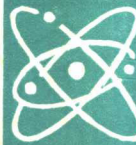
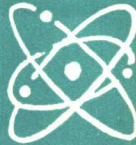
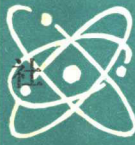
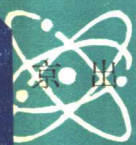


自然科学小丛书

陀螺的妙用



章 出 版 社



自然科学小丛书

陀螺的妙用

崔玉祥

北京出版社

自然科学小丛书
陀螺的妙用
崔玉祥

*

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街51号)
新华书店北京发行所发行
北 京 印 刷 三 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 2印张 30,000字
1980年3月第1版 1980年3月第1次印刷
印数 1—25,000

书号: 13071·95 定价: 0.17元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

- 一 什么是陀螺 (1)
引人注目的陀螺(1) 陀螺的发展和演变(4) 陀螺是怎样组成的(8)
- 二 摸摸陀螺的怪脾气 (11)
从转动物体的奇妙特性谈起(11) 陀螺的倔脾气——定轴性(13) 陀螺的表观运动(16) 陀螺的犟脾气——进动性(19)
- 三 陀螺的家族 (22)
形形色色的陀螺(22) 自由陀螺仪(23) 航空陀螺地平仪(26) 航海陀螺罗经(31) 陀螺家族的第二代(33)
- 四 陀螺的广泛用途 (39)
直观方便的指示仪表(40) 多种用途的稳定装置(42) 自动驾驶仪的耳目(45) 惯性导航系统的核心(47)
- 五 陀螺制造中的特点 (51)
陀螺精度的重要性(51) 零件小而精(52) 超洁净生产(53)
- 六 未来的陀螺 (55)

一 什么是陀螺

引人注目的陀螺

寂静的夜空，群星闪烁，月色光明。在导弹发射场上，只听“轰”地一声巨响，一个庞然大物腾空而起，尾部喷着火舌，直冲云霄。这是导弹研究人员在进行发射导弹的试验。试验的结果是：导弹以比音速高得多的速度，按预定弹道，飞越万里，仅以几百米的误差击中目标。人们不禁要问：为什么导弹有这样准确地奔向目标的本领呢？原来，这是由于导弹上装有陀螺制导系统对它进行准确控制的结果。

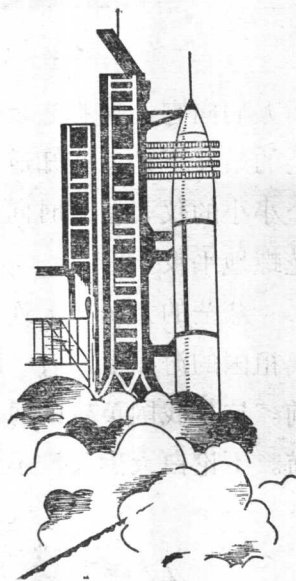


图1 弹道导弹发射

天和日暖，万里无云，在蔚蓝的天空中有几架银

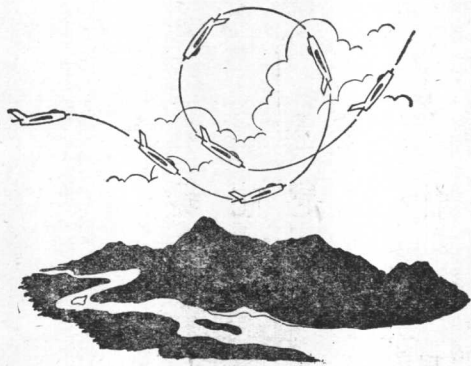


图2 飞机特技飞行

鹰在展翅翱翔。
这是英勇的人民
空军在进行特技
飞行表演。只见
它们忽而左转右
旋，忽而垂直上
升，忽而又急剧
俯冲，动作优美
惊险，扣人心弦。

当人们向它们喝彩之余，不禁要问：飞行员在这样复杂的条件下是怎样知道飞机的姿态的呢？原来，有一个小小的仪表在时时向他们汇报，这个仪表叫做航空陀螺地平仪。

茫茫的大海，天连水，水连天，一望无际。在远离祖国的海面上，有一艘巨轮正在乘风破浪、勇往直前。这是我国英雄的海员在友谊之路上驾驶着巨轮远航。不论白天黑夜，不论刮风下雨，只见年轻的舵手

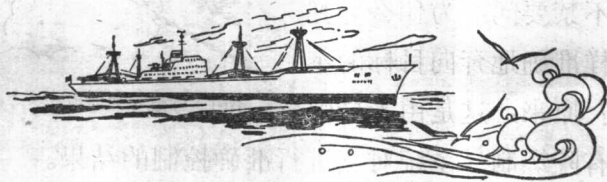


图3 巨轮远航

昂首挺胸，稳稳地操纵着舵轮。人们也许要问：在四望一片茫茫的大海中，舵手是靠什么来辨别方向的呢？原来，他有一个能指示方向的助手，名字叫航海陀螺罗经。

导弹制导系统用的陀螺仪、航空陀螺地平仪、航海陀螺罗经都是得到了广泛应用的重要仪表。这些仪表中，都离不开陀螺这个重要的部件。

提起陀螺，我们并不陌生。大家常看到儿童们玩的各式各样的陀螺。这些小小的陀螺转起来是那样的平稳，能够长时间固定在一
点不动，转着转着，它又会摇头晃脑地摆舞起来，引起小朋友们很大的兴趣。

玩具陀螺在世世代代的儿童手中，不知旋转了多少岁月，但是，仔细地研究它的特性，并且创造出实用的



图4 抽打的陀螺



图5 玩具陀螺

陀螺，还是近百年的事。

现在，陀螺不但在航海、航空、导弹武器中得到了广泛的应用，在铁路工程，石油钻探以及海洋开发、空间技术中也起着很重要的作用。实用的陀螺，虽然在原理上与玩具陀螺很相似，但在结构上要比玩具陀螺复杂得多。

陀螺的发展和演变

中国是世界文明发达最早的国家之一。我国古代的科学文化，曾居世界之前列。在陀螺技术方面，我国古代劳动人民也有不少发明创造。

我国很早就发现和应用了高速旋转物体所具有的

特性。在历史悠久、技术精湛的传统杂技艺术中，如转碟、空竹和蹬技等节目，都是利用这种特性来完成的技巧动作。



图6 杂技转碟和空竹

这些高速

旋转的物体可以叫做转子。发现了高速转子的特性之后，还必须想办法把它支承起来，才能构成实用的陀螺仪表。这种能支承高速转子又能使转子随便翻转的环架，被称作万向支架。

在万向支架的应用方面，我国古代劳动人民也走在世界的前列。在西汉末年，就有人创造了与现在的万向支架原理完全相同的“卧褥香炉”。这种香炉能“环转四固而炉体常平，可置被褥中。”实际上是把这种香炉放在一个镂空的球内，用两个圆环架起来，利用互相垂直的转轴和香炉本身的重量，在球体任意滚动时，香炉始终保持平稳，不会倾洒。与这种“卧褥香炉”相类似的还有唐朝的“镂空银熏球”（图7）。它的设计和制造都非常精巧、结构紧凑、表现出了很高的水平。



图7 镂空银熏球

陀螺仪表是在生产需要的推动下，随着科学技术的发展而产生的。到了十七世纪，牛顿生活的年代，人们对力学的认识已经很丰富了，对于高速旋转的物体所具有的物理特性有了比较深入的研究，

奠定了产生机械式陀螺的理论基础。

大约在一八一〇年，曾经有人制造过一个回转椭圆体，这实际上是机械式陀螺的萌芽。一八五二年，法国物理学家傅科为了演示观察地球的自转，制成了最早的傅科陀螺仪(见图8)，并正式提出了“陀螺”这个

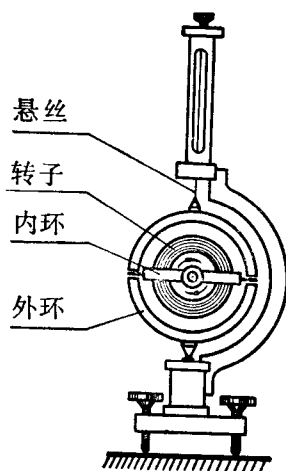


图8 傅科陀螺仪

术语。但是，限于当时的工艺制造水平，他制造的陀螺仪误差很大，还无法演证观察地球的自转。到了十九世纪末和二十世纪初，由于航海事业的需要以及电动机和滚珠轴承的发明，才使陀螺的制造和应用得到迅速发展，并逐渐进入了实用阶段。

在航海事业得到蓬勃发展的二十世纪初，德国有个名叫安修士的，他是一个探险家，想乘潜艇到北极去探险。因为潜艇里不能用指南针测方向，他不得不想别的办法，来研制一个方向始终保持不变的指北仪器。后来，他终于在一九〇四年制造出了世界上第一个航海陀螺罗经(图9)。

另外，还有个叫舒拉的科学家也投入了陀螺方面

的研究，创造了“舒拉调谐理论”，成为后来许多陀螺罗经和某些导航仪器的理论基础。

随着飞机的发明，航空事业有了突飞猛进的发展。这样，陀螺仪表又从舰船发展到飞机上。到了三十年代，气动陀螺地平仪、转弯仪等也发明出来了，并且已经能够成批地生产和使用了。

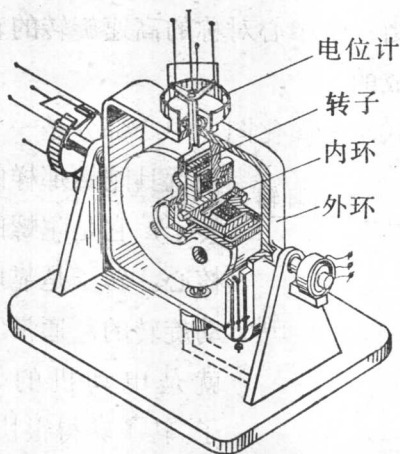
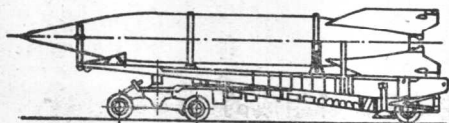


图 10 火箭使用的垂直陀螺仪

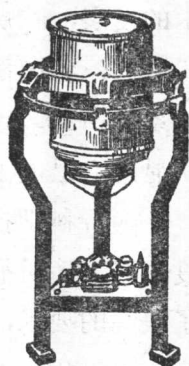


图 9 安修士航海陀螺罗经

在第二次世界大战末期，自动控制技术和电子技术都有了很大的发展，陀螺又被作为敏感元件开始用到导弹武器上。图10就是火箭制导系统采用的垂直自由陀螺仪。

近几十年来，随着航空、航海、宇宙飞行和导弹技

术的发展，陀螺仪的应用愈来愈广泛。特别是六十年代以后，各国都积极研制各种新式精密陀螺，作为导航系统中的敏感元件。从这时起，陀螺的重要性更加明显，它已成了更加吸引人的自动控制元件。

随着科学技术的发展，近几十年来对陀螺的精度、寿命、可靠性、体积、重量和承载能力等都提出了很高的要求，这就大大地促进了对陀螺的研究和生产。而近年来的新材料、精密加工技术、自动控制和电子技术的发展也给精密陀螺的研制创造了很好的条件。

陀螺是怎样组成的

最简单的陀螺是由一个中心对称的高速旋转的转子和一个万向支架构成的。

图11是一个框架式陀螺简化图。中心部分是一个

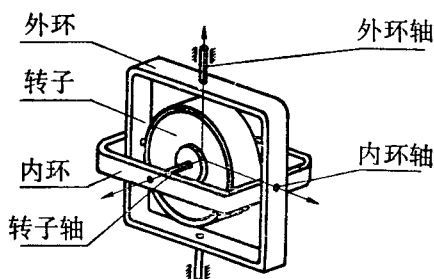


图 11 框架式陀螺简图

象玩具陀螺那样的转子，它是陀螺的核心。转子是靠电动旋转的，通常它就是电动机的转子。转子转得很快，一般都有每分钟几

万转。在转子与内环之间，装有电动机的定子（为了简化，电动机的定子和电源线都没有画出）。转子轴安装在内环上，内环轴又安装在外环上，外环轴又安装在一个支架上或者仪表的壳体上。由于有了内环和外环，我们可以做到使转子轴指向任意方向，所以一般都把这样的由内环和外环构成的支架叫做万向支架。

陀螺的转子除能绕转子轴旋转外，还能绕内环轴和外环轴旋转，一般把这种能在三个方向上转动的物体叫做具有三个自由度。这样的陀螺称为三自由度陀螺。

在实用的陀螺上，除了有转子和万向支架以外，还有锁定装置、信号输出装置，等等。这些装置由于用途不同，结构也各不一样。

在三自由度陀螺中，如果把外环轴用紧固螺钉固定时，转子就只能绕转子轴或内环轴转了，这样的陀螺叫二自由度陀螺(图12)。

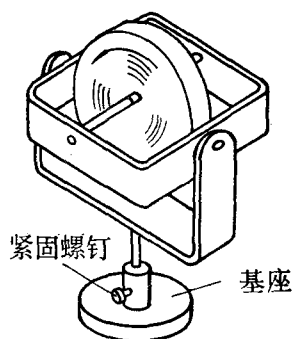


图 12 二自由度陀螺简图

现在，除了古老的框架式陀螺以外，在陀螺的家族中又增添了许多新的成员。它们象许多新技术成果

一样，正在放射着五彩缤纷的光辉。

在这本小册子里，我们将重点向读者介绍陀螺仪表的工作原理、结构 and 特点以及它们的广泛应用和发展前景。

二 摸摸陀螺的怪脾气

从转动物体的奇妙特性谈起

当陀螺的转子作高速旋转的时候，它有两个很特殊的怪脾气：第一个怪脾气是它总保持自己的转子轴方向不变；第二是它在外力的作用下，具有表现得不听话的犟脾气——进动性。正是由于它有这样两个宝贵的特性，才使得它得到了广泛的应用。

为了弄清陀螺的这两个怪脾气，我们先谈一下什么是转动以及转动物体的特性。

物体的运动，基本上有两种形式：一种是平动，一种是转动。我们用手推动桌子上的木块；抽屉从桌内拉出、推进；火车在轨道上的行走等等，都可以看作是物体的平动。物体平动时，它上面各点所走过的路程和速度都是相同的。因此，可以不考虑物体的形状和大小，而把它当作一个质点来看待。物体的平动，就可以看作质点的运动。

物体的转动，是绕一根固定轴旋转的运动。例

如，地球的自转、自行车轮的旋转和飞轮的运动等，都是转动。物体转动时，它上面的各点都在作圆周运动，在相同的时间内都转过相同的角度。也就是说，各点都具有相同的角速度；但是，由于各点到转动轴的距离不一定相同，所以它们的线速度不一定相同。物体的转动要比平动复杂一些。为了简化起见，我们引入了刚体这一理想模型，把物体的转动看作刚体的转动。

那么，转动物体有哪些特性呢？

当你观看转碟这个杂技节目的时候，只要稍加留心，就会注意到：演员在顶起每个盘子之前，总是要使盘子先转起来，而且在她顶着盘子做各种动作的时候，还总是微微地摇动棍子，不断地维持盘子的转动。这套杂技，所以能演得那样生动活泼、优美惊险，科学原理上的关键就在于使盘子转动。如果盘子不转，再好的演员也不能把盘子顶起来。从这个例子

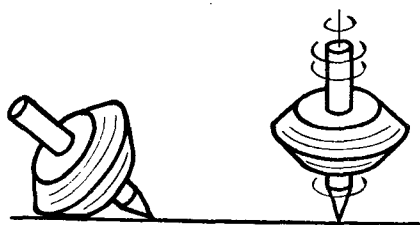


图 13 玩具陀螺的稳定性

可以看出，转起来的物体具有一种容易稳定的特性。

让我们再来看看玩具陀螺的运动。图 13 所画的这