

E3D 操作指南

目录

第一章：图像界面介绍	3
(1) 标题栏	3
(2) 菜单栏	3
(3) 数据管理器	4
(4) 不同的视口	12
(5) 信息栏	12
(6) 相关菜单和快捷键	12
(7) 系统选项	13
(8) 快速工具栏	14
第二章：数据管理	25
(一) 导入 DICOM 格式图像	25
(1) 导入 CT/MR 图像	25
(2) 切换图像序列	27
(3) 图像导入调整	28
(二) 导入 X-Ray 数据	28
(三) 导入几何模型	29
(四) 导入工程文件	30
(五) 项目管理（保存、另存为、打开及关闭）	30
(六) 图像调整	31
(1) 图像窗位	31
(2) 伪彩	32
(3) 旋转图层方向	34
(七) 上传云平台	35
(八) 视窗口布局	36
(九) 新用户注册与用户登陆	39
第三章：图像序列	40
(一) 容积重建	40
(二) 标注	41
(1) 注释	41
(2) 箭头	41
(3) 折线	42
第四章：三维重建	42
(一) 阈值分割	42
(二) 简便种子点与种子区域增长	43
(三) 形态学操作	44
(四) 布尔操作	45
(五) 平面空洞填充	48
(六) 编辑掩膜	49
(七) 简便画刷与简便轮廓	50
(八) 掩膜三维编辑	51
(九) 自动优化	52

(十) 骨组织分割.....	52
(十一) 智能分割.....	54
(十二) 团块分离.....	56
第五章：测量分析.....	57
(一) 测量距离.....	57
(二) 测量角度.....	57
(三) 测量范围内的周长面积.....	58
(四) 解剖模板测量.....	59
(五) 中心线.....	61
(六) 直径厚度分析.....	61
(七) 模型间距测量.....	62
第六章：手术规划.....	63
(一) 三维模型的坐标变换.....	63
(1) 三维模型刚体变换的交互式实现.....	63
(2) 平移和旋转.....	64
(二) 切割方式.....	65
(1) 平面切割.....	65
(2) 曲面切割.....	66
(3) 套索切割.....	68
(三) 截骨导板.....	70
(四) 骨折复位.....	71
(五) 手术导板设计.....	73
(1) 钉道规划.....	73
(2) 切槽口.....	74
(3) 底面母版.....	75
(4) 桥接与标准结构.....	76
(5) 生成导板.....	77
(六) 对称修复.....	78
(七) 局部画刷.....	79
第七章：CAD 建模.....	81
(一) 点.....	81
(二) 线.....	82
(三) 圆和矩形.....	82
(四) 圆球.....	82
(五) 圆柱.....	83
(六) 布尔操作.....	83
(七) 表面片偏移.....	85
(八) 层厚板生成.....	86
(九) 多模型堆叠.....	87
第八章：网格处理.....	88
(1) 网格修复.....	88
(2) 空洞填充.....	89
(3) 网格简化.....	90
(4) 网格细分.....	91

(5) 网格重划分.....	92
(6) 网格光滑.....	94
(7) 法线修复.....	95
(8) 配准对齐.....	95

第一章：图像界面介绍

和目前传统的软件一样，E3D 软件的窗口和菜单安排类似经典的集成风格布局，所以软件的操作会非常容易上手。本节旨在对 E3D 软件界面做整体的介绍，详细的内容可以查看以后相关章节。（图 1—1 软件主界面）

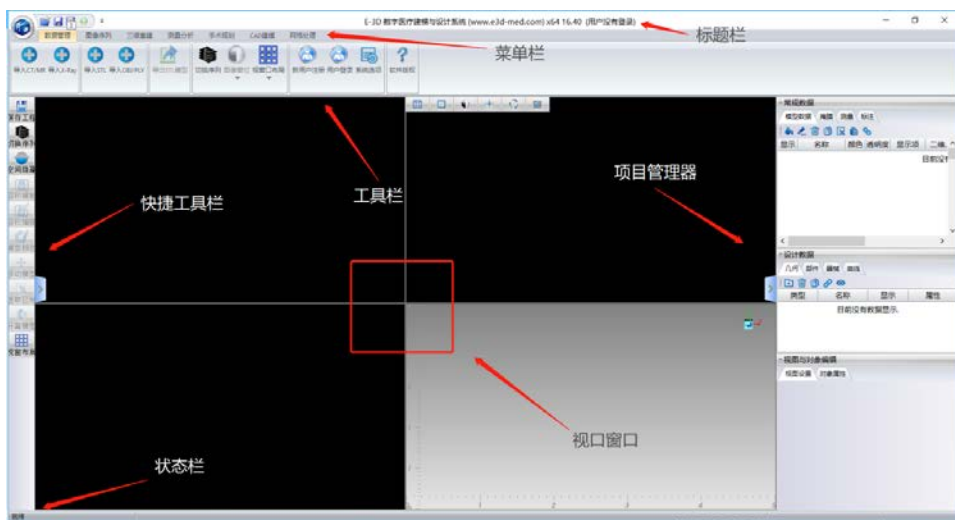


图 1—1 软件主界面

(1) 标题栏

标题栏显示项目的一些信息，包括项目名称（默认为患者姓名，为保护患者隐私可以隐藏），断层图像的来源—CT/MRI，图像压缩方式—JPEG,以及软件版本。（图 1—2 标题栏）

E-3D 数字医疗建模与设计系统 (www.e3d-med.com) x64 16.40 (用户没有登录)

图 1—2 标题栏

(2) 菜单栏

通过菜单栏的菜单，可以访问几乎所有的软件功能。E3D 菜单为精简的菜单栏，带有典型的功能集成式菜单。（图 1—3 菜单栏）

菜单栏包括：



图 1—3 菜单栏



图 1—4 工具栏

“数据管理”主要包含对数据进行导入和导出，操作习惯的设置。

“图像序列”主要包含对图像数据的测量和标注。

“三维重建”主要包括对图像的处理，图像阈值的分割与修改，三维重建与智能分割方式。

“测量分析”主要包括对图像数据的测量和标注。

“手术规划”主要包括切割模型，导板设计，复位模型和截骨等功能。

“CAD 建模”主要包括点、线、面、基础几何体的创建，模型表面偏移和模型之间进行布尔运算等功能。

“网格处理”主要包括网格修复、优化、法线优化及配准。

(3) 数据管理器

E3D 软件为图像处理软件，其处理过程类似任何工业产品的加工过程，经过一系列前后连续的流程或工序，其中原材料逐步变为半成品、成品。所有的这些原材料、不同阶段的半成品、成品以及在加工过程中的辅助测量工具等，如果在软件中则成为对象，这样一个完整的加工过程称为项目。

是所有 E3D 对象的数据库，每个标签都对应着 E3D 的一个对象类型，通过可以很方便地管理和访问我们所建立的各种对象。同时，最常用的工具在每个标签下方列出，点击下拉按钮时会看到相关工具列表。

以下结合 E3D 软件图像处理的流程，简单熟悉一下 E3D 软件中都有那些主要对象及标签，更详细的操作会在以后相关章节详细介绍。

E3D 软件第一个对象，即导入 E3D 的连续断层图像，DICOM 格式体数据集的图像浏览，正如我们阅读 X 线平面一样，需要调整窗宽窗位，相关工具在工具栏“窗宽窗位”中调整。体数据集可以不经阈值分割，类似传统的 CT 工作站通过“体渲染”迅速实现体数据的三维可视化，相关工具在“模型数据”标签下。(图 1—5 常规数据—模型数据标签)

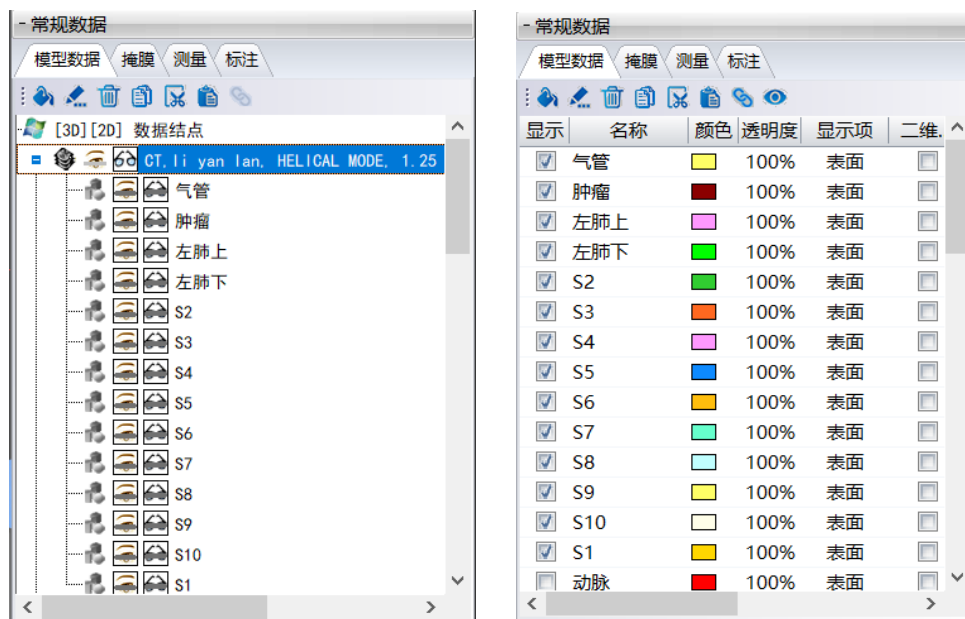
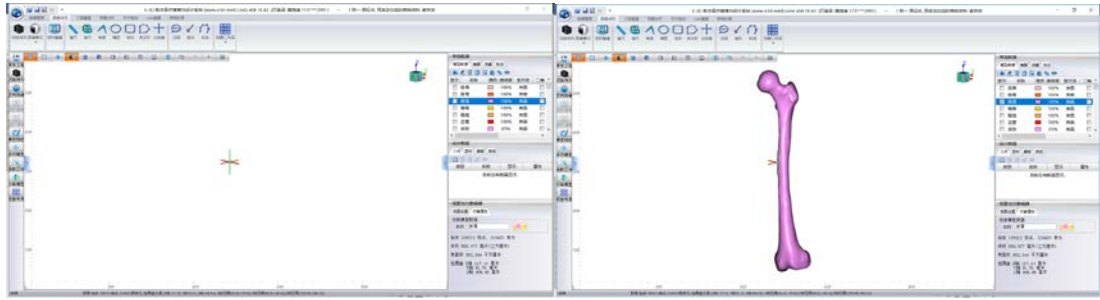


图 1—5 常规数据—模型数据标签

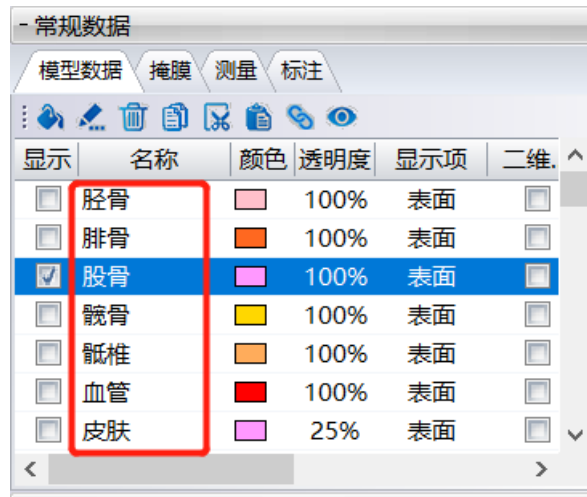
E3D 软件对连续单层图像进行图像分割，生成相应的掩膜对象，掩膜对象在掩膜标签下面，在对应的掩膜后面，有掩膜所对应的信息，如透明度、体积、阈值范围、数据来源等信息。而对断层图像及三维模型的测量和注释分别放在“测量”和“标注”标签下。

模型数据菜单功能介绍：

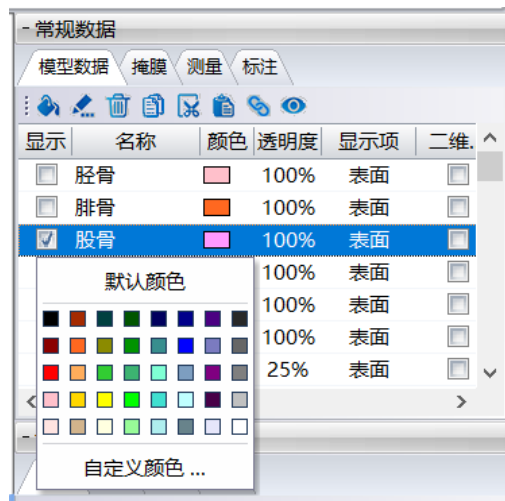
1. 显示：控制该模型的显示与隐藏。



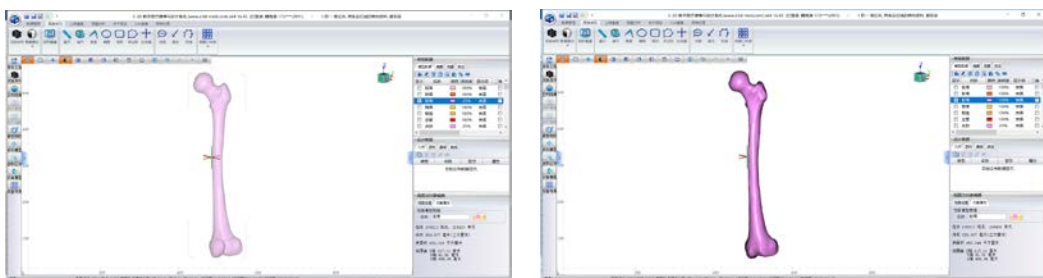
2. 名称：该模型的名称，方便用户查找所建立模型。



3. 颜色：修改该模型的颜色，方便个性化观察。

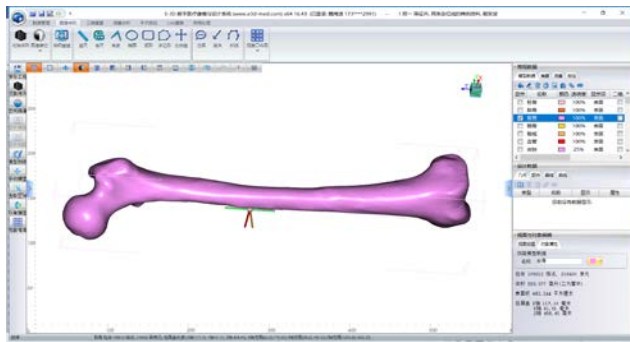


4. 透明度：修改该模型透明度，可将透明度修改为5%、25%、50%、75%、100%，方便用户查看模型内部或被遮挡的部位。下图为透明度 25%和透明度 100%的对比。

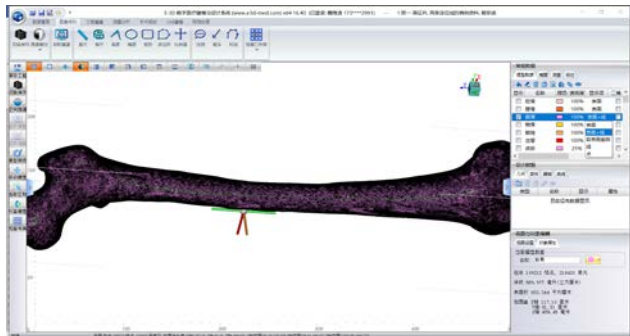


5. 显示项：修改模型的显示方式，分为“表面”“表面+线”“前表面剔除”“线”“点”

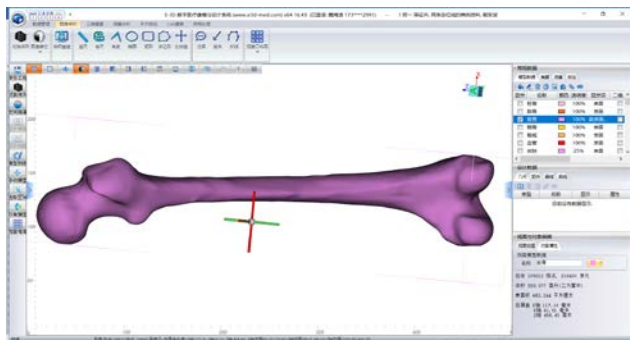
五中类型，表面指平常看到的模型表面，表面+线指平常看到的模型加三维网格，前表面剔除指放大时可以观察到某一截面，线指只观察三维网格线，点指该模型以点云形式观察。



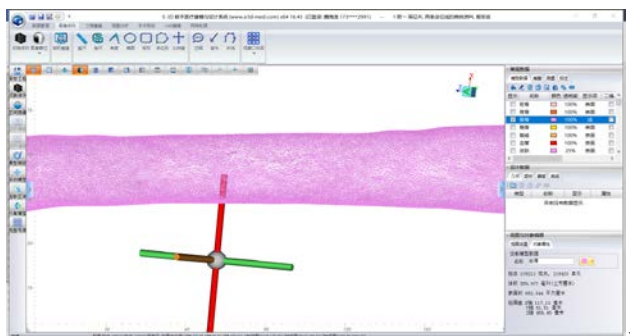
显示项：表面



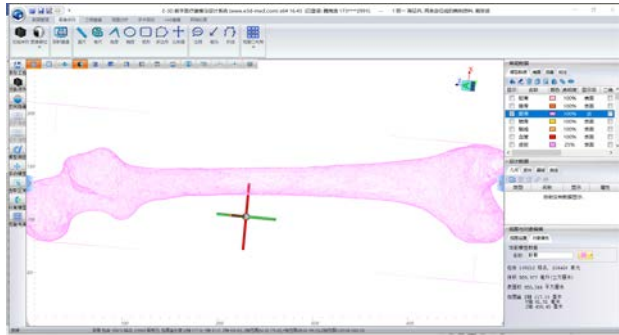
显示项：表面+线



显示项：前表面剔除

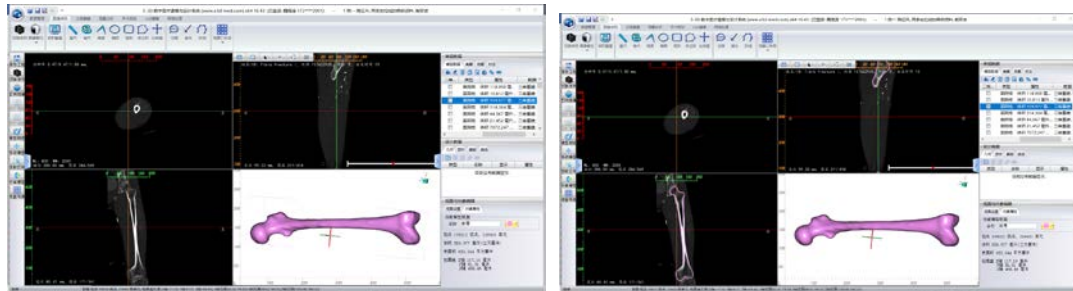


显示项：线

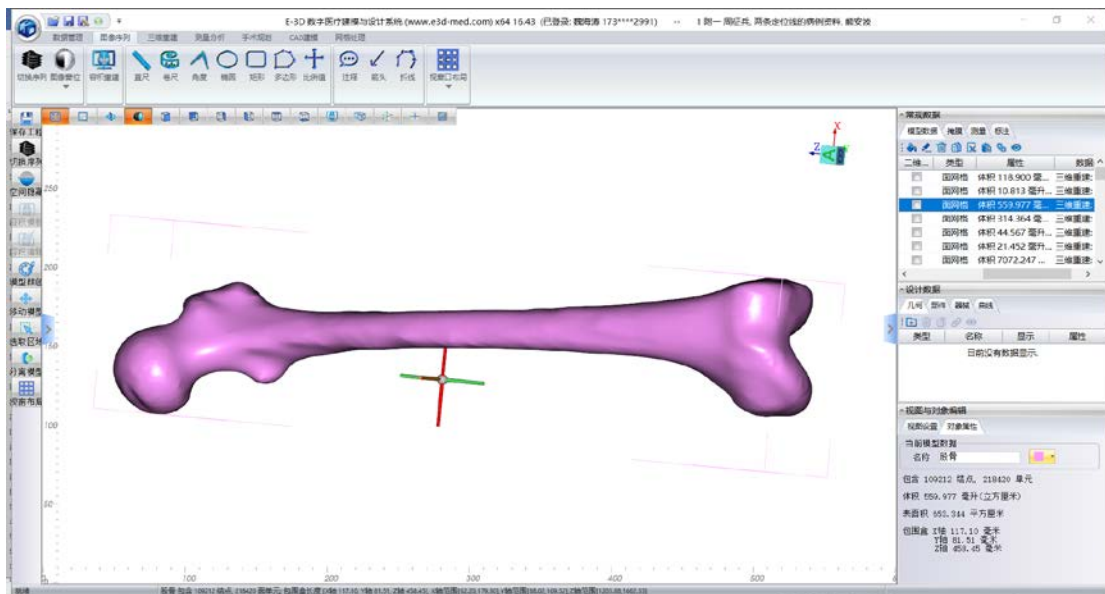


显示项：点

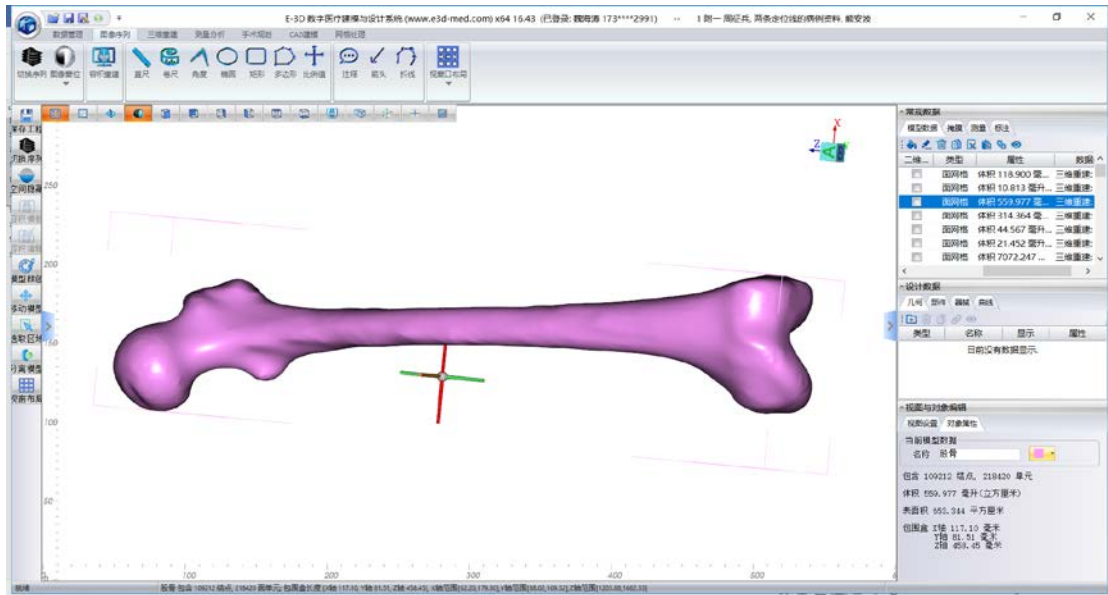
6. 二维轮廓：查找该模型在二维断面上的轮廓线。



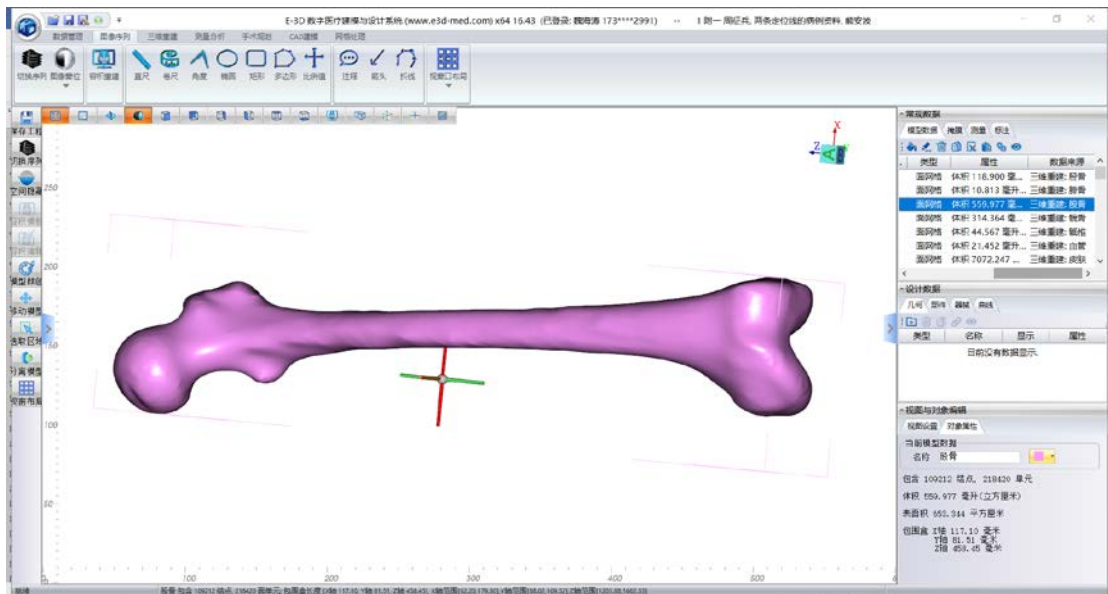
7. 类型：明确该模型的网格类型：一般分为面网格和体网格。



8. 属性：明确该模型的体积。

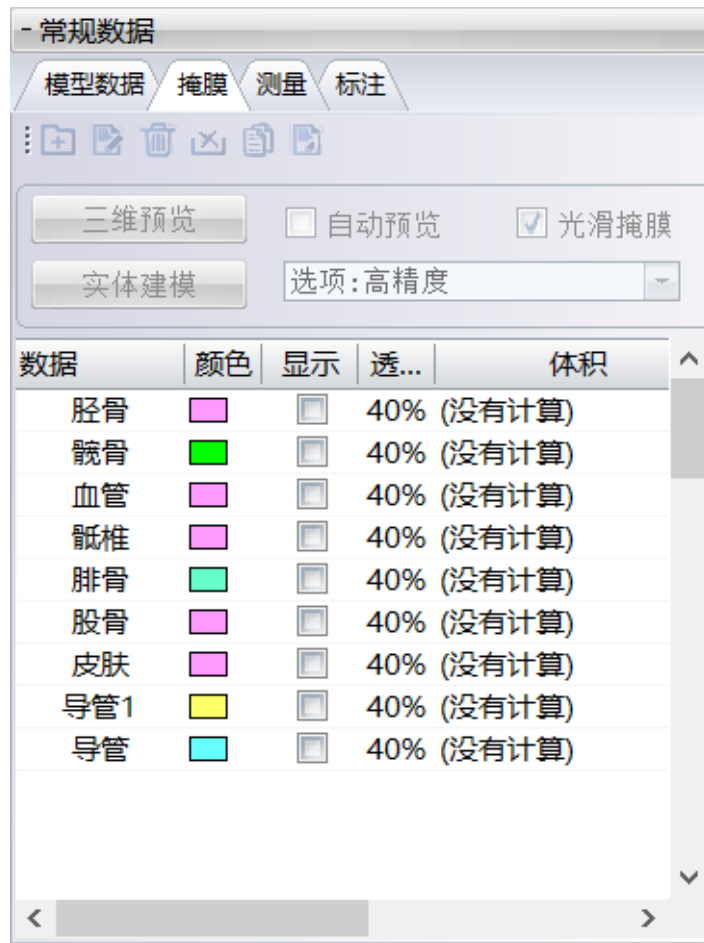


9. 数据来源：明确该模型由哪一个掩膜实体建模得来。

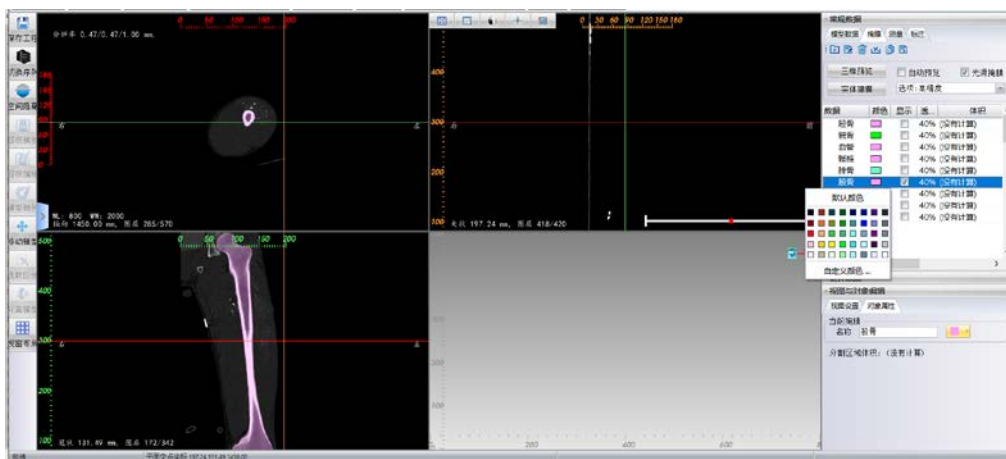


掩膜菜单功能介绍：

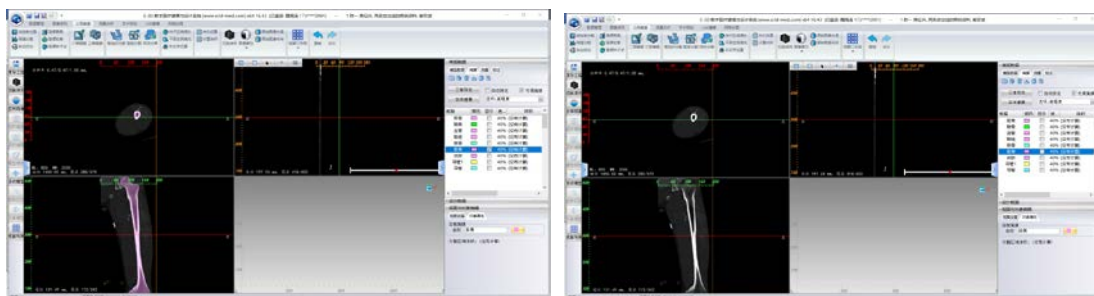
1. 数据：显示该掩膜的命名名称。



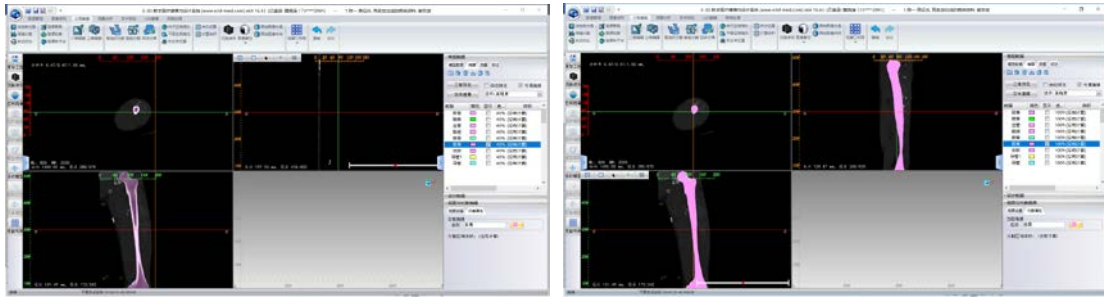
2. 颜色: 修改该掩膜的颜色。



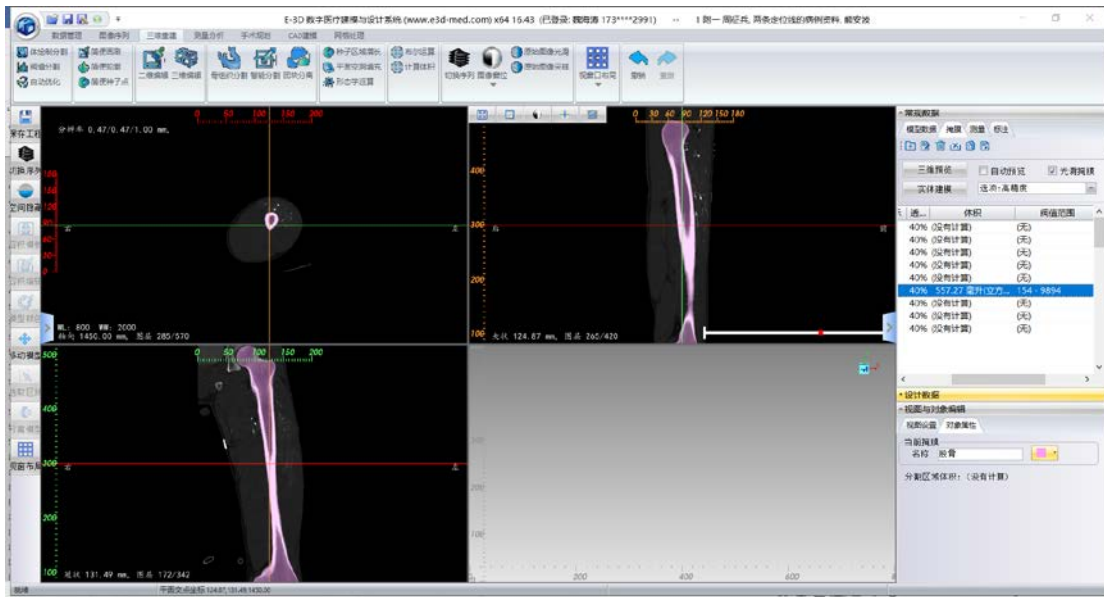
3. 显示: 显示或隐藏该掩膜。



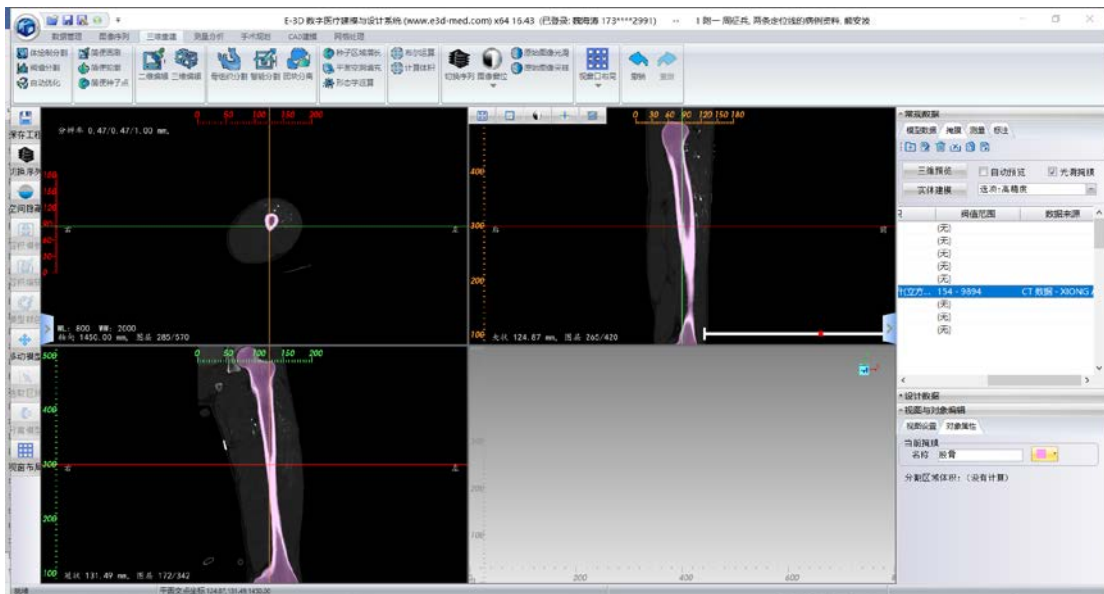
4. 透明度：修改掩膜透明度。



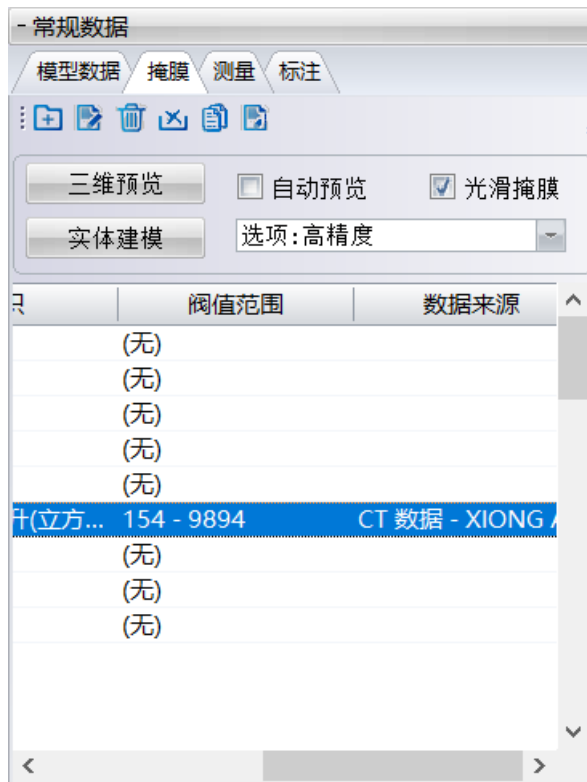
5. 体积：计算掩膜体积，点击标签内的“(没有计算)”或工具栏内的“计算体积”按钮，可以将体积计算结果显示在体积标签内。



6. 阈值范围：该掩膜在重建时使用阈值分割分割时的阈值范围。



7. 数据来源：该掩膜由哪一个数据计算得来。



E3D 软件对掩膜进行三维重建，得到 3D 模型对象，放在“掩膜—显示实体模型”标签下面。

另外，E3D 软件中可以转换为计算机辅助设计软件格式的三维图形，放在“设计数据”标签下面。E3D 软件可以根据用户在自定义的曲线的切线方向，对连续断层图像进行重组，自定义的曲线放在“设计数据—曲线”标签下面。

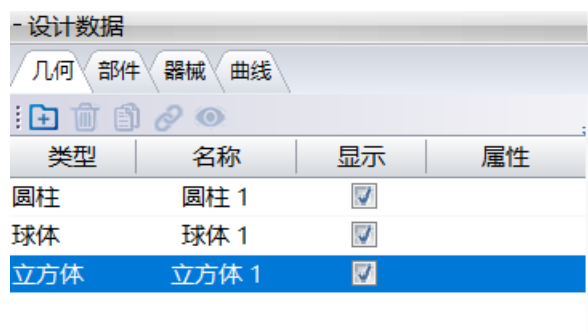


图 1—5 设计数据标签

把 E3D 软件里的 3D 模型输出到有限元分析软件中，经划分体网格后，可以在 E3D 软件中装载有限元体网格模型，这些模型放在“数据模型”标签下面。同时，E3D 软件也可导入外部 STL 格式的三维模型，这些模型放在“数据模型”标签下。基于图像分割的掩膜提取的轮廓线对象，放在“”标签下面。E3D 软件可以对 3D 模型进行切割、牵引等仿真手术操作，相关工具放在“设计数据”标签下。

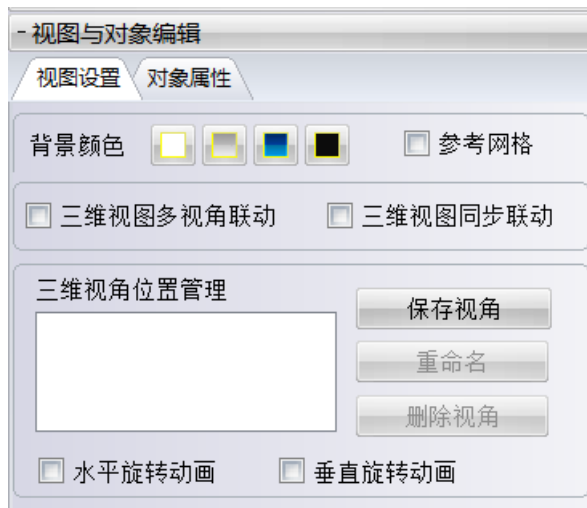


图 1—6 视图与对象编辑—视图设置标签



图 1—6 (1) 视图与对象编辑—对象属性标签

(4) 不同的视口

在缺省配置时，E3D 软件在操作区显示 4 个视口。包括体数据 3 个正交平面断层图像的浏览视口—右上视口显示原始横断面（XY 平面），左上视口为重组冠状面（XZ 平面），左下为重组矢状面（YZ 平面）。左下为 3D 视口。

利用视口相关工具，可以进行断层图像和 3D 模型的浏览，同时每个视口都有平移和缩放功能，3D 视口还有旋转功能。

(5) 信息栏

显示鼠标所点位置断层图像的鼠标位置的坐标值（X，Y，Z）

(6) 相关菜单和快捷键

现在通用的软件设计，为了方便访问程序命令或工具，同样的命令会在软件不同的地方重复出现，同样，E3D 软件的命令，也可在软件不同的部位访问，如前面介绍的菜单栏、工具栏、，同时也可以通过鼠标右键点击视口中特定的位置，弹出相应菜单，以及与当前激活的操作对象相关的快捷键来访问。

虽然相关菜单和快捷键中的功能在菜单栏或工具栏中都可以找到，但是在熟悉掌握软件的操作后，会大大加快工作流程。需要使用快捷键可以查书后附录内容。

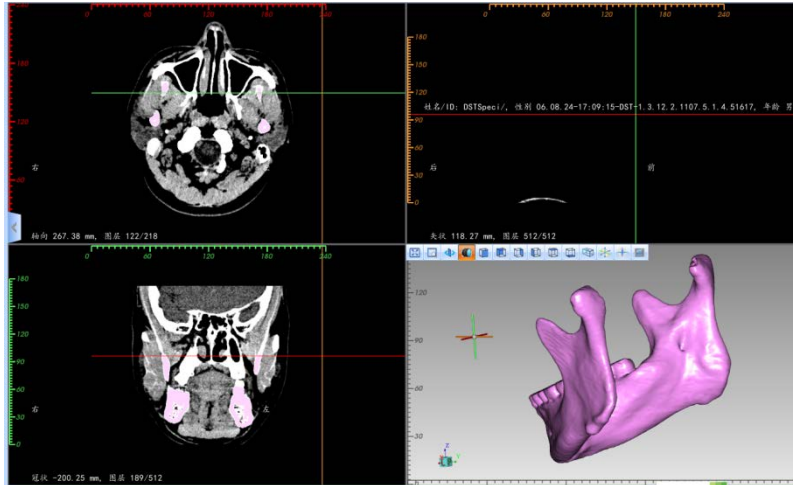


图 1—7 三个正交平面的断层图像浏览和 3D 模型操作视口

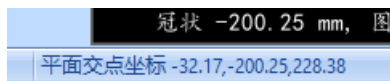


图 1—8 信息栏

(7) 系统选项

系统选项（图 1—9 系统选项）提供了方便用户操作的个人习惯设置，用户可以通过点击参数预设来设置个人操作。

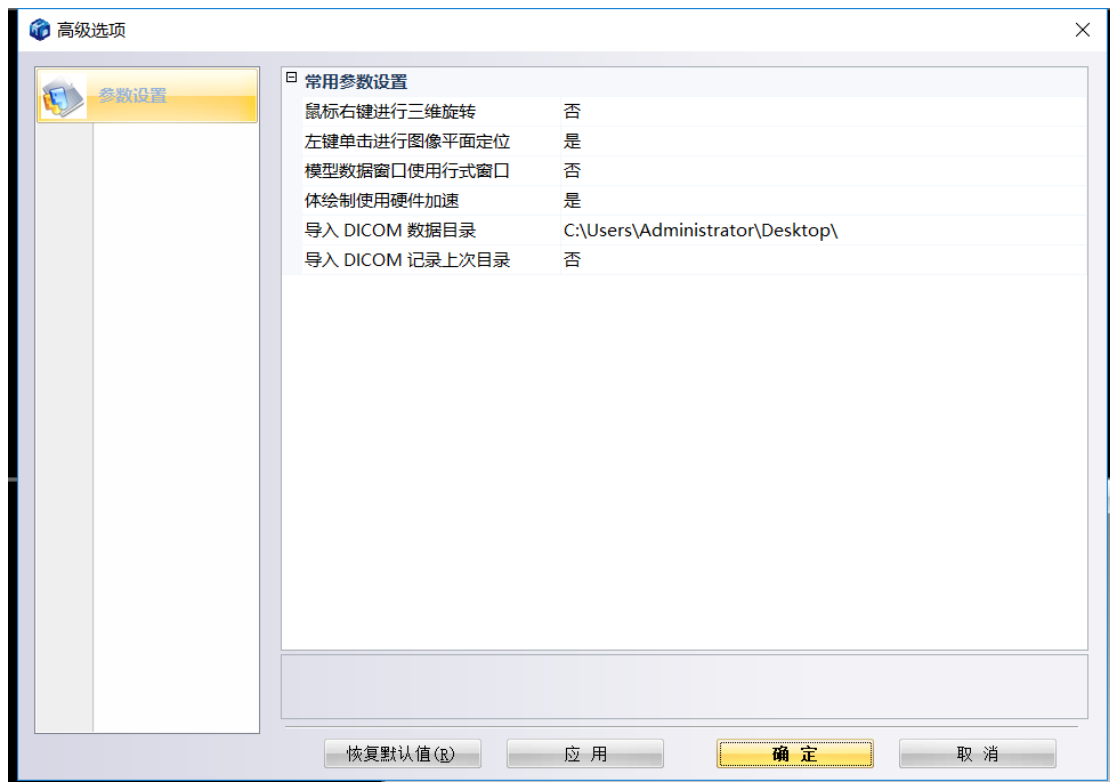
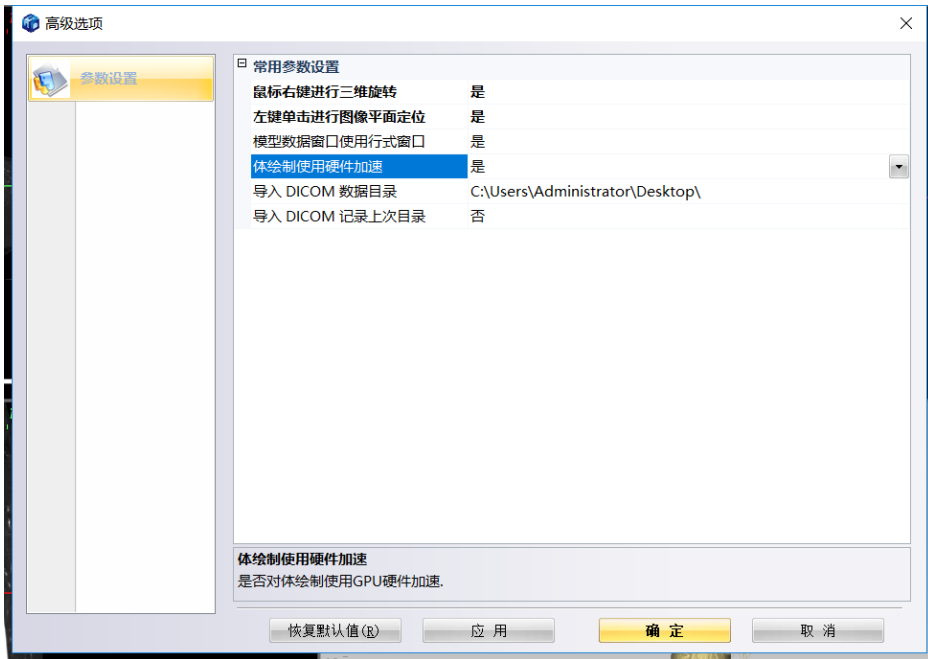


图 1—9 系统选项

鉴于部分用户习惯于 mimics 的操作方式，我将 mimics 的操作设置在此进行表现出来：右键进行三维旋转、滚轮控制放大缩小、左键单击定位、所以，我们只需要将重用参数设置的前两个点击为“是”即可。
设置后的常用参数设置如下：



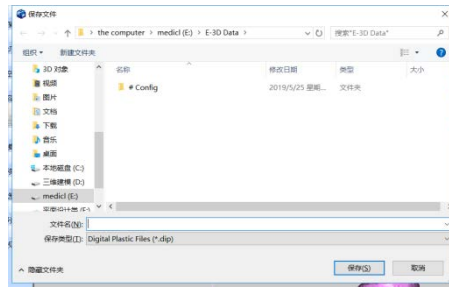
(8) 快速工具栏

在软件界面的左侧，有竖着的一列工具栏，（如 3—11 所示）我们称之为快捷工具栏，快捷工具栏中包含了常用的几个工具，方便用户直接使用。

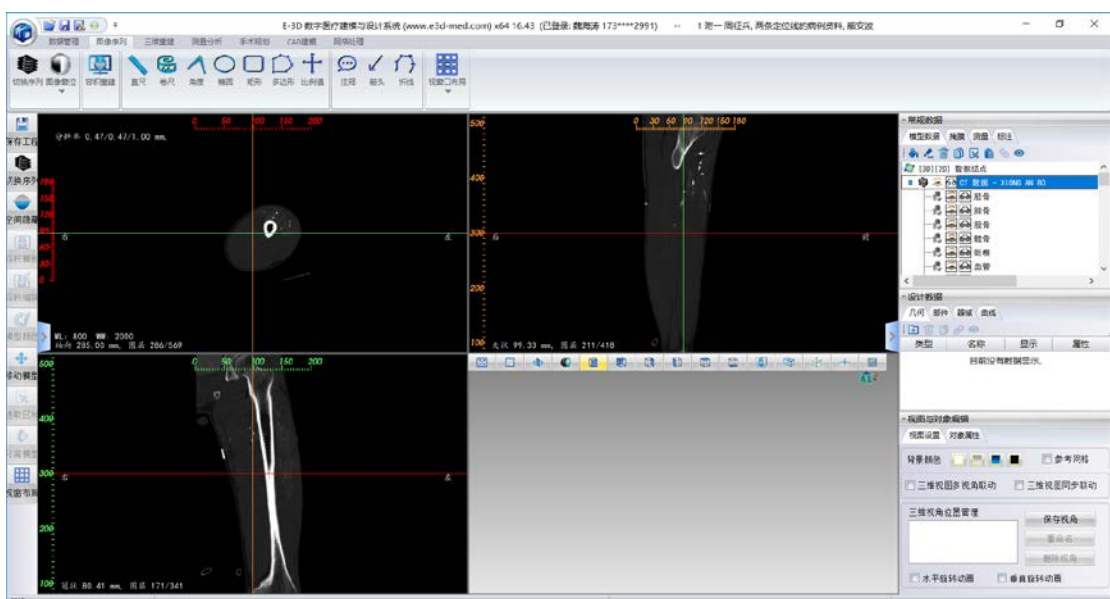


快捷菜单栏介绍：

1. 保存工程：将创建好的模型保存，为以后的观察和打印做准备。点击“保存工程”，弹出如图 3—12 所示对话框，编辑工程名称，方便查找。选择合适的保存格式，点击保存，完成操作。

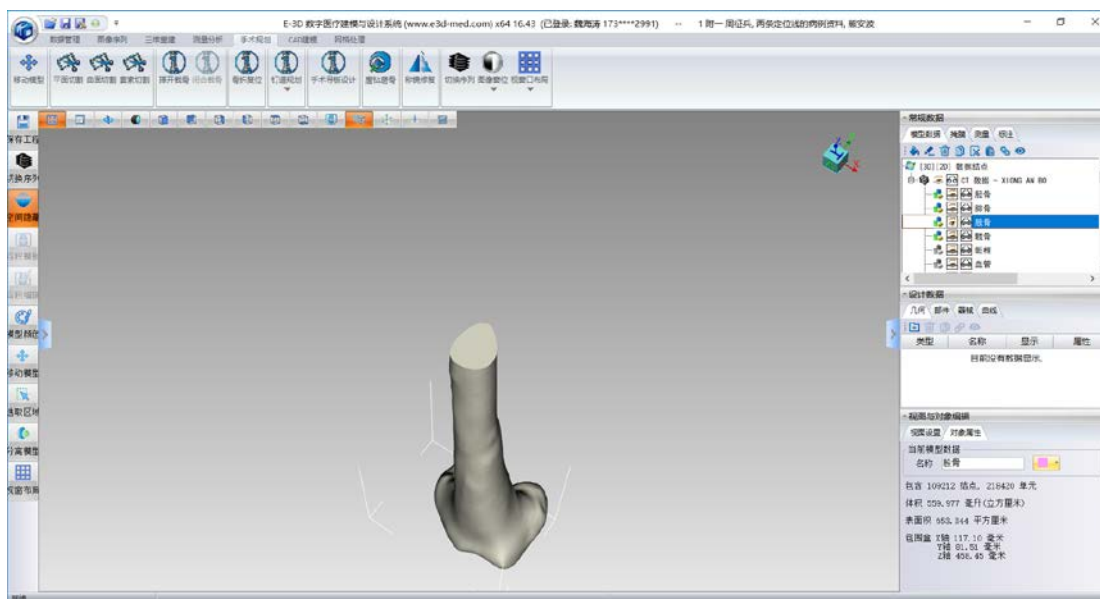
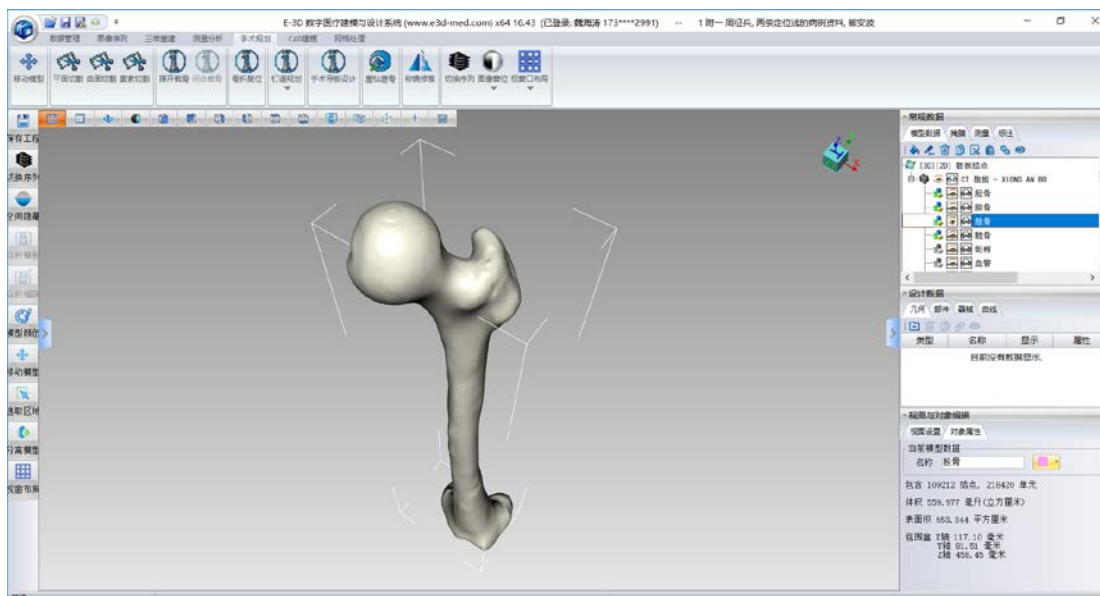


2. 切换序列：若数据存在多个序列，我们可以分部导入，每个部位为一个序列，完成一个序列的操作后，点击下一个序列，可对下一个序列进行编辑，方便用户操作，如图 3—13 所示。当两个数据均存在模型数据，则模型可以同时显示及进行布尔操作、空间隐藏、切割等操作，方便用户对数据进行整体修改，如图 3—14 所示。

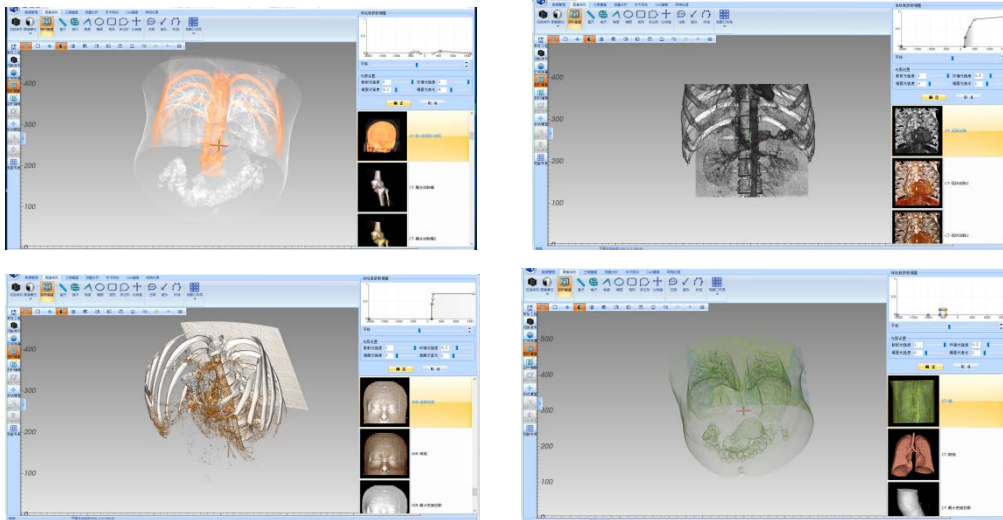


3. 空间隐藏：点击空间隐藏按钮，显示（图 3—13）所对应的选框工具，选择切割方

式“使用冠状平面切割”“使用矢状平面切割”“使用横断平面切割”“使用交叉截面切割”“使用几何平面切割”“使用包围盒切割”。同时选择“切割当前选择模型”或“切割所有显示模型”当选用某平面切割时，在二维视口或三维视口拖动该平面的辅助线，隐藏或显示模型部分空间内容，用来观察该平面对应的截面结构。



4. 容积模板：点击“容积模板”快捷工具，在视口右侧出现容积模板菜单栏，其中包含多种容积模板，点击需要使用的容积模板，在三维视图中能立刻显示应用该容积模板的效果。同时可以观察到对应的体绘制参数，当选择相应的参数后，可以对参数进行调整以达到最佳观察效果。



5. 容积编辑：选择合适的容积模板，点击容积编辑，在三维视口内会弹出如图所示菜单栏，选择合适的编辑方式，如“画刷删除”“曲线删除”，在三维视口中拖动鼠标左键，对模板进行编辑，拖动鼠标右键执行对模型的放大缩小操作，按住 **ctrl** 键拖动鼠标右键执行对模型的旋转操作。编辑完成后，点击结束完成操作，操作完成的模型保存在“数据模型”标签内。

在三维视口内，容积编辑拥有四种分割方式，如图 3—15 所示，分别为：

画刷删除：点击画刷删除，按住 **CTRL** 键拖动左键标记区域删除，

曲线删除：点击曲线删除，按住 **CTRL** 键拖动左键画套索删除，

平移效果：点击平移效果，左右拖动鼠标右键或滚动鼠标滚轮，进行体绘制逐层显示。

逐层剥离：点击逐层剥离，左右拖动鼠标右键或滚动鼠标滚轮，进行体绘制逐层显示。

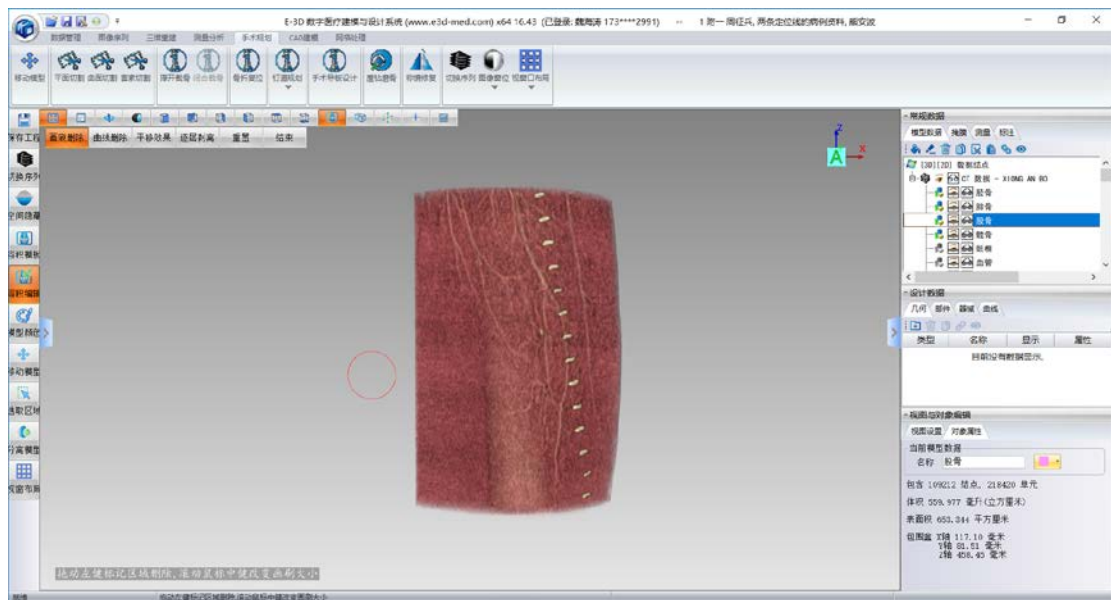


图 3—15 容积编辑

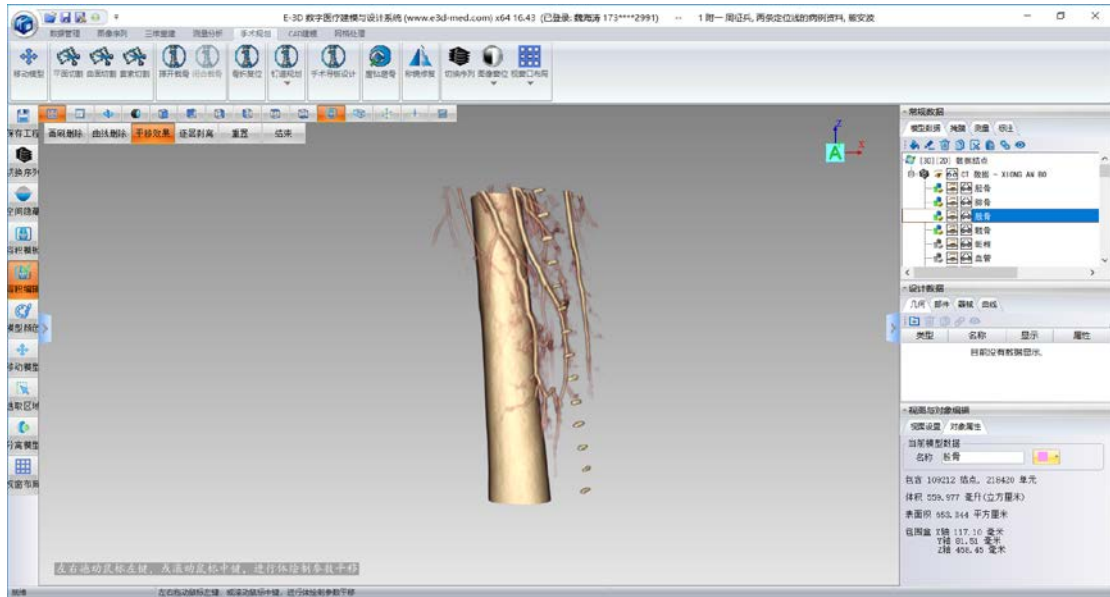


图 3—16 容积编辑平移效果

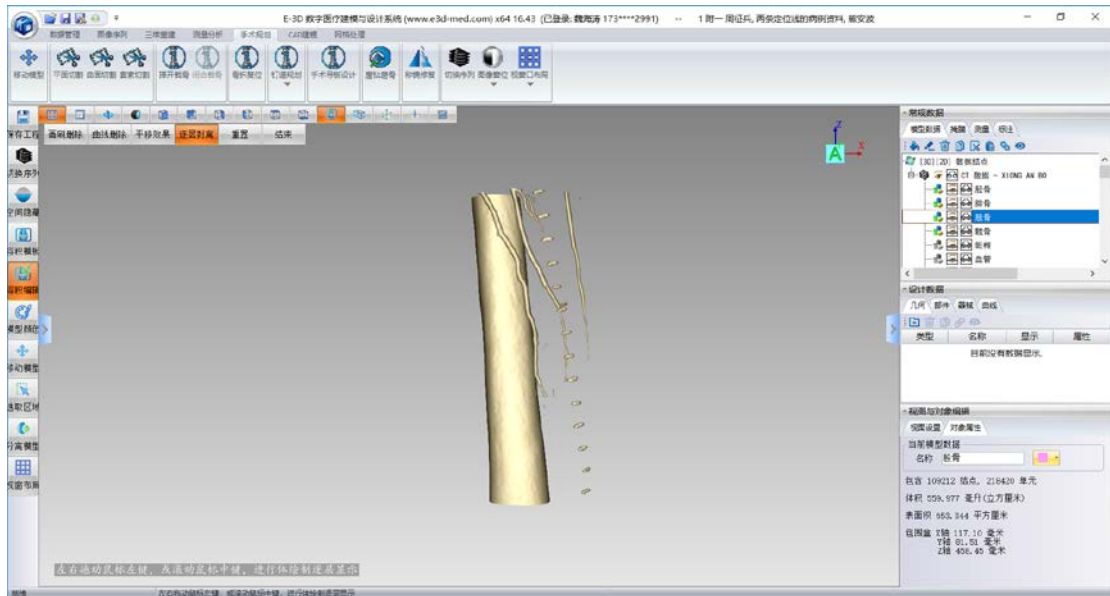


图 3—17 容积编辑逐层剥离

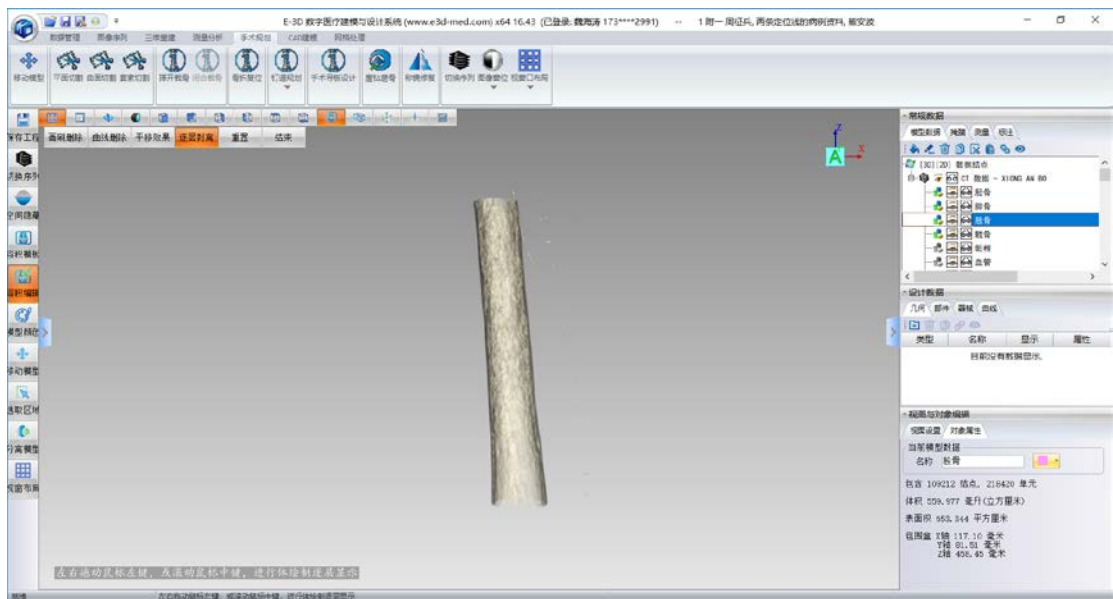


图 3—18 容积编辑效果

6. 模型颜色：模型颜色工具栏包含了很多修改模型表面的工具，具体使用方法如下：

半透明显示：在“数据模型”标签下，选择需要半透明显示的模型，在左侧快捷工具栏点击“模型颜色”>“半透明显示”则该呈现如图 3—14 所示效果。

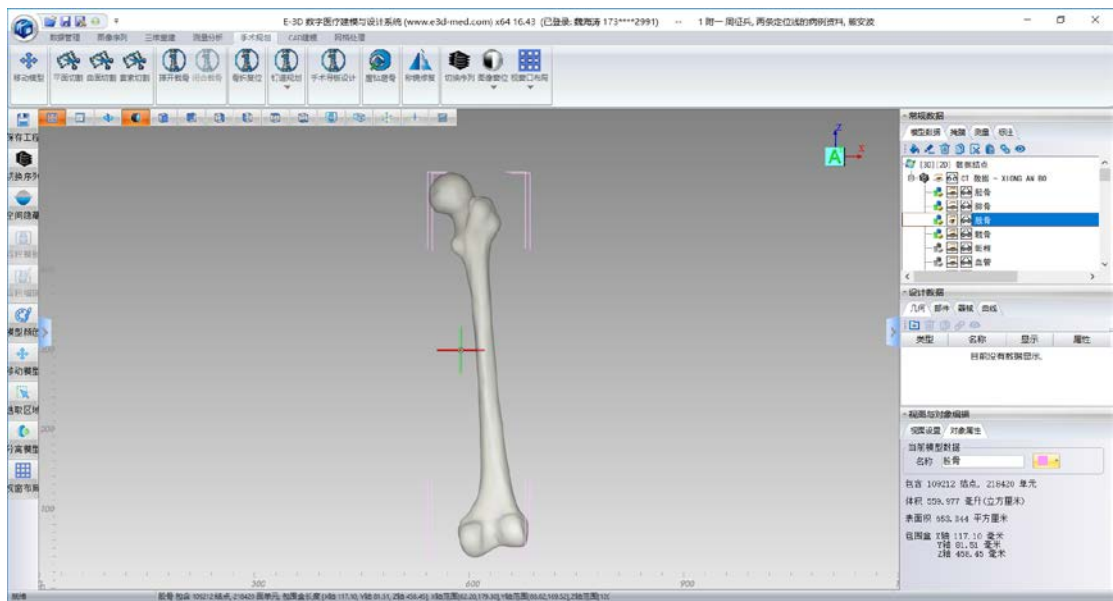


图 3—14 半透明显示

显示网格：在“数据模型”标签下，选择需要观察网格的模型，在左侧快捷工具栏点击“模型颜色”>“显示网格”，模型的网格就会显示在模型表现，呈现如图 3—15 所示效果。

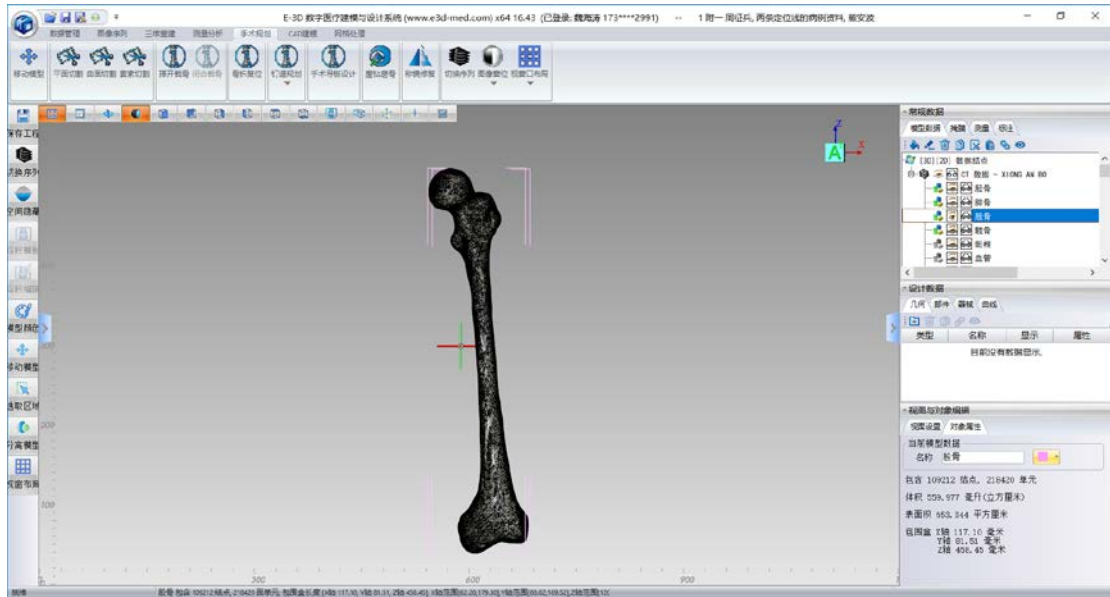
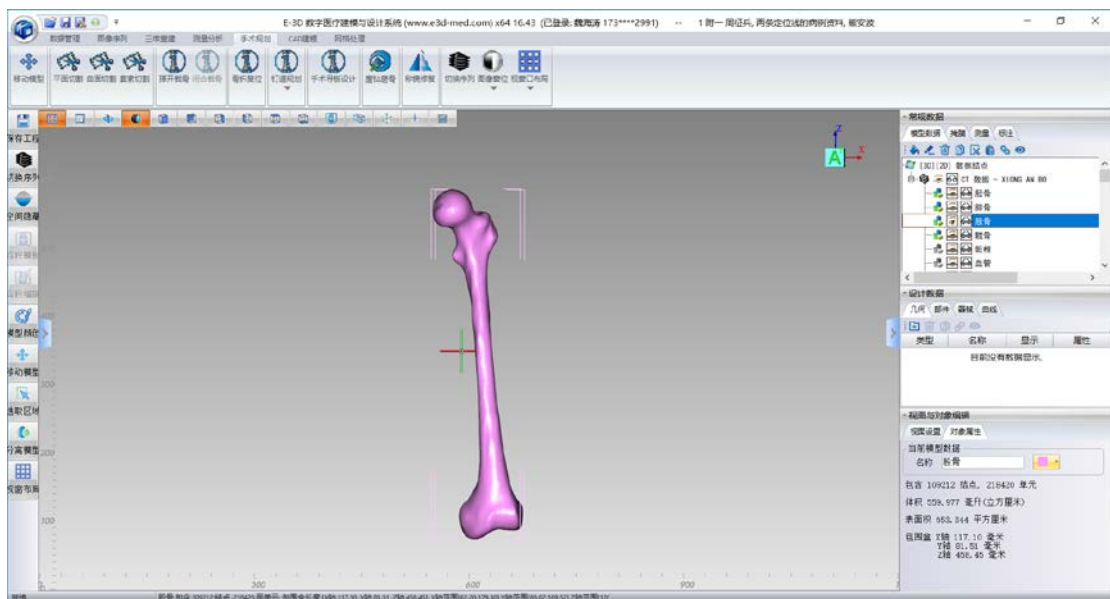


图 3—15 显示网格

选择颜色：在“数据模型”标签下，选择需要更改颜色的模型，在左侧快捷工具栏点击“模型颜色”>“选择颜色”弹出颜色选择对话框，选择喜欢的颜色，点击确定，可对模型颜色进行替换。效果如图 3—16 所示。



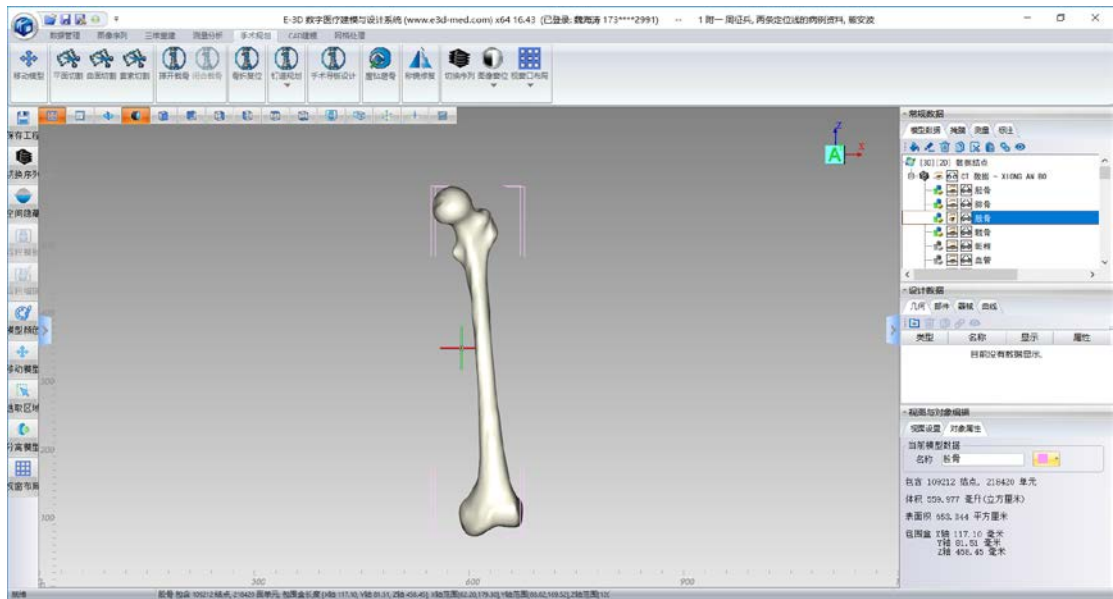


图 3—16 选择颜色

高级颜色材质设置：点击“高级颜色材质设置”在视口右侧弹出如图 3—17 的菜单栏。

菜单栏左侧为用户提供了多种材料类型，点击材质球，三维视口中的模型表面会根据材质球特性做出相应改变，方便用户模拟使用材料，便于观察制作出来的效果。用户也可根据自己的需求，在“显示选项”中进行调节自己需要的材质特性：选择透明，拖动滑块可以改变模型透明度，选择“显示网格单元边”可以显示该模型的网格线，再次单击选项可关闭。

根据用户需要，可以调节“散射光”，“环境光”“镜面光”改变模型在场景中所受光线，在调整过程中可以观察到修改效果。调节合适点击确定，完成并退出操作。

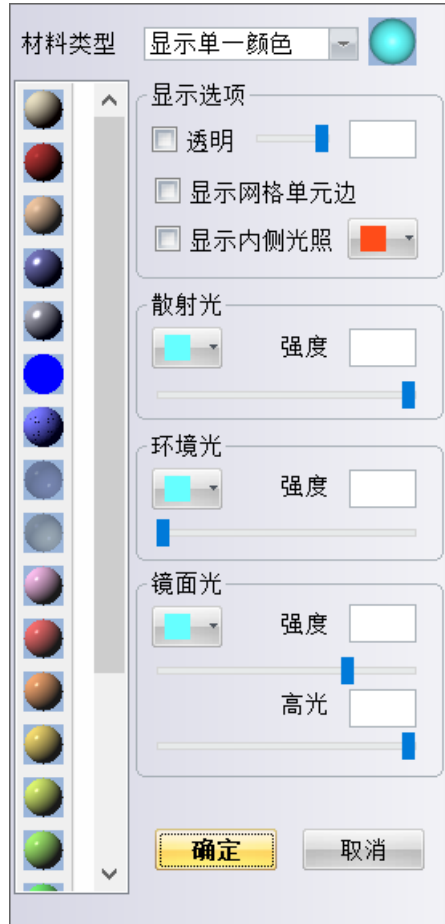


图 3—17 高级颜色材质设置

复制颜色和粘贴颜色：在右侧“数据模型”标签下，选择用户喜欢的颜色所在的模型，点击左侧快捷工具栏中“模型颜色”快捷工具，在选框工具中选择“复制颜色”，然后在右侧“数据把模型”标签下，选择需要更改颜色的模型，点击左侧快捷工具栏中“模型颜色”快捷工具，在选框工具中选择“粘贴颜色”，则模型颜色替换完成。

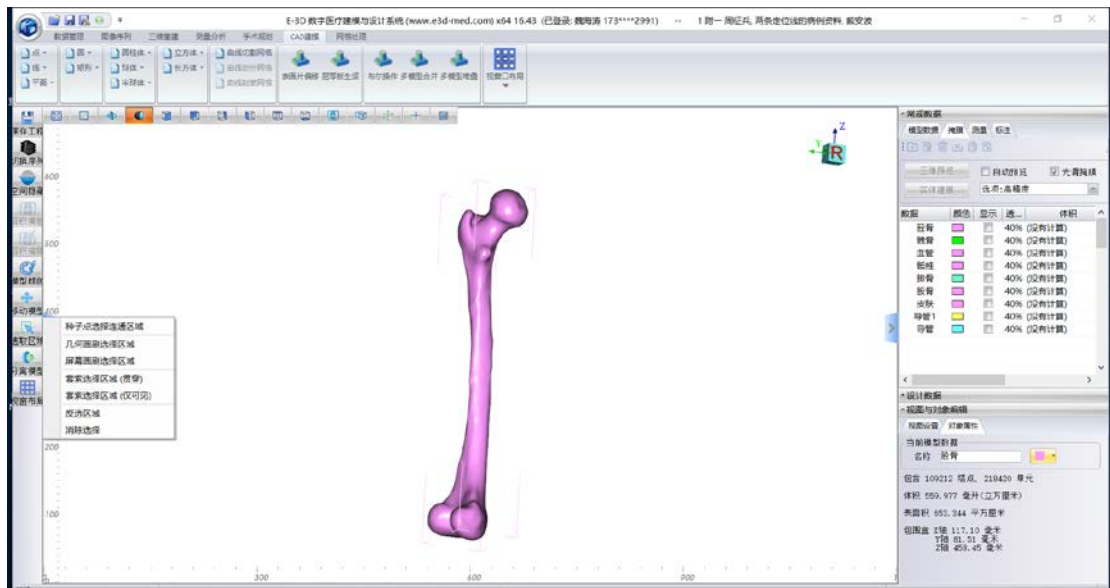
7. 选择区域：

选择区域为用户提供了多种区域选择的方法，如图 3—18 所示

点击“种子点选择联通区域”，在三维视口中，用鼠标左键在模型上选择种子点，左键双击或右键单击选取区域。

点击“几何画刷选择区域”在三维视口内，按住左键拖动画刷选取贯穿区域，按住 shift 反选。点击“屏幕画刷选择工具”，在三维视口内，按住 ctrl 键和鼠标左键拖动画刷选取该模型投影位置，看不到的位置无法选择，按住 shift 键和鼠标左键反选。

点击“套索选择区域”（根据需求选择贯穿或仅可见），光标变成铅笔的形状，在三维视口内，按 ctrl 键和鼠标左键画套索选取区域，按 shift 键拖动左键反选。按 delete 键删除套作，但不删除套索所话区域。



3—18 选择区域

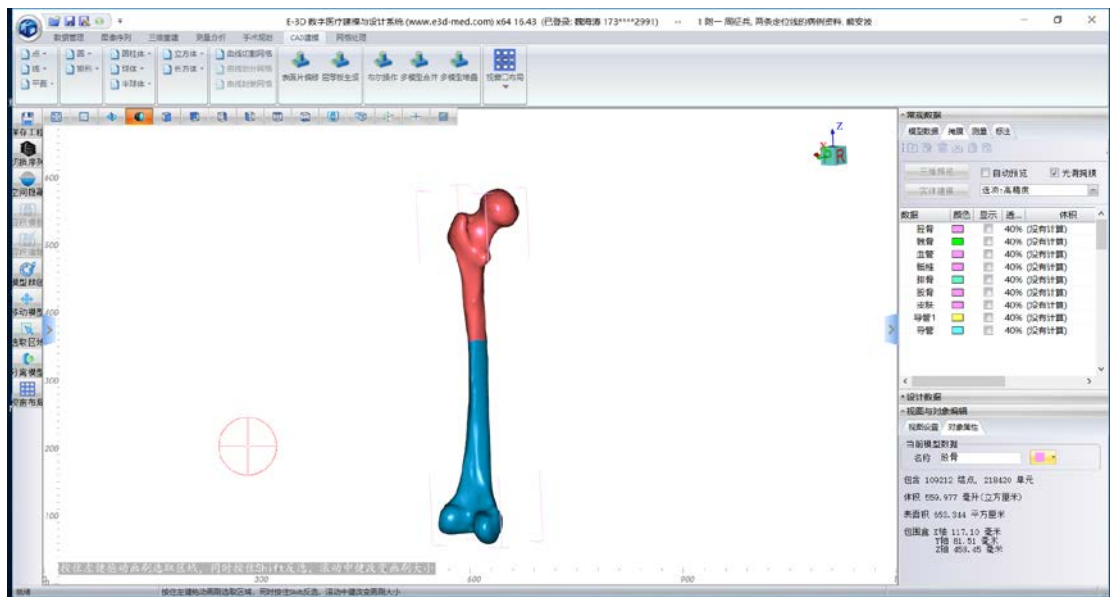
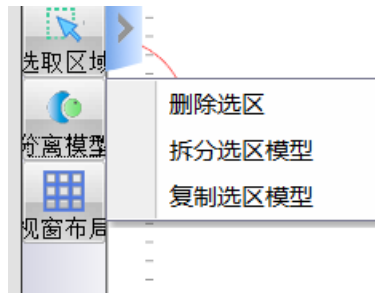


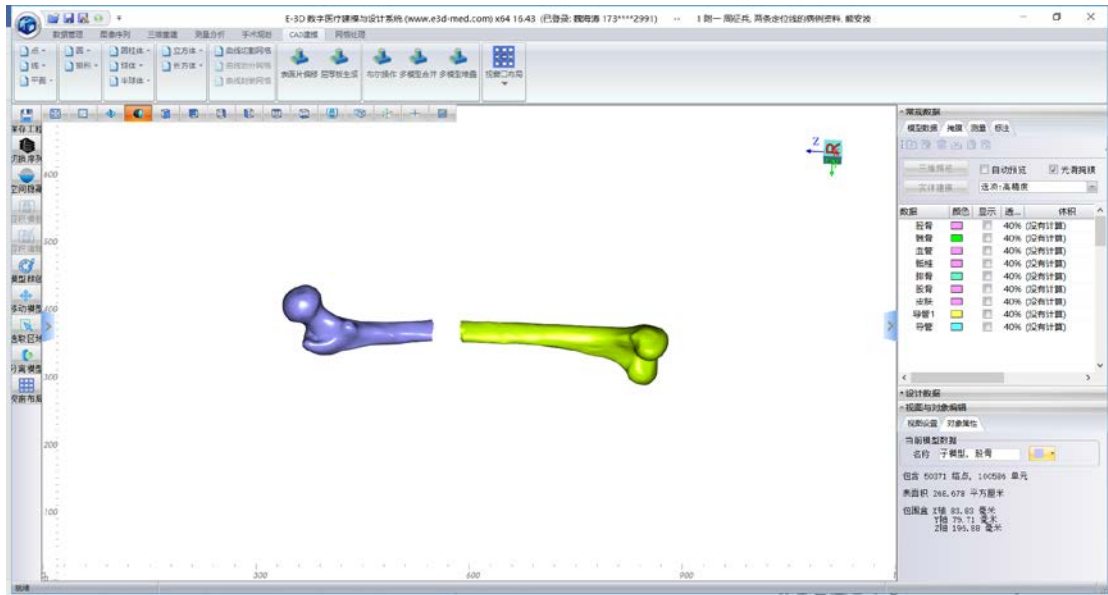
图 3—18 几何画刷选择区域

8. 分离模型：

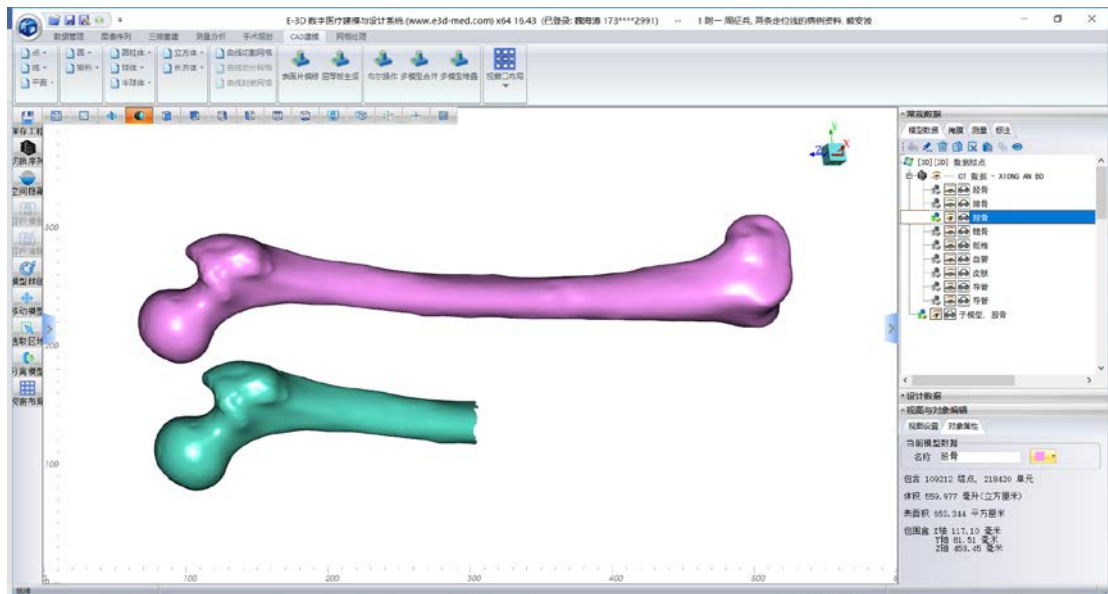
拆分选区模型：通过“选取区域”画出选取，点击“分离模型”>“拆分选区模型”，在“模型数据”中的模型被拆分为选区模型和部分原模型。

复制选区模型：通过“选取区域”画出选取，点击“分离模型”>“复制选区模型”，在“模型数据”中的模型被拆分为选区模型和原模型。



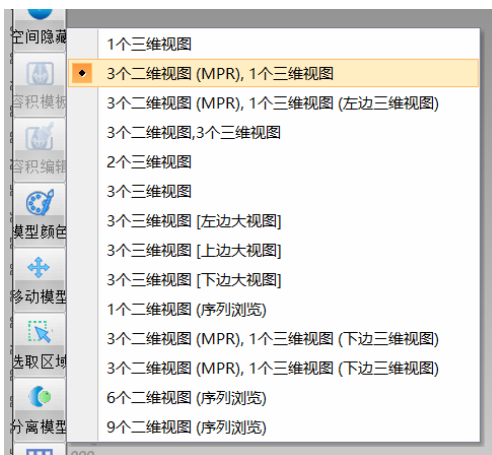


3—20 复制选区模型（移动位置后）



3—21 拆分选取模型

9. 视窗布局：切换观察视窗的布局形式。



第二章：数据管理

E3D 软件允许自动或人工导入 DICOM、BMP 或 TIFF 格式连续断层图像。

图像输入前的准备

E3D 软件支持 DICOM3.0 标准的图像,同时 E3D 软件支持 BMP 和 TIFF 格式的灰度图像。

E3D 软件可以将彩色图像和 JPEG 格式的图像转换为灰度图像。

不管是准备输入 DICOM 格式连续断层扫描数据还是输入连续人体或组织切片断层图像数据,都需要事先对所输入的数据有充分的了解,对所研究的项目有详细的设计。图像输入之前,必须准备或确认以下图像信息:

患者名称,可以是患者的名字,也可以是研究项目名称,要方便分类管理。

研究机构,可以选择填或不填。

层距、像素尺寸和扫描架倾斜度,连续断层图像集合为一个数据集,要求连续断层图像的大小一致,同时需要知道图像的像素与物体实际尺寸的比例,层距以及扫描架倾斜度 3 个必需参数。

注意的是,DICOM 格式的影像数据,文件头中一般已经包含了这些参数,E3D 软件可以自动识别,不需要手工输入。如果需要对连续人体标本切片或组织切片进行三维重建,则在开始阶段要详细地设计,在切片上要加入标尺和定位杆,以保证连续断层图像层与层之间能够匹配裁剪成大小一致,同时获得准确的像素尺寸、层距及切削角度等关键参数。

连续断层图像的排序,建议以序数词或字母顺序为连续断层图像命名,以方便输入。如果图像以其他方式命名,则需要编制一份图像名称与序数词对应表,以便 E3D 软件输入,同时,也可以手工调整图像的位置:

第一张图像的位置和方位,如果要对一个大的数据集分步重建,比如对中国数字人体切片进行解剖重建,那么不可能一次输入所有的断层图像,可能会选择分步重建不同的解剖结构,比如股骨与胫骨。为了使两次重建的股骨与胫骨三维模型保持准确的三维坐标,需要注意以下两个参数。

第一张图像的位置,比如,如果定义股骨自上向下第一张位置为 0,胫骨数据第一张的物理位置距股骨第一张为 50cm 的话,那么分别重建股骨和胫骨时,第一张图像的股骨参数为 0,胫骨为 50cm。

方位,在分步重建时,来自于一个大的数据集的子数据集,定义解剖姿势(前后、左右、上下)必须一致,否则所建的不同模型输入同一坐标系中位置会发生混乱。

(一) 导入 DICOM 格式图像

(1) 导入 CT/MR 图像

如果 DICOM 数据集中已经包含了重建的所有参数,可以自动导入。

在开始之前,保证计算机已经安装了 E3D 教程数据或者已经在硬盘上拷贝了 DICOM 数据。自动导入 DICOM 格式图像,可以执行以下操作:

选择:数据管理>导入 CT/MR>选择图像数据>打开,导入数据文件夹。选择图像数据序列所在文件夹,通过采样设置设置层间距及平面大小,选择继续导入或下一步,完成数据导入。

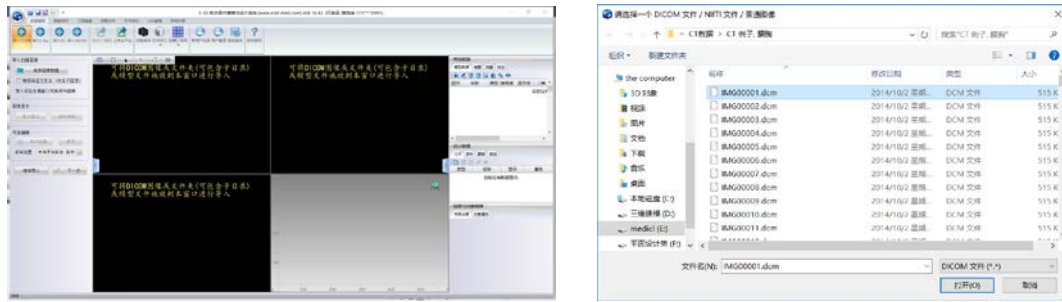


图 2—1 导入 CT/MR 数据

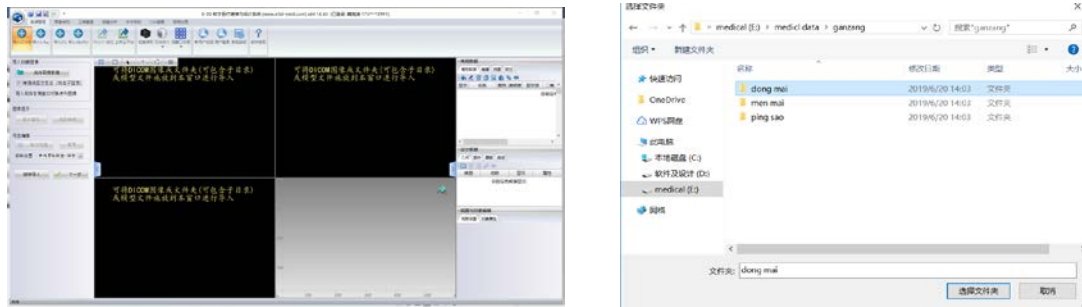
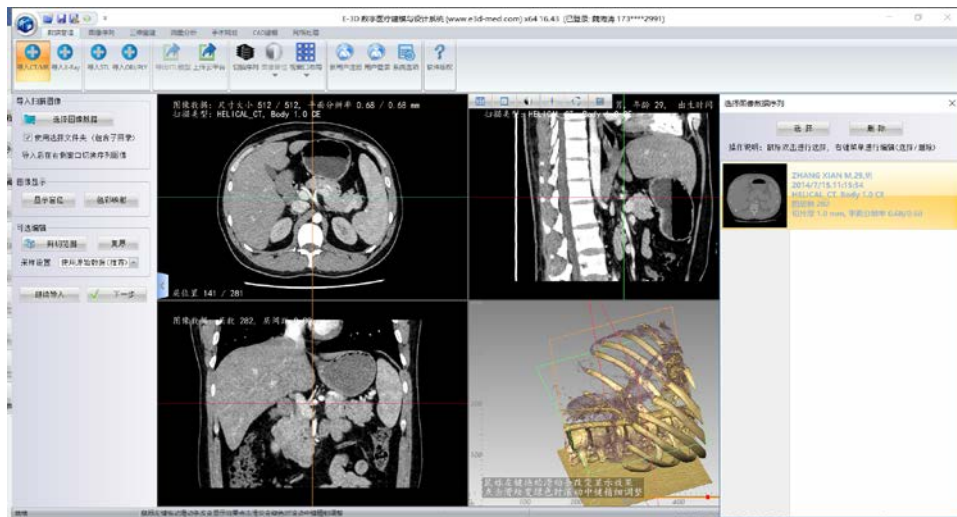


图 2—2 导入 CT/MR 数据文件夹



E3D 在导入 CT/MR 数据时，会自动检测图像大小、像素尺寸、扫描架倾斜度、方位和图像重构中心等，如果有一项参数不同，E3D 会将输入的数据集分割成不同的序列。当同一个患者显示多个图像序列时，表示不是所有的图像参数都均等，需要选择合适的数据集。

勾选一个合适的图像序列，单击“下一步”选定序列。

右侧命令栏可用来设置采样数据范围和改变采样设置。点击其中的“剪切范围”或视图点右键跳出菜单中选取相应命令，如图 2—3 所示，会出现限制数据范围的六面体包围盒。三维视图中，左键拖动三维包围盒的红色手柄限制 X 轴方向的范围，绿色手柄限制 Y 轴方向范围，蓝色手柄限制 Z 轴方向范围；包围盒在二维视图中会显示对应的四边形包围框，和两个方向的二维手柄，也可以操作改变包围盒的位置跟大小。如果剪切的范围不理想，点击“复原”按钮即可恢复原始图像。

操作包围盒最方便的方式是配合三维视图上侧的视图方向工具栏上的按钮，

点击“左/右显示”按钮，三维视图的视角变为“左侧/右侧”，方便拖动前后方向、和上下方面的的手柄位置；点击“前/后显示”按钮，三维视图的视角变为前侧/后侧，方便拖动左右方向、和上下方面的的手柄位置。

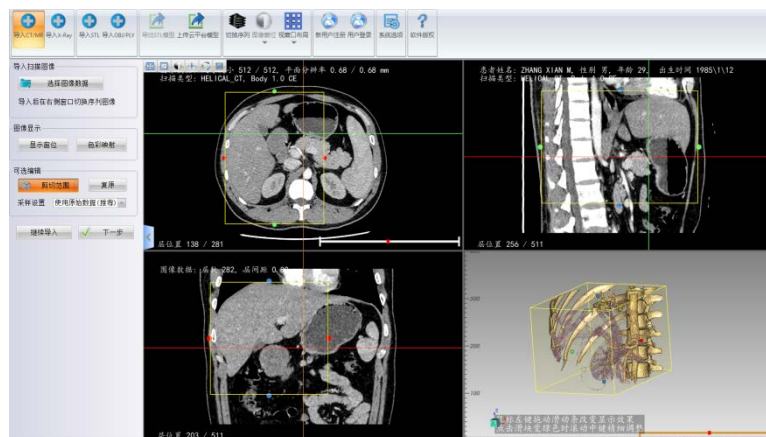


图 2—3 包围盒操作

数据的采样如果太过密集，可以在“采样设置”的下拉框中，设置适当的层间距和平面以达到想要的效果，其中层间距和平面乘以一个数（设为 x ）的意思是改变当前层数，也就是使得层间距变为当前的 x 倍。为保证精确度和清晰度，一般情况下使用原始数据。

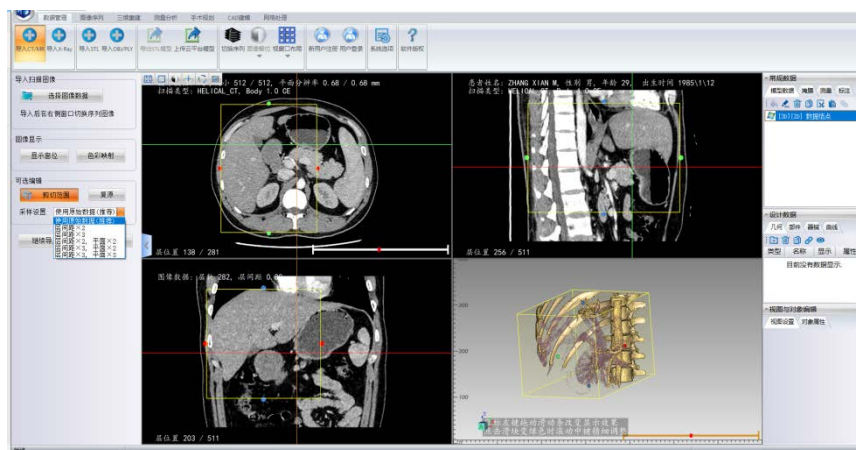
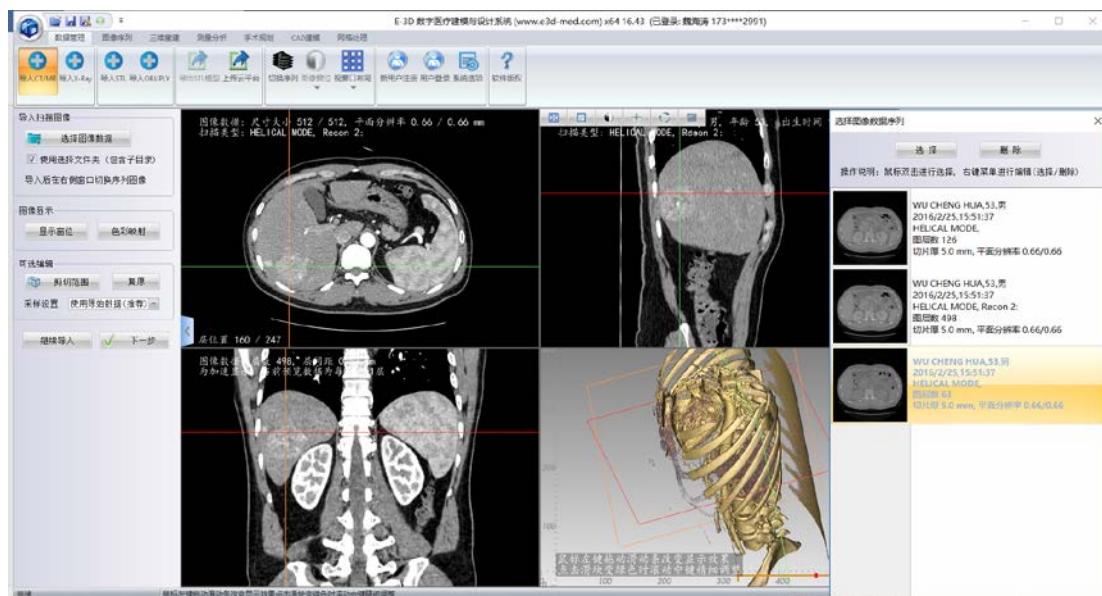


图 2—4 采样设置

(2) 切换图像序列

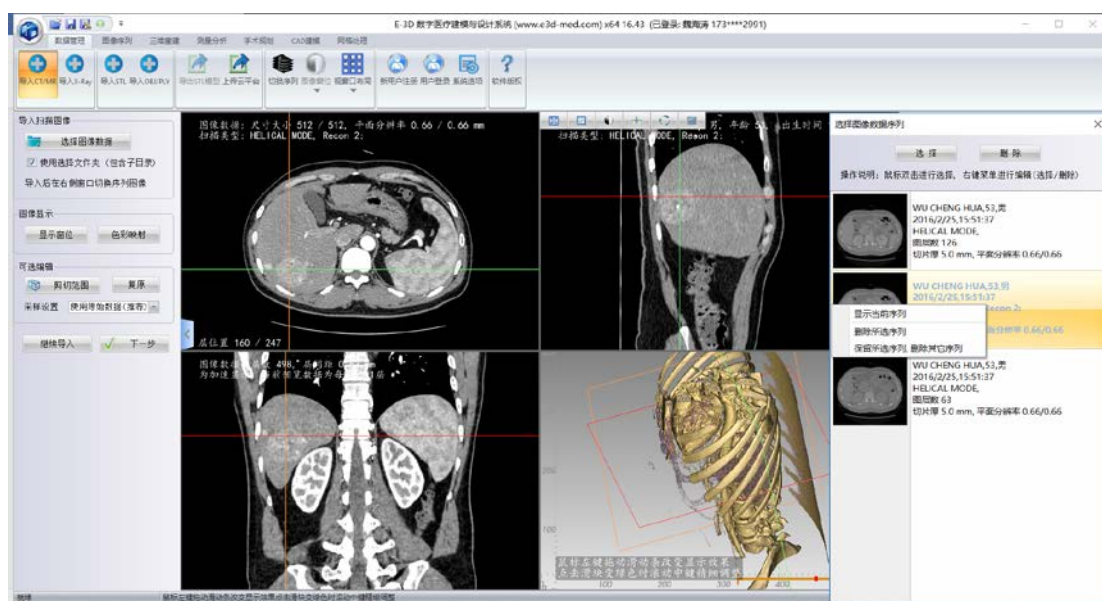
在导入 CT/MR 数据时，一份数据存在多个序列并存的问题，导入时在界面右侧会出现序列窗口，双击序列时，视窗口中的图像将切换为该序列所对应的图像。



为了节省数据对电脑内存的损耗,我们可以提前删除部分不用的序列,左键单击选中序列后,弹出选择删除方式的对话框,E3D 为用户提供两种删除方式,分别为:“删除所选序列”和“保留所选序列,删除其他序列”两种方式。具体操作如下:

删除所选序列:左键单击选中序列,右键单击弹出对话框,选择“删除所选序列”该序列窗口中其他序列将保留,只删除所选序列。

保留所选序列,删除其他序列:左键单击选中序列,右键单击弹出对话框,选择“保留所选序列,删除其他序列”按钮,则所选的序列保留,其他序列将被删除。



(3) 图像导入调整

(二) 导入 X-Ray 数据

点击“数据管理”菜单栏下的“导入 X-Ray”命令,出现如下图 2—3 所示命令栏,点击“选择导入的图片”命令按钮,选择所要观察的 CR 或 DR 数据,点击确定按钮,完成导入操作。数据导入后,操作界面变为如图 2—4 所示,浏览方式为点击任意界面中的“切换序列”按钮,选择需要切换的图像,点击确定,

则可以实现图像的切换。

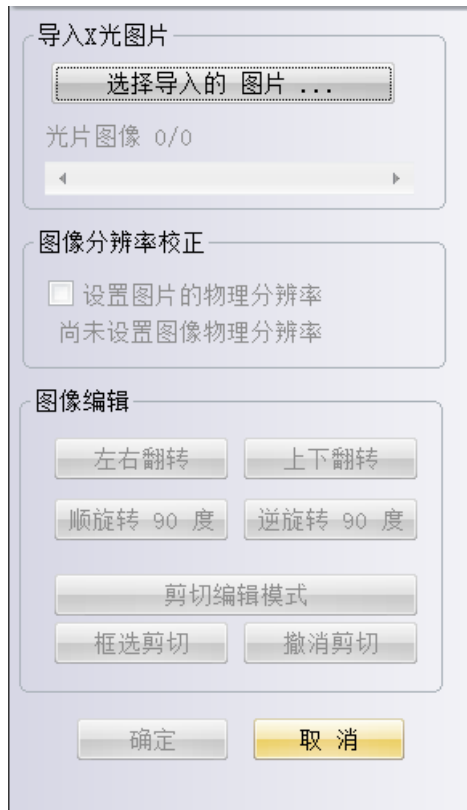


图 2—3 导入 X—Ray 命令栏

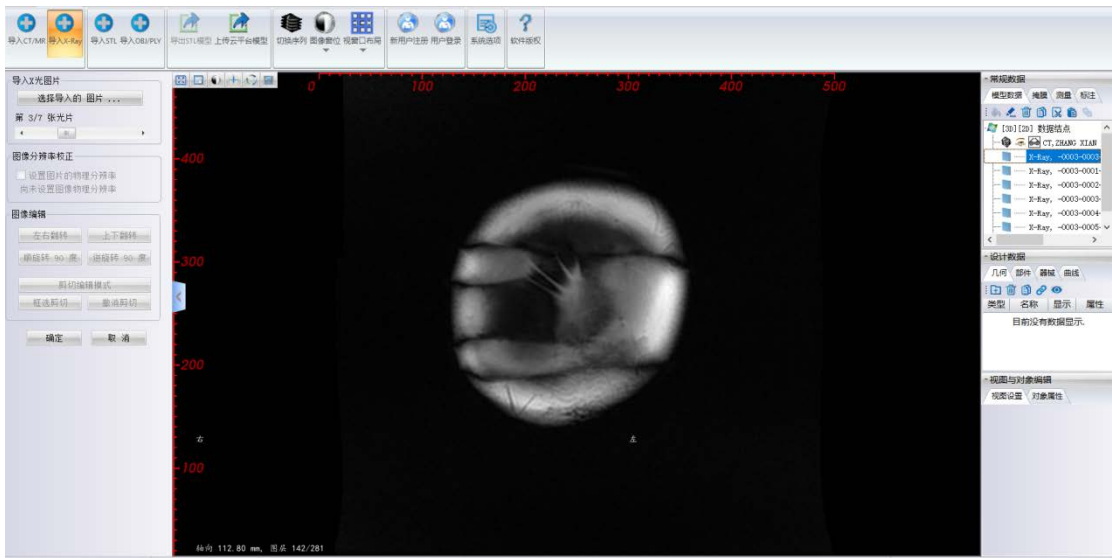


图 2—4 导入 X—Ray 主界面

（三）导入几何模型

在导入几何模型子窗口中点击“选择几何模型”按钮，可以导入 STL、OBJ、PLY 等类型的几何模型到三维视图中。

点击“导入 STL”或“导入 OBJ/PLY”按钮，弹出选择模型界面，选择好需要的模型后，点击确定，完成模型导入。结果保存于“模型数据”标签内。

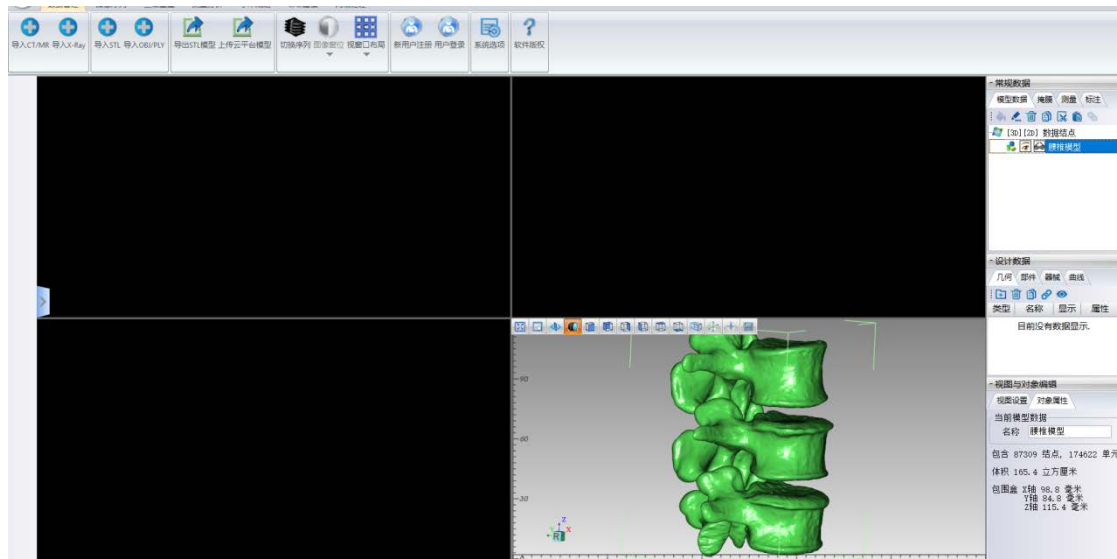
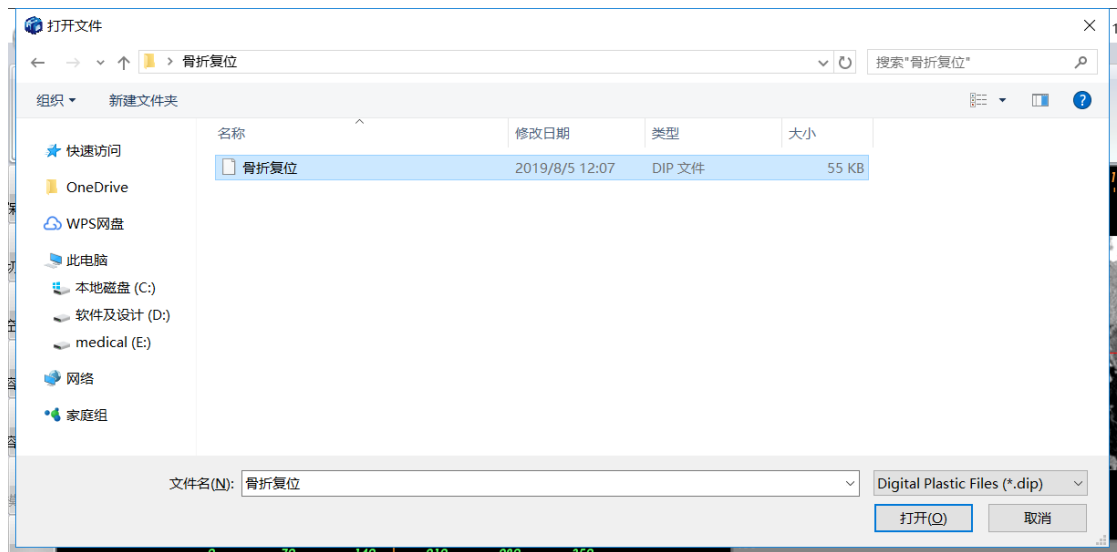


图 2—5 导入几何模型

（四）导入工程文件

在左上角的开始菜单中，选择打开工程，弹出文件夹位置选项工具，选择需要导入的工程文件，点击确定完成导入。或在开始菜单中直接选择工程名称也可完成导入。



（五）项目管理（保存、另存为、打开及关闭）

完成图像输入后，可以将结果保存为一个项目，E3D 软件可以在任何处理过程中将结果保存为项目文件，下次打开项目可以继续前面的工作。

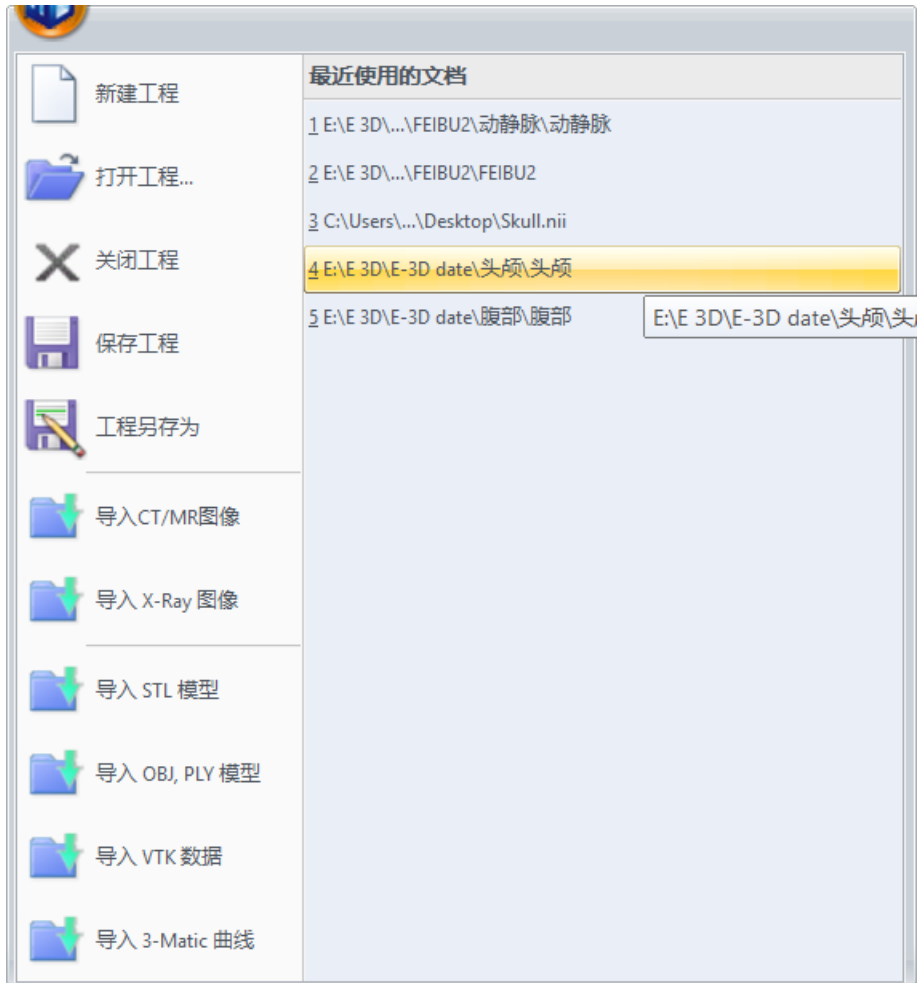


图 2—6 项目文件打开位置

(六) 图像调整

(1) 图像窗位

E3D 软件 CT 断层图像的像素单位可以用两种单位显示，一种是灰度值，一种是 CT 值，更改单位可进行调整窗宽窗位的操作。

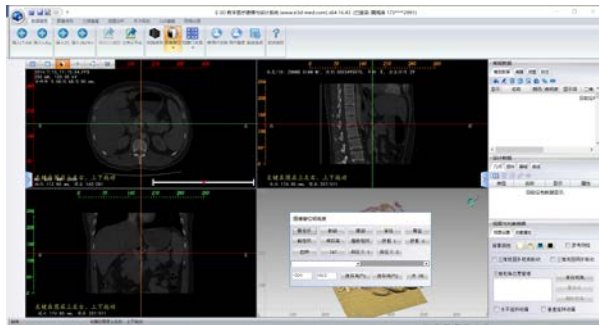
点击窗宽窗位工具，在断层图像视口上，按住左键，光标发生变化，上下拖动鼠标改变显示窗宽，左右拖动鼠标改变显示窗位。

也可以点击“图像窗位”工具按钮，点选图像窗位明亮度按钮，里面预设多种组织灰度值，也可以调节灰度范围进行修改。

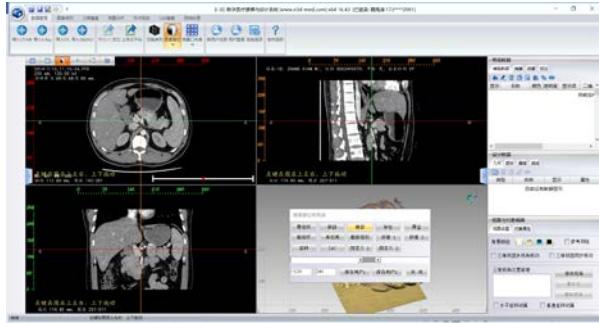


图 2—3 图像窗位明亮度

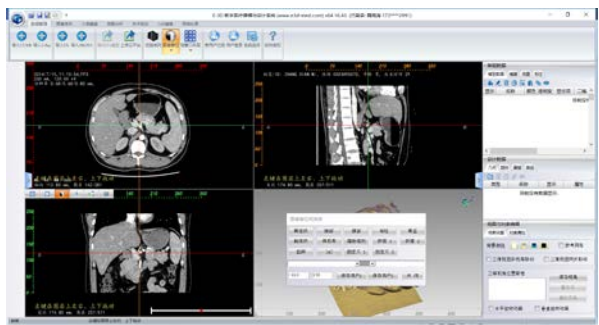
以例子数据—胸腰为例，选部分窗位明亮度展示。



图像窗位—骨组织



图像窗位—腹部



图像窗位—肝脏

(2) 伪彩

在二维视口内的菜单栏中找到“图像明亮对比度”按钮，打开如图 2—4 所示的下拉菜单。选择合适的伪彩，二维图像则呈现对应的伪彩图像。效果如图 2—5 所示

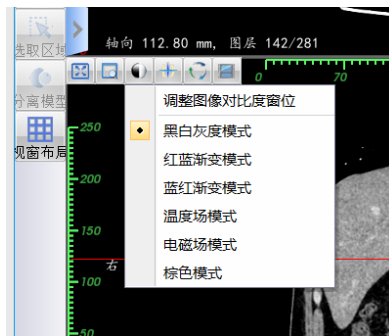


图 2—4 伪彩选择菜单

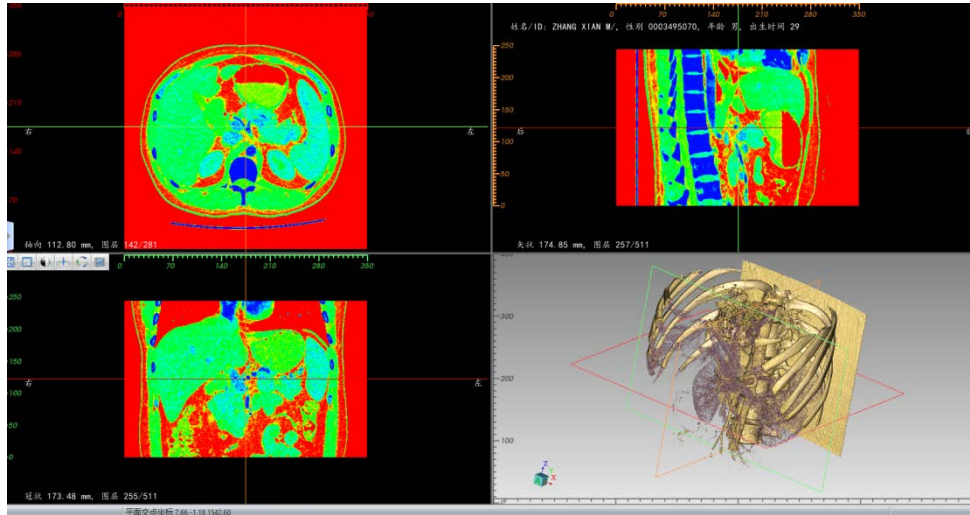


图 2—5 ① 红蓝渐变

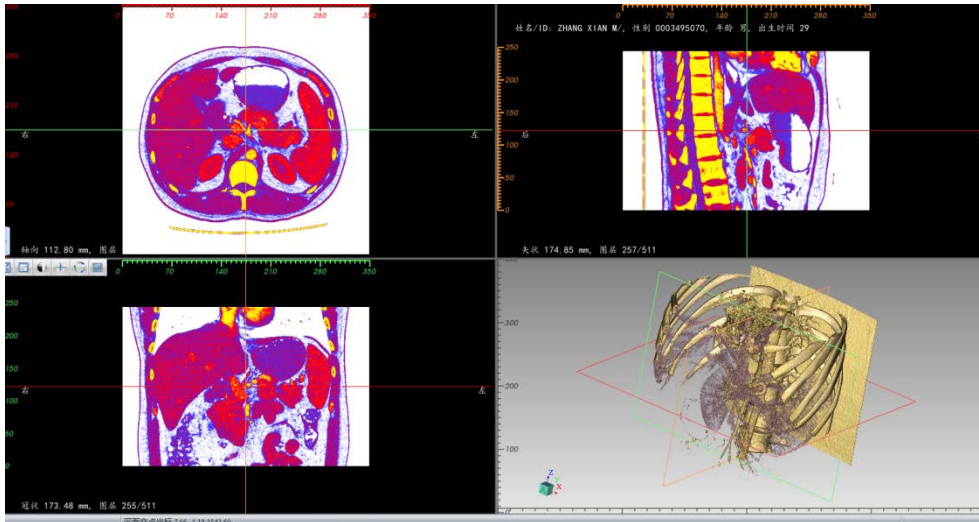


图 2—5 ② 温度场模式

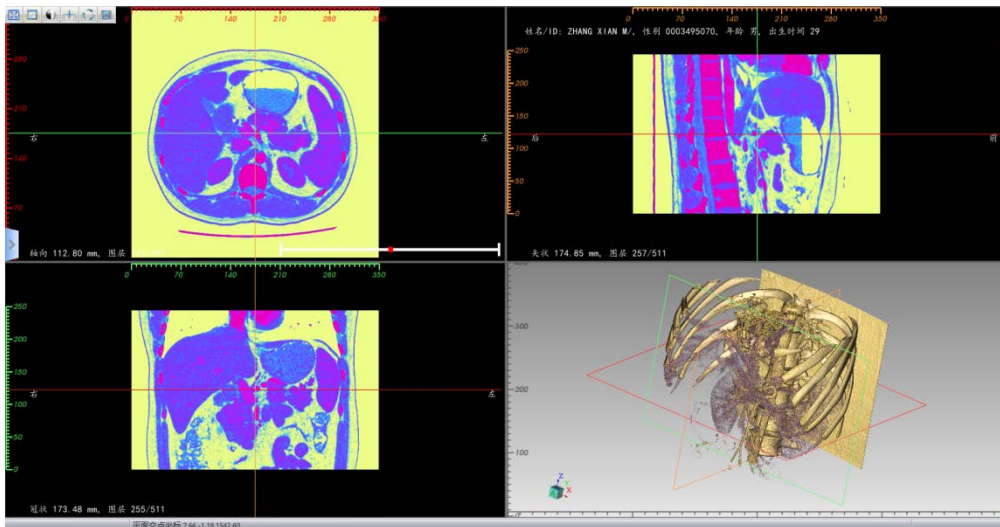


图 2—5 ③ 电磁场模式

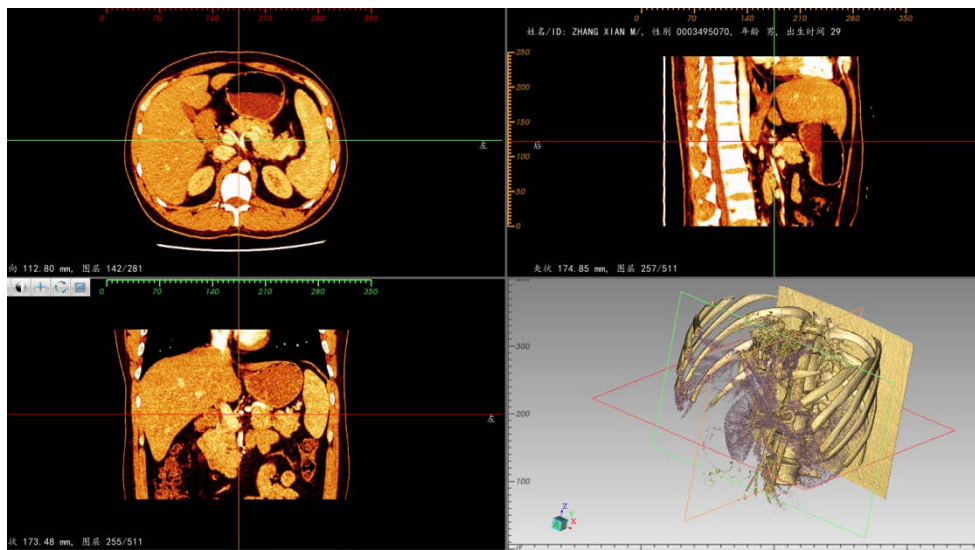


图 2—5 ④ 棕色模式

当我们改变伪彩模式后，可以根据图像质量调整窗位，以使用户可以更好的观察加入伪彩的图像数据和方便后续的分割。

(3) 旋转图层方向

E3D 软件导入体数据后，除了原始横断面外，软件自动重组矢状面和冠状面连续断层图像，用户可以如同浏览一般图像一样，在 3 个正交断面视口浏览断层图像。操作方法如下

点击二维视口内的“旋转图层方向”按钮，二维视口内的数据中心出现如图 2—6 所示旋转轮盘，拖动任意旋转轮盘可以在三个二维视口内旋转图层方向，以便达到最完美的观察方向及操作角度。点击“恢复视图最初位置”可回复最初二维视口内图像的位置。



图 2—6 旋转图层方向轮盘

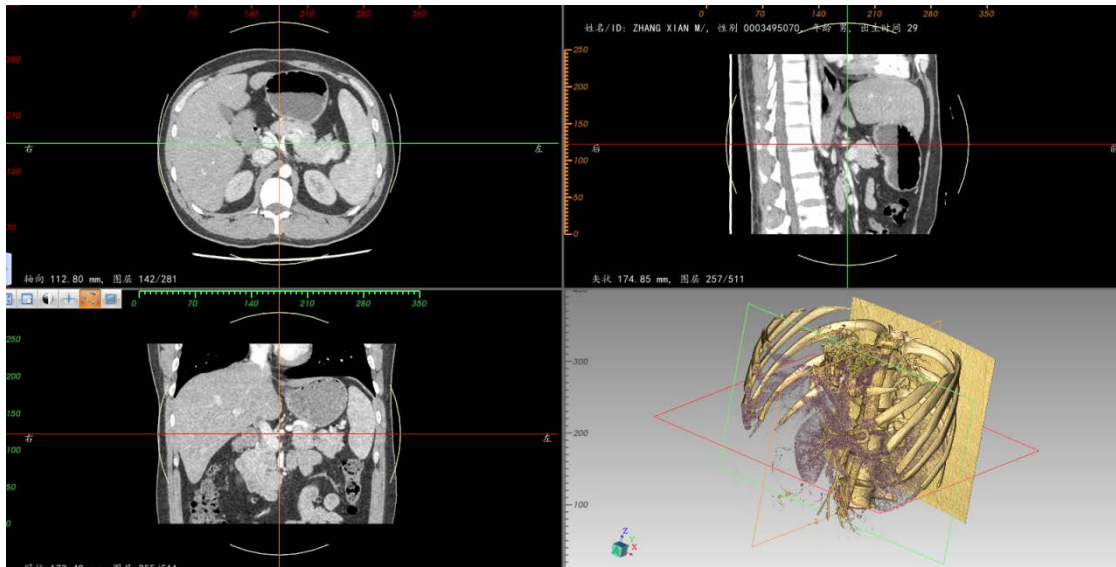


图 2—7 ① 旋转图层方向前

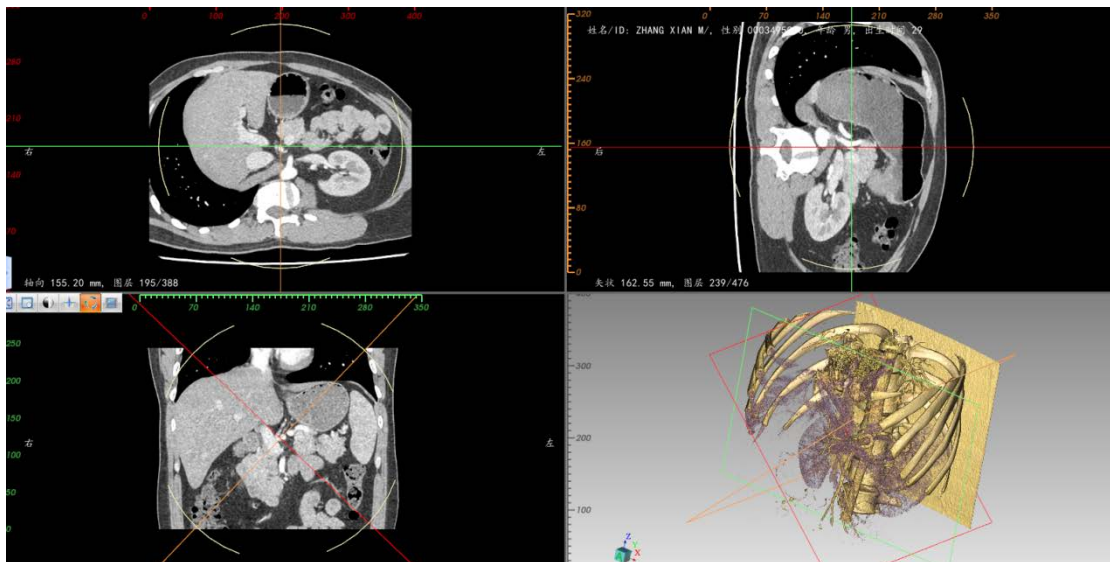
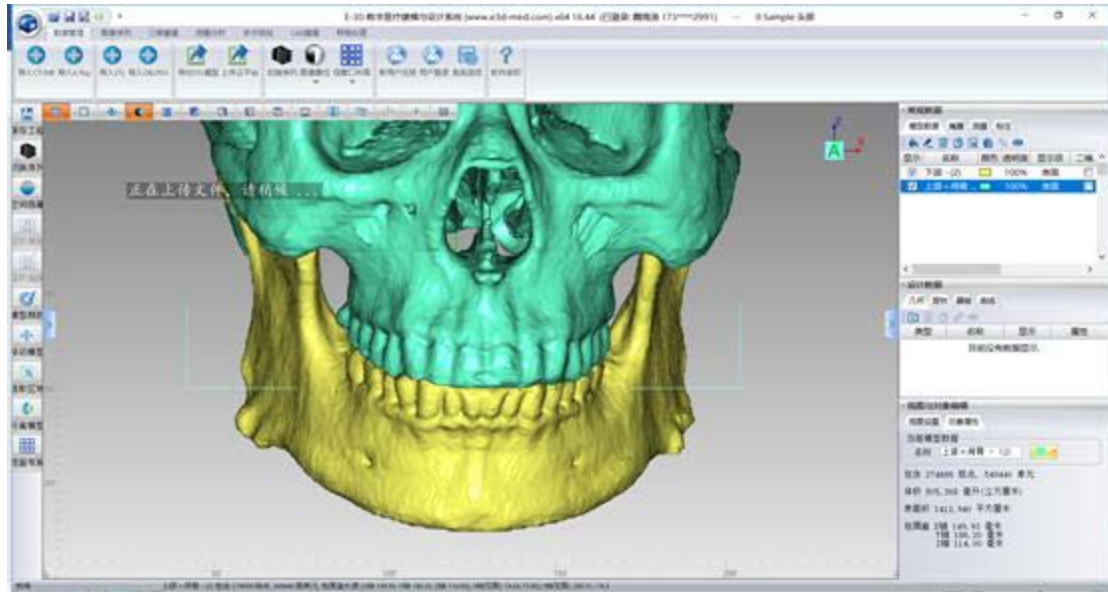


图 2—7 ② 旋转图层方向后

（七）上传云平台

模型制作完成后，如果需要发送给患者或医生使用手机观察，我们可以在数据管理—上传云平台中转换为移动端，具体操作方式如下：

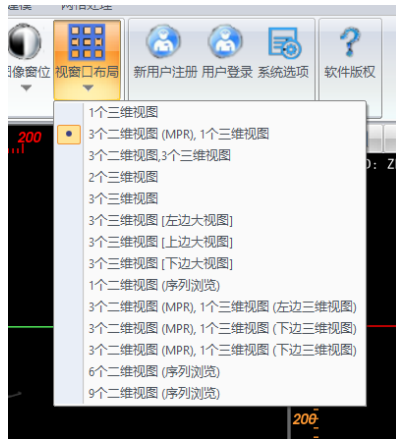
将模型制作完成后，点击数据管理标签下的“上传云平台”按钮，计算机将模型进行运算，生成移动端的可视化模型，弹出文件夹选择窗口，并生成一个网页版链接保存为文本文档，用户根据需要命名该文档的名称，点击确定保存在选择的文件夹位置。打开文本文档，复制文本文档中的链接，发送至移动端。在移动端点击链接就可以进行观察。



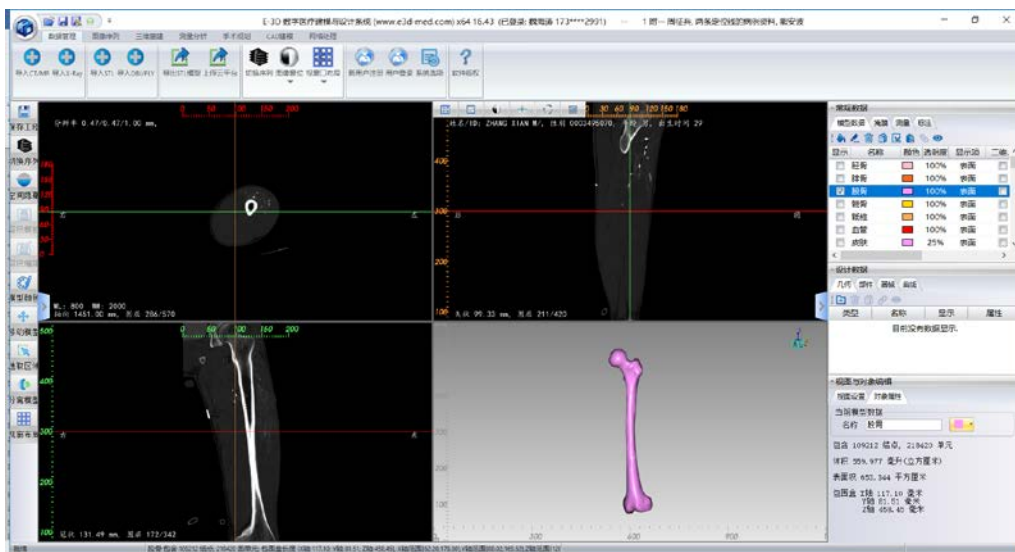
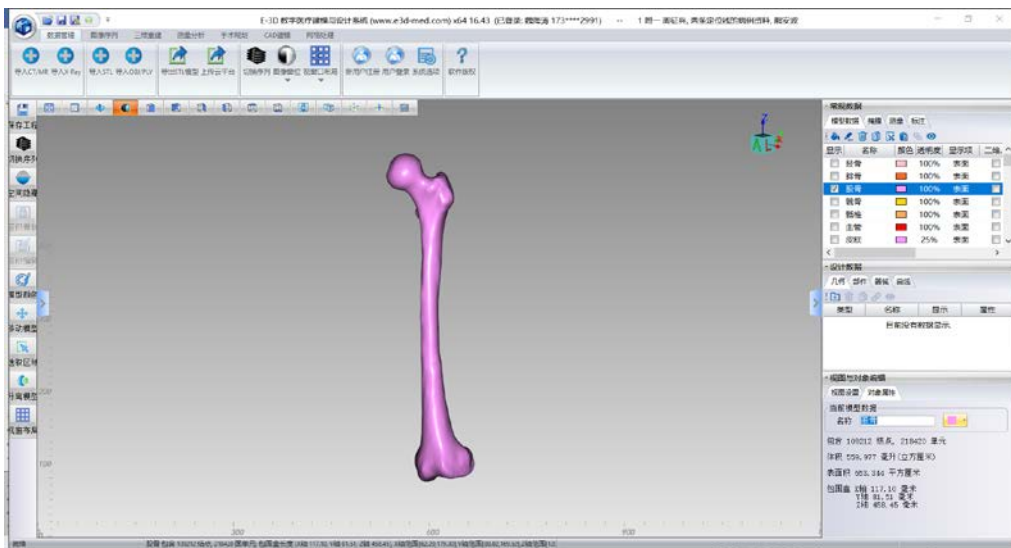
移动端操作:

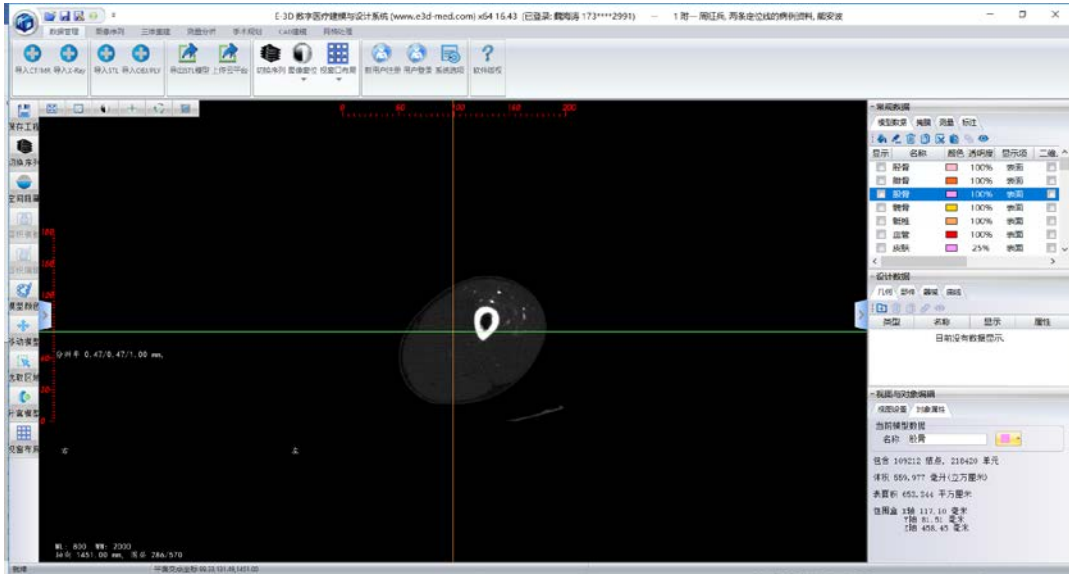
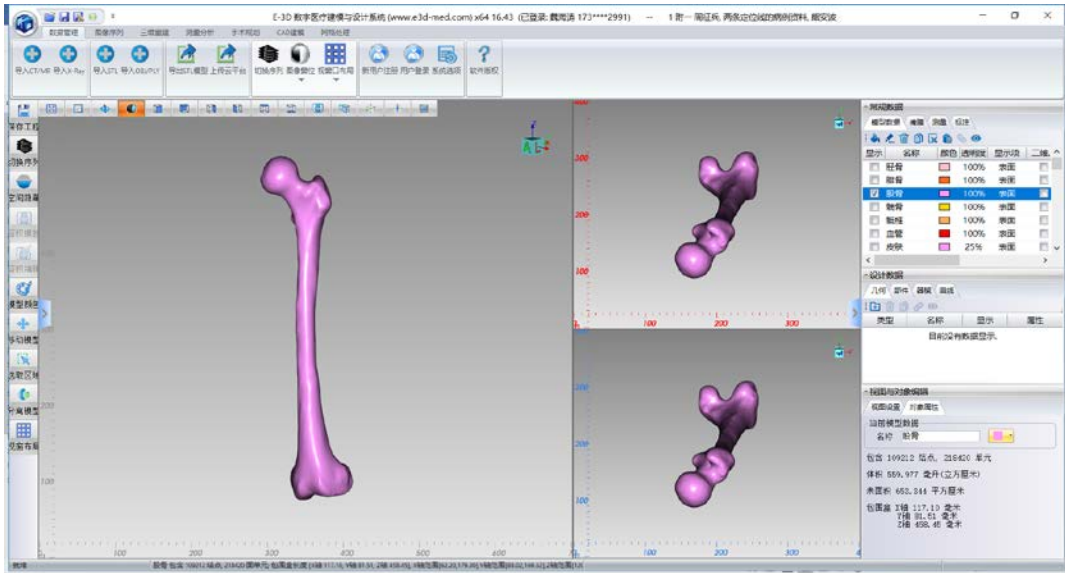
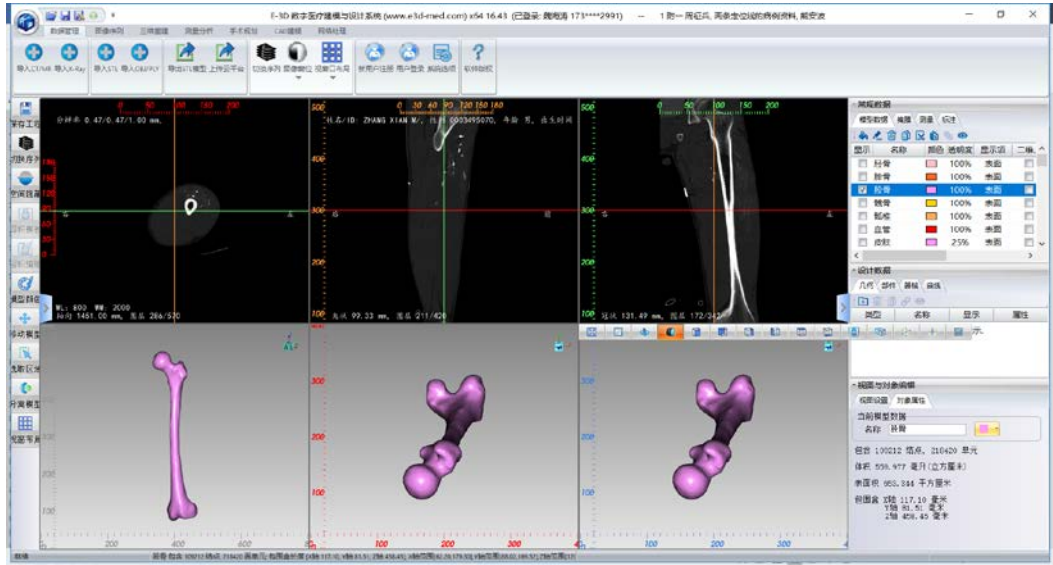
(八) 视窗口布局

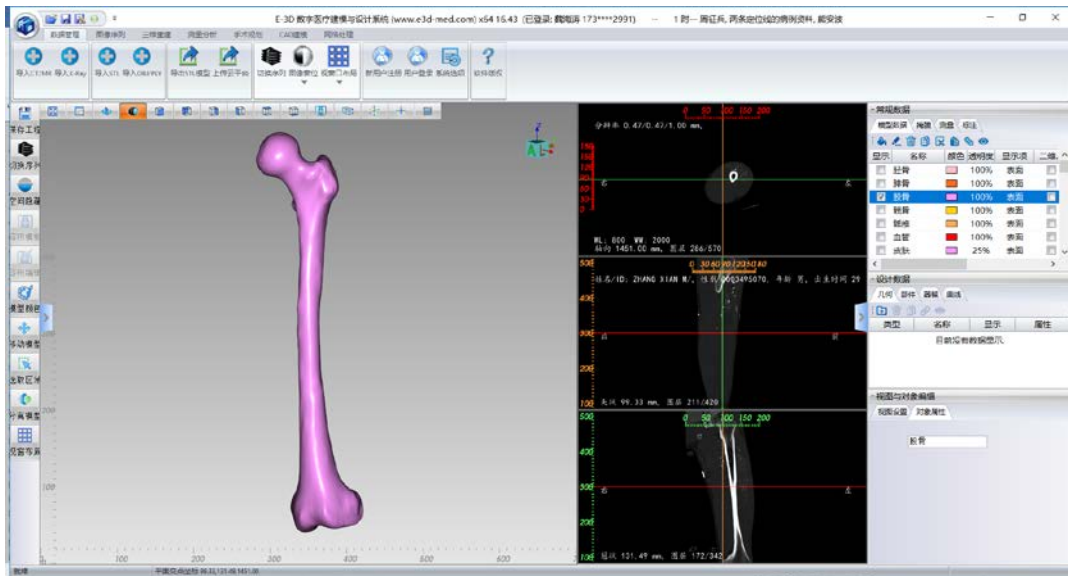
点击视窗口按钮，出现以下界面，选择自己喜欢的窗口布局并点击，窗口布局将自动应用于视窗。



视窗口布局包含二维平面布局和三维布局，还有二维布局与三维布局的结合。（几种常见布局）用户可以根据自己的喜好随意切换。







(九) 新用户注册与用户登陆

第一次使用 E3D 的用户没有账号，需要进行注册。在线注册方式为：

打开“数据管理菜单”内的“新用户注册”工具，根据自己的实际情况填写注册信息，填写完成后，点击“注册”按钮，即可完成注册。

若注册时没有网络，可选择离线方式注册：点击“导出离线申请”导出注册文件，在有网络的时候，点击“导入离线许可”即可完成注册。

新用户注册
✕

姓名 (必填)

手机号 (必填)
(用于登录)

Email 号 (必填)

登录密码 (必填)

密码重复 (必填)

单位 (必填)

微信号

QQ 号

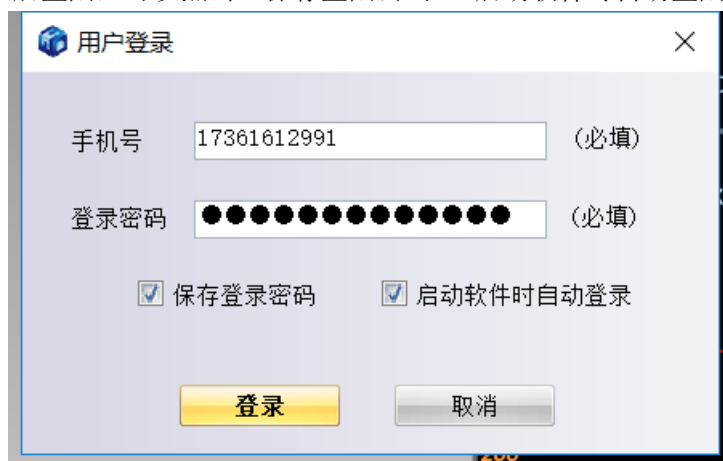
注册
取消

说明： 如果暂时不能联网，导出离线注册文件
发Email到 26551858@qq.com 进行注册申请

导出离线申请
导入离线许可

注册完成后，在使用前请登陆软件，点击用户登陆，出现以下界面，填写账号信息，点击登

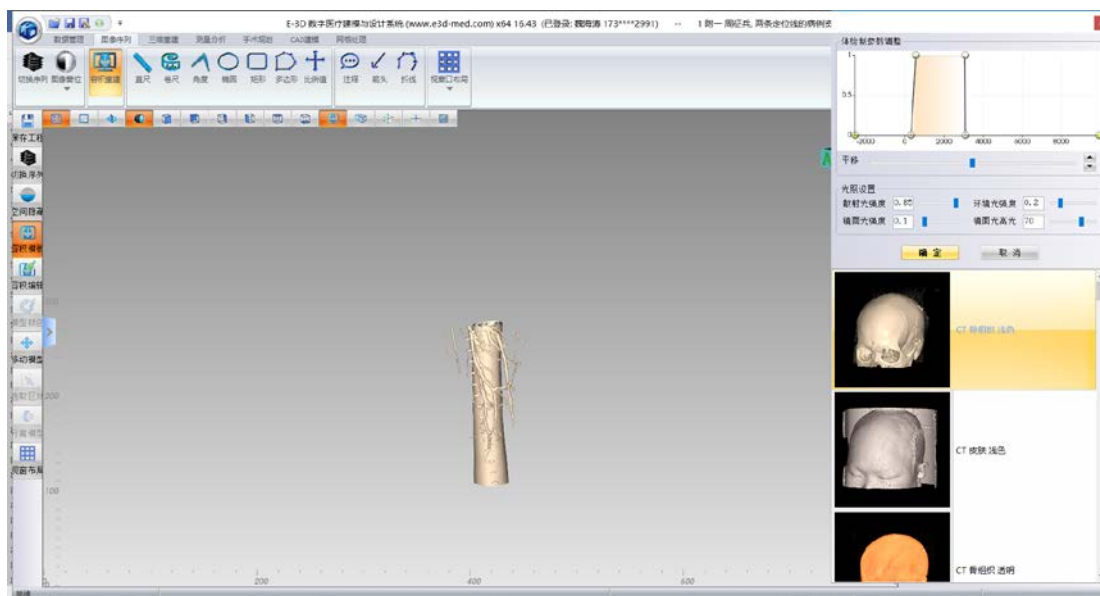
陆。为了方便以后登陆，可以点击“保存登陆密码”“启动软件时自动登陆”

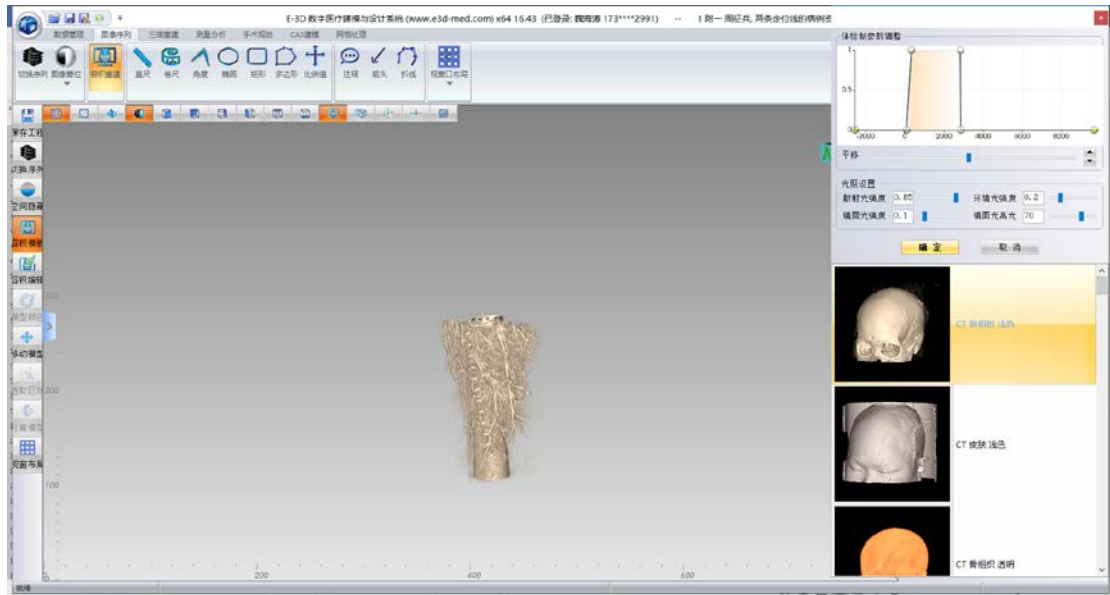


第三章：图像序列

(一) 容积重建

点击“容积重建”按钮，在界面右侧弹出“体绘制参数调整”和“容积模板”的组合界面，选择容积模板后，若觉得该模板需要稍微调整以下，可以拖动体绘制参数折线上的点或平移设置滑块来达到需要的状态。

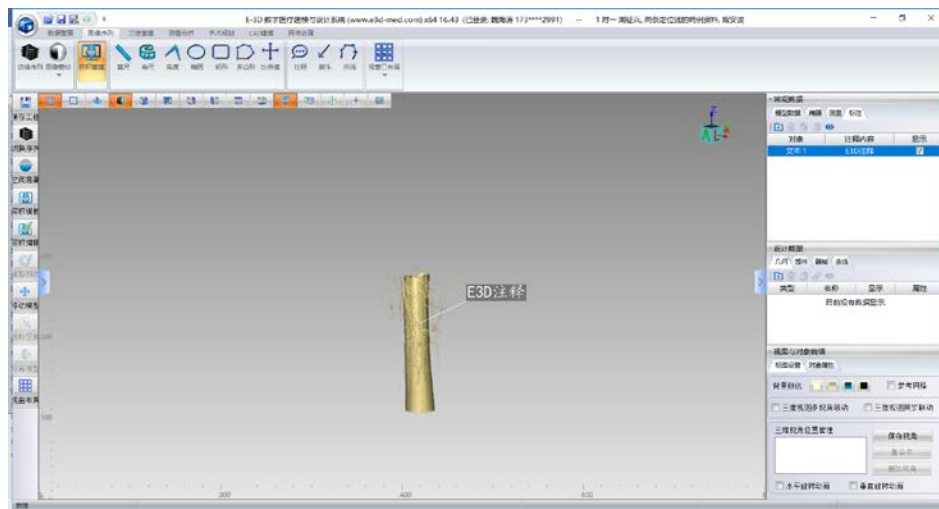




(二) 标注

(1) 注释

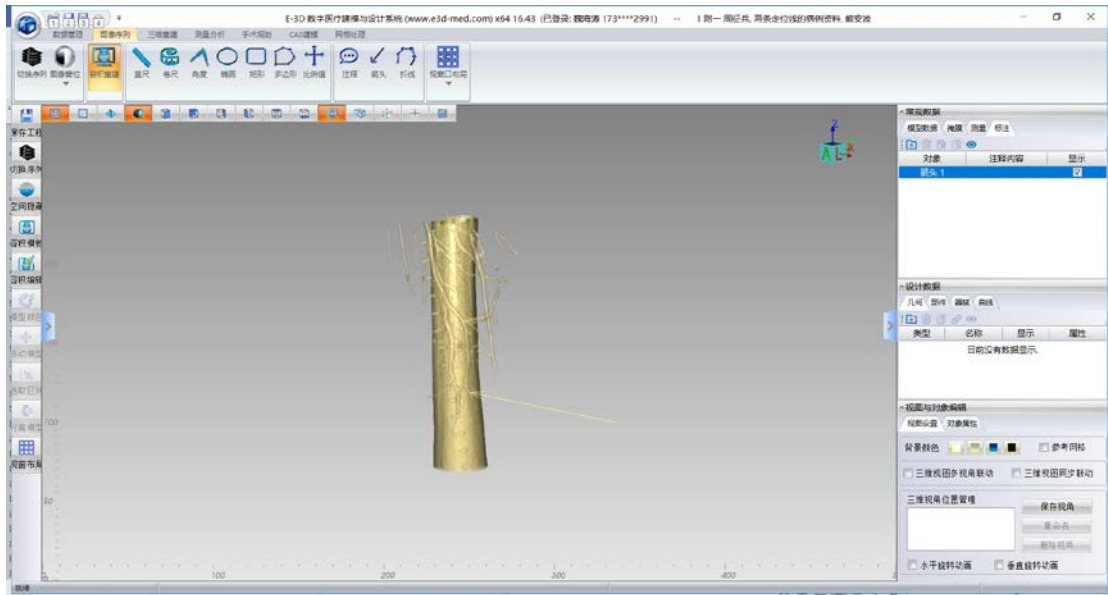
点击“注释”按钮，在二维平面或三维实体中点击需要添加注释的位置，在该位置弹出一个文本框，在文本框中输入注释内容，输入完成后，敲击回车键确定输入内容，点击空白处完成注释的显示。



注释的内容在右侧常规数据管理—标注标签内存储，如果需要删除标注，在标注标签内点击标注内容，点击删除按钮即可删除。

(2) 箭头

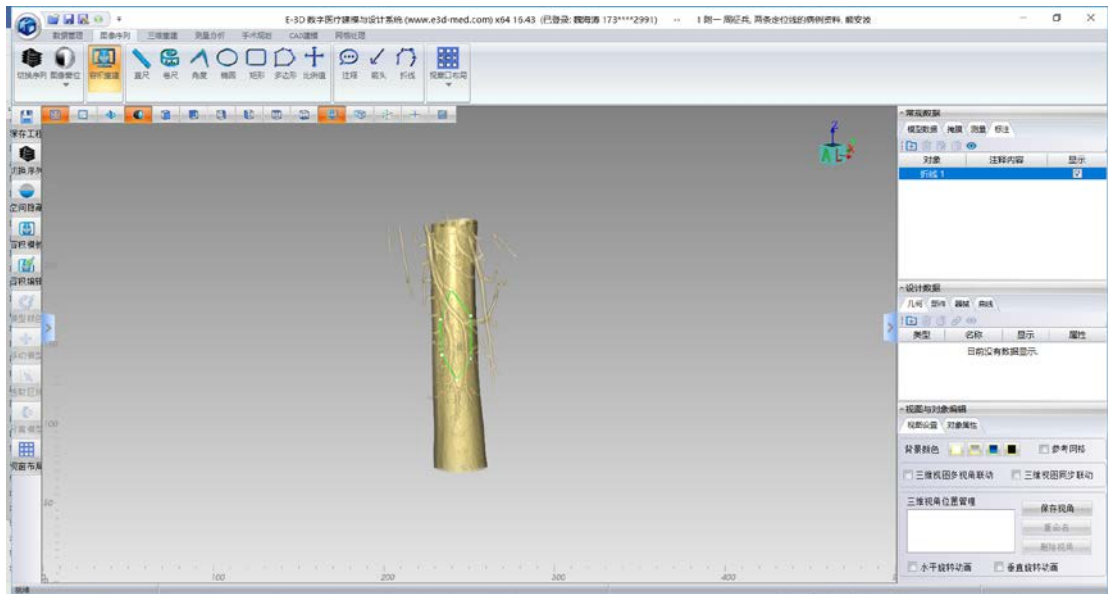
点击箭头按钮，在二维平面或三维实体中点击需要添加箭头的位置，点击两个点，第一个点是箭头尾部的位置，第二个点是箭头箭尖的位置，如果需要修改箭头位置，双击箭头，箭头两端的点变为黄色，即可拖动点改变位置。



箭头的内容在右侧常规数据管理—标注标签内存储，如果需要删除标注，在标注标签内点击标注内容，点击删除按钮即可删除。

(3) 折线

点击折线按钮，在二维平面或三维实体中点击需要添加折线的位置，最后一个点时双击，首尾点自动相连为一个闭合的多边形。如果需要修改多边形顶点位置，双击多边形，多边形定点击变为黄色，即可拖动点改变位置。



折线的内容在右侧常规数据管理—标注标签内存储，如果需要删除标注，在标注标签内点击标注内容，点击删除按钮即可删除。

第四章：三维重建

(一) 阈值分割

阈值分割方法基于对灰度图像的一种假设:分割目标或背景部分的相邻像素间灰度值是相似

的,但不同分割目标或背景的像素值则有差异。

阈值分割的优点是简单,对灰度值相差较大的组织可以很有效地分割,比如 CT 图像利用阈值分割可以很容易地分开 CT 值差别明显的骨骼、肌肉和肺。但阈值分割不适用于灰度值相差不大的图像,对图像中的噪声也比较敏感,因此通常作为预处理。(图 3—1 阈值分割) E3D 软件的阈值分割方法有 2 种第一种通过阈值分割工具条来设定分割阈值。

单击“三维重建”中“阈值分割”按钮,弹出阈值分割工具条,设定分割阈值,如果只需要分割图像中的一部分,可以点击“使用包围盒”,移动选框上的点,确定包围盒范围,单击“确定”,分割结果保存为掩膜。

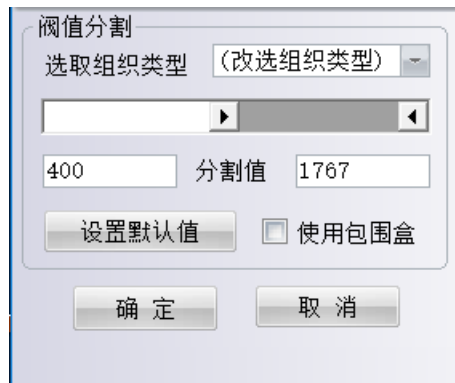


图 3—1 阈值分割

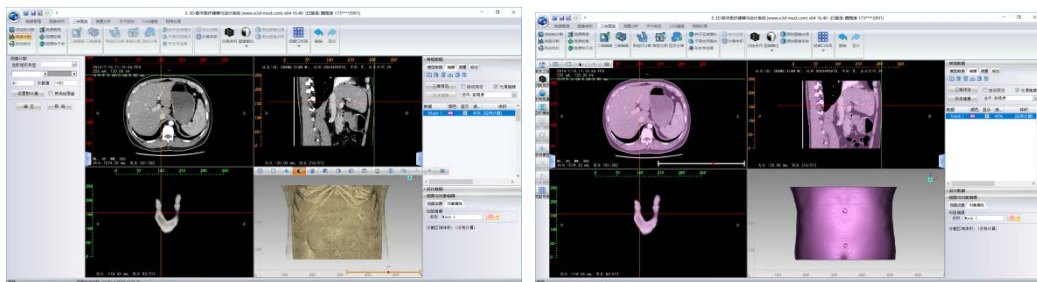


图 3—2 阈值分割操作（左图为操作前，右图为操作后）

第二种通过体绘制分割：单击三维重建工具栏中的“体绘制分割”工具，点击三维视口中右下角的滑块，如（图 3—2 体绘制分割）使滑块有红色变为绿色，拖动滑块调整体绘制阈值，或点击滑块有红色变为绿色，滑动鼠标滚轮调节体绘制阈值。调节到合适的范围时，任意位置点击右键，执行分割命令，分割结果保存为掩膜。

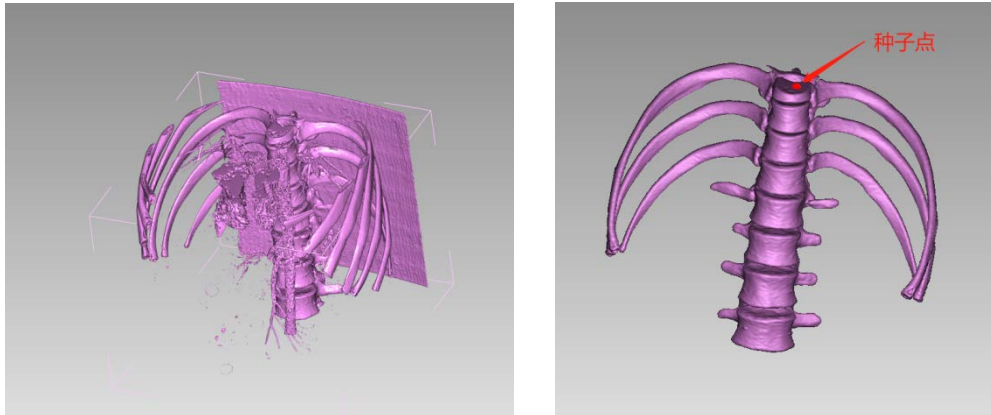


图 3—3 体绘制分割（左图为分割前，右图为分割后）

（二）简便种子点与种子区域增长

使用阈值分割创建掩膜后，掩膜中如果存在多个部分，且有部分为用户不需要的地方，可以通过简便种子点或种子区域增长命令去除不需要的部分，可以理解为对初步阈值分割掩膜上彼此不相连的分割区域进一步细分，生成新的掩膜。具体操作如下：

选择三维重建菜单下的简便种子点或种子区域增长，鼠标左键单击选取种子点，左键双击或右键单击任意位置执行操作命令。命令执行完成，目标掩膜默认为生成一个新的掩膜。



(三) 形态学操作

数学形态学图像处理的基本思想是利用一个结构元素的“探针”收集图像的信息,当探针在图像中不断移动时,便可考察图像各个部分间的相互关系,从而了解图像各个部分的结构特征。从某种特定意义讲,形态学运算是以几何学为基础的、着重研究图像的几何结构。最基本的形态学运算是膨胀和腐蚀,图像 A 被结构元素 B 膨胀或腐蚀,膨胀或腐蚀后的图像形状不但与图像 A 的形状有关,而且与结构元素 B 的形状也有关,但是与图像 A 的原始位置无关,膨胀或腐蚀可以使图像 A 面积变大或缩小。

进一步了解膨胀和腐蚀的数学原理可以查阅相关资料。E3D 软件对分割蒙板引入形态学操作,目的是通过膨胀或腐蚀,在不过多改变蒙板形状的同时,增大或缩小蒙板面积;或者在不过多改变掩膜面积的同时,通过开运算(先腐蚀再膨胀)去除分割掩膜边界上的一些小毛刺,或闭运算(先膨胀再腐蚀),或填充分割掩膜中的一些小空洞。(图 3—3 形态学操作)

形态学操作可执行以下操作:

选择“三维重建”菜单栏中的“形态学运算”按钮,弹出形态学运算操作工具栏:



图 3—3 形态学操作

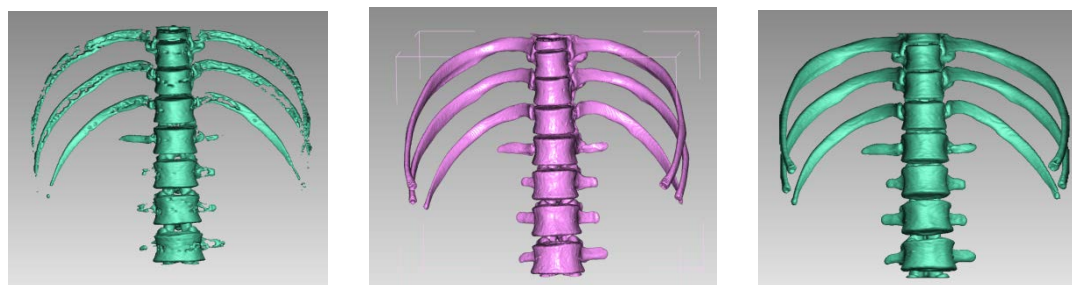
设定相关参数: 点击“输入”旁“掩膜”按钮, 选择所要进行形态学运算的原始掩膜; 点击“输出”旁“新掩膜”按钮, 创建或选择原始掩膜; 选择进行形态学操作的算法: “膨胀”、“腐蚀”、“开运算”、“闭运算”, 在三个轴向上选择限定形态学操作的像素范围, 单击“执行操作”按钮。

腐蚀: 在原模型的 XYZ 轴向内进行缩减

膨胀: 在原模型的 XYZ 轴向外进行扩张

开运算: 先腐蚀操作再膨胀操作

闭运算：先膨胀操作在腐蚀操作



左图为腐蚀操作

中间为原模型

右图为膨胀操作

图 3—4 形态学操作

注意：对医学背景的使用者来说,E3D 软件的形态学操作,可以简单地理解为在蒙板分割区域的边界上向外增加几个像素（膨胀）或向内减少几个像素（腐蚀）；原先彼此不连通的区域,如果之间距离小于增加的距离(像素个数×像素尺寸)的 $1/2$,经过膨胀后合并为一个区域;区域内的孔隙,如果最大直径小于增加的距离的一倍,经过膨胀后孔隙可以消失;原先两个连通的区域,如果连接部分宽度小于减少的距离的 $1/2$,经过腐蚀后分裂为两个区域;如果小的区域最大径小于减少的距离的一倍,经过腐蚀后此小区域会消失。

（四）布尔操作

两个蒙板之间可以进行布尔操作,布尔操作共有 3 种（图 3—5 布尔操作）

选择“三维重建”菜单栏下的“布尔运算”按钮，或“CAD 建模”菜单栏下的“布尔操作”弹出布尔操作工具栏



图 3—5 布尔操作

设定相关参数：下拉选择框中选择掩膜 A 和掩膜 B，选择布尔操作方式：“减”“交”“并”，单击执行命令，将结果保存为一个新的掩膜或替换其中一个掩膜。

布尔减：

两个蒙板矩阵中对应元素布尔减(用符号“—”表示)运算的法则是：

设掩膜 A 和掩膜 B,布尔减相当于从掩膜 A 中减去掩膜 B。

$$1-0=1$$

$$0-1=0$$

$$0-0=0$$

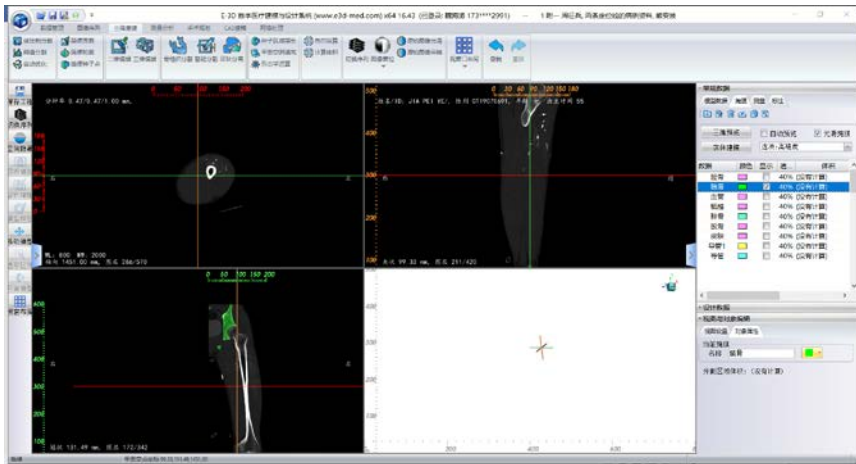
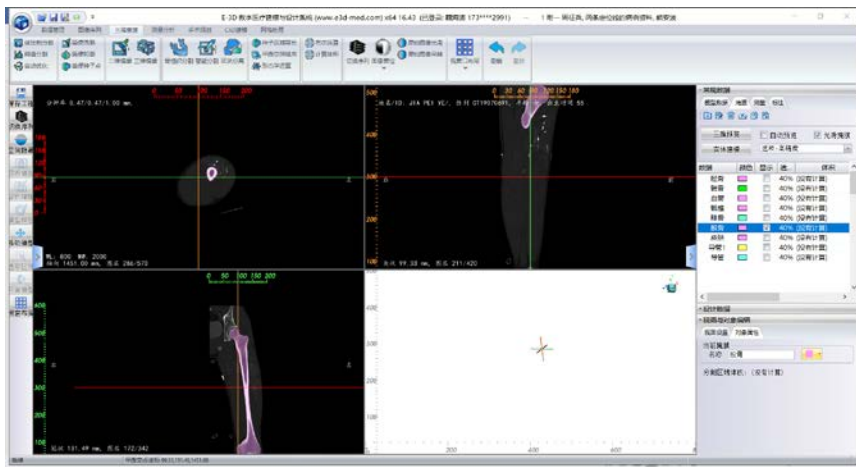
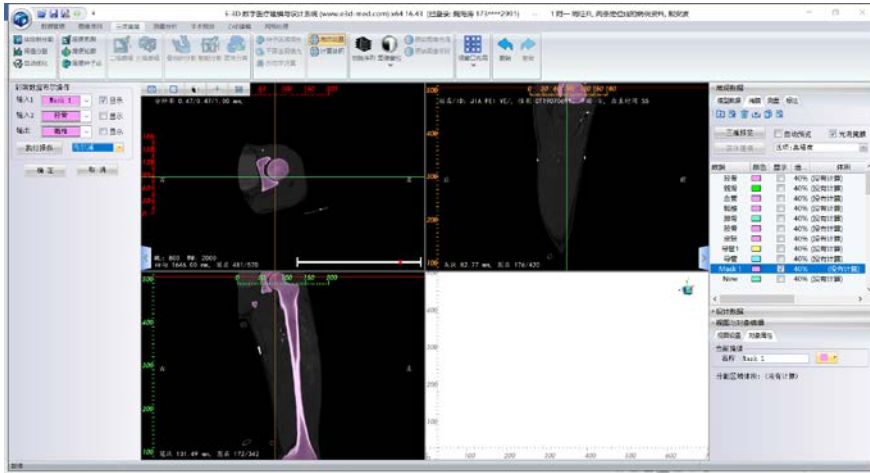


图 3—6 上图为掩膜 A，中图为掩膜 B，下图为布尔减去效果
 设掩膜 A 和掩膜 B,布尔减相当于从掩膜 A 中减去掩膜 B 或从掩膜 B 中减去掩膜 A。

布尔交

两个蒙板矩阵中对应元素布尔交(用符号“|”表示)运算的法则是:

设掩膜 A 和掩膜 B, $A|B$ 相当于掩膜 A 与掩膜 B 的重叠部分。

$$1|0=0$$

$$0|1=0$$

0|0=0

1|1=1

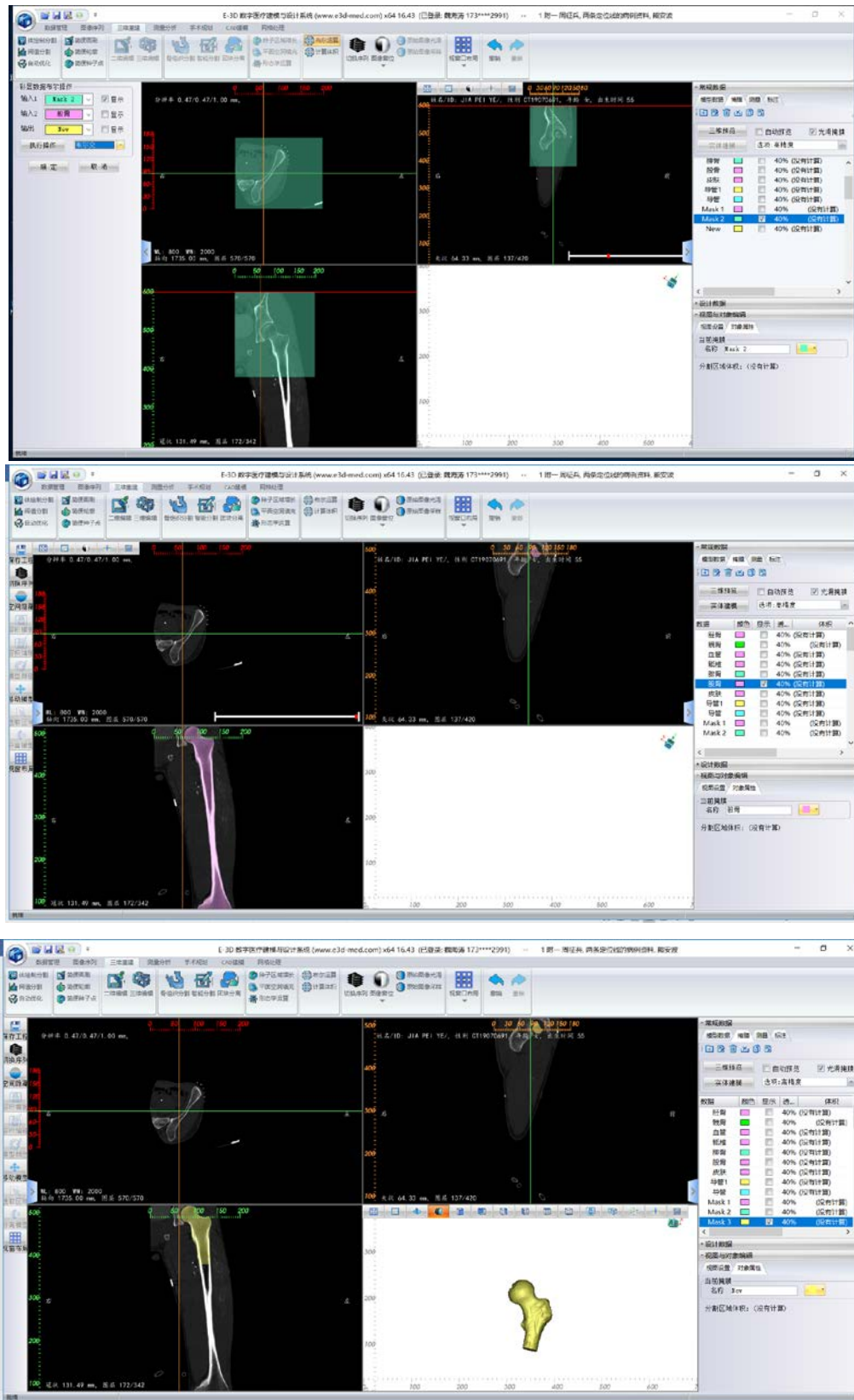


图 3—7 左图为布尔交之前，右图为布尔交之后

布尔加

两个蒙板矩阵中对应元素布尔并(用符号“U”表示)运算的法则是:

$$1U0=1$$

$$0U1=1$$

$$0U0=0$$

$$1U1=1$$

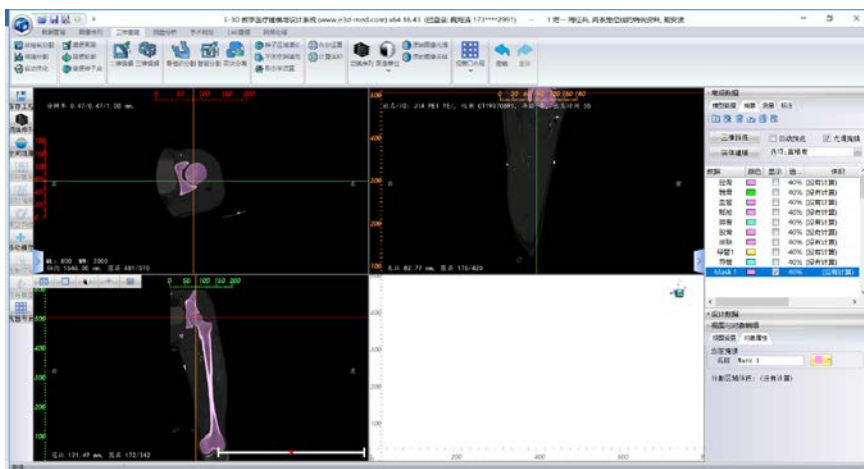
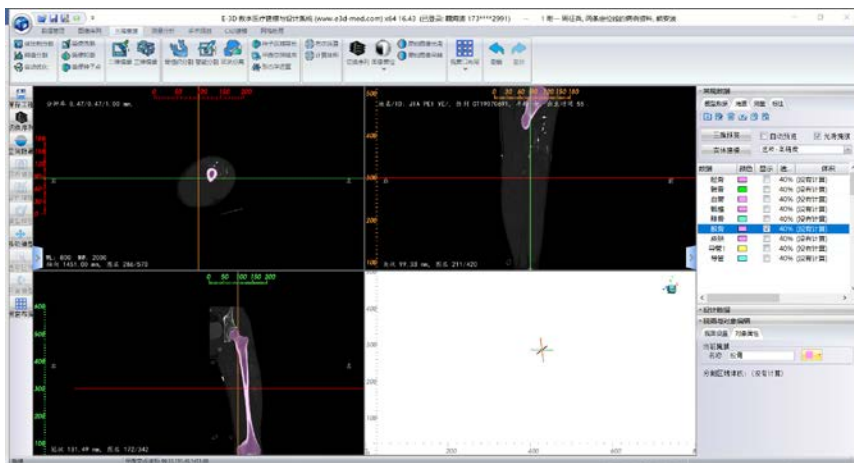
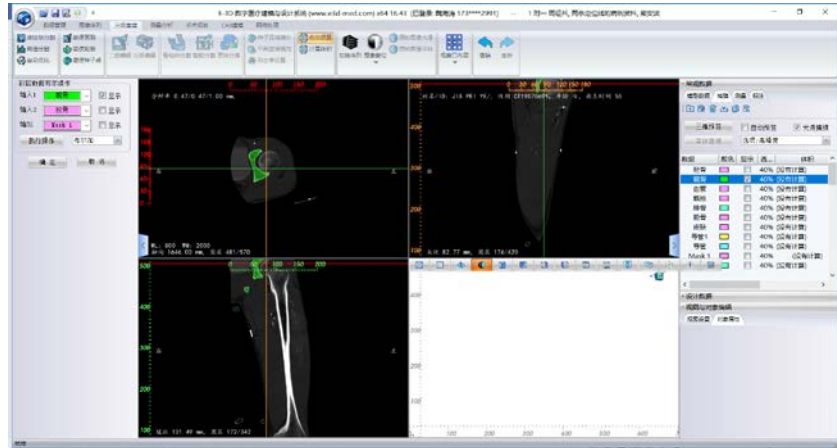
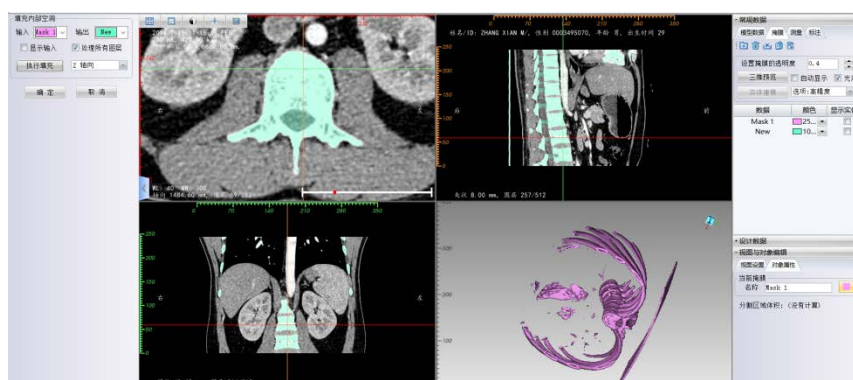
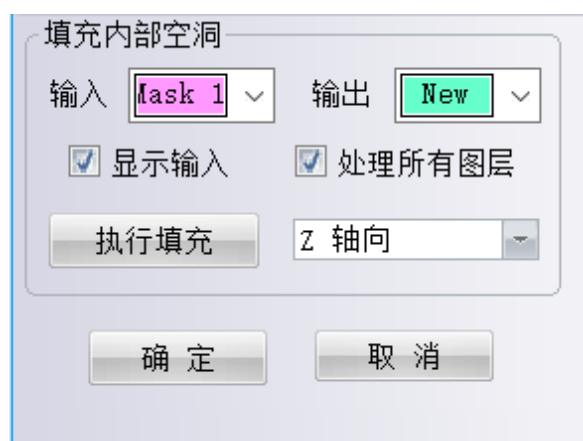
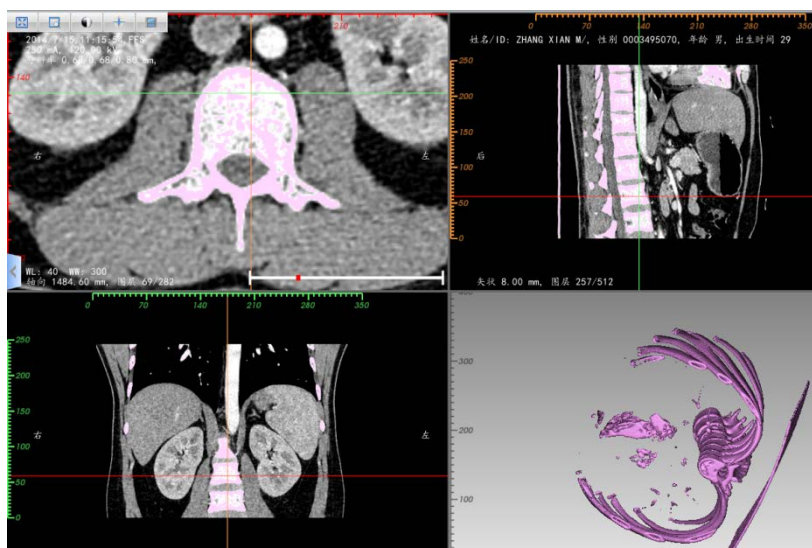


图 3—8 上图为掩膜 A 中图为掩膜 B，下图为布尔加效果
设掩膜 A 和掩膜 B,AUB 相当于合并掩膜 A 与掩膜 B。
(五) 平面空洞填充

通过“体绘制分割方式”或“阈值分割”方式进行分割时，掩膜中可能会保留大量空洞，如下图 3—9 所示，存在这种空洞，在后期的有限元分析和打印中会造成很多麻烦，为了避免这些麻烦，可以对模型进行空洞填充操作。操作方式如下。

点击“平面空洞填充”弹出如图 3—10 所示命令栏，选择输出模型为当前模型或新建模型，选择填充的轴向“X 轴向”“Y 轴向”“Z 轴向”，点击“执行填充”命令，经过计算，掩膜中的空洞被填充。填充效果如图 3—11 所示。



(六) 编辑掩膜

编辑类似于 PS 软件中的“铅笔”“画笔”以及“橡皮擦”工具，也类似于我们平时在纸上画图时用的笔和橡皮擦，是我们最熟悉的图像编辑方式。

由于医学分割的特殊性,正确地分割必须由专家进行手工分割和修改得到,因此,这些类似画笔与橡皮擦的工具虽然简单费力,却非常重要,熟练的掌握这些工具是对医学图像进行精确分割的基础。(图 3—9 二维编辑)

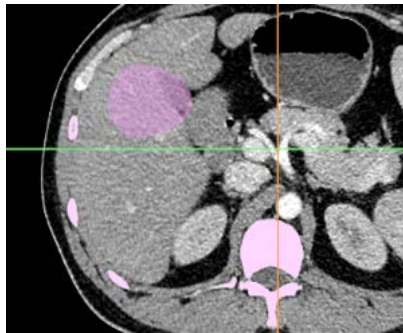
具体操作如下:

选择“三维重建”菜单栏下“二维编辑”,弹出以下对话框。

选择画刷及填充模式:填充或删除,将画刷移动到二维图像内,绘制编辑区域,若点击“自动应用”,则编辑完成的区域会自动根据选择填充或删除单层掩膜。当在“限定像素值范围”中“值大于”和“值小于”前勾选,若不知道限定像素值范围,可以点击数值后面的滴灌工具确定像素值范围。用户选择区域中的像素值在局部阈值之间的像素添加到原掩膜中,用户选择区域中原掩膜的像素值不在局部阈值之间的,像素从原掩膜中删除。

然后,选择合适大小形状,正如我们平时绘图时涂抹或擦除会根据情况选用不同形状、大小的笔尖。E3D 可以设定几种不同形状大小的笔尖,“圆形”“折线”“光滑曲线”“自由线”“智能轮廓”,在二维图像内,拖动右键,可以改变画刷的大小。

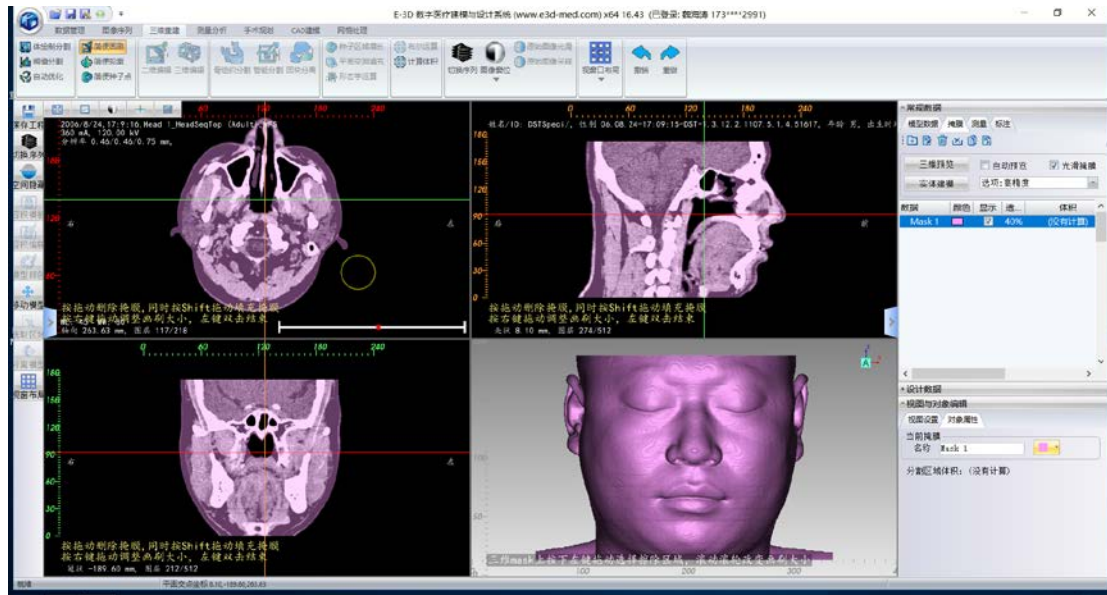
若需要编辑的层数较多,单层编辑效率低,我们拥有能够减少操作步骤,提高工作效率的方式,那就是多层插值,在二维编辑的多层插值功能中点击“开启插值功能,勾画关键层掩膜”在二维平面内勾画关键层,点击“插值中间层掩膜”数据计算完成后,选择插值效果“添加”“减去”“求交”“分离”,点击“应用插值掩膜”,点击确定。完成多层插值的编辑。



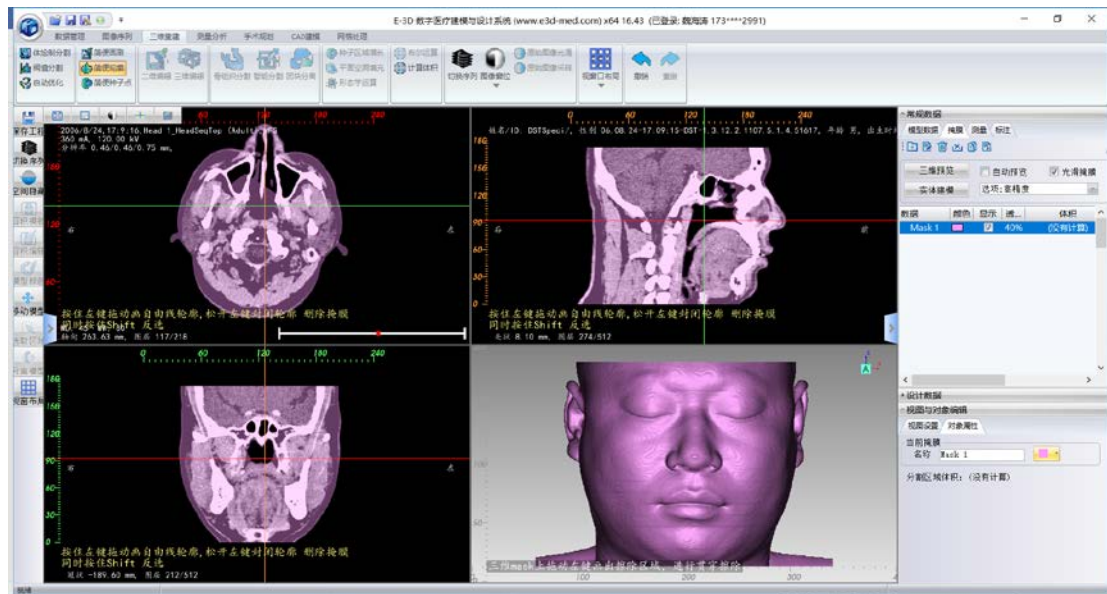
(七) 简便画刷与简便轮廓

简便画刷功能与简便轮廓是单独的命令，它们的编辑方式是在二维视口中对单层掩膜，或在三维视口中对整体掩膜进行擦除或填充的操作。具体方法是：

简便画刷：点击简便画刷命令，将鼠标指针移动到二维窗口，鼠标指针将变为画刷，可在二维窗口中对需要编辑的掩膜层面进行填充操作，如果需要擦除部分层面的掩膜，可以按住 shift 键，用鼠标左键拖动画刷进行擦除操作。在三维窗口中，使用画刷可以对模型进行画刷范围内的擦除，如果擦除错了，需要点击撤销将擦除的部分找回来。



简便轮廓：点击简便轮廓命令，将鼠标指针移动到二维窗口，鼠标指针将变为画笔状，可在二维窗口中对需要编辑的掩膜层面进行填充操作，如果需要擦除部分层面的掩膜，可以按住 shift 键，用鼠标左键拖动画笔进行擦除操作。在三维窗口中，使用画笔可以对模型进行套索范围内的擦除，如果擦除错了，需要点击撤销将擦除的部分找回来。



(八) 掩膜三维编辑

医学影响体数据集的分割，借助层与层之间的关联信息可以大大加快分割速度。

目前先进的 CT 扫描可以达到亚毫米层距,在这个数即使一些大的不规则的解剖结构,其轮廓在相邻的几个层化也不大;还有许多解剖结构在某些方向上相邻的层面近,比如在横断面

上股骨中段的横截面,或者轮廓变化有规律,比如颅骨的轮廓从上到下,先变大后变小。

因此,可以把单层蒙板编辑的结果简单复制在多个相邻层面上,或者对依一定规律变化的连续断层,可选择第一层和最后层手工编辑,中间蒙板由计算机插值自动生成。(图 3—11 三维编辑)

选择“三维重建”菜单下“三维编辑”命令栏,选择并点击需要的画刷,将鼠标移动到三维视口,按住 **ctrl** 键,左键拖动画刷,标记区域,按 **shift** 键拖动画刷反选。标记完成后,按 **delete** 键删除标记区域或点击删除按钮删除标记区域。操作完成后,点击确定,完成对掩膜的编辑。



图 3—11 三维编辑

(九) 自动优化

对分割的掩膜直接进行优化去除掩膜边缘小的毛刺或凹陷,可以执行以下操作。

选择“三维重建”菜单下的“自动优化”功能,弹出以下对话框(图 3—11 自动优化)

点击输入的下拉菜单,选择需要修改的掩膜和输出的掩膜,输出的掩膜可以新建或选择原来的掩膜。选择“分割数据光滑处理”命令中的“光滑消除毛刺”或“封闭填充小孔洞”命令,可消除模型在制作过程中出现的毛刺和小空洞,并对模型进行光滑处理。

如果需要处理的仅为当前层,点击“只优化当前层”,则执行的命令为当前视口所在的数据,点击执行。点击确定,完成优化

点击执行,完成操作。

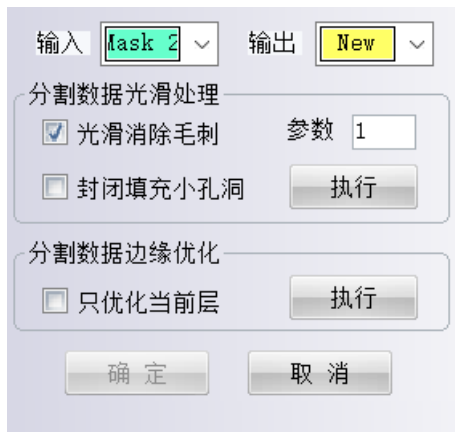


图 3—11 自动优化

(十) 骨组织分割

选择“三维重建”操作下的“骨组织分割”弹出以下命令栏(图 3—8 骨组织分割)

根据提示,标记骨皮质:点击:种子点选取骨皮质区域,在二维视图中找出并点击感兴趣的灰度,软件会根据用户的标记将联通区域划分并生成一种颜色;选择“标记骨松质和背景区域”中的标记工具,点击“标记背景区域”,调节画刷大小,在非感兴趣区域进行标记,如果可以标记到骨松质,可点击“标记骨松质区域”进行标记。标记完成后,点击执行分割,

完成分割，点击确定。

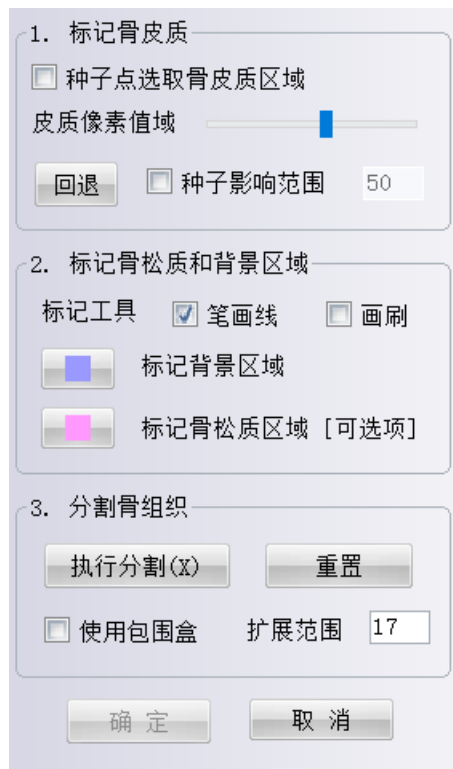


图 3—8 骨组织分割

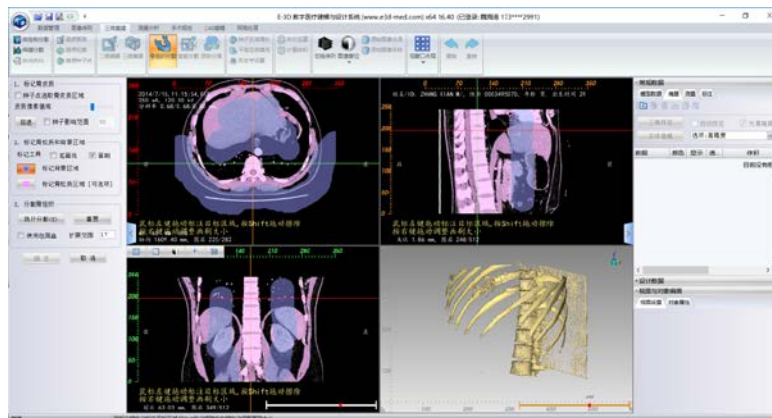


图 3—9 标记骨皮质和背景

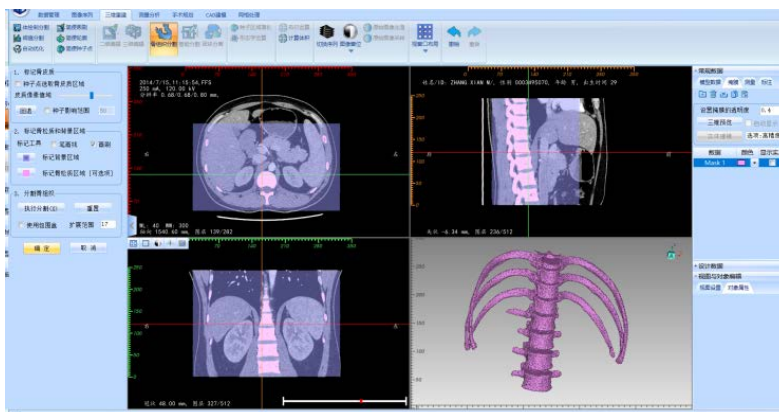
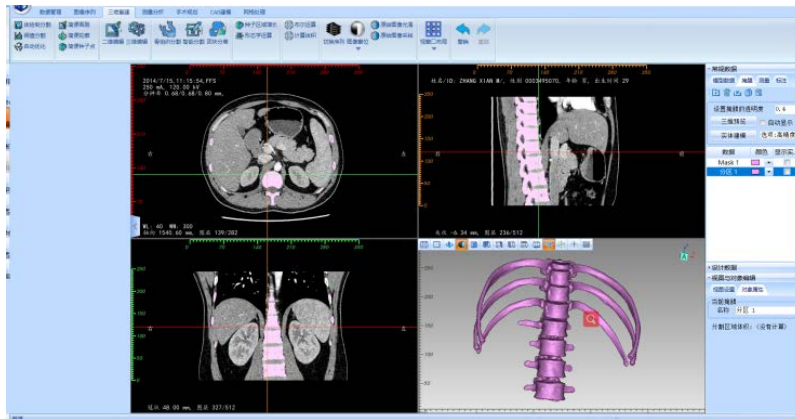


图 3—10 执行分割后窗口界面



(十一) 智能分割

选择“三维重建”菜单下的“智能分割”命令，弹出以下命令栏（图 3—9 智能分割）

选择标记工具，“笔画线”或“画刷”，点击“标记目标”选择颜色，调整画刷大小，在三个二维图像上标记多个感兴趣区域，点击“标记背景”，在二维图像上标记不感兴趣区域，改变“设置标记影像的图层数”的预设数值，使预设数值大于感兴趣区域的层数，点击“执行分割”，分离出来多个感兴趣区域，操作完成后，点击确定退出操作。



图 3—9 智能分割

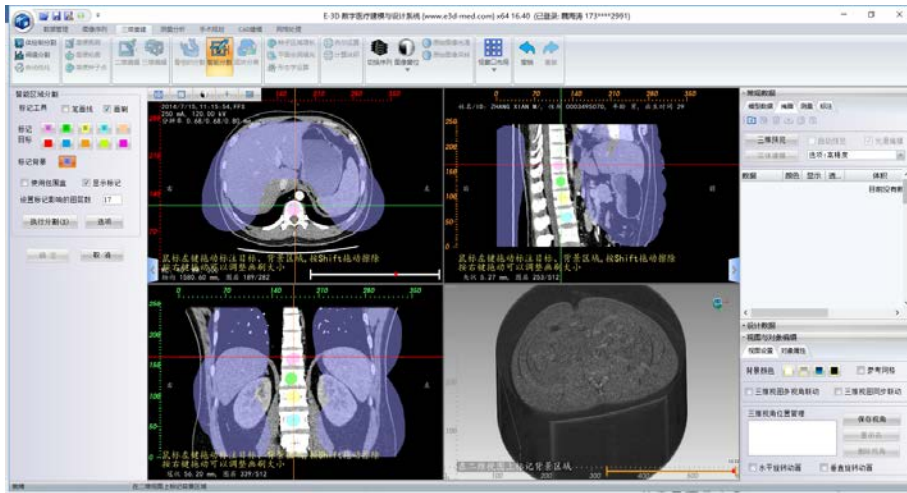


图 3—10 标记完成后



图 3—11 执行分割后

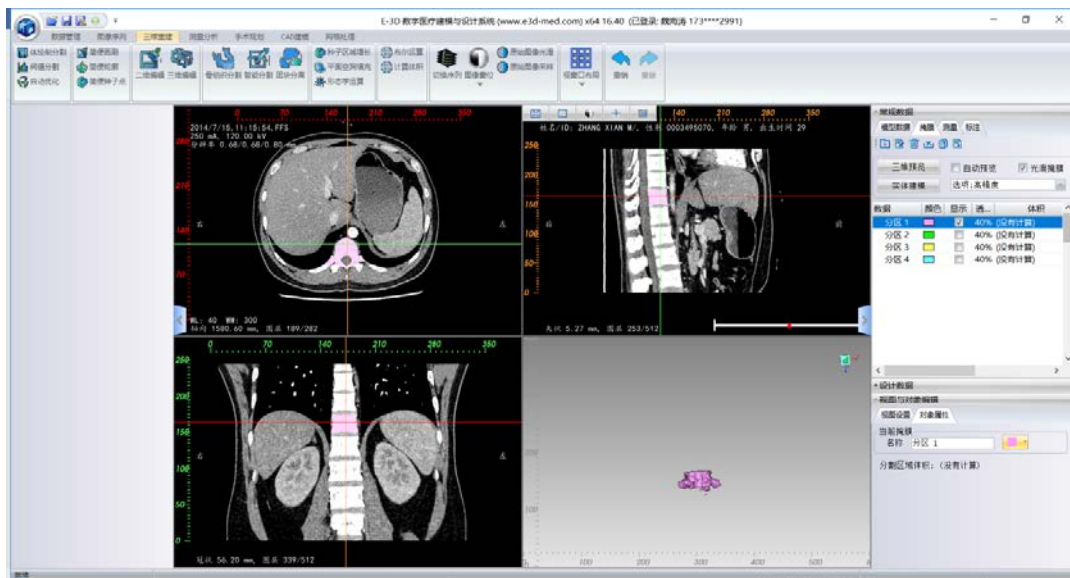


图 3—12 点击确定后

（十二）团块分离

E3D 软件的团块分离，可以理解为对初步阈值分割掩膜上彼此不相连的分割区域进一步细分，生成新的掩膜。（图 3—10 团块分离）

对初始掩膜进行团块分离，具体操作如下：

选择“三维重建”菜单栏下的“团块分离”命令，弹出以下命令栏。

选择“标记工具”：笔画线或画刷，点击“标记目标”，命令中的色块，调整画刷大小，标记感兴趣区域，可以同时标记多个不同的区域，点击“执行分离”按钮，可将模型分为多个部分。操作完成后点击确定按钮。



图 3—10 团块分离

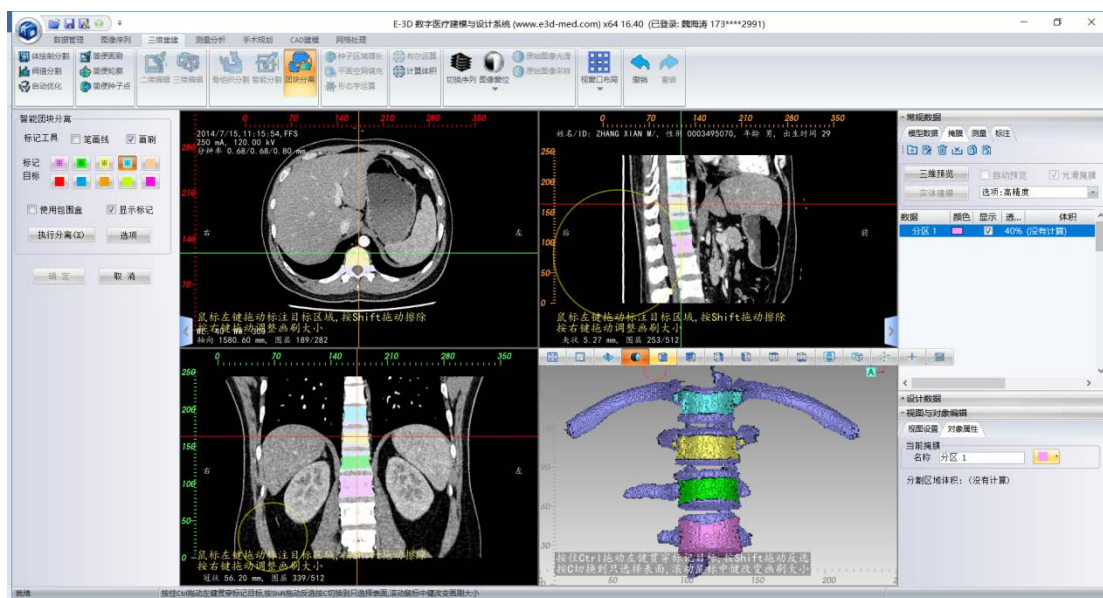


图 3—11 标记团块

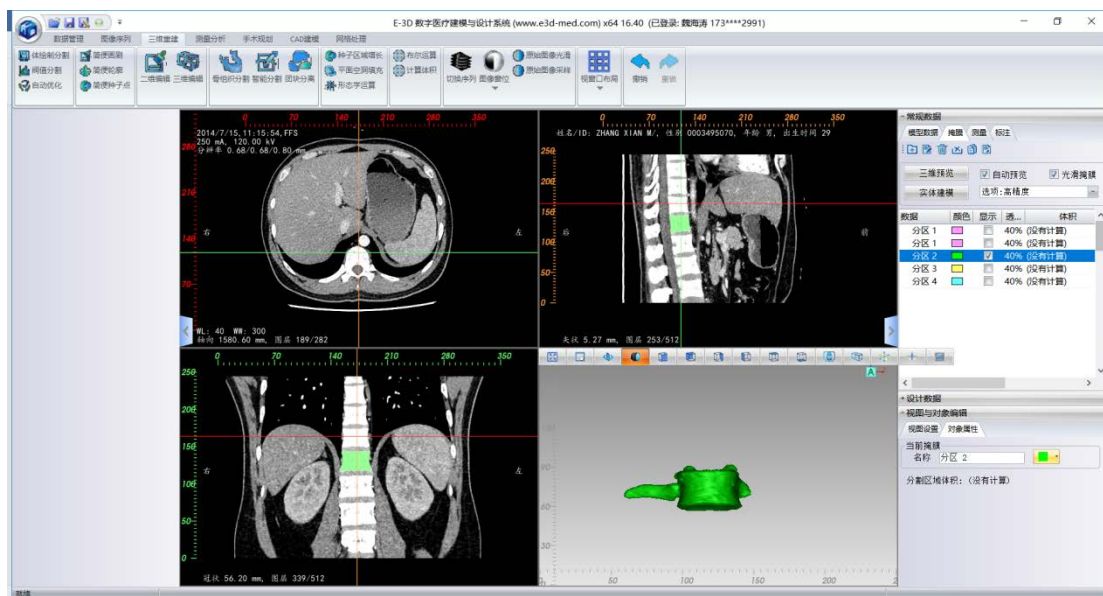


图 3—12 分割完成

第五章：测量分析

E3D 软件可以允许用户测量断层图像两点间距离、三点间角度以及任意区域内的周长和面积等内容。

(一) 测量距离

E3D 软件在选定的断层图像上测量两点间的距离，可以执行以下操作。

选择“测量分析”>“直尺”/“卷尺”光标变化为测量尺的状态，单击左键设定起始点，再次单击设定终点，显示测量长度，在数据管理器“测量”标签下，保存为一个测量对象。

修改测量对象，可以进行以下操作：

鼠标移动到测量直线或两侧端点上，双击使两个端点变为黄色圆点，拖动黄色端点，可以移动位置以精确测量。鼠标移到测量直线上，单击鼠标左键，选择相应的测量对象，在测量标签内，点击删除按钮删除测量对象

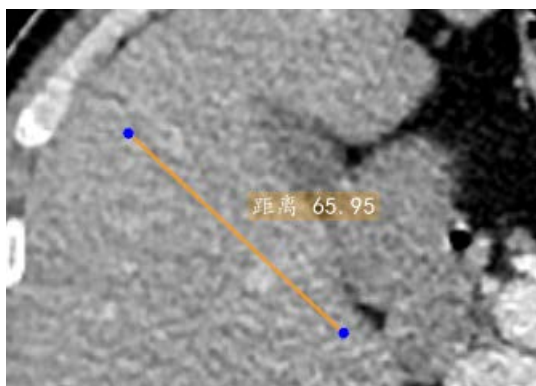


图 2—6 测量长度

(二) 测量角度

在选定的断层图像上测量三点间的角度，可以执行以下操作。

选择“测量分析”>“角度”，光标变化为测量尺状态，单击左键先设定测量角的位置，再通过两次单击设定此角度的两条边的位置，完成测量点的设定。显示测量角度在数据管理器“测量”标签下保存为一个测量对象。

修改测量对象，可以进行以下操作：

鼠标移动到测量直线或端点上，双击选定测量对象启动修改，可以移动位置以精确测量。

鼠标移动到测量对象上，单击并选择测量对象，在右侧“测量”标签内，点击删除按钮可以删除，点击小方框内的√可以进行隐藏。

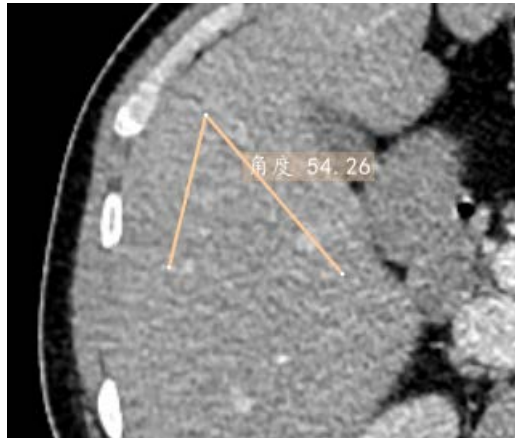


图 2—7 测量角度

（三）测量范围内的周长面积

选择“测量分析”>“椭圆”/“矩形”/“多边形”光标变化为测量尺的状态，单击左键设定起始点，再次单击设定终点，显示测量周长及面积，在数据管理器“测量”标签下，保存为一个测量对象。

修改测量对象，可以进行以下操作：

鼠标移动到测量对象上，双击使测量对象变量，端点变为黄色，拖动黄色端点，可以移动位置以精确测量。鼠标移到测量直线上，单击鼠标左键，选择相应的测量对象，在测量标签内，点击删除按钮删除测量对象

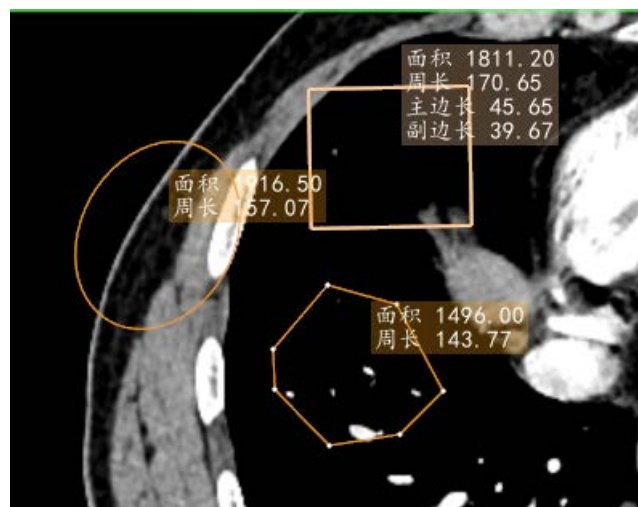


图 2—8 测量周长及面积

在三维模型上进行使用测量工具，测量工具将跨越多张数据层，所以在二维窗口中不显示，

只在三维窗口中显示。

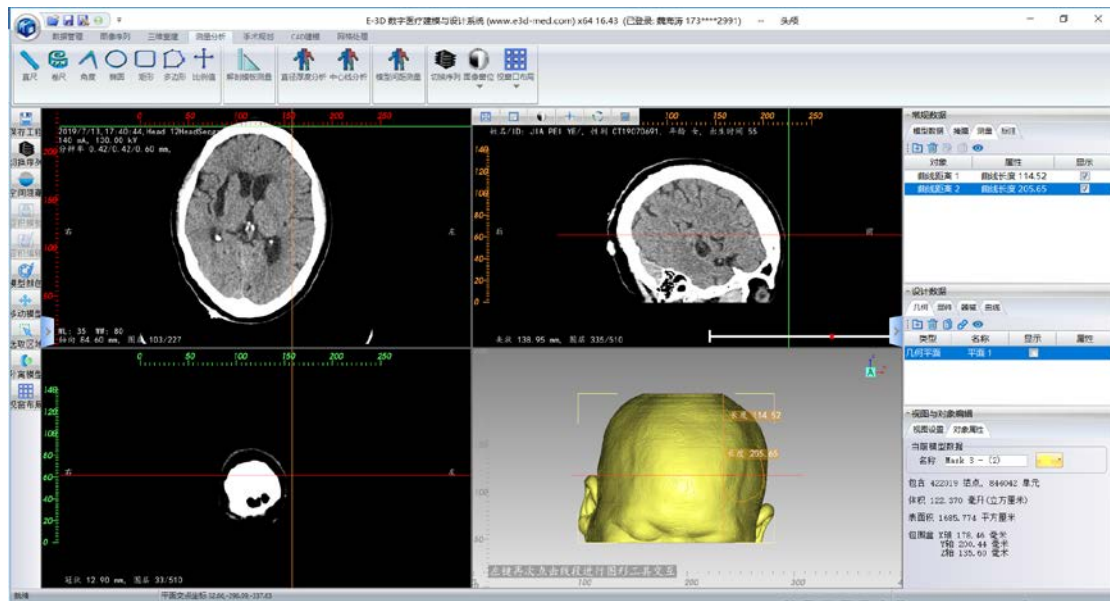


图 2—9 三维模型的测量

(四) 解剖模板测量

重建模型后，需要点击解剖测量模板，弹出以下对话框，如图 5—9 所示，若之前有创建的模板，则点击模板名称，选点直接测量；

若没有保存的模板，我们可以点击“解剖模板测量”弹出如图 5—9 所示的命令栏，点击新建，弹出如图 5—10 所示的“自定义解剖测量模板”命令栏，点击新建对模板进行命名，点击确定，在标志点命令栏点击新建按钮，弹出以下对话框，填写输入名称和简介，点击确定，创建平面的步骤和创建点的步骤类似，先对平面进行命名，选择构成平面的方式，选择构成平面的点，点击确定；点击新建“测量对象”，弹出命令栏，选择测量的功能：长度、角度等。选择该功能是由哪些点或那些面构成，选择完成后，点击确定。模板创建完成。

使用时，点击选择模板名称，在标志点中点击“选择点”，在三维视口或二维视口内点击需要测量的端点位置，在测量结果中，自动计算并显示测量结果。点击导出测量结果，弹出导出界面，输入名称，更改保存位置，点击确定，完成导出。

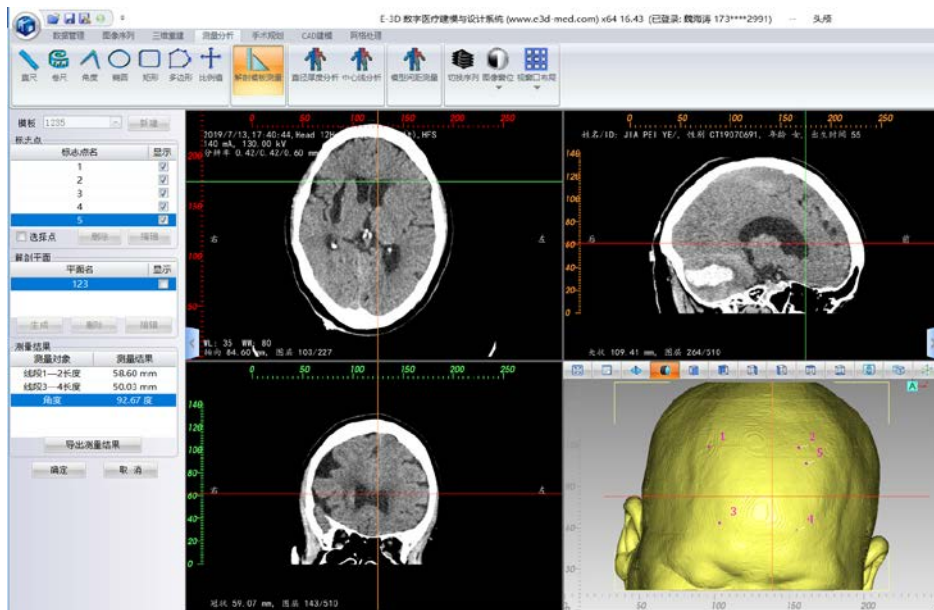
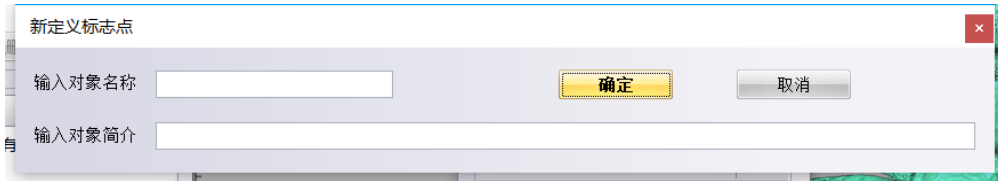
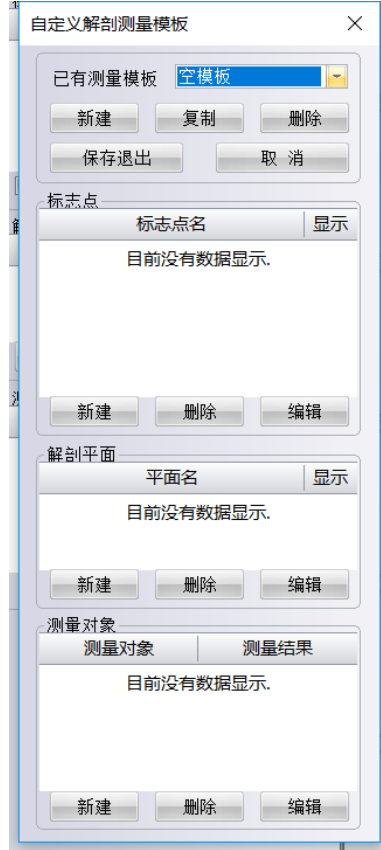
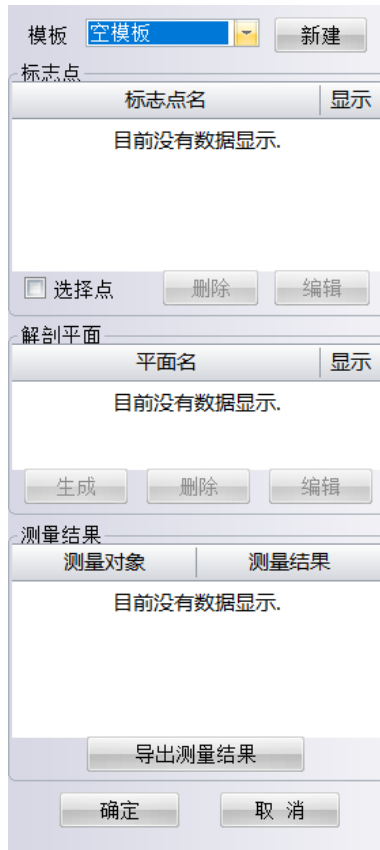


图 5—9 解剖测量模板使用

（五）中心线

选择“网格处理”菜单下的“网格修复”，选择全部的网格问题，点击“一键自动修复网格质量”点击确定完成修复。选择“测量分析”菜单下的“中心线分析”，点击“中心线分析，”弹出以下对话框，点击“中心线”，通过计算，可以观察模型的中心线。（图 4—7 计算中心线）

中心线计算完成后，即可在三维视口对中心线进行观察，点击“统计”按钮，弹出输出对话框，修改名称，点击确定完成文档输出。

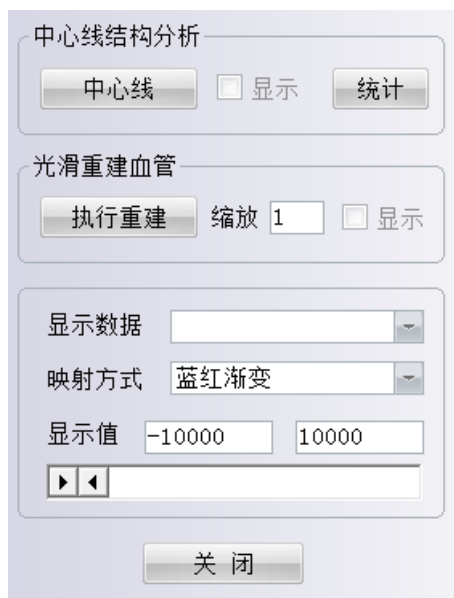


图 5—5 计算中心线

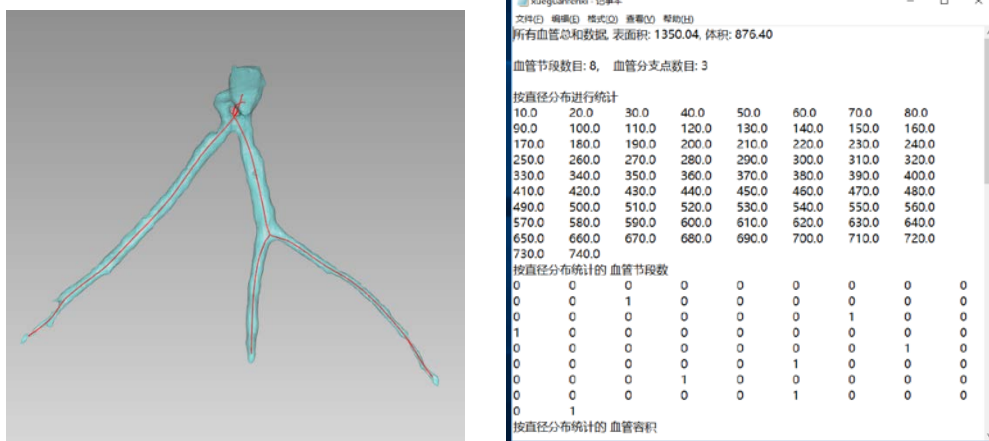


图 5—6 左图为中心线显示 右图为中心线显示结果

（六）直径厚度分析

点击“直径厚度分析”，弹出以下对话框，选择映射方式，点击“计算分析”计算机计算并以云图方式显示计算结果。移动滑块或修改显示值，只显示感兴趣的波段。（图 4—8 直径厚度分析）



图 5—6 直径厚度分析工具栏

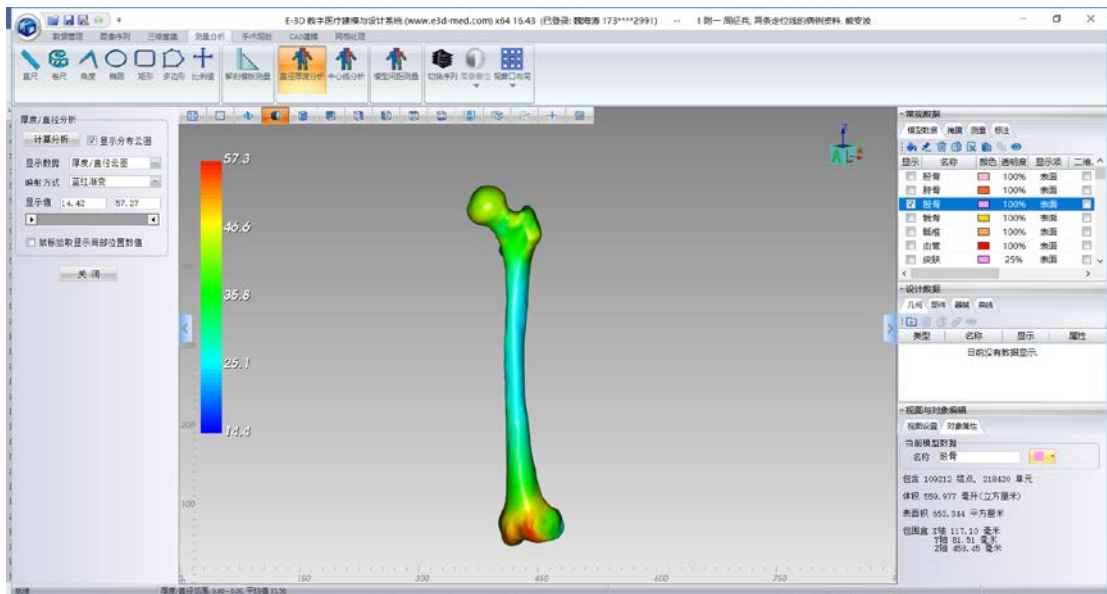


图 5—7 直径厚度分析效果图

(七) 模型间距测量

模型间距测量指通过计算，显示两个模型的间距，所以，此测量方式需要两个模型参与。

(图 4—9 模型间距分析)

点击“直径厚度分析”，弹出以下对话框，点击“设置第二个模型”选择测量的对象，点击“计算距离”按钮，计算机自动计算并以云图形式显示在三维视口，可以滑动滑块或输入感兴趣的间距波段，在云图中只显示此部分。点击“保存距离场结果模型”，结果将保存到“数据模型”标签下。

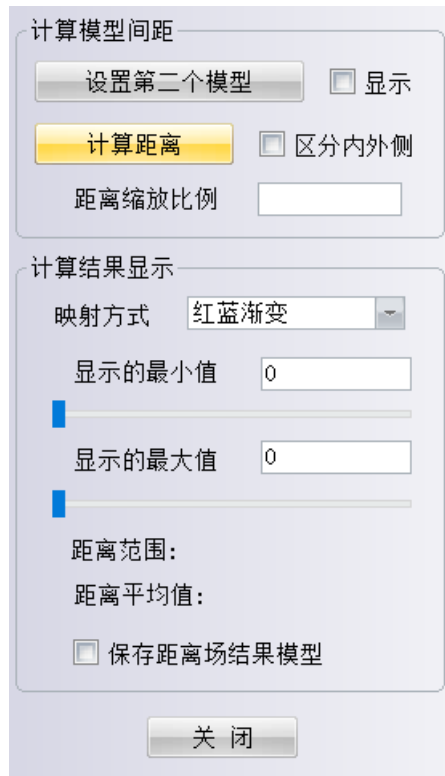


图 5—7 模型间距分析工具栏

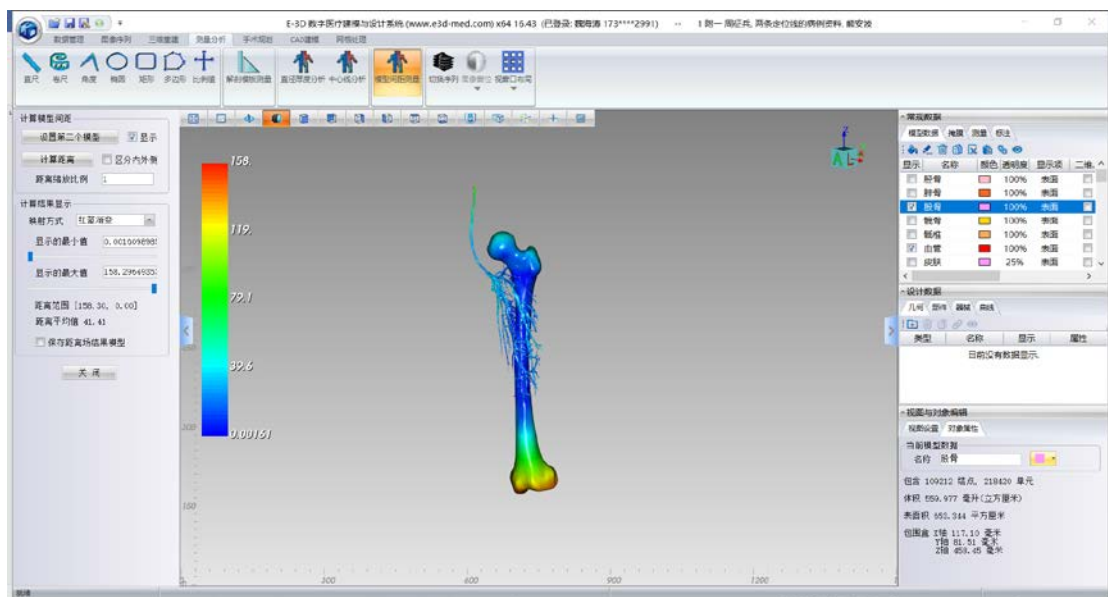


图 5—8 模型间距分析效果图

第六章：手术规划

(一) 三维模型的坐标变换

(1) 三维模型刚体变换的交互式实现

不论哪一种三维软件,在三维视口中对三维模型进行位置和角度的调整都是一项基本功。如果知道变换的准确参数(变换矩阵),那么只需要在相应的输入框中键盘输入变换矩阵即可。但

是,在许多情况下,需要通过一系列的平移和旋转交互式调整三维模型的位置。在虚拟的空间中改变模型的位置,正如在真实的空间中一样,需要有参照物,否则既不知前后左右,三维模型也不知何去何从了。现在介绍几种常用参照物。

系统坐标系参照物,以系统坐标作为三维模型交互式变换时的参照物。

平移,三维模型可以沿平行于系统坐标系某一坐标轴(x、y 或 z)方向平移,或者限定在平行于系统坐标系某一坐标平面(xy、yz 或 xz)内平移旋转,三维模型可以绕平行于系统坐标系某一坐标轴(x、y 或 z)方向旋转。旋转点(不动点)一般是三维模型的中心,用户也可以自定义旋转点。

屏幕坐标系参照物,以屏幕平面作为三维模型交互式变换时的参照物将三维视口屏幕作为坐标系,x 轴为屏幕的水平方向 y 轴为屏幕的垂直方向,z 轴为屏幕的深度方向。

平移,三维模型可以沿平行于屏幕坐标系某一坐标轴(x、y 或 z)方向平移,或者限定在平行于屏幕坐标系某一坐标平面(xy、yz 或 xz)内平移。

(2) 平移和旋转

点击“手术规划”菜单栏中的“移动模型”,三维视口内出现如图所示的操作轮盘,左上角显示提示当前被操作的模型,点击中心变为黄色时,可以修改模型中心点位置,点击蓝色圆圈变为黄色,拖动进行模型旋转,点击四个小红杠其中的一个变为黄色,拖动可以改变模型的空间位置。6—1 平移和旋转

点击“显示对话框”,弹出“模型空间变换”命令栏,改变其中数值可以变换模型空间位置。6—3 模型空间变换

点击“用视盘交互”三维视口中的操作轮盘变换为如下图 6—2 所示,拖动箭头移动相应轴向的位置,拖动圆圈旋转模型相应轴向的角度。

空间位置改变完成,点击保存结束退出操作。

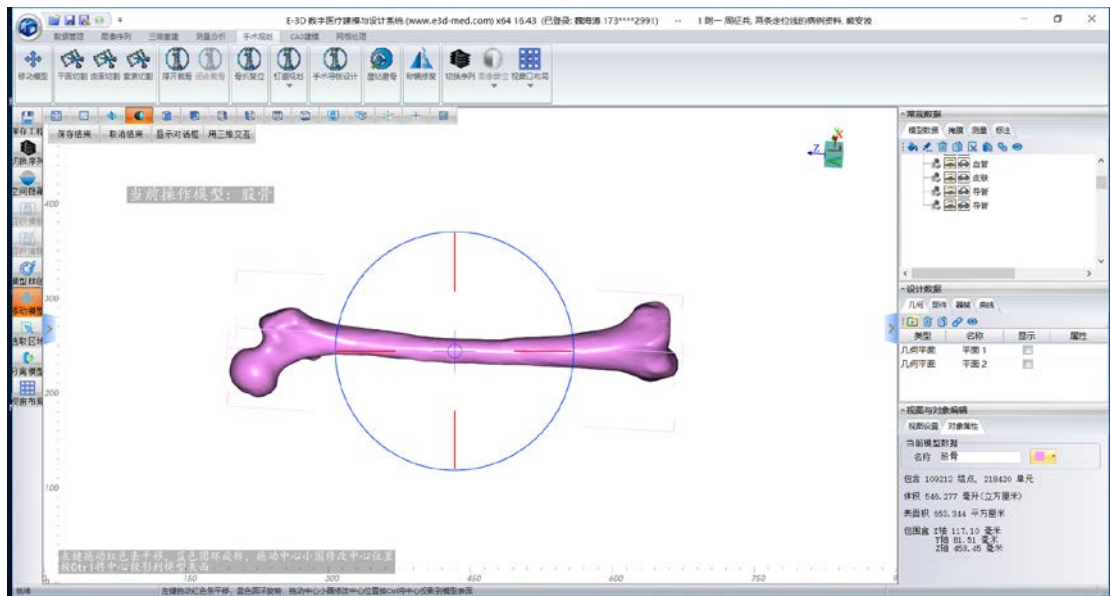


图 6—1 平移和旋转

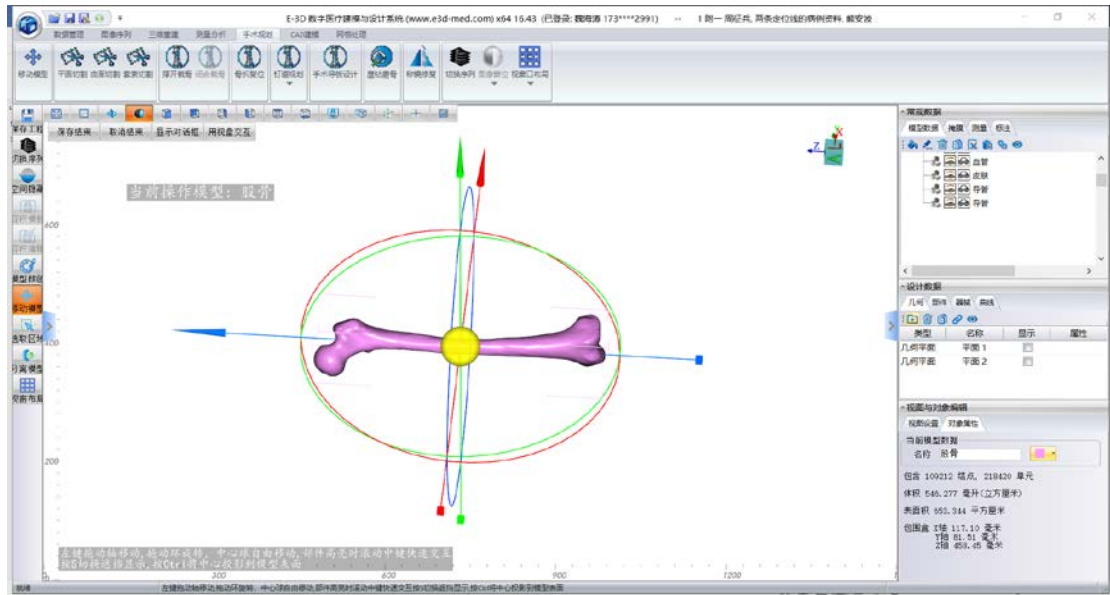


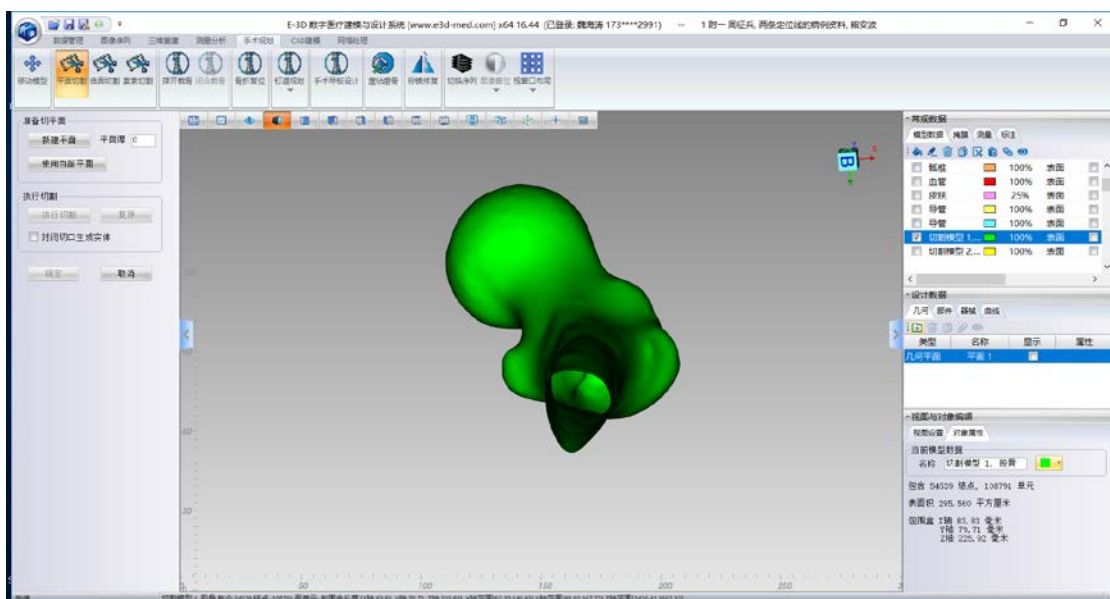
图 6—2 交互式平移和旋转



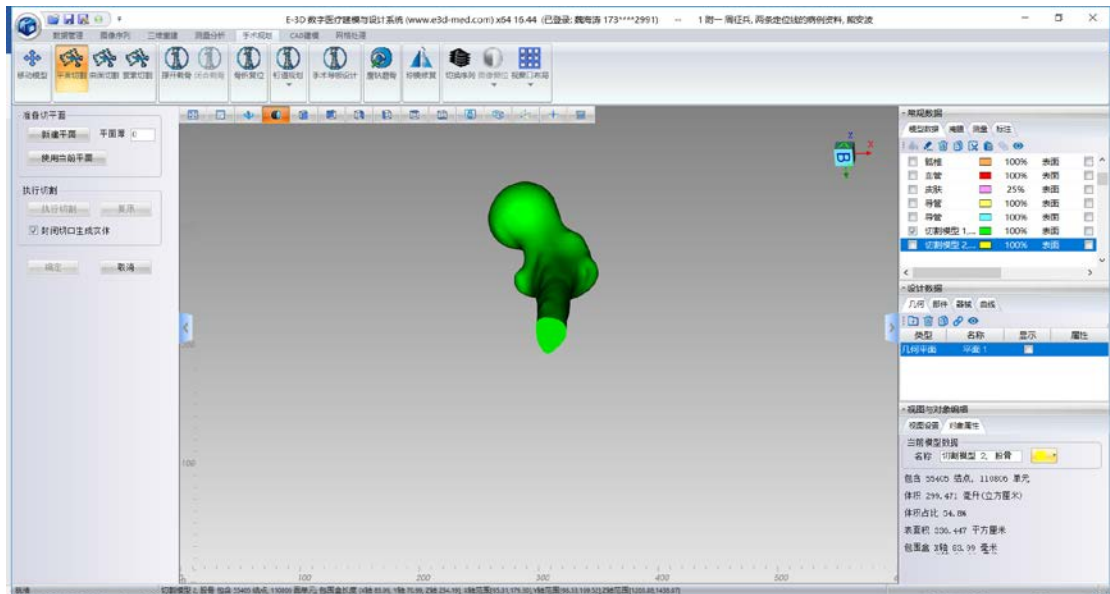
图 6—3 模型空间变换

(二) 切割方式

在“手术规划”菜单栏下，有三种切割方式，分别为“平面切割”“曲面切割”“套索切割”。(图 6—4 切割) 在切割方式中，都可以选择切口是否闭合，操作方式为：执行操作前，在执行操作菜单下“封闭切口生成实体”前打勾，完成选择后再点击“执行操作”按钮，切割完成的模型切口将为封闭状态，否则，切口不闭合。



不封闭切口生成实体



封闭切口生成实体

平面切割

点击平面切割，弹出以下对话框，如果有设定好的平面，可以点击“使用当前平面”，如果没有设定好的平面，则点击“新建平面”，选择新建平面的方式，在三维视口中调整好模型位置，建立平面，输入平面厚度，点击“执行分割”，可查看分割效果，如分割效果不满意，可点击“复原”修改平面，再执行切割。点击确定，完成操作。

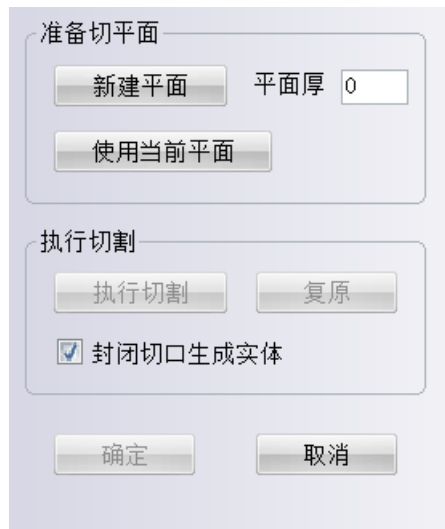


图 6—4 切割菜单栏

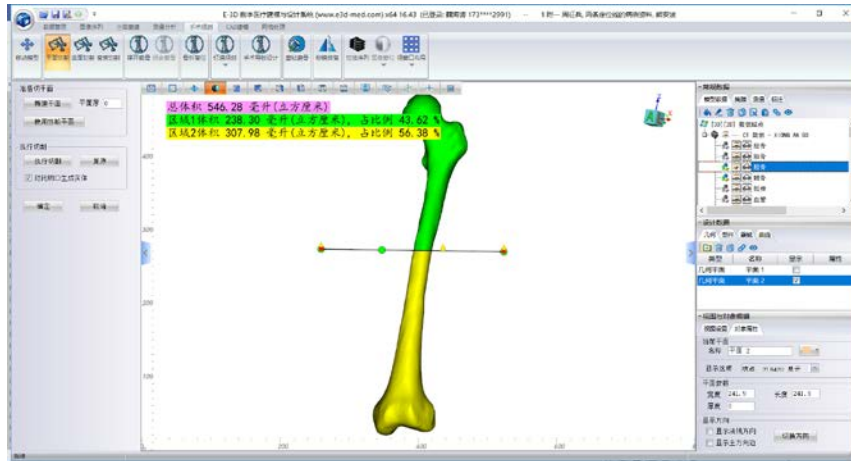


图 6—4（1）平面切割效果

（1）曲面切割

点击“曲面切割”，弹出以下对话框，如果所要切割的模型与其他模型有重合，可以点击“设置异物（肿瘤）”进行设置异物用来模拟场景；如果没有占位异物则不用设置。

曲面切割有两种切割平面设置方式，“初始化平面切割”和“初始化路径线切割”。（图 6—5 曲面切割）

点击“新建切割平面”，进行设置切割平面的位置，点击“画刷调整曲面形状”，通过拖动画刷，改变曲面的形状，点击“切割”，执行命令。

点击“新建切割路径线”，在模型上通过左键选择路径点，首尾点重合时点击封闭形成曲面，按 **delete** 键重置路径，平面设置完成，点击切割执行命令，点击确定完成并退出操作。

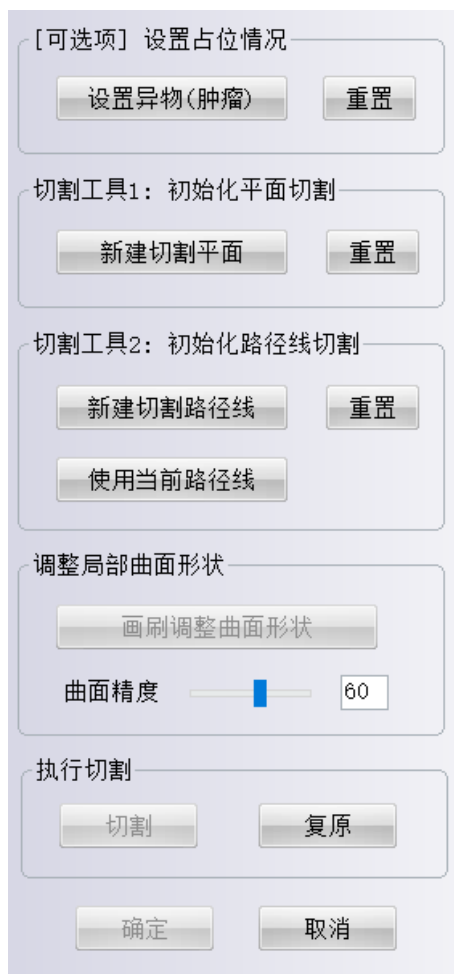
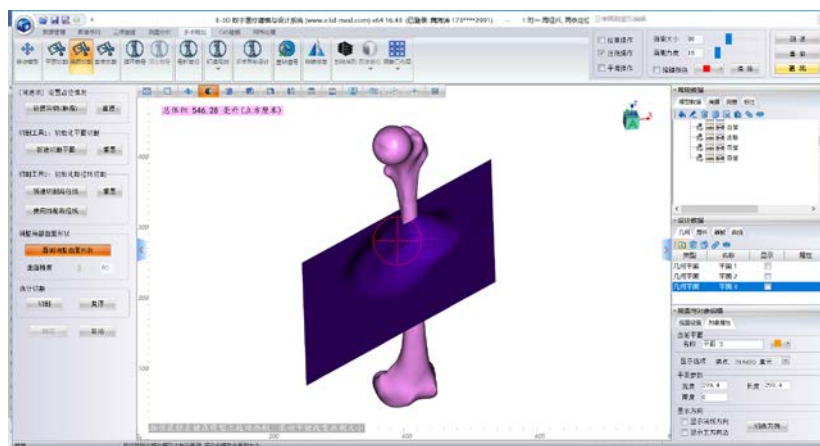
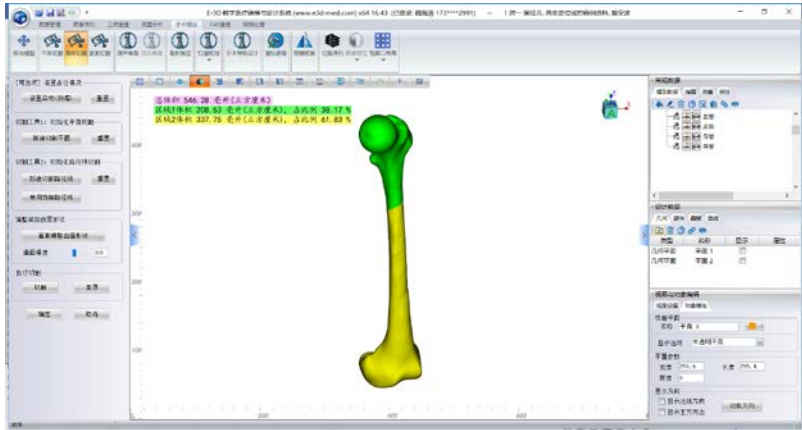


图 6—5 曲面切割



6—5 (1) 画刷调整曲面形状



6—5 (2) 曲面切割效果

(2) 套索切割

点击“建立多边形套索”或“建立自由曲线套索”，进行设置切割套索的位置，选择“保留内侧”“外侧”或“两侧”，设置保留位置。点击“切割”，执行命令。点击确定完成并退出操作。(图 6—6 套索切割)

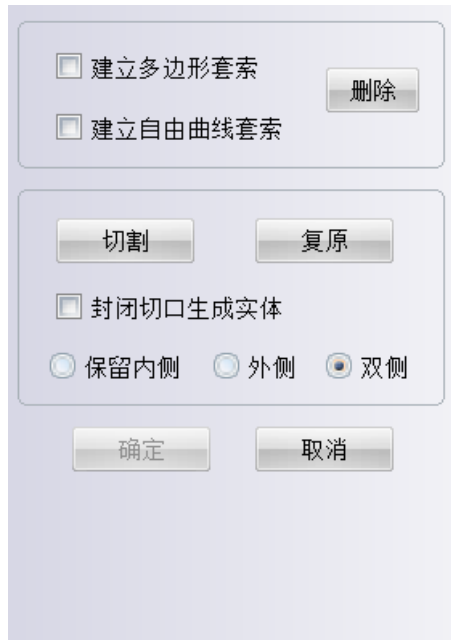


图 6—6 套索切割

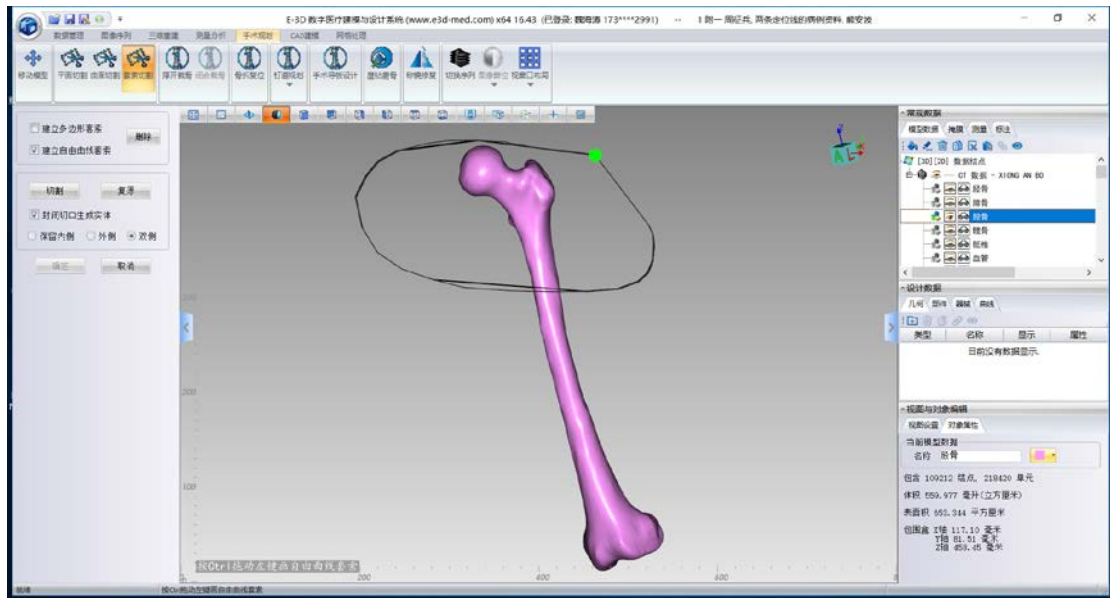
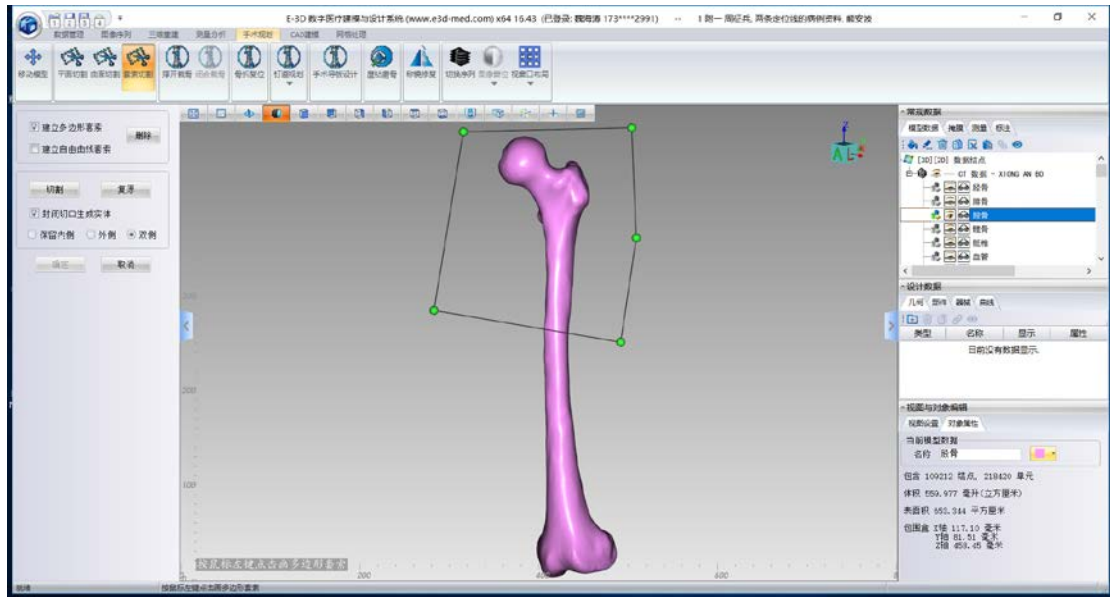


图 6—7 上图为多边形套索分切割，下图为曲线套索切割

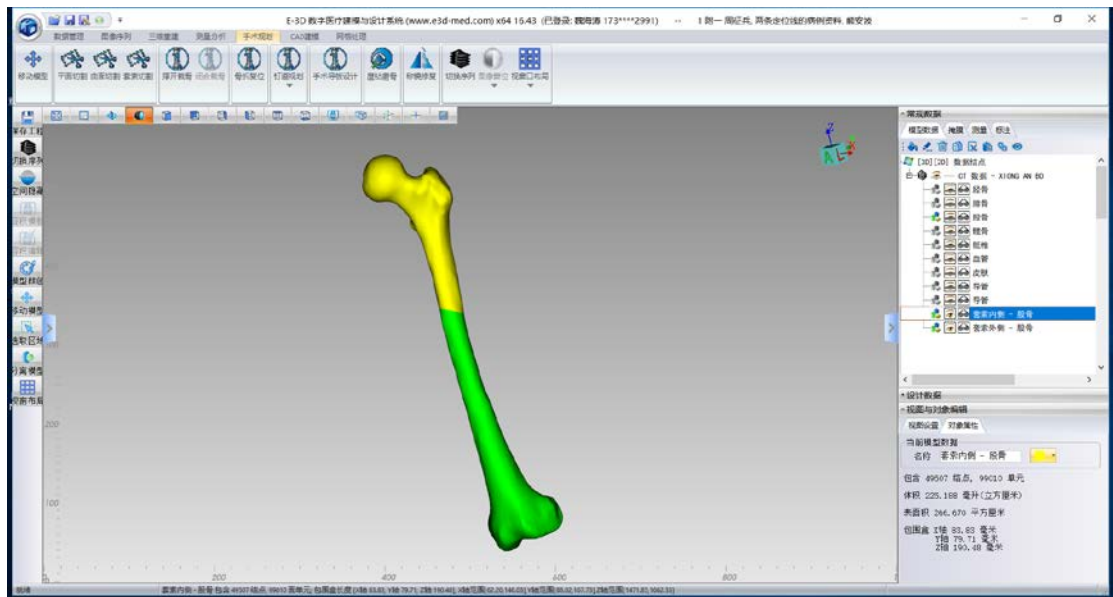
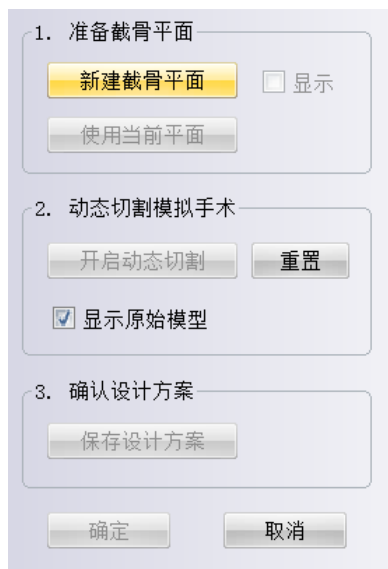
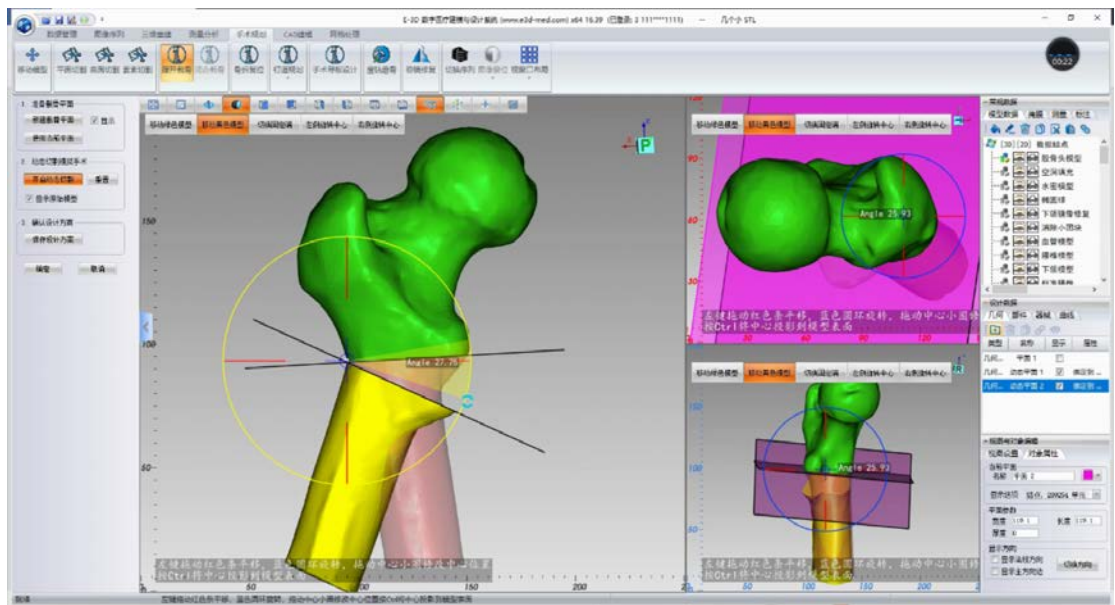
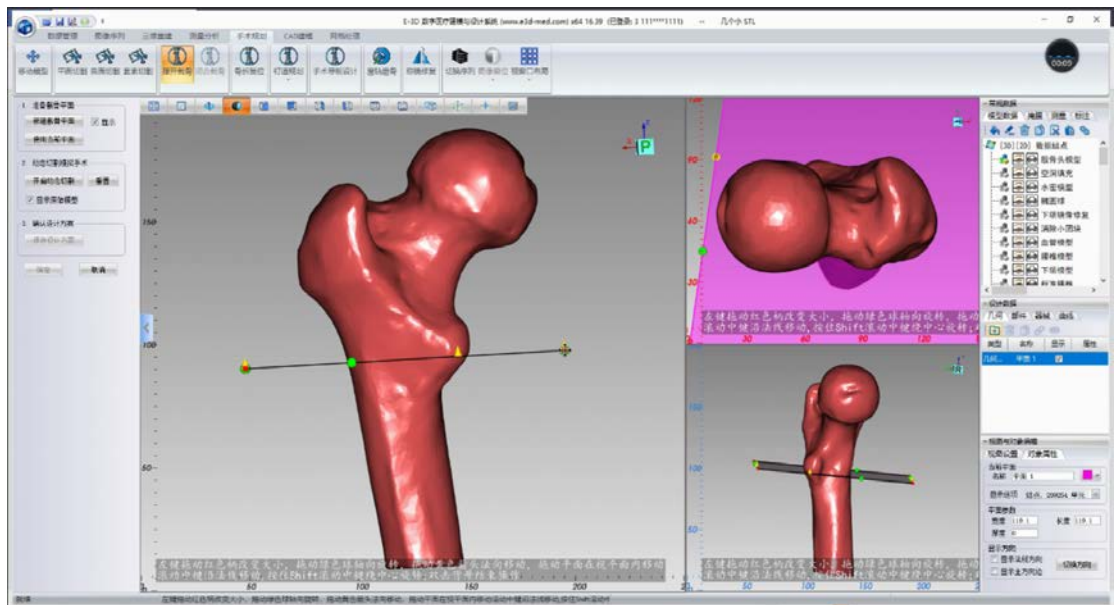


图 6—9 套索切割效果图

(三) 截骨导板

点击“撑开截骨”命令，弹出撑开截骨的命令栏对话框，点击“新建截骨平面”选择切割方式，可以通过两点确定一个平面或 V 字平面，点击“执行动态切割”可将模型进行切割操作，单个平面可以完成切割，V 字平面可以执行切割后旋转：点击三维平面内的黄色模型旋转或绿色模型旋转，也可以切换固定端，制定旋转中心，点击命令后，在模型表面出现旋转平移交互轮盘，可对模型进行操作。若存在多个设计方案，可在每次达到预定地点后点击“保存预设方案”操纵完成后，点击确定完成并推出操作。





(四) 骨折复位

点击“骨折复位”按钮，弹出以下对话框，通过输入移动的距离或XYZ轴旋转的角度来改变模型的空间位置，使发生位移的模型回归正常的位置。点击保存，可以存储当前的位置信息，当保存多个位置记录后，通过点击记录，可以查看最佳的修改记录，点击确定，得到最佳的修改效果，完成并退出操作。(图6—8 骨折复位)

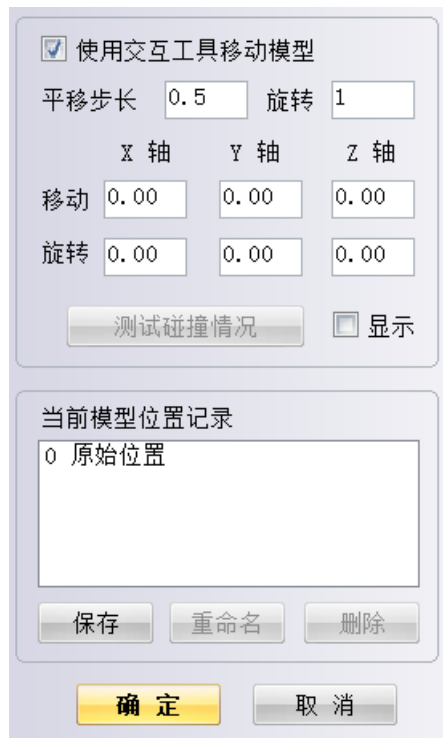


图 6—9 骨折复位

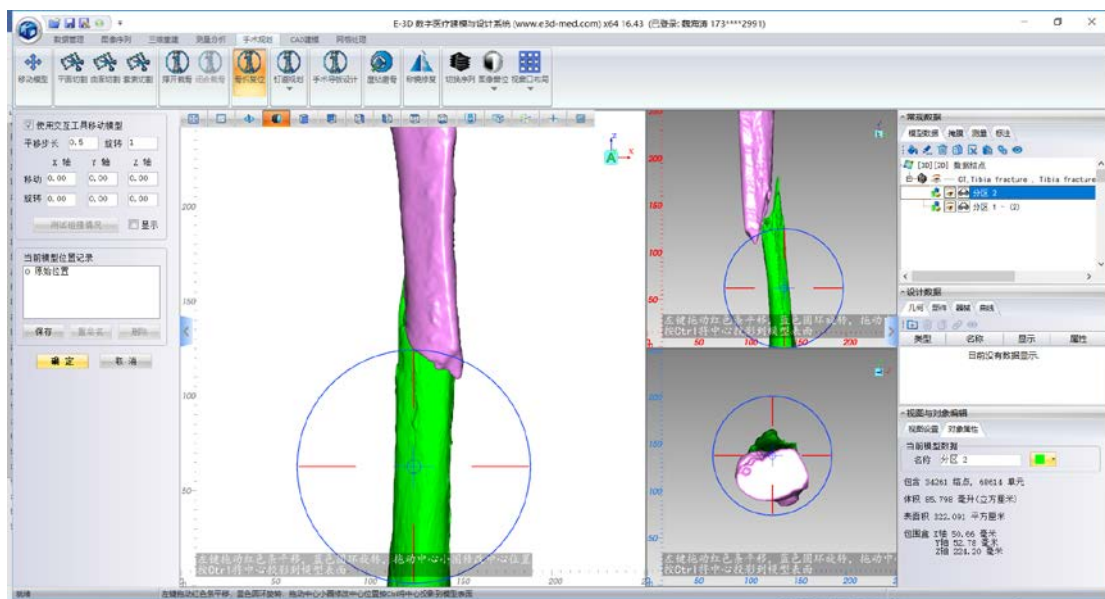


图 6—9 (1) 骨折复位操作界面

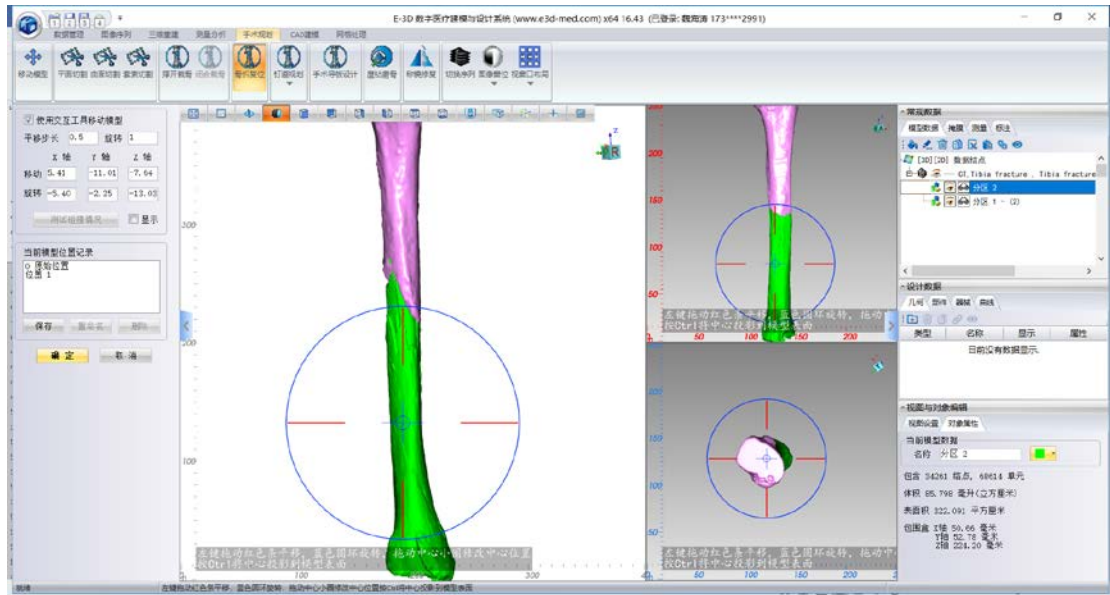


图 6—9 (2) 骨折复位效果

(五) 手术导板设计

手术导板设计命令栏包含所有导板生成所要使用的工具，具体包含的工具如（图 6—9 手术导板菜单）所示

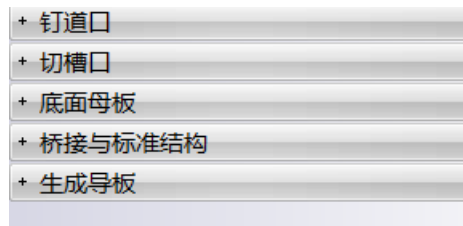


图 6—9 手术导板菜单

(1) 钉道规划

点击“钉道口”打开以下隐藏菜单，点击“新建”按钮，选择新建钉道方式，在右侧钉道窗口新建和编辑钉道。左键拖动坐标轴沿方向一定端点，拖动中心紫色球任意移动，旋转圆环调整轴方向，中心球黄色高亮时滚动滚轮调节长度，按“S 键”切换遮挡显示，按 ctrl 键投影控制点到表面，双击背景关闭交互。所建钉道于“设计数据”设备管理器“器械”标签下。（图 6—10 钉道口设计）

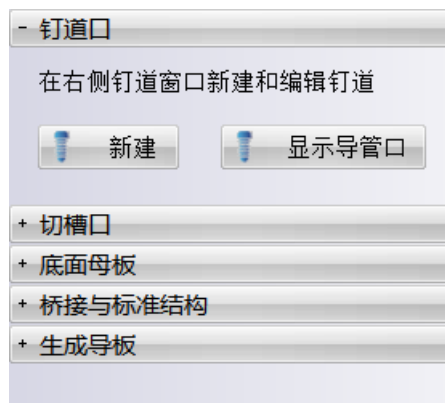


图 6—10 钉道口设计工具栏

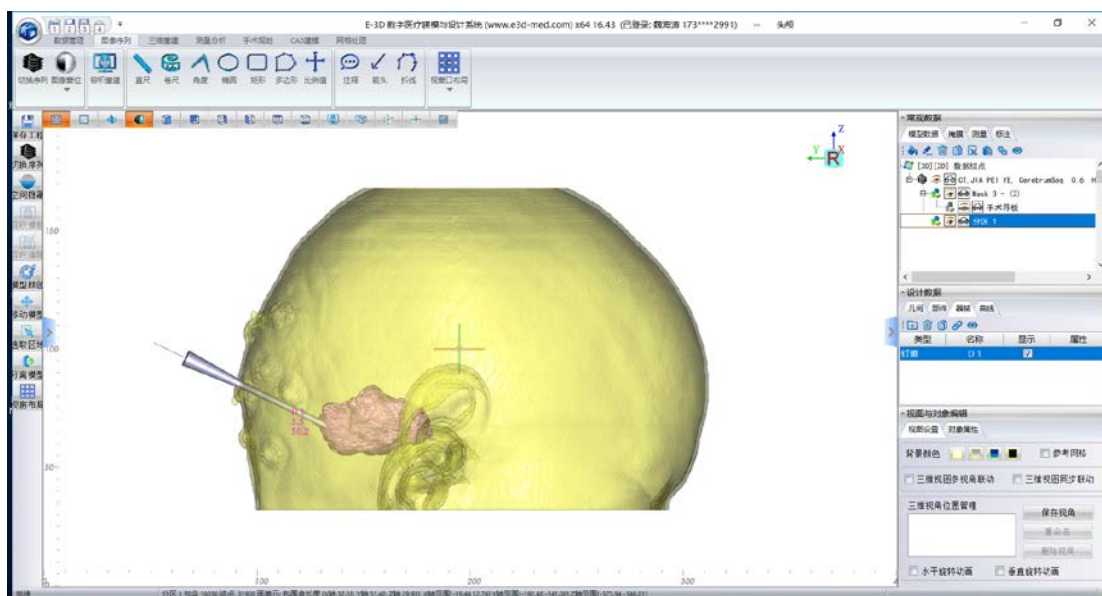
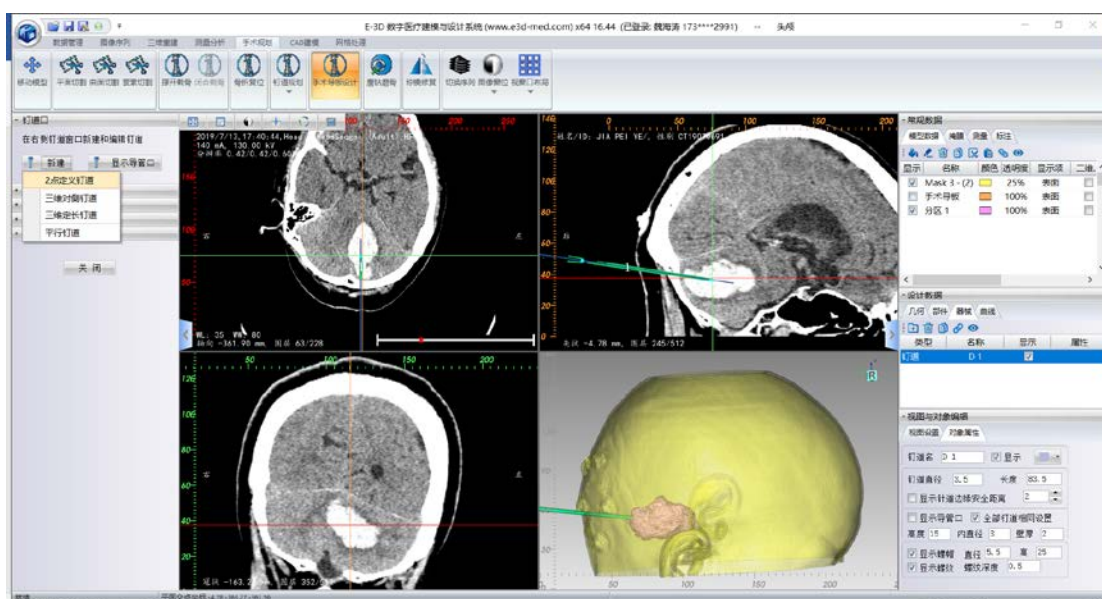


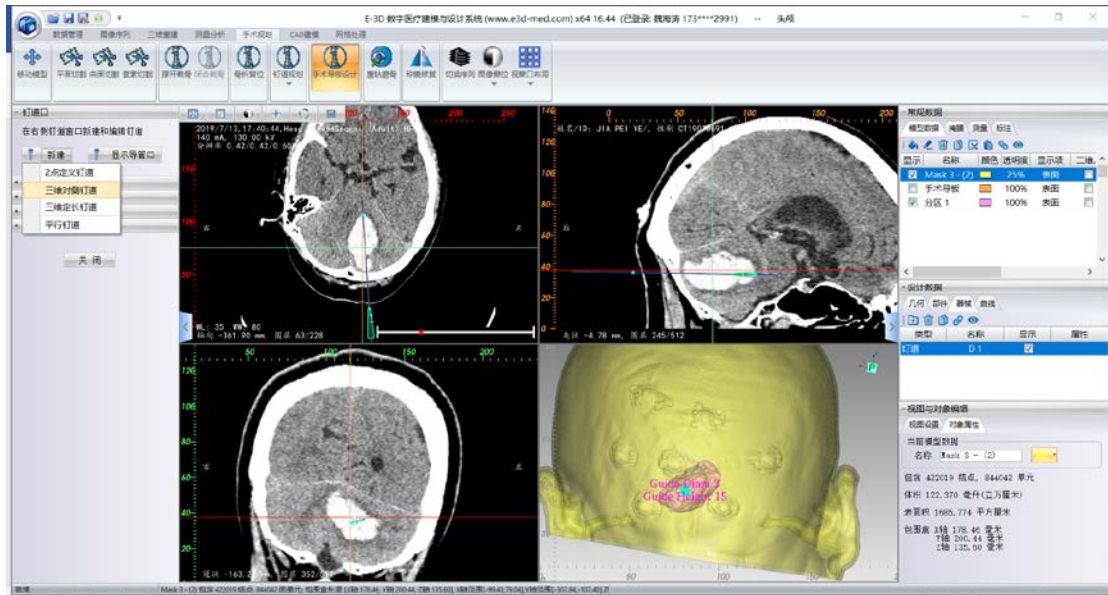
图 6—11 钉道设计效果图

创建钉道方式：创建钉道的方式有四种，常用的创建钉道方式有以下两种：

两点定义钉道：点击“两点定义钉道”按钮，选取合适的二维截面，选取两点定义钉道的起始位置，第一个点为螺帽的起点，第二个点为螺钉的尾端。定义完成后，可在三维视口中观察效果。也可直接在三维视口中直接定义钉道，创建顺序和在二维视口中一致。

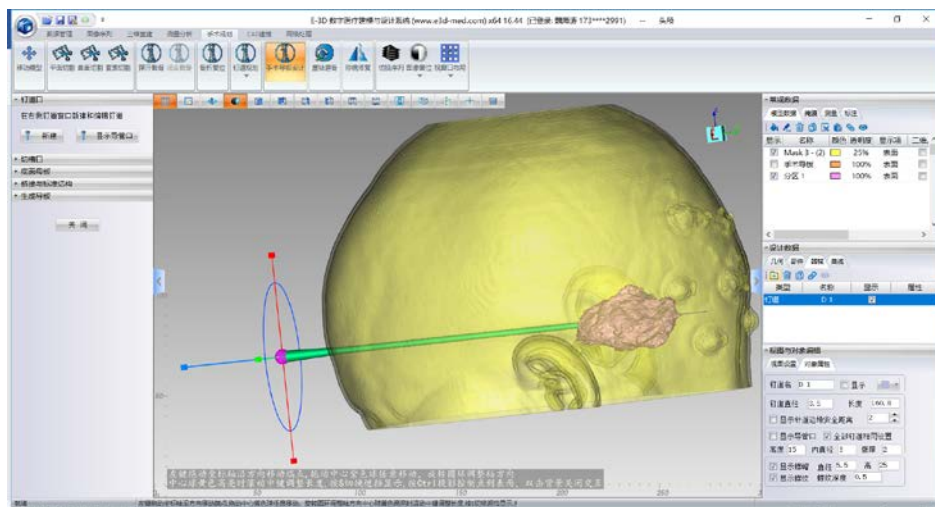


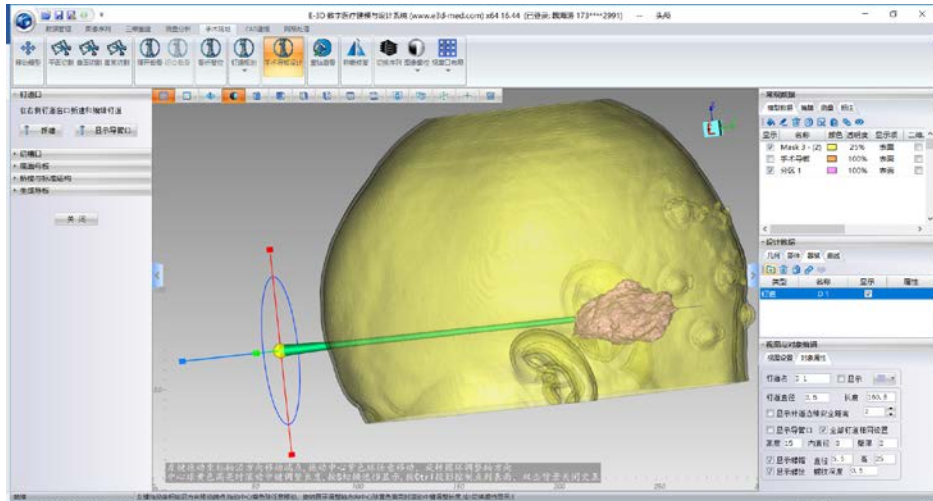
三维对侧钉道：点击“三维对侧钉道”后，鼠标指针发生变化，在三维视口中选取合适的位置，点击一个点，在二维视口中可以观察到创建的螺钉的轮廓，在空白处对模型进行旋转观察，可查看创建的钉道的效果。



钉道修改：创建的钉道效果有时不太理想，需要调整位置，调整钉道位置的方式常用的有两种：鼠标拖动方式和键盘修改参数方式。

鼠标拖动方式：双击螺钉后，螺钉顶端出现图一的操作轮盘，按住紫色圆点拖动时，可以任意角度和方向改变该端点所在的位置，拖动蓝色圆圈可以旋转螺钉，蓝色和红色的拖动杆可以沿所在轴向将端点改变位置。改变一侧端点时，另一侧端点空间位置不发生变化。





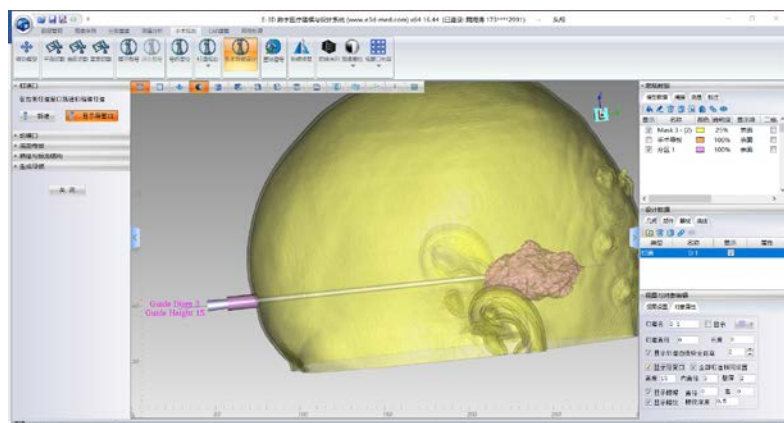
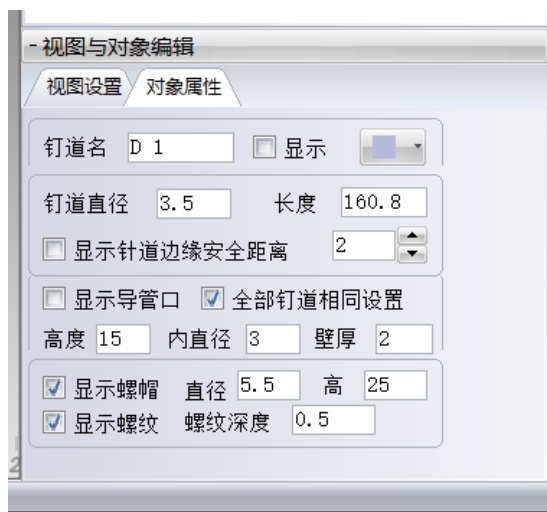
键盘修改参数：单击螺钉，右侧数据管理器—对象属性菜单栏中，将显示该钉道的信息，我们可以粗略地将该菜单栏分为四部分：基础设置，螺钉设置，导管设置，外观设置。

基础设置：该菜单栏中可以编辑螺钉的，名称，颜色。

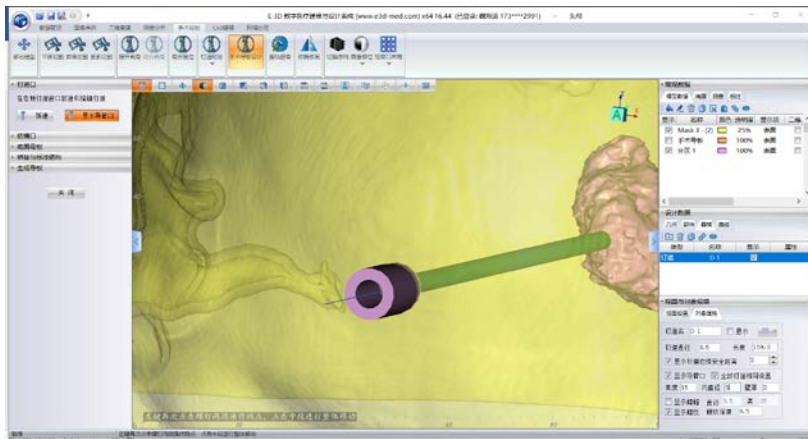
螺钉设置：在这里可以设置钉道的直径，长度，切换钉道边缘安全距离的显示与隐藏设置。

导管设置：在这里可以设置导管口在生成导板前是否显示，导管的高度（长度），内径，壁厚等参数。

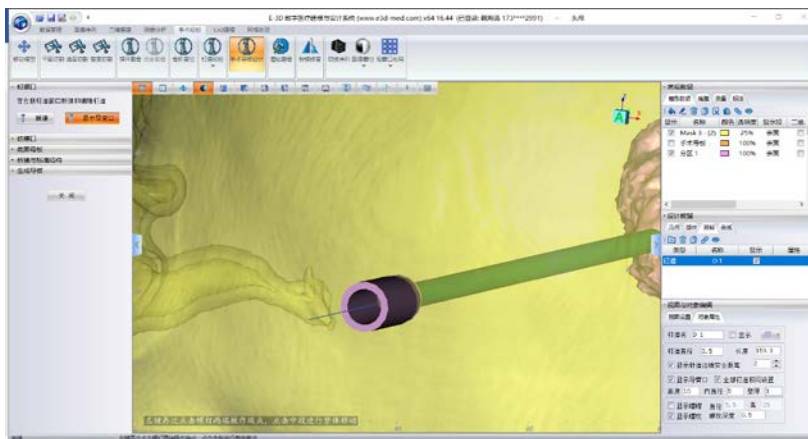
外观设置：在这里可以设置是否显示螺帽，螺帽直径与高度，螺纹是否显示，以及螺纹深度等参数。



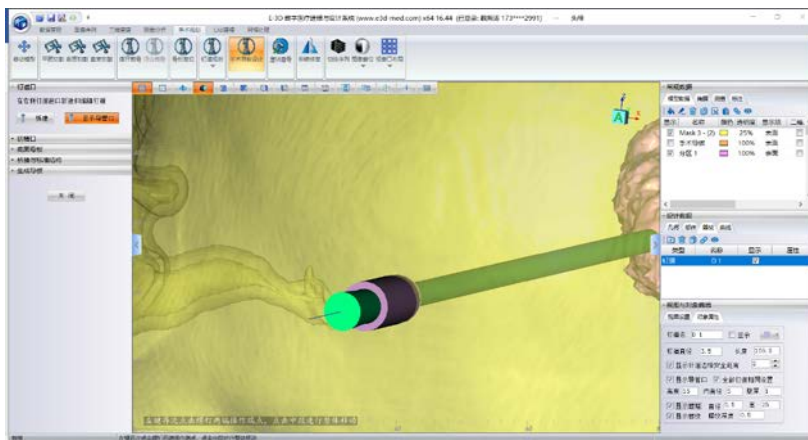
设置显示导管口



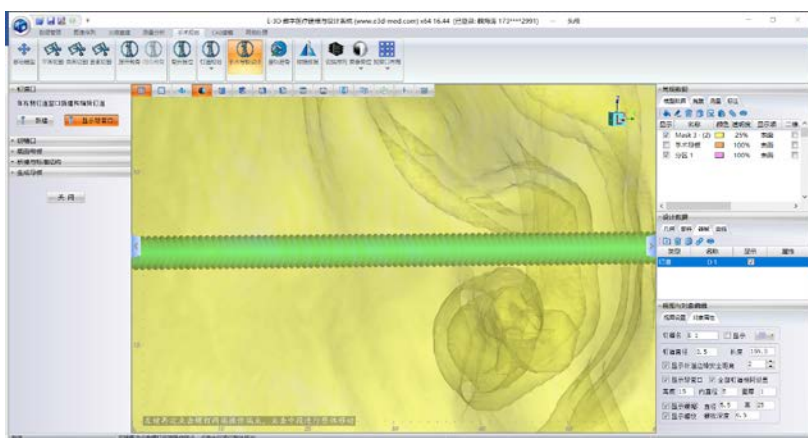
导管口内直径



导管口壁厚



显示螺帽



显示螺纹

(2) 切槽口

点击“切槽口”打开以下隐藏菜单，点击“新建切平面”按钮，选择新建方式，在右侧平面窗口管理平面，引导切槽位置。在右侧平面窗口新建和编辑切平面，用显示的平面引导切槽生成。在右侧部件窗口管理和编辑切槽口，在“对象属性”标签下修改切槽口的参数，调节参数完成后，左键拖动绿色球手柄旋转，红色球手柄改变切槽口大小，拖动切槽口本身在平面内移动，鼠标双击背景结束操作。(图 6—11 切槽口设计)

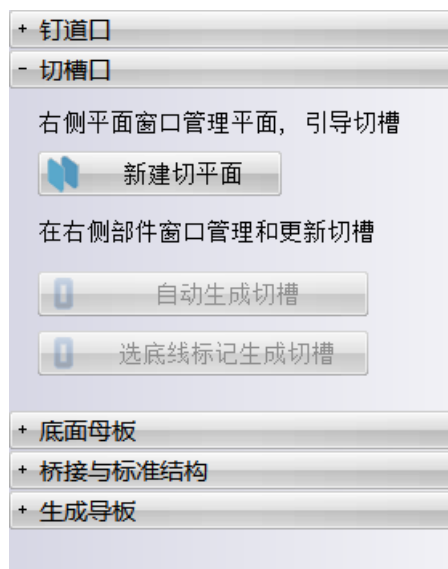


图 6—11 切槽口设计

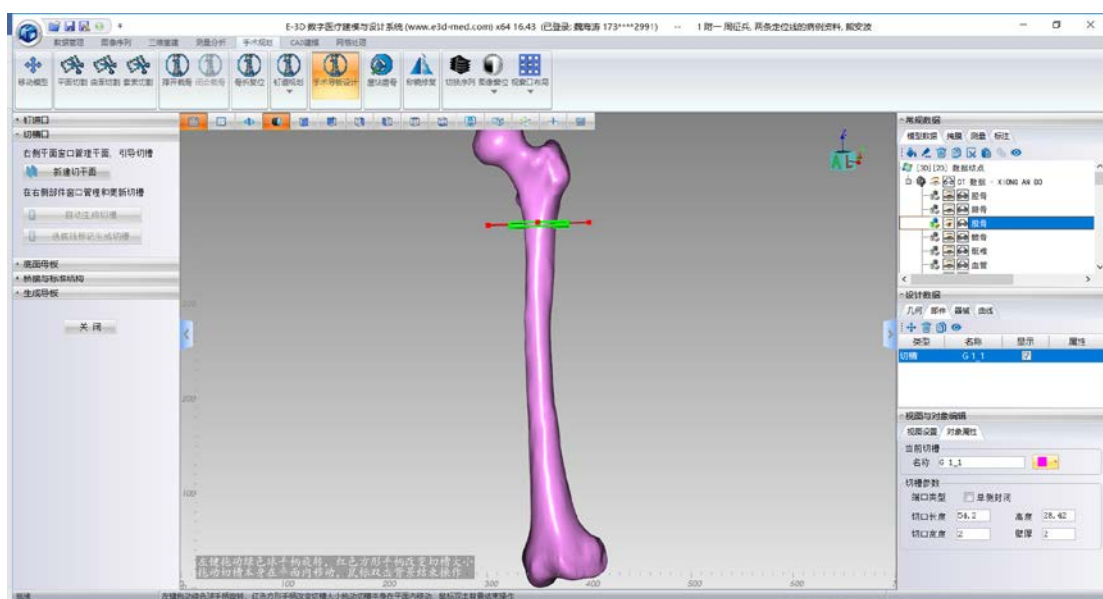
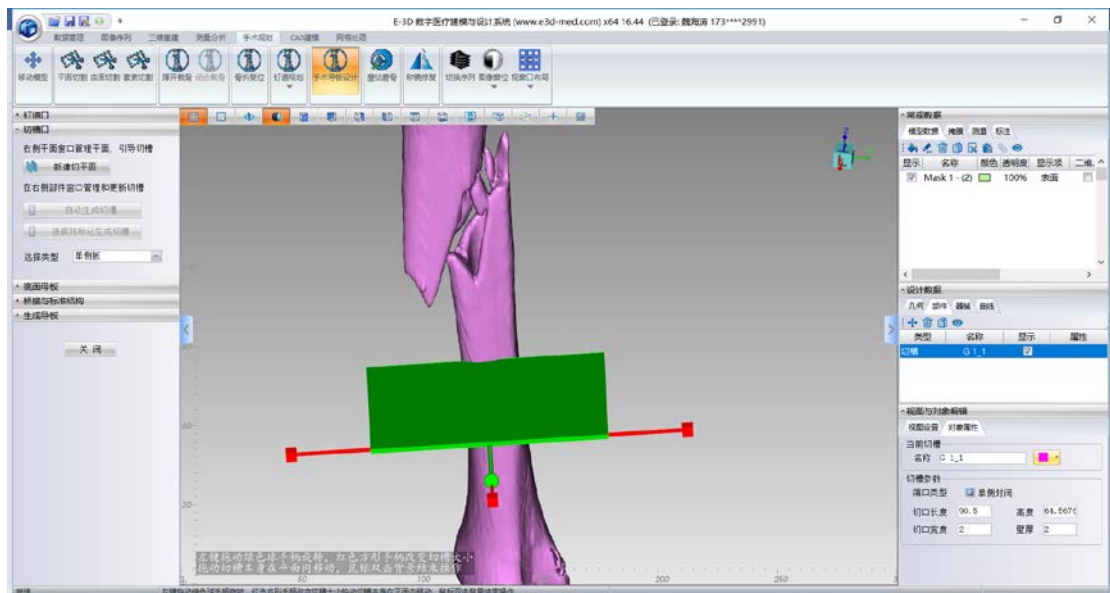
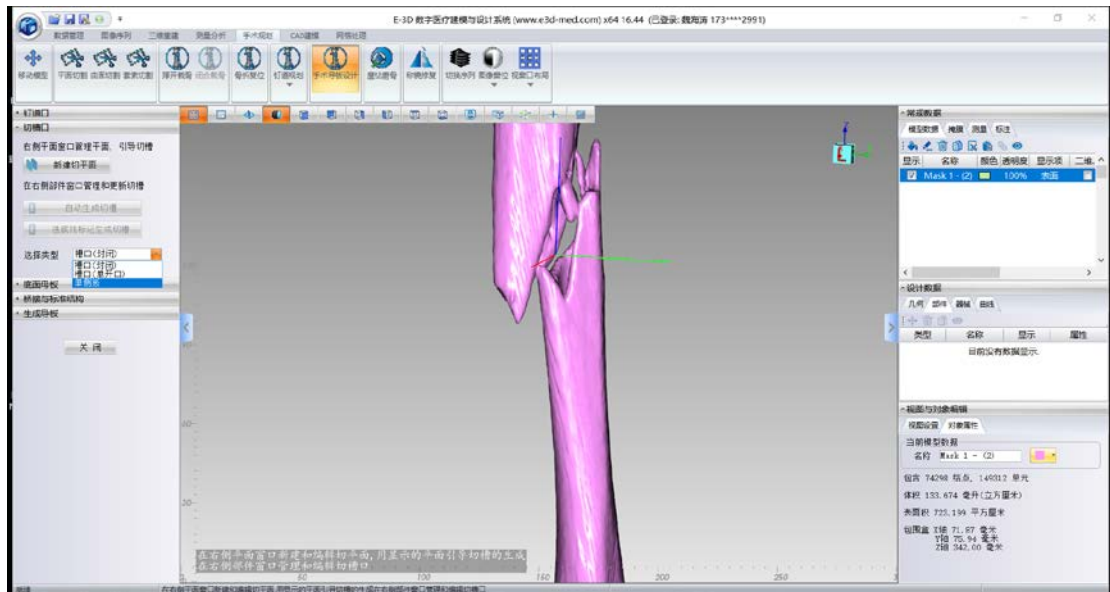


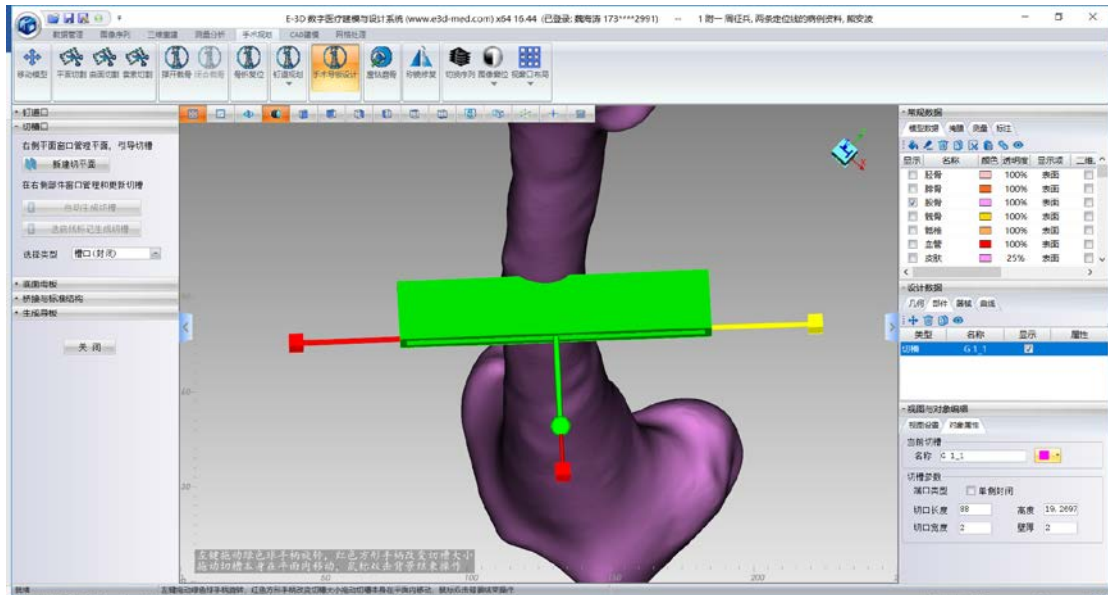
图 6—12 切槽口设计效果图



切槽口单平面版式

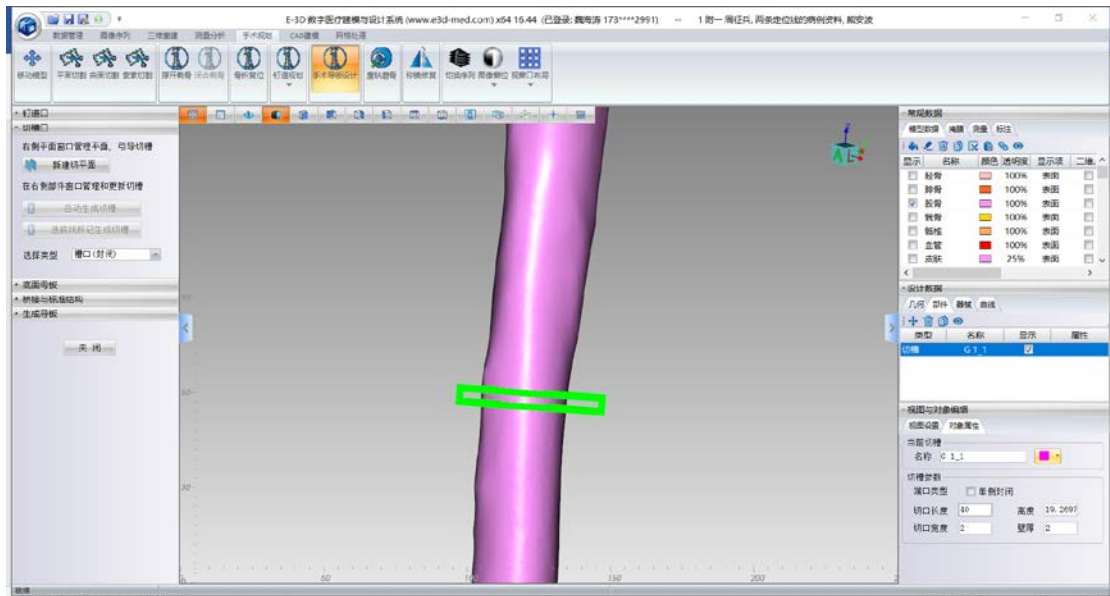
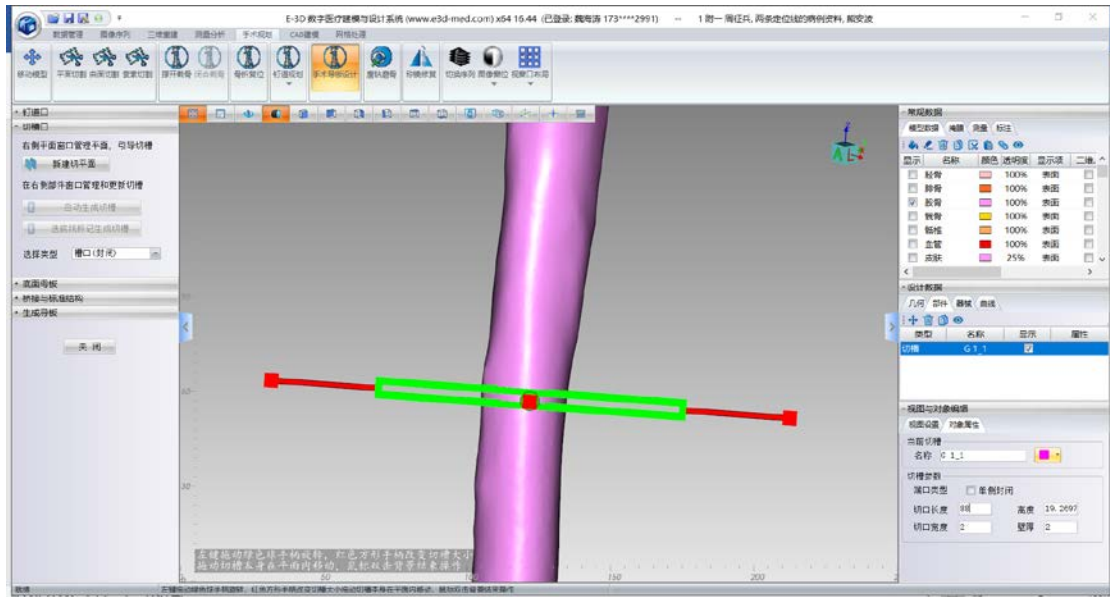
切槽口修改：通过切割平面创建平板后，若发现平面空间位置不合理，可以通过两种方式改变切槽的空间位置：拖动杆改变法和参数调整法。

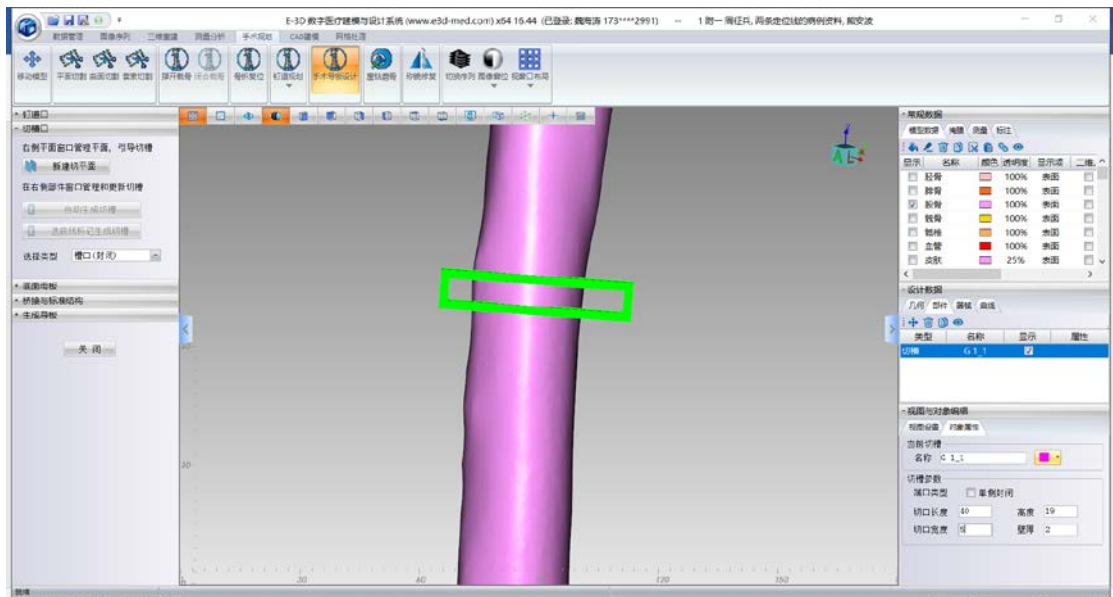
拖动杆改变：生成切槽后，切槽上有四个拖动杆，有三个端点为立方体，作用为拉伸或压缩切槽的长度和宽度，有一个端点为球体，按住它拖动位置，在不改变形状的前提下，可以对切槽进行旋转操作。



参数调整：切槽口的参数调整和螺钉的参数调整比较，相对简单了一些，切槽需要调整的参数有：切口长度，宽度，高度和壁厚。切槽高度指该切槽在该模型上的空间位置。







(3) 底面母版

点击“底面母版”打开以下隐藏菜单（图 6—12 底面母版菜单栏），点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”（图 6—12（1）提取底面），选择提取方式，点击“底面生成母版”提取导板的底面，生成基本母版。在右侧部件窗口可以管和更新母版。

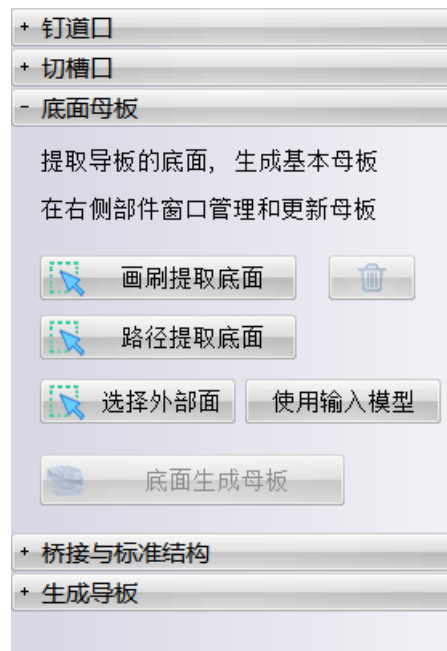


图 6—12 底面母版菜单栏

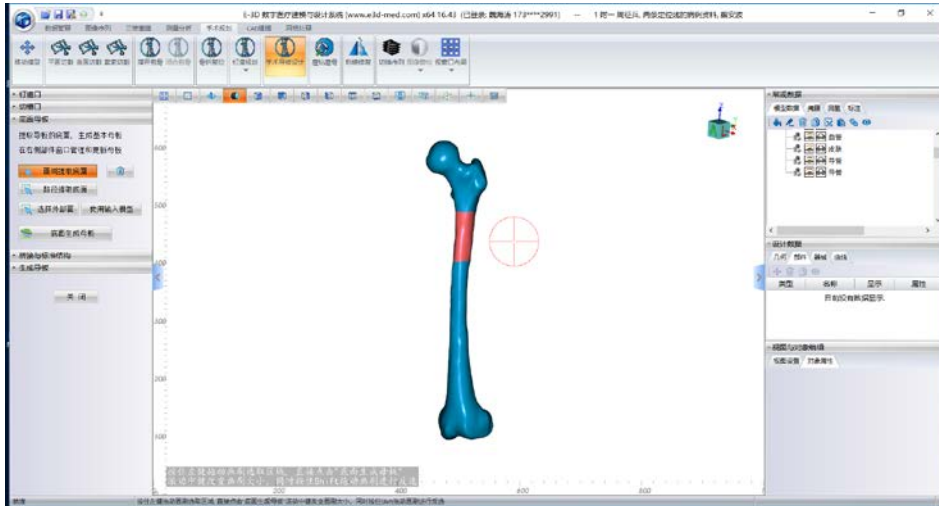


图 6—12 (1) 提取底面

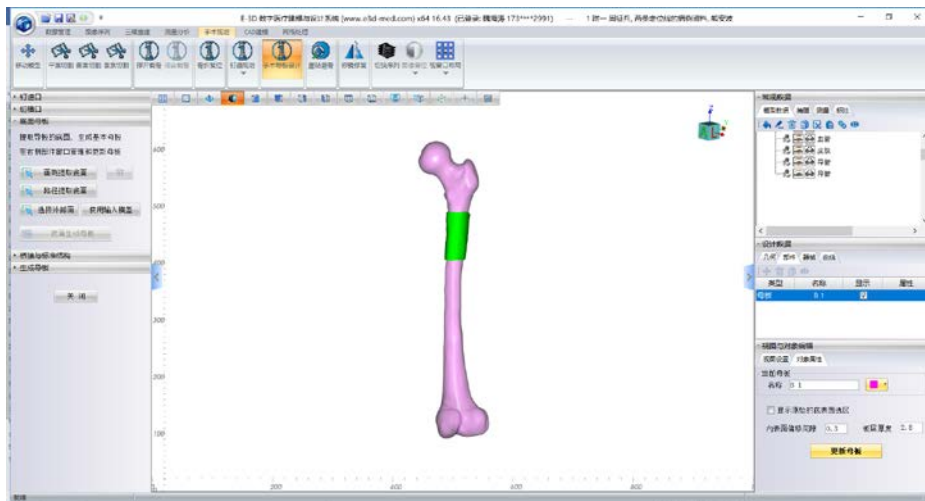


图 6—13 底面母版生成

(4) 桥接与标准结构

点击“桥接与标准结构”打开隐藏菜单，调节模型位置，点击“三节桥接”或“自由桥接”选择合适的位置选择桥接的点，左键拖动红色球修改控制点位置，鼠标双击背景结束操作，在右侧部件窗口管理和更新桥接。（图 6—13 桥接与标准平面）

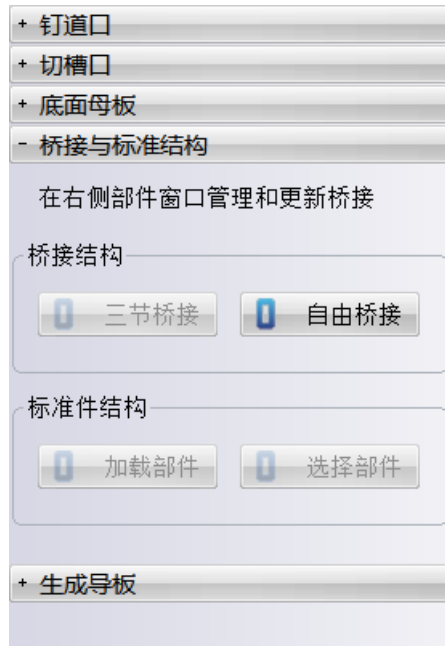
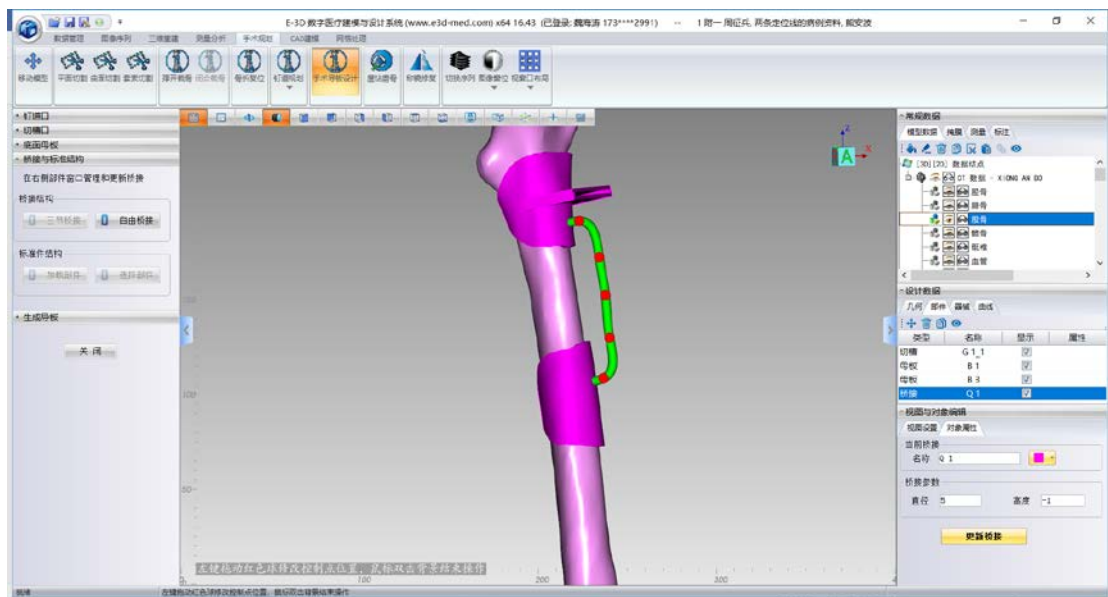


图 6—13 桥接与标准结构



图—14 自由桥接

(5) 生成导板

点击“生成导板”打开隐藏菜单，显示生成导板所需的钉道、切槽、母版、桥接，然后点击“生成导板”，弹出“使用快速生成方法”和“使用稳定生成方法”的对话框，根据需求选择生成方式完成操作。若导板需要后处理固定，在生成的导板模型下，点击“新钉孔”设置钉孔位置，输入孔径，点击“执行生成”完成操作。（图 6—14 生成导板）

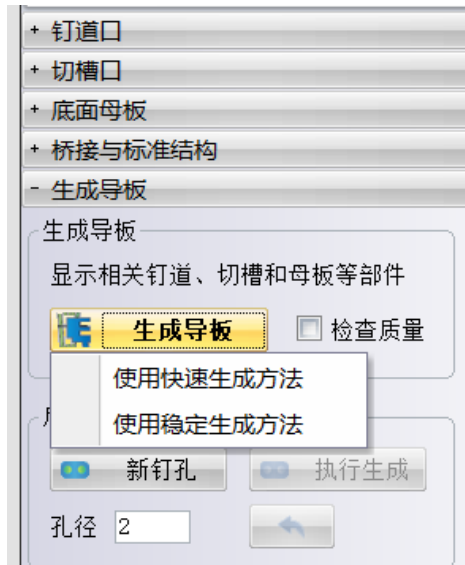


图 6—14 生成导板

生成导板时，共有两种生成方式：使用快速生成反式和使用稳定生成方式。两种方式生成的模型本质没有区别，在使用时需要对待：

使用快速生成方式：优点是计算速度快，适合模型结构简单，但操作范围广的模型，否则会出现空洞，坏边，法线错误，生成的模型错误。

使用稳定生成方式：优点是错误率低，适合操作范围小，结构精细的模型，但运算时间长。

（六）对称修复

点击“对称修复”工具，首先设置镜像平面，选择“选取镜像面”或“调整平面”设置镜像平面，选择显示镜像，点击“左侧镜像”“右侧镜像”或“双侧镜像”进行预览镜像效果，如果效果不满意，点击“调整平面”在三维视口中改变平面的位置，再次进行预览，直达到达满意的效果，选择“镜像模型”“增补假体”“融合模型”，三类模型生成类型，点击“生成模型”，点击确定完成并退出操作。（图 6—7 对称修复工具栏）（图 6—8 对称修复效果图）



图 6—7 对称修复工具栏

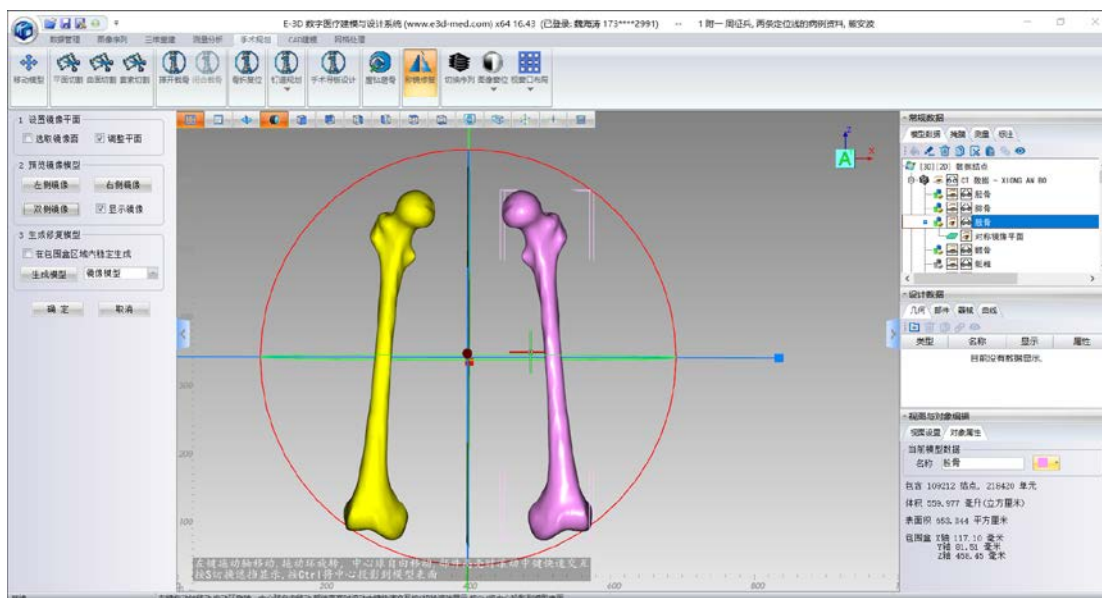


图 6—8 对称修复效果图

(七) 局部画刷

点击手术规划中的“磨骨钻骨”命令，弹出以下对话框，选择画刷模式“拉高”“压低”“平滑”，设置画刷参数“力度”“标记颜色”在三维视口中按住鼠标左键在模型上拖动画刷执行操作，滚动滚轮改变画刷大小。点击确定完成并退出操作。（图 7—7 局部画刷）



图 7—7 局部画刷

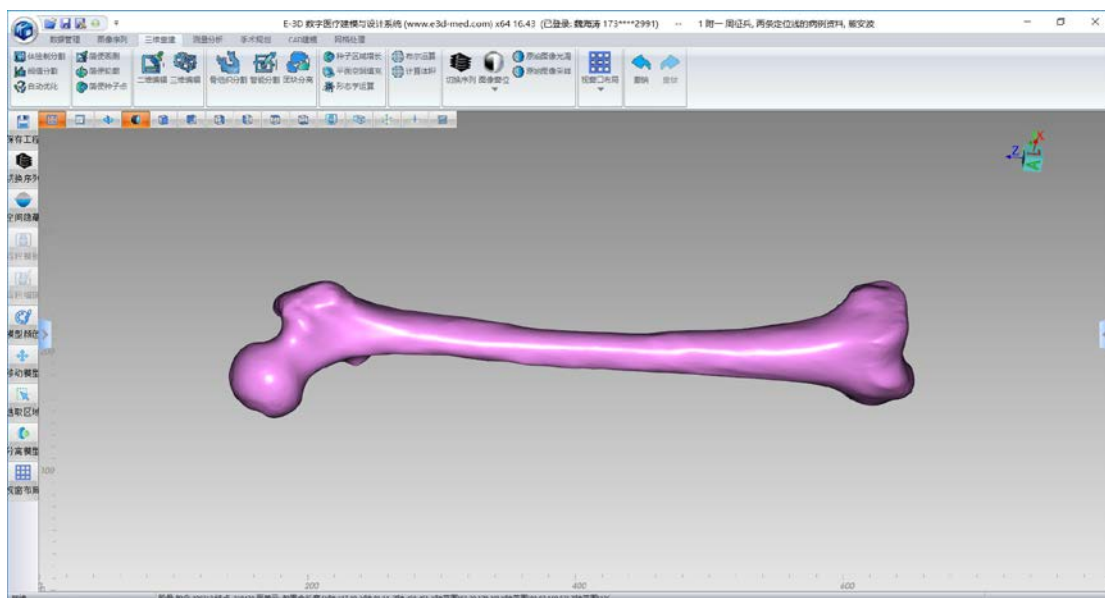


图 7—8 原模型

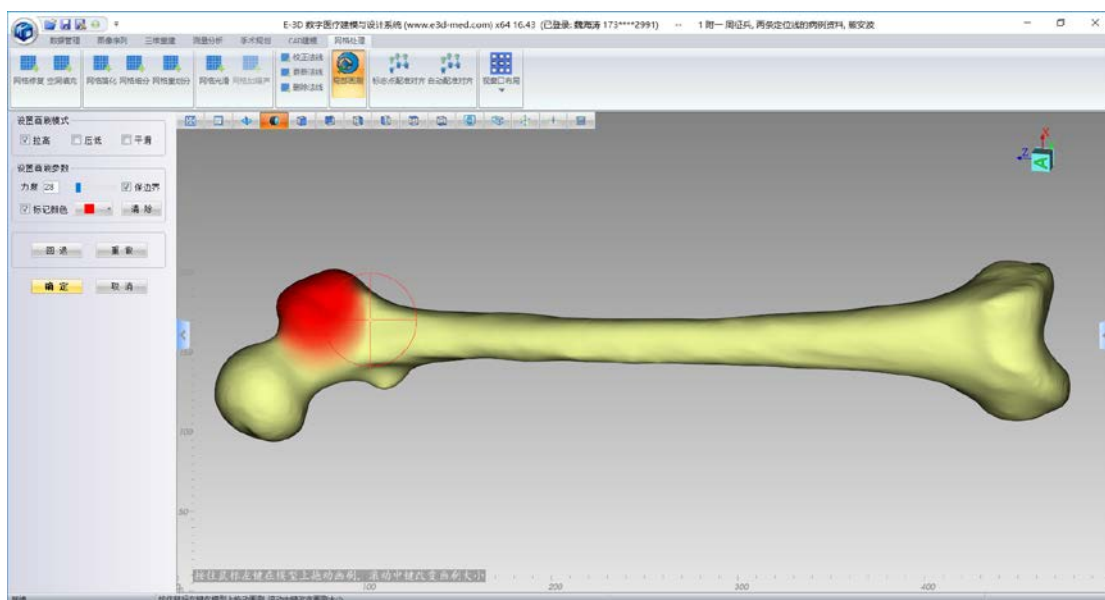


图 7—9 局部画刷之拉高操作

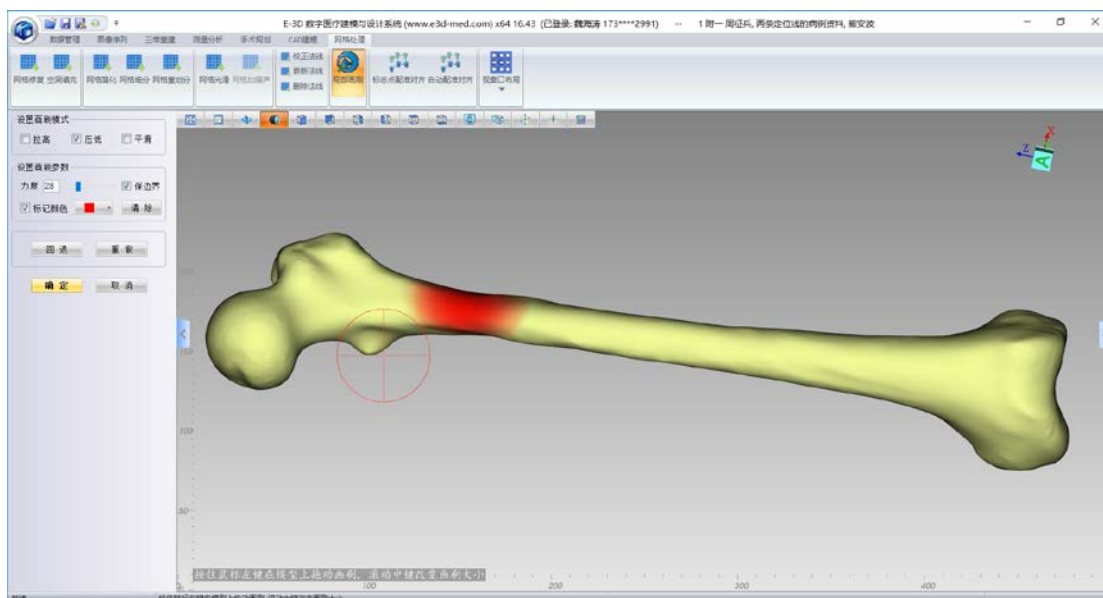


图 7—10 局部画刷之压低操作

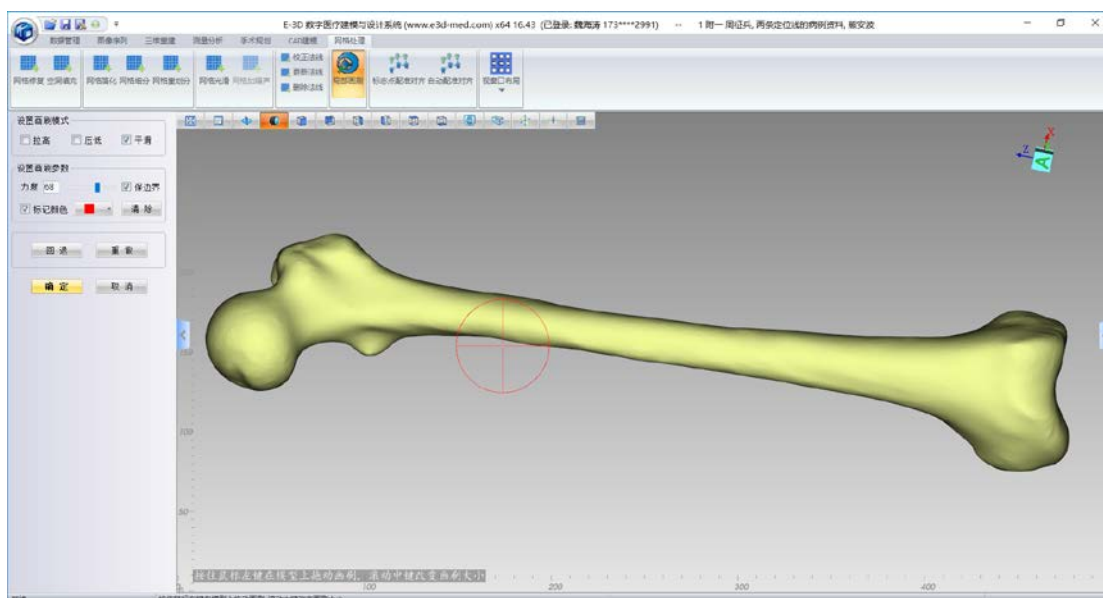


图 7—11 局部画刷之平滑

第七章：CAD 建模

Med CAD 模块允许用户以医学影像体数据的二维断层图像为参考,通过绘制、键盘输入和轮廓线拟合,创建基本的 CAD 对象—点和线段,参数对象平面、圆、球体和圆柱体,以及 NURBS 曲线和曲面。也可以基于三维模型拟合血管中心线及进行多种流体管腔测量。所有的 CAD 对象均可以标准的 IGES 格式输出,其中拟合的中心线还可以以文本格式输出。

(一) 点

创建点的方法有三种,一种是直接绘制,一种是键盘输入,还有一种是通过模型创建点。

(5—1 创建点)

直接绘制：选择“CAD 建模”菜单,点击“点”命令,打开下拉菜单,点击“鼠标选

点”，鼠标光标出现变化，在所有视口都可以进行操作，左键选择位置点，新建标志点。在“对象属性”中可以修改点的名称，观察及修改点的坐标。

键盘输入：选择“CAD 建模”菜单，点击“点”命令，打开下拉菜单，点击“键盘参数定义坐标”，弹出以下对话框，通过修改坐标参数改变点的位置，单击确定，完成点的创建。

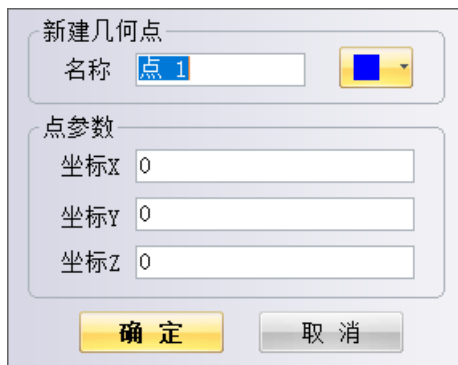


图 5—1 创建点

模型创建点：选择“CAD 建模”菜单，点击“点”命令，打开下拉菜单，点击“模型包围盒中心”“模型质心”“一条线段中点”“两个点的中点”“投影一个点到平面”选择参考模型，完成点的创建。

(二) 线

创建线的方法有两种，一种是直接绘制，一种是键盘输入。图 5—2 创建线

直接绘制：“CAD 建模”菜单，点击“线”命令，打开下拉菜单，点击“鼠标选两点”“鼠标选一点（垂直视图平面）”“鼠标选一点（平行一条线段）”鼠标光标出现变化，在所有视口都可以进行操作，左键选择位置点，新建标志点。在“对象属性”中可以修改点的名称，观察及修改点的坐标。

键盘输入：选择“CAD 建模”菜单，点击“线”命令，打开下拉菜单，点击“键盘参数定义坐标”，弹出以下对话框，通过修改坐标参数改变点的位置，单击确定，完成线的创建。



图 5—2 创建线

(三) 圆和矩形

圆和矩形的创建方式均为两种，直接绘制和键盘输入。具体步骤和创建线类似，

(图 4—5 创建圆球)

直接绘制：左键选择位置点，新建坐标。通过三个不同的点确定形状的位置。

键盘输入：在下拉菜单中，点击“键盘参数定义”根据提示输入条件，完成形状的创建。

(四) 圆球

直接绘制：选择“CAD 建模”菜单栏下的“球体”，在下拉菜单中选择“鼠标选两点 中

心半径”“鼠标选两点 直径”“鼠标选 4 点”，鼠标光标出现变化，在所有视口都可以进行操作，左键选择位置点，新建标志点。在“对象属性”中可以修改几何体的名称，观察及修改点的坐标。

键盘输入：在下拉菜单中点击“键盘参数定义”弹出新建几何体的对话框，根据提示输入参数，点击确定，完成几何体创建。

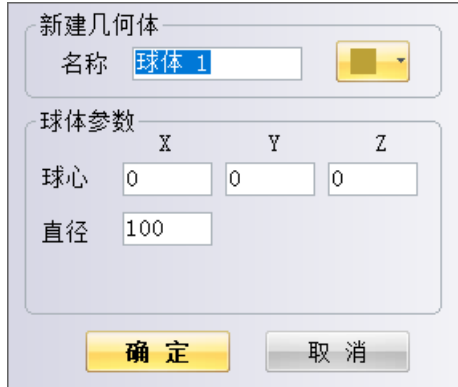


图 5—3 创建圆球

（五）圆柱

直接绘制：选择“CAD 建模”菜单栏下的“圆柱体”，在下拉菜单中选择“鼠标选三点 中心线 半径”“鼠标选两点 中心半径（垂直视图）”“鼠标选两点 直径（垂直视图）”“鼠标选一点（平行一个圆柱）”，鼠标光标出现变化，在所有视口都可以进行操作，左键选择位置点，新建标志点。在“对象属性”中可以修改几何体的名称，观察及修改点的坐标。

（图 4—6 创建圆柱）

键盘输入：在下拉菜单中点击“键盘参数定义”弹出新建几何体的对话框，根据提示输入参数，点击确定，完成几何体创建。

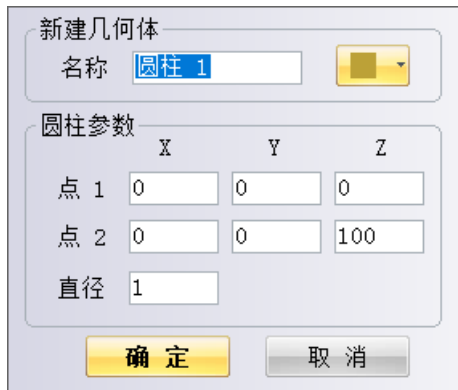


图 5—4 创建圆柱

（六）布尔操作

两个蒙板之间可以进行布尔操作,布尔操作共有 3 种（图 3—5 布尔操作）

选择“CAD 建模”菜单栏下的“布尔操作”弹出布尔操作工具栏

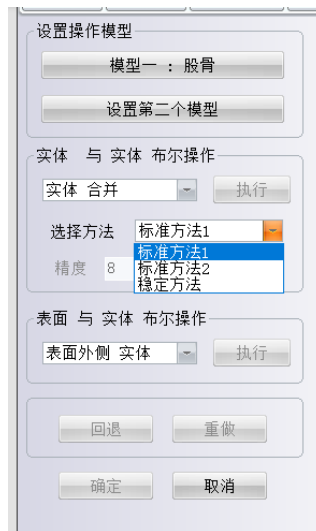


图 3—5 布尔操作菜单栏

设定相关参数：下拉选择框中选择模型 A 和模型 B，选择布尔操作方式：“减”“交”“并”，单击执行命令，将结果保存为一个新的模型。

布尔减：

两个蒙板矩阵中对应元素布尔减(用符号“ $-$ ”表示)运算的法则是：

设球体 A 和球体 B,布尔减相当于从球体 A 中减去球体 B 或从球体 B 中减去球体 A。

$$1-0=1$$

$$0-1=0$$

$$0-0=0$$

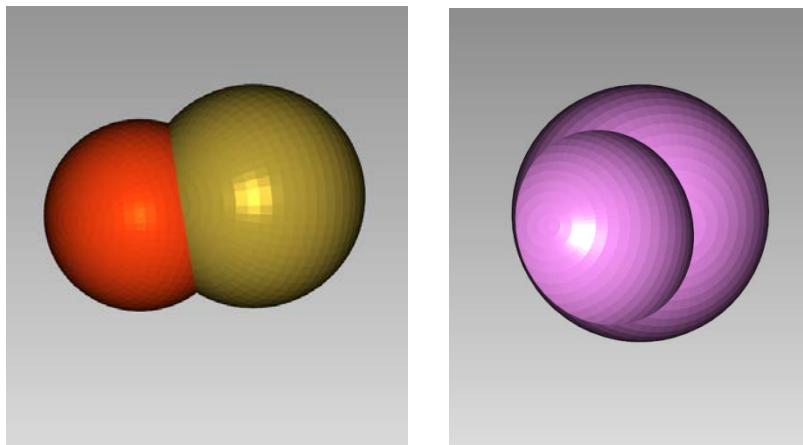


图 3—6 左图为布尔减之前，右图为布尔减之后

设球体 A 和球体 B,布尔减相当于从球体 A 中减去球体 B 或从球体 B 中减去球体 A。

布尔交

两个蒙板矩阵中对应元素布尔交(用符号“ $|$ ”表示)运算的法则是：

设球体 A 和立方体 B, $A|B$ 相当于球体 A 与立方体的重叠部分。

$$1|0=0$$

$$0|1=0$$

$$0|0=0$$

$$1|1=1$$

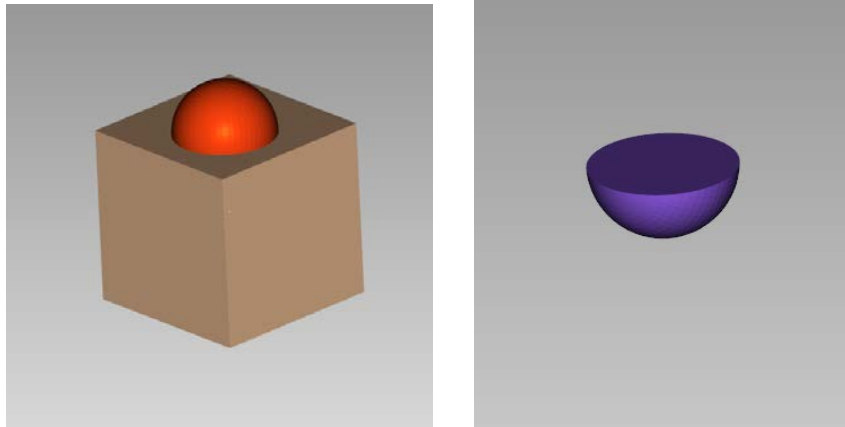


图 3—7 左图为布尔交之前，右图为布尔交之后

布尔并

两个蒙板矩阵中对应元素布尔并(用符号“U”表示)运算的法则是:

$$1U0=1$$

$$0U1=1$$

$$0U0=0$$

$$1U1=1$$

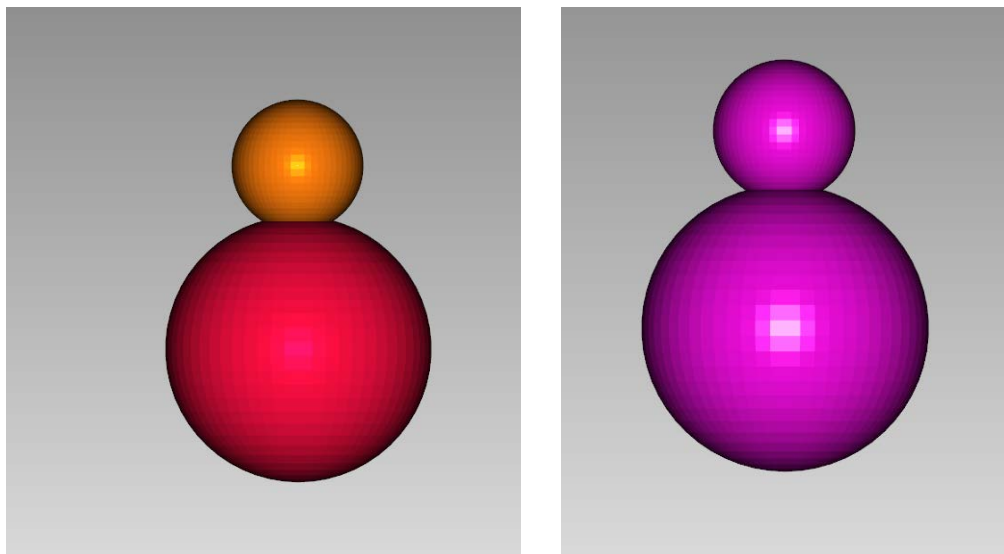


图 3—8 左图为布尔交之前，右图为布尔交之后

设小球 A 和小球 B, $A \cup B$ 相当于合并小球 A 与小球 B。

(七) 表面片偏移

点击“表面片偏移”命令，弹出如图 5—9 所示命令栏，左键点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”或选择“直接使用整个模型作为输出”在三维视口内拖动笔刷选择生成区域的范围。输入设置偏移距离和选择精度，点击“生成偏移表面”计算完成后，点击确定，输出模型保存在“模型数据”标签内。效果如图 5—10 所示。

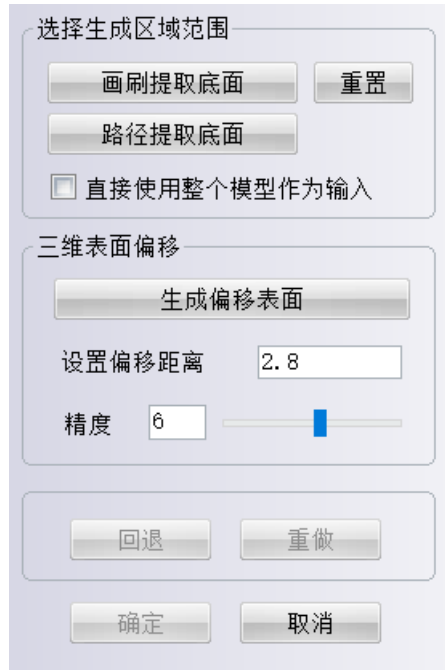


图 5—9 表面片偏移命令栏

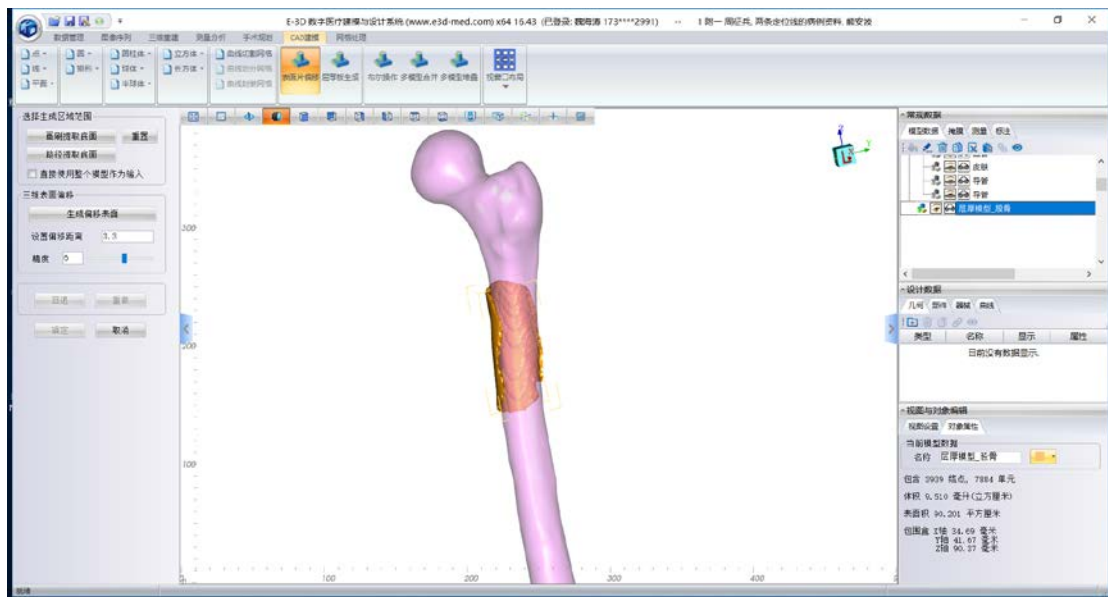


图 5—10 表面片偏移效果展示

(八) 层厚板生成

点击“层厚板生成”命令，弹出如图 5—11 所示命令栏，左键点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”或选择“直接使用整个模型作为输出”在三维视口内拖动笔刷选择生成区域的范围。输入设置偏移层厚、内表面间隙和选择精度，点击“生成层厚模型”计算完成后，点击确定，输出模型保存在“模型数据”标签内。效果如图 5—12 所示。

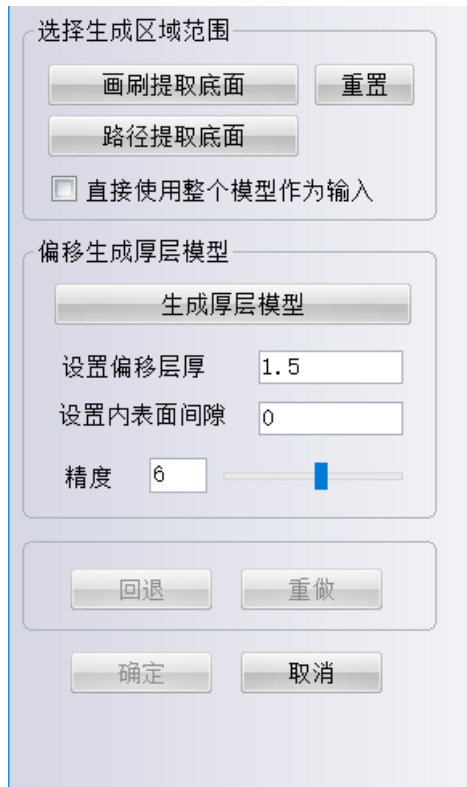


图 5—11 层厚板生成 命令栏

注意：表面片偏移功能和层厚板生成功能都会生成具有一定层厚的由画刷区域所组成的模型，但是表面片偏移不会处理模型内部的偏移，层厚板生成功能会使模型内部的空心部分也发生偏移。如果内部有空心部分，请谨慎选择两种偏移方式。

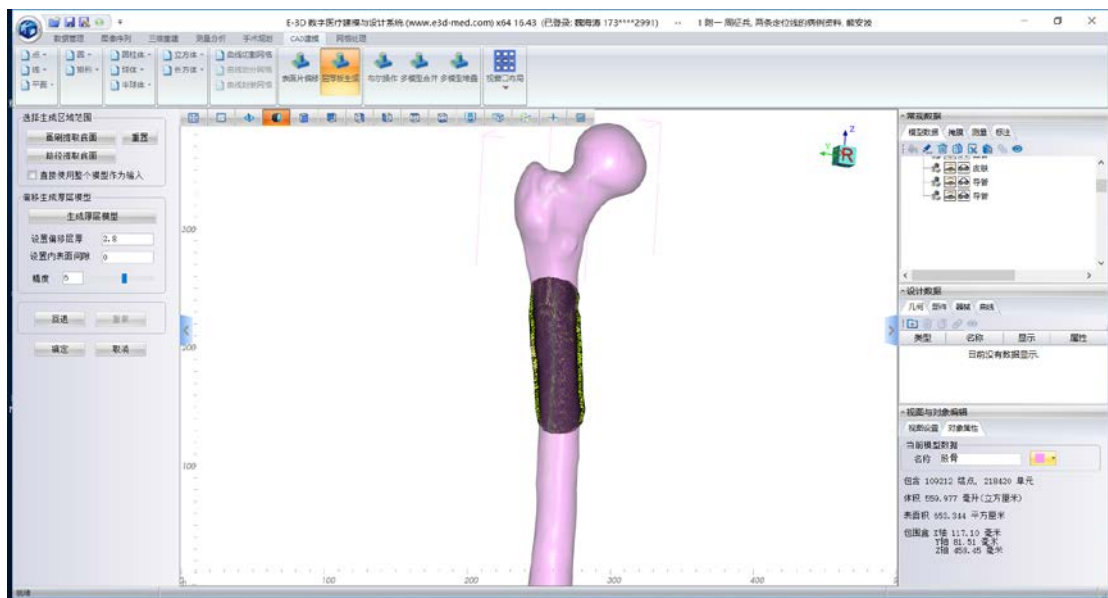


图 5—12 层厚板生成 效果展示

(九) 多模型堆叠

点击“网格堆叠”命令，弹出如图 5—13 所示命令栏，左键点击“添加所选模型来添加需要和第一个模型堆叠的模型，设置去除重复点参数，点击确定，两个模型堆叠完成。操作完成的模型保存在“模型数据”标签内。三维视口左下角显示该模型由多少个节点和面片组成。效果如图 5—14 所示



图 5—13 网格堆叠 命令栏

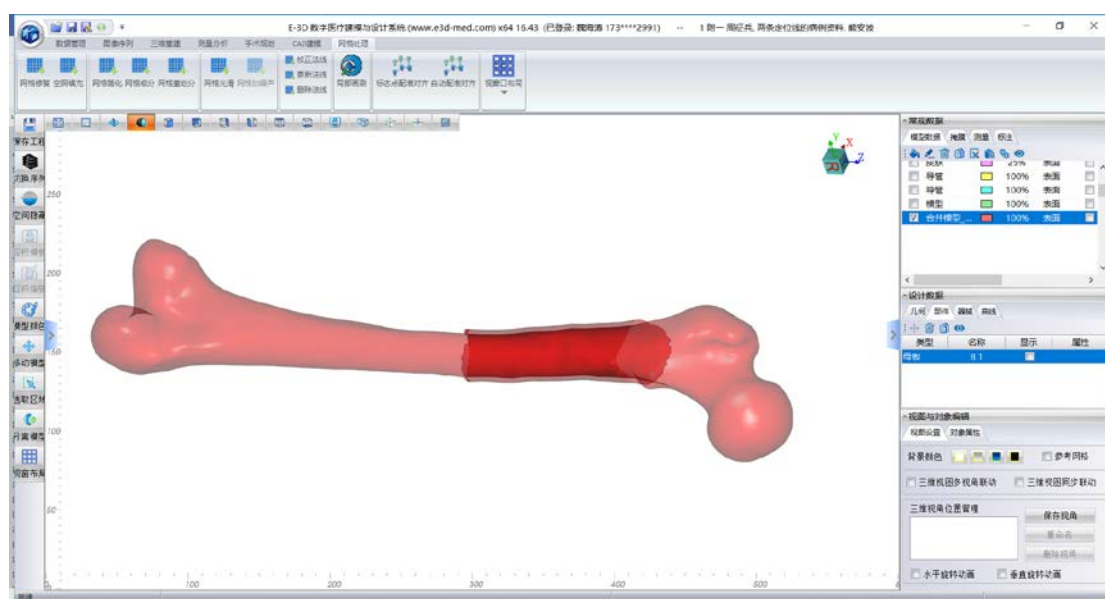


图 5—14 网格堆叠 效果展示

第八章：网格处理

(1) 网格修复

点击“网格修复”，弹出以下对话框，选择需要修复的项目，在其前面打勾，点击“一键自动修复网格质量”计算机对模型进行修复计算，计算完成后，点击确定完成并退出操作。（图 7—1 自动修复网格质量）

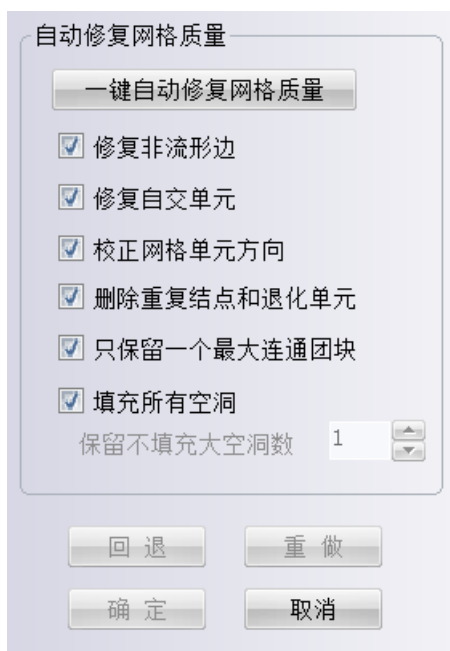


图 7—1 自动修复网格质量

(2) 空洞填充

点击“空洞填充”，弹出以下对话框，（图 7—2 填充网格空洞）

选择单个空洞填充：点击“选择单个空洞填充”，在视口内点击模型空洞轮廓，软件自动执行填充命令。

自动填充：选择“曲率填充”或“平面填充”，点击“自动填充”命令，软件将该模型所有的空洞全部填充

注意：生成水密模型是非常强大的空洞填充工具，在使用时，若模型内部有异物，则生成的水密模型表面表现为异物形状的隆起。

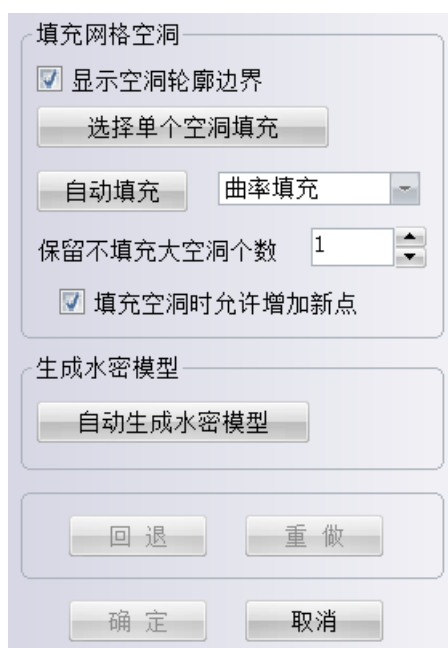
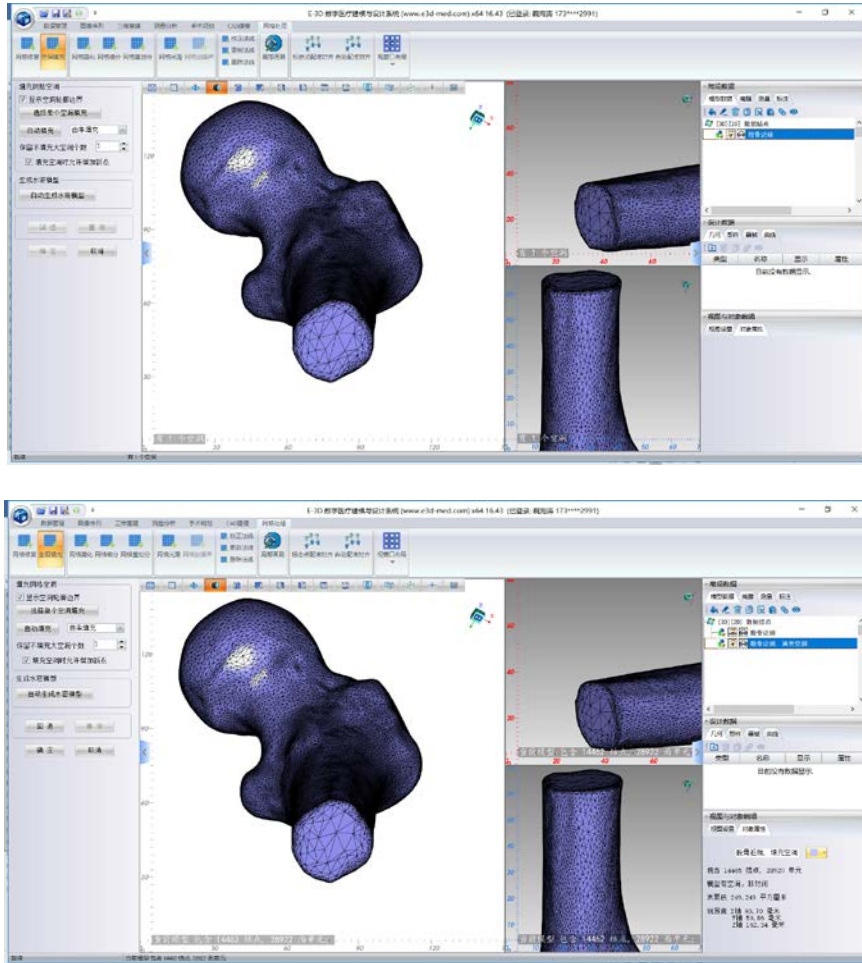


图 7—2 填充网格空洞菜单栏



(3) 网格简化

点击“网格简化”，弹出以下对话框，在输入框中输入需要将模型表面网格简化为原模型网格数量的比例，点击“执行简化”，计算机对模型网格进行简化计算，点击“确定”完成并退出操作。（图 7—3 简化网格）

注意：网格简化操作能使模型网格数量减少，但减少的同时，会使模型损失细节。需谨慎使用该命令。

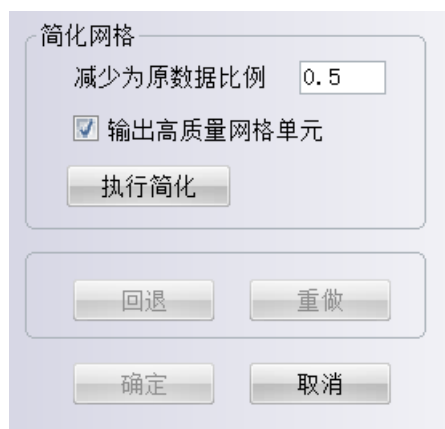


图 7—3 简化网格

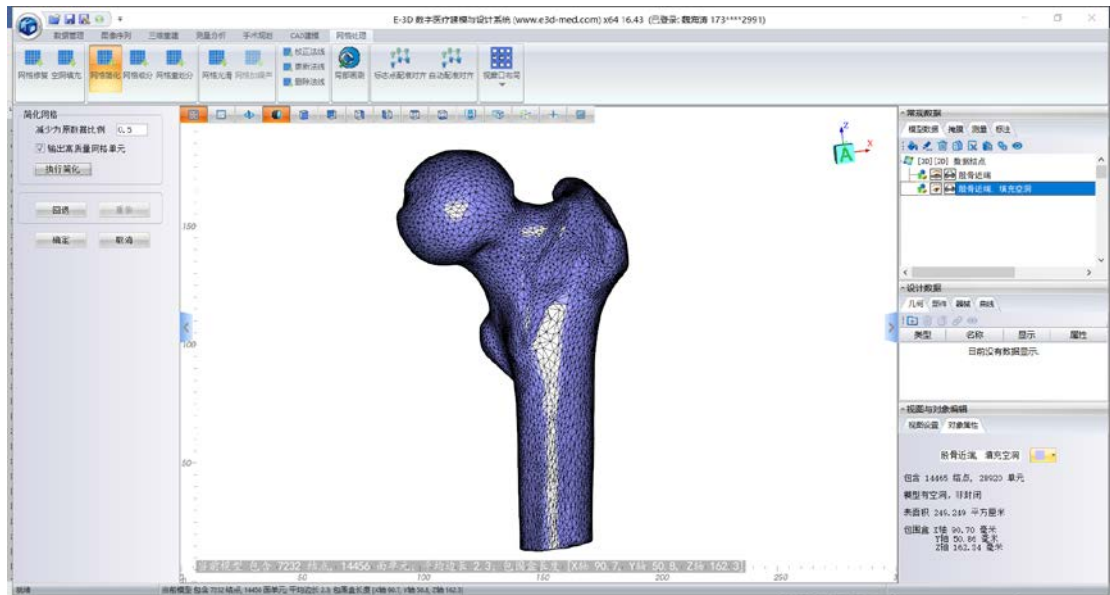
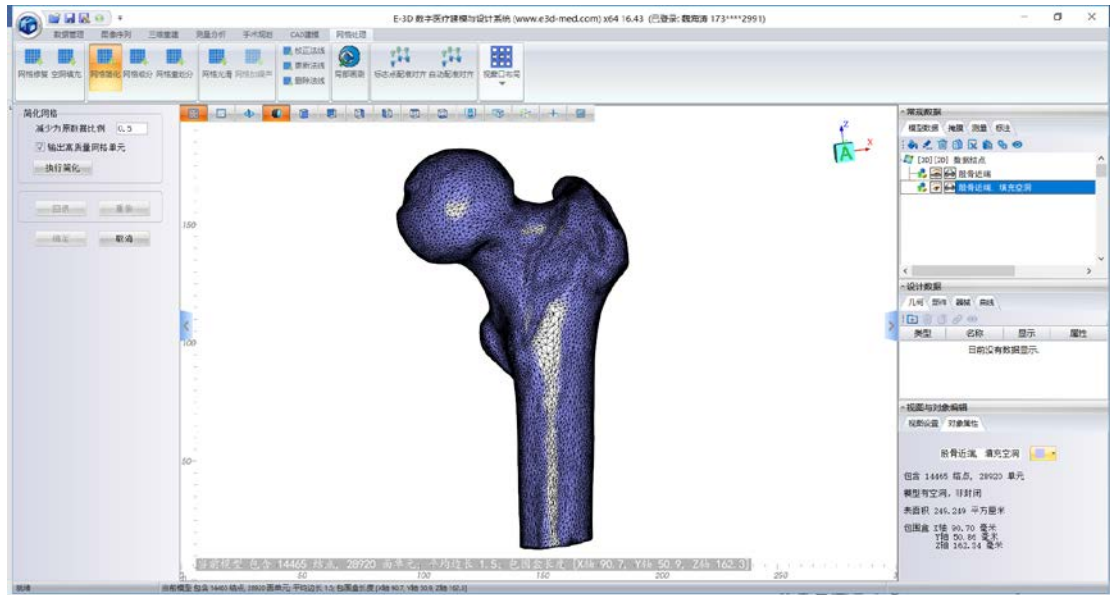


图 7—4 网格简化效果 上图为简化前 下图为简化后

(4) 网格细分

点击“网格细分”，弹出以下对话框，在输入框中输入细分层次数，点击“执行生成”命令，计算机进行网格细分计算，计算完成，点击确定完成并退出操作。（图 7—4 细化网格）

注意：细分层次数越高，计算出来的模型表面网格数越多，模型质量越好，但对计算机配置要求也越高。

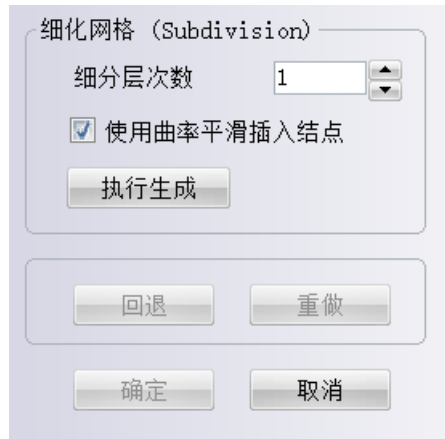
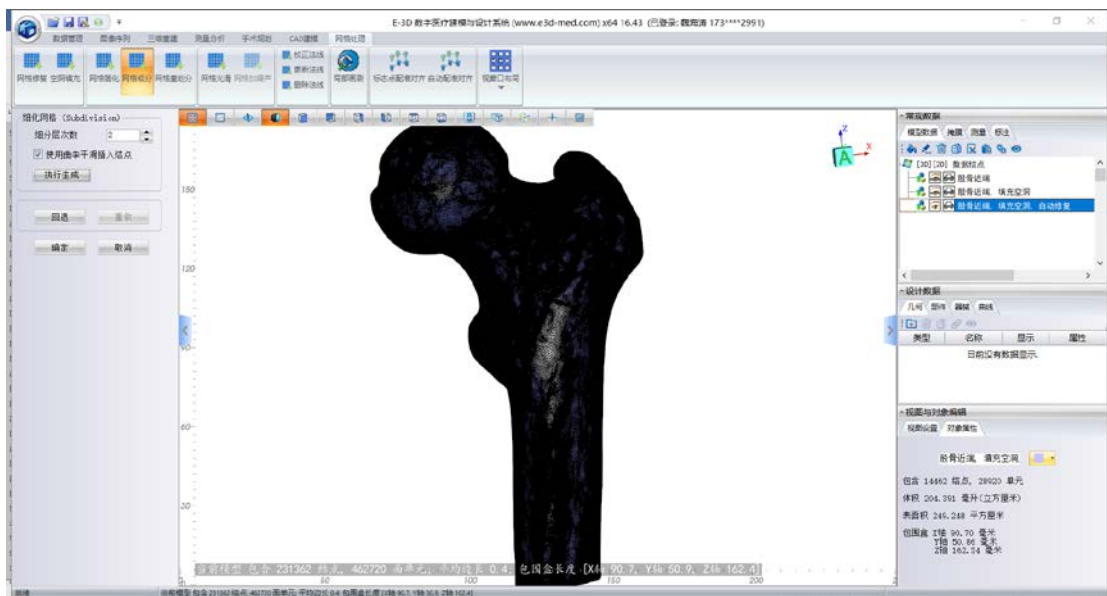
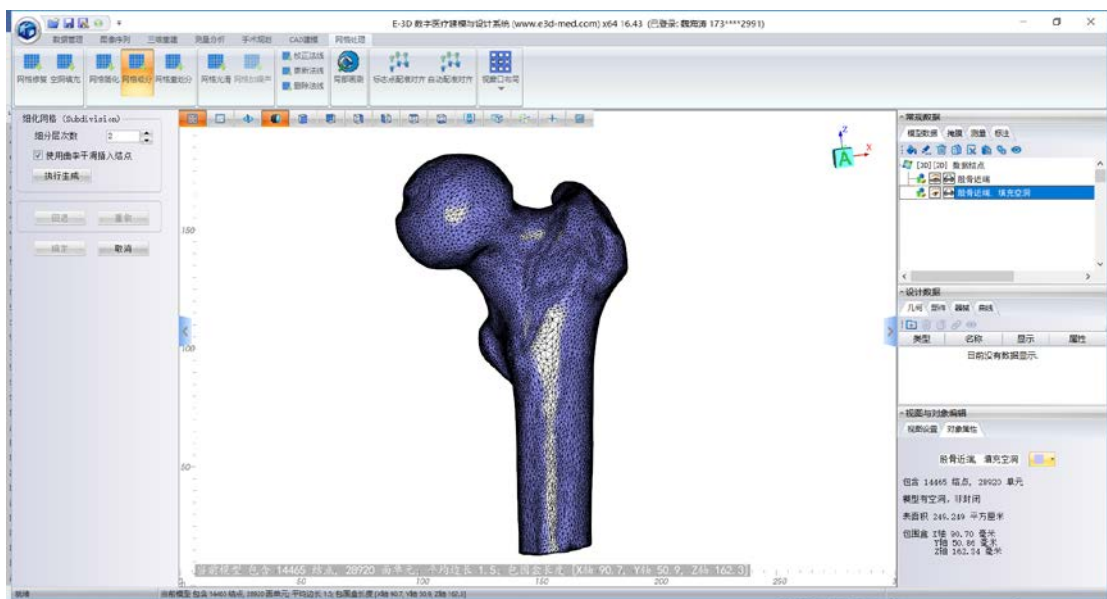


图 7—4 细化网格



(5) 网格重划分

点击“网格修复”，弹出以下对话框，此菜单提供了两种重画网格的方法：通过结点比

例划分网格和通过特征重画网格。(图 7—5 重画网格)

结点重画网格：在三维视口左下角显示当前模型的表面网格数量，在“输出网格节点比例”输入栏中输入结点比例，则“输出网格结点数”输入栏中对应显示此比例下的结点数量。点击“执行生成”，计算机进行计算。

特征重画网格：在输入框中输入“目标单元边长(网格边长)”“特征边角度(网格角度：决定网格形状)”选择迭代处理次数。点击“执行生成”，计算机进行计算。

计算完成后点击“确定”完成并退出操作。

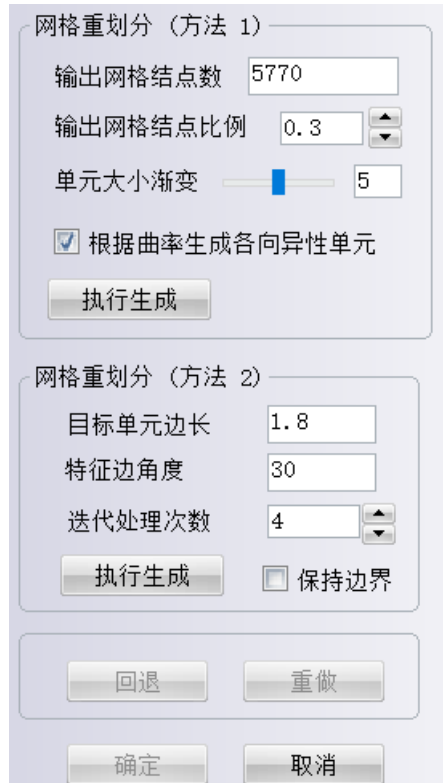
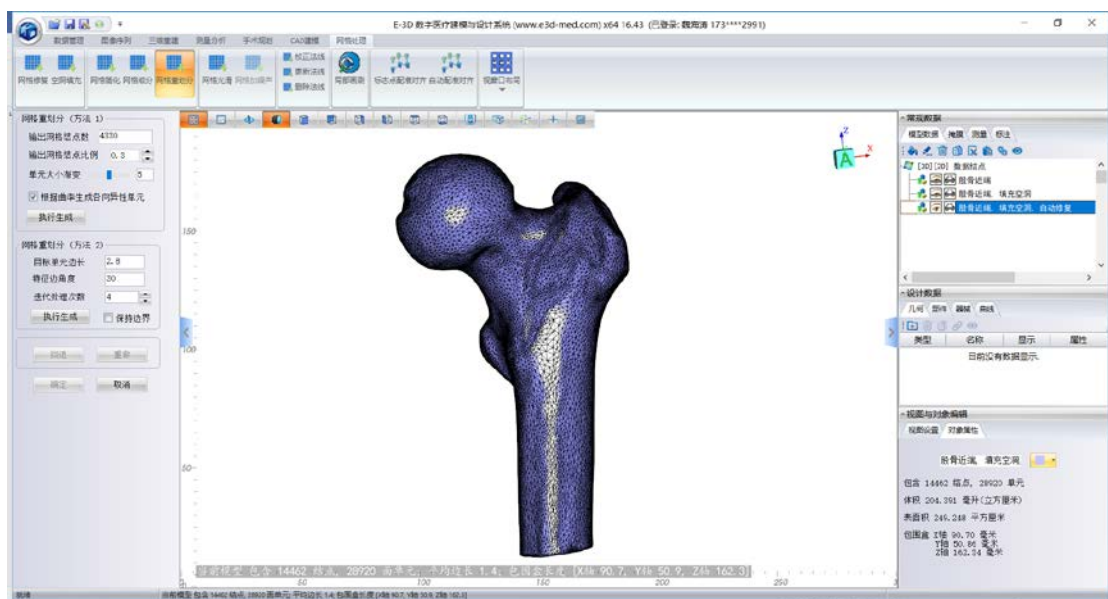
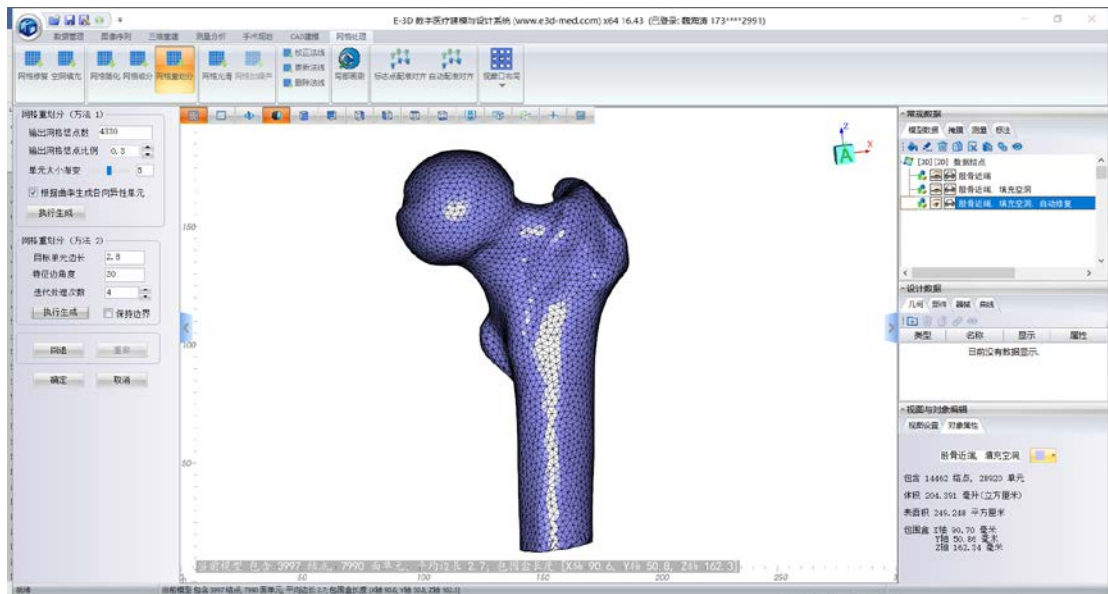


图 7—5 重画网格





7—6 上图为重划网格前，下图为重划网格后效果

(6) 网格光滑

点击“网格修复”，弹出以下对话框，选择合适的“迭代次数”“特征边角度”“平滑强度”点击“执行光滑”对模型进行光滑处理，可在三维视口进行观察，若没达到效果，可加大“平滑强度”数值，点击“执行光滑”再次计算。达到效果后，点击“确定”完成并退出操作。（图 7—6 网格光滑）

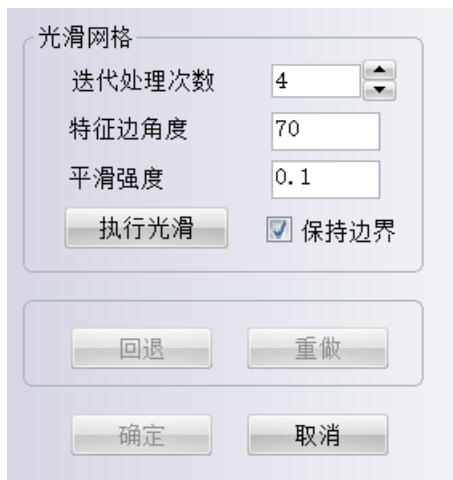


图 7—6 网格光滑

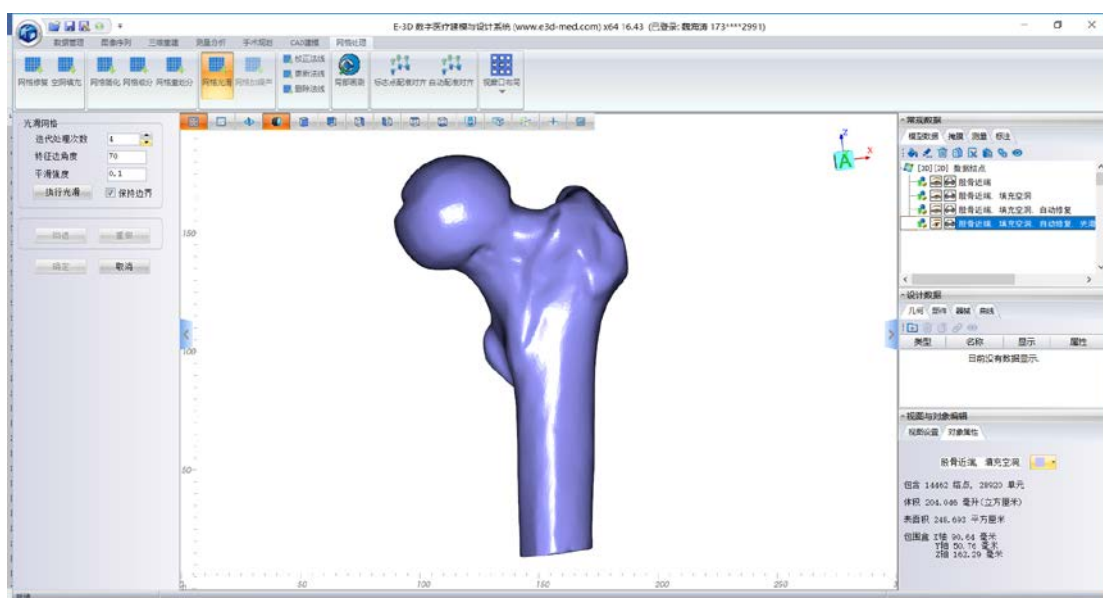
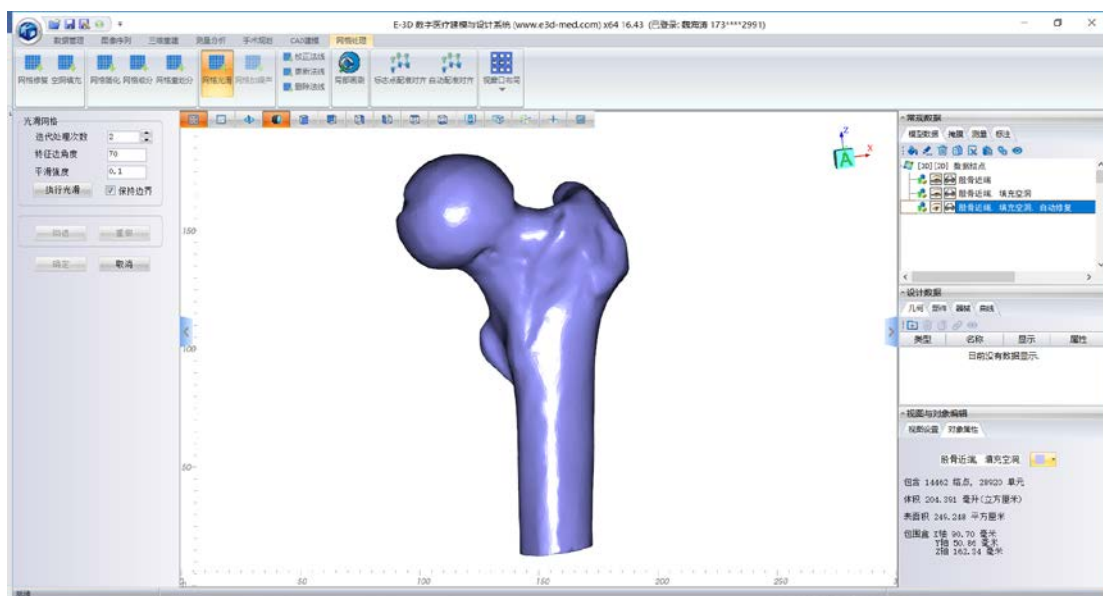


图 7—7 上图为光滑网格前 下图为光滑网格后

(7) 法线修复

若模型法线与目标法线不重合，可点击“校正法线”对法线进行校正，点击“删除法线”删除不需要的法线，点击“更新法线”将校正和删除后的效果进行显示。点击网格修复命令后，若有部分三角面片显示为红色，则可能是部分三角面片的三角网格法线与模型正常的法线相反，点击“校正法线”命令，红色的三角面片转变为正常颜色。

(8) 配准对齐

标志点配准对齐

点击“标志点配准对齐”命令，视口变化为三个三维视口，如图 7—12 所示，并弹出以下命令栏，如图 7—13 所示，点击“设置目标模型”按钮，选择需要配准的模型，初始模型显示在左上窗口，需要配准的模型和初始模型会同时在右上窗口个下方窗口显示。

点击“编辑标志点”在上方两个视口选择需要配准的标志点，点击“执行配准”计算机进行计算，执行结束的模型保存在“数据模型”标签内，效果如图 7—14 所示。

自动配准对齐

点击“自动配准对齐”命令，视口变化为三个三维视口，如图 7—12 所示，并弹出以下命令栏，如图 7—15 所示，点击“设置目标模型”按钮，选择需要配准的模型，初始模型显示在左上窗口，需要配准的模型和初始模型会同时在右上窗口个下方窗口显示。

点击“执行自动配准”计算机进行计算，执行结束的模型保存在“数据模型”标签内，效果如图 7—14 所示。

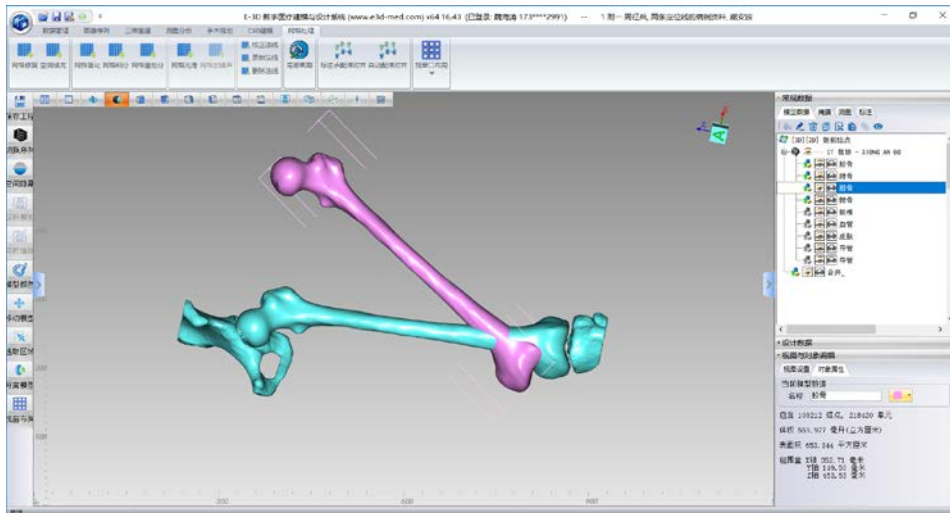


图 7—12 配准对齐前

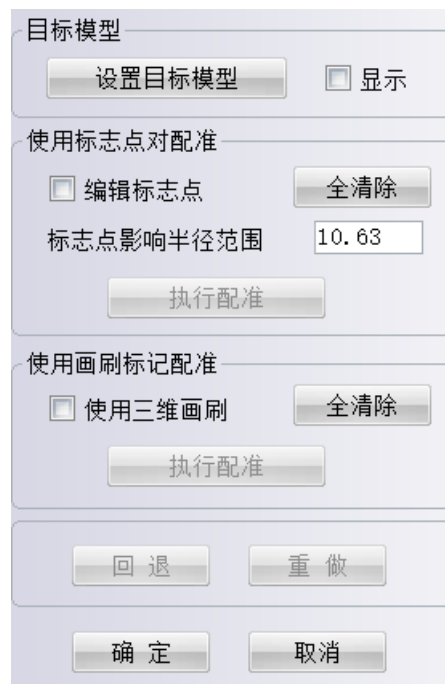


图 7—13 配准对齐命令菜单栏

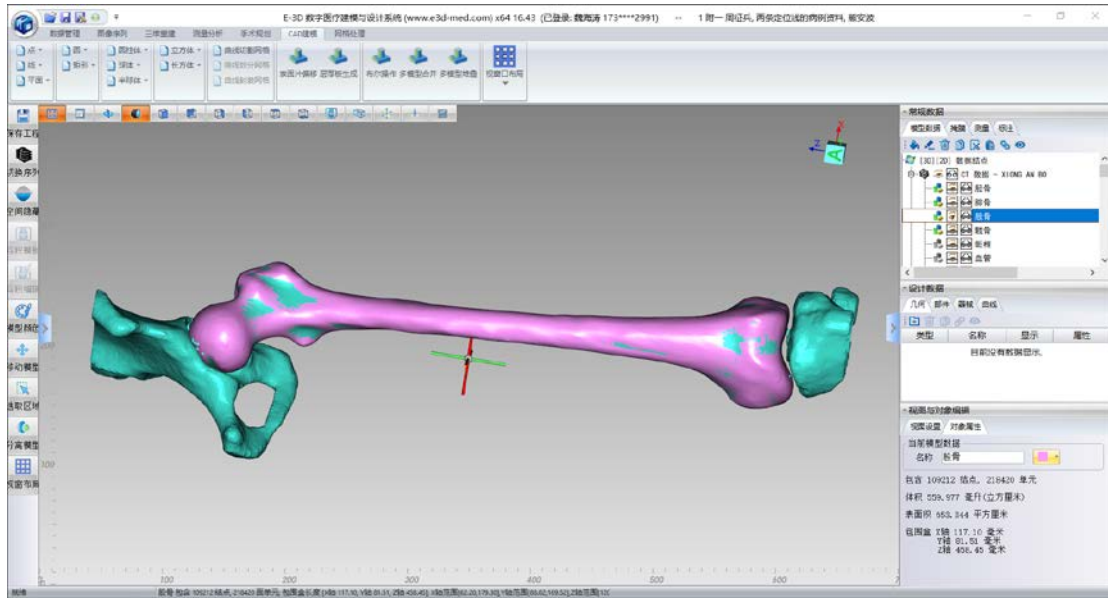


图 7-14 配准对齐下效果

目标模型

显示

变换模型

目标模型