



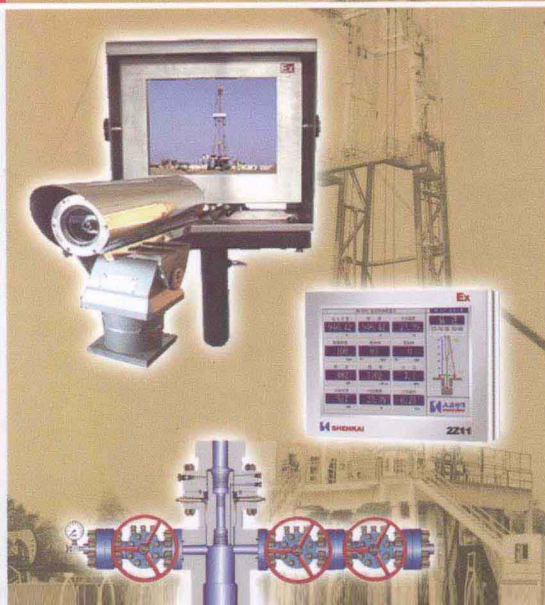
应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程类

主编 张天春 贾鸿莉

钻井采油仪表

Drilling oil meter

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社

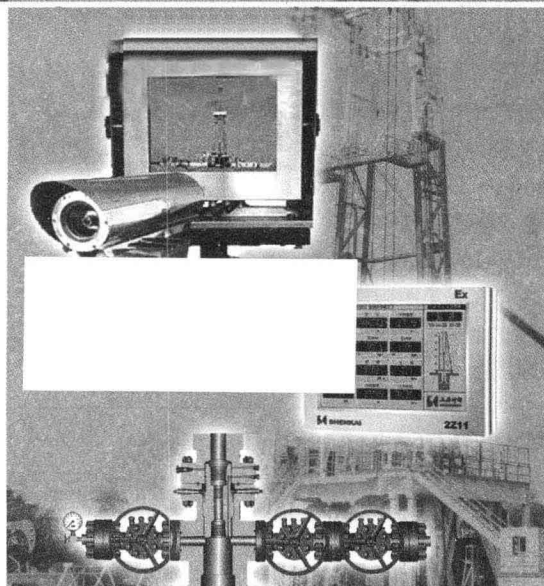


应用型本科院校“十二五”规划教材/石油工程类

主 编 张天春 贾鸿莉
副主编 刘荣军 于 淼 马英宸
张学伟 郑 洲 郭春来

钻井采油仪表

Drilling oil meter



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书为满足培养“应用型、技能型”人才的需要,适应油田生产管理现代化的要求,力求理论联系实际、突出重点、注重实用、反映新型仪表。本书主要对基础理论、基本概念的分析 and 基型仪表进行介绍,也兼顾了前瞻性、先进性和创新性的特点;突出国产钻井、采油仪器仪表的新发展,即出现的普通型、集散型和总线型;紧密结合生产实际,努力做到能为生产、建设服务、管理一线直接应用。

本书可供石油工程专业、油气开采及钻井技术专业本科学使用,也可作为研究生的参考书,对于从事钻井采油作业的技术人员等也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

钻井采油仪表/张天春,贾鸿莉主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013.3

应用型本科院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5603-3981-8

I. ①钻… II. ①张…②胡… III. ①油气开采-仪表装置-高等学校-教材 IV. ①TE937

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 018410 号

策划编辑 杜 燕 赵文斌

责任编辑 刘 瑶

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省委党校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 22.5 字数 520 千字

版 次 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3981-8

定 价 44.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十二五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十二五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展的需要“本科应用型高级专门人才”精神,根据黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十二五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

黑龙江省教育厅厅长



前 言

随着石油工业的迅速发展,自动化技术从石油开发的初期阶段,即钻井、开采、集输、储运过程直到石油加工的高级阶段,即石油炼制、石油化工等过程,涵盖了整个石油工业的全过程。各种井场参数的自动测量、记录和处理日益重要。钻井参数的优化、井下生产测量和井站自动化技术日新月异。

本书为了适应石油工程专业学生对自动化技术的需要,根据培养“应用型、技能型”人才和油田生产管理现代化的要求编写而成。

本书旨在使学生用较少的学时,简单明了地了解油田自动化技术的概貌,对现场安装使用的大部分仪器仪表具有基本的认识及使用的本领。掌握检测、控制的基本原理,为进一步深化学习取得初步知识。本书的编写力求简明,以钻井采油典型仪表为主线,需要哪方面的知识,就讲哪方面的知识,改变了以学科内容为主线,追求知识的系统性、完整性的传统编写思路。

本书分三编,共19章,其中第1、2章由刘荣军编写,第3章由于森编写,第4、5章由贾鸿莉编写,第6~8章由马英宸编写,第9、10章由张学伟编写,第11~13章由郑洲编写,第14、15章由郭春来编写,第0章、第16~19章由张天春编写。全书由张天春负责统稿。

本书在编写过程中参考了兄弟院校近年来出版的教学用书,也参考了国内同行在有关刊物上和会议上发表的成果,另外,大庆采油一厂、大庆钻井一公司、大庆钻井研究所、上海神开科技工程公司等为本书的编写提供了许多宝贵资料,并给予了大力支持,特在此表示致谢。

鉴于编写时间紧,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2012年10月

目 录

第0章 绪论	1
0.1 钻井采油仪表在石油工业中的地位和作用	1
0.2 钻井采油仪器仪表的分类	2
0.3 钻井采油仪器仪表的发展趋势	3
0.4 本书的主要内容及要求	4

第一篇 检测技术基础

第1章 测量仪表的基础知识	7
1.1 测量的基本概念	7
1.2 测量误差	10
1.3 检测仪表的基本技术性能	14
1.4 仪表精度与测量精度	18
第2章 压力检测	20
2.1 压力的基本概念	20
2.2 弹性式压力计	22
2.3 压力传感器与变送器	28
2.4 压力表的选择、安装与校验	44
第3章 流量检测	48
3.1 流量测量的基本概念	48
3.2 容积式流量计	49
3.3 差压式流量计	56
3.4 靶式流量计	71
3.5 挡板流量计	75
3.6 转子流量计	77
3.7 电磁流量计	83
3.8 涡轮流量计	88
3.9 旋涡流量计	95
3.10 科里奥利质量流量计	99
第4章 液位检测	104
4.1 浮力式液位测量	104
4.2 静压式液位测量	108

4.3	电容式液位计	114
4.4	超声波液位计	117
4.5	射频导纳液位计	123
4.6	磁致伸缩液位计	128
第5章	温度检测	133
5.1	温标	133
5.2	测温方法与测温仪器分类	137
5.3	膨胀式温度计	139
5.4	热电偶温度计	144
5.5	热电阻温度计	162
5.6	接触式温度计的安装	168
思考题		172

第二篇 钻井参数仪表

第6章	大钩悬重与钻压的测量	179
6.1	大钩悬重测量系统的结构	179
6.2	钻压测量的概念	180
6.3	死绳固定器及配套传感器	181
6.4	指重表	186
第7章	进尺、井深及钻速的测量	188
7.1	测量信号的取得	189
7.2	钻速的测量和记录装置	193
第8章	转盘扭矩的测量	194
8.1	过桥轮式转盘扭矩测量	195
8.2	电扭矩传感器	198
第9章	转盘转速、泵速和泵冲次的测量	201
9.1	测速发电机式传感器	201
9.2	接近开关式传感器	202
9.3	磁电式转速传感器	206
9.4	泵冲数的累计	207
第10章	大钳扭矩测量	208
10.1	液压大钳扭矩传感器	208
10.2	拉力大钳扭矩传感器	209
第11章	有关泥浆参数的测量	211
11.1	泥浆进、出口流量的测量	211
11.2	钻井泥浆压力的测量	212
11.3	泥浆液位和体积的测量	215

11.4 泥浆密度的测量	218
第12章 定向钻井仪表	224
12.1 虹吸测斜仪	224
12.2 单点照相测斜仪	227
12.3 电子测斜仪	232
第13章 国内外典型钻井仪表	238
13.1 国内外多参数钻井仪的发展现状	238
13.2 上海神开钻井多参数仪	241
13.3 湖北江汉钻井参数仪	249
思考题	259

第三篇 采油仪表

第14章 井下压力计	263
14.1 弹簧管式井下压力计	263
14.2 弹簧式井下压力计	271
14.3 振弦式井下压力计	274
14.4 应变式、石英式井下压力计	278
第15章 井下温度计	282
15.1 压力式井下温度计	282
15.2 双金属片式井下温度计	284
第16章 井下流量计	286
16.1 浮子式井下流量计	286
16.2 浮子式井下产量计	292
16.3 涡轮井下流量(产量)计	296
第17章 井下取样器	300
17.1 锤击式取样器	300
17.2 座开式取样器	303
第18章 油井找水仪	304
18.1 油井找水仪的结构	304
18.2 油井找水仪的工作原理	305
第19章 抽油井井下探测与示功图测试	308
19.1 井下液面探测	308
19.2 深井泵示功图测试	315
思考题	327
附录	328
参考文献	346

0.1 钻井采油仪表在石油工业中的地位和作用

钻井和采油工程所用的仪器仪表在钻井和采油开发中起着重要的作用,钻井采油仪表的水平在某种意义上代表了一个国家钻井采油工程技术的水平。

钻井是石油勘探开发必不可少的重要手段,是油田建设的基础部分,是油田建设投资最大的专项工程,是参与世界石油天然气开发市场的主要竞争手段。我国现有钻机约 1 000 台,在用钻机 700 台以上,占世界第三位。

钻井仪表是一种专门用于石油钻井工程中测量各种数据、监测钻进情况、预防工程事故发生的仪表。钻井仪表的产生,使石油钻井由凭经验操作逐步发展到应用仪表实时监控的时代,为石油工业向前发展,实现最优化钻进提供一种必不可少的科学仪器。钻井工程是个复杂的动态系统,主要由地层、钻具、钻井液及地面装备四个子系统组成。其中,后三个子系统都安装了不同类型的传感器。钻井仪器仪表是钻井工程的眼睛,使用钻井仪器仪表能及时测量并显示井架或提升系统是否超载,随时指示在钻进过程中加于钻头上的压力大小。在喷射钻进中能及时指示泵压、钻井液排量、黏度、密度及上返速度。在正常钻进中还可以指示转盘扭矩及转速的变化,预防钻具设备和井下事故的发生。

在钻井过程中,为了使钻头沿着设计轨迹钻达靶区并保持井眼的稳定性,为了优选钻井参数以提高钻进速度和钻井质量,都离不开现代检测技术的支持。为各类钻机及其配套设备配置参数检测仪表,实施钻探过程的连续监测,识别并预报孔内异常工况,是由凭经验打钻走向科学施工的必由之路,是降低井内事故率、实现高效、低成本钻探生产的关键技术措施之一,也是历代钻探工作者追求的战略目标。

采油仪器仪表是认识油气藏、进行油气藏评价、生产井动态监测及评价完井效率的重要设备。采油仪器仪表所录取的资料是各种录取资料方法中唯一在油气藏处于流动状态下所获得的信息。资料分析结果最能代表油气藏的运态特性。采油仪器仪表所测资料在勘探评价、油藏描述及编制油气田开发方案等工作中都起着举足轻重的作用。据不完全统计,在全国近 800 个试井队和测井队中,采油仪器仪表的用量是相当巨大的,每年用于这方面的投资高达几亿元。同样,采油仪器仪表的水平也代表了采油试井、生产测井的水平。

0.2 钻井采油仪器仪表的分类

0.2.1 钻井仪器仪表的分类

钻井参数仪器仪表主要用于同时检测、显示和记录钻井过程中的各工程参数及其变化。如同时检测、显示及记录大钩的悬重、钻压、钻时、井深、转盘扭矩、转盘转速、立管压力、泵冲次、钻井液进出口流量、吊钳扭矩、大钩位置、泥浆密度、泥浆体积等参数。这类仪器仪表主要有四参数钻井仪、八参数钻井仪、十二参数钻井仪、钻井工程监测系统等。这类仪器一般都在计算机的管理下工作,除可直接测取需要的工程参数外,通过软件计算可显示更多的数据,对实现钻井的自动化、科学化可起到重要的作用。钻井仪器仪表分类方式很多,以下就是常用的分类方法。

1. 按仪器仪表结构分类

- (1) 机械式钻井仪器仪表。
- (2) 电子式多参数钻井仪器仪表。

2. 按仪器仪表用途分类

- (1) 用来检测和指导钻井技术措施的执行情况的仪表,如指重表、泵压表、泵冲次表、转盘转数表等。
- (2) 用来决断井下工况的仪器仪表,如钻井液进出口流量计、钻液总体积和补偿体积检测仪、转盘扭矩仪、吊钳扭矩仪等。
- (3) 用来检测井深、钻井质量及预防处理事故的仪表,如单、多点测斜仪、随钻测井仪、水泥胶结仪、钻具探伤仪等。

3. 按检测参数与钻机配套分类

- (1) 单参数指重表。
- (2) 四参数钻井仪。
- (3) 六参数钻井仪。
- (4) 八参数钻井仪。
- (5) 钻井工程监测系统等。

0.2.2 采油仪器仪表的分类

采油仪器仪表主要是指试井仪器仪表,试井仪器仪表分为高压试井仪器仪表和低压试井仪器仪表。但随着科学技术的不断发展,特别是试井技术和计算机的发展,现已把油水井生产过程的测试仪器,即生产测井仪也归为采油仪器仪表的范畴。

高压试井仪器仪表主要是用于测试生产井井下的压力、温度、流量、含水率、密度等参数和获取井下产液样品的仪器仪表,一般分为机械式和电子式两种。

低压试井仪器仪表主要是指围绕各种抽油机井,对其抽油机、抽油泵、抽油杆的工作状况和液面深度检测、诊断的地面测试仪器仪表,如示功仪、回声测深仪、计算机诊断仪等产品。

生产测井仪器仪表是在油水井生产过程中使用的测井仪器仪表。生产测井主要包括以下内容:

(1) 产出剖面测井,即油井在生产过程中录取分层产量、含水率、密度、温度、压力等分层动态资料。

(2) 注入剖面测井,也称为油水井的分层注入量和分层注入厚度。

(3) 工程测井,也称为油水井井下技术状况测井,如检测套管损坏、腐蚀及变形等。

0.3 钻井采油仪器仪表的发展趋势

钻井采油仪表的发展与钻井工艺、采油工艺相适应,作为一类仪表,又和整个仪表的科学技术的发展密切相关。它同样经历了从简单到复杂、从单一参数到多参数、从机械式向电子式、从单机到网络化的发展过程。

1968年以后是世界上应用科学发展的高峰时期,各行各业操作自动化相继出现和使用,钻井采油仪表的发展也不例外,它从科学化阶段到自动化阶段只用了十年的时间。

现代的钻井采油仪表,已可对几十种钻井参数实现连续测量、自动记录、数字转换,并用电子计算机进行数据处理。它的出现能对大量历史的和现实的井场资料按照一定的数学模型及时地进行处理,并及时向操作人员发出各种命令。这些资料分析、处理工作十分复杂,靠人工是无法及时完成的。这样便促进了新型微机控制的井台仪表或计算机控制的遥测遥控系统的发展。这类仪表不仅具有常规仪表的一般监测功能,而且具有很强的运算、判断能力。此外,数据显示记录的格式和方法也更加多样化,而且便于使用。我们把这个阶段称为自动化阶段。

为了解决钻井指挥部门与边远地区或分散钻机的通信问题,美国利用空间技术建立了卫星通信系统(DISK),用以监视钻机的工作情况。这种系统由钻机站、卫星通信装置、地面站、钻井监视中心等组成。

钻机站的数据来自各传感器送来的信息,测定钻机的工作情况,并把数据传输到卫星,然后经卫星传输到地面站。这样工作人员就可以在办公室了解到钻机实时工作情况,并可根据现场情况随时采取必要的措施指挥生产。

长期以来,司钻们就希望能在钻井过程中及时掌握井下发生的情况,要做到这一点就需要一种能够把井下数据及时送到地面的随钻测量装置。20世纪70年代末80年代初,井下随钻测量系统MWD经长期研究后终于投入使用,从而使钻井工艺进入一个新阶段——随钻测量阶段。这是测量技术的一个重大突破,由此可提供比过去更多、更及时、更准确的井下测量数据。

随着电子计算机的迅速发展,计算技术也应用到钻井工程上来了。大量完整的资料收集是最优化钻井的实践基础,而计算数学则是最优化的理论基础。一口井的最优化措施涉及:泥浆性质、水力参数、钻压、钻速的配合等诸多因素,而这些因素又互相影响、互相制约,并且对这些优选参数的大量繁琐的计算又要求时间短、准确性高。

随着当代高科技的发展,必将有更先进的钻井采油仪器仪表用于钻井工程、采油工程。

0.4 本书的主要内容及要求

钻井采油仪表是石油工程专业本科的专业课之一,它是一门与物理学、电工及电子学、钻井工程、采油工程、油田开发等课程有密切联系的综合性技术学科。

本书共分三方面的内容,第一篇为检测技术基础,作为钻井仪表、采油仪表的基础部分,讲述压力、流量、液位、温度的基础测量理论及方法;第二篇为钻井仪表,讲述大钩悬重与钻压测量,进尺、进深、钻速的测量,转盘扭矩、大钳扭矩的测量,转盘转速、泵速和泵冲次的测量,泥浆流量、液位和体积的测量,定向钻井仪表以及国内外典型钻井仪表等方面的内容;第三篇为采油仪表,讲述井下压力计、温度计、流量计、取样器、找水仪、抽油井井下探测与示功图测试等方面的内容。

本书实践性强,在学习的过程中要求学生重视理论课学习的同时利用一切实践的机会,多接触实际,向现场学习,向工人师傅学习,向现场的工程技术人员学习,同时不怕吃苦、不怕艰难、不怕脏、不怕累。通过本书的学习,可以使学生掌握油田常用钻井仪表、采油仪表的结构、原理和使用方法,并且具有一定的判断和排除故障的能力,以便在实际生产中能正确选择、使用常用仪表,适应油田现代化生产的需要。

检测技术基础

第一篇



在石油生产过程中,为了正确地指导生产操作、保证安全生产、保证产品质量和实现生产过程自动化,需要对石油钻井开采工艺生产中的压力、液位、流量、温度等参数进行自动检测。用来检测这些参数的仪表称为测量仪表。它的任务就是要检测出生产过程中各个有关参数,通过对这些参数准确而及时地检测,分析生产的状态,从而正确指导生产操作,保证生产安全,保证产品质量,实现生产自动化。测量代表所实现的这种检测,被称为现代技术的起点。

在生产过程中,尽管所使用的测量仪表品种繁多,它们所测的参数和仪表的结构原理也各不相同,然而从仪表测量过程的实质讲,却都有相同之处。

在检测工作中还经常遇到传感器和变送器等仪表。一般传感器是指借助于检测元件接受物理量形式的信息,并按一定规律将它转换成同种或别种物理量形式信息的仪表,变送器是输出为国际统一标准信号(如 4~20 mA 电流)的传感器。而检测仪表是指能够确定所感受的被测量大小的仪表,它或者是变送器,或者是传感器,或者是兼有检测元件和显示仪表的仪表总称。

1.1 测量的基本概念

1.1.1 测量及测量过程

1. 测量

测量是人们用以获得数据信息的过程,是定量观察、分析、研究事物发展过程的重要方式。因此,测量就是借助于专用技术工具将研究对象的被测变量与同性质的标准量进行比较并确定出测量结果准确程度的过程,该过程的数学描述为

$$A_x = \frac{X}{X_0} \quad (1.1)$$

式中 X ——被测量;

X_0 ——标准量(基准单位);

A_x ——被测量所包含的基准单位数。

式(1.1)称为测量的基本方程。

显然,基准单位确定后,被测变量 X 在数值上约等于对比时包含的基准单位数 A_X 。其结果可表示为

$$X = A_X \cdot X_0$$

因此,测量结果由 A_X 数值(大小及符号)和相应的单位 X_0 两部分组成。

2. 测量过程

测量过程在实质上都是将被测量与其相应的测量单位(法定计量单位)进行比较的过程,而测量仪表就是实现这种比较的专门技术工具。各种测量仪表,不论采用哪一种原理,它们的共性在于都要将被测参数经过一次或多次的信号能量形式的转换,最后获得一种便于测量的信号能量形式,以指针位移或数字形式(或以光柱、CRT 上的图形、数字等)显示出来。

测量过程通常包括两个过程(图 1.1):

- (1) 能量形式的一次或多次转换;
- (2) 将被测参数与其相应的测量单位进行比较。

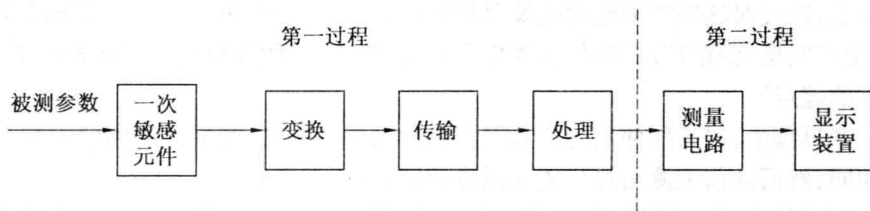


图 1.1 测量过程

简化的一般检测系统由三部分组成,即以一次敏感元件为主的检测环节、传送放大环节及显示环节。

(1) 检测环节。直接感受和响应被测量,并将它变换成便于传输或处理的另一物理量(最好为电信号)。检测环节在有些场合称为传感器,它是非电量电测技术中的关键器件,是现代测控系统中不可缺少的器件,也是连接被测对象和检测系统的接口。

(2) 传送放大环节。将传感器的输出信号进行远距离传送、放大、线性化或转变成标准统一信号,供给显示装置,需要用变送器来对传感器的输出做必要的加工处理和传送。

(3) 显示环节。以指针在标尺上的位移(角位移或线位移)、数字显示或屏幕显示被测参数的量值,其中包括远距离传送,利用有线方式或无线方式直接上网,进入现场总线系统(FCS)或集中分散控制系统(DCS)。

1.1.2 测量方法及分类

对于测量方法,从不同的角度出发有不同的分类方法。按被测变量变化速度分为静态测量和动态测量;按测量敏感元件是否与被测介质接触,可分为接触式测量和非接触式测量;按比较方式分为直接测量和间接测量;按测量原理分为偏差法、零位法和微差法等。下面对后两种分类方式进行介绍。