

云河灌区泵房稳定校核及水泵梁结构设计

李岩

(辽宁省阜新水文局, 辽宁 阜新 123000)

【摘要】 云河灌区有45万亩农田分布在河流的左岸。取水枢纽位于河流上,枢纽以上控制流域面积7531km²,河道水位较低,常年水位仅在35.5~36.5m,而灌区所处地面高程较高,河流水位不能满足灌溉要求,需建立一座泵站来提水,满足灌溉的水位要求。现泵房布置及各种设备场所的尺寸均已确定,可以进行泵房稳定校核与水泵梁的结构设计和计算。

【关键词】 灌区;水泵梁;稳定性;结构设计

中图分类号: TV222

文献标识码: A

文章编号: 1005-4774(2017)02-0035-05

Checking of pump room stability and water pump beam structure design in Yunhe River Irrigation District

LI Yan

(Liaoning Fuxin Hydrology Bureau, Fuxin 123000, China)

Abstract: Yunhe River Irrigation District is provided with farmland of 450000mu, which is distributed on the left bank of the river. Water diversion junction is located on the river. The control river basin above the junction covers an area of 7531km². Water level of watercourse is lower. Perennial water level is between 35.5~36.5m only. The ground elevation is higher in the irrigation district. River water level cannot meet irrigation requirements. A pump station should be established for obtaining water, and meeting the requirements on water level for irrigation. The current pump room layout and size of all equipment places have been determined. Therefore, pump room stability can be checked, water pump beam structure can be designed and calculated.

Key words: irrigation district; water pump beam; stability; structure design

1 基本设计资料

云河灌区有45万亩农田分布在河流的左岸,取水枢纽位于河流上,枢纽以上控制流域面积7531km²。河道水位较低,常年水位仅在35.5~36.5m,而灌区所处地面高程较高,河流水位不能满足灌溉要求,需建立一座泵站进行提水,满足灌溉的水位要求。

灌区的泵房根据水位变化、流量和开挖量大小,选择采用湿室型泵房(墩墙式)。主机组采用一列式布置,立式机组湿室型泵房。18台机组,每台都配有配电柜,还有一台总配电柜和操作台。

泵站纵剖面如图1所示。

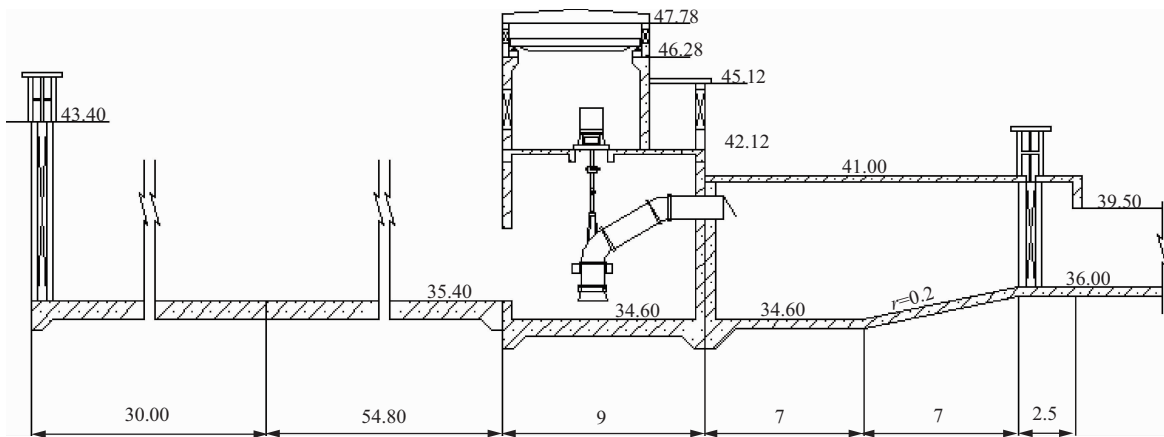


图1 泵站纵剖面图

2 泵房稳定校核

稳定校核的目的是检验拟定的泵房尺寸是否合理。如果稳定校核不满足要求,则根据具体情况对原初步设计尺寸进行修改,然后再校核,反复计算,直至合格。

该设计泵房为湿室型,对稳定校核要求较高,所以要进行抗渗、抗倾、抗滑及地基应力的校核。

2.1 抗渗校核

2.1.1 工况

采用上水位为 44m,下水位为 38m,水头差最大,为最不利抗渗情况。

2.1.2 计算渗径及校核

采用勃莱法:

$$L = CH$$

式中 C ——渗径系数,查表取 $C = 7$;

H ——上下水位差, $H = 44 - 38 = 6\text{m}$ 。

$$L_{\text{计}} = 7 \times 6 = 42\text{m}$$

实际渗径指从入渗点到渗流溢出点的长度。

$$L_{\text{实}} = 30 + 54.8 + 9.8 + 14 + 2.5$$

$$= 111.1\text{m}(\text{只取水平})$$

$$L_{\text{实}} > L_{\text{计}}$$

所以,渗径满足要求。

2.2 地基应力及抗滑、抗倾校核

2.2.1 工况

泵房完建期。荷载包括泵房及泵房各部分重力(不计活荷载)。

上水位采用灌溉渠道水位, $H = 44\text{m}$ 。

进水池内无水,按底板高程 34.6m 进行计算。

2.2.2 计算泵房各部重力及对 A 点的力矩

泵房立面简图见图 2。

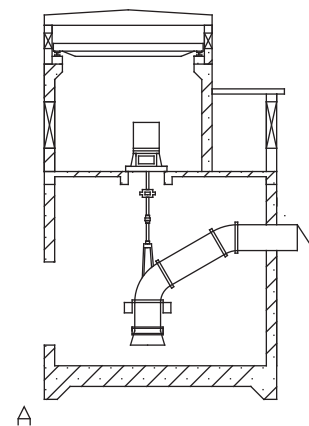


图2 泵房立面简图

泵房各部重力及对 A 点力矩计算值如下表所列。

泵房各部重力及对 A 点力矩计算表

名称	比重	截面积/m ²	长度/m	铅直力/kN	力臂/m	力矩/(kN·m)	数量	合力/kN	合力矩/(kN·m)
水泵				0.46	4	1.84	18	8.1	32.4
电机				0.19	4	0.75	18	3.31	13.25

续表

名称	比重	截面积/m ²	长度/m	铅直力/kN	力臂/m	力矩/(kN·m)	数量	合力/kN	合力矩/(kN·m)
底板	0.25kN/m ³	7.2	77.85	137.2	4.5	617.7	1	137.2	617.7
	0.25kN/m ³	0.375	77.85	7.15	4.5	32.19	2	14.02	63.1
隔墩	0.25kN/m ³	7.2	7.52	13.3	4.5	59.67	17	221	994.2
边墩	0.25kN/m ³	61.2	1.2	14.99	4.5	67.44	2	29.38	132.19
水泵梁	0.25kN/m ³	0.12	3	0.09	4	0.35	36	3.096	12.384
电机梁	0.25kN/m ³	0.12	3	0.09	4	0.35	36	3.096	12.384
出水管	0.01		5.35	0.05	6.5	0.36	18	0.963	6.3
电机层楼板	0.25kN/m ³	1.35	77.85	25.7	4.5	115.8	1	25.7	115.8
配电柜	0.04kN/m ²	46.71		1.91	7.9	15.07	1	1.91	15.07
起重设备				0.21	4.25	0.91	1	0.21	0.91
吊车梁	0.25kN/m ³	0.12	77.85	2.89	0.25	0.57	1	2.89	0.57
	0.25kN/m ³	0.12	77.85	2.89	8.75	20	1	2.89	20
屋面梁	0.25kN/m ³	0.15	8.4	0.31	4.5	1.38	20	6	27
圈梁(后)	0.25kN/m ³	0.12	77.85	2.29	8.85	20.22	1	2.29	20.22
圈梁(前)	0.25kN/m ³	0.12	77.85	2.29	8.85	20.22	1	2.29	20.22
屋面板	0.25kN/m ³	0.67	77.85	12.76	4.5	57.48	1	12.76	57.48
牛腿	0.25kN/m ³	0.12	4.4	0.13	0.25	0.032	18	2.286	0.572
	0.25kN/m ³	0.12	4.4	0.13	8.75	1.13	18	2.286	20
窗户(后)	0.04kN/m ²	1.8		0.073	9	0.66	19	1.37	12.312
窗户(前)	0.04kN/m ²	1.8		0.073	0.2	0.014	19	1.37	0.27
窗户(后)	0.04kN/m ²	0.6		0.024	9	0.22	19	0.456	4.104
窗户(前)	0.4t/m ²	0.6		0.024	0.2	0.005	19	0.456	0.09
大门	0.4t/m ²	10.8		0.22	4.5	0.99	1	0.22	0.99
前墙	1.9kN/m ³	540	0.4	41.88			1	41.88	
后墙	1.9kN/m ³	310	0.4	24.04	8.6	206.7	1	20.04	306.7
两侧墙	1.9kN/m ³	57	0.4	4.42	4.5	19.9	2	8.66	39
合计								565.25	2473.2

2.2.3 抗倾校核

2.2.3.1 浮力计算

$$F_{\text{浮}} = V_{\text{底板}} \gamma_{\text{水}} = \left[9 \times 0.8 + 2 \times \frac{(0.5 + 1) \times 0.5}{2} \right] \times 77.85 \times 1 = 63.15 \text{ kN}$$

2.2.3.2 渗透力计算

$$L_{\text{实}} = 111.1 \text{ m}, H = 6 \text{ m}。$$

$$\frac{L_{\text{底板}}}{L_{\text{实}}} = \frac{H_1}{H}$$

$$H_1 = \frac{L_{\text{底板}} H}{L_{\text{实}}} = \frac{9 \times 6}{111.1} = 0.49 \text{ m}$$

$$F = \frac{1}{2} L_{\text{底板}} H_1 L_{\text{泵房}} = \frac{1}{2} \times 9 \times 0.49 \times 77.85 = 17.52 \text{ kN}$$

2.2.3.3 抗倾校核

$$\sum MA = 2473.2 - 63.15 \times 4.5 - 17.52 \times \frac{2 \times 9}{3} = 2083.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sum M = 63.15 \times 4.5 + 17.52 \times \frac{2 \times 9}{3} = 389.29 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$K = \frac{\sum MA}{\sum M} = \frac{2083.92}{389.29} = 5.35 > [K] = 1.4$$

所以,抗倾稳定满足要求。

2.2.4 地基应力校核

2.2.4.1 计算应力

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum G}{LB} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$\sum G = 565.25 - 63.15 - 17.52 = 484.58 \text{ kN}$$

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M}{\sum G} = \frac{9}{2} - \frac{2473.2}{484.58} = 0.2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{\sum G}{LB} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{484.58}{77.85 \times 9} \times \left(1 + \frac{6 \times 0.2}{9}\right) \\ &= 0.78 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\min} &= \frac{\sum G}{LB} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{484.58}{77.85 \times 9} \left(1 - \frac{6 \times 0.2}{9}\right) \\ &= 0.6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} = \frac{7.68}{5.87} = 1.31 < 3$$

2.2.4.2 求平均应力

$$\sigma_p = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{7.68 + 5.87}{2} = 0.69 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{kp} = 1.75\gamma b \text{tg}\varphi + 2c(1 + \text{tg}\varphi)$$

式中 γ ——土壤浮容重, 1.9 t/m^3 (设计资料已经给定);

b ——底板计算宽度, 9 m ;

φ ——土壤内摩擦角, 25° (设计资料已经给定);

c ——黏聚力, 0.5 t/m^3 (设计资料已经给定)。

$$\begin{aligned} \sigma_{kp} &= 1.75\gamma b \text{tg}\varphi + 2c(1 + \text{tg}\varphi) \\ &= 1.75 \times 1.9 \times 9 \times \text{tg}25^\circ + 2 \times (1 + \text{tg}25^\circ) \\ &= 1.54 \text{ kN/m}^2 > 0.69 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

即 $\sigma_p < [\sigma_{kp}]$ 。

所以,地基承载力满足要求。

3 水泵梁的结构计算

泵房布置及各种设备和场所的尺寸均已确定,可

以进行泵房的结构设计与计算。湿室型泵房的结构设计应包括屋盖、吊车梁、屋面梁及水泵梁等。该设计选择水泵梁进行结构计算。

3.1 水泵梁的荷载及内力计算

3.1.1 水泵梁的荷载

水泵梁所受的静荷载为水泵和梁的自重。

查荷载分项系数表可知:永久荷载的分项系数 $\gamma_a = 1.05$, 可变荷载的分项系数 $\gamma_c = 1.20$ 。

水泵重:标准值, $G_k = \frac{4.5}{2} = 2.25 \text{ t}$ (一台泵两根梁);

设计值, $G = \gamma_a G_k = 1.05 \times 2.25 = 2.36 \text{ t}$ 。

梁自重:标准值, $g_k = 0.4 \times 0.3 \times 2.4 = 0.29 \text{ t/m}$;

设计值, $g = \gamma_c g_k = 1.05 \times 0.29 = 0.3 \text{ t/m}$ 。

水泵梁按简支梁计算,计算简图如图3所示。

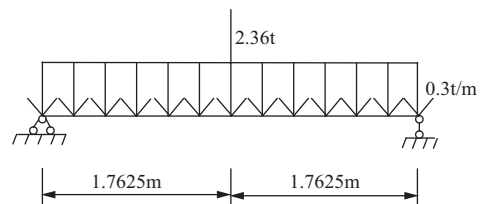


图3 水泵梁计算简图

3.1.2 内力计算

取 $l_n = 3.525 \text{ m}$, $a = 45 \text{ mm}$ (二类环境条件)。

$$h_0 = h - a = 400 - 45 = 355 \text{ mm}$$

梁的计算跨度: $l_0 = l_n + a = 3.525 + 0.045 = 3.57 \text{ m}$ 。

$l_0 = 1.05 l_n = 1.05 \times 3.525 = 3.7 \text{ m}$, 取 $l_0 = 3.7 \text{ m}$ 。

跨中弯矩设计值:

$$\begin{aligned} M &= \gamma_0 \phi \left(\frac{G l_0}{8} + \frac{g l_0^2}{8} \right) \\ &= 1 \times 1 \times \left(\frac{2.36 \times 3.7}{8} + \frac{0.3 \times 3.7^2}{8} \right) \\ &= 1.60 \text{ t} \cdot \text{m} = 15.68 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,查表得1;

ϕ ——设计状况系数,查表得1。

剪力值:

$$\begin{aligned} V &= \frac{G}{4} + \frac{g l_0}{2} = \frac{2.36}{4} + \frac{0.3 \times 3.7}{2} = 1.15 \text{ t} \\ &= 11.27 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.2 配筋

3.2.1 配筋计算

$$\alpha_s = \frac{\gamma_d M}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 15.68 \times 10^6}{12.5 \times 300 \times 355^2} = 0.039$$

式中 γ_d ——结构系数,查表得 1.2;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值,混凝土选用 C25,查表得 $f_c = 12.5 \text{ N/mm}^2$ 。

$$\zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.039}$$

$$= 0.039 < \zeta_b = 0.614 (\text{I 级钢筋})$$

$$A_s = \frac{f_c \zeta b h_0}{f_y} = \frac{12.5 \times 0.039 \times 300 \times 355}{310}$$

$$= 167.48 \text{ mm}^2$$

式中 f_y ——钢筋抗拉强度设计值,查表得 $f_y = 310 \text{ N/mm}^2$ 。

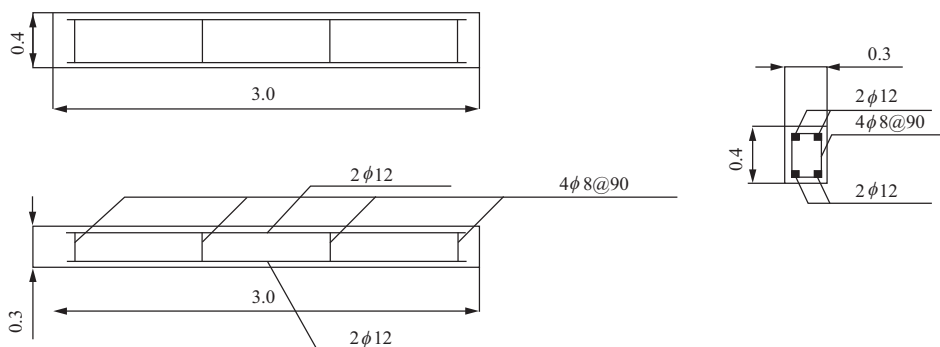


图4 配筋图

选 $2\phi 12, A_s = 226 \text{ mm}^2$ 。

3.2.2 斜截面承载力计算

$$0.25f_c b h_0 = 0.25 \times 12.5 \times 300 \times 355 = 332.8 \text{ kN}$$

$$\gamma_d V = 1.2 \times 11.27 = 13.5 \text{ kN} < 332.8 \text{ kN}$$

所以,截面尺寸满足抗剪要求。

$$V_c = 0.07f_c b h_0 = 0.07 \times 12.5 \times 300 \times 355$$

$$= 93.2 \text{ kN} > \gamma_d V = 13.5 \text{ kN}$$

所以,不用配腹筋。

再选 $2\phi 12, A_s = 226 \text{ mm}^2$ 作为架立钢筋。箍筋

$4\phi 8@90, A_s = 352 \text{ mm}^2$ 。

3.2.3 配筋图

水泵梁的配筋图如图4所示。

4 结语

a. 通过对已设计泵房的抗渗、抗浮、抗滑的稳定性以及地基应力是否超过容许承载力计算,分析得出泵房整体稳定,无需修改泵房布置、结构和尺寸。

b. 通过对湿室泵房水泵梁的荷载、内力计算,设计出水泵梁,再通过配筋和斜面承载力计算,绘制出水泵梁的配筋图。水泵梁的结构设计满足泵房要求。◆

(上接第44页)龙潭水库的成功应用,一方面体现了其优越性和可实施性,另一方面对类似工程具有普遍的指导意义。◆

参考文献

[1] 陈东清. 不同挡水建筑物方案的应用比选[J]. 水利规划与设计, 2014(1), 56-59.

参考文献

[1] 栾鸿儒. 水泵机水泵站[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1993.

[2] 丘传忻. 泵站工程[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2001.

[3] 杨进良. 土力学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000.

[4] 吴持恭. 水力学[M]. 北京:高等教育出版社, 1982.

[5] 宋祖诏, 张思俊, 詹美礼. 取水工程[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.

[2] 王二平, 张玉华, 张小虎, 等. 顶部建橡胶坝的溢流堰体研究[J]. 人民黄河, 2006(8), 67-69.

[3] 郭莉莉. 宝泉抽水蓄能电站下水库溢流堰顶橡胶坝设计[J]. 河南水利与南水北调, 2006(10), 72-74.

[4] SL 227—98 橡胶坝技术规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 1999.

橡胶坝在山区水库工程中的推广应用

赵丽华 陈丽刚 冯向珍

(黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

【摘要】 针对水库高供水设计保证率,以及水库所在山区河流暴涨暴落的特点,选择在溢流堰顶设橡胶坝,在保证水库自身行洪的同时,最大程度地增加水库有效蓄水量,并尽可能少的增加工程投资。针对堰顶平台这一特殊的溢流堰体型,通过水工模型试验,选取幂曲线连接,更接近水流特点,堰顶负压较小。溢流堰顶设橡胶坝泄洪的方法从技术经济上分析是可行的。

【关键词】 橡胶坝;高供水保证率;山区水库;幂曲线

中图分类号: TV641

文献标识码: A

文章编号: 1005-4774(2017)02-0040-05

Popularization and application of rubber dam in mountain area reservoir project

ZHAO Lihua, CHEN Ligang, FENG Xiangzhen

(Yellow River Survey Planning and Design Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Rubber dam is set at the top of overflow weir in the view of high water supply design guarantee rate in the reservoir, and characteristic of river water level sudden rising and falling in mountain area reservoir. Own flood draw-off of the reservoir is guaranteed. Meanwhile, effective water storage of the reservoir is increased maximally, and the increased investment in the project is minimized as far as possible. Power curve connection is selected through hydraulic model test aiming at the platform at the top of the weir—a special overflow weir shape, which is closer to water flow characteristics, and negative pressure at the top of the weir is small. The method of setting rubber dams at the top of overflow weir is feasible in the aspect of technical economy analysis.

Key words: rubber dam; high water supply guarantee rate; mountain area reservoir; power curve

栾川县城第四饮水工程位于河南省栾川县城西部的石庙乡境内,为栾川县政府建设的城镇自来水供水工程,工程由龙潭水库工程、引水配水管线工程、双堂水厂扩建工程组成。

龙潭水库采用碾压混凝土重力坝布置方案,碾压混凝土重力坝由挡水坝段、溢流坝段组成,坝顶长度290.00m,共分12个坝段,其中溢流坝段长69.00m。

坝顶高程904.00m,最大坝高49.00m,正常蓄水位902.00m,死水位875.50m,汛限水位899.00m,有效库容625.79万 m^3 。龙潭水库可向栾川县城第四饮水工程日供水1.48万 m^3 ,年供水540.2万 m^3 。

龙潭水库泄洪建筑物采用开敞式溢流堰+橡胶坝,挑流消能。溢流净宽62.50m,堰顶高程899.00m,堰顶顺水流方向长9.00m,下游堰面为WES曲线。堰