

钢结构施工图设计软件

YJK-STS

用户手册

北京盈建科软件股份有限公司

2022.1

目 录

第一章 软件功能	1
一、软件主要功能.....	1
二、软件主要特点.....	1
三、钢结构施工图操作流程.....	2
(一) 导入模型.....	2
(二) 全局参数和节点设置.....	2
(三) 节点设计.....	3
(四) 交互进行节点归并.....	4
(五) 执行施工图菜单.....	6
(六) 绘制节点详图.....	7
(七) 执行屋面墙面.....	9
(八) 执行全楼材料表.....	9
第二章 各菜单及操作说明	10
一、图层设置.....	10
二、读旧数据.....	10
三、导入参数.....	10
四、导入模型.....	11
五、全局参数.....	11
六、节点设置.....	34
七、节点设计.....	35
八、示意图归并.....	40
九、平立面图.....	41
十、节点编辑.....	49
十一、计算书.....	51
十二、单节点图.....	52
十三、全节点图.....	54
十四、节点表.....	55
十五、梁断面图.....	55
十六、锚栓图.....	56
十七、材料统计.....	57
十八、节点查找.....	58
十九、工具.....	58
二十、屋面墙面.....	59
二十一、详图工具.....	62
二十二、显示设置.....	63

二十三、节点工具箱.....	63
第三章 多、高层钢结构的连接节点设计技术条件.....	66
一、连接计算基本规定.....	66
二、基本连接设计假定.....	66
三、基本连接验算.....	68
四、连接节点设计.....	72
第四章 门式刚架连接节点设计.....	131
一、梁、柱连接节点.....	131
二、梁拼接节点.....	134
三、屋脊节点.....	135
四、抗风柱连接节点（铰接）.....	135
五、柱脚.....	135
六、牛腿.....	138
七、吊车梁设计及绘图.....	140
八、门刚支撑.....	147
九、檩条墙梁.....	148
第五章 管桁架结构设计.....	149
一、桁架建模.....	149
二、桁架设置.....	152
三、桁架设计结果查看.....	154
四、钢桁架结构施工图.....	155
五、绘制施工图.....	156
第六章 网架网壳结构设计.....	161
一、快速入门.....	161
二、网架网壳施工图介绍.....	162
三、网架网壳施工图相关菜单及操作说明.....	171
四、网架网壳节点设计技术条件.....	183
五、例题.....	195
参考文献.....	221

第一章 软件功能

一、软件主要功能

钢结构施工图设计软件 YJK-STS 接力钢结构模型输入和自动读取上部结构计算分析内力结果，进一步对钢结构完成节点设计和施工图辅助设计。

软件主要完成柱脚节点、梁柱节点、梁梁节点、柱与斜撑、梁与斜撑、柱柱拼接、桁架节点、门式刚架等形式的节点连接设计，根据用户选择的节点连接设计参数，自动判断各种连接类型，自动进行全楼的连接设计，自动对全楼的节点、构件进行归并与统计。

软件生成的施工图有：设计总说明、柱脚节点布置图、锚栓布置图、各层平面布置图、立面布置图、各层柱布置图、各轴线立面布置图、各类节点详图、焊缝大样图等，并进行汇总，生成图纸目录。

程序对最终的连接设计结果提供了多种查看方式：图纸查看、三维实体节点模型查看、各类节点查找、图形点取文本查看，并提供了详细的节点设计计算书。对于局部节点的连接参数、连接类型提供了人为的干预途径，在人为干预局部节点参数的基础上进行自动设计、归并与生成计算书。

采用全新的三维交互修改机制，并自动联动出施工图。通过左侧树形图和右侧三维绘图窗口两种方式对节点进行联动展示，点选树形图中节点时会对右侧窗口中对应节点进行高亮显示，点选三维图中节点则会对树形图中对应节点进行高亮显示。

三维模型、施工图及节点图采用多文档切换模式。

三维模型中右键可进行节点验算查看、节点重新设计、节点修改、节点刷、节点模型查看、节点施工图查看、节点布图功能。

二、软件主要特点

钢结构施工图在新平台下采用精准的三维造型机制，所有板材、焊缝、螺栓等均为

实际大样尺寸，便于后续出构件加工图。

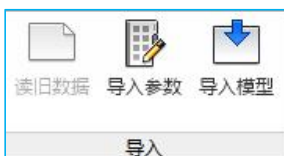
采用全新的三维交互修改机制，并自动联动出施工图。通过左侧树形图和右侧三维绘图窗口两种方式对节点进行联动展示，点选树形图中节点时会对右侧窗口中对应节点进行高亮显示，点选三维图中节点则会对树形图中对应节点进行高亮显示。

三维模型、施工图及节点图采用多文档切换模式。

三、钢结构施工图操作流程

(一) 导入模型

首先填写柱拼接参数，修改柱现场拼接段长度，然后点击“导入模型”导入真实模型数据，识别节点类型。



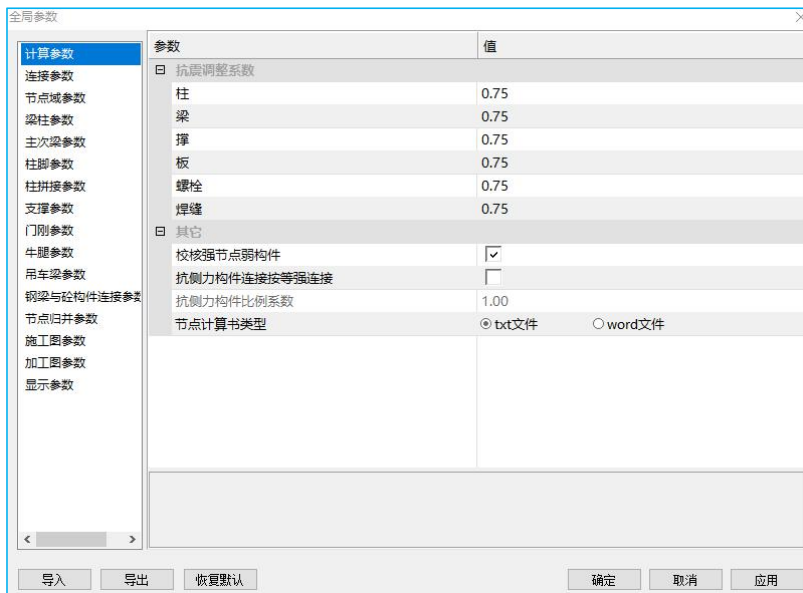
(二) 全局参数和节点设置

分别设置“全局参数”和“节点设置”信息，进行各类型节点参数和节点形式的选择。

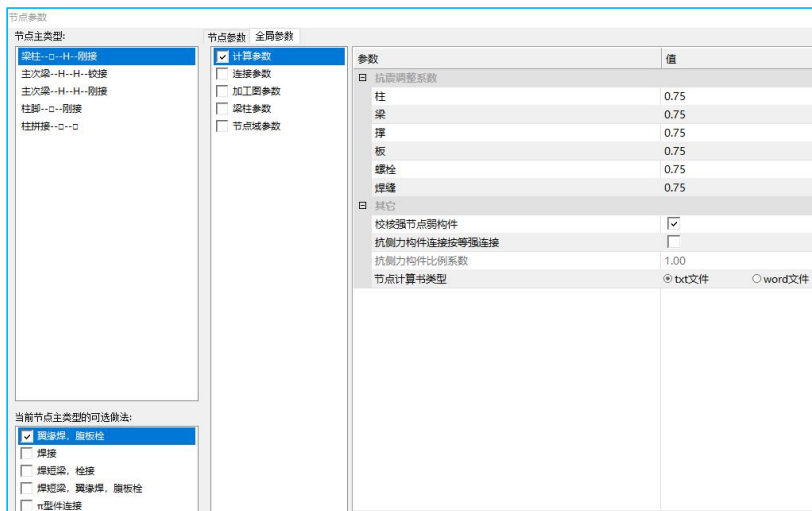


全局参数用于设置计算参数、节点连接参数、施工图参数信息的编辑，节点设置用于选择需要的节点形式。

设计人员在运行钢结构节点设计前，需根据工程情况正确设置节点设计相关参数。如图所示，左侧是参数分页，点击不同的项时则在右侧显示不同的参数项以便修改。



节点设置用于节点形式选择，节点设置对话框为左侧展示节点大样、右侧对应主要计算参数修改。



(三) 节点设计

点击“节点设计”进行全楼节点设计和归并。



(四) 交互进行节点归并

交互进行节点归并方法有三种。

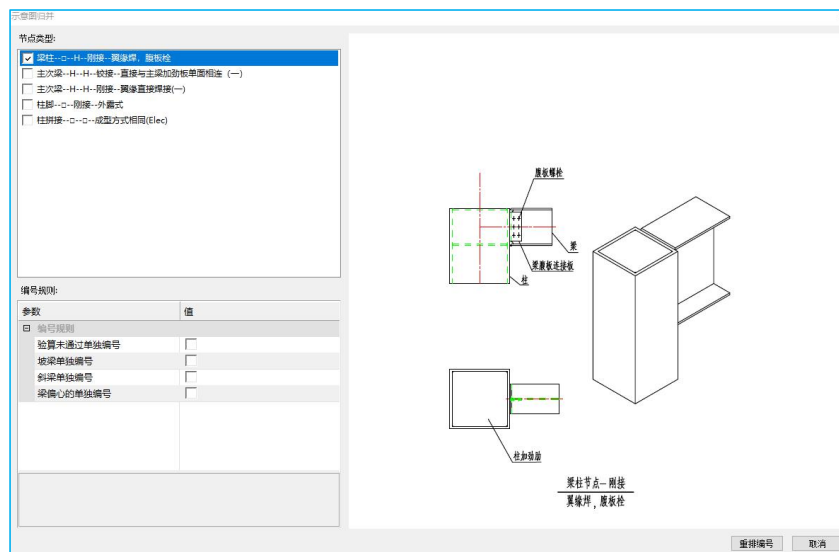
方法 1，计算参数中，程序默认节点归并时，尽量同截面的节点归并同一组。

参数	值
归并参数	
节点自动归并	<input checked="" type="checkbox"/>
验算不通过的节点也自动归并	<input checked="" type="checkbox"/>
梁柱节点自动归并	<input checked="" type="checkbox"/>

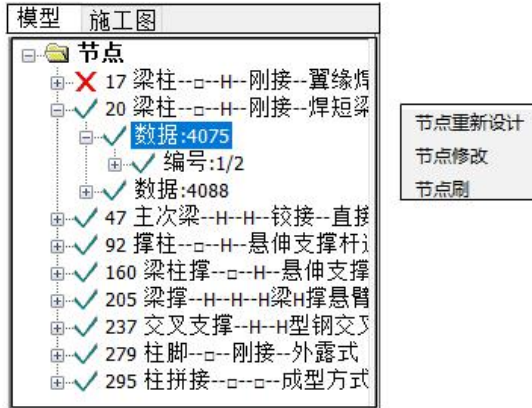
选择“是”，程序按照截面几何尺寸进行节点归并从而减少节点数量。

程序按照同截面的节点进行归并的原则为：在相同节点类型且大样形式相同的前提下，对截面尺寸相同的节点进行节点数据取大进行归并以减少节点数量。

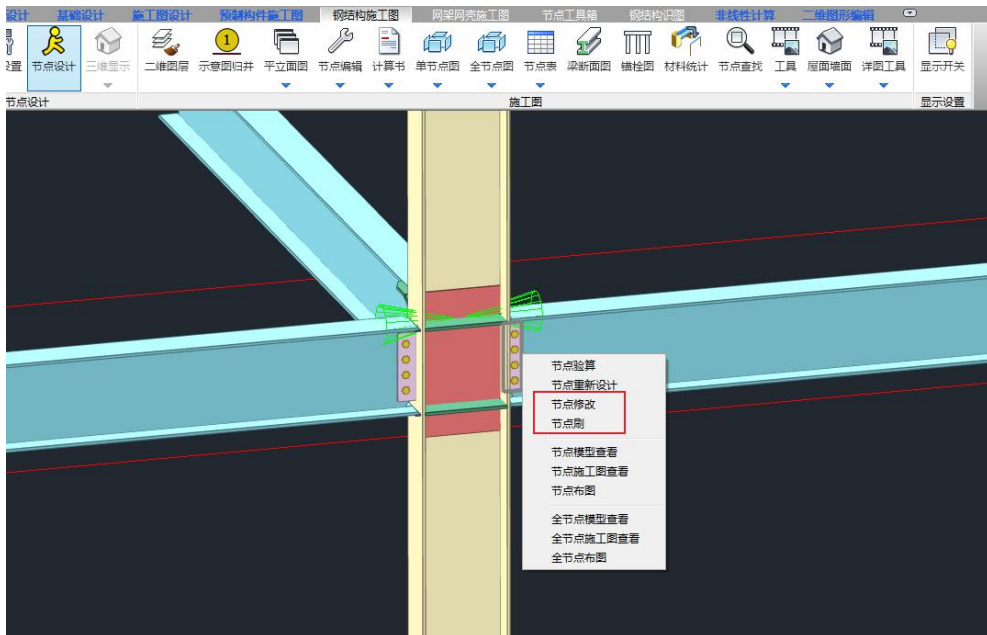
方法 2，点击“示意图归并”菜单根据节点形式和归并因素进行交互归并。

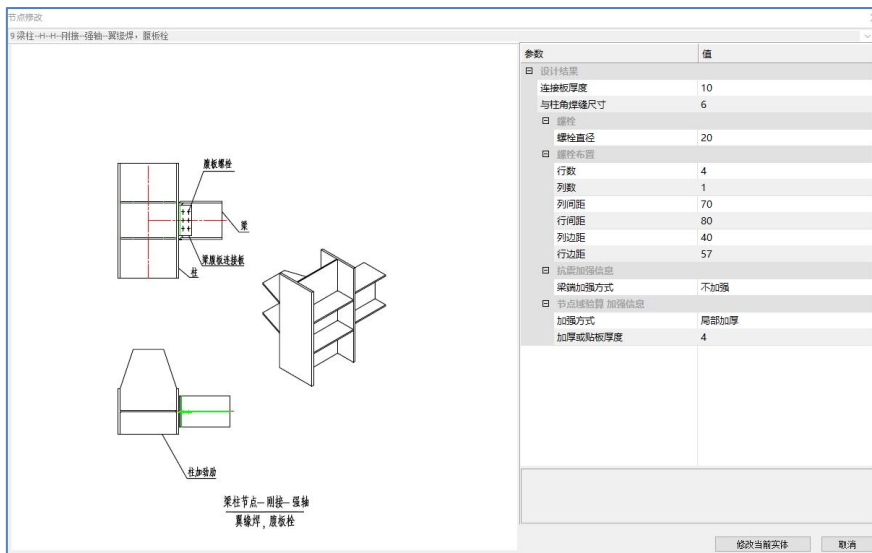


方法 3，节点树交互，点击节点树中的节点，点击鼠标右键，可弹出编辑菜单，并且对应的构件模型会高亮显示。根据对话框内容进行节点修改归并。



方法 4，在三维模型上点击节点族进行设计结果的修改及归并。

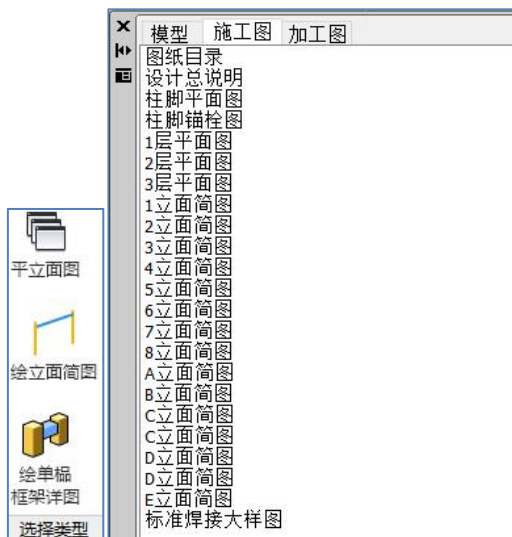




方法 5, 在平面图中执行菜单“节点编辑”点击节点编号进行交互修改节点设计信息。

(五) 执行施工图菜单

首先执行“施工图”菜单下的“平立面图”，程序自动绘制设计总说明、柱脚节点布置图、锚栓布置图、各层平面布置图、立面布置图、焊缝大样图等，并进行汇总，生成图纸目录。



在柱脚平面图、各层平面图、立面简图中绘制各类型节点详图。

如果当前图纸为平面图、柱脚图，可以选择“梁柱节点图”、“主次梁节点图”“柱

脚接单图”绘制图纸所示楼层的节点。

如果当前图纸为立面图，可以选择“支撑节点图”、“柱脚及其它节点图”绘制立面图对应节点编号的支撑节点、柱柱拼接节点详图。

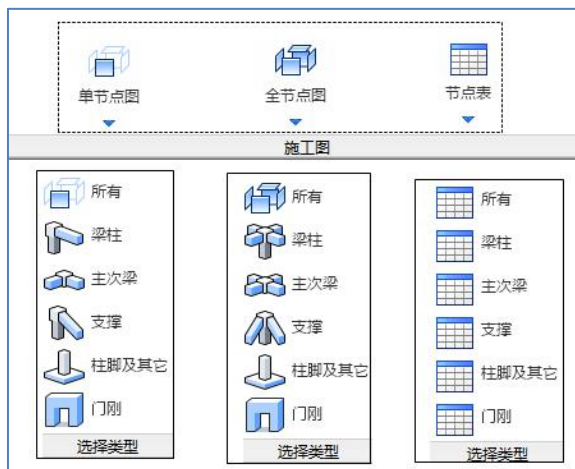
对于支撑节点，由于标注时容易与梁柱节点标注重叠，故在平面图中不标注支撑节点，而在立面图中不标注梁柱节点。

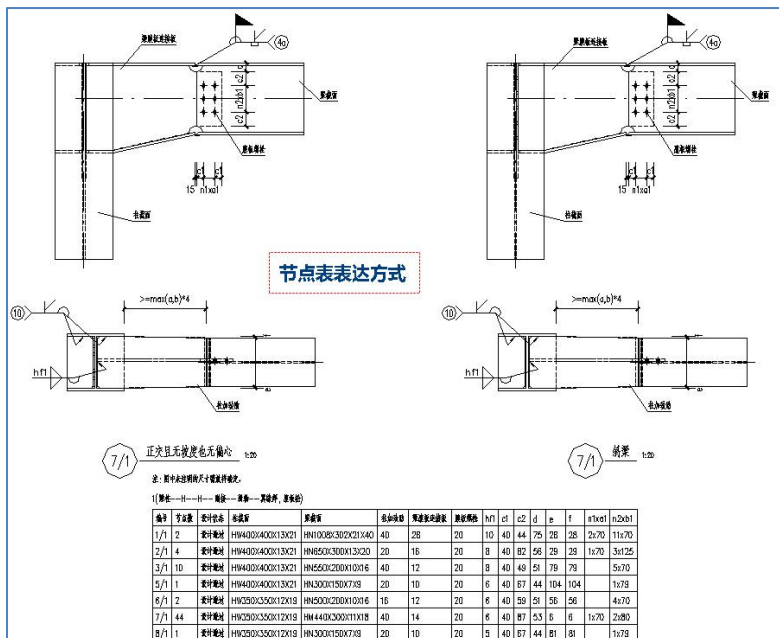
如果是门式刚架结构，首先选择“立面图”菜单下的“绘单榀框架详图”按照轴线或选择实体绘制每榀的立面图，然后在单榀立面图中选择“施工图”菜单下的“门刚节点图”或其它节点图绘制当前榀立面对应的节点详图。



(六) 绘制节点详图

程序提供三种节点绘制方式包括单节点图、全节点图和节点表，当结构形式为门刚结构，可先支持“平立面图”菜单下的“绘单榀框架详图”然后再执行“单节点图”绘制节点详图。





(七) 执行屋面墙面

屋面墙面菜单是针对门式刚架屋面墙面设计，首先通过右上角层显示切到屋面层，点击“屋面墙面”下子菜单参数生成门刚屋面檩条和墙梁的布置图及檩条计算。



(八) 执行全楼材料表

全楼统计表内容包括全楼构件、节点板材统计和全楼螺栓统计表。

钢材统计表内容包括规格、重量和材质。

螺栓统计表包括螺栓规格、连接厚度、螺栓长度、数量和性能等级。

第二章 各菜单及操作说明

一、图层设置

单击“二维图层”按钮，显示如下图所示的【二维图层】参数对话框。该对话框中包括了钢结构图层设置中需要绘制的各种图素所使用的图层、颜色、线型、线宽。



二、读旧数据

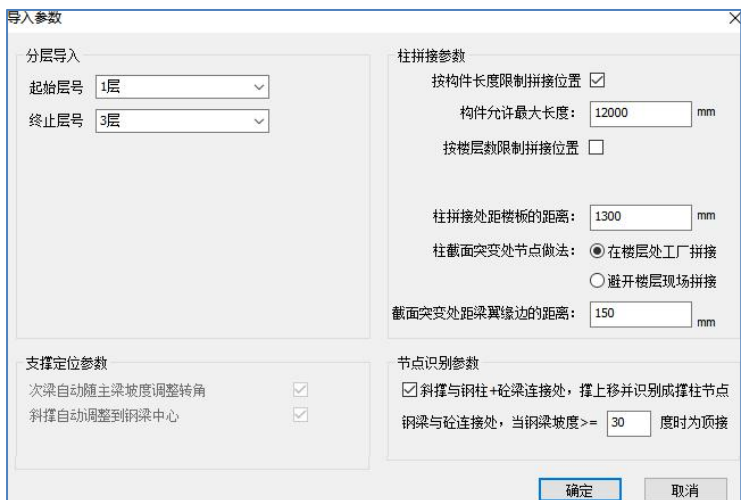
当模型已经完成节点设计，并且未修改模型、未重新计算时，可通过读取旧数据重新打开，继续之前完成的设计。

三、导入参数

导入参数包括分层导入设计、柱柱拼接参数、节点识别参数。

分层导入，用于程序根据设定的起始楼层号和终止楼层号进行部分楼层的模型导入和钢结构节点设计及归并。

柱柱拼接包括柱现场拼接参数和上下楼层柱截面不同时的截面突变参数。



柱柱拼接参数：

当勾选柱段长度 Len 时，程序自动在每隔 Len 长的对应楼层处生成柱拼接节点。

当勾选柱段的层数 N 时，程序自动在每隔 N 层生成柱拼接节点。

当同时勾选两个参数时，则取较大者生成拼接节点。

柱截面突变参数：

节点做法默认为在楼层处工程拼接，截面突变处距梁翼缘边的距离为 150mm 可修改。

节点识别参数：

钢支撑与钢柱+混凝土连接处，撑上移并识别成撑柱节点。此参数用户下层混凝土上层钢结构的模型，支撑脚部节点的识别。

钢梁与混凝土连接处，当钢梁坡度大于等于 30 度时为顶接。即为角度大于设定数值时钢梁与混凝土构件顶部进行连接，主要用于门刚梁与混凝土柱铰接连接；当小于设定数值时，钢梁与混凝土构件侧面连接。

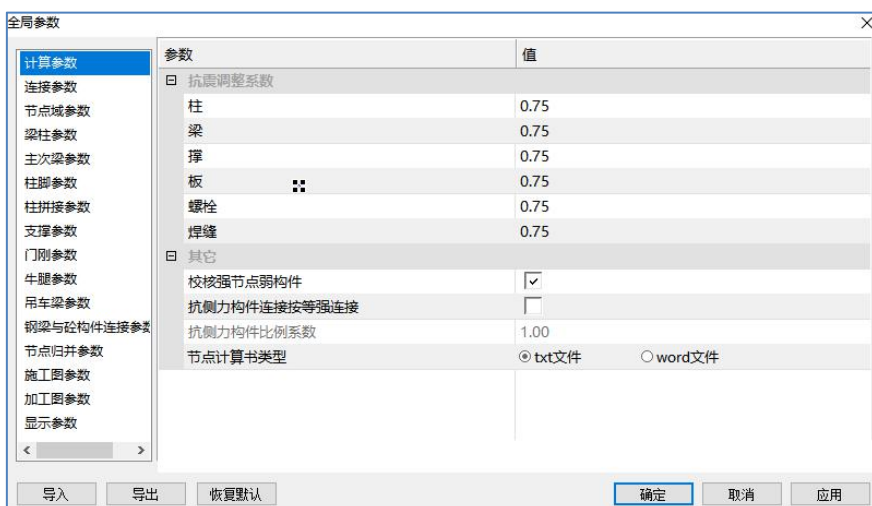
四、导入模型

导入模型是用于导入真实模型数据，识别节点类型、导入节点内力。

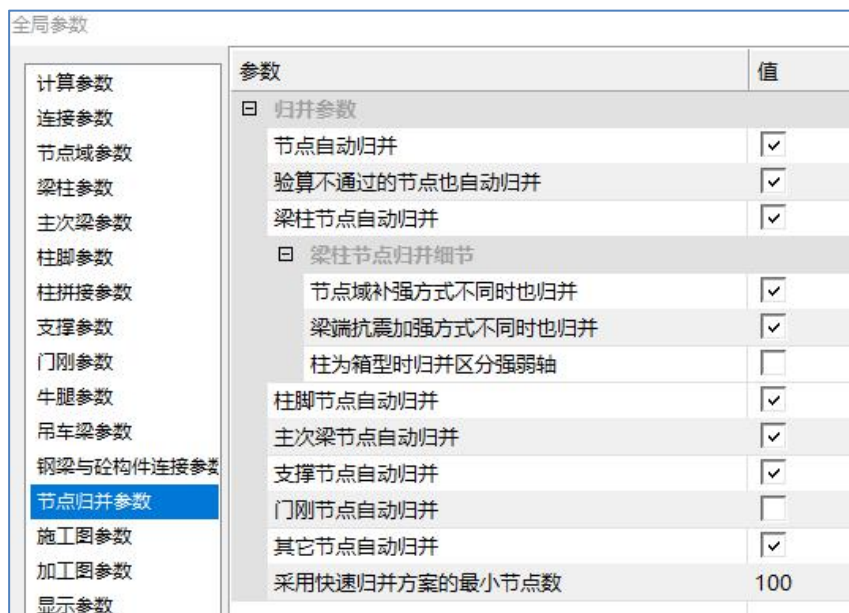
五、全局参数

设计人员在运行钢结构节点设计前，需根据工程情况正确设置节点设计相关参数。如图所示，左侧是参数分页，点击不同的项时则在右侧显示不同的参数项以便修改。在

首次节点设计时，仅可对整个工程统一修改相关参数，当进行过节点设计且模型未修改时，可对每个节点单独修改相关参数，如节点类别等等，从而对节点重新设计。



(一) 节点归并参数



节点归并参数用于节点设计前对节点设计结果考虑按照截面几何尺寸进行节点归并从而减少节点数量。

勾选节点自动归并，程序按照同截面的节点进行归并，归并原则为：在相同节点类型且大样形式相同的提前提下，对截面尺寸相同的节点进行节点数据取大进行归并以减少

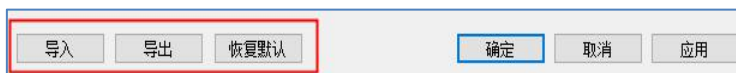
节点数量。

勾选节点域补强方式不同时也归并，程序对梁柱节点相同截面的节点按节点域取大归并。

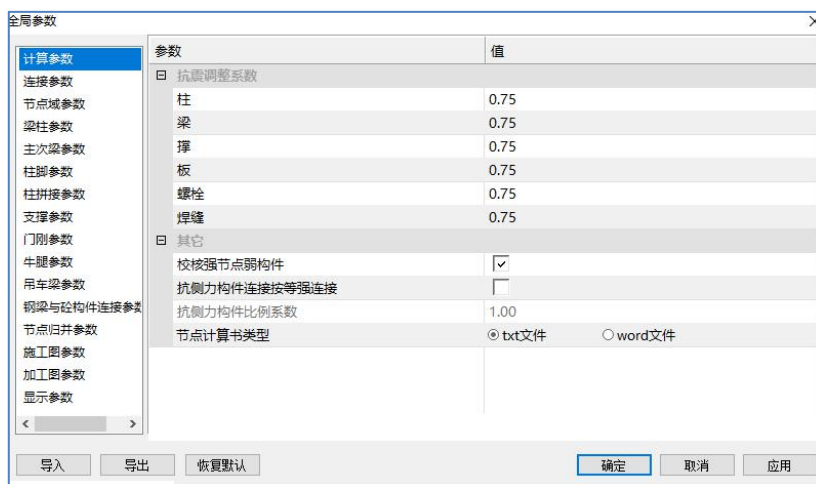
勾选梁段抗震加强方式不同时也归并，程序考虑梁柱节点加强方式尽量相同加强方式尺寸取大归并。

(二) 导入、导出功能

全局参数页“导入、导出及恢复默认”功能，所有参数信息修改后执行“导出”功能，此时程序在施工图文件夹生成“*.json”全局参数文件，导出的 json 文件可作为类似工程参数导入使用，恢复默认是将修改后的参数恢复为程序默认的参数信息。



(三) 计算参数



1、抗震调整系数

承载力抗震调整系数默认按《建筑抗震设计规范》第 5.4.2 条取值，用户可根据需要修改。

2、校核强节点弱构件

按抗震规范 8.2.8 要求校核强节点弱构件，默认“是”对于节点按照抗规 8.2.8 公式进行强节点弱构件的验算，选择“否”将不进行强节点弱构件验算。

此参数在验算极限承载力计算公式时，与上部结构前处理参数联动。当钢构件设计

信息勾选执行《高钢规》JGJ99-2015 时，极限承载力计算用的钢构件连接系数按照《高钢规》第 8 章连接设计要求计算。当地震信息-性能设计勾选《钢结构设计标准》

(GB50017-2017) 时，钢构件连接系数按照《钢结构设计标准》第 17.2 节要求计算。

当不勾选《高钢规》也不勾选性能设计《钢结构设计标准》时，钢构件连接系数执行《抗规》第 8.2 节要求计算。

埋入式和外包式柱脚计算的极限受剪承载力 V_u ，按照《高钢规》第 8.6.3 和 8.6.4 条，外包式和埋入式柱脚要验算柱脚的极限受剪承载力 V_u ，但《抗规》第 8.2.8 条柱脚的连接极限承载力中没有受剪承载力的要求。程序中当钢构件设计信息勾选“执行《高钢规》JGJ99-2015”时，程序验算柱脚的极限受剪承载力；当不勾选“执行《高钢规》JGJ99-2015”时，程序不进行柱脚极限受剪承载力的验算。

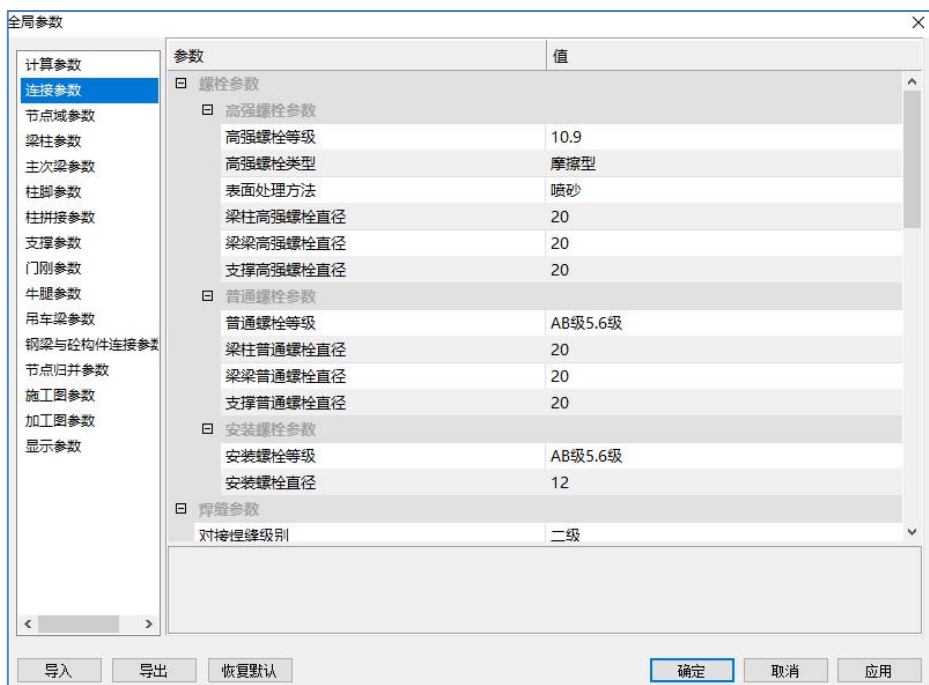
3、抗侧力构架连接按等强连接

抗侧力构件连接按等强连接选择“是”，程序在进行梁柱节点设计时，节点设计弯矩不取梁的实际内力值，而取钢梁的受弯承载力进行节点连接强度验算，同时用户可调整折减系数。

4、节点计算书类型

节点计算书类型用于 txt 和 word 版计算书选择，当按默认选择 txt 文件进行节点设计后再选择 word 版计算书，此时不用再次进行节点设计，切换计算书类型后可直接查看节点计算书。

(四) 连接参数



连接参数主要用于螺栓参数信息的修改，包括高强度螺栓、普通螺栓和安装螺栓规格的选择。

设计人员根据工程需要选择高强度螺栓及普通螺栓的等级、类型及直径，若选择了摩擦型高强度螺栓，则需要选择“采用摩擦型连接高强度螺栓的构件连接面的处理方法”。

螺栓布置方式

可以选择“按规格化布置”或“按螺栓数量最少布置”。“按规格化布置”即在满足规范规定的间距和边距条件下，每列螺栓按照最少或最多的数量排列，可以减少排列数量，从而减少节点归并数量。“按螺栓数量最少布置”则采用使螺栓数量最少的智能排列，排列的数量较多，归并后的节点组数也多。

(五) 节点域参数

参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点域设计信息	
自动补强	<input checked="" type="checkbox"/>
补强伸出加劲肋长度(mm)	150
H型截面柱	
补强板伸过柱横向加劲肋	<input checked="" type="checkbox"/>
单侧补强最大补强厚度	
取柱腹板厚度的倍数	1
最大厚度(mm)	10
焊接H型截面柱	
节点域加强方式	柱腹板局部加厚
柱腹板最大加厚厚度(mm)	6

梁柱连接节点域验算按照《钢结构设计标准》12.3 节节点域的承载力验算和《抗震规范》8.2.5-2 条进行节点域的屈服承载力验算。

当柱节点域验算不满足设计要求时，可在该页面设置加强方式及相关参数。

对于 H 型钢柱，程序自动采用贴焊补强板加强；箱形截面柱和圆管截面柱均采用板件局部变厚加强；焊接 H 形截面柱可以选择腹板局部加厚或贴焊补强板加强。

“单侧补强最大补强板厚”用以控制 H 型钢柱的补强方式，当计算所需的补强板厚度小于等于控制厚度时，按单侧补强，否则采用双侧补强。

“柱腹板最大加厚厚度”用以控制焊接组合 H 形截面柱的补强方式，当局部加厚超过给定值后，程序自动按贴焊补强板加强。

(六) 梁柱参数

参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点归并参数	
施工图参数	
梁柱计算参数	
基本参数	
梁柱刚接时的设计方法	自动判断
梁腹板弯矩分配的折减系数	1.00
梁断面位置	柱中
抗震加强	
梁端加强方式	加盖板
梁端翼缘加宽方式	贴焊板加宽翼缘
H柱弱轴梁端加强方式	直接加宽梁翼缘
H柱弱轴梁端翼缘加宽方式	贴焊板加宽翼缘
梁翼缘与盖板总厚度可大于柱翼缘厚	<input checked="" type="checkbox"/>
强制采用上述节点加强方式设计	<input checked="" type="checkbox"/>
按图集设计抗震加强	<input checked="" type="checkbox"/>

连接参数	□ 梁柱构造参数	
节点域参数	□ 铰接节点	
梁柱参数	梁腹板到柱边缘的间距(mm)	15
主次梁参数	□ 刚接节点	
柱脚参数	梁腹板到柱边缘的间距(mm)	15
柱拼接参数	梁翼缘到柱边的距离(mm)	100
支撑参数	腹板切角半径(mm)	35
门刚参数	梁翼缘宽度的坡度	4
牛腿参数	梁变截面开始处到柱边的距离(mm)	500
吊车梁参数	□ 短梁节点	
钢梁与砼构件连接参数	短梁长度取梁长的最小倍数	0.10
节点归并参数	短梁长度取梁高的最小倍数	2.00
施工图参数	□ 其它	
加工图参数	柱加劲肋的最小间距(mm)	150
显示参数	顶层柱延伸距离(mm)	0
	钢管柱加劲肋最小宽度(mm)	0
	箱形柱加劲肋采用贯通式横隔板	<input type="checkbox"/>

1、基本参数

□ 基本参数	
梁柱刚接时的设计方法	自动判断
梁腹板的弯矩分配系数	1.00
梁断面位置	柱边

梁柱刚接时的设计方法：

精确设计法，弯矩由翼缘和腹板共同承担，剪力由腹板承担。

常用设计法：翼缘承担所有弯矩，腹板承担所有剪力。

程序自动确定，按照翼缘塑性模量与全截面塑性模量的比值，当比值小于 0.7 按照精确设计法，当比值大于等于 0.7 按照常用设计法设计。

梁腹板的弯矩分配系数

当梁柱刚接连接设计时为精确设计法，此时腹板承担剪力的同时也承担弯矩，弯矩计算按照腹板与全截面惯性矩比值分担，如果需要对腹板承担弯矩进行折减可以填写此参数。此参数仅适用于梁柱连接翼缘焊接腹板采用连接板方式的节点形式。

梁断面位置

主要用于框架结构存在变截面梁与柱连接时，可以选择柱边和柱中，默认为柱边取

与柱边连接的变截面梁截面验算，这样抗震承载力容易验算通过。节点抗震验算的宗旨，就是要求强节点弱构件。实际当框架梁采用变截面梁时，相当于端部进行了加强，如果抗震的极限承载力验算取的构件柱中，此时容易导致抗震验算不满足，所以程序增加此参数。

2、抗震加强

☐ 抗震加强	
梁端加强方式	加盖板
梁端翼缘加宽方式	贴焊板加宽翼缘
H柱弱轴梁端加强方式	直接加宽梁翼缘
H柱弱轴梁端翼缘加宽方式	贴焊板加宽翼缘
梁翼缘与盖板总厚度可大于柱翼缘厚	<input type="checkbox"/>
强制采用上述节点加强方式设计	<input checked="" type="checkbox"/>
按图集设计抗震加强	<input checked="" type="checkbox"/>

梁柱刚接梁端加强节点加强方式：

梁柱节点按抗震规范 8.2.8 条进行极限承载力验算时，若节点连接不满足则需要对梁端进行加强。用户可以选择“加楔形盖板”、“直接加宽梁翼缘”、“加腋方式”、“加矩形盖板”等方式。若选择“直接加宽梁翼缘”方式，则需要选择“直接加宽翼缘”、“贴焊板加宽翼缘”或“扩翼缘式加宽梁翼缘”。程序将优先选择用户选择的方式进行加强，若当前类型不能满足抗震验算，程序将依次选择其他方式，直至满足或都不满足为止。

盖板加强时，梁翼缘加盖板厚度可大于柱翼缘厚度，此参数按照《钢结构连接节点设计手册》（第二版）8-136 梁柱连接构造要求，盖板厚度宜小于钢梁翼缘厚度，且不小于 6mm，盖板厚度加梁翼缘厚度应小于柱翼缘厚度。程序默认梁翼缘与盖板总厚度可大于柱翼缘厚，按验算满足需要的盖板厚度输出。当不勾选时，程序判断此条不满足时程序会选择其他加强方式。

强制采用上述节点加强方式设计，默认“否”当选择的加强方式不满足时，程序依次选择其他方式。当选择“是”程序按选择的加强方式加强不满足时显红提示。

按《16G519》图集设计梁柱节点抗震加强，程序默认“是”按《16G519》图集加强尺寸进行设计；如选择“否”程序按照《01SG519》图集加强尺寸设计。

3、铰接节点

▣ 铰接节点

梁腹板到柱边缘的间距(mm)	15
----------------	----

梁腹板到柱边缘的间距，用于设置梁柱铰接时，梁的腹板到柱边缘的间距。

4、刚接节点

▣ 刚接节点

梁腹板到柱边缘的间距(mm)	15
梁翼缘到柱边的距离(mm)	100
腹板切角半径(mm)	35
梁翼缘宽度的坡度	4
梁变截面开始处到柱边的距离(mm)	500

▣ 短梁节点

短梁长度取梁长的最小倍数	0.10
短梁长度取梁高的最小倍数	2.00

梁腹板到柱边缘的间距

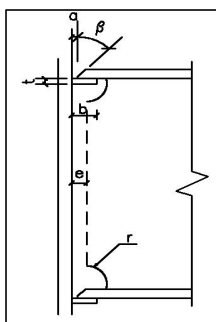
梁腹板到柱边缘的间距，用于设置梁柱刚接时，梁的腹板到柱边缘的间距。

梁翼缘到柱边的距离

梁翼缘到柱边的距离，用于 H 形柱弱轴与梁刚接时，梁翼缘距离柱边的距离。

腹板切角的半径

梁翼缘需要对接焊缝连接时，梁端腹板与翼缘连接处需要切角，该参数用于设置切角的半径。如下图中的 r 。



梁翼缘宽度的坡度

梁翼缘宽度的坡度，用于工字柱弱轴与梁刚接连接时，若梁翼缘宽度小于柱腹板高度，则需要采用变宽连接板与梁翼缘连接，用户可以设置“工字形柱弱轴与梁刚接时翼

缘到柱边的距离”和“工字形柱弱轴与梁刚接时翼缘宽度的坡度”进行控制。若两项都勾选，程序将自动取两者的大值。

梁变截面开始处到柱边的距离

用于设置梁柱节点设计时，若梁端需要进行腹板局部加高，梁变截面处到柱边的距离。

短梁节点：

短梁节点用于梁柱节点采用悬臂短梁连接方式连接时，悬臂短梁位置距柱中心的最小距离。

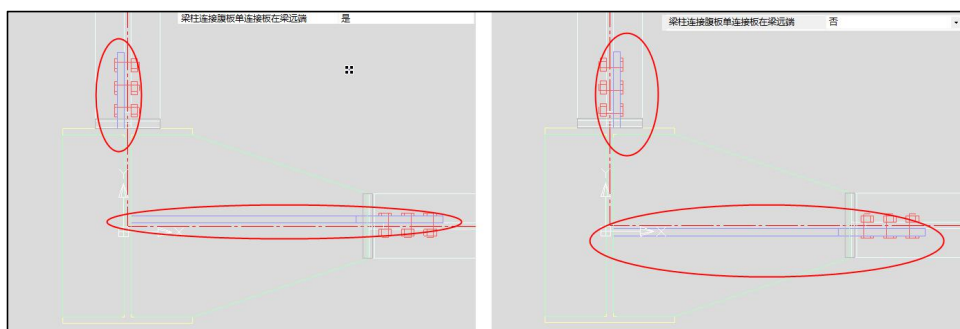
框架梁的拼接位置一般设在梁内力的反弯点处，这样拼接内力较小，只要保证拼接连接板与母材等强度即可。梁的拼接位置距柱截面中心的距离可以按照梁跨长的 1/10，或梁高度的 2 倍二者的较大值确定。

5、其它

其它	
柱加劲肋的最小间距(mm)	150
顶层柱延伸距离(mm)	0
钢管柱加劲肋最小宽度(mm)	0
箱形柱加劲肋采用贯通式横隔板	<input type="checkbox"/>

梁柱连接腹板单连接板在梁远端：

此选项用于单连接板位于钢梁腹板的哪一侧连接。



梁柱连接处加劲肋的最小间距

柱两侧均有梁与其刚接，且梁高不同时，则需要根据梁的高度差来确定设置梁柱连接节点加劲肋的形式，“梁柱连接处加劲肋的最小间距 Δh ”是在梁高度差超过 Δh 时，需

设置三个加劲肋，否则需要将高度较小的梁腹板加腋（腹板局部加高）。

顶层柱延伸距离

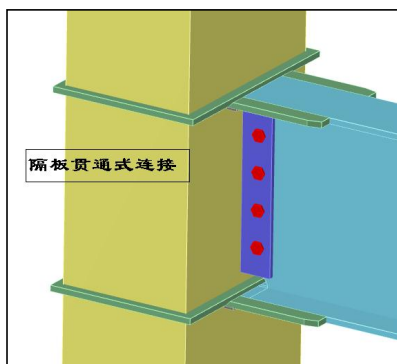
顶层柱与梁刚接时柱延伸到梁以上的距离，用于设置柱顶与梁刚接时，柱延伸到梁以上的距离。

钢管柱环板最小宽度取值

当圆管柱工梁刚接节点采用短梁翼缘焊腹板双板栓连接形式时，若输入 0，则程序按照 $0.7bf$ （ bf 为梁翼缘宽度）取值，否则环板最小宽度按实际输入取值。

箱型柱加劲肋采用贯通式横隔板

框架梁与箱形柱连接节点增加“隔板贯通式”连接，勾选“箱形柱加劲肋采用贯通式横隔板”，程序将按照《16G519》图集梁柱隔板贯通式连接大样进行节点设计验算和节点详图绘制。



(七) 主次梁参数

参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
参数	值
▣ 计算参数	
刚接设计方法	自动判断
梁腹板弯矩分配的折减系数	1.00
连接验算时考虑偏心距	<input checked="" type="checkbox"/>
▣ 构造参数	
次梁与主梁间隙(mm)	10
主梁加劲肋切角尺寸(mm)	25
腹板切角半径(mm)	35

1、刚接设计方法

精确设计法，弯矩由翼缘和腹板共同承担，剪力由腹板承担。

常用设计法：翼缘承担所有弯矩，腹板承担所有剪力。

程序自动确定，按照翼缘塑性模量与全截面塑性模量的比值，当比值小于 0.7 按照精确设计法，当比值大于等于 0.7 按照常用设计法设计。

梁腹板的弯矩分配系数

当梁柱刚接连接设计时为精确设计法，此时腹板承担剪力的同时也承担弯矩，弯矩计算按照腹板与全截面惯性矩比值分担，如果需要对腹板承担弯矩进行折减可以填写此参数。此参数仅适用于梁柱连接翼缘焊接腹板采用连接板方式的节点形式。

2、连接验算时考虑偏心距：

连接验算时考虑偏心距，根据《连接节点设计手册》公式 8-30，主次梁铰接节点计算时螺栓受力应该考虑偏心弯矩的影响。但当偏心距很大时，那么偏心弯矩很大此时需要增加螺栓列数，螺栓列数增加同时会造成偏心距变大，偏心弯矩再次增加，所以考虑偏心距时对于偏心距较大的情况螺栓验算很难满足要求。根据需求程序增加主次梁铰接节点设计是否考虑偏心距的参数，当勾选时在主次梁铰接节点设计时考虑偏心距，当不勾选时主次梁铰接节点设计时不考虑偏心距的影响。

3、构造参数

次梁与主梁间隙

次梁与主梁间隙用于铰接时次梁翼缘和腹板与主梁之前的间隙，刚接时次梁腹板与主梁之前的间隙。

主梁加劲肋切角尺寸，主梁加劲肋内侧与腹板和翼缘连接的切角尺寸。

腹板切角半径为主次梁刚接连接次梁腹板切角尺寸，一般为半径为 35mm 的弧形切角。

(八) 柱脚参数

参数	值	
计算参数		
连接参数		
节点域参数		
梁柱参数		
主次梁参数		
柱脚参数		
柱拼接参数		
支撑参数		
门刚参数		
牛腿参数		
吊车梁参数		
钢梁与砼构件连接参数		
节点归并参数		
施工图参数		
加工图参数		
显示参数		
	基本计算参数	
	锚栓钢材牌号	Q235
	构造锚栓直径(mm)	24
	受力锚栓直径(mm)	36
	底板锚栓孔径增大值P1(mm)	6
	垫板锚栓孔径增大值P2(mm)	2
	螺母数目	两个
	外露式刚接柱脚锚栓布置优化	<input checked="" type="checkbox"/>
	垫板厚度系数 α	0.60
	锚栓边距c(mm)	20
	焊缝连接方式	翼缘对接焊, 腹板角焊缝
	底板最大悬臂长度(mm)	120
	底板附加长度(mm)	20
	加劲肋宽厚比限值	18
	钢管柱脚底板类型	方形
	钢管柱脚锚栓排列方式	圆形
	柱脚连接的混凝土等级	30
	极限承载力控制验算	<input type="checkbox"/>
	抗剪键参数	
节点域参数	截面类型	热轧普通工字钢 GB/T706-2016
梁柱参数	截面	I10
主次梁参数	埋入深度(mm)	100
柱脚参数	考虑柱脚摩擦力	<input checked="" type="checkbox"/>
柱拼接参数	埋入式和包脚式柱脚参数	
支撑参数	外包高度(mm或倍数)	3
门刚参数	埋入深度(mm或倍数)	3
牛腿参数	栓钉直径(mm)	16
吊车梁参数	纵筋钢筋级别	HRB400
钢梁与砼构件连接参数	箍筋钢筋级别	HPB300
节点归并参数	埋入式的钢柱保护层厚度(mm)	250
施工图参数	外包式的钢柱保护层厚度(mm)	180
加工图参数	埋入式的钢筋保护层厚度(mm)	30
显示参数	外包式的钢筋保护层厚度(mm)	30

柱脚锚栓直径要求输入程序内定的数值，在设计时优先采用指定的锚栓直径，当调整底板尺寸不能满足设计要求，程序将自动增大锚栓直径重新设计。

依据《钢结构连接节点设计手册》第四版第 341 页 8-87 条，承受拉力的锚栓，直径一般在 30~76mm 范围内采用，且不宜小于 30mm，受力锚栓直径程序默认值是 36，用户可根据需要调整。《钢结构连接节点设计手册》第四版第 337 页 8-77 条，铰接柱脚的锚栓一般在 20~42 范围内采用，且不宜小于 20mm，构造锚栓直径程序默认为 24mm。埋入和外包式锚栓依据第 8-103 条，一般可在 20~42 范围内采用，且不宜小于 20mm。

锚栓紧固螺母数：一个或两个，用于绘图。

锚栓钢材牌号：用于锚栓设计。

底板的锚栓孔径：默认取锚栓直径加 6mm。

垫板的锚栓孔径：默认取锚栓直径加 2mm。

垫板厚度：默认等于底板厚度乘以厚度系数 0.6，可以修改相应系数。对于铰接柱脚和埋入、外包式柱脚垫板厚度取与柱脚底板厚度相同。

锚栓边距用于确定垫板宽度，默认取垫板的锚栓孔径+2x20

柱脚底板与柱下端的焊缝连接方式：箱型柱、钢管柱采用对接焊缝；工形截面柱可以选取以下三种方式：对接焊缝；角焊缝；翼缘对接焊缝，腹板角焊缝。

底板不需要设置加劲肋的最大悬臂长度：底板悬臂长度小于该值时相应方向不设置加劲肋。

底板计算长度外的附加长度：在根据柱脚内力确定的底板尺寸以外，另增加的底板长度和宽度。

圆钢管柱脚底板类型：根据设计需求选择方形或圆形。

圆钢管柱脚锚栓排列方式：根据设计需求选择矩形或圆形。

柱脚基础的混凝土等级：设置柱脚底部混凝土强度等级。

外露式柱脚抗剪键型钢设置：选取抗剪键的型钢类型，指定最小埋深。

外露式柱脚与基础的连接极限承载力验算作为设计通过的判断条件：抗震设计时，是否将《建筑抗震设计规范》 GB 50011-2010 8.2.8 柱脚与基础的连接承载力验算作为设计通过的条件。

钢柱埋入基础的深度或外包高度(<10 时为柱截面高的倍数)：埋入式柱脚钢柱埋入基础的深度或外包式柱脚钢筋混凝土的包脚高度。当输入值小于 10 时，钢柱埋入基础的深度或外包高度取钢柱柱截面高度的相应倍数。

埋入式和外包式柱脚的栓钉直径：默认取 16mm，程序中取值范围为 16、19 和 22mm。

埋入式柱脚钢柱翼缘外侧保护层厚度：默认取 250mm。

外包式柱脚钢柱翼缘外侧保护层厚度：默认取 180mm。

埋入式柱脚钢筋的混凝土保护层厚度：默认取 30mm。

外包式柱脚钢筋的混凝土保护层厚度：默认取 30mm。

埋入式柱脚和外包式柱脚钢筋级别：纵向主筋钢筋牌号包括 HRB335、HRB400、HRB500、CRB550，默认取 HRB400；箍筋钢筋牌号包括 HPB300、HRB335、HRB400、HRB500、CRB550，默认取 HPB300。

(九) 柱拼接参数

全局参数	
参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
柱拼接参数	
按构件长度限制拼接位置	<input checked="" type="checkbox"/>
构件允许最大长度(mm)	12000
按层数限制拼接位置	<input type="checkbox"/>
拼接位置距楼板的距离(mm)	1300
柱突变截面处节点做法	在楼层处工厂拼接
柱变截面处距梁翼缘边的距离(mm)	150
工字形柱设计方法	等强设计
是否设置安装耳板	<input checked="" type="checkbox"/>

全局参数中的“柱拼接参数”读取“导入”菜单的“柱拼接参数”，并可在全局参数中的“柱拼接参数”中选择设计方法为等强设计或实用设计。

(十) 支撑参数

全局参数	
参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点归并参数	
施工图参数	
加工图参数	
显示参数	
公共参数	
支撑边到构件边距离(mm)	20
支撑连接板伸出支撑边缘距离(mm)	20
连接强度折减系数	0.85
避开柱脚节点上抬高度(mm)	400
框架	
工字撑翼缘圆弧半径(mm)	200
支撑设计时考虑内力	<input checked="" type="checkbox"/>
支撑截面承载力折减系数	0.5
支撑内力判断参数n	5
门刚	
门刚定位螺栓个数	2
水平撑连接板避开系杆高度(mm)	200
水平撑中心距构件边缘距离(mm)	20
系杆向下偏移距离(mm)	120

连接强度折减系数，用于“支撑连接计算的连接强度折减系数”可根据《钢结构设计规范》第 3.4.2 条确定。

☐ 框架	
工字撑翼缘圆弧半径(mm)	200
支撑设计时考虑内力	<input checked="" type="checkbox"/>
支撑截面承载力折减系数	0.5
支撑内力判断参数n	5

支撑设计时考虑内力

支撑设计轴力考虑支撑截面承载力的 $1/n$ ，对于 H 支撑取值为 $1/2$ ，其它截面的支撑可以通过此参数修改，当选择“是”时，需要填写支撑设计轴力考虑基数 n 和支撑截面承载力折减系数，其中支撑设计轴力考虑基数 n 此时程序根据支撑实际轴力小于等强内力的 $1/n$ 时，按照支撑截面承载力折减系数进行内力折减计算。

根据《钢结构连接节点设计手册*第二版》第 8-60 条，规范仅说内力很小时取 $1/2$ ，但没有明确规定内力设计指标，故这里把参数开放给用户。（等强内力是指屈服强度乘以截面面积）。

水平撑连接板避开系杆高度、水平撑中心距构件边缘距离、系杆向下偏移距离用于门刚结构中屋面交叉支撑和系杆节点连接位置。

(十一) 门刚参数

全局参数																			
<ul style="list-style-type: none"> 计算参数 连接参数 节点域参数 梁柱参数 主次梁参数 柱脚参数 柱拼接参数 支撑参数 <li style="background-color: #0070C0; color: white;">门刚参数 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>参数</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">☐ 门式刚架</td> </tr> <tr> <td>高强螺栓直径</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>螺栓中心间距(mm)</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>螺栓到加劲肋的距离(mm)</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>加劲肋最小厚度(mm)</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>构件与端板的焊接形式</td> <td>翼缘坡口焊, 腹板角焊缝</td> </tr> <tr> <td>高强螺栓计算方法</td> <td>中和轴在受压翼缘</td> </tr> <tr> <td>端板加劲肋布置方式</td> <td>自动设置加劲肋</td> </tr> </tbody> </table>	参数	值	☐ 门式刚架		高强螺栓直径	20	螺栓中心间距(mm)	65	螺栓到加劲肋的距离(mm)	45	加劲肋最小厚度(mm)	6	构件与端板的焊接形式	翼缘坡口焊, 腹板角焊缝	高强螺栓计算方法	中和轴在受压翼缘	端板加劲肋布置方式	自动设置加劲肋
参数	值																		
☐ 门式刚架																			
高强螺栓直径	20																		
螺栓中心间距(mm)	65																		
螺栓到加劲肋的距离(mm)	45																		
加劲肋最小厚度(mm)	6																		
构件与端板的焊接形式	翼缘坡口焊, 腹板角焊缝																		
高强螺栓计算方法	中和轴在受压翼缘																		
端板加劲肋布置方式	自动设置加劲肋																		

该参数页设置门式刚架节点参数。

螺栓中心间距和螺栓到加劲肋的距离为沿梁高度方向距离。

端板加劲肋布置方式	自动设置加劲肋
	自动设置加劲肋
	全部设置加劲肋
	不设置加劲肋

勾选自动设置加劲肋，程序按门刚规范 GB51022-2015 第 10.2.7 条验算构件腹板的强度，当不满足公式 10.2.7-7 和 10.2.7-8 的要求时，程序自动设置腹板加劲肋。

高强螺栓计算方法：

算法 1：假定中和轴在受压翼缘中心

【参考：陈绍蕃，门式刚架端板螺栓连接的强度和刚度，钢结构。Vol.15 No.47，2000，第 1 期】

受压翼缘的螺栓至少布置两排，计算时，假定受拉翼缘的螺栓只承受拉力，受压翼缘的螺栓只承受剪力，并不计轴向力的影响，受拉翼缘的最上两排螺栓承受相同拉力。如果存在反向弯矩作用，还要验算原来受压区螺栓的抗拉是否满足要求。

最大拉力按下式计算：

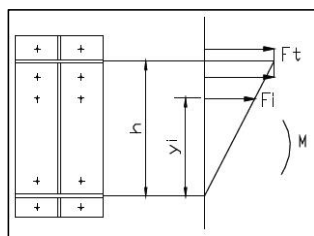
$$F_t = \frac{M}{h(4 + 2\sum y_i^2/h^2)}$$

算法 2：假定中和轴在螺栓群形心

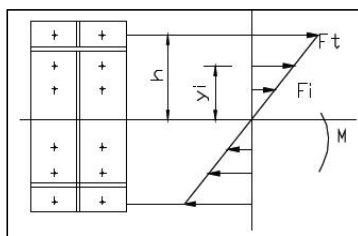
受拉翼缘和受压翼缘螺栓对称布置，至少布置两排，计算时，所有螺栓承受拉力和剪力，并不计轴向力的影响。

最大拉力按下式计算：

$$F_t = \frac{M}{4h(1 + \sum y_i^2/h^2)}$$



中和轴在受压翼缘中心



中和轴在螺栓群形心

(十二) 牛腿参数

参数	值
计算参数	
牛腿与柱焊缝连接形式	翼缘腹板都坡口焊
对接焊缝等级	二级
验算加劲肋焊缝	<input checked="" type="checkbox"/>
吊车梁最大反力(kN)	350
加劲肋与牛腿的距离(mm)	95

牛腿节点生成规则是：布置了吊车荷载，程序根据吊车荷载所在位置搜索对应柱相应高度范围内长度小于等于 2m 的悬挑梁，将该悬挑梁自动作为牛腿设计。

牛腿计算时的竖向压力 (kN) 取根据吊车布置按影响线计算得到的 D_{max} ；牛腿竖向压力距柱边距离 (mm) 取吊车工作区域参数中与相应网格线的偏心，如下图所示。

吊车资料输入

吊车资料序号列表 (整体结构共用)

序号	吊车跨...	起重重(t)	工作级别	单侧轮数	最大轮压	最小轮压	小车重	轨道高	吊钩高
1	13500	5t	A1~A3轻级软钩	2	6.80	1.75	1.70	134	450

将吊车资料列表中数据存入自定义吊车库

多台吊车组合时的吊车荷载折减系数 (整体结构共用)

2台吊车组合时 4台吊车组合时

吊车工作区域参数输入 (当前楼层)

与第一根网格线的偏心 (mm)	<input type="text" value="750"/>	吊车台数	<input type="text" value="2"/>
与第二根网格线的偏心 (mm)	<input type="text" value="750"/>	第一台吊车序号	<input type="text" value="1"/>
水平力刹车力到牛腿顶面的距离 (mm)	<input type="text" value="900"/>	第二台吊车序号	<input type="text" value="1"/>
考虑空间工作和扭转影响的效应调整系数 f_1 :	<input type="text" value="1"/>		
吊车桥架引起的地震剪力和弯矩增大系数 f_2 :	<input type="text" value="1"/>		
相对当前楼层层顶的标高 (mm):	<input type="text" value="0"/>		

牛腿节点设计的内容有：

- (1) 牛腿强度的计算；
- (2) 牛腿与柱的连接焊缝计算；
- (3) 牛腿腹板加劲肋角焊缝验算。

(十三) 吊车梁参数

参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点归并参数	
施工图参数	
加工图参数	
显示参数	
计算参数	
制动结构形式	无
吊车梁轨道连接类型	栓接
连接螺栓孔直径d1(mm)	24
连接螺栓孔间距e1(mm)	90
上翼缘与腹板连接焊缝形式	焊透的T形接头焊缝
下翼缘与腹板连接焊缝形式	焊透的T形接头焊缝
设置纵向加劲肋	<input type="checkbox"/>
设置短加劲肋	<input type="checkbox"/>
构造参数	
横向加劲肋宽度(mm)	90
横向加劲肋厚度(mm)	6
横向加劲肋间距(mm)	1200
横向加劲肋焊脚尺寸(mm)	8
支座加劲肋宽度(mm)	110
支座加劲肋厚度(mm)	10

通过此参数可实现吊车梁强度、整体稳定、局部稳定、挠度、疲劳、支座加劲肋以及连接焊缝验算，并通过节点详图绘制吊车梁详图。

(十四) 钢梁与砼构件连接参数

参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点归并参数	
施工图参数	
加工图参数	
显示参数	
侧面连接参数	
梁柱刚接时的设计方法	自动判断
梁腹板弯矩分配的折减系数	1.00
锚筋级别	HRB400
锚筋初始直径d(mm)	16
腹板切角半径(mm)	20
间隙S	10
铰接连接验算时考虑偏心距	<input checked="" type="checkbox"/>
顶部连接参数	
锚栓参数	
锚栓钢材牌号	Q235
锚栓直径(mm)	24
螺母数目	两个
底板的锚栓孔径(mm)	31
垫板的锚栓孔径(mm)	26
垫板厚度系数 α	0.60
抗剪键参数	
截面类型	热轧普通工字钢 GB/T706-2016
截面	I10
抗剪键最小埋入深度(mm)	100

1、侧面连接参数：

钢梁与混凝土构件侧面连接为在钢筋混凝土构件中设置预埋件（由锚板和直锚筋组成），将焊在预埋件上的竖向钢板与钢梁连接。

梁柱刚接时的设计方法用于钢梁与砼构件固结时设计方法可以选择自动判断、精确设计法和常用设计法。

精确设计法，弯矩由翼缘和腹板共同承担，剪力由腹板承担。

常用设计法：翼缘承担所有弯矩，腹板承担所有剪力。

程序自动确定，按照翼缘塑性模量与全截面塑性模量的比值，当比值小于 0.7 按照精确设计法，当比值大于等于 0.7 按照常用设计法设计。

梁腹板的弯矩分配系数

当钢梁与混凝土构件刚接连接设计时为精确设计法，此时腹板承担剪力的同时也承担弯矩，弯矩计算按照腹板与全截面惯性矩比值分担，如果需要对腹板承担弯矩进行折减可以填写此参数。此参数仅适用于梁柱连接翼缘焊接腹板采用连接板方式的节点形式。

2、顶部连接参数：

顶部连接参数用于门式刚架与混凝土柱的铰接连接，门刚梁底板焊接底板与混凝土柱通过锚栓连接。

(十五) 施工图参数

全局参数																																			
参数	值																																		
计算参数																																			
连接参数																																			
节点域参数																																			
梁柱参数																																			
主次梁参数																																			
柱脚参数																																			
柱拼接参数																																			
支撑参数																																			
门刚参数																																			
牛腿参数																																			
吊车梁参数																																			
钢梁与砼构件连接参数																																			
节点归并参数																																			
施工图参数																																			
加工图参数																																			
显示参数																																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>参数</th> <th>值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">☐ 公共参数</td> </tr> <tr> <td>文字高度(mm)</td> <td>2.50</td> </tr> <tr> <td>文字宽度因子</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>底图绘制成块</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>文字等导出Cad时自动炸开</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2">☐ 平面图参数</td> </tr> <tr> <td colspan="2">☐ 平面图比例</td> </tr> <tr> <td>设置方式</td> <td><input checked="" type="radio"/>图形不变 <input type="radio"/>文字不变 <input type="radio"/>自由</td> </tr> <tr> <td>绘图比例1:</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>图形缩小倍数</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>文字放大倍数</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="2">☐ 底图</td> </tr> <tr> <td>绘制轴线</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>绘制无名轴线</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>绘制轴线尺寸标注</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>绘制无名称轴线尺寸标注</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div>		参数	值	☐ 公共参数		文字高度(mm)	2.50	文字宽度因子	0.70	底图绘制成块	<input checked="" type="checkbox"/>	文字等导出Cad时自动炸开	<input checked="" type="checkbox"/>	☐ 平面图参数		☐ 平面图比例		设置方式	<input checked="" type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input type="radio"/> 自由	绘图比例1:	100	图形缩小倍数	1	文字放大倍数	100	☐ 底图		绘制轴线	<input checked="" type="checkbox"/>	绘制无名轴线	<input type="checkbox"/>	绘制轴线尺寸标注	<input checked="" type="checkbox"/>	绘制无名称轴线尺寸标注	<input type="checkbox"/>
参数	值																																		
☐ 公共参数																																			
文字高度(mm)	2.50																																		
文字宽度因子	0.70																																		
底图绘制成块	<input checked="" type="checkbox"/>																																		
文字等导出Cad时自动炸开	<input checked="" type="checkbox"/>																																		
☐ 平面图参数																																			
☐ 平面图比例																																			
设置方式	<input checked="" type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input type="radio"/> 自由																																		
绘图比例1:	100																																		
图形缩小倍数	1																																		
文字放大倍数	100																																		
☐ 底图																																			
绘制轴线	<input checked="" type="checkbox"/>																																		
绘制无名轴线	<input type="checkbox"/>																																		
绘制轴线尺寸标注	<input checked="" type="checkbox"/>																																		
绘制无名称轴线尺寸标注	<input type="checkbox"/>																																		

计算参数	参数	值
连接参数	标注在左边	<input checked="" type="checkbox"/>
节点域参数	标注在右边	<input type="checkbox"/>
梁柱参数	标注在上边	<input type="checkbox"/>
主次梁参数	标注在下边	<input checked="" type="checkbox"/>
柱脚参数	钢梁绘图方式	<input checked="" type="radio"/> 单线 <input type="radio"/> 双线 <input type="radio"/> 四线
柱拼接参数	梁端部三角形的大小(mm)	2.50
支撑参数	梁端部与柱的间隙(mm)	1.00
门刚参数	梁名称标注距离梁(mm)	1.00
牛腿参数	标注梁柱偏心	<input checked="" type="checkbox"/>
吊车梁参数	▢ 构件编号	
钢梁与砼构件连接参数	柱编号	GKZ
节点归并参数	框架梁编号	GKL
施工图参数	非框架梁编号	GL
加工图参数	撑编号	GC
显示参数	构件编号按层	<input type="checkbox"/>
连接参数	▢ 节点编号	
节点域参数	编号相同的节点仅标注一个	<input checked="" type="checkbox"/>
梁柱参数	▢ 立面图参数	
主次梁参数	▢ 立面简图比例	
柱脚参数	设置方式	<input checked="" type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input type="radio"/> 自由
柱拼接参数	绘图比例1:	100
支撑参数	图形缩小倍数	1
门刚参数	文字放大倍数	100
牛腿参数	▢ 立面详图比例	
吊车梁参数	设置方式	<input checked="" type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input type="radio"/> 自由
钢梁与砼构件连接参数	绘图比例1:	50
节点归并参数	图形缩小倍数	1
施工图参数	文字放大倍数	50
加工图参数	自动生成立面简图	<input checked="" type="checkbox"/>
显示参数		
梁柱参数	▢ 节点图参数	
主次梁参数	▢ 节点图比例	
柱脚参数	设置方式	<input type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input checked="" type="radio"/> 自由
柱拼接参数	绘图比例1:	20
支撑参数	图形缩小倍数	0.20
门刚参数	文字放大倍数	100
牛腿参数	绘制轴测图	<input type="checkbox"/>
吊车梁参数	▢ 梁断面图参数	
钢梁与砼构件连接参数	▢ 梁断面图比例	
节点归并参数	设置方式	<input type="radio"/> 图形不变 <input type="radio"/> 文字不变 <input checked="" type="radio"/> 自由
施工图参数	绘图比例1:	20
加工图参数	图形缩小倍数	0.20
显示参数	文字放大倍数	100

1、公共参数

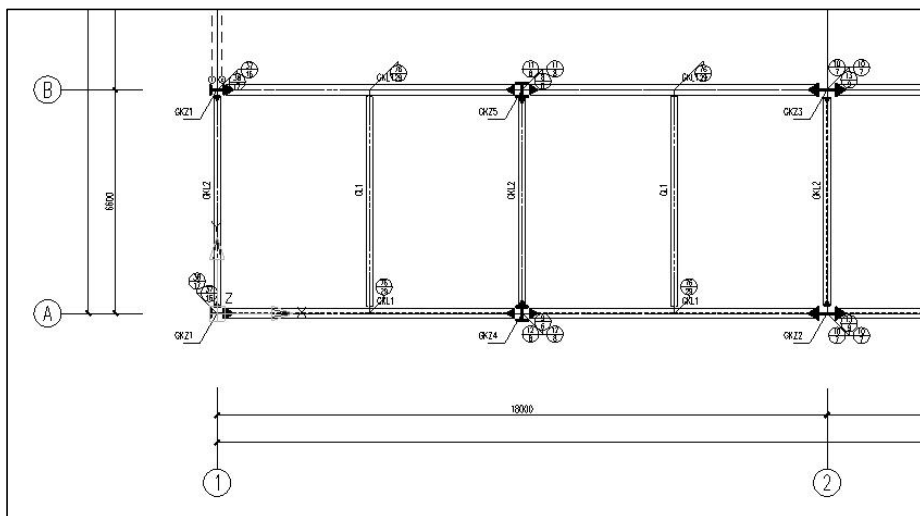
公共参数用于文字和底图设置，施工图文字高度默认为 2.5mm。节点图转入 CAD 可以选择绘制成块同时文字可选择炸开为连续的标注便于导入 CAD 后编辑。

2、平面图参数

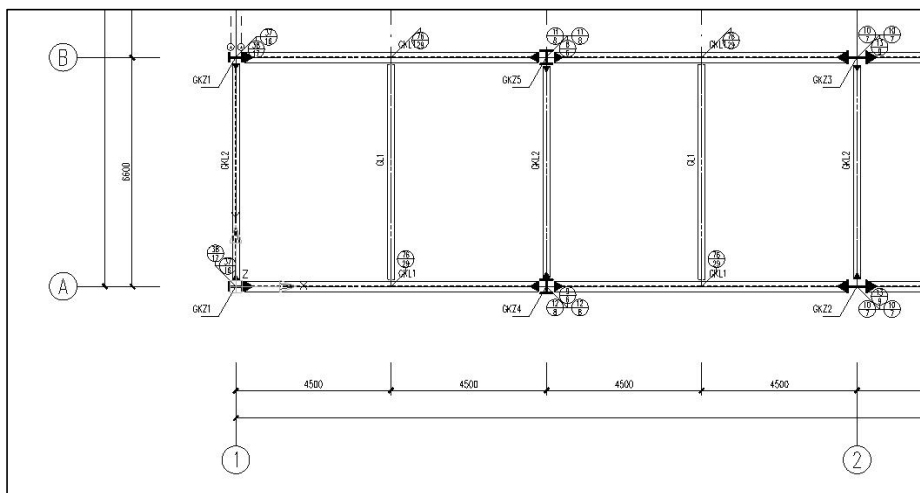
平面图比例设置方式为图形不变、文字不变和自由三种选择。图形不变为图形 1:1 绘制，放大文字；文字不变为字高 2.5mm，缩小图形；自由为图形和文字都可改变。

底图用于轴线绘制、轴线标注、钢梁绘图方式等选项。

标注有名称的轴线

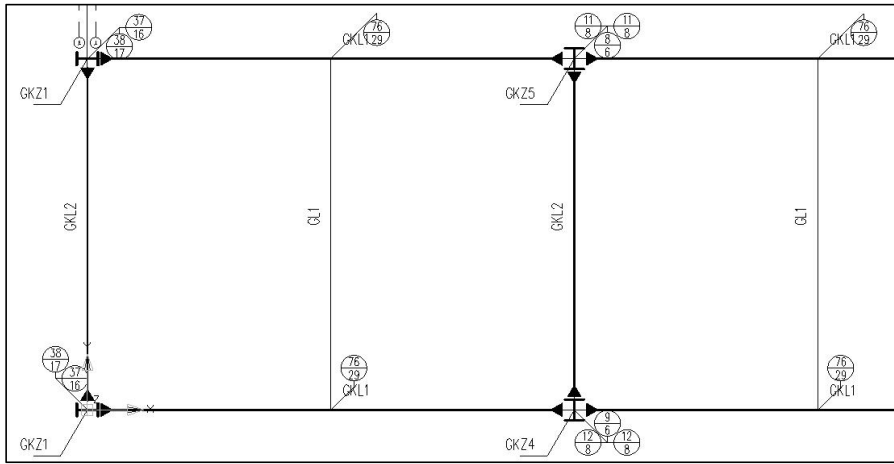


无名称的轴线也标注

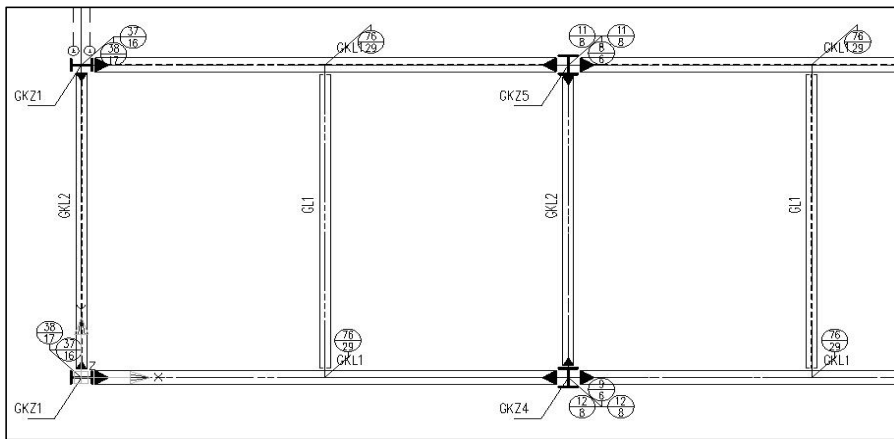


钢梁的画法：按单线、双线、四线（画腹板）图绘制，在“平面布置图”中，用于控制钢梁的绘制方式。

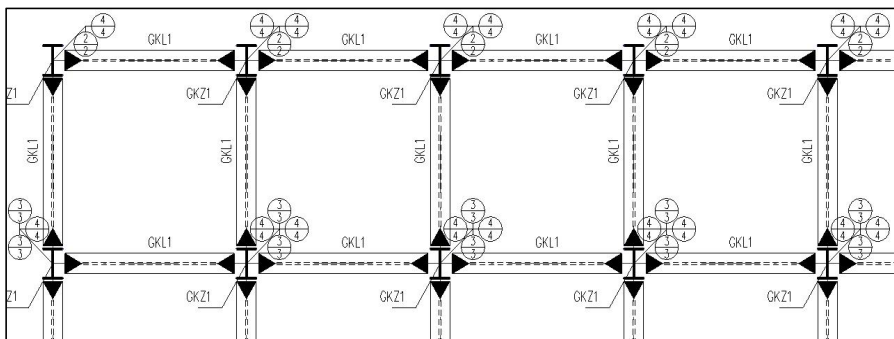
单线图：



双线图：



四线（画腹板）：



构件编号用于平立面图中构件的编号前缀名称。

构件编号按层选项，当勾选时程序按照层单独编号，当前层相同的截面编号相同；当不勾选时，按照全楼统一编号，从下到上的顺序截面相同的归并为一种编号。

3、立面图参数

立面图参数包括立面简图比例和立面详图比例。设置方式与平面图比例类似。

自动生成立面简图为建模中对轴线已经命名的轴线自动生成立面简图。

4、节点图参数

节点图参数用于节点图比例设置和绘制轴测图。

绘制轴测图用于单节点绘图方式是否绘制轴测图选项。

5、梁断面图参数

梁断面图参数用于绘制梁断面图设置的比例。

(十六) 加工图参数

加工图参数用于后续开发加工详图用到的参数。

六、节点设置

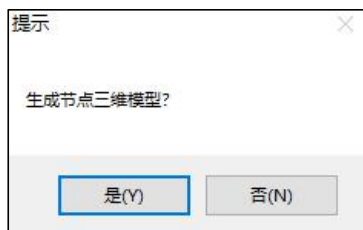
节点设置用于节点形式选择，节点设置对话框为左侧展示节点类型、右侧对应主要计算参数修改和全局参数修改。

参数	值
▫ 抗震调整系数	
柱	0.75
梁	0.75
撑	0.75
板	0.75
螺栓	0.75
焊缝	0.75
▫ 其它	
校核强节点弱构件	<input checked="" type="checkbox"/>
抗侧力构件连接按等强连接	<input type="checkbox"/>
抗侧力构件比例系数	1.00
节点修改后自动验算节点	<input checked="" type="checkbox"/>

七、节点设计

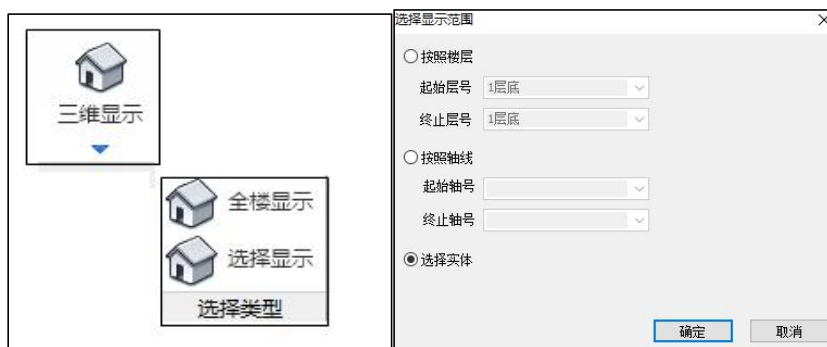
程序将根据用户设定的参数读取建模模型及计算内力，生成钢结构节点并进行节点设计及归并。

点击节点设计，程序提示是否生成节点三维模型，若点击是，程序将在节点设计完成后自动绘制全楼三维模型。生成全楼节点三维模型需要花费一定的时间，特别是对规模较大的工程，因此这里给出提示。点击否，程序在节点设计完成后不自动绘制全楼三维模型。



节点设计时，点击否，程序不自动生成全楼三维模型，此时可以通过“三维显示”功能交互生成全楼三维或交互选择范围生成三维实体模型。

选择显示范围可按照楼层起始层号和终止层号选择显示，按照轴线起始和终止轴号选择显示，按照选择实体在三维模型上选择要生成三维节点的构件生成三维实体模型。

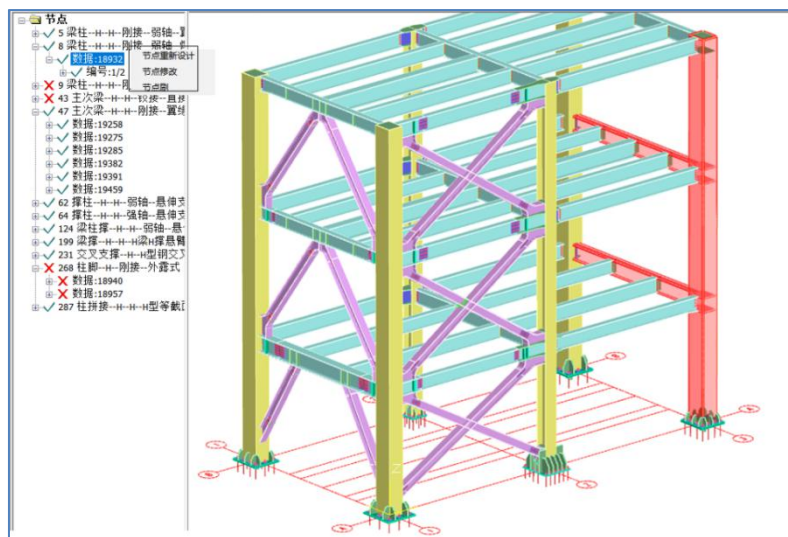


全楼节点设计之后，程序自动生成三维模型，并以树状形式展示节点类型和节点号。

通过左侧树形图和右侧三维绘图窗口两种方式对节点进行联动展示，点选树形图中节点时会对右侧窗口中对应节点进行高亮显示，点选三维图中节点则会对树形图中对应节点进行高亮显示。

左侧栏以节点树的形式展示程序自动归并的节点编号及节点类型，点击节点编号，可在三维造型中高亮显示归并的节点组数。节点树第一级为节点类型；第二级为可按同

一归并号出施工图的节点，即使用“节点归并”菜单后，根据归并要素进行归并后的节点；第三级为节点板材数据完全相同的节点；第四级为实际节点，与三维模型中的节点一一对应。

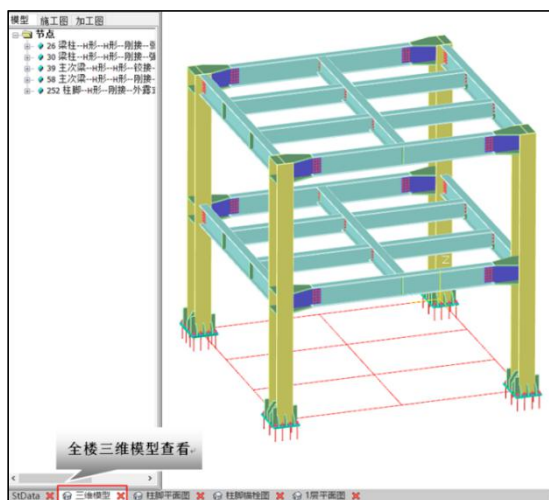


通过多文档切换查看全楼三维模型。

1、全楼三维模型

鼠标停靠在浮动窗口内，可对三维图形缩放、移动、旋转操作。

全楼模型可以通过平台命令行，进行显示选择、隐藏选择、视图状态切换、实体和线框显示切换。





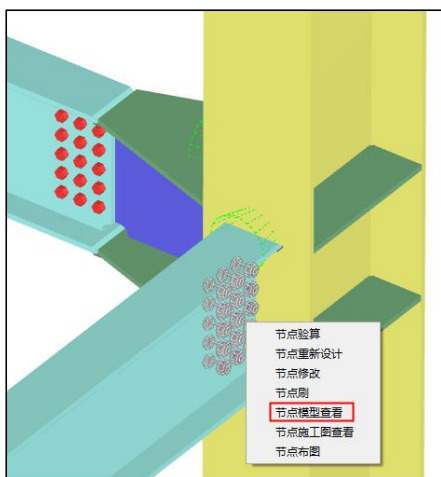
2、各层三维显示

各层三维显示可通过右上角显示菜单进行切换显示。

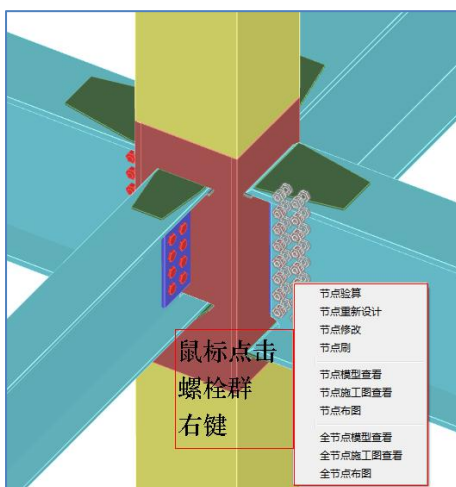


3、单节点模型显示

整体三维模型中，点击鼠标右键选择“节点模型查看”可以查看某一个节点三维图。

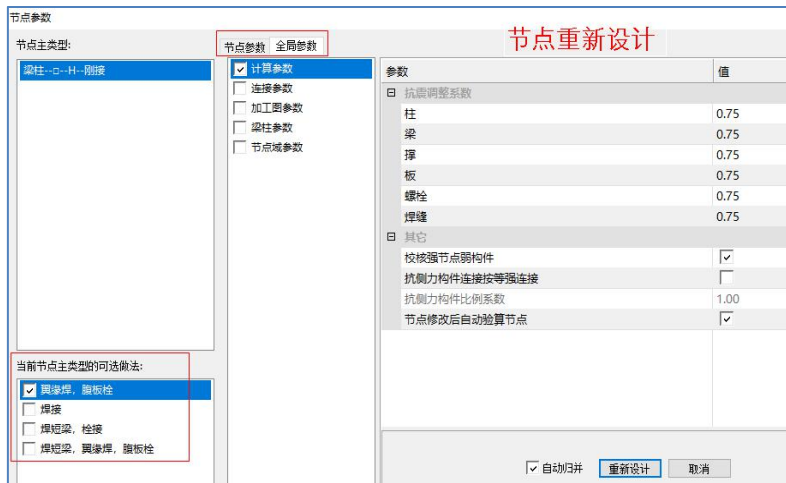
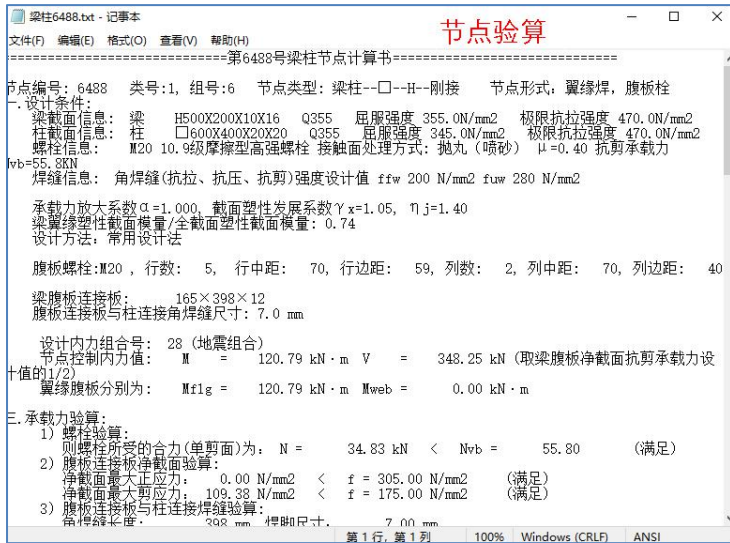


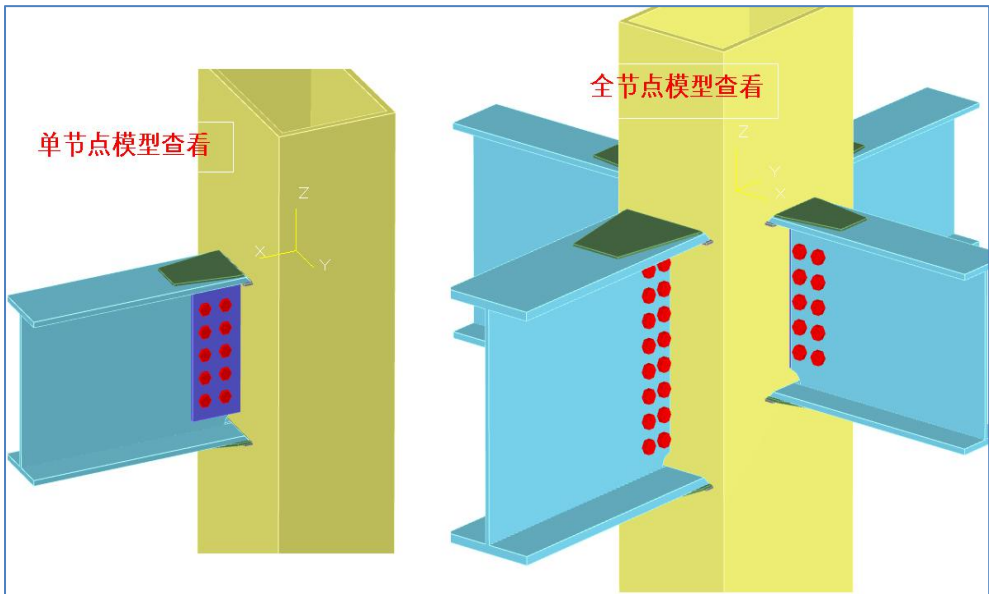
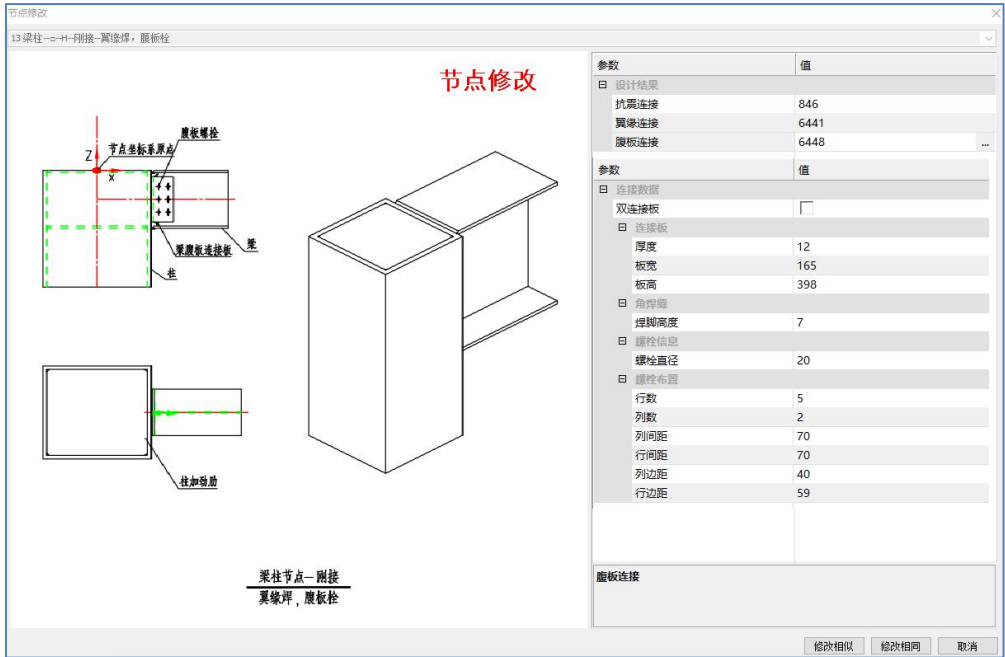
4、鼠标右键功能

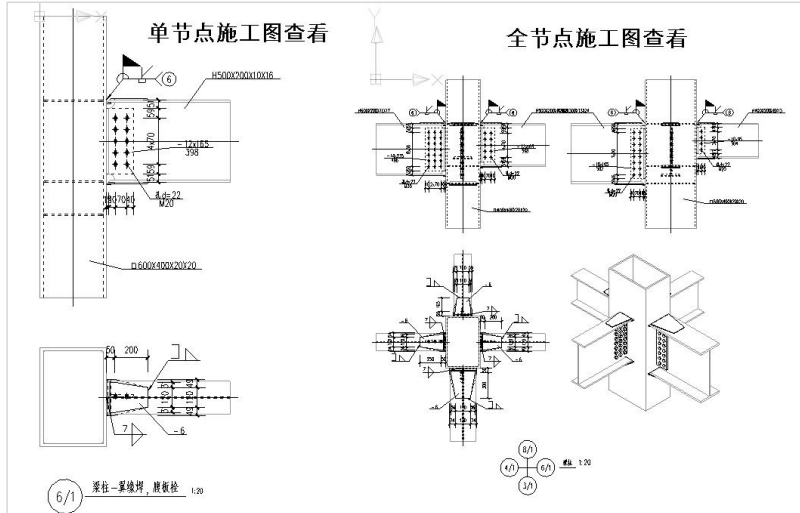


三维造型中鼠标点击螺栓群右键可进行节点验算查看、节点重新设计、节点修改、节点刷、节点模型查看、节点施工图查看、节点布图、全节点模型查看、全节点施工图查看和全节点布图。

节点验算是查看节点验算计算书，节点重新设计是对节点类型的修改和对应节点全局参数的修改，节点修改为修改程序自动设计的结果信息，节点刷用于节点修改后去刷要修改的相似节点。节点模型查看用于单节点三维模型查看，节点施工图查看为单节点详图查看，节点布图用于将此节点布图到各生成的平面或立面图中，节点布图前首先要生成平面图。全节点模型查看、全节点施工图查看及全节点布图用于全节点结果的展示。



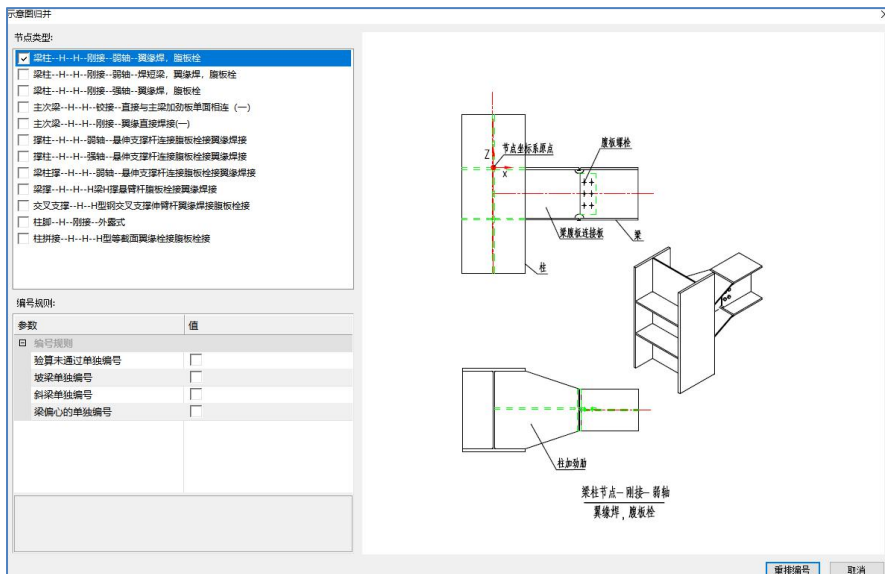




八、示意图归并

点击“示意图归并”菜单根据节点形式和归并因素进行交互归并。

示意图归并为节点设计完成后交互归并的一种方式，通过程序放开的编号规则进行交互选择归并。



九、平立面图

全楼节点设计之后，点击“平立面图”菜单下的“平立面图”软件生成系列图纸，包括图纸目录、设计总说明、锚栓布置图、柱脚平面图、各层平面布置图、有名称轴线的立面图、以及标准焊接大样图。

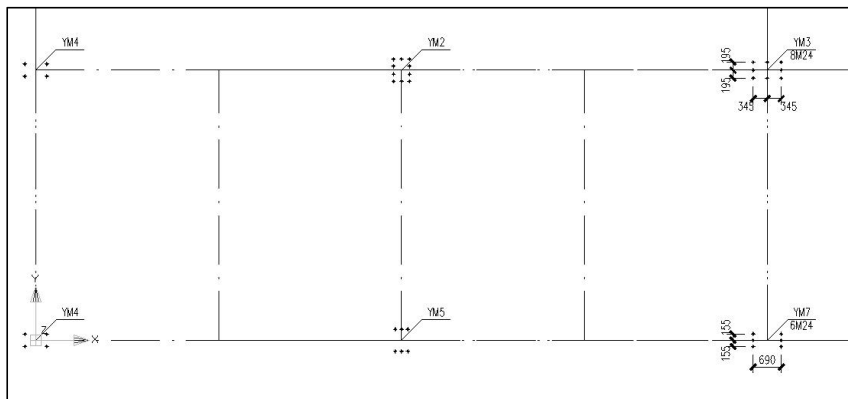
鼠标双击列表中的条目，打开相应的图纸。程序自动将三维模型、各层平面图、立面图等以多文档的形式展示，方便切换查看各项内容。



对于设计完成的节点，软件在平面图、立面上标注节点大样的编号，而对于软件目前还不能自动设计的节点类型，软件在平面图、立面上的节点标注位置不作任何标注。

（一）柱脚锚栓布置图

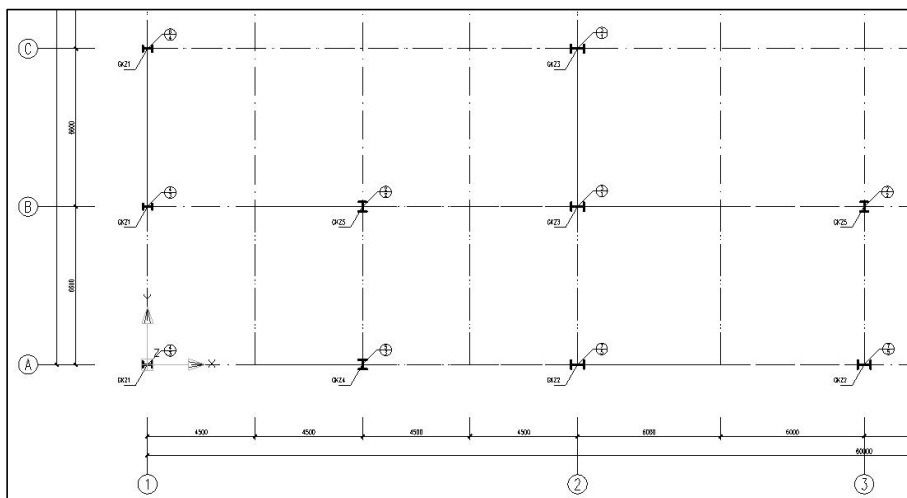
柱脚螺栓布置图包括的内容：柱脚锚栓注写、轴线、尺寸标注。



(二) 柱脚布置图

柱脚布置图包括的内容：钢柱、轴线、尺寸标准、钢柱的注写。

- (1) 钢柱的注写：包括编号、与轴线的关系、即定位等。
- (2) 钢柱的编号包括钢柱的类别代码、序号。
- (3) 节点索引说明: P1 为节点类别, d1 为节点编号, 参考“绘节点表”相关说明



柱脚布置图

(三) 平面布置图

平面布置图的标注内容：

梁、柱编号；

梁、柱与轴线的关系，即梁柱定位；

节点与节点索引的注写；

当结构布置支撑时，应在平面图中注明支撑编号等内容；

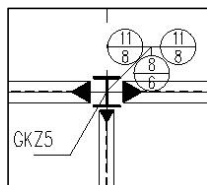
钢梁的注写内容：

在平面布置图中，梁的注写内容主要有：编号、标高、与轴线的关系、与钢柱的关系等。

钢梁的编号包括钢梁的类别代号、序号、另外以列表形式表示出截面尺寸、材质等项内容。

钢梁的标高如果为平面布置图的基准标高，不加注写；如果与基准标高不一致的，将在平面布置图中注写说明。

钢梁与钢柱的连接方式，有两种：一种是刚接，一种是铰接。如果刚接节点，则绘制为填充的三角形；铰接不绘制三角形。



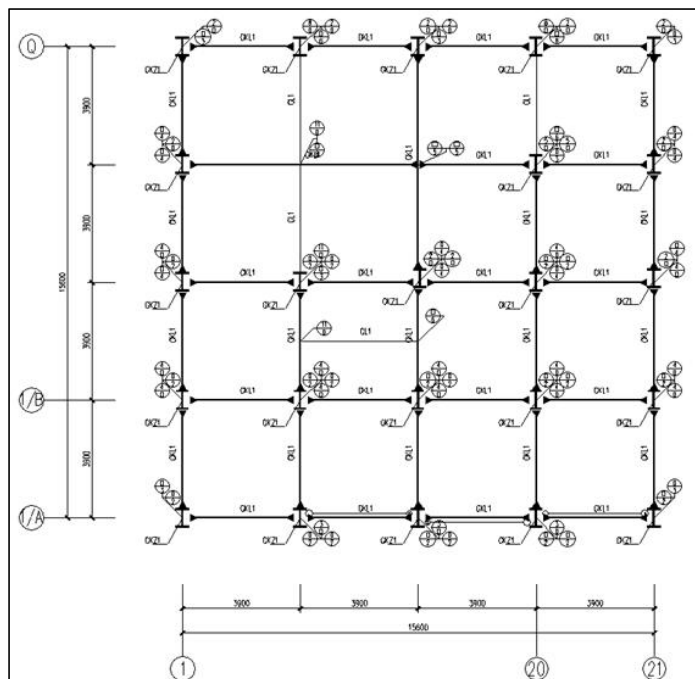
钢柱的注写内容

在平面布置图中，钢柱的注写内容一般包括编号、与轴线的关系、即定位等；

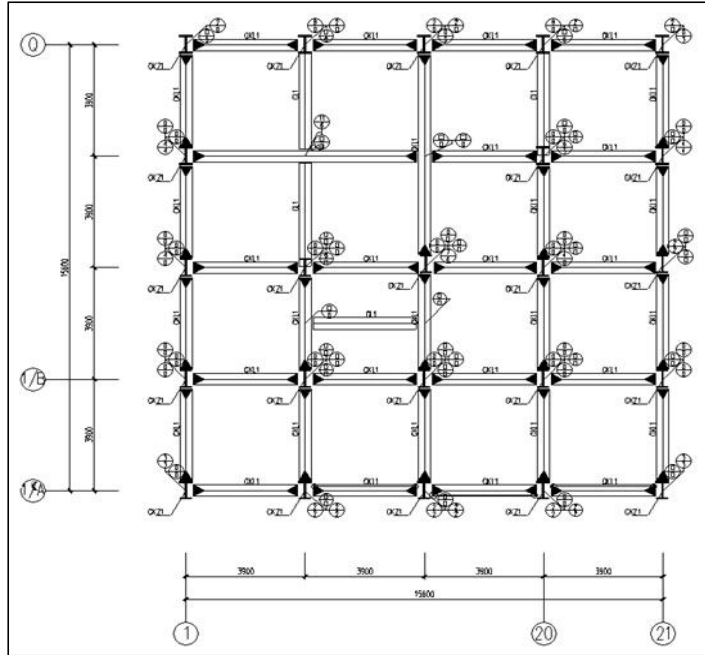
钢柱的编号包括钢柱的类别代号、序号；

钢柱与轴线的关系，如有偏轴，那么注明偏轴尺寸。

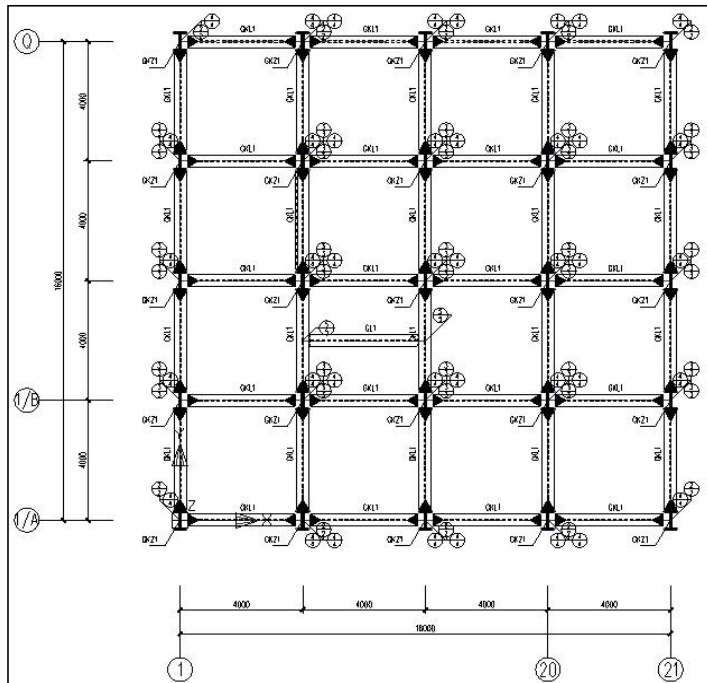
节点索引说明： P1 为节点类别，d1 为节点编号，参考“绘节点表”相关说明；



单线方式绘制的平面布置图



双线方式绘制的平面布置图



四线（画腹板）方式绘制的平面布置图

(四) 立面布置图

立面布置图，有两种生成方式，一种是自动生成立面布置图，另外一种是交互生成立面布置图。

立面布置图的注写内容：

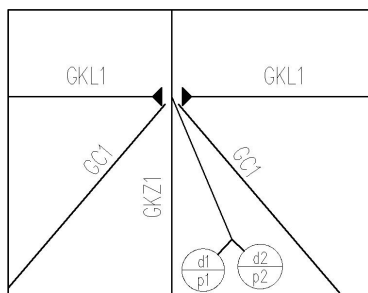
- 1) 立面图轴线号与平面图的对号关系；
- 2) 层高及标高、轴网等主要的几何尺寸；
- 3) 支撑的几何参数、构件编号及连接方式；
- 4) 梁、柱编号
- 5) 梁、柱构件的连接方式（刚接、铰接）；

支撑的注写：

在立面图中、钢支撑的注写内容有三项，包括编号、支撑两端的定位；

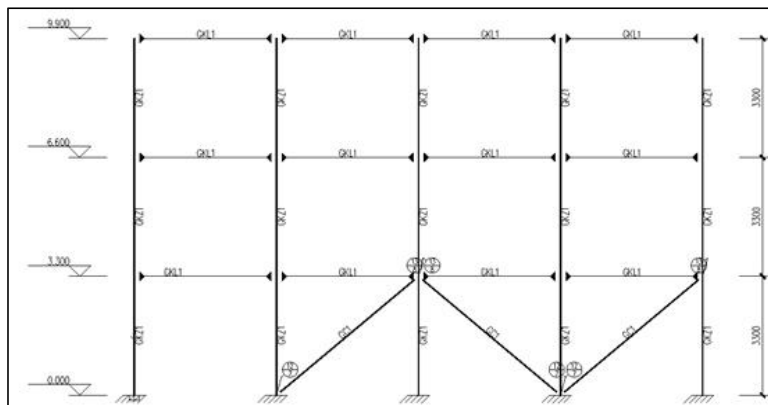
钢支撑构件的编号包括支撑的类别代号、序号。

钢支撑轴线如交汇与梁、柱轴线的交点，不进行定位，如偏离交点，则需要注明与交点偏心的距离。



节点注写

在立面布置图图中，节点主要表现支撑与梁、柱之间的关系，以及他们的连接的情况。节点的注写以索引的方式表达，每个索引表示的是该方向上的梁支撑与梁、柱的连接。节点索引说明:P1 为节点类别，d1 为节点编号，参考“绘节点表”相关说明。



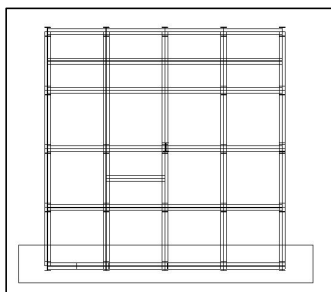
立面布置图

软件除了可以自动生成有名称的立面布置图外，还提供了交互生成立面布置图的功能。

点击菜单“绘立面图”，软件弹出如下的选择楼层对话框：

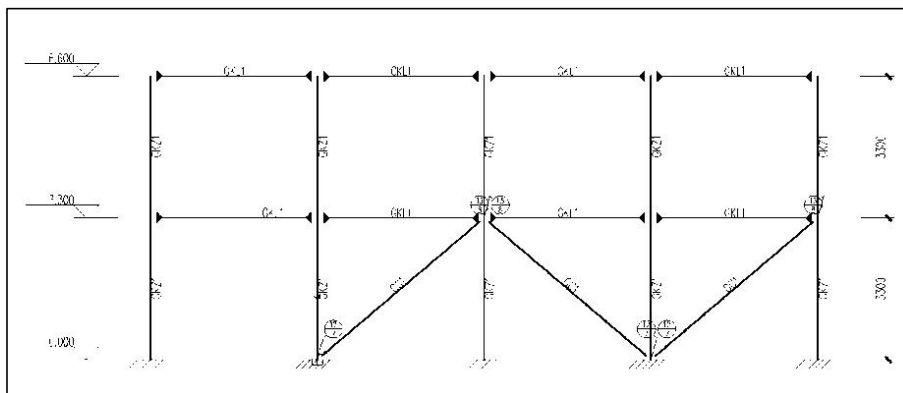


软件默认值为从1层到最顶层。本例只生成1层到2层，点击“确定”按钮，软件自动绘制出三维模型图，在此三维图中选择需要绘制立面图的构件（选择方式：可以点选，也可以框选），选择完成之后，点击鼠标“右键”，软件自动生成立面图，立面图仅仅包括用户选择的梁、柱、支撑构件。



三维模型的平面视图

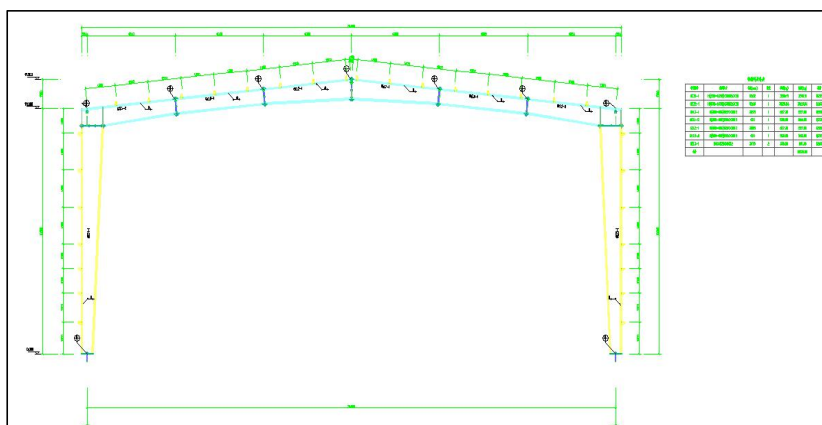
本例采用框选，选择最下面的一榀框架（如上图）， 软件生成的立面布置图如下：



交互方式生成的立面图的标注原则和内容参考自动生成立面布置图相关章节。

(五) 绘单榀框架详图

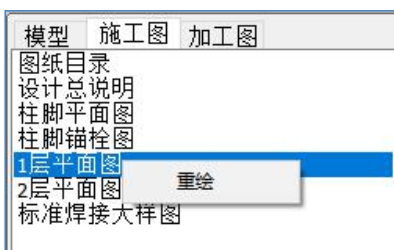
在绘立面图菜单下点击“绘单榀框架详图”按钮，由用户挑选一榀框架后，软件自动绘出该框架的立面详图。



(六) 重绘

在图纸目录点击鼠标右键可以进行各图纸的重绘功能。该功能主要用于平立面图生

成后再次进行“图层设置”修改，或“全局参数”中“施工图参数”信息修改，修改后直接在“施工图”目录点击各平立面图“重绘”即可。



(七) 鼠标右键功能

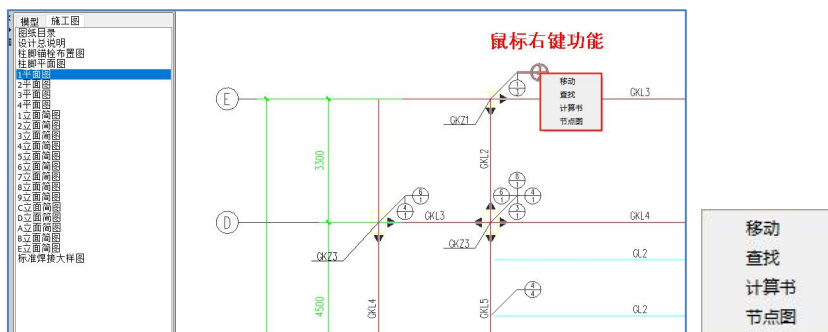
平立面图中鼠标左键点击节点编号然后点右键可进行移动、查找、计算书查看、节点图布图功能。

移动标注用于移动平面、立面图形的各类标注的位置，比如它们存在某些字符重叠时，可用本菜单将它们移开。

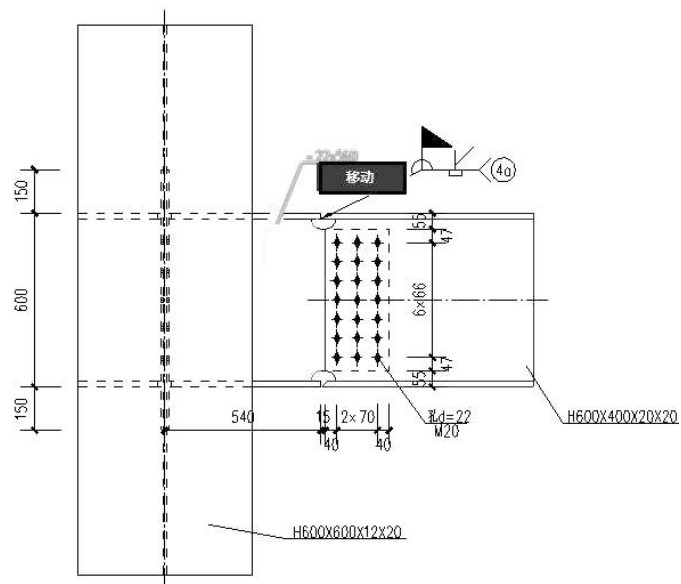
查找用于查找平面、立面图中相同的节点编号进行高亮显示。

计算书用于查看单节点结果计算书。

节点图用于对单个节点进行节点详图的绘制。

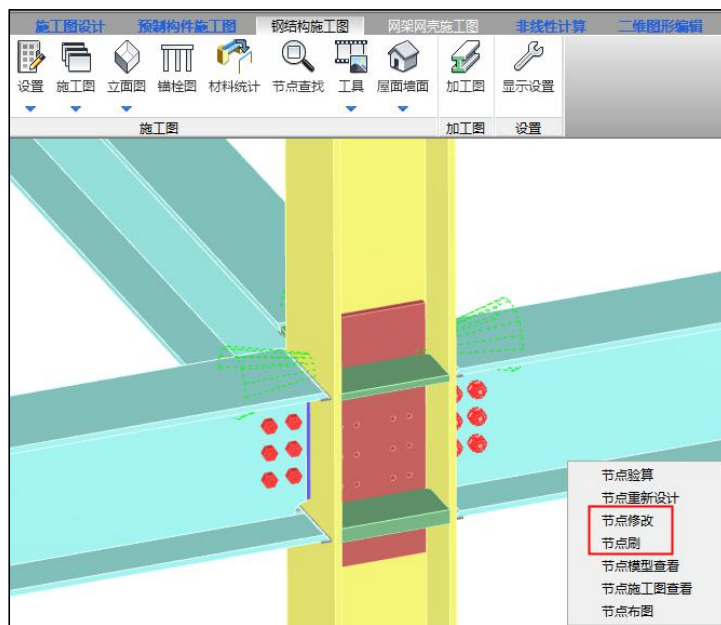


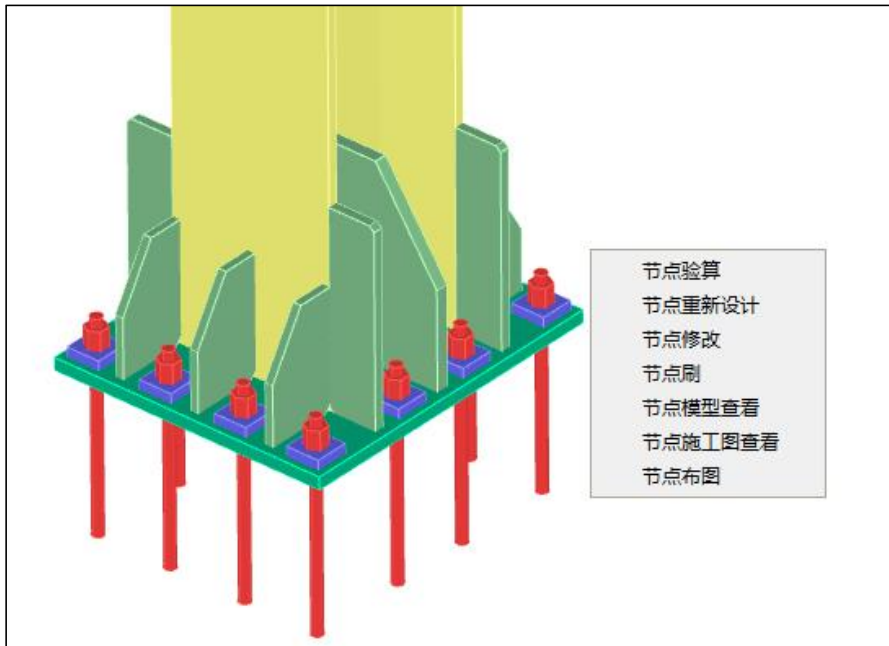
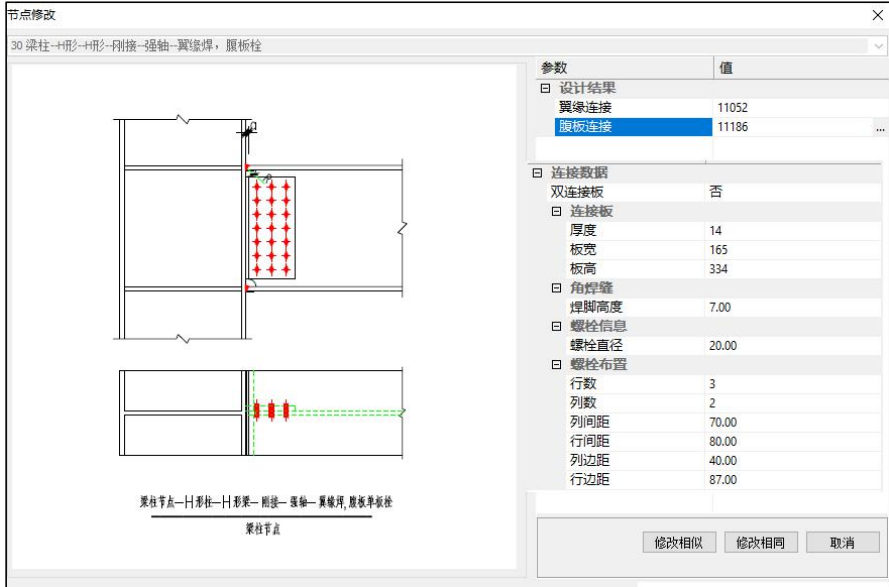
节点详图的移动标注，鼠标左键点击移动的标注尺寸然后点右键执行移动命令即可对节点详图中标注的尺寸、文字和焊缝进行移动。

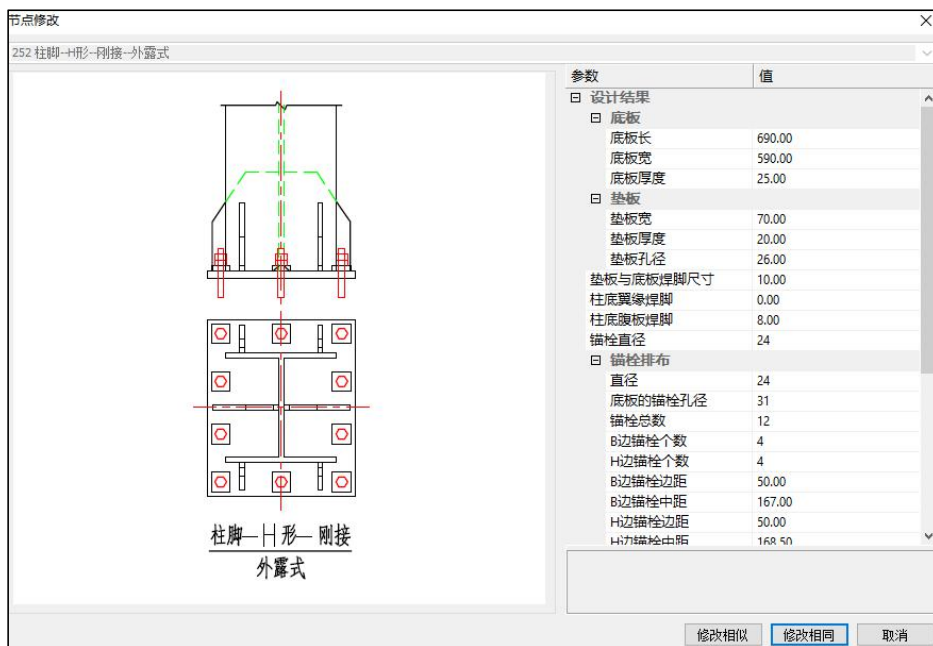


十、节点编辑

节点连接修改可以在三维模型上点击三维节点组件鼠标右键进行交互修改程序自动设计的连接信息，修改后程序自动验算和归并。







通过执行“节点编辑”菜单命令，点击平面图或立面图中节点编号进行节点修改。此时程序同样弹出上图所示所有修改信息对话框，修改后程序将自动绘制平、立面等施工图。



十一、计算书

单节点验算：

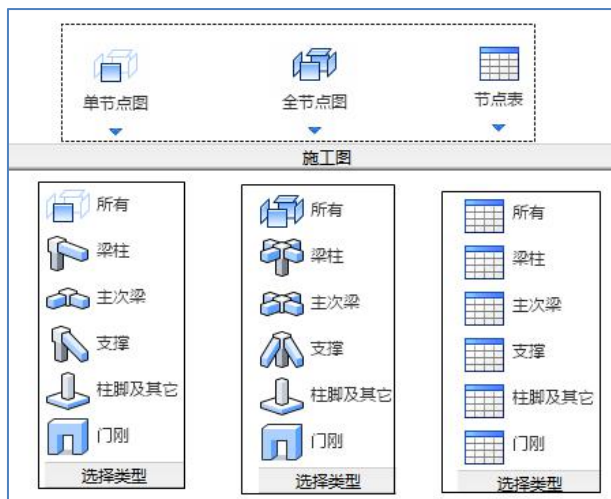
单节点验算用于查看平面图或者立面图中单个节点计算书，点击该按钮，程序提示选择节点，鼠标选择单个节点后弹出该节点的文本设计结果，方便用户查看。

所有节点计算书：

点击“所有节点计算书”，程序自动将模型中所有节点计算书分类输出到“施工图目录”下“钢结构施工图”文件夹中。

名称	修改日期	类型
撑节点计算书	2021/10/19 15:33	文件夹
梁柱节点计算书	2021/10/19 15:33	文件夹
模型	2021/10/19 15:19	文件夹
主次梁节点计算书	2021/10/19 15:33	文件夹
柱脚及其它节点计算书	2021/10/19 15:33	文件夹
log_AutoTest.txt	2021/10/19 15:19	文本文档
log_Design.txt	2021/10/19 15:19	文本文档
log_Load.txt	2021/10/19 15:18	文本文档

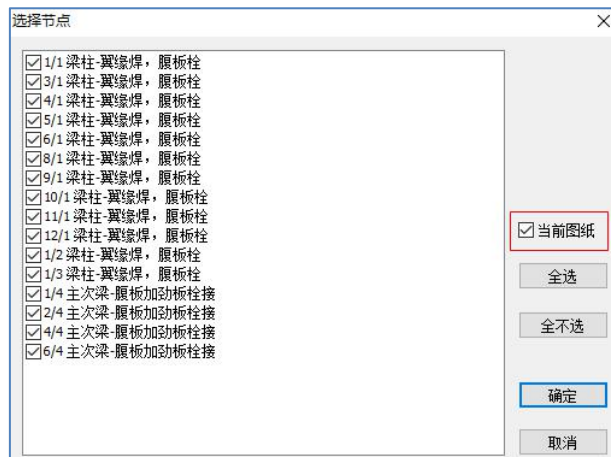
十二、单节点图



节点详图绘图方式程序支持三种画图方式，分别为全节点图、全节点图和节点表方式。

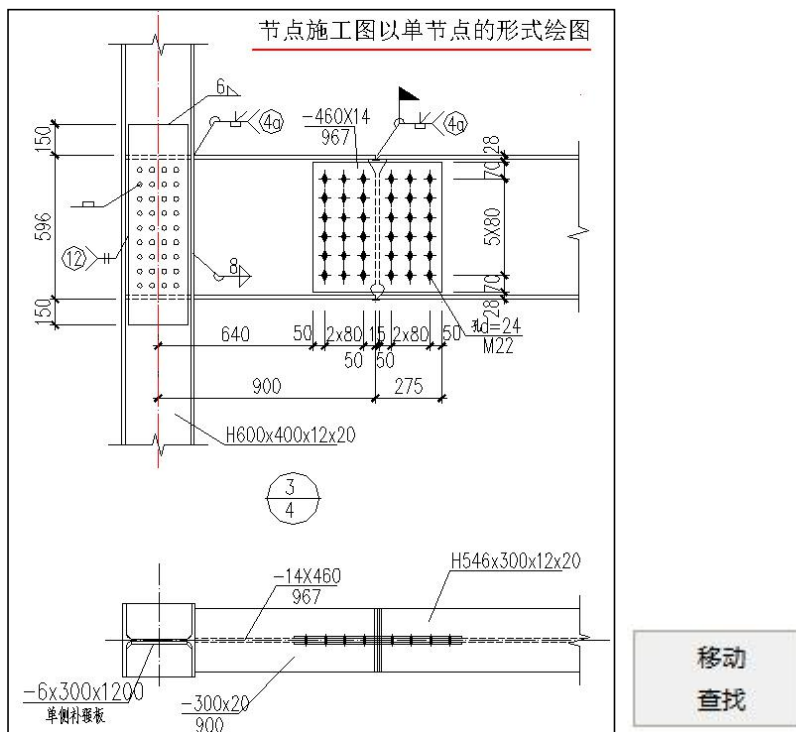
各节点详图对应类型有所有、梁柱、主次梁、支撑、柱脚及其它、门刚节点类型。

“所有”为对应施工图图名下的所有节点详图。



“当前图纸”为当前施工图（平面图、立面简图、单樘立面图）中的节点详图，不勾选“当前图纸”为全楼节点详图。

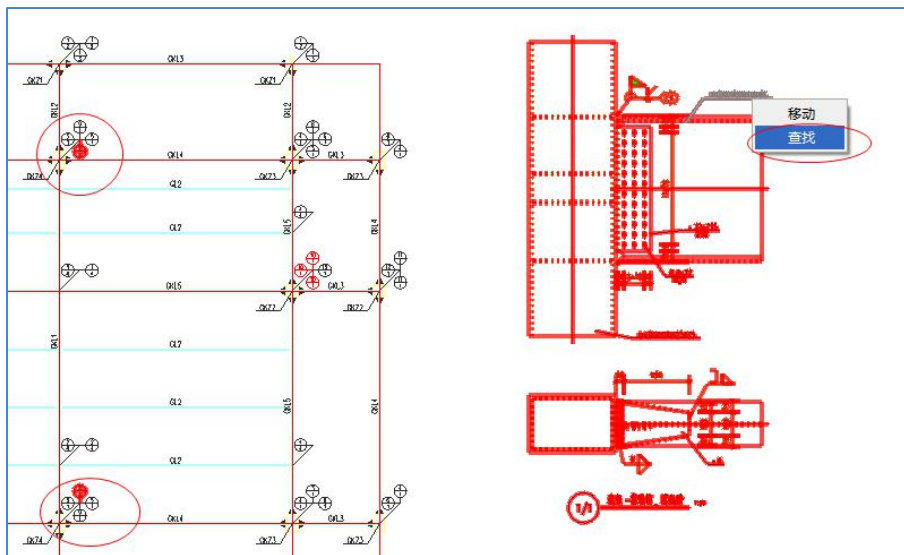
单节点详图方式，就是只绘制单个节点的节点详图，包括构件、板材尺寸等详细标注信息。



节点图标注处点击鼠标右键可以进行节点标注移动和节点查找。

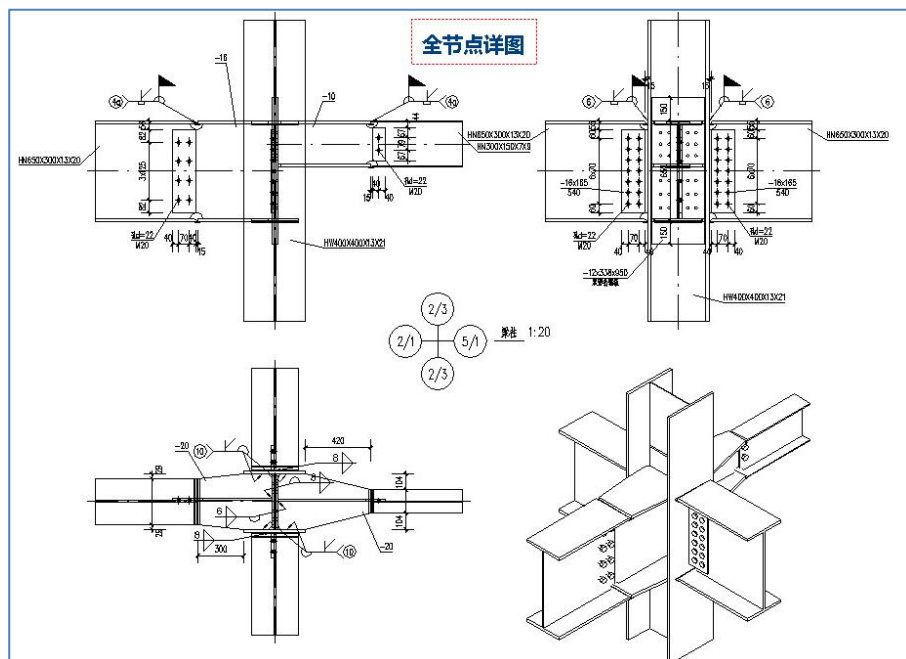
移动命令即可对节点详图中标注的尺寸、文字和焊缝进行移动。

查找命令为定位节点详图对应平面图中的具体位置，以高亮显示。



十三、全节点图

全节点方式，就是节点上相连的所有构件同时绘制在一个大样详图上，并以平面、两个立面及透视共四个图形为一组来表现节点构造。



十四、节点表

节点表方式，按照大样图加参数表相结合的表达方式表现节点构造，用于批量绘制指定类型节点表。

节点表表达方式

节点表

序号	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
1/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
2/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
3/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
4/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
5/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
6/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
7/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码
8/1	节点类型	节点名称	节点代码	节点编号	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码	节点名称	节点代码

十五、梁断面图

梁断面图功能，用于绘制梁构件截面图，执行“梁断面图”用鼠标选择要绘制的钢梁，选择绘图的位置即可绘制梁断面图。普通钢梁断面图为截面形状加截面尺寸绘制，组合梁断面图包括截面形状、截面尺寸、栓钉布置及翼板钢筋的布置信息。

梁断面图

组合梁断面图

钢梁断面图

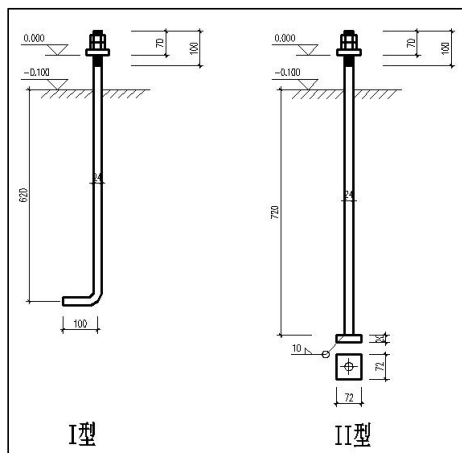
十六、锚栓图

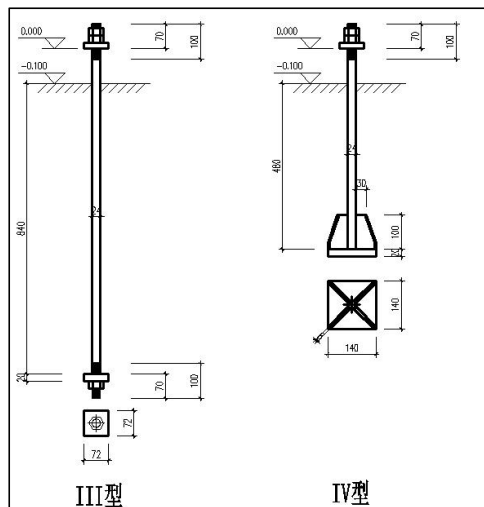
锚栓图绘制参数对话框如下：

锚栓图绘制参数	
锚栓钢材牌号	螺母数
<input checked="" type="radio"/> Q235 <input type="radio"/> Q345	<input type="radio"/> 单螺母 <input checked="" type="radio"/> 双螺母
锚栓直径d(mm): 24	垫板底面标高(m): 0
基础混凝土的强度等级: C20	基础顶面标高(m): -0.1
连接尺寸、锚固长度及细部尺寸(mm)	
锚栓类型	连接尺寸 a: 70
<input checked="" type="radio"/> I型 <input type="radio"/> II型	锚栓螺纹部分的长度 b: 100
<input type="radio"/> III型 <input type="radio"/> IV型	锚固长度 l: 620
垫板宽度 B: 65	锚板尺寸 c: 140
垫板厚度 T: 16	锚板尺寸 t: 20
注:参考《钢结构连接节点设计手册》第二版 Q235钢 Q345钢锚栓选用表 表9-75	
图形比例: 1: 10	
<input type="button" value="确定"/> <input type="button" value="取消"/>	

参数参考《钢结构连接节点设计手册》第二版 Q235 钢 Q345 钢锚栓选用表 表 9-7。

4 种类型锚栓示意图如下：





十七、材料统计

全楼统计表内容包括全楼构件、节点板材统计和全楼螺栓统计表。

钢材统计表内容包括规格、重量和材质。

螺栓统计表包括螺栓规格、连接厚度、螺栓长度、数量和性能等级。

全楼构件统计表

序号	规格	重量(kg)	材质	备注
1	H1000X300X19X36	32956.00	Q355	
2	H400X200X8X13	3046.23	Q355	
3	H400X400X13X21	13186.64	Q355	
4	H500X200X10X16	25811.16	Q355	
5	H600X200X11X17	66302.07	Q355	
6	H700X300X13X24	22829.57	Q355	
7	□400X400X20X20	13618.47	Q355	
8	□600X400X20X20	49292.07	Q355	
9	□600X400X25X25	40389.07	Q355	
合计		267431.28		

全楼钢板统计表

序号	规格	重量(kg)	材质	备注
1	-6	57.25	Q355	
2	-8	17.77	Q355	
3	-10	144.62	Q355	
4	-12	498.92	Q355	
5	-14	40.77	Q355	
6	-16	48.18	Q355	
7	-18	7.24	Q355	
8	-20	0.77	Q355	
9	-22	439.47	Q355	
10	-25	11.77	Q355	
11	-28	20.84	Q355	
12	-36	271.89	Q355	
13	-44	301.74	Q355	
合计		1861.23		

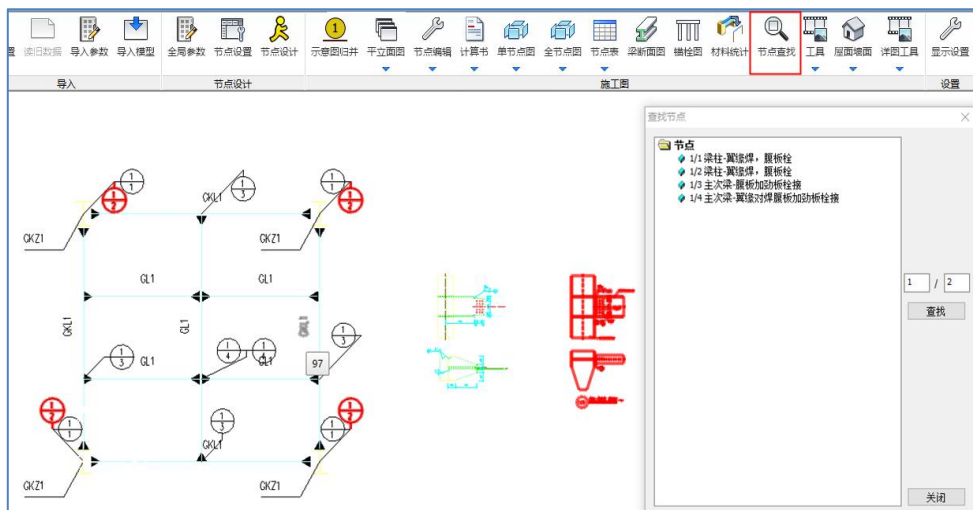
全楼高强螺栓统计表

序号	规格	连接厚度(mm)	螺栓长度(mm)	数量	性能等级	备注
1	M20	16	55	42	高强螺栓10.9	
2	M20	18	55	104	高强螺栓10.9	
3	M20	20	55	111	高强螺栓10.9	
4	M20	22	60	490	高强螺栓10.9	
5	M20	23	60	534	高强螺栓10.9	
6	M20	25	60	1624	高强螺栓10.9	
7	M20	27	65	24	高强螺栓10.9	
8	M20	29	65	544	高强螺栓10.9	
9	M20	41	80	648	高强螺栓10.9	
合计				4121		

十八、节点查找

点击该按钮，对话框出现节点列表，将本层中所有节点分类分组进行树状显示，如图 所示。

用户点击树状图中项目或者填写节点编号，点击“查找”绘图区中会高亮显示对应的节点编号和节点详图。



十九、工具

工具菜单功能主要用于标注构件编号、焊缝绘制、檩托交互修改等内容，其中檩托系统功能主要配合单框框架详图绘制的门刚主刚架立面图中的檩托交互修改设置使用。



二十、屋面墙面



本菜单针对轻钢屋面墙面设计，它在建模的三维模型基础上，快速完成屋面、墙面围护构件的交互布置，完成檩条、隅撑等构件的计算与绘图，还可进行屋面墙面布置的三维模型显示。

(一) 参数设置



定义围护构件与主刚架构件连接设计的参数，绘图设置由“所有”、“檩条布置”、“墙檩布置”“隅撑布置”、“檩条荷载”、“构件标号前缀”五个对话框组成。

(二) 自动布置

自动布置是通过定义相应参数，由程序自动完成当前标准层檩条、拉条、隅撑的布置。

檩条参数设置页面如上图所示，定义檩条截面、拉条信息、斜拉条设置位置、檩条悬挑信息以及排列方式等。

檩条布置时可以选择的截面形式包括以下六种，即斜卷边 Z 形冷弯薄壁型钢、C 形冷弯薄壁型钢、直卷边 Z 形冷弯薄壁型钢、双 C 形背靠背组合、双 C 形口对口组合。

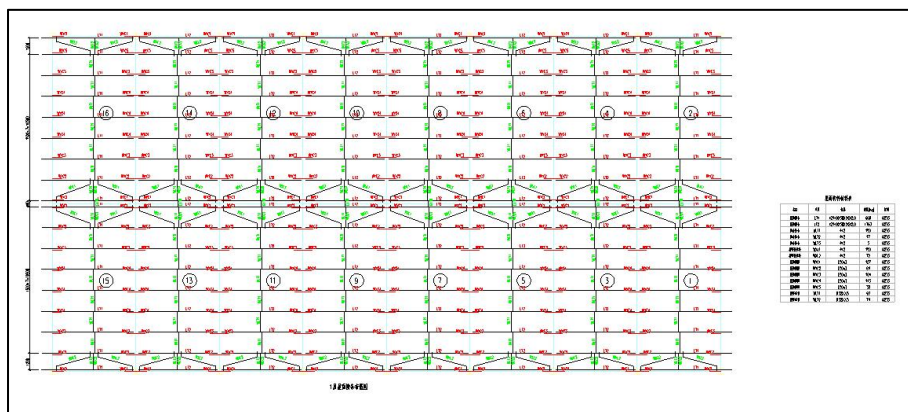
隅撑参数设置页面如下图所示。



隅撑节点形式有三种，类型 A 是隅撑连在刚架构件下翼缘，类型 B 是隅撑连在刚架构件下翼缘附近的腹板上，类型 C 是隅撑连在靠近下翼缘附近的加劲板上。

隅撑的布置方式提供两种：每一排檩条均设置、间隔一排檩条设置。

软件根据参数设置自动生成的屋面、墙面布置图如下图所示。该布置图由檩条、隅撑、直拉条、斜拉条等组成。如果用户需要布置屋面支撑，以及第一开间内需要布置刚性系杆时，可以在 YJK—A 建模中输入。



(三) 檩条计算

软件依据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018-2002 进行檩条计算，并在计算书中详细输出了檩条强度、稳定性、挠度的计算结果。

(四) 隅撑计算

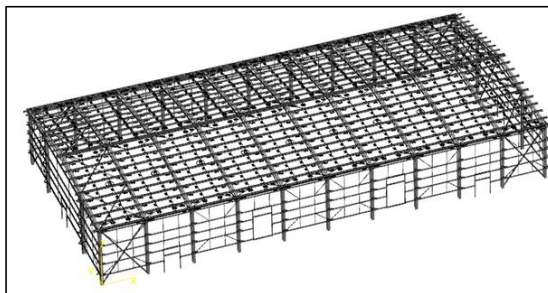
隅撑按轴心受压构件设计，软件依据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB51022-2015，中公式 8.4.2 进行隅撑的轴心压力计算，按《钢结构设计规范》GB

50017-2003 中公式 5.1.2-1 进行稳定应力的计算。并在计算书出给出详细的计算结果。

依据《钢结构规范》第 7.2.1 条对连接隅撑的普通螺栓进行抗剪和承压验算。

(五) 三维图

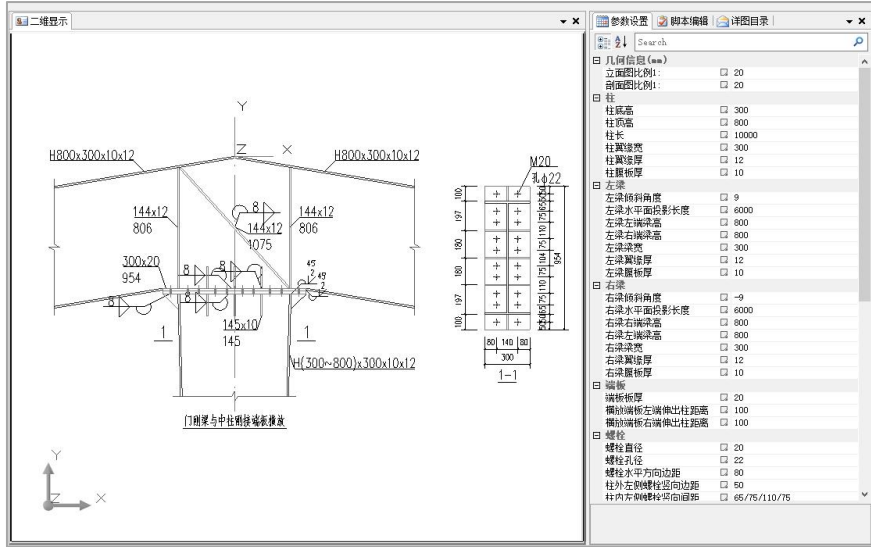
三维图中可以直观的看到屋面、墙面布置中檩条、隅撑、拉条等构件的三维显示效果。



二十一、详图工具

详图绘制小工具，方便用户单独绘制各类节点及辅助构造图。

▪ 门刚端板	▪ 圆钢支撑1
▪ 屋面隅撑	▪ 圆钢支撑2
▪ 墙面隅撑	▪ 角钢屋面支撑详图
▪ 檩条托板	▪ 柱间角钢支撑平面图
▪ 简支檩条	▪ 柱间双片支撑平面图
▪ 拉条大样	▪ 门形支撑
▪ 门刚梁与中柱刚接端板竖放	▪ 柱间上部支撑1
▪ 门刚梁与中柱刚接端板横放	▪ 柱间上部支撑2
▪ H型钢强轴柱托梁腹板铰接	▪ 双层支撑1
▪ H型钢弱轴柱托梁端板横放	▪ 双层支撑2
▪ H型钢强轴柱托梁端板横放	▪ 圆管柱间支撑
	▪ 钢楼梯详图
详图工具	

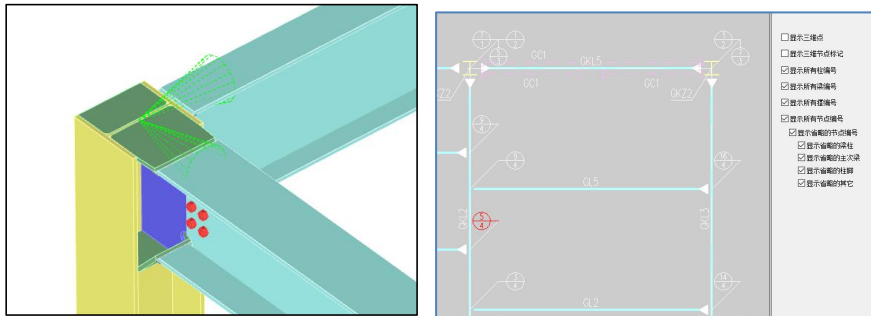


二十二、显示设置

显示开关用于三维模型中显示节点标记和平立面图中显示构件编号和节点编号。

显示三维模型中节点的节点标记，绿色为节点验算满足，红色为节点验算超限。

平立面图中显示节点编号，白色为节点验算满足，红色为节点验算超限。



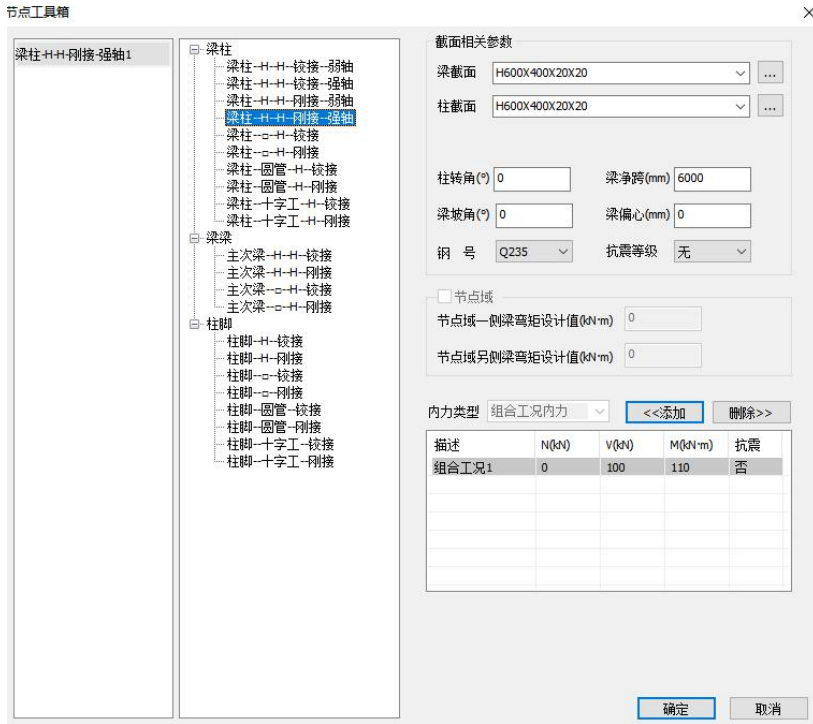
二十三、节点工具箱

钢结构节点工具箱功能，主要完成梁柱节点、柱脚节点各种形式的刚接或铰接节点设计验算及节点详图绘制。

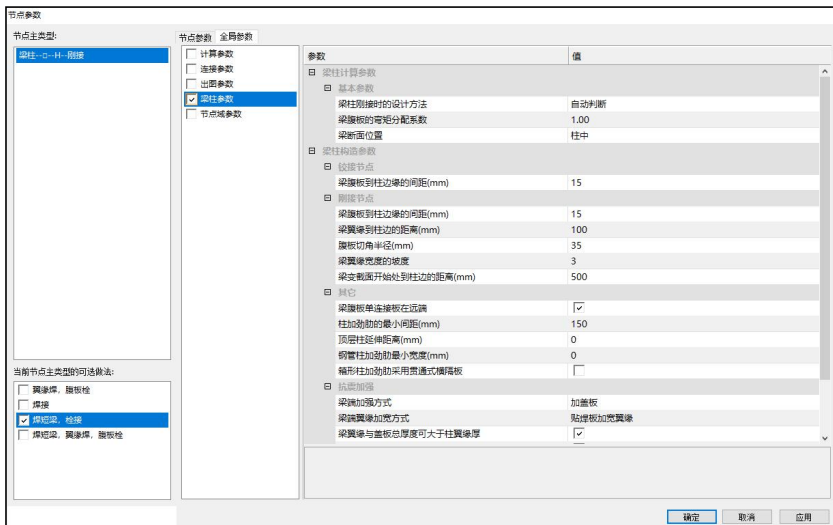
操作流程：首先点击“节点输入”菜单，选择梁柱或柱脚截面类型、截面尺寸、钢号，修改梁跨、抗震等级，添加节点域信息，修改内力数值后点击确定保存相关信息。其次点击“节点参数”选择节点连接形式，修改节点参数和全局参数。然后执行“节点设计”完成节点承载力、极限承载力及节点域的验算。最后点击“节点出图”完成节点详图的绘制。



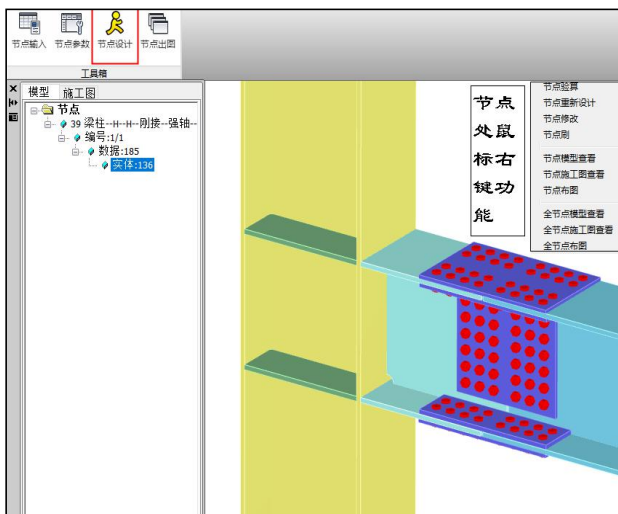
第一步：节点输入。



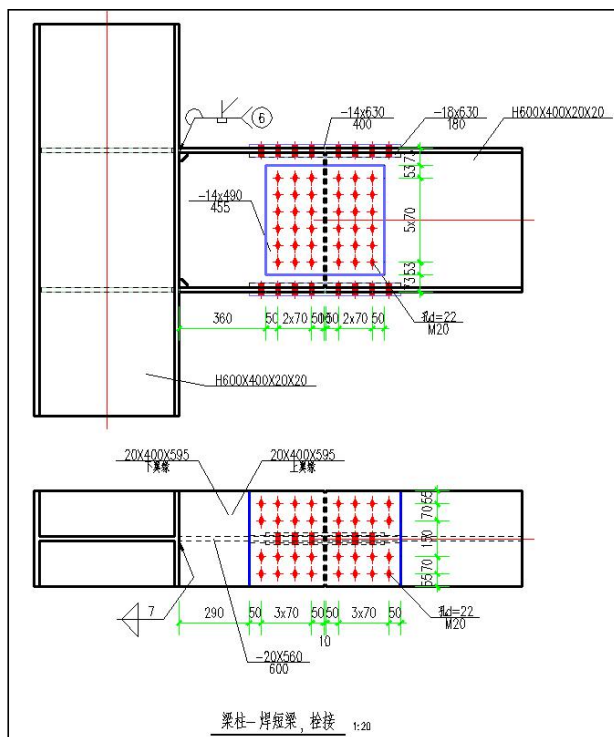
第二步：节点类型和参数修改。



第三步：节点设计。



第四步：节点出图。



第三章 多、高层钢结构的连接节点设计技术条件

本章所述及的多层及高层钢结构的连接节点设计，主要涉及到目前程序已经具有的连接节点形式包括梁与柱的连接节点设计、次梁与主梁的连接节点设计、钢梁与混凝土构件节点设计、柱与柱的拼接连接节点设计、支撑与梁柱的连接构造，以及柱脚的连接节点设计。

一、连接计算基本规定

当按抗震设计时，结构构件的承载力按下列调整：

$$S \leq R/r_{RE}$$

式中：S——地震作用效应组合设计值；

R —— 结构构件承载力设计值；

r_{RE} —— 结构构件承载力的抗震调整系数，按下表选用

构件名称	柱	梁	支撑	节点板件	连接螺栓	连接焊缝
r_{RE}	0.8	0.75	0.8	0.75	0.75	0.75

表注：当仅计算竖向地震作用时，各类构件承载力抗震调整系数均已采用 1.0。

二、基本连接设计假定

1、常用设计法和精确设计法

一般在梁端部固接连接时，需要考虑端部内力在翼缘连接和腹板连接间的分配。但由于实际翼缘和腹板惯性矩相差较大，且一般为了防止应力集中，会在连接端部将腹板和翼缘断开，所以在计算时会简化为翼缘承担所有弯矩；而腹板由于高度较高，则考虑承担所有剪力，这种设计方法一般称之为常用设计法。而当翼缘较窄或截面较高时，翼缘不足以承担所有弯矩，此时弯矩可按到中和轴的惯性矩比例来考虑分配，即弯矩由翼缘和腹板共同承担，剪力由腹板承担，这种设计方法一般称之为精确设计法。

在实际设计中，程序自动按如下方法判断是否需要按精确设计法设计：

$$\gamma = \frac{W_{pf}}{W_p} < 0.7$$

如不满足，则自动按常用设计法设计。

其中： w_{pf} ——翼缘的塑性模量；

w_p ——截面的塑性模量。

当采用常用设计法时，取得的连接端部的设计内力中，弯矩全部由翼缘承担，剪力全部由腹板承担。

当采用精确设计法时，取得的连接端部内力，弯矩由翼缘和腹板共同分担，剪力由腹板承担。弯矩在翼缘和腹板间的分配原则如下：

$$M_w = \varphi \times \frac{I_w}{I} \times M$$

$$M_f = M - M_w$$

其中， M_f ——翼缘承担的弯矩；

M_w ——腹板承担的弯矩；

M ——连接端部弯矩；

I_w ——腹板的惯性矩；

I ——全截面惯性矩；

φ ——弯矩分配系数(在节点设计参数中梁柱连接设计信息中可填写该系数值)。

2、等强设计方法

连接采用等强设计方法时，连接设计时所用的组合内力取被连接构件的承载力。即此时连接设计结果和被连接构件的内力无关，而和其截面的尺寸直接相关。

程序中所采用的等强连接方法为：受弯承载力等强，设计时，端部内力可分别表达为：

受弯承载力等强时：

$$M_n = \varphi \times W \times f$$

剪力和轴力按实际内力选取或按具体规定取得。

其中： φ ——等强折减系数(在节点设计参数中总设计信息中可填写该系数值)；

W ——全截面抵抗矩；

三、基本连接验算

1、焊接连接

正面角焊缝验算：

$$\sigma_f = \frac{N}{h_e l_w} \leq \beta f_f^w$$

$$\sigma_{ff} = \frac{M}{W_{cw}} \leq \beta f_f^w$$

侧面角焊缝验算：

$$\tau_f = \frac{V}{h_e l_w} \leq f_f^w$$

在弯剪轴同时作用下，角焊缝的强度应满足：

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_f + \sigma_{ff})^2}{\beta} + \tau_f^2} \leq f_f^w$$

其中： σ_f ——垂直于焊缝长度方向的应力；

σ_{ff} ——弯矩作用下，焊缝外边缘的最大应力；

τ_f ——沿焊缝长度方向的剪应力；

h_e ——角焊缝的计算厚度；

l_w ——角焊缝的计算长度；

f_f^w ——角焊缝的强度设计值；

β ——正面角焊缝的强度设计值增大系数，程序中取 $\beta = 1.22$

2、螺栓连接

单个摩擦型螺栓承载力验算，应满足相关公式：

$$\frac{N_v}{N_v^b} + \frac{N_t}{N_t^b} \leq 1$$

$$N_v^b = 0.9 n_f \mu P$$

$$N_t^b = 0.8P$$

其中： N_v^b ——螺栓受剪承载力；

N_t^b ——螺栓受拉承载力；

n_f ——传力摩擦面数；

μ ——抗滑移系数，见 GB50017 表 11.4.2-1；

P ——高强螺栓的预拉力；

螺栓群受纯剪时，单个螺栓的抗剪承载力应满足：

$$N_v = \frac{V}{n_{\text{bolt}}} \leq N_v^b$$

螺栓群侧向受弯剪时，由于每个螺栓的剪力都不一样，应考虑对最外排的螺栓受到的剪力最大，且应满足抗剪承载力要求：

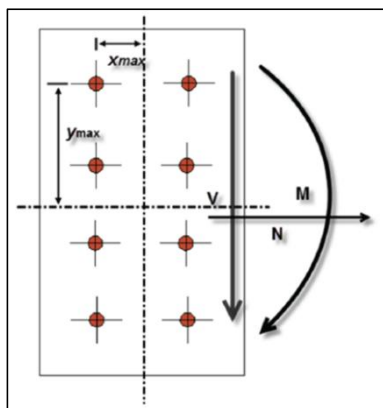
$$N_{v1} = \frac{V}{n_{\text{bolt}}}$$

$$N_{v2} = \frac{N}{n_{\text{bolt}}}$$

$$N_{vx} = \frac{M \times y_{\text{max}}}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$N_{vy} = \frac{M \times x_{\text{max}}}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$N_v = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} \leq N_v^b$$



受弯示意图

以上各式中：

x_i, y_i ——每一个螺栓到转动轴中心距离的 x 、 y 向分量；

$x_{\text{max}}, y_{\text{max}}$ ——最边缘抗剪螺栓的到螺栓群中心距离的 x 、 y 向分量；

螺栓群正向受弯剪时，此时螺栓受拉，可按如下两种设计假定来进行验算：

算法 1：假定中和轴在受压翼缘中心

受压翼缘的螺栓至少布置两排，计算时，假定受拉翼缘的螺栓只承受拉力，受压翼缘的螺栓只承受剪力，并不计轴向力的影响，受拉翼缘的最上两排螺栓承受相同拉力。如果存在反向弯矩作用，还要验算原来受压区螺栓的抗拉是否满足要求。

最大拉力按下式计算：

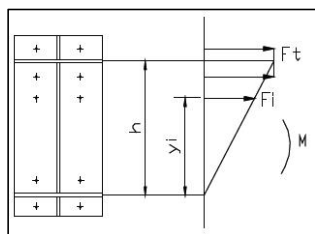
$$F_t = \frac{M}{h(4 + 2\sum y_i^2/h^2)}$$

算法 2：假定中和轴在螺栓群形心

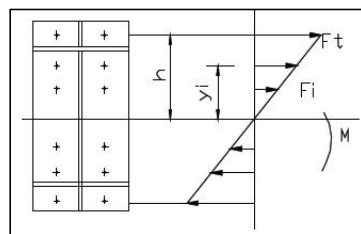
受拉翼缘和受压翼缘螺栓对称布置，至少布置两排，计算时，所有螺栓承受拉力和剪力，并不计轴向力的影响。

最大拉力按下式计算：

$$F_t = \frac{M}{4h(1 + \sum y_i^2/h^2)}$$



中和轴在受压翼缘中心



中和轴在螺栓群形心

3、锚栓连接

锚栓按规格要求，只考虑其受拉承载力，不应考虑其抗剪。锚栓的拉力应满足承载力要求：

$$T_a \leq A_e \times f_{ay}$$

其中： A_e ——锚栓的有效面积；

f_{ay} ——锚栓的抗拉强度。

4、柱脚底板的厚度

柱脚底板厚度应满足如下条件：

$$t_{pb} \geq \sqrt{\frac{6M_{i\max}}{f}}$$

其中： $M_{i\max}$ ——根据柱脚底板下区格条件和基础反力求得的各区格中的最大弯矩。

各区格弯矩值可按如下要求确定：

①对悬臂板： $M_1 = \frac{1}{2} \sigma_c \alpha_1^2$

σ_c ——计算区格内底板下混凝土基础的最大分布反力

α_1 ——底板的悬臂长度

②对三边支承板和两邻边支承板： $M_2 = \alpha \sigma_c a_2^2$

α ——与 b_2/a_2 有关的系数，

a_2 ——计算区格内，板的自由长度；对两相邻边支承板，

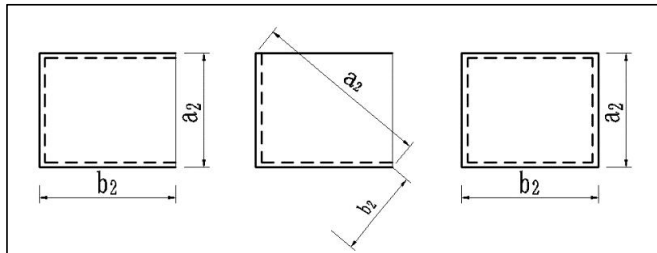
③对四边支承板： $M_3 = \beta \sigma_c a_3^2$

β ——与 b_3/a_3 有关的系数，

a_3 ——计算区格内，板的短边

④对圆管形周边支承板： $M_4 = 0.21 \sigma_c r^2$

r ——圆管形截面柱的管内圆形底板的半径；



底板尺寸示意

5、连接板强度

一般连接板都会存在受弯和受剪的情况，在受弯时，其正应力应满足：

$$\sigma = \frac{M \times y_i}{I_n} \leq f$$

受剪时，应考虑其最大剪应力满足：

$$\tau = \frac{VS_n}{I_n t_w} \leq f_v$$

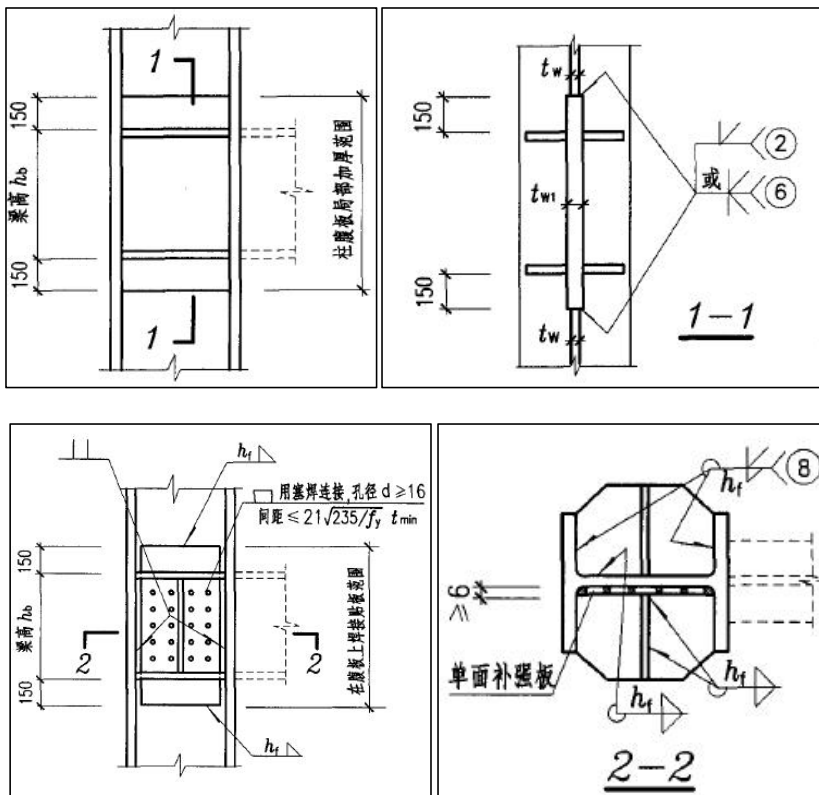
四、连接节点设计

YJK 的验算节点可分为：节点域、梁柱连接、主次梁连接、柱柱拼接、支撑连接、柱脚连接；节点整体计算书在施工图的图纸目录里。

1、梁柱连接节点域

(1) 节点类型：

目前程序可对 H 型截面、十字形截面、箱型（空心）截面、圆管（空心）截面进行节点域设计。特别指出，对于 H 型截面弱轴及沿一个方向上所连梁均为铰接时，不需进行节点域验算。



(2) 连接验算：

①对于非地震组合（或不考虑地震时），按照《钢结构设计标准》第 12.3.3-2 条给出节点域的承载力应满足下式要求：

$$\frac{M_{b1} + M_{b2}}{V_p} \leq f_{ps}$$

第12.3.3-3条节点域的受剪承载力 f_{ps} 应根据节点域受剪正则化宽厚比 $\lambda_{n,s}$ 按下列规定取值:

$$\text{当 } \lambda_{n,s} \leq 0.6 \text{ 时, } f_{ps} = \frac{4}{3} f_v;$$

$$\text{当 } 0.6 \leq \lambda_{n,s} \leq 0.8 \text{ 时, } f_{ps} = \frac{1}{3} (7 - 5\lambda_{n,s}) f_v$$

$$\text{当 } 0.8 \leq \lambda_{n,s} \leq 1.2 \text{ 时 } f_{ps} = [1 - 0.75(\lambda_{n,s} - 0.8)] f_v$$

当轴压比 $\frac{N}{Af} > 0.4$ 时, 受剪承载力 f_{ps} 应乘以修正系数, 当 $\lambda_{n,s} \leq 0.8$ 时, 修正系数可取为

$$\sqrt{1 - \left(\frac{N}{Af}\right)^2}。$$

$$\text{对H形截面柱: } V_p = h_b h_c t_{wc}$$

$$\text{对箱型截面柱: } V_p = 1.8 h_b h_c t_{wc}$$

$$\text{对圆管截面柱: } V_p = \left(\frac{\pi}{2}\right) h_b h_c t_{wc}$$

$$\text{对十字形截面柱: } V_p = \varphi h_b h_c t_{wc}$$

φ : 系数, 按下列公式计算:

$$\varphi = \frac{a^2 + 2.6(1 + 2\beta)}{a^2 + 2.6}$$

$$\alpha = \frac{h_b}{b_{Fc}^W}$$

$$\beta = \frac{b_{Fc}^W t_{Fc}^W}{h_c t_{wc}}$$

式中 h_b --- 与柱相连的梁翼缘板厚中心的距离;

h_c --- 柱翼缘板厚中心的距离;

t_{wc} --- 柱的腹板厚度;

φ ---系数, 参照钢结构连接节点设计手册8-102公式。

②对于地震组合, 需要按抗震规范8.2.5条验算节点域:

$$t_w \geq \frac{h_c + h_b}{90}$$

$$\frac{M_{b1} + M_{b2}}{V_p} \leq \frac{4}{3} f_v / \gamma_{RE}$$

③当考虑抗震构造要求时, 还应进行节点域的屈服承载力验算:

$$\varphi (M_{pb1} + M_{pb2}) / V_p \leq \frac{4}{3} f_{yv}$$

以上各式： φ ——折减系数；三、四级取0.6，一、二级取0.7；

M_{pb1}, M_{pb2} ——节点域两侧梁的全截面塑性受弯承载力；

h_b ——梁翼缘中心线之间距离；

h_c ——柱翼缘中心线之间距离；

V_p ——节点域体积。

(3)补强方法：

焊接组合H 型截面：可局部变厚加强或设置贴焊板，补强后的板厚，应按上述验算公式最不利者取等号求得。当设置贴板时，贴板板厚不应小于6mm，且贴板与原腹板间采用塞焊连接。加强板长度应大于节点域高度，一般应两头伸出不小于150mm。

箱型、圆管、十字截面：所需加强板厚同H 型截面求法，但只能选择采用局部加厚加强。

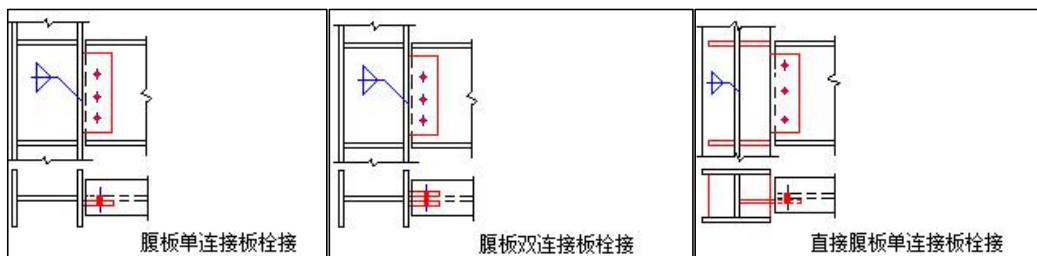
H型截面库中钢柱，程序自动采用贴焊补强板加强。

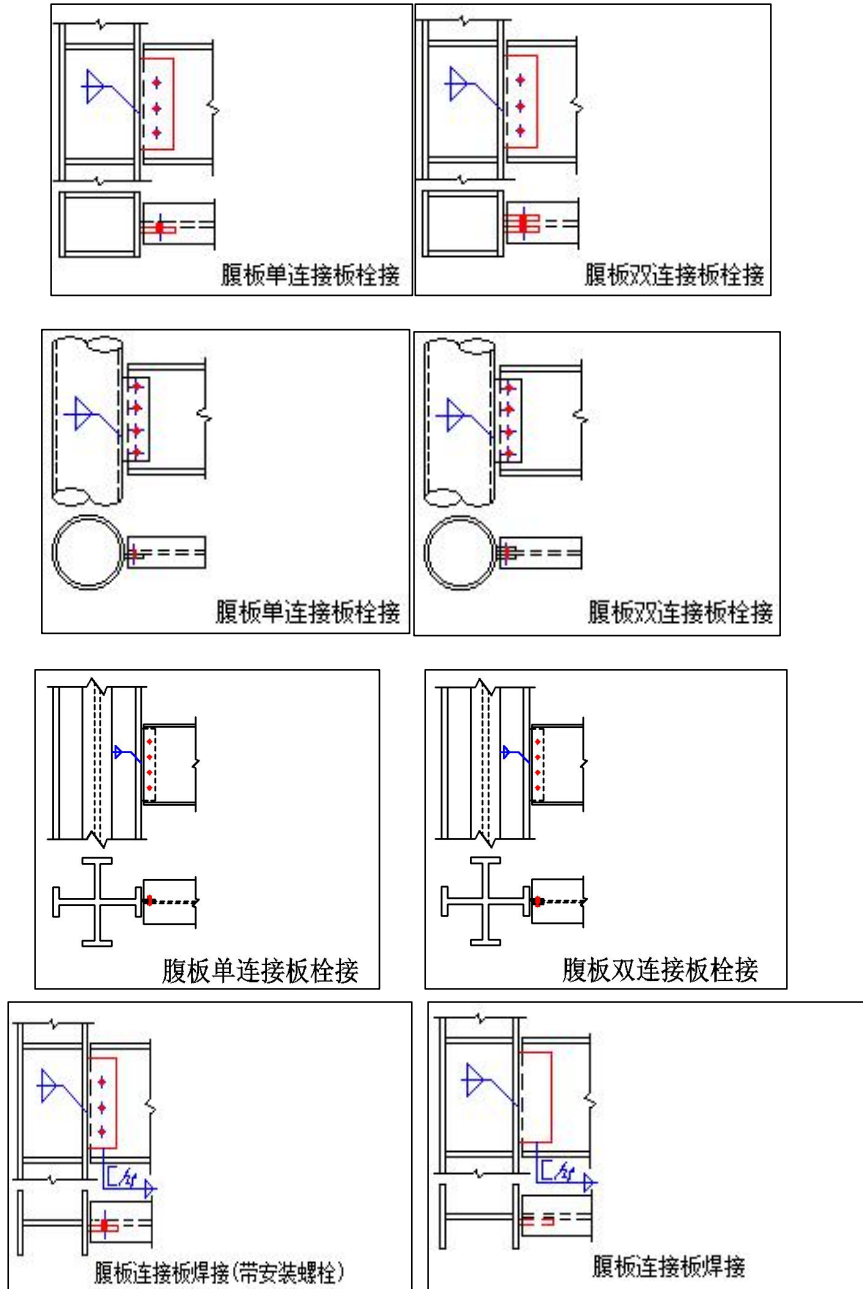
2、梁柱连接

(1) 铰接连接

一般认为，翼缘与柱边缘没有直接连接的梁柱连接节点，我们视为铰接，即不考虑梁翼缘的弯矩传递。

①节点类型





②构造要求

螺栓：

螺栓排布应满足GB50017 中表11.5.2 的要求

连接板：

长宽尺寸上应满足螺栓的排布要求，且应保证其有效截面面积之和不小于梁端部的有效截面面积。连接板厚度应满足如下要求：

$$t = \frac{t_w h_1}{h_2} + 2 \sim 4\text{mm} \text{ 且不小于 } 8\text{mm}$$

式中 h_1 --- 梁的腹板有效高度；

h_2 --- 连接板的（垂直方向）长度。

③连接验算

螺栓

对于螺栓群侧向受弯剪的验算，可参考三.2螺栓连接，其中剪力取端部剪力，弯矩取螺栓群中心到柱外皮边缘的距离作为偏心距时，该剪力产生的附加弯矩，即： $M_e = V \times e$

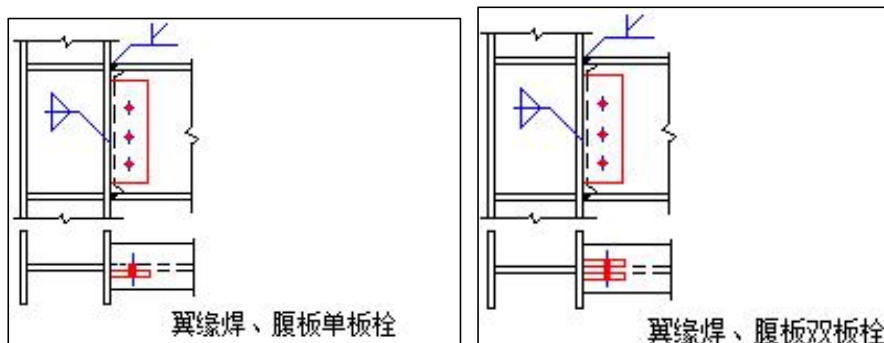
连接板

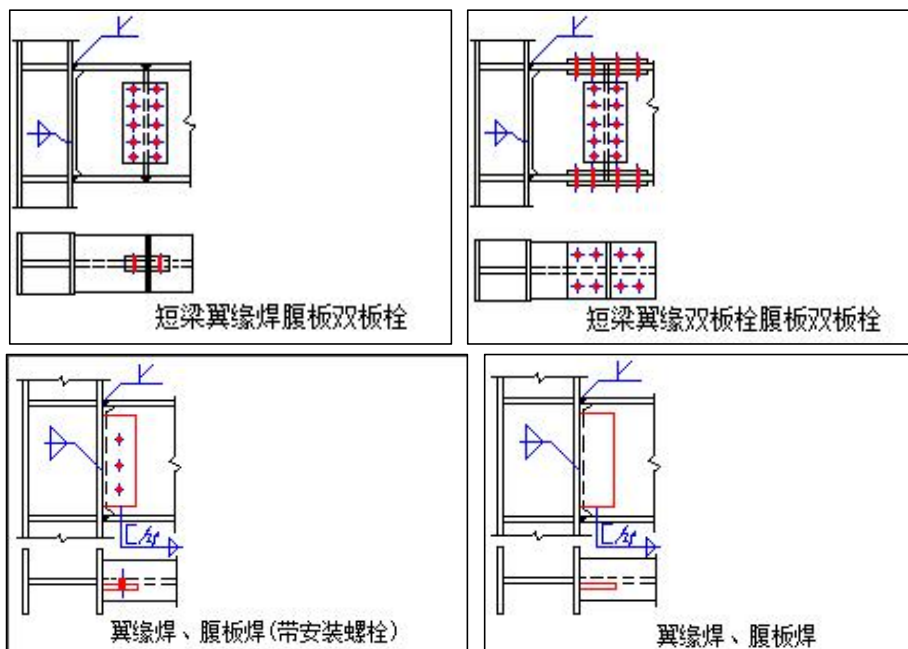
连接板为受弯剪的板件，内力取法同螺栓计算时内力的取法，可按三.5条来进行验算，但需注意净截面要求。一般连接板净截面面积不应小于梁腹板的净截面面积。

节点计算螺栓引起的截面削弱按照《钢结构设计标准》GB50017-2017第11.5.2条计算螺栓孔引起的截面削弱时可取 $d+4\text{mm}$ 和 d_0 的较大值，之前版本按照 d_0 计算螺栓孔引起的截面削弱，现4.0版本改进为取 $d+4\text{mm}$ 和 d_0 的较大值计算螺栓孔引起的截面削弱。

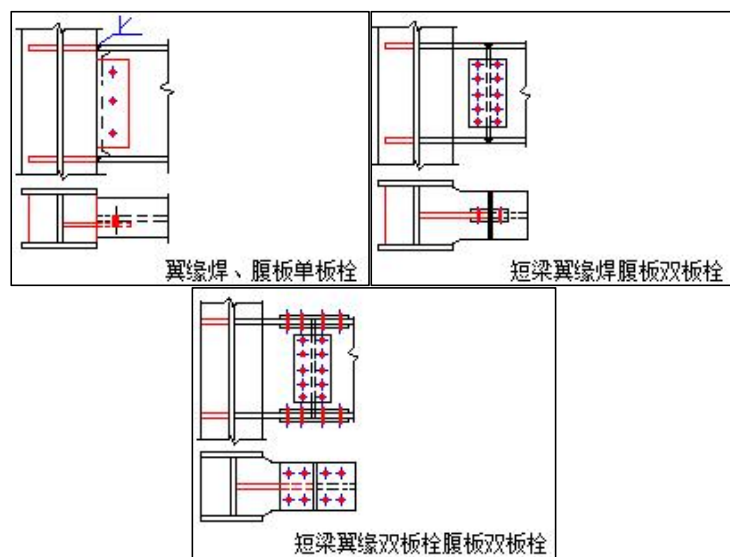
(2) 梁柱刚接连接：

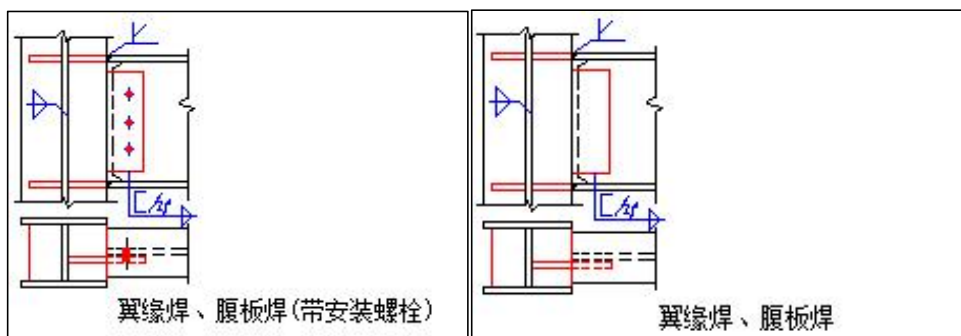
①节点类型：



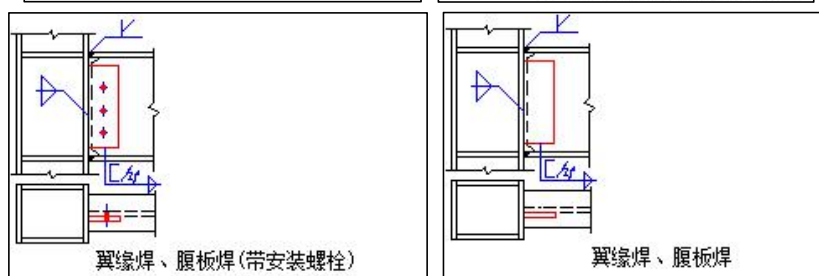
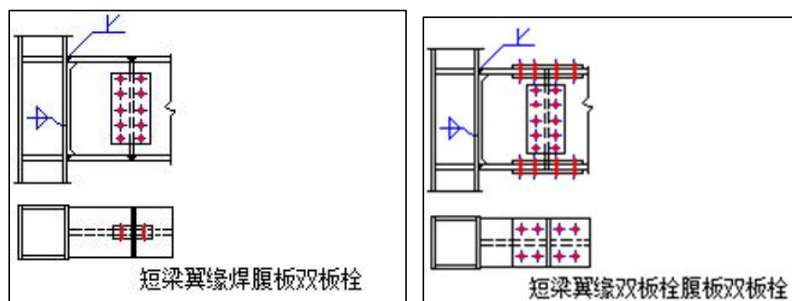
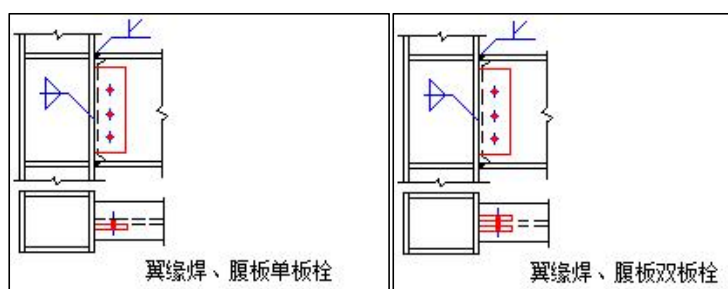


H型柱强轴刚接节点类型 (十字型柱同上)

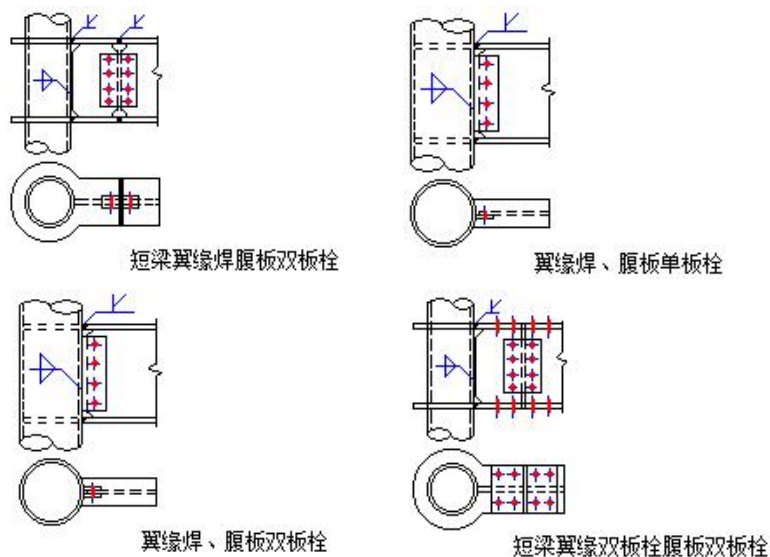




H型柱弱轴刚接节点类型



箱型柱刚接节点类型



圆管柱刚接节点类型

② 构造要求

螺栓

构造上同铰接连接。

连接板

构造上同铰接连接。

梁腹板切角

由于翼缘需要做焊接连接，同时也为了避免在翼缘和腹板连接位置由于剪力突变造成应力集中，一般应在腹板上下与梁翼缘的连接位置开豁口，一般豁口大小可取35mm。在考虑梁腹板净截面时，一般需要扣除该豁口。柱水平加劲肋（箱型柱为内横隔）厚度取对应连接的梁翼缘厚度，如果柱两侧均连刚接梁，且厚度不同，则取较厚的梁翼缘厚度值。一般未做标明，与柱身连接均为角焊缝。

梁端加腋：

当柱周圈连接有刚接梁，且梁高度不一致时，如果梁之间的最大截面高度差在150mm 内时，程序自动加腋；如果高差大于150mm,则对应个翼缘做水平加劲肋。

③ 连接验算

端部内力取值：

端部内力取值应区分弯矩和剪力取值。

弯矩取值时，程序提供了两种方法：实际内力和等强设计法。受弯等强的取法可参考第二项的第2条。

剪力取值时，程序考虑了三种情况：实际端部剪力、腹板抗剪承载力的1/2、梁两端弯矩代数和除以梁净长。可表达为：

$$\begin{aligned} V_1 &= V_e \\ V_2 &= 0.5A_n f_v \\ V_3 &= \frac{M_L^b + M_R^b}{l_0} \\ V &= \max \{V_1, V_2, V_3\} \end{aligned}$$

其中： V_e --梁端最大剪力；

A_n ---梁腹板净截面面积；

M_L^b M_R^b ---梁左、右端的弯矩设计值；

l_0 ---梁的净长。

这里需要注意的是，此处程序中所说的等强，指的是受弯等强；

螺栓：

螺栓群可按侧向弯剪下的螺栓群来验算。具体可参考第三项的第2条。且此时只考虑弯剪作用，不考虑梁的轴向拉力。

连接板：

连接板应验算其受弯承载力和受剪承载力，在采用常用设计法时，连接板的受弯正应力为0。具体验算可见第三项的第5条。

圆管外环板：

当圆管柱工梁刚接节点采用短梁翼缘焊腹板双板栓连接形式时，若输入0，则程序按照 $0.7bf$ (bf 为梁翼缘宽度)取值，同时环板最小宽度也可按实际输入取值。

焊缝：

此连接中应包含两条主要焊缝：梁翼缘与柱连接焊缝、连接板（短梁腹板）与柱连接焊缝。

梁翼缘与柱连接焊缝可按下式验算：

$$\sigma_f = \frac{M_f}{h_e A_f} \leq f$$

其中： M_f ——翼缘承担的弯矩；

h_e ——梁两翼缘厚度中心线之间距离；

A_f ——一侧翼缘面积。

连接板（短梁腹板）与柱连接焊缝应按连接端部的实际内力进行验算。

梁梁拼接连接：

此连接为H型截面梁与柱的短梁连接节点形式，柱外带悬臂梁段与中间梁段拼接连接
类型一：翼缘采用对接焊缝连接，腹板采用高强度螺栓连接；类型二：翼缘和腹板均为高强螺栓连接；

连接验算应保证连接满足净截面要求：

$$\begin{aligned} A_{w2net} &\geq A_{w1net} \\ W_{2net} &\geq W_{1net} \end{aligned}$$

A_{w2net} ：腹板连接的净截面；

A_{w1net} ：腹板净截面；

W_{2net} ：腹板连接的净截面抵抗距；

W_{1net} ：腹板的净截面抵抗距；

梁与柱的连接极限受弯、受剪承载力，符合下列要求：

$$\begin{aligned} M_u^j &\geq \eta_j M_p \\ V_u^j &\geq 1.2(2M_p / l_n) + V_{gb} \end{aligned}$$

M_u^j ：连接的极限承载力，计算如下：

$$M_u^j \geq M_{uf}^j + M_{uw}^j$$

M_{uf}^j ：翼缘连接的极限受弯承载力 $M_{uf}^j = A_f (h_b - t_f) f_{ub}$

M_{uw}^j ：腹板连接的极限受弯承载力 $M_{uw}^j = W_{pw} f_{uw}$

W_{pw} ——梁腹板塑性截面模量；

$$W_{pw} = (H - 2xT_f)^2 \times T_w / 4 - W_{\text{螺栓孔}}$$

V_u^j ：连接的极限受剪承载力，计算如下：

$$V_u^j = \min (V_{u1}, V_{u2}, V_{u3}, V_{u4})$$

V_{u1} : 连接板与柱翼缘的连接焊缝抗剪极限承载力;

V_{u2} : 梁腹板净截面抗剪极限承载力;

V_{u3} : 连接板净截面抗剪极限承载力;

V_{u4} : 梁腹板连接处的抗剪极限承载力。

④ 连接加强

程序可选的加强方式有三种: 翼缘加盖板加强、加宽翼缘加强、加腋加强。对于翼缘加宽方式加强又可分为贴焊板加宽翼缘和直接加宽翼缘。在程序自动加强时, 会自动按以上的排列顺序依次选择加强方式。

对于各种加强方式, 也有一定的限制范围:

翼缘加盖板加强方式应满足加盖板后, 盖板厚+梁翼缘厚<柱翼缘厚, 且加厚的盖板厚度不应小于6mm。

加宽翼缘采用贴板加宽时, 应保证加宽板的宽度不小于35mm, 且加宽后的宽度不能大于柱翼缘的宽度。

A. 算例一

梁截面: H500X180X12X16

柱截面: H500X400X16X20

钢号: Q345

弯矩M (kN*m): 18.03

剪力V (kN): 6.68

梁端切角尺寸为 : 35mm

10.9 级高强度螺栓摩擦型连接

螺栓直径 $D = 20 \text{ mm}$

构件接触面处理: 喷砂

腹板螺栓排列:

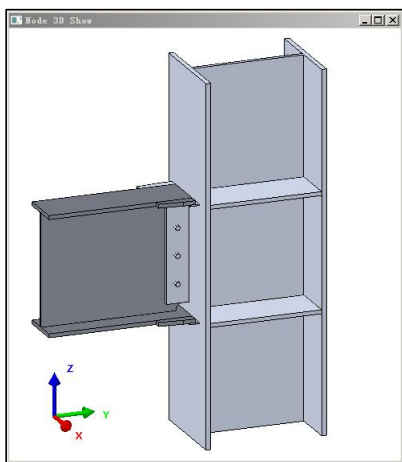
行数:3, 列数:1

柱边连接单连接板

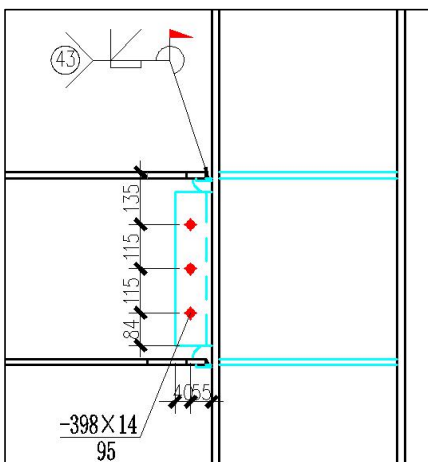
当前组合：非地震组合

抗震等级：三级。

钢梁长： 7.5m



节点效果图



连接节点图

连接承载力验算

设计方法判断：

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 180 \times 16 \times (500 - 16) = 1.39 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (500 - 2 \times 16)^2 \times 12 / 4 = 6.57 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pf} / (W_{pf} + W_{pw}) = 0.68 < 0.7$$

由于比值小于0.7，应按精确算法；

$$\text{全截面惯性矩: } \frac{50^3 \times 18}{12} - 2 \times \frac{46.8^3 \times 8.4}{12} = 43995.48 \text{ cm}^4$$

$$\text{腹板惯性矩: } \frac{46.8^3 \times 1.2}{12} = 10250.32 \text{ cm}^4$$

$$\text{腹板承担弯矩: } 18.03 \times 10250.32 / 43995.48 = 4.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{翼缘承担弯矩: } 18.03 - 4.2 = 13.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b.螺栓验算:

最外侧螺栓受弯时沿X向剪力:

$$V_{x\max} = \frac{M \times y_{\max}}{\Sigma x_i^2 + \Sigma y_i^2} = 4.2 \times 10^3 \times \frac{115}{115^2 + 115^2} = 18.26 \text{ KN}$$

最外侧螺栓受弯时沿y向剪力：由于只有一排，则其中 $x_{\max} = 0$ ，则 $V_{y\max} = 0$ ；

$$\text{剪力产生的螺栓剪力： } V_y = \frac{V}{n} = \frac{6.68}{3} = 2.23 \text{ KN}$$

$$\text{螺栓实际承受剪力： } V_{\max} = \sqrt{V_{x\max}^2 + V_y^2} = 18.4$$

C. 腹板连接板净截面验算：

连接板尺寸为：95×398×14

连接板净截面惯性矩：

$$I_{nx} = I_x - \Sigma I_{\text{bolthole}} = \frac{398^3 \times 14}{12} - 22 \times 14 \times (115^2) \times 2 = 65.41 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

连接板的正应力：

$$\frac{M \times y}{I_{nx}} = \frac{4.2 \times 10^6 \times 199}{65.41 \times 10^6} = 12.78 \text{ N/mm}^2$$

连接板的最大剪应力：

$$\frac{V \times S}{I_x \times t_w} = \frac{1.5 \times V}{A_{\text{腹}}} = \frac{1.5 \times 6.68 \times 10^3}{398 \times 14} = 1.8 \text{ N/mm}^2$$

d. 腹板连接板焊缝验算

角焊缝长度: 398 mm 焊脚尺寸: 7.00 mm

$$\sigma_M = \frac{6M}{2h_e l_w^2} = \frac{6 \times 4.2 \times 10^6}{2 \times 0.7 \times 7 \times 384^2} = 17.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = \frac{V}{2h_e l_w} = \frac{6.68 \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 7 \times 384} = 1.78 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{fs} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{\beta_f}\right)^2 + \tau_V^2} = 14.41 \text{ N/mm}^2$$

e: 梁腹板净截面验算：

梁腹板净截面惯性矩：

$$I_{nx} = I_x - \Sigma I_{\text{bolthole}} = \frac{468^3 \times 12}{12} - 22 \times 14 \times (115^2) \times 2 = 95.5 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

梁腹板净截面的最大正应力：

$$\frac{M \times y}{I_{nx}} = \frac{4.2 \times 10^6 \times 234}{95.5 \times 10^6} = 10.29 \text{ N/mm}^2$$

梁腹板净截面的最大剪应力:

$$\frac{V \times S}{I_x \times t_w} = \frac{1.5 \times 6.68 \times 10^3}{468 \times 12} = 1.78 \text{N/mm}^2$$

f: 梁翼缘对接焊缝验算:

$$\sigma_f = \frac{M_f}{h_e A_f} = \frac{13.83 \times 10^6}{484 \times 180 \times 16} = 9.92$$

2) 按抗震规范8.2.8条进行梁柱连接的极限承载力验算:

a. 梁柱连接极限受剪承载力 V_u :

①连接板和柱翼缘的连接焊缝抗剪极限承载力:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= 2 \times 0.7 \times h_f \times (H - 2 \times h_f) \times 0.58 \times f_u \\ &= 2 \times 0.7 \times 7 \times (398 - 2 \times 7) \times 0.58 \times 470 = 1025.85 \text{KN} \end{aligned}$$

②梁腹板净截面抗剪极限承载力:

$$\begin{aligned} V_{u2} &= (H - 2 \times t_f - n \times D_0) \times t_w \times 0.58 \times f_u \\ &= (500 - 2 \times 16 - 3 \times 22) \times 12 \times 0.58 \times 470 = 1315.02 \text{KN} \end{aligned}$$

③连接板净截面抗剪极限承载力:

$$V_{u3} = (H - n \times D_0) \times t \times 0.58 \times f_u = (398 - 3 \times 22) \times 14 \times 0.58 \times 470 = 1267.04 \text{KN}$$

④腹板与梁连接(螺栓或焊缝)抗剪极限承载力:

$$N_{vu} = 0.58 \times n_f \times A_n^b \times f_u = 0.58 \times 1 \times 245 \times 3 \times 1040 = 443.35 \text{KN}$$

$$N_{cu} = d \times \Sigma t \times f_{cu} = 3 \times 20 \times 12 \times 1.5 \times 470 = 507.6 \text{KN}$$

V_{u4} 取两者较小值443.35KN.

调整后最小极限受剪承载力: $V_u=443.35 \text{KN}$

1.2(2Mp/l_n)+V_{gb}(未包含竖向地震)

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 180 \times 16 \times (500 - 16) = 1.39 \times 10^6 \text{mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (500 - 2 \times 16)^2 \times 12 / 4 = 6.57 \times 10^5 \text{mm}^3$$

$$M_p = w \times f = 20.47 \times 10^5 \times 345 = 706.2 \text{KN} \cdot \text{m}$$

$$1.2(2M_p / l_n) + V_{gb} = 1.2 \times (2 \times 706.2 / 7.0) + 2.65 = 245 \text{KN}$$

b. 梁柱连接极限受弯承载力 M_u/η_j :

螺栓连接 $\eta_j = 1.35$ 焊缝连接 $\eta_j = 1.30$

节点加强前:

腹板连接极限承载力 M_{uw} :

$$w_{pe} = T_w \times \{H - 2 \times (T_f)\}^2 / 4 = 12 \times \{500 - 2 \times (16)\}^2 / 4 = 657072 \text{mm}^3$$

$$w_{\text{螺栓孔}} = 12 \times 22 \times 115 \times 2 + 12 \times 2 \times 22^2 / 8 = 62172 \text{mm}^3$$

$$M_{uw} = (657072 - 62172) \times 470 \times 10^{-6} = 279.6 \text{KN.m}$$

翼缘连接极限承载力 M_{uf} :

$$M_{uf} = A_f \times (H - t_f) \times f_u = 180 \times 16 \times (500 - 16) \times 470 \times 10^{-6} = 655.14 \text{KN.m}$$

加强前连接极限承载力 M_u/η_j :

$$M_u/\eta_j = M_{uw}/\eta_j + M_{uf}/\eta_j = 711.07 \text{KN.m}$$

$$M_p = w \times f = 20.47 \times 10^5 \times 345 = 706.2 \text{KN.m}$$

$M_u/\eta_j > M_p$ 不需要加强;

B. 算例二

梁截面: HN700X300X13X24

柱截面: H800X450X20X30

钢号: Q355

弯矩 M (kN*m): 40.19

剪力 V (kN): 662.02 (取梁腹板净截面抗剪承载力设计值的1/2)

梁端切角尺寸为: 35mm

10.9 级高强度螺栓摩擦型连接

螺栓直径 $D = 20 \text{mm}$

构件接触面处理: 喷砂

腹板螺栓排列:

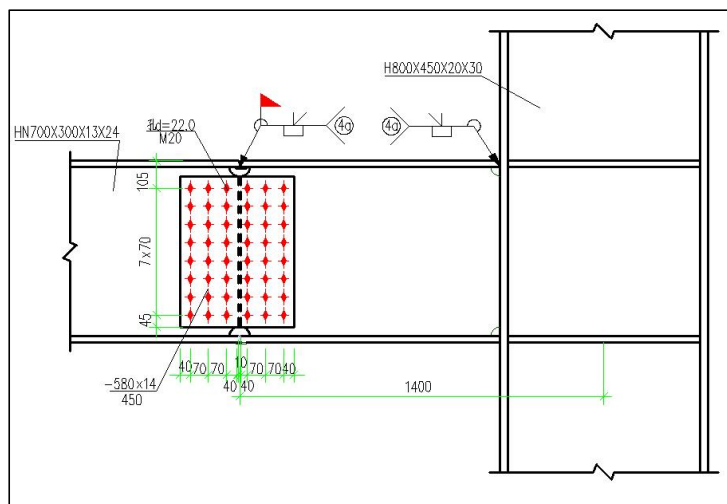
行数:8, 列数:3

梁腹板拼接连接板: 双连接板

当前组合：非地震组合

抗震等级：三级。

钢梁长：9m



1)、设计方法判断：

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 300 \times 24 \times (700 - 24) = 4.8672 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (700 - 2 \times 24)^2 \times 13 / 4 = 13.816 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pf} / (W_{pf} + W_{pw}) = 0.78 > 0.7$$

由于比值大于0.7，应按常用设计法；

2)、梁端腹板与柱焊缝验算：

角焊缝长度：580 mm 焊脚尺寸：9.00 mm

$$\tau_v = \frac{V}{2h_e l_w} = \frac{662.02 \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 9 \times (580 - 2 \times 9)} = 93.49 \text{ N/mm}^2$$

3)、梁腹板净截面验算：

$$\frac{V \times S}{I_x \times t_w} = \frac{1.5 \times V}{A_{\text{腹}}} = \frac{1.5 \times 662.02 \times 10^3}{652 \times 13} = 117.16 \text{ N/mm}^2$$

4)、拼接短梁净截面验算：

拼接短梁腹板净截面面积：

$$A_{w1net} = A_w - A_{hole} = 13 \times 652 - 13 \times 22 \times 8 = 6188\text{mm}^2$$

腹板连接板净截面面积:

$$A_{w2net} = A_{pl} - A_{hole} = 2 \times 14 \times 580 - 14 \times 22 \times 8 \times 2 = 11312\text{mm}^2$$

$$A_{w2net} \geq A_{w1net}$$

拼接短梁净截面抵抗矩:

$$\text{梁的毛截面惯性矩: } I_{0x}^b = I_{0x}^f + I_{0x}^w$$

$$I_{0x}^f = 300 \times 24^3/6 + 300 \times 24 \times 676^2/2 = 1645.8 \times 10^6\text{mm}^4$$

$$I_{0x}^w = 13 \times (652 - 2 \times 35)^3/12 = 213.57 \times 10^6\text{mm}^4$$

2*35为端部的切弧。

梁上的螺栓孔截面惯性矩:

$$I_{xR}^b = 13 \times 22^3 \times 8/12 + 13 \times 22 \times (245^2 + 175^2 + 105^2 + 35^2) \times 2 = 58.86 \times 10^6\text{mm}^4$$

扣除螺栓孔后梁的净截面惯性矩:

$$I_{nx}^b = I_{0x}^b - I_{xR}^b = 1645.8 \times 10^6 + 213.57 \times 10^6 - 58.86 \times 10^6 = 1800.5 \times 10^6\text{mm}^4$$

$$W_{1net} = I_{nx}^b/(H/2) = 1800.5 \times 10^6/350 = 5.14 \times 10^6\text{mm}^3$$

翼缘和腹板连接板净截面抵抗矩:

$$I_{0x}^{PL} = 14 \times 580^3 \times 2/12 = 455.26 \times 10^6\text{mm}^4$$

$$I_{xR}^{PL} = 2 \times 14 \times 22^3 \times 8/12 + 14 \times 22 \times (245^2 + 175^2 + 105^2 + 35^2) \times 4 \\ = 126.97 \times 10^6\text{mm}^4$$

$$I_{nx}^{PL} = I_{0x}^{PL} - I_{xR}^{PL} + I_{0x}^f = 455.26 \times 10^6 - 126.97 \times 10^6 + 1645.8 \times 10^6 \\ = 1974.09 \times 10^6\text{mm}^4$$

$$W_{2net} = 1974.09 \times 10^6/350 = 5.64 \times 10^6\text{mm}^3$$

$$W_{2net} \geq W_{1net}$$

5)、拼接短梁螺栓承载力验算:

腹板抗剪承载力:

$$V_w = 0.85 \times A_w \times \frac{f_v}{2} = 0.85 \times 652 \times 13 \times 175/2 = 630.4\text{KN}$$

腹板抗弯承载力:

$$W_w = t_w \times H_w \times \frac{H_w}{6} = 13 \times 652 \times \frac{652}{6} = 921058.6667\text{mm}^3$$

$$M_w = W_w \times f_y \times \frac{0.4}{2} = 65.4\text{KN} \cdot \text{m}$$

$$\text{腹板屈服强度 } f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

在Vw和Mw共同作用下, 短梁螺栓所受剪力:

螺栓抗剪承载力：(程序计算单侧螺栓抗剪承载力)

$$N_v^b = 0.9 \times n_f \times \mu \times P = 0.9 \times 1 \times 0.4 \times 155 = 55.8 \text{KN}$$

螺栓受剪：

$$N_v = \frac{V}{n} = \frac{630.4}{24} = 26.3 \text{KN}$$

$$N_{My} = \frac{M \cdot x}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{65.4 \cdot 70 \cdot 1000}{695800} = 6.58$$

$$x^2 = (70 \cdot 70) \cdot 2 = 9800$$

$$y^2 = (35 \cdot 35 + 105 \cdot 105 + 175 \cdot 175 + 245 \cdot 245) \cdot 2 = 205800$$

$$\sum (x^2 + y^2) = 9800 \cdot 8 + 205800 \cdot 3 = 695800$$

$$N_{Mx} = \frac{M \cdot y}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{65.4 \cdot 245 \cdot 1000}{695800} = 23.03$$

$$N = \sqrt{23.03^2 + (6.58 + 26.3)^2} = 40.1 \text{KN}$$

在Vw和Mw共同作用下，短梁螺栓所受剪力40.1KN 小于55.8KN。

6)、极限承载力计算：

按抗震规范8.2.8条进行梁柱连接的极限承载力验算：

a.梁拼接连接抗震验算：

(1)梁拼接连接极限受剪承载力Vu:

连接板净截面抗剪极限承载力： Vu1

$$V_{u1} = 0.58 \times A_n^{pl} \times f_u = 0.58 \times 11312 \times 470 = 3083.65 \text{KN}$$

$$A_n^{pl} = A_{pl} - A_{hole} = 2 \times 14 \times 580 - 14 \times 22 \times 8 \times 2 = 11312 \text{mm}^2$$

(2) 梁腹板净截面抗剪极限承载力： Vu2

$$V_{u2} = 0.58 \times A_n^b \times f_u = 0.58 \times 6188 \times 470 = 1686.85 \text{KN}$$

$$A_n^b = A_w - A_{hole} = 13 \times 652 - 13 \times 22 \times 8 = 6188 \text{mm}^2$$

(3)腹板连接螺栓抗剪极限承载力： Vu3

$$N_{vu} = 0.58 \times n_f \times A_n^b \times f_u = 0.58 \times 2 \times 245 \times 1040 \times 3 \times 8 = 7093.63 \text{KN}$$

$$N_{cu} = d \times \sum t \times f_{cu} = 3 \times 8 \times 20 \times 13 \times 1.5 \times 470 = 4399.2 \text{KN}$$

V_{u3} 取两者较小值4399.2KN.

(4)最小极限受剪承载力:

$$\begin{aligned} V_p &= 1.20 \cdot (2 \cdot M_p / l_n) + V_{gb} \text{ (未包含竖向地震)} \\ &= 1.20 \cdot (2 \cdot 2155.83 / 7.20) + 21.14 = 739.75 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_u = 1686.85 \text{ KN} \text{ 大于 } V_p \text{ (满足)}$$

b.梁拼接连接极限受弯承载力 M_u/η_j :

$$\text{螺栓连接 } \eta_j = 1.25 \quad \text{焊缝连接 } \eta_j = 1.20$$

(1) 腹板连接极限承载力 M_{uw}/η_j :

$$W_{pe} = T_w \times \{H - 2 \times (T_f)\}^2 / 4 = 13 \times \{700 - 2 \times (24)\}^2 / 4 = 1381588 \text{ mm}^3$$

$$W_{\text{螺栓孔}} = 13 \times 22 \times (35 + 105 + 175 + 245) \times 2 = 320320 \text{ mm}^3$$

$$M_{uw} = (1381588 - 320320) \times 470 \times 10^{-6} = 498.8 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{uw} / \eta_j = \frac{498.8}{1.25} = 399.04 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

(2) 翼缘连接极限承载力 M_{uf}/η_j 为 :

$$M_{uf} = A_f \times (H - t_f) \times f_u = 300 \times 24 \times (700 - 24) \times 470 \times 10^{-6} = 2287.58 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_{uf} / \eta_j = \frac{2287.58}{1.2} = 1906.32 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

(3) 拼接连接极限承载力 M_u/η_j 为 :

$$399.04 + 1906.32 = 2305.36 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

梁塑性受弯承载力 M_p :

$$W_p = 48.672 \times 10^5 + 13.816 \times 10^5 = 62.5 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 300 \times 24 \times (700 - 24) = 4.8672 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (700 - 2 \times 24)^2 \times 13 / 4 = 13.816 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

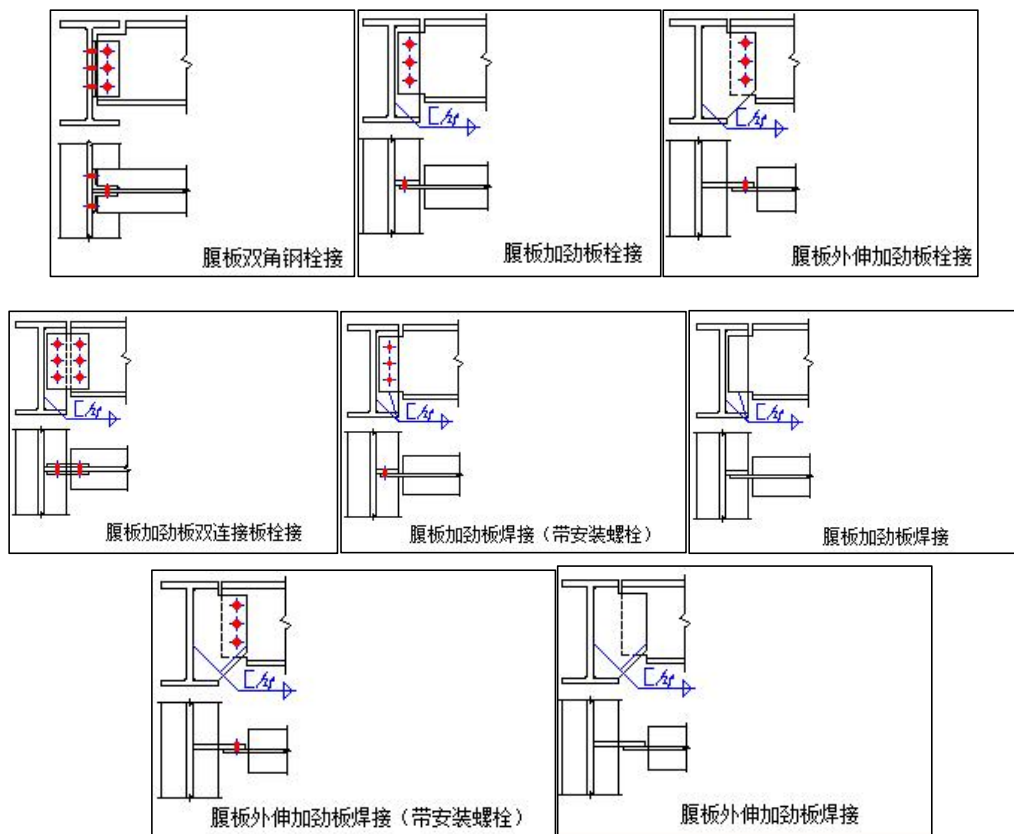
$$M_p = 62.5 \times 10^5 \times 345 = 2155.83 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_u / \eta_j = 2305.36 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ 大于 } M_p = 2155.83 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ (满足)}$$

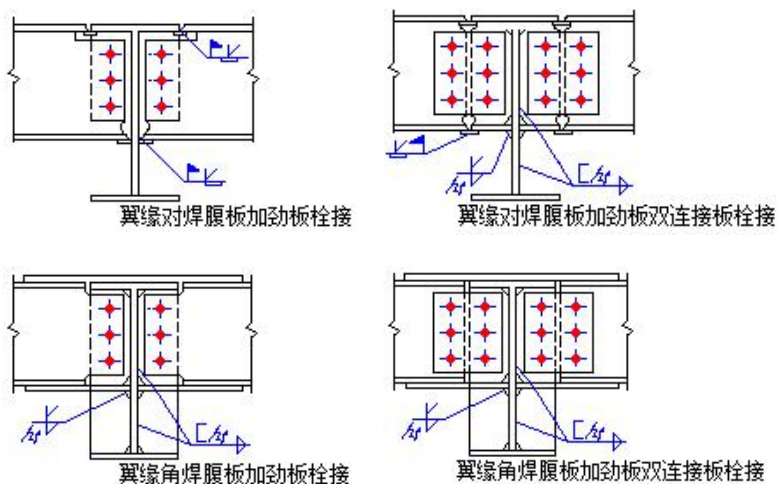
3、 主次梁连接

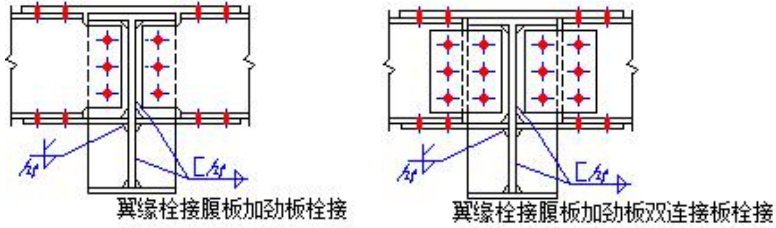
(1) 节点类型:

程序可设计的连接类型如下所示:



主次梁铰接连接节点





主次梁刚接连接节点

(2) 连接构造

连接板的截面尺寸，可按如下要求确定：

连接板的长度和宽度按螺栓连接的构造要求确定。

连接板的厚度 t ，当采用双剪连接时：

$$t = \frac{t_w h_1}{2h_2} + 1 \sim 3\text{mm 且不小于}6\text{mm}$$

当采用单剪连接时：

$$t = \frac{t_w h_1}{h_2} + 2 \sim 4\text{mm 且不小于}8\text{mm}$$

式中 h_1 --- 次梁腹板的高度；

t_w --- 次梁腹板的厚度；

h_2 ---次梁腹板连接板的（垂直方向）长度；

(3) 连接计算

i. 铰接连接

①连接高强度螺栓应按以下要求计算：

次梁端部剪力作用下，一个高强度螺栓（连接一侧）所受的力为：

$$N_v = \frac{V}{n}$$

其中： V ——次梁端部的剪力；

n ——次梁连接端部的螺栓数量。

偏心弯矩 $M_e = V \cdot e$ 作用下，边行受力最大的一个高强度螺栓所受的力为：

$$N_M = \frac{M_e y_{\max}}{\sum y_i^2}$$

在剪力和偏心弯矩共同作用下，边行受力最大的一个高强度螺栓所受的力为：

$$N_{smax} = \sqrt{(N_V)^2 + (N_M)^2}$$

②连接次梁的主梁加劲肋与主梁的连接焊缝，按下列公式计算焊缝的强度：

$$\tau_v = \frac{V}{2 \times 0.7h_f l_w}$$

$$\sigma_M = \frac{M_e}{W_w}$$

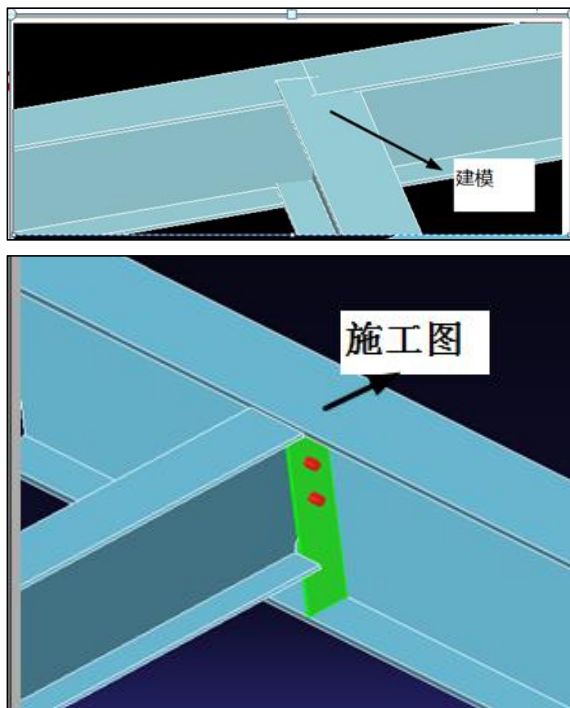
$$\sigma_{fs} = \sqrt{(\tau_v)^2 + (\sigma_M)^2}$$

式中 W_w ——角焊缝的截面模量。

(4) 斜坡梁的节点构造

由于软件在建模时无法输入梁沿其布置轴线的转角，当坡屋面的主次梁连接时，软件自动将垂直于坡度方向的次梁按照坡屋面的角度转角布置。但是对于垂直于坡度方向布置的主梁不作转角布置。这里的主梁就是和竖向构件连接的梁，次梁是与主梁相交的梁。

示意图如下：



(5) 主次梁在竖向的相对位置

软件对于梁梁相交节点处的一般主梁次梁设置为顶面齐平布置（梁错层时除外），但是当次梁为薄壁型钢时，软件认为薄壁型钢杆件为檩条结构，此时将薄壁型钢次梁放置到主梁顶以上布置。

A. 算例一

主次梁铰接-直接与主梁加劲板单面相连（一）

主钢梁截面：H700X220X12X14 材料：Q345

次钢梁截面：H400X200X8X10 材料：Q345

螺栓信息：M20 10.9级摩擦型高强螺栓 接触面处理方式：抛丸（喷砂） $\mu=0.40$ 高强螺栓预拉力 $P = 155.00 \text{ kN}$

最不利内力组合：非地震组合

梁端设计剪力： $V = 93.07 \text{ kN}$

梁端设计弯矩： $M = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

梁端设计轴力： $N = 0.00 \text{ kN}$

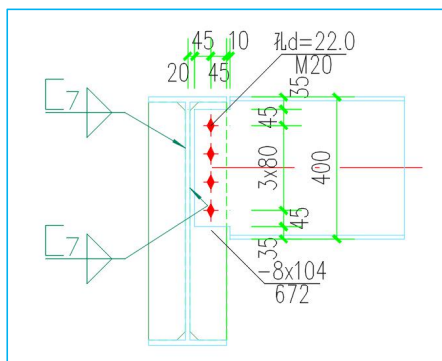
次梁腹板螺栓排列：

行数：4，栓间距：80 mm，栓边距：45 mm

列数：1，栓边距：45 mm

主梁焊缝：主梁与加劲肋双面角焊缝（工厂焊），焊脚高度 $H_f = 7\text{mm}$

加劲肋厚度：8mm 材料Q345



1)、螺栓验算：

计算右上角边缘螺栓承受的力：

$$\text{偏心力矩 } e = 20 + 45 = 65\text{mm}$$

$$\text{偏心弯矩 } Me = V * e = 93.07 \times 1000 \times 65 = 6049550 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$X_{\max} = 0 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = 80 \times 3 / 2 = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = (40^2 + 120^2) \times 2 = 32000.00$$

$$N_{mx} = Me * Y_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 6049550 \times 120 / 32000 = 22.69 \text{ KN}$$

$$N_{my} = Me * X_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 6049550 \times 0 / 32000 = 0.00 \text{ KN}$$

$$N_v = V / n = 93.07 / 4 = 23.27 \text{ KN}$$

$$N_{vmax} = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} = \sqrt{(23.27 + 0)^2 + (0 + 22.69)^2} = 32.50 \text{ KN}$$

$$N_v b = 0.9 n_f u P = 0.9 \times 1 \times 0.4 \times 155 = 55.80 \text{ KN}$$

$$N_{vmax} < N_v b \text{ 满足!}$$

2)、加劲肋与主梁焊缝验算:

$$\text{单条焊缝计算长度 } l_w = 700 - 2 \times 14 - 2 \times 25 - 2 \times 7 = 608 \text{ mm}$$

$$\tau_v = \frac{V}{h_e l_w} = \frac{93.07 \times 1000}{0.7 \times 7 \times 2 \times 608} = 15.62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{Me}{\beta * 2 * 0.7 * h_f * l_w^2 / 6} = \frac{6049550}{1.22 \times 2 \times 0.7 \times 7 \times 608^2 / 6} = 8.21 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\tau_v^2 + \sigma_m^2} = \sqrt{15.62^2 + 8.21^2} = 17.65 \text{ MPa}$$

根据《钢结构连接节点设计手册》（第四版），表 2-4 可得焊缝强度设计值:

$$\sigma = 17.65 \text{ MPa} \leq f_f^w = 200 \text{ MPa} \text{ 满足!}$$

3)、加劲肋

$$\text{抗拉强度设计值: } f = 305.00 \text{ MPa}$$

$$\text{抗剪强度设计值: } f_v = 175.00 \text{ MPa}$$

$$\text{截面正应力: } \sigma = \frac{Me}{w_{nb}} = \frac{6049550}{583717} = 10.36 \text{ MPa} < f \text{ 满足!}$$

$$\text{净截面面积: } A = (700 - 2 \times 14 - 4 \times 24) \times 8 = 4608 \text{ mm}^2$$

$$\text{截面剪应力: } \tau_v = \frac{1.5V}{A} = \frac{1.5 \times 93.07 \times 1000}{4608} = 30.30 \text{ MPa} < f_v \text{ 满足!}$$

4)、次梁腹板

$$\text{抗拉强度设计值: } f = 305.00 \text{ MPa}$$

$$\text{抗剪强度设计值: } f_v = 175.00 \text{ MPa}$$

截面正应力： $\sigma = \frac{Me}{w_{nb}} = \frac{6049550}{107747} = 56.15 \text{ MPa} < f$ 满足！

净截面面积： $A = (700 - 2 \times 14 - 4 \times 24) \times 8 = 1872 \text{ mm}^2$

截面剪应力： $\tau_v = \frac{1.5V}{A} = \frac{1.5 \times 93.07 \times 1000}{1872} = 74.57 \text{ MPa} < f_v$ 满足！

B. 算例二

主次梁-直接与主梁加劲板单面相连（二）

主钢梁截面： H700X220X12X14 材料： Q345

次钢梁截面： H400X200X8X10 材料： Q345

安装螺栓信息： 5.6 级普通螺栓 M12

最不利内力组合： 非地震组合

梁端设计剪力： $V = 93.07 \text{ kN}$

梁端设计弯矩： $M = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

梁端设计轴力： $N = 0.00 \text{ kN}$

次梁腹板螺栓排列：

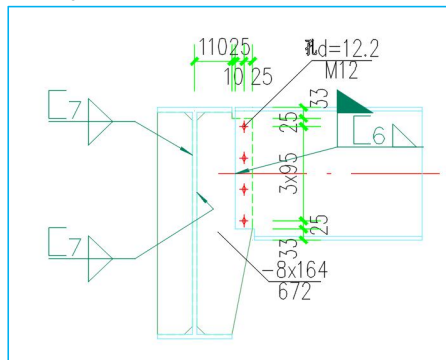
行数： 4， 栓间距： 95 mm， 栓边距： 25 mm

列数： 1， 栓边距： 25 mm

主梁焊缝： 主梁与加劲肋双面角焊缝（工厂焊）， 焊脚高度 $H_f = 7 \text{ mm}$

次梁焊缝： 次梁与加劲肋焊缝（工厂焊）， 焊脚高度 $H_f = 6 \text{ mm}$

加劲肋厚度： 8mm 材料 Q345



1)、螺栓验算：

计算右上角边缘螺栓承受的力:

$$\text{偏心力矩 } e = 110 + 10 + 25 = 145\text{mm}$$

$$\text{偏心弯矩 } M_e = mg * e = 442.112 \times 10 \times 145 = 641062\text{N}\cdot\text{mm}$$

$$X_{\max} = 0\text{mm}$$

$$Y_{\max} = 95 \times 3 / 2 = 142.5\text{mm}$$

$$\text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = (47.5^2 + 142.5^2) \times 2 = 45125.00$$

$$N_{mx} = M_e * Y_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 641062 \times 142.5 / 45125 = 2.03\text{KN}$$

$$N_{my} = M_e * X_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 641062 \times 0 / 45125 = 0.00\text{KN}$$

$$N_v = V/n = 442.112 * 10 / 4 = 1.11\text{KN}$$

$$N_{v\max} = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} = \sqrt{(1.11 + 0)^2 + (0 + 2.03)^2} = 2.32\text{KN}$$

$$N_v b = 1 \times 3.14 * \frac{12^2}{4} * 190 = 21.49\text{KN}$$

$$N_{v\max} < N_v b \text{ 满足!}$$

2)、加劲肋与主梁焊缝验算:

$$\text{单条焊缝计算长度 } l_w = 700 - 2 \times 14 - 2 \times 25 - 2 \times 7 = 608\text{mm}$$

$$\tau_v = \frac{V}{h_e l_w} = \frac{93.07 \times 1000}{0.7 \times 7 \times 2 \times 608} = 15.62\text{MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{M_e}{\beta * 2 * 0.7 * h_f * l_w^2 / 6} = \frac{93.07 * 1000 * 124}{1.22 \times 2 \times 0.7 \times 7 \times 608^2 / 6} = 18.32\text{MPa}$$

$$\sqrt{\tau_v^2 + \sigma_m^2} = \sqrt{15.62^2 + 18.32^2} = 24.07\text{MPa}$$

根据《钢结构连接节点设计手册》(第四版),表 2-4 可得焊缝强度设计值:

$$\sigma = 24.07\text{MPa} \leq f_f^v = 200\text{MPa} \text{ 满足!}$$

3)、加劲肋与次梁焊缝验算:

$$\beta f = 1.22$$

$$h_e = 0.7 \times 6 = 4.2\text{mm}$$

$$\text{Sum}(L_w) = 3 \times 95 + 25 \times 2 + 50 \times 2 - 6 \times 2 = 423\text{mm}$$

$$\frac{\sigma_f}{\beta f} = \frac{93.07 \times 1000}{0.7 \times 6 \times 423 \times 1.22} = 42.94\text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_m}{\beta f} = \frac{93.07 \times 1000 \times 124 \times 45.98}{2658330 \times 1.22} = 16.36\text{MPa}$$

$$\tau_{fe} = \frac{93.07 \times 1000 \times 124 \times 171.7}{2658330 \times 1.22} = 74.54\text{MPa}$$

$$\sigma_{fsMax} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{\beta_f} + \frac{\sigma_f}{\beta_f}\right)^2 + (\tau f e)^2} = \sqrt{(16.36 + 42.94)^2 + 74.54^2} = 95.25MPa$$

$$\sigma_{fsMax} = 95.25MPa < Ffw = 200.00N/mm^2 \quad \text{满足!}$$

4)、加劲肋验算:

$$\text{抗拉强度设计值: } f = 305.00MPa$$

$$\text{抗剪强度设计值: } f_v = 175.00MPa$$

$$\text{截面正应力: } \sigma = \frac{Me}{w_{nb}} = \frac{93.07 \times 1000 \times 124}{264705} = 43.60 MPa < f \quad \text{满足!}$$

$$\text{净截面面积: } A = (466 - 4 \times 16) \times 8 = 3216mm^2$$

$$\text{截面剪应力: } \tau_v = \frac{1.5V}{A} = \frac{1.5 \times 93.07 \times 1000}{3216} = 43.41MPa < f_v \quad \text{满足!}$$

5)、次梁腹板

$$\text{抗拉强度设计值: } f = 305.00MPa$$

$$\text{抗剪强度设计值: } f_v = 175.00MPa$$

$$\text{截面正应力: } \sigma = \frac{Me}{w_{nb}} = \frac{93.07 \times 1000 \times 124}{138556} = 83.29 MPa < f \quad \text{满足!}$$

$$\text{净截面面积: } A = (358 - 4 \times 16) \times 8 = 2352mm^2$$

$$\text{截面剪应力: } \tau_v = \frac{1.35V}{A} = \frac{1.35 \times 93.07 \times 1000}{2352} = 53.42MPa < f_v \quad \text{满足!}$$

ii. 刚接连接

计算方法: $\gamma = \frac{W_{pf}}{W_p} < 0.7$ 程序按精确设计法设计;

不满足则按常用设计法设计。

式中: W_{pf} ——翼缘的塑性模量;

W_p ——截面的塑性模量。

验算公式参照钢结构连接节点设计手册第 8-15 条至第 8-19 条的有关要求进行验算。

C. 算例三

主次梁刚接-翼缘直接焊接(一)

主钢梁截面: H450X200X8X12 材料: Q235

次钢梁截面: H300X180X10X12 材料: Q235

螺栓信息: M20 10.9 级摩擦型高强螺栓 接触面处理方式: 抛丸(喷砂) $\mu=0.40$

高强螺栓预拉力 $P = 155.00 kN$

设计方法

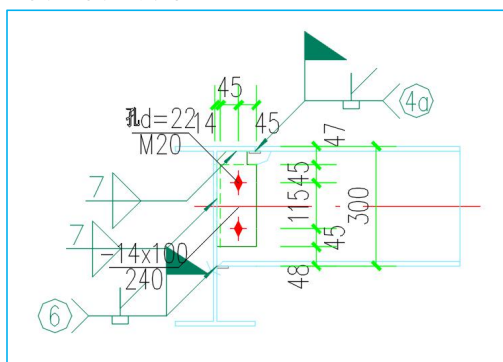
梁翼缘的塑性截面模量比:

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 180 \times 12 \times (300 - 12) = 6.22 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (300 - 2 \times 12)^2 \times 10 / 4 = 1.90 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pf} / (W_{pf} + W_{pw}) = 0.77 > 0.7$$

由于比值大于 0.7，采用常用设计法。



控制内力组合：非地震组合

梁端设计剪力：V=-51.42 kN，梁端设计弯矩：M=-36.17kN*m，梁端设计轴力：

N=0.00kN

腹板弯矩：M = -0.00 kN*m，翼缘弯矩：M = -36.17 kN*m

设计成果：

加劲肋：尺寸240x100x14 材料Q235 单板

焊缝：主梁与加劲肋双面角焊缝（工厂焊），焊脚高度Hf = 7mm，焊缝长度215mmx2

螺栓：直径：M20 等级：高强螺栓10.9级 总个数：2 螺栓排列：2行1列，行边距45mm，行间距115mm，列边距45mm，列间距115mm。

1)、加劲肋验算：

加劲肋净高：h0 = 115 + 45 × 2 + 47 - 24 × 2 - 12 = 192 mm

加劲肋净截面积：An = 192 × 14 = 2688 mm²

加劲肋净截面抗剪强度设计值：fv = 125.00 N/mm²

加劲肋净截面剪应力：τ = 1.5 * V / An = 27.74 N/mm² ≤ 125.00 N/mm²（满足）

加劲肋净截面抗弯强度设计值：f = 215.00 N/mm²

加劲肋净截面最大正应力： $\sigma = M / W_n = 0 \text{ N/mm}^2 \leq 215 \text{ N/mm}^2$ （满足）

2)、加劲肋与主梁腹板连接焊缝验算：

焊脚高度 $h_f = 7 \text{ mm}$

焊缝总计算长度 $\sum l_{wh} = 240 - 25 - 2 \times 7 = 201 \times 2 = 402 \text{ mm}$

焊缝强度设计值 $f = 160.00 \text{ N/mm}^2$

焊缝最大应力计算值 $f_{max} = 51.42 \times 1000 / 402 = 26.10 \text{ N/mm}^2 \leq 160.00 \text{ N/mm}^2$ （满足）

焊缝构造要求：

最大焊脚尺寸： $h_{f_max} = 1.2 * T_{min} = 10 \text{ mm} > 7 \text{ mm}$ （满足）

最小焊脚尺寸： $h_{f_min} = 5 \text{ mm} \leq 7 \text{ mm}$ （满足）（《钢标》表11.3.5）

3)、螺栓验算：

计算螺栓抗剪承载力设计值：

$N_{vb} = \text{Ratio} * 0.9 * n_f * u * P = 1 \times 0.9 \times 1 \times 0.4 \times 155 = 55.80 \text{ KN}$

$N_{vmax} = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} = \sqrt{(0 + 51.42/2)^2 + (0 + 0)^2} = 25.71 \text{ KN}$

$N_{vmax} < N_{vb}$ （满足）

4)、次梁腹板验算：

梁腹板净高： $h_0 = 300 - 47 - 12 - 24 \times 2 = 193 \text{ mm}$

梁腹板净截面积： $A_n = 193 \times 10 = 1930 \text{ mm}^2$

梁腹板净截面抗剪强度设计值： $f_v = 125.00 \text{ N/mm}^2$

梁腹板净截面剪应力： $\tau = 1.35 * V / A_n = 1.35 \times 51.42 \times 1000 / 1930 = 35.97 \text{ N/mm}^2 \leq 125.00 \text{ N/mm}^2$ （满足）

梁腹板净截面抗弯强度设计值： $f = 215.00 \text{ N/mm}^2$

梁腹板净截面最大正应力： $\sigma = M / W_n = 0.00 \text{ N/mm}^2 \leq 215.00 \text{ N/mm}^2$ （满足）

5)、翼缘焊缝验算：

焊缝强度设计值 $f = 215.00 \text{ N/mm}^2$

焊缝最大应力计算值 $f_{max} = 36.17 \times 10^6 / [180 \times 12 \times (300 - 12)] = 58.14 \text{ N/mm}^2 \leq 215.00 \text{ N/mm}^2$ （满足）

D. 算例四

主次梁刚接-翼缘直接焊接(二)

主钢梁截面：H450X200X8X12 材料：Q235

次钢梁截面：H400X130X8X10 材料：Q235

螺栓信息：M20 10.9级摩擦型高强螺栓 接触面处理方式：抛丸（喷砂） $\mu=0.40$

高强螺栓预拉力 $P = 155.00 \text{ kN}$

设计方法

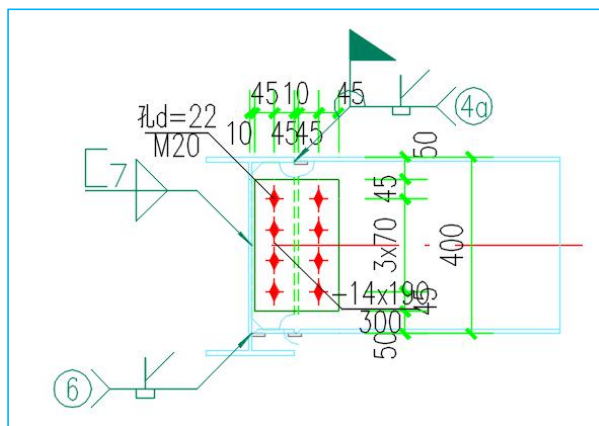
梁翼缘的塑性截面模量比：

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 130 \times 10 \times (400 - 10) = 5.07 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (400 - 2 \times 10)^2 \times 8 / 4 = 2.89 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{pf} / (W_{pf} + W_{pw}) = 0.64 < 0.7$$

由于比值小于0.7，采用精确设计法。



控制内力组合：非地震组合

梁端设计剪力： $V=-40.63 \text{ kN}$ ，设计弯矩： $M=-26.53 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ，设计轴力： $N=0.00 \text{ kN}$

$$\text{全截面惯性矩: } \frac{40^3 \times 13}{12} - 2 \times \frac{38^3 \times 6.1}{12} = 13546.80 \text{ cm}^4$$

$$\text{腹板惯性矩: } \frac{38^3 \times 0.8}{12} = 3658.13 \text{ cm}^4$$

$$\text{腹板承担弯矩: } 26.53 \times 3658.13 / 13546.80 = 7.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{翼缘承担弯矩: } 26.53 - 7.16 = 19.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

设计成果：

连接板：尺寸300x190x14 材料Q235 单板

焊缝：主梁与加腋板双面角焊缝(工厂焊),焊脚高度 $H_f = 7\text{mm}$,焊缝长度 $330\text{mm} \times 2$

螺栓：直径：M20 等级：高强螺栓10.9级 总个数：4 螺栓排列：4行1列，行边距45mm，行间距70mm，列边距45mm，列间距70mm

1)、腹板连接板验算：

连接板净高： $h_0 = 300 - 2 \times 4 = 292\text{mm}$

连接板净截面面积： $A_n = 292 \times 14 = 4088\text{mm}^2$

连接板净截面抗剪强度设计值： $f_v = 125.00\text{N/mm}^2$

连接板净截面剪应力： $\tau = 1.5 \cdot V / A_n = 1.5 \times 40.63 \times 1000 / 4088 = 14.94\text{N/mm}^2 \leq 125.00\text{N/mm}^2$ (满足)

连接板净截面抗弯强度设计值： $f = 215.00\text{N/mm}^2$

连接板净截面最大正应力： $\sigma = M / W_n = 19.37 \times 10^6 / 431690 = 44.87\text{N/mm}^2 \leq 215\text{N/mm}^2$ (满足)

2)、加劲肋与主梁腹板连接焊缝验算：

单条焊缝计算长度 $l_w = 330 - 2 \times 7 = 316\text{mm}$

$$\tau_v = \frac{V}{h_e l_w} = \frac{40.63 \times 1000}{0.7 \times 7 \times 2 \times 316} = 13.12\text{MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{M}{\beta \cdot 2 \cdot 0.7 \cdot h_f \cdot l_w^2 / 6} = \frac{7.16 \times 10^6}{1.22 \times 2 \times 0.7 \times 7 \times 316^2 / 6} = 36.00\text{MPa}$$

$$\sqrt{\tau_v^2 + \sigma_m^2} = \sqrt{13.12^2 + 36.00^2} = 38.32\text{MPa}$$

根据《钢结构连接节点设计手册》(第四版)，表2-4可得焊缝强度设计值：

$$\sigma = 38.32\text{MPa} \leq f_f^v = 160\text{MPa} \text{ 满足!}$$

3)、螺栓验算：

螺栓抗剪承载力设计值： $N_{vb} = \text{Ratio} \cdot 0.9 \cdot n_f \cdot u \cdot P = 1 \times 0.9 \times 1 \times 0.4 \times 155 = 55.80\text{KN}$

$X_{\max} = 0\text{mm}$

$Y_{\max} = 70 \times 3 / 2 = 105\text{mm}$

$$\text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = (35^2 + 105^2) \times 2 = 24500 \text{mm}^2$$

$$N_{mx} = M \cdot Y_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 7.16 \times 10^6 \times 105 / 24500 = 30.70 \text{KN}$$

$$N_{my} = M_e \cdot X_{\max} / \text{Sum}(X_i^2 + Y_i^2) = 7.16 \times 10^6 \times 0 / 24500 = 0.00 \text{KN}$$

$$N_v = V/n = 40.63/4 = 10.16 \text{KN}$$

$$N_{v\max} = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} = \sqrt{(10.16 + 0)^2 + (0 + 30.70)^2} = 32.34 \text{KN}$$

$$N_{v\max} < N_v b \text{ 满足!}$$

3)、梁腹板净截面抗剪验算:

$$\text{梁腹板净高: } h_0 = 400 - 10 \times 2 - 24 \times 4 = 284 \text{ mm}$$

$$\text{梁腹板净截面积: } A_n = 284 \times 8 = 2272 \text{ mm}^2$$

$$\text{梁腹板净截面抗剪强度设计值: } f_v = 125.00 \text{ mm}^2$$

$$\text{梁腹板净截面剪应力: } \tau = 1.2 \cdot V / A_n = 1.2 \times 40.63 \times 1000 / 2272 = 21.46 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$125.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (满足)}$$

$$\text{梁腹板净截面抗弯强度设计值: } f = 215.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{梁腹板净截面最大正应力: } \sigma = M / W_n = 7.16 \times 10^6 / 167581 = 42.75 \text{ N/mm}^2 \leq$$

$$215.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (满足)}$$

4)、翼缘连接焊缝验算:

$$\text{焊缝强度设计值 } f = 215.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{焊缝最大应力计算值 } f_{\max} = 19.37 \times 10^6 / [180 \times 12 \times (300 - 12)] = 38.20 \text{ N/mm}^2 \leq 215.00 \text{ N/mm}^2 \text{ (满足)}$$

5)、主梁单侧翼缘宽度验算:

$$\text{主梁单侧翼缘宽度: } b = (200 - 8) / 2 = 96 \text{ mm}$$

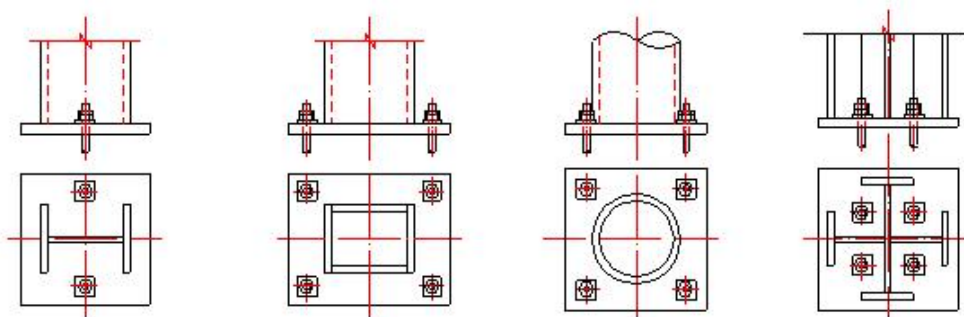
$$\text{容纳螺栓所需宽度: } B = 45 + 45 = 90 \text{ mm} \leq 96 \text{ mm} \text{ (满足)}$$

4、柱脚连接:

i. 铰接柱脚

(1)节点类型:

一般从构造而言，锚栓不约束翼缘的构造都可认为是铰接柱脚。



柱脚铰接节点示例

(2)构造要求

底板：板厚一般不宜小于柱的较厚板厚度，且不小于20mm。底板的长度L和宽度B不应小于其最小尺寸。其最小尺寸一般可以如下公式确定：

$$L = h + 2l_1 + 2l_2$$

$$B = b + 2b_1 + 2b_2$$

式中h --- 柱的截面高度；

l_1 --- 底板长度方向补强板件或锚栓支承托座板件的尺寸，按表8-2的数值确定；

l_2 --- 底板长度方向的边距，一般取 $l_2 = 10\sim 30\text{mm}$ ；

b --- 柱的截面宽度；

b_1 --- 底板宽度方向补强板件或锚栓支承托座板件的尺寸，按表8-2 确定；

b_2 --- 底板宽度方向的边距，一般取 $b_2 = 10\sim 30\text{mm}$ ；

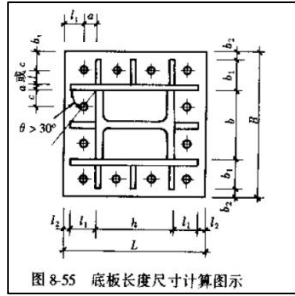


图 8-55 底板长度尺寸计算图示

底板长度尺寸计算参考数值 (mm)

表 8-2

螺栓直径	a	l ₁ 或 b ₁	r	螺栓直径	a	l ₁ 或 b ₁	c
20	60	40	50	56	105	110	140
22	65	45	55	60	110	120	150
24	70	50	60	64	120	130	160
27	70	55	70	68	130	135	170
30	75	60	75	72	140	145	180
33	75	65	85	76	150	150	190
36	80	70	90	80	160	160	200
39	85	80	100	85	170	170	210
42	85	85	105	90	180	180	230
45	90	90	110	95	190	190	240
48	90	95	120	100	200	200	250
52	100	105	130				

加劲肋：厚度不宜小于12mm,高度不小于250mm,同时还应满足板件的宽厚比要求,柱脚参数中程序宽厚比默认上限 $20\sqrt{235/f_y}$ 可修改;对于悬臂布置的柱脚加劲肋程序还会进行切角,切角的尺寸一般为宽度一半和高度一半。

锚栓：锚栓直径一般不宜小于20mm,且不考虑锚栓抗剪。

锚栓垫板：一般厚度可取底板厚度的0.5~0.7 倍,同时需要注意厚度规格化的要求。一般锚栓垫板开孔较锚栓直径大5mm 左右。

焊缝：加劲肋与柱身采用角焊缝连接,柱身与底板刨平顶紧后采用角焊缝连接。

抗剪键：抗剪键可采用槽钢或工字钢,与底板焊接连接。具体尺寸需按计算确定。

(3) 连接验算

锚栓：在铰接柱脚中,不存在弯矩,也就不存在弯矩下锚栓受拉的情况,所以只需针对轴拉力验算锚栓受拉即可。

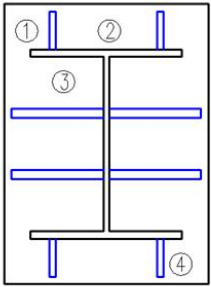
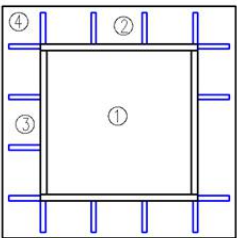
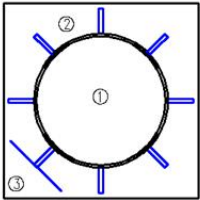
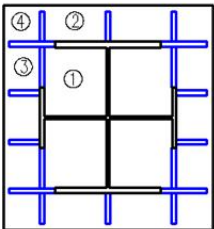
锚栓按规范要求,只考虑其受拉承载力,不应考虑其抗剪。锚栓的拉力应满足承载力要求：

$$T_a \leq A_e \times f_{ay}$$

其中： A_e ——锚栓的有效面积； f_{ay} ——锚栓的抗拉强度。

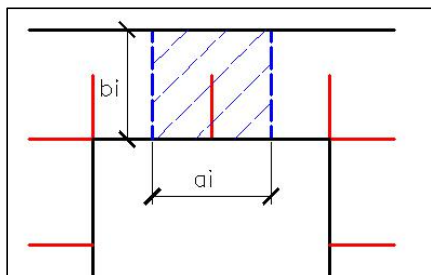
底板：

各区格说明可见下图：

柱脚样式	各区格说明
	<p>区格1，翼缘外侧两边支承板； 区格2，翼缘侧加肋区隔三边支承板； 区格3，腹板侧加肋区隔三边支承板； 区格4，柱底板角部两边支承板</p>
	<p>区格1，箱形截面柱范围内四边支承板； 区格2，柱翼缘侧底板三边支承板； 区格3，柱腹板侧底板三边支承板； 区格4，柱底板角部两边支承板；</p>
	<p>区格1，圆管内侧圆形板； 区格2，底板内圈三边支承板； 区格3，矩形底板角部悬臂板；</p>
	<p>区格1，十字工内部四边支承板； 区格2，柱翼缘侧底板三边支承板； 区格3，柱腹板侧底板三边支承板； 区格4，柱底板角部两边支承板；</p>

加劲肋：加劲肋所承受剪力应与其底板作用区间来确定。一般作用区间可按左右各一半来定，

$$V_i = \sigma \cdot \alpha_i \cdot b_i$$



加劲肋所受区间

抗剪键：程序参照《钢结构设计规范》GB 50017-2003 8.4.13条 $0.4N < V$ 时，程序自动设置抗剪键。抗剪键规格可在柱脚参数中外露式抗剪键型钢设置中选择。

混凝土承压：

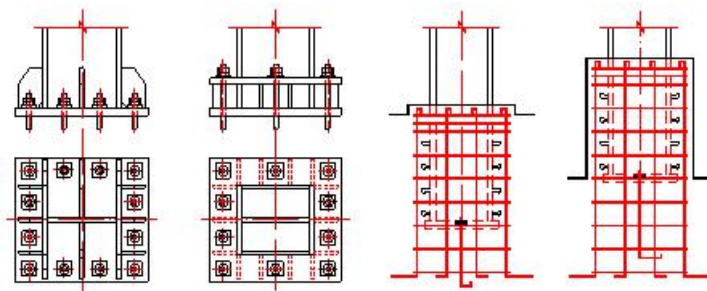
$$\sigma_c = \frac{V}{A}$$

式中：V——柱底剪力；

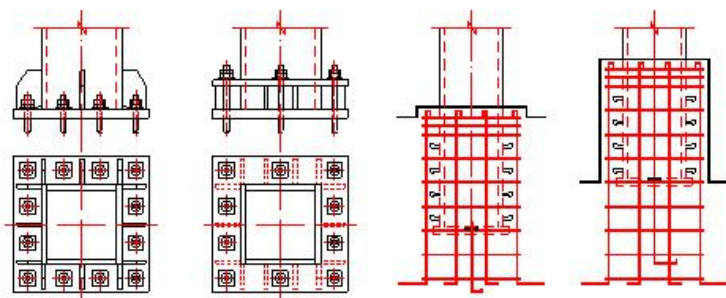
A——混凝土的受压面面积（非投影面积）。

ii. 刚接柱脚

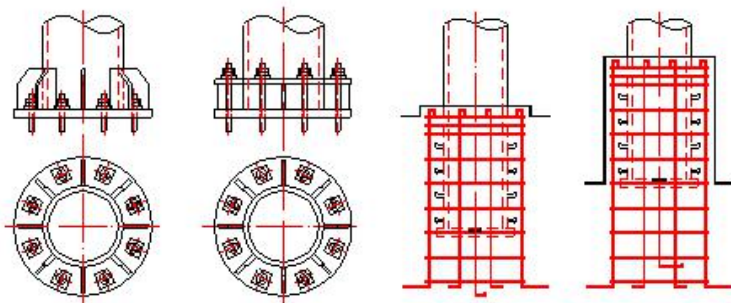
(1) 节点类型：



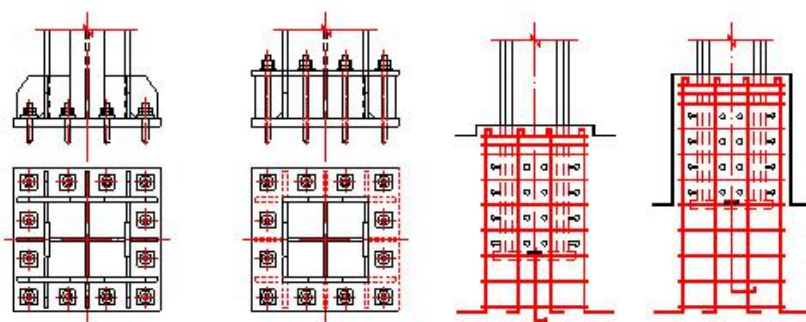
工形截面柱刚接柱脚



箱形截面刚接柱脚



圆钢管截面柱刚接柱脚



十字工截面柱刚接柱脚

刚接柱脚可分为外露式、外包式和埋入式三种，由于三种柱脚的构造不同，这里分开类型详细阐述。

a. 外露式柱脚

①构造要求

锚栓、底板、加劲肋、焊缝、垫板

构造同铰接柱脚。

② 验算内容

依据钢结构连接节点设计手册8-85表8-3验算：

底板下的混凝土受压应力分布图示			
偏心距 e 判别式	$e \leq L/6$	$L/6 < e \leq (L/6 + l_1/3)$	$e > (L/6 + l_1/3)$
底板下的混凝土最大受压应力	$\sigma_c = \frac{N}{LB} (1 + 6e/L) \leq \beta f_c$ (8-130)*	$\sigma_c = \frac{2N}{3B} \frac{L/2 - e}{L/2 - e} \leq \beta f_c$ (8-131)*	$\sigma_c = \frac{2N(e + L/2 - l_1)}{Bx_n(L - l_1 - x_n/3)} \leq \beta f_c$ (8-132)
受拉侧锚栓的总拉力或锚栓的总有效面积	$T_a = 0$	$T_a = 0$	$T_a = \frac{N(e - L/2 + x_n/3)}{L - l_1 - x_n/3}$ (6-133) 或 $A_e^a = T_a / f_t^a$ (8-134)
水平抗剪承载力	$V_b = 0.4N \geq V$ (8-127)*	$V_b = 0.4N \geq V$ (8-127)*	$V_b = 0.4(N + T_a) \geq V$ (8-135)

注：式中e --- 偏心距 ($e = M/N$) ；

f_c --- 底板下混凝土的轴心抗压强度设计值；

T_a --- 受拉侧锚栓的总拉力；

f_t^a --- 锚栓的抗拉强度设计值；

A_e^a --- 受拉侧锚栓的总有效面积；

l_t --- 由受拉侧底板边缘至受拉锚栓中心的距离；

x_n --- 底板受压区的长度，按下式计算；

$$x_n^3 + 3 \left(e - \frac{L}{2} \right) x_n^2 - \frac{6nA_e^a}{B} \left(e + \frac{L}{2} - l_t \right) (L - l_t - x_n) = 0$$

n --- 钢材的弹性模量与混凝土弹性模量之比。

底板、加劲肋、焊缝

此几项的验算均可参考铰接柱脚相应项。

极限承载力:柱脚的连接极限承载力,应按下列公式验算:

$$M_{u,base}^j \geq \eta_j M_{pc}$$

$M_{u,base}^j$:柱脚的极限受弯承载力,

η_j : 连接系数,

M_{pc} : 考虑轴力影响时柱的塑性受弯承载力;

$$M_{u,base}^j = \min(M_{u1}, M_{u2})$$

$$M_{u1} = f_y \times A_e \times (L - X_n/3)$$

$$M_{u2} = f_{ck} \times B \times X_n \times (L - X_n/2)$$

M_{pc} :考虑轴力的柱全塑性受弯承载力。

b. 外包式柱脚

①构造要求

底板、锚栓、加劲肋

可参考铰接柱脚相应的构造要求。

受力筋: 含钢率应大于0.2%, 且配筋不宜小于4 ϕ 22;

架立筋: 当竖向主筋的中距大于200mm 时, 应增设直径为 ϕ 16的竖向架立钢筋。

箍筋: 一般箍筋为 ϕ 10@100, 在外包式柱脚的顶部应配置不少于3 ϕ 12@50的加强箍筋。

埋入深度: 在外包式柱脚中, 钢筋混凝土的包脚高度 H_{Rc} , 一般可在以下范围内采用。

对轻型工字形截面柱:

$$H_{Rc} \geq 2.0h_c$$

对大型截面H型钢柱、箱形截面柱和圆管形截面柱:

$$H_{Rc} \geq 3.0h_c$$

其中: h_c --- 钢柱的截面高度或管径。

栓钉: 焊于钢柱埋入部分的抗剪圆柱头焊钉, 应按要求确定。但对H 形截面柱

强轴左右两侧的翼缘、箱形截面柱两轴的每侧、圆管形截面柱两轴的每侧（90度扇面），其圆柱头焊钉数目不宜小 $8\phi 16$ ；焊钉杆长度可在（4~6）d 的范围内采用（d --- 焊钉直径）；圆柱头焊钉直径可在 $\phi 13$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 19$ 、 $\phi 22$ 中采用，通常采用 $\phi 16$ 和 $\phi 19$ 。

②验算内容

受力筋：

$$M \leq 0.9A_s f_y h_0 + M_1$$

式中， A_s ——外包混凝土中受拉侧的钢筋面积；

f_y ——受拉钢筋抗拉强度设计值；

h_0 ——受拉钢筋重心至混凝土受压区边缘的距离；

M_1 ——钢柱脚的受弯承载力，由于程序默认钢柱部分按铰接构造，所以该项为0。

箍筋：

$$V \leq b_e h_0 (0.7f_t + 0.5f_{yv} \rho_{sh})$$

式中， b_e ——外包层混凝土的截面有效宽度；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值；

ρ_{sh} ——水平箍筋的配箍率；

栓钉：一侧的栓钉数量应按下式确定：

$$n_v \geq \frac{N_F}{N_V^C}$$

式中： N_F --- 由于弯矩M的作用，在埋入的钢柱单侧翼缘产生的轴向压力，

可按下式计算： $N_F = \frac{M}{h_c} + \frac{N}{4}$

M --- 作用于钢柱埋入处顶部的弯矩；

h_c --- 埋入的钢柱的截面高度；

N_V^C --- 一个圆柱头焊钉受剪承载力设计值，按下式计算；

$$N_V^C = 0.43A_s\sqrt{E_c f_{cc}} \leq 0.7A_s\gamma f$$

A_s --- 圆柱头焊钉钉杆的截面面积；

E_c --- 混凝土的弹性模量；

f_{cc} --- 混凝土的轴心抗压强度设计值；

f --- 圆柱头焊钉所用钢材的抗拉强度设计值。

极限承载力：

抗弯极限承载力：

$$M_{u,base}^j \geq \eta_j M_{pc}$$

式中， $M_{u,base}^j = \min(M_{u1}, M_{u2})$

$$M_{u1} = \frac{M_{pc}}{(1 - l_r/l)}$$

$$M_{u2} = 0.9A_s f_{yk} h_0 + M_{u3}$$

c. 埋入式柱脚

① 构造要求

构造要求都同外包式柱脚。

② 验算内容

验算内容均同外包式柱脚，但需要注意验算时所采用的弯矩应按如下考虑：

$$M = M_0 + V \cdot S_d$$

其中： M_0 ——柱底弯矩；

V ——柱底剪力；

S_d ——钢柱埋入深度；

极限承载力：

抗弯极限承载力：

$$M_{u,base}^j \geq \eta_j M_{pc}$$

式中， M_{pc} ——同外露式柱脚

$$M_{u,base}^j = f_{ck} B_c l [\sqrt{(2l + h_b)^2 + h_b^2} - (2l + h_b)]$$

l ——基础顶面到钢柱反弯点的距离，可取柱底所在层层高的2/3；

B_c ——与弯矩作用方向垂直的柱身宽度，对工字型截面柱应取等效宽度；

h_b ——钢柱脚埋置深度。

5、支撑连接：

支撑实际内力小于指定值时（程序默认等强内力的1/5），连接节点按照1/2等强内力设计。实际内力大于指定值时，连接节点设计按照等强设计，即支撑连接节点设计所采用的轴力只与支撑的截面大小有关，而和支撑实际内力无关。

支撑节点一般为铰接构造铰接设计，但是对于工字型支撑，虽然是刚接构造，但是也偏

于安全只做铰接设计，同时由于工字型支撑在连接上同柱拼接，所以不按以下验算公式验算，

而按柱拼接验算。

(1) 节点类型

目前程序可对H型支撑、角钢、角钢组合、槽钢、槽钢组合、圆管的支撑进行节点设计。

(2) 构造要求

连接上除圆管和H型截面以外，均可以采用螺栓连接或焊缝连接，圆管为螺栓连接；H型支撑以悬臂短梁方式与梁柱连接翼缘对接坡口焊，腹板采用高强螺栓连接。

节点板尺寸应满足保证支撑中心线与梁柱交汇线交汇；如为单梁或单柱支撑，也应满足建模时轴线关系。

(3) 支撑节点设计

$$N_{br} = \mu \times A_{br} \times f_y$$

μ :截面承载力调整系数，可取0.5~1.0；

①螺栓连接，应满足下式验算

$$n_v^0 \geq \frac{N_{br}}{N_v^0}$$

②焊接连接，应满足下式验算：

$$N_{br}/(0.7h_{f1}l_{w1} + 0.7h_{f2}l_{w2}) \leq f_f^w$$

h_{f1}, h_{f2} : 两侧翼缘的连接焊缝高度。

③ 节点板选择

程序参考《钢结构设计标准》条文说明12.2.2条，按支撑内力选取节点板宽度。

④抗震构造要求

$$N_{ubr}^j \geq \eta_j A_{br} f_y$$

N_{ubr}^j : 连接的极限承载力，可按如下公式计算：

对螺栓连接： $N_{ubr}^j = n_{bolt} \times N_{vu}$

对焊缝连接： $N_{ubr}^j = 0.58A_{f1}^w f_u + 0.58A_{f2}^w f_u$

A_f^w : 焊缝的有效受力面积，1,2，为两侧；

f_u : 连接母材的极限承载力。

A:算例一

节点信息

原始信息

节点类型: 桁架(竖腹杆与双斜腹杆相交处)--H--H 节点形式: 栓焊

钢梁截面: HM440X300, 材料: Q235

左侧支撑截面: HW250X250, 材料: Q235

中间支撑截面: HW250X250, 材料: Q235

右侧支撑截面: HW250X250, 材料: Q235

材料设计强度: $f=215\text{N/mm}^2$, 屈服强度: $f_y=235\text{N/mm}^2$, 极限抗拉强度:

$f_u=370\text{N/mm}^2$

方位信息 :

左侧支撑和梁的夹角 $\theta=47.9^\circ$

中间支撑和梁的夹角 $\theta=90.0^\circ$

右侧支撑和梁的夹角 $\theta=47.9^\circ$

节点实际最大内力：

左侧支撑 $N = -487.54 \text{ kN}$ 组合类型(非地震组合)

中间支撑 $N = -202.52 \text{ kN}$ 组合类型(非地震组合)

右侧支撑 $N = 1199.12 \text{ kN}$ 组合类型(非地震组合)

HW250X250 截面面积为 $250 \times 14 \times 2 + (250 - 2 \times 14) \times 9 = 8998 \text{ mm}^2$ (按焊接截面考虑)

等强内力为： $215 \times 8998 = 1934.57 \text{ KN}$,等强内力的 $1/5$ 为 $1934.57/5 = 386.9 \text{ KN}$ 。

中间支撑内力 202.5 KN 小于等强内力的 $1/5$ ，节点设计内力应取等强内力的 0.5 倍。

腹板面积 $= (250 - 2 \times 14) \times 9 = 1998 \text{ mm}^2$ ，拉压承载力 $= 215 \times 1998 = 429.57 \text{ KN}$ ，其 $1/2$ 内力

$= 429.57 \times 0.5 = 241.8 \text{ KN}$ 。

单侧翼缘面积 $= 250 \times 14 = 3500 \text{ mm}^2$ ，拉压承载力 $= 215 \times 3500 = 752.5 \text{ KN}$ ，其 $1/2$ 内力 $= 752.5 \times 0.5 = 376.25 \text{ KN}$ 。

左右支撑节点实际受力大于等强内力的 $1/5$ ，按支撑截面等强度的条件确定。

腹板面积 $= (250 - 2 \times 14) \times 9 = 1998 \text{ mm}^2$ ，拉压承载力 $= 215 \times 1998 = 429.57 \text{ KN}$ ；

单侧翼缘面积 $= 250 \times 14 = 3500 \text{ mm}^2$ ，拉压承载力 $= 215 \times 3500 = 752.5 \text{ KN}$ 。

设计成果

(1)竖杆支撑腹板螺栓：型号：M20，等级:10.9级高强螺栓，类型：摩擦型高强螺栓（注：和悬伸支撑上的螺栓对称布置）

左侧支撑：螺栓个数： $n=4$ ，行 x 列 x 水平边距 x 水平中距 x 垂直边距 x 垂直中距：
 $2 \times 2 \times 50 \times 70 \times 40 \times 70$

中间支撑：螺栓个数： $n=4$ ，行 x 列 x 水平边距 x 水平中距 x 垂直边距 x 垂直中距：
 $2 \times 2 \times 50 \times 70 \times 40 \times 70$

右侧支撑：螺栓个数： $n=4$ ，行 x 列 x 水平边距 x 水平中距 x 垂直边距 x 垂直中距：
 $2 \times 2 \times 50 \times 70 \times 40 \times 70$

(2)悬伸支撑和支撑处的腹板连接板：

左侧支撑：尺寸：350x150x10，双连接板，材料：Q235

中间支撑：尺寸：350x150x10，双连接板，材料：Q235

右侧支撑：尺寸：350x150x10，双连接板，材料：Q235

(3)悬伸支撑和支撑翼缘采用全熔透坡口对接焊

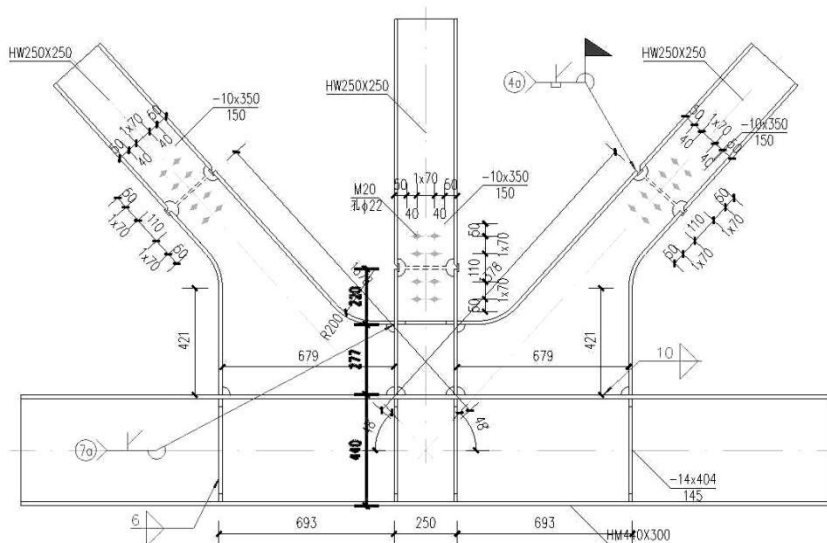
(4)悬伸支撑的翼缘和梁采用全熔透坡口对接焊，腹板和梁采用角焊缝焊接

左侧支撑：焊脚尺寸：Hf=10mm,焊缝长度lw=679-2x30-2x10=599mm

中间支撑：焊脚尺寸：Hf=10mm,焊缝长度lw=250-14x2-2x30-2x10=142mm

右侧支撑：焊脚尺寸：Hf=10mm,焊缝长度lw=679-2x30-2x10=599mm

(5)梁加劲肋厚度：14mm，梁腹板两侧各一块，对称布置，材料：Q235



二、验算结果

1、腹板螺栓抗剪承载力验算:

接触面的处理方法:抛丸 (喷砂)

接触面抗滑移系数: $\mu = 0.40$

高强螺栓预拉力 : $P = 155.00 \text{ kN}$

螺栓连接的剪切面数量: $nf = 2$

左侧支撑单个螺栓所受的剪力 $N_s=N_1/n=429.57/4=107.39$ kN

中间支撑单个螺栓所受的剪力 $N_s=N_1/n=214.79/4=53.70$ kN

右侧支撑单个螺栓所受的剪力 $N_s=N_1/n=429.57/4=107.39$ kN

单个螺栓抗剪承载力设计值 $N_{vb}=0.9 \cdot n_f \cdot \mu \cdot P=0.9 \times 2 \times 0.4 \times 155=111.6$ KN

$N_s \leq N_{vb}$ (满足)

2、悬伸支撑和支撑处的腹板连接板净截面面积验算:

腹板净截面面积 $A_{nw}=(250-14 \times 2-24 \times 2) \times 9=1566$ mm² ≤ 腹板拼接连接板净截面面积 $A_{nwPL}=(150-24 \times 2) \times 10 \times 2=2040.00$ mm² (满足)

3、悬伸支撑和支撑翼缘采用等强对接焊缝连接, 无需验算

4、悬伸支撑的翼缘和梁采用等强对接焊缝连接, 无需验算

取支撑的一半进行最不利受力计算, 即力取左侧支撑的全部轴力设计值及中间支撑轴力设计值的一半。其中, 水平剪力全部由腹板承担, 竖向拉力根据腹板和翼缘的面积进行分配。

悬伸支撑腹板竖向力:

$N_1=[(429.57+752.5 \times 2) \times \sin 47.88^\circ + 376.25 + 214.79/2] \times 700 \times 9 / (250 \times 14 \times 2 + 700 \times 9)$
 $=908.81$ kN, 误差在合理范围内

$B_f=1.22$, 取值正确

悬伸支撑腹板水平力: $V_1=(429.57+752.5 \times 2) \times \cos 47.88^\circ=1297.49$ KN,

$\sqrt{(N_1/B_f)^2 + (V_1)^2} = \sqrt{(908.81/1.22)^2 + 1297.49^2} = 1496.12$ KN <

$0.7 \cdot h_f \cdot 2 \cdot l_w \cdot f_{fw} = 0.7 \times 10 \times 2 \times 670 \times 160 / 1000 = 1500.80$ Kn

5、以左侧支撑为例进行验算:

螺栓连接系数 $\eta_1=1.30$, 焊缝连接系数 $\eta_2=1.25$

翼缘连接极限承载力: $N_{uf}=2 \times B \times T_f \times f_u=2 \times 250 \times 14 \times 370=2590.00$ KN, 计算正确

腹板连接极限承载力:

螺栓的抗剪极限承载力:

$N_{uw1}=n \cdot 0.58 \cdot n_f \cdot A_e \cdot f_u=4 \times 0.58 \times 2 \times 245 \times 1040=1182.27$ KN

螺栓孔拉脱的抗剪极限承载力：

$$Nu_{w2} = n \cdot d \cdot t \cdot f_{ub} \cdot 2 = 4 \times 20 \times 10 \times 370 \times 1.5 \times 2 = 888.00 \text{KN}$$

连接板净截面的抗拉极限承载力：

$$Nu_{w3} = (H - N_s \cdot (d + 4)) \cdot t \cdot f_u \cdot 2 = (150 - 2 \times (20 + 4)) \times 10 \times 370 \times 2 = 754.80 \text{KN}$$

腹板的净截面抗拉极限承载力：

$$Nu_{w4} = (H - 2T_f - N_s \cdot (d + 4)) \cdot t_w \cdot f_u = (250 - 2 \times 14 - 2 \times (20 + 4)) \times 9 \times 370 = 579.42 \text{KN}$$

$$Nu_{w5} = n \cdot e \cdot t \cdot f_u = 4 \times (50 - 24/2) \times 9 \times 370 = 506.16 \text{KN}$$

支撑腹板连接极限承载力取：

$$Nu_w = \min(Nu_{w1}, Nu_{w2}, Nu_{w3}, Nu_{w4}, Nu_{w5}) = 506.16 \text{KN}$$

$$\text{支撑连接极限承载力： } Nu_{br} = Nu_f + Nu_w = 2590.00 + 506.16 = 3096.16 \text{KN}$$

$$\text{腹板的屈服承载力： } N_{br1} = A \cdot f_y = 1998 \times 235 = 469.53 \text{KN}$$

$$\text{翼缘的屈服承载力： } N_{br2} = A \cdot f_y = 7000 \times 235 = 1645.00 \text{KN}$$

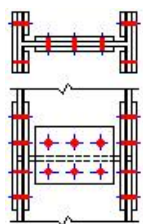
$$\begin{aligned} \text{支撑的屈服承载力之和： } N_{br} &= \eta_1 \cdot N_{br1} + \eta_2 \cdot N_{br2} \\ &= 1.3 \times 469.53 + 1.25 \times 1645.00 = 2666.64 \text{KN} \end{aligned}$$

$$N_{br} = 2666.64 \text{KN} \leq Nu_{br} = 3096.16 \text{KN} \text{ (满足)}。$$

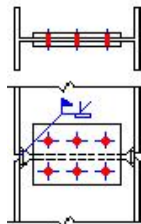
6、柱拼接连接：

(1) 节点类型

程序可对H 型截面面可进行柱拼接连接设计,两种节点形式如下：



腹板螺栓连接（双连接板）、翼缘螺栓连接



翼缘对接焊、腹板螺栓连接（双连接板）

(2) 构造要求

腹板和翼缘采用螺栓连接时，应满足GB50017表11.5.2中螺栓排布的间距和边距要求。

翼缘拼接连接采用完全焊透的坡口对接焊缝连接时，拼接连接处腹板上的弧形切口和衬板的尺寸，通常是由焊接作业要求来确定；

(3) 节点验算：

程序提供两种设计方法：等强设计和实用设计；

等强设计：H 型截面的螺栓连接节点采用受弯承载力等强连接的设计方法，剪力按腹板净截面抗剪等强考虑，即： $V_n = A_n \times f_v$ 。内力分配上采用精确设计法，且弯矩分配系数 ϕ 取1。

实用设计：采用于柱拼接连接节点处的内力，当连接处的内力小于柱承载力设计值的一半时，从柱的连续性来衡量拼接连接节点的性能，其设计用内力应取柱承载力设计值的1/2。

对于有抗震构造要求的结构来说，还应按规范验算连接的极限受弯承载力；

$$M_{uc,sp}^j \geq \eta_j M_{pc}$$

其中： $M_{uc,sp}^j$ ：柱拼接连接的极限承载力；

η_j ：连接系数；

M_{pc} ：柱考虑轴力的塑性受弯承载力。

拼接采用螺栓连接时，应符合下列要求：

$$\begin{aligned} \text{翼缘 } nN_{cu}^b &\geq 1.2A_f f_{ay} \text{ 且 } nN_{vu}^b \geq 1.2A_f f_{ay} \\ \text{腹板 } N_{cu}^b &\geq \sqrt{V_U/n^2 + N_M^b} \text{ 且 } N_{vu}^b \geq \sqrt{V_U/n^2 + N_M^b} \end{aligned}$$

式中： N_{vu}^b 、 N_{cu}^b ——一个螺栓的极限受剪承载力和对应的板件极限承压力；

A_f ——翼缘的有效截面面积；

N_M^b ——腹板拼接中弯矩引起的一个螺栓的最大剪力；

n ——翼缘拼接或腹板拼接一侧的螺栓数。

螺栓孔对柱截面的削弱率校核：

$$\mu_R = \frac{A_R}{A_0} \times 10\% < 25\%$$

A_R ——螺栓孔的削弱面积；

A_0 ——柱的毛截面面积。

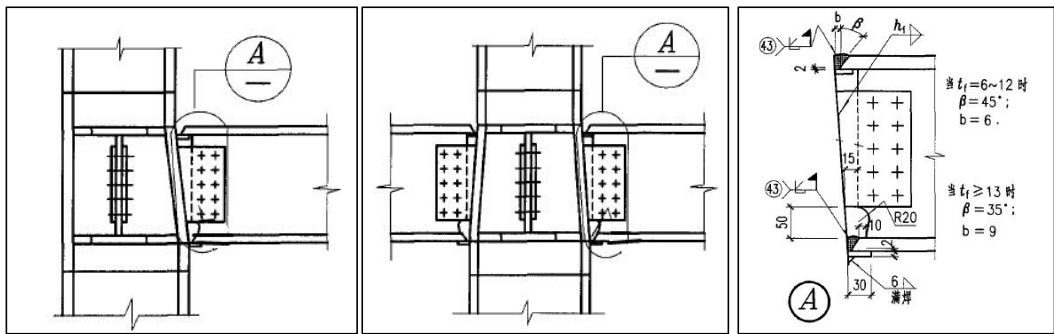
(4) 连接耳板

为确保柱的拼接连接节点的安装质量和架设的安全，在柱的拼接处设置安装耳板作为临时固定。此时安装耳板的长度、宽度和厚度及其连接焊缝、临时固定的螺栓数目，根据柱子安装单元的自重和安装时可能出现的最大阵风以及其它施工荷载来确定。但安装耳板的厚度不小于10mm；安装耳板与柱的连接，当采用双面角焊缝时，其焊脚尺寸不小于8mm；连接螺栓数目上柱和下柱各为3个，直径不小于20mm；安装耳板的长度和宽度根据连接螺栓设置的构造要求和焊接操作的极限尺寸来确定。

(5) 柱需要改变截面时，一般应尽可能地保持截面高度不变，而采用改变翼缘厚度（或板件厚度）的办法。若需改变柱截面高度时，一般常将变截面段设于梁与柱连接节点处，使柱在层间保持等截面。这样，柱外带悬臂梁段的不规则连接在工厂完成，以保证制作和安装质量。

变截面段的坡度，一般可在1:4~1:6的范围内采用，通常取1:5或1:6。

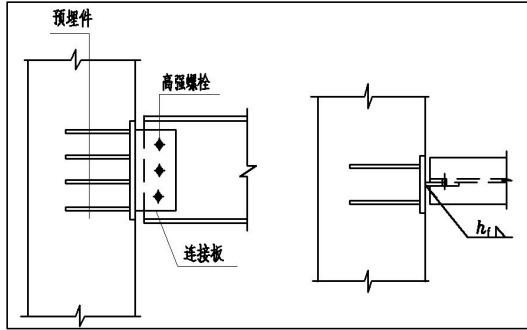
目前程序支持的突变截面形式的柱为：H型截面，圆管截面，箱型截面和十字型截面，节点形式如下：



7、 钢梁与混凝土构件节点技术条件

(1) 节点类型

目前程序支持的钢梁与混凝土构件的节点为铰接连接节点，该连接方式的基本做法是：在钢筋混凝土构件中设置预埋件，将焊在预埋件上的竖向钢板与钢梁腹板用高强螺栓连接，节点形式如下：



(2) 构造要求

依据《混凝土结构设计规范》9.7.1受力预埋件的锚板宜采用Q235、Q345级钢，锚板厚度应根据受力情况计算确定，且不宜小于锚筋直径的60%，受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于 $b/8$ ， b 为锚筋的间距。

受力预埋件的锚筋应采用HRB400或HPB300，不应采用冷加工钢筋。

《混凝土结构设计规范》9.7.4预埋件的受力直锚筋直径不宜小于8mm，且不宜大于25mm.直锚筋数量不宜少于4根，且不宜多于4排；受剪预埋件的直锚筋可采用2根。

受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度不应小于本规范第8.3.1条规定的受拉钢筋锚固长度。

(3) 连接验算

预埋件验算：

锚筋面积按混凝土结构设计规范GB 50010-2010公式9.7.2-3、9.7.2-4取两者较大值计算，锚固长度按混凝土结构设计规范GB 50010-2010公式8.3.1-1计算。

$$A_s \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4N_z}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y z}$$

$$A_s \geq \frac{M - 0.4N_z}{0.4\alpha_r \alpha_b f_y z}$$

上述公式中的系数 α_v 、 α_b ，应按下列公式计算：

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_y}}$$

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d}$$

当 α_v 大于0.7时，取0.7；当采取防止锚板弯曲变形的措施时，可取 $\alpha_b = 1$ 。

式中： f_y —锚筋的抗拉强度设计值，按混凝土结构设计规范第4.2节采用，但不应大

于300N/mm²;

V_剪力设计值;

N_法向拉力或法向压力设计值,法向压力设计值不应大于0.5fcA,此处,A为锚板的面积;

M_弯矩设计值;并考虑偏心弯矩的作用;

α_r _锚筋层数的影响系数;当锚筋按间距布置时:两层取1.0;三层取0.9;四层取0.85;

α_v _锚筋的受剪承载力系数;

d_锚筋直径;

α_b _锚板的弯曲变形折减系数;

t_锚板厚度;

z_沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离。

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d$$

式中: l_{ab} _受拉钢筋的基本锚固长度;

f_y _锚筋的抗拉强度设计值;

f_t _混凝土轴心抗拉强度设计值,当混凝土强度等级高于C60时,按C60取值;

d_锚筋直径;

当纵向受拉普通钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时,包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度(投影长度)可取为基本锚固长度 l_{ab} 的60%。

螺栓验算

对于螺栓群侧向受弯剪的验算,可按第三章3.2螺栓连接,其中剪力取端部剪力,弯矩取螺栓群中心到柱外皮边缘的距离作为偏心距时,该剪力产生的附加弯矩,即: $M_e = V \times e$; 公式如下:

$$N_{v1} = \frac{V}{n_{bolt}}$$

$$N_{v2} = \frac{N}{n_{bolt}}$$

$$N_{vx} = \frac{M \times y_{max}}{\sum(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$N_{vy} = \frac{M \times x_{max}}{\Sigma(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$N_v = \sqrt{(N_{v1} + N_{vy})^2 + (N_{v2} + N_{vx})^2} \leq N_v^b$$

连接板验算

连接板为受弯剪的板件，内力取法同螺栓计算时内力的取法，可按第三章三.5条来进行验算，但需注意净截面要求。一般连接板净截面面积不应小于梁腹板的净截面面积；公式如下：

$$\sigma = \frac{M \times y_i}{I_n} \leq f$$

$$\tau = \frac{VS_n}{I_n t_w} \leq f_v$$

焊缝验算

焊缝可按照第三章三.1条进行

(4) 参数设置

锚筋级别由两种选择HPB300和HRB400；

锚筋初始直径选择在8~40之间；

参数	值
☐ 预埋件参数	
锚筋级别	HRB400
锚筋初始直径d(mm)	16
☐ 侧面连接参数	
间隙s	10

A:算例一

钢梁与砼墙铰接连接：

梁截面: HN800x300x14x26

砼墙截面： t=500mm

钢号： Q345

砼等级： HRB400

弯矩M (kN*m) : 0

剪力V (kN) : 165.23

10.9 级高强度螺栓摩擦型连接

螺栓直径 D = 20 mm

构件接触面处理：喷砂

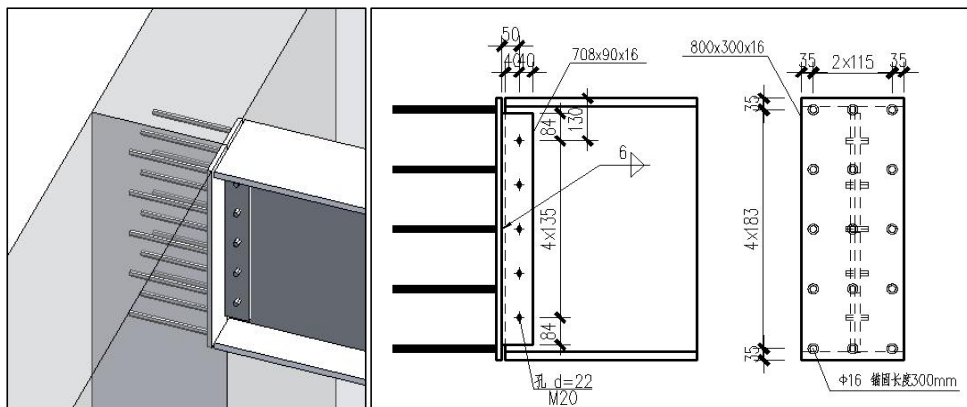
腹板螺栓排列：行中距： 135, 行边距： 84

行数:5, 列数:1

梁腹板拼接连接板：单连接板

钢梁腹板与混凝土构件之间的距离(mm)： 10

锚筋钢筋级别：HPB300



1) 螺栓验算:

则螺栓所受的合力(单剪面)为:

$$N_v = \frac{V}{n_{\text{bolt}}} = \frac{165.23}{5} = 33.05 \text{KN}$$

$$N_v = \frac{M \times y_{\text{max}}}{\Sigma(x_i^2 + y_i^2)} = \frac{165.23 \times 50 \times 270}{2 \times (135^2 + 270^2)} = 12.23 \text{KN}$$

$$N_v = \sqrt{(33.05)^2 + (12.23)^2} = 35.24 \text{KN}$$

2) 腹板连接板净截面验算:

梁腹板连接板: 90×708×16

净截面最大正应力:

$$\sigma = \frac{M \times y_i}{I_n} = \frac{165.23 \times 50 \times 354 \times 1000}{[16 \times 708^3/12 - 16 \times 22 \times 2 \times (135^2 + 270^2)]} = 7.15 \text{N/mm}^2$$

净截面最大剪应力:

$$\tau = \frac{1.5V}{S} = \frac{1.5 \times 165.23 \times 1000}{16 \times 708} = 21.88 \text{N/mm}^2$$

3) 腹板连接板焊缝验算:

角焊缝长度: 708 mm 焊脚尺寸: 6 mm

角焊缝最大应力:

$$\begin{aligned} \tau_f &= \frac{V}{h_e l_w} = \frac{165.23 \times 1000}{2 \times 0.7 \times 6 \times 696} = 28.26 \\ \sigma_{ff} &= \frac{M}{W_{cw}} = \frac{165.23 \times 50 \times 1000}{1.22 \times 2 \times 0.7 \times 6 \times 696^2 / 6} = 9.99 \\ &\sqrt{(28.26)^2 + (9.99)^2} = 29.97 \text{KN} \end{aligned}$$

4) 梁腹板净截面验算:

净截面最大正应力:

腹板高 $h_w=748\text{mm}$

$$\sigma = \frac{M \times y_i}{I_n} = \frac{165.23 \times 50 \times 374 \times 1000}{[14 \times 748^3 / 12 - 14 \times 22 \times 2 \times (135^2 + 270^2)]} = 7.15 \text{N/mm}^2$$

净截面最大剪应力:

$$\tau = \frac{1.5V}{S} = \frac{1.5 \times 165.23 \times 1000}{14 \times 748} = 23.67 \text{N/mm}^2$$

5) 预埋件验算

锚板上锚筋总根数: 15

锚筋排列: 5行3列, 行边距35mm, 行间距183mm, 列边距35mm, 列间距115mm

1 锚件群受力计算

计算控制内力组合号: 8

对应的组合内力值:

$$V = -165.23 \text{ kN}, \quad M_y = V \times e = -165.23 \times 50 = -8.26 \text{ kN.m}$$

锚筋的抗拉强度设计值: $f_y=270 \text{ N/mm}^2$

锚筋层数的影响系数: $\alpha_r=0.85$

锚筋的受剪承载力系数: $\alpha_v=0.63$

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_y}} = (4.0 - 0.08 \times 16) \sqrt{\frac{14.3}{270}} = 0.63$$

锚板的弯曲变形折减系数： $\alpha_b=0.85$

$$\alpha_b = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d} = 0.6 + 0.25 \frac{16}{16} = 0.85$$

沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离： $z=730 \text{ mm}$

按混凝土结构设计规范GB 50010-2010公式9.7.2-3、9.7.2-4计算：所需锚筋面积：

$$A_{smin} \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4N}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y Z} = \frac{165.23}{0.85 \times 0.63 \times 270} + \frac{8.26}{1.3 \times 0.85 \times 0.85 \times 270 \times 730} \\ = 1187.42 \text{ mm}^2$$

锚筋总面积：

$$A_s = 15 \times \pi \times 16^2 / 4 = 3014.4 \text{ mm}^2$$

$A_s > A_{smin}$ ，满足要求。

2 锚筋锚板构造

锚固长度限值计算：

锚固长度按混凝土结构设计规范GB 50010-2010公式8.3.1-1计算：

锚固钢筋的外形系数： $\alpha=0.16$

钢筋的抗拉强度设计值： $f_y=270 \text{ N/mm}^2$

锚固钢筋的直径： $d=16 \text{ mm}$

混凝土轴心抗拉强度设计值： $f_t=1.43 \text{ N/mm}^2$

基本锚固长度 $l_{ab}=\alpha \times f_y / f_t \times d=482.38 \text{ mm}$

最小锚固长度 $l_a=\zeta_a \times l_{ab}=1.0 \times 482.38=482.38 \text{ mm}$

受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 $15d=240 \text{ mm}$

8.3.3 当纵向受拉普通钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时，包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度(投影长度)可取为基本锚固长度 l_{ab} 的60%。

锚固长度为 300 mm ，满足要求。

锚板厚度限值计算：

混凝土结构设计规范GB 50010-2010 9.7.1规定，锚板厚度宜大于锚筋直径的0.6倍

锚板厚度限值： $T_{min1}=0.6 \times 16=9.6 \text{ mm}$

锚筋列间距： $b=115 \text{ mm}$

混凝土结构设计规范GB 50010-2010 9.7.1规定，受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于 $b/8$

锚板厚度限值： $T_{min2}=115/8=14.4 \text{ mm}$

锚板厚度为16 mm，满足要求。

B:算例二

钢梁与砼柱刚接连接：

钢梁截面：H450X200X8X12 材料：Q235

混凝土构件截面：500X500 材料：C30

设计方法

梁翼缘的塑性截面模量比：

$$W_{pf} = B \times T_f \times (H - T_f) = 200 \times 12 \times (450 - 12) = 10.51 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pw} = (H - 2 \times T_f)^2 \times T_w / 4 = (450 - 2 \times 12)^2 \times 8 / 4 = 3.63 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

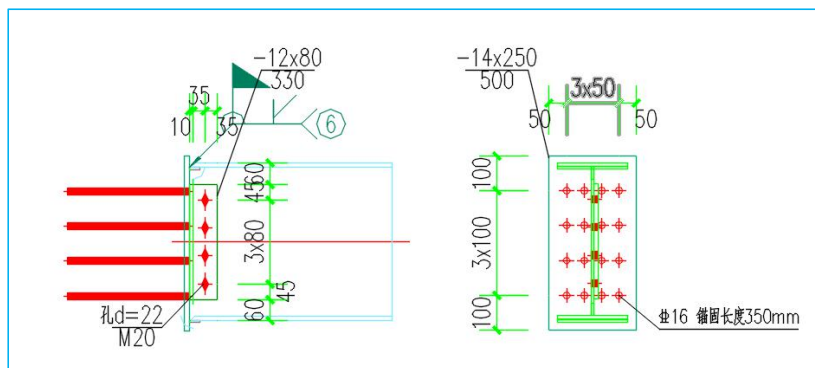
$$W_{pf} / (W_{pf} + W_{pw}) = 0.74 > 0.7$$

由于比值大于0.7，采用常用设计法。

控制内力组合：水平地震为主的组合

承载力抗震调整系数取值：0.75

梁端设计剪力： $V = -81.22 \text{ kN}$ ，设计弯矩： $M = -105.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，设计轴力： $N = 0.00 \text{ kN}$



设计成果：

连接板：形式单连接板（单剪） 尺寸80x330x12 材料Q235

锚板：尺寸250x500x14 材料Q235

连接板与锚板双面角焊缝（工厂焊），焊脚高度5mm，焊缝长度330mmx2

梁翼缘与锚板全焊透V型坡口对接焊缝

锚筋：直径16mm 材料HRB400 总根数：16 锚筋排列：4行4列，锚固长度350，行边距100mm，行间距100mm，列边距50mm，列间距50mm

螺栓：直径：M20 等级：高强螺栓10.9级 总个数：4 螺栓排列：4行1列，行边距45mm，行间距80mm，列边距35mm，列间距70mm

1) 腹板连接板净截面验算：

连接板净高： $h_0 = 330 - 24 \times 4 = 234 \text{ mm}$

连接板净截面积： $A_n = 234 \times 12 = 2808 \text{ mm}^2$

连接板净截面抗剪强度设计值： $f_v = 125.00 \text{ N/mm}^2$

连接板净截面剪应力： $\tau = 1.5 \cdot V / A_n = 1.5 \times 81.22 \times 1000 \times 0.75 / 2808 = 32.54 \text{ N/mm}^2 \leq 125.00 \text{ N/mm}^2$ （满足）

连接板净截面抗弯强度设计值： $f = 215.00 \text{ N/mm}^2$

连接板净截面最大正应力： $\sigma = M / W_n = 0 / 161610 = 0 \text{ N/mm}^2 \leq 215 \text{ N/mm}^2$ （满足）

2) 锚板验算：

锚板受力验算：略

锚板厚度构造要求：

不宜小于锚筋直径的60%： $0.6 \cdot d = 0.6 \times 16 = 10 \text{ mm} \leq 14 \text{ mm}$ （满足）

受拉和受弯预埋件的锚板厚度尚宜大于 $b/8$ ， b 为锚筋的间距： $b/8 = 100/8 = 13 \text{ mm} \leq 14 \text{ mm}$ （满足）

3) 连接板与锚板连接焊缝验算：

焊脚高度 $h_f = 5 \text{ mm}$

单条焊缝计算长度 $l_w = 330 - 2 \times 5 = 320 \text{ mm}$

连接板与锚板连接焊缝强度设计值 $f = 160.00 \text{ N/mm}^2$

焊缝强度设计值折减系数 $\alpha_f=1.5-320/(120 \times 5)=0.966$

连接板与锚板连接焊缝最大应力计算值 $f_{\max}=0.75 \times 81.22 \times 1000 / (0.7 \times 5 \times 2 \times 320) = 27.20 \text{ N/mm}^2 \leq 160 \times 0.966 = 154.67 \text{ N/mm}^2$ (满足)

4) 锚板与梁翼缘连接焊缝验算:

锚板与梁翼缘连接焊缝强度设计值 $f = 215.00 \text{ N/mm}^2$

锚板与梁翼缘连接焊缝最大应力计算值 $f_{\max} = 0.75 \times 105.76 \times 10^6 / [200 \times 12 \times (450 - 12)] = 75.46 \text{ N/mm}^2 \leq 215.00 \text{ N/mm}^2$ (满足)

5) 锚筋验算:

单根锚筋面积: $A_{s1} = 201 \text{ mm}^2$

锚筋强度设计值: $f = 300.00 \text{ N/mm}^2$

所需锚筋总面积:

由《混规》9.7.2-3式:

$$A_{s\min} \geq \frac{V-0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M-0.4N}{1.3\alpha_r \alpha_b f_y Z} = \frac{81.22 \times 0.75 \times 10^3}{0.85 \times 0.594 \times 300} + \frac{105.76 \times 0.75 \times 10^6}{1.3 \times 0.85 \times 0.82 \times 300 \times 300} = 1376 \text{ mm}^2$$

由《混规》9.7.2-4式:

$$A_{s\min} \geq \frac{M-0.4N}{0.4\alpha_r \alpha_b f_y Z} = \frac{105.76 \times 0.75 \times 10^6}{0.4 \times 0.85 \times 0.82 \times 300 \times 300} = 3166 \text{ mm}^2$$

取 $A_{s\min} = 3166 \text{ mm}^2$

$A_s = 201 \times 16 = 3216 \text{ mm}^2 > 3166 \text{ mm}^2$ (满足)

锚固长度构造要求:

基本锚固长度 $l_{ab} = \alpha \cdot f_y / f_t \cdot d = 0.14 \times 360 \times 16 / 1.43 = 564 \text{ mm}$

最小锚固长度 $l_a = \zeta_a \cdot l_{ab} = 1.0 \times 564 = 564 \text{ mm}$

受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 $15d = 15 \times 16 = 240 \text{ mm}$

依据《混凝土结构设计规范》GB50010, 8.3.3条规定当纵向受拉普通钢筋末端采用弯钩或机械锚固措施时, 包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度(投影长度)可取为基本锚固长度 l_{ab} 的60%, $564 \times 0.6 = 338 \text{ mm}$

锚固长度取为 350 mm, 满足要求。(满足)

锚筋的最大、最小间距、边距构造要求:

预埋件锚筋中心至锚板边缘的距离不应小于 $2d=32\text{mm}$ 和 20mm 。（满足）

锚筋的间距 b 、 b_1 和锚筋至构件边缘的距离 c 、 c_1 ，均不应小于 $3d=48\text{mm}$ 和 45mm 。（满足）

锚筋的间距 b_1 和锚筋至构件边缘的距离 c_1 不应小于 $6d=96\text{mm}$ 和 70mm 。（满足）

锚筋的间距 b 及 b_1 不应大于 300mm 。（满足）

6) 螺栓验算：

单个螺栓的抗剪强度设计值为： $N_{vb} = \text{Ratio} \cdot 0.9 \cdot n_f \cdot u \cdot P = 1 \times 0.9 \times 1 \times 0.4 \times 155 = 55.80\text{KN}$

单个螺栓所受的最大剪力为： $N_v = 81.22 \times 0.75 / 4 = 15.23\text{KN} \leq N_{vb} = 55.80\text{KN}$ （满足）

7) 梁腹板净截面验算：

梁腹板净高： $h_0 = 450 - 12 \times 2 - 24 \times 4 = 330\text{mm}$

梁腹板净截面积： $A_n = 330 \times 8 = 2640\text{mm}^2$

梁腹板净截面抗剪强度设计值： $f_v = 125.00\text{N/mm}^2$

梁腹板净截面剪应力： $\tau = 1.2 \cdot V / A_n = 1.2 \times 81.22 \times 1000 \times 0.75 / 2640 = 27.69\text{N/mm}^2 \leq 125.00\text{N/mm}^2$ （满足）

梁腹板净截面抗弯强度设计值： $f = 215.00\text{N/mm}^2$

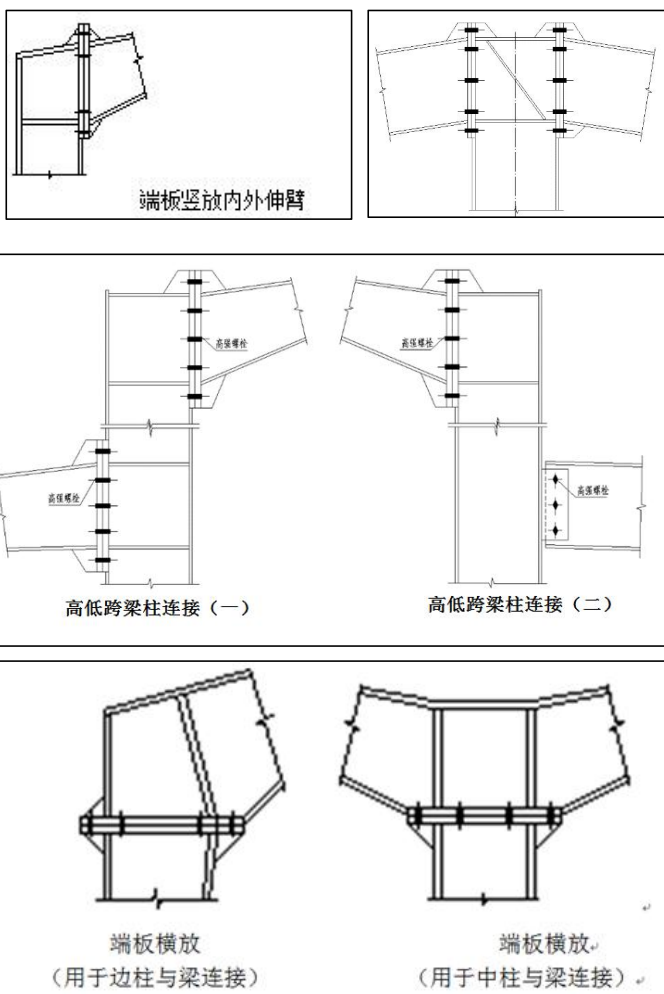
梁腹板净截面最大正应力： $\sigma = M / W_n = 0 / 212950 = 0.00\text{N/mm}^2 \leq 215.00\text{N/mm}^2$ （满足）

第四章 门式刚架连接节点设计

本章所述及的门式刚架连接节点设计，主要涉及到目前程序已经具有的连接节点形式，包括梁与柱的连接节点设计、梁梁拼接连接节点设计、屋脊连接节点设计、支撑与梁柱的连接构造，以及柱脚的连接节点设计。

一、梁、柱连接节点

斜梁与柱的连接，目前程序设计的节点采用的是端板竖放内外伸臂和端板横放内外伸臂形式。



高强度螺栓计算

主刚架构件的连接采用高强度螺栓，高强度螺栓直径可根据需要选用。

由于弯矩作用方向垂直于端板，故螺栓为受拉状态，可按如下两种设计假定来进行验算：

算法 1：假定中和轴在受压翼缘中心

算法参见第三章第三节的第 2 条螺栓连接

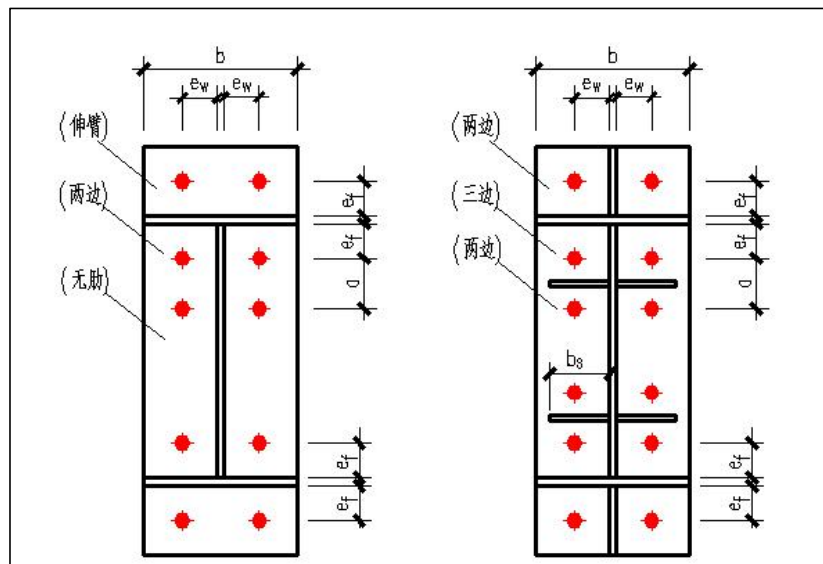
算法 2：假定中和轴在螺栓群中心

算法参见第三章第三节的第 2 条螺栓连接

设计弯矩和剪力按构件端部的弯矩和剪力确定，弯矩取所有内力组合中的最大值，剪力取所有内力组合中轴力和剪力向平行端板方向分解所得分力的最大值，忽略垂直端板方向的分力。若端部轴力为拉力时，也需要考虑拉力对螺栓群的不利影响。

端板厚度计算

端板的厚度 t 按下列公式计算，但不小于 16mm。



端板的支承条件

(1) 伸臂类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f N_t}{bf}}$$

(2) 无加劲肋类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{3e_w N_t}{(0.5a + e_w)f}}$$

(3) 两边支承类端板

当端板外伸时:

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f e_w N_t}{[e_w b + 2e_f(e_f + e_w)]f}}$$

当端板平齐时

$$t \geq \sqrt{\frac{12e_f e_w N_t}{[e_w b + 4e_f(e_f + e_w)]f}}$$

(4) 三边支承类端板

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f e_w N_t}{[e_w(b + 2b_s) + 4e_f^2]f}}$$

式中和图中 N_t ——一个高强度螺栓的拉力设计值;

e_w 、 e_f ——分别为螺栓中心至腹板和翼缘板表面的距离;

b 、 b_s ——分别为端板和加劲肋板的宽度;

a ——螺栓的间距;

f ——端板钢材的抗拉强度设计值。

构件与端板连接焊缝计算

翼缘处焊缝厚度根据翼缘处垂直端板方向分力计算, 腹板处焊缝厚度根据平行端板方向

分力计算。

腹板强度计算

刚架构件的翼缘和腹板与端板的连接, 在端板设置螺栓处, 程序按门刚规范 GB51022 第 10.2.7-4 条验算构件腹板的强度:

$$\text{当 } N_{t2} \leq 0.4P \text{ 时 } \quad \frac{0.4P}{e_w t_w} \leq f$$

$$\text{当 } N_{t2} \geq 0.4P \text{ 时 } \quad \frac{N_{t2}}{e_w t_w} \leq f$$

式中 N_{t2} ——翼缘内第二排一个螺栓的轴向拉力设计值；

P ——高强度螺栓的预拉力；

e_w ——螺栓中心至腹板表面的距离；

t_w ——腹板的厚度；

f ：腹板钢材的抗拉强度设计值。

当不满足上述公式的要求时，程序自动设置腹板加劲肋。腹板加劲肋可以间隔1个螺栓设置，也可以间隔2个螺栓设计，由程序根据腹板强度验算结果自动确定。端板外伸部分的加劲肋，腹板加劲肋的尺寸和连接焊缝根据螺栓拉力通过计算确定。

节点域计算：

在门式刚架斜梁与柱连接的节点域，程序按规程门刚规范GB51022 第10.2.7-3条验算节点域的剪应力，当不满足要求时，程序自动设置斜加劲肋。

$$\tau \leq f_v$$

$$\tau = \frac{M}{d_b d_c t_c}$$

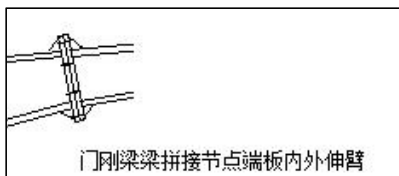
式中： d_c 、 t_c ——分别为节点域的宽度和厚度；

d_b ——斜梁端部高度或节点域高度；

M ——节点承受的弯矩，对多跨刚架中间柱处，应取两侧斜梁端弯矩的代数和或柱端弯矩；

f_v ——节点域钢材的抗剪强度设计值。

二、梁拼接节点



采用端板内外伸臂连接，设计弯矩取所有内力组合中弯矩的最大值，设计剪力取所有内力组合中轴力和剪力向平行端板方向分解所得分力的最大值，并忽略垂直端板方向

的分力。由于梁拼接点处可能存在反向弯矩，因此，程序按最大弯矩求得所需抗拉螺栓数目，在上下翼缘处布置了相同数目的螺栓，并进行了抗剪计算。端板厚度和焊缝焊脚尺寸计算同梁柱连接节点。

三、屋脊节点



采用端板内外伸臂连接，设计弯矩和剪力按梁连接端的弯矩和剪力确定，设计弯矩取所有内力组合中弯矩的最大值，设计剪力取所有内力组合中轴力和剪力向平行端板方向分解所得分力的最大值，并忽略垂直端板方向的分力。端板厚度和焊缝焊脚尺寸计算同梁柱连接节点。

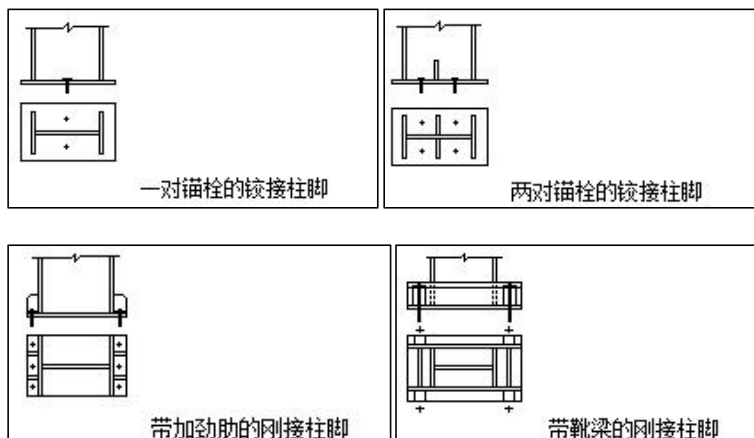
四、抗风柱连接节点（铰接）

目前程序用于摇摆柱柱顶节点形式：设计剪力取所有内力组合中构件轴力向平行端板方向分解所得分力的最大值，根据参数数据程序自动计算和排列所需高强度螺栓。

程序支持的节点形式分别为：长圆孔连接和弹簧板连接、端板连接三种节点形式。

五、柱脚

柱脚提供四种形式：铰接柱脚两种，刚接柱脚两种。



柱脚底板尺寸，加劲肋尺寸，根据柱脚受力由程序自动计算和布置。程序考虑了柱脚受拉时锚栓的抗拉强度验算。当柱脚存在 $V>0.4N$ 的内力组合时，程序会提示设置抗剪键，其作用是将柱底剪力传到基础，而不是由柱脚锚栓承担。

A: 算例一 梁柱节点

梁截面: H(350-500)X200X8X10

柱截面: H(250-450)X200X10X12

钢号: Q235

弯矩M (kN*m) : -16.95

剪力V (kN) : -6.27

轴力 (KN) : -4.64

10.9 级高强度螺栓摩擦型连接

螺栓直径 $D = 20 \text{ mm}$

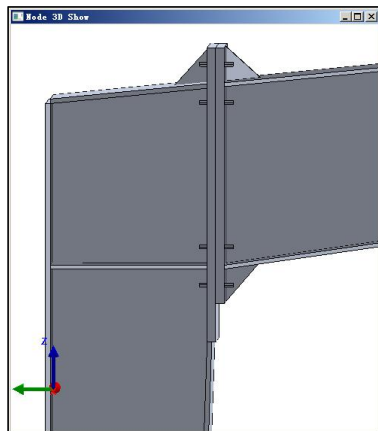
构件接触面处理: 喷砂

螺栓布置: 上翼缘外螺栓边距46, 距翼缘45, 上翼缘内螺栓距离: 55,

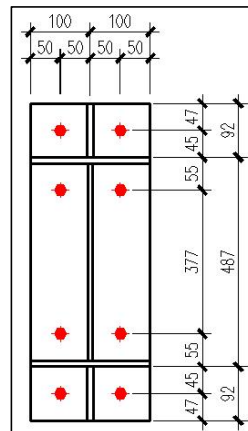
下翼缘内螺栓距离: 55, 下翼缘外螺栓边距46, 距翼缘45 螺栓X向中心距50

设计方法: 中和轴在受压翼缘中心

当前组合: 非地震组合



节点效果图



连接节点图

(a)承载力验算:

高强螺栓承载力: 直径M20, $F_{tb} = 0.8 \times 155 = 124\text{KN}$, $F_{vb} = 0.9 \times 0.45 \times 155 = 62.775\text{KN}$,

受拉翼缘螺栓承载力系数

$$K = 2 + 2\Sigma y_i^2/h^2 = 2 + 2(427^2)/(477^2) = 3.603$$

受拉区螺栓最大拉力: $F_t = M/kh = 16.95 \times 10^3/(3.603 \times 487) = 9.66\text{KN} < F_{tb}$

受压翼缘螺栓最大剪力:

$$V_{\max} = [6.27 \times \cos(5.71) + 4.64 \times \sin(5.71)]/4 = 1.67\text{KN} < F_{vb}$$

端板厚度验算:根据端板支承条件每个螺栓验算后取最大值;

最大厚度是端板外伸时

$$t \geq \sqrt{\frac{6e_f e_w N_t}{[e_w b + 2e_f(e_f + e_w)]f}} = \sqrt{\frac{6 \times 45 \times 50 \times 124 \times 10^3}{[50 \times 200 + 2 \times 45(45 + 50)] \times 205}} = 21\text{mm}$$

端板厚度取22mm;

梁与端板焊接方式: 翼缘坡口焊, 腹板角焊缝, 腹板角焊缝尺寸: 6 mm;

$$\sigma_{Nc} = \frac{N}{2A_F + A_{eww}} = \frac{4.64 \times \cos(5.71) \times 10^3 + 6.27 \times \sin(5.71) \times 10^3}{2 \times 200 \times 10 + 2 \times 0.7 \times 6 \times 467} = 0.7\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{Mc} = \frac{M}{W_F} = \frac{16.95 \times 10^6}{1227333.1} = 13.8\text{N/mm}^2$$

$$\tau_v = \frac{V}{A_{eww}} = \frac{6.27 \times \cos(5.71) \times 10^3 + 4.64 \times \sin(5.71) \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 6 \times 467} = 1.7\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{fs} = \sqrt{[(\sigma_{Nc} + \sigma_{Mc})/1.22]^2 + \tau_v^2} = 12\text{N/mm}^2$$

端板上梁翼缘外侧的加劲肋尺寸: 91×91, 厚 10 mm

板件控制剪力取为螺栓最大轴拉力设计值: 9.86 kN

板材最大应力:

$$\tau_r = V_r/h_r/t_r = 9.86 \times 10^3/80/10 = 12.3$$

加劲肋焊脚尺寸: 6 mm

角焊缝最大应力: $\tau_r = V_r/(2 \times 0.7 \times h_f \times l_w) = 17$

柱节点域验算:柱截面: 变截面H(250-450)X200X10X12

节点域体积 $V_p = d_b * d_c * t_c = 44.3 * 41.0 * 1.0 = 1816.363 \text{cm}^3$

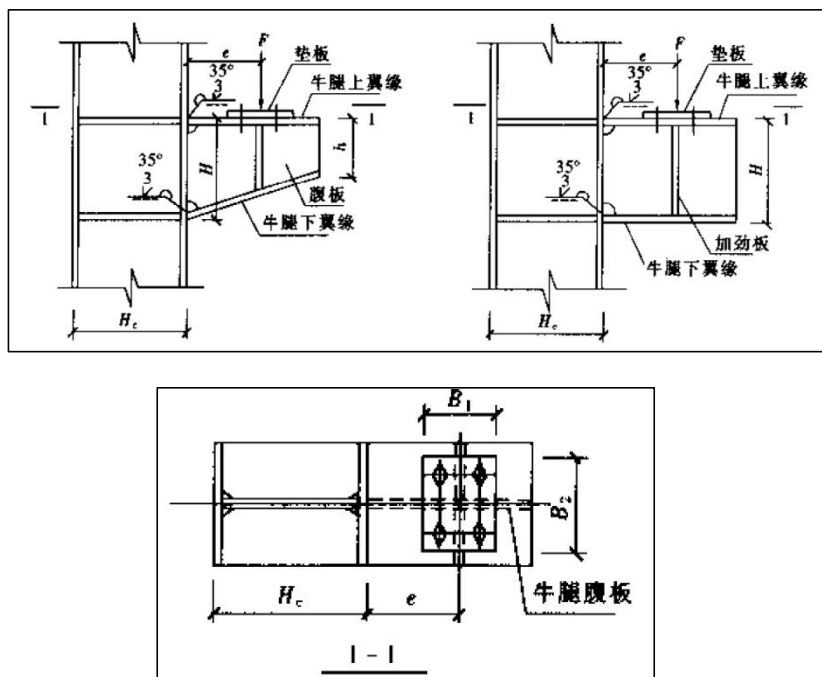
计算控制组合: $1.35 * \text{恒载} + 0.98 * \text{活载}$

节点域剪应力: $f_v = M / V_p = 16.949 / 1.816$

$f_v = 9.33 \leq 125.00 \text{ N/mm}^2$

六、牛腿

1. 节点形式:



2. 牛腿节点生成规则是：布置了吊车荷载，程序根据吊车荷载所在位置搜索对应柱相应高度范围内长度小于等于 2m 的悬挑梁，将该悬挑梁自动作为牛腿设计。

3. 牛腿的构造：牛腿的构造系由上、下盖板和腹板组成的工字形截面，并与柱翼缘对焊。为了加强牛腿的刚度，宜在集中力 F 作用的对应处，上盖板表面设置垫板，腹板的两边设横向加劲肋。为了防止柱翼缘的变形，在牛腿的上、下盖板与柱翼缘同一标高处，应设置柱的横向加劲肋。

4. 牛腿计算时的竖向压力 (kN) 取根据吊车布置按影响线计算得到的 D_{\max} ；牛腿竖向压力距柱边距离 e (mm) 取吊车工作区域参数中与相应网格线的偏心；

作用于牛腿根部的剪力为 $V = D_{\max}$ ，弯矩为 $M = V * e$ 。

牛腿强度的计算：

正应力:

$$\sigma = \frac{M}{hA_{fn}} \leq f$$

剪应力:

$$\tau = \frac{V}{A_w} \leq f_v$$

腹板计算高度边缘折算应力:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1.1f$$

式中: h ——牛腿根部的高度;

A_{fn} ——牛腿上翼缘或下翼缘的净截面面积;

A_w ——牛腿腹板截面面积。

σ_1 ——由柱承受的弯矩和轴心压力在柱腹板边缘处产生的正应力;

τ_1 ——由柱承受的剪力和牛腿翼缘传来的水平力 $F=M/h$ 共同作用于柱腹板产生的平均剪应力 (H 为牛腿根部高度)。

牛腿与柱的连接焊缝计算:

牛腿与柱的连接可以采用焊透的 V 形对接焊缝,也可以采用角焊缝,也可以采用翼缘对接焊缝、腹板角焊缝。牛腿翼缘与柱的连接焊缝按水平力 $H=M/h$ 确定。

牛腿腹板与柱的连接焊缝按牛腿承受的剪力 V 计算确定。

牛腿腹板加劲肋角焊缝验算:

$$\sigma_f = \frac{6V \times e_1}{2 \times 0.7 \times h_f \times l_w^2}$$

$$\tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 \times h_f \times l_w}$$

$$\sigma_{zs} = \sqrt{\sigma_f^2 + \tau_f^2}$$

式中: V ——一侧吊车梁传来的最大反力;

e_1 ——吊车梁端加劲肋与牛腿腹板之间的距离;

h_f ——焊脚尺寸;

l_w ——焊脚长度。

当不验算角焊缝强度时按构造取值。

七、吊车梁设计及绘图

1、 吊车梁参数

“节点设计参数”中点击“吊车梁参数”项，

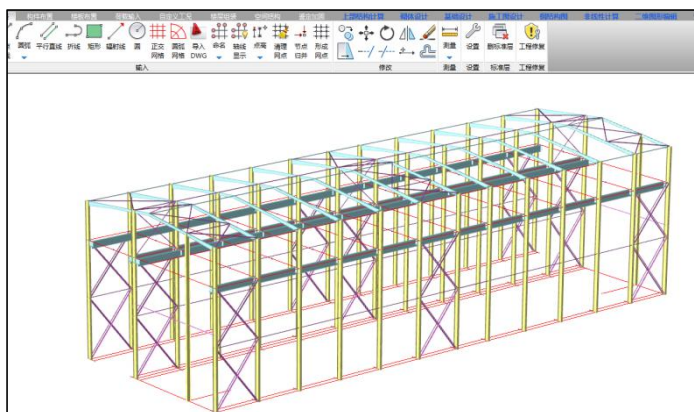
全局参数	
参数	值
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
主次梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
节点归并参数	
施工图参数	
加工图参数	
显示参数	
计算参数	<ul style="list-style-type: none"> 制动结构形式: 无 吊车梁轨道连接类型: 栓接 连接螺栓孔直径d1(mm): 24 连接螺栓孔间距e1(mm): 90 上翼缘与腹板连接焊缝形式: 焊透的T形接头焊缝 下翼缘与腹板连接焊缝形式: 焊透的T形接头焊缝 设置纵向加劲肋: <input type="checkbox"/> 设置短加劲肋: <input type="checkbox"/>
构造参数	<ul style="list-style-type: none"> 横向加劲肋宽度(mm): 90 横向加劲肋厚度(mm): 6 横向加劲肋间距(mm): 1200 横向加劲肋埋脚尺寸(mm): 8 支座加劲肋宽度(mm): 110 支座加劲肋厚度(mm): 10

通过此参数可实现吊车梁强度、整体稳定、局部稳定、挠度、疲劳、支座加劲肋以及连接焊缝验算，并通过节点详图绘制吊车梁详图。

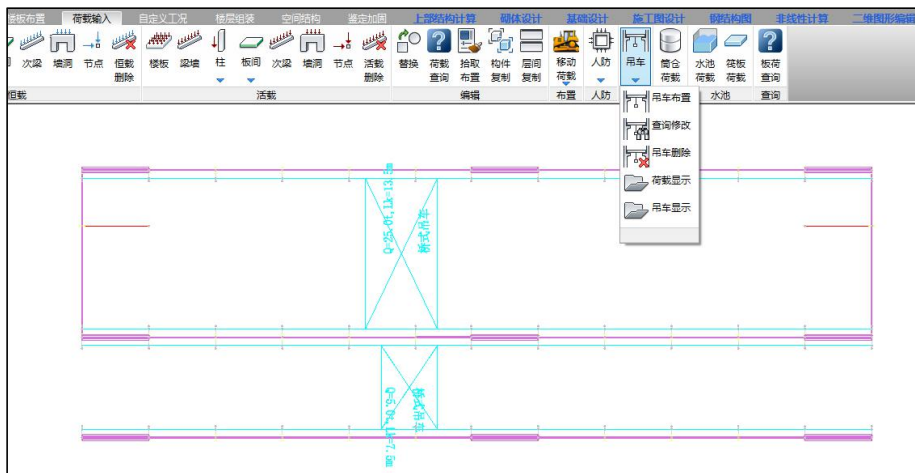
2、 吊车梁设计流程

吊车梁设计流程如下：

- ①在建模中布置吊车梁并输入吊车荷载。



布置吊车梁



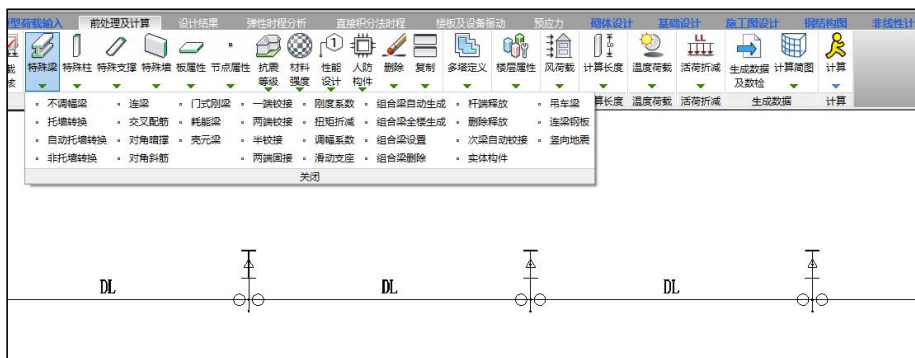
布置吊车荷载

②在特殊梁下指定吊车梁属性



软件对布置了吊车荷载位置的梁自动认定为吊车梁，用户可在特殊梁菜单下对吊车梁的定义补充和修改。

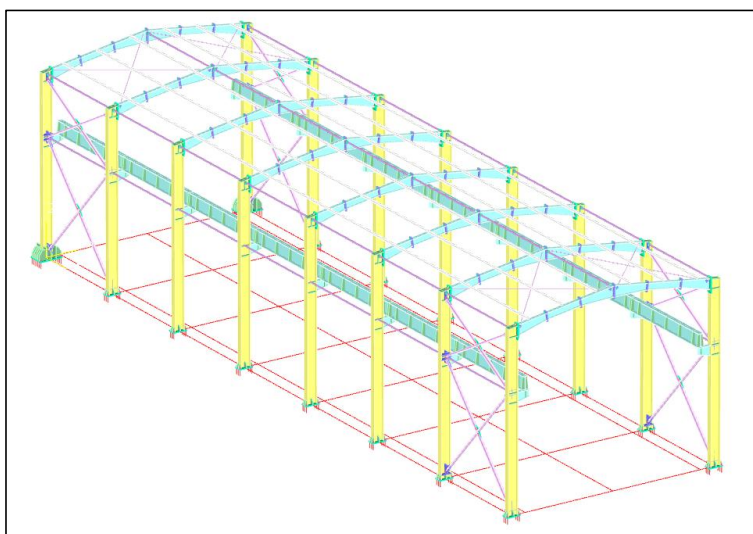
吊车梁一般设计成简支结构，此时可在特殊梁下指定吊车梁两端为铰接连接。



③钢结构施工图设置吊车梁参数

参数	值
节点归并参数	
计算参数	
连接参数	
节点域参数	
梁柱参数	
梁梁参数	
柱脚参数	
柱拼接参数	
支撑参数	
门刚参数	
牛腿参数	
吊车梁参数	
钢梁与砼构件连接参数	
施工图参数	
加工图参数	
计算参数	
制动结构形式	无
吊车梁轨道连接类型	栓接
连接螺栓孔直径d1(mm)	24
连接螺栓孔间距e1(mm)	90
上翼缘与腹板连接焊缝形式	焊透的T形接头焊缝
下翼缘与腹板连接焊缝形式	焊透的T形接头焊缝
设置纵向加劲肋	<input type="checkbox"/>
设置短加劲肋	<input type="checkbox"/>
构造参数	
横向加劲肋宽度(mm)	90
横向加劲肋厚度(mm)	6
横向加劲肋间距(mm)	1200
横向加劲肋焊脚尺寸(mm)	8
支座加劲肋宽度(mm)	110
支座加劲肋厚度(mm)	10

钢结构施工图对吊车梁进行设计及出图，并给出钢吊车梁详细计算书。



吊车梁三维造型

3、 吊车梁验算技术条件

执行规范《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012），《钢结构设计标准》（GB 50017-2017）和《钢结构设计手册》上册（第三版）。

强度验算

根据《钢结构设计手册》第 8.4.3 条，强度计算①.吊车梁应按下列规定计算最大弯矩处或变截面处截面的正应力：

上翼缘的正应力计算：

当无制动结构时，

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{nx}^{\uparrow}} + \frac{M_H}{W_{ny}} \leq f \quad (8-28)$$

下翼缘的正应力计算：

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{nx}^{\downarrow}} \leq f \quad (8-31)$$

式中，

W_{nx}^{\uparrow} ， W_{nx}^{\downarrow} ：梁截面对 X 轴的上部和下部纤维的净截面模量；

W_{ny} ：上翼缘截面对 y 轴的净截面模量；

②.吊车梁支座处截面的剪应力，应按下列公式计算：

当为平板式支座时，按公式 (3-3) 计算，即：

$$\tau = \frac{V_{max}S}{It_w} \leq f_v$$

式中，

S：计算剪应力处以上毛截面对中和轴的面积矩；

I：毛截面惯性矩；

t_w ：腹板厚度；

f_v ：钢材的抗剪强度设计值。

③.腹板局部压应力按公式 (3-4) 计算，即：

$$\sigma_c = \frac{\varphi F}{t_w l_z} \leq f$$

式中，

F：集中荷载即吊车轮压 P 值，应考虑动力系数；

φ ：集中荷载增大系数：对重级工作制吊车梁， $\varphi = 1.35$ ，对其它梁 $\varphi = 1.0$ ；

l_z ：集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度，可按下式计算：

$$l_z = a + 5h_y + 2h_R$$

a：集中荷载沿梁跨度方向的支承长度，对钢轨上的轮压可取为 50mm；

h_y : 自吊车梁顶面至腹板计算高度上边缘的距离;

h_R : 轨道的高度。

④.在组合梁的腹板计算高度边缘处,若同时受有较大的正应力、剪应力和局部压应力,或同时受有较大的正应力和剪应力(如连续梁中部支座处或梁的翼缘截面改变处等),其折算应力应按公式(3-5)计算,即:

$$\sqrt{\sigma^2 + \sigma_c^2 - \sigma\sigma_c + 3\tau^2} \leq \beta_1 f$$

式中,

σ, τ, σ_c : 吊车梁腹板计算高度边缘同一点上同时产生的正应力、剪应力和局部压应力。

σ_c : 应按公式(3-4)计算, τ 可按公式(3-3)计算, σ 应按下列式计算:

$$\sigma = \frac{M}{I_n} y$$

σ 和 σ_c 以拉应力为正值,压应力为负值;

I_n : 梁净截面惯性矩;

y : 计算点至梁中和轴的距离;

β_1 : 计算折算应力的强度设计值增大系数:当 σ 和 σ_c 异号时,取 $\beta_1 = 1.2$;当 σ 和 σ_c 同号或 $\sigma_c = 0$ 时, $\beta_1 = 1.1$ 。

⑤.重级及特重级工作制(A6~A8级)焊接工字形梁,应按第8.3.7条的规定进行疲劳计算。重点应验算受拉翼缘上虚孔处、横向加劲肋焊缝端部处以及翼缘连接焊缝附近处的主体金属疲劳强度。

第8.3.7条疲劳计算,

重级工作制吊车梁和重级、中级工作制吊车桁架应按第3章第3节进行疲劳计算,亦可作为常幅疲劳,按下式计算:

$$\alpha_f \Delta\sigma \leq [\Delta\sigma]_{2 \times 10^6}$$

式中,

α_f : 欠载效应的等效系数,按表8-4采用;

$\Delta\sigma$: 对焊接部位为应力幅, $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$;

对非焊接部位为折算应力幅, $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - 0.7\sigma_{\min}$;

σ_{\max} : 计算部位每次应力循环中的最大拉应力 (取正值) ;

σ_{\min} : 计算部位每次应力循环中的最小拉应力或压应力 (拉应力取正值, 压应力取负值) ;

$[\Delta\sigma]_{2 \times 10^6}$: 循环次数 n 为 2×10^6 次的容许应力幅, 按表 8-5 采用;

吊 车 类 别	α_f
重级工作制硬钩吊车 (如均热炉车间夹钳吊车)	1.0
重级工作制软钩吊车	0.8
中级工作制吊车	0.5

构件和连接类别	1	2	3	4	5	6	7	8
$[\Delta\sigma]_{2 \times 10^6}$	176	144	118	103	90	78	69	59

注: 构件和连接类别见表 3-31。

第 8.4.4 条, 稳定计算:

①. 吊车梁的整体稳定应按下式计算:

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq f$$

式中,

M_x, M_y : 绕强轴和弱轴作用的最大弯矩;

W_x, W_y : 接受压纤维确定的对强轴和对弱轴毛截面模量;

φ_b : 梁的整体稳定系数, 按表 3-4 中公式 (3-8) 计算。

②. 当符合下列情况之一时, 可不计算梁的整体稳定:

i. 设有制动结构时;

ii. 对无制动结构的 H 型或工字形截面简支吊车梁, 当受压翼缘的自由长度 l_1 与其宽度 b_1 之比不超过以下限值时:

$$\text{Q235 钢, } \frac{l_1}{b_1} \leq 13. \quad \text{Q345 钢, } \frac{l_1}{b_1} \leq 10.5.$$

$$\text{Q390 钢, } \frac{l_1}{b_1} \leq 10. \quad \text{Q420 钢, } \frac{l_1}{b_1} \leq 9.5.$$

其他钢的 $\frac{l_1}{b_1}$ 值, 应取 Q235 钢的数值乘以 $\sqrt{235/f_y}$ 。

③. 梁的支座处, 应采取构造措施以防止梁端截面的扭转。

④为保证焊接工字形吊车梁腹板的局部稳定，应按下述规定在腹板上配置加劲肋并按 8.4.4 第 5~9 条的规定计算腹板稳定。应注意对轻中级工作制吊车梁在计算腹板的局部稳定时，吊车轮压设计值可乘以折减系数 0.9。

i. 在下列腹板高厚比值范围以内的宜按构造配置横向加劲肋；

对 Q235 钢当 $h_0/t_w \leq 80$ ；对 Q345 钢当 $h_0/t_w \leq 66$ ；

对 390 钢当 $h_0/t_w \leq 62$ ；对 Q420 钢当 $h_0/t_w \leq 60$ ；

对其它钢当 $h_0/t_w \leq 80\sqrt{235/f_y}$ ；

ii. 当腹板高厚比超过上条规定数值时，应配置横向加劲肋，并应验算腹板稳定性。

⑤. 吊车梁配置有横向加劲肋的腹板，其各区格的局部稳定应按表 3-12 中公式 (3-16) 计算，即：

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2 + \frac{\sigma_c}{\sigma_{c,cr}} \leq 1$$

式中，

σ ：所计算腹板区格内，由平均弯矩产生的腹板计算告诉边缘的弯曲压应力。

τ ：所计算腹板区格内，由平均剪力产生的腹板平均剪应力，

σ_c ：腹板边缘的局部压应力。

$\sigma_{cr}, \tau_{cr}, \sigma_{c,cr}$ ：为各种应力单独作用下的临界应力。

第 8.4.5 条 扰度计算，

吊车梁的竖向扰度 v 可近似地按下列公式计算：

等截面简支梁：

$$v = \frac{M_x l^2}{10EI_x} \leq [v] \quad (8-36)$$

式中，

M_x ：由全部竖向荷载（标准值，不考虑动力系数）产生的最大弯矩；

I_x ：跨中毛截面惯性矩；

$[v]$ ：容许扰度值；

第 8.4.6 条，连接和构造：

吊车梁翼缘板与腹板的连接角焊缝应按下列公式计算：

上翼缘板与腹板的连接角焊缝：

$$h_f = \frac{1}{2 \times 0.7 f_f^w} \sqrt{\left(\frac{VS_1}{I_x}\right)^2 + \left(\frac{\varphi F}{l_z}\right)^2}$$

下翼缘与腹板的连接角焊缝：

$$h_f \geq \frac{VS_1}{2 \times 0.7 f_f^w I_x}$$

式中，

V：计算截面的最大剪力；

S_1 ：计算翼缘对梁中和轴的毛截面面积矩；

I_x ：梁对 x 轴的毛截面惯性矩；

h_f ：角焊缝的焊脚尺寸；

φ 、 F 、 l_z ：按第 8.4.3 第 3 条的规定采用。

支座加劲肋与腹板的连接焊缝,应按下列情况计算确定：

当为平板式支座时，

$$h_f = \frac{R_{max}}{0.7 n l_w f_f^w}$$

式中，

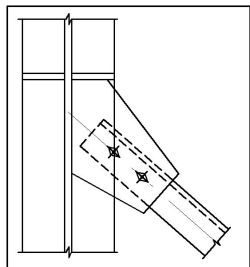
n 为焊缝条数， l_w 为焊缝计算长度，取支座处腹板焊缝的全高减去 $2h_f$ 。

八、门刚支撑

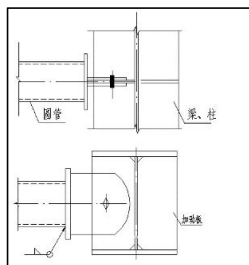
柱间支撑：门刚支撑支持的截面形式为：单角钢、双角钢、单槽钢及双槽钢、圆钢及圆管节点；

屋面支撑：系杆截面为圆管截面，交叉支撑为圆钢和单角钢截面；

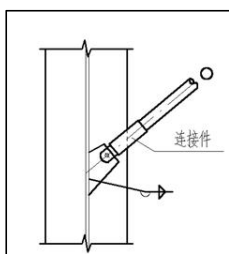
目前门刚支撑连接节点设计内力按照支撑实际内力计算；其它构造及验算同框架支撑节点。



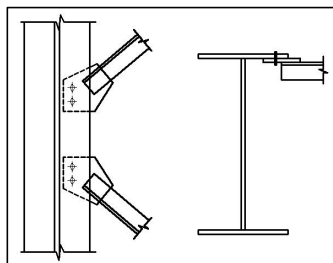
角钢、槽钢支撑节点形式



圆管系杆节点形式



圆钢支撑节点形式



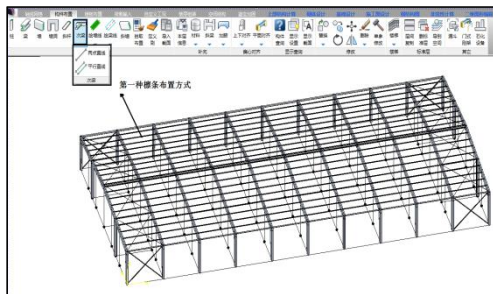
屋面单角钢支撑节点形式

九、檩条墙梁

目前软件对檩条有两种设计流程：

第一种是在建模中把檩条当做次梁输入，这种方式可在整体模型中包括檩条，而且次梁不会在计算时打断主梁，影响门式钢梁的设计精度。为了屋顶导荷房间的划分，也可把外围或轴线上的檩条当作主梁输入。

檩条一般为薄壁型钢结构，对于薄壁型钢梁与其他梁相交的节点，软件自动将薄壁型钢次梁放置到主梁顶以上布置，而不是像一般梁梁节点那样使主次梁的梁顶齐平。



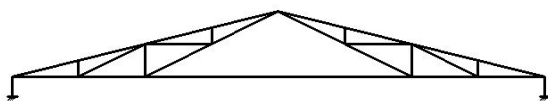
第二种方式是在钢结构施工图菜单的“屋面墙面”菜单中和墙面梁一起输入。

第五章 管桁架结构设计

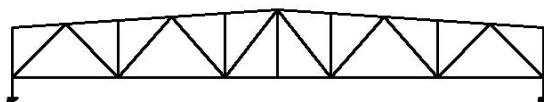
钢管桁架结构由弦杆和腹杆组成。钢管桁架可选用平面桁架和立体桁架。平面桁架按腹杆形式可选用单斜式、人字式和空腹式。立体桁架可选用三角形截面（正放和倒放）、四边形截面和梯形截面等。

一、桁架建模

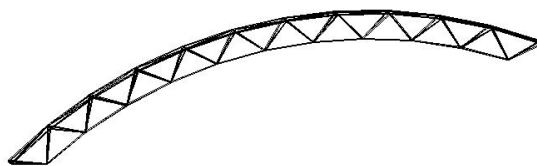
1、常见的桁架样式：



三角形桁架



梯形桁架



空间桁架

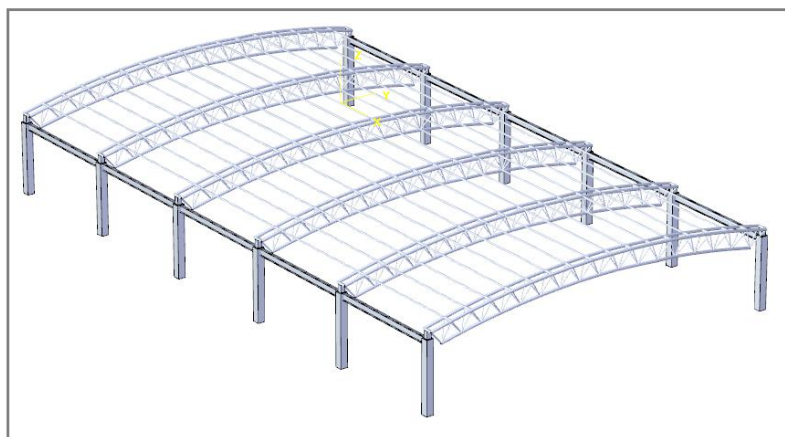
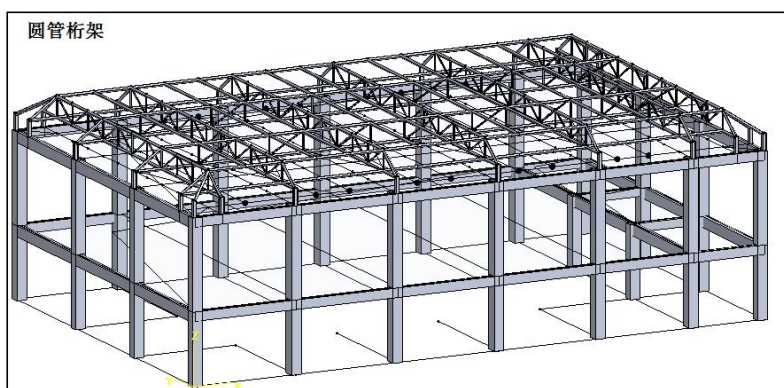
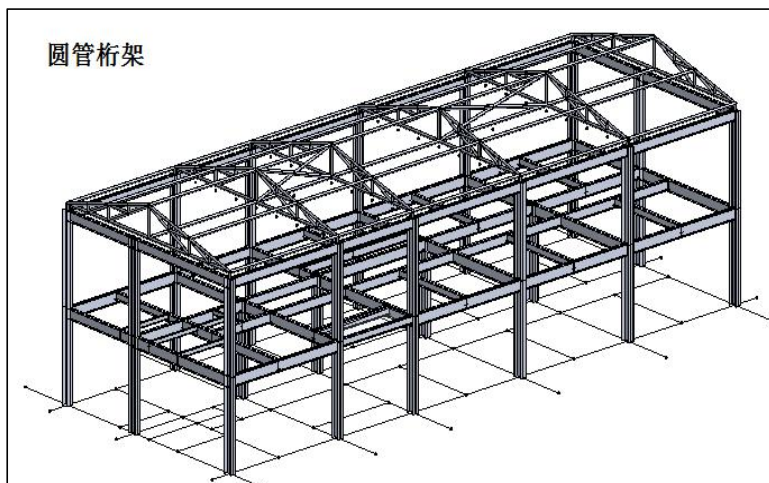
2、建模方法

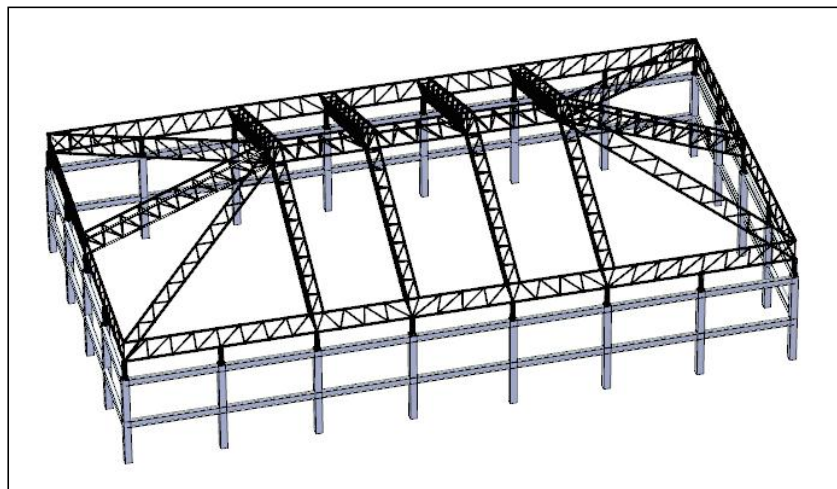
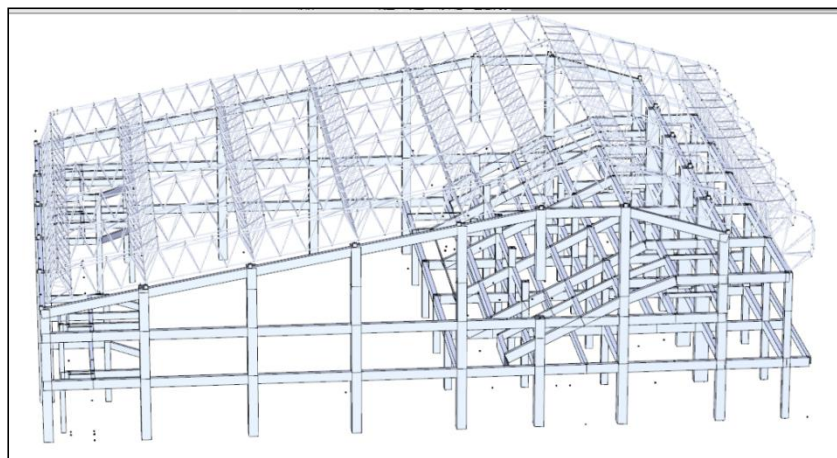
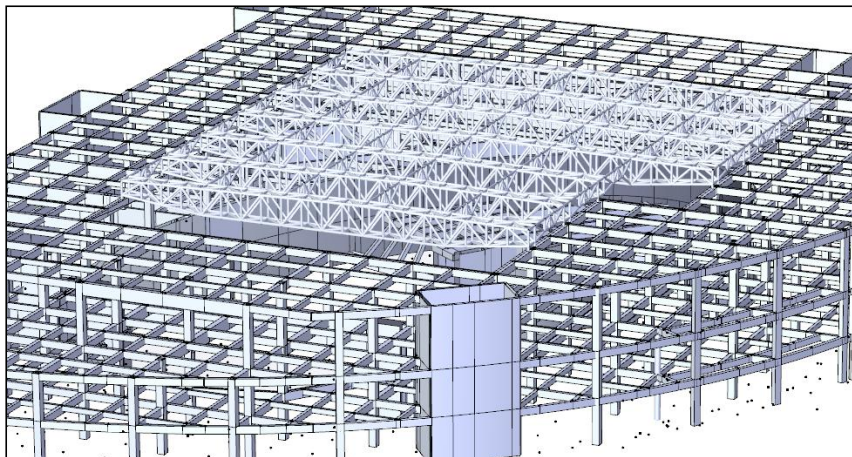
较规则桁架可按楼层方式建模，其他桁架形式可通过空间结构菜单辅助建模，空间结构菜单下还设置了对平面桁架和空间桁架的参数输入快速建模方式。

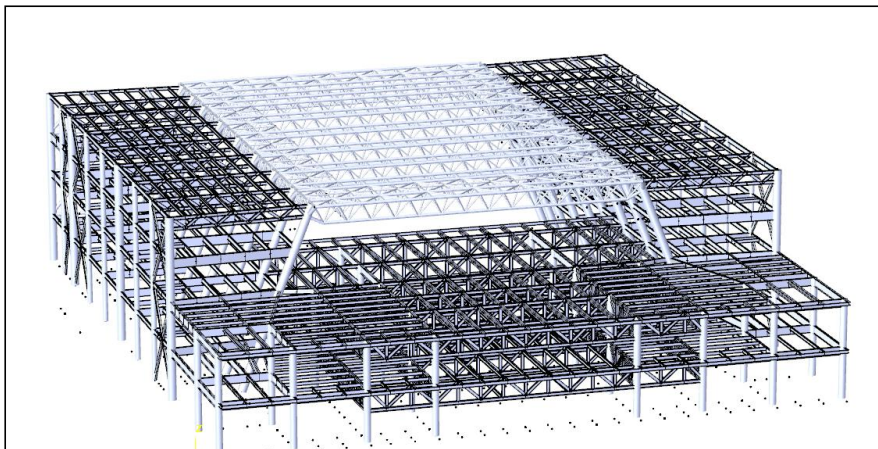
桁架建模也可以通过导入 DWG 轴线网格再进行截面的布置，也可以导入 MST 模型。



3、用户例题展示



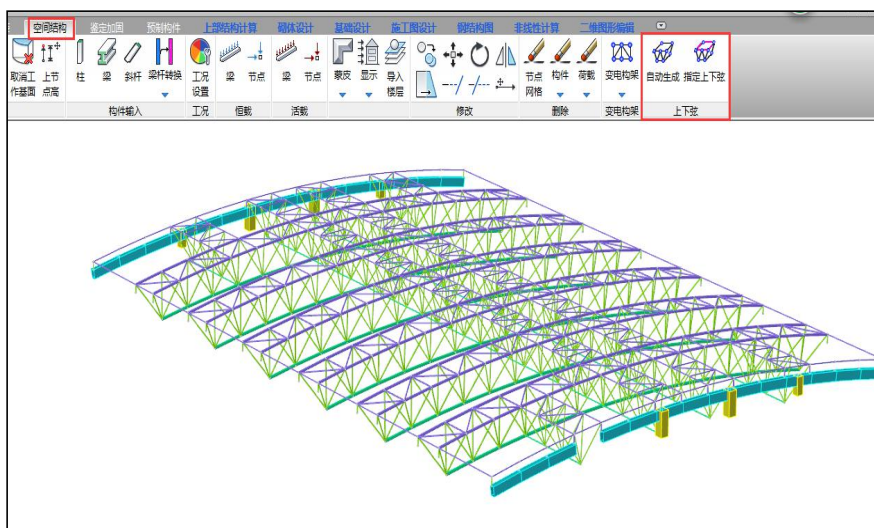




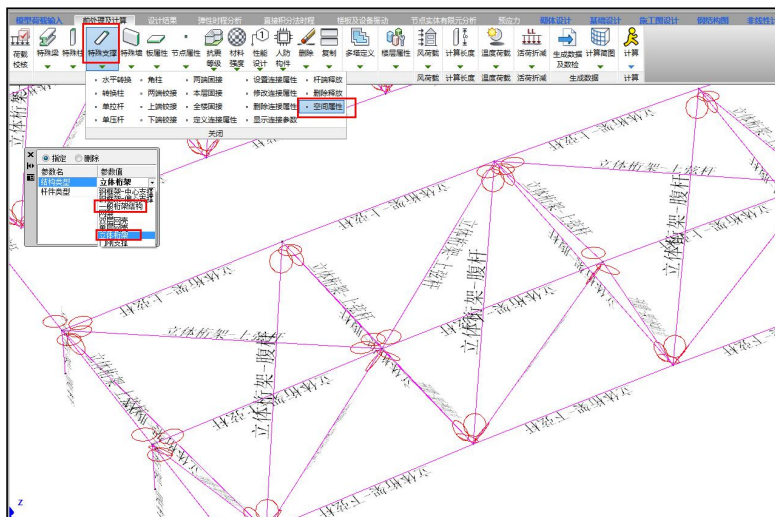
二、桁架设置

1、桁架弦杆及腹杆属性设置

桁架弦杆及腹杆属性的设置可以在“空间结构”模块中最右侧菜单上下弦自动生成和指定弦杆及腹杆完成。



桁架弦杆及腹杆属性也可以在前处理-特殊构件定义菜单中的“特殊支撑”中的“空间属性”菜单定义。



对于桁架杆件的计算长度系数，软件默认为 1.0，当需考虑《钢结构设计标准》7.4.1 条或《空间网格结构技术规程》5.1.2 中桁架杆件计算长度的相关要求时，需在“计算长度”菜单中手工指定。

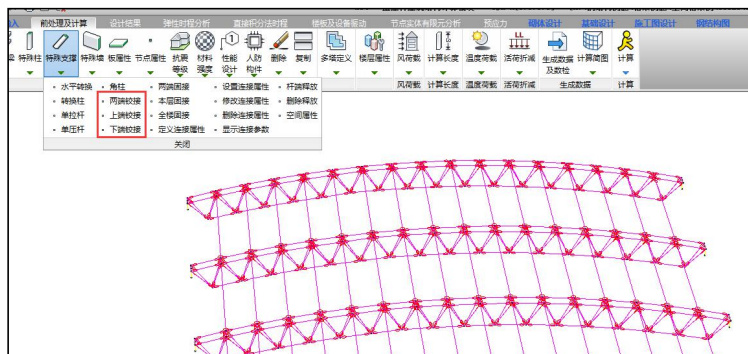
对于桁架不同属性斜杆的局部稳定及刚度控制，软件具体实现如下：

一般桁架杆件：局部稳定按钢结构设计标准 7.3 节控制，刚度按钢结构规范 7.4.6 条、7.4.7 条控制(长细比限值：压杆 150，拉杆 300)。

立体桁架：局部稳定按钢结构设计标准 7.3 节控制，刚度按空间网格结构技术规程 5.1.3 条控制(长细比限值：压杆 180，拉杆 250)。

2、分析桁架杆件内力时，满足规范要求条件下可将节点视为铰接

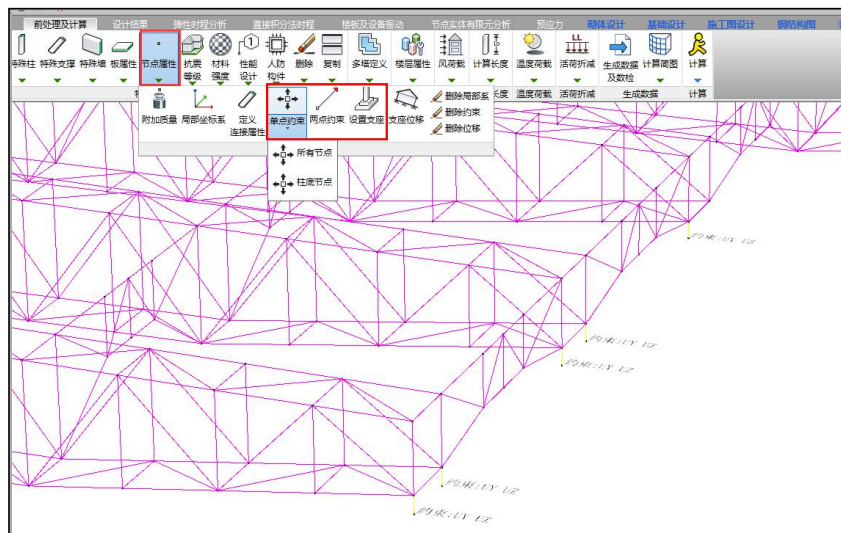
软件对于空间结构杆件当定义了空间属性指定了结构属性及杆件类型的结构，默认腹板两端为铰接，上下弦为固结。



3、桁架与下部结构弹性连接设置

前处理-节点属性下设置单点约束或者两点约束；

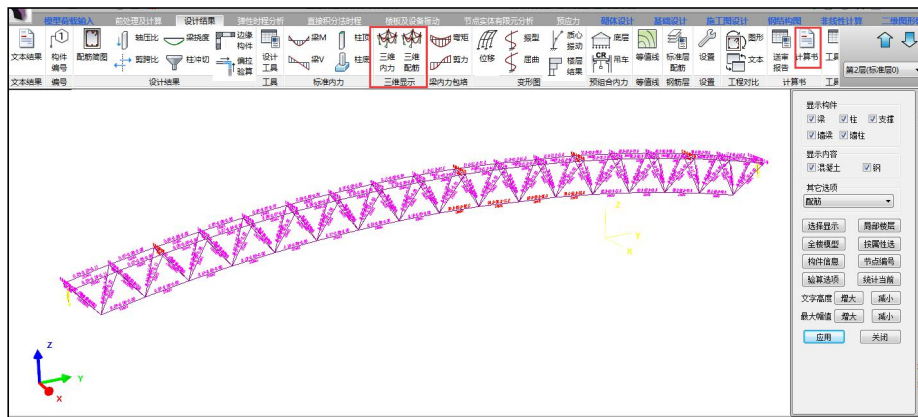
按照弹性连接确定桁架的支座；软件搜索桁架杆件下的弹性连接，对弹性连接处读取内力并按照桁架的支座设计。



三、桁架设计结果查看

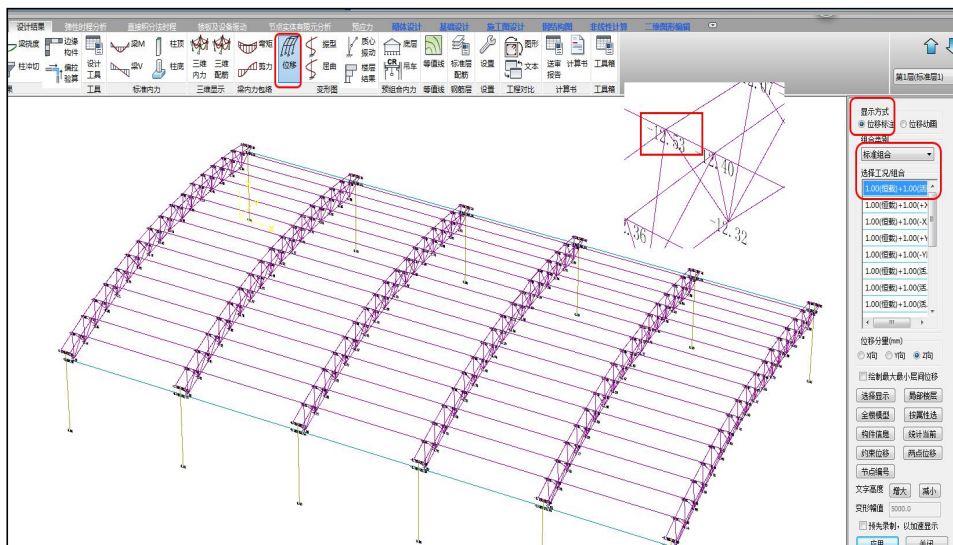
钢构件应力比结果查看

桁架构件应力比结果查看可以通过“设计结果”中“三维显示”菜单的“三维配筋”进行选择显示查看结果。



桁架结构在标准值作用下的最大扰度的查看

根据规范要求桁架结构需要满足在标准值作用下的最大扰度限值，此时可以通过软件设计结果下的变形图，查看位移标注，选择标准组合工况下的位移，找到每榀的最大位移数值，然后用最大位移除以跨度来判断扰度值。



四、钢桁架结构施工图

1、节点形式

圆钢管桁架节点形式主要为支管与主管的相贯节点。

2、构造要求

软件按照《钢结构设计标准》第 13.2 节构造要求进行判断如下 6 条：

- ①支管与主管夹角不宜小于 30 度
- ②角焊缝高度不应大于支管壁厚的 2 倍
- ③支管壁厚不应大于主管壁厚
- ④支管外径与主管外径之比应在 0.2 到 1 之间
- ⑤支管外径与壁厚之比不应大于 60
- ⑥主管外径与壁厚之比不应大于 100

1, 节点极限承载力必须大于相应轴力的绝对值
 2, 支管与主管夹角不宜小于30度
 3, 角焊缝高度不应大于管壁厚的2倍
 4, 支管壁厚不应大于主管壁厚
 5, 支管外径与壁厚之比应在0.2到1之间
 6, 支管外径与壁厚之比不应大于60
 7, 主管外径与壁厚之比不应大于100

节点验算计算书输出

-----第151号桁架节点计算书-----

节点编号: 151 节点类型: 桁架焊接节点 节点形式: 角焊缝全焊连接 桁架节点类型: K/T型
 节点组号: 14 节点类型: 4 节点组合编号: 143
 主管编号: 305, 307, 截面: 圆管194X177X8.5, 主管外径与壁厚比: 22.824, 节点类型: K/T
 支管编号: 335, 截面: 圆管194X177X8.5, 在单平面内类型为: T
 焊缝高度: 6.000mm, 两管相贯线长度: 663.674mm, 主管夹角: 90.000度
 支管管壁厚比: 1.000, 支主管外径比: 1.000, 支管外径与壁厚比: 22.824
 支管受拉时, 承载力为 387.93KN, 该支管无受拉组合
 支管受压时, 承载力为 387.93KN, 最大压力为 0.43KN, 对应组合为设计内力组合号: 1 0.98*活载 +1.35*恒载
 支管受拉时, 计算过程为:
 公式10.3.3-1: $\Phi_n = 1 - 0.3\sigma/\sigma_{fy} - 0.3(\sigma/\sigma_{fy})^2$
 $= 1 - 0.3 \times 16.792/235.000 - 0.3 \times (16.792/235.000)^2$
 公式10.3.3-3: $N_c = 11.51/\sin\theta * (d/t)^{0.2} * \Phi_n * \Phi_d * t * f$
 $= 11.51/1.000 * (194.000/8.500)^{0.2} * 0.977 * 1.320 * 8.500 * 8.500 * 215.000 = 431033.375 \text{ N}$
 公式10.3.3-5: $N_t = (2-\beta) * N_c = (2-1.000) * 431033.375 = 431033.375 \text{ N}$
 对于K/T型节点应乘折减系数: $N_t = 431033.375 * 0.90 = 387930.028$
 支管受压时, 计算过程为:
 公式10.3.3-1: $\Phi_n = 1 - 0.3\sigma/\sigma_{fy} - 0.3(\sigma/\sigma_{fy})^2$
 $= 1 - 0.3 \times 16.792/235.000 - 0.3 \times (16.792/235.000)^2$
 公式10.3.3-3: $N_c = 11.51/\sin\theta * (d/t)^{0.2} * \Phi_n * \Phi_d * t * f$
 $= 11.51/1.000 * (194.000/8.500)^{0.2} * 0.977 * 1.320 * 8.500 * 8.500 * 215.000 = 431033.375 \text{ N}$
 对于K/T型节点应乘折减系数: $N_c = 431033.375 * 0.90 = 387930.028$
 支管编号: 336, 截面: 圆管120X110X5, 在单平面内类型为: T
 焊缝高度: 6.000mm, 两管相贯线长度: 385.150mm, 主管夹角: 90.000度
 支管管壁厚比: 0.588, 支主管外径比: 0.619, 支管外径与壁厚比: 24.000
 支管受拉时, 承载力为 261.56KN, 该支管无受拉组合
 支管受压时, 承载力为 189.34KN, 最大压力为 0.27KN, 对应组合为设计内力组合号: 1 0.98*活载 +1.35*恒载
 支管受拉时, 计算过程为:
 公式10.3.3-1: $\Phi_n = 1 - 0.3\sigma/\sigma_{fy} - 0.3(\sigma/\sigma_{fy})^2$
 $= 1 - 0.3 \times 16.792/235.000 - 0.3 \times (16.792/235.000)^2$
 公式10.3.3-3: $N_c = 11.51/\sin\theta * (d/t)^{0.2} * \Phi_n * \Phi_d * t * f$
 $= 11.51/1.000 * (194.000/8.500)^{0.2} * 0.977 * 0.644 * 8.500 * 8.500 * 215.000 = 210376.201 \text{ N}$
 公式10.3.3-5: $N_t = (2-\beta) * N_c = (2-0.619) * 210376.201 = 290622.793 \text{ N}$
 对于K/T型节点应乘折减系数: $N_t = 290622.793 * 0.90 = 261560.506$
 支管受压时, 计算过程为:
 公式10.3.3-1: $\Phi_n = 1 - 0.3\sigma/\sigma_{fy} - 0.3(\sigma/\sigma_{fy})^2$
 $= 1 - 0.3 \times 16.792/235.000 - 0.3 \times (16.792/235.000)^2$
 公式10.3.3-3: $N_c = 11.51/\sin\theta * (d/t)^{0.2} * \Phi_n * \Phi_d * t * f$
 $= 11.51/1.000 * (194.000/8.500)^{0.2} * 0.977 * 0.644 * 8.500 * 8.500 * 215.000 = 210376.201 \text{ N}$
 对于K/T型节点应乘折减系数: $N_c = 210376.201 * 0.90 = 189338.576$

3、桁架节点设计

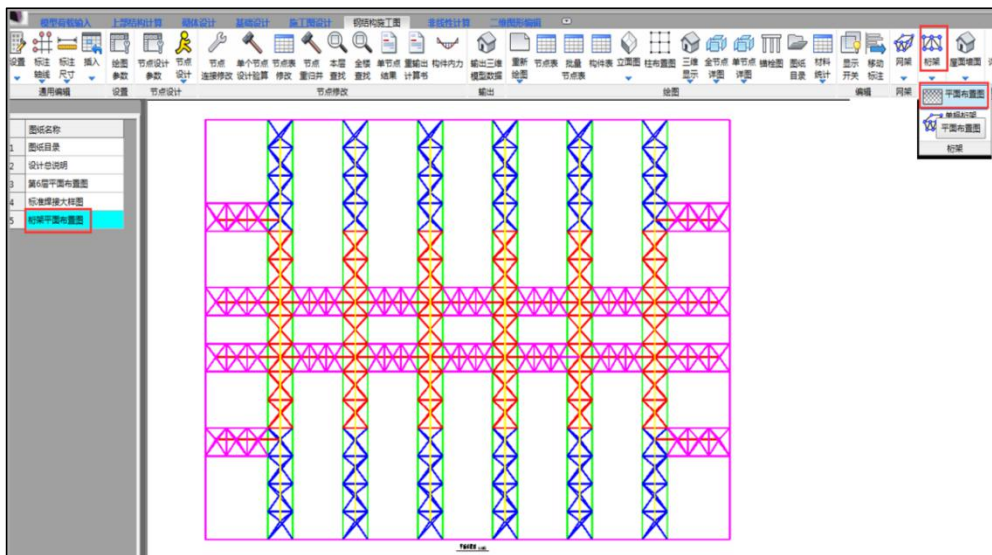
软件按照《钢结构设计标准》第 13.3.2 条来判断节点极限承载力必须大于相应轴力的绝对值。

软件根据规范相贯节点的类型分为 X 形节点、T 形（或 Y 形）节点、K 形节点、TT 形节点和 KK 形节点。对于规范外的相贯节点验算，由于没有规定，软件采用将空间相贯节点所连接的支管按层面号拆分到不同的平面上去，然后再拿着平面相贯节点分别进行验算。比如连接三根支管的空间 K/T 型就表示该节点是由一个平面 K 型和一个平面 T 型相贯节点组成。软件将复杂的空间相贯节点拆分成平面相贯节点来验算，计算的结果需要乘以一个折减系数，由于没有规范具体规定，折减系数软件参照规范空间 KK 型及得按与平面 K 型节点的计算，折减系数默认取 0.9。

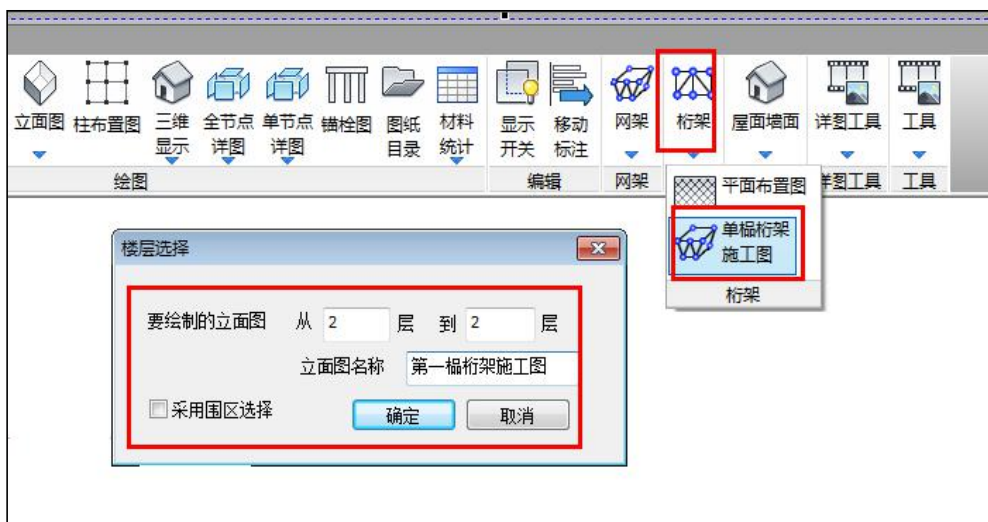
五、绘制施工图

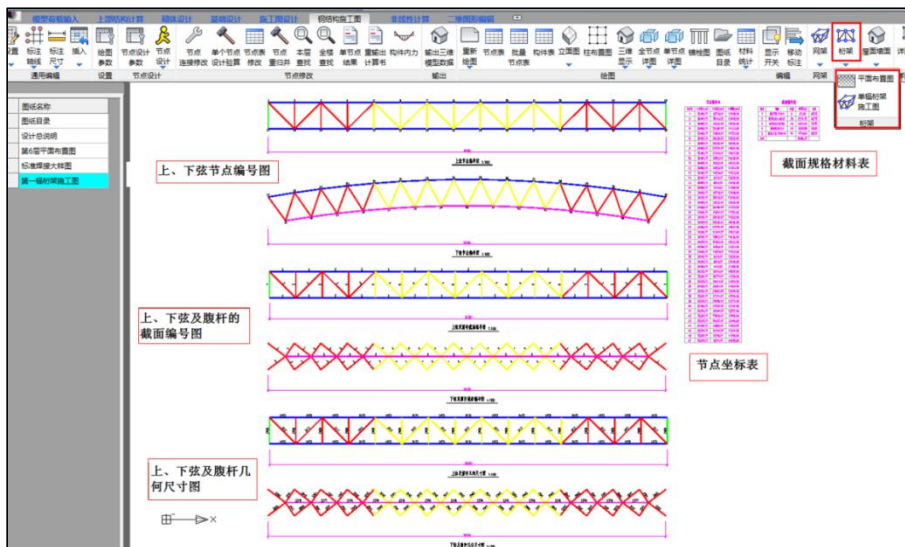
圆管桁架施工图绘制包括桁架平面布置图、单榀桁架施工图和绘单榀桁架详图。

点击“桁架”菜单下的“平面布置图”绘制桁架平面布置图，布置图上以不同颜色显示不同杆件的截面形式。



桁架施工图内容包括：上、下弦节点编号图，上弦、腹杆及下弦截面编号图，上弦、腹杆及下弦几何尺寸图，节点坐标表及构件材料表，其中构件材料表由规格、数量、重量和材质组成。单榀桁架施工图各编号图上会以不同颜色表示区分不同杆件截面尺寸。





节点坐标表

节点号	X坐标(mm)	Y坐标(mm)	Z坐标(mm)
1	9625.23	193.65	5499.00
2	9625.23	-1313.32	5831.00
3	9625.23	-2828.69	6121.00
4	9625.23	-4351.35	6370.00
5	9625.23	-5880.18	6578.00
6	9625.23	-7414.07	6744.00
7	9625.23	-8951.91	6869.00
8	9625.23	-10492.56	6953.00
9	9625.23	-12034.90	6994.00
10	9625.23	-13577.80	6994.00
11	9625.23	-15120.14	6953.00

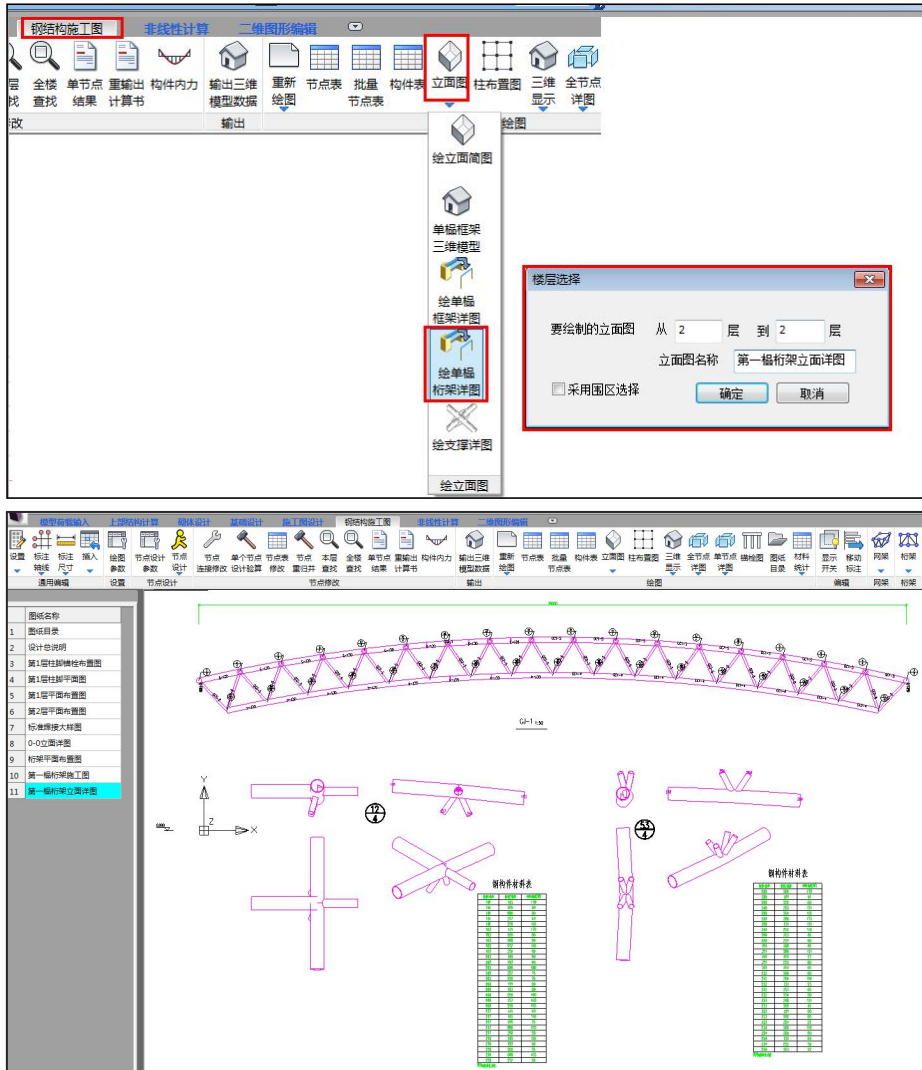
表达每根弦杆腹杆所在节点的X、Y、Z坐标点

构件材料表

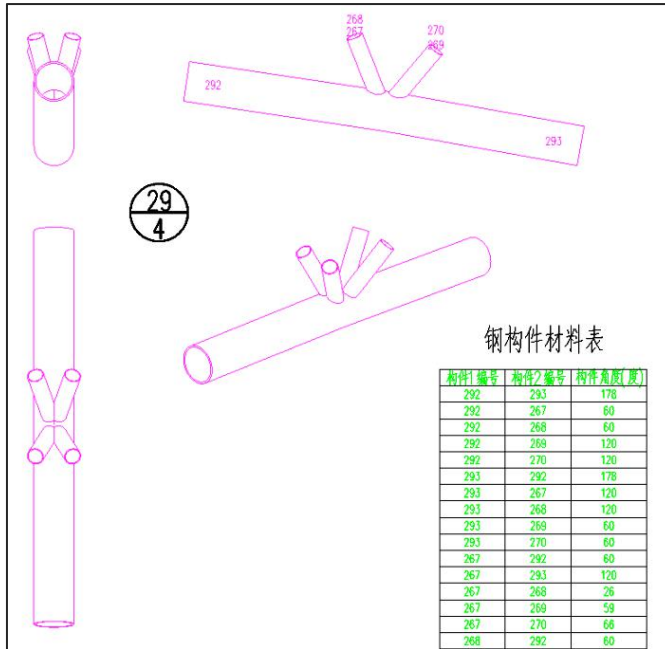
编号	规格	数量	重量(kg)	材质
1	圆管194X177X8.5	68	3459.63	Q235
2	圆管80X72X4	68	788.15	Q235
合计			4247.78	

表达单榀杆件规格、数量、重量和材质

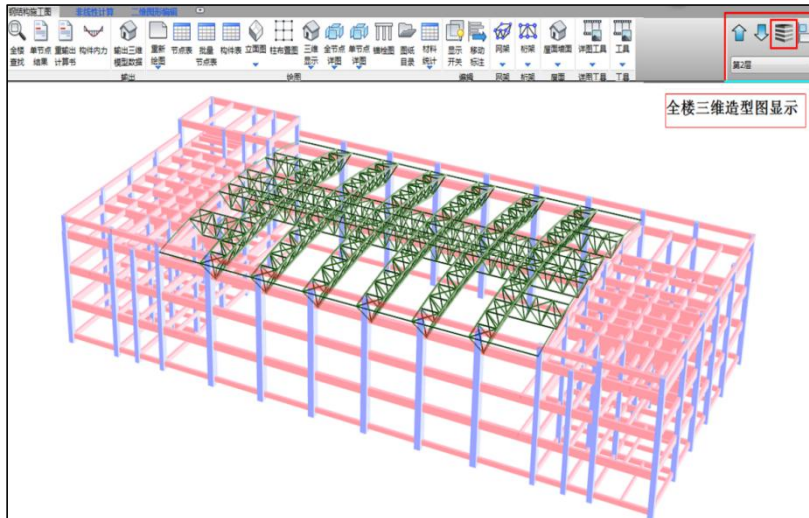
在“立面图”菜单下，点击“绘单榀桁架详图”绘制每榀桁架相贯详图，更清晰的表达支管与主管的相贯连接节点，如T型节点、K型节点、KK型节点等类型。



在桁架相贯节点上程序会标识出构件编号并给出各杆件之间的空间角度。如下图所示，



点击钢结构施工图右上角“全楼三维显示”菜单，可以查看全楼三维节点造型图：



第六章 网架网壳结构设计

一、快速入门

操作顺序

1、在空间结构中进行网架网壳模型和荷载输入；

网架网壳模型及荷载输入可以通过四种方式布置分别为（1）基本画线、布置构件、布置荷载操作；（2）导入 AutoCAD 网格后再布置构件、荷载；（3）导入 MST 模型，包括网格、构件、荷载（4）参数建立网架、网壳模型，再布置荷载。

2、在前处理及计算中设置空间属性及弹性连接

（1）在前处理特殊支撑-空间属性下设置网架网壳杆件类型；

为了适应网架网壳施工图设计的需要，需对组成网架的斜杆进一步细分为上弦杆、下弦杆、腹杆、中层弦杆。经过这样属性指定的斜杆在结构计算中将按照网架得相关规程进行计算和截面设计。



对斜杆的局部稳定及刚度控制，软件具体实现如下：

网架、双层网壳：局部稳定按钢结构规范 5.4.1 条、5.4.2 条控制，刚度按空间网格结构技术规程 5.1.3 条控制(长细比限值：压杆 180，拉杆 250)；

单层网壳：局部稳定按钢结构规范 5.4.1 条、5.4.2 条控制，刚度按空间网格结构技术规程 5.1.3 条控制(长细比限值：压杆 150，拉杆 250)。

（2）前处理-节点属性下设置单点约束或者两点约束；

按照弹性连接确定网架的支座；软件搜索网架杆件上的弹性连接，对弹性连接处读

取内力并按照网架的支座设计。

3、生成数据+全部计算

4、钢结构施工图进行网架网壳节点设计

(1) 在“节点设计参数”菜单下的“网架节点设计信息”项中设置网架节点相关参数

(2) 执行全楼节点设计

(3) 在“绘图”菜单下，通过“全节点详图”下的“当前层节点详图”在生成的平面布置图下绘制螺栓球和支座节点详图；

(4) 在“网架”菜单下绘制网架平面布置图、上弦杆编号图、下弦杆编号图、腹杆编号图及支座节点图。

二、网架网壳施工图介绍

网架网壳节点设计在钢结构施工图模块进行。

1、执行的规范

钢结构施工图网架网壳节点设计依据规范有《钢结构设计规范》，《空间网格结构技术规程》，《钢结构连接节点设计手册》，《钢网架焊接空心球节点》，《钢网架结构设计图集》《公路桥梁板式橡胶支座规格系列》。

2、节点类型

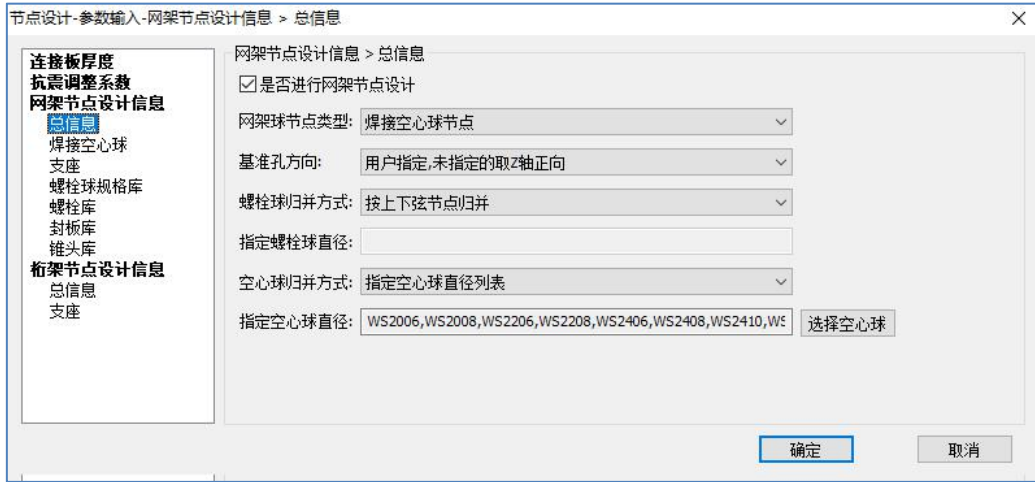
目前程序支持的节点类型有螺栓球节点设计、焊接空心球节点设计、支座节点设计（其中支座节点包括平板支座、板式橡胶支座节点设计）。

3、节点设计流程

(1) 选择网架网壳节点设计信息

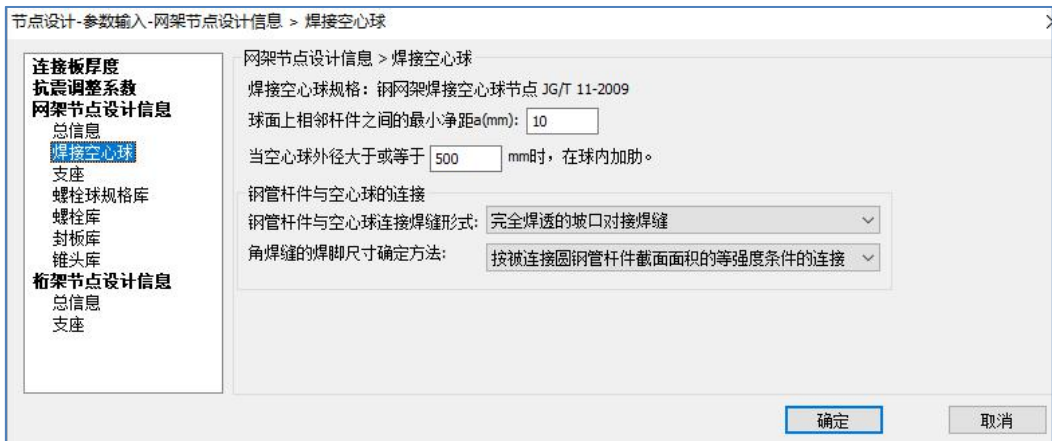
①总信息：

对于网架网壳节点类型选择，程序提供两种节点分别是螺栓球节点和焊接空心球节点；分为四种方式设计：焊接空心球节点设计；螺栓球节点设计；优先使用螺栓球节点，不满足时，该节点使用空心球；优先使用螺栓球节点，不满足时，所有节点使用空心球。



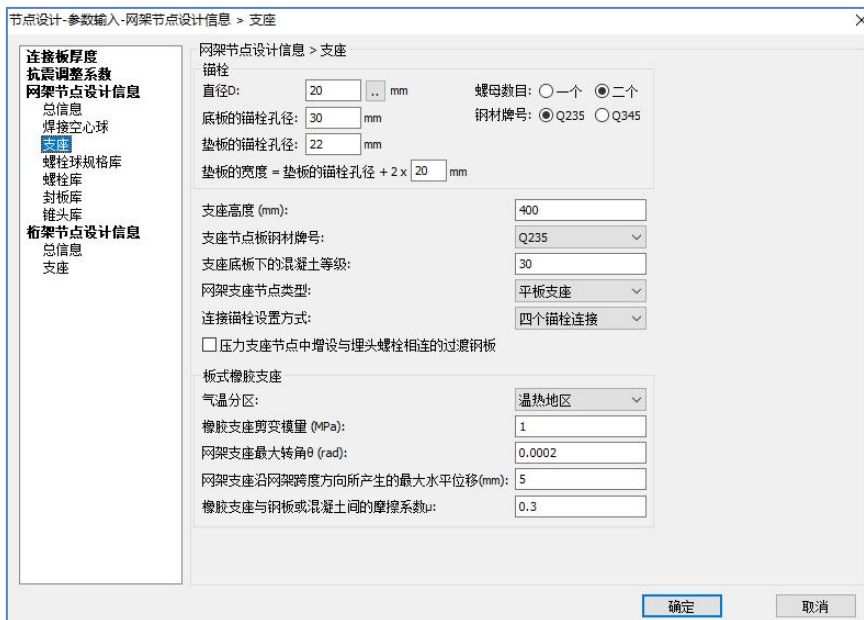
焊接空心球：当选择空心球节点设计时根据需要可以修改空心球相关参数：

焊接空心球截面库执行《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11-2009 第 4.2.1 条表 1 和第 4.2.2 条表 2。



③ 支座信息的修改

程序支持两种支座节点类型分别是平板支座和板式橡胶支座，参数如下图：



④ 螺栓球规格库

程序提供的螺栓球规格库如下图所示，同时用户还可以进行添加螺栓球规格尺寸。



⑤ 螺栓、套筒、封板、锥头截面库如下图所示，同时支持增加插入截面尺寸。

节点设计-参数输入-网架节点设计信息 > 螺栓库

连接板厚度

抗震调整系数

网架节点设计信息

总信息

焊接空心球

支座

螺栓球规格库

螺栓库

封板库

锥头库

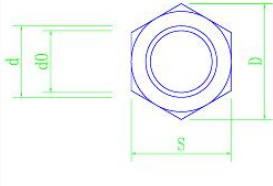
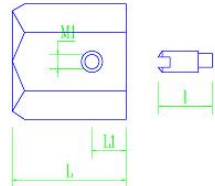
桁架节点设计信息

总信息

支座

网架节点设计信息 > 螺栓库

序号	名称	直径d0	有效面积	d	S	D	L	L1	M1	l
1	M12	12	84.3	13	21	24.2	25	8	5	13
2	M14	14	115	15	24	27.7	27	8	5	13
3	M16	16	157	17	27	31.2	30	10	5	13
4	M20	20	245	21	34	39.3	35	10	6	13
5	M22	22	303	23	36	41.6	35	10	6	15
6	M24	24	353	25	41	47.3	40	10	6	15
7	M27	27	459	28	46	53.1	40	10	8	15
8	M30	30	561	31	50	57.7	45	10	8	15
9	M33	33	694	34	55	63.5	45	10	8	17
10	M36	36	817	37	60	69.3	55	15	10	20

插入

增加

删除

确定 取消

节点设计-参数输入-网架节点设计信息 > 封板库

连接板厚度

抗震调整系数

网架节点设计信息

总信息

焊接空心球

支座

螺栓球规格库

螺栓库

封板库

锥头库

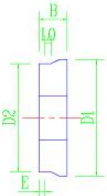
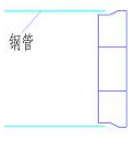
桁架节点设计信息

总信息

支座

网架节点设计信息 > 封板库

序号	名称	管径	壁厚	螺栓	D1	D2	B	E	L0	重量
1	33.5x3.5/M12	33.5	3.5	12	33.5	26	12	5	1	0.12
2	33.5x3.5/M14	33.5	3.5	14	33.5	26	12	5	1	0.12
3	33.5x3.5/M16	33.5	3.5	16	33.5	26	14	5	1	0.12
4	42.5x3.5/M12	42.5	3.5	12	42.5	35	12	5	1	0.18
5	42.5x3.5/M14	42.5	3.5	14	42.5	35	12	5	1	0.18
6	42.5x3.5/M16	42.5	3.5	16	42.5	35	14	5	1	0.18
7	42.5x3.5/M20	42.5	3.5	20	42.5	35	16	6	2	0.18
8	42.5x3.5/M22	42.5	3.5	22	42.5	35	16	6	2	0.18
9	48x3.5/M12	48	3.5	12	48	40	12	5	1	0.25
10	48x3.5/M14	48	3.5	14	48	40	12	5	1	0.25

插入

增加

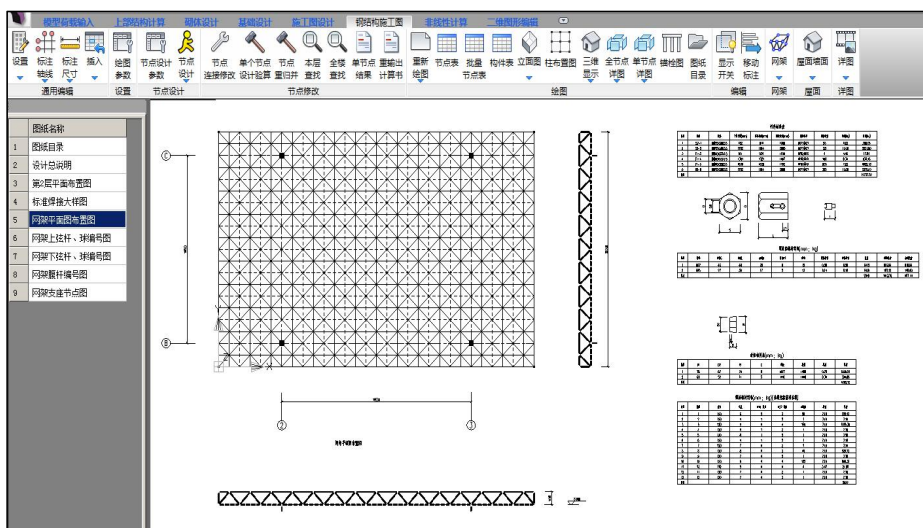
删除

确定 取消

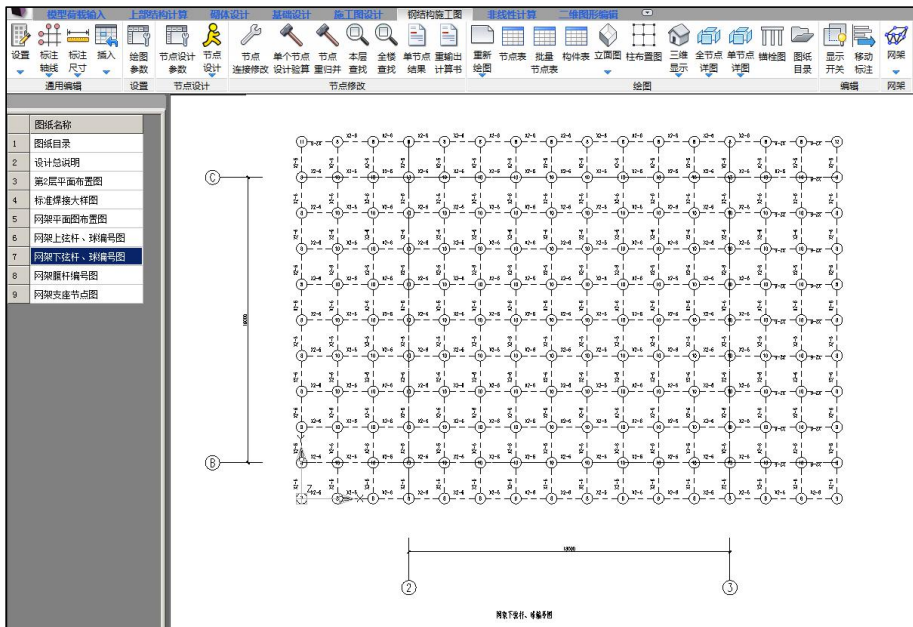
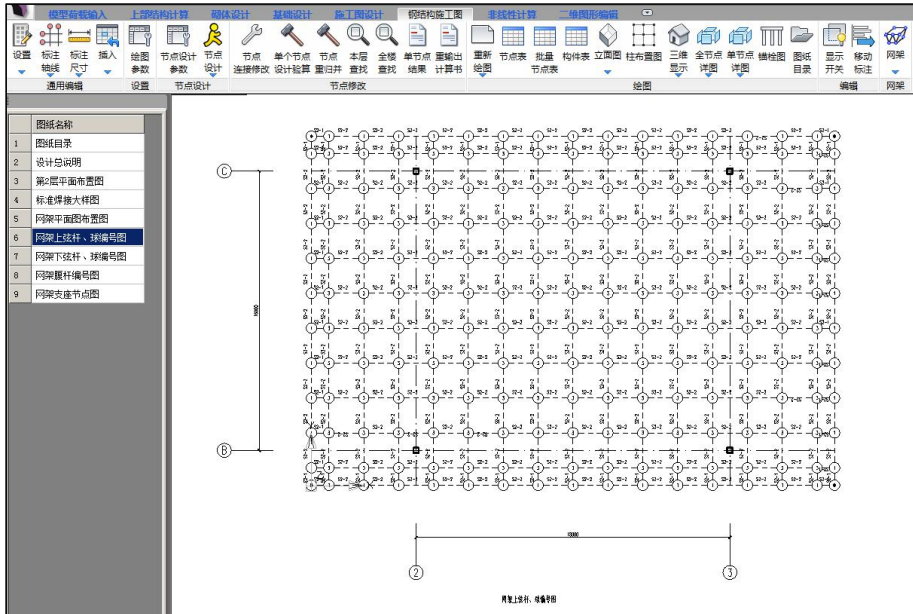


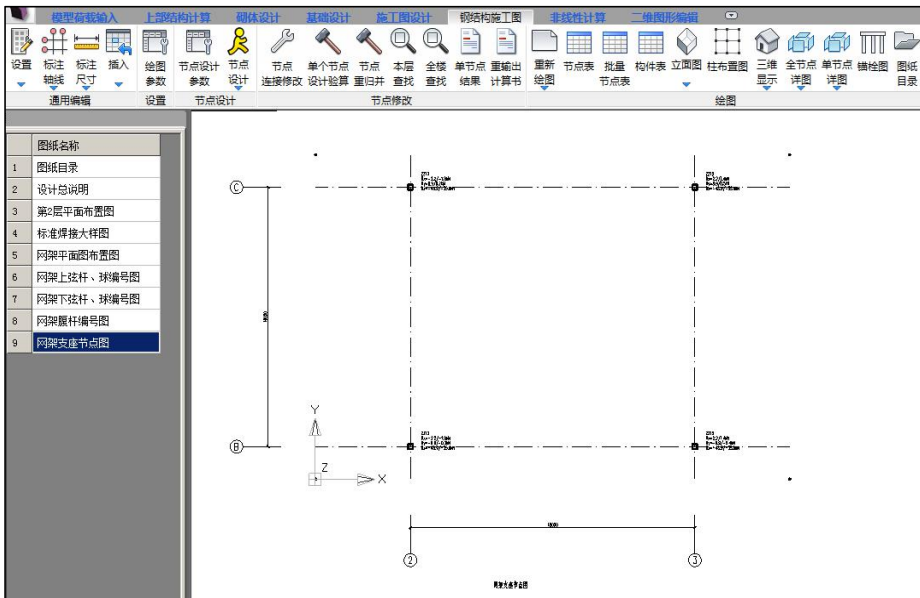
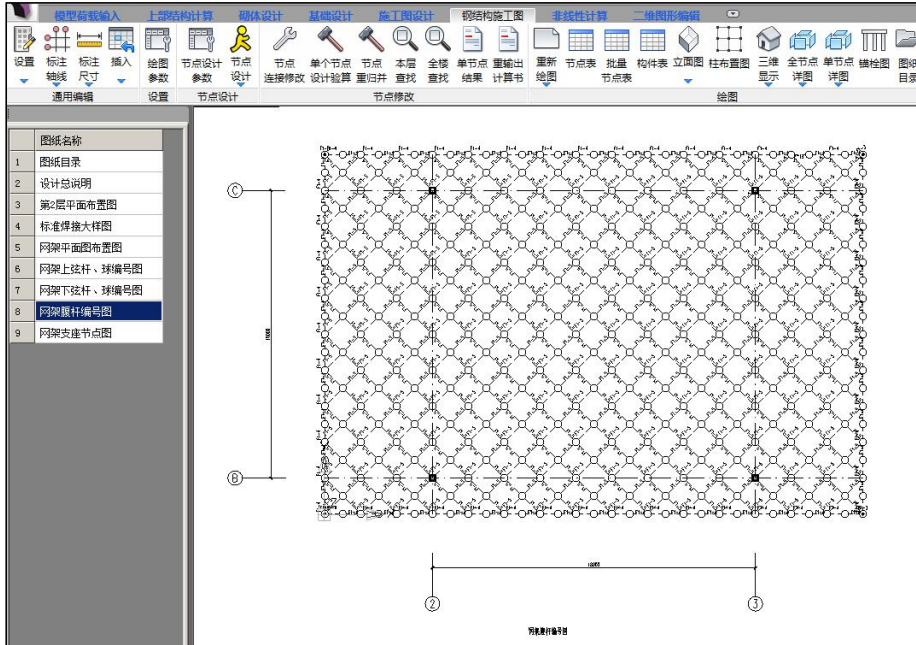
(4) 绘制网架网壳杆件及编号图

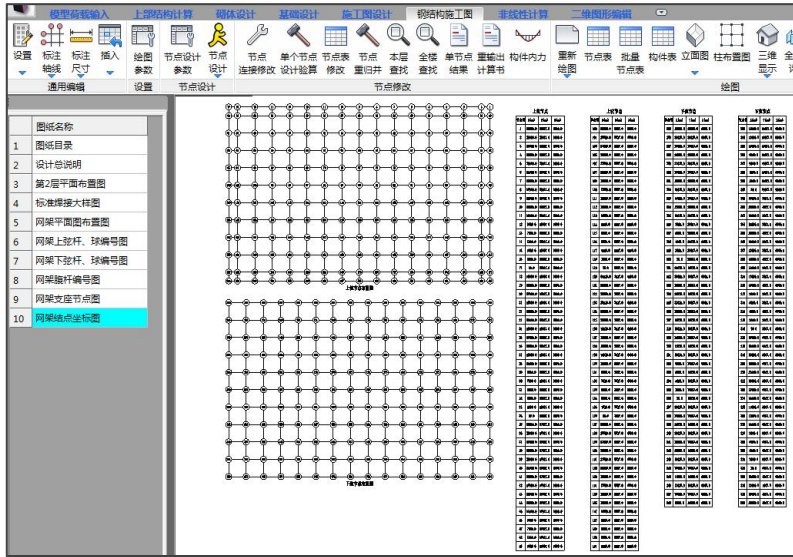
绘制网架网壳杆件及编号图纸，通过“网架”菜单下的“平面布置图”、“上弦杆编号图”、“下弦杆编号图”、“腹杆编号图”、“支座节点图”和“节点坐标表”来绘制。其中网架平面布置图自动出网架平面图、正视图和侧视图，同时还自动出网架杆件材料表、螺栓球材料表、焊接球材料表、螺栓套筒材料表、封板、锤头材料表；上弦杆编号图标注网架上弦杆及球编号图，下弦杆编号图标注网架下弦杆及球编号图，腹板编号图，网架支座节点图标注支座编号和支座反力。



第六章 网架网壳结构设计

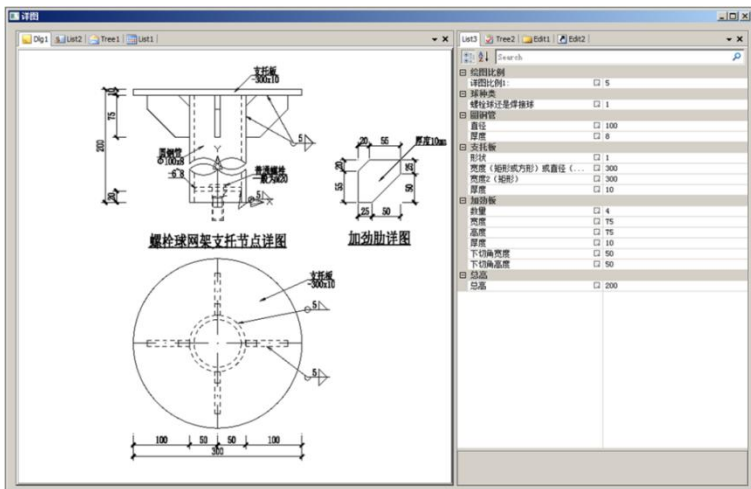
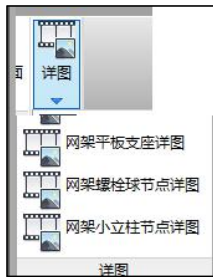






(5) 交互选择绘制节点图

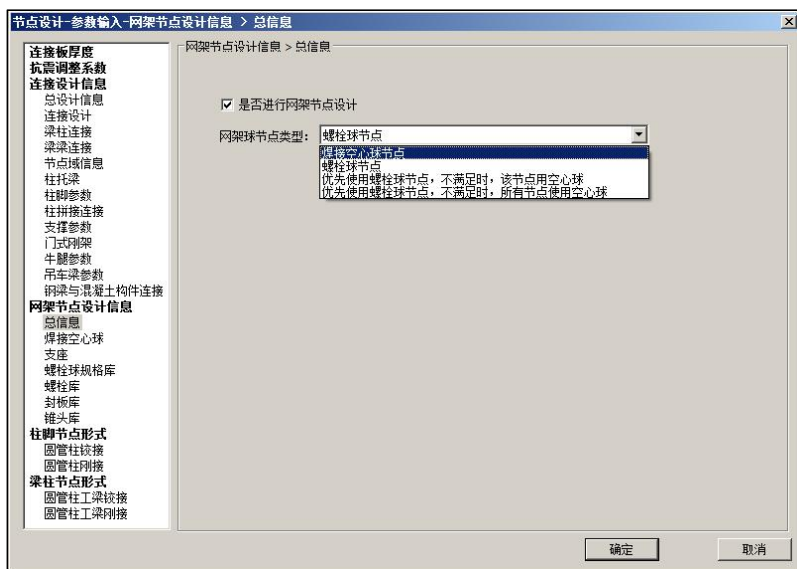
根据需要可在“详图”菜单下补充绘制支座图，球加工图以及网架小立柱节点详图。



三、网架网壳施工图相关菜单及操作说明

1、网架节点设计信息

(1) 总信息



对于网架网壳节点类型选择，程序提供两种节点分别是螺栓球节点和焊接空心球节点；分为四种方式设计：焊接空心球节点设计；螺栓球节点设计；优先使用螺栓球节点，不满足时，该节点使用空心球；优先使用螺栓球节点，不满足时，所有节点使用空心球。

(2) 焊接空心球



焊接空心球规格依据《钢网架焊接空心球节点》JG/T 11-2009 第 4.2.1 条表 1 和第 4.2.2 条表 2。

焊接球球面上相邻杆件之间的最小净距根据《空间网格结构技术规程》第 5.2.6 条，在确定空心球外径时，球面上相邻杆件之间的净距 a 不宜小于 10mm，杆件之间的最小允许间隙越大，设计出的球也越大。

当空心球外径大于或等于 500mm 时，在球内加肋，此项影响到《空间网格结构技术规程》第 5.2.4 条，对加肋空心球，当仅承受轴力或轴力与弯矩共同作用但以轴力为主 ($\eta_m \geq 0.8$) 且轴力方向和加肋方向一致时，其承载力可乘以加肋空心球承载力提高系数 η_d ，受压球取 $\eta_d = 1.4$ ，受拉球取 $\eta_d = 1.1$ 。同时对于空心球是否加肋在空心球材料表中给予备注。

钢管杆件与空心球的连接焊缝形式可选择完全焊透的坡口对接焊接或角焊缝；角焊缝的焊脚尺寸确定方法可按照被连接圆钢管杆件截面面积的等强度条件或按被连接圆钢管杆件实际内力确定。

(3) 支座

节点设计-参数输入-网架节点设计信息 > 支座

连接板厚度

抗震调整系数

网架节点设计信息

总信息

焊接空心球

支座

螺栓球规格库

螺栓库

封板库

锥头库

桁架节点设计信息

总信息

支座

网架节点设计信息 > 支座

锚栓

直径D: mm 螺母数目: 一个 二个

底板的锚栓孔径: mm 钢材牌号: Q235 Q345

垫板的锚栓孔径: mm

垫板的宽度 = 垫板的锚栓孔径 + 2 x mm

支座高度 (mm):

支座节点板钢材牌号:

支座底板下的混凝土等级:

网架支座节点类型:

连接锚栓设置方式:

压力支座节点中增设与埋头螺栓相连的过渡钢板

板式橡胶支座

气温分区:

橡胶支座剪应变模量 (MPa):

网架支座最大转角 θ (rad):

网架支座沿网架跨度方向所产生的最大水平位移 (mm):

橡胶支座与钢板或混凝土间的摩擦系数 μ :

支座锚栓直径要求输入程序内定的数值，在设计时优先采用指定的锚栓直径，当调整底板尺寸不能满足设计要求，程序将自动增大锚栓直径重新设计。

锚栓紧固螺母数：一个或两个，用于绘图。

锚栓钢材牌号：用于锚栓设计。

底板的锚栓孔径：默认取锚栓直径加 10mm。

垫板的锚栓孔径：默认取锚栓直径加 2mm。

垫板宽度：默认取垫板的锚栓孔径+2X20

支座高度：用于画图及支座处焊缝验算；

支座节点板钢材牌号：用于支座设计。

支座底板下的混凝土等级：设置支座底板下的混凝土强度等级。

网架支座节点类型：程序支持两种支座节点类型分别是平板支座和板式橡胶支座，其中平板支座可增设与茅台螺栓相连的过渡钢板，并与支座预埋钢板焊接。

连接锚栓设置方式：程序支持的锚栓设置方式分为两个锚栓连接和四个锚栓连接。

板式橡胶支座：

气温分区：根据《公路桥梁板式橡胶支座规范系列》JT/T663-2006，表 1 板式橡胶支座规范系列选用参数 $\tan\theta$ (θ 的单位为 rad)，温热地区、寒冷地区、严寒地区分别对应不同的 $\tan\theta$ ，用于程序判断输入的网架支座最大转角不能大于在所气温分区允许的转角。

橡胶支座剪变模量 (MPa)：用于支座压缩变形验算，根据《公路桥梁板式橡胶支座规范系列》JT/T663-2006 第 3.2 条，支座使用阶段平均压应力 $\sigma_c=10\text{MPa}$ ($S < 7$ 时 $\sigma_c = 8\text{MPa}$)；橡胶硬度 60 (IRHD) 时，其常温下剪变模量 $G=1.0\text{MPa}$ 。剪变模量随温度下降而递增，当累年最冷月平均温度的平均值 $0\sim -10^\circ\text{C}$ 时为寒冷地区， $G=1.2\text{MPa}$ ；当低于 -10°C 时为严寒地区， $G=1.5\text{MPa}$ ；当低于 -25°C 时， $G=2.0\text{MPa}$ ；全国气温分区图见 JTG D60-2004 附录 B。

网架支座最大转角 θ (rad)：用于支座压缩变形验算。

网架支座沿网架跨度方向所产生的最大水平位移 (mm)：由温度变化或地震力等使网架支座沿网架跨度方向所产生的最大水平位移 (由网架结构的计算分析得到)，用于支座橡胶层总厚度验算。

橡胶支座与钢板或混凝土间的摩擦系数 μ ：根据《空间网格结构技术规程》附录 K 表 K.0.1-2 摩擦系数 μ 与钢是 0.2，与混凝土是 0.3。

(4) 螺栓球节点

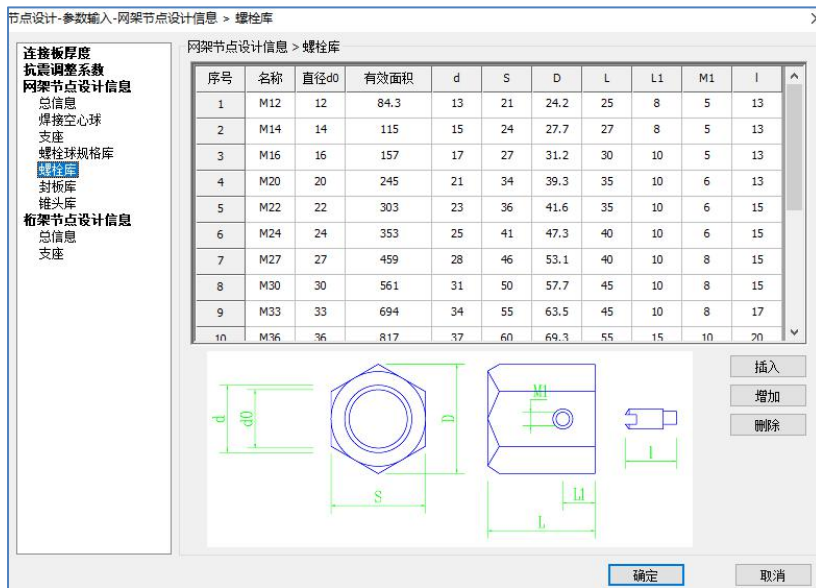
① 螺栓球型号库

螺栓球型号库中内置了网架材料库中的常用螺栓球，用户可通过插入、增加和删除对该库进行管理；



② 螺栓库

列出了螺栓对应的套筒及螺钉，用户可通过插入、增加和删除对该库进行管理；



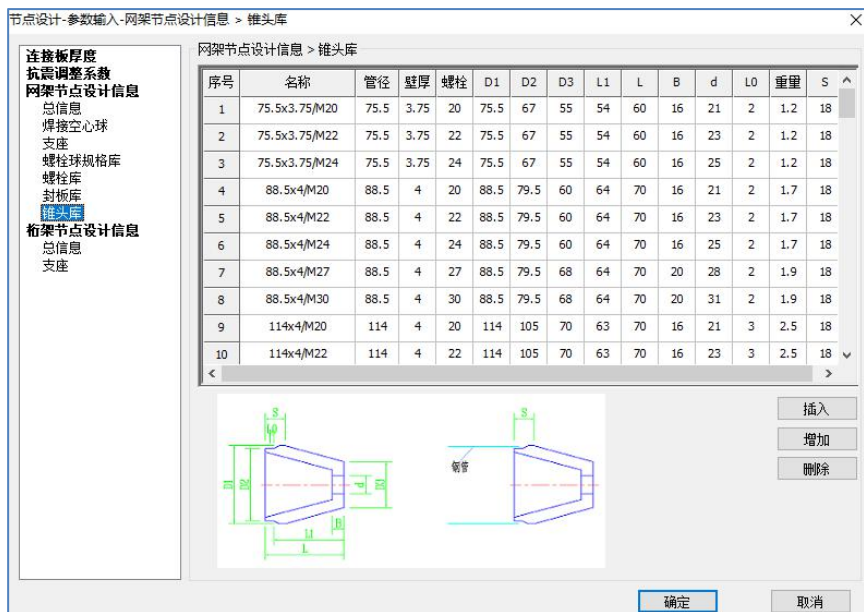
③ 封板库

列出了各钢管及螺栓对应的封板尺寸，用户可通过插入、增加和删除对该库进行管理。



④锥头库

列出了各钢管及螺栓对应的锥头尺寸，用户可通过插入、增加和删除对该库进行管理。



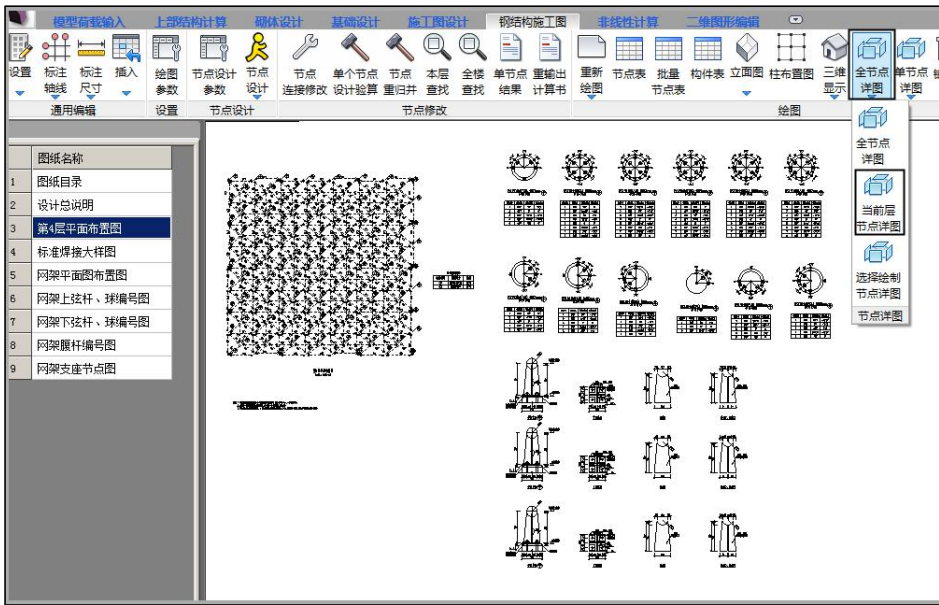
配件库说明：钢管型号和锥头、封板、螺栓等配件需一一对应，如果用户新增了一种网架钢管型号，需要在锥头库或封板库中添加与钢管对应的锥头或封板（要添加对应

多种螺栓的锥头或封板)。如果工程中需用到超过 M64 的螺栓,则需添加相应的螺栓库和锥头库。

2、网架网壳施工图

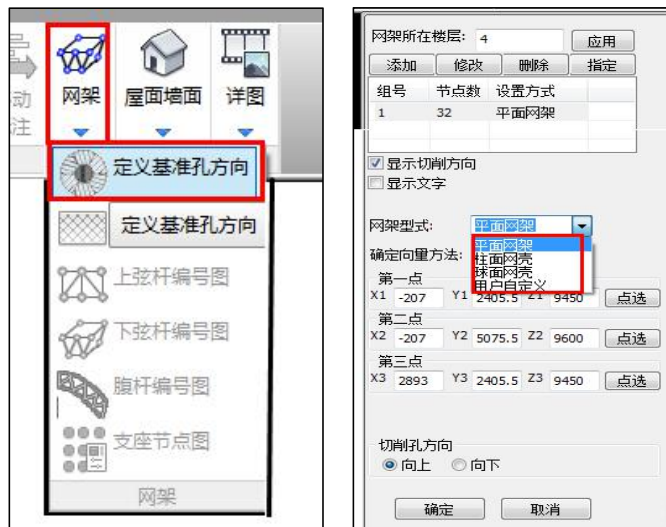
(1) 螺栓球加工图及支座节点图

通过“全节点详图”菜单下的“当前层节点详图”绘制所设计的螺栓球加工图和支座节点图。



(2) 网架基准孔方向定义

网架基准孔方向定义用于平面或某些规则曲面的螺栓球基准孔方向定义,也可用于局部特殊节点(如曲面的边界点、不同面的交界点)基准孔方向的补充定义,软件默认所有螺栓球节点的基准孔方向为 Z 正向。用户可用过选择数值输入方向矢量或在屏幕上指定方向矢量的方法确定每个球的基准孔方向,并能直观的观察;按照命令行提示,软件提供平面、柱面、球面三种基本定义方式。



(3) 结构布置图

通过“网架”菜单下的“平面布置图”绘制各种视图下的图纸。包括：平面布置图，前视图和侧视图，同时还生成设计网架的材料表包括杆件材料表，螺栓球材料表以及螺栓、套筒、锥头、封板材料表和焊接球材料表。其中杆件材料表中的下料长度、焊接长度、理论长度计算公式如下：

下料长度=理论长度-球半径-套筒长度-封板或锥头长度+球劈面量+焊接收缩量。

焊接长度=下料长度+封板或锥头长度

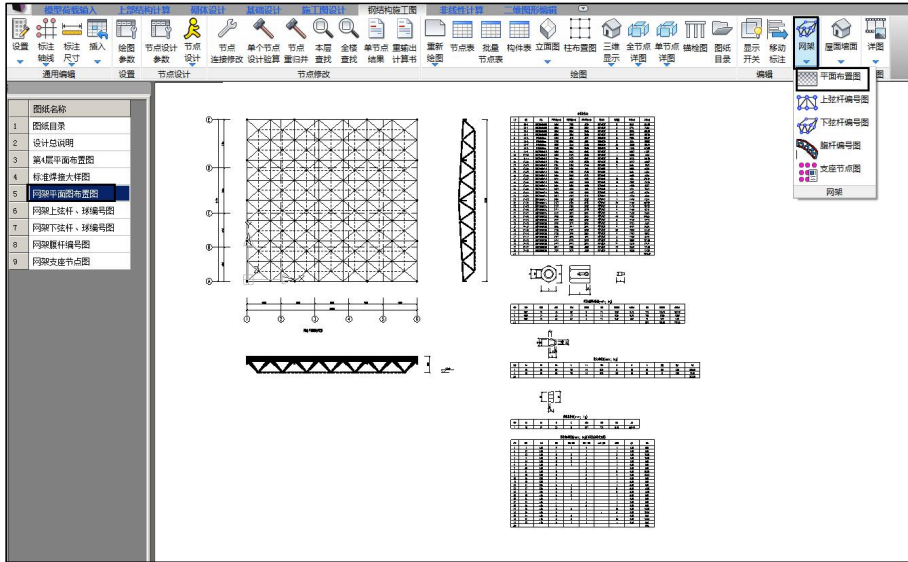
理论长度是指球心到球心的距离，即网格长度，也叫中到中长度。

当采用焊接球节点连接时，下料长度计算公式如下：

下料长度=杆件计算长度+焊接收缩量-焊缝间隙

杆件计算长度=理论长度- $\sqrt{\text{大球半径}^2 - \text{钢管半径}^2} + \sqrt{\text{小球半径}^2 - \text{钢管半径}^2}$

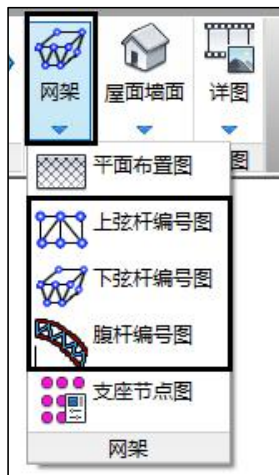
其中焊缝间隙取值，当为角焊缝时不留间隙。当为等强坡口焊时，如果钢管壁厚小于 6mm 此时不减间隙，如果钢管壁厚大于等于 6mm 时两端各减去 3mm 的间隙。



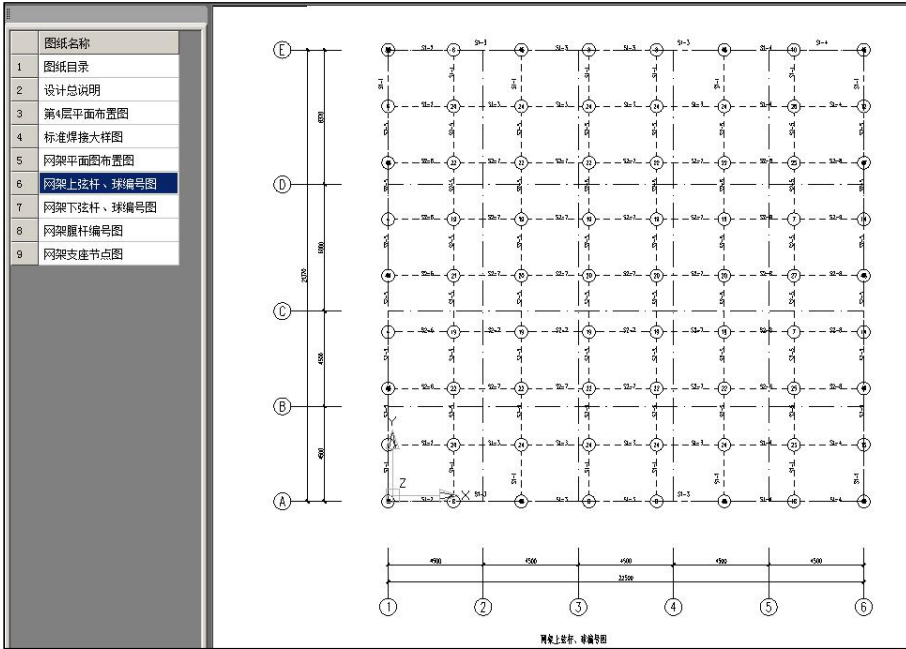
(4) 上下弦、腹杆施工图绘制

根据所设计网架杆件的属性（上弦杆、下弦杆、腹杆）绘制上下弦杆、腹杆的编号图和球编号图。

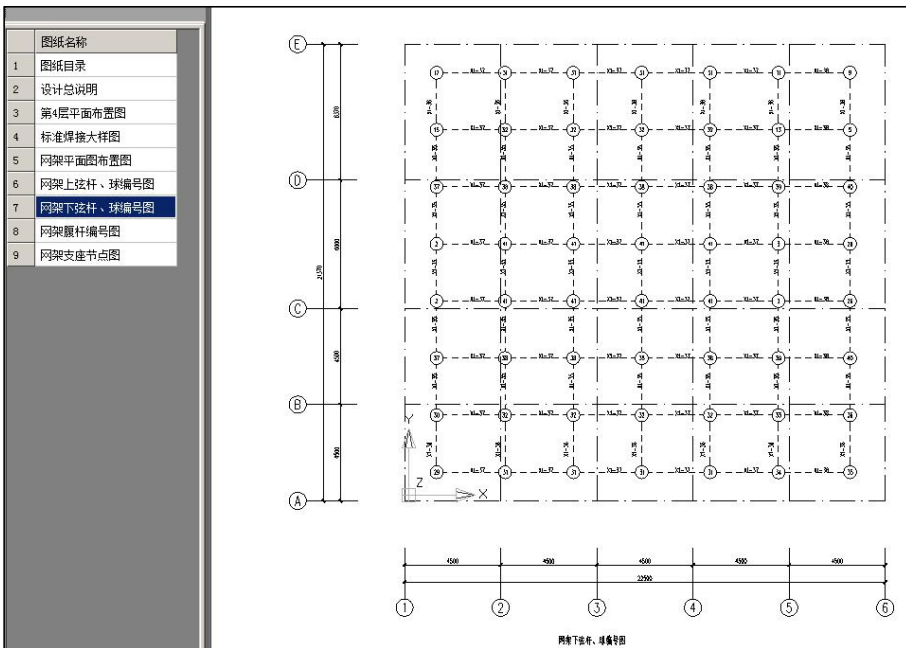
绘制菜单：



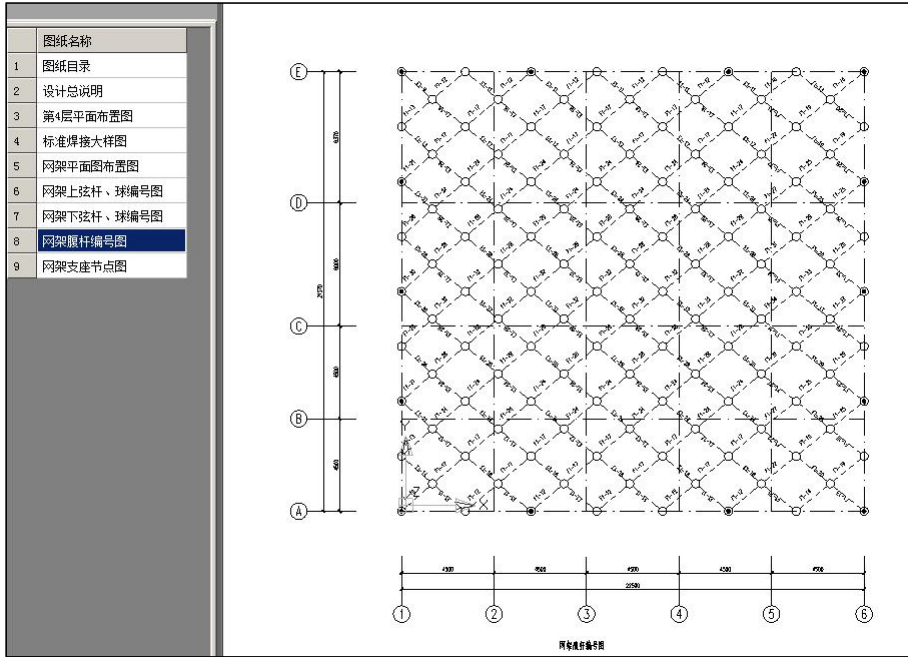
第六章 网架网壳结构设计



网架上弦杆、球编号图



网架下弦杆、球编号图

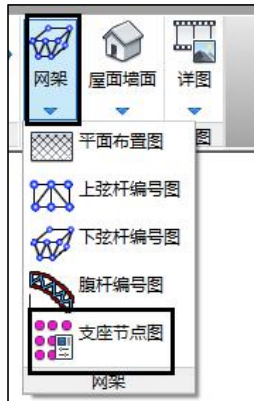


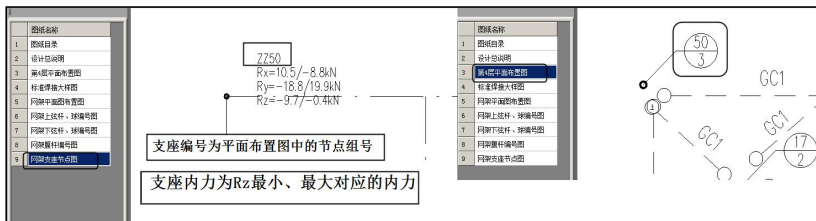
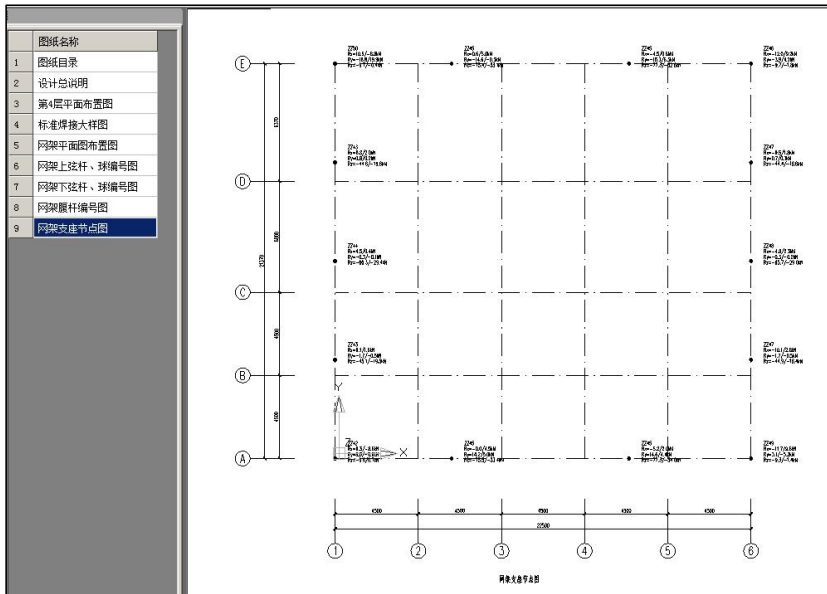
网架腹杆编号图

(5) 支座节点图

此图主要是用于标注支座编号和支座反力。

绘图菜单：





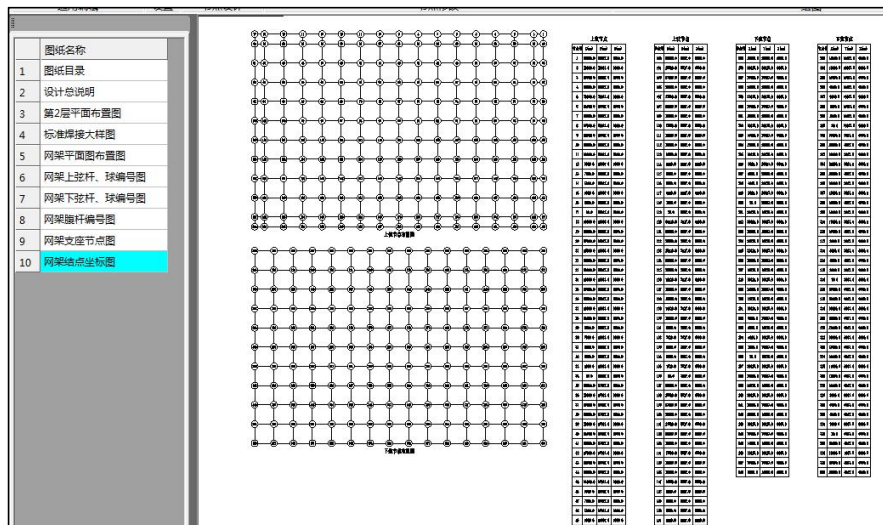
(6) 节点坐标点的输出



点击“节点编号布置图”程序自动绘制节点编号布置图和节点坐标表；

点击“绘制节点坐标列表”此时可以将节点坐标列表交互插入到当前图纸中；

点击“节点坐标输出到文件”程序将输出的节点坐标表保存文件 txt 到原工程目录下，所存文件名为 nodepos.txt；



(6) 网架节点计算书

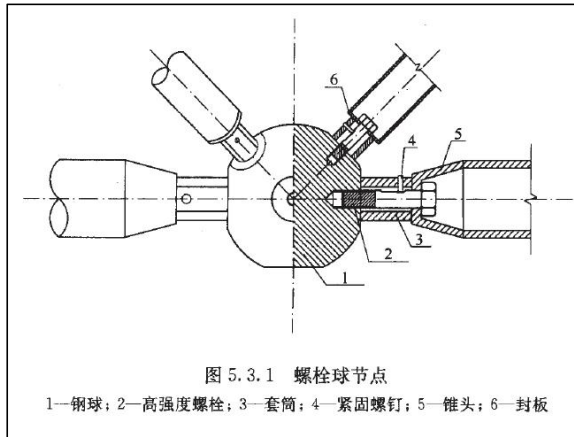
网架节点计算书可以通过“单节点结果”菜单在平面布置图点取节点编号查询单个节点的计算书，也可以通过“图纸目录”菜单下查看整个网架结构所有节点的计算书。



四、网架网壳节点设计技术条件

1、螺栓球节点

根据《空间网格结构技术规程》第 5.3.1 条螺栓球节点应由钢球、高强度螺栓、套筒、紧固螺钉、锥头或封板等零件组成，可用于连接网架和双层网壳等空间网格结构的圆钢管杆件。



第 5.3.2 条，用于制造螺栓球节点的钢球、高强度螺栓、套筒、紧固螺钉、封板、锥头的材料可按表 5.3.2 的规定选用，并应符合相应标准技术条件的要求。产品质量应符合现行行业标准《钢网架螺栓球节点》JG/T 10 的规定。

表 5.3.2 螺栓球节点零件材料

零件名称	推荐材料	材料标准编号	备注
钢 球	45 号钢	《优质碳素结构钢》GB/T 699	毛坯钢球锻造成型
高强度螺栓	20MnTiB, 40Cr, 35CrMo	《合金结构钢》GB/T 3077	规格 M12~M24
	35VB, 40Cr, 35CrMo		规格 M27~M36
	35CrMo, 40Cr		规格 M39~M64×4
套筒	Q235B	《碳素结构钢》GB/T 700	套筒内孔径为 13mm~34mm
	Q345	《低合金高强度结构钢》GB/T 1591	套筒内孔径为 37mm~65mm
	45 号钢	《优质碳素结构钢》GB/T 699	
紧固螺钉	20MnTiB	《合金结构钢》GB/T 3077	螺钉直径宜 尽量小
	40Cr		
锥头或封板	Q235B	《碳素结构钢》GB/T 700	钢号宜与 杆件一致
	Q345	《低合金高强度结构钢》GB/T 1591	

第 5.3.3 条钢球直径应保证相邻螺栓在球体内不相碰并应满足套筒接触面的要求 (图 5.3.3) , 可分别按下列公式核算, 并按计算结果中较大者选用。

$$D \geq \sqrt{\left(\frac{d_s^b}{\sin\theta} + d_1^b \cot\theta + 2\varepsilon d_1^b\right)^2 + \lambda^2 d_1^{b2}} \quad 5.3.3-1$$

$$D \geq \sqrt{\left(\frac{\lambda d_s^b}{\sin\theta} + \lambda d_1^b \cot\theta\right)^2 + \lambda^2 d_1^{b2}} \quad 5.3.3-2$$

式中:

D: 钢球直径 (mm) ;

θ : 两相邻螺栓之间的最小夹角 (rad) ;

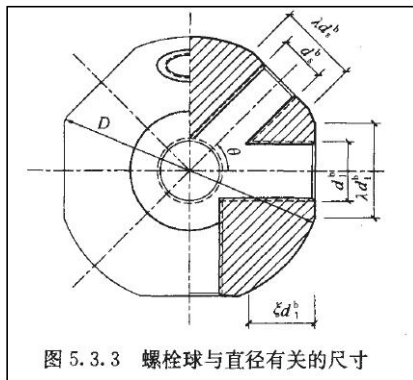
d_1^b : 两相邻螺栓的较大直径 (mm) ;

d_s^b : 两相邻螺栓的较小直径 (mm) ;

ε : 螺栓拧入球体长度与螺栓直径的比值, 可取为 1.1;

λ : 套筒外接圆直径与螺栓直径的比值, 可取为 1.8。

当相邻杆件夹角 θ 较小时, 尚应根据相邻杆件及相关封板、锥头、套筒等零部件不相碰的要求核算螺栓球直径。此时可通过检查可能相碰点至球心的连线与相邻杆件轴线间的夹角不大于 θ 的条件进行核算。



第 5.3.4 条, 高强度螺栓的性能等级应按规格分别选用。对于 M12~M36 的高强度螺栓, 其强度等级应按 10.9 级选用; 对于 M39~M64 的高强度螺栓, 其强度等级应按 9.8 级选用。螺栓的形式与尺寸应符合现行国家标准《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB/T 16393 的要求。

选用高强度螺栓的直径应由杆件内力确定, 高强度螺栓的受拉承载力设计值 N_t^b 应按

下式计算：

$$N_t^b = A_{\text{eff}} f_t^b \quad (5.3.4)$$

式中：

f_t^b ：高强度螺栓经热处理后的抗拉强度设计值，对 10.9 级，取 430N/mm²；对 9.8 级，取 385 N/mm²。

A_{eff} ：高强度螺栓的有效截面面积，可按表 5.3.4 选取。当螺栓上钻有键槽或钻孔时， A_{eff} 值取螺纹处或键槽、钻孔处二者中的较小值。

表 5.3.4 常用高强度螺栓在螺纹处的有效截面面积 A_{eff} 和承载力设计值 N_t^b

性能等级	规格 d	螺距 p (mm)	A_{eff} (mm ²)	N_t^b (kN)
10.9 级	M12	1.75	84	36.1
	M14	2	115	49.5
	M16	2	157	67.5
	M20	2.5	245	105.3
	M22	2.5	303	130.5
	M24	3	353	151.5
	M27	3	459	197.5
	M30	3.5	561	241.2
	M33	3.5	694	298.4
9.8 级	M36	4	817	351.3
	M39	4	976	375.6
	M42	4.5	1120	431.5
	M45	4.5	1310	502.8
	M48	5	1470	567.1
	M52	5	1760	676.7
	M56×4	4	2144	825.4
	M60×4	4	2485	956.6
	M64×4	4	2851	1097.6

注：螺栓在螺纹处的有效截面面积 $A_{\text{eff}} = \pi(d - 0.9382p)^2/4$ 。

根据《钢结构连接节点设计手册》第 6-40 条，承受被连接圆钢管杆件轴心压力的长形六角套筒在开设滑槽处或紧固螺钉孔处的强度，应按下式计算：

$$\sigma_c = \frac{N}{A_{\text{nn}}} \leq f \quad (6-22)$$

式中：

N ：被连接圆钢管杆件的轴心压力；

A_{nn} ：长形六角套筒在开设滑槽处或紧固螺钉孔处的净截面面积；

第 6-41 条，承受被连接圆钢管杆件轴心压力的长六角套筒端部的承压强度，应按下式计算：

$$\sigma_{ce} = \frac{N}{A_{\text{en}}} \leq f_{ce} \quad (6-25)$$

第 5.3.7 条, 钢管端部的锥头或封板以及它们与钢管间的连接焊缝均为杆件的重要组成部分, 应确保锥头或封板以及连接焊缝与钢管等强, 一般封板用于连接直径小于 76mm 的钢管, 锥头用于连接直径大于或等于 76mm 的钢管。

2、焊接空心球节点

根据《空间网格结构技术规程》第 5.2.1 条, 由两个半球焊接而成的空心球, 产品质量应符合现行行业标准《钢网架焊接空心球节点》JG/T11 的规定。

第 5.2.2 条, 当空心球直径为 120mm~900mm 时, 其受压和受拉承载力设计值 $N_R(N)$ 可按下式计算:

$$N_R = \eta_0 \left(0.29 + 0.54 \frac{d}{D} \right) \pi t d f \quad (5.2.2)$$

式中,

η_0 : 大直径空心球节点承载力调整系数, 当空心球直径 ≤ 500 时, $\eta_0 = 1.0$; 当空心球直径 ≥ 500 mm 时, $\eta_0 = 0.9$;

D: 空心球外径 (mm) ;

T: 空心球壁厚 (mm) ;

d: 与空心球相连的主钢管杆件的外径 (mm) ;

f: 钢材的抗拉强度设计值 (N/mm²) 。

第 5.2.3 条, 对于单层网壳结构, 空心球承载压弯或拉弯的承载力设计值 N_m 可按下式计算:

$$N_m = \eta_m N_R \quad (5.2.3-1)$$

式中:

N_R : 空心球受压和受拉承载力设计值 (N) ;

η_m : 考虑空心球受压弯或拉弯作用的影响系数, η_m 与偏心系数 c 相应的计算公式如下:

$$c = \frac{2M}{Nd}$$

(1) $0 \leq c \leq 0.3$ 时,

$$\eta_m = \frac{1}{1+c}$$

(2) $0.3 < c < 2.0$ 时,

$$\eta_m = \frac{2}{\pi} \sqrt{3 + 0.6c + 2c^2} - \frac{2}{\pi} (1 + \sqrt{2}c) + 0.5$$

(3) $c \geq 2.0$ 时,

$$\eta_m = \frac{2}{\pi} \sqrt{c^2 + 2} - \frac{2c}{\pi}$$

式中,

M: 杆件作用于空心球节点的弯矩 (N.mm) ;

N: 杆件作用于空心球节点的轴力 (N) ;

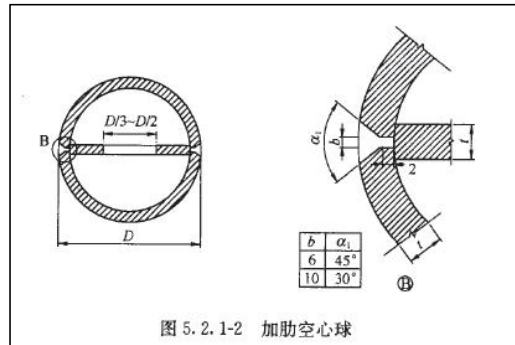
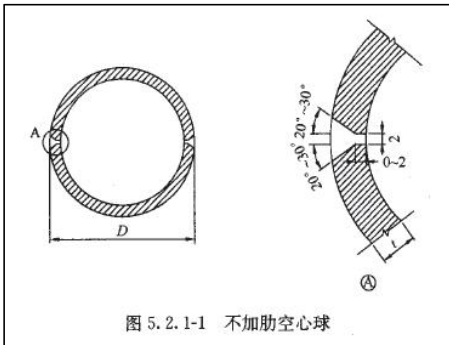
d: 杆件的外径 (mm) 。

第 5.2.4 条,对加肋空心球,当仅承受轴力或轴力与弯矩共同作用但以轴力为主($\eta_m \geq 0.8$)且轴力方向和加肋方向一致时,其承载力可乘以加肋空心球承载力提高系数 η_d ,受压球取 $\eta_d = 1.4$,受拉球取 $\eta_d = 1.1$ 。

第 5.2.5 条,焊接空心球的设计及钢管杆件与空心球的连接应符合下列构造要求:

1,网架和双层网壳空心球的外径与壁厚之比宜取 25~45;单层网壳空心球的外径与壁厚之比宜取 20~35;空心球外径与主钢管外径之比宜取 2.4~3.0;空心球壁厚与主钢管的壁厚之比宜取 1.5~2.0;空心球壁厚不宜小于 4mm。

2,不加肋空心球和加肋空心球的成型对接焊接,应分别满足图 5.2.1-1 和图 5.2.1-2 的要求。加肋空心球的肋板可用平台或凸台,采用凸台时,其高度不得大于 1mm。



3,钢管杆件与空心球连接,钢管应开坡口,在钢管与空心球之间应留有一定缝隙并予以焊透,以实现焊缝与钢管等强,否则应按角焊缝计算。钢管端头可加套管与空心球焊接(图 5.2.5)。套管壁厚不应小于 3mm,长度可为 30mm~50mm。

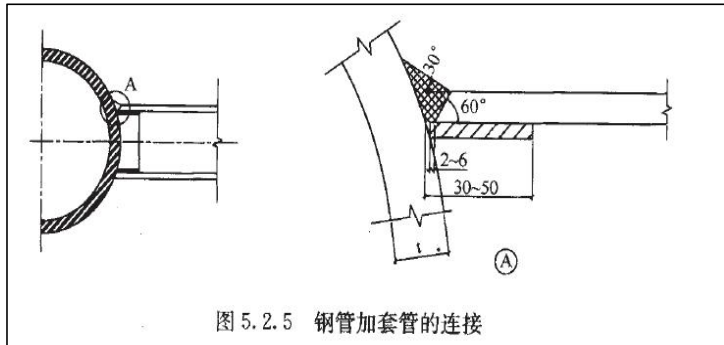


图 5.2.5 钢管加套管的连接

4, 角焊缝的焊脚尺寸 h_f 应符合下列规定:

1) 当钢管壁厚 $t_c \leq 4\text{mm}$ 时, $1.5t_c \geq h_f > t_c$;

2) 当 $t_c > 4\text{mm}$ 时, $1.2t_c \geq h_f > t_c$;

第 5.2.6 条, 在确定空心球外径时, 球面上相邻杆件之间的净距 a 不宜小于 10mm (图 5.2.6), 空心球直径可按下列式估算:

$$D = (d_1 + 2a + d_2) / \theta \quad (5.2.6)$$

式中: θ : 汇集于球节点任意两相邻钢管杆件间的夹角 (rad);

d_1, d_2 : 组成 θ 角的两钢管外径 (mm);

a : 球面上相邻杆件之间的净距 (mm)。

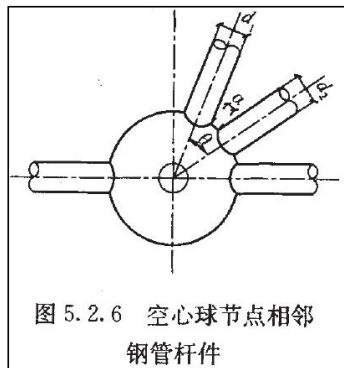


图 5.2.6 空心球节点相邻钢管杆件

第 5.2.8 条, 当空心球外径大于 300mm, 且杆件内力较大需要提高承载能力时, 可在球内加肋; 当空心球外径大于或等于 500mm 应在球内加肋。肋板必须设在轴力最大杆件的轴线平面内, 且其厚度不应小于球壁的厚度。

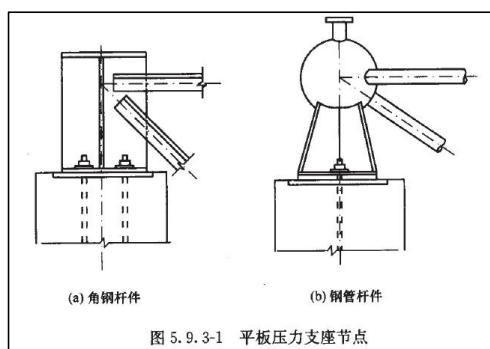
3、 支座节点

根据《空间网格结构技术规程》第 5.9.1 条空间网格结构的支座节点必须具有足够的强度和刚度，在荷载作用下不应先于杆件和其他节点而破坏，也不得产生不可忽略的变形。支座节点构造形式应传力可靠、连接简单，并应符合计算假定。

第 5.9.2 条，空间网格结构的支座节点应根据其主要受力特点，分别选用压力支座节点、拉力支座节点、可滑移与转动的弹性支座节点以及兼受轴力、弯矩与剪力的刚性支座节点。

第 5.9.3 条，常用压力支座节点可按下列构造形式选用：

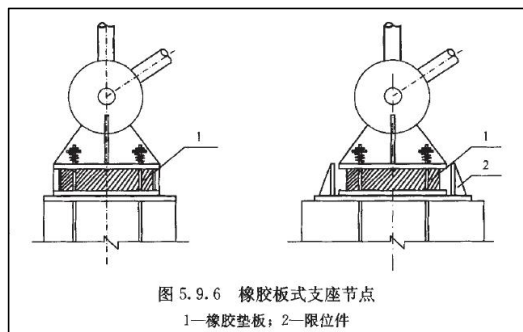
1，平板压力支座节点（图 5.9.3-1），可用于中、小宽度的空间网格结构。



第 5.9.4 条，常用拉力支座节点可按下列构造形式选用：

1，平板拉力支座节点（同图 5.9.3-1），可用于中、小宽度的空间网格结构。

第 5.9.6 条，橡胶板式支座节点（图 5.9.6），可用于支座反力较大，有抗震要求、温度影响、水平位移较大与有转动要求的大、中跨度空间网格结构，可按本规程附录 K 进行设计。



第 5.9.9 条，支座节点的设计与构造应符合下列规定：

①，支座竖向支承板中心线应与竖向反力作用线一致，并与支座节点连接的杆件汇交于节点中心；

②，支座球节点底部至支座底板间的距离应满足支座斜腹杆与柱或边梁不相碰的要求；

③，支座竖向支承板应保证其自由端不发生侧向屈曲，其厚度不宜小于 10mm；对于拉力支座节点，支座竖向支承板的最小截面面积及连接焊缝应满足强度要求。

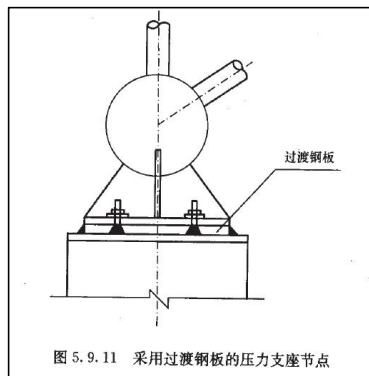
④，支座节点底板的净面积应满足支承结构材料的局部受压要求，其厚度应满足底板在支座竖向反力作用下的抗弯要求，且不宜小于 12mm。

⑤，支座节点底板的锚孔孔径应比锚栓直径大 10mm 以上，并应考虑适应支座节点水平位移的要求。

⑥，支座节点锚栓按构造要求设置时，其直径可取 20mm~25mm，数量可取 2~4 个；受拉支座的锚栓应经计算确定，锚固长度不应小于 25 倍锚栓直径，并应设置双螺母；

⑦，支座节点竖向支承板与螺栓球节点焊接时，应将螺栓球球体预热至 1500C~2000C，以小直径焊条分层、对称施焊，并应保温缓慢冷却。

第 5.9.11 条，压力支座节点中增设与埋头螺栓相连的过渡钢板，并应与支座预埋钢板焊接（图 5.9.11）。



支座节点验算如下：

1) 支座底板验算

根据《钢结构连接节点设计手册》第 6-60 条 (1) 支座底板的面积和厚度，可按第 4-22 条公式 (4-14) 和公式 (4-15) 计算确定，同时尚应满足构造上的要求。

底板面积：

$$A_{pb} = a \times b \geq \frac{R}{f_c} \quad (4-14)$$

底板厚度：

$$t_{pb} \geq \sqrt{\frac{6M_{max}}{f}} \quad (4-15)$$

式中：

b：支座底板的宽度和长度；

R：支座垂直反力；

f_c ：支座底板下的混凝土轴心抗压强度设计值，按第 2-16 条表 2-8 采用；

M_{max} ：两相邻边或三边支承的矩形板，在支座底板下的混凝土分布反力作用下所产生的最大弯矩，可按第 4-22 条公式 (4-16) 计算。即：

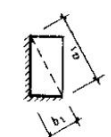
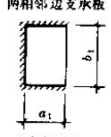
$$M_{max} = \alpha \sigma_c a_1^2 \quad (4-16)$$

σ_c ：为支座底板下的混凝土分布反力，按公式 (4-17) 计算。即：

$$\sigma_c = \frac{R}{A_{pb}} \leq f_c \quad (4-17)$$

a_1 ：两相邻边支承板的对角线长度或三边支承板的自由边长度；

α ：系数，按第 4-22 条表 4-3 采用。

 <p>两相邻边支承板</p>	b_1/a_1	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
	α	0.027	0.036	0.044	0.052	0.060	0.068	0.075	0.081	0.087	0.092	0.097	0.102
 <p>三边支承板</p>	b_1/a_1	0.90	0.95	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.75	2.00	>2.00	
	α	0.105	0.109	0.112	0.117	0.121	0.124	0.126	0.128	0.130	0.132	0.133	

注：当 $b_1/a_1 < 0.3$ 时，按悬臂板计算。

通常情况下，支座底板的面积一般是由支座节点板侧向加劲肋和连接锚栓的设置构造要求来确定。

支座底板的厚度一般是在 12~20mm 范围内采用。

2) 支座节点板 (或支座支承板) 的侧向垂直加劲肋的厚度, 一般可按支座底板厚度的 0.7 倍采用。

每块加劲肋与支座节点板 (或垂直支承板) 的双面连接角焊缝 (即从底板顶面算起的垂直方向焊缝), 可近似地按第 4-22 条公式 (4-18) 计算强度。即:

$$\sigma_{fs} = \sqrt{(\sigma_M)^2 + (\tau_V)^2}$$

$$\sigma_{fs} = \sqrt{\left(\frac{6M}{2 \times 0.7h_f l_{wV}^2}\right)^2 + \left(\frac{V}{2 \times 0.7h_f l_{wV}}\right)^2} \leq f_f^w$$

式中,

σ_M : 在偏心弯矩 M 作用下垂直角焊缝的正应力;

τ_V : 在剪力 V 作用下垂直角焊缝的剪应力;

M : 偏心弯矩, 按第 4-22 条公式 (4-19) 计算, 即

$$M = \frac{1}{8} R l_{wH} \quad (4-19)$$

V : 剪力, 按第 4-22 条公式 (4-20) 计算, 即

$$V = R/4 \quad (4-20)$$

l_{wV} : 垂直加劲肋与支座节点板的垂直角焊缝的计算长度;

l_{wH} : 垂直加劲肋与支座底板的水平角焊缝的计算长度。

3) 支座底板与节点板 (或垂直支承板) 和垂直加劲肋的水平连接焊缝, 一般是采用角焊缝, 焊脚尺寸 h_f 可在 6~10mm 的范围内采用; 焊缝强度可近似地按第 4-22 条公式 (4-21) 计算, 即:

$$\sigma_f = \frac{R}{0.7h_f \sum l_{wH}} \leq f_f^w \quad (4-21)$$

式中, l_{wH} : 水平角焊缝的总计算长度。

4) 承受支座垂直拉力的一个锚栓的有效面积可按式计算:

$$A_{ea} \geq \frac{R_t}{n_a f_t^a} \quad (6-31)$$

式中，

R_t ：支座垂直拉力；

n_a ：锚栓数目；

f_t^a ：锚栓的抗拉强度设计值。

5) 板式橡胶支座验算

根据《空间网格结构技术规程》附录 K，橡胶垫板的材料性能及计算构造要求第 K.0.2 条，橡胶垫板的设计计算应符合下列规定：

①橡胶垫板的底面面积 A 可根据承压条件按下式计算：

$$A \geq \frac{R_{max}}{[\sigma]} \quad (K.0.2-1)$$

式中，

A ：橡胶垫板承压面积，即 $A = a \times b$ ；

a, b ：支座的短边与长边的边长；

R_{max} ：网架全部荷载标准值作用下引起的支座反力；

$[\sigma]$ ：橡胶垫板的允许抗压强度。

②橡胶支座中的橡胶层总厚度 t_R （不包括加劲薄钢板的厚度）主要是由支座使用时的受剪状态和支座的稳定性来确定，可按《钢结构连接节点设计手册》公式（6-50）计算：

$$t_R = \frac{S_H}{[tg\alpha]} \leq 0.2a \quad (6-50)$$

式中，

S_H ：由温度变化或地震力等使网架支座沿网架跨度方向所产生的最大水平位移（由网架结构的计算分析得到）；

$[tg\alpha]$ ：板式橡胶支座容许剪切角正切值，取 $tg\alpha = 0.7$ 。

根据橡胶层总厚度 t_R ，可按表 6-10 板式橡胶支座规范系列确定橡胶支座的总厚度 t_{RS} （包括橡胶层总厚度和加劲薄钢板总厚度）。

表 1 GJZ、GYZ 板式橡胶支座规格系列选用参数

序号	$l_a \times l_b$ (或 d) (mm)	R_{ck} (kN)	S	t (mm)	Δl_1 (mm)	Δl_2 (mm)	t_e (mm)	$\tan\theta$ (θ 的单位为 rad)			R_{ck} (kN)			t_1 (mm)	t_0 (mm)
								温热地区	寒冷地区	严寒地区	温热地区	寒冷地区	严寒地区		
1	100 × 150	101	5.48	21	5.0	7.0	15	0.010 7	0.009 0	0.007 4	35 (53)	42 (63)	53 (79)	5	2
				28	7.5	10.5	20	0.016 0	0.013 5	0.011 1					
2	100 × 200	137	6.11	21	5.0	7.0	15	0.008 7	0.007 4	0.006 1	47 (70)	56 (84)	70 (105)	5	2
				28	7.5	10.5	20	0.013 1	0.011 1	0.009 1					
3	$d150$	154	7.00	21	5.0	7.0	15	0.005 7	0.005 0	—	41 (62)	49 (74)	62 (93)	5	2
				28	7.5	10.5	20	0.008 5	0.007 3	0.006 0					
				35	10.0	14.0	25	0.011 4	0.009 7	0.008 0					
				42	12.5	17.5	30	0.014 3	0.012 2	0.010 1					
4	150 × 150	196	7.00	21	5.0	7.0	15	0.005 7	0.005 0	—	53 (79)	63 (95)	79 (118)	5	2
				28	7.5	10.5	20	0.008 5	0.007 3	0.006 0					
				35	10.0	14.0	25	0.011 4	0.009 7	0.008 0					
				42	12.5	17.5	30	0.014 3	0.012 2	0.010 1					

③ 支座压缩变形验算

根据《空间网格结构技术规程》附录 K 第 K.0.2-3 条，橡胶垫板平均压缩变形 w_m 可按下式计算：

$$w_m = \frac{\sigma_m d_0}{E} \quad (\text{K.0.2-5})$$

式中： σ_m 平均压应力， $\sigma_m = \frac{R_{\max}}{A}$ 。

E ：支座抗压弹性模量，MPa； E 与支座形状系数 β 应按下列公式计算：

$E = 5.4G \times \beta^2$ 《公路桥梁板式橡胶支座》JT/T4-2004；

$$\beta = \frac{ab}{2(a+b) \times d_i} \quad (\text{表 K.0.1-3})$$

a, b ：分别为支座短边及长边长度 (m)； d_i ：为中间橡胶层厚度 (m)。

橡胶垫板的平均压缩变形应满足下列条件：

$$0.05d_0 \geq w_m \geq 0.5\theta_{\max}\alpha \quad (\text{K.0.2-6})$$

式中， θ_{\max} ：结构在支座处的最大转角 (rad)。

④ 支座抗滑移验算

根据《空间网格结构技术规程》附录 K 第 K.0.2-4 条，在水平力作用下橡胶垫板应按下列式进行抗滑移验算：

$$\mu R_g \geq GA \frac{u}{d_0} \quad (\text{K.0.2-7})$$

式中，

μ ：橡胶垫板与混凝土或钢板间的摩擦系数，按本规程表 K.0.1-2 采用；

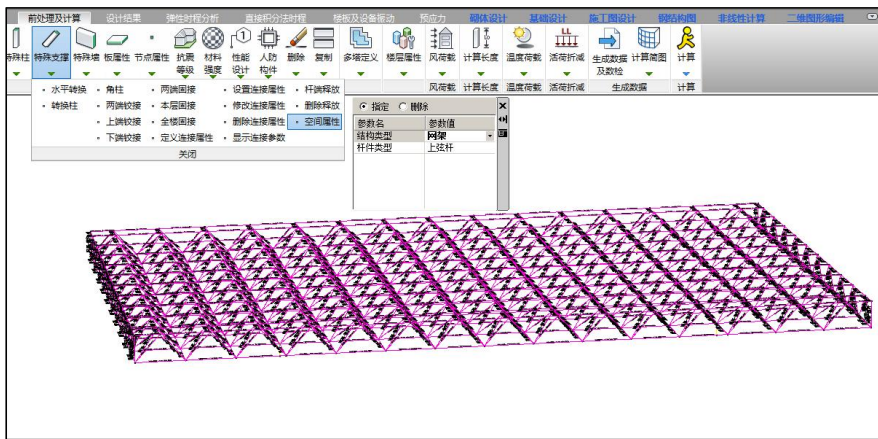
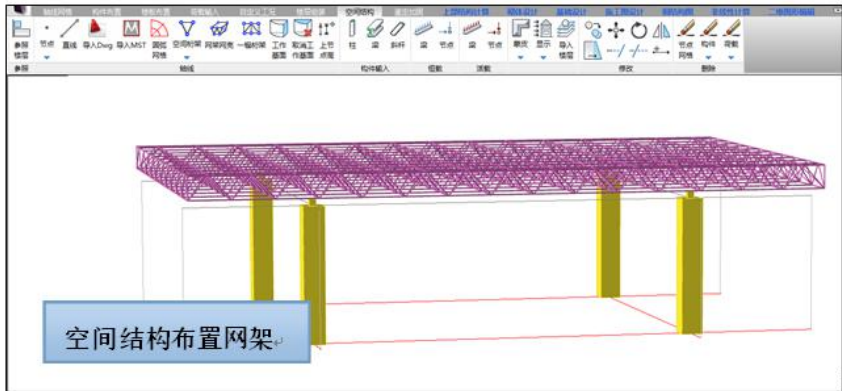
R_g ：乘以荷载分项系数 0.9 的永久荷载标准值作用下引起的支座反力；

G ：橡胶垫板的抗剪弹性模量，按本规程表 K.0.1-2 采用。

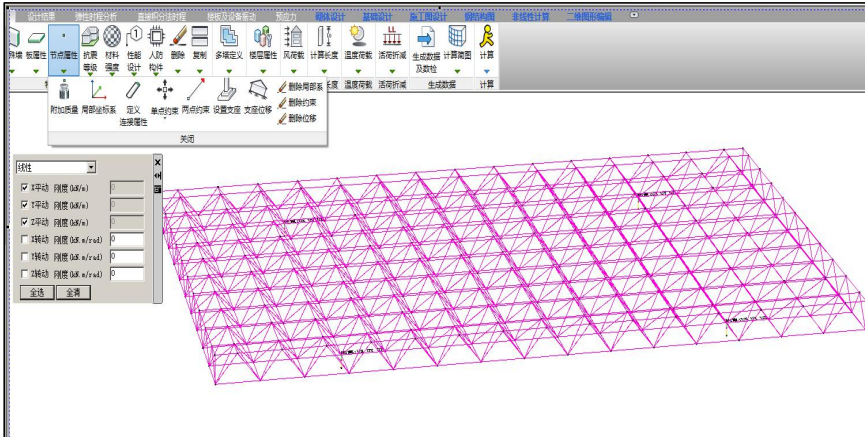
五、例题

1、螺栓球网架

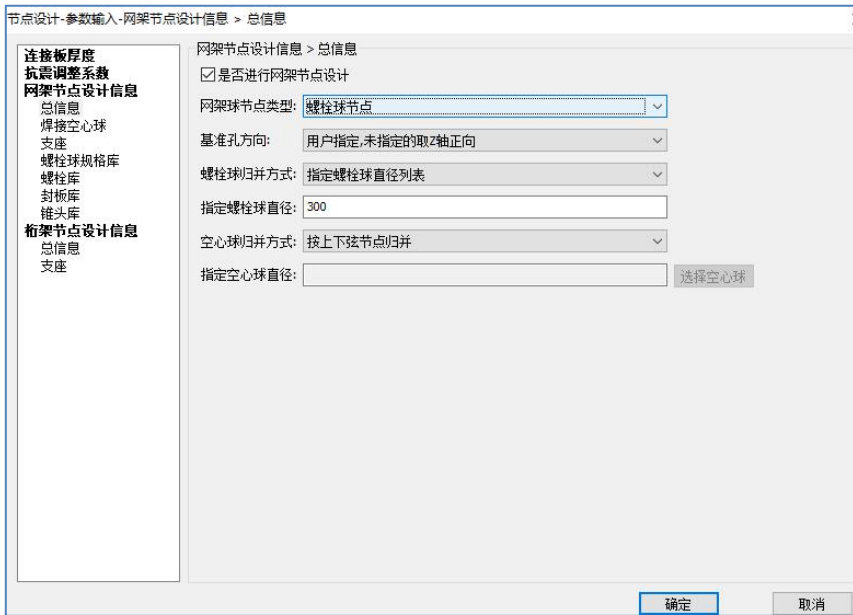
例题 (1) 加油站



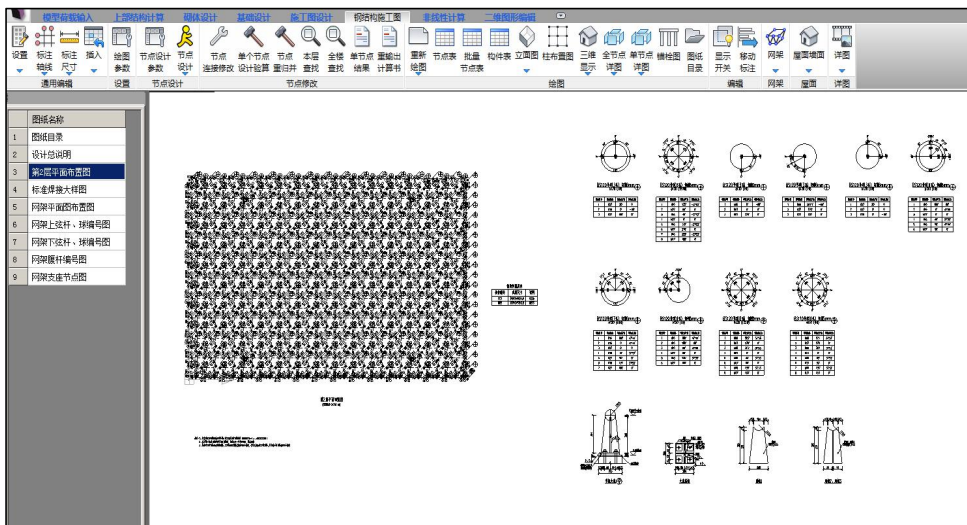
指定空间属性



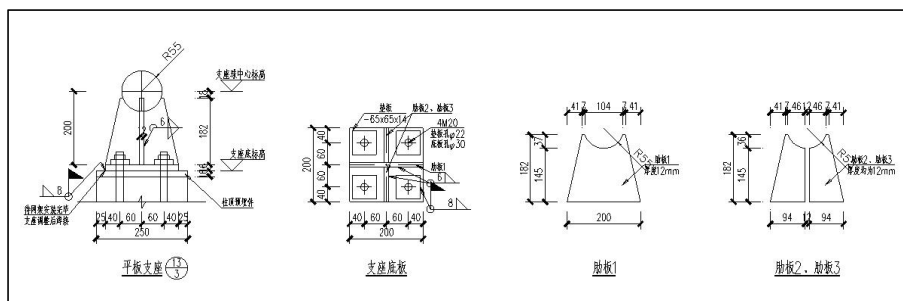
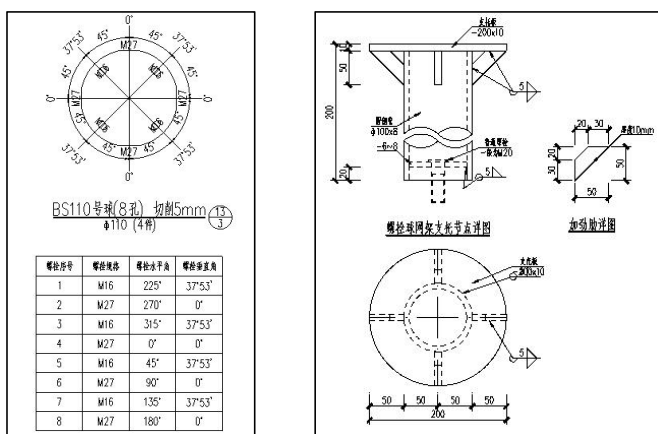
设置弹性连接



钢结构施工图选择球节点类型及设置相关参数



平面布置图上绘制螺栓球加工图和支座节点图



网架平面布置图标注平面图及正视图、侧视图，同时自动绘制杆件材料表、套筒、封板或锥头、螺栓球的材料表。

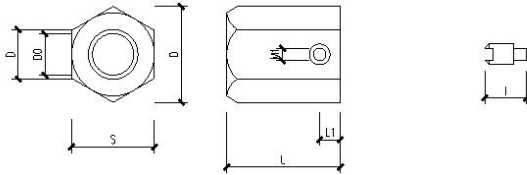
第六章 网架网壳结构设计

The screenshot displays a software interface for structural design. On the left is a table of contents with '网架平面布置图' (Grid Shell Plan Layout Diagram) selected. The main area shows a 3D perspective view of a grid shell structure, a 2D plan view, and a vertical section view. To the right, there are several data tables and technical drawings.

节点号	X	Y	Z	标高	备注
1	0	0	0	0	
2	10000	0	0	0	
3	0	10000	0	0	
4	10000	10000	0	0	
5	0	0	10000	10000	
6	10000	0	10000	10000	
7	0	10000	10000	10000	
8	10000	10000	10000	10000	

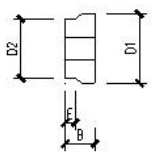
杆件材料表

序号	编号	规格	下料长度(mm)	焊接长度(mm)	理论长度(mm)	螺栓编号	钢管数量	单重(kg)	总重(kg)
1	S2-1	圆管75X68X3.5	782	814	1000	M27/M27	58	4.83	280.05
2	S2-2	圆管75X68X3.5	1782	1814	2000	M27/M27	321	11.00	3531.00
3	F1-3	圆管60X53X3.5	914	934	1100	M16/M16	4	4.46	17.84
4	F1-4	圆管60X53X3.5	1301	1321	1487	M16/M16	100	6.34	634.46
5	F1-5	圆管60X53X3.5	1606	1626	1792	M16/M16	600	7.83	4699.36
6	X2-6	圆管75X68X3.5	1782	1814	2000	M27/M27	325	11.00	3575.00
总计									12737.72



螺栓套筒材料表(mm; kg)

编号	螺栓	套筒S	套筒	套筒D	螺母M1	螺母	螺母高度	套筒高度	数量	螺栓重量	套筒重量
1	M27	46	40	26	8	15	0.58	0.58	1408	816.64	816.64
2	M16	27	30	17	5	13	0.14	0.10	1408	197.12	140.80
总计									2816	1013.76	957.44

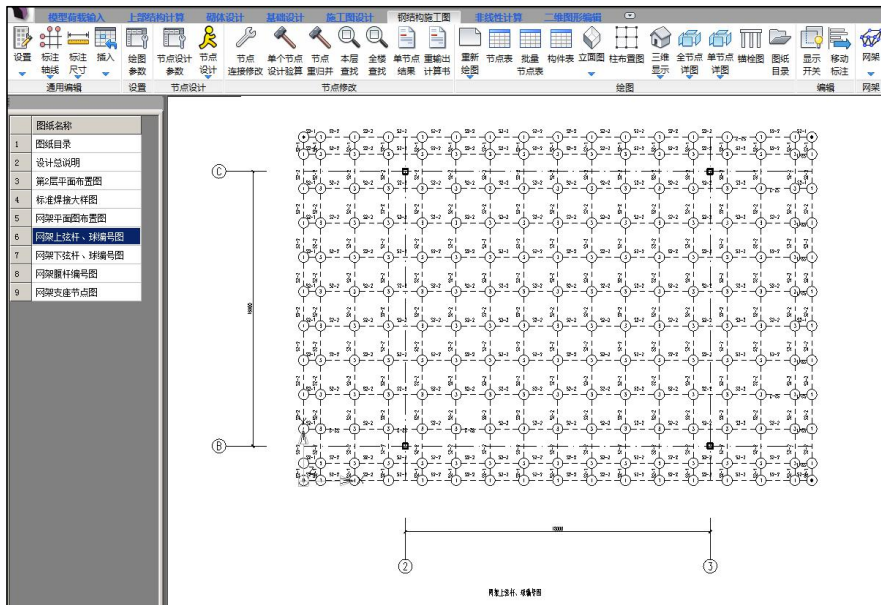


封板材料表(mm ; kg)

编号	D1	D2	B	E	螺栓	数量	单重	总重
1	76	67	20	6	M27	1408	0.78	1098.24
2	60	52	14	5	M16	1408	0.36	506.88
总计								1605.12

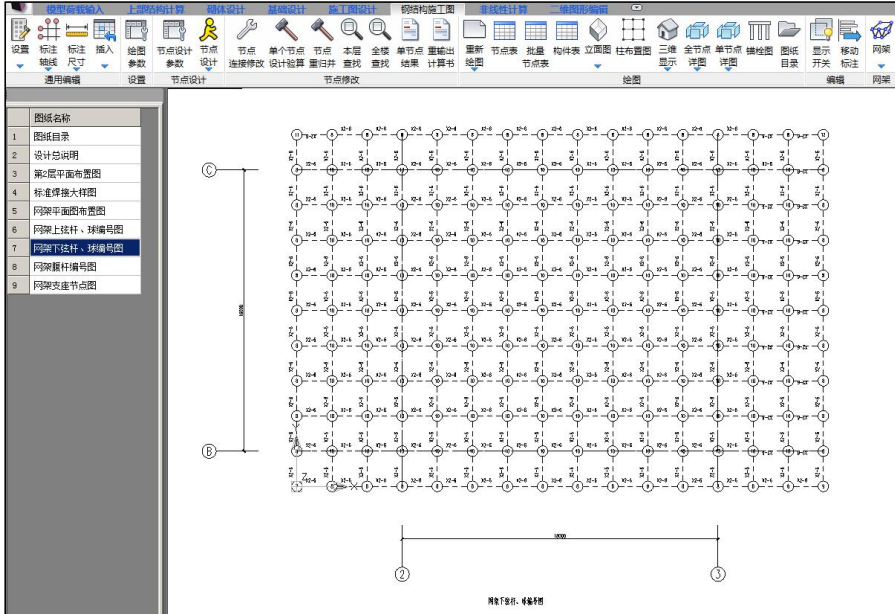
螺栓球材料表(mm ; kg)(孔数包括基准孔数)

序号	编号	直径	孔数	M16 数目	M27 数目	球数目	单重	总重
1	1	120	6	2	3	50	7.10	355.13
2	2	120	4	1	2	1	7.10	7.10
3	3	120	9	4	4	150	7.10	1065.38
4	4	120	4	1	2	1	7.10	7.10
5	5	120	4	1	2	1	7.10	7.10
6	6	120	4	1	2	1	7.10	7.10
7	7	120	7	4	2	1	7.10	7.10
8	8	120	8	4	3	46	7.10	326.72
9	9	120	7	4	2	1	7.10	7.10
10	10	120	9	4	4	122	7.10	866.51
11	13	110	9	4	4	4	5.47	21.88
12	11	120	7	4	2	1	7.10	7.10
13	12	120	7	4	2	1	7.10	7.10
总计								2692

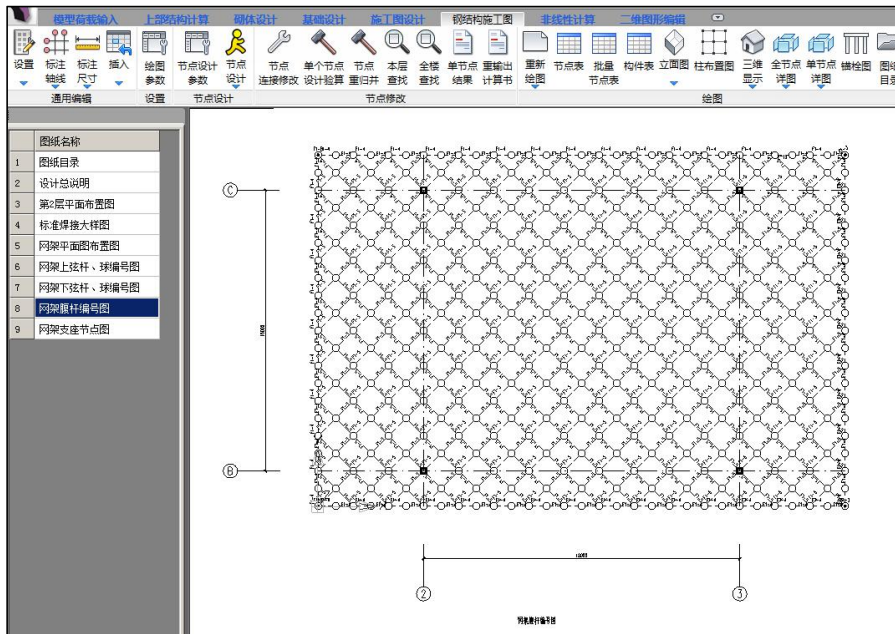


网架上弦杆、球编号图

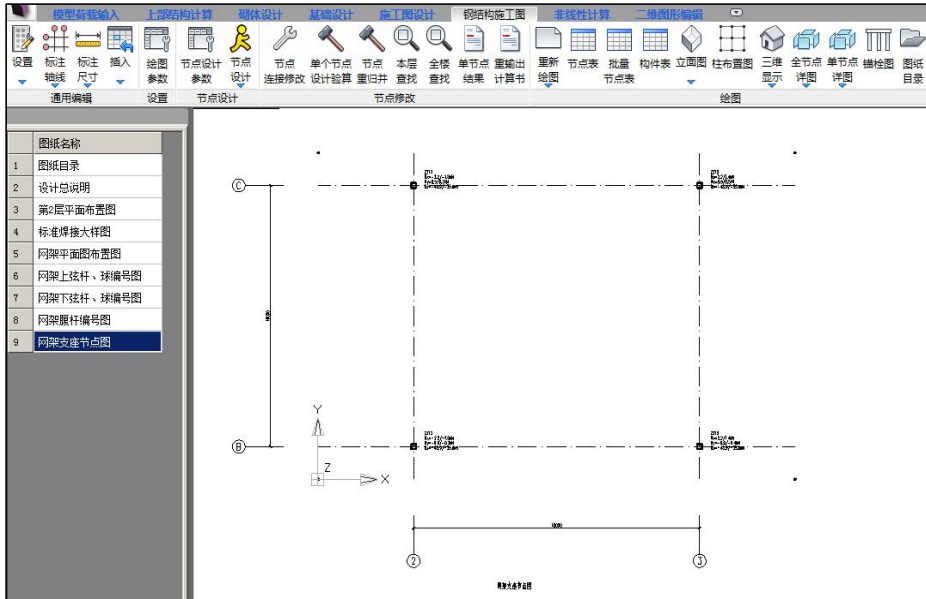
第六章 网架网壳结构设计



网架下弦杆、球编号图

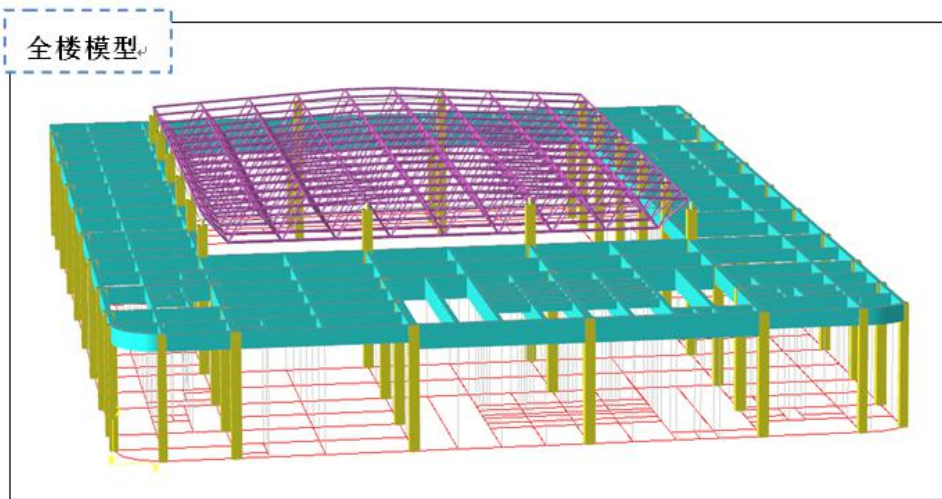


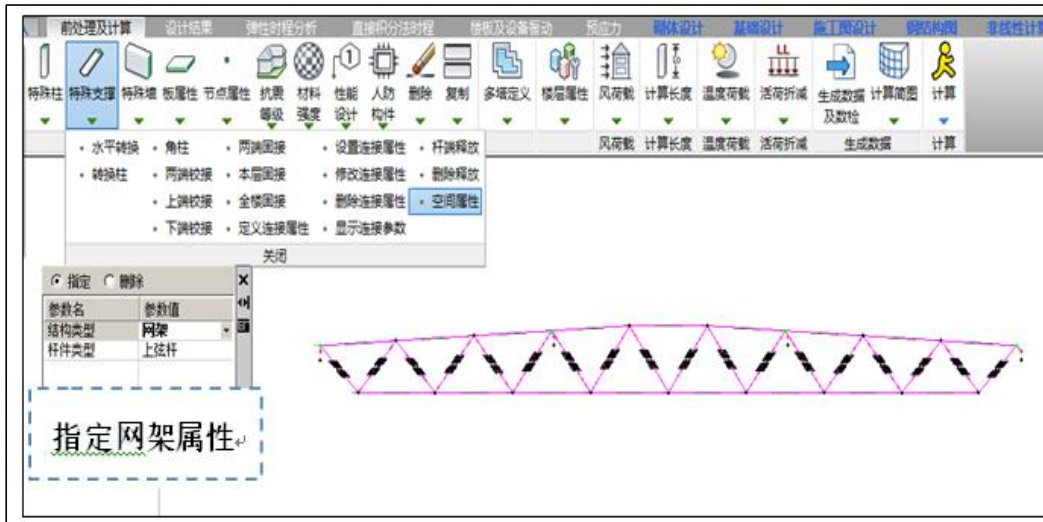
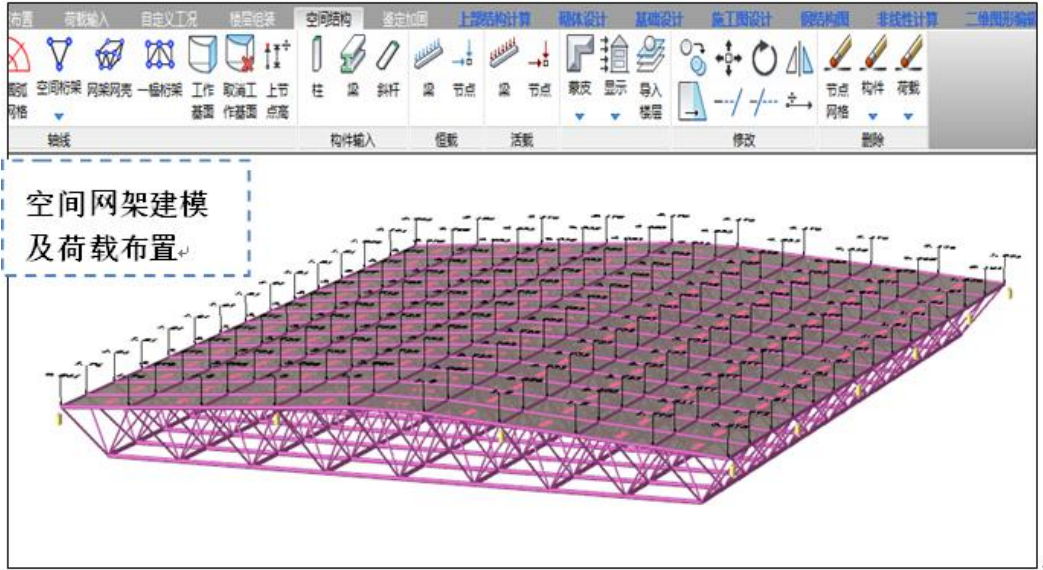
网架腹杆编号图



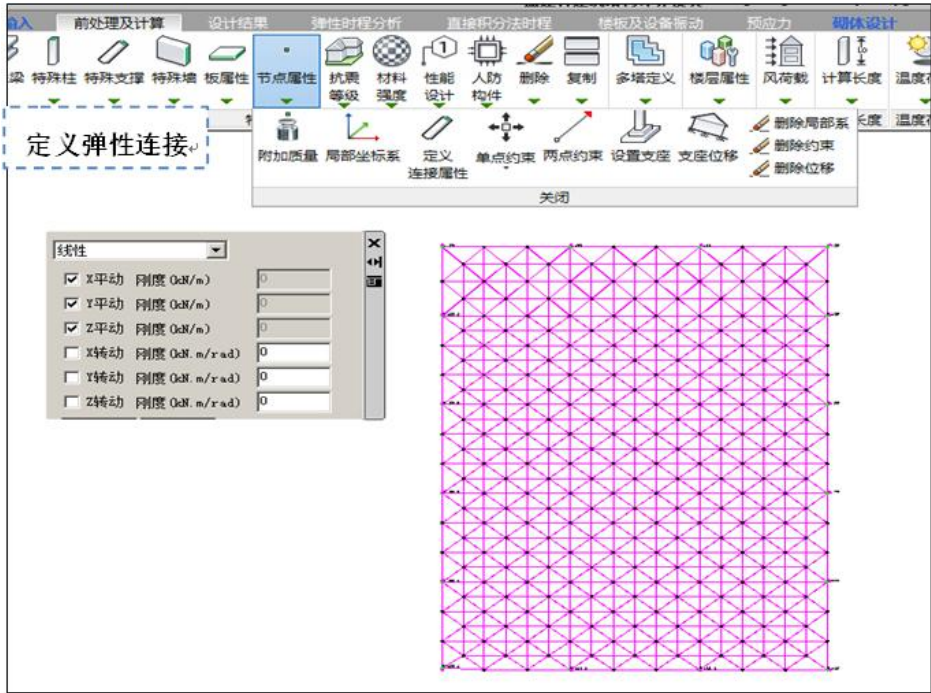
支座编号及内力图

例题 (2) 53460

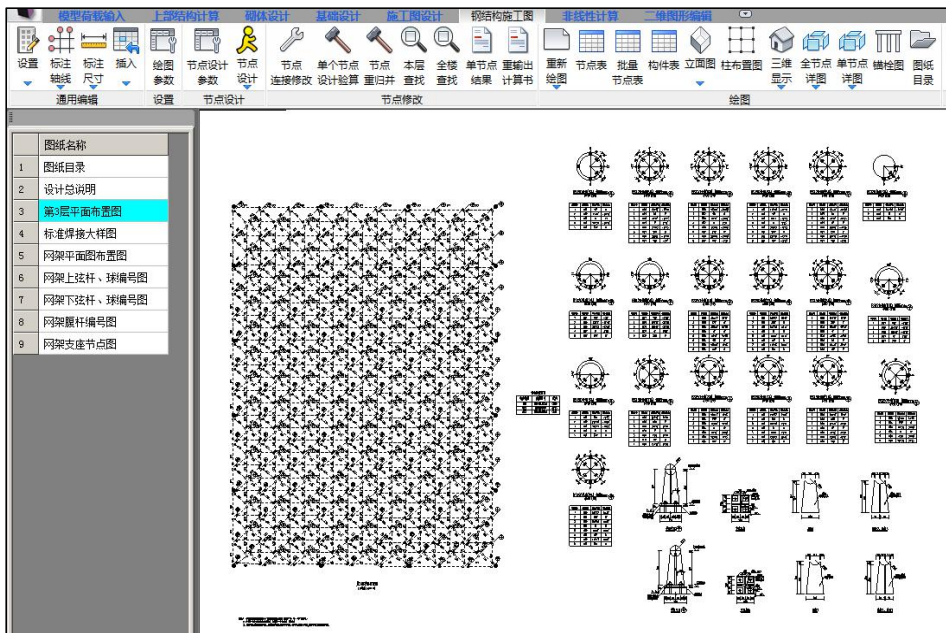




指定网架属性

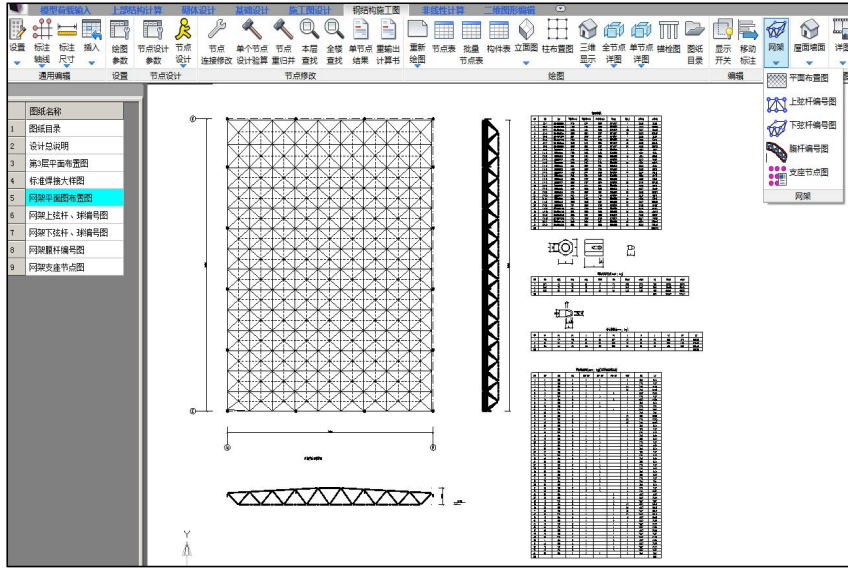


定义弹性连接

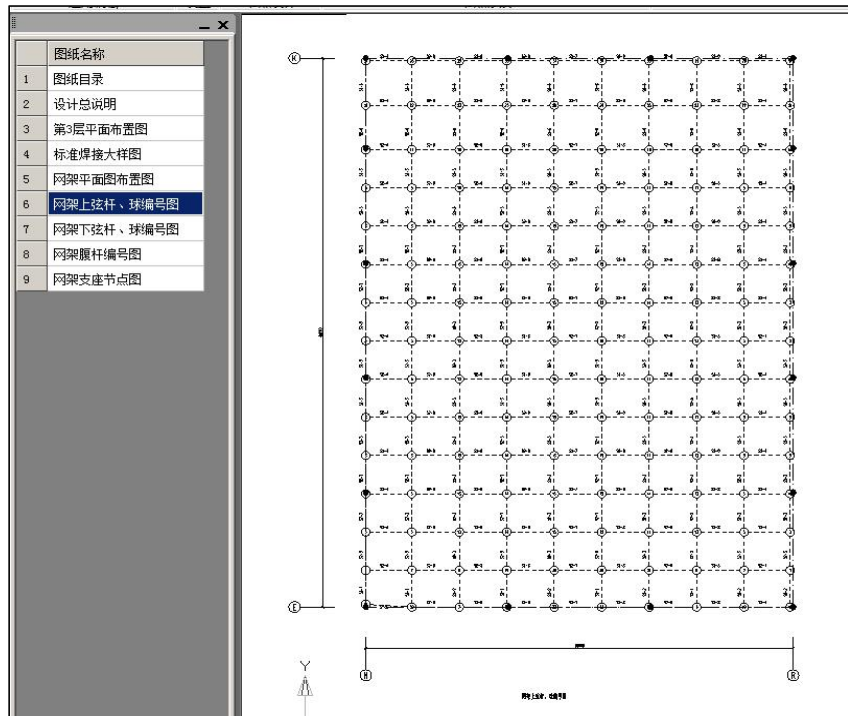


节点设计完成螺栓球及支座节点图

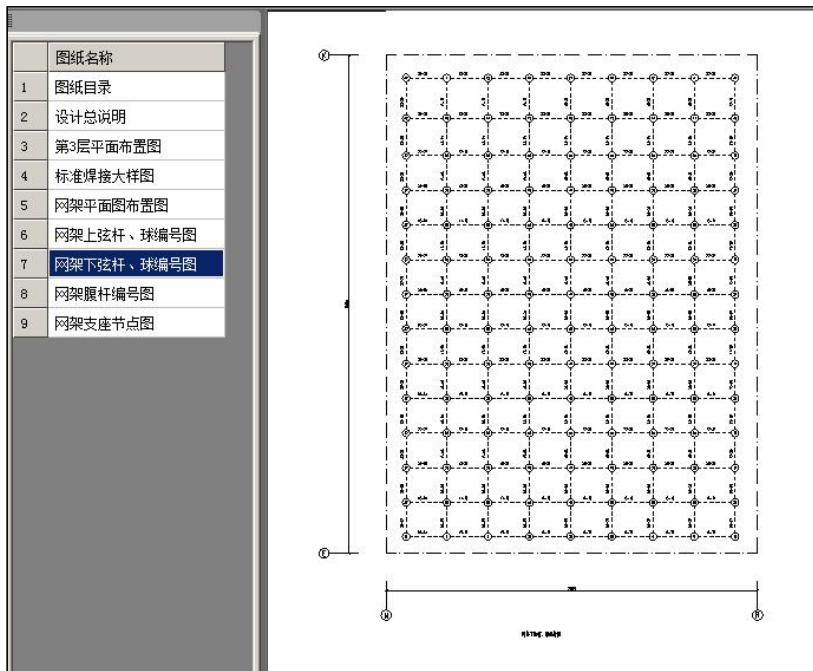
第六章 网架网壳结构设计



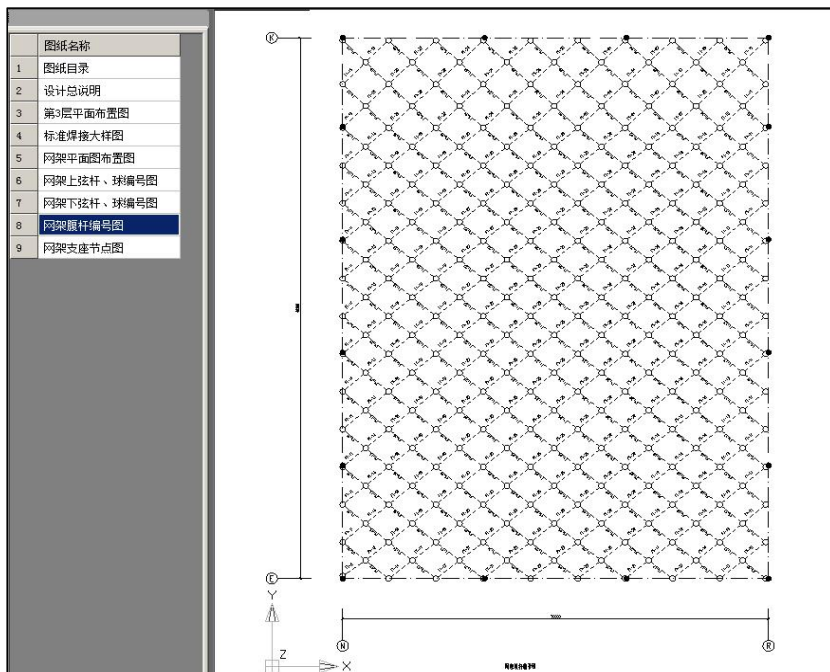
绘制网架布置图及材料表



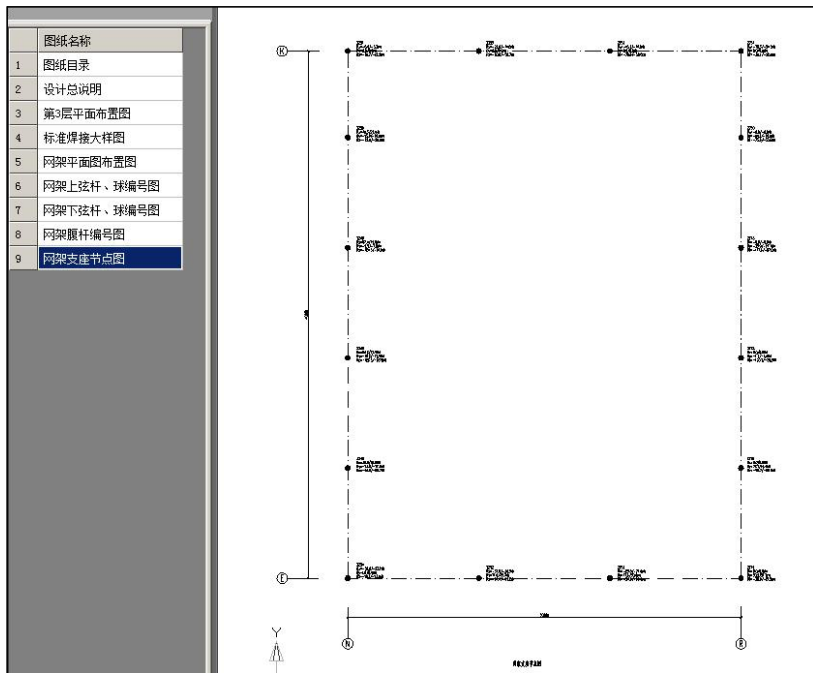
绘制网架上弦杆及球编号图



绘制网架下弦杆及球编号图

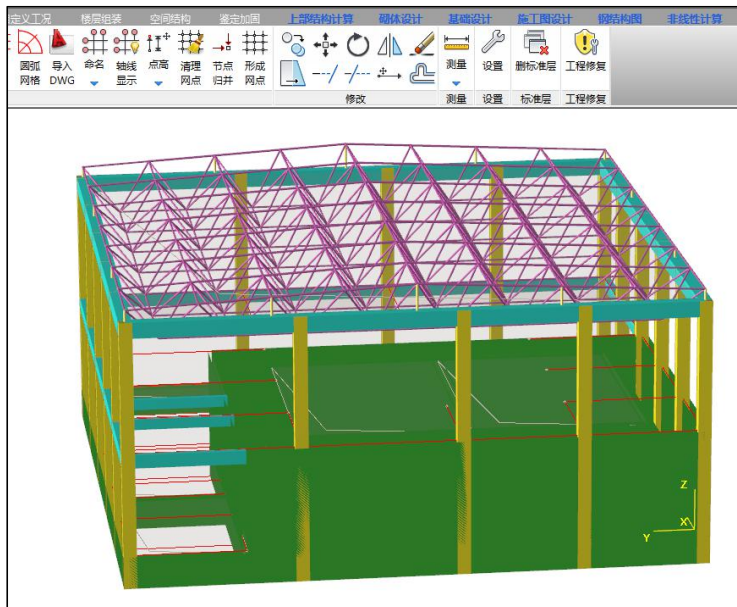


绘制腹杆编号图

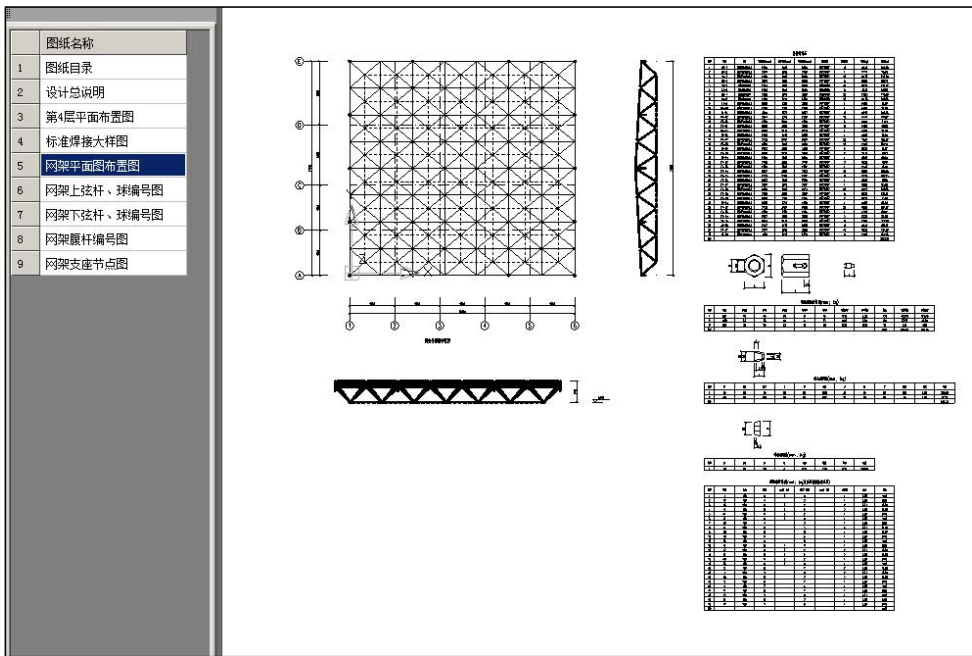
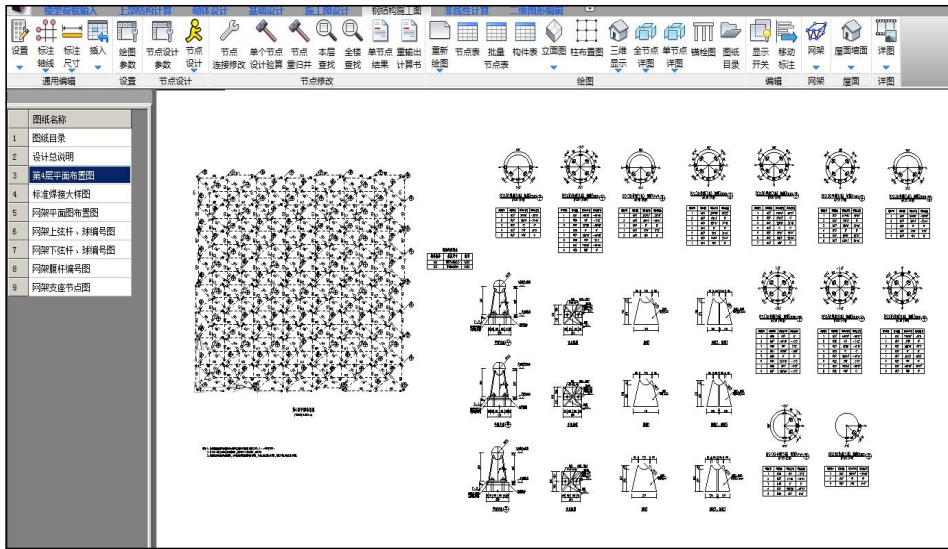


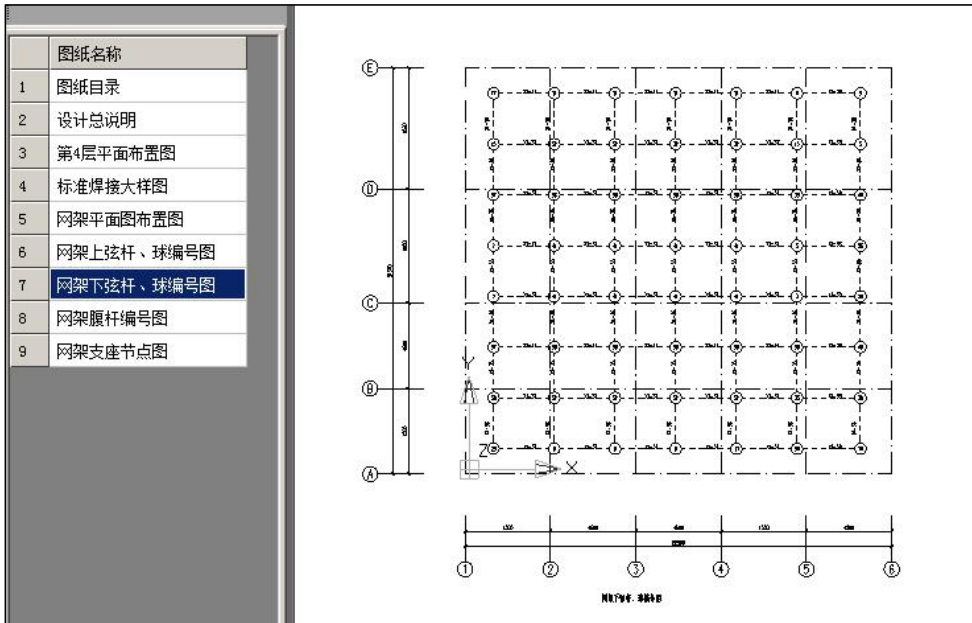
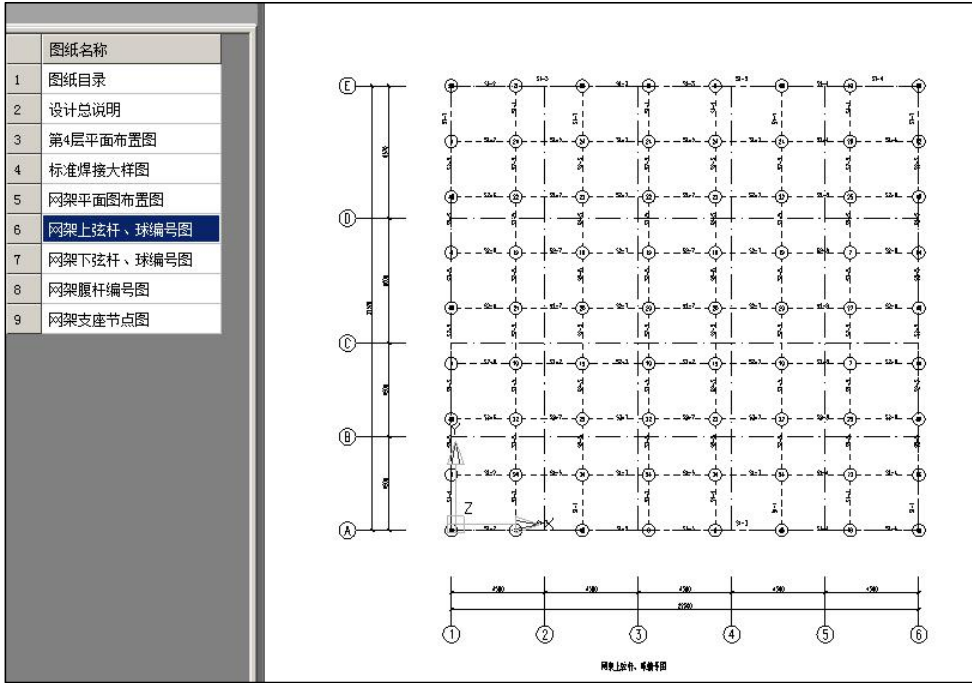
绘制支座编号及反力图

例题 (3) 46190

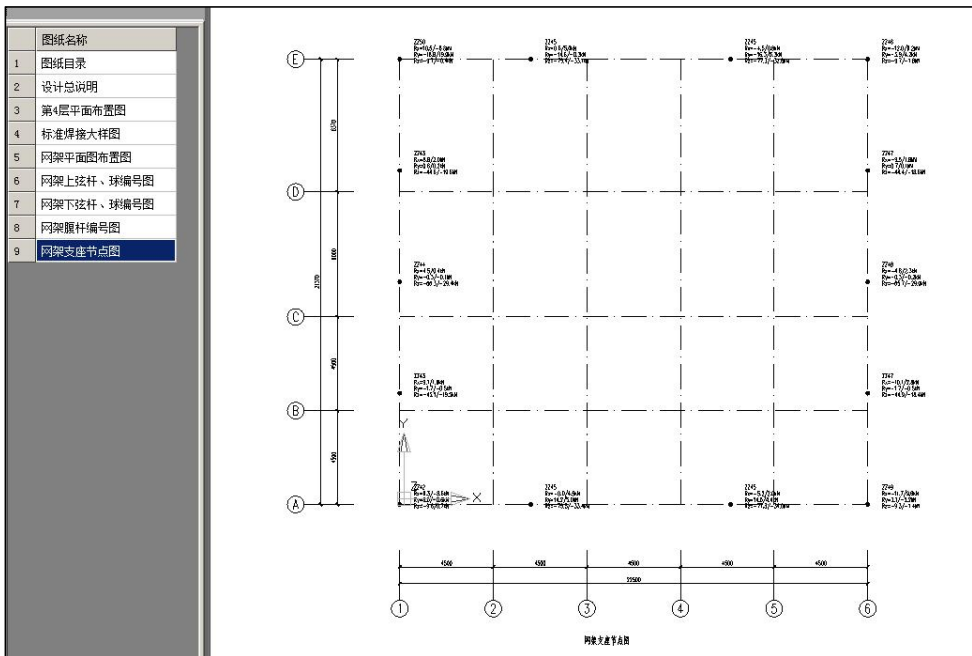
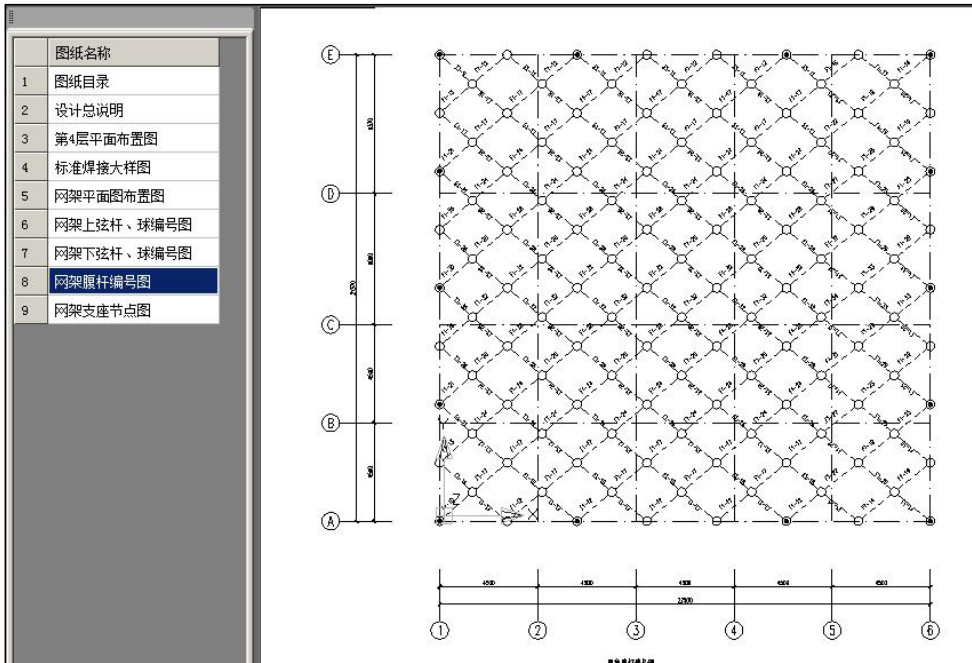


第六章 网架网壳结构设计



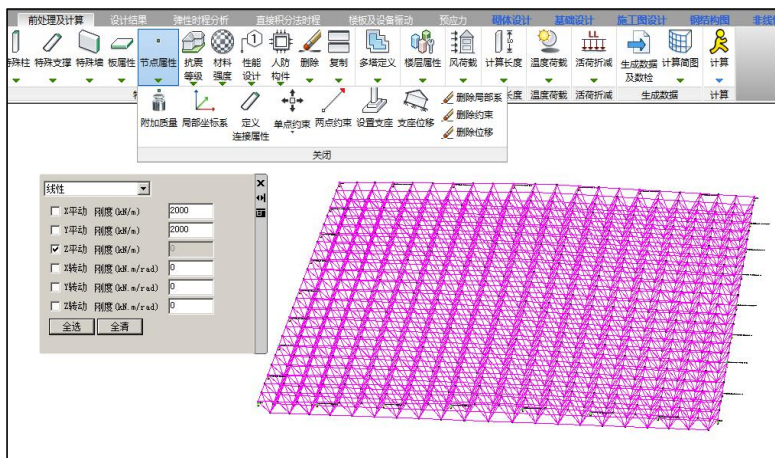
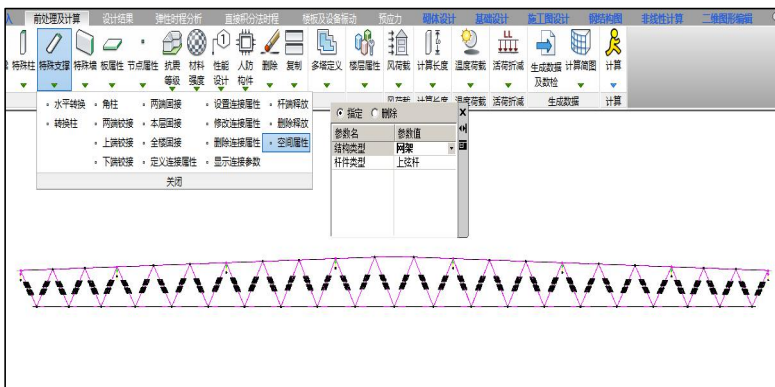
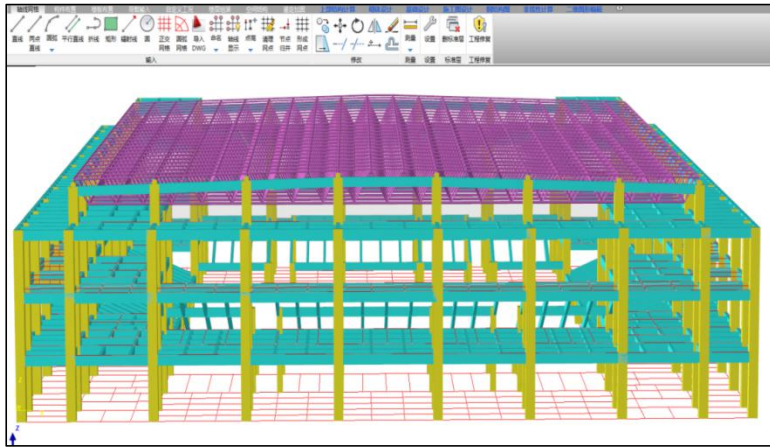


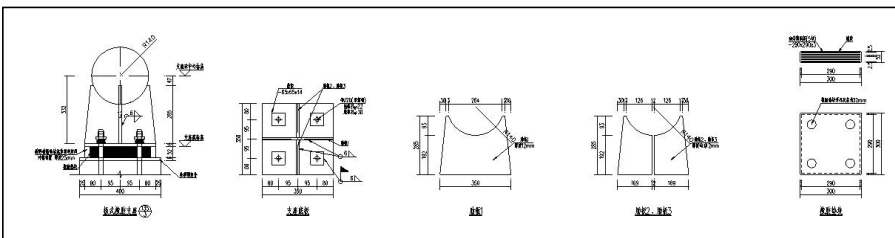
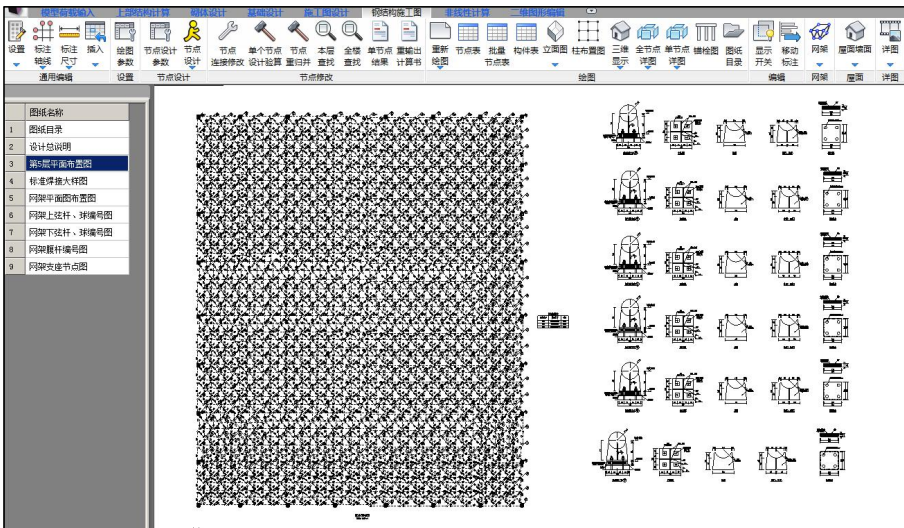
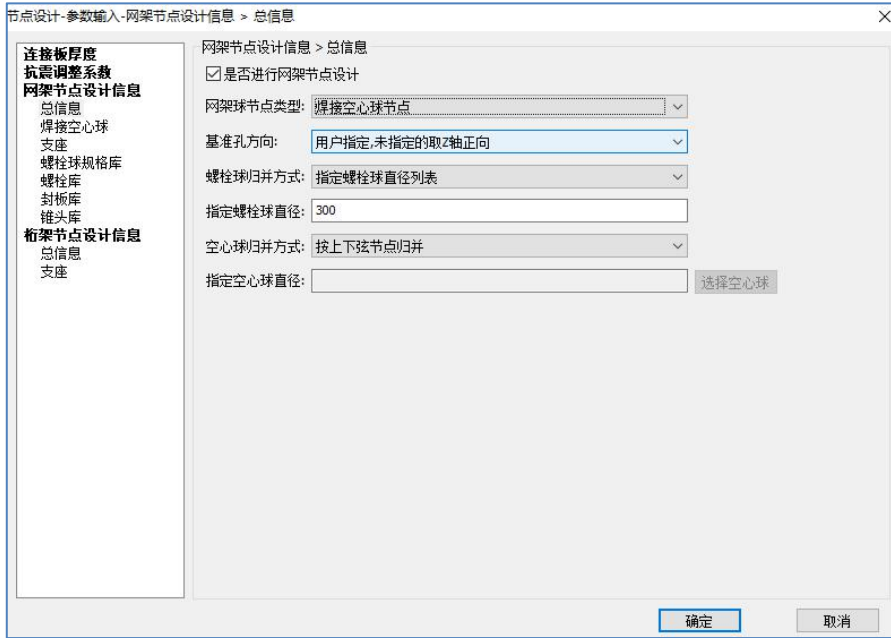
第六章 网架网壳结构设计

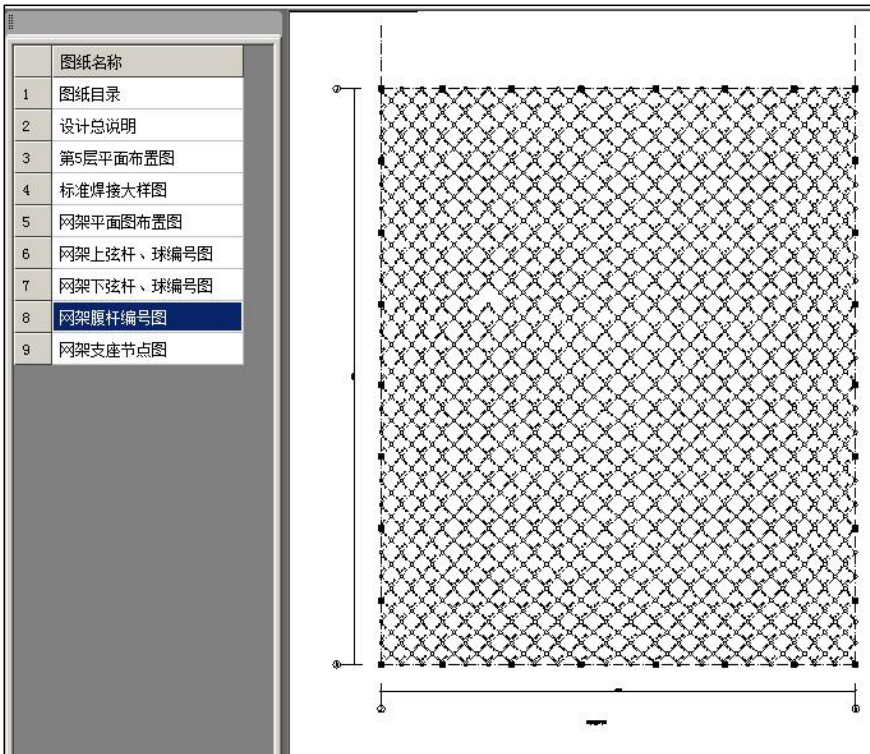
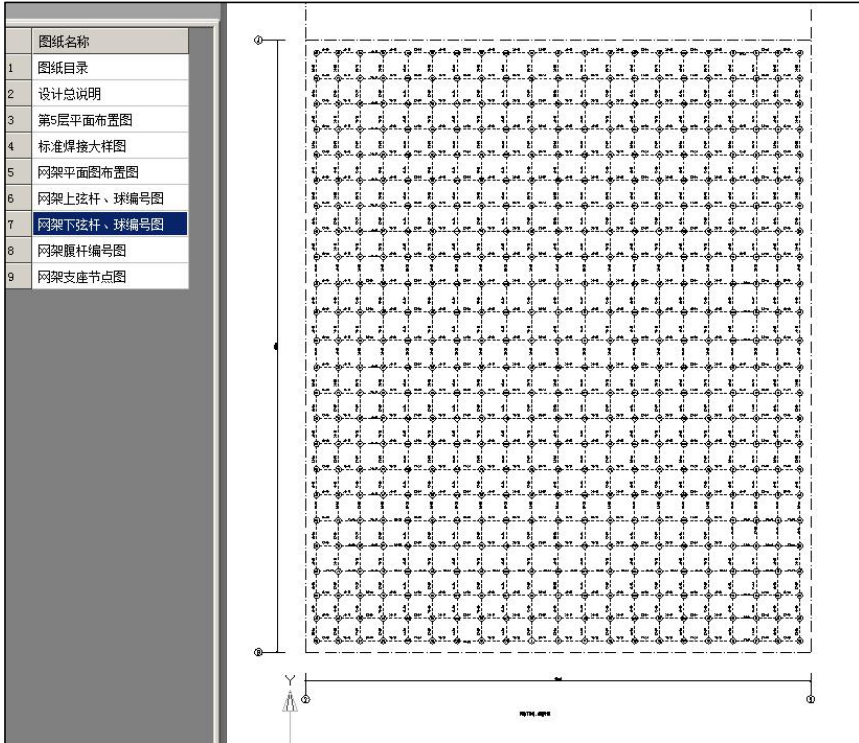


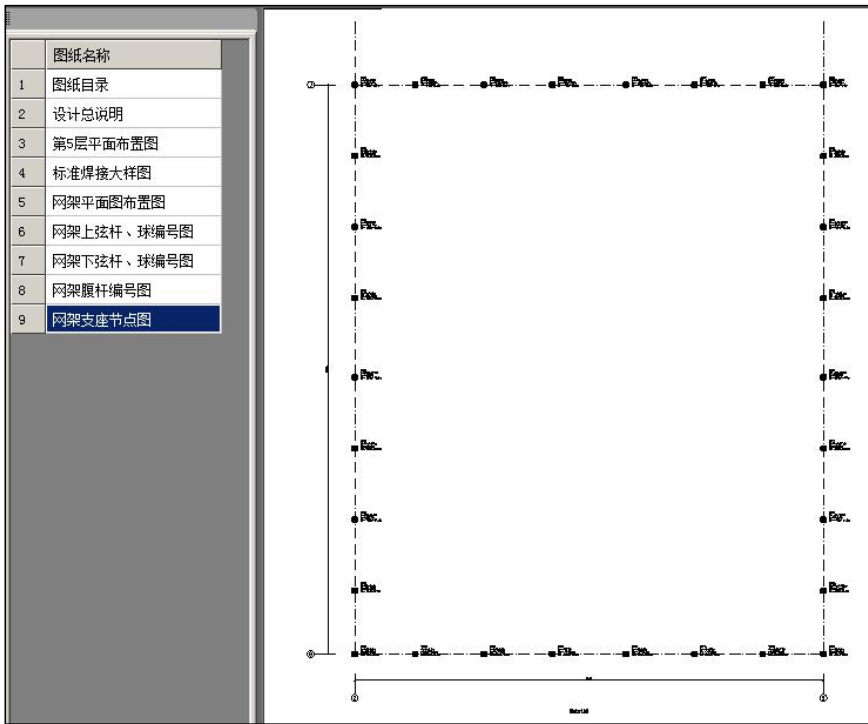
2、焊接空心球网架

例题 (1) 46148



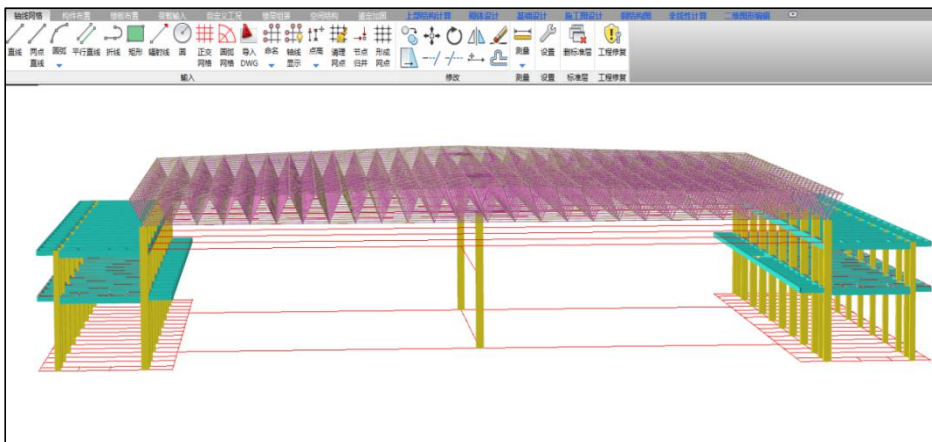


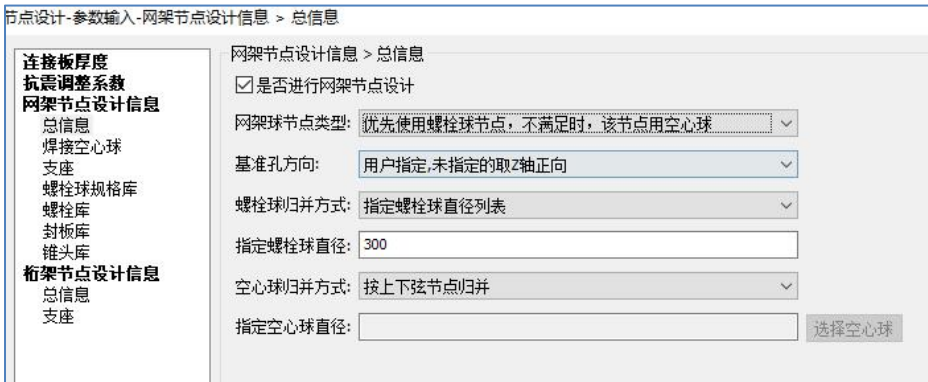
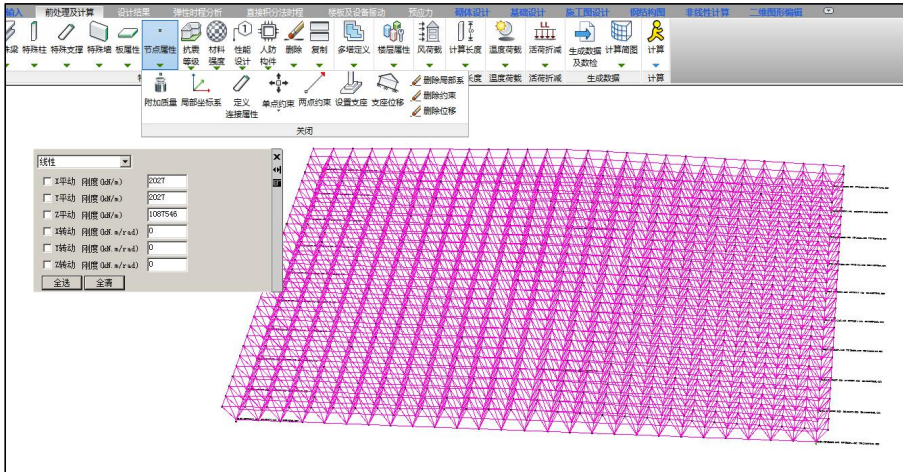
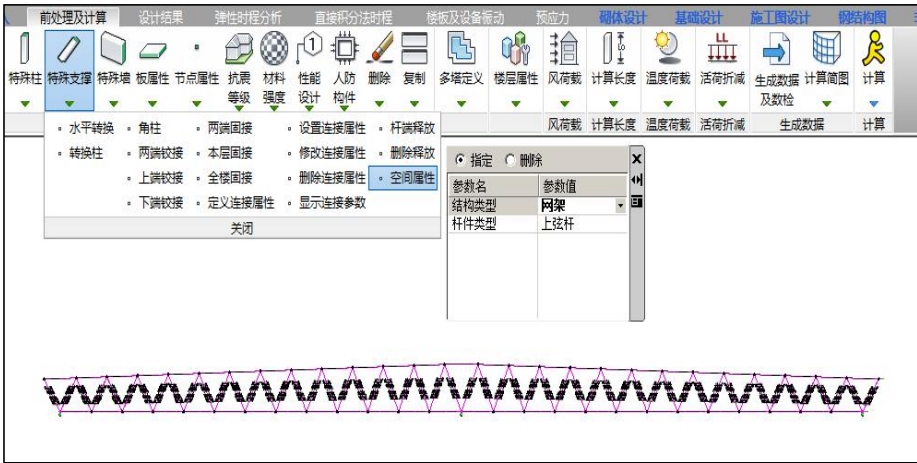


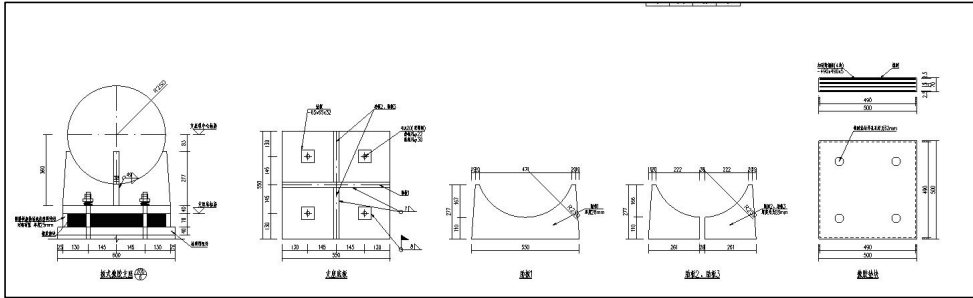
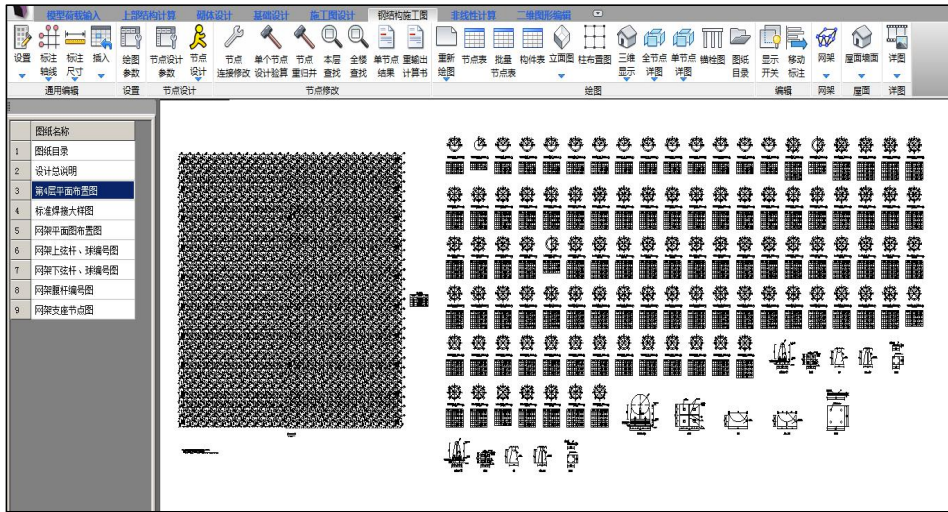


3、螺栓球+焊接球网架

例题 (1) 54895







BS110号球(8孔) 切削5mm ⁽¹⁴³⁾
φ110 (4件)

螺栓序号	螺栓规格	螺栓水平角	螺栓垂直角
1	M20	224°42'	59°38'
2	M16	270°	0°
3	M16	315°18'	60°15'
4	M16	0°	0°
5	M16	44°40'	60°16'
6	M16	90°	0°
7	M16	135°20'	59°39'
8	M16	180°	0°

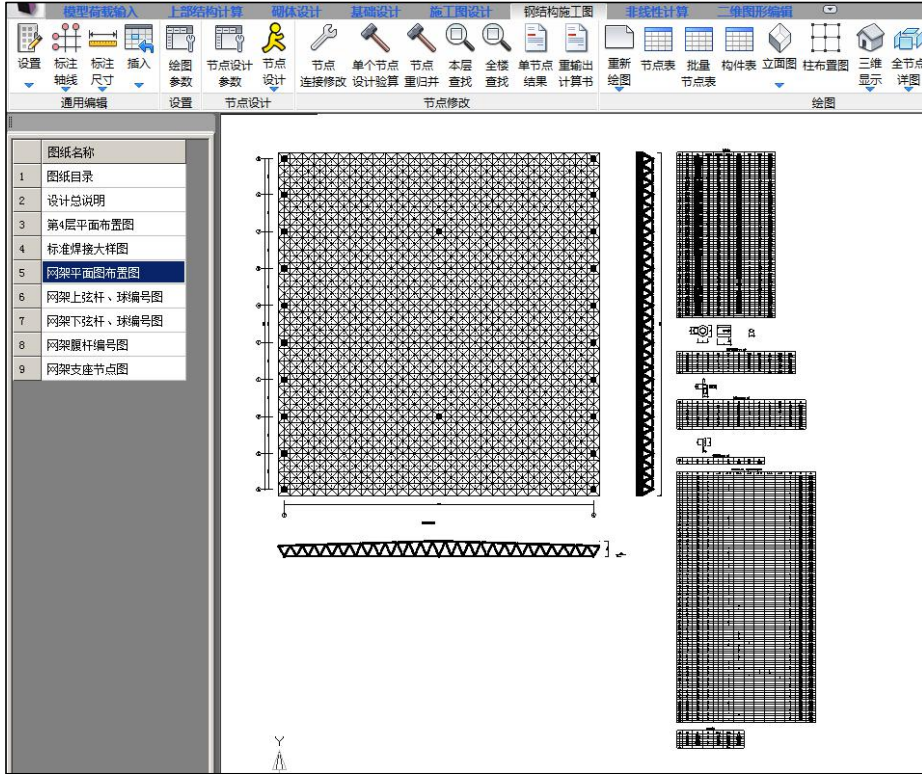
BS110号球(8孔) 切削5mm ⁽¹⁴⁴⁾
φ110 (1件)

螺栓序号	螺栓规格	螺栓水平角	螺栓垂直角
1	M16	222°19'	59°46'
2	M16	270°	0°
3	M16	317°41'	59°46'
4	M16	0°	0°
5	M16	42°17'	59°46'
6	M20	90°	0°
7	M16	137°43'	59°46'
8	M16	180°	0°

BS110号球(8孔) 切削5mm ⁽¹⁴⁵⁾
φ110 (40件)

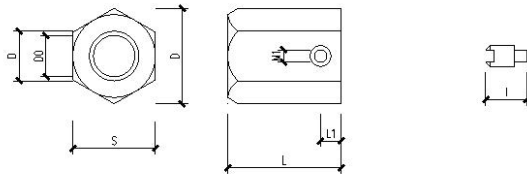
螺栓序号	螺栓规格	螺栓水平角	螺栓垂直角
1	M16	226°13'	51°16'
2	M16	270°	0°
3	M16	313°47'	52°11'
4	M16	0°	0°
5	M16	46°13'	52°11'
6	M16	90°	0°
7	M16	133°47'	51°16'
8	M16	180°	0°

第六章 网架网壳结构设计



杆件材料表

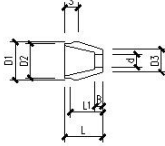
序号	编号	规格	下料长度(mm)	焊接长度(mm)	理论长度(mm)	螺栓编号	制件数量	单重(kg)	总重(kg)
1	SI-1	圆钢60X5.3X3.5	2017	2037	2275	M16/M16	112	9.84	1101.90
2	SI-2	圆钢60X5.3X3.5	2043	2063	2301	M16/M16	326	9.97	3248.70
3	SI-3	圆钢60X5.3X3.5	2142	2162	2400	M16/M16	654	10.45	6832.97
4	SI-4	圆钢60X5.3X3.5	2242	2262	2500	M16/M16	21	10.94	229.65



螺栓套筒材料表(mm; kg)

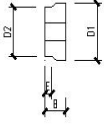
编号	规格	套筒S	套筒L	套筒d	螺帽M1	螺帽	螺栓套筒	套筒套筒	数量	螺栓重量	套筒重量
1	M16	27	30	17	5	13	0.14	0.10	10328	1445.92	1032.80
2	M20	34	35	21	6	13	0.25	0.28	1148	287.00	321.44
3	M22	36	35	23	6	15	0.32	0.31	280	89.60	86.80
4	M27	46	40	28	8	15	0.58	0.58	88	51.04	51.04
5	M33	55	45	34	8	17	1.00	0.93	32	32.00	29.76
6	M45	75	60	46	10	24	2.66	2.30	16	42.56	36.80
7	M24	41	40	25	6	15	0.41	0.46	60	24.60	27.60
总计									11952	1972.72	1586.24

第六章 网架网壳结构设计



锥头材料表(mm; kg)

序号	D1	D2	D3	L	L1	螺栓	d	B	S	数量	单重	总重
1	76	67	76	60	54	M20	21	16	18	1058	1.20	1269.60
2	76	67	76	60	54	M22	23	16	18	172	1.20	206.40
3	89	80	89	70	64	M20	21	16	18	90	1.70	153.00
4	89	80	89	70	64	M22	23	16	18	108	1.70	183.60
5	114	105	114	70	63	M27	28	20	18	8	2.50	20.00
6	114	105	114	70	63	M33	34	20	18	16	2.50	40.00
7	159	138	159	120	112	M45	46	35	25	8	9.30	74.40
8	76	67	76	60	54	M24	25	16	18	24	1.20	28.80
9	89	80	89	70	64	M24	25	16	18	36	1.70	61.20
10	89	80	89	70	64	M27	28	20	18	70	1.90	133.00
合计												2170.00



封板材料表(mm; kg)

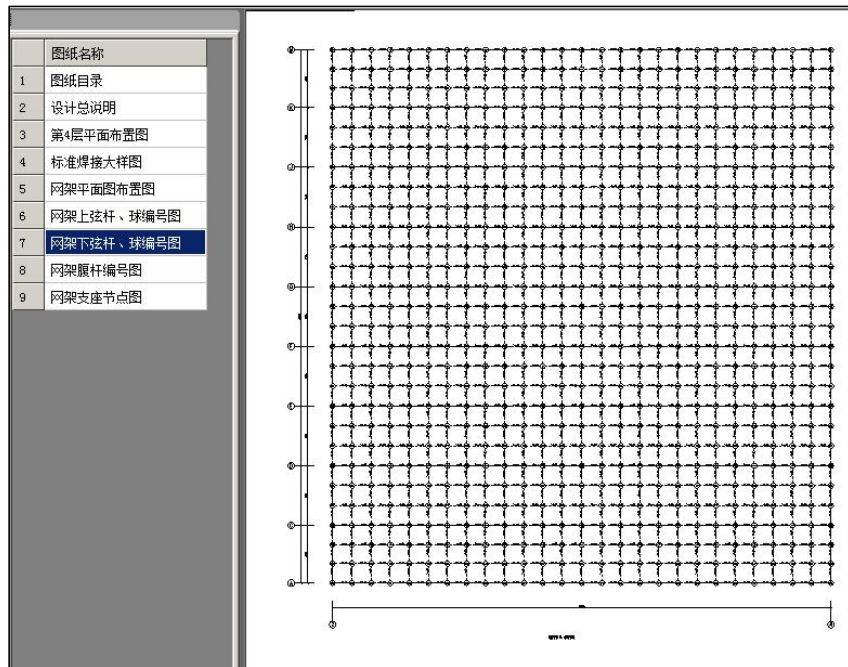
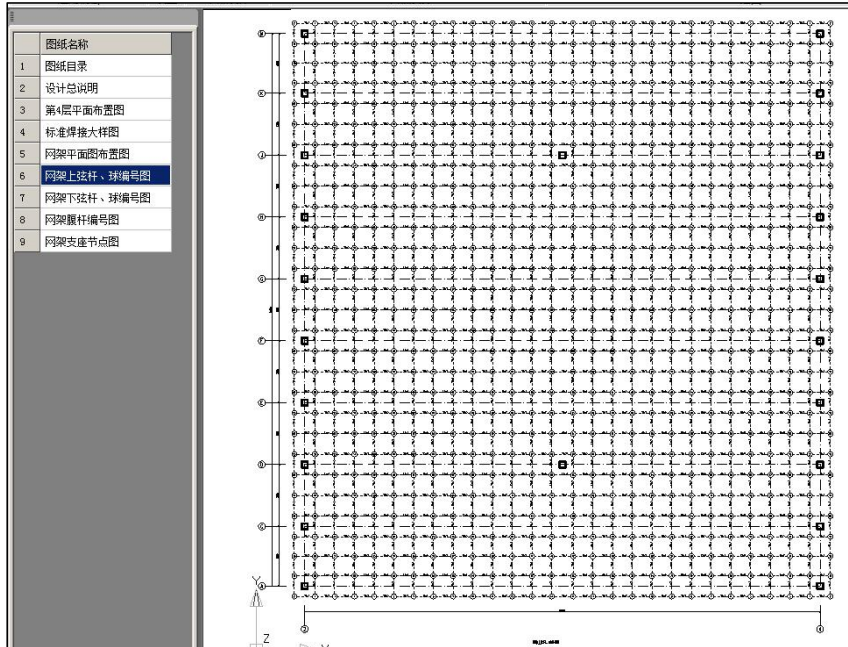
序号	D1	D2	B	E	螺栓	数量	单重	总重
1	60	52	14	5	M16	10328	0.36	3718.08

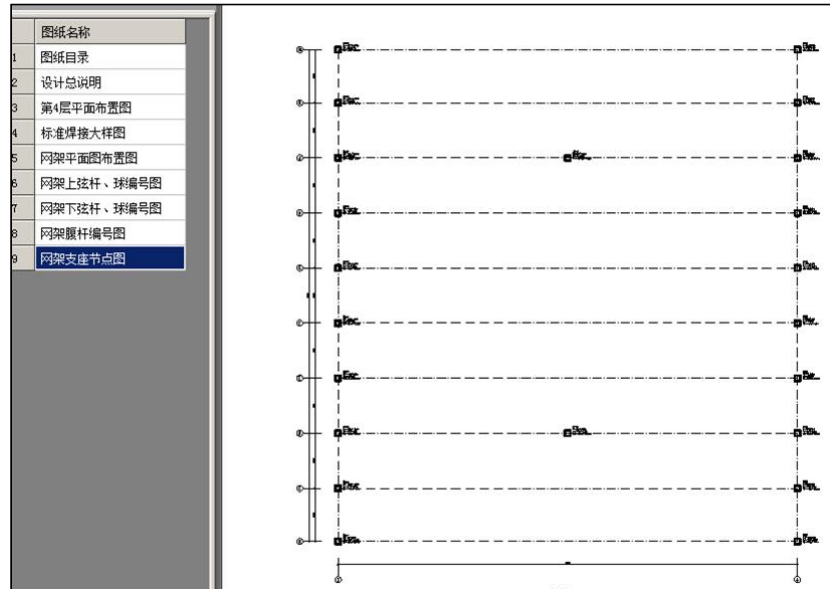
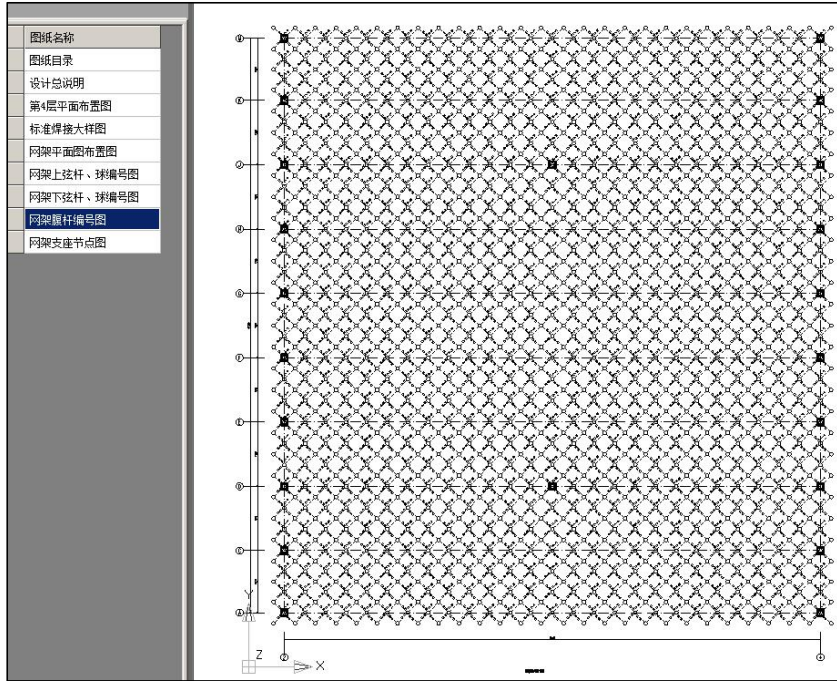
螺栓球材料表(mm; kg)(孔数包括基准孔数)

序号	编号	直径	孔数	M16 数目	M20 数目	M22 数目	M27 数目	M33 数目	M45 数目	M24 数目	球数目	单重	总重
1	1	200	6	5							4	32.88	131.53
2	2	200	4	3							4	32.88	131.53
3	3	200	6	5							4	32.88	131.53
4	4	200	6	5							4	32.88	131.53
5	5	200	6	4	1						4	32.88	131.53
6	6	200	6	3	2						4	32.88	131.53
7	7	200	6	4	1						4	32.88	131.53
8	8	200	6	5							4	32.88	131.53
9	9	200	6	5							4	32.88	131.53
10	10	200	6	5							4	32.88	131.53
11	11	200	6	5							4	32.88	131.53

空心球材料表

序号	编号	规格	数量	单重(kg)	总重(kg)	备注
1	171	WS3010	8	20.75	165.99	不加肋板重
2	172	WS3010	2	20.75	41.50	不加肋板重
3	175	WS3010	4	20.75	82.99	不加肋板重
4	205	WSR5016	2	111.33	222.67	加肋板重
5	177	WS3010	2	20.75	41.50	不加肋板重
总计					554.64	





参考文献

- [1] 中华人民共和国国家标准. 建筑抗震设计规范 GB 50011-2010[S] . 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [2] 中华人民共和国国家标准. 钢结构设计标准 GB 50017-2017[S] . 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [3] 中华人民共和国国家标准. 混凝土结构设计规范 GB 50010-2010[S] 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [4] 中华人民共和国行业标准. 高层民用建筑钢结构技术规程 JGJ 99-2015 . 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 中华人民共和国国家标准. 空间网格结构技术规程 JGJ7-2010, 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [6] 中国工程建设标准化协会标准. 门式刚架轻型房屋钢结构技术规范 GB51022-2015 . 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [7] 中华人民共和国国家标准. 冷弯薄壁型钢结构技术规范 GB 50018-2002 [S] . 北京: 中国计划出版社, 2002.
- [8] 中国建筑科学研究院 PKPMCAD 工程部. 钢结构 CAD 软件 STS 技术条件[M].2013.
- [9] 李星荣等编. 钢结构连接节点设计手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [10] 赵熙元等编. 建筑钢结构设计手册 (下)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995.
- [11] 钢网架焊接空心球节点. JGT 11-2009.
- [12] 国家建筑标准设计图集.钢网架结构设计图集. 07SG531.
- [13] 公路桥梁板式橡胶支座规格系列.JTT 663-2006.
- [14] 变电站建筑设计技术规程.DL/T 5457-2012.
- [15] 变电构架设计手册.中南电力设计院 编。