



T/CECS xxx-20xx

中国工程建设标准化协会标准

# 装配式综合支吊架设计标准

Standard for design of prefabricated integrated supports and hangers

(征求意见稿)

XXX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

# 装配式综合支吊架设计标准

Standard for design of prefabricated integrated supports and hangers

T/CECS xxx-20xx

主编单位：中国建筑技术集团有限公司

广州图固建筑科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

XXX出版社

20XX 北 京

# 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2021 年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2021〕第 11 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 5 章和 2 个附录，主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，产品通用技术条件，设计等。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会抗震专业委员会归口管理，由中国建筑技术集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国建筑技术集团有限公司（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号；邮编：100013，邮箱：657431056@qq.com）。

主编单位： 中国建筑技术集团有限公司

广州图固建筑科技有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

## 目 次

1	总则.....	(1)
2	术语和符号.....	(2)
2.1	术语.....	(2)
2.2	符号.....	(2)
3	基本规定.....	(4)
3.1	一般规定.....	(4)
3.2	地震作用.....	(4)
3.3	承重及抗震效应组合.....	(8)
4	产品通用技术条件.....	(10)
4.1	一般规定.....	(10)
4.2	材质.....	(10)
4.3	防腐、隔热及耐火.....	(11)
5	设计.....	(12)
5.1	一般规定.....	(12)
5.2	荷载取值及计算.....	(13)
5.3	型式选择.....	(16)
5.4	位置布置.....	(16)
5.5	构件计算.....	(19)
附录 A	C 型槽钢截面尺寸与特性.....	(23)
附录 B	计算书模板.....	(25)
	本标准用词说明.....	(32)
	引用标准目录.....	(33)
附：	条文说明.....	(34)

## Contents

<b>1</b>	<b>General provisions</b> .....	<b>(1)</b>
<b>2</b>	<b>Terms and symbols</b> .....	<b>(2)</b>
	2.1 Terms.....	(2)
	2.2 Symbols .....	(2)
<b>3</b>	<b>Basic requirements</b> .....	<b>(4)</b>
	3.1 General requirements .....	(4)
	3.2 Calculation for load .....	(4)
	3.3 Combination of gravity and seismic effects .....	(8)
<b>4</b>	<b>General technical conditions of the product</b> .....	<b>(10)</b>
	4.1 General requirements .....	(10)
	4.2 Material.....	(10)
	4.3 Anticorrosive heat insulation and fire resistance .....	(11)
<b>5</b>	<b>Design</b> .....	<b>(12)</b>
	5.1 General requirements .....	(12)
	5.2 Load value and calculation.....	(13)
	5.3 Pattern.....	(16)
	5.4 Position .....	(16)
	5.5 Calculation of component .....	(19)
	<b>Appendix A Section dimensions and characteristics of c-type channel steel</b> .....	<b>(23)</b>
	<b>Appendix B Calculation template</b> .....	<b>(25)</b>
	<b>Explanation of wording</b> .....	<b>(32)</b>
	<b>List of quoted standards</b> .....	<b>(33)</b>
	<b>Addition: Explanation of provisions</b> .....	<b>(34)</b>

## 1 总则

**1.0.1** 为规范装配式综合支吊架设计，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于建筑与市政工程机电设施的装配式综合支吊架设计。

**1.0.3** 装配式综合支吊架设计除应符合本标准外，尚应符合国家、行业现行有关标准规范和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 综合支吊架 integrated supports and hangers

可承担永久荷载、可变荷载、偶然荷载等及地震作用的支吊架。

#### 2.1.2 装配式综合支吊架 prefabricated integrated supports and hangers

所有部件和槽钢均在工厂预制，除槽钢与螺杆可以现场切割外，其它所有部件均在施工现场组装而成的综合支吊架。

#### 2.1.3 抗震斜撑 seismic diagonal brace

将地震作用传递给建筑结构的倾斜安装的支撑构件。

#### 2.1.4 连接构件 connective component

槽钢与槽钢之间的连接件、槽钢与混凝土结构之间的连接件、槽钢与钢结构之间的连接件以及槽钢与管道之间的连接件的统称，包括连接件、紧固件、锚固件、定位件、管夹管束等。

#### 2.1.5 锚固件 anchorage component

用于支吊架与建筑结构体牢固连接的生根构件。如锚栓、预埋件、钢梁夹等。

### 2.2 符号

#### 2.2.1 作用和作用效应

$S$ ——支吊架构件内力组合的设计值；

$S_{GE}$ ——重力荷载代表值的效应；

$S_{Ehk}$ ——水平地震作用标准值的效应；

$F_{Ei}$ ——第  $i$  楼层上的管系计算单元的地震作用标准值；

$a_i$ ——第  $i$  层上的楼面地震反应加速度；

$g$ ——重力加速度；

$G$ ——重力荷载代表值；

$F_{nx}$ ——第  $n$  个支吊架在管线轴向方向的水平力；

$F_{nz}$ ——第  $n$  个支吊架在管线径向方向的水平力；

$\sigma_G$ ——重力荷载代表值  $G$  在支吊架构件或连接点中产生的应力效应；

$G_m$ ——管系计算单元的永久荷载与可变荷载的和；

$\sigma_{Q_{Eh}}$ ——水平地震作用  $Q_{Eh}$  在支吊架构件产生的应力效应；

- $Q_{Eh}$ ——水平地震作用设计值；
- $Q_{Ehk}$ ——水平地震作用标准值；
- $Q_{Evk}$ ——竖向地震作用标准值；
- $\sigma_{QE_v}$ ——竖向地震作用  $\sigma_{QE_v}$  在支吊架构件的应力；
- $Q_{E_v}$ ——竖向地震作用设计值。

### 2.2.2 抗力和材料性能

- $R$ ——支吊架构件承载力设计值；
- $G_{Ei}$ ——第  $i$  楼层的一个管系计算单元总质量；
- $T_s$ ——建筑结构自振周期；
- $T_e$ ——管系计算单元的基本自振周期；
- $K$ ——管系计算单元轴向或径向支吊架总刚度；
- $K_{nx}$ ——管系计算单元内第  $n$  个支吊架的轴向刚度；
- $K_{nz}$ ——管系计算单元内第  $n$  个支吊架的径向刚度；
- $f_E$ ——支吊架构件和连接件的许用应力值；
- $E$ ——弹性模量。

### 2.2.3 几何参数

- $n$ ——管系计算单元内支吊架的个数；
- $A$ ——杆件的毛截面积；
- $I$ ——截面惯性矩；
- $h$ ——杆件高度；
- $L$ ——杆件长度。

### 2.2.4 计算系数

- $\gamma_G$ ——重力荷载分项系数；
- $\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数；
- $\gamma_{RE}$ ——承载力抗震调整系数；
- $\beta$ ——管线系统对楼面的动力放大系数；
- $\zeta$ ——水平地震影响调整系数；
- $\xi$ ——竖向地震作用系数；
- $\gamma_{E_v}$ ——竖向地震作用分项系数。

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 建筑与市政工程机电设施应采用装配式综合支吊架。
- 3.1.2** 装配式综合支吊架的荷载组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009的有关规定。
- 3.1.3** 装配式综合支吊架应按最不利荷载组合进行选择与设计。
- 3.1.4** 装配式综合支吊架应根据抗侧刚度和承受的荷载进行抗震验算。
- 3.1.5** 装配式综合支吊架的布置应确保荷载合理分布。
- 3.1.6** 装配式综合支吊架应与结构体可靠连接，与混凝土结构的锚固符合现行协会标准《建筑工程非结构构件抗震锚固技术规程》T/CECS 828的有关规定，与钢结构应采用夹具、螺栓或焊接连接。
- 3.1.7** 装配式综合支吊架不应限制管线热胀冷缩产生的位移。
- 3.1.8** 单管（杆）装配式综合支吊架由竖向吊杆和斜杆组成，当斜杆设计为拉压杆时，应考虑稳定性；设计为单拉杆时，应双向对称设置。

#### 3.2 地震作用

- 3.2.1** 装配式综合支吊架抗震设防应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 和《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的有关规定。
- 3.2.2** 抗震设防烈度对应水平地震影响系数最大值见表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 水平地震影响系数最大值

地震影响	6 度 (0.05g)	7 度 (0.1g)	7 度 (0.15g)	8 度 (0.2g)	8 度 (0.3g)	9 度 (0.4g)
多遇地震	0.04	0.08	0.12	0.16	0.24	0.32
设防地震	0.12	0.23	0.34	0.45	0.68	0.90
罕遇地震	0.28	0.50	0.72	0.90	1.20	1.40

注：甲类建筑按照罕遇地震取值，乙类建筑以及重要管线按照设防地震取值，丙类建筑以及一般管线按照多遇地震取值。

**3.2.3** 装配式综合支吊架所承受的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担。

**3.2.4** 每个楼层机电管线的水平地震作用标准值按下式计算：

$$F_{Ei} = \alpha_{Ei} G_{Ei} \quad (3.2.4)$$

式中：  $F_{Ei}$  ——第  $i$  楼层上的机电管线的地震作用力 (kN)；

$\alpha_{Ei}$  ——楼层  $i$  上的机电管线水平地震作用加速度 ( $\text{m/s}^2$ )；

$G_{Ei}$  ——第  $i$  楼层的一个机电管线总质量 (kg)。

**3.2.5** 机电管线加速度及楼层加速度可通过下列公式计算。

其中，机电管线水平地震作用加速度，按下式计算：

$$\alpha_{Ei} = \alpha_i \beta \zeta \quad (3.2.5-1)$$

$$\beta = f\left(\frac{T_i}{T_1}, \xi\right) \quad (3.2.5-2)$$

$$\alpha_i = F_i / W_i \quad (3.2.5-3)$$

式中：  $\alpha_{Ei}$  ——楼层  $i$  上的机电管线地震反应加速度，当  $\alpha_{Ei}$  小于第  $i$  层上的楼面地震反应加速度时，按 1.5 倍第  $i$  层上的楼面地震反应加速度取值；

$\alpha_i$  ——第  $i$  层上的楼面地震反应加速度 ( $\text{m/s}^2$ )；

$\beta$  ——机电管线对楼面的动力放大系数，可根据图 3.2.5 机电管线对楼面反应系数曲线确定。

$\zeta$  ——水平地震影响调整系数；

$F_i$  ——建筑第  $i$  层上的地震作用力 (kN)；

$W_i$  ——建筑第  $i$  楼层的质量 (kg)；

$T_i$  ——第  $i$  楼层管线及支吊架系统自振周期 (s)；

$T_1$  ——建筑物自振周期 (s)；

$\xi$  ——管线上的支吊架阻尼比按 0.02 取值。

$F_i$  ——楼层地震作用力，可通过底部剪力法计算。

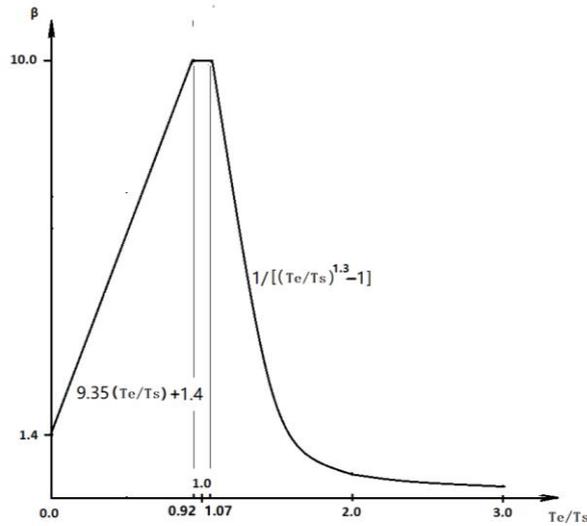


图 3.2.5 机电管线对楼面反应系数曲线

建筑物自振周期  $T_1$  也可根据下列公式计算：

混凝土框架结构

$$T_1 = (0.08 \sim 0.10)N \quad (3.2.5-4)$$

钢结构

$$T_1 = (0.08 \sim 0.12)N \quad (3.2.5-5)$$

式中：  $N$ ——为结构层数；

支吊架所在楼层的地震作用及加速度采用底部剪力法可根据下列公式计算：

$$F_i = \frac{H_i G_i}{\sum_{k=1}^n H_k H_k} F_{EK} \quad (3.2.5-6)$$

$$F_{EK} = \alpha_1 G_{eq} \quad (3.2.5-7)$$

式中：  $F_i$ ——第  $i$  楼层上的地震作用 ( $N$ )；

$H_i$ 、 $H_k$ ——分别为质点  $i$ 、 $k$  楼层的计算高度；

$G_i$ 、 $G_k$ ——分别为集中于质点  $i$ 、 $k$  楼层的重力荷载代表值；

$\alpha_1$ ——相应于结构基本自振周期的水平地震影响系数值，应按表 3.2.2；

$F_{EK}$ ——建筑总水平地震作用；

$G_{eq}$ ——重力荷载代表值。

**3.2.6** 装配式综合支吊架的基本自振周期可按下列公式计算：

$$T_{1x} = 2\pi \sqrt{\frac{G}{gK_{ix}}} \quad (3.2.6-1)$$

$$T_{1z} = 2\pi \sqrt{\frac{G}{gK_{iz}}} \quad (3.2.6-2)$$

式中： $T_{1x}$ ——管系轴向计算单元整体的基本自振周期（s）；  
 $T_{1z}$ ——管系径向计算单元整体的基本自振周期（s）；  
 $G$ ——管系计算单元的重力荷载代表值（N）；  
 $g$ ——重力加速度（ $m/s^2$ ）；  
 $K_{ix}$ ——管系轴向计算单元内第  $i$  个支吊架的轴向刚度（N/m）；  
 $K_{iz}$ ——管系径向计算单元内第  $i$  个支吊架的径向刚度（N/m）；  
 $n$ ——管系计算单元内支吊架的个数。

**3.2.7** 地震作用标准值应根据管系计算单元管线的轴向、径向支吊架刚度比例，按照下列公式进行分配。

$$F_{nx} = \frac{K_{nx}}{K_x} F \quad (3.2.7-1)$$

$$F_{nz} = \frac{K_{nz}}{K_z} F \quad (3.2.7-2)$$

式中： $F_{nx}$ ——管系计算单元内，第  $n$  个支吊架在管线轴向方向的水平力（kN）；  
 $F_{nz}$ ——管系计算单元内，第  $n$  个支吊架在管线径向方向的水平力（kN）；  
 $F$ ——管系计算单元内总的地震作用标准值（kN）；  
 $K_{nx}$ ——管系计算单元内第  $n$  个支吊架的轴向刚度（N/m）；  
 $K_{nz}$ ——管系计算单元内第  $n$  个支吊架的径向刚度（N/m）；  
 $K_x$ ——管系计算单元轴向方向各支吊架刚度总和（N/m）；  
 $K_z$ ——管系计算单元径向方向各支吊架刚度总和（N/m）。

**3.2.8** 装配式综合支吊架承担地震作用时，其最大位移量  $\Delta \mu$  不应超过 50mm，其抗力和位移可按弹性受力阶段进行分析验算，杆件挠度或变形应小于  $L/250$ 。

**3.2.9** 对于 9 度抗震设防，装配式综合支吊架的竖向地震作用应按照下式计算。

$$Q_{ev} = vG_{eq} \quad (3.2.9)$$

式中： $v$ ——竖向地震作用系数，按照表 3.2.9 取值；  
 $G_{eq}$ ——重力荷载代表值；  
 $Q_{ev}$ ——竖向地震作用标准值。

表 3.2.9 竖向地震作用系数

楼面结构类型	基本地震加速度	场地类别		
		I	II	III、IV
钢结构	0.2g	不计算	0.08	0.10
	0.3g	0.10	0.12	0.15
	0.4g	0.15	0.15	0.20
混凝土结构	0.2g	0.10	0.13	
	0.3g	0.15	0.19	
	0.4g	0.20	0.25	

### 3.3 承重及抗震效应组合

3.3.1 持久设计状况和短暂设计状况下，荷载基本组合的效应设计值  $S_d$ ，应按下列式计算：

$$S_d = \gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} \gamma_{L1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \gamma_{Li} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (3.3.1)$$

式中：  $\gamma_G$  ——永久荷载分项系数，当永久荷载效应对结构承载力不利时应取 1.3，当永久荷载效应对结构承载力有利时不应大于 1.0；

$S_{GK}$  ——永久荷载标准值产生的效应；

$\gamma_{Q1}$ 、 $\gamma_{Qi}$  ——主导可变荷载、第  $i$  个可变荷载的分项系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 执行，一般情况下可取 1.5；

$\gamma_{L1}$ 、 $\gamma_{Li}$  ——主导可变荷载、第  $i$  个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数，设计使用年限为 50 年时取 1.0，为 5 年时取 0.9，其余设计使用年限按差值法确定；

$S_{Q1k}$ 、 $S_{Qik}$  ——主导可变荷载标准值、第  $i$  个可变荷载标准值产生的效应；

$\psi_{ci}$  ——第  $i$  个可变荷载的组合值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 执行，一般情况下可取 0.7；

$n$  ——参与组合的可变荷载数目。

3.3.2 地震设计状况下，荷载与地震作用基本组合的效应设计值  $S_E$ ，可按下列式计算：

$$S_E = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} \quad (3.3.2)$$

式中：  $\gamma_G$ ——重力荷载分项系数，当重力荷载效应对结构承载力不利时应取 1.3，  
重力荷载效应对结构承载力有利时不应大于 1.0；

$S_{GE}$ ——重力荷载代表值产生的效应；

$\gamma_{Eh}$ ——水平地震作用分项系数，取 1.4；

$S_{Ehk}$ ——水平地震作用标准值产生的效应。

**3.3.3** 变形等荷载效应设计值  $S_d$ ，可按下式计算：

$$S_d = S_{Gk} + S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (3.3.3)$$

**3.3.4** 装配式综合支吊架杆件的受拉强度应按净截面计算，受压强度应按有效净截面计算，稳定性应按有效截面计算，变形以及各种稳定系数可按毛截面积计算。

**3.3.5** 装配式综合支吊架在验算地震作用效应组合的轴心受拉、受压以及受弯时，当轴心力不通过截面弯曲中心  $S$ ，应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018 的有关规定考虑双弯矩  $B$  的影响。

## 4 产品通用技术条件

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 装配式综合支吊架的产品性能应符合现行国家行业标准《装配式支吊架通用技术要求》GB/T 38053、《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267 和《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CJ/T 476 的有关规定。

**4.1.2** 固定需要承担地震作用的支吊架时，应选用符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T160 有关规定的 S 类锚栓。

**4.1.3** 装配式综合支吊架应进行可靠的防腐蚀处理，防腐蚀设计年限不应低于机电系统的设计使用年限。

**4.1.4** 装配式综合支吊架的阻燃性能、耐火极限应与结构主体一致。

**4.1.5** 装配式综合支吊架连接构件的承载力设计值取值应符合下列规定：

- 1 当发生滑移破坏时，等于其承载力标准值除以 1.8；
- 2 当发生其他破坏时，等于其承载力标准值除以 1.5。

**4.1.6** 装配式综合支吊架宜采用通过性能认证的产品。

### 4.2 材质

**4.2.1** 装配式综合支吊架应注明钢材牌号、质量等级等参数。

**4.2.2** 装配式综合支吊架的构件应采用 Q235 B 级及以上钢材制作，碳钢应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的规定，不锈钢应符合现行国家标准《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》GB/T 20878 的规定。

**4.2.3** 需要疲劳计算的装配式综合支吊架的部件所用钢材应符合下列规定：

- 1 工作温度高于 0℃ 时质量等级不应低于 B 级；
- 2 温度高于 -20℃ 但不超过 0℃ 时不应低于 C 级。

**4.2.4** 钢材的强度设计值、焊缝的强度设计值和螺栓连接的强度设计值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 以及现行协会标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410 的有关规定。

**4.2.5** 装配式综合支吊架构件采用焊接加工时，焊接坡口尺寸应符合国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

**4.2.6** 碳钢、不锈钢的焊接材料应与母材力学性能相匹配，并应符合国家现行有关标准的规定。

**4.2.7** 装配式综合支吊架锚板孔径和孔间距应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的有关规定。

**4.2.8** 装配式综合支吊架所用非金属材料，应符合国家现行有关标准的规定。

### 4.3 防腐、隔热及耐火

**4.3.1** 装配式综合支吊架采用碳素结构钢或低合金高强度结构钢时，应按表 4.3.1-1 的规定进行表面防腐处理。当采用其它表面防腐处理方式时，抗震支吊架构件应按现行国家标准《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》GB/T 10125 的有关规定进行中性盐雾试验或铜加速乙酸盐雾试验，并应符合表 4.3.1-2 的规定。

**表 4.3.1-1 碳素结构钢或低合金高强度结构钢表面防腐处理涂层或镀层厚度**

序号	表面防腐处理方式	涂层或镀层厚度 (μm)	适用范围
1	电镀锌	≥5	螺栓、螺母及丝杆
2	热浸镀锌	≥60	不限
3	镀锌镁铝	≥18	不限
4	锌铬涂层	≥8	不限
5	环氧喷涂	≥70	不限

**表 4.3.2-2 抗震支吊架构件盐雾试验要求**

序号	盐雾试验类型	槽钢和锚栓 (h)	其它抗震支吊架构件 (h)
1	中性盐雾试验	≥1200	≥480
2	铜加速乙酸盐雾试验	≥150	≥60

**4.3.2** 金属管夹与金属管道材料不同时，应在管夹与管道接触部位采取表面涂衬非金属绝缘涂层，增加绝缘防护膜、绝缘衬垫或管道相同材质的衬垫等措施。

**4.3.3** 装配式综合支吊架应便于检查、维护及避免积水，闭口截面构件的两端均应设置封口堵头。

**4.3.4** 管道温度超过100°C时，宜在管道和装配式综合支吊架之间增加隔热层；如管道和支吊架直接接触或管道温度超过100°C时，应考虑温度作用影响。

**4.3.5** 装配式综合支吊架长期受热150°C以上时，应采取耐热隔热涂层、热辐射屏蔽等隔热防护措施。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 装配式综合支吊架设计成果应包括下列内容：

- 1 设计施工说明；
- 2 布点平面图；
- 3 节点大样图；
- 4 计算书。

**5.1.2** 装配式综合支吊架的荷载组合应符合下列原则：

- 1 施工或检修荷载不与管线及管线内部介质自重以外的其它荷载同时考虑。
- 2 室外安装时，风荷载不与地震作用同时考虑。

**5.1.3** 装配式综合支吊架所受地震作用应按管系计算单元进行整体计算并分配。

**5.1.4** 装配式综合支吊架计算书应包括：

- 1 装配式综合支吊架节点详图和力学简图等；
- 2 基本数据；
- 3 荷载作用计算；
- 4 地震作用计算；
- 5 地震作用分配；
- 6 内力组合，构件的轴力、剪力及弯矩，支座反力计算；
- 7 构件验算；
- 8 结论。

**5.1.5** 利用计算机软件进行管线及装配式综合支吊架抗震分析，应符合下列要求：

1 计算模型的建立、必要的简化计算与处理应符合实际受力状况，计算中应考虑管线及装配式综合支吊架对结构体的影响；

2 计算软件应符合本规范及有关标准的规定，计算成果应包含边界条件、计算过程、计算结果。

3 软件计算成果应由设计师确认无误后方可用于工程设计。

**5.1.6** 抗震设防烈度为 7、8、9 度时，建筑高度分别超过 160m、120m、80m 的大型公共建筑的重要管线，宜设置管线地震反应监测系统。

**5.1.7** 装配式综合支吊架的位置和间距，应根据下列原则确定：

- 1 应满足各专业管线的功能要求；
  - 2 应考虑管线荷载的合理分布，使相邻支吊架间的管线满足承载能力和变形要求；
  - 3 应满足管线维护所需的位移、间距及荷载要求；
  - 4 支吊架的间距应取根据各条件确定间距中的最小值；
  - 5 多管线共用装配式综合支吊架的间距应取所有管线间距的最小值。
- 5.1.8** 相邻装配式综合支吊架之间的管线变形应符合国家现行有关标准的规定和设计  
要求。
- 5.1.9** 干管的装配式综合支吊架抗震验算应计入未抗震设防支管道的水平地震作用。
- 5.1.10** 供冷供热管线的装配式综合支吊架设计时，应考虑其固定支架、导向支架对抗  
震的有利作用。
- 5.1.11** 装配式综合支吊架连接点应根据作用性质、材料特性等条件选择可靠的连接形  
式。
- 5.1.12** 装配式综合支吊架采用螺栓连接时，应设有防松动措施，并应符合现行国家行  
业标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》  
JGJ 82 的有关规定。
- 5.1.13** 装配式综合支吊架采用销轴连接时，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》  
GB 50017 的有关规定。
- 5.1.14** 装配式综合支吊架杆件受拉时长细比不得大于 300，受压时长细比不得大于 200。
- 5.1.15** 装配式综合支吊架应和结构主体可靠连接，当管道穿越建筑沉降缝时，应考虑  
建筑不均匀沉降的影响。
- 5.1.16** 当装配式综合支吊架设计有抗震斜撑时，抗震斜撑应直接与立杆和构件的连接节  
点连接。

## 5.2 荷载取值及计算

- 5.2.1** 装配式综合支吊架的荷载包括永久荷载、可变荷载、偶然荷载等及地震作用。
- 5.2.2** 永久荷载包括装配式综合支吊架支承的机电设施及附件、内衬、绝热保温层等的  
重力、及其自重。当管线内部介质的重力不随时间变化或变化值与平均值相比可以忽略  
时，宜按永久荷载考虑。

**5.2.3** 可变荷载包括施工和检修荷载，室外安装时，还包括风荷载、雪荷载和裹冰荷载等。当管线内部介质的重力随时间变化且变化值与平均值相比不可忽略时，应按可变荷载考虑。可变荷载标准值应按下列规定取值：

1 施工和检修荷载宜按集中荷载考虑，不应小于1.0kN，并应在最不利位置处进行验算；当施工荷载大于等于1.0kN时，应按实际情况采用。

2 风荷载、雪荷载和裹冰荷载取值，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009的有关规定。

**5.2.4** 振动刚性管道重量超过全部管道重量的 30%时，振动管道对装配式综合支吊架的作用应按下列规定计算：

1 当振动管道与支吊架间设有减振或隔振措施时，沿管道横向、纵向的荷载均应乘以1.2的动力系数。

2 当振动管道与支吊架间未采取减振或隔振措施时，沿管道横向、纵向的荷载均应乘以1.5的动力系数。

**5.2.5** 常用水管自身重力荷载应按照以下要求计算：

1 管径 DN15~DN150 时，钢管自重计算应符合现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》GB/T3092 中普通钢管的规定；管径 DN200~DN500 时，钢管自重取现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB8163 中最小壁厚计算。

2 管径 DN15~DN200 铜管自重计算应符合现行国家标准《无缝铜水管和铜气管》GB/T18033 的有关规定。

3 管径 20mm~315mm 塑料管自重计算应符合现行国家标准《给水用硬聚氯乙烯管材》GB/T10002.1 的有关规定。

4 管径 DN15~DN150 薄壁不锈钢管自重计算应符合现行行业标准《薄壁不锈钢水管》CJ/T151 的有关规定。

**5.2.6** 荷载计算时，非金属与复合风管的材料密度按实际取值，且不得小于表 5.2.6 的最小值。常用风管自身重力荷载可参考表 5.2.6 计算，板材厚度与风管尺寸有关，表中数据为不同风管规格要求的最小厚度值，具体应符合现行行业标准《通风管道技术规程》JGJ/T 141 的规定。

表 5.2.6 风管板材选用密度、厚度表

序号	风管类别	板材密度 (kg/m <sup>3</sup> )	板材厚度 (mm)
1	钢板风管	7850	0.5、0.6、0.75、1.0、1.2、 1.5、2.0
2	不锈钢板风管	7900	0.5、0.75、1.0、1.2
3	铝板风管	2740	1.0、1.5、2.0
4	无机玻璃钢风管	≥1700	3、4、5、6、7、8
5	硬聚氯乙烯风管	1300~1600	3、4、5、6、8、10
6	聚氨酯复合板风管（自带保温层）	≥45	≥20
7	酚醛复合板风管（自带保温层）	≥60	≥20
8	玻璃纤维板复合材料风管（自带保温层）	≥70	≥25

**5.2.7** 地震作用计算方法应符合下列规定：

- 1 作用于各构件和部件质心的水平地震作用，应沿其两个主轴方向计算；
- 2 自身重力产生的地震作用可采用等效侧力法计算；对支承于不同楼层或防震缝两侧的机电工程，除自身重力产生的地震作用外，尚应同时计算地震时支承点之间相对位移产生的作用效应；
- 3 机电设施的质量大于所在楼层质量的 10%或机电设施的体系自振周期大于 0.1s，且其质量大于所在楼层质量的 1%时，宜建立整体结构模型进行地震作用效应计算，也可采用楼面反应谱方法计算。

**5.2.8** 各类荷载的作用点应按下列规定采用：

- 1 管线自重、雪荷载、风荷载均可按作用在管线中心考虑。
- 2 水平地震作用应沿任一水平方向，施加于机电设施的重心。
- 3 滑动类管线的摩擦力作用点位于滑动接触面。
- 4 其它荷载的作用点位于管线与装配式综合支吊架接触处。

**5.2.9** 装配式综合支吊架重力荷载代表值应按以下规定取值：

- 1 管道及其内衬、保温层、附件，电缆桥架和电缆等，取自重标准值的 100%；
- 2 管道内的介质取自重标准值的 100%；

3 装配式综合支吊架取自重标准值的 100%。

5.2.10 装配式综合支吊架可变荷载应按施工和检修荷载的较大值取值。

### 5.3 型式选择

5.3.1 装配式综合支吊架按外观型式，可分为直锚式、单杆式、三角形、L 形、门形等。

5.3.2 装配式综合支吊架按支承方式不同，可分为上部支承、下部支承、侧面支承以及混合支承四种型式。支吊架的支承方式应按下列原则确定：

1 应考虑结构构件类型、位置、空间大小以及管线数量等因素的影响；

2 应与建筑中的楼板、梁、柱以及承重墙，钢结构厂房排架柱等结构构件进行可靠连接，且不得影响结构构件自身的安全。

5.3.3 装配式综合支吊架按层数和跨数不同，可分为单层、多层、单跨、多跨等多种型式。空间狭小、管线数量较多或管线间有位置、间距等要求时，在管线综合布排基础上，宜选用多层、多立杆支吊架。

5.3.4 装配式综合支吊架选型时，应考虑下列因素：

1 结构型式应结合管线布置、周围的建筑结构体以及邻近管线和设备布置情况选择；

2 不应影响其他机电设备的安装、运行和检修以及其他管线的安装和热胀冷缩位移；

3 方便施工，便于维护，造价合理；

4 必要时可以预留适当的机电管线扩展空间。

5.3.5 多根管道共用支吊架或管径不小于 150mm 的单根管道支吊架宜采用门型装配式综合支吊架。

### 5.4 位置布置

5.4.1 装配式综合支吊架的位置布置应符合国家现行有关标准的规定。

5.4.2 给水及热水供应系统金属管道立管的支架位置、数量应符合下列规定：

1 楼层高度小于或等于 5.0m 时，每层应安装 1 个，大于 5.0m 时每层不得少于 2 个。

2 支架安装高度，距离地面应为 1.5m~1.8m，2 个以上支架应匀称安装，同一房

间的支架应安装在同一高度上。

**5.4.3** 排水系统金属管的支吊架间距、数量应符合下列规定：

- 1 横管支吊架不大于2.0m；
- 2 立管支架不大于3.0m，楼层高度小于或等于4.0m 时，可安装1个。

**5.4.4** 空调水系统风管支吊架的间距应符合下列规定：

- 1 水平安装的金属风管，直径或边长小于或等于400mm时，支吊架间距不应大于4.0m，直径或边长大于400mm时，间距不应大于3.0m；螺旋风管的支架间距不应大于5.0m，吊架间距不应大于3.75m；薄钢板法兰风管的支吊架间距不应大于3.0m。垂直安装的金属风管，应设置至少2个固定点，支吊架间距不应大于4.0m；
- 2 垂直安装的非金属风管，支吊架间距不应大于3.0m；
- 3 柔性风管支吊架的间距不应大于1.5m。

**5.4.5** 空调水系统制冷剂水平管道的支吊架间距不应大于 1.5m，垂直管道支吊架的间距不应大于 2.0m。

**5.4.6** 空调水系统采用金属管道时，立管应每两层或三层设置活动支架，水平管的支吊架间距应符合第 5.4.9 条的规定，弯管或近处应设置支吊架。

**5.4.7** 空调水系统采用聚丙烯（PP-R）管道时，管道与金属支吊架之间应采取隔绝措施，不宜直接接触。

**5.4.8** 燃气系统的支吊架应符合下列规定：

- 1 每个楼层的立管至少应设1处支吊架或管夹；
- 2 水平管道设有阀门时，应在阀门的来气侧1m范围内设支吊架或管夹并尽量靠近阀门；
- 3 水平管道转弯处应在以下范围内设置支吊架或管夹：
  - 1) 钢质管道不应大于1.0m；
  - 2) 不锈钢波纹软管、铜管道、薄壁不锈钢管道每侧不应大于0.5m；
  - 3) 铝塑复合管每侧不应大于0.3m。

**5.4.9** 装配式综合支吊架的安装间距应通过计算确定，并应符合下式规定：

$$l \leq l_0 \quad (5.4.9)$$

式中：  $l$ ——装配式综合支吊架的安装间距(m)；

$l_0$ ——装配式综合支吊架的最大允许间距(m)，可按表 5.4.9-1~13 的规定取值，多根管道共用支吊架应取最小值。

表 5.4.9-1 给水系统钢质水平管道支吊架的最大间距

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
最大间距 (m)	保温管	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	4.0	4.0	4.5	6.0	7.0	7.0	8.0	8.5
	不保温管	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0	6.5	7.0	8.0	9.5	11.0	12.0

表5.4.9-2 给水系统塑料及复合材料立管、水平管的支吊架最大间距

管径 (mm)		12	14	16	18	20	25	32	40	50	63	75	90	110	
最大间距 (m)	立管	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	
	水平管	保温管	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.35	1.55
		不保温管	0.2	0.2	0.25	0.3	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	-	-

表5.4.9-3 给水系统铜质立管、水平管的支吊架最大间距

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
最大间距 (m)	立管	1.8	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0
	水平管	1.2	1.8	1.8	2.4	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5

表5.4.9-4 排水系统塑料管道支吊架的最大间距

管径 (mm)		50	75	110	125	160
最大间距 (m)	立管	1.2	1.5	2.0	2.0	2.0
	横管	0.5	0.75	1.10	1.30	1.6

表5.4.9-5 空调水系统水平金属管的支吊架最大间距

公称直径 (mm)		15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
最大间距 (m)	保温管道	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	5.0	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5
	不保温管道	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.5	6.5	7.5	7.5	9.0	9.5	10.5

注：1 适用于工作压力不大于2.0MPa，不保温或保温材料密度不大于200kg/m<sup>3</sup>的管道系统；

2 公称直径大于300mm的管道，可参考公称直径为300mm的管道执行。

表5.4.9-6 空调水系统聚丙烯 (PP-R) 管的支吊架最大间距

公称直径 (mm)		20	25	32	40	50	63	75	90	110
最大间距 (m)	水平管	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.35	1.55
	立管	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4

表5.4.9-7 燃气系统普通钢管的支吊架最大间距

公称直径 (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
最大间距 (m)	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.5	7.0	8.0	10.0	12.0	14.5	16.5	18.5	20.5

表5.4.9-8 燃气系统薄壁不锈钢管的支吊架最大间距

外径 (mm)		15	20	25	32	40	50	65	80	100
最大间距 (m)	立管	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5
	水平管	1.8	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5

表5.4.9-9 燃气系统铜质管道的支吊架最大间距

外径 (mm)		15	18	22	28	35	42	54	67	85
最大间距 (m)	立管	1.8	1.8	2.4	2.4	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5
	水平管	1.2	1.2	1.8	1.8	2.4	2.4	2.4	3.0	3.0

表5.4.9-10 燃气系统铝塑复合管的支吊架最大间距

外径 (mm)		16	18	20	25
最大间距 (m)	立管	1.5	1.5	1.5	2.5
	水平管	1.2	1.2	1.2	1.8

表5.4.9-11 电缆支吊架的最大间距

电缆特征	最大间距 (m)	
	水平敷设	垂直敷设
未含金属套、铠装的全塑小截面电缆	0.4*	1.0
除第 1 项外的中、低压电缆	0.8	1.5
35kV 以上的高压电缆	1.5	3.0

注：\* 维持电缆较平时时，该数值可增大1倍。

表5.4.9-12 自动喷水灭火系统管道支吊架的最大间距

公称直径 (mm)	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250	300
最大间距 (m)	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	6.0	6.5	7.0	8.0	9.5	11.0	12.0

表5.4.9-13 气体灭火系统管道支吊架的最大间距

公称直径 (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
最大间距 (m)	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.4	3.7	4.3	5.2

5.4.10 装配式综合支吊架的抗震斜撑安装，垂直角度宜为  $45^\circ$ ，且不得小于  $30^\circ$ 。

5.4.11 抗震斜撑安装不应偏离其中心线  $2.5^\circ$ 。

## 5.5 构件计算

5.5.1 装配式综合支吊架的内力和位移可按弹性受力阶段进行分析验算。

5.5.2 装配式综合支吊架水平杆、吊杆以及抗震斜撑在地震作用效应组合下的承载力极限状态、正常使用极限状态计算应包括：

1 吊杆地震作用组合下应按拉弯、压弯构件计算其强度和按压弯构件计算管道径向（支吊架平面内）、轴向（支吊架平面外）的刚度以及稳定性；

2 水平杆地震作用组合应按压弯构件计算管道径向（支吊架平面内）强度、轴向（支吊架平面外）的稳定性、以及重力基本组合纯受弯整体稳定性和挠度；管道在水平杆的支撑点不能作为水平杆的侧向支承点；

3 抗震斜撑地震作用组合应按轴拉、轴压构件计算管道径向（支吊架平面内）强度；应按轴压构件计算管道径向（支吊架平面内）和轴向（支吊架平面外）的稳定性；

4 板件的局部稳定；

5 应验算水平杆地震作用组合的最大弯矩处、截面有削弱处（净截面）、截面改变处、有集中荷载处、剪力最大处、截面剪力和弯矩、局部压应力都较大处组合效应，并且其正应力、剪应力、折算应力强度均不应超过材料强度设计值；

6 螺栓连接的地震作用组合应按承受剪力以及同时沿杆轴方向承受拉力的组合强度计算；

7 C型组合槽钢的地震作用，其沿梁纵向连接（点焊或螺栓）点的间距应分别按受弯构件和压弯构件进行计算，并满足最小间距值。

8 装配式综合支吊架与结构生根支座的连接计算包括：在地震作用组合下，底座的直角焊缝正面受剪、侧面受剪以及与角焊缝长度方向垂直的应力共同作用的计算；底座与吊杆间螺栓连接强度计算；

9 地震作用组合下的锚栓计算。

5.5.3 装配式综合支吊架构件应考虑荷载和地震作用，进行整体分析，形成效应组合，进行承载力验算，应满足下式要求，并注明对比结果及利用率。

$$S \leq R \quad (5.5.3)$$

式中：R——构件承载力设计值。

5.5.4 装配式综合支吊架杆件按轴心受拉或受压构件计算时，应按下式公式验算：

稳定计算：

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} \leq f \quad (5.5.4-1)$$

受拉时，稳定系数  $\phi$  取 1.0，

净截面断裂：

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq 0.7f_u \quad (5.5.4-2)$$

式中： $\sigma$ ——截面的正应力设计值（ $N/mm^2$ ）；

N——截面处的拉力或压力设计值 (N);

f——钢材的抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

A——杆件的毛截面积 (mm<sup>2</sup>);

A<sub>n</sub>——杆件净截面积, 当杆件多个截面有孔时, 取最不利的截面积 (mm<sup>2</sup>);

f<sub>U</sub>——钢材的抗拉强度最小值 (N/mm<sup>2</sup>)。

**5.5.5** 装配式综合支吊架杆件作为压弯、拉弯构件时的强度按照下式验算:

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} \leq f \quad (5.5.5)$$

式中: f——钢材的抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

N——截面处轴心压力设计值 (N);

A<sub>n</sub>——杆件净截面积, 当杆件多个截面有孔时, 取最不利的截面积 (mm<sup>2</sup>);

M<sub>x</sub>、M<sub>y</sub>——分别为同一截面处对 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 (N.mm);

γ<sub>x</sub>、γ<sub>y</sub>——截面塑性发展系数, 根据其受压板件的内力分布情况确定其截面板件宽厚比等级, 当截面板件宽厚比等级不满足 S3 级要求时, 取 1.0, 需要验算疲劳强度的拉弯、压构件, 宜取 1.0;

W<sub>nx</sub>、W<sub>ny</sub>——同一截面处对 x 轴和 y 轴的净截面模量 (mm<sup>3</sup>)。

**5.5.6** 装配式综合支吊架杆件作为受弯构件时, 抗弯强度按照下式验算:

$$\frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} \leq f \quad (5.5.6)$$

式中: f——钢材的抗拉强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>);

M<sub>x</sub>、M<sub>y</sub>——分别为同一截面处对 x 轴和 y 轴的弯矩设计值 (N.mm);

γ<sub>x</sub>、γ<sub>y</sub>——截面塑性发展系数, 根据其受压板件的内力分布情况确定其截面板件宽厚比等级, 当截面板件宽厚比等级不满足 S3 级要求时, 取 1.0, 需要验算疲劳强度的拉弯、压构件, 宜取 1.0;

W<sub>nx</sub>、W<sub>ny</sub>——同一截面处对 x 轴和 y 轴的净截面模量 (mm<sup>3</sup>)。

**5.5.7** 装配式综合支吊架杆件作为受弯构件时, 抗剪强度按照下式验算:

$$\tau = \frac{VS}{I_x t_w} \leq f_v \quad (5.5.7)$$

式中: τ——剪应力 (N/mm<sup>2</sup>);

V——计算截面沿腹板平面作用的剪力设计值 (N);

S——计算剪应力处以上 (或以下)毛截面对中和轴的面积矩 (mm<sup>3</sup>);

$I_x$ ——截面处对 x 轴毛截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ );

$t_w$ ——腹板的厚度 ( $\text{mm}$ );

$f_v$ ——钢材的抗剪强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

**5.5.8** 装配式综合支吊架杆件在两个主平面受弯时，稳定性按照下式验算：

$$\frac{M_x}{\varphi_b W_x f} + \frac{M_y}{\gamma_y W_y f} \leq 1.0 \quad (5.5.8)$$

式中： $M_x$ 、 $M_y$ ——分别为同一截面处对 x 轴和 y 轴的最大弯矩设计值 ( $\text{N}\cdot\text{mm}$ );

$W_x$ 、 $W_y$ ——按受压最大纤维确定的对 x 轴和 y 轴的毛截面模量 ( $\text{mm}^3$ );

$\varphi_b$ ——绕强轴弯曲所确定的梁整体稳定系数;

$f$ ——钢材的抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

**5.5.9** 装配式综合支吊架杆件作为受弯构件时，挠度应按照下列公式验算：

均布荷载下最大挠度：

$$Y_{\max} = \frac{5ql^4}{384EI} \quad (5.5.9-1)$$

集中荷载下最大挠度：

$$Y_{\max} = \frac{ql^3}{48EI} \quad (5.5.9-2)$$

式中： $Y_{\max}$ ——均布或集中荷载下的最大挠度 ( $\text{mm}$ );

$q$ ——均布 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) 或集中荷载 ( $\text{N}$ );

$l$ ——杆件长度 ( $\text{mm}$ );

$E$ ——弹性模量 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

**5.5.10** 装配式综合支吊架杆件作为受压、压弯、受拉、拉弯构件时，应按照下式验算长细比：

$$\lambda = \frac{\mu L}{i} \quad (5.5.10)$$

式中： $\lambda$ ——杆件的允许长细比，受拉构件 300；受压构件 200；

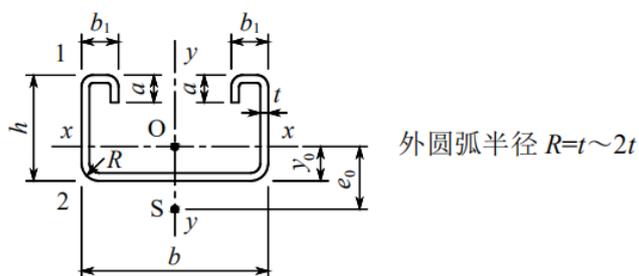
$\mu$ ——长度因数，当压杆两端铰支时， $\mu = 1$ ；当压杆一端固定另一端铰支时， $\mu = 0.7$ ；当压杆两端固定时， $\mu = 0.5$ ；当压杆一端固定另一端自由时， $\mu = 2$ ；

$L$ ——杆件的计算长度 ( $\text{mm}$ );

$i$ ——毛截面对其惯性轴的回转半径  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$  ( $\text{mm}$ )。

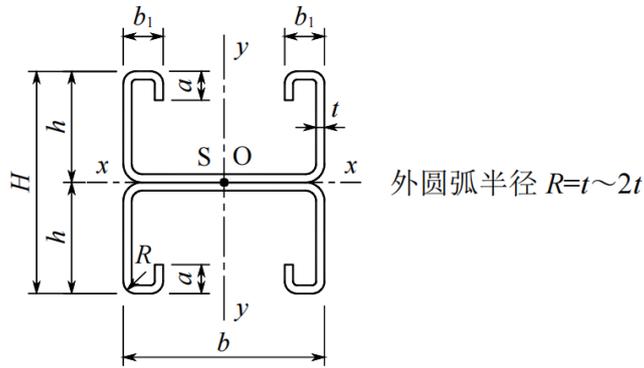
## 附录 A C 型槽钢截面尺寸与特性

表 A.1.1 C 型槽钢的截面尺寸及特性



截面尺寸(mm)					截面 积 A(cm <sup>2</sup> )	每米 质量 (kg/m)	y <sub>0</sub> (cm)	e <sub>0</sub> (cm)	x-x				y-y		
b	h	b <sub>1</sub>	a	t					I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>x</sub> (cm)	W <sub>x1</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>x2</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>y</sub> (cm)	W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )
41.3	20.6	9.5	7.5	2.0	2.09	1.64	0.89	8.27	1.21	0.76	1.03	1.36	5.04	1.55	2.44
41.3	20.6	9.5	7.5	2.5	2.54	1.99	0.88	7.26	1.38	0.74	1.17	1.57	6.00	1.54	2.91
41.3	41.3	9.5	7.5	2.0	2.92	2.29	1.88	3.91	6.82	1.53	3.04	3.62	8.24	1.68	3.99
41.3	41.3	9.5	7.5	2.5	3.57	2.80	1.87	3.51	8.09	1.51	3.58	4.33	9.90	1.66	4.79
41.3	51.6	9.5	7.5	2.0	3.33	2.61	2.39	3.16	11.83	1.88	4.26	4.96	9.83	1.72	4.76
41.3	51.6	9.5	7.5	2.5	4.09	3.21	2.37	2.87	14.14	1.86	5.07	5.96	11.84	1.70	5.73
41.3	61.9	9.5	7.5	2.5	4.60	3.61	2.88	2.45	22.36	2.20	6.75	7.78	13.77	1.73	6.67
41.3	72.2	9.5	7.5	2.5	5.12	4.02	3.38	2.15	33.02	2.54	8.60	9.76	15.71	1.75	7.61
41.3	72.2	9.5	7.5	3.0	6.05	4.75	3.36	2.01	38.22	2.51	9.91	11.36	18.21	1.73	8.82

表 A.1.2 C 型组合槽钢的截面尺寸及特性



截面尺寸(mm)					截面积 A(cm <sup>2</sup> )	每米质 量 (kg/m)	x-x			y-y		
b	H	b <sub>1</sub>	a	t			I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>x</sub> (cm)	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>y</sub> (cm)	W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )
41.3	41.3	9.5	7.5	2.0	4.18	3.28	5.75	1.17	2.79	10.10	1.55	4.89
41.3	41.3	9.5	7.5	2.5	5.08	3.99	6.75	1.15	3.27	12.02	1.54	5.82
41.3	82.6	9.5	7.5	2.0	5.84	4.58	34.35	2.43	8.32	16.48	1.68	7.98
41.3	82.6	9.5	7.5	2.5	7.15	5.61	41.19	2.40	9.97	19.80	1.66	9.59
41.3	103.2	9.5	7.5	2.0	6.66	5.23	61.58	3.04	11.93	19.66	1.72	9.52
41.3	103.2	9.5	7.5	2.5	8.18	6.42	74.26	3.01	14.39	23.67	1.70	11.46
41.3	123.8	9.5	7.5	2.5	9.21	7.23	120.83	3.62	19.52	27.55	1.73	13.34
41.3	144.4	9.5	7.5	2.5	10.24	8.03	183.07	4.23	25.36	31.43	1.75	15.22
41.3	144.4	9.5	7.5	3.0	12.10	9.50	213.40	4.20	29.56	36.41	1.73	17.63

## 附录 B 计算书模板

### 1 建筑基本信息

项目地点	四川省 XXXX 项目			抗震设防烈度	7 度
建筑抗震设防类别	标准设防类	设计基本地震加速度	0.15g	设计地震分组	第三组
建筑场地类别	II 类	场地特征周期	0.45S	多遇地震影响系数最大值	0.125
结构阻尼比	0.05	结构重要性系数	1.0	管线类别	重要管线
结构体系	剪力墙结构	结构材料	钢筋混凝土	—	—

### 2 地震作用计算：（底部剪力法/振型分解法）

管线所在层号	楼层总质量 (kg)	楼层地震力(kN)	楼层加速度 a(m/s <sup>2</sup> )
11	74200	72.50	0.977
10	1168100	997.98	0.854
9	1106500	861.76	0.779
8	1107200	778.66	0.703
7	1106500	694.59	0.628
6	1107200	611.39	0.552
5	1106500	527.43	0.477
4	1107200	444.12	0.401
3	1106500	360.27	0.326
2	1103500	275.94	0.250
1	1753500	306.03	0.174

### 3 支吊架杆件基本信息

杆件规格	壁厚 (mm)	截面积 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/m)	弹性模量 E(N/mm <sup>2</sup> )	剪切模量 (N/mm <sup>2</sup> )	屈服强度 f <sub>yk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	许用拉力 (N/mm <sup>2</sup> )	许用剪力 (N/mm <sup>2</sup> )
41 槽钢	2.0	245.1	2.18	206000	73000	245	175.3	108.5
72 槽钢	2.75	492.8	4.33	206000	73000	245	175.3	108.5

#### 4 支吊架杆件截面

杆件规格	Y 轴							Z 轴		
	槽口距 e1(mm)	槽背距 e2(mm)	惯性矩 Iy(cm <sup>4</sup> )	向上截面模量 (cm <sup>3</sup> )	向下截面模量 (cm <sup>3</sup> )	回转半径	许用弯矩 (N·m)	惯性矩 Iz(cm <sup>4</sup> )	截面模量 (cm <sup>3</sup> )	回转半径
41 槽钢	23.87	17.43	7.19	3.01	4.13	1.53	446	9.21	4.46	1.68
72 槽钢	40.03	32.17	34.54	8.63	10.74	2.54	1368	78.10	8.76	1.75

#### 5 主要配件承载力

品牌	品名	承载力设计值[kN]	图样
...	...	...	...
...	...	...	...

#### 6 管线荷载

管线规格	每米重量 kg/m	管线规格	每米重量 kg/m
水管 DN150	50.6	...	...
水管 DN40	6	...	...
桥架 800x200	230	...	...

#### 7 楼层支吊架地震力分配

二层支吊架管道系统加速度  $a=0.514m/s^2$ ，总水平地震作用  $F=2079.008N$ ，管道径向的地震作用  $F_1=1084.681N$ ，管道轴向的地震作用  $F_2=994.327N$ 。

支架编号	径向水平地震力(N)	支架编号	轴向水平地震力(N)
ZH-24-TL	510.448	ZH-24-TL	990.765
ZH-24-1	13.282	ZH-24-1	0.375
ZH-24-2	13.282	ZH-24-2	0.375
ZH-24-3	13.282	ZH-24-3	0.375
ZH-24-4	13.282	ZH-24-4	0.375
ZH-24-5	13.282	ZH-24-5	0.375
ZH-24-T	507.821	ZH-24-T	1.689

.....

#### 8 综合支吊架验算

##### 8.1 节点详图

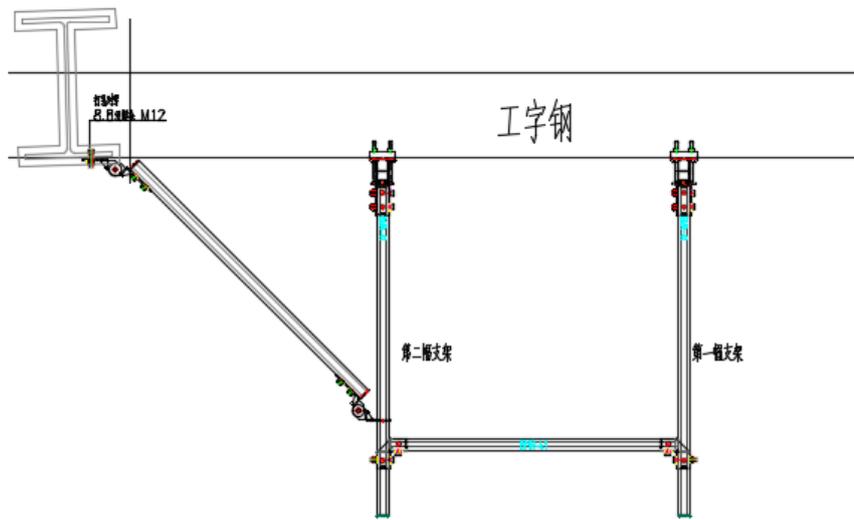


图 1 综合支吊架侧视图

## 8.2 受力分析

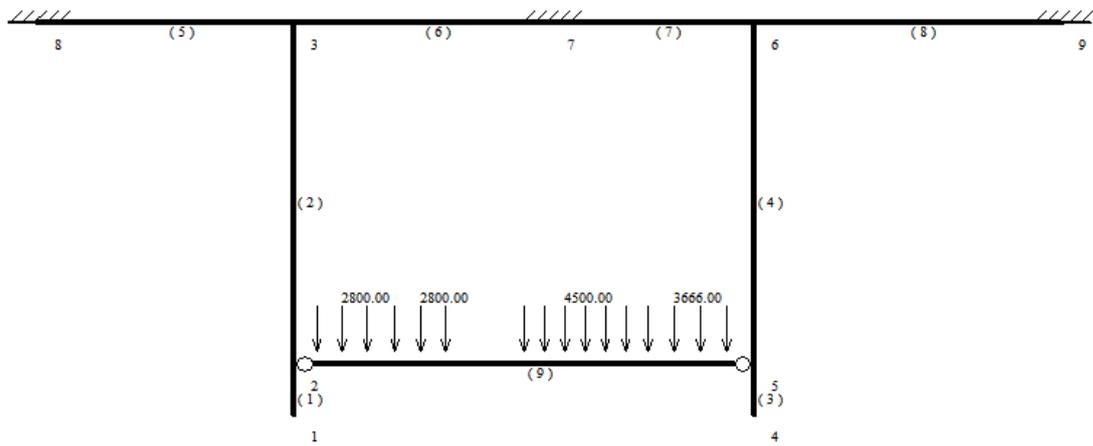


图 2 综合支吊架计算模型

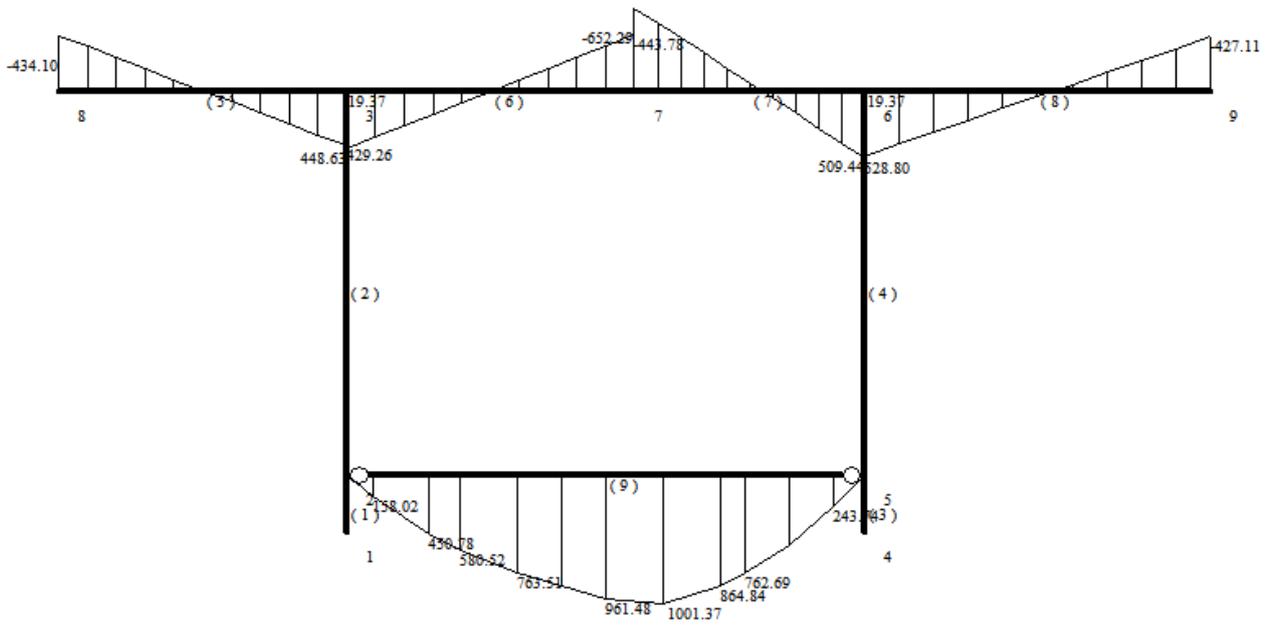


图3 综合支吊架弯矩图

最顶部辅助梁最大弯矩为：652.29N.m，9号横担所受弯矩1001.37N.m。

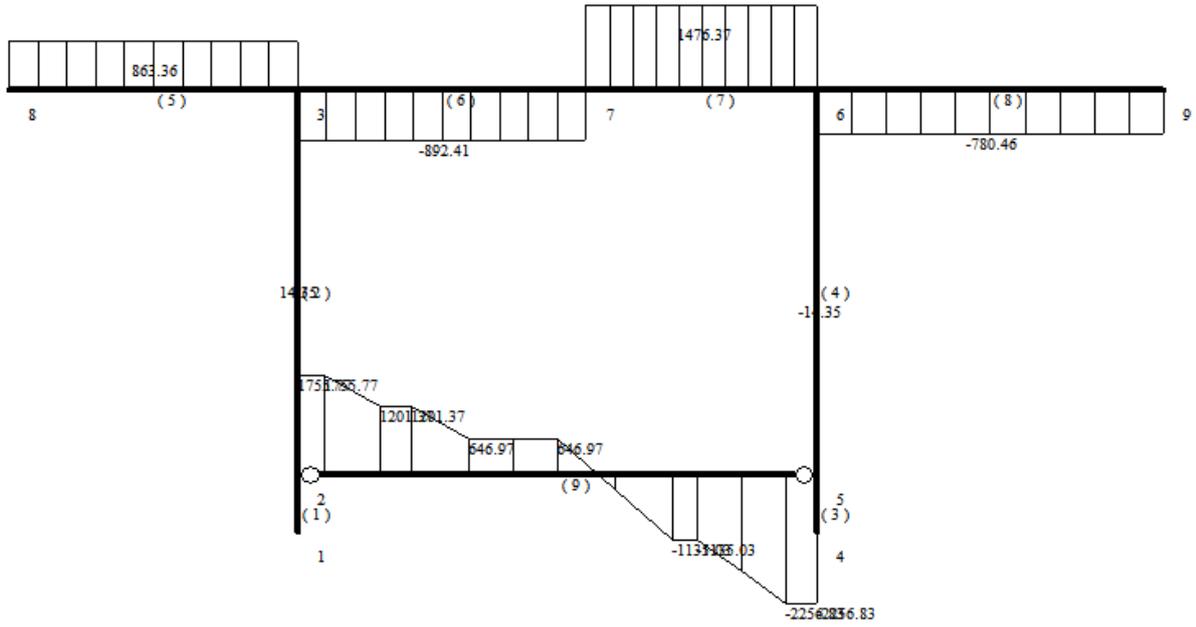


图 4 综合支吊架剪力图

最顶部辅助梁最大弯矩为：1476.37N，9号横担所受剪力 2256.83N。

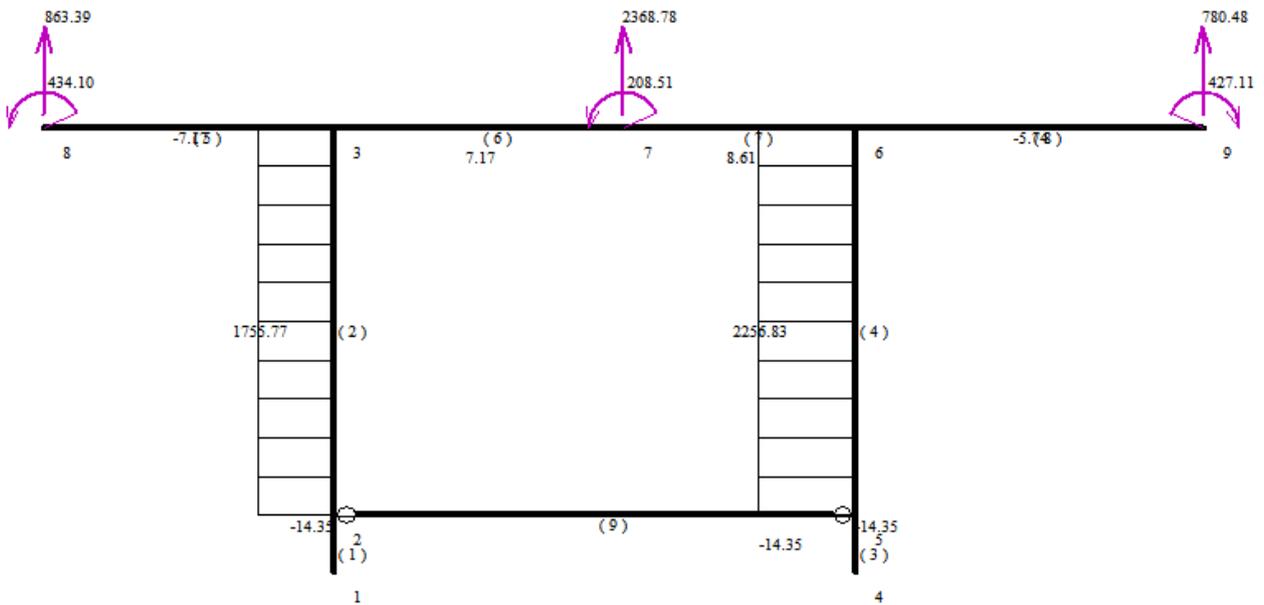


图 5 综合支吊架轴力图

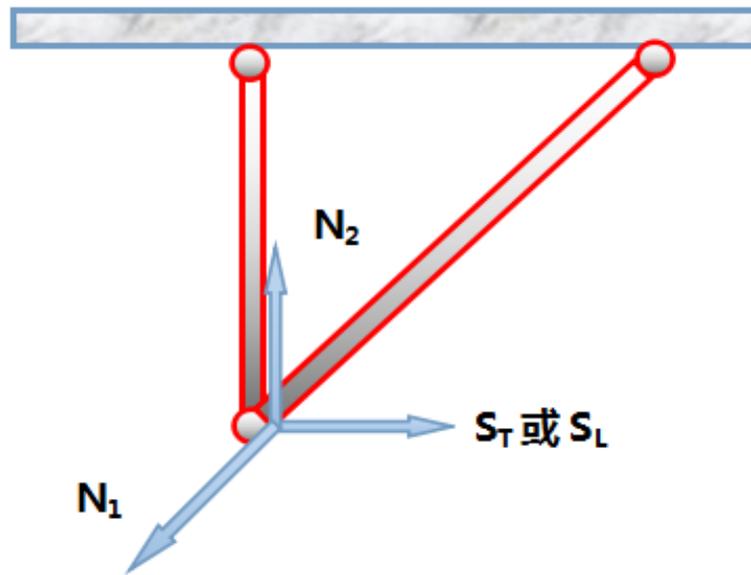


图 6 综合支吊架支座反力分析图

### 8.3 结论

杆件

杆件类型	设计弯矩 (N.m)	计算弯矩 (N.m)	利用率	结论	剪力 (N)	计算剪力 (N)	利用率	结论
52D 槽钢	5032.5	652.29	12.96%	满足	76405.7	1476.37	1.93%	满足
...	...	...	...	...	...	...	...	...

配件

配件	设计值 (N)	计算结果	利用率
82 梁夹 (一对)	25000	2368.8	9.47%
41 梁夹 (一对)	12000	863.5	7.19%
72 底座	35000	2256.83	6.44%
C4 连接件	10000	1755.77	17.55%

侧向抗震  $S_T$

配件名称	地震作用标准值 (kN)	配件设计值 (kN)	配件数量	利用率	结论
铰接件	5.7	5.5	2	51.81%	满足
41 槽钢	5.7	49	1	11.63%	满足
全牙螺杆	4.02	26.88	1	14.95%	满足

纵向抗震 S<sub>L</sub>

配件名称	地震作用标准值 (kN)	配件设计值 (kN)	配件数量	利用率	结论
铰接件	11.4	5.5	4	51.81%	满足
41 槽钢	11.4	49	2	11.63%	满足
全牙螺杆	8.04	26.88	2	14.95%	满足

## 本标准用词说明

为便于在执行本标准条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

**1** 表示很严格,非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

**2** 表示严格,在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

**3** 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

**4** 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

## 引用标准目录

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 3 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 4 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》 GB 50018
- 5 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 6 《室外给排水和燃气热力工程抗震设计规范》 GB 50032
- 7 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- 8 《建筑结构可靠性设计统一标准》 GB 50068
- 9 《钢结构工程施工质量验收标准》 GB 50205
- 10 《建筑工程抗震设防分类标准》 GB 50223
- 11 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 12 《建筑机电工程抗震设计规范》 GB 50981
- 13 《太阳能发电站支架基础技术标准》 GB 51101
- 14 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 15 《普通螺纹基本尺寸》 GB/T 196
- 16 《普通螺纹公差》 GB/T 197
- 17 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 18 《通用冷弯开口型钢》 GB/T 6723
- 19 《建筑抗震支吊架通用技术条件》 GB/T 37267
- 20 《装配式支吊架通用技术要求》 GB/T 38053
- 21 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 22 《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
- 23 《混凝土用机械锚栓》 JG/T 160

中国工程建设标准化协会标准

装配式综合支吊架设计标准

T/CECS xxx-20xx

条文说明

## 目 次

3	基本规定.....	(36)
3.1	一般规定.....	(36)
3.2	地震作用.....	(36)
4	产品通用技术条件.....	(39)
4.2	材质.....	(39)
5	设计.....	(40)
5.1	一般规定.....	(40)
5.2	荷载取值及计算.....	(42)
5.5	构件计算.....	(42)

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

**3.1.4** 目前工程应用中，抗震支吊架与承重支吊架普遍分开设置，承重支吊架只承担重力作用，抗震支吊架只承担地震作用。实际上，地震作用是按照支吊架抗侧刚度比例分配的，为了避免地震发生时造成损坏，装配式综合支吊架充分考虑刚度影响进行抗震验算。

#### 3.2 地震作用

**3.2.5**  $\beta$ 是反应支吊架作用到管线上的加速度与管线所在楼面加速度的放大倍数，若支吊架完全刚性，管线与楼面同步同幅运动，则此时 $\beta = 1$ ，若支吊架完全柔性，管线与楼面无联系，则 $\beta = 0$ ，该值与建筑及装配式综合支吊架的刚度有关。该系数可反应支吊架高度不同，地震作用对机电管线的影响也不同。

**3.2.6** 装配式综合支吊架因其结构的特殊性以及计算上的要求，设定在不同方向有不同抗侧刚度，所以需要分别计算不同方向的抗侧刚度并按比例分配地震作用。门式支吊架的抗震斜撑按端部铰接计算，门架部分按刚度分配计算的剪力按《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 相关规定，乘以调整系数。

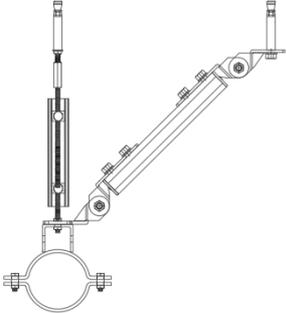
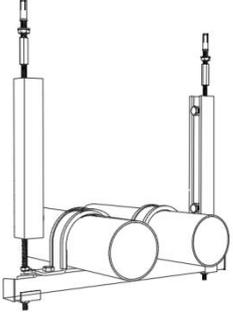
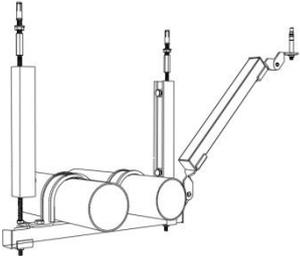
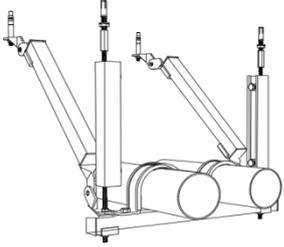
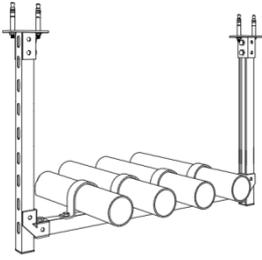
**3.2.7** 管线各水平方向的作用由建筑结构传递至各个装配式综合支吊架，按各方向的装配式综合支吊架的抗侧刚度大小分别进行分配。

同一个管系计算单元内既有装配式综合支吊架，又有传统支吊架时，需考虑传统焊接支吊架的刚度影响，地震作用需进行整体分配。

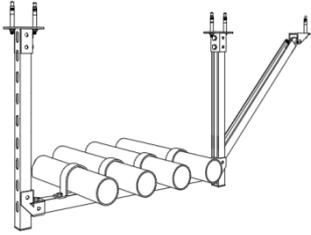
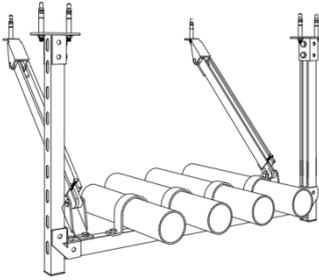
表 1 装配式综合支吊架侧向刚度取值参考表

支架类型	图例	管线轴向方向刚度 $K_x$ (N/mm)	管线径向方向刚度 $K_z$ (N/mm)	计算公式
单螺杆支吊架		0.63	0.63	轴向、径向刚度: $K = \frac{3EI}{h^3}$

续表 1 装配式综合支吊架侧向刚度取值参考表

支架类型	图例	管线轴向方向刚度 $K_x$ (N/mm)	管线径向方向刚度 $K_z$ (N/mm)	计算公式
单螺杆带斜撑		57.53	20816.00	斜撑侧向刚度： $K = \frac{6EA}{h} \cos^2 \theta \sin \theta$
双螺杆门式支吊架		1.25	10.06	轴向刚度： $K = \frac{6EI}{h^3}$ 径向刚度： $K = \frac{24EI}{h^3}$
双螺杆门式带侧向斜撑		45.72	20825.45	斜撑侧向刚度： $K = \frac{6EA}{h} \cos^2 \theta \sin \theta$
双螺杆门式带纵向斜撑		41632.02	99.00	斜撑侧向刚度： $K = \frac{6EA}{h} \cos^2 \theta \sin \theta$
C型槽钢门式支吊架		113.90	277.22	轴向刚度： $K = \frac{6EI}{h^3}$ 径向刚度： $K = \frac{24EI}{h^3}$

续表 1 装配式综合支吊架侧向刚度取值参考表

支架类型	图例	管线轴向方向刚度 $K_x$ (N/mm)	管线径向方向刚度 $K_z$ (N/mm)	计算公式
C 型槽钢门式 带侧向斜撑		170.71	21092.60	斜撑侧向刚度： $K = \frac{6EA}{h} \cos^2 \theta \sin \theta$
C 型槽钢门式 带纵向斜撑		41744.60	366.14	斜撑侧向刚度： $K = \frac{6EA}{h} \cos^2 \theta \sin \theta$

注：上表的数值是按照下列条件计算：

- 1 槽钢全部选用 41C 型槽钢，截面尺寸按照本标准附录 A；
- 2 支吊架立杆长度全部按 1m 考虑；
- 3 门式支吊架立杆槽钢开口朝内，横担槽钢开口朝上。

## 4 产品通用技术条件

### 4.2 材质

**4.2.2** 本标准中槽钢截面尺寸及特性详见附录 A，支吊架设计依据 C 型槽钢特性进行设计、计算及验算。

**4.2.4** 原材料通过化学成分测试分析材质，C 型槽钢通过弯曲试验和拉伸试验判定基本力学性能。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 布点平面图需标明支吊架所在位置及编号；节点大样图与实际安装情况一致，注明支吊架尺寸、标高及角度。每种不同的支吊架形式均进行节点计算，并充分考虑杆件截面、材料参数、不同荷载组合下最不利内力及位移，及连接构件的验算。

**5.1.2** 本条规定主要依据《建筑工程设计文件编制深度规定》，要求使用计算机软件进行抗震分析时，需对软件功能有切实了解，必须根据实际情况选取计算模型，计算机软件符合本规范及有关标准的规定，设计时对所有计算结果进行判别，确认其合理有效后方可在设计中应用。

利用计算机进行复杂的抗震分析计算是地震工程和工程抗震科学研究的必要手段，已在结构抗震中广泛使用，本标准借鉴引用，以促进建筑机电抗震工程发展。

**5.1.3** 地震作用主要考虑以楼面加速度为基础加速度对支吊架以及机电设施系统所产生的影响。永久荷载及可变荷载按照支吊架间距分配；地震作用按照支吊架抗侧刚度比例分配。永久荷载包括管线自重、管线附件重量、管线保温重量、管线内部介质重量、管线内部结构重量等重力荷载；可变荷载包括摩擦力、不平衡内力、弹性力等。

同一装配式综合支吊架上的所有水平管线视为一个管系计算单元，管系计算单元的数量依据管线布置而定。水平管线如遇转弯，作为另一管系计算单元。

管系计算单元的划分：

管系计算单元以同一装配式综合支吊架上的所有水平管线为基准划分。如果同一支吊架上的管线数量不发生变化，则视为一个管系计算单元；管系计算单元与管线规格无关，与支吊架形式无关。

下图为管系计算单元划分，粗线代表管系，一个虚线框为一个计算单元。

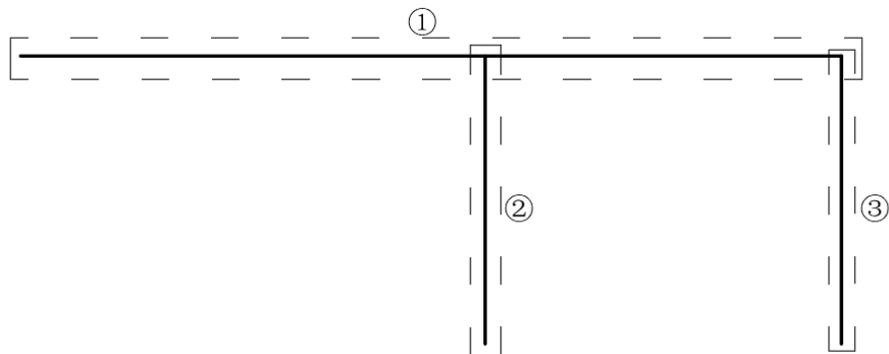


图1 管系计算单元划分示意一

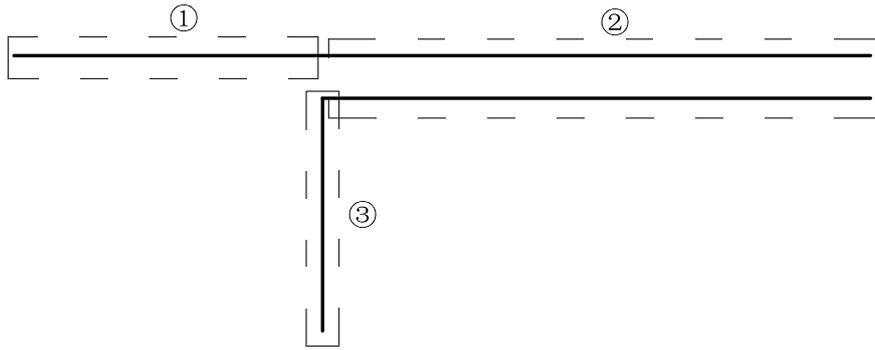


图2 管系计算单元划分示意二

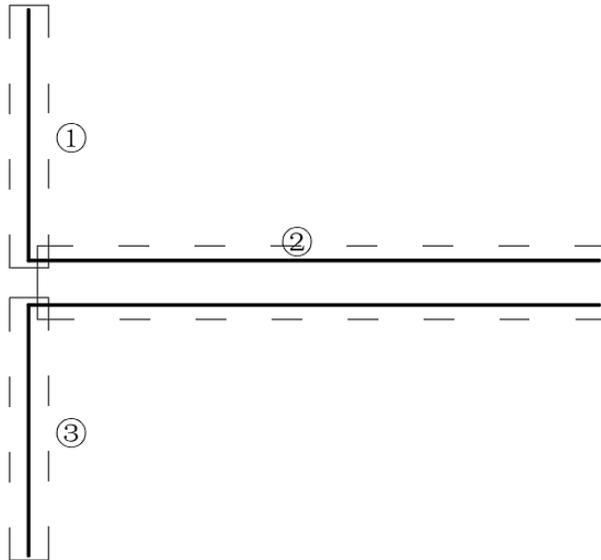


图3 管系计算单元划分示意三

**5.1.4** 基本数据包括结构设计参数、荷载、连接构件和锚固件的参数等；

装配式综合支吊架既要承受重力等永久荷载，又要承担地震作用，所以应对每个节点分别进行计算。装配式综合支吊架的杆件在弹性工作阶段考虑连接构件承载能力以及变形能力。

1 梁截面上弯矩、剪力以及轴力的组合效应参照下图；

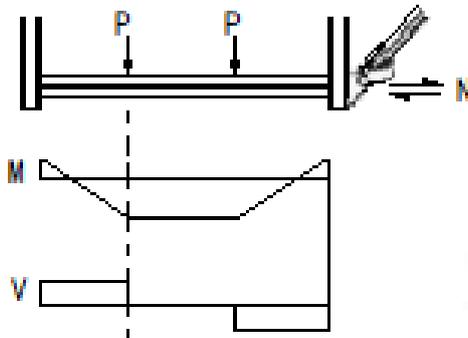


图4 梁截面上弯矩、剪力以及轴力的组合效应图

2 考虑杆件刚度的影响；

3 考虑两端铰接的受压杆件弯曲弹性屈曲和受力杆件因加工导致的初始几何偏差对杆件性能的影响。

**5.1.6** 依据《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定，鼓励在大型公共建筑中使用管线系统的地震反应观测系统，以便更好地控制地震灾害。

## 5.2 荷载取值及计算

**5.2.1** 装配式综合支吊架计算计入下列各项荷载：

1 管线、阀门、管件及绝热保温层的重力；

2 装配式综合支吊架的自重；

3 管线输送介质的重力；

4 若输送介质较轻，则计入水压试验或管路清洗时的介质重力；

5 管线中柔性管件（如波形膨胀节、滑动伸缩节、柔性金属软管等）由于内部压力产生的作用力；

6 室外管线的风荷载、雪荷载；

7 管线正常运行产生的振动力。

## 5.5 构件计算

**5.5.1** 具有斜撑的横托梁与斜撑连接建议采用铰接，当有竖向吊杆时，斜撑验算不考虑承担竖向荷载作用，横托梁需在不考虑斜撑支点作用的工况下，验算竖向荷载承载能力；在地震作用组合工况下，横托梁需计入斜撑传递的最大压、拉作用。总之与斜撑连接的横托梁在上述组合作用效应的变形必须满足梁长  $L/250$  与  $50\text{mm}$  的极小值。同样对于竖向吊杆，由斜撑传递的最大拉、压作用对吊杆轴力的影响，在设计时予以考虑。

**5.5.3** 装配式综合支吊架连接构件需提供极限值、标准值及设计值。支吊架只允许在弹性或弹塑性阶段（抗震支吊架总位移量不超过  $50\text{mm}$ ）下工作，所以这里的极限值指的该构件的弹性极限。极限值、标准值按照现行国家标准 GB/T37267、GB/T38053 中相应的测试方法，依据第三方检测报告取值。首先要保证每个构件的验算结果小于该构件的设计值，同时用利用率防止设计过度。