

# 温度伸缩节在压力输水管道设计中应用

李凤丽 张文兵

大禹节水集团股份有限公司 甘肃兰州 730000

**摘要:** 温度伸缩节(补偿器)在压力管道中的作用是将两个镇墩之间的管段分开,以减少管段由于温度变化而产生的轴向力,使镇墩受力明确,计算简化。这种布置的压力钢管称为分段式压力钢管。连续式压力钢管不设置温度伸缩节,管轴线转折处都设有镇墩,中间支墩可设可不设,将压力钢管直接敷设于处理过的垫层上。

**关键词:** 温度伸缩节;补偿器;伸缩量

## The application of temperature expansion joint in the design of pressure water pipeline

Fengli Li, Wenbing Zhang

Dayu Water Saving Group Co., Ltd. Lanzhou, Gansu 730000

**Abstract:** The function of the temperature expansion joint (compensator) in penstock is to separate the pipe section between two anchor blocks, so as to reduce the axial force of the pipe section due to temperature change, and make the stress on the anchor block clear and simplify the calculation. The penstock with this arrangement is called a segmented penstock. The continuous penstock is not provided with temperature expansion joints. Anchor blocks are set at the turning points of the pipe axis. The middle buttress can be set or not. The penstock is directly laid on the treated cushion.

**Keywords:** temperature expansion joint; Compensator. Expansion amount

由于温度的变化,管子会出现热胀冷缩的情况,使管子在受热时发生膨胀和变形,并在冷收缩时发生破裂。一般在管段会加入温度伸缩节,通过这种方式,管道将会因为温度的改变而延长或缩短。温度伸缩节不仅可以有效的减少和消除一些噪音,伸缩节本身的隔震功能也很好,确保很多管道都可以正常运转使用,现在系统本身设备的很好,在实际使用的时候整个补偿的效果也很好,就是可以满足很多的需求。

### 一、设计目的及要求

#### 1.1 温度伸缩节的作用和设置的必要

因为钢管的自由伸缩长度是有限制的,所以桥墩与桥墩的长度必须在任意的伸长区间之内,而温度的改变导致的轴向力必须通过软端部分来解除,而在这种情况下,伸缩节的功能是:将俩镇桥桥处的管节段隔断,减

小因气温的改变引起的轴向力,节约管线的工作量,并将管线和桥墩的荷载确定下来;为了使设计计算简单,因此,伸缩节的构造应该尽量符合下列工作情况:

- 1) 钢管能沿着管轴线方向自由伸长或所短。
- 2) 具有良好的水封性能,这种性能应该能长期可靠工作。
- 3) 钢管产生轴向位移时,在伸缩节处摩擦阻力尽量最小。
- 4) 在特殊情况下,伸缩节除了使管段产生轴向位移外还应能适应管段发生的横向位移。

#### 1.2 管伸缩节与止水伸缩节的特点比较

过去,用于高压管道的伸缩节多为套筒形伸缩节,其盘根易老化,经常断电维修,并经常更换伸缩节盘根,当钢管轴向和横向变化时,套筒伸缩节的设计与制造更加复杂和困难;因此近年来,在我国水利水电工程中,“金属波纹管伸缩节”已经在管道设计中逐渐应用。

金属波纹管伸缩节是一种用SUS304奥氏体不锈钢制成的管材接头,其材质为SUS奥氏体不锈钢,是一种在

**作者简介:** 李凤丽(1988-),女,汉族,甘肃会宁,硕士,工程师,主要从事水利水电工程规划及设计工作,1115824993, Email: 1115824993@qq.com。

航天领域中应用于火箭发射的定向器；近几年，国内相关产业专家赴欧美考察，发现欧美部分国家采用奥氏体 SUS304 系列奥氏体不锈钢制成的波纹管伸缩节，以改善其工作环境，并能有效地解决套筒伸缩节的缺点；因此，在我国，已逐渐采用了金属伸缩节。

金属波纹管伸缩节的优势可以概括为：

- 1) 简化施工现场的施工流程，缩短施工周期；
- 2) 30~50 年的免费维修，电厂无需维修伸缩节；
- 3) 内置导流管，具有良好的排水性能。
- 4) 适用于各种不同水头、不同水头的压力钢管。

### 1.3 设计要求

管道系统中的支架的合理设计是确保管道伸缩节正常工作的前提，而不同的管材伸缩节，其支撑结构的要求也不尽相同。

#### (1) 主固定支座

主固定支座 (Main Anchor) 是一种安装在一根或多根无约束的波纹管伸缩节的管子上，它必须经受与之相连的每个管子部分所施加的力和力矩。例如，由于管道中的介质压力而导致的压力 (盲板力)，它会导致伸缩节的位置移动所需要的力和力矩；在下列情形中，必须提供主要的固定支架：

- 1) 管道盲端；
- 2) 介质流向改变处；
- 3) 管道分支处；
- 4) 管道变径处；
- 5) 两个波纹管伸缩节之间的管道上截止阀或减压阀处。

#### (2) 次固定支座

次固定支座 (I anchor) 是指除了压力推力 (盲板力) 以外的全部负载。

在直管节段中，一般采用次固定支架将两根固定支架间的长度划分为多根管道分段，使各管道区段间仅有一根波纹接头，从而确保节流装置能够正确地运行。

## 二、温度伸缩节设计

### 2.1 设计计算

温度伸缩节设置在两个镇墩之间的直管段上，一般设置在上镇墩的下方。

(1) 压力钢管两个镇墩之间的管段长度 L 计算公式：

$$L = \frac{\alpha E F_g (t_1 - t_2) - (A_4 + A_5 \pm A_7)}{a_1 + a_6 \pm a_8} \quad [1]$$

$$a_1 = \frac{A_1}{L_0}, \quad a_6 = \frac{A_6}{L_0}, \quad a_8 = \frac{A_8}{L_0}$$

式中  $\alpha$ —管壁金属的线膨胀系数，钢管为  $0.012\text{mm/m}\cdot\text{℃}$ ；

E—管壁金属的弹性模量；

$F_g$ —管壁断面面积；

$t_1$ —压力钢管伸长或缩短的起始温度；

$t_2$ —安装时钢管合拢的温度；

$A_1$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 、 $A_7$ 、 $A_8$ —作用于钢管上的外力；

$L_0$ —从温度伸缩节到最末一个支墩的钢管段长度。

公式使用的计算单位须一致，可以是 m， $\text{m}^2$  或 mm， $\text{mm}^2$ 。

当压力钢管两个镇墩之间的管段长度 L 超过了计算公式 [1] 的计算值时，应当对镇墩的位置进行适当的调整，对于水平的管段，或倾角  $\psi \leq 15^\circ$  的管段，可以采用将温度伸缩节设置于管段中部的办法来解决。管段中部增设一个镇墩，可做成开敞式或半开敞式的。

(2) 埋设钢管通常不设温度伸缩节 (钢管注意及时填埋，只在合拢处或阀井处预留出安装、焊接空间)。当埋设钢管通过地质条件差地段，需要设全方位调节伸缩节时，可选用地理式带保护套的多向补偿式伸缩节，或选用其它形式的伸缩节加伸缩节 (阀) 井。

(3) 伸缩节伸缩量计算公式：

$$l = \alpha (t_1 - t_2) L^{[2]}$$

式中  $l$ —伸缩节伸缩量 (补偿量)；

$\alpha$ —管壁金属的线膨胀系数，钢管为  $0.012\text{mm/m}\cdot\text{℃}$  [3]；

$t_1$ —当地的最高温度；

$t_2$ —当地的最低温度；

L—分段式钢管的计算段长度。

实际选用伸缩节的伸缩量要根据管径大小、管段长度，较计算出的伸缩节伸缩量加大 1.2 ~ 1.5 倍后取整。

### 2.2 设计方式

(1) 管径较小的明管 (通常管径  $\leq 150\text{mm}$ )，两个镇墩之间也可以不设置伸缩节，可在两个镇墩之间延地面敷设钢管，根据两个镇墩之间地形、地势留出一定的纵向或横向自然弯曲弧度，以供钢管温度伸缩变形，减小钢管对镇墩产生温度伸缩变形推力；另一种方法是将靠近镇墩处的钢管局部加工为方型伸缩管 (根据管径大小确定方型伸缩管尺寸)，利用局部方型伸缩管的弹性变形，消除管段由于温度变化而产生的轴向力。

(2) “桥式倒虹吸” 钢管跨沟段下部用排架支撑起来的水平段明管，伸缩节设置于上游侧 (下游设置排泥放空管)，其他排架跨度取整后，将伸缩节跨度设置于小于其他排架跨度的一跨。

(3) 用钢管替代渡槽跨沟段，用排架支撑起来的渡槽，伸缩节设置于上游侧，其他排架跨度取整后，将伸缩节跨度设置于小于其他排架跨度的一跨。

(4) 伸缩节设置于上游镇墩下游 1m 处, 下部须留有方便检修的平台。当管段长度很长, 伸缩量过大时, 可以采用将温度伸缩节(单向伸缩节或双向伸缩节)设置于管段中部的办法来解决。管段中部增设一个镇墩, 可做开敞式或半开敞式, 将温度伸缩节固定。

### 三、温度伸缩节选型

伸缩节的选型很重要, 通常应确定: 伸缩节的形式、管径、压力及伸缩量(补偿量)。伸缩节的形式有多种多样, 大约几十种, 要根据自身的设计要求, 认真研究各伸缩节制造厂的产品样本及选型说明, 设计选型出合适的伸缩节。比如: 可选用不锈钢波纹管伸缩节(常用)、套筒式伸缩节(常用)、双向伸缩节、橡胶伸缩节、方形伸缩节、大口径金属软管等, 埋地钢管可选用埋地式带保护套的伸缩节及埋地式带保护套的多向补偿式伸缩节。

不锈钢波纹管伸缩节(补偿器)的伸缩量是靠不锈钢波纹管的波纹弹性伸缩变形来完成的。所以, 钢管管径越大, 每个波纹的尺寸也大, 每个波纹弹性伸缩变形量也大; 反之, 钢管管径越小, 每个波纹的尺寸也小, 每个波纹弹性伸缩变形量也小。钢管压力越大, 波纹的壁厚越大, 波纹弹性伸缩变形量越小。每个波纹的伸缩变形量从伸缩节制造厂的产品样本中可以查到, 伸缩节订货时告知供货商伸缩节总伸缩量即可, 但设计人员必须了解其原理。

注意: 伸缩节订货时应同时带对向(同国标、同压力)法兰、镀锌螺栓、镀锌螺母、垫片及止水垫圈。

### 四、伸缩节安装

钢管安装合拢时的伸缩节伸缩量调节, 按伸缩节伸缩量计算公式, 计算出几个温度缩量, 绘出温度、伸缩量关系曲线图, 根据预计安装合拢时温度, 在温度、伸缩量关系曲线图上找到该温度下的伸缩量, 调整调节螺栓, 使伸缩节外形长度达到或接近合拢时的长度, 截取钢管长度, 焊接对向法兰, 而后安装伸缩节。这样安装的伸缩节科学合理, 可满足实际选用伸缩节的伸缩量。

例如: 西北某地最低温度  $-20^{\circ}\text{C}$ , 最高温度  $50^{\circ}\text{C}$  (钢管表面温度), 温差  $70^{\circ}\text{C}$ , 最高最低平均  $15^{\circ}\text{C}$ , 如果在该温度时管段安装合拢, 不锈钢波纹管伸缩节(补偿器)的伸缩量是处于中间状态(出厂状态), 不需调节伸缩节, 直接安装; 如果高于该温度时管段安装合拢, 压缩调节伸缩节; 如果低于该温度时管段安装合拢, 拉伸调节伸缩节, 与热胀冷缩相反, 必须是热“缩”冷“涨”。

注意: 伸缩节外部直径小、数量少的螺栓用途是调节螺栓, 该螺栓在管道伸缩时不受力, 安装合拢后须拧松或拆走该螺栓。真正的受力螺栓为直径大、数量多的法兰螺栓。(如下图所示)



伸缩节安装参考图片

### 五、结论

温度伸缩节再压力输水管道的设计应用主要: 一是补偿吸收管道因温度变化而产生的轴向、横向、角向引起的伸缩变形; 二是补偿管道因安装调整等需要的长度补偿; 三是吸收设备震动, 减少设备震动对管道的影响; 四是吸收地震、地陷对管道的变形量。在压力输水管道设计、安装使用过程中对保护管道运行安全极为重要, 在设计过程中应充分根据当地气候、管道线路、管径、管材等特性综合分析, 精准设计、选型, 确保压力输水管道的安全稳定运行。

### 参考文献:

- [1] 《水电站机电设计手册》金属结构 第(二)册;
- [2] 《水工设计手册》, 第9卷 灌排、供水;
- [3] 《PP-R 给水管在工程中的应用浅议》程建华, 连小鹰 - 《给水排水期刊》-2001