

浅析水利工程中水闸设计的几点思考

李淑婷

兵团勘测设计院(集团)有限责任公司 830000

摘要: 水利工程中的水闸设计是一项重要的技术工作,也是水利工程中比较常见的建筑物设计之一。水利工程中设置水闸可以起到控制和调节水流的作用,从而保障水资源的安全和有效利用。本文从某防洪工程中生态引水闸的设计过程总结了影响水闸设计的几个因素。希望能够为水闸设计提供一些思路和借鉴。

关键词: 水利工程;水闸设计;结构;安全

近年来,随着人口不断增长和社会经济的发展,水利工程事业发展蒸蒸日上。水资源是经济社会高质量发展的命脉。随着各大中型灌区的建设以及现代化中型灌区节水改造与配套项目逐步立项实施,水资源的合理调配成为了水利事业的重点,水闸作为最基本的控制和调节水流的建筑物,大部分水利工程中都会涉及到。因此水闸设计是水利工程中的一项重要技术工作。

一、水利工程中水闸设计的目的和意义

水闸广泛应用于河道、水库、灌区等水利工程中。水闸的设计涉及多个学科领域,包括水力学、结构力学、基础工程、环境工程等,具有重要的意义。

首先,水闸的主要目的是控制水文过程,维持水资源的平衡和利用。水闸可以根据需要调节流量和水位,达到灌溉、防洪、发电等目的。同时,水闸也可以为水库蓄水和泄洪提供保障,有效控制洪水、旱情、汛期等自然灾害。因此,水闸的设计直接关系到水文过程的控制和管理效果[1]。

其次,在水闸设计中,闸址的选择、闸室安全稳定计算、水闸类型与结构尺寸的确定、过闸水位差确定、闸后消能防冲设计以及闸室基础处理方式是重要因素。水闸设计不仅要考虑水闸的过流和闸室自身的安全稳定等问题,还需要考虑水闸的环境影响和可持续发展等因素,从而保障水资源的合理利用和生态保护。对水闸的设计研究和优化可以提高工程建设的效率和质量,提高工程效益,推动水利工程事业的发展。

综上所述,水利水电工程中水闸设计的意义非常重要,不仅涉及到水文过程的控制和管理效果,还涉及到工程的安全性、经济性等方面,具有重要的工程实践意义。本文根据

某防洪工程中生态引水闸的设计工作经验,对水闸设计过程中的几个影响因素进行了分析,具体总结如下。

二、水利工程中水闸设计的几个影响要素

1. 闸址的选择

建筑物选址是所有水工建筑物的关键环节,水闸亦然。闸址的选择应该根据水闸的具体作用以及工程区的地质、水流、环境、管理等情况综合考虑确定,闸址的选择对于后期工程的实施落地影响很大。水闸对于其基础的承载能力有一定的要求,因此水闸设计前期对于环境资料的收集和整理是重中之重。基础资料收集必须明确其水流的水质以及相关地质灾害问题,在此基础上确定水闸的建设厂址,从而基本确定水闸的型式。

某防洪工程位于昆仑山北麓,塔克拉玛干沙漠南缘,山前冲洪积砾质平原之上,工程区第四纪地层广泛分布,岩性为粉土质砂层、级配不良砾和低液限粉土等,承载力值 100kPa。工程区场地地震动峰值加速度 0.20g,基本烈度为Ⅷ度,多年最大冻土深度 80cm,地下水对混凝土结构中的普通水泥具结晶类硫酸盐型强腐蚀,对抗硫酸盐水泥具微腐蚀性。本工程以防洪为主,同时在洪水期对于现状生态林进行灌溉,根据现状生态林的位置以及河道的自然环境,在泄洪支渠 1+300 处设置生态引水闸,闸后新建生态引水渠,引水至生态林进行灌溉。工程区地质条件一般,且环境水具有硫酸盐腐蚀性,必须对地基进行处理以及选择抗硫材料来建设生态引水闸。

2. 闸室类型的选择

具体水闸类型根据实际工程的建设情况和地质情况等确定,常见的水闸由开敞式、胸墙式、涵洞式或双层式等结

构型式。开敞式水闸适用于挡水高度较小的水闸，常用于泄洪排沙或者有排冰、排漂要求的水闸；胸墙式和涵洞式适用于挡水高度较低的水闸，常用于水库或者沉砂池等的放水涵洞处；双层式水闸常用于需要面层溢流底层蟹柳的水闸。具体选择根据工程实际情况和水闸的使用功能来确定。某防洪工程建设的目的是将现状河道渠道化，从而提高泄洪能力和建设标准，达到河道防洪减灾，保障人民生命财产和安全的要 求。生态引水闸位于泄洪支渠 1+300 处，由于河道水土流失严重，河流含沙量较高。多年平均悬移质输沙量 101.5 万 t，年平均含沙量 $8.02\text{kg}/\text{m}^3$ 。本次生态林灌溉在河道洪水期引水，考虑尽量不将泥沙引入生态引水渠，闸前水深不到 1.5m，挡水高度较小，且考虑实际操作方式尽量简单便捷，本工程 设计采用开敞式水闸，生态引水闸与泄洪支渠呈 60° 夹角。由于工程区地基承载力 100KPa，地质条件一般，闸室采用整体式钢筋混凝土结构闸室。

3. 闸室结构尺寸及安全稳定计算

根据《水闸设计规范》(SL265-2016) 4.2.1 条，闸室布置应根据水闸的具体功能要求和运行要求，结合地形、地质等因素确定，做到结构安全可靠、布置紧凑合理、施工方便。设计过程中要详细准确的进行闸室的安全稳定计算，尽最大可能提高闸室的安全性。包括工程区地质相关各参数的确定、作用在水闸的荷载及组合分析、闸室运行工况，闸室基底应力、抗滑稳定计算等。闸室的安全稳定验算关系到水闸运行过程的安全稳定，因此设计人员要认真分析地质勘察资料，尽可能多的收集现场资料和类似工程经验，严格按照设计规范进行闸室安全稳定计算。同时安全稳定计算过程中不断调整闸室结构尺寸，使建筑物由足够的稳定性并控制基础应力，通过稳定及基础应力计算，设计出安全合理的闸室结构。计算时同时应兼顾水闸的建设成本，闸孔宽度过大，闸门的启闭设备容量也会增大，同时也增大了工程投资。因此计算是要注意选择合适的高宽比，控制水闸投资。

某防洪工程中生态引水闸，闸室采用整体式 C30 钢筋混凝土结构闸室，按照规范，生态引水闸的稳定及基底最大压应力复核分别按基本荷载组合和特殊荷载组合进行。

生态引水闸为 3 级建筑物，按照规范选取闸室安全稳定相关允许值。水闸的抗滑稳定性计算中最重要的就是合理确定抗滑稳定系数，设计过程中，根据地质勘察资料及现场资料，闸室基底面与基础接触面之间的摩擦系数取 0.45，并就

水平力、竖向力等反复计算和复核。水闸基底应力计算中最重要的就是力矩和矩心的确定并且不断的调整闸室结构尺寸，直至闸室在各个工况下安全稳定和基底应力计算均满足规范要求。经过详细计算和复核，最终确定闸室总宽度 8.8m，闸室净高 2.1m，边墩厚 0.8m，中墩厚 1.2m，底板厚 0.8m，底板上下游均设置 0.5m 深的齿墙以利于延长渗径。闸顶设置人行桥、启闭台、闸房，闸室长度为 3.6m，生态引水闸底板高程设置高于泄洪支渠 0.5 米，不再设置单独的挡沙坎。

4. 过闸水位差计算

过闸水位差计算是水闸的水力计算的一方面，计算过闸水位差时要综合考虑水闸上下游淹没影响、过闸单宽流量和水闸的结构尺寸等因素。过闸水位差的范围一般控制在 0.1—0.3 米之间。在确定过闸水位差时，要根据水闸的过闸流量和工程区的地理情况进行不断试算，直至确定合理的水闸结构尺寸和工程造价等。较高的过闸水位差虽然又利于减小闸孔宽度，降低工程投资，但同时闸室会显得比较瘦高，也会降低水闸的承载力，提高安全风险。

某防洪工程中生态引水闸计算过闸流量 $6.5\text{m}^3/\text{s}$ ，按《水闸设计规范》(SL265-2016) 中附录 A、附录 B 公式进行计算。

$$Q = \varepsilon \sigma_c \times m \times n \times b \times (2g) 0.5H_0^{1.5}$$

式中 b —每孔净宽 (m)

n —闸孔孔数

H_0 —包括行进流速的堰前水头，即 $H_0 = H + V^2/2g$ (m)

V_0 —行进流速 (m/s)

m —堰流流量系数

ε ——侧收缩系数，由《水闸设计规范》(SL 265-2016) 初拟可以按照矩形墩头设计。

σ_c —堰流淹没系数

泄洪支渠流速 1.36m/s，水深 1.0m，取流量系数为 0.38，生态引水闸与泄洪支渠呈 60° 夹角，经过计算，所需水闸总净宽为 5.0 米，考虑实际运行中泄洪支渠的水深不固定，为保证生态林引水量，取闸孔总净宽为 6 米，共设 2 孔，单孔净宽 3.0m。

5. 闸后消能防冲设计

闸后消能防冲设施是为了能消散动能、扩散水流，且与下游渠道等有良好的衔接。闸后消能防冲设计对于提高水闸的整体安全性、预防安全事故有重要的影响。在进行闸后消能防冲设计时选择水闸运行过程中的最不利工况进行，即

将闸前最高水位、闸后最低水位作为水闸消能防冲计算的工况。闸门突然开启时,水闸前后较大的水位差导致水流的流速比正常运行时高出很多,其产生的水流冲刷力对于水闸基础和闸后连接段的威胁是很严重的,因此必须对水闸运行工况进行判断,必要时设置消能设施,保证闸室得稳定。

某防洪工程中生态引水闸在开展水闸防冲设计的时候,根据生态引水闸的具体运行情况,选择泄洪支渠最高水位,而生态引水闸后无水这一工况进行闸后消能防冲设计,采用底流式消能方式。具体工况为闸前水深 1.0 米,闸后无水进行计算。按照共轭水深公式进行试算得出,生态引水闸在该工况下引水时 h'_{s} (出池渠道水深) 小于 h'_{c} (跃后水深),发生远驱式水跃,需要设置消力池。根据计算结果及工程所在地相近工程经验,消力池设计深度取 0.5m,池首端宽 7.2m,池末端宽 7.2m,消力池总长 12.5m,底板厚度 50cm。

6. 闸室地基处理方式

运行过程中,水闸关闭后闸前后的水位差会使得水闸与地基发生渗流,从而破坏闸室的稳定性,严重时会发生沉降,导致闸室变形。因此水闸的安全运行要求其必须要有一个坚实稳定的地基。常见的闸室地基处理方式有灌浆法、换填垫层法、强力夯实法、沉井基础及加筋法等,不同的地基处理方式适用条件不一样,其建设成本也有很大的差距。实际设计时要根据工程所在区具体地质情况和以往地质灾害等来确定使用的防治处理方法。因此在设计进行前期,要加强收集当地的地质环境资料即工程区类似工程经验的收集。

某防洪工程中生态引水闸位于河床右岸台地边缘,处于第四纪冲洪积地貌单元,台地面高出沟底地面约 3.3m,地层岩性为:粉砂,土黄色,松散-稍密,0~0.6m 含植物根系。承载力值 100kPa,压缩模量 6MPa。地下水位埋深 2.8m。本工程地质属于不良地质,经过详细比较和方案论证后确定采用换土垫层法处理生态引水闸地基。

换土垫层法要回填有较好压密特性的土进行压实或夯

实,形成良好的持力层,从而改变地基承载力特性,提高变形和稳定能力。计算基础换填厚度和换填宽度时,综合考虑了水闸基础面应力扩散的要求,换填 1 米厚砂砾石垫层,砂砾石料压实相对密度不得低于 0.75。经计算后,各个工况下最终闸室最大基底应力均小于地基允许承载力的 1.2 倍,基底最大最小应力比也满足规范。

三、结束语

通过对闸址的选择、闸室安全稳定计算、水闸类型与结构尺寸的确定、过闸水位差的确定、闸后消能防冲设计、闸室基础处理方式以及水闸附属设施等几个方面的分析和探讨,我们可以更加深入地了解水闸设计的基本要素及其影响因素。在水闸设计中需要综合考虑各种因素,使其更加科学、合理和实用。希望本文能够为水闸设计人员提供一些参考和帮助。

参考文献

- [1] 俞兆睿. 关于水利水电工程中水闸设计与施工的探讨 [C]//Proceedings of 2022 Academic Forum on Engineering Technology Application and Construction Management(ETACM 2022)(V O L 1)., 2022:191-194. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.052619.
- [2] 李小龙. 水利水电工程中水闸的设计分析 [J]. 基层建设, 2020,3.
- [3] 孟祥瑞, 王晓迪. 水利工程中水闸设计存在的问题及优化对策研究 [J]. 工程技术研究, 2022,7(17):207-210. DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2022.17.068.
- [4] 谢丽萍. 水利水电工程中的水闸设计问题及其优化措施 [J]. 工程建设与设计, 2022(10):92-94. DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2022.05.228.
- [5] 郭浪飞. 关于水利水电工程水闸设计几点思考 [J]. 绿色环保建材, 2017(09):223. DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2017.09.205.