

长距离输水管道水锤分析计算及压力消除措施研究

郝晓迅

山东恒源勘测设计有限公司

摘要: 由于长距离输水管道水锤普遍发生, 为此提出长距离输水管道水锤分析计算及压力消除措施研究。在长距离输水管道水锤分析计算方面, 针对输水管道中水是否含有气体两种情况, 对水锤传播速度进行了分析计算, 利用运动方程和连续方程对水锤恒定流动规律进行了分析计算; 为了消除长距离输水管道水锤压力, 提出在管道安装注空气阀与减压恒压阀措施建议, 以此完成长距离输水管道水锤分析计算及压力消除措施研究。

关键词: 长距离输水管道; 水锤; 压力消除; 注空气阀; 减压恒压阀

引言

水锤又称水击, 是一种由于流体流量急速变化而引发密封空间内压力上下波动比较大的现象, 其通常发生在距离比较长的密封管路系统中, 水锤具有危害大、难消除等特点, 水锤的发生很大概率能够引发爆管问题, 一旦发生工程爆管将会带来严重的经济损失和人身安全损失^[1]。近年来, 城市建设进程不断加快, 长距离大型输水管道工程越来越多, 水锤引发的工程事故也逐渐增多, 国内就曾发生过由于水锤危害导致整个输水管道被冲毁, 国外还曾发生过因水锤引发的灾害最终导致整个水电站瘫痪^[2]。为了提高长距离输水管道的安全性和稳定性, 水锤分析计算及压力消除问题已经成了长距离输水管道安全运行的重要课题之一, 对其进行深入研究是很有必要的, 同时该话题也受到了山东恒源勘测设计有限公司的重点关注, 但是目前现有的相关理论不够具有针对性, 且长距离输水管道水锤普遍发生, 不能对解决该问题提供理论支撑, 为此提出长距离输水管道水锤分析计算及压力消除措施研究。

一、长距离输水管道水锤分析计算

水锤通常出现在距离比较长的管路中, 其产生原因主要是因输水管道停泵中间局部产生负压使管道内的部分水体变成了气泡, 当输水管道中的正压力波到来时, 管道中的气泡因压力冲击而破裂, 最终诱发空泡集体溃灭而引发水锤。对于输水管道水锤分析计算主要有水锤传播速度以及水锤流动规律两部分, 水锤传播速度可以理解为输水管道中水流速度突然发生变化而引发的压力变化的传播速度, 其计算与水的压缩性和输水管道管壁的弹性有关, 其计算公式如下:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{b \left(\rho + \frac{s}{we} \right)}} \quad (1)$$

公式(1)中, β 为水锤传播速度; b 为输水管道中水的体积弹性模量; ρ 为输水管道中水的密度; s 为输水管道管径大小; w 为输水管道管壁材料的弹性模量; e 为输水管道管壁厚度^[3]。上述公式适用于输水管道中的水为净化水, 即水体中不含有气体, 如果水中含有气体, 水的体积弹性模量会增加, 此时水锤传播速度计算公式为:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\frac{r+(r-r_1)a}{g} \left[\frac{1+z}{b_1} \right]}} \quad (2)$$

公式(2)中, r 为输水管道中水的容重; r_1 为输水管道中气体的容重; a 为输水管道中气体的容积掺入率; g 为重力加速度; z 为空气的体积弹性模量; b_1 为管道中气泡的体积^[4]。利用以上两个公式可以分别计算出管道中的水含有气体时水锤传播速度以及管道中水不含有气体时水锤的传播速度。

根据弹性水锤理论, 水锤恒定流动规律计算由运动方程式和连续方程式组成, 其中运动方程式为:

$$\frac{h}{x} + \frac{q}{t} + \frac{f}{s} = 0 \quad (3)$$

公式(3)中, h 为输水管道水头; x 为输水管道内水锤传播的距离; q 为输水管道内水流速度; t 为水锤传播时间; f 为水锤与输水管道管壁的摩擦系数。连续方程式为:

$$\alpha \left(\sin \beta + \frac{q}{t} \right) = 0 \quad (4)$$

公式(4)中, α 为输水管道与水平面的夹角。利用运动方程和连续方程即可分析计算出长距离输水管道水锤恒定流动规律, 以此完成长距离输水管道水锤分析计算。

二、长距离输水管道水锤压力消除措施

(一) 安装注空气阀

长距离输水管道水锤压力过大会导致输水管道凸起, 因此在该部分安装注空气阀, 当管道内压强高于大地气压时, 注空气阀能够自动开启, 把管道内的气压排出管外, 防止管道内压力过大; 当水锤气压返回时, 此时管道内部的压力会低于大地气压, 管道内空气腔体积开始逐渐减小, 此时注空气阀可以把管外的空气吸入到管道内部, 调节管内气压^[5]。注空气阀可以在管道中压力排除过程中自动开启和关闭。注空气阀的安装要严格根据《长距离输水管道工程技术规程》, 在水锤管道坡度小于千分之一时, 每隔500-800m安装一个注空气阀, 在安装注空气阀之前需要对其性能进行测试, 保证每一个注空气阀都能够正常使用。注空气阀主要有恒速缓冲排气阀、浮球式排气阀以及气缸式排气阀三种, 其中恒速缓冲排气阀和浮球式排气阀进气量和排气量较小, 不适宜长距离大型输水管道, 气缸式排气阀具有良好的缓冲功能, 其进气量和排气量较大, 因此在注空气阀类型选择上最好选择气缸式排气阀。

(二) 安装减压恒压阀

光靠注空气阀来消除长距离输水管道水锤压力是远远不够的, 为了彻底消除水锤压力还需要在管道上适当安装减压恒压阀。减压恒压阀具有良好的减压效果, 其安装位置要与注空气阀隔至少300m, 安装数量可根据输水管道实际距离来定, 安装之后将减压恒压阀出口压力调至0.2-0.5MPa, 最低动作压力调至0.03 MPa, 膜片强度要高于1.55 MPa, 目前常用的减压恒压阀有活塞式和膜片式两种, 活塞式减压恒压阀相对于膜片式更加灵活, 且操作简单, 减压效果更好, 其更适用于长距离输水管道。

三、结束语

此次针对长距离输水管道水锤问题, 对其进行了分析计算, 并提出了压力消除措施意见和建议, 有助于降低长距离输水管道水锤对水管道安全性能和稳定性能的影响, 对保障长距离输水管道正常运行具有重要作用。由于此次研究的还不够深入, 对于长距离输水管道中水锤发生特点以及管道压力排泄的重要性认识不足, 今后会对该方面进行进一步的研究。

参考文献

- [1] 高将, 张宝军, 袁涛. 多种防护措施联合应用的长距离输水管道水锤消除研究[J]. 江苏建筑职业技术学院学报, 2019, 19(01): 38-41.
- [2] 马习贺, 王振华, 何新林, 等. 大型灌区自压输水管道水锤防护措施研究进展[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(02): 288-294.
- [3] 梅青, 邱文新, 姚左钢. 某长距离重力原水输水管道关阀水锤分析及防护措施[J]. 城镇供水, 2020, 56(04): 51-56+93.
- [4] 董盛文, 李强, 王浩, 等. 长距离重力输水管道中的水锤及其防护研究[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(10): 195-196.
- [5] 范家瑞, 赵晨夕, 胡建永. 多起伏有压输水管道水锤防护措施研究[J]. 技术与市场, 2020, 27(01): 22-24.