

船舶重大件惯性力计算方法的比较研究

高启新, 李文杰

(大连海事大学 航海学院, 辽宁 大连 116026)

摘要:针对船舶重大件惯性力计算方法选取不当影响系固绑扎安全性的问题,文章通过分析三种船舶重大件惯性力计算方法的特点,以实船数据为基础,应用三种方法计算不同高度重大件横向惯性力的值,并进行了比较,为船舶重大件海上运输的系固绑扎设计提供了指导,提高了船舶重大件运输的安全性。

关键词:重大件;惯性力;计算方法;系固绑扎

中图分类号:U695.2

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)02-0031-03

0 引言

近年来,海运市场上船舶重大件货物运输所占比例越来越大,也越来越受各大航运公司青睐,使得重大件运输船队的规模也在不断地壮大。重大件货物在重量不断攀升的同时,种类也呈现多样化。在运输过程中,重大件货物运输事故时有发生,造成了相当严重的后果,一定程度上影响了航运市场的健康发展。重大件货物运输事故案例表明了重大件货物系固对于重大件货物运输的重要性,而计算重大件货物运动惯性力是系固绑扎设计的前提,本文将对惯性力计算方法的选取进行研究,从而提高船舶重大件绑扎系固设计的安全性。

1 惯性力计算方法对比分析

受实际海况影响,船舶在航行过程中会呈现多种运动状态。船舶重大件货物与船舶无法保持相对静止的状态,进而货物随船舶航行产生惯性力。^[1]惯性力严重影响船舶重大件运输的安全性。因此,惯性力计算方法的选取对保障船舶重大件货物的安全运输尤为重要。以下简要分析三种惯性力计算方法的特点以及适用条件。

1.1 IMO 惯性力计算方法

IMO 惯性力计算方法主要考虑重大件货物在运输船舶上的纵向和垂向位置,通过基本加速度值加以修正得出横向、纵向和垂向的加速度值。货物在船上的纵向和垂向位置会影响横向、纵向和垂向加速度值。由于船舶纵摇和碰撞的影响,货物纵向位置对于垂向加速度影响相比对于横向和纵向加速度的影响大很多。^[2]由于货物重心高度对于船舶横摇和纵摇所产生的加速度的影响,重大件货物垂向位置对于横向和纵向加速度影响显著。

IMO 惯性力计算方法主要代表有国际海事组织“货物积载与系固安全使用规则”和中国船级社“货物系固手册编制指南 1998”。该方法相对简单且为最常用,适合常规船型。但是该方法也存在一个较大的缺陷,即并没有指明货物重心距离水线的实际距离,因此给实际计算造成了一定的困难。

1.2 基于简谐运动的惯性力计算方法

基于简谐运动的惯性力计算方法通常假设船舶各个运动是独立的,考虑船舶在海上发生简谐运动,采用简谐运动方程推导出惯性加速度的计算公式,船舶纵摇和横摇的周期和幅度会很大程度影响货物纵向和横向加速度,而垂向加速度主要取决于波高。对于积载于船上的重大件货物来说,重大件货物所受的惯性力

最大的时候是最不利的情况,船舶横摇、船舶纵摇和船舶垂荡引起的货物受力会在此时达到最大值。这说明当船舶的横摇角和纵摇角达到最大,垂荡值达到最大时,惯性力值达到最大时为最不利情况。^[3]

应用基于简谐运动的惯性力计算方法计算船舶重大件惯性力时,首先应确定相关船舶运动参数,然后由公式计算出相应的最大加速度值。基于简谐运动惯性力计算方法中货物的垂向位置对于横向和纵向加速度有直接影响,但是横向加速度不会受货物纵向位置的任何影响。此方法表明货物的横向和纵向位置对垂向加速度也有一定影响。应用基于简谐运动惯性力计算方法计算惯性力,首先要确定最大横摇角和纵摇角。然而由于实际船舶运动状态复杂,最大横摇角和纵摇角难以准确计算,因此船舶重大件惯性力计算结果往往存在一定偏差。

1.3 参考惯性力计算方法

加速度是惯性力产生的根本原因,在加速度的求取过程中,在参考了船级社建立的惯性力计算公式的基础上,以实际船舶进行研究,“Safe Stowage and Securing of Cargo on Board Ships”提出了相关惯性力计算方法。^[4]参考惯性力计算方法可以计算几乎所有状况下的重大件货物惯性力,主要通过公式计算横摇和纵摇周期,当船舶重大件货物重心高度过高时应用此方法计算惯性力相比于 IMO 惯性力计算方法更可靠。具体计算公式如式(1)所示:

$$\begin{cases} a_n = g \sqrt{(0.01 + (\frac{0.0702\varphi(Z-T)}{T_r^2} + \sin\varphi)^2)} \\ a_{pl} = g \sqrt{(0.0064 + (\frac{0.0702\varphi(Z-T)}{T_p^2} + \sin\theta)^2)} \\ a_w = g \sqrt{(0.16 + 0.00493(\frac{\varphi}{T_r})^2 + 0.36(\frac{\theta(X-LCF)}{T_p^2})^2)} \end{cases} \quad (1)$$

式中: a_n 为船舶重大件的横向加速度(单位: m/s^2); a_{pl} 为船舶重大件的纵向加速度(单位: m/s^2); a_w 为船舶重大件的垂向加速度(单位: m/s^2); T_r 为船舶的横摇周期(单位:s); T_p 为船舶的纵摇周期(单位:s); φ 为横摇角(单位: $^\circ$); θ 为纵摇角(单位: $^\circ$); X 为纵向货物重心距 $L/2$ 的距离(单位:m); Y 为横向货物重心距中心线的距离(单位:m); Z 为垂向货物重心距基线的距离(单位:m); T 为船舶吃水(单位:m); B 为船宽(单位:m); L 为船长(单位:m); GM 为船舶初稳性高度(单位:m); B 为重力加速度,取 9.81 (单位: m/s^2)。

当利用 $\varphi = 2865C / (B + 75)$ 公式计算横摇角时,其中参数 C 按式(2)~式(6)取值:

$$T_r < 20\text{s} \quad C = 1.1 \quad \text{无舦龙骨} \quad (2)$$

$$C = 1.0 \quad \text{舦龙骨} \quad (3)$$

$$20 \leq T_r \leq 30 \quad C = 2.3 - 0.06T_r \quad \text{无舦龙骨} \quad (4)$$

$$C = 2.0 - 0.05T_r \quad \text{舦龙骨} \quad (5)$$

$$T_r > 30 \quad C = 0.5 \quad (6)$$

2 实例计算

基于以上对三种惯性力计算方法的分析,以实际船舶 MV 轮某一航次为例进行计算。MV 轮船舶资料如下:船长 199.80 m,船宽 27.8 m,航速 19.33 m,横摇周期 12 s,横摇角 27.35° ,初稳性高度值 2.78 m,吃水 9.38 m,船舶底舱高为 6.05 m,二层舱高 8.72 m。当船舶重大件货物垂向高度大于 20 m 时,计算参数按上甲板高位进行相应取值。取 0~60 m 进行横向加速度计算,将 0~25 m 计算数据进行拟合得到图 1,将 0~50 m 计算数据进行拟合得到图 2。

对图 1 和图 2 进行分析可知,IMO 提供的计算方法与其他两种方法计算结果相差较大,基于简谐运动惯性力的计算方法和参考惯性力计算方法结果相近。当船舶重大件货物重心高度小于 25 m 时,IMO 提供的计算方法结果与其他两种算法结果相近;当船舶重大件货物重心高度大于 25 m 时,随重心高度的增加 IMO 提供的计算方法结果与其他两种算法结果计算差值明显增大。当船舶重大件货物重心高度大于 5 m 时,IMO 提供的计算方法的计算值相比其他两种方法小很多。因此,当积载于舱外甲板的船舶重大件货物重心高度

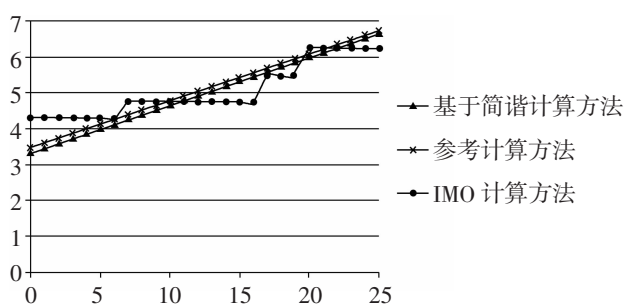


图1 加速度值曲线(0-25 m)

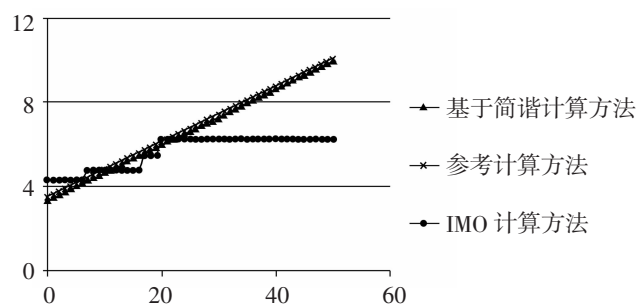


图2 加速度值曲线(0-50 m)

较高时,使用基于简谐运动惯性力计算方法,或参考惯性力计算方法进行计算,相比 IMO 提供的惯性力计算方法更可靠、更安全。

3 结束语

通过对三种船舶重大件惯性力计算方法特点以及计算结果的对比分析可知,当船舶重大件货物积载于露天甲板且重心较高时,在船舶重大件惯性力计算的过程中不建议采用 IMO 提供的惯性力计算方法,采用基于简谐运动惯性力计算方法或参考惯性力计算方法进行计算会更可靠、更安全,同时可以利用刚性焊接的方式将重大件货物与船舶焊接为一个整体进行运输。而对于积载于舱内或积载于甲板重心较低的重大件货物,当符合 IMO 提供的惯性力计算方法的限制条件时,可选用 IMO 提供的惯性力计算方法,同时可以利用柔性系索或刚性焊接止滑块系固后进行运输,这样可以在一定程度上提高船舶重大件绑扎系固方案可靠性,从而提高运输船舶重大件的安全性。

参考文献:

- [1]徐邦祯,田佰军.船舶货运[M].大连:大连海事大学出版社,2011.
- [2]吕瑶,夏斌,张怡.重大件货物海上运输的惯性力研究[J].中国航海,2011(2):57-62.
- [3]沈华.重大件货物刚性系固中的外力计算[J].中国航海,2000(2):28-33.
- [4]朱明.船舶重大件系固与校核模型建立与系统研发[D].大连:大连海事大学,2016.

Comparative Study of Calculation Methods for Inertial Force of Heavy Lifts on Ships

GAO Qi-xin, LI Wen-jie

(Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: Aiming at the problem of improper choice of inertial force calculation methods for ship's heavy lifts which affects the safety of securing and lashing, the article analyzes the characteristics of three inertial force calculation methods, which is based on real ship's data, and the three methods are used to calculate the values of transverse inertial force of heavy lifts which are of different heights. The values are compared, which provides guidance for the design of securing and lashing ship's heavy lifts for maritime transport as well as improves the safety of ship's heavy lifts transport.

Key words: Heavy lift; Inertial force; Calculation method; Securing and lashing