

# 旋转补偿器在架空蒸汽管网中的设计及应用

大连港口设计研究院有限公司 徐 力

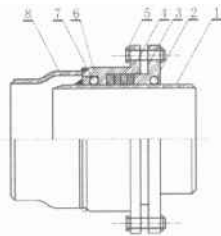
为防止热力管道升温时,由于热伸长或温度应力引起管道变形或破坏,需要在管道上设置补偿器,补偿管道的热伸长,减少管壁的应力作用在阀件或支架结构上的作用力。

供热管道采用的补偿器种类很多,主要有管道的自然补偿、方形补偿器、波纹管补偿器、套筒补偿器、球形补偿器等。前三种利用补偿器材料的变形吸收热伸长,后两种利用管道的位移吸收热伸长。

目前在架空蒸汽管道设计中常用的补偿形式有自然补偿、方形补偿器和波纹管补偿器三种。

旋转补偿器是一种全新的补偿装置,具有补偿量大、布置灵活、组合形式多等优点,不但可以补偿长距离直线管段,也能利用管道的自然转角、高差等实现补偿,与其他补偿器相比,既可以减少固定支架的设置数量,降低工程造价,也能够改善管系的应力情况,增加管系运行的安全性,是一种值得推广的新型装置。

## 一、旋转补偿器概述



注: 1为旋转筒体, 2为减摩定心轴承, 3为密封压盖, 4为密封材料, 5为压紧螺栓, 6为密封座, 7为减摩定心轴承, 8为大小头

图1 旋转补偿器结构

旋转补偿器结构如图1所示,其结构主要有整体密封座、密封压盖、大小头、减摩定心轴承、密封材料、旋转筒体等,产品结构

采用环面密封和端面密封的双重密封结构,填料压盖与相对静止的填料及密封座的轴向压紧,能够自动补偿填料的磨损量,保持密封。另外,内管与变径管相配合处有间距地设置两圈滚珠,有利于结构自动补偿或调整密封,也有利于内管相对于变径管的运动。当热力管网中的轴向位移或轴向推力较大,以及管网线路走向需要调整时,利用本补偿器可以获得较大的补偿量和平衡能力,也可根据管网的结构改变管道的走向。

## 二、旋转补偿器的特点及综合性能

旋转补偿器具有补偿量大、布置形式多样、地形适应性强等特点,在架空蒸汽管线设计过程中可充分利用管道的自然走向及地形高差变化进行设计,特别适合长距离、大管径、复杂地形热力管道的热补偿。补偿器本体采用直通式设计,压降小,相对其他补偿器,管系固定支架不承受盲板力,受力小,土建工程量小,同时由于补偿距离大,固定支架数量少,可在很大程度上节省管网总投资。

旋转补偿器在完成补偿动作后,管系处于应力释放状态,很大程度上减少了管系的二次应力,增强了管系运行的安全性,减少了运行维护及检修量。架空蒸汽管道选用三种补偿器进行综合性能比较(表1)。

表1 架空蒸汽管道选用三种补偿器进行综合性能比较

序号	性能	方形补偿器	轴向波纹管补偿器	旋转补偿器
1	每组补偿器补偿距离	较短	较短	200~500米
2	对管系压降影响	大	较大	小
3	使用年限	管道寿命	8~10年	15~20年
4	固定支架受单向盲板推力	无	有	无
5	运行时固定支架受管道弹性力	较大	很大	无

5. 及时更新数据库的问题答案。随着讨论区的答案不断增加,当前最佳答案不一定是最佳答案,用户可能会提供比当前答案更为准确地答案,因此及时更新和整理数据库的问题答案,有助于为用户提供更加精准的答案。

## 三、教学辅助系统的设计与实现

本文,笔者研究的系统从功能上可分为三大模块:学生模块、教师模块和管理员模块,分别完成提问、回答、系统管理及评论等功能,用户根据不同的身份登录系统即可进入相应的模块。

根据上述功能描述,采用SQL SERVER 2005对数据库进行结构设计。用户经过身份验证后,进入相应模块。当用户提出问题后,系统首先将问题进行分词预处理,并根据已知的权重表和关联表,计算出用户提出的问题与当前聚类中心点的相似度,将问题划分到相似度最大值所属的类内,若是最大相似度和次大相似度值相差小于某个极小值参数时,问题被认为同时属于两个类。然后计算出该问题与这一类或两类里每个问题的相似度,其中最大值对应的答案,作为系统返回给用户的最优答案。如果用户不满意,点击参考答案,按照相似度值的大小排序,将第二个与第三个较大相似度对应的问题答案同时返回给用户作为参考。系统经过实验,结果比较

令人满意。

## 四、结论与建议

基于Internet和人工智能技术的教学辅助系统突破了传统的答疑方式,使教师的答疑行为在时间和空间上不再受限制,实现了学生和教育资源的远程交互,成为传统课堂教学的有益补充。本文,笔者通过对问题存储、整理和问题搜索过程中的关键技术的应用研究,将数据挖掘技术应用到数据库的设计中,不仅提取出了最佳答案,还实现了分类存储。将关联规则应用到相似度计算,用于从数据库中提取出与用户问题对应的答案,提高了答疑的正确率。但是,系统目前还有一些潜在的问题有待解决,还需要投入大量的精力研究数据库整理阶段的挖掘算法,以便更加准确地抽取最佳答案,从而使数据挖掘具有更强的适应性。□

续表1

序号	性能	方形补偿器	轴向波纹管补偿器	旋转补偿器
6	氯离子腐蚀及应力腐蚀适应性	不影响	差	不影响
7	疲劳寿命	较好	较差	不影响
8	管网压力、温度变化适应性	较敏感	极敏感	不影响
9	承受水击能力	较差	极差	不影响
10	抗地质沉降性能	一般	较差	较好
11	管系运行安全性	较好	较差	好
12	运行维护、检修	少	较多	极少
13	对工程总投资影响	较大	较大	节省15%~20%

### 三、旋转补偿器兀型布置设计选型要点

旋转补偿器是通过成双旋转筒和L力臂形成力偶,由力臂绕Z轴中心旋转。下面以旋转补偿器常用的兀形布置方式为例,介绍其动作原理(图2)

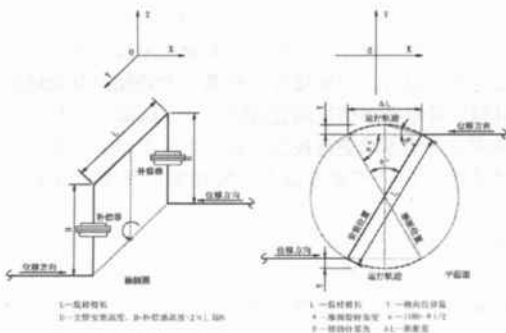


图2 旋转补偿器补偿原理

当补偿器位于两个固定支架正中间时,两侧膨胀量相同,补偿器绕旋转臂L中间位置旋转 $\alpha$ 角度,吸收两侧相同的热膨胀 $L$ ,补偿器膨胀量为 $2L$ 。

当补偿器布置不在两固定支架正中间,补偿器则绕旋转臂偏向补偿量较小的一侧旋转 $\alpha$ 角度,吸收补偿器两侧方向相反、大小不等的膨胀量,膨胀量为 $L_1 + L_2$ 。

### 四、补偿器的补偿量计算

根据图2可知,旋转补偿器其中一端的补偿量为 $L = L \sin(\alpha/2)$ ,两固定支架之间的补偿量为 $2L$ 。

同样,旋转臂的摩擦旋转角度 $\sin(\alpha/2) = L/L$ ,由此可知,如果补偿量不变,旋转臂越长,则摩擦旋转角度越小。

### 五、管道侧向位移量计算

根据图2可知,旋转补偿器两侧管道的运行轨迹是一段圆心位于旋转臂上的圆弧,在发生补偿动作的过程中必然存在侧向位移量,其最大侧向位移量发生在圆弧顶点也就是旋转臂位于 $\alpha/2$ 处,此时,管道的侧向位移量 $Y = 0.5(L \tan \alpha) = 0.5L \tan(\alpha/4)$ 。

通过以上计算可知, $\alpha$ 角越小,则管道侧向位移量越小,由于在相同的补偿量下,旋转臂L越长,摩擦旋转角度越小,所以布置旋转补偿器时在条件许可的条件下旋转臂L尽量大一点,L一般在3~6m为宜。

### 六、管道系统受力计算

采用旋转补偿器管系固定支架受力主要包括三部分内容:管道热胀冷缩时的摩擦反力,内压产生的不平衡力(盲板力)和补偿器动作的摩擦反力。

1. 管道热胀冷缩时的摩擦反力 $F_1$ ,按下式计算。

$$F_1 = \mu q L \quad (1)$$

式(1)中, $F_1$ 为固定支架的摩擦反力,单位是N; $q$ 为每米管道重量,单位是N; $L$ 为补偿管段长度,单位是m; $\mu$ 为管道活动支

座与支架之间的滑动摩擦系数。

2. 内压产生的不平衡力。旋转补偿器为刚性连接,固定支架受力计算时不考虑内压产生的不平衡力。

3. 补偿器动作的摩擦反力。推动旋转补偿器动作必须克服一对旋转筒的摩擦力矩,其摩擦力矩由两部分组成:合金密封填料箱内的摩擦力矩 $M_1$ 和抗盲板力的摩擦力矩 $M_2$ ,其总摩擦力矩为 $M = 1.2(M_1 + M_2)$ ,具体选取时可由厂家提供。

推动旋转补偿器动作,使力偶旋转产生旋转力 $F_2$ , $F_2$ 按下式计算。

$$F_2 = M / L \sin(\alpha/2) \quad (2)$$

式(2)中, $F_2$ 为旋转补偿器的旋转力,单位是N; $M$ 为对旋转补偿器的总摩擦力矩,单位是 $N \cdot cm$ ;  $L$ 为旋转臂长,单位是m; $\alpha$ 为旋转摩擦角度,单位是 $^\circ$ 。

通过以上计算可知,采用旋转补偿器的管系,其固定支架仅受管道的摩擦反力和旋转补偿器的旋转反力,其管道系统受力计算简单,固定支架受力小。

### 七、摩擦旋转角度的选取

通过以上计算可知,采用旋转补偿器的管系在补偿量相同的情况下,旋转臂越长, $\alpha$ 角越小,对管道横向位移量和固定支架受力均有利,而且 $\alpha$ 角的大小直接影响密封材料的使用寿命,所以在补偿器设计中应尽量减少 $\alpha$ 角,管道直径越大, $\alpha$ 角应越小, $\alpha$ 角一般应控制在 $25^\circ$ 以下。设计中应准确计算管道膨胀量的大小,选择合理的旋转臂长L,将旋转角度 $\alpha$ 控制在较小的范围内。

### 八、旋转补偿器预偏装

如图2所示,旋转补偿器安装中旋转臂应预偏装 $\alpha/2$ 的角度,这样能保证在补偿器动作过程中横向位移量最小,在完成补偿动作后管道横向位移为零。

### 九、导向支架的设置

旋转补偿器动作过程中存在横向摆动,为避免增加管道二次应力,补偿器两侧一定距离内不准设置导向支架,具体设置可依据下表2进行。

表2 补偿器两侧导向支架离补偿器的距离

公称通径 DN/mm	100	200	350	500	600
导向支架距补偿器距离/m	20	25	30	35	40

### 十、设计中的其他注意事项

1. 旋转补偿器补偿距离长,设计过程中需注意管道滑动管托的长度,安装过程中要考虑适当的预偏装量,同时对于非常年运行的管道,还应注意管道停用时的冷缩量,以避免管托从支架上脱落。

2. 为减少固定支架受力,应采取减少固定支架所受摩擦反力,建议采用滚动支座或在两个摩擦面之间加设聚四氟乙烯板以降低摩擦系数,减少摩擦反力。

3. 设计中应注意补偿器处疏水装置以及排气装置的设置,低点设置疏水,高点设置排气,以保证管系安全运行。

### 十一、结论与建议

旋转补偿器具有补偿量大、布置灵活、地形适应性强、不产生介质盲板力、密封性能优越、投资少等优点,特别适合应用在架空敷设的大口径蒸汽管道工程中,是一种值得推广应用的新型补偿装置,设计人员在架空蒸汽管网设计应用中应充分了解补偿器特点,结合工程实际情况,合理选型,以达到工程设计安全、合理、经济的目的。[K]