

两种抗冻害渠系水闸基础

——反拱板式基础和空心板式基础介绍

钟 芷 华

(黑龙江省讷河县水利局)

黑龙江省北部的讷河县境内, 普遍存在因冻害引起的渠系水工建筑物破坏现象, 尤以水田灌区和涝区更为严重。该县年平均气温 0.7°C , 冬季最低气温 -42°C , 土层最大冻深 2.88m , 冻结期长达8个多月(10月末至次年7月上旬), 属季节冻土区。

一、设计原则和步骤

为提高水工建筑物抗冻害能力, 自1979年以来, 该县在黑龙江省水利科学研究所协助下, 曾试图从建筑结构上寻求解决途径。为此, 在渠系水工建筑物结构设计中, 遵循了以下原则和方法步骤。

1. 根据工程所在地点的水文地质和气象条件, 在满足总体布置的前提下, 选择经济合理、抗冻性强的结构型式。如在强冻胀土区采用保温或刚性大、受力条件好的结构。根据工程规模、施工条件等情况, 参考有关定型图纸和经验数据确定建筑物各部尺寸。

2. 季节冻土区的冻结荷载(包括水平冻胀力、切向冻胀力和法向冻胀力)是随气温的周期变化而周期性的作用于建筑物上的, 每年持续时间长达6—7个月。所以在抗冻设计中, 把冻胀力作为特殊荷载考虑并与基本荷载进行组合, 作为抗冻结构计算的设计荷载。我们认为这样处理是符合季节冻土区建筑物实际受力情况的。

3. 强度、变形和抗裂计算, 是根据建筑物的结构型式和受力情况, 选择适当合理的计算简图, 按钢筋混凝土设计规范, 考虑运行、施工或检修期可能发生的最不利情况, 进行内力计算和配筋计算的, 使其满足强度和变形要求。同时按抗裂条件进行复核。

依据上述原则和步骤, 我们规划设计了下述两种基础结构。

二、抗冻反拱板式基础

九井灌区干渠节制闸为三孔(孔径宽 1.6m)开敞式结构物, 设计流量 $4.8\text{m}^3\text{s}^{-1}$ 。地基为亚粘土, 地下水位在 1.0m 左右。在该干渠左岸, 1967年曾修建一座三孔排洪闸(每孔净宽 1.5m), 闸底板为 1.5m 厚的混凝土板, 经过十多年运用, 三孔底板均出现了纵向(顺水流方向)裂缝。闸后浆砌石消力池底板及挡土墙因冻害而全部毁坏。1979年对原设计进行了全面复核, 发现原设计的板基承受不了法向冻胀力($\sigma = 20\text{t}/\text{m}^2$)

的作用。经比较,决定改用反拱底板作基础。反拱底板在竖向外荷作用下只产生轴向压应力,这对充分发挥混凝土材料的抗压性能是有利的。该工程的各部结构及尺寸详见图1和照片1。在基础结构计算中,反拱底板按三孔无铰拱考虑,计算荷载简化为垂直向上的均布荷载(由上部荷重和地基反力及法向冻胀力组合构成)。纵梁按三跨连续梁承受反拱传来的均布荷重及自重组合为计算荷重;横梁按两端固定梁承受均布冻胀力和纵梁传来的集中力计算。

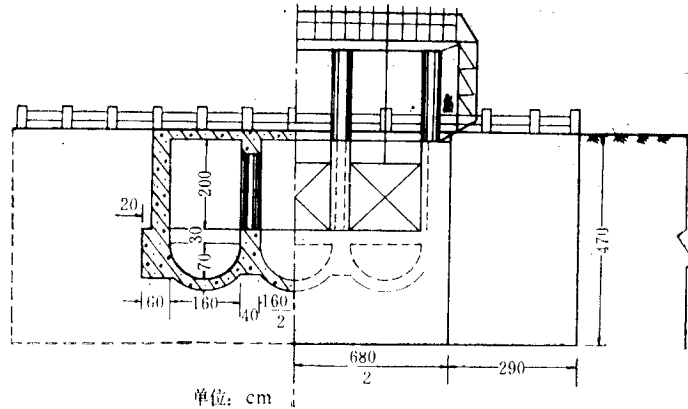


图1 反拱板式水闸基础

Fig. 1 Arch-shaped foundation of water gate

为加强闸室总体稳定性,在边墩外侧设加20cm趾,使边墩外侧的冻切力不传给边孔底板,同时,由于渠堤(边墩侧向回填土)和渠底冻结时间不同(渠堤由于有两个冻锋面而先冻结,渠底高度低又有两侧渠堤影响而后冻结),利用已冻渠堤抗剪力强的特点以抵抗由底板遭受法向冻胀力而引起建筑物正体上抬变形。计算表明,30cm厚的反拱底板和纵梁(截面 120×40 cm)及横梁(截面为 140×50 cm)的强度和变形均满足设计要求。工程量比原设计节省 14.30m^3 混凝土和1.0t钢材,还节省一座消力池。工程于1980年竣工后,经几年观测在地基土冻深达2.4m,自由冻胀量35cm,冻结系数达14.6%的不利条件下,工程无明显隆起变形,运行良好。对比前述1967年建的排洪闸,虽厚达1.5m,仍因基底冻胀造成底板裂缝漏水,不得不在其上加铺40cm厚的钢筋混凝土,并重建了闸后消力池,耗资3.5万元。

三、抗冻空心板式基础

全胜灌区五支进水闸,设计流量 $5\text{m}^3\text{s}^{-1}$ 。为双孔(每孔净宽1.7m)开敞式进水闸。地基土质为棕色和紫色粘壤土,地下水位很高,夏季露出地表,挖深1.5m时遇有细流砂,属不均匀的强冻胀土。位于附近的其他工程都采用2.4—2.8m深基础。

为了防止不均匀冻胀的破坏,上、下游翼墙采用一字挡土墙,并和闸室结合为一整体式空心钢筋混凝土矩形板基础伸向两侧渠堤中。由于空气导热系数小,空心板可缩小基础下冻深。根据热工计算得知,采用1.0m空心可使冻深由2.8m缩小到2.0m左右。

结构布置(图2, 照片2): 基础为长11m, 宽3.0m, 厚1.5m空心条形; 中空部分为双排 1.0m 内径的预制混凝土管, 因其刚度较大, 能满足抗冻强度和稳定的要求。

基础结构计算: 沿水流方向按双向受力的双孔框架计算; 垂直水流方向按弹性地基上的矩形空心梁, 采用荷载组合法进行内力计算(图3)。这些力包括: 由闸墩传来的集中力; 地基反力和上部均布荷重组合; 法向冻胀力和地基反力及上部均布荷重组合。纵向配筋按最不利情况的内力进行配筋计算。经计算空心板壁厚15cm, 加上中间 砼管壁厚 10cm, 能满足强度和变形要求。基础板较长, 且伸向渠堤两端处不受法向冻胀力作用, 基础上面还有填土、自重, 可以满足总体稳定要求, 在法向冻胀力作用下整体不能上抬。工程造价比一般工程节省三分之一左右。

本工程1980年秋竣工后, 空心管曾因施工质量有漏水现象。但经过四个冬季观测, 在冻深为1.8m, 冻胀量为28cm的情况下, 工程无隆起变形, 运行良好。1981年冬测得空心管内温度比当天最低气温高26℃。可见空心基础具有一定的保温性能。

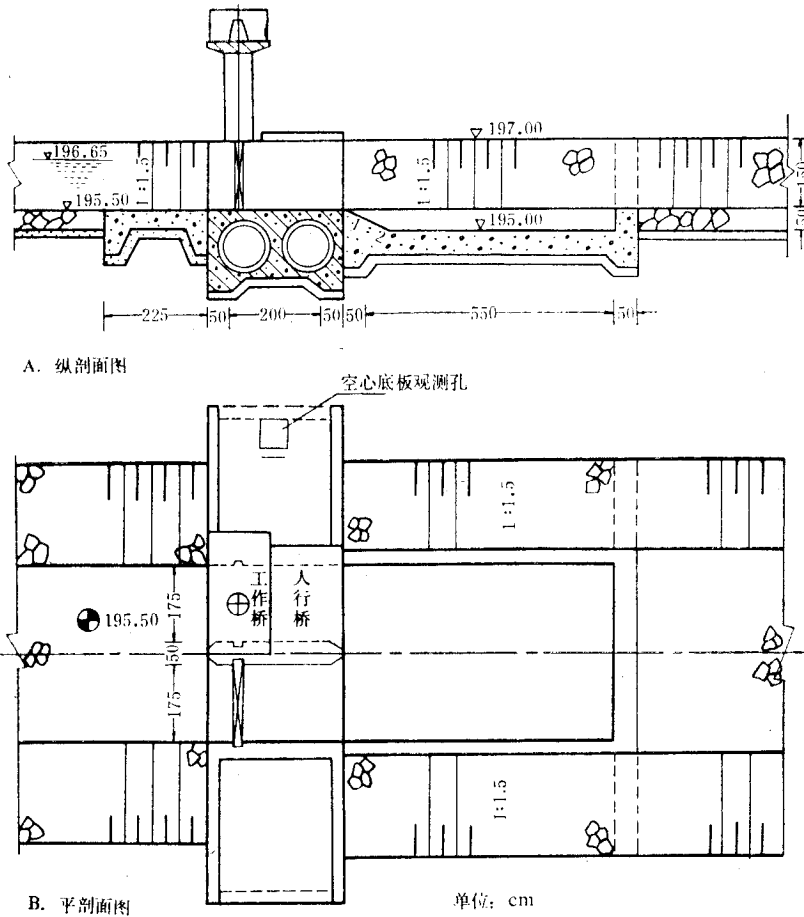


图2 空心板式水闸基础
 Fig. 2 Hollow foundation of water gate

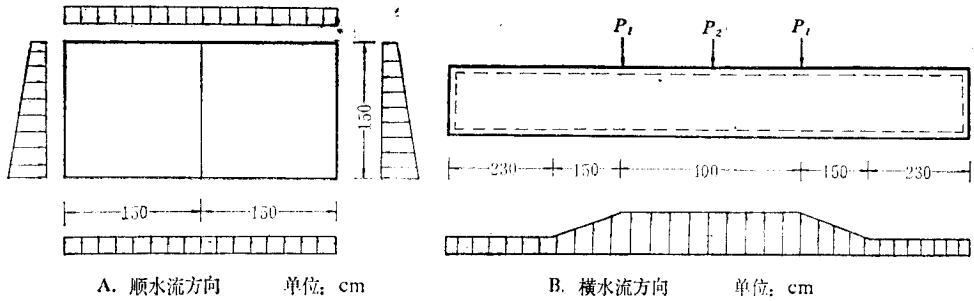


图 3 空心板式基础结构计算简图

Fig. 3 Chart of the calculation of hollow foundation construction

四、两点体会

1. 冻结荷载的取值问题是抗冻计算的主要依据,也是决定构造物内力和造价的关键。我们在反拱底板和空心底板计算中参照有关资料,法向冻胀力均按 $\sigma_{法} = 20\text{t}/\text{m}^2$ 取值;水平冻胀力按 $\sigma_{水平} = 15\text{t}/\text{m}^2$ 取值,并且视为均布荷重作用于整个受力面。

2. 在彻底摸清水文地质和基础土质的情况下,季节性冻胀土区的水工建筑物,只要在总体布置、结构造型方面合理设防,并且在结构计算中考虑冻胀力作用,冻害是可以防治的。反拱底板抗冻效果较好,施工简便,适用于大、中型渠系水闸工程。跨度大的反拱底板更能发挥其结构和材料性能优势,经济效果更为显著。空心板一般适用于渠系上的中、小型工程,特别是一些比较重要位置的工程更为实用。

An Arch and Hollow Foundation for Anti-heave

Zhong Zhihua

(Water Conservancy Bureau of Naha County, Heilongjiang Province)

图 版 说 明

照片 1 拱基闸

照片 2 空心基础闸门

Plate Captions

Photo 1 Water gate with arch foundation

Photo 2 Water gate with hollow foundation