

水面舰艇下水结构强度计算方法

1 范围

1.1 主题内容

本指导性技术文件规定了水面舰艇下水船体结构总纵强度、局部强度计算的方法。

1.2 适用范围

本指导性技术文件适用于采用纵向滑行式下水的水面舰艇。

2 引用文件

GJB 4000-2000 舰船通用规范

3 定义

本章无条文。

4 一般要求

4.1 为确保下水时船体结构强度,在单一建造或批量建造的首制舰艇(含改进型首制舰艇)下水前,应进行下水船体结构强度计算。

4.2 下水船体结构强度计算所需的数据、资料一般如下:

- a) 基本结构图;
- b) 船体理论站处剖面惯性矩;
- c) 弯矩和剪力计算书;
- d) 下水布置图;
- e) 下水计算船台参数;
- f) 下水时舰艇重量、重心汇总清单;
- g) 舰艇下水时的计算水位和舰艇压载状态;
- h) 舰艇承受船台最大支反力时(中拱状态)的位置及艏、艉吃水;
- i) 产生艏支点最大支反力时(中垂状态)舰艇的位置,艏、艉吃水及最大支反力。

4.3 进行总纵强度计算时,应绘制中拱状态下船体的弯矩、剪力、挠度曲线及中垂状态下船体的弯矩、剪力曲线。

4.4 计算局部强度时,应校核受压构件的稳定性。

4.5 根据强度校核结果,如需要加强时,应绘制出船体结构加强图。

5 详细要求

5.1 计算状态的确定

水面舰艇下水时,应对以下两种最危险状态进行结构强度计算:

- a) 重力和浮力的合力距滑道末端最近,产生船台最大支反力的中拱状态;
- b) 船体绕艏支点(艏支架或艏横梁)旋转时,产生最大艏支点支反力的中垂状态。

5.2 外力的计算

5.2.1 舰艇重量分配及舰艇重量曲线

将下水时船体和所有上船装置、机电设备设施、压载以及下水装置的重量分配到各理论站距上,绘制成舰艇重量曲线。

5.2.2 浮力曲线

根据中拱、中垂吃水,由邦金曲线按积分法计算中拱、中垂状态的船体浮力,绘制成浮力曲线。中拱状态下应计入下水装置的浮力。

5.2.3 船台单位长度刚性系数计算

船台单位长度刚性系数按公式(1)、公式(2)和公式(3)计算:

$$k = 2 \times 10^2 / \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{S_i \cdot E_i} \dots\dots\dots (1)$$

对滑道或滑板:

$$S_i = b \dots\dots\dots (2)$$

对墩木:

$$S_i = S_{墩木} / d \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- k ——单位长度刚性系数, N/cm^2 ;
- h_i ——某一材料高度, cm ;
- S_i ——某一材料单位长度截面面积, cm ;
- b ——滑道或滑板的宽度, cm ;
- $S_{墩木}$ ——墩木的横截面积, cm^2 ;
- d ——墩木的间距, cm ;
- E_i ——某一材料弹性模量, MPa ;
- n ——组成船台刚性系数的材料个数。

5.3 总纵强度计算

5.3.1 中拱状态

中拱状态下船体受重力、滑道反力及浮力的作用。将舰首至艏支点、滑道末端墩木至舰尾的力和力矩作为边界条件,采用弹性基础梁理论计算船体的挠度、剪力、弯矩,并绘出中拱状态下船体的挠度、剪力、弯矩曲线图。

5.3.2 中垂状态

中垂状态下船体受重力、浮力及艏支点的支反力作用。
按公式(4)、公式(5)计算理论站上的剪力和弯矩,并绘出中垂状态下船体的剪力、弯矩曲线图。

$$N(x) = \int_0^x [p(x) - q(x)] dx - R_0 |_{x=L_1} \dots\dots\dots (4)$$

$$M(x) = \int_0^x \int_0^x [p(x) - q(x)] dx^2 - R_0(x - L_1) |_{x=L_1} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- $N(x)$ ——剪力, kN ;
- $M(x)$ ——弯矩, $kN \cdot m$;
- $P(x)$ ——舰艇重量曲线密度, kN/m ;
- $q(x)$ ——浮力曲线密度, kN/m ;
- R_0 ——最大支反力, kN ;
- L_1 ——艏支点距坐标原点距离, m 。

5.3.3 总纵强度校核衡准

5.3.3.1 将下水时中拱、中垂状态下船体的最大剪力、弯矩与静置在波浪上时船体相应位置的剪力、弯

矩相比较,若前者均小于后者,则下水时的船体总纵强度满足要求,否则应重新调整下水重量分配方案(调整液舱或加压载等措施),然后再进行计算。

5.3.3.2 如果在设计过程中没有进行外力计算(即没有进行比较的对象)时,或者不便于进行重量分配调整时,则可根据 GJB 4000 中 102 章主船体总纵强度校核的方法校核下水时船体结构的总纵弯曲应力。此时许用应力衡准为:

许用正应力: $[\sigma] = 0.6\sigma_s$;

许用剪应力: $[\tau] = 0.4\sigma_s$;

σ_s ——材料屈服强度,MPa。

5.4 局部强度计算

5.4.1 中拱状态下局部强度校核

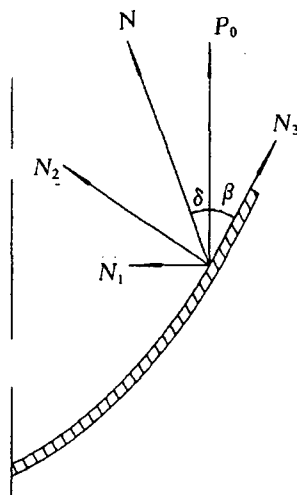
中拱状态下,船体底部受到船台最大支反力的作用,应对该作用区内的中内龙骨和横舱壁(可按板架或梁)进行强度和稳定性校核。

5.4.2 中垂状态下局部强度校核

中垂状态下,艏支点将承受最大的支反力,应对艏支点作用区的船体结构(可按板架或梁)进行局部强度和稳定性校核。

5.4.2.1 艏支架作用区船体局部强度校核

校核艏支架作用区的旁内龙骨和肋骨时,可作为承受集中载荷的自由支持梁计算,如图 1。外力用公式(6)、公式(7)计算。



N —艏支架(艏墩处)对船体作用力,kN;

N_1 —水平力,kN。

图 1

$$N_2 = P_0 \frac{\sin(\beta + \delta)}{\cos \delta} \dots \dots \dots (6)$$

$$N_3 = P_0 \frac{\cos(\beta + \delta)}{\cos \delta} \dots \dots \dots (7)$$

式中:

N_2 ——法向力,kN;

N_3 ——切向力,kN;

P_0 ——艏支架(艏墩处)垂向反力,kN;

β ——艏支架(艏墩处)船体表面与垂向间夹角, (°);

δ ——艏支架(艏墩处)外力方向与垂向间夹角, (°)。

5.4.2.2 艏横梁作用区局部强度校核

遭受最大支反力作用的艏横梁区外板板架、横舱壁及支柱均应进行强度、稳定性校核。

5.4.3 许用应力衡准

许用正应力: $[\sigma] = 0.8\sigma_s$;

许用剪应力: $[\tau] = 0.4\sigma_s$;

σ_s —材料屈服强度, MPa。

5.4.4 稳定性储备衡准

校核稳定性时, 应保证不小于 1.5 倍的稳定性储备。船体尾浮时艏支点区的船体结构稳定性储备应不小于 2.0。

附加说明:

本指导性技术文件由中国船舶重工集团公司提出。

本指导性技术文件由中国船舶重工集团公司标准化研究中心归口。

本指导性技术文件由中国船舶重工集团公司七院七〇一研究所负责起草。

本指导性技术文件主要起草人: 周心桃、李朝晖、杜国和、周 萍、李 炎、梅国辉。

本指导性技术文件计划项目号: 9CZ08。