

# 筒体上 0.9Di 外开孔补强的计算分析

张美静

(哈电集团(秦皇岛)重型装备有限公司 河北 秦皇岛 066206)

**摘要:** GB150.3《压力容器》是压力容器设计计算中常用的标准,但在实际设计计算中,常会遇到该标准不适用的情况,比如当筒体上的开孔在0.9Di范围外时,该开孔处接管的补强计算不能使用GB150.3《压力容器》中的计算方法进行计算,本文介绍了在遇到这种开孔时计算开孔补强的方法。

**关键词:** GB150.3; 0.9Di 外; 开孔补强; 数值模拟

## 1 问题分析

### 1.1 提出问题

某罐体压力容器,在按照GB/T150设计时,由于工艺需要,在筒体0.9Di范围外开孔,按照GB/T150-2011,等面积法和分析法不适用计算这种情况下的接管强度计算,此时要考虑使用应力分析法,以下为使用该方法进行计算的过程。

### 1.2 分析问题

#### 1.2.1 设计参数

设备承压筒体内径为 $\Phi 3500\text{mm}$ ,壳体厚度为40mm,材质为09MnNiDR,接管K-B和接管K-D距设备中心线距离为1550mm,接管内径为58mm,接管外径为102mm,接管材质为09MnNiD锻件。设计参数见表1,设备结构见图1。

#### 1.2.2 计算难点

此容器承压部分是基于GB150.3《压力容器》进行设计的,因此承压部件可以直接使用SW6-2011进行计算及校核。然而对于接管K-B和K-D,在筒体0.9Di范围外开孔补强的计算和校核,超出了GB150.3《压力容器》能计算的范围,压力容器设计相关法规和标准也没有对此类压力容器的强

表1 主要设计参数

名称	数据	名称	数据
工作压力 /MPa	2.7	工作温度 $^{\circ}\text{C}$	-21
设计压力 /MPa	3.0	设计温度 $^{\circ}\text{C}$	-45/70
腐蚀裕量	3	焊接接头系数	1

度计算给出明确的计算方法。

## 2 计算方法及计算过程

为了解决上述问题,需要对此开孔补强进行局部应力分析,计算方法及过程如下:

### 2.1 结构简图

分析该接管局部结构,由于是为了解决局部的接管补强,简化该设备模型,仅保留部分筒节和一个需要补强计算的接管。

### 2.2 前处理

#### 2.2.1 建模

绘制简化后的立体模型,根据结构特点和载荷特性,模型建成三维全模型:筒节+一个接管。将筒节模型从径向和接管中心线所在平面分割为4个部分,将接管也分为4部分,这种切分方便建模,可以使筒节和大部分接管在网格划分时实现扫掠。

#### 2.2.2 网格划分

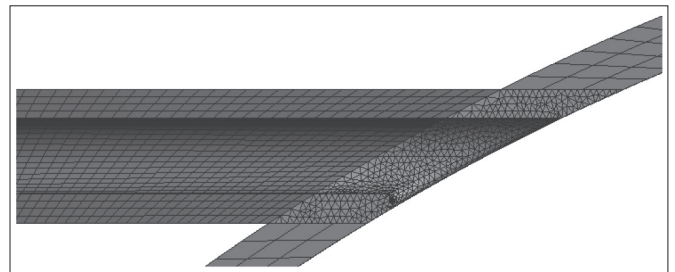


图2 网格详图

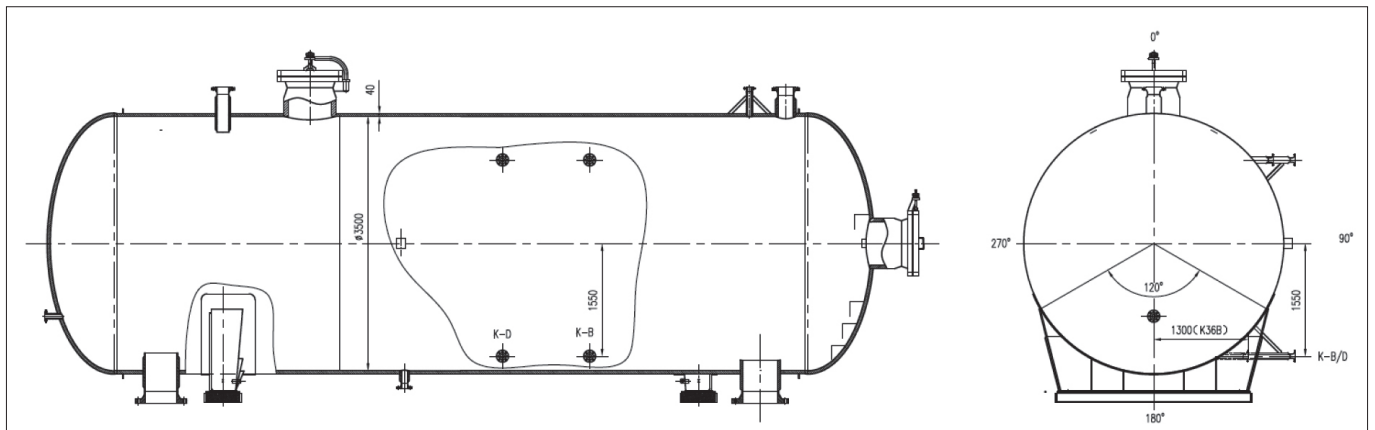


图1 设备结构图

接管设为六面体网格，网格尺寸 10mm，筒体设为四面体网格，网格尺寸为 100mm，对接管附近 200mm 的区域进行局部加密。共有 47537 个单元，129068 个节点。图 2 所示为网格详图。

2.2.3 施加载荷

位移边界条件为：圆形筒体一端端面：固定约束；筒体另一端等效压力  $P1=-64.88\text{MPa}$ ，两接管端面等效压力  $P2=P3=-1.43\text{MPa}$ ，内压  $P4=3\text{MPa}$ 。图 3 所示为应力云图。

2.3 后处理

评估结构的总变形 total Deformation 和应力 stress intensity。

2.4 应力评定

选取应力集中的区域作为关键路径，同时在接管和筒体上远离应力集中区选取参考路径，详见图 4。

接管 K-B/D 的材料为 09MnNiD II，其在 65℃ 的许用应力，根据 GB150.2 查表得  $S_a (163\text{MPa})$ ；封头和筒体的

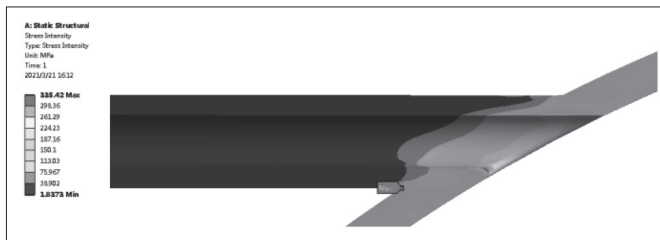


图 3 应力云图

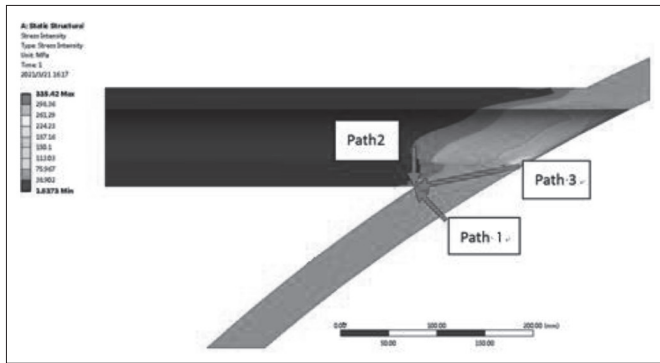


图 4 关键路径选取

表 2 评定结果

路径	载荷类型	应力分类	许用值	计算值	是否满足	备注	
P01	设计 (3MPa)	$S_{II} = PL$	1.5KSm	244.5	143.9	满足	
		$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$	4Sm	652	146.9	满足	路径内部
	工作 (3MPa)	$S_{IV} = PL + Pb + Q$	3Sm	489	147.3	满足	路径内部
P02	设计 (3MPa)	$S_{II} = PL$	1.5KSm	244.5	6.549	满足	
		$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$	4Sm	652	17.51	满足	路径外部
	工作 (3MPa)	$S_{IV} = PL + Pb + Q$	3Sm	489	15.52	满足	路径外部
P03	设计 (3MPa)	$S_{II} = PL$	1.5KSm	244.5	141.3	满足	
		$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$	4Sm	652	274.8	满足	路径内部
	工作 (3MPa)	$S_{IV} = PL + Pb + Q$	3Sm	489	213.7	满足	路径内部

材料为 09MnNiDR，其在 65℃ 的许用应力，根据 GB150.2 查表得  $S_a (163\text{MPa})$ 。

设计工况和工作工况，各路径的许用应力值，按照设计温度选取，具体的评定结果见表 2。为了简化计算工作情况的压力按设计压力计算。

通过利用上述计算，当该接管内径为 58mm，接管外径为 102mm 时，各项路径下的应力评定是合格的，并且有一定的余量，这在工程上是允许的。因此，K-B/K-D 接管尺寸选择是能满足强度要求的。

3 结语

通过利用上述计算，解决了在不能使用 GB150.3《压力容器》进行计算时，筒体上 0.9Di 范围外开孔接管的强度计算问题。本文的计算方法可以为同类结构的计算提供参考和借鉴。

参考文献：

[1] 王国强. 实用数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践 [M]. 西安：西北工业大学出版社, 1999.

[2] 余伟伟, 高炳军. ANSYS 在机械与化工装备中的应用 (第二版) [M]. 北京：中国水利水电出版社, 2007.

[3] 李建国. 压力容器设计的力学基础及其标准应用 [M]. 北京：机械工业出版社, 2004.

[4] 李世玉. 压力容器设计工程师培训教程 [M]. 北京：新华出版社, 2005.

作者简介：张美静 (1986-)，女，汉族，山西太谷人，大学本科，工程师，研究方向：压力容器及核电主设备的设计及制造。