

压力管道的设计

李廉勋

(四川空分设备(集团)有限责任公司)

关键词: 冷箱内管道的布置、应力分析、补偿计算及补偿形式

近几年来,我国国民经济发展迅猛,与空分相关的气体行业、冶金行业、石化行业相继进入了快速发展阶段,空分行业面临着一个崭新的黄金发展时期。空分需求量越来越大,等级要求越来越高,1万等级、2万等级、3万等级、4万等级、5万等级都相继在国内主要的三家空分生产制造厂开车成功。我公司目前尚未有4万、5万等级的空分合同,但1万等级、2万等级、3万等级的空分已经开车成功的就有几十套。随着空分越做越大,越来越先进,冷箱也越来越大、越来越高,冷箱内的管道也越来越多、管径越来越大、管系越来越长,这样一来,冷箱内管道的布置、应力分析、补偿计算及补偿形式就显得越来越重要。

从1996年4月原国家劳动部颁发《压力管道安全管理与监察规定》之日起,冷箱内的管道就被定义为了压力管道。《压力管道安全管理与监察规定》按压力管道的用途将其分为三类、六级:长输管道(GA1级、GA2级);公用管道(GB1级、GB2级);工业管道(GC1级、GC2级)。冷箱内管道属于工业管道,如果设计压力 $P \geq 10.0\text{MPa}$ 则属于GC1级,如果设计压力 $< 10.0\text{MPa}$ 则属于GC2级。

压力管道的各种标准和培训教材中对低温管道的描述是很少的,专门针对冷箱内管道的相关标准、规定就更难找到,我想结合一些压力管道的培训教材以及自己的一些经验来探讨一下冷箱内管道的布置。由中国机械工业联合会质量工作部组织编写的《机械行业压力管道培训教材》中对低温管道有这样的描述:管内介质低于或等于 -20°C 的管道属于低温管道,对低温管道的布置,主要注意柔性和保冷,避免振动,低温管道弯头处应力较大,不应设置支吊架。这些描述都可以用到冷箱内管道布置中,但光有这几条对冷箱内的管道布置是远远不够的,我们还必须依照它自身的特点进行布置,比如:主换热器板式单元数量大于1只,配管时就必须考虑气流分配的问题,现在行业内认可的配管方式为U型联接,认为这种方式对气流的均匀分配最有利;进出上塔的所有气体管道必须高于上塔进出口处一定尺寸后再往下走,以免上塔内液体流入管道;液体管道吹除管必须加液封后再出冷箱;空气进下塔管道必须设计有斜度防止管道集液或液体倒流;下塔 LN_2 回流管、上塔 LAr 回流管、粗氩塔 LAr 回流管均需设置一定高度的液封;膨胀机进出口管道上需设置膨胀节;根据管道内介质温度来确定管道离冷箱壁的距离等。这些注意事项基本都是冷箱内管道设计人员所熟知和掌握了的专业知识。我在近几年的冷箱内管道设计以及现场安装中还发现一些新的而且普遍存在的问题,在这里我把它写出来供大家参考。

在全精馏制氮的流程中,粗氮冷凝器液空蒸汽回上塔的管道上,常常会设置一只蝶阀,这条管系直径一般都在300mm以上,分析一下该管系的受力情况,起点粗氮冷凝器顶部高度一般均在

40m 以上,终点在上塔中部,高度一般也在 30m 以上,整条管系在工作状态时如不受外力约束会整体下降 100mm 以上,如果中间不设置阀门,那么该条管系的自补偿能力是没有问题的,但中间设置了阀门后,情况就大不一样了。阀门必须固定在冷箱上,而冷箱的安装态和工作态的温度变化是很小的,所以它的尺寸变化也是微乎其微,可视作不变,这样一来问题就产生了,如果阀门是用法兰盘固定在冷箱上的,该管系就会产生很大的应力,而且管径越大,管道的自补偿能力越差,所以在对该条管系设计时一定要多加注意,如果阀门是用法兰盘固定在冷箱上的,就一定多加几只弯头进行补偿,最好再对其进行应力分析。2002 年 11 月份江西铜业“10000”空分裸冷时,我特意在裸冷前后对这只阀门的位置做了标记(该阀门为德国 SAMSON 公司的调阀,与冷箱为柔性联接)下降量有 90mm 之多。另外就是对液体管道的设计要注意其在工作态时管内的液体对其产生的一次应力,也就是管内的液体重力对管道产生的应力,这个力是很大的,往往超过管道自重的好几倍。2001 年 4 月份,我在攀钢“16000”空分冷箱内检查管道的支架时注意到了这个问题,冷箱内管道一般在水平段上不加管架,可是在检查到从液氩泵出来到粗氩(1)塔去的 $\Phi 158 \times 5$ 的这条管道时引起了我的注意,因为这根管道高差大,从 1 米到 50 米,安装态与工作态的重量差别大,安装态重量仅为 380kg,工作态时里面充满了液氩,重量可高达 1.8 吨左右,所以当时与氧气厂的相关专业人员商讨后决定在该条管系的底部水平段以及中部 25 米左右的水平段设置两个水平支架,底部的支架垫上杂毛毡后直接接触到管,中部的支架根据管系的具体情况计算后与管之间留出了 60mm 的预留空间(后经裸冷后证实,该尺寸比较合适,水平管段下降了 30mm,工作态时管道应该能正好放到支架上)。所以我们在对冷箱内液体管道管架设置时要多加注意,最好做一下应力分析。

管道的应力分析也是一个比较复杂的问题,不过现在我们可以利用先进的软件来解决这个问题,CAESAR 软件就是一个很好的应力分析软件,用数字输入法对管系建模、加载荷、输入材料的特性参数,它会对管道一次应力(管道由内压和持续外载产生的应力)、二次应力(管道由于热胀冷缩等变形受约束而产生的应力)、峰值应力(管系结构不连续处由于局部应力集中而产生的一次应力和二次应力的增量)进行分析,之后给出一个详细的报表,应力集中点、破坏点一目了然。我们可以利用增加弯头、支架来修复我们的管系,最终通过应力分析。这是一个很好的工具,对我们的管道设计是一个很好的帮手。

对于管道的补偿计算也可以利用一些简单的公式进行判断。一条管系的自补偿能力是否足够,可以利用下面这个经验公式来进行判断:

$$D_g \Delta (L-U)^2 \leq 20.8$$

D_g ——管道公称直径(mm)

Δ ——管系的热胀量(cm)

L ——管系的展开长度(m)

U ——管系两点间直线距离(m)

我个人认为该公式在介质为气体的管系分析中还是有一定的准确性。当然在其他很多资料、标准、培训教材中有许多的计算方法,都值得我们去研究。

布置好的管系在分析或计算后,需要增加补偿,我们通常是用增加弯头的方式来增加管系自身的柔性,一般很少设置补偿器,整个冷箱内只在膨胀机的进出口设置有波纹膨胀节以防止膨胀

机的振动传给管道。在以后的设计工作中,不排除在管道上设置补偿器的方法,如果增加弯头不能满足补偿,那就必须考虑设置补偿器,在很多资料、标准、培训教材中对补偿器的使用有很详细的描述,我们需要去好好学习,来填补我们在这方面的缺陷。

空分越做越大、流程越来越先进,冷箱内管道的设计难度也越来越大,在这个工作中还有许多值得我们钻研、改进、完善的地方,希望我们不断努力,把冷箱内的管道设计做得更安全、更实用、更完美。既能达到压力管道设计的要求,又能更好的为工艺流程服务。以上是本人的一点点心得,希望能给大家一些参考,如果有不同的看法或更好的建议,欢迎一起探讨,为把我们的管道设计工作做的更好、更完美而努力奋斗。