** T/CECS xxx：2022**

中国工程建设协会标准

地下工程支吊架抗震支撑系统技术规程

Technical specification for seismic bracing in underground engineering

（征求意见稿）

前  言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2019年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字﹝2019﹞22号）的要求，规程编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程分10章，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、地震作用和抗震验算、设计、防腐、制作、安装、验收。

请注意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。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，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。在执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际5号楼7层；邮编：100048）。

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

湖南力衡科技有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目  次

[1 总 则 1](#_Toc108509707)

[2 术语和符号 3](#_Toc108509708)

[2.1 术 语 3](#_Toc108509709)

[2.2 符 号 4](#_Toc108509710)

[3 基本规定 6](#_Toc108509711)

[4 材 料 8](#_Toc108509712)

[5 地震作用与抗震验算 12](#_Toc108509713)

[5.1 一般规定 12](#_Toc108509714)

[5.2 地震作用计算 13](#_Toc108509715)

[5.3 抗震验算 14](#_Toc108509716)

[6 设 计 16](#_Toc108509717)

[6.1 一般规定 16](#_Toc108509718)

[6.2 型式设计 16](#_Toc108509719)

[6.3 布置原则 18](#_Toc108509720)

[6.4 构造设计 21](#_Toc108509721)

[6.5 计 算 22](#_Toc108509722)

[7 防 腐 24](#_Toc108509723)

[8 制 作 27](#_Toc108509724)

[9 安 装 29](#_Toc108509725)

[9.1 一般规定 29](#_Toc108509726)

[9.2 安装准备 29](#_Toc108509727)

[9.3 施工安装 30](#_Toc108509728)

[10 验 收 32](#_Toc108509729)

[10.1 一般规定 32](#_Toc108509730)

[10.2 主控项目 33](#_Toc108509731)

[10.3 一般项目 35](#_Toc108509732)

[附录A 抗震支吊架计算书 36](#_Toc108509733)

[附录B 抗震支吊架验收记录表 37](#_Toc108509734)

[本规范用词说明 40](#_Toc108509735)

[引用标准名录 41](#_Toc108509736)

[条文说明 43](#_Toc108509737)

Contents

[1 General provision 1](#_Toc92987336)

[2 Terms and symbols 3](#_Toc92987337)

[2.1 Terms 3](#_Toc92987338)

[2.2 Symbols 4](#_Toc92987339)

[3 Basic requirements 6](#_Toc92987340)

[4 Material 8](#_Toc92987341)

[5 Earthquake action and seismic checking 12](#_Toc92987342)

[5.1 General requirements 12](#_Toc92987343)

[5.2 Calculation of earthquake action 13](#_Toc92987344)

[5.3 Seismic checking 14](#_Toc92987345)

[6 Design for seismic bracing 16](#_Toc92987346)

[6.1 General requirements 16](#_Toc92987347)

[6.2 Types design 16](#_Toc92987348)

[6.3 Arrangement principle 18](#_Toc92987349)

[6.4 Detailing 21](#_Toc92987350)

[6.5 Calculation 22](#_Toc92987351)

[7 Anticorrosion 24](#_Toc92987352)

[8 Fabrication 27](#_Toc92987353)

[9 Installation 29](#_Toc92987354)

[9.1 General requirements 29](#_Toc92987355)

[9.2 Installation preparation 29](#_Toc92987356)

[9.3 Construction installation 30](#_Toc92987357)

[10 Acceptance 32](#_Toc92987358)

[10.1 General requirements 32](#_Toc92987359)

[10.2 Dominant items 33](#_Toc92987360)

[10.3 General items 35](#_Toc92987361)

[Appendix A Seismic bracing node calculation 36](#_Toc92987362)

[Appendix B Records for quality acceptance about seismic bracing 37](#_Toc92987362)

Explanation of wording in this specification  [40](#_Toc92987366)

[List of quoted standards 41](#_Toc92987367)

[Addition:Explanation of provisions 43](#_Toc92987367)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范地下工程支吊架抗震支撑系统的设计、制作、安装和验收，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。

【条文说明】

1.0.1 本规程的地下工程，主要是指城市地下工程。现行行业标准《城市地下空间利用基本术语标准》JGJ/T 335第2.0.14条规定，地下工程是指各种类型地下空间设施的总称，并从城市地下空间的使用功能角度将城市地下空间设施分为地下交通设施、地下市政公用设施、地下公共服务设施、地下仓储设施、地下物流设施、地下防灾减灾设施及地下综合设施。因此本规程的地下工程，主要包括上述类型的建筑，但地下防灾减灾设施中的人民防空工程由于保密等原则，不在本规程的应用范围内。

随着城镇化的快速发展，地面资源日益紧张，向地下发展已成为现代城市可持续发展的必然需求和选择。科学开发利用地下空间不但是对城市地上功能的补充和延伸，同时也有助于缓解城市交通、改善城市环境。合理开发利用地下空间早已在世界范围内达成高度共识。近年来，我国出现了地下空间开发的热潮，地下交通、地下商场、地下车库、综合管廊等城市地下工程发展迅猛，开发规模和速度已居世界前列。根据我国《人民防空法》第十四条的规定，城市的地下交通干线以及其他地下工程的建设，应当兼顾人民防空需要。可见，城市地下工程不仅要满足城市地上功能的要求，还需兼顾防灾避难的功能。此外，城市地下工程中各类机电设备及管线众多，抗震支吊架作为其重要抗震措施，自现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981颁布实施以来，在城市地下工程中得到了广泛应用。

我国属于地震多发国家，地震发生时由于地下工程的建筑结构自振而发生应变和变形，地下工程中设置的支吊架系统容易发生损毁引发次生灾害，严重影响人生安全和地下重要管线设施的正常运行。抗震支吊架是以地震时产生的地震作用力为主要荷载的抗震支撑系统，针对的是遭遇到设防烈度的地震时能将管道及设备产生的地震作用传递到主体结构上的一种抗震支撑措施，以达到减轻地震破坏、减少和尽可能防止次生灾害的发生，从而实现减少人员伤亡及财产损失、甚至保持机电设备功能基本可用的目的。如果抗震支吊架设计或施工不当，在地震作用时可能出现主体结构未达到极限状态而抗震支吊架系统已经发生破坏造成管线掉落或机电设备损毁中断运行的情况，极易引发次生灾害，严重影响安全施救和灾后重建。

为了提高抗震支吊架支撑系统在地下工程的设计、施工与验收的技术水平，充分发挥其对机电设备管线应有的保护作用，又能在经济上达到充分的合理性，编制组采用目前先进的、基于性能的结构抗震理念，通过验算科学、合理的确定抗震支吊架构件在不同性能等级下的承载力，并结合国内外多项工程实践编制本规程。

**1.0.2** 本规程适用于抗震设防烈度为6度至9度地区的地下工程支吊架抗震支撑系统设计、制作、安装和验收。

【条文说明】

1.0.2 目前因缺乏可靠的近场地震的资料和数据，抗震设防烈度大于9度地区的建筑抗震设计没有列入现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011。同时现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002对抗震设防分类和抗震设防标准进行了规定，其中特殊设防类应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定其地震作用，因此当地下工程所处地区的抗震设防烈度为9度，但是地下工程建筑工程为特殊设防类，其抗震支吊架的设计、安装、施工不适用于本规程。另外，人民防空工程等有特殊要求的地下工程，其抗震支吊架的设计、安装、施工也不适用于本规程。

**1.0.3** 地下工程支吊架抗震支撑系统的设计、制作、安装和验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】

1.0.3 在地下工程抗震支吊架的应用技术中，与产品技术要求密切相关的标准主要有现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267和现行行业标准《建筑机电设备抗震设备支吊架通用技术条件》CJ/T 476，与抗震设计密切相关的标准主要有现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002和现行行业标准《非结构构件抗震设计规范》JGJ 339。同时地下工程抗震支吊架的施工及验收还应符合相关建筑机电工程设施施工及验收的相关标准。

# 2 术语和符号

**2.1** 术 语

**2.1.1** 地下工程 underground engineering

在土层或岩体中修建的各种类型地下空间设施的总称。

【条文说明】

2.1.1 本术语同等采用行业标准《城市地下空间利用基本术语标准》JGJ/T 335-2014第2.0.14条。

**2.1.2** 支吊架抗震支撑系统 seismic bracing

与建筑结构体可靠连接，以承担地震作用为主的抗震支撑设施。简称抗震支吊架。

【条文说明】

2.1.2 本术语等同采用国家标准《建筑机电工程抗震技术标准》GB/T 50981-202X第XX条的规定。抗震支吊架的作用是将机电设备和管线牢固地连接到建筑结构上，通过限制机电工程设施位移来控制设施的振动，并将地震作用传递至建筑结构上，目的是保证建筑物机电设施的完整性和安全性，减小和避免地震对人员生命和财产造成的直接或次生伤害。现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981颁布实施后，抗震支吊架在建筑机电工程中得到广泛应用，产品的构造型式丰富多样。本规程所指的抗震支吊架，其竖向构件由螺杆和C形槽钢组成，典型的结构型式可参考国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267-2018中附录A的示例。

**2.1.3** 侧向抗震支吊架 lateral seismic bracing

斜撑与管道横截面平行的抗震支吊架。

**2.1.4** 纵向抗震支吊架 longitudinal seismic bracing

斜撑与管道横截面垂直的抗震支吊架。

**2.1.5** 双向抗震支吊架 bidirectiongal seismic bracing

 同时具有侧向和纵向抗震功能的抗震支吊架。

**2.1.6** 单管（杆）抗震支吊架 single tube seismic bracing

由一根加固吊杆和抗震斜撑组成的抗震支撑设施。

**2.1.7** 门型抗震支吊架 door-shaped seismic bracing

 由两根及以上的加固吊杆和横梁、抗震斜撑组成的抗震支撑设施。

**2.1.8** 加固吊杆 reinforcing suspengders

抗震支吊架的竖向受力组件，包括螺杆和C形槽钢。

**2.1.9** 螺杆紧固件 screw fasteners

 能夹紧螺杆，使螺杆与C形槽钢固定牢固，并能提高螺杆抗弯能力与稳固性能的装置。

**2.1.10** 抗震斜撑bracing component

 将地震水平作用传递给建筑结构的构件。

**2.1.11** 抗震连接构件 seismic component

用于连接抗震斜撑的单独或组合的构件，包括根部连接构件和管部连接构件。

**2.1.12** 管道连接构件 pipe connecting component

通过锁紧管道以防止其在特定方向发生滑脱移动的构件，简称管束。

**2.1.13**  建筑机电工程设施 building mechanical electrical equipment engineering facilities

 为建筑使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统。主要包括电梯、照明和应急电源、通信设备、管道系统、采暖和空气调节系统，烟火监测和消防系统、公用天线等。

**2.2** 符 号

**2.2.1** 作用和作用效应

*F——*沿最不利方向施加于建筑机电工程设施重心处的水平地震作用标准值；

*G*——建筑机电工程设施的重力；

*S*——建筑机电工程设施或构件内力组合的效应设计值；

$ 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。

**2.2.2** 材料性能

*R*——抗震支吊架构件的承载力设计值。

**2.2.3** 几何参数

*l*——水平管线侧向及纵向抗震支吊架间距；

$l\_{0}$——抗震支吊架的最大间距；

*L*——距一下纵向抗震支吊架间距；

$L\_{1}$——纵向抗震支吊架间距；

$L\_{2}$——侧向抗震支吊架间距。

**2.2.4** 计算系数

*γ* ——功能系数；

*η* ——类别系数；

$ζ\_{1}$——状态系数；

$ζ\_{2}$——位置系数；

$ γ\_{RE}$——承载力抗震调整系数；

$α\_{max}$——地震影响系数最大值；

$β\_{s}$——建筑机电工程设施或构件的楼面反应谱值；

$γ\_{G}$——重力荷载分项系数；

$ γ\_{Eh}$——水平地震作用分项系数；

$ α\_{Ek}$——水平地震力综合系数；

*k* ——抗震斜撑角度调整系数。

# 3 基本规定

**3.0.1**  抗震支吊架应采用装配式成品构件，除C形槽钢和螺杆可进行现场切割外，其他构件不得进行现场加工。

【条文说明】

3.0.1 抗震支吊架采用装配式构件，并经过深化设计、工厂预制、现场拼装，具有安装速度快、组装灵活、减少现场焊接作业、受力安全可靠等优点，保证了抗震支吊架的工程质量，同时也符合建筑产业化的发展趋势。

**3.0.2** 地下工程抗震支吊架应根据其实际承受的荷载进行地震作用组合的效应验算。

**3.0.3** 地下工程抗震支吊架应达到下列抗震设防目标：

**1** 当地下工程遭受低于本地区设防烈度的多遇地震影响时，抗震支吊架不受损坏，相连建筑机电工程设施能正常运行；

**2** 当地下工程遭受相当于本地区设防烈度的设防地震影响时，抗震支吊架可能损伤，相连建筑机电工程设施可能损坏经一般修理或不需要修理仍可继续运行；

**3** 当地下工程遭受高于本地区设防烈度的罕遇地震影响时，抗震支吊架和相连建筑机电工程设施不至于严重损坏，造成人员伤亡和危及主体结构的次生灾害。

【条文说明】

3.0.3 国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021第5.1.12条规定，建筑的非结构构件及附属机电设备，其自身及与结构主体的连接，应进行抗震设防。抗震支吊架作为建筑机电工程设施与结构主体连接的组件和重要抗震设施，应满足相应抗震要求。

**3.0.4** 抗震支吊架应具有足够的刚度和承载力，应能将地下工程建筑机电工程设施所承受的地震作用全部传递到建筑结构上，锚栓应能承受建筑机电工程设施传给地下建筑主体结构的地震作用。

【条文说明】

3.0.4 抗震支吊架是以地震时产生的地震作用为主要荷载的抗震支撑系统，在遭遇地震时能将建筑机电工程设施产生的地震作用传递到主体结构上的抗震设施，同时也是对建筑机电工程设施进行有效保护的重要抗震措施，因此抗震支吊架应具有优良承载力。

**3.0.5** 抗震支吊架与钢筋混凝土结构应采用锚栓连接。

【条文说明】

3.0.5 砌体墙、轻质隔墙等非承重墙不得作为抗震支吊架的连接基材。

**3.0.6** 抗震支吊架构件应按现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267或现行行业标准《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CJ/T 476的有关规定进行荷载性能试验，C形槽钢还应进行正面、侧面和背面的荷载性能试验。

【条文说明】

3.0.6 抗震支吊架构件的荷载性能是产品设计和抗震验算的重要依据，构件的荷载设计值应符合现行国家标准的规定或根据第三方检测机构检测的试验值经过计算得出。

**3.0.7** 地下工程中建筑机电工程设施的抗震设计应符合现行国家标准《建筑机电工程抗震设计标准》GB 50981的有关规定。

# 4 材 料

**4.0.1** 钢材应采用Q235B级及以上碳钢或不锈钢等材料，碳钢材料化学成分应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700的有关规定，不锈钢材料化学成分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的有关规定。

【条文说明】

4.0.1 Q235B钢材质稳定，性能可靠，经济指标较好，且在我国有多年的生产和使用经验。国家标准《碳素结构钢》GB/T 700-2006第5.1.1.4条规定了A级钢的碳、锰、硅含量可以不作为交货条件，而双拼C型槽钢和连接件等焊接结构对钢材的碳含量要求较为严格，因此Q235A级钢不推荐使用。

**4.0.2** 槽钢宜采用内卷边带齿牙的C形槽钢，并应符合下列规定：

**1** C形槽钢规格尺寸和齿深应符合现行国家标准《装配式支吊架通用技术要求》GB/T 38053的有关规定，且壁厚不应小于2mm；

**2** 齿牙间距宜为齿牙深度的2倍~3倍；

 **3** 当选用其他截面形式时，槽钢质量应符合现行国家标准《冷弯型钢通用技术要求》GB/T 6725的有关规定。

**4.0.3** 槽钢螺母和螺杆紧固件的齿牙深度、齿距及齿形应与C形槽钢相匹配，齿牙总宽度不应低于18mm，槽钢螺母板厚不应小于8mm。

【条文说明】

4.0.3 槽钢螺母、螺杆紧固件的齿牙与槽钢齿的匹配度十分重要，他们通过咬合型连接方式形成整体并共同工作。如果不能完全匹配，在按规定扭矩安装时会破坏槽钢齿，影响承载力性能。或者不能完全贴合，也可能导致槽钢齿发生局部屈服破坏，而非整个齿牙受剪破坏，同样影响承载力性能。槽钢螺母常用规格为M10、M12，按照现行国家标准《Ⅰ型六角螺母》GB/T 6170的有关规定，其厚度最小不能低于8.04mm和10.37mm。

**4.0.4** 螺杆的质量应符合现行国家标准《螺杆》GB/T 15389的有关规定，牙型应符合现行国家标准《普通螺纹 基本牙型》GB/T 192的有关规定。

**4.0.5** 紧固件质量和性能等级应符合下列规定：

**1** 当紧固件材质为碳钢或合金钢时，其性能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的有关规定；

**2** 当紧固件材质为不锈钢时，其性能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的有关规定。

【条文说明】

4.0.5 为了保证紧固件连接的安全，螺母的性能等级应与螺栓的性能等级相匹配。碳钢及合金钢制成的紧固件，标准螺母（Ⅰ型）和高螺母（2型）与外螺纹紧固件性能等级的搭配使用应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2的有关规定。

**4.0.6** 锚栓类型和性能应符合下列规定：

**1** 宜选用模扩底锚栓或自扩底锚栓，锚固性能应符合现行行业标准《混凝土用机械锚栓》JG/T 160中S类的有关规定；

**2** 锚栓的性能等级及相应力学性能指标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。

【条文说明】

4.0.6 根据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145-2013的规定，后锚固技术适用于设防烈度8度及8度以下地区以钢筋混凝土、预应力混凝土为基材的后锚固连接。设防烈度不高于8度（0.2g）的建筑物，也可采用后扩底锚栓和特殊倒锥形化学锚栓。当采用特殊倒锥形化学锚栓时，性能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。

**4.0.7** 垫圈的质量应符合现行国家标准《标准型弹簧垫圈》GB/T 93、《平垫圈C级》GB/T 95的有关规定。

**4.0.8** 衬垫材料宜采用三元乙丙橡胶或氯化丁基橡胶，并应符合下列规定：

**1** 外观应光滑平整、不得有气孔、裂纹、破损、重皮等缺陷；

**2** 规则尺寸应与管束的规格尺寸相匹配；

**3** 燃烧性能不应低于B2级；

**4** 空气声隔声量不应低于20dB。

【条文说明】

4.0.8 在管道连接件内设置橡胶衬垫，可达到绝缘、防震和降噪的效果。当有防迷流要求时，衬垫材料中天然橡胶含量不应小于28%。

**4.0.9** 抗震连接构件和管束用板材厚度不应小于5mm。

【条文说明】

4.0.9 为了保证抗震支吊架的工程质量，规定了抗震支吊架主要连接构件的厚度。管束主要有欧姆型管束、O型管束和U型管束，结构型式可参考国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267-2018附录C。抗震连接构件主要有铰链式抗震连接件、直角式抗震连接件和抗震连接座，其中抗震连接座的结构型式可参考国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267-2018附录B，直角式抗震连接件和铰链式抗震连接件的结构示意如图1。

 

（a） 直角式抗震连接件 （b） 铰链式抗震连接件

图1 抗震连接件示意图

**4.0.10** 抗震支吊架组件的性能应符合下列规定：

**1** 抗震支吊架组件的循环加载性能、疲劳性能、耐火性能应符合现行国家标准《建筑抗震支吊架通用技术条件》GB/T 37267的规定；

**2**  当抗震支吊架组件有地震模拟测试要求时，应按现行国家标准《环境试验 第2部分: 试验方法 试验Ff：振动 时间历程和正弦拍频法》GB/T 2423.48的规定进行试验，试验后组件外观、结构应完好，不应出现变形、断裂等现象。

【条文说明】

4.0.10 现行国家标准《环境试验 第2部分: 试验方法 试验Ff：振动 时间历程和正弦拍频法》GB/T 2423.48-2018规定了元器件、设备和其他电工电子产品的正弦拍频和时间历程振动试验方法。因为这些元器件、设备和其他电工电子产品在使用过程中会经受到诸如地震、爆炸、不同运输工具的运输或机器运行中的短时、瞬态振动所引起的短持续时间的脉冲和震荡力的作用。抗震支吊架可通过该试验方法考核支吊架组件在上述模拟环境中的适应性和稳定性，具体试验过程为试验前先对支吊架组件的外观、结构进行目视检查，然后按该试验方法的规定依次对支吊架组件的前后向、左右向、上下向进行正弦拍频试验，试验后对支吊架组件的外观、结构进行目视检查。

# 5 地震作用与抗震验算

## **5.1** 一般规定

**5.1.1** 地下工程抗震支吊架在地震中应对建筑机电工程设施给予可靠保护，并应能承受来自任意水平方向的地震作用。

【条文说明】

5.1.1 地震发生时地震作用是多方位的，因此要求抗震支吊架在地震发生时能承受来自各方位的地震作用，才能保证建筑机电工程设施的安全。

**5.1.2** 建筑机电工程设施应根据所属地下建筑抗震要求、所属部位采用不同功能系数、类别系数进行地震作用计算。建筑机电工程设施或构件的类别系数和功能系数可按表5.1.2的规定执行，并应符合下列规定：

**1** 高要求时，外观可能损坏但不影响使用功能和防火能力，可经受相连结构构件出现1.4倍以上设计挠度的变形，其功能系数不应小于1.4；

**2** 中等要求时，使用功能基本正常或可很快恢复，耐火时间减少1/4,可经受相连结构构件出现设计挠度的变形，其功能系数应取1.0；

**3** 一般要求时，多数构件基本处于原位，但系统可能损坏，需修理才能恢复功能，耐火时间明显降低，只能经受相连结构构件出现0.6倍设计挠度的变形，其功能系数应取0.6。

表**5.1.2** 建筑机电工程设施构件的类别系数和功能系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 构件、部件所属系统 | 类别系数 | 功能系数 |
| 甲类建筑 | 乙类建筑 | 丙类建筑 |
| 消防系统、燃气及其它气体系统；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，轿箱导向构件等 | 1.0 | 1.4 | 1.0 | 1.0 |
| 悬挂式或摇摆式灯具，给排水管道、通风空调管道及电缆桥架 | 0.9 | 1.4 | 1.0 | 0.6 |
| 其它灯具 | 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 |
| 公用天线支座 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 1.0 |

**5.1.3** 建筑机电工程设施的地震作用计算方法，应符合下列规定：

**1** 各构件和部件的地震力应施加于其重心，水平地震作用力应沿水平任一水平方向；

**2** 建筑机电工程设施自身重力产生的地震作用可采用等效侧力法计算；

**3** 建筑机电工程设施（含支架）的体系自振周期大于0.1s且其重力超过所在楼层重力的l%，宜进入整体结构模型进行抗震设计，也可采用楼面反应谱方法计算。其中，与楼盖非弹性连接的建筑机电工程设施，可直接将其与楼盖作为一个质点计入整个结构的分析中得到建筑机电工程设施所受的地震作用。

【条文说明】

5.1.3 现行国家标准《建筑机电工程抗震设计标准》GB 50981-202X对建筑机电工程的地震作用计算方法提出基本要求。本条结合地下工程特点，提出适合地下工程建筑机电工程设施在计算地震作用时的总体要求。

## **5.2** 地震作用计算

**5.2.1** 当采用等效侧力法时，水平地震作用标准值宜按下式计算：

$F = α\_{Ek}G$ （5.2.1-1）

$α\_{Ek} = γηζ\_{1}ζ\_{2}α\_{max}$ （5.2.1-2）

式中：*F*——沿最不利方向施加于建筑机电工程设施重心处的水平地震作用标准值；

$ α\_{Ek}$——水平地震力综合系数；

*γ*——建筑机电工程设施功能系数，按本规程第5.1.2条的规定执行；

*η*——建筑机电工程设施类别系数，按本规程第5.1.2条的规定执行；

$ζ\_{1}$——状态系数，对支承点低于质心的建筑机电工程设施和柔性体系宜取2.0，其余情况可取1.0；

$ζ\_{2}$——位置系数，宜取1.0。对结构要求采用时程分析法补充计算的地下建筑，应按计算结果调整；

$α\_{max}$——地震影响系数最大值，按表5.2.1中的多遇地震的有关规定执行；

*G*——建筑机电工程设施的重力，应包括运行时有关的人员、容器和管道中的介质及储物柜中物品的重力。

表**5.2.1** 水平地震影响系数最大值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 地震影响 | 6度 | 7度 | 8度 | 9度 |
| 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 |

**5.2.2** 当采用楼面反应谱法时，水平地震作用标准值宜按下式计算：

$F = γηβ\_{s}G$ （5.2.2）

式中：$β\_{s}$——建筑机电工程设施或构件的楼面反应谱值。

## **5.3** 抗震验算

**5.3.1** 建筑机电工程设施重力荷载效应和地震作用效应的基本组合值，应按下式进行计算：

*S*$ = γ\_{G}S\_{GE} + γ\_{Eh}S\_{Ehk}$ （5.3.1）

式中：*S*——建筑机电工程设施或构件内力组合的设计值，包括组合的弯矩、轴向力和剪力设计值等；

$γ\_{G}$——重力荷载分项系数，一般情况应取1.3；

$ γ\_{Eh}$——水平地震作用分项系数，取1.4；

$S\_{GE}$——重力荷载代表值的效应；

$S\_{Ehk}$——水平地震作用标准值的效应。

【条文说明】

5.3.1 重力荷载分项系数和水平地震作用分项系数取值按国家标准《建筑机电工程抗震技术标准》GB 50981-202X的有关规定执行。

**5.3.2** 抗震支吊架进行抗震验算时，摩檫力不得作为抵抗地震作用的抗力，并应按下式验算：

*S*≤$R/γ\_{RE}$ （5.3.2）

式中：$γ\_{RE}$——承载力抗震调整系数，可取1.0；

*R*——抗震支吊架构件的承载力设计值。

【条文说明】

5.3.2 抗震支吊架构件的承载力设计值可由有资质的第三方检测机构或认证机构得出。构件的承载力设计值可根据国家标准《装配式支吊架通用技术要求》GB/T 38053-2019中附录A的规定由构件荷载试验值计算得出，其中承载力分项系数可取1.5。

# 6 设 计

## **6.1** 一般规定

**6.1.1** 地下工程抗震支吊架应根据建筑机电工程施工图纸进行深化设计，并应经过设计单位审核确认后方可实施。深化设计应包括设计说明、平面布置图、节点大样图和计算书，计算书宜按本规程附录A的规定执行。

【条文说明】

6.1.1 现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981对抗震支吊架的设计、计算及设置提出了明确要求。抗震支吊架的深化设计，应根据建筑机电工程各专业管线的形式、尺寸、标高、荷载分布等信息，对抗震支吊架构件和组件进行计算和设计。

**6.1.2** 抗震支吊架应根据所承受荷载按本规程第5章的规定对抗震斜撑、抗震连接件、螺杆、锚栓、管束的强度以及抗震斜撑、螺杆的长细比进行抗震验算，并调整抗震支吊架间距，直至各点满足抗震荷载要求。

【条文说明】

6.1.2 国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981-2014中第8.2.5条规定抗震支吊架应根据所承受荷载进行抗震验算，并在条文说明中列出斜撑、抗震连接件、吊杆、斜撑锚栓、吊杆锚栓、管束应进行强度验算以及斜撑、吊杆应进行长细比的验算。

**6.1.3** 抗震支吊架宜兼顾承受地震作用和重力作用。

【条文说明】

6.1.3 抗震支吊架应具有足够的承载能力，在抗震设计中要充分发挥抗震支吊架的承重作用，确保建筑机电工程的安全可靠和经济合理。

**6.1.4** 保温管道的抗震支吊架限位应按管道保温后的尺寸设计，且不应限制管线热胀冷缩产生的位移。

## **6.2**  型式设计

**6.2.1** 抗震支吊架按抵抗水平地震作用方向分为侧向抗震支吊架、纵向抗震支吊架和双向抗震支吊架。抗震支吊架应根据承担的地震作用方向进行选型，选型应符合下列规定：

**1** 承担侧向水平地震作用时，应选用侧向抗震支吊架；

**2** 承担纵向水平地震作用时，应选用纵向抗震支吊架；

**3** 承担侧向和纵向水平地震同时作用时，应选用双向抗震支吊架。

【条文说明】

6.2.1 侧向抗震支吊架中的抗震斜撑与管道横截面平行，纵向抗震支吊架中的抗震斜撑与管道纵剖面平行，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。现行国家建筑标准设计图集《地铁工程抗震支吊架设计与安装》17T206、《装配式管道支吊架》（含抗震支吊架）18R417-2、《金属、非金属风管支吊架》（含抗震支吊架）19K112列举了管道抗震支吊架、风管抗震支吊架、电缆桥架抗震支吊架、管线综合抗震支吊架等不同型式抗震支吊架的示意图。实际工程中典型的侧向抗震支吊架、纵向抗震支吊架和双向抗震支吊架示意见图2。



水管侧向抗震支吊架 桥架侧向抗震支吊架 风管侧向抗震支吊架

水管纵向抗震支吊架 水管双向抗震支吊架-Ⅰ 水管双向抗震支吊架-Ⅱ

 桥架双向抗震支吊架 风管双向抗震支吊架

图2 抗震支吊架示意图

**6.2.2** 抗震斜撑型式应符合下列规定：

**1** 抗震斜撑与加固吊杆之间的距离不应大于10cm；

**2** 抗震斜撑与加固吊杆夹角宜为45°，当安装空间受限时可调整安装角度，但夹角不应小于30°；

**3** 门型抗震支吊架应至少设置一个侧向抗震斜撑或两组纵向抗震斜撑；

**4** 多层门型抗震支吊架，可在距离锚栓最远层和中间层设置抗震斜撑。

【条文说明】

6.2.2 “抗震支吊架的斜撑与吊架的距离不得大于10cm”，是等效采用现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981第8.3.4条，抗震斜撑与加固吊杆布置示意见图3。该条要求主要是针对单水管抗震支吊架中抗震斜撑与加固吊杆安装位置不在同一点的情况做出规定。当抗震斜撑与加固吊杆固定在同一位置时（如图2中水管双向抗震支吊架-Ⅱ）,可视为符合该条规定。



图3 抗震斜撑与加固吊杆布置示意图

## **6.3** 布置原则

**6.3.1** 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。

**6.3.2**  矩形截面且面积大于等于0.38m2、圆形截面且直径大于等于700mm的通风、空气调节风道，应设置抗震支吊架。

**6.3.3** 锅炉房、制冷机房、热交换站内的管道应设置抗震支吊架。当多根管道公用支吊架或管径大于等于300mm的单根管道支吊架，宜选用门型抗震支吊架。

**6.3.4** 内径大于等于25mm的燃气管道，应设置抗震支吊架。

**6.3.5**  内径不小于60mm的电气配管及重力不小于150N/m的电线梯架、电缆槽盒和母线槽，均应设置抗震支吊架。

【条文说明】

6.3.1~6.3.5 根据国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981-2014的规定对各专业建筑机电管线的抗震要求给出了需要设置抗震支吊架的条件。

**6.3.6** 防排烟风道、事故通风风道及相关设备应设置抗震支吊架。

【条文说明】

6.3.6 地震发生时常发生火灾或危险气体泄露等次生灾害，因为地下工程具有一定封闭性，外部开设的通道较少，因此一旦发生火灾或危险气体泄露，会对建筑本身及人员造成严重的影响，产生较大的经济损失，甚至威胁人员的人身安全。防排烟系统和事故通风风道是保障人员安全疏散的重要措施之一，因此规定此条。

**6.3.7** 当金属导管、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。

【条文说明】

6.3.7 为保证防火分区的防火性能不受影响，应用柔性防火封堵材料对贯穿部位的缝隙进行封堵。

**6.3.8** 当水平管道在安装柔性补偿器及伸缩节时，应在其两端设置双向抗震支吊架。

**6.3.9** 水平管道侧向、纵向抗震支吊架的最大间距应符合表6.3.9的规定。

表**6.3.9** 抗震支吊架最大间距（m）

|  |  |
| --- | --- |
| 管道类别 | 最大间距 |
| 侧向抗震支吊架 | 纵向抗震支吊架 |
| 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及电缆梯架、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及电缆梯架、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1/2。

**6.3.10** 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间距大于本规程表6.3.9中规定的最大设计间距时，应在中间增设侧向抗震支吊架。

**6.3.11** 每段水平直管道应至少设置一个纵向抗震支吊架，当两个纵向抗震节点距离大于本规程表6.3.9中规定的最大设计间距时，应在中间增设纵向抗震支吊架。

**6.3.12** 当水平管道通过垂直管道与地面设备连接时，管道与设备之间应采用柔性连接，水平管道距垂直管道0.6m范围内应设置侧向抗震支吊架。当垂直管道底部与地面距离大于0.15m时应在地面设置抗震支吊架。

**6.3.13** 单管（杆）抗震支吊架的设置应符合下列规定：

**1** 连接立管的水平管道应在靠近立管0.6m范围内设置第一个抗震支吊架；

**2**  当立管长度超过1.8m时，应在其顶部及底部的水平管道上设置双相抗震支吊架。当长度大于7.6m时，应在中间加设抗震支吊架；

**3** 当管道中安装的附件自身质量超过25kg时，应设置双向抗震支吊架；

**4** 当立管通过套管穿越结构楼层时，可不设置抗震支吊架。

**6.3.14** 当门型抗震支吊架上管道附件质量大于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，应设置双向抗震支吊架。

**6.3.15**  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：

$L=\frac{L\_{1}+L\_{2}}{2}+0.6$ （6.3.15）

式中：*L*——距一下纵向抗震支吊架间距（m）；

 $L\_{1}$——纵向抗震支吊架间距（m）；

 $L\_{2}$——侧向抗震支吊架间距（m）。

【条文说明】

6.3.8~6.3.15 上述八条参考了国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981-2014第八章的规定。

**6.3.16** 对于重力不大于1.8kN的设备和吊杆计算长度不大于300mm的吊杆悬挂管道，可不设置抗震支吊架。

【条文说明】

6.3.16 国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981-2014第3.1.6条规定对重力不大于1.8kN的设备或吊杆计算长度不大于300mm的吊杆悬挂管道，可不进行设防。对于此类管道，其吊架可不考虑抗震设防要求。

**6.3.17** 刚性连接的水平管、线需要Z型弯折时，管、线在两个相邻抗震支吊架间因弯折引起的横向偏移量应符合下列规定：

**1**  水管及电线套管的横向偏移值不应大于最大侧向支吊架间距的1/16；

**2** 风管、电缆梯架、电缆托盘和电缆槽盒的横向偏移值不应大于其宽度的2倍。

【条文说明】

6.3.17 对于刚性连接的水平管道，当发生折弯时，如图4所示，为避免纵向地震作用力引起管道折弯处发生破坏，对折弯偏移值做出规定。



1. 侧向抗震支吊架

图4 刚性连接管道折弯示意图

**6.3.18** 当管、线横向偏移值大于本规程第6.3.17条规定且不超过4m时，偏移管道两侧均应设置抗震支吊架。当管、线横向偏移量大于4m时，应按新的水平直管设置抗震支吊架。

## **6.4** 构造设计

**6.4.1** 加固吊杆长细比不应大于100，抗震斜撑长细比不应大于200。

**6.4.2** 螺栓连接的构造应满足下列规定：

**1** 螺栓公称直径宜为10mm、12mm；

**2** 螺栓孔的孔径、孔型以及螺栓的间距、边距和端距应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017的有关规定。

【条文说明】

6.4.2 国家标准《钢结构设计标准》GB 50017-2017第11.5节规定了普通螺栓、高强度螺栓的孔径、孔型的要求以及螺栓连接的布置要求、螺栓间距、边距和端距容许值的要求。

**6.4.3** 锚固连接的构造应满足下列规定：

**1** 锚栓公称直径不应小于10mm；

**2** 基材混凝土强度等级不应低于C20，且不得高于C60，当后锚固连接的安全等级为一级时，基材混凝土强度等级不应低于C30。

**3** 锚栓的有效锚固深度不应小于60mm；

**4** 混凝土基材的厚度不应小于2倍锚栓的有效锚固深度；

**5** 锚栓最小锚固深度与公称直径的比值，宜满足表6.4.3的规定。当有充分试验依据及可靠工程经验并经认证机构认证许可时，可不受其限制。

表**6.4.3**  锚栓最小锚固深度与公称直径的比值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 锚栓类型 | 抗震设防烈度 | 比值 |
| 扩底型锚栓 | 6 | 4 |
| 7 | 5 |
| 8 | 6 |

【条文说明】

6.4.3 混凝土作为后锚固连接的主体，必须坚固可靠。本条按照行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145-2013的规定，对混凝土强度、锚栓最小锚固深度、混凝土基材厚度以及锚栓抗震设计时的锚栓最小有效锚固相对深度提出具体要求。其中锚栓最小有效锚固深度按照承重结构用的要求进行了规定。抗震支吊架的后锚固连接对抗震支吊架的工程质量具有重要影响，应符合上述规定。

**6.4.4** 铰链式抗震连接件应设置防松动构造。

## **6.5** 计 算

**6.5.1** 计算抗震支吊架承担建筑机电工程设施的水平地震作用时，建筑机电工程设施的重力应根据抗震支吊架间距内建筑机电工程设施额定负荷时的重力荷载取值。

**6.5.2** 水平管线侧向及纵向抗震支吊架间距应按下式计算：

 （6.5.2）

式中：*l*——水平管线侧向及纵向抗震支吊架间距（m）；

$l\_{0}$——抗震支吊架最大间距（m），可按表6.3.9的规定执行；

$α\_{Ek}$——水平地震力综合系数；

*k*——抗震斜撑角度调整系数。当斜撑垂直长度与水平长度比为1.0时，调整系数取1.0；当斜撑垂直长度与水平长度比小于或等于1.5时，调整系数取1.67；当斜撑垂直长度与水平长度比小于或等于2.0时，调整系数取2.33。

**6.5.3** 水平地震力综合系数$α\_{Ek}$的取值应符合下列规定：

**1** 采用等效侧力法计算水平地震作用时，当$α\_{Ek}$计算结果小于0.5时，可按0.5取值；

**2** 抗震支吊架间距计算时，当$α\_{Ek}$计算结果小于1.0时，应按1.0取值。

**6.5.4** 抗震支吊架应根据所在重力荷载范围计算所承受的重力荷载作用效应，重力荷载范围应根据各专业建筑机电工程设施的承重支吊架间距确定。

**6.5.5** 干管侧向抗震支吊架应计入未设抗震支吊架支管的纵向水平地震作用。

# 7 防 腐

**7.0.1** 抗震支吊架构件应根据设计要求和所在地下工程的大气腐蚀性等级选择相应的表面处理方法和表面防腐处理措施。

【条文说明】

7.0.1 现行国家标准《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类、测定和评估》GB/T 19292.1-2018将大气腐蚀性等级分为6个等级，其中附录C给出了大气腐蚀性等级及典型环境举例，不同类型的地下工程可参考附录C的规定，并确定地下工程的大气腐蚀性等级。目前抗震支吊架常用的表面防腐蚀措施有镀锌镁铝等多元合金共渗防腐工艺、锌铬涂层、环氧喷涂、热浸镀锌或直接采用连续热镀锌板或连续热镀锌铝镁板加工。

**7.0.2** 在抗震支吊架设计文件中，应明确构件的防腐处理措施及镀层厚度等要求。

**7.0.3** 抗震支吊架构件应按设计要求进行表面处理，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 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1的有关规定。

**7.0.4** 构件表面防腐处理措施应符合下列规定：

**1** 当C形槽钢材料为连续热镀锌板或连续热镀锌铝镁板时，涂层质量应分别符合现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518和现行行业标准《连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带》YB/T 4761的有关规定，涂层厚度不应低于20μm；

**2**  当构件表面采用热浸镀锌工艺处理时，镀层质量应符合《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的有关规定，涂层厚度不应低于60μm；

**3** 当连接件表面采用锌铬涂层工艺处理时，涂层质量应符合现行国家标准《锌铬涂层 技术条件》GB/T 18684的有关规定，涂层厚度不应低于8μm；

**4**  当构件表面采用环氧喷涂工艺处理时，镀层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的有关规定，涂层厚度不应低于70μm；

**5** 不宜采用电镀锌防腐工艺。

【条文说明】

7.0.4 目前抗震支吊架构件的防腐蚀措施较多，应综合考虑抗震支吊架所处环境，钢材受力作用、抗腐蚀性能及经济成本。目前C形槽钢多采用连续热镀锌板、连续热镀锌铝镁板制作或采用热浸镀锌工艺处理，抗震连接件、螺杆、管束、螺母等也可采用锌铬涂层进行表面防腐处理。当型钢材料为连续热镀锌板或连续热镀锌铝镁板时，现行国家标准《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》GB/T 2518和现行行业标准《连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带》YB/T 4761规定了镀层重量，可通过镀层密度和双面镀层重量计算出公称镀层厚度。防腐蚀措施的涂层厚度，可根据现行国家标准《磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法》GB/T 4956的规定进行测试。由于某些地下工程的室内环境相对较为潮湿，因此不建议采用防腐性能较差的电镀锌表面防腐工艺。

**7.0.5** 抗震支吊架组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，并应符合下列规定：

**1** 当材料表面为热浸镀锌工艺处理时，中性盐雾试验时间不应低于600h，材料表面不应出现红锈；

**2** 当材料表面为锌铬涂层工艺处理时，中性盐雾试验时间不应低于1200h，材料表面不应出现红锈；

**3** 当材料为连续热镀锌板时，中性盐雾试验时间不应低于240h，材料表面不应出现红锈；

**4** 当材料为连续热镀锌铝镁板时，中性盐雾试验时间不应低于1200h，材料表面不应出现红锈；

**5**  当材料表面为环氧喷涂处理时，中性盐雾试验时间不应低于1200h，材料表面不应出现红锈；

**6** 当材料为不锈钢时，中性盐雾试验时间不应低于600h，材料表面不应出现红锈。

【条文说明】

7.0.5 中性盐雾试验是在受控环境下将5%氯化钠中性溶液进行雾化的一种试验方法，不同牌号的不锈钢耐氯离子腐蚀的能力有所区别。为了体现不锈钢的防腐蚀能力，其中性盐雾试验时间不应低于经过表面处理的碳钢材质的中性盐雾试验时间。另外，国家标准《建筑幕墙用不锈钢通用技术条件》GB/T 34472-2017中附录A“推荐的建筑幕墙用不锈钢牌号的特性和用途”给出了不锈钢牌号及相应材料特性、用途、大气环境腐蚀性分类的关系。

**7.0.6** 当不同金属材质的管束与管道连接时，应在管束内侧设置绝缘衬垫。

**7.0.7** 当构件表面涂、镀层出现局部破坏时，应及时对涂镀层进行修复处理。

**7.0.8** C形槽钢或螺杆现场切割后，应对切口断面处进行防腐蚀处理。

# 8 制 作

**8.0.1** 抗震支吊架所用钢材应具有质量证明文件，钢材的材质、规格和性能应符合设计文件的要求。

【条文说明】

8.0.1 质量证明文件包括钢材的出厂质量检验证明、合格证、原材料质量检验报告、产地证明、生产厂家供货商资质、进口材料商检证明等。

**8.0.2** 抗震支吊架制作前，制作单位应根据抗震支吊架的设计文件进行深化设计、制作清单和制作工艺的编制，并应建立质量保证体系。

**8.0.3** 加工设备、机具应满足加工精度的要求，量具应定期进行计量检定和校准。

**8.0.4** 抗震支吊架构件的尺寸允许偏差应符合下列规定：

**1** C形槽钢规格尺寸允许偏差应符合现行国家标准《装配式支吊架通用技术要求》GB/T 38053的有关规定；

**2** 当其他构件尺寸的未注公差无指定一般未注公差标准时，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中公差等级“中等m”的有关规定。

**8.0.5** 构件焊接应符合现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018的有关规定，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标准》GB 50205的有关规定进行检查和检测。

**8.0.6** 已镀锌构件不应直接焊接，焊接前应先将焊接部位及周边区域的镀锌层彻底去除，焊接后应对焊接部位及周边区域进行防腐处理。

**8.0.7**  构件的冷弯曲、冷矫正应符合下列规定：

**1** 当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，不应有明显的凹痕或损伤，划痕深度不应大于0.5mm，且不应大于该钢材厚度允许负偏差的1/2；

**3** C形槽钢冷矫正后的挠曲矢高不应大于槽钢长度的1/1000。

**8.0.8** 构件制孔应符合下列规定：

**1** 高强度螺栓孔应采用钻成孔；

**2** 螺栓孔周边应无毛刺、破裂、喇叭口和凹凸的痕迹，切屑应清理干净；

**3** 螺栓孔径的允许偏差、螺栓孔孔距的允许偏差应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205的有关规定。

**8.0.9** 构件表面应工整、光洁，不应有锈蚀、折叠、裂纹、分层、滴瘤、粗糙、刺锌、漏镀等缺陷。

**8.0.10** 加工完成后的构件，应在镀层干燥后按型号、规格分类进行包装，包装应保护构件及镀层不受损伤，且应保证包装在运输、装卸、堆放过程中不散失、不变形、不损坏。

# 9 安 装

## **9.1** 一般规定

**9.1.1** 抗震支吊架安装前，施工单位应按施工图纸和施工要求编写施工方案，并报监理单位审核。

**9.1.2** 施工单位应具有相应资质，安装人员应接受上岗培训，培训合格后方可上岗。

**9.1.3** 安装人员应做好施工安全措施，施工安全措施除应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33和《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46的规定外，尚应符合施工组织设计要求。

**9.1.4** 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。

**9.1.5** 抗震支吊架安装过程中，应采取相应的防护措施，防止构件磕碰或坠落。

**9.1.6** 抗震支吊架安装应严格按照施工图纸进行施工，当施工图纸与现场实际不符时，应经设计单位确认同意后，方可允许实施变更。

**9.1.7**  构件应严格按照装配图纸进行装配并编号，禁止随意使用构件。

**9.1.8** 抗震支吊架的安装施工，不得影响建筑结构的安全。

## **9.2** 安装准备

**9.2.1** 抗震支吊架进场后，应对抗震支吊架构件的种类、规格型号、尺寸和外观质量进行进场检验，进场产品应具有型式检验报告、产品合格证、材料质量检验报告、产地证明、生产厂家资质、进口材料商检证明等质量证明文件。

**9.2.2** 安装前，施工人员应了解对应施工区域抗震支吊架的安装型式以及安装方法，并应核对构件的规格、数量与施工图纸是否一致。

**9.2.3**  安装前应明确施工范围，相关作业面应符合施工和抗震支吊架安装的技术要求。

**9.2.4** 产品现场储存应符合下列规定：

**1** 应储存在通风良好、干燥的库房内；

**2** 构件应同型号、规格分类储存在不同货架上。当摆放在板卡时，应码放整齐，码放高度不应超过5层或1m；

**3** 储存C形槽钢的地面应铺设防潮膜，防潮膜上可垫置干燥的木条或竹胶板；

**4** 不同型号的C形槽钢应分开叠放，并应设置防倾覆措施和警示标牌，未拆封的槽钢间应衬垫干燥木条。

**9.2.5** C形槽钢和螺杆的现场切割应符合下列规定：

**1** C形槽钢切割时开口面应向下；

**2** 切割时应保证切割面的垂直度，并应避免产生较大变形；

**3**  切割后应对切割面进行打磨，并清除吸附的铁屑和粉末，保证切割端平滑、无毛刺；

**4**  切口断面处应及时进行防护处理。

**9.2.6** 安装前应进行放线并标注抗震支吊架的安装位置，标注应清晰可见。

## **9.3** 施工安装

**9.3.1** 抗震支吊架应按施工图纸所示位置逐件逐套进行安装。

**9.3.2** 抗震支吊架安装过程中，应通过目视、手动测试等方法对前一道组装工序进行安装质量检查，合格后方可进行下一道安装工序。

**9.3.3**  槽钢锁扣、螺杆螺母应锁紧到位，安装扭矩应符合设计和产品技术要求。

**9.3.4** 锚栓施工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。

**9.3.5**  螺杆安装应符合下列规定：

**1** 安装扭矩应符合设计要求和产品技术要求；

**2** 宜使用双螺母方式进行安装；

**3** 螺杆和锚栓螺杆旋入连接螺母的深度，均不应小于连接螺母长度的45%；

**4** 安装时应保证螺杆垂直，安装后螺杆的垂直度偏差不应大于2.5°。

**9.3.6** 螺杆紧固件的安装应符合下列规定：

**1** 每根加固吊杆的螺杆紧固件不应少于2个；

**2**  当螺杆公称直径为10mm时，螺杆紧固件间距不应大于330mm；当螺杆公称直径为12mm时，螺杆紧固件间距不应大于450mm；

**3** 螺杆紧固件与C形槽钢端部距离宜为25mm~100mm。

**9.3.7**  抗震斜撑安装不应偏离其中心线2.5°。

【条文说明】

9.3.7 此条等同采用国家标准《建筑机电工程抗震技术标准》GB/T 50981―2014第8.3.12条的规定，抗震斜撑安装不应偏离管道横截面或管道中心线2.5°。

**9.3.8** 管束与管道接触应紧密，固定应牢靠，不应出现松动。

**9.3.9** 安装完成后应将构件擦拭干净，完全暴露的C形槽钢切口端部除会形成积水外，均应安装槽钢端盖进行封端。

# 10 验 收

## **10.1** 一般规定

**10.1.1** 地下工程抗震支吊架工程验收，应按检验批验收、分项工程验收的程序进行验收。

【条文说明】

10.1.1 地下工程抗震支吊架工程属于建筑机电工程安装的分项工程。

**10.1.2**  地下工程抗震支吊架工程验收，应在施工单位自检合格的基础上，由监理单位或建设单位组织设计、施工、供货单位参加。

**10.1.3** 地下工程抗震支吊架工程验收时应检查下列文件和记录：

**1**竣工图、设计方案、计算书及其他设计文件；

**2**产品合格证书、使用说明书、型式检验报告或认证证书、进场检验记录和复验报告；

**3**材料质量保证书、产地证明、生产厂家资质文件、进口材料商检证明等质量证明文件；

**4** 施工过程中重大技术问题的处理文件，工作文件和变更记录，以及相应的涉及到变更的文件、资料记录，会审、洽商记录；

**5** 锚栓拉拔承载力现场检验报告；

**6** 隐蔽工程验收记录；

**7**  施工记录；

**8** 安装质量检查记录；

**9** 检验批、分项工程质量验收记录；

**10**  其他有关文件记录。

**10.1.4** 地下工程抗震支吊架工程应对下列项目进行复验：

**1** C形槽钢规格尺寸及齿牙深度、齿牙间距；

**2** 抗震连接件及管束用板材厚度；

**3** 构件荷载性能；

**4** 锚栓抗拉强度；

**5** 构件的涂层厚度。

**10.1.5** 地下工程抗震支吊架工程应对锚栓安装进行隐蔽工程项目验收。

**10.1.6** 地下工程抗震支吊架工程检验批划分应符合下列规定：

**1**　设计、型式和施工条件相同的抗震支吊架，同层每10%或100套应划分为一个检验批，不足100套也应划分为一个检验批；

**2**　重要机房中抗震支吊架应划为一个独立检验批。

**10.1.7** 检查数量应符合下列规定：

**1**每个检验批，应至少抽检3套抗震支吊架，不足3套时应全数检查；

**2**重要机房的抗震支吊架应全数检查。

**10.1.8** 检验批质量验收合格应符合下列规定：

**1** 主控项目和一般项目的质量经抽样检验均应合格；

**2** 具有完整的安装操作依据、质量检查记录。

**10.1.9** 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

**1** 所含检验批的质量均应验收合格；

**2** 所含检验批的质量验收记录应完整。

**10.1.10** 当地下工程抗震支吊架安装质量不符合本规程第9章要求时，应由施工单位制定补救措施，经设计单位确认后实施，并应重新进行检查、验收。

**10.1.11**  地下工程抗震支吊架工程质量验收记录可按本规程附录B填写。

## **10.2** 主控项目

**10.2.1** 构件的材质、规格型号、外观、性能应符合本规程第4章的相关规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查产品合格证、型式检验报告、进场验收记录和复验报告。

**10.2.2** 构件的表面处理方式、涂层厚度应符合本规程第7.0.4条的有关规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查型式检验报告和复验报告。

**10.2.3** 构件的荷载性能不应小于设计文件的承载力设计值。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查型式检验报告和复验报告。

**10.2.4** 抗震支吊架型式、组件规格、数量应符合施工图纸的要求。门型抗震支吊架的斜撑设置应符合本规程第6.2.2条的规定。

检查数量：全数检查。

检查方法：现场核对。

**10.2.5** 抗震支吊架位置应符合施工图纸的要求。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：现场实测。

**10.2.6** 抗震支吊架安装间距应符合设计要求，其偏差不应大于0.2m。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：尺量检查。

**10.2.7**  抗震斜撑与加固吊杆安装距离应符合设计要求，并不应大于0.1m。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：尺量检查。

**10.2.8** 抗震斜撑安装角度应符合设计要求，且不得小于30°。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：尺量检查。

**10.2.9** 抗震斜撑安装不应偏离其中心线2.5。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：尺量检查。

**10.2.10**  抗震支吊架与建筑结构的连接以及抗震支吊架构件之间的连接应牢固，安装扭矩应符合设计要求。

检查数量：每检验批总数量10%且不少于3套。

检查方法：检查隐蔽工程验收记录、锚栓拉拔承载力现场检验报告、施工记录、安装质量检查记录；扭矩扳手检查。

**10.2.11** 锚栓的现场拉拔承载力应符合设计要求。

检查数量：按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145附录C的有关规定执行。

检查方法：检查锚栓拉拔承载力现场检验报告。

## **10.3**  一般项目

**10.3.1** C形槽钢和螺杆现场切割的质量应符合本规程第9.2.5条的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

**10.3.2** 构件外观质量应符合本规程第8.0.9条的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

**10.3.3** 抗震支吊架整体表面、侧面应平整，无压扁或局部变形等缺陷。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

# 附录A 抗震支吊架计算书

**A.0.1** 抗震支吊架计算书宜按表A.0.1的有关规定执行。

**表A.0.1 抗震支吊架计算书**

|  |
| --- |
| 项目名称： 项目地址： 支吊架类型： 支吊架编号： 楼层：  |
| **构件信息** | **支撑信息** |
| 管束侧向荷载： 设计荷载： （N）管束纵向荷载： 设计荷载： （N）根部连接构件： 设计荷载： （N）管部连接构件： 设计荷载： （N） | 螺杆规格： 斜撑规格： 螺杆计算长度： （mm） 斜撑计算长度： （mm） 斜撑垂直夹角： 螺杆回转半径： （mm） 斜撑回转半径： （mm） 加固吊杆长细比： 斜撑长细比： 斜撑最大水平承载力： （N） 设计基本地震加速度： （g） |
| **抗震支吊架详图**□侧向支吊架 □纵向支吊架 □双向支吊架 |
| **锚栓信息** |
| 斜撑锚栓规格： 斜撑锚栓安装方向： 钻头直径： （mm）有效锚固深度： （mm）安装扭矩： （N.m）抗拉承载力： （N）抗剪承载力： （N） |
| **地震作用计算信息**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管道类型 | 规格 | 数量 | 作用范围（m） | $$α\_{EK}$$ | 计算荷载（N） |
| 侧向 | 纵向 | 侧向荷载 | 纵向荷载 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 合计： | 合计： |

**深化设计： 审核： 日期：** |

# 附录B 抗震支吊架验收记录表

**B.0.1** 抗震支吊架检验批质量验收记录表应按表B.0.1的有关规定执行。

 **表B.0.1 抗震支吊架检验批质量验收记录表** 编号：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位（子单位）工程名称 |  | 分部（子分部）工程名称 |  | 分项工程名称 | 抗震支吊架 |
| 施工单位 |  | 项目负责人 |  | 检验批容量 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位项目负责人 |  | 检验批部位 |  |
| 施工依据 |  | 验收依据 |  |
| 主控项目 | 验收项目 | 设计要求及规范规定 | 最小/实际抽样数量 | 检查记录 | 检查结果 |
| 1 | 抗震支吊架进场 | 第4章 |  |  |  |
| 2 | 构件防腐措施 | 第7.0.4条 |  |  |  |
| 3 | 构件荷载性能 | 第10.2.3条 |  |  |  |
| 4 | 抗震支吊架型式、组件规格、数量 | 第10.2.4条 |  |  |  |
| 5 | 位置 | 第10.2.5条 |  |  |  |
| 6 | 安装间距及偏差 | 第10.2.6条 |  |  |  |
| 7 | 抗震斜撑安装要求 | 第10.2.7条、第10.2.8条、第10.2.9条 |  |  |  |
| 8 | 安装质量 | 第10.2.10条 |  |  |  |
| 9 | 锚栓现场测试 | 第10.2.11条 |  |  |  |
| 一般项目 | 1 | 现场切割质量 | 第10.3.1条 |  |  |  |
| 2 | 构件外观质量 | 第10.3.2条 |  |  |  |
| 3 | 整体外观质量 | 第10.3.3条 |  |  |  |
| 施工单位检查结果 |  专业技术负责人： 年 月 日 |
| 监理单位验收结论 | 专业监理工程师： 年 月 日 |

**B.0.2** 抗震支吊架分项工程质量验收记录表应按B.0.2的有关规定执行。

 **表B.0.2 抗震支吊架分项工程质量验收记录表** 编号：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 单位（子单位）工程名称 |  | 分部（子分部）工程名称 |  |
| 分项工程数量 |  | 检验批数量 |  |
| 施工单位 |  | 项目负责人 |  | 项目技术负责人 |  |
| 分包单位 |  | 分包单位项目负责人 |  | 分包内容 |  |
| 序号 | 检验批名称 | 检验批容量 | 部位/区段 | 施工单位检查结果 | 监理（建设）单位验收结论 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |
| 说明： |
| 施工单位检查结论 |  专业技术负责人： 年 月 日 |
| 监理单位验收结论 | 专业监理工程师： 年 月 日 |

# 本规范用词说明

为了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，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

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”。

# 引用标准名录

《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标准》GB 50205

《建筑机电工程抗震设计标准》GB 50981

《标准型弹簧垫圈》GB/T 93

《平垫圈C级》GB/T 95

《普通螺纹 基本牙型》GB/T 192

《碳素结构钢》GB/T 700

《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804

《环境试验 第2部分：试验方法 试验Ff：振动 时间历程和正弦拍频法》GB/T 2423.48

《连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带》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

《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 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》GB/T 10125

《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

《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

《装配式支吊架通用技术要求》GB/T 38053

《建筑机电设备抗震支吊架通用技术条件》CJ/T 476

《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33

《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46

《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80

《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

《连续热镀锌铝镁合金镀层钢板及钢带》YB/T 4761

**中国工程建设标准化协会标准**

**地下工程支吊架抗震支撑系统技术规程**

**T/CECS XXX—202X**

# 条文说明

**制定说明**

本规程制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国支吊架抗震支撑系统在地下工程应用的实践经验，同时参考了现行国家标准《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981、《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002等国内先进技术法规、技术标准，并对支吊架抗震支撑系统的主要构件进行了荷载试验和中性盐雾试验，为支吊架抗震支撑系统在地下工程的应用提供依据。

随着城镇化进程加快，地下交通、地下商场、地下车库等地下工程发展迅猛。地下工程不仅要满足城市地上的功能要求，还需要兼顾防灾避难的功能。地下工程中各类机电设备和管线众多，支吊架抗震支撑系统作为其有效的抗震措施，可将地震作用传递到地下工程主体结构上，从而有效避免二次灾害的发生，实现减少人员伤亡及财产损失，甚至保持机电设备及管线基本可用的目的，对地下工程的安全具有重要意义。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《地下工程支吊架抗震支撑系统技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。