

# 某单层钢结构冷库结构设计

柴浩（机械工业第六设计研究院有限公司）

某采用自动存取设备的高架大型冷库，地处河南省商丘市，地上一层，由冷藏间和穿堂两部分组成，结构设缝脱开，无地下室，檐口距室外地面高度 31.2m，建筑两方向长宽 83.34X57.2m，采用单层钢结构体系，设计采用 YJK 门式刚架设计软件进行设计，采用三维整体及二维单榀包络设计，最终结果满足规范各项要求。

关键词：YJK 门式刚架设计软件，单层钢结构，三维整体，二维单榀

## 一 基本资料

设防类别：标准设防类

设防烈度：7 度 0.1g

百年一遇风压：0.45kN/m<sup>2</sup>

百年一遇雪压：0.50kN/m<sup>2</sup>

考虑屋面板及屋面建筑做法、屋面檩条、拉条自重、制冷设备、吊挂设备管线及吊顶荷载的屋面附加恒载：2.0kN/m<sup>2</sup>

活载：0.5 kN/m<sup>2</sup>

室内正常使用温度：-18~-23℃

无吊车、无夹层

横向柱距（柱中心到柱中心）：23.61m、32.21m

纵向柱距（柱中心到柱中心）：6.8m、7.5x9m、7.4m

建筑平面及剖面图见下图 1 及图 2

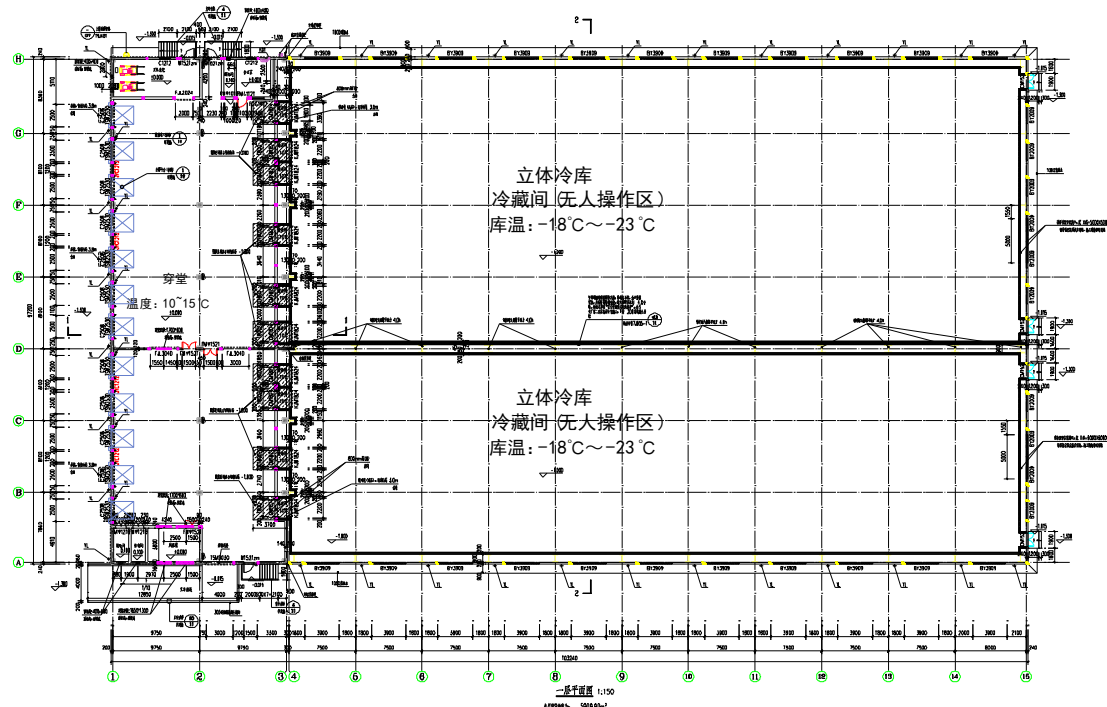


图 1 建筑平面布置图

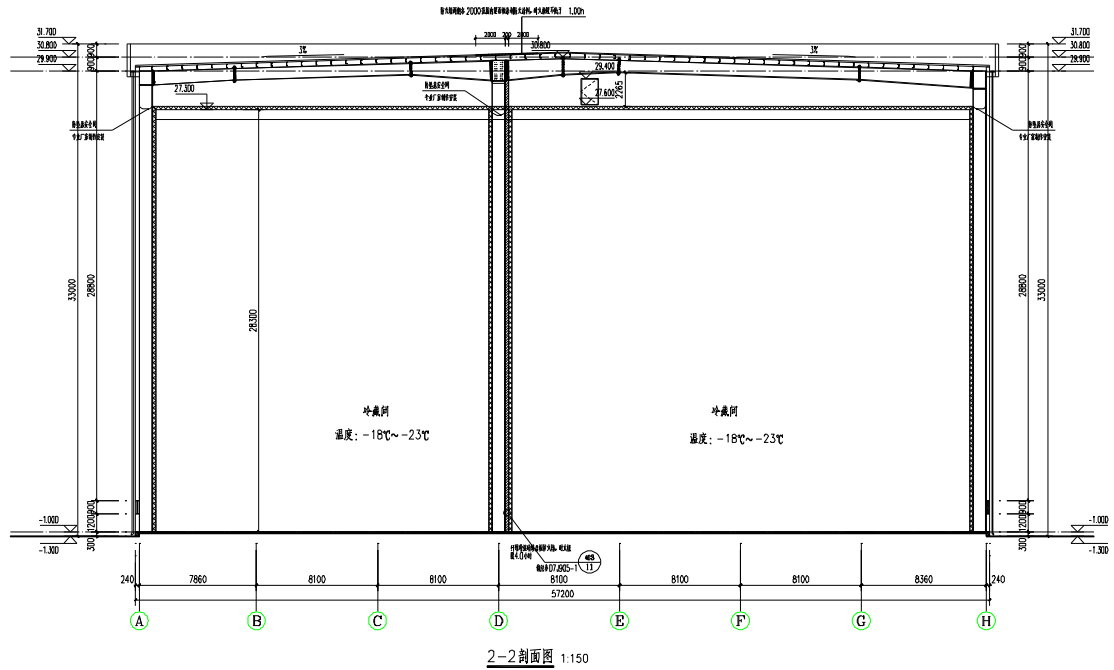


图 2 建筑剖面布置图

## 二 模型建立

采用三维整体建模，三维整体及二维单榀都满足各项要求方法包络设计。

通过立面编辑功能定义好标准榀，梁采用 1:2:1 三段布置，靠近柱子侧的梁采用变截面梁，标准榀布置如下图 3:

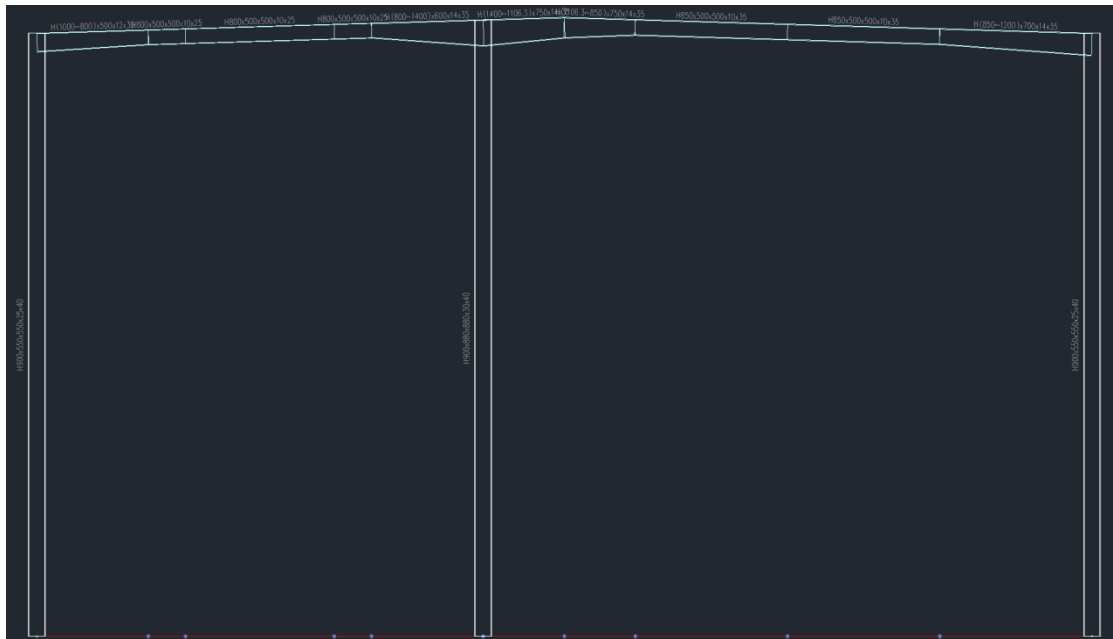


图 3 标准榀布置图

考虑雪荷载不同积雪分布情况，并与活荷载互斥进行布置（图 4），此处自定义活载相当于已完成屋面活荷载定义，此自定义活载均以常规的活载组合系数及分项系数参与后续结构分析设计，故不再额外定义屋面活荷载。

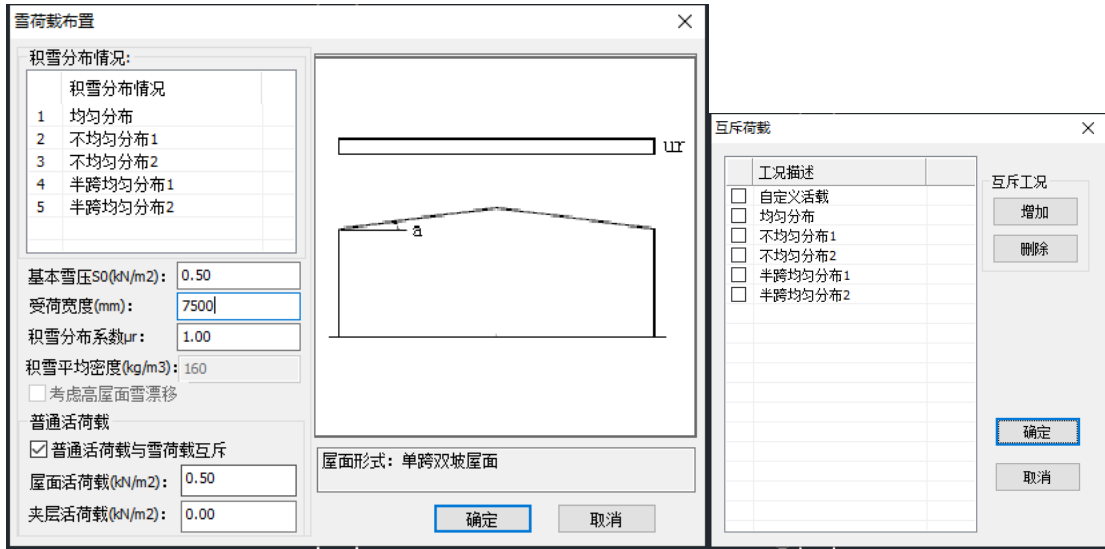


图 4 雪荷载布置

通过立面编辑纵向框，布置柱间支撑及系杆，由于柱截面高度为 900mm 大于 800mm，根据《钢结构设计手册》第四版 595 页第 3 条第 (2) 项要求，采用双片柱间支撑（图 5 及图 6）：

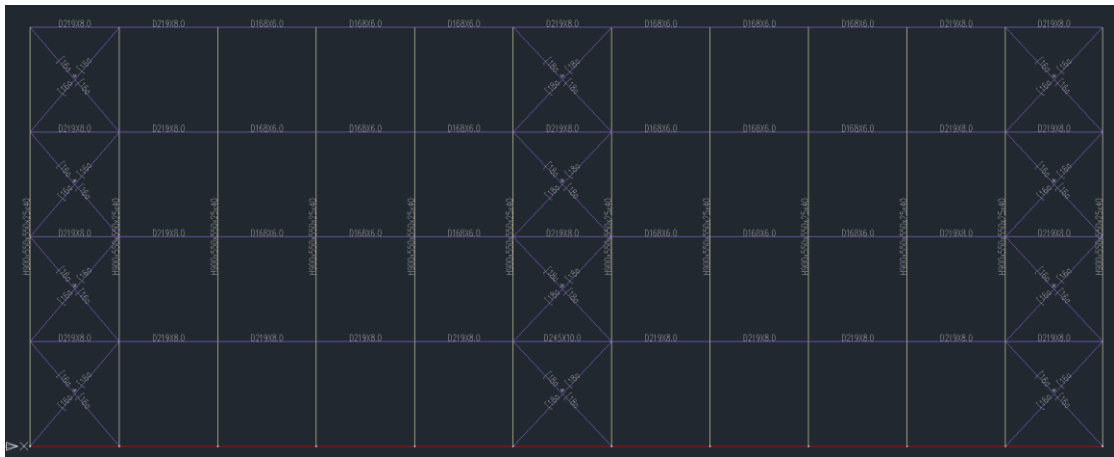


图 5 柱间支撑布置图

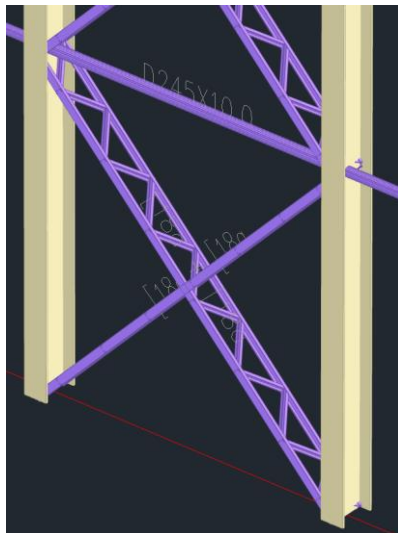


图 6 柱间双片支撑

布置屋面支撑及抗风柱如下图 7 及图 8:

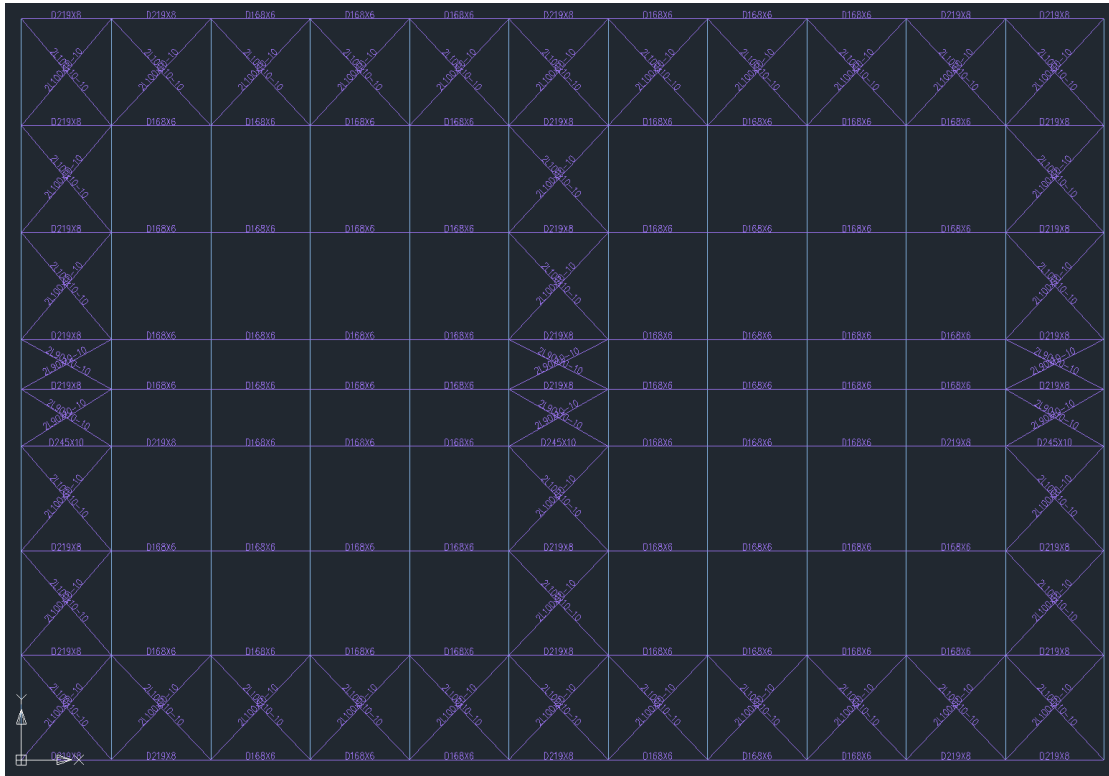


图 7 屋面支撑布置图

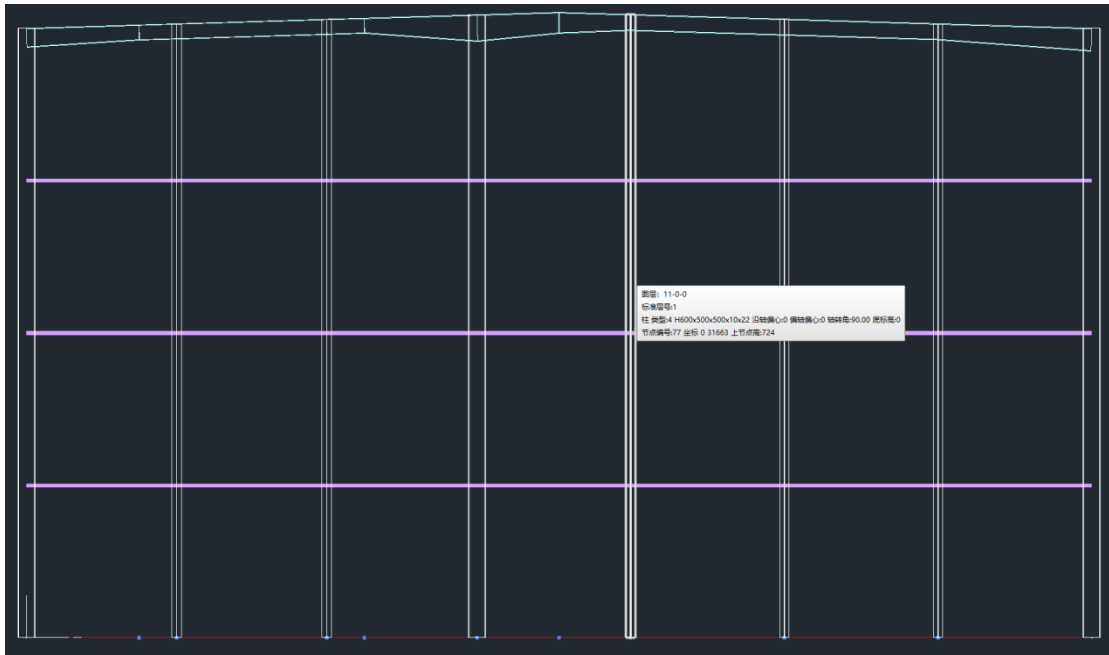


图 8 抗风柱布置图 (每一端榀 5 根)

### 三 前处理

#### 1 特殊计算参数:

本工程高度超出门式刚架高度限值 18m 较多, 定义为单层钢结构体系;

考虑温度荷载;

门式刚架按平面结构方式计算勾选;

屋面为轻型屋面, 蒙皮作用有限, 梁刚度放大系数都取 1;

风荷载取百年一遇风压，考虑本工程为单层 31.2m 高，为高层建筑，为风荷载敏感建筑，取承载力设计时风荷载效应放大系数为 1.1，计算时采用荷载规范计算风荷载，考虑顺风向风振，风振系数软件自动计算，查看计算结果风振系数均不小于 1.2，满足要求；如果采用门刚规范计算风荷载，且考虑风荷载敏感系数 1.1 与最低风振系数 1.2 连乘时，此种情况下由于软件未自动考虑风振系数，此处基本风压应取放大 1.2 倍后的数值；

地震信息：抗震等级取四级、阻尼比取 4.5%；

性能设计：轻屋盖厂房按 2 倍地震作用的“低延性、高弹性承载力”性能化设计。

钢构件设计信息：执行门刚规范 GB51002-2015；

考虑节点重量，钢材容重放大 1.1 倍取 86；

荷载组合中，考虑风荷载参与地震组合，本工程使用功能为冷藏间，正常使用室内温度最低-23℃，与合拢温度 10~20℃有较大温差，故考虑地震作用参与温度作用组合，组合系数取 0.65；

## 2 特殊构件定义：

特殊梁定义屋面梁为门式刚梁，按门刚规范进行计算，宽厚比高厚比按门刚规范 3.4.3 条 1 款和钢结构设计标准 S4 级取包络控制构造；

刚架柱不做特殊构件定义，宽厚比高厚比按抗震等级四级进行构造，长细比按 150 控制；

抗风柱定义为门刚抗风柱；

材料强度：刚架柱板厚达 40mm，采用 Q345GJ 钢材；其它钢梁支撑系杆采用 Q355 钢材；

特殊支撑：交叉支撑杆件定义为单拉杆；支撑、系杆均定义为门刚支撑；通过钢支撑限值限定柱间交叉支撑长细比限值按 300 控制，系杆受压长细比限值按 150，受拉按 300 控制；

屋面交叉支撑长细比限值按 350 控制，系杆受压长细比限值按 200，受拉按 350 控制；

风荷载：由于本工程采用的是荷载规范，已经默认考虑了风荷载计算，故在风荷载单独菜单下按荷载规范自动生成与不自动生成没有差别；但如果采用门刚规范风荷载，则此处必须手工按门刚规范自动生成风荷载；

温度荷载：以节点输入方式设置温差，考虑升温 20℃，降温-40℃；

计算长度：重置数据后再查看柱长系数，本工程为单层钢结构厂房、柱子计算长度按钢结构设计标准附录 E.0.2 取值。对于刚架柱：保持 X 向（一般为强轴平面内方向）计算长度系数参数值为 0（0 表示使用软件计算结果默认值），修改 Y 向（弱轴平面外方向）计算长度系数参数值为 0.25（柱子被支撑及系杆分为四段）；对于抗风柱：修改 X 向 Y 向计算长度系数参数值为分别为 1 和 0.25。修改梁平面外长为支撑系杆间距：8m。

## 四 计算结果

1 查看整体三维整体计算结果（图 9、图 10 及图 11），最大应力比不超 0.85。

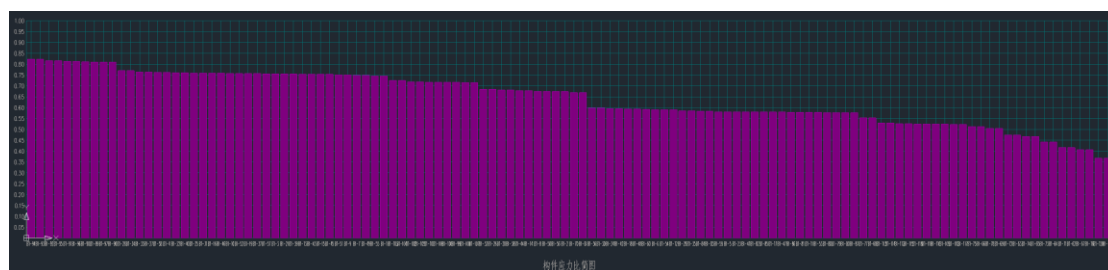


图 9 梁应力比

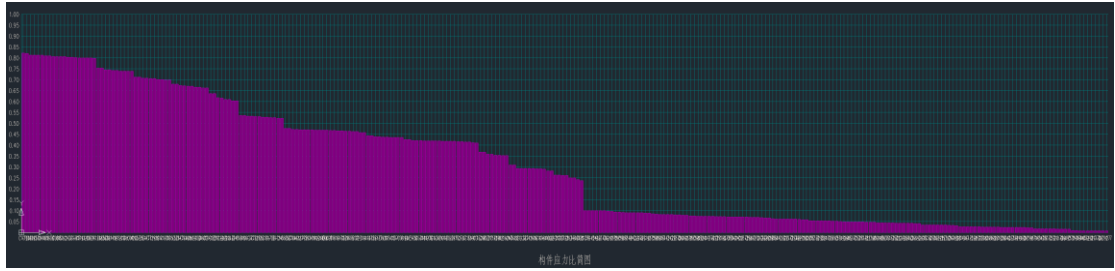


图 10 柱应力比

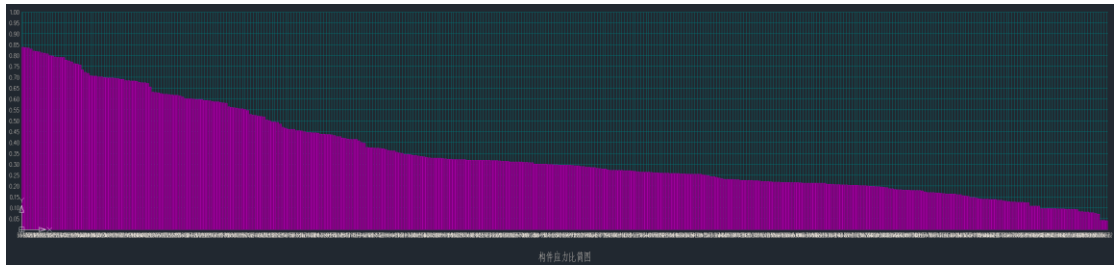


图 11 支撑应力比

## 2 三维二维结果对比:

将柱定义为门式刚柱，经计算，相比柱未定义为门式刚柱时三维整体计算结果柱应力比有变化，变化结果在 5%范围内，梁无变化（图 12）；进入二维门刚中查看二维单榀计算结果，并与三维整体计算结果对应榀结果对比如下（图 13、图 14、图 15 及图 16）:



图 12 典型标准榀柱是否定义为门式刚柱应力比变化（右图为柱定义为门式刚柱结果）

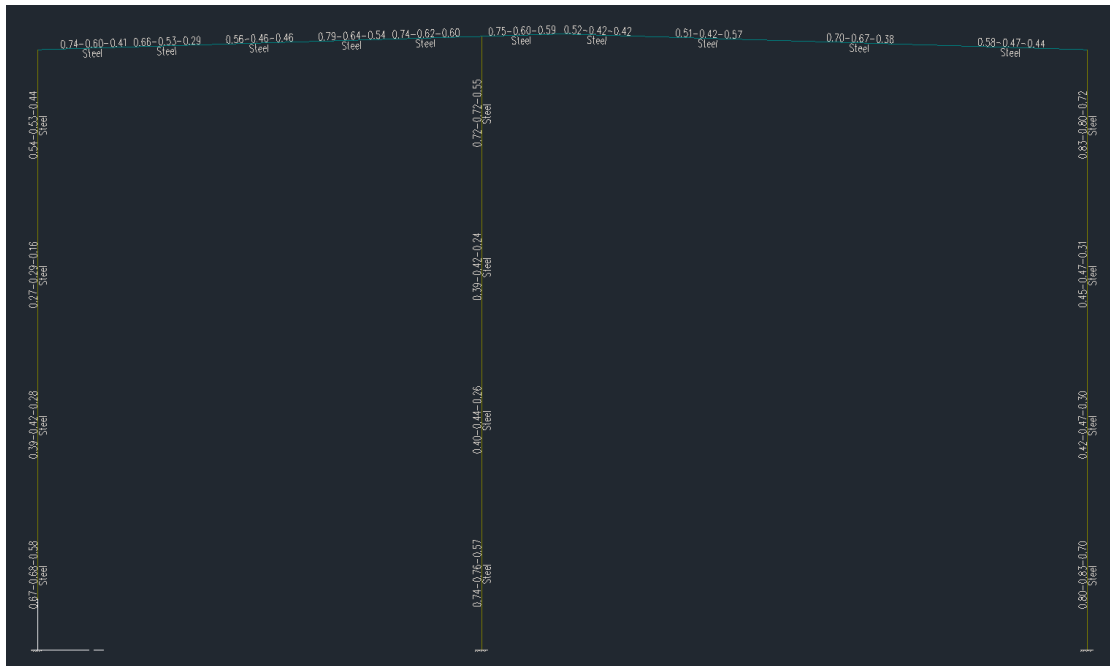


图 13 横向标准偏计算结果

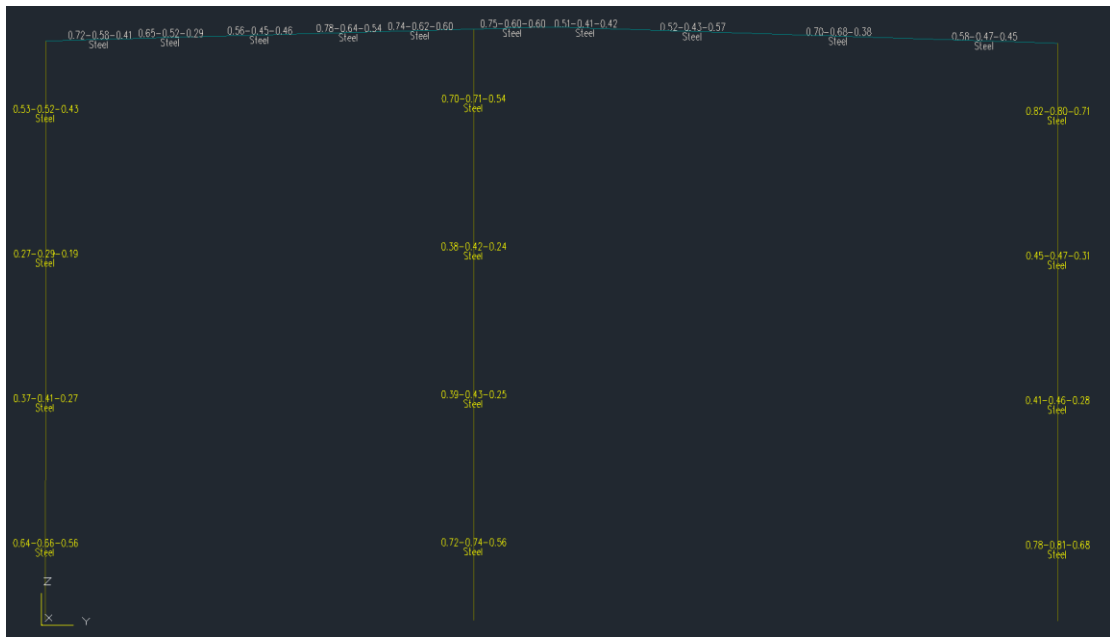


图 14 三维整体计算结果的对应横向标准偏结果

对比二者横向结果，二维计算结果略大，但与三维结果相差值不超 5%，横向以二维结果控制为准。

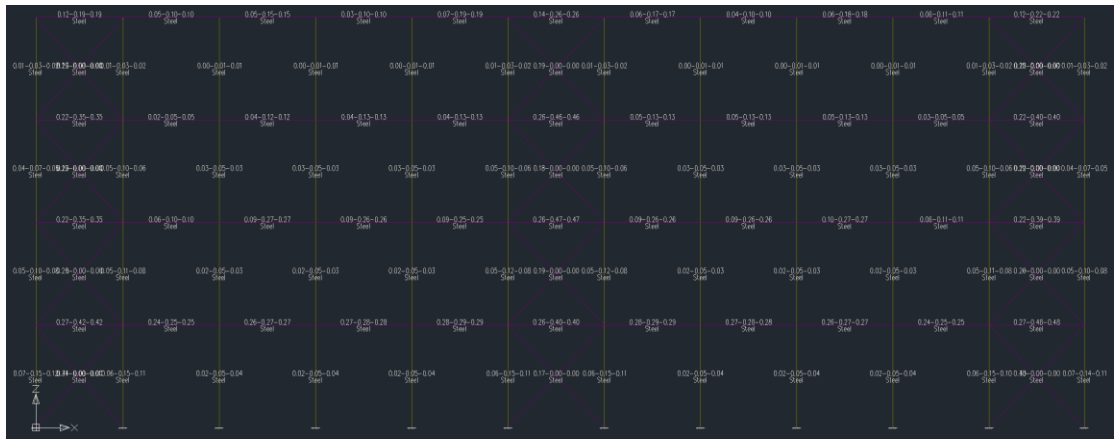


图 15 纵向樫计算结果

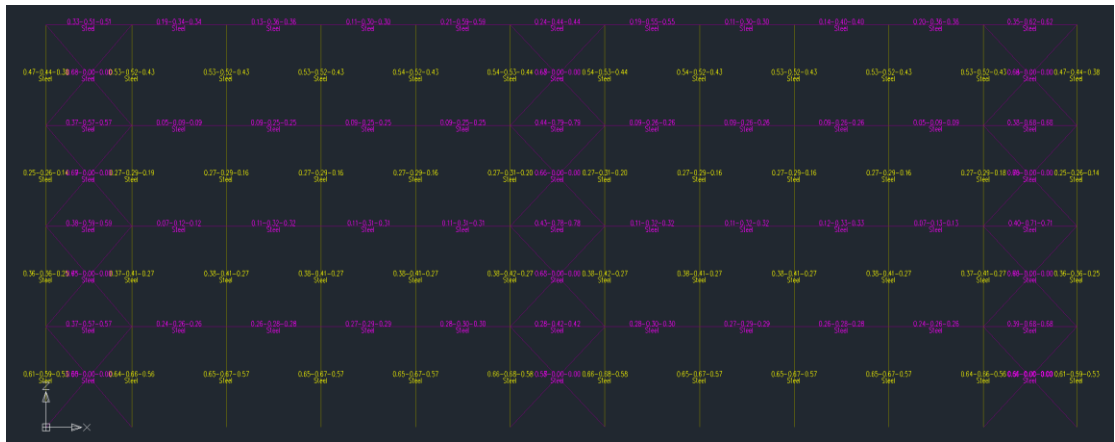


图 16 三维整体计算结果的对应纵向樫结果

对比二者纵向结果，三维计算结果较二维结果大不少，纵向以三维结果控制为准。

### 3 结构刚度：

Y 向风工况作用下横向最大层间位移角为 1/164（图 17），X 向风工况作用下纵向最大层间位移角为 1/650（图 18），满足规范 1/150 限值要求；地震工况下位移均较风工况下小；恒+活工况下梁最大挠跨比为 1/417，满足规范 1/240 限值要求（图 19）。

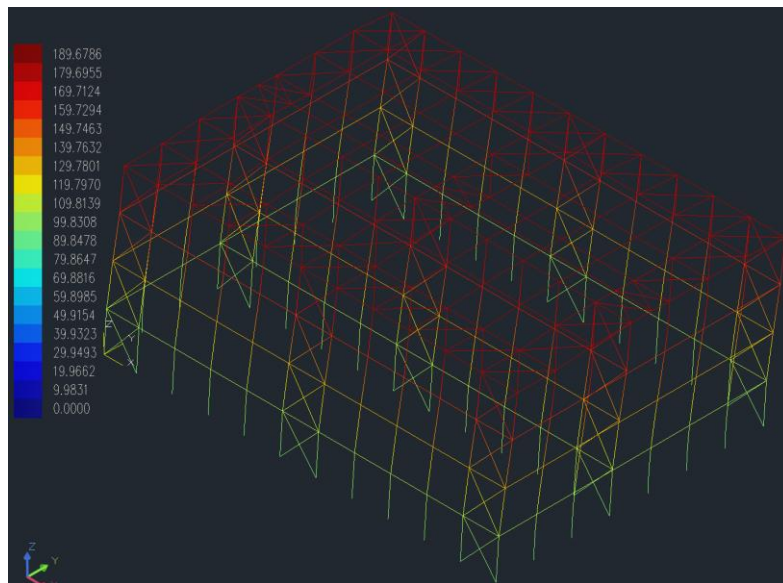


图 17 Y 向风工况下三维位移图（顶点位移约 190mm，位移角 1/164）



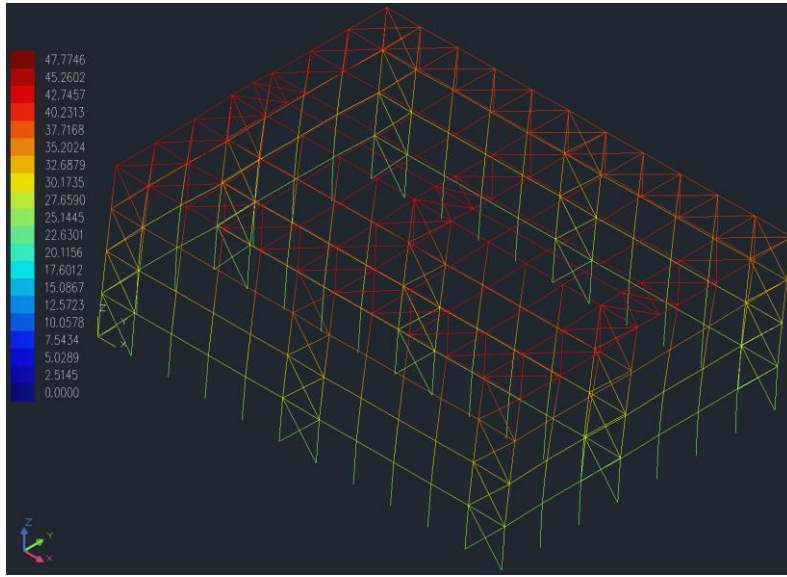


图 18 X 向风工况下三维位移图（顶点位移约 48mm，位移角 1/650）

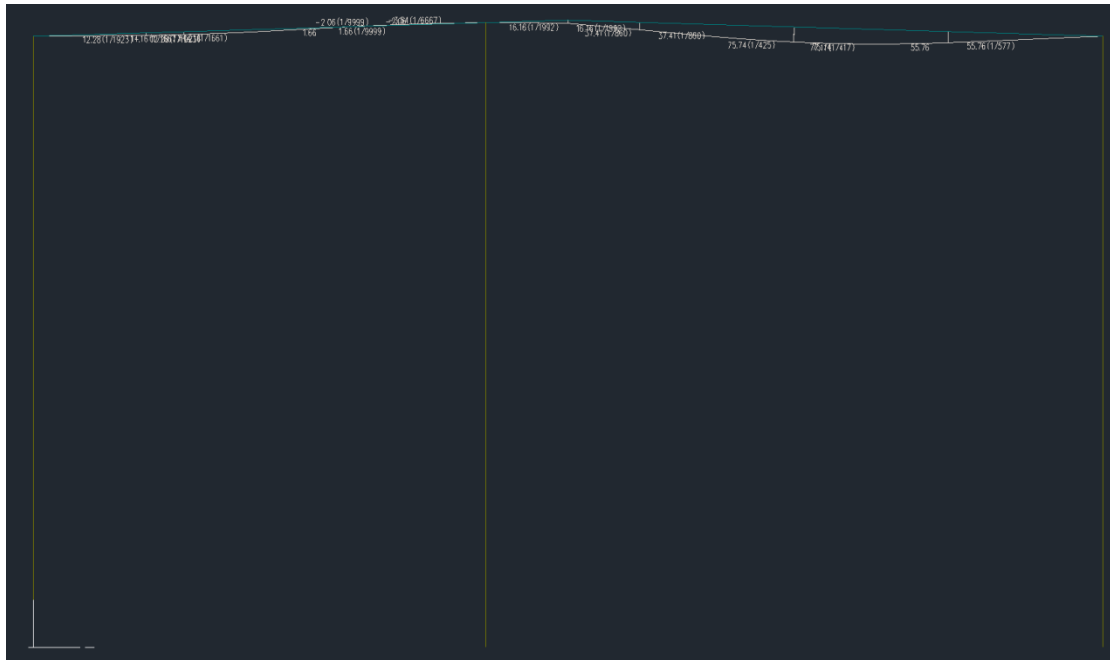


图 19 恒+活工况下梁挠度（最大挠度 77.11mm，挠跨比为 1/417）

通过以上计算分析设计，结构各项结果均满足规范要求，按此结果进行施工图设计。

柴浩  
机械工业第六设计研究院有限公司  
2023.04.25