
实验三：塔身吊装-参数化建模实训指导书

目 录

| | | |
|-------|------------------|----|
| 一. | 实验目的 | 3 |
| 二. | 实验要求 | 3 |
| 三. | 实验步骤与要点 | 3 |
| 3.1 | 实验步骤 | 3 |
| 3.2 | 要点总结 | 3 |
| 四. | 注意事项 | 3 |
| 五. | 实操步骤 | 3 |
| 5.1 | 建模工具栏学习 | 3 |
| 5.1.1 | 二维建模工具栏学习 | 3 |
| 5.1.2 | 二维草图工具栏学习 | 6 |
| 5.1.3 | 三维建模工具栏学习 | 7 |
| 5.2 | 模型说明 | 9 |
| 5.3 | 塔身吊装-参数化建模 | 10 |
| 5.3.1 | 新建分析 | 10 |
| 5.3.2 | 定义参数 | 10 |
| 5.3.3 | 几何建模 | 11 |
| 5.3.4 | 定义截面和方向 | 20 |
| 5.3.5 | 赋予材料 | 23 |
| 5.3.6 | 参数绑定 | 23 |
| 六. | 操作考评表 | 24 |

一. 实验目的

- 1.1 熟练掌握 Simdroid 参数化建模的各种工具。
- 1.2 熟悉掌握 Simdroid 参数化建模流程。

二. 实验要求

- 2.1 学习 Simdroid 工具栏各种工具，包含三维建模、二维草图、二维建模；
- 2.2 学习 Simdroid 参数化建模流程。包含参数创建、草图绘制、参数绑定、截面定义和创建材料等。

三. 实验步骤与要点

3.1 实验步骤

- 1) 工具栏学习
- 2) 创建参数
- 3) 创建草图
- 4) 参数绑定
- 5) 梁截面定义
- 6) 创建材料

3.2 要点总结

- 1) 注意参数名称定义，要采用全英文字符，并且能明确每个参数的代表的意义。
- 2) 梁单元赋予截面的过程非常重要，是比较容易出错的步骤，梁截面的数值要准确，其对计算结果影响较大。

四. 注意事项

无

五. 实操步骤（以帮助文档形式）

5.1 建模工具栏学习

5.1.1 二维建模工具栏学习

在二维建模环境中，单击功能区【二维建模】选项卡下的【创建轮廓】，进入草图编辑环境。



-
-  **【点】**: 在视图区域, 选在一个位置, 单击, 创建点;
 -  **【线】**: 在视图区域, 第一次单击选择起点, 第二次单击选择终点;
 -  **【圆弧】**: 在视图区域, 根据需要, 创建弧;
 -  **【圆】**: 在视图区域, 根据需要, 创建圆;
 -  **【椭圆】**: 在视图区域, 根据需要, 创建椭圆;
 -  **【B-样条】**: 在视图区域, 根据需要, 创建样条曲线;
 -  **【折线】**: 在视图区域, 根据需要, 创建折线;
 -  **【矩形】**: 在视图窗口, 根据需要, 继续创建矩形;
 -  **【多边形】**: 在视图窗口, 根据需要, 继续创建多边形;
 -  **【圆槽】**: 在视图窗口, 根据需要, 创建圆槽;
 -  **【圆角】**: 在视图窗口, 第一次单击选择圆角的一条边, 第二次单击选择圆角的另一条边, 完成创建圆角;
 -  **【修剪】**: 在视图窗口, 单击要修剪的目标, 完成修剪;
 -  **【切换辅助线】**: 单击**【切换辅助线】**, 创建草图元素, 即为辅助线, 线条颜色变为蓝色; 在视图操作区域选择要切换为辅助线的草图几何, 单击**【切换辅助线】**, 可将该几何元素转换为辅助线, 线条颜色变为蓝色;
 -  **【重合】**: 选择的所有点重合于第一个点的位置;
 -  **【点线】**: 对点和线施加点线约束, 将点固定在线上;
 -  **【竖直】**: 对直线施加竖直约束, 使直线保持竖直状态, 平行于全局坐标系的 Y 轴;
 -  **【水平】**: 对直线施加水平约束, 使直线保持水平状态, 平行于全局坐标系的 X 轴;
 -  **【平行】**: 对两条直线施加平行约束, 使对象保持平行;
 -  **【垂直】**: 对两条直线施加垂直约束, 使对象保持垂直;






-
-  **【相切】**: 相切约束使两个对象保持相切状态(两条直线的相切为共线);
 -  **【相等】**: 相等约束使两个约束对象(相似几何图元)尺寸相等;
 -  **【对称】**: 对称约束使两个点对象相对于一条直线对称,或两点相对于一点对称,或一条直线相对于一点对称(点位于直线中点);
 -  **【锁定】**: 锁定全局坐标系原点外的任意顶点位置;
 -  **【水平距离】**: 约束两点之间的水平距离;
 -  **【垂直距离】**: 约束两点之间的垂直距离;
 -  **【距离】**: 约束直线长度或点到线的距离;
 -  **【半径】**: 约束圆或圆弧的半径大小;
 -  **【角度】**: 约束一条直线与全局坐标系 X 轴的角度,或两条直线的夹角,或一段圆弧的角度;
 -  **【创建对称】**: 选择已创建的草图几何,创建一个相对于指定直线或指定点对称的元素;
 -  **【复制】**: 复制已有草图元素。克隆时会在原草图图元和克隆图元之间添加相等约束;
 -  **【矩形阵列】**: 基于已创建的草图元素复制创建矩形阵列;
 -  **【完成轮廓】**: 退出草图编辑环境;
 -  **【矩形】**: 矩形用于快速创建矩形面;
 -  **【圆】**: 圆用于快速创建圆面;
 -  **【椭圆】**: 用于快速创建椭圆面;
 -  **【并集】**: 并集用于对面进行求并操作,生成新的面图元;
 -  **【差集】**: 差集用于对面进行求差操作,生成新的图元;
 -  **【交集】**: 交集用于对面进行求交操作,生成新的图元;
 -  **【分割】**: 分割用于对面进行分割操作,生成新的图元;
 -  **【移动】**: 移动已创建的几何面;

-  **【转动】**: 平面内转动已创建的几何图元;
-  **【镜像】**: 镜像用于创建指定几何图元相对于指定直线的镜像体;
-  **【阵列】**: 阵列用于对指定的几何对象创建矩形阵列或环形阵列;
-  **【填充】**: 填充用于将草图闭合轮廓填充生成面;
-  **【组合体】**: 组合体用于将多个几何面设置为一个组合体, 网格剖分时, 接触位置网格节点匹配;
-  **【集合】**: 集合功能用于对点、边、面创建几何组件, 在指定材料、施加边界条件、荷载或后处理结果查看时可直接调用集合;
-  **【重合识别】**: 重合识别功能用于耦合分析中耦合边界的自动识别, 识别出来的边界分别以集合的形式存储;
-  **【路径】**: 路径功能用于创建直线, 在后处理结果查看时可直接调用定义好的路径集合;
-  **【切面】**: 切面功能用于创建切面, 在后处理结果查看时可直接调用定义好的切面集合;
-  **【距离测量】**: 距离测量用于测量两个图元(点、线、面)之间的最近距离、水平距离和垂直距离;
-  **【角度测量】**: 角度测量用于测量两条直线之间或两个平面之间的夹角;
-  **【清除所有标注】**: 清除所有标注用于清除所有已经标注的测量尺寸;
-  **【切换所有标注】**: 切换所有标注用于切换所有已经标注的测量尺寸的显示;
-  **【切换直接标注】**: 切换直接标注用于切换直线距离尺寸的显示;
-  **【切换间接标注】**: 切换间接标注用于切换水平、垂直距离尺寸的显示;

5.1.2 二维草图工具栏学习

在三维建模环境中, 单击功能区**【三维建模】**选项卡下的**【创建 2D 草图】**, 在弹出窗口中确定草图所依附的平面, 单击**【确定】**, 进入草图编辑环境。二维草图的工具与二维建模中的工具大部分相同, 此处仅介绍不同的工具命令学习。



-  **【外部几何体】**: 外部几何体为三维建模中草图的投影功能，在草图上创建一条与草图外部几何体相关联的边；
-  **【将几何体转换为 B 样条】**: 将几何体转换为 B 样条为三维建模中草图的功能，将草图中由外部几何体投影得到的线转化为 B 样条曲线；
-  **【正视草图】**: 可以将草图视图回正到默认刚进入草图编辑界面状态；
-  **【切面视图】**: 可以将草图编辑界面的外部几何体进行剖面显示，避免遮挡草图元素的显示；
-  **【交换几何 ID】** 可以将草图中两个几何元素的 ID 号进行交换；

5.1.3 三维建模工具栏学习

三维模型是点、边、面、体的集合，默认在全局笛卡尔坐标系下创建模型。创建三维模型的操作步骤：

(1) 通过以下两种途径之一创建基础实体：

- a. 通过三维图元直接创建立方体、圆柱体、球体和圆环等基础实体；
- b. 创建草图轮廓，基于草图进行拉伸、旋转等操作创建三维实体或曲面。

(2) 对三维实体进行布尔操作，获得目标实体。

三维建模工具与二维建模工具部分相同，此处仅介绍不同的工具命令学习。



-  **【立方体】**: 快速创建三维实体立方体；
-  **【圆柱体】**: 快速创建三维实体圆柱体；
-  **【球体】**: 快速创建三维实体球体；
-  **【圆环】**: 快速创建三维实体圆环；
-  **【圆锥】**: 快速创建三维实体圆锥；
-  **【棱柱】**: 快速创建三维实体棱柱；
-  **【楔形】**: 快速创建三维楔形实体；
-  **【三维螺旋线】**: 快速创建三维楔形实体；
-  **【二维螺旋线】**: 快速创建二维螺旋线体；
-  **【拉伸】**: 对草图轮廓拉伸创建三维实体或曲面；

-
-  **【旋转】**: 将二维形体绕轴旋转生成三维实体或曲面，对草图轮廓进行旋转操作；
 -  **【放样】**: 将一个二维形体作为沿某条路径的剖面，生成一个复杂三维实体或曲面，同一条路径上可以在不同的段给予不同的二维形体，对草图轮廓进行放样操作；
 -  **【扫掠】**: 将一个二维形体作为某条路径的剖面，生成一个三维实体或曲面，对草图轮廓进行扫掠操作；
 -  **【组合体】**: 将多个三维实体设置为一个组合体，网格剖分时，接触位置网格节点匹配；
 -  **【倒角】**: 将三维实体的棱角处切削成一定角度的斜面；
 -  **【圆角】**: 将三维实体的棱角处切削成圆弧面；
 -  **【交叠】**: 将多个体和体之间的重叠部分根据内部边界拆分成更多体；
 -  **【空气域】**: 用于快速创建模型的求解域，在创建电磁分析模型时提供。空气域形状提供立方体和球体；
 -  **【截面】**: 用于三维结构分析中壳、杆、梁单元的界面类型定义。截面类型包括壳、杆、圆形、环形、矩形、箱形、工型、L 型、T 型、U 型和通用截面；
 -  **【集合】**: 集合功能用于对点、边、面、体创建几何组件，在指定材料、施加边界条件、荷载或后处理结果查看时可直接调用集合。

5.2模型说明

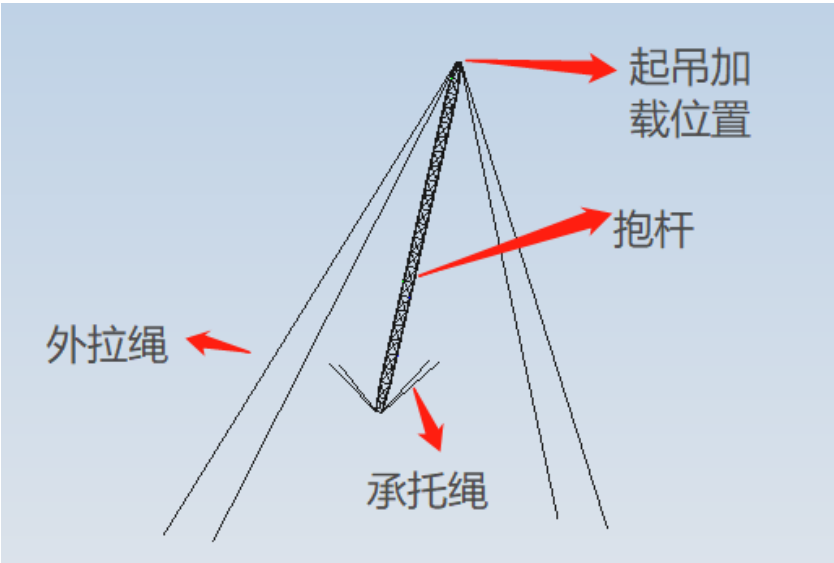


图 1 塔身吊装模型

几何：外拉绳和承托绳截面为圆，初始半径设置为 16mm。抱杆所有钢材为矩形角钢。几何尺寸和抱杆钢材的截面的具体尺寸详见建模过程。

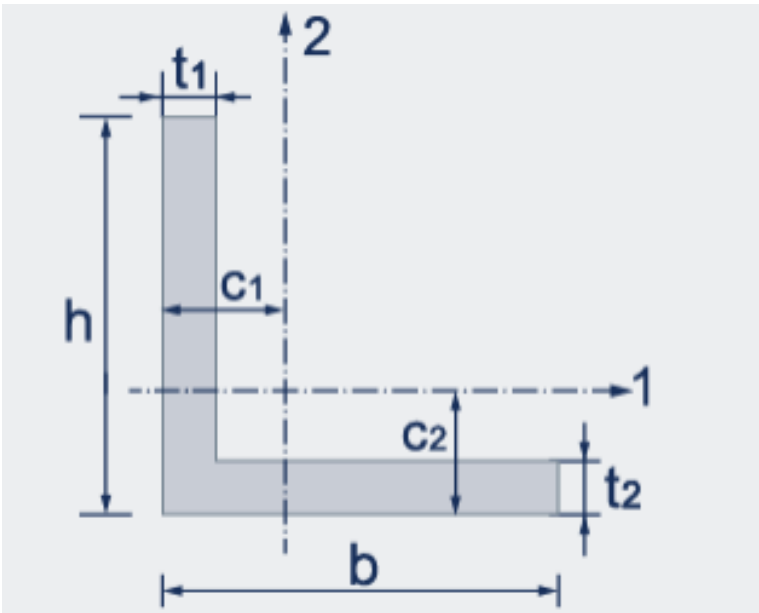


图 2 抱杆钢材截面

材料：抱杆材料为 Q235，密度： 7850kg/m^3 ，弹性模量： $2\text{E}11\text{Pa}$ ，泊松比：0.3。承托绳和外拉绳属于钢丝绳，是由钢丝和芯材编制而成，在此建立等效材料属性，密度： 6000kg/m^3 ，弹性模量： $1.5\text{E}11\text{Pa}$ ，泊松比：0.3。

边界与载荷：外拉绳和承托绳的端部固定。整体结构承受重力，起吊加载位置承受吊物的载荷，初始吊物质量 500kg，考虑 1.3 倍的超重系数，重力加速度取值 9.806m/s^2 。

5.3 塔身吊装-参数化建模

5.3.1 新建分析

1) 启动 Simdroid。

2) 在【新建】对话框，分析类型选择【结构分析】，维度选择【三维】，名称输入“塔身吊装”，选择工作路径，单击【确定】。

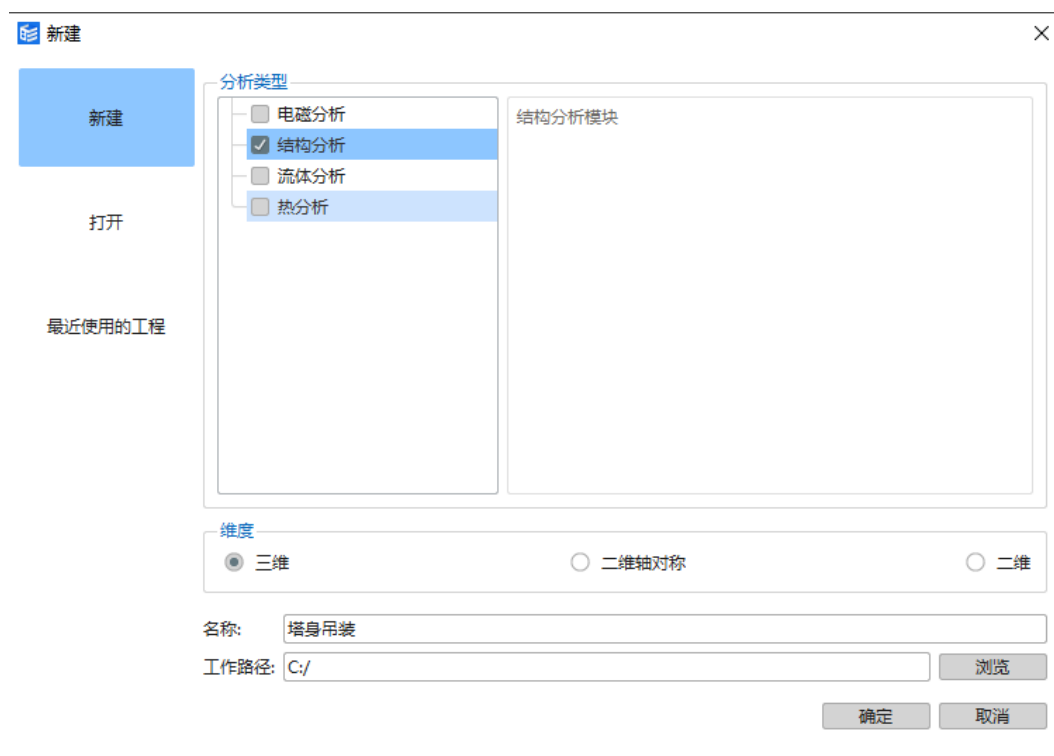


图 3 新建项目

5.3.2 定义参数

1) 选择【参数定义】>【参数】。

2) 输入下图中的参数，也可支持外部导入，编辑完成后，单击【√】。

模型

任务

✓

✕

X(t) 参数

| | 名称 | 表达式 | 值 | 描述 |
|----|----------|-----------------|-------------|-----------|
| 1 | zlh | =150 mm | 150 mm | 主梁h |
| 2 | zlb | =150 mm | 150 mm | 主梁b |
| 3 | zlt1 | =15 mm | 15 mm | 主梁t1 |
| 4 | zlt2 | =15 mm | 15 mm | 主梁t2 |
| 5 | hlh | =100 mm | 100 mm | 横梁h |
| 6 | hlb | =100 mm | 100 mm | 横梁b |
| 7 | hlt1 | =10 mm | 10 mm | 横梁t1 |
| 8 | hlt2 | =10 mm | 10 mm | 横梁t2 |
| 9 | xzlh | =80 mm | 80 mm | 斜支梁h |
| 10 | xzlb | =80 mm | 80 mm | 斜支梁b |
| 11 | xzlt1 | =8 mm | 8 mm | 斜支梁t1 |
| 12 | xzlt2 | =8 mm | 8 mm | 斜支梁t2 |
| 13 | mat_E | =2e+11 Pa | 2e+11 Pa | 抱杆材料弹性模量 |
| 14 | mat_u | 0.3 | 0.3 | 抱杆材料泊松比 |
| 15 | mat_den | =7850 kg / m... | 7850 kg/m^3 | 抱杆材料密度 |
| 16 | mat2_E | =1.5e+11 Pa | 1.5e+11 Pa | 钢丝绳材料弹性模量 |
| 17 | mat2_u | 0.3 | 0.3 | 钢丝绳材料泊松比 |
| 18 | mat2_den | =6000 kg / m... | 6000 kg/m^3 | 钢丝绳材料密度 |
| 19 | cts_r | =16 mm | 16 mm | 承托绳截面半径 |
| 20 | wls_r | =16 mm | 16 mm | 外拉绳截面半径 |
| 21 | dwG | =500 kg | 500 kg | 吊物的质量 |
| 22 | | | | |
| 23 | | | | |

导出

导入

支持函数列表

图 4 定义参数

5.3.3 几何建模

➤ 抱杆中间段模型：

- 1) 选择【三维建模】>【创建 2D 草图】，选择 XY 平面，进入草图环境。
- 2) 建立抱杆中间段截面草图，选择“矩形”，在草图视图区创建如下图所示的模型，通过“水平距离”和“竖直距离”约束，让矩形分别与 X、Y 轴对称，单击【完成草图】。

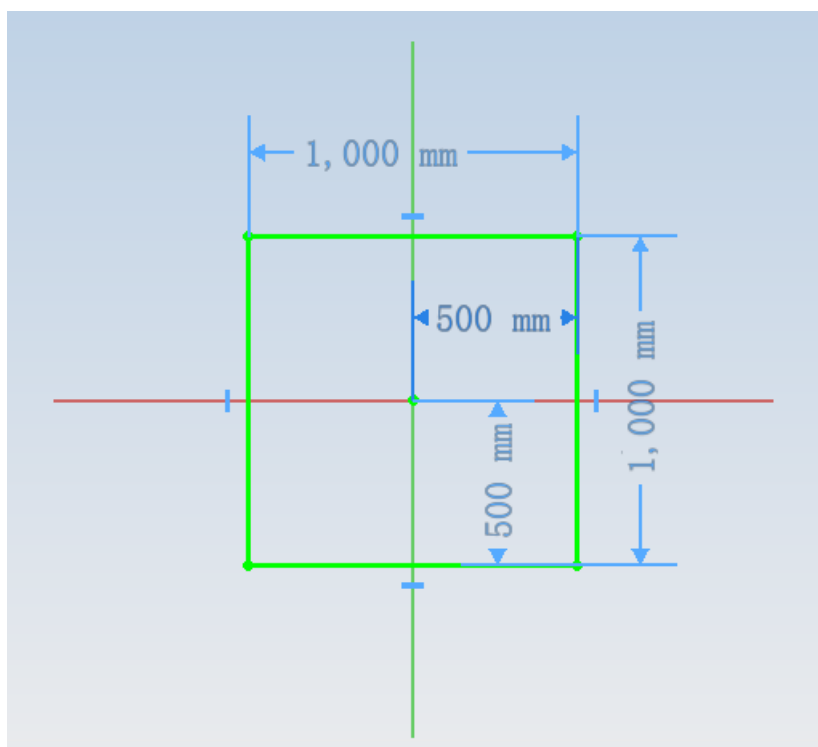


图 5 抱杆中间段截面草图

- 3) 选中左侧模型树中的草图，然后选择【三维建模】>【生成线】，生成【Wire】。
- 4) 选中左侧模型树中的 Wire。然后选择【三维建模】>【阵列】，设置阵列窗口如图。

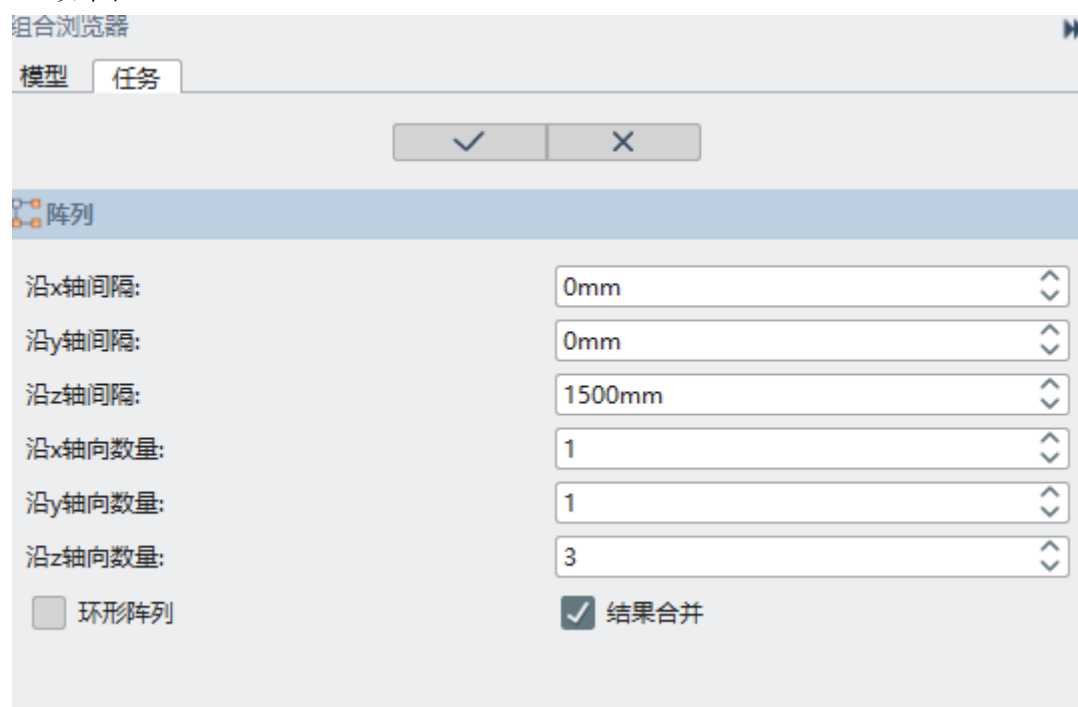


图 6 阵列设置

- 5) 选择【三维建模】>【直线】，将模型用直线连接如图所示的形状，直线命令示意如图，利用“拾取起点”和“拾取终点”命令。

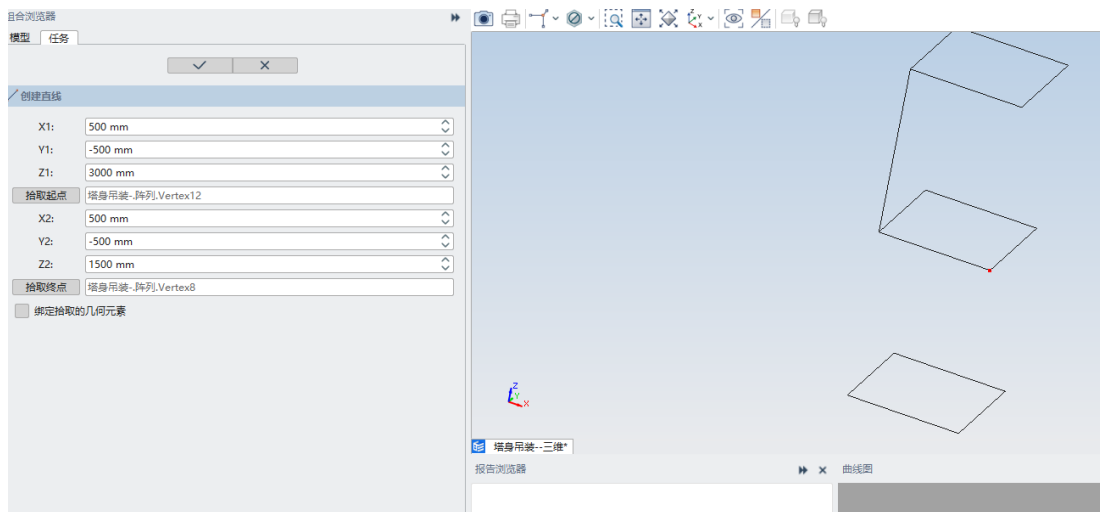


图 7 直线设置

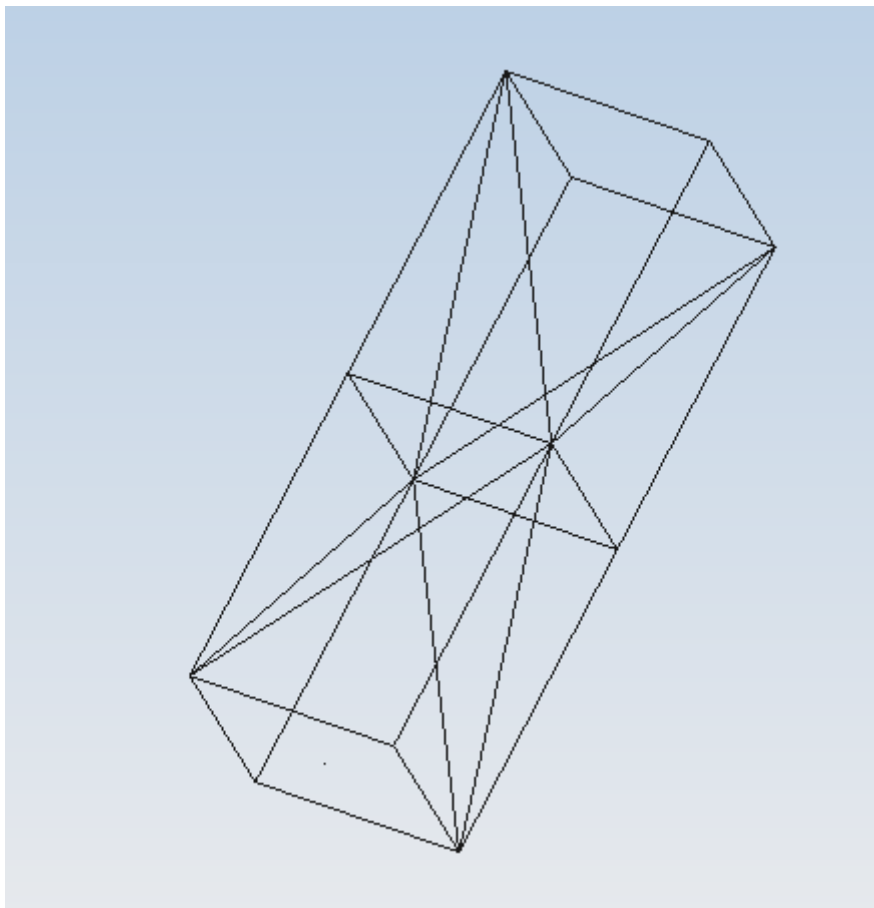


图 8 模型形状

- 6) 选中左侧模型树中的阵列和所有直线，选择【三维建模】>【并集】，形成抱杆中间段的一个节段。
- 7) 选中左侧模型树中并集，选择【三维建模】>【阵列】，阵列设置如图所示。

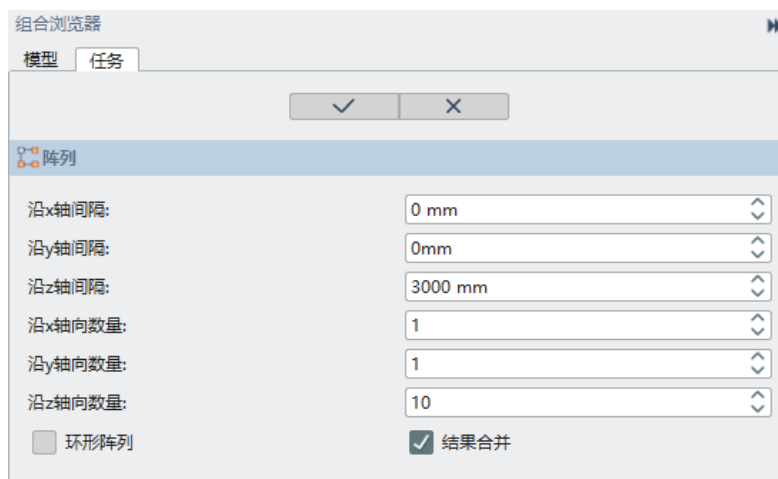


图 9 阵列设置

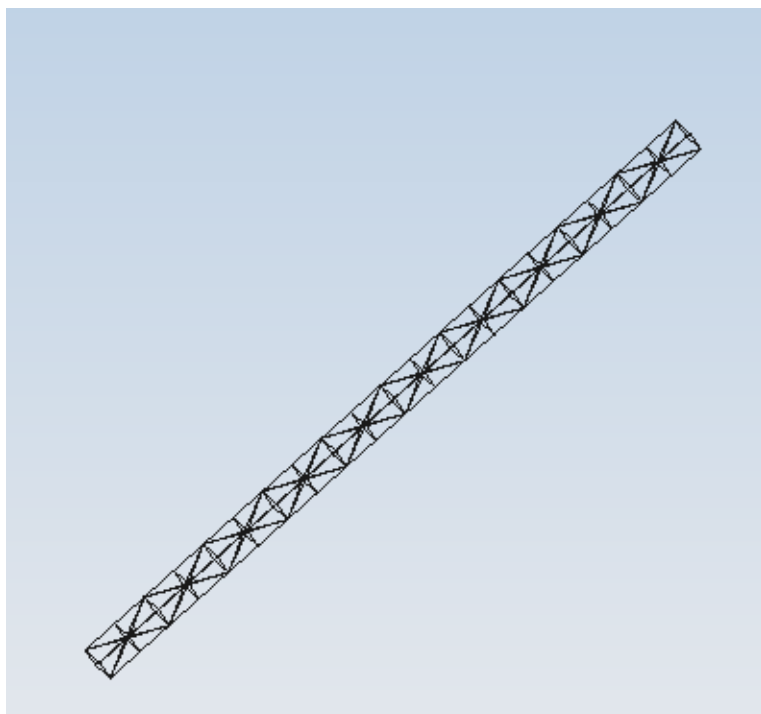


图 10 抱杆中间段

➤ 变截面段

- 1) 选择【三维建模】>【创建 2D 草图】，选择 XY 平面，偏移设置 31500mm，进入草图环境。
- 2) 选择“矩形”，在草图视图区创建如下图所示的模型，通过“水平距离”和“竖直距离”约束，让矩形分别与 X、Y 轴对称，单击【完成草图】。

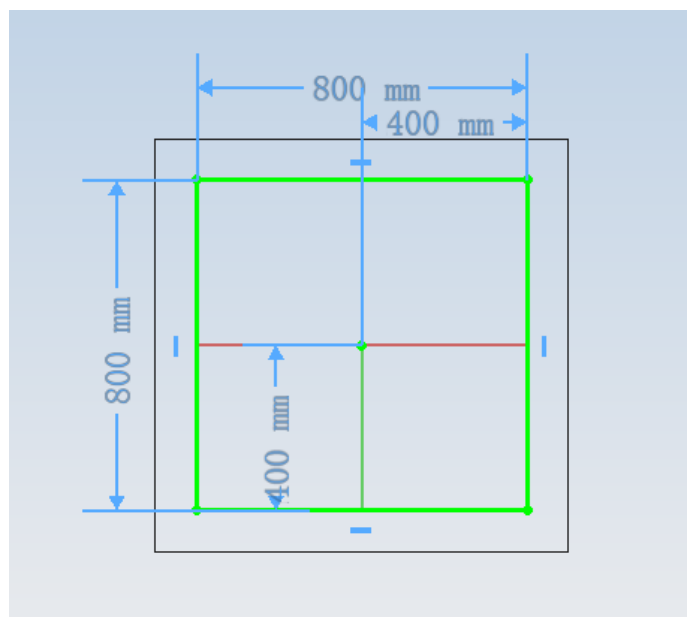


图 11 抱杆变截面截面 1

- 3) 选中左侧模型树中的草图 1, 然后选择【三维建模】>【生成线】, 生成【Wire1】。
- 4) 选择【三维建模】>【创建 2D 草图】, 选择 XY 平面, 偏移设置 33000mm, 进入草图环境。
- 5) 选择“矩形”, 在草图视图区创建如下图所示的模型, 通过“水平距离”和“竖直距离”约束, 让矩形分别与 X、Y 轴对称, 单击【完成草图】。

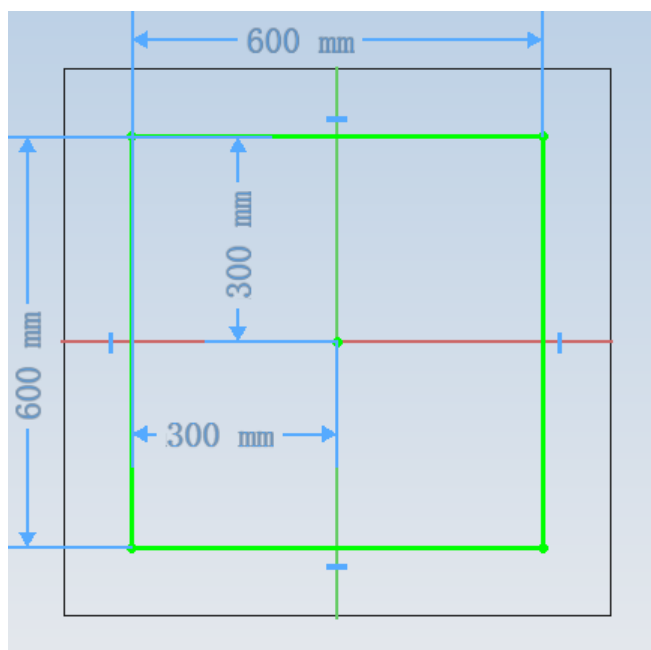


图 12 抱杆变截面截面 2

- 6) 选中左侧模型树中的草图 2, 然后选择【三维建模】>【生成线】, 生成【Wire2】。
- 7) 选择【三维建模】>【直线】, 将模型用直线连接如图所示的形状, 直线命令示

意如图，利用“拾取起点”和“拾取终点”命令。

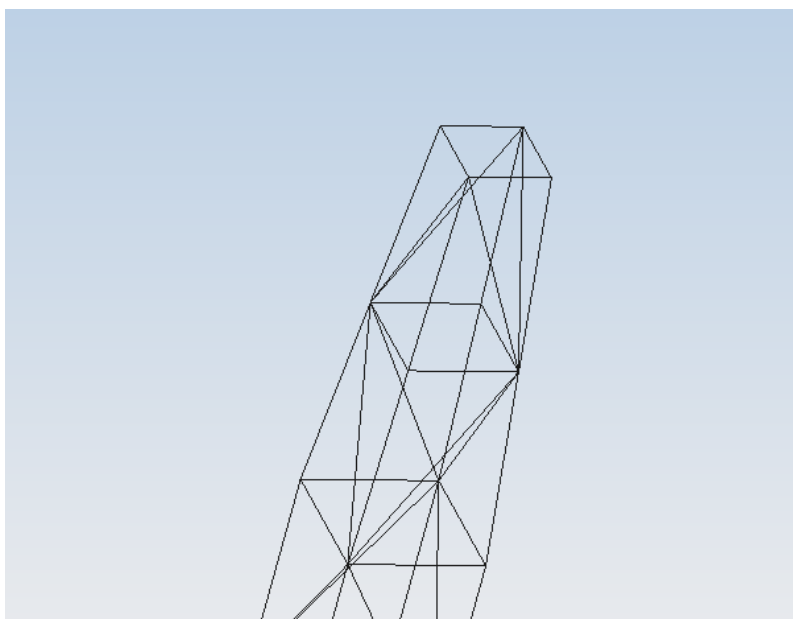


图 13 变截面段模型形状

- 8) 选中左侧模型树中的 Wire1、Wire2 和刚才生成的所有直线。然后选择【三维建模】>【并集】，生成并集 1。
- 9) 选择【三维建模】>【镜像】，镜像命令设置如图，单击【√】。

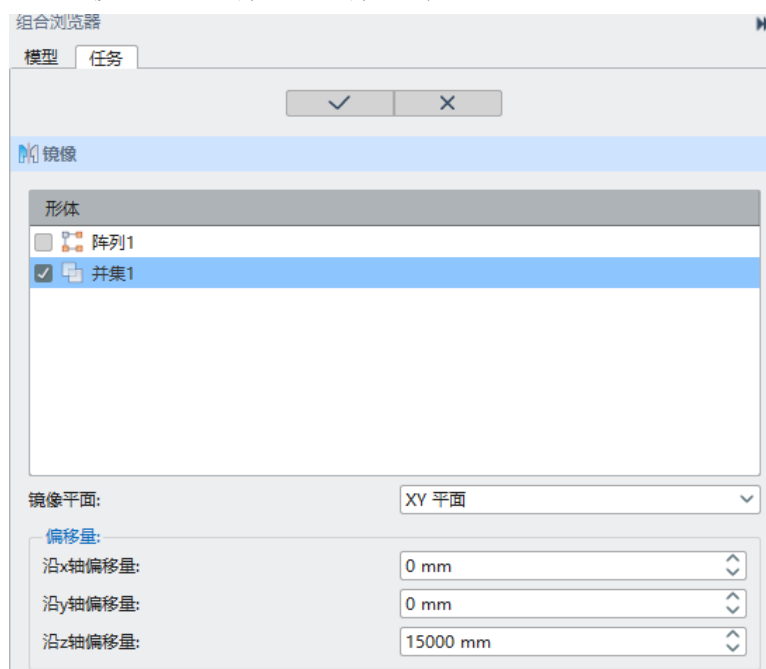


图 14 镜像命令设置

- 10) 选中左侧模型树中的阵列 1、并集 1 和镜像，然后选择【三维建模】>【并集】，生成【并集 2】。
- 11) 选中左侧模型树中的【并集 2】，然后选择【三维建模】>【转动】，转动命令设置如图所示，单击【√】。生成【并集 2-旋转】，右击【并集 2-旋转】，选

择重命名，将其更名为【抱杆】。



图 15 转动命令设置

➤ 承托绳、外拉绳和吊物加载点模型

- 1) 选择【三维建模】>【直线】，将模型用直线连接如图所示的形状，直线命令示意如图，利用“拾取起点”命令，终点通过输入坐标方式实现，拾取起点对应着同一象限内抱杆对应点位置。

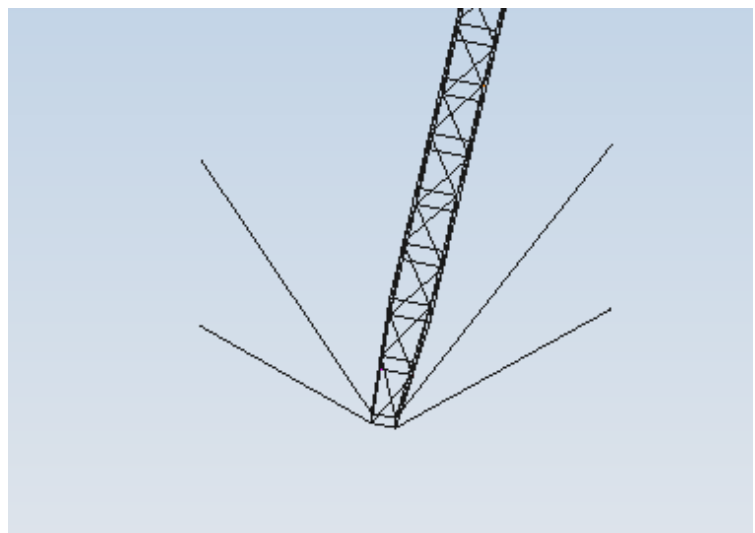


图 16 承托绳模型

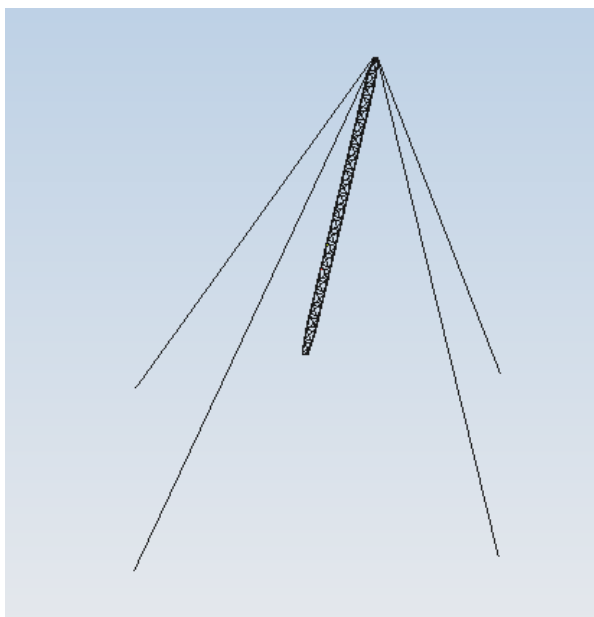


图 17 外拉绳模型

表 1 钢丝绳终点坐标

| | | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
|-----|-----|--------|--------|--------|
| 承托绳 | 点 1 | 5000 | 5000 | 2000 |
| | 点 2 | -5000 | 5000 | 2000 |
| | 点 3 | -5000 | -5000 | 2000 |
| | 点 4 | 5000 | -5000 | 2000 |
| 外拉绳 | 点 1 | 20000 | 20000 | -15000 |
| | 点 2 | -20000 | 20000 | -15000 |
| | 点 3 | -20000 | -20000 | -15000 |
| | 点 4 | 20000 | -20000 | -15000 |

- 2) 选中左侧模型树中为承托绳的直线，选择【三维建模】>【并集】，形成并集 3，将其更名为承托绳。利用相同方法，建立外拉绳。
- 3) 选择【三维建模】>【点】，点坐标如图。点击【√】。

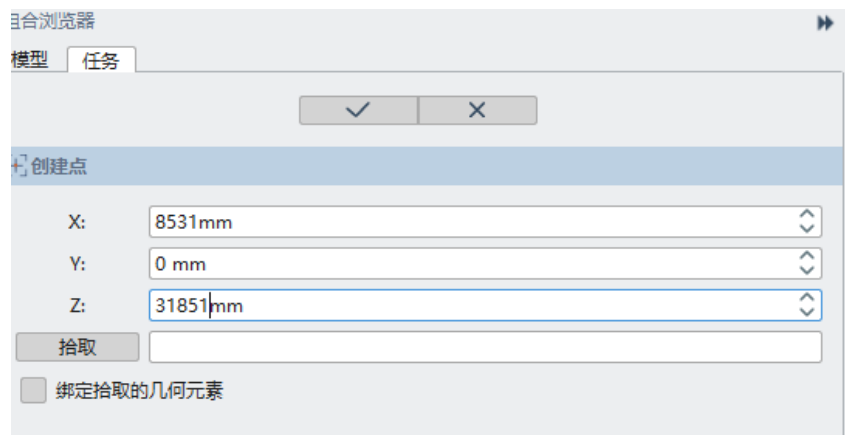


图 18 吊物加载点

- 4) 为方便模型的选取和梁截面的赋予，需要将所有的线进行分组，分组可以根据梁截面类型、单元类型等来划分。承托绳和外拉绳已经清楚，抱杆的分组如图所示。因此，该模型需要建立 5 个分组，分别为承托绳、外拉绳、主梁、斜支梁和横梁。

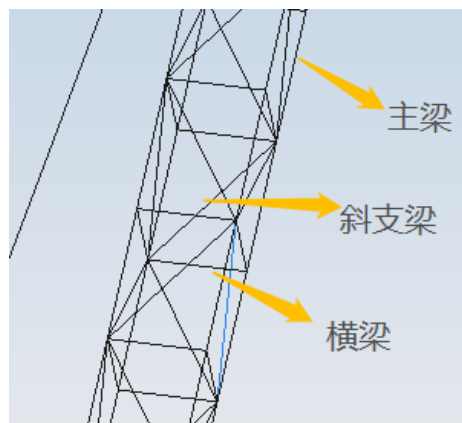


图 19 抱杆梁分类

- 5) 选择【三维建模】>【集合】，外拉绳集合的设置如图。按照相同的办法，建立其他的分组，注意不要错选和漏选。否则计算结果不准确或不能计算。

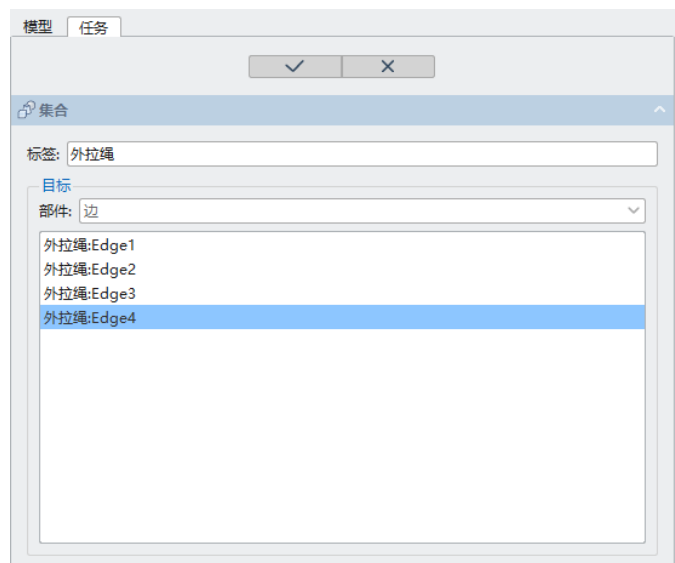


图 20 外拉绳集合设置

5.3.4 定义截面和方向

- 1) 选择【分析】>【指定截面】，在选择截面处选择“新建”，界面设置如图，点击【√】。

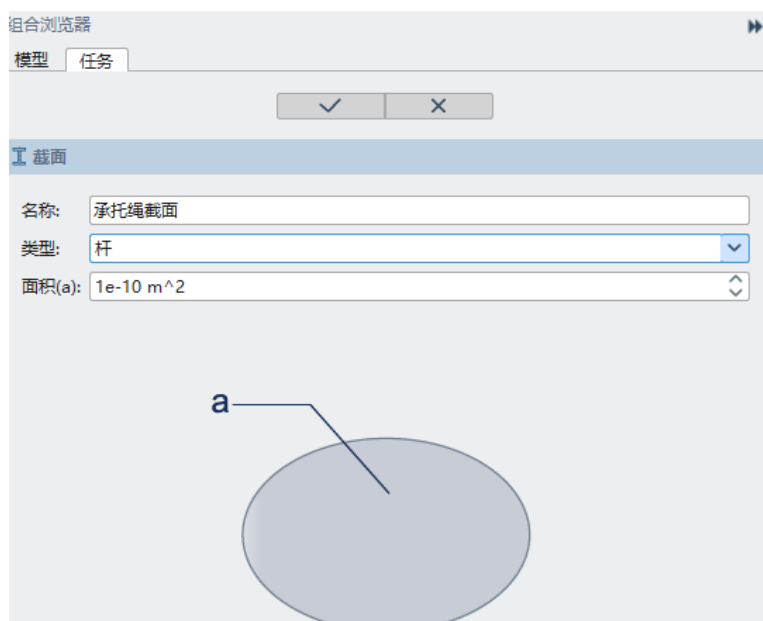


图 21 承托绳新建截面设置

- 2) 选择【分析】>【指定截面】，在选择截面处选择“▽”，选择“承托绳截面”，选择类型选择“梁/杆”，点击“集合”，选择承托绳，点击“确定”，设置如图，点击【√】。

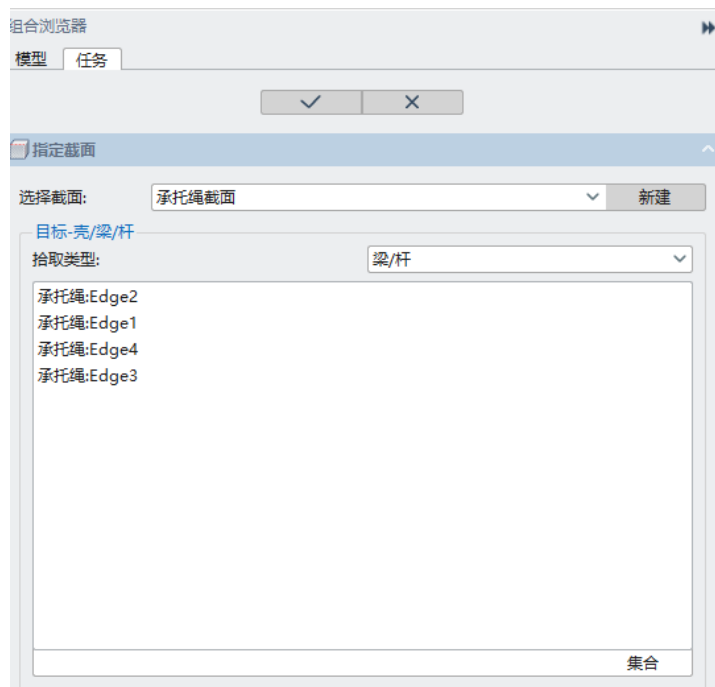


图 22 承托绳指定截面设置

- 3) 重复 1、2 步骤，创建并赋予外拉绳截面。
- 4) 选择【分析】>【指定截面】，在选择截面处选择“新建”，类型选择“L 型”，界面设置如图，点击【√】。

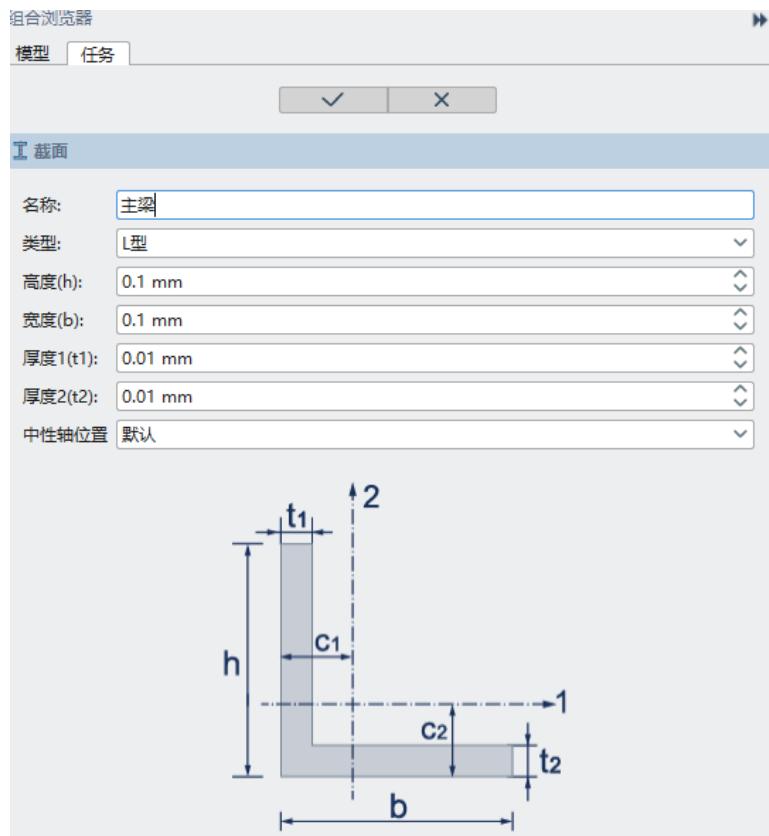


图 23 主梁新建截面设置

- 5) 选择【分析】>【指定截面】，在选择截面处选择“▽”，选择“主梁截面”，选择类型选择“梁/杆”，点击“集合”，选择主梁，点击“确定”，设置如图，点击【√】。

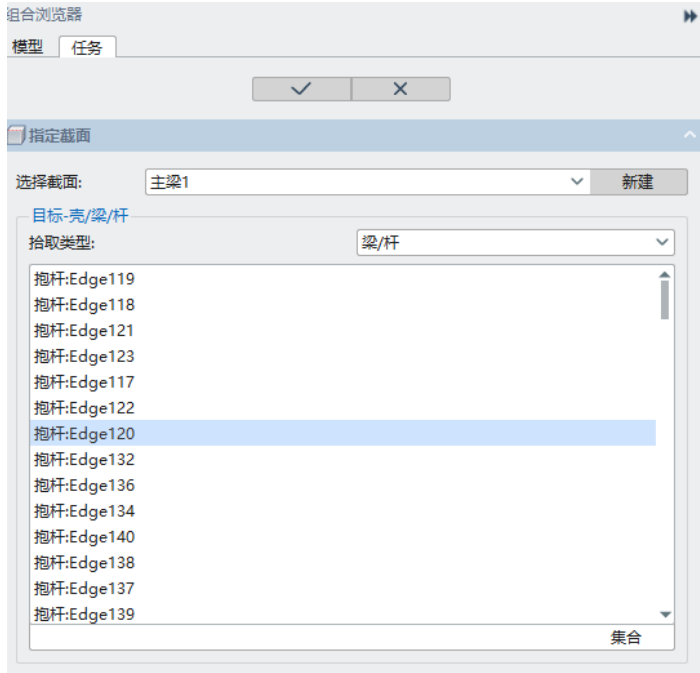


图 24 主梁指定截面设置

- 6) 选择【分析】>【指定截面方向】，集合选择“主梁”，设置如图，点击【√】。
注：方向下 x, y, z 的值确定梁截面的方向，学生可自己更改该值，查看梁截面方向的改变。更改梁截面方向可以改变梁的抗弯性能，因此工程计算中非常重要。

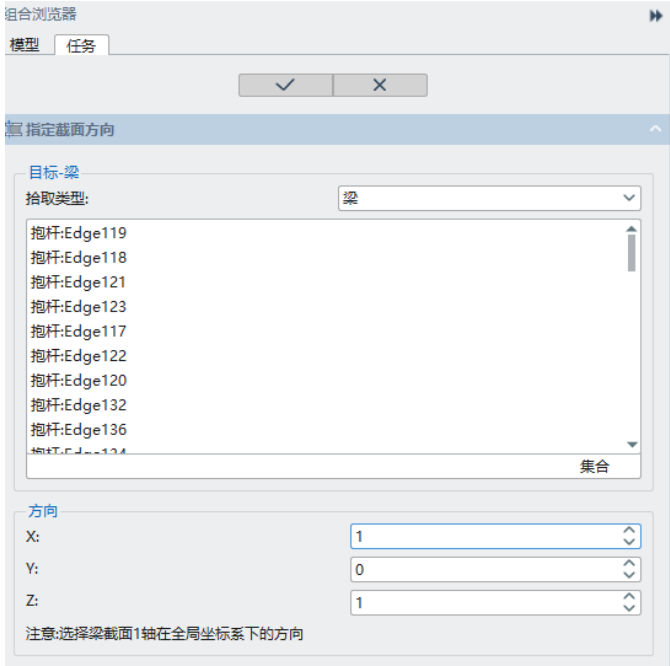


图 25 主梁指定截面方向设置

- 7) 重复 4、5、6 步骤，创建并赋予横梁、斜支梁的截面，并指定对应的截面方向。

5.3.5 赋予材料

该模型有两种材料，一个是绳的材料，另一个是抱杆的材料。

- 1) 选择【材料属性】>【从库添加】。在材料列表选择>【固体材料】>弹塑性结构钢，点击“使用此材料”，点击【√】。
- 2) 双击左侧模型树中材料属性中的结构钢，点击“集合”，选择“主梁、斜支梁、横梁”，弹出截面设置如图，点击【√】。

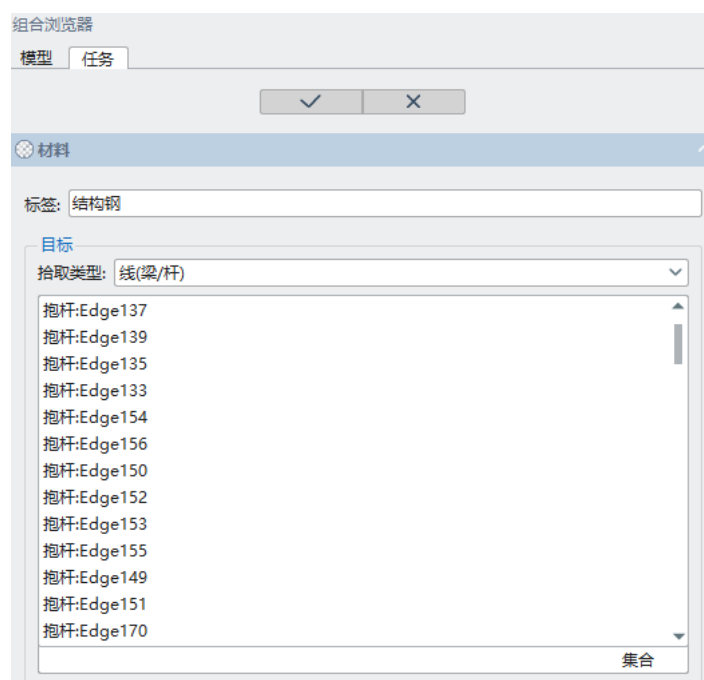


图 26 赋予抱杆材料

- 3) 选择【材料属性】>【创建材料】。修改“标签”为“钢丝绳材料”。在【目标】中修改“拾取类型”为“线(梁/杆)”，集合中选择“承托绳和外拉绳”，在【属性】中双击选择【基本属性】>【基本材料】>【密度】和【固体属性】>【线弹性】>【各向同性】，设置密度为 6000kg/m^3 、弹性模量为 $1.5\text{e}11\text{Pa}$ 、泊松比为 0.3，单击【√】，完成钢丝绳材料的施加。

5.3.6 参数绑定

- 1) 选择左侧模型树中“外拉绳截面”，在弹出的窗口中面积栏，点击“x”，输入 P，选择“parameter”输入定义的参数，“cts_r”，输入内容是“ $\text{Parameters.wls_r} * \text{Parameters.wls_r} * 3.14$ ”，绑定截面如图，点击确定，完成参数的绑定。

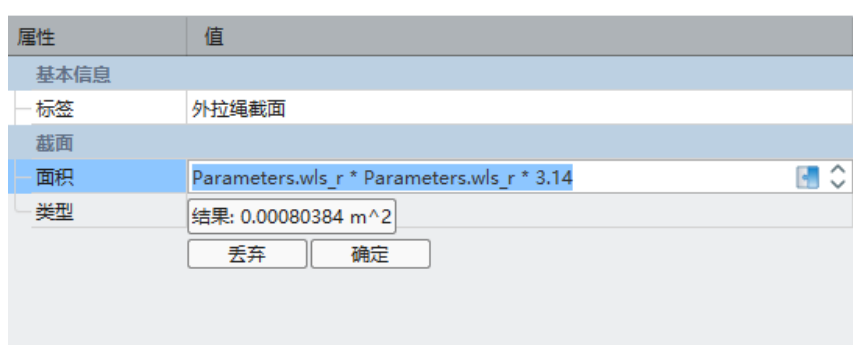


图 27 外拉绳截面参数的绑定

- 2) 重复步骤 1，完成“承托绳截面、横梁、斜支梁、主梁”和“结构钢、钢丝绳材料”的参数绑定。
- 3) 点击【文件】>【另存为】，选择存储路径，文件名为“实验三塔身吊装”。

六. 操作考评表

| 项次 | 项目 | 要求 | 配分 | 得分 |
|----|---------------|---------|----|----|
| 1 | 工具栏学习 | 完成程度与效果 | 15 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |
| 2 | 参数创建 | 完成程度与效果 | 15 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |
| 3 | 草图点、直线、面等工具使用 | 完成程度与效果 | 15 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |
| 4 | 参数绑定 | 完成程度与效果 | 10 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |
| 5 | 截面定义 | 完成程度与效果 | 10 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |
| 6 | 创建材料 | 完成程度与效果 | 5 | |
| | | 熟练程度 | 5 | |