

船闸闸门、阀门自重的估算

何运林

(西北农业大学水利系)

摘 要

船闸闸门和阀门是船闸工程中的主要建筑物。本文调查了我国30多年来所建的782座船闸工程,共搜集了2,500多扇船闸闸门和阀门资料,运用数理统计理论,首次导出了估算各种船闸闸门和阀门自重的四个新公式。这些公式经审定满足了当前船闸工程设计和交通部《船闸设计规范》编写的要求。

关键词 船闸闸门; 阀门; 船闸工程; 设计

在水运工程的规划及初步设计阶段,必须选定适合的船闸闸门、阀门的门型,确定或估算其自重。闸门、阀门的自重不仅影响本身造价,且与启闭机容量及其造价有关,它直接影响工程造价。

虽然精确地确定闸门、阀门自重要在施工设计完成以后进行,然而,根据数理统计的观点,可采用经验公式进行估算。美国、苏联、中国和英国先后提出了估算各种水工钢闸门自重的经验公式^[1-6],中国提出了估算钢筋混凝土及钢丝网水泥闸门自重的经验公式^[7]。但是,在估算船闸闸门、阀门自重的经验公式方面,除本文作者已提出了两个经验公式^[8]外,尚未见到系统的公式。

根据实际调查研究和参考文献9,我国当前共有船闸782座,船闸闸门有15种门型合计1451扇,其中使用最广泛的是平面人字钢闸门,占闸门总数42%,其次是升降式平面钢闸门,占闸门总数20%,再者是横拉钢闸门。单扇旋转门在个别省的小型船闸中也用得较多,至于其他十一种门型,不超过闸门总数的5%。输水阀门有13种门型,共计1,112扇,其中平板阀门占84%,其他各种型式的阀门数量,每一种分别在阀门总数的7%以下。

本文对广泛运用的平面人字钢闸门、升降式平面钢闸门、横拉钢闸门以及平板钢闸门等四种闸门、阀门,按数理统计理论^[10,11]进行了分析研究,从而导出了四个估算船闸闸门、阀门自重的经验公式。

本文于1986年1月8日收到。

(一) 平面人字钢闸门

按照Davis等^[2, 5-8]和数理统计理论分析, 平面人字钢闸门的重量可用下式表示:

$$G = ah^b W^c \quad (1)$$

G = 平面人字钢闸门的自重 (吨); h = 平面人字钢闸门的高度 (米);

W = 平面人字钢闸门一个门扇的宽度 (米); a, b, c = 待定系数。

根据数理统计理论得

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial A} &= \sum_{i=1}^N (y_i - A - bX_{1i} - CX_{2i}) = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial b} &= \sum_{i=1}^N [(y_i - A - bX_{1i} - CX_{2i})X_{1i}] = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial C} &= \sum_{i=1}^N [(y_i - A - bX_{1i} - CX_{2i})X_{2i}] = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

或

$$\left. \begin{aligned} NA + (\sum_{i=1}^N X_{1i})b + (\sum_{i=1}^N X_{2i})C &= \sum_{i=1}^N y_i \\ (\sum_{i=1}^N X_{1i})A + (\sum_{i=1}^N X_{1i}^2)b + (\sum_{i=1}^N X_{1i}X_{2i})C &= \sum_{i=1}^N (X_{1i}y_i) \\ (\sum_{i=1}^N X_{2i})A + (\sum_{i=1}^N X_{2i}X_{1i})b + (\sum_{i=1}^N X_{2i}^2)C &= \sum_{i=1}^N (X_{2i}y_i) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

按照调查分析所获得资料完善的94扇人字钢闸门的原始资料, 运用电子计算机, 求得估算人字钢闸门自重的经验公式为:

$$G = 0.084h^{1.188}\omega^{1.549} \quad (4)$$

相关系数 R 为

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} = 0.9491$$

方程式(4)和94扇平面人字钢闸门的重量绘于图1中。

(二) 横拉钢闸门

根据调查分析得到资料完善的40扇横拉钢闸门的原始资料, 按统计理论同理求得估算自重的经验公式为:

$$G = 0.07h^{0.957}\omega^{1.657} \quad (5)$$

式中 G = 横拉钢闸门的自重 (吨);

h = 横拉钢闸门的高度 (米);

ω = 横拉钢闸门的宽度 (米)。

相关系数为

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} = 0.9803$$

公式(5)与横拉钢闸门的实际重量绘于图2中。

(三) 升降式平面钢闸门

根据调查分析获得资料完善的70扇升降式平面钢闸门的原始资料,按数理统计理论导得下列经验公式:

$$G = 0.028K_w h^{2.948} W^{1.848} \quad (6)$$

式中 K_w = 闸门宽度修正系数,

当 $W < 11$ 米时, $K_w = 7.16W^{-0.82}$; 当 $W \geq 11$ 米时, $K_w = 1.0$ 。

其余符号意义同前。

公式(6)经70扇升降式平面钢闸门的验算,有90%的闸门估算偏差小于 $\pm 20\%$,并与其它估算平面钢闸门自重的经验公式的精度进行了比较。现将有关公式验算精度的成果列于附表。从表中明显看出,公式(6)的估算精度高于其它有关经验公式。

(四) 平板钢阀门

根据调查统计和分析得60余扇资料完善的平板钢阀门的原始资料,应用数理统计理论导得下列估算平板钢阀门自重的经验公式:

$$G = (0.3 \sim 0.5) F^{0.850} \quad (7)$$

式中 F = 阀门的面积(米²);

G = 阀门的自重(吨)。

公式(7)的估算精度,经64扇平板钢阀门的验算,有80%的阀门其偏差 $< \pm 20\%$ 。当阀门的设计水头 H 较大时,公式(7)中的系数应取大值。

本文对全国17个省市共782座船闸进行了全面的调查、统计和分析,运用数理统计理论导出了人字钢闸门、横拉钢闸门、升降式平面钢闸门以及平板钢阀门等四种闸门、阀门估算自重的经验公式,经分析、验算(见图1、图2及附表),四个经验公式的估算精度完全能满足工程要求。

虽然本文提出的四个经验公式,其原始资料来自全国部分省、市已建船闸工程,但对国外船闸的同类型闸门,这些经验公式也是适用的。例如,比利时的泽默斯特新船闸中的平面钢闸门,其尺寸和自重分别为:闸门高度 $h = 9.3$ 米,闸门宽度 $W = 29.25$ 米,闸门实际自重 $G = 125$ 吨,按本文公式(6)算得闸门重为 $G = 118.8$ 吨,估算门重的偏差为 -4.96% 。由此可见,该公式的估算精度不仅满足生产要求,而且精度较高。

本文在搜集资料的过程中,承蒙全国17个省市的交通局、交通设计院等单位的大力支持和协助,尤其是交通部水运规划设计院的热忱支持,研究成果经交通部船闸规范会议审查通过,并全部列入了船闸设计规范。在此,谨致谢意。

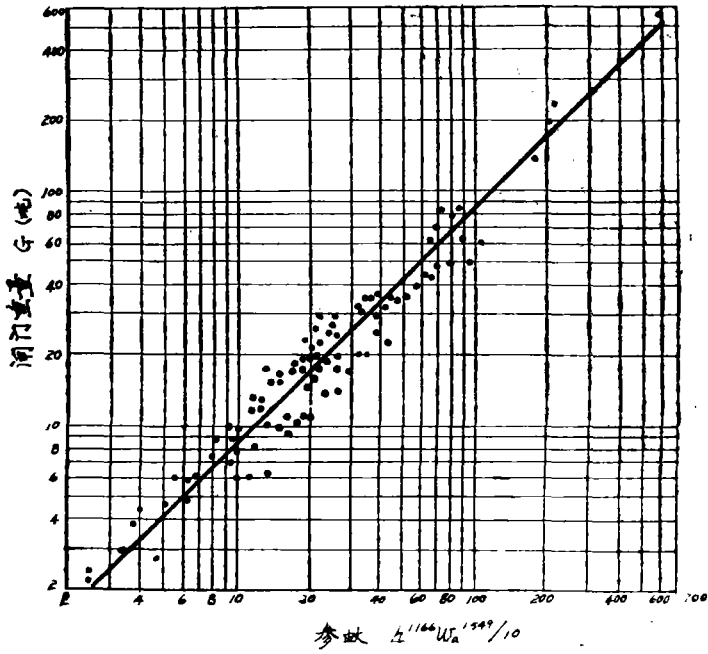


图1 平面人字钢闸门重量

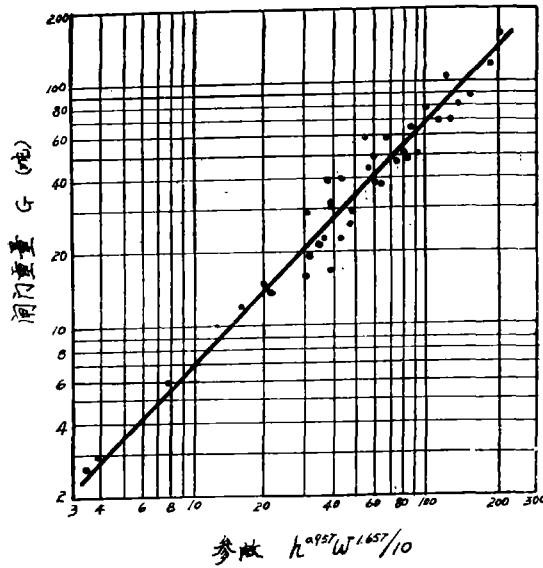


图2 横拉钢闸门重量

附表 平面钢闸门估重公式精度比较

No	公式型式	适用范围	验算闸门数量 (扇)	偏差 $\leq$ $\pm 20\%$ 的闸门 (%)	公式来源
1	$g = 64(\sqrt[3]{H_{中}B^3} - 1)$ 公斤/米 ²	水工露顶平面 定轮钢闸门	67	18	参考文献 [4]、[12]
2	$g = K\sqrt[3]{H_{中}B^3}$ 公斤/米 ²	水工平面钢 闸门	359	40	参考文献 [4]
3	$G = 0.157 A \sqrt[3]{A}$ 吨	水工平面钢 闸门	359	15	参考文献 [4]
4	$G = 0.055 A \sqrt[3]{A}$ 吨	水工平面钢 闸门	359	12	参考文献 [4]
5	$G = K_z K_g K_{ch} 1.43 B^{0.88}$ 吨	水工露顶平面 钢闸门	113	76	参考文献 [5]、[13]
6	$G = 0.073 K_1 K_2 K_3 A^{0.83} H^{0.78}$ 吨	水工潜孔平面 定轮钢闸门	205	80	参考文献 [5]、[13]
7	$G = 0.022 K_1 K_2 K_3 A^{1.34} H^{0.68}$ 吨	水工潜孔平面 滑动钢闸门	134	80	参考文献 [5]、[13]
8	$G = 0.33 K_{结} K_{支} h^{0.41} B^{0.78} H$ 吨	水工露顶平面 钢筋混凝土及 钢丝网水泥闸门	65	70	参考文献 [7]
9	$G = 0.07 h^{0.857} w^{1.887}$ 吨	船闸横拉钢 闸门	57	81	本文公式 [5]
10	$G = 0.028 K_w h^{0.848} w^{1.848}$ 吨	船闸升降式 平面钢闸门	70	90	本文公式 [6]

参 考 文 献

[1] Boissonnault, F.L.: Estimating Data for Reservoir Gates, Paper No, 2352, Transaction of ASCE, 1948.

[2] Davis, C. V.: Handabook of Applied Hydraulics, McGraw-Hill, USA, 1952.

[3] Е. И. ЗАПЬКИНСОН, Е. Е. НЕФЕДОВ., СЕГМЕНТНЫЕ СТАП-
ТНЫЕ ЗАТВОРЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, 1958.

[4] А. И. ОТРЕШКО., ИНЖЕНЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В ГИДРОМЕПОР-
АТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, 1955.

[5] 何运林: 水工钢闸门估算自重的经验公式, 《技术参考资料》, 1978年, 第 6 期。

[6] Erbiste, P.C.: Estimating Gate Weights, Water Power and Dam Construction, May, 1984.

[7] 何运林: 估算钢筋混凝土及钢丝网水泥闸门自重的经验公式, 《水利水电技术》, 1980 年 第 3 期。

[8] 何运林: 估算船钢人字钢闸门、横拉钢闸门自重的经验公式, 《水运工程》, 1982年 8 月。

[9] 全国通航建筑物资料汇编, 交通部水运规划设计院, 1978年,

- [10] Hald, A.: Statistical Theory With Engineering Application.
[11] Hawkins, C. A., and Weber, J. E., Statistical Analysis, Harper and Row, 1980.
[12] 《水工建筑物钢闸门设计规范》, 北京, 1964年。
[13] 《水利水电工程钢闸门设计规范SDJ13—78》, 水利电力出版社, 1978年。

Estimating Gate and Valve Weights in the Lock

He Yunlin

(Water Conservancy Department, Northwestern Agricultural University)

Abstract

Gates and valves are the major engineering structures in the lock. This paper investigates 782 lock engineering built for more than 30 years in China, and collects information of more than 2500 gates and valves. By using statistic theory, 4 new empirical formulas for estimating weights of gate and valve in the lock have been first obtained. After being examined and approved, these formulas meet the current needs of lock engineering design and the compilation of «specification of lock Design» by the Ministry of Communication.

Key Words lock gate, valve, lock engineering, design