

SolidWorks 在船舶曲面建模中的应用

撰文 / 青岛远洋船员职业学院 张俊 贡亚杰
青岛武船重工有限公司 孙启哲

船舶是一种航行于水面上建筑物，需要具有良好的水动力性能，所以船舶表面应该是一种复杂的三维流线型光滑曲面。在船舶设计期间，往往用型线图等图样表示船舶外形，但当需要对船舶进行水动力性能分析或全船结构强度分析时，由于有限元软件自身不擅长复杂曲面建模，所以需要借助专业的三维建模软件对船舶表面进行建模。本文使用 SolidWorks，采用不同的方法对不同船型进行了建模，建模方法对其他复杂曲面建模也有一定的参考价值。

本文主要使用 SolidWorks 中放样凸台命令和 ScanTo3D 插件对不同船型进行了建模，具体操作过程如下。

一、利用半宽水线图放样船体

大部分散货船和油船带有球鼻首和球尾，沿船长方形曲率变化较大，而且这类船舶多属于肥大型船，具有平底，因此适合利用半宽水线图放样船体。SolidWorks 处理复杂曲面需要较大的计算量，因此在导入型线图之前，需要对复杂的型线图（通常使用 AutoCAD 绘制）进行简化，只留下必要的线条，建模时可以迅速捕捉曲线并提高建模成功率。大部分船舶都是左右对称的，因此建模时只建一半即可。具体建模操作步骤如下。

1. 新建零件，导入简化后的型线图

新建一个零件，然后单击选中 xz 面（上视基准面），单击菜单栏的“插入”→“DXF/DWG”，弹出对话框后选择已经处理好的 dwg 格式的型线图文件，单击“完成”按钮即可。导入的简化型线图如图 1 所示。图中蓝色线条上方为各曲线的名称，如 500WL 表示 500mm 水线。

2. 建立与上视基准面平行的基准面

半宽水线图各条水线实际上是船舶在不同水线面处剖线的投影，也就

距长度、悬伸长度和悬伸半径均对主轴的静刚度有影响，其中主轴前轴颈大小和主轴悬伸长度对主轴静刚度的影响最大。所以取第三组数据值为最佳设计点。

根据主轴轴颈处的实际轴承的规格系列，修正主轴前后轴颈大小、跨距长度、悬伸长度及悬伸直径，可得到优化和修正后的最佳设计点，并以此得到最终的目标参数：主轴最大变形 0.038mm，最大应力 46.810MPa，最大质量 1.36t，与优化前相比较，主轴最大变形和应力都得到了大幅降低，而且质量减轻，达到了优化设计的目的。

七、结语

本文通过对数控重型机床主轴关键尺寸对主轴静态刚度的影响因素的理论分析，确定影响其静态刚性的关键尺寸，利用 ANSYS Workbench 的 Design Explorer 平台对设计参数进行了敏感性分析，并得到最终的优化结果，最终确定了主轴设计尺寸的最佳设计点。本文的优化设计的方法对整个数控机床的结构设计和轻量化设计提供了一定的理论研究依据。IM

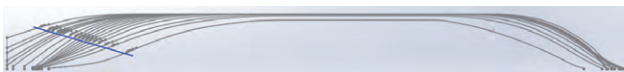


图 1 导入型线图

是说半宽水线图上的各条水线应该处于不同的高度上，类似于等高线。因此需要建立一些不同高度的基准面来放置这些线条。根据水线图上的数字建立不同高度的基准面，如要建立 500WL 所在的基准面，先点击选中窗口左边模型树中的“上视基准面”，在菜单栏选择“插入”→“参考几何体”→“基准面”，设置距离为 500mm，点击对号“✔”即可插入一个参考面，其他参考面采用相似方法建立。也可在建模功能区点击“参考几何体”按钮插入参考面。建好的参考面如图 2 所示。

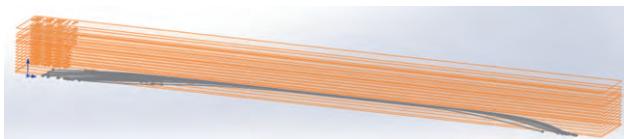


图 2 建立基准面

3. 将半宽水线图上的线条剪切到相应基准面上

单击选中模型树中的草图 1（第 1 步导入的草图），弹出快捷菜单，点击“编辑草图按钮”，草图处于编辑状态。选中一条曲线（如 500WL），按键盘上的“Ctrl”+“X”键剪切，单击窗口右上角的“退出草图”按钮。单击选中第 2 步新建的 500WL 所在的基准面，按键盘上的“Ctrl”+“V”键粘贴该曲线，则在基准面上自动生成一个包含该曲线的草图。图 3 为剪切好的曲线。由图 3 可以看出这些线条已经初步体现出一半的船舶外形了。

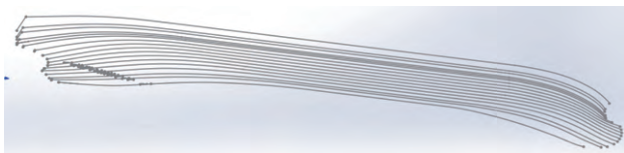


图 3 剪切不同水线至基准面

4. 添加放样的引导线

添加引导线可以使放样结果更加精确。在菜单栏选择“插入”→“曲线”→“通过参考点的曲线”，顺次拾取屏幕上的点，点击对号即可光顺连接为一条曲线。也可在建模功能区点击“曲线”按钮插入曲线。必要时可以生成多段曲线然后用“组合曲线”命令将多段曲线连接起来。共插入三条引导线。如图 4 所示。

5. 放样船体

点击建模功能区中的“放样凸台 / 基体”按钮，弹出

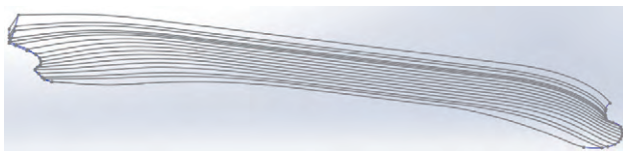


图 4 添加引导线

新窗口后，“轮廓”窗口自动处于激活状态，此时顺次点选上述处于不同基准面上的曲线（开环），然后点击“引导线”窗口，顺次点选第 4 步生成的三条引导线，点击对号即可生成船体外形。由于船体首尾端曲率变化都很大，因此用这种方法建模的计算量很大，成功率不高，成功与否取决于型线图。如果型线图不合适，可以以导入的型线图为基础手工描绘曲线，或者采用“边界曲面”命令生成精度稍差的船体外形（“插入”→“曲面”→“边界曲面”，依次点选曲线为方向 1，引导线为方向 2）。生成的船体外形如图 5 所示。



图 5 生成船体外形

二、利用横剖线图放样船体

有些小型船舶如快艇、部分三体船和双体船等没有平底，也没有球鼻首和球尾，首尾端曲率变化不大且船尾部为一平面，这类船舶适合采用横剖线图进行放样，并且成效率和生成质量都非常高。由于船舶左右对称，只需建立一半的模型。需要注意的是，在型线图上，船首半段和尾半段的横剖线分别绘制在中线的左右两侧，在 AutoCAD 中简化型线图时可以将其中一半镜像到另一边。下面以一高速三体船的一个单船体为例介绍具体建模步骤。

1. 新建零件，导入简化后的型线图

新建一个零件，然后单击选中 yz 面（右视基准面），单击菜单栏的“插入”→“DXF/DWG”，弹出对话框后选择已经处理好的 dwg 格式的型线图文件，单击“完成”按钮即可。需要注意的是，船首端是一个尖点，因此船首处的轮廓只是一个点。导入的简化型线图如图 6 所示。本例中型线图线条本身为分段的，因此导入后也是分段的。

2. 建立与右视基准面平行的基准面

横剖线图各横剖线实际上是船舶在不同站位处轮廓线的投影，也就是说横剖线图上的各条横剖线应该处于不同的站位上。按照第一个标题中提到的方法，根据型线图

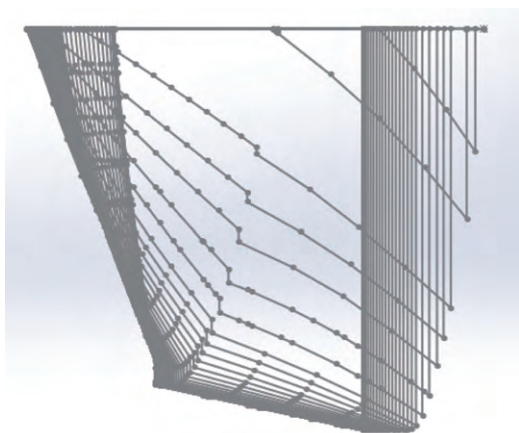


图 6 导入型线图

上各站的位置坐标建立基准面。建好的基准面如图 7 所示。图中基准面的视觉大小不同，而基准面理论上是一个无限大的平面，不影响正常建模。

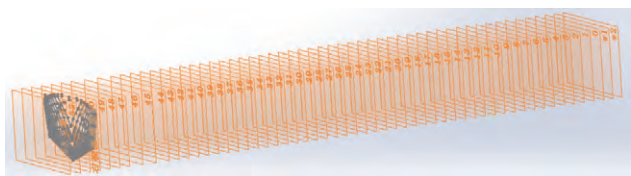


图 7 建立基准面

3. 将横剖线图上的线条剪切到相应基准面上

按照第一个标题中提到的方法，依次将横剖线图上的线条剪切到相应基准面上即可。图 8 为剪切好的曲线。



图 8 剪切不同横剖线至基准面

4. 添加放样的引导线

按照第一个标题中提到的方法，插入三条引导线。如图 9 所示。

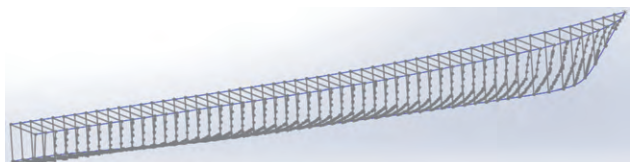


图 9 添加引导线

5. 放样船体

点击建模功能区中“放样凸台 / 基体”按钮，弹出新窗口后，“轮廓”窗口自动处于激活状态，此时顺次点

选上述处于不同基准面上的曲线（包括船首的那个草图——“点”），然后点击“引导线”窗口，顺次点选第 4 步生成的三条引导线，点击对号即可生成船体外形。生成的船体外形如图 10 所示。一般情况下船舶型线图中横剖线的数量非常多，因此生成的船体外形也比较精确。本例中横剖线为封闭的，因此生成的船体为一实体，而不是壳。放样时也可以选择生成壳。

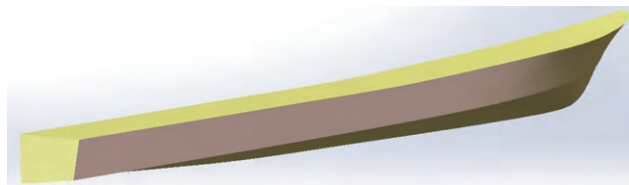


图 10 生成船体外形

三、点云建模

有时我们需要分析的船舶历史比较久远或属于不公开的设计，目前已经找不到图样或无法从相关部门获得图样，我们可以借助船舶精度控制方面的仪器和软件得到一系列的点数据，这些点数据数量庞大，被称为点云。点云建模也可以用于其他产品的逆向工程，即从已有的产品上反向探索设计图样。点云建模需要在 SolidWorks 中的工具选项中启动 ScanTo3D 插件。

如果有大量的点云数据，并且数据质量较好的话，点云建模会非常简单，效率和精度也高。点云数据可以存放到 txt 文件中，x、y、z 坐标用空格分隔，不同的点（三个坐标值）单独成行即可。本文将点云数据存放到“点云.txt”文件中。建模步骤如下。

1. 导入点云

新建一个零件，在菜单栏选择“文件”→“打开”→“点云.txt”，得到如图 11 所示的点云。

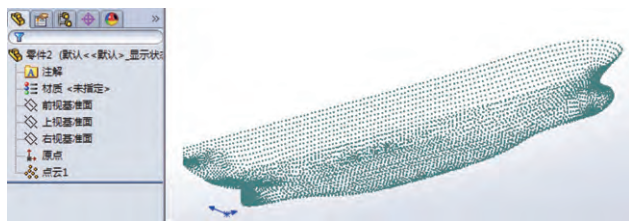


图 11 导入点云

2. 由点云生成网格

右键点击上图左侧模型树中的“点云 1”，弹出快捷菜单，单击“网格处理向导”进入网格处理向导。如图 12 所示。如果点云质量足够好，则在图 12 所示窗口中一直点

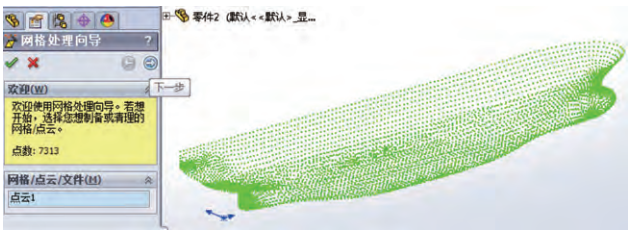


图 12 网格处理向导

击“下一步”至最后一页后（不能再点“下一步”为止）点击对号即可生成网格，模型树中将产生一个“网格 1”。生成的网格如图 13 所示。



图 13 生成网格

3. 在船中部新建基准面

由图 13 可以看出，生成的网格与实船外形已经非常接近，但网格是由许多小小的平面组成的，并不是一个曲面。接下来需要用这些网格生成曲面。由于船舶首尾端曲率都很大，而中间段形状变化不大，为了节省计算机资源并提高建模成功率，将网格分为首尾两部分进行建模。在菜单栏选择“插入”→“参考几何体”→“基准面”，设置好参考的基准面和距离，在网格中间部分插入一个基准面用于将“网格 1”拆分，如图 14 所示。



图 14 插入基准面

4. 将网格拆分为前后两部分

右键点击“网格 1”，弹出快捷菜单，单击“曲面向导”进入曲面向导，如图 15 左所示。点击“下一步”后在“创建选项”下面的备选方案中选择“划分区域生成曲面”，点击“下一步”，看到“分割平面”，选择刚才创建的基准面，点击“下一步”至最后点击对号即可。此时“网格 1”变为文件夹，里面包含两个子网格。单击“网格 1”前面的加号展开文件夹。

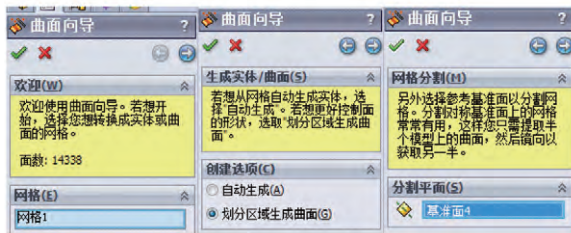


图 15 曲面向导

5. 生成船体曲面

右键点击“子网格 1”，弹出快捷菜单，单击“曲面向导”进入曲面向导，如图 15 左所示。点击“下一步”后在“创建选项”下面的备选方案中选择“自动生成”，点击“下一步”至最后点击对号即可。生成的曲面是隐藏的，将其显示即可。用同样的方法生成“子网格 2”的曲面，生成后曲面如图 16 所示。

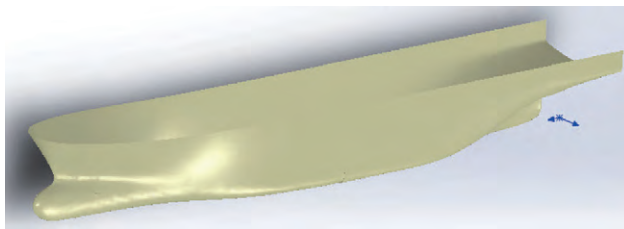


图 16 最终生成的曲面

四、结语

本文采用三种不同的方法，针对不同的船型建立了船体曲面模型。如果船型合适，可以用横剖线图建立模型，建议使用横剖线图，因为横剖线数量多，建模比较精确，成功率高。SolidWorks 是一款上手很快的软件，价格也不高，但在曲面建模的精度方面有待改善。本文所使用的建模方法也可以在其他同类软件，如 Pro/ENGINEER 等中使用。