



CECS XXX : 201X

中国工程建设协会标准

城市综合管廊装配式支吊架系统应用技术规程

Technical specification for urban utility tunnel assembled support and
hanger system

（征求意见稿）

中国 XXXX 出版社

前 言

根据中国工程建设标准化协会〔2017〕建标协字第031号文《2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划》的要求，制定本规程。

装配式支吊架系统属于机电设备的配套设施，用来支承各类机电设备及其管线，实现承重、抗震、限位、隔振等功能。为了对装配式支吊架系统的设计、施工等技术要求作出配套规定，以促进其进一步发展，本规程在总结国内外设计、施工经验和科研成果的基础上编制而成。

本规程共 9 章，主要内容包括：总则，术语和符号，基本要求，型式设计与布置，结构设计，防护，制作与安装，质量验收，维护管理等。

根据原国家计委计标〔1986〕1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求，推荐给工程建设设计、使用单位和工程技术人员采用。

本标准由中国工程建设标准化协会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中，如有意见和建议，请寄送解释单位（地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 2 号楼；邮政编码：100048）

主编单位： 中国建筑设计标准研究院有限公司

参编单位：

主编起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	4
3	基本要求	8
3.1	一般规定	8
3.2	材料及选用要求	9
4	型式设计与布置	13
4.1	型式及选型要求	13
4.2	支吊架的布置原则	18
4.3	抗震支吊架的布置	19
5	结构设计	23
5.1	一般规定	23
5.2	荷载与荷载组合	25
5.3	构件设计	29
5.4	节点和连接设计	38
5.5	构造要求	43
6	防护	46
6.1	防腐	46
6.2	隔热与防火	47
7	制作与安装	49
7.1	一般规定	49
7.2	加工与制作	49
7.3	储存及运输	52
7.4	安装	52
8	质量验收	55
8.1	一般规定	55

8.2 进场检验	55
8.3 安装质量验收	57
9 维护管理	59
9.1 一般规定	59
9.2 维护	59
9.3 管理	61
附录 A 管线排布基本要求	62
附录 B 各专业管线的支吊架间距	64
附录 C 截面尺寸与特性	68
附录 D 试验及承载力确定方法	72
本规程用词说明	76
引用标准名录	77

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	3
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	4
3	Basic requirements	8
3.1	General requirements	8
3.2	Material and selection requirements	9
4	Type design and layout	13
4.1	Types and requirements of type selection	13
4.2	Arrangement principle of supports and hangers	18
4.3	Arrangement of seismic supports and hangers	19
5	Design of structure	23
5.1	General requirements	23
5.2	Loads and combination of loads	25
5.3	Design of member	29
5.4	Design of connection and joint	38
5.5	Requirements of detailing	43
6	Protection	46
6.1	Anticorrosion	46
6.2	Temperature insulation and fireproofing	47
7	Fabrication and installation	49
7.1	General requirements	49
7.2	Processing and fabrication	49
7.3	Storage and transportation	52
7.4	Installation	52
8	Quality acceptance	55
8.1	General requirements	55
8.2	Receiving inspection	55

8.3	Quality Acceptance	57
9	Enclosure and management	59
9.1	General requirements	59
9.2	Enclosure	59
9.3	Management	61
Appendix A	Basic requirements of pipeline arrangement	62
Appendix B	Distance between supports and hangers of pipelines	64
Appendix C	Section dimensions and characteristics	68
Appendix D	Tests and determination of bearing capacity	72
	Explanation of wording in this specification	76
	List of quoted standards	77

1 总 则

1.0.1 为使装配式支吊架系统的设计和施工贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本规程。

【1.0.1】 机电设备及其管线等需要借助支架或吊架（统称支吊架）与建筑结构体（称为基材）连接固定，随着机电设备的增多以及管道直径的增大，支吊架越来越大型化，功能要求也越来越高。如果支吊架设计或施工不当，有可能使机电设备及其管线、组件受损，影响正常使用，甚至导致安全事故。

装配式支吊架系统是一种新型的支吊架体系，主要由承重构件、锚固体（锚栓、梁夹、预埋件）、连接件和管夹（管束、管箍、管卡）等组成，全部构件和零部件在工厂生产，工地通过紧固件组装成结构体系，并利用锚固体与基材形成可靠连接，如图 1 所示，不仅能够将机电设备自重与所受荷载及作用传递给建筑结构，还可以控制机电设备的位移、振动或防止固体传声，确保机电设备安全运行，改善生产和使用环境。

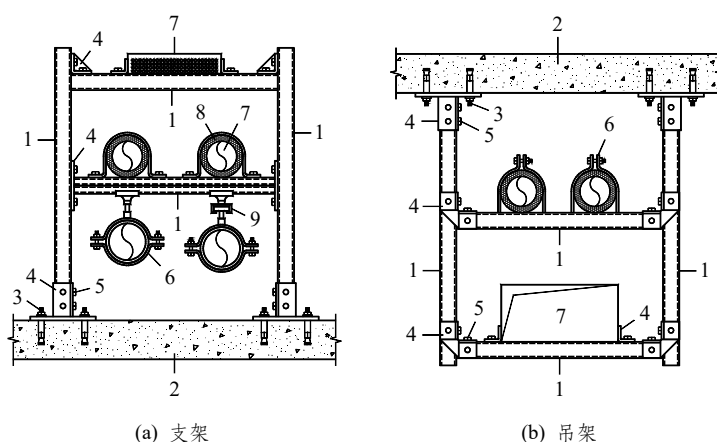


图 1 装配式支吊架系统示意图

1—承重构件；2—基材；3—锚固体；4—连接件；5—紧固件；6—管夹；
7—管道、桥架或风道；8—保温、绝缘或隔振材料；9—滑动装置

装配式支吊架系统和装配式建筑相适应，与传统支吊架相比，具有生产效率高、安装便捷、耐久性好、新颖美观等优点，便于综合排布机电设备管线和节约空间。

1.0.2 本规程适用于建筑给排水、供暖、通风、空调、燃气、热力、电力、通讯、消防等工程中机电设备的支吊架系统，以及生产工艺设备的支吊架系统。本规程中的支吊架承重构件、连接件

和紧固件均采用钢材制作，附属部件可采用其他材料制作。

【1.0.2】 装配式支吊架系统不仅可以用于各类工业与民用建筑，还可以用于城市地下综合管廊、隧道等地下工程。除了可用做给排水、供暖、通风、空调、燃气、热力、电力、通讯、消防等工程中机电设备的支承体系外，还可以用做各类生产工艺设备的支承体系。

1.0.3 装配式支吊架系统的设计、制作、安装与验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 建筑机电设备 mechanical and electrical components

为建筑使用功能或生产工艺过程服务的附属机械、电气构件、部件、管线和系统，包括给排水、供暖、通风、空调、燃气、热力、电力、通讯、消防等工程的机械和电气设备。

2.1.2 基材 base material

建筑结构体中的承重构件，比如梁、柱、楼板、承重墙等。

2.1.3 锚固体 anchorage body

将两个不同材料或相同材料的构件连接到一起共同工作的锚固件或连接件，比如锚栓、预埋件、梁夹等。

2.1.4 支吊架 support and hanger

通过锚固体与基材连接的用来支承机电设备的各类支架、吊架的统称。

2.1.5 装配式支吊架系统 assembled support and hanger system

由构件、锚固体、连接件、管夹及附属配件组成的支吊架体系，全部构件和零部件在工厂生产，工地通过紧固件组装而成。

2.1.6 承载型支吊架 bearing support and hanger

用来承担机电设备自重、所受荷载或作用的支吊架。

2.1.7 辅助型支吊架 assisted support and hanger

用来实现定向位移，或限制位移、振动，或防止固体传声等辅助功能的支吊架。

2.1.8 复合型支吊架 composite support and hanger

同时具备承载和辅助功能的支吊架。

2.1.9 柔性杆 flexible member

只能受拉不能受压或受弯的构件，比如圆钢、螺杆等细长构件。

2.1.10 刚性杆 rigid member

既能受拉也能受压或受弯的构件，比如内卷边槽钢、方管等构件。

2.1.11 抗震斜撑 seismic diagonal bracing

将机电设备所受水平地震作用传递给基材的斜向支撑，包括刚性斜撑和柔性斜撑两种。

2.1.12 抗震支吊架 seismic support and hanger

以承担机电设备所受地震作用为主要功能的支吊架，由承重构件、抗震斜撑、锚固体及连接件等组成。

2.2 符 号

2.2.1 荷载和荷载效应

B ——截面双力矩；

F_{Dk} ——由位移引起的管线作用标准值；

F_{Ek} ——水平地震作用标准值；

F_{Sk} ——由滑动摩擦引起的管线作用标准值；

G ——重力荷载标准值；

G_{eq} ——重力荷载代表值；

M ——弯矩设计值；

M_1 ——绝对值较大的端弯矩；

M_2 ——绝对值较小的端弯矩；

M_{max} ——构件的最大弯矩设计值；

M_x ——绕 x 轴的弯矩设计值；

M_y ——绕 y 轴的弯矩设计值；

N ——轴力设计值；

S_d ——不考虑地震作用时组合的效应设计值；

S_E ——考虑地震作用时组合的效应设计值；

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值产生的效应；

S_{GE} ——重力荷载代表值产生的效应；

$S_{G_i,k}$ ——第 i 个永久荷载标准值产生的效应；

$S_{Q_1,k}$ ——主导可变荷载标准值产生的效应；

$S_{Q_j,k}$ ——第 j 个可变荷载标准值产生的效应；

V ——剪力设计值；

V_{max} ——构件的最大剪力设计值；

σ_ω ——翘曲正应力；

τ ——剪应力。

2.2.2 计算指标

C ——设计对挠度、侧移等规定的限值；

E ——弹性模量；
 K ——支吊架沿管线位移方向的弹性刚度；
 M_u ——构件的抗弯承载力设计值；
 N'_E ——参数；
 N'_{Ex} ——对 x 轴的参数；
 N'_{Ey} ——考虑抗力分项系数后对 y 轴的欧拉荷载；
 R_d ——支吊架结构构件、连接的承载力设计值；
 V_u ——腹板的抗剪承载力设计值；
 f ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值；
 f_y ——钢材的屈服强度；
 f_v ——钢材抗剪强度设计值；
 β_s ——机电设备的楼面反应谱值；
 λ ——构件的长细比；
 λ_x ——构件对 x 轴的长细比；
 λ_y ——构件对 y 轴的长细比；
 λ_{ω} ——构件的弯扭屈曲换算长细比；
 τ_{cr} ——腹板的剪切屈曲临界应力。

2.2.3 几何参数

A ——毛截面面积；
 A_e ——有效截面的毛截面面积；
 A_{en} ——有效截面的净截面面积；
 A_n ——净截面面积；
 I_t ——抗扭惯性矩；
 I_x ——毛截面对 x 轴的惯性矩；
 I_y ——毛截面对 y 轴的惯性矩；
 I_{ω} ——扇性惯性矩；
 L ——距下一纵向抗震支吊架的间距；
 L_{OT} ——侧向抗震支吊架的容许最大间距；
 L_{OL} ——纵向抗震支吊架的容许最大间距；
 S ——面积矩；
 W_e ——有效截面的毛截面模量；

W_{enx} ——有效截面对 x 轴的净截面模量；
 W_{eny} ——有效截面对 y 轴的净截面模量；
 W_{ex} ——有效截面对 x 轴的毛截面模量；
 W'_{ex} ——按受拉边缘纤维确定的对 x 轴有效截面模量；
 W_{ey} ——有效截面对 y 轴的毛截面模量；
 W_{nx} ——对 x 轴的净截面模量；
 W_{ny} ——对 y 轴的净截面模量；
 W_{ω} ——毛截面扇性模量；
 a ——顺受力方向，孔边缘到耳板边缘的距离；
 b ——孔边缘到耳板边缘的净距离；
 h/t ——腹板的高厚比；
 i_x ——对 x 轴截面回转半径；
 i_y ——对 y 轴截面回转半径；
 n ——拼接处构件一端连接的高强度螺栓数；
 n_1 ——所计算截面的高强度螺栓数；
 s_i ——第 i 块板的中线长度；
 t ——板件厚度；
 t_i ——第 i 块板的厚度；
 $\sum t$ ——受弯构件腹板的厚度之和；
 δ ——管线在支承点的相对位移量；
 ω_n ——截面主扇性坐标。

2.2.4 计算系数

α_{max} ——地震影响系数最大值；
 β_m ——等效弯矩系数；
 β_{mx} ——对 x 轴的等效弯矩系数；
 β_{my} ——对 y 轴的等效弯矩系数；
 γ ——建筑机电设备构件的功能系数；
 γ_0 ——结构重要性系数；
 γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数；
 γ_{G} ——重力荷载分项系数；

γ_{G_i} ——第 i 个永久荷载分项系数；
 γ_{L_1} ——主导可变荷载考虑设计使用年限的调整系数；
 γ_{L_j} ——第 j 个可变荷载考虑设计使用年限的调整系数；
 γ_{Q_1} ——主导可变荷载的分项系数；
 γ_{Q_j} ——第 j 个可变荷载的分项系数；
 γ_R ——抗力分项系数；
 γ_{RE} ——承载力抗震调整系数；
 ε_k ——钢号修正系数；
 ζ_1 ——状态系数；
 ζ_2 ——位置系数；
 η ——建筑机电设备构件的类别系数；构件的截面系数；
 μ ——管道滑动支座的摩擦系数；
 φ ——轴心受压构件的整体稳定系数；
 φ_{bx} ——弯矩绕 x 轴作用时受弯构件的整体稳定系数；
 φ_{by} ——弯矩绕 y 轴作用时受弯构件的整体稳定系数；
 φ_x ——对 x 轴的轴心受压整体稳定系数；
 φ_y ——对 y 轴的轴心受压整体稳定系数；
 ψ_{c_j} ——第 j 个可变荷载的组合值系数。

3 基本要求

3.1 一般规定

3.1.1 建筑给排水、供暖、通风、空调、燃气、热力、电力、通讯、消防等工程中的机电设备，应设置装配式支吊架系统；生产工艺设备，宜设置装配式支吊架系统。

【3.1.1】 为与装配式建筑相适应，建筑中的支吊架应采用装配式支吊架系统。在一些发达国家中，用于生产工艺的设备也开始采用装配式支吊架系统，由于缺乏相关研究，仅推荐采用。

3.1.2 装配式支吊架系统设计前，应对所纳入的机电设备进行专项管线设计，管线排布应符合国家现行有关标准和本规程附录 A 的规定。

【3.1.2】 为确保机电设备能够安全运行，纳入支吊架的管线应根据专业特点和功能需求进行专项管线设计，管线的排布（位置、间距等）应符合相关专业规范和本规程附录 A 的规定。专项管线设计需要各专业技术人员密切配合方可完成。管线的排布不仅影响机电设备的安全运行，也直接影响装配式支吊架系统的设计。

3.1.3 装配式支吊架系统应结合机电设备进行支吊架型式设计和布置、支吊架结构设计。

【3.1.3】 装配式支吊架系统的主要设计内容和步骤如下：

根据管线系统剖面和功能要求，进行支吊架型式设计；

根据管线的受力和变形要求，确定支吊架间距，进行支吊架布置；

根据支吊架所受荷载的类型、大小，进行支吊架结构设计。

支吊架的型式设计与布置应符合本规程第 4 章的规定，支吊架的结构设计应符合本规程第 5 章的规定。

3.1.4 支吊架结构的安全等级，宜与建筑结构体的安全等级相同。

【3.1.4】 支吊架结构的安全等级，应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 的规定。对于一般建筑中的装配式支吊架系统，其安全等级宜取为二级。当支吊架结构构件的安全等级需要进行调整时，不得低于三级。

3.1.5 支吊架结构与建筑结构体间应有可靠的锚固或连接。

【3.1.5】 支吊架结构与建筑结构体间的锚固件、连接件也称为生根部件，其可靠性直接决定支吊架的安全性。

3.1.6 纳入支吊架的机电设备，应依据现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 进行抗震设计。

3.1.7 支吊架结构中的构件、连接件、紧固件和锚固体等，应进行可靠的防腐蚀处理，防腐蚀设计年限不应低于机电设备的设计使用年限和 25 年。

【3.1.7】 考虑到使用中设备有可能扩容，支吊架会更换，而且更换也比较简单，因此最低防腐蚀设计年限取 25 年。

3.1.8 装配式支吊架系统应进行防火设计，构件的燃烧性能、耐火极限应满足机电设备的要求，且不应低于表 3.1.8 的规定。

表 3.1.8 构件的燃烧性能和耐火极限

建筑类型	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
厂房（仓库）	不燃性 1.50h	不燃性 1.00h	不燃性 0.75h	难燃性 0.50h
民用建筑	不燃性 1.50h	不燃性 1.00h	不燃性 0.50h	可燃性

【3.1.8】 支吊架是机电设备的附属设施，防火要求应与机电设备相同。当机电设备无要求时，考虑到大多数支吊架支承到建筑结构的楼板上，取支吊架构件的燃烧性能、耐火极限与现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 中的楼板相同。

3.2 材料及选用要求

3.2.1 支吊架结构宜采用 Q235 钢、Q355 钢制作，也可采用奥氏体型或双相型不锈钢制作。钢材的质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700、《低合金高强度结构钢》GB/T 1591、《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》GB/T 20878 等的规定。

【3.2.1】 支吊架结构构件、连接件和零部件大多采用碳素结构钢、低合金结构钢制作。Q235 和 Q355 钢材质稳定，性能可靠，经济指标较好，宜优先采用。考虑到支吊架结构所受荷载较小，本规程没有直接推荐 Q390、Q420、Q460 等其他更高牌号的钢材，但也可以使用。

梁夹、管夹中的个别零部件也可能采用铸钢制作，其质量应符合《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352 的规定。

3.2.2 承重结构所用钢材，应具有屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、冷弯性能和硫、磷含量的合格保证。焊接构件和连接件所用钢材，尚应具有碳当量的合格保证。直接承受动力荷载或需要

验算疲劳的构件所用钢材，尚应具有相应温度的冲击韧性合格保证。

【3.2.2】 本条规定了承重结构用钢材应具有力学性能和化学成分等合格保证的项目。因装配式支吊架中的型钢构件和连接件都需要冷弯加工，冷弯性能也作为合格保证项目。

有些机电设备在运行过程中会产生周期性振动，支吊架承受循环荷载作用，需要进行疲劳计算，见本规程第 5.3.14 条。

3.2.3 钢材质量等级的选用应符合下列规定：

1 不需要疲劳计算且工作温度高于 0℃ 的支吊架结构，可采用 A 级钢，但 Q235-A 钢不宜用于焊接构件和连接件。

2 需要疲劳计算的支吊架结构所用钢材，当工作温度高于 0℃ 时质量等级不应低于 B 级，温度高于 -20℃ 但不超过 0℃ 时不应低于 C 级，温度不高于 -20℃ 时不应低于 D 级。

【3.2.3】 现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中提出“规级钢的含碳量可以不作交货条件”，由于焊接结构对钢材含碳量要求严格，所以 Q235-A 级钢不宜在焊接结构中使用。

本条中的低温情况主要是针对室外支吊架，对于支承高温管道或者处于高温环境中的支吊架，应采取防护和隔热措施，相关要求见第 6 章。

3.2.4 支吊架结构所用钢板和钢带有金属镀层时，镀层厚度和质量应符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 的规定。

【3.2.4】 支吊架结构构件可以直接采用有金属镀层的钢板或钢带冷弯加工而成，也可以冷弯成型后再镀金属层，本条文是针对第一种做法的要求。

3.2.5 紧固件及其材料应满足下列要求：

1 对由碳钢及合金钢制成的紧固件，螺栓的性能等级不应低于 8.8 级，螺母的性能等级不应低于 8 级。紧固件的性能等级和材料应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.1、《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2 的规定。

2 对由不锈钢制成的紧固件，螺栓和螺母的性能等级不应低于 50 级。紧固件的性能等级和材料应符合现行国家标准《紧固件机械性能不锈钢螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.6、《紧固件机械性能不锈钢螺母》GB/T 3098.15 的规定。

【3.2.5】 对由碳钢及合金钢制成的紧固件，性能等级有多种，其中可用于支吊架的螺栓为 8.8、10.9、12.9 级，螺母的性能等级应与螺栓的性能等级相匹配。

对由不锈钢制成的紧固件，其性能等级表示方法和分类，与由碳钢及合金钢制成的紧固件不同，其中可用于支吊架的螺栓为 50、60、70、80、110 级，螺母的性能等级应与螺栓的性能等级

相匹配。

3.2.6 螺杆的性能等级不应低于 4.8 级，并应符合现行国家标准《螺杆》GB/T 15389 的规定。

【3.2.6】 螺杆可由碳钢、不锈钢等制成，可用于支吊架的螺杆为 4.8、5.6、5.8 级。

3.2.7 锚栓类型、性能等级及其材料应满足下列要求：

1 支吊架与混凝土基材的后锚固连接，应采用适用于开裂混凝土的锚栓。抗震支吊架应采用具有抗震性能的锚栓。

2 锚栓的性能等级不应低于 5.8 级，并应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 的规定。化学锚栓应符合《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定。

【3.2.7】 混凝土结构中的梁和楼板等，在正常使用过程中或地震作用下通常会发生开裂，对锚固连接的可靠性有很大影响，因此支吊架应选用适用于开裂混凝土的锚栓。

参考现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145，后锚固技术适用于设防烈度为 8 度及 8 度以下地区的后锚固连接，9 度地区不应采用后锚固连接。设防烈度不高于 8 度（0.2g）时，可采用扩底型机械锚栓、特殊倒锥形化学锚栓。锚栓的抗震性能应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160 的规定。

3.2.8 碳素结构钢、低合金结构钢、不锈钢的焊接材料应与主体金属力学性能相适应，并应符合国家现行有关标准的规定。

【3.2.8】 装配式支吊架在工厂制作过程中需要一定数量的焊接，比如支吊架的底座和部分连接件等。目前国内支吊架的焊接已普遍采用自动焊接，焊丝、焊剂、惰性气体等应分别符合国家现行有关标准的规定。

当 Q235 钢、Q355 钢相焊接时，宜采用与低强度钢材相适应的焊接材料。对于不锈钢，不宜将两种不同类的材料进行焊接。

3.2.9 钢材的强度设计值和物理性能指标、焊缝的强度设计值、螺栓连接的强度设计值等，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 以及团体标准《不锈钢结构技术规程》CECS 410 执行。

3.2.10 在支吊架设计图纸和材料订货文件中，应注明所采用的钢材牌号和等级、供货条件等以及连接材料的型号和对钢材所要求的力学性能和化学成分的附加保证项目。

【3.2.10】 本条提出在支吊架设计和钢材订货中应具体考虑的一些注意事项。

3.2.11 装配式支吊架系统中所用非金属材料性能应符合国家现行有关标准的规定。

【3.2.11】 选用非金属材料的型号和类别时，应充分考虑下列因素：与机电设备管线直接接触的

材料，应考虑绝缘、降噪、保温、防火等性能要求；温度变化及长时间使用等因素对材料性能的影响；环保要求等。

4 型式设计与布置

4.1 型式及选型要求

4.1.1 按空间组成形式不同，装配式支吊架可分为平面型和空间型两类。平面型包括直锚式、单杆式、三角形、T形、L形、门形、井字形、预埋槽道式等多种，如图 4.1.1-1 所示。空间型包括桁架式、框架式等多种，如图 4.1.1-2 所示。支吊架的形式可依据下列原则选用：

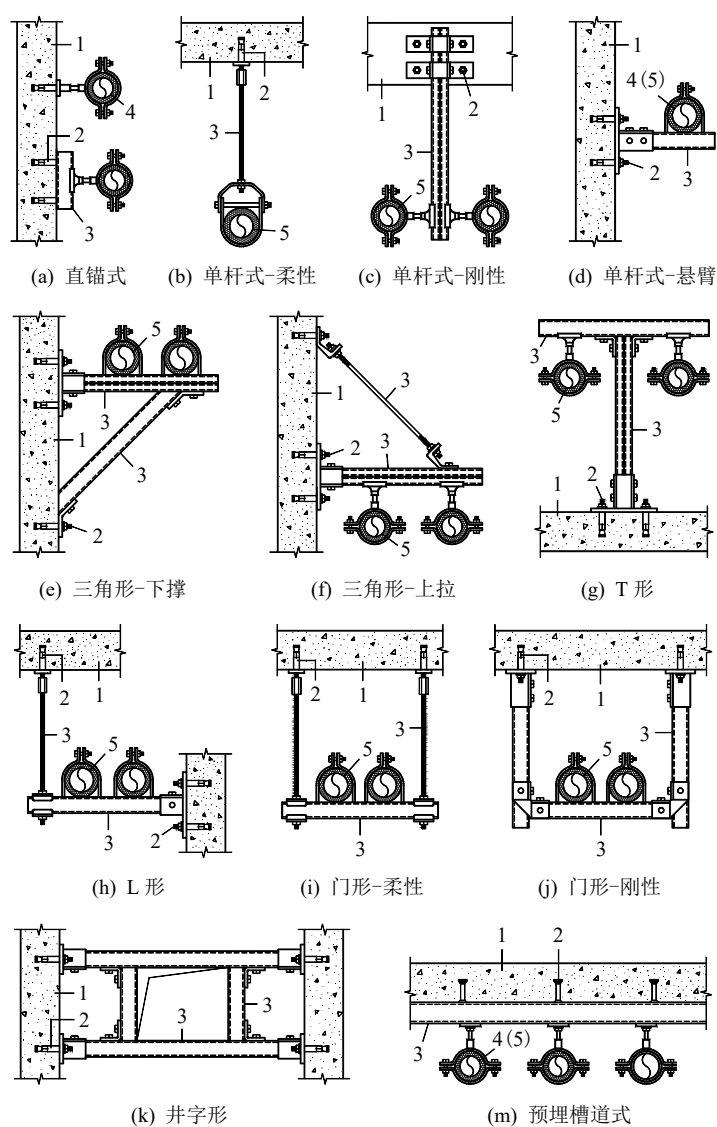


图 4.1.1-1 平面型支吊架示意图

1—基材；2—锚固体；3—承重构件；4—立管；5—水平管

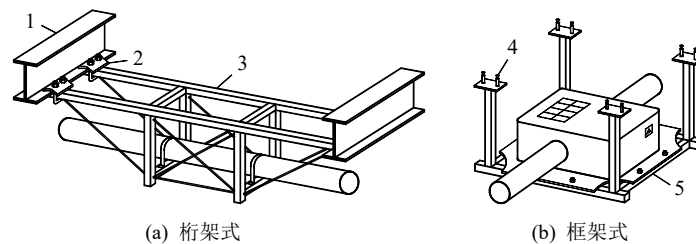


图 4.1.1-2 空间型支吊架示意图

1—钢梁；2—梁夹；3—桁架；4—锚栓；5—框架

- 1 管线数量少且截面尺寸小于 300mm 时，宜选用直锚式、单杆式、三角形、T 形支吊架。
- 2 管线数量多或截面尺寸不小于 300mm 时，宜选用三角形、T 形、L 形、门形支吊架，条件具备时多条管线也可以选用预埋槽道式支吊架。
- 3 支承支吊架的建筑结构构件间距较大时，可选用桁架式支吊架。
- 4 需要面支承或多点支承的机电设备宜选用框架式支吊架。

【4.1.1】 平面型支吊架主要用于需要点支承的管线类机电设备，空间型支吊架主要用于大跨度支吊架以及需要面支承或多点支承的机电设备。

图 4.1.1-1 和图 4.1.1-2 仅给出了比较常见的支吊架组成形式，但不局限于此，比如还有 F 形、Γ 形、悬臂桁架式等。在各种形式的支吊架中，受拉构件可以采用柔性杆，但受压和受弯构件必须采用刚性杆。

4.1.2 装配式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，如图 4.1.1-1 和图 4.1.1-2 所示。支吊架的支承方式应按下列原则确定：

- 1 应考虑建筑结构构件类型、位置、建筑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、柱以及承重墙等结构构件进行可靠连接，且不得影响结构构件的安全。砌块墙、轻质隔墙等非结构构件不得作为支吊架的支承。

【4.1.2】 上部支承时属于吊架，如图 4.1.1-1(b)、(c)、(i)、(j)和图 4.1.1-2(b)。侧面和下部支承时属于支架，如图 4.1.1-1(d)、(e)、(f)、(g)、(k)和图 4.1.1-2(a)。图 4.1.1-1(h)中，上部和侧面均有支承，属于混合支承。

为保障支吊架及其支承机电设备的安全，建筑中的非结构构件不得作为支吊架的支承体。一般情况下，建筑结构构件的尺寸较大且支吊架的荷载较小，支吊架荷载及其锚固连接对建筑结构构件的影响较小，但当建筑结构构件的截面尺寸较小或承载能力有限时，支吊架的锚固或荷载有可能会引起建筑结构构件的破坏，此时应与结构工程师进行协商与核算。

4.1.3 按竖向承重构件的刚度不同，装配式吊架可分为柔性吊架、刚性吊架两种型式，如图 4.1.1-1

(b)、(c)、(i)、(j)所示。柔性吊架应按下列原则选用：

- 1 允许机电设备在支承点处发生水平位移时，宜选用柔性吊架。
- 2 不允许机电设备在支承点处发生水平位移时，宜选用刚性吊架，或者在柔性吊架的上设置斜撑来限制水平位移。

【4.1.3】 吊架的竖向承重构件采用螺杆等柔性杆时，属于柔性吊架，不能约束管线的水平位移。吊架的竖向承重构件采用内卷边槽钢等刚性杆时属于刚性吊架，竖向承重构件与基材应采用刚性连接构造，能够约束管线的水平位移。

4.1.4 装配式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，如图 4.1.4 所示。管线数量较多或管线间有位置、间距等要求时，宜选用多层、多跨支吊架。

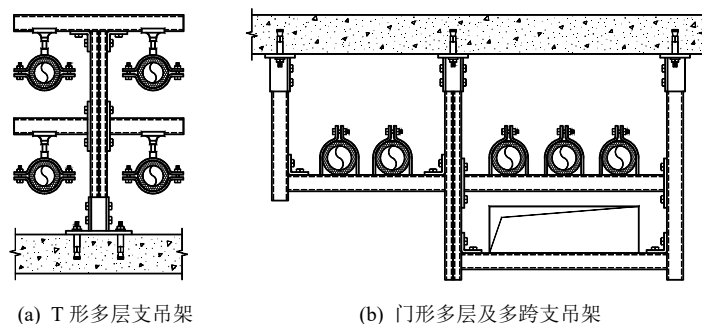


图 4.1.4 支吊架的层数与跨数示意图

4.1.5 装配式支吊架按主要功能不同，可分为承载型支吊架、辅助型支吊架以及复合型支吊架三类。承载型包括重力支吊架和抗震支吊架两种，辅助型包括固定支吊架、限位（滑动、滚动、抑制振动）支吊架、隔振支吊架等多种。不同功能的支吊架应按下列原则选用：

- 1 所有机电设备均应设置重力支吊架。
- 2 抗震支吊架应根据本规程第 4.3 节的要求进行布置。
- 3 机电设备无位移或不宜发生位移时，应选用固定支吊架；有位移或振动时，应选用限位支吊架，且位移方向和位移量应匹配，避免设备及管线受损。
- 4 机电设备有振动且场所对隔音防噪要求严格时，应选用隔振支吊架。

【4.1.5】 重力支吊架以承担机电设备重力荷载为主要功能；抗震支吊架以承担机电设备的地震作用为主要功能，同时也可以承担重力荷载。

固定支吊架不允许机电设备发生任意方向的位移，可在承载型支吊架的基础上利用管夹将机电设备与支吊架紧密、可靠连接。

限位支吊架允许机电设备发生定向位移，可在承载型支吊架的基础上根据需求增加导向、滑

动、滚动、补偿器等装置；当有需求时，限位支吊架还应能抑制机电设备的振动。

隔振支吊架用来降低因机电设备振动而引起的固体传声，可在承载型支吊架的基础上增加隔振垫、弹簧等降噪装置。

4.1.6 抗震支吊架按承担的水平地震作用方向不同，可分为侧向抗震支吊架、纵向抗震支吊架和双向抗震支吊架三种型式，如图 4.1.6 所示。各类抗震支吊架应按下列原则选用：

- 1 需要承担侧向水平地震作用时，应选用侧向抗震支吊架。
- 2 需要承担纵向水平地震作用时，应选用纵向抗震支吊架。
- 3 需要同时承担侧向和纵向水平地震作用时，应选用双向抗震支吊架。

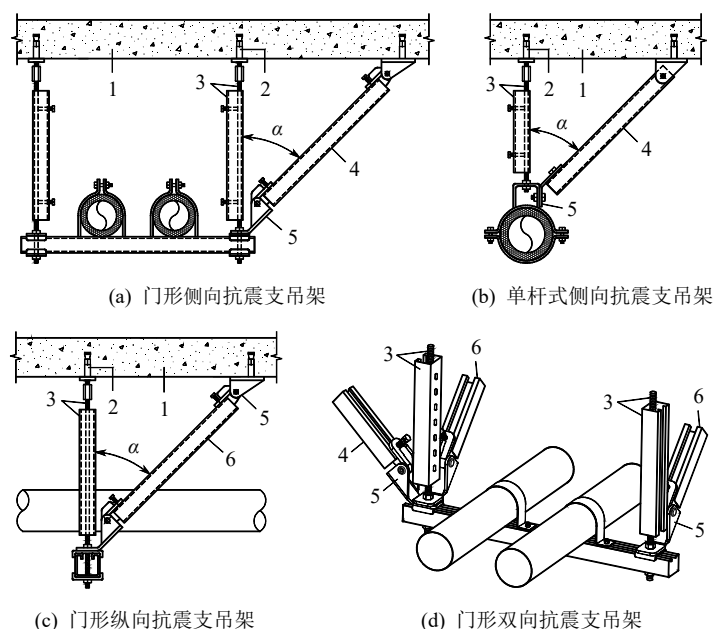


图 4.1.6 抗震支吊架示意图

1—基材；2—锚固体；3—螺杆和型钢组成的竖向承重构件；

4—侧向抗震斜撑；5—连接件；6—纵向抗震斜撑； α —夹角

【4.1.6】 侧向抗震支吊架中的抗震斜撑与管道横截面平行，称为侧向抗震斜撑，侧向抗震斜撑与竖向承重构件组成几何不变体系，用来承担侧向水平地震作用，并传递给建筑结构体。

纵向抗震支吊架中的抗震斜撑与管道纵剖面平行，称为纵向抗震斜撑，纵向抗震斜撑与竖向承重构件组成几何不变体系，用来承担纵向水平地震作用，并传递给建筑结构体。

双向抗震支吊架同时设有侧向抗震斜撑和纵向抗震斜撑，可以承担任意方向的水平地震作用。各类抗震支吊架不限于图 4.1.6 中所示形式。

4.1.7 抗震支吊架的构件及组成形式应满足下列要求：

- 1 抗震斜撑与承重构件之间的夹角，见图 4.1.6 中的 α ，以 45° 为宜，不应小于 30° 。
- 2 抗震吊架中的竖向承重构件宜采用刚性杆，如采用柔性杆，应在其外部增加刚性杆加固，如图 4.1.6 所示。
- 3 抗震斜撑可采用刚性杆或柔性杆。采用刚性杆时，可仅在支吊架一侧设置，如图 4.1.7(a)、(b)、(c)、(d)所示；采用柔性杆时，应在支吊架的两侧对称设置，如图 4.1.7(e)、(f)所示。

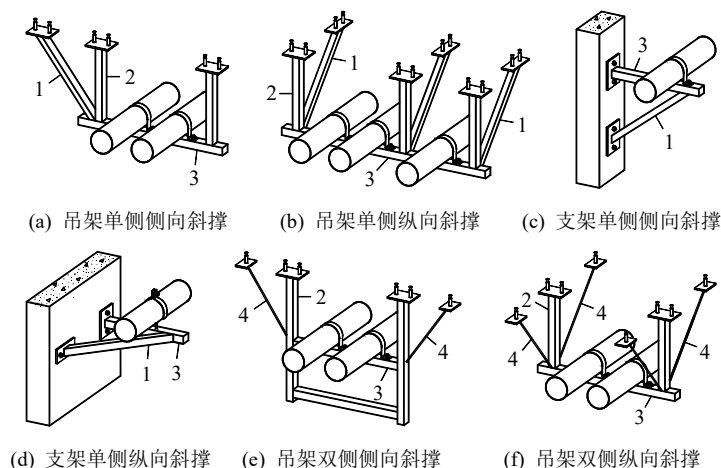


图 4.1.7 抗震斜撑的布置示意图

1—刚性抗震斜撑；2—竖向承重构件；3—横向承重构件；4—柔性抗震斜撑

- 4 多跨支吊架中的纵向抗震斜撑，宜在每个竖向承重构件处设置，如图 4.1.7(b)所示，也可仅在最外侧的两个竖向承重构件处设置，但无斜撑处的横向承重构件应连续不断且能承担相应的地震作用。
- 5 多层支吊架宜在每层设置抗震斜撑，也可仅在距离锚固体最远层或中间层设置抗震斜撑，如图 4.1.7(c)所示，但无斜撑处的竖向承重构件应连续不断且能承担相应的地震作用。
- 6 无位移要求的管线应与抗震支吊架紧密、可靠连接。

【4.1.7】 本条主要从结构角度对抗震支吊架的构件及组成提出了要求。

- 1 抗震斜撑的夹角过小时，不利于承担地震作用，过大时所需空间较大。
- 2 竖向承重构件采用刚性杆时才能与抗震斜撑组成几何不变体系，承担水平地震作用。
- 3 当抗震斜撑采用柔性杆时，需要对称设置才能抵抗循环地震作用。
- 4 支吊架上管线质量分布通常不均匀，为防止纵向水平地震作用下支吊架发生扭转，宜在每个竖向承重构件处设置纵向斜撑。当支吊架多跨且中间竖向承重构件处无纵向斜撑时，为保证几何不变并能传递地震作用，横向承重构件应连续不断。
- 5 当多层支吊架仅设置一道抗震斜撑时，无斜撑层的地震作用需要通过竖向承重构件传递到

有斜撑层，竖向构件受弯，要求连续不断，且应进行相应计算。

6 抗震支吊架用来承担设备或管道的水平地震作用，设备或管道与支吊架的连接必须紧密、可靠。对于有热胀冷缩等位移要求的管道，侧向抗震支吊架应允许管道发生纵向位移。

4.1.8 当沿墙面敷设的管道设有垂直于墙面的刚性承重构件，如图 4.1.1-1(d)、(e)、(f)、(h)所示，且管夹能可靠紧固管道时，可兼做侧向抗震支架。

【4.1.8】 横向承重构件在承担竖向荷载的同时，也可以承担侧向水平地震作用。

4.1.9 装配式支吊架选型时，还应考虑下列因素：

- 1 不应影响其他未纳入支吊架机电设备的安装和运行。
- 2 方便施工，便于维护，造价合理。
- 3 必要时可以预留适当的机电设备扩展空间。

4.1.10 当同一位置需要设置不同型式的支吊架时，宜选用复合型支吊架。

4.2 支吊架的布置原则

4.2.1 各类管线均应沿纵向设置支吊架，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的间距值中的最小值。

【4.2.1】 本条给出了支吊架布置的原则性要求，包括功能、承载能力、变形、维护等几个方面。

4.2.2 除国家现行有关标准的规定外，各类管线宜在下列位置处设置支吊架：

- 1 管线的起始点、终点、三通、弯头附近，管线穿墙部位以及引入、引出位置。
- 2 内部介质为易燃易爆气（液）体或腐蚀性液体管道的拼接接头附近。
- 3 管线线路中间有轻型工作设备或转换设备时。
- 4 管道截面或形状发生改变处。

【4.2.2】 本条给出了需要设置支吊架位置的一般性要求。

4.2.3 相邻支吊架间管线的承载能力应符合国家现行有关标准的规定和设计要求。当无要求时，水平敷设刚性管道在自重作用下的弯曲应力，不应超过设计温度下管道材料许用应力的 1/2。

【4.2.3】 水平敷设的刚性管道在自重作用下以受弯为主，类似于多跨连续梁，如图 2 所示， q 为管道的自重线荷载。当现行国家标准以及设计文件无要求时，管道承载力的计算方法以及材料

许用应力可参照现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 执行。

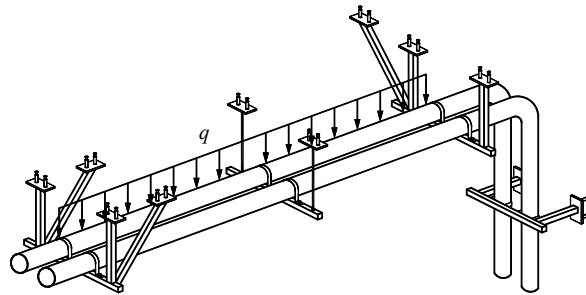


图2 支吊架间的管线受力示意图

4.2.4 相邻两个支吊架间管线的变形值应符合国家现行有关标准的规定和设计要求。当设计无要求时，水平敷设的刚性管道在自重标准值作用下的最大弯曲挠度，不宜超过 15mm 和管道跨度的 1/250。

4.2.5 当管线未按照本规程第 4.2.3 条、第 4.2.4 条的规定进行承载能力和变形验算时，支吊架的布置应符合国家现行有关标准的规定，见本规程附录 B。

【4.2.5】 本规程附录 B 依据相关专业的现行国家标准，给出了给排水及采暖系统、通风与空调系统、燃气系统、电气系统、自动灭火系统等管线支吊架的布置规定。

4.3 抗震支吊架的布置

4.3.1 室内水平敷设的给水、热水以及消防管道，当其公称直径大于或等于 65mm 时，应设置抗震支吊架。

4.3.2 矩形截面且面积大于或等于 0.38m²、圆形截面且直径大于或等于 700mm 的风道，可采用抗震支吊架。

4.3.3 内径大于或等于 25mm 的燃气管道，应设置抗震支吊架。

4.3.4 内径大于或等于 60mm 的电器配管以及重力不小于 150N/m 的电线套管及电缆梯架、电缆托盘和电缆槽盒，应设置抗震支吊架。

4.3.5 锅炉房、制冷机房、热交换站内的管道应设置抗震支吊架。多根管道共用支吊架或管径大于或等于 300mm 的单根管道支吊架，宜采用门形抗震支吊架。

【4.3.1~4.3.5】 根据现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981，给出了需要设置抗震支吊架的条件。

4.3.6 防烟风道、事故通风风道及相关设备应采用抗震支吊架。

【4.3.6】 地震灾害极易伴随火灾、有害气体泄露等次生灾害，防排烟系统、事故通风风道是保

障人员安全疏散的重要措施之一，必须严格按照要求设置抗震支吊架。

4.3.7 对重力不超过 1.8kN 的设备和吊杆计算长度不超过 300mm 的吊杆悬挂管道，其吊架可不考虑抗震设防要求。

4.3.8 水平管道侧向、纵向抗震支吊架的最大设计间距应符合表 4.3.8 的规定。

表 4.3.8 抗震支吊架的容许最大间距

管道类别		侧向抗震支吊架 的容许最大间距 (m)	纵向抗震支吊架 的容许最大间距 (m)
给水、热水及消防 管道	新建工程刚性连接金属管道	12.0	24.0
	新建工程柔性连接金属管道；非金属及复合管道	6.0	12.0
燃气及热力管道	新建燃油、燃气、医用气体、真空管、压缩空气管、蒸汽管、高温热水管及其他有害气体管道	6.0	12.0
通风及排烟管道	新建工程普通刚性材质风管	9.0	18.0
	新建工程普通非金属材质风管	4.5	9.0
电线套管及电缆 梯架、电缆托盘和 电缆槽盒	新建工程刚性材质电线套管、电缆梯架、电缆托盘和电缆槽盒	12.0	24.0
	新建工程非金属材质电线套管、电缆梯架、电缆托盘和电缆槽盒	6.0	12.0

注：改建工程最大抗震加固间距为上表中数值的一半。

【4.3.8】 本条根据 GB 50981，给出了抗震支吊架的最大设计间距要求。

4.3.9 每段水平直管道应在两端设置侧向抗震支吊架。当两个侧向抗震支吊架的间距大于设计间距时，应在中间增设侧向抗震支吊架。

4.3.10 每段水平直管道至少应设置一个纵向抗震支吊架。当两个纵向抗震支吊架的间距大于设计间距时，应在中间增设纵向抗震支吊架。

【4.3.9~4.3.10】 每段水平直管段至少在两端设置侧向抗震支吊架、在某一合适位置设置一个纵向抗震支吊架，如图 3 所示的 AB 水平管段。当支吊架的间距大于设计值时，应增设相应侧向或纵向抗震支吊架。

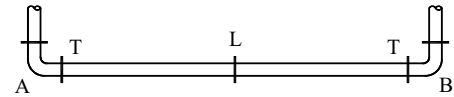


图 3 水平直管段的最少抗震支吊架布置示意图

T—侧向抗震支吊架；L—纵向抗震支吊架

4.3.11 刚性水平管道应在离转弯处 0.6m 范围内设置侧向抗震支吊架。当斜撑直接作用于管道时，可作为另一侧管道的纵向抗震支吊架，且距下一纵向抗震支吊架间距 L 应按下式计算：

$$L = \frac{L_{0T} + L_{0L}}{2} + 0.6 \quad (4.3.11)$$

式中： L_{0T} 、 L_{0L} ——侧向抗震支吊架的容许最大间距、纵向抗震支吊架的容许最大间距（m），按表 4.3.8 取用。

【4.3.11】 如图 4 所示，AB 管段在转弯处 0.6m 范围内设置了 1 号侧向抗震支吊架，如果斜撑直接作用于管道，则可兼做 BC 管段的侧向抗震支吊架，1 号抗震支吊架距离 2 号纵向抗震支吊架的间距 L 可按式（4.3.11）计算。

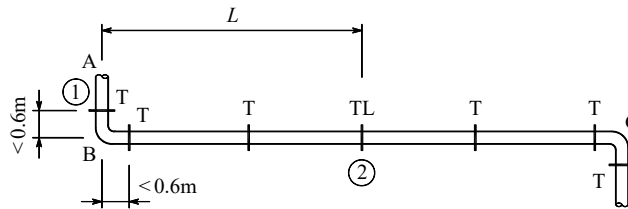


图 4 水平管道转弯时的抗震支吊架布置示意图

T—侧向抗震支吊架；TL—双向抗震支吊架

如果在管道拐弯处，有柔性连接时，应考虑柔性连接在地震作用下的位移控制，抗震支吊架需紧贴柔性连接安装；如果承载力验算满足要求，则可无需参考公式设置安装距离。

4.3.12 刚性连接的水平管道需要 Z 形弯折时，管道在两个相邻抗震支吊架间因弯折引起的横向偏移值应符合下列规定：

- 1 水管及电线套管不得大于最大横向支吊架间距的 1/16。
- 2 风管、电缆梯架、电缆托盘和电缆槽盒不得大于其宽度的两倍。

【4.3.12】 对于刚性连接的水平管道，当必须发生 Z 形弯折时，如图 5 所示，为避免纵向地震作用引起弯折处发生破坏，本条对横向偏移值做出限值规定。

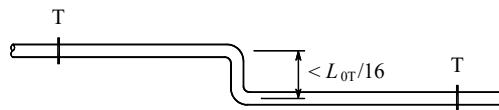


图 5 刚性连接的水平管道横向偏移示意图

4.3.13 当管道横向偏移量大于第 4.3.12 条要求，且不超过 4m 时，偏移管道两侧均需设置抗震支吊架；当管道横向偏移量大于 4m 时，应按新水平直管设置抗震支吊架。

4.3.14 立管抗震支架布置原则应与水平管道一致。

4.3.15 当立管通过套管穿越结构楼层且套管可限制立管的侧向位移时，套管可作为立管的侧向抗震支撑。

4.3.16 抗震支吊架的设置还应满足下列要求：

- 1 穿过隔震层的机电工程管道，应在隔震层两侧设置抗震支吊架。
 - 2 水平管道在安装柔性补偿器及伸缩节的两端应设置侧向抗震支吊架。
 - 3 金属导管、刚性塑料导管、电缆梯架或电缆槽盒穿越防火分区时，应在贯穿部位附近设置抗震支吊架。
 - 4 当水平管道通过垂直管道与地面设备连接时，水平管道距离垂直管道 0.6m 范围内应设置侧向抗震支吊架，垂直管道底部距地面大于 0.15m 时应设置抗震支吊架。
 - 5 重力大于 1.8kN 的空调机组、风机、蓄电池等设备采用吊挂方式时，应设置抗震吊架。
- 4.3.17** 对于门式抗震支吊架，当管道上的附件质量大于 25kg 且与管道采用刚性连接，或附件质量为 9kg~25kg 且与管道采用柔性连接时，应设置侧向及纵向抗震支吊架。

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 支吊架结构采用以概率理论为基础的极限状态设计法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行设计。

5.1.2 支吊架结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

【5.1.2】 承载能力极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载力,或不适于继续承载的变形的状态,包括:构件或连接的强度破坏、脆性断裂,结构或构件丧失稳定性,几何不变体系变为机动体系,不适于继续承载的过度变形等。

正常使用极限状态对应于结构或构件达到使用功能上允许的某个限值的状态,包括:影响结构构件、非结构构件正常使用或外观的变形、振动,影响正常使用或耐久性能的局部损坏等。

5.1.3 支吊架结构按承载能力极限状态设计时,持久设计状况、短暂设计状况应满足下式要求:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (5.1.3)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一级、二级和三级的结构构件, γ_0 分别不应小于 1.1、1.0 和 0.9;

S_d ——不考虑地震作用时荷载组合的效应设计值,应符合本规程第 5.2.9 条的规定;

R_d ——支吊架结构构件、连接的承载力设计值。

【5.1.3】 持久设计状况是在结构使用过程中一定出现,且持续期很长的设计状况,其持续期一般与设计使用年限为同一数量级。

短暂设计状况是在结构施工和使用过程中出现的概率较大,但与设计使用年限相比,其持续期很短的设计状况,比如有检修荷载参与的组合等。

5.1.4 抗震设防烈度为 6 度地区的甲类建筑以及 7 度~9 度地区建筑中的支吊架结构,应进行地震作用组合的效应验算。地震设计状况应满足下式要求:

$$S_E \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (5.1.4)$$

式中: S_E ——考虑多遇地震作用时,组合的效应设计值应符合本规程第 5.2.10 条的规定;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, γ_{RE} 可取 1.0。

【5.1.4】 根据现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981 的规定,6 度地区甲类建筑及 7 度~9 度地区建筑中的支吊架结构构件必须采取抗震措施并进行抗震验算,6 度地区除甲类

外建筑中的支吊架可不进行抗震验算，但应采取抗震措施。

抗震设防烈度应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定，抗震设防类别应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定。

5.1.5 支吊架结构按正常使用极限状态设计时，应采用效应的标准组合，并应满足下式要求：

$$S_d \leq C \quad (5.1.5)$$

式中： S_d ——荷载组合的效应设计值，如挠度等，应符合本规程第 5.2.11 条的规定；

C ——设计对挠度等规定的限值，按本规程第 5.1.11 条取值。

5.1.6 装配式支吊架结构的设计使用年限，不应低于机电设备的设计使用年限和 25 年。

5.1.7 支吊架结构的内力和位移应按弹性分析方法计算。

【5.1.7】 装配式支吊架结构由冷弯薄壁型钢组成，构件的板件较薄，从安全角度考虑，不宜利用其塑性的发展，因此本条规定应采用弹性分析方法。

弹性分析时可采用一阶或二阶方法。对于吊架，因二阶效应不显著，一阶分析和二阶分析区别不大；对于落地式多层支架，二阶效应明显，可采用二阶弹性分析法。

5.1.8 支吊架结构分析时，可采用平面或空间杆系模型，结构及构件连接节点的计算模型应与实际工作性能相匹配。

【5.1.8】 支吊架结构宜采用有限元方法进行分析。当构件连接存在较大偏心时，应考虑偏心的影响。另外，连接节点的刚度情况也比较复杂，很多节点不能简单看作刚接或铰接。基于上述情况，本条对分析时的计算模型提出要求。

5.1.9 支吊架结构构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，整体稳定性应按有效截面的毛截面计算，变形和各种稳定系数均可按毛截面计算。常用型钢截面尺寸及特性见本规程附录 C。

【5.1.9】 支吊架构件中的板件厚度普遍在 2mm~3mm 之间，板件宽厚比较大，在压应力作用下容易发生局部屈曲，需要采用有效截面进行构件的受压强度和稳定计算。

5.1.10 支吊架构件中受压板件有效宽度的计算方法，应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

【5.1.10】 构件中受压板件的有效宽度与板件的边界条件（加劲板、部分加劲板、非加劲板）、应力分布情况、板件的宽厚比、板件稳定系数、板组约束系数等有关，相关参数的计算或取值方法应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

对于本规程附录 C 中的内卷边槽钢以及由两个内卷边槽钢拼合而成的卷边 H 形钢，如果板件

受压，计算时可认为 a 板和 b_1 板全截面有效， h 板属于部分加劲板件， b 板属于加劲板件。

5.1.11 支吊架的变形应符合下列规定：

- 1 变形容许值应符合机电设备的运行要求、国家现行有关标准的规定和设计要求。
- 2 当无规定或要求时，支吊架中受弯构件的容许挠度为 $l/250$ ， l 为受弯构件的计算跨度（悬臂构件为悬臂长度的 2 倍）。

5.2 荷载与荷载组合

5.2.1 装配式支吊架系统的荷载包括永久荷载、可变荷载、管线作用和地震作用等。

【5.2.1】 管线热胀冷缩、沉降缝两侧的不均匀沉降、防震缝两侧的相对位移以及振动等，都会对支吊架产生作用，本规程称之为管线作用。

5.2.2 永久荷载包括支吊架所支承机电设备及附件、内衬、外裹保温层等的自重、装配式支吊架系统的自重。当管道内部介质的自重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。永久荷载标准值应按下列规定取值：

- 1 机电设备及附件的自重应按实际情况或设备技术参数采用。
- 2 管道内部介质自重、支吊架系统自重的取值，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 执行。

【5.2.2】 生活用水、中水、消防管道、制冷剂管道等的内部介质可按永久荷载考虑。

5.2.3 室内支吊架系统的可变荷载包括施工和检修荷载，室外支吊架系统的可变荷载还包括风荷载、雪荷载和裹冰荷载等。当管道内部介质的自重随时间变化且变化值与平均值相比不可以忽略时，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，并应布置在最不利位置处进行验算；当施工荷载有可能超过时，应按实际情况采用。

- 2 风荷载、雪荷载和裹冰荷载，应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 执行。

【5.2.3】 室内支吊架系统不考虑风荷载、雪荷载和裹冰荷载。热力管道、排水管道等的内部介质可按可变荷载考虑。

5.2.4 管线作用的计算方法应符合下列规定：

- 1 沿管线位移方向为固定支吊架时，由位移引起的管线作用标准值可按下列式计算：

$$F_{Dk} = K\delta \quad (5.2.4-1)$$

- 2 管线采用滑动支座的支吊架，由滑动摩擦引起的管线作用标准值可按下列式计算：

$$F_{Sk} = \mu G \quad (5.2.4-2)$$

式中： F_{Dk} ——沿管线位移方向施加于支承点的管线作用标准值（N）；

K ——支吊架在管线位移方向的弹性刚度（N/mm），应根据支吊架结构的型式、在锚固端的连接方式等，采用合理的力学模型计算确定；

δ ——管线在支承点处的相对位移量（mm），热胀冷缩引起的位移可根据温差和线膨胀系数计算确定，跨越沉降缝、防震缝管线的相对位移可根据设计容许位移值确定；

F_{Sk} ——由滑动摩擦引起的沿管线滑动方向施加于支承点的管线作用标准值（N）；

μ ——管道滑动支座的摩擦系数，按相关产品的技术标准或设备技术参数采用；

G ——管道滑动支座所承担的管道及其内部介质的重力标准值之和（N）。

【5.2.4】 热胀冷缩引起的位移沿管线纵向，沉降缝引起的位移一般为竖向，如图 6(a)所示。沿位移方向为机动体系的支吊架以及位移灵活的支吊架，如图 6(b)所示，可不计算管线作用。

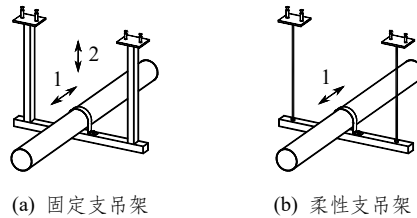


图 6 管线位移方向示意

1—纵向位移；2—竖向位移

5.2.5 当支吊架上敷设的振动刚性管道重量超过全部管道重量的 30%时，振动管道对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，沿管道侧向、纵向的荷载均应乘以 1.2 的动力系数。

2 当未采取减振或隔振措施时，沿管道侧向、纵向的荷载均应乘以 1.5 的动力系数。

5.2.6 机电设备地震作用的计算方法应符合下列规定：

1 机电设备自身重力产生的水平地震作用标准值，可采用等效侧力法按下式计算：

$$F_{Ek} = \eta \gamma \zeta_1 \zeta_2 \alpha_{\max} G_{eq} \quad (5.2.6-1)$$

式中： F_{Ek} ——沿最不利方向施加于机电设备重心处的水平地震作用标准值（N）；

η 、 γ ——建筑机电设备构件的类别系数、功能系数，按表 5.2.6 的规定取用；

ζ_1 ——状态系数，对支承点低于质心的任何设备和柔性体宜取 2.0，其余情况可取 1.0；

ζ_2 ——位置系数，建筑的顶点宜取 2.0，底部宜取 1.0，沿高度线性分布；

$\alpha_{\max}$ ——地震影响系数最大值，可按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中多遇地震下的规定值取用；

G_{eq} ——重力荷载代表值 (N)，取机电设备自重标准值与各可变荷载标准值之和，各可变荷载的组合值系数应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 执行。

表 5.2.6 建筑机电设备构件的类别系数和功能系数

构件、部件所属系统	η	γ		
		甲类建筑	乙类建筑	丙类建筑
消防系统、燃气及其他气体系统；应急电源的主控系统、发电机、冷冻机等	1.0	2.0	1.4	1.4
电梯的支承结构，导轨、支架，轿厢导向构件	1.0	1.4	1.0	1.0
悬挂式或摇摆式灯具，给排水管道、通风空调系统管道及电缆桥架	0.9	1.4	1.0	0.6
其他灯具	0.6	1.4	1.0	0.6
柜式设备支座	0.6	1.4	1.0	0.6
水箱、冷却塔支座	1.2	1.4	1.0	1.0
锅炉、压力容器支座	1.0	1.4	1.0	1.0
公共天线支座	1.2	1.4	1.0	1.0

2 机电设备（含支吊架）体系的自振周期大于 0.1s 且其重力大于所在楼层重力的 1%，或机电设备的重力大于所在楼层重力的 10%时，宜采用整体建筑结构模型进行抗震计算，也可采用楼面反应谱法计算。

3 采用楼面反应谱法时，水平地震作用标准值宜按下式计算：

$$F_{Ek} = \eta\gamma\beta_s G_{eq} \quad (5.2.6-2)$$

式中： β_s ——机电设备的楼面反应谱值。

【5.2.6】 对于普通管线，由于竖向地震作用较小，而且支吊架的竖向刚度较大，一般不考虑竖向地震作用。对于特殊机电设备，如果竖向地震作用较大，可按现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定计算地震作用。

1 等效侧力法（底部剪力法）适用于基本振型主导的规则和高度比较小的结构，绝大多数支吊架就属于这一类。由于结构的高阶振型对于结构剪力的影响有限，采用简化的方式也可满足工程设计精度的要求。采用等效侧力法时，应根据所属建筑要求、所属部位的功能系数、类别系数进行水平地震作用计算。

2 机电设备（含支吊架）体系的自振周期可采用单质点模型计算。对于支承条件复杂的机电设备，其计算模型应符合相应设备标准的要求。

3 楼面反应谱计算的基本方法是随机振动法和时程分析法，当非结构构件的材料与主体结构

体系相同时，可直接利用时程分析软件得到。机电设备的楼面反应谱值，取决于抗震设防烈度、场地条件、机电设备与结构体系之间的周期比、质量比和阻尼，以及机电设备的支承位置、数量和连接性质等。

5.2.7 各类荷载的作用点应按下列规定采用：

- 1 重力类荷载（管线自重、雪荷载） G 、风荷载 F_w 均可按作用在管线中心考虑，其中风荷载为横风向，如图 5.2.7(a)所示。
- 2 水平地震作用 F_{Ek} 应沿任一水平方向，施加于机电设备的重心。
- 3 当管线与支吊架承重构件接触时，管线作用位于接触面，见图 5.2.7(b)；不接触时，管线作用位于靠承重构件一侧的管线表面处，见图 5.2.7(c)。
- 4 滑动类管线的摩擦力位于滑动接触面。

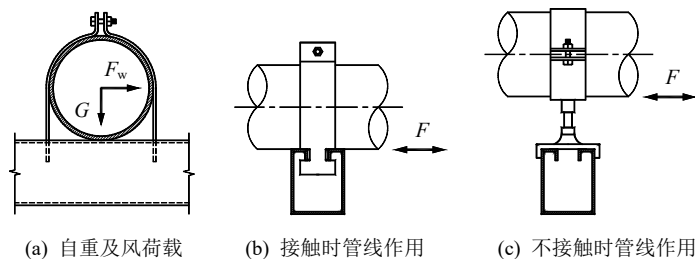


图 5.2.7 荷载作用位置示意图

5.2.8 荷载组合应符合下列原则：

- 1 施工或检修集中荷载不与管线自重以外的其它荷载同时考虑。
- 2 室外支吊架系统的风荷载不与地震作用同时考虑。
- 3 位移引起的管线作用不与滑动引起的管线作用同时考虑。

5.2.9 持久设计状况和短暂设计状况下，应采用荷载的基本组合，基本组合的效应设计值 S_d 应按下式中最不利的效应设计值确定：

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} S_{G_{i,k}} + \gamma_{Q_1} \gamma_{L_1} S_{Q_{1,k}} + \sum_{j=2}^n \gamma_{Q_j} \gamma_{L_j} \psi_{c_j} S_{Q_{j,k}} \quad (5.2.9)$$

式中： γ_{G_i} ——第 i 个永久荷载分项系数，当永久荷载效应对结构承载力不利时应取 1.3，有利时取值不应大于 1.0；

$S_{G_{i,k}}$ ——第 i 个永久荷载标准值产生的效应；

γ_{Q_1} 、 γ_{Q_j} ——主导可变荷载、第 j 个可变荷载的分项系数，当可变荷载效应对结构承载力不利时应取 1.5，有利时取 0；

γ_{L_1} 、 γ_{L_j} ——主导可变荷载、第 j 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, 其余可按差值法确定;

$S_{Q_{1k}}$ 、 $S_{Q_{jk}}$ ——主导可变荷载标准值、第 j 个可变荷载标准值产生的效应;

ψ_{c_j} ——第 j 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;

m 、 n ——参与组合的永久荷载数目、可变荷载数目。

【5.2.9】 主导可变荷载是指产生效应最大的可变荷载, 当无法明显判断时, 应轮次以各可变荷载作为主导可变荷载, 并选取组合效应最大值作为效应设计值。

5.2.10 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 , 可按按下式计算:

$$S_E = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} \quad (5.2.10)$$

式中: γ_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, 有利时取值不应大于 1.0;

S_{GE} ——重力荷载代表值产生的效应;

γ_{Eh} ——水平地震作用分项系数, 取 1.3;

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值产生的效应。

【5.2.10】 因普通管线的抗震支吊架不需要考虑竖向地震作用, 本条文仅给出了只有水平地震作用参与的组合。对于特殊机电设备, 当竖向地震作用较大时, 还应按现行《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行相应的效应组合。

5.2.11 标准组合的效应设计值 S_d , 可按按下式计算:

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{G_{ik}} + S_{Q_{1k}} + \sum_{j=2}^n \psi_{c_j} S_{Q_{jk}} \quad (5.2.11)$$

5.3 构件设计

5.3.1 支吊架刚性承重构件宜选用单轴或双轴对称截面, 如图 5.3.1 所示。当采用拼合截面时, 拼合连接应符合现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的规定。

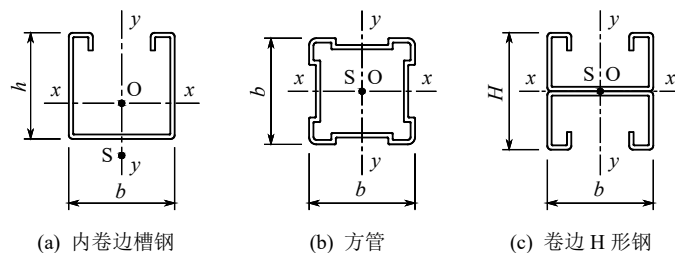


图 5.3.1 刚性承重构件的常用截面形式及尺寸

【5.3.1】 单轴或双轴对称截面构件受压时的承载效能高，而且生产工艺简单，国内支吊架也大多采用这两类截面。对于无对称轴截面构件，当有可靠依据时，也可采用。图 5.3.1 中，O 点、S 点分别为截面的形心和剪心，支吊架常用冷弯型钢构件的尺寸与截面特性见本规程附录 C。

卷边 H 形钢通常由两个内卷边槽钢通过焊接、冲压或螺栓连接而成，如图 7 所示，为充分发挥拼合截面的特性，本条提出了拼合要求，当满足现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的相关规定时，可认为组成截面的型钢共同工作。

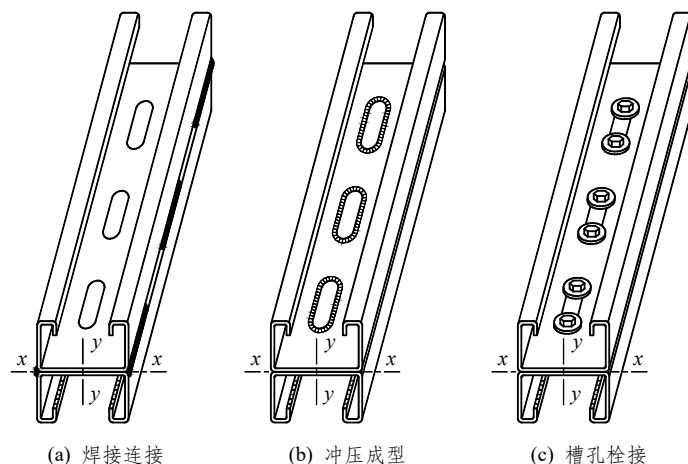


图 7 卷边 H 形钢的拼合连接示意

5.3.2 轴心受拉构件的截面强度计算，应符合下列规定：

1 除采用高强度螺栓摩擦型连接构件外，其余构件的截面强度应按下列式计算：

$$\frac{N}{A_n} \leq f \quad (5.3.2-1)$$

2 采用高强度螺栓摩擦型连接的构件，其截面强度应按下列式计算：

$$\left(1 - 0.5 \frac{n_1}{n}\right) \frac{N}{A_n} \leq f \quad (5.3.2-2)$$

$$\frac{N}{A} \leq f \quad (5.3.2-3)$$

式中： N ——轴拉力设计值 (N)；

A_n ——构件的净截面面积 (mm²)；

f ——钢材抗拉、抗压和抗弯强度设计值 (N/mm²)；

n_1 ——所计算截面（最外列螺栓处）的高强度螺栓数目；

n ——在节点或拼接处，构件一端连接的高强度螺栓数目；

A ——构件的毛截面面积 (mm^2)。

【5.3.2】 构件的净截面面积为毛截面面积减去孔洞所占面积。对高强度螺栓摩擦型连接，最外侧螺栓处的构件截面内力最大，因存在孔前传力现象，传力系数为 0.5，故需要进行单独验算。

5.3.3 轴心受压构件的截面强度和整体稳定性计算，应符合下列规定：

1 截面强度应按下式计算：

$$\frac{N}{A_{\text{en}}} \leq f \quad (5.3.3-1)$$

2 构件的整体稳定性应按下式计算：

$$\frac{N}{\varphi A_e f} \leq 1.0 \quad (5.3.3-2)$$

式中： A_e ——构件有效截面的毛截面面积 (mm^2)；

φ ——轴心受压构件的整体稳定系数；

A_{en} ——构件有效截面的净截面面积。

3 计算双轴对称截面构件的整体稳定系数时，应采用绕 x 轴长细比 λ_x 、绕 y 轴长细比 λ_y 二者中的较大值；计算单轴对称开口截面的整体稳定系数时，应采用 λ_x 、 λ_y 和弯扭屈曲换算长细比 λ_ω 三者中的较大值。

轴心受压构件的计算长度系数、长细比和整体稳定系数，应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

【5.3.3】 构件有效截面的净截面面积为有效截面的毛截面面积减去孔洞所占面积，但当孔洞位于无效截面区域时，无需扣除其面积。

轴心受压构件的整体稳定系数 φ 可用长细比 λ 和钢号修正系数 e_k 由《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 查表得到。对双轴对称开口截面构件以及闭口截面构件，因只能发生弯曲屈曲，仅需计算 λ_x 、 λ_y ，取二者中的较大值查 φ ；对单轴对称开口截面构件，还可能发生弯扭屈曲，除应计算 λ_x 、 λ_y 外，还应计算弯扭屈曲换算长细比 λ_ω ，并取三者中的较大值查 φ 。

5.3.4 荷载通过截面剪心并与主轴平行的受弯构件，如图 5.3.4 所示，截面强度和整体稳定性计算应符合下列规定：

1 截面受弯和受剪强度应按下列公式计算：

最大弯曲正应力：

$$\frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{enx}}} \leq f \quad (5.3.4-1)$$

最大剪应力:

$$\frac{V_{\max} S}{I_x \sum t} \leq f_v \quad (5.3.4-2)$$

式中: $M_{\max}$ ——构件绕受弯轴 (x 轴) 的最大弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);

W_{enx} ——构件有效截面对 x 轴的较小的净截面模量 (mm^3);

$V_{\max}$ ——构件的最大剪力设计值 (N);

S ——计算剪应力处以上截面对中和轴的面积矩 (mm^3);

I_x ——构件毛截面对 x 轴惯性矩 (mm^4);

$\sum t$ ——腹板的厚度之和 (mm);

f_v ——钢材抗剪强度设计值 (N/mm^2)。

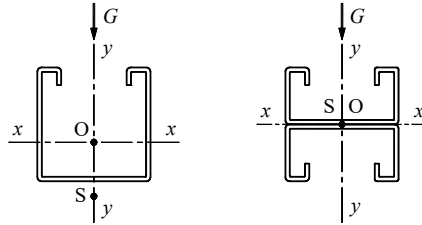


图 5.3.4 荷载通过剪心并与主轴平行的受弯构件

2 腹板的平均剪应力应符合下列要求:

当 $h/t < 100\varepsilon_k$ 时:

$$\tau \leq \tau_{\text{cr}} = \frac{8550}{h/t} \varepsilon_k \quad (5.3.3-3)$$

$$\tau \leq f_v \quad (5.3.3-4)$$

当 $h/t \geq 100\varepsilon_k$ 时:

$$\tau \leq \tau_{\text{cr}} = \frac{855000}{(h/t)^2} \quad (5.3.3-5)$$

式中: ε_k ——钢号修正系数, $\varepsilon_k = \sqrt{235/f_y}$, f_y 为钢材的屈服强度;

τ ——腹板的平均剪应力 (N/mm^2), 可按 $\tau = V_{\max}/(h\sum t)$ 计算;

τ_{cr} ——腹板的剪切屈曲临界应力 (N/mm^2);

h/t ——腹板的高厚比。

3 同时承受弯矩 M 和剪力 V 的截面, 尚应满足下式要求:

$$\left(\frac{M}{M_u}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_u}\right)^2 \leq 1.0 \quad (5.3.4-6)$$

式中： M_u ——受弯构件的抗弯承载力设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)， $M_u = W_e f$ ， W_e 为有效截面毛截面模量；

V_u ——根据屈曲应力计算的腹板抗剪承载力设计值 (N)， 屈曲应力按本条第 2 款计算。

4 当受弯构件不满足本规程第 5.3.7 条的规定时， 应按下列式计算其整体稳定性：

$$\frac{M_{\max}}{\varphi_{bx} W_{ex} f} \leq 1.0 \quad (5.3.4-7)$$

式中： φ_{bx} ——弯矩绕 x 轴作用时受弯构件的整体稳定系数；

W_{ex} ——构件有效截面受压边缘对 x 轴的毛截面模量 (mm^3)。

5 受弯构件的整体稳定系数， 应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

【5.3.4】 支吊架用开口冷弯型钢的使用方向与建筑结构中有所区别， 管夹在开口侧与型钢连接， 使得型钢绕弱轴（通常为 x 轴） 受弯， 腹板和翼缘的位置互换。

1 从最大弯曲正应力、 最大剪应力角度提出要求。

2 从腹板局部屈曲应力角度提出要求。

3 给出了弯矩和剪力作用下的相关关系。

5 受弯构件的整体稳定系数与梁的侧向支撑间距、 荷载形式、 横向荷载作用点位置等有关， 应根据现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的规定计算， 应注意本规程对的 x 、 y 轴的定义与其不同。

5.3.5 荷载不通过截面剪心但与主轴平行的受弯构件， 如图 5.3.5 所示， 截面强度和整体稳定性计算应符合下列规定：

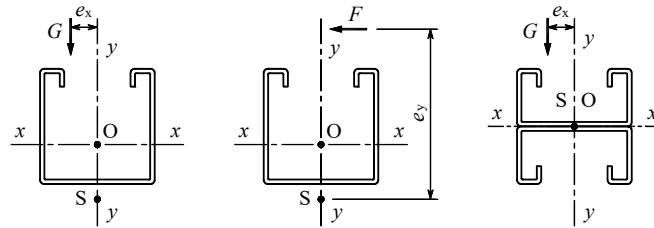


图 5.3.5 荷载不通过剪心但与主轴平行的受弯构件

1 截面弯扭强度应按下列式计算：

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad (5.3.5-1)$$

式中： M_x ——所验算截面绕 x 轴的弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)；

B ——与 M_x 同一截面的双力矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}^2$)；

W_{ω} ——与弯曲正应力同一验算点处的毛截面扇性模量 (mm^4)；

2 最大剪应力可按式 (5.3.4-2) 计算, 平均剪应力可按式 (5.3.4-3) 至式 (5.3.4-5) 计算。

3 当受弯构件不满足本规程第 5.3.7 条的规定时, 整体稳定性应按下式计算:

$$\frac{M_{\max}}{\varphi_{bx}W_{ex}f} + \frac{B}{W_{\omega}f} \leq 1.0 \quad (5.3.5-2)$$

【5.3.5】 偏心荷载引起扭矩 T , $T=Ge_x$ 或者 $T=Fe_y$, e_x 、 e_y 分别为荷载作用点沿 x 轴、 y 轴方向到剪心的距离, 构件在 T 作用下属于约束扭转, 需要考虑双力矩 B 引起的翘曲正应力 $\sigma_{\omega}=B/W_{\omega}$ 。

双力矩 B 可依据现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 附录中的建议公式计算。

5.3.6 双向受弯构件 (图 5.3.6) 的截面强度和整体稳定性计算应符合下列规定:

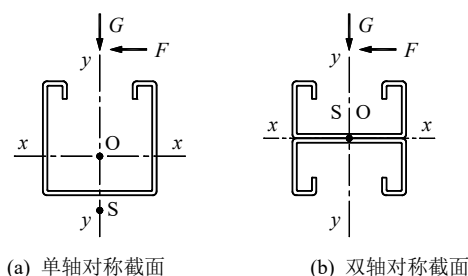


图 5.3.6 双向受弯构件

1 截面强度应按下式计算:

$$\frac{M_x}{W_{enx}} + \frac{M_y}{W_{eny}} + \frac{B}{W_{\omega}} \leq f \quad (5.3.6-1)$$

式中: M_y ——所验算截面绕 y 轴的弯矩设计值 ($N \cdot mm$);

W_{eny} ——构件有效截面对 y 轴的净截面模量 (mm^3)。

2 沿 x 轴方向、 y 轴方向的最大剪应力可按式 (5.3.4-2) 计算, 平均剪应力可按式 (5.3.4-3) 至式 (5.3.4-5) 计算。

3 当受弯构件不满足本规程第 5.3.7 条的规定时, 整体稳定性应按下式计算:

$$\frac{M_x}{\varphi_{bx}W_{ex}f} + \frac{M_y}{W_{ey}f} + \frac{B}{W_{\omega}f} \leq 1.0 \quad (5.3.6-2)$$

式中: W_{ey} ——构件有效截面对 y 轴的毛截面模量 (mm^3)。

【5.3.6】 在管线自重以及管线作用下, 支吊架中的横向承重构件属于双向受弯构件。当荷载不通过截面剪心时, 还有扭矩作用, 需考虑双力矩 B 引起的翘曲正应力。如果有多个荷载偏心, 需要考虑扭矩的矢量和。

5.3.7 当受弯构件满足下列条件之一时, 可不进行整体稳定性计算:

1 对绕 x 轴受弯的开口截面构件, 当 $I_y > 1.5I_x$ 时。

2 方管截面构件满足 $l_1/b \leq 95\epsilon_k^2$ 时, l_1 为受压翼缘侧向支承点间距, 刚性支吊架中受弯构件的端部支座视为侧向支承。

【5.3.7】 对绕 x 轴受弯的开口截面构件, I_y 有可能大于 I_x , y 轴属于强轴, 此时只会绕 x 轴弯曲, 也即只有强度问题, 不会发生侧向弯扭。之所以取 $1.5I_x$, 是为翘曲考虑。

5.3.8 拉弯构件的截面强度应按下列式计算:

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_{nx}} \pm \frac{M_y}{W_{ny}} \leq f \quad (5.3.8)$$

式中: W_{nx} 、 W_{ny} ——对 x 轴、 y 轴的净截面模量 (mm^3)。

【5.3.8】 公式 (5.3.8) 中的正负号应根据弯矩作用方向、所计算点的应力情况取用, 目的是找出应力最大的点并控制应力值。

5.3.9 压弯构件的截面强度应按下列式计算:

$$\frac{N}{A_{en}} \pm \frac{M_x}{W_{enx}} \pm \frac{M_y}{W_{eny}} \leq f \quad (5.3.9)$$

5.3.10 单向压弯构件的整体稳定性应符合下列规定:

1 对双轴对称截面单向压弯构件, 如图 5.3.10-1 所示, 应按下列式计算弯矩作用平面内的整体稳定性:

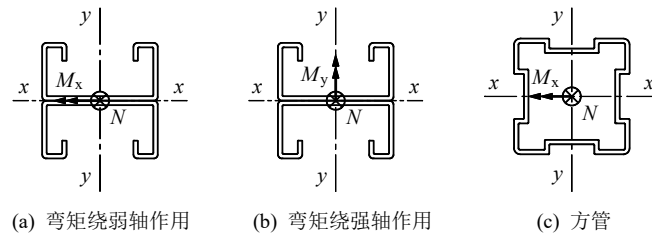


图 5.3.10-1 双轴对称截面单向压弯构件

$$\frac{N}{\phi A_e f} + \frac{\beta_m M}{W_e (1 - \phi N / N'_E) f} \leq 1.0 \quad (5.3.10-1)$$

$$N'_E = \frac{\pi^2 EA}{\gamma_R \lambda^2} \quad (5.3.10-2)$$

式中: β_m ——等效弯矩系数, 按本规程第 5.3.12 条的规定取值;

M ——所计算构件段内的一阶最大弯矩设计值 ($\text{N}\cdot\text{mm}$);

N'_E ——参数 (N);

E ——钢材的弹性模量 (N/mm^2);

γ_R ——抗力分项系数，Q235 和 Q355 钢取 1.165；

λ ——构件在弯矩作用平面内的长细比。

2 对双轴对称截面单向压弯构件，当弯矩绕强轴作用时，如图 5.3.10-1(b)所示，尚应取构件段的最大弯矩 M_y 按下式计算弯矩作用平面外的整体稳定性：

$$\frac{N}{\varphi_x A_e f} + \frac{\eta M_y}{\varphi_{by} W_{ey} f} \leq 1.0 \quad (5.3.10-3)$$

式中： φ_x ——对 x 轴的轴心受压整体稳定系数；

η ——截面系数，闭口截面取 0.7，其他截面取 1.0；

φ_{by} ——弯矩绕 y 轴作用时受弯构件的整体稳定系数。

3 对单轴对称开口截面单向压弯构件，当弯矩绕非对称轴作用时，如图 5.3.10-2 所示，除应采用式 (5.3.10-1) 计算弯矩作用平面内的整体稳定性外，尚应采用式 (5.3.3-2) 计算弯矩作用平面外的整体稳定性，式 (5.3.3-2) 中的 φ 应根据弯扭屈曲换算长细比 λ_ω 确定。

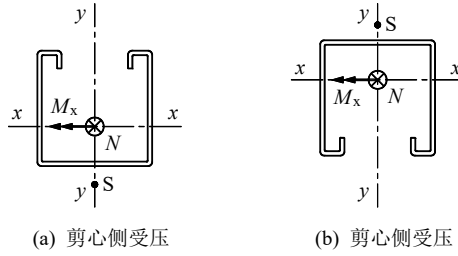


图 5.3.10-2 弯矩绕非对称轴作用的压弯构件

当弯矩使剪心侧受压时，如图 5.3.10-2(b)所示，还需对受拉侧进行以下计算：

$$\left| \frac{N}{A_e f} - \frac{\beta_{mx} M_x}{W'_{ex} (1 - N / N'_{Ex}) f} \right| \leq 1.0 \quad (5.3.10-4)$$

$$N'_{Ex} = \frac{\pi^2 EA}{\gamma_R \lambda_x^2} \quad (5.3.10-5)$$

式中： β_{mx} ——对 x 轴的等效弯矩系数，取值方法同 β_m ；

W'_{ex} ——对最大受拉纤维的有效截面模量 (mm^3)；

N'_{Ex} ——对 x 轴的参数 (N)；

λ_x ——构件对 x 轴的长细比。

4 对单轴对称截面单向压弯构件，当弯矩绕对称轴作用时，如图 5.3.10-3 所示，应分别采用式 (5.3.10-6) 和式 (5.3.10-7) 进行弯矩作用平面内和弯矩作用平面外的整体稳定性计算。

$$\frac{N}{\varphi_y A_e f} + \frac{\beta_{my} M_y}{W_{ey} (1 - \varphi_y N / N'_{Ey}) f} + \frac{B}{W_{\omega} f} \leq 1.0 \quad (5.3.10-6)$$

$$\frac{N}{\varphi_x A_e f} + \frac{M_y}{\varphi_{by} W_{ex}} + \frac{B}{W_{\omega} f} \leq 1.0 \quad (5.3.10-7)$$

$$N'_{Ey} = \frac{\pi^2 EA}{\gamma_R \lambda_y^2} \quad (5.3.10-8)$$

式中： φ_y ——对 y 轴的轴心受压整体稳定系数；

β_{my} ——对 y 轴的等效弯矩系数，取值方法同 β_m ；

N'_{Ey} ——考虑抗力分项系数后构件对 y 轴的欧拉荷载（N）；

λ_y ——构件对 y 轴的长细比。

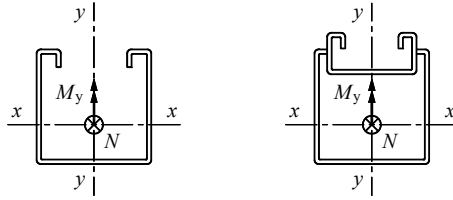


图 5.3.10-3 弯矩绕对称轴作用的压弯构件

5.3.11 双向压弯构件宜采用双轴对称截面，其整体稳定性应按下列公式计算：

$$\frac{N}{\varphi_x A_e f} + \frac{\beta_{mx} M_x}{W_{ex} (1 - \varphi_x N / N'_{Ex}) f} + \frac{\eta M_y}{\varphi_{by} W_{ey} f} \leq 1.0 \quad (5.3.11-1)$$

$$\frac{N}{\varphi_y A_e f} + \frac{\eta M_x}{\varphi_{bx} W_{ex} f} + \frac{\beta_{my} M_y}{W_{ey} (1 - \varphi_y N / N'_{Ey}) f} \leq 1.0 \quad (5.3.11-2)$$

5.3.12 压弯构件的等效弯矩系数应按下列规定采用：

1 构件端部无侧移且无中间横向荷载时， β_m 按下式计算：

$$\beta_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_2}{M_1} \quad (5.3.12)$$

式中： M_1 、 M_2 ——绝对值较大和较小的端弯矩，当构件以单曲率弯曲时， M_1 、 M_2 取同号，当构件以双曲率弯曲时， M_1 、 M_2 取异号。

2 构件端部无侧移但有中间横向荷载时， β_m 取 1.0。

3 构件端部有侧移时， β_m 取 1.0。

【5.3.9~5.3.12】 依据现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018，给出了压弯构件的截面强度和整体稳定计算方法。应注意的是，由于本规程中的截面坐标轴与 GB 50018 不一致，利用 GB 50018 查取相关参数时应注意变换。

5.3.13 对采用单轴对称开口截面的轴心受拉构件、轴心受压构件、拉弯构件以及压弯构件，进行

强度计算时，尚应考虑双力矩 B 产生的翘曲正应力 σ_ω 。

【5.3.13】 以对单轴对称开口截面轴心受拉构件为例，轴心拉力通过截面形心，且距离截面剪心较远，构件处于拉扭组合的复杂受力状态，由双力矩 B 引起的翘曲正应力 σ_ω 有可能占到总应力的 30% 以上，因此进行强度计算时应考虑 σ_ω ，即：

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (1)$$

对于采用单轴对称开口截面的轴心受压构件、拉弯构件、压弯构件，进行强度计算时，同样也应考虑 σ_ω 的影响，即：

$$\frac{N}{A_{en}} \pm \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (2)$$

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{W_{nx}} \pm \frac{M_y}{W_{ny}} \pm \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (3)$$

$$\frac{N}{A_{en}} \pm \frac{M_x}{W_{enx}} \pm \frac{M_y}{W_{eny}} \pm \frac{B}{W_\omega} \leq f \quad (4)$$

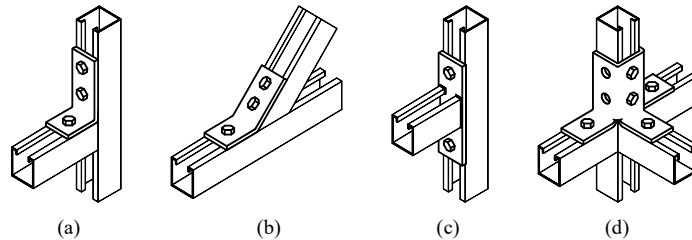
5.3.14 承受循环荷载作用的支吊架结构，当应力变化的循环次数大于或等于 5×10^4 时，应按照现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定进行疲劳验算。

【5.3.14】 有些机电设备运转时，设备振动或管道内介质的作用会产生循环荷载作用，当应力变化的循环次数大于或等于 5×10^4 时，应进行疲劳验算。

5.3.15 不锈钢构件的计算方法，应按现行团体标准《不锈钢结构技术规范》CECS 410 执行。

5.4 节点和连接设计

5.4.1 装配式支吊架的钢构件之间、钢构件与混凝土结构之间的连接，应根据施工环境条件、作用力的性质以及生产条件等选择合适的连接方法。安装连接应选用传力可靠、制作方便、连接简单、便于调整的构造形式，如图 5.4.1-1 和图 5.4.1-2 所示。



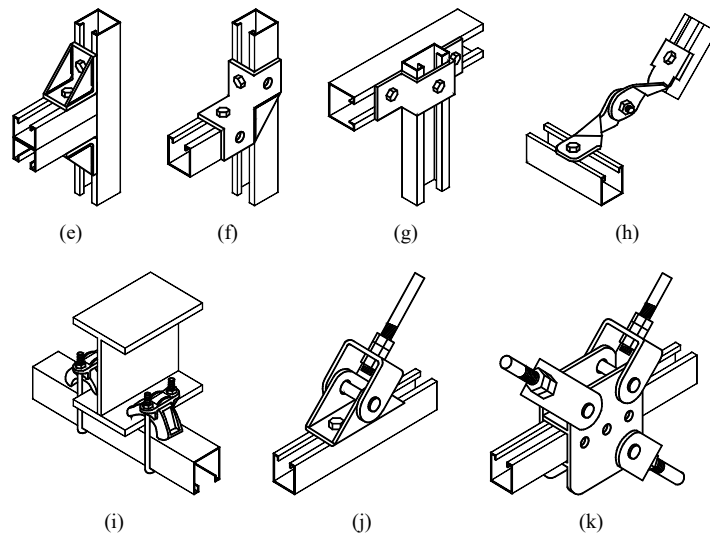


图 5.4.1-1 支吊架钢构件之间的连接示意

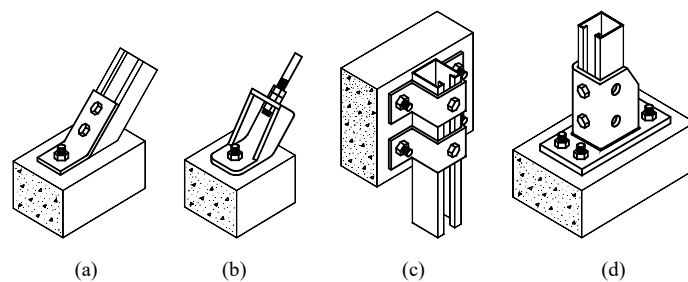


图 5.4.1-2 钢构件与混凝土结构之间的连接示意

【5.4.1】 目前国内支吊架连接的构造形式有数十种，本条仅给出了常见形式。各类连接的传力性质及所能承担的荷载不一定相同，设计时应根据支吊架的型式、受力要求等情况选择合适的连接件形式。

5.4.2 支吊架的连接应满足下列要求：

- 1 对于悬臂单杆式支架，如图 4.1.1-1(d)所示，支架根部应采用刚性连接。
- 2 对于其余形式的支吊架，钢构件之间以及钢构件与混凝土结构之间，宜采用铰接连接。
- 3 各类连接的构造应与计算模型相匹配。

【5.4.2】 对于单杆式悬臂支架，其根部连接必须为刚接，否则几何可变。刚性连接时，底座底板和连接板的厚度、锚栓布置等应满足相应要求。

对于其他形式的支吊架，因连接板件、构件壁厚均较薄，通常难以做成完全刚接，宜在构造上做成铰接。严禁连接的构造与计算模型不匹配。

5.4.3 当抗震斜撑与承重构件之间采用图5.4.1-1(h)所示铰链式连接件时，应设有防松动构造，避

免在循环荷载下因松弛而发生转动。

5.4.4 焊接连接应满足下列规定：

1 各类焊接连接的计算，应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

2 当被连接板件的最小厚度大于 4mm 时，正面角焊缝的强度设计值增大系数 β_f 取 1.22；最小厚度小于或等于 4mm 或直接承受动力荷载时， β_f 取 1.0。

【5.4.4】 焊接连接的主要计算内容包括：对接焊缝、角焊缝、喇叭形焊缝等的强度计算。

5.4.5 焊接的质量等级应根据结构的重要性、荷载特征、焊缝形式、工作环境以及应力状态等情况，按下列原则选用：

1 需要进行疲劳验算且为等强度连接的焊缝，应焊透，焊缝受拉时质量等级应为一，受压时不应低于二。

2 不需要进行疲劳验算且为等强度连接的焊缝，宜焊透，焊缝受拉时质量等级不应低于二，受压时不宜低于二。

3 采用角焊缝或部分熔透的 T 形接头以及搭接连接角焊缝，质量等级可为三。

【5.4.5】 本条依据现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661，对支吊架中的焊接质量等级提出原则性要求。

5.4.6 非咬合式螺栓连接的计算，应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 和行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 执行。

【5.4.6】 非咬合式螺栓是指大六角头普通螺栓和高强度螺栓，其主要计算内容包括：螺栓的受剪、承压、抗拉以及同时受拉和受剪计算，被连接件的净截面强度验算等。

5.4.7 对于咬合式高强度螺栓受拉连接，单个螺栓的受拉承载力设计值应按下式确定：

$$N_t = \min(N_t^a, N_t^b) \quad (5.4.7-1)$$

$$N_t^b = A_{\text{eff}} f_t^b \quad (5.4.7-2)$$

式中： N_t ——单个咬合式高强度螺栓的受拉承载力设计值（N）；

N_t^a ——槽钢螺母的受拉承载力设计值（N），可按本规程附录 D 的方法确定；

N_t^b ——螺栓杆受拉承载力设计值（N），按公式（5.4.7-2）计算；

A_{eff} ——螺栓在螺纹处的有效截面面积（mm²）；

f_t^b ——高强度螺栓的抗拉强度设计值（N/mm²），按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 执行。

【5.4.7】 咬合式螺栓是指采用带齿槽螺母的螺栓，如图 8 所示，螺母上的齿槽与槽钢卷边上的齿槽相匹配，通过拧紧螺栓杆使螺母与槽钢咬合在一起，共同工作。

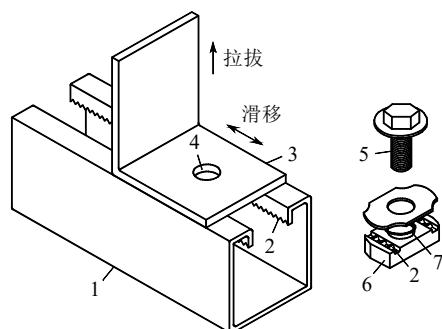


图8 咬合式螺栓组件及连接示意图

1—槽钢；2—齿槽；3—连接件；4—标准孔；5—螺栓；6—螺母；7—弹簧

咬合式螺栓连接受拉时，破坏方式有槽钢螺母破坏（ N_t^n ）和栓杆受拉破坏（ N_t^b ）两种，二者中的最小值为螺栓的受拉承载力设计值。

编制组的一系列试验表明， N_t^n 主要与槽钢卷边尺寸、壁厚和材质、螺母的尺寸和材质等有关，绝大多数情况下因槽钢壁板撕裂（上翼缘被螺母拉起）而丧失承载力，少数情况下因螺母断裂而丧失承载力。由于国内还没有内卷边槽钢和咬合式螺母的产品标准，其形式、材质及规格尺寸众多，且研究资料非常少，目前还难以给出 N_t^n 的计算公式，只能通过标准试验确定，方法见本规程附录 D。

5.4.8 对于咬合式高强度螺栓受剪连接，承载力设计值应按下述方法确定：

1 连接件采用标准孔时，单个螺栓的受剪承载力设计值应按下式确定：

$$N_v = \min(N_v^n, N_v^b, N_c^b) \quad (5.4.8-1)$$

式中： N_v ——单个咬合式高强度螺栓的受剪承载力设计值（N）；

N_v^n ——槽钢螺母的受剪承载力设计值（N），可按本规程附录 D 的方法确定；

N_v^b ——螺栓杆受剪承载力设计值（N），应按公式（5.4.8-2）计算；

N_c^b ——孔壁承压承载力设计值（N），应按公式（5.4.8-3）计算。

$$N_v^b = n_v \frac{\pi d^2}{4} f_v^b \quad (5.4.8-2)$$

$$N_c^b = d \sum t f_c^b \quad (5.4.8-3)$$

式中： n_v ——螺栓受剪面数；

d ——螺栓公称直径（mm）；对于公式（5.4.8-2），当剪切面位于螺纹处时，应按螺纹处的有效截面面积计算受剪承载力设计值；

$\sum t$ ——在不同受力方向中，一个受力方向承压板件（内卷边槽钢除外）总厚度的较小值（mm）；

f_v^b 、 f_c^b ——分别为高强度螺栓的抗剪强度设计值 (N/mm^2)、高强度螺栓连接件的承压强度设计值 (N/mm^2)，按现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 执行。

2 连接件采用异形孔时，应通过标准试验确定整个连接的受剪承载力设计值，方法见本规程附录 D。

【5.4.8】 根据构造不同，咬合式螺栓连接副有分离式和整体式两种。分离式连接副的螺母与螺栓分离，如图 8 所示，安装时先放置螺母，然后放置连接件，最后穿入螺栓并拧紧，连接件上的螺栓孔大多属于标准孔。整体式连接副的螺母与螺栓通过弹簧连接在一起，安装时先放置连接件，再将螺母穿过连接件后旋转 90° ，最后拧紧螺栓，因此连接件上的螺栓孔属于异型孔，而且孔的长度方向与槽钢轴线平行。

当采用标准孔的咬合式螺栓连接受剪时，其破坏方式有齿槽剪切破坏 (N_v^a)、栓杆受剪破坏 (N_v^b)、孔壁挤压破坏 (N_c^b) 三种，三者中的最小值为螺栓的受剪承载力设计值。

试验表明， N_v^a 主要与槽钢和螺母的齿槽尺寸及材质、槽钢壁厚等有关，目前也难以给出 N_v^a 的计算公式，只能通过标准试验确定，方法见本规程附录 D。

尽管咬合式螺栓属于高强度螺栓并按规定扭矩进行紧固，但由于螺栓杆位于槽钢开口缝隙内，且各板件表面通常采用镀锌处理，也即接触面少且抗滑移系数较小，可以偏安全地按承压型高强度螺栓来计算 N_v^b 和 N_c^b 。图 8 中的剪切面数 $n_v=1$ ， $\sum t$ 等于连接件（角接件）的板厚。

当采用异形孔的咬合式螺栓连接受剪时，破坏机理还有待于研究，本规程建议通过整个连接的试验来确定承载力，方法见本规程附录 D。

5.4.9 销轴连接的计算，应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

【5.4.9】 销轴连接的主要计算内容包括：销轴的承压、抗剪、抗弯以及同时受弯和受剪计算，耳板的抗拉和抗剪计算等。

5.4.10 支吊架与混凝土基材的锚固连接，应满足下列规定：

1 锚固连接的计算，应按现行行业标准《混凝土结构后锚技术规程》JGJ 145 执行。

2 基材混凝土强度等级不应低于 C25，且不得高于 C60；结构安全等级为一级时，基材混凝土强度不应低于 C30。

3 冻融受损、腐蚀受损、严重裂损以及不密实等混凝土，不应作为锚固基材。

【5.4.10】 锚固连接的主要计算内容包括：锚栓受拉内力、受剪内力以及基材内力计算等，对抗震支吊架的锚固连接，还应依据现行行业标准《混凝土结构后锚技术规程》JGJ 145 的规定，进行

抗震承载力验算。

混凝土立方体抗压强度标准值宜采用检测结果推定的标准值，当原设计及验收文件有效，且结构无严重的性能退化时，可采用原设计标准值。

5.4.11 对于支吊架中的各类连接，当没有可靠依据计算整个连接的承载力时，可按本规程附录D、现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267的方法确定。

【5.4.11】 由于支吊架构件的截面小、板件薄，而且连接形式多种多样，因此影响整个连接承载力的因素要比普通钢结构复杂的多，当无法通过传统方法来计算整个连接的承载力时，应通过试验确定。本规程附录 D 和现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267 给出了普通支吊架及抗震支吊架连接承载力的试验方法，承载力设计值可按本规程附录 D 计算确定。

5.5 构造要求

5.5.1 支吊架结构用型钢的尺寸应满足下列要求：

- 1 内卷边槽钢的截面尺寸不宜小于 41 mm×21mm，方管截面尺寸不宜小于 45mm。
- 2 承重钢构件的壁厚不应小于 2.0mm。

【5.5.1】 基于耐久性与可靠度考虑，碳素结构钢、低合金结构钢构件的壁厚不应小于 2.0mm，壁厚小于 2.0mm 时也容易发生畸变屈曲。

5.5.2 抗震连接件的板厚不应小于 5.0mm，其余连接件的板厚不应小于 4.0mm。支吊架焊接式底座中的底板厚度不应小于 6.0mm。

【5.5.2】 连接件不仅提供承载力，也提供一定的刚度，否则会因过度变形而不适于继续承载。

5.5.3 悬臂单杆式支吊架，如图 4.1.1-1(d)所示，其几何长度不宜超过 0.8m，否则应设置斜撑或斜拉杆。高度超过 1.5m 的平面型支吊架，应设置平面外支撑。

5.5.4 支吊架中受拉构件的长细比不受限制，但在风荷载作用下受压时，长细比不宜超过 250；受压构件的长细比应满足表 5.5.4 规定的限值。

表 5.5.4 受压构件的长细比限值

构件类别	长细比限值
刚性抗震斜撑	200
除刚性抗震斜撑外的其余受压杆件	150

【5.5.4】 构件长细比较大时不仅容易变形或振动，受压时稳定承载力也较低。

5.5.5 焊接连接应满足下列构造要求：

1 当被连接件的厚度小于或等于 6.0mm 时,焊缝的计算长度 l_w 不得小于 30mm; 大于 6.0mm 时, l_w 不得小于 40mm。

2 角焊缝的焊脚尺寸 h_f 不宜大于 $1.5t$, 单边喇叭形焊缝的 h_f 不得小于 $1.4t$, t 为被连接板件中较薄板件的厚度。

5.5.6 螺栓连接应满足下列构造要求:

- 1 承重构件连接用螺栓的公称直径 d 不应小于 10mm。
- 2 高强度螺栓可采用标准孔、大圆孔或槽孔, 孔径应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。
- 3 螺栓的中距不得小于 $3d_0$, 端距不得小于 $2d_0$, 边距不得小于 $1.5d_0$, d_0 为螺栓孔的直径。当螺栓周围有其余板件时, 尚应满足紧固操作的空间要求。

5.5.7 型钢构件的板件开槽孔且槽孔有螺栓连接时, 如图 5.5.7 所示, 槽孔应满足下列要求:

- 1 孔高不应大于板件宽度的 1/2;
- 2 孔间净距不应小于 22mm。

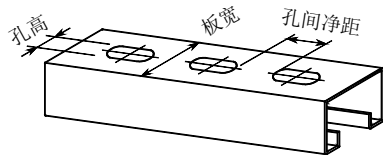


图 5.5.7 构件开槽孔示意图

【5.5.7】 当内卷边槽钢的板件开槽孔且有螺栓连接时, 应满足螺栓孔的构造要求。

5.5.8 销轴、U 形箍及螺杆的公称直径 d 不应小于 8mm。销轴耳板的构造应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定。

5.5.9 锚固连接的构造应满足下列要求:

- 1 锚栓公称直径 d 不应小于 8mm。
- 2 机械锚栓的锚固深度 h_{ef} (不包括抹灰层和装饰层), 不应小于 40mm; 化学锚栓的锚固深度不应小于表 5.5.9-1 的规定值。

表 5.5.9-1 化学锚栓的最小锚固深度

锚栓公称直径 (mm)	≤10	12	16	20	≥24
最小锚固深度 (mm)	60	70	80	90	4d

3 混凝土基材的厚度: 对微膨胀型锚栓和扩底型锚栓, 不应小于 $2h_{ef}$; 对化学锚栓不应小于 $h_{ef}+2d_0$, 且应大于 80mm, d_0 为钻孔直径。

4 群锚锚栓的最小间距和最小边距, 应根据锚栓产品的认证报告确定; 当无认证报告时, 应

符合表 5.5.9-2 的规定。锚栓最小边距尚应不小于最大粗骨料粒径的 2 倍。

表 5.5.9-2 群锚锚栓的最小间距和最小边距

锚栓类型	最小间距	最小边距
位移控制式膨胀型锚栓	$6d$	$10d$
扭矩控制式膨胀型锚栓	$6d$	$8d$
扩底型锚栓、化学锚栓	$6d$	$6d$

5 对抗震支吊架，锚栓最小锚固深度 $h_{ef, min}$ 与公称直径 d 的比值，宜满足表 5.5.9-3 的规定。当有充分试验依据及可靠工程经验并经国家制定机构认证许可时，可不受其限制。

表 5.5.9-3 锚栓最小锚固深度与公称直径的比值 ($h_{ef, min}/d$)

锚栓类型	抗震设防烈度		
	6 度	7 度	8 度
扩底型锚栓	4	5	6
膨胀型锚栓	5	6	7
普通化学锚栓	7		
特殊倒锥形化学锚栓	6		

【5.5.9】 根据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定，对锚栓和基材等提出了构造要求。

6 防 护

6.1 防 腐

6.1.1 装配式支吊架系统的防腐蚀设计年限应满足本规程第 3.1.7 条规定。钢构件、连接件、紧固件、管夹等金属部件，应根据其所处环境和防腐蚀设计年限，选择相应的表面处理方法和防腐蚀措施。

6.1.2 钢材表面原始锈蚀等级和钢材除锈等级标准，应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的规定。

【6.1.2】 国内外的研究资料均表明，钢材表面处理情况是影响防腐蚀性能的最主要因素。

6.1.3 防腐蚀涂镀层的厚度，应满足下列基本要求：

1 采用电镀锌时，其质量应符合现行国家标准《金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层锌层》GB/T 9799 的规定

2 采用热浸镀锌时，其质量应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定

3 采用锌铬涂层(达克罗)时，其质量应符合现行国家标准《锌铬涂层 技术条件》GB/T 18684 的规定。

4 采用连续热镀锌时，其质量应符合现行国家标准《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518 的规定。

5 采用环氧喷涂时，其质量应符合现行国家标准《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》GB/T 18593 的规定。

【6.1.3】 本条各类防腐蚀涂层的基本要求，应根据腐蚀环境进行防腐蚀设计。当支吊架使用环境较差或年限较长时，应根据防腐蚀设计要求加大涂层厚度或改变涂层做法。

6.1.4 与金属管道直接接触的支吊架构件及金属管夹，应在接触部位涂衬足够绝缘强度的非金属涂层、防护膜或橡胶衬垫。

【6.1.4】 金属管线与钢构件之间接触时会发生电化学腐蚀，因此应在两者之间设置具有足够绝缘强度的非金属防护涂层或衬垫，阻断电化学腐蚀的通道。

6.1.5 支吊架钢构件在露天环境中放置时，应避免由于雨雪、曝晒、冰雹等气候环境对构件及其表面涂镀层造成损伤。

6.1.6 当构件表面涂镀层出现局部破坏时，应及时进行涂镀层的修复处理，并应符合现行国家标

准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

6.1.7 支吊架构件在构造上应考虑便于检查、清刷及避免积水，闭口截面构件的两端均应设置封口堵头。

6.2 隔热与防火

6.2.1 当支吊架支承的管道温度超过 100℃ 时，宜在管道和支吊架之间采取隔热层对支吊架进行保护，避免直接接触；当直接接触或支吊架环境温度超过 100℃ 时，应对支吊架结构进行温度作用计算。

【6.2.1】 高温对钢材的性能有影响，蒸汽管道等高温管道不宜与管夹、支吊架承重构件直接接触，宜设置隔热层。

6.2.2 当高强度螺栓连接长期受热达 150℃ 以上时，应采用加耐热隔热涂层、热辐射屏蔽等隔热防护措施。

【6.2.2】 高强度螺栓采用的是经过热处理的钢材，当温度达到 150℃ 以上时，其承载力设计尚缺乏依据。

6.2.3 装配式支吊架系统构件的燃烧性能、耐火极限应满足本规程第 3.1.8 条规定，防火设计除应符合本规程的规定外，尚应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

【6.2.3】 装配式支吊架系统有其自身的特点，在防火设计中应执行本节的规定。对于本节没有规定的，比如耐火等级等，应按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 执行。

6.2.4 采用防火涂料时，其粘结强度、抗压强度应符合现行国家相关标准要求，检验方法应符合现行国家标准《建筑构件耐火试验方法 第 1 部分 通用要求》GB/T 9978.1 的规定。

【6.2.4】 超薄型防火涂料的涂层厚度在 3mm 以内，其中耐火极限为 1.5h 时厚度可为 1.75mm，1.0h 的厚度可为 1.17mm，多为喷涂施工，耐火极限能够满足防火要求，与支吊架钢材的厚度也匹配，因此宜优先考虑使用。

6.2.5 采用防火涂料进行防火保护时，涂层厚度应符合有关耐火极限的设计要求；高强度螺栓连接处的涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

7 制作与安装

7.1 一般规定

7.1.1 装配式支吊架所有的构件和零部件应在工厂制作完成，安装现场采用紧固件拼装。

【7.1.1】 安装现场可以对部分型材进行切割，但严禁现场焊接。

7.1.2 装配式支吊架所用材料应具有质量合格证明文件，其品种、规格、性能等均应符合设计文件的要求和国家现行有关标准的规定。当对质量有疑义时，应按照国家现行有关标准的要求进行抽样复验，严禁使用不合格材料。

【7.1.2】 装配式支吊架所用材料除应符合本规程第3.2节要求外，还应符合设计文件和现行国家标准的规定。

7.1.3 装配式支吊架在制作前，制作单位应根据支吊架的设计文件进行深化设计、清单和制作工艺的编制，并建立质量保证体系。

【7.1.3】 装配式支吊架的设计是由设备工程师和结构工程师为主导、详图设计人员配合并考虑制作单位实际生产能力而进行的一体化过程。目前不同厂家都有自己独立的设计软件、企业标准图集和生产设备，本条从宏观上对装配式支吊架的设计与生产过程进行了规定，目的是使装配式支吊架的设计与生产能够标准化、系统化。

7.1.4 装配式支吊架安装前，施工单位应依据施工图和该项目的施工组织设计编写施工方案，并报监理单位审核。

【7.1.4】 一般情况下支吊架安装是机电设备安装的一个分项工程，在其施工前，通常已编制了该项目的施工组织设计，因此应根据施工图和该项目的施工组织设计编写支吊架的施工方案。

7.1.5 制作、安装人员应接受岗前培训，培训考核合格后才能上岗。

【7.1.5】 装配式支吊架的制作与安装质量取决于操作人员的技术水平，因此需对相关从业人员进行岗前培训。考核方式可采用理论问答和实际操作等形式。

7.1.6 制作、安装人员应加强劳动保护，配备好安全帽、安全带、工作服、胶皮手套、护目镜、口罩等相关劳保用品。

7.2 加工与制作

7.2.1 构件及零部件加工前，应熟悉详图、清单和工艺文件，做好各道工序的工艺准备。

7.2.2 制孔应符合下列规定：

- 1 孔径应符合设计文件和工艺文件的要求。
- 2 制孔后，应清除孔周边的毛刺、切屑等杂物。
- 3 孔壁应圆滑，应无裂纹和大于1mm的缺棱。

7.2.3 当构件及连接件需要工厂焊接时，应符合下列要求：

- 1 焊接前应根据焊接连接的特点确定焊接工艺，包括焊接方法，母材规格与牌号，填充金属规格、类别和型号，焊接接头形式，焊接程序，焊接工艺参数和技术措施等，保证焊接质量。
- 2 焊接材料应满足设计文件的要求，并具有产品质量合格证明文件或检验报告，其化学成分、力学性能和质量应符合国家现行有关标准的要求。
- 3 焊接技术人员应接受过专门的焊接技术培训，并应在认可的范围内焊接作业。
- 4 焊前应将焊接部位的氧化皮、铁锈、油污等杂物清除干净，焊条、焊剂应进行烘干处理。
- 5 不得在母材的非焊接部位起弧、熄弧。
- 6 焊接完毕后，应及时清除焊缝表面的熔渣及两侧的飞溅物。

【7.2.3】 焊接方法、焊接材料、焊接程序、焊接工艺参数等应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定。

7.2.4 焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量，应按照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50250和《钢结构焊接规范》GB 50661的有关规定进行检查与检测。

7.2.5 构件、连接件及配件的尺寸应满足下列要求：

1 冷弯型钢截面尺寸、弯曲角度的允许偏差应符合现行国家标准《通用冷弯开口型钢尺寸 外形 重量及允许偏差》GB/T 6723的有关规定，冷弯型钢平板部分壁厚的允许偏差按所用钢带的相应标准执行，弯曲角区域的壁厚不作考核。

2 热轧型钢截面尺寸、外形、厚度的允许偏差应符合现行国家标准《热轧型钢》GB/T 706的有关规定。

3 连接件及其它配件尺寸的公差应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804中“中等m”的规定。

【7.2.5】 当型钢断面形状不符合GB/T 6723或GB/T 706要求时，宜采用冷作方法矫正，也可采用加热矫正。碳素结构钢、低合金高强度结构钢的加热温度应控制在700℃~800℃，严禁超过900℃，最低温度不得低于600℃，加热矫正后应在自然状态下缓慢冷却。

7.2.6 冷弯曲、冷矫正时，应满足下列要求：

- 1 碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金高强度结构钢在环境温度低于-12℃时，不得进

行冷弯曲和冷矫正。

2 冷矫正后的钢材表面，不应有明显的凹凸痕迹及其他损伤，划痕深度不得大于0.5mm，且不应超过钢材厚度允许负偏差的1/2。

3 型钢构件冷矫正后的挠曲矢高不应超过构件长度的1/1000。

【7.2.6】 型钢构件及零部件的弯曲和矫正一般在常温下进行，对冷弯曲和冷矫正进行最低环境温度限制，是为了保证钢材在低温情况下受到外力时不至于发生冷脆断裂。在低温下钢材受到外力脆断要比冲孔、剪切加工时而脆断更敏感，因此环境温度应进行严格限制。

7.2.7 钢构件及其连接件的表面处理应符合设计要求，同时应满足下列规定：

1 表面电镀锌处理时，应符合现行国家标准《金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层锌层》GB/T 9799、《紧固件电镀层》GB/T 5267.1 的规定。

2 表面热浸镀锌处理时，应符合现行国家标准《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定。

3 表面锌铬涂层（达克罗）处理时，应符合现行国家标准《锌铬涂层技术条件》GB/T 18684 的规定。

4 表面环氧喷涂处理时，应符合现行国家标准《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》GB/T 18593 的规定。

5 表面喷涂防腐蚀涂料时，环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求，当无要求时，环境温度宜在 5℃~38℃ 之间，相对湿度不应大于 85%。涂装时构件表面不应有结露；涂装后 4h 内应保护免受雨淋。

7.2.8 已镀锌构件严禁直接焊接，焊接前应先将镀锌层彻底去除。焊后镀锌时，应将焊渣等残留物彻底去除，并打磨平整。

【7.2.8】 如果有镀锌层，锌的熔点低，在焊液中沸腾，焊缝会产生气孔、裂纹、未熔合等缺陷。焊后镀锌时，如果不将焊渣等残留物彻底去除和磨平，表面粗糙，妨碍锌与钢材的反应，不能形成完整的镀锌层，产生“漏镀”现象。

7.2.9 构件及连接件应表面工整、光洁，不允许有锈蚀、折叠、裂纹、分层、滴瘤、粗糙、刺锌、漏镀等缺陷。外表的缺陷允许修补，但应保持色泽一致。

7.2.10 装配式支吊架出厂前，应按现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267 的要求进行出厂检验。

【7.2.10】 全部产品均应进行出厂检验，当有下列情况之一时，尚应进行型式检验：新产品试制定型鉴定时；正式投产后，产品结构、材料、工艺、关键工序的加工方法有重大改变时；发生重

大质量事故时；产品停产三年以上，恢复生产时。

7.2.11 装配式支吊架产品的包装应满足下列要求：

- 1 应在涂层干燥后按型号、规格分类进行包装，包装应保护构件、零部件及其涂层不受损伤，且应保证在运输、装卸、堆放过程中不散失、不变形、不损坏。
- 2 应设清晰耐久性标志，至少包括规格型号、生产厂名称或商标、生产日期或出厂编号，应符合现行国家标准《包装储运图示标志》GB/T 191 的规定。

7.3 储存及运输

7.3.1 装配式支吊架产品的储存应符合下列规定：

- 1 应储存在通风良好、干燥的库房内，避免与腐蚀性物质共同储存。
- 2 构件及零部件应按型号、规格分类储存在不同货架上；当构件摆放在卡板上时，应码放整齐，高度不宜超过 5 层或 1.0m。
- 3 冷弯型钢的储存，应在地面上铺设防潮膜，防潮膜上垫置干燥的木条或竹胶板等，不同型号冷弯型钢应分开叠放；未经拆封的冷弯型钢之间应衬垫干燥木条或竹胶板。
- 4 冷弯型钢的堆放高度不宜高于 1.0 m，并应有防倾覆措施。

【7.3.1】 当材料处于潮湿环境中时，容易产生腐蚀，需进行防潮处理，本条对储存环境及防潮措施提出相应要求。

装配式支吊架的成品构件及零部件宜采用纸箱包装，分类摆放在货架或卡板上，为防止因自重过大引起变形或损坏，本条对叠放层数和储存高度也做出了规定。

7.3.2 装配式支吊架在运输过程中应有防雨措施；搬运和吊装时，应采取相应的防护措施，防止磕碰或坠落。

【7.3.2】 支吊架运输过程中，不可淋雨，不应受到划伤、抛摔或剧烈的撞击。机械装卸时，应采用柔性吊带或吊绳。运输中应有防止滚动和互相碰撞的措施，且不应接触尖锐锋利的物体。

7.4 安 装

7.4.1 装配式支吊架的施工安全措施除应符合《钢结构工程施工规范》GB 50755的规定外，尚应符合施工组织设计要求。

【7.4.1】 支吊架的安装施工应满足国家现行劳动安全、卫生法规、技术标准的规定以及本项目施工组织设计的要求，确保施工安全。

7.4.2 施工用的专用机具和工具应完备，计量器具应具有校验合格证，并在有效期内使用。

【7.4.2】 测量工具、扭矩扳手等计量器具上必须贴有定期检定、校验合格证，并确保计在有效期内，无证计量器具不得使用。当使用中发现计量器具出现异常情况，或对器具性能有疑义时，应立即停止使用。

7.4.3 装配式支吊架安装前，应明确施工范围，相关工作面应符合施工及安装技术要求。

【7.4.3】 为保证施工质量和工期，本条对施工范围和工作面提出要求。

7.4.4 支吊架的位置和间距应严格按照设计执行，偏差不应超过0.2m。

【7.4.4】 考虑到现场钻孔时可能会遇到特殊情况，本条提出容许偏差要求。

7.4.5 锚栓的安装应符合下列规定：

1 锚固区基材上的抹灰层、装饰层、附着物、油污等应清理干净，基材表面应坚实、平整，不应有蜂窝、麻面等影响锚固承载力的局部缺陷。

2 钻孔前应检测基材中钢筋、线管等隐蔽物的位置，当设计孔位与钢筋、线管等相碰，或者锚栓完全处于混凝土保护层内时，应通知设计单位，采取相应的措施。

3 各类锚栓的钻孔质量及其允许偏差，应符合现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定。

【7.4.5】 与混凝土构件连接的锚栓，其承载能力取决于锚栓的类型、混凝土强度等级、基材质量以及安装精度等，本条提出了相应要求。

不同类型锚栓的钻孔质量及其允许偏差要求也不相同，应按《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145执行。

7.4.6 固定于钢构件上的支吊架，应采用专门的夹具或锁件等进行连接，严禁现场与钢构件焊接。

【7.4.6】 为不影响支承支吊架钢构件的承载能力，严禁支吊架与钢构件进行现场焊接，因此应采用专用夹具或锁件与钢构件连接。经设计单位同意后，也可采用螺栓连接。

7.4.7 冷弯型钢及螺杆现场切割时，应保证切口断面的垂直度，断面应采取适当的防护处理。

7.4.8 螺杆的安装应符合下列规定：

1 螺杆及锚栓与六角长螺母与连接时，螺纹端头先按旋入深度划线，旋入深度均应达到六角长螺母长度的45%。

2 安装后的螺杆垂直度偏差不应大于4°。

【7.4.8】 六角长螺母（六角连接器）一端与螺杆连接，另一端与锚栓连接，为保证传力可靠，本条对螺杆及锚栓的旋入深度、吊杆的垂直度提出了要求。

7.4.9 各类斜撑及抗震斜撑的安装角度，不应偏离其中心线2.5°，偏心距不应大于100mm。

【7.4.9】 斜撑的角度对其内力影响很大，本条对容许偏差提出要求。

7.4.10 支吊架其他构件的安装应符合下列规定：

- 1 咬合式连接的螺母及锁扣系统，其安装扭矩应符合设计和产品技术要求，锁紧螺母应锁紧到位，防止松动。
- 2 管夹与管道的连接应稳固可靠。
- 3 螺杆螺母的安装扭矩应符合设计和产品技术要求。当无要求时，最小扭矩应符合表 7.4.10 的规定。

表7.4.10 螺杆螺母最小扭矩 (N·m)

螺杆规格	M8	M10	M12	M16	M20
安装扭矩	28	30	50	100	200

4 支吊架及其他构件安装完毕后应擦拭干净，完全暴露的型钢端部除会形成积水的情况外均应装上封口堵头。

5 导向、滑动装置的滑动面应洁净、平整，滚珠、滚轴、托滚等活动零件与其支撑件应接触良好，可以保证管道能自由膨胀。

7.4.11 装配式支吊架安装时，施工现场应做好支吊架每层管线位置标识和剖面标识，方便各专业安装管线。

7.4.12 防火涂料的喷涂施工应满足下列要求：

- 1 喷涂施工应符合现行国家标准《钢结构防火涂料通用技术条件》GB 14907 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。
- 2 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘、泥沙等污垢。
- 3 防火涂料目测涂装质量不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳突已剔除。
- 4 薄涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 0.5mm；厚涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 1.0mm。

7.4.13 支架上管线的安装顺序应从上到下进行，并进行合理排序。

8 质量验收

8.1 一般规定

8.1.1 支吊架工程质量验收分为支吊架产品和锚固件的进场检验以及支吊架工程安装质量验收。

8.1.2 与混凝土锚固前，应对基体混凝土质量进行检测，混凝土外观质量、混凝土强度以及安装位置等均应满足安装要求。

【8.1.2】 锚栓与混凝土基材的锚固与基材混凝土质量密切相关，本条要求锚固前应对基材混凝土质量进行检测。

8.1.3 装配式支吊架工程安装质量检验批划分应符合下列规定：

- 1 在同一楼层内的支吊架，按照相同规格类型、相同施工条件划分检验批，检验批最大数量为 100 套。
- 2 荷载较大、尺寸较大、组合较复杂等重要部位的支吊架应划分为一个独立检验批。

8.1.4 检验数量应符合下列规定：

- 1 每个检验批应抽检不少于 3 套支吊架。
- 2 荷载较大、尺寸较大、组合较复杂等重要部位的支吊架应全数检验。

8.2 进场检验

8.2.1 装配式支吊架产品进场时，应根据设计要求核对其所有部件和锚固件的规格、型号和数量，装配式支吊架、锚固件应有产品制造商提供的产品合格证书、使用说明书、检验报告或认证证书。

【8.2.1】 装配式支吊架由各种部件、配件和连接件组装连接成，进场时应按照设计图纸的要求核查其各组件的规格型号和数量，并检查产品检验报告或者认证证书，确保组装件的性能符合设计要求。

8.2.2 装配式支吊架产品进场后，应对其各部件的外观质量和尺寸公差进行复检，复检应符合下列要求：

- 1 应从每批产品中抽取 5%且不应少于 10 套样品，当产品数量少于 10 套时应全数检验。
- 2 各部件的尺寸制作公差应符合产品质保书所示的尺寸范围和现行产品标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267、《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CJ/T 476 等要求。
- 3 材质为碳钢时，构件应表面工整、光洁，不允许有锈蚀、折叠、裂纹、分层、滴瘤、粗糙、

刺锌、漏镀等缺陷；材质为不锈钢材料时，表面应无明显的刮伤、拉伤等现象。

4 构件表面涂层厚度应符合本规程第 6 章以及相关产品标准的要求。

5 当有下列情况之一时，本批产品应逐套检验：当有 1 件不符合要求时，应另取双倍数量的样品重做检验，仍有 1 件不合格；当有 1 件表面有裂纹、锈蚀或其他严重质量缺陷。

6 严禁使用检验结果不合格的产品。

【8.2.2】 本条对支吊架各部件产品的外观质量和尺寸公差提出检验要求，其中尺寸公差按照产品质保书所示的尺寸范围检测，若产品未规定公差时，按照现行产品标准要求进行判定。

8.2.3 当工程实际采用的支吊架形式和尺寸与所提供的支吊架产品型式检验报告存在较大差异时，且对支吊架受力性能不利时，应对支吊架的产品力学性能进行复检，复检应符合下列要求：

1 按照工程实际采用的支吊架形式和尺寸，从进场的支吊架部件产品中随机抽检。

2 样品抽取的数量应满足对构件荷载性能、组件循环加载性能、疲劳性能进行检验的要求。

3 按照现行产品标准的试验方法和性能要求，对所抽检样品的构件荷载性能、组件循环加载性能、疲劳性能进行检验。

4 当力学性能检验结果不合格时，应加倍取样并重新检验，若仍有不合格，则该批产品应判定为不合格。

【8.2.3】 因支吊架产品出厂时均为各个部件或组件，现场需要根据设计图纸进行切割加工，再组装形成具体的支吊架形式。因产品型式检验报告不可能包括所有形式和尺寸，当现场实际使用的支吊架形式和尺寸与所提供报告存在较大差异时，且对支吊架受力性能不利时，应针对该工程中荷载较大、尺寸较大的规格类型进行受力性能检验，检验项目包括构件荷载性能、组件循环加载性能、疲劳性能，以确保其力学性能满足设计要求。

8.2.4 锚栓产品进场后，应按下列要求复验锚栓产品的性能：

1 当与处于受拉区混凝土锚固连接时，锚栓产品的检验报告或认证证书中应包括开裂混凝土中的锚栓性能测试项目。

2 抗震支吊架应采用具有抗震性能的锚栓，锚栓产品的检验报告或认证证书中应包括锚栓抗震性能测试项目。

3 当检验报告或认证证书中检验项目不符合上述要求时，应按照产品标准要求，现场抽取样品补充检验，检验合格后方可使用。

【8.2.4】 支吊架与结构连接采用的锚固件应符合设计要求，与处于受拉区混凝土锚固连接时，应采用适用于开裂混凝土使用的锚栓，抗震支吊架应采用具有抗震性能的锚栓，应重点检查锚栓

产品检验报告涵盖的检验项目。

8.3 安装质量验收

8.3.1 装配式支吊架安装质量检查应包括下列内容：

- 1 文件资料。
- 2 装配式支吊架各组件的类别、规格、数量以及间距。
- 3 管线类别与管线布置情况。
- 4 装配式支吊架安装位置的混凝土质量。
- 5 与结构的连接锚固质量。

【8.3.1】 本条规定了支吊架安装完成后需要现场检查的内容，包括规格、型号、间距、混凝土基材质量、锚固拉拔力测试等，管线布置应与设计图纸相符，避免管线布置超载。根据检查结果与设计资料相对比，对其符合性做出评价。

8.3.2 文件资料检查应包括下列内容：

- 1 设计图纸及相关文件。
- 2 支吊架的质量证明书、出厂合格证、产品说明书、检验报告或认证证书等。
- 3 支吊架安装的施工记录以及相关检查结果文件。
- 4 锚栓的质量证明书、出厂合格证、产品说明书、检验报告或认证证书等。
- 5 进场复试报告。

【8.3.2】 文件资料包括设计文件、产品质量保证文件、施工文件、产品进场复试报告等。

8.3.3 装配式支吊架的安装质量检验应符合下列基本要求：

- 1 支吊架或者支吊架部件应只用于其预期的用途，不得用做临时悬挂或其他安装用途。
- 2 支吊架及相应设备的类别和规格应符合设计要求，未经设计同意，不得对装配式支吊架进行重新定位、定向和增加约束。
- 3 支吊架的施工工艺应符合产品说明书和相关规范要求。
- 4 支吊架的位置、尺寸及垂直度应符合设计和产品说明书的要求。

【8.3.3】 本条规定了现场安装质量和用途应符合设计和产品安装要求。

8.3.4 装配式支吊架与混凝土基材锚固外观检查应符合下列要求：

- 1 支吊架安装基材上不应有抹灰层、装饰层和严重的裂缝。
- 2 支吊架安装基材表面应坚实、平整，锚固部位的混凝土不应有局部缺陷。

【8.3.4】 本条规定了锚固基材的质量要求。

8.3.5 混凝土基体锚固施工完毕后，应对锚栓进行锚固承载力现场拉拔试验，检测方法和结果判定按现行标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 执行。

【8.3.5】 因锚栓与混凝土基材以及现场的施工质量有很大关系，工程上出现的质量问题多数与混凝土锚固可靠性有关，故应对锚栓进行现场拉拔力测试，可以考虑原位非破损检验或者同条件模拟试件破坏性检验。

8.3.6 装配式支吊架的实测项目应满足下列要求：

- 1 支吊架的安装位置应符合设计要求，安装间距允许偏差 $\pm 0.2\text{m}$ 。
- 2 抗震支吊架加固吊杆的垂直度、斜撑夹角、偏心距应符合设计和产品安装要求，安装后的螺杆垂直度偏差不应大于 4° ，各类斜撑安装角度不应偏离其中心线 2.5° ，偏心距不应大于 100mm 。
- 3 支吊架锚固件、连接件、纵向和侧向抗震斜撑、管夹等的安装质量应符合设计要求。
- 4 螺杆螺母安装扭矩应符合设计要求，安装应牢固。

【8.3.6】 本条规定支吊架组件的安装质量检查。

8.3.7 防火涂层外观质量不应有明显缺陷，涂层厚度应符合设计要求。

8.3.8 装配式支吊架工程验收应提供下列文件：

- 1 设计文件。
- 2 装配式支吊架的产品质量证明书或出厂合格证、产品说明书、检验报告或认证证书，产品的进场见证复验报告。
- 3 锚固产品的质量证明书或出厂合格证、产品说明书、检验报告或认证证书，产品的进场见证复验报告。
- 4 锚栓与混凝土锚固拉拔力现场测试报告。
- 5 装配式支吊架安装工程的施工记录。
- 6 装配式支吊架相关工程质量检查记录表。
- 7 锚固连接工程质量验收记录。
- 8 工程重大问题处理记录。
- 9 其他有关文件记录。

【8.3.8】 收集工程验收需要的相关文件资料，逐项检查进行工程验收。

8.3.9 装配式支吊架工程施工质量不合格时，应由施工单位制定补救措施，经设计单位确认后实施，并应重新检查、验收。

9 维护管理

9.1 一般规定

9.1.1 装配式支吊架是工程整体不可分割的重要组成部分，工程运行单位应把装配式支吊架的运行、维修和改装作为重要内容列入整个工程系统的运行、维修和改装大纲中。运行单位应采取谨慎的措施负责管理装配式支吊架的检验、试验、运行和维护。

9.1.2 在装配式支吊架的运行和维护过程中，不得将装配式支吊架用做临时悬挂或其他运行维修用途，也不得在装配式支吊架系统上增加设计考虑以外的任何永久性或临时性荷载。未经设计工程师同意，不得任意改变装配式支吊架的位置、类型和荷载。

9.1.3 应建立定期巡检制度。

【9.1.1~9.1.3】 规定了支吊架维护管理的一般要求，对其运行、维修和改装进行规范化管理，并建立巡检制度。装配式支吊架系统的维护要求是对装配式支吊架系统的日常维护与检修方面的要求和规定，坚持执行支吊架系统的维护要求，可以延长支吊架系统的使用寿命，保证系统的安全使用。

9.2 维 护

9.2.1 装配式支吊架投入使用后，应由专业单位进行日常管理。日常管理单位应建立健全维护管理制度、工程维护档案、实施细则及相应的应急预案。

【9.2.1】 对装配式支吊架系统的维护应按照本要求进行。

9.2.2 装配式支吊架的日常管理单位应编制年度维护维修计划，并报送上级日常管理单位，经协调后统一安排维护维修时间。维护周期应满足下列规定：

- 1 雨季期间，应至少一个月全面维护一次。
- 2 非雨季期间，应至少一季度全面维护一次。

9.2.3 定期对支吊架进行检查，检查支吊架如有下列情况，如有应立即处理：

- 1 表面擦伤、划痕、锌层破损等，用干抹布擦净后补锌。
- 2 有锈点、锈蚀面出现，先除锈再补锌，锈蚀严重及时更换相关部件。
- 3 槽钢槽内积水，打开槽钢端帽放出积水并用干抹布擦干。
- 4 支吊架系统处于非常潮湿的环境中，应立即采取措施（消除明水积水，加强通风）。

5 槽钢、悬臂、螺杆等有非正常弯曲现象，查明原因并立即加固或更换。

6 紧固件有任何松动或脱落，立即调整回原位并按标准扭矩进行紧固。

9.2.4 装配式支吊架的巡视维护人员应采取防护措施，并应配备防护装备。参与巡视维护人员应取得相应的资格并经过培训，了解装配式支吊架系统的运行状况，经培训合格后，方可上岗。

【9.2.4】 巡检维护人员应进行专业培训，每班维护、检修配备不少于 2 名检修人员，检修人员必须具备装配式支吊架系统相关产品的基础知识，经培训合格后，方可上岗。

9.2.5 装配式支吊架维护、检修内容应满足下列规定：

- 1 外观：支架的各零部件齐全、完好。
- 2 外表涂层：支架外表漆层均匀、无气泡、脱皮、裂纹等缺陷。
- 3 槽钢变形：支架槽钢的挠度变形在规定允许的范围内。
- 4 生根点：支架生根点牢固。
- 5 连接件：支架各连接件的连接牢固、无松动。

【9.2.5】 由于环境条件的影响，支吊架存在腐蚀的可能，另外与混凝土基材锚固安全性也会随着服役时间增加而退化，故应有专业机构进行安全状况评估。

9.2.6 装配式支吊架投入使用后应定期检测评定，对装配式支吊架本提及附属设施的运行状况进行安全评估，并应及时处理安全隐患。

【9.2.6】 装配式支吊架维护、检修方法：

- 1 外观：采用目测的方式，检查装配式支吊架系统的各零部件是否齐全、完好，若有缺失，及时补全。
- 2 外表涂层：采用目测的方式，观察装配式支吊架系统中的相关产品外表漆层是否均匀、有无气泡、脱皮、裂纹、生锈等情况，若发现局部有气泡、脱皮、裂纹、生锈等情况，应及时采取涂层修复措施；若发现外表涂层有严重缺陷问题时，应及时更换相关材料。
- 3 槽钢变形：利用标尺，检查装配式系统中的槽钢横担实际挠度变形，若实际挠度变形超过规定允许的范围，更换相应的横担。
- 4 生根点：借助扭力扳手，检查装配式系统的生根点是否有松动，若有松动，采取相应紧固措施，保证支架生根点的牢固性。
- 5 连接件：借助扭力扳手，检查装配式系统中的各连接件是否拧紧，力矩值是否为标准力矩值，若有松动，采取相应紧固措施。
- 6 维护、检修的记录工作：在检修过程中应及时做好记录工作，包括支架的状况、维修的内

容、测量的数据和试验的结果等，记录应完整、正确。该记录应作为技术文件进行存档。

9.3 管 理

9.3.1 装配式支吊架建设、运营维护过程中，档案资料的存放、保管应符合现行国家标准的规定。

9.3.2 装配式支吊架建设期间的档案资料应由建设单位负责收集、整理、归档。建设单位应及时移交相关资料。维护期间，应由装配式支吊架日常管理单位负责收集、整理和归档。

9.3.3 当支吊架系统发生使用功能改变或新增荷载时，应联络设计单位进行复核，当需要新增或变更部件时，应尽量选用同一品牌。严禁擅自更改。

【9.3.3】 应该使用功能和新增加荷载，按照本规程的设计计算方法进行复核计算后，在进行改造，确实支吊架系统的使用安全。

9.3.4 需调整支吊架系统时，应制定专门的施工方案并设置临时支撑措施。

【9.3.4】 设置临时支撑，将荷载暂时转移到支撑上，确保调整施工过程中的运行安全。

9.3.5 装配式支吊架相关设施进行维修及改造后，应将维修和改造的技术资料整理、存档。

附录 A 管线排布基本要求

A.0.1 相邻管线间的最小净距应满足安装、检查和维修要求。

A.0.2 当设计无要求时，多层电缆支吊架的层间最小距离应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 多层电缆支吊架的层间最小距离

电缆类型及敷设特征		层间最小距离 (mm)	
		支吊架	桥架
控制电缆		120	200
电力电缆	10kV 及以下 (除 6kV~10kV 交联聚乙烯绝缘外)	150~200	250
	6kV~10kV 交联聚乙烯绝缘	200~250	300
	35kV 单芯	200~250	300
	35kV 三芯; 110kV 及以上, 每层多于 1 根	300	350
	110kV 及以上, 每层 1 根	250	300
电缆敷设于槽盒内		$h+80$	$h+100$

注: h 为槽盒外壳高度。

A.0.3 电缆桥架应敷设在易燃易爆气体管道和热水管道下方, 腐蚀性液体管道的上方, 当设计无要求时, 电缆桥架与管道间的最小净距应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 电缆桥架与管道间的最小净距

管道类型		平行净距 (m)	交叉净距 (m)
一般工艺管道		0.4	0.3
易燃易爆气体管道		0.5	0.5
热力管道	有保温层	0.5	0.3
	无保温层	1.0	0.5

A.0.4 室内冷、热水管平行敷设时, 冷水管应在热水管的下方, 冷冻管和排水管的上方; 垂直敷设时, 热水管应安装在冷水管的左侧; 生活给水管道不宜与输送易燃、可燃或有害液(气)体的管道同架敷设。给水管道与各种管道之间的净距应满足安装操作的需要, 且不宜小于 0.3m。

【A.0.4】 依据现行国家标准《建筑给水排水设计规范》GB50015 给出了管线排布的基本规定。

A.0.5 室内燃气管道与其他管道交叉敷设时, 管道间的净距不应小于 20mm。

【A.0.5】 依据现行国家标准《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94 给出了管线排布的基本规定。

A.0.6 多条管线共用支吊架时, 可不考虑统一的管线中心标高, 但应采用管夹使管线侧向相对位

置保持不变。

A.0.7 热胀冷缩的管线应能沿纵向自由位移，当为柔性吊架时或无滑动装置时，热位移方向不同的管线不应采用同一个受力构件来支承。

A.0.8 支吊架应便于安装时调整管线的垂直高度。对于管道公称直径大于或等于 65mm 的支吊架，必须具有在承载条件下直接调节垂直高度的能力。

附录 B 各专业管线支吊架的间距

B.1 给排水及采暖系统支吊架

B.1.1 给水系统钢质水平管道支吊架的间距应符合表 B.1.1 的规定。

表 B.1.1 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

B.1.2 给水及热水供应系统中，塑料及复合材料立管、水平管的支吊架间距应符合表 B.1.2 的规定，且应在管道与支吊架间加衬非金属垫或套管。

表 B.1.2 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	—	—

B.1.3 给水及热水供应系统铜质立管、水平管的支吊架间距应符合表 B.1.3 的规定。

表 B.1.3 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

B.1.4 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，每层必须安装 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。

B.1.5 排水系统塑料管道的支吊架间距应符合表 B.1.5 的规定。

表 B.1.5 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

B.1.6 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。

【B.1.1~B.1.6】 根据现行国家标准《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242，给出了给排水及采暖系统管道支吊架的布置要求和最大间距。

B.2 通风与空调系统支吊架

B.2.1 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。

B.2.2 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。

B.2.3 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表 B.2.3 的规定，弯管或近处应设置支吊架。

表 B.2.3 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/m³ 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。

B.2.4 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。聚丙烯（PP-R）冷水管支吊架的间距应符合表 B.2.4 的规定。

表 B.2.4 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

【B.2.1~B.2.4】 根据现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243，给出了通

风与空气调节系统管道支吊架的布置要求和最大间距。

B.3 燃气系统支吊架

B.3.1 燃气系统的支吊架应符合下列要求：

- 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。

B.3.2 燃气系统普通钢管的支吊架间距应符合表 B.3.2-1 的规定，薄壁不锈钢管的支吊架间距应符合表 B.3.2-2 的规定，不锈钢波纹软管的支吊架最大间距为 1.0m，铜质管道的支吊架间距应符合表 B.3.2-3 的规定，燃气用铝塑复合管的支吊架间距应符合表 B.3.2-4 的规定。

表 B.3.2-1 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 B.3.2-2 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 B.3.2-3 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 B.3.2-4 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

【B.3.1~B.3.2】 根据现行行业标准《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》CJJ 94，给出了燃气系统管道支吊架的布置要求和最大间距。

B.4 电气系统支吊架

B.4.1 室内电缆支吊架的间距应符合表 B.4.1 的规定。

表 B.4.1 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：* 维持电缆较平直时，该数值可增大 1 倍。

【B.4.1】 根据现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217，给出了室内电缆管道支吊架的最大间距。

B.4.2 电缆桥架水平安装的支架间距为 1.5m~3m，垂直安装的支架间距不宜大于 2m。

B.5 自动灭火系统支吊架

B.5.1 管道支吊架的安装位置不应妨碍喷头的喷水效果；管道支吊架与喷头之间的距离不应小于 300mm，与末端喷头之间的距离不应大于 750mm。

B.5.2 配水支管上每一直管段、相邻俩喷头之间的管段设置的支吊架不应小于 1 个；支吊架间距不应大于 3.6m。

B.5.3 自动喷水灭火系统管道支吊架的间距应符合表 B.5.3 的规定。

表 B.5.3 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

【B.5.1~B.5.3】 根据现行国家标准《自动喷水灭火系统施工及验收规范》GB 50261，给出了自动喷水灭火系统管道支吊架的布置要求和最大间距。

B.5.4 气体灭火系统管道支吊架的间距应符合表 B.5.4 的规定。

表 B.5.4 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

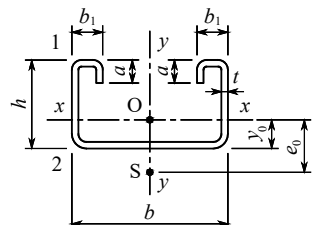
【B.5.4】 根据现行国家标准《气体灭火系统施工及验收规范》GB 50263，给出了气体灭火系统管道支吊架的最大间距。

附录 C 截面尺寸与特性

C.1 截面尺寸与特性

C.1.1 常用内卷边槽钢的截面尺寸及特性见表 C.1.1。

表 C.1.1 内卷边槽钢的截面尺寸及特性

截面尺寸(mm)					截面 积 A (cm^2)	每米 质量 (kg/m)	y_0 (cm)	e_0 (cm)	$x-x$				$y-y$		
b	h	b_1	a	t					I_x (cm^4)	i_x (cm)	W_{x1} (cm^3)	W_{x2} (cm^3)	I_y (cm^4)	i_y (cm)	W_y (cm^3)
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	2.0	3.74	2.94	2.89	2.68	18.60	2.23	5.64	6.43	11.42	1.75	5.53
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
															

C.1.2 常用拼合式卷边 H 形钢的截面尺寸及特性见表 C.1.2。

表 C.1.2 拼合式卷边 H 形钢的截面尺寸及特性

截面尺寸(mm)					截面 积 A (cm^2)	每米 质量 (kg/m)	$x-x$			$y-y$		
b	H	b_1	a	t			I_x (cm^4)	i_x (cm)	W_x (cm^3)	I_y (cm^4)	i_y (cm)	W_y (cm^3)
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	2.0	7.48	5.87	99.78	3.65	16.12	22.84	1.75	11.06
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

注：表中截面特性是根据拼合截面能共同工作时计算所得。

C.2 扭转及翘曲参数计算公式

C.2.1 截面抗扭惯性矩 I_t 可按下列规定计算：

1 对于图 C.2.1(a)所示由 m 块直板段组成的开口薄壁截面：

$$I_t = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^m s_i t_i^3 \quad (\text{C.2.1-1})$$

2 对于图 C.2.1(b)所示由 m 块直板段组成的单室闭口薄壁截面：

$$I_t = \frac{4A_s^2}{\sum_{i=1}^m \frac{s_i}{t_i}} \quad (\text{C.2.1-2})$$

式中： s_i 、 t_i ——第 i 块直板段的中线长度、板厚；

A_s ——由板中线所围成的面积。

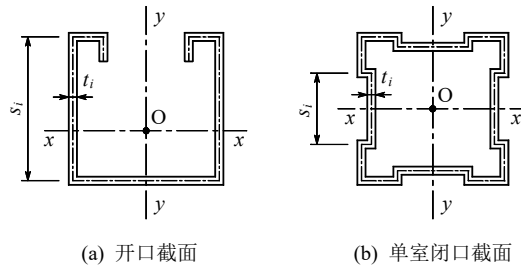


图 C.2.1 截面形式及板件中线

C.2.2 截面翘曲惯性矩 I_ω 可按下列规定计算：

1 对于由 m 块直板段组成的开口薄壁截面：

$$I_\omega = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^m (\omega_{n, is}^2 + \omega_{n, is} \omega_{n, ie} + \omega_{n, ie}^2) s_i t_i \quad (\text{C.2.2})$$

式中： $\omega_{n, is}$ 、 $\omega_{n, ie}$ ——第 i 块直板段在起点、终点处的主扇性坐标。

2 闭合方管薄壁截面的 $I_\omega=0$ 。

C.2.3 截面扇性模量 W_ω 可按下列式计算：

$$W_\omega = \frac{I_\omega}{\omega_n} \quad (\text{C.2.3})$$

式中： ω_n ——所计算点处的主扇性坐标。

C.2.4 开口薄壁截面的主扇性坐标可按下列方法计算：

1 对于图 C.2.4(a)所示内卷边槽钢，各点的主扇性坐标分别为：

$$\omega_{n,1} = \frac{bd}{2}, \quad \omega_{n,2} = \frac{bd}{2} - \frac{bh}{2}, \quad \omega_{n,3} = \frac{bd}{2} - \frac{bh}{2} - b_1(h+d)$$

$$\omega_{n,4} = \frac{bd}{2} - \frac{bh}{2} - b_1(h+d) + a\left(\frac{b}{2} - b_1\right)$$

截面主扇性坐标左右反对称（符号相反），图 C.2.4(a)中所注截面尺寸均为板件的中线尺寸，与表 C.1.1 中的截面尺寸不同。

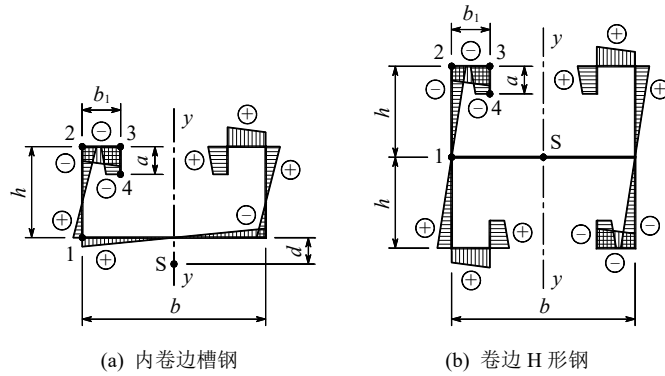


图 C.2.4 开口截面的主扇性坐标

2 对于图 C.2.4(b)所示卷边 H 形钢，各点的主扇性坐标分别为：

$$\omega_{n,1} = 0, \quad \omega_{n,2} = -\frac{bh}{2}, \quad \omega_{n,3} = -\frac{bh}{2} - b_1h, \quad \omega_{n,4} = -\frac{bh}{2} - b_1h + a\left(\frac{b}{2} - b_1\right)$$

截面主扇性坐标上下反对称、左右反对称，图 C.2.4(b)中所注截面尺寸均为板件的中线尺寸，与表 C.1.2 中的截面尺寸不同。

附录 D 试验及承载力确定方法

D.0.1 单个槽钢螺母的抗拉承载力可采用图 D.0.1-1 或图 D.0.1-2 所示试验方法确定，并应符合下列规定：

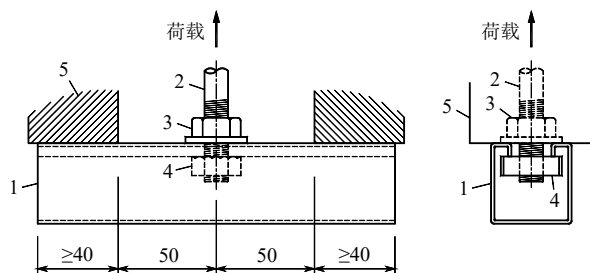


图 D.0.1-1 分离式槽钢螺母的抗拉承载力测试示意图

1—槽钢；2—螺杆；3—大六角头螺母；4—咬合式螺母；5—台座或夹具

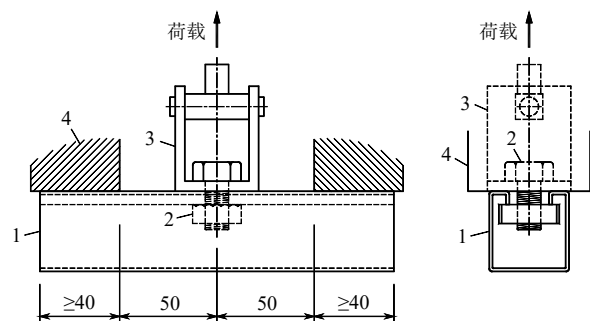


图 D.0.1-2 整体式槽钢螺母的抗拉承载力测试示意图

1—槽钢；2—咬合式螺栓连接副；3—螺栓夹具；4—台座或夹具

- 1 台座、夹具应具有足够的承载能力和刚度。
- 2 安装扭矩可按咬合式螺栓的产品说明书要求执行，或按表 D.0.1 执行。

表 D.0.1 安装扭矩

螺栓规格	M8	M10	M12
安装扭矩(N·m)	11	19	50

- 3 荷载应垂直于槽钢开口侧表面，加载速率不应超过 12.7mm/min。
- 4 观察并记录试验过程中的荷载及变形情况，当荷载不再增加而变形持续发展或螺母、槽钢发生破坏时，对应的荷载值即为所测槽钢螺母的抗拉承载力试验值。
- 5 试件数量不少于 3 个。

【D.0.1】 在抗拉承载力试验中，试件的正常破坏模式为：咬合式螺母附近的槽钢壁板发生过度

塑性变形或撕裂，或者咬合式螺母发生破坏，其余破坏形式均属于非正常破坏。对于非正常破坏，应按要求重新进行新的一组试验。本条试验装置参考英国 BS 6946 规范和欧洲 EAD 280016 标准制定。

D.0.2 连接件采用标准孔时，单个槽钢螺母的抗剪承载力可采用图 D.0.2 所示试验方法确定，并应符合下列规定：

- 1 固定螺栓、加载连接件应具有足够的承载能力，不应先于受测螺栓发生滑移或破坏。
- 2 安装扭矩可按咬合式螺母的产品说明书要求执行，或按表 D.0.1 执行。
- 3 荷载应位于加载连接件平面内，加载速率不应超过 12.7mm/min。
- 4 观察并记录试验过程中的荷载及变形情况，当荷载不再增加而变形持续发展时，对应的荷载值即为所测槽钢螺母的抗剪承载力试验值。
- 5 试件数量不少于 3 个。

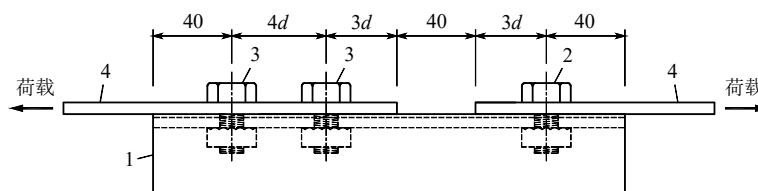


图 D.0.2 咬合式螺栓的抗剪承载力测试示意图

1—槽钢；2—受测螺栓；3—固定螺栓；4—加载连接件

【D.0.2】 在抗剪承载力试验中，试件的正常破坏模式为槽钢与咬合式螺母发生相对滑移，也即槽钢齿槽或螺母齿槽发横了剪切破坏，其余破坏形式均属于非正常破坏。对于非正常破坏，应按要求重新进行新的一组试验。

D.0.3 支吊架各类连接的承载力、连接件采用异形孔时整个连接的抗剪承载力，可采用整体试验来确定，并应符合下列规定：

- 1 试件中的各构件及其连接件和零部件应采用真实产品。
- 2 螺栓的安装扭矩可按产品说明书要求执行，对于咬合式螺栓，也可按表 D.0.1 执行。
- 3 加载方式应能充分反映连接的实际受力方式，加载速率不应超过 12.7mm/min。
- 4 试件在加载过程中不能发生整体失稳，槽钢等构件不应先于连接件发生整体破坏。
- 5 观察并记录试验过程中的荷载及变形情况，当荷载不再增加而变形持续发展，或连接发生破坏，或板件局部变形过大而导致功能丧失时，对应荷载值即为承载力试验值。

- 6 试件数量不少于 3 个。

【D.0.3】 以图 9 所示门形支吊架为例，该试验既可以用来测定横槽钢与竖槽钢之间整个连接的

承载力（连接件的形式和螺栓数量不局限于图中所示），也可以用来测定连接件采用异形孔时整个连接的抗剪承载力。加载处应设置合适的加载垫块，防止横槽钢因受局部集中荷载而先于连接发生破坏。

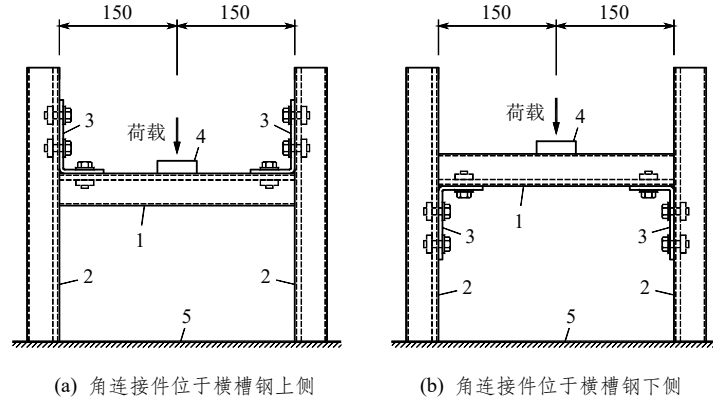


图 9 连接承载力测试示意图

1—横槽钢；2—竖槽钢；3—连接件；4—加载垫板；5—台座

试件的正常破坏模式为连接发生破坏，比如螺栓破坏、齿槽破坏、连接件破坏或过度塑性变形、连接处槽钢壁板破坏或过度塑性变形等。如果支吊架发生整体失稳、槽钢构件发生强度破坏或失稳等，均属于非正常破坏。对于非正常破坏，应按要求重新进行新的一组试验。

通过上述试验可以测出整个连接的承载能力，无需再按各部件分别计算。对于图 9 中横槽钢与竖槽钢之间的连接，承担的荷载为试验所施加荷载的 1/2。

D.0.4 连接件、构件和结构的承载力标准值可按式计算：

$$R_k = R_m(1 - k_s k_v) \quad (\text{D.0.4-1})$$

$$R_m = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n} \quad (\text{D.0.4-2})$$

$$k_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n - 1}} \quad (\text{D.0.4-3})$$

式中： R_k ——连接件、构件和结构的试验承载力标准值（N）；

R_m ——连接件、构件和结构的试验承载力平均值（N）；

k_s ——容差因子，按表 D.0.4 确定；

k_v ——承载力变异系数；

n ——试件个数；

R_i ——第 i 个连接件、构件和结构的承载力试验值 (N)。

表 D.0.4 容差因子

n	k_s	n	k_s	n	k_s	n	k_s
3	5.311	13	2.402	23	2.159	60	1.933
4	3.957	14	2.363	24	2.145	70	1.909
5	3.400	15	2.329	25	2.132	80	1.890
6	3.092	16	2.299	26	2.120	90	1.874
7	2.894	17	2.272	27	2.109	100	1.861
8	2.754	18	2.249	28	2.099	120	1.841
9	2.650	19	2.227	29	2.089	240	1.780
10	2.568	20	2.208	30	2.080	∞	1.645
11	2.503	21	2.190	40	2.010		
12	2.448	22	2.174	50	1.965		

【D.0.4】 按试验数据近似服从正态分布，对均值和方差都未知的情况下，置信水平为 90%，基于简单随机样本得到可靠度置信下限为 0.95 时的系数。

D.0.5 连接件、构件和结构的承载力设计值可按式计算：

$$R_d = \alpha_R k R_k \quad (\text{D.0.5})$$

式中： R_d ——连接件、构件和结构的承载力设计值 (N)；

R_k ——连接件、构件和结构的承载力标准值 (N)，按 D.0.4 条确定；

α_R ——抗力分项系数的倒数，一般取 0.9，最小板厚 $t \leq 6\text{mm}$ 的冷弯薄壁型钢结构取 0.8；

k ——孔型系数，标准孔取 1.0；大圆孔取 0.85；内力与槽孔长向垂直时取 0.7；内力与槽孔长向平行时取 0.6。

【D.0.5】 对于咬合式螺栓连接以及连接抗剪，当内力与槽孔长向垂直时， $\alpha_R k = 0.56$ ，相当于抗力分项系数为 1.8；当内力与槽孔长向平行时， $\alpha_R k = 0.48$ ，相当于抗力分项系数为 2.1，均与欧洲规范 EN 1992-4 的规定值相当。对与抗拉连接，孔型系数 k 可取 0.7，相当于抗力分项系数为 1.8。

本规程用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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”。
- 2 条文中指明应按其他标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《钢结构设计标准》GB 50017
- 《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018
- 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981
- 《钢结构防火涂料通用技术条件》GB 14907
- 《包装储运图示标志》GB/T 191
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《热轧型钢》GB/T 706
- 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 《一般公差 未注公差的线性角度尺寸的公差》GB/T 1804
- 《连续热镀锌钢板及钢带》GB/T 2518
- 《紧固件机械性能螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 《紧固件机械性能螺母》GB/T 3098.2
- 《紧固件机械性能不锈钢螺栓 螺钉和螺柱》GB/T 3098.6
- 《紧固件机械性能不锈钢螺母》GB/T 3098.15
- 《紧固件电镀层》GB/T 5267.1
- 《通用冷弯开口型钢尺寸 外形 重量及允许偏差》GB/T 6723
- 《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725
- 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923
- 《金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层锌层》GB/T 9799
- 《建筑构件耐火试验方法通用要求》GB/T 9978.1
- 《金属覆盖层钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912
- 《螺杆》GB/T 15389

《低合金钢药芯焊丝》 GB/T 17493
《熔融结合环氧粉末涂料的防腐蚀涂装》 GB/T 18593
《锌铬涂层技术条件》 GB/T 18684
《不锈钢和耐热钢牌号及化学成分》 GB/T 20878
《建筑抗震支吊架通用技术条件》 GB/T 37267
《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》 CJ/T 476
《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
《混凝土结构后锚固技术规程》 JGJ 145
《混凝土用机械锚栓》 JG/T 160
《混凝土结构工程用锚固胶》 JG/T 340
《不锈钢结构技术规程》 CECS 410