

船舶型线设计(续 5)

钱文豪

7 电子计算机辅助设计法

随着造船技术的发展,电子计算机的广泛应用,船舶 CAD/CAM 进展迅速,船舶型线计算机辅助设计作为船舶 CAD 的一个模块配以相应的数据库、图形处理系统,现国内外相继都在开发智能化的专家系统,如西班牙的 Foran、瑞典的 Viking、Steerbear、德国的 Schiffko、挪威的 Autokon、美国的 Spades、英国的 Britships、Godoess、日本的 Hicas、Ships 和中国 HCS、MPSDS、长江大中型客船 CAD 等^{[53][54]}。

本节重点介绍大连理工大学船舶 CAD 工程中心推出的一个较实用、可靠和高效的船舶型线设计专业软件,文献[55]第 222~288 页附有计算机程序,第 116~150 页详细介绍了程序中采用的母型船变换法、改变船体 UV 度设计法、设计水线以上型线处理法、船体外廓线和型线局部修改法以及基于 B 样条曲面的数学船型几何造形设计法。它可以实

现在变化船型的瞬间,算出它的主要量度等,能用人机交互手段设计型线直至满意为止。

型线设计与绘图软件系统(Auto FORM 1.0)是集母型船的型线变换、型线交互修改和绘制型线图为一体的软件系统,自成体系。它亦可成为船舶 CAD 集成软件系统的一个子系统,主要功能为:

母型船的型值表全屏幕编辑;
由母型船生成给定主尺度和船型要素的新船型;

多窗口、全屏幕交互修改型线;
型线的三向配合和初步设计光顺;
尺寸标注;
新船型的型值表生成和输出;
肋骨型线;
由绘图仪绘制型线图;
船型库管理;

10 硬件配置。

7.1 Auto FORM 软件系统的模块化组成(见图 82)

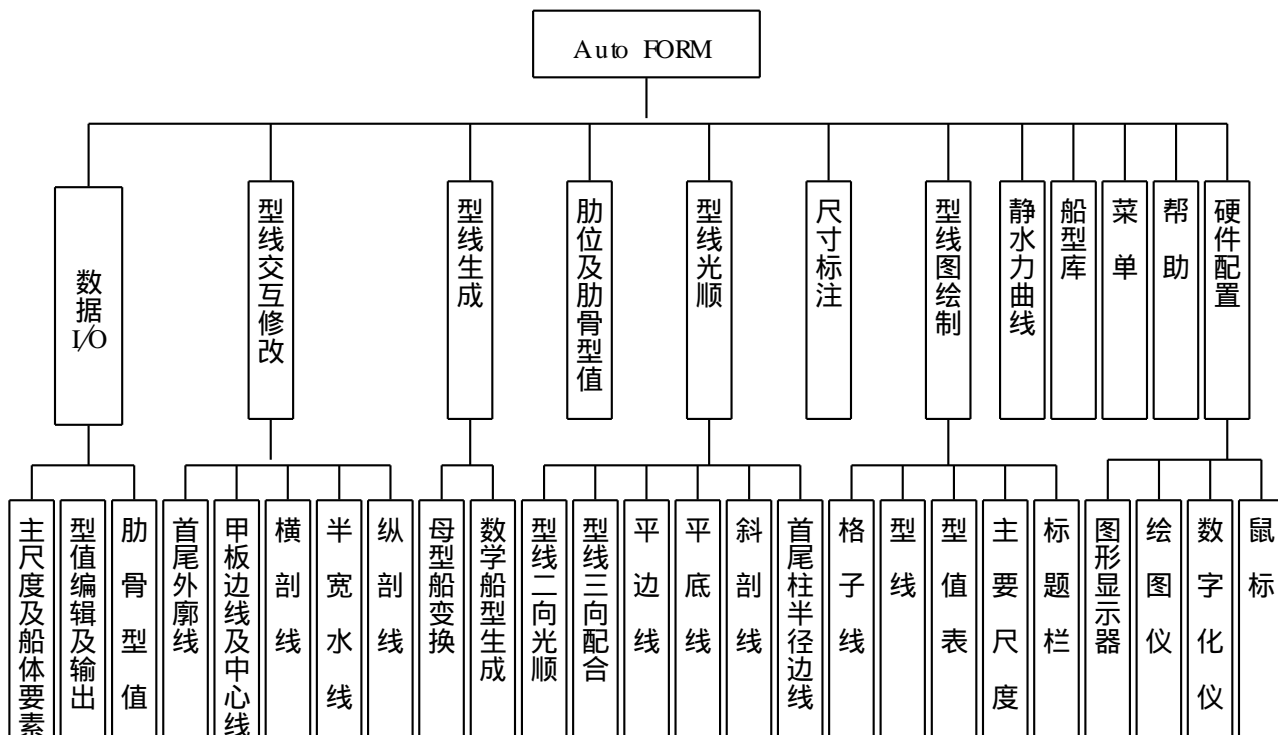


图 82 Auto FORM 软件系统的模块化组成

7.2 Auto FORM 软件系统主要功能介绍

7.2.1 数据文件 I/O

母型船和新设计船的型值表均由全屏幕建

立和修改(见图 83 所示), 站数和水线数目无限制, 型值表可由打印机或绘图机输出。

船体型值表	吃水	尾端点		各 站											
		距 舯	半 宽												
站 号				0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	7	8
船 底		-14140	46	101	93	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
基 线	0	-14140	80			80	111	160	203	240	300	350	370	385	370
水 线	400	-14153	80			117	210	340	460	585	843	1093	1328	1546	1726
	800	-14161	80			190	375	595	812	1030	1429	1781	2093	2367	2562
	1200	-14203	132			429	773	1078	1321	1540	1905	2226	2488	2664	2785
	1600	-14992	468		875	1210	1453	1656	1835	1990	2265	2496	2671	2804	2880
	1800	-17600	250	1135	1367	1570	1757	1916	2052	2181	2406	2601	2742	2851	2915
	2000	-17600	1078	1554	1703	1843	1984	2125	2242	2349	2531	2691	2808	2894	2942
	2400	-17600	1734	2080	2187	2290	2381	2465	2546	2625	2757	2855	2925	2975	3000
主甲板		-17600	2500	2690	2731	2770	2808	2845	2877	2905	2950	2995	3025	3045	3050
折角线		-17600	2552	2742	2777	2812	2845	2878	2909	2934	2974	3011	3037	3050	3050
船底距基线		-17600	1781	1620	1437	-269	-255	-240	-225	-210	-180	-150	-120	-90	-60
主甲板高			3000	2922	2901	2883	2864	2847	2831	2816	2789	2766	2748	2733	2723
折角线高			3050	2972	2952	2933	2915	2898	2882	2867	2840	2817	2798	2784	2773
各站距舯				-15000	-14250	-13500	-12750	-12000	-11250	-10500	-9000	-7500	-6000	-4500	-3000

船体型值表绘制仿真软件

图 83 船体型值表 I/O

7.2.2 母型船变换

由母型船的型值计算母型船船型要素和横剖面面积曲线。根据给定的设计船的主要量度(C_B 、 C_P 、 C_M 、 X_{CB} 、等)在母型船的横剖面面积上生成新船型的横剖面面积曲线(如图 84 所示), 并插值生成新船型的型值, 包括设计水线以上部分。母型船变换具有球首、球尾、首尾舷弧、龙骨纵倾、舳部升高等多种船型的功能。

7.2.3 型线交互修改

屏幕上设置交互命令、帮助提示、主要船体要素、船体型值表和标题栏辅助窗口, 还设横剖线图、半宽水线图和纵剖线图三个图形窗口。对每个图形窗口内的图形可进行无级缩放, 可借助MOUSE 或键盘修改横剖线、水线、纵剖线 and 外廓线(如图 85 和图 86 所示)。一个窗口中的图形修改后, 其它窗口中

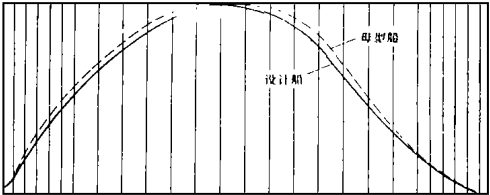


图 84 船体横剖面面积曲线的生成

相应的图形也即随之变化, 并立即产生修改后的型值表。

7.2.4 型线初步设计光顺

以人机交互方式, 分别对横剖线和水线作两向光顺, 再从横剖线和水线型值中插值纵剖线, 并以纵剖线是否光顺来衡准型值是否初步三向光顺(如图 87 所示)。

7.2.5 静水力曲线计算

型线局部修改后, 能立即计算出修改后的静水力曲线(如图 88 所示), 供参考。

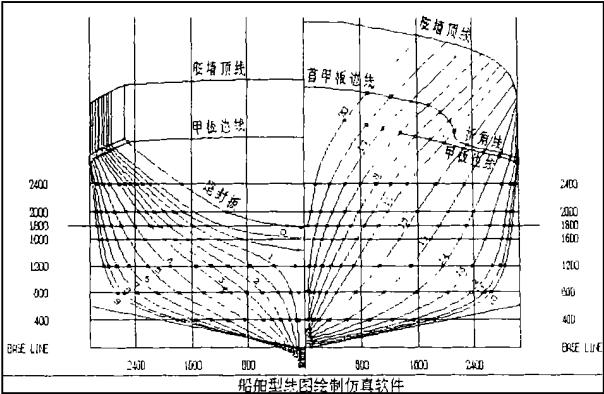


图 85 船体横剖线交互修改

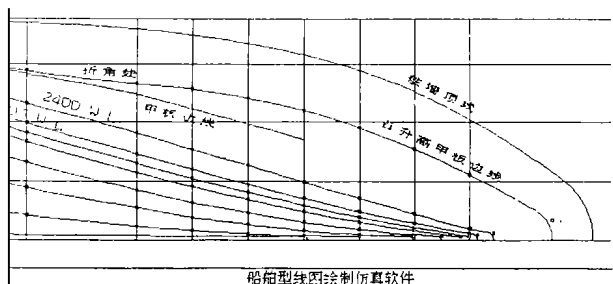


图 86 船体水线交互修改

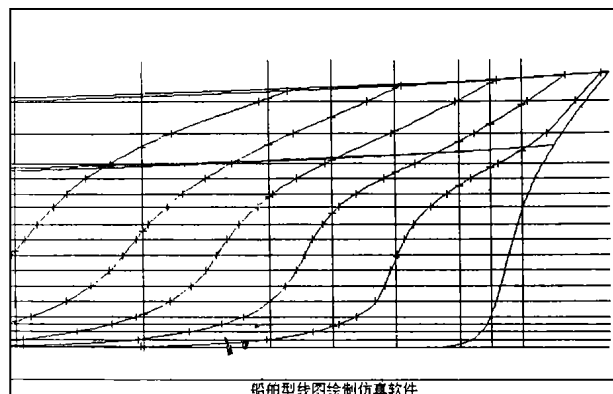


图 87 船体型线初步设计光顺

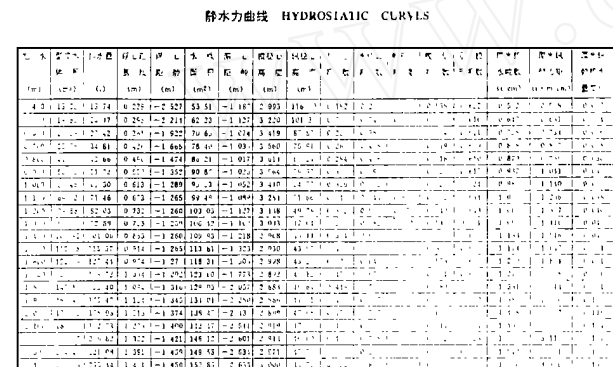


图 88 船体静水力曲线

7.2.6 绘制型线图

支持 HP 和 DM P 系列绘图机 (A 4~ A 0) 绘制船体型线图, 并自动标注站号、水线高度、纵剖线位置、船体主要量度等, 型值表和标题栏也可绘在图面上 (如图 89 所示)。

7.2.7 硬件基本配置

BM 386/486 或兼容微机、4MB RAM、VGA 图形显示器、10MB 硬盘空间、Epson 或兼容打印机、M S Mouse、HP 和 DM P (A 4~ A 0) 绘图机, 还可根据用户不同硬件加以配置。

8 型线图的绘制和生产设计要求

8.1 型线图绘制的一般情况

型线图均以纵剖线图 (往往包括斜剖线)、横剖线和水线图来表示船体的形状。

一组垂直于船舶中线、位于船长方向不同位置上的平面 (即横剖面) 与船体型表面相交出若干横剖线, 叠绘在一起成为横剖线图。各横剖面的位置为站, 站号编排, 有自首向尾, 也有自尾向首。我国通常自尾向首编排。为了方便计算和施工, 站距按垂线间长度或设计水线长度等分, 在此之外根据首、尾形状适当增加站段。站数可根据船舶大小及计算的需要来定。如用辛浦生法计算静水力曲线, 可分 11 站 (即 10 等分); 如按梯形积分法计算, 则应分为 21 站 (即 20 等分)。在首尾段船体表面曲率变化剧烈处增设 1/2 站或 1/4 站等。

由于船舶的形状一般是左右对称的, 在绘制横剖线图时, 中横剖面以前各横剖线绘于右侧, 后体横剖线绘于横剖线图的左侧。

一组平行于船舶基平面、分布于离基线不同高度处的平面 (即水线面) 与船体型表面相交出若干水线, 叠绘在一起成为水线图, 通常只绘左舷侧。水线的数目应根据吃水值和排水量计算的需要而定, 基线至设计水线常取 5~ 8 根。为了方便计算和放样, 各水线可不按设计吃水等分, 但间距应取整数。

一组平行于船舶中纵剖面, 以一定间距分布的平面与船体型表面相交出若干纵剖线, 叠绘在一起成为纵剖线图。其数目可按船宽及船体曲面复杂的程度选取, 常取 2~ 7 根。

横剖面、水线面和纵剖面间距的选取应满足船舶总布置和很好地光顺船体表面的要求, 又要方便计算、放样和施工。

上述三组剖线是互不独立的, 一根剖线变动将影响该组临近剖线和另两组相应剖线的形状, 因此光顺型线是一个逐步逼近的过程。有经验的设计师不会在设绘型线图之初花很多时间去光顺某一横剖线或水线至“完美”的程度, 而总是从中纵剖线、中横剖线、设计水线和需特别注意的部分出发, 间站、间水线地各组剖线恰当地交叉光顺, 并随时校核三组剖线间的投影关系。方形系数和浮心位置已凑得与所需值相近时, 应先绘一二根纵剖线校核。如“完美”了所有横剖线和水线后再绘纵剖线, 常会造成大修改。如此, 直至各型线光顺, 投影相互吻合, 并作斜剖线进一步校核。任意作剖面与船体表面相交的剖线均光顺时, 其型线图才是真正光顺的。

根据船舶量度, 型线图比例可取 1 : 25, 1 : 50 和 1 : 100 等。在设计初始阶段, 如初步设计、技术设计, 比例可取大些, 型线易于光顺; 在设计后阶段, 如详细、生产、施工设计, 比例取小值, 以求型线正确, 并加注从型线图上量取的型值表, 便于工厂放样使用。

8.2 型线绘制的注意点

8.2.1 格子线

绘制格子线是极重要的工序, 它的质量影响整个型线图的绘制速度和质量, 必须予以最大的注意。

- (1) 格子线要绘在伸缩性较小的纸上;
- (2) 横剖线图的格子线最好独立绘于另一张面积适当的纸上, 便于绘制、便于用面积仪读取面积值;
- (3) 每连一根直线都应通过三个定点, 以减少误差;
- (4) 纵剖线间距取水线间距或其整数倍为好, 便于放样;
- (5) 格子线先用铅笔绘出, 待校核后即颜色墨水描出, 以免在绘制过程中被擦掉。

8.2.2 曲线连接

- (1) 压条应选用质料均匀、弹性适中者。使用过软的压条会造成所连的曲线易于通过并不很理想的一组点子;
- (2) 使用压条时, 将压条沿点子压妥后, 应将其中的一些压铁提起并用手指轻弹压条后再放下压铁, 如此可避免所绘的曲线过硬;
- (3) 绘制甲板等曲度极小的曲线时, 可将压条平放着压, 易使所绘曲线光顺, 避免凹凸不平;
- (4) 小曲度的曲线与圆弧连接时, 如首、尾端

处水线, 最好不直接用压条与圆弧线相连。圆弧和压条曲线均画得短些, 再用曲线板连接过渡段, 这样可使曲线更光顺;

(5) 各水线首、尾端须用圆弧连接时, 可先凑出二三个圆弧, 光顺圆心轨迹线, 然后再决定各水线间的圆弧半径;

(6) 使用新压条时, 已使一侧受压后, 不宜更改使此侧受拉, 否则压条边缘会弄糙。

8.2.3 型线绘制

型线绘制详见第 6 节。

(1) 绘好设计吃水以下的型线后, 就可直接绘最高一层甲板的边线。其间的型线一般变化不大, 可先在横剖线图上画出甲板线大致形状, 再投射到水线图上。如对甲板宽度有要求时, 亦可先绘在水线图上。

(2) 对于船体水下部分有折角线的情况, 折角线应与流线一致, 绘型线图时要做到折角线在横剖线图、水线图和纵剖线图上均光顺。

(3) 绘制横剖线由折线组成的简易船型型线时, 应充分利用折角型线的特点。先在三视图上光顺折角点线, 再以折角点为起点绘出各层水线和纵剖线, 这样可起到事半功倍的效果。

(4) 绘制隧道型尾的型线时, 求出横剖面面积曲线后, 即应在侧视图上绘出中纵剖线及隧道顶线。如为双螺旋桨隧道型尾, 应绘出隧道的舷侧底线, 便于绘制后体横剖线。绘这些型线时应考虑桨的布置、桨与船体之间的间隙。隧道顶线与基线的夹角应尽可能小于 15° ; 隧道的设计应利于向螺旋桨供水。水线图上的隧道顶线应处理成如图 90 所示与中纵剖面有一定的夹角, 向尾逐渐减小到桨盘面横剖面处为 0° 。

试绘几条尾横剖线后即应绘制尾纵剖线, 两者基本吻合后再绘制水线。

8.3 型线和生产设计

由于数学放样处理型线边界处的曲线往往偏差较大, 因此应把光顺后的平边线、平底线、首尾切点线、甲板中心线及折角点线的型值列在型线图上的型值表内提供工厂作生产设计。此外, 船体表面上的加权点, 如机舱、货舱等处的半宽最小允许值等应在图上注明。

(全文完)

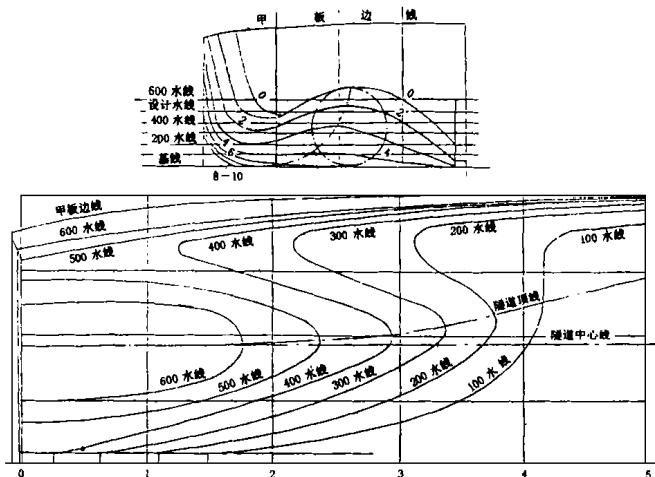


图 90 双桨隧道型尾船舶的尾部型线图

主要符号表

A_{BT}	球首横剖面面积
A_E	螺旋桨桨叶伸张面积
A_M	中横剖面面积
A_O	螺旋桨盘面积
A_R	舵面积
B	型 宽
BM	横稳性半径
B_{TS}	设计水线处方型尾浸宽
C_B	方形系数
C_{BA}	后体方形系数
C_{BF}	前体方形系数
C_L	螺旋桨与船体之间隙
C_M	中横剖面系数
C_P	棱形系数
C_{PA}	后体棱形系数
C_{PF}	前体棱形系数
C_{WP}	水线面系数
D	螺旋桨直径 m
D	型 深
d_p	满载设计水线和桨轴之间的距离 m
f	螺旋桨叶频 S^{-1}
F_n	傅汝德数
H	水 深
H_u	方型尾浸深
i_E	半进流角
i_R	半去流角
I_T	水线面横向惯性矩
KB	浮心垂向座标
KM	横稳心垂向座标
L	船 长
L_B	球首突出首垂线外的长度
L_E	进流段长
L_P	平行中体长
L_{PP}	垂线间长
L_R	去流段长
L_{WL}	水线长
n	螺旋桨每分钟转数
P_D	螺旋桨收到功率
P_E	有效功率
P_P	螺旋桨脉动压力
P_S	轴功率
R	螺旋桨半径
T	型吃水
t	纵 倾

t_R	舵叶切面最大厚度
V	航 速
∇	排水体积
V_o	最大吃水时静水中船舶最高航速 kn
W_e	实效伴流分数值
W_{max}	最大伴流分数值
X_{CB}	浮心纵向位置
X_F	船尾后端至上层建筑前壁的距离 m
Z	桨叶数
Z_B	露天甲板上上层建筑高度 m
δ_R	实际舵角
γ	螺旋桨桨叶侧斜角 $^\circ$
	船舶最大排水量 t
λ	波 长

参考文献

- 1 Troost L. The effect of shape of entrance on ship propulsion. Trans. I.N.A., 1949, 91(2): 159~ 181
- 2 Schneekluth H. Entwerfen von Schiffen. 3 Herford: Koehler, 1985: 0~ 252
- 3 薛安国, 杨葆和, 郭彦良. 15800/18200 载重吨多用途货船. 船舶, 1990(3): 1
- 4 周良根等. 船舶设计实用手册——第一分册 总体性能. 北京: 国防工业出版社, 1962: 732~ 847
- 5 Levis E. V. Increasing the sea speed of merchant ships. Trans. SNAME, 1959: 67
- 6 关西造船协会. 造船设计便览 第4版, 日本: 海文堂, 昭和 58 年 7 月(1983): 410~ 475
- 7 袁随善. 海船耐波性. 中国造船, 1960, 2(总 46): 21 ~ 48
- 8 Saunders H. E. Hydrodynamics in ship design. New York: SNAME, 1957, Vol 1~ 2
- 9 元良诚三. 航路安定性に就て. 日本造船协会会报, 1955, 7, 77: 69~ 90
- 10 von Lammern W. P. A. Resistance, Propulsion and Steering of Ships. 1946. Wageningen: Delft, 1948: 366
- 11 第七 八研究所. 整流隔板. 实用新型专利公报, 1990, 6(30)
- 12 多田纳久. 船尾プロファイルが肥大船の进路安定性に及ぼす影响について. 关西造船协会志, 1976, 6, 162: 57~ 66
- 13 王国强, 盛正邦. 船舶推进. 中国: 国防工业出版社, 1985: 262~ 277
- 14 何友声, 王国强. 螺旋桨激振力. 上海: 上海交通大学出版社, 1987: 13~ 69, 267~ 339
- 15 杨葆和. 50000 t 大舱口散货船设计. 民船船型开发通讯, 1996, 1~ 4(总 37~ 40): 38~ 40
- 16 虞铎辉. 减小船尾部振动的有效措施——螺旋桨吸振穴的设计. 船舶科研与设计, 1978, 3: 39~ 46
- 17 Schneekluth H. The wake equalising duct. MAS 89 Applications of new technology in shipping, May 24~ 26, 1989: 165~ 171

18 第七 八研究所. 一种桨前整流导管 实用新型专利公报, 1994, 11(6)

19 Grothues- Spork H. Bilge vortex control devices and their benefits for propulsion ISP, 1988, 35(402): 183~ 214

20 第七 八研究所. 一种节能的桨前整流鳍 实用新型专利公报, 1991, 7(30)

21 Nitzki L. , Book L. Heckwulst für Einschraubenschiffe mit Heckfin Patentschrift 1034060 Deutsches Patentamt, 1957

22 Sasaki N. , Nagamatsu S. , Ushijima H. 等. Development of the energy saving appendage for full ships 住友重机械技报, 1985, 33(99): 40~ 46

23 振动测试小组 浙江沿海客货船的振动测试和消振措施 江南造船技术, 1997(1): 1~ 96

24 周昭明, 赵汉魂. 多桨船的节能轴支架 中国造船, 1990(2): 16~ 21

25 Schneekluth H. Hydromechanik zum Schiffsentwurf 3 Deutschland: Koehler, 1988: 443~ 451

26 Schneekluth H. Abstromwulst Patentschrift 2353265, Deutsches Patentamt, Okt 24, 1973

27 Echert E. und Shama S. D. Bugwülste für langsame, völlige Schiffe Jahrbuch der Schiffstechnischen Gesellschaft, 1970, 64: 129

28 Hoekstra M. Prediction of full scale wake characteristics based on model wake survey. International Shipbuilding Progress, 1975, 22(250): 204

29 Binek H. Untersuchung des Strömungsverlaufs und der Ablösungserscheinung der Strömung am Vorschiff von völligen Binnenschiffen Hansa, 1975, 112: 277

30 Grothues- Spork H. Einfluß der Tauchung eines Spiegelhecks auf die Antriebsleistung Schiff und Hafen, 1987(4): 46

31 Williams A. What can new hull forms do to minimize fuel costs Schiff und Hafen, 1980, 32(11): 40~ 46

32 Hogner E. Hinterschiffsform mit wulstförmigen Wellenhöfen. Patentschrift, 1933, Nr. 568610

33 Nitzki L. Heckwulst für Einschraubenschiffe Patentschrift, 1957, Nr. 1034060

34 Luszcz J. Z. Untersuchungen zum Antrieb von Containerschiffen. Entwicklungen in der Schiffstechnik, Statensenar 1984, Verlag TÜV Rheinland GmbH: 7~ 41

35 第七 八研究所. 一种节能型船舶尾部型线 实用新型专利公报 1990, 6(42)

36 严爵华. 双尾船型的实船应用. 船舶设计技术交流, 1989, (1): 1~ 10

37 庄玉芳. 汽车渡轮双尾鳍节能船型的试验研究 舰船科研与设计, 1987, (1): 6~ 10

38 杜健, 徐敦民, 陈良权等. 长江下游客运和船型分析. 民船船型开发通讯, 1988, (3): 8~ 17

39 'Kiisla' ice- breaking tanker from Valmet The Motor Ship, 1974, 55(4), No. 645: 59~ 62

40 Poehls H. , Rupp K. H. Zeichnen von Schiffslinien. Vorlesungsmanuskript Nr. 31, Hamburg: Institut für Schiffbau, 1985: 83

41 Sandmann F. , Gallin C. Das Blohm + Voss pioneer multi- carrier- system. Schiff und Hafen, 1967, 19(4): 3~ 14

42 Wurr D. Heckwulst in vereinfachter Bauweise für Einschraubenschiffe Schiff und Hafen, 1979, 31(12): 1043 ~ 1044

43 Schneekluth H. Ship design for efficiency and economy. 潘伟文等. 1989. 10 第一版. 上海: 上海交通大学出版社, 1989. 11: 102~ 120

44 Todd F. H. 单螺旋桨运输船舶船模系列试验 (系列 60). 金柱青等, 1963. 7. 中国: 1973: 1~ 260

45 Wright B. D. W. and Pattullo R. N. M. 远洋运输单桨船舶型系列试验 (扩展和重新分析整理). 钱文豪. BSRA 报告第 333 号. 中国: 中国船舶及海洋工程设计研究院, 1986: 1~ 108

46 Taylor D. W. The speed and power of ships United States Government Printing Office Washington, 1943: 177~ 292

47 Chirila J. V. Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Schiffsform in Projektstadium auf der Grundlage von systematische Untersuchten und Bewährten Modellfamilien Teil I, Verfahren zur Formtransformation. Teil II, Geometrische Dokumentation der Untersuchten Formfamilien mit Block- Koeffizienten $C_{B0.55 \sim 0.85}$ Teil III, Systematische Modellversuchs- Ergebnisse dafür. Forschungszentrum des Deutschen Schiffbaus, Bericht 160, 1985

48 船舶标准化委员会指导性技术文件. 长江客货船舶模系列试验图谱. CB/Z 303- 78 北京: 技术标准出版社, 1979

49 Olofsson H. Modellförsök för stora tank/bulkfartyg "70000 tdw - serien", etapp 1, 2 och 3 Sammanställning betr. släpnotstånd vid fullast The Swedish State Shipbuilding Experimental Tank, Report 1537- 17, 1968

50 Jonsson L. G. and Olofsson H. Modellförsök för tank/bulkfartyg "70000 tdw - serien", etapp 1, 2 och 3 Sammanställning, betr. propulsiva faktorer och propellereffekt vid fullast The Swedish State Shipbuilding Experimental Tank, Report 1537- 18, 1969

51 Lap A. J. W. Diagrams for determining the resistance of single - screw ships International Shipbuilding Progress(ISP), 1954, 1(4). 179

52 朱珉虎主编. 内河船舶设计手册. 1996 年 5 月第 1 版. 北京: 中国标准出版社, 1996 年: 1~ 368

53 陈宾康, 董元胜. 计算机辅助船舶设计. 1994 年 4 月第 1 版. 北京: 国防工业出版社, 1994: 1~ 241

54 周超骏. 计算机辅助船体型线设计. 1992 年 7 月第 1 版. 上海: 上海交通大学出版社, 1992 年: 1~ 170

55 纪卓尚等. 油船总体设计. 1994 年 12 月第 1 版. 大连: 大连理工大学出版社, 1994 年: 331

56 脱天禄, 李传曦, 朱崇贤. 计算机辅助船体建造. 1986 年 4 月第 1 版. 上海: 上海交通大学出版社, 1986 年: 284

57 上海市造船公司数学放样研究组. 船舶数学放样. 1976 年 6 月第 1 版. 北京: 国防工业出版社, 1976 年: 168

《船舶》1998 年第 6 期