

# 管道应力分析和设计软件

## CSiPlant

### 法兰泄漏校核设计手册

(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. 设计属性.....	6
4. 设计首选项.....	7
5. 使用局限.....	7
6. 更多内容.....	8
7. 参考文献.....	9

## 1. 简介

本手册介绍了 CSiPlant 的法兰泄漏校核。当前，法兰泄漏校核基于 ASME BPVC.VIII.1 UG-44(原 Code case 2901)。外部荷载产生的内力矩和轴向力换算成当量力矩，许用力矩根据设计压力和法兰压力等级计算。

## 2. 方法和基础

在 CSiPlant 中进行法兰泄漏校核，需要按以下步骤：

- 在设计要求 (Design Request) 中，选择用于法兰泄漏校核的操作工况。
- 确保所有需要泄漏校核的法兰包含在设计要求的选择对象内，并指定了相关设置 (如 ASME 标准、垫片作用直径、力矩因子等)。
- 运行分析生成设计结果。

CSiPlant 评估所有要求的操作工况及法兰的需求能力比 (Demand-Capacity Ratio, DCR)。

DCR 计算基于 ASME BPVC.VIII.1 UG-44(b)(4)提供的不等式：

$$16M_E + 4F_E G \leq \pi G^3 [(P_R - P_D A_f) + F_M P_R] \quad (1)$$

式中：

$M_E$  = 校核位置处外部荷载产生的力矩

$F_E$  = 校核位置处外部荷载产生的轴向力

$G$  = 垫片作用直径

$d$  = 管道公称内径

$P_R$  = 设计温度下的压力等级

$P_D$  = 设计温度下的设计压力

$F_M$  = 力矩因子，按 ASME BPVC.VIII UG-44 表 UG-44-1

$A_f$  = 面积因子，考虑垫片直径  $G$  和管道公称内径  $d$  的差值

公式 (1) 与垫片直径相关。当设计要求中启用压力伸长时，轴向力  $F_E$  包含基于公称内径和内压的轴向荷载。因此， $P_D$  项乘以面积因子  $A_f$ 。这样可以避免重复计算压力对纵向应力的影响。面积因子  $A_f$  见公式 (2)。

$$A_f = 1 - \left(\frac{d}{G}\right)^2 \quad (2)$$

当  $d > G, A_f < 0$

当  $d = G, A_f = 0$

当  $d < G, 0 < A_f < 1$

当压力伸长被禁用时，面积因子取 1.0。公式 (1) 的左侧为等效力矩，右侧为等效许用力矩。DCR 的计算公式为公式 (1) 的左侧与右侧之比，如下所示：

$$DCR = \frac{16M_E + 4F_E G}{\pi G^3 [(P_R - P_D A_f) + F_M P_R]} \quad (3)$$

也可以根据压力项重新排列公式 (1)，得到公式 (4) 所示不等式，其中公式 (4) 左侧是总等效压力，公式 (4) 右侧是调整的法兰压力额定值。

$$P_D A_f + \frac{16M_E}{\pi G^3} + \frac{4F_E}{\pi G^2} \leq (1 + F_M) P_R \quad (4)$$

此时 DCR 的计算公式为公式 (4) 的左侧与右侧之比，如下所示：

$$DCR = \frac{P_D A_f + \frac{16M_E}{\pi G^3} + \frac{4F_E}{\pi G^2}}{(1 + F_M) P_R} \quad (5)$$

在设计首选项的法兰泄漏校核中可以指定采用哪个 DCR 计算公式。结果可以通过设计报告或表格显示查看。

### 3. 设计属性 (Design Properties)

要计算法兰泄漏的 DCR，必须提供法兰属性（适用于指定该属性的所有法兰）和法兰对象（适用于单个法兰对象）的设计信息。

#### 法兰属性设计属性

*ASME Flange Standard* (Default = “As Specified”).

默认设置是根据 ASME BPVC.VIII.1 UG-44 的表 UG-44-1，基于“规定的 (As Specified)”标准、NPS 和压力等级计算  $F_M$ 。此属性用于设置校核中使用的自定义  $F_M$  值。

*Custom  $F_M$*  (Default = 0.1).

用于法兰泄漏计算的用户指定的  $F_M$  值。仅当 ASME 法兰标准设置为自定义时可见。

#### 法兰对象设计属性

*Gasket Reaction Diameter* (Default = 12 in).

用于法兰泄漏计算的垫片作用直径。

*Check Location* (Default = “Gasket”).

默认将计算位置设置为垫片处。CSiPlant计算垫片的相对位置如下：

For I-Only: Relative Loc = 1.0

For J-Only: Relative Loc = 0.0

For Both: Relative Loc = I Length / (I Length + J Length)

如果需要不同的位置，校核位置应设置为“自定义”，并由用户指定相对位置属性。

*Relative Loc* (Default = 0).

用户指定评估法兰DCR的相对位置。仅当“校核位置”设置为“自定义”时可见。

## 4. 设计首选项 (Design Preferences)

除了设计属性信息外，还有设计首选项允许控制法兰泄漏校核计算。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。

*Design Code* (Default = “ASME BPVC.VIII.1.UG-44”).

目前只有一种法兰泄漏校核方法。如果以后添加了其它校核方法，用户可在各方法之间进行选择。

*Ignore Flanges in Compression* (Default = “No”).

此设置允许用户指定在校核中忽略受压法兰。

*DCR Calculation Method* (Default = “Equivalent Pressure”).

此设置允许用户指定使用等效压力或等效力矩来计算 DCR。

## 5. 使用局限

在 CSiPlant 中进行法兰泄漏校核存在以下局限：

(1) ASME BPVC.VIII.1 UG-44 仅提供轴向受拉情况的指南，未提供垫片压溃的指南。

a.如果出现负轴向力，则会在日志中写入警告，说明不会评估垫片压溃。

b.如果公式 (1) 左侧计算值为负（仅在负轴向力下可能出现），则除了 (1) a 中的警告外，还将公式 (1) 左侧设置为零。

(2) 可从法兰库中为符合 ASME 标准（目前为 ASME 16.5 和 ASME 16.47）的法兰选择压力-温度额定曲线。如果法兰材料存在压力-温度曲线，则可以使用非 ASME 法兰的其他法兰标准。非 ASME 法兰标准要求手动输入  $F_M$ ，因为其定义仅适用于 ASME 标准。如果非 ASME 法兰的压力-温度额定曲线不可用，除自定义  $F_M$  外，还需要自定义压力-温度曲线。

**注：**ASME B16.5 和 B16.47 标准中有公制单位和美国惯用单位的曲线。对于某些材料，美国惯用曲线不是公制曲线的精确转换。CSiPlant 在创建模型时使用基于温度单位的曲线，即在 (N、m、C) 中创建的模型将使用公制曲线，而在 (lb、in、F) 中创建的模型将使用美国惯用曲线。

(3) 如果 ASME 标准的压力等级在 ASME BPVC.VIII.1 UG-44 表 UG-44-1 中不存在，则用户需要指定  $F_M$ 。

(4) 许用力矩取决于设计温度下的额定压力。如果施加的设计压力超过设计额定值，则许用力矩可能评估为负值。如果等效许用力矩或调整的压力额定值等于或小于零，则返回  $DCR=9.9999$ 。

(5) 校核两侧不匹配的法兰。不匹配包括：

i.法兰外径差异

ii.压力等级差异

iii.法兰标准差异

如果发现不匹配，则会发出警告并继续校核。

(6) 对于双面法兰，两侧的 DCR 均被计算。报告中显示最大 DCR 和相应的设计参数 (NPS、压力额定值、法兰标准等)。

## 6. 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

## 7. 参考文献

ASME, 2017. ASME Boiler Pressure Vessel Code, Section VIII, July 2019.