维普资讯 http://www.cqvip.com

对中速艇甲板室设置伸缩接头的思考

陈远汉[1] 胡要武[1] 钱 伟[2]

(1 中国舰船研究设计中心,湖北 武汉 430064;
2 中国船级社 武汉规范研究所,湖北 武汉 430022)

摘 要:根据国内各舰船规范对舰船甲板室设置伸缩接头的有关规定,回顾并揭示了早期舰船甲板室设置伸缩接头的原因及后来在中速艇上的使用情况。在现有中速艇甲板室结构设计实践和大量实艇使用情况的基础上,运用ANSYS整船计算技术,对某快速巡逻艇实船总纵强度计算结果进行了理论分析。通过分析,在中速艇的主船体采用钢质结构,上层建筑或甲板室用铝质结构的情况下,当总纵弯曲发生时,其铝合金甲板室的总纵弯曲应力远小于钢质主船体的最大总纵弯曲应力,因此,可证明铝合金上层建筑或甲板室的总纵强度一般是没有问题的,可以不设置伸缩接头。

关键词:中速艇;甲板室;伸缩接头;ANSYS;强度计算

中图分类号:U663.6 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-3185(2006)04-58-04

Views on the Expansion Joint in the Deckhouse of Medium-Speed Crafts

Chen Yuan-han Hu Yao-wu Qian Wei

(1 China Ship Development & Design Center, Wuhan 430064 China;
2 Wuhan Rules and Research Institute of China Classification Society, Wuhan 430022, China)

Abstract: Based on the criteria of the expansion joint for the deckhouse of ship, its application in the deckhouse of medium-speed craft is reviewed. According to our experience in the design of deckhouse of medium-speed crafts and operation of a number of crafts in service, the results based on the direct calculation of overall longitudinal strength of a craft by ANSYS is analyzed. When the main hull of medium-speed craft is of steel, and the superstructure or the deckhouse is of aluminum, the stress of overall longitudinal bending of aluminum deckhouse, however, is far less than the maximum stress of that of main steel hull as overall longitudinal bending occurs. It shows that the overall longitudinal strength of aluminum superstructure or deckhouse is strong enough, and that the expansion joint for the deckhouse of medium-speed crafts is unnecessary.

Key words: medium-speed craft; deckhouse; expansion joint; ANSYS; strength calculation

80年代初,我国在高速滑行快艇基础上开发出来的新型快速排水航行中速艇[1],在甲板室的结构设计中,初期也沿袭了滑行快艇甲板室结构设计的特点和型式,即主船体用钢质结构,甲板室用铝质结构,且较长甲板室设置伸缩接头。所谓伸缩接头(图1),也称弹性接头,是连接几个短甲板室,且能沿船长方向伸缩的接头装置,其剖面形状如图1所示。它的作用是把较长甲板室分成几段短甲板室,使较长甲板室不致因参与总纵强度而导致破坏。这种设计处理是建立在船体"等值梁"计算模型理论基础之上的。伸缩接头的出现很早,我国60年代从国外引进的6621滑行快艇产品,其甲板室就设置了

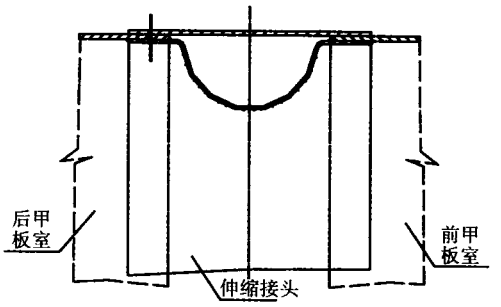

图1 伸缩接头剖面形状

收稿日期:2006-05-23

作者简介:陈远汉(1943-),男,理学硕士,研究员,研究方向:有限元法在舰船结构设计中的应用。
E-mail: Mr_CWG@tom.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

伸缩接头。查阅该艇结构设计依据的规范,即水面舰艇结构设计指导性技术文件[2]中有关于甲板室在何种条件下应计入等值梁要素计算的规定,即"如果间断件(上层建筑、甲板室等)的长度超过舯部的船体高度,那么应在等值梁要素的计算中考虑间断构件"。实际上,该规定间接地提出了水面舰艇上层建筑或甲板室设置伸缩接头的条件,这是因为6621滑行快艇的主船体为高强度低合金钢结构,而甲板室为硬铝合金铆接结构,由于这两种不同材质的弹性模量和屈服极限相差甚远,加上铆接使材料受同样的力而变形不同,这就存在一个如何将铝质甲板室的间断纵向构件要素计入主船体等值梁要素的问题,这在当时的手工计算年代,对设计师而言是一个很大的难题。于是,用设置伸缩接头的办法,使甲板室不参与总纵强度,不失为当时的最佳选择。从此,伸缩接头就在我国水面舰艇甲板室的结构设计中沿袭下来。我国自主开发的第一艘中速艇,代号为206的海关快速巡逻艇,第一次在甲板室的结构设计中采用了伸缩接头。

1 我国的规范要求与设计实践

80年代以来,我国在引进国外指导性技术文件的基础上,结合本国舰船建造与使用的实践经验,自主研发制定了一系列造船规范,其中对伸缩接头的设置条件也提出了自己的规定。例如,1986年1月1日颁布实施的"滑行艇规范[3]"14.3.3.2节中,对设置伸缩接头的条件作出了如下规定:"上层建筑当其长度大于高度的6倍时,应计入等值梁。当上层建筑为甲板室时,除长度大于6倍高度外,还要求至少支持在三道横舱壁上方可计入等值梁剖面中。"同年颁布实施的"水面舰艇规范[4]"中也有相应的规定:"长度超过0.15倍船长L及本身高度6倍的甲板室,宜设置伸缩接头,设计为轻型上层建筑。"在以上规范的约束下,这段时期我国中速艇的设计基本上都采用了伸缩接头。经过一段时间的设计与建造、航行实践,1996年中国船级社颁布实施的"海上高速船入级与建造规范[5]"中制定了与上述规范不尽相同的新规定:"船中0.4L范围内,长度超过0.2L的上层建筑和甲板室一般可认为参与总纵强度。如在上述上层建筑和甲板室的侧壁上有大量开孔,且开孔纵向孔径之和超过该上层建筑长度二分之一,或上层建筑和甲板室与主船体的连接采用弹性结构型式时,则认为该建筑不参与总纵强度。"根据上述规范,为了减化计算,在这一时期设计的中速艇,大部分都在甲板室结构中设置了伸缩接头,见表1。

表1 甲板室设有伸缩接头中速艇一览表

产品名称	船长 L/m	甲板室长 l/m	甲板室高度 h/m	跨隔壁数	l/h	侧壁纵向孔径之和	伸缩接头	设计年代/年
公安巡逻艇	32	13	2.1	3	6.19	>0.5 l	有	1987
59 m训练船	55.6	23.5	2.35	5	10	<0.5 l	有	1988
210巡逻艇	54	27.4	2.4	5	11.4	<0.5 l	有	1987
216巡逻艇	54	30.0	2.7	5	11.1	<0.5 l	有	1989
684交通艇	46	18.95	2.3	4	8.24	<0.5 l	有	1992
中型交通艇	40.9	22.5	2.25	3	9.55	>0.5 l	有	1999
60 m缉私艇	59.98	23	2.45	4	9.38	<0.5 l	有	1996

从表1产品的设计与建造实践中,我们发现,设置伸缩接头虽然能简化总纵强度计算,但也带来一些负面效应。伸缩接头装置构造复杂,内部装修较为困难,还对甲板室的外观带来影响。因此,人们希望有一天能够取消伸缩接头。到了90年代初,随着可焊铝镁合金材料强度、焊接性能和延展性的大幅提高,为甲板室取消伸缩接头奠定了基础。为此,在设计中尝试突破规范约束,取消伸缩接头,也就是在设计中把甲板室的长度与甲板室的高度h之比取在6倍左右,从而可以使设计方案通过评审。在这段时期有一系列边防巡逻艇和交通艇等一批中速艇产品问世,见表2。

表2中的中速艇大都经过批量生产,在长期的营运中,均经过相应风浪的航行考验,至今没有发现任何艇的甲板室出现过裂纹。这说明在中速艇甲板室的结构设计中,取消伸缩接头是可行的。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 甲板室未设伸缩接头中速艇一览表

产品名称	船长 L/m	甲板室长 l/m	甲板室高度 h/m	跨隔壁数	l/h	侧壁纵向孔径之和	伸缩接头	设计年代/年
边防巡逻艇	41	13.1	2.2	3	5.95	>0.5 l	无	1994
公边巡逻艇	46	16.05	2.25	4	7.13	<0.5 l	无	1998
29 m巡逻艇	33.5	12.2	2.15	3	5.67	<0.5 l	无	1995
38 m巡逻艇	38.57	12	2.1	3	5.72	<0.5 l	无	1999
环保应急指挥船	33.4	14	2.25	3	6.23	<0.5 l	无	1997
P41S巡逻艇	41	14.5	2.2	3	6.59	<0.5 l	无	2001
海洋300总吨渔政船	46.9	18.2	2.35	3	7.74	>0.5 l	无	2002

2 运用ANSYS整船计算

进入新世纪以来,依据实践经验,在中速艇甲板室的结构设计中,已全部取消了伸缩接头,但是在总纵强度的计算书中却并没有计及甲板室的影响,这是因为还不知道如何计算这种影响。随着电子计算机硬件功能的发展和大型有限元结构计算软件包的出现,为解决如何计算这种影响问题提供了有力的工具。本文以TP41快速巡逻艇产品为例,运用ANSYS整船计算技术,对该艇在波浪中拱状态的总纵强度进行了计算。该艇总长 $L=41$ m,甲板室长 $l=14.67$m,甲板室高度 $h=2.2$ m,$l/h=6.67$,主船体为钢质焊接结构,甲板室为铝质焊接结构,甲板室和主船体之间采用双金属复合材料连接。按我国2000年颁布实施的"舰船通用规范[6]"中(4)151.3.1.3的规定,该艇甲板室长度已超过0.15 L,也超过本身高度的6倍,需要设置伸缩接头,但设计中并未设置,故理论上认为其甲板室参与了总纵强度,可是该艇总纵强度计算书中并没有把甲板室纵向构件要素计入等值梁中,这种处理虽然偏于安全,但却忽略了甲板室对艇总纵弯曲情况下应力水平的影响。为了与之对比,本文采用命令流(APDL)方式编制整船计算源程序作为补充计算,程序中坐标原点取在第20站号,船长方向为 X 轴,船宽方向为 Y 轴,高度方向为 Z 轴,其整船三维有限元计算模型见图2。

图2 三维有限元模型

计算中参照中国船级社直接计算指导性文件[7]中的规定进行加载、施加约束边界条件、调整平衡,从而获得该艇在中拱状态下的位移—应力云图(图3、图4)。

其中图3是铝质甲板室构件未参与总纵强度时的位移—应力云图,相当于甲板室设置了伸缩接头的情况,程序中把甲板室及其上面的设备重量作为集中载荷分别加在了主甲板各相应节点

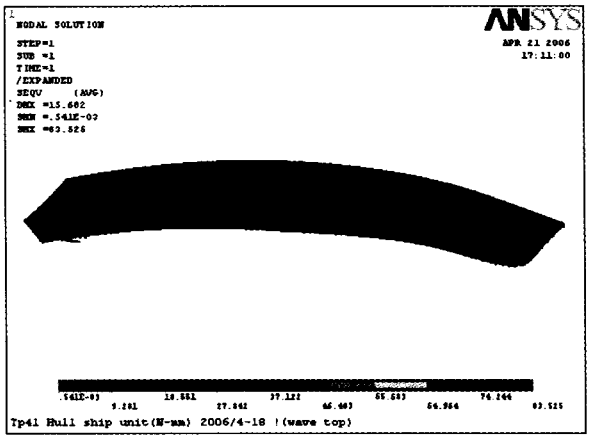

图3 甲板室有伸缩接头时艇体中拱状态下的位移—应力云图

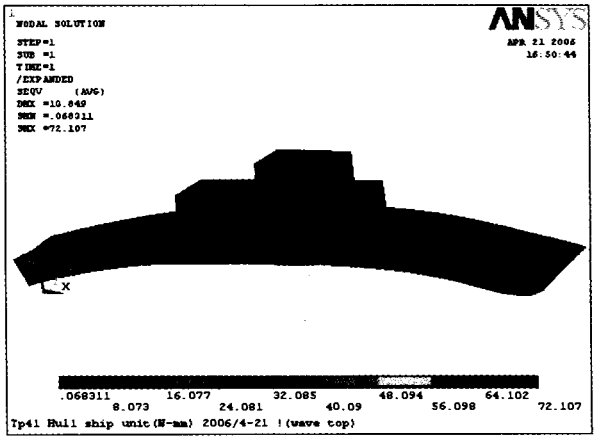

图4 甲板室无伸缩接头时艇体中拱状态下的位移—应力云图

维普资讯 http://www.cqvip.com

上。由该图可以看出,甲板室完全不参与总纵强度时,艇体中部主甲板尤其是甲板边板处拉伸应力比较大,应力由艇体中部向艏、艉方向逐渐减小。

图4是计及了铝质甲板室参与总纵强度时的位移—应力云图,这与甲板室未设置伸缩接头时的实际情况相符。此时甲板室参与了总纵强度,艇体中部主甲板最大应力较图3有所下降,而其他部位应力下降很少。

3 甲板室参与总纵强度时的应力分析

从以上所述可知,各规范对甲板室设置伸缩接头的规定,都是基于船体梁剖面模数理论,即认为距离横剖面中和轴相等的构件应力是相同的,距离越远,应力越大,因此就越危险,并认为甲板、底部构件沿船宽方向的应力是一致的。但实际上,其应力是变化的。那种认为甲板室构件远离中和轴,如计入船体梁剖面模数,则其上纤维在中拱状态下的应力会大大超过主甲板,甚至担心达到屈服极限而破坏,由于这种认识并不符合实际情况,所以这种担心是多余的。因为甲板室参与总纵强度,并不是按经典的"等值梁"计算模型理论参与进去,而有其自身的规律,这一点可从TP41产品整船计算中看出来。分析该艇的计算结果可知,当总纵弯曲不考虑甲板室的影响时(图3),主甲板上的最大拉伸应力位于#40甲板纵桁处的节点140,其值为31.6 MPa,而当计及甲板室参与总纵强度时(图4),该节点应力下降为26.4 MPa,此时甲板室顶部最大应力是节点5722(位于#40),其值为13.26 MPa,比主甲板节点140应力小很多。由此可见,当甲板室计入总纵强度时,其应力水平并未按船体梁剖面模数理论那样分布,而是按照构件材质不同;构件是连续还是间断;是强还是弱的程度重新进行了分布,即主船体因为是强连续构件始终承担大部分总纵弯曲载荷而出现较大应力,而甲板室通常由于是较弱的间断构件仅承担小部分总纵弯曲载荷,故其应力相应较小。这就是本文对甲板室参与总纵强度的重新认识,也是对过去规范中关于甲板室伸缩接头设置规定的一种深入思考。

4 结 论

中速艇甲板室设置伸缩接头的问题,经过长期的设计实践和实艇航行检验,特别是通过ANSYS整船计算实例分析,证明了规范中关于甲板室设置伸缩接头的要求,对于中速艇来说并不是必要的。

参考文献

[1] 李国佩等. 中速艇系列模型阻力试验研究[J],中国造船,1991(3):1-9.

[2] 综-108 水面舰艇船体结构强度计算规则:PC-80-51(苏资)[S].1954.

[3] GJB64.3-85 舰船船体规范——滑行艇[S].北京:国防科学技术工业委员会,1986.

[4] GJB64.1-85 舰船船体规范——水面舰艇[S].北京:国防科学技术工业委员会,1986.

[5] 中国船级社. 海上高速船入级与建造规范[S].北京:人民交通出版社,1996.

[6] GJB4000-2000 舰船通用规范[S].北京:国防科学技术工业委员会,2000.9.

[7] 中国船级社. 船体结构强度直接计算指南[S].北京:人民交通出版社,2001.

(上接第43页)

2) 腹板对基座整体抗冲击强度作用较小,基座腹板加厚仅能略微降低基座在冲击作用下的基座整体应力;

3) 安装适当刚度隔振器,可以显著降低基座在冲击作用下的应力。

参考文献

[1] 中国船级社. 钢质海船入级与建造规范:第2分册[S].北京:人民交通出版社,2001.

[2] BV0430 冲击安全性:联邦德国国防军舰艇建造规范译文集[S]. 北京:中国舰船研究院科技发展部,1998.6.

[3] Military Specification MIL-STD-901D, Shock Test. H.I. Shipboard machinery equipment and systems requirements[S].1989.

[4] APC node 1 A02DT138[R]. Shock Loading Input Parameters.

[5] 吴广明,吴荣宝,郑新元. 舰船基座抗冲击计算研究:上海市造船工程学会2005年学术年会论文集[C],上海:2005,9.