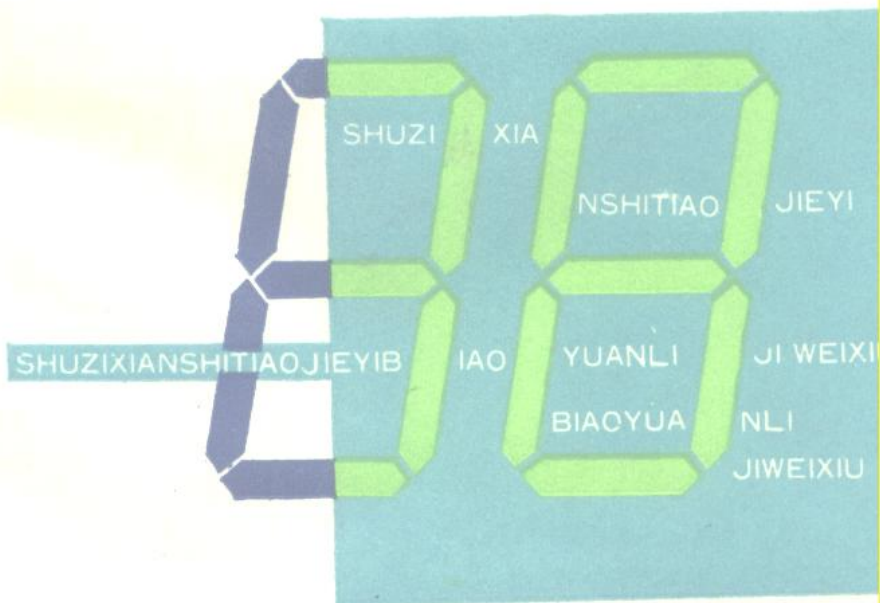


SHUZIXIANSHTIAOJIEYIBIAO
YUANLIJIWEIXIU

数字显示调节仪表 原理及维修

纪 纲
吴勤勤·编著
顾生元



华东化工学院出版社

TX 873

369254

J 05

数字显示调节仪表 原理及维修

纪 纲 吴勤勤 顾生元 编著

华东化工学院出版社

内 容 提 要

本书共分五章。第一、二章阐述仪表特点、功能、组成及电路基础；第三章阐述仪表模块电路的工作原理，并对各种线路作了详尽分析；第四、五章介绍仪表的调校、维修和使用方法。书末附有思考题与习题、温度仪表检定规程以及主要器件的技术数据，供读者学习、使用、检修时参考。

本书可供从事仪表设计、制造和使用的工程技术人员及仪表工阅读，也可作为大专院校自动化仪表专业的教学参考书。

（沪）新登字208号

数字显示调节仪表原理及维修

Shuzixianshi Tiaojieyibiao Yuanli ji Weixiu

纪 纲 吴勤勤 顾生元 编著

华东化工学院出版社出版

（上海市梅陇路130号）

新华书店上海发行所发行

宁波鄞县文教印刷一厂排版

上海长鹰印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 6.625 字数 165千字
1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数1~16000册

ISBN7-5628-0206-8/TP·17 定价3.00元

序

由于数字技术的发展，特别是近年来单片多功能集成电路的出现，数字式显示调节仪表得到迅速发展和推广应用。这类仪表系列选用专用集成电路和LED数码显示器等新型器件，具有不同精度等级，实现数字设定、数字显示，具有多种调节规律，可构成单一回路的调节控制或多点巡回检测与越限报警，仪表采用模块化设计，系统组成灵活，可以相应地扩展，成本低廉，操作方便，可靠性高，已在工业过程各种炉窑等加热温度控制场合和中小型控制系统中广泛应用，效果明显。目前我国研制和生产这类仪表的单位不少。

由纪纲、吴勤勤、顾生元编著的《数字显示调节仪表原理及维修》，对数字显示调节仪表的工作原理、电气线路设计、仪表调校、使用维修等方面都作了比较详细的介绍。该书取材新颖，注意实用，文字流畅，兼顾了从事于仪表设计和使用维修方面工程技术人员需要，可作为大专院校仪表专业的参考书，相信该书的出版对我国仪器仪表数字化技术的发展将产生积极的作用。

吴钦炜

前 言

微电子技术的发展推动了数字显示调节仪表的迅速发展。随着单片集成电路模/数转换器的出现,数字显示调节仪表发生了革命性的变化。它使线路大为简化,精度、可靠性显著提高,功能进一步增强,成本大幅度降低。因此,数字显示调节仪表取代了传统的模拟仪表而成为量大面广的产品。目前国内已有200多家仪表厂生产这类产品,年产量已达几十万台。

但是直到现在,比较系统地讲述这类仪表的书籍却很少,以致使用和维修人员在对这类仪表进行检查修理时,缺少足够的参考资料;学校在讲授这类仪表的课程时,缺乏合适的教材;仪表制造厂在改进自己的产品时,也难以找到满意的参考书。本书就是为了解决这个问题而编写的。

这类仪表的品种虽然很多,但都是由十几种功能模块组合而成。尽管不同的制造厂生产的仪表,其线路各有差异,但弄清楚各种功能模块的原理后,就能比较容易地理解各种具体的线路。

本书由纪纲(上海溶剂厂)编写第三、四、五章及附录,吴勤勤(华东化工学院)编写第一、二章并负责全书统稿,顾生元(昆山自动化仪表二厂)参加附录的编写工作。此外,张建明为本书提供了详细的技术资料,并提出了宝贵的意见。

限于我们的水平,书中纰漏之处在所难免,敬希读者指正。

编者

目 录

1 概述	(1)
1.1 数字显示调节仪表的特点和组成.....	(1)
1.2 数字显示调节仪表的分类和命名.....	(4)
1.3 主要技术指标.....	(6)
2 电路基础	(8)
2.1 运算放大器.....	(8)
2.2 A/D转换器	(19)
3 模块电路原理	(38)
3.1 DVM模块	(38)
3.2 热电偶信号变换和放大模块.....	(44)
3.3 非线性补偿模块.....	(51)
3.4 折线法开方模块.....	(57)
3.5 R/V转换及热电阻的非线性补偿模块.....	(59)
3.6 六端电桥R/V转换模块.....	(66)
3.7 I/V和V/V交流电平转换 模 块.....	(70)
3.8 V/I转 换 模 块.....	(72)
3.9 LED电平显示模块.....	(78)
3.10 巡检模块.....	(81)
3.11 位式调节模块.....	(86)
3.12 时间比例调节模块.....	(89)
3.13 比例积分微分连续调节模块.....	(97)
4 整机电路及仪表的调校与维修	(107)
4.1 XMB 型数字显示报警仪.....	(107)

4.2	XMZA-105K型数字显示仪	(116)
4.3	XMT-131型数字显示调节仪	(120)
4.4	XMT-192型数字显示调节仪	(129)
4.5	XMD-12型数字显示巡检仪	(135)
4.6	无触点数字显示巡检仪	(141)
5	数字显示调节仪表应用实例	(149)
5.1	XMZA-105K型仪表的应用实例	(149)
5.2	带外电源的XMZB-105型仪表的应用实例	(151)
5.3	XMTA-122型仪表的应用实例	(151)
5.4	XMT-141型仪表的应用实例	(152)
5.5	位式调节仪表的应用	(153)
附录 I	思考题与习题	(158)
附录 II	数字温度指示仪检定规程	(164)
附录 III	常用元器件技术数据	(177)
附录 IV	典型仪表的外形	(202)

1 概 述

数字显示仪是一种具有模/数转换器并以十进制数码形式显示被测量值的仪表,仪表内部再配置某种调节电路或控制机构就成为数字显示调节仪。人们习惯上将各种不同功能的数字显示调节仪通称为数显仪表。

数显仪表的发展已有数十年的历史。自从英特希尔 (INTER-SIL) 公司率先推出单片集成电路 $3\frac{1}{2}$ 位模/数转换器以来,仪表的结构和性能有了新的突破:线路得以简化,精度显著提高,仪表的可靠性也大大增强。微电子技术的迅速进展和新型半导体器件的不断出现,更使其功能日臻完善。数字显示调节仪正以其明显的优越性冲击着传统的模拟仪表,并逐渐取而代之。

数字显示调节仪表能与多种传感器配合,对工业生产过程的温度、压力、流量、液位等各种工艺参数及电流、电压等电工量进行数字显示,并可进行巡回检测、越限报警和实现生产过程的自动控制。它能广泛地取代指针式电流电压表、动圈式指示调节仪及各种简易调节器,应用于石油、化工、冶金、电力、轻工、纺织、医药、食品等工业部门。

数字显示调节仪表按其结构可分为带微处理器和不带微处理器的两种类型,本书主要阐述不带微处理器的简易型数字显示调节仪表。

1.1 数字显示调节仪表的特点和组成

1.1.1 数字显示调节仪表的特点

数字显示调节仪表得到如此广泛的应用,主要是由于它具有以下特点:

(1) 用数码管和光柱显示测量值或偏差值, 直观明了, 读数方便, 无视差;

(2) 表内普遍采用中、大规模集成电路, 线路简单, 可靠性好, 耐振性强。由于采用先进的CMOS模/数(A/D)转换器、线性集成电路和半导体发光器件(LED), 所以电路稳定、寿命长、耗电省, 使用、维修方便;

(3) 仪表采用模块化设计方法, 即不同品种的数字显示调节仪, 都是由为数不多的、功能分离的模块化电路组合而成。这不仅有利于制造厂实现流水线生产, 降低生产成本, 而且便于调试和维修;

(4) 仪表品种繁多, 配接灵活。仪表内设置不同的变换电路, 即可输入不同类型的测量信号, 而配置不同的调节电路, 则可输出多种控制动作和报警信号;

(5) 与热电偶配套或与热电阻温度计配套的仪表均具有线性化电路。前者还具有冷端温度补偿的功能, 后者考虑了外线电阻的补偿, 因而仪表的测量精度较高。在与差压变送器连用的仪表中配置了开方运算电路, 从而使仪表可直接显示流量值;

(6) 仪表除具有显示、调节和报警功能外, 还可用作变送器, 输出统一标准的电流信号(0~10mA DC或4~20mA DC);

(7) 船用型仪表能耐受振动、盐雾等恶劣环境; 耐大气腐蚀型仪表允许在环境污染严重的场所使用;

(8) 仪表外形尺寸和开孔尺寸均按国家标准或国际IEC标准设计。

1.1.2 数字显示调节仪表的组成

数字显示调节仪表包括信号变换电路、放大电路、非线性校正或开方运算电路、A/D转换和驱动器、标度变换电路、光柱电平驱动电路、电压/电流(V/I)转换器以及各种调节电路。其构

成原理如图1.1.1所示。

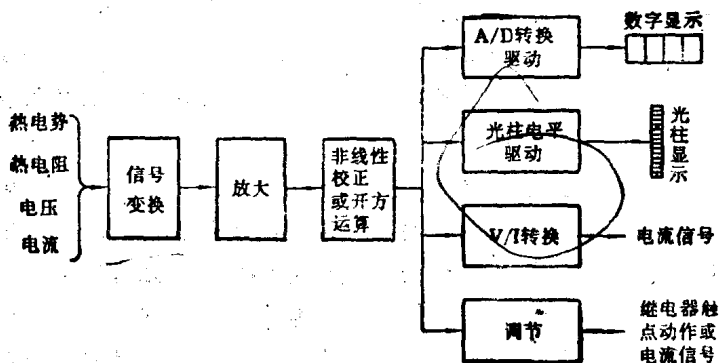


图 1.1.1 数字显示调节仪表构成原理

信号变换电路是将来自各种检测元件或变送器(例如热电偶、热电阻、霍尔压力变送器、差压变送器等)及电压、电流信号转换成一定范围的电压值。仪表具有多种信号变换模块,以便与不同类型的输入信号相配接。

放大电路是将热电偶的热电势或其它毫伏信号放大到伏级的幅度,以便使线性化电路或 A/D 转换器能正常工作。

非线性校正(即线性化)电路的作用是克服测温元件(热电偶、热电阻)的非线性特性,以提高仪表的测量精度;开方运算电路的作用是将差压信号转换成流量值。

A/D 转换和驱动器的任务是使连续变化的模拟量转换成断续变化的数字量,再加以驱动,以便直接点燃数码管进行数字显示。数显仪表通常采用 $3\frac{1}{2}$ 位或 $4\frac{1}{2}$ 位的 CMOS A/D 转换芯片。

标度变换电路的作用是对被测信号进行量纲运算,从而使仪表能以绝对值形式真实地显示被测参数的大小。标度变换的功能可由模/数转换的模块来完成,也可以另设电路。

光柱电平驱动电路是将信号与一组基准值比较,驱动一列半

导体发光管，使被测值以光柱形式进行显示。

V/I转换器的作用是将电压信号转换成统一标准的直流电流信号0~10mA DC或4~20mA DC，从而使该系列仪表能同电动单元组合仪表、可编程调节器以及其它可接受标准电流信号的仪表或计算机控制装置连用。

调节电路接受偏差信号，并按一定规律运算后，输出断续的（继电器触点动作）或连续的（直流电流）控制信号。其调节方式有位式、时间比例和比例微分积分（PID）等几种。

以上这些电路是仪表功能部件的基本单元，即由其中的一个或几个电路构成仪表的模块，将几个模块组装起来便成为一台完整的数字显示调节仪。

1.2 数字显示调节仪表的分类和命名

1.2.1 数字显示调节仪表分类

我国数字显示调节仪表的生产经过近十年的努力，品种规格已趋于齐全。按仪表功能可分为显示型、显示报警型、显示调节型和巡回检测型四种，其外形图见附录4。

显示型仪表常与热电偶、热电阻和辐射感温器配合，用来测量、显示温度；若与霍尔效应式压力变送器或电阻应变压力传感器配合，可用来显示压力；若与差压变送器配合，可用来显示差压或流量。

显示报警型仪表与变送器配合，除可显示各种参数外，也用作有关参数的越限报警。

显示调节型仪表除具有测量、显示功能外，还可将工艺参数控制在规定的范围之内。这类仪表的调节方式有以下几种：继电器接点输出的二位调节、三位（狭中间带和宽中间带）调节，时间比例调节，连续PID调节。

巡回检测型仪表定时地对各路信号进行巡回检测和显示。

1.2.2 数字显示调节仪表型号命名法

数字显示调节仪表的型号一般有三节：第一节有三位，以大写汉语拼音字母表示仪表的名称和类型。第二节由若干位拼音字母组成，表示仪表的某些附加功能和结构特点。第三节由三位阿拉伯数字和一位拼音字母组成，其中，第一位通常为1，表示一个被测量；第二位表示调节方式；第三位表示配接的检测元件或传感器、变送器的类型；拼音字母表示仪表的适用场合。仪表型号及其所表示的意义见表1.2.1所示。

型号示例：

XMTAJ-122表示数字显示调节仪，带变送输出，面板尺寸为96mm×96mm，三位调节，配接热电阻。

表 1.2.1 数字显示调节仪型号命名

第一节	第一位	代号	X									
		意义	显示仪表									
	第二位	代号	M									
		意义	模拟输入数字式									
第三位	代号	Z	T		B		D					
	意义	显示仪	显示调节仪		显示报警仪		巡回检测仪					
第二节	若干位	代号	A		B		G		J		H	
		意义	带变送输出		外供24V电源		72×72(mm)面板尺寸		96×96(mm)面板尺寸		竖式面板(80×160)	
第三节	第一位	代号	1					2				
		意义	显示一个被测变量					显示二个被测变量				
	第二位	代号	0	1	2	3	4	6	9			
		意义	对XMZ无意义 对XMT为二位调节	三位调节 (狭中间带)	三位调节 (宽中间带)	时间比例调节	时间比例 调节加二位 调节	连续PID 加二位调 节	连续PID 调节			

续表

第 三 位	代 号	1	2	3	4	5	6
	意 义	配接热 电偶或 辐射感 温 器	配接热 电 阻	配接霍 尔压力 变送器	配接电阻 远 传 压 力 计	输入电 流电压 信 号	配接半导 体热敏电 阻传感器
第 四 位	代 号	C		F		K	
	意 义	船 用		耐 大 气 腐 蚀		开 方	

1.3 主要技术指标

(1) 显示方式 $3\frac{1}{2}$ 位或 $4\frac{1}{2}$ 位LED数码管显示, 最大读数范围为 $-1999\sim+1999$ 或 $-19999\sim+19999$ (计量单位任选);

(2) 分辨率 末位1个字;

(3) 精度等级 0.5级或0.2级;

(4) 采样速度 3次/s;

(5) 输入信号 热电偶有E、K、S、B、T型等; 热电阻有Pt10、Pt100、Cu50、Cu100型; 辐射感温器为F₂型; 霍尔压力变送器为0~20mV; 电阻远传压力计有YTZ-150、YCD-150、YTWR-150型; 电流、电压输入信号有0~10mA DC、4~20mA DC、0~5V DC、1~5V DC等;

(6) 外接和外线电阻 热电偶型表外接电阻不大于100Ω; 热电阻型表外线电阻允许0~5Ω(两根导线电阻之差不大于基本误差的1/10);

(7) 输出方式 变送输出: 0~10mA DC(负载电阻1kΩ)或4~20mA DC(负载电阻500Ω), 当负载电阻在0~1kΩ(0~10mA信号制)和0~500Ω(4~20mA信号制)范围内变化时, 输出变化不大于量程的0.5%; 继电器接点输出: 容量, 交流3A、220V(无感负载);

(8) 巡检仪自动切换周期 $10\pm 2s$;

(9) 控制点偏差 $\pm 0.5\%$;

(10) 设定范围 上、下限设定范围均为量程的0~100%，但下限设定值不得大于上限设定值；

(11) 时间比例调节 比例带范围为2%~20%，连续可调；调节周期为 $40 \pm 10\text{s}$ ；

(12) 连续PID调节 比例度(带)约2.5%；积分时间约4min；微分时间约1min；输出电流信号为0~10mADC或4~20mADC；

(13) 正常工作条件 温度 $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度 $\leq 90\%$ (耐大气腐蚀型为 $\leq 95\%$)；大气压力86~106kPa；

(14) 电源电压 $220\text{V}^{+10\%}_{-15\%}$ ， $50 \pm 2\text{Hz}$ ；

(15) 功耗 显示型 $\leq 5\text{VA}$ ；调节型 $\leq 8\text{VA}$ ；

(16) 外界对仪表技术指标的影响 电源电压变化 $+10\%$ 、 -15%

时，示值变化不大于量程的0.25%；共模干扰电压为250V时，示值变化不大于量程的0.5%；串模干扰电压为50mV时，示值变化不大于量程的0.5%；交流外磁场为400A/m时，示值变化不大于量程的0.25%；外线电阻变化时，示值变化不大于量程的0.25%；环境温度在 $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$ 范围内，每变化 10°C ，示值变化不大于量程的0.25%。

2 电路基础

一台完整的数字显示调节仪包括多种模拟电路和数字电路，其中运算放大器和A/D转换器是完成信号处理、模/数转换、调节报警等功能的主要器件。运算放大器担负着放大、运算、比较和驱动等任务；A/D转换器则将模拟输入信号转换成数字量。本章着重阐述这两种器件的特性、原理、参数及使用。

2.1 运算放大器

运算放大器实质上是一种高性能的直接耦合放大器，它在测量技术、自动控制、仪器仪表等领域均有十分广泛的应用。运算放大器按结构形式可分为分立型和集成型两种。集成型器件发展极为迅速，仪表中现大多使用集成运算放大器。

2.1.1 运算放大器符号及主要参数

运算放大器的符号如图2.1.1所示。

它有两个输入端和一个输出端。在两个输入端中，一个称为同相输入端，用符号(+)表示；另一个为反相输入端，用符号(-)表示。信号从同相端输入时，输出信号与输入信号的相位差为零，即同相位；信号从反相端输入时，输出信号与输入信号相位相差 180° ，即反相位。如果在同相端和反相端均输入信号，则输出与输入满足以下关系式：

$$V_o = A_o (V_p - V_n)$$

其中， A_o 是放大器的电压增益。

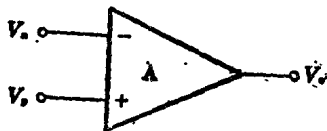


图 2.1.1 运算放大器符号

(2.1.1)

集成运算放大器（简称集成运放）性能的好坏，可用一系列的参数来衡量，这些参数是选择集成运放的依据。下面仅对集成运放的一些主要参数进行简要的介绍。

A 开环电压增益 A_o

运算放大器在不加反馈时的输出电压增量（ ΔV_o ）与输入差值电压增量（ ΔV_i ）之比称为开环电压增益，用 A_o 表示：

$$A_o = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} \quad (2.1.2)$$

如果用分贝表示，则

$$A_o (\text{dB}) = 20 \log \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i}$$

开环电压增益是集成运放的重要参数之一。开环增益越大越好，其值一般为70~120dB。

B 输入失调电压 V_{os}

对于实际的运算放大器，当输入信号为零（两个输入端都接地）时，输出端电压不一定为零。我们称输入为零时的输出电压为输出失调电压。把输出失调电压换算到输入端，即除以开环电压增益，就是输入失调电压，用 V_{os} 表示。输入失调电压也可以这样定义：即在运算放大器输入端外加一直流补偿电压使放大器输出电压为零，此时外加的直流补偿电压就是输入失调电压。

C 输入偏置电流 I_{iB}

在零输入（两个输入端都接地）时，运算放大器两个输入端的静态偏置电流（ I_{B1} 、 I_{B2} ）的平均值称为输入偏置电流，以符号 I_{iB} 表示：

$$I_{iB} = \frac{1}{2} (I_{B1} + I_{B2}) \quad (2.1.3)$$

输入偏置电流是集成运放的重要参数之一，它能反映放大器动态输入电阻的大小。 I_{iB} 越小，输入电阻越大。

D 输入失调电流 I_{os}

对于实际的运算放大器，由于输入级不可能完全匹配，因而两个偏置电流也不相等。定义零输入时两个输入偏置电流之差为输入失调电流，即

$$I_{os} = |I_{B1} - I_{B2}| \quad (2.1.4)$$

E 输入失调电压温漂 $\frac{\partial V_{os}}{\partial T}$ 和电流温漂 $\frac{\partial I_{os}}{\partial T}$

对于实际的运算放大器，即使将输入端接地，输出电位也会随时间而变，这种现象称零点漂移。零点漂移可分为温度漂移和时间漂移。由于前者与放大器本身特性有关，而后者主要取决于外界条件，所以一般只给出温度漂移。

在规定的环境温度范围内，单位温度变化所引起的输入失调电压变化量称为输入失调电压温漂，以符号 $\frac{\partial V_{os}}{\partial T}$ 表示；把单位温度变化所引起的输入失调电流的变化量称为输入失调电流温漂，以符号 $\frac{\partial I_{os}}{\partial T}$ 表示。

F 共模抑制比 CMRR

定义两个输入信号的平均值为共模输入信号，以 V_{cm} 表示：

$$V_{cm} = \frac{1}{2} (V_a + V_b)$$

其差 ($V_a - V_b$) 称为差模信号。

一个实际的运算放大器，当加以共模信号时，输出端也有被“放大”了的共模信号输出。共模信号的电压增益称为共模增益 A_{cm} ，差模信号的电压增益称为差模增益（即开环增益 A_o ）。差模增益与共模增益之比称为共模抑制比，以 CMRR 表示：

$$CMRR = \frac{A_o}{A_{cm}} \quad (2.1.5)$$

如果用分贝表示，则