

JD—5W 电磁计程仪

高启孝 高敬东 编

海 军 工 程 学 院

一九九二年九月

6.152

34

JD—5W 电磁计程仪

高启孝 高敬东 编

海 军 工 程 学 院

一九九二年十月

JD—5W 电磁计程仪

高启孝 高敬东 编

*

海军工程学院教材处 出版

海军工程学院印刷厂 印刷

*

787×1092毫米·1/16 开本·9.43 印张·190.4 千字 插页 10

1992年10月第1版第1次印刷 1 印数 1—500 册

院内统一书号: 92404.29 定价 4.80 元

前 言

计程仪是舰船最基本的导航装备之一，它测量舰船运动的速度并累计其航程，向舰船导航、武备、情报及指挥等系统用户提供我舰的速度航程信息。计程仪质量的好坏将直接影响舰船的航行安全及其战斗能力。

JD—5W 电磁计程仪是 90 年代初期刚装备我国海军使用的采用微机技术的新型电磁计程仪。本书在简要介绍电磁计程仪工作原理的基础上，重点叙述了 JD—5W 电磁计程仪中专用微计算机系统 & 接口电路的具体硬件组成及其工作过程，它的安装、操作、测速校正及日常维修保养方法。

本书可作为 JD—5W 电磁计程使用、维修技术人员的培训教材，也可作为导航工程专业学员电磁计程仪装备教学的参考书。

由于时间仓促，书中错误和缺点一定不少，望各位专家和广大读者及时指正。

编者

1992 年 8 月

目 录

第一章 概 论	(1)
§ 1—1 引 言	(1)
§ 1—2 电磁计程仪的基本工作原理	(2)
§ 1—3 JD—5W 电磁计程仪的主要技术指标及其特点	(7)
§ 1—4 JD—5W 电磁计程仪的组成及其工作原理	(8)
第二章 JD—5W 电磁计程仪的微计算机系统	(13)
§ 2—1 微计算机的组成及基本工作原理	(13)
§ 2—2 8086 微机系统的基本知识	(23)
§ 2—3 JD—5W 电磁计程仪的微计算机系统	(32)
§ 2—4 接口电路介绍	(33)
§ 2—5 JD—5W 电磁计程仪软件工作原理	(48)
第三章 JD—5W 电磁计程仪各主要环节的工作原理	(54)
§ 3—1 前置放大器	(54)
§ 3—2 A/D 转换装置	(55)
§ 3—3 专用微机系统	(62)
§ 3—4 航速航程信息输出接口电路	(62)
§ 3—5 修正参数装定线路	(67)
§ 3—6 航速航程复示器	(69)
§ 3—7 直流电源	(73)
第四章 JD—5W 电磁计程仪的安装调整和操作使用	(76)
§ 4—1 JD—5W 电磁计程仪的安装检查	(76)
§ 4—2 JD—5W 电磁计程仪的操作使用	(81)
§ 4—3 JD—5W 电磁计程仪测速调整原理及操作过程	(82)
第五章 JD—5W 电磁计程仪的日常维护与修理	(88)
§ 5—1 JD—5W 电磁计程仪的日常维护保养	(88)
§ 5—2 JD—5W 电磁计程仪的故障诊断与排除	(89)
附 录	
附录 1 8086 指令系统摘要	(91)
附录 2 电缆接线明细表	(99)
附录 3 8 位二进制原码转换表	(107)
附录 4 JD—5W 电磁计程仪用集成电路芯片封装图	(111)

第一章 概 论

§ 1—1 引 言

计程仪是测量舰船运动的速度并能计算出航行里程的一种测量仪器，它是舰船的基本导航设备之一。计程仪向舰船各系统装备提供连续的航速航程信息，它的性能将直接影响舰船导航定位系统（如平台罗经、航迹仪、气象仪、卫导设备、组合导航装置等）、武器装备控制系统（如导弹指挥仪、火炮控制指挥仪、鱼雷攻击指挥仪等）、通讯联络系统（如声纳、雷达等）、以至动力操纵控制系统的使用效果。向舰船各系统用户设备提供准确、方便、可靠的航速航程信息是计程仪的基本任务。

船用计程仪的发展经历了漫长的阶段，已具有近五百年的历史。目前仍在使用的计程仪主要有以下几种。

1. 水压计程仪

水压计程仪是根据伯努利原理来测量舰船速度的。根据伯努利方程，理想液体作稳恒流动时，在同一流线中各截面上的动能、势能和压强能之和保持不变，即

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh + pv = c \quad (1-1)$$

式中： v ——是液体流动的速度；

h ——是液体截面相对基准面的高度；

p ——是液体截面上的压强；

m ——是流经截面的液体质量；

V ——是流经截面的液体的体积。

因此，在液体中，某截面上液体流速越大，其压强越小。

水压计程仪中有动、静两个压力管 A 和 B。当船舶以速度 v 前进时，A 管管端 Q_A 处海水受阻，相对流速为零；B 管管端 Q_B 处，相对流速为 $-v$ ，所以，A 管管端液体的压强 P_A 大于 B 管管端液体的压强 P_B ，使得两管中水柱的高度不同，即 A 管中水柱较 B 管为高。测得两管水柱的压力差，就可以推算出舰船的速度。（见图 1—1）

水压计程由于压力差和流体速度的平方值成正比，所以其测速的动态范围有限制，各速度范围的测速精度不相同，且受海水比重的变化影响，测速校正机构也比较复杂，调整不甚方便。但因其使用比较可靠，传感器结构简单，易于维护，不存在海生物污染等问题，故在潜艇上使用时仍具有一定的方便之处。目前我国潜艇上大多数装备这类计程仪。

2. 电磁计程仪

根据法拉弟电磁感应定律，当导体切割磁力线运动时，在导线中将产生感应电动势，

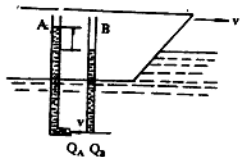


图 1—1 水压计程测速原理图

感应电动势的大小与导线切割磁力线的速度成正比。电磁计程仪正是基于这一原理来测量舰船相对于海水的速度的。

电磁计程仪利用一插入海水中的传感器在其周围产生一个磁场，其磁感应强度为 $\vec{B}$ 。当舰船载着传感器以速度 v 前进时，海水相对于传感器运动而切割传感器所产生的磁力线。由于海水也可看作一种导体，它任意两点间也会产生感应电动势。利用传感器上一对与海水相接触的电极将电极两点间海水所产生的感应电动势取出并放大处理后，就可据此信号求得舰船相对于海水的运动速度。(图 1—2)

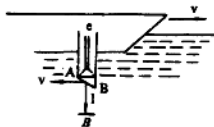


图 1—2 电磁计程仪测速原理

设传感器产生的垂直于速度方向的磁感应强度为 $\vec{B}$ ，两电极垂直于舰船艏艉线且其间距离为 l ，舰船相对于海水的运动速度为 v ，则电极两端输出的感应电动势 e 为：

$$e = KBv \quad (1-2)$$

式中： K ——为一比例系数。

电磁计程仪动态范围广，且在各测速范围内测量精度基本相同，误差校正比较方便，受海水成份及温度变化的影响小，使用也比较简单。自 60 年代开始电磁计程仪已广泛装备于各类舰船使用。我国从 70 年代开始生产电磁计程仪并已陆续装备海军使用。

3. 多普勒计程仪

当声波被一物体反射回来时，若声波发射源与反射体之间存在相对运动，反射波将产生一个多普勒频移。多普勒频移量的大小正比于相对运动的速度。多普勒计程仪正是基于这一点来测量舰船速度的。它利用一传感器向海底发射频率已知的声波并不断接收海底的回波，根据回波频移量的大小，就可推算出舰船相对于地球的运动速度。因此，当海水深度较浅时，它测量的是舰船相对于地球的绝对速度。

多普勒计程仪精度较高，又可获得船舶的绝对航速，70 年代以来在民用船只中已广泛使用。但由于工作时要不断向外发射声波，对舰船的隐蔽性有不良的影响。

4. 声相关计程仪

声相关计程仪也是利用声波反射信号来测量舰船速度的，但它的接收方式与多普勒计程仪不相同。它利用两个以上的接收器接收回波信号，并利用回波进行相关分析计算来求得舰船运动的速度。这种计程仪的基本性能和多普勒计程仪相同，但其结构更简单一些。

目前，我国已开始生产装备这两种计程仪。

§ 1—2 电磁计程仪的基本工作原理

一、基本工作原理

电磁计程仪是基于法拉第电磁感应定律来测量舰船相对于水的速度，并对速度进行积分来求得舰船航程的。

由于海水是一种连续的导电介质，当在这种介质中建立一交变磁场时，若磁场与介质间存在相对运动，则在通过介质的任何闭合回路中将产生感应电动势。

电磁计程仪所采用的传感器中有一产生交变磁场的电磁铁，并有一对电极与海水接

轴。(图 1—3)。将传感器安装在舰船上并使它伸于海水中。若将传感器通以交流电流进行激磁, 且电极随舰船一道与海水有相对运动时, 则电极两引出端的电动势为:

$$e = kvBl = k \cdot v \cdot k_B \cdot i_B l \quad (1-3)$$

式中: i_B ——为传感器的激磁电流;

l ——为两电极间距离;

v ——为舰船相对于海水的速度;

k 、 k_B ——为比例系数, 且 $B = k_B \cdot i_B$ 。

由(1—3)式有:

$$v = \frac{e}{k \cdot k_B \cdot l \cdot i_B}$$

由于 k 、 k_B 、 l 都是由传感器的结构所确定的常数, 令 $k_v = \frac{1}{kk_B l}$, 则有

$$v = k_v \cdot \frac{e}{i_B} \quad (1-4)$$

测得两电极所引出的电动势 e 和激磁电流值 i_B , 就可求得舰船的速度 v , 由此再对时间 t 积分便可得到航程 S 。

$$S = \int_0^t v dt \quad (1-5)$$

二、传感器的结构与基本特性

电磁计程仪所用的传感器主要有两大类: 杆式传感器和平面传感器。

1. 杆式传感器

杆式传感器(俗称测量杆), 主体为一椭圆柱形的中空非导磁性的金属杆(一般用铜杆), 杆端用环氧树脂等绝缘强度高的材料将一电磁铁密封于内, 并在电磁铁两侧各嵌有一个金属电极于绝缘体表面。电磁铁激磁线圈及两个电极由绝缘体内部经金属杆中心引出至传感器上部的电缆头上(图 1—4)。电磁铁激磁线圈、电极引线与金属杆三者相互绝缘。为了克服激磁电流对输出信号的干扰, 传感器内部引线均采用屏蔽线, 屏蔽线的屏蔽层及电磁铁芯与金属杆单点相联后接地。

使用时, 传感器安装在舰船底部, 且位于龙骨附近, 电极一般伸出船底约 300mm 至 500mm。由于杆端伸出船底较长, 受紊流

影响较小, 产生的信号强且比较稳定, 测量精度较高。但正由于传感器伸出船底比较远,

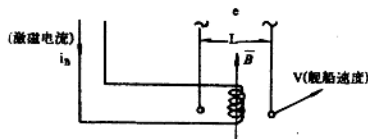


图 1—3 电磁计程仪传感器作用原理图

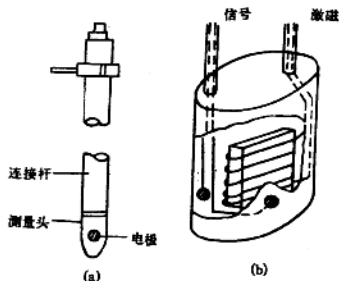


图 1—4 杆式传感器结构

机械强度较低, 易受船外漂浮物或鱼网等损坏, 也不适合潜艇使用。采用杆式传感器的计程仪一般用于水面舰艇, 且都配有传感器快速升降装置, 以便在发现有可能损坏传感器时, 及时将传感器提升至船体之内。

2. 平面传感器

平面式传感器结构如图 1—5 所示, 其外形是一个略呈扁状的圆柱体, 外壳 1 是用非导磁性金属 (如铜、不锈钢等) 制成的, 外壳内部装有一个山字形铁芯 2, 激磁线圈 3 绕在中间的铁芯柱上。在绝缘底板 4 上装有一对间隔距离为 l 的电极 5, 电极分别由引出线接至测量电路的输入端。工作时电极浸没于水中, 因而山字形铁芯与电极间 l 长的一段流体便构成了传感器的工作磁路。

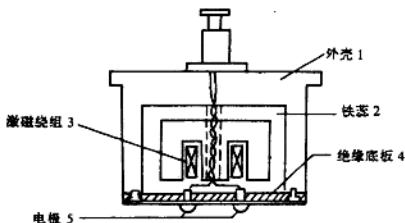


图 1—5 平面传感器结构

平面式传感器安装于船体的底部, 具体安装部位视船体的形状而定, 通常安装在距船艏大约为船长的三分之一处。为了使传感器测量平面水流平稳, 减小紊流的影响, 一般应在传感器的安装处加焊一个导流罩。

3. 传感器输出特性:

无论是平面传感器还是杆式传感器, 其工作原理都基本相同。

一般为了克服极化效应, 传感器都采用交流激磁。当传感器中的激磁线圈通以一幅值不变的正弦电流时, 传感器在信号电极间将产生一个交变磁场, 其磁感应强度可表示为:

$$B(t) = B_m \sin \omega t \quad (1-6)$$

当舰船以速度 v 运动时, 两电极间的海水与这一交变电磁场之间存在一相对运动, 其速度也为 v 。在任一瞬间, 电极间的海水可视为一段导线 (比一般金属导线的电阻要大得多)。设两电极间距离为 l , 且两电极联线安装得与舰艇艏艉线相垂直, 则两电极间感应电动势 e_s 为:

$$e_s = B_m l v \sin \omega t \times 10^{-8} \quad (\text{伏}) \quad (1-7)$$

式中: v ——为舰船相对海水的速度, 单位为米/秒;

l ——为传感器两电极间距离, 单位为 cm;

B_m ——为激磁电流在两电极间产生的磁感应强度的最大值, 单位为高斯。

由于传感器制成后, l 值已固定, 而 B_m 和激磁电流 i_g 成正比, 设其比例系数为 k_g , 上式又可写作

$$e_s = k_g l i_g \sin \omega t \times 10^{-8} \cdot v \quad (\text{伏})$$

令 $k_g l \cdot 10^{-8} = k_s$, 则有

$$e_s = k_s \cdot i_g \cdot v \sin \omega t \quad (\text{伏}) \quad (1-8)$$

为了保证传感器工作于线性区, 激磁电流取值有一定的范围, 这在计程仪出厂时已有

规定。在额定的激磁电流下，传感器输出的感应电动势与舰船相对运动速度之比称为传感器的灵敏度。电磁计程仪中使用的传感器其灵敏度一般在 $100\mu\text{V}/\text{节}$ 至 $500\mu\text{V}/\text{节}$ 之间。

4. 传感器的主要误差源及其消除方法

由于制造、安装等种种原因，传感器的实际输出特性与 (1—8) 式并不完全相符，因而会引起测量误差。误差的主要来源如下：

(1) 90° 干扰电势

实验发现，当舰船相对海水静止时，传感器仍有一输出电动势 e_0 ，且其值正比于激磁电流的大小。产生这个电动势的主要原因是电极及其信号引出线构成的截面的法线方向与激磁电流所产生的磁场方向不垂直。(见图 1—6)

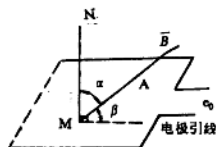


图 1—6 90° 干扰电势产生原因

设这一截面积为 A ，其法线与磁感线夹角为 α ，则

$$\begin{aligned} e_0 &= -\frac{d\Phi}{dt} \\ &= -A \cos \alpha \cdot B_m \omega \cos \omega t \end{aligned} \quad (1-9)$$

若 $\alpha \neq 90^\circ$ ，则 $e_0 \neq 0$ 。

由于安装条件的限制及分布参数的影响，很难严格使 $\alpha = 90^\circ$ ，因此，应在设计制造时尽量缩小截面积 A 。传感器制成后， A 值已定， α 角也不再变化，令 $B_m = k_g \cdot i_g$ ， $k_g = -A \cos \alpha \cdot \omega$ ，上式又可表示为：

$$e_0 = k_g i_g \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (1-10)$$

(1—10) 式说明，当速度为 0 时，传感器输出一干扰电动势，其值与激磁电流大小成正比，其相位与舰船相对海水运动时传感器所产生的速度感应电动势相差 90° ，所以传感器中产生的这个零位信号又称为 90° 干扰信号。

传感器的零位信号将引起计程仪的测量误差，必须将它限制在一定的范围内，并在计程仪的设计中想办法将它消除。一般传感器的零位信号指标在 $100\mu\text{V}$ 至 $200\mu\text{V}$ 左右。

消除 90° 干扰信号常用的办法是在计程仪中采用相敏整流技术。由于有用的速度电动势信号和传感器激磁电流同相，而 90° 干扰信号与激磁电流相差 90° 相位角，利用激磁电流的取样信号作为参考电压对传感器的输出信号进行相敏整流，整流后的直流电压中将不再含 90° 干扰电动势的分量。

(2) 非线性误差

由于传感器安装位置的限制，传感器的电极仍处在层流层中，其相对流速的大小并不完全与舰船运动的相对速度成正比，而呈现一定的非线性关系，从而导致传感器输出的信号电压也和舰船的相对速度呈非线性关系。(图 1—7)

非线性的大小除与传感器本身的形状结构有关外，还和传感器的安装环境条件有关，因此，传感器输出信号与舰船速度间的非线性关系只能在计程

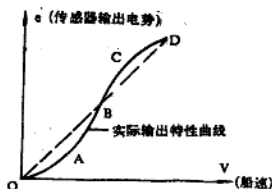


图 1—7 传感器输出的非线性

仪装船后实际测定。由于这个非线性关系事先无法予知，将使仪器产生一定的测量误差。这个误差一般在零点几节左右，仪器投入使用前必须加以消除。

消除这个误差的办法是在计程仪装船后，在不同的船速实测舰船的真速度和按线性关系计算出的计程仪的显示速度（它代表了传感器输出信号的大小），以近似求得二者间的关系，然后利用校正机构进行非线性补偿，以将它的影响限制在仪器允许的范围之内。

非线性校正的方法一般可分为开环补偿和反馈补偿两大类。前者在仪器的前向通道中实现，而后者则在反馈通道中实现，故后者只适用于闭环测量系统。

(3) 传感器输出内阻所产生的误差

电磁计程仪的传感器作为一个信号源，必然存在一定的内阻。由于传感器输出的信号很微弱，一般都必须经前置放大处理。设传感器的内阻为 r_i ，前置放大器的输入电阻为 R_{in} 。其等效电路如图 1—8 所示。

被放大器所放大的信号为

$$V_{Rin} = \frac{e_s R_{in}}{R_{in} + r_i} \quad (1-11)$$

对(1—11)式两边取对数并微分后可得

$$\frac{\Delta V_{Rin}}{V_{Rin}} \approx \frac{\Delta r_i}{R_{in} + r_i}$$

由于海水的电导率较小，且随海水的成份、温度而变化，一般在 $100k\Omega$ 至 $200k\Omega$ 之间。即使舰船速度和其它条件相同而在电极间产生的感应电动势相同，但 r_i 的变化将使放大器的输出电压也随之变化从而产生测量误差。显然，前置放大器的输入阻抗越高，因传感器内阻变化而引起的误差越小。一般电磁计程仪中均采用高输入阻抗的前置放大器对传感器的输出信号进行放大，其阻值均在数十兆欧以上。

(4) 传感器结构不稳定性所产生的误差

由于传感器长期置于海水之中，受周围环境的变化或内部发热的影响，加上舰船行驶时受水流冲击及其它原因引起的振动，会使传感器内部的结构尺寸、几何形状乃至绝缘性能发生变化，从而使其输出特性也发生变化而产生测量误差。只有提高传感器的机械和电气结构的稳定性，严格制造工艺，才能减小这方面的误差，保证传感器输出特性的稳定性。

三、电磁计程仪的基本组成

电磁计程仪一般由以下几个部分组成。（见图 1—9）

1. 传感器：产生航速信号。

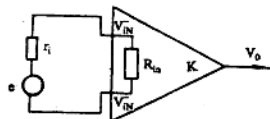


图 1—8 传感器内阻及输出

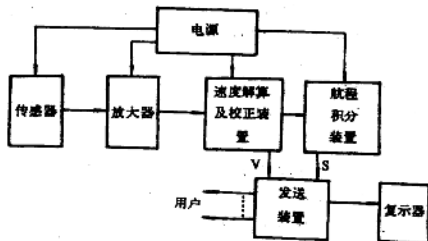


图 1—9 电磁计程组成

2. 放大器：对传感器产生的信号进行放大及予处理。
 3. 速度解算及校正装置：将电压信号变为适当形式的速度信号并消除主要的误差。
 4. 航程积分装置：对速度信号进行积分运算，以获得累计航程。
 5. 发送装置：将航速、航程信息以适当的形式传送给计程仪的用户设备。
 6. 复示器：将计程仪所产生的航速、航程值在舰船不同部位显示出来。
 7. 电源：提供计程仪各系统工作时所需要的各种规格的电源。
- 各种型号的电磁计程仪均应包含上述基本组成部分，但其具体构成及各部的工作原理可能不尽相同。

§ 1—3 JD—5W 电磁计程仪的主要技术指标及其特点

JD—5W 电磁计程仪是我国自行研制设计并已通过设计定型的第一种采用微处理机技术的电磁计程仪。JD—5W 电磁计程仪由海军工程学院研制设计，锦州航海仪器厂生产，并从 1991 年起开始正式装备我国海军使用。

JD—5W 电磁计程仪的主要技术指标如下：

1. 测速范围：-10 节—+40 节（可以程序更改）
2. 测速精度：
 - a、出厂（模拟）调整精度： ± 0.04 节
 - b、测速场精度：

0—25 节	± 0.15 节
> 25 节	± 0.2 节
3. 航程解算精度： $\pm 0.1\%$
4. 航程记录范围：0—9999.99 海里
5. 航程航速复示精度：与主仪器同步，误差为 0
6. 输出方式
 - (1) BCD 码
 - (2) 并行 12 位二进制码：54LS241
 - (3) 串行二进制码：RS-232，光电隔离
 - (4) 直流电压：0—10V
 - (5) 转角：BD—404， $45^\circ \times 10^{-5}$ ，转值 55 节，可以程序变更。
 - (6) 200 脉冲/海里，TTL 电平，脉冲个数可程序更改。
7. 电源：AC 200V 50HZ 100VA

JD—5W 电磁计程仪由于采用了微机技术，与其它采用机电解算机构的计程仪相比，具有以下主要特点：

- (1) 结构简单，重量轻，体积小，加工精度低，装配调试方便。

我国以前生产的电磁计程仪，采用机电解算与发送装置，仪器内装有许多高精度的控制电机，解算采用精密加工的摩擦锥体及传动机构，不仅体积重量大、制造成本高，装配调试和维修保养都十分不便。JD—5W 电磁计程仪采用大规模集成电路组成，将精密的机械加工与装配调试代之以简单的印刷板的焊接调试，不仅体积重量大为减小，而且装调工作量也大大减少。

(2) 仪器解算与发送精度高。

由于直接采用数字发送,使航速航程的传送可以完全与主仪器同步,彻底消除了传送过程产生的误差。以往计程仪航速信号的传送误差为 ± 0.1 节 $\sim \pm 0.15$ 节。JD—5W 航程计算采用数值量积分,解算精度优于0.1%,比以前生产的计程仪(一般航程解算精度为1%~0.5%)提高了一个数量级。

(3) 在测速校正时能自动完成计时、速度误差计算、修正参数的计算并显示上述结果;自动完成修正量装定工作。测速校正操作简单,大大缩短了测速校正时海上航行作业的时间,不但测速校正精度高,且其效果不依赖于操作者的经验水平。

(4) 具有故障诊断功能,主要故障能定位到印制板。印制板更换方便,提高了可维性。

JD—5W 计程仪具有软件诊断功能,能实现开机自检与显示。通过关键电平自动检测,能将主要故障定位到板并报警显示。仪器设计时注意考虑了可达性,使印制板更换迅速方便,加上没有电机、继电器等易损部件,便于维护修理。

(5) JD—5W 电磁计程仪为一开环测量系统,环节简单,稳定性高。它的A/D转换、鉴相及 90° 干扰信号的消除都在交流状况下于一个环节内实现,没有以往计程仪中相敏整流、直流放大等易于引起零位漂移的环节,从而使线路简单,零位漂移小且整机性能稳定。经海上设计定型试验表明,JD—5W 电磁计程仪的零位可稳定在0.03节以内。

(6) JD—5W 电磁计程仪接口功能齐全,并留有软硬件扩展余地,稍加改动就可适用于不同类型的舰船使用,便于计程仪生产、使用与维修的标准化、系列化。

JD—5W 现已具有并行、串行及BCD码形式的数字量输出,200脉冲/海里输出,直流电压和转角形式的模拟量输出,可以满足不同用户的使用要求。它还备有扩展插槽,以便进行硬件扩展。计程仪的测速范围,校正点及校正模型均由软件设定,通过局部软件修改便适用于不同的舰船装备使用。

(7) 耗电省、噪声低。

由于去掉了各种控制电机及继电器,从而使整机耗电大大减少,噪声水平降低了一个数量级(由原来的60~70分贝降为40分贝)。

§ 1—4 JD—5W 电磁计程仪的组成及其工作原理

一、基本组成

主仪器(JD—5WZY)	1台
前置放大器(FD—5W)	1台
测量杆(CHG)	2根(其中一根备用)
通用接线盒(JX—5W—1)	1台
专用接线盒(JX—5W—2)	1台
测速按钮盒(CSH)	1个
航程航速显示器(CS—5W)	3台(根据需要可加至8台)
升降装置	1套

插座盒(CZH)

1个

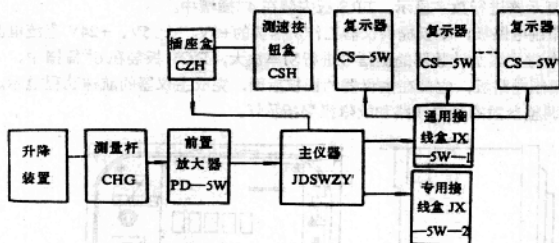


图 1-10 JD-5W 电磁计程仪的组成

JD-5W 电磁计程仪的实物如图 1-11 所示。其中主仪器的结构如图 1-12 所示。



图 1-11 JD-5W 实物图片

主仪器是整个仪器的核心部分，JD-5W 的主要操作与调整均在主仪器上进行。主仪器中除各种操作显示、保护装置及交流供电系统外，还装有 6 块印制电路板，其中 5 块装在专用的插槽中，一块 (DSY) 装在主仪器面板的后面供显示与调整之用。这六块印制电路板是：

1. CPU 印制电路板，它是完成航速航程解算的专用计算机板，安装在 1^号插槽中。
2. SET 印制电路板，仪器的调整参数由该板设定输入。此板装在 2^号插槽中。
3. ADC 印制电路板，它将前放输出的速度信号及激磁回路的取样电压转换成数字量后送给专用计算机。此板安装在 3^号插槽中。

4. TRS 印制电路板, 它将解算出的航速与航程信息转换成适当的形式后提供给各个用户使用并由复示器进行数字显示。TRS 板安装在 4^号插槽中。

5. DCV 印制电路板, 本板提供仪器工作所需要的+5V、±15V、+24V 直流电源, 并对步进电机及电磁式累加计数器的驱信号进行功率放大, DCV 板装在 6^号插槽中。

6. DSY 印制电路板, 它装在主仪器的面板后面, 完成主仪器的航速航程显示。板上还有部分常用调整参数的装定线路和故障报警指示灯。

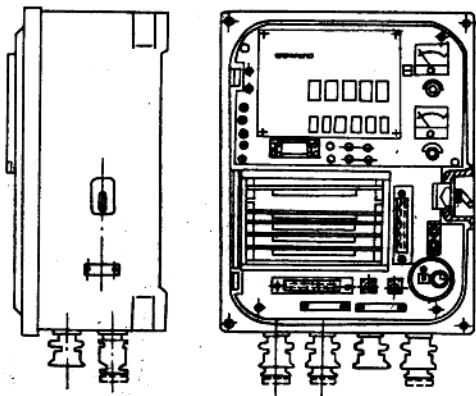


图 1—12 主仪器结构

主仪器面板上装有工作方式转换开关, 模拟速度装定旋钮及三个常用的操作按钮 (复位、启动、停止) 和电源指示灯。

主仪器中 5^号插槽暂未使用, 供仪器功能扩展设计时安排。

二、工作原理

按计程仪各部所完成的功能, JD—5W 电磁计程仪的基本组成环节如图 1—13 所示。

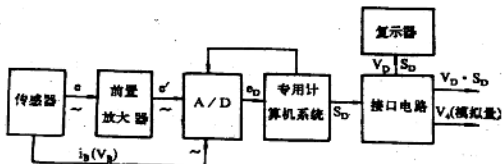


图 1—13 JD—5W 电磁计程仪基本组成环

JD—5W 电磁计程仪的基本工作原理如下:

当舰船与水有相对运动时,传感器将产生感应电动势。它经一高输入阻抗的前置放大器进行放大后,输出电压为 e' 。在专用计算机的控制下, A/D 转换装置定时对 e' 和激磁电流的取样电压 V_B 进行模—数转换后,将转换结果送入专用计算机系统的内存中。专用计算机根据实际输出特性曲线的计算公式进行速度解算和航程积分计算,并将计算结果变成适当的信号后通过接口线路送给复示器进行数字显示或用户接收。

和传统的机电解算式电磁计程仪不同, JD—5W 是一开环测量系统。

下面将各环节的组成及其主要功能分述如下:

1. 传感器: JD—5W 仍采用原来 JD—5B 电磁计程仪的传感器。为了消除电极的极化电势影响和便于信号放大与供电,传感器激磁采用 50HZ 交流供电。激磁回路中串入取样电阻,以获得一与激磁电流 i_B 成正比的电压信号。

2. 前置放大器: JD—5W 的前置放大器为一交叉耦合的交流差动放大电路,其放大倍数为 200 倍左右。为了克服传感器输出阻抗的变化(其受海水成份及环境的影响很大)对测量结果的影响,提高共模抑制比,放大电路运用了自举技术,以提高其输出阻抗,使它的输入阻抗可达 50MΩ 以上。

3. A/D 转换装置: JD—5W 的 A/D 转换装置主要由多路转换器,基准电压放大电路, 90° 采样脉冲发生电路,采样保持电路及 12 位的逐位逼近式 A/D 转换器组成。其转换由专用计算机控制,周期性地对速度电压 e' 和激磁电流取样电压进行双极性 A/D 转换。这种线路既克服 90° 干扰信号的影响,又可以完成速度信号电压的正负极性判别,省除了以往电磁计程仪中必不可少的相敏解调及直流放大线路,有利于克服计程仪的零位漂移。

4. 专用计算机系统: 根据海军领导机关有关选型的规定, JD—5W 计程仪专用计算机由 8086CPU 及有关芯片组成,备有 8 个外设端口,具有 8 级可屏蔽外部中断能力。应用、管理程序用 ASM-86 编制,固化于 EPROM 中。其晶振输出兼作整机的计时标准,精度优于 10^{-4} 。专用计算控制 A/D 转换装置的工作,然后将其转换结果读入,根据读入数值进行速度、航程解算,对计算结果进行滤波处理以克服舰艇摇摆及随机干扰的影响。专用计算机系统还控制接口线路的工作,让其发送各种形式的航速航程信息供数字复示器和用户接收使用。

5. 接口线路: 接口线路主要由 8255A 并行接口、8251A 串行接口, D/A 转换器、缓冲/驱动器及步进电机驱动线路组成。它在专用计算机的控制下,完成下列发送任务:

- (1) 以串行脉冲形式向数字复示器发送航速航程信息。
- (2) 以并行方式向用户发送二进制速度信息。
- (3) 用 8251A 向用户发送串行二进制速度信息。
- (4) 以 TTL 电平向用户发送 200 脉冲/海里的航程信息。
- (5) 利用 D/A 转换器发送 DCV0~10V 的速度信息。
- (6) 利用步进电机以角度形式发送速度信息。

6. 航速航程复示器: 航速航程复示器为一计数显示装置。在正常航行状况下,它对主仪器计算出的航速航程进行数字显示,并周期性地更新显示结果。航速发送采用逐次清零、全值发送的方式,以使航速发送值与主仪器严格同步;航程发送采用增量发送,以节

约发送时间。

在仪器软件诊断过程中，复示器将显示仪器的工作状态以判断故障的类型。在测速校正过程中，复示器将用于显示距离、时间、速度、误差及修正量等参数，以便操作人员进行记录和调整。