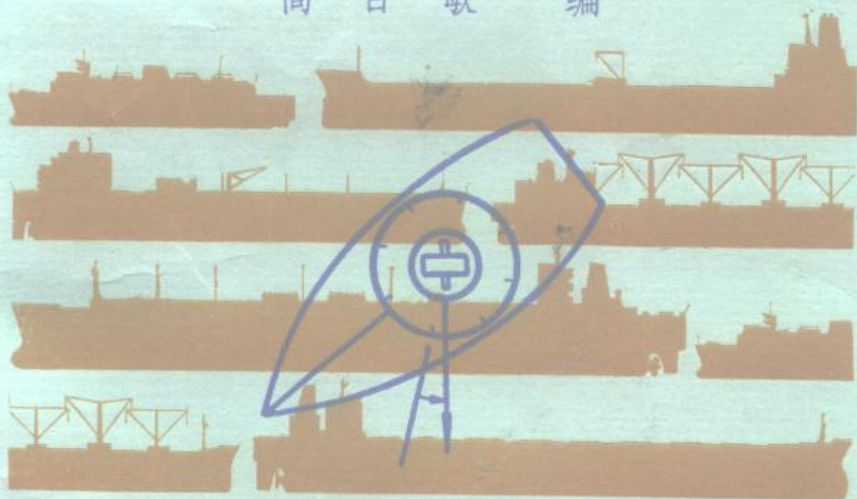


航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

船用陀螺罗经

高百敏 编



人民交通出版社

航海业务知识丛书

(航海仪器部分)

船用陀螺罗经

Chuanyong Tuoluo Luoqing

高百敏 编

人民交通出版社

DU78/30

内 容 提 要

本书是航海业务知识丛书（航海仪器部分）的一个分册。全书共分五章，第一章讲解了陀螺罗经的原理；第二章简单介绍了陀螺罗经的误差；第三、四、五章以航海-1型、ES-11A型和阿玛-勃朗型陀螺罗经为例具体介绍了船用陀螺罗经的组成、使用和维修方法。

本书可供船舶驾驶员、海运院校学生以及有关人员学习和参考。

航海业务知识丛书

（航海仪器部分）

船用陀螺罗经

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 $\frac{1}{32}$ 印张：3.25 字数：65千

1984年12月 第1版

1984年12月 第1版 第1次印刷

印数：0001—3,380册 定价：0.64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

序 言

陀螺罗经（也称电罗经）是船舶上指示方向的重要的航海仪器。和磁罗经比较，它有着指向稳定、无外界干扰、误差小等优点。陀螺罗经是根据陀螺仪特性研制而成的，所以叫“陀螺罗经”。

陀螺罗经自本世纪初问世以来已有70多年的历史，目前世界上已有70多种各种不同型号的陀螺罗经，最主要的陀螺罗经有西德的安修司、泼拉脱，美国的斯伯利，英国的勃朗，英美合制的阿玛-勃朗，日本的北辰-泼拉脱、东京计器-斯伯利，意大利的天狼星、苏联的航向型等。

我国目前已建立了自己的航海仪器制造业，早在六十年代就设计制造了航海-1型陀螺罗经，较为先进的DH-II型、CLP-1型陀螺罗经也研制成功并投入生产了。

按照陀螺罗经“心脏”部件——转子的数目，可将陀螺罗经划分为单转子陀螺罗经和双转子陀螺罗经，如斯伯利型大多为单转子陀螺罗经，而安修司、航海型等为双转子陀螺罗经。按照陀螺罗经的工作原理可将陀螺罗经划分为水银器或下重式的摆式罗经和电磁罗经，如斯伯利和泼拉脱皆为摆式罗经，而阿玛-勃朗为陀螺磁罗经。

目前，陀螺罗经制造朝着小型化、电磁化、高精度的方向发展。

目 录

序 言

第一章 陀螺罗经原理	I
1.1 陀螺仪	1
1.2 陀螺仪的两个特性	2
1.3 地球自转对陀螺仪的影响	4
1.4 克服地球自转的影响	5
1.5 周期振荡	9
1.6 陀螺罗经的稳定指北	10
第二章 陀螺罗经误差	12
2.1 船速误差	12
2.2 惯性误差	15
2.3 摇摆误差	20
2.4 纬度误差	21
2.5 固定误差	21
2.6 转子转速不稳定所产生的误差	22
2.7 使用注意事项	23
第三章 航海-1型陀螺罗经	24
3.1 组成	24
3.2 工作概况	25
3.3 主罗经及附属设备	27
3.4 随从、同步系统	36
3.5 电源系统	42

3.6	信号指示系统	45
3.7	使用和维护	49
3.8	管理和简单故障排除	54
第四章	ES-11A 型陀螺罗经	66
4.1	组成	66
4.2	工作概况	68
4.3	仪器结构	68
4.4	使用	75
第五章	阿玛-勃朗型陀螺罗经	80
5.1	特点	81
5.2	组成	81
5.3	主罗经结构	83
5.4	使用和注意事项	89

第一章 陀螺罗经原理

1.1 陀螺仪

陀螺仪（又称回转仪）（图 1-1）是由一个高速旋转的转子及支承转子的内环与外环构成。转子的自转轴叫主轴（即 X 轴）。转子和内环可以绕水平轴（Y 轴）上下俯仰，转子、内环和外环还可绕垂直轴（Z 轴）左右旋转。陀螺仪的重心和转动中心重合，主轴就可以指向空间任意方向，在没有外力矩时，这种陀螺仪称为自由陀螺仪。

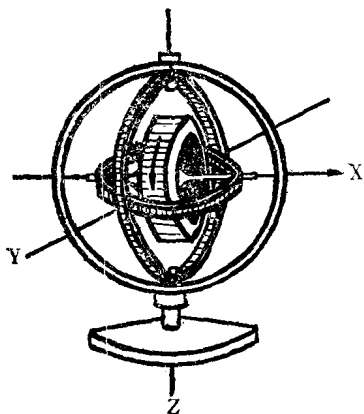


图 1-1

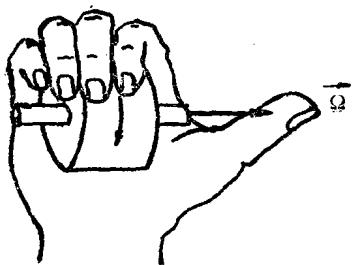


图 1-2

陀螺仪转子高速转动时，其角速度($\vec{\Omega}$)方向就是动量矩方向或称主轴正方向，见图1-2。

1.2 陀螺仪的两个特性

(一) 稳定性

如果陀螺仪转子不作高速转动，我们在转动基座时，转子及内外环将随着基座一起转动，X轴原有的方向就会改变。但是，当陀螺仪转子高速转动时，我们变动基座，则可发现陀螺仪转子的主轴方向始终不变，无论怎样的转动和倾斜，X轴保持其空间原来的指向，这一特性被称之为稳定性（图1-3）。

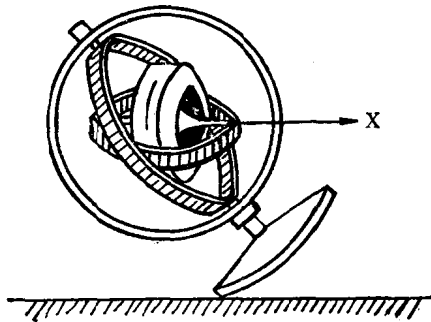


图 1-3

主轴指向的稳定与否取决于转子的转速和重量，转速高、重量大则指向性强，指向性强的陀螺仪即使受到瞬时打击，如强烈的振动等也不会偏离其原有指向位置，所以火箭、飞机、导弹、鱼雷等都用它作指向仪器。

(二) 进动性

一般物体运动方向与外力方向是一致的。物体要转动，必须有一个外力矩 ($L = S \times F$) 作用在物体上，如图 1-4，

若要使门转动必须有一个外力 F ， F 的方向就是门转动方向。

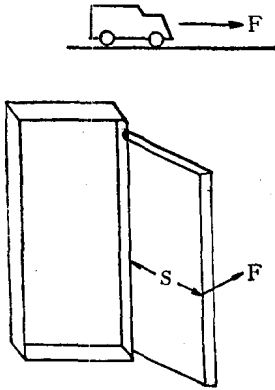


图 1-4

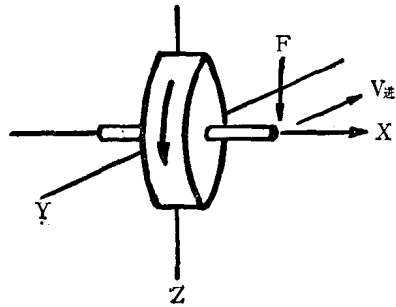


图 1-5

陀螺仪转子不作高速运转而外力作用在陀螺仪上时，陀螺仪转子主轴和一般物体一样随外力的方向而运动，但是当转子高速旋转后，外力 F 作用在转子上，形成对原点（即中心点）的力矩，这时主轴（图1-5）不是沿着外力 F 的方向运动，而是朝着垂直于外力的方向运动，这种运动称为进动。陀螺仪的这种特性称作为进动性。

陀螺仪进动速度与外力 F 所形成力矩成正比，即外力矩越大，进动越快；而转子转速高、质量大，则进动越慢。一旦外力消失，进动旋即停止，是一种无惯性运动。

主轴进动方向可用右手予以确定（图1-6），平伸出右手，拇指和四指垂直，主轴正方向指向手心，四指顺着外力的方向，则拇指就是主轴进动方向。

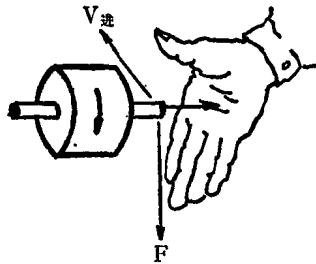


图 1-6

1.3 地球自转对陀螺仪的影响

依照陀螺原理制成的船用陀螺罗经是不会离开地球而使用的，所以必须先看一下地球自转对陀螺仪的影响。

如图 1-7 所示，将自由陀螺仪放在赤道上，转子开始转动时将主轴正方向水平指东，由于陀螺仪的稳定特性，主轴空间指向始终不变，随着地球自转，陀螺仪主轴在地平面上不再指东，6 小时后指向天顶，再过 6 小时后水平指西，18 小时后指向地心，一昼夜绕 Y 轴垂直方向变化一周。

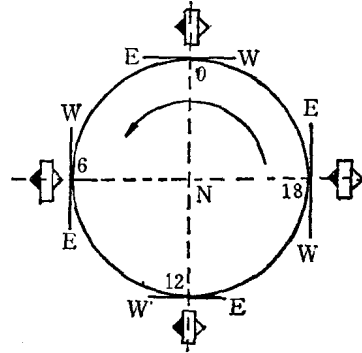


图 1-7

同样，将自由陀螺仪水平放在北极或南极，可以发现陀螺仪主轴正方向将发生变化，一昼夜陀螺仪主轴绕 Z 轴自西向东水平运动一周，如图 1-8 所示。

如果将自由陀螺仪置于北纬任意纬度，如图 1-9 所示。开始时使自由陀螺仪水平指北 (A_1 位置) 几小时后，自由陀螺仪到达 A_2 位置，由于陀螺仪的稳定特性，其空间指向始终不变，但是由于水平面随地球自转而变化，所以这时主轴已不是指北，而由北向东偏离了一个角度 (α)，同时主轴也不再与地平面平行，而是仰起一个角度 (θ)。

由上述现象可以知道：自由陀螺仪虽然有稳定指向特

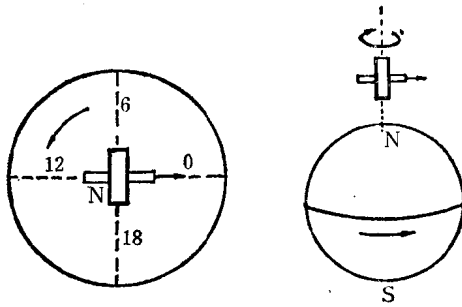


图 1-8

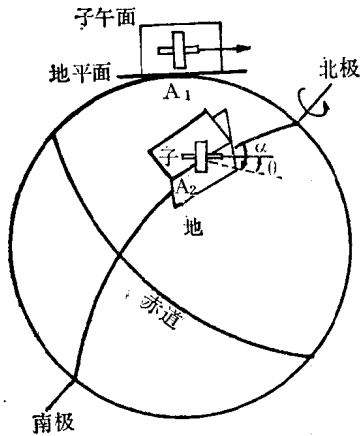


图 1-9

性，但因为地球自转，使其主轴不能稳定指北，而有水平方位和垂直高度的变化。

1.4 克服地球自转的影响

为了克服地球自转对陀螺仪的影响，必须对陀螺仪施加

一个力，产生一个力矩，利用陀螺进动特性，使陀螺仪始终稳定指北。通常称该力矩为控制力矩

加力（或力矩）的方法有下列几种：

(一)下重法

在安修司系列的罗经中，将陀螺转子放于一个密封球内，叫陀螺球，并把球悬浮在液体中，使球体在液体中能自由地上下、左右转动，代替陀螺仪的内、外环作用，制造时使球的重心低于中心，这就叫下重法。当主轴水平，重心 G 和中心 O 在同一垂线上，重力 F 不起作用。如图 1-10 所示。

当主轴仰起一个 θ 角，G 和 O 不在同一地垂线上，F 力对球中心产生一个力矩 $L = F \times r$ ，在 L 作用下，使主轴产生进动，根据右手法则，进动方向如图 1-11 上部箭头所示（背离读者），主轴逆时针方向进动。进动速度与外力矩即主轴上仰角 θ 成正比关系。

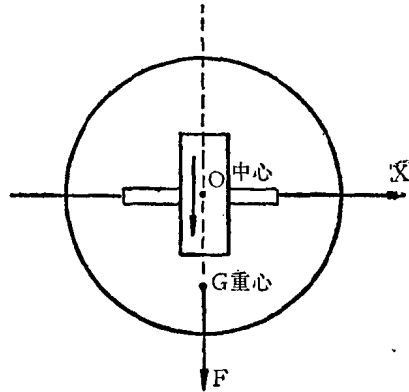


图 1-10

如图 1-12，降低重心后的陀螺球，在 A 位置起动时其主轴水平指东，随地球自转，转动到 B 位置时，主轴要上仰一个角度 θ ，这时 F 力相对 O 点产生力矩（控制力矩），根据右手定则，主轴正方向就逐渐向北进动，开始克服地球自转

的影响。

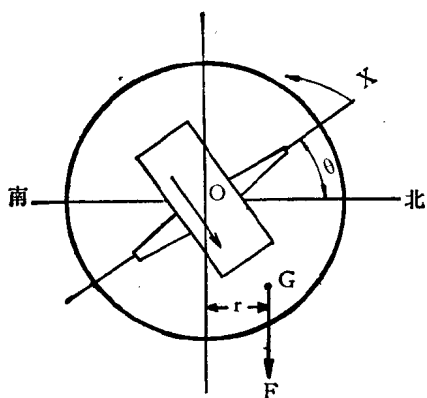


图 1-11

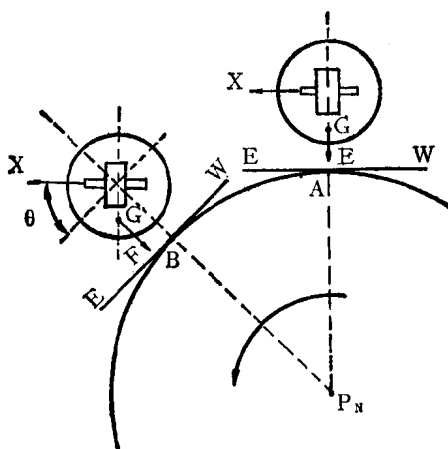


图 1-12

(二)水银器(上重)法

在斯伯利系列罗经中，在陀螺仪主轴两端装上对称的金

属容器及两容器的连通管，连通管以及容器中装有部分水银或其他特殊液体。在陀螺仪主轴水平时，两容器内的水银相同，此时两容器及转子的重心在同一垂线上，重力 F 不起作用，如图1-13(A)所示。当主轴与水平面之间有一个角度 θ 时，如图1-13(B)所示，较高一端的容器内的水银就流向低端的容器中去了，于是两容器重量就不平衡，较低一端变得重了，就会产生 F 重力，对 O 点形成力矩（控制力矩），使陀螺仪转子产生进动。

装上水银器的陀螺仪如图1-14所示，在 A 位置起动时，主轴水平指东，两容器内水银相等，重力不会产生力矩，随

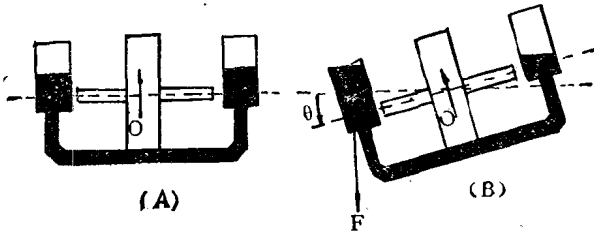


图 1-13

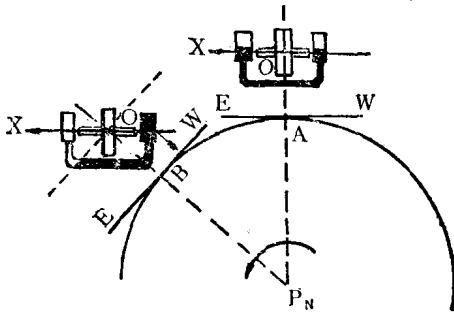


图 1-14

着地球自转到了 B 位置，这时由于陀螺仪稳定特性及地平面的变化，陀螺仪转子主轴与水平面成了一个 θ 角，容器中水银不对称，产生了重力 F ，形成对 O 点力矩，在这个力矩作用下，陀螺仪主轴正方向开始向南进动，逐渐克服地球自转的影响。

水银器罗经也叫上重式罗经，用下重式和上重式方法做成的罗经都叫摆式罗经。

(三)电 磁 法

在陀螺装置的外壳上装有一个电磁摆，由于地球自转，陀螺转子主轴产生了倾斜；这时摆就会输出一个电信号，这个电信号经过放大、处理，输入到水平力矩器，力矩器对陀螺转子施加一个外力，形成对原点 O 的力矩（控制力矩），使转子主轴向北进动，克服了地球自转影响。如图 1-15 所示。

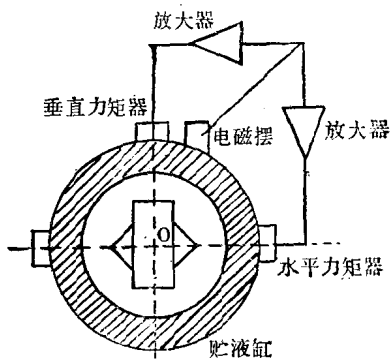


图 1-15

这种克服地球自转影响的方法主要依靠摆来产生信号的，而摆是一个电磁原件，所以叫做电磁法。用电磁法制成的罗经叫电磁罗经。

1.5 周期振荡

使用下重法、水银器法或电磁法后，陀螺转子主轴向北

进动，但不能稳定指北，还要绕着真北作周期性的等幅振荡（或叫椭圆运动），如图1-16所示。这个振荡在高度上变化是很小的，其周期随纬度的变大而加长。

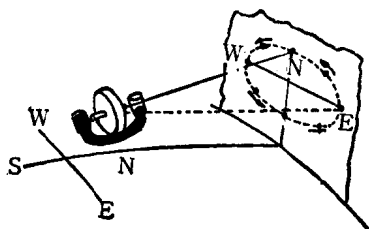


图 1-16

1.6 陀螺罗经的稳定指北

要使作椭圆运动的罗经最后稳定指北，必须再对陀螺转子施加一个力，形成对O点的力矩（阻尼力矩）。通常有以下几种方法。

(一) 阻尼器法

如图1-17所示，航海1型、安修司等罗经的陀螺球内都装有阻尼器，阻尼器上面是二个盛有阻尼液体的容器，阻尼液体粘性较大。阻尼器下面有很细的连通管，上面有空气管

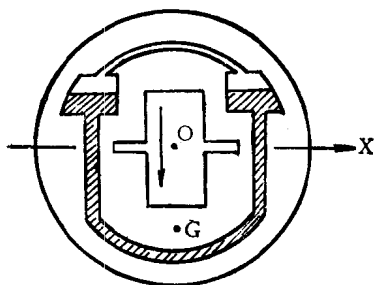


图 1-17

相连。阻尼器随陀螺仪转子运动时，油液流通就会产生一个大小方向都在变化的力作用在转子上，使得陀螺仪转子主轴不再作等幅振荡，而是作阻尼运动，最后逐渐