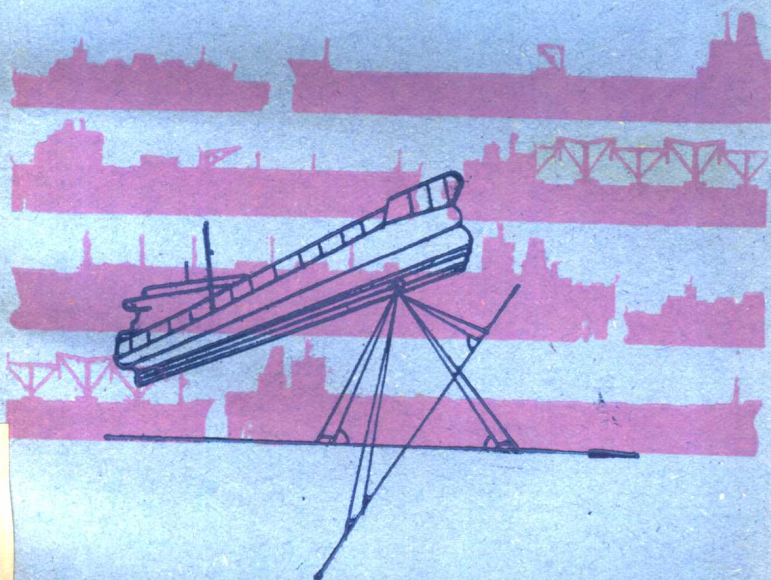


航海业务知识丛书
(航海仪器部分)

船舶计程仪

高百敏 编



人民交通出版社

.152
6

航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

船舶计程仪

Chuanbo Jichengyi

高百敏 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书详细地介绍了船舶计程仪的原理、分类及发展概况,并对SAL-24型水压计程仪、CDJ-4型电磁计程仪的组成、原理、使用和维护作了重点介绍。

本书可供船舶驾驶员、海运院校船舶驾驶专业师生学习参考。

航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

船 舶 计 程 仪

高百敏 编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 2.125 字数: 42 千

1986年3月 第1版

1986年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—1,450册 定价: 0.55 元

前 言

随着交通运输事业的发展，迫切需要有一支与其相适应的、具有一定科学文化水平的职工队伍。搞好全员培训，加强职工技术教育，实为当务之急。当前矛盾是：学习不能都进学校，在职自学又缺少合适的书籍。因此中国航海学会为普及和提高广大海员的航海科学技术水平，以适应航海事业现代化的需要，特倡议组织编写航海知识丛书。中国航海学会编辑委员会与人民交通出版社于1980年在上海组成了航海知识丛书编审委员会，由陈有义、印文甫分别担任正副主任，王世忠、赵国维任秘书。编审委员会开展工作以来，已组织了企事业、学校等专业人员在业余时间分别进行编写，丛书将先后出版，陆续与读者见面。

航海知识丛书根据专业性质分为《航海业务知识丛书》和《轮机业务知识丛书》两套丛书。为了方便海员学习，力求结合实际，通俗易懂，并以小册子形式分专题出版。希望这两套丛书能不断为海员们业务技术学习作出贡献，同时也希望广大海员和航运单位共同来支持它和扶植它，使这两套丛书在不断更新中成为广大海员所喜爱的读物。

《航海知识丛书》编审委员会

绪 论

计程仪是用来测定船舶航速和累计航程的一种航海仪器，它对船舶驾驶十分重要，因为计程仪提供的航速、航程信号与磁罗经或陀螺罗经提供的航向信号配合，就能求取推算船位。另外，航速信号也是雷达真运动和军舰上的武器指挥仪等必不可少的数据之一。

近年来，国外生产的船用计程仪有数十种之多，较为著名的有莎尔型、北辰型等。我国自己生产的计程仪也有十几种，常用的如航程-IV型、CDJ-4型等。目前所使用的计程仪主要是电磁计程仪和水压计程仪，它所测定的是相对于水的航速和航程，使用时还要修正水、流压的影响。绝对计程仪，如多普勒计程仪、相关计程仪，则是直接测量船舶对地的速度与航程。随着近年来科学技术的发展，绝对计程仪已经开始在船舶上安装使用，并且在将来大有代替相对计程仪的发展趋势。

目 录

绪 论

第一章 计程仪的原理和分类..... 1

§1 计程仪原理..... 1

§2 计程仪分类..... 1

§3 计程仪应用..... 3

第二章 计程仪的发展..... 4

§1 手用计程仪..... 4

§2 拖曳式计程仪..... 5

§3 转轮式计程仪..... 8

§4 水压计程仪..... 12

§5 电磁计程仪..... 13

§6 多普勒计程仪..... 15

§7 相关计程仪..... 20

第三章 SAL-24 型水压计程仪 23

§1 水压计程仪的基本原理..... 24

§2 组成..... 26

§3 结构概况..... 28

§4 使用和维护..... 33

§5 调整..... 35

§6 一般故障排除..... 39

§7 计程仪误差测定..... 42

第四章 CDJ-4 型电磁计程仪..... 44

§1	技术特性.....	45
§2	组成与工作概况.....	45
§3	原理与结构.....	47
§4	使用和维护.....	54
§5	安装.....	55
§6	调整.....	57

第一章 计程仪的原理和分类

§1 计程仪原理

各种类型的计程仪测量速度的工作原理各不相同。如电磁计程仪是用电磁感应原理，水压计程仪是用伯努利原理（或皮托管原理）来获取船速信号，多普勒计程仪是根据多普勒效应，相关计程仪是根据相关原理而制成的。拖曳式计程仪用水涡轮原理测得航程，再经过计算求得航速；而加速度计程仪根据惯性原理，首先测取加速度，然后对时间积累，求得船速。所以，各种计程仪根据不同的原理测量加速度 a 或速度 v ，有的测量航程 s 。但其原理公式可总结为：

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \int a \cdot dt$$

计程仪计程的原理公式为：

$$s = \int v \cdot dt$$

§2 计程仪分类

计程仪通常分为两类。

第一类是测量相对于水的航速和航程的计程仪，叫相对计程仪。如电磁计程仪、水压计程仪等。

第二类是测量相对于海底、陆地的速度和航程的计程仪，叫绝对计程仪，如多普勒计程仪、相关计程仪等。

按照所测量的物理量，可以将计程仪分为三类：

1. 航程 s ：拖曳式计程仪。

2. 船速 v ：水压式计程仪、电磁式计程仪、转轮式计程仪、多普勒计程仪、相关计程仪及声波计程仪等。

3. 加速度：惯性计程仪。

现代计程仪常被划分为四代：

第一代：水压计程仪；第二代：电磁计程仪；第三代：多普勒计程仪；第四代：相关计程仪。

为了有利于掌握和比较，将各种计程仪的类型、原理和优缺点列表于下：

表 1

种类	类 型	原 理	特 点
相对计程仪	拖曳式 转轮式	应用转轮在水中的转数来累计航程再求得速度	使用不方便，线性差、风浪影响大，仅适用于测低速
	水压式	应用动水压力与速度平方成正比的原理测速，再计算航程	线性差，低速误差大，高速准确性好，不能测后退速度
	电磁式	应用电磁感应原理测速	准确性较水压式略好，线性也较好，可测后退速度
绝对计程仪	多普勒式	用发射超声波并经海底反射的多普勒效应测速	准确性好，但隐蔽性差能测微速、横向及后退速度。价格昂贵
	声相关式	应用声相关原理测速，然后按时间累计航程	准确性好，可测后退速度。深水时，只能作相对计程仪用

§3 计程仪应用

计程仪输出航速、航程信号，对于航海船舶的控制、综合导航系统、舰艇武器指挥系统，都有极其重要的意义。

目前，十全十美的导航设备是不存在的。因此最好的办法是把它们组合起来，形成一个能互相弥补不足的有机系统。例如，以惯性导航为中心的综合导航系统；以卫星导航为主体的综合导航系统；以数字计算机为基础、用最佳系统理论处理所有导航信息的综合导航系统等。不论在以那种仪器为主所组成的综合导航系统中，计程仪始终是这些系统中必不可少的重要设备，如卫星导航本身就要精确地知道船的速度信息，以达到最佳定位精度，因而航速信号精度是决定卫星定位精度的一个重要因素。现代各种航迹自动标绘仪更是离不了计程仪的输出信号，某些先进的自动舵（如自适应自动舵）也输入计程仪速度信号，以对自动舵的各种参数进行自动调整。

船舶计程仪的发展历史表明，计程仪是在不断更新其工作原理中发展前进的。如表2所示，各种计程仪的原理不同，所以各个仪器的结构、组成、线路和元件等也各不相同，所以继承性甚少，通常在一种新型计程仪问世后，老型计程仪还在相当长的时间内沿用着，但是它们的性能却在不断地提高。

表 2

	水压计程仪	电磁计程仪	多普勒计程仪	相关计程仪
速 度 下 限	1kn以上	0.1kn	0.01kn	0.1kn
参 考 坐 标	相对海水	相对海水	相对海底	相对海底
测 量 误 差	10%以上	5%	0.5%	0.2%
速 度 矢 量	1	2	2~3	2
后 退 速 度 范 围	—	-2~-5kn	-10kn	-8kn
横 向 速 度 范 围	—	—	0~9kn	—

第二章 计程仪的发展

§1 手用计程仪

存在运动就必然有速度。要正确地掌握运动，就必须正确地地了解速度。自从有了船，人们就开始想要知道船速与航程。古时候劳动人民用各种方法取得船舶航速和航程值。据记载，最早是从15世纪开始，罗马人在船边装水轮计程。15世纪下半期，荷兰人用船首抛木片的方法，根据甲板长度和时间来进行流水测速，现在英语中的“log”一词，就有木片的意思。直到17世纪才出现了手用计程仪。

手用计程仪是帆船时代的主要测速工具，在我国古籍“航海全针”和“西学大全”中也有记载，如图1所示，手用计程仪主要由砂漏计时器、扇形板和测量绳索等三部分组成。使用时，将扇形板放于水中，同时开始计时，扇形板因水阻力带动计程索后退，等计时器停止计时，握住计程索，

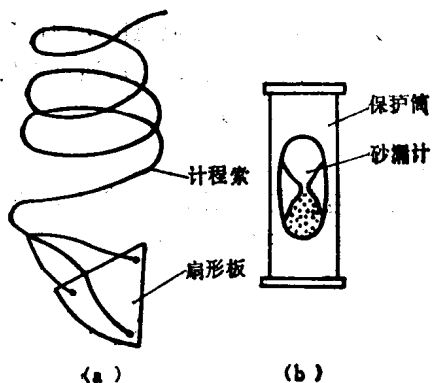


图 1

不再松出，根据绳索长度，就可知船速。当时，为了计算测量绳索的长度，在绳上打了很多“结”，由此，得到了现在仍然沿用的船速单位“节”（ $n \text{ mile/h}$ ）。手用计程仪只能测得船舶瞬时速度，不能累计航程，而且精度较差，使用麻烦，所以必然地被淘汰了，随之出现了拖曳式计程仪。

§2 拖曳式计程仪

拖曳式计程仪是19世纪七十年代出现的测速工具，其最早典型代表是1878年定型生产的英国瓦克式计程仪。拖曳式计程仪按其测量方式分为旋转、阻力、振动、压力等四种型式，目前应用最广泛的是旋转型。我国生产的180-2型计程仪也是属于这种类型。

一、基本原理

拖曳式计程仪利用水涡轮原理：一个带叶片的转子在船

船前进速度所产生的水压力作用下转动，船速越快，转速越高；航程越长，转数越大；通过拖绳传动到计程仪表的齿轮系统并记录出船舶在水中的里程，最后通过电传递，将航程信号输送到驾驶室复示器上复示。

二、构造

如图 2 所示，拖曳式计程仪包括转子、连接筒、旋转绳、调速轮和计程仪表等 5 个部分。

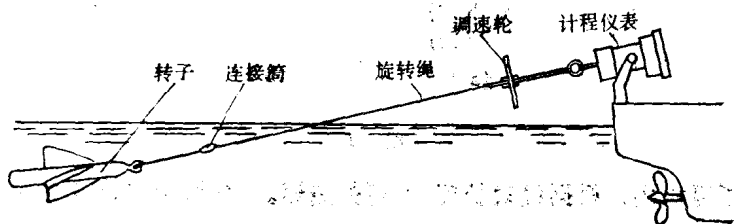


图 2

转子是圆锥形金属管，上面装 3 ~ 4 枚螺旋形叶片，转子前端通过绳索与连接筒相接。

连接筒用来使转子在水中保持水平。

调速轮用来使计程仪表主轴转速均匀，它前面有一段短绳，绳端有一铜钩，可挂在计程仪表上，另一端有铜环和旋转绳相连。

旋转绳是由亚麻和棉麻混合编制成，长约 75 ~ 220m，其具体长度请参阅表 3。

计程仪表用来指示航程。表面有指针和刻度，小针可指示 0.1n mile 到 1n mile 的读数，大针可指示 1n mile 到 100n mile 读数。表内有齿轮及电信号传送装置。计程仪表

在使用时，可安装在船尾或两舷的计程仪表座上。

三、使用和保管

1. 计程仪使用时应安装在下风舷，将转子慢慢放入水中，以免碰坏转子叶片或受螺旋桨后面的水压力而影响计程精度。

2. 转子和计程仪绳都放入水中后，用手拉住计程仪绳，使它慢慢带动飞轮旋转，当飞轮旋转正常后，再将记录器上两根指针都拨到零点并记下读数。

3. 收计程仪时，一边收绳一边通过导索口将绳倒向放入水中，以清除扭结，然后再收入。计程仪绳要用淡水冲洗干净，盘好后挂起阴干。

4. 计程仪指示变慢，一般是由于转子上附有海草或其它杂物，应将计程仪转子收起，清除后再放下，并将其记录在航海日志上。

5. 新配计程仪绳时，必须将新绳先在清水中泡 24h，然后绕好，再用重物吊拉该新绳，直到绳干后放入黄蜡中浸泡一次，取出后，用 1 号帆布在绳表面磨刮平整，才能使用。

6. 计程仪必须在港口和狭水道外的海洋上方能使用，停车、倒车和遇到渔网等障碍物前必须收回。

7. 计程仪不使用时，要存放在专用箱子里，但必须清洗干净，旋转部分可涂凡士林油，铜质部分要擦洗光亮，并定期在各油孔加润滑油。

表 3

船 速(kn)	10	15	18	20	25
拖绳长度(m)	73	90~100	110~120	125~145	180~220

8. 计程仪误差要及时测定和修正。

§3 转轮式计程仪

转轮式计程仪是19世纪末期就开始应用的一种船底计程仪。它的线性较好，结构简单、成本低，但是其转轮易于磨损和受到海水腐蚀，所以曾一度不为人们所重视。近年来，随着科学技术的发展和转轮、轴承等机件的设计、制造技术的提高以及电子技术的应用，更换转轮不必进坞了，还研制了先进的校验装置，所以，转轮式计程仪自六十年代中期以来又开始流行起来。国外1975年的产品，其速度精度可达0.1kn，航程精度0.5%，测量过程不受船舶吃水、海水盐度、温度和气候的影响，大小船都适用。新的科学技术给予老式的计程仪以新的生命力。

一、原理

转轮式计程仪也是根据水涡轮原理制成的。它利用安装在船底下方的转轮，在受船舶运动相对的水的冲力而转动，以转动的圈数表示航程，转动快慢表示航速。其原理公式为：

$$S = K \cdot n \cdot l$$

式中 S 为航程， l 为螺距， n 为转轮转数， K 为修正系数。理想情况下， $K = 1$ ，实际上 K 不等于1，而是随着船速、水深、仪器安装情况和机件磨损等情况而发生变化，所以计程仪工作时会出现误差，仪器内有校正误差装置。

航速的测定可以通过一定时间间隔内测定转子的转速，经过自动或人工换算来得到。

二、工作概况

如图 3 所示, 从船底伸出计程仪杆, 其末端装着一个转轮 A 和几个蜗轮、蜗杆, 并带动五星凸轮以控制接触片 C , 船前进时, 转轮被水流推动, 带动凸轮, 凸轮使接触片 C 接触, 外电路接通, 电磁铁 J_1 吸动推动杆 F , 使 D 齿轮转动, 转轮被水流推动, 带动凸轮, 凸轮使接触片 C 接触, 外电路接通, 电磁铁 J_1 吸动推动杆 F , 使 D 齿轮转动

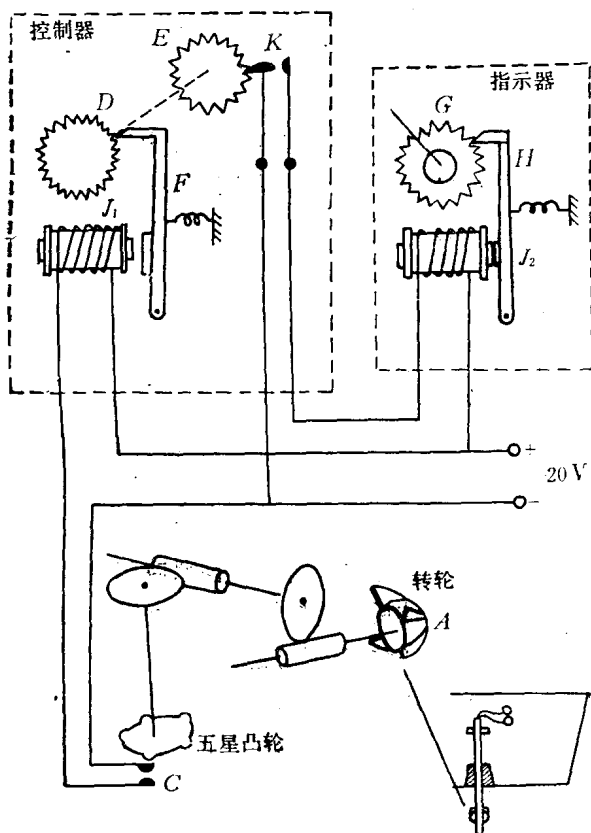


图 8

动，与 D 同轴的 E 齿轮也转动，使 K 触点闭合，于是指示器中 J_2 电磁铁动作，连续吸动推杆 H ，推动 G 齿轮转动，经过一定的齿轮比减速后，便指示出所航行的里程。

三、使用与保养

(一) 启动前的检查

1. 检查计程仪舱室是否有水。若有水，应排除。
2. 接通电动机开关，检查是否有船电。有电时指示灯亮。
3. 接通计程仪开关，从电表检查发电机发出的 $20V$ 直流电压（或蓄电池的 $20V$ 直流电源）是否正常。检查完毕，切断所有电源。

4. 转轮的检查及加油

(1) 出航前约 $1h$ ，将计程仪杆，计程仪油，放到计程仪舱室内，使油的温度接近海水的温度。

(2) 半小时后，从舱中取出计程仪杆和油，将计程仪杆水平放到箱内，移动杆上的螺母至箱的缺口处，不使杆移动。

(3) 用扳手松开圆锥螺母，垂直地取出转轮，用净布擦净油室，检查转轮是否良好和清洁，否则应用汽油清洁（禁止用棉纱擦拭）。清洁后，将转轮慢慢地垂直向上放入油室内，使转轮的接触片和油室的接触点相接触，然后旋上平板螺母，用电表检查接触是否良好。检查方法是用电表放在电阻档，连续转动转轮，测量计程仪杆导线接头的两端，指针指示通断时，说明接触良好。

(4) 一手从平板螺母的一边加油，一手转动转轮，排除空气。加满油后，一手向上压紧转轮，一手将平板螺母换上圆锥螺母，密封油室。