

## 空间钢结构建模、计算实例

本实例以实际工程背景为素材，图 1 为该工程效果图，工程包含了复杂的空间结构。STRAT 软件强大的三维图形功能，可以直接输入三维模型，并不需要借助 AutoCAD 等专业图形软件。



图 1. 空间钢结构效果图

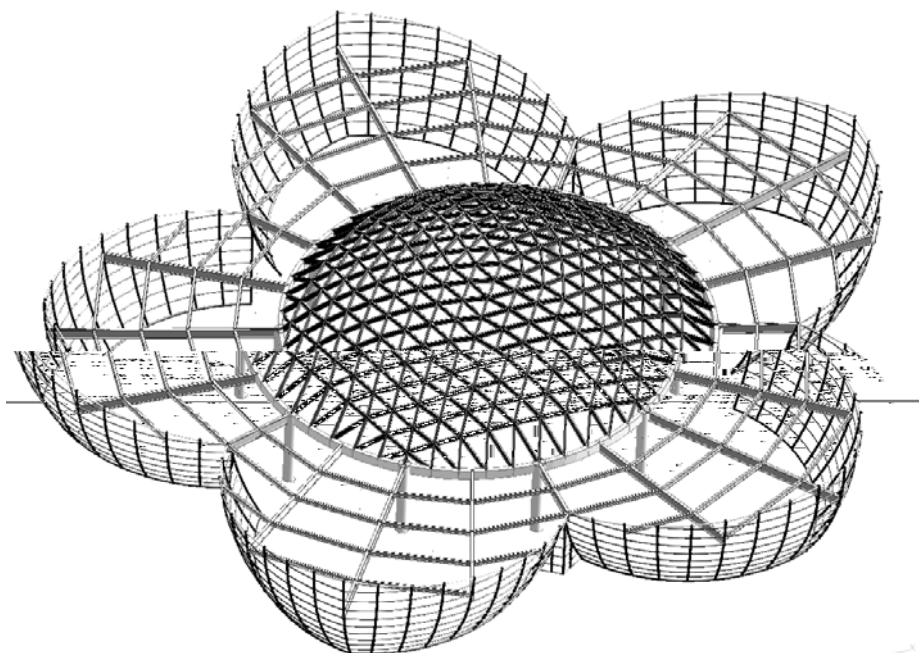


图 2. 空间钢结构 STRAT 软件模型

以下就是这个实例的整体模型和操作步骤，操作的结果如图 2 所示，形成一个精确的计算模型。

整体模型介绍，整个建筑物是一朵莲花的形状，中间是一个穹顶网架结构，跨度 50 米，因为是 5 个花瓣，所以，我们用短程线型。穹顶高度是 9.9 米。

模型有 5 个花瓣，每个花瓣由 2 片球状形体组成。2 个球状形体的球心离建筑物中性轴的距离是 28 米。球心到建筑物中心和花瓣对称轴的夹角是  $9^\circ$ 。

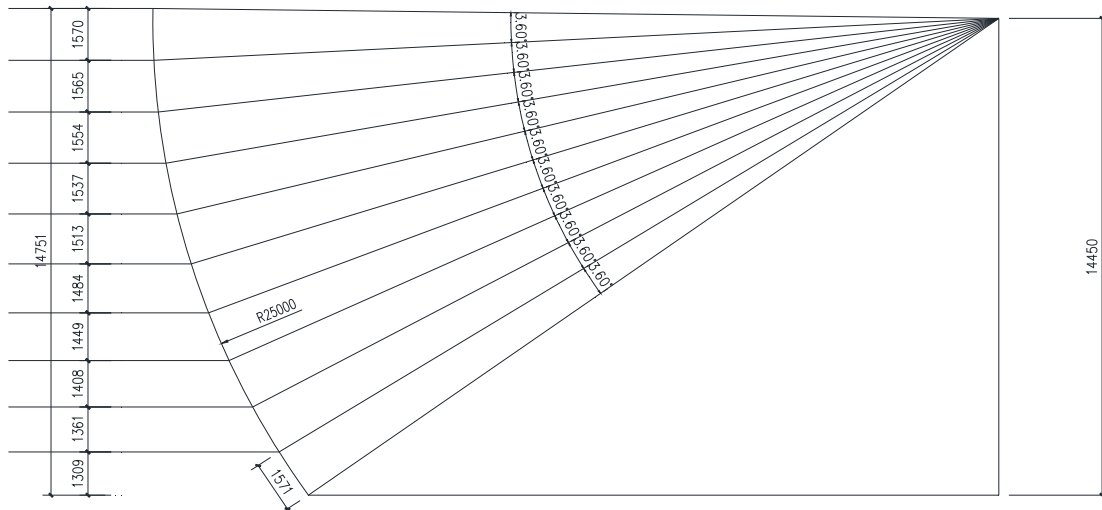


图 3. 空间钢结构花瓣的球心和球面弧梁的关系

如图 3 所示，花瓣的最高点离地面 14.45 米。花瓣的最低点到最高点被等角度平均分成 10 段每段  $3.6^\circ$ ，这些等分点就是钢弧梁布置的位置。

## 建模步骤

1. 如图 4 所示，先画建筑物的中轴线，将建筑物在 0.0 标高的中心点设为(0,0,0)点。按 F8 正交，从 z 方向向上 14.45 米到达球心的标高。从这一点往 x 方向 28 米就到达花瓣一边球心的位置。找到这个球心的位置我们就可以画球了。

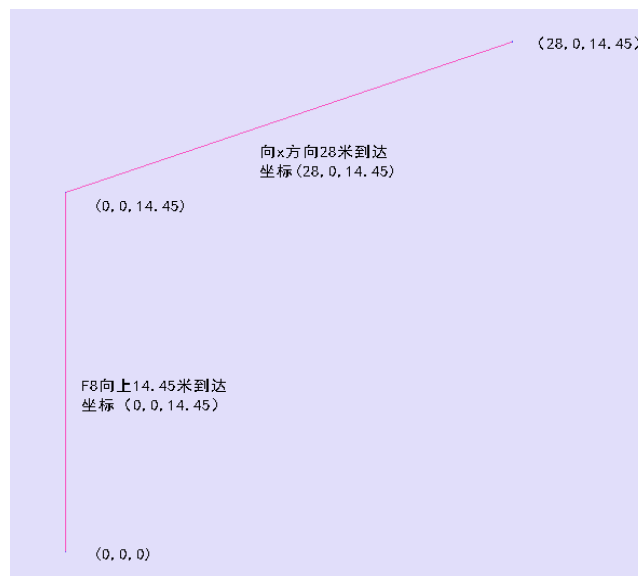


图 4. 建筑物关键辅助线

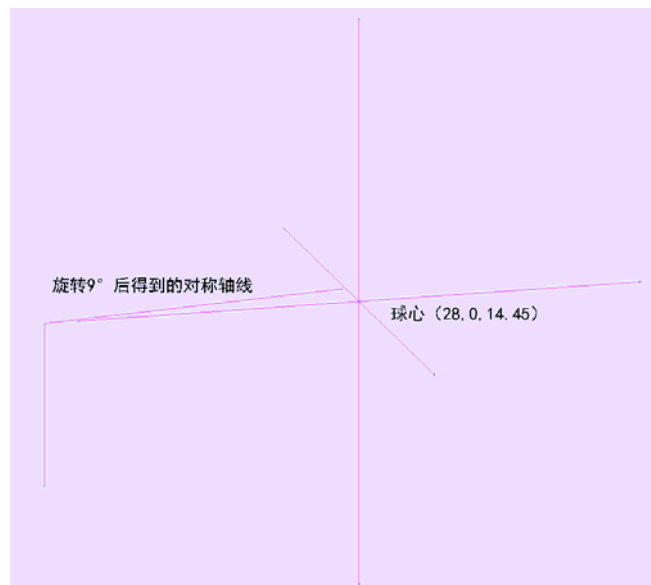


图 5. 球半径和花瓣对称轴

2. 如图 5 所示，从球心位置开始画球，首先继续在正交状态下从球心往  $x,y,z$  正方向和负方向三个方向画球的半径 25 米。将建筑物中心到球心的线旋转  $9^\circ$  得到了花瓣的对称轴线。

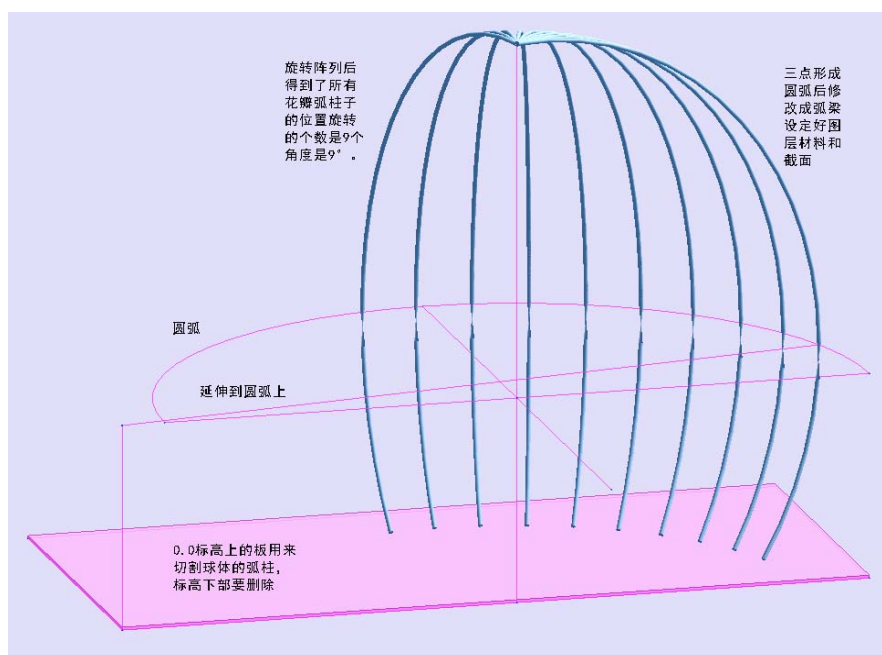


图 6. 一个花瓣的一边球体弧柱



图 7. 弧柱的单元属性设置

3. 如图 6 所示，在通过球心位置和  $xy$  平面平行的球上的三点画一个半圆，然后延伸对称轴线到半圆上，通过球的上下 2 点和对称轴和半圆的交点画另一个半圆，将花瓣的弧梁画出，然后用 ch 命令改变属性如图 7 所示，改成弧梁，新建一个弧柱的图层，材料选钢 345，截面是环直径 0.3 米，厚度 0.016 米。花瓣的球面上的弧柱等分间隔是  $9^\circ$  总计 9 个间隔。所以用阵列（旋转）命令，将弧梁绕球心垂线旋转阵列。然后在 0.0 标高平面上画一个 53 米\*25 米矩形，然后用网格成图命令形成板。用交点分图命令形成弧柱在 0.0 标高平面的交点。然后把 0.0 标高一下的图形删除。

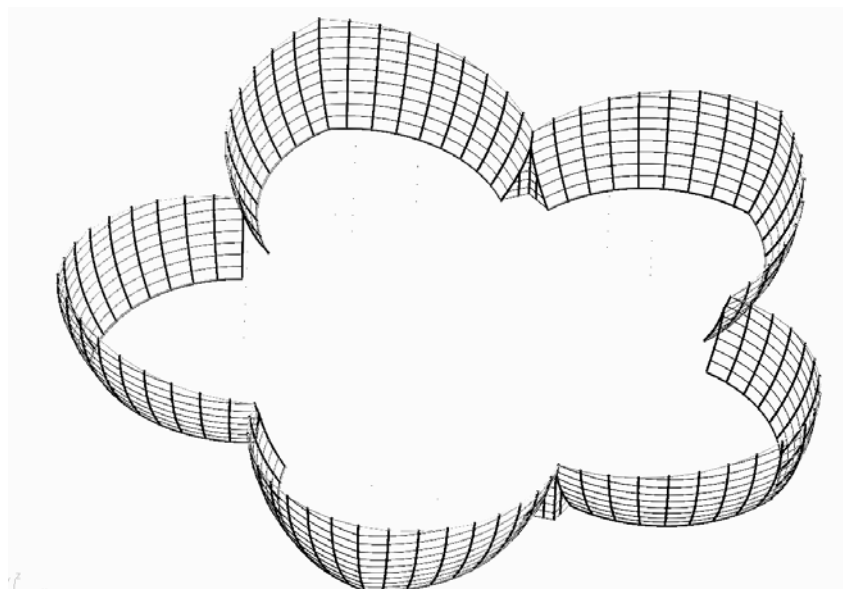


图 8. 花瓣上的梁和柱

4. 如图 8 所示，在球心和花瓣顶点连一条线，球心和最外面一段弧梁的下面一点连成一条线，用显示平面命令选择空间切面，点确定后选择球心和最外面弧上的两点。在这个面内旋转阵列圆心弧下面点的线，旋转 10 个  $3.6^\circ$ 。然后删除水平的线，在这个平面立面用交点分图，在弧柱上确定弧梁的位置。然后删除辅助线，复制最下面的板到各个弧梁的位置，对全图用交点分图命令得到弧梁上的点。删除辅助板和辅助线后新建一个弧梁图层，颜色用粉红色。用弧

梁命令，F5 修改截面为环，直径 0.3 米，厚度 0.016 米。F6 材料选钢 345。然后画弧梁。完成后删除多余的辅助线。然后镜面对称半边花瓣，形成完整的花瓣。用交点分图命令来生成两球相交的分界点，然后删除多余的梁柱后，用弧梁连接分界线。然后用分段命令将花瓣边缘的弧柱分段，用后梁连接成一个边缘梁，然后以建筑物的中心轴旋转整列花瓣 4 个 72° 后得到整个花瓣部分。

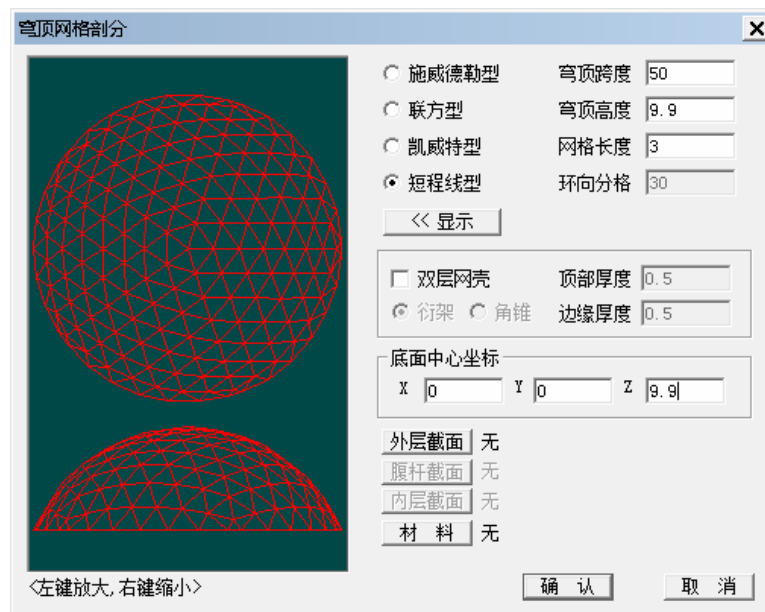


图 9. 穹顶的参数设置

5. 如图 2 所示，然后开始画建筑物中间部分的柱和梁以及穹顶和花瓣上的梁和次梁。设置楼层为 1 层，层高为柱子的高度 9.9 米。在平面图 1 层上画一个直径为 25 米，圆心为建筑物中心的圆，然后用 ch 修改命令修改圆为弧梁，材料为钢，框梁，宽 0.5 米，高 1.2 米，上下厚度 0.025 米，腹板厚度 0.02 米。然后在 5 个花瓣对称轴线和弧梁交点的位置布置柱子，然后交点分图后在每段弧梁的中点位置再布置一道柱子，总计 10 根，柱子的材料为钢材，截面为环形直径 1.5 米，厚度 0.03 米。然后在柱子和柱子之间的弧梁的中点位置，布置梁和花瓣上的梁连接。梁的材料为钢 345，截面为工字， $0.35 \times 0.02 \times 0.35 \times 1.2 \times 0.025 \times 0.025$ 。然后在主梁每隔 5 米的位置布置次梁，操作上最长的主梁分 5 段，2 边上的主梁分四段，最短的主梁分 2 段。次梁的材料为钢 345，截面为工字， $0.3 \times 0.01 \times 0.3 \times 0.5 \times 0.014 \times 0.014$ 。

6. 在输入穹顶之前，整个模型绕建筑物轴心逆时针转 9°。然后，穹顶用 STRAT 软件参数化建模的工具，在文件菜单中选择接口输入，导入穹顶模型。如图 9 所示，选择短程线型，50 米跨度，9.9 米高度，网格 3 米长度，坐标(0,0,9.9)。这样如图 2 所示的模型就建好了。

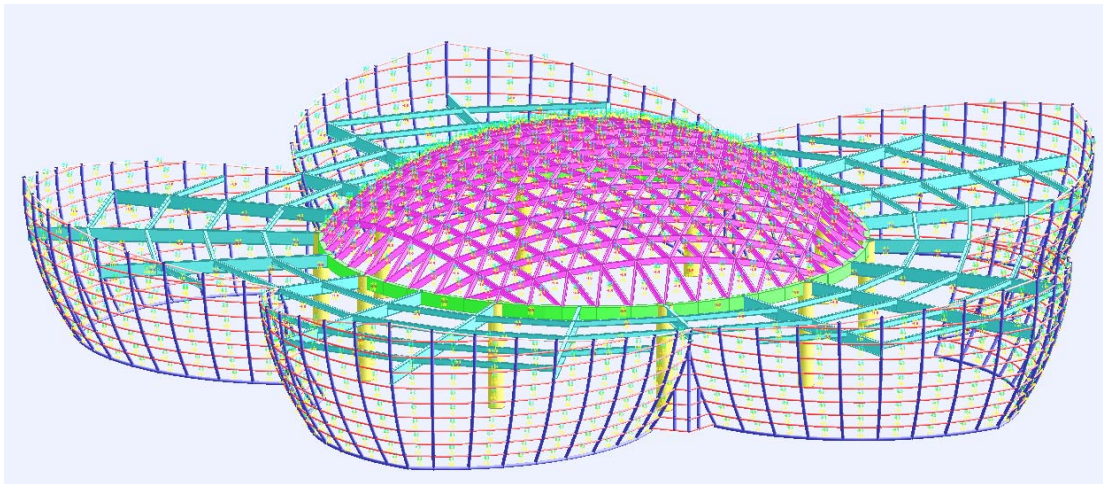


图 10. 模型荷载

7. 如图 10 所示，加载网格荷载，首先加载在穹顶，在图层中只显示穹顶，然后用平面加载网格命令，然后用 `ch` 命令修改网格参数，过滤选择网格荷载，把厚度设为 0.012 米，材料选择普通玻璃。然后使用网格加载命令，恒载设置为-1，活载为-0.5。再使用风荷载网格命令，设置好左右分和体型系数，以及垂直面和水平方向的风荷载。

8. 同样的利用图层设置显示除了穹顶以外的部分，然后选择前视图，使用选择图形显示命令，框选花瓣屋面部分，然后回到三维视图中，和穹顶的加载方法类似，选择网格加载命令，修改网格参数，同样的加恒载和活载，只是没有风荷载。

9. 在图层里面显示花瓣部分，然后一个一个花瓣的加载网格荷载，不能一起全选加载，因为会出现无效的网格荷载。加载好网格荷载后，就可以加风荷载，左右加载不同的体型系数，加载 2 次，一次风荷载的水平分量，一次加载风荷载的垂直分量。

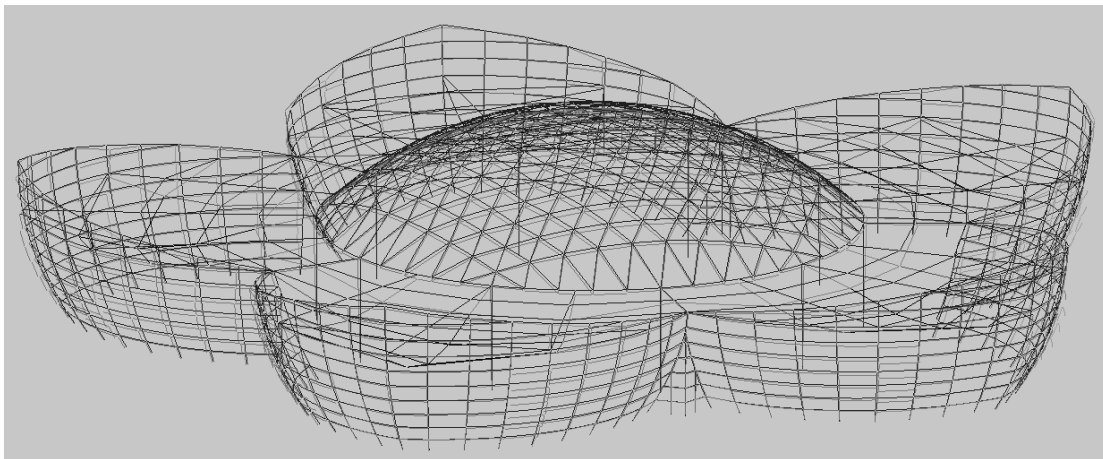


图 11. Plots 里面的模型变形图

10. 这样整个模型就建模和加载完毕，保存文件后，生成 Strat 计算文件，关闭 Prep 部分，如图 11，进入 Plots 可以查看模型各个构件的应力应变情况。

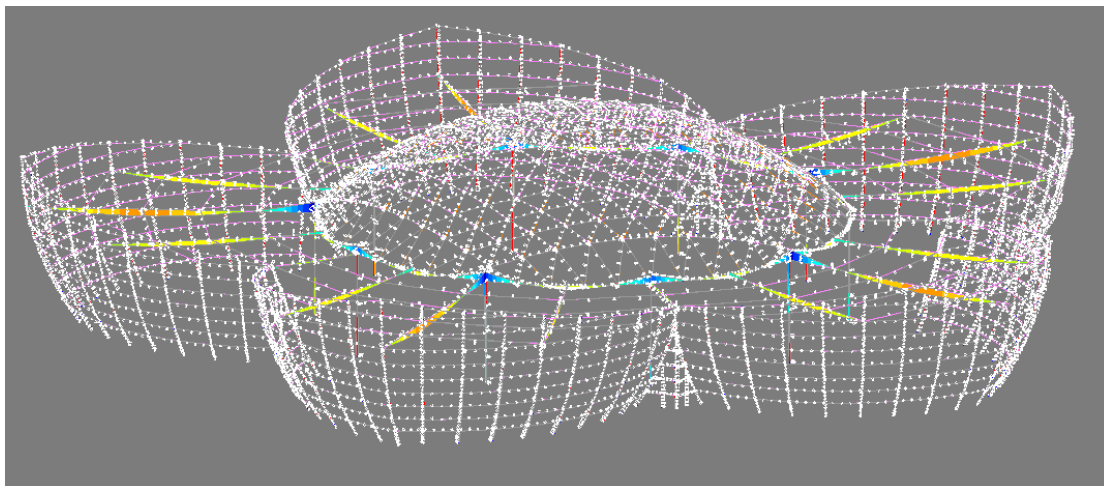


图 12. Archi 里面的模型验算情况

11. 如图 12，进入 Archi 可以查看构件验算情况。