

中等专业学校教材

化工仪表及自动化实验

广西南宁化工学校 等合编
钟汉武 主编

化学工业出版社

中等专业学校试用教材

化工仪表及自动化实验

广西南宁化工学校等合编

钟汉武 主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字039号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工仪表及自动化实验/钟汉武主编.—北京: 化学工业出版社, 1991.5(1998.5重印)

中等专业学校教材

ISBN 7-5025-0877-5

I.化… II.钟… III.①化工仪表-专业学校-教材
②自动化-化工设备-实验-专业学校-教材 IV.TQ056

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第03131号

中等专业学校试用教材
化工仪表及自动化实验

广西南宁化工学校等合编

钟汉武 主编

责任编辑: 徐世峰

封面设计: 季玉芳

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

新华书店北京发行所经销

北京市燕山联营印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本787×1092毫米1/16 印张13¹/₄ 字数314千字

1991年5月第1版 1998年5月北京第7次印刷

印 数: 41801—45800

ISBN 7-5025-0877-5/G·245

定 价: 14.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

本书是根据1987年4月讨论并制定的化工中专四年制化工仪表及自动化专业五门专业
课教学大纲及综合实验教学大纲编写的。这是为了实现中等专业技术教育目标,体现中专
特色,加强实践性教学环节所作的尝试。在学时数上参照四年制教学计划和各课程教学大
纲的要求考虑。

全书分五部分,内容包括“化工测量仪表”、“气动调节仪表”、“电动调节仪表”、“自
动成分分析仪表”及“化工自动化基础”五门专业课程的实验指导书和综合实验指导书。
通过本书的教学实践,使学生得到良好的基本技能的训练,提高实际应用的能力。

本书是在化工中专各学校化工仪表及自动化专业五门专业课的实验指导书的基础上,
根据教学大纲的要求编写而成。但由于各个学校实验设备条件和手段不尽相同,本书虽在
满足大纲要求的基础上,尽量照顾到通用性和适用性,但仍然不能完全符合各个学校的情
况,因此,只能作为本专业实验教学统一的要求和参考的依据。为方便教学和学生阅读,
书末附有常用实验仪器及装置的介绍。

本书由泸州化工学校熊德仙编写第一部分实验一至实验五,湖南化工学校李政学编写
第一部分实验六至实验十二,泸州化工学校吕廉克编写第一部分实验十三,辽宁化工学校
李玉杰编写第二部分,刘巨良编写第三部分实验一至实验八,泸州化工学校尹廷金编写第
三部分实验九、实验十三,梁文炳编写第三部分实验十至实验十二,南宁化工学校陈其正
编写第四部分,钟汉武编写第五部分和附录Ⅱ,湖南化工学校徐中莹编写附录Ⅰ。

本书由广东石油学校蔡宣礼高级讲师主审,兰州石油学校刘琨、兰州化工学校叶昭
驹、李克勤、陕西化工学校郭振宇、上海化工学校郁操中、河北化工学校王增瑞、南宁化
工学校孙良振等老师参加了审稿工作,对本书提出了许多宝贵意见;此外,还有许多老师
也为本书的编写提供了参考资料,并提出了不少有益的建议。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,时间仓促,因此,书中难免存在不少缺点和错误,希
望使用本教材的兄弟学校师生及各方面读者提出批评指正,不胜感谢。

编 者

1988年5月

目 录

第一部分	化工测量及仪表实验	1
实验一	工业弹簧管压力表的校验.....	1
实验二	流量仪表演示实验.....	5
实验三	几种简单测温仪表的见识与普通玻璃温度计的校验.....	6
实验四	热电偶的焊接与校验.....	9
实验五	工业热电阻的校验.....	14
实验六	XCZ-101型动圈仪表校验.....	19
实验七	XCZ-102型动圈仪表校验.....	23
实验八	JF-12(11)型放大器实验.....	26
实验九	电子电位差计示值校验.....	29
实验十	电子电位差计改刻度实验.....	34
实验十一	电子平衡电桥示值校验.....	38
实验十二	数字式测温仪表示值校验.....	40
实验十三	化工测量仪表综合实验.....	44
第二部分	气动调节仪表实验	48
实验一	气动差压变送器调校.....	48
实验二	气动浮动板式比例积分调节器调校.....	52
实验三	波纹管式微分器调校.....	56
实验四	气动三针指示记录调节仪(显示部分)调校.....	59
实验五	气动乘除器调校.....	62
实验六	带阀门定位器的气动薄膜调节阀调校.....	65
实验七	气动单元组合仪表模拟调节系统的连接调校.....	68
第三部分	电动调节仪表实验	71
实验一	Ⅱ型差压变送器的校验.....	71
实验二	Ⅱ型温度变送器的校验.....	75
实验三	Ⅱ型调节器的校验.....	79
实验四	开方器、比例积算器的校验.....	84
实验五	Ⅲ型差压变送器的校验.....	89
实验六	Ⅲ型温度变送器的校验.....	93
实验七	Ⅲ型基型调节器的校验.....	97
实验八	电动调节仪表构成简单调节系统模拟实验.....	104
实验九	KMM可编程调节器的认识与校验.....	111
实验十	Ⅱ型差压变送器拆装.....	116
实验十一	Ⅱ型温度变送器电路认识.....	121

实验十二	调节器整机认识.....	126
实验十三	KMM可编程调节器的应用练习	129
第四部分	自动成分分析仪表实验	144
实验一	热导式成分分析器的认识和使用	144
实验二	热磁式氧分析器的认识和使用	146
实验三	红外线分析器的认识和使用	149
实验四	工业气相色谱仪的认识和使用	152
实验五	工业pH计的认识和使用	155
实验六	工业电导仪的认识和使用	156
第五部分	化工自动化基础实验	159
实验一	对象特性的实验测试.....	159
实验二	调节器参数对调节质量的影响.....	164
实验三	简单调节系统的投运和参数整定.....	168
实验四	串级调节系统实验.....	170
实验五	化工自动化基础综合实验.....	174
附录 I	常用仪器的原理与使用方法	179
附录 II	微型液位调节系统实验装置简介	202

第一部分 化工测量及仪表实验

实验一 工业弹簧管压力表的校验

一、目的及要求

1. 熟悉弹簧管压力表的结构和工作原理；
2. 掌握校验弹簧管压力表的方法；
3. 掌握确定仪表的精度级。

二、实验装置

(一) 实验所需的仪器、设备及工具

1. 压力表校验器（亦称压力泵）或活塞式压力计一台；
2. 标准弹簧管压力表一只；
3. 普通弹簧管压力表一只；
4. 300×36活动扳手二把；
5. 螺丝刀一把；
6. 起针器一个；
7. 钢丝钳一把。

(二) 实验装置连接图

弹簧管压力表校验连接如图1-1所示。

三、实验内容

(一) 实验原理

弹簧管压力表随着使用时间的增长，其弹性元件的弹性特性将会发生变化，从而产生残余变形；仪表中的传动机件也会随着使用时间的增长而产生磨损，这些因素都将使仪表的准确度逐渐降低。为此，必须定期对仪表进行校验和调整。

弹簧管压力表的校验，常常采用“标准表比较法”。即是使标准表与被校表受到相同压力的作用，比较它们的指示值，鉴定被校表的主要技术指标，看它是否符合制造厂的规定。校验时的主要技术要求是：

1. 仪表示值的基本误差不应超过仪表精度等级所允许的误差值；
2. 仪表的变差不应超过基本允许误差的绝对值；
3. 在指示范围内，指针应平稳偏转在任何位置上，指针与分度盘平面间的距离不得低于1mm，用手轻敲表壳时，指针的示值变动不应超过基本允许误差绝对值的50%；
4. 当仪表处于垂直位置，且弹簧管内无压力作用时，无零位限制钉的仪表的指针应指在零位分度线上；有零位限制钉的仪表的指针应紧靠在限制钉上。

通常规定所选标准压力表应满足两点：一是选取的测量上限应超过被校表测量上限的

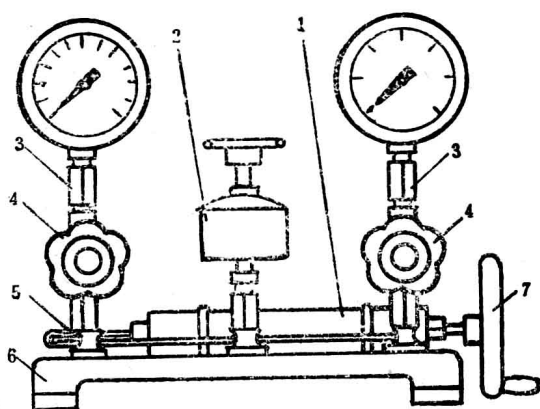


图 1-1 弹簧管压力表校验连接图

1—手摇泵；2—油杯；3—螺母；4—针形阀；5—导压管；6—底座；7—手轮

三分之一的最接近系列值，一般选取大一级的系列值；二是允许绝对误差应小于被校表允许绝对误差的三分之一。

(二) 实验内容

选择一只精度为1.5级（或2.5级）的普通弹簧管压力表作被校表，用“标准表比较法”鉴定它的基本误差、变差和零位偏差，对指针偏转的平稳性（要求指针在偏转过程中不得有停滞或跳动）及轻敲表壳位移量（不得超过允许绝对误差的一半）也应进行检查。在全标尺范围内，总的校验点一般不得少于五个。

四、实验步骤

(一) 实验操作步骤

1. 把压力表校验器平放在便于操作的工作台上。

2. 注入工作液 往压力表校验器中注入什么样的工作液，一般应根据被校表的测量范围和种类而定。被校表的测量上限在5.9MPa以上者，宜用蓖麻油；反之，可用无酸变压器油；当被校表为氧表时，则应用甘油与酒精的混合液为工作液。

为使工作液顺利注入压力表校验器，须先开针阀4，摇动手轮7，把手摇泵活塞推到底部，旋开油杯阀，揭开油杯盖，将工作液注满油杯2。关闭针阀4，反方向旋转手轮7，将工作液吸入手摇泵内（此时油杯内仍应有适量的工作液），盖上油杯盖，装上油杯阀。

3. 排除传压系统内的空气 关闭油杯阀，打开针阀4，适当摇动手轮7，直至看到两压力表接头处有工作液即将溢出时，关闭针阀4，开油杯阀，反向旋转手轮7，给手摇泵补足工作液，再关闭油杯阀。

4. 校验 将标准压力表和被校压力表分别装在压力表校验器左右两个接头螺母3上，打开针阀4，用手摇泵1加压即可进行压力表的比较校验。

校验时，先检查零位偏差，如合格，则可在被校表测量范围的35%、50%、75%三处做线性刻度校验，如合格，即可校验各校验点，并在刻度上限做耐压检定3分钟（精密压力表为5分钟，弹性元件重新焊接后为10分钟）。每个校验点应分别在轻敲表壳前后进行两次读数，然后记录各校验点处被校表的指示值（以轻敲表壳后的示值为准）和标准表的示值及轻敲位移量。以同样方式做反行程校验和记录。

校验结束后，打开油杯阀，取下压力表，放出工作液，用棉纱头把压力表校验器擦拭干净，并罩好防尘罩。

(二) 弹簧管压力表零点、量程、线性的调整

仪表的示值误差超过它的额定误差的现象叫做“超差”。超差的原因很多。如果弹簧管压力表示值超差仅仅是因为零件相对位置配合不当造成的，则可通过对零件相对位置的调整予以排除。

1. 零点的调整 当弹簧管压力表未输入被测压力时，其指针应对准表盘零位刻度线。如果未对准且超差，则可用特制的取针器将指针取下，重新固定指针，使之对准零位刻度线，排除零位超差。对有零位限制钉的表，一般要升压在零位后的第一个有数字的刻度线处取、装指针，以进行零位调整。

2. 量程的调整 如果压力表的零点已调准，当通入标准压力至测量上限时其示值超差，则应进行量程调整。其做法是调整扇形齿轮与拉杆的连接位置，以改变图1-2中OB的长短，即可调准量程。请注意，在调量程时，通常都要结合零位调整反复数次才能凑效。

3. 线性的调整 这里说的“线性”是指被测压力与指针回转角的线性关系。如果压力表的任何指示值都不超差，我们就认为线性良好。

在校验压力表的过程中，经常见到在量程前半部分示值误差为正（或负），后半部分示值误差为负（或正），且超差。这表明线性关系不好。对此，应进行线性调整。办法是松开固定机芯的螺丝，适当转动机芯，以改变扇形齿轮与拉杆的夹角，顺时针转机芯，夹角变小，将产生前快后慢；逆时针转机芯则相反。经验证明：示值为测量范围的一半，扇形齿轮与拉杆夹角为 90° 时，线性最好。

如果线性关系已调好，但零位和量程又不准了时，则应用以上各项调整方法进行综合调整。

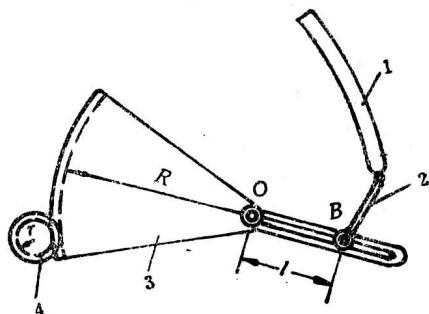


图 1-2 弹簧管压力表量程调整示意图
1—弹簧管；2—拉杆；3—扇形齿轮；4—中心齿轮

五、实验注意事项

1. 压力表校验器上的各阀均为针形阀，开、闭时不宜用力过度，以免损坏针阀；
2. 在压力表校验器上安装压力表时，应使仪表面板都正对观测者，以便观测仪表示值；
3. 在各校验点上读数时，要注意保持压力的稳定；
4. 摇动手摇泵时，不要使丝杆受径向力作用，以免丝杆变弯；
5. 不许私自拆开标准压力表，以免影响其精度。

六、实验前预习要求

1. 仔细阅读实验指导书，弄清实验原理、方法。
2. 有条件时，可拆开一只普通弹簧管压力表，让学生仔细观察其内部结构及动作原理，了解调整零位、量程、线性等的部位和方法。
3. 了解压力表校验器的结构、原理、用法及使用注意事项。
4. 熟记实验步骤，掌握实验注意事项。
5. 熟悉实验中需要记录的实验数据和实验结果的整理方法，并做好实验结果原始记录的准备。

七、实验报告要求

（一）数据处理

计算被校压力表的相对百分误差、变差，画出压力表的校正曲线，判断被校表是否合格。

仪表的误差可按下列公式计算：

$$\text{绝对误差} = \text{测量值（被校表示值）} - \text{真实值（标准表示值）}$$

$$\text{相对百分误差} = \frac{\text{最大绝对误差}}{A_{\text{全}}} \times 100\%$$

$$\text{变差} = \frac{(A_{\text{正}} - A_{\text{反}})_{\text{最大}}}{A_{\text{全}}} \times 100\%$$

式中 $A_{\text{正}}$ 、 $A_{\text{反}}$ ——分别表示做正、反行程校验时，被校表上的读数^①；

$A_{\text{全}}$ ——仪表的测量范围（等于刻度上限值一刻度下限值）。

（二）实验报告内容

实验报告内容应包括：

1. 目的及要求；
2. 实验装置连接图；
3. 原始记录于表1-1中，并进行数据处理及记下实验结果；
4. 实验中出现的现象及其分析；
5. 回答思考题

（1）为什么要排除压力表校验器内的空气？

表 1-1 原始记录参考表

实验日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日		指导教师 _____	
同组人姓名 _____			
实验条件 室温 _____ °C		大气压力 _____ mmHg	
相对湿度 _____ %			
被校仪表 名称 _____		出厂编号 _____	
测量范围 _____		精度等级 _____	
标准仪表 名称 _____		出厂编号 _____	
测量范围 _____		精度等级 _____	
原始记录			
被校表示值			
标准 仪表 表示 值	正 行 程	轻敲表壳前	
		轻敲表壳后	
		轻敲位移量	
	反 行 程	轻敲表壳前	
		轻敲表壳后	
		轻敲位移量	

① 实际上，在具体校验时，常常为了读数准确起见，而将正、反行程校验的量值控制在被校表的被校刻度处，再从标准表上读出正、反行程校验的示值。显然，对此情况 $A_{\text{正}}$ 、 $A_{\text{反}}$ 就应分别代入标准表上读得的相应数值。

(2) 为什么要求轻敲表壳时, 仪表示值的变动不应超过基本允许误差绝对值的一半?

(3) 被校表的量程不合适时应如何调整?

实验二 流量仪表演示实验

一、目的及要求

1. 通过对使用流量测量仪表现场的参观, 或在仪表实验室中的观察, 了解常用流量测量仪表的种类、型号、组成、结构和主要特点;

2. 着重了解差压式流量计的组成, 节流装置(包括取压装置)和差压计的结构, 各组成部分的连接和安装要求及使用注意事项;

3. 如是参观现场, 则应实测一个差压式流量测量系统的有关参数值, 进行一次管流流量的校核计算。

二、实验装置

若本实践教学在仪表实验室进行, 最好应有以下仪器、设备及工具。

1. 节流式流量计一套(包括节流装置、差压计、平衡阀等);

2. 转子流量计一只或远传式转子流量计一套;

3. 涡轮流量计一套;

4. 电磁流量计一套;

5. 椭圆齿轮流量计一只;

6. 200×24活动扳手二把;

7. 大、小螺丝刀各一把。

三、实验内容

(一) 参观使用现场

若采用参观使用现场的方式进行本实践教学, 则其内容应包括:

1. 现场使用了哪几种流量测量仪表, 每一种有哪些型号, 各种仪表由几部分组成, 其主要特点是什么, 对其安装有何要求, 现场安装情况是否满足前述要求;

2. 在现场选择一运用差压式流量计进行流量测量的系统实例, 了解测量对象(包括介质名称、组成、工作温度、工作压力、最大流量、最小流量、常用流量、主要物化性质等), 弄清仪表组成及节流装置的种类、材料、取压方式和尺寸, 了解差压传输情况及其变送、显示的信号传输情况, 了解变送、显示仪表的供气(供电)情况, 了解节流装置前后的直管段长度、材质、尺寸及局部阻力件型式, 画出该测量系统安装空视示意草图;

3. 测量所选实例有关参数值, 做管流流量的校核计算。

(二) 在实验室参观

1. 了解各类流量计的组成、型号、规格、适用范围, 主要特点和安装、使用主要注意事项;

2. 仔细观察每种仪表的内部结构, 弄清其工作原理;

3. 彻底弄清差压式流量计的组成, 标准节流装置的结构, 取压方式, 安装要求, 使用条件及使用条件发生变化时的流量示值修正计算方法。

四、实验步骤

1. 观察各类流量测量仪表的组成;
2. 在教师指导下拆开各种仪表罩壳 (注意: 不宜拆开的不能拆开), 观察内部结构, 研究工作原理, 观察完毕, 装回罩壳, 将仪表复原。

五、实验注意事项

(一) 参观使用现场

参观使用现场时, 首先要注意安全, 其次要细心观察各种仪表的安装方式, 第三就要注意观察每类仪表采用了哪些附件, 第四应把所要求的参数值收集齐全, 以便进行管流流量的校核计算。

(二) 在实验室参观

在实验室参观中, 首先要进行认真细致地观察; 当要拆卸仪表时, 一定要在指导教师的指导下进行拆卸, 绝不允许擅自进行拆卸, 以保证仪表不被损坏; 此外, 同样要注意安全。

六、实验前预习要求

1. 认真阅读本指导书及课本, 弄清有关仪表的组成、结构、工作原理;
2. 参考有关资料, 弄清各种仪表的调整方法和调整部位;
3. 做好实验中需要记录的各种原始数据的记录准备。

七、实验报告要求

(一) 参观使用现场

1. 介绍参观的有关情况;
2. 进行管流流量的校核计算;
3. 写出参观报告, 内容应包括: 参观时间、地点, 所参观仪表的种类及各类仪表的安装使用情况, 拟选作做管流流量校核计算的那套差压式流量计的详情介绍和收集(测量)的有关参数值的原始记录, 管流流量校核计算书, 参观收获等。

(二) 在实验室参观

1. 介绍参观的有关情况;
2. 写出参观报告, 内容应包括: 参观时间, 实验室环境, 有关仪表的名称、编号、精度等级, 拆卸的步骤、方法与参观收获等。

实验三 几种简单测温仪表的见识与普通玻璃温度计的校验

一、目的及要求

1. 掌握几种简单温度计的结构、原理、特点及使用注意事项;
2. 掌握普通玻璃温度计的校验方法;
3. 掌握标准玻璃温度计的使用方法。

二、实验装置

(一) 实验所需的仪器、设备及工具

1. 常用液体膨胀式温度计各一支;
2. 常用固体膨胀式温度计各一只;

3. 常用压力式温度计各一只；
4. 分度值为0.5（或1）℃，测温范围为0~100℃的普通棒式水银温度计一支；
5. 二等标准玻璃温度计一套（或二等标准铂热电阻温度计一套）；

6. 水恒温槽一台，冰点槽一个；
7. 尖嘴钳、螺丝刀各一把；
8. 试电笔一支。

（二）实验装置连接图

校验普通玻璃温度计的装置如图1-3所示。

三、实验内容

（一）实验原理

无论是实验室或工业生产中用的各种玻璃温度计，虽在出厂时都已按国家有关规程检定过，但随着使用时间的增长，其零位可能发生一些变化，为此必须定期进行校验。其校验周期一般不得超过一年，方法则多采用“比较法”。

对使用中的玻璃温度计，一般只需检定两个项目。

1. 感温液体与液柱，其要求有二：

（1）感温液体应纯洁，不得有气泡和其他杂质。水银应干燥，有机液体的液柱应显示清晰，无沉淀。

（2）液柱不能中断，不许倒流（真空例外），上升时不能有显见的停滞或跳跃现象，下降时不许在管壁上留有液滴或挂色。

2. 示值准确性：

普通水银玻璃温度计示值允许误差按上限（零上温度）或下限（零下温度）所在的温度范围计，应符合表1-2的规定。当正负温度同时出现时，则按上下限温度允差中较大者计。

（二）实验内容

1. 见识几种简单测温仪表；
2. 校验一支普通水银玻璃温度计。

四、实验步骤

（一）见识几种简单测温仪表

1. 认识液体膨胀式温度计，仔细观察各式温度计的结构，查看它们的测温范围和分度值，并分清什么是棒式，什么是内标式，什么是带保护管的，什么是不带保护管的，什么是直形，什么是角形，哪些是全浸式，哪些是局浸式等等。

2. 认识固体膨胀式温度计和压力式温度计，仔细观察它们各自的形状、结构、测温范围，弄清它们的型号、特点及使用注意事项。

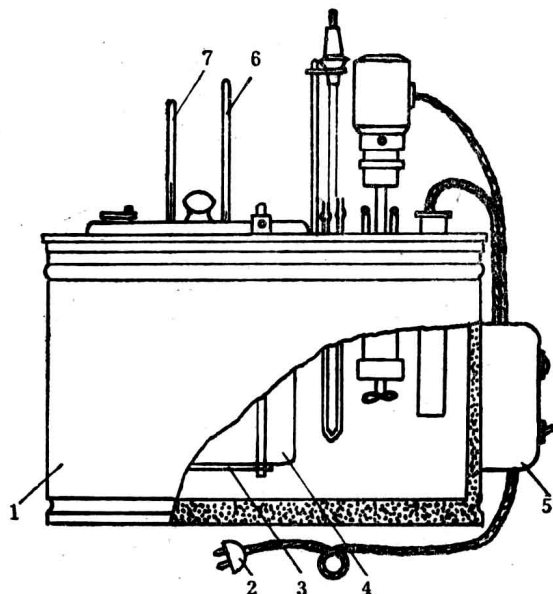


图 1-3 校验普通玻璃温度计装置示意图

1—恒温槽筒体外壳；2—电源插头；3—恒温筒上下活动支架；4—恒温筒；5—电子继电器；6—被校温度计；7—标准温度计

表 1-2 普通水银玻璃温度计示值允许误差

感温液体	温度计上限或下限所在 温度范围(℃)	分 度 值 (℃)				
		0.5	1	2	5	10
		允许示值误差 (℃)				
水	-30~-1	±0.5	±1	±2	—	—
	0~+100	±0.5	±1	±2	—	—
	+101~+200	±1.0	±1.5	±3	—	—
	+201~+300	±1.0	±2	±3	±5	—
银	+301~+400	—	—	±4	±10	—
	+401~+500	—	—	±4	±10	—
	+501~+600	—	—	±6	±10	±10

(二) 校验普通水银玻璃温度计

1. 感温液体与液柱的检查 可用肉眼直接观察, 对断柱和水气现象可结合示值校验同时进行。

2. 示值校验

(1) 校验点的确定 普通玻璃温度计的校验点由其分度值决定, 其要求如表1-3所示。当按表1-3规定计得的校验点少于三点时, 则应对主标尺的始、末和中间任意三点进行校验。但对于使用中的温度计, 也可仅对使用点进行校验。

本实验因采用恒温水槽进行校验, 故一般可校验0℃、50℃、95℃三点。

(2) 零点校验 将洁净之自来水冰捣碎成颗粒状(愈小愈好), 置入冰点槽中, 加入适量的自来水, 用干净的玻棒拌匀并压实(以免其中含有气泡)。

将标准温度计和被校温度计垂直插入冰点槽中, 两支温度计与槽壁和槽底的距离均不得少于20mm, 待示值稳定后即可读数。

(3) 50℃点和95℃点的校验 将恒温水槽的温度控制在校验点温度±0.5℃的范围内(以标准温度计示值为准), 将温度计充分预热或预冷后(避免因骤热或骤冷而炸裂)垂直插入恒温槽中, 待示值稳定后(约10分钟左右)即可从标准温度计和被校温度计上读数。读数过程中槽温的变化不应超过±0.1℃。读数时应估计到分度值的1/10。

五、实验注意事项

1. 见识液体膨胀式温度计时, 注意不要使感温泡朝上, 拿放时则应轻慢, 以免损坏;
2. 见识压力式温度计时, 也要注意上述几个方面, 并应防止毛细管受到弯折;
3. 校验普通玻璃温度计时, 除温度计要充分预热或预冷后垂直插入和读数过程中要保证槽温度化不超标外, 还应注意恒温槽内工作区域的最大温差不得超过0.1℃, 水平温差不得超过0.05℃。

4. 校验时, 标准温度计和被校温度计的插入深度都应满足规定的要求。

全浸式温度计露出液柱不得超过10mm, 在特殊情况下无法全浸时, 应按下式对示值进行修正:

$$\Delta T = r n (T - T_1)$$

式中 ΔT ——露出液柱的修正值, ℃;

r ——感温液体的视膨胀系数(水银为0.00016, 酒精为0.00103);

n ——露出液柱的度数（修正到整数度）；

T_1 ——由辅助温度计测出的露出液柱的温度（辅助温度计的感温泡应处于露出液柱的中部，并保证它们有良好的接触）；

T ——用标准温度计测得的恒温槽的实际温度。

局浸式温度计应浸没到规定的深度，但不得少于60mm。

局浸温度计在校验时，其露出液柱的温度 T_1 如果与该温度计分度时露出液柱的温度 T_2 不相同，则应按下式对示值进行修正：

$$\Delta T = rn(T_2 - T_1)$$

式中 r 、 n 、 ΔT 意义同上式。

5. 二等标准玻璃温度计在每次使用完毕后，应测定其零点位置（若连续不断使用则可每月测定两次）。当发现所测的零点位置发生变化时，则应按下式求出其各点新的示值修正值：

新的修正值 = 原证书修正值 + （原证书中上限温度检定后的零点位置 - 新测得的上限温度检定后的零点位置）

六、实验前预习要求

1. 仔细阅读实验指导书，弄清实验原理、方法。

2. 参阅有关资料，弄清恒温槽的使用方法。

3. 熟记实验步骤，掌握实验中的注意事项。

4. 做好实验结果原始记录的准备。

七、实验报告要求

（一）数据处理

被校温度计的修正值（或误差）可按下列两式求得，并依此与表1-2之要求比较，以判断被校温度计是否合格。

恒温槽实际温度 = 标准温度计示值 + 该温度计的修正值

被校温度计的修正值 = 恒温槽实际温度 - 被校温度计示值

（二）实验报告内容

实验报告内容可参阅实验一中相应部分填写，并回答以下思考题。

1. 压力式温度计的感温包为什么要制成细长形？液体压力式温度计的感温泡位置低于显式表头时，指示为何要偏低？

2. 为什么液体膨胀式温度计和压力式温度计在使用时，都要要求将感温泡垂直插入？

3. 玻璃温度计的零位为什么会随时间发生变化？

表 1-3 普通玻璃温度计的校验点

分度值(℃)	校验点间隔(℃)
0.1	10
0.2	20
0.5	50
1; 2; 5; 10	100

实验四 热电偶的焊接与校验

一、目的及要求

1. 充分了解热电偶校验的意义；

2. 基本掌握一种焊接热电偶的方法与操作；

3. 掌握对热电偶进行系统校验的方法和操作;

4. 掌握热电偶校验结果的计算。

二、实验装置

(一) 实验所需的仪器、设备及工具

1. 二等或三等标准铂铑-铂热电偶 (或三等标准镍铬-镍硅热电偶) 一支;

2. 被校热电偶一支;

3. 冰浴槽一个, 试管四支, 水银温度计一支;

4. 切换开关一只;

5. 低电势直流电位差计一台。当校验双铂铑热电偶和铂铑-铂热电偶时, 其精度不得低于0.02级, 当校验镍铬-镍硅等热电偶时, 其精度不得低于0.05级;

6. 蓄电池 (或直流稳压电源) 一个, 输出电压约6V左右;

7. 标准电池一个;

8. 管式电炉 (加热管长 $l=600\sim 1000$ mm, $\phi=50\sim 60$ mm, $W=2$ kW) 一台, 或KR-1型快速高温热源一台;

9. 灵敏检流计一只;

10. 温度控制器一台;

11. 3000VA调压变压器一台;

12. 热电偶焊接装置一套;

13. 钳子、螺丝刀各一把;

14. 试电笔一支。

(二) 实验装置连接图

1. 热电偶焊接装置连接如图1-4所示。

2. 热电偶校验装置连接如图1-5所示。

三、实验内容

(一) 实验原理

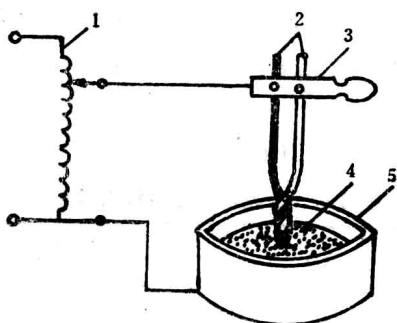


图 1-4 热电偶焊接示意图

1—调压变压器; 2—热电偶; 3—绝缘夹; 4—碳精粉;
5—导电容器

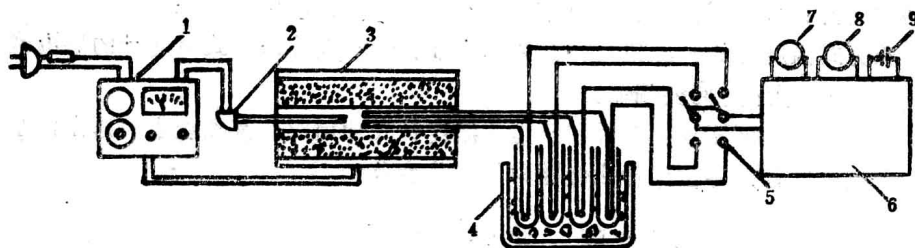


图 1-5 热电偶校验装置连接示意图

1—温度控制器; 2—温控热电偶; 3—管式电炉; 4—冰浴槽; 5—切换开关; 6—标准电位差计; 7—灵敏检流计; 8—标准电池; 9—直流电源

由于热电偶在使用过程中因工作端易受氧化、腐蚀、污染和在高温下热电偶材料将再结晶等而使热电特性发生变化,以致造成测量误差愈来愈大。为使温度的测量能保证必要的精度,必须定期对热电偶进行校验,以测出其热电性能变化的情况。当这一性能变化超出允许误差范围时,则应更换热电偶丝或把原热电偶的工作端剪去一段后重新焊接使用。显然,这种热电偶在使用前还必须重新进行校验。

热电偶校验是一项重要的工作,应给予足够的重视。根据国家规定的技术条件,我国部分标准型热电偶必须在表1-4规定的下列温度点进行校验,并要求各校验点温度必须控制在 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 范围内。

表 1-4 部分标准型热电偶校验点温度及允许误差限

热电偶名称	分度号	校验点温度($^{\circ}\text{C}$)	温度范围($^{\circ}\text{C}$)	误差限($^{\circ}\text{C}$)
铂铑 ₁₀ -铂	S	600, 800, 1000, 1200	≤ 600	± 3.0
			> 600	$\pm 0.5\%t^*$
镍铬-镍硅	K	400, 600, 800, 1000	≤ 400	± 3.0
			> 400	$\pm 0.75\%t$

* t 为被测温度的绝对值。

对于K热电偶,若要求在 300°C 以下使用时,还应增加一个 100°C 校验点。若偶丝直径 $< 2\text{mm}$ 时,可不校验 1000°C 点。若偶丝直径 $< 0.5\text{mm}$ 时,仅校 100°C 、 400°C 和 600°C 三点即可。

热电偶的校验,在不同的温域或范围,常采用不同的方式,如在 $+10\sim +300^{\circ}\text{C}$ 的温域内,一般是在盛水及盛油的恒温槽内与二等标准水银温度计相比较;在 0°C 以下的校验,则是在装满乙醇或其他液体而用干冰来冷却的恒温槽内与标准水银温度计或标准铂热电阻相比较;在 $+300\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的温域内,一般是在管形电炉中与标准铂铑-铂热电偶相比较。

不管是使用管形电炉还是恒温槽进行校验,都要求读数时的温度场要稳定。一般要求其温度变化速度不大于 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (对双极法而言),对恒温槽,另还要求其水平温差和相距 300mm 的任意两点之间的垂直温差不得大于 0.2°C 。

对要求很高的S热电偶,可以用辅助平衡点(锌、铈、铜的凝固点)进行校验。但此法较复杂,故不详述。目前,用比较法校验热电偶有三种测试方法,即双极法、同各极法和微差法。图1-5所示是以管式电炉用双极法校验热电偶的连接示意图。图中,管式电炉最好有 100mm 左右的恒温区。炉温是通过调节自耦变压器的输出电压来控制的。标准热电偶一般采用三等或三等标准铂铑-铂热电偶,也可采用三等标准镍铬-镍硅热电偶。

当要校验铂铑-铂热电偶时,应将被校热电偶从保护管中抽出(若是已经使用过的旧热电偶,还应经清洗和退火处理),用铂丝将被校热电偶与标准热电偶的工作端扎在一起,插到管式炉内的均匀温度场中。

当要校验镍铬-镍硅热电偶时,为了避免被校热电偶对标准热电偶产生有害影响,应将标准热电偶套上石英套管,然后用镍铬丝将被校热电偶和标准热电偶石英套管的工作端