

速度与位置参数对 7 m 高速三体客船碰撞性能影响

唐 印

(盐城市长河船舶设计有限公司, 江苏 盐城 224000)

摘 要:文章借助动态非线性有限元软件 MSC.Dytran,通过改变碰撞速度和碰撞位置等参数对 7 m 高速三体客船碰撞性能进行了研究,分析了碰撞过程中损伤性能、碰撞力、速度与位移和能量吸收等方面的碰撞指标,具有一定的参考价值。

关键词:三体船;碰撞;数值仿真;连接桥

中图分类号:U661.32

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)03-0034-06

0 引言

从外部动力学角度来看,船舶碰撞方法主要有解析法和数值法。在解析法中常用的计算方法有:Minorsky 方法、Zhang 方法和 H-D 理论。1959 年,米诺斯基(Minorsky)通过 26 个船舶碰撞事故发现并得出变形钢材体积跟吸能有种特殊的关系,后来米诺斯基公开发表其理论,并被大众所认知。德国学者沃辛(G. Wosin)在 1967-1976 年期间,充实和发展了米诺斯基理论,并将其应用于船撞桥的分析之中。日本、意大利、英国等也曾作过相关的动力模型试验。在我国,南京理工大学的陈泽宏等也曾对船舶撞击大桥桥墩进行过模型试验。本文将通过改变碰撞速度和碰撞位置等参数对 7 m 高速三体客船碰撞性能进行研究,分析其碰撞指标,以供参考。

1 三体船介绍

7 m 高速三体客船为全玻璃钢材料,采用 189 树脂为黏结剂,无碱无捻正交布为增强材料。船体为单壳纵骨架式,全船肋距 300mm,艏-#3 为机舱, #3-#11 驾驶乘员舱, #11-艏为艏尖舱。船体结构强度按《沿海小型船舶建造规范》(2005)设计。本船主要结构材料如下:平板龙骨 8.0 mm,船底板 6.0 mm,甲板 6.0 mm,舷侧板 7.0 mm,实肋板 II40×60×5,龙骨 II40×80×5。该船主要航行于平静水域。

7 m 高速三体客船主要参数如下:总长 7.10 m,船长 7.08m,型宽 1.26 m,型深 1.10 m,吃水 0.40 m,排水量 1.816 t,主机 44kW 1 台,航速 25 knot(节,1 节=1 海里/小时),载员 1 名,船员 1 名。7 m 高速三体客船的干舷、稳性满足《沿海小型船舶法定检验技术规则》(2007 年)对平静水域的要求,船舶最小干舷为 700 mm。

2 速度参数对三体船碰撞性能的影响

2.1 参数设置

利用动态非线性有限元分析软件 MSC.Dytran 进行仿真计算。^[1]材料采用线性强化弹塑性模型,考虑材料应变率敏感性。有关参数如下:弯曲弹性模量 E 为 9 840 N/mm²,剪切模量 E 为 7 000 N/mm²,泊松比 γ 为 0.3,材料密度 ρ 为 1 600kg/m³,最大塑性应变 0.22。

在碰撞过程中,主要采用一条 7 m 高速三体客船以一定的初速度正面垂直撞击刚性体,研究船舶的碰撞损伤性能。由于刚性体的结构强度要远远大于撞击船,在碰撞过程中可以认为不发生任何变形,因此在模拟时可以考虑用平面刚性板来代替。在仿真过程中,其他条件不变,只改变碰撞速度,如图 1 所示。其速度分别取为 6 m/s、8 m/s、10 m/s 和 12.86 m/s 等四种,碰撞方案如表 1 所示。

收稿日期:2017-03-15

作者简介:唐印(1967—),男,江苏盐城人,盐城市长河船舶设计有限公司工程师。

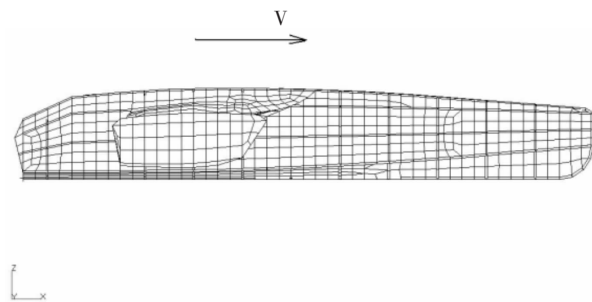


图 1 碰撞示意图

表 1 碰撞方案(撞击速度的影响)

方案	撞头初速度(m/s)	动能(kJ)
	6	34.2
	8	60.8
	10	95
	12.86	157

2.2 损伤变形

经过计算,不同速度下的 7 m 高速三体客船撞击刚性体后的碰撞损伤变形如图 2 所示。从图上可看出:随着速度的增加,相同时刻下船艏的损伤变形愈加严重,撞深随之增加,损伤区域也随之变大。另外,要提高船舶的耐撞性能,除了甲板的耐撞性以外,还需要考虑对首柱的加强,以提高整个艏部的耐撞性能。速度参数对三体船的碰撞损伤性能有着明显的影响,只是损伤严重程度不同。

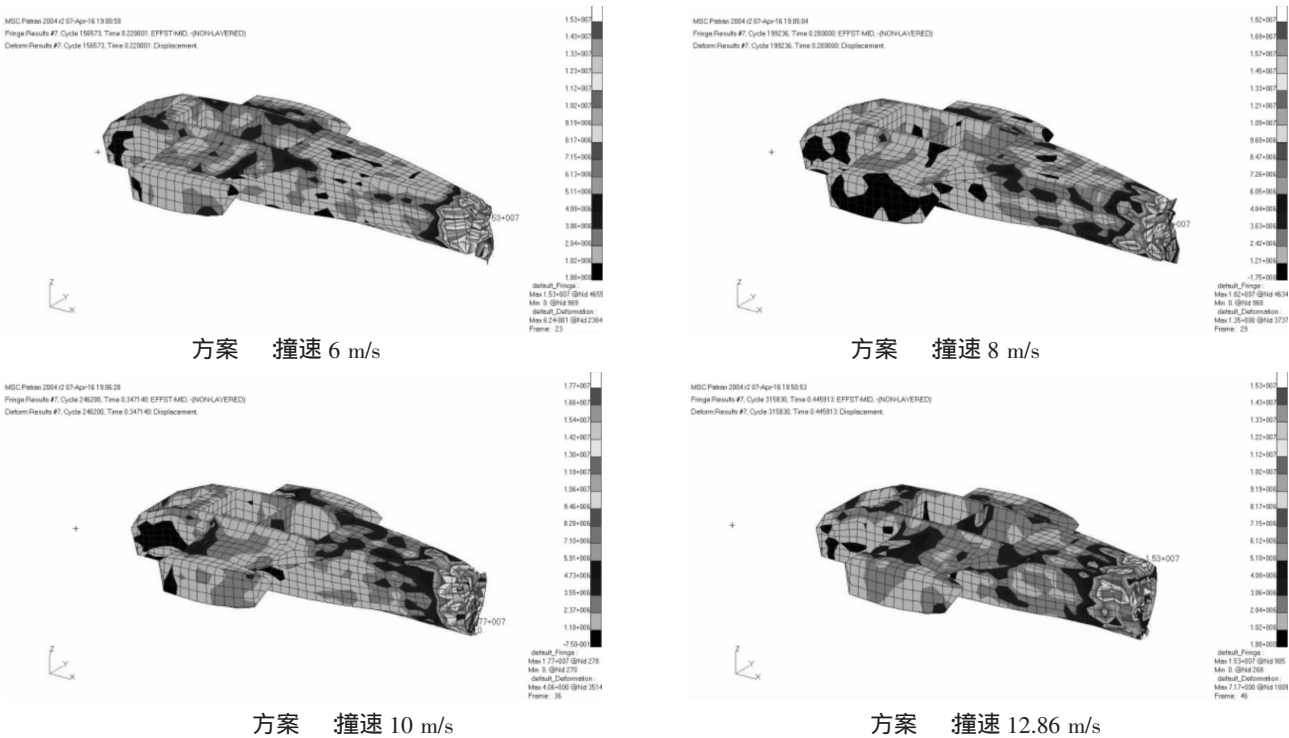


图 2 不同方案下的碰撞损伤变形图

2.3 速度及位移

本次仿真使撞击船分别以 6 m/s、8 m/s、10 m/s 和 12.86 m/s 的初速度运动,得到计算结束时刻不同方案下的撞击船速度变化。

不同方案下的撞击船的速度-时间的变化曲线如图 3 所示。从图中可以看出:在 7 m 高速三体客船撞击

刚性体的过程中,由于碰撞区域发生在船体的端部,虽然端部整体结构较强,但由于整体尺寸相对船体横剖面来说仍然较小,剖面模数较小,在外板破裂后,内部构件的耐撞能力较差。因此,船舶碰撞对船的速度变化没有产生非常明显的影响,船舶依然具有较大的动能,以较高速度继续向前运动。另外,随着碰撞进行,方案 船舶速度下降最快,方案 速度变化最慢,这说明不同速度对船舶速度的阻碍作用不同,速度大的 7 m 高速三体客船对刚性体速度的影响也会变大。

图 4 反映了不同速度的撞击船位移变化,可以看出,四种方案下对于撞击船的位移变化趋势基本相近,基本上呈现线性变化趋势。另外,从图中可以看到尾部上某点作为监测点的纵向坐标位于模型的原点的 -0.1 m ,方案 位移变化量为 0.61 m ,方案 位移变化量为 1.05 m ,方案 位移变化量为 1.45 m ,方案 位移变化量为 1.96 m 。这说明不同速度下撞击时,被撞船起到抑制撞击船往前航行的趋势。同时撞击船撞深的增加也会对被撞船造成更大的结构损伤的影响。

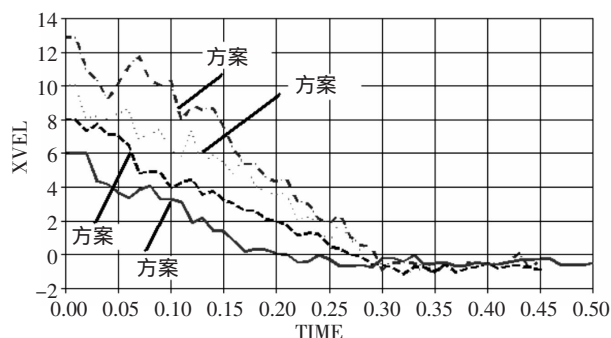


图 3 速度-时间变化曲线

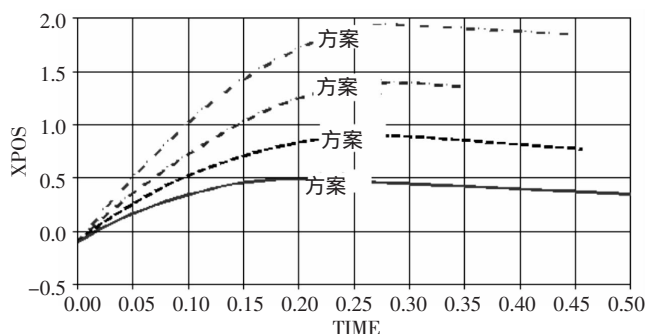
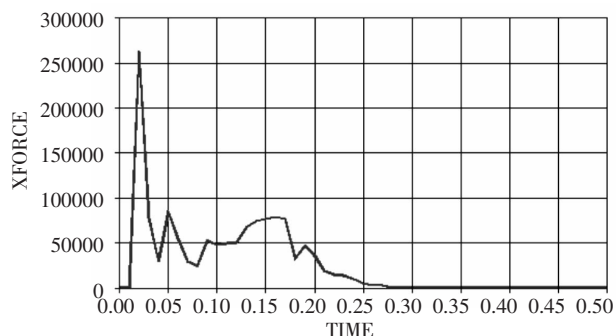


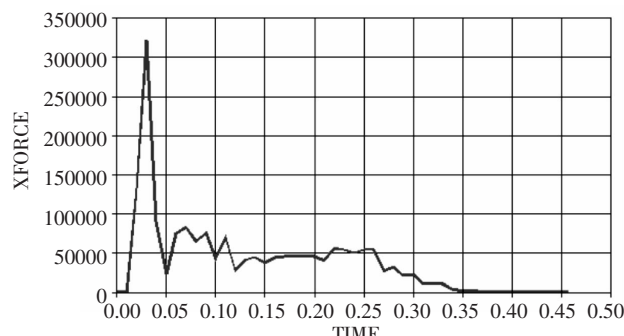
图 4 位移-时间变化曲线

2.4 碰撞力

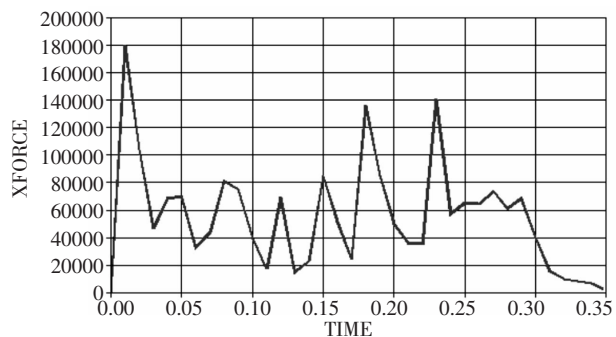
图 5 为四种不同方案下撞击船与刚性体之间的碰撞力曲线。从图中可以看出,四种不同速度碰撞引起的碰撞力的最大值有所不同。方案 在 $t=0.02\text{ s}$ 时,碰撞力达到极值 $2.65 \times 10^5\text{ N}$,随着往后时间的推移,碰撞力逐渐减小;方案 在 $t=0.03\text{ s}$ 时,碰撞力达到极值 $3.20 \times 10^5\text{ N}$;方案 在 $t=0.02\text{ s}$ 时,碰撞力达到极值 $1.80 \times 10^5\text{ N}$;方案 在 $t=0.10\text{ s}$ 时,碰撞力达到极值 $7.20 \times 10^5\text{ N}$ 。通过计算结果可以发现速度以 12.86 m/s 时碰撞力最大,速度以 10 m/s 时碰撞力最小。



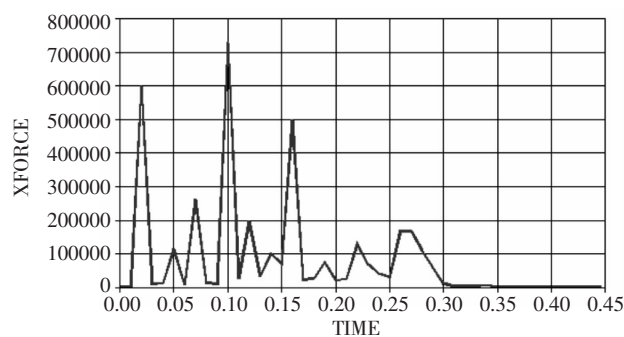
方案 撞速 6 m/s



方案 撞速 8 m/s



方案 撞速 10 m/s



方案 撞速 12.86 m/s

图 5 碰撞力变化曲线

2.5 能量吸收

7m 高速三体客船内部各构件在不同方案下的能量吸收情况如表 2 所示。从曲线上可以看出：

(1)在一定的碰撞时间内,不同构件的能量吸收曲线呈现上升趋势。随着碰撞的进行,同一构件抵御碰撞的能力逐渐增加,总的变形能也随之增大。

(2)船底板、甲板以及内部构件所占比例也不低,可见要想提高耐撞性能也可以从这些构件进行加强。

(3)不难看出方案 - 随着碰撞速度增加,船底外板的能量吸收下降;甲板的能量吸收增加;而舷侧外板和其他构件的能量吸收几乎保持不变。方案 中其他构件的总吸能明显增加,主要由于在碰撞过程中,为了更好地抵御碰撞的变形,参与碰撞主体内部构件的比较多,产生的变形能也随之增加。

(4)不同方案下的 7 m 高速三体客船的总吸能约占总能量的 90 %左右。所损耗的能量主要体现为摩擦能和沙漏能等。

表 2 各构件的吸能汇总

序号	构件名称	方案		方案		方案		方案	
		能量吸收(kJ)	百分比(%)	能量吸收(kJ)	百分比(%)	能量吸收(kJ)	百分比(%)	能量吸收(kJ)	百分比(%)
1	船底	11.2	36	16.8	31	21.5	26	32.5	23
2	甲板	3.8	12	9.2	17	17.9	22	28.5	20
3	舷侧外板	11.5	37	20.0	37	30.5	37	49.5	35
4	其他构件	4.2	15	7.8	15	13.0	15	30	22
5	总吸能	30.7	100	53.8	100	82.9	100	140.5	100

2.6 结果汇总

以 7 m 高速三体客船为例,在改变不同速度的方案下,得到其在结构损伤变形、位移与速度、碰撞力以及船结构能量吸收等方面上的性能,如表 3 所示。

表 3 不同方案下的碰撞结果比较

方案	撞击速度(m/s)	撞后速度(m/s)	碰撞位移(m)	碰撞力(MN)	撞击船能量吸收(kJ)
方案	6	0	0.61	0.265	30.7
方案	8		1.05	0.32	53.8
方案	10		1.45	0.18	82.9
方案	12.86		1.96	0.72	140.5

3 位置参数对三体船碰撞性能的影响

3.1 参数设置

除了碰撞位置发生改变外,其余参数均保持不变,仍为直角碰撞,撞击速度为 12.86 m/s,共有 3 个不同撞击位置进行仿真计算,计算方案如表 4 所示。^[2]方案 表示 7 m 高速三体客船主体撞击刚性体;方案 表示 7 m 高速三体客船附体撞击刚性体;方案 表示 7 m 高速三体客船连接桥区域撞击刚性体。^[3]

表 4 计算方案(撞击位置的影响)

方案	撞击角度(°)	考虑应变率影响	考虑摩擦力影响	撞击速度(m/s)
	90	√	√	12.86

3.2 损伤变形

经过计算,得到了碰撞发生 0.5 s 后 7 m 高速三体客船不同方案下的损伤变形。主要结论如下：

(1)撞击船舶碰撞损伤区域主要集中在受撞区域(方案 为主体首部;方案 为附体首部;方案 为连接桥区域)。随着撞击时间的增加,撞击区域的损伤变形愈加严重,撞深随之增加,损伤区域也随之变大。

(2)就损伤模式而言,方案 的损伤变形以挤压为主的撕裂和膜拉伸为主,在刚性体的碰撞下产生高应力区,随后发生拉伸变形超出失效应变而使外板失效破裂,而方案 和方案 主要以刚性体划割附体和连

接桥而产生的,在受到刚性体碰撞作用下产生屈服、大变形、失稳、断裂。

(3)如果三体船以高速航行,不管是撞击哪个部位,损伤变形都比较明显,以至于造成船毁人亡。因此,要提高船舶的耐撞性能,除了要提高甲板的耐撞性以外,还需要考虑对首柱以及附体接连部位的加强,以提高整个三体船的耐撞性能。

3.3 速度及位移

本次仿真建立了 3 个具有不同撞击位置处的碰撞模型,得到计算结束时刻不同方案下的 7 m 高速三体客船速度变化。

不同方案下的撞击船速度—时间变化曲线如图 6 所示。可以看出:反映该船舶碰撞方案下,方案 中当时间 $t=0.29$ s 时速度为 0,三体船碰撞停止。而方案 和方案 碰撞中,船体附体和连接桥断裂后撞击船仍具有较高的速度,碰撞损伤继续发展,由于撞击船本身质量较大,初始动能巨大,对结构破坏损伤能力较强,损失的动能转化为船首大面积的变形能。

图 7 反映了不同方案下的 7 m 高速三体客船的位移—时间的变化曲线,可以看出:三种方案下对于 7 m 高速三体客船的位移变化基本呈现上升趋势。然而方案 中位移曲线最平缓,方案 位移曲线最陡峭,说明方案 中刚性体抑制三体船往前航行的作用最大,方案 最小,方案 中船体仍然以一定速度往前航行。

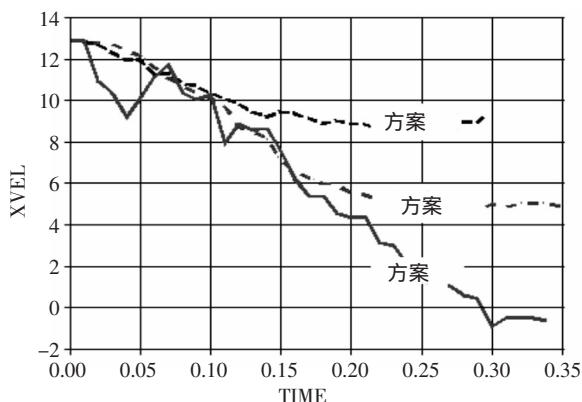


图 6 速度—时间变化曲线

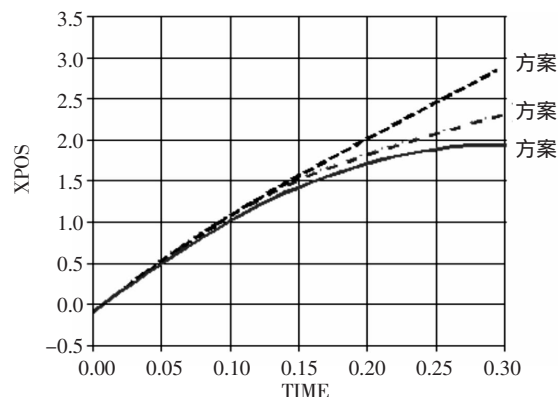


图 7 位移—时间变化曲线

3.4 碰撞力

不同方案下 7 m 高速三体客船与刚性体之间的碰撞力曲线如图 8 所示。可以看出:

(1)不同方案下的碰撞力曲线总体趋势具有明显的非线性,呈多峰状态,且峰值处为船体接触区域的主要构件失效时刻。

(2)不同位置碰撞引起的碰撞力曲线变化和最大值均有所不同,方案 在 $t=0.1$ s 时,碰撞力达到极值 N ,随着往后时间的推移,碰撞力逐渐减小;方案 在 $t=0.08$ s 时,碰撞力达到极值 0.79×10^5 N;方案 在 $t=0.07$ s 时,碰撞力达到极值 6.00×10^5 N。通过计算结果可以发现,7 m 高速三体客船以 12.86 m/s 速度主体正向撞击刚性体时碰撞力最大,附体撞击刚性体时碰撞力最小。

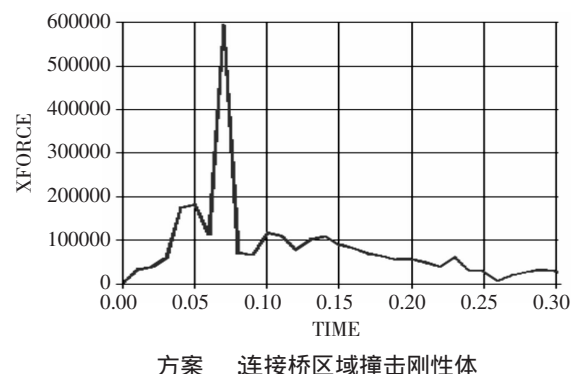
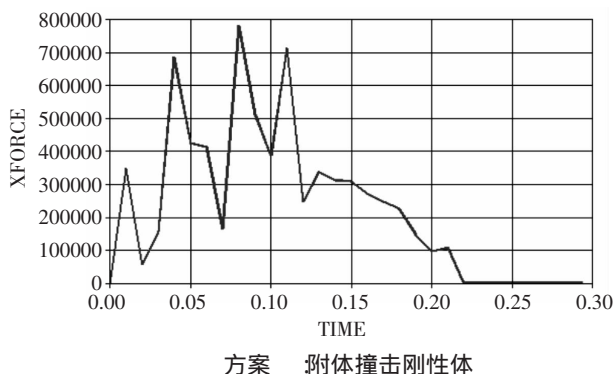


图 8 碰撞力变化曲线

3.5 能量吸收

7 m 高速三体客船内部各构件在不同方案下的能量吸收情况如表5所示。可以看出：

(1)在一定的碰撞时间内,不同构件的能量吸收曲线呈现上升趋势。随着碰撞的进行,同一构件抵御碰撞的能力逐渐增加,总的变形能也随之增大。

(2)总吸能:方案 > 方案 > 方案;方案 中舷侧外板是最主要吸能构件,方案 中附体是最主要吸能构件,方案 中连接桥是最主要吸能构件,不同方案下的能量吸收跟撞击位置有着十分重要的关系。

表5 各构件的吸能汇总

序号	构件名称	方案		方案		方案	
		能量吸收(kJ)	百分比(%)	能量吸收(kJ)	百分比(%)	能量吸收(kJ)	百分比(%)
1	船底	32.5	23	—	—	—	—
2	甲板	28.5	20	—	—	11	9
3	舷侧外板	49.5	35	—	—	18	15
4	附体	—	—	40	50	14	12
5	连接桥	—	—	27	34	43	36
6	隔板	—	—	7	9	7	6
7	其他构件	30	22	6	7	26	22
8	总吸能	140.5	100	80	100	119	100

3.6 结果汇总

通过以上计算,主要结果汇总如表6所示。可以得出：

(1)随着速度的增加,相同时刻下船舶的损伤变形愈加严重,撞深随之增加,损伤区域也随之变大。同时撞击船舶碰撞损伤区域主要集中在受撞区域,要提高船舶的耐撞性能,除了甲板的耐撞性以外,还需要考虑对首柱的加强,以提高整个三体船的艏部耐撞性能。

(2)不同速度对于撞击船的位移变化趋势基本相近,基本上呈现线性变化趋势。主体撞击方案中当时间 $t=0.29\text{s}$ 时速度为0,三体船碰撞停止。而附体和连接桥碰撞中,船体附体和连接桥破裂后撞击船仍具有较高的速度,碰撞损伤继续发展。三种方案下对于7 m 高速三体客船的位移变化基本呈现上升趋势。然而主体撞击中位移曲线最平缓,附体撞击位移曲线最陡峭。

(3)通过计算结果可以发现,速度为12.86 m/s时碰撞力最大,速度为10 m/s时碰撞力最小。主体撞击情况下在 $t=0.1\text{s}$ 时,碰撞力达到最大值,随着往后时间的推移,碰撞力逐渐减小。

(4)随着碰撞速度增加,船底外板的能量吸收下降,甲板的能量吸收增加,而舷侧外板和其他构件的能量吸收几乎保持不变。不同方案下的7 m 高速三体客船的总吸能约占总能量的90%左右,所损耗的能量主要体现为摩擦能和沙漏能等。在不同位置撞击下,总吸能方案 > 方案 > 方案。方案 中舷侧外板是最主要吸能构件,方案 中附体是最主要吸能构件,方案 中连接桥是最主要吸能构件。

表6 不同方案下的碰撞结果比较

方案	撞击位置	撞击速度(m/s)	撞后速度(m/s)	碰撞力(MN)	撞击船能量吸收(kJ)
方案	主体		0	0.72	140.5
方案	附体	12.86	9	0.08	80
方案	连接桥		5	0.60	119

4 结束语

本文以7 m 高速三体客船为例,在改变不同速度和位置参数的情况下,研究其碰撞性能。不同的撞击参数可能对应完全不同的碰撞损伤结果。因此,进一步研究撞击参数的改变对船体结构碰撞响应的影响是非常必要的,这也为提高高速客船耐撞性提供了理论和技术支撑。

(下转第65页)

握高职教师教育技术能力现状与需求,围绕政策机制、培训内容、培训方式、考核与评价等方面科学合理地构建教育技术能力培训体系,通过培训不断提升教师教育技术应用水平,不断推进信息技术与教育教学的深度融合。

参考文献:

- [1]丁卫泽,吴延慧.高校教师教育技术培训需求分析初探[J].教育与职业,2010(12):63-66.
- [2]丁卫泽,吴延慧.高校教师教育技术能力现状分析[J].电化教育研究,2012(9):44-46.
- [3]马海峰.骨干院校建设背景下高职教师教育技术能力培养研究[J].职教通讯,2014(5):67-68.
- [4]王忠政.基于任务驱动的高校教师教育技术培训探索与实践[J].中国电化教育,2009(12):14-17.
- [5]谢舒潇,吴芸,周筱来.高校教师教育技术校本培训的探索与思考[J].中国电化教育,2004(11):26-29.
- [6]何克抗,林君芬,张文兰.教学系统设计[M].北京:高等教育出版社,2006.

Analysis and Thinking of Current Situation of Higher Vocational Teachers' Ability of Educational Technology

——Taking Nantong Vocational & Technical Shipping College as an Example

SHAO Dong-hua, ZHANG Hua

(Center of Educational Informatization Management, Nantong Vocational & Technical Shipping College,
Nantong 226010, China)

Abstract: This article takes a questionnaire survey based on samples of more than 600 teachers from Nantong Vocational & Technical Shipping College, and the investigation mainly covers six parts, among which includes the higher vocational teachers' awareness and responsibility of educational technology, the technical knowledge and ability of educational technology and training requirements of educational technology and ability. Through the survey, statistics and analysis, the status quo of teachers' ability of educational technology and training needs are understood, which lays a good foundation for the training of teachers' ability of educational technology in the future.

Key words: Higher vocational teachers; Educational technology; Ability

(上接第39页)

参考文献:

- [1]王自力,朱学军,顾永宁.船体结构耐撞性优化设计方法研究[J].中国造船,2000(2):34-40.
- [2]张惠元,吴水云,陈铁云,等.双层侧壁船舶碰撞强度分析[J].中国造船,1990(1):51-60.
- [3]祁恩荣,崔维成.船舶碰撞和搁浅研究综述[J].船舶力学,2001(4):67-80.

Effects of Collision on 7m High-speed Trimaran Performance Based on Velocity and Position Parameters

TANG Yin

(Yancheng Changhe Ship Design Co., Ltd., Yancheng 224000, China)

Abstract: By changing such parameters as the impact velocity and position, this article applies MSC.Dytran, a dynamic nonlinear finite element software to the study of the collision performance of a 7m high-speed trimaran. It analyzes such parameters as damage performance, collision force, velocity and displacement and energy absorption during collision, which is of certain reference value.

Key words: Trimaran; Collision; Numerical value simulation; Connecting bridge