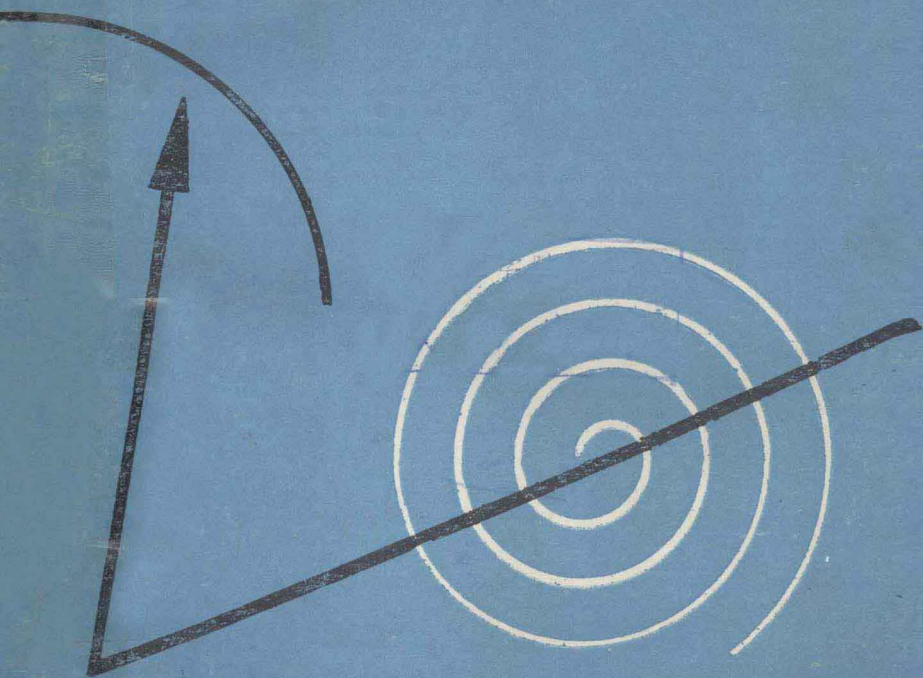


仪器仪表零件及机构

杨 潭 编

工人技术培训教材



仪器仪表零件及机构

杨 潭 编

哈尔滨船舶工程学院出版社

内 容 简 介

本书共十章，第一章概述，第二章至第七章讲述仪器仪表中通用零件，包括弹性元件、支承与导轨的功能和类型、结构和材料、优缺点和应用场合以及其主要参数的计算方法，第八章讲述仪器仪表中通用传动机构的特性、传动比、应用示例以及代数学运算机构的基本原理，第九章和第十章讲述仪器仪表中常用部件，包括阻尼器、减振器和示数装置的基本原理及其主要参数的计算方法。每章末均附有复习题。

本书作为仪器仪表装配钳工的技术培训教材，也可供有关工程技术人员参考。

仪 器 仪 表 零 件 及 机 构

杨 潭 编

哈尔滨船舶工程学院出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨建工学院附属印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张8.625 字数180千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数：1—1500册

ISBN 7-81007-071-1/TH·5

定价：2.50元

前 言

为了落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好船舶工人技术理论教育工作，加强智力开发，提高职工素质，以适应社会主义现代化建设和振兴船舶工业的需要。中国船舶工业总公司人事部组织了上海船舶工业公司有关船厂，在调查研究和总结经验的基础上，根据总公司《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求，编写了船厂二十一个工种的初、中级《造船工人技术理论教育教学计划与教学大纲》。

根据这些教学计划与教学大纲的要求，我们组织一些船厂有实践经验的工程技术人员及有丰富教学经验的教师，编写了五十种船舶工人技术培训教材，并聘请技术水平较高、经验丰富的同志担任主审。在编写过程中，广泛地听取了各船厂的意见，增强了教材的适应性。

编写的教材有：放样号料工、冷加工、火工、装配工、焊接工、批铆和密性试验工、气焊气割工、船舶钳工、船舶管铜工、螺旋桨工、船舶钣金工、船舶电工、船舶木塑工、除锈涂装工、船舶泥工、起重吊运工的工艺学，及船体结构、船舶概论、船体制图、船体结构与识图、船体加工设备与工夹模具、企业管理常识、电工常识、机械制图、船舶常识、船舶电工学、电工基础、船舶电气工程概论、电工仪表与测量、船舶电站与电力拖动、船舶导航与通信设备、电动起重机原理及操作、金属材料及热处理、画法几何、船舶柴

油机结构和修理等。

这些教材力图体现工人培训的特点，既考虑到当前造船工人的文化水平，做到通俗易懂，又要有一定的理论深度，适当考虑到长远的发展；既做到理论联系实际，又注意到知识的科学性、系统性和完整性；既体现船舶特色，又兼顾不同类型船厂的需要；既便于集体组织教学，也便于个人自学。

这套教材主要用于船舶工人相应工种的初、中级技术理论教育，也适用于对口专业职业高中和技工学校的教学，有的也可作为其它类型工厂的工人培训教材。相应专业的科技人员、专业教师及管理人员也可选作参考书。

这套教材的出版，得到了哈尔滨船舶工程学院、有关地区公司、船厂的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

编写船舶工人培训的统一教材还是第一次。由于时间仓促，加上编写经验不足，教材难免存在不少缺点和错误。我们恳切希望广大读者在使用中提出批评和指正，以便进一步修改、完善，不断提高教材质量。

中国船舶工业总公司教材编审室

一九八五年七月

编 者 的 话

本教材的编写目的是使学生掌握仪器仪表中通用零件、通用传动机构和常用部件的基本知识，并能根据公式对一些主要参数进行计算。讲课时着重使学生深入理解基本原理，务求明确物理概念，对数学公式只要求会用，不必作深入推导。

第七章第四节中水平工作的轴尖支承的计算，其中以图7-15所作的计算分析以及第八章第三节中的微分和积分机构，是考虑系统性而写入教材的。这两段不是讲课内容，仅作为参考资料。章节中的计算举例由学生自学，并作为实际计算问题时的参考。

本课程的理论教学时数为62学时。

本教材由西安国营东风仪表厂负责组织编写。武维月担任主审，李光琪承担了全部描图工作。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，殷切希望读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 测量的概念.....	1
第二节 仪器仪表的基本组成部分和结构图.....	1
第三节 仪器仪表的工作条件.....	5
第四节 仪器仪表零部件的一般技术要求.....	6
复习题.....	7
第二章 弹性元件的基本知识	8
第一节 弹性元件的功能和类型.....	8
第二节 弹性元件的基本特性.....	10
第三节 弹性元件的材料.....	17
复习题.....	26
第三章 弹簧	28
第一节 弹簧的功能、类型、材料及许用应力的 选择.....	28
第二节 片簧.....	30
第三节 盘簧.....	38
第四节 螺旋弹簧.....	45
第五节 弹性扭杆.....	60
复习题.....	62
第四章 膜片和膜盒	64
第一节 膜片、膜盒的功用,基本性质,结构和 材料.....	64

第二节	膜片的集中力和有效面积	69
第三节	膜片的计算	71
	复习题	90
第五章	波纹管和弹簧管	92
第一节	波纹管的功用、基本性质、结构和材料	92
第二节	波纹管的主要参数及其计算	96
第三节	带有弹簧的波纹管	100
第四节	弹簧管的功用、基本性质、结构和材料	103
第五节	弹簧管的主要参数及其计算	107
	复习题	116
第六章	双金属片	117
第一节	双金属片的工作原理	117
第二节	双金属片的应用和材料	120
第三节	双金属片的主要参数及其计算	123
	复习题	126
第七章	支承与导轨	128
第一节	支承的基本要求和类型	128
第二节	圆柱支承的结构与计算	130
第三节	圆锥支承和顶针支承	137
第四节	轴尖支承的结构与计算	142
第五节	球支承	156
第六节	滚珠支承	157
第七节	刀口支承	166
第八节	弹性摩擦支承	171
第九节	气体或液体摩擦支承	175
第十节	磁支承	176
第十一节	导轨	177

复习题	181
第八章 仪器仪表机构	184
第一节 传动放大机构的功用和特性	184
第二节 传动机构的特性和传动比	187
第三节 代数学运算的机构	212
复习题	230
第九章 阻尼器和减振器	232
第一节 阻尼原理	232
第二节 阻尼器	238
第三节 减振原理	246
第四节 减振器	251
复习题	254
第十章 示数装置	256
第一节 基本概念	256
第二节 标尺指针示数装置	256
第三节 计数装置	261
第四节 自动记录装置	262
复习题	264

第一章 概 述

第一节 测量的概念

测量是待测量和它所选定标准量之间建立的一定数量关系。在实际中有两种测量方法：直接测量和间接测量。直接测量是将待测量直接与它选定的量测单位进行比较后所得到的比值。例如，测量长度时直接与直尺比较而测量出长度值。但实际中能直接测量的物理量只是极少数，而大多数物理量是不适于或者不可能直接进行测量的，这样的物理量则要用间接测量来确定其值的大小。间接测量是测量与待测量有一定函数关系的另一个量，从而间接地确定待测量的大小。例如，用温度计测量温度，温度与温度计中水银柱的高度有一定的函数关系，通过测量水银柱的高度可以间接地确定温度值。

第二节 仪器仪表的基本组成部分和结构图

仪器仪表的种类很多，使用范围也很广，按照其使用目的的不同，可以分为下列几类

一、观察仪器

其作用是扩大人们的视野，以便更真实地反映某种客观现象。例如望远镜、显微镜等。

二、量测仪器仪表

其作用是直接或间接地把待测量和量测单位进行比较。例如电压表、电流表、压力表和天平等。

三、记录仪器

其作用是使客观上存在的某些暂时或瞬间的现象，以及它们的变化情况，用记录的方法保存下来。例如绘迹仪、光电示波仪等。

四、计算仪器

其作用是代替和帮助人们在较短的时间内，迅速地解决比较复杂或繁琐的数学运算。例如模拟计算机和数字计算机等。

五、控制仪器

其作用是代替人们自动或半自动地使被控制的装置，按照一定的规律，完成人们所要求的工作。例如各种自动调节仪器、陀螺仪、定深器等。

上述分类方法不是绝对的。实际上，复杂的仪器常常是不同类型仪器仪表的组合体。例如某些复杂的自动控制仪器，不仅具有控制部分，同时也包括观察、测量、计算和记录部分。

仪器仪表的品种虽然很多，构造也各有不同，但是量测仪器仪表却常常是其它类型仪器的基础，而且应用最广，往往成为复杂仪器的基本组成部分。典型的量测仪器仪表通常都是由敏感元件、传动放大机构和示数装置三个基本部分所组成。

1. 敏感元件 用来在感受某一物理量后，将其转换为另一种物理量，它所感受的物理量可以是待测量，也可以是经过前面一些敏感元件转换后的另一种物理量。换言之，一个

量测仪器仪表可以包含一个或一个以上的敏感元件。当仪器仪表工作时，第一个敏感元件所感受的就是待测量，而以后的敏感元件所感受的，则是经过上一个敏感元件转换后的物理量。

在量测仪器仪表中所以要采用敏感元件，是因为不能用直接测量方法测量的量，必须用间接测量的方法，把待测量经过一系列的转换，最后转换成和待测量有一定函数关系的另一种物理量，从而间接地确定待测量的大小。

2. 传动放大机构 用来把敏感元件上给定点的位移传给示数装置。在传递过程中，可把敏感元件很小的位移放大；可变换其位移的运动形式，由直线位移变为角位移；也可起补偿作用。怎样起补偿作用呢？当敏感元件给定点上的位移与待测量的变化不成直线关系时，如果希望示数装置中的标尺是等分刻度，则可利用变传动比的传动放大机构来补偿敏感元件位移与待测量的非直线关系，使示数装置中指针的位移能与待测量的变化成直线关系。有时，由于结构上的原因，不适于、或者不可能直接联接敏感元件和示数装置，这样，也就需要利用传动放大机构作为中介把它们联接起来。

3. 示数装置 用来在接受传动放大机构的位移后，指示出待测量的数值。

下面举例说明这三个基本部分的作用。图1-1(a)是电气机械式远读压力表的原理图。其工作原理如下：这个仪表从感受压力到指针位移要经过五级中间变换。第一级变换是敏感元件膜盒1把待测量压力 p 变换为膜盒中心的线位移 w ；第二级变换是传动放大机构2把线位移 w 变换为电刷3的角位移 α ；第三级变换是电位计4把电刷的角位移 α 变换为电阻比值 R_x/R_y 的改变；第四级变换是用电路把电阻比值 R_x/R_y 的

改变变换为电流比计线框 5 和线框 6 中的电流比值 I_1/I_2 的改变；第五级变换是电流比计把电流比值 I_1/I_2 改变所引起的磁场改变变换为磁铁 7 的转动而得到指针的角位移 β 。

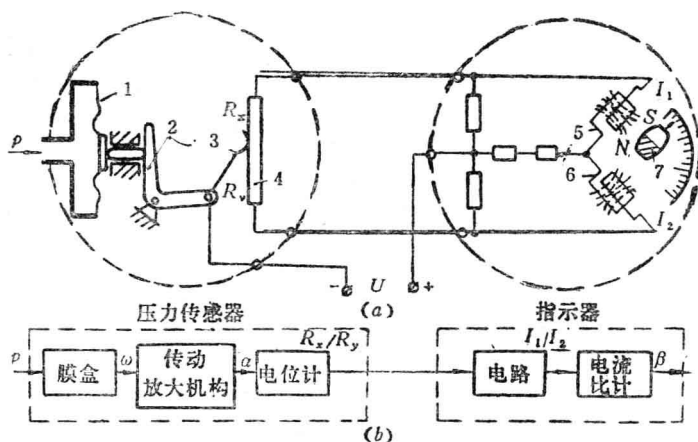


图1-1 电气机械式远读压力表

(a) 原理图； (b) 结构图

1—膜盒；2—传动放大机构；3—电刷；4—电位计；

5, 6—电流比计的线框；7—带指针的活动磁铁

在整个测量过程中每一次变换的环节称为测量环节，而仪表中所有测量环节的总和称为测量链。表达仪表各测量环节组成的测量链的方块图称为仪表的结构图。图1-1(b)是这个仪表的结构图。

从图1-1 可以看出，这个仪表的基本组成部分是敏感元件膜盒 1 和电位计 4，传动放大机构 2 以及由活动磁铁 7 组成的标尺指针示数装置。

有关电气测量线路的知识由专门课程讲述。本课程讨论的内容择重于弹性敏感元件，传动放大机构，示数装置三个

基本部分，主要讲述仪器仪表中的机械通用零件、通用传动放大机构及常用部件。

第三节 仪器仪表的工作条件

仪器仪表的工作条件是多种多样的。在设计时要采取必要的措施，以保证在规定的工作条件下仪器仪表能准确和可靠地工作。一般在技术条件中要规定出具体的工作条件，而仪器仪表在制造出厂之前，要进行相应的试验。例如

一、环境温度

要规定出环境温度的高低范围。因为仪器仪表周围介质温度的变化是其出现指示误差的原因之一。温度的变化会引起仪器仪表零件长度尺寸的变化，从而产生内应力而使零件变形；同时材料的物理性质也会变化，例如敏感元件的弹性、导线的导电性、磁铁的磁性等。

二、环境湿度

要规定出具体的环境湿度，因为湿度会引起仪器仪表零件的加速腐蚀，特别是钢制零件。绝缘材料受湿后将降低其绝缘性能，因而引起其参数的变化，例如电容器、电阻等。

三、振动和冲击

要规定出仪器仪表所能承受的由于振动和冲击所产生的过载。因为振动和冲击能使仪器仪表的使用期限缩短，并引起指示误差。作用在仪器仪表上的过载量 j 采用重力加速度 g 为测量单位。在谐振的情况下（正弦形振动时），过载量 j 可按式计算

$$j = \frac{4\pi^2 f^2 a}{9810} \quad \text{或} \quad j \approx \frac{f^2 a}{250}$$

式中 a ——振幅（毫米）；
 f ——振动频率（赫）；
 j ——过载量，以重力加速度 g 为单位。

第四节 仪器仪表零部件的一般技术要求

一般仪器仪表零部件的基本要求包括

- (1) 工作性能不受外界条件（如温度、湿度）的影响；
- (2) 在规定的由于振动和冲击所产生的过载条件下，能正常地工作；
- (3) 具有所需要的精确度和灵敏度；
- (4) 具有稳定的给定特性（输入量和输出量之间的函数关系）；
- (5) 有确定的动态特性（时间常数小，运动件能很快地阻尼等）；
- (6) 滞后小或无滞后；
- (7) 具有稳定的时间特性；
- (8) 具有互换性；
- (9) 重量轻而外廓尺寸小；
- (10) 对于被测介质和周围环境的化学、机械、热力和电力等方面的作用要稳定；
- (11) 使用安全；
- (12) 结构简单而工艺性好；
- (13) 使用操作简单而方便；
- (14) 工作可靠；
- (15) 制造成本低。

复 习 题

1. 什么是测量?
2. 举例说明在实用中有哪几种测量方法?
3. 仪器仪表按照使用目的可分为哪几类?
4. 典型的量测仪器仪表由哪几个基本部分组成?
5. 什么是测量环节? 什么是测量链? 什么是仪表的结构图?
6. 举例说明仪器仪表的工作条件。
7. 仪器仪表零部件有哪些一般技术要求?

第二章 弹性元件的基本知识

第一节 弹性元件的功能和类型

仪器仪表零件多数是刚性的。在工作过程中我们不希望刚性零件变形,因为变形要破坏仪器仪表预期的工作规律。例如壳体、机构架或杆式机构的变形,能增加活动系统的摩擦或运动副的间隙,改变传动比。但是除刚性零件外,在仪器仪表中也利用变形的特性,应用一些具有足够柔性的零件,这类零件叫做弹性元件。

仪器仪表的弹性元件是应用最广,且非常重要的零件之一。它们的功能是用来产生力或力矩、储存机械能量、缓冲振动或把某些物理量(力、力矩、压力或温度)转变成位移等等。

弹性元件的种类很多,按其用途可分为两大类

一、量测弹性元件

用作仪器仪表中的敏感元件(有时叫弹性敏感元件)。例如在磁电式仪表中用来感受电磁力矩而变为指针角位移的游丝,如图2-1(a),在压力式仪表中用来感受气压或液压而变为中心位移的膜盒。

二、力弹簧

用作仪器中的原动机或者完成运动链的力封闭。例如,带动钟表机构和自动记录纸带运动的发条;各种使零件保持压