

小型提水泵站钢管镇墩的设计研究

李 旻¹ 杨志明²

长江勘测规划设计研究有限责任公司 湖北武汉 430000

摘要: 供水工程中的提水泵站往往设有线路较长的出水管, 地面或浅埋式的出水管由于施工便捷、投资较省, 而被广泛采用, 作为地面压力管道的关键部分, 镇墩是最常见的构筑物, 对整个工程的安全运行尤为重要。供水工程管道镇墩的设计中, 应根据工程特点、建筑物规模、地形地质条件等初拟镇墩尺寸, 分析镇墩基底应力和稳定情况, 根据计算成果对镇墩体形和尺寸进行优化, 提出既满足工程安全, 又经济合理的设计方案。

关键词: 供水工程; 提水泵站; 镇墩; 压力钢管

压力供水管道作为供水工程的建设重点, 对供水管道的水流输送起到了重要的作用, 在供水压力管道轴线的转折处, 水流对管道的作用有不平衡力, 因此通常都把管道弯段包裹在混凝土镇墩里。在供水工程中所需要用到的出水压力管道和进水压力管道, 目前大部分是以明管来进行敷设, 参照《水电站压力钢管设计规范》中的镇墩设计作为结构设计标准^[1]。对于中小型输水提水工程, 输水压力管道一般沿山坡地形铺设, 沿线地形相对较水电站压力管道线路复杂, 而且为减小对当地交通和耕作的影响, 减少永久工程占地, 越来越多的农村水利工程选择对钢管做防腐措施后埋设于地下。这种浅埋式钢管除受温度荷载影响较小之外, 其布置方式、受力型式与明管大致类似。镇墩一般布置在管道转弯处, 以承受钢管改变方向而产生的轴向不平衡力, 如平面转弯或纵向转弯、三通、异径管、分支管处, 需根据管道压力、管材和管径通过管道稳定计算来确定结构尺寸^[2]。

一、某水库供水工程布置

某供水工程水库上游年供水量为76.6万m³, 供水工程分上、下游两条线路。其中下游线路为管道自流; 上游线路采用提水方式, 沿线设三级提水泵站, 除一级泵站位于坝后左岸, 地势较低, 经洪水计算分析, 在10年一遇的设计洪水下, 大坝下游河床无洪水。其余二、三级泵站均在省道以上, 无洪水淹没影响。根据《泵站设

计规范》, 一级泵站设计流量为0.033m³/s, 装机功率为582KW, 泵站规模为V等小(2)型, 泵站永久建筑物级别为5级, 防洪标准为10年一遇设计, 30年一遇校核。输水管道总长为11992m, 提水落差574m, 采用DN200热镀锌钢管, 自一级泵站后沿左岸省道靠山侧布置, 与省道保持15m距离, 沿线大部分采用明管, 跨河滩地采用包、埋管型式。在管线转弯处设置混凝土镇墩, 镇墩分为竖向向上、竖向向下、水平转弯三种型式, 共设置326个, 支墩布置在两镇墩之间的明管段, 间距25m。

二、镇墩体型

按照镇墩的设计要求, 镇墩计算一般应该考虑正常运行与停机工况, 在不同的工况下对镇墩的体型都需进行抗滑、抗倾覆、地基应力等验算, 并考虑钢管尺寸和结构厚度要求, 得出满足要求的镇墩体型。

当镇墩重量一定时, 设计中为了使镇墩体型优化尽可能最小, 可以使镇墩底面尺寸数值取较大值, 尽量降低镇墩中心距镇墩底面的高度, 这样可以降低地基的应力, 也能使镇墩计算的抗倾覆安全系数更大, 镇墩更安全^[3]。本工程上游输水线路长, 沿线布置镇墩数量较多, 为提高工程经济性和现场施工效率, 在镇墩体型设计时, 应综合考虑管线夹角, 水流、地形地质条件等, 使得镇墩体型简单规则, 不同尺寸镇墩类型少。

三、设计荷载及工况

1) 作用荷载

钢管自重:

$$q_s = 0.024615(D-t)tg \quad (\text{单位管长钢管自重});$$

管内水重:

$$q_w = 0.25mD_0^2\gamma_w \quad (\text{单位管长管内水重});$$

D—管道内径(单位: mm);

t—管道壁厚(单位: mm);

γ_w —水的容重;

作者简介:

1. 李旻, 男, 汉族, 1977.11.3, 籍贯: 湖北武汉, 研究生学历, 职称: 高级工程师, 毕业院校: 武汉大学, 研究方向: 水工结构、地下工程。

2. 杨志明, 男, 汉族, 1975.06.15, 籍贯: 江西九江, 本科学历, 职称: 高级工程师, 毕业院校: 武汉水利电力大学, 研究方向: 水工结构、地下工程。

H—计算截面上管轴处的内水压力作用水头（单位：mm）；

L—支墩的间距（单位：mm）；

P—管内压力水头（单位：N/mm）；

V_0 —钢管内水的流速（单位：mm/s）；

α —管道的坡度（°）；

f—支座垫板与钢管间或支座上下垫板间的摩擦系数（0.3）。

表1 镇墩荷载计算公式表

序号	作用力方向	作用力名称	计算公式	作用力符号			
				上段		下段	
				温升	温降	温升	温降
1	径向	内水压力	$P = \gamma_w H$				
2	垂直管轴方向	管道自重的法向分力	$Q_s = q_s L \cos \cos(\alpha)$				
3		管内水重的法向分力	$Q_w = q_w L \cos \cos(\alpha)$				
4	平行管轴方向	钢管自重的轴向分力	$F_1^s = q_s L \sin \sin(\alpha)$	+	+	+	+
5		管内水重轴向分力	$F_1^w = q_w L \sin \sin(\alpha)$	+	+	+	+
6		关闭的阀门及闷头上的力	$F_2 = q_w \frac{\pi D^2}{4} P$	±	±	±	±
7		渐缩管的内水压力	$F_3 = \frac{\pi}{4} (D_{max}^2 - D_{min}^2) P$	+	+	+	+
8		伸缩节端部的内水压力	$F_4 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) P$	+	+	-	-
9		弯管上内水压力的分力	$F_5 = \frac{\pi D^2}{4} P$	+	+	-	-
10		弯管中心水流离心力的分力	$F_6 = \frac{\pi D^2}{4} \frac{V_0^2}{g} \gamma_w$	+	+	-	-
11		水流对管壁的摩擦力	$F_7 = \frac{\pi D^2}{4} \gamma_w h_w$	+	+	+	+
12		温变时伸缩节止水填料摩擦力	$F_8 = \pi D_1 b_p \mu_p P$	+	-	-	+
		温变时支座垫板与钢管之间的摩擦力	$F_{q1} = \sum (qL) f \cos \cos(\alpha)$	+	-	-	+
13		或支座上下垫板间的摩擦力	$F_{q2} = qL f \cos \cos(\alpha)$	-	+	+	-

注：1、管轴向力的符号：“+”为钢管下行方向；“-”为钢管上行方向；

2、上段指镇墩以上，下段指镇墩以下，管段以伸缩节断开；

3、应力以拉为正，在计算轴向应力时应注意轴向力F的作用方向；

4、弯管处无镇墩时Fs和Fr由管壁承受；弯管处有镇墩时，Fs和Fr由镇墩承受；

5、设有波纹管的伸缩节，应计入波纹管各向变位所产生的作用力；

6、D为管道的内径（单位为mm）， D_{max} 和 D_{min} 为渐缩管的最大和最小内径（单位mm）；

7、 h_w 为计算管段的水头损失（单位mm）；

8、 D_1 和 D_2 为套管式伸缩节内套管的外径和内径（单位mm）；

9、 b_p 为伸缩节止水填料沿管轴线长度（单位mm）；

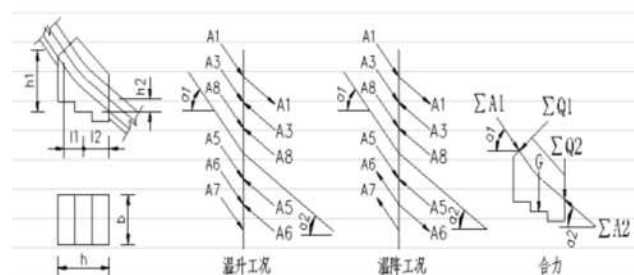


图1 镇墩受力示意图

2) 计算工况

运行工况基本荷载组合：内水压力、管道自重、管内水重、温度作用、管道直径变化处或转弯处作用的内水压力、弯管段水流离心力。

检修工况基本荷载组合：管道自重、管道放空时通气设备造成的气压差。各种荷载分别考虑相应分项系数。

四、镇墩设计

镇墩作为输水系统的重要构筑物，因其内埋设的压力管道受力比较复杂，并且受到地质条件等因素的影响，在进行设计时，除结构尺寸需满足管道外包厚度要求外，从整体稳定性考虑，要求镇墩自身具有一定重量且体型合理。

镇墩的稳定验算一般包括基底应力、抗滑稳定、抗倾覆稳定验算，且应力值、抗滑、抗倾覆稳定安全系数应满足规范要求。

1) 基底应力计算

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sum Y + G}{A} \pm \frac{M}{W}$$

2) 抗滑稳定计算

$$K = \frac{f(\sum Y + G)}{\sum X}$$

3) 抗倾覆稳定计算

$$K_0 = \frac{y_0(\sum Y + G)}{x_0 \sum X}$$

式中, $\sum Y$ 、 $\sum X$ 、 M 分别为作用在镇墩上的垂直合力、水平合力、合弯矩;

G —镇墩自重, A —镇墩基底面积, W —镇墩基底截面抵抗矩;

y_0 、 x_0 —作用在镇墩上的垂直合力、水平合力的作

用点距倾覆原点的距离;

f —镇墩底面与地基之间的摩擦系数,本工程线路主要为重粉质壤土,取0.7;

本工程包括三级提水泵站,在出水管平面转弯,竖向凸起、竖向凹陷及分叉处均设有镇墩,其中竖向凸起处因水流不平衡合力与自重作用方向相反最为不利,因此,选取二、三级泵站出水管竖向凸起点镇墩为典型进行计算,成果如下:

表2 典型镇墩各工况下计算成果表

序号	作用力	运行工况		检修工况	
		温升	温降	温升	温降
1	水平推力 (KN)	117.885	117.885	17.389	17.389
2	垂直压力 (KN)	14.420	14.420	7.714	7.714
3	所需体积力 (KN)	177.142	177.142	13.837	17.389
4	镇墩上游边缘应力 (KPa)	95.812	95.812	58.126	56.449
5	镇墩下游边缘应力 (KPa)	7.398	7.398	45.084	43.407
6	抗滑稳定安全系数K	1.400	1.400	9.188	9.188
7	抗倾覆稳定安全系数K。	3.502	3.502	22.969	22.969

根据计算成果表中的镇墩所需体积力,拟定提水泵站钢管典型镇墩平面尺寸为2.0m×2.0m(顺流向x垂直流向),镇墩高2.0m。镇墩基底上、下游边缘应力、平均应力,均小于粉质壤土地基允许承载力120KPa,抗滑稳定安全系数均大于1.3,抗倾覆稳定安全系数均大于1.5,满足规范要求。

五、结束语

我国的许多地区,为促进当地社会经济发展,都建有带提水泵站的供水工程,提水泵站的出水管多为明管或浅埋布设,需要沿线布置镇墩。文中对镇墩设计的常见内容和方法、计算中应采用的各种工况、荷载进行说

明,并结合某供水工程管道镇墩设计,根据计算成果对镇墩体型尺寸进行优化,从而提出安全可靠、技术可行、经济合理的方案,在类似供水工程的设计中具有一定参考意义。

参考文献:

- [1]韩庆生.水提泵站供水压力管道镇墩结构设计探析[J].工程设计,2019(17).
- [2]刘克.小型供水工程镇墩稳定分析[J].河南科技,2015(05).
- [3]刘倩,杨勇智.浅谈供水工程镇墩设计[J].地下水,2015(03).