

主 编 陈德新 于纪幸

副主编 张利平 王铁生 殷 豪

传感器、仪表 与发电厂监测技术

CHUANGANQI YIBIAO

YU FADIANCHANG

JIANCE JISHU



黄河水利出版社

传感器、仪表与发电厂监测技术

主 编 陈德新 于纪幸
副主编 张利平 王铁生 殷 豪

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了电厂测试技术、传感技术与测量仪表、计算机数据采集与处理、水力机组现场测试技术、火力发电机组现场测试技术、火电厂安全监控系统、水轮机效率试验与汽轮机组的热力试验等内容,可作为电力自动化专业本科生、研究生的教学用书,同时也可作为从事电力工作的工程师及相关科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器、仪表与发电厂监测技术/陈德新,于纪幸主编.
郑州:黄河水利出版社,2004.9

ISBN 7-80621-826-2

I.传… II.①陈…②于… III.电厂检测 IV.TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 090256 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:787mm×1 092 mm 1/16

印张:10

字数:231 千字

印数:1—3 000

版次:2004 年 9 月第 1 版

印次:2004 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-826-2/TM·9

定价:20.00 元

前 言

随着发电厂机组容量的增加和自动化水平的不断提高,新的测量方法和新的监测控制仪表不断出现。为了反映当今电厂测量和控制仪表的现状,帮助从事电力自动化专业人员了解最新开发的仪表,而编写了本书。该书首先阐述了各种物理参数常用测量仪表的工作原理和基本结构,对于近年来生产中采用的新的测量方法及仪表,尽量予以介绍;然后对水力发电厂和火力发电厂中主要监测和保护装置的结构、工作原理及动作的全过程分别加以论述;最后对水轮机的效率试验和汽轮机的热力试验分别给予详细的介绍。

全书由陈德新、于纪幸主编,张利平、王铁生、殷豪为副主编。其内容共分八章:第1章由殷豪编写;第2章由王铁生编写;第3章、第4章由于纪幸编写;第5章由张利平编写;第6章由陈德新编写;第7章由楚清河编写;第8章由刘清欣编写。全书由陈德新统稿。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不当之处,诚恳地希望广大读者批评指正。

编 者

2004年9月

目 录

第1章 电厂测试技术概述	(1)
1.1 水电厂测量的特点与对象	(1)
1.2 火力发电厂监测技术的特点与对象	(2)
1.3 测量技术的发展	(4)
1.4 现代测量技术的基本技术构成	(5)
习题	(6)
第2章 传感技术与测量仪表	(7)
2.1 传感器的种类	(7)
2.2 水电厂测量中常用的传感器	(9)
2.3 智能传感器与智能仪表	(27)
习题	(31)
第3章 计算机数据采集与处理	(32)
3.1 数据采集概述	(32)
3.2 A/D 转换原理	(33)
3.3 数据处理与分析	(38)
习题	(43)
第4章 水力机组现场测试技术	(44)
4.1 电量测量	(44)
4.2 机组水力参数的监测	(46)
4.3 水力机组振动的测量	(55)
4.4 水力机组运行状态监测	(61)
习题	(66)
第5章 火力发电机组现场测试技术	(68)
5.1 火力发电机组热力参数的测试	(68)
5.2 火电厂机械量的监测	(86)
5.3 炉膛火焰电视监视系统	(98)
5.4 成分分析仪表	(101)

5.5 汽轮发电机组的振动	(103)
习题	(113)
第6章 火电厂安全监控系统	(114)
6.1 锅炉炉膛安全监控系统	(114)
6.2 汽轮机数字式电液控制系统	(115)
6.3 汽轮机安全监视装置	(116)
6.4 轴承温度和润滑油温度的监测	(117)
6.5 凝汽器真空监测保护装置	(118)
习题	(119)
第7章 水轮机效率试验	(120)
7.1 原型水轮机效率试验的意义与目的	(120)
7.2 原型水轮机试验原理	(122)
7.3 试验方法的种类与选用	(123)
7.4 现场试验的技术要求	(125)
习题	(139)
第8章 汽轮机组的热力试验	(140)
8.1 汽轮机组热力试验的目的与任务	(140)
8.2 汽轮机组热力试验的准备工作	(141)
8.3 试验过程	(144)
8.4 试验结果的计算与分析	(146)
习题	(152)
参考文献	(153)

第 1 章 电厂测试技术概述

了解电厂测试的内容、特点,以及现代测试技术所需要的基本知识,掌握电厂需要监测的电量与非电量对象。

1.1 水电厂测量的特点与对象

水电厂测量技术是对水电厂原型水轮发电机组的水力、电气、机械及水工建筑等有关参数检测的方法与技术的研究,它可以为水电厂的水力机组、电气设备、辅助设备及有关水工建筑物的安全、经济运行提供可靠的数据。通过对测量数据的分析,对水电厂中各种设备的性能、状态进行评价、监督,进而对设备的运行状态进行跟踪,对设备的安全状态进行诊断,以便及时地对设备进行必要的维护。此外,设备各种状态参数的测量,也是对设备进行自动控制与保护的基础。

水电厂有其自身的特点,它是一个集水力、机械、电气、控制设备四方面于一体的生产过程。因此,其测量技术也必然包括水、机、电、控等方面。水电厂主、辅机测量的项目很多。水力方面包括力、流量、流速、水位等;机械方面包括力、力矩、位移、振动、机械损伤、转速、轴功率等;电气方面包括电压、电流、功率、频率、相位等;控制设备方面包括控制系统的工作状态、故障、开关或阀门的位置,主备用设备切换等。

通常把水电厂的测量分为电量测量与非电量测量两部分。电量测量包括发电机、母线、线路的电压、电流、功率、频率等因素;非电量测量包括水位、流量、水头、流速等水力参数以及力、力矩、振动、位移、转速等机械因素。此外,还有发电机与辅助设备(例如空压机)的温度、冷却水、润滑油、绝缘油、压缩空气的温度等。电量与非电量的测量,具体包括下面几部分。

1.1.1 电量测量——模拟量测量

电量模拟量测量参数主要包括以下几个方面。

- (1)发电机定子电压、电流、功率、频率。
- (2)变压器的电压、电流、功率、频率。
- (3)高、低压母线的电压、电流、功率、频率。
- (4)励磁电压、电流。
- (5)厂用电电压、电流、功率、频率。
- (6)直流系统电流、电压。
- (7)发电机出口,各用户线路出口的电量。

上述参数一般作为模拟量方式进行测量。

1.1.2 非电量测量——模拟量测量

非电量模拟量测量参数主要包括以下几个方面。

(1)液(水)位:水库水位,下游尾水位;各种液位(油罐、集油槽、漏油箱的油位,集水井、排水廊道、供水池的水位,水轮机顶盖漏水水位等)。

(2)压力:引水管、尾水管、顶盖下方、冷却水管、压力油管、压缩空气管、油压装置、压缩空气罐、供排水泵进出口、空气压缩机出口等处的压力。

(3)温度:发电机定子线圈、冷却水、轴承润滑油、轴瓦的温度,以及油罐、油箱、气罐、空气压缩机各段温度,发电机空冷器进、出口风温等。

(4)流量:水轮机过流量、各冷却水流量等。

(5)位移:水轮机接力器行程、导水叶开度、转桨式水轮机桨叶开度、闸门或阀门开度等。

(6)振动:水轮发电机组大轴摆度、水轮机顶盖、发电机机架的水平、重直振动等。

以上各量一般以模拟量方式进行测量。

1.1.3 位置量测量——开关量测量

位置量测量即开关量测量,主要包括以下几个方面。

(1)闸门、阀门的位置(开、关)。

(2)各种电气开关的位置(分、合)。

(3)各种继电器接点位置(开、闭)。

(4)控制,执行机构位置(投、切)。

(5)冷却水(通、断)。

(6)制动闸位置(上、下)。

(7)集水井水位(上限、下限)。

以上各位置信号通常以开关量方式进行测量。

1.1.4 设备状态监视

水电厂的各种主、辅机设备运行状况,健康状态监视,当设备处于正常、异常、故障或事故状态时发生相应信号。

随着现代科学技术的发展,尤其是计算机技术的发展,使水电厂的测量技术也日益向着现代化、高科技发展,大量的智能传感器、智能仪表与计算机监控系统的应用,使水电厂的自动化程度越来越高。我国已有许多水电厂实现了少人值守与无人值班。这些都是与水电厂的现代测量技术分不开的。

1.2 火力发电厂监测技术的特点与对象

火力发电厂是将燃料(煤或油)的化学能转变为热能和电能的工厂,主要有热力设备和电气等设备。热力设备主要是锅炉和汽机,两者均配有相应的辅机设备,构成了许多系统,如输煤、煤粉、燃油、风烟、除尘、除渣、除灰、蒸汽(主蒸汽、再热蒸汽、旁路、加热器等)

真空、补给水、化学水处理、除氧水、给水、凝结水、循环水、减温减压、发电机冷却、汽轮机油系统等,其上均装设有大量的热工测量和控制仪表。电气设备,如发电机、电动机、变压器等,也装设了热工测量和控制仪表,或与热力设备进行联动。

火力发电厂检测技术是对火力发电厂中的锅炉、汽轮机、发电机、控制等有关参数的监测方法与技术的研究。它可以为火电厂的锅炉及辅助设备、汽轮机及辅助设备、电气设备有关的辅助设备的安全经济运行提供可靠的数据,通过对测量数据的分析,对火力发电厂中的各种设备的性能、状态进行评价、监督,进而对设备的运行状态进行跟踪,以便及时地对设备进行必要的保护。同时,对有关设备各种状态参数的测量,是对设备实现自动控制和保护的基础。

图 1-1 表示了火力发电厂机炉系统中主要热工测点的布置。由图 1-1 可以看出,在火力发电厂系统中,被测量的项目很多,测点则更多。锅炉方面主要是主蒸汽和再热蒸汽压力、温度,给水压力、温度、流量,汽包水位,炉膛压力,烟气含氧量,排烟温度,一、二次风温、风压,燃料量,以及反映汽水系统各受热段工质状况的压力、温度等参数。汽轮机方面有蒸汽压力、温度、真空度,凝汽器水位,高、低压加热器水位,除氧气水位,润滑和调速油压,转速,振动,转子轴向位移,转子与汽缸的相对膨胀(胀差),主轴偏心度,轴承温度,润滑油温度,推力瓦温度等。电气方面有功率、电压、电流、周波、相位等。控制设备方面有控制系统的工作状态、故障、开关或阀门的位置,主备用设备的切换,还包括机组各主要辅机和各辅助系统几乎所有可控制操作设备的工作状态。

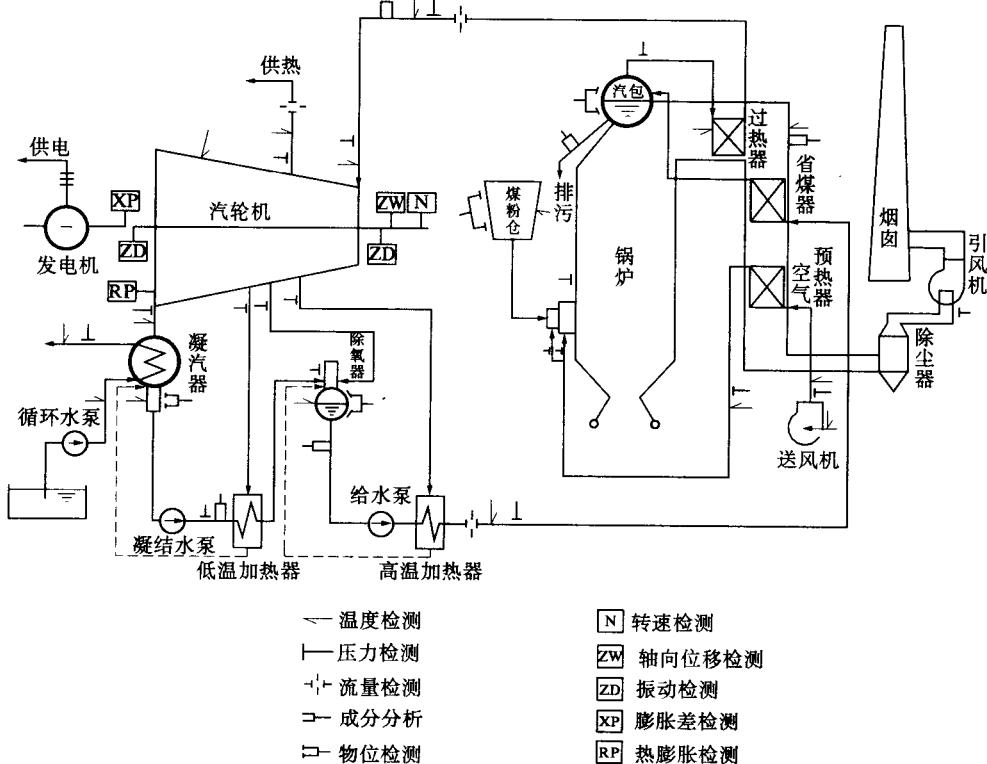


图 1-1 火力发电厂记录系统测点示意图

当机组在启、停或运行过程中发生危及设备和人身安全的工况时,为防止事故发生和避免事故扩大,热工监控设备必须自动采取保护措施。现代化的大型火力发电厂,热工保护可大致分为锅炉热工保护、汽机热工保护和机炉电大连锁保护三部分。锅炉保护的主要内容是锅炉主蒸汽压力保护,汽包锅炉水位保护,直流锅炉断水保护,再热器保护,炉膛安全监视主燃料跳闸保护等;汽轮机热工保护主要包括汽轮机轴向位移保护,汽缸胀差保护、超速保护、振动保护、主轴挠度保护和给水加热器保护等。机、炉、电大连锁保护是指锅炉、汽轮机、发电机三大主机之间及给水泵、送风机、引风机等主要辅机之间的连锁保护。

1.3 测量技术的发展

测量技术是伴随着工、农业的发展而不断发展的,经历了手工化测量→机械化测量→自动化(电气化)测量→信息化测量的发展过程。古希腊人为了测量土地,发明了几何学,用一些较简单的仪器测量长度、角度,随着生产力的发展与社会的进步,又发明了一些其他测量仪器。进入近代社会之后,尤其是工业的发展,人们发明了各种机械式的仪器测量几何、物理的参数。当进入电子时代后,人们又发明了一些自动测量仪表来进行各种电量与其他物理量的测量。当电子技术与计算机技术高度发展后,测量技术开始进入信息化阶段,产生智能仪表与仪器。

1.3.1 手工化测量

人用简单工具进行测量。

长度测量:皮尺或钢尺等。

角度测量:量角器等。

热量测量:温度计、热量计算。

1.3.2 机械化测量

用机械原理及机械仪表进行测量。

距离测量:经纬仪等。

位移测量:千分表,千分尺等。

转速测量:机械式转速表,例如离心式转速表,转速→离心力→位移→指示。

压力测量:膜盒式压力表,压力→位移→指示。

流量测量:孔板,文时里管等,流量→压差→液位→指示。

流速测量:浮标,毕托管等,流速→压差→液位→指示。

1.3.3 自动化测量

距离测量:超声波、红外线测距仪,距离→声、光传播时间→电量→指示。

压力测量:压力→位移→电量变化(电磁、电阻、电容等)→指示。

水位测量:液位→位移→电量变化→指示。

流量测量:流量变化→电量变化→指示,例如电磁流量计。

自动化测量由敏感元件、变换电路、运算放大电路、显示(指示)部件组成。

1.3.4 信息化测量

利用传感技术、计算机技术相结合,进行自动测量,例如智能仪表、网络仪表等。其结构如图 1-2 所示。

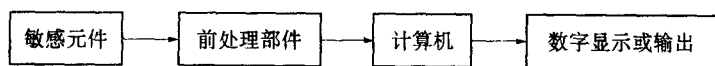


图 1-2 信息化测量结构图

1.4 现代测量技术的基本技术构成

现代测量技术由传感技术、自动显示技术、数据采集与处理技术所构成。

1.4.1 传感技术

传感技术是利用机械、物理、化学、生物学的基本原理感知被测量的变化,并将这些变化转换为电量进行输出的技术。由传感技术所制成的测量仪器称为传感器。传感器常利用电磁感应、热电效应、光电效应、压电效应等物理学原理乃至化学、生物学原理,将一些机械变化或其他物理量(非电量)转变为电阻、电感、电容等变化,进而,通过一些放大或转换电路将它们再转化为电流、电压的变化,供仪表显示和计算机数据采集。传感技术是现代测量技术的基础,也是现代测量技术的核心。

1.4.2 自动显示技术

由传感器感知的被测量,最终要以电量输出,并且用模拟式仪表、数字式仪表或计算机屏幕显示出来,才能便于人们观察。显示技术也经历了机械显示(指示)、电气显示和信息化(计算机)显示三个阶段。例如,压力显示,早期的机械式压力表利用弹簧管在压力作用下发生变形,带动指针指示压力变化;而电气显示的压力表将压力变化转换为电量变化,用电压表或电流表指示压力变化;第三代压力表用计算机(单片机)自动显示技术进行数字显示的智能压力表。

自动显示技术是测量技术的一个重要环节,现代测量技术中,显示技术使测量更加便于观察与记录,也同时有更高的精度,由于电子技术与计算机技术的应用,集传感技术与显示技术为一体的一体化仪表以及独立的通用显示仪表取得了很大发展和广泛应用。

1.4.3 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是现代测量技术的另一个重要方面。上面所说的自动显示技术中,也包含了数据采集与处理技术。在智能仪表中,数据采集与处理是其中重要的一部

分。在目前的计算机监控系统中,数据采集与处理是一个重要的基础。在控制系统中,各种设备的参数通过数据采集装置获得各种数据,这些数据是水电厂监视、控制的重要依据。数据采集与处理系统包括数据采集与数据分析、数据传输几部分内容。

一般控制系统中数据采集包括以下 3 种数据类型。

- (1)模拟量:通过 A/D 转换装置输入计算机。
- (2)开关量:通过开关量输入装置输入计算机。
- (3)数字量:通过计算机(串、并口)通讯方式输入计算机。

以机组振动为例,数据采集流程如图 1-3 所示。

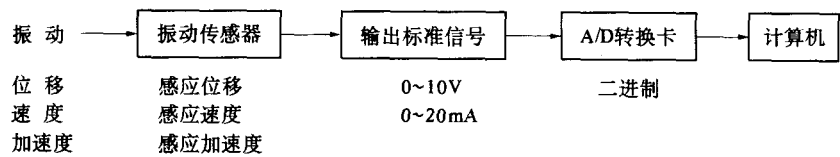


图 1-3 数据采集流程图

数据采集与处理的另一部分重要内容是数据分析。通过数据分析,进一步掌握各种参数之间相互关系、相互影响以及某种设备所处的状态。数据分析包括下述基本内容:

- (1)波形检测。
- (2)波形的振幅大小。
- (3)相关分析。
- (4)频谱分析与相位分析。

数据分析也是设备故障分析、预报与诊断的重要基础。

习 题

- 1-1 电厂测量的项目一般有哪几种类型?
- 1-2 电厂的非电量测量一般包括哪些量?
- 1-3 测量技术经历了哪几个发展阶段?
- 1-4 现代测量技术由哪几部分技术所构成?
- 1-5 计算机数据采集所输入的量包括哪几种类型?

第2章 传感技术与测量仪表

如第1章所述,传感技术与测量仪表是测量技术的基础,它们决定测量的质量与精度,传感技术与测量仪表涉及到物理、化学、机械、电子、生物学的基本原理,也涉及到现代加工制造技术,尤其是与计算机技术有密切关系。因此,本章的学习是应用这些基础,掌握各类传感器的基本工作原理及水电厂技术测量中常用的传感器。

2.1 传感器的种类

2.1.1 传感器的概念

把被测量的信息(物理量、化学量、生物量等)按一定规律转换成可用信号(电压、电流等)输出的器件或装置称为传感器。传感器通常由敏感元件和转换元件所组成。

敏感元件:非常敏感地直接感受或响应被测量的元件。

转换元件:将敏感元件测到的量转换为适合于传输或显示的信号的部件。

在工程上,又提出了变送器的概念,二者在本质上是相同的,但变送器输出的信号一般为标准电压($0 \sim 10V$, $0 \sim \pm 5V$)或标准电流($0 \sim 20mA$, $4 \sim 20mA$),这样变送器输出的信号更适合于计算机数据采集。而一般的传感器所输出的电气信号较弱,需通过专用的放大电路才便于显示(或指示)。因此,二者相比,变送器是在一般传感器的基础上又增加了处理放大电路部分。

2.1.2 传感器的分类

传感器一般是根据物理、化学、生物学的基本原理而制作的。因此,传感器一般也可分为物理型、化学型、生物型三大类型,其中物理型的传感器在工程中应用最为广泛。

常用的物理型传感器有下面几种。

2.1.2.1 电学传感器

电学传感器是利用电阻型、电容型、电感型、电势型、电荷型、半导体型等变化测量机械物理量变化的传感器。

电阻型:被测量变化 $\rightarrow$ 电阻值改变 $\rightarrow$ 电流、电压变化。常用电位器、应变片、电桥构成测量电路。

电容型:被测量变化 $\rightarrow$ 电容值改变 $\rightarrow$ 电流、电压变化。常用电容、电感、电阻等组成基本测量电路。

电感型:被测量变化 $\rightarrow$ 感抗值变化 $\rightarrow$ 电流、电压变化。常用电感线圈、电阻电容构成基本测量电路。这类传感器又分为变磁阻式传感器与磁电式传感器两类。变磁阻式传感

器是一种利用磁路磁阻变化引起传感器线圈的电感变化来检测被测机械性变化的装置,常用衔铁、带铁心线圈作为敏感元件;而磁电式传感器则是利用电磁感应原理,将被测量的速度变化转换为感应电势的变化而输出的装置。变磁阻式传感器与磁电式传感器在工作原理上是基本相同的,只不过被测对象不同,磁电式更适合测量动态运动的物理量。变磁阻式传感器有位移传感器、压力传感器等,而磁电式则有振动传感器(速度型与加速度型)。

电势型:被测量变化→电势变化→电流变化。例如热电偶传感器,当温度变化时,不同金属测温元件的两端产生电势差,由此电势差可以反应温度的高低。另外,霍尔型传感器也是一种电势型传感器,它利用霍尔效应实现磁电转换的一种传感器。

电荷型:被测量变化→电荷变化。例如各种压电式传感器,当压电元件感受压力变化时,会产生电压效应,在两极上聚集正、负电荷,形成一定的电势,此电势或电荷量大小反应被测量的大小。

半导体型:利用半导体的特性而制成的传感器。例如半导体光敏、热敏、气敏等传感器。

以上都是电学原理传感器。

2.1.2.2 声学传感器

声学传感器是利用声学原理制成的传感器。

超声波传感器:利用超声波在不同介质或不同流速的同等介质中传播速度的差别而制成的传感器,常用来测量距离(液位)、流速(流量)等。

声压传感器:将声音的能量转换为电信号的传感器,常用的声级计就是根据这种原理来测定不同频率、不同声强的噪声。

2.1.2.3 光学传感器

光学传感器是利用光学原理或光电效应制成的传感器。

光电型传感器:利用光电管的伏定特性、光照特性(光通量)、光谱特性(频率)、温度特性等制成的传感器。常用的光电转速仪就是其中一个应用实例。

光敏型传感器:利用光照下光敏元件的电导性或产生电动势的内光电效应制成的光电器件。根据不同的光敏特性,有光电阻、光电池、光敏二极管等。常用的图像传感器(摄像头)CCD(电荷耦合器件)即为其中的一个应用例子。

2.1.2.4 生物传感器

生物传感器是利用生物体活性物质选择的测定化学、生物变化的传感器。生物传感器可利用酶、抗原、激素等作为敏感元,检测生物的组织、病菌、对某物质的敏感性等。目前,已开发应用的生物芯片也用于癌症的诊断,当生物发生癌变时,生物体内某种酶或其他物质发生变化,由此,由生物芯片可以检测到这种变化。

传感器还有其他一些类型,随着科学技术的发展,传感技术也会随之发展,会有更多的新型传感器问世。

2.2 水电厂测量中常用的传感器

在第1章中简介了水电厂测量的基本内容,由此可知,水电厂中测量的种类与参数是庞大的,要用到众多种类的传感器与变送器。一个中型水电厂要用到几十种传感器,本节仅介绍其中最主要的几种传感器及其工作原理。

2.2.1 水位(液位)测量传感器

水位的测量可用多种方法,通过距离测量、压力测量等方法测量液位。

2.2.1.1 浮子式水位计

在水面(液面)上装设一浮子,当液位变化时,浮子随之变化,由此可测量液位的变化(如图2-1(a)所示)。

可以用浮子、标尺直接测出液位的变化,也可以在浮子测量系统的基础上配备远传装置与显示装置,进行水位的遥测与自动显示(如图2-1(b)所示)。

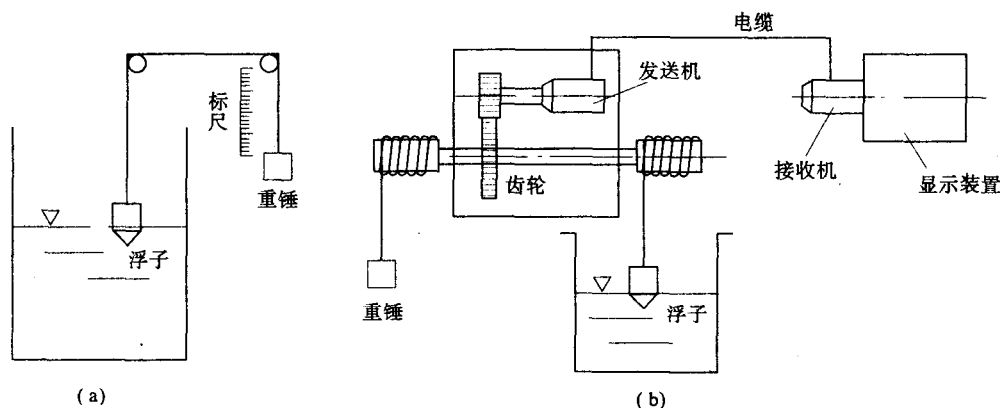


图 2-1 浮子式水位计原理与结构

2.2.1.2 压力式水位计(投入式水位计)

通过测量液体中压力的变化测量水位的液位传感器,一般由压力传感器、信号电缆及显示仪表所组成,如图2-2所示。

2.2.1.3 超声波水位计

利用超声波在某介质中传递速度以及发射波、反射波的传播时间测量液位的传感器。如图2-3所示。

$$h = \frac{1}{2} vt \quad (2-1)$$

式中 v ——超声波在空气中的传播速度;
 t ——从超声波发射到返回的时间;
 h ——换能器发射面到液面距离。

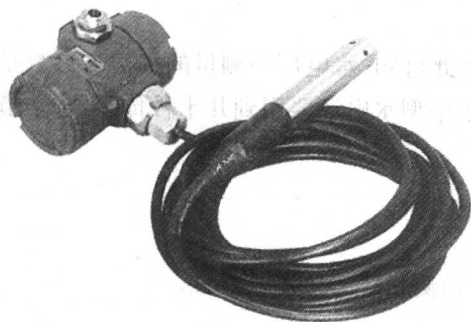


图 2-3 超声波水位计工作原理图

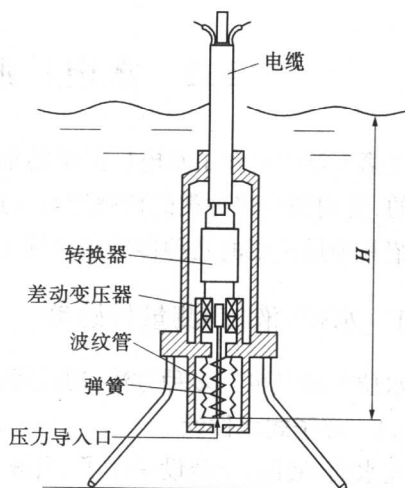
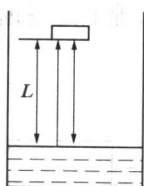


图 2-2 投入式水位计工作原理

2.2.1.4 电容式液位计

利用电容器在不同介质及不同极板覆盖面积时电容量变化的特性而制作的液位计。电容式液位计一般用变介质型式制作,水位低时,两电容极板间大部分是空气介质,而水位增加时,两极板间被水介质淹没,使其电容量改变。其工作原理如图 2-4 所示。实用的电容式液位计采用圆筒或圆柱形电极(如图 2-5 所示),其电容量与液位变化关系为

$$C = 2\pi(\epsilon - \epsilon_0) \frac{H}{L(D/d)} \quad (2-2)$$

式中 ϵ_0 ——空气的介电常数;
 ϵ ——其他介质(液体)的介电常数;
 H ——电极板插入液面深度;
 D ——外电极内径;
 d ——内电极外径;
 L ——电容极板总高度。

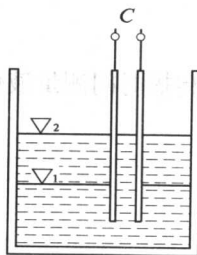


图 2-4 变介质电容式液位计工作原理

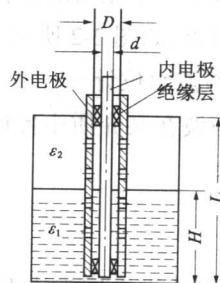


图 2-5 插入式电容型液位计

2.2.2 压力测量传感器

压力测量有多种情况,有高压、低压、微压之分;同时当测量的对象为流体时,有静压、动压之分。此外,有时需要测量具有腐蚀性的流体压力。针对不同的测量对象与测量环境,必须有能满足测量精度与其他技术要求的测量设备。为适应工程上的要求,科学工作者研制了各种不同类型的压力传感器(或变送器),这里介绍几种最常用的压力传感器及其工作原理。

2.2.2.1 应变式压力传感器

利用弹性体受到压力作用时产生变形的特性,在弹性体上贴应变片(电阻),由变形而产生阻值变化,再通过电桥电路将阻值变化转换为电流或电压变化,由此测得压力变化。电阻应变式传感器,常用于力、力矩及压力的测量,电阻应变式压力传感器的工作原理如图 2-6 所示。

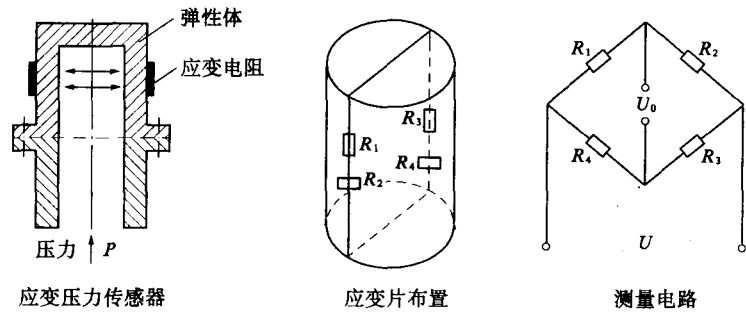


图 2-6 电阻应变式压力传感器工作原理

为了提高传感器的测量精度,应变式压力传感器在结构上采取了许多措施,例如,采用膜片与应变梁结构(图 2-7(a)),波纹管与应变梁结构(图 2-7(b))等。在处理放大电路上采用了温度补偿,以减少因温度变化而形成的测量误差。带热敏补偿电阻的电路如图 2-7(c)所示。

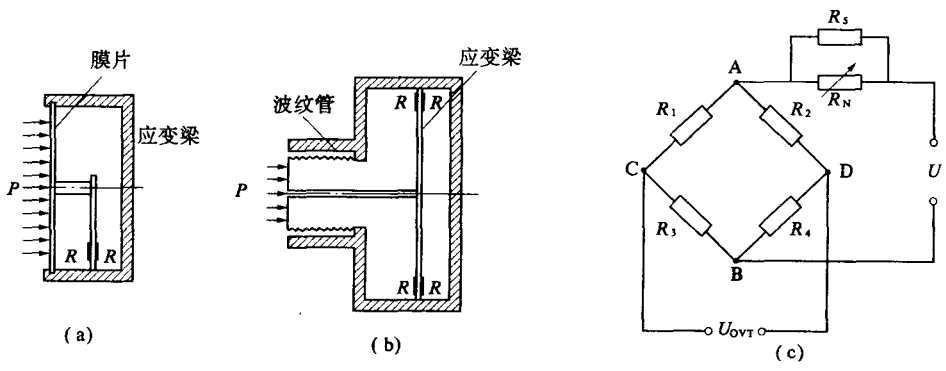


图 2-7 应变式压力传感器结构与测量电路