

高真空多层绝热低温管道内管路波纹管应力 非线性有限元分析

陈叔平¹ 毛红威¹ 姚淑婷¹ 刘福录² 任永平²

1. 兰州理工大学石油化工学院 2. 甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司

陈叔平等. 高真空多层绝热低温管道内管路波纹管应力非线性有限元分析. 天然气工业, 2016, 36(4): 84-89.

摘 要 广泛用于 LNG 等输送的高真空多层绝热 (HV-MLI) 低温管道常使用波纹管膨胀节来补偿其内管的冷缩变形, 波纹管由于工作在深冷环境中且要承受液体内压, 在实际使用过程中常出现断裂进而导致整个管道失效。为此, 介绍了 HV-MLI 低温管道的基本结构, 建立了波纹管有限元模型, 在 HV-MLI 低温管道输送 LNG、LO₂ 及 LN₂ 的不同工况下对波纹管进行了应力非线性有限元计算, 分析了轴向位移载荷及内压载荷分别作用下的波纹管响应状况, 并结合国家标准 GB/T 12777—2008 对所用波纹管进行了强度及疲劳寿命校核。结果表明: ①波纹管满足 HV-MLI 低温管道使用要求; ②输送 LN₂ 工况时波纹管等效应力最大, 波纹管波峰内表面为危险点, 此时可以考虑适当降低介质输送压力; ③轴向位移载荷引起的波纹管子午向应力远超过材料的屈服极限, 是引起波纹管疲劳损坏的主要因素, 在管道设计及使用时应严格控制其数值。

关键词 高真空多层绝热 低温管道 波纹管 应力 非线性有限元法 强度校核 液化天然气

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2016.04.013

Nonlinear finite element analysis on the stress of bellows in HV-MLI cryogenic pipes

Chen Shuping¹, Mao Hongwei¹, Yao Shuting¹, Liu Fulu², Ren Yongping²

(1. School of Petrochemical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China; 2. Lanpec Technologies Co., Ltd., Lanzhou, Gansu 730070, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 36, ISSUE 4, pp.84-89, 4/25/2016. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: HV-MLI (high vacuum multi-layer insulation) cryogenic pipes are widely used for LNG transportation and bellow expansion joints are often used to compensate for the shrinkage deformation of their inner pipes. Bellows undergo internal hydraulic pressure in such a cryogenic environment, so fracture often occurs on bellows during the actual operation, which leads to the failure of the whole pipe. In this paper, the basic structure of HV-MLI cryogenic pipes was described and a finite element model was established for bellows. Then, nonlinear finite element calculation was performed on the stress of bellows in HV-MLI cryogenic pipes which are used to convey fluids like LNG, LO₂ or LN₂. And besides, the effects of axial displacement load and internal pressure load on bellows were analyzed respectively. And finally, the strength and fatigue life of available bellows were checked in reference to the national standard GB/T 12777-2008. The following findings were achieved. First, the bellows could meet the requirements of HV-MLI cryogenic pipes. Second, the equivalent stress is the highest and the inner surface of bellow crest is the dangerous point when LN₂ is conveyed. In this case, the medium transferring pressure should be reduced appropriately. And third, the meridional stress of bellows induced by the axial displacement load is far more than the yield limit of the material, and it is the main factor resulting in the fatigue damage of bellows, so it is necessary to control its value strictly when pipes are designed and used.

Keywords: High vacuum multi-layer insulation (HV-MLI); Cryogenic pipe; Bellows; Stress; Nonlinear FEM; Strength checking; LNG

基金项目: 甘肃省科技重大专项“大型 LNG 贮罐研发”(编号: 1203GKDA001)。

作者简介: 陈叔平, 1964 年生, 教授, 博士生导师; 主要从事低温储运技术与设备、低温传热和 LNG 技术方面的研究工作。地址: (730050) 甘肃省兰州市兰工坪路 287 号。电话: 13321225936。ORCID: 0000-0003-4795-4250。E-mail: chensp@lut.cn

通信作者: 毛红威, 1993 年生, 硕士研究生; 主要从事低温储运技术及设备和 LNG 液化技术方面的研究工作。地址: (730050) 甘肃省兰州市彭家坪路 36 号。电话: 18893494817。E-mail: mao_cryogenic@163.com

随着我国能源结构的调整, LNG 工业的发展越发展迅速, 输送 LNG 用的 HV-MLI 低温管道需求量也日益增加。较之于其他形式的绝热管道, HV-MLI 低温管道具有绝热性能好、占用空间少以及使用寿命长的优点, 在 LNG 接收站、加气站、空分厂以及航天器燃料输送过程中得到了广泛应用^[1-3]。HV-MLI 低温管道内管路膨胀节能补偿内管的冷缩位移, 提高管道柔性, 其核心部件波纹管同时承受轴向位移及液体内压载荷且管壁较薄, 是管道中的脆弱结构, 波纹管如果发生破裂将导致整个 HV-MLI 低温管道失效。因此, 有必要对波纹管进行应力分析及强度校核。

刘永刚等^[4]通过理论分析、数值模拟和实验方法, 对含夹层阻尼的多层金属波纹管进行了刚度和阻尼的研究, 分析了流固耦合作用下多层波纹管的力学性能, 得到了轴向压缩刚度随波纹管参数的变化规律, 以及刚度和阻尼随水压的变化规律。罗宏瀚^[5]用有限元方法研究了输流波纹管流固耦合振动的问题, 探讨了波纹管的振动机理, 最后提出了抑制波纹管振动的可行方法。Kim 等^[6]通过建立波纹管有限元模型, 对其进行模态分析得到波纹管振型及固有频率, 表明低频振动有可能造成大直径波纹管应力分布不均。于长波等^[7]应用非线性有限元法, 综合考虑波纹管的几何非线性、材料非线性和边界非线性, 研究了波纹管在轴向位移载荷与内压载荷组合作用下的应力分布规律, 同时还对波纹管的疲劳寿命进行了预测。赵培等^[8]利用 APDL 建立了波纹管模型并对其进行模态分析, 得出了波纹管的波高、波距、直径、壁厚等对波纹管动态刚度的影响规律, 并通过振动试验验证了分析结果的正确性。Faraji 等^[9]用有限元法分析了波纹管生产过程中决定产品质量的因素。上述研究主要集中在波纹管的疲劳寿命、振动及应力状态分析等问题, 而结合不同工况, 对 HV-MLI 低温管道内使用的波纹管进行应力分析, 并结合相应标准对波纹管性能进行评价的报道较为少见。笔者针对与大型 LNG 贮罐配套使用的 HV-MLI 低温管道中常出现波纹管发生断裂的问题, 介绍了 HV-MLI 低温管道结构, 用非线性有限元法对波纹管进行了应力分析, 参照相应标准对波纹管的强度及疲劳寿命进行了校核, 以期对 HV-MLI 低温管道的使用及波纹管的选用提供参考。

1 HV-MLI 低温管道内管路波纹管的应力分析

1.1 HV-MLI 低温管道结构

图 1 为多层绝热低温管道的结构示意图。如图 1

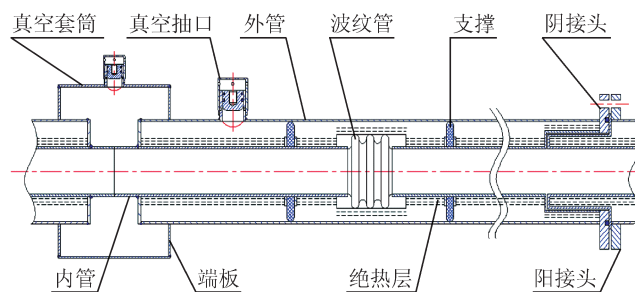


图 1 多层绝热低温管道结构示意图

所示, HV-MLI 低温管道通常由以下部分组成: 外管、内管、绝热层、绝热支撑、波纹管补偿器、真空抽口、截止阀、真空安全阀、低温安全阀等安全附件, 以及用于管道连接的阴、阳接头、真空套筒和端板。管道采用高真空多层绝热方式绝热, 内外管组合形成真空夹层并抽空, 使夹层内真空度满足绝热性能的要求。

HV-MLI 低温管道输送介质温度极低, 内管从常温到液体温度变化过程中会产生较大的冷缩效应, 通常用波纹管膨胀节补偿其冷缩变形。波纹管管壁较薄, 是管路的脆弱部分, 且在较大轴向力的作用下, 波纹管易产生大变形, 此时波纹管的波峰、波谷部位实际处于弹塑性区域^[10]。因此, 有必要对其进行应力分析及强度、疲劳寿命校核。

1.2 波纹管载荷

将要进行应力分析的波纹管用在一段长为 850 mm 的 HV-MLI 低温管道中, HV-MLI 低温管道的内管及波纹管材料均为 06Cr19Ni10。管道工作时按输送液化天然气 (LNG)、液氧 (LO₂) 和液氮 (LN₂) 3 种工况考虑, 由于内管的冷缩效应会使波纹管承受轴向拉伸位移载荷, 其计算式如下:

$$A_x = L \times \alpha (T_{\max} - T_{\min}) \quad (1)$$

式中 A_x 表示波纹管的轴向拉伸位移载荷, mm; L 表示管长, 取 850 mm; α 表示管道材料热膨胀系数, 取 $14.67 \times 10^{-6} \text{ m/(m} \cdot \text{°C)}$; $T_{\max}$ 表示管道最高温度, 取 22 °C; $T_{\min}$ 表示管道输送介质的饱和温度, °C。忽略波纹管少量垂直于拉伸方向的其他向位移, A_x 计算结果如表 1 所示。在承受轴向位移的同时, 波纹管还承受了 2.5 MPa 的内部液体压力。

表 1 不同工况下波纹管轴向拉伸位移计算结果表

介质	饱和温度 / °C	A_x / mm
LNG	-162	2.29
LO ₂	-183	2.56
LN ₂	-196	2.72

1.3 波纹管有限元模型

波纹管本身是一种复杂的轴对称薄壁壳体,且大多数工况下材料处于弹塑性大变形范围内^[8]。有限元分析时应考虑其几何非线性及材料非线性。

波纹管参数:内径为 25 mm,外径为 35 mm,波高为 4.7 mm,波距为 6 mm,层数为 1,壁厚为 0.3 mm,波数为 9。波纹管材料参数:密度为 $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、弹性模量为 $2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$ 、切线模量为 $2.64 \times 10^3 \text{ MPa}$ 、泊松比为 0.3。采用轴对称平面单元 Plane183 建立有限元模型,该单元在保证计算精度的同时可以提高运算速度^[11-13]。有限元模型如图 2 所示,整个模型划分单元数为 41 820 个、节点数为 133 845 个。通过 NLGEOM, ON 模拟波纹管大变形几何非线性特征,使用双线性随动强化定义材料非线性特征^[13]。波纹管约束及边界条件为:①波纹管承受内压载荷时,约束波纹管上、下端节点的 Y 向自由度,并在波纹管内壁面施加相应压力的均布载荷;②承受轴向位移载荷时,约束下端节点的所有自由度,并给上端节点相应的 Y 向位移;③当同时承受两种载荷时,约束下端节点的所有自由度,给上端节点相应的 Y 向位移,同时在波纹管内壁面施加均布压力载荷。

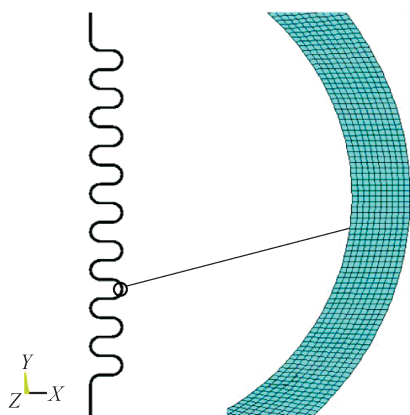


图 2 波纹管有限元模型图

2 有限元计算结果与分析

通过计算各工况下波纹管的等效应力,可知 3 种工况下波纹管的等效应力分布状态大致相同,输送 LN_2 时应力平均值最大。图 3 为输送 LN_2 工况时波纹管的等效应力分布图。从图 3 可以看出,波纹管的波峰、波谷处应力较大,波峰和波谷的过渡区及波纹管直边段应力较小,应力最大值出现在第 7 个波(靠近坐标原点的第 1 个波编号为 1)波峰内表面,是波纹管的危险点。

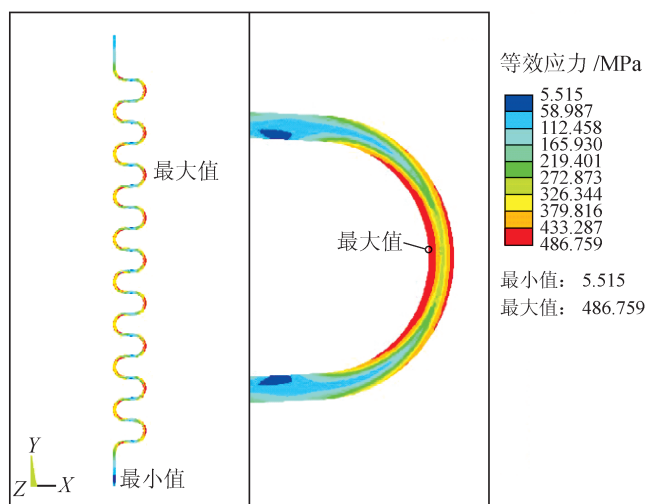


图 3 输送 LN_2 工况时波纹管的等效应力分布图

为了进一步分析波纹管危险点处等效应力沿壁厚方向的分布情况,沿等效应力最大处壁厚建立路径并均匀取 10 个点,得到等效应力随各点到波纹管内壁距离的变化关系(图 4)。从图 4 可以看出,内表面等效应力大于外表面等效应力,等效应力沿壁厚方向先减小后增大,在距波纹管内表面 0.18 mm 处达到最小值。波纹管、内、外表面区域的等效应力均超过材料屈服极限(液氮温度下屈服极限取值为 420 MPa ^[14])。比较 3 种工况下等效应力的变化情况可知,波纹管等效应力随介质温度的降低而升高。由于输送 LN_2 工况时波纹管轴向位移载荷最大,此时波纹管等效应力最大,与另外 2 种工况相比呈现屈服状态的材料厚度也最大,是较为危险的工况。因此,在输送 LN_2 时要更加注意管道操作规范,适当降低液体输送压力以免使波纹管发生损坏。

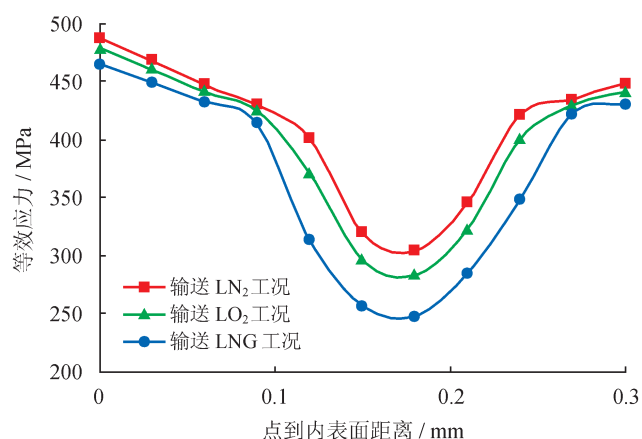


图 4 等效应力随各点到内表面距离的变化图

为了比较波纹管在内压载荷及轴向拉伸位移载荷下的响应状况,对单独作用各载荷的波纹管进行应力分析。图5、6分别为单独作用内压载荷(2.5 MPa)和单独作用轴向拉伸位移载荷(2.72 mm)时波纹管子午向的应力分布图。从图5、6可以看出,在内压作用下波纹管的波峰内表面受拉,此处应力为拉应力,波谷外表面受压,应力为压应力。而在轴向拉伸位移载荷作用时波峰内表面和波谷外表面均受拉,当同时作用两种载荷时会使波峰处应力正向叠加而波谷处应力减弱。内压作用下波纹管最大子午向应力为177.58 MPa,轴向拉伸位移载荷下波纹管最大子午向应力为576.78 MPa,是内压作用下的3.2倍且远高于材料屈服极限,可见轴向拉伸位移载荷是引起波纹管疲劳破坏的主要因素。

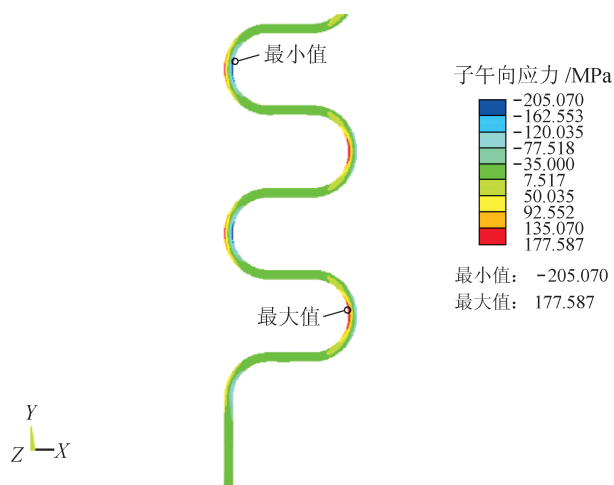


图5 内压载荷下的波纹管子午向应力分布图

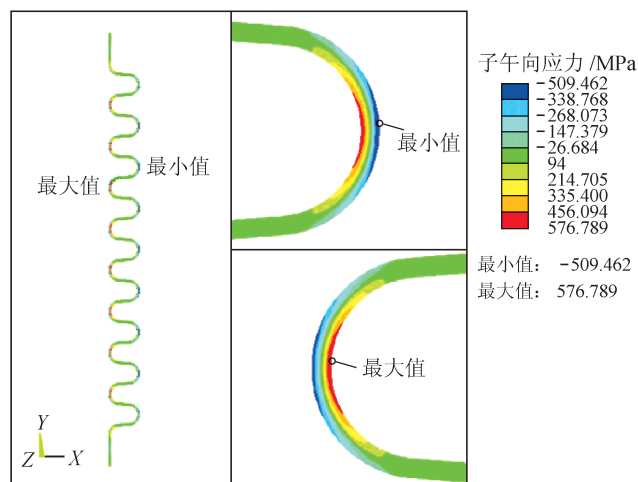


图6 轴向拉伸位移载荷下的波纹管子午向应力分布图

对波纹管施加不同轴向拉伸位移载荷得到不同载荷下波纹管的等效应力(图7)。从图7可以看出,在轴向拉伸位移载荷较小时,波纹管最大等效应力随载荷的增长呈线性关系迅速增加,当轴向拉伸位移载荷增加至1.8 mm时,波纹管的最大等效应力超过材料屈服极限,之后由于波纹管部分区域已进入屈服状态,材料最大等效应力随载荷缓慢增长,屈服区域逐渐扩大。由以上分析可知,轴向位移载荷对波纹管应力状态影响是巨大的,在波纹管使用过程中应严格控制。

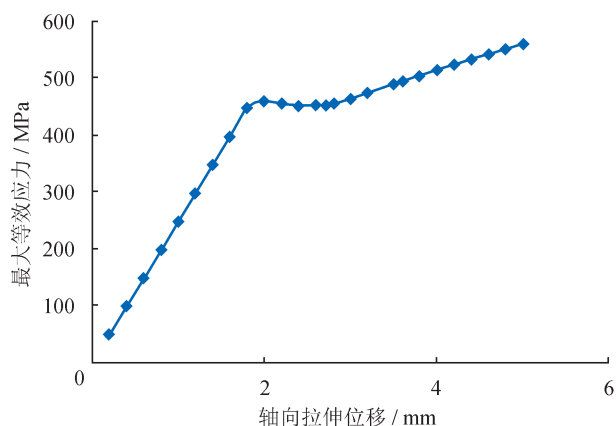


图7 最大等效应力随轴向拉伸位移的变化图

3 波纹管应力及疲劳寿命校核

根据GB/T 12777—2008^[15]标准强度校核的规定,波纹管应力应满足: $\sigma_2 < [\sigma]_b^t$, $\sigma_3 + \sigma_4 < C_m[\sigma]_b^t$, 波纹管疲劳寿命 $[Ne] = [12\ 820/(\sigma_1 - 370)]^{3.4}/n_f$, $\sigma_1 = 0.7(\sigma_3 + \sigma_4) + \sigma_5 + \sigma_6$ 。上述各式中, σ_2 表示内压引起的波纹管周向薄膜应力,MPa; $[\sigma]_b^t$ 表示波纹管材料在工作温度下的许用应力,取137 MPa; σ_3 表示内压引起的波纹管子午向薄膜应力,MPa; σ_4 表示内压引起的波纹管子午向弯曲应力,MPa; C_m 表示低于蠕变温度的波纹管材料强度系数,根据标准公式及波纹管几何参数计算得到 $C_m = 1.53$, $C_m[\sigma]_b^t = 209.6$ MPa; n_f 表示波纹管疲劳寿命安全系数,取值为10; σ_5 表示位移引起的波纹管子午向薄膜应力,MPa; σ_6 表示位移引起的波纹管子午向弯曲应力,MPa。

取输送液氮工况时波纹管所受位移载荷和内压载荷,得到波纹管子午向应力及周向应力的分布状况,在波纹管上取截面建立路径并将子午向应力和周向应力线性化得到 σ_2 、 σ_3 、 σ_4 、 σ_5 、 σ_6 ,同时按GB/T 12777—2008中的经验公式计算出 σ_2 、 σ_3 、 σ_4 、 σ_5 、

σ_6 , 并将二者的应力结果进行比较及校核, 结果如表 2 所示。

表 2 波纹管应力校核结果表

应力分类	经验公式 计算结果 /MPa	有限元 计算结果 /MPa	误差	应力校 核结果
σ_2	62.65	87.2	39.0%	合格
$\sigma_3 + \sigma_4$	175.79	180.5	2.6%	合格
$\sigma_5 + \sigma_6$ 进行疲劳寿命计算				

从表 2 可以看出, 波纹管在内压作用下的周向薄膜应力、子午向薄膜应力及子午向弯曲应力符合 GB/T 12777—2008 中的强度要求, 轴向位移作用下的薄膜应力与弯曲应力之和已超过波纹管材料的屈服极限, 需要对波纹管疲劳寿命进行计算。取应力经验公式计算值与有限元计算值两者中较大的 σ_1 计算波纹管疲劳寿命, 即经验公式计算得出的 $\sigma_1 = 0.7 \times 175.79 + 896.88 = 1\,019.9$ MPa, 疲劳寿命 $[N_e] = 2\,537$ 周次, 符合波纹管使用要求。

对比应力分析结果, 应力经验公式计算值与有限元法计算值存在一定误差, 出现这种误差有多种原因: ①有限元分析所用的双线性随动强化材料本构模型与材料实际应力应变关系存在一定偏差; ②波纹管生产时波峰处的应变强化会使材料机械性能发生改变; ③标准所用经验公式存在一定误差^[16]。

通过建立更加合理的模型, 即在建立模型时, 充分考虑波纹管成型过程中波峰壁厚、波谷壁厚的不均匀性, 以不同温度下材料的真实应力应变曲线计算出的切线模量和屈服极限来描述材料的非线性特征, 考虑流体流动状态对整个管路及波纹管的影响等, 可以降低误差, 得到更为符合实际的波纹管应力分布状态, 直观地判断波纹管的危险点位置, 为波纹管的设计及使用提供参考。

4 结论

1) 应用 ANSYS 软件对波纹管应力进行非线性有限元计算得知, HV-MLI 低温管道输送 LNG、LO₂、LN₂ 这 3 种工况的波纹管等效应力分布状态大致相同, 波峰、波谷位置的等效应力较大, 波峰内表面的等效应力最大, 是波纹管的危险点。沿波峰壁厚方向从内到外等效应力呈现先减小后增大的趋势, 笔者计算的波纹管在距离波峰内表面 0.18 mm 处等效应力达到最小值。

2) 波纹管等效应力随输送介质温度的降低而增大, 输送 LN₂ 时波纹管的等效应力及达到屈服状态的材料厚度最大, 是较为危险的工况, 此时应特别注意使管道操作符合规范, 并且可以通过适当降低介质输送压力来保证波纹管的安全运行。

3) 轴向拉伸位移载荷引起的波纹管子午向应力是内压所引起子午向应力的 3.2 倍, 且远超过材料屈服极限, 波纹管等效应力随轴向拉伸位移载荷的增长迅速增加, 因此, 轴向拉伸位移载荷是引起波纹管疲劳破坏的主要因素, 在管道设计和使用时应严格控制。

4) 结合相关标准及波纹管应力计算结果, 对波纹管的强度和疲劳寿命进行校核, 表明此波纹管满足 HV-MLI 低温管道使用要求。

参 考 文 献

- [1] 都大永, 王蒙. 浮式 LNG 接收站与陆上 LNG 接收站的技术经济分析[J]. 天然气工业, 2013, 33(10): 122-126.
Du Dayong, Wang Meng. Tech-economic analysis of floating and onshore LNG terminals[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(10): 122-126.
- [2] 贾士栋, 吕俊, 邓青. 浙江 LNG 接收站卸料管线 BOG 预冷模拟研究[J]. 天然气工业, 2013, 33(3): 84-88.
Jia Shidong, Lü Jun, Deng Qing. A simulation study boil-off gas (BOG) pre-cooling process in unloading pipelines in an LNG terminal in Zhejiang[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(3): 84-88.
- [3] 韩战秀, 王海峰, 李艳侠. 液氢加注管道设计研究[J]. 航天器环境工程, 2009, 26(6): 561-564.
Han Zhanxiu, Wang Haifeng, Li Yanxia. Design of liquid hydrogen injection tubes[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2009, 26(6): 561-564.
- [4] 刘永刚, 司东宏, 马伟, 余永健, 谢金法. 流固耦合下含夹层阻尼的多层金属波纹管刚度和阻尼研究[J]. 机械工程学报, 2014, 50(5): 74-81.
Liu Yonggang, Si Donghong, Ma Wei, Yu Yongjian, Xie Jinfa. Research on stiffness and damping of sandwich damping metal bellows considering fluid-solid interaction[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2014, 50(5): 74-81.
- [5] 罗宏瀚. 输流波纹管流固耦合振动的初步研究[J]. 振动与冲击, 2008, 27(11): 149-153.
Luo Honghan. Primary research on FSI vibration of bellows[J]. Journal of Vibration and Shock, 2008, 27(11): 149-153.
- [6] Kim JH, Kim JY, Jang BK. 3-Dimensional finite element analysis of a vibrating bellows with a large diameter[J]. Key Engineering Materials, 2011(452/453): 689-692.
- [7] 于长波, 王建军, 李楚林, 王帅. 多层 U 形波纹管的疲劳寿命有限元分析[J]. 压力容器, 2008, 27(2): 23-26.
Yu Changbo, Wang Jianjun, Li Chulin, Wang Shuai. Finite element

- analysis to multilayer U-shaped bellows fatigue life[J]. Pressure vessel Technology, 2008, 27(2): 23-26.
- [8] 赵培, 马伟, 余永健, 杨明辉. 多层波纹管动态刚度的影响因素研究 [J]. 压力容器, 2012, 29(1): 11-15.
- Zhao Pei, Ma Wei, Yu Yongjian, Yang Minghui. Research on influencing factors of dynamics stiffness of multi-layer bellows[J]. Pressure Vessel Technology, 2012, 29(1): 11-15.
- [9] Faraji G, Mashhadi MM, Norouzifard V. Evaluation of effective parameters in metal bellows forming process[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2009, 209(7): 3431-3437.
- [10] 董玉平, 邓波, 申树云, 孙启新. 基于 ANSYS 的 U 形波纹管热应力分析 [J]. 节能技术, 2007, 25(1): 38-40.
- Dong Yuping, Deng Bo, Shen Shuyun, Sun Qixin. Thermal-stress analysis of the U-shape bellows based on ANSYS[J]. Energy Conservation Technology, 2007, 25(1): 38-40.
- [11] 李茂华, 石磊彬, 钟威, 高剑锋. 内外压热应力影响下西气东输二线长输管道变形的有限元分析 [J]. 天然气工业, 2013, 33(8): 119-124.
- Li Maohua, Shi Leibin, Zhong Wei, Gao Jianfeng. The finite element analysis and calculation of pipeline stress and strain under the effect of heat stress and internal or external pressure in the West-to-East China Gas Pipeline II[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(8): 119-124.
- [12] 王勖成. 有限单元法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- Wang Xucheng. Finite element method[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [13] 任宁, 王长路, 欧开良, 周峰. Ω 形波纹管的非线性应力分析 [J]. 机械强度, 2012, 34(4): 568-572.
- Ren Ning, Wang Changlu, Ou Kailiang, Zhou Feng. Nonlinear stress analysis of Ω -shaped bellows[J]. Mechanical Strength, 2012, 34(4): 568-572.
- [14] 陈晓, 惠虎, 李培宁, 钟诚, 倪鹏. 奥氏体不锈钢深冷应变强化的材料行为研究 [J]. 化工设备与管道, 2014, 51(3): 20-23.
- Chen Xiao, Hui Hu, Li Peining, Zhong Cheng, Ni Peng. Study on intensification behavior of austenitic steel due to cryogenic deformation[J]. Process Equipment & Piping, 2014, 51(3): 20-23.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12777—2008 金属波纹管膨胀节通用技术条件 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 12777-2008 General specification for metal bellows expansion joints[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [16] 李亮, 牛玉华. 大口径多层加强 U 形波纹管应力强度有限元数值分析 [C]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2014.
- Li Liang, Niu Yuhua. Finite element analysis of stress intensity for multiply large-diameter reinforced U-shaped bellows[C]. Hefei: Hefei University of Technology Press, 2014.
- (修改回稿日期 2016-01-11 编辑 何明)

中俄东线天然气管道可行性报告编制完成

据国资委网站消息, 2016 年 4 月 12 日, 中俄东线天然气管道目前已完成可行性报告的编制和审查, 管道关键部分技术方案已经确定。据悉, 在日前进行的中俄东线天然气管道初步设计审核中, 中俄双方对设计文件内容基本达成一致。预计 2016 年 4 月底前完成初步设计修改, 力争 2016 年 8 月获得俄方的国家批复。中俄双方就关键部分已完成 15 轮谈判, 目前对施工方案、钢管选型达成一致意见, 下一步还将就施工单位选择、工程预算等进行新一轮谈判。中俄东线天然气管道关键部分供气项目从签订政府间供气协议到主要技术方案确定, 历经了多轮技术谈判, 最终技术方案于 2016 年 3 月 15—18 日在俄罗斯托木斯克市确定。由中国石油管道公司、管道局、管道工程有限公司等单位的 15 位专业人员组成的技术专家组, 就施工的主要技术方案、FEED 设计文件与俄罗斯天然气工业股份公司的技术专家进行了协商。在此轮技术谈判中, 中俄双方主要就 FEED 设计文件、施工组织、封闭区建设和其他技术问题达成了共识。

另悉, 中俄东线天然气管道的用地预审、环境影响评价报告等已报送国家相关部门待批, 委托建设协议也已签订, 各项开工手续正在积极办理。

(天工 摘编自中国石油信息资源网)