



方沉箱浮游稳定特性

侯 勇, 王 军, 宋兰芳, 沈迪洲

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 针对某港码头方沉箱, 探讨了影响方沉箱浮游稳定特性各因素 (定倾半径、质心到浮心的距离、定倾高度和沉箱吃水) 随着沉箱密度和前舱加水高度的变化规律。结果表明: 在前舱加水高度不变的情况下, 方沉箱定倾半径和质心到浮心的距离随着沉箱密度增加而减小, 定倾高度和沉箱吃水则相反; 在沉箱密度不变的情况下, 各因素随着沉箱密度的变化规律同前舱加水高度。前舱加水高度过高, 会引起方沉箱的浮游由稳定平衡变为不稳定平衡, 存在较大风险, 而规范中并未有所体现, 建议设计时加以考虑。同时在满足浮游稳定的前提下, 尽量减少前舱加水高度从施工上来说是很有必要的。

关键词: 方沉箱; 浮游稳定特性; 前舱加水高度; 定倾高度

中图分类号: U 656.1+11

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0071-03

Floating stability characteristic of rectangular caisson

HOU Yong, WANG Jun, SONG Lan-fang, SHEN Di-zhou

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: This paper discusses the variation law of factors (metacentric radius, distance from the gravity center to the buoyant center, metacentric height and draft of caisson) impacting the floating stability of the rectangular caisson with the change of the unit weight of concrete and the height of ballast water in the front compartments of the caisson in some port. The results show that if the ballast water in front compartments of the caisson remains the same, the metacentric radius and the distance from the gravity center to the buoyant center will decrease with the increase of unit weight of concrete, but the metacentric height and the draft of caisson will increase. The initial stable equilibrium of the caisson will be changed into unstable equilibrium because of higher water level in the front compartments of the caisson. The risk is not included in the codes and should be considered in design. The decrease of the height of ballast water in the front compartments of the caisson under the premise of satisfying the floating stability is necessary for the construction.

Keywords: rectangular caisson; floating stability characteristic; height of ballast water; metacentric height

大型方沉箱是目前重力式码头最重要的结构形式^[1-2], 其质量一般可达几千吨至上万吨, 基本上都需要在陆上预制场预制完成后通过流放进而浮游至现场安装, 浮游稳定过程复杂、受干扰因素多且存在较大安全风险, 沉箱的浮游稳定性就显得特别重要。

规范^[3]给出了沉箱浮游稳定的计算公式和方法, 以及满足浮游稳定时定倾高度的要求; 徐彦

东等^[4]通过对某港码头方沉箱浮游情况的实体观测, 探讨了计算方沉箱浮游稳定时选取相关参数应注意的问题, 提出以抗倾力矩来平衡方沉箱浮游稳定的计算方法; 张宏飞^[5]、陈庆韬^[6]结合实际工程对方沉箱的浮游稳定进行计算分析, 探讨沉箱浮游稳定参数的选取, 以确保其一直处于稳定状态。

本文以某港码头方沉箱数据为依据, 探讨了

收稿日期: 2014-12-12

作者简介: 侯勇 (1984—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口工程设计与管理工作。

沉箱密度 ρ 和前舱加水高度 h 对方沉箱浮游稳定特性各因素（定倾半径 r 、质心到浮心的距离 a 、定倾高度 m 和沉箱吃水 T ）之间的关系，进而得出方沉箱浮游稳定特性规律，为以后的方沉箱浮游稳定计算提供参考。

1 方沉箱概况

某港新建工程包括 2 个 7 万吨级散货码头（结构按 15 万吨级设计），码头结构采用连片式方沉箱结构，共有沉箱 28 个（图 1）。方沉箱尺寸为长 22.84 m × 宽 16.00 m（含前趾 1.20 m）× 高 20.50 m，沉箱前壁厚 400 mm、后壁厚 350 mm、侧壁厚 350 mm、隔板厚 250 mm、底板厚 700 mm，共计 15 个（5 × 3）隔舱，单个沉箱质量约 3 300 t。

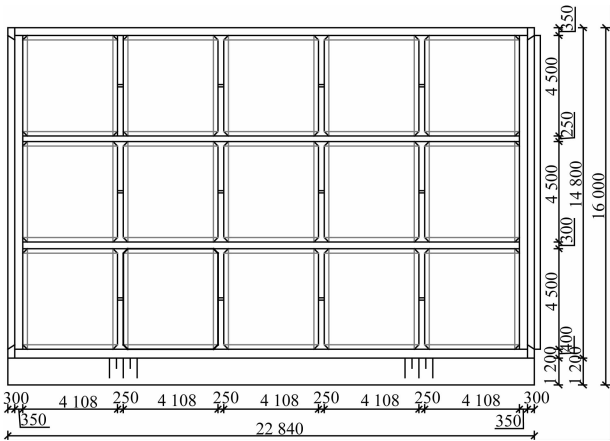


图 1 方沉箱平面（单位：mm）

按照设计要求，沉箱浮运过程中相邻隔舱之间水头差不应大于 1.5 m，要求按照 1.0 m 控制，依据规范^[3]进行浮游稳定性计算，得到当前舱加水高度 $h = 2.5$ m、中舱加水高度 3.5 m、后舱加水高度 4.5 m 时（以下计算均按压舱水高差 1.0 m 为原则），定倾高度 $m = 0.42$ m > 0.20 m（考虑近程浮运且沉箱密度 $\rho = 2.45$ t/m³）满足浮游稳定，此时沉箱吃水 $T = 12.5$ m。

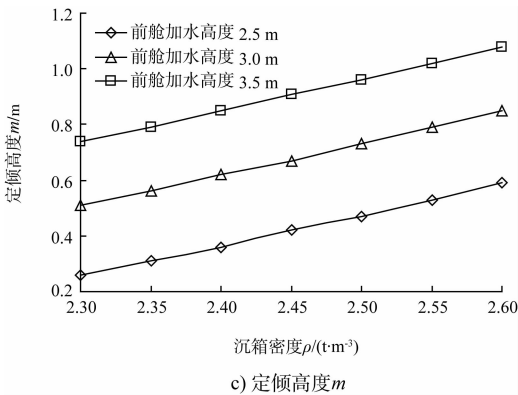
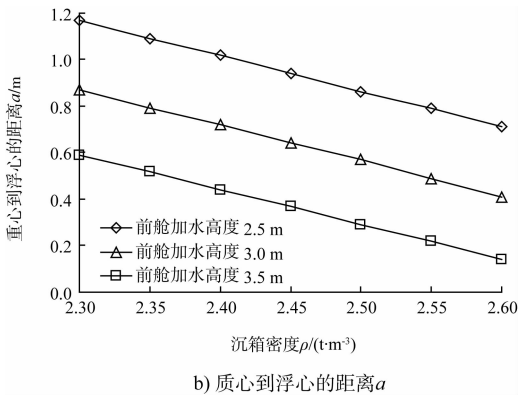
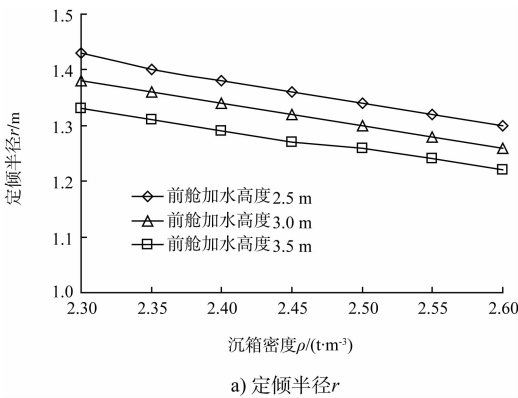
2 方沉箱浮游稳定特性分析

沉箱在不受其他外力作用的情况下保持其自身的浮游稳定状态，要求沉箱自身的重力与浮力保持平衡，处于重力-浮力平衡点，此时质心与浮

心位于同一垂线上，且浮心在下，质心在上，达到稳定平衡状态。下文在方沉箱满足规范要求的浮游稳定状态下，分别从沉箱密度和沉箱前舱加水高度 h 两个参数讨论方沉箱的浮游稳定特性。

2.1 沉箱密度对方沉箱浮游稳定特性的影响

图 2 给出了方沉箱定倾半径 r 、质心到浮心的距离 a （本文规定质心在上，浮心在下，为正值，反之为负值。下同）、定倾高度 m 、沉箱吃水 T 随着沉箱密度 ρ 的变化情况。可以看出，定倾半径 ρ 、质心到浮心的距离 a 均随着沉箱密度 ρ 的增加而减小，且前者减小的速率明显小于后者，但是变化速率均与前舱加水高度 h 无关。



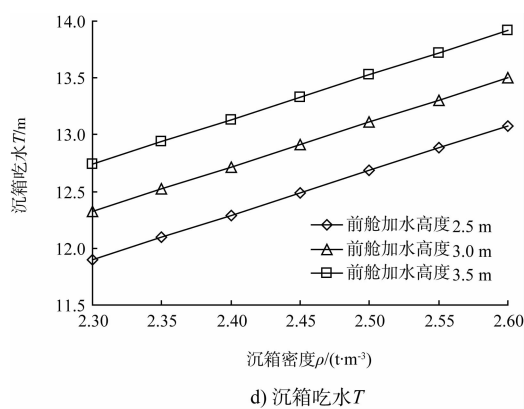


图 2 各因素随沉箱密度 ρ 的变化

定倾高度 ($m = r - a$) 随着沉箱密度 ρ 的增加而增加, 说明沉箱密度在一定范围内的增加有利于方沉箱的浮游稳定。现场沉箱密度实测结果表明, 在沉箱含钢量为 170 kg/m^3 时, 其密度 $\rho = 2.498\text{ t/m}^3 > 2.45\text{ t/m}^3$ (规范建议的沉箱密度取值), 鉴于通常情况下方沉箱的含钢量介于 $170 \sim 190\text{ kg/m}^3$, 因此规范对于沉箱密度的建议取值对于方沉箱的浮游稳定计算而言偏安全一些。

由图 2d) 可以看出, 随着沉箱密度 ρ 的增加, 沉箱吃水 T 增加且变化速率也与前舱加水高度 h 无关。沉箱吃水的增加必将导致浮游通道水深的增加, 进而增加浮游稳定条件的苛刻性。规范^[3]建议, 此时沉箱密度 ρ 取 2.50 t/m^3 进行计算正是基于此考虑的结果。

2.2 前舱加水高度对方沉箱浮游稳定特性的影响

图 3 给出了方沉箱各因素随着前舱加水高度 h 的变化情况。可以看出, 定倾半径 ρ 、质心到浮心的距离 a 均随着前舱加水高度 h 的增加而减小, 且前者减小的速率明显小于后者且变化速率均与沉箱密度无关。

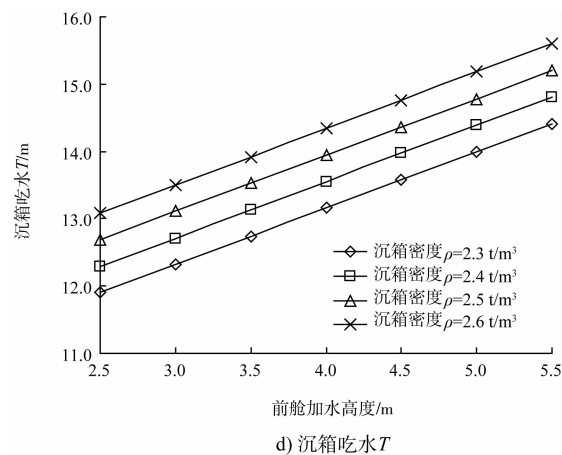
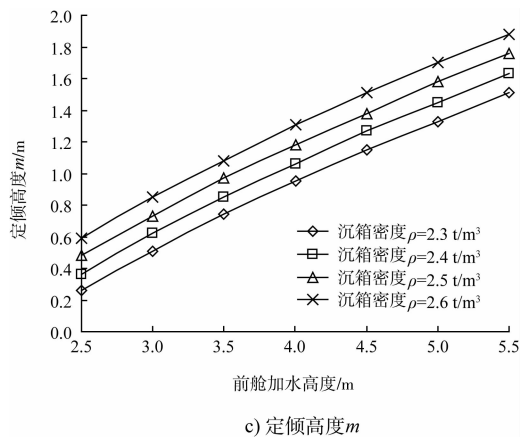
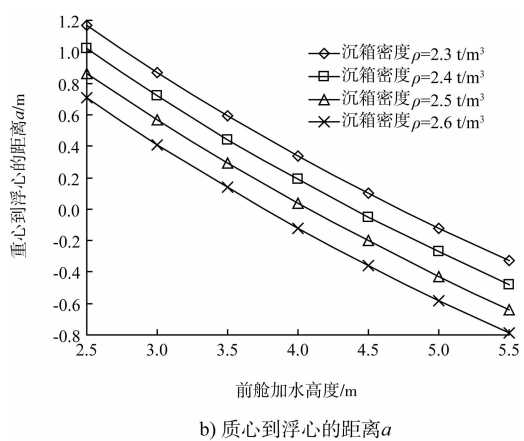
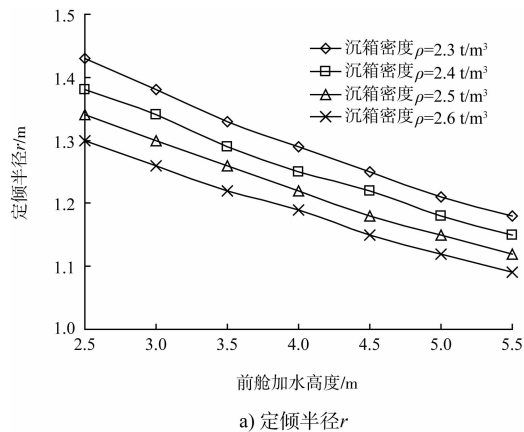


图 3 各因素随前舱加水高度 h 的变化

值得注意的是, 在一定的沉箱密度 ρ 情况下, 质心到浮心的距离 a 会随着前舱加水高度 h 的增加由正值变为负值, 此时, 方沉箱质心和浮心的相对位置换位 (变为质心在下, 浮心在上), 其浮游稳定特性由稳定平衡变为不稳定平衡, 此时方沉箱只要在稍许外力下就会发生不可逆转的倾覆, 存在着巨大的安全风险。