

LNG气化站内低温管道补偿问题的探讨

- 港华投资有限公司 (518026) 文习之
- 深圳市燃气集团股份有限公司 (518049) 黄明
- 华润燃气控股有限公司 (518001) 彭知军

摘要: 结合工程实践,对LNG气化站内低温管道的补偿方式进行了比选,就 π 型补偿器独立设置与否、与支架和保冷层的配合等问题进行了探讨与分析,提出了相关建议措施。

关键词: LNG气化站 低温管道 补偿

Discussion on Compensation Issue of Cryogenic Pipeline in LNG Vaporizing Station

Wen Xizhi, Huang Ming, Peng Zhijun

Abstract: On the basis of engineering practice, comparison and selection of compensation method of cryogenic pipeline in LNG vaporizing station has been made, the necessity of independent π shape compensator, compatibility of bracket and thermal insulating layer are analyzed, and the corresponding suggestive measures are put forward.

Keywords: LNG vaporizing station cryogenic pipeline compensation

1 概述

2015年以来,LNG在整体需求量增速下滑和替代能源价格降低的背景下,价格呈现出显著的下行趋势,LNG气化站具有建设周期短、投资额度相对低、见效快等特点,部分地区的燃气企业或投资者可通过建设LNG气化站降低气源的综合采购价。文章结合笔者LNG气化站的建设与运行实践,对站内低温管道的补偿问题进行了探讨与研究。

2 低温管道的补偿方式

LNG储存及运行温度不高于 -140°C ,LNG储罐和

LNG槽车罐即站内低温源。与低温源相连接的液相工艺管须进行补偿计算和设计。管道工程中常用的补偿方式有自然补偿、人工补偿,前者依靠管线自身的横向、纵向形变克服冷热伸缩,后者则通过加设具有伸缩特性的补偿器克服应力,如波纹补偿器、球形补偿器等。

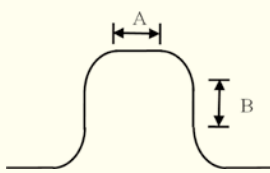
LNG气化站低温管道的安装与运行温度差巨大,进、出液工况下的管道将承载约千分之三的收缩率。为规避不同材料收缩特性的差异、降低法兰和密封圈的使用与维护成本、减少潜在漏点,低温管路系统出于整体性考虑宜采用自然补偿。常用的自然补偿方式有3种:L形、Z型、 π 型(方形),表1为3种自然补偿方式的特性^[1]。

表1 3种自然补偿方式的特性

补偿方式	特性
L型	由弯头及两臂组成，弯转角小于150° 时才能使用，管道长臂不应超过25m
Z型	由2个反向90° 弯头组成，水平臂之和不超过50m，短臂约占总长1/4至1/2，弯曲应力不超过80MPa
π 型（方形）	含4个弯头，成型简便，补偿量大，轴向推力小，维护方便，运行可靠，占地面积较大

在满足地域限制、综合管廊分布要求的情况下，气化站内常选用结合了L形、Z型两者优势的π型补偿方式，表2为π型补偿器示意图及4种尺寸形式。

表2 π型补偿器示意图及4种尺寸形式

π 型补偿器示意图	尺寸形式
	I 型：A=2B
	II 型：A=B
	III 型：A=0.5B
	IV 型：A=0

3 π型补偿器的设置问题

3.1 独立设置与否

以进液工艺考虑，卸车区与储罐区间的低温液相管最先遇冷收缩。LNG气化站中翻越围堰的方形管道簇（π型弯），如图1所示，是具备一定补偿器功能的。经对管道的理论柔性进行计算、校核计算后，以π型弯前、后直管段作为自然补偿的管道臂不超过20m时视为合理，可不必再独立设置π型补偿器。



图1 气化站中翻越围堰的方形管道簇

若因故存在围堰内、外直管段长度相差较大的情况，则会降低进液预冷时自然补偿的均匀度；此外，与流经水平管路时的半充盈状态不同，LNG流经纵向翻越管路时的完全充盈状态会造成局部温度梯度过大、冷量集中，同样不利于管道收缩量的内部平均。长期运行下“冷热循环”会对管材寿命产生差异化的影响，于靠近冷源或冷量集聚处形成抗低温性能的薄弱地带。因此，类似情况宜独立、水平设置π型补偿器。

3.2 与支架的配合

π型补偿器应设置于两固定点之间，方能在该范围内发挥功效。气化站中低温管的支架形式可大致分为固定支架和滑移支架，在承受管道重力荷载的同时，前者作为固定点使管道“分段”自然补偿并限制管道位移，后者则起到在管道遇冷收缩时的导向作用，允许单一方向的位移。

支架若未合理设置可能导致补偿器的失效或管道的拉伸紊乱。以某储罐区与气化区连接的H型液相管路系统为例进行说明，见图2中两种支架设置方式。方式一将A、C作为固定支架，B处作为纵向滑移支架，该设置方式未完全遵照每两固定点之间进行一次补偿设置的原则，储罐出液流经B点时虽可通过L型管道进行收缩量补偿，但BA、BC直管段收缩量却因A与C两处固定支架难以得到补偿；方式二将B处作为固定点，使储罐区至B点间的管道由自身L型进行补偿，B点与4个气化器入口固定点之间则设置π形补偿器，同时能承受BA、BC直管段的向心收缩，该支架设置方式得以与补偿器配合，完整发挥补偿功能。

3.3 与保冷层的配合

π型补偿器处的保冷层敷设应特别注意弯头区域的处理，其基本安装工艺与其它液相弯管类似——内部沿管敷设保冷材料、外部拼接环形铝皮。然而，整体的保冷施工可能忽略对补偿器处的考虑，造成管道遇冷后保冷层的变形。为预防此类问题，可在管道安装时“预紧缩”50%计算伸缩量；其次，须在保冷施工阶段适当增加环形铝皮数量并调整拼接间距，预先制造反向形变来抵消遇冷拉伸产生的位移，如图3中π型补偿器保冷层安装形式——对π型补偿器开口处进行了“预紧”从而使端部间距略微降低。此外，使用新型软质的内部保冷材料（如二烯烃、丁晴橡胶）

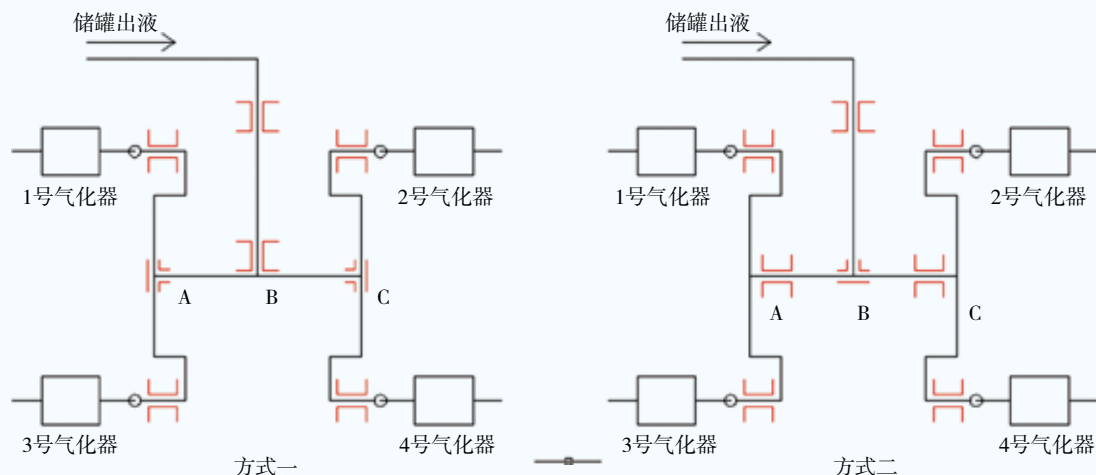


图2 H型液相管路系统支架设置方式

可更好地配合补偿器发挥抗拉伸作用。



图3 π型补偿器保冷层安装形式

π型补偿器的方形凸出部分应单独设置管托，其作用不同于滑移支架，仅为承重之用，须与保冷层进行配合，予以一定的全方位的滑移空间，图4为π型补偿管托的设置。



图4 π型补偿器管托的设置

3.4 弯头间直管段长度不足

π型补偿器中90°弯头间直管段（表2示意图中B管段）过短会降低补偿功能。不锈钢管焊接处本身即为抗折、抗剪薄弱地带，需配合连接直管段及外伸

臂分担LNG过流时的遇冷收缩。弯头短接距离过短的情况下，长期的运行会带来弯头焊接处的疲劳破坏风险。以表2中π型补偿器为例，B管段的长度不应小于管段外径的1.5倍，且不应小于100mm。此外，为进一步分散遇冷拉应力，该管段焊缝宜与支、吊架错开，距离不应小于50mm。

3.5 弯头曲率半径不足

同样出于对补偿过程中消除应力的考虑，让补偿器整体更为均匀地分摊遇冷收缩量，π型补偿器的弯头曲率半径不宜过小，参照相关油气输送管道工程设计规范，使用中频弯头时曲率半径不应小于管道直径的3倍。

4 结语

基于厂站的安全运行，应重视LNG气化站低温管道的补偿问题。π型补偿器的独立设置与否，其与支架和保冷层的配合等问题须在建设阶段进行系统性、整体性的考量，参照运营工况下LNG工艺流程进行复核、检验。此外，在成本允许的条件下增加富裕量设计亦有利于应对低温管道的补偿问题。

参考文献

- 1 闫术明, 李国辉, 刘其民等. 江苏LNG外输跨海管道的安装设计[J]. 油气储运, 2013; 32(3): 300-304