

# 应用 Y-PV 进行光伏结构设计算例—刚性支架

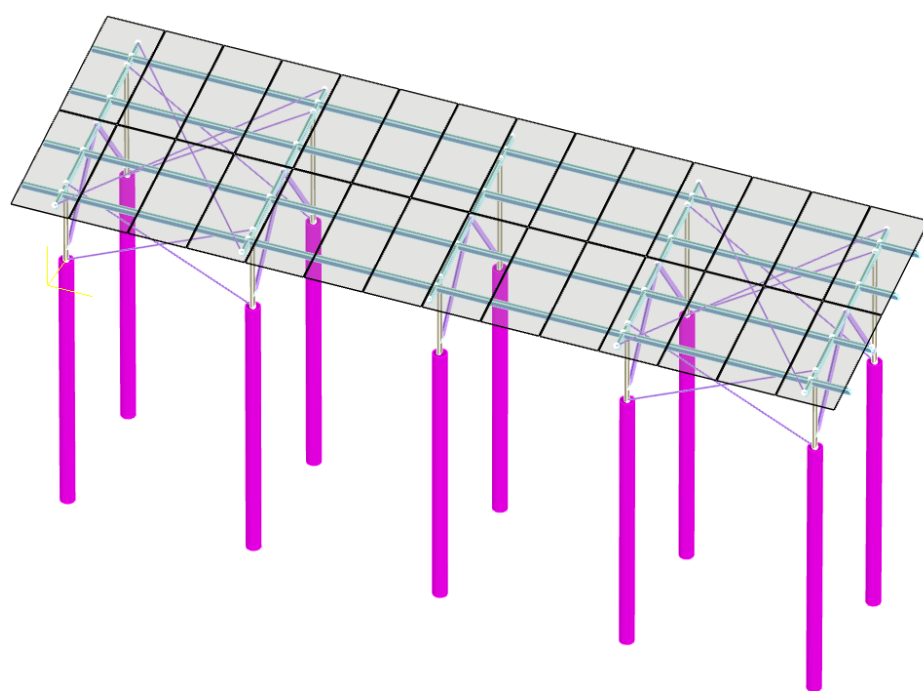
李焘

为了进一步贯彻落实国家政策，充分利用太阳能资源，优化国家能源结构，建立安全的能源供应体系，推广光伏发电技术的应用，结合《光伏支架结构设计规程》和《光伏电站设计规范》等规范标准，盈建科于 2022 年推出了光伏支架结构设计软件 Y-PV，为光伏支架结构工程设计提供完整的一体化解决方案。

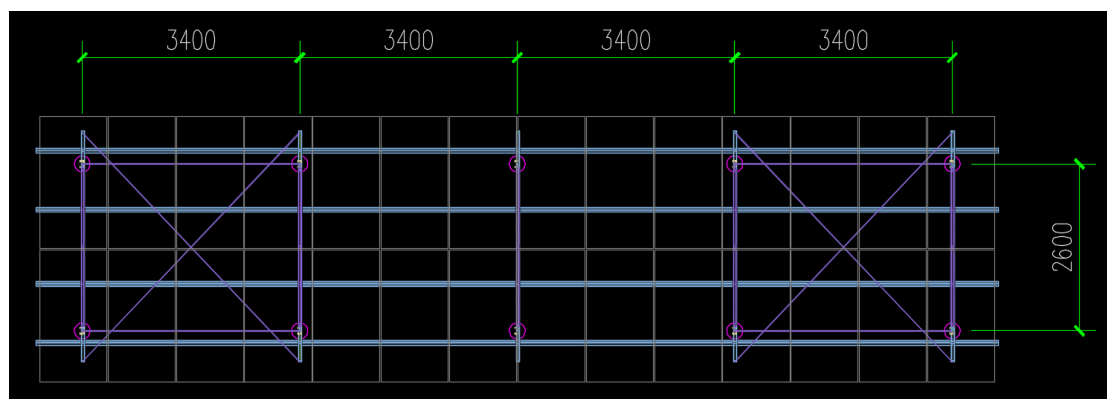
这里结合一个刚性支架结构实例，应用 Y-PV 5.2.1 版本程序进行操作展示，方便大家快速把握使用 Y-PV 进行刚性支架设计的要点。

## 一、工程概况

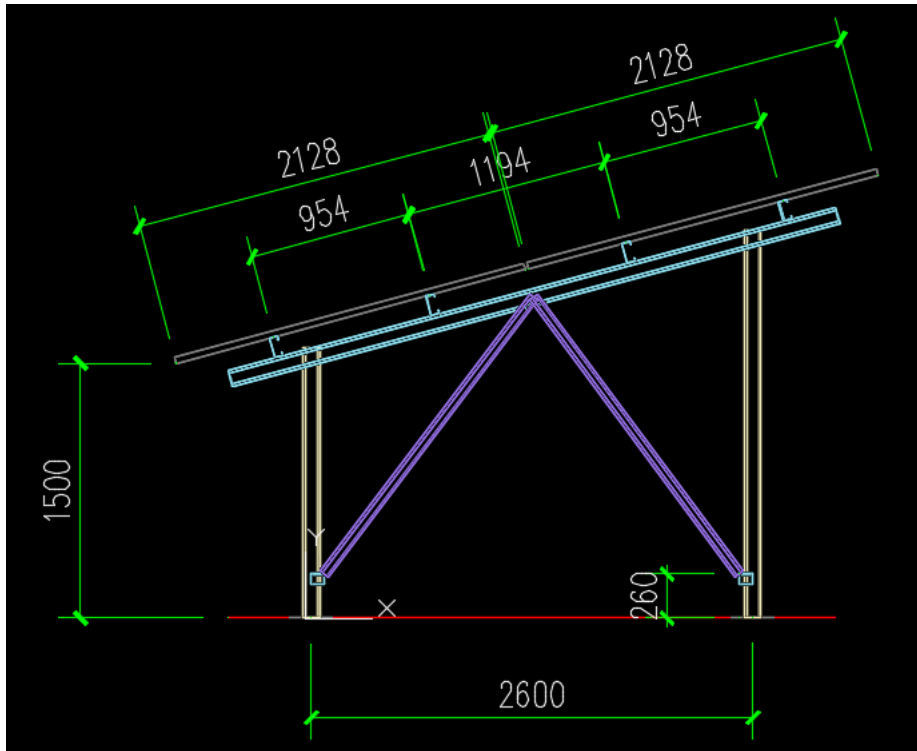
这是某分布式光伏发电项目中的一个双桩双立柱刚性光伏支架，上部支架的设计使用年限为 25 年，支架基础的设计使用年限为 50 年，三维模型及平立面图如下所示。



支架三维整体模型



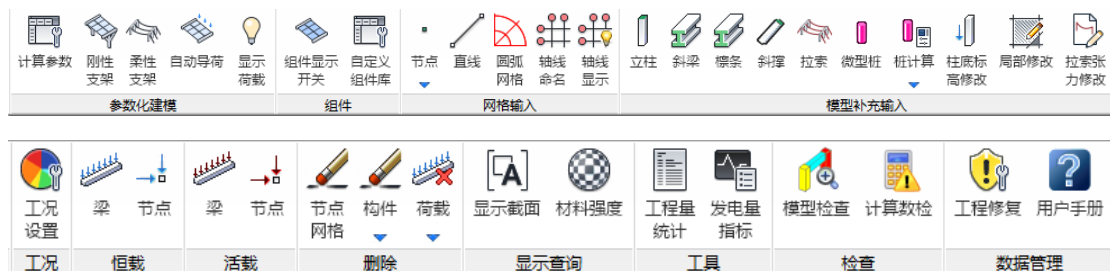
上部支架平面图



上部支架立面图

## 二、 模型建立及荷载输入

盈建科光伏支架采用参数化建模，计算的荷载也采用参数化设置并自动导算，模型荷载输入中的菜单如下：

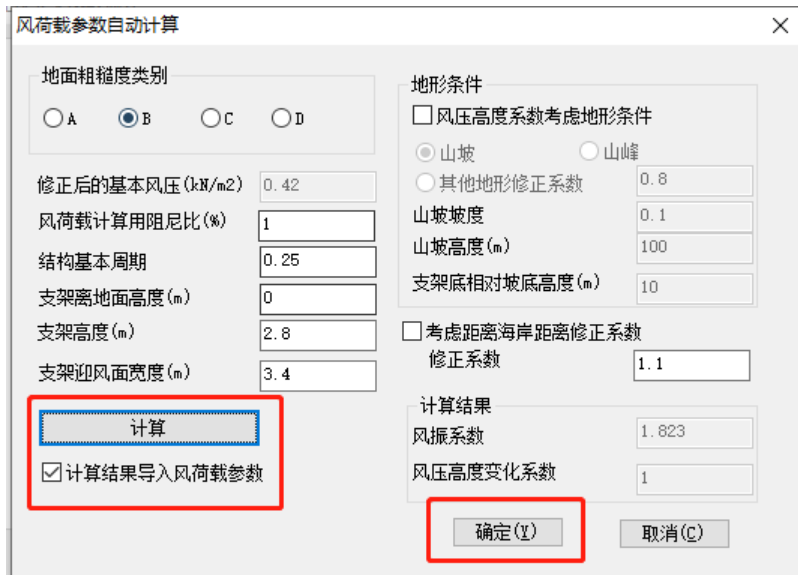


### 2.1 计算参数设置

在“光伏支架设计信息”中设置如下图所示，程序对上部支架设计采用 25 年一遇的基本风压和基本雪压，对于支架基础设计采用 50 年一遇的基本风压和基本雪压。程序会自动考虑光伏组件和支架构件的自重，在无其它附加荷载的情况下，本页面中的恒活荷载可以输入为 0。



点击“光伏支架设计信息”页面中的“风压各系数计算”，在弹出的风荷载参数自动计算页面中填写好地面粗糙度类别等相关参数后，程序可以自动计算风振系数以及风压高度变化系数并导入风荷载参数中。



在“构件材料信息”中设置如下，构件钢材等级均设置为 Q235。



## 2.2 光伏组件定义

先确定了光伏组件，而后进行支架参数化建模时将组件布置在支架上，光伏组件定义如下。

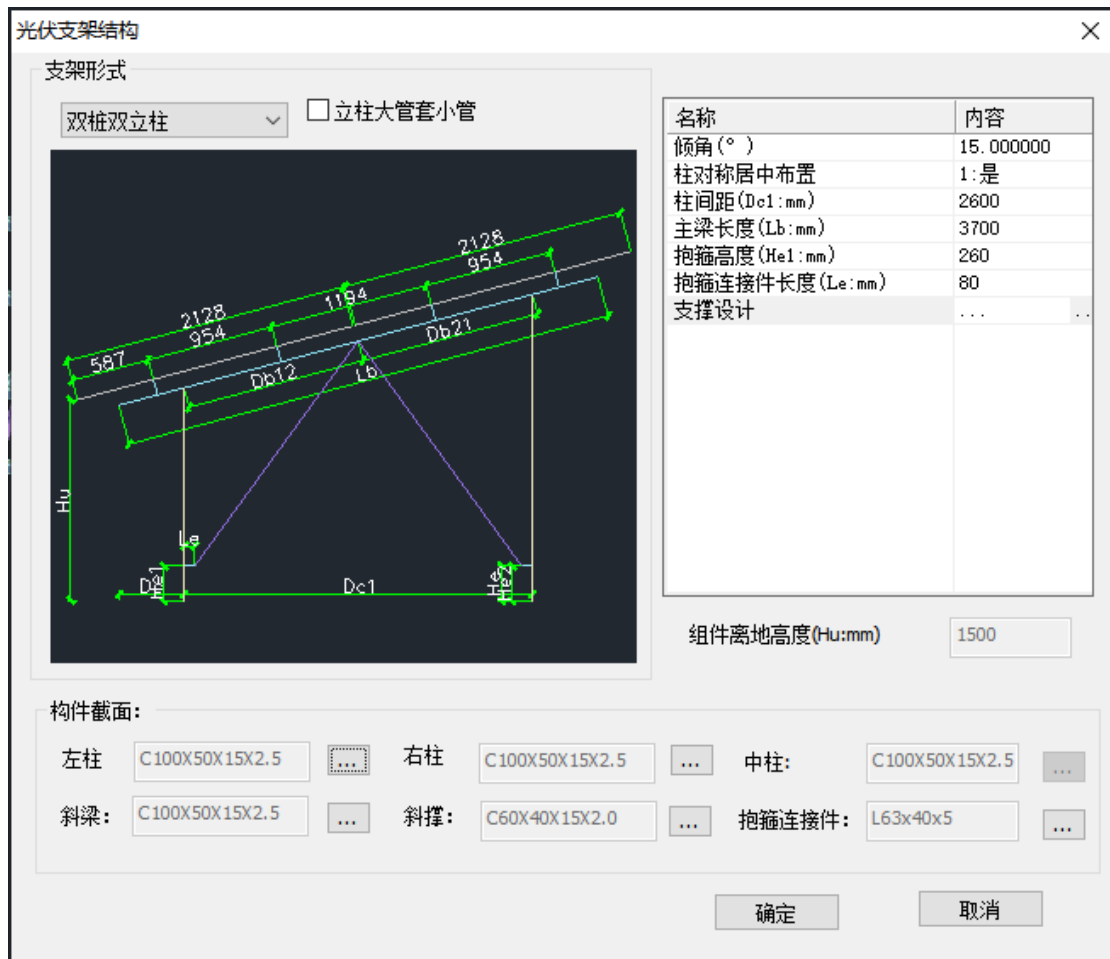


## 2.3 光伏支架参数化建模

根据支架形式及构件截面，在参数化建模/刚性支架快速建模中设置如下。立柱数量为5列，纵向间距为3400mmx4，其它尺寸详图中所示。在两端均布置了柱间交叉支撑和顶部水平交叉支撑，支撑截面均为Φ10圆钢。



在上图中点击“支架形式”，设置如下图所示。支架为双桩双立柱，支架倾角为15度，其它尺寸以及立柱、斜梁、斜撑、抱箍连接件截面均详图中所示。



在“光伏支架快速建模”的“微型桩基础”后点击“设置”，对桩基础的设置如下图所示，图中未完全显示的参数均取程序默认值。

桩定义

桩详情表:

内容	数据
桩类型	水下冲(钻)孔桩
竖向承载力(kN)	135
水平承载力(kN)	54
抗拔承载力(kN)	45
桩直径(mm)	250
桩顶超过地坪高(m)	0.0
桩长(m)	5.0
抗压刚度(kN/m)	10000
抗拉刚度(kN/m)	10000
抗弯刚度(kN*m/rad)	10000
桩顶以下5d范围内箍筋加密	<input checked="" type="checkbox"/>
考虑箍筋受力作用	<input type="checkbox"/>
稳定系数	1.0




是否采用后注浆技术 不注浆

确定 取消

## 2.4 模型检查及局部修改

根据工程实际，可对参数化生成的模型进行检查以及局部修改调整，如无需修改则可以略过这一步。



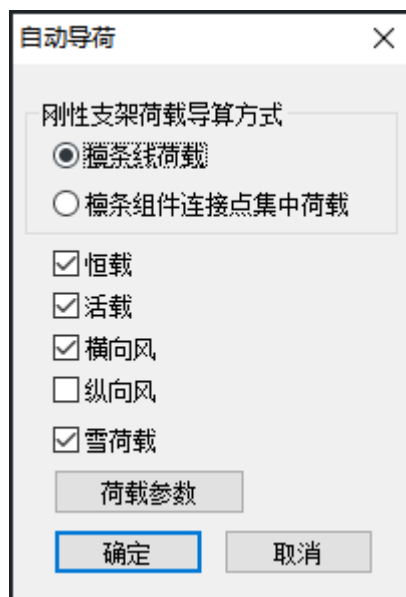
立柱 斜梁 檩条 斜撑 拉索 微型桩 桩计算 柱底标高修改 局部修改 拉索张力修改

模型补充输入

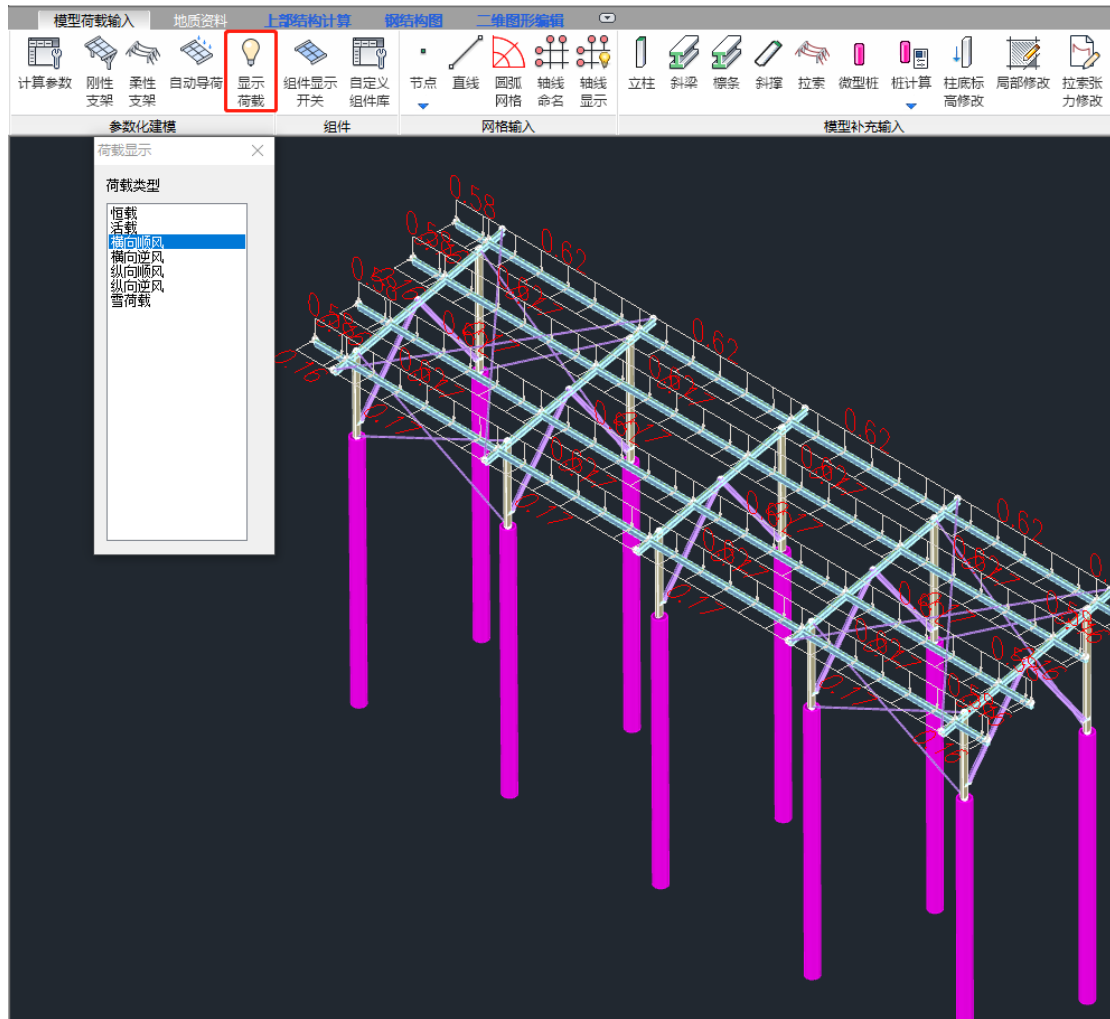


## 2.5 自动导荷及荷载查看

模型生成以及修改完毕后需执行“自动导荷”，注意在每次模型发生修改后，都需要重新去点击“自动导荷”菜单，点击确定后执行导荷，以保证导荷的正确性。导荷完成后可在“显示荷载”菜单下进行查看导荷结果。



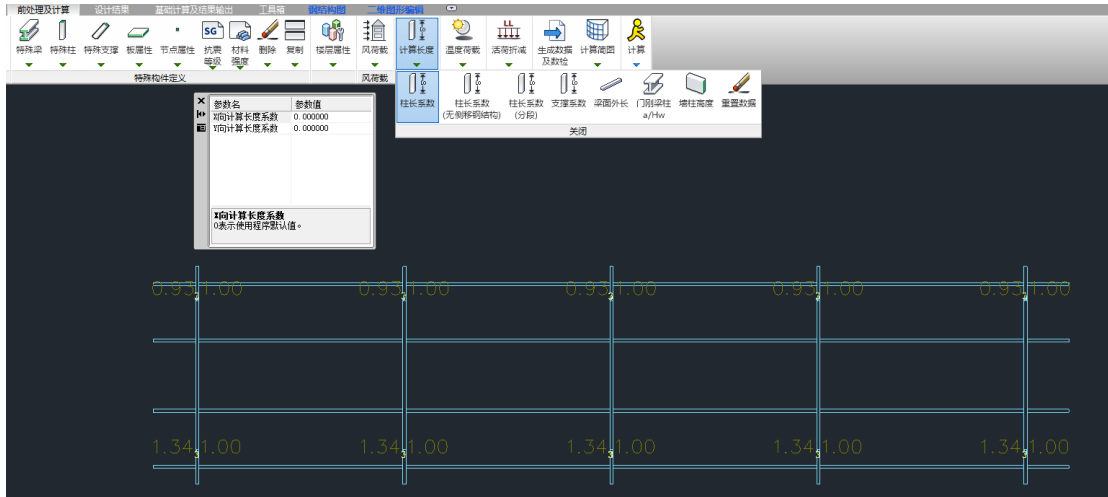




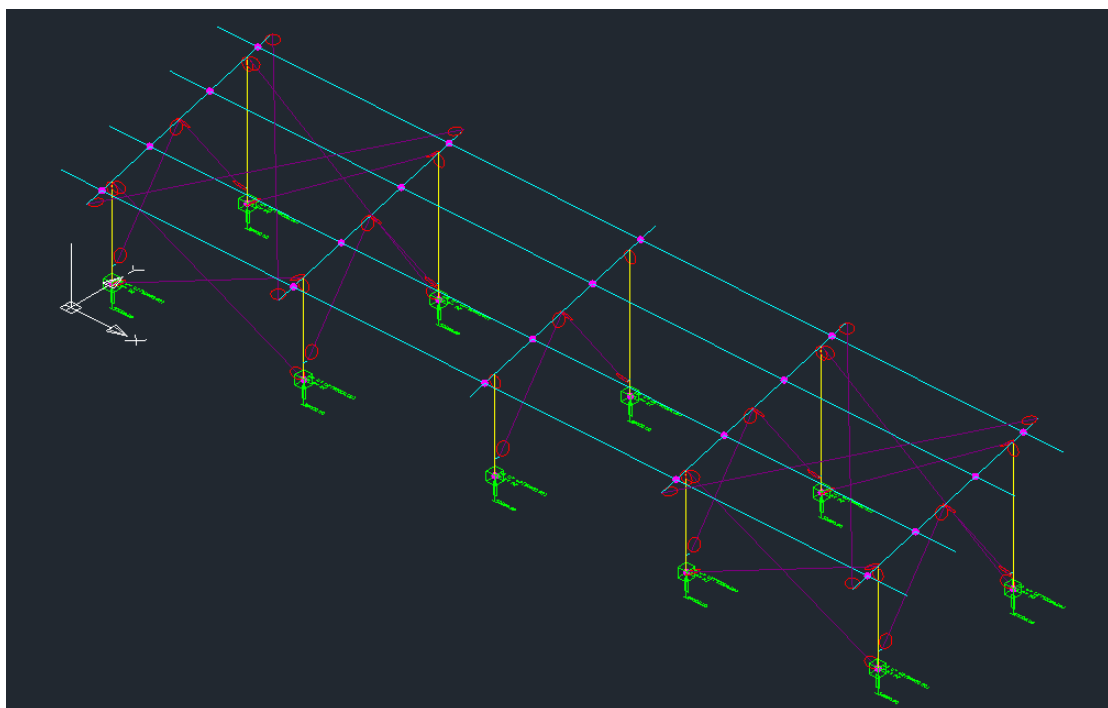
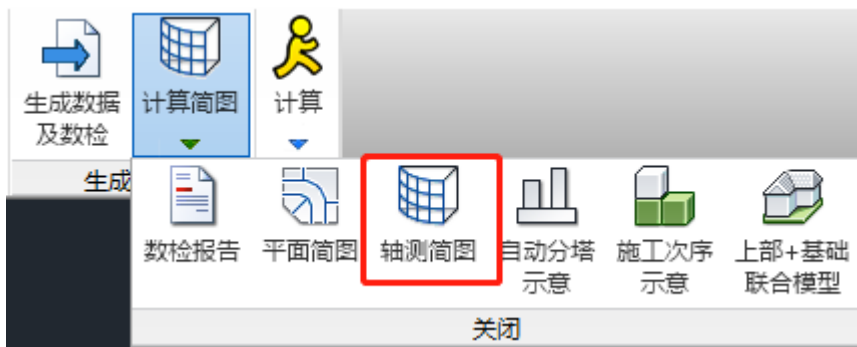
自动导荷完成后，进入下一步前处理及计算。

### 三、 前处理及计算

本算例计算参数均取程序默认值。在上部结构计算/前处理中可以查看和修改构件的约束条件、计算长度等，程序默认支架钢柱顶为铰接、支撑两端为铰接，查看时注意需将模型切换到前处理中的第 2 标准层。



在前处理中点击“生成数据及数检”，并进入三维轴侧简图中，可对计算模型进行整体查看。



模型检查无误后，就可以点击“计算”了，计算完成后程序会自动跳入到“设

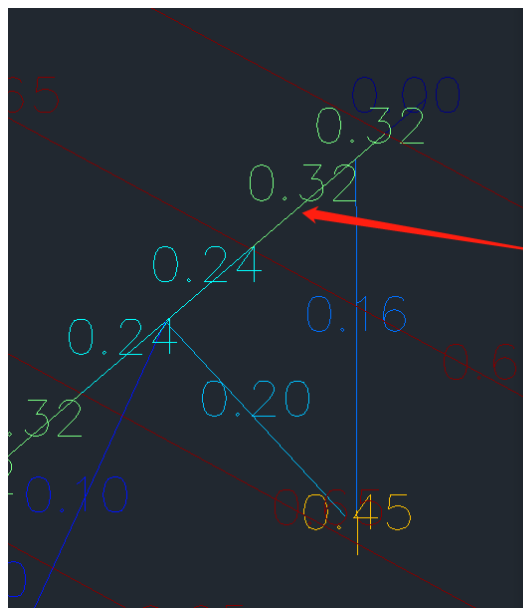
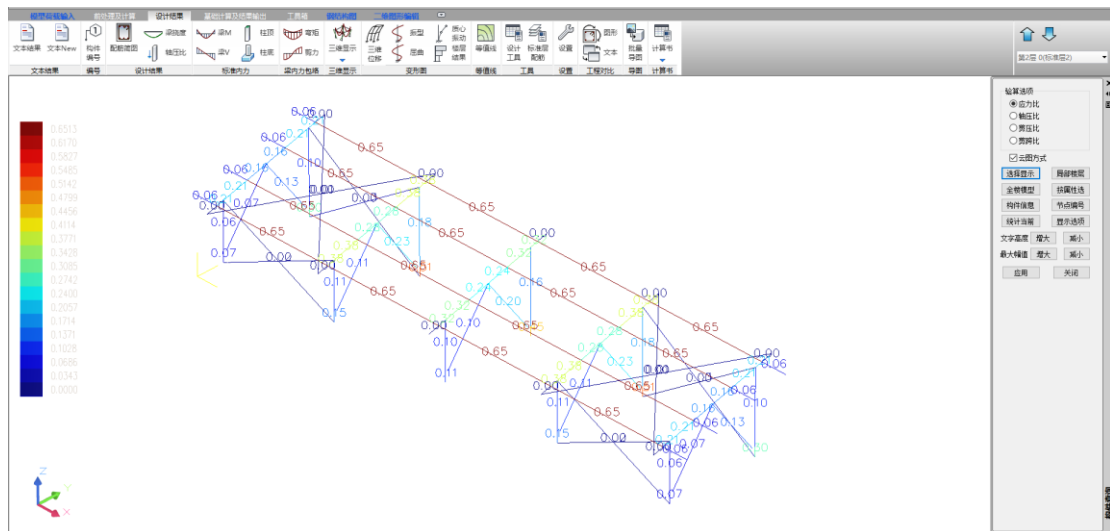
计结果”菜单。

#### 四、 设计结果查看

在上部结构计算/设计结果查看中可以查看光伏支架的上部结构设计结果。

##### 4.1 构件应力比查看

计算完成后程序默认显示三维查询模式下的应力比，点击“构件信息”后选择构件可以查看相应构件的设计信息，在计算书下点击构件详细查看构件的强度、稳定等详细验算过程。



##### 三、 构件设计验算信息

brc — 薄弱层调整系数，大于1时输出  
jzx, jzy — X、Y向最小剪重比调整系数，大于1时输出  
jzz — 竖向地震作用调整系数，大于1时输出  
O2vx, O2vy — X、Y向0.200调整系数，大于1时输出  
zh — 水平转换构件地震作用调整系数，大于1时输出  
xfc — 消防车荷载折减系数  
livec — 梁活荷载折减系数  
stif — 框架梁为刚度放大系数，连梁为刚度折减系数  
tf — 梁端扭矩调整系数  
nj — 梁端扭矩折减系数  
zpscam — 精制构件连接验算时的受剪承载力增大系数  
Ω — 性能系数  
Ωmin — 耗能构件性能系数最小值  
βe — 性能系数的调整系数  
-M, +M — 负、正弯矩设计值(kN-m)  
V — 剪力设计值(kN)  
F1 — 抗弯强度验算  
F2 — 整体稳定验算，满足不进行整体稳定验算条件时不验算  
F3 — 剪力强度验算  
Φ — 系数，消能梁用  
V1 — 消能梁受剪承载力

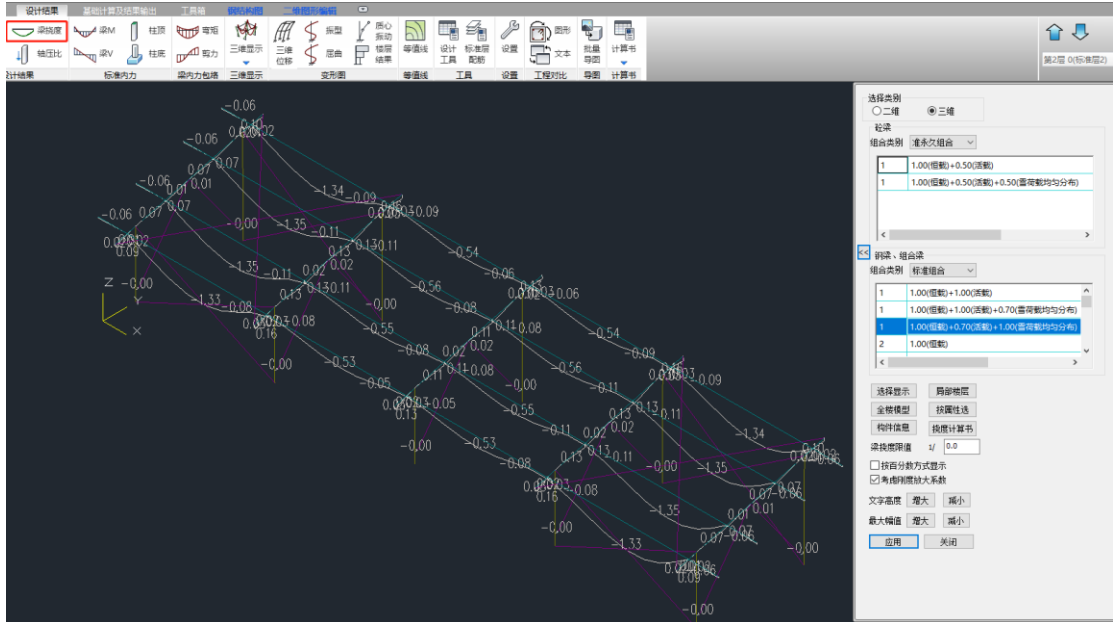
N-B=40 (I=2000024, J=2000042) (303) 薄壁卷边槽钢(C100X50X15X2.5)  
lbr=0.75(m) lbrout=0.75(m) Nfb=3 Nfb\_gz=3 Rsb=235  
钢梁 Q235 框架梁 薄壁型钢  
livec=1.000

	-1-	-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-J-
-M(kNm)	-0	-0	-0	0	-0	-0	-1	-1	-1
LoadCase	(18)	(18)	(18)	(0)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
+M(kNm)	1	1	0	0	0	0	1	1	1
LoadCase	(13)	(13)	(13)	(0)	(0)	(18)	(18)	(18)	(18)
Shear	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
LoadCase	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)	(13)
(13)Mx=	-1.0	F1=	73.064	<	f=	226.950			
(13)Mx=	-1.0	F2=	62.614	<	f=	226.950			
(13)Vx=	0.0	Vy=	-2.4	F3=	11.468	<	f=	120.000	

宽厚比: b/tf=20.00 < b/tf\_max=60.00

##### 4.2 梁挠度查看

在“梁挠度”菜单下查看支架斜梁和檩条的挠度，在右侧选择不同的工况组合。



### 4.3 其它内容查看

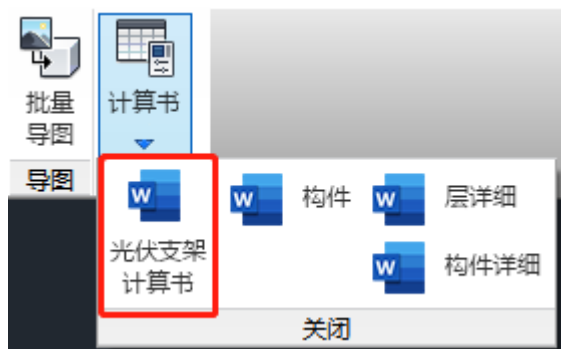
根据设计需要进行三维位移、内力等内容的查看。如果是采用混凝土块的支架，可以在“光伏支架验算”菜单下查看基础构件的抗倾覆、抗滑移、抗拔验算信息。





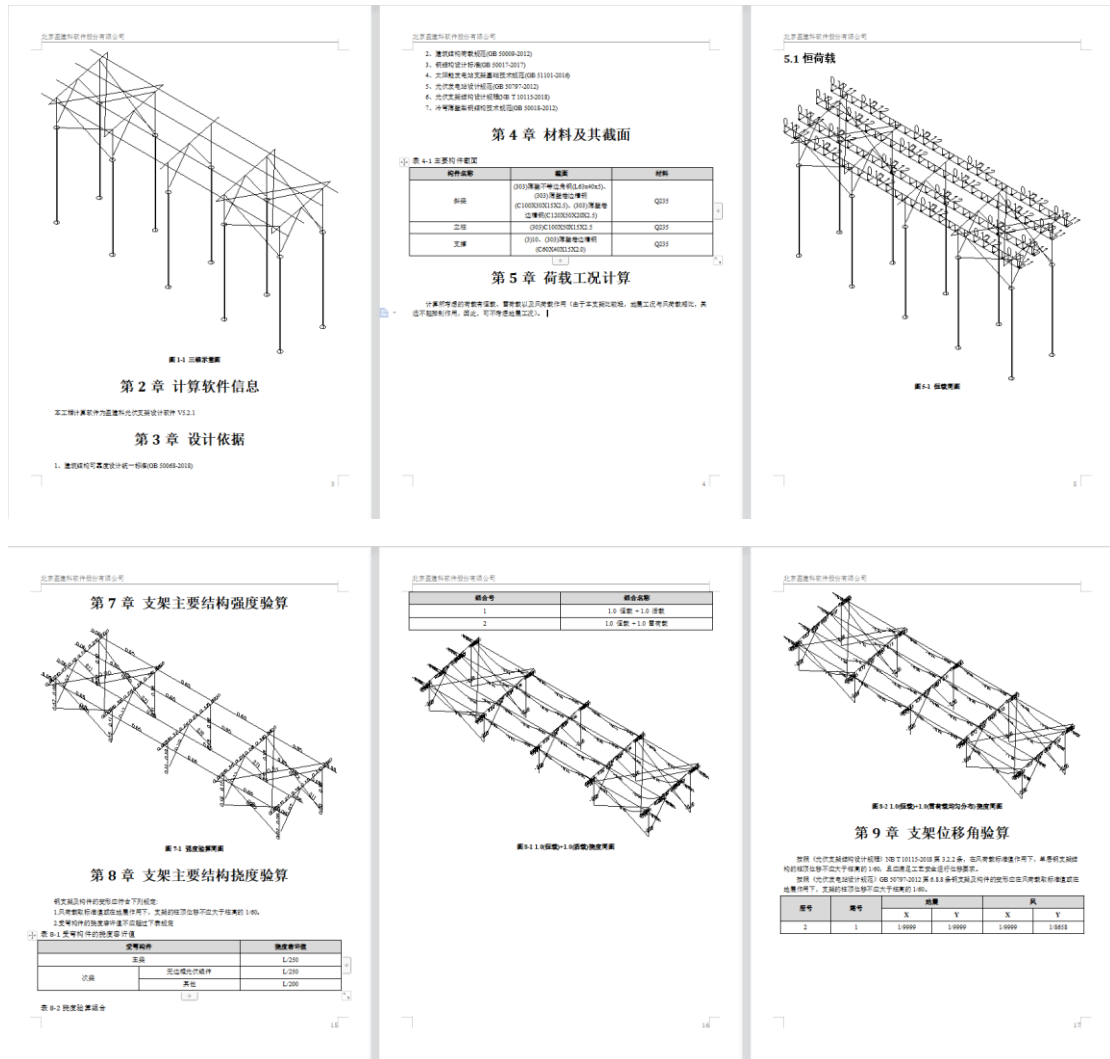
#### 4.4 生成光伏支架计算书

在“计算书”菜单下生成光伏支架整体计算书，计算书包含了构件信息、荷载工况、主要结构强度验算、主要结构挠度验算、支架位移角验算等内容。



## 目录

第1章 工程概述 .....	2
第2章 计算软件信息 .....	3
第3章 设计依据 .....	3
第4章 材料及其截面 .....	4
第5章 荷载工况计算 .....	4
5.1 恒荷载 .....	5
5.2 活荷载 .....	6
5.3 风荷载 .....	7
5.4 雪荷载 .....	11
第6章 荷载组合 .....	11
第7章 支架主要结构强度验算 .....	15
第8章 支架主要结构挠度验算 .....	15
第9章 支架位移角验算 .....	17

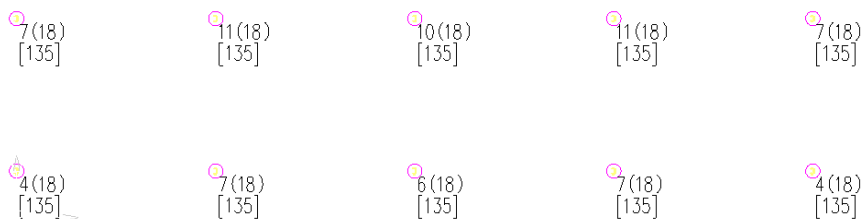


## 五、 基础计算及结果输出

对于桩基础，在“上部结构计算/基础计算及结果输出”模块中进行基础设计及结果查看。



程序依据《光伏支架结构设计规程》第 8.3 节要求进行微型桩的竖向承载力、水平承载力、抗拔承载力以及整体稳定性验算；对于钢管桩，还会进行压屈稳定性验算。



桩竖向承载力验算结果(单位: kN)

地基承载力验算

- 非地震组合
- 地震组合
- 垂直力区
- 软弱下卧层

桩承载力验算

- 竖向承载力[非地震组合]
- 竖向承载力[地震组合]
- 水平承载力
- 抗拔承载力

稳定性验算

- 整体稳定性验算
- 压屈稳定性验算

绘图选项

- 单元边线
- 云图
- 数值
- 等值线
- 指定界限绘制

小数点保留位数 0



微型桩整体稳定性验算结果(单位: kN)

标注桩顶水平力H和水平抗力RH(括号中为最不利组合)

三、稳定性验算

以下输出整体稳定性验算结果

桩顶荷载: 光伏支架结构荷载 (GB/T 10115-2018) 第8.3.15条

验算公式:  $R_{H0} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H0} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H1} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H2} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H3} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H4} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H5} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H6} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H7} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H8} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H9} = \alpha H_0 + R_{H1}$

$R_{H10} = \alpha H_0 + R_{H1}$

桩号	H0	RH0	H1	RH1	H2	RH2	H3	RH3	H4	RH4	H5	RH5	H6	RH6	H7	RH7	H8	RH8	H9	RH9	H10	RH10	计算结果	
162	3	181	0.250	0.000	5.000	0.10	0.704	17.0	35	0.00	86.89	62.73	3.587	0.897										满足

不是桩桩, 不需要计算压屈稳定性

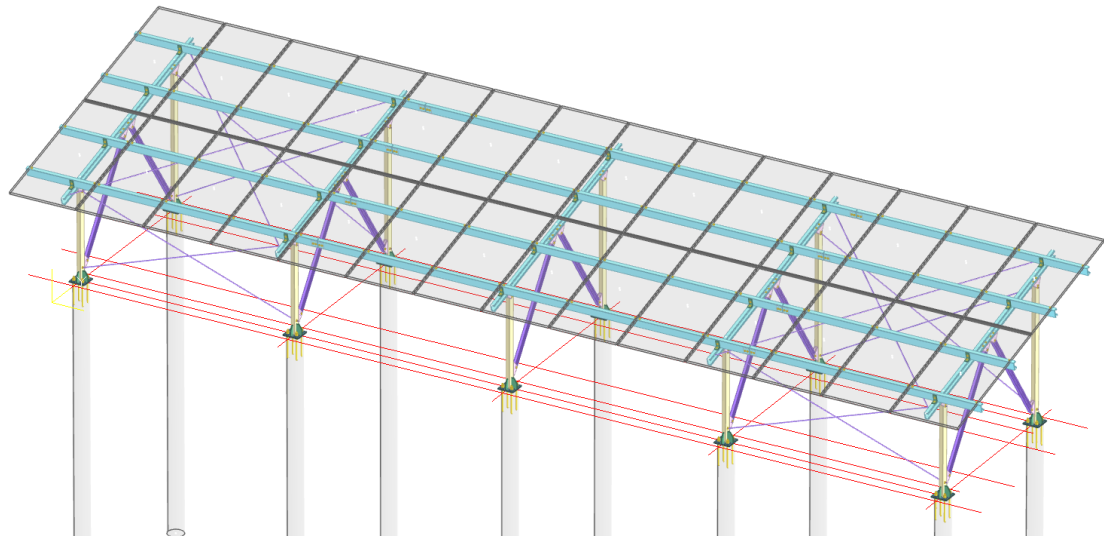
## 六、 钢结构施工图

在“钢结构图/钢结构施工图”菜单下完成光伏支架上部钢结构的节点设计以及施工图绘制。

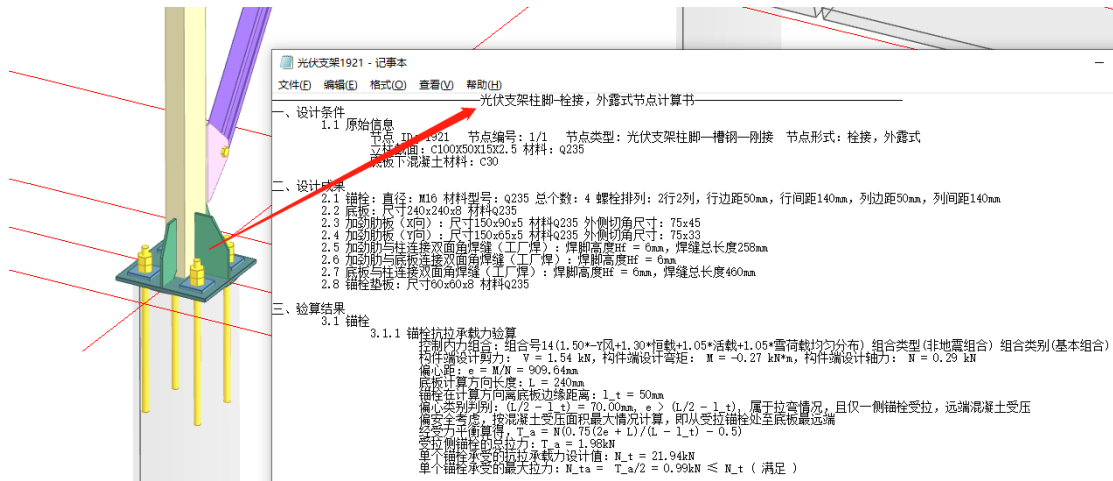


### 6.1 参数设置及节点设计

依次执行导入参数→导入模型→全局参数→节点设置→节点设计, 本算例各参数均采用程序默认值, 实际工程可根据需要调整。第一次执行节点设计时, 程序会提示“节点设计成功后, 是否自动绘制全楼节点三维模型”, 点击“是”, 程序会执行节点设计并生成光伏支架的整体节点三维模型, 生成的效果如下。



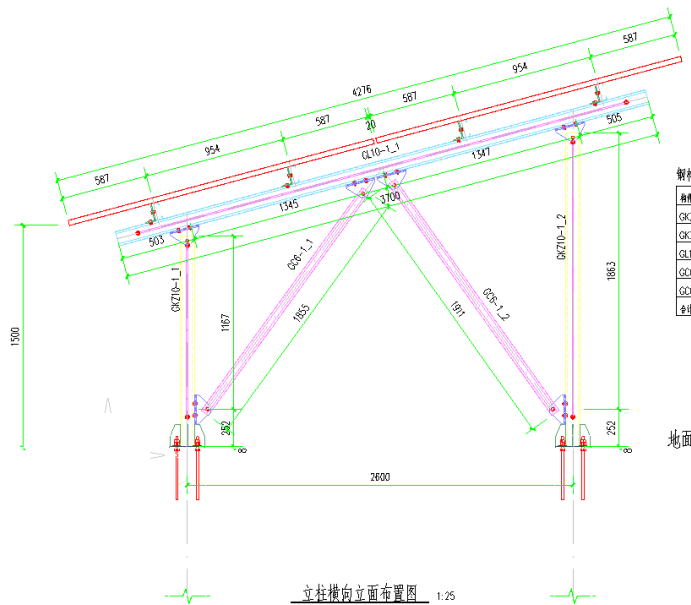
在节点处点击右键并选择节点验算，查看节点验算的计算书。



## 6.2 钢结构施工图查看

执行“平立面图”，程序生成系列图纸，包括图纸目录、设计总说明、锚栓布置图、光伏组件布置图、光伏支架布置平面图、立柱平面布置图、檩条平面布置图、光伏组件尺寸图、立柱纵向立面图、立柱横向立面图、节点详图、以及标准焊接大样图。





钢构件截面表

构件编号	截面尺寸	长度 (mm)	数量	重量 (kg)	截面 (kg)	备注
CKZ10-1,1	C100X50X15X2.5	1419	1	5.82	5.82	深埋柱截面 GB50018-2002
CKZ10-1,2	C100X50X15X2.5	2115	1	8.69	8.69	深埋柱截面 GB50018-2002
GL10-1,1	C100X50X15X2.5	3700	1	15.19	15.19	深埋柱截面 GB50018-2002
GC6-1,1	C60X40X15X2.0	1855	1	4.72	4.72	深埋柱截面 GB50018-2002
GC6-1,2	C60X40X15X2.0	1911	1	4.86	4.86	深埋柱截面 GB50018-2002
合计					39.28	

模型 施工图

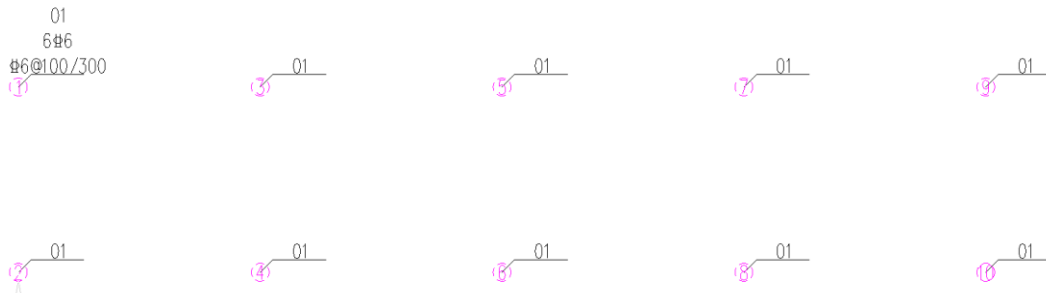
- 图纸目录
- 设计总说明
- 2×14光伏组件布置图
- 光伏支架平面布置图
- 立柱平面布置图
- 檩条平面布置图
- 光伏组件尺寸图
- 全楼材料表
- 立柱纵向立面布置图1
- 立柱纵向立面布置图2
- 立柱横向立面布置图
- 节点图1
- 节点图2
- 标准焊接大样图

生成的所有施工图图纸均可采用程序右下方工具栏的导出菜单，进行单张或者批量导出为 dwg 或者 PDF 图纸。



## 七、 基础施工图

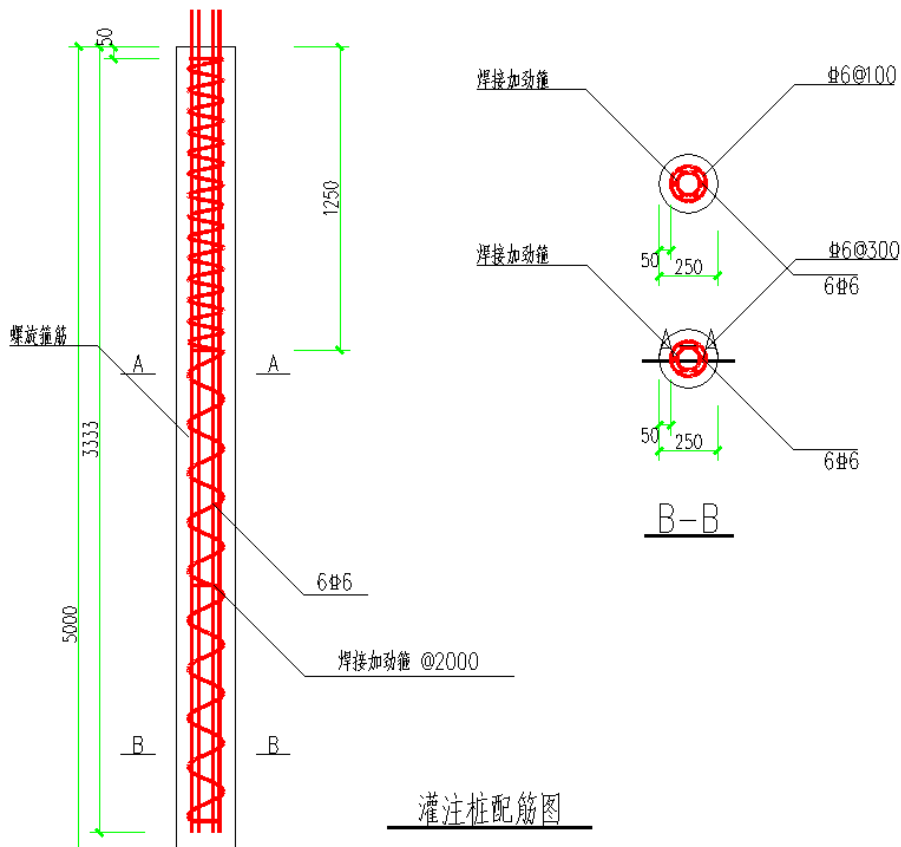
对于桩基础，在“钢结构图/基础施工图”菜单下绘制桩基剖面图和桩基定位图。



桩号	数量	直径 D(mm)	桩长 L(m)	桩型	纵筋	箍筋
01	10	250	5.0	水下冲(钻)孔桩	6#6	#6@100/300

桩位平面布置图

对于灌注桩，点击剖面图并在平面上选择桩后，可以绘制灌注桩配筋图。



灌注桩配筋图

从上面实例中可以看到，采用盈建科 Y-PV 程序可对光伏支架上部结构及基础进行参数化建模，自动按照现行规范计算分析，并一键生成全套施工图，可为工程师的光伏支架结构设计工作提供强有力的支持。

本次算例模型下载地址：<https://pan.yjk.cn/sharing/3TMIF9CRK>