

某圩区节制闸工程设计

华香玉¹ 郑林² 黄佳卫³

1 长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司, 上海 200439

2 广德市水利事业发展中心, 安徽 宣城 242200

3 长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司, 上海 200439

[摘要] 荆方闸是位于荆山河的一座节制闸, 主要用于控制过流流量。经过地质勘测, 确认了荆方闸的地质条件良好, 并进行了闸址选择。对荆方闸进行了整体布置, 包括上游连接段、闸室段和下游消能段等主要建筑物的设计。通过水力计算, 确定了水闸的设计参数和消能设施参数。进行了防渗排水设计和闸室稳定计算, 验证了水闸满足设计要求。

[关键词] 节制闸设计; 水力计算; 消能防冲; 稳定计算

DOI: 10.33142/hst.v7i3.11694

中图分类号: TV66

文献标识码: A

Design of a Regulating Sluice Project in a Certain Polder Area

HUA Xiangyu¹, ZHENG Lin², HUANG Jiawei³

1 Shanghai Branch, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Shanghai, 200439, China

2 Guangde Water Conservancy Development Center, Xuancheng, Anhui, 242200, China

3 Shanghai Branch, Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Shanghai, 200439, China

Abstract: Jingfang sluice is a regulating sluice located in the Jingshan River, mainly used to control the flow rate. After geological survey, it was confirmed that the geological conditions of Jingfang sluice are good, and the sluice site was selected. The overall layout of Jingfang sluice has been carried out, including the design of main buildings such as upstream connection section, sluice chamber section, and downstream energy dissipation section. The design parameters and energy dissipation facility parameters of the water sluice were determined through hydraulic calculations. We conducted anti-seepage and drainage design and stability calculation of the sluice chamber, and verified that the water sluice meets the design requirements.

Keywords: control sluice design; hydraulic calculation; energy dissipation and erosion prevention; stable calculation

1 工程概况

芜湖市水网区中片的青弋江支流河道被称为荆山河。它起源于青弋江干流湾沚区红星圩虾鱼沟, 在经过新塘桥、白潦滩和杨家渡后, 它在渭湾滩处分为两个支流。其中一支流经方村河, 最终重回青弋江的小刘嘴处。另一支经过花园和西滩, 最终与荆方汇入青弋江。整个河道的总长度为 34.0 公里, 流域面积为 218 平方公里。经 2009 年以来《芜湖市镜湖区荆山河河道整治工程》《芜湖市荆山河治理工程》及《芜湖市镜湖区荆山河水系整治工程》等项目的治理, 荆山河中下段及竹港河、欧阳河的河道过流能力、新城南圩圈堤的防洪能力都得到了显著的提升。但还存在荆山河中段存在河滩淤积较高、过水能力不足; 连通封堤隔断荆山河中段与下段的水系连通; 枯水季、旱季可利用水资源利用匮乏等问题; 荆山河下游 G4211 高速桥至荆方泵站引渠口段过流能力不足、埭南北圩部分堤防堤身填筑质量差外坡较陡、三连圩和埭南北圩堤顶道路为土路面且路面较窄不利防汛抢险等问题^[1]。

2 工程地质条件评价

荆方闸底板建基面位于⑨₁层轻、重粉质壤土(Q₄^{al}),

厚度约为 1.7m, 下卧为⑨层重粉质壤土层, 厚底约为 4.8m, 该土层承载较大, 压缩变形小, 中等渗透性, 可考虑采用天然地基加防渗措施, 如: 防渗桩、刺墙等。

在进行基坑开挖时, 建议采取适当的降水和排水措施。可以在基坑内部设置集水井和明沟, 来降低地下水和地表水的积聚, 并及时将其排出。同时, 在基坑顶部可以设置截水沟, 以阻止地表水流入基坑。这些措施将有助于保持基坑的干燥和安全^[2]。

总体来看, 本工程地质条件较好。

3 工程设计

3.1 工程设计水位

表 1 工程设计特征水位 (1985 国家高程)

闸上特征水位 (荆山河下段侧) (m)	闸下特征水位 (荆方泵站侧) (m)
防洪水位 8.00	设计高水位 4.30
正常蓄水位 7.50~4.50	常水位 3.80
设计枯水位 3.50	设计低水位 3.00

3.2 工程选址

为了更好地解决荆山河下段狭窄段 (利民路桥至

G4211 高速桥) 过流能力不足, 制约下游行洪排涝效果的问题, 并保护荆方泵站受荆山河洪水安全, 拟在荆方泵站引渠前沿新建一座节制闸(荆方闸), 荆方闸闸址布置于河道狭窄段末端(即第一段末端), 以便更好地壅高狭窄段水位, 增加过流能力, 并且闸后与荆方泵站引渠段衔接, 河宽大、河底高程低, 利于出闸水流末端防冲。具体位置如图 1 所示。

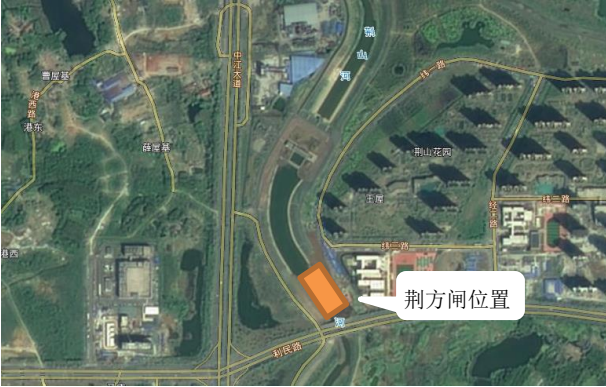


图 1 荆方闸工程区选址图

3.3 工程总体布置

3.3.1 工程布置原则

工程总体布置应在满足功能需求情况下, 布置紧凑合理, 使用灵活方便, 便于施工, 投资合理。

(1) 工程布置紧凑, 充分考虑节制闸、工作桥等建筑物之间的相对关系与影响;

(2) 工程布局应优化基坑范围及基坑实施条件, 减小基坑开挖投资;

(3) 工程布局应注意两岸堤防的衔接, 在满足工程安全条件下尽可能保留工程现有堤防, 减少工程投资;

(4) 闸槛高程在满足工程安全条件下应尽可能抬高, 有利于控流, 减少闸室及两岸连接建筑物的工程量, 减少工程投资。

3.3.2 闸孔比选

闸孔孔数需考虑闸门孔径、工程规模、地基条件、运行管理要求、闸门型式要求及建筑物景观等因素综合确定。根据《水闸设计规范》(SL265-2016), 当闸孔孔数少于 8 孔时, 宜采用单数孔。同时, 为便于水闸运行管理灵活性及检修门配置, 选择等孔径、中小孔径的布置方式为宜。

根据本工程运行调度情况, 当闸上水位为 4.5m, 闸下水位为 4.3m 时为最不利条件组合, 经水力计算可知, 排放 50m²/s 流量, 需要闸孔宽度为 15m^[3]。

结合上述特点, 本阶段拟定以下两个方案进行比选。

方案一: 采用 3 孔 5m。

闸室采用钢筋砼坞式结构, 分 3 孔, 每孔 5m。闸室垂直水流向总长 19m, 闸室顺水流向长 13m。闸底板面高程 2.6m, 底板厚度 1.0m。

方案二: 采用 1 孔 15m。

闸室采用钢筋砼坞式结构, 分 1 孔, 孔宽 15m。闸室垂直水流向总长 18m, 闸室顺水流向长 13m。闸底板面高程 2.6m, 底板厚度 2.2m。

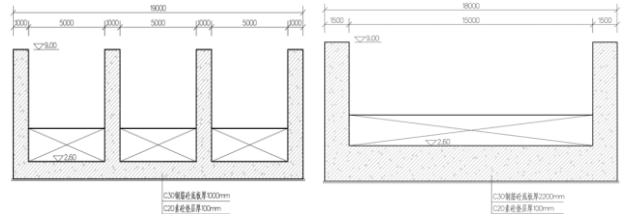


图 2 闸孔布置方案一

图 3 闸孔布置方案二

表 2 闸孔方案比选

项目	方案一 (3×5m)	方案二 (1×15m)
结构设计	单孔 5m, 结构体量一般, 结构设计难度小	单孔 15m, 结构体量较大, 结构设计难度相对大
运行管理	孔径合适, 孔数适中, 运行调度灵活	孔径大, 孔数少, 运行调度不灵活
施工条件	孔径适中, 水工、金属结构及安装等方面难度一般	孔径较大, 水工、金属结构及安装等方面难度大
检修门配置	配置检修门	配置检修门
工程造价	较少	较高

根据方案比较, 水闸孔径孔数选择应充分考虑运行调度的合理性及灵活性, 其次应结构简单、经济节约, 因此方案一更为合适, 本阶段推荐方案一(3×5m)。

3.3.3 闸室结构比选

闸室结构需考虑闸门高度、结构受力、泄流特点、运行要求及工程造价等因素综合确定。根据《水闸设计规范》(SL265-2016), 当闸槛高程较高、挡水高度较小的水闸, 可采用开敞式; 当闸槛高程较低、挡水高度较大的水闸, 可采用胸墙式^[4]。

本工程上下游水位差较大(闸上水位为 8.0m, 闸下水位 3.0m), 泄流流量较小(50m²/s), 结合上述特点, 本阶段拟定以下两个方案进行比选。

方案一: 采用胸墙式。

闸室结构采用胸墙式结构, 胸墙底高程为 4.50m, 闸门顶高程为 4.80m, 高为 2.2m。

方案二: 采用开敞式。

闸室结构采用开敞式结构, 闸门顶高程为 9.00m, 高为 6.4m。

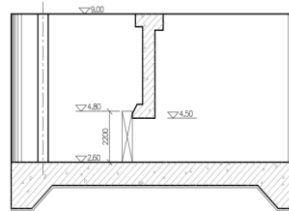


图 4 闸室型式方案一

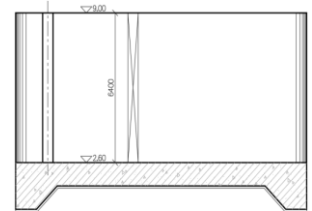


图 5 闸室型式方案二

表3 闸室型式比选

布置项目	方案一 (胸墙式)	方案二 (开敞式)
金属结构设计	闸门高度为2.2m, 结构体量一般, 结构设计难度小	闸门高度为6.4m, 结构体量较大, 结构设计难度相对大
闸室结构受力	设置胸墙, 形成支撑, 对闸室结构受力有利	闸室结构受力无优势
施工条件	金属结构及安装等方面难度一般	金属结构及安装等方面难度大
闸室布置	有效降低启闭机房的高度	启闭机房高度较高
工程造价	较少	较高

根据方案比较, 闸室结构应充分考虑泄流特点、运行要求及工程造价, 因此方案一更为合适, 本阶段推荐方案一(胸墙式)。

3.3.4 闸槛高程确定

闸槛高程应根据河(渠)底高程, 过流能力需求、河床冲淤变化、闸址地质等条件综合确定。本工程现状河底高程约为2.60m, 河床表层有一层淤积, 厚度约为0.5m, 下卧为③₁轻、重粉质壤土, 承载力为130kPa, 厚度约为1.7m。根据调研资料《荆山河水系整治工程(戈江区)初步设计, 2021.04》, 本河段河道疏浚设计河底高程为1.50m。而现状河底高程约为2.60m, 说明河道现状高程基本处于河势稳定状态, 由于河道行洪流量有限, 河床过低十分容易淤积, 对水闸运行不利。综上因素, 闸槛高程取值不宜较低, 且本工程以控流为主, 闸槛高程确定为2.60m是比较合理的。

3.3.5 总体布置

根据水闸平面布置方案, 设三孔, 每孔5m, 闸室布置在河道中。

水闸工作门采用平面直升闸门, 采用平板直升闸门, 采用手自一体螺杆式启闭机, 共3孔, 每孔净宽5m。垂直水流方向宽度为19m, 顺水流长度为13m。闸室上部为启闭机房, 宽4m, 长19m。水闸闸槛高程为2.6m。根据消能计算, 外河消力池采用C30钢筋混凝土下挖式、U型槽结构, 顺水流方向长15m, 池深0.8m, 池底高程1.80m。内河护坦长10m, 采用500mm钢筋混凝土底板, 面标高为2.60m。外河海漫段长25m, 采用C25灌砌块石护底, 倾斜布置, 坡比为1:15。内河海漫段长15m, 采用C25灌砌块石护底, 面标高2.60m。外河抛石防冲槽长为4.9m, 面标高1.00m。

为满足侧向绕渗要求, 在闸室内河侧两边设置刺墙, 厚0.4m, 高6.6m; 满足垂直防渗要求, 在刺墙及闸室底板内河侧设置一排850mm×650mm的三轴搅拌桩, 有效桩长为9m。

为满足两岸交通, 闸室外河侧设置工作桥, 桥面宽度4m, 桥面标高9.00m, 西侧设置引道与堤顶道路衔接, 东

侧设置连接大堤与堤顶道路衔接。

在水闸西侧靠近外河侧设置管理房。

根据防洪功能需求、设备布置及交通等综合要求, 水闸内河侧墩顶标高控制为9.00m, 外河侧墩顶标高控制为9.00m。

3.4 水力设计

3.4.1 过流能力计算

本工程水闸为主要工况为排水, 闸孔过流能力根据《水闸设计规范》计算, 计算公式如下:

$$Q = \sigma \epsilon m B_0 \sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}}$$

表4 荆方闸最不利工况过闸流量表

上游水位(m)	下游水位(m)	闸门开度	过闸流量(m ³ /s)
4.50	4.30	全开	52.93

3.4.2 消能防冲计算

消能水力计算的原则是保证在各种可能出现的水力条件下, 都能满足消散动能与均匀扩散水流的要求。

表5 荆方闸消能防冲计算成果及采用值

部位 工况	消力池(含斜坡段)						海漫段		防冲槽	
	长度(m)		深度(m)		底板厚度(m)		长度(m)		深度(m)	
	计算值	采用值	计算值	采用值	计算值	采用值	计算值	采用值	计算值	采用值
工况1	13.90	15	0.59	0.8	0.52	0.8	23.74	25	1.27	1.5
工况2	7.53	15	0.05	0.8	0.24	0.8	10.08	25	0.27	1.5

3.5 防渗计算

防渗计算采用改进阻力系数法计算, 计算取稳定计算水位组合中水头差最大的组合进行复核, 即上游水位8.00m, 下游水位3.00m。

节制闸底板位于③₁层, 为粉质壤土层, 厚度为1.7m, 下卧为③层, 为重粉质壤土层, 厚底为4.8m。根据《水闸设计规范》(SL265-2016)规定建议: 水平段渗透坡降允许值 $[J_{水平}] = 0.25 \sim 0.35$, 出口段渗透坡降允许值 $[J_{出口}] = 0.5 \sim 0.60$, 渗径系数采用 $c=6$ 。

表6 防渗计算成果

工况	防渗设计		渗流计算			
	底部防渗 $c \cdot \Delta H(m)$	防渗长度 $L_s(m)$	J出口	[J]	J水平	[J]
正向 校核	6*5=30	35.69	0.428	0.5~ 0.60	0.045	0.25~ 0.35

经计算, 设置850mm×650mm三轴搅拌桩后, 闸室的渗径长度和渗透稳定均满足要求。

3.6 闸室稳定计算

根据闸室结构型式, 控制尺寸和稳定计算水位组合, 基底应力和抗滑稳定安全系数计算结果见表7。

表7 闸室稳定计算成果

计算工况	基底应力 (kPa)		应力比		抗滑稳定安全系数		抗浮稳定安全系数	
	σ_{max}	σ_{min}	η	容许值 [η]	计算值 Kc	允许值 [Kc]	计算值	允许值
完建	86.77	73.28	1.18	2.0	-	-	-	-
正向设计	79.14	64.19	1.23	2.0	1.92	1.25	3.46	1.10
反向设计	74.72	61.16	1.22	2.0	35.90	1.25	4.31	1.10
正向检修	73.44	59.52	1.23	2.5	12.10	1.10	3.61	1.05
反向检修	74.72	61.16	1.22	2.5	35.90	1.10	4.31	1.05
正向校核	79.14	64.19	1.23	2.5	1.92	1.10	3.46	1.05
反向校核	74.79	60.44	1.24	2.5	11.94	1.10	3.94	1.05

从地质土层分布看：荆方闸闸室底板底面高程为1.6m，坐落于⑨₁层，为粉质壤土层，厚度为1.7m，地基承载力为130kPa，下卧为⑨层，为重粉质壤土层，厚度为4.8m，地基承载力为200kPa。

由计算结果可见，荆方闸各个工况的基底应力、不均匀系数和抗滑、抗浮安全系数均满足规范要求。因此，不需要进行地基处理。

4 结语

在水利工程中，水闸是至关重要的组成部分^[1-4]。水闸设计在整个水利工程项目的设计和施工中具有重要地

位，因此需要高度重视。每个水利工程的水闸建设条件和环境都有所不同，对水闸设计的需求也有很大差异，这就需要工程设计人员从实际建设条件和影响因素来考虑。本文根据项目区的概况有针对性地进行水闸设计，详细分析了防渗、消能、闸室稳定等设计问题，为水闸有效地发挥作用提供保障。

[参考文献]

- [1] 王磊, 苗欣慧. 方沟闸设计技术与实践[J]. 治淮, 2023(6): 64-66.
 - [2] 崔洋. 某灌区水闸工程设计[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(5): 47-49.
 - [3] 火庆昌. 某新建水闸工程设计方案比选研究[J]. 陕西水利, 2022(5): 146-147.
 - [4] 黄琪. 联和水库排洪分水闸重建工程设计分析[J]. 水利科学与寒区工程, 2022, 5(2): 72-74.
- 作者简介：华香玉（1996.11—），女，汉族，毕业学校：扬州大学，现工作单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司；郑林（1979.4—），男，汉族，毕业学校：国家开放大学，现工作单位：广德市水利事业发展中心；黄佳卫（1993.11—），男，汉族，毕业学校：扬州大学，现工作单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司上海分公司。