

钢结构单层工业厂房课程设计计算书

一、工程概况

某单层厂房某单层厂房跨度为 21m，柱距 6m，厂房总长度为 120m，车间内设有一台 50 吨和一台 20 吨中级工作制软钩桥式吊车，吊车轨顶标高为 +12.000m，冬季最低温度为 -20°C。

屋面采用 1.5m×6.0m 预应力大型屋面板，屋面坡度为 $i=1:10$ 。上铺 40mm 厚泡沫混凝土保温层和二毡三油防水层。

屋面活荷载标准值为 0.5kN/m^2 ，雪荷载标准值为 0.35kN/m^2 ，积灰荷载标准值为 0.5kN/m^2 。

屋架采用下承式梯形钢屋架，其两端铰支于钢筋混凝土柱上，上柱截面为 $400\text{mm}\times 400\text{mm}$ ，混凝土强度等级为 C25。

钢材采用 Q235-B 级，其设计强度 $f = 215\text{MPa}$ 焊条采用 E43 型，手工焊。构件采用钢板及热轧钢筋，构件与支撑的连接用 M20 普通螺栓。

屋架跨中起拱 40mm ($\approx L/500 = 21000/500 = 42\text{mm}$)，计算跨度为： $L_0 = 21000 - 2 \times 150 = 20700\text{mm}$ ，端部高度： $h = 18000$ (轴线处)， $h = 18015\text{mm}$ (计算跨度处)，中部高度 $18000 + 1050 + 40 = 19090\text{mm}$ 。

二、结构形式与布置

屋架形式及几何尺寸见图 A-1 所示：

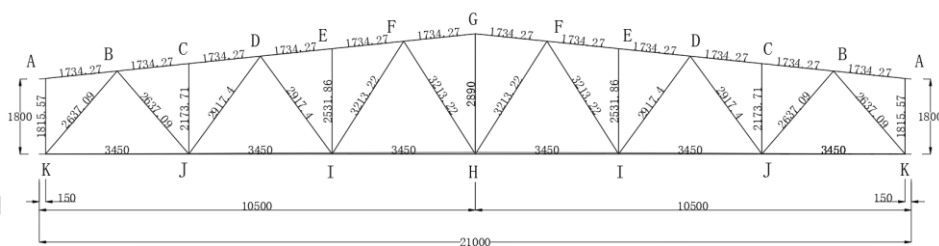


图 A-1 屋架形式及几何尺寸

屋架支撑布置见图 B-2 所示：

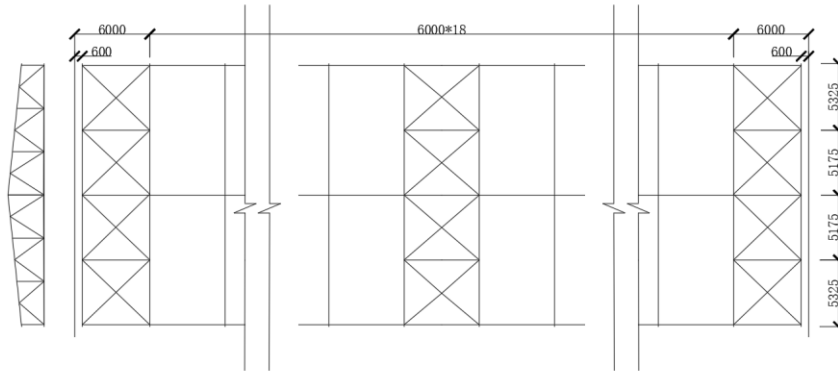


图 B-2.1 屋架上弦支撑布置图

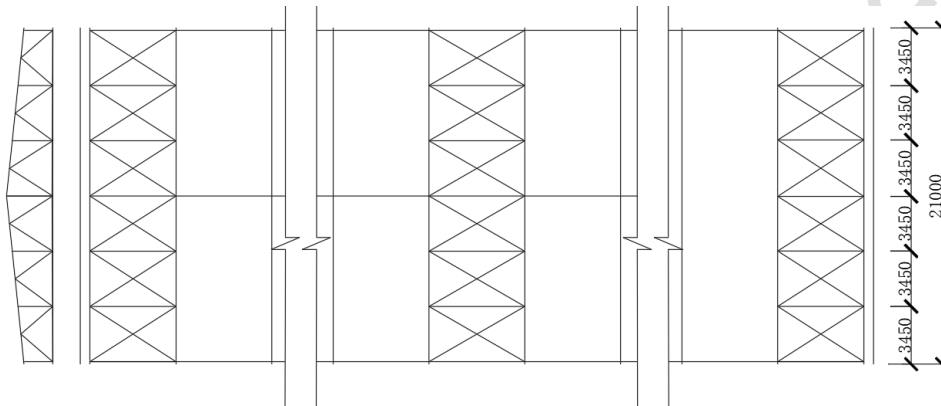


图 B-2.2 屋架下弦支撑布置图

符号说明：GWJ-（钢屋架）；SC-（上弦支撑）；XC-（下线支撑）；CC-（垂直支撑）；GG-（刚性系杆）；LG-（柔性系杆）

三、 荷载与内力计算

1. 荷载计算

根据《钢结构》中 7.2.2.1 荷载与雪荷载不会同时出现，故取两者较大的活荷载计算。根据《GB50009-2012 建筑结构荷载设计规范》以下简称《GB50009》得到各荷载的标准值：

永久荷载标准值

防水层（二毡三油防水层外加 40mm 泡沫保温层）	0.3kN/m ²
找平层（20mm 厚水泥砂浆）	0.02*20=0.4kN/m ²
保温层（40mm 厚泡沫混凝土）	0.04*6=0.24kN/m ²
预应力混凝土大型屋面板	1.40kN/m ²
钢屋架和支撑自重	0.12+0.011*18=0.318kN/m ²
管道设备自重	0.10kN/m ²

总计： 2.758 kN/m²

可变荷载标准值

雪荷载	0.75 kN/m ²
积灰荷载	0.50 kN/m ²
总计: 1.25 kN/m ²	
永久荷载设计值	1.2*2.758=3.3096 kN/m ²
可变荷载设计值	1.4*1.25=1.75 kN/m ²

2. 荷载组合

根据《钢结构》中 7.2.2.1 设计屋架时，应考虑以下三种荷载组合：

- 组合一 全跨永久荷载+全跨可变荷载
- 组合二 全跨永久荷载+半跨可变荷载
- 组合三 全跨屋架及支撑自重+板跨大型屋面板重+半跨屋面活荷载

题中说明可只考虑组合一：全跨永久荷载+全跨可变荷载：

$$P = (3.3096 + 1.75) * 1.5 * 6 = 45.5364kN$$

3. 内力计算

本设计需要计算杆件在单位节点力作用下各杆件的内力系数，见表 A-1.

杆件名称		内力系数(F=1)	计算杆件/kN (F=45.54kN)
		全跨	
上弦	AB	0	0.00
	BC, CD	-9.32	-424.43
	DE, EF	-13.96	-635.74
	FG	-16.21	-738.20
下弦	KJ	5.18	235.90
	JI	13.96	635.74
	IH	15.61	710.88
腹杆	KB	-9.33	-424.89
	BJ	6.93	315.59
	JD	-5.11	-232.71
	DI	3.58	163.03
	IF	-0.98	-44.63
	FH	0.53	24.14
竖杆	AK	-0.5	-22.77
	CJ	0	0
	EI	0	0
	GH	1.5	68.31

注：表内负表示压力；正表示拉力

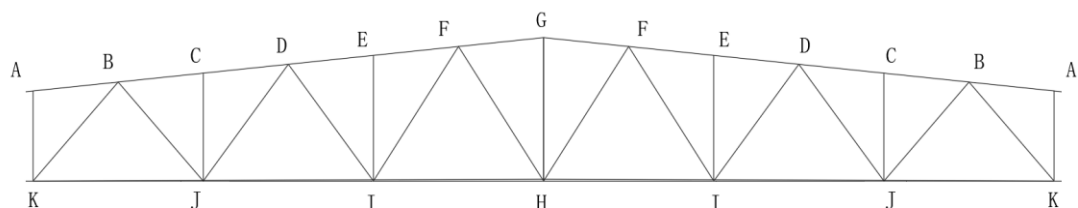


图 A-3 屋架简图

四、杆件截面设计

腹杆最大内力， $N=424.89\text{kN}$ 。由屋架节点板厚度参考可知：支座节点板刚度取 14mm ；其余节点板与垫板厚度取 12mm 。

1. 上弦杆

整个上弦杆采用相同截面，按最大内力计算： $N=738.20\text{kN}$

计算长度：屋架平面内取节间轴线长度 $l_{0x} = 1734.27\text{mm}$

屋架平面外根据支撑，考虑到大型屋面板能起一定的支撑作用，取上弦横向水平支撑的节间长度： $l_{0y} = 3450\text{mm}$

因为 $2l_{0x} \approx l_{0y}$ ，故截面宜选用两个不等肢角钢，且短肢相并，如图 A-4

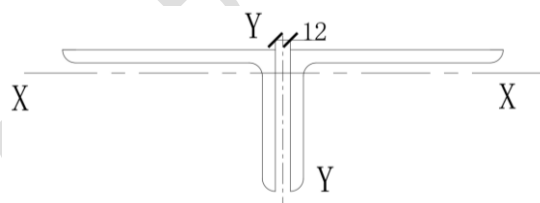


图 A-4 上弦截面

设 $\lambda = 60$ ，查轴心受力稳定系数， $\varphi = 0.807$

$$\text{需要截面积 } A^* = \frac{N}{\varphi f} = \frac{738.2 \times 10^3}{0.807 \times 215} = 4254\text{mm}^2$$

$$\text{需要回转半径 } i_x^* = \frac{l_{0x}}{\lambda} = \frac{173.43}{60} = 2.9\text{cm}$$

$$i_y^* = \frac{l_{0y}}{\lambda} = \frac{345}{60} = 5.75\text{cm}$$

根据需要的 A^* 、 i_x^* 、 i_y^* 查角钢型钢表，初选 2L180*110*10， $A=5680\text{mm}^2$ ，

$$i_x = 3.13\text{cm}, i_y = 8.71\text{cm}。$$

按照所选角钢进行验算

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{173.43}{3.13} = 55.41 < [\lambda] = 150$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{345}{8.71} = 39.61 < [\lambda] = 150$$

由于 $b_1/t = 180/10 = 18 > 0.56 * l_{oy}/b_1 = 0.56 * 3450/180 = 10.7$

$$\text{则： } \lambda_{yz} = 3.7 \frac{b_1}{t} \left(1 + \frac{l_{oy}^2 t^2}{52.7 b^4}\right) = \frac{3.7 * 18}{1} \left(1 + \frac{345^2 * 1^2}{52.7 * 18^4}\right) = 68.03 < [\lambda] = 150$$

由于 $\lambda_x > \lambda_{yz} > \lambda_y$ ，只需求出 $\varphi_{\min} = \varphi_x$ ，查《GB50017》附录 D 轴心受力稳定系数表得

$$\varphi_x = 0.812。$$

$$\frac{N}{\varphi_x A} = \frac{738.2 * 10^3}{0.812 * 5680} = 160.06\text{MPa}$$

2. 下弦杆

整个下弦杆采用同一截面，按最大内力计算， $N = 710.88\text{kN}$

计算长度：屋架平面外根据支撑布置取 $l_{ox} = 3450\text{mm}$

屋架平面内根据支撑布置取 $l_{oy} = 10500\text{mm}$

$$\text{计算需要净截面面积 } A^* = \frac{N}{f} = \frac{718.88 * 10^3}{215} = 3343.63\text{mm}^2$$

选用 2L140*90*10（短肢相并），见图 A-5

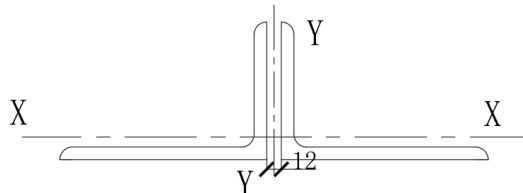


图 A-5

$$A=4460\text{mm}^2, \quad i_x = 2.51\text{cm}, i_y = 6.93\text{cm}$$

按所选角钢进行截面验算，取 $\varphi_x = 0.879$

保证安装所需的螺栓孔中心到节点板边缘距离大于 100mm，可不进行截面削弱影响。

$$\frac{N}{A_n} = \frac{718.88 \times 10^3}{0.879 \times 4460} = 183.37 \text{MPa} < 215 \text{MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{345}{2.56} = 134.77$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{1050}{6.85} = 153.28 < [\lambda] = 350 \text{ 所选截面满足要求。}$$

3. 端斜杆

整个端斜杆采用同一截面，以最大内力进行计算。 $N = 424.89 \text{kN}$ 。校验计算长度最长杆件：

$$l_{ox} = l_{oy} = 321.3 \text{cm}$$

采用等肢角钢，使得 $i_x = i_y$

选用角钢 2L80*10，如图 A-6

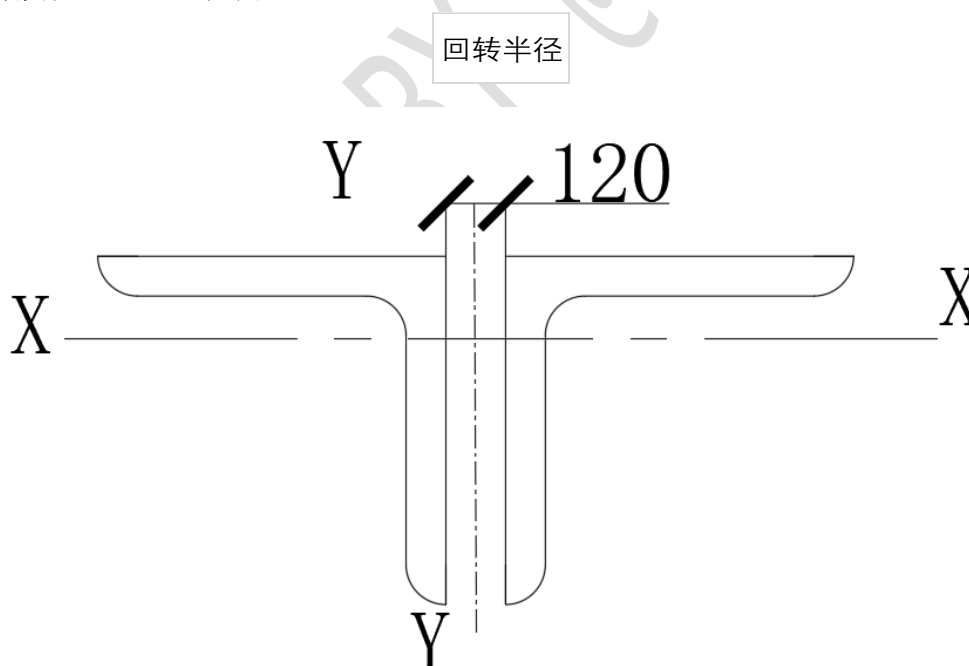


图 A-6

$$A = 3026 \text{mm}^2, i_x = 2.42, i_y = 3.89$$

截面刚度和稳定性验算

$$\lambda_x = \frac{l_{ox}}{i_x} = \frac{321.3}{2.42} = 132.77 < [\lambda] = 150$$

$$\lambda_y = \frac{l_{oy}}{i_y} = \frac{321.3}{3.89} = 82.60 < [\lambda] = 150$$

由于 $b/t = 8/1 = 8 < 0.58l_{oy}/b = 0.58 \cdot 321.3/10 = 18.64$

$$\lambda_{yz} = \lambda_y \left(1 + \frac{0.475b^4}{l_{oy}^2 t^2}\right) = 90.0 \cdot \left(1 + \frac{0.475 \cdot 1^4}{321.3^2 \cdot 0.8^2}\right) = 90$$

$$\varphi_{\min} = \varphi_x = 0.668$$

$$\frac{N}{\varphi A} = \frac{429.89 \cdot 10^3}{0.668 \cdot 3026} = 212.67 \text{MPa} < 215 \text{MPa}$$

填板放两块, $l_a = 90 \text{cm} < 40 \cdot i_x = 40 \cdot 2.42 = 96.8 \text{cm}$

4. 中竖杆

整个竖杆取同一截面, 取最大荷载设计值 $N = 68.31 \text{kN}$, 取最大杆件长度 $l_0 = 0.9l = 0.9 \cdot 289 = 260.1 \text{cm}$ 。
采用等肢角钢, 使得 $i_x = i_y$

选用角钢 2L75*10, 如图 A-6

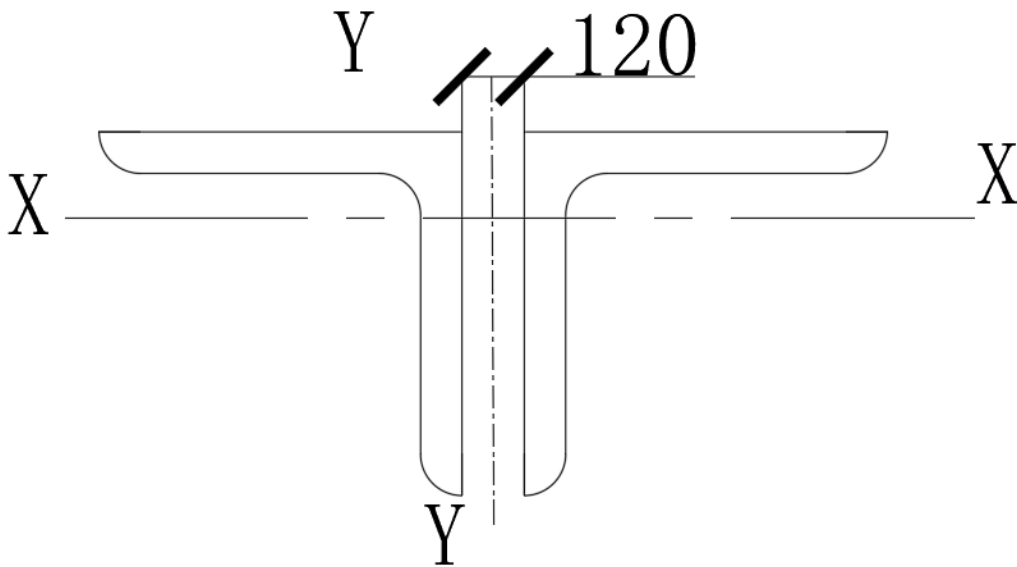


图 A-6

$$A = 2826\text{mm}^2, i_x = 2.26, i_y = 3.69$$

截面刚度和稳定性验算

$$\lambda_x = \frac{l_o}{i_x} = \frac{260.1}{2.26} = 115.09 < [\lambda] = 150$$

所选截面满足要求

$$\varphi_{min} = \varphi_x = 0.635$$

$$\frac{N}{\varphi A} = \frac{68.31 \times 10^3}{0.635 \times 2826} = 38.07\text{MPa} < 215\text{MPa}$$

填板放两块: $l_a = 80\text{cm} < 40i_x = 40 \times 2.26 = 90.4\text{cm}$

5. 杆件截面选择汇总表

杆件名称	内力设计值 (kN)	计算长度(cm)		选用截面	截面积 (cm ²)	回转半径 (cm)		λ_{max}	[λ]	φ_{min}	计算应力 (Mpa)	填板 (块)
		l_{ox}	l_{oy}			i_x	i_y					
上弦杆	-738.20	173.43	345.00	短肢相并 2L180*110*10	5680	3.13	8.71	68	150	0.812	-160	2
下弦杆	710.88	345.00	1050.00	短肢相并 2L140*90*10	4460	2.51	6.93	152	350	0.879	183.4	2
端斜杆	424.89	321.30	321.30	T形截面 2L80*10	3026	2.42	3.89	133	150	0.668	212.7	2
中竖杆	68.31	260.10		T形截面 2L75*10	2826	2.26	3.69	115	150	0.635	38.07	2

表 2

注:端斜杆和中竖杆均为按照最不利条件下设计,以保证其结构稳定;所有端斜杆和中竖杆分别采用相同的设计截面,减少计算量

五、 节点设计

根据《GB50017》中 4.4.5 用 E43 焊条时,角焊缝的抗拉、抗压和抗剪切强度设计值 $f_f^w = 160\text{MPa}$

各杆件内力由表 2 查得,最小焊缝长度,各杆件内力由表 2 查得,最小焊缝长度不应小于 $8h_f$ 。

1. 下弦节点 J

下弦节点 J 见图 A-7:

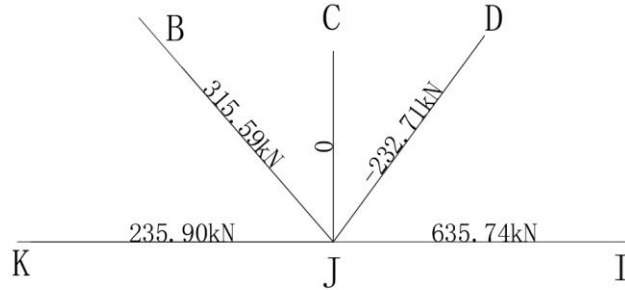


图 A-7

(1) 斜杆 BJ 与节点的连接焊缝计算:

$$N=315.59\text{kN}$$

设肢背与肢尖的焊脚尺寸分别为 6mm 和 5mm。所需焊缝长度为:

$$\text{肢背: } l_w = \frac{\frac{2}{3} * 315.59 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} + 12 = 168\text{mm} \text{ 取 } l_w = 170\text{mm}$$

$$\text{肢尖: } l'_w = \frac{\frac{1}{3} * 315.59 * 10^3}{2 * 0.7 * 5 * 160} + 10 = 104\text{mm} \text{ 取 } l'_w = 110\text{mm}$$

(2) 斜杆 DJ 与节点的连接焊缝计算:

$$N=412.77\text{kN}$$

设肢背与肢尖的焊脚尺寸分别为 6mm 和 5mm。所需焊缝长度为:

$$\text{肢背: } l_w = \frac{\frac{2}{3} * 421.77 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} + 12 = 221.21\text{mm} \text{ 取 } l_w = 240\text{mm}$$

$$\text{肢尖: } l'_w = \frac{\frac{1}{3} * 421.77 * 10^3}{2 * 0.7 * 5 * 160} + 10 = 135.53\text{mm} \text{ 取 } l'_w = 150\text{mm}$$

(3) 竖杆 CJ 与节点板连接焊缝计算: $N=0$

焊缝按照构造确定, 取焊脚尺寸 $h_f = 5\text{mm}$

焊缝长度 $l_w \geq 40\text{mm}$, 取 $l_w = 60\text{mm}$

(4) 下弦杆与节点板连接焊缝计算:

焊缝受力为左右下弦杆的内力差 $\Delta N = 635.74 - 235.90 = 399.84\text{kN}$

设肢尖与肢背的焊脚尺寸为 6mm, 所需焊缝长度为:

$$\text{肢背: } l_w = \frac{\frac{2}{3} * 399.84 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} + 12 = 210.33\text{mm} \text{ 取 } l_w = 220\text{mm}$$

$$\text{肢尖: } l_w' = \frac{\frac{1}{3} * 399.84 * 10^3}{2 * 0.7 * 5 * 160} + 10 = 129\text{mm} \text{ 取 } l_w' = 140\text{mm}$$

- (5) 节点板尺寸：根据以上求得的焊缝长度，并考虑杆件之间应有的间隙和制作装配等误差，按比例做出构造详图，从而确定节点尺寸。如图 A-8 所示

2. 上弦节点 B

- (1) 斜杆 BJ 与节点板连接焊缝计算，与下弦节点 J 中 BJ 杆件计算相同。

- (2) 斜杆 BK 与节点板连接焊缝计算， $N = -424.89\text{kN}$

设肢背与肢尖的焊脚尺寸分别为 10mm 和 6mm。所需的焊缝长度为：

$$\text{肢背: } l_w = \frac{\frac{2}{3} * 424.89 * 10^3}{2 * 0.7 * 10 * 160} + 20 = 126.46\text{mm} \text{ 取 } l_w = 180\text{mm}$$

$$\text{肢尖: } l_w' = \frac{\frac{1}{3} * 424.89 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} + 12 = 117.38\text{mm} \text{ 取 } l_w' = 150\text{mm}$$

- (3) 上弦杆与节点板连接焊缝计算：为了便于在上弦上搁置大型屋面板，上弦节点板的上边缘可缩进上弦肢背 8mm。用槽焊缝将上弦角钢和节点板连接起来。槽焊缝可按两条焊缝计算。计算时可略去屋架上弦坡度的影响，而假定集中荷载 P 与上弦垂直。假定集中荷载 P 由槽焊缝承受， $P = 45.5364\text{kN}$ ，焊脚尺寸为 5mm

所需槽焊缝长度为：

$$l_w = \frac{P}{2 * 0.7 * 5 * 160} + 10 = \frac{45.5346 * 10^3}{2 * 0.7 * 5 * 160} + 10 = 40.66\text{mm} \text{ 取 } l_w = 50\text{mm}$$

上弦杆尖焊缝受力为左右上弦杆的内力差 $\Delta N = 0 + 424.43 = 424.43\text{kN}$

偏心距： $e = 110 - 24.4 = 85.6\text{mm}$

设肢尖喊叫尺寸 8mm，设需焊缝长度为 400mm，则

$$\tau_f = \frac{\Delta N}{2h_e \sum l_w} = \frac{424.43 * 10^3}{2 * 0.7 * 8 * (400 - 16)} = 98.69\text{MPa}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{W_F} = \frac{6 * 424.43 * 10^3 * 85.6}{2 * 0.7 * 8 * (400 - 16)^2} = 131.99\text{MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{1.22}\right)^2 + (\tau_f)^2} = \sqrt{\left(\frac{98.69}{1.22}\right)^2 + (131.99)^2} = 154.81\text{MPa} < 160\text{MPa}$$

- (4) 节点板尺寸，方法同前，如图 A-9 所示

3. 屋脊节点 G 见图 A-10

- (1) 弦杆与拼接角钢连接焊缝计算：弦杆一般用与上弦杆同号角钢进行拼接，为使拼接角钢与弦杆之间能够密合，并便于施焊，需将拼接角钢进行切肢，切棱。拼接角钢的这部分削弱可以靠节点板来补偿。拼接一侧的焊缝长度可以按弦杆内力计算。

$N = -738.20 \text{ kN}$ ，设肢角，肢背焊脚尺寸为 8 mm ，则需焊缝长度为：

$$l_w = \frac{N}{4 * 0.7 * h_f * f_f^w} + 16 = \frac{738.2}{4 * 0.7 * 8 * 160} + 16 = 221.97 \text{ mm} \text{ 取 } l_w = 250 \text{ mm}$$

- (2) 弦杆与节点板的连接焊缝计算：上弦肢背与节点板用槽焊接，假定承受节点荷载。上弦肢尖与节点板用角焊缝，按上弦杆内力的 15% 计算。

$N = 738.20 * 15\% = 110.73 \text{ kN}$ 设肢背、肢尖焊脚尺寸为 8 mm ，弦杆一侧需焊缝长度为 250 mm 。

$$\tau_f = \frac{\Delta N}{2h_e \sum l_w} = \frac{110.73 * 10^3}{2 * 0.7 * 8 * (250 - 16)} = 42.25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{W_F} = \frac{6 * 110.73 * 10^3 * 85.6}{2 * 0.7 * 8 * (250 - 16)^2} = 92.73 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{1.22}\right)^2 + (\tau_f)^2} = \sqrt{\frac{42.25^2}{1.22} + 92.73^2} = 98.99 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

- (3) 中竖杆与节点板的连接焊缝计算： $N = 68.31 \text{ kN}$

肢背： $l_w = \frac{\frac{2}{3} * 68.31 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} = 33.89 \text{ mm}$ 按构造取 $l_w = 60 \text{ mm}$

肢尖： $l_w' = \frac{\frac{1}{3} * 68.31 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} = 16.94 \text{ mm}$ 按构造取 $l_w' = 40 \text{ mm}$

- (4) 节点板尺寸：方法同前，如图 A-11

4. 下弦跨中节点 H

- (1) 弦杆与拼接角钢连接焊缝计算：拼接角钢与下弦杆截面相同，传递内力 $N = 710.88 \text{ kN}$ 。设肢尖、肢背焊脚尺寸为 8 mm ，则需焊缝长度为

$$l_w = \frac{N}{4 * 0.7 * h_f * f_f^w} + 16 = \frac{710.88 * 10^3}{4 * 0.7 * 8 * 160} + 16 = 214.35 \text{ mm} \text{ 取 } l_w = 250 \text{ mm}$$

拼接角钢长度不小于 $2 * 250 + 12 = 512 \text{ mm}$

- (2) 弦杆与节点板连接焊缝计算：按下弦杆内力的 15% 计算。

$$N = 710.88 * 0.15 = 106.63 \text{ kN}$$

设肢背肢尖焊脚尺寸为 6 mm ，弦杆一侧的焊缝长度为：

$$\text{肢背: } l_w = \frac{\frac{2}{3} * 106.63 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} = 54.93\text{mm}, \text{ 取 } l_w = 60\text{mm}$$

$$\text{肢尖: } l'_w = \frac{\frac{1}{3} * 106.63 * 10^3}{2 * 0.7 * 6 * 160} = 27.46\text{mm} \text{ 按构造要求取 } l'_w = 48\text{mm}。$$

(3) 节点板尺寸如图 A-11 所示

5. 端部支座节点 K

(1) 为便于施焊，下弦角钢水平肢的底面与支座底板的距离一般不小于下弦伸出肢的宽度，故可取为 160mm。在节点中心线上设置加劲肋，加劲肋的高度与节点板的高度相同，厚度同端部节点板为 14mm。

支座底板计算：支座反力 $R = 277.93\text{kN}$

取加劲肋的宽度为 80mm，考虑底板上开孔，按构造要求取底板尺寸为 280mm*400mm，偏安全地取有加劲肋部分的底板承受支座反力，则承压面积为：

$$A_c = 280 * (2 * 80 + 12) = 48160\text{mm}^2$$

验算柱顶混凝土的抗压强度，根据《GB50010》得 C25 混凝土抗压强度设计值为 11.9MPa：

$$\sigma = \frac{R}{A_c} = \frac{277.93 * 10^3}{48160} = 5.77\text{MPa} < 11.9\text{MPa} \text{ 满足强度要求}$$

底板的厚度按支座反力作用下的弯矩计算，节点板和加劲肋将底板分为四块，每块板为两边支承而另两块相邻边自由的板，每块板的单位宽度的最大弯矩为：

$$M = \beta \sigma \alpha_2^2$$

其中： σ 为底板下的平均应力， $\sigma = 5.77\text{MPa}$

$$\alpha_2 \text{ 两边支承对角线长: } \alpha_2 = \sqrt{(140 - 14/2)^2 + 100^2} = 150.15\text{mm}$$

β 系数，由 b_2 / α_2 决定。 b_2 为两边支承得交点到对角线 α_2 的垂直距离。由相似三角形的关系，得：

$$b_2 = \frac{140 * 100}{150.15} = 93.2\text{mm}$$

$$b_2 / \alpha_2 = 0.6207 \text{ 查表得: } \beta = 0.0638$$

$$M = 0.0638 * 5.77 * 150.15^2 = 8299.41\text{MPa}$$

$$\text{底板厚度 } \sqrt{\frac{6M}{f}} = \sqrt{\frac{6 * 8299.41}{215}} = 15.22\text{mm}, \text{ 取 } t = 25\text{mm}$$

(2) 加劲肋与节点板得连接焊缝计算,偏安全假定一个加劲肋得受力为支座反力的 $\frac{1}{4}$,则焊缝受力:

$$V = \frac{277.93 \cdot 10^3}{4} = 69.48 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M = Ve = 69.48 \cdot 10^3 \cdot 56.5 = 3.93 \cdot 10^6 \text{ Mmm}$$

设焊缝尺寸为 6mm，焊缝长度 210mm。

$$\tau_f = \frac{\Delta N}{2h_e \sum l_w} = \frac{69.48 \cdot 10^3}{2 \cdot 0.7 \cdot 6 \cdot (210 - 16)} = 42.64 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = \frac{M}{W_F} = \frac{6 \cdot 3.93 \cdot 10^6}{2 \cdot 0.7 \cdot 6 \cdot (200 - 16)^2} = 82.91 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{1.22}\right)^2 + (\tau_f)^2} = \sqrt{\left(\frac{82.91}{1.22}\right)^2 + (42.64)^2} = 80.23 \text{ MPa} < 160 \text{ MPa}$$

加劲肋高度不小于 210mm 即可

(3) 节点板加劲肋与底板的连接焊缝计算：设底板连接焊缝传递全部支座反力

$R = 277.93 \text{ kN}$ 节点板、加劲肋与底板连接焊缝总长度：

$$\sum l_w = 2 \cdot (300 - 16) + 4 \cdot (100 - 16 - 20) = 824 \text{ mm}$$

设焊缝尺寸为 8mm，验算焊缝应力

$$\sigma_f = \frac{R}{1.22 \cdot h_f \sum l_w} = \frac{277.93 \text{ kN}}{1.22 \cdot 0.7 \cdot 8 \cdot 824} = 98.055 \text{ MPa} \text{ 满足要求}$$

(4) 下弦杆、腹杆与节点板的连接焊缝计算：

① 竖杆与节点板的连接焊缝计算： $N = 68.31 \text{ kN}$ ，焊缝尺寸可按构造确定，焊脚尺寸 $h_f = 5 \text{ mm}$ ，焊缝长度 $l_w \geq 40 \text{ mm}$

② 斜杆 BK 与节点板连接焊缝计算，同上肢背： $l_w = 150 \text{ mm}$ ，肢尖： $l'_w = 130 \text{ mm}$

③ 下弦杆与节点板连接焊缝计算： $N = 235.90 \text{ kN}$ 设焊缝尺寸 8mm，需要焊缝长度为：

$$\text{肢背： } l_w = \frac{\frac{2}{3} \cdot 235.9 \cdot 10^3}{2 \cdot 0.7 \cdot 6 \cdot 160} + 12 = 129.01 \text{ mm}， \text{ 取 } l_w = 150 \text{ mm}$$

$$\text{肢尖： } l'_w = \frac{\frac{1}{3} \cdot 235.9 \cdot 10^3}{2 \cdot 0.7 \cdot 6 \cdot 160} = 58.51 \text{ mm} \text{ 吗， 取 } l'_w = 80 \text{ mm}$$

六、 施工图（见施工图纸）