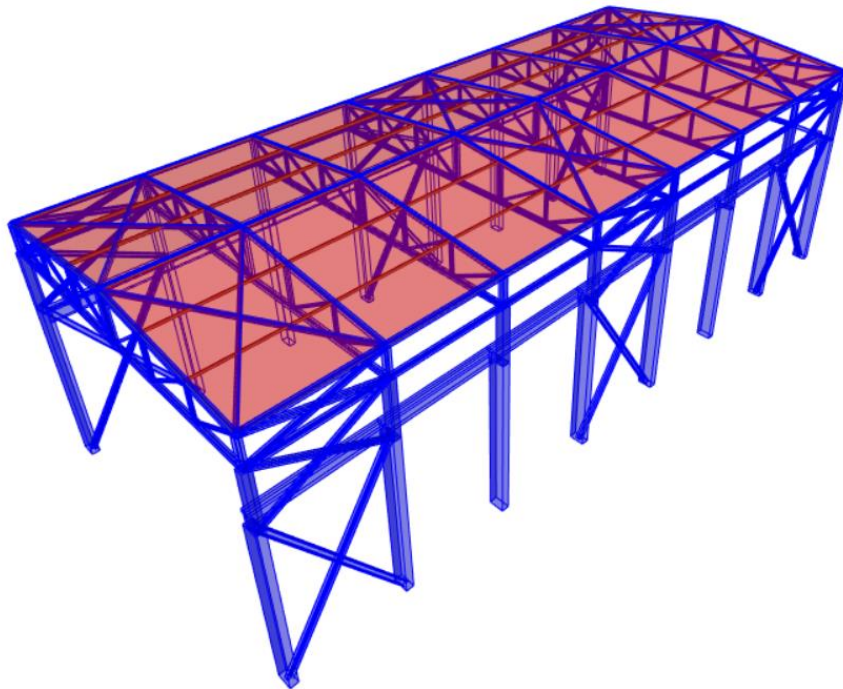


SAP2000 案例教程

钢结构工业厂房



北京筑信达工程咨询有限公司

2022年8月

版 权

SAP2000 软件及全部相关文档均为受专利法和版权法保护的产品，全球范围内的所有权归美国 CSI（Computers and Structures Inc.）公司所有，中文版版权同属于北京筑信达工程咨询有限公司。如未预先取得 CSI 或筑信达公司的书面许可，任何形式的软件应用及文档传播一律禁止！

更多信息及本文档副本可通过以下途径获得：

北京筑信达工程咨询有限公司

北京市石景山区古盛路 36 号院 1 号楼泰然大厦 408 100043

电话：86-10-68924600

传真：86-10-68924600-8

电子邮件：support@cisec.cn

在线支持：support.cisec.cn

网址：www.cisec.cn

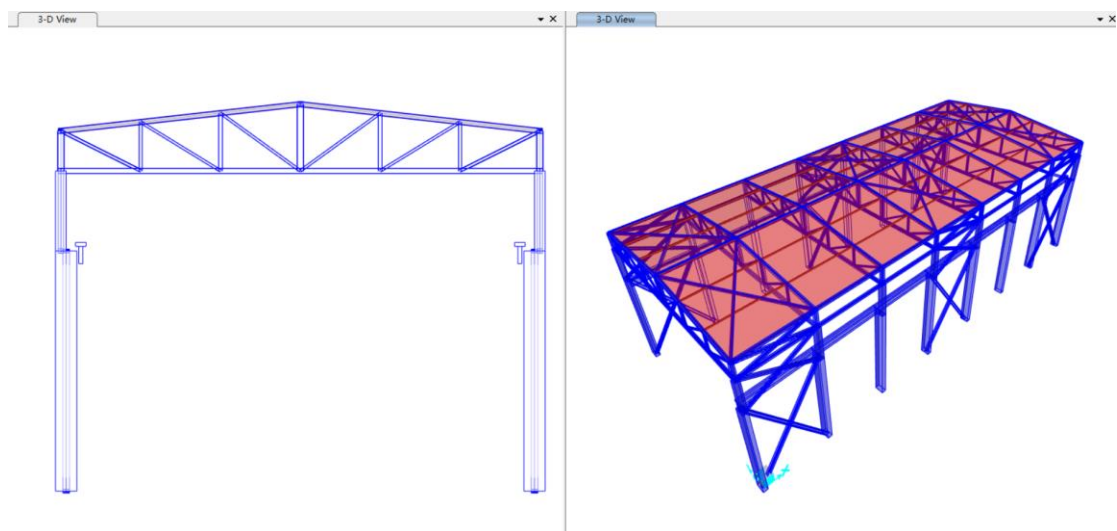
目录

1 模型概况	1
2 几何建模	2
2.1 定义轴网	2
2.2 定义材料与截面	2
2.3 绘制一榀框架	2
2.4 建立整体模型	3
3 属性指定	6
3.1 桁架/吊车梁的端部释放	6
3.2 指定支座条件	6
4 施加荷载	7
4.1 恒载	7
4.2 活载	7
4.3 风荷载	7
4.4 地震作用	8
5 结果查看	9
5.1 振型和周期	9
5.2 构件内力	9
6 构件设计	11
6.1 钢框架设计	11
6.1.1 设计参数	11
6.1.2 构件自动优选	12
6.1.3 查看设计结果	12
6.2 混凝土框架设计	13

钢结构工业厂房

本教程主要以书面文字的形式配合线上操作视频，帮助读者在 SAP2000 v23.3.0 中为钢结构工业厂房创建几何模型、指定对象属性、施加结构荷载、完成结构分析设计以及查看计算结果。在具体操作过程中，读者应熟悉并掌握 SAP2000 软件的诸多功能，如：几何建模技巧、截面自动优选、钢结构设计、混凝土设计等。

根据本教程及配套视频完成操作，即可创建如下所示的计算模型。



钢结构工业厂房

1 模型概况

如图 1.1 所示，该厂房由混凝土立柱、吊车梁、钢梁、钢桁架和支撑组成。X 方向 7 跨，间距 6m，Y 方向 1 跨，间距 18m。混凝土下柱高 9m，吊车梁搭在下柱顶部，混凝土上柱高 3m，桁架高度从 1.5m 变化至 2.5m。X 方向的第 1、4、7 跨布置了屋面支撑和柱间支撑。

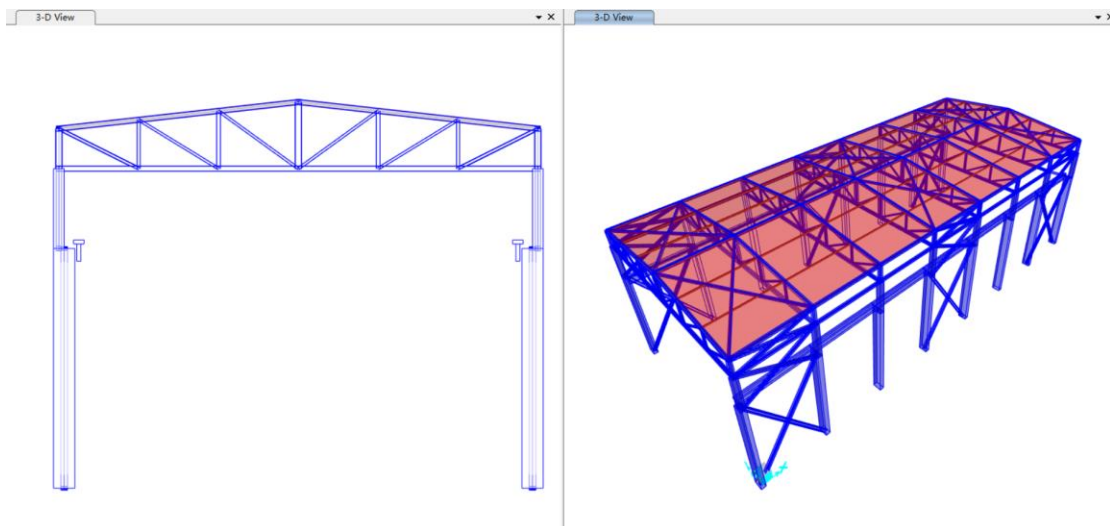


图 1.1 结构布局示意图

混凝土构件材料等级 C30，钢筋材料等级 HRB400，钢构件材料等级 Q355。

截面属性如表 1.1 所示，其中桁架采用 HW100~HW250 的截面列表，程序自动优选截面。

表 1.1 截面属性

截面属性	截面类型	截面形状	尺寸 (mm)	材料属性
桁架 Truss	框架	工字形	HW100~HW250	Q355
屋面支撑	框架	工字形	HW150X150X7X10	Q355
柱间支撑 (下柱)	框架	工字形	HW250X250X9X14	Q355
柱间支撑 (上柱)	框架	工字形	HW200X200X8X12	Q355
主梁	框架	工字形	HW200X200X8X12	Q355
混凝土下柱	框架	矩形	800x400	C30
混凝土上柱	框架	矩形	400x400	C30
吊车梁	框架	T 形	800x400x150x150	C30
屋面	壳	无	150	C30

除此之外，该模型的荷载条件如下：

- 结构自重
- 重力投影方向的屋面活荷载 1.50kN/m²
- 基本风压 0.45，阻尼比 0.05
- 抗震设防烈度 8 度，阻尼比 0.05

2 几何建模

2.1 定义轴网

如图 2.1 所示，根据该模型的空间几何特点，建立矩形轴网。

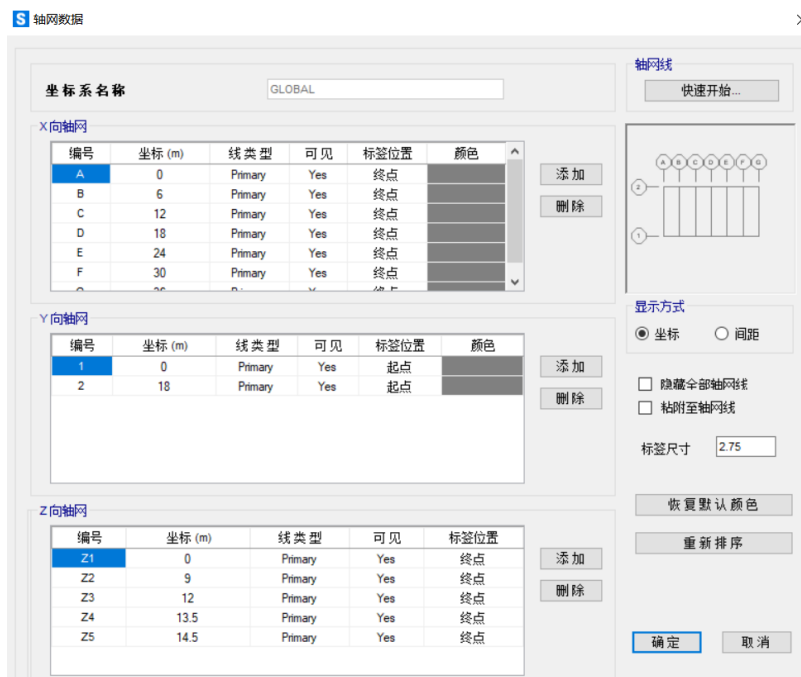


图 2.1 快速绘制轴网线

2.2 定义材料与截面

定义模型所需的材料和截面属性。具体操作见本教程配套视频，此处不再赘述。

2.3 绘制一榀框架

本模型可先建立一榀框架，再通过复制和拉伸完成整体模型的建立。

绘制如图 2.2 所示的框架，考虑到柱的偏心，绘制下柱时设置“XY 平面内沿法线偏移”，距离为 0.2m。具体操作见本教程配套视频，此处不再赘述。

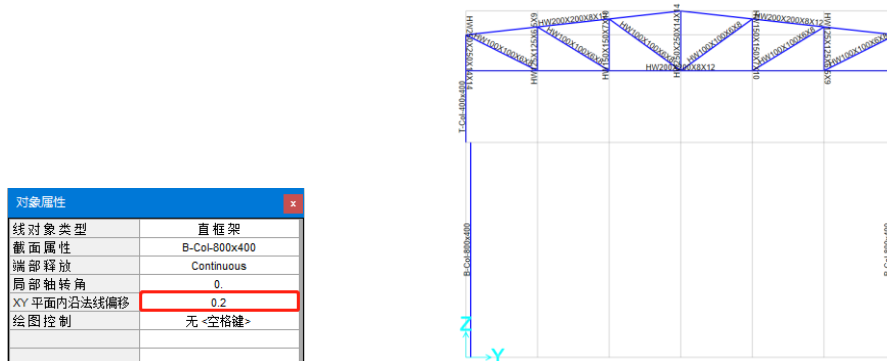


图 2.2 绘制一榀框架

单榀框架绘制完成后,需要进行构件局部轴的调整,以模拟构件布置的实际效果。

1. 将桁架的局部 2 轴调整至面内;
2. 将混凝土下柱的局部 2 轴调整至面内。

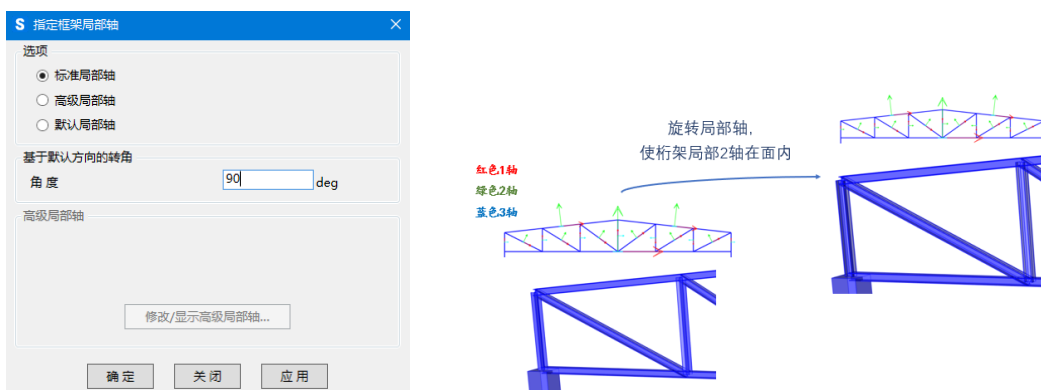


图 2.3 桁架局部轴调整

2.4 建立整体模型

首先,通过带属性复制,将之前绘制的框架复制得到 8 榀框架。

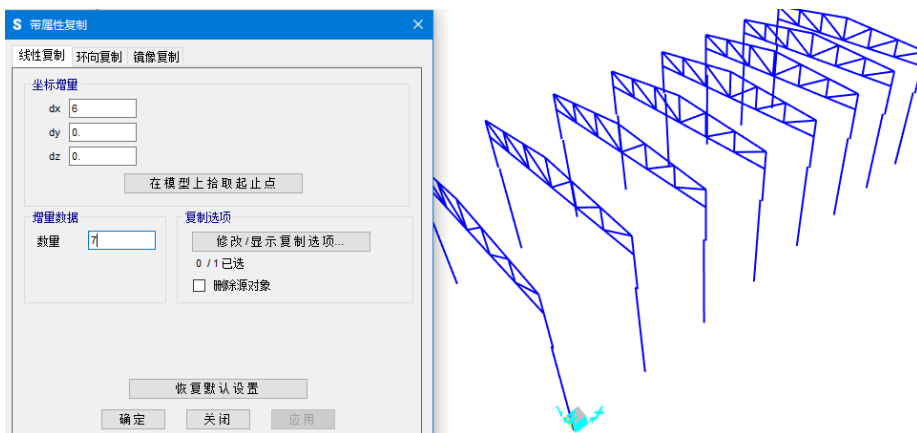


图 2.4 带属性复制

然后,绘制吊车梁端部的特殊节点(离混凝土上柱柱底 Y 向偏移 0.75m),通过点拉伸成线,依次生成钢梁和吊车梁,如图 2.5。从而得到整体框架模型。

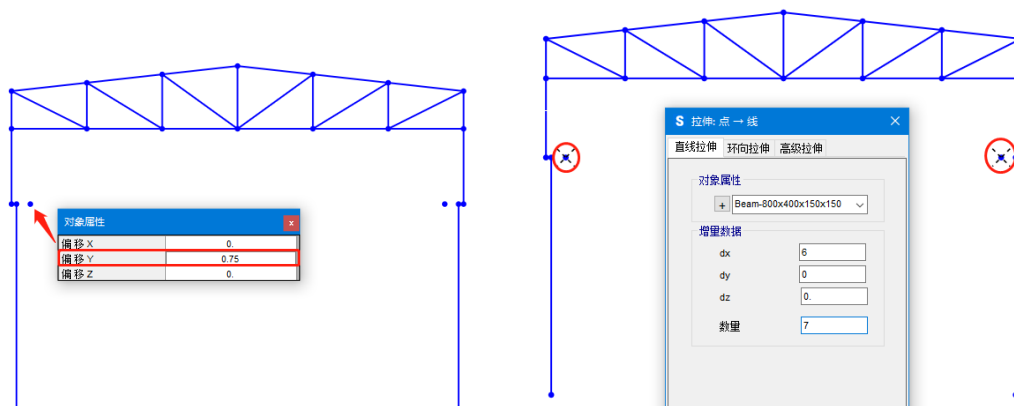


图 2.5 绘制吊车梁

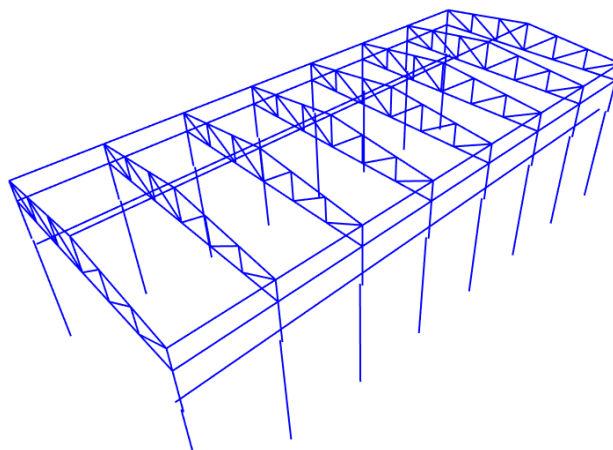


图 2.6 整体框架

绘制屋面支撑、柱间支撑和屋面板。实际工程中屋面沿着 X 向布置了多道檩条，由于檩条无需参与整体结构设计，建模时忽略檩条，仅考虑其导荷效果，故屋面在檩条处进行分割，力将沿着面的角点传递。

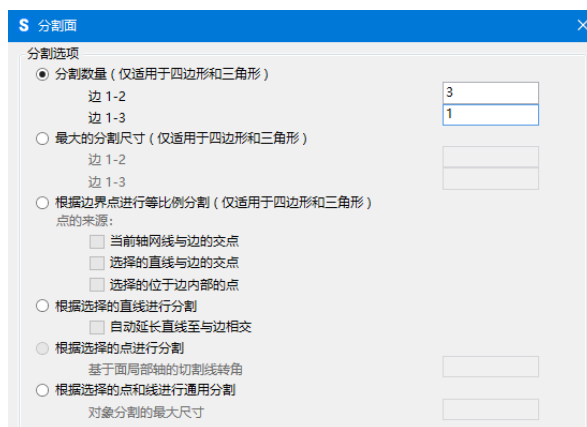


图 2.7 屋面在檩条处分割

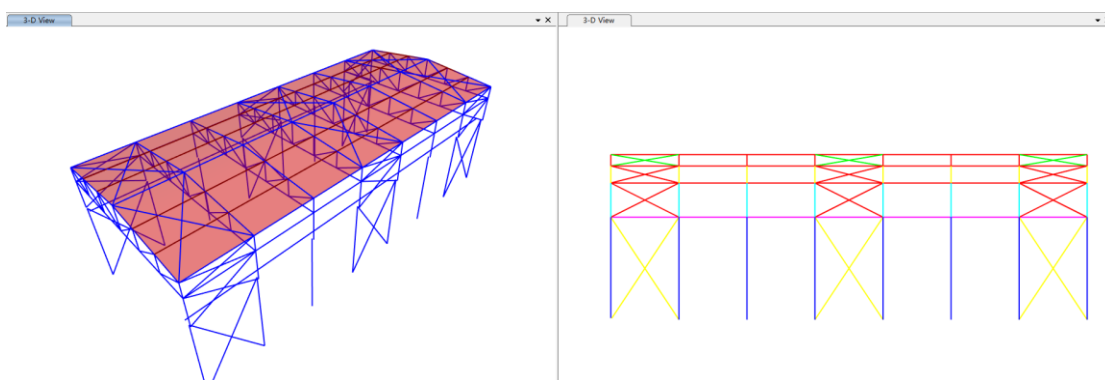


图 2.8 整体模型

为了模拟上下柱的连接和牛腿效果，需要对混凝土柱与吊车梁的连接节点指定刚体约束。由于模型中存在多组需要约束的节点，此处采用 **weld**（拼接）节点约束进行模拟，拼接容差为 0.8m，约束六个自由度。**Weld** 约束将对拼接容差范围内的节点进行约束，从而实现一次性考虑多组刚体约束的效果。

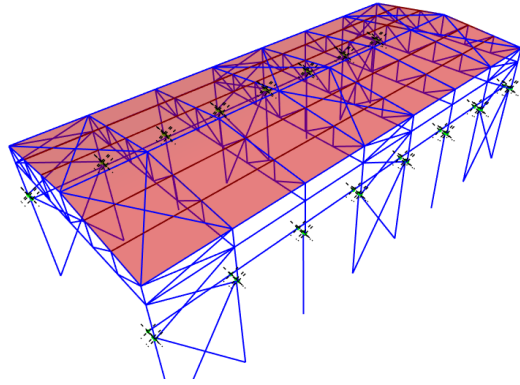


图 2.9 设置节点约束

3 属性指定

3.1 桁架杆件/吊车梁的端部释放

为了模拟桁架构件两端的铰接，以及吊车梁搭接在牛腿上的效果，建议释放桁架和吊车梁的两端弯矩 M22、M33 和一端扭矩 T，如图 3.1 所示。

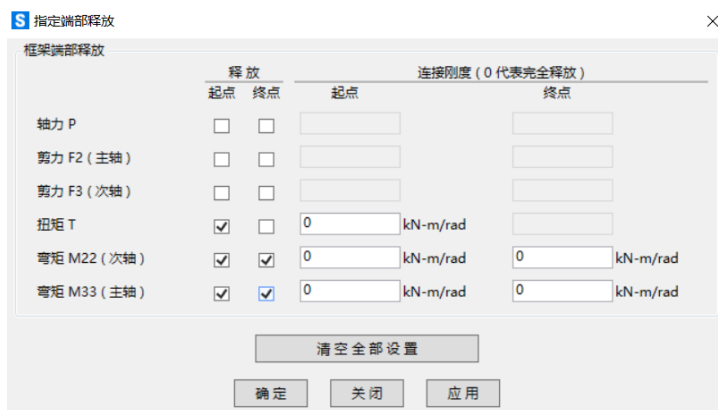


图 3.1 端部释放

3.2 指定支座条件

选中柱底的节点，指定固定支座，如图 3.2 所示。



图 3.2 指定支座条件

4 施加荷载

根据第 1 章“模型概况”中给定的结构荷载条件，定义包括结构自重的恒载、屋面活荷载、风荷载共计 4 个荷载模式，如图 4.1 所示。此外，分别考虑 X 方向和 Y 方向的地震作用，地震作用采用振型分解反应谱法。

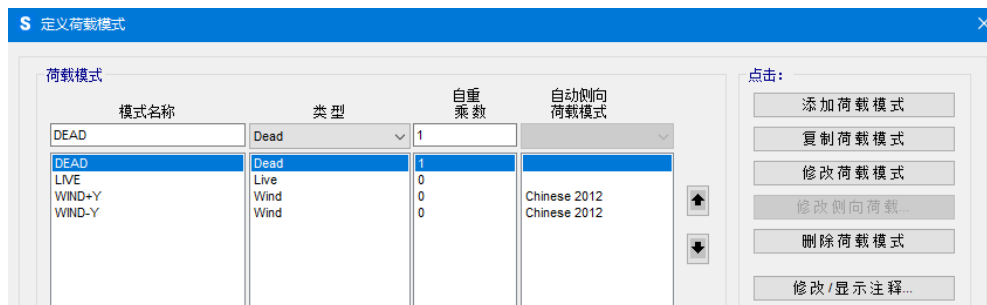


图 4.1 定义荷载模式

4.1 恒载

考虑 1 倍的结构自重。

4.2 活载

根据荷载规范，应考虑水平投影面上的屋面活荷载，故施加重力投影方向的均布面荷载。

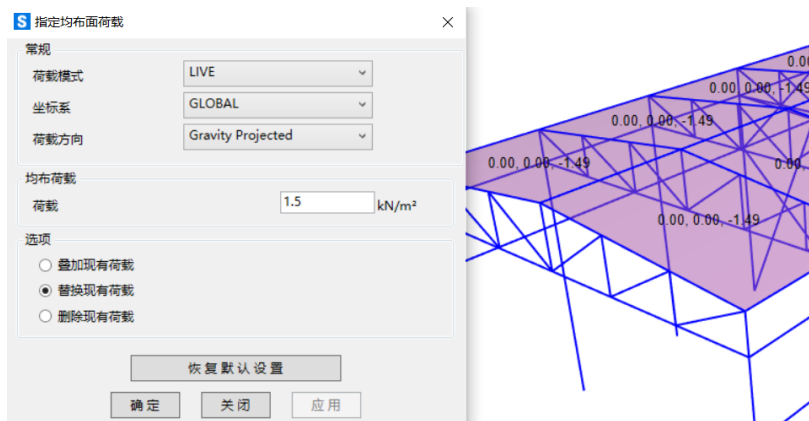


图 4.2 屋面活荷载

4.3 风荷载

本案例以荷载规范中表 8.3.1 的四面开敞式双坡屋面为例演示风荷载的施加。根据屋面夹角，迎风面和背风面均为风吸力，迎风面风压系数 1.3，背风面风压系数 0.7。风荷载的作用方向与面的局部+3 轴一致，具体操作见本教程配套视频，此处不再赘述。实际工程中，应依据项目实际情况选择相应的结构类型施加风荷载。

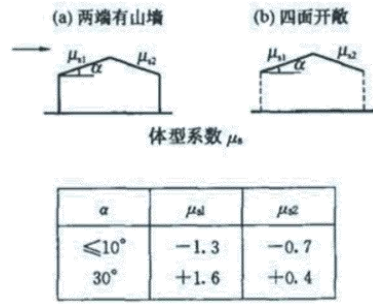


图 4.3 风荷载体型系数

4.4 地震作用

采用振型分解法考虑 X 和 Y 方向的地震作用，抗震设防烈度 8 度，阻尼比 0.05。

5 结果查看

5.1 振型和周期

查看结构振型图，如图 5.1 所示。

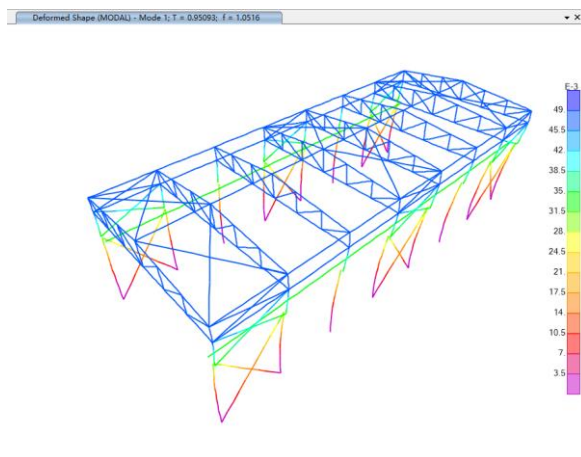


图 5.1 结构振型图

查看 X 向和 Y 向的累积质量参与系数是否达到 90%，如图 5.2 所示。

单位: 见注释
过滤器:

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	UY Unitless
MODAL	Mode	1	0.950932	0	0.97896	0	0	0.97896	0	0.06256	
MODAL	Mode	2	0.487278	0.00299	6.718E-17	1.102E-16	0.00299	0.97896	1.102E-16	8.454E-17	
MODAL	Mode	3	0.486758	2.164E-16	1.006E-16	1.523E-08	0.00299	0.97896	1.523E-08	1.454E-16	
MODAL	Mode	4	0.486261	0.01216	2.263E-19	7.009E-17	0.01515	0.97896	1.523E-08	0	
MODAL	Mode	5	0.48396	1.838E-16	2.777E-17	1.196E-06	0.01515	0.97896	1.211E-06	6.907E-18	
MODAL	Mode	6	0.482299	0.00535	1.344E-19	8.85E-19	0.0205	0.97896	1.211E-06	2.347E-18	
MODAL	Mode	7	0.481981	2.605E-20	8.676E-20	2.338E-07	0.0205	0.97896	1.445E-06	3.971E-19	
MODAL	Mode	8	0.480552	1.651E-18	0	2.221E-08	0.0205	0.97896	1.467E-06	0	
MODAL	Mode	9	0.48031	1.694E-05	3.077E-20	3.561E-19	0.02051	0.97896	1.467E-06	1.049E-19	
MODAL	Mode	10	0.352317	5.929E-18	3.376E-18	1.879E-17	0.02051	0.97896	1.467E-06	2.059E-17	
MODAL	Mode	11	0.237246	0.93121	9.214E-15	2.589E-20	0.95173	0.97896	1.467E-06	5.993E-15	
MODAL	Mode	12	0.198772	1.345E-13	2.442E-13	0.53527	0.95173	0.97896	0.53528	1.106E-13	

图 5.2 模态质量参与系数

5.2 构件内力

查看构件在任一工况和组合下的内力图，如图 5.3 所示。

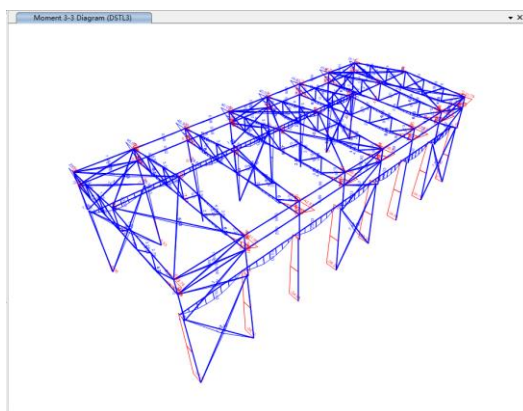


图 5.3 内力图

在结构内力图中右击任一构件显示隔离体图。构件隔离体图除显示作用于构件的等效荷载和构件内力外，也可以显示构件挠曲线，如图 5.4 所示。

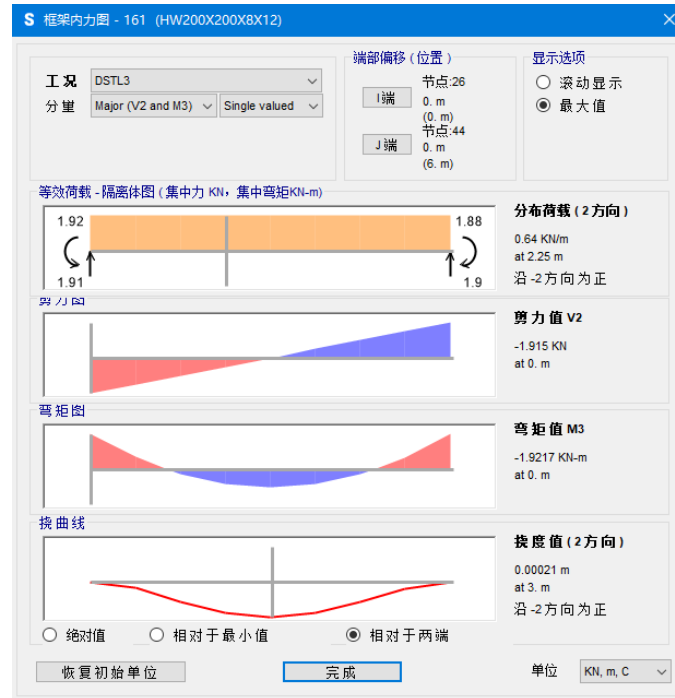


图 5.4 构件隔离体图

6 构件设计

整体模型分析完成后，对于不同类型的构件可采用不同的设计选项完成构件设计。本案例通过“钢框架设计”和“混凝土框架设计”完成整体模型的设计。

6.1 钢框架设计

6.1.1 设计参数

SAP2000 提供了新钢标的四种分析方法（一阶分析法、一阶放大法、二阶分析法和直接分析法）供用户选择，更详尽的内容请参考程序自带的中文技术文档“钢框架设计中国规范 2018 版”和配套的[教学短视频](#)。本案例采用一阶分析法完成结构设计，设计首选项的参数设置如图 6.1 所示。

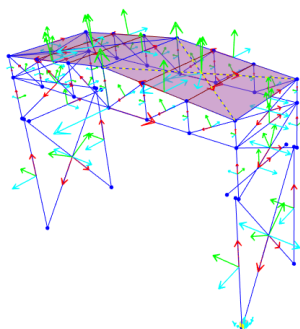
S 钢框架设计首选项 - Chinese 2018

项	数值
1 设计规范	Chinese 2018
2 多值工况	包络值
3 框架类型	Sway Moment Frame, SMF
4 高层建筑?	否
5 抗震设计等级	等级 II
6 结构重要性系数 γ_0	1.
7 忽略宽厚比 (B/T) 校核?	是
8 梁按压弯构件设计?	否
9 忽略梁 ϕ_B ?	否
10 分析方法	Limited 1st Order
11 稳定系数 η_{cr}	0.
12 挠度校核?	是
13 恒载限值 L/	120.
14 (附加恒载+活载)限值 L/	120.
15 活载限值 L/	500.
16 总限值 L/	400.
17 净挠度限值 L/	500.
18 样式活荷载系数	0.
19 应力比限值	1.

图 6.1 设计首选项

程序进行构件设计时，将根据构件的支承情况自动判断其无支撑长度系数，自动根据新钢标附录 E 判别构件的计算长度系数 μ ，因此，构件实际计算长度=构件长度 x 无支撑长度系数 x 计算长度系数。

本案例中，实际工程中屋面两侧各布置了两道檩条，由于模型中未建立檩条，因此需手动对屋面支撑在该方向的无支撑长度系数进行调整。程序默认局部 3 轴为轴，局部 2 轴为次轴，对于下图所示的屋面支撑，杆件局部 2 轴朝上，因此应将次轴方向的无支撑长度系数调整为 1/3。



项	数值
22 (附加恒载+活载)限值 abs	程序默认
23 活载限值 abs	程序默认
24 总限值 abs	程序默认
25 净挠度限值 abs	程序默认
26 指定反拱值	程序默认
27 净/毛面积比	程序默认
28 活荷载折减系数	程序默认
29 无支撑长度系数(主)	程序默认
30 无支撑长度系数(次)	0.3333
31 有效长度系数 μ (主)	程序默认
32 有效长度系数 μ (次)	程序默认

图 6.2 无支撑长度系数

对于一些边界条件较特殊的构件，程序判别的有效长度系数可能有误，此时可通过设计覆盖项进行调整，如图 6.3 所示。

项	数值
29 无支撑长度系数(主)	程序默认
30 无支撑长度系数(次)	程序默认
31 有效长度系数 μ (主)	2.
32 有效长度系数 μ (次)	2.
33 有侧移 M 放大系数 (α_M 主)	程序默认
34 有侧移 M 放大系数 (α_M 次)	程序默认

图 6.3 有效长度系数

6.1.2 构件自动优选

SAP2000 可根据用户指定的设计组和优化目标自动完成构件优选，默认的优化目标为用钢量，用户也可以指定目标侧移或目标周期，各设计组内的构件将优选为统一截面。根据图 6.4 所示的设计流程图完成构件的截面优选。

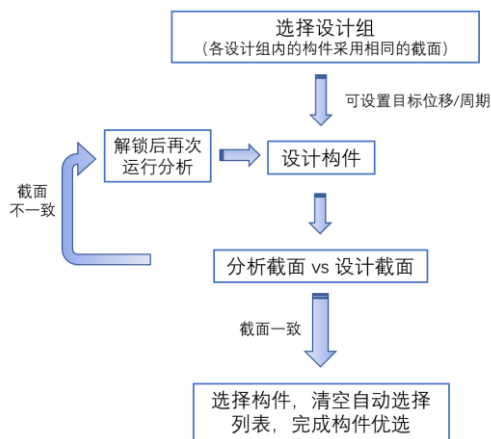


图 6.4 构件自动优选流程图

6.1.3 查看设计结果

查看构件应力比，如图 6.5 所示。右击任意一根杆件可查看设计细节。

