

## 目 录

### 造船的工业革命

一 造船一体化系统.....	1
1 研制及应用概况.....	1
2 奥托控系统 71 型.....	1
二 管系程序集成系统 (Autofit 系统) .....	14
三 生产计划及材料管理程序系统.....	16
1 分类程序系统.....	16
2 材料管理程序系统.....	19
3 长期计划程序系统.....	19
四 在其他方面的应用.....	21
1 船舶方案设计和运输分析程序系统.....	21
(1) 船型方案比较程序.....	24
(2) 船舶方案设计与经济分析程序.....	24
2 电子计算技术在轮机测试、运行中的应用.....	25
(1) 柴油机监视、警报、检修预报程序系统.....	25
(2) 柴油机测试、检验程序系统.....	27
(3) 汽轮机监视、警报、检修预报程序系统.....	28
3 自动导航及防撞程序系统.....	28

## 造船工业革命

自六十年代末和七十年代初以来，由于电子计算机及数控技术的飞速发展，世界各主要造船国家，为了改变造船工业面貌，提高生产能力，均致力所谓造船一体化系统的研制工作，到目前为止，较为成熟的一体化系统有挪威的AVTOKQN系统，日立的HICAS系统，瑞典的VIKING，西班牙的FORAN等系统。这些系统的研制和应用促进和加速了专业化分工，完善了计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助管理，使造船工业的面貌发生了深刻变化，收到了明显的经济效果，被誉为造船工业的一次革命。下面以AVTOKQN系统重点介绍。

### 一 造船一体化系统

#### 1 研制及应用概况

该系统主要由挪威中央工业研究院(CIIR)信息处理研究室与阿克(AKER)集团的斯托尔德(STORD)及卑尔根(BERGEN)造船厂联合研制而成。中央工业研究院以研究为主，研究人员也下厂了解熟悉船体建造工艺方法，再建立数学模型，进而编制程序。工厂以试生产为主，也有少量技术人员参加研究。研究院还雇用有实际经验的工人作该系统的顾问。

奥托控系统从1960年开始研究。当时的目的仅仅是为了提供数控切割机的数控纸带。到1965年初步投入应用。1971年到1972年形成了较完善的奥托控71型信息系统。该系统除斯托尔德和卑尔根造船厂已全面地应用，在挪威其它中、小型造船厂也已部分应用。另外在全世界已有四十几个造船厂采用。

#### 2 奥托控系统71型

它由一个中央数据库，若干分数据库，一个备用数据库和十一个子程序所组成。这些程序都用FORTRAN算法语言编写。

十一个子程序如下：

(1) “初步设计”程序。

(2) “线型光顺”程序。

- (1) “决定纵向线”程序。
- (4) “绘图”程序
- (5) “数据库管理”程序。
- (6) “外板展开”程序。
- (7) “生产数据”程序。
- (8) “套料”程序。
- (9) “型值表取点”程序。
- (10) “加工样板”程序。
- (11) “结构图象几何语言”。

各个子程序与数据库之间的联系如图一所示。

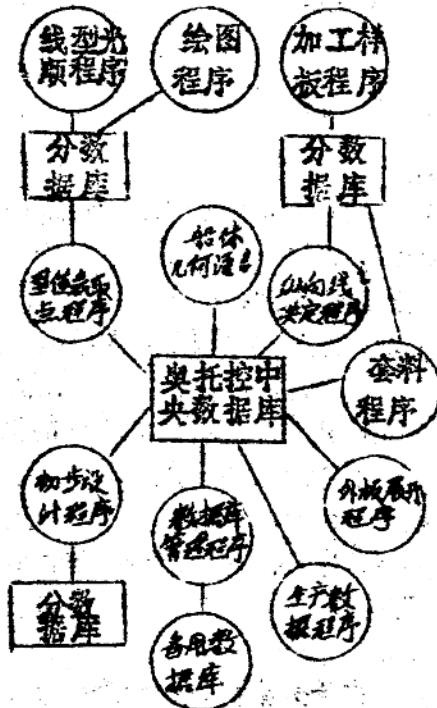


图 一

### ① 数据库：

奥托控中央数据库是一个数据的“仓库”，通常使用磁盘。因磁盘容量大，存取速度快。各个程序加工的“原料”可以从这“仓库”中方便地

成批取出，各程序加工产生的数据应有条理地存放进去，便于计算机正确地输出及供其他程序取用。又要便于数据的修改及传输到其他外存储设备。这个数据库是各个子程序连接的“枢纽”，在整个一体化系统中占有相当重要的地位。为避免磁盘中的信息受到干扰，有时磁盘仅设在远距离的中央处理机中，另用磁带建立分数据库，便于较长期的存储。为应付各种特殊情况及存储不经常使用的数据，再用另一个磁带建立备用数据库。

数据库的设计质量，对简化各子程序原始数据的输入影响较大，是值得重视的一个问题。

## ② “初步设计”程序

这个程序包括下列功能：

- 绘制三面投影的初步设计理论线型图。
- 静水力性能计算。
- 载重计算。
- 阻力计算。
- 彭琴氏曲线计算。
- 稳性计算。
- 可浸长度计算。
- 下水计算。
- 纵倾计算。
- 舱容计算。
- 自由液面及散货移动对稳性影响的计算。
- 纵向强度校核计算。

上述计算结束时，都能输出必要的表格及绘图纸带，绘制必要的图形。

## ③ 线型光顺程序

该程序所采用的方法是模拟人工实尺放样的方法，即剖面线法。在计算前对设计的一部分理论线型图要进行人工处理。人工处理的工作有：用适当的比例进行横倾部放样，决定两端的边界条件，再用人工找到底平线、边平线在理论站上的原始型值，输入计算机，用单根曲线进行光顺后决定船底、船底的边界条件。同时将横剖理论站用数学或人工方法延伸到最高点的水平面上，再进行光顺。光顺时不考虑甲板边线及中线的光顺。

待整个船体表面光滑后，再由另一个“决定纵向线”的程序决定甲板边线。如图二所示。

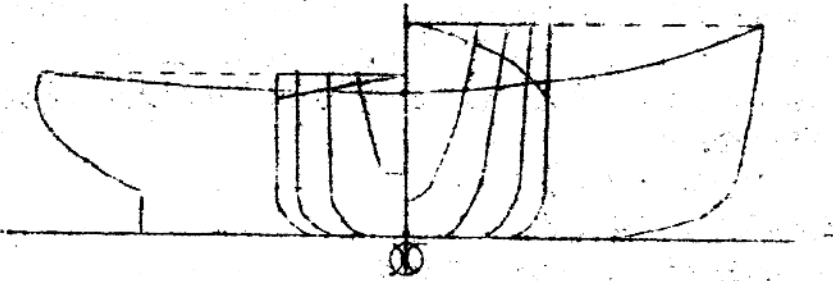


图 二

单根曲线光滑，采用一般的样条函数，没有小挠度假设不需要转坐标，用样条弯曲时能量较小来达到光滑。每光滑一条曲线时，要人工给定首末点导数或夹角。先由人工决定理论站两端切线与坐标轴的夹角，再以船长为横坐标，导数为纵坐标，光滑导数，插出各肋骨两端切线与坐标的导数，供光滑肋骨时用。如图三所示。

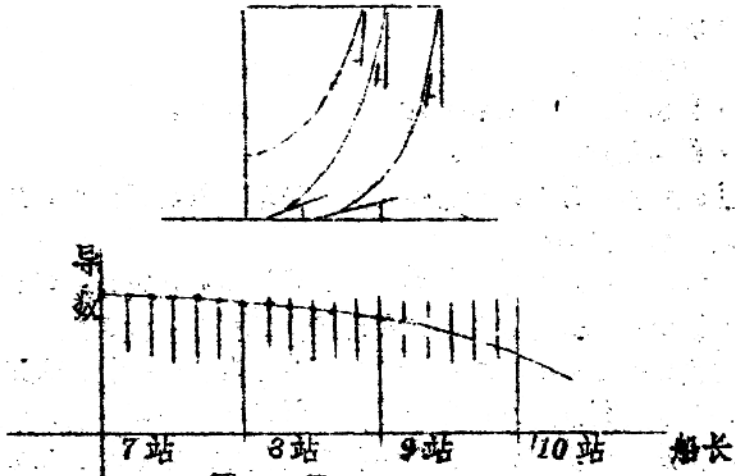


图 三

51301

在用计算机光顺单根曲线的过程中，为便于人工监视，每光顺一根曲线后，立即用直线、圆弧进行拟合，打印出所分圆弧的圆心纵横坐标及半径。从圆心坐标及圆弧半径的级数变化趋势，可看出曲线的光顺性。在光顺过程中，为控制曲线与型值点的偏差，采用每点加权系数的方法。每一个点要输入三个数： $x_1, y_1, w_1$ 。各个点要加多大的权系数，由人工凭经验决定。

#### ④ 决定纵向线程序

在已经光顺的肋骨线型图的基础上，决定船体表面的各种纵向线。

- 甲板边线：每隔5到10根肋骨输入横剖面上甲板边线高度（或半宽），插值出甲板边线的半宽（或高度）。

- 外板纵缝线：如纵缝在横剖面图上是直线，则输入二个点，如是曲线，也是每隔5到10根肋骨输入一个点，再建立纵缝线的方程，进行求交和插值。

- 纵隔舱壁、内底边板与船壳交线：类似纵缝计算。

- 舷侧纵骨：也类似纵缝进行计算。通过计算可得到舷侧骨的扭曲情况及安装的必要数据；如安装点到某基准线的肋骨展开长度，扭角及加工样板数据。

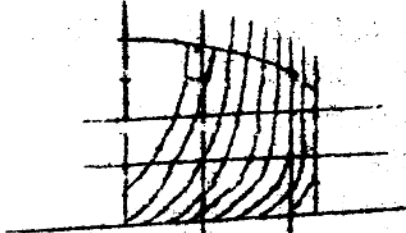
这个程序还能计算出肋骨穿过所造成的开口，并输出绘图纸带，可将一系列有开口的肋骨绘在一起，用于人工检验开口的位置是否正确。

#### ⑤ 绘图程序

因使用直线、圆弧、抛物线插补式绘图机，故划一条曲线要首先进行分段拟合的数学处理（采用“平均切线法”），再考虑绘图的信息（抬笔、落笔等）后，输出绘图纸带。该程序可用简易而特定的语句输出一根线或一组线，或一根空间曲线在各个面上的投影的绘图纸带。同时也可将一个图的局部（如图所示 $x_1 \rightarrow x_2, y_1 \rightarrow y_2$ 一块）进行放大，观察它的光顺性（所谓“窗口”功能）。为了使小型绘图机能绘制大的肋骨剖面图，该程序另有“分块拼接”功能。据介绍，曾有一个大船的肋骨剖面图，在1.2公尺宽、1.5公尺长的绘图机上，分了14块进行绘制，然后再进行拼接。

#### ⑥ 数据库管理程序

该程序的功能犹如一个“仓库管理员”的工作，专门管理数据库中的大量数据。为此，制定了特定的语句来进行下列工作：“读写数据”、“删除数据”、“制定数据名称目录”、“压缩数据”、“加密数据”、“打印成套数据”等。每个语句后面有一系列参数，说明那些数据进行这种工作。为便于计算机内存储器与外存储器、外存储器之间的数据成批交换，另行定义了各种标准语句。

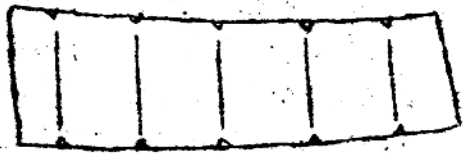


图四

① 外板展开程序

这个程序采用实尺放样的“测地线法”来建立数学模型。由于在数据库中已有肋骨方程及纵缝方程，二者求交，就给外板展开程序准备了必要的原始数据。采用特定的语言：就能展开这块外板。如 SHELL(a, b, 50(+300), 58(-400)) 表示该板在 a, b 纵缝之间，前端缝在 50 号肋骨向舷方向 300 毫米，后端缝在 58 号肋骨向舷方向 400 毫米。

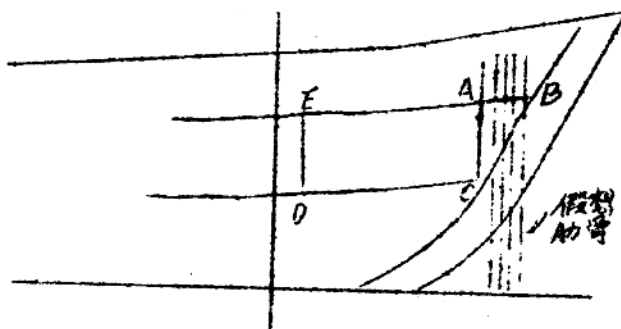
外板展开后，采用四周放余量的方法。一般情况下，放 10 毫米余量也可根据船厂施工要求放 20 毫米到 30 毫米余量。这样就输出该板的重量、重心、切割长度、切割工时的数据及外板数控切割的纸带。在切割纸带上，已有肋骨安装的信息或割小缺口的信息（如图所示），便于数控切割后划肋骨安装线。



图五

部外板作如下处理。如欲展开EABCD板(见图),则有二种方法:  
• 用计算机展开EACD板后,再用人工展开ABC板,并将二块进行拼接。

• 在AB之间,加密一些假想肋骨,插出假想肋骨与纵缝、端缝的交点,自动地用计算机进行计算。



图六

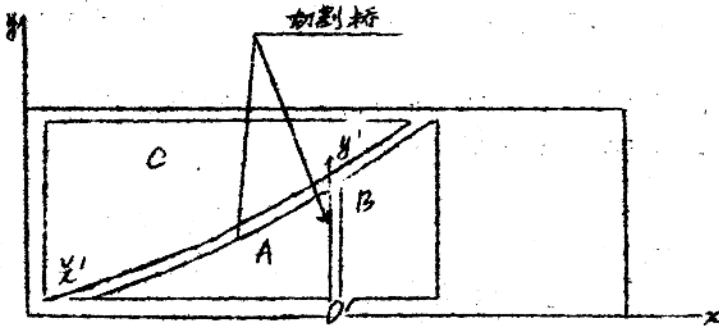
### ④ 套料程序

采用人工套料与计算机相结合的方法。先用绘图机绘制出各个另件的图形,用拼“七巧板”的方法将这些另件图合理地剪贴在矩形的钢板外形图上。钢板的外形图绘在方格纸上。在另外图贴到方格纸上后,就可决定剪贴后另件所产生的平移及转角。如图所示;A另件 $x'o'y'$ 坐标相对 $xoy$ 坐标的平移及转动。当然,这工作也能用坐标分析机来完成。而后,将各另件平移及转动的数据输入计算机并用人工决定“切割桥”的大致坐标再输入计算机。计算机就能考虑切割最小变形计算出合理的切割路线,再考虑割缝宽度修正、点火及熄火信息和穿孔起割信息后输出切割纸带,也用作绘图校核用。同时计算出钢板利用率、切割长度及工时。在作绘图校核时,发现另件临近相叠或距离过远,可用绘图程序的“窗口”功能,进行局部放大,再次调正另件位置后,修改输入数据重复进行计算。

### ⑤ 生产数据程序

这程序是造船一体化系统与“材料管理”“生产计划”程序之间的纽带。它可将数据库中的有关数据取出,再进行综合,得到数控切割缝总长



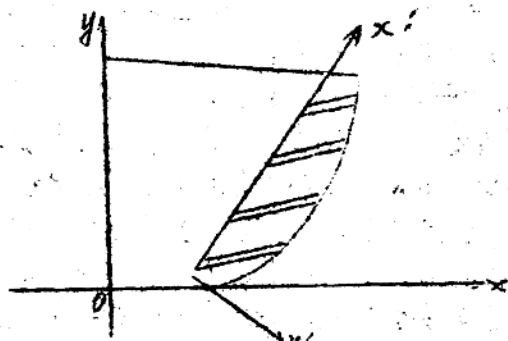


图七

度及切割总工时，焊接缝总长度及总工时，套料后所需的钢板的数量、规格及重量。输出各种必要的明细表格，以便生产计划管理、材料定货、成本估算时使用。

⑩ 型值表取点程序

线型光顺后所得到的肋骨型值表，是整个一体化系统中的一个基本数据组。为了避免因记入磁盘而受其他信号的干扰，故一般单独储存在磁带中（分数据库）。这个程序能将这个表的数据按不同的组合（如水线、肋骨线、甲板线等）进行“取点”、“排列”，然后再输送到数据库中。便于其他程序“成套”取出使用。对左右不对称的船，也能产生四分之一的船型图。



图八

⑪ 样板程序

在已光顺的肋骨线型图的基础上，用坐标平移或转动的方法可求得弯肋骨、弯外板及数字式调正胎架的样板数据。如图所示，为肋骨加工样板。

10301

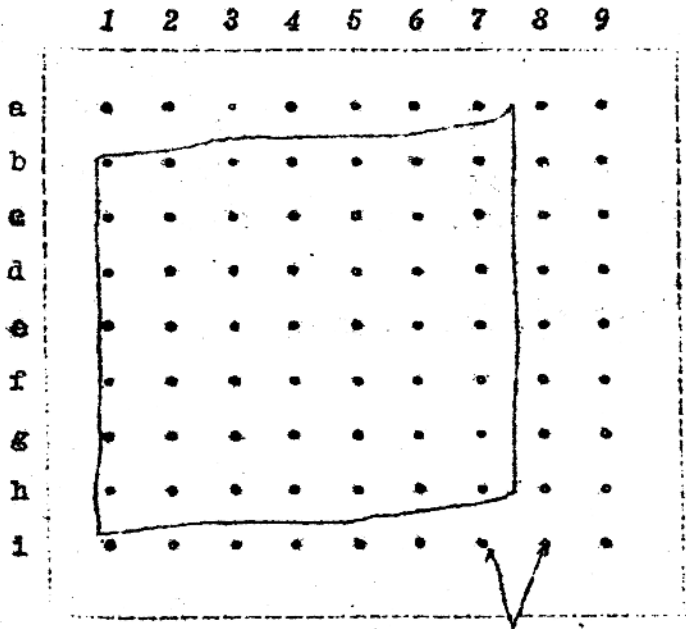
坐标轴取  $x'$ 、 $y'$ 。输出的弯曲样板数据表如下：

此样板在 ×× 号纵缝之上			
肋骨号：NO：××			
样板长度：3340mm			
样板横坐标	样板纵坐标	肋骨在船体上坐标	
		Y	Z
0	90	12447	7819
200	105	12591	7959
400	110	12735	8099
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
3200	120	24712	9915
3340	116	14900	9996

输出的调正数字式胎用的数据表如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a									
b	X	X	X	X	X	X	X		
c	X	X	X	X	X	X	X		
d	X	X	X	X	X	X	X		
e	X	X	X	X	X	X	X		
f	X	X	X	X	X	X	X		
g	X	X	X	X	X	X	X		
h	X	X	X	X	X	X	X		
i	X	X	X	X	X				

此表所对应的胎架区，如图所示。



胎架区

数字调整柱

图 九

### ⑫ 结构绘图几何语言

它是为系统中一些子程序服务的一种专门的几何语言。也可理解为常用算法语言的补充语言。使用这种语言，可更容易地编写输入信息（如图形输入）和常用的造船所用的格式输出信息（如表格输出），且能较方便地调用子程序及数据库中的数组。

该语言具有较大的灵活性。

所搜集到的一些词义汇总如下：

SL (straight line)	直线
SPT (start point)	起始点
TG (tangency)	切线
CIR (circle)	圆，圆弧
CNT (centre)	圆心
RAD (radius)	半径
EPT (end point)	末点
TFR (transverse frame)	(横向)肋骨
例：TFR(56)表示第56号肋骨	
DIR (diraction)	方向
(由x轴正向，逆时针方向转为正，顺时针方向转为负)	
INT (intersection)	相交、相截
STGEO (start geometry)	几何起始点
EGEO (end geometry)	几何末点
LGTH (length)	长度
CW (clock wise)	顺时针(圆弧的方向)
COMMON TANGENT	二端与圆弧或轮廓线相切的公切线
ROUND(radius)	圆弧(圆弧半径)表示二个几何要素(直线、圆弧、轮廓线)之间以R为半径的一段圆弧。

PRINTKON

将另件打印 (“行”式打印和“点”式打印)

NCCON

产生数控切割纸带

PARALLEL

产生平行线

AXLIST

相对原船体坐体的表格

ORIGIN

坐标有平移

ORIENT

坐标有转动

AXIS

坐标有平移及转动

STORE

存储

BRACKET

数据库另件架

REF

相关

例: REF, TFR56表示某几何要素(如直线)与56号肋骨发生联系(相交)

CON

轮廓线

结构绘图几何语言应用举例:

a) 如图所示轮廓线: 二段水平线与56号肋骨线相交, 可编写下列几何语言程序:

SPT(+10000+5000)

SL: DIR(+0) INT

REF: (TFR56) CON:INT

SL: EPT(+9000+1000) DIR(+180)

程序解释:

SPT(起始A)(横坐标+10000纵坐标+5000)

SL(直线): DIR(+0) 直线方向为x轴方向即与x轴夹角为“0”

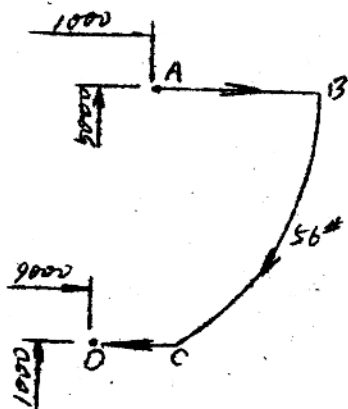
度。

INT(相交)被下一段线所截, 截于B点。

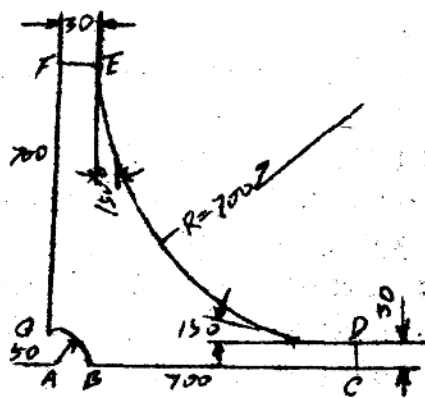
REF: (TFR56)表示AB线与56号肋线相交。

SL:(直线)EPT(末点)(横坐标为+9000纵坐标为+1000)。

DIR(+180), 直线方向由x轴正向逆时针转180度。



图十



图十一

b) 如图所示另件, 用绘图几何语言编写的程序如下:

```

STGEO  SPT(+50+0)
SL:DIR(+0)  LGTH(700)
SL:DIR(+90)  LGTH(30)
SL:DIR(+165)
ROUND(-700)
SL:DIR(-75)  EPT(+30+750)
SL:EPT(+0+750)
SL:EPT(+0+50)
CIR: CNT(+0+0)  EPT(+50+0)  CW
EGEO
  
```

STORE(BRACKET(2163))

程序解释

STGEO 几何上的起始点A(非另件上点)

SPT(+50+0) 起始点B(横坐标+50, 纵坐标+0)

SL:(直线) DIR(方向)(与x轴夹角为“0”度)

LGTH(700) 长度为700毫米, 即AB线。

SL:(直线) DIR(+90) 由x轴逆时针转90度。LGTH(30)  
直线长度为30毫米, 即CD线。

SL: (直线) DIR(+165) 圆弧端点切线与x轴夹角为逆时针转165°。

ROUND (圆弧) (-700) 顺时针方向划半径为700毫米的圆弧, 即ED圆弧。

SL: (直线) DIR(-75) EPT(+30+750)  
圆弧末点切线与x轴夹角为顺时针转75度。圆弧末点E(横坐标为+30, 纵坐标为+750)

SL: EPT(+0+750) 从E点划直线到F点,

SL: EPT(+0+50) 从F点划直线到G点,

CIR: CNT(+0+0) EPT(+50+0) CW 以A点(0, 0)为圆心, 50毫米为半径, 顺时针划圆弧到末点B。

EGEO: 回到几何原点A。

STORE: 把这另件储藏进数据库,

[BRACKET(2163)] 表示放在数据库“2163”号零件架内。

### 三 管系程序系统

管系设计及制造在船舶设计及建造中占有较大的比重, 在此领域中应用电子计算技术提高设计、制造的自动化程度, 必然会收到较好的效果。

管系程序系统规划的主要内容从管系设计到管系加工, 先研究管系加工的数学处理, 再发展到管系设计。

(一) 研究规划可分成三个阶段:

- 管系设计计算。
- 管系总布置。
- 折成管子组装及另件图, 再进行数控加工。

目前, 折成管子另件图后进行管子数控加工的数学处理, 已经从研究转入试生产。

管系程序集成系统规划的图示见图。

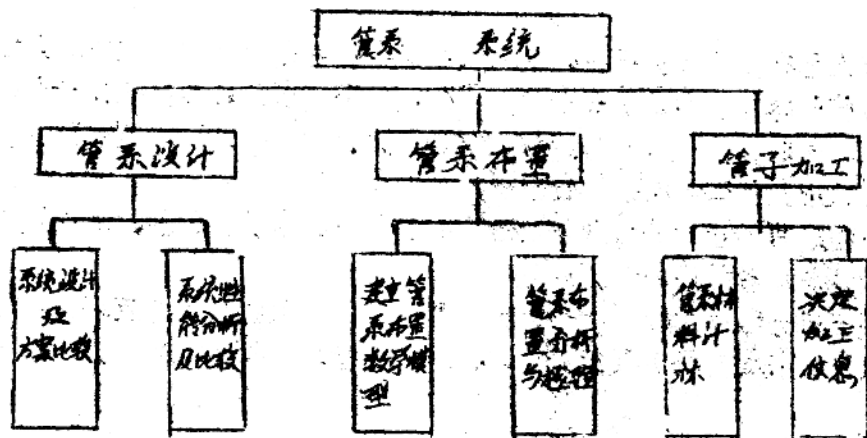


图 十二

现将三个阶段简述如下：

### 1. 管系设计

是管系的初步设计，主要解决管系系统的设计问题，绘制管系的理论系统图。在选择管子、阀件、泵以后，进行水动力或空气动力的分析计算，计算其流量、阻力、压头损失等。也可进行多方案比较。该程序考虑了船厂的管系局部预制组装，设计上的习惯、管子和弯头的标准及安装工艺的要求。

### 2. 管系布置

按照管系的理论系统图，进行技术设计。考虑使用、维修方便、管子阀件不碰、美观、船体结构、施工方便等因素，建立数学模型。关于船体结构的信息是从奥托控系统的数据库中取出的。然而，用计算机自动检验和分析布置的合理性。在这基础上计算各类管子的总长。为了给设计者及用户有一个比较完整的概念，必需输出绘图纸带，绘制必要的立体管系图。

这个程序能自动决定法兰的位置并将有关信息输入奥托控系统。如有管子欲穿过船体某个构件，则要“通知”奥托控系统在这构件上要开孔。这样，构件上穿过管子的孔也可以在数控切割机预先割出，避免上船台后再割。

### 3. 管子加工



在管系已布置好的基础上，决定预制组装，并按加工要求及管材尺寸，决定各根管子零件。考虑管子长度变化，决定下料长度，为数控定长切割提供数据。同时输出纸带自动绘制组装图及另件草图，为弯管及装配提供数据。如采用数控弯管机，则自动输出数控弯管纸带。

这个程序可输出总的材料明细表（包括管子、弯头、法兰、附件及价目），为材料管理程序提供原始资料。

上述三部分程序也通过一个公共的“管系信息数据库”相互联系。该数据库又同奥托控数据库及生产计划、材料管理的数据库相联系。

### 三 生产计划及材料管理程序系统

(一) 主要研究了下列四个程序系统：

分类程序系统

材料管理程序系统

长期计划程序系统

船体分段建造程序系统

这些程序系统，对合理组织生产，提高生产效率，降低生产成本，有着一定的作用。现简述如下：

#### 1 分类程序系统

它是一个服务性的船舶设备和构件的分类标准程序系统。也是一种船舶设备、构件的分类标准化工作。它企图将船上的各种设备（主机、辅机、管系、起货机等）及船体构件（梢、艇、舳、底、甲板、舱壁……）用一个三位数来表示。第一位数表示为“总类”，第二位为“类”，第三位为“分类”。

例 a) 702 表示燃油净化装置。其中：

7: 表示主机系统

70: 表示燃油系统

702: 表示燃油净化装置

例 b) 303 表示货舱口的起货机。其中：

3: 表示起货设备

30: 表示舱口的起货设备