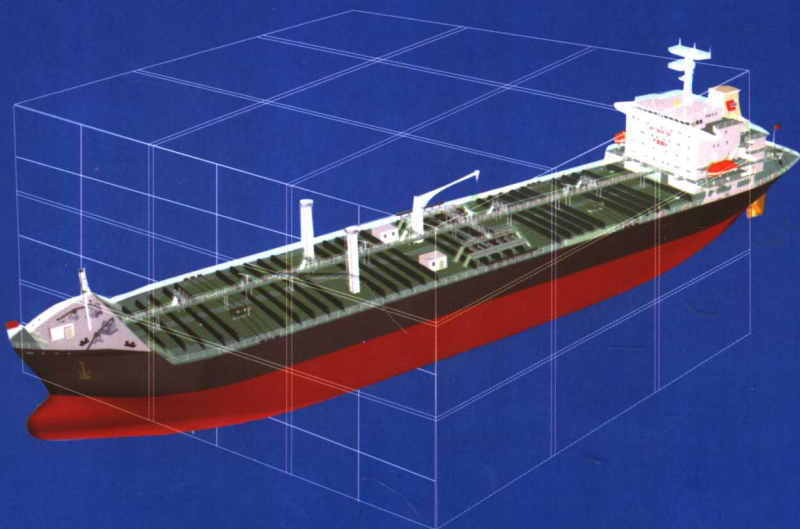


船舶设计中的 三维参数化技术

3D Parametric Technology in Ship Design

陆丛红 林焰 纪卓尚 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

船舶设计中的 三维参数化技术

3D Parametric Technology in Ship Design

陆丛红 林 焰 纪卓尚 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

船舶设计中的三维参数化技术 / 陆丛红, 林焰, 纪卓
尚编著. —北京: 国防工业出版社, 2007. 10

ISBN 978 - 7 - 118 - 05344 - 9

I. 船... II. ①陆... ②林... ③纪... III. 船舶 - 计算机
辅助设计 IV. U662.9 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 146111 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 8 $\frac{1}{2}$ 字数 251 千字

2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

前 言

船舶三维参数化技术是实现数字化造船的基础,是提高船舶设计和建造效率的关键。由于船舶设计涉及多学科多领域的专业知识,有其他设计学科无法比拟的复杂性,因此船舶三维参数化设计不同于普通机械的参数化设计,它的研究要从船舶本身的特点寻找突破口。国内外关于船舶三维参数化设计的论文有不少,但从研究内容上看,还缺乏系统性,很少有系列论文发表,而且至今也未见一本针对船舶三维参数化设计技术的专门著作出版,这是作者决定编写此书的动因。

船体曲面设计是船舶设计的关键环节,是后续的分舱、总布置以及静、动力学性能计算的基础。设计过程中,要反复修改船体曲面,以便提高船舶的安全性和经济性,提高船舶水动力性能,优化分舱和总布置设计。因此在整个设计过程中,需要有一个通用的、统一的方法来表达船体曲面。

本书着重阐述了基于 NURBS 的船体曲面分片和整体表达方法,包括常规方尾平底海船(有或无舦部升高的)、工程船船体曲面以及小水线面双体船水下部分(潜体和支柱)的曲面表达,避免了在船舶设计和建造的不同阶段,由于船体曲面表达的多样性带来的误差,提高船舶设计建造质量,加速了船舶二维设计向三维设计的发展进程。

提出了基于 NURBS 表达的船舶静力性能计算的新方法。在以上 NURBS 表达基础上,利用平面的半空间性质,通过对曲面进行离散,给出更高效的平面与曲面求交算法,解决了现存方法难以解决的相切、交线不连续和漏交等问题,适合于任意可离散为四边形单元的四边形域曲面和平面求交。结合本求交算法,提出通过几何特性组合来计算截面积、局部表面积和体积特性的新思想,可用来计算与水线面、湿表面积和排水体积以及舱容等相关的几何特性,进而用于船舶静力性能的计算,提高了计算

精度和效率。

给出了具体的三维参数化分舱和舱容计算方法。由于船体曲面的复杂性以及舱室用途的多样性,一些舱室形状比较复杂,给舱容要素的计算带来困难。由于船体曲面二维表达的局限性,传统方法计算舱容要输入许多截面的型值数据,参数化程度差,手工工作量大,计算效率低;而且由于计算倾斜液面下的舱容要素比较困难,相关的计算如自由液面修正只能通过假设来完成,可能导致设计不足或设计浪费。而三维虚拟分舱及舱容计算能够使这些问题得以很好解决。

将自由浮态计算归结为多目标约束优化问题,应用遗传算法进行求解,将模糊遗传算法应用于船舶最小稳性优化计算。计算中对算法进行了必要的改进,提高了进化速度,并使所得计算结果比常规方法计算结果更为精确和合理;在计算中融入了上述参数化分舱方法和精确的舱容计算方法,提出通过精确计算倾斜力矩进行自由液面修正的方法;分析了按IMO 规范计算所得的自由液面修正量和精确计算结果之间存在误差的原因,总结了误差随舱型、装载量和浮态变化的规律,最终实现了智能算法、参数化方法及精确算法与船舶设计的有效集成。

船体结构强度是船舶安全的重要保证,精确的结构强度分析一般通过有限元法来完成。国际船级社协会 IACS 统一油船和散货船结构设计规范(2006 年 4 月 1 日开始生效)后,规定油船和散货船结构设计时需要进行有限元分析,并对船体结构有限元分析提出了更高更明确的要求,结构设计已无法靠手工来完成。有限元建模是一项繁琐的重复性劳动,实现参数化有限元建模,将大大提高有限元分析的工作效率。

本书给出了实现以上功能的船舶三维参数化设计的程序实现方法,为欲开发船舶设计软件的读者提供有价值的参考。作为特例,还给出了小水线面双体船(SWATH)水下部分的参数化型线设计方法,可提高 SWATH 船型线优化设计的效率和三维(3D)光顺精度,实现 SWATH 船型线设计方案的快速变换和优选,并给出具体的程序设计方法和设计实例。

本书的内容以作者及其所在实验室的博、硕士研究生近三年来的主要研究成果为主体,参考了国内外有价值的相关研究成果,立足于全程三维参数化,力争对传统二维设计中的相关定义和计算方法进行变革,提高

船舶设计的精度和效率,并为从事船舶设计方向的研究人员提供参考。

全书共分为 13 章,第 1 章为绪论,第 2 章介绍了 NURBS 相关知识,第 3 章阐述了分别用分片法和单一 NURBS 曲面函数表达船体曲面的方法和步骤,船舶初步设计中所涉及的主要计算方法,包括平面和曲面求交以及基于曲面表达的几何特性计算方法分别在第 4 章和第 5 章予以讨论。第 6 章阐述了新的船舶静水力特性的定义和计算方法。第 7 章为参数化虚拟分舱及舱容计算方法。第 8、9、10 章是对基于 NURBS 三维表达和设计的船舶静力性能计算方法的研究,包括自由浮态计算、自由液面对稳性修正量的精确计算并与 IMO 规范算法进行对比,以及计入自由液面修正的最小稳性直接计算的优化方法研究。第 11 章对船体结构强度分析方法进行探讨,主要研究船体结构参数化有限元建模方法。第 12 章对程序开发中的关键问题进行分析。第 13 章重点研究了小水线面双体船的参数化型线设计方法。

本书可作为船舶与海洋工程学科的研究人员、技术人员和教师以及相关专业研究生的科研参考资料,也可作为本科生的教材或教学参考用书。

船舶设计是一个广阔的研究领域,内容丰富且复杂,需要进一步研究的问题还有很多,书中的研究成果和观点也只是一些粗浅的尝试。希望本书的出版能起到抛砖引玉的作用,引起更多的研究和讨论,对从事船舶设计工作的读者有所帮助,并恳请批评指正。

感谢沈闻孙院士在百忙之中对书稿初稿的评阅,对本书的命名及努力方向给了很多合理建议;感谢大连市学术专著出版资助委员会评审委员会多位专家给予的肯定、批评和建议,感谢委员会给予的出版基金资助,使本书得以顺利出版;感谢国防工业出版社的各位编校人员,使本书的质量得以进一步提高。

编 者

2007. 6

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 船舶三维参数化设计技术研究意义	1
1.1.1 提高设计效率和建造精度,缩短造船周期	1
1.1.2 提高设计和计算精度	2
1.1.3 加快船舶设计建造一体化的发展进程	5
1.2 船舶设计研究进展	6
1.2.1 船舶 CAD 技术发展	6
1.2.2 船体曲面造型技术	8
1.2.3 曲面求交算法研究	11
1.2.4 基于曲面表达的几何特性计算	12
1.2.5 船舶静水力特性计算	14
1.2.6 主船体分舱及舱容计算	14
1.2.7 船舶自由浮态计算	15
1.2.8 自由液面对浮态和稳性影响的研究	16
1.2.9 稳性计算方法研究	17
1.2.10 船体结构强度有限元分析研究	18
1.2.11 智能算法在船舶初步设计中的应用	18
1.2.12 小水线面双体船型线设计方法研究	19
第 2 章 NURBS 相关知识初步	21
2.1 NURBS 定义、特性及基本算法	21
2.1.1 B 样条基函数定义	21
2.1.2 NURBS 曲线定义	21

2.1.3	NURBS 曲面定义	22
2.1.4	NURBS 曲线和曲面特性	22
2.1.5	NURBS 基本算法	23
2.2	利用 NURBS 构造组合曲线	24
2.3	利用截面线生成蒙皮曲面	25
第 3 章	船体曲面 NURBS 表达	27
3.1	概述	27
3.2	船体坐标系定义	28
3.3	船体曲面分片表达	29
3.3.1	船体曲面边界线定义	29
3.3.2	曲面分片	31
3.3.3	边界处理	33
3.3.4	船体曲面分片 NURBS 表达	33
3.3.5	实例	37
3.4	基于单一 NURBS 函数的船体曲面表达	43
3.4.1	用单一 NURBS 曲面函数表达船体曲面	44
3.4.2	用单一 NURBS 曲面函数表达甲板	46
3.4.3	用单一 NURBS 曲面函数表达内底内壳	46
3.4.4	船体曲面表达的数据结构	46
3.4.5	船体曲面型值值数据结构	46
3.4.6	曲面定义数据的计算机存储结构	47
3.4.7	计算实例及结果分析	47
第 4 章	平面与曲面求交算法	56
4.1	概述	56
4.1.1	求交算法应满足的要求	57
4.1.2	曲面求交基本类型	57
4.1.3	参数/参数曲面求交基本方法	58
4.2	算法原理及描述	59

4.2.1	平面与曲面的相对位置	59
4.2.2	求交算法基本原理	60
4.3	基于求交算法的计算	63
4.3.1	曲面仅被一个平面交割的计算	64
4.3.2	曲面被两个以上平面交割的计算	65
4.4	算法应用	66
第 5 章	基于曲面表达的几何特性计算	73
5.1	概述	73
5.2	广义棱柱的概念	74
5.3	几何体几何特性计算公式	75
5.4	计算方法	76
5.4.1	截面积及特性计算	76
5.4.2	局部表面积及特性计算	77
5.4.3	体积及特性计算	77
5.5	计算实例	79
第 6 章	船舶静水力特性精确计算	84
6.1	概述	84
6.2	静水力特性参数定义	85
6.2.1	浮性参数	86
6.2.2	稳性参数	86
6.2.3	船型系数参数	88
6.2.4	型湿表面积	89
6.3	静水力特性计算	89
第 7 章	主船体虚拟分舱及舱容要素曲线计算	100
7.1	概述	100
7.1.1	参数化虚拟分舱意义	100
7.1.2	舱容计算意义	101

7.1.3	虚拟分舱及舱容计算方法概述	101
7.2	主船体参数化分舱方法	103
7.2.1	舱室形状分类	103
7.2.2	分舱参数化定义方法	104
7.2.3	参数化虚拟分舱步骤	107
7.3	舱容计算方法	108
7.4	计算实例及结果分析	109
第8章	基于遗传算法求解船舶自由浮态	114
8.1	概述	114
8.1.1	浮性基本概念	114
8.1.2	现有自由浮态计算方法	116
8.2	遗传算法简介	117
8.3	船舶自由浮态计算	118
8.3.1	自由浮态计算优化模型	118
8.3.2	用于自由浮态计算的遗传算法	119
8.4	计算实例	122
第9章	自由液面对稳性的精确修正	126
9.1	概述	126
9.2	自由液面对稳性影响	127
9.3	自由液面修正规范算法	127
9.4	自由液面修正精确算法	128
9.4.1	倾斜力矩计算原理	129
9.4.2	倾斜力矩和自由液面修正量计算	130
9.5	计算实例及结果分析	130
第10章	直接计算船舶最小稳性的模糊遗传算法	139
10.1	概述	139
10.2	等排水体积条件下浮心确定	140

10.2.1	任意水线下排水体积和浮心坐标计算	140
10.2.2	等排水体积条件下水线面和浮心位置确定	140
10.3	最小稳性计算模型	140
10.4	求解最小稳性的模糊遗传算法	142
10.4.1	模糊编码	142
10.4.2	交叉率和变异率的模糊控制	143
10.4.3	模糊遗传算法步骤	146
10.5	稳性计算步骤	147
10.5.1	不计自由液面的静稳性臂计算	147
10.5.2	精确自由液面修正	147
10.5.3	稳性曲线确定	147
10.6	计算实例及结果分析	147
第 11 章	船体结构参数化有限元建模及分析	151
11.1	概述	151
11.2	船体结构特点	152
11.3	传统有限元建模方法简介	153
11.4	基于 ANSYS 的参数化船体结构有限元建模方法	153
11.4.1	结构简化	153
11.4.2	单元选取	154
11.4.3	材料特性及许用规范	155
11.4.4	有限元模型建立	156
11.4.5	计算工况确定	169
第 12 章	基于 ObjectARX 的船舶三维参数化设计程序开发	172
12.1	概述	172
12.1.1	AutoCAD 数据库	172
12.1.2	ARX 类库集	174
12.1.3	自定义类派生机制	175
12.1.4	在 ARX 应用程序中使用 MFC	177

12.2	基于 ARX 开发船舶三维参数化设计程序 PSD	178
12.2.1	程序功能	178
12.2.2	程序类定义	179
12.2.3	程序类层次结构关系	181
12.2.4	程序界面	184
第 13 章	小水线面双体船参数化型线设计	186
13.1	概述	187
13.1.1	小水线面双体船发展历史	187
13.1.2	SWATH 船的主要优缺点	190
13.1.3	SWATH 船型线设计方法概述	193
13.2	SWATH 船型线表达方法	195
13.2.1	SWATH 船的型线特点	195
13.2.2	SWATH 船的设计参数	199
13.2.3	数学船型基本理论	205
13.2.4	SWATH 船的数学表达	206
13.3	SWATH 船型线设计	212
13.3.1	主尺度及主要船型参数的选择	212
13.3.2	典型中横剖面设计	215
13.3.3	有效控制横剖面面积曲线及支柱厚度曲线	217
13.3.4	插值生成船型	222
13.3.5	SWATH 船型线设计步骤	226
13.4	SWATH 船型线设计软件建模	227
13.4.1	SWATH 船型线设计软件功能分析	228
13.4.2	定义系统对象类	229
13.4.3	类之间的关系结构	233
13.5	SWATH 船型线设计的软件实现	238
13.5.1	SWATH 船设计软件实现	238
13.5.2	SWATH 船型线设计实例	243
参考文献		260

第 1 章 绪 论

1.1 船舶三维参数化设计技术研究意义

1.1.1 提高设计效率和建造精度,缩短造船周期

船舶设计是一门综合性的复杂科学技术,是船舶产品建造周期中的一个核心环节,设计水平和能力对生产效率、成本和产品竞争力都具有重要的影响,也是船舶工业发展和实现造船强国目标所要解决的首要问题。这是因为船舶是完全按订单设计建造的产品,船舶设计是建造的依据,是计划、供应、经营、成本控制、准时和精益生产的技术源头,船舶设计周期与质量直接影响船舶建造周期,这一阶段决定了船舶产品 80% 的价值。

船舶产品高度系统化的特点更是决定了设计水平和能力的重要性。船舶设计过程中矛盾错综复杂,它涉及船、机、电和舾装等各种专业之间的技术集成和协调。一艘船舶除船体结构外,还包括数量巨大的管系、电缆、船用设备以及标准件等,因此,在船舶设计布置工作中容易出现各种设备、管系、电缆及结构等互相干扰、干涉等现象和无法施工及维护、结构开孔影响强度以及系统功能难以实现等问题,在船舶设计中需要各相关专业人员的密切协调配合。在船体线型、结构和布置的基础上,船舶性能和系统功能也是设计的重要内容,包括水动力性能、稳性、结构强度可靠性、振动特性和诸如消防、救生、动力等系统的功能等。这些设计同样涉及不同专业技术且又存在很强的内在关联性,如在排水量不变的情况下提高载重量与提高航速之间的矛盾、降低造价与要求高航速之间的矛盾、增加船舶吃水与航道和港口水深限制之间的矛盾等等。实现船舶这样复杂系统的设计和建造,效率是提高设计水平和竞争力的关键。

船舶总体设计要解决设计中的一些最基本的问题,这些问题对船舶

的各项技术性能和经济性能有决定性影响,对船舶综合性能的优劣起决定性作用,是船舶后续设计的基础。一艘船如果总体设计不合理,则详细设计时无论如何努力,也难于改变这种不合理的状况,因此总体设计在整个设计工作中占据重要地位^[1]。而船舶初步设计是船舶总体设计的主要阶段,经验表明,在初步设计阶段对差错的修正可以避免后续工作几十甚至几百倍的损失。在这个阶段里,要确定与船舶的技术经济性能关系最大的一些项目,如船舶的主尺度和船型系数、船体型线、总体布置、基本结构、主辅机、螺旋桨和舵以及主要装置系统等等,同时要绘制型线图、总布置图和中剖面结构图等主要设计图纸,进行航速、干舷、舱容、稳性及总纵强度等的计算,编制船体说明书和材料设备清单等。这个阶段所提供的各项技术文件应能表明船的总体性能,据此判断设计船在技术上和经济上的合理性与可靠性,以及满足任务书各项要求的程度^[1]。

船舶设计需要通过主尺度、线型、总体布置、典型横剖面、螺旋桨设计与航速预报、静水力性能、配载以及浮态和稳性等的计算与校核来验证其是否满足要求,反复验证、修改直至得到最终设计方案。而曲面设计、表达与形状修改以及几何体的几何特性计算等问题贯穿于整个设计和性能计算过程,如船舶分舱及总布置设计要以船体曲面为基础,主辅机和舾装的安装要考虑曲面所围成的空间,性能计算要通过波面下船体所围成封闭空间以及由液面、舱壁和船体曲面或内底内壳围闭的舱室空间的几何特性计算来完成等等。而传统的曲面表达是基于型值表的二维表达,要进行性能计算就要进行型值点拟合和曲线逼近,而曲线逼近又有多种方法,这势必造成同一船体曲面表达的不唯一性,建立在此基础上的性能计算体系就要引进一些假设,其结果是在表达方法上的繁杂以及由此引起的计算误差。而 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)曲面以其优良的特性^[2]使这些问题易于解决,基于曲面表达的三维虚拟设计已成为船舶设计的主要发展方向,同时三维曲面表达也是进行精确性能计算的基础。

1.1.2 提高设计和计算精度

静水力曲线是船舶设计、建造、营运和检验部门以及船员用来计算与航行性能有关的性能参数的曲线,它是一艘船的重要技术资料^[3]。由于

二维(2D)表达的局限性,在传统的船舶设计中,一般只计算船舶正浮状态下对应的静水力曲线,船舶浮态和稳性计算一般要借助邦戎曲线和静水力曲线,通过插值方法并引入一些假设来完成,这种计算方法有时会带来一定的误差,使其对船舶性能的估计难以反映工程实际^[3]。目前,越来越多的船东要求在船舶设计阶段提供一系列纵倾状态下的静水力特性计算结果。另外,对于一些纵向尺度和横向尺度比较接近的海洋结构物如海洋平台,其最危险的倾斜方向不一定是绕船体纵轴的横向倾斜,而必须找到使平台倾覆的最危险的风浪方向。所以,对船舶倾斜状态下的静水力特性参数进行新的定义并给出新的计算方法是船舶性能精确计算与校核的基础,而且具有学术理论价值。

主船体分舱设计是船舶总布置设计的重要内容之一,它的信息建立是船舶设计过程的基础。分舱既是对船体功能区域的划分,也兼顾调倾、稳性、总纵强度及船舶水动力特性等。主船体分舱在船舶设计过程中占有重要地位,这种总体布置的描述和结果是其他许多设计决策的基础。对船舶的空间进行划分是一个困难的过程,特别是在设计初期阶段,舱室的功能、位置以及形状还不十分明确,整个设计进程又是螺旋式优化的过程,因此用计算机来辅助解决这个问题可以节省大量的设计时间。在基于曲面的船舶设计中,对船舶舱室的几何和拓扑信息进行完整的描述,采用良好的数据结构,结合先进的智能算法,实现具有拓扑功能的参数化分舱设计,并做到可视化,不仅可使舱室布置能够直观显示,更重要的是使分舱设计无须大量离散点坐标的输入,给设计和修改带来方便。在参数化分舱基础上对任意浮态下的舱容进行精确的计算可使配载、浮态和稳性等的计算以及船体结构有限元分析中载荷的施加更加方便和精确。

船舶在各种装载工况下的浮态对船舶快速性、安全性和航向稳定性等有很大影响。在型线设计和总体布局规划基本确定的前提下,需要首先对船舶的浮态进行校核,然后根据计算结果,调整总体布置,直至浮态满足要求为止。船舶配载过程中要对浮态进行实时计算,校核该配载结果是否满足浮态要求,如果不符合要求,应采取措施进行调整。船舶破损进水后,特别是非对称破损情况下,船舶的浮态会有很大改变,严重时

导致船舶无法航行,甚至倾覆或沉没,造成人身和财产的重大损失。传统的浮态计算方法是对横倾和纵倾独立进行计算,但由于船体形状首尾不对称,船舶在横倾的同时会引起纵倾,所以横倾和纵倾的计算应该同时进行,即空间自由浮态问题,可通过优化方法来解决,优化模型的建立和求解优化问题的方法是进行空间自由浮态计算的关键。

船舶稳性是保证船舶航行安全的重要性能。传统方法是將初稳性和大角稳性分别进行计算,在大角稳性计算中要用到邦戎曲线、静水力曲线以及稳性插值曲线的计算结果,并要经过一系列繁杂的步骤,如水线和旋转点的确定、水线面静矩和漂心位置的计算、入水和出水坐标的量取等等^[3],繁杂的步骤和引入的假设会带来计算误差。由于二维表达的局限性,自由液面对稳性的影响是根据IMO规范规定的方法进行修正计算,不考虑具体的舱型和装载量,但由于船型和舱室形状的复杂性,这种修正方法不一定适合所有形状的舱室,可能会出现对自由液面对稳性影响估计不足的情况,致使稳性计算符合规范要求的船舶在实际航行时出现无法预测的海难事故。在船体曲面三维表达和有效的计算方法基础上,对船舶的稳性进行直接计算并精确地计入自由液面对稳性的影响是可能而且必要的。

船舶的舱室划分、舱容、浮态、完整稳性及破舱稳性计算过程中,主要涉及到两种算法:平面与曲面求交算法和几何特性计算方法。生成船体某一位置的剖线和某个位置或某段舱壁可转化为平面与曲面求交问题,静力性能计算可归结为:①曲面与实体求交后交平面面积要素如面积、面积心和面积矩的计算;②实体被平面切割后局部表面积的计算;③实体被平面裁剪后所构成的封闭体体积要素的计算如体积、体积心和体积矩的计算。这里的曲面即水线面或液面,实体即船体或舱室。具体的如邦戎曲线、静水力曲线、水线面面积、稳心高度等都与交平面有关;湿表面积计算属于局部表面积计算;各种浮态下的排水体积和浮心位置等即为被水线面裁剪后的船体水下部分的体积和体积心;舱容及容积心计算可归结为舱室被给定液面截取的部分空间实体的体积和体积心的计算。所以,曲面求交算法和基于曲面表达的几何体几何特性计算就成为船舶静力性能计算与校核的算法基础,解决好这两方面工作将使计算更精确,减少或

消除传统计算方法中因不尽合理的假设所造成的误差。曲面求交与几何特性计算及其与船舶设计的完美结合,是迄今为止没有得到很好解决的问题。

船体结构设计是船舶设计中的重要环节之一,船体结构强度分析是船舶安全性校核的重要组成部分,精确的结构强度分析一般通过有限元法(FEM)来完成。包括中国船级社在内的十大船级社组成的IACS船级社协会已经统一了油船和散货船规范(2006年4月1日开始生效),规定油船和散货船结构设计时需要进行有限元分析^[4,5],而有限元模型的建立和网格剖分不仅要尽量精确地模拟船体结构,满足有限元分析精度要求,而且要便于结果的提取。船体结构的复杂性决定了其有限元模型的建立是一个艰苦的过程,而其结构的规律性又决定了同一种船体结构的建模存在大量的重复性工作,在船舶三维设计基础上,实现参数化有限元建模,将大大提高有限元分析的工作效率。

1.1.3 加快船舶设计建造一体化的发展进程

船体曲面表达是船体放样的基础和依据,也关系到船体外板的切割成形、与其相关型材的成形加工、船体装配中所需胎架制作以及船体分段建造的精度。当前船舶设计和建造正朝着一体化方向发展,其发展的深度和广度与船体曲面表达方法的优劣密切相关。船舶设计建造涉及多个专业领域,当今数控切割机的数控程序一般是通过圆弧样条插补公式进行曲线刀具轨迹计算,构件成形加工中根据不同的成形方法应用不同的曲面函数来模拟板材形状,胎架型值的计算通过三次样条来完成,工艺流程中这些拟合曲面和曲线的不同方法将给船舶建造带来一定的误差,这些计算上的误差难以通过后续的加工工艺来减少或消除,可能造成各个分段间无法顺利合拢。因此,基于NURBS的船体曲面统一表达和有效的曲面求交算法与船体结构线放样、构件的数控切割和胎架制作中相关环节的有机结合和统一,将大大加快船舶设计建造一体化的发展进程。