

Sealing Performance Analysis of Connector Based on ANSYS

Xiangling Wang, Yi Luo, Guanju Wei, Xiaochen Ma, Zan Liang

Beijing Precision Electromechanical Control Equipment Research Institute, Beijing
Email: yxliu840@163.com

Received: Jun. 4th, 2018; accepted: Jun. 21st, 2018; published: Jun. 28th, 2018

Abstract

To meet the special requirements of the gas quick release connector at high and low temperature environment, a special gas quick release connector with characteristics of high sealing reliability, convenient operation and wide using temperature range is designed in this paper. The contact status, contact surface and the contact stress distributions of the connector were analyzed by the finite element analysis method and the leak test was conducted. The results show that the gas quick connector has good sealing performance which meets the design requirements.

Keywords

Gas Quick Release Connector, Seal

基于ANSYS的连接器的密封性能研究

汪翔羚, 罗 仡, 韦贯举, 马晓琛, 梁 赞

北京精密机电控制设备研究所, 北京
Email: yxliu840@163.com

收稿日期: 2018年6月4日; 录用日期: 2018年6月21日; 发布日期: 2018年6月28日

摘 要

为了满足气体快卸连接器在高低温特殊环境下的特殊要求, 本文设计了一种采用非金属双道密封结构的插拔式气体快卸流体连接器。采用有限元方法分析了密封处的接触状态, 接触面和接触应力的分布情况, 并开展了密封检漏试验。结果表明, 该插拔式气体快卸流体连接器密封性能良好, 满足设计要求。

关键词

气体快卸流体连接器, 密封

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

快卸连接器通过连接其阴极和阳极实现气路的连通和断开, 具有连接、拆卸快捷等优点, 广泛应用于航天航空、石油化工等工业领域。快卸连接器的设计往往在特定的使用条件下进行, 然而其适应具有局限性。在管路系统的连接中多采用 O 型橡胶密封或 X 型橡胶密封, 这些连接器在低温使用环境中存在抵抗低温能力不足的问题[1] [2] [3]。对于快卸式插拔连接器, 在电气连接领域有广泛的应用和研究[4] [5]。

针对现有气体快卸连接器在抗低温性能不足的问题, 本文结合快卸插拔连接器技术现状设计了一种气体快卸连接器, 并应用 ANSYS 对其接触密封性进行数值计算, 验证了设计的合理性和可靠性。

2. 气体快卸连接器设计

本文根据产品开发实际需要, 设计了如图 1 所示的气体快卸连接器, 该连接器主要由阀芯和组件 II 组成。阀芯和组件 II 的连接依靠手动插拔力, 通过设置在组件 II 里凹槽内一排钢球, 将组件 II 推向阀芯, 使组件 II 中的钢球落入到阀芯环槽中, 快卸连接器连接到位时, 组件 II 中的波纹管组件处于压缩状态, 单手操作推力最大值不超过 80 N。组件 II 与阀芯分离时, 拉开滑套, 使它克服弹簧力后移, 弹簧处于压缩状态。滑套后移让出钢球脱离阀芯环槽的空间, 钢球在环槽斜面的作用下弹出, 组件 II 中钢球顶压在滑套上, 使组件 II 与阀芯相互脱离。

3. 基于 ANSYS 的快卸连接器密封性能分析

3.1. 计算模型和网格划分

快卸连接器密封性能分析主要针对密封部位展开。忽略壳体, 同时将波纹管简化, 重点考虑密封垫

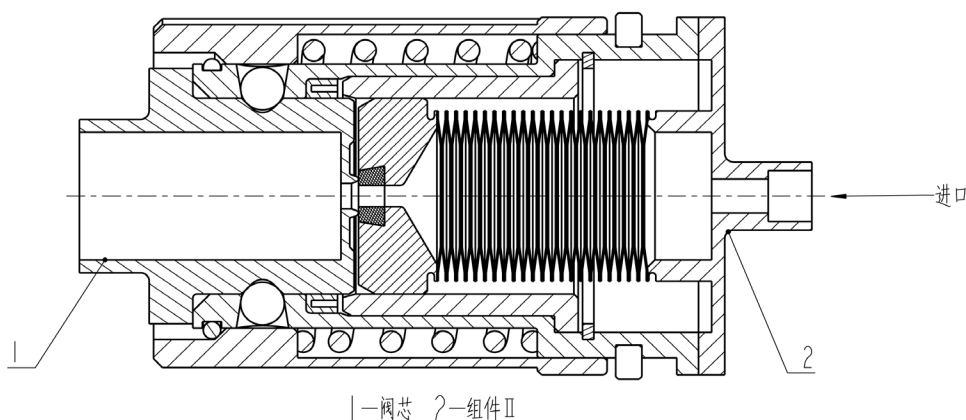


Figure 1. Sectional view of gas fast release connector in connection state
图 1. 气体快卸连接器连接状态剖视图

与阀芯的接触。根据连接器的实际接触条件,建立相应的接触对。第一道密封面处,以阀芯为目标单元,以密封垫为接触单元建立一对接触单元,其接触类型为粗糙接触。再以密封垫为目标单元,密封垫安装块为接触单元,建立第二道密封的接触单元,其接触类型为摩擦接触。

选用四面体网格单元[6]建立数值计算模型。在接触对网格的处理上,采用接触网格方法生成接触面网格,以保证接触面的匹配合理,网格尺度定为 0.1 mm。调整网格相关度等相关参数控制网格数量,经过网格无关性验证,最终选择的计算网格数为 666,294,节点数为 944,859。计算网格如图 2、图 3 所示。边界条件为:将波纹管的弹簧力等效施加在密封垫安装块端面,其值为 75.2 N (理论计算值);管道内压为 0.1 MPa;阀芯端面固定支撑。

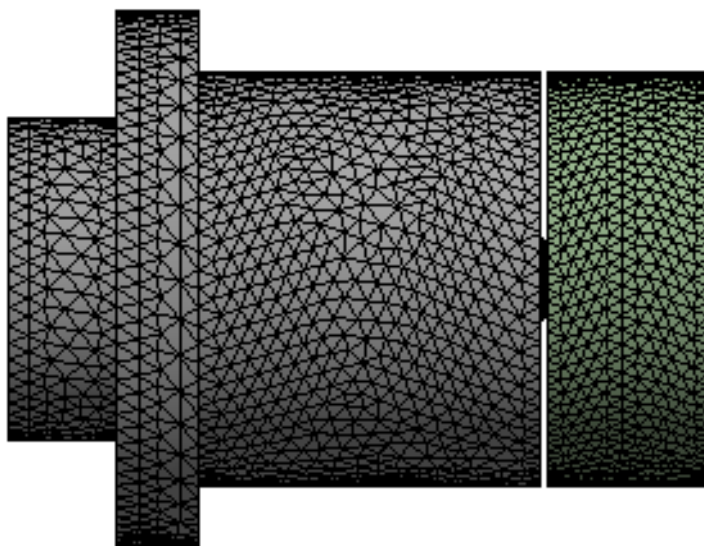


Figure 2. Mesh of simplified model for seal calculation
图 2. 密封计算简化模型网格

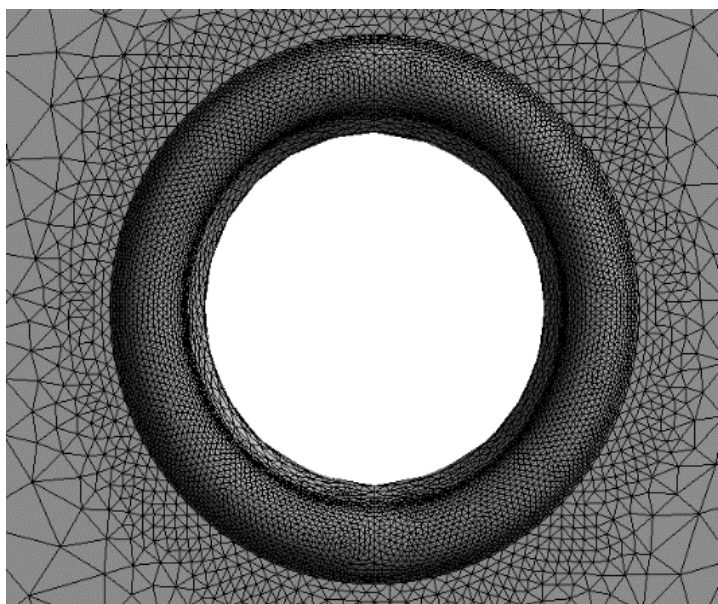


Figure 3. Local mesh in the seal contact surface
图 3. 密封接触面网格局部

3.2. 计算结果及分析

阀芯唇边圆弧面与密封垫平面接触为线接触，在波纹管弹力的作用下，将密封垫与阀体圆弧形唇边压紧，产生一定的接触过盈量，实现密封。为评估快卸连接器接触面的密封状态，图 4 给出了密封部位 I 的接触状态。由图 4 可见，在波纹管轴向弹性力的作用下，密封垫被压紧、接触、渗透。接触状态分布均匀、呈对称形式。密封垫与阀体唇边接触状态为粘着，表明其接触密封良好。从接触中心沿接触面到两侧存在三种接触状态，依次为滑动接触区、近距离区和间隙区。滑动接触区为紧密接触区，两接触面相互渗透。由此说明，波纹管 75.2 N 的设计弹性力可将两接触面压紧，使接触区域起密封作用。

图 5 给出了接触对的 Von-Mises 等效应力分布情况，其中图 5(a)为密封垫接触面上应力分布，图 5(b)密封垫接触面上应力数值分布。图 5(c)为阀体接触面应力分布。Von-Mises 等效应力用来衡量波纹管弹力以及快卸连接器内静压力在密封接触处的接触应力分布。由图可见，接触区域最大的压应力位于接触密封处，密封垫、阀体接触面各自应力分布均匀。密封垫的最大应力值在材料的许允范围内，满足设计要求。从应力分布来看，正常连接下，波纹管提供的轴向力可使得阀体和密封垫接触面产生足够大的应力以维持接触面间的微量渗透，从而达到接触密封作用。

4. 密封试验验证

用氦质谱正压检漏方法对本文所述气体快卸连接器进行氦质谱检漏。按容积积累法要求[7]，首先将气体快卸连接器置于积累容器中，将积累容器封闭，给气体快卸连接器充 0.1 MPa 氦气，积累 10 min 后，用吸枪通过容器的检漏孔进行检测。图 6 所示为容积积累法工作示意图。

表 1 所示为试验所用仪器和设备。经国家低温容器质量监督检查中心检测，该气体快卸连接器在连接时充氦气压力 0.1 MPa 下的漏率为 $4.5 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，满足漏率 $\leq 1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 技术指标要求。

5. 结论

本文设计了一种插拔式气体快卸连接器，并对其进行了密封性能的数值仿真计算和试验验证。结果

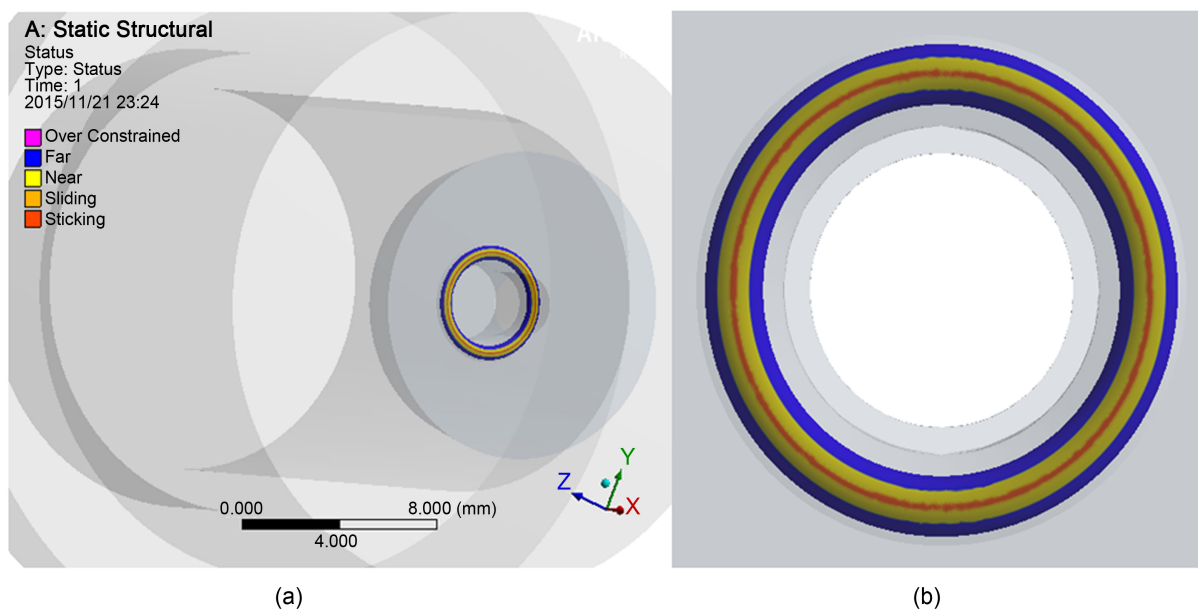


Figure 4. Contact state in the contact surface
图 4. 接触对接触状态

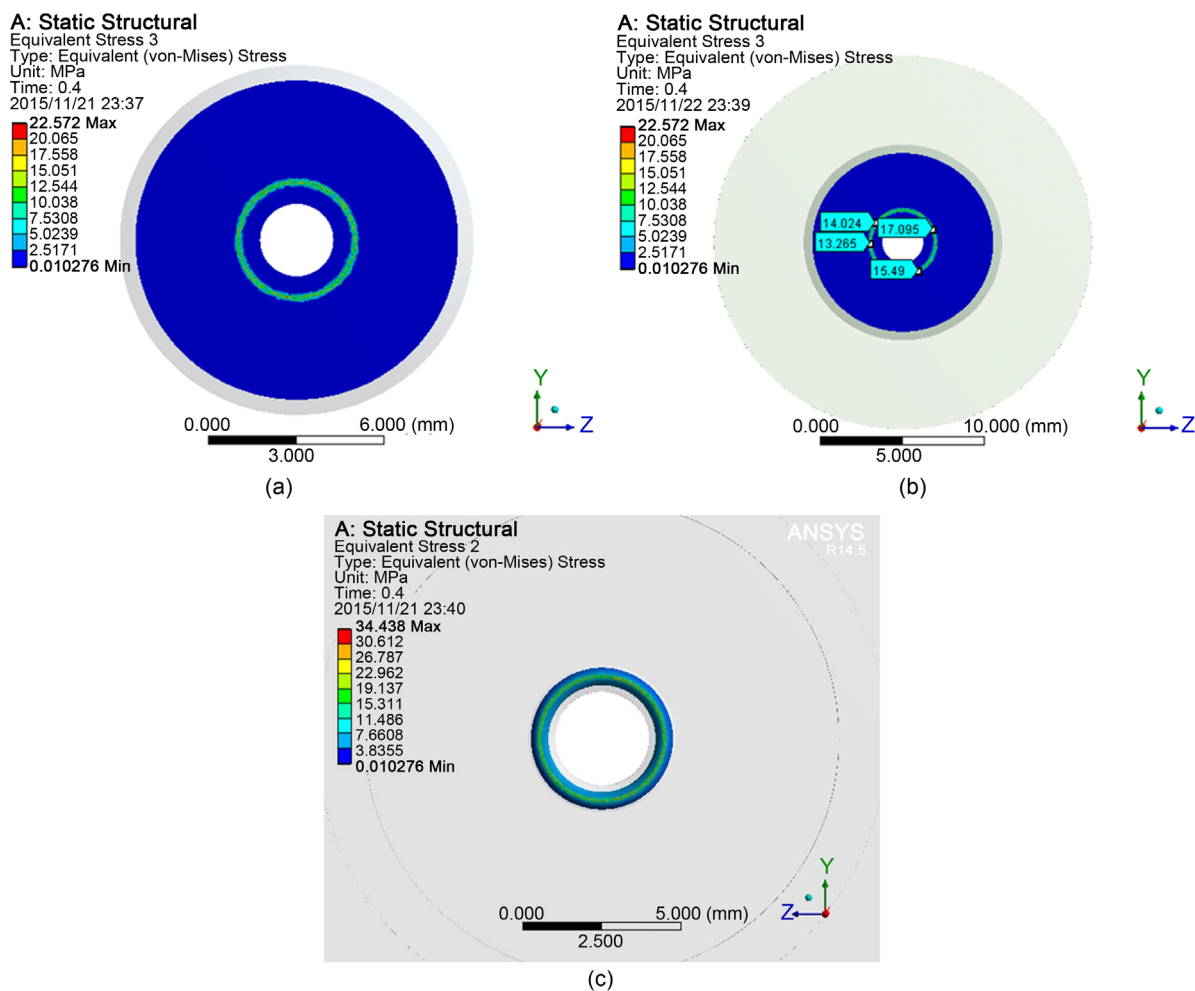


Figure 5. Contact stress distributions in the contact surface

图 5. 接触面应力分布

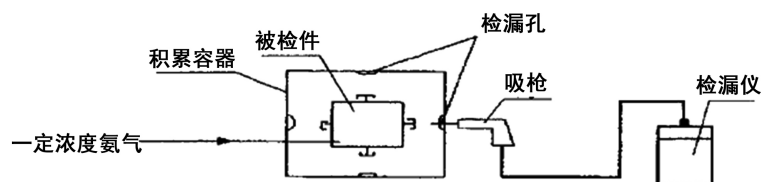


Figure 6. Curve: system result of standard experiment

图 6. 标准试验系统结果曲线

Table 1. Instruments and equipment for testing

表 1. 试验所用仪器和设备

序号	仪器或设备名称	型号	测量范围	编号	有效期
1	氦质谱检漏仪	HLT260	$1 \times 10^{-1} \sim 5 \times 10^{-13} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	4011016265	由校准漏孔在线比对
2	正压漏孔	CL-004	$1.61 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	BG447706-T	经过校验
3	压力表	2.5 级	0~2.5 MPa	20100825-03	经过校验
4	检测系统情况	/	有效最小可检漏率: $7 \times 10^{-9} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	/	/

表明, 该气体快卸连接器密封性能良好, 各项技术指标满足设计要求, 并成功应用于型号产品中。

参考文献

- [1] 顾伯勤, 李新华, 田争. 静态密封设计技术[M]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 156.
- [2] 苏太东, 周庆平. SLT08 型流体连接器的设计[J]. 机电技术, 2014, 34(3): 3-7.
- [3] 中国航空材料手册编辑委员会. 中国航空材料手册[M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [4] 朱家远, 叶杨高. 国外水下插拔连接器密封设计及分析[J]. 中国电子科学研究院学报, 2017, 12(5): 518-522.
- [5] 范建平, 许彬彬, 胥进道, 王得超. 电连接器接触件的分离力仿真与优化设计[J]. 机电元件, 2017, 37(4): 9-12.
- [6] 浦广益. ANSYSWorkbench12 基础教程与实例详解[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 34.
- [7] 氦质谱正压检漏方法[R]. QJ3089-1999: 3-4.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-6631, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: met@hanspub.org