

水闸渗流初步设计系统的实现

李 静 ,王寿根

(1.河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098;2.国家电力公司成都勘测设计院,四川 成都 610072)

摘要 采用改进阻力系数法,依据 SL265-2001《水闸设计规范》,以 VC 为开发环境,开发设计了水闸渗流初步设计系统.以上海市某水闸为实例,对系统进行验算,结果表明,设计系统的计算结果与手工计算结果基本保持一致,该水闸不会发生渗透破坏.

关键词 水闸;渗流设计;改进阻力系数法

中图分类号:TV66;TV223.4 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2003)07-0059-03

水闸建成挡水后,上下游水头差增大,使上游水自闸上经过闸基或闸侧向下游流动,形成渗流运动.闸基和闸侧的渗流一般不可避免,但严重的渗流会引起管涌或流土等形式的渗透变形,危及水闸的运行安全.因此,水闸渗流的水力要素(包括渗透压力、渗透坡降和渗流量等)的计算必须力求规范、准确,以满足安全运行的要求.由于水闸防渗布置形式较多,所采用的计算公式繁琐,人工设计的工作量较大,且易出错.为了提高设计的精度和效率,本文结合上海市水务工程设计院委托的水闸设计系统项目,依据《水闸设计规范》^[1],以 VC 为开发环境,阐述了水闸渗流设计系统的功能及防渗设计流程.

1 系统的功能模块与防渗设计

水闸渗流设计系统的主要功能模块包括原始数据初始化模块,闸基渗透压力、扬压力、出口渗透坡降和单宽渗流量的计算模块,闸基渗透稳定性判断模块,侧墙渗透压力和侧墙总渗流量的计算模块等.其中原始数据初始化负责实现闸基和侧墙的分段、根据水工结构初步设计结果计算闸底板及边墙轮廓线的各段长度及地基透水层深度等.防渗设计采用改进阻力系数法,该方法细化了渗流分区,并且对进、出口附近的水头损失做了更精确的修正,计算精度较阻力系数法更高.计算流程如图 1 所示.

1.1 原始数据初始化

系统计算所需参数包括:闸底板和边墙的各段类型,以及底板和侧墙的轮廓线各段长度和地基透水层深度.从用户界面输入的原始数据有分段判断输入值(1 为水平段,0 为其他)和各点的横纵坐标

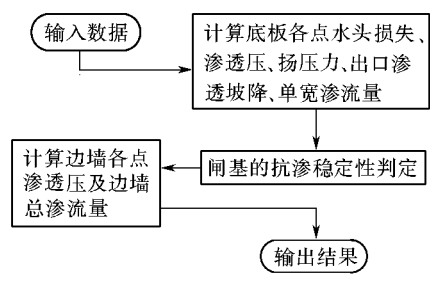


图 1 防渗设计流程

值、不透水层高程.系统的原始数据初始化是根据前者将闸基和侧墙划分成水平段、垂直段和进出口段,再根据后者计算每一段的水平和垂直轮廓线长度,以及地基透水层深度.需要说明的是,侧墙的原始数据是将其转换成底板的形式后得出的,转换方法见文献[2].

1.2 闸基渗流设计

闸基渗流设计以数据库中的数据为数据源,根据相关参数(如上、下游水位、闸基土类型和闸基的渗透系数、不透水层高程等)计算各段水头损失,修正进、出口水头损失,计算进、出口修正长度、渗透压力、扬压力及单宽渗流量.以上结果最后都以图表形式输出.

各段水头损失 h_i 为

$$h_i = \xi_i \frac{\Delta H}{\sum_1^m \xi_i} \tag{1}$$

式中 ξ_i 为第 i 段的阻力系数^[1]; ΔH 为上下游水头差, m 为总分段数.

闸基单宽渗流量 q_{sj} 为

作者简介 李静(1977—),女,山西太原人,硕士研究生,从事水力学及河流动力学研究.

$$q_{zj} = k \frac{\Delta H}{\sum_{i=1}^m \xi_i} \quad (2)$$

式中: k 为闸基土的渗透系数, 闸基总渗流量由单宽渗流量与闸基宽度相乘得出^[1]。

进、出口段阻力系数在某些情况下会有较大的误差, 因此要对进、出口段的水头损失值 h_0 进行修正, 修正后的进、出口水头损失值 h'_0 为

$$h'_0 = \beta h_0 \quad (3)$$

式中: β 为修正系数^[1]。

出口段渗透坡降值 J 的计算式为

$$J = \frac{h'_0}{S'} \quad (4)$$

式中: S' 为出口段另一侧的板桩长度。

水力坡降呈急变形式的长度 a 的计算式为

$$a = \frac{\frac{\Delta h}{\Delta H} T}{\sum_{i=1}^m \xi_i} \quad (5)$$

式中: Δh 为修正后水头损失的减小值^[1]; T 为地基透水层深度。

各点的渗透压力由上、下游水头差减去该点到上游的水头损失得出, 各点扬压力要在渗透压的基础上加下游水面到该点的垂直距离。

1.3 闸基的抗渗稳定性判定

闸基的渗透破坏形式主要是管涌和流土。根据已知的相关参数(如闸基土的粗细分界粒径 d_f , 小于 d_f 的土粒百分数含量 P_f , 闸基土的孔隙率 n , 防止管涌破坏的安全系数 K 等)和上述计算结果判断其稳定性。当 $4P_f(1-n) > 1.0$ 时, 可能发生流土破坏; 当 $4P_f(1-n) < 1.0$ 时, 可能发生管涌破坏。砂砾石闸基出口段防止流土破坏的允许渗透坡降值见文献[1]。砂砾石闸基出口段防止管涌破坏的允许渗透坡降值 J 可按下式计算:

$$[J] = \frac{7d_s}{Kd_f} [4P_f(1-n)]^2 \quad (6)$$

式中: d_s 为闸基土颗粒级配曲线上含量小于 5% 的粒径, mm; d_f 为闸基土的粗细分界粒径, mm, 计算公式见文献[1]; K 为防止管涌破坏的安全系数, 一般取 1.5~2.0; P_f 为小于 d_f 的土粒百分数含量, %; n 为闸基土的孔隙率。

1.4 边墙绕流

边墙的绕流渗透设计主要是求解边墙各点渗透压力和总渗流量。计算方法与闸基类似^[3], 不同的是在求解各点渗透压力时, 需要先求一个无量纲数, 即化引水头 h_r :

$$h_r = \frac{h_f}{\Delta H} \quad (7)$$

式中: h_f 为假想地下轮廓上某点的水头(即从该点到下游的水头损失); ΔH 为上下游水头差, m。

由 h_r 再得出各点渗透压力 h :

$$h = \sqrt{(h_1^2 - h_2^2)h_r + h_2^2} \quad (8)$$

式中: h_1 和 h_2 分别为上、下游的边界处水深, m。

边墙单侧总渗流量 Q 的计算式为

$$Q = \frac{1}{2} (h_1 + h_2) q_{bq} \quad (9)$$

式中: q_{bq} 为边墙单宽渗流量, 求解方法与闸基单宽渗流量相同。

2 系统的实现与实例验算

水闸渗流设计系统采用 Visual C++ 6.0 语言及数据库处理技术开发设计完成, 系统运行环境为 Windows98/2000/XP。在功能上提供了友好的用户交互界面, 用户通过交互界面可以方便地实现相关参数的输入, 以及通过鼠标点击相关菜单实现相应计算。计算结果采用图表形式输出。

为直观地了解计算的正确性和精确度, 以上海市某水闸设计为例进行验算。该水闸上、下游水位分别为 104.75 m 和 100 m, 不透水层高程为 90.5 m。地基土为砂壤土, 渗透系数为 5×10^{-4} cm/s。侧墙和闸基的计算简图分别如图 2 和图 3 所示。根据相关参数, 利用该系统计算得出闸基出口渗透坡降 J 为 0.59, 单宽渗流量是 5.97×10^{-7} m²/s, 进、出口修正长度分别为 1.32 m 和 1.45 m, 闸侧墙的单侧总渗流量为 2.67×10^{-6} m³/s, 闸底板和侧墙的各点渗透压力折线图如图 4 所示, 其余设计结果见表 1, 与手工计算结果基本保持一致^[3,4]。抗渗稳定性判断结果为不会发生渗透破坏。

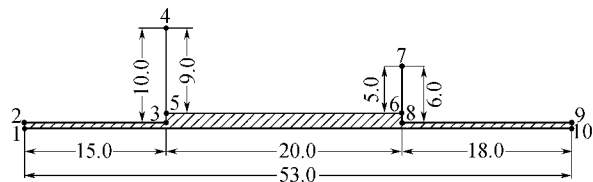


图2 边墙计算简图(单位:m)

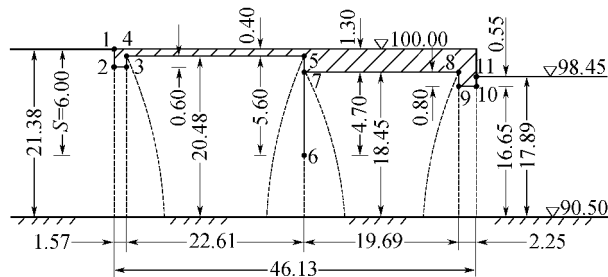
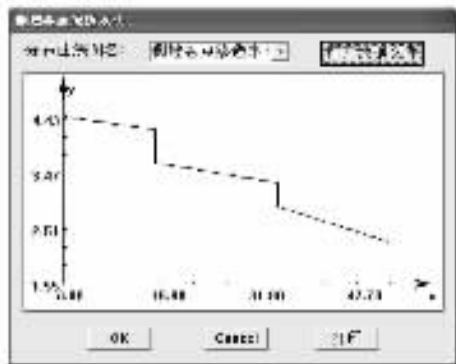
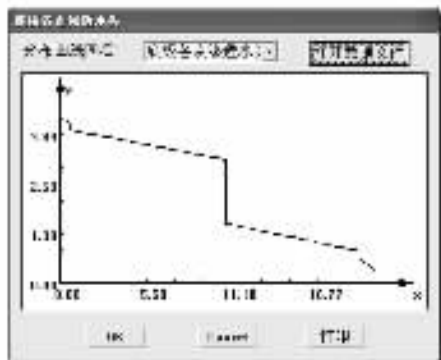


图3 闸基计算简图(单位:m)



(a) 底板各点渗透压力



(b) 侧墙各点渗透压力

图 4 渗透压力折线图

表 1 上海市某水闸渗流设计计算结果

点号 或段号	底板各段 水头损失/m		底板各点 渗透压力/Pa		底板各点 扬压力/Pa		侧墙各点 渗透压力/Pa	
	系统 算值	手工 算值	系统 算值	手工 算值	系统 算值	手工 算值	系统 算值	手工 算值
1	0.403	0.402	46.55	46.55	46.55	46.55	46.55	46.55
2	0.197	0.198	42.63	42.63	52.33	52.33	43.61	43.61
3	0.157	0.157	40.67	40.66	50.47	50.47	41.55	41.45
4	0.756	0.756	39.10	39.10	43.02	43.02	38.61	38.61
5	0.886	0.886	31.75	31.74	35.67	35.66	35.77	35.77
6	0.801	0.801	23.03	22.02	81.8	81.79	32.44	32.44
7	0.713	0.713	15.19	15.19	27.93	27.91	30.67	30.66
8	0.190	0.191	8.23	8.23	20.97	20.97	28.32	28.31
9	0.323	0.321	6.37	6.37	26.85	26.85	22.25	22.26
10	0.325	0.325	3.14	3.14	23.72	23.72	15.19	15.19
11			0.00	0.00	15.19	15.19		

3 结 语

a. 本文提出了以 VC 为开发环境的水闸渗流初步设计系统,并用已有的实际工程进行了验证,得出的结果较为合理,从而证明了本文水闸渗流设计系统的合理性和实际应用的可行性。

b. 由于本系统的设计是针对水闸渗流的初步设计,因此在计算上不够精细,如边墙绕流渗透实质上是复杂的三向空间渗流,为了简化问题,略去了垂直向的流速变化,而假定为水平面二向缓变渗流,即假定闸坝及其底部地基不透水或与其下的不透水层相接,只考虑水平不透水层上的绕岸渗流^[2]。通常绕

流渗透的精确计算是采用有限元方法,本系统则不含此功能,只给水闸初步设计提供一个可参考的结果,为进一步的设计提供依据,今后可根据工程设计的需要进行改进,以使该系统更加完善,更好地服务于工程设计。

参考文献:

- [1] SL265-2001 水闸设计规范[S].
- [2] 武汉水利电力学院水力学教研室. 水力计算手册[M]. 北京:水利出版社,1980. 220~227.
- [3] 毛昶熙,周名德,柴恭纯. 闸坝工程水力学与设计管理[M]. 北京:水利水电出版社,1995. 129~173.
- [4] 任德林,张志军. 水工建筑物[M]. 南京:河海大学出版社,2001. 279~303,336~355.

(收稿日期 2003-09-25 编辑:马敏峰)

(上接第 54 页)

d. 轴承箱内发出异常响声,大多是推力头底座与推力瓦块磨损过大造成,必须更换。

5.2 发电机部分故障

a. 发电机发不出电,检查:①如无剩磁,用 2 节 1 号电池冲磁;②如碳刷磨损过大与集电环接触不良,应更换碳刷;③查硅元件是否损坏,如是则应更换;④测刷架与固定杆之间绝缘是否击穿,如是,应先清除刷架上碳刷粉末,然后更换。

b. 电刷打火,检查:①如是碳刷磨损严重,应更换;②如是集电环表面因打火变得粗糙,不清洁,碳刷与之接触不良,应用 0 号砂纸摩擦集电环表面;③如是弹簧压力过松,应更换弹簧;④如是刷握损坏,使碳刷在刷内不能自由活动,卡住碳刷,应更换。

c. 开机时励磁电流过大或过小,经调整无效。多发生在励磁调节器内,首先检查 F-M 插件是否损坏,其次检查可控硅是否击穿,再看调差电位器是否损坏,对检查有问题的器件进行更换。

d. 电机轴承发热,大部分原因是无润滑油、润滑油过多或油质差、轴承磨损过度等,应逐项检查、更换。

e. 机体震动,检查处理步骤如下:①机脚固定螺丝松动,应拧紧;②机座基础强度不够,应重新加固或浇筑新机座;③传动皮带过紧,应重新调整皮带松紧度,此外,转速低也会造成机组震动,从而导致轴的损坏,应检查焊接,校正水平,解决机组震动问题。

由于机组长期运行,问题的出现是客观与难免的,这些检查处理方法最终将依赖于运行人员的责任心,因此要经常巡视观察,发现问题及时处理。

(收稿日期 2003-05-13 编辑:熊水斌)