

87.59

109

NAV SIM 导航模拟器

158
8

大连海运学院
航海模拟教研室

一九八一年三月

厦门水
海泊系

目

录

序 言	(1)
第一部分 NAVSIM 导航模拟器	
一、引言	(2)
二、系统的组成及功能	(2)
1、教练员控制台	(3)
2、模拟船桥	(5)
三、NAVSIM 结构	(7)
1、计算机与中央系统	(7)
2、控制系统	(8)
3、输入/输出及母线系统	(10)
4、中断系统	(16)
5、数据通道系统	(18)
四、模拟原理	(21)
1、本船	(21)
2、可编程序目标船	(23)
3、雷达模拟器	(23)
五、几种基本电路的工作原理	(25)
1、视频信号产生器	(25)
2、PPI 系统	(29)
3、视频信号提取系统	(31)
第二部分	
I 第一号本船	
一、第一号本船的设备	(35)
二、中央系统	(35)
三、操舵系统	(39)
四、避碰系统	(40)
1、避碰系统简介	(40)
2、DATA RADAR 的使用方法	(40)
五、DATA RADAR 避碰系统的附加功能	(50)

1、AUTO DETECT (自动检录)	(50)
2、BACK TRACK (历史航迹)	(53)
3、FAIRWAY (航道显示)	(56)
六、DATA POSITION定位系统	(57)
1、概述	(57)
2、操作方法	(57)
七、DATA POSITION的各个分系统	(61)
1、LORAN—C分系统	(61)
2、DECCA分系统	(63)
3、OMEGA分系统	(67)
八、DATA SAILING导航计算系统	(69)
1、功能概述	(69)
2、操作方法	(75)
九、DATA LOAD稳性与强度计算系统	(89)
II 第二号本船	(98)
一、LORAN—C (劳兰C)	(99)
二、DECCA (台卡)	(100)
三、OMEGA (奥米加)	(102)
四、SATE LLITE (卫星导航)	(103)
五、RADIO DIRECTION FINDER (无线电测向仪) ...	(104)
六、TRACK PREDICTOR (航迹预示)	(105)
1、概述	(105)
2、操作方法	(105)
第三部分 教练控制台	
一、简述	(107)
二、教练控制台设备	(108)
1、系统控制板 (SYSTEM CONTROL)	(109)
2、荧光屏控制面板 (PPI CONTROL PANEL)	(111)
3、PPI显象模式面板 (PPI DISPLAY PANEL) ...	(112)
4、本船控制面板 (OWN SHIP CONTROL PANEL) ...	(114)
5、模拟模式面板 (SIMULATION MODE PANEL) ...	(115)
6、执行面板 (EXECUTION PANEL)	(117)

7、系统故障面板 (SYSTEM ERROR PANEL)	(118)
8、字符显示器 (ALPHANUMERIC DISPLAY)	(119)
9、键盘 (KEY - BOARD)	(120)
10、内部通讯系统 (INTERCOM/VHF)	(120)
11、荧光屏 (PPI)	(121)
三、附属设备	(121)
1、磁盘机与软磁盘	(121)
2、电传打字机	(124)
3、X/Y 记录仪	(125)
四 计算机通信	(128)
1、控制键	(128)
2、命令键	(129)
3、通过键盘给定命令代码	(129)
4、计算机通信——例子	(130)
5、显示器指令说明	(138)
(1) TARGET DATA	(138)
(2) OWN SHIP MONITOR	(140)
(3) TIME DATA	(141)
(4) SHIP MODEL	(142)
(5) ALL OWN SHIP	(143)
(6) RADAR CONTROL	(144)
(7) FAILURE CONTROL	(146)
(8) RS - RADAR SPECIFICATION	(148)
(9) TS - TARGET SPECIFICATION	(150)
(10) CP - CHART PARAMETERS	(152)
(11) LO - LOG PARAMETERS	(153)
6、SAVE INPUT 功能	(154)
7、DELETE 功能	(154)
五、操作者指令, 教练员控制台	(155)
1、在同一个磁盘上装定岸线和系统程序	(155)
2、当岸线数据和系统程序分别贮存在不同的软磁盘上 时, 系统程序的装定	(156)

3、从含有予编程序的软磁盘读出初始数据的方法	(157)
4、带有练习程序的磁盘的转录	(157)
5、起动练习	(158)
6、练习的管理和控制	(162)

序 言

近年来, 船舶自动化越来越受到人们的重视, 半自动化、全自动化乃至超自动化的船舶逐年增多。广大船员为适应这种正在变化的情况, 都面临着一个在技术上再学习的问题。无疑, 结合实际去学习操纵与管理这类自动化系统会收到较好的效果, 但是, 到航运中的船舶上去实地操作与学习这种复杂的自动化系统几乎是不可能的, 也是不经济的。在这种条件下, 模拟训练方法显出了它的优越性。模拟训练并不是什么新的东西, 只是由于电子计算机的发展与广泛的应用, 使模拟系统的功能更趋完善, 模拟的环境条件及操纵反应更为逼真, 从而可以有效地满足多方面的训练要求。

挪威控制公司在生产船舶导航自动化系统〈DB-4 数据船桥系统〉的基础上, 研制生产了用于教学的导航模拟器 (NAVSIM), 它是一套以电子计算机为核心、以装备 DB-4 数据船桥系统的船舶驾驶台为对象的模拟系统。整个系统的运行由软件控制, 将所有的操作步骤, 船舶运行定位计算, 航路计算, 有关参数计算的数学模型和有关海区的资料, 目标, 船型等数据编成系统程序, 而各种操纵设备和按钮均作为计算机的特殊外部设备在操作过程中, 与中央处理机进行数据交换, 造成各种操作与反应的逼真效果。

这份材料由袁安存、缪德刚、黄剑华三人编写, 分成三部分。第一部份概略介绍 NAVSIM 的组成情况及基本工作原理。系统程序的细节是厂方的专利, 详情不得而知, 但通过几个具体电路的说明, 多少可以了解其设计思想, 这对于正确地操作与使用这个系统会有所帮助。第二部分是介绍模拟船桥 (本船 1) 的功能及操作方法, 这部分讲得比较具体, 因为受训者直接使用的就是这部分设备。第三部分是关于教练控制台, 对整个模拟系统的起动, 训练内容的编制与布置, 具体操作步骤均有详细的说明。

NAVSIM 导航模拟器

一. 引言

挪威 NORCONTROL 公司研制生产的导航模拟器 (以下简称 NAVSIM) 是一种以电子计算机为核心, 以 DB-4 组合数据船桥为对象的模拟训练系统。DB-4 数据船桥是当前有代表性的, 先进的船舶导航自动化装置。整个系统包括数据雷达, 数据航线设计, 数据定位及数据操舵等几个分系统。计算机对来自这些分系统的数据进行综合处理、判断, 自动给出有关航路计算、船舶位置、碰撞告警、操纵指令等信息, 实现船舶自动化。NAVSIM 是模仿 DB-4 系统在各种船舶上应用时可能面临的各种真实情况, 如环境条件 (航行区域、水深、岸线回波等), 船舶操纵, 导航定位等, 在实验室中加以复现, 训练学员在这种条件下操作各种复杂的仪器设备, 并学习正确处理各种情况的技能。显然, 在这种模拟训练中, 模拟系统的逼真性是至关重要的, 只有这样, 才能使学员学到正确的技能并把它有效地运用到真实的环境中去。

二. 系统的组成及功能

NAVSIM 由两台计算机, 教练控制台, 岸线产生器及模拟船桥 (本船) 组成。完整的导航模拟系统的平面布置如图 1 所示。本船的数量为 1 至 4 艘, 每艘本船的设备可以是完整的 DB-4 数据船桥所包括的全部设备, 也可以是简化的、只装备有若干主要操纵及导航设备的船桥。在这些本船上, 受训的学员如同在真实的船上一样, 进行各项操作, 训练的内容通过控制台由教练员统一或分别布置给每艘本船。NAVSIM 的系统程序及各种数据存在软磁盘 (或纸带) 上, 在操作以前装入计算机的内存。计算机还包括一个数字岸线产生器, 按预定的程序, 将需要的海区图象存储在岸线产生器的存储器中, 在训练过程中, 根据每艘本船在相应海区内的运动, 由程序控制, 不断更新岸线的雷达图象。

NAVSIM 的设计可以满足 4 艘本船以及多至 40 艘可编程序目标船的各类作业的训练, 训练海区包括除北纬 80° 及南纬 80° 以外的全球水域。近岸或狭水道环境的模拟由所配备的岸线的多寡决定。本船由学员操纵, 可编程序目标船由教练员控制, 根据训练内容的要求, 建立

起各种交通情况。

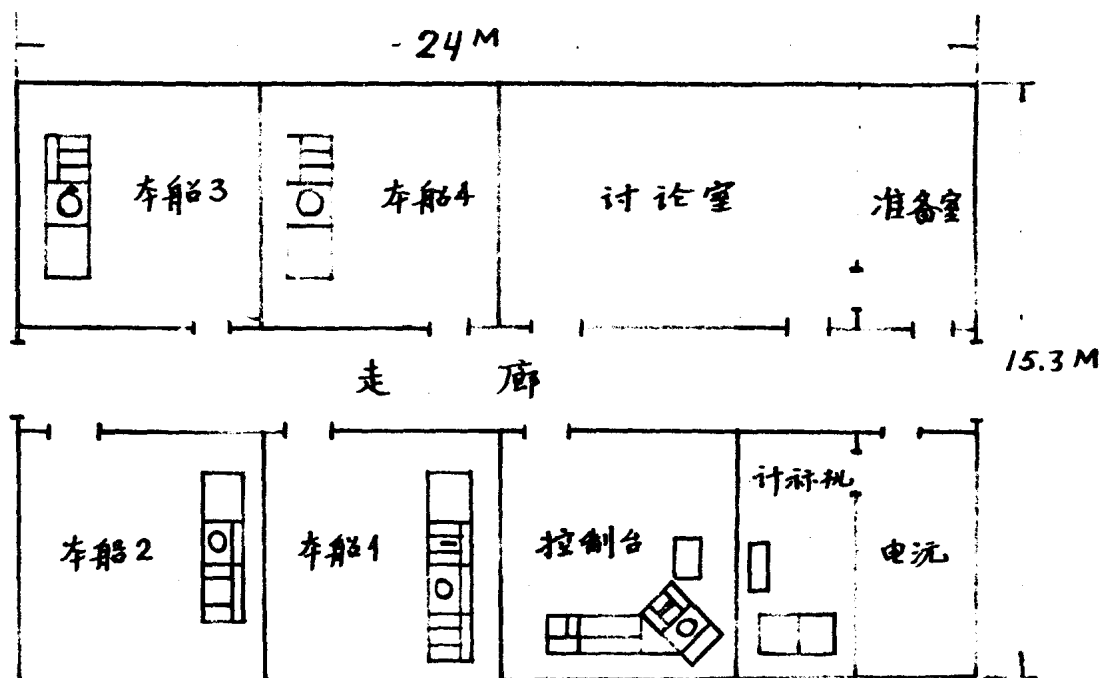


图1 导航模拟系统布置总图

1、教练控制台

如图2所示，教练控制台是 NAVSIM 的控制中心。系统程序的装定，训练内容的起动及训练过程的监视均通过控制台进行。它包括若干块控制板，一个16"的阴极射线管显示器，键盘，平板字符显示器及内部甚高频无线电话，所完成的主要功能有

- (1) 起动模拟系统
- (2) 控制每艘本船的电
- (3) 控制各种附属设备
- (4) 给每艘本船规定起始数据（也可以由磁盘输入）：包括模拟方式，起始位置，雷达性能，目标回波参数，船舶类型
- (5) 给可编程序目标船规定起始数据：起始位置，航线数据，目标回波参数
- (6) 确定记录方式：打印数据，标绘航迹，磁盘存储。
- (7) 起动/停止模拟操作：起始时间，模拟速度

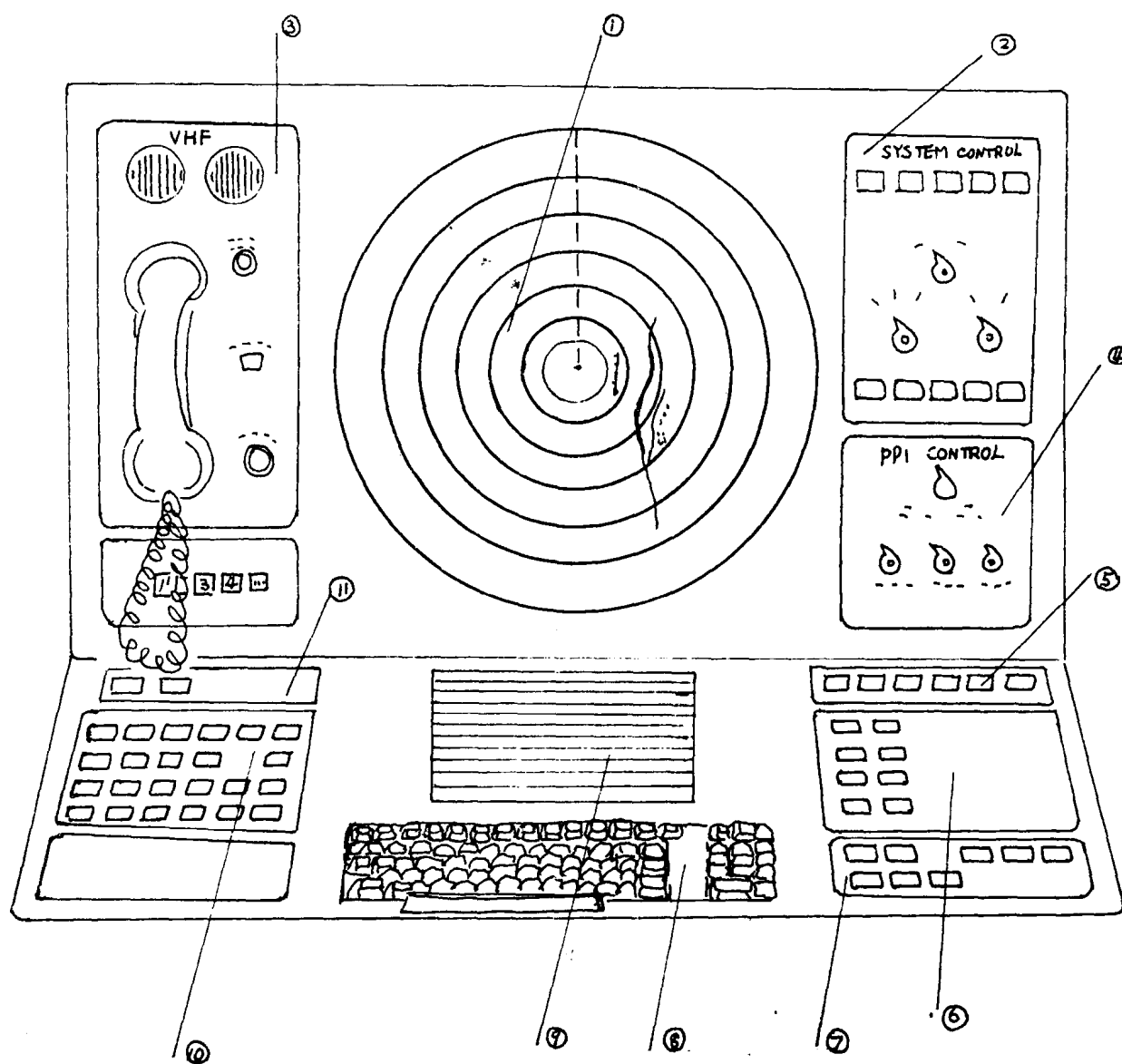


图2 教练控制台

- | | | |
|------------|----------|--------------|
| ① 荧光屏 PPI | ⑤ 模拟模式面板 | ⑨ 字符显示器 |
| ② 系统控制面板 | ⑥ 本船控制面板 | ⑩ PPI 显象模式面板 |
| ③ 内部通讯 VHF | ⑦ 执行面板 | ⑪ 系统故障面板 |
| ④ PPI 控制面板 | ⑧ 键盘 | |

- (8) 监视模拟操作过程：选择某一艘本船的雷达图象，确定雷达显示器的显示方式，在字符显示器上显示各种信息，在电传打字机上打印和在 X/Y 记录器上标绘有关信息
- (9) 在模拟过程中进行控制：调整雷达信号电平，给本船的操纵设备、主机及导航设备设置故障，改变可编程序目标船的航线
- (10) 重新演示作过的练习

2、模拟船桥

每一艘本船都是一个模拟船桥，图 3 所示是一艘装备完善的本船，即一套完整的 DB-4 数据船桥。它由 4 个分系统组成，其功能分别介绍如下：

图 3 本船 1 布置图 (见附图)

(1) 数据雷达

本系统利用计算机对来自模拟雷达，陀螺罗经和计程仪的信息进行综合处理，提供有关目标参数，碰撞危险，避让操船方案等有用数据，其主要功能有

- ① 半自动和自动跟踪 24 海里范围内的所有目标。
- ② 每个被跟踪的目标的位置、航向及航速在荧光屏上以矢量形式显示。
- ③ 矢量长度可以选择 (分 6、12、18、24、30 分钟 5 种)
- ④ 可以消去不需要的矢量，代之以三角形标识符，表示继续保持跟踪。
- ⑤ 荧光屏显示方式有下列几种组合
真方位显示/相对方位显示
真运动显示/相对运动显示
真速度显示/相对速度显示
- ⑥ 字符显示器显示目标的下列数据
距离/方位
真航向/真速度
CPA/TCPA
- ⑦ 碰撞报警信号

- ⑥ 模拟操纵, 找出最佳避让方案
- ⑨ 显示电子标识符的距离、方位以及相对于该点的 CPA 及 TCPA。
- ⑩ 电子方位刻度
- ⑪ 重显航迹 (BACKTRACK), 显示运动目标过去的位置, 借以发现目标的航向是否有变化
- ⑫ 自动录取与跟踪 24 海里范围内的 24 艘目标船
- ⑬ 航迹预测, 显示某一时刻开始后 10 分钟内的航迹
- (2) 数据航线

数据航线分系统是一套程序, 可进行各种导航计算。系统根据航向、航速以及前一次得到的船位进行船位推算, 并可根据推算船位到转向点之间的计划航线进行各种计算, 包括到转向点的航向、距离及时间。

可以最多设定 400 个转向点, 对每个转向点需要输入的数据是: 转向点序号、纬度、经度以及转向点之间的航行方式。

航行方式有三种:

- ① 恒向线航法: 计算出至下一个转向点的恒向线航向
- ② 大圆航法: 计算出至下一个转向点的大圆航向
- ③ 混合航法: 根据给定的最高纬度, 计算出两个顶点, 从起始点至第一个顶点的大圆航向, 两顶点之间的恒向线航向, 第二个顶点至下一个转向点的大圆航向

航线模式也分三种, 即

- ① 航向方式: 取这种方式时, 船舶不断改变航向 (对准转向点), 以保证船舶最终驶向转向点
- ② 航向校正方式: 计算航向时考虑了漂移的影响, 漂移量由数据定位分系统计算得来, 新计算出的航向补偿了漂移的作用
- ③ 跟踪方式: 保持船舶沿计划航线航向, 当船舶偏离航线时, 系统能计算出新航向使船舶尽快地回到计划航线上。这种方式能不断地监视船舶偏离航线的漂移量, 超出预定允许界限时, 会发出警报。

(3) 数据定位

数据定位分系统是一种船位估算系统, 它将来自各种位置测量系统及速度测量系统的数据组合起来, 连续计算船位, 航速及航向的最佳值。

若接入多种定位系统,则对各种系统的数据加权处理,最佳精确的定位系统被用作定位的依据,而其它系统则用来改善总的定位精度。数据定位分系统中可用的导航设备有

- ① 卫星导航
- ② 罗兰C
- ③ 奥米加
- ④ 台卡
- ⑤ 测向

(4) 数据操舵

数据操舵分系统能以最少的动舵次数使船舶沿预定航线航行,有4种控制方式:

- ① 脱机工作方式,这时,数据操舵不直接控制舵机,操舵由常规的自动舵方式来完成
- ② 操舵工作方式,相当于自动舵的手舵方式
- ③ 手控航向方式,按选定的航向自动操舵
- ④ 数据航线控制方式,这时,按照数据航线系统给出的航向操舵。

三、NAVSIM 结构

1. 计算机中央系统逻辑说明

NAVSIM有两台计算机,每一台计算机包括中央处理机,存储器,实时钟及小型操作板。另配有电传打字机、X/Y记录器、磁盘机,光电输入/作孔机、键盘、字符显示器等专用外部设备(表1列出了计算机与各种外围设备的型号及数量)。全部系统程序,练习内容,数字岸线及有关数据在操作之前装入计算机的内存之中,程序起动后,依次读出另一些数据在程序执行过程中,有写入也有读出。计算机的结构原理图如图4所示。

中央处理机(CPU)本身包括:微程序逻辑电路,寄存器,母线缓冲放大器,小型操作板,运算器,中断系统和定时控制。微程序的作用代替了控制器的功能。另外,微程序有一个通信系统,接收来自小型操作板或电传打字机的指令,决定计算机的工作状态,在停止(STOP)状态时,则通过电传打字机在寄存器与计算机内存之间进行通讯。微程

表1 NAVSLM计算机及外围设备

设备名称, 型号	数 量
NORD-42 计算机, 字长16位, 内存容量64 K, 运算速度500 nS	2
FD 410 软磁盘机	1
电传打字机 LA36/LA35 Decwriter	2
X/Y 记录器, BRYANS SERIES 26000	1
光电输入/作孔机 RAB 6075	1

序对应纸带输入及磁盘有几个读入程序(引导程序)。微程序在程序执行过程中对指令进行译码, 发出正确的控制信号。

NAVSLM计算机采用多累加器结构, 一共有16组寄存器, 每一组对应一个中断级, 共有16个中断级, 这对于程序设计, 极为方便。

运算器除进行简单的计算外, 利用微程序控制, 可以进行象浮点除法之类比较复杂的运算。另外, 运算器还用于变址运算以求得有效地址。

中断系统的功能是确定要执行的程序的级别和所用的寄存器组。

定时控制器是数据通道中的控制脉冲产生器, 在数据通道工作方式时, 存储器直接为外部设备利用, 中央处理机在此期间可以进行其它工作。

小型操作板的作用与计算机操作板的作用是相似的, 有5个按钮与相应的指示灯, 控制中央处理机并显示其工作状态。

2、控制系统逻辑说明

(1) 小型操作板系统

NAVSLM所包括的两台计算机CPU1和CPU2各有其本身的存储器输入/输出母线系统及小型操作板。两台计算机之间由串行数据线相联结。在控制台上另有第三个小型操作板, 这些操作板与计算机的联结由

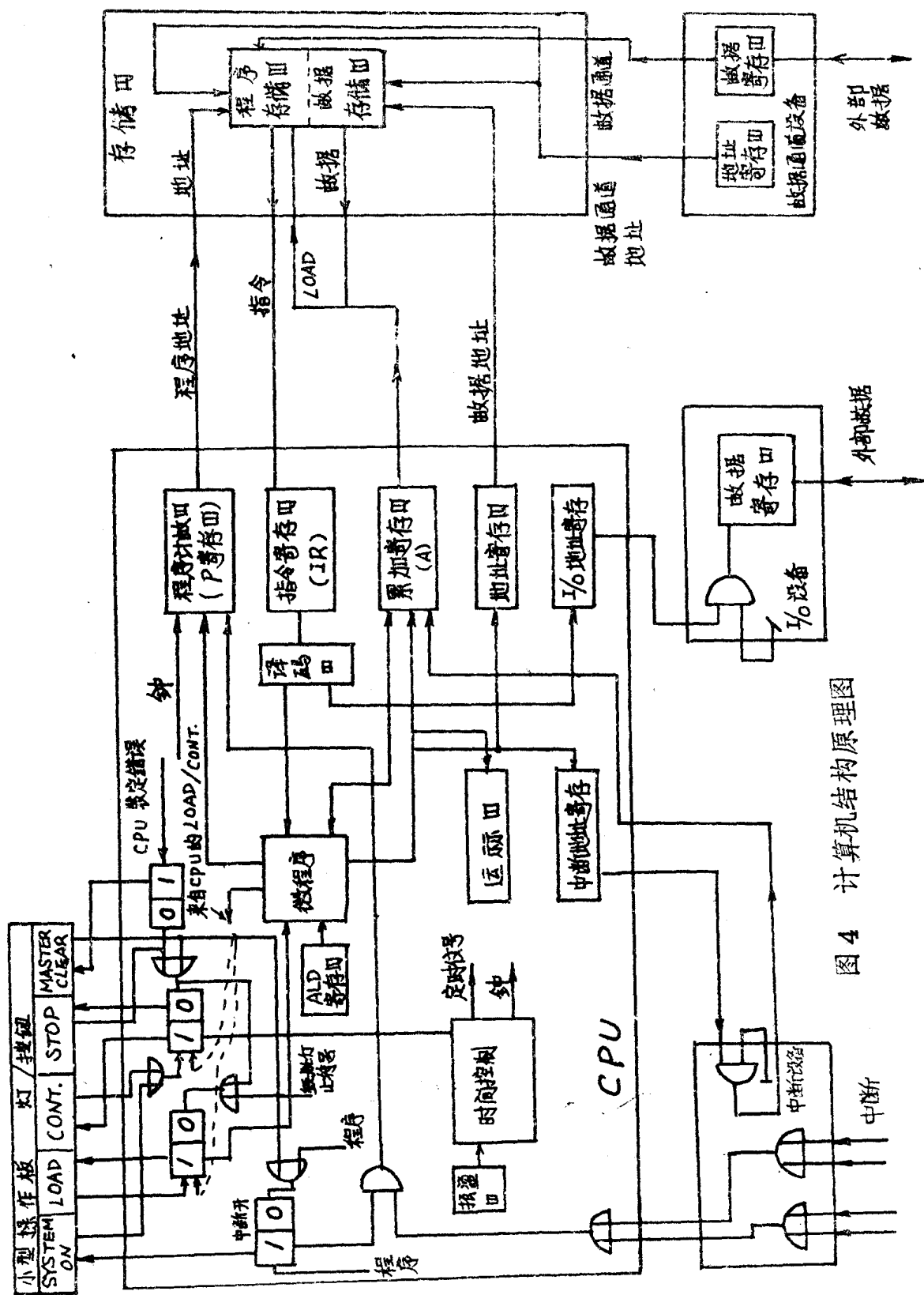


图 4 计算机结构原理图

一组继电器决定。控制台上的操作板每次只能控制一台计算机，继电器的转换由控制台上的选择开关控制。

(2) 电传打字机串行数据信道

在停止状态时，通常用电传打字机控制计算机，在系统程序运行过程中，电传打字机用于打印输出。作为一个终端，在停止状态时，电传打字机通过微程序与计算机相连，数据传输率为300波特。

两台计算机之间有串行数据线，在装定系统程序时用于传输数据，在程序运行中则用于相互通讯。这种连接采用的是电传打字机使用的同一类接口。在CPU1中，接口地址是“TTY3”，必须经过I/O才能将数据传输到“TTY3”接口。在CPU2中，接口的地址为“TTY1”，该接口是与串行数据连接线相连（CPU1中的“TTY3”）还是与TTY终端相连，由选择开关控制的继电器位置决定。可以在停止状态时将指令由CPU1传送到CPU2。在装定系统程序时就用这种方法，这时的传输速率是9600波特。

3、输入/输出和母线系统

(1) 输入/输出系统 (I/O)

① 简述

输入/输出系统和母线系统是中央理机（CPU）与外部设备连系的桥梁。所有的外部操作及数据，例如模拟电压量，按钮信号，操作船舶的车速、舵角，PPI上的各种图象，在进入中央处理机之前，都需要变换成数字量，这种变换工作在接口上完成。数字信号由16位字长的二进制数表示。接口有许多，每一个接口各有其地址。由CPU发出的输入/输出指令（IOX）中，包含有地址，根据指令要求，读取相应接口上的数据或者控制指示灯、继电器等。

下面举一个输入输出系统的原理图来说明（图5）。当系统程序中有IOX指令时（输入/输出指令），CPU执行该条指令，如果是读取接口上的数据，则接口将寄存器的16位数据送上母线，然后再送入CPU的A寄存器。在我们上面举的例子中，假定接口器件是数据雷达中控制量程及速度矢量的一块面板，它有一定的地址，在同一地址的一块接口上，最多可以有16个按钮（或指示灯），并一一与16位寄存器的每一位相对应。在这块控制板上，其有15个按钮（图6），若选择

距离范围为24海里，按下的按钮编号为 f_{14} ，其作用就是将接口上寄

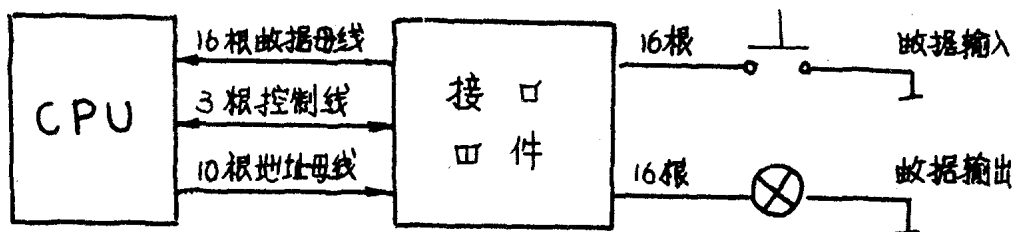


图5 输入/输出原理图

存器的第14位置1。如果执行的是输出指令，则使该按钮的指示灯点亮。

② 输入/输出地址译码

每个接口各有其地址。这个地址是程序中IOX指令的一部分（地址码）。IOX指令中除操作码占去字长的一部分以外，从0~9位是地址码。总共可以给出1024个不同的地址。

地址码中的第0位用于表示是输入或输出，即从外部设备将数据读入CPU还是由CPU将数据写到外部设备中去。若0位为0，则为读入；0位为1为数据写出。又第1位是用来表示是数据字还是控制字，第1位是0，表示数据字，若为1，则表示是控制字。

有两种不同的地址译码系统，一种称为本地译码系统，另一种称作中央译码系统。

本地译码系统：在这种系统中，地址译码是在外部设备的接口上进行，通常靠近CPU的外部设备和采用数据通道的外部设备均采用这种地址译码系统。

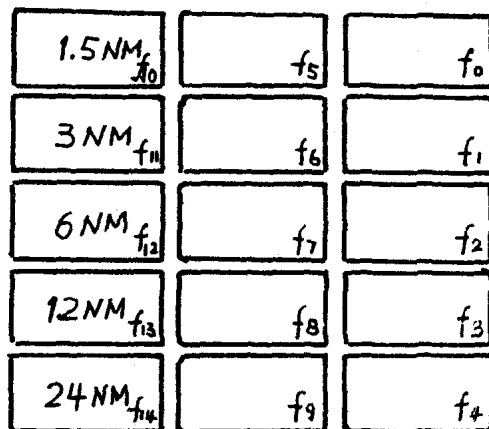


图6 雷达面板之一

译码过程如下(参看图7), CPU将程序中的指令经指令译码器得到IOXE控制信号, 连同地址码送上母线, 由IOXE信号控制地址译码器读取地址。这时, 有对应地址的外部设备接口上的译码器被选通, 译码后送回一个信号(CONNECT)给CPU, 表示译码已经完成。如果地址码的0位是1, 则在发出CONNECT信号的同时, 数据母线上的数据就写入外部设备的寄存器。如果地址码的0位是0, 则外部设备还发出一个INPUT信号, 连同CONNECT信号一起送回CPU, 与此同时, 将外部设备寄存器的数据发送到母线上, CPU同时接收到

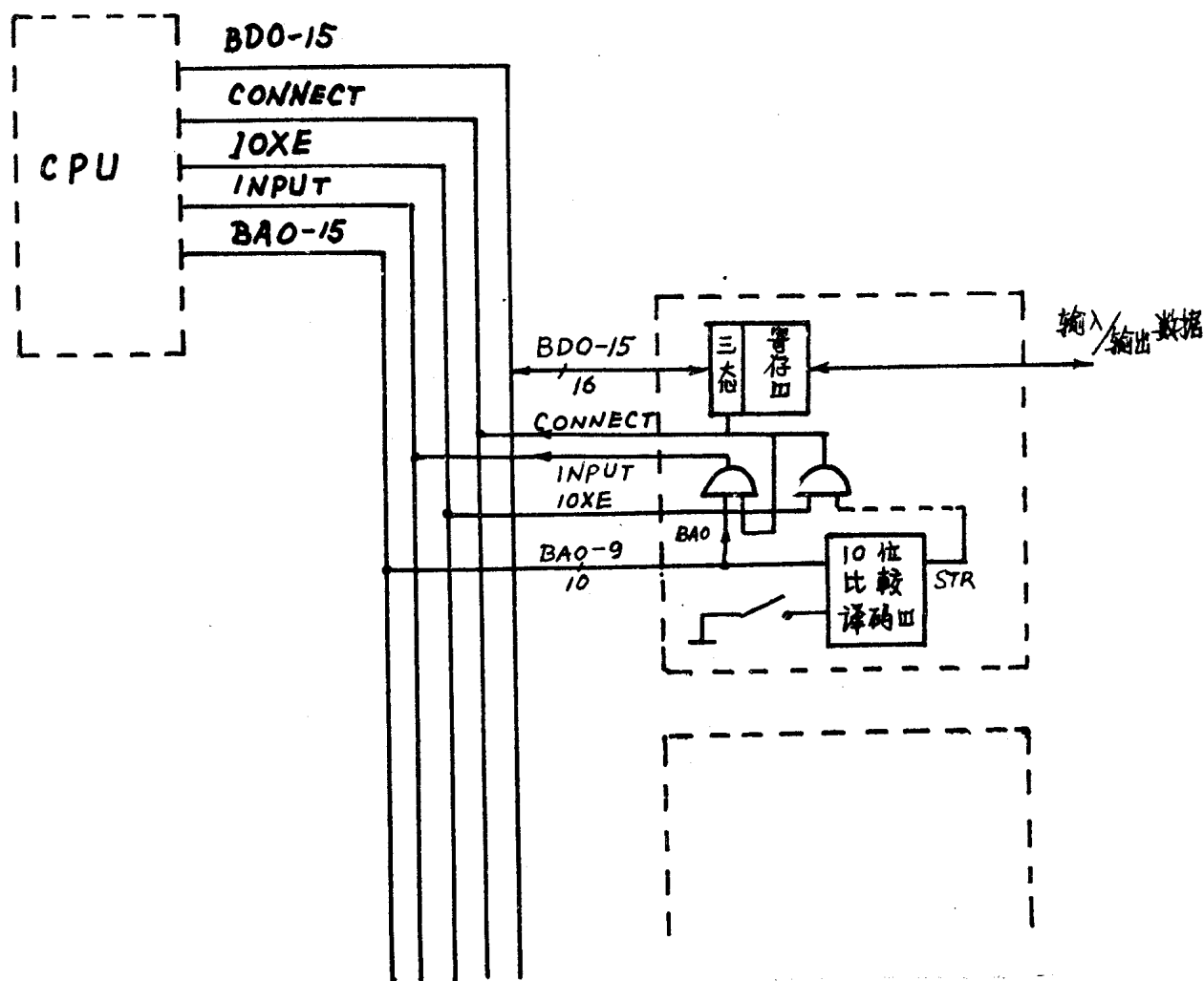


图7 本地译码系统逻辑框图

INPUT与CONNECT信号, 就从数据母线上将数据读入CPU的A寄