

E3D 数字医疗软件

用户操作手册

湖南华胜迈迪软件开发有限公司

目录

第一章：软件安装注册与界面介绍 1
一、 软件安装 1
二、 新用户注册与用户登陆 3
三、 系统选项 4
四、 软件界面介绍 5
第二章：认识 E3D 基础模块 29
（一）医学数字图像基础知识 29
（二）像素、分辨率与像素尺寸 29
（三）图像格式 29
（四）数字医学图像传输与储存标准—DICOM 30
（五）连续断层图像输入 31
第三章：数据管理 32
（一） 导入 DICOM 格式图像 32
（二） 切换图像序列 34
（三） 导入 X-Ray 数据 35
（四） 导入几何模型 36
（五） 导入工程文件 37
（六） 导出 3D 模型 37
（七） 项目管理（保存、另存为、打开及关闭） 38
（八） 图像窗位 38
（九） 上传云平台 42
（十） 连接 PACS 58
第四章：图像序列 58
（一）容积重建 58
（二）X 线图像模拟 60
（三）图像处理 61
（四） 图层显示模式—密度投影模式 62
（五） 多图层融合 64
（六） 图像重采样 65
（七） 曲面视图模式 66
（八） 多模态图像配准 67
第五章：三维重建 69
（一）阈值分割 69
（二）简便种子点与种子区域增长 71
（三）形态学操作 71
（四）布尔操作 73
（五）平面空洞填充 77
（六）二维编辑 78
（七）简便画刷与简便轮廓 87
（八）掩膜三维编辑 88
（九）自动优化 89
（十）骨组织分割 89

（十一）智能分割.....91
（十二）团块分离.....93
第六章：测量分析.....95
（一）测量距离.....95
（二）测量角度.....95
（三）测量范围内的周长面积.....96
（四）解剖模板测量.....97
（五）中心线.....99
（六）直径厚度分析.....100
（七）模型间距测量.....101
（八）注释工具.....102
第七章：手术规划.....104
（一）三维模型的坐标变换——三维模型刚体变换的交互式实现.....104
（二）切割方式.....106
（三）截骨导板.....111
（四）骨折复位.....113
（五）手术导板设计.....115
（六）曲面导板设计.....127
（七）对称修复.....129
（八）局部画刷.....130
第八章：CAD 建模.....132
（一）创建点、线、面、体.....132
（二）曲线网格划分.....135
（三）布尔操作.....136
（四）表面片偏移.....140
（五）层厚板生成.....141
（六）多模型堆叠.....142
第九章：网格处理.....143
（一）网格修复.....143
（二）空洞填充.....144
（三）网格简化.....146
（四）网格细分.....147
（五）网格重划分.....149
（六）网格光滑.....150
（七）配准对齐.....152
第十章：案例分析.....155
（一）颅内肿瘤导板建模.....155
（二）肝脏通道建模方法.....157
（三）导出 3D 模型.....159

第一章：软件安装注册与界面介绍

(一)软件安装

用户在使用 软件前，需要在 官网上下载并安装，下载的网站为：WWW. e3d-med.com,选择 数字神经外科系统，将该系统下载到电脑上。

在安装前，用户需要检查电脑配置， 软件的安装及使用最低电脑配置为：

系统	处理器	运行内存
Win7	I5 及更高版本	8G 及更高
Win10	I5 及更高版本	8G 及更高

安装前，关闭 360、电脑管家等杀毒软件。

安装时，需要先将下载的压缩包解压，找到安装包:《E3D 数字医疗建模与设计系统 Setup》(图 1-1)，右键单击打开操作面板，选择“以管理员身份运行”在用户控制界面选择“是”

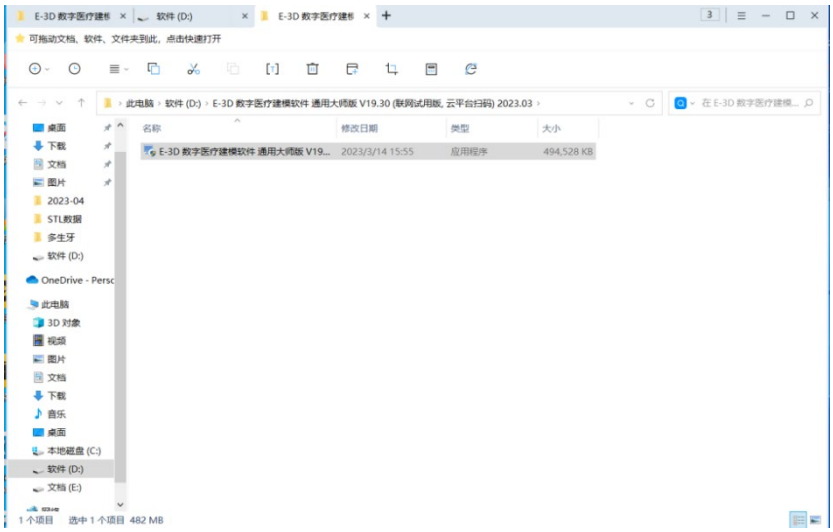


图 1-1 安装包

在选择安装路径时（图 1-2），不要将软件安装在 C 盘，也不要装在 Program Files 文件夹，因为 C 盘是系统盘，操作限制较多。

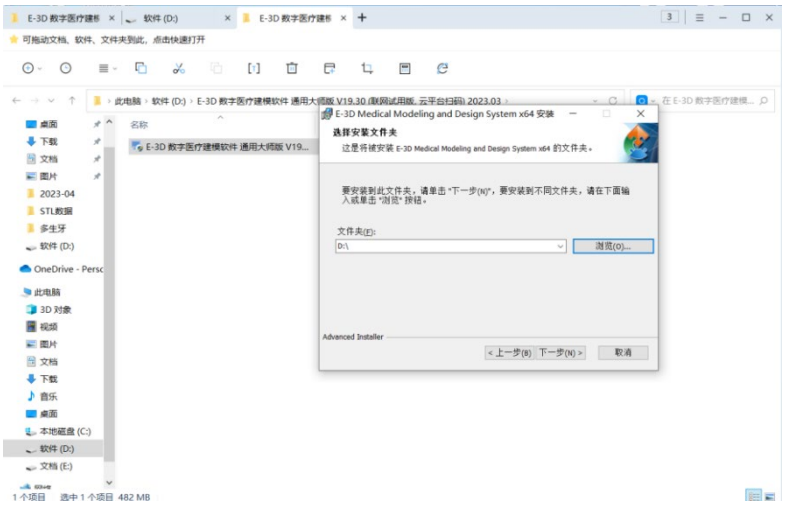


图 1-2 选择安装路径

选择好安装位置后点击“安装”按钮（图 1-3、图 1-4）

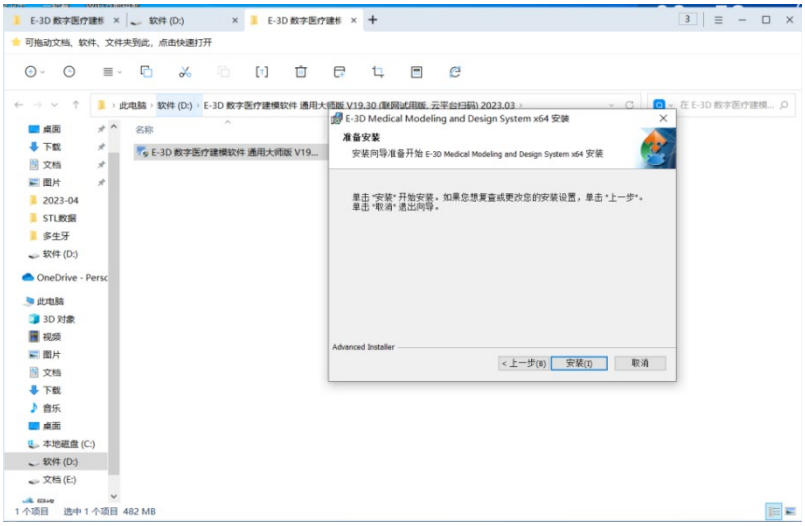


图 1-3 点击安装

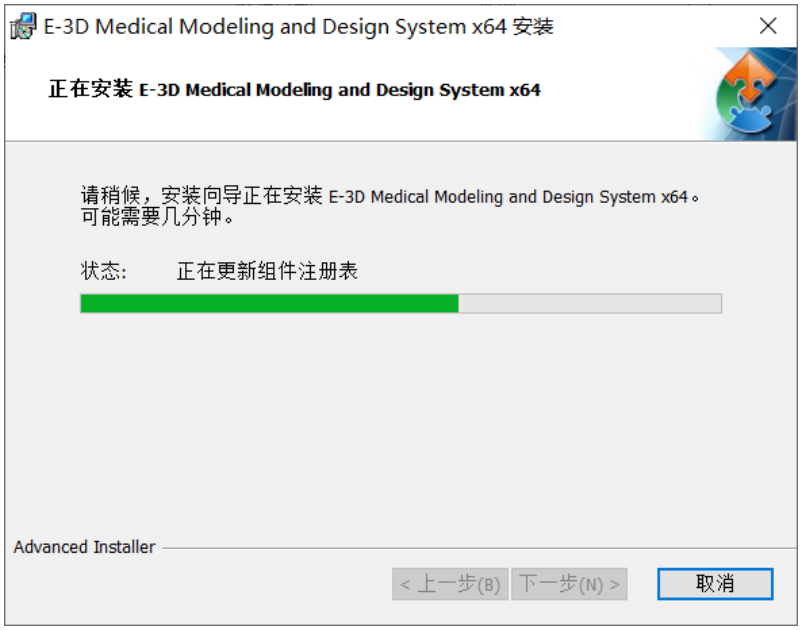


图 1-4 等待安装

出现以下界面后，点击“完成”按钮，软件安装完成（图 1-5）。



图 1-5 完成安装

(二)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。

电脑已在线注册方式为：联网的用户，点击“数据管理”菜单内的“新用户注册”按钮，弹出填写注册信息的对话框(图 1-6)，填写完成后，点击“注册”按钮，即可完成注册。

若安装 E3D 的电脑没有接入互联网，可选择离线方式注册，点击“导出离

线申请”导出注册文件（格式为.rege），将注册文件通过 U 盘等移动存储设备拷贝至有互联网接入的电脑，通过 Email 以附件形式将注册文件发送至 26551858@qq.com，进行注册申请，收到回复后，下载附件中文件（格式为.rege-Recontruction.perm），点击“导入离线许可”，将其导入即可完成注册。

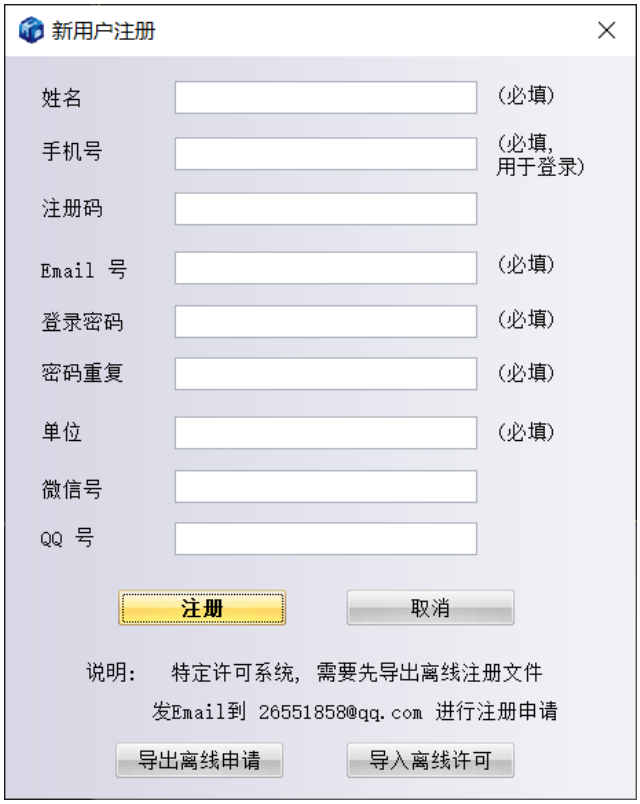


图 1-6 用户注册填写

注册完成后，在使用前请登陆软件，点击用户登陆，出现软件登陆界面（图 1-7），输入账号、密码，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”。

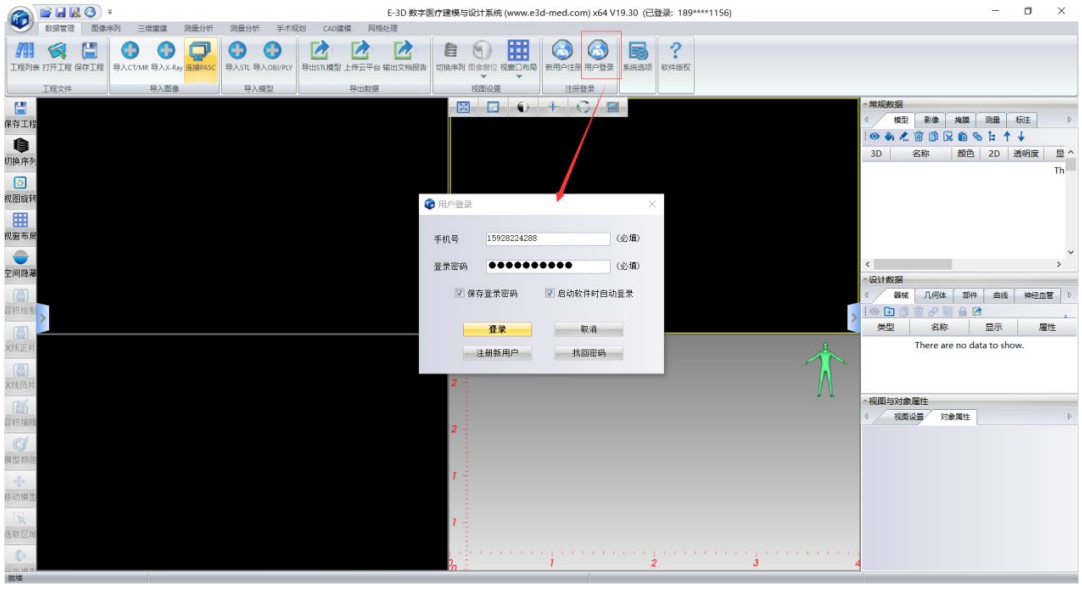


图 1-7 软件登陆界面

(三)系统选项

系统选项（图 1—8 系统选项）旨在适应不同用户操作习惯，用户可以通过点击参数预设来进行个性化设置。

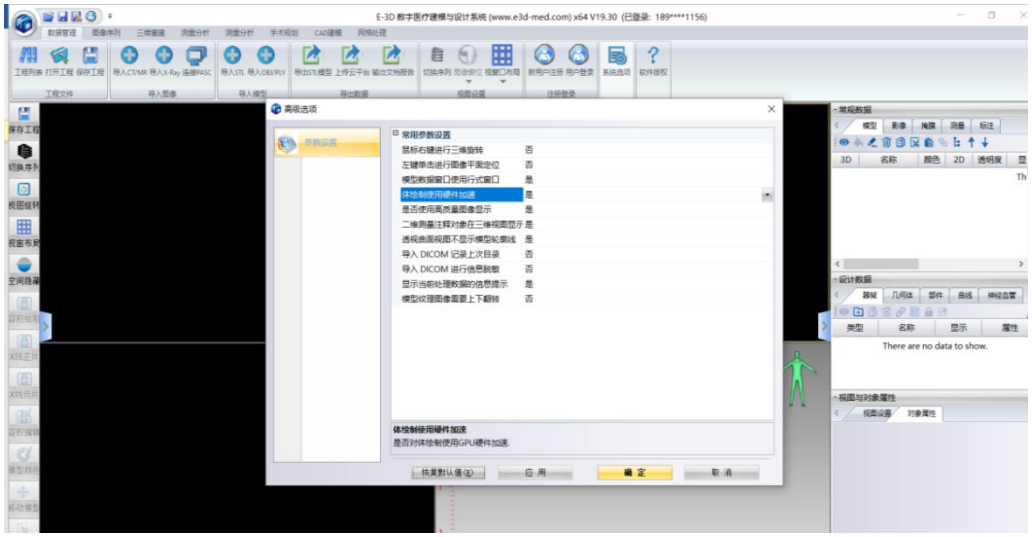


图 1—8 系统选项界面

鉴于部分用户习惯于 mimics 的操作方式，在本软件中，只需要将常用参数设置的前两个设置为“是”，即可实现与 mimics 中一致的操作方式，即鼠标右键进行三维旋转、滚轮控制放大缩小、左键单击定位。

设置后的常用参数如下图 1-9：

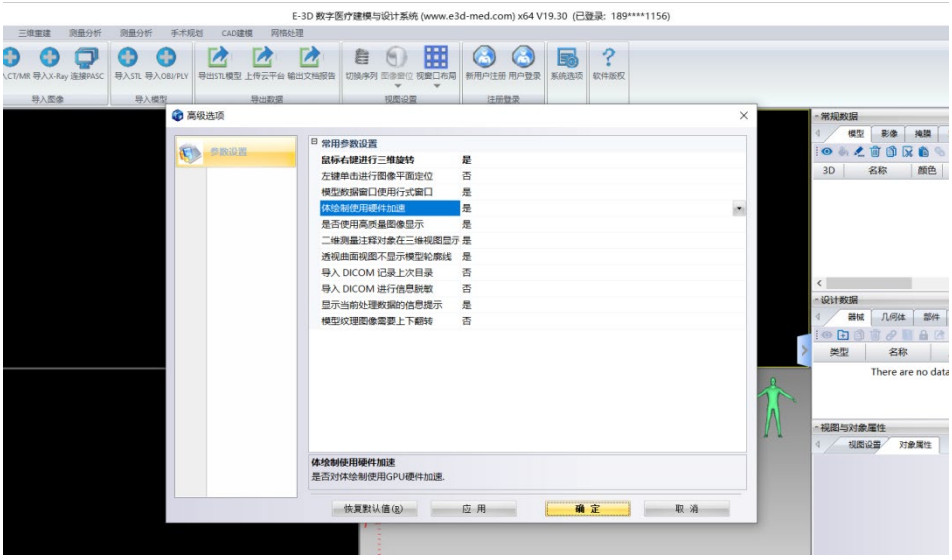


图 1-9 本操作手册中使用的操作习惯

(四)软件界面介绍

和目前传统的软件一样，E3D 软件的窗口和菜单采用经典的集成风格布局，所以本软件的操作会非常易于上手。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—10 软件主界面）。

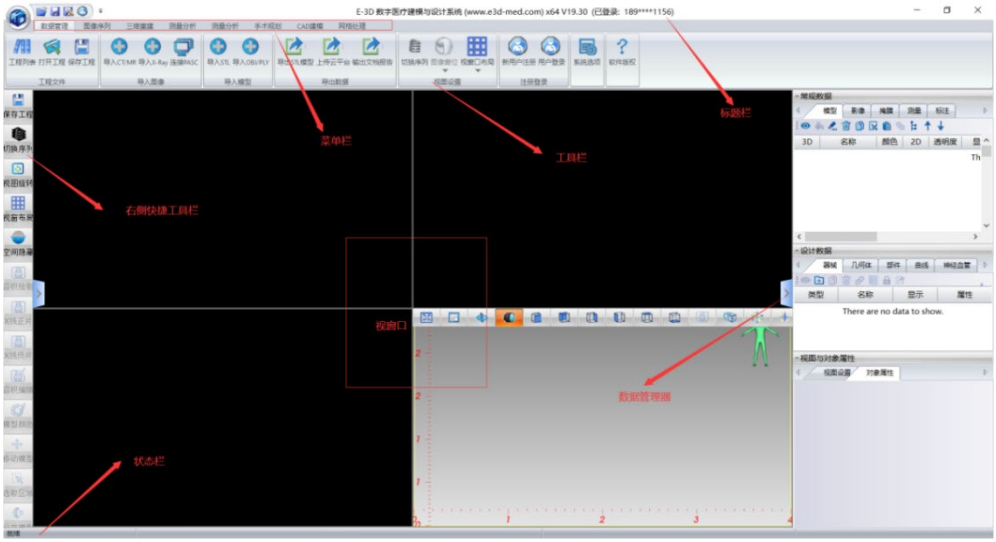


图 1—10 软件主界面

标题栏

用户登陆后，标题栏显示项目的基本信息，依次为软件名称、官网网址、软件版本号、用户账号、项目名称（默认为患者姓名，为保护患者隐私可以对项目重命名）。（图 1—11 标题栏）。

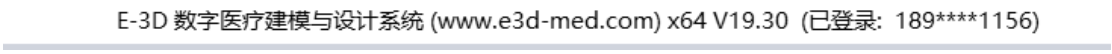


图 1—11 标题栏

（一）菜单、工具栏

通过菜单栏的菜单，可以访问几乎所有的软件功能。E3D 菜单设置力求简洁，以功能集成式菜单栏方式呈现，通过单击菜单栏的菜单，可以查看对应的工具，并使用本软件绝大部分功能（图 1—12 菜单栏、图 1—13 工具栏）。



图 1—12 菜单栏



图 1—13 工具栏

“数据管理”菜单下可进行数据的导入和导出、操作习惯的设置。

“图像序列”菜单下可进行图像处理、容积体绘制、X 线图像模拟和图层融合。

“三维重建”菜单下可进行图像的处理、图像阈值的分割与修改、三维重建和智能分割。

“测量分析”菜单下可进行图像数据的测量和标注。

“手术规划”菜单下可进行模型切割、导板设计，、模拟骨折复位和截骨等处理。

“专科模块”为本软件的核心部分，只存在于本软件的各个专科版本中，为不同科室的用户提供对应科室的专业图像处理操作模块。

“CAD 建模”菜单下可进行点、线、面、基础几何体的创建、模型表面偏移和不同模型之间的布尔运算等处理。

“网格处理”菜单下可进行网格修复、网格优化、法线优化及配准。

（二）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生产过程，经过前后一整套连续的流程或工序，使原材料经几个半成品阶段，逐步变为成品，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标记等，在本软件中统称为“对象”，而这样一个完整的加工过程称为“项目”。

数据管理器位于界面的最右侧，是存储所有 E3D 对象的数据库，每个标签都对应着 E3D 的一个对象类型，可以很方便地管理和访问我们所建立的各种对象。同时，在每个标签下方都提供了常用的对象编辑管理工具，点击下拉按钮

时会看到相关工具列表。

以下结合 E3D 软件图像处理流程，简单介绍一下 E3D 软件中都有哪些对象及标签，更详细的操作会在以后相关章节详细介绍。

E3D 软件中最常出现的对象，是导入 E3D 的连续断层图像，本质为 DICOM 格式的体数据集。正如我们阅读 X 线平片一样，浏览连续断层图像，首先需要做的是调整窗宽窗位，可使用“图像序列”菜单下的“窗宽窗位”工具调整。在 E3D 中，体数据集可以不经过阈值分割，而通过类似传统 CT 工作站的“体渲染”功能，迅速实现体数据集的三维可视化，相关工具在“模型数据”标签下。

数据管理器的模型数据标签预设两种形态，分别为行式窗口和树状窗口。

行式窗口采用行式排列方式，数据列表整齐，便于用户操作（图 1-14）。

树状窗口显示数据序列和多个序列中实体建模后的模型数据，便于用户在多个序列中选择合适的序列进行操作（图 1-15）。

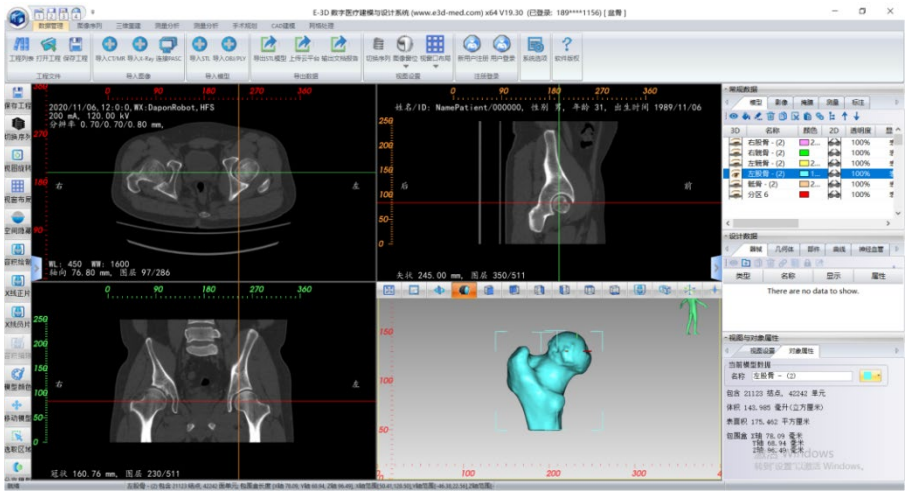


图 1-14

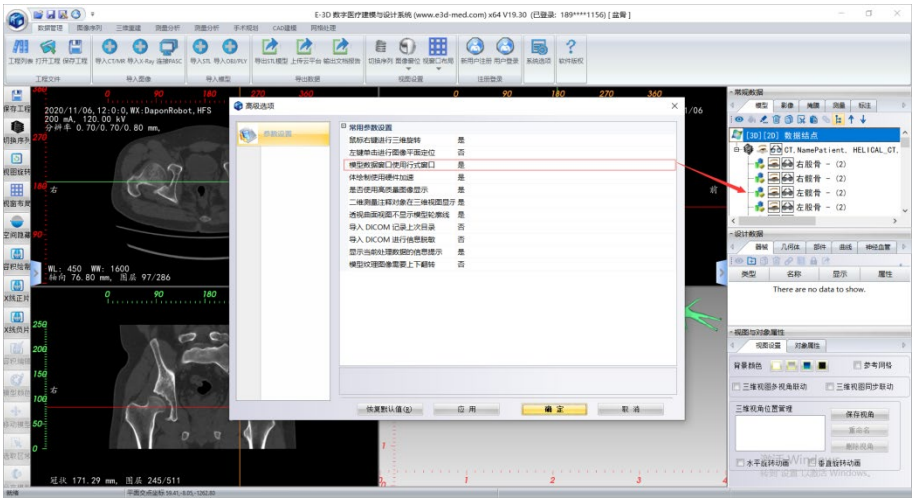


图 1-15

E3D 软件对连续断层图像进行图像分割，生成相应的掩膜对象，它储存于

“掩膜”标签下。在对应的掩膜名称后面，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进行测量和注释生成的对象，分别储存于“测量”和“标注”标签下。

1.“模型数据”菜单功能介绍：

1.1 显示：控制该模型的显示与隐藏图（图 1-16）。

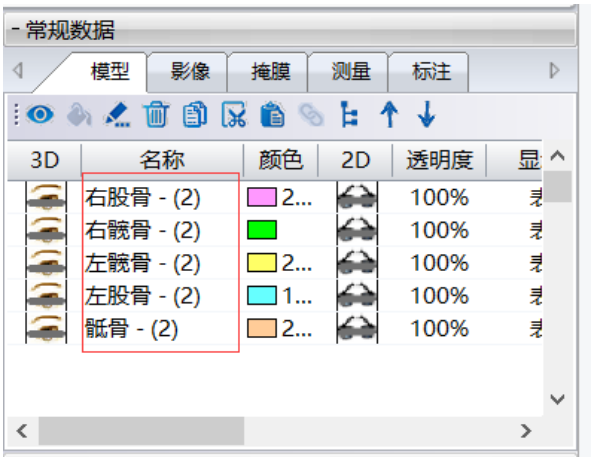


图 1-16

左侧为模型隐藏　　右侧为模型显示

1.2 名称：该模型的名称，方便用户查找所建立模型。（图 1-17）

图 1-17：



模型名称

1.3 颜色：修改该模型的颜色，方便个性化观察。（图 1-18）

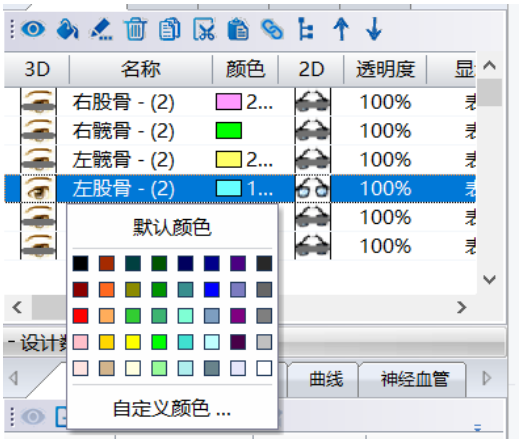


图 1-18 选择模型颜色

1.4 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。（图 1-19、图 1-20）

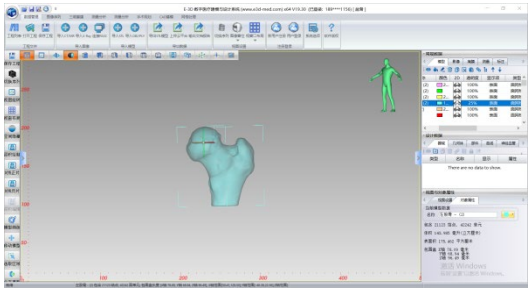


图 1-19 透明度 25%

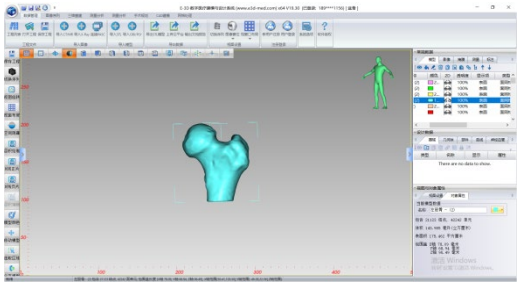


图 1-20 透明度 100%

1.4 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”五种类型，“表面”即显示平常看到的模型表面（图 1-21），“表面＋线”指平常看到的模型加三维网格（图 1-22），“前表面剔除”指将模型放大时可以观察到某一截面（图 1-23），“线”指只观察三维网格线（图 1-24），“点”指该模型以点云形式观察（图 1-25）。

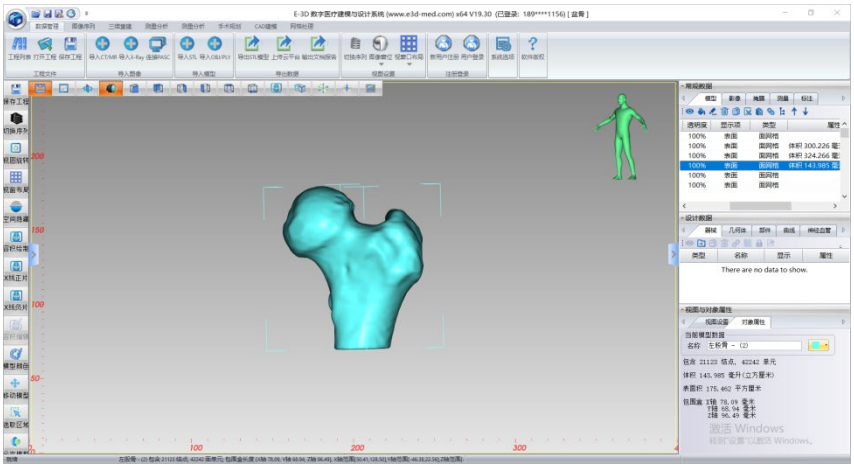


图 1-21 显示项：表面

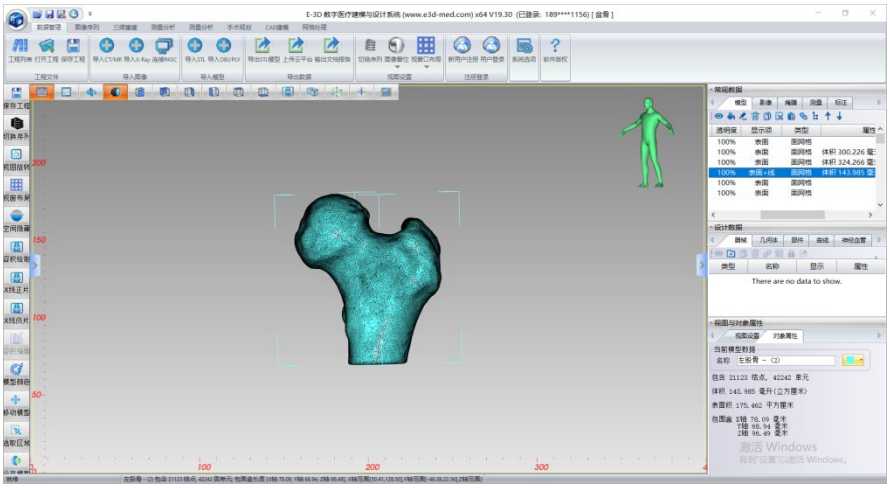


图 1-22 显示项：表面＋线

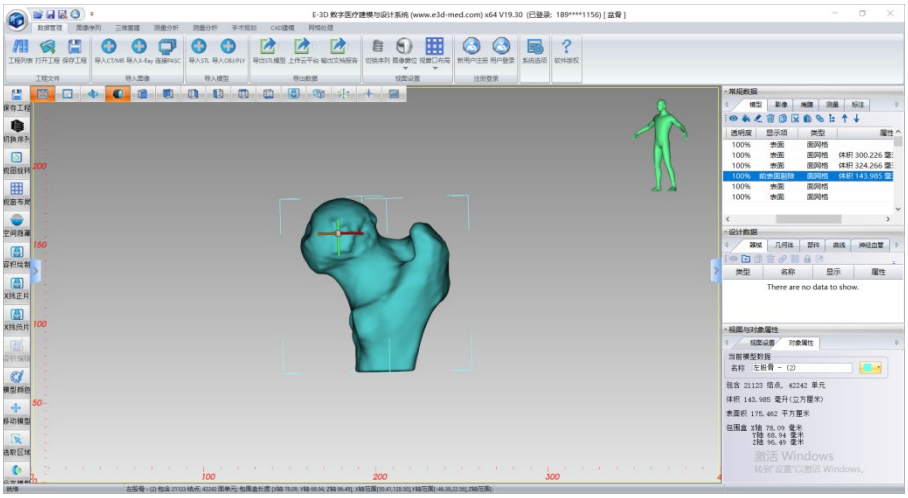


图 1-23 显示项：前表面剔除

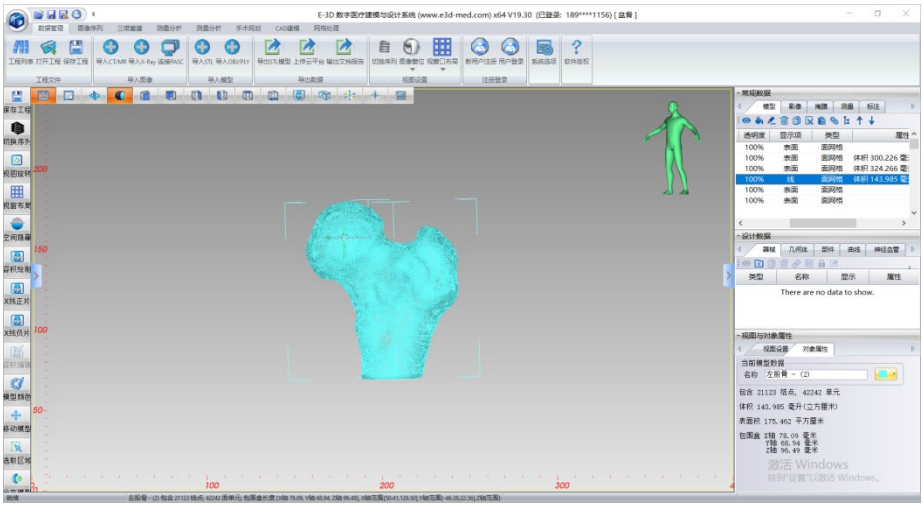
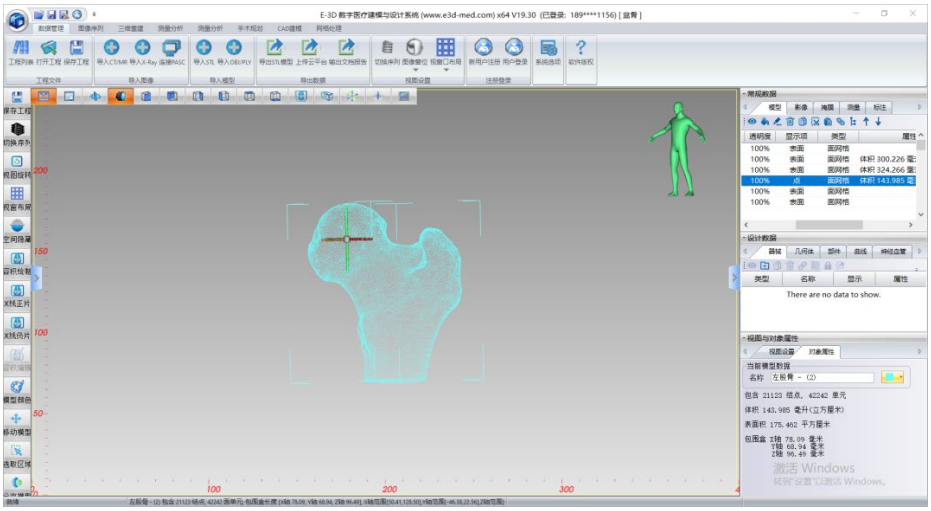


图 1-24 显示项：线



1-25 显示项：点

1.5 二维轮廓：显示该模型在二维断面上的轮廓线。（图 1-26）

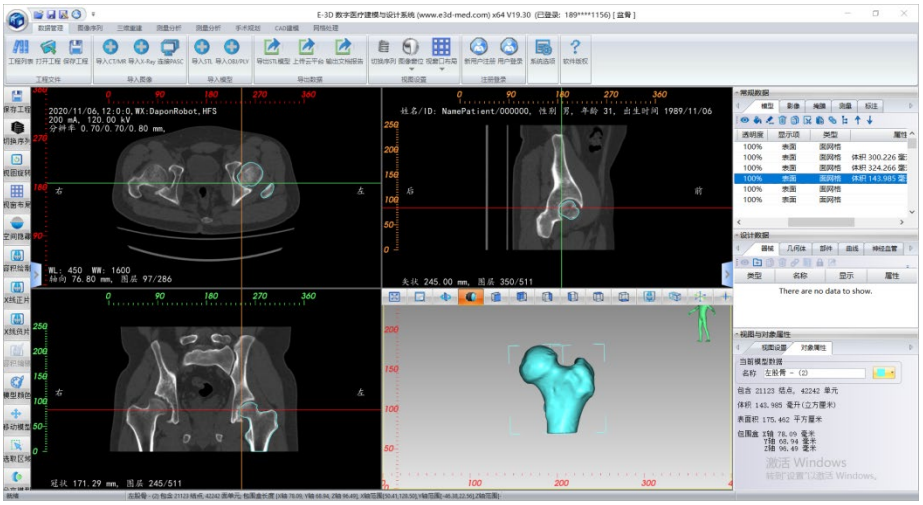


图 1-26 二维轮廓线

1.6 类型：显示该模型的网格类型：一般分为面网格和体网格。（图 1-27）

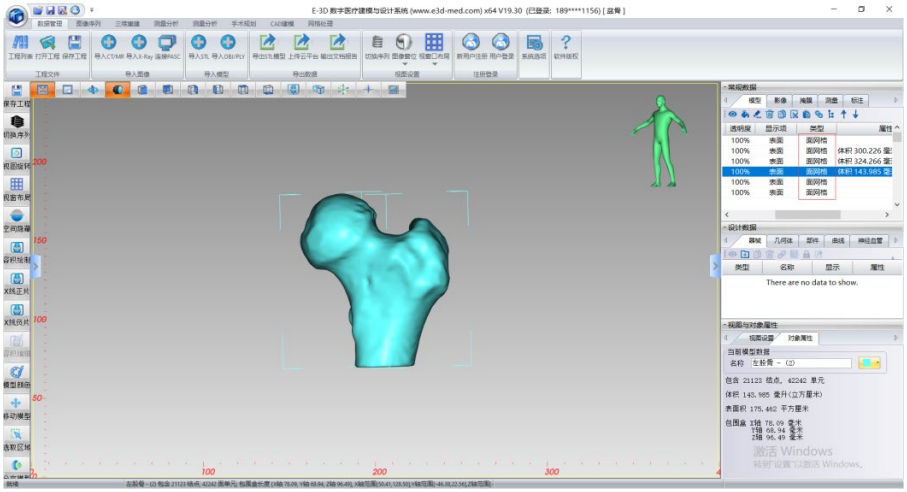


图 1-27 网格类型

1.7 属性：显示该模型的体积。（图 1-28）

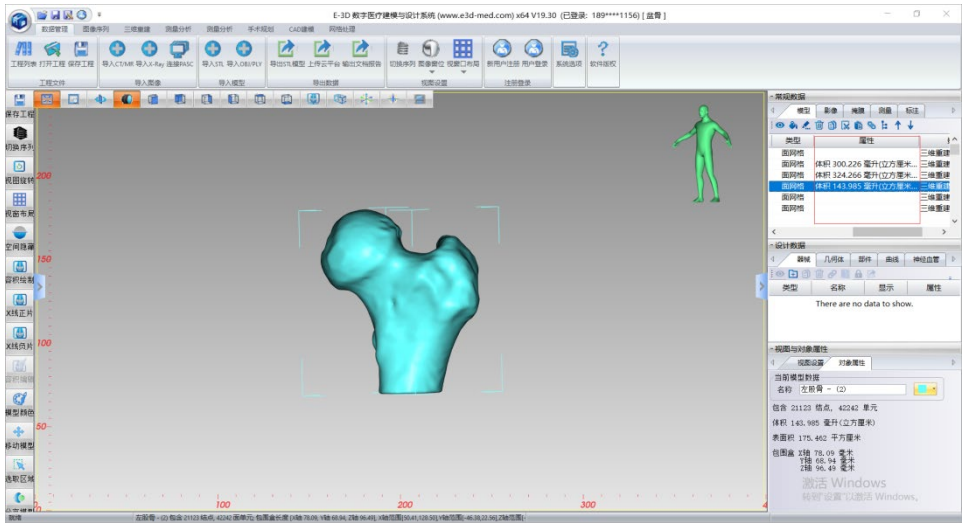


图 1-28 属性

1.8 数据来源：显示该模型由哪一个掩膜实体建模得来。（图 1-29）

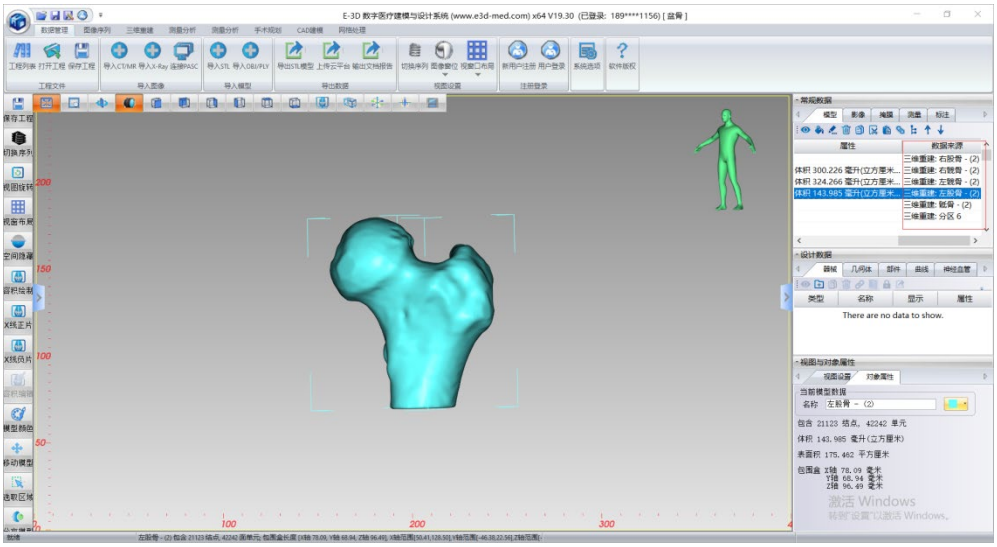


图 1-29 数据来源

2. “掩膜”菜单功能介绍：

2.1 数据：显示该掩膜的命名名称。（图 1-30）

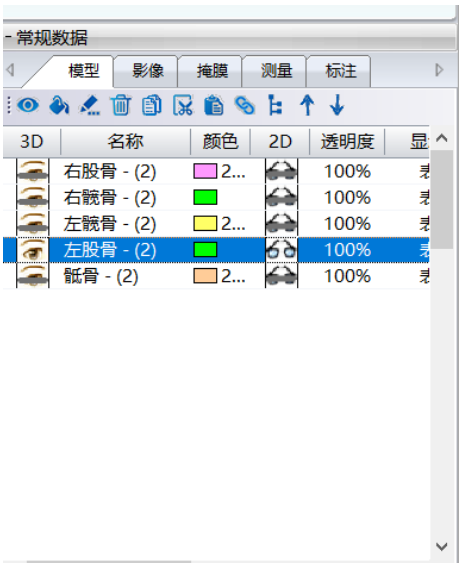


图 1-30 掩模的显示与隐藏

2.2 颜色：修改显示该掩膜的颜色。（图 1-31）

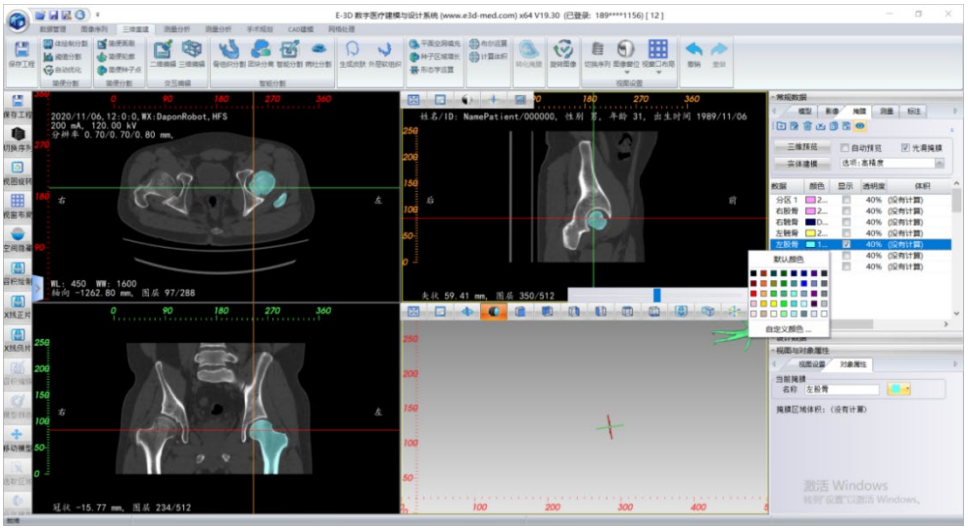


图 1-31 修改掩模颜色

2.3 显示：显示或隐藏该掩膜。（图 1-32、图 1-33）

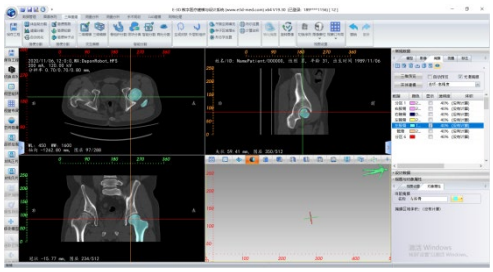


图 1-32 隐藏三维掩模

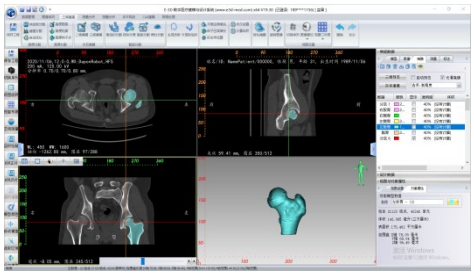


图 1-33 显示三维掩模

2.4 透明度：修改显示掩膜透明度。（图 1-34、图 1-35）

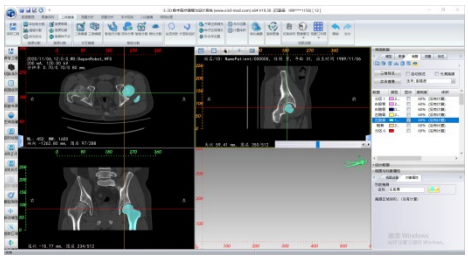


图 1-34 掩模透明度为 60%

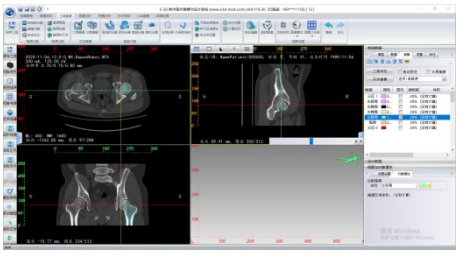


图 1-35 掩模透明度为 25%

2.5 体积：显示掩膜体积，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。（图 1-36）

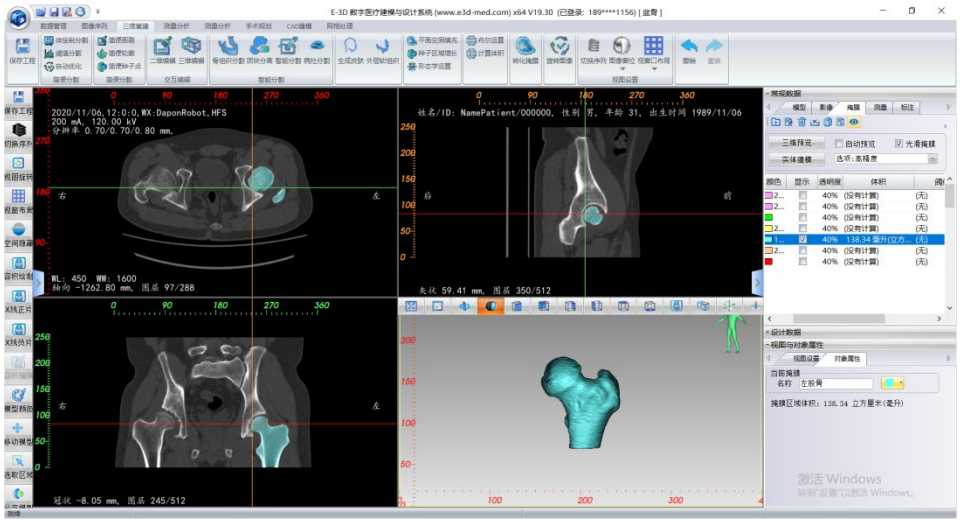


图 1-36 计算掩模体积

2.6 阈值范围：显示该掩膜在重建时使用阈值分割时的阈值范围。（图 1-37）

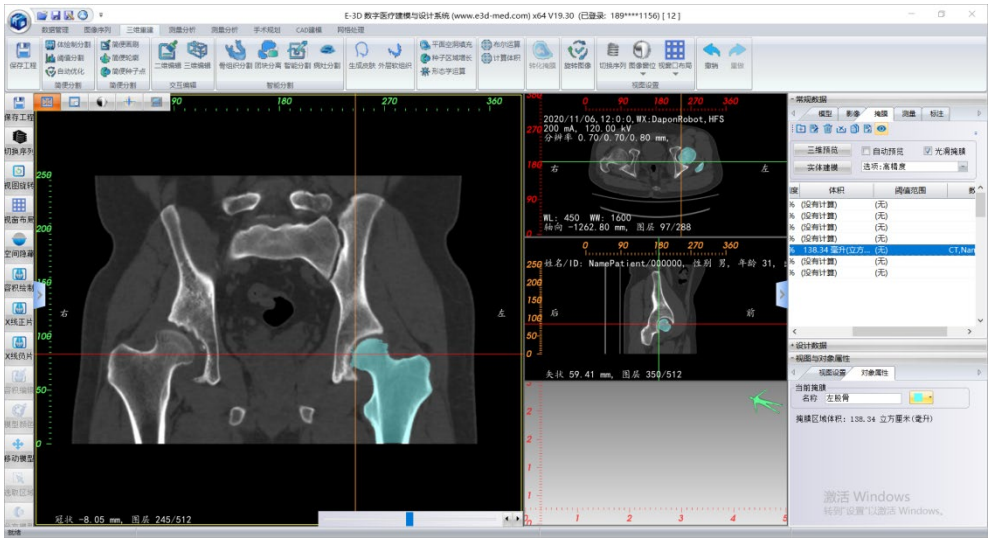


图 1-37 阈值范围显示

2.7 数据来源：显示该掩膜由哪一个数据计算得来。（图 1-38）



图 1-38 数据来源显示

基于图像分割的掩膜提取的轮廓线对象，储存在“模型数据”标签中。E3D 软件也可导入外部 STL 格式的三维模型，这些模型储存在“模型数据”标签中。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，这些模型储存在“模型数据”标签中。

E3D 软件对掩膜进行三维重建，得到 3D 模型对象，储存在“常规数据—模型数据”标签中。

E3D 软件中可以将基础几何模型转换为计算机辅助设计软件格式的三维图形，储存在“设计数据”标签中。另外，E3D 软件可以对 3D 模型进行切割、拉伸等仿真手术操作，相关工具放在“设计数据”标签中。E3D 软件可以在用户自定义的曲线的切线方向上，对连续断层图像进行重组，自定义的曲线储存在“设计数据—曲线”标签中。（图 1-39）

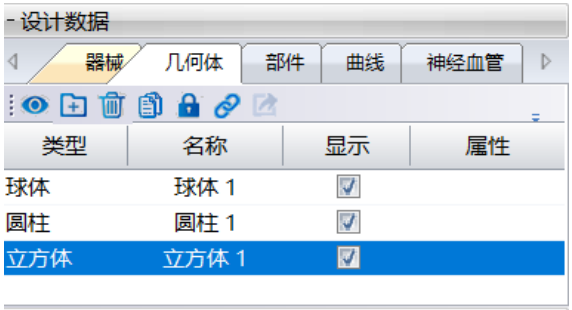


图 1—39 设计数据标签

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 1-40、图 1-41）



图 1-40 视图与对象编辑—视图设置标签



图 1-41 视图与对象编辑—对象属性标签

（三）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：左上视口显示原始横断面（XY 平面），左下视口为重组冠状面（XZ 平面），右上为重组矢状面（YZ 平面），和右下角的 1 个三维视口。

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，三维视口还有旋转功能。

1. 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）（图 1—42）。

2. 相关菜单和快捷键

现在通用的软件设计是，为了方便用户访问程序命令或工具，同样的命令

或工具会在软件中不同的地方重复出现。同样，E3D 软件的命令或工具，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；使用与当前激活的操作对象相关的快捷键。

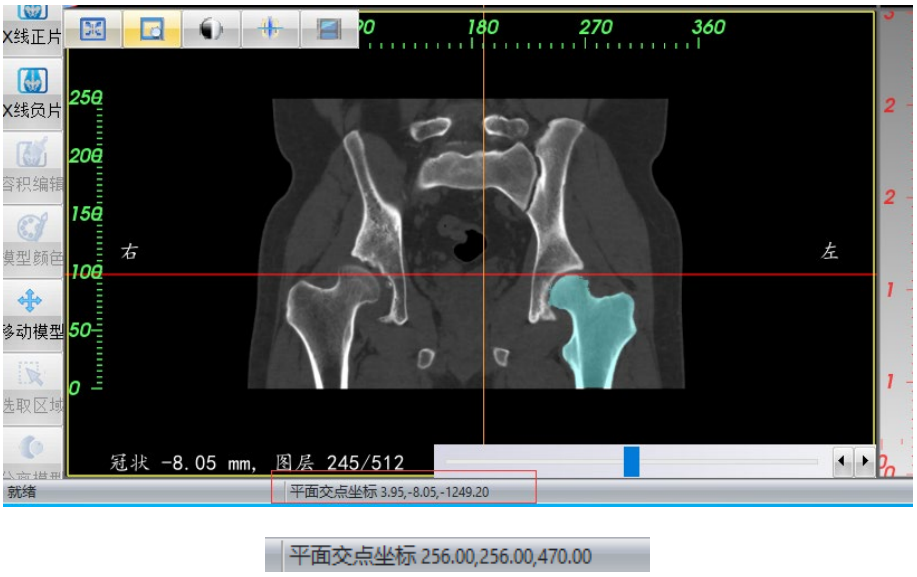


图 1—42 信息栏

系统选项

系统选项（图 1—43 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。

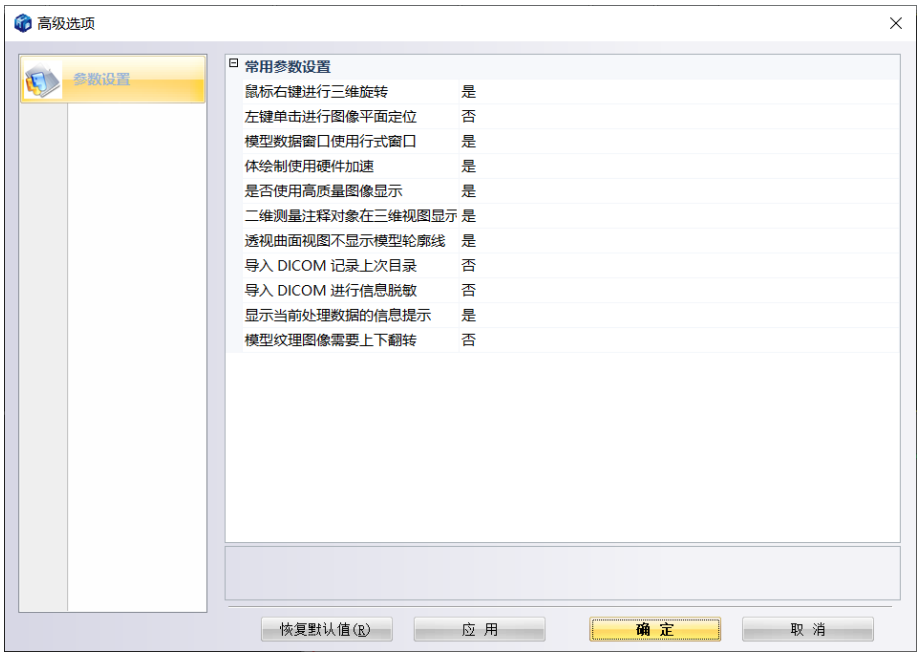


图 1—43 系统选项

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。（图 1-44）

设置后的常用参数设置如下：

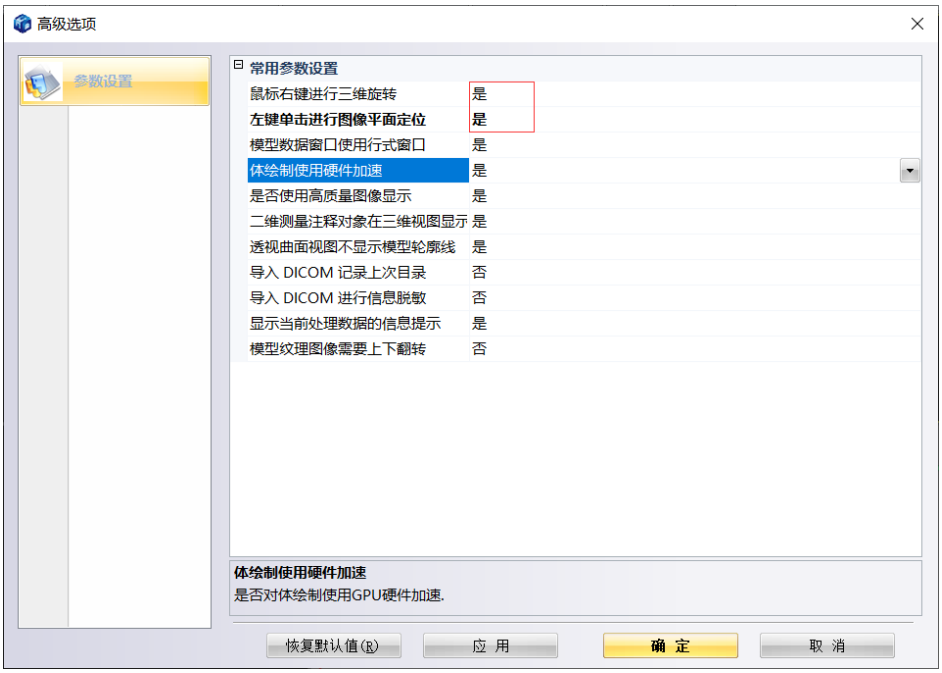


图 1-44 参数设置

（四）快捷菜单栏介绍

在软件界面的左侧，有一列竖着的工具栏（图 1-45），我们称之为“快捷工具栏”，其中包含了常用的几个工具，方便用户直接使用。



图 1-45 快捷工具栏

（五）快捷菜单栏介绍

1. 保存工程：将创建好的模型保存，为以后的查看和 3D 打印做准备。点击“保存工程”，弹出对话框（图 1-46），编辑工程名称，方便查找。在下方下拉选项中，选择合适的保存格式，点击“保存”，完成操作。

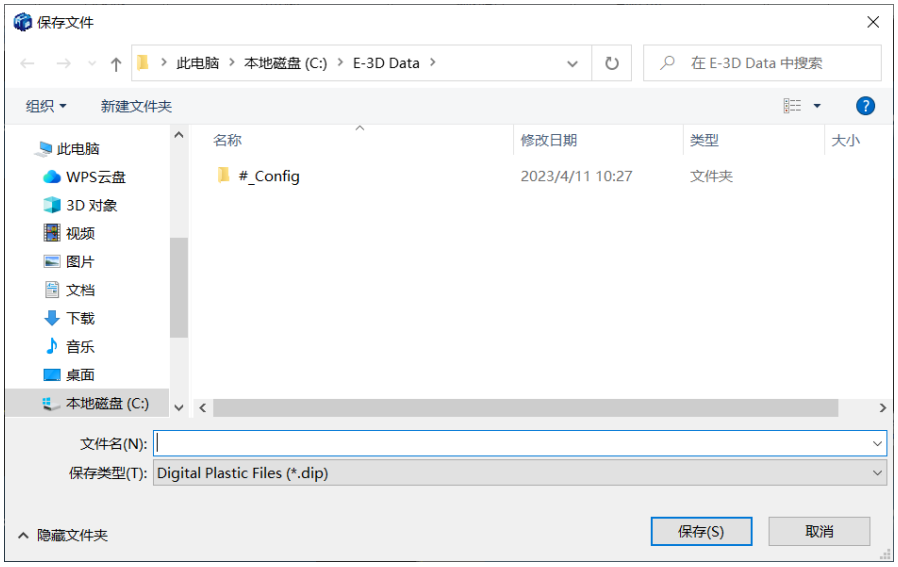


图 1-46 保存工程

2. 切换序列：若一个数据存在多个序列，我们可以分别导入；当每个部位为一个序列时，在我们完成一个序列的操作后，点击下一个序列，即可对下一个序列进行编辑（图 1-47）。当两个数据均存在模型数据时，则模型可以被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。

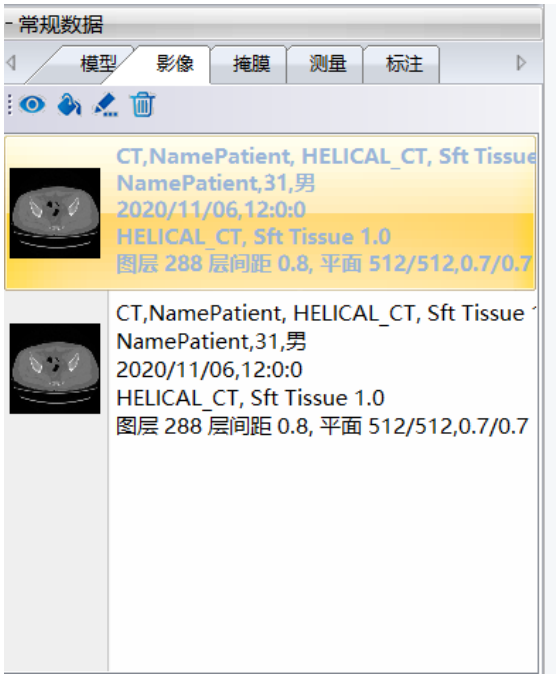


图 1-47 切换序列

3. 空间隐藏：点击空间隐藏按钮，显示所对应的选框工具（图 1-48、图 1-49），选择切割方式“使用冠状平面面切割”、“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”；同时可以选择“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。

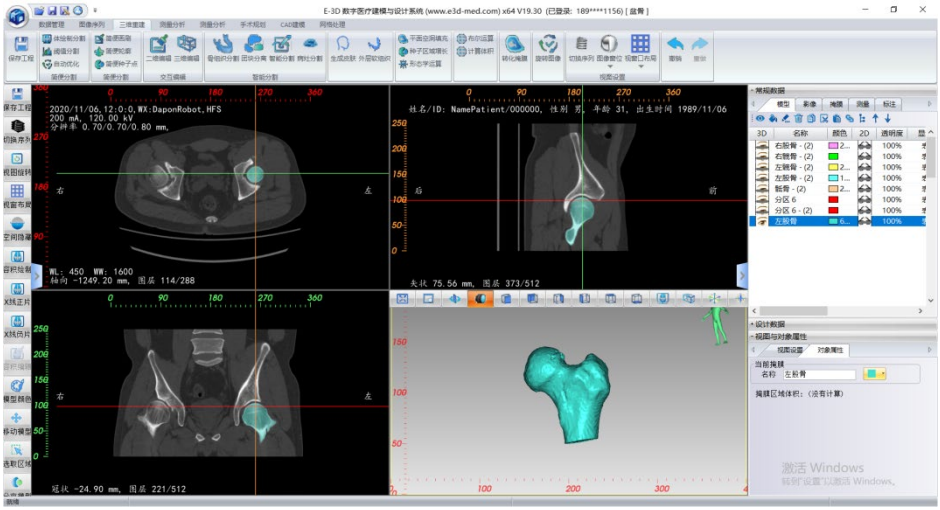


图 1-48 空间隐藏前

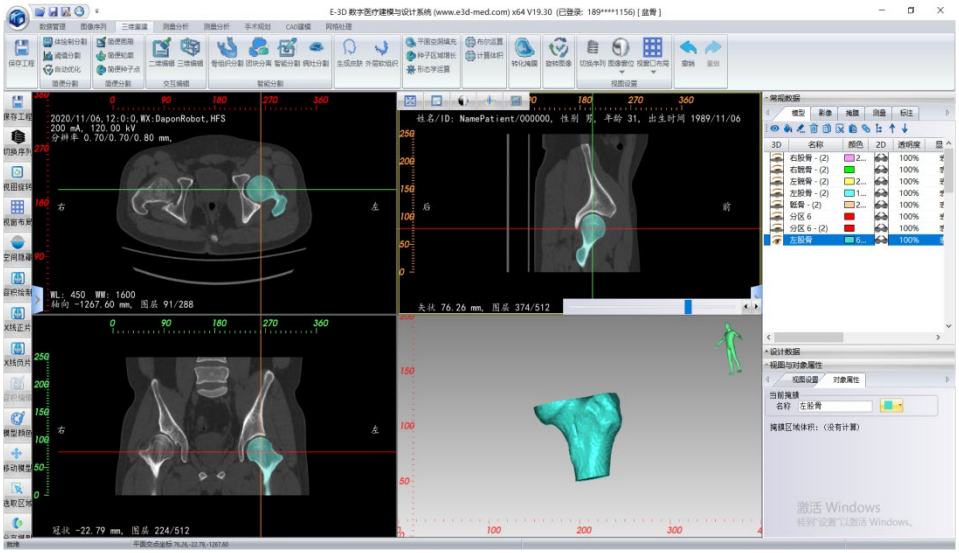
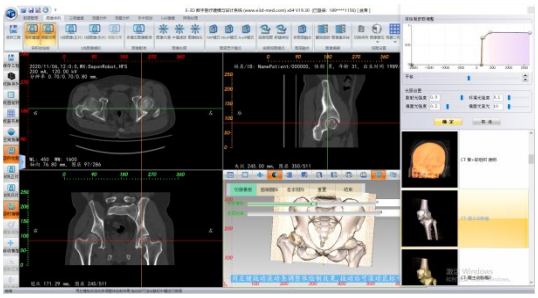


图 1-49 空间隐藏后

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，同时显示对应的体绘制参数，当选择改变相应的参数后，可以对模型外观进行调整以达到最佳观察效果。（图 1-50）



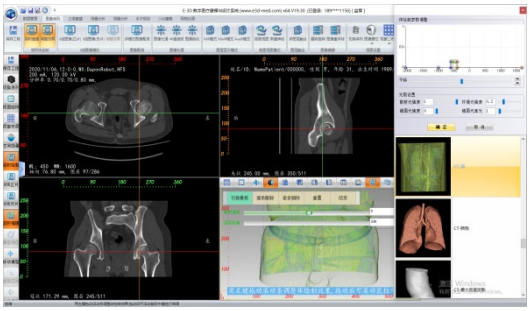
①



②



③



④

图 1-50 容积模板

①CT 骨组织 浅色模式 ②CT-腹主动脉瘤模式

③CT-腹主动脉瘤 2 模式 ④CT-肺

5. 容积编辑：选择合适的容积模板后，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。

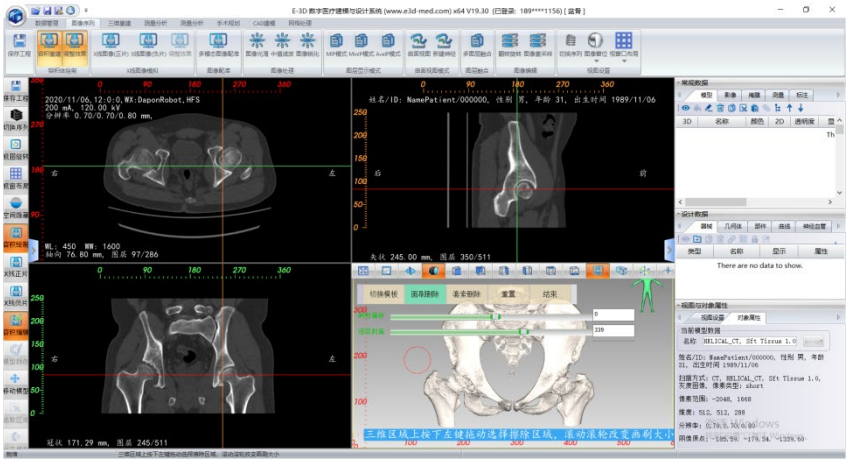
在三维视口内，容积编辑有四种分割方式（图 1-51），分别为：

画刷删除：点击“画刷删除”，按住 CTRL 键拖动左键标记区域删除，

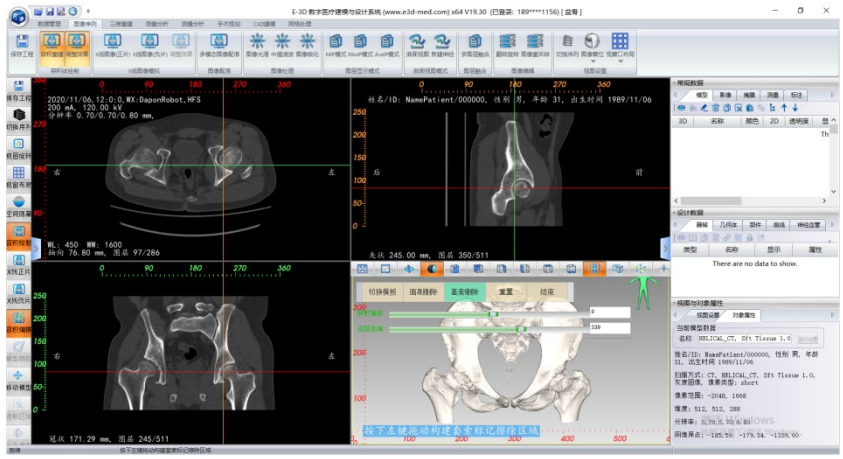
曲线删除：点击“曲线删除”，按住 CTRL 键拖动左键画套索删除，

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。

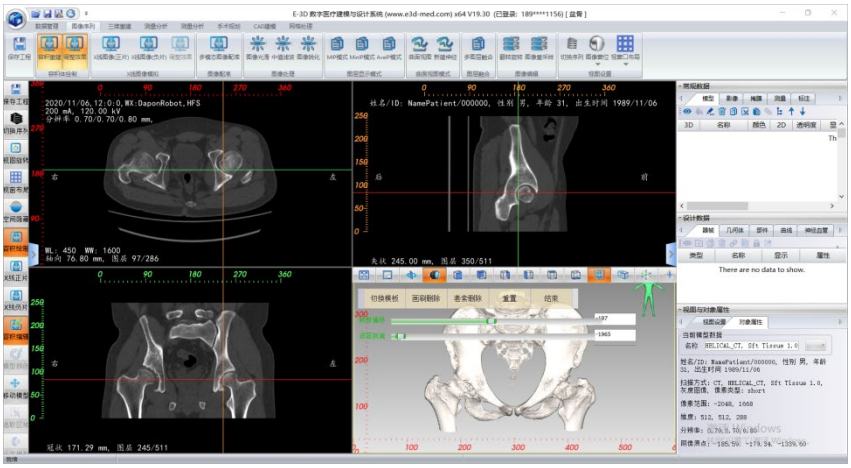
逐层剥离：点击“逐层剥离”，左右拖动鼠标右键或滚动鼠标滚轮，进行体绘制逐层显示。



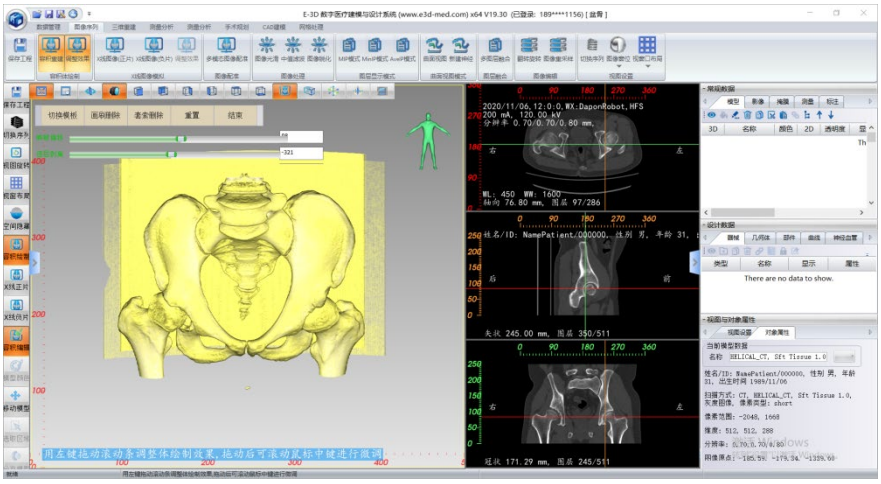
①



②



③



④

图 1-51 容积编辑

①画刷删除　　②曲线删除　　③平移效果　　④逐层剥离

6. 模型颜色：模型颜色工具栏包含了多种可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”则可使该模型半透明显示（图 1-52）。

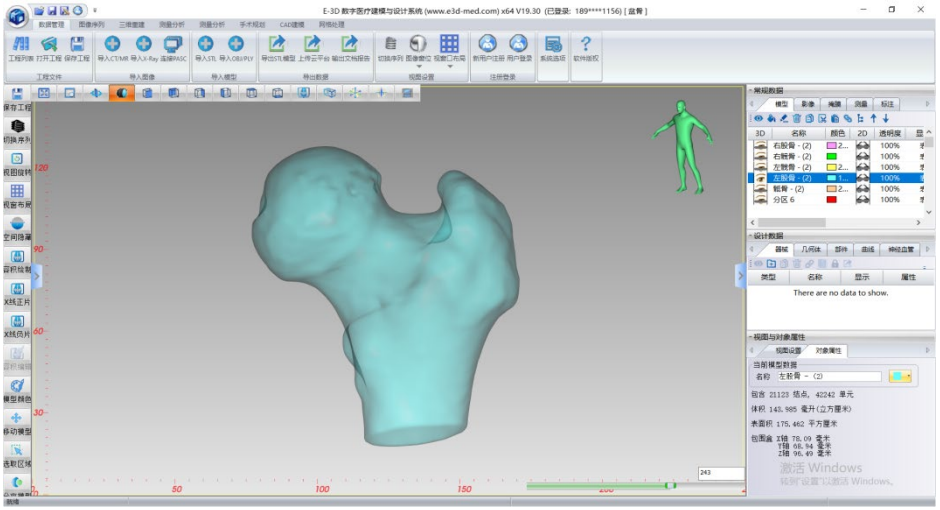


图 1-52 半透明显示

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面（图 1-53）。

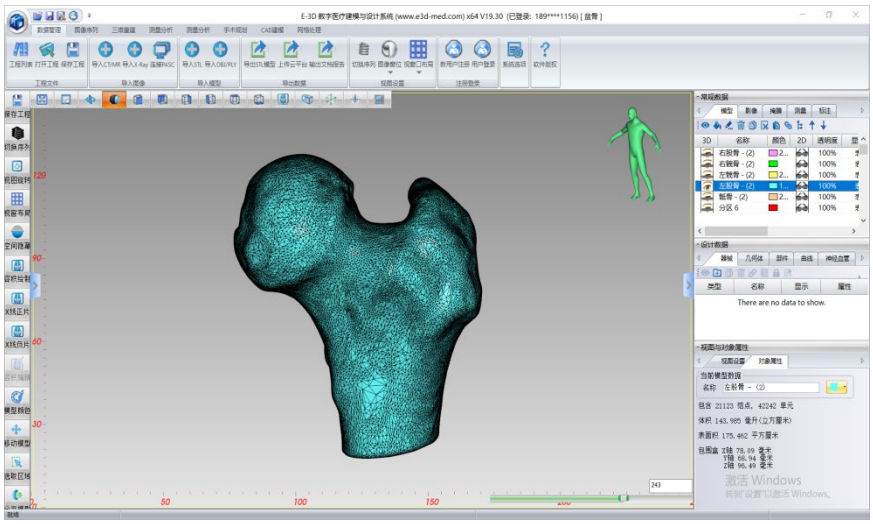


图 1-53 显示网格

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（图 1-54）。

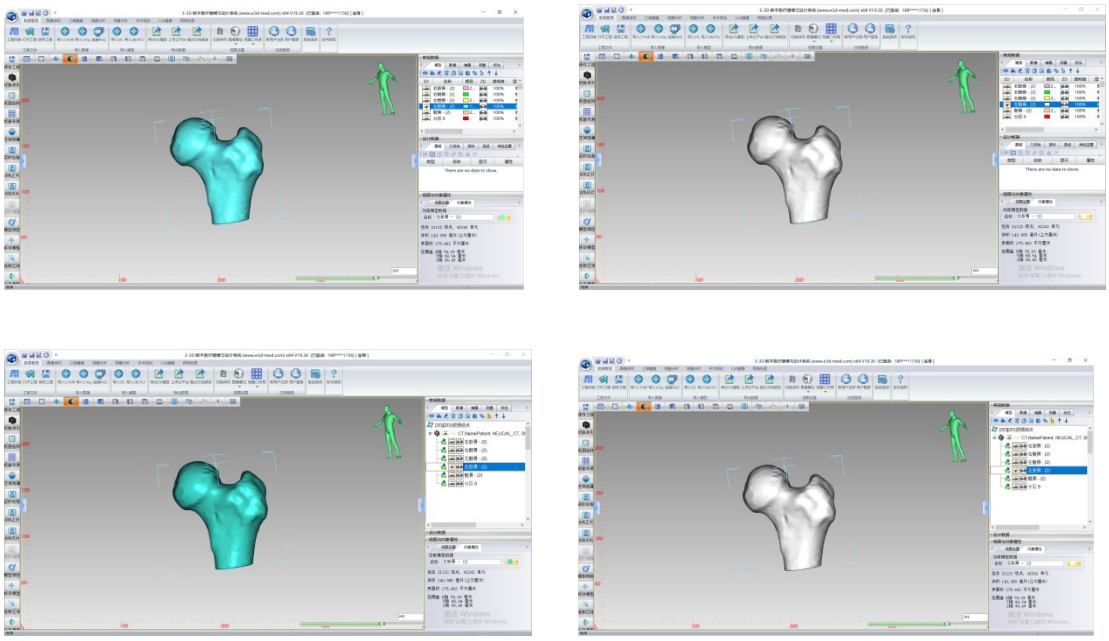


图 1-54 选择颜色

高级颜色材质设置：点击“高级颜色材质设置”，在视口右侧弹出菜单栏（图 1-55），

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变化，方便用户更真实地模拟使用不同材料进行 3D 打印的效果。用户也可根据自己的需求，在“显示选项”中进行材质特性的调节：勾选“透明”，拖动滑块可以改变模型透明度，勾选“显示网格单元边”可以显示该模型的网格线，设置完成后，再次单击选项可关闭。

用户还可根据需求，通过调节“散射光”、“环境光”、“镜面光”的强度，改变模型表面在场景中所受的光照效果，所产生的变化可实时显示在模型表面。调整满意后，点击“确定”，完成并退出操作。

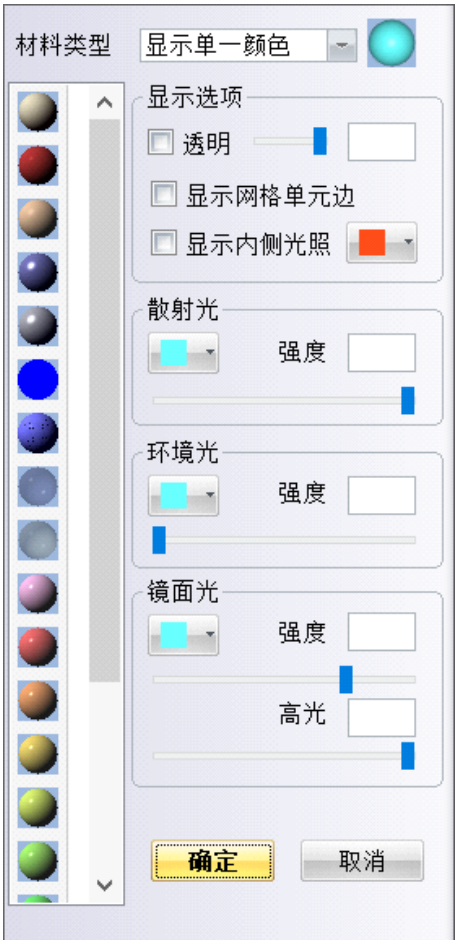
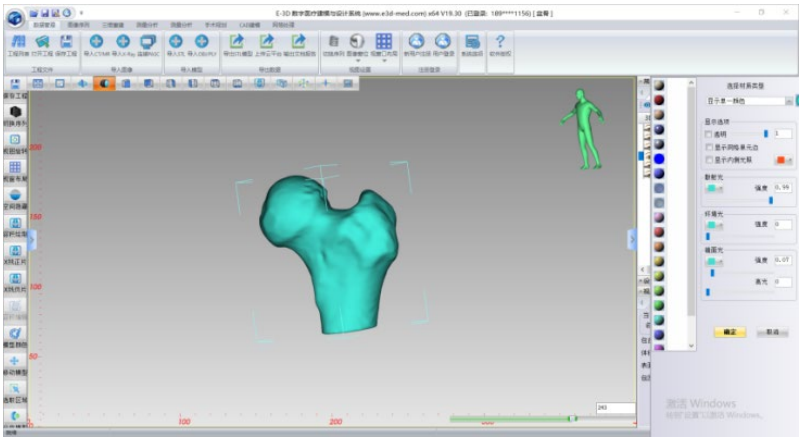
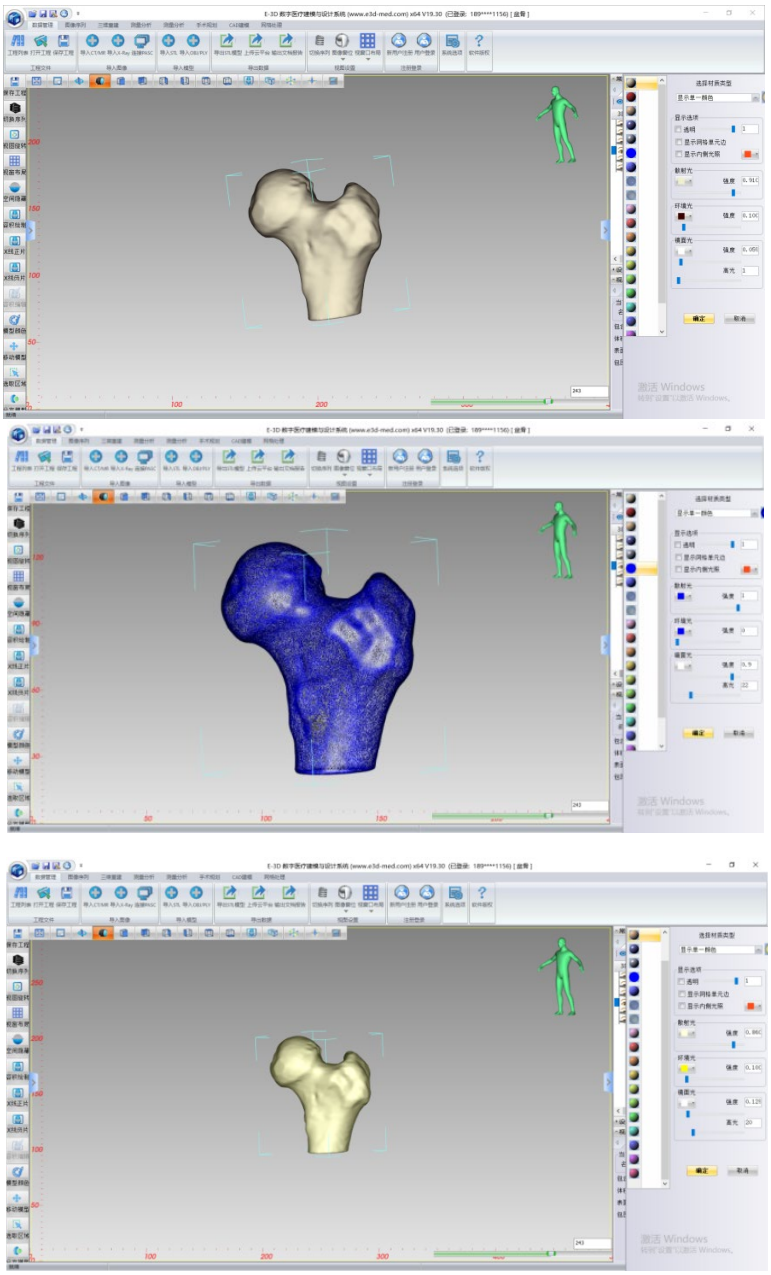


图 1-55 高级颜色材质设置

复制颜色和粘贴颜色：在右侧“数据模型”标签下，选中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”>“复制颜色”，然后在右侧“数据模型”标签下，选中需要更改颜色的模型，点击左侧快捷工具栏中“模型颜色”>“粘贴颜色”，即完成模型颜色替换。





选择区域：选择区域为用户提供了多种区域选择的方法（图 1-56）：

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 键删除套索，但不删除套索所画区域。

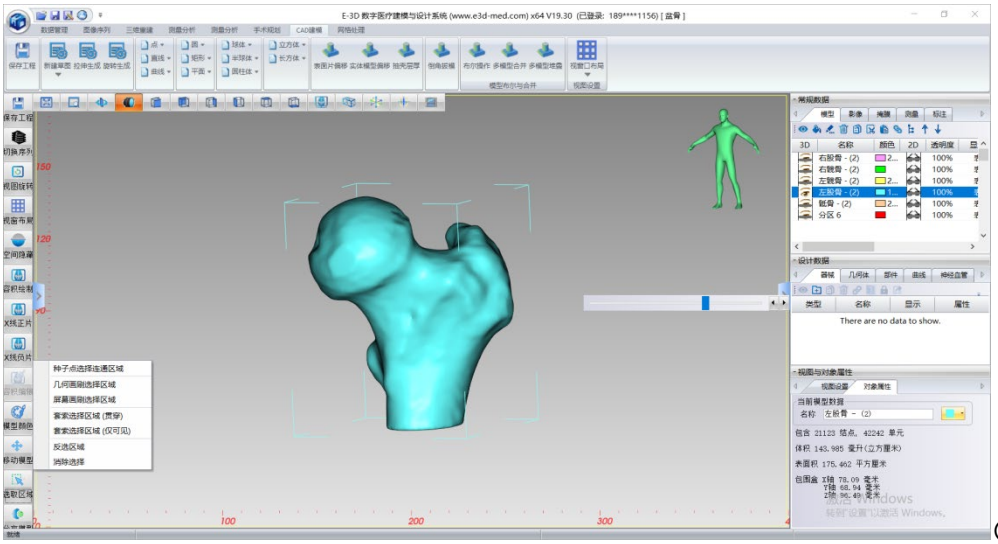


图 1-56 选择区域

①几何画刷选取区域前 ②几何画刷选取区域

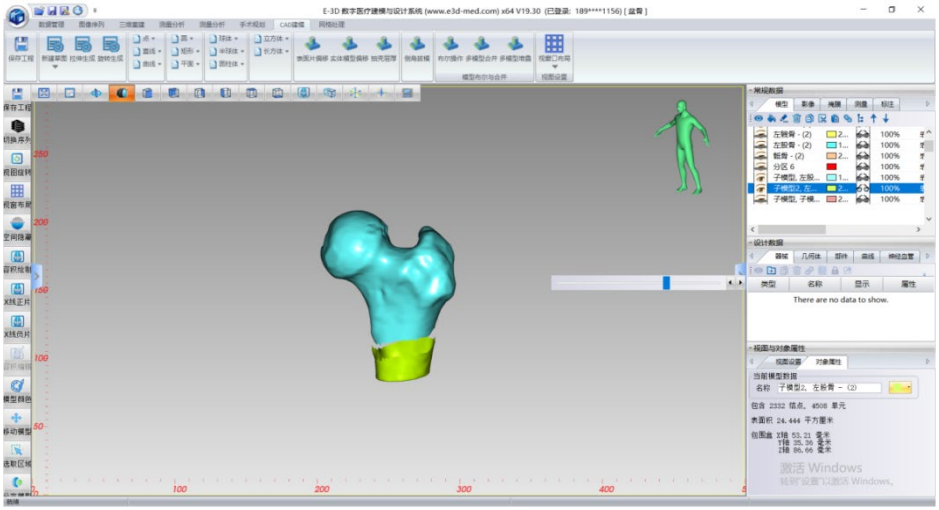
分离模型：

拆分选区模型：通过“选取区域”画出选区，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原模型的剩余部分。

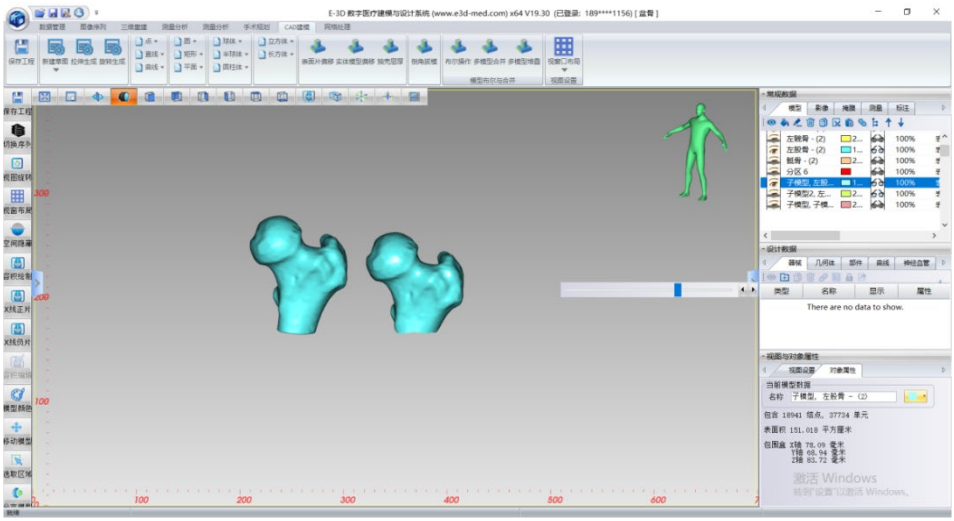
复制选区模型：通过“选取区域”画出选区，点击“分离模型”＞“复制选区模型”，在“模型数据”中的模型被拆分为选区模型和原模型。（图 1-57）



①



②



③

图 1-57 选区分离模型

①分离模型功能②复制选区模型（移动位置后）③拆分选取模型

视窗布局：切换观察视窗口的布局形式。（图 1-58）

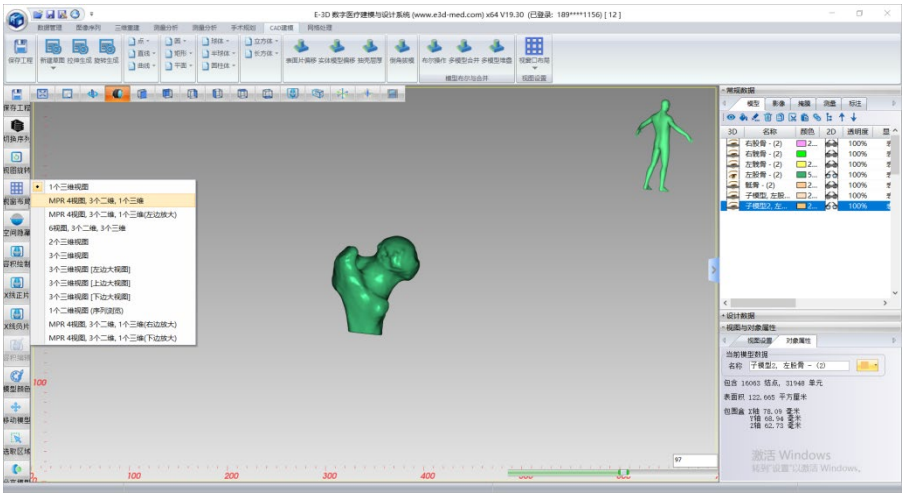


图 1-58 视图布局方式

第二章：认识 E3D 基础模块—强大的体数据浏览功能

（一）医学数字图像基础知识

灰度图像、彩色图像及图形：

图像就是用各种观测系统观测客观世界获得的，且可以直接或间接作用于人眼而产生视觉的实体。通常，客观事物在空间上都是三维的，但从客观景物获得的图像却属于二维平面；各种断层切片图像，在客观上也可以认为是二维的。

数字图像是将连续的模拟图像经过离散化处理后得到的计算机能够辨认的点阵图像。在严格意义上讲，数字图像是经过等距离矩形网格采样，对每个采样网格的幅度进行量化的矩阵。因此，数字图像实际上就是采样矩阵。灰度图像为一维矩阵，彩色图像为三维矩阵(RGB 三个分量)。

图形是指由外部轮廓线条构成的矢量图，由数学公式定义。矢量文件中的图形元素称为对象。每个对象都是一个自成一体的实体，比如一幅图上的一个圆，计算机储存的是其圆心坐标、半径、颜色的参数。如上所述，数字图像在计算机中以数字矩阵的方式储存，灰度图像为一维矩阵，彩色图像为三维矩阵，但图形在计算机中却是以参数化方式储存。

（二）像素、分辨率与像素尺寸

像素是组成图像的最基本单元。每幅数字图像都是由若干个数据点组成的。像素即数字图像矩阵中的单个元素，单个像素数据的位置决定了单个体素数据在图像中的位置，其大小为灰度图像的灰度值或彩色图像的 RGB 值。

单位面积内的像素越多，分辨率越高，图像的效果就越好。图像分辨率的单位是像素/英寸（ppi），即每英寸所包含的像素数量。

需要注意的是，通常提到的图像分辨率指图像打印后，在相纸上单位面积内的像素个数。而在 Mimics 软件中，像素尺寸是图像上两点间测量的原始距离(单位为像素个数)与实际代表物体的物理距离(单位为 cm)的比例。两者的参照对象不同，前者为打印相纸，后者为实际物体；应用领域也不同，前者为摄影和相片冲洗行业，后者为医学影像专业。

（三）图像格式

位图，又称光栅图，是使用像素矩阵来表示的图像，每个像素的色彩信息由 RGB 组合或者灰度值表示。

BMP 文件是一种交换和存储数据的方法，各个版本的 Windows 都支持 BMP 格式的文件，windows 提供了快速、方便的存储和压缩方式，缺点是要占用的存储空间较大，文件尺寸大。

TIFF 图像文件是一种较为通用的图像文件格式。TIFF 是一种非失真的压缩格式（最高 2~3 倍的压缩比），这种压缩是文件本身的压缩，即把文件中某些重复的信息采用一种特殊的方式记录，文件可完全还原，能保持原有图颜色和层次，优点是图像质量好，但占用空间大。

总之，BMP 格式和 TIFF 格式均为无压缩或无损压缩的图像格式，E3D 可以导入这些格式的灰度图像。

JPEG 是最常用的图像文件格式，由一个软件开发联合会组织制定，是一种有损压缩格式，能够将图像压缩在很小的储存空间，图像中重复或不重要的资料会被丢失，因此容易造成图像数据的损伤。但是 JPEG 压缩技术十分先进，它用有损压缩方式去除冗余的图像数据，在获得极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像，换句话说，就是可以用最少的磁盘空间得到较好的图像品质。面且 JPEG 是一种很灵活的格式，具有调节图像质量的功能，允许用不同的压缩比例对文件进行压缩，支持多种压缩级别。压缩比率通常在 10:1~40:1。压缩比越大，品质就越低；相反地，压缩比越小，品质就越好。JPEG 格式压缩的主要是高频信息，对色彩的信息保留较好，适合应用于互联网，可减少图像的传输时间，可以支持 24 位真彩色，也普遍应用于需要连续色调的图像。

总之，JPEG 格式的压缩技术可以用最小的磁盘空间得到较好的图像品质，为减少储存空间和加快运行速度，E3D 软件可用这种方式对原始数据进行压缩。但是，E3D 软件不能输入这种格式的原始图像，必须先进行格式转换。

（四）数字医学图像传输与储存标准—DICOM

从 20 世纪 90 年代初开始，随着计算机技术、通信技术以及网络技术的飞速发展，图像分析和图像处理以及 PACS(picture archiving and communication systems)在临床诊断、远程医疗以及医学教学中发挥着越来越重要的作用。而保证 PACS 成为全开放式系统的重要网络标准和通信协议则是 DICOM 3.0(digital imaging and communications in medicine 3.0)。PACS 要解决的技术问题之一是统一各种数字化影像设备的图像数据格式和数据传输标准，DICOM 3.0 就是一种新的数字成像和通信的标准，只要遵照这个标准就可以通过 PACS 沟通不同厂家生产的不同种类的数字成像设备。DICOM 格式图像文件是指按照 DICOM 标准而存储的文件。DICOM 文件一般由 DICOM 文件头和 DICOM 数据集合组成。

DICOM 文件头(DICOM file meta information)包含了标识数据集合的相关信息。文件头可以理解为记录有关一幅 DICOM 格式图像的所有有用信息。比如，一幅 DICOM 格式的 CT 图像，文件头中记录了患者姓名、图像大小、层厚、层距和像素分辨率等丰富的临床及图像相关信息。

对于图像的描述，DICOM 采用位图的方式，如前所述，通常灰度图像以 16 位储存。DICOM 允许用 3 个矩阵分别表示 3 个分量，也允许仅用一个矩阵表示整个图像，前者可以用来储存彩色图像，比如我们从 PACS 系统中看到的重建的三维彩色图像，后者用来储存 16 位的灰度图像。

总之，DICOM 格式的图像分 2 部分，文件头储存了详细的相关信息，数据集储存了 16 位的灰度图像。

（五）连续断层图像输入

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

用户准备导入的连续断层图像，可能存放在受保护的硬盘或者 CD 等不同的介质上，也可能存在局域网的服务器上。熟悉 CT、MRI 等影像设备的人都知道，基于知识产权或其他原因，不同公司的不同影像设备，图像储存的格式与介质都不同，从这些介质导入图像或者扫描原始数据，需要相应公司的导入许可证(import licenses)。 E3D 软件为不同公司提供了相应的导入模块，每个模块可以分别或打包注册，如果用户不知道需要什么样的模块，可以输入一些图像，E3D 软件会提示需要注册哪些模块。

图像输入前的准备：

E3D 软件支持 DICOM 3.0 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 格式的连续断层扫描数据，还是输入连续人体或组织切片断层图像数据，都需要事先对所要输入的数据有充分的了解，对所要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体数据集，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 个必需的参数。

需注意的是，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配准裁剪成大小一致，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：

如果要对一个大的数据集分步重建，比如对中国数字人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。

第一张图像的方位：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。

第三章：数据管理

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

(一)导入 DICOM 格式图像

导入 CT/MR 图像

在开始之前，保证计算机已经下载了用于 E3D 教学的 DICOM 数据集，或者

已经在硬盘上拷贝了自己准备的 DICOM 数据集。

如果 DICOM 数据集中已经包含了重建的所有参数，可通过按以下步骤操作，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（图 3-1），也可以直接选择图像数据序列所在文件夹＞选择文件夹（图 3-2），来导入 DICOM 数据集。

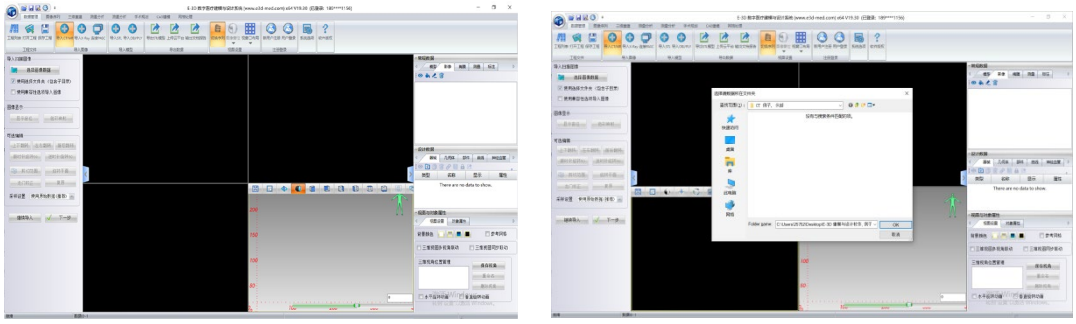


图 3-1 导入 CT/MR 数据

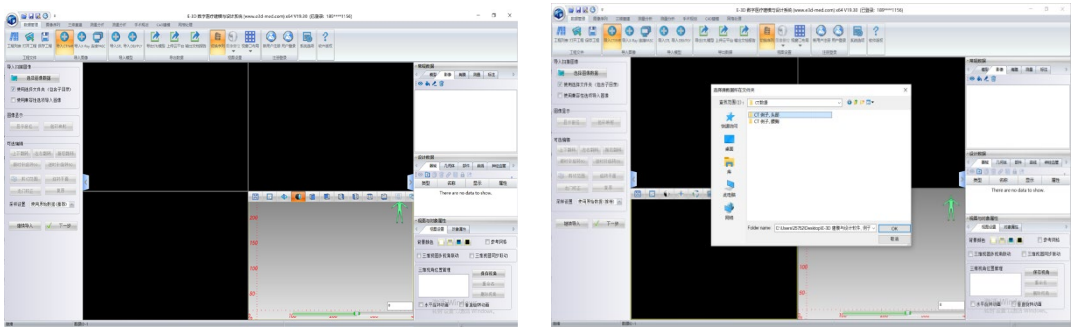


图 3-2 导入 CT/MR 数据文件夹

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一致，需要选择合适的数据，然后单击“下一步”选定序列（图 3-3 选择图像序列）。

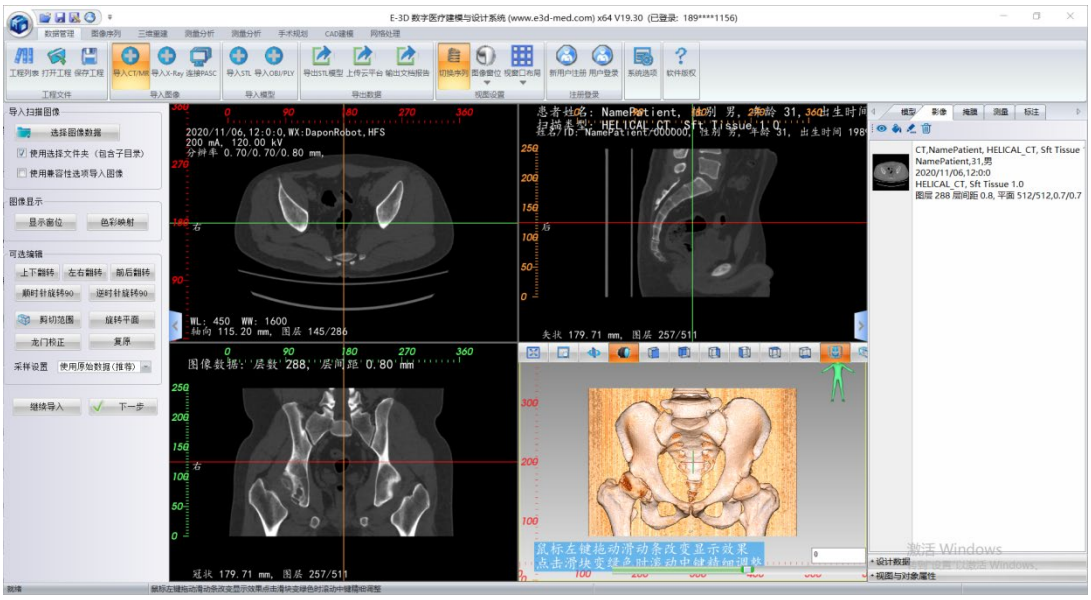


图 3-3 选择图像序列

左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”或在视口中点右键跳出菜单中选取相应命令，会出现限制数据范围的六面体包围盒（图 3-4）。在三维视图中，左键拖动三维包围盒的红色手柄限定 X 轴方向的范围，绿色手柄限定 Y 轴方向范围，蓝色手柄限定 Z 轴方向范围；包围盒在二维视图中会显示其所在平面的四边形包围框，以及两个方向垂直的二维手柄，也可以拖动以改变包围盒的范围。如果剪切的范围不理想，点击“复原”按钮即可恢复原始范围。

操作包围盒最方便的方式是配合三维视图上方的视图方向工具栏中的按钮，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、上下方向的手柄位置；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、上下方向的手柄位置；点击“上/下显示”按钮，三维视图的视角变为上侧/下侧，方便拖动前后方向、左右方向的手柄位置。

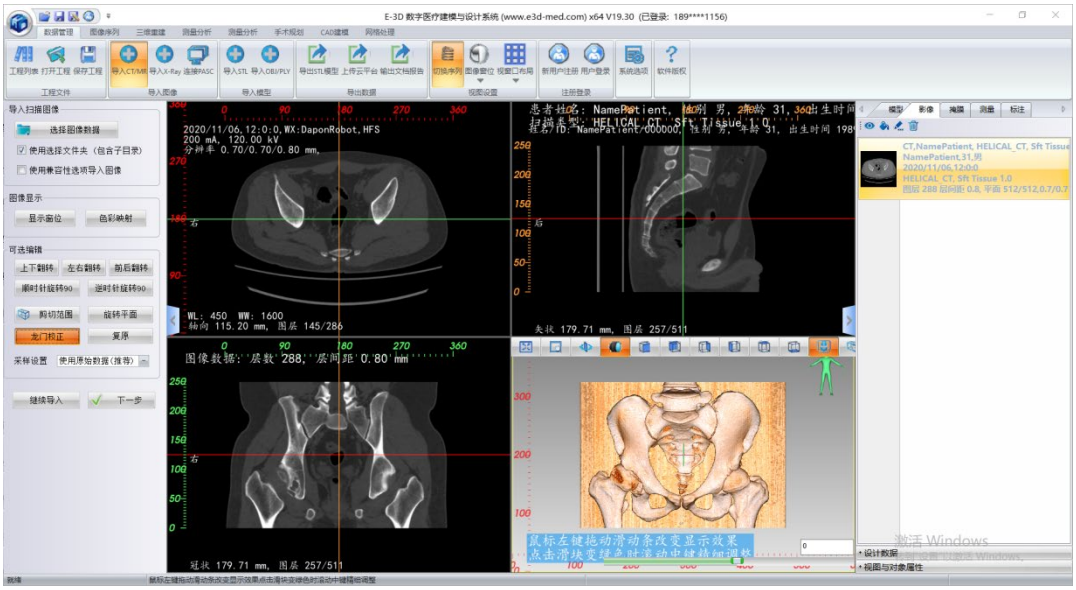


图 3-4 包围盒操作

如果数据的采样太过密集，可以在“采样设置”的下拉框中，设置增加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，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即可。（图 3-5）

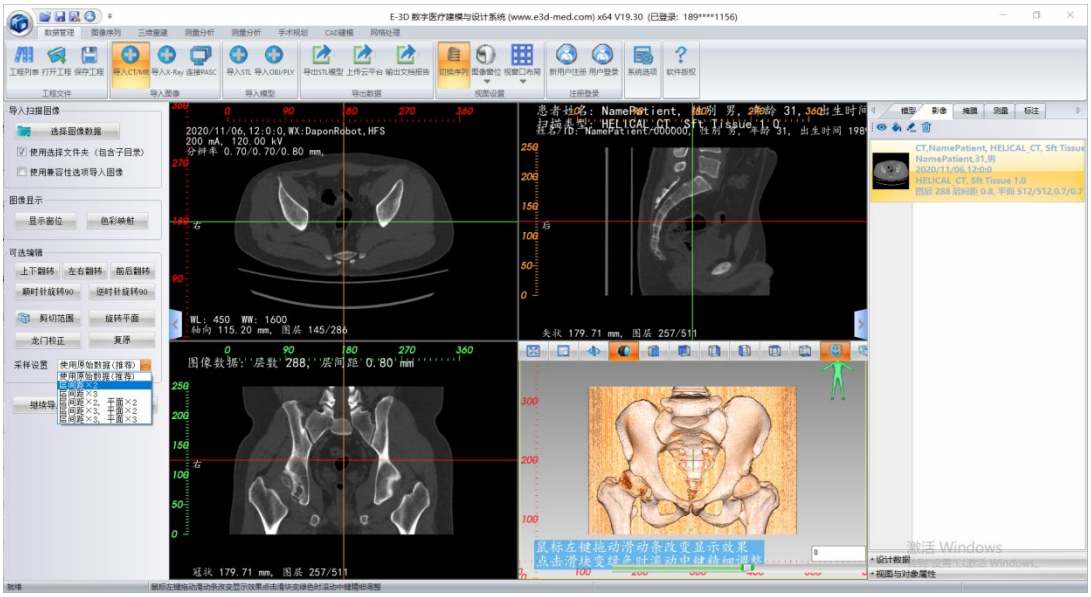


图 3-5 采样设置

上述设置完成后，选择“下一步”，完成数据导入；或选择“继续导入”完成当前数据的导入，同时开始一个新数据集的导入。

(二)切换图像序列

如上所述，在导入 CT/MR 数据时，一个数据集可能存在多个序列并存的情

况，导入数据集后，界面右侧的序列窗口会自动关闭，如需要再次打开，可选择界面上方菜单栏中“图像序列”>“切换序列”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。（图 3-6）

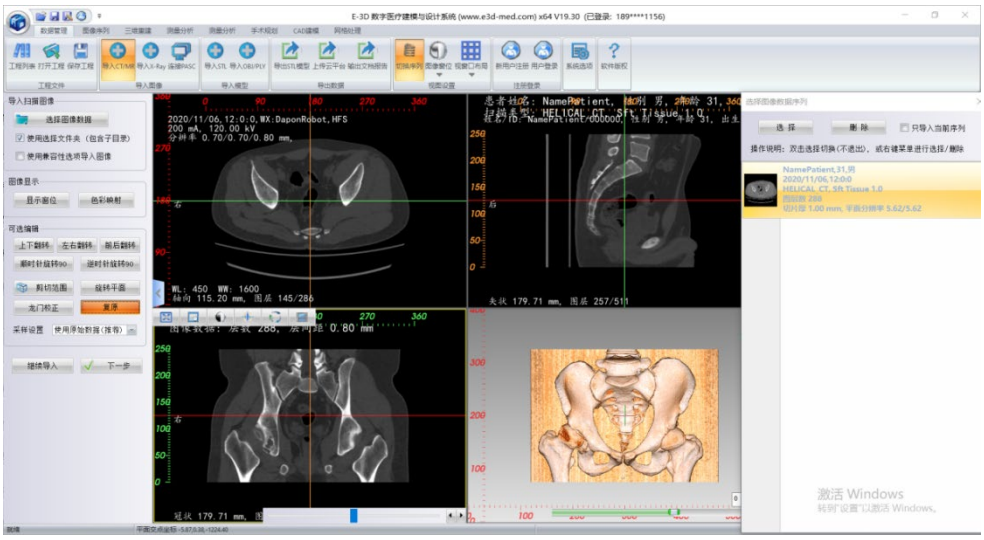


图 3-6 序列编辑

为了减少无用序列对电脑内存的占用，我们可以将其删除，左键单击选中序列后，右键单击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”，则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。（图 3-7）

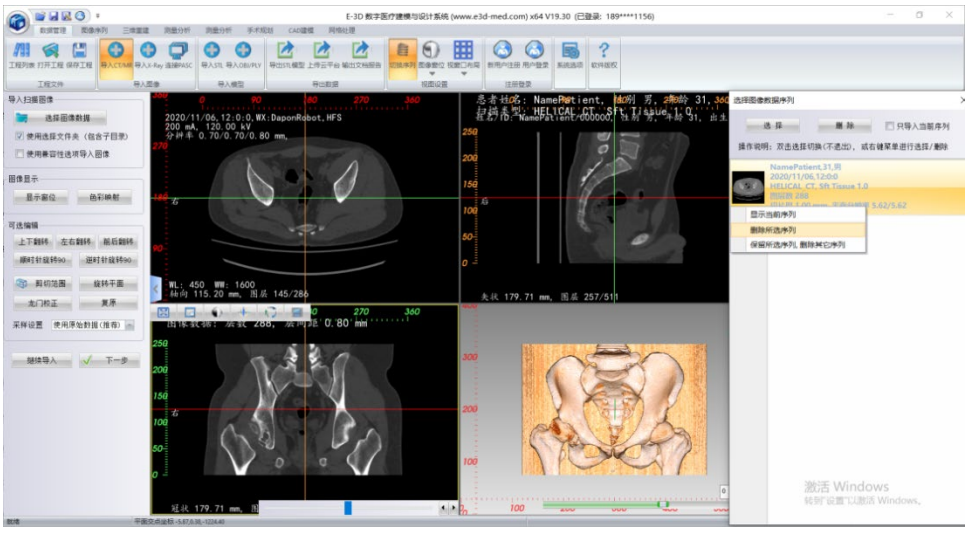


图 3-7 删除所选序列

(三)导入 X-Ray 数据

点击“数据管理”菜单栏下的“导入 X-Ray”工具，出现如图 3-8 所示命令栏，点击“选择导入的图片”命令按钮，选择所要导入的 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 3-9 所示，浏览方式为点击任意界面中的“切换序列”按钮，选择需要查看的图像，点击“确定”即可。

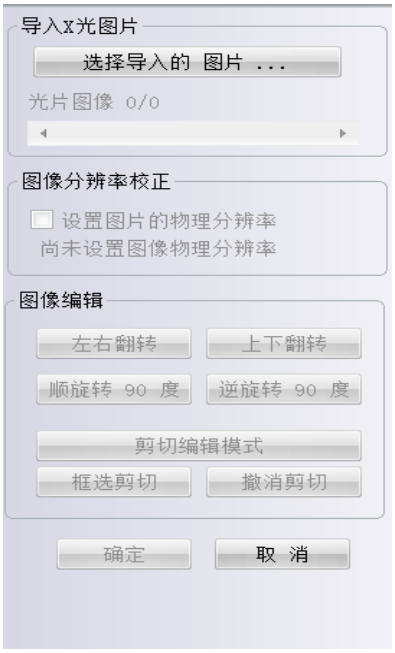


图 3-8 导入 X—Ray 命令栏

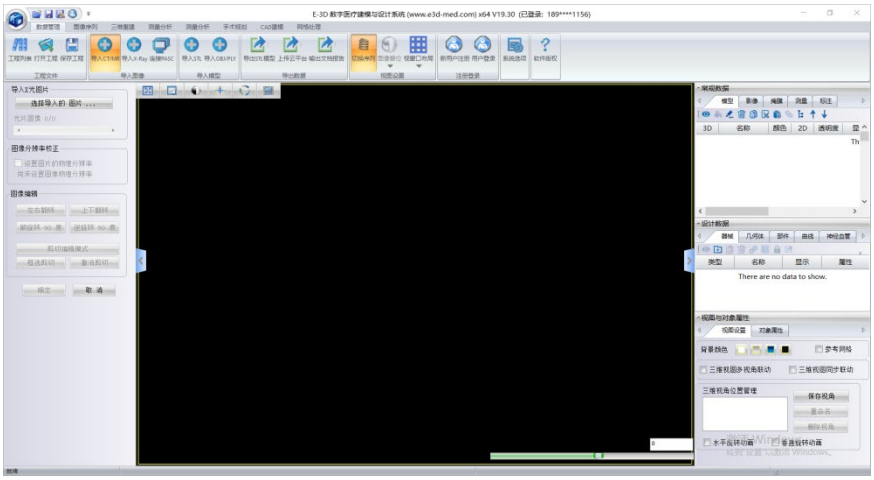


图 3-9 导入 X—Ray 主界面

(四)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，选择需要的模型后，点击“确定”，完成模型导入，并被储存在“模型数据”标签内。（图 3-10）

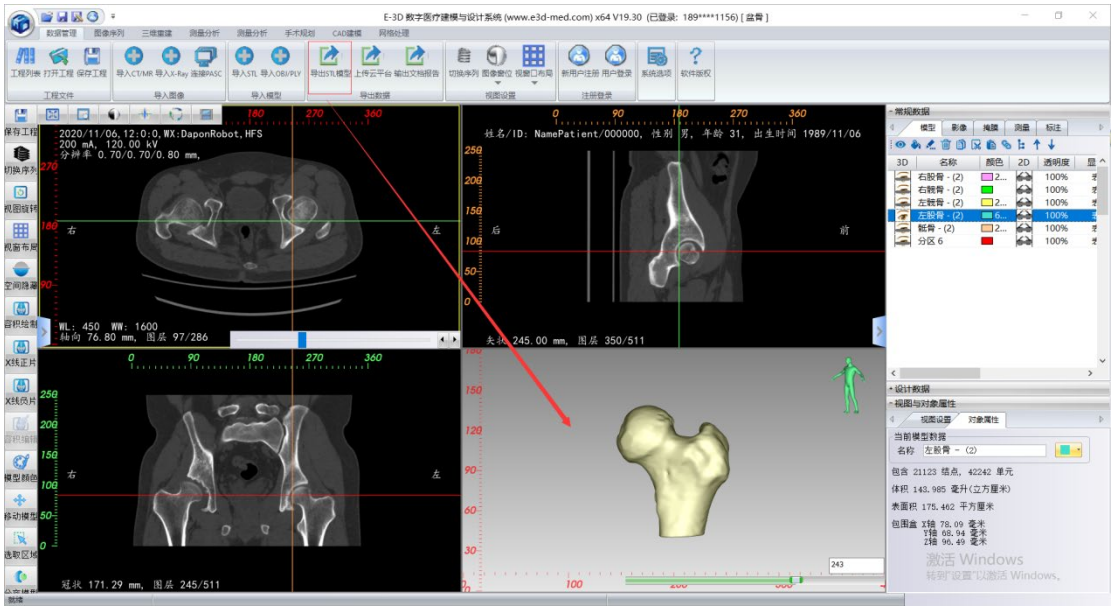


图 3-10 导入几何模型

(五)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（DIP 文件），点击“打开”完成导入；或在开始菜单中，“最近使用的文档”一栏直接选择工程名称也可完成导入。（图 3-11）

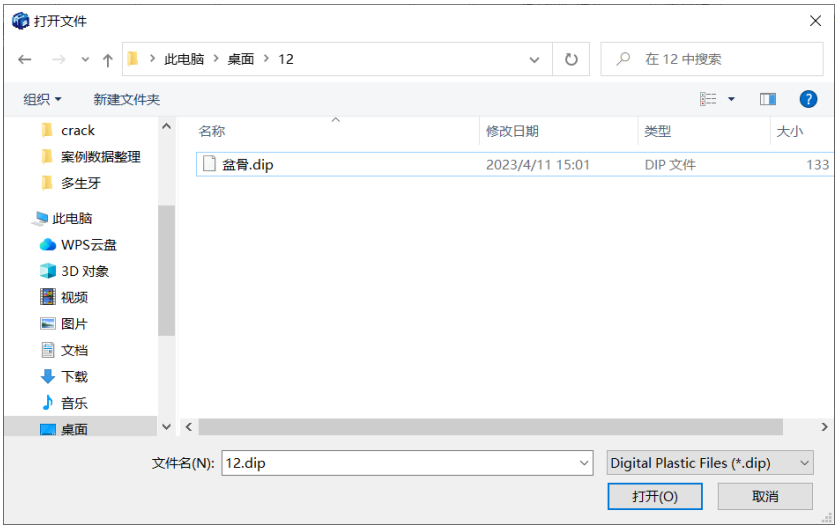


图 3-11 导入工程文件

(六)导出 3D 模型

重建的三维模型，可以导出不同格式的三角网格文件，以用于第三方软件进一步处理， E3D 支持输出的格式如下：

STL 格式：可存为 ASCI 编码或二进制(binary)编码；

DXF 格式：AutoCAD 支持的文件格式；

VRML 格式：用于桌面虚拟现实(virtual Reality)的格式；

PLY 格式：可以将多个三维模型输出到单一的 PLY 文件中，同时储存模型的颜色，可以在支持的快速成型机上打印出彩色物体。

从 E3D 输出三角网格文件，可以执行以下操作：

选择“数据管理”菜单，点击所要输出的模型，选择“导出 STL 模型”，弹出输出对话框，选择储存路径，点击“确定”完成输出。

(七)项目管理（保存、另存为、打开及关闭）

点击开始菜单，可实现项目的新建、打开、关闭、保存、另存为。完成图像输入后，即可以将结果保存为一个项目文件（工程）。E3D 软件可以随时将正在处理的数据保存为项目文件，下次打开项目可以继续未完成的工作。（图 3-12）

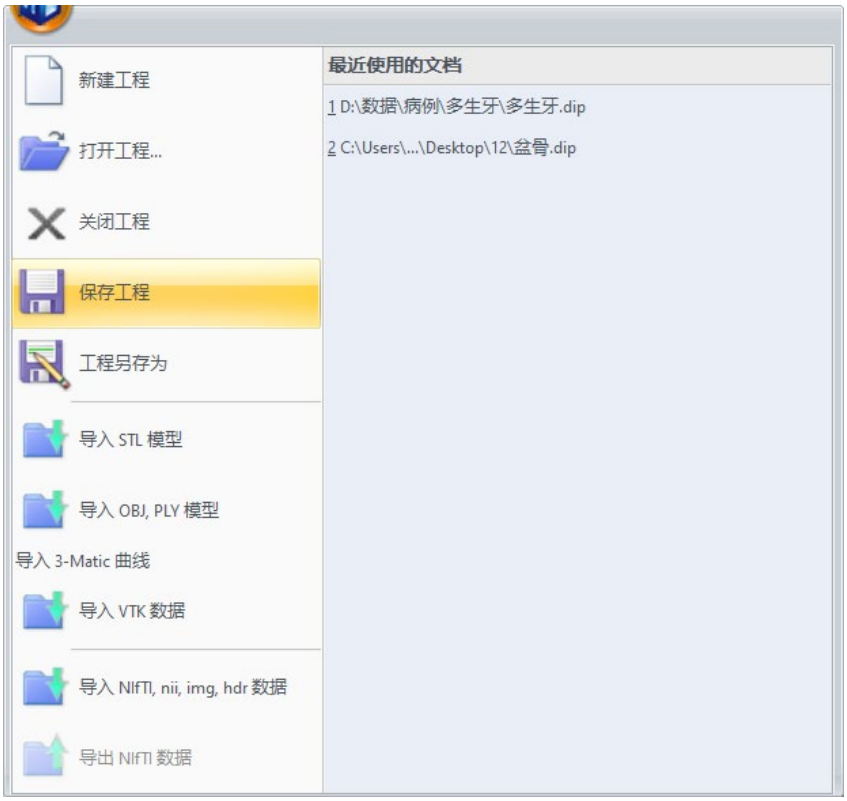


图 3-12 项目文件打开位置

(八)图像窗位

E3D 软件中 CT 断层图像的像素单位可以以两种形式体现，一种是灰度值，

一种是 CT 值，更改其中任意一者的值均可对窗宽窗位进行调整：

点击“数据管理”菜单，点选“窗宽窗位”工具，再在断层图像视口上，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。

也可以点击图像序列＞图像窗位＞图像窗位明亮度，在预设的多种组织灰度值中进行选择，以调整灰度范围。（图 3-13）

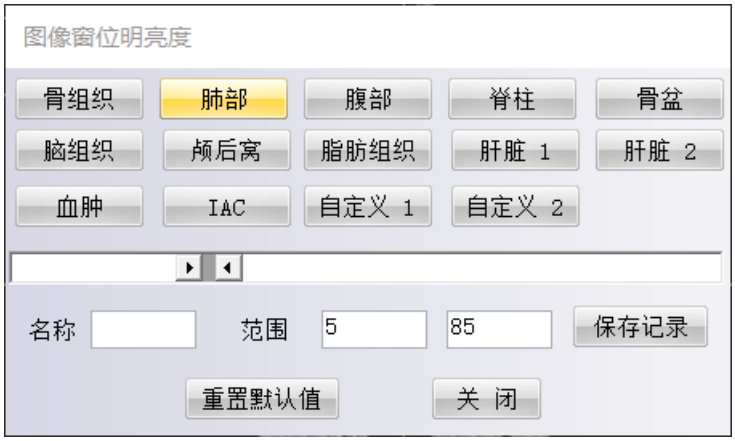
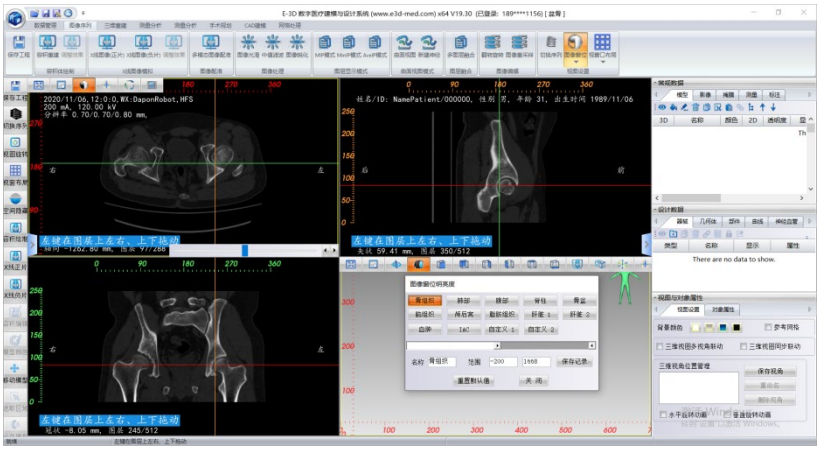
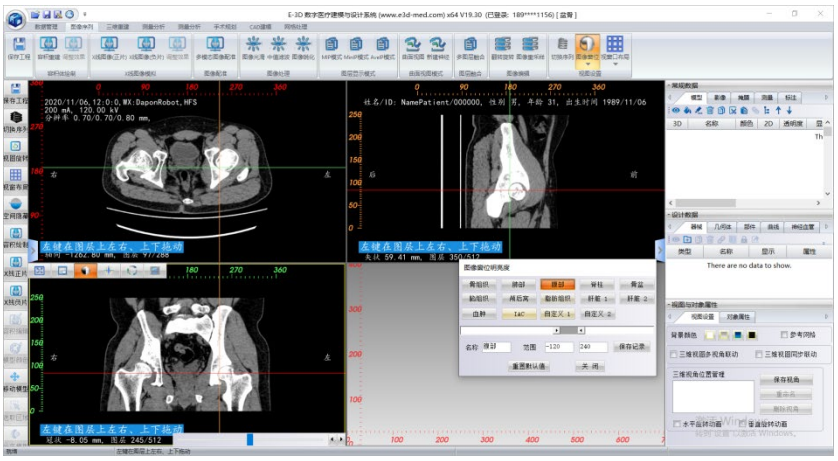


图 3-13 图像窗位明亮度

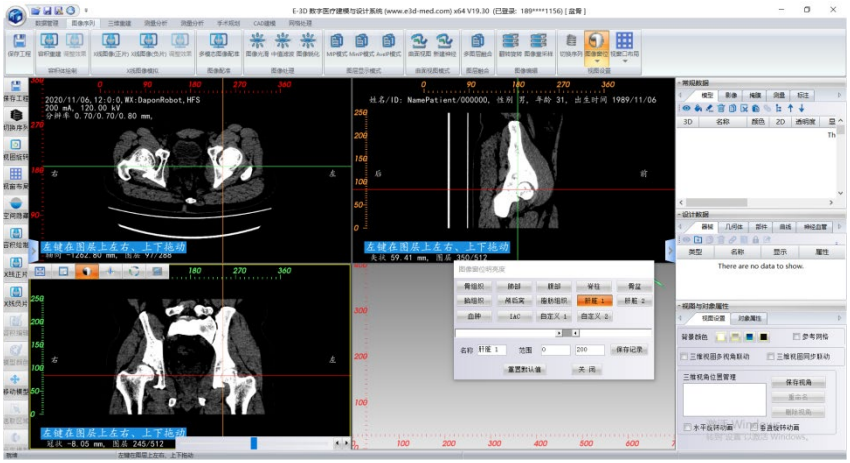
以例子数据—胸腰为例，选部分窗位明亮度展示。图 3-14



①



②



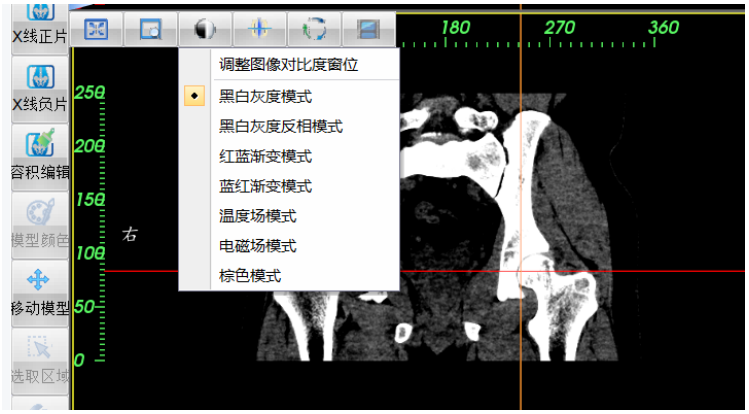
③

图 3-14 图像窗位

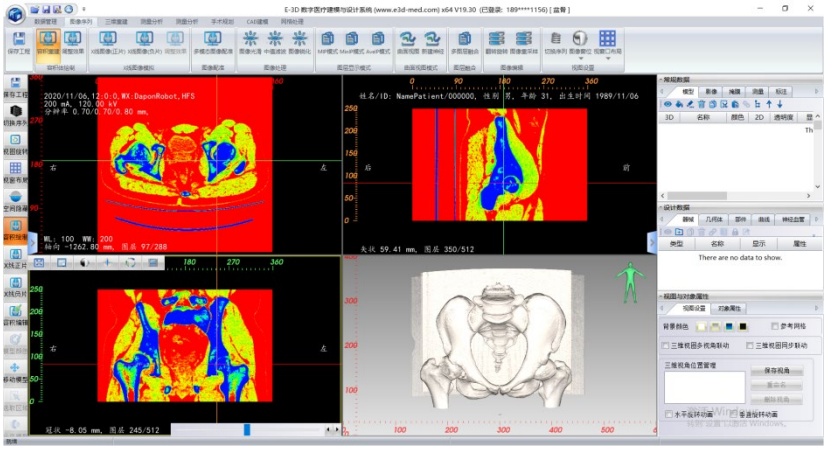
①骨组织②腹部③肝脏

伪彩：

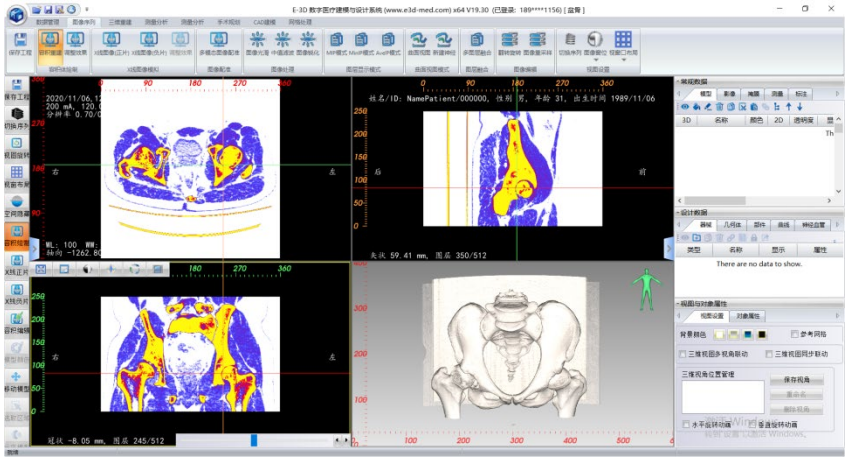
在二维视口内的菜单栏中找到“图像明亮对比度”按钮，打开图 3-15 所示的下拉菜单，选择合适的伪彩，二维图像则呈现对应的伪彩图像（图 3-15）。



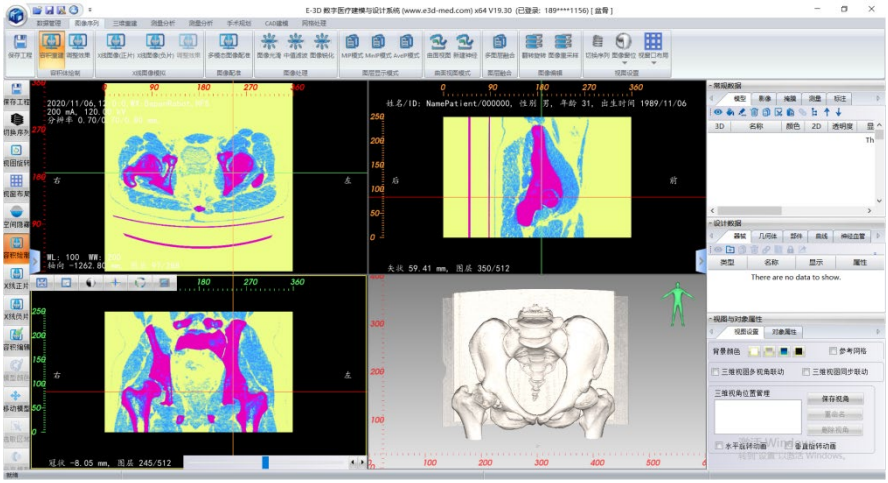
①



②



③



④

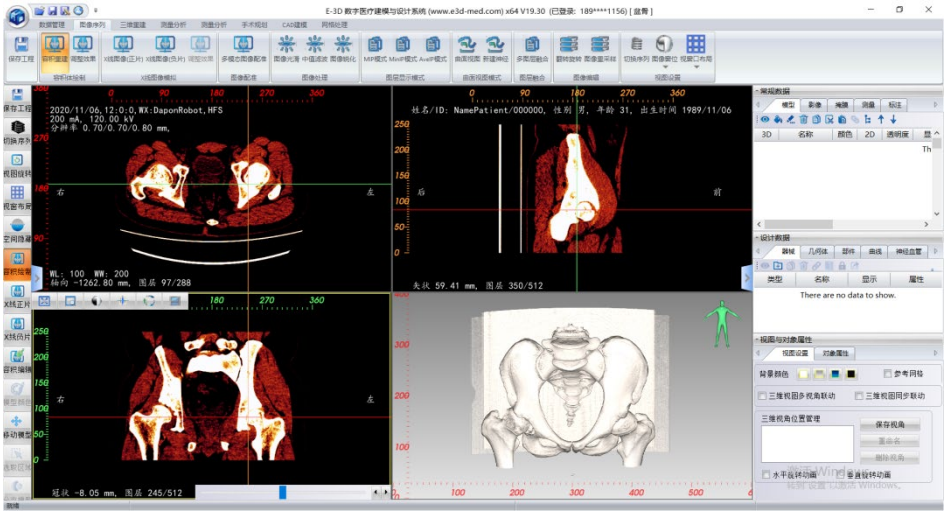


图 3-15 伪彩选择菜单

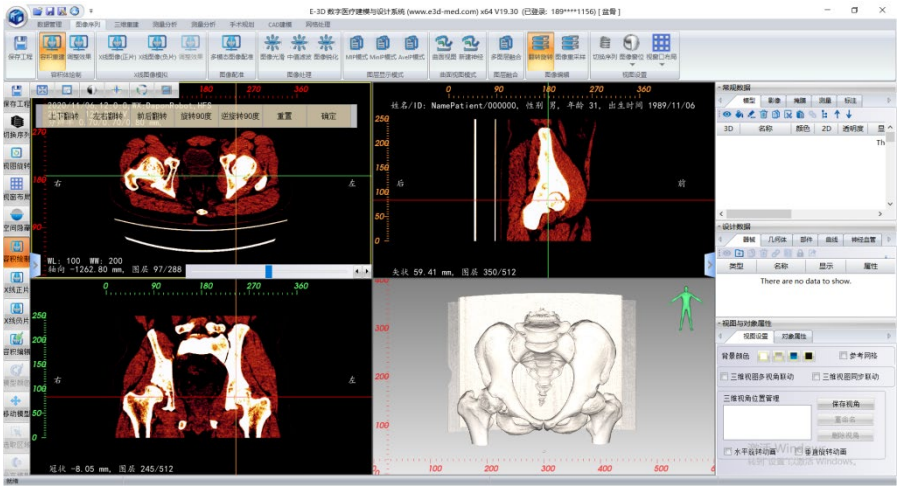
①伪彩菜单 ②红蓝渐变模式 ③温度场模式 ④电磁场模式 ⑤棕色模式

当我们改变伪彩模式后，可以根据图像质量调整窗位，以便用户可以更好的观察加入伪彩的图像数据和进行后续分割。

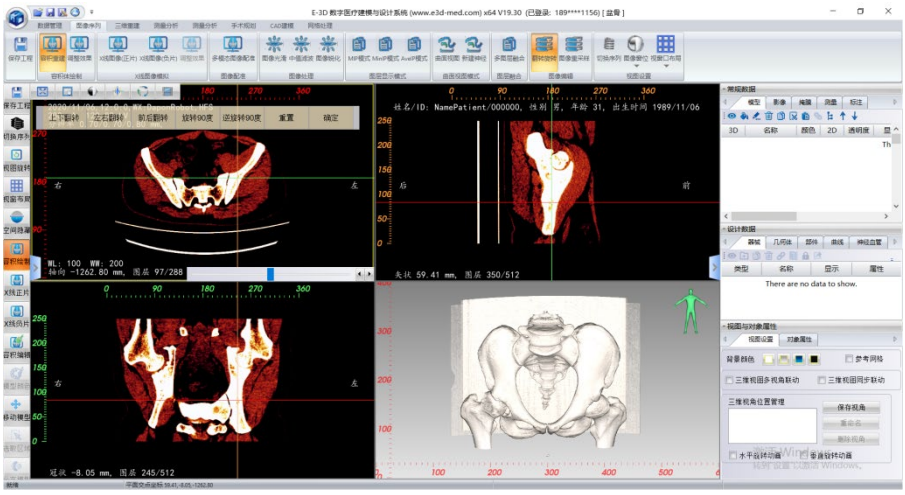
旋转图层方向：

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，二维视口内的图像中心出现如图 3-16 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。



①



②

图 3-16 旋转图层方向

①旋转图层方向前 ②旋转图层方向后

(九)上传云平台

电脑端 E3D 软件上传数据：使用 E3D 软件完成三维建模和手术规划后，在三维视图中显示本次要上传的三维模型，单击“数据管理”菜单中的“上传云平台”按钮，界面左侧会弹出上传云平台的功能模块。(图 3-17)

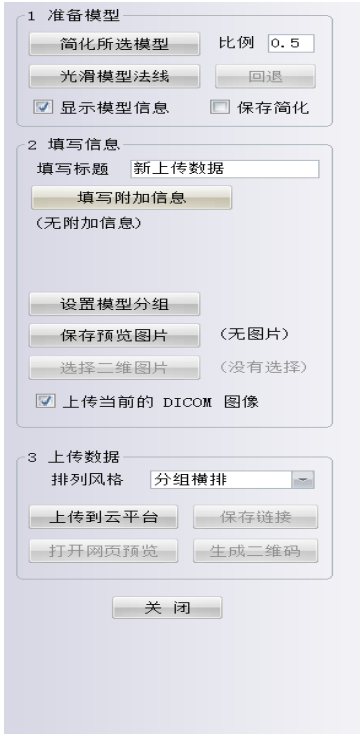


图 3-17 打开上传云平台

具体操作主要分三个步骤：

1.准备模型：

在上传云平台之前，首先注意察看视图右下角的模型信息，特别是模型大小。勾选“显示模型信息”，三维视口左下角出现所有待上传模型的大小信息，如果模型比较大，建议进行模型简化。

简化模型：若模型数据较大，可能会导致在移动端查看模型时卡顿，简化模型可避免此问题。选择模型后，在“比例”输入框中设置比例参数，点击“简化所选模型”按钮进行网格简化，可以多次连续点击按钮进行多次简化，如果简化效果导致模型有明显变形，可以点击“回退”按钮恢复原始模型。选项框“保存简化”默认没有勾选，关闭操作后简化模型不会替代原模型；如果进行勾选，简化模型将替换原来的模型。（图 3-18）

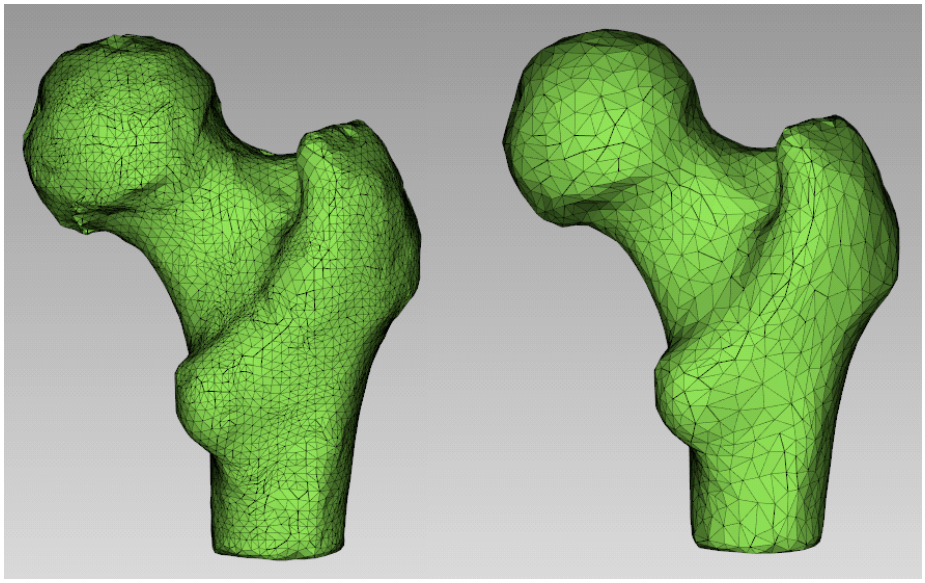


图 3-18 简化模型

光滑模型法线：对于原来没有法线的三维模型，点击"光滑模型法线"按钮后，模型的法线将会变得平滑。（图 3-19）

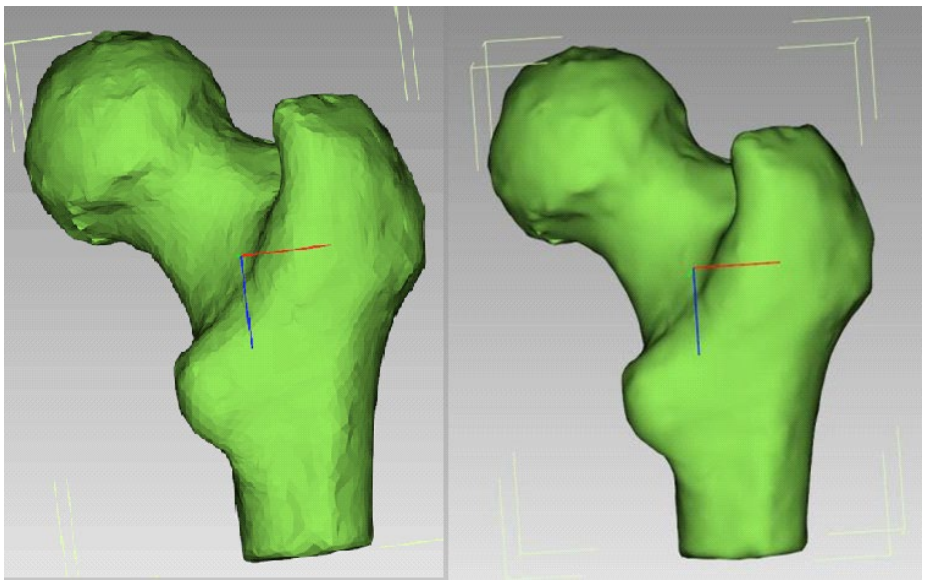
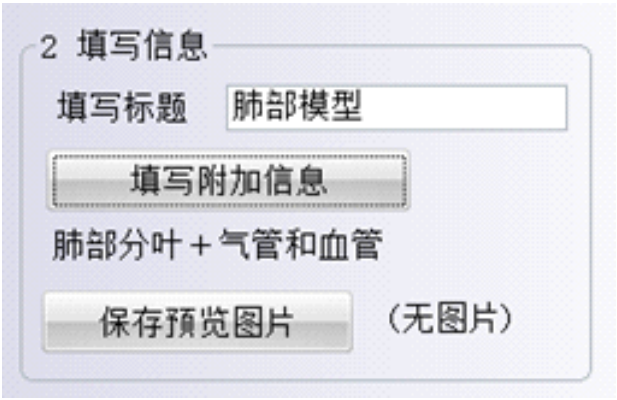


图 3-19 光滑法线

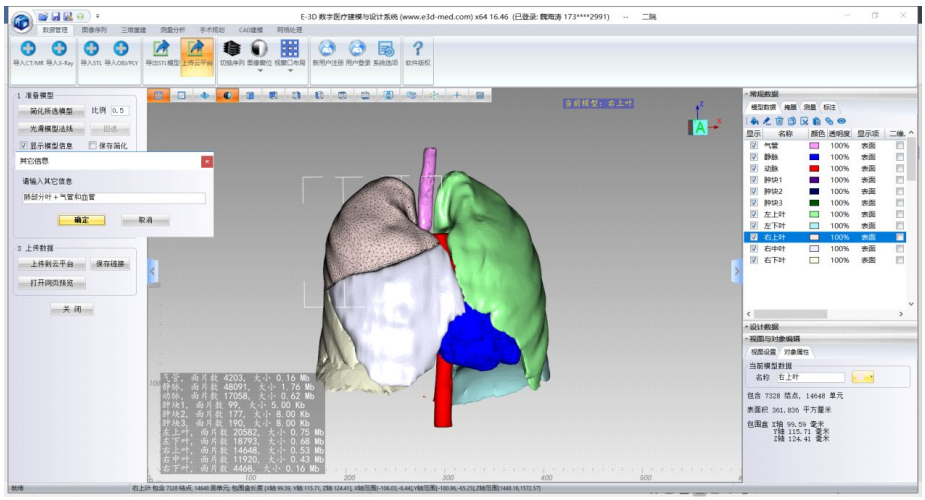
2.填写信息：

填写标题：在“填写标题”一栏输入该项目的标题，网页上打开时会显示该项目标题。

若有附加信息，可以点击"填写附加信息"按钮添加，在弹出对话框中输入需要添加的附加信息，比如：“患者姓名：XXX，年龄 XX，手术规划注意事项为 XXXX”，点击“确定”即可完成添加。（图 3-20）



①



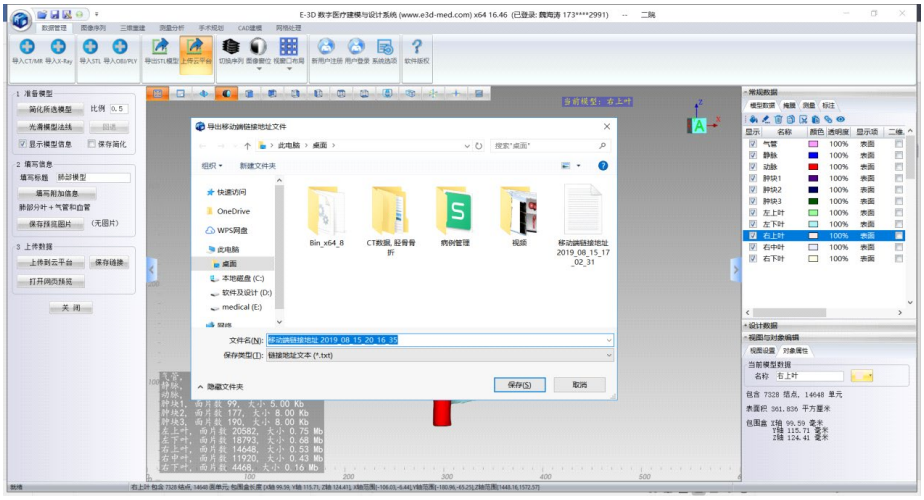
②

图 3-20 填写信息

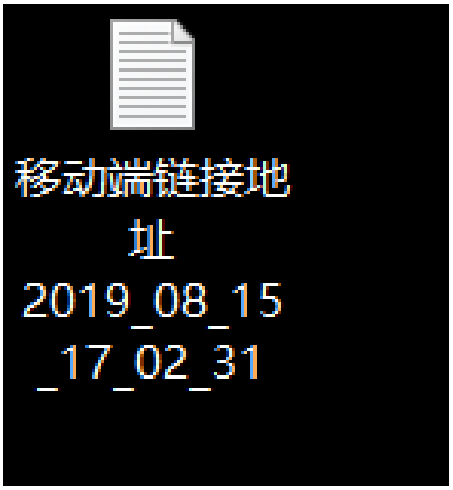
①填写信息菜单②填写信息

3. 上传数据

准备模型和填写信息完成后，在联网情况下，点击“上传到云平台”按钮，在三维视图左上角会出现“已经上传数据到云平台，可以用微信或网页打开链接的提示”，同时“保存链接”和“打开网页预览”按钮变为可点击状态。点击“保存链接”按钮，弹出选择储存位置的窗口，选定储存目录点击“确定”，在相关储存应位置可以找到新生成的 TXT 文档。（图 3-21）



①



②

图 3-21 导出链接

①导出链接地址文件窗口　　②导出链接

双击打开该文档，按照提示复制链接并发送，收到此链接者，可在未安装 E3D 软件的电脑的微信或浏览器中打开三维模型，并进行简单操作。（图 3-22）

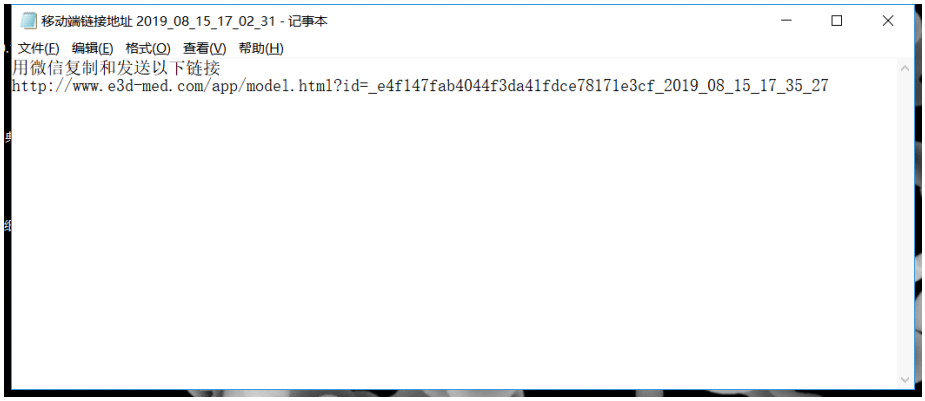


图 3-22 导出的链接文档

此时也可以点击“打开网页预览”按钮，通过网页预览三维模型显示效果。（图 3-23）

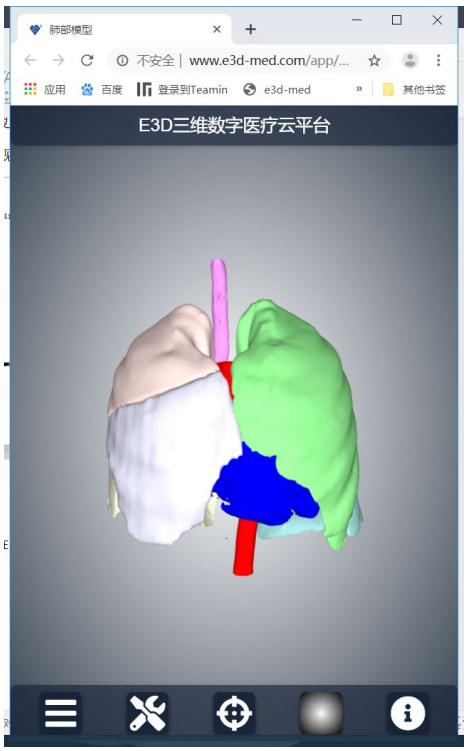


图 3-23 云平台显示模型

手机移动端察看和操作模型：

通过电脑上的微信、QQ 等发送链接到手机，无需在手机上下载额外 APP，只要在手机 移动端点击链接，即可出现以下读取界面：

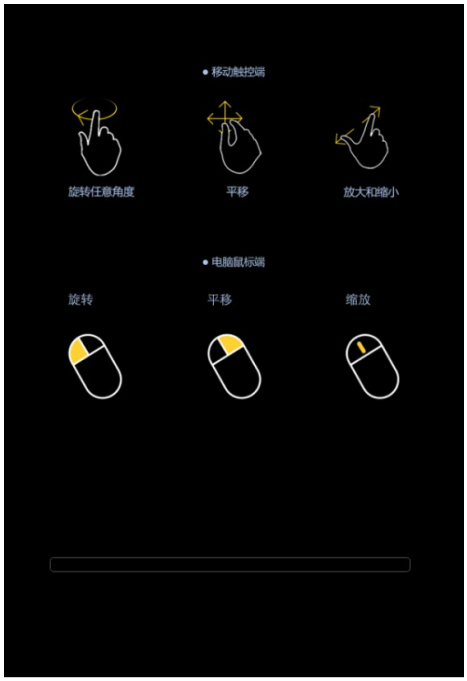


图 3-24 云平台读取模型

当下方的进度条达到 100%时，将跳转到以下界面。

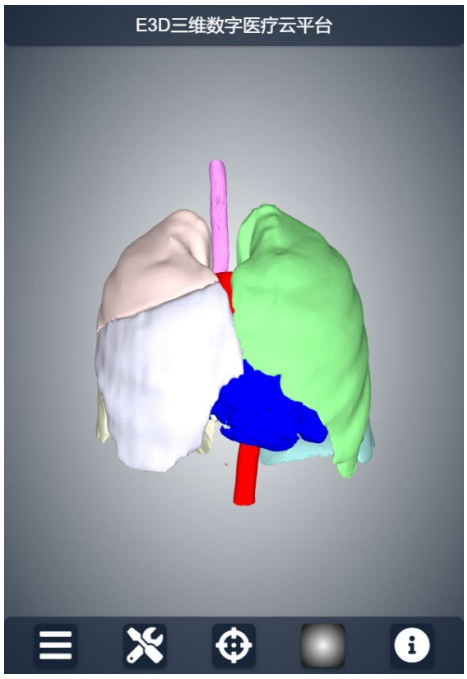


图 3-25 模型读取完毕

移动端下端有五个按钮，分别对应移动端的五个功能：

显示设置：此按钮用来设置模型的显示与隐藏，透明度更改，模型颜色更改。

测量：此按钮用来对模型进行测量操作，测量工具八包括直线测量，角度测量，标签标注和删除测量工具。

位置初始化：点击第三个按钮，可以将移动后的模型回归到初始位置。

背景设置：可以改变背景颜色，预设五种背景颜色：灰白渐、黑白渐变、纯黑、纯白等。

附加信息：点击最后一个按钮，可以选择显示与隐藏附加信息。

移动端操作方法：

单击屏幕，可选中模型或切换模型。

按住屏幕，向任意方向拖动，可以对模型进行旋转操作。

两指同时按住屏幕，向相同方向拖动，可以对模型进行平移操作。

两指同时按住屏幕，向相反方向拖动，可以对模型进行放大及缩小操作。

移动端下端有五个按钮，分别对应移动端的五个功能：

显示设置：此按钮可用来显示与隐藏模型的其中一部分，更改透明度及颜色。

测量：此按钮可用来对模型进行测量，测量工具包括：直线测量、角度测量、标签标注和删除测量工具。

位置初始化：点击第三个按钮，可以将移动后的模型回归到初始位置。

背景设置：可以改变背景颜色，预设五种背景颜色：灰白渐变、黑白渐变、灰黑渐变、纯白、纯黑。

附加信息：点击最后一个按钮，可以显示或隐藏附加信息。

以下对各个按钮的功能做详细介绍：

1. 显示设置：

点击下方第一个按钮，在左上角会显示所有模型的名称及显示设置。模型名称右侧则显示该模型的体积大小。

“显示”后面有一个打勾的小方框，控制模型的显示与隐藏。点击小方框，“√”消失，则模型隐藏，再次点击小方框，“√”显示，则模型显示。（图 3-26）

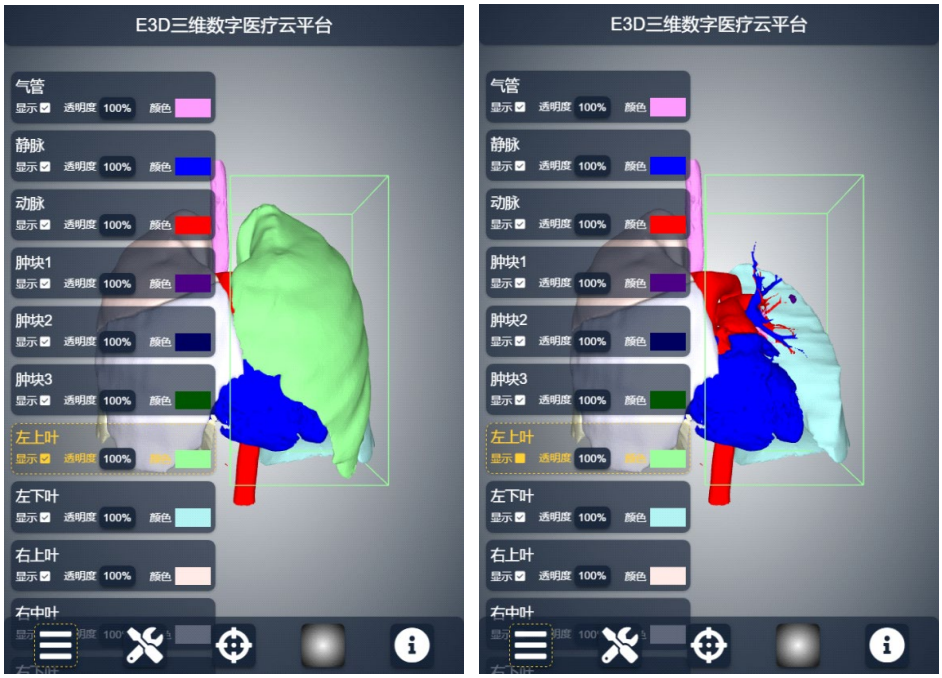


图 3-26 模型的显示与隐藏

点击“透明度”按钮，后面的透明度数值将由 20%，40%，60%，80%依次变化，透明程度将依次由透明向实体变化减少。（图 3-27）

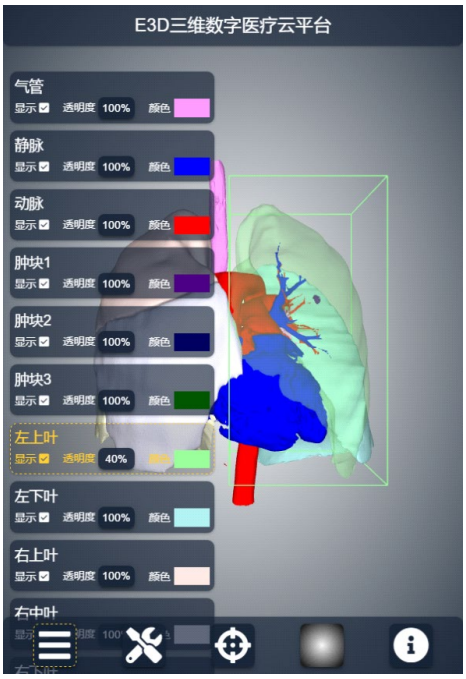


图 3-27 改变模型透明度

点击颜色小方块，将跳出以下色彩调整界面，选择色彩后，点击“确定”，所选色彩将自动应用。（图 3-28）

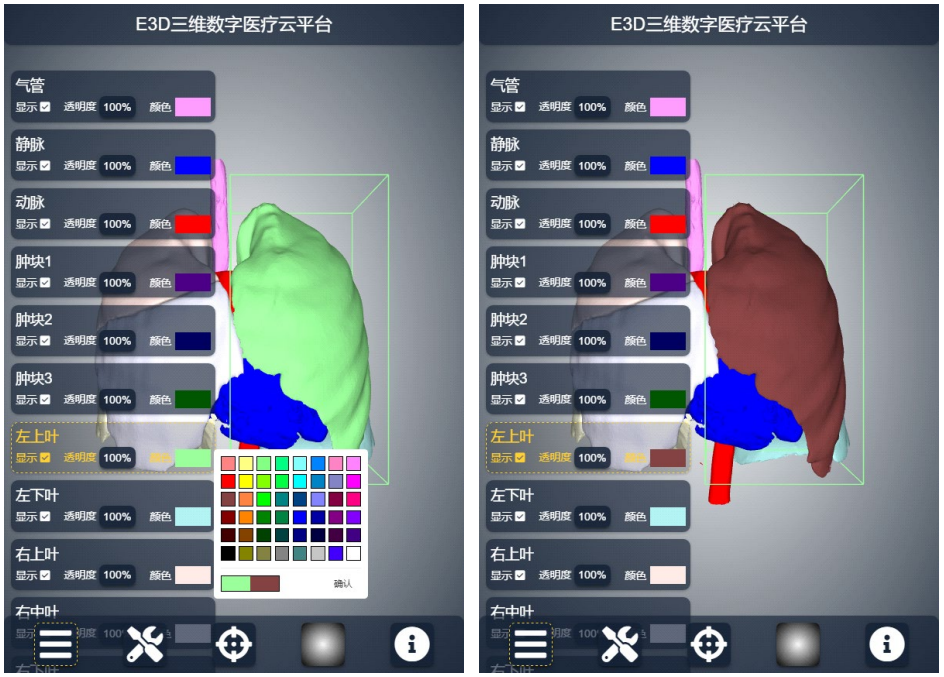


图 3-28 改变模型颜色

2. 测量工具：点击测量工具按钮，弹出测量工具栏。（图 3-29）

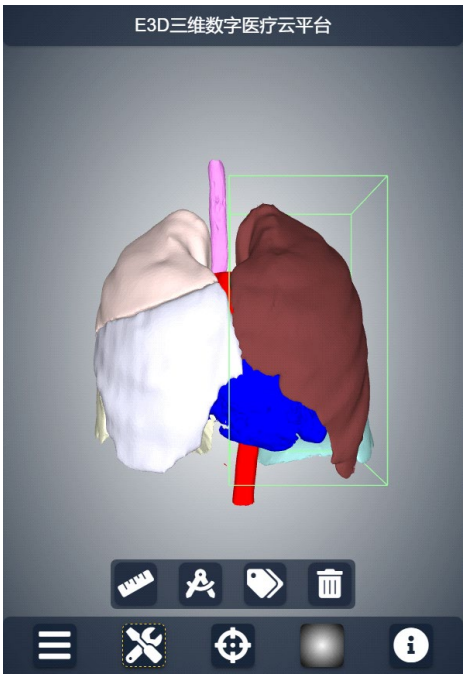


图 3-29 模型测量工具

直线测量：点击直线测量工具，在模型上点击需要测量距离的起点和终点，直线距离会显示在该直线旁边。（图 3-30）

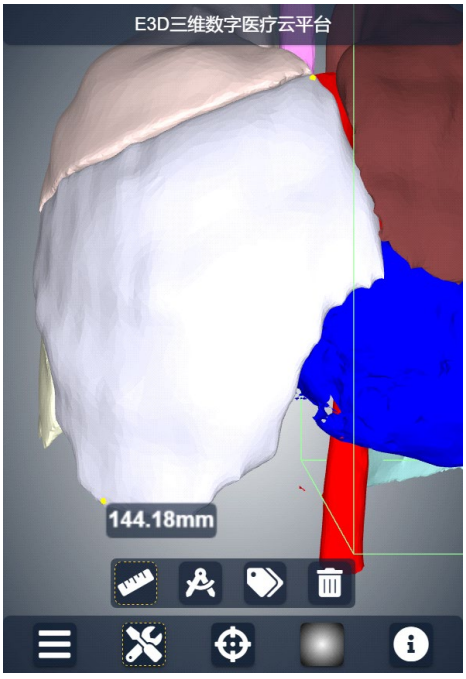


图 3-30 直线测量

角度测量：点击角度测量工具，在模型上点击三个点，依次是始边起点、顶点、终边终点，测量的角度会显示在模型旁。（图 3-31）

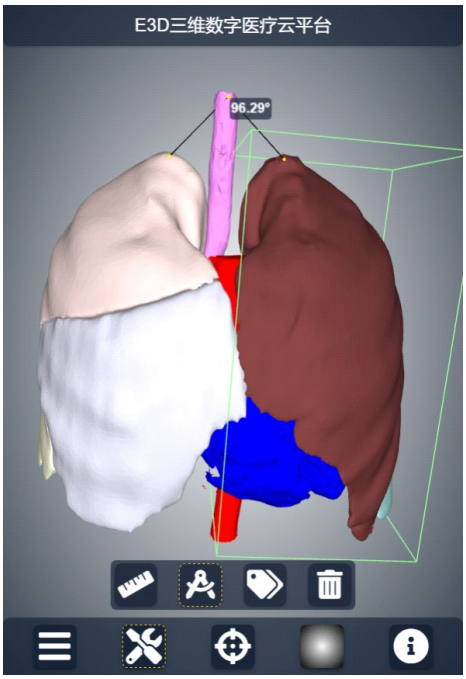


图 3-31 角度测量

标签标注工具：点击“标签”工具，再点击在模型上需要标注的位置，弹出以下对话框，输入需要标注的内容，点击“OK”，标注内容会在模型上显示。（图 3-32）

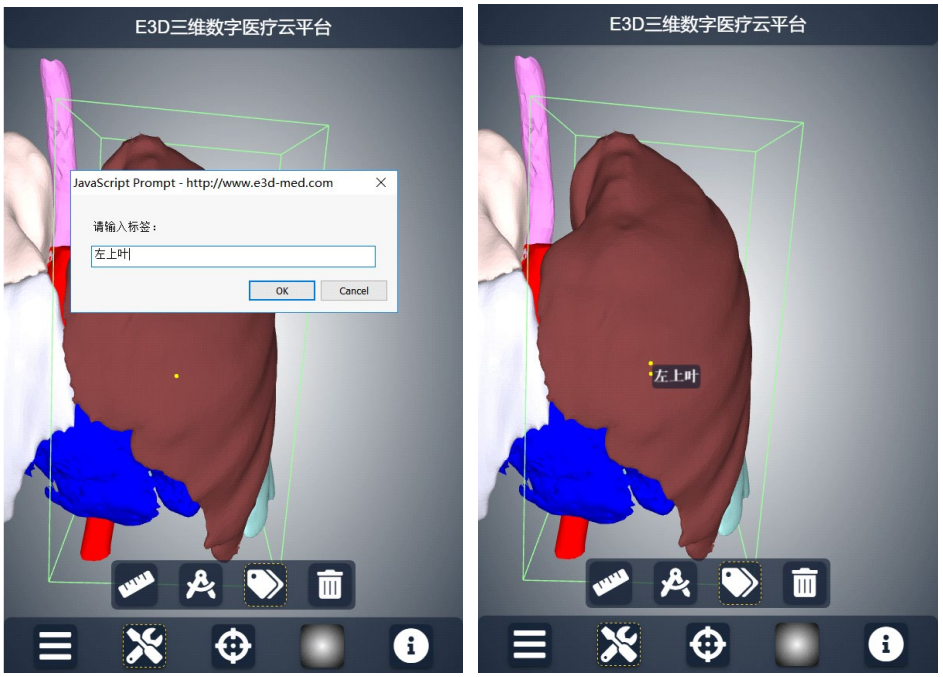


图 3-32 标注标签

删除工具：点击“删除”按钮，再点击模型上的测量数据或标签，对应的测量数据或标签将会被删除。（图 3-33）

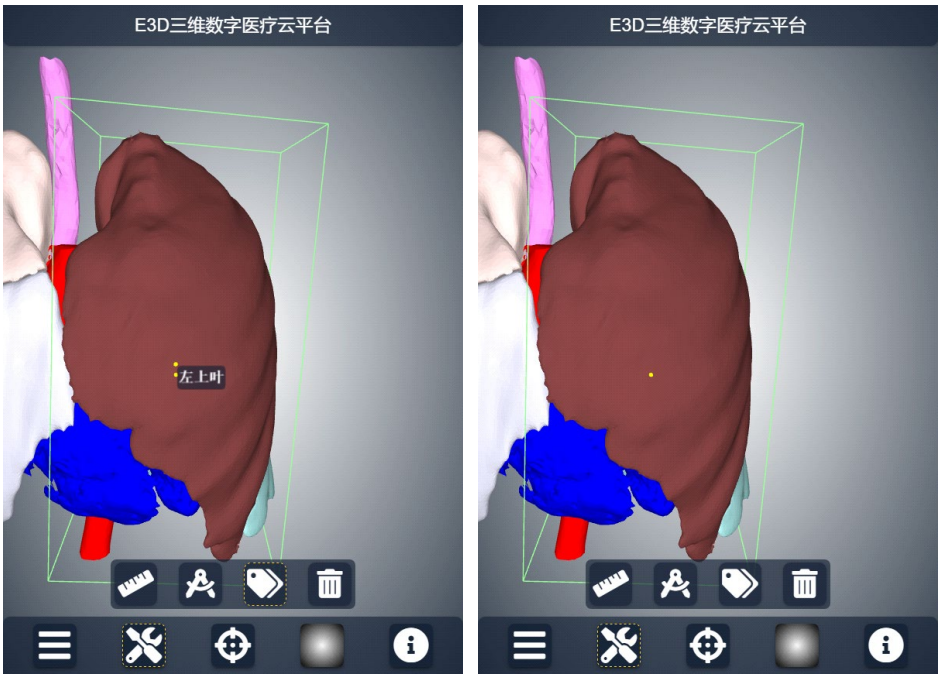


图 3-33 删除工具

3. 位置初始化：移动模型后，如果想将模型回归到初始位置，点击第三个按钮即可。（图 3-34）

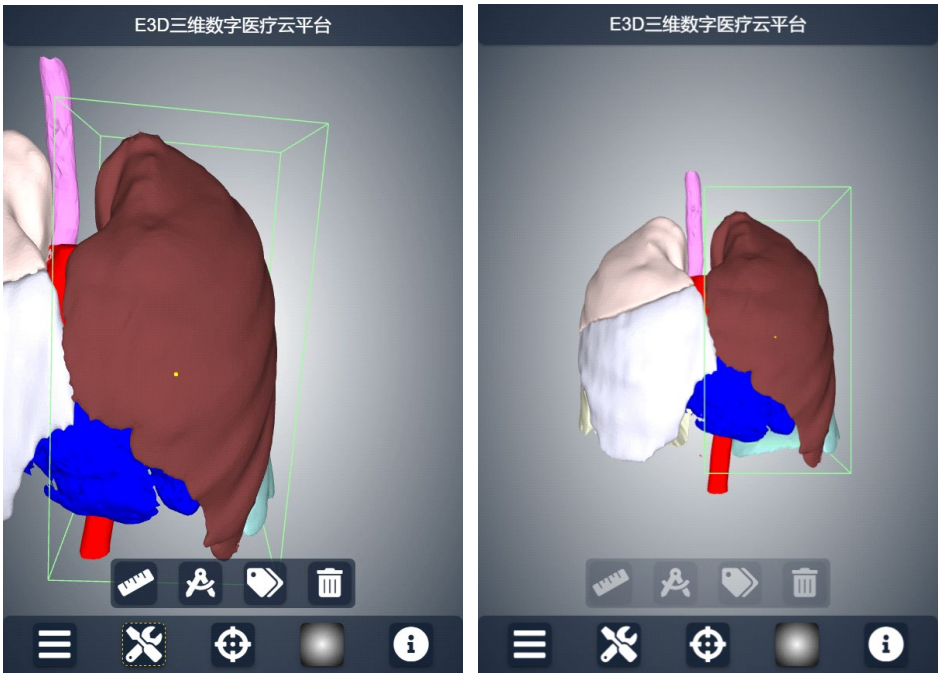


图 3-34 位置初始化

4. 背景颜色设置：点击第四个按钮，将弹出以下五种色彩预设背景按钮，用户选择用户需要的色彩背景后，点击空白处，即完成背景颜色替换，且预设背景按钮将隐藏。（图 3-35）

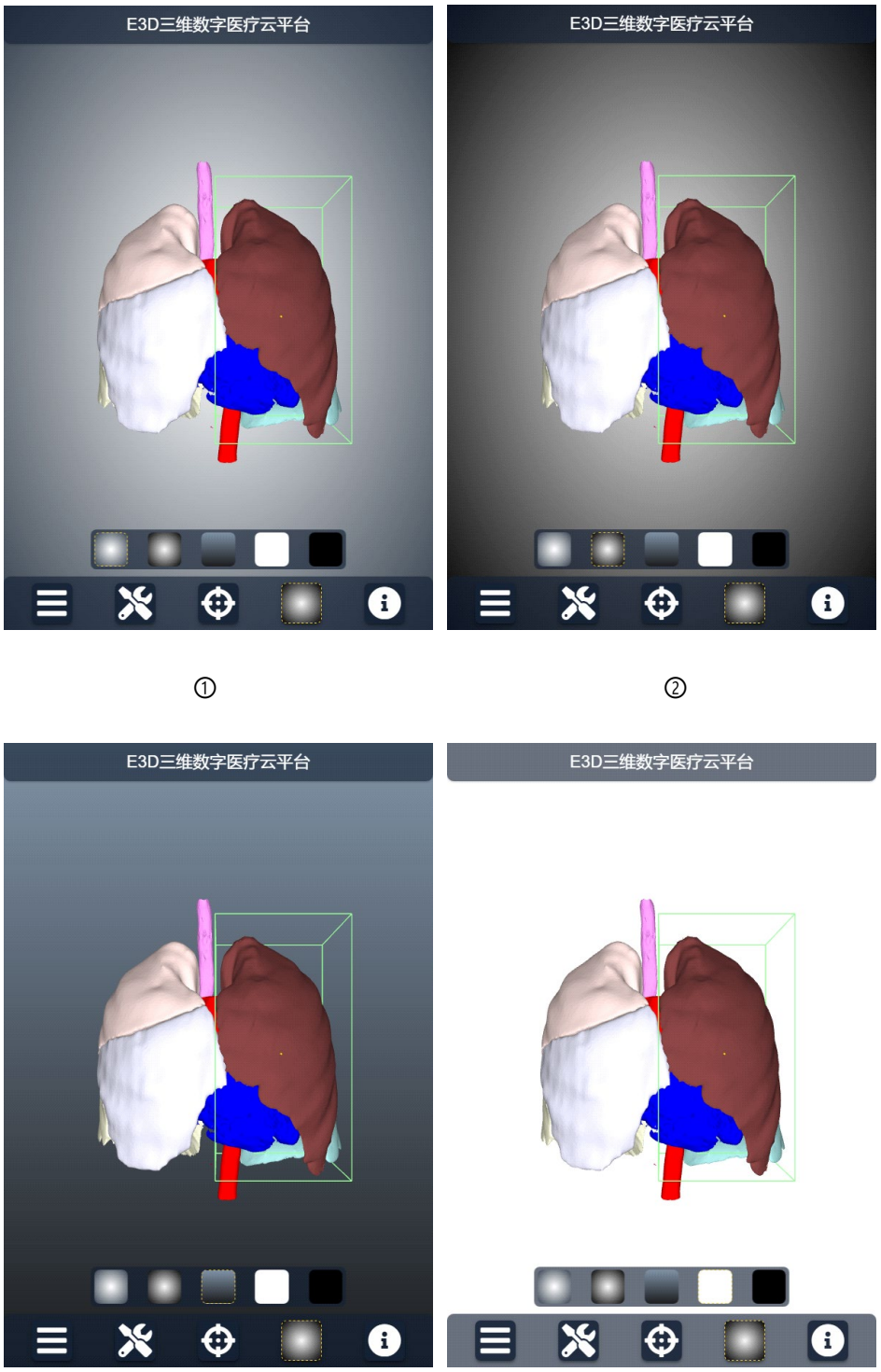


图 3-36 背景颜色

①背景颜色-灰白渐变②背景颜色-黑白渐变③背景颜色-蓝白渐变④背景颜色-白色

5. 附加信息内容显示：如果将模型上传云平台时，填写了附加信息，则可

以点击第五个按钮，在手机屏幕的右上角会显示附加信息的内容。（图 3-37）

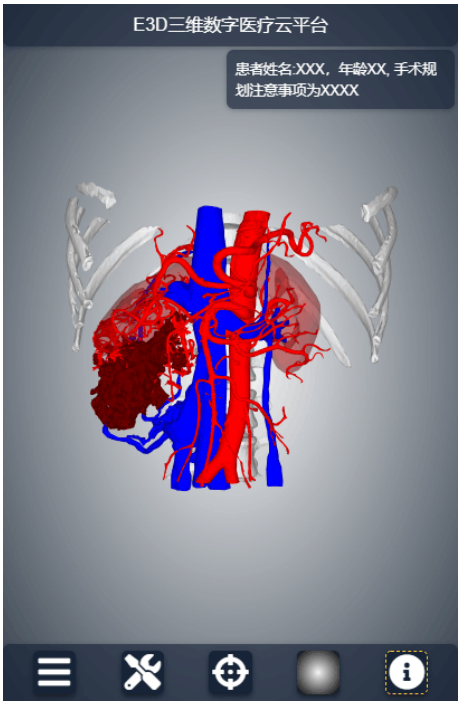


图 3-37 附加信息

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。（图 3-38）

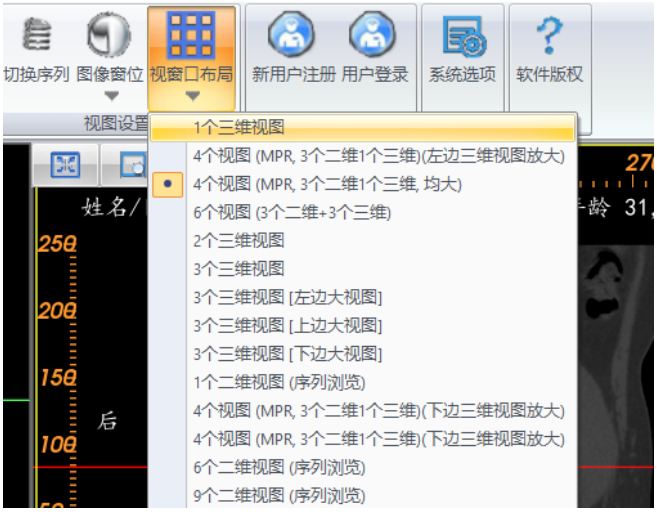
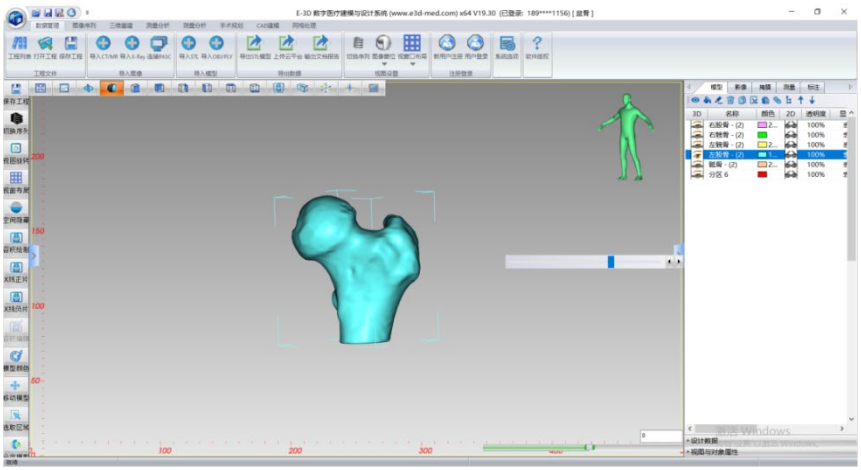
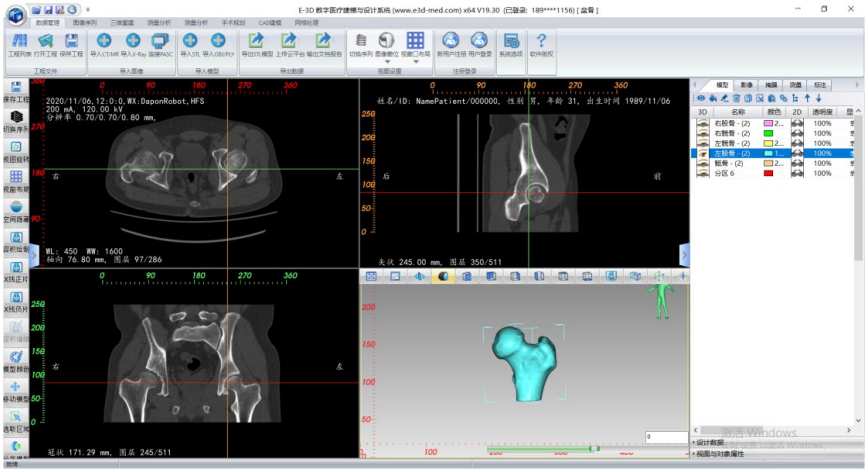


图 3-38 视窗口布局菜单

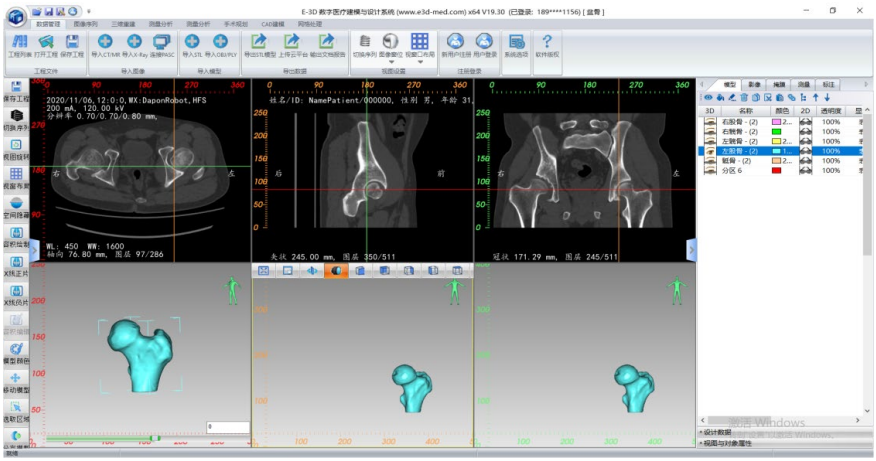
视窗口布局包含二维平面布局和三维布局，还有二维布局与三维布局的结合，用户可以根据需要随时切换。（图 3-39）



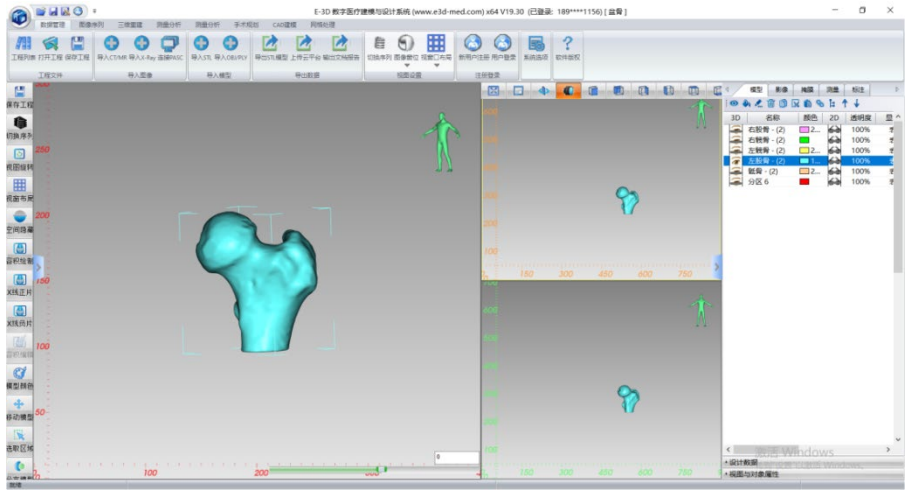
①



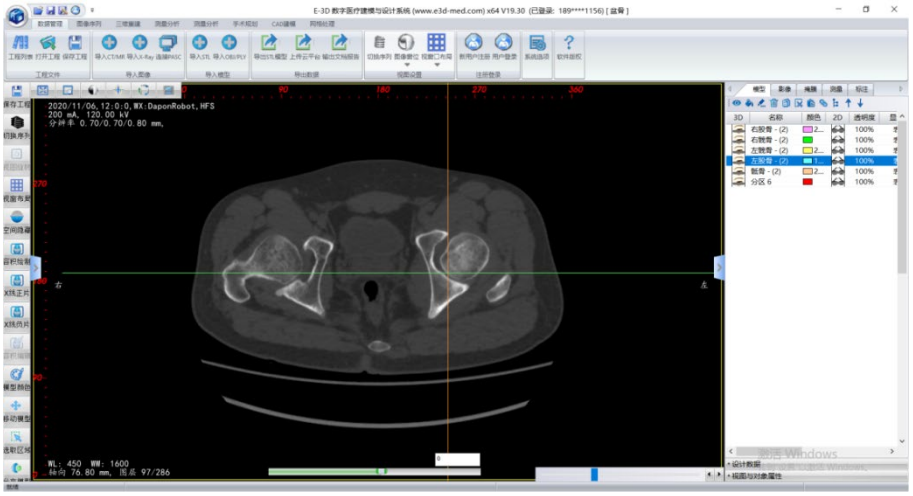
②



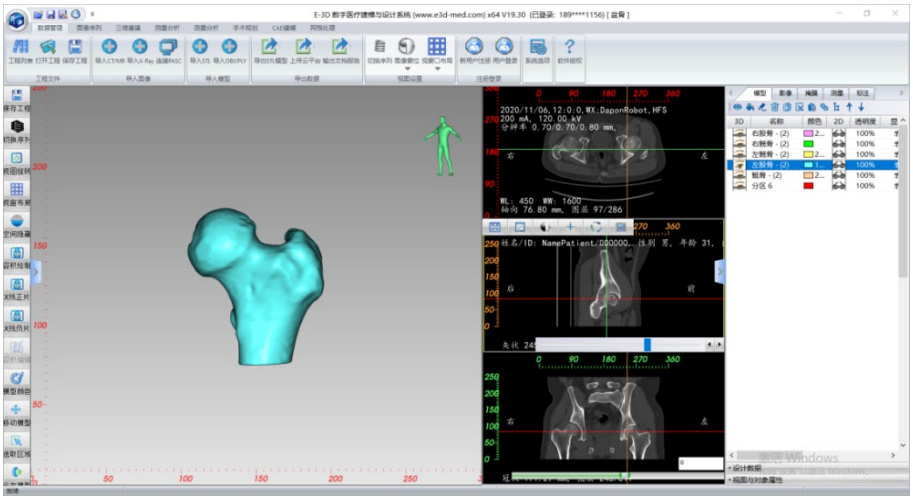
③



④



⑤



⑥

图 3-39 视窗口布局

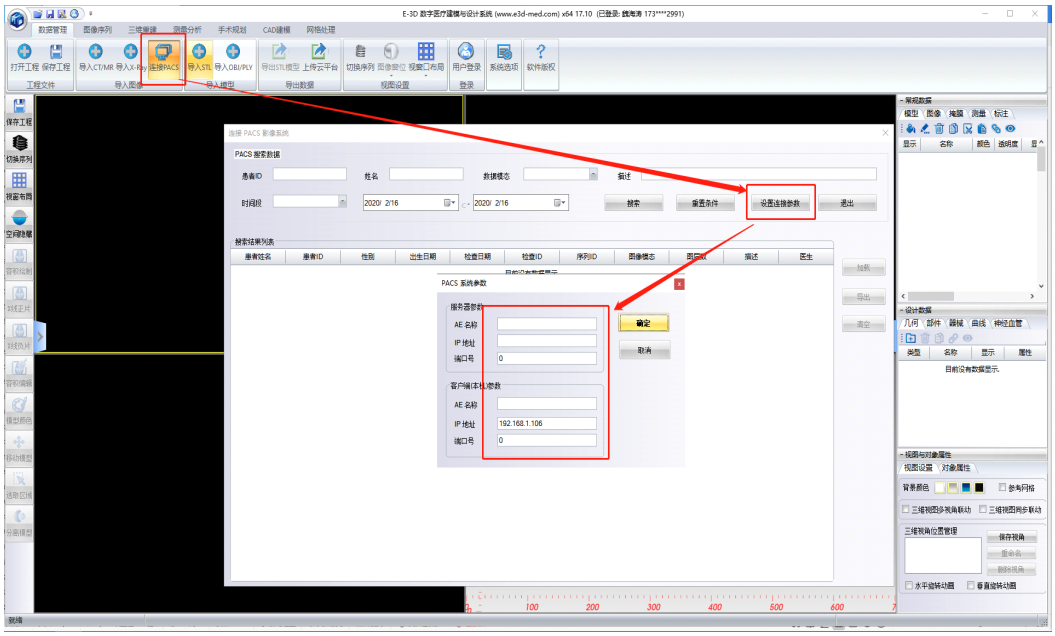
①1 个三维视图　②3 个二维视图，1 个三维视图　③3 个二维视图，3 个三维视图④3 个三维视图　⑤一个二维视图　⑥1 个三维视图，三个二维视图

（十）连接 PACS

为了减少导入导出数据带来的数据质量降低问题，E3D 软件开发出了连接 PACS 系统的功能，有效减少了数据导入导出的次数。在使用该功能前，需要先和医院沟通好，并将 PACS 系统所需要的参数正确填写用于和医院信息库连接。

具体使用方法为：点击“连接 PACS”按钮，弹出“连接 PACS 影像系统”的窗口，再点击“设置连接参数”，将需要的参数填写进去，点击“确定”按钮，此时，PACS 系统就已经和单位的数据库相连了。

再次点击“连接 PACS”，就可以在“连接 PACS 影像系统”的窗口中看到数据库中的数据了。用户可以通过 PACS 搜索数据栏中的搜索方式得到需要的数据，点击数据信息进行选中，在右侧可以选择对数据进行加载、导出等操作。



第四章：图像序列

（一）容积重建

体渲染是影像科 CT 三维重建最常用的方法，也是临床医生相对熟悉的三维重建方法。

体数据集可以想像为由一个个小立方体体素堆积而成，如果分别给予表层体素和内部体素一定的透明度和颜色，则可以看到内部体素，比如一个包含骨

骼的体数据集，可以将体素值小于骨的表层软组织体素设为透明，将体素值大于等于骨的体素设为不透明并赋予一定的颜色，我们即可看到软组织内部骨的三维结构信息。

所以，体渲染本质上是体数据的一种可视化方法，体渲染将不同的体素赋予不同的透明度及颜色，实现了体数据集的三维可视化。

然而，在评价复杂部位骨折，例如骨盆骨折、跖骨骨折时，单独使用体渲染成像技术，虽然能够提供病变部位的三维结构信息，但是会低估实际粉碎的程度，原因是体渲染虽然依据临床经验以不同的颜色赋予毕竟是伪彩色，除此之外，体渲染并没有改变体素的相对空间位置，虽然可以采取一些技术方法去除组织间的遮挡，但是不能移动骨折碎块的相对位置进行观察。

体渲染的参数

许多影像软件都提供体渲染功能，虽然具体操作界面和操作方式不同，但是进行体渲染时需要设定的参数是一致的，包括：

透明度：基于体素值分配每个体素在体渲染时的透明度。

颜色映射：根据体素灰度值分配每个体素在体渲染时的伪彩色。

通过在透明度为纵坐标、CT 值为横坐标的平面坐标系中，绘制的一条阈值分割折线，可以反映这两个参数在进行参数设置时的关系。

我们任意选取折线上的一点观察体渲染参数的设置，可以发现，每一个体素的灰度值都由一组对应的折线分配了透明度值和颜色映射值来体现，改变折线上点的位置，这两个参数便也会随之变化。（图 4-1）

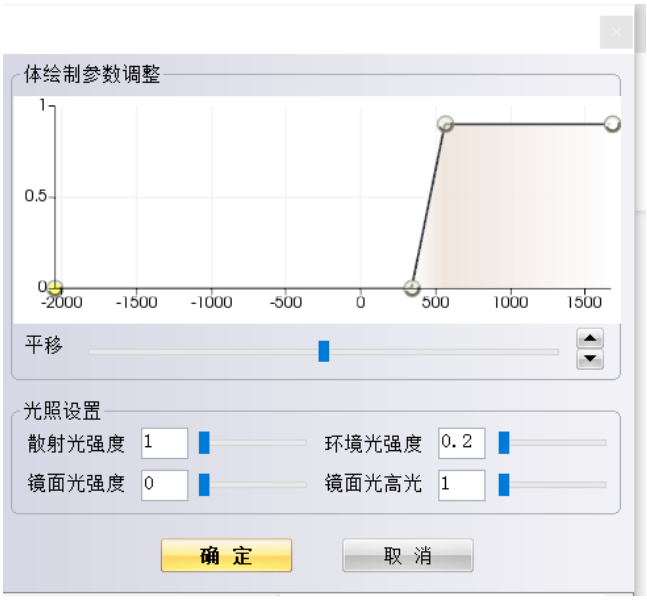
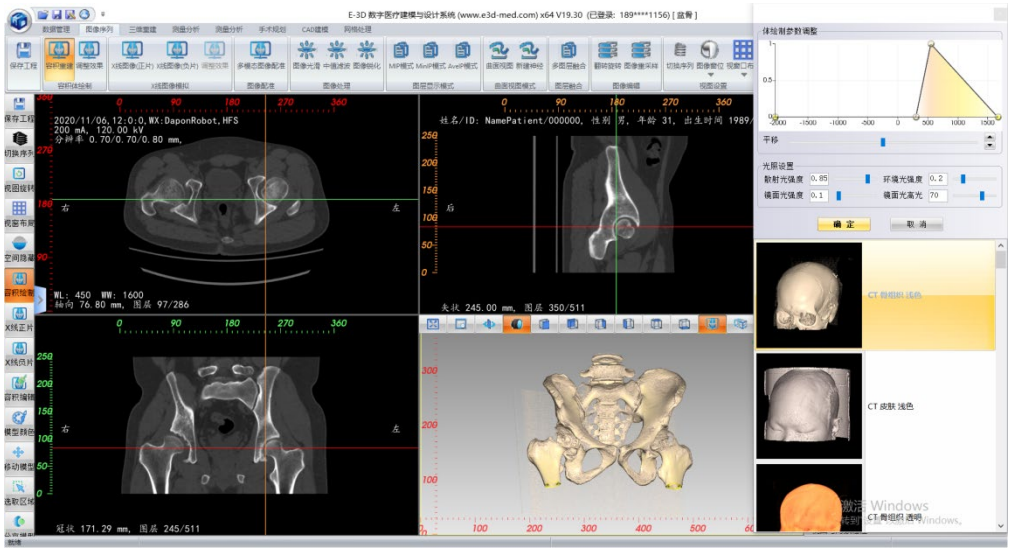


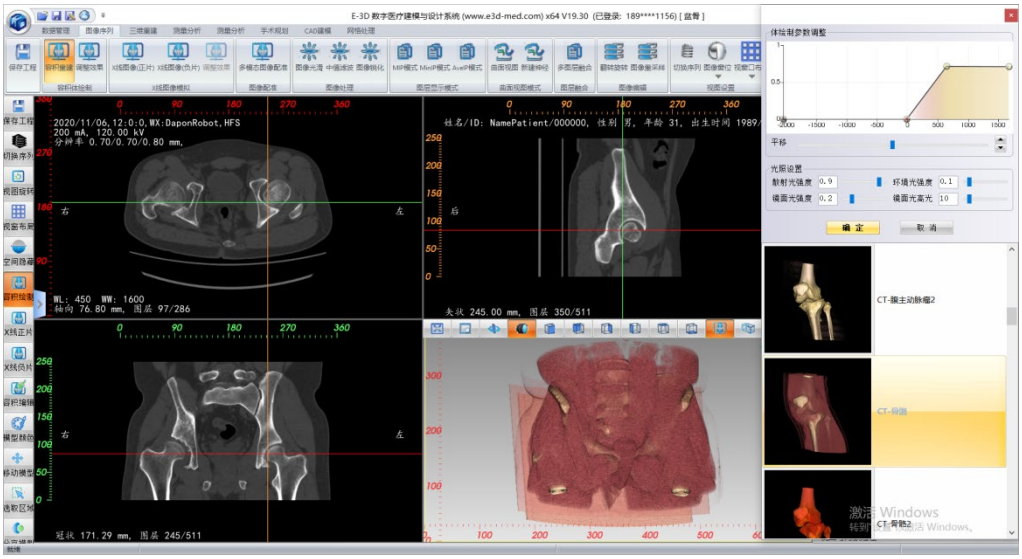
图 4-1 体绘制参数调整

E3D 软件在体绘制参数中预设了几种经典的体绘制参数设置模板（容积模

板），并可以在选择相应模板后，再对其进行调整。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，选择一个容积模板后，若需要再做调整，可以拖动体绘制参数折线上的点或平移设置滑块。（图 4-2）



①



②

图 4-2 容积体绘制

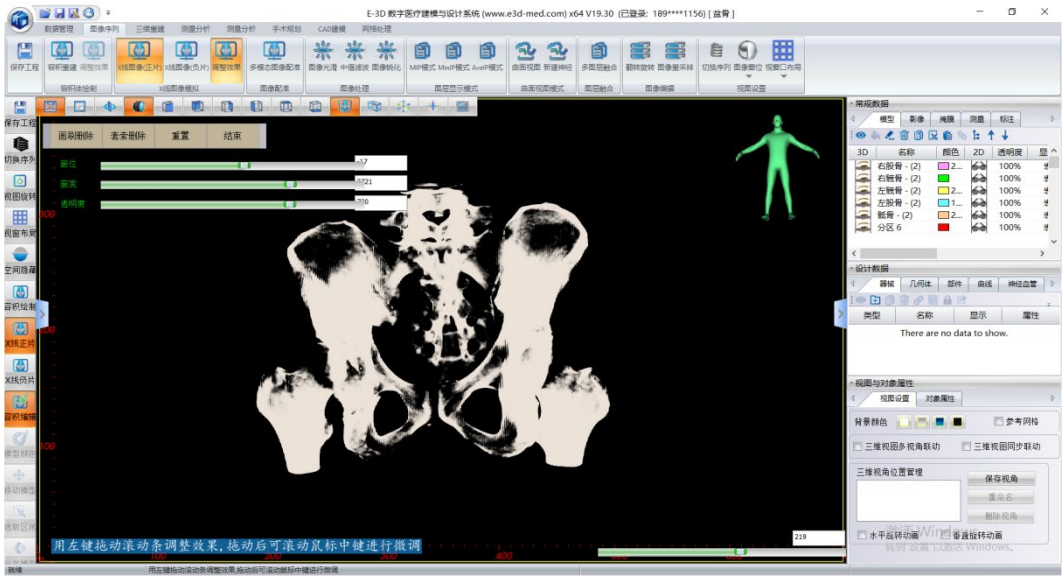
①CT 骨组织-浅色　　②CT-骨骼

（二）X 线图像模拟

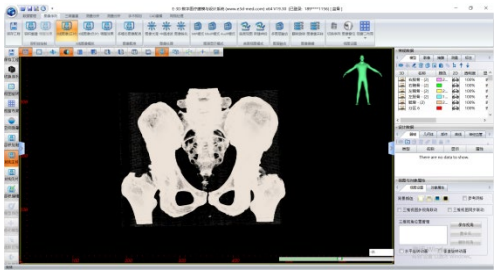
X 线图像模拟功能，是软件通过分析导入的 CT/MR 的原始数据阈值之间的关系，自动设置明暗关系及透明度关系，从而可以模拟出 X 线摄影的影像，具体

操作如下：

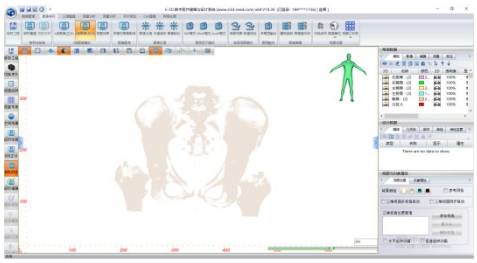
点击“X 线图像（正片/负片）”按钮，在三维视口中会模拟出 X 线摄影影像，点击“调整效果”按钮，在三维视口的左上角，会出现一组调整工具，可以使用“画刷删除”或“套索删除”对模拟的 X 线影像进行局部删除，拖动滑块可以调整 X 线影像的窗宽窗位和透明度，达到用户满意的效果。调整出现失误后，可以点击“重置”按钮重置，调整结束后，点击“结束”按钮，可以退出编辑。（图 4-3）



①



②



③

图 4-3 X 线图像模拟

①调整效果②X 线图像（正片）③X 线图像（负片）

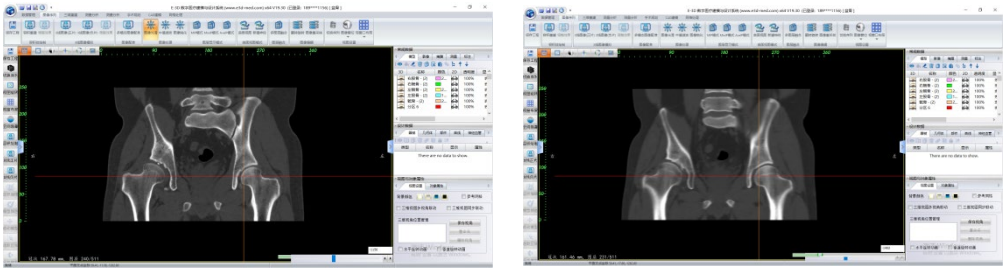
（三）图像处理

图像处理为用户提供了三种优化图像的方式，分别为图像光滑、中值滤波、图像锐化，每种处理器都分为十级强度，用户通过简单的调节，就能得到最佳的图像显示效果，使图像更加清晰和便于操作。

1. 图像光滑

部分数据图像因为滤线栅的作用，导致图像边缘过于锐利，可以使用图像光滑功能使图像的边缘光滑。具体操作步骤如下：（图 4-4）

点击“图像光滑”，在二维视窗中拖动滑块改变强度，点击“执行光滑”计算完成后，点击“确定”退出，若平滑强度过大或过小，可以点击“重置”按钮退回后重新调节。



①　　②

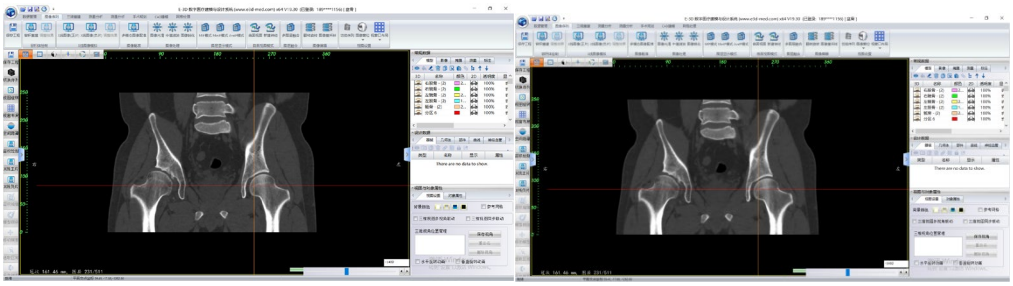
图 4-4 图像光滑

①图像光滑前　②图像光滑后

2. 中值滤波

中值滤波对脉冲噪声有良好的滤除作用，特别是在滤除噪声的同时，能够保护图像的边缘，避免模糊。具体操作步骤如下：（图 4-5）

点击“中值滤波”，在二维视窗中拖动滑块改变强度，点击“执行滤波”计算完成后，点击“确定”退出，若滤波强度过大或过小，可以点击“重置”按钮退回后重新调节。



①　　②

图 4-5 中值滤波

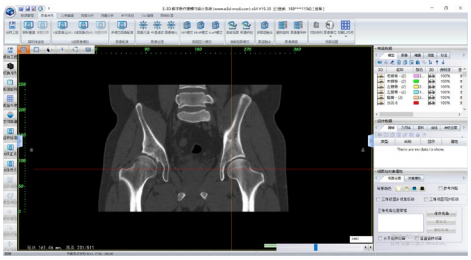
①中值滤波前　②中值滤波后

3. 图像锐化

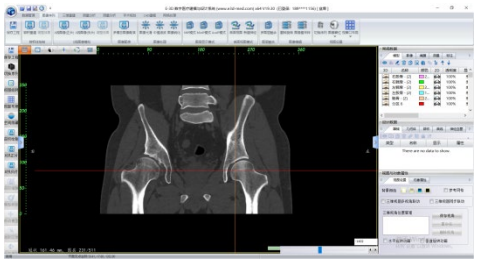
图像锐化是通过补偿图像的轮廓、增强图像的边缘及灰度跳变的部分，使图像变得清晰，具体操作如下：（图 4-6）

点击“图像锐化”，在二维视窗中拖动滑块改变强度，点击“执行锐化”

计算完成后，点击“确定”退出，若锐化强度过大或过小，可以点击“重置”按钮退回后重新调节。



①



②

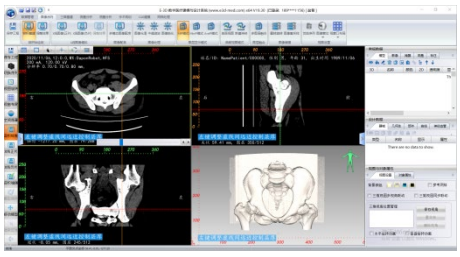
图 4-6 中值滤波

①图像锐化前 ②图像锐化后

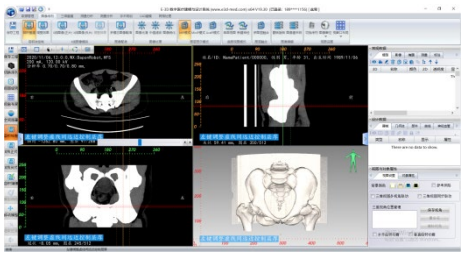
(4)图层显示模式—密度投影模式

如果要对部分图层进行投影显示，用来观察连续图像的密度投影图像，可以使用密度投影模式进行观察，具体操作方式如下：（图 4-7）

选择 MIP（最大密度投影）模式，在二维视口中，每条二维辅助线两侧对称的位置会各出现一条与之平行的虚线，拖动其中一条，另一条也会在另一侧沿相反方向移动，两条虚线间的密度投影图像也会随之变化。二维视口中每条二维辅助线两侧会各出现一条虚线，在同一条辅助线两侧的虚线互为对称的平行线，拖动其中一条时，另一条会在辅助线另一侧向相反方向变化，所对应平面内的密度投影图像也会随之变化。，虚线范围越宽，所投影的最大密度也越大。（图 4-6）



①



②

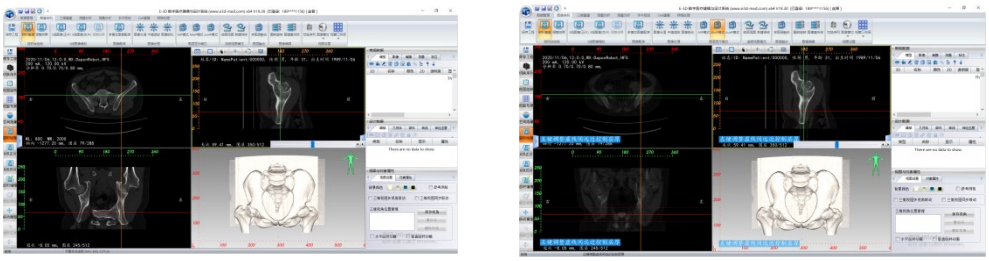
图 4-7 中值滤波

①②最大密度投影

选择 MinIP（最小密度投影）模式，在二维视口中，每条二维辅助线两侧对称的位置会

各出现一条与之平行的虚线，拖动其中一条，另一条也会在另一侧沿相反方向

移动，两条虚线间的密度投影图像也会随之变化，二维视口中每条二维辅助线两侧会各出现一条虚线，在同一条辅助线两侧的虚线互为对称的平行线，拖动其中一条时，另一条会在辅助线另一侧向相反方向变化，所对应平面内的密度投影图像也会随之变化。虚线范围越宽，所投影的最小密度也越小。（图 4-8）



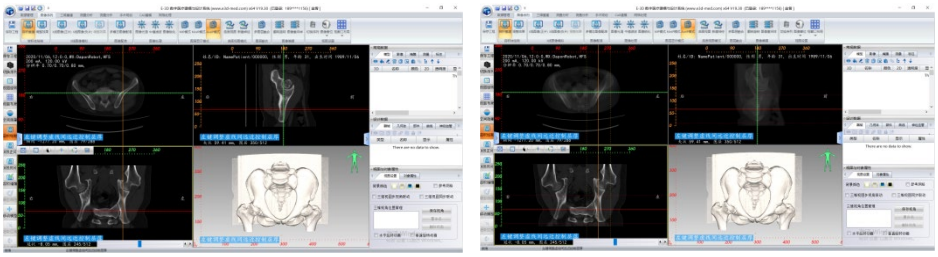
①　　②

图 4-8 中值滤波

①②最小密度投影

选择 AveIP（平均密度投影）模式，在二维视口中，每条二维辅助线两侧对称的位置

会各出现一条与之平行的虚线，拖动其中一条，另一条也会在另一侧沿相反方向移动，两条虚线间的密度投影图像也会随之变化，二维视口中每条二维辅助线两侧会各出现一条虚线，在同一条辅助线两侧的虚线互为对称的平行线，拖动其中一条时，另一条会在辅助线另一侧向相反方向变化，所对应平面内的密度投影图像也会随之变化。虚线范围越宽，所投影的平均密度也越小。（图 4-9）



①　　②

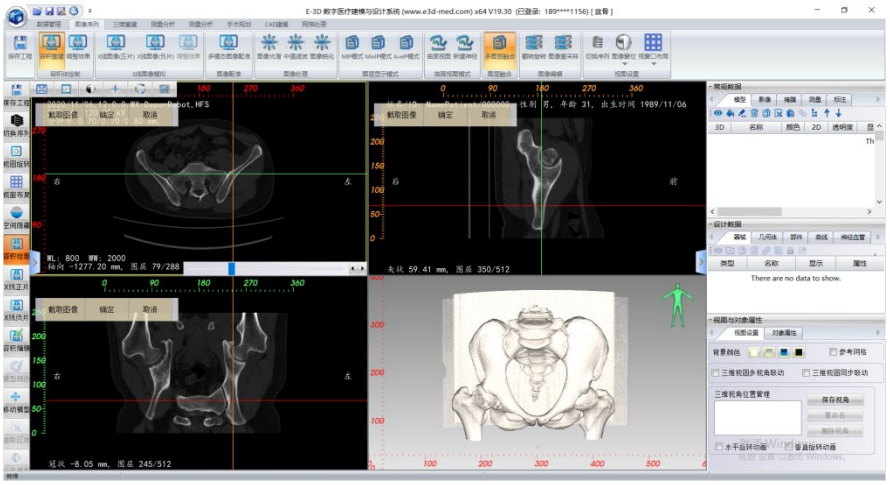
图 4-9 中值滤波

①②最小密度投影多图层融合

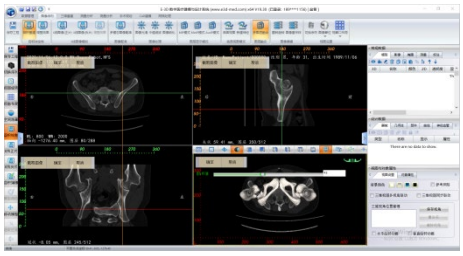
(5)多图层融合

当需要比对两个图层的感兴趣区域时，来回切换图层不仅麻烦且不直观，使用“多图层融合”功能，将多个图层进行融合，根据需要调节权值，可达到同时观察多个感兴趣区域的目的，具体操作如下：

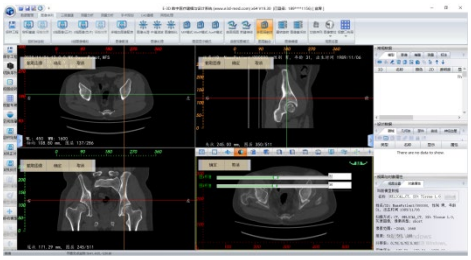
点击“多图层融合”按钮，在三个二维视口中均出现“截取图像”按钮（图 1），点击需截取图像所在视口的“截取图像”按钮，所截取的图像会显示在原本的三维视口中，会出现一张截取的二维图像，同时三维视口的左上角出现第一个绿色的调节滑动条（图 2），可以调节第一张图像的权值；在刚刚截取图像的二维视口中，拖动右下角的白色滑块选择另一个层面的图像后，再次点击“截取图像”，选取图像后会在原三维视口的左上角出现第二个绿色滑动条，拖动第二行的滑块，调节第二张图像的权值，使两张图像融合，点击“确定”保存退出，图像被保存在“模型数据”的树状窗口内，点击“取消”则重新选择。（图 4-10）



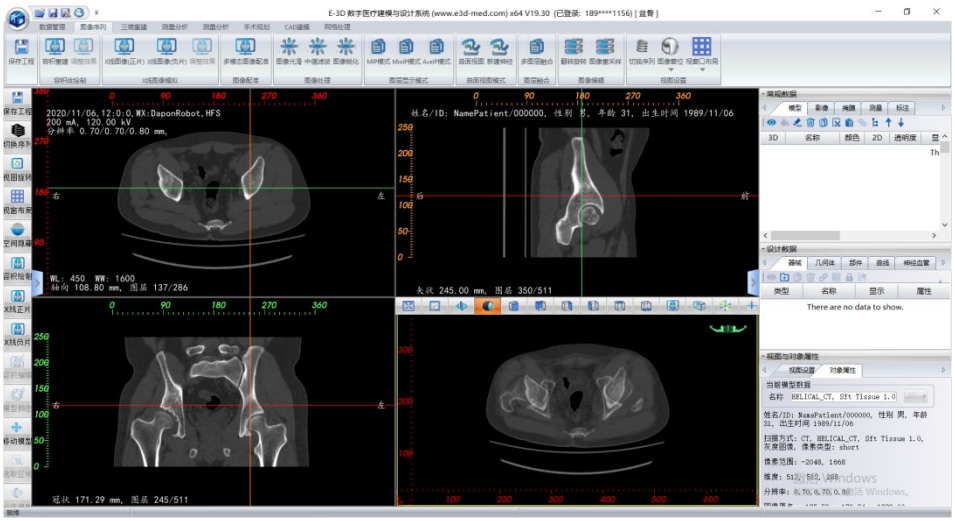
①



②



③



④

图 4-10 多图层融合

①多图层融合界面②截取图像③调整截取图像④多图层融合

(6)图像重采样

用户从信息科导出的影像数据有时为不携带层厚信息的 JPG 格式的图片序列，使用这样的数据直接重建的模型会和使用 DICOM 数据制作出来的模型不一致，此时可以使用软件中的“图像重采样工具”对 JPG 图片序列进行层厚信息的修正。具体操作方法为：

点击“图像重采样”菜单，左侧弹出重采样对话框，在其中输入需要更改的层厚信息的整数倍，点击“确定”，便可以使错误的层厚信息修正过来。

(7)曲面视图模式

需要手动创建神经血管时，直接进行创建时，可能不太方便寻找管腔，如果我们在视图平面中沿着特定曲线展开，将会容易找到这个管腔并画出神经血管。具体操作如下：

在图像序列菜单中找到并点击“曲面视图”按钮。（图 4-11）

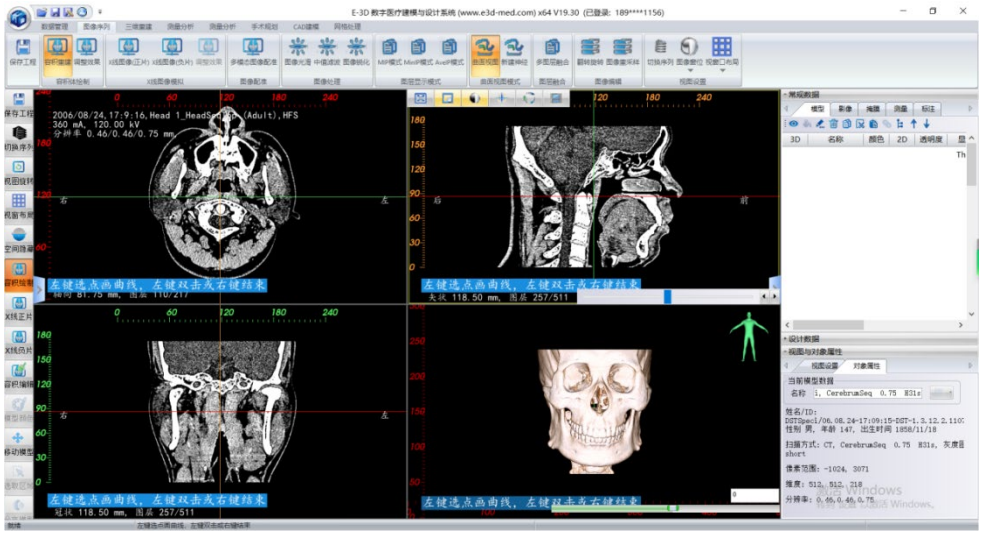


图 4-11 图像序列菜单

光标会变成笔的形状，找到需要展开的断面，沿着需要展开的地方画一条曲线，结尾时的双击最后一个点表示确定。（图 4-12）

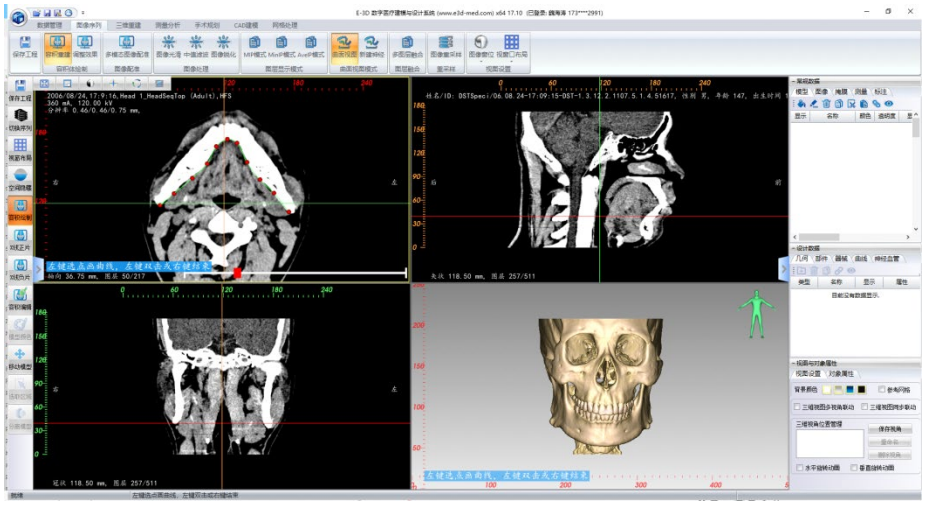


图 4-12 画出引导曲线

双击后，对应的视图中会立即展开，然后点击“新建神经”按钮，顺着展开的神经管标记出神经管。（图 4-13）

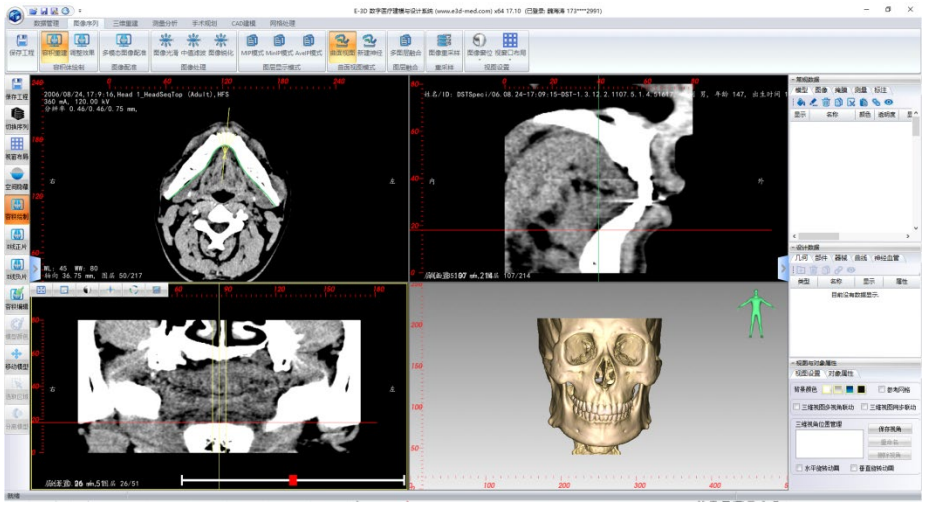


图 4-13 沿引导曲线展开

在三维视图中会看到对应的三维模型，在右侧的项目管理器中的“神经血管”标签内可以看到创建的这条神经血管。（图 4-14）

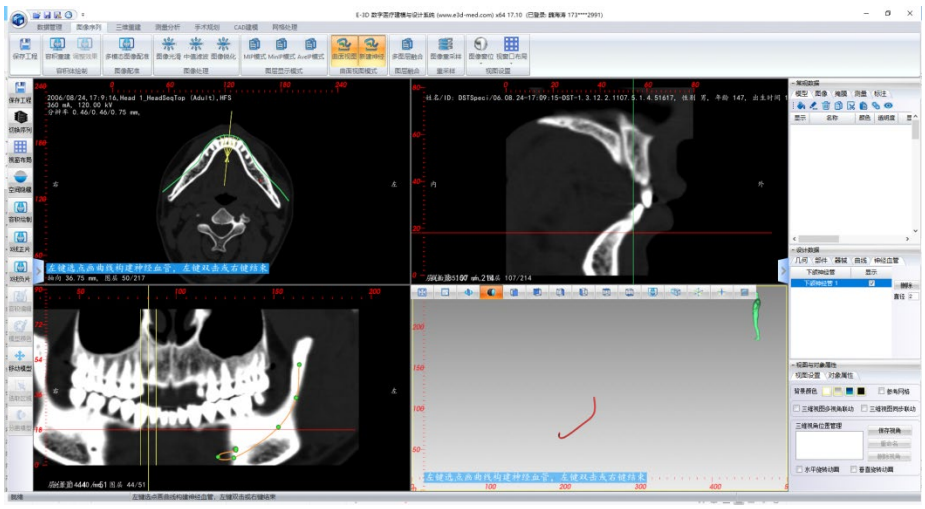


图 4-14 创建神经管

(8) 多模态图像配准

在对某些数据建模时，需要同时使用 CT 数据和 MRI 数据，但将数据同时导进来会发现，这两个数据的中心点不在一起，作出来的数据很难配准。此时，我们就用到了“多模态图像配准”功能，具体操作如下：

当我们点击“多模态图像配准”按钮，在左侧会弹出“图像配准的对话框”在对话框中，我们选择需要配准的图像序列，我们可以选择自动配准或手动配准。（图 4-15）

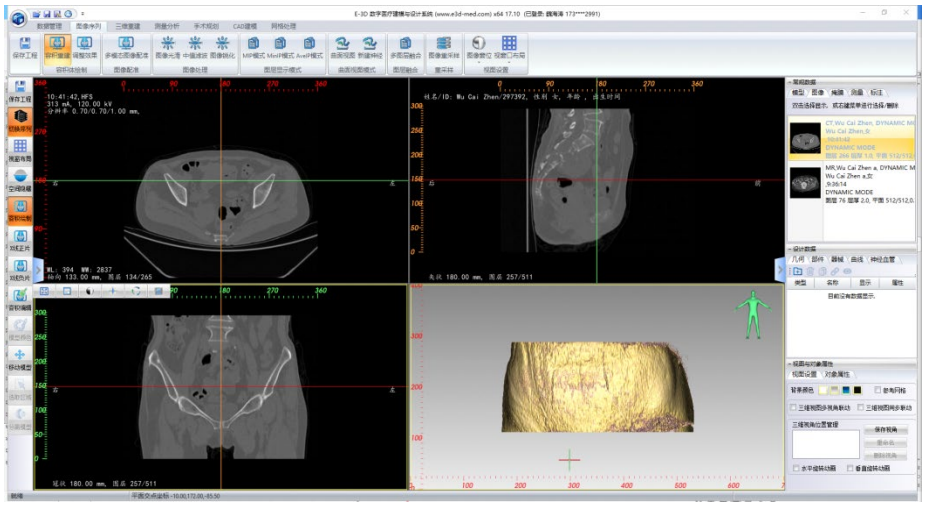


图 4-15 点击“多模态图像配准”按钮

点击自动配准中的“执行自动配准”按钮，等计算机将数据运行完成，就可以看到配准的效果了。（图 4-16）

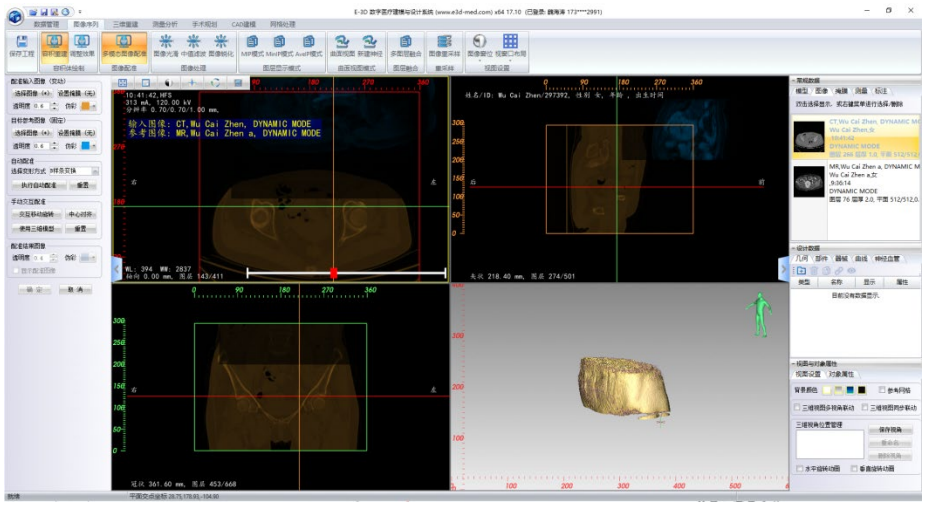


图 4-16 选择需要配准的数据

若自动配准效果不是很好，我们可以使用手动配准。具体操作为：选择好需要配准的图像，点击“交互移动旋转”按钮，对选择的图像进行平移和旋转，将光标移动道窗口的中间为移动图像，将光标移动到视窗口的边缘则为旋转图像。移动好位置后，点击确定即可完成操作。

若确定图像的大小没有变化；扫描位置也是一致，可以点击“中心对齐”按钮，两组图像将会配准对齐，点击确定即可完成操作。（图 4-17）

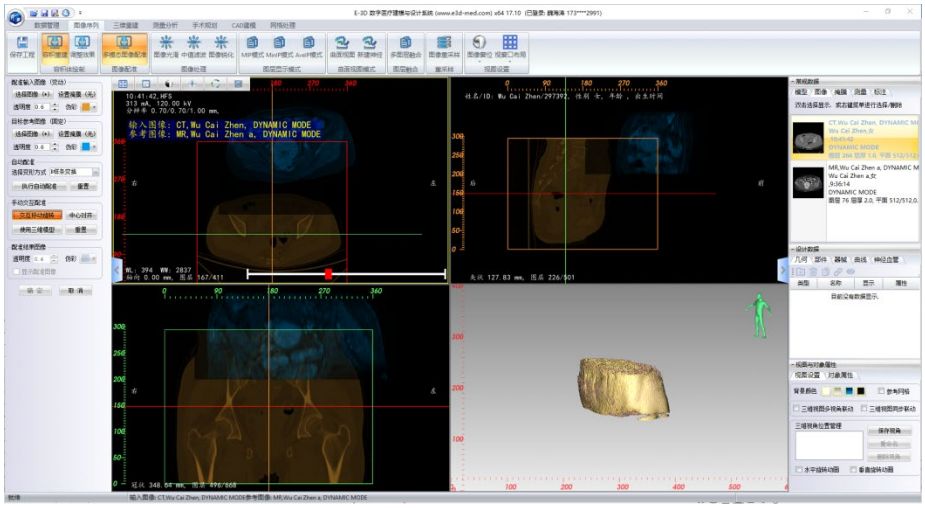


图 4-17 执行手动配准

图像配准效果如下图（图 4-18）

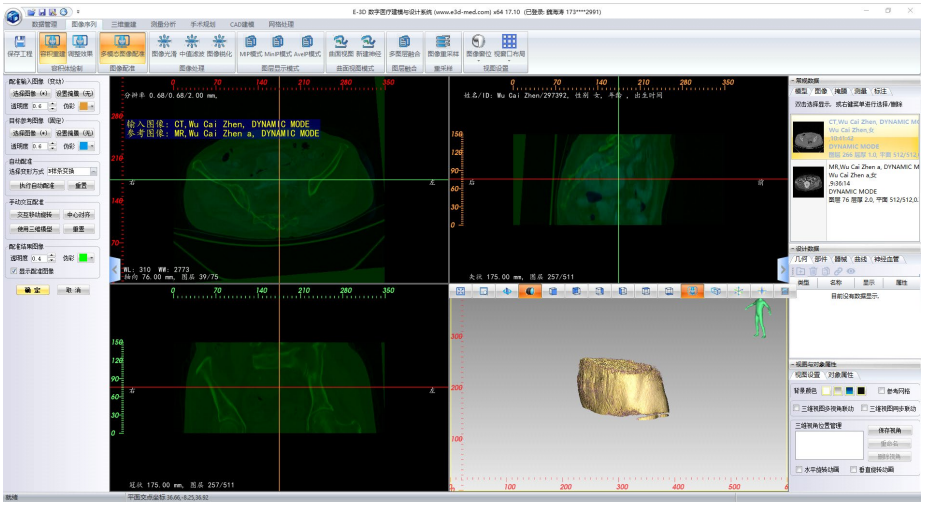


图 4-18 图像配准效果

第五章：三维重建

（一）阈值分割

阈值分割是基于对灰度图像的一种假设进行的，即分割目标或背景的相邻像素间灰度值是相似的，但不同分割目标或背景间的像素值则有较大差异。

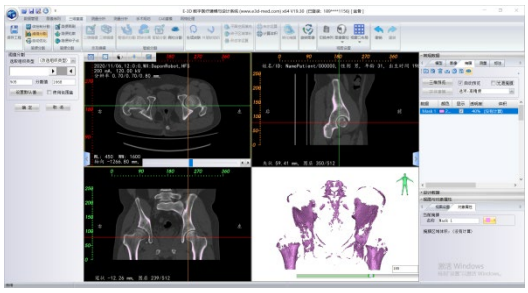
阈值分割的优点是简便快捷，对灰度值相差较大的组织可以很有效地分割，比如利用阈值分割可以很容易地分开 CT 值差别明显的骨骼、肌肉和肺组织。但阈值分割不适用于分割灰度值相差不大的图像，对图像中的噪声也比较敏感，因此通常作为三维重建前的预处理。E3D 软件的阈值分割方法有两种：

第一种是阈值分割工具条来设定分割阈值。：单击“三维重建”菜单中的“阈值分割”按钮，弹出阈值分割对话框，设定分割阈值，如果只需要分割图

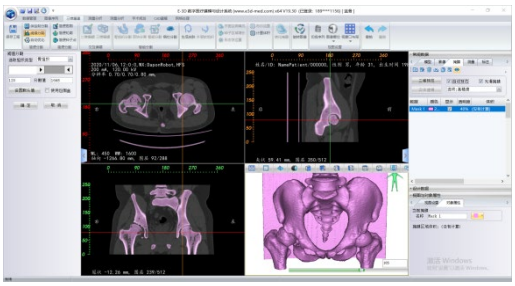
像中的一部分，可以点击“使用包围盒”，移动包围盒上的点，确定其范围，单击“确定”，分割结果保存为掩膜（图 5-1）。



①



②

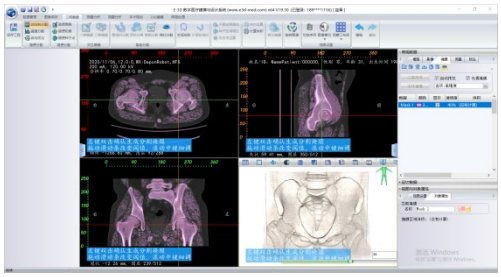


③

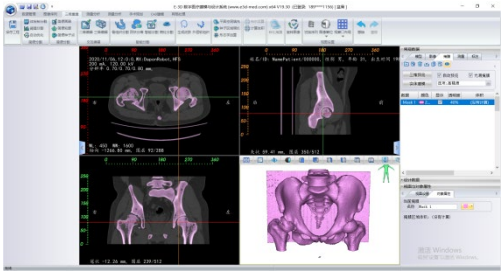
图 5—1 阈值分割

①阈值选择栏②阈值调节③确定阈值

第二种是体绘制分割：单击“三维重建”菜单中的“体绘制分割”按钮，拖动三维视口中右下角的红色滑块，拖动滑块调整对体绘制阈值进行粗调；也可点击滑块，使其由红色变为绿色后，滑动鼠标滚轮对体绘制阈值进行细调。调节到合适的范围时，在任意位置点击鼠标右键，执行分割命令，分割结果保存为掩膜（图 5-2）。



①



②

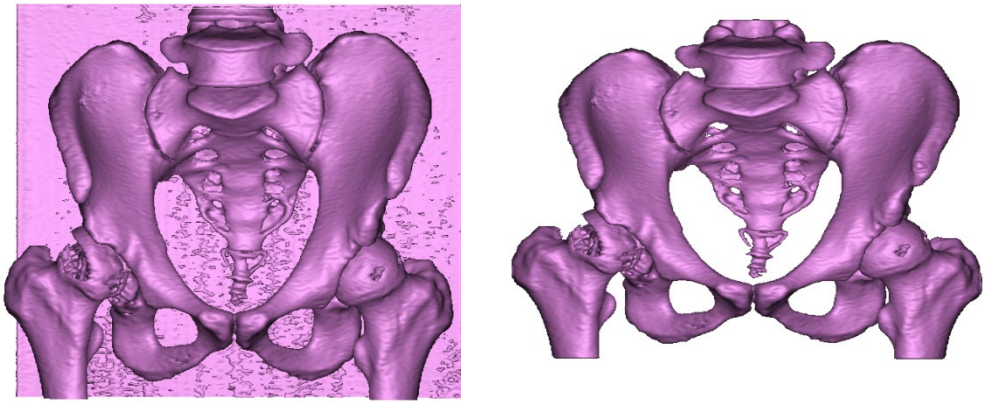
图 5-2 体绘制分割

①体绘制分割前　　②体绘制分割后

（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不相连部分，且有部分为用户不需要的部分，可以通过“简便种子点或种子区域增长”工具去除不需要的部分，可以理解为是对初步阈值分割后的掩膜上彼此不相连的分割区域进一步细分，并生成新的掩膜。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”工具，再鼠标左键单击三维图像上需要保留的部分选取生成种子点，左键双击或右键单击任意位置执行操作命令，将目标掩膜生成一个新的掩膜。（图 5-3）



①　　②

图 5-3 简便种子点

①种子点分割前　　②种子点分割后

（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。从某种意义上讲，形态学运算是以几何学为基础的，着重于图像的几何结构。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，或通过闭运算（先膨胀再腐蚀）填充分割掩膜中的一些小空洞（图 5-4）。具体操作如

下：

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：

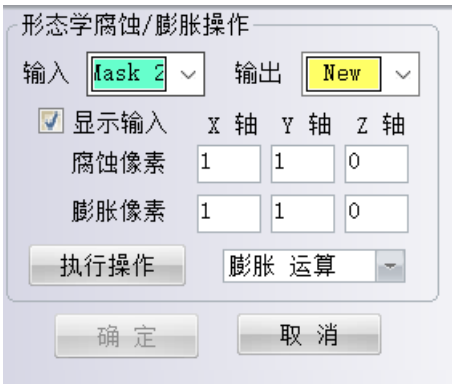


图 5-4 形态学操作

设定相关参数：打开“输入”后面的下拉菜单，选中所要进行形态学运算的原始掩膜，打开“输出”后下拉菜单，选择创建新掩膜或替换原始掩膜，再在三个轴向上输入结构元素 B 的像素范围，选择进行运算的方式：“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。（图 5-5）

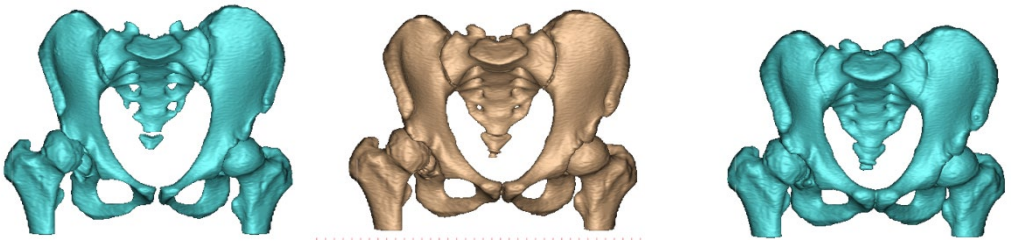
腐蚀运算：在原模型的 XYZ 轴向内进行缩减

膨胀运算：在原模型的 XYZ 轴向外进行扩张

开运算：先腐蚀操作再膨胀

闭运算：先膨胀操作再腐蚀

设置完成后，点击“执行操作”按钮执行形态学操作，点击“确定”保留操作结果。



① ② ③

图 5-5 形态学操作

①腐蚀操作②原模型③膨胀操作

注意：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,，如果之间的距离小于增加的距离(像素个数×像素尺寸)的 1/2，经过膨胀后将合并为一个区域;；区域内部的孔隙，如果最大直径小于增加的距离的一倍，经过膨胀后孔隙将消失。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，经过腐蚀后将分裂为两个区域;；如果一个小区域的最大径小于减少的距离的一倍，经过腐蚀后此小区域将消失。

（四）布尔操作

两个蒙板之间可以进行布尔操作，选择“三维重建”菜单栏下的“布尔运算”按钮。（图 5-6）



图 5-6 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，共有三种：“布尔减”“布尔交”“布尔加”，单击“执行操作”，将结果保存为一个新的掩膜或替换原来的一个掩膜。

布尔减：（图 5-7）

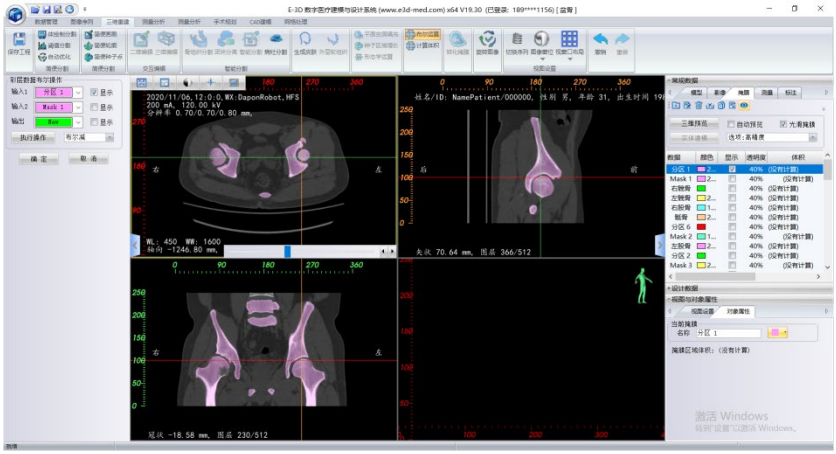
两个蒙板矩阵中对应元素布尔减(用符号“—”表示)运算的法则是：

设掩膜 A 和掩膜 B，布尔减相当于从掩膜 A 中减去掩膜 B：

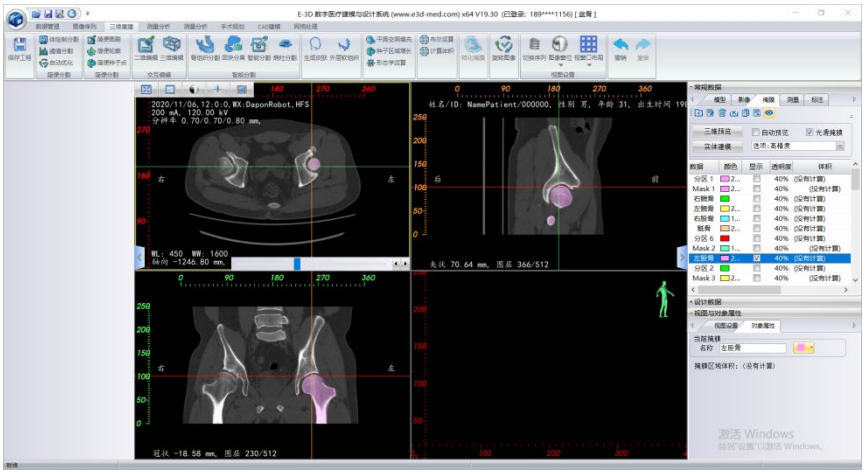
1-0=1

0-1=0

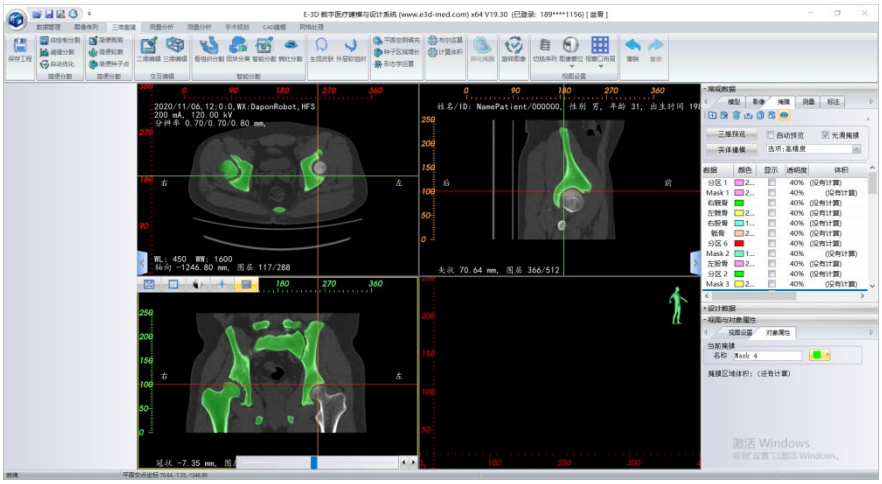
0-0=0



①



②



③

图 5-7 布尔减

①掩膜 A　　②掩膜 B　　③布尔减的效果

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：（图 5-8）

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：

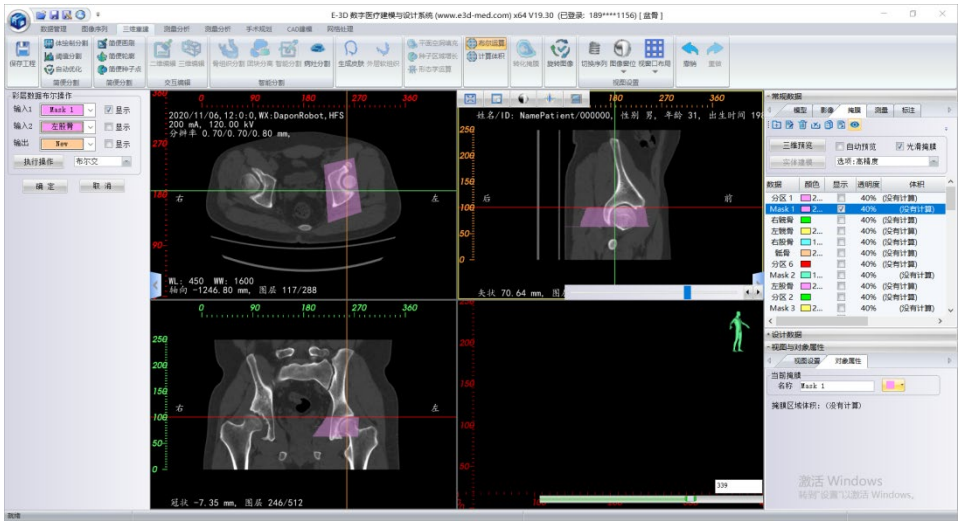
设掩膜 A 和掩膜 B，A|B 相当于取掩膜 A 与掩膜 B 的重叠部分：

1|0=0

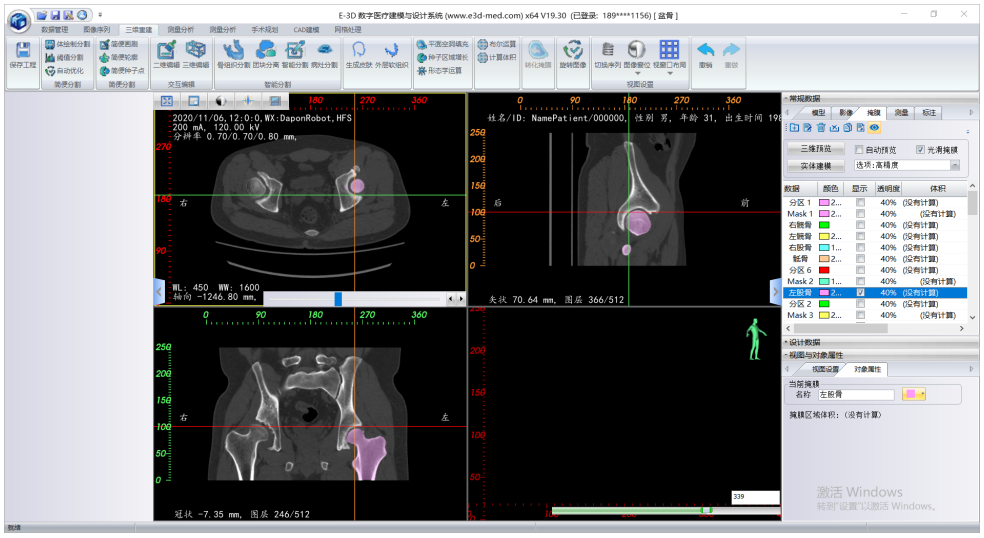
0|1=0

0|0=0

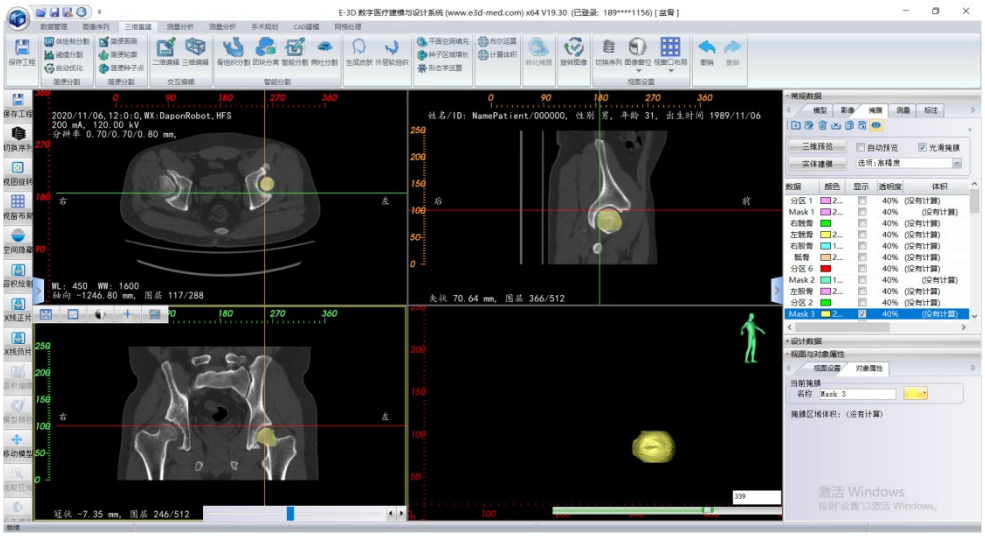
1|1=1



①



②



③

图 5-8 布尔交

①掩膜 A　　②掩膜 B　　③布尔交的效果

布尔加（图 5-9）

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：

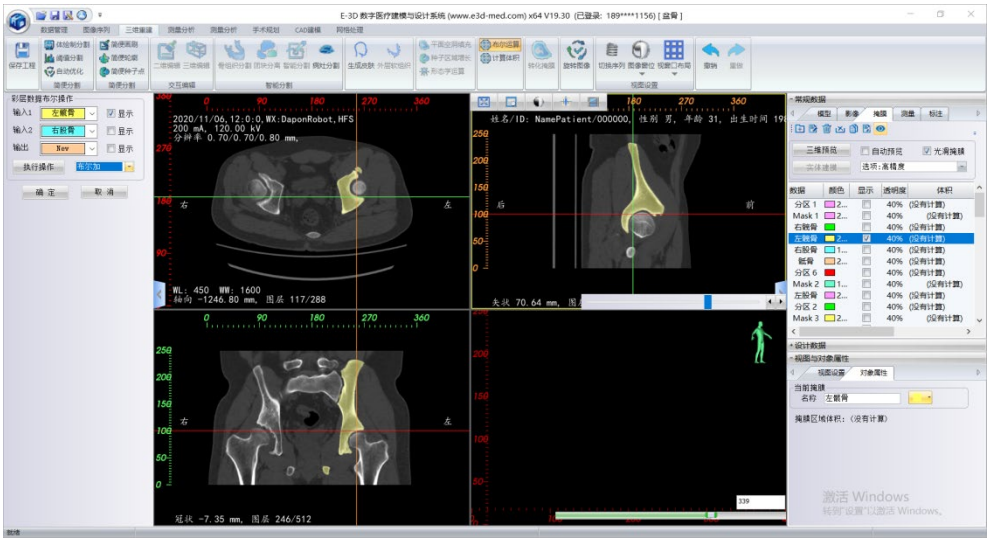
设掩膜 A 和掩膜 B，AUB 相当于合并掩膜 A 与掩膜 B：

1U0=1

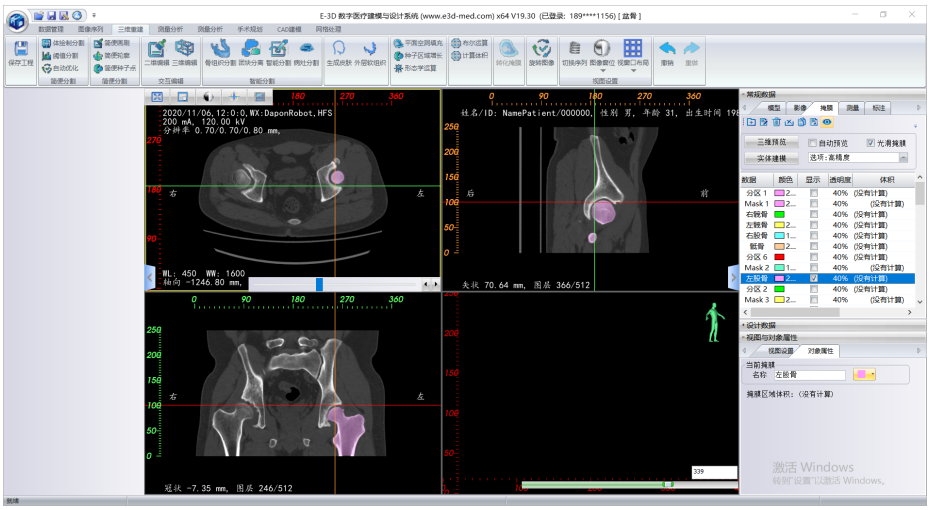
0U1=1

0U0=0

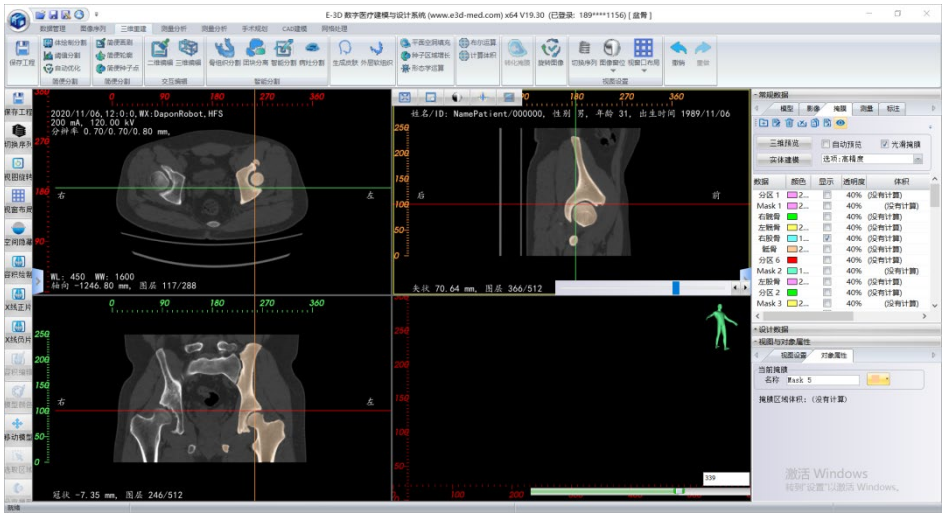
1U1=1



①



②



③

图 5-8 布尔交

①掩膜 A　　②掩膜 B　　③布尔加的效果

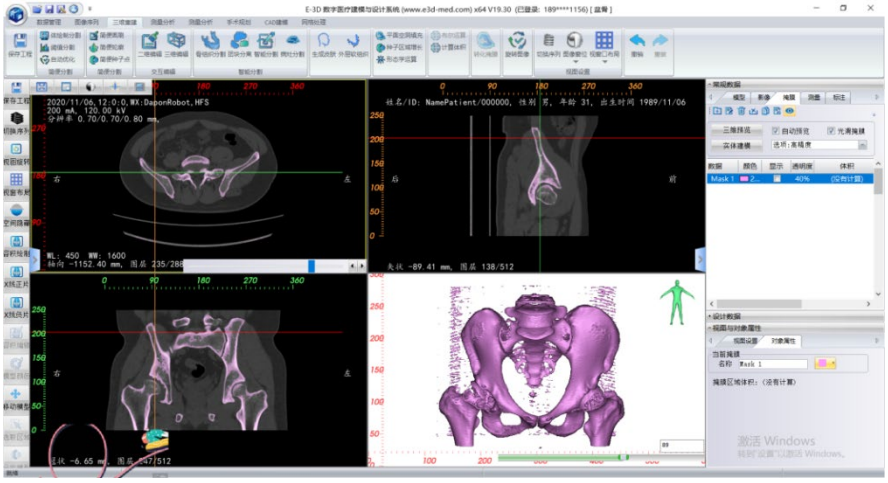
设掩膜 A 和掩膜 B,AUB 相当于合并掩膜 A 与掩膜 B。

（五）平面空洞填充

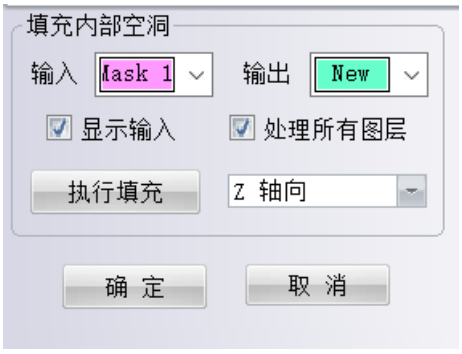
通过“体绘制分割”方式或“阈值分割”方式进行分割时，掩膜中可能会保留大量空洞存在空洞在后期的有限元分析和打印中会造成很多麻烦，为了避免这些麻烦，可以对模型进行空洞填充操作。操作方式如下：

点击“平面空洞填充”弹出平面填充空洞命令栏，选择输出模型为新模型或替换当前模型，选择填充的轴向“X 轴向”“Y 轴向”“Z 轴向”，点击“执

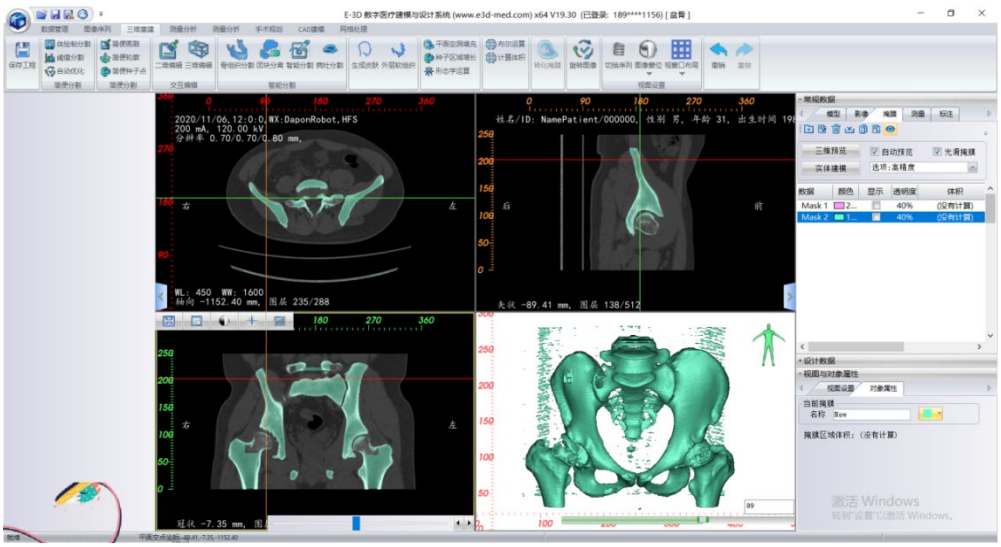
行填充”命令，经过计算，掩膜中的空洞被填充。（图 5-9）



①



②



③

图 5-9 平面空洞填充后

①大量空洞的掩模 ②平面空洞填充工具栏 ③平面空洞填充后

（六）二维编辑

二维编辑中有类似 PS 软件中的“铅笔”、“画笔”以及“橡皮擦”工具，相当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，正确的分割必须由医学专家通过手工分割得到，因此，这些类似画笔与橡皮擦的工具非常重要，熟练的掌握这些工具是对医学图像进行精确分割的基础。

具体操作如下：

选择“三维重建”菜单栏下“二维编辑”工具，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。（图 5-10）

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。



图 5-10 二维编辑工具栏

1. 选择编辑工具

二维编辑中为用户提供了五种编辑形式，分别为画刷、折线、光滑曲线、自由曲线、智能轮廓。

画刷：点击“画刷”按钮，将光标移动到二维视图内，光标变为圆形，按住 CTRL 键，拖动鼠标右键可以将画刷形状改变为椭圆形，只按住鼠标右键拖动可以调整画刷大小，同时按住鼠标右键和 CTRL 键，拖动鼠标可以将画刷形状改变为椭圆形，按住鼠标左键拖动可按照已选择的填充模式（“填充”或“删除”）进行操作，按住 shift 键，拖动鼠标左键，则执行相反操作（当选择填充模式为“内部填充”时，按住 shift 键并拖动鼠标左键时，则执行“内部删除”操作；当选择填充模式为“内部删除”时，按住 shift 键并拖动鼠标左键时，则执行“内部填充”操作）。（图 5-11）

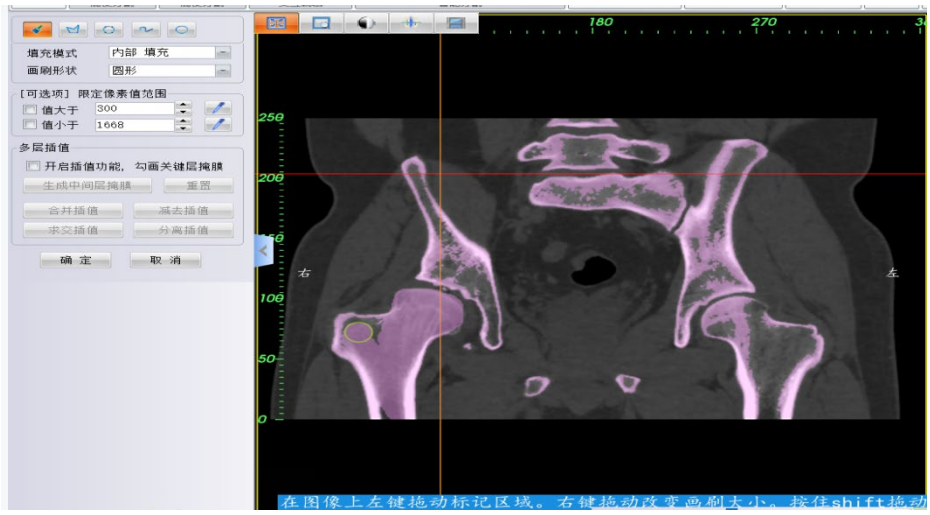


图 5-11 画刷编辑

折线：点击“折线”，将光标移动到二维视图内，光标形状变为笔，通过笔尖依次将感兴趣区域的轮廓首尾连接起来，形成封闭的曲线，点击“应用”按钮，折线内部将执行填充或删除操作；按 B 键可依次回退至上一个点，按 S 键暂停生成下一个折线端点，按 Q 键删除该折线的所有点。生成封闭曲线后，鼠标右键点击折线上的点并拖动可以移动单个点的位置；按住 CTRL 键，并用鼠标右键点击折线上的点可以删除对应的点；按住 shift 键，再用鼠标右键点击折线，可以在折线上插入点。（图 5-12）

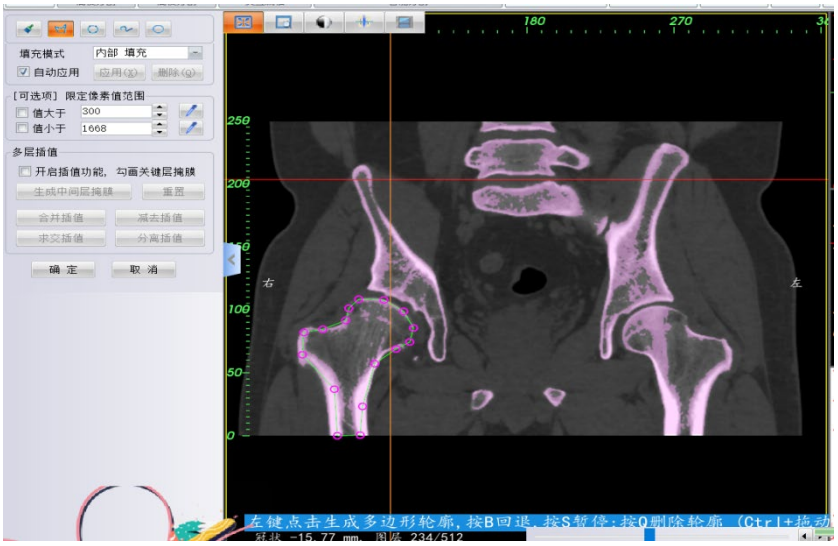


图 5-12 折线轮廓编辑

光滑曲线：点击“光滑曲线”，将光标移动到二维视图内，光标形状变为笔，通过笔尖依次将感兴趣区域的轮廓首尾连接起来，形成封闭的曲线，点击“应用”按钮，光滑曲线内部将执行填充或删除操作；按 B 键可依次回退至上一个点，按 S 键暂停生成下一个折线端点，按 Q 键删除该折线的所有点；生成封闭曲线后，鼠标右键点击曲线上的点并拖动可以移动单个点的位置；按住

CTRL 键，并鼠标右键点击曲线上的点可以删除对应的点，按住 shift 键，并鼠标右键点击曲线，可以在曲线上对应位置插入点。（图 5-13）

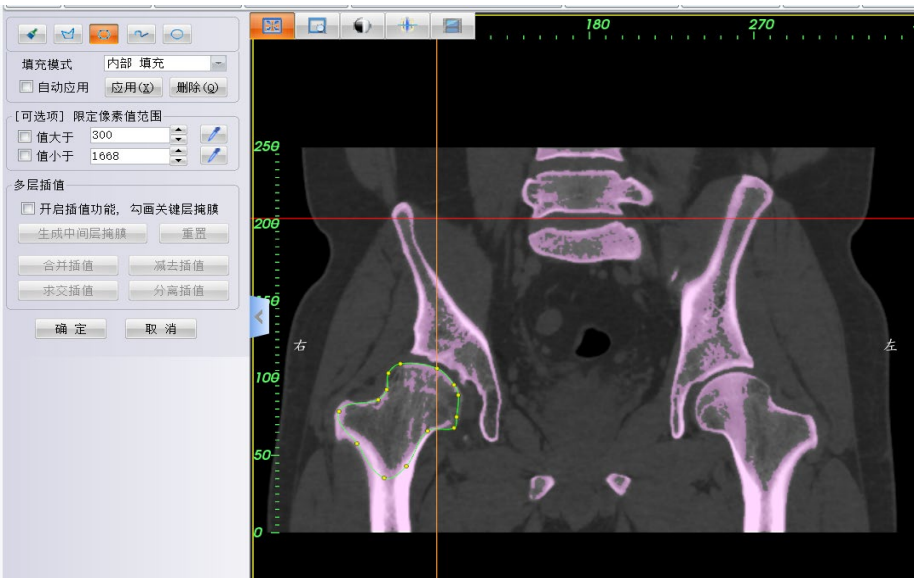


图 5-13 光滑曲线轮廓编辑

自由曲线：点击“自由曲线”，将光标移动到二维视图内，光标形状变为笔，按住鼠标左键拖动，标记感兴趣区域的轮廓并将首尾相连，形成封闭的曲线，松开鼠标左键，点击“应用”按钮，完成填充或删除操作。（图 5-14）

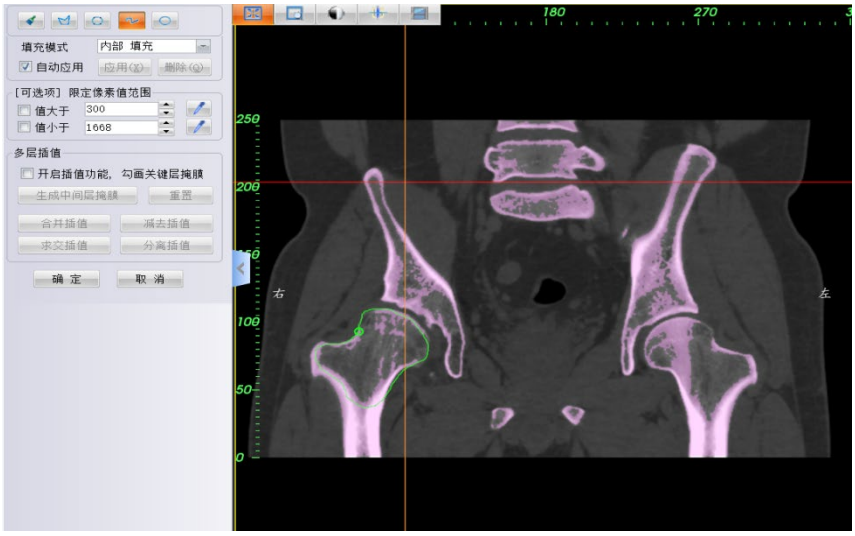


图 5-14 自由曲线轮廓编辑

智能轮廓：点击“智能轮廓”移动光标到需要封闭的轮廓附近，智能轮廓会自动寻找轮廓边缘，双击轮廓线，将会对轮廓内、外的部分进行填充或删除。（图 5-15）

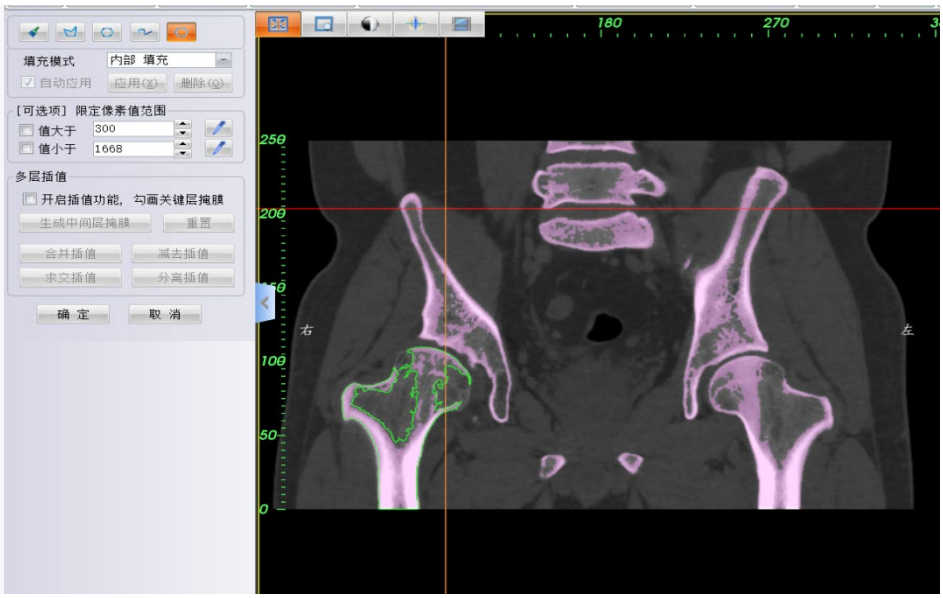


图 5-15 智能轮廓编辑

2. 选择填充模式

选择二维编辑后，弹出“二维编辑”功能栏，在其中可以找到“填充模式”菜单栏，菜单栏中有四个操作命令：（图 5-16）

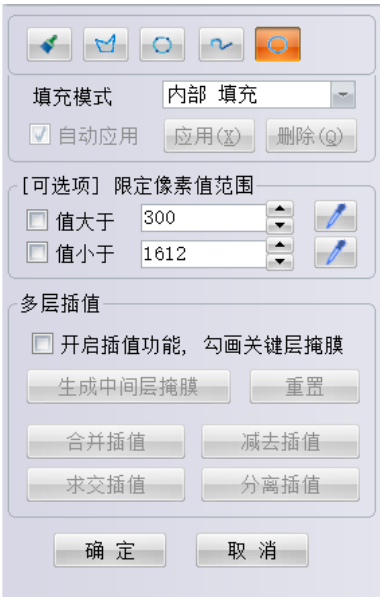
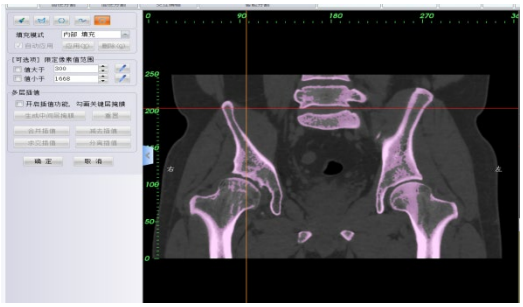
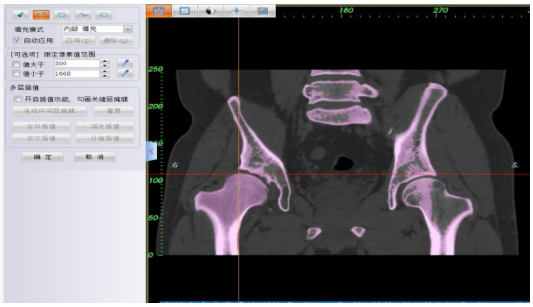


图 5-16 选择填充模式

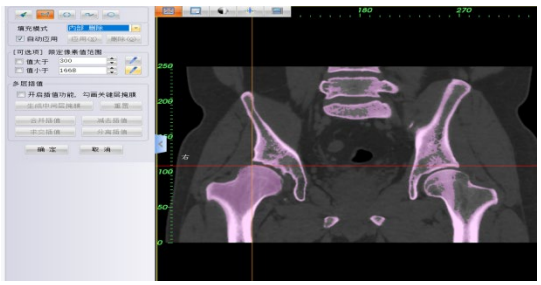
“下拉菜单”下拉菜单控制“内部填充”与“内部删除”，选择“内部填充”后，用画刷勾画感兴趣区域，勾画范围内将进行掩模填充；选择“内部删除”后，用画刷勾画需删除的区域，画刷范围内将进行掩模的删除；选择“外部填充”后，用画刷勾画不需要填充的区域，勾画范围以外将进行掩模填充；选择“外部删除”后，用画刷勾画需要保持填充的区域，勾画范围以外将进行掩模删除。（图 5-17）



①



②



③



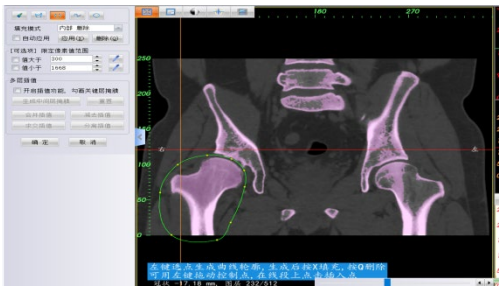
④

图 5-17 填充模式

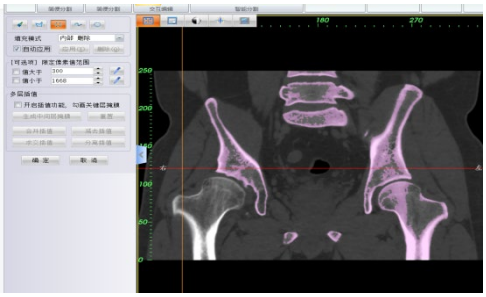
①内部填充前 ②内部填充后 ③内部删除前 ④内部删除后

3. 自动应用与非自动应用

当选择“折线”、“光滑曲线”、“自由曲线”编辑方式时，勾选“自动应用”，则每次勾画区域完毕，软件会立即根据选择的“填充模式”填充或删除单层掩膜；若希望在勾画完毕某个区域后，能再对勾画区域进行调整，则不要勾选“自动应用”，勾画选区范围后，画刷轮廓保留在掩模上，需要点击“应用”按钮进行填充操作，点击“删除”按钮可删除画刷轮廓。“智能轮廓”默认采用“自动应用”，无法取消勾选。(图 5-18)



①



②

图 5-18 删除轮廓线

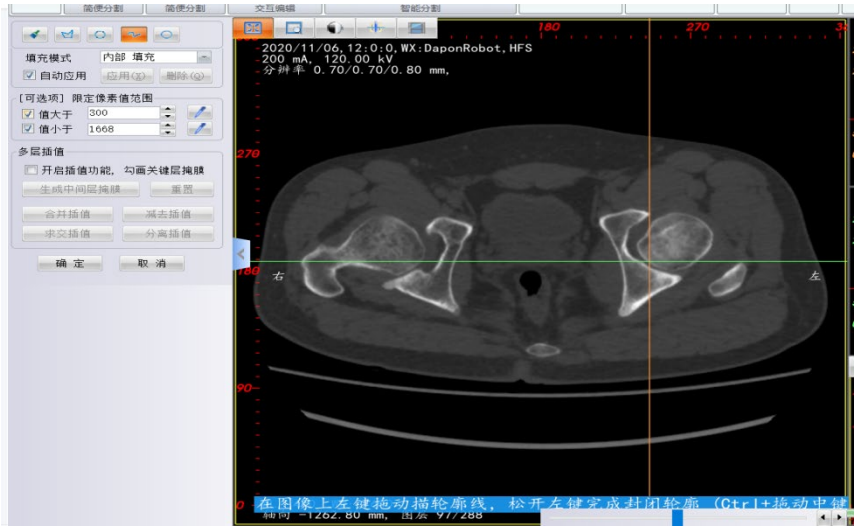
①标记轮廓 ②删除轮廓

4. 限定像素值范围填充

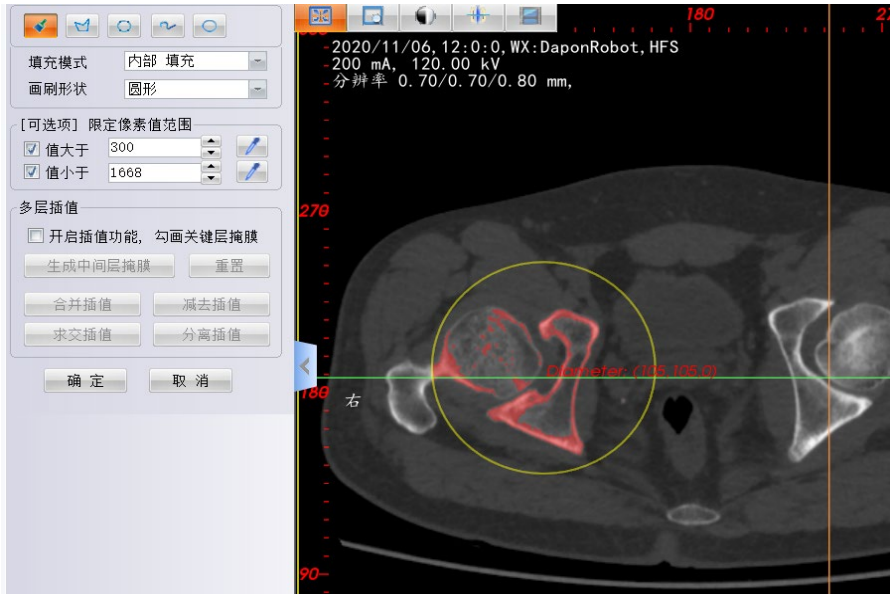
在二维图像中使用轮廓编辑工具去操作时，常常会遇到回型结构，填充完外围后还得再删除内部，这样会很麻烦。使用限定像素值范围填充，会有效节

省时间，限定像素值范围填充的使用方法具体如下：

点击“二维编辑”选择编辑工具和填充模式后，在“值大于”和“值小于”前的小方框内打勾，来开启此功能。若用户知道阈值范围可以直接输入阈值数值；若不知道阈值，可以点击数值输入框后面的滴管图标，二维视口中光标变为滴管，点击二维图像中的某一部位，则会拾取该部位的像素值为阈值范围的边界值，并显示在输入阈值的输入框中。阈值选择完成后，使用画刷进行操作时，只会填充或删除限定阈值范围内的部分，不在此阈值范围内的部分将不会被填充或删除。（图 5-19）



①



②

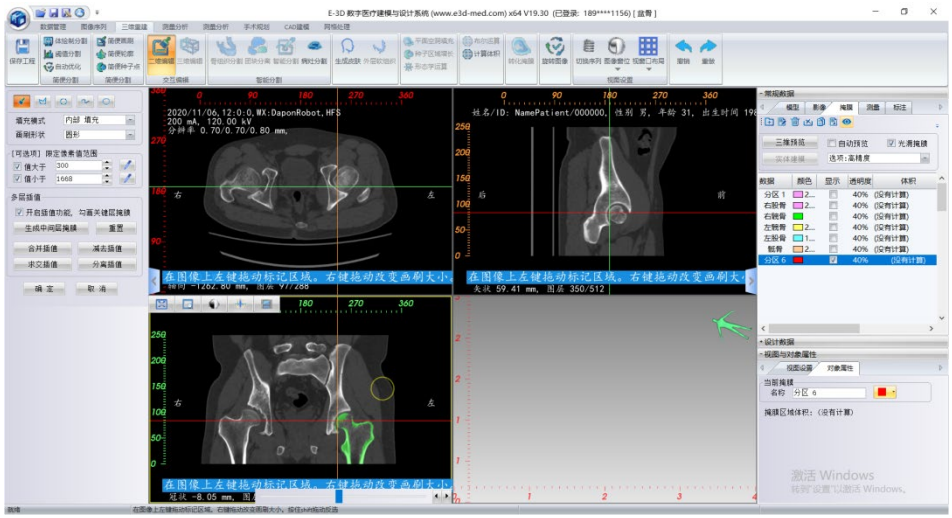
图 5-19 限定像素值范围填充

①选择像素值范围 ②标记像素阈值

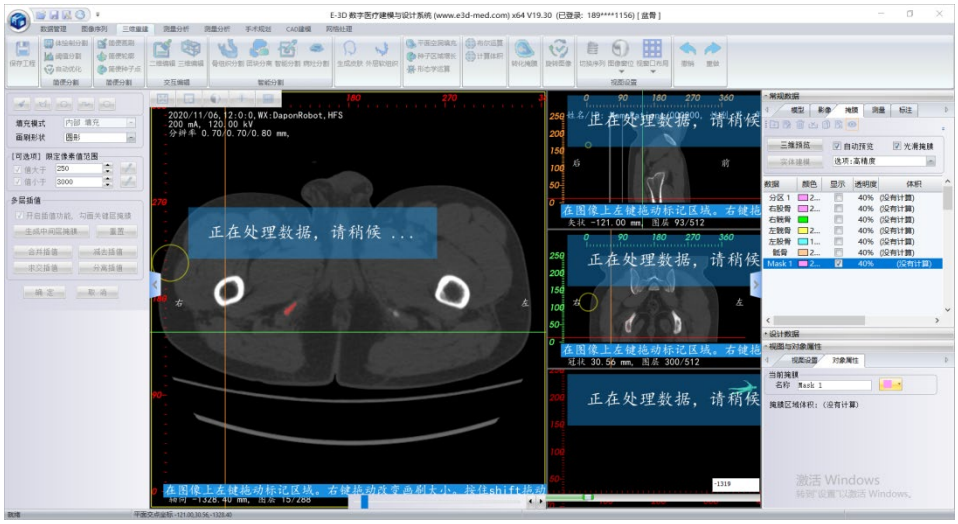
5. 多层插值

若需要编辑的层数较多，逐层编辑效率费时费力，通过多层插值，能够减少操作步骤，提高工作效率，具体操作步骤如下：

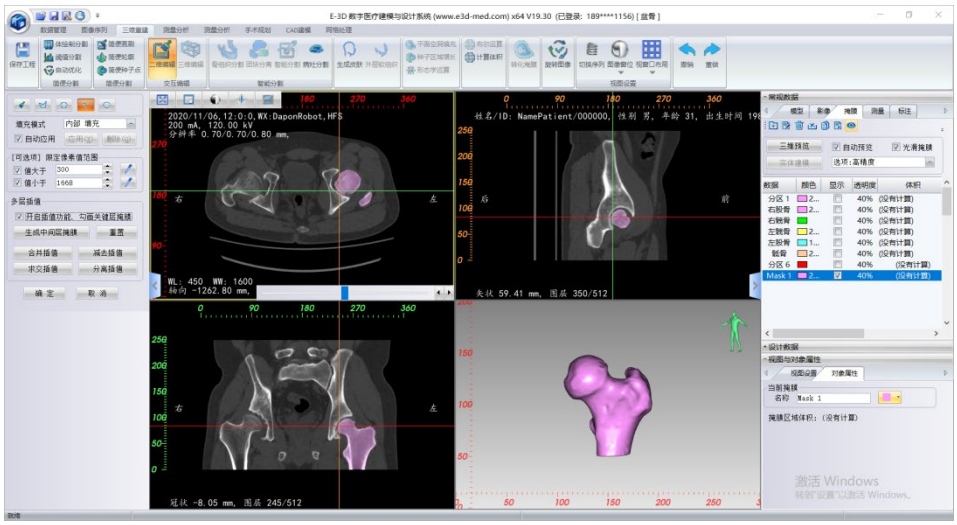
点击“二维编辑”，勾选“开启插值功能，勾画关键层掩膜”开启该功能，用户只需使用编辑工具勾画二维视口的起始层、关键层（通常是形态变化较大的层面）、最终层，再点击“插值中间层掩模”，计算机会自动生成中间的掩模层，此时用户需逐层检查掩模是否有不合适的地方，如果有，需手动修正，再点击“插值中间层掩模”，检查无误后，选择“添加”、“减去”、“求交”、“分离”其中一种插值效果，点击“应用插值掩模”按钮，点击“确定”完成操作并退出操作。（图 5-20）



①



②



③

图 5-20 多层插值

①标记关键层 ②插值中间层掩模 ③应用插值掩模

（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，按住鼠标左键并拖动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，并按住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，如果擦除错误，需要点击界面上方菜单栏中的“撤销”按钮，将擦除的部分恢复。（图 5-21）

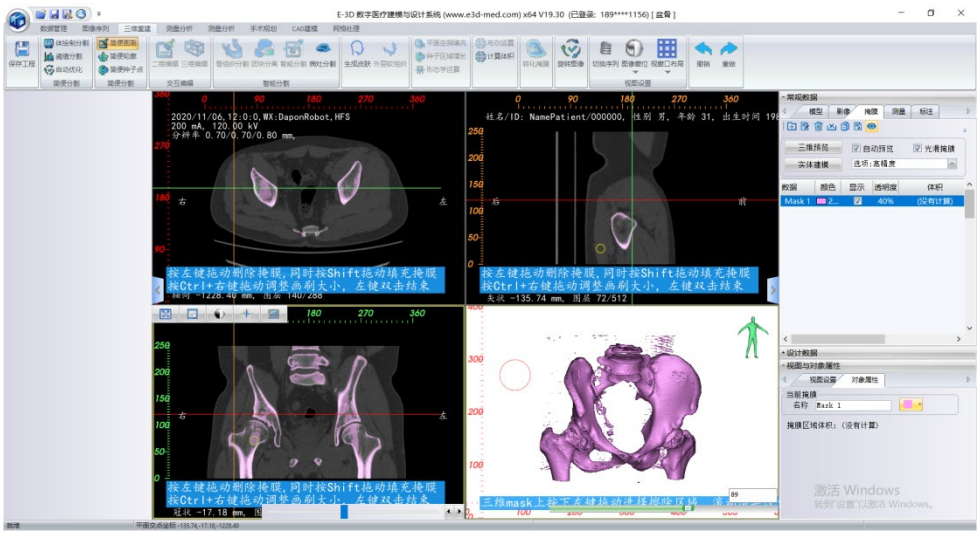


图 5-21 简便画刷

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，按住鼠标左键并拖动可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，如果擦除错误，需要点击界面上方菜单栏中的“撤销”按钮，将擦除的部分恢复。（图 5-22）

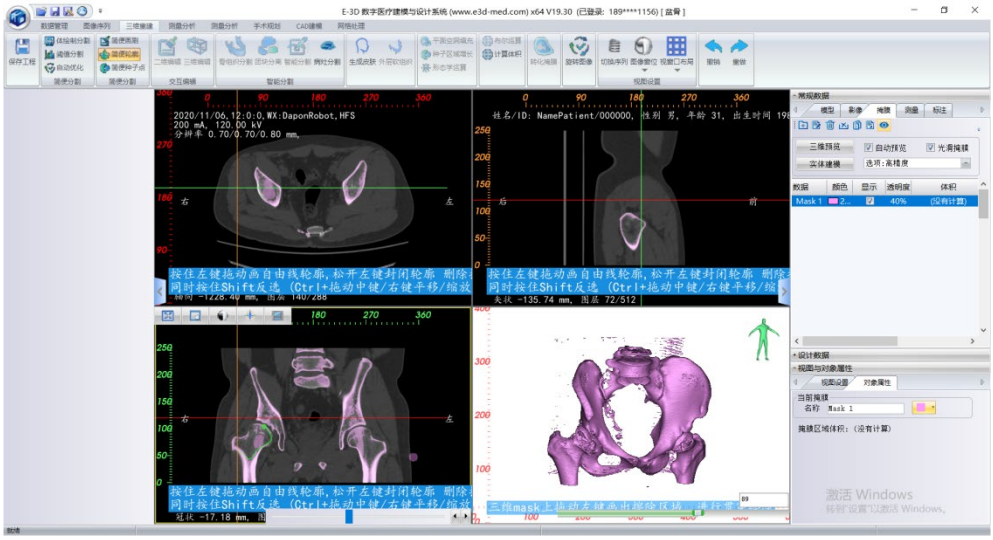


图 5-22 简便轮廓

（八）掩膜三维编辑

本质上为医学影像体数据集的分割，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 扫描层距可以达到亚毫米级别，在这个级别下，即使一些大体上不规则的解剖结构，其轮廓在相邻几个层面的轮廓变化也不大；还有许多解剖结构在某些方向上相邻的层面相近，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直接复制在多个相邻层面上；而对于那些依一定规律变化的连续断层，则可以选择第一层和最后一层进行手工编辑，至于中间蒙板，则借助计算机插值功能自动生成。（图 5-23）

选择“三维重建”菜单下“三维编辑”命令栏，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，按住 shift 键拖动画刷则可实现反选。标记完成后，按 delete 键或点击“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 5-23 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 5-24），点击“输入”后面的下拉菜单，选择需要修改的掩膜，点击“输出”后面的下拉菜单，选择输出的掩膜，输出的掩膜可以新建或替代原来的掩膜。

勾选“分割数据光滑处理”命令栏中的“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，“参数”用来设置光滑处理的强度，数字越大，处理强度越大。

“分割数据边缘优化”，可使掩膜边缘光滑，如果需要处理的仅为当前层，则勾选“只优化当前层”，点击“执行”，则执行的命令只针对当前视口所在层面。

点击“确定”，完成优化。。

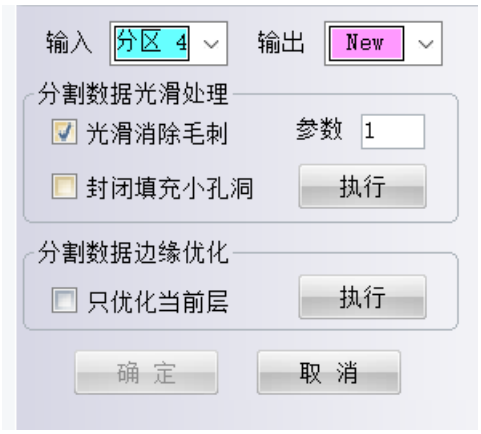
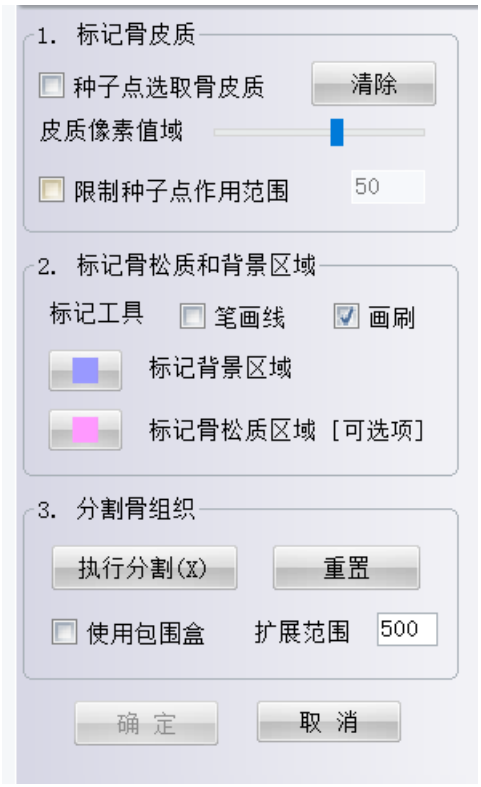


图 5-24 自动优化

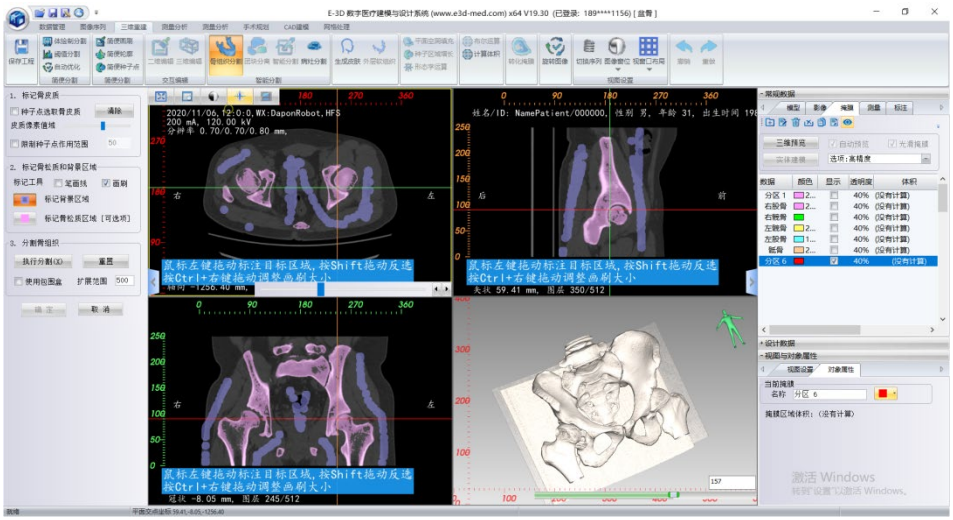
（十）骨组织分割

选择“三维重建”菜单下的“骨组织分割”弹出以下命令栏（图 5-25），根据提示，依次在“标记骨皮质”工具栏中，勾选“种子点选取骨皮质区域”，

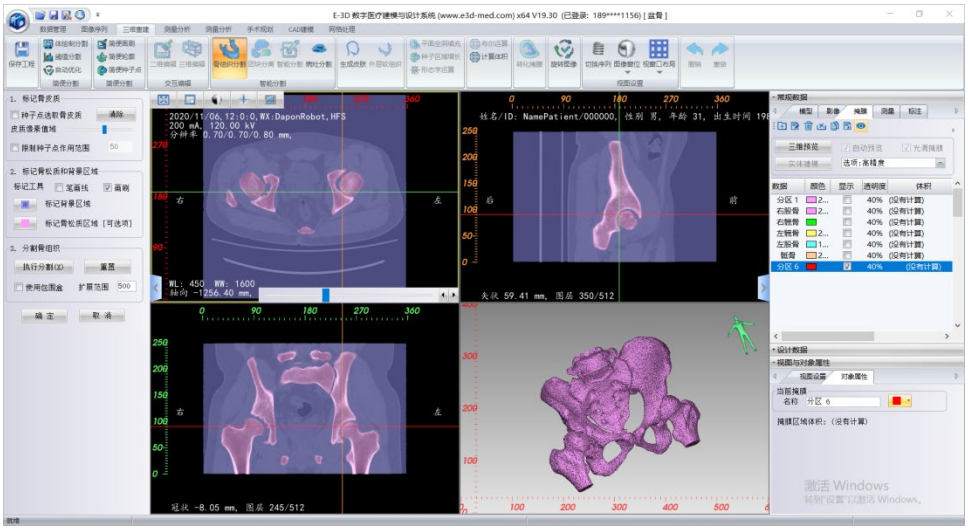
在二维视图中找出并点击感兴趣的骨皮质区域，软件会根据用户的标记将联通区域的骨皮质分割成同一掩膜，并标记同一种颜色；再在“标记骨松质和背景区域”工具栏中，选择标记工具，点击“标记背景区域”，在非感兴趣的背景区域进行标记（此区域将不在三维模型中显示），如果可以标记到骨松质，可点击“标记骨松质区域”进行标记，这有助于使分割更精确；标记完成后，点击“分割骨组织”一栏中的“执行分割”按钮完成分割，点击“确定”保存并退出操作。



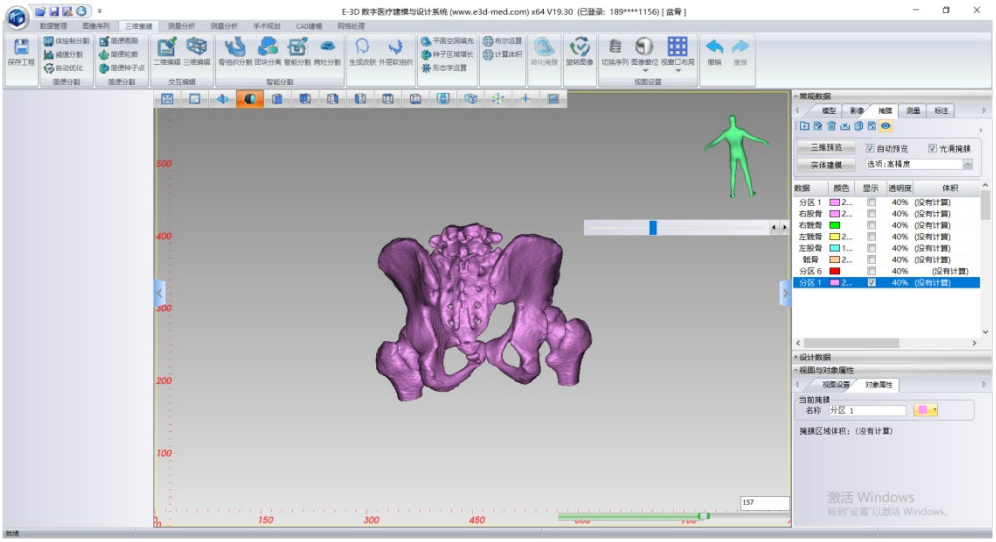
①



②



③



④

图 5-25 骨组织分割

①骨组织分割工具栏 ②标记骨皮质和背景 ③执行分割后窗口界面 ④骨组织分割效果展示

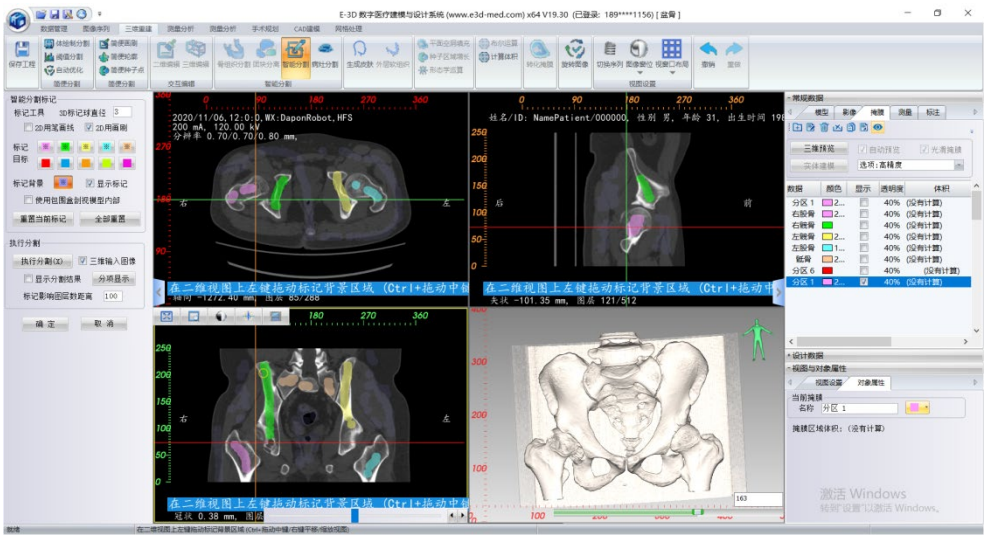
（十一）智能分割

选择“三维重建”菜单下的“智能分割”命令，弹出以下工具栏，选择标记工具，调整画刷大小，在“标记目标”中选择不同颜色，来标记二维图像上的多个感兴趣区域，再点击“标记背景”，在二维图像上标记不感兴趣的背景区域（此区域将不在三维模型中显示），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”，可分割形成多个感兴

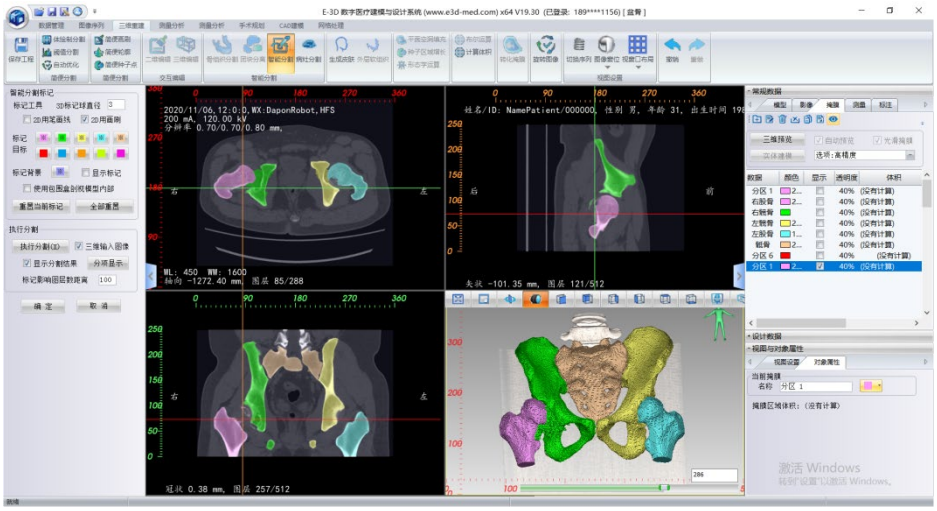
趣区域，操作完成后，点击“确定”保存并退出操作。（图 5-26）



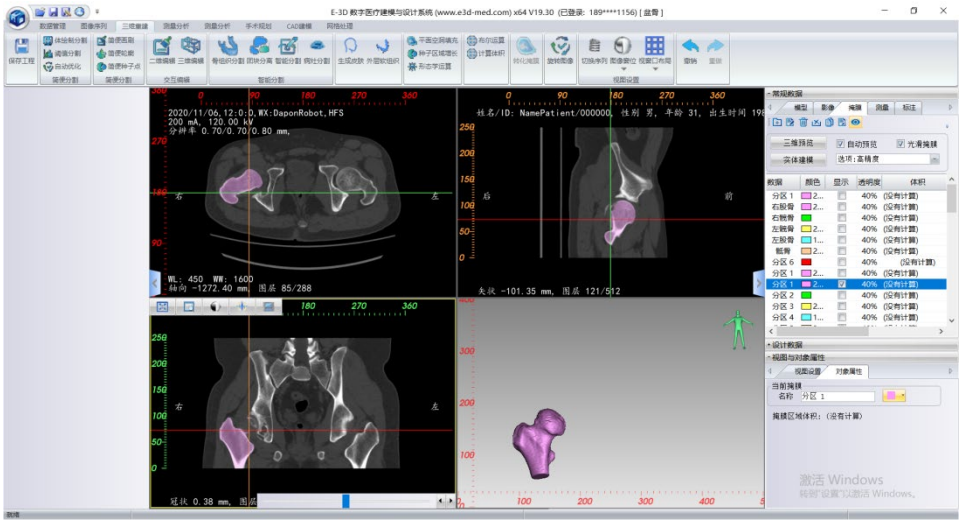
①



②



③



④

图 5-26 骨组织分割

①智能分割工具栏 ②标记团块和背景 ③执行分割后窗口界面 ④智能分割效果展示

（十二）团块分离

E3D 软件的团块分离，可以理解为经阈值分割将掩膜上彼此不相连的区域进行初步分割之后，再对掩膜进一步细分，并生成新的掩膜（图 5-27）。

对初始掩膜进行团块分离，具体操作如下：

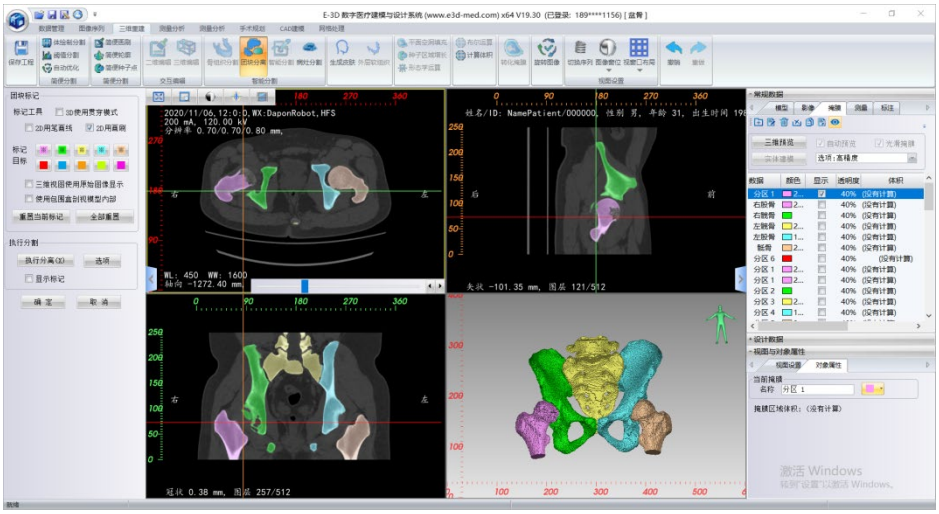
选择“三维重建”菜单栏下的“团块分离”命令，弹出以下命令栏。

选择“标记工具”，调整画刷大小，选择“标记目标”中的不同色块，标记多个不同的区域，再点击“执行分离”按钮，可将模型分为多个部分，操作

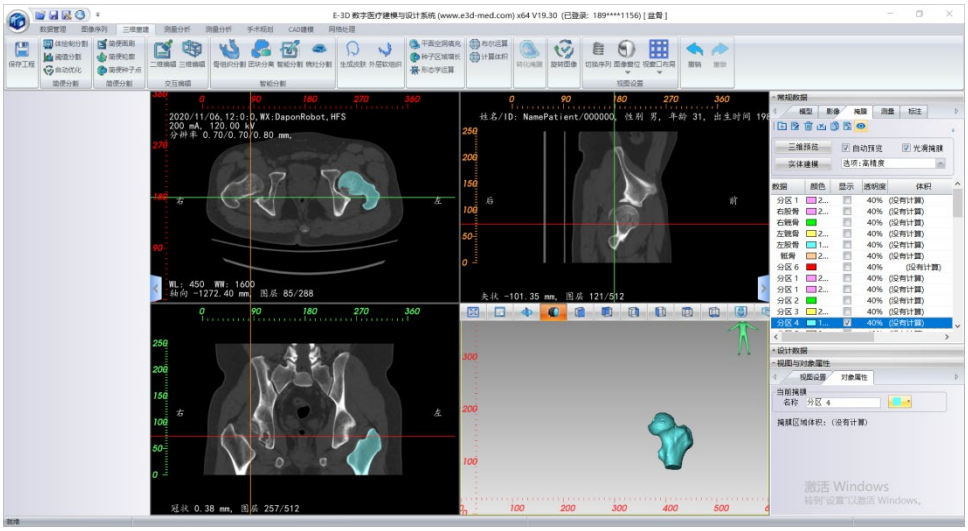
完成后点击“确定”按钮。



①



②



③

图 5-27 团块分离

①团块分离工具栏 ②执行分割后窗口界面 ③团块分离效果展示

第六章：测量分析

E3D 软件为用户提供多种测量工具，可测量断层图像两点间距离、两交叉线间角度以及任意形状的周长和面积等。

（一）测量距离

E3D 软件在选定的断层图像上测量两点间的直线距离，可以按以下步骤操作：

选择“测量分析”＞“直尺”，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，软件自动测量并显示两点间距离，在数据管理器“测量”标签下，保存为一个测量对象。若想更改测量位置，则双击测量直线，使两个端点变为黄色圆点，拖动圆点即可改变位置。

E3D 软件在选定的断层图像上测量曲线长度，可以按以下步骤操作：

选择“测量分析”＞“卷尺”，光标变化为测量尺的状态，单击左键设定起始点，依次设点以契合曲线，最后单击鼠标右键设定终点，软件随即测量并显示曲线长度，并将其在数据管理器“测量”标签下，保存为一个测量对象。（图 6-1）

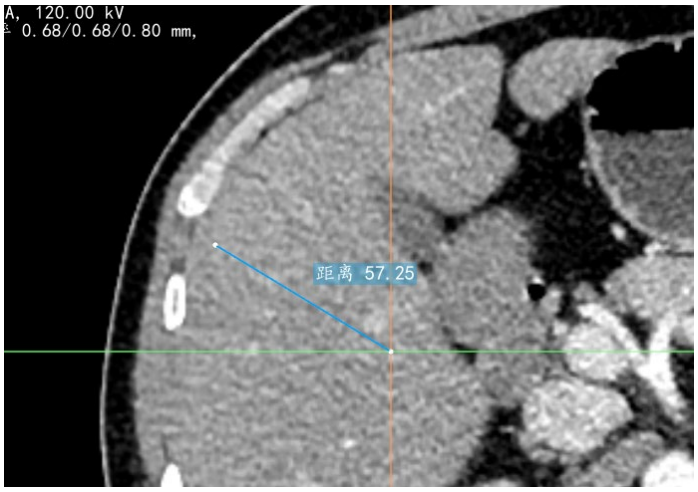


图 6-1 测量长度

若想删除测量直线或曲线，则鼠标左键单击选中测量线，或在“测量”标签内选择相应的测量对象，点击“删除”按钮可删除测量对象。

（二）测量角度

在选定的断层图像上测量两交叉线间的角度，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顶点位置，再通过两次单击设定两条边的位置，软件随即显示角度大小。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：

鼠标双击测量直线，使三个端点变为黄色圆点，即可拖动以移动端点位置。

若想删除该角度，则鼠标左键单击选中，或在“测量”标签内选择相应的测量对象，点击“删除”按钮可删除测量对象。

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 6-2）

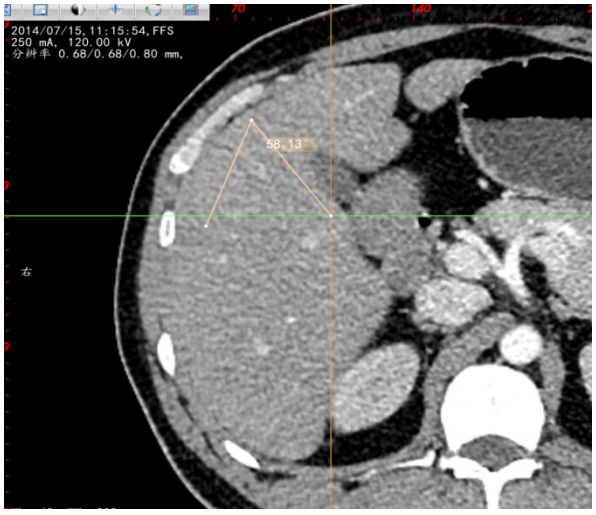


图 6-2 测量角度

（三）测量范围内的周长面积

选择“测量分析”＞“椭圆”/“矩形”，光标变化为测量尺的状态，单击左键设定起始点，再次单击设定主轴/主边长度，再点击第三点确定副轴/副边长度，软件随即显示测量周长及面积，并将其在数据管理器“测量”标签下，保存为一个测量对象。

选择“测量分析”＞“多边形”，光标变化为测量尺的状态，单击左键设定起始点，再依次单击设定各边端点，最后单击鼠标右键设置终点，软件自动将起点终点以直线相连，即显示多边形周长及面积，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：

鼠标双击测量对象，使端点变为黄色，拖动端点，即可移动位置。若想删除该图形，则单击鼠标左键选中，或在“测量”标签内选择相应的测量对象，点击“删除”按钮删除测量对象。（图 6-3）

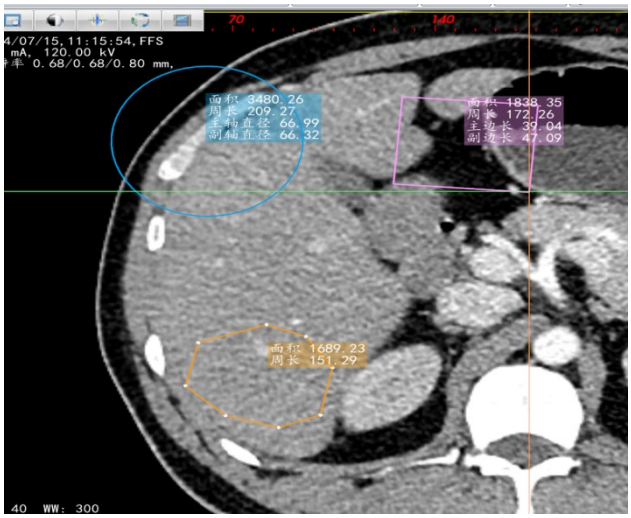


图 6-3 测量周长及面积

在三维模型上进行使用测量工具，因为测量工具将跨越多个数据层，所以在二维窗口中不显示，只在三维窗口中显示。（图 6-4）

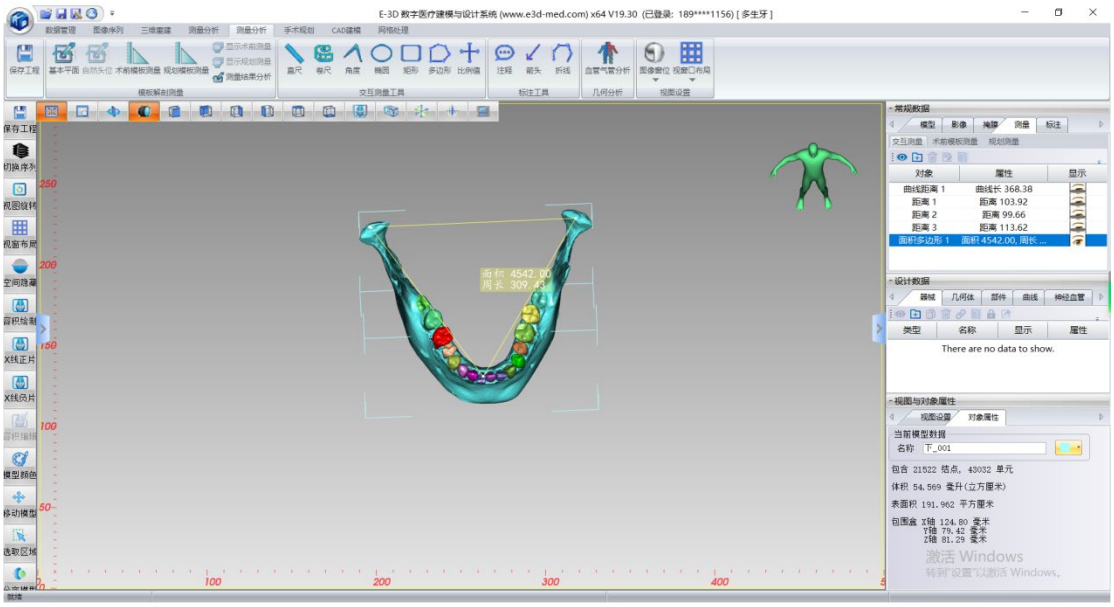


图 6-4 三维模型的测量

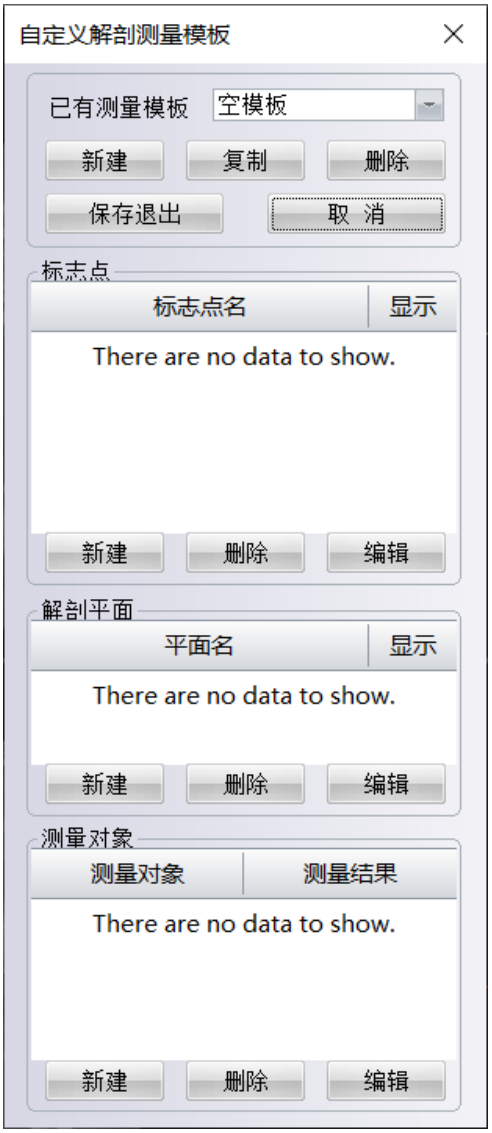
（四）解剖模板测量

重建模型后，点击“解剖模板测量”弹出命令栏，点击“新建”，弹出“自定义解剖测量模板”命令栏，点击最上面的“新建”对新测量模板进行命名；再在“标志点”命令栏点击“新建”按钮，弹出以下对话框，给标志点命名（需要的话还可输入简介）；创建平面的步骤和创建点的步骤类似，在“解剖平面”命令栏中，先点击“新建”对测量平面进行命名，并选择“设置平面类型”以确定构成该平面的方式，再在“设置定义当前平面的对象，包括”中选择标志点（这些点需要提前在“标志点”中进行添加），以确定构成该平面的点；再在“测量对象”命令栏中点击“新建”，弹出命令栏，给该测量对象命名后，选择“设置测量类型”（点到平面的距离、两个平面的角度等），并在“设置定义当前测量对象，包括”一栏中，选择该测量需借由哪些点或面完成，点击“确定”完成“测量对象”创建；此时点击“保存退出”完成新测量模板的创建。

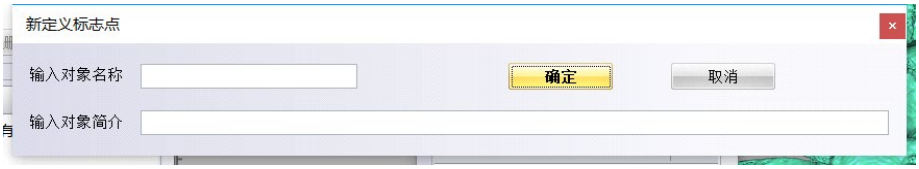
使用时，打开“解剖测量模板”，在“模板”一栏中选择之前创建的测量模板，在“标志点”一栏中勾选“选择点”，在三维视口或二维视口内点击设置测量的标志点，则软件会按照之前定义的测量类型，自动计算并显示测量结果。点击“导出测量结果”，弹出导出界面，输入名称，选择保存位置，点击“保存”完成导出。（图 6-5）


模板
空模板
新建
标志点
标志点名
显示
目前没有数据显示.
选择点
删除
编辑
解剖平面
平面名
显示
目前没有数据显示.
生成
删除
编辑
测量结果
测量对象
测量结果
目前没有数据显示.
导出测量结果
确定
取 消

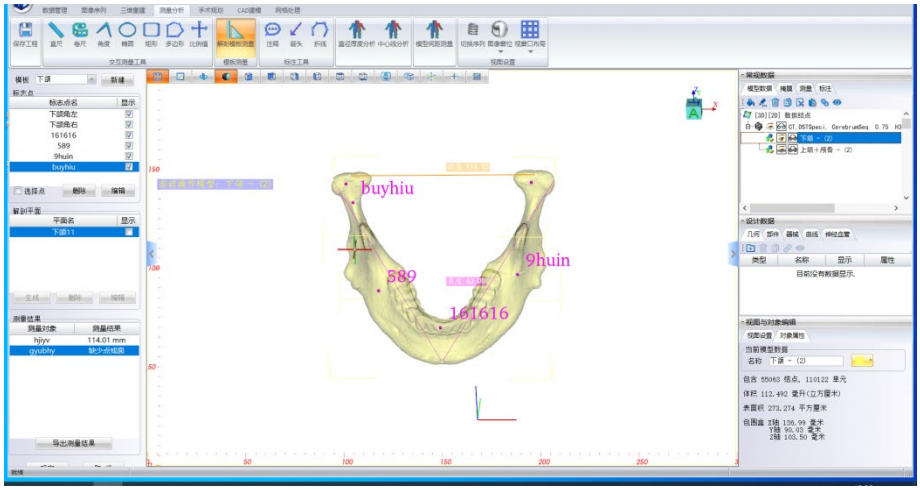
①


自定义解剖测量模板
已有测量模板
空模板
新建
复制
删除
保存退出
取 消
标志点
标志点名
显示
There are no data to show.
新建
删除
编辑
解剖平面
平面名
显示
There are no data to show.
新建
删除
编辑
测量对象
测量对象
测量结果
There are no data to show.
新建
删除
编辑

②


新定义标志点
输入对象名称
确定
取消
输入对象简介

③



④

图 6-5 解剖测量模板使用+

①解剖测量模板工具栏 ②创建解剖测量模板 ③创建标志点 ④解剖测量模板测量数据

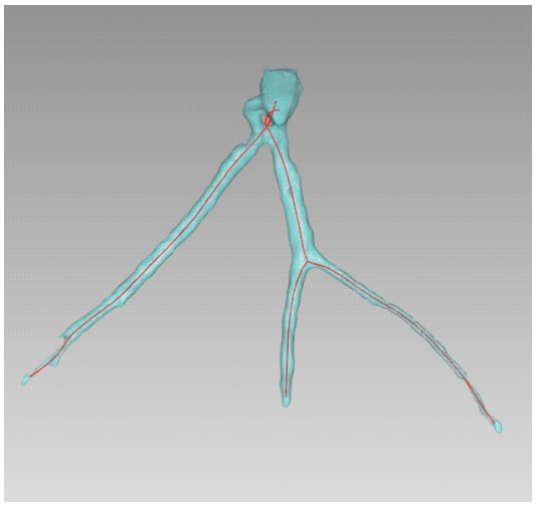
（五）中心线

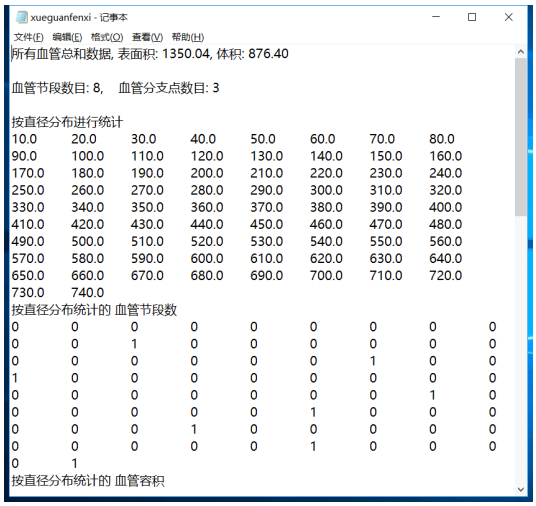
首先，选择“网格处理”菜单下的“网格修复”，勾选全部的网格问题，点击“一键自动修复网格质量”，再点击“确定”完成修复。然后，再选择“测量分析”菜单下的“中心线分析”，弹出以下对话框，点击“中心线”，可以观察模型的中心线（图 6-6）。

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”完成文档导出。



① 计算中心线





①　　②

图 6-6 中心线分析

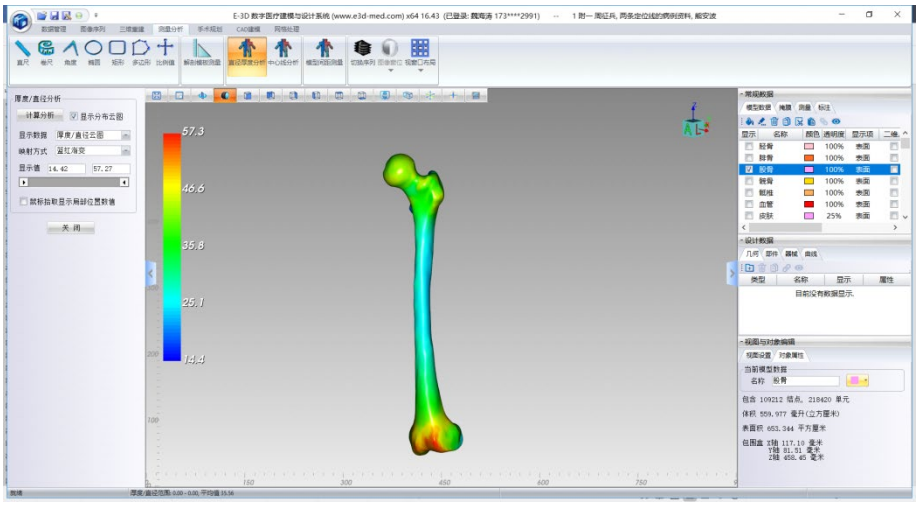
①中心线分析工具栏 ②计算并显示中心线 ③中心线分析结果

（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”后将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 6-7）。



①



②

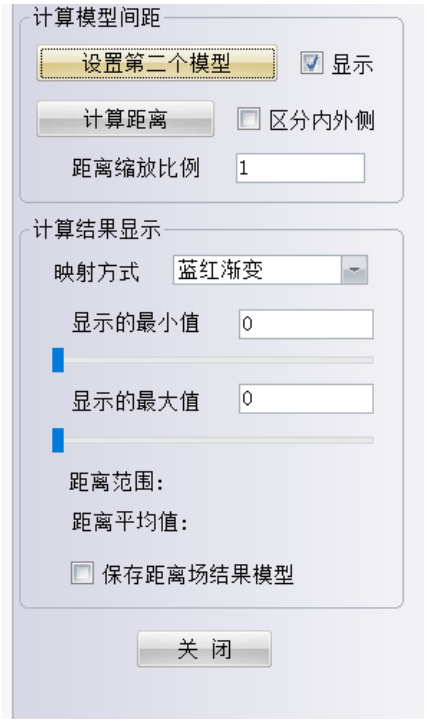
图 6-7 直径厚度分析

①直径厚度分析工具栏 ②直径厚度分析效果图

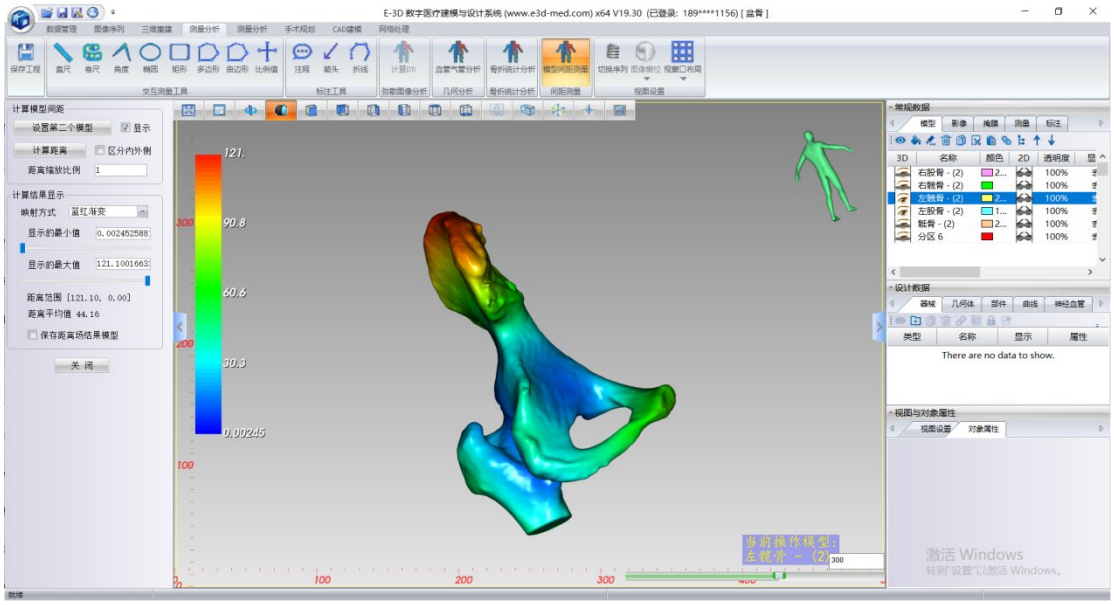
（七）模型间距测量

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。

点击“模型间距测量”，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，选择“映射方式”后，通过滑动滑块或输入感兴趣的间距波段，在云图中只显示设置的范围。勾选“保存距离场结果模型”，结果将保存到“数据模型”标签下。（图 6-8）



①



②

图 6-8 模型间距分析

①模型间距分析工具栏 ②模型间距分析效果图

（八）注释工具

注释的内容在界面右侧的“常规数据”—“标注”内存储，如果需要删除

标注，在“标注”栏内点击标注内容，点击“删除”按钮即可删除。（图 6-9）

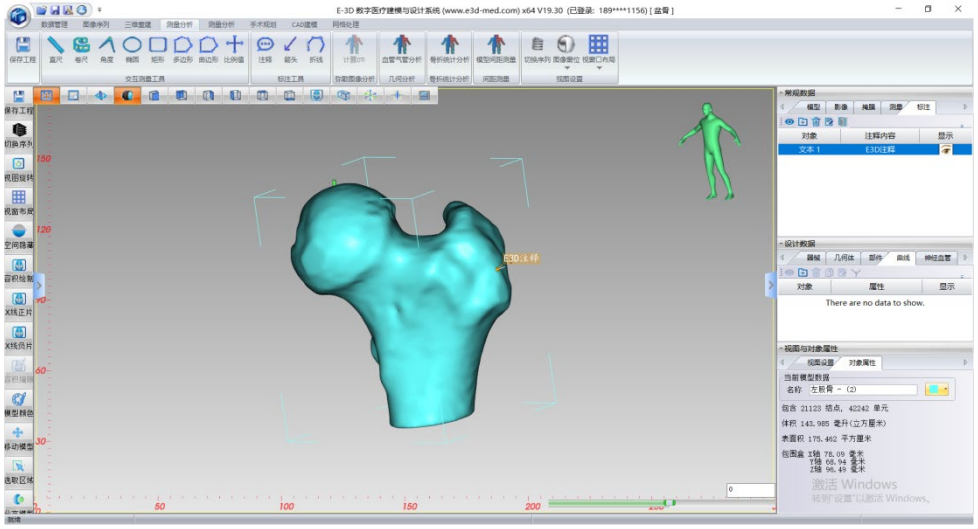


图 6-9 注释工具

1. 箭头（图 6-10）

点击“箭头”按钮，首先在二维图像或三维图像上单击，标出箭头尾部位置，然后再标出箭头箭尖的位置，即可生成箭头，如果需要修改箭头位置，双击箭头，箭头两端的点变为黄色，拖动端点可改变位置。

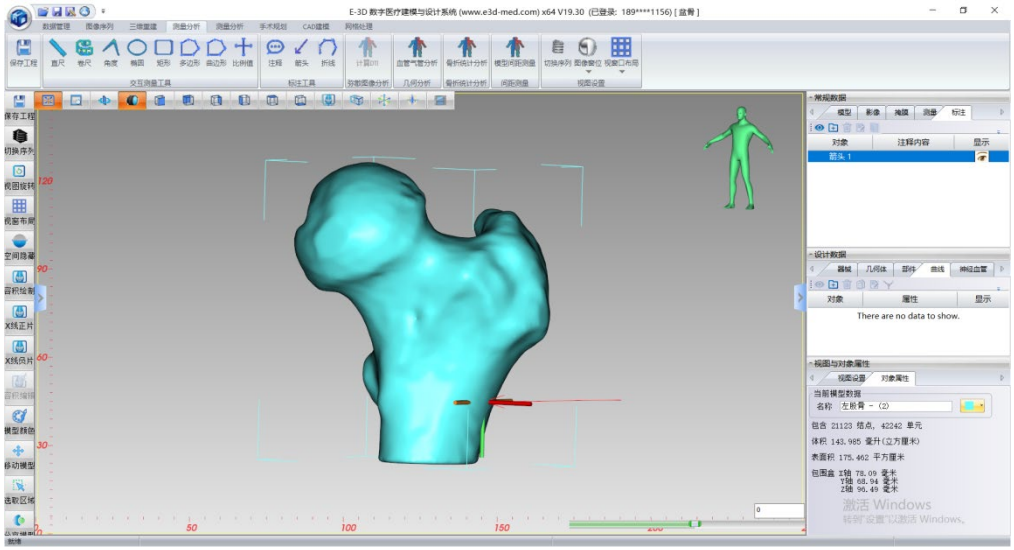


图 6-10 箭头工具

箭头的内容在界面右侧“常规数据”—“标注”栏内存储，如果需要删除标注，在“标注”栏内点击标注内容，点击“删除”按钮即可删除。

2. 折线（图 6-11）

点击折线按钮，在二维图像或三维实体模型上，依次点击标出折线各折点位置，标最后一个点时双击，则首尾点将自动连接成为一个闭合的多边形。如

果需要修改多边形各折点位置，双击多边形，多边形折点变为黄色，拖动这些点即可改变位置。

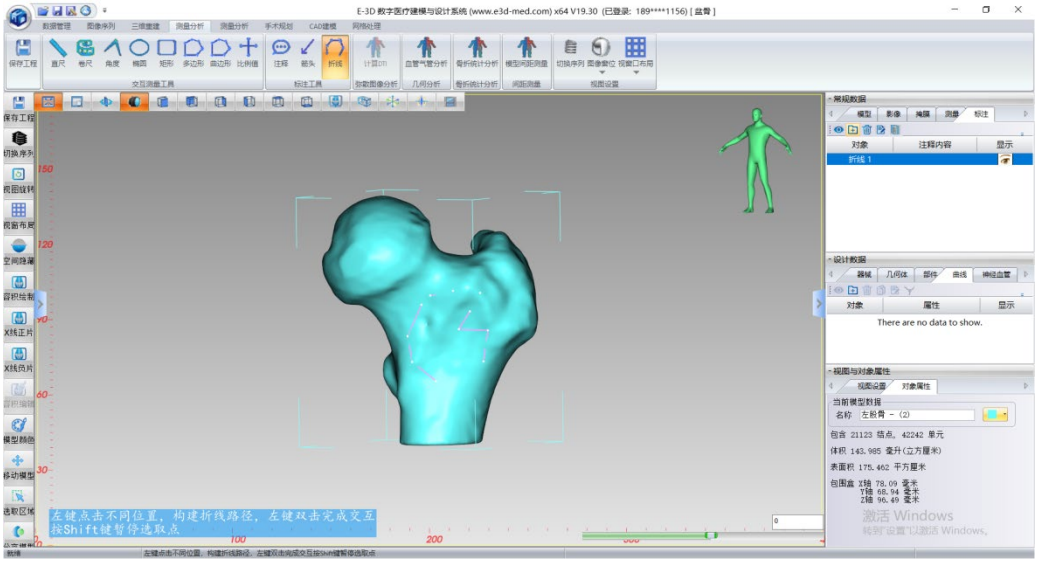


图 6-11 折线工具

折线的内容在界面右侧“常规数据”—“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。

第七章：手术规划

（一）三维模型的坐标变换——三维模型刚体变换的交互式实现

不论哪一种类型的三维构图软件，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操作。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通过键盘输入变换矩阵即可。但是，在多数情况下，需要通过一系列的平移和旋转调整三维模型的位置。在虚拟空间中改变模型的位置，正如在真实空间中一样，需要有参照物，否则既无法确定模型的空间位置，也无法描述三维模型在空间中如何变换。现在介绍两种常用参照物：

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。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)的轴旋转。旋转点(不动点)一般默认是三维模型的几何中心，用户也可以自定义旋转点。

屏幕坐标系参照物：以计算机屏幕平面作为三维模型交互式变换时的参照

物，坐标系的 x 轴为屏幕的水平方向，y 轴为垂直屏幕的方向，z 轴为屏幕的纵轴方向。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。

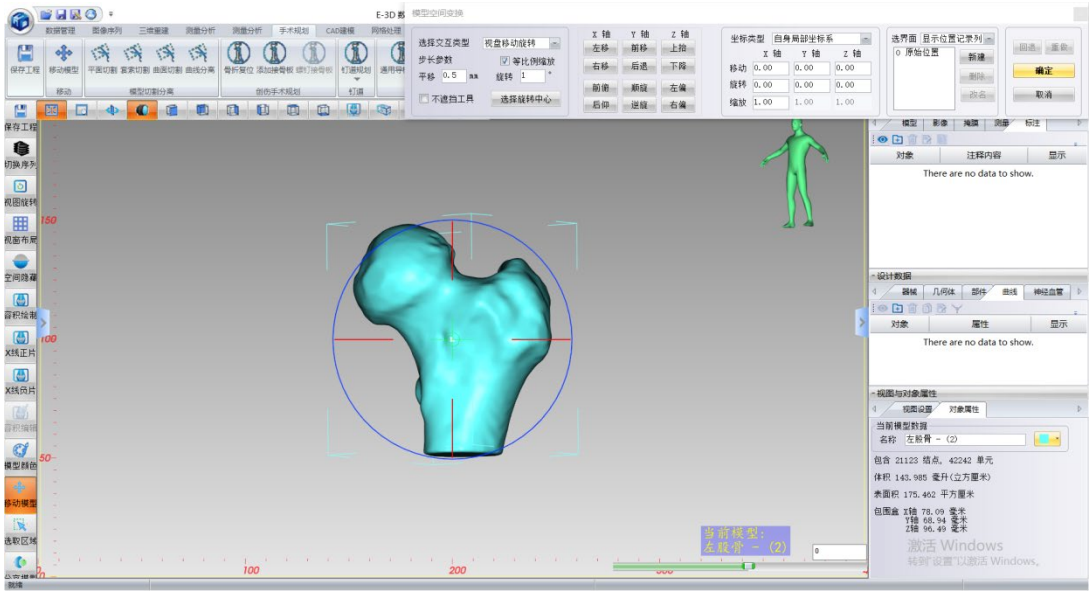
平移和旋转

点击“手术规划”菜单栏中的“移动模型”，三维视口内出现视盘交互轮盘，左上角显示当前被操作的模型的名称，点击轮盘中心使之变为黄色时，拖动可以改变模型中心点位置；点击轮盘的蓝色大圆使之变为黄色时，沿圆圈方向拖动，可使模型围绕轮盘中心旋转，点击四个小红杠的其中之一，使它们变为黄色时，拖动鼠标可以改变模型的空间位置。

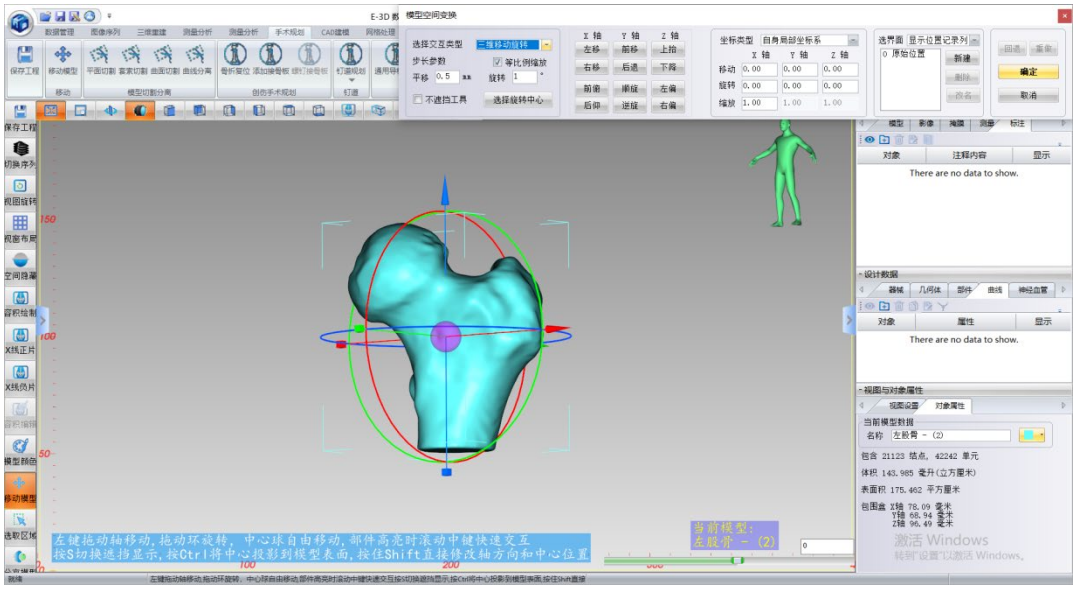
点击“显示对话框”按钮，弹出“模型空间变换”命令栏，改变各参数值也可以变换模型空间位置。

点击“用三维交互”按钮，则三维视口中的操作轮盘变换为三维交互视盘，单击并沿箭头方向拖动，则模型可沿箭头方向移动，单击并沿圆圈方向拖动，则模型围绕坐标中心点旋转。

空间位置改变完成后，点击“保存退出”结束操作。（图 7-1）



①



②



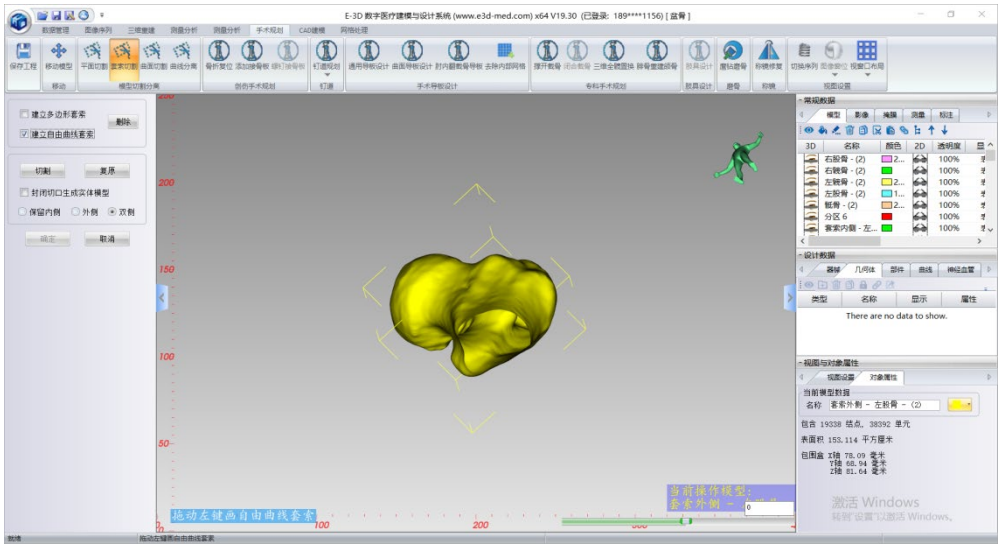
③

7-1 平移和旋转

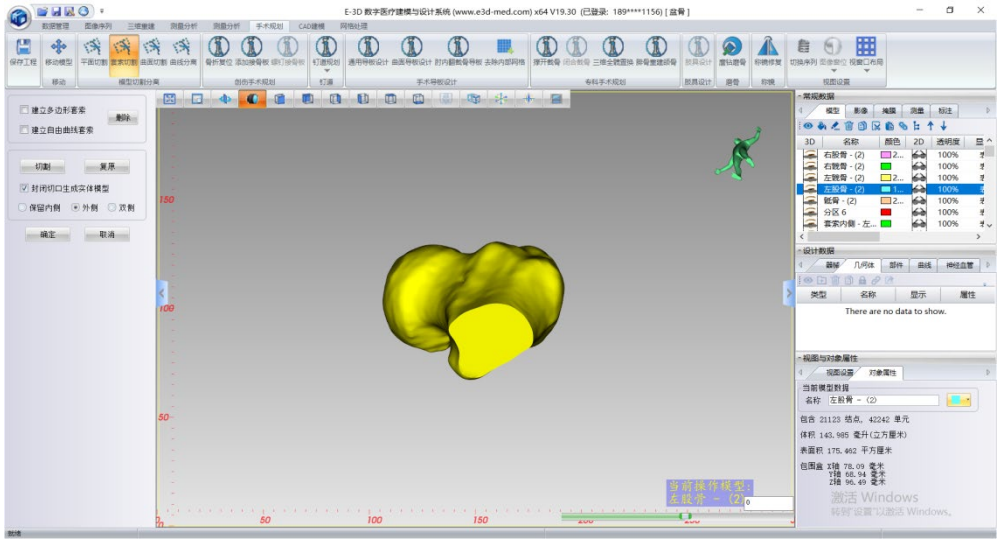
①视盘交互轮盘 ②三维交互轮盘 ③交互对话框

（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 7-2）。在切割方式中，都可以选择切口是否闭合，操作方法为：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。



①



②

图 7-2 切割方式

①不选择封闭切口生成实体 ②选择封闭切口生成实体

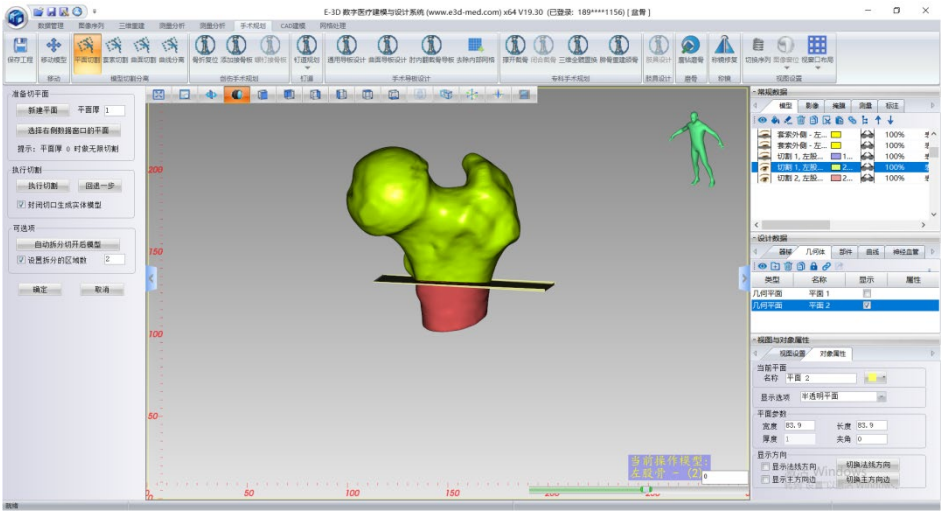
平面切割

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，鼠标点选定位点以建立平面，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”，再重新设定切割平面。如果希望在切割后将切口闭合，则在执行操作前，勾选“封闭切口生成实体”，则切割后的模型切口将为封闭状态。点击“确

定”，完成操作。（图 7-3）



①



②

图 7-3 平面切割

①平面切割菜单栏 ②平面切割效果

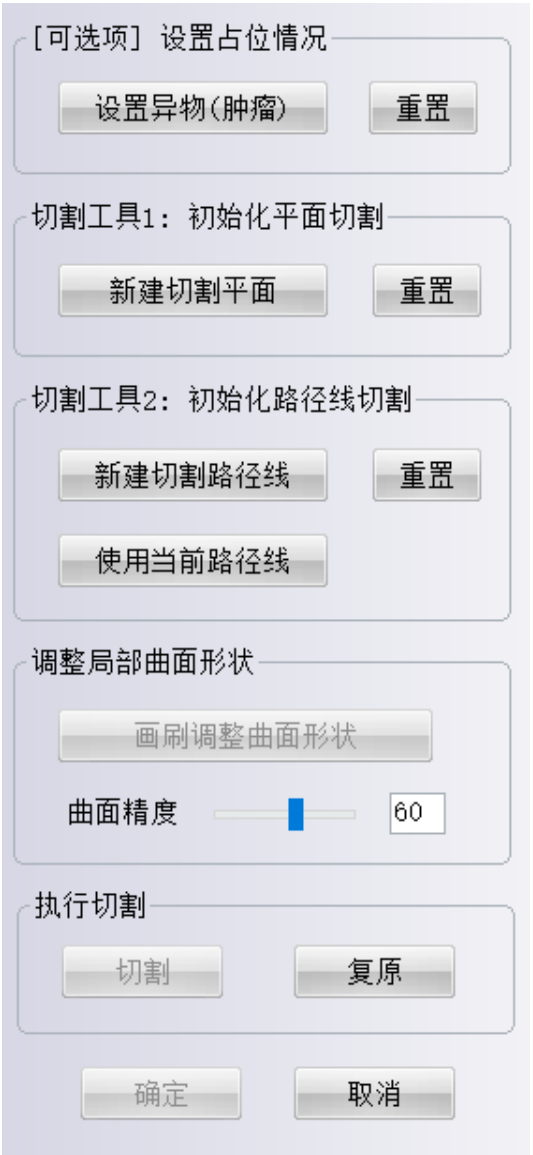
曲面切割

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）”来模拟异物在模型上的占位情况的真实场景；如果没有占位异物则不用设置。

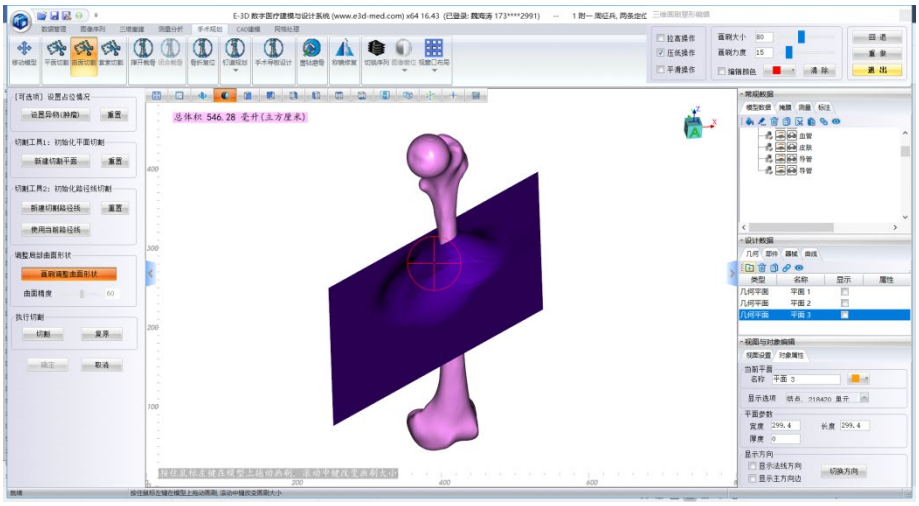
曲面切割有两种设置切割平面的方式（图 7-4 曲面切割）：

初始化平面切割：点击“新建切割平面”，设置切割平面的位置，再点击“画刷调整曲面形状”，通过拖动画刷，可将平面变为曲面，点击“切割”执行命令，点击“确定”完成并退出操作。

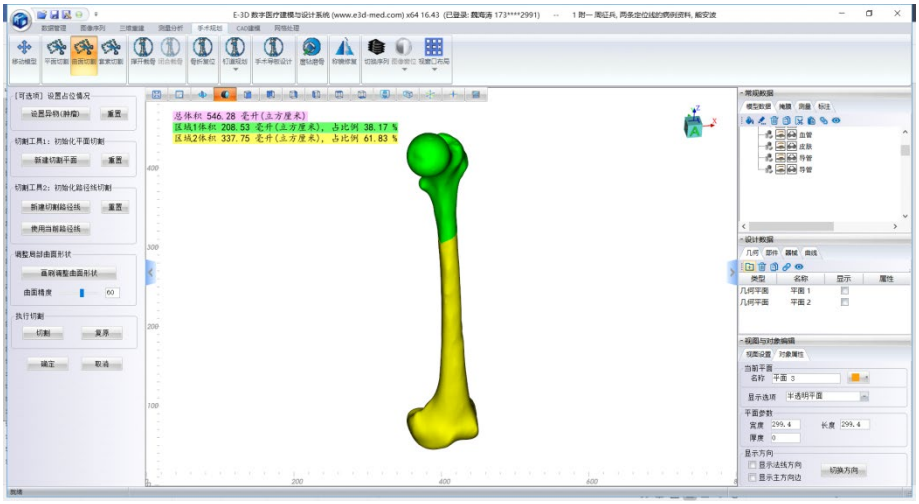
初始化路径线切割：点击“新建切割路径线”，在模型上通过左键选择路径点，首尾点重合时，点击鼠标左键以形成封闭曲面，按 delete 键重置路径，平面设置完成后，点击“切割”执行命令，点击“确定”完成并退出操作。



①



②



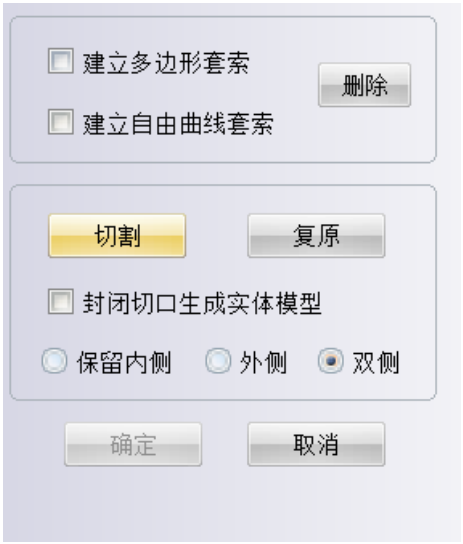
③

图 7-4 曲面切割

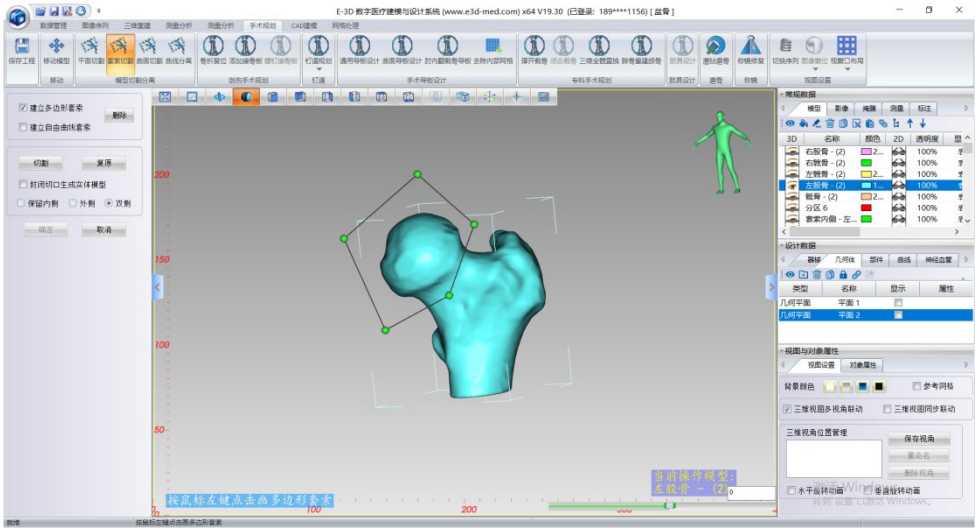
①曲面切割工具栏 ②画刷调整曲面形状 ③曲面切割

套索切割

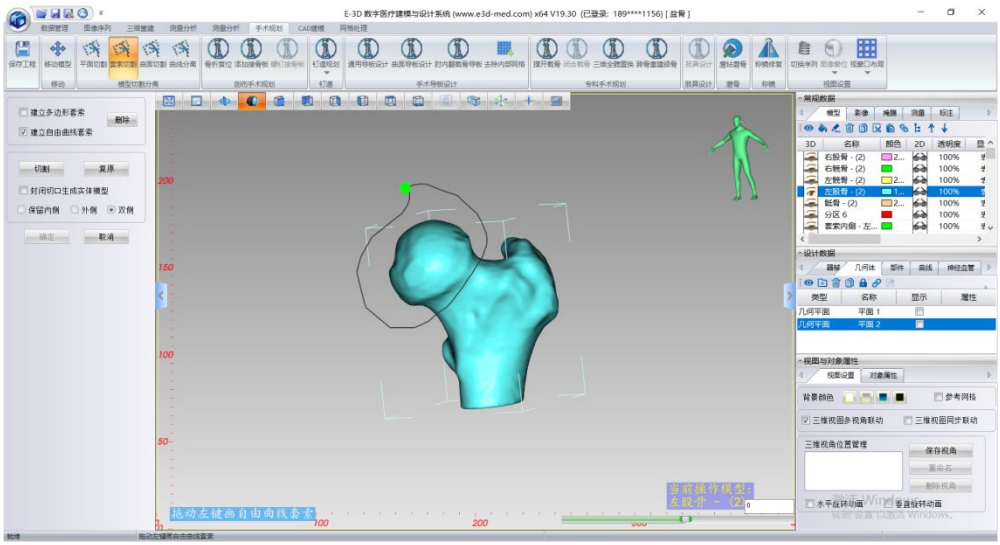
点击“套索切割”，打开如下对话框，勾选“建立多边形套索”或“建立自由曲线套索”，在三维模型上绘制切割套索，选择“保留内侧”、“外侧”或“双侧”，设置保留模型的区域，点击“切割”执行命令，点击“确定”完成并退出操作（图 7-5 ）。


建立多边形套索
删除
建立自由曲线套索
切割
复原
封闭切口生成实体模型
保留内侧
外侧
双侧
确定
取消

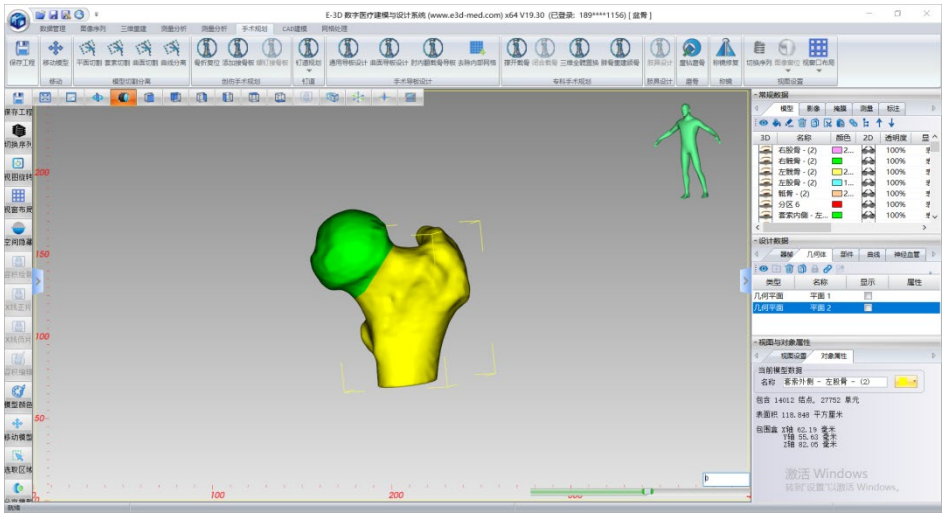
①


按鼠标左键点击画多边形套索

②


拖动左键画自由曲线套索

③



④

图 7-5 套索切割

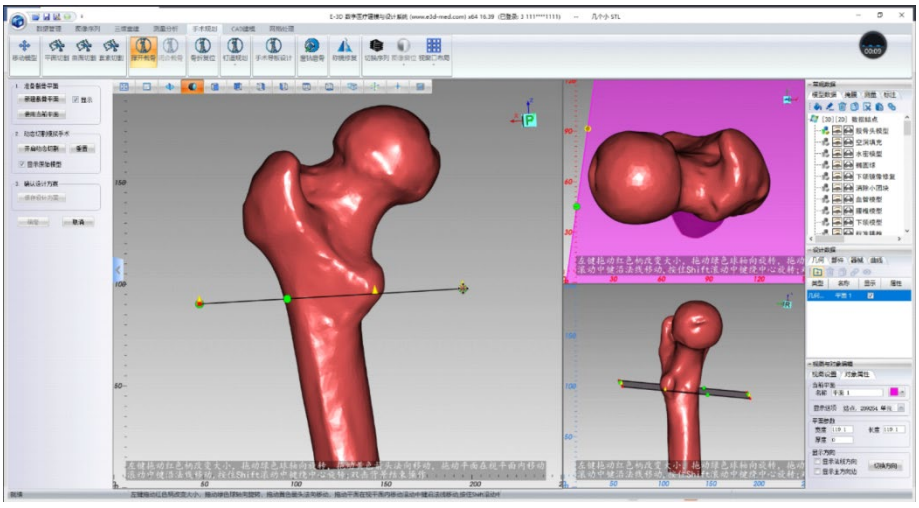
①套索切割工具栏②建立多边形套索③建立自由曲线套索④套索切割

（三）截骨导板

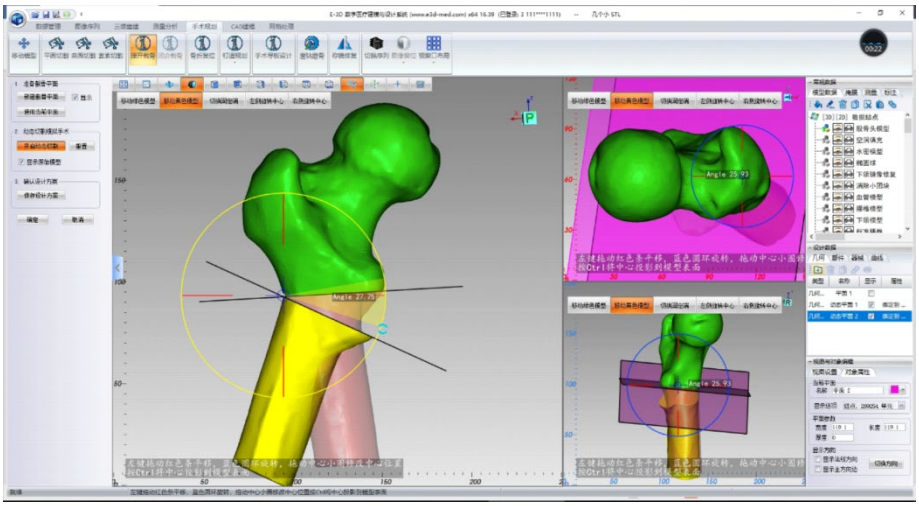
点击“撑开截骨”命令，弹出如下命令栏，点击“新建截骨平面”，选择设定平面的方式，设定平面后，可按视口下方的提示改变平面的位置和方向。点击“开启动态切割”可将模型沿平面切割，点击三维视口上方的“移动黄色模型”或“移动绿色模型”，在模型表面出现旋转平移交互轮盘，可平移或旋转切割后的模型的一部分，也可以切换固定端旋转。若存在多个设计方案，可在设计完成后点击“保存设计方案”，点击“确定”完成并退出操作。（图 7-6）


1. 准备截骨平面
新建截骨平面
显示
使用当前平面
2. 动态切割模拟手术
开启动态切割
重置
显示原始模型
3. 确认设计方案
保存设计方案
确定
取消

①



②



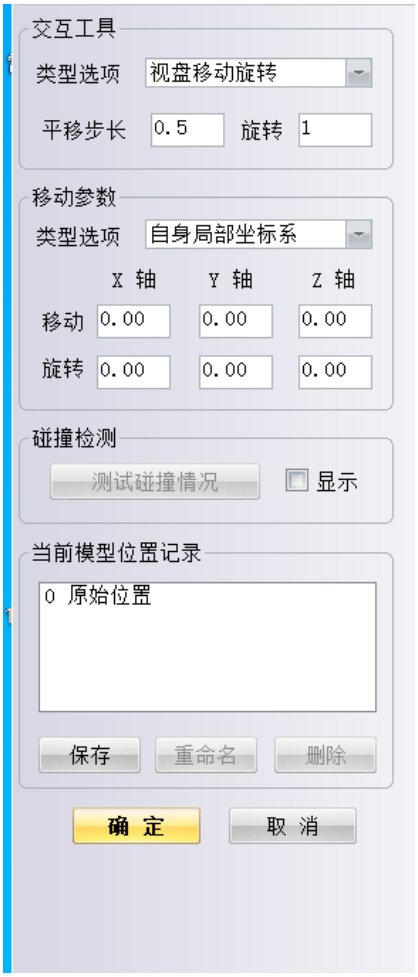
③

图 7-6 截骨导板

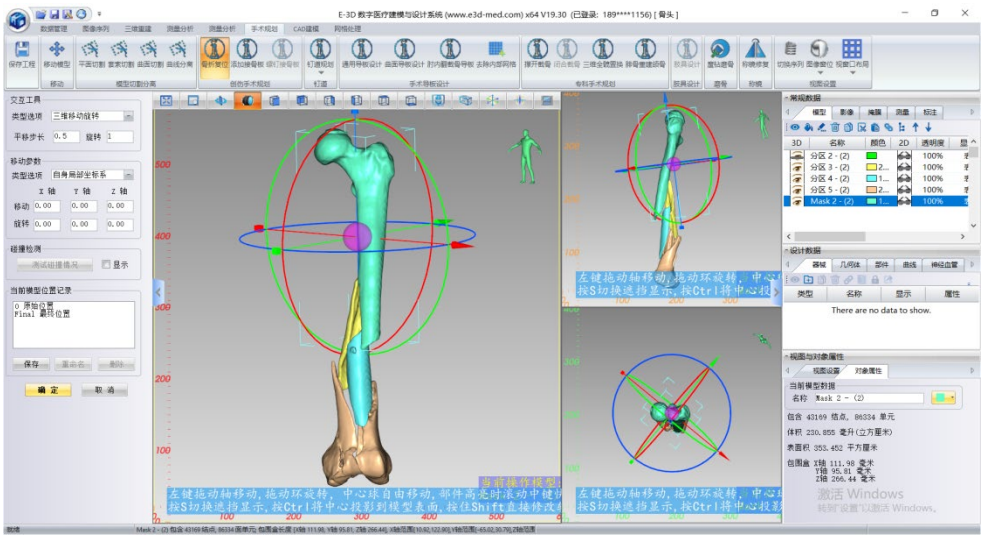
①截骨导板工具栏②创建截骨平面③开启动态切割

（四）骨折复位

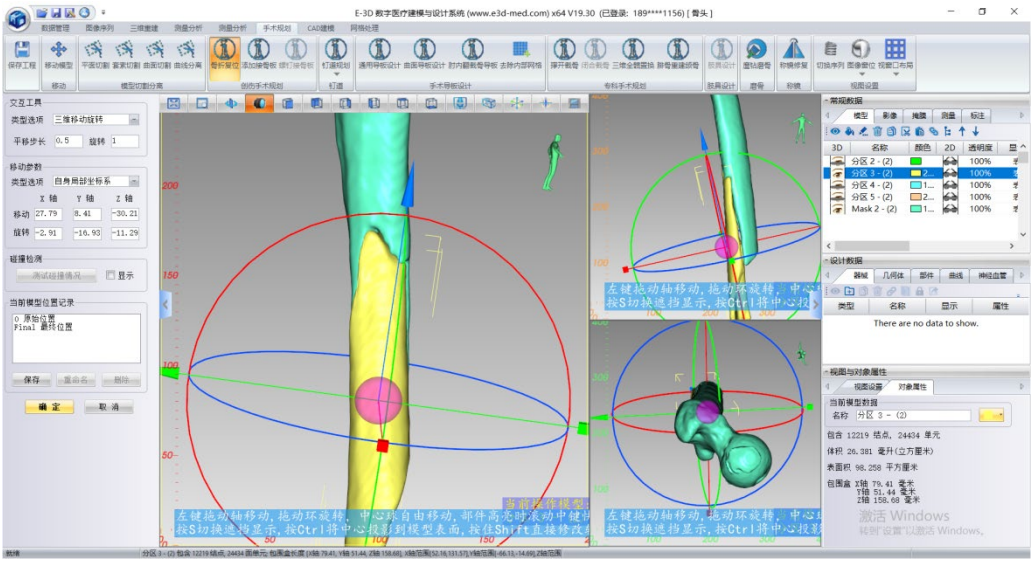
点击“骨折复位”按钮，在模型上出现旋转平移交互轮盘，通过拖动轮盘使发生位移的部分回归正常的位置，新位置的空间坐标和旋转的角度将显示在弹出的对话框中（X、Y、Z 轴），改变坐标值也可以改变模型的空间位置。点击“保存”，可以存储当前的位置信息，当保存多个位置记录后，通过点击记录，可以查看最佳的修改记录，点击“确定”，得到最佳的修改效果，完成并退出操作（图 7-7）。


交互工具
类型选项
视盘移动旋转
平移步长
0.5
旋转
1
移动参数
类型选项
自身局部坐标系
X 轴
Y 轴
Z 轴
移动
0.00
0.00
0.00
旋转
0.00
0.00
0.00
碰撞检测
测试碰撞情况
显示
当前模型位置记录
0 原始位置
保存
重命名
删除
确 定
取 消

①



②



③

图 7-7 骨折复位

①骨折复位工具栏②骨折复位复位视盘③骨折复位完成

（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，具体包含的工具有钉道口、切槽口、底面母版、桥接与标准结构、生成导板。（图 7-8）



图 7-8 手术导板菜单

1. 钉道规划

点击“钉道口”打开以下隐藏菜单（图 7-9），点击“新建”按钮，选择新建钉道的方式，共有四种，以下仅介绍常用的两种：

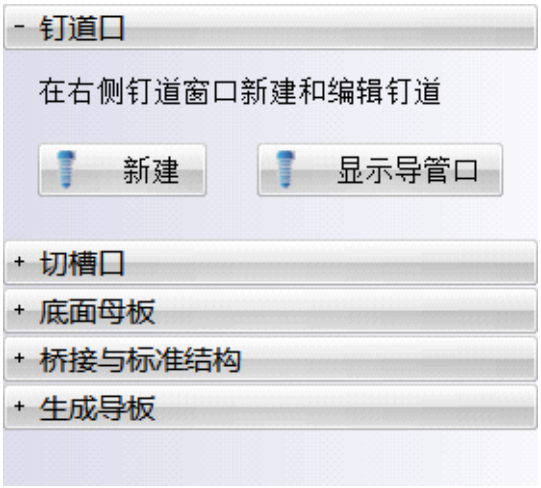


图 7-9 钉道口设计

两点定义钉道：点击“2 点定义钉道”按钮，选取合适的二维截面，需点两点定义钉道，第一个点为螺帽的位置，第二个点为螺钉头的位置，完成后即可在二维和三维视口中看到创建的钉道。也可直接在三维视口中设计钉道，操作方法和在二维视口中一致。（图 7-10）

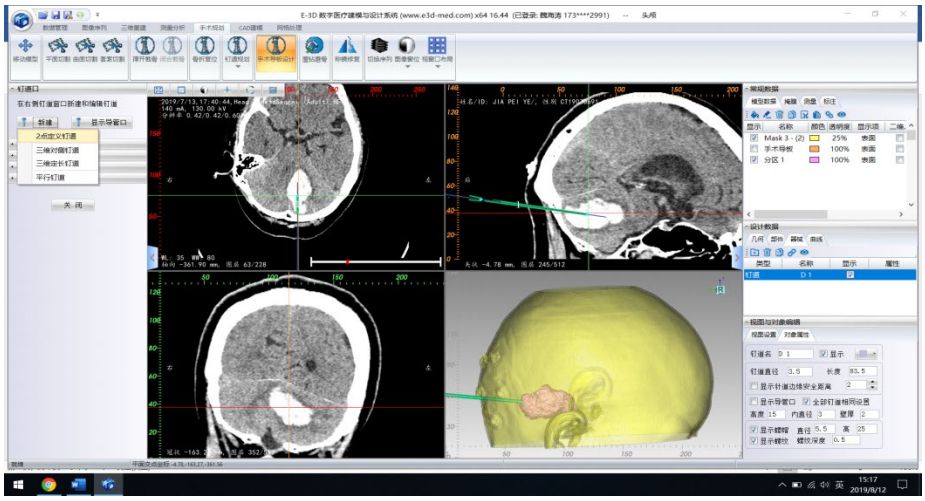
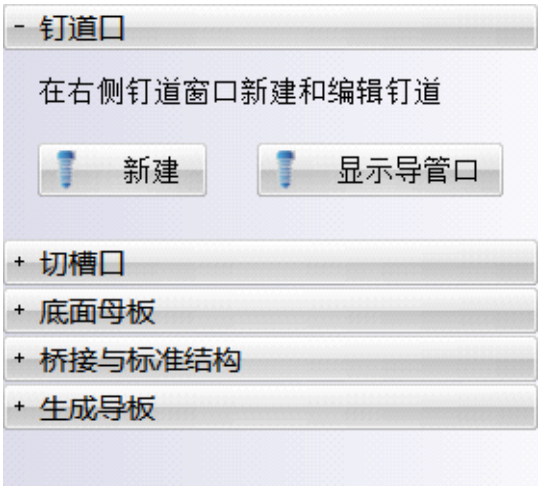
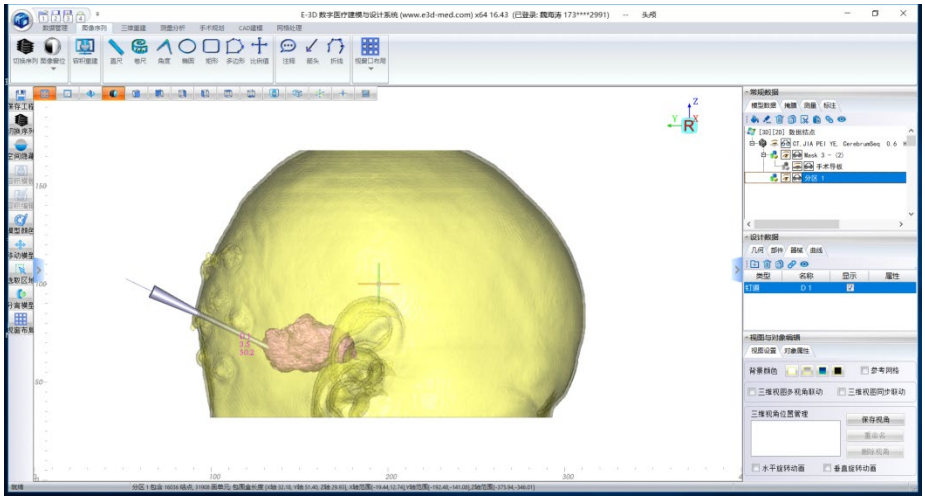


图 7-10　2 点定义钉道

三维对侧钉道：点击“三维对侧钉道”后，在三维视口中选取合适的位置，点上一个点，即创建一个垂直于屏幕的螺钉，在二维和三维视口中可以观察到所创建钉道的轮廓。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 7-11）



①



②

图 7-11 三维对侧钉道

①三维对侧钉道工具栏②钉道设计效果

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，则靠近鼠标一侧的螺钉顶端出现图一的操作轮盘，沿红、绿、蓝三个坐标轴方向拖动，可使端点沿坐标轴移动，拖动三个坐标轴交叉的紫色圆点时，可使钉道端点往任意方向移动，拖动蓝色圆圈可以旋转螺钉，点击中心球使变为黄色高亮时，滚动鼠标滚轮调节长度，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。改变一侧端点时，另一侧端点空间位置不发生变化。所建钉道位于“设计数据”栏的“器械”标签下。（图 7-12）

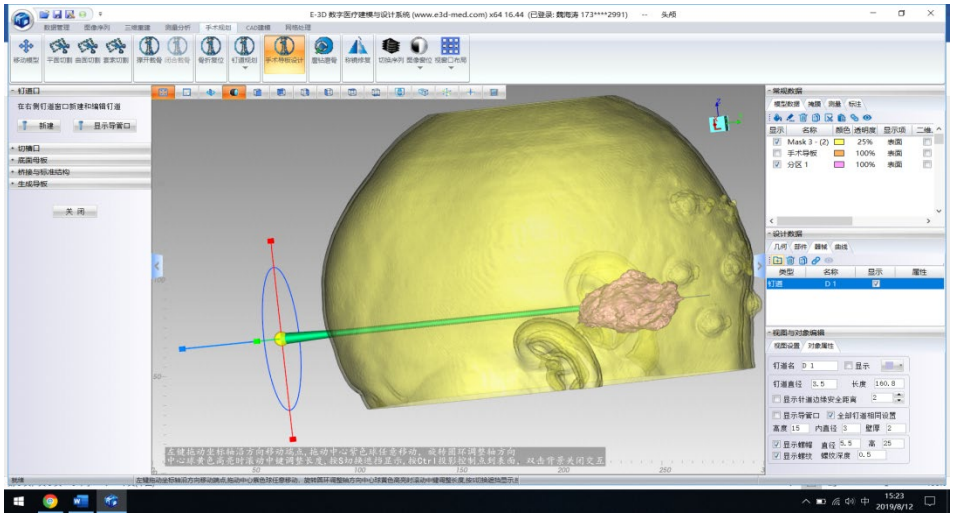


图 7-12 视盘调节螺钉位置

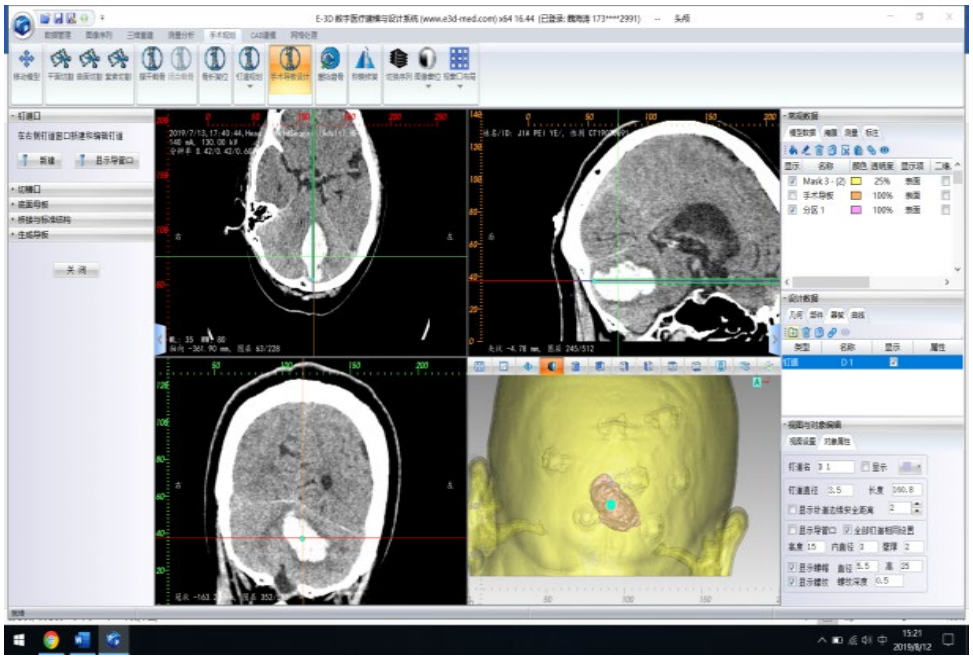
键盘修改参数：单击螺钉，在右侧 数据管理器—“视图与对象编辑”一栏的“对象属性”菜单中，即显示该钉道的信息，我们可以将该菜单栏分为四部分：基础设置、螺钉设置、导管设置、外观设置。（图 7-13）

基础设置：编辑螺钉的名称、颜色。

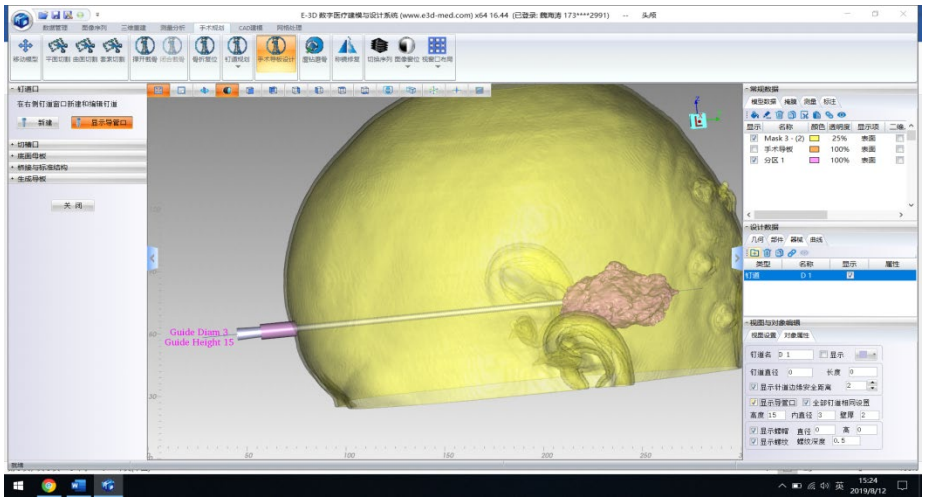
螺钉设置：设置钉道的直径、长度，设置钉道边缘安全距离及其显示与隐藏。

导管设置：是否显示导管口，设置导管的高度（长度）、内直径、壁厚，以及是否将这些参数应用在所有钉道的导管口。

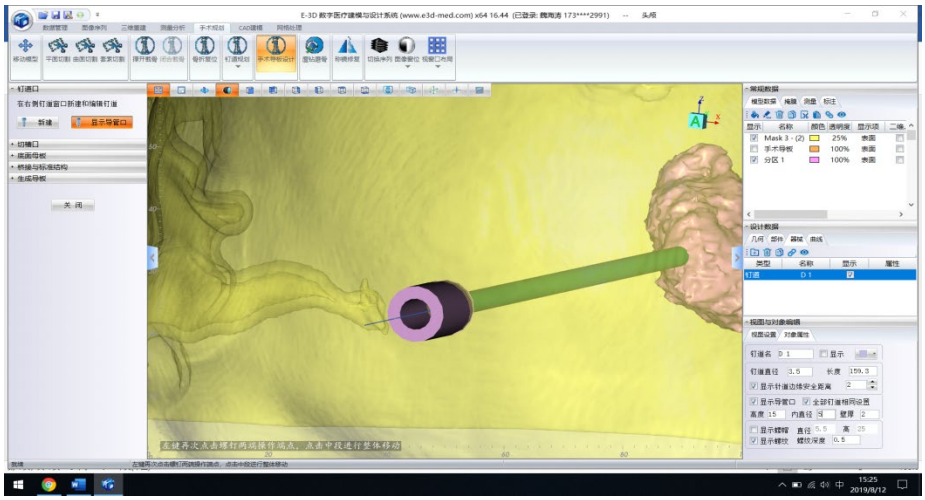
外观设置：是否显示螺帽，设置螺帽直径与高度，是否显示螺纹，以及设置螺纹深度。



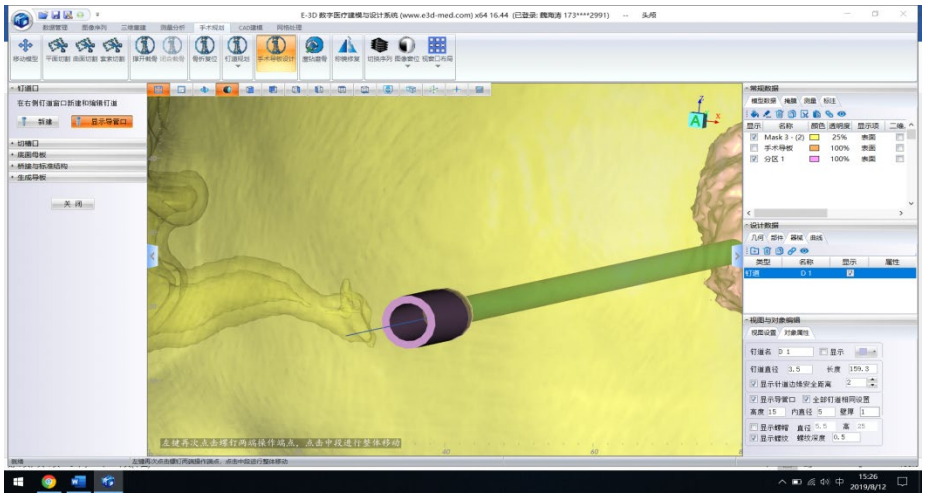
①



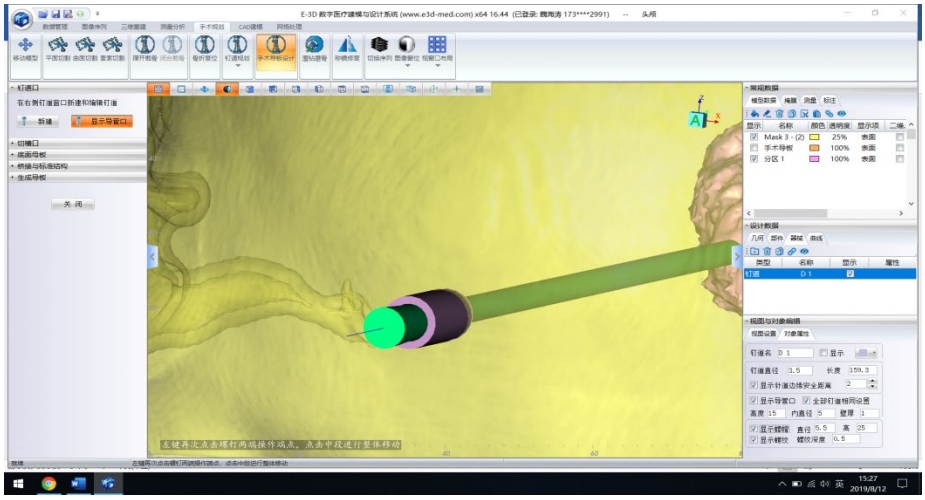
②



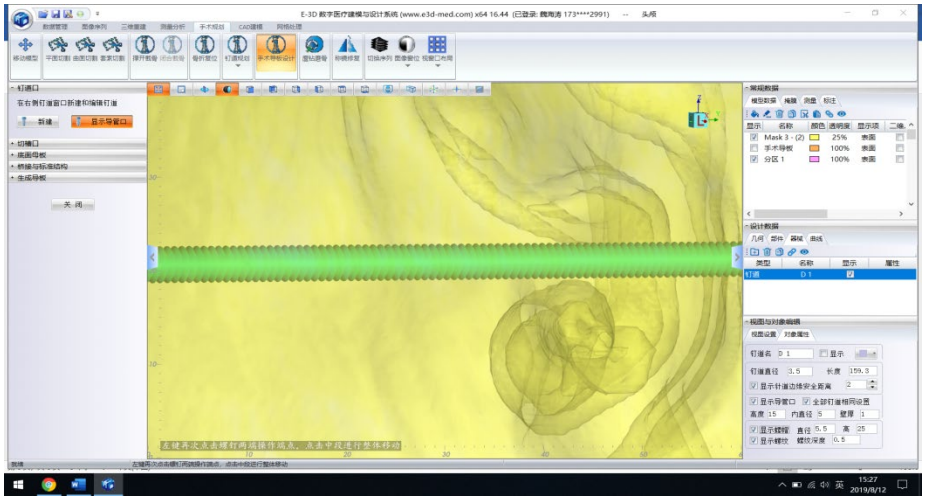
③



④



⑤



⑥

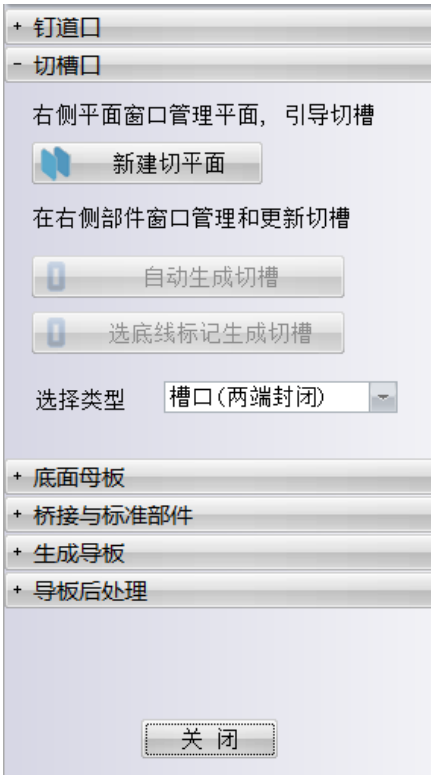
图 7-13 创建钉道

①钉道口工具栏②导管口显示③导管口内直径④导管口壁厚⑤显示螺帽⑥显示螺纹

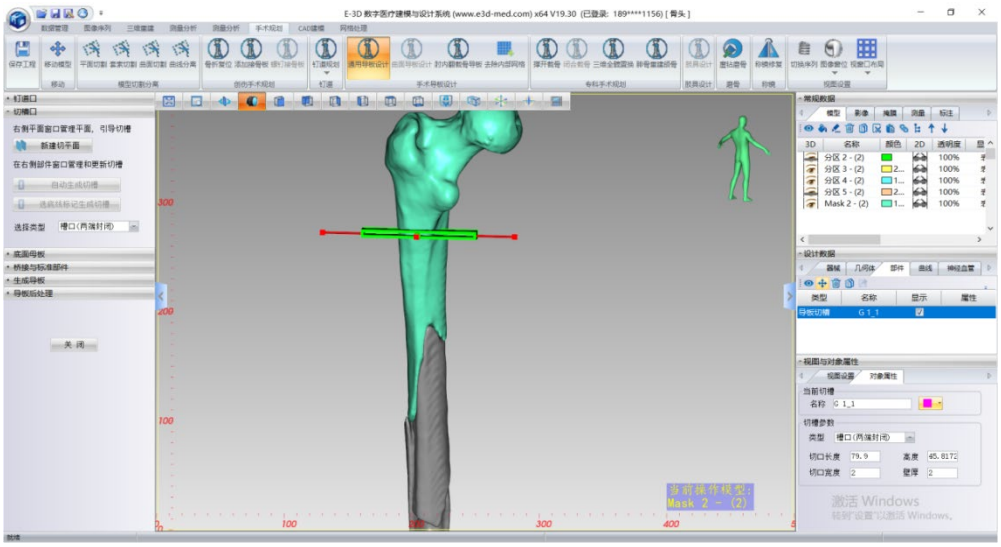
2.切槽口

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，在右侧平面窗口新建和编辑切平面，以引导切槽生成，调整位置满意后，点击“自动生成切槽”即生成切槽。在右侧部件窗口管理和编辑切槽口，可以通过两种方式改变切槽的空间位置：拖动杆调整法和参数调整法。

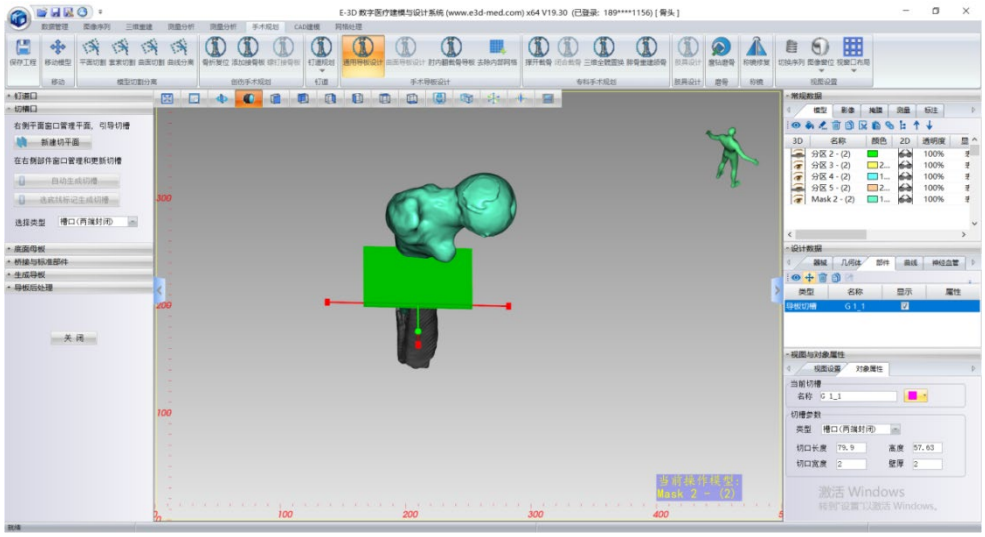
在“对象属性”标签下修改切槽口的参数，调节参数完成后，左键拖动绿色球手柄旋转，红色球手柄改变切槽口大小，拖动切槽口本身在平面内移动，鼠标双击背景结束操作。（图 7-14）


钉道口
切槽口
右侧平面窗口管理平面，引导切槽
新建切平面
在右侧部件窗口管理和更新切槽
自动生成切槽
选底线标记生成切槽
选择类型
槽口(两端封闭)
底面母板
桥接与标准部件
生成导板
导板后处理
关 闭

①



②切槽口设计效果图



③

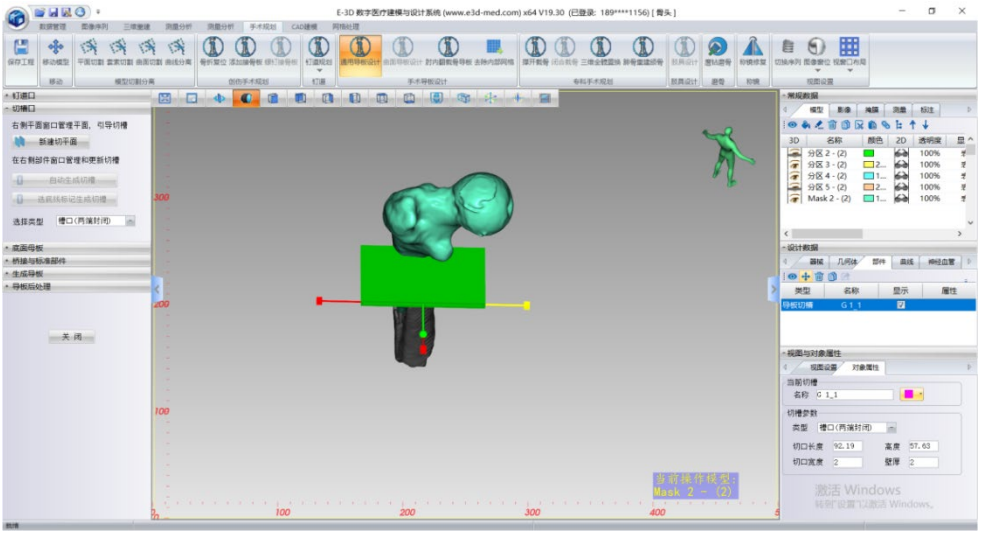
7-14 创建切槽口

①切槽口设计②切槽口设计效果图③切槽口单平面版式

拖动杆调整法：生成切槽后，切槽上有三个红色拖动杆，端点是立方体，拖动这三个拖动杆，可以相应地拉伸或压缩切槽的长度或宽度；另有一个绿色拖动杆，端点为球形，拖动它可在不改变切槽形状的前提下，对切槽进行旋转。鼠标双击背景结束操作。

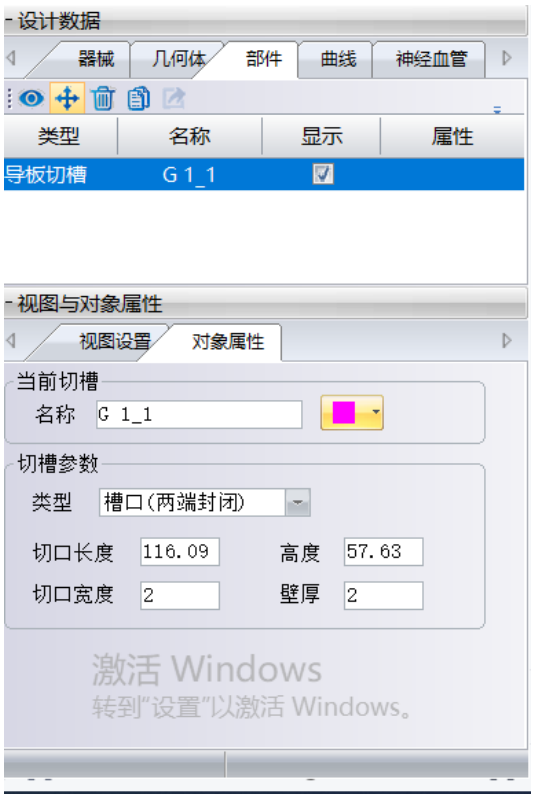
切槽口修改：通过切割平面创建平板后，若发现平面空间位置不合理，可以通过两种方式改变切槽的空间位置：拖动杆改变法和参数调整法。

拖动杆改变：生成切槽后，切槽上有四个拖动杆，有三个端点时立方体，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。（图 7-15）

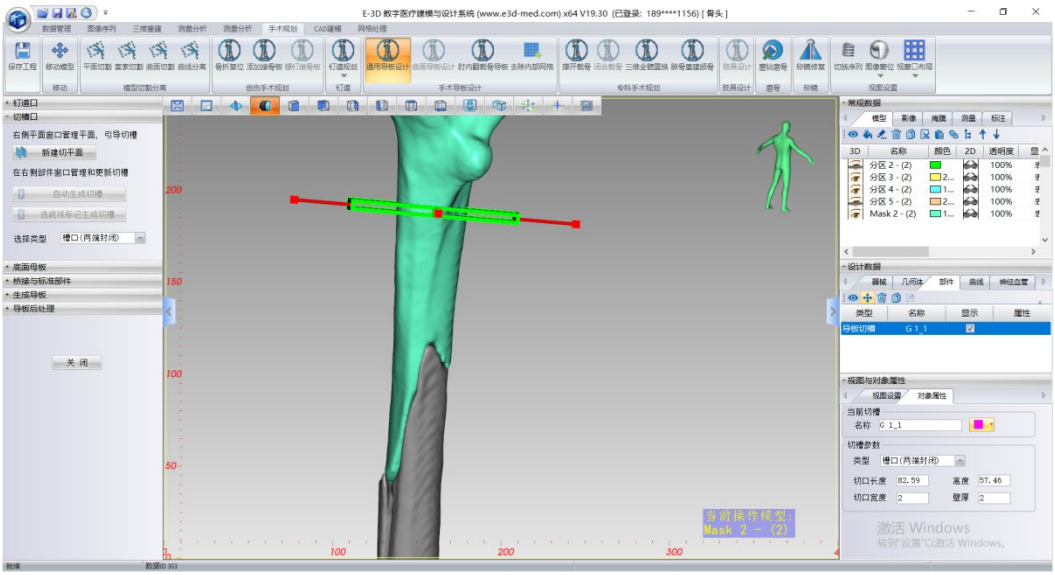


7-15 创建切槽口

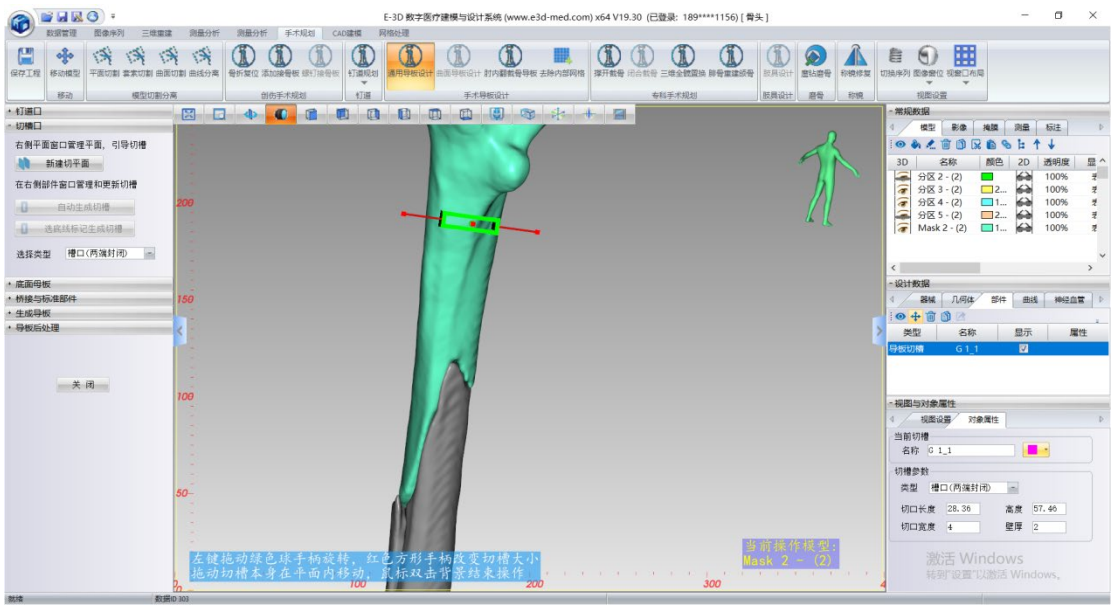
参数调整法：单击切槽，即可在界面右侧“视图与对象编辑”一栏的“对象属性”标签下修改切槽口的参数，包括参数调整：切槽口的参数调整和螺钉的参数调整比较，相对简单了一些，切槽需要调整的参数有：切口长度、切口宽度、高度和壁厚。切槽的“高度”指该切槽侧边的长度。（图 7-16）



①



②



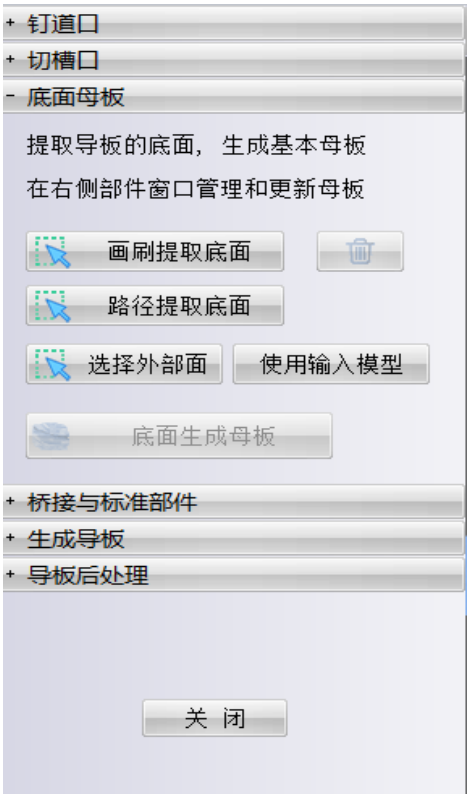
③

7-16 修改切槽口

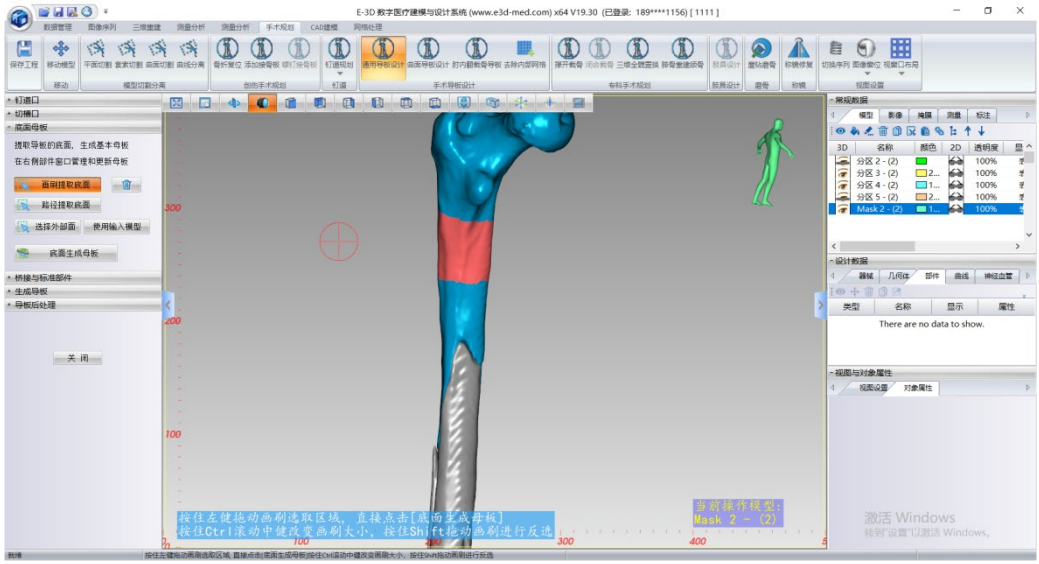
①切槽口修改工具栏②修改切槽长度③修改切槽口宽度

底面母版

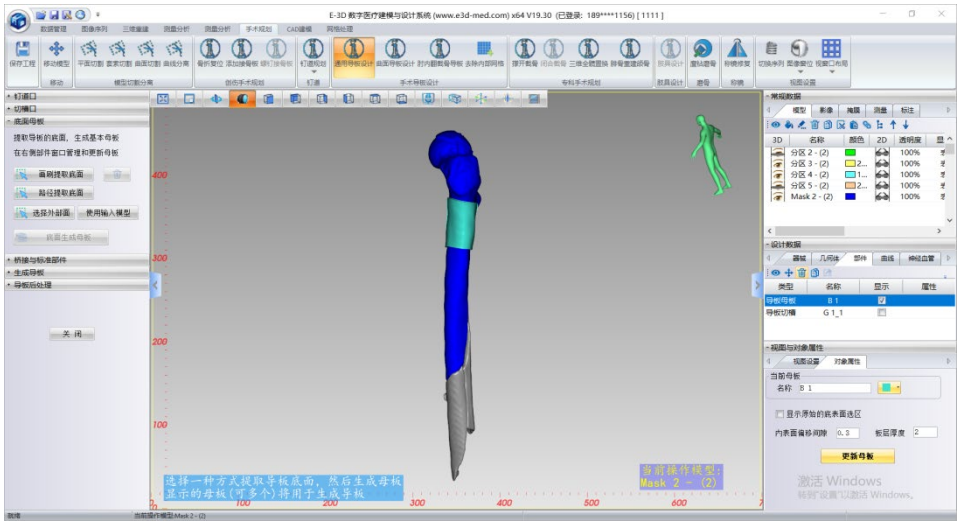
点击“底面母版”打开底面母版工具栏，点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”，选择提取方式，标记母版区域，再点击“底面生成母版”提取导板的底面，生成基本母版。在右侧“部件”窗口可以管理和更新母版。（图 7-17）


+ 钉道口
+ 切槽口
- 底面母板
提取导板的底面，生成基本母板
在右侧部件窗口管理和更新母板
画刷提取底面
路径提取底面
选择外部面
使用输入模型
底面生成母板
+ 桥接与标准部件
+ 生成导板
+ 导板后处理
关 闭

①


E-3D 数字医疗建模与设计系统 (www.e3d-med.com) x64 V19.30
There are no data to show.

②



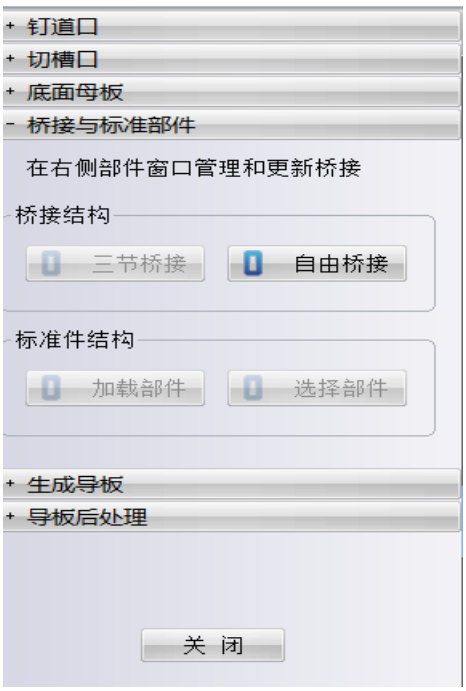
③

图 7-17 底面母版

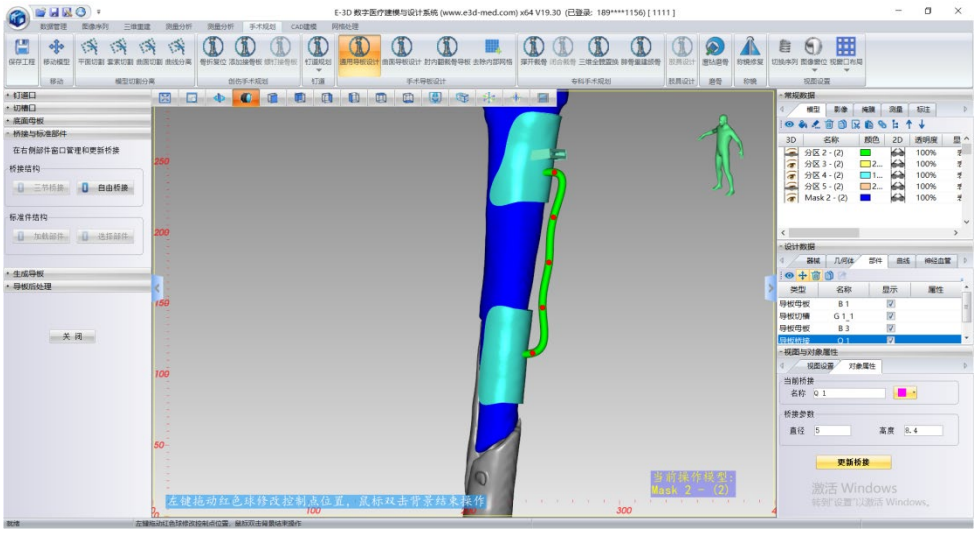
①底面母版工具栏　②提取底面　③生成底面母版

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，将多个部件连接在一起，以固定它们之间的相对位置，这样在手术当中只要其中一个部件定位准确，则其他部件也已定位准确。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 7-18 ）。



①



②

图 7-18 桥接

①桥接工具栏 ②创建桥接

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，根据模型特点选择一种，即完成操作。若需在已生成的导板上添加固定钉孔，点击“新钉孔”设置钉孔位置，输入孔径，点击“执行生成”即完成操作（图 7-19 生成导板）。

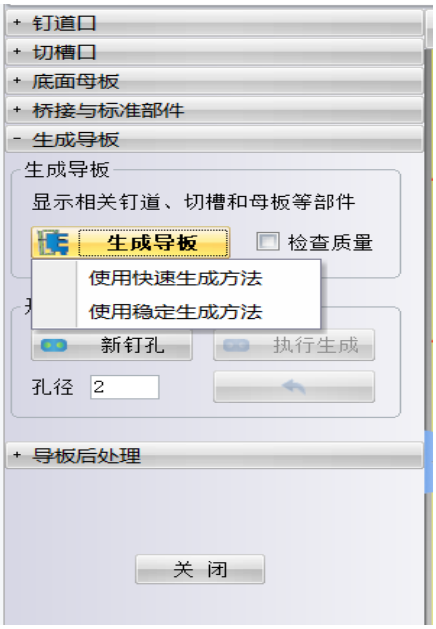


图 7-19 生成导板工具栏

生成导板时，共有两种生成方式：使用快速生成方式和使用稳定生成方式。两种方式生成的导板本质上没有区别，但需根据模型的特点来选择：

使用快速生成方式：优点是计算速度快，适合结构简单、范围大的模型，否则会出现空洞、坏边、法线错误、生成的模型错误等问题。

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

（六）曲面导板设计

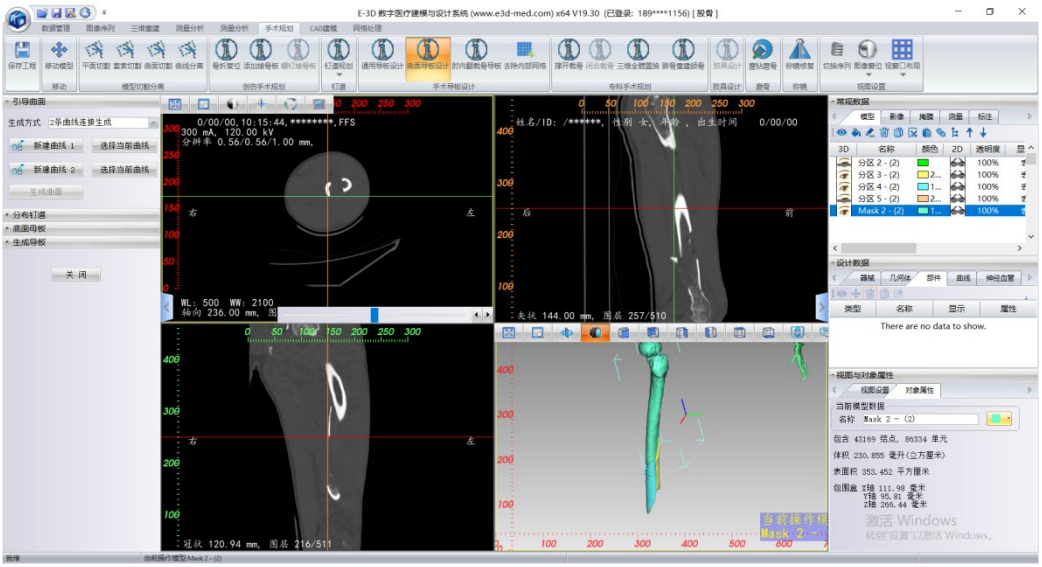
1.引导曲面

当用户需要设计单颌多个植体的导板、踝骨融合导板、髋骨融合导板时，需要在同一水平线上创建多个钉道，通用导板设计将不能满足需要，我们可以使用曲面导板设计进行导板制作。具体方法如下：

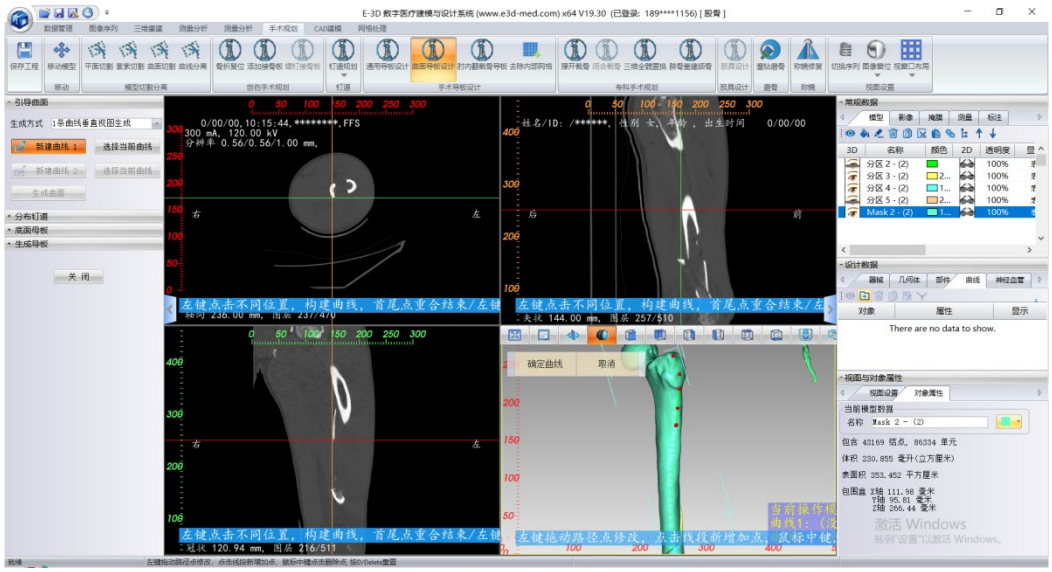
点击“曲面导板设计”按钮，左侧弹出操作菜单栏，选择生成方式：

一条曲线垂直视图生成：

点击“新建曲线 1”，选择曲线新建方式，“控制点 曲线（二维/三维）”或“控制点 折线（二维/三维）”在合适的视图中按住 CTRL 键画出曲线，调整曲线位置和形状，点击确定。点击“生成曲面”，计算机将沿着这条曲线，垂直视图生成一个曲面。（图 7-20）



①



②

图 7-20 生成曲面方式

①两条曲线连接生成 ②一条曲线垂直视图生成

两条曲线连接生成：

点击“新建曲线 1”创建导管口一侧的曲线，再点击“新建曲线 2”创建螺钉一侧的曲线，创建完成后，点击“生成曲面”。（图 7-21）

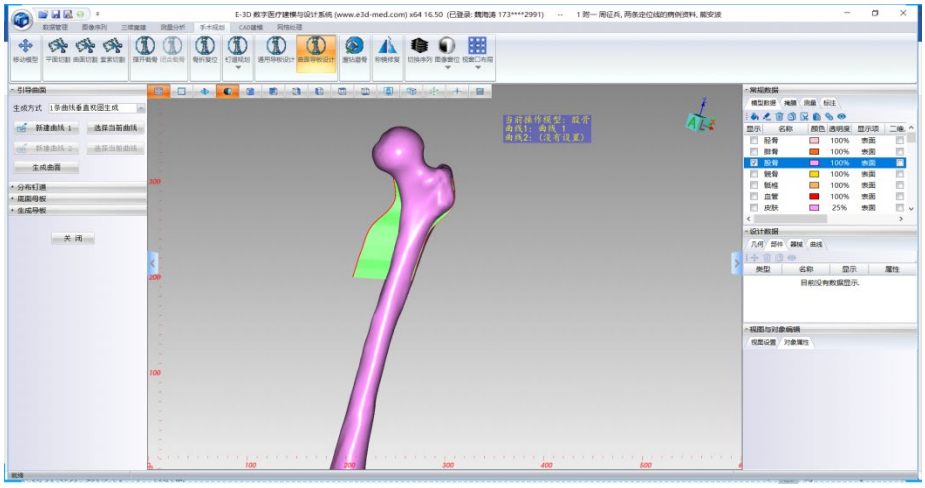
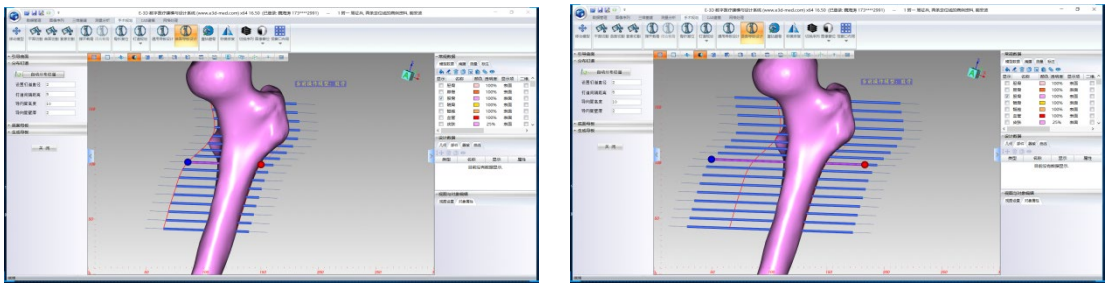


图 7-21 生成曲面

2. 分布钉道

生成曲面后，点击“分布钉道”设置钉道分布参数，即钉道直径、钉道间隔、导管高度、导管壁厚，设置完成后，点击“自动分布钉道”按钮，钉道分布情况将在三维视口中显示，在视口中拖动小球，可以直接修改钉道长度。



□ ②

图 7-22 分布钉道

①分布钉道 ②修改钉道长度

3. 底面母板

点击“底面母板”，选择底面提取方式，点击“底面生成母板”，则会创建一块底面母板。（图 7-23）

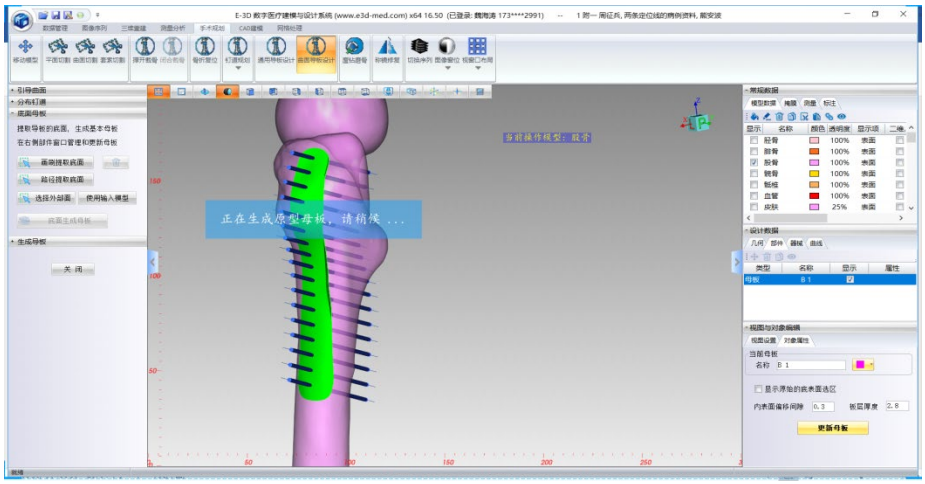


图 7-23 生成底面母版

4. 生成导板

点击“生成导板”，选择生成方法，经计算后将在模型表面生成导板。（图 7-24）

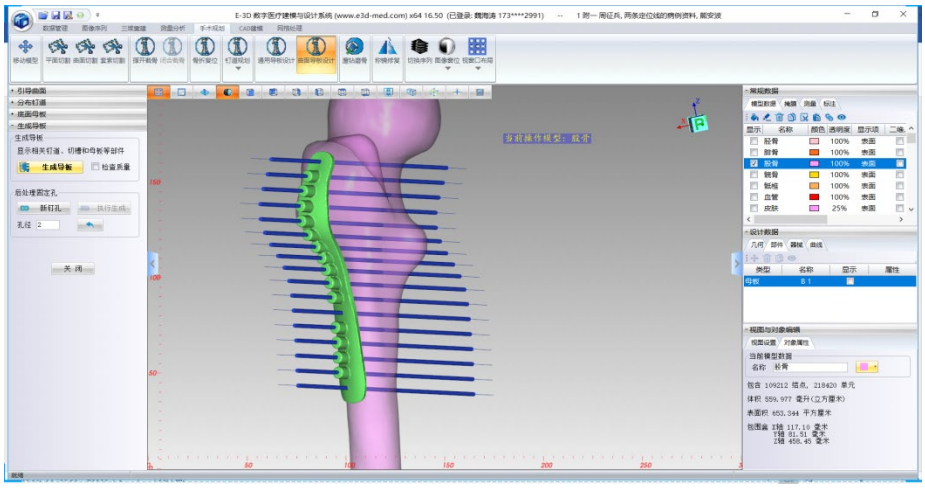
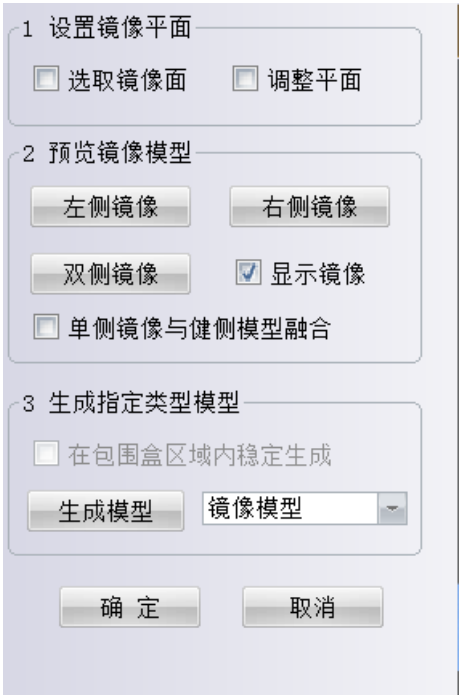


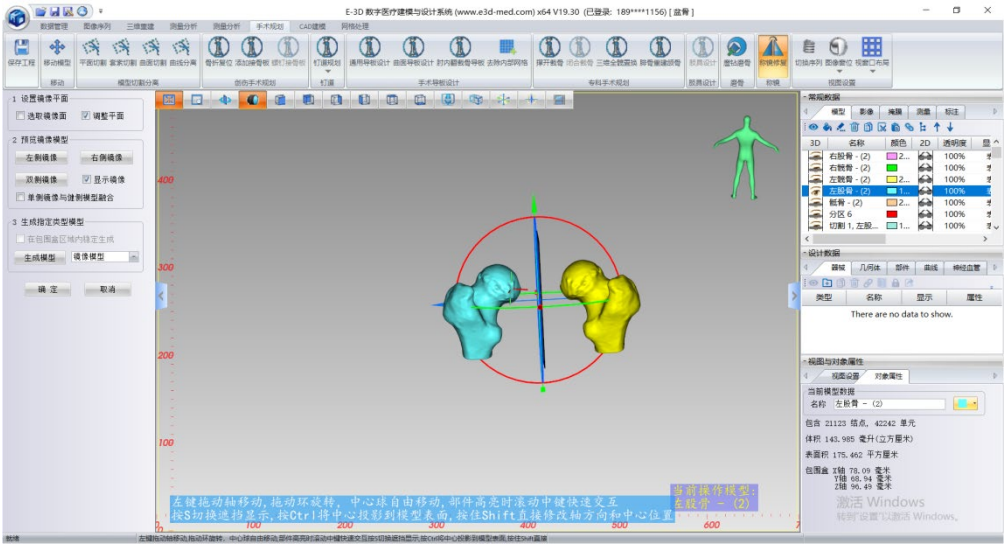
图 7-24 生成导板

（七）对称修复

点击“对称修复”工具，勾选“选取镜像面”或“调整平面”，在三维模型视口中设置镜像平面，然后勾选“显示镜像”，点击“左侧镜像”、“右侧镜像”或“双侧镜像”预览镜像效果，如果效果不满意，勾选“调整平面”在三维视口中调整镜像面的位置，再次进行预览，直到达到满意的效果，再选择模型生成类型，包括“镜像模型”、“增补假体”或“融合模型”三类，最后点击“生成模型”，并点击“确定”完成并退出操作（图 7-25）。



①对称修复工具栏



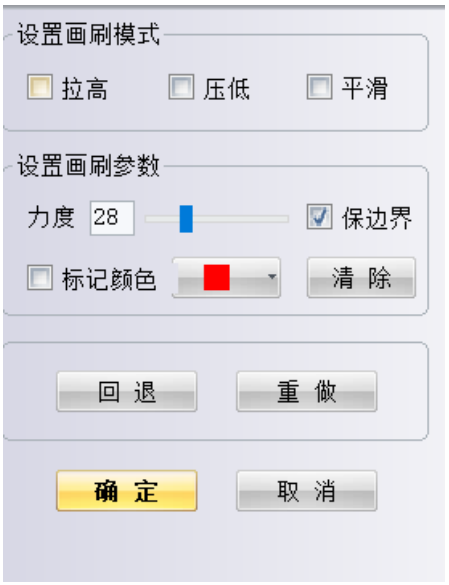
②

图 7-25 对称修复效果图

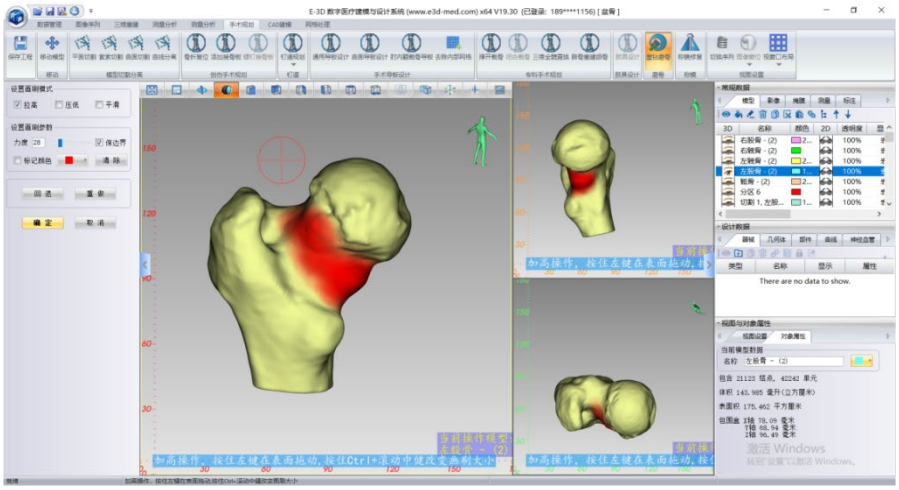
①称镜修复工具栏　②称镜修复效果

（八）局部画刷

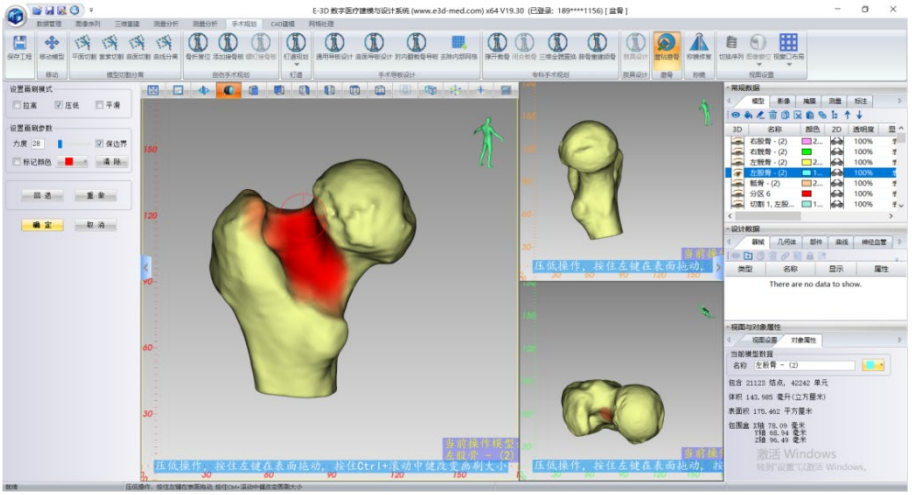
点击“手术规划”中的“磨骨钻骨”命令，弹出以下对话框，选择画刷模式“拉高”、“压低”、“平滑”，设置画刷参数“力度”、“标记颜色”，滚动滚轮可以改变画刷大小，然后，在三维视口中按住鼠标左键在模型上拖动执行操作，点击“确定”完成并退出操作（图 7-26）。



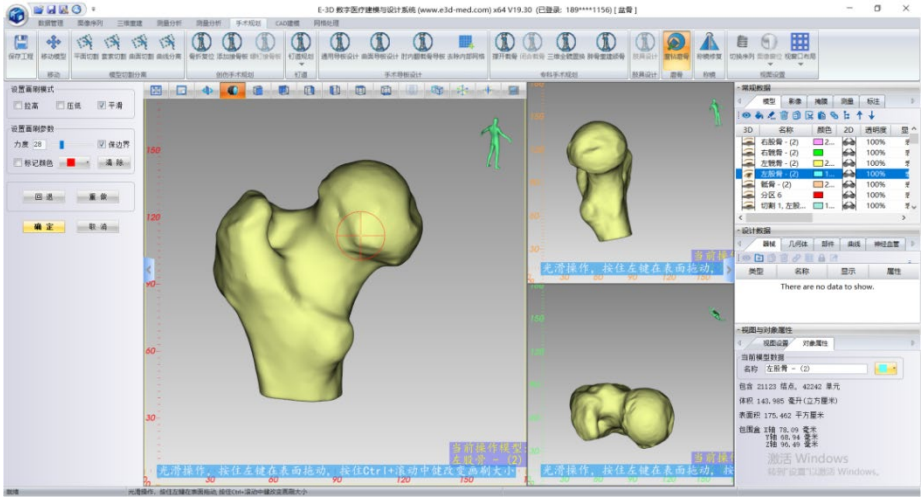
①



②



③



④

图 7-26 局部画刷

①局部画刷工具栏②拉高操作③压低操作④平滑操作

第八章：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、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）创建点、线、面、体

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（图 8-1）。

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，单击左键即可新建标志点。在“对象属性”中可以修改“点”的名称，查看及修改“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，通过输入坐标参数确定“点”的位置，单击“确定”，完成“点”的创建。

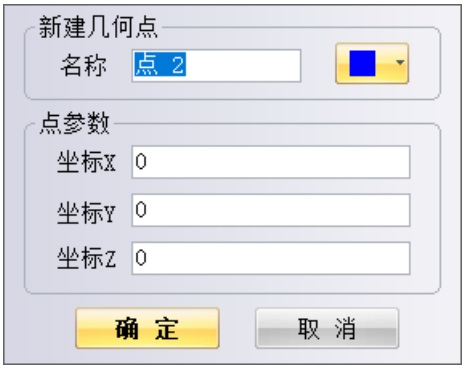


图 8-1 创建点

模型创建点：选择“CAD 建模”菜单，点击“点”命令，可在下拉菜单中选择“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”，再选择参考模型，完成“点”的创建。

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 8-2 创建线）。

直接绘制：“CAD 建模”菜单，点击“线”命令，打开下拉菜单，可选择“鼠标选 2 点”、“鼠标选 1 点（垂直视图平面）”、“鼠标选 1 点（平行 1 条线段）”鼠标光标出现变化，在所有视口都可以进行操作，单击左键即可新建定义线段的标志点。在“对象属性”中可以修改“线”的名称，查看及修改标志点的坐标，以调整“线”的位置。

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，通过输入标志点的坐标参数以确定“线”的位置，单击“确定”，完成线的创建。



图 8-2 创建线

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 8-3 ）。

直接绘制：打开相应形状的菜单，选择绘制方式，再在任一视口中创建标志点，以创建形状。

键盘输入：打开相应形状的菜单，点击“键盘参数定义”，根据提示输入相应形状的参数，完成形状的创建。

球体/半球体

直接绘制：选择“CAD 建模”菜单栏下的“球体”，可在下拉菜单中选择“鼠标选 2 点 中心半径”、“鼠标选 2 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，单击左键新建标志点。在“对象属性”中可以修改“球体”/“半球体”的名称，查看及修改相关参数。

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”，完成球体创建。

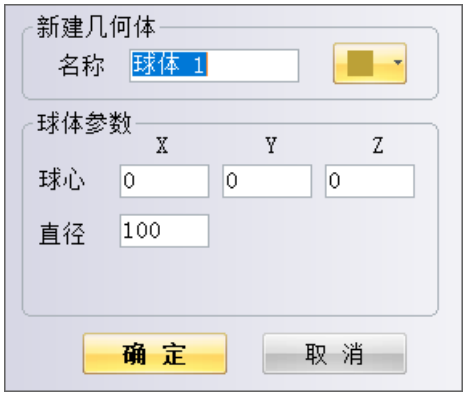


图 8-3 创建圆球

圆柱体

直接绘制：选择“CAD 建模”菜单栏下的“圆柱体”，可在下拉菜单中选择“鼠标选 3 点 中心线 半径”、“鼠标选 2 点 中心半径（垂直视图）”、“鼠标选 2 点 直径（垂直视图）”、“鼠标选 1 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，单击左键新建标志点。在“对象属性”中可以修改“圆柱体”的名称，查看及修改属性参数（图 8-4 创建圆柱）。

键盘输入：在下拉菜单中点击 “键盘参数定义 2 个端点”或“键盘参数定义 1 个端点和方向”，弹出“新建几何体”的对话框，根据提示输入参数，点击“确定”，完成圆柱体创建。

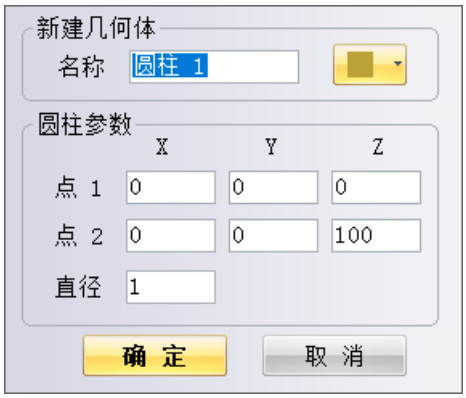


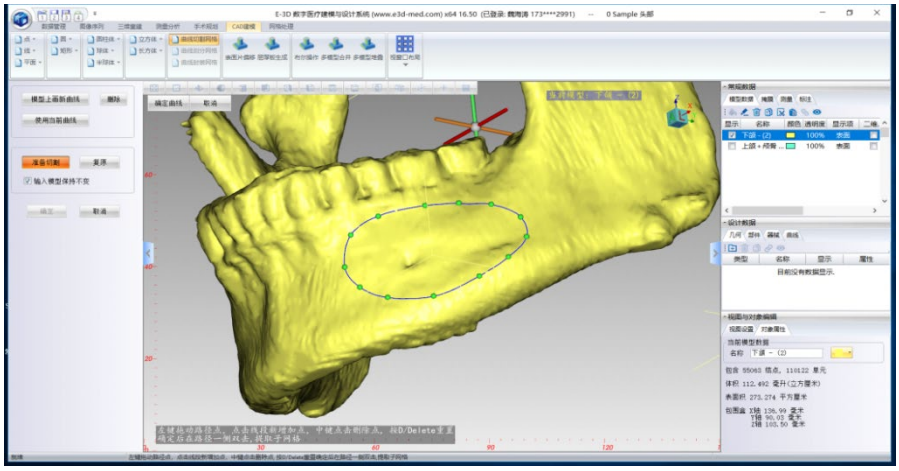
图 8-4 创建圆柱

（二）曲线网格划分

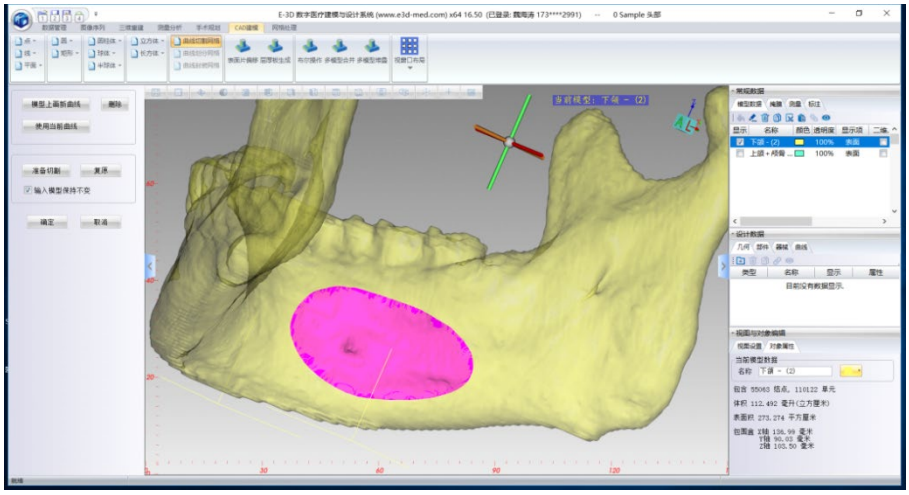
当执行实体建模后，掩模将变为带有面网格的三维模型，通过曲线网格处理工具，可以对模型表面进行划分、提取、切割和修补等操作，其中曲线网格划分共有三种方式：“曲线切割网格”、“曲线划分网格”、“曲线封装网格”。

曲线切割网格： 点击“曲线切割网格”，界面左侧弹出操作工具栏，如果有之前创建好的曲线，可以选择曲线后点击“使用当前曲线”，如果没有之前

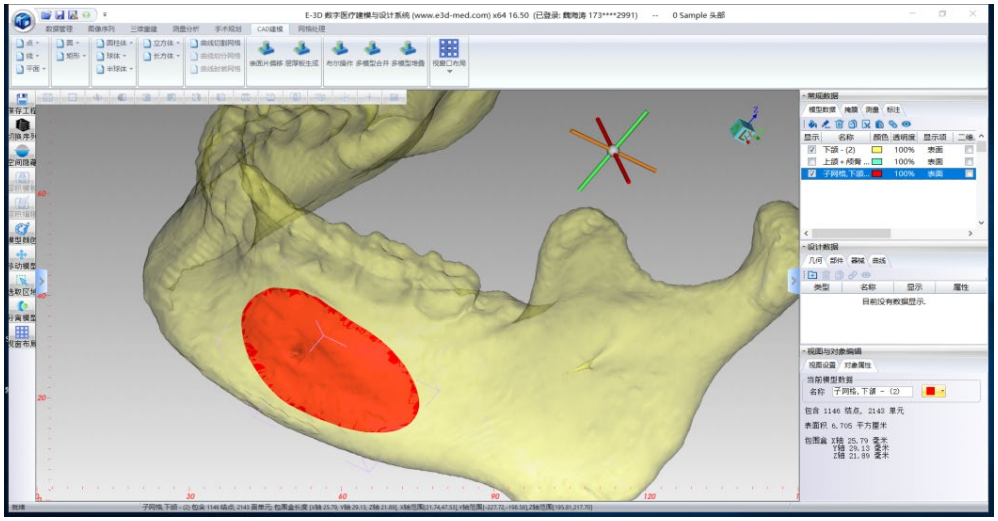
创建的曲线，则点击“模型上画新曲线”，在三维模型上绘制一个首尾相连的闭合曲线，双击曲线内部，封闭曲线内部会计算出需要切割网格的母板，点击“准备切割”，再点击“确定”。在右侧模型数据窗口中，会新增一个名为“子网格，原模型名称”的新模型。（图 8-5）



①



②



③

图 8-5 曲线切割网格

①曲线绘制②创建选区③曲线切割网格效果

（三）布尔操作

两个蒙板之间可以进行布尔操作，选择“CAD 建模”菜单栏下的“布尔操作”弹出布尔操作工具栏（图 8-6）：

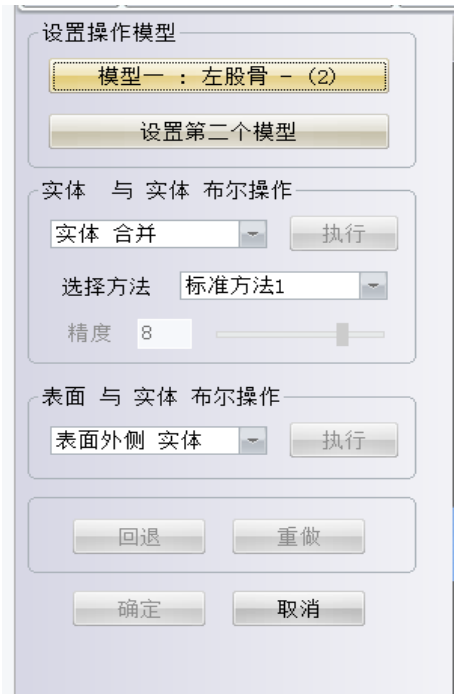


图 8-6 布尔操作菜单栏

设定相关参数：在“设置操作模型”一栏中选择模型一和模型二，选择布

尔操作的方式：“减”、“交”、“并”：

1.布尔减：

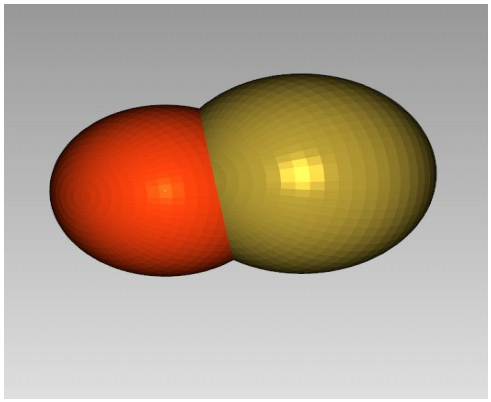
两个蒙板矩阵中对应元素执行布尔减(用符号“—”表示)运算的法则（图8-7)：

设球体 A 和球体 B，A—B 相当于从球体 A 中减去其与球体 B 的重叠部分，反之亦然。

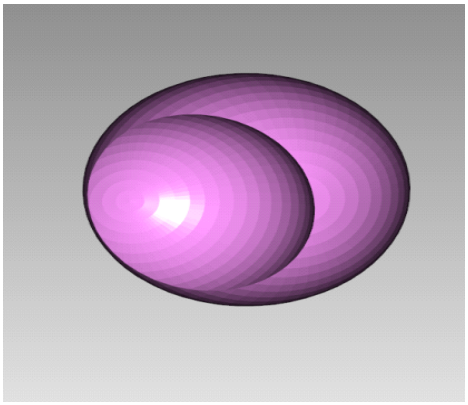
1-0=1

0-1=0

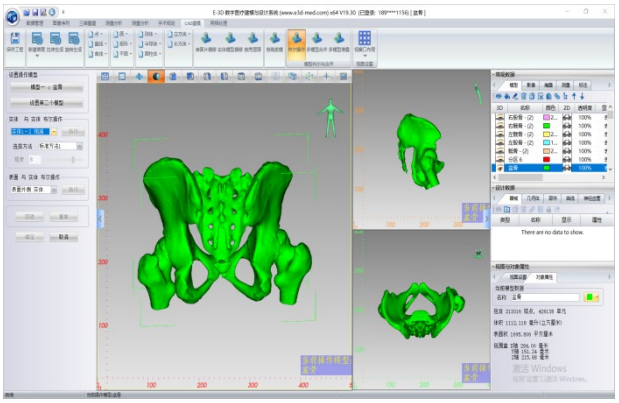
0-0=0

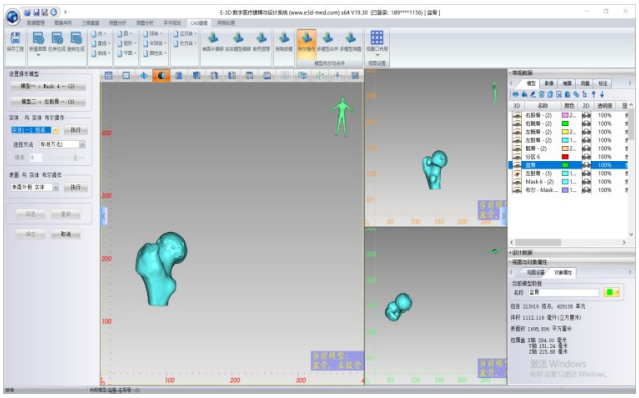


①

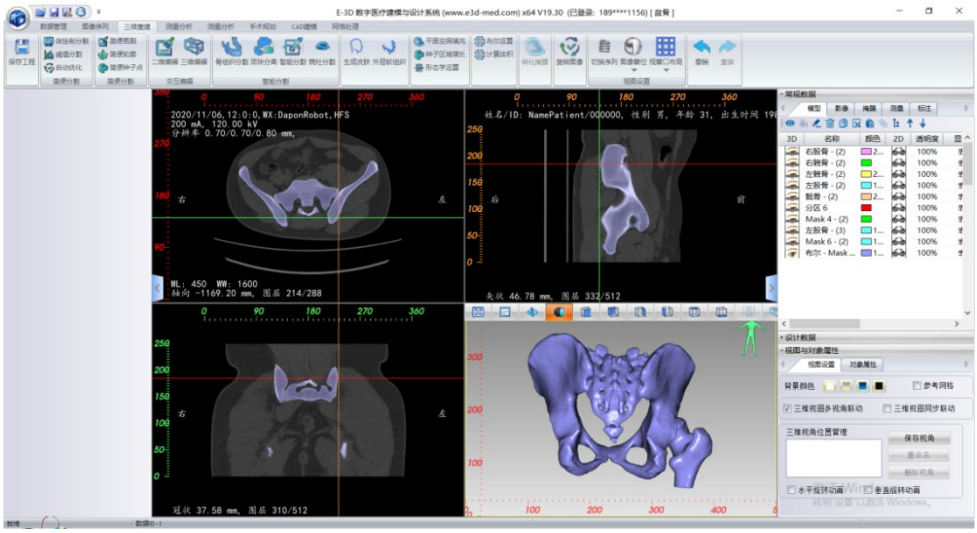


②





③ ④



⑤

图 8-7 布尔减

①布尔减之前 ②布尔减效果 ③案例：团块 1 ④案例：团块 2 ⑤案例：布尔后

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：

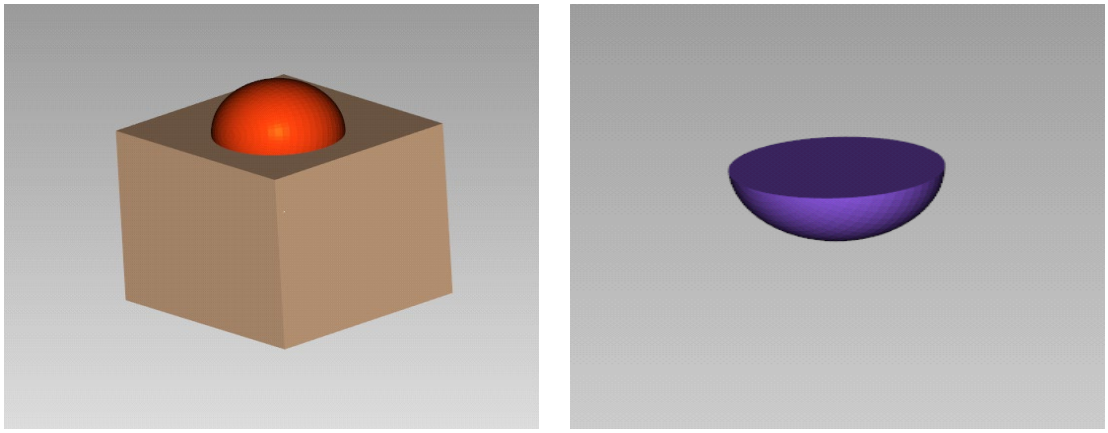
设球体 A 和立方体 B，则 A|B 相当于只保留球体 A 与立方体 B 的重叠部分。

1|0=0

0|1=0

0|0=0

1|1=1



①　　②

图 8-8 布尔交

①布尔交之前 ②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（图 8-9）

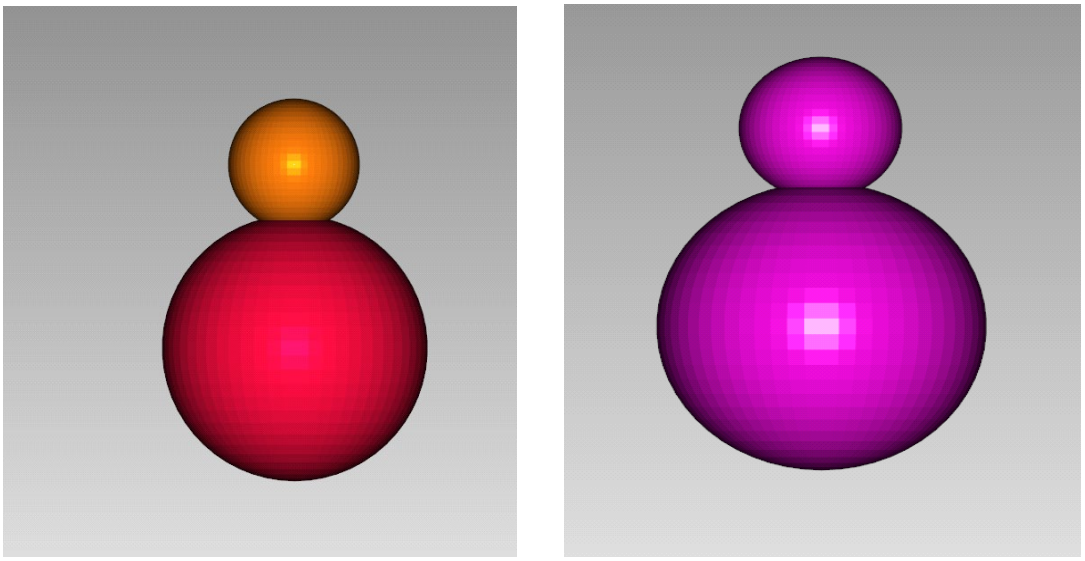
设球体 A 和球体 B，AUB 相当于将球体 A 与球体 B 合并为一个整体。

1U0=1

0U1=1

0U0=0

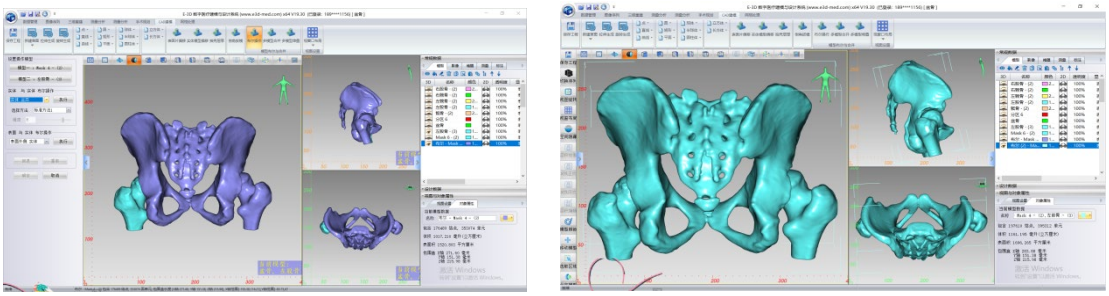
1U1=1



①　　②

图 8-9 布尔并

图 3—8 左图为布尔交之前，右图为布尔交之后



③　　④

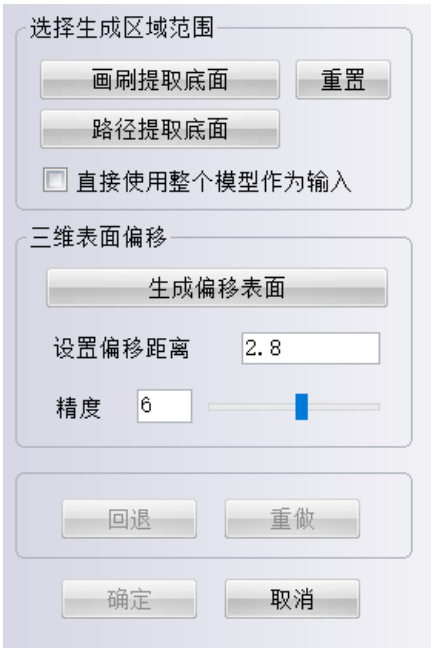
图 8-9 布尔并

①布尔交之前②布尔交之后③案例：布尔交之前④案例：布尔交之后

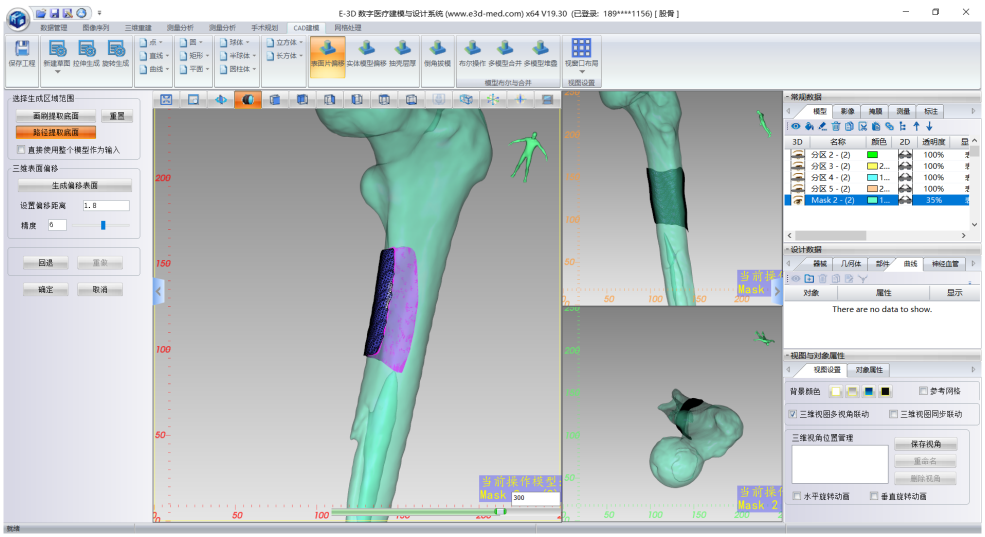
最后单击“执行”命令，布尔操作的结果会保存为一个新的模型。

（四）表面片偏移

点击“表面片偏移”命令，弹出工具栏，左键点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”，在三维视口内刷取或圈出生成范围，也可以勾选“直接使用整个模型作为输入”，再设置偏移距离和精度，点击“生成偏移表面”，待计算完成后，点击“确定”，即可输出一个新的层厚模型，并被保存在“模型数据”标签内（图 8-10）。



①表面片偏移命令栏



②

图 8-10 表面片偏移

①表面片偏移工具栏②表面片偏移效果

（五）层厚板生成

点击“层厚板生成”命令，弹出层厚板生成工具栏，左键点击“画刷提取底面”或“路径提取底面”，在三维视口内刷取或圈出生成范围，也可以勾选“直接使用整个模型作为输入”，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，再点击“生成层厚模型”，

待计算完成后，点击“确定”，即可输出一个新的层厚模型，并被保存在“模型数据”标签内（图 8-11）。

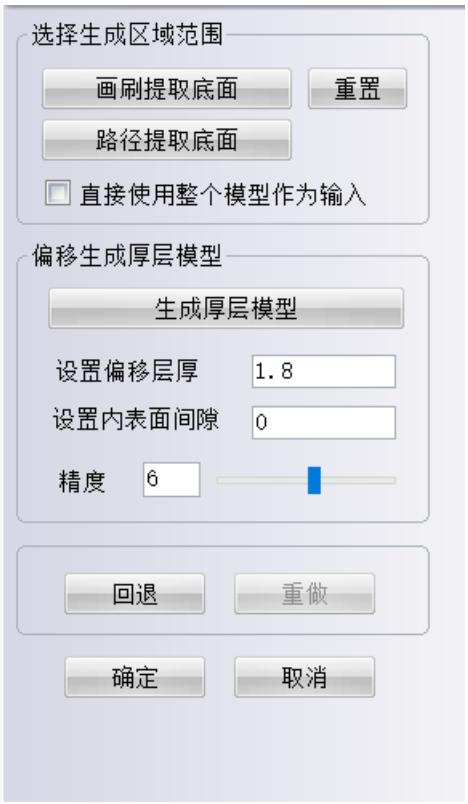


图 8-11 层厚板生成工具栏

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模型，但是“表面片偏移”功能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，因此，如果模型内部有空心部分，请注意区分两种偏移方式。（图 8-12）

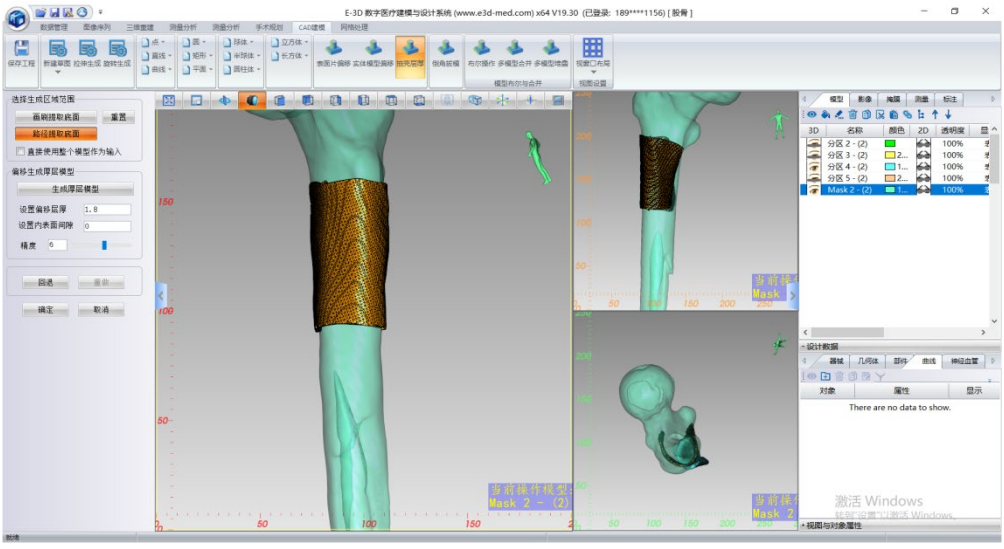
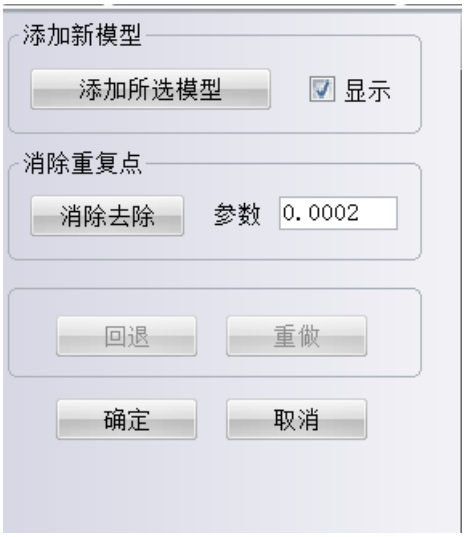


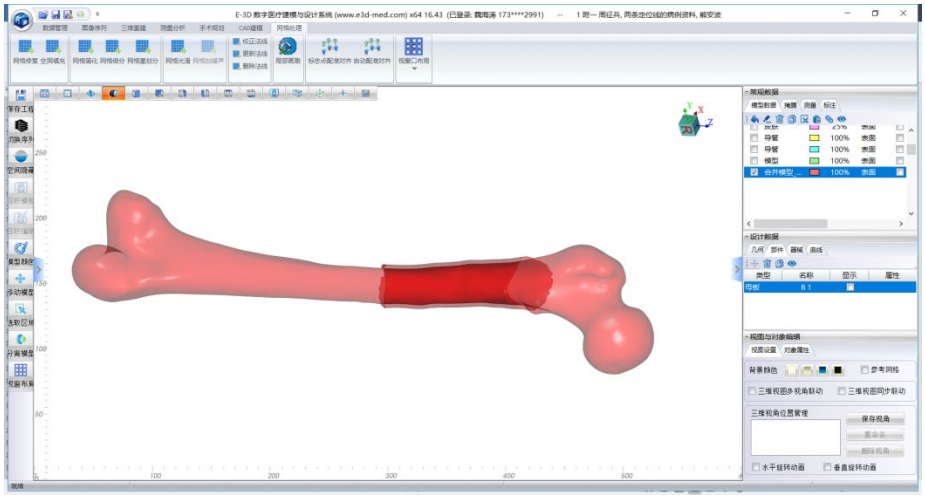
图 8-12 层厚板生成 效果展示

（六）多模型堆叠

点击“多模型堆叠”命令，弹出多模型堆叠工具栏，左键点击“添加所选模型”来添加一个模型，用以和已选中的模型堆叠，输入消除重复点参数，点击“确定”，完成两个模型堆叠。新模型被保存在“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组成（图 8-13）



①



②

图 8-13 多模型堆叠

①多模型堆叠工具栏②多模型堆叠效果

第九章：网格处理

（一）网格修复

点击“网格修复”，弹出以下对话框，勾选需要修复的项目，点击“一键自动修复网格质量”计算机对模型进行修复，点击“确定”完成并退出操作（图 9-1）。

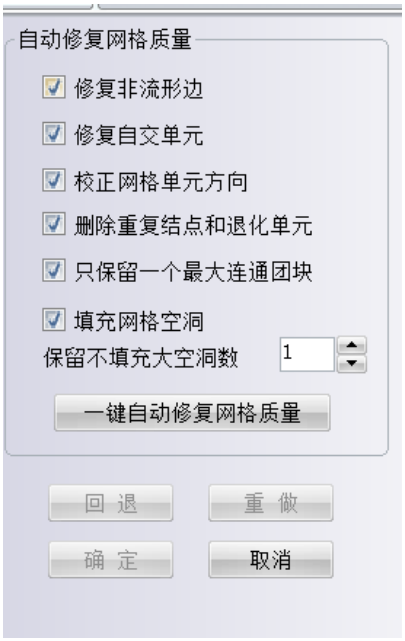


图 9-1 自动修复网格质量工具栏

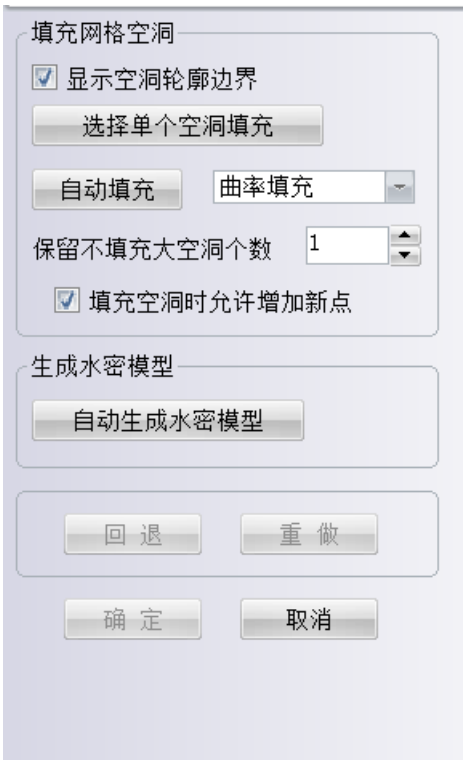
（二）空洞填充

点击“空洞填充”，弹出以下对话框（图 9-2）。

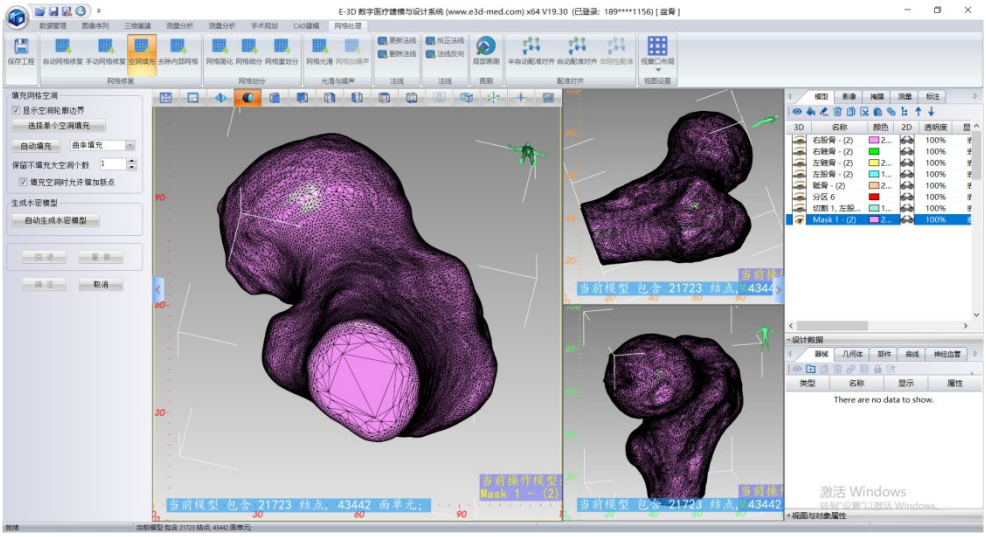
选择单个空洞填充：点击“选择单个空洞填充”，在视口内点击模型空洞轮廓，软件自动执行填充命令。

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

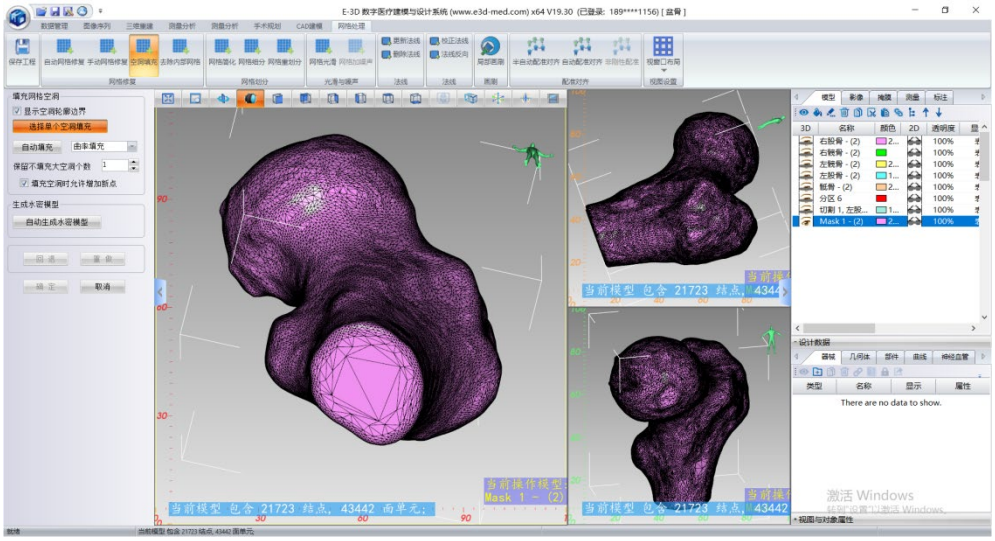
注意：“自动生成水密模型”是非常强大的空洞填充工具，在使用时，若模型内部有异物，则生成的水密模型表面将显现异物形状的隆起。


填充网格空洞
显示空洞轮廓边界
选择单个空洞填充
自动填充
曲率填充
保留不填充大空洞个数
1
填充空洞时允许增加新点
生成水密模型
自动生成水密模型
回 退
重 做
确 定
取消

①


E-3D 数字医疗建模与设计系统 (www.e3d-med.com) x64 V19.30
There are no data to show.

②



③

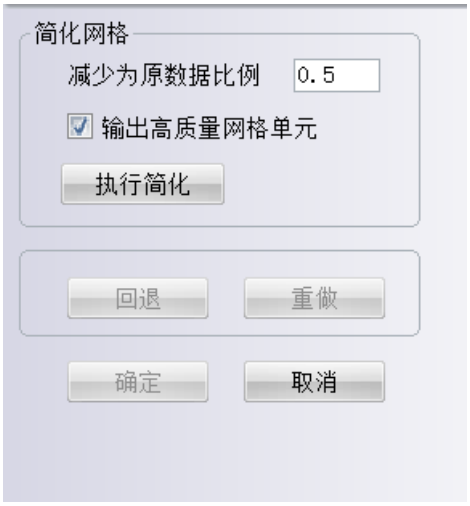
图 9-2 空洞填充

①填充空洞工具栏②查找空洞③填充空洞

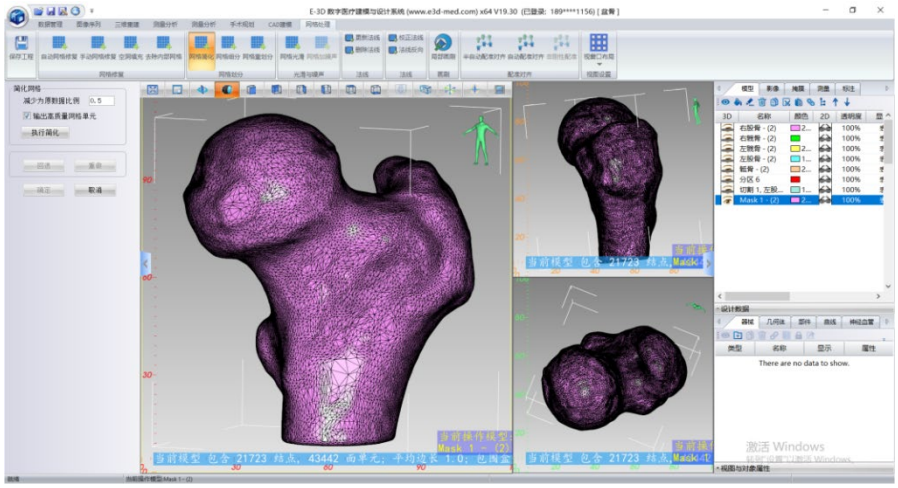
（三）网格简化

点击“网格简化”，弹出以下对话框，在“减少为原数据比例”输入框中输入一个比例值，点击“执行简化”，计算机将按此比例对模型表面网格数量进行简化，待计算完成后，点击“确定”完成并退出操作（图 9-3）。

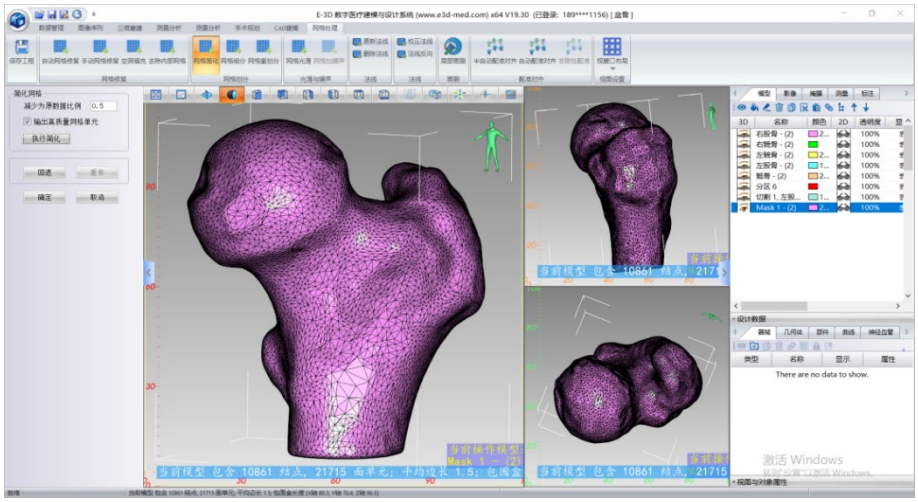
注意：网格简化操作能使模型网格数量减少，但同时会损失模型细节，需谨慎使用。



①



②



③

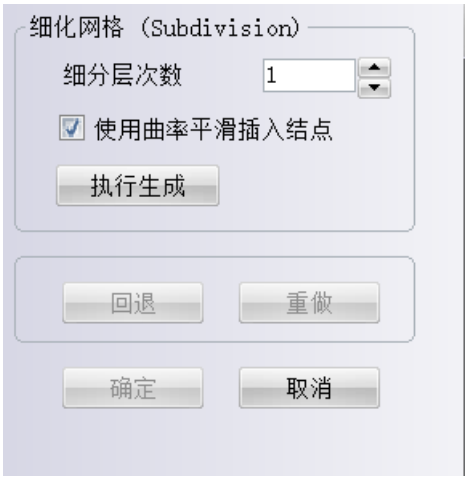
图 9-3 简化网格

①简化网格工具栏 ②执行简化前③执行简化后

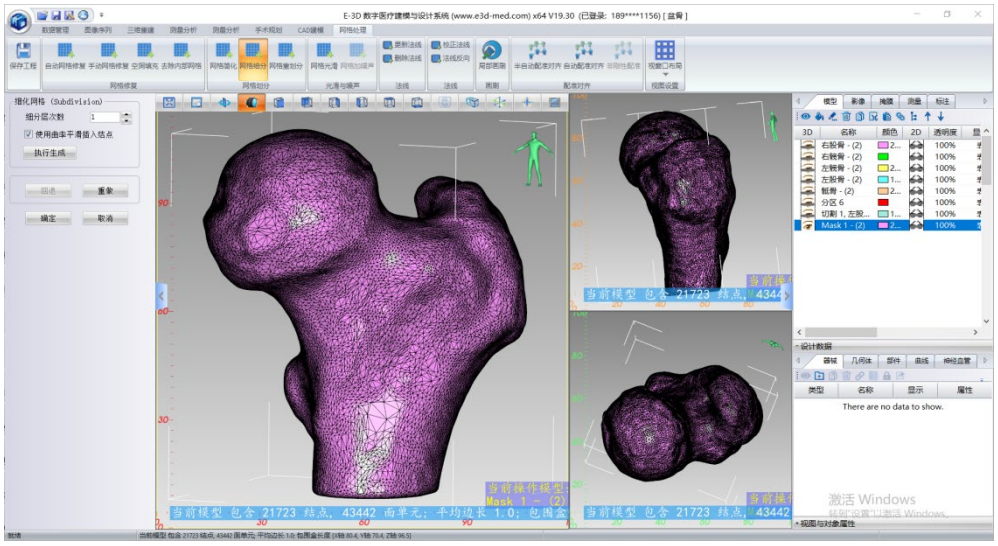
（四）网格细分

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，待计算机完成网格细分计算，点击“确定”完成并退出操作（图 9-4）。

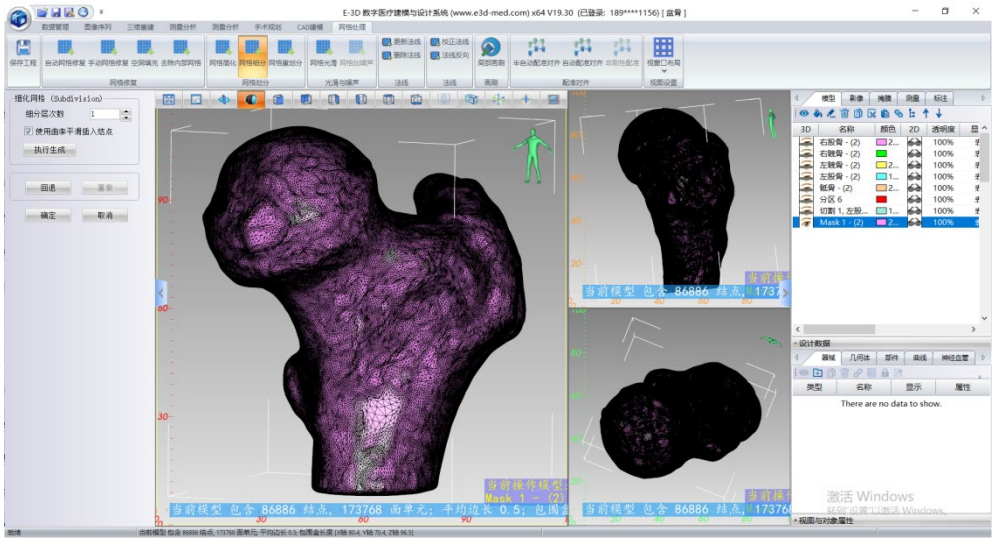
注意：细分层次数越高，计算出来的模型表面网格数越多，模型质量越好，但对计算机配置要求也越高。



①



②



③

图 9-4 细化网格

①细化网格工具栏②执行细化网格前③执行细化网格后

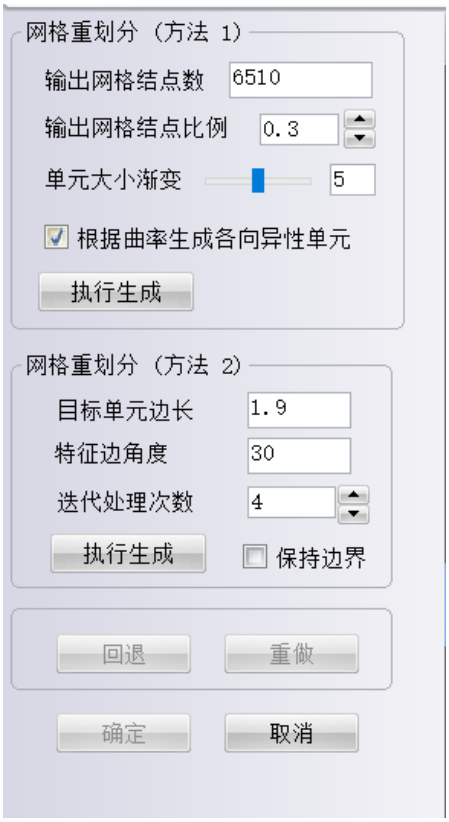
（五）网格重划分

点击“网格重划分”，弹出以下对话框，此菜单提供了两种重画网格的方法：通过结点比例重画网格和通过特征重画网格（图 9-5 重画网格）。

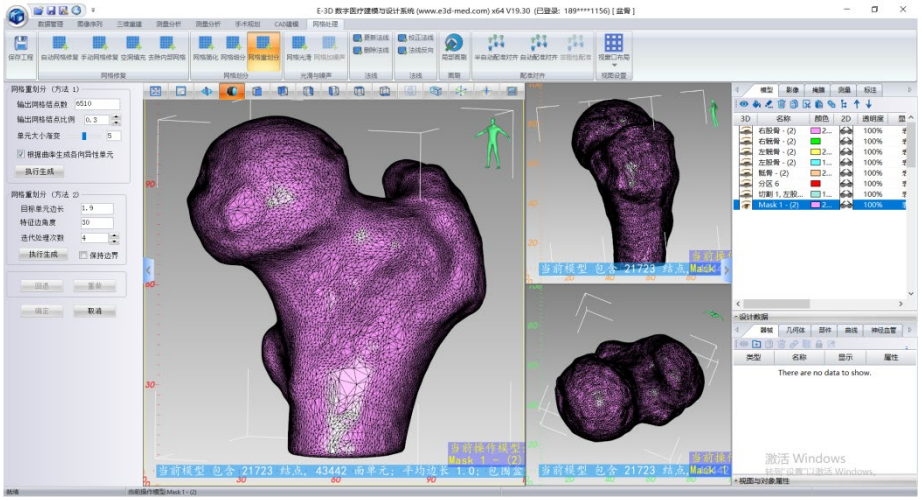
通过结点比例重画网格：在三维视口左下角显示当前模型的表面网格数量，在“输出网格节点比例”栏中输入结点比例，则“输出网格结点数”栏中对应显示此比例下的结点数量，点击“执行生成”，计算机进行计算。

通过特征重画网格：在输入框中输入“目标单元边长”、“特征边角度”、“迭代处理次数”。目标单元边长即网格边长；特征边角度即网格角度，决定了网格的形状。点击“执行生成”，计算机进行计算。

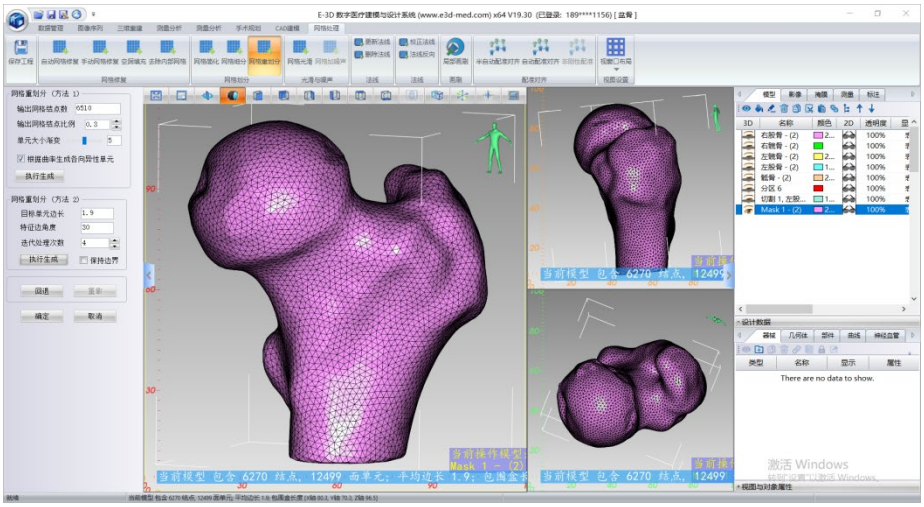
待计算完成后点击“确定”完成并退出操作。



①



②



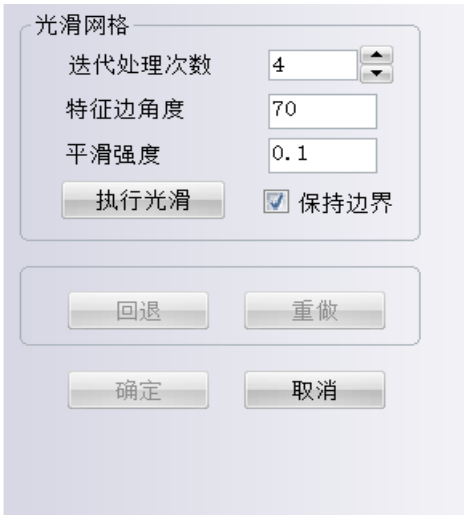
③

图 9-5 网格重划分

①网格重划分工具栏②网格重划网格前③网格重划网格后

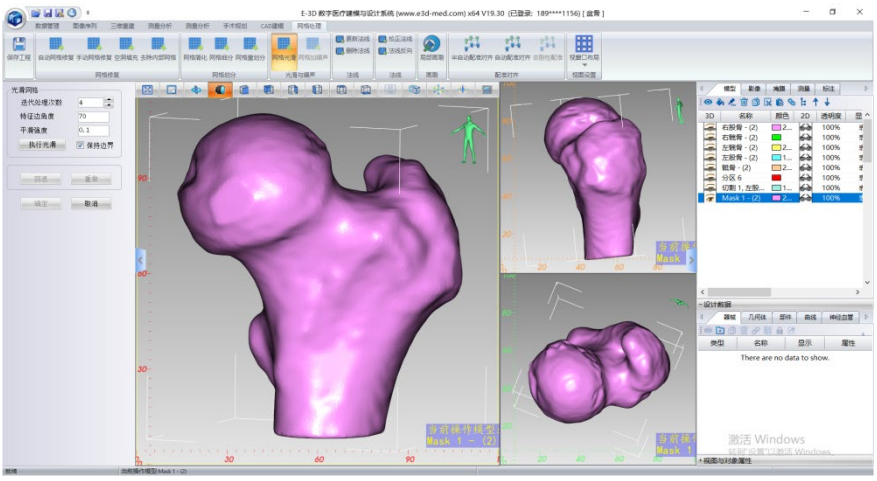
（六）网格光滑

点击“网格光滑”，弹出以下对话框，选择合适的“迭代处理次数”、“特征边角度”、“平滑强度”，点击“执行光滑”对模型进行光滑处理，通过三维视口进行观察，若还未达到理想效果，可加大“平滑强度”数值，再次点击“执行光滑”，对已光滑的模型再进行一次处理，直至效果满意后，点击“确定”完成并退出操作（图 9-6 网格光滑）。

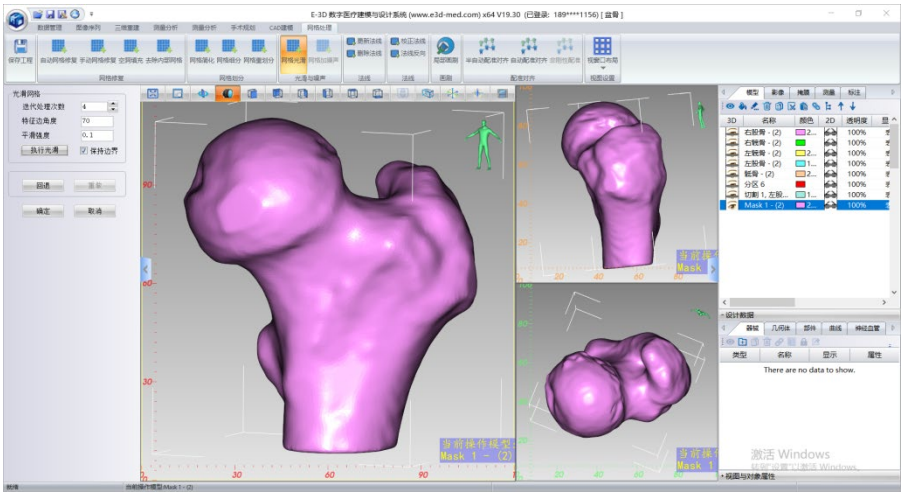


①

图 7—6 网格光滑



②



③

图 9-6 网格光滑

①网格光滑工具栏②网格光滑前③网格光滑后

法线修复

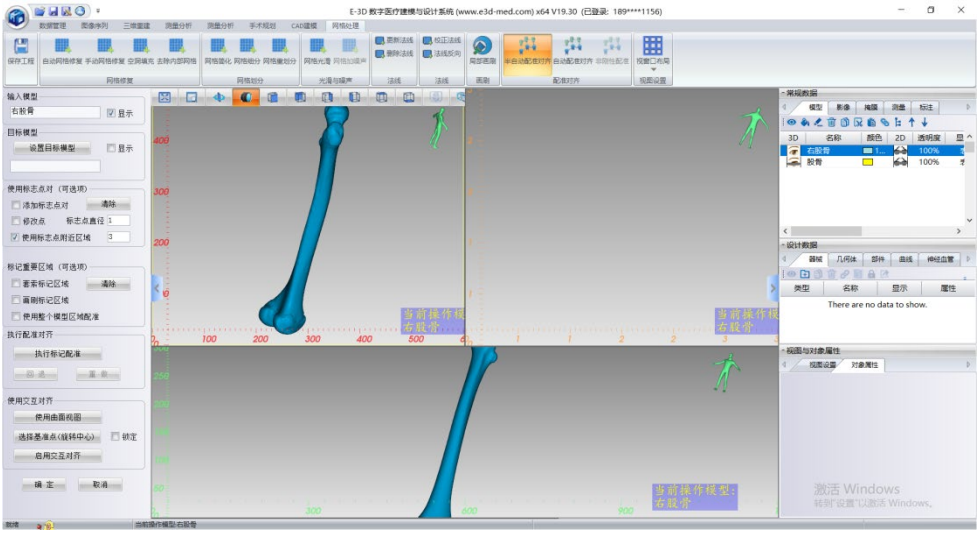
点击“网格修复”命令后，若有部分三角面片显示为红色，则表明此部分三角面片的三角网格法线与模型正常的法线相反，此时点击“校正法线”按钮，则红色的三角面片转变为正常颜色，表明不一致的法线已被校正。点击“删除法线”删除不需要的法线，点击“更新法线”将校正和删除后的效果进行显示。点击网格修复命令后，若有部分三角面片显示为红色，则可能是部分三角面片的三角网格法线与模型正常的法线相反，点击“校正法线”命令，红色的三角面片转变为正常颜色。

（七）配准对齐

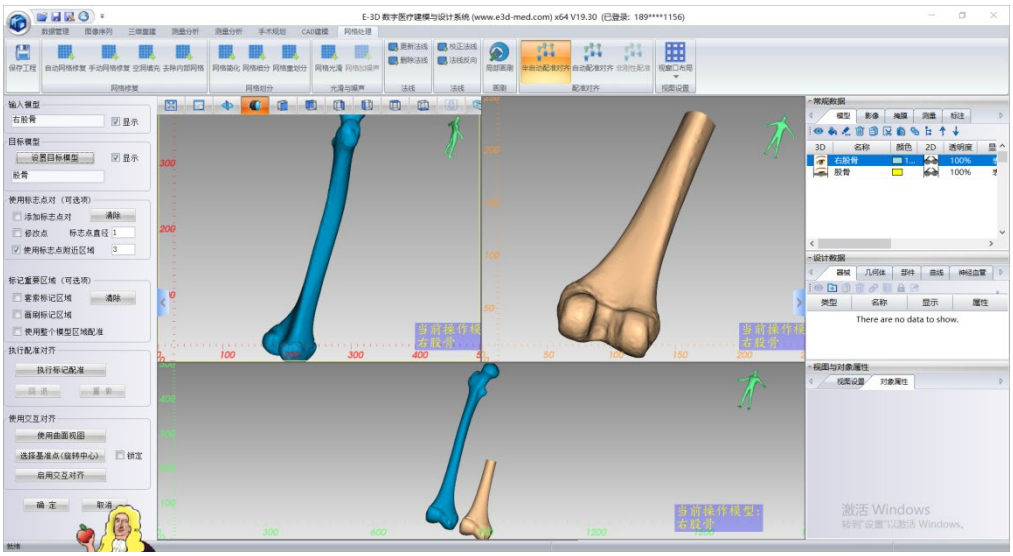
1. 标志点配准对齐：

点击“标志点配准对齐”命令，视口变化为三个三维视口，并弹出以下命令栏，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，需要配准的模型显示在右上窗口，两者共同显示是在下方窗口。

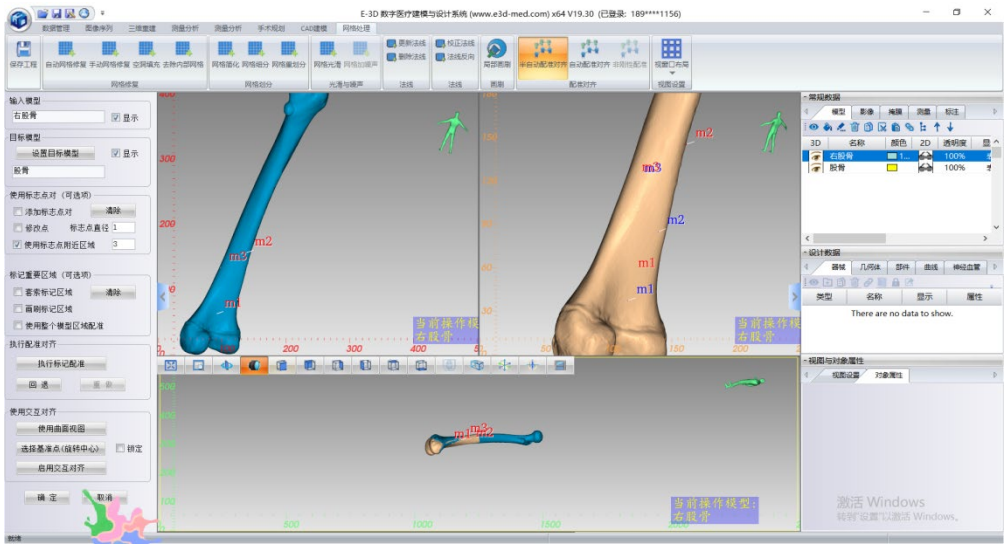
勾选“编辑标志点”，然后在上方两个视口选择至少三对需要配准的标志点，点击“执行配准”，配准后点击“确认”，配准后的模型将保存在“模型数据”标签内（图 9-7）。



①



②



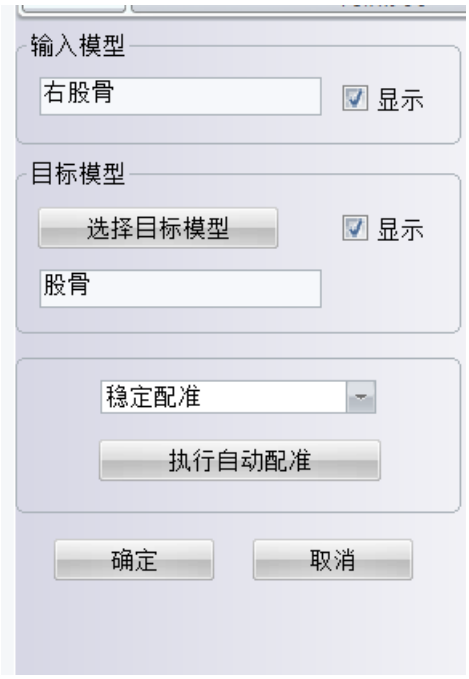
③

图 9-7 标志点配准对齐

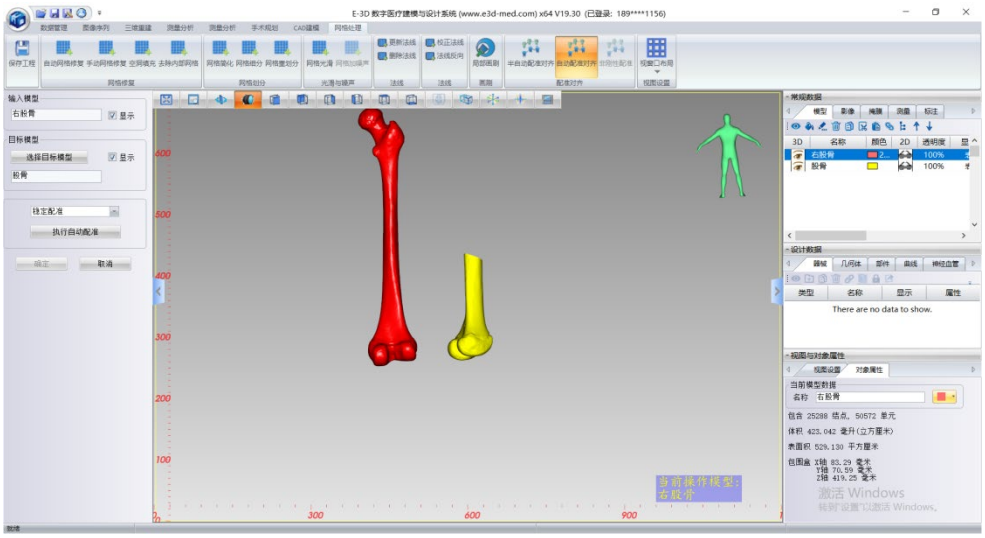
①选择模型一 ②选择模型二 ③标志点配准效果

2. 自动配准对齐：

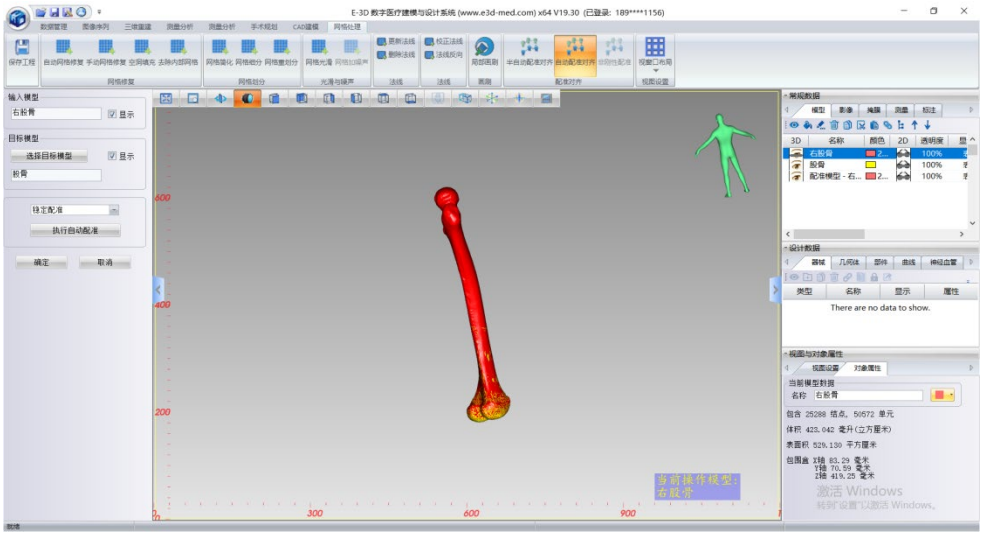
点击“自动配准对齐”命令，视口变化为一个三维视口，并弹出以下命令栏，点击“设置目标模型”按钮，选择需要配准的模型，初始模型显示在左上窗口，需要配准的模型和初始模型会同时在右上窗口个下方窗口显示。点击“执行自动配准”，配准后点击“确认”，配准后的模型将保存在“模型数据”标签内（图 9-8）。


输入模型
右股骨
显示
目标模型
选择目标模型
显示
股骨
稳定配准
执行自动配准
确定
取消

①


E-3D 数字医疗建模与设计系统 (www.e3d-med.com) x64 V19.30 (已登录: 189****1156)
输入模型
右股骨
显示
目标模型
选择目标模型
显示
股骨
稳定配准
执行自动配准
确定
取消
There are no data to show.
当前操作模型:
右股骨

②



③

图 9-8 自动配准对齐

①自动配准工具栏 ②自动配准前 ③自动配准效果

第十章：案例分析

（一）颅内肿瘤导板建模

目的：

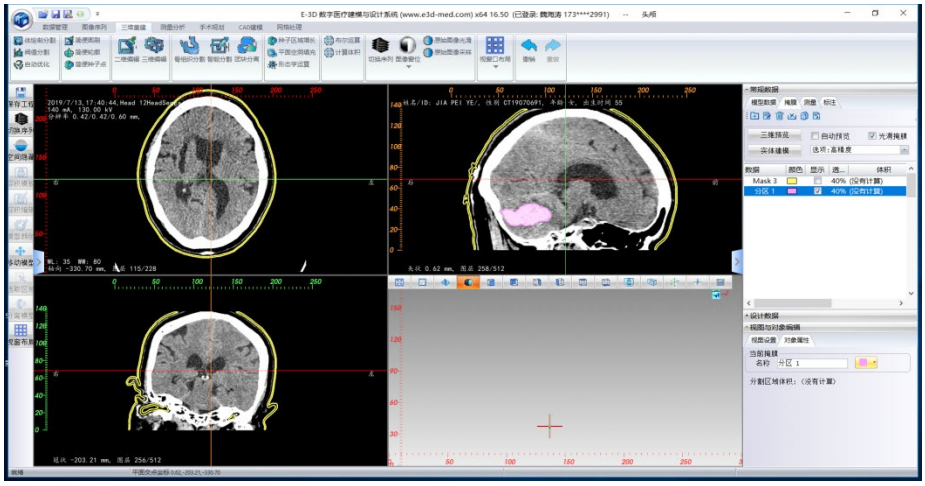
创建导板以准确定位颅内肿瘤、血肿等病灶的位置，辅助临床医生快速、精确地实施手术，缩短手术时间，提升手术效果。

要点：

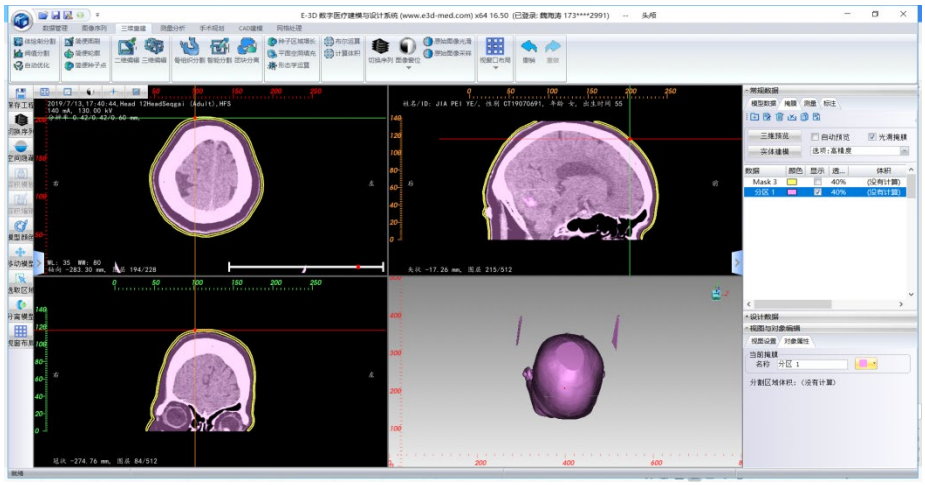
病灶和皮肤的建模，钉道的创建。

步骤详解：

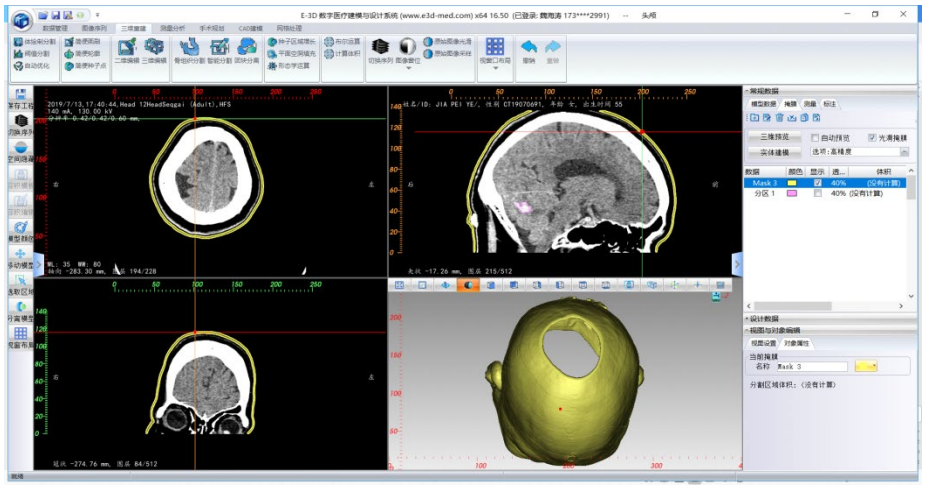
第一步，导入数据，仔细辨认病灶范围，并对病灶进行三维建模；



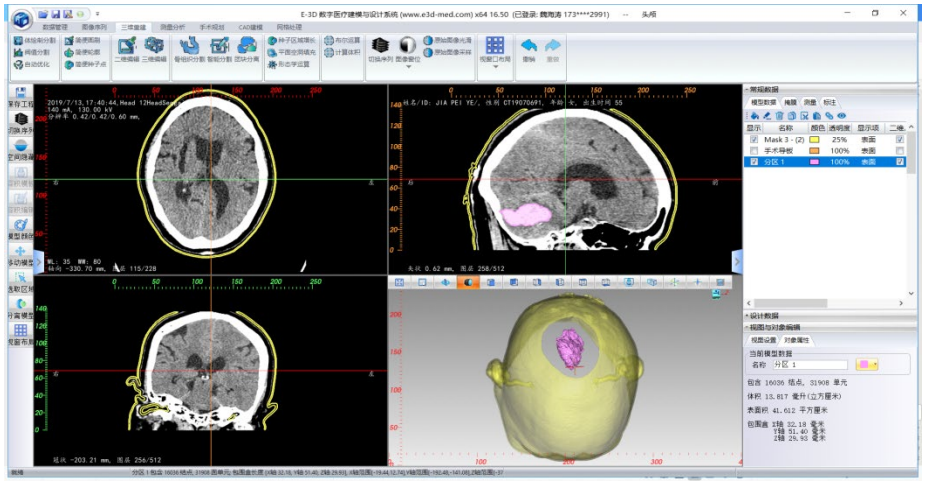
第二步，对皮肤表面进行建模，然后使用“形态学运算”—“膨胀 运算”得到一个膨胀 3 个像素单位的掩模数据。（膨胀像素值选择 3 为经验总结，因为当选择 1 和 2 时，掩模数据容易出现不必要的破洞；另外，膨胀 3 像素后，在制作导板时，可以不用向外偏移就已经避免了 3D 打印时的膨胀系数）



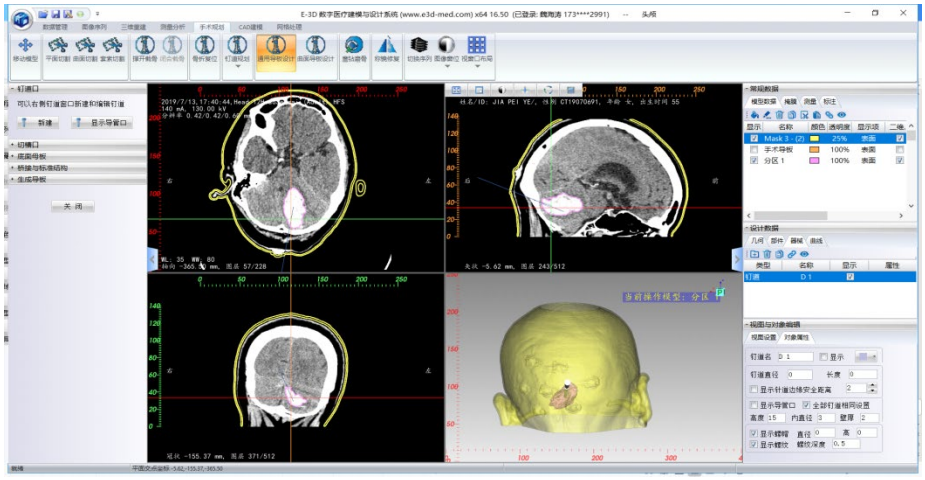
第三步，点击“简便种子点”，去除不要的噪点，通过布尔减运算，得到向外偏移 3 个像素单位的皮肤表面。



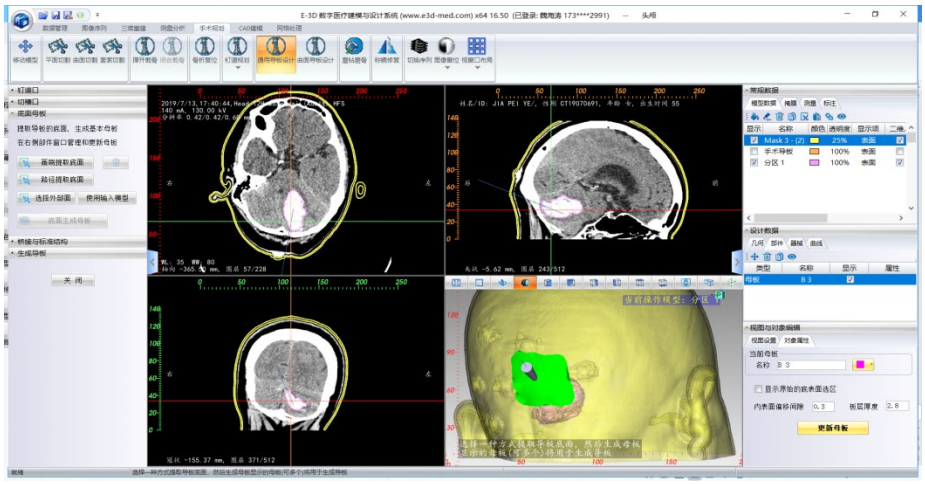
第四步，对皮肤表面和肿块位置进行建模，方便制作导板时查看。



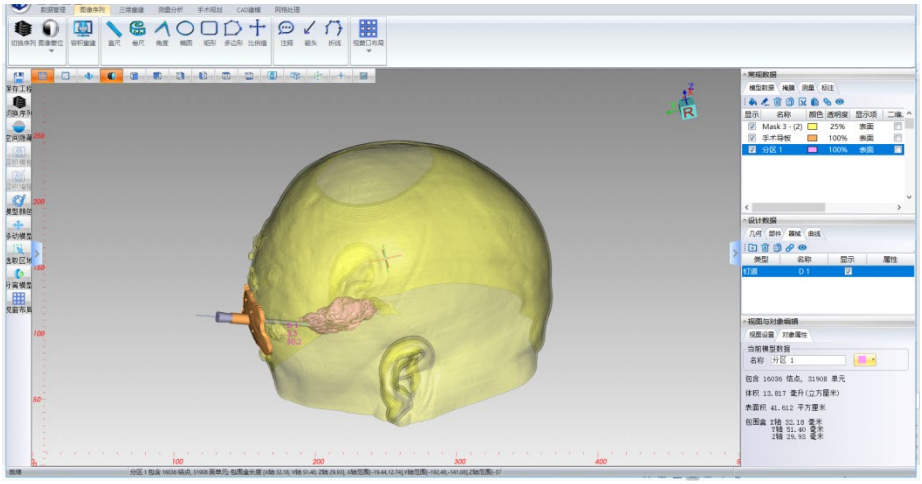
第五步，点击“手术规划”—“通用导板设计”，创建钉道，可以在二维图像中精确创建钉道，也可以在三维图像中更直观地进行创建。



第六步，创建底面母板：根据临床经验，找准位置，创建合适的底面母板。



第七步，生成导板：创建完成钉道和母板后，点击“生成导板”根据模型复杂程度，可以选择稳定方法或快速方法，完成导板的创建。



（二）肝脏通道建模方法

目的：

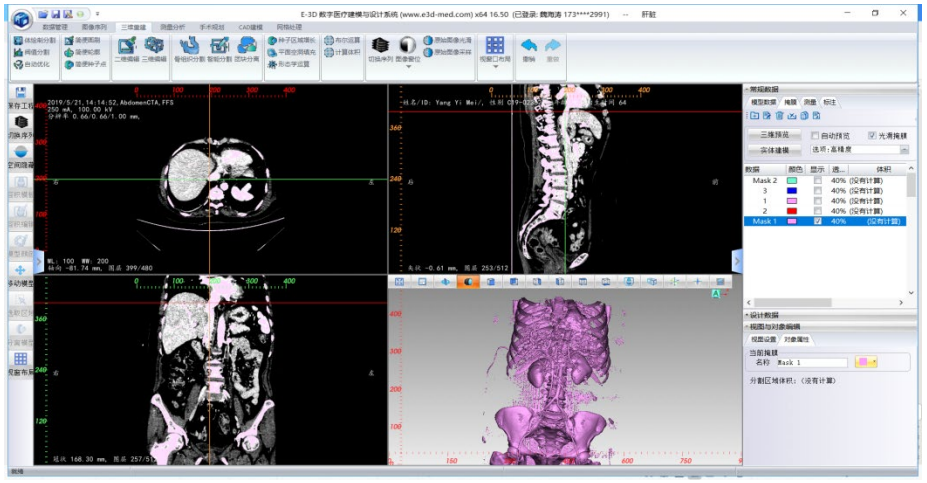
术前查看肿瘤位置，血管的畸变情况，更准确地进行术前规划。

要点：

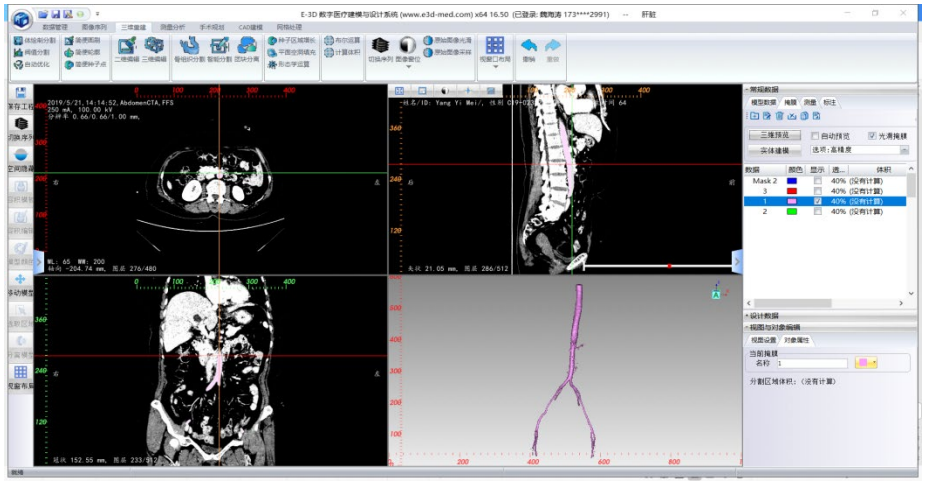
血管数量相对密集，在不使用智能算法的情况下，快速分离动脉和静脉。此方法主要用到团块分离功能，分离时需要耐心地在二维图像中寻找血管位置。

步骤详解：

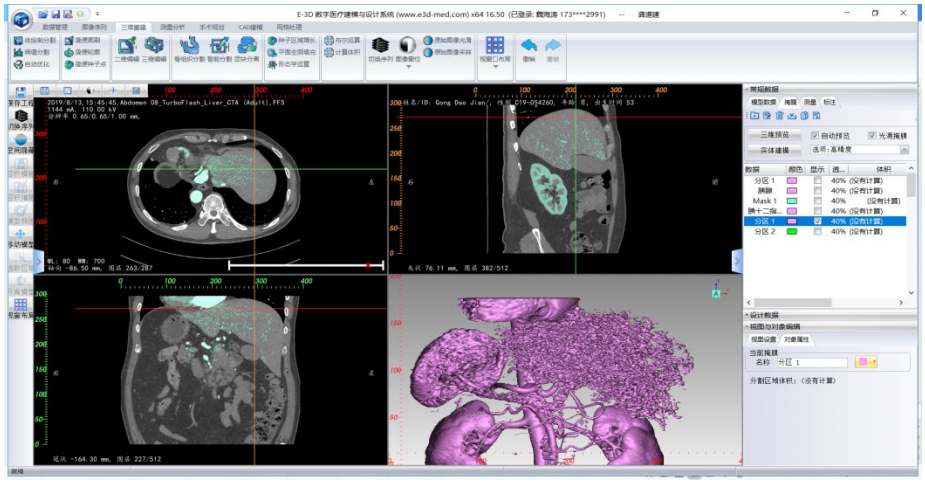
第一步，导入数据，先创建一个血管分级稀疏、血管数量少的模型。



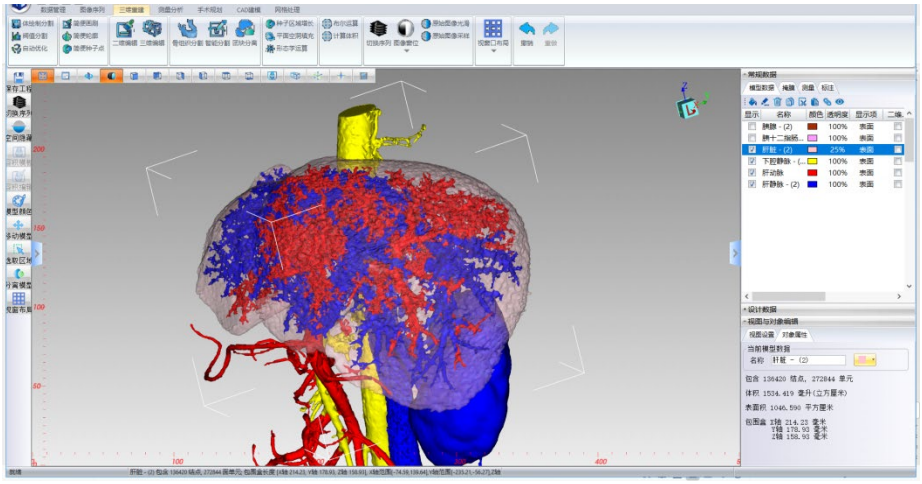
第二步，通过“团块分离”，分割得到腹主动脉和肝门静脉，肝动脉、肝静脉因为分支多却稀疏，在粗略的分割中不能显示。



第三步，创建血管丰富的掩模数据。通过团块分离的方法去除不需要的皮肤、骨骼等的掩模，只留下肝脏附近的掩模数据。



第四步：点击“团块分离”，识别并找到肝静脉的入肝位置，标记为第一种颜色，其他的部位标记为第二种颜色，点击“执行分离”。寻着静脉的分叉检查是否存在错误，若存在，再继续以第一种颜色标记正确的肝静脉分支，或以第二种颜色标记错误的肝静脉分支，直至完全正确，点击“确定”，即得到准确的肝静脉三维模型。肝动脉三维模型的创建也是同样的方法。



（三）导出 3D 模型

重建的三维模型,可以导出不同格式的三角网格文件,以用于第三方软件进一步处理。 E3D 支持输出的格式如下。

STL 格式,可存为 ASCI 编码或二进制(binary)编码。

DXF 格式， AutoCAD 支持的文件格式。VRML 格式,用于桌面虚拟现实(virtual Reality)的格式。

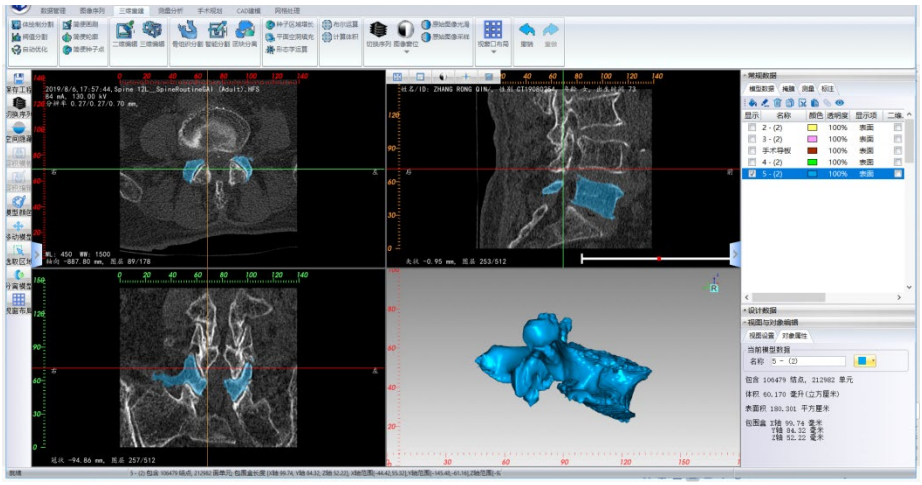
PLY 格式,可以将多个三维模型输出到单一的 PLY 文件中,同时储存模型的颜色,可以在支持的快速成型机上打印出彩色物体。E3D 输出三角网格文件,可以执行以下操作。

• 选择“数据管理”菜单,点击所要输出的模型，选择“导出 STL 模型”，弹出输出对话框，选择储存路径,完成输出。

导入 STL 格式的 3D 模型

步骤详解:

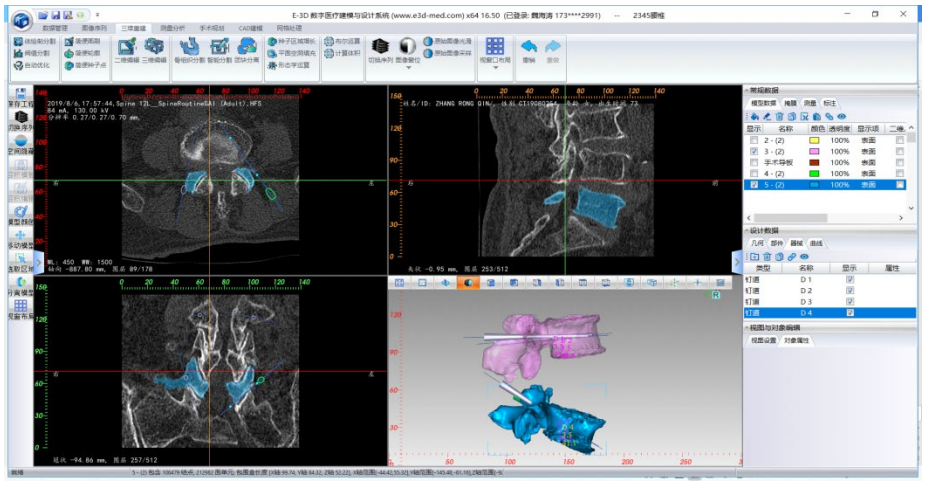
第一步，点击“导入 STL”，弹出对话框，选中所要导入的模型，点击打开，完成 STL 模型的导入。



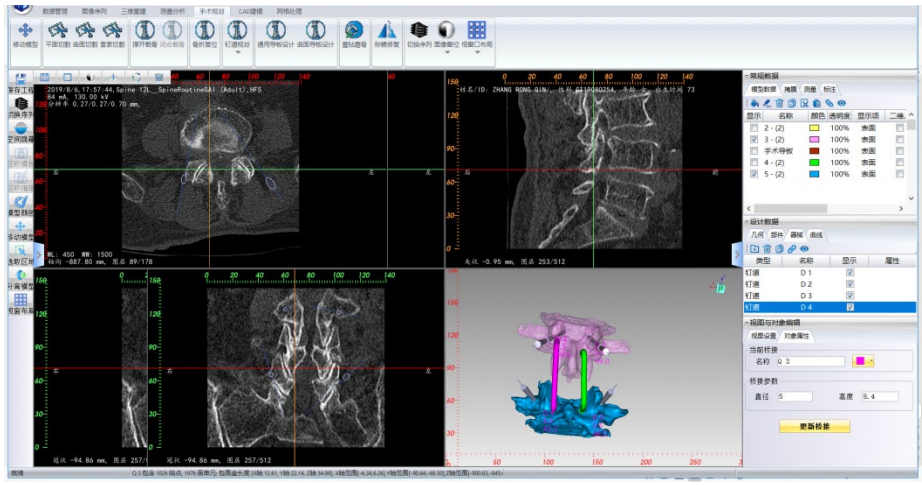
第二步：点击“手术规划”—“通用导板设计”，只显示需要创建导板的

椎骨，并以“半透明”显示，其他部位隐藏，再在椎骨上创建钉道。

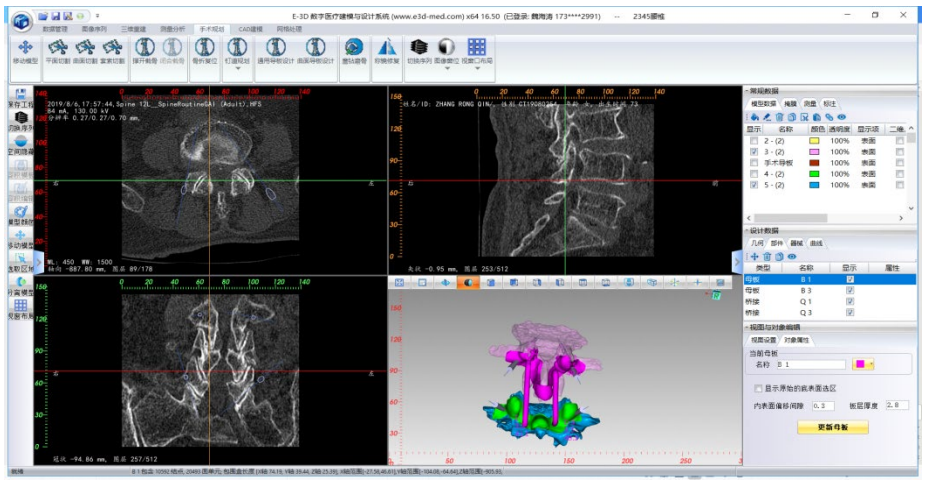
钉道设计要点：钉道从椎弓板进入，沿椎弓根中心方向前进，沿途避免突破骨质，并在保证不将椎体前方穿通的情况下尽量穿入，并且钉道尽量靠外，以获得最大的受力，保证牢固。



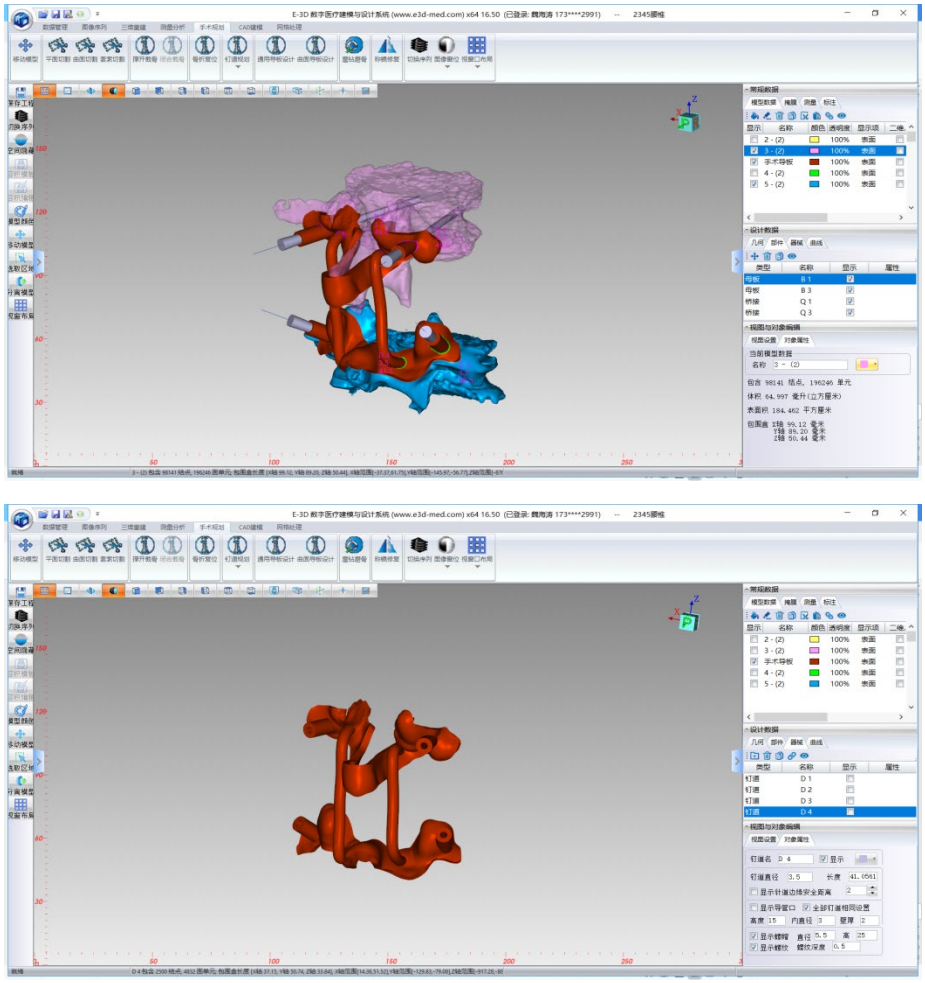
第三步，避开钉道，合理创建桥接。



第四步，创建底面母板，保证让桥接和钉道导管口全都连接在底面母板上。



第五步，点击“生成导板”，完成导板的创建。



椎骨导板效果图