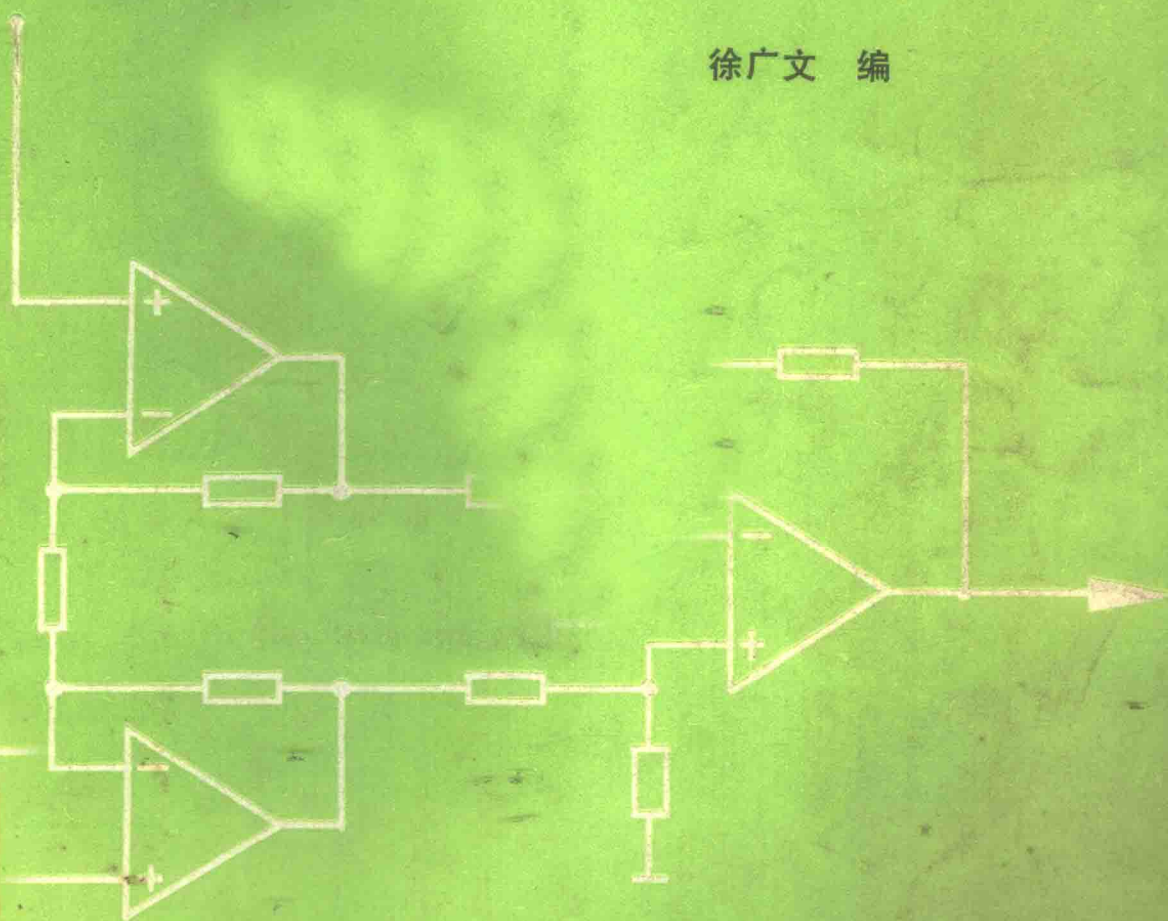


——粮油工业——

电子技术 检测应用

徐广文 编



四川科学技术出版社

——粮油工业——

电子技术检测应用

徐广文 编

四川科学技术出版社

一九八八年十二月

电子技术检测应用

徐 广 文 编

四川科学技术出版社出版、发行

(成都盐道街3号)

四川省新华书店经销

郑州粮食学院印刷厂印刷

ISBN 7—5364—0908—7/TN·45

开本787×1092毫米 1/16 印张19.5 字数460千字 印数1—4000

1988年12月第1版

1988年12月第1次印刷

定价：5.10元

内 容 简 介

全书共八章，分别讨论了电子技术在温度、水分、湿度、流量、物位、力、位移、振动、电子称重等物理量检测和控制方面的应用，并介绍了微机在检测方面的应用成果。在编写中，对电子检测原理的叙述力求简明，重点讨论检测方法、信号转换和对电路的分析。对物理量的电子检测方法和应用电路的选择力求先进、典型、实用。在选材上，以粮油工业电子技术检测应用的内容为主，并广泛联系到食品、饲料、化工、冶金、机械等工农业生产中的电子检测技术。对电子技术在检测中的应用和发展会起到一定的促进作用。

本书能为粮油、食品、饲料等工农业部门和科研单位从事检测技术、电子应用技术的工程技术人员提供有益的知识、数据和资料；还可以作为大、中专院校师生学习有关课程的教材和参考书。

前 言

检测技术应用十分广泛，不仅应用于物理量的检测，而且应用于化学、生物量的检测，在工农业生产和科学实验中起着重要的作用。努力采用先进的检测技术，已成为提高产品质量和增加经济效益的重要手段。

电子技术应用于检测，是电子技术发展的方向之一。对于检测信号的转换、放大、处理、显示和控制，电子技术都占有重要地位。为了促进电子检测技术的发展，从实际需要出发，在实验的基础上，收集整理了电子技术在温度、水分、流量、物位、称重等常用物理量检测中应用的资料，不仅包括了粮油工业实用电子检测技术，而且广泛涉及到食品、饲料、医药、化工、冶金、机械等工农业生产中的电子检测技术，编写成《电子技术检测应用》一书。

在本书编写和出版过程中，得到郑州粮食学院张根旺副院长和教务处、基础部等单位领导同志的大力支持和协助；沈紫莱副教授、成连庆讲师审阅了书稿，提出了许多宝贵的意见；余森副编审对全书作了编辑加工；李玲工程师为本书绘制了插图；朱永义副教授为本书出版给予了热情帮助。对此，一并表示衷心感谢。

本书通过检测原理的探讨和典型实例的介绍，希望能为读者提供电子技术检测应用的有关知识和资料，为电子技术的应用和发展起到一定的促进作用。但由于水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

1988年12月

目 录

第一章 温度测量和控制	1
第一节 常用温度计的分类	1
一、温度计分类	1
二、玻璃温度计	2
三、压力式温度计	4
四、双金属温度计	4
五、热电偶	5
第二节 热电阻	6
一、铜热电阻	7
二、热敏电阻	8
三、硅PN结感温元件	10
第三节 测温电桥	11
一、惠斯登电桥	11
二、电桥的灵敏度	12
三、用非平衡电桥测量温度	12
四、热敏电阻测温桥路	14
第四节 测温比率表和测温毫伏表	15
一、测温比率表工作原理	15
二、比率表接线方法及使用	17
三、测温毫伏表	17
第五节 热敏电阻线性化处理	18
一、算术平均法	18
二、拐点法	21
第六节 分级电压比较式温度数字转换电路	22
一、工作原理	22
二、桥臂电阻和数模网络电阻的选择	23
三、检零比较器	25
四、时钟脉冲源	26
五、计数器	27
六、数模转换网络	28
七、主要误差分析	29
第七节 $3\frac{1}{2}$ 位数字温度控制测量电路	30

一、温度测量部分·····	30
二、温度控制部分·····	32
三、报警电路·····	32
四、用硅PN结传感器的恒流源电路·····	32
第八节 温度控制电路·····	35
一、电接点式水银温度计恒温控制电路·····	35
二、热敏电阻温度控制器·····	36
三、调节式测温毫伏计·····	38
第二章 水分测量和控制 ·····	39
第一节 电阻式水分测量电路·····	39
一、工作原理·····	39
二、差动式水分测量电路·····	41
第二节 电容式水分测量电路·····	42
一、LC振荡电容式测水电路·····	42
二、脉冲式水分测量电路·····	43
三、脉冲桥式水分测量电路·····	43
四、薄膜电容式数字测湿电路·····	44
第三节 微波式水分测量仪·····	46
一、微波的特性·····	46
二、空间波式水分测量仪·····	47
三、用微波加热装置测量含水量·····	49
第四节 湿度测量和控制·····	49
一、湿敏电阻式湿度测量电路·····	50
二、氯化锂湿度测量电路·····	51
三、碳湿敏电阻湿度计·····	51
四、湿敏电阻式湿度控制器·····	52
五、DL302型调湿系统·····	53
六、测湿、控湿系统·····	54
第五节 湿敏传感器·····	55
一、电阻式湿敏传感器·····	55
二、电容式湿敏传感器·····	56
第三章 电子技术在流量测量中的应用 ·····	59
第一节 流量仪表的分类·····	59
一、流量仪表的分类方法·····	59
二、差压流量计·····	59

三、靶式流量计·····	60
四、容积式计量表·····	62
第二节 转子流量计远传电路·····	63
一、转子流量计的工作原理·····	64
二、玻璃管转子流量计·····	65
三、指示型金属管转子流量计·····	65
四、电远传金属管转子流量计·····	66
第三节 涡轮流量计指示积算电路·····	68
一、变送器的结构和工作原理·····	68
二、流量指示积算电路·····	69
第四节 电磁流量计变送转换器·····	69
一、电磁流量变送器·····	70
二、转换器·····	71
第五节 超声波流量计·····	73
一、超声波的基本特性·····	74
二、时差法·····	74
三、相位差法·····	75
四、频差法·····	76
五、新型超声波流量计·····	76
第四章 电子技术在物位测量中的应用·····	78
第一节 物位测量仪表的分类·····	78
一、物位测量的特点·····	78
二、物位仪表的分类·····	79
第二节 电阻式物位测量电路·····	82
一、连续测量液位的电阻式液位计·····	82
二、电阻式物位定点控制器·····	83
第三节 电容式物位测量电路·····	86
一、电容式物位计的种类·····	86
二、电容式物位计的测量电路·····	89
三、电容式物位定点控制器·····	89
第四节 声波式物位仪·····	91
一、声波的发射与接收·····	92
二、超声波物位讯号器·····	93
三、连续测量声波式物位计·····	95
第五节 机电式物位测量仪·····	97
一、阻旋式物位计·····	97

二、重锤式料位计·····	97
---------------	----

第五章 检测系统常用元器件····· 99

第一节 光电元件····· 99

一、光敏晶体管·····	99
二、光电池·····	100
三、光电耦合器·····	101
四、光电元件在控制电路中的应用·····	104

第二节 基本逻辑门电路····· 105

一、逻辑门电路·····	105
二、二极管—晶体管逻辑门电路·····	109
三、晶体管—晶体管逻辑门电路·····	109
四、射极耦合逻辑门电路·····	111
五、MOS型数字电路·····	112
六、逻辑门电路的应用举例·····	113

第三节 基本逻辑部件····· 117

一、计数器·····	117
二、数码寄存器·····	118
三、移位寄存器·····	120
四、译码器·····	122

第四节 集成运算放大器····· 124

一、集成运算放大器的基本技术指标·····	125
二、集成运算放大器的基本组成部分·····	127
三、集成运算放大器的应用·····	130

第五节 集成化稳压电源····· 131

一、直流稳压电源的组成·····	131
二、5 G14型集成稳压电源的工作原理·····	133
三、5 G14型扩大输出电流电路·····	134

第六节 继电器····· 135

一、电磁式继电器·····	135
二、时间继电器·····	136
三、干簧继电器·····	138

第七节 电动执行器件····· 139

一、伺服电动机·····	139
二、微型同步电动机·····	141
三、步进电动机·····	142
四、电磁阀·····	144

第八节 显示器件.....	145
一、冷阴极辉光放电数码管.....	146
二、字段数码管.....	147
三、液晶数码显示器.....	148
四、等离子显示板.....	149
第六章 巡回检测系统.....	150
第一节 采样器.....	150
一、采样切换元件.....	151
二、采样矩阵.....	151
三、采样控制电路.....	153
四、无触点电子开关采样器.....	154
五、人工选点采样.....	156
第二节 数字—模拟转换电路.....	157
一、权电阻解码网络.....	157
二、T型解码网络.....	160
三、串行数模转换器.....	163
第三节 模拟—数字转换电路.....	165
一、逐位逼近型模数转换电路.....	165
二、并行比较型模数转换电路.....	167
三、反馈比较型模数转换电路.....	169
四、双积分式电压数字转换电路.....	171
第四节 集成模数转换器.....	175
一、集成模数转换电路.....	175
二、集成数模转换电路.....	180
第五节 报警电路.....	181
一、数字报警电路.....	181
二、灯光记忆电路.....	183
三、音响报警电路.....	184
第六节 脉冲源、分组电路和自检电路.....	186
一、脉冲源.....	186
二、分组电路.....	187
三、自检电路.....	187
四、巡回检测仪的调试和维修.....	187
第七章 机械量的电测量方法.....	189
第一节 位移的电测量法.....	189

一、电阻式传感器测量位移·····	189
二、电感式传感器测量位移·····	191
三、电容式传感器测量位移·····	193
四、旋转变压器式角位移传感器·····	195
五、微动同步器式角位移传感器·····	196
第二节 力的电测量法·····	196
一、利用压磁效应测量力·····	197
二、利用电阻应变效应测量力·····	199
三、利用压电效应测量力·····	202
第三节 机械振动的电气测量法·····	204
一、磁电式速度测振传感器·····	204
二、电阻应变式测振传感器·····	206
三、压电式加速度测振传感器·····	207
第四节 机械电气式自动秤·····	210
一、光电控制自动秤·····	210
二、干簧管控制式自动称量·····	211
三、码盘式电子秤·····	213
第五节 电子秤·····	214
一、压磁式电子秤·····	215
二、电阻应变式电子秤·····	216
第六节 皮带式电子秤·····	223
一、皮带电子秤工作原理·····	223
二、秤架结构和传感器·····	225
三、皮带电子秤的信号处理·····	228

第八章 微型计算机在检测中的应用····· 232

第一节 微机的基本结构·····	233
一、电子计算机的基本组成·····	233
二、微机的基本结构·····	234
三、微机软件·····	235
四、微机的简单工作原理·····	236
第二节 微处理器的分类和选择·····	240
一、微处理器的分类·····	240
二、典型微处理器的基本结构和主要性能·····	241
三、微处理器的选择·····	245
第三节 存贮器·····	246
一、半导体存贮器的组成·····	246

二、半导体存贮器的分类·····	247
三、外存贮器·····	248
第四节 外部设备的接口·····	249
一、外部设备·····	250
二、接口的组成和功能·····	251
三、外部设备的管理方式·····	252
第五节 微机指令的分类·····	254
一、指令的基本格式·····	255
二、寻址方式·····	256
三、基本指令的分类·····	257
第六节 程序设计的基本方法·····	258
一、程序设计的步骤·····	259
二、程序的分块结构·····	259
三、流程图·····	260
第七节 微机在数据采集系统中的应用·····	262
一、数据采集系统基本工作原理·····	262
二、多路采集数据通道接口设置·····	264
三、报警控制器与接口电路·····	265
四、数据采集系统的程序设计·····	267
五、快速多路数据采集装置·····	269
第八节 微机在测量控制系统中应用举例·····	272
一、温度测量控制系统·····	272
二、制粉中小麦自动着水控制系统·····	275
三、微机用于保温瓶胆的检验·····	276
四、面粉厂生产指标的微机检测系统·····	281
第九节 微机在统计管理系统中应用举例·····	283
一、微机文件管理系统·····	283
二、订货合同微机管理系统·····	286
第十节 微机在检测仪器中应用举例·····	289
一、微机在7501型直读光谱仪中的应用·····	289
二、带有微处理器的B605电桥·····	292
主要参考文献·····	297

第一章 温度测量和控制

在冶金、化工、纺织、粮油食品、植物栽培等工农业生产过程中，温度常常是需要测量和控制的重要参数之一。例如，一些金属、一些化工产品是在恒温下生成的，不但需要准确地测定温度，而且需要严格地控制温度。

温度是表示物体冷热程度的物理量，用来衡量温度的标尺是温标，它是利用物质的温度特性实现温度的定量测量的。在国际上有摄氏温标、华氏温标和热力学温标等。

摄氏温标 ($^{\circ}\text{C}$)：摄氏温标是利用水银的体积膨胀随温度成线性关系制成的。分度的方法，是把在标准大气压下冰的融点定为零度 (0°C)，把水的沸点定为100度 (100°C)，在这两个固定点之间划分为一百个等份，每一等份为摄氏一度。这就是百度摄氏温标。

华氏温标 ($^{\circ}\text{F}$)：华氏温标选用的测温物质也是水银，它规定在标准大气压下冰的融点为 32°F ，水的沸点定为 212°F ，两个固定点之间划分为180个等份，每一等份为华氏一度，它与摄氏温标的关系为 $F = (1.8t + 32)^{\circ}\text{F}$ ，式中 t 为摄氏温标的读数。

热力学温标 (K) 和国际实用温标：热力学温标是以热力学第二定律为基础的，规定分子运动停止时的温度为绝对零度，这是从理论中推导出的，难以付诸实用。因此，制定出接近热力学温标的国际实用温标。

国际实用温标 (IPTS) 是通过多次国际权度大会逐渐修改完善的。1968年制定的国际实用温标，可以用来测定任何温度，其数值非常接近相应的热力学温度，而且又具有较高的复现性。热力学温度 (T) 是基本的物理量，其单位为 K ，定义水三相点的热力学温度为 273.16K ，它和摄氏温标的关系为 $T = (t + 273.16)\text{K}$ 。

由于测温、控温的重要性，使得测温技术得到迅速发展，其中带有电子线路的测温装置、数字测温、控温仪表的应用也日益普遍。

第一节 常用温度计的分类

表示物体冷热程度的量是温度，而温度参数是不能直接测量的。一般是根据物质的某些特性值与温度之间的函数关系，通过对这些特性参数的测量去间接地获得。

测量温度的方式分为接触式和非接触式两大类。所谓接触式，是指将事先标定好的温度计和被测物体相接触，经长时间热量交换达到热平衡，两个互为热平衡的物体温度是相等的，这种测温方式为接触式测温。非接触式，是选为标准的温度计与被测物体相互不接触，而利用热辐射或其他特性来实现测温。粮油、食品温度的测量现都是采用接触式的测量方式。

一、温度计分类

常用温度计按其测温原理可分为热膨胀、热电阻、热电偶和热辐射四种类型，如表 1—1

表 1—1

常用温度计分类

接 触 式	热膨胀	固体的膨胀：双金属温度计 液体的膨胀：玻璃温度计 气体的膨胀：压力式温度计
	热电阻	金属热电阻：铜、铂、镍热电阻等 半导体热敏电阻：锗、硅、氧化物热敏电阻等
	热电偶	廉金属热电偶：铜—康铜、镍铬—镍硅、镍铬—考铜热电偶 贵金属热电偶：铂铑 ₃₀ —铂铑 ₆ 、铂铑 ₁₀ —铂热电偶等 难熔金属热电偶：钨钼系、钨钨系等 非金属热电偶：石墨系、硅化物系、碳化物—硼化物系等
非 接 触 式	热辐射	辐射法：辐射温度计、部分辐射温度计 亮度法：光学高温计 比色法：比色温度计

所示。

表 1—1 中所列各种类型的温度计，其测温范围也不相同，如图 1—1 所示。

二、玻璃温度计

玻璃温度计是直接显示温度的测量仪表，测量范围为 $-80 \sim +600^{\circ}\text{C}$ ，特点是结构简单，精度较高，直接读数，使用方便，价格便宜；缺点是易损坏。

1. 玻璃温度计的结构

玻璃温度计的结构形式很多，可归纳成棒式、内标式、电接点式和带有金属保护管式。

棒式玻璃温度计是将标尺直接刻在厚壁毛细管的外表面，它是由感温泡、感温液体、标尺、毛细管、安全泡五个部分组成。直径为 $6 \sim 8 \text{ mm}$ ，长度分 250、280、300、420、480 mm 五种。

内标式玻璃温度计是将

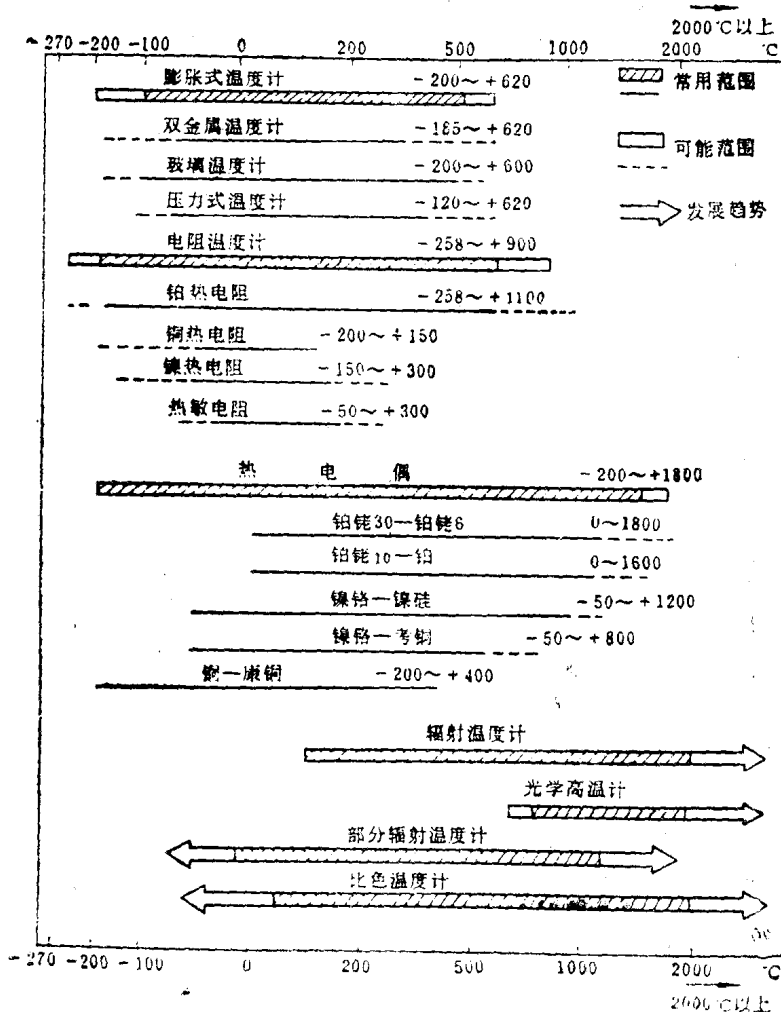


图 1—1 常用温度计的测温范围

测量毛细管和标尺封闭在玻璃套管中，分度线刻在标尺板上，它紧贴在测量毛细管的后面，结构如图 1—2 所示。它的下体形状分为直形 (a)、135° 角形 (b) 和直角形 (c) 三种。

电接点式玻璃温度计可以在某一温度点上接通或断开，它与水银断电器或其他电子继电器等装置配套使用，可以用来对某一温度点进行传递信号、报警或实现二位控制。

电接点式玻璃温度计分工作接点固定在某一规定温度点上和工作接点可以在标尺范围内任意调节两种，结构分别如图 1—3 和图 1—4 所示。

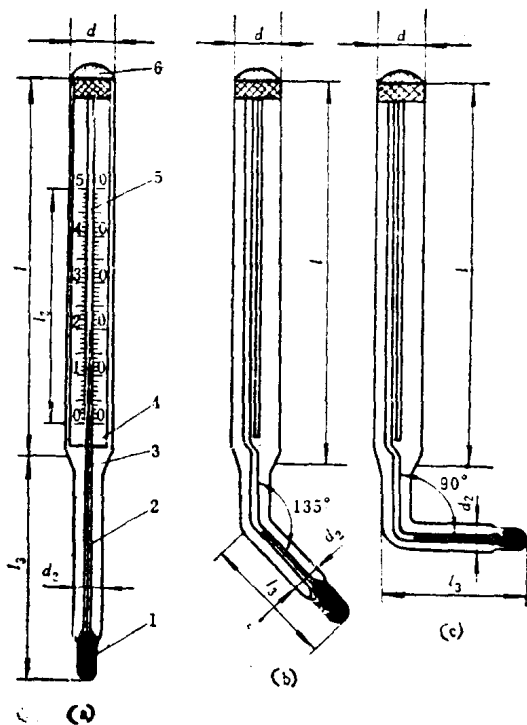


图 1—2 玻璃温度计的结构

(a) 直形 (b) 角形 (c) 直角形

1—感温泡；2—感温液体；3—套管；
4—标尺；5—毛细管；6—封口

图 1—3 电接点式玻璃温度计

1—感温泡；2—感温液体；
3—毛细管；4、5—接线端

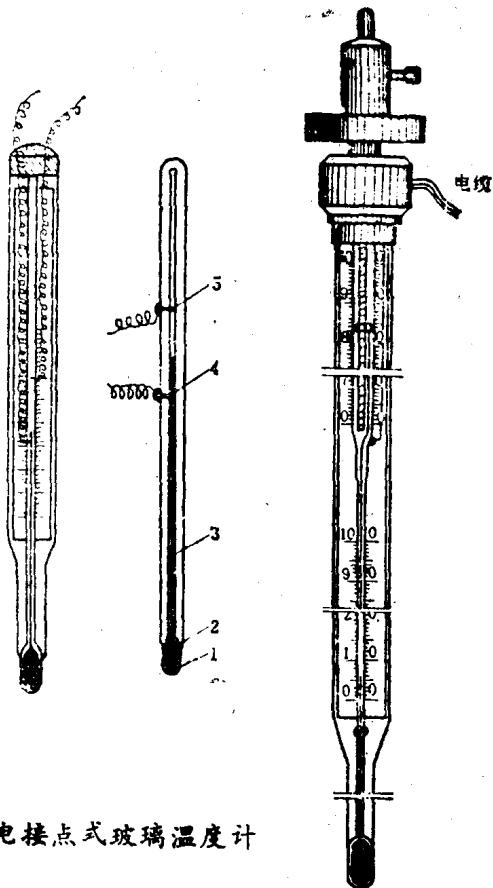


图 1—4 可调电接点式玻璃温度计

带有金属保护管的玻璃温度计是为了防止玻璃温度计受到机械损伤，而设计了金属保护管，作为保护装置。

2. 玻璃温度计的工作原理

玻璃温度计是利用感温液体、水银、酒精等受热体积膨胀的原理来进行温度测量的。当感温泡与被测量物体接触进行热交换时，感温液体开始膨胀（或收缩），沿着毛细管上升（或下降）。待热平衡后，可以直接显示温度的高低。

感温液体的热膨胀规律通常可以用下式表示：

$$V_{t_2} = V_{t_1} + (t_2 - t_1) \alpha V_{t_1}$$

(1-1)

式中： α —感温液体的体膨胀系数；

V_{t_1} —感温液体在温度 t_1 时的体积；

V_{t_2} —感温液体在温度 t_2 时的体积。

由于玻璃泡本身体积也受温度的影响，因此，在设计制造时已将玻璃的体积膨胀系数一并考虑进去。

三、压力式温度计

压力式温度计也属于膨胀式温度计，它的测量范围为 $-100 \sim +600^\circ\text{C}$ 。

压力式温度计具有远传（60m之内）、刻度清晰、结构简单、成本较低等特点，但响应时间较长，测量精度不高。

压力式温度计可分为充气、充液和充蒸发液体三种。

1. 压力式温度计的结构

指示压力式温度计主要由密闭温度测量系统和指示仪表两部分组成，如图1-5所示。

温泡是直接和被测物体相接触的感温元件，一般由黄铜或紫铜制成。毛细管是用来作为温泡与弹簧管之间的连接和传递压力的导管，弹簧管将测量系统内压力变化转换为自由端的位移，并带动指针转动，显示出温度值。

2. 压力式温度计的工作原理

密闭系统内气体、液体或饱和蒸汽的压力，与温度有着一定的函数关系。压力式温度计就是利用这个原理制造的。例如充气式压力温度计，根据查理定理，一定质量的气体，在体积不变的过程中，压力 P 与绝对温度成正比，可以写成：

$$P_t = P_0 [1 + \alpha (t - t_0)] \quad (1-2)$$

式中： α —气体的膨胀系数；

P_0 —密闭系统内气体在温度 t_0 时的压力；

P_t —密闭系统内气体在温度 t 时的压力。

虽然密闭系统内不是理想气体，但 P 基本与温度成线性关系。

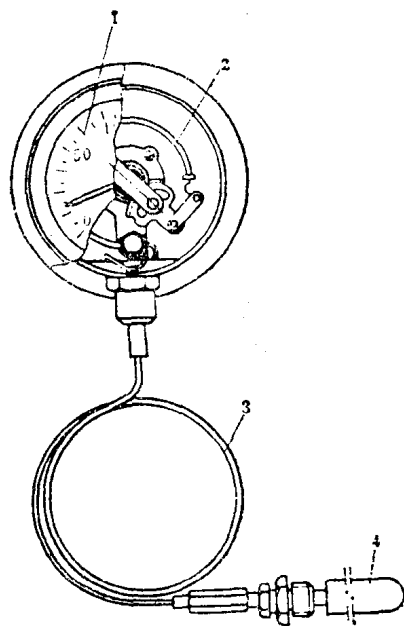


图1-5 压力式温度计的结构

1—指示仪表部分； 2—弹簧管；

3—毛细管； 4—温泡

四、双金属温度计

双金属温度计是膨胀式温度计的一种，它的测温范围为 $-80 \sim +600^\circ\text{C}$ 。

双金属温度计具有结构简单、性能可靠、指示清晰等特点，并有一定的耐振性能。

1. 双金属温度计的结构

双金属温度计是利用两种组合金属的膨胀系数不同而设计制造的。它的感温元件通常绕

成直螺旋形或平螺旋形，如图 1—6 所示。一端固定，另一端为自由端连接指针轴。当温度变化时，由于双金属受到温度的作用，使感温元件的曲率产生变化，通过轴带动指针偏转，在刻度盘上直接显示出温度的变化值。

2. 双金属温度计的工作原理

双金属温度计由两层膨胀系数不同的金属片彼此牢固组合在一起，如图 1—7 (a) 所示。膨胀系数大的一层 1 为主动层，膨胀系数小的一层 2 为被动层，双金属片一端固定。当温度升高时，主动层 1 膨胀系数比被动层 2 大，相互作用，产生了组合力矩，使双金属片引起弯曲，如图 1—7 (b) 所示。如果双金属片材料一定，则其弯曲率只与温度的变化有关。在一定的温度范围之内，双金属片的偏转角与温度成线性关系。根据实际测量的需要，通常将双金属片绕制成直螺旋形或平螺旋形。由于随温度变化，双金属片将发生形状变化，利用形状改变，来实现对温度的控制。如在恒温槽等设备中，常采用这种方法控制温度。

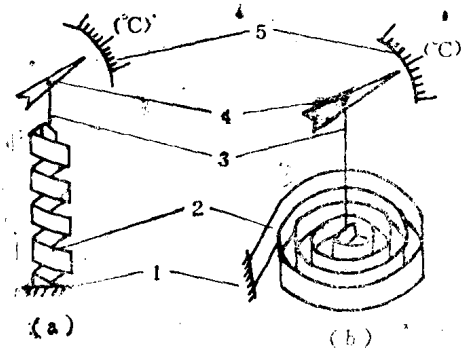


图 1—6 双金属温度计的结构

(a) 直螺旋形 (b) 平螺旋形

1—固定端； 2—双金属片； 3—指针轴；
4—指针； 5—刻度盘

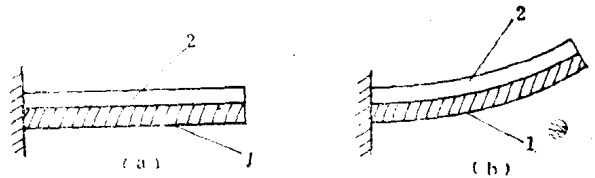


图 1—7 双金属片

(a) 温度变化前 (b) 温度变化后

1—主动层； 2—被动层

五、热电偶

热电偶是利用不同性质材料的导体组成回路，受热后产生热电效应的原理制成的。它通常与显示、调节仪表等配套使用，测温范围为 $-200 \sim +2800^{\circ}\text{C}$ 。热电偶具有测量温度范围宽、性能稳定、准确可靠、结构简单、感温点热容量小等特点，而且信号可以远传，便于集中控制和记录。热电偶用途广，因此有工业测温的“常规武器”之称。但在粮油工业中，应用热电偶测温的不多。

热电偶按照材料可分成廉金属、贵金属、难熔金属和非金属四大类。

1. 热电偶的工作原理

两种不同成分的导体 A 和 B 连接在一起，形成一个闭合回路，如图 1—8 (a) 所示。当连接点 1 和 2 温度不同时，电路中就会产生电动势 E_t ，这种现象称为热电效应，而这个电动势称为热电势。导体 A 和 B 称为热电极，热电偶就是由热电极 A 和 B 组成。t 端为感温测量端， t_0 端为参照对比端；在参比端接上显示仪表，如图 1—8 (b) 所示。当测量端温度 t 和参比端温度 t_0 不同时，由于热电势作用，显示仪表的指针发生偏转，偏转角度的大小与 t 和 t_0 之差有关。