

NAUTICUS 系统在船舶规范计算中的应用

李 辉 向 溢

(广船国际船舶设计公司)

摘 要: 本文介绍了 Nauticus 软件包的功能, 分析和探讨了 Section Scantling 和 Rule Check XL 在船舶结构设计中的应用。

关键词: Nauticus 规范计算 强度 船舶 Section Scantling

1 概述

尽管船舶结构的规范计算在船舶设计中所占的工作量并不大, 但是在计算机普及程度极高的今天, 利用计算机进行船舶结构的规范计算已是必然的趋势。它能大大减少设计人员的工作量, 优化船体构件, 加快船舶设计的周期。目前, 各大船级社都推出了自己的计算软件, 例如 DNV 船级社的 Nauticus、ABS 船级社的 SafeHull、BV 船级社的 VeriSTAR 等。

本文首先介绍了 Nauticus 软件包 RuleCheck 模块在船体设计中的应用; 然后重点描述了如何使用 Section Scantling 模块进行船体剖面设计探讨了如何读懂 Rule Check 的计算报告。

2 Rule Check(规范校核) 软件包的介绍

Nauticus 系统由一系列功能模块构成, 可以进行规范校核 (Rule Check)、疲劳评估 (Fatigue)、梁系计算 (3D Beam)、结构分析 (Seasam) 和波浪计算 (Nation Wave) 等。

Rule Check 是 Nauticus 系统的入口, 它主要包括四个模块: Section Scantling、Fatigue、Rule Check XL 和 Rule Check Extended。它们可以完成 DNV 规范的大部分计算。

Rule Check XL 由三十多个小程序构成, 见表 1。Rule Check XL 模块可以使设计人员从烦琐的规范检索、参数迭代中解脱出来, 以使得有更多的精力关注结构的优化设计, 大大加快设计进度, 提高设计质量。譬如在 Bowimpact(首部拍击加强)、Slamming(底部抨击加强) 人 Ice Class Strength(冰区加强)

表 1 Rule Check XL 的组成

DESIGN LOADS	STRUCTURAL RESPONSE	MISCELLANEOUS
SEA Pressure(海水压强)	Buckling of Plate(板的屈曲)	Allowable Stresses(许用应力)
Slamming(海水砰击)	Buckling of stiffener(扶材屈曲)	Effective Flanges(有效面板计算)
Bow impact(首部拍击)	Buckling of pillars(支柱屈曲)	Minimum Thickness(最小厚度)
Hull girder bending moments(弯矩)	Hatch cover strength(舱口盖强度)	Weld Sizes(焊接尺寸)
Hull girder shear forces(剪力)	Ice class strength(冰区加强)	Anchor and Chain(锚链的计算)
Wheel loads (滚装载荷)	Single Beam Calculation (简单支持梁的计算)	Node coordinate (坐标转换)
Mpressure (舱内载荷)	Beam with four Supports (四支点梁计算)	Deckhouse (甲板室计算)
Design motion and Acceleration (船体运动和加速度)		Profile properties (骨材模数计算)

等规范计算中,通过它可以方便的对提出的多种设计方案进行比较,选取合理的优化的设计方案。

Section Scantling 用于船舶舢剖面 and 横舱壁的的设计。它不仅可以完成船体总纵强度和局部强度的校核,也可以对骨材和板的屈曲强度以及剪切强度进行校核。Section Scantling 有很好的的人机交互界面,方便用户建模。2D 建模的对象是:板架、板、纵骨、开口和横向骨材。为了方便用户快速建模,Section Scantling 提供了几类典型剖面,用户只需填写参数表,就可以自动生成剖面轮廓。

Fatigue 是一个计算纵骨和横舱壁扶材疲劳寿命的程序,它的计算方法与 DNV 规范 Note30.7 所描述的方法相同。Rule Check Extended 是 Rule Check 的一个功能拓展,它包含一个 3DBeam 的程序。如果没有要求进行有限元分析时,就可以把船体结构简化为梁系,使用 3DBeam 进行船体梁系直接计算和分析,即能保证一定的精度,又能够相对于有限元计算节约大量的工作量。

3 Section Scantling 在船舶解剖面设计中的应用

船舶舢剖面的设计在船舶初步设计中有着重要的地位,一旦舢剖面确定,船的基本结构形式也就确定了,它是保证船体总纵强度和局部强度的关键。它决定了纵向构件的连接方式、钢材用量的大小、高强度钢的使用比例、Z 型板的应用部位(需要时)、纵横舱壁的形式、以及局部构件的连接方式。使用 Section-Scantling 进行舢剖面设计的基本步骤如下:

(1) 填写船舶基本参数,如船舶主尺度,弯矩大小等;

弯矩分为静水弯矩和波浪弯矩。初步设计中,静水弯矩一般参考母型船,而波浪弯矩则根据规范计算得到。待型线图和总布置图确定,配载结束后,再修改静水弯矩值,必要时修改舢剖面构件尺寸甚至结构形式。

(2) 根据船舶类型,设计舢剖面的形式;

在初步设计中,舢剖面的形式可以根据船舶类型,选取典型剖面。在进行舢剖面校核时,程序提供几种典型剖面,如果用户的剖面比较特殊,需要自己连线生成。要注意选择各部分的位置名称,例如:Bigle、Inner Bottom 等,因为规范计算需要根据不同的部位选用不同的计算公式。在舢剖面的设计中,要尽量考虑全面,以减少返工量。譬如对于油船双层底高度的选择,应考虑到 Marpol 对防污染的要求等。

(3) 进行排板和骨材的设计;

根据船东要求,适当选取高强度钢的比例和使用部位,根据规范和工艺要求合理布置板列和骨材。给 Keel、Bilge 和 Sheer Strake 排板时,板宽应大于 $800 + SL$ (L 为单位为米),因为 DNV 规范对以上位置板在 $800 + L$ 宽度范围内有特殊的厚度要求,否则相邻的板的规范厚度会增加;不是所有的纵向构件都参加总纵强度,规范中提到船中部 0.4L 连续的纵向构件才参加总纵强度。譬如某些舷墙,如开了长条的流水孔,使用了柔性连接,则不可以认为参加总纵强度;又如船龙骨一般不能认为参加总纵强度。看来是否参加总纵强度,还需要根据各构件的受力情况而定;不参加总纵强度的纵向构件可以不建,但要注意板的扶强材一定要建(在扶强材属性菜单上的 Buckling Stiffness 打钩,就可以不参加总纵计算),否则板没有扶强材的支持,要求的板厚就会增加;纵骨的跨距通常是强档的间距,但纵骨端部有肘板支持,跨距可以根据规范进行折减。

(4) 填写各舱载荷计算参数表;

对于油船,船舱内壳壁受到的载荷由两部分组成,一个是液货的静压力,另一个是液货的晃荡压力。如果晃荡长度(LS)在 0.13 船长(L)和 0.16 船长(L)之间或晃荡宽度大于 0.56 船宽(B)时,内壳壁还将受到冲击压力(Impact)的作用,所以在设计舱长时,应尽量

避开这个区域。

(5)生成校核报告,并根据结果重新调整船剖面;

报告中标有“*”的项目,表示不满足规范要求,需要重新调整板后或者骨材大小。报告中 f_{2b} 和 f_{2d} 两个参数体现甲板板和船底板的使用率,是考察横剖面设计强度余度的重要参数。横剖面的面积是估计钢材重量的基础。

SectionScantling 在昨剖面校核之后,可

以自动生成报告,深入理解报告各参数含义,对于规范的进一步理解以及舾剖面的优化设计有着重要的意义。报告可以分为3部分:第一部分是输入数据,它方便用户检查输入数据;第二部分是船剖面的综合信息,包括纵向构件的截面积、中和轴的高度以及相对水平轴和垂直轴的惯性矩,船体六方向加速度等;第三部分是板和骨材的校核结果。

表2 骨材的校核结果

Stiff. No	ACT ACT	POS Za cm ³	K c	Type Type	h t (mm)	bf tf (mm)	y z (mm)	SigF ₁ N/mm ²	m wk	tkw tkf (mm)	tpl (mm)	span spec (mm)
LOC			Zr cm ³	Exc. %	tmin (mm)	Load Ref.		Sigma N/mm ²	Sigdb N/mm ²	p kN/m ²	Comp ref.	a_conn cm ²
FAT/BUC			Zrf cm ³	Exc. %	pd kN/m ²	SigL N/mm ²		SigL N/mm ²	Lat N/mm ²	Torsion N/mm ²	Web N/mm ²	bf/tf
38	ACT	Topst	0.00	20	200	0	11750	320.0	12.0	3.0	11.5	2840
	ACT	248	0.0	HPbulb	11.5	0.0	12884	1.30	1.18	3.0		619
	LOC		153	62	10.9	Oil slo e		207.6	0.0	64.9	2	15.9
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		161.0	299.6	267.5	304.9	0.0
Similar for No(s): 39												
Inner Side 12600												
18	ACT	Insid	0.00	20	150	0	12600	235.0	12.0	1.5	12.0	2840
	ACT	113	0.0	HPbulb	10.0	0.0	650	1.00	1.09	1.5		675
	LOC	Buckling stiffener, local requirements to be specially considered.										
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		143.5	206.0	215.7	230.4	0.0
Similar for No(s): 19												

表2为骨材的校核结果示例,其前两行是骨材的实际尺寸,后两行是局部强度和屈曲强度要求骨材尺寸。如果不满足规范计算的要求,将有一个“*”的标记。

ACT所在行是实际构件的几何信息。

LOC所在行是局部强度计算的结果,Zr是侧压力作用下规范要求骨材的剖面模数。Exc%为骨材的使用效率,它的大小等于100(Za-Zr)/Za(Za是所设计骨材的剖面模数)。Singna为骨材的许用应力。P是骨材的设计压力。

FAT/BUC所在行,前四列为疲劳计算的结果,后5列为屈曲校核的结果,SigL是骨材在总纵弯矩作用下受到的压应力。如果骨材要满足规范屈曲强度计算的要求,就必需满足以下四个要求:侧压力作用下骨材屈曲应力力 Lat> SigL/0.85,骨材扭屈曲应力

TOrsion> SigL/0.9,骨材腹板的屈曲极限应力 Web> SigL/0.9,面板的宽度与静厚度之比 bf/(tf-tk)<10。

表3是板校核的结果示例。与骨材的报告类似,第一行是板的实际尺寸。第二行和第三行分别是规范计算局部强度和屈曲强度所要求板的厚度。如果不满足规范计算的要求,也将有一个“*”的标记。

规范计算板厚是根据POS(位置),选择计算板厚的公式,再代入设计载荷P和许用应力Sigma,计算出规范要求板厚t_{loc}。板屈曲校核按以下步骤进行:先计算板在复合弯矩(静水弯矩和波浪弯矩的迭加)作用下受到的压应力SigL,通过迭代计算防止屈曲的最小板厚t-buc,使得板极限屈曲应力Sig_{cr}应大于或等于SigL/Eta。同时报告还计算出原设计板厚的极限屈曲应力,进行比较。

(下转第25页)

展情况及资金使用情况，进行综合平衡协调，及时解决各种矛盾，使各部门及时掌握采购成本控制状态，同时将三个部门对流程的监控意见，随时告知负有直接责任的采购人员。

以财务为主线的综合采购营运，要实现高效管理，控制采购成本，保证采购质量，还要注意攻克在采购中出现低效的制高点，努力消灭导致低效采购营运的因素。具体而言，包括：对采购人员要有年终评奖机制，即采购不能搞变相的经济承包；对采购合同（协议）管理要有单一规定，即签约前的审定要区别权限，不能一支笔签到底；对验收、退货或索赔，要严格执行，即按照合同条款规定维护权益，严格采购纪律，考查违纪环节经济责任；对供货商要优选有据，又要及时更新，即在稳定供货的同时，警觉到供应关系终身制只会对双方有害；对到库前的全部运费，检查是否已经与报价合并衡量，即细

看报价方式，精算内外运费，与报价结合才是可比的采购价；对设备进口，应视为非常采购，要做出特别安排，即实地考察、比较之后才能签订合同，进关时要认真检验货品及价格；对留存在存货上、应收账款里的资金，要查实盘活，即要看清采购资金在其中占居多大比重，任何被滞留、损耗、拖欠或者占用，都有致命影响，对公司造成损失。

总之，如何降低成本，关系到一个企业的生死存亡，也是实现企业的战略发展目标所必须要重点考虑的问题，如何降低成本特别是降低采购成本，不是一个部门或一个人的事情；需要我们大家一起共同努力，做到“该花的钱一定要花，不该花的钱一分也不能多花”，将有限的采购资金用到刀刃上，提高采购资金的使用效率，降低资金占用所产生的利息成本，才能为公司增创效益，提高企业的竞争力。

(收稿日期：2003 - 06 - 06)

(上接第 31 页)

表 3 板的校核结果

Plate No	ACT	t _{act} (mm)	Steel	tk (mm)	tk _b (mm)		Eff. (%)	Span (mm)	Spac (mm)		Sigf N/mm ²	f ₁
LOC		t _{loc} (mm)	Pos			Load Ref.	Loc. ref.	y ₁ (mm)	z ₁ (mm)	Comp ref.	Sigma N/mm ²	p kN/m ²
BUC		t _{buc} (mm)	Eta	psi	k	c	Buc. ref.	y _b (mm)	z _b (mm)	SigL N/mm ²	Sig _c N/mm ²	Sig _{cr} N/mm ²
CORRU		t _{Zr} (mm)	Zr cm ²				Za cm ²	y _z (mm)	z _z (mm)	m	Sigma N/mm ²	p kN/m ²

Outer Shell
Bottom

1	ACT	10.0	std	1.0	1.0		100	2040	715		2350	1.00
	LOC		10.35	Bottom		Sea	Min	720	0		1200	115.8
	BUC		14.15	0.00	1.00	4.00		515	0	102.0	1027	180.0

4 结束语

NAUTICUS 系统是一个优秀的船舶结构设计软件。需要用户多摸索，多熟悉，才可以更好的发挥它的优势。对于规范校核，首先应该熟悉规范，但要以力学原理为基础，理解力的传递和分布，不可硬套公式。

规范代表了一定时期造船经验与理论的结晶，但是规范计算也存在着很大的局限性，譬如在局部强度的计算中，没有明确地将总纵应力、板架应力、板格应力、以及局部应力进行合成计算等。所以必要时还是需要求助于有限元计算工具。

(收稿日期：2003 - 05 - 20)