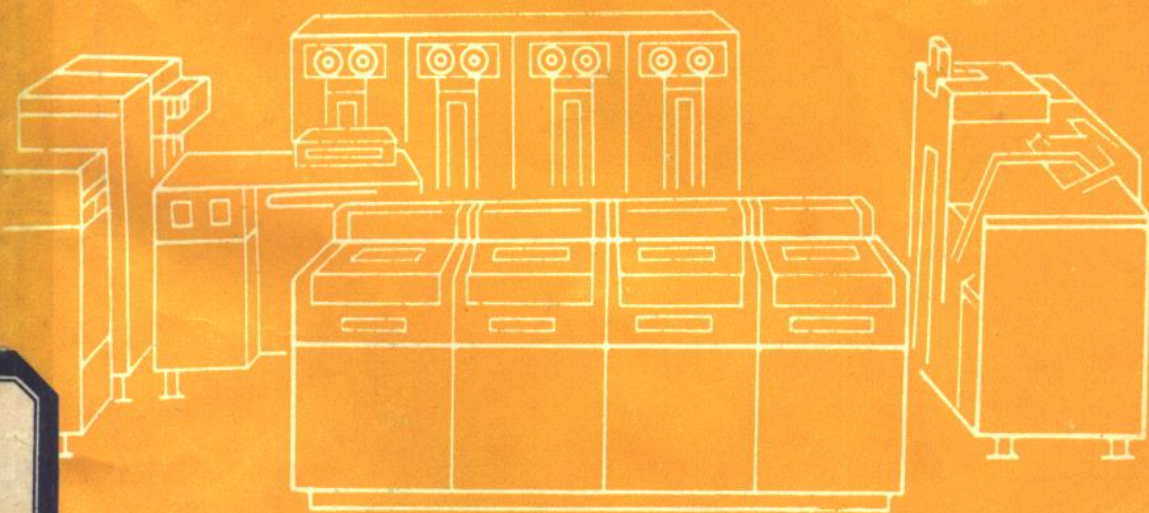


上海市 电子计算机应用技术资料汇编

第十五辑

CAD 专辑



上海科学技术文献出版社

上海市

电子计算机应用技术资料汇编

第十五辑

CAD 专辑

本汇编编辑部 编

本汇编编辑委员会名单:

名 誉 主 编	刘振元
名 誉 副 主 编	顾训方
主 编	严洪范
编 委	张 肇
	高毓乾
	蔡振敏
	陈家萍

上海科学技术文献出版社

上海市电子计算机应用技术资料汇编

(第十五辑)

CAD 专辑

本汇编编辑部 编
(上海市湖南路 30 号)

责任编辑:蔡振敏

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路 2 号)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 8.5 字数 212,000

1988 年 4 月第 1 版 1988 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—2,000

ISBN 7-80513-160-0/T·95

定价: 4.35

◀科技新书目▶168-295

前 言

1986 年上海市第二届计算机应用活动周期间, 在上海沪东工人文化宫举办了“上海市微型计算机 CAD 应用技术展示会”, 由上海交通大学、中国纺织大学、上海造船厂以及华东建筑设计院等 25 个单位参展 53 个项目, 介绍上海市计算机辅助设计的典型应用, 所研制的系统在实际应用中均发挥了重要的作用。参展项目受到了广大观众、CAD 工作者和专家学者的一致好评, 我们对反映较好的展品, 组织了有代表性的 15 篇文章加以介绍, 交流经验, 为计算机的推广应用作出一点贡献。

编 者

1987 年 8 月

目 录

CAD 专 辑

- (1) 17.05.51.86 电子计算机在电路辅助设计中的应用.....
..... 上海市计算技术研究所 施政文等(1)
- (2) 18.05.66.86 计算机辅助船舶钢结构绘图系统上海船厂 王兴国等(6)
- (3) 18.05.109.86 基于 UNIX 数据库的集成电路版图交互编辑
..... 上海元件五厂 王兴汉等(14)
- (4) 18.05.119.86 QXHT-1 微机绘图集成系统上海求新造船厂 陈 刚等(25)
- (5) 14.05.122.86 微机冲裁模 CAD 系统
..... 上海交通大学模具技术研究所 冲裁模 CAD 课题组(30)
- (6) 17.05.123.86 微机自动布线系统 MARS华东计算技术研究所 庄震武(39)
- (7) 17.05.124.86 线绕函数电位器辅助设计.....
..... 上海无线电十二厂研究所 张 萍(47)
- (8) 30.05.127.86 微机交互式图形系统上海交通大学 朱 毅等(53)
- (9) 30.05.128.86 中、大规模集成电路 CAD 双向系统
..... 上海交通大学 林争辉等(64)
- (10) 18.05.129.86 PFS-1 微机辅助皮鞋优化设计系统.....
..... 上海大学工学院 吴政涛等(73)
- (11) 30.05.130.86 数学线型设计——曲面法.....
..... 上海交通大学 周超骏 复旦大学 刘鼎元等(82)
- (12) 18.05.131.86 SAP51——微机上的 SAP5
..... 中国船舶工业总公司应用软件开发中心 冯海忠(93)
- (13) 07.05.132.86 CFS-1 计算机辅助服装设计系统.....
..... 中国纺织大学 服装 CAD 研制组(执笔:邱薇华)(102)
- (14) 14.05.133.86 通用机械 CAD 系统的开发和应用.....上海交通大学 黄瑞清等(109)
- (15) 05.05.134.86 高层建筑结构图形处理软件.....华东建筑设计院 李建一等(119)

电子计算机在电路辅助设计中的应用

上海市计算技术研究所 施政文 倪惠丽

一、引言

用电子计算机进行电路的辅助设计^[1,2], 是电子计算机的一个重要应用领域。对于线性电路, 在一般情况下, 还可以用传统的方法进行设计, 而对于非线性电路, 特别是大规模集成电路中的非线性的设计, 离开了用电子计算机进行辅助设计, 将是十分困难的。本文通过对一个具体的非线性电路辅助设计的分析, 探讨直流电路辅助设计的一般方法。

二、模 型

我们来考虑如图 1 所示的电路设计问题。在该电路中, 热敏电阻 $R(T)$ 和补偿电压 $V_Z(T)$ 都随温度 T 的变化, 遵守固定的已知变化规律。我们的目的是要确定电阻 R_1, R_2 和电流 I_{R_1} , 使得当温度 T 在某一范围 (T_1, T_2) 内变化时, 电压 $V_R(T)$ 均能处于稳定状态。根据电路知识, 我们有:

$$\begin{cases} V_Z(T) = V_R(T) + I \cdot R_2 \\ I_{R_1} = I_{R_1} + I \\ I_{R_1} \cdot R_1 = I(R(T) + R_2) \end{cases}$$

可以写成:

$$V_R(T) = V_Z(T) - \frac{I_{R_1} \cdot R_1 [R(T) + R_2]}{R_1 + R_2 + R(T)} \quad (1)$$

$V_R(T)$ 随 T, R_1, R_2, I_{R_1} 变化, 不妨记为: $V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 。

由于我们希望电压 $V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 在确定了 R_1, R_2, I_{R_1} 的条件下, 在区间 (T_1, T_2) 内保持稳定, 如果这个稳定状态的稳定值取为 V_0 , 那么在区间 (T_1, T_2) 中任一点的电压 $V^u(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 应等于 V_0 , 因此问题转化成为要找 R_1, R_2, I_{R_1} , 使

$$V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1}) = V_0, (T = T_1, T_1 + 1, \dots, T_2) \quad (2)$$

但是, 严格求解问题(2)既是不可能, 又没有必要。因此, 我们变换问题的形式。

由于 V_0 与 $V_Z(T), R(T)$ 关系十分密切, 事先又难以确定。而问题本身只要 $V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 在温度区间 (T_1, T_2) 中稳定, 至于稳定到什么数值, 在一定条件下, 却是无关紧要的。故我们不妨取 $V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 在区间 (T_1, T_2) 上的平均值作为 V_0 :

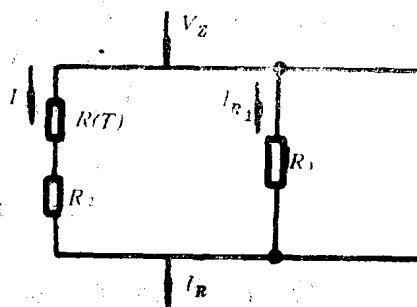


图 1

$$V_0 = \frac{1}{T_2 - T_1 + 1} \sum_T V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$$

只要误差函数

$$f(T, R_1, R_2, I_{R_1}) = V_0 - V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$$

在 $T \in [T_1, T_2]$ 中其绝对值均能控制到一定数值范围就足够了。也就是说, 要使 $V_R(T, R_1, R_2, I_{R_1})$ 稳定, 就是求目标函数

$$\psi(R_1, R_2, I_{R_1}) = \sum_T w_i f^2(T, R_1, R_2, I_{R_1}) \quad (3)$$

的极小点。其中, $w_i \geq 0$, $\sum_i w_i = 1$ 。 w_i 称为权系数。

通常, 我们通过对 w_i 的选取, 或者控制对实用有利的某些温度点, 或者由于 $R(T)$ 、 $V_Z(T)$ 的估计值存在较大的误差, 通过 w_i 予以排除。同时, 我们还要看到, 电阻 R_1 、 R_2 和电流 I_{R_1} 的数值应大于零, 而且电流 I_{R_1} 过大时, 对电路的匹配是不利的。

因此有

$$\begin{cases} R_1 \geq 0 \\ R_2 \geq 0 \\ 0 \leq I_{R_1} \leq I_0 \end{cases} \quad (4)$$

从数学上看, 对上面的电路设计, 就是在三维空间上找出一组 (R_1, R_2, I_{R_1}) 满足 (4) 式, 且使 $\psi(R_1, R_2, I_{R_1})$ 达到最小。

对一般非线性电路而言, 电路中需要确定的参数往往不是一、二个, 所面临的约束也不只一、二个不等式。因此, 在一般电路设计中, 是要确定 n 个电路参数, 在满足一组约束条件下, 达到一定质量要求。

假定我们把求解的参数记为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 而把约束条件记为 $g_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $g_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, g_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$, 那么, 我们的问题可以归结成: 在 n 维空间中, 求一点 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, 使下式成立:

$$\begin{cases} \min \psi(X) \\ g_i(X) \leq 0 \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

三、数值方法

一般地处理非线性规划问题, 通常有两种办法。其一是把约束问题化成无约束问题, 然后采用无约束数值方法求解。把约束问题化成无约束问题通常采用罚函数技术。它的实质是将有约束的最优化问题, 通过罚因子的选取, 变为一系列求罚函数的极小值, 从而将问题转化成为求解无约束极值问题。其二是将某种优化方向投影到约束空间, 然而, 在约束空间里进行类似于无约束问题的处理。由于电路设计中经常能见到的约束具有以下形式:

$$A_i \leq x_i \leq B_i$$

通过变换:

$$x_i = (B_i - A_i) \sin^2 u_i + A_i$$

得到:

$$\psi(X) = \varphi(U)$$

由于 U 自动满足 X 的约束, 我们十分方便地把问题转化成无约束问题了。因此, 直流电路的辅助设计问题, 实际上就是求解优化问题:

$$\min \psi(X) = \min \varphi(U) \quad (5)$$

我们在求解无约束优化(5)的过程中, 分别用了直接法与解析法。直接法选用了单纯形法; 解析法选用了拟牛顿法及非线性最小二乘法。为一般叙述, 仍用 X 作为变量, 且把权因子合并到相应的函数 f 中。下面分别予以讨论以此选定电路辅助设计中较为理想的数值方法。

设: $f(X) = [f_1(X), f_2(X), \dots, f_m(X)]^T$

则: $\varphi(X) = \sum_{i=1}^m f_i^2(X) = f^T(X)f(X)$

把 $f(X)$ 在点 X_i 处泰勒展开, 并取线性部分得:

$$f(X) \doteq f(X_i) + \nabla f(X_i) \Delta X = f(X_i) + A_i \Delta X$$

所以

$$\varphi(X) \doteq (f(X_i) + A_i \Delta X)^T (f(X_i) + A_i \Delta X)$$

这里,

$$\Delta X = X - X_i$$

$$A_i = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(X_i)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(X_i)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1(X_i)}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_m(X_i)}{\partial x_1} & \frac{\partial f_m(X_i)}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_m(X_i)}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

因为 $\varphi(X) \geq 0$, 所以, 若 X 是 $f(X) = 0$ 的解, 则其必是 $\varphi(X)$ 的极小值。

非线性最小二乘法就是将求 $\varphi(X)$ 最小值的问题转化成求 $f(X) = 0$ 的解。通过线性处理, 求 $f(X) = 0$ 的解, 又转化成近似地求解线性方程组 $A_i \Delta X + f(X_i) = 0$ 。从而使问题成为可解了。

由 $A_i \Delta X + f(X_i) = 0$ 求得 ΔX , $X = X_i + \Delta X$ 也只是 $\varphi(X)$ 极小点的近似。故常采用以 ΔX 为搜索方向, 从 X_i 点出发的一维寻查来确定 t_i , 使 $\varphi(X_i + t_i \Delta X) = \min_t \varphi(X_i + t \Delta X)$, 以 $X_{i+1} = X_i + t_i \Delta X$ 改进解, 继续迭代。

而拟牛顿 DFP 方法则是直接将 $\varphi(X)$ 在 X_i 点泰勒展开, 并取其二次逼近:

$$\varphi(X) \doteq \varphi(X_i) + g_i \Delta X + \frac{1}{2} \Delta X A_i \Delta X$$

其中, $g_i = \nabla \varphi(X_i)$, $\Delta X = X - X_i$, A_i 为 $\varphi(X)$ 在 X_i 点的二阶导数矩阵。

$$\nabla \varphi(X) \doteq g_i + A_i \Delta X$$

所以 $\varphi(X)$ 的最小点 X 近似地满足: $A_i \Delta X = -g_i$

即

$$\Delta X = -A_i^{-1} g_i$$

由于 $\varphi(X)$ 是非二次函数, 故 $X = X_i - A_i^{-1} g_i$ 仅仅是 $\varphi(X)$ 最小点的近似。因此, 常以 $P_i = -A_i^{-1} g_i$ 为搜索方向, 求 t_i 使 $\varphi(X_i + t P_i)$ 为极小, 然后, 令 $X_{i+1} = X_i + t_i P_i$ 作为第 $i+1$ 次近似。问题是目标函数的二阶导数计算较复杂, 且每次迭代都要计算逆矩阵 A_i^{-1} 。拟牛顿 DFP 方法就是在实际计算中, 设法构造另一正定矩阵 H_i , 用以作为 A_i^{-1} 的近似。

由于解析法至少要计算目标函数的一阶导数。这对于目标函数复杂的问题, 或在低精度的计算机上工作, 给计算带来了一定的困难。而单纯形法就避免了这一缺陷。它不计算目标函数的导数值, 而是通过比较目标函数若干个点的函数值来确定搜索方向的, 逐步改进

其解,直到达到一定精度。

总之,三种方法均是迭代法,都是通过某一途径确定搜索方向的。只不过是不同的角度确定不同的搜索方向而言。

四、数值例子

非线性电路图 1 中的主要参数为:

温度区间: $[3, 22]$, 即 $T_1 = 3, T_2 = 22$;

热敏电阻: $R(T) = 190/T$;

补偿电压: $V_z(T) = 80.23 + 0.097 T$;

取初值: $R_1^0 = 1.66, R_2^0 = 0.02, I_{R_1}^0 = 8.18$ 。

算得结果如表 1 和表 2 所示。

表 1

温度 (T)	补偿电压 $V_z(T)$	热敏电阻 $R(T)$	误差 $1 - V_z(T)/V_z$		
			拟牛顿法	单纯形法	最小二乘法
3	79.938995	63.333328	0.000662	0.000671	0.000658
4	79.841995	47.500000	0.000438	0.000450	0.000434
5	79.744995	38.000000	0.000242	0.000250	0.000239
6	79.647995	31.666656	0.000075	0.000090	0.000072
7	79.550995	27.142853	-0.000066	-0.000050	-0.000068
8	79.453995	23.750000	-0.000180	-0.000164	-0.000181
9	79.356995	21.111090	-0.000269	-0.000254	-0.000270
10	79.259995	19.000000	-0.000332	-0.000319	-0.000333
11	79.162994	17.272720	-0.000371	0.000360	-0.000372
12	79.065994	15.833333	-0.000386	-0.000377	-0.000386
13	78.968994	14.615384	-0.000379	-0.000372	-0.000378
14	78.871994	13.571428	-0.000348	-0.000345	-0.000347
15	78.774994	12.666666	-0.000295	-0.000296	-0.000294
16	78.677994	11.875000	-0.000220	-0.000225	-0.000218
17	78.580994	11.176470	-0.000124	-0.000134	-0.000122
18	78.483994	10.555555	0.000008	-0.000023	-0.000006
19	78.386993	10.000000	0.000129	0.000108	0.000131
20	78.28993	9.500000	0.000286	0.000259	0.000288
21	78.192993	9.047619	0.000460	0.000429	0.000465
22	78.095993	8.636363	0.000656	0.000617	0.000660

表 2

	函数计算次数	导数计算次数	最 优 点
最小二乘法	41	3	$R_1 = 1.659999$ $R_2 = 0.19981$ $I_{x_1} = 8.200567$
拟牛顿法	18	3	$R_1 = 1.659871$ $R_2 = 0.02000$ $I_{x_1} = 8.203879$
复合形法	29		$R_1 = 1.606408$ $R_2 = 0.019069$ $I_{x_1} = 8.720734$

五、讨 论

复合形法工作量较小,且对于初始点的选取要求较低。而最小二乘法与拟牛顿法虽然迭代次数较少(只需3次),但需计算目标函数的导数,故工作量较大,且初值选取要求较高。同时,可以肯定,对非线性约束形式的变化,复合形法的程序量和工作量均无明显变化,而其它方法的却是明显变化的。

最后指出如何选取一个合适的初值,以保证解的可靠性是十分重要的。一种办法是通过算法产生^[3,4],另一种办法是通过模拟实验给出。前者以数值计算为基础,后者以经验为依据。

参 考 文 献

- [1] 周昌著,《计算机辅助电路分析与设计》,科学出版社,1983年。
- [2] [美]D.A.卡拉汉,A.B.麦克尼,E.L.麦克马洪著,方孝慈,孙性如,朱泳心,宿延吉合译,《现代电路分析导论》,人民教育出版社,1979年。
- [3] 施政文,最优化数值方法在求解动力参数中的应用,本汇编第五辑,上海科学技术文献出版社,1983年。
- [4] 郑权,一个求总极值的方法,应用数学学报,1987年2月。

计算机辅助船舶钢结构绘图系统

上海船厂 王兴国 黄坤荣

一、概 述

根据当前世界造船形势,必须紧迫地从各方面采取有效措施,迅速增强我国在国际船舶市场的竞争力,而提高船体生产设计的速度是其重要的方面之一。用计算机绘图技术去辅助船体生产设计,能明显缩短设计周期,节约工时,加大设计能力,从而增强企业的活力,更能对承接建造外贸船舶提供有效的技术支持。从60年代中期起,日本、挪威、瑞典、西班牙及英国等世界上各主要造船国家就致力于计算机辅助船体设计与绘图的研究,近几年来,发展很快,如瑞典KCS公司的船体设计交互图形系统SBHS型在1982年就投入应用,并继续开发;英国造船公司把最新的计算机辅助设计与建造绘图系统作为提高竞争能力的措施之一,功效显著。

电子计算机辅助设计技术在船舶结构绘图应用的主要内容,就是在设计、生产过程中进行数据处理和绘图处理,一方面它作为设计人员的辅助工具,在船体技术设计、生产设计各个阶段,及时提供各种深度的船体结构图纸和查询各种类型的船体结构数据资料,为提高设计质量,缩短设计周期创造了有利条件;另一方面它沟通了设计到建造阶段的数据关系,做到了数据传送迅速,查询方便,避免和减少重复的数据处理,提高了计算机在船体建造方面的应用效率。

我厂从1985年起对计算机辅助船舶结构绘图技术的研究和开发,根据造船厂的实际设计与生产的要求,按软件工程学的方法进行了从系统分析、系统设计、各子系统模块的设计到具体程序模块的编制、调试、总调各个阶段的工作,直到投入应用。在本系统的研究过程中,得到中国船舶工业总公司应用软件开发中心有关人员的帮助,为本系统的研制提供了经验和借鉴。

本系统的运行环境是:字长16位,内存64KB的小型计算机(ECLIPSE S/140),AOS操作系统,400M磁盘,脱机的大型高速平面绘图机,最大绘图尺寸为2200×1470mm。本系统的所有程序用FORTRAN-5语言编写,易于移植到微机和使用其它FORTRAN语言版本的计算机上。

二、系统设计思想

一般地说,造船厂的设计部门进行船舶结构设计的过程,就是一个生产图纸的过程,在设计各个阶段提供不同深度的结构图纸。例如,在船舶初步设计中产生的船型设计图、基本结构图、外板展开图是详细设计的依据,这些图纸经过设计人员根据船舶建造规范进行结

构设计,绘制出供生产设计用的各种船体型线图、基本平面图、分段结构图、外板展开图以及分段拼板图等等。

当采用计算机辅助设计的手段来处理这些图纸时,一个显著的不同点就是计算机处理的是数据,要把图形变成数据输入计算机,由计算机对数据进行加工处理,再输出符合设计要求的图纸。由此可知,本系统的设计就必须以数据处理为核心。

基于以上这一特点,本系统确定以数据库为中心,所有的程序模块都紧紧地围绕数据库,它们从数据库中取出数据,各自进行分析处理,再将加工好的数据送回数据库,以至最后绘制出各类图纸。在模块设计时,既考虑到模块程序的纵向联系,又考虑到模块间的横向延伸。这样的做法就允许系统既可以从送入原始数据开始,按各个阶段的流程分别调用各个程序模块处理数据,直至绘出图纸;也可以从中间某个模块插入,输入必要数据,计算某种要求的船舶结构数据和绘出结构图纸。因此,在各个功能模块之间的联系从功能上来看,既是紧密的又是独立的,而从数据上看是紧密的,是基于数据库的一个完整的系统。

要把复杂的结构图纸的图形,转换成计算机能接受和处理的数据,亦是用户易于理解和接受的数据,并且要达到以最少量的数据来表达图形的目标,这就要求系统要有一个良好的数据结构。另外,从计算机处理数据的效率方面考虑,对数据结构也有较高的要求。因此,在系统设计时,对各类数据都从以上各方面进行考虑,选择合适的数据结构。在下面的模块分析中将举例详述。

由于应用本系统的是船舶结构设计人员,为减轻他们的负担,系统设计充分考虑到使用的方便、灵活性,采用会话式、全屏幕操作,为系统的推广使用创造了良好的环境。

三、系统构成和模块功能

本系统的设计目标是在船舶结构的初步设计、详细设计和生产设计各个阶段辅助设计人员进行各种不同需求的船体型线图、基本结构图、平面图、外板图以及分段图等工作图纸的绘制,以减轻设计人员的出图阶段的工作负荷,缩短船体结构设计的周期。

系统的功能和总体结构见图 1。

本系统由一个专用工程数据库和近二十个可独立执行程序模块组成。下面就几个主要的程序模块作些简要介绍。

1. 船型生成模块

船体结构从设计到建造各个阶段所需的图纸具体精度各不相同,需要满足各个阶段的船型数据的精度亦各不相同,本系统配置了两个船型生成的方法以适应各个阶段的需要,一个是理论型值点点通过生成船型法,另一个是三向光顺法。

理论型值点点通过生成船型是一个简易且快速的计算机线型生成方法。使用者只要在线型图上作一些必要的简单处理后,即可按要求输入必要的数(主尺度、型值表等),经计算机运算,很快就生成肋骨线型数据,供船体结构初步设计使用。其主要特点是输入数据少,生成线型速度快,适用范围广,既适用于一般货船、带球首或球尾的船型,也适用于在甲板下带有一根折角线的船型。缺点是精度较差,不能用于生产设计中。而三向光顺法则相反,生成船型的数据精度高,但光顺前准备周期长,光顺速度较慢。

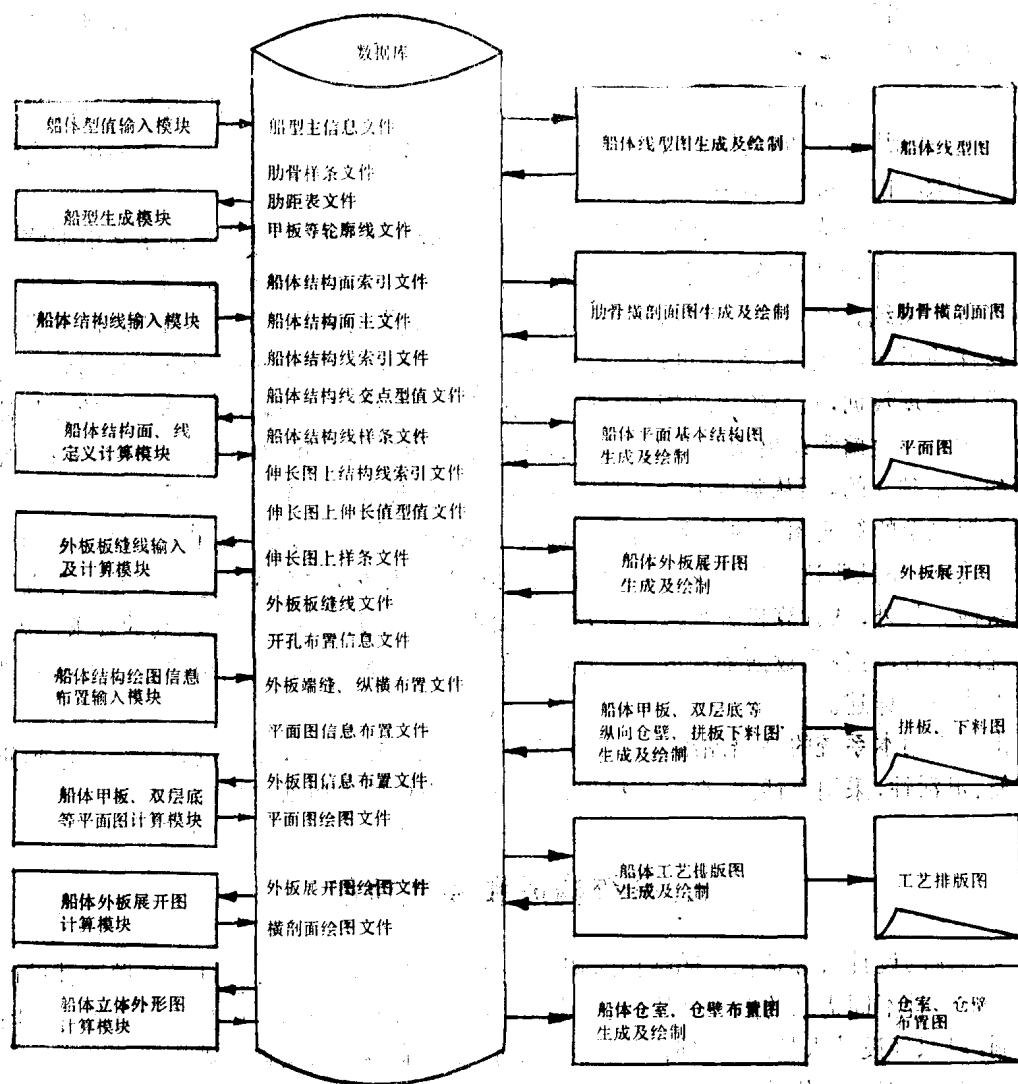


图1 系统的总体结构

由于系统配置了这两种方法,就顺应了设计部门的设计要求。在初设设计阶段需要绘制的基本结构图、外板图以及横剖面图等图纸,就采用理论型值点点通过法生成的肋骨型线数据;等三向光顺计算完毕,数据送入数据库后,就可为生产设计阶段绘制出各类结构图纸。

2. 船体结构面、线的定义计算模块

船体结构的定义计算模块的内容包括:船体主结构面及其内部面的定义;船体纵向主结构线的定义;船体次结构线的定义等,通过本模块的计算处理,生成船体结构线交点值、结构面数据、结构线伸长值以及结构线样条等文件,存于数据库,供其它程序模块直接使用。

船体主结构面分成三类:船壳面、甲板面以及其它内部面。船壳面的定义是由船型生成模块提交的肋骨线型组成;甲板面的定义由各层的抛势样条组成;其它内部面的定义是由构成该面的二周界结构线来表示,纵向结构面被各横剖面相截认为是二周界结构线被各横

剖面交贯点的连线来表示其相贯线。内部结构面的定义由五项内容组成：(1) 结构面号；(2) 起端肋位号；(3) 终端肋位号；(4) 周界结构线号(内或上)；(5) 周界结构线号(外或下)。结构面被横剖面相截后的交线条定为由内向外、由上向下。

船体主结构线指纵向的主结构线。每一纵向主结构线由五项数据组成：结构线号，起端肋位，终端肋位，结构线特征，定义数据。结构线特征是指结构线类型的编号，有甲板面、中纵剖面、外壳面上平面直线和曲线，以及空间直线和曲线等，定义数据是随结构线特征的不同而变化的。

船体次结构线是指主结构面上的扶强材布置线等，它的定义可以同主结构线的定义方式(如船壳面的纵骨线，甲板面上的纵骨线等)一样，也可以依赖于主结构面的定义方法，在主结构线的定义方式中加上一条所处的主结构面号。

船体大表面和结构面、主结构线、次结构线的代号按其一定规则约定而成，使它容易掌握和记住为原则，使人们一看到一个代号就知道它是面还是线，所处的位置，起何作用等。

3. 简易工程数据库

本系统是在小型机上实现的，因此简易工程数据库的内存要求仅 6KB 左右。

数据库中登录的文件采用二级目录存放，第一级为固定目录，最多可存放 100 项文件，第二级为随机存放，最多可存放 300 项文件，所以数据库最多可存放 30,000 项文件。其中，第一级文件的文件名为字符型，最多由 4 个字符组成；第二级文件的文件名为有序顺序数，范围为 $-2^{15} \sim 2^{15} - 1$ 之间。

数据库具有读写、增删、修改、查询和检索等功能，它们是一些子程序段，被系统各模块调用与使用数据库。为了方便设计人员使用本系统，我们设计了一个数据库管理程序，供用户直接对数据库操作，它包括了数据库初置、数据库目录管理、文件置废和恢复、数据库清理等功能。

在二级文件管理程序基础上，又增加了三级文件管理程序模块，它扩大了原数据库的功能，给定长短记录(一般以 20 个单元为一记录块)文件的存取、索引建立以及检索等提供了很大方便，它与原简易工程数据库既相互联系又是一个独立的模块，它以 4KB 内存作为其工作缓冲区，可方便地与数据库连接或脱开。

4. 船体制图标准线条控制程序模块

它是一个基本功能子程序库，不仅为本系统使用，也可作为其它系统的绘图功能子程序。

本模块采用的船体制图标准线条以“GB*3009-77 金属船体制图、GB*253-77 金属船体构件理论线、GB*3001-77 设计技术资料的一般规定”等三项基础标准和“金属船体制图宣传挂图”为主要依据，以交通部标准计量研究所出版的《船体制图标准宣贯图册》为参考，用程序编制了船体设计中常用的基本线条类型十余种。线条的型式和粗细符合用户习惯。它主要有粗实线、细实线、双细线、粗虚线、细虚线、轨道线、细点划线、粗点划线、细双点划线以及粗双点划线等。这些线条，不仅在绘直线时能保持线型的连续性，而且在绘折线、光滑曲线时也能做到线型的连续性和匀称性，另外，粗线条的粗细按图面比例大小并遵照设计部门的要求由程序控制自动选择。因此，本系统产生的船体结构图纸线条清晰，线型美观，具

有较高的图面质量。

5. 绘图结构信息布置模块

无论是船舶初步设计、技术设计,还是生产设计人员要用计算机绘制各种结构图时,先要对绘图的船体结构信息进行布置。结构信息布置包括开孔布置、外板布置、甲板平面布置以及横剖面布置等。由于采用结构面、线的几何定义,简化结构数据归纳法和数据压缩分类法,使得绘图结构信息数据大为减少,设计人员使用本系统进行绘图时,感到要填的数据量少,绘图速度快,效率高,使用灵活,修改方便。

绘图结构信息布置格式自由,采用字母、数字混合式(字母是类型标识,数字表示结构线号、肋号、坐标尺寸等),并用优化数据格式来代替传统的规格式,减少了大量数据,这样用程序来控制增强数据的阅读、识别、分解、增删能力,从而减轻了使用者的负担。

以外板展开图绘图结构信息布置为例,数据布置格式如下:

{类型标识(字母)、线条类型(数字)、起端号(数字)、终端号、肋号(或结构线代号)、肋号……肋号}

例: F4 9001 9012 12T182

例中,T代表连续的意思,这一行数据表示从结构线代号 9001 到 9012 之间的 12 号肋骨至 182 号肋骨的全部肋位线以线条类型 4(粗虚线)的形式绘出。

四、应用与效益

本系统在研制的过程中,先后用于 5000 吨油轮、35000 吨散货船、12600 吨出口集装箱船的设计中,绘制了肋骨型线图(包括工作图、完工图等)、各类结构甲板平面图(包括基本结构平面图、平面下料图等)、部分横剖面图、外板展开图(包括肋骨伸长图、外板排板工艺图等),为电缆、管系也提供了各自需要的结构背景图等。特别是在 12600 吨出口船的设计中,用本系统高质量地绘制供技术设计与设计完工阶段的外板展开图和基本结构图,在国内各造船厂中还是首次看到。图 2 至图 4 是 12600 吨出口船的结构图。

本系统不仅能用于船体结构设计,它还可用于轮机、管系、电缆、轴系、船体完工资料计算等计算机辅助设计系统,提供所需的船体结构背景图纸和数据资料等。

本系统程序可由船体结构设计人员上机操作,对原不懂计算机的人员,稍加培训(约 2~3 天),便可独立操作,代替原来部分的设计绘图工作,减轻劳动强度,大大提高了图纸质量。应用本系统,可以及时获取全船的船体结构各类数据;绘制的各类甲板、双层底、平台等平面图,可直接节约绘图工时 35% 左右,间接地为各专业室提供各类结构平面图,协助了各专业室的工作,减轻了他们的劳动强度,做到灵活方便,精确可靠。以绘制一张全船外板展开图为例,原来人工绘制需花 420 工时左右,用本系统计算机绘制,只花费布置外板信息数据工时 48 工时,重复修改数据和计算机绘图 48 工时,可节约 300 工时,而且也节约了绘制分段外板展开图、分段平面的绘图工时各 20% 左右。

五、结束语

计算机辅助船舶结构绘图系统在我厂的设计工作中得到初步使用,功能尚不完全,但已

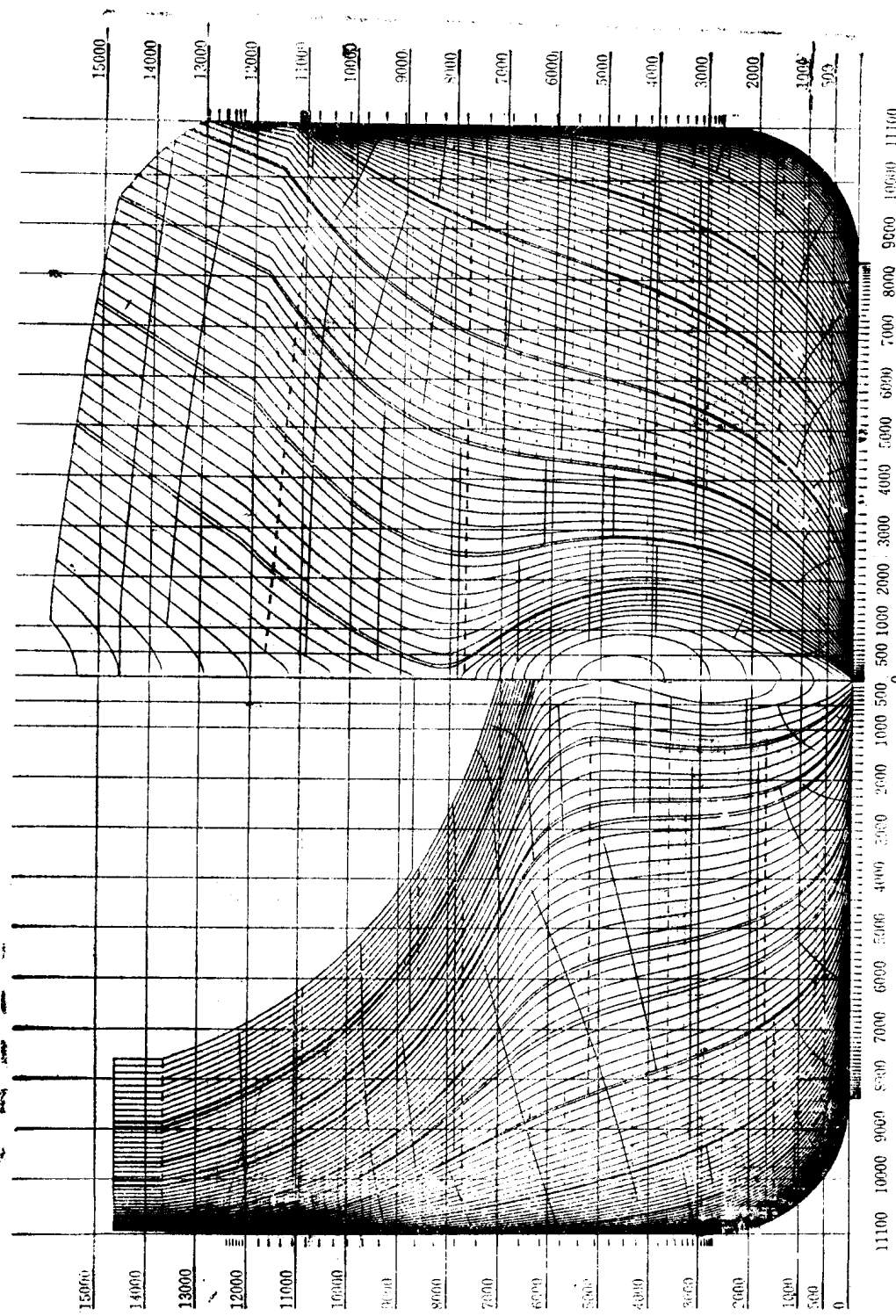


图 2 12600 吨船线型完工图

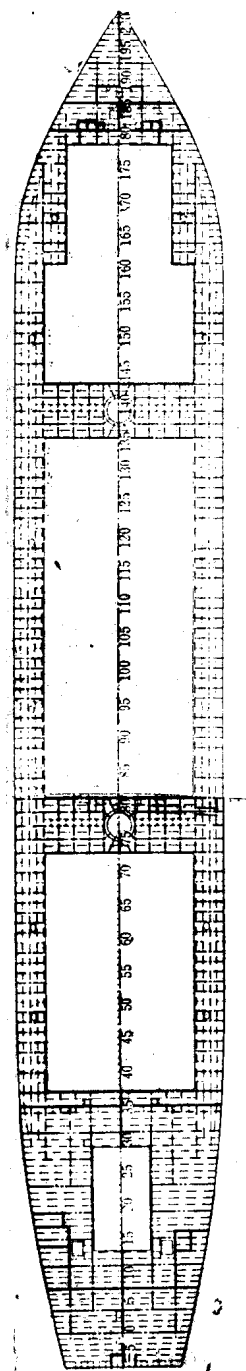


图 3 12600 吨船主甲板平面图

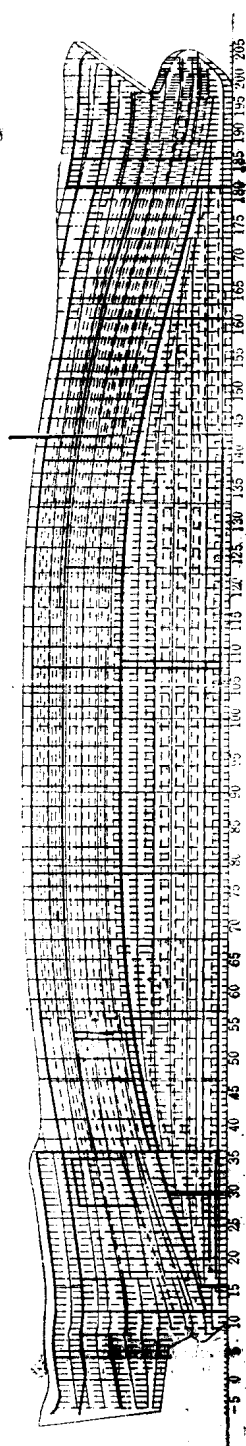


图 4 12600 吨船外板展开图