

# 空调水管道支吊架受力机理及设计应用探讨

汤海涛 张晓欧

重庆市设计院有限公司

**摘要：**随着我国建设体量的增大，空调管道支吊架的安全等要求日益提高，本文，本研究以某大型商业作为案例，查阅相关资料和计算分析，针对空调水管管道的支吊架进行梳理分析，旨在给设备安装人员提供支吊架布置和计算的参考。

**关键词：**支吊架；抗震支吊架；锚栓

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.04.096

随着我国建设工程体量逐渐增大，空调系统设计也越来越复杂，尤其是空调水管管道的布置及安全等要求日益提高。由于涉及多个专业，工程施工安装企业在深化设计过程中往往忽略支吊架设计的受力分析及安全要求，常常导致工程现场事故频发。

空调水管是公共建筑和工业厂房生产中非常重要的设备，管道支吊架作为管道的基础设施，起到固定和支撑管道的重要作用。如果管道支吊架出现损坏或断裂，会对企业生产和社会安全带来极大的危害，本研究以某大型商业空调水管支吊架为例进行分析研究。

## 一、支吊架的分类与受力分析

### （一）支吊架分类

管道支吊架按其功能可分为：

a) 承受管道荷载

1) 恒力支吊架；2) 变力弹簧支吊架；3) 刚性吊架；4) 滑动支架；5) 滚动支架；

b) 限制管道位移

1) 导向装置；2) 限位装置；3) 固定支架；

c) 控制管道振动

1) 减振装置；2) 阻尼装置；

d) 承担地震荷载：以地震力为主要荷载的抗震支撑设施。

### （二）支吊架的荷载分析

1. 在管道支吊架设计时，应考虑荷载主要包括：

**重力荷载：**管道自重、满管水重、保温层重、支吊架重量、附加重量等；

**水平荷载：**支吊架约束管道位移（包括热胀、冷缩、端点附加位移）所承受的约束反力；

**地震荷载：**地震引起的地震荷载；

支吊架结构设计应根据使用过程中可能的工况分别进行荷载组合，并取最不利组合进行设计。

### （三）支吊架的受力分析

1. 土建支吊架

土建支吊架是区别于抗震支吊架，指在建筑物的管道支撑系统中，用于承受管道和相关设备自身重量以及外部荷载的支吊架。它们被广泛应用于各种建筑物的管道系统中，如空调、供暖、通风、消防等。

土建支吊架的主要功能是支撑和固定管道和相关设备，以承受自身重量和外部荷载，并保持管道系统的稳定性和安全性。

支吊架的受力分析主要包括以下步骤：

1) 确定支吊架的位置和类型：根据设备的布局、管线的走向和荷载情况，确定支吊架的位置和类型。

2) 计算荷载：根据设备的重量、管道的重量、管道内介质重量以及可能产生的其他荷载，计算出支吊架承受的荷载。

3) 受力分析：根据支吊架的类型和荷载情况，对支吊架进行受力分析。

4) 强度校核：根据受力分析的结果，对支吊架的强度进行校核，确保支吊架能够承受相应的荷载。

5) 稳定性校核：对支吊架的稳定性进行校核。

6) 调整与优化：根据校核结果，对支吊架进行调整和优化，以提高支吊架的承载能力和稳定性。

a) 竖向荷载：

管道支吊架基本垂直荷载计算，可先将复杂的管道支架体系近似的看作简支梁，根据结构力学知识进行受力分析。

b) 水平荷载计算：

根据支架类型可分为活动管架上的水平推力和固定管架上的水平推力。

活动管架水平推力主要来自管道摩擦力，水平推力  $f = \mu G$ （ $\mu$ 为摩擦系数， $G$ 为管道垂直荷载）。

固定支架的水平推力主要来自补偿器的弹性变形力。采用补偿器补偿的管道，其作用在固定管架上的水平推力为补偿器被压缩或拉伸所产生的反弹力。水平推力=补偿器反弹力  $T = \eta \Delta L$ （ $\eta$ 为补偿器的弹性模量， $\Delta L$ 为补偿器发生的变形长度）。

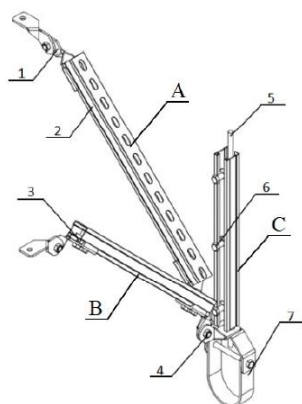
采用自然补偿的管道，是利用管道的自然弯曲形状所具有的柔性以补偿管道的热胀和冷缩位移。

2. 抗震支吊架

抗震支吊架是用于支撑水管、风管、桥架等机电管线设备并提供抗震支撑的支吊架。

抗震支吊架与建筑结构体牢固连接，以地震力为主要荷载的抗震支撑设施。由锚固体、加固吊杆、抗震连

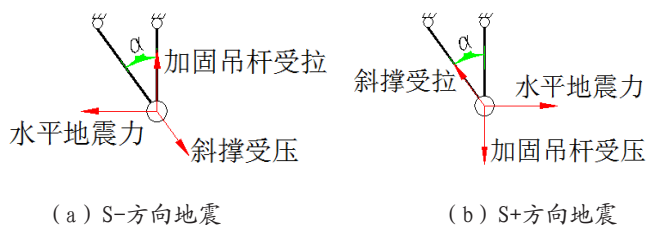
接构件及抗震斜撑组成。如图1所示：



A-横向斜撑 B-纵向斜撑 C-加固吊杆  
1-抗震连接构件 2-C型槽钢 3-槽钢螺母 4-紧固件  
5-螺杆 6-加劲装置 7-管夹

图1 抗震支吊架示意图

准确分析在正反水平地震力作用下，立杆、斜撑的受力状态，有利于准确设计支吊架杆件。在没组合其他荷载情况下，以横向水平地震为例，在正向水平地震力作用下，竖向立杆受拉、斜杆受压；在反向水平地震力作用下，竖向立杆受压、斜杆受拉。受力分析简图如图2所示：



(a) S-方向地震 (b) S+方向地震

图2 抗震支吊架水平地震作用受力分析简图

支吊架水平地震作用按规范采用等效侧力法计算，该方法通过在支吊架上施加等效的荷载，模拟支吊架在实际使用中的受力情况，以验算其承载能力、稳定性等。

丁幼亮[1]，朱浩樑[2]等分别建立了多层和高层主体结构 and 支吊架的整体模型，采用有限元分析计算支吊架的水平地震作用，对比规范的等效侧力法计算结果，规范简化算法安全可靠。

## 二、支吊架的连接锚固受力分析

### (一) 锚栓受力分析

支吊架的锚固设计是建筑结构设计中非常重要的一个环节，它能够有效地提高支吊架的稳定性和抗震性能。所有的管道荷载、地震荷载和支吊架自重都要通过锚固传递到主体结构上，特别是悬挑支吊架的锚固连接

直接关系到支吊架的承载能力。锚固连接如图3所示：

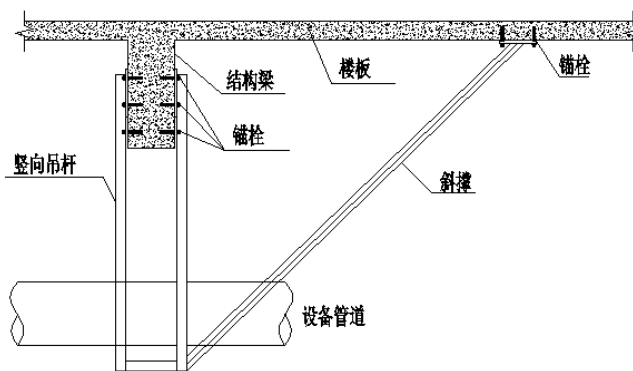


图3 支吊架锚固连接示意图

锚固的安全性是保证支吊架安全性的关键因素之一，设计时应根据支吊架的安装方式分析锚栓的受力状态。在竖向荷载作用下，在梁两侧安装时，锚栓主要受剪切力，锚栓需满足抗剪承载力要求；在板底安装时，锚栓主要承担抗拔力，锚栓需满足抗拔承载力要求。

### (二) 机械锚栓

混凝土主体结构的锚固形式常见的包括预埋件、植筋、机械螺栓、化学锚栓等，支吊架的安装一般采用后锚固连接，工程中多采用机械锚栓。当主体结构是钢结构时，可采用与主体结构焊接或螺栓连接。

### (三) 锚栓的计算

锚栓的承载力应按照《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ145计算确定，同时应满足《03S402室内管道支架及吊架》锚栓最大荷载取值的要求，包括受拉承载力和受剪承载力的计算。

## 三、支吊架的设计应用探讨

### (一) 支吊架设计

#### 1. 管道重量计算

管道重量包括：管道自重、满管水重、保温层重、支吊架重量、附加重量等。

#### 2. 支吊架设计荷载

竖向荷载设计值：采用管架间距的标准值荷载乘1.35的荷载分项系数。

水平荷载设计值：按竖向荷载的0.3倍计算。

地震荷载：可仅考虑水平地震，按地震设防烈度计算地震作用，计算方法可按《非结构构件抗震设计规范》或《建筑机电工程抗震设计规范》。

风荷载：室内支吊架不考虑风荷载作用。

#### 3. 吊杆

吊杆按轴心受拉构件计算，吊杆按净面积 $A_n$ 按下式计算。

#### 4. 材料强度取值

支吊架的材料强度许用应力跟钢材牌号、钢板厚

度、温度条件有关，高温下会显著降低，根据国家标准《管道支吊架》（GB/T 17116.1~3—2018），

钢材：以Q235B为例，在250℃条件下，许用拉伸应力值为88Mpa（厚度3~16mm），许用剪切应力值为 $0.8 \times 88 = 70.4$ Mpa。

吊杆：许用拉伸应力值为根据温度条件确定，且吊杆的最大使用荷载应同时满足“螺纹吊杆最大使用荷载表”要求。

### 5. 抗震支吊架

重力大于等于1.8KN的设备，截面面积 $\geq 0.38\text{m}^2$ 或直径大于0.7m的空调风管，所有防排烟风道、事故通风风道及其相关设备； $\geq \text{DN}65$ 的空调水管道均需设置抗震支吊架。

目前抗震支架一般都是成品，在深化设计阶段，主要工作是按照《建筑机电工程抗震设计规范》第8章的要求设置抗震支吊架，布置和间距是抗震支吊架深化设计的重点。

暖通空调给水管道间距要求：新建工程普通刚性金属管道侧向间距不得超过12m，纵向不得超过24m。

### （二）空调水管支吊架的设计建议

重量较大的机电管线，比如大型商业机房的空调水管支吊架，除满足规范的间距和设置要求外建议如下：

1) 应避免集中排布在地下车库的车道上方、主要交通流线上方及其他可能出现人员密集的场所；

2) 从冷冻机房引出的空调循环水管道分散布置，避免地下车库内出现多根空调循环水管道长距离集中安装的情况，减轻支吊架的荷载；

3) 供冷供热水管通过自然补偿、设置补偿器等措施进行补偿设计；

4) 设置补偿器时，保证补偿器、固定支座、导向支座安装体系的匹配，并避免多根管道的补偿器集中设置；

5) 较大直径的管道支吊架（直径300mm以上），优先采用落地支架，制冷机房内的空调水管采用落地支架；

6) 当不具备设置落地支架时，在梁两侧同时设置支吊架或在柱间增设钢托梁；

7) 直径在300mm以上的大型管道吊架，锚固连接方式优先采用预埋；

8) 水平推力较大的支吊架宜通过设置附加斜撑（拉杆）抵抗水平推力，如固定支吊架，水平推力转换为斜撑的压力（或拉力），可降低对支吊架抗侧刚度要求和锚栓的受力，大大简化支吊架的设计难度，并能提高可靠度。

### （三）支吊架锚栓设计

根据《03S402室内管道支架及吊架》图集，验算锚栓个数时，锚栓最大许用设计荷载应取图集“锚栓极限荷载表”的要求，当不满足时，应增加设置。

锚栓设计建议及注意事项：

1) 支吊架多根拉杆荷载计算时，不应取平均值，中间杆受力最大，应取中间杆计算；

2) 承重支吊架后置锚栓除满足计算外，锚栓规格建议不小于M12，避免因荷载计算遗漏造成承载力不够；

3) 锚栓的承载力验算须取按规范计算值和《室内管道支架及吊架》（03S402）两者中的较小值；

4) 主要承受竖向拉力的锚栓，当楼板厚度较小（如小于150mm）时，采用对穿螺栓的锚固方式，可有效避免有效锚固深度不够，锚栓失效等安全事故。

## 四、结语

支吊架设计需要结构与机电专业相互配合，以确保设计合理、安全可靠。

本研究以某大型商业作为设计案例，经过现场踏勘，并查阅相关资料和计算分析，针对空调水管管道的支吊架（含固定支架）的布置、受力分析及计算、相关规范和图集要求进行梳理分析，旨在给设备安装人员提供支吊架布置和计算的参考。

## 参考文献

[1] 朱浩樑，梁启慧，丁幼亮等. 时程分析法在高层建筑抗震支吊架抗震设计中的应用研究[J]. 工程建设与设计，2018，102-105.

[2] 朱浩樑，梁启慧，丁幼亮等. 建筑抗震支吊架的抗震模拟试验研究[J]. 建筑设计管理，2018，77-81.

[3] 中国国家标准化管理委员会. 管道支吊架 第1~3部分GB/T 17116.1~3-2018[S] 北京：中国计划出版社2018

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑机电工程抗震设计规范GB50981-2014[S] 北京：中国建筑工业出版社2014

[5] 中国国家标准化管理委员会. 建筑抗震支吊架通用技术条件GB/T37267-2018[S] 北京：中国计划出版社2018

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 通风与空调工程施工质量验收规范 GB 50243-2016[S] 北京：中国计划出版社2016

[7] 中国工程建设标准化协会. 抗震支吊架安装及验收规程 CECS 420: 2015[S] 北京：中国计划出版社2015

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 混凝土结构后锚固技术规程 JGJ 145-2013[S] 北京：中国建筑工业出版社2013