

钢结构厂房独立构件快速设计

-----MTSTool 钢结构设计工具箱应用（一）

汪崖¹ 陈亮²

（1.上海机电设计研究院 上海 200040；2.上海蓝科钢结构技术开发有限公司 上海 200092）

摘要

钢结构厂房中刚架和支撑体系再加上托梁、楼面梁等组成了结构的主要受力骨架，即主结构体系。而屋面檩条、墙面檩条、屋面支撑、柱间支撑以及吊车梁等构件为厂房中的独立构件，不参与主结构平面模型的分析，需独立设计验算，对于该类构件，相应规范规定明确但公式复杂；同时，对于吊车梁等构件，规范中对其构造要求也较多且复杂。因此，对于此类构件，一般宜采用软件设计验算，同时，还需软件提供计算书供设计者复核。本文将 MTSTool 中相应的屋檩、及吊车梁设计验算与规范结合进行了比较。

关键词 MTSTool 钢结构工具箱 屋面檩条 吊车梁

（一）概述

钢结构厂房中刚架和支撑体系再加上托梁、楼面梁等组成了结构的主要受力骨架，即主结构体系。而屋面檩条、墙面檩条、屋面支撑、柱间支撑以及吊车梁等构件为厂房中的独立构件，不参与主结构平面模型的分析，需独立设计验算。

对于檩条等构件，《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范 CECS102-2002》中相关章节（6.3 及附录 E）作了详细的规定，但公式复杂，尤其是按照《冷弯薄壁型钢结构技术规范 GB50018》进行有效截面的取值，以及在风吸力作用下下翼缘稳定验算时相应参数的取值。同时，对于吊车梁等构件，规范中对其构造要求也较多且复杂。设计人员手工完成此类构件的设计验算有相当的难度。

因此，对于此类构件，一般宜采用软件设计验算，但还需软件提供计算书供设计者复核。一方面，清晰的计算书有助于设计者对规范的相应内容更好理解；另一方面，详尽的计算书可以使验算透明化便于设计者复核。本文将 MTSTool 中相应的屋檩、吊车梁设计验算与相应规范结合进行了比较。

（二）檩条设计

MTSTool 中的檩条设计包括了 C、Z、H、及箱型檩条截面，同时考虑：

1、荷载

檩条设计的荷载主要有以下 5 种：

- （1）屋面材料和檩条自重；
- （2）屋面均布活荷载；
- （3）屋面雪荷载和积灰荷载；
- （4）风荷载，由于屋面较轻，檩条设计的风荷载主要考虑向上的吸力；
- （5）施工及检修荷载。

MTSTool 中考虑以上荷载的界面如下：

恒荷载 (标准值)	
面板自重 (kN/m ²)	0.2
檩条自重 (kN/m)	0.0570695
其它自重 (kN/m ²)	0
<input type="checkbox"/> 其它自重不参与风吸力验算	

活荷载 (标准值)	
面板活载 (kN/m ²)	0.5
雪荷载 (kN/m ²)	0
积灰荷载 (kN/m ²)	0
施工荷载 (作用于跨中点) (kN)	0

檩条兼做屋面支撑系杆时承受的纵向风荷载 (标准值)	
纵向风荷载 (受压为正) (kN)	0

风荷载 (标准值)	
风振系数	1
高度变化系数	1
风载体型系数	-1.15
风压综合调整系数	1.05
基本风压 (kN/m ²)	0.55
计算	
风荷载 (kN/m ²)	-0.664125

设计计算檩条时除了考虑由于竖向荷载作用下产生的内力外，还应考虑其作为纵向支撑体系的一部分而产生的檩条轴向附加内力，如：

- （1） 檩条作为主刚架斜梁的侧向支撑将产生轴力；
- （2） 防止主刚架斜梁下翼缘受压屈曲而设置的隅撑将对檩条产生附加的轴力及弯矩；

- (3) 作为结构体系的纵向水平系杆，由水平支撑传来的作用力。

2、效应组合

檩条设计考虑的效应组合的原则是：

- (1) 屋面均布荷载不与雪荷载同时作用；
- (2) 积灰荷载应同雪荷载或屋面活荷载同时作用；
- (3) 施工荷载仅与屋面及檩条自重同时考虑。

推荐考虑以下组合，其中活荷载指的是屋面均布活荷载与雪荷载的较大值并迭加积灰荷载：

- (1) 1.2 恒+1.4 活
- (2) 1.2 恒+1.4 活+0.6*1.4 风
- (3) 1.0 恒+1.4 风+0.7*1.4 活
- (4) 1.2 恒+1.4 施工荷载

MTSTool 中荷载考虑组合如下：

轴组项	轴组工况
强度	1.2D+1.4L(活)
强度	1.2D+1.4L(恒)
强度	1.2D+1.4L(活)+0.6*W(风)
强度	1.2D+0.8*W(风)+1.4W(活)
挠度	1.0D+1.4W
刚度	-
刚度	-
温度	D+L
温度长细比	-
温度长细比	-

本例中，屋面檩条各参数如下：采用简支檩条，跨度为6m，檩条间距为1.5m；跨度中央布置一道拉条；屋面的坡度角为5.71度(即屋面梁坡度为1:10)；屋面板能阻止檩条的侧向失稳；

荷载参数按以下取值：

- 恒载： 面板自重: 0.2kN/m²
 檩条自重: 0.05872kN/m
- 活载： 屋面活载: 0.3kN/m²
 雪荷载: 0.4kN/m

檩条兼做屋面支撑系杆时，承受的纵向风荷载：N=5kN

风载： 基本风压: 0.55kN/m²

针对屋檩的验算，包括：强度、稳定和刚度的验算，计算书中分别如下所示，计算书中有删节：

强度校核

工况1: 1.2D+1.4L(活)

计算有效截面:

毛截面应力计算

$$\sigma_1 = 5.541 / 44 \times 1000 + (-0.3523) / 9 \times 1000 = 86.78 \text{ N/mm}^2 \text{ (上翼缘支承边)}$$

$$\sigma_2 \quad \sigma_3 \quad \sigma_4 \dots$$

计算上翼缘板件受压稳定系数k

支承边应力: $\sigma_1 = 86.78 \text{ N/mm}^2$

非支承边应力: $\sigma_2 = 198.98 \text{ N/mm}^2$

较大的应力: $\sigma_{\max} = 198.98 \text{ N/mm}^2$

较小的应力: $\sigma_{\min} = 86.78 \text{ N/mm}^2$

较大的应力出现在非支承边

压应力分布不均匀系数: $\psi = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$

$$\psi = 86.78 / 198.98 = 0.4361$$

部分加劲板件，较大应力出现在非支承边， $\psi \geq -1$ 时，

$$k = 1.15 - 0.22 \psi + 0.045 \psi^2 = 1.15 - 0.22 \times 0.4361 + 0.045 \times 0.4361^2 = 1.063$$

此外，按《冷弯薄壁型钢结构技术规范GB50018》中5.6.2计算。

同样计算计算下翼缘板件受压稳定系数k，计算腹板板件受压稳定系数k

计算 σ_1

构件受弯

上翼缘 $\sigma_1 = 198.98 \text{ N/mm}^2$

下翼缘 $\sigma_1 = -86.78 \text{ N/mm}^2$

腹板 $\sigma_1 = 86.78 \text{ N/mm}^2$

计算上翼缘板件有效宽度

$$\xi = 160 / 60 \times (1.063 / 23.87)^{0.5} = 0.5626$$

$$\xi \leq 1.1, \text{ 故 } k_1 = 1 / (0.5626)^{0.5} = 1.333$$

此处，按GB50018中5.6.3计算板组约束系数：

$$\psi = 0.4361 > 0, \text{ 故}$$

$$\alpha = 1.15 - 0.15 \times 0.4361 = 1.085$$

$B_e = 60$

$$\rho = (205 \times 1.333 \times 1.063 / 198.98)^{0.5} = 1.208$$

$$B/t = 60 / 2.5 = 24$$

$$\alpha \rho = 1.085 \times 1.208 = 1.31$$

$$18 \alpha \rho < B/t < 38 \alpha \rho, \text{ 有效宽度 } B_e = [(21.8 \times 1.31 / 24)^{0.5} - 0.1] \times 60 = 59.457$$

故扣除宽度为 $B_d = 60 - 59.457 = 0.543$

对部分加劲板件， $\psi \geq 0$ 同时较大压应力位于非支承边，故扣除板件的中心位于

$$0.6 \times 59.457 + 0.543 / 2 = 35.946 \text{ mm}$$

以上按GB50018中5.6.1以及5.6.5相应规定计算：

同样，计算下翼缘板件有效宽度以及腹板板件有效宽度。

扣除失效板件，计算可知

$$W_{ex1} = 43.859 \text{ cm}^3 \quad W_{ex2} \quad W_{ey1} \quad W_{ey2} \text{ 同理}$$

$$A_e = 7.466 \text{ cm}^2$$

考虑净截面折减，得：

$$W_{enx1} = 42.981 \text{ cm}^3 \quad W_{enx2} \quad W_{eny1} \quad W_{eny2} \text{ 同理}$$

$$A_{en} = 7.317 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_1 = 5.541 / 42.981 \times 10^3 + (-0.3523) / 8.818 \times 10^3 = 88.955 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{同样，算得： } \sigma_2 = 170.192 \quad \sigma_3 = -122.335 \quad \sigma_4 = -203.572$$

$$203.572 \leq 205, \text{ 合格!}$$

203.572 ≤ 205，合格！

整体稳定验算

按CECS102:2002中6.3.7第3条进行验算，即按附录E验算风吸力作用下檩条的稳定：

1 抗扭刚度C_t计算

$$C_{t100} = 1700 \text{ Nm/m/rad}$$

$$C_{t11} = 1700 \times (60/100) \times (60/100) = 612 \text{ Nm/m/rad}$$

$$C_{t12} = 130 \times 3 = 390 \text{ Nm/m/rad}$$

$$\text{取 } C_{t1} = C_{t11} = 612 \text{ Nm/m/rad}$$

$$C_{t2} = 4 \times 206000 \times$$

$$200000 / 1.5 / 1000 / 1000 = 109866.667 \text{ Nm/m/rad}$$

$$C_t = 1 / (1/612 + 1/109866.667) = 608.61 \text{ Nm/m/rad}$$

2 考虑自由翼缘约束影响的修正系数η计算

$$K = 1 / (4 \times (1 - 0.3 \times 0.3) \times 160 \times 160 \times$$

$(160+30)/206000/2.5/2.5/2.5+160 \times 160/608.61=0.02102$
 $\text{angle}=3.1415/2-0.3487=1.222\text{rad}$
 $I_a=2.5/12 \times (2 \times 160/3) \times ((2 \times 160/3) \times (2 \times 160/3) \times \cos(1.222) \times \cos(1.222)+2.5 \times 2.5 \times \sin(1.222) \times \sin(1.222))=29642.568\text{mm}^4$
 $I_{fy}=(231399.994-29642.568)/2=100878.713\text{mm}^4$
 $R=0.02102 \times 3000 \times 3000 \times 3000 \times 3000/3.142/3.142/3.142/3.142/206000/100878.713=0.8413$
 $\eta=(1+0.0314 \times 0.8413)/(1+0.396 \times 0.8413)=0.7699$

3 对主轴-y的弯矩计算

$q=(-1.4 \times -0.6641 \times 1.5-0.3587)=1.036\text{KN/m}$
 $k=|60 \times 60 \times 160 \times 2.5/4/2881199.951/10000-30/160|=0.06255$
 $M_x=1.036 \times 6 \times 6 \times \cos(19.98) \times 0.125 \times 1000000=4381169.038\text{Nmm}$
 $M_y'=1.036 \times 0.06255 \times 3 \times 3 \times 0.7699/8 \times 1000000=56127.471\text{Nmm}$

4 W_{fy}计算

$d1=23.14/9 \times 10=25.711\text{mm}$
 $d2=23.14/8.71 \times 10=26.567\text{mm}$
 $W_{fy1}=100878.713/25.711=3923.546\text{mm}^3$
 $W_{fy2}=100878.713/26.567=3797.12\text{mm}^3$
 $i_{fy}=(100878.713/2.5/(160/6+20+60))^{0.5}=19.45\text{mm}$
5 x计算
 $R_0=0.02102 \times 6000 \times 6000 \times 6000 \times 6000/3.142/3.142/3.142/3.142/206000/100878.713=13.461$
 $l_{fy}=0.7 \times 6000 \times (1+13.1 \times 13.461^{1.6})^{-0.125}=1810.143\text{mm}$
 $\lambda_{fy}=3.142 \times (206000/235)^{0.5}=93.014$
 $\lambda_{fy}=1810.143/93.014=19.35$
 $\lambda_n=93.014/93.014=1.001$
 $\phi=0.5 \times (1+0.21 \times (1.001-0.2))+1.001 \times 1.001=1.085$
 $\chi=1/(1.085+(1.085 \times 1.085-1.001 \times 1.001))^{0.5}=0.6652$

算得檩条下翼缘压弯屈曲时承载力降低系数 χ 后,即可按公式:

$$\frac{1}{\chi} \left(\frac{M_x}{W_{ex}} + \frac{N}{A_e} \right) + \frac{M_y'}{W_{fy}} \leq f$$

验算檩条稳定。

而计算书中关于局部稳定、挠度及刚度的计算相对简单,在此不再赘述。

(三) 吊车梁设计

MTSTool 中,主要考虑了实腹式(可变截面)简支吊车梁的设计,同时考虑:

1、吊车荷载

1) 横向水平荷载标准值

$$T_K = \eta \frac{(Q + Q_1)}{2n_0} \times 10 (kN)$$

2) 纵向水平荷载标准值

$$T_{k,l} = 0.1 \sum P_{K,max}$$

3) 竖向水平荷载标准值

吊车竖向荷载标准值按工艺资料所提吊车的最大轮压采用。

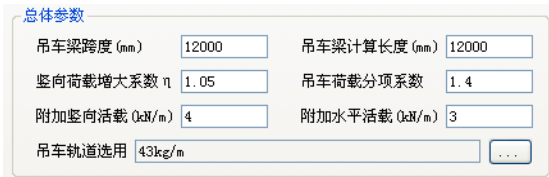
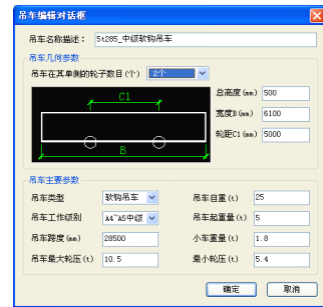
2、其它荷载

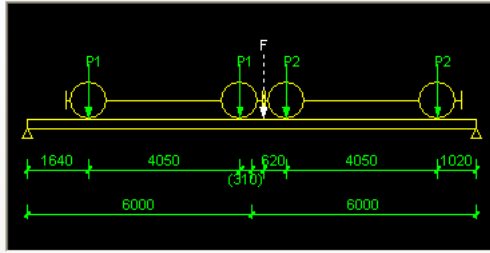
包括作用于吊车梁上的附加恒荷载以及附加活荷载。

3、作用力

计算吊车梁的内力时,应按结构力学中影响线的方法确定各内力所需吊车荷载的最不利位置,在按此求出吊车梁的最大弯矩及其相应的剪力、支座最大剪力、横向水平荷载作用下在水平方向所产生的最大弯矩,当为制动桁架时需计算横向水平荷载在吊车梁上翼缘所产生的局部弯矩。简支梁在行动轮压和横向水平力的作用下,产生的竖向弯矩、水平弯矩和剪力,应按可能排列于梁上的轮数、轮序及最不利位置进行计算。当制动结构为桁架时,尚应计算横向水平力对翼缘产生的弯矩。

MTSTool 中,吊车梁的荷载定义和作用力界面如下:





跨中最大竖向弯矩 M_{vm} 计算：(计算简图参上图)
 竖向附加活载作用下跨中弯矩：
 $M_{va}=1.4 \times 0.125 \times g_v \times l_0^2=1.4 \times 0.125 \times 4 \times 12000 \times 12000 \times 10^{-6}=100.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 吊车一考虑动力系数后单轮竖向作用力标准值：
 $P_1=1.05 \times 12.7 \times 10^3=13334.999 \text{ kg}$
 吊车荷载合力： $F=13334.999 \times 2+13334.999 \times 2=53339.997 \text{ kg}$
 左支座反力： $R=53339.997 \times 5690/12000=25292.048 \text{ kg}$
 吊车梁跨中弯矩 M_{vc} 计算：
 $M_{vc}=1.4 \times 1.05 \times 9.8 \times 25292.048 \times 5690-13334.999 \times 4050 \times 10^6=1295.172 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 跨中最大弯矩计算值： $M_{vm}=1395.972 \text{ kN} \cdot \text{m}$

MTSTool 中对于吊车梁的局部构造也进行了检查，
 所下所示：

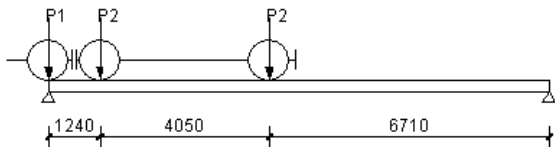
加劲肋构造检查			
加劲肋布置方式	双侧对称	轻/中级工作制	满足
横向加劲肋间距 (mm)	2000.00	最大限值2204.0	满足
横向加劲肋间距 (mm)	2000.00	最小限值551.0	满足
横向加劲肋外伸宽度 (mm)	80.00	最小限值76.7	满足
横向加劲肋厚度 (mm)	6.00	最小限值5.3	满足
无纵向加劲肋时 h_0/T_w	110.20	最大限值170.0	满足

4、针对吊车梁的设计验算，包括：强度、稳定和刚度的验算，计算书中分别如下所示，计算书中有删节：

一. 设计资料 略

二. 吊车梁截面内力计算：

1 吊车梁支座处最大剪力 V_d 计算(参图III)：



图III——吊车梁支座处最大剪力 V_d 计算简图

竖向附加恒载作用下端部剪力：

$$V_{da}=1.4 \times 0.5 \times g_v \times l_0=1.4 \times 0.5 \times 4 \times 12000 \times 10^{-3}=33.6 \text{ kN}$$

吊车一考虑动力系数后最大轮压标准值：

$$P_1=1.05 \times 12.7 \times 10^3=13335 \text{ kg}$$

吊车竖向荷载作用下端部剪力计算：

$$V_{dc}=1.4 \times 1.05 \times 9.8 \times (13335 \times 1.0 + 13335 \times (2 \times 12000 - 1240 - 5290) / 12000) \times 10^{-3}=471.775 \text{ kN}$$

端部最大剪力计算值： $V_d=505.375 \text{ kN}$

其它最大设计内力计算，略。

三. 吊车梁板件宽厚比验算：

1 受压(上)翼缘宽厚比验算：

受压翼缘宽厚比限值： $[b_0/t]=15 \times (235/f_y)^{0.5}=15$

翼缘自由外伸宽度： $b_0=285 \text{ mm}$

翼缘宽厚比： $b_0/T_{f1}=285/24=11.875 \leq 15$ ，满足

2 腹板高厚比验算：略

此外，参考GB50017中4.3.8规定。

四. 吊车梁截面强度验算：

1 上翼缘受压强度验算：

吊车梁不采用制动结构

$$\xi=(M_{vm}/W_{nx}+M_{hm}/W_{ny})/f_t$$

$$=(1395.97/16269.6+114.965/1316.64) \times 10^3/205$$

$$=0.844486 \leq 1$$
，满足

2 下翼缘受拉强度验算：

$$\xi=M_{vm}/W_{nx1}/f_b=1395.97 \times 10^3/17162.6/205=0.39677 \leq 1$$
，满足

3 端部腹板剪应力强度验算：

考虑截面削弱系数1.2

$$\tau=1.2 \times V_d \times S_{dx}/I_{dx}/T_w/1.2/f_v$$

$$=1.2 \times 505.375 \times 9354.97/994098/10/120 \times 10^2$$

$$=0.475584 \leq 1$$
，满足

4 最大轮压下腹板局部承压强度验算：

考虑集中荷载增大系数后的最大轮压设计值按第一台吊车计算：

吊车最大轮压： $P_{max}=12.7 \text{ t}$

轻、中级工作制吊车梁，依《钢规》4.1.3取增大系数：

$$\psi=1.0$$

$$F=\gamma_c \times m \times G_{Factor} \times \psi \times \mu \times P_{max}=1.4 \times 9.8 \times 1 \times 1.05 \times$$

$$12.7=182.956 \text{ kN}$$

梁顶到腹板计算高度上边缘距离： $h_y=T_{f1}=24 \text{ mm}$

轨道高度： $h_R=140 \text{ mm}$

集中荷载沿跨度方向支承长度取为： 50 mm

集中荷载在腹板计算高度上边缘的假定分布长度：

$$l_z=50+5 \times h_y+2 \times h_R=50+5 \times 24+2 \times 140=450 \text{ mm}$$

$$\sigma_c=F/T_w l_z=182.956 \times 10^3/10/450=40.6569 \text{ N/mm}^2$$

腹板抗压强度设计值： $f_{ce}=325 \text{ N/mm}^2$

局部承压强度比

$$\xi=\sigma_c/f_{ce}=40.6569/325=0.125098 \leq 1$$
，满足

此外，按GB50017中4.1.3规定计算。

5 腹板与上翼缘交接处折算应力强度验算：

按跨中最大弯矩及其对应的剪力和最大轮压计算

计算点局部压应力： $\sigma_c=40.6569 \text{ N/mm}^2$ (参见腹板局

部承压验算)

计算点正应力计算

计算点到中和轴的距离

$$y_1=H-C_{ny}-0.5 \times T_{f1}=566.359 \text{ mm}$$

$$\sigma=M_{vm}/I_n \times y_1$$

$$=1395.97/960490 \times 566.359 \times 10^2$$

$$=82.3144 \text{ N/mm}^2$$

计算点剪应力计算

上翼缘对中和轴静矩：

$$S_1=(y_1+0.5 \times T_{f1}) \times B_1 \times T_{f1} \times 10^{-3}=8050.76 \text{ cm}^3$$

$$\tau=V_m \times S_1/I_x/T_w$$

$$=172.256 \times 8050.76/994098/10 \times 10^2$$

$$=13.9502 \text{ N/mm}^2$$

σ 与 σ_c 同号，强度设计值增大系数： $\beta_1=1.1$

折算应力强度比

$$\xi=(\sigma^2+\sigma_c^2-\sigma \times \sigma_c+\tau^2)^{0.5}/f/\beta_1$$

$$= (82.3144^2 + 40.6569^2 - 82.3144 \times 40.6569 + 13.9502^2) / 215 / 1.1$$

$$= 0.318274 \leq 1, \text{ 满足}$$

此外,按GB50017中4.1.4规定计算。

6 吊车梁整体稳定性验算:

双轴对称截面: $\eta_b = 0$

等截面工字形简支梁 β_b 计算:

受压翼缘无支撑长度: $l_1 = 12000 \text{ mm}$

受压翼缘宽度: $b_1 = 580 \text{ mm}$

受压翼缘厚度: $t_1 = t_f = 24 \text{ mm}$

$$\xi = (l_1 * t_1) / (b_1 * h) = (12000 * 24) / (580 * 1150) = 0.431784$$

跨中无侧向支承,集中荷载作用在上翼缘

$$\xi \leq 2.0, \beta_b = 0.73 + 0.18 * 0.431784 = 0.807721$$

$$\phi_b = \beta_b * (4320 / \lambda_y^2) * (A * h / W_x) * \{ [1 + (\lambda_y * t_1)^2 / (4.4 * h)^2]^{0.5} + \eta_b \} * (235 / f_y)$$

$$= 0.807721 * (4320 / 84.6711^2) * (38860 * 1150 / 1.72887e+007) * \{ [1 + (84.6711 * 24)^2 / (4.4 * 1150)^2]^{0.5} + 0 \} * (235 / 235)$$

$$= 1.35576$$

$\phi_b > 0.6$:

$$\phi_b' = 1.07 - 0.282 / \phi_b = 1.07 - 0.282 / 1.35576 = 0.861999$$

$$0.282 / 1.35576 = 0.861999$$

取 $\phi_b = \phi_b' = 0.861999$

取工字形截面塑性发展系数: $\gamma_y = 1.2$

整体稳定强度比:

$$\xi = M_{vm} / W_x / \phi_b + M_{hm} / \gamma_y / W_y$$

$$= (1395.97 / 17288.7 / 0.861999 * 10^3 + 114.965 / 1.2 / 2691.52) * 10^3 / 205$$

$$= 0.630569 \leq 1, \text{ 满足}$$

五. 吊车梁变形计算:

1 竖向挠度计算

竖向挠度限值: $[\delta] = 1/600 = 20 \text{ mm}$

按渐变式变截面梁计算吊车梁竖向挠度

$$\delta = M_{vk} * l^2 / E / I_x / 10 * (1 + 0.12 * (1 - I_d / I_x))$$

$$= 613.793 * 12000^2 / 206000 / 994098 / 10$$

$$* (1 + 0.12 * (1 - 994098 / 994098)) * 10^2$$

$$= 4.31607 \text{ mm} \leq 20, \text{ 满足}$$

2 水平挠度计算 略

六. 翼缘与腹板的连接焊缝验算 略

七. 吊车梁疲劳计算

1 受拉翼缘与腹板连接处金属疲劳计算

中级工作制软钩吊车,取欠载效应的等效系数:

$$\alpha_f = 0.5$$

下翼缘与腹板采用自动焊角焊缝,为3类连接,

取容许应力幅 $[\Delta \sigma]_{2e6} = 118 \text{ N/mm}^2$

吊车梁总重(含加劲肋,端板等): $W_b = 3.82406 \text{ t}$

按均布荷载计算,吊车梁与轨道自重作用下跨中弯矩:

$$M_g = 1.2 * 9.8 * (W_i * l * 1 + W_b * l) / 8$$

$$= 1.2 * 9.8 * (44.7 * 12000 * 12000 * 10^{-6} + 3.82406 * 12000) / 8 * 10^{-3}$$

$$= 76.9184 \text{ kN*m}$$

$$\text{疲劳验算弯矩差: } \Delta M = M_{vp} - M_g = 613.793 - 76.9184 = 536.875 \text{ kN*m}$$

考虑欠载效应的疲劳应力幅

$$\Delta \sigma = \alpha_f * \Delta M * (C_y - T_f2) / I_x$$

$$= 0.5 * 536.875 * (575 - 24) / 994098 * 10^2$$

$$= 14.8787 \text{ N/mm}^2 \leq 118, \text{ 满足}$$

此外,按GB50017中6.2中相关规定验算。

2 下翼缘与腹板连接角焊缝疲劳计算 略

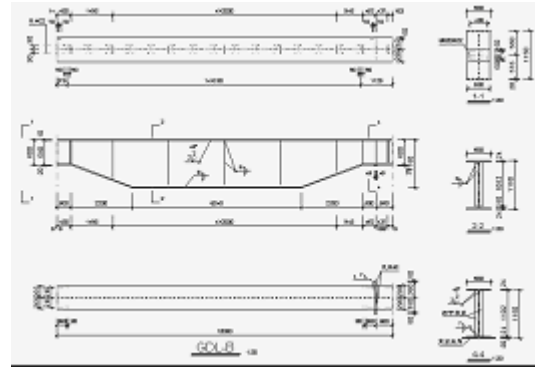
3 横加劲肋下 endpoint 附近主体金属疲劳计算 略

八. 吊车梁腹板局部稳定验算: 略

九. 梁端支座强度验算: 略

5、出图

完成吊车梁的设计后,MTSTool即可以通过简单地定义一些图形参数,完成吊车梁的出图,如下所示:



(四) 总结

本文以使用 MTSTool 钢结构设计工具箱为例,快速完成某屋面檩条以及某吊车梁设计,并将软件提供的计算书与相应规范进行比较,突出显示了 MTSTool 计算书详尽准确的优点,并能完成部分图形输出,确实是不可多得的设计人员的日常助手。

MTS 钢结构系列软件试用版下载地址:

<http://www.lankesoft.com>

QQ 群号: 45460868