

管道应力分析和设计软件

CSiPlant

弹簧支吊架选型设计手册

(版本：2021 年 12 月)



VIBRATION 万博瑞升（天津）科技有限公司
Vibration(Tianjin)Technology Co.,Ltd.

版 权

计算机程序 CSiPlant™ 及所有相关文档均是受专利法和版权法保护的产品。全球范围的所有权属于 Computers & Structures, Inc.（中文版版权同属于万博瑞升（天津）科技有限公司）。未经 CSI 和万博瑞升（天津）科技有限公司预先书面授权，未经许可的程序使用或任何形式的文档复制一律禁止。

未经出版商预先明确书面许可，不得以任何形式或方式复制或分发本出版物的任何部分，或将其存储在数据库或检索系统中。

获得更多信息和本文档的副本请联络：

万博瑞升（天津）科技有限公司

地址：天津滨海高新区华苑产业区海泰华科三路 1 号 6 号楼-803

电话：022-86422566

邮箱：csiplant@pipevibration.com

网址：www.pipevibration.com

Computers & Structures, Inc.

邮箱：support@csiamerica.com

网址：www.csiamerica.com/

Copyright © Computers & Structures, Inc., 1978-2021

All rights reserved.

The CSI Logo® and SAP2000® are registered trademarks of Computers & Structures, Inc.

CSiPlant™ and Watch & Learn™ are trademarks of Computers & Structures, Inc.

Windows® is a registered trademark of the Microsoft Corporation.

Adobe® and Acrobat® are registered trademarks of Adobe Systems Incorporated.

免责声明

本程序的开发和测试花费了大量的时间、精力和费用。然而，在程序使用方面，使用者接受并理解开发者或经销商在程序的准确性或可靠度上没有做任何直接或间接或暗示性的担保。

本程序是一款实用且功能强大的结构设计工具。然而，使用者必须清晰地理解程序在如下方面的基本假设：建模、分析和设计算法，以及没有提及的方面。

程序生成的信息必须由有资质且经验丰富的工程师来校核。工程师必须独立地检查结果，并对所使用的信息承担专业责任。

目录

| | |
|---------------|---|
| 1. 简介..... | 5 |
| 2. 方法和基础..... | 5 |
| 3. 安装荷载..... | 7 |
| 4. 设计属性..... | 8 |
| 5. 设计首选项..... | 8 |
| 6. 使用局限..... | 9 |
| 7. 更多内容..... | 9 |
| 8. 参考文献..... | 9 |

1. 简介

本手册介绍了 CSiPlant 的弹簧支吊架选型。目前基于热态荷载进行弹簧支吊架选型。

2. 方法和基础

在 CSiPlant 中进行弹簧支吊架选型，需要按以下步骤：

- 在设计要求 (Design Request) 中，选择用于弹簧选型的操作工况。
- 确保所有需要选型的弹簧包含在设计要求的选择对象内，并指定了相关设置（如最大荷载变化率、恒力弹簧位移阈值，可变弹簧位移阈值等）。
- 运行分析进行弹簧选型。

CSiPlant 内部将执行一系列分析步：

Hot Load Determination, R_h 确定热态荷载, R_h

本分析步的目的是确定弹簧支吊架在操作工况所承受的荷载。设计要求中包含的每个操作荷载工况均采用刚性弹簧支吊架和相应的柔性系数进行分析。此外，温度和压力荷载引起的伸长效应可通过设计要求对话框中“设计校核 (Design Checks)”选项卡的“弹簧支吊架选型 (Spring Hanger Sizing)”部分进行控制。通常确定热态荷载时不考虑温度和压力伸长效应，这与 CSiPlant 的默认设置一致。

用户可以指定在确定热态荷载时考虑特殊构件或支架释放，以限制荷载转移到敏感连接或支架上。然而，支架释放是针对特定的设计要求，对于其它相关的设计要求的设置，应谨慎处理。

Calculate Operating Displacement, δ_o 计算操作位移, δ_o

在确定热态荷载之后，计算操作位移，即在第一步确定的热态荷载作用下管道的变形。将弹簧支吊架替换为所选操作工况下计算的热态荷载（无刚度，仅施加力），计算弹簧支吊架位置处的管道变形。

Spring Hanger Sizing 弹簧支吊架选型

最后一步是选型。使用计算的热态荷载，选择工作范围对计算的热态荷载有效的弹簧支吊架。

选定的弹簧支吊架的行程根据荷载变化率 (%) 计算：

$$F_{target} = \frac{F_{max} - F_{min}}{2} + F_{min} \quad (1)$$

$$x_{target} = \frac{F_{target}}{k_i} - x_{min} \quad (2)$$

$$x_{req} = \frac{|R_h|}{k_i} - x_{min} \quad (3)$$

$$\Delta_{travel} = x_{req} - x_{target} \quad (4)$$

$$R_c = R_h + \delta_o k_i \quad (5)$$

$$F_{var} = \frac{|\delta_o| k_i}{R_h} \quad (6)$$

式中：

Δ_{travel} = 所需行程与目标行程之间的差值

F_{min} = 弹簧最小工作荷载

F_{max} = 弹簧最大工作荷载

F_{target} = 弹簧目标荷载（受力范围中间值）；

F_{var} = 弹簧荷载变化

k_i = 所选弹簧的刚度

R_h = 热态荷载

R_c = 冷态荷载

x_{min} = 弹簧最小工作位移

x_{max} = 弹簧最大工作位移

δ_o = 操作位移（操作工况施加热态荷载计算的位移）

$x_{required}$ = 选定弹簧热态荷载对应的行程

x_{target} = 与目标荷载对应的行程

每个弹簧具有工作荷载范围（ F_{min} , F_{max} ）、行程范围（ x_{min} , x_{max} ）及最大荷载变化

率限制。符合下列任一条件，弹簧将被忽略：

$$|R_h| > F_{max} \quad (7)$$

$$|R_h| < F_{min} \quad (8)$$

$$x_{req} \geq x_{max} - x_{min} \quad (9)$$

$$|R_c| > F_{max} \quad (10)$$

$$|R_c| < F_{min} \quad (11)$$

$$Max\ Variation < F_{var} \quad (12)$$

使用上述标准，将生成一系列可接受的弹簧。CSiPlant 自动选择位移最接近工作范围中线的弹簧，然而，用户也可以选择列表中任一种可接受的弹簧。

如果工作位移低于可变弹簧位移阈值，此支撑位置将被视为自由。

如果工作位移超过恒力弹簧位移阈值，此弹簧将被指定为恒力弹簧。

在进行其它设计校核之前，有必要进行弹簧选型。默认情况下，CSiPlant 将在进行其它设计校核之前进行弹簧选型。

3. 安装荷载 (Installation Load)

通常，弹簧支吊架应预先设定安装荷载，以便运行时管道系统上受到所需的荷载或平衡。CSiPlant 会自动创建一个内部荷载模式来表示安装荷载，并在运行设计工况之前作为初始荷载条件应用。

在设计要求对话框的弹簧支吊架选型选项卡中或每个弹簧支吊架位置（在弹簧支吊架位置点击右键），有四个选项可用于指定弹簧支吊架的安装荷载。

Hot Balancing – 热态平衡，运行时管道系统上的弹簧支吊架反作用力在符号和大小上与“热态荷载”相等。这通过安装带有预加载“冷态荷载”的弹簧支吊架来实现，这样当系统产生工作位移时，弹簧的作用力达到“热态荷载”。

Cold Balancing – 冷态平衡，弹簧安装荷载设置为冷态下的重量荷载。CSiPlant 使用之前计算的“热态荷载”（关闭压力和温度伸长）作为安装荷载。

User specified – 用户指定，使用用户输入的安装荷载。输入正的安装荷载表示弹簧被压缩，输入负的安装荷载表示弹簧被拉长。

None – 不考虑安装荷载，即弹簧支吊架安装时弹簧处于平衡位置。

4. 设计属性 (Design Properties)

在进行分析之前，有必要指定弹簧支吊架选型时需要考虑的属性。这些属性可以从弹簧支吊架库中导入，也可以根据需要单独创建。

弹簧支吊架对象设计属性

默认情况下，每个弹簧支吊架对象的设计属性在设计要求中定义。通过将“From Request Settings”更改为“User Value”，可以覆盖单个对象上的设计要求的设置。

Max Variation

以百分比表示的最大荷载变化率。

Variable Spring Hanger Disp. Threshold

可变弹簧支吊架的位移阈值，低于该值，弹簧支吊架位置将被设置为自由。

Constant Spring Hanger Disp. Threshold

恒力弹簧支吊架的位移阈值，高于该值，弹簧支吊架将被设置为恒力簧。

Installation Load Method

指定安装荷载的计算方法。

User Installation load

允许用户指定安装荷载，以代替CSiPlant计算的值。仅当安装荷载计算方法设置为“用户指定”时可见。

5. 设计首选项 (Design Preferences)

除了弹簧支吊架属性信息外，还有设计首选项允许控制设计要求中包含的弹簧支吊架对象。由于每个设计要求都有自己的设计首选项，因此有必要更新适用的设计要求而不是使用默认首选项。

Max Variation (Default = 25 %)

以百分比表示的最大荷载变化率。

Variable Spring Hanger Disp. Threshold (Default = 0.5 in)

可变弹簧支吊架的位移阈值，低于该值，弹簧支吊架位置将被设置为自由。

Constant Spring Hanger Disp. Threshold (Default = 3 in)

恒力弹簧支吊架的位移阈值，高于该值，弹簧支吊架将被设置为恒力簧。

Installation Load Method (Default = Hot Balanced)

弹簧支吊架安装荷载计算方法的总体设置。

6. 使用局限

在 CSiPlant 中进行弹簧支吊架选型存在以下局限：

- 冷态荷载选型不可用。
- 热态荷载不是使用所选弹簧支吊架迭代计算的，而是使用刚性支撑计算的。

7. 更多内容

更多内容请了解 CSiPlant 帮助文档中的以下部分：

荷载工况定义

设计要求定义

设计属性定义

弹簧定义

8. 参考文献

L.C. Peng and T.L. Peng, "Pipe Stress Engineering". ASME Press, June 2009