

·研究简报·

船体型线三向光顺系统研究

何 义,石德新,邹 劲

(哈尔滨工程大学 船舶与海洋工程系 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要 采用 3 次样条和累加弦长样条表达船体型线,用计算机模拟手工放样,采用回弹法对曲线光顺,并满足三向对应关系,从而获得光顺的船体表面,并可通过插值获得肋骨型线,为船体放样提供数据.本系统在 Windows 95 环境下运行,界面美观,功能齐全,可应用于实际放样.①

关 键 词 船体放样,光顺

中图分类号:U662 文献标识码:A 文章编号:1006-704X(2000)02-0093-02

船体三向光顺是船体放样的重要环节,其结果直接影响船体放样,并对船舶建造质量也有很大影响.传统手工放样是在样台上采用 1:1 的比例,用眼睛判断光顺,通过调整压铁位置来实现,满足要求后,画出船体型线.因此,存在工作量大、时间长、精度低、影响自动化设备的有效使用等缺点.数学放样是用数学方法表达型线,根据相应的光顺准则进行光顺,此过程通过计算机完成,因此,具有方便、快速、精度高、可视性强等优点,此方法正在逐渐取代手工放样.本系统针对国内这方面软件存在的问题,即适用性差、使用不方便、功能少等缺点,采用 3 次 spline 样条和累加弦长样条表达曲线,这两种样条从物理模型上讲,可以最好地模拟手工样条,而且,具有表达方式简单、方便、精确,是数学放样的重要工具.

1 样条表达与光顺原理

三次 spline 样条是表达曲线常用的方法,具有简单、方便和较好模拟木样条的优点,此样条的分段表达形式如下

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$$

由节点处一阶导数、二阶导数连续,建立线性方程组,通过加入合适的边界条件,可求解系数,得到整条曲线的表达式.但由于 3 次 spline 样条只能表达小挠度样条,因此有一定的局限性.

累加弦长样条是在 3 次 spline 样条基础上的一种样条.

两个分量的边界条件为 x'_0, x''_n, y'_0, y''_n , 或 $x''_0, x''_n, y''_0, y''_n$, 其中求导是对参数 t 进行的.

设 $y'_0/x'_0 = m_0$, 记 $y_0'^2 + x_0y_0'^2 = \lambda^2, \lambda > 0$ 是切向量长度.

$$x'_0 = \frac{\lambda}{\sqrt{1+m_0^2}}, y'_0 = \frac{\lambda m_0}{\sqrt{1+m_0^2}}$$

同理

$$x'_n = \frac{\mu}{\sqrt{1+m_n^2}}, y'_n = \frac{\mu m_n}{\sqrt{1+m_n^2}}$$

一般取 $\lambda = \mu = 1$.

对于 $x''_0, x''_n, y''_0, y''_n$ 也有类似形式.

矢量形式三转角方程为

$$\lambda_i m_{i-1} + 2m_i + \mu_i m_{i+1} = 3(\lambda_i \triangle P_i + \mu_i \triangle P_{i+1})$$

$$P_i(t_{i-1}) = P_{i-1}$$

$$P_i(t_i) = P_i$$

$$l_i = |P_i - P_{i-1}|$$

此样条的分段表达形式如下

$$l_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

参数 t 定义于 $[0, \sum_{j=1}^n l_j]$

$$t_i = \sum_{j=1}^i l_j$$

式中 l 代表节点连线构成弦长, t 为累加弦长,这样就构成了以 t 为参数的样条函数,它在处理上与三次 spline 样条有许多共同之处,但它具有可表达大挠度的优点,克服了三次 spline 样条的不

足.

在曲线描述时,会遇到不同特点的曲线,一般对小挠度曲线采取一般三次样条,在艏部和艉部会出现大挠度曲线,对大挠度曲线采取累加弦长样条,这样就可以合理地描述船体型线.

单根曲线光顺原理:用三次样条表达曲线,最好的光顺方法是回弹光顺法,此方法的基本原理来源于手工放样光顺,如不光顺,说明该处受到的约束力过大,可不断改变压铁(节点)位置,看其原节点处回弹量大小,回弹量大说明此处不光顺,需改变位置,可按回弹量加权修正;如回弹量较小,说明该处较光顺,修正值也较小.另外,还可以以节点处的二阶导数作为辅助判据,比较各节点处的二阶导数变化,通过弯势判断光顺,若干次处理,弯势达到预期效果,光顺即完成.对于曲线较平坦时,用上述方法会出现无法克服的波动现象,对这种情况可模拟人工采用直尺沿节点平推的方法,消除波动.

2 三向光顺原理及功能分析

2.1 三向光顺原理

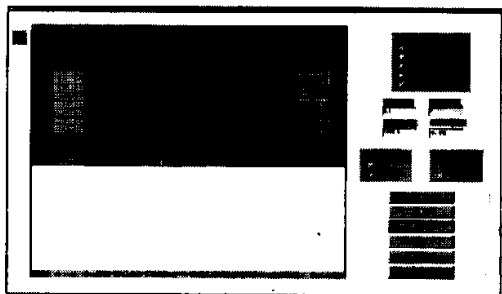


图 1 光顺界面

Fig.1 Fairing interface

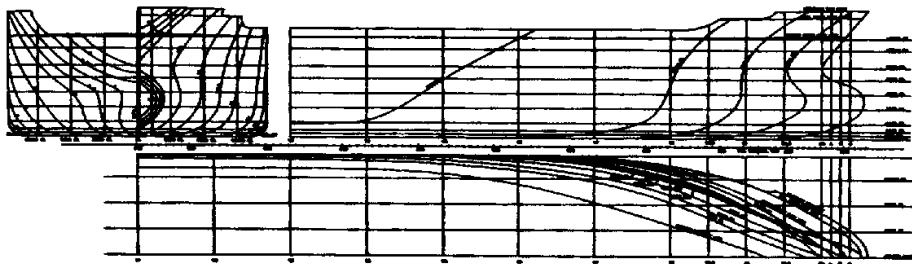


图 3 光顺后的前体型线图

Fig.3 Fairing formlines of forebody

三向光顺的初始数据是原始型值表、边界数据以及一些辅助数据,在三向光顺前,应先对边界线进行光顺.边界线分为:甲板边线、艏柱线、艉柱线、底线、边平线、底平线,光顺好的边界线在后续

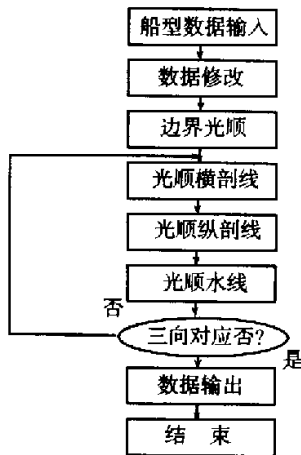


图 2 光顺流程

Fig.2 Flow diagram

光顺中一般不再光顺,作为船体三向光顺的边界条件.船体光顺采用横剖面、纵剖面、水线面分别光顺,将每两组曲线中的对应数据取平均值,形成新的型值表与交点表,这称为三向光顺一次,当每次每根曲线误差不超过 6 mm 时,可认为三线迭代收敛,对于个别不收敛的点,应固定此点,将误差分散,重复上述过程,直到所有曲线收敛.光顺流程图见图 2.

2.2 三向光顺系统功能分析

由于本系统基于 Windows 环境和数据库系统,因此具有很多优点,可使用菜单和对话框交互工作(图 1),因此操作方便,功能完备.本系统具有如下特点(1)使用数据库对所有船型数据实行管理,可对数据进行检索、排序、存储,具有数据的

(上接第 94 页)

完整性和安全性 (2) 可对数据进行人工编辑和修改 (3) 可监控光顺过程, 设置光顺系数、光顺次数, 光顺程度自动判定. 本软件具有如下功能 (1) 通过编辑系统和图形显示系统, 对船型进行数据建模, 并可以对输入错误自动检测, 图形显示. (2) 对边界线进行光顺. 对不同的部位分别采取不同的方法进行二向与三向光顺, 产生光顺的边界线, 此边界线在船体光顺时, 不再发生变化. (3) 对船体进行光顺. 将船体分为不同的区域, 分别对不同区域进行不同描述与处理, 选取不同的光顺参数, 反复进行光顺, 直到满足光顺条件, 自动生成光顺船型数据库, 取代光顺前数据库. (4) 对光顺船型图形显示、放大. (5) 辅助功能, 生成 Auto CAD 图形文件. 可对光顺后船型进行肋骨型线和加密水线计算, 为下一工艺过程准备数据.

2.3 光顺实例

以某散装货船为例, 设计水线长: 160 m, 设计水线宽: 27.2 m, 吃水: 9.65 m, 站数: 28, 水线数: 8, 肋骨数: 219. 通过建模与数据处理系统, 将船型数据输入数据库, 建立船型的模型, 通过合

理的选择光顺系数与光顺次数, 光顺后的船型见图 3. 光顺结果满足工艺要求, 并可以用于板缝线的排列和外板展开.

3 结 论

1) 本三向光顺系统可对船体型线进行三向光顺, 并具有方便、快捷、精度高等优点, 适用于有球鼻艏等特殊形状的船型.

2) 由此插值产生的肋骨型线及其它结构线可用于下一工艺过程, 并满足工艺要求, 结果可直接产生 AUTOCAD 图形文件.

3) 使用数据库对所有船型数据实行管理, 可以有效地组织数据, 保证数据的完整性和安全性, 为完成各种光顺功能提供保证.

4) 本三向光顺系统采用 Windows 标准界面, 可通过参数设置, 实现不同功能, 界面美观, 并具有相应的容错功能.

5) 本三向光顺系统软件在某散装货船放样过程中使用获得成功, 光顺结果满足工艺要求, 证明其可靠性.

[责任编辑: 刘玉明]