

# 安徽宏宇铝业有限公司 分布式光伏发电项目 增加光伏后荷载复核报告

项目名称：安徽宏宇铝业有限公司

中华人民共和国一级注册结构工程师

姓名：胡佳奇

注册号：4103599-S003

有效期至：2023年12月

评估单位：中略工程建设集团有限公司



评估日期：2023 年 10 月 12 日

# 目录

一、工程概况 .....	3
二、评估依据 .....	3
三、主要荷载 .....	4
四、结构计算分析 .....	5
五、评估结论 .....	5

## 一、工程概况

安徽宏宇铝业有限公司分布式光伏发电项目位于安徽省宣城市。抗震等级 3 级，抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度为0.10 g，设计地震分组第—组，场地类别3类，主体结构使用年限为50年，基本风压：0.35 KN/m<sup>2</sup>，基本雪压：0.50 KN/m<sup>2</sup>，地面粗糙度：B类，结构型式为门式钢架结构。

本次工程评估的单体挤压车间、熔铸车间、氧化电泳车间、喷砂车间、车间一、车间二。

挤压车间：区域面积 9072 m<sup>2</sup>，建筑长 126.0 m，宽 72.0 m，建筑主体高度 11.5 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.5m。

熔铸车间：区域面积 1512 m<sup>2</sup>，建筑长 42.0 m，宽 36.0 m，建筑主体高度 15.0 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.50m。

氧化电泳车间：区域面积 11712 m<sup>2</sup>，建筑长 115.0 m，宽 61.3 m，建筑主体高度 10.0 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.5m。

喷砂车间：区域面积 7050 m<sup>2</sup>，建筑长 122.0 m，宽 96.0 m，建筑主体高度 11.5 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.5m。

车间一：区域面积 13612 m<sup>2</sup>，建筑长 166.0 m，宽 82.0 m，建筑主体高度 11.5 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.5m。

车间二：区域面积 4312 m<sup>2</sup>，建筑长 88.0 m，宽 49.0 m，建筑主体高度 14.0 m，柱距 6.0 m，屋面坡度 10%，屋面板：轻钢屋面。刚架材质 Q345B，檩条材质 Q235B，檩条截面 C160X60X20X2.5，檩条间距 1.5m。

甲方拟在屋面上铺设太阳能电池板及附件设备，根据甲方提供的资料，铺设太阳能电池板及附件设备的总重量：刚架屋面增加恒荷载  $20\text{kg/m}^2$  ( $0.15\text{KN/m}^2$ )。特别声明：若厂房实际建造过程中进行过施工图优化及设计变更，而优化内容及设计变更未体现在贵方提供的施工图上，造成实际构件材质、构件尺寸、厂房结构、屋面做法等与施工图不符，由此造成的一切后果我司概不负责。

根据甲方提供的光伏技术资料，对屋面增加太阳能发电系统进行结构安全评估，根据结构评估结果提出对房屋结构的处理意见及建议，以确保建筑物的安全和合理使用。

## 二、评估依据

主要依据如下规范和标准：

- 1、《建筑结构可靠性设计统一标准》(GB50068-2018)
- 2、《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB50144-2019)
- 3、《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)
- 4、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版)
- 5、《建筑抗震鉴定标准》(GB50023-2017)
- 6、《钢结构设计规范》(GB50017-2017)
- 7、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB50018-2002)
- 8、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(GB51022-2015)
- 9、《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)
- 10、《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ123-2012)
- 11、《民用建筑修缮工程查勘与设计流程》(JGJG117-2019)
- 12、《建筑结构检测技术标准》(GB/T50344-2019)
- 13、《危险房屋鉴定标准》(JGJ125-2016)
- 14、甲方提供的太阳能设备资料。

## 三、主要荷载

1、钢结构屋面（参考原结构图纸）：

①轻钢屋面设计恒荷载：

车间： $0.25 \text{ KN/m}^2$ ；（恒载含屋面板、檩条、拉等重量）。

②屋面设计活荷载： $0.30 \text{ KN/m}^2$ ；

③基本风压： $0.35 \text{ KN/m}^2$

④基本雪压： $0.50 \text{ KN/m}^2$

⑤增加光伏荷载： $0.20 \text{ KN/m}^2$

#### 四、结构计算分析

根据设计资料及甲方提供的光伏技术资料,采用中国建筑科学研究院的 PKPM 系列结构计算软件 V4.3 以上版本,按现有结构布置、构件截面、材质和荷载情况建立计算模型,按增加太阳能设备荷载后的工况进行计算复核。

#### 五、评估结论

1、由复核结果可以判断,原房屋结构可靠性不满足国家规范要求。

2、挤压车间. 熔铸车间. 氧化电泳车间. 喷砂车间. 车间一. 车间二:增加光伏系统荷载  $0.20\text{KN/m}^2$  后,钢架不满足,檩条不满足要求。

3、施工时应注意对屋面板进行保护,应设置专门的堆放平台,严禁将光伏组件堆放在屋面板上;严禁破坏原屋顶防水层。

4、光伏组件系统铺设完成后,严禁在厂房屋顶受力构件(钢架及檩条)处吊挂其它荷载。

经加固后满足铺设光伏组件要求。



中晔工程建设集团有限公司

2023年10月12日



## 计算分析

### 选取挤压车间钢架计算分析

钢结构参数输入与修改
X

参数模板: 请选择参数配置模板
 保存配置
删除配置

结构类型参数
总信息参数
地震计算参数
荷载分项及组合系数
活荷载不利布置
防火设计
其他信息

**钢结构参数**

钢材钢号 IG1 Q345

截面板件宽厚比等级 S4级

自重计算放大系数 FA 1.2

净截面和毛截面比值(<=1) 0.85

钢柱计算长度系数确定方法

按钢规确定 有侧移

☐ 按门规GB51022-2015附录A.0.8确定

钢材材料设计指标取值参考规范

☒ 钢结构设计标准 GB50017-2017

☐ 钢结构设计规范 GB50017-2003

☒ 程序自动确定等效弯矩系数C1

钢材线膨胀系数 12 ( $10^{-6} \text{ mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$ )

**混凝土构件参数 (无混凝土构件可不填)**

柱混凝土强度等级 IC C30

梁混凝土强度等级 IC22 C30

柱梁主筋钢筋级别 IG HRB(F)400

柱梁箍筋级别 IGJ\_gj HPB300

柱砼保护层厚度 20

梁砼保护层厚度 20

梁支座负弯矩调整系数 U1 1

梁惯性矩增大系数 U2 1

圆钢混凝土构件设计执行规范

高规 (JGJ 3-2010)

**总体参数**

结构重要性系数 1

梁柱自重计算信息 IA 2-算梁柱

基础计算信息 KAA 0-不算基础

考虑恒载下柱轴向变形 1-考虑

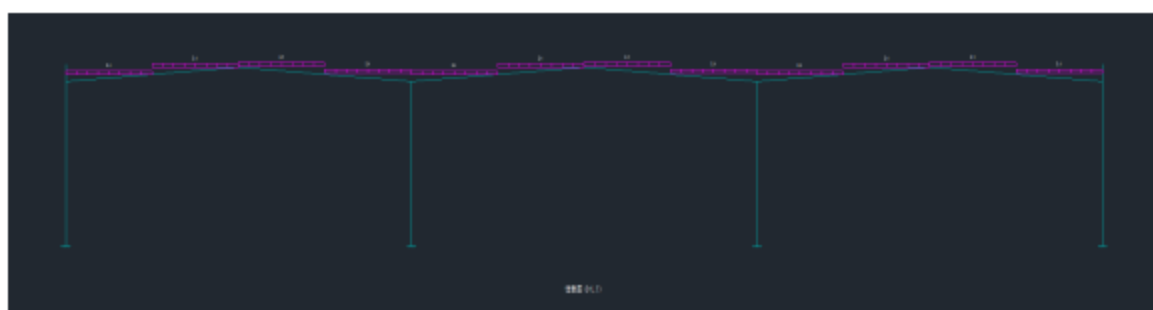
**钢材钢号:**

指定缺省的钢号。此值为当前模型中所有钢构件的缺省钢号, 对已单独指定钢号的构件不起作用。

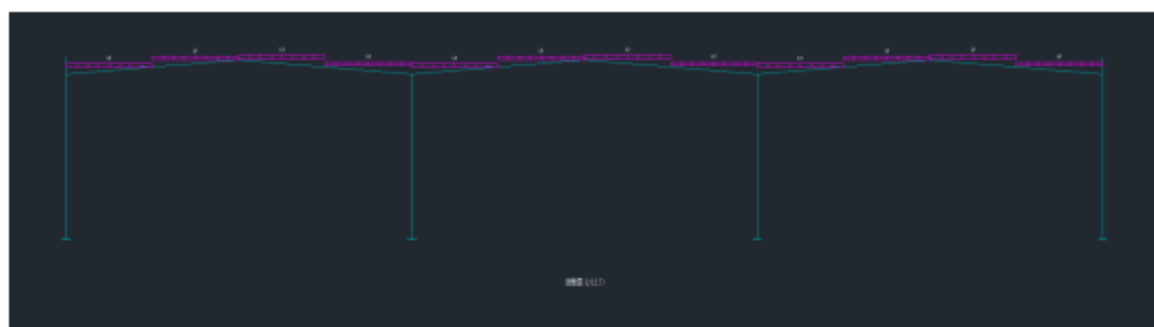
确定
取消
应用 (A)

主钢构恒荷载、活荷载、风荷载、应力比简图如下：

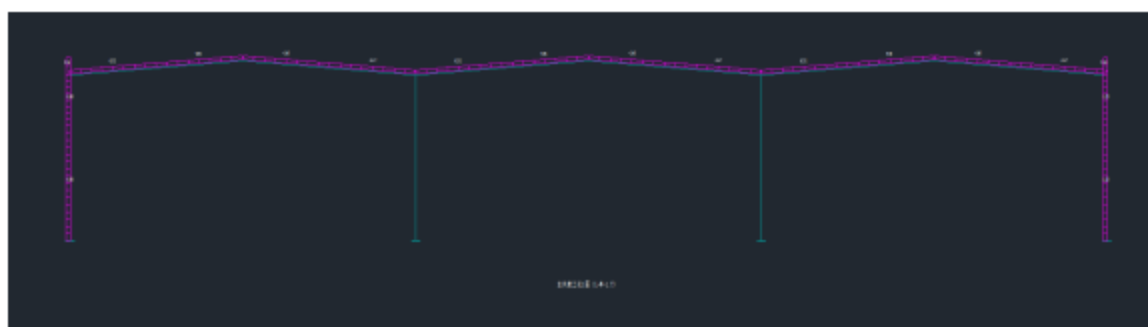
恒荷载简图



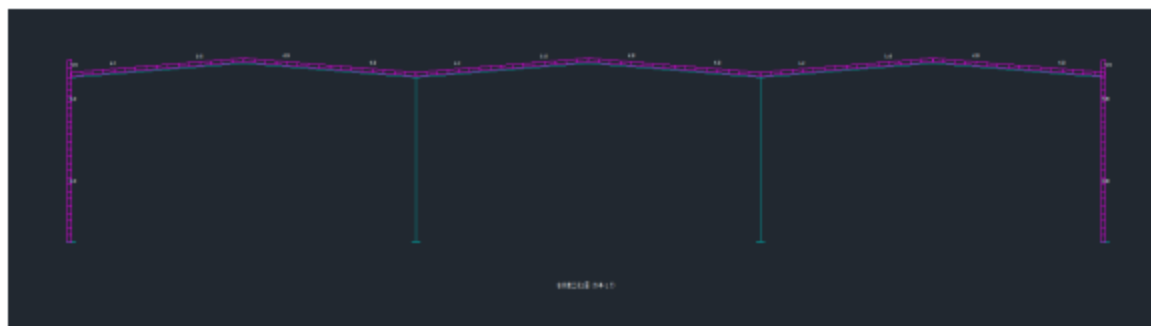
活荷载简图



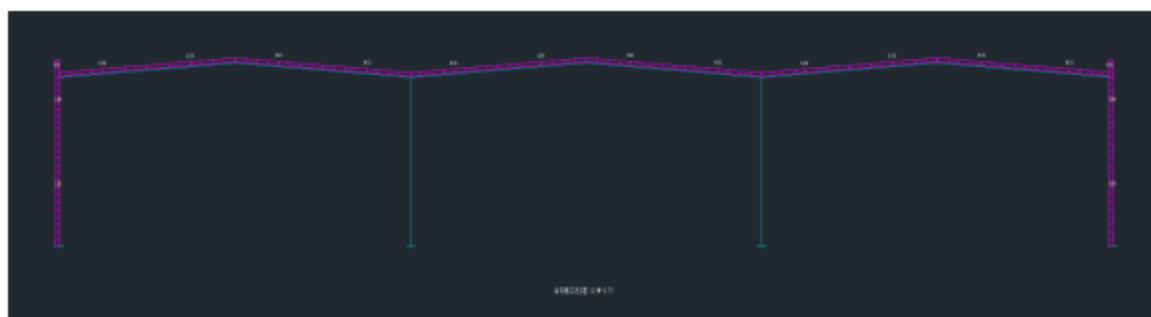
左风工况 1



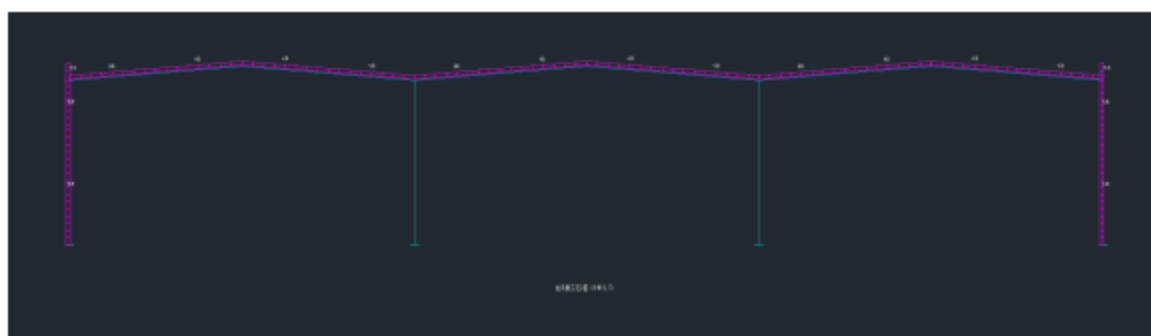
左风工况 2



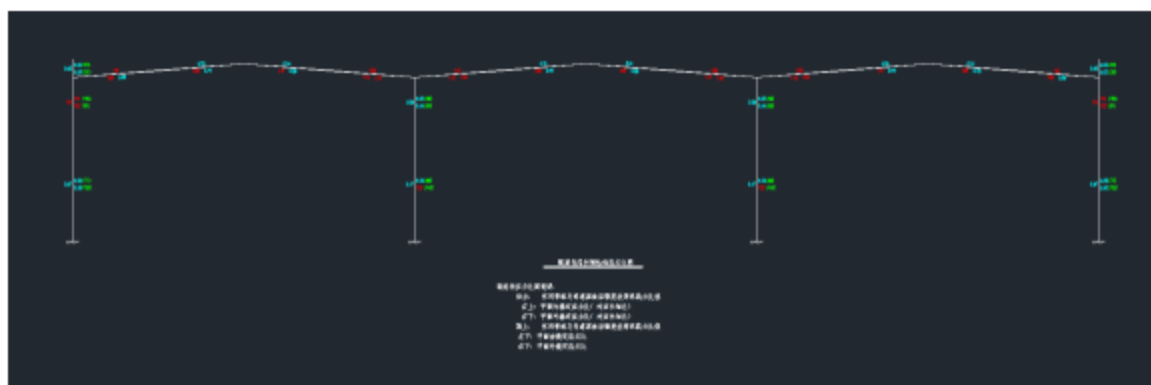
右风工况 1



右风工况 2



结构应力比简图



经计算，挤压车间钢架不满足铺设光伏组件要求。其他结构参照次计算



## 计算分析

### 选取挤压车间 檩条计算分析

简支檩条设计

计算数据文件: LT1

选择已有檩条数据

檩条形式: 2-C形檩条

☐ 程序优选截面

截面名称: C160X60X20X2.5

$d$  (mm): 0

钢材型号: Q235

屋面材料: 1-压型钢板

☐ 屋面倾角按坡度比输入

屋面倾角 (度): 5.711

屋面倾角坡度比: 0.1

檩条间距 (m): 1.5

檩条跨度 (m): 6

☐ 悬挂长度 (m): 1

屋面荷载 (标准值)

屋面自重 (不含檩条自重) ( $\text{kN/m}^2$ ):	0.35
屋面活载 ( $\text{kN/m}^2$ ):	0.5
雪荷载 ( $\text{kN/m}^2$ ):	0.5
积灰荷载 ( $\text{kN/m}^2$ ):	0
施工荷载 (作用在跨中) ( $\text{kN}$ ):	1

☒ 屋面面板能阻止檩条上翼缘侧向失稳

☐ 构造保证下翼缘风吸力作用稳定性

☐ 考虑冷弯效应

☒ 执行《建筑结构可靠性设计统一标准》(GB50068-2018)

拉条设置: 1-设一道

拉条作用: 约束檩条上翼缘

验算规范: 门规GB51022-2015

轴力设计值 ( $\text{kN}$ ): 0

净截面系数: 1

风荷载

屋面形式: 1-双坡屋面

建筑形式: 1-封闭式 分区: 1-中间区

基本风压值 ( $\text{kN/m}^2$ ): 0.35

风压调整系数: 1.5

☐ 自动确定风压高度变化系数

檩条高度 (m): 10 地面粗糙度: A

风压高度变化系数: 1

风吸力荷载系数 (负值): -1.08

风压力荷载系数 (正值): 0.38

檩条库... 计算>> 取消

	冷弯薄壁型钢檩条设计输出文件	
	输入数据文件: LT1	
	输出结果文件: LT1.OUT	
	设计时间: 10/19/2023	

===== 设计依据 =====

建筑结构荷载规范(GB 50009--2012)

冷弯薄壁型钢结构技术规范(GB 50018-2002)

门式刚架轻型房屋钢结构技术规范(GB51022-2015)

===== 设计数据 =====

屋面坡度(度): 5.711  
檩条跨度 (m): 6.000  
檩条间距 (m): 1.500

设计规范: 门式刚架规范 GB51022-2015

风吸力下翼缘受压稳定验算: 按式(9.1.5-3)验算:

檩条形式: 卷边槽形冷弯型钢 C160X60X20X2.5

钢材钢号: Q235 钢

拉条设置: 设置一道拉条

拉条作用: 约束檩条上翼缘

净截面系数: 1.000

檩条仅支承压型钢板屋面(承受活荷载或雪荷载), 挠度限值为 1/150

屋面板能阻止檩条侧向失稳

构造不能保证风吸力作用下翼缘受压的稳定性

建筑类型: 封闭式建筑

分区: 中间区

基本风压:	0.350
风压调整系数:	1.500
风荷载高度变化系数:	1.000
风荷载系数(风吸力):	-1.080
风荷载系数(风压力):	0.380
风荷载标准值(风吸力)(kN/m <sup>2</sup> ):	-0.567
风荷载标准值(风压力)(kN/m <sup>2</sup> ):	0.199

屋面自重标准值(kN/m <sup>2</sup> ):	0.350
活荷载标准值(kN/m <sup>2</sup> ):	0.500
雪荷载标准值(kN/m <sup>2</sup> ):	0.500
积灰荷载标准值(kN/m <sup>2</sup> ):	0.000
检修荷载标准值(kN):	1.000

===== 截面及材料特性 =====

檩条形式: 卷边槽形冷弯型钢 C160X60X20X2.5

b =	60.000	h =	160.000	c =	20.000	t =	2.500
A =	0.7480E-03	I <sub>x</sub> =	0.2881E-05	I <sub>y</sub> =	0.3596E-06		
I <sub>t</sub> =	0.1559E-08	I <sub>w</sub> =	0.1888E-08				
W <sub>x1</sub> =	0.3602E-04	W <sub>x2</sub> =	0.3602E-04	W <sub>y1</sub> =	0.1947E-04	W <sub>y2</sub> =	0.8660E-05

卷边的宽厚比  $C/T = 8.000 \leq 13.0$ , 满足要求。  
卷边宽度与翼缘宽度之比  $C/B = 0.333 > 0.326$ , 不满足要求! \*\*\*\*\*

钢材钢号: Q235 钢

屈服强度  $f_y = 235.000$   
强度设计值  $f = 215.000$

===== 截面验算 =====

使用阶段:

-----  
1.3 恒载+1.5(活载+0.9 积灰+0.6 风载(压力))组合

主轴:

弯矩设计值 (kN.m):  $M_x = 9.647$   
弯矩设计值 (kN.m):  $M_y = 0.211$

平行轴:

弯矩设计值 (kN.m):  $M_{x'} = 9.647$   
剪力设计值 (kN.m):  $V_{y'} = 6.431$

有效截面计算结果:

$A_e = 0.6991E-03$     $I_{ex} = 0.2660E-05$     $I_{ey} = 0.3513E-06$   
 $W_{ex1} = 0.3152E-04$     $W_{ex2} = 0.3152E-04$     $W_{ex3} = 0.3519E-04$     $W_{ex4} = 0.3519E-04$   
 $W_{ey1} = 0.1865E-04$     $W_{ey2} = 0.8534E-05$     $W_{ey3} = 0.1865E-04$     $W_{ey4} = 0.8534E-05$

截面强度 (N/mm<sup>2</sup>):  $\sigma_{\max} = 306.065 > 215.000$   
截面强度 (N/mm<sup>2</sup>):  $\tau_{\max} = 24.896 \leq 125.000$

截面强度不满足! \*\*\*\*\*

-----  
| 1.0 恒载+1.5 风载(吸力)组合 |

---

主轴：

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_x = -3.127$

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_y = 0.065$

平行轴：

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_{x'} = -3.127$

剪力设计值 (kN.m) :  $V_{yw} = -2.085$

有效截面计算结果：

全截面有效。

截面强度 (N/mm<sup>2</sup>) :  $\sigma_{maxw} = 86.818 \leq 215.000$

截面强度 (N/mm<sup>2</sup>) :  $\tau_{max} = 8.070 \leq 125.000$

按门式刚架规范 GB51022-2015 (9.1.5-3)式验算：

整体稳定系数 :  $\phi_b = 0.405$

檩条的稳定性 (N/mm<sup>2</sup>) :  $f_{stabw} = 222.102 > 215.000$

风吸力作用下檩条的整体稳定性不满足！\*\*\*\*\*

施工阶段：

---

| 1.3 恒载+1.5 施工荷载组合 |

---

主轴：

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_x = 5.637$

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_y = 0.141$

平行轴：

弯矩设计值 (kN.m) :  $M_{x'} = 5.637$

剪力设计值 (kN.m) :  $V_{y'} = 3.758$

有效截面计算结果：

$A_e = 0.7424E-03$      $I_{ex} = 0.2846E-05$      $I_{ey} = 0.3594E-06$   
 $W_{ex1} = 0.3532E-04$      $W_{ex2} = 0.3532E-04$      $W_{ex3} = 0.3585E-04$      $W_{ex4} = 0.3585E-04$   
 $W_{ey1} = 0.1947E-04$      $W_{ey2} = 0.8652E-05$      $W_{ey3} = 0.1947E-04$      $W_{ey4} = 0.8652E-05$

截面强度(N/mm<sup>2</sup>) :  $\sigma_{max} =$       159.592 <=      215.000  
截面强度(N/mm<sup>2</sup>) :  $\tau_{max} =$       14.546 <=      125.000

---

| 荷载标准值作用下，挠度计算 |

---

垂直于屋面的挠度(mm) :  $v =$       37.730 <=      40.000

---

\*\*\*\*\* 计算不满足 \*\*\*\*\*

---

檩条能够承受的最大轴力设计值为(KN):  $N =$       0.000

---

===== 计算结束 =====

**经计算，车间檩条不满足铺设要求，需要加固。**