后移动鼠标确定点。在 inRm3D 中,直线也是使用有限的线段表示。

4、 平面工具: 当鼠标悬停在这个工具上方时,鼠标箭头下方会出现工具名称为“平面”。在屏幕的左下角的状态栏中,显示此时鼠标的状态是“构造平面”,在场景的左上方,会出现此工具的操作向导,因为“不在同一直线上的三个点”或者“一条直线与不在直线上的一个点”能确定一个平面,故构造平面工具的第一个步骤就是“1-选择点或直线”。当场景中有点或者直线时,可以选择一个点或者在直线上绘制一个点。如果场景中没有点或者直线,可以在空白区域直接构造能确定平面的关键点。

5、 圆工具: 在三维空间中构造的圆,需要确定在哪个平面内。第一个点是圆心,第二个点和圆心的连线就是圆的法线^⑤,决定着圆所在平面的方向。先按照默认半径构造圆,以后可以修改属性调圆大小。

点、线、平面、圆的具体操作,可以见“构造”菜单的详细介绍。

6、 文本工具: 点击工具图标,在屏幕的适当位置按下鼠标,然后在“Text”处输入文本后,再按“确定”即可。文本对象总是显示在屏幕的固定位置上,可设置“前置”属性以使其不被其它对象遮挡。双击场景中已有文本对象会弹出文本编辑框。右键文本可以调出文本的属性,调整文本显示状态。

标签: 点击字母,可以修改标签名称,点击色块,可以修改标签的字体、字号、颜色等。

^⑤ 始终垂直于某平面的直线叫法线。圆所在的平面与法线垂直。

- X、Y:** 文本对象的屏幕位置（自场景左上角开始计算像素位置）。
- 绑定:** 把文本左下角绑定到某个对象（如点）上，移动对象，文本随着移动。
- 行距:** 设置多行文本的行距。
- 隐阈:** 在±99之间。控制文本隐藏与否的值。当这里的值小于“显阈”的设定值时，文本隐藏。
- 透明:** 设置文本显示的透明度在0到1之间。“0”是完全透明，文本看不到了。“1”是完全不透明。
- 显阈:** 在±99之间。控制文本显示与否的值。当设定值大于等于“隐阈”时，显示文本。
- 前置:** 使文本处于屏幕的最前层而不被其它对象遮挡。
- 锁定:** 把文本固定到特定位置，或者锁定到绑定的对象上。
- 可选:** 设定文本是否可以使用鼠标左键选定。
- 显示:** 设定文本是否显示。



7、标记工具：可以标记线状对象、线线交角、线面交角和二面角。

点击线状对象，则在点击位置作标记。

从一条直线拖到另一条直线，则在二直线交点处作角度标记。

从一条直线拖到另一个平面，则在线和面交点处作角度标记。

从一个平面拖到另一个平面，则在两面相交处作角度标记。

标记位置可在标记对象上任意拖动。双击标记可恢复其初始位置。

标记笔可在屏幕背景上任意涂鸦，涂鸦时的线型和颜色可用菜单“编辑”-“线型”-“颜色”调整。涂鸦内容不会被保存。

以角度标记为例解释“标记”的属性。

标签: 点击字母，可以修改标签名称；点击色块，可以修改标注的字体、字号、颜色等。

颜色: 点击色块，可以修改作为标注的图形颜色。

线径: 点击修改作为标注的图形的边线线径。

边数: 作为标注图形的正多边形边数。（线的标记才有此选项）

间隔: 标记中各笔划的间隔。

半径: 角度标记的半径。

弧度/角度: 当角的度数被“标注”出来时，使用的制式。

透明: 设置标记显示的透明度在0到1之间。“0”是完全透明，“1”是完全不透明。

位置: 标记在对象上所处的位置。改变数字，标记在对象上的位置就发生改变。

填充: 作为标注的图形是否填充内部。

补角: 把标记移动到当前角的补角位置。

优角: 把标记移动到当前角的优角位置。（默认角标记都是在劣角位置）

对顶角: 把标记移动到当前角的对顶角位置。

锁定: 确定以上的标记属性设定，不会因为鼠标拖动标记而改变。

可选: 设定标记是否可以使用鼠标左键选定。

显示: 设定是否显示标记。

标注: 设定是否显示角度度量值。

笔划: 在一个标记中图形的数量。

精度: 设定显示的度量值的精度。

3.1.3 其他控制

默认使用鼠标左键点住场景的空白处，可以拖转场景以改变视角；想要拖动构件，需要使用鼠标左键选定构件并拖动；点击了“锁定视角”工具图标后，再用左键拖动物件会更加容易；使用右键选定构件，可以拖动构件标签；按住【shift】键后，使用鼠标左键可以框选多个对象。

如果选择了绘图区域中的特定对象，在工具栏的下方，会自动出现以选定对象为父对象可以构造子对象的相关动态工具。比如，点选绘图区域中的线段后，与线段操作相关的工具就会出现在工具栏的最下方。如上右图，出现 3 个工具图标，使用动态工具可以度量（线段长度）、构造线段上的约束点（点只能在线段所在直线范围内运动）、构造线段的中点（构造线段的中点）。选取其它特定对象，会出现各自的相关子工具。鼠标悬停在子工具图标上时，在鼠标下方和状态栏会出现提示。鼠标点取动态工具后，直接构造子对象。

页面控制栏。在场景的下方中央位置，有当前画板文档的页面显示，右键页面名称，会出现下左图的选项。“增加空白页(N)”是在当前的文档中，增加一个空白页；“复制当前(C)”是复制当前页的内容，到新增加的一页中；“文件(F)”是打开一个“.sgf”文档，并将其内容复制到新增加的页中；“删除当前页(X)”是把选定的页删除；“重命名(R)”是为当前的页重新命名。如果一个文档有多个页面时，可以通过点击页面标签切换显示页面。默认显示页是 1 页，标签为“Page1”。使用【PageUp】和【PageDown】键，可以翻页。按住【Shift】键，可以鼠标左键拖动改变页的位置。



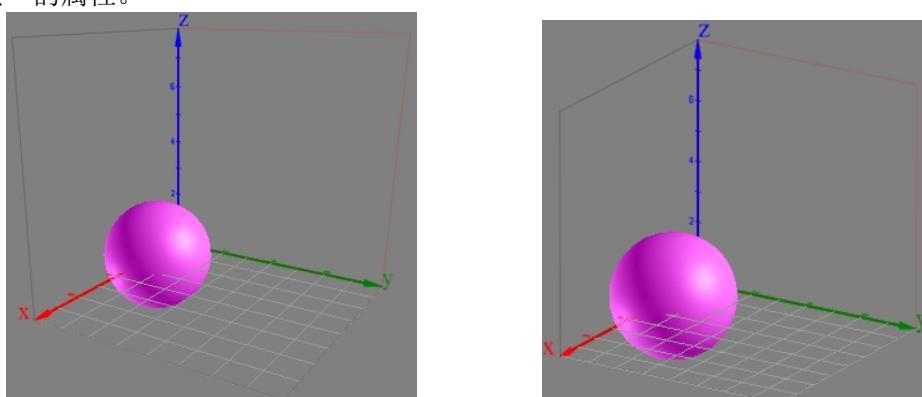
3.2 场景属性设置

点击菜单“编辑” - “属性”或点菜单栏右边外侧的属性工具按钮 ，会弹出对象和场景的属性框，可以修改场景属性，如：背景颜色、坐标轴长度和颜色、反锯齿（使得对象更光滑）等等。场景属性中包括可见的场景设置和默认的系统参数设置。对于属性是数值的项目，点击属性值，可直接输入属性值。若不点击属性值（鼠标非编辑数值状态），先按下【Ctrl】键同时用鼠标左键在属性值上多方向拖动，可动态改变属性值（垂直拖动的变化量是水平拖动变化量的十倍）。场景属性框见上右图，其中许多数字属性的单位是“像素”。

8 fps “? fps”: 就是当前电脑显示器的刷新率^⑥。当屏幕的刷新率小于 14fps (幅/秒) 时，说明计算机硬件的综合能力弱。这个是计算机的性能展示，不可手动改此项数据。

“图钉”: 锁定属性框与对象的链接。当图钉处于钉上状态时，鼠标左键点击场景中的对象，会自动出现对象属性框。否则需要右键对象，才能出现属性框。图钉横放是非钉上状态，钉上时，只见钉尾。鼠标点击此图标，会在钉上与否间切换。

“对象”和“场景”是属性选项卡名称，“对象”属性是在场景中构造物件的属性，将在以后章节介绍。以下介绍“场景”的属性。



景色: 是指场景背景颜色。单击色块，将显示颜色块选框；在颜色块选项中，有一个“双点”块，点击将显示系统颜色编辑框，可以自定义 RGB（红绿蓝三色系统）任意颜色。

景深: 模型在屏幕上的显示深度。改变景深的同时，模型同步进行缩放。景深值在 2 到 300 之间，数字越大，景深越短，模型越小。

透视: 模拟自然界中的透视效果（图像近大远小，如上左图。看平面轮廓线的透视效果最明显）。透视度可设置，效果相当于改变视点与模型的距离。数值在 0 到 64 之间，当透视度为 0 时相当于正交投影（上图右）。

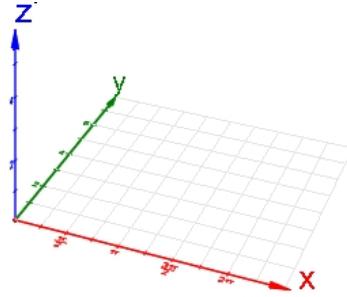
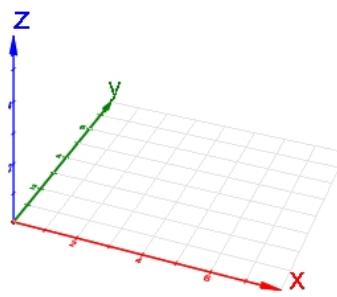
坐标系: 显示或者隐藏坐标系。

^⑥ FPS (Frames Per Second): 每秒钟填充图像的帧数 (帧/秒)。FPS 是测量用于保存、显示动态视频的信息数量。

平面: 显示坐标平面（上左图的面边缘框）。是否显示表示三个互相垂直的坐标平面的轮廓线。

刻度: 显示坐标刻度（下左图）。是否显示三个轴的刻度线和刻度值。

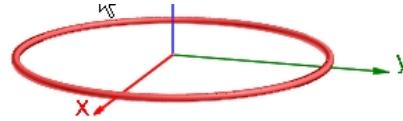
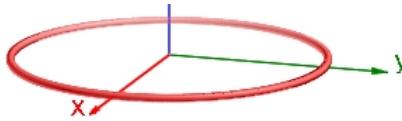
X 弧度: X 轴为弧度刻度值（下右图）。当“刻度”被勾选后，才可勾选此项，只有 X 轴的刻度可变为弧度刻度值，Y 和 Z 轴的显示方式不变。



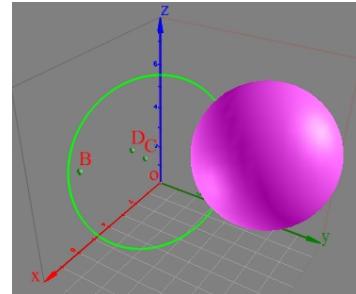
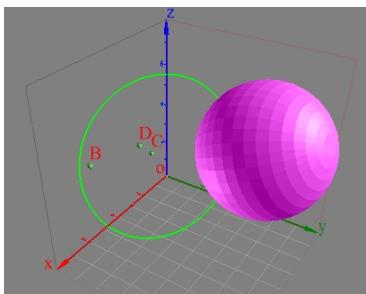
网格: 显示模拟 XOY 平面的网格线。有这个网格线能给出场景底面的感觉，增加三维效果。

原点: 显示坐标原点及其标签“O”。拖动坐标原点能移动坐标系，双击原点则原点回到场景中心。

雾效: 模糊显示远处的对象（下左图）。雾效能更好地强化三维物体的层次感，距离视点越远的对象，显示越不清晰，雾效的强度取决于坐标轴线长度。这项功能将显著增加系统的计算量。如屏幕显示表现迟滞，请取消这个功能（下右图）。



反锯齿: 弱化计算机屏幕图像的“锯齿”现象，提高显示质量。但这需要较高 CPU (PIII 以上) 和较好显示卡 (16M 以上显示内存、支持 OpenGL 指令集及 3D 加速功能) 以及足够内存 (128M 或以上) 的支持。若计算机硬件配置较低，“反锯齿”会明显降低显示质量和显示速度。下左两个图是反锯齿前后的效果。



刷新率: 是否在属性框的左上角显示屏幕的刷新率。如果此项不勾选，在“图钉”前显示屏幕刷新频率值的位置，将会显示“属性”两个字。

提示条: 显示或关闭鼠标悬停在工具按钮上时的工具名称提示。窗口左下角的“状态栏”和场景左上方的“工具使用向导”提示条不受此控制。

标签: 新创建对象时是否自动显示默认顺序的标签。

“系统参数”是设置系统在创建新对象时使用的默认值，其下拉菜单见上右图。各新构造对象的基本属性如下。

点的属性: 点径和颜色。假设点是一个圆形，点的大小就是圆半径在 0 到几百之间，点径为 0 的点只有标签，看不到点的存在。系统默认点径是 6。默认新建点的颜色可以点击色卡任意选择，系统默认为红色。

直线属性: 线径和颜色。线的粗细和颜色，系统默认线径为 2，蓝色。

圆: 线径和颜色。组成圆的线的粗细和颜色，系统默认线径为 2，黄绿色。

平面: 边线径和颜色。平面轮廓边线的粗细和颜色，系统默认线径为 1，墨绿色。

实体: 棱边线径和颜色。三维实体的边、棱等线的粗细和颜色，系统默认线径为 3，土黄色。

曲线: 线径和颜色。曲线的粗细和颜色，系统默认线径为 3，墨绿色。

曲面: 曲面边界的线径和颜色。曲面轮廓线的粗细和曲面的颜色。系统默认线径为 1，红色。

数据: 精度和字体颜色。inRm3D 有效的精度范围在 1 到 8 之间，表示小数点后的精确位数。小于 1 的值自动变为精度为 1。超过 8 的精度设置值，自动变为系统默认的 4 位小数。

选择: 选定对象后，对象会变大而且改变颜色表明被选定。这里设置其增大后对象的大小和颜色。当线被选定时，线径变宽线表示被选定。默认线径是 2，颜色是粉色。此值不易过大，否则，线被选定时，会显示出一个粉色的面。

标签: 创建对象时的默认标签字体大小。大小可以输入数字，点击颜色卡会进入字体设置窗口，可以有更多设置。如下左图。

因为场景中包含了坐标系，故对于坐标轴的属性设置，也会直接影响场景的效果。选择坐标轴 (X 轴) 后，点对象属性，会出现下中图的对话框。其中“直线”就是设置坐标轴上的原点在轴的中间位置。“遮挡”是设置被平面对象或多面体对象遮挡的部位是否以虚线显示。这个属性只在相应的平面或多面体也已设置了

“遮挡”属性后才起作用。还可以选定坐标轴，按住【Shift】键后，使用鼠标左键拖动改变坐标轴的长短。

保存: 保存当前场景。场景变量将保存在 **inRm3D.ini** 文件中。比如将场景坐标系和系统参数按照自己的喜好设置好以后，可以点“保存”，以后再点“恢复”时，场景就恢复到自己设定的状态了。下右图就是在 x 和 y 轴的属性中，勾选了“直线”并设置适当长度后的坐标系效果。



恢复: 恢复保存在 **inRm3D.ini** 文件中的场景变量。就是恢复自己设定的场景。如果将这个文档删除，则点击“恢复”，就执行软件开发时的默认值，场景恢复到默认的状态。

4 鼠标和快捷键

4.1 鼠标

移动鼠标: 在 **inRm3D** 场景中移动鼠标，若鼠标的光标“接触”到图形对象，光标将显示出所接触到的图形对象的类型。如接触到一个点，光标上会显示“点”字样。

拖动背景: 在背景上按下鼠标左键并移动鼠标（简称“拖动”）相当于旋转场景或移动视点。左右拖动则“右左”移动视点，上下拖动则“下上”移动视点。

选择对象: 当鼠标接触到对象，出现对象名称时，点击鼠标左键，则此对象被选定。在已被选定的对象上再次点击则取消选定。按住【Shift】键并拖动鼠标，可以框选多个点对象或框选参数（计算）对象。

拖动对象: 选定并拖动点、直线、圆、三维实体等对象，如果其父对象是自由点，则同时拖动父对象。

4.2 快捷键

当鼠标点击“选择”箭头工具，或者按键盘 Esc 键后，画板快捷键可以起作用。

1~0 (Ctrl+1 ~ Ctrl+0): 跳转至相应层。前 20 个层可以使用快捷键，1 到 0 是 1 至 10 层，Ctrl+1 是 11 层，以此类推。

Shift+1 ~ Shift+0 (Ctrl+Shift+1 ~ Ctrl+Shift+0): 设置被选定的对象在相应层的隐藏属性，增加了 Ctrl 键，层号加 10。

Shift+Esc: 全屏/常规显示。

Ctrl+Q : 将视点移到选定的平面正（反）面。

A (All): 显示/隐藏所有被隐藏的对象。

C (traCe): 设置/取消对象的痕迹属性。

F (Full): 设置/取消对象的填充属性。

G (fog): 设置/取消“雾效”效果。

H (Hide): 设置/取消被选定的对象在当前层的隐藏状态。

Ctrl+H (Hide): 设置被选定的对象在当前层以前的对象隐藏状态。

K (Tag): 设置/取消被选定的对象标签在当前层的隐藏状态。

L (Lock): 锁定视角。若选定了对象，则锁定对象。若不选定任何对象，锁定场景视角。

M (Move): 使移动步长大于零的对象自动移动或停止。

O (Origin): 显示/隐藏坐标原点。

P (Property): 显示/隐藏属性框。

R (Rotate): 自动旋转/停止场景。

S (Smooth): 设置/取消反锯齿效果。

T (Trace): 设置/取消被选定对象的追踪状态。

X/Y/Z: 将视点移到 X、Y、Z 轴方向上。

Ctrl+L: 选定全部直线。

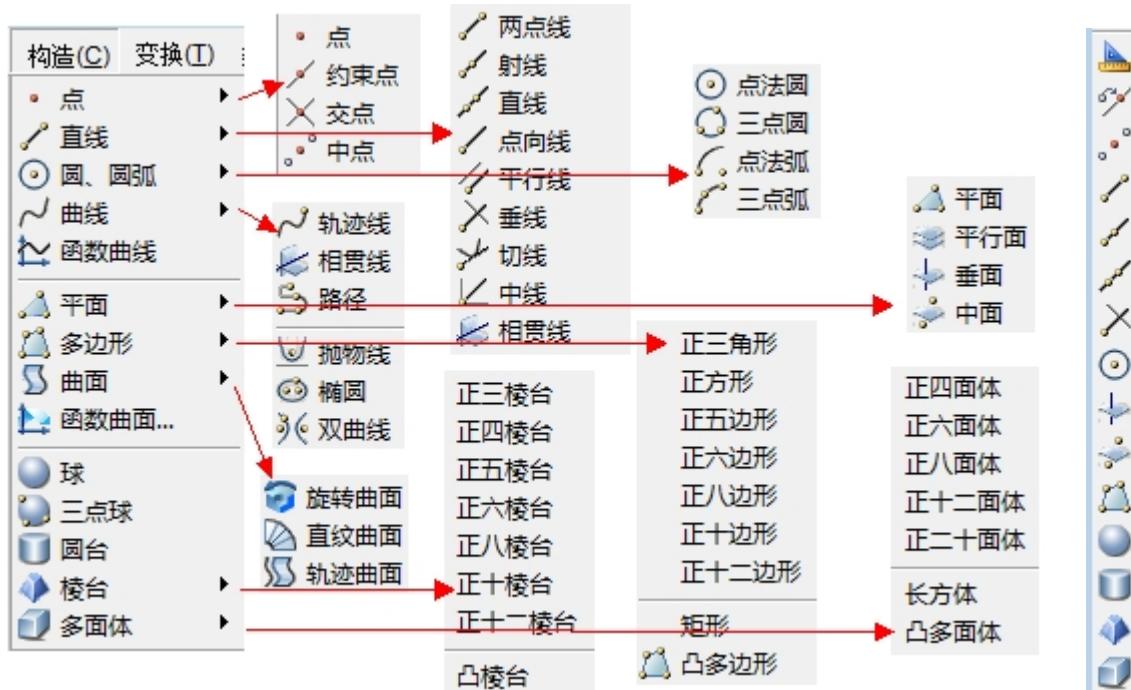
Ctrl+M: 逐点生成（暂停）轨迹线。
Ctrl+N (New): 新建文件。
Ctrl+O (Open): 打开文件。
Ctrl+P : 选定场景中全部点。
Ctrl+S (Save): 保存文件。
Ctrl+Z (Undo): 撤消操作。
Ctrl+R (Redo): 恢复操作。
Ctrl+A (Select All): 选定全部对象。
Ctrl+Shift+O: 将坐标系移动到屏幕中心。
Del (Delete): 删被选定的对象。
PgUp/PgDn : 翻页。
→/←/↑/↓: 改变约束点的约束值、改变曲线顶点数、改变曲面网格数；改变参数、度量、算式、按钮、文本的位置。
Ctrl+→/←: 改变层（场景自动旋转时调整横向转速）。
Ctrl+↑/↓: 遍历对象（场景自动旋转时调整竖向转速）。
Alt+↑/↓: 选定父对象或子对象。
Alt+/: 选定多个对象，加上系列标签。
+/-: 按参数对象的“步长”属性增减参数值。
F1 (Help): 打开帮助文件 inRm3D Help.htm。
Esc (Escape): 恢复场景，终止添加对象的过程、停止自动移动的对象。
Space: (空格键) 连续创建相同类型的对象。当使用菜单选项中的工具构造对象时，按空格键，鼠标就始终是此菜单功能，对于使用菜单选项创建多个相同类型的对象十分有用。
Shift+Enter (Ctrl+Enter): 将参数、度量、算式、按钮、文本按创建顺序自动排列整齐。若已排列整齐则增加（减少）间距。

5 对象及属性

在 inRm3D 中，可以构筑多种对象。了解基本对象的名称和基本属性，对于形成组合作品十分重要。

5.1 基本对象

inRm3D 可以构造的基本对象都在构造菜单中，构造菜单是最常用的菜单，每个图标名称直接代表其功能。



5.1.1 创建几何对象

inRm3D 可用两种方式创建几何对象。

第一种方式是“先菜单后选择”。具体为点击“构造”菜单下的某一菜单项，然后按屏幕提示逐一选定关

联对象（父对象），构造所需要的对象。在创建对象的过程中可按 [Esc] 键（或右击背景）中止创建过程。

工具栏中的工具，都是从构造菜单中精选出来的，有着与构造菜单下的同一个菜单选项相同的功能。工具使用向导也会在场景左上角显示。相应工具使用默认值先构造对象，以后可以修改对象属性使其发挥最佳的显示效果。

第二种方式是“先选择后工具”。具体为先选定一个或几个对象，它们作为父对象，构造对象。当选定某些对象时，画板左边工具栏的下方，会自动出现一些与已选对象相关的动态工具栏，点击就能快速构造对象。如上右图，在场景中选定两个点后，以这两个点为父对象可以构造的子对象的工具都以动态工具栏列出来。自上而下分别是：度量距离、合并点、中点、线段、射线、直线、垂线、点法圆、垂面、中面、正多边形、球、圆台、棱台和长方体等。点击这些动态工具，就分别构造与这两个点相关的子对象。

动态工具栏中的工具图标多数与系统菜单栏中的图标相同，只是使用方法不同。动态工具都是先选定了相关的限定对象，然后构造其子对象。当场景中有许多对象，而且想构造的对象与现有的对象有关，先选定父对象，直接使用动态工具栏中的工具构造对象，会更快捷。

对象的关联是 inRm3D 最重要的特性。几乎所有的对象都与其它对象相关联（自由点在创建时虽不需要父对象，但使用其三维坐标值还是可以和其它对象关联的）。某些基本对象可直接与后续对象关联，其关联值就是其基本几何属性（如约束点的约束值、直线的长度、圆的半径、点间的距离等）。当使用默认值构造对象以后，在修改对象的属性时，某些值可以通过点击已有对象，用已有对象的属性值作为这个新建对象的属性值，就是把新对象的属性关联到已有对象。改变已有对象的某些特性，就控制了新建对象的这个属性。

用鼠标右键点击对象，会自动弹出该对象的属性框，可在其中编辑对象的几何特征和视觉效果。当场景属性中的“图钉”处于钉住状态时，鼠标左键对象也可以弹出其属性框。

inRm3D 没有提供根据给定的数值绘制对象的功能，但可以在构造了对象以后，通过修改对象的属性，并锁定对象属性不被修改，达到绘制确定数值对象的目的。比如，构造特定坐标的点、固定位置的平面等。

5.1.2 对象的通用属性

inRm3D 构造的每个对象，都有自己的属性对话框，其中某些属性是多数对象都具有的，具有通用性。

标签：对象的名称，在创建对象时可自动生成（在场景属性中设置，某些对象系统自动加上序列标签）。标签字符可任意编辑。标签中若含有“_”或“^”字符，则后续字符将以下标或上标形式显示（若输入“A_12”，则显示为“ A_{12} ”。若输入“ A^12 ”，则显示为“ A^{12} ”）。标签的位置可用鼠标右键点对象而拖动。直线、圆、轨迹线、曲线等线状对象的标签还可用“Ctrl+鼠标右键”沿线拖动。点击名称右边的色块，则进入字体、字形、大小、效果、颜色和字符集等多种设置。

颜色：对象的显示色彩。点击颜色属性，会弹出调色板。面状对象（平面、实体、曲面）可设置正反两种颜色。实体的外部面为正面，内部面为反面。逆时针构造平面，可视面为正面（右手规则^⑦）。

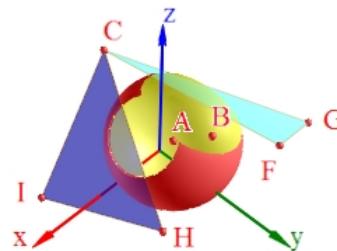
转角：依据其他对象构造的线段、射线，比如切线、垂线等，可以通过修改转角属性，对其方向进行调整。比如一条线的垂线，可以通过调整垂线转角的大小，使得垂线从不同的角度继续垂直原来的线。当圆改变椭圆转换为椭圆时，是椭圆长轴在椭圆平面内围绕圆心旋转的角度。在旋转曲面中，转角是母线围绕轴线旋转的角度。在多种几何体中，转角是几何体绕中轴旋转的角度。

透明：设定对象的透明度属性。值在 0 到 1 之间，0 是完全透明。

锁定：锁定对象的几何属性，防止被无意间拖动改变。比如，使用点工具构造一个自由点，然后在点的属性中，修改了其 x、y、z 的坐标值后，选“锁定”，则这个点就关联坐标系，不能在坐标系内任意拖动了。

剪裁：可被某一平面剪裁。勾选后，点击剪裁按钮，可以点选场景中的平面，作为剪裁平面。多次点击“剪裁”后边的“三点”，可以增加剪裁平面，每个对象可选择一至六个截面。“点”对象不能被剪裁。实体被平面剪裁后，平面背面的实体被裁掉了，只保留正面的实体。下图就是球被两个面剪裁。

- 1、“构造”-“球”，得到球AB；
- 2、使用平面工具，顺时针构造平面CGF和平面CHI。
- 3、选择实体球，在属性中，点“剪裁”后边的选面按钮，然后点面CGF。再点“剪裁”后边的选面按钮，然后点面CHI，再增加一个裁剪面。



可选：允许对象被选定。本设置为“不可选”的对象，鼠标左键不能选定，但可以用右键选定。

显示：设置对象在当前层显示。

痕迹：对象移动时将留下痕迹。痕迹的长短由“痕长”属性确定。这个属性将耗费大量的计算机资源。

痕长：痕迹的长度。痕迹越长，计算机耗费的资源也越多。

父构件：创建对象时的关联对象。若删除父对象，本对象将自动删除。

^⑦ 右手拇指外的其它手指尖指向点的顺序虚握，拇指尖指的方向就是右手规则确定的方向。

子构件: 本对象的子构件。

本章主要介绍从菜单选项构造各种对象，同时对各个子菜单的功能图标一一介绍。如果先选定场景中已有的对象，再使用动态工具构造对象，动态工具图标和菜单中相同图标具有构造相同对象的功能。

5.2 点和直线

点是几何模型中最基本的对象，在 inRm3D 中，除函数图象（函数曲线、函数曲面）以外的所有几何模型都是由点对象开始逐步创建的。

 **自由点:** 在三维坐标系中可任意移动位置的点。

 **约束点:** 受另一个几何对象（直线、圆、圆弧、平面、球、圆台、棱台的棱边、正多面体的棱边等）约束的点，这样的点只能在父对象规定的路径上或者范围内移动。

 **交点:** 两个线状对象（直线、圆、圆弧、函数图象、轨迹线、相贯线等）的交点、线状对象与面状对象（平面、三维实体、曲面等）的交点。

 **中点:** 两对象（点和点、点和直线、点和平面、异面直线）间距之中点。

属性

点径: 点的直径大小。

X、Y、Z: 点的三维坐标。仅自由点的坐标值可以修改，绘制自由点，然后修改坐标值，就能得到确定位置的点。

形状: 点放大后的外形，有圆形、球形、钻形和立方形等四种，如下图。其中圆形是平面的。



5.2.1 自由点

作图

方法 1、菜单：“构造” - “点”，将鼠标移到三维坐标系中任意位置，按下鼠标。

方法 2、鼠标点工具栏的“点”工具，将鼠标移到三维坐标系中任意位置，按下鼠标。

说明

默认情况下，绘制的自由点在视点“正”对着的平面内。在用鼠标拖动自由点时，该点的移动范围是这个平面。若按下【Ctrl】键，就可在“第三维”上拖动自由点。若按下【Shift】键，则点会自动吸附坐标网格点，此时，点落在正对坐标平面的整数坐标交点上。如果正面是 XYO 平面，且 X 轴是三角刻度，则还是落到 X 轴是整数时的格点上，不会落到三角函数的刻度点上。

属性

X、Y、Z: 三维坐标值，可使点分别与坐标轴相关联，也就是给点确定了坐标。

5.2.2 约束点

作图

1、菜单：“构造” - “点” - “约束点”，选定一个授约对象（直线、圆（弧）、轨迹线、相贯线、平面、球、圆台、棱台的棱边、正多面体的棱边等）。

2、使用“点”工具，将鼠标移到某些路径上或者面内部，按下鼠标。

说明

约束点只能在授约对象上或者内部移动。其位置可用鼠标直接拖动。

属性

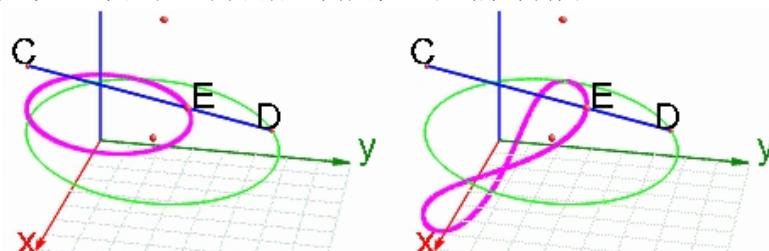
比例: 当点选“定比”时，约束点至线段（或圆弧）起点的距离与线段长度之比值。

距离: 当点选“定距”时，约束点至线段（或圆弧）起点的距离值。

起值: 动画约束点时的起点位置。

终值: 动画约束点时的终点位置。

定比、定距: 约束方式。约束点以比例或者距离定值，在路径内存在。



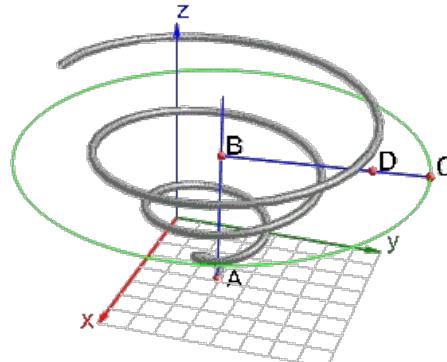
上图所示轨迹线中，点 D 是圆上的一点，为驱动点，点 E 为轨迹点。左图的点 E 是比例约束（修改点 E 的属性，勾选“定比”，修改“比例”后“锁定”），右图的点 E 是距离约束（修改点 E 的属性，勾选“定距”，修改“距离”后“锁定”）。不同的约束方式所产生的效果是截然不同的（翻转坐标系效果更明显）。

弧度：当约束对象为圆时，这个弧度决定约束点在圆的那个位置。

dX、dY：当约束对象为平面时，以平面边框的某一对儿相邻边为参照系的坐标。如果是坐标平面，就是那个平面的坐标轴。

步长：动画或者移动约束点时，每单位次移动点的距离。这是 inRm3D 控制动态效果的最主要的属性，设置步长大于 0，选定约束点，可用 M 键来触发约束点的移动和停止。

下图是个螺旋轨迹线，点 B 是平行于 z 轴的直线上的动点，点 C 是绿色圆上的动点，点 D 是线段 BC 上的动点。点 D 是轨迹点，点 B 是限制点。B、D、C 三点的步长都会影响螺旋线的形状（B 的步长影响螺旋线上下的密度，D 的步长影响螺旋线直径变化速率，C 的步长影响螺旋线长度速率）。



限制：用鼠标拖动位于线段或者直线上的约束点时，可以使该点不能拖出线段端点。若选择该属性，约束点自动移动的范围受起值、终值属性的限制。若不选择该属性，约束点自动移动的范围为整条直线。

双向：动画约束点时，约束点移动到某一个端点时将反向移动。

随机：动画约束点时，约束点移动的方向是随机的。

内部：平面（或圆）上的约束点可以在平面上拖动，再佐以“限制”属性，则将限制在多边形内部（或圆周内部）。

边缘：平面内的约束点，被约束到只能在平面的边缘（边界）移动。

5.2.3 交点

作图

菜单：“构造” - “点” - “交点”，先选定一个线状对象（直线、圆、圆弧、轨迹线、相贯线、函数曲线等），再选定另一个线状对象或面状对象（平面、三维实体、曲面、函数曲面等）。

说明

两个对象的交点数量有时是不确定的。两条直线的交点、直线与平面的交点只有一个；直线与圆、直线与三维实体的交点最多有两个；两个圆（椭圆）的交点可能有四个；圆与三维实体的交点可能有 20 个；而与轨迹线、相贯线、曲线、曲面有关的交点，则数目不定。inRm3D 最多能作出 32 个交点。

与轨迹线、相贯线、曲线或曲面有关的交点，计算量非常大。减少轨迹线的轨迹点密度或曲线、曲面网格的密度将显著提高计算速度。

与椭圆、轨迹线、相贯线、曲线或曲面有关的交点，都是用几何法计算的，只能满足于视觉要求，若用于后续计算则有误差。

作直线与圆的交点时，若直线不平行于圆所在平面，则将把圆作为平面处理而得到两个重合的交点。

作两个不共面圆的交点时，将把第二个圆当作平面处理，即作圆与平面的交点。

属性

限制：只显示位于线段之内（或平面之内）的交点。

5.2.4 中点

作图

菜单：“构造” - “点” - “中点”，然后：

- ◆ 先后选定两个点，则作这两点之中点；
- ◆ 先后选定两条直线，则作两直线间距线段之中点；
- ◆ 先选定一个点，再选定一条直线，则作点与直线之间距线段的中点；
- ◆ 先选定一个点，再选定一个平面，则作点与平面之间距线段的中点；
- ◆ 选定一个三点圆或三点圆弧，则作三点圆或三点圆弧的圆心点；
- ◆ 选定一个平面，则作该平面的形内点。

5.2.5 直线

几何意义上的直线是无限延伸的(端点在无限远处)。由于在计算机屏幕上无法表现无限远或无限近的点,所以在 inRm3D 中,所有的直线都用有界限的线段来表示。可以用“定长”和“直线”属性控制线段向一端延伸以模拟射线、向两端延伸以模拟直线。

-  两点线: 以两点定义的线段。
-  射线: 以两点定义的射线(点的顺序决定了射线方向)。
-  直线: 以两点定义的直线(点的顺序决定了直线方向)。
-  点向线: 以一点和两个垂直面内方向角定义的直线(先以默认角构建,然后修改属性中的两个角度)。
-  平行线: 与某直线平行的直线。
-  垂线: 与某直线或平面垂直的直线。
-  切线: 与某圆或者曲线相切的直线。
-  中线: 两条直线的角平分线; 直线与平面的角平分线。
-  相贯线: 构造一个平面和一个三维物体相交的表面交线; 两个三维物体相交的表面交线。

通用属性

- 线径:** 线的粗细(1~7像素)。若线宽大于8,则以圆管效果绘制直线,最高40。
- 长度:** 直线外显的长度。
- 线型:** 实线、虚线、虚点线、点划线等4种和对应的4种管状线。
- 端点色:** 直线的颜色从起点颜色逐渐变化到终点颜色。
- 射线:** 在视觉上,从一端向另一端延伸而成,但其向量方向不变。
- 直线:** 在视觉上,从中点向两端延伸而成,但其向量方向不变。
- 遮挡:** 被平面对象或多面体对象遮挡的部位是否以虚线显示。这个属性只在相应的平面或多面体也已设置了“遮挡”属性后才起作用。
- 端点:** 在起点或终点画上箭头。

5.2.5.1 两点线

作图

菜单:“构造”-“直线”-“两点线”,先后选定两个点状对象。

说明

菜单上的射线和直线,都是线段,只是自动设置了“射线”或“直线”属性。两点线的向量方向与创建两点线时选定端点的次序有关,其模(线段长度)即两点之间距。

5.2.5.2 射线

作图

菜单:“构造”-“直线”-“射线”,先后选定两个点状对象。

说明

射线的向量方向与创建两点线时选定端点的次序有关。

属性

直线: 在视觉上,向量从直线的中点向两端延伸,但其向量方向不变。

5.2.5.3 直线

作图

菜单:“构造”-“直线”-“直线”,先后选定两个点状对象。

说明

直线的向量方向与创建时选定端点的次序有关。

5.2.5.4 点向线

作图

菜单：“构造” - “直线” - “点向线”，选定一个点状对象为向量线的基点，inRm3D 将以默认方向和长度作一条向量线。

说明

点向线的向量用水平转角（向量在 XY 平面上的投影与 X 轴的夹角）和垂直转角（向量与 XY 平面的夹角）定义；向量的模，即直线长度，它们都可在属性框中设置。可用【Shift】拖动其向量模，也可用【Ctrl】拖动其矢量方向（左右拖动鼠标以改变水平转角、上下拖动鼠标以改变仰角）。向量的方向与模都可以和其它对象关联。

属性

直线：在视觉上，向量从基点向两端延伸，但其向量方向不变。

弧度、角度：以弧度或角度衡量转角。

5.2.5.5 平行线

作图

菜单：“构造” - “直线” - “平行线”，先选定一个点对象作为平行线的基点，再选定一条参照直线。

说明

平行线的向量方向与参照直线相同。其向量模可在属性框中设置，也可按【Shift】键后，鼠标拖动改变。

属性

反向：使向量方向与参照向量相反。

直线：在视觉上，向量从直线的中点向两端延伸，但其向量方向不变。

5.2.5.6 垂线

作图

菜单：“构造” - “直线” - “垂线”，然后：

- ◆ 先选定一个基点，再选定一条直线，则以基点为起点作直线的垂线。如基点位于直线上，则要求再选定一个平面，所作垂线将与该平面平行。垂线在平面内的方向可以在其属性中修改。
- ◆ 先选定一个基点，再选定一个平面，则以基点为起点作平面的垂线。如基点位于平面上，则垂线的向量方向与平面的法向量^⑧相同。
- ◆ 先后选定两条直线，则作两条直线的公垂线。如两条直线平行，则在第一条直线的基点处作公垂线。
- ◆ 先选定一条直线，再选定一个平面，则在平面上作直线的垂线。垂线的起点是直线与平面的交点（如直线和平面平行，则起点是直线起点在平面上的投影点）。垂线在平面内的方向可以在其属性中修改。
- ◆ 先选定一个直线上的点，再选定这条直线，因为垂线有无数条，则需要加选另外的一条线或者面确定垂线的方向。选定线则垂线于此线垂直；选定面，则垂线平行此面。

属性

转角：垂线是在空间中垂直于原来直线，可以在“过基点与原直线垂直的平面内”，绕基点旋转一定角度。

直线：在视觉上，向量从直线的中点向两端延伸，但其向量方向不变。

5.2.5.7 切线

作图

菜单：“构造” - “直线” - “切线”，然后：

- ◆ 先选定一个基点，再选定一个圆，则作圆的切线。若基点与圆不共面，则切线的起点为基点在圆所在平面上的投影。
- ◆ 先后选定两个圆，再点动态工具栏中的切线工具，则作两个圆的公切线。若两圆不共面，则在第一个

^⑧ 垂直于平面的直线所表示的向量为该平面的法向量。一个平面存在无数个法向量，它们之间相互平行。

圆所在平面上作公切线。

◆ 先选定一个基点，再选定一条曲线（轨迹线、函数曲线、相贯线、手绘曲线等），则在曲线上距基点最近点处作曲线之切线。

属性

直线：在视觉上，向量从直线的中点向两端延伸，但其向量方向不变。

反向：作共轭^⑨切线。

内切：作两圆的内切线。

5.2.5.8 中线（角平分线）

作图

菜单：“构造” - “直线” - “中线”，选定两条直线、或一条直线和一个平面、或三个点，作角平分线。

说明

中线的向量方向与两条参照直线有关。其起点为两条参照直线的交点，如两条参照直线异面，则其起点为两条参照直线之公垂线的中点。其向量模可在属性框中设置或按【Shift】键后拖动改变。

如果第二个参考对象为一平面，则中线的起点就是直线与平面的交点。

属性

外分：先将第二条参照直线反向，再作中线。相当于做补角的平分线。

直线：在视觉上，向量从直线的中点向两端延伸，但其向量方向不变。

5.2.5.9 相贯线

作图

菜单：“构造” - “直线” - “相贯线”，选定两个平面对象，两个平面的相贯线就是一条直线。还可以是实体或者曲面间构造相贯线。相贯线不一定都是直线。

说明

圆（弧）可以像平面一样用于构造相贯线（圆和弧都代表所在平面）。作两个平面的相贯线时，不论两个平面在视觉上是否相交，都会作出它们的相贯线（在两个平面的交角很小的情况下，相贯线有可能会超出屏幕边界）。

两个平面的相贯线，具有与直线对象相同的属性。

属性

长度：相贯线的长度（自动计算）。该长度由几何法算得，若用于后续计算则有误差。

5.3 圆、弧和曲线

 点法圆：空间任意平面上的圆。圆心和最后一个点的连线就是圆的法线，决定圆平面方向。

 三点圆：过空间任意三点的圆。

 点法弧：绕空间任意直线的圆弧。

 三点弧：过空间任意三点的圆弧。

 轨迹线：点状对象随其驱动对象移动而形成的轨迹。

 相贯线：两个面状对象之交线。

 路径：将几个线状对象连接成一条曲线，在其上绘制的点可以在路径上限定范围内移动。

 圆锥曲线（ 抛物线、 椭圆、 双曲线）：用焦点和准线定义的圆锥曲线。

 函数曲线：用几何表达式描述的曲线。

说明

圆或圆弧创建后，可以像平面一样（圆和圆弧确定的平面）用于构建平行面、垂面、相贯线等。

通用属性

线径：曲线的粗细（以像素为单位）。

模式：曲线的样式和圆（弧）、面内部填充模式。前边列出的是 8 种线型，后边列出的是 9 种面填充模式。

^⑨ 共轭：本意两头牛肩上的架子称为轭，轭使两头牛同步行走。共轭即为按一定的规律相配的一对。

遮挡: 被平面对象或多面体对象遮挡的部位是否以虚线显示。这个属性只在相应的平面或多面体也设置了“遮挡”属性后才起作用。

5.3.1 点法圆

作图

菜单：“构造” - “圆、圆弧” - “点法圆”，先选定一个点作为圆心，再选定一个法线对象以确定圆所在的平面。

说明

在创建点法圆时，inRm3D 将以默认半径作一个圆，之后可在属性框里设置半径值，或按【Shift】键鼠标拖动圆周以改变半径。

法线对象可以是点、直线、平面或者是另外一个圆（弧）。如果选定一个点作为法线对象，则法向量将从圆心指向该点。直线决定了圆的法向量平行于直线。平面决定了构造的圆就在平面内。

属性

半径（关联值）：圆（弧）的半径。可与其它对象关联，比如点入了一个参数，半径就是参数；点入一条线段，半径就是线段长度；点入一个点，半径就是圆心到这个点的距离。

椭圆度：椭圆度（0~1，0时正圆）。可与其它对象关联。

转角：椭圆长轴的转角（0~ 2π ），可与其它对象关联。椭圆长轴在椭圆平面内围绕圆心旋转的角度。当椭圆度为零时（正圆），这个属性似乎没什么意义，但却能决定圆周上约束点的起点坐标。

厚度：使得圆在空间有一个厚度，相当于圆柱的轮廓。只有选第一种线型和第一种填充面型，才可以使用厚度选项，厚度数字单位是坐标系网格单位长度。

边框：实心模式时同时画出圆周。

5.3.2 三点圆

作图

菜单：“构造” - “圆、圆弧” - “三点圆”，先后选定不共线的三个点。

说明

三点圆的法线方向由三个参照点的选定顺序按“右手规则”确定。

可用菜单“构造” - “点” - “中点”作三点圆的圆心。

属性

半径：圆的半径。可以点场景的对象，使得半径关联到其他对象，如线段、参数等。

厚度：使得圆在空间有一个厚度，相当于圆柱的轮廓。只有选第一种线型和第一种填充面型，才可以使用厚度选项，厚度数字单位是坐标系网格单位长度。

边框：实心模式时同时画出圆周。

5.3.3 点法弧

作图

菜单：“构造” - “圆、圆弧” - “点法弧”，先选定一个点对象作为圆弧的起点，再选定一条直线对象作为圆弧的中轴。

说明

圆弧方向按“右手规则”确定。弧长可在属性框中设置，或直接用鼠标拖动。

属性

半径（关联值）：圆弧的半径。

弧长/弧角：圆弧的弧长（定弧模式时）或弧角（定角模式时）。可与其它对象关联。若关联对象为约束点或直线，则将约束值或线长作为圆弧的弧长。若关联对象为一个非约束点，则圆弧将以该点与中轴所作平面为终点。

定角、定弧：圆弧的半径改变时，圆弧长度的变化方式。

厚度：使得弧在空间有一个厚度，相当于圆柱的轮廓。只有选第一种线型和第一种填充面型，才可以使用厚度选项，厚度数字单位是坐标系网格单位长度。

反向：按“左手规则”画圆弧。

边框：实心模式时同时画出圆弧。

扇形：实心模式时显示为扇形（默认为弓形）。

5.3.4 三点弧

作图

菜单：“构造” - “圆、圆弧” - “三点弧”，选定不在一条直线上的三个点对象。

说明

三点弧的法线方向由三个参照点的选定顺序按“右手规则”确定。

可用菜单“构造” - “点” - “中点”创建三点弧的圆心。

属性

半径：圆弧的半径（自动计算）。可与其它对象关联，其它对象的值就控制半径的大小。

厚度：使得弧在空间有一个厚度，相当于圆柱的轮廓。只有选第一种线型和第一种填充面型，才可以使用厚度选项，厚度数字单位是坐标系网格单位长度。

边框：实心模式时同时画出圆弧。

扇形：实心模式时显示为扇形（默认为弓形）。

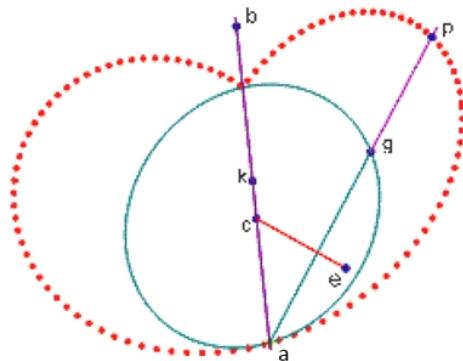
5.3.5 轨迹线

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “轨迹线”，先选定一个轨迹点，再选定一个约束点（驱动点）作为限制轨迹范围的限制点。

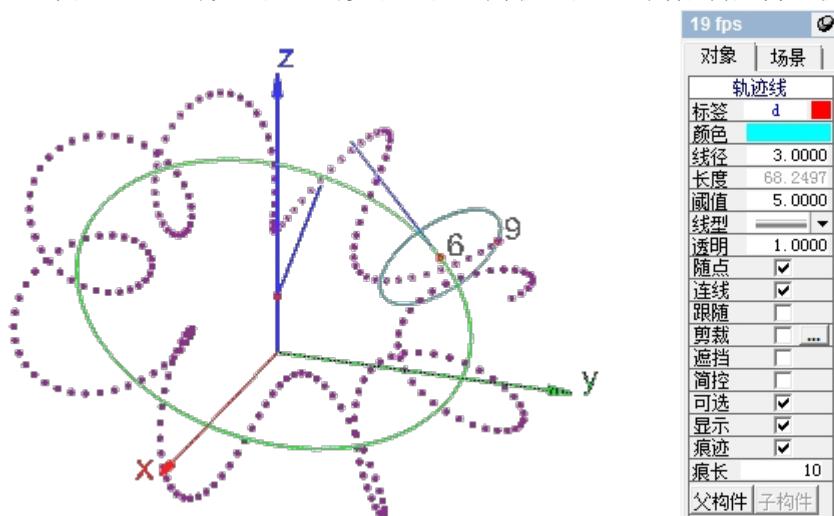
说明

以下图为例：直线 ab 和绿色圆在一个平面内，gk 垂直 ab 于点 k，点 p 位于直线 ag 上且 pg=kg，当点 g 沿圆周移动时，点 p 的轨迹即“心脏线”。轨迹线对象的关联对象有两个，一个是形成轨迹线的点，另一个是限制轨迹线范围的约束点。建立轨迹线时必须注意的是：限制点必须创建于轨迹点之前，其移动范围与起点属性和终点属性有关。



轨迹线的轨迹点密度主要取决于限制点的步长属性。为避免轨迹点的密度过大而占用过多的计算机内存，轨迹点的数量限制在 1024 点以下。

下图是一个三维轨迹线：做绿色圆，在圆上构造一点 6，过点 6 做绿色圆的切线，切线作为蓝色小圆的法线。在小圆上构造一个点 9，适当设置点 9 的步长，点 9 为轨迹点，6 为限制点构造轨迹。



可以用菜单“显示” - “逐点描绘”（或按【Ctrl+M】键），逐点描绘轨迹线。

属性

长度：轨迹线的长度。这是用尺规法度量得到的值，若用于后续计算则误差较大。

阈值：当两个轨迹点之间距大于阈值时，不予连接，轨迹呈现散点状态。

随点: 轨迹线宽和颜色随轨迹点变化。如果轨迹点的属性变化是动态的，轨迹的特性随着改变。

连线: 用线段连接各轨迹点。相当于拟合点为曲线。

跟随: 以控制点位置为终点。控制点移动时，轨迹线随之延长。

简控: 当轨迹点受到多个约束点控制时，减少轨迹点控制点的个数，轨迹会变为变化最少的效果。

5.3.6 相贯线

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “相贯线”，选定两个面状或者实体对象。

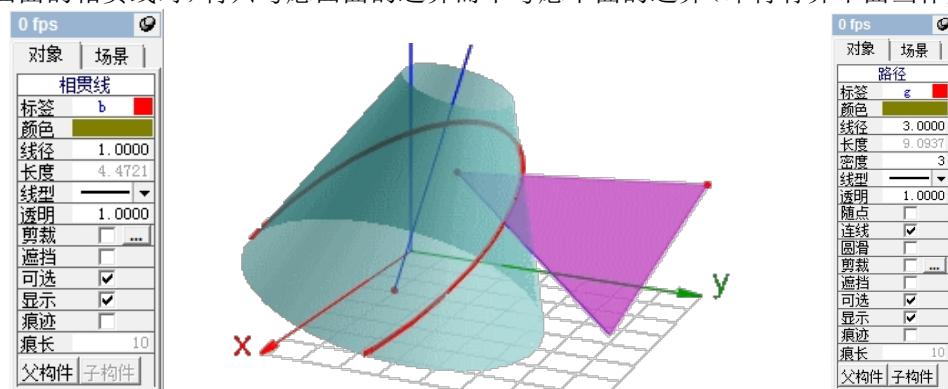
说明

圆（弧）可以代表平面，用于构造相贯线。

作两个平面的相贯线时，不论两个平面在视觉上是否相交，都会作出它们的相贯线（在两个平面的交角很小的情况下，相贯线有可能会超出屏幕边界）。

两个平面的相贯线，具有与直线对象相同的属性。

作平面与曲面的相贯线时，将只考虑曲面的边界而不考虑平面的边界（即将有界平面当作无限平面处理）。



两个曲面之间的相贯线计算量非常大，降低相关曲面的网格密度可显著提高计算速度。

属性

长度: 相贯线的长度（自动计算）。该长度由几何法计算，若用于后续计算则有误差。

5.3.7 路径

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “路径”，逐一选定构成路径的点、线、圆、曲线或平面，并按右键结束选定。

说明

把多个对象进行连线，形成一个新的通路，在通路上构造一个点，可以连续在通路上移动，故这个通路被称为“路径”。若选定的对象中有平面对象，则将该平面的边框作为路径。

“路径”的属性及几何性质和轨迹线、曲线等相同，可以用于构造约束点、交点和曲面。

属性

圆滑: 用贝塞尔曲线^⑩描绘由点对象构成的路径。

密度: 贝塞尔曲线的采样密度。

随点: 线宽和颜色随顶点而变化。

5.3.8 抛物线

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “抛物线”，选定一条直线（准线）和一个点（焦点），或先后选定三个点（前两点相当于准线，最后一点为焦点）。

说明

inRm3D 将以默认长度构造抛物线，之后可以按住【Shift】键，用鼠标拖动改变其长度。

属性

^⑩ 贝塞尔曲线(Bézier curve)是应用于二维图形应用程序的数学曲线。曲线由线段与节点组成，节点是可拖动的支点，线段像可伸缩的皮筋。曲线的每一个顶点都有两个控制点，用于控制在该顶点两侧的曲线的弧度。也就是依据四个位置任意的点坐标绘制出的一条光滑曲线。

单边: 构造“半条”抛物线。

5.3.9 椭圆

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “椭圆”，先后选定三个点，inRm3D 以前两点为焦点，作一个过第三点的椭圆。

5.3.10 双曲线

作图

菜单：“构造” - “曲线” - “双曲线”，选定三个点，inRm3D 以前两点为焦点，作一条过第三点的双曲线。
说明

inRm3D 将以默认长度构造双曲线，之后可以按住【Shift】键，用鼠标拖动改变其长度。

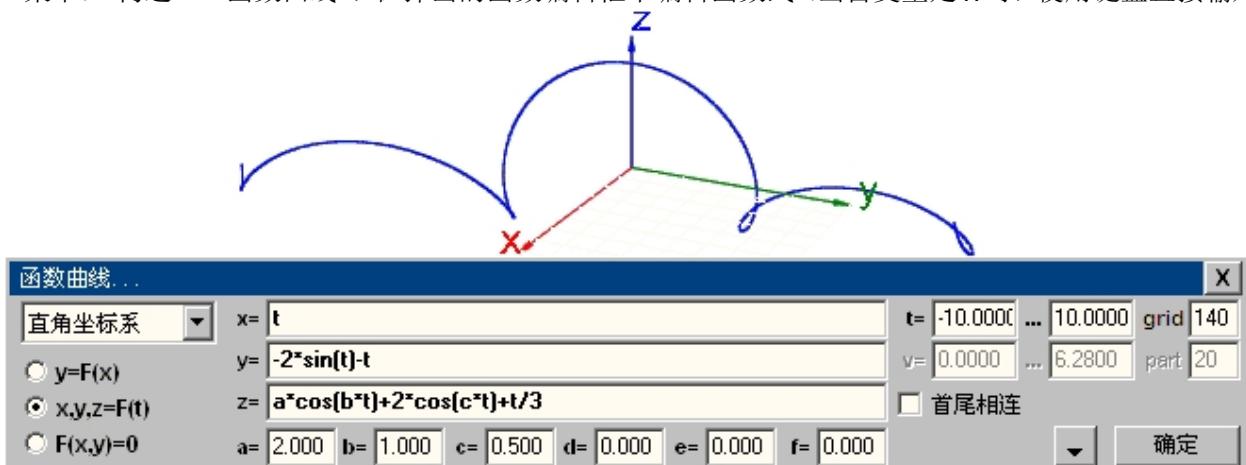
属性

单边: 构造“半支”双曲线。

5.3.11 函数曲线

作图

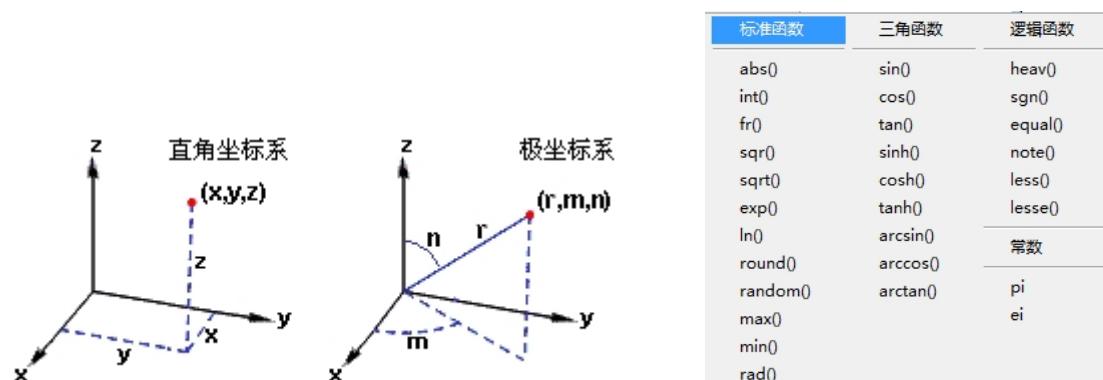
菜单：“构造” - “函数曲线”，在弹出的函数编辑框中编辑函数式（当自变量是 x 时，使用键盘直接输入）。



说明

坐标系: inRm3D 可解释两种坐标系的函数曲线方程式

- ◆ 直角坐标系: 一般方程式为 $y=F(x)$, 参数方程式为 $x,y,z=F(t)$, 隐函数方程式为 $F(x,y)=0$
- ◆ 极坐标系: 一般方程式为 $r=F(m)$, 参数方程式为 $r,m,n=F(t)$; 隐函数方程式为 $F(r,t)=0$



请特别注意：参数方程式中的自变量名是 t，而一般方程式中的变量名则视不同坐标系分别为 x (直角坐标系) 和 t (极坐标系)。

表达式: 函数方程式表达中可使用五个算术操作符: + (加), - (减), * (乘), / (除), ^ (幂)。点击“确定”按钮前的下拉三角，可以点选相关函数。

十一个一元函数:

abs(): 绝对值。返回括弧内数值或者计算的绝对值。

int(): 整数值。返回括弧内数值或者计算小数点前的整数值。

fr(): 小数值。返回括弧内数值或者计算小数点后的小数值。

sqr(): 平方。返回括弧内数值或者计算小数点前的整数值。

sqrt(): 平方根。返回括弧内数值或者计算的算数平方根。

exp(): 自然常数 e 为底的指数。返回 e 的 n 次方。

ln(): 自然对数。返回以 e 为底, n 的对数。

round(): 四舍五入。Round (-1.5) 返回-1。

random(): 随机数。返回小于参数值且 ≥ 0 的随机整数, 如 random(10)等于 0 至 9 的随机数。

sgn(): 正负数。当括弧内的数或者计算“ <0 、 $=0$ 、 >0 ”时, 分别返回“-1、0、1”。

heav(): 正数。当括弧内数值或者计算 ≥ 0 时返回 1。

七个二元函数:

max(a,b): 较大值。返回括弧内数值或者计算较大值。

min(a,b): 较小值。返回括弧内数值或者计算较小值。

equal(a,b): 相等。若 $a=b$ 则返回 1, 否则返回 0。

note(a,b): 不相等。若 $a\neq b$ 则返回 1, 否则返回 0。

less(a,b): 小于。若 $a < b$ 则返回 1, 否则返回 0。

lesse(a,b): 小于等于。若 $a \leq b$ 则返回 1, 否则返回 0。

rad(a,b): 斜边长。即 $\sqrt{sqr(a)+sqr(b)}$

九个三角函数: **sin()**, **cos()**, **tan()**, **sinh()**, **cosh()**, **tanh()**, **arcsin()**, **arccos()** 和 **arctan()**; 分别对应正弦、余弦、正切、双曲正弦、双曲余弦、双曲正切、反正弦、反余弦和反正切函数。

两个常量: 圆周率 pi、自然对数的底 ei。

请特别注意: 象一般书写方程式时惯用的“ $3x$ ”、“ ax ”等写法在 inRm3D 中将不被认可, 应写成“ $3*x$ ”、“ $a*x$ ”等形式。这些函数支持函数嵌套, 即可以组合为复合函数。

常数: 表达式中还可以使用 a~f 六个常量代数符号以及 pi (圆周率) 和 ei (自然常数)。

如将常量系数与某约束点关联, 则当约束点移动时, 可得“到动态”曲线。

双击函数曲线或在对象列表中选择函数曲线, 会弹出函数编辑框。

变量范围: 自变量的值域。

首尾相连: 函数图象的开始点和结束点使用线段相连。

Grid (网格): 自变量的采样数。

属性

长度: 轨迹线的长度。系用几何法计算, 若用于后续计算则误差较大。

连线: 用线段连接各轨迹点以模拟曲线。

5.4 平面和多边形

几何概念中的平面是无界限的, 但在视觉上总是用有界图形来表示一个平面。在三维场景中, inRm3D 一般用三个点来确定一个平面, 该平面的法向量由“右手规则”确定。在创建“多边形”时, 由于所选定的各个顶点可能不一定处于一个平面, inRm3D 将以前三个顶点定义平面。

 平面: 过一个点和一条直线; 两条直线; 任意三点的平面。

 平行面: 与给定平面平行的面。

 垂面: 与给定直线或平面垂直的平面。

 中面: 两个对象的平分面。

 多边形 (正多边形): 以中点和轴线定义的正多边形, 或以多个点为顶点的平面。

通用属性

模式: 填充模式。其中的线是针对面的边缘线, 网格等是针对面的内部。

边框: 实心模式时同时画出边框。

厚度: 使得平面在空间有一个厚度。只有选第一种线型和第一种填充面型, 才可以使用厚度选项, 厚度数字单位是坐标系网格单位长度。有厚度的平面, 相当于几何体。

形状: 点线式平面和三点式平面的形状可设置成下图所示的四边形 (三角形、四边形、菱形和矩形), 而垂面、平行面和中面的形状则总是一个矩形。

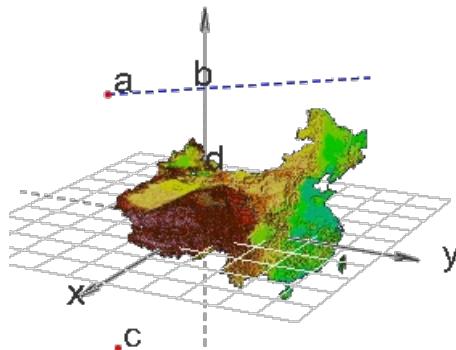


贴图: 将一幅图片贴到平面上。图片格式必须是 bmp、jpg、gif 或 png。图片左下角的像素颜色为通透颜色, 如不希望图片有透明的部分, 应该将左下角像素的颜色设置成整个图片中没有的颜色。贴图后, 图可以随同平面有正反面展示, 可以用两种方式贴图:

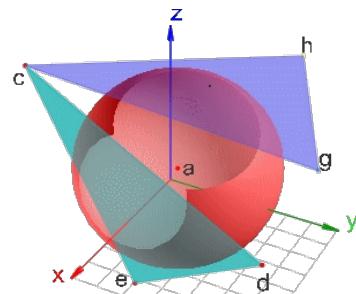
◆ 在属性框里打开图像文件框，选定一个图像文件。注意：用于贴图的图片必须与模型文件处于同一个目录。

◆ 先选定一个平面，用鼠标把图片文件直接拖入 inRm3D，或把复制到剪贴板中的图片粘贴到平面上（菜单：“编辑” - “粘贴”；或【Ctrl+V】）。用这种方式贴的图片将以字符形式直接保存在模型文件中。

下图是一个贴上透明背景地图的平面。



截面：可将平面设置成一个截面，去截取一个三维物体。截面背面（逆时针构造平面，右手规则拇指指向的面是正面）的对象将被切除。设置此属性后应小心，之后创建的对象有可能因为被截面切除而不被显示。一个场景最多可设置六个截面。



遮挡：被平面遮挡的线状对象（直线、圆、轨迹线、相贯线等）将以虚线显示。这个属性只在相应的线状对象也已设置了“遮挡”属性后才起作用。

5.4.1 平面

作图

菜单：“构造” - “平面” - “平面”，选定一个点和一条直线、或先后选定两条直线、或先后选定三个点。
说明

这实际上是一个过三点的面（直线包含了两个端点），其法向量以三个点按“右手规则”确定。

5.4.2 平行面

作图

菜单：“构造” - “平面” - “平行面”，先选定一个基点，然后，

- ◆ 选定一个平面，则作一个平行于该平面的平面。
- ◆ 选定一条直线和一个点，则作平行于直线并过点的平面。
- ◆ 先后选定两条直线，则作平行于这两条直线的平面。

说明

inRm3D 将以基点为中心创建一个矩形平面，该矩形平面平行于参照平面，其法向量与参照平面的法向量相等，其底边与 XOY 平面平行，其大小可按【Shift】键后拖动改变。

属性

长度：矩形平面的长度。

宽度：矩形平面的宽度。

5.4.3 垂面

作图

菜单：“构造” - “平面” - “垂面”，先选定一个基点，然后，

- ◆ 选定一个点，则以该点和基点为法线作平面；
- ◆ 选定一条直线，则作该直线的垂面；
- ◆ 选定一个平面和一个点，则所作垂面将垂直于该平面并经过该点；

- ◆ 选定一个平面和一条直线，则所作垂面将垂直于该平面并平行于该直线；
- ◆ 选定两个平面，则作这两个平面的公垂面（如两个平面平行，则所作垂面将不确定）。

说明

垂面的形状总是一个矩形，其底边与 XOY 平面平行，其大小可按【Shift】键后拖动改变。

属性

长度：矩形平面的长度。

宽度：矩形平面的宽度。

5.4.4 中面

作图

菜单：“构造” - “平面” - “中面”，然后，

- ◆ 选定两个点，则作该两点的中垂面；
- ◆ 先选定一个点，再选定一条直线（或平面），则作点与直线（或平面）之间距的中垂面；
- ◆ 选定两条直线，则作这两条直线之交角的平分面。如两条直线异面，则所作平分面将通过两条直线的公垂线。如两条直线平行，则在第一条直线的起点与第二条直线之间作中垂面；
- ◆ 选定一条直线和一个平面，则作直线与平面之交角的平分面。如直线和平面平行，则在第一条直线的起点与平面之间作中垂面；
- ◆ 选定两个平面，则作这两个平面交角的平分面。如两个平面平行，则在两个平面的中间作一个平行面。

说明

中面的形状总是一个矩形，其底边与 XOY 平面平行，其大小可按【Shift】键后拖动改变。

属性

长度：矩形平面的底边长度。

宽度：矩形平面的宽度。

5.4.5 多边形（正多边形）

作图

菜单：“构造” - “多边形”，并在下级菜单中选定。

正多边形：先选定一个点作为形心，再选定一个法线对象。正多边形有正三角形、正四边形、正五边形、正六边形、正八边形、正十边形、正十二边形等七种。

凸多边形：逐个选取多边形的顶点（不能超过 48 个），按右键或【Esc】键结束选取。多边形的法线由前三个顶点确定。不可构造凹多边形。

说明

创建多边形时，将同时创建相应的边线（正多边形还将创建相应的顶点）。边线（顶点）可像直线（点）一样使用，但不能被单独删除。删除多边形时，相应的边线（顶点）也将被删除。

5.5 曲面和函数曲面

inRm3D 能简单明了地构建多种形式的曲面。



旋转曲面：线状对象环绕轴线而形成的曲面。



直纹曲面：线段两端均匀滑过两条曲线而形成的曲面（曲面的母线都是线段，故称“直纹”）。



轨迹面：线状对象（直线、圆、圆弧、轨迹线、相贯线、函数曲线、路径等）随其他对象位移而形成的曲面。



函数曲面：以几何函数描述的曲面。

说明

在计算机屏幕上绘制曲面，实际上是在绘制一系列互相接壤的平面网格。计算和绘制这些平面网格，需耗费相当多的计算机资源，适当减少网格数量将显著提高绘制效率。

通用属性

精度：采样精度。在 1 到 128 之间，数字越大，曲面构图越细腻。

圆度：曲面的圆滑程度。在 4 到 64 之间，数字越大，曲面越圆滑。

色随线：曲面内外表面颜色随着轨迹线颜色，此时属性设定的内外表面颜色失效。

填充：填充曲面表面。

贴图：将图片贴在曲面上。图片必须是 bmp、jpg、gif、png 等四种格式。图片文件必须位于当前模型文件目录下。贴图方法详见平面的“贴图”属性。

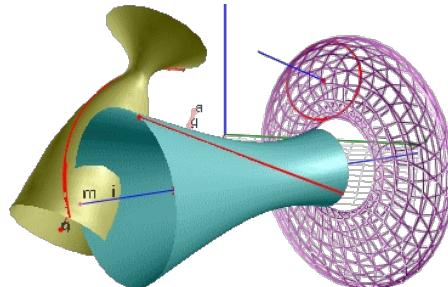
背光：调整光照效果。

炫彩: 以七彩着色方式渲染曲面。颜色渐变有径向和横向两种方式选择。

5.5.1 旋转曲面

作图

菜单：“构造” - “曲面” - “旋转曲面”，先选定一个线状对象作为母线，再选定一条直线作为轴线。下边三个旋转曲面分别是一段弧、一条线段和一个圆围绕各自的轴线得到的。



说明

作为母线的线状对象可以是任意直线、圆、圆弧、轨迹线、相贯线、路径、函数曲线等。

属性

初角: 母线开始旋转时的角度（默认为 0）。

转角: 母线旋转终了时的角度（默认为 6.2832 弧度，即 360° ）。当转角小于 360° 时，母线旋转不到一周，曲面看似没有封闭。

精度: 轴线方向的网格数。当母线为轨迹线时，网格数就是轨迹线的轨迹点数。

圆度: 圆周方向的网格数。

5.5.2 直纹曲面¹¹

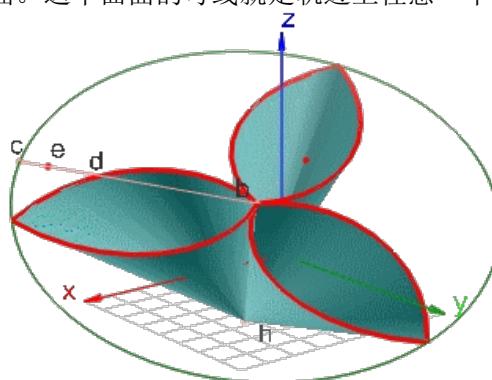
作图

菜单：“构造” - “曲面” - “直纹曲面”，选定一个点或线状对象，或选定两个线状对象。

说明

作为直纹曲面的两个边界对象，可以是点、直线、圆（圆弧）或轨迹线，但两个对象不能同时为点。下图所示直纹曲面的两个边界对象，一个是点，另一个是轨迹线。

构造一个圆 bc ，在圆上构造一个点 c ，构造线段 bc ，在 bc 上构造一个点 e 。设置 c 和 e 的步长为 0.0524 和 0.05（两个值是 $\pi:3$ ），使用 c 和 e 构造轨迹，得到红色的轨迹。“构造” - “曲面” - “直纹曲面”，选自由点 h 和红色轨迹即可构造直纹曲面。这个曲面的母线就是轨迹上任意一个点与 h 的连线，都是“直纹”。



5.5.3 轨迹面

作图

菜单：“构造” - “曲面” - “轨迹面”，先选定一条线状对象作为轨迹面的母线，再选定一个约束点以限制轨迹面的范围。

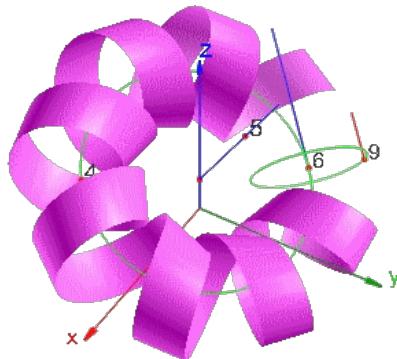
说明

请注意：限制点必须创建于母线之前，且其移动范围与起点属性和终点属性有关。

在大的绿色圆上构造点 6，过点 6 做圆的切线，以切线为法线构造小绿色圆，在小圆上构造点 9，设置 9

¹¹ 母线全是直线段的曲面，叫直纹曲面。圆台也属于直纹曲面。曲面可看成动线运动时的轨迹，形成曲面的动线称为母线。母线为直线时所形成的曲面称为直纹面，母线为曲线时所形成的曲面称为曲纹面。

的步长为 0.5, 点 6 的步长为 0.05。过点 9 做大圆切线的平行线, 把平行线设置为较短线。选红色短线和点 6 构造轨迹面。



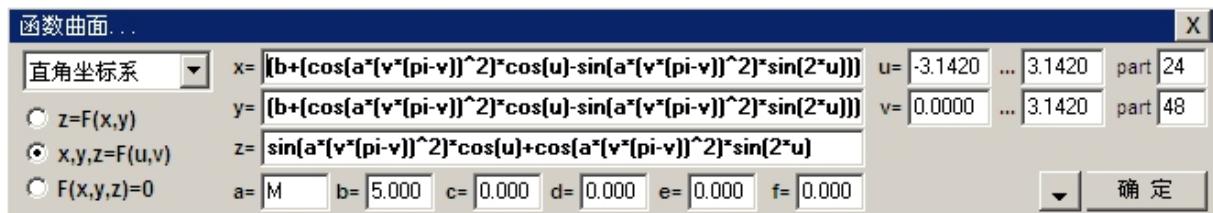
跟随: 默认情况下轨迹面在约束点的全程范围内构造轨迹面。勾选了跟随, 则轨迹面的“长度”随着约束点的位置移动而增加。即轨迹面跟随约束点变化。勾选“跟随”后, 【M】键是动态跟随启动键。

线簇: 取消面填充, 以许多性质相同的线代替轨迹面。

5.5.4 函数曲面

作图

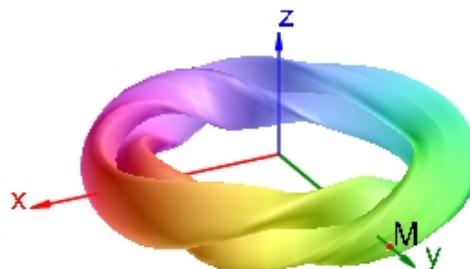
点击菜单“构造” - “函数曲面”, 在弹出的函数编辑框中编辑函数式:



上述参数方程为:

$$\begin{aligned} X &= (b + (\cos(a * (v * (\pi - v))^2) * \cos(u) - \sin(a * (v * (\pi - v))^2) * \sin(2 * u))) * \cos(2 * v) \\ Y &= (b + (\cos(a * (v * (\pi - v))^2) * \cos(u) - \sin(a * (v * (\pi - v))^2) * \sin(2 * u))) * \sin(2 * v) \\ Z &= \sin(a * (v * (\pi - v))^2) * \cos(u) + \cos(a * (v * (\pi - v))^2) * \sin(2 * u) \end{aligned}$$

描绘的曲面为:

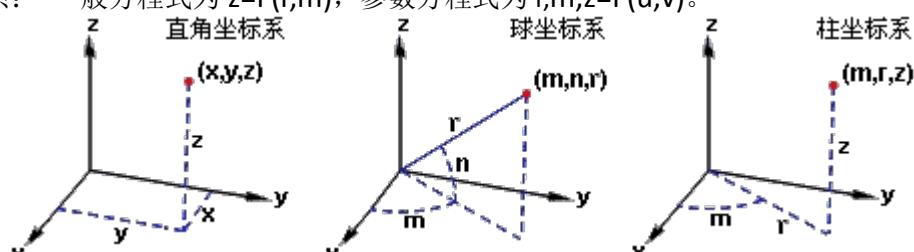


注意参数 a 已与约束点 M 关联 (在输入框中点击 M 点), 拖动点 M 将得到动态曲面。

说明

坐标系: inRm3D 可解释三种坐标系的函数方程式,

- ◆ 直角坐标系: 一般方程式为 $z=F(x,y)$, 参数方程式为 $x,y,z=F(u,v)$;
- ◆ 球坐标系: 一般方程式为 $r=F(m,n)$, 参数方程式为 $r,m,n=F(u,v)$;
- ◆ 柱坐标系: 一般方程式为 $z=F(r,m)$, 参数方程式为 $r,m,z=F(u,v)$ 。



请特别注意: 参数方程式中的变量名是 u 和 v , 而一般方程式中的变量名则视不同坐标系分别为 x 和 y (直角坐标系)、 m 和 n (球坐标系)、 m 和 r (柱坐标系)。

表达式: 函数方程式表达中可使用五个算术操作符、十一个一元函数、七个二元函数、九个三角函数和两个常量 (详见“函数曲线”部分)

请特别注意：象一般书写方程式时惯用的“ $3x$ ”、“ ax ”等写法在 inRm3D 中将不被认可，应写成“ $3*x$ ”、“ $a*x$ ”等形式。

常数：表达式中还可以使用 $a \sim f$ 六个常量代数符号以及 **pi**（圆周率）和 **ei**（自然常数）。

如将常量系数与某约束点关联（在输入框内点入点对象），则当约束点移动时，可得到动态曲面。

双击函数曲面，会弹出函数编辑框。

变量范围：自变量的阈值。

grid (网格)：自变量的采样数。

5.6 实体

inRm3D 能轻易作出多种实体——球体、圆台、棱台以及多种正多面体。

球：以球心和中轴线向量定义的球体。球体可编辑为椭球。

三点球：过三个给定点的球体。

圆台：以下底圆心和中轴线向量定义的圆台。

棱台：以下底外接圆心和中轴线向量定义的棱台。

多面体：以外接球球心和中轴线向量定义的正多面体。长方体：以底面形心和中轴线向量定义的长方体。凸多面体：以多个点定义的凸多面体。

通用属性

填充：填充表面。

遮挡：被遮挡部分的棱边或网格以虚线显示。

5.6.1 球

作图

菜单：“构造” - “球”。先选定一个点作为球心，再选定一个向量对象以确定球体的中轴线向量。

说明

创建球体时，inRm3D 将以默认半径作图，之后可以按住 **【Shift】** 键，用鼠标拖动球体以改变球体半径，或在属性框里设置半径值。

可以改变球属性中的“椭度”将球体编辑成椭球。

属性

椭度：沿径向压扁的程度（0~1）。

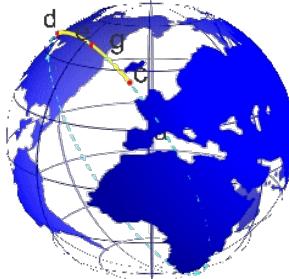
半径：球体的半径。

圆度：球面的网格密度。

扁度：沿轴向压扁的程度（0~1）。

转角：球体绕中轴线转动的角度。

贴图：把图片贴在球体表面。图片格式和贴图方法详见平面的“贴图”属性：



两点式：改变为直径端点两点控制球大小的方式。

5.6.2 三点球

作图

菜单：“构造” - “三点球”，先后选定三个点。

说明

创建三点球时，inRm3D 将以默认半径作图，之后可按住 **【Shift】** 键，用鼠标拖动球体以改变球体半径，或在属性框里设置半径值。

半径：球体的半径。

转角：球体绕中轴线转动的角度。

贴图: 把图片贴在球体表面。图片格式和贴图方法详见平面的“贴图”属性：

5.6.3 圆台

作图

菜单：“构造” - “圆台”，先选定一个点作为圆台下底的圆心，再选定一个向量对象作为圆台中轴线向量。

说明

可按住【Shift】键，用鼠标拖动圆台以改变下底半径和高度，【Shift+Ctrl+鼠标左键拖动】改变侧面斜度。

属性

锥度: 圆台上底与下底之比（0 值为圆锥，1 值为圆柱）。【Shift+Ctrl+鼠标左键拖动】是快捷键。

半径: 圆台下底的半径。

圆度: 圆台侧面的网格密度。

高度: 圆台的高度。

转角: 圆台绕轴线转动的角度。

偏移: 在右键菜单里选定一个点，圆台顶面中心将偏移到该点。也可以直接点入场景中的点。

底面: 封闭上下底面。

贴图: 可以把图片贴在圆台侧表面。图片格式和贴图方法详见平面的“贴图”属性。

5.6.4 棱台

作图

菜单：“构造” - “棱台”，先选定一个点作为棱台下底的形心，再选定一个向量对象以确定棱台的中轴线向量。

说明

可按住【Shift】键，用鼠标拖动棱台以改变下底半径和高度，【Shift+Ctrl+鼠标左键拖动】改变侧面斜度。棱台有正三棱台、正四棱台、正五棱台、正六棱台等四种。

创建棱台时，将同时创建相应的顶点和棱边。顶点和棱边不能被单独删除。删除棱台时，相应的顶点和棱边也将被删除。棱边可象直线一样使用，用鼠标拖动棱边相当于拖动棱台。按下【Ctrl】键后选定某条棱边，相当于选定棱台。

属性

锥度: 棱台上底半径与下底半径之比（0 值为棱锥，1 值为棱柱）。【Shift+Ctrl+鼠标左键拖动】是快捷键。

半径: 棱台下底外接圆的半径。

高度: 棱台的高度。

转角: 棱台相对于中轴线的转角

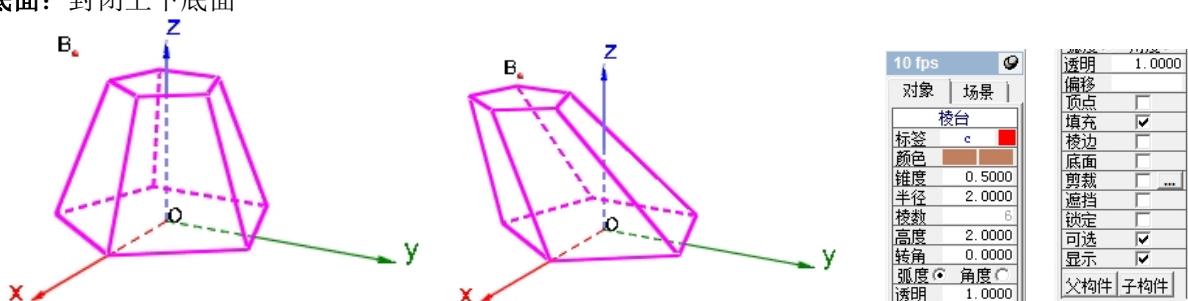
顶点: 显示顶点。

棱边: 显示棱边。

转角: 棱台绕轴线转动的角度。

偏移: 在右键菜单里选定一个点，棱台顶面中心将偏移到该点。也可以直接点入场景中的点。

底面: 封闭上下底面



5.6.5 正多面体

作图

菜单：“构造” - “多面体” - “正多面体”，先选定一个点作为正多面体的形心，再选定一个向量对象确定正多面体的中轴线向量。

说明

正多面体有正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体和正二十面体等五种。

可按住【Shift】键，用鼠标拖动正多面体以改变其外接球的半径。

创建多面体时，会自动创建相应的棱边和顶点。棱边和顶点不能单独被删除。删除多面体时，相应的棱

边和顶点也将被同时删除。按住【Ctrl】键后，选定某条棱边或顶点，相当于选定正多面体。

属性

半径: 正多面体的外接球半径。

转角: 正多面体相对于中轴线的转角。

顶点: 显示顶点。

棱边: 显示棱边。

5.6.6 长方体

作图

菜单：“构造” - “多面体” - “长方体”，先选定一个点作为长方体下底面的形心，再选定一个向量对象确定长方体的中轴线向量。

说明

可按住【Shift】键，用鼠标拖动长方体的长度或宽度，按【Shift+Ctrl】键后，可拖动长方体的高度。

创建长方体时，会自动创建相应的顶点和棱边。顶点和棱边不能单独被删除。删除长方体时，相应的顶点和棱边也将被同时删除。按下【Ctrl】后选定某条棱边，相当于选定长方体。

属性

长度、宽度、高度: 长方体的基本尺寸。

转角: 正多面体相对于中轴线的转角。

顶点: 显示顶点。

棱边: 显示棱边。

偏移: 在右键菜单里选定一个点，长方体顶面中心将偏移到该点。

角点: 以底面顶点为向量轴线。

5.6.7 凸多面体

作图

菜单：“构造” - “多面体” - “凸多面体”，选定一系列点对象作为顶点，最后按右键结束选取。

说明

创建凸多面体时，会自动创建相应的棱边。棱边不能单独被删除。删除凸多面体时，相应的棱边也将被同时删除。按下【Ctrl】键后，选定某条棱边，相当于选定凸多面体。

对于凸多面体，因其特殊的几何定义，其棱边的数量和顺序是不一定的。

属性

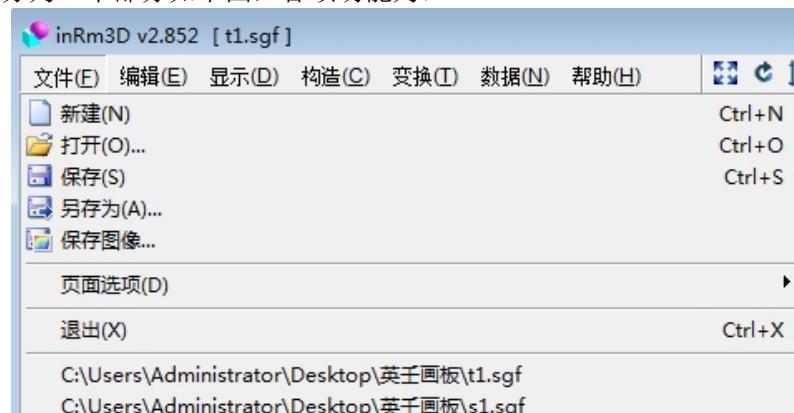
棱边: 显示棱边。

6 菜单

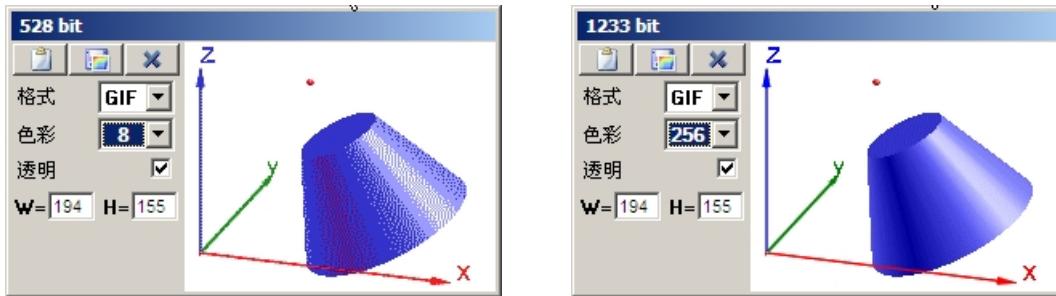
inRm3D 的菜单包括文件、编辑、显示、构造、变换、数据和帮助等，构造菜单在前边已经详细介绍了，以下顺序介绍其他菜单选项的具体功能。

6.1 文件

文件菜单有 7 项，分为 4 个部分如下图，各项功能为：



- 1、 新建: 建立新模型文件。快捷键为【Ctrl+N】。
- 2、 打开...: 打开已经保存的, 由 inRm3D 建立的模型文件。快捷键为【Ctrl+O】。
- 3、 保存: 保存当前模型文件, 不退出编辑状态, 继续编辑。快捷键为【Ctrl+S】。
- 4、 另存为(A)...: 将当前模型以新的文件名保存在新的位置。快捷键为【Alt+F+A】。
- 5、 保存图像...: 保存屏幕图像为需要的格式。



图像保存格式可以是 GIF、BMP、JPG、PNG 等。

◆ GIF 格式的颜色有 8 色、16 色、32 色、64 色、128 色、256 色等六种。在设置图像的透明属性时, 图像左下角的颜色就是透明色(凡与左下角像素相同颜色的像素将透明)。上两图为选择不同颜色数的 GIF 图像效果, 左上角为图像文件大小。

◆ BMP 格式的颜色数有 1 位(黑白)、4 位(16 色)、8 位(256 色)、24 位(真彩色)等四种。

◆ JPG 格式的图像以颜色采样率确定图像质量。

6、页面选项(D)

点“页面选项”等同于右键窗口底部的页名称, 会有下级菜单, 可以添加空白页、复制当前页、删除当前页、插入模型文件、重命名等。在窗口底部的页面栏里, 可以按住【Shift】键直接拖动页标签以改变页顺序, 双击页名称可以编辑页名称, 用【PgUp】和【PgDn】键可以翻页。

7、退出: 关闭软件, 提示保存模型并退出。

如果曾经打开过 inRm3D 软件, 最近打开的文档包括路径在内的文档名称, 将会出现在这个下拉菜单的最下边, 方便快速打开。最多可以罗列 10 个最近打开的模型文档。

6.2 编辑

编辑菜单有 14 项, 分为 4 个部分如下图, 各项功能为:



1、 撤消(U)。撤消已做的操作, 快捷键是【Ctrl+Z】。inRm3D 可记录 64 步操作。“操作”分三种类型: 添加、删除和编辑。

2、 恢复(R)。恢复被撤消的操作, 快捷键是【Ctrl+R】。

3、 复制(C)。复制被选定的对象, 快捷键是【Ctrl+C】。

4、 粘贴(V)。粘贴被选定的对象, 快捷键是【Ctrl+V】。

5、 删除(X)。删除被选定的对象(手绘线删除后不可恢复), 快捷键是【Del】。

6、清除手绘线。删除所有手绘线(不可恢复)。

7、 控制按钮(B)。制作 5 种控制按钮, 见上右图。

(1)隐藏/显示。先选定一个对象, 再点击该工具, 屏幕上将出现一个控制按钮。点击该按钮, 有关对象将交替隐藏与显示。

选定若干对象, 点击菜单“编辑” - “控制按钮” - “隐藏/显示”即创建了一个控制按钮。点击该按钮, 有关对象将交替隐藏与显示。

属性

隐藏: 点击隐藏对象。

显示: 点击显示对象。

(2)动画。先选定一个约束点，再点击该工具，屏幕上将出现一个动画按钮。点击该按钮，此约束点将以特定的“步长”移动。如果步长为0，则不移动。选定若干个约束点（动点），点击菜单“编辑”-“控制按钮”-“动画”即可创建一个“动画”按钮。点击该按钮，每个动点将以各自的“步长”移动。若动点的步长为0，则该点不动。自由点不能做动画。当勾选约束点的“随机”属性时，则约束点在路径内随机动画。

属性

频率：各动点的动画频率（次/秒）。

顺序：各动点按顺序动画。否则同时动画。

单次：各动点沿各自路径动画一个周期。

(3)移动。选定一个动点（欲移动的点）、一个目标点，点击菜单“编辑”-“控制按钮”-“移动”即可创建一个“移动”按钮。点击该按钮，动点即向目标点方向移动。移动速度取决于按钮的“频率”和“步长”属性。如果移动的点是约束点，则移动到距离目标点最近的位置停止。

属性

频率：动点的移动频率（次/秒）。

步长：移动步长。若步长为0，则直接移动到目标点。如果动点是约束点，约束点的步长与移动无关。

跟随：如果目标点的位置是变化的，则动点的移动目标将随之变化。

(4)系列。选定若干个按钮，点击菜单“编辑”-“控制按钮”-“系列”即创建一个“系列”按钮。点击该按钮，将顺序（或同时）执行所选按钮的动作。

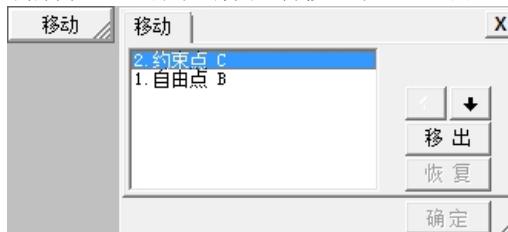
属性

顺序：按顺序执行有关按钮的动作，否则同时执行。双击按钮的右下角，可以调整有关按钮的顺序。

(5)链接。打开“超链接”文本框里的网页，或打开本地文件，或转到另一个页面上（并激活某一个按钮）。

按钮的右下角部位，是按钮的编辑区，可用鼠标拖动按钮位置，或按住【Shift】键后拖动调整按钮大小，也可双击以弹出控制对象列表。

按钮的右下角部位，是按钮的编辑区，可用鼠标拖动按钮位置，或双击弹出控制编辑框：



在编辑区中有当前按钮控制的对象，选定对象，可以从这个“控制按钮”中移出某个对象；上下箭头，能调整某个选定对象在按钮中的执行顺序；在清单中按右键，可以在弹出菜单中添加或删除某个约束点。

属性

顺序：控制这些动点是同时运动还是顺序运动。

单次：全部控制点移动到终点后自动停止。

8、全选(A)。选定场景内全部构筑对象（场景坐标系除外）。快捷键是【Ctrl+A】。

9、父对象(N)。选定对象的父对象，快捷键是【Alt+↑】。

10、子对象(y)。选定对象的子对象，快捷键是【Alt+↓】。

11、合并/分离(Z)：可以将一个自由点约束到另一个对象上（点、线、圆或平面），也可以将一个约束点（交点、垂点等）变成“自由点”。

12、贴图。点击菜单“编辑”-“贴图”，在屏幕的适当位置按下鼠标，然后在弹出的文件框里打开一个图像文件。

说明

可选择 bmp、jpg、gif、png 格式的图像文件。图像左下角像素的颜色为透明色。

属性

X、Y：图像的屏幕位置。

绑定：在右键菜单里选定一个点对象，图片将在该点位置显示。绑定后，图片可以自由移动，但移动点，图片会随动。

缩放：图像的显示比例。按【Shift】键，鼠标拖动可改变图片缩放比例（以左下角为缩放中心）。

隐阈：此值大于显阈值时，隐藏图片。

显阈：此值大于等于隐阈值时，显示图片。

前置：使图像处于屏幕的最前端而不被其它对象遮挡。

背景：显示图像的背景。

13、 次序(O)。改变对象的先后次序。如果当前对象需要和其它对象链接，则“其它对象”在对象列表中的位置必须列于“当前对象”之前。而如果“其它对象”已列于“当前对象”之后，就需要将“其它对象”前移。不能将对象移动到该对象的父对象之前或子对象之后。

14、 属性。显示属性框 (P)，也可以点击场景控制栏中的属性，进入场景和对象的属性编辑框。

6.3 显示

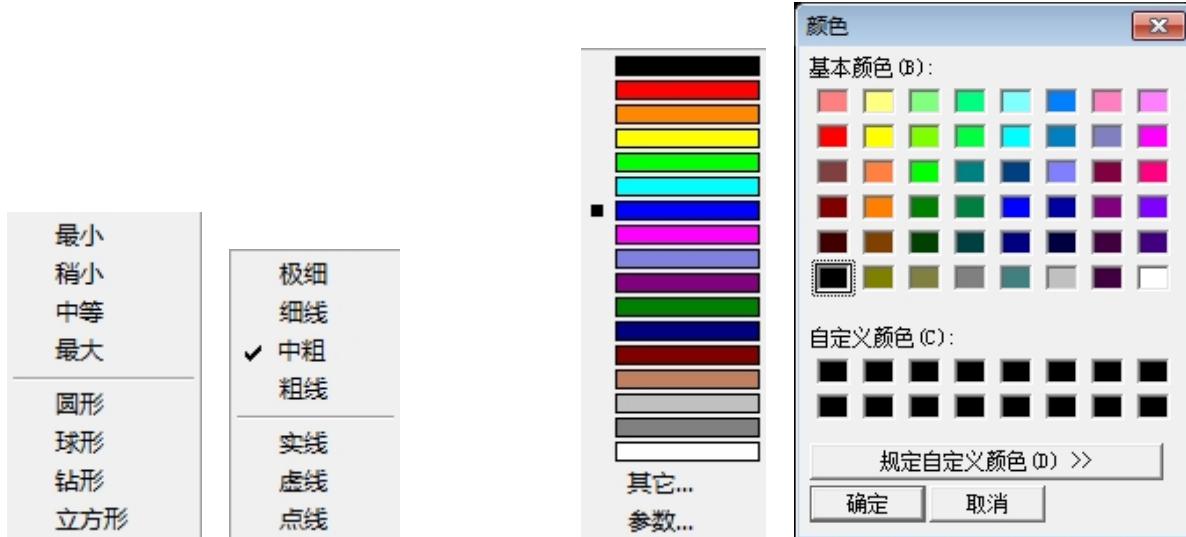
显示菜单有 18 项，分为 3 个部分如下图，各项功能为：



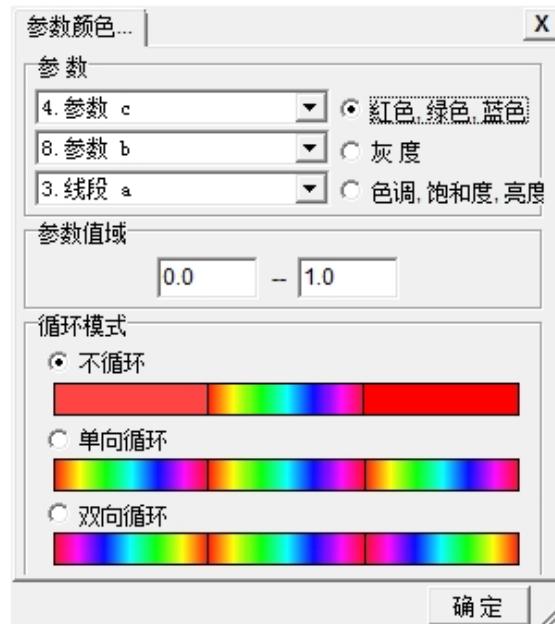
1、 点型。设置点的大小和形状。有 4 种大小和 4 种形状。如下左图，其中圆形是平面形状。

2、 线型。设置线型。有 4 种线径和 3 种形状，如下左图。

3、 颜色。设置颜色。



在颜色设置中，有 17 个颜色选项卡可以选择，还可以做进一步的颜色设置。点选“其它”后，还有更多的颜色可以选择，还可以打开“规定自定义颜色”，设置任意无级颜色为自定义颜色选项。

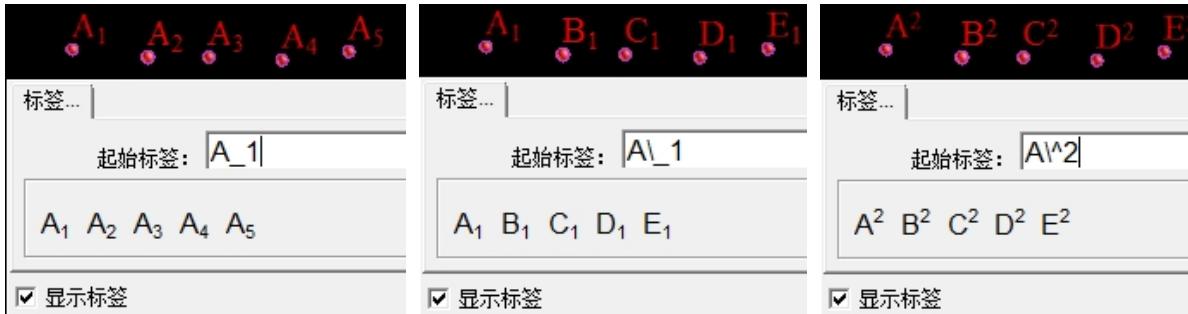


当点选了颜色选项的“参数”以后，可以弹出下一级设置菜单，有更多选项。当场景中有多个可以作为“参数”的选项时，可以通过点选参数的下拉菜单点选不同的对象。可以是真正建立的参数，可以是携带值的线段等等。颜色体系有三个单选点，“红色，绿色，蓝色”是 RGB 色系，“灰度”就是在黑白间渐变，“色调，饱和度，亮度”是 HSV 色系。“参数值域”是参数控制颜色的一个周期值（比如参数值从 0 可以变化到 9，这个值与“参数值域”比，就有 9 个周期）。参数对于颜色的控制，可以设定其周期运转方式，“不循环”是参数值小于阈值下限，颜色就是赤色，参数值在值域之间，颜色就是“赤橙黄绿青蓝紫”的一个周期变化，

参数值大于阈值上限，颜色就是深红色。“单向循环”就是颜色在“赤橙黄绿青蓝紫”一个周期以后，继续执行“赤橙黄绿青蓝紫”循环。“双向循环”就是颜色在“赤橙黄绿青蓝紫”一个周期以后，接着执行“紫蓝青绿黄橙赤”循环。

- 4、 字体...。设置标签字体。对文本标签等设置字体，其中各选项，看提示文字要求即可。
- 5、 隐藏/显示对象。隐藏/显示被选定的对象。快捷键是【H】。
- 6、 全显。显示全部被隐藏的对象。快捷键是【A】。
- 7、 隐藏/显示标签。隐藏/显示被选定对象的标签。快捷键是【K】。
- 8、 标签...：按字母顺序设置标签。同时选定多个对象时，按照起始字母顺序自动加上标签。快捷键是【Alt+/】。

字母后边出现下划线，下划线后边的字符（可以多个），就变为下标，字母不变，下标按照序列改变。如果字母后边紧跟“\”，则“\”前所有字母中的最后一个字母按照序列改变，后边的下标或者上标字母不变。



- 9、 踪迹：对象移动时，显示尾部痕迹。快捷键是【T】。
- 10、 清除踪迹：擦除对象显示的踪迹。快捷键是【Esc】。
- 11、 运动：约束点在路径上运动时，有三种控制方式。
 启动：各约束点以各自的步长自动移动，快捷键是【M】。
 终止：终止约束点的自动移动，快捷键是【Esc】。
- 12、 逐点描绘：逐点显示轨迹线的形成过程（先将所有移动步长大于零的约束点的约束距离置零，然后开始以各自的步长自动移动）。

点击逐点描绘以后，这个图标就变为： 暂停。

- 13、 场景自动旋转。点击后，场景开始自转，鼠标拖动背景后，自转方向就变为鼠标拖动的方向。快捷键是【R】。可用鼠标拖拽（或用方向键）控制转向和转速。

- 14、 全屏。切换场景是否全屏显示，快捷键是【Shift+Esc】。
- 15、 视点。设置观察模型的视觉角度。
 将视点移到 X 轴上。就是沿着 x 轴由正向负方向一眼望去，只能看到 YOZ 平面，快捷键是【X】。
 将视点移到 Y 轴上。就是沿着 y 轴由正向负方向一眼望去，只能看到 XOZ 平面，快捷键是【Y】。
 将视点移到 Z 轴上。就是沿着 z 轴由正向负方向一眼望去，只能看到 XYO 平面，快捷键是【Z】。

面对平面...。将视点移到一个平面的正面或反面，选定了某个平面，这个菜单就变为“面对平面###”，快捷键是【Ctrl+Q】，按击一次，就在正反面之间切换一次。

锁定。使用鼠标不能拖动旋转场景了，快捷键是【L】（在不选定任何对象时按【L】）。

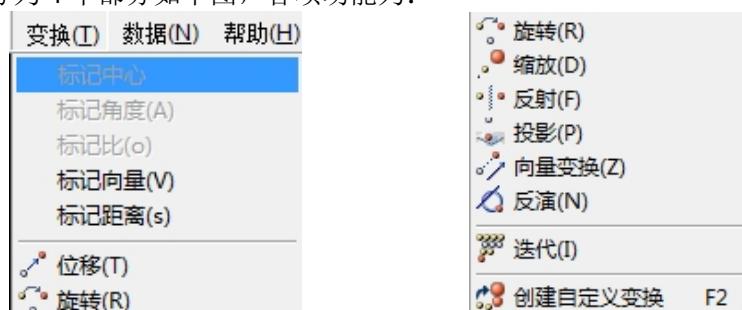
16、工具栏。勾选决定窗口中是否显示工具栏。

17、状态栏。勾选决定窗口中是否显示状态栏。

18、页面栏。勾选决定窗口中是否显示页面栏。

6.4 变换

变换菜单有 15 项，分为 4 个部分如下图，各项功能为：



说明

可变换的对象是：点、线、曲线、平面、实体、曲面等。

变换后的对象某些几何属性（颜色、线宽、填充模式等）仍能编辑。

多边形或多面体对象变换后不会自动创建顶点和棱边。

1、标记中心。根据选定的对象不同，这个菜单显示不同。选定对象是点，显示的是“标记中心”（作为缩放或者旋转中心）；选定对象是线，显示的是“标记轴”（作为对称轴）；选定对象是面，显示的是“标记平面”（作为反射的镜面）。

2、标记角度(A)。把选定的一个角度（可以是一个角，也可以是三个点，也可是一个计算值）标记为参与其它变换时使用的默认角度。

3、标记比(O)。把选定的一个比（可以是一个计算值，也可以是三个点）标记为参与其它变换时使用的默认比值。

4、标记向量(V)。把选定的一个向量标记为参与其它变换时使用的默认向量。

5、标记距离(S)。把选定的一个距离（可以是一段线段，可以是一个计算值）标记为参与其它变换时使用的默认距离。

6、 位移(T)。源对象移动后的映像。先安装默认值位移，然后，可以修改映像的属性值。

7、 旋转(R)。源对象围绕轴线旋转后的映像。

8、 缩放(D)。源对象相对于缩放点的缩放映像。

9、 反射(F)。源对象对称于镜面对象的映像。

10、 投影(P)。源对象在直线或平面上的投影。

11、 向量变换(Z)。源对象沿指定矢量位移后的映像。

12、 反演(N)。源对象相对于反演中心以反演幕所作的变换。

13、 迭代。对现有的对象序列按一定的变换规则反复变换。

14、 创建自定义变换。把一个点到另一个点的一系列变换过程定义为一个变换。

6.4.1 位移变换

作图

菜单：“变换” - “位移”，选定一个欲位移的对象。

说明

作位移变换时，inRm3D 将以默认的位移量创建对象。之后可按【Shift】键，用鼠标直接拖动以改变其三维位移量。

属性

dx、dy、dz: 相对于源对象的三维位移量。均可与其它对象关联。

6.4.2 投影变换

作图

菜单：“变换” - “投影”，先选定一个源对象，再选定一条直线或平面作为投影承载。

说明

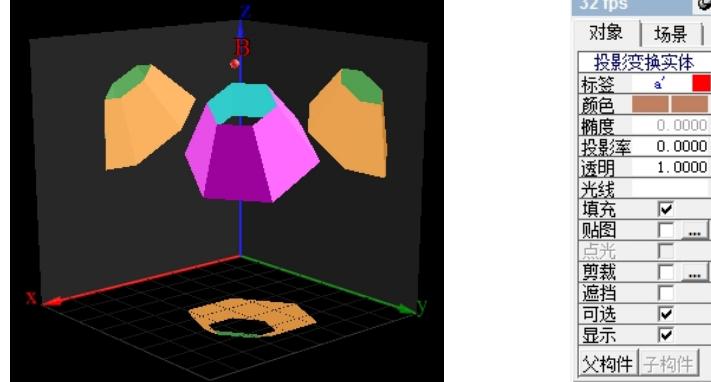
inRm3D 将以默认的正投影方式作变换。如果投影在一个平面上，则可以在“光线”属性中设置投影方向。光线对象可以是一个点、一条直线或一个平面。还可以设置为“点光源”或“平行光源”，默认是后者。

属性

光线: 在投影变换实体的属性菜单中选择投影光源。可以点入场景中的实物，点、线或面。

点光: 以点光源方式投影。若“光线”属性为直线，则以直线起点为光源。不勾选点光源，就是平行光源。若“光线”属性为点，则此项不可选。

投影率: 投影对象上每一个点关于投影目标上正投影点的缩放比例。可以为负值。



下图是一个正六棱台在三个面上的投影，具体操作为：在没有选定任何对象的情况下，点菜单“变换”-“投影”，先选定正六棱台，再点平面 YOZ 的轮廓线，则得到一个投影变换实体。同理，再做其他两个面的投影。如果得到的“投影变换实体”的颜色显示不够清晰细腻，可以选定投影变换实体，轻微远离投影平面。

6.4.3 反射变换

作图

菜单：“变换”-“反射”，先选定一个源对象，再选定一个中心对象（作为反射中心）。

说明

反射中心对象可以是一个点、一条直线或一个平面。

6.4.4 旋转变换

作图

菜单：“变换”-“旋转”，先选定一个源对象，再选定一条直线作为旋转轴。特别的，为兼容平面几何，当视点位于 Z 轴时，可以选定一个点作为旋转中心，转轴将默认为过此点，平行于 Z 轴的直线。

说明

inRm3D 将以默认旋转角度（1 弧度）作变换，之后可用鼠标直接拖动变换对象（按【Ctrl】键将以 5 度粘附）或在属性框中改变旋转角度。

属性

弧度/角度： 旋转制式。

角度： 旋转角度，可与其它对象关联（在值框点入其他对象）。

6.4.5 缩放变换

作图

菜单：“变换”-“缩放”，先选定一个源对象，再选定一个点对象作为缩放中心。

说明

inRm3D 将以默认缩放值（0.6）作变换，之后可用鼠标直接拖动缩放对象以改变缩放值，或在属性框中改变缩放值。

属性

缩放： 缩放值。可与其它对象关联。

6.4.6 向量变换

作图

菜单：“变换”-“向量变换”，先选定一个源对象，再选定一条直线或两个点确定向量，这个源对象按照向量平移。

6.4.7 反演

作图

菜单：“变换”-“反演”，先选定一个源对象，再选定一个点，这个源对象相对于反演中心以默认反演幂变换。可以在反演变换体的属性中，修改反演幂的大小。

说明

若点 C 位于射线 AB 上，且有向线段 AC 与 AB 满足 $AB \cdot AC = k$ (k 为非零常数)，则这种变换叫做点 B 关于点 A 的反演变换，简称反演。点 A 称为反演中心，点 B 和点 C 互为关于点 A 的反演点， k 称为反演幂。

属性

反演率： 反演幂 K 的数值。

负幂： 以现有的反演幂数值 K 的相反数进行反演。

特别说明：位移、旋转、缩放、反射、投影、向量变换、反演等变换，在 inRm3D 中，可以先选对象再点菜单命令，也可以先点菜单命令再选对象进行变换。最后，在变换得到的对象的属性中，修改其属性。

6.4.8 迭代

作图

点击菜单“变换”-“迭代”，然后在弹出的迭代编辑框中设置迭代规则：



点击原像的“?”号，用面板上【+/-】按钮增加或减少原像数；在右键菜单里选定原像对象。

点击映像的“?”号，用面板上【+/-】按钮增加或减少映像数；在右键菜单里选定映像对象。

迭代次数默认为3次，用【+/-】按钮改变次数。在右键菜单里可以选定能关联深度的对象。

说明

迭代是一种计算机算法。用数学语言描述就是：

- 1、将一组初始变量 a 代入计算过程 $f(x)$ ，得到结果 $b=f(a)$ 。
- 2、将计算结果 b 代入同样的计算过程，得到结果 $b=f(b)$ 。
- 3、重复步骤2，重复一定次数或满足一定条件后终止计算。

类似的概念用于 inRm3D 就是：

1、从一组初始对象 a （源像）开始，按一定的步骤构建并绘制几何模型，构建后的模型中包含一组或多组和 a 相同类型的对象 b （映像）。

2、从每一组对象 b 开始按同样的步骤构建并绘制几何模型，构建后的模型中包含一组或多组和 b 相同类型的对象 b （携带了新的含义的 b ）。

3、重复步骤2，重复一定次数后终止。

在 inRm3D 的迭代规则编辑框中，可定义原像对象和映像对象、迭代次数、是否绘制点对象、是否只绘制最后一次迭代图像、绘制约束点时约束值是设定值还是随机值等。

原像对象必须是自由点、约束点、参数值、度量值或计算值，映像对象可以是各种类型的点、度量值或计算值。

属性

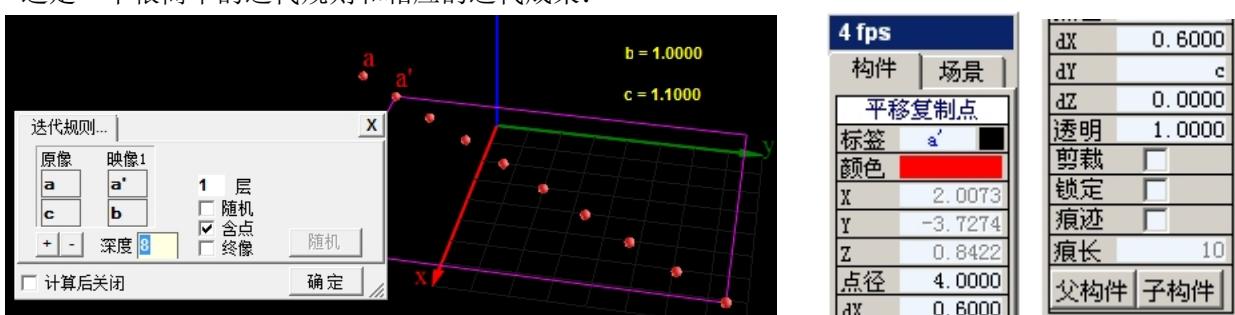
层：生成迭代模型时所处的层。在该层上显示的对象将包含在迭代模型中，而该层上隐藏的对象则不会出现在迭代模型中。如果不希望屏幕上显示用于迭代的对象，可以在生成迭代之后再增加一个层，在新层里把不需要显示的对象隐藏掉。如果打开迭代规则时，迭代的层属性与屏幕显示层不一致，可以在迭代规则里用【确定】按钮将层属性改为当前显示层。

随机：约束点的约束值是采用源对象设定的值还是随机值。

含点：迭代图像中是否包含点对象。

终像：只绘制最后一次迭代图像。

这是一个很简单的迭代规则和相应的迭代成果：



图中 a （自由点）和 b （参数）是源像对象， c （计算值）的计算公式为 $b*1.1$ 。 a' （平移复制点）的属性如上右图。

详细的迭代操作，可以参见 7.3 案例。

6.4.9 自定义变换

定义

先选定变换前后的两个点（如点 A 和 A' ），再点击菜单“变换” - “创建自定义变换”，则菜单“变换”底部将出现“变换 $A-A'$ ”选项。

变换

选定欲变换的对象（不能是迭代映象），点击菜单“变换” - “变换 $A-A'$ ”。

说明

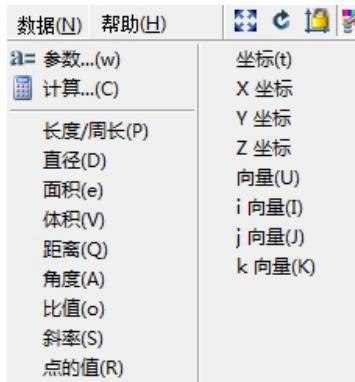
经自定义变换后，直线将变为轨迹线；平面将变为曲面。

属性

精度：直线变换为轨迹线（或平面变换为曲面）后的曲线顶点数（或曲面网格数）。

6.5 数据

数据菜单有 19 项，分为 2 个部分如下图，各项功能为：



6.5.1 参数

点击菜单“数据” - “参数”，将在屏幕左上角直接创建一个参数。

说明

参数对象的值很容易被改变，选定参数对象后，用【+】或【-】键可直接对参数值作递增或递减操作，参数值的大小，不受起值和终值的限定（起值和终值只是作为动画参数时参数值范围）。参数值和步长值可在属性框中编辑。参数值被自动改变（动画按钮）后，用鼠标双击参数将恢复原值。

属性

标签：字体、字号、颜色等。

X、Y：参数在屏幕显示位置（数值越小，越靠近屏幕左上角）。

绑定：与任意点绑定位置。点击右边的输入框，再点击场景中的任意点，参数就绑定到这个点上了。

值：参数的初始值。

起值、终值：滑尺改变参数值时的界限值。下限最大是-999，上限最大是 9999。

步长：用【+】或【-】键调整参数值时，参数变化的幅度值。用鼠标双击参数将恢复原值

限制：是否为参数设定上下界限值。

缩写：只显示参数值不显示参数标签。

双向：当使用动画参数时，参数在限定的范围内，由小向大变换，是一个单向循环。勾选了“双向”，则参数在限定范围内双向循环（由小变大，再由大变小双向变化）。

锁定：固定参数位置不变。

可选：可以选定计算结果值。

滑尺：勾选“限制”选项，则同时显示手拖滑竿，可用鼠标拖动以改变参数大小。双击滑尺将弹出控制对象编辑框。使用这个参数列表可以使得参数在变化中，在不同的区段用不同的值控制不同的对象变化（控制域）。可以添加和删除控制对象和在不同的参数区域段，可以像添加表格数据一样修改下面对话框中的表格数据，以实现用不同的控制量，分别控制不同的变换对象。

参数域			控制对象		控制域	
0.00	1.00	4.旋转变换平面 α'	180.00	90.00		
0.00	1.00	8.旋转变换直线 α_4'	180.00	90.00		
1.00	2.00	5.旋转变换平面 α'	180.00	90.00		
2.00	3.00	6.旋转变换平面 α'	180.00	90.00		
3.00	4.00	7.旋转变换平面 α'	180.00	90.00		
4.00	5.00	9.旋转变换平面 α''	180.00	270.00		

计算后关闭

删除

添加

确定

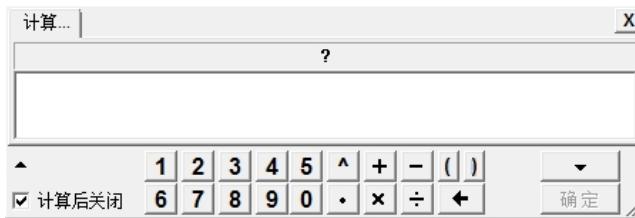
这个控制规则说明：当参数值由 0~1 变化时，序号为 4 的对象值由 $90^\circ \sim 180^\circ$ 变化（旋转变换对象的值，即旋转角度）；序号为 8 的对象值由 $90^\circ \sim 180^\circ$ 变化（旋转变换对象的值，即旋转角度）；当参数值由 4~5 变化时，序号为 9 的对象值由 $180^\circ \sim 270^\circ$ 变化；等等。

尺长：改变值就改变滑尺的长度。

精度：显示精度（与参数的实际精度无关）。

6.5.2 计算器

点击菜单“数据” - “计算...”，在弹出的计算器里编辑计算表达式，在标题栏下方会出现计算结果。



在空白区域输入数字、计算符号或者函数都可以进行计算，预期结果在“？”处显示。计算器左下方的小三角箭头是控制计算器数字面板是否出现的。右下方的小箭头是显示函数的。数字和运算符号可以使用计算器的面板，也可以是计算机键盘输入的。

计算器中可直接插入几何对象的标签字符，相当于使用这些对象的关联属性值参与计算。在输入区域右键，系统自动弹出可参入计算的对象，如下图显示了3个对象。点击相对对象，其标签字符就会插入光标所在位置，其属性值会参与计算。如某对象的标签字符为空白，则该对象将不会出现在对象菜单里。



可使用五个算术操作符：+（加）、-（减）、*（乘）、/（除）、^（幂）；十个标准函数：绝对值 abs()、取整 int()、取小数 fr()、平方 sqr()、平方根 sqrt()、指数 exp()、对数 ln()、正负数 sgn()、四舍五入 round()、随机数 random()；九个三角函数：sin()、cos()、tan()、sinh()、cosh()、tanh()、arcsin()、arccos()、arctan()；两个常量：圆周率 pi、自然常数 ei。详细下拉函数多数同于“函数”编辑器下拉列表。

请特别注意：在一般书写方程式时惯用的“3x”、“ax”等写法，在 inRm3D 中将不被认可，应写成“3*x”、“a*x”等形式。

属性

标签：显示计算结果时的字体、字号、颜色等。

X, Y: 屏幕显示位置。

绑定：与任意点绑定位置。

值：计算结果。

缩写：只显示计算结果，不显示标签。

算式：显示计算表达式。

锁定：固定计算结果位置不可移动

可选：可以选定计算结果值。

精度：显示精度（与计算精度无关）。

6.5.3 度量

点击菜单“数据”下的度量项，然后按屏幕提示选定对象。

◆ 长度：直线长度、圆周长、圆弧长、轨迹线或曲线长度等。

◆ 直径：圆或者弧所在圆的直径。

◆ 面积：圆面积、平面面积、多边形面积、实体对象的表面积。

◆ 体积：实体对象之体积。

◆ 距离：点与直线或平面之间距、直线与直线之间距。

◆ 角度：三点定义的角、两条直线之交角、两个平面之交角、直线与平面之交角。

◆ 比值：由三个点定义的比值、两条线段长度之比值。

◆ 斜率：直线相对于参考平面的斜率。

◆ 点的值：约束点的约束值（比例）。

◆ 坐标(t)：点对象的坐标值（三维）。

◆ X、Y、Z 坐标：点对象的三维坐标值之一。

◆ 向量(u)：线对象的向量值（三维）。

◆ i 向量(l)：线对象的 i 向量值（三维之一）。

◆ j 向量(j)：线对象的 j 向量值（三维之一）。

◆ k 向量(k)：线对象的 k 向量值（三维之一）。

说明

◆ 直线的长度即其关联属性。

◆ 轨迹线或曲线的长度是个近似值，其度量方法是计算各轨迹点之间距之和，所以轨迹点的间距越小则轨迹线的计算长度越准确。

◆ 度量角度时，如先后选定三个点，则第一点定义为角的始边，第二点定义为角的顶点，第三点定义为角的终边。

◆ 度量比值时，如先后选定三点为 A、B、C，则其比值为 AB/BC。

◆ 点的值，若小于 0 则等于 0，若大于 0 则等于 1。若该点不是约束点，则度量该点在直线（曲线）上的投影。

属性

补角：度量角度时，用 π 减去度量值。

字体：字体、字号、颜色等。

精度：显示精度（与度量精度无关）。

缩写：仅显示度量值。

6.6 帮助

变换菜单有 4 项，分为 2 个部分如下图，各项功能为：



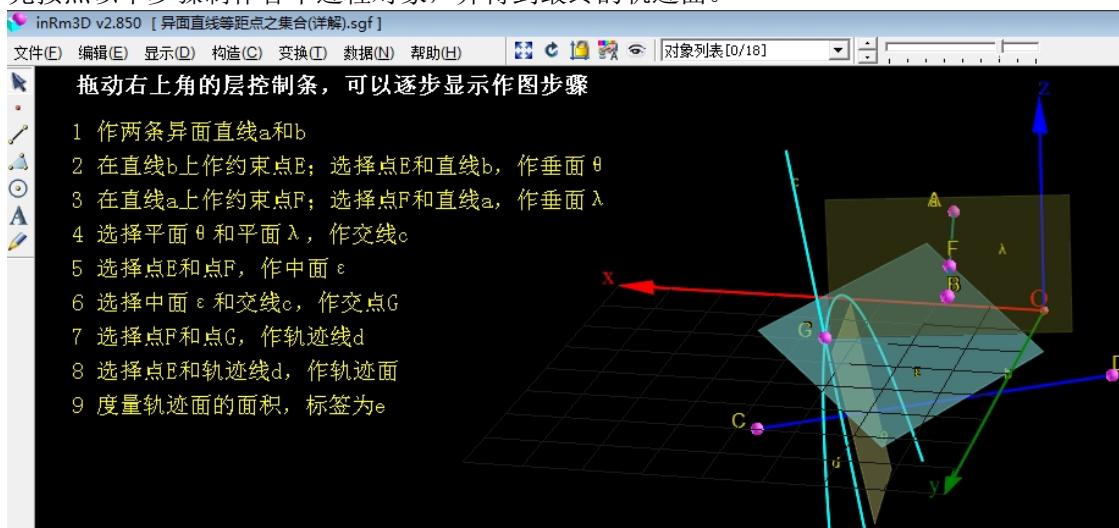
- 1、帮助(H): 进入画使用向导，快捷键是【F1】。
- 2、画板论坛：进入画板论坛，地址是 <http://www.inrm3d.cn/index.php>。
- 3、中文(繁)/English(T): 点击切换软件使用语言。依次在中文简体、中文繁体和英文间切换。
- 4、关于(A)...: 显示 inRm3D 版权和开发者等信息，再点击信息展开页，则退出显示。

7 其它

7.1 层的应用

一个 inRm3D 最终作品可能由许多的过程对象组成，这些对象在一定的视角上会是重叠在一起的。把过程对象放置在不同的层显示，能看到作品的制作过程，也能更清晰地看到最终作品。通过“异面直线等距点之集合”来说明层的设置与使用。

先按照以下步骤制作各个过程对象，并得到最终的轨迹面。



依次选定过程对象，设定其在不同的层显示。先选择需要的层号，然后设置对象在本层显示与否。层序号弹起，对象在本层显示，层序号按下，对象在本层隐藏。

1、连续点插入层按钮（上图最右上方的向上箭头按钮），插入 9 个层。

2、选定直线 a 和 b，在 9 个层中都显示（点击层序号，弹起 9 个层序号）。

3、点 E 和垂面 θ 在 2、3、4、5、6、7、8 层显示。

4、点 F 和垂面 λ 在 3、4、5、6、7、8 层显示。

5、交线 c 在 4、5、6、7、8 层显示。

6、中面 ε 在5、6、7、8层显示。

7、交点G在6、7、8层显示。

8、轨迹线d在7、8层显示。

9、轨迹面在8、9层显示。

10、轨迹面的面积值e在9层显示。

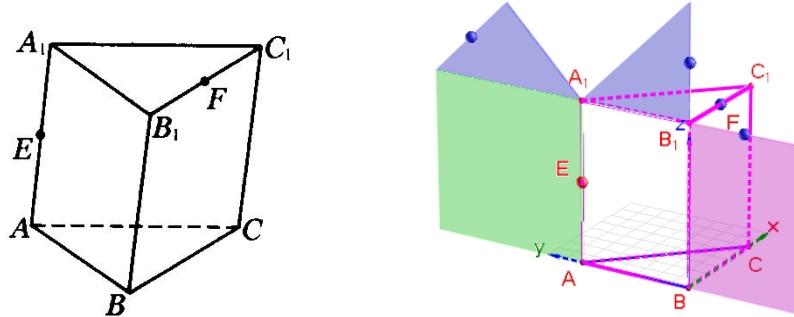
以上设置，也可以在构造各个过程对象时，直接就设置好其所在的层和显隐状态。

按Esc键，释放鼠标。此时，层控制滑条可以使用鼠标拖动，也可以使用键盘的左右方向键移动，还可以使用鼠标点击层控制条后，通过滚动鼠标滚轮改变层，都可以实现逐层显示过程对象的效果。

7.2 参数的应用

inRm3D中的参数运用比较灵活，因为引入“滑尺”控制参数而且“滑尺”的属性可以灵活编辑，给参数提供了更多的应用。（以下案例来自方益初老师，引用时略作修改）

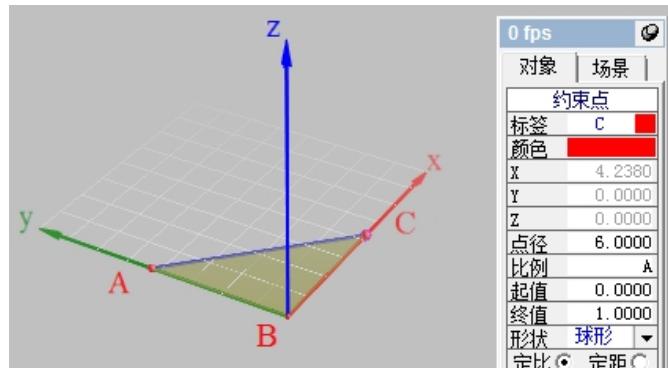
如下图：在直三棱柱ABC-A₁B₁C₁中，AB=BC=√2，BB₁=2，∠ABC=90°，E、F分别为AA₁、B₁C₁的中点，沿棱柱的表面从E点到F点的最短路径的长度为_____。试制作三棱柱展开图模型。



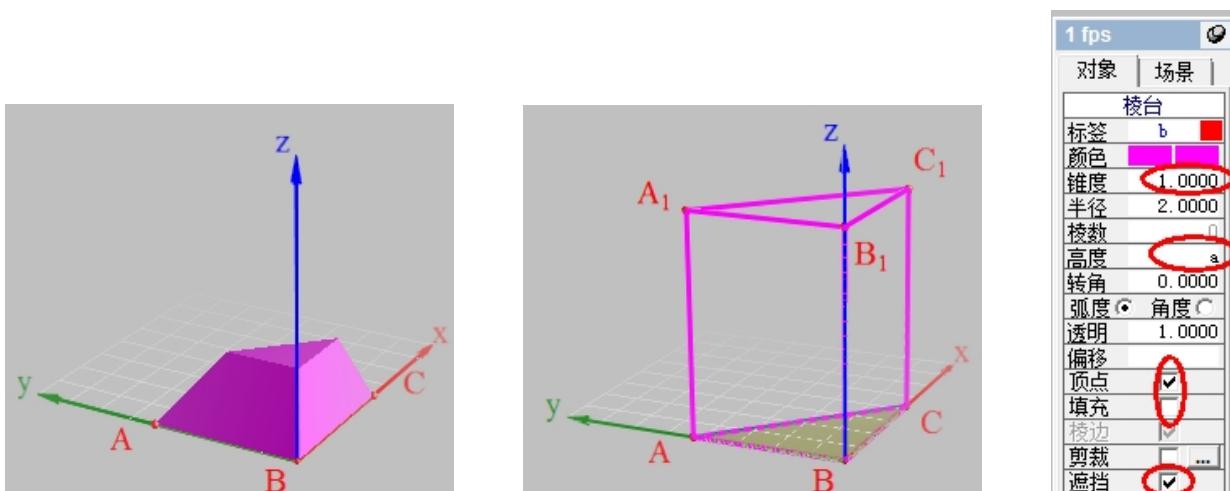
可以想象，从E到F有三个不同路径，分别路过线段BB₁、A₁C₁和A₁B₁。此模型就是显示这三个路径。

操作步骤：

(1) 在y轴上构造一点A，在x轴上构造一点C。右键点C，在弹出的构件属性框中，单击“比例”值的输入框，再单击点A，就把值关联到了“约束点A”。把原点标签修改为“B”。



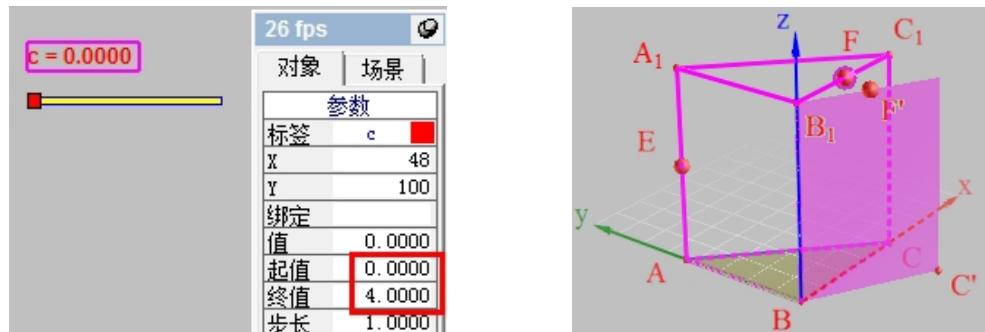
(2) 单击菜单“构造”-“平面”-“平面”，依次单击点A、B、C，得到平面 α ；构造线段AC，修改标签为“AC”。



(3) 单击菜单“构造” - “棱台” - “凸棱台”，鼠标移至平面 ABC 内单击，得到“棱台 b”。右击棱台，在属性菜单上修改，“锥度”为“1”；“高度”右键关联到线段“AC”（即线段 a）；勾选“顶点”，勾选“遮挡”（没有独立显卡的电脑，建议不勾选“遮挡”，只要去掉“填充”的勾即可）。依次选定棱柱上底面的三个点，单击菜单“显示” - “标签”，在“起始标签”中填入“A₁”，可批量修改三棱柱上顶点的标签分别为“A₁”、“B₁”、“C₁”（注：“_1”表示下标，“\”表示其前的字母自动顺序改变）。

(4) 单击菜单“构造” - “点” - “中点”，依次单击点 A 和点 A₁，修改中点的标签为“E”，修改“点径”为 12。同理构造 B₁C₁ 的中点“F”。

(5) 单击菜单“数据” - “参数”，得到参数 c，右击参数 c，在属性框中，勾选“滑尺”，“起值”为“0”，“终值”为“4”。

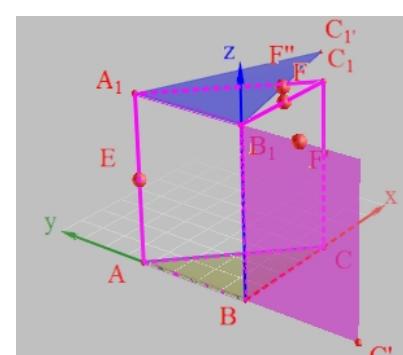


(6) 单击线段 BB₁，单击菜单“变换” - “标记轴”，再同时选定点 C 和点 F，单击“变换” - “旋转”，得到旋转点 C' 和点 F'。依次单击点 B₁、B、C'，构造平面，在平面的属性框中修改形状“四边形”、颜色为粉色。（如上右图）

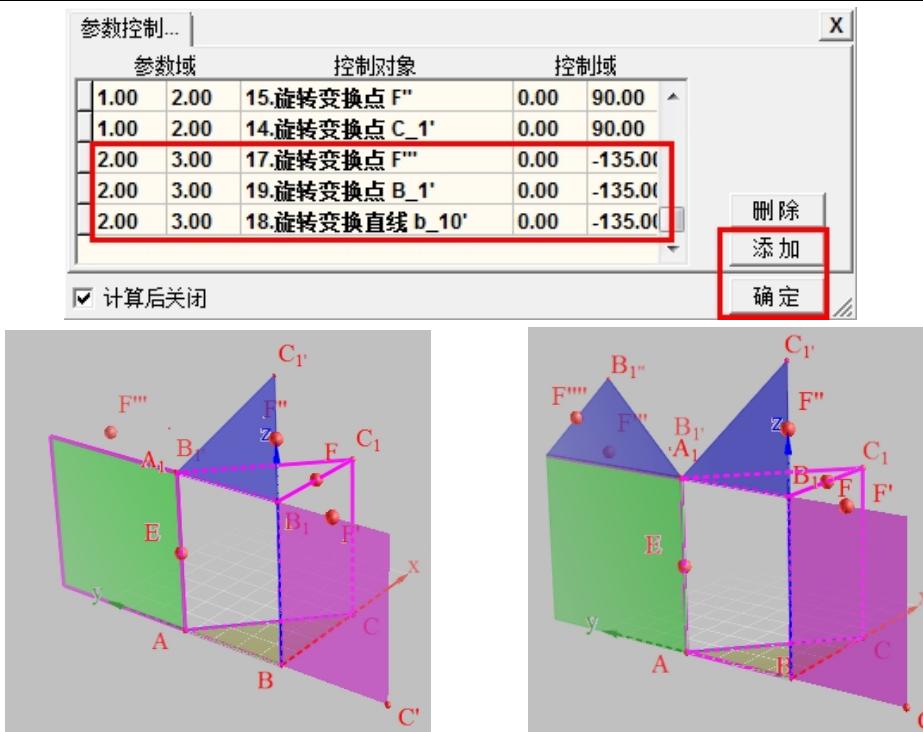
(7) 双击参数 c 的滑尺，在弹出的参数控制中，“添加”控制对象，单击“控制对象”列表区域，选定 C' 和点 F'，如下图设置（直接修改数值，旋转角度默认角度制），“确定”后拖动参数滑块，观察旋转情况。



(8) 单击线段 A₁B₁，单击“变换” - “标记轴”，再同时选定点 C₁ 和点 F，单击“变换” - “旋转”，得到旋转点 C₁' 和点 F''（需要修改标签）。依次单击点 C₁' 和线段 A₁B₁，构造平面，颜色为蓝色。再双击参数 c 滑尺，单击“添加”，然后做设置如下图。



(9) 双击线段 AA₁，标记为旋转轴，再依次单击线段 A₁C₁、点 F、点 B₁，单击“变换” - “旋转”，得到旋转点 B₁'、F'' 和线段 b₁₀'。双击参数 c 滑尺，单击“添加”3次，将旋转点 B₁'、F'' 和线段 b₁₀'都添加到“控制对象”，“参数域”设置为“2 到 3”；“控制域”设置为“0 到 -135”。拖动参数 c 的滑块，观察点的旋转效果；再依次单击线段 b₁₀'和点 A，构造平面，在平面的属性框中修改形状为“矩形”，颜色为绿色。



(10) 双击线段 b_10' ，标记为轴，依次单击点 B_1' 、 F''' ，单击“变换” - “旋转”，得到旋转点 B_1'' 、 F''' 。双击参数 c 滑尺，单击“添加” 2 次，将点 B_1'' 、 F''' 添加到“控制对象”，设置“参数域”为“3 到 4”，设置“控制域”为“0 到 90”。拖动参数 c 的滑块，观察旋转效果，再依次单击点 B_1'' 和线段 b_10' ，构造平面，颜色为蓝色。

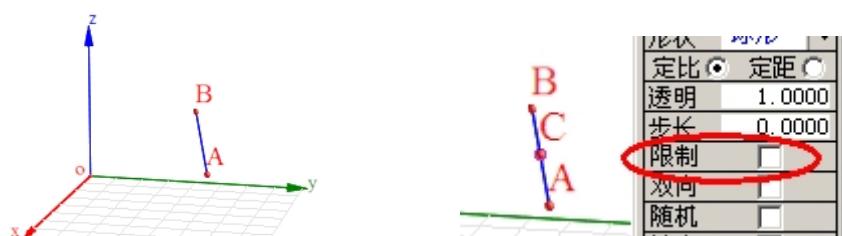


(11) 隐藏不需要显示的点、线、标签，拖动参数 c 的滑块，会观察到三棱柱表面顺次展开。单击“数据” - “距离”，度量点 E 到三个 F 的距离，看看哪个最短。此图还可以旋转观看最短距离折线段经过的平面。

7.3 迭代实例

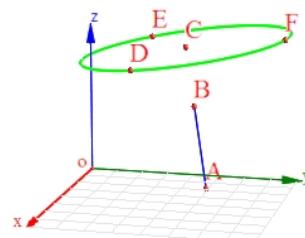
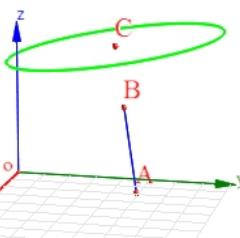
inRm3D 中的迭代操作灵活方便，本案例能显示其简便操作和强大的功能。

1、作一条线段 AB （其隐含标签为 a ）。



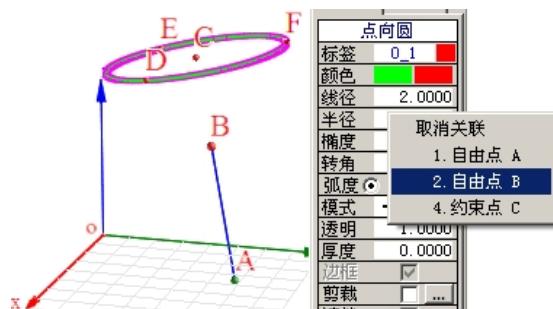
2、在线段 AB 上作一个约束点 C 。右键点 C ，在属性框里取消“限制”属性，以使点 C 可以被拖到线段的两端以外。

3、点 C 拖到线段一端之外（其约束值约为 1.6）。以点 C 为圆心和线段 AB 为法线，作点向圆 O_1 ：



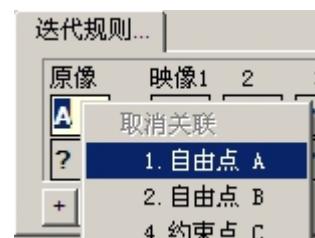
4、在圆上约三等分的位置上构造三个约束点 D、E、F。

5、右键圆 O_1，在属性“半径”的右键菜单里点击“自由点 B”。(圆的半径就变为点 B 与点 C 的距离)



6、菜单“变换” — “迭代”，显示迭代规则框。

把光标放在原像框里，点击按钮【+】可以添加原像；光标放在映像框里点击【+】则添加映象；光标放在深度框里点击【+】则增加迭代深度。【-】则反之。

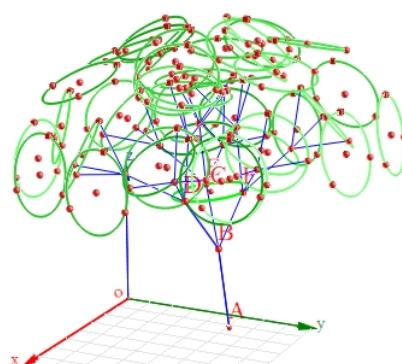


用右键点击“原像”，在右键菜单里点击“自由点 A”（上右图），在“映像 1”的右键菜单里点击自由点 B（下左图）。



用类似的操作选择其它原像和映像（上右图）。

7、点击【确定】按钮，得到迭代像。

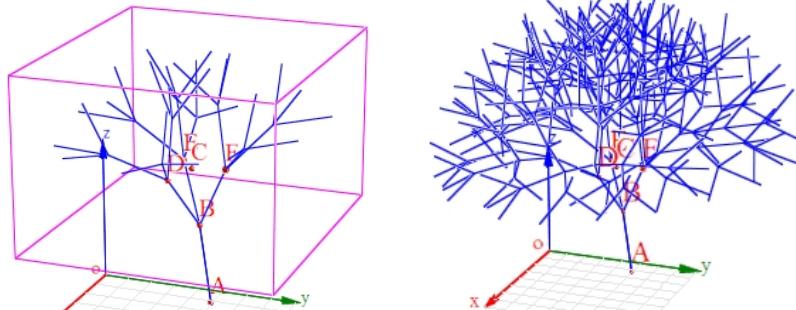


8、去掉那些不需要的圆和点。在对象列表里选择点向圆 O_1，按 H 键将之隐藏掉（也可以在圆属性中，勾选不显示，迭代像中的圆也随之隐藏）。

9、双击迭代像，显示迭代规则框，取消“含点”，【确定】。（也可以在迭代像的属性中，勾弃“含点”）



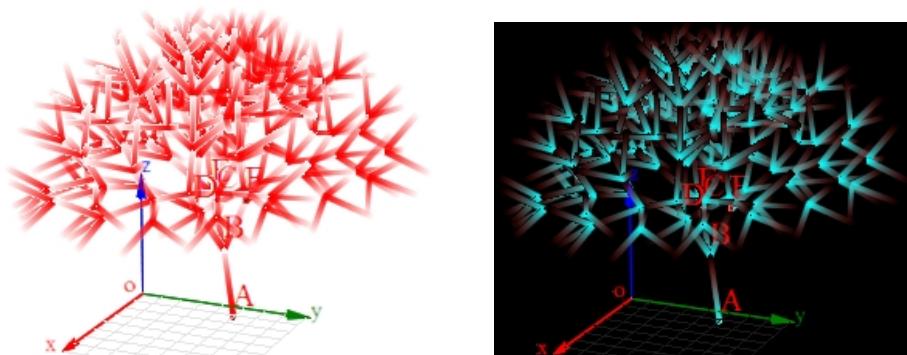
选定迭代的像，可以用【+ / -】键直接改变迭代深度。



11、美化效果。右键点击线段 a，在属性框里设置线宽为 3，并勾选“端点色”。



右键选择点 B，将“透明度”属性设置为 0。此时可见下左图。



如果把点 A 设置成天蓝色，并把背景改为黑色，此时可见上右图。

迭代的像具有高度的自相似性，只要善于思考，就有漂亮的作品出现。

8 致谢

首先要感谢复旦大学附属中学信息中心任杭春老师，是他建议我作这个东西，并首先推荐给数学老师应用于教学实践。

感谢中科院院士张景中教授，他的热情鼓励使我有信心不断改进这个作品。

感谢安徽巢湖黄麓师范学校的周传高老师，无私的为 inRm3D 做了大量的测试工作。

感谢著名软件《几何画板》，inRm3D 中的许多构思来源于对《几何画板》的理解，尤其是“迭代”方面的知识，全都是从《几何画板》学到的。

还要感谢《超级画板》、《永中科教几何作图》、《Cabri 3D》等著名软件，inRm3D 的许多表现手法模仿了这些前辈。