

工 人 读 物

—— 化工仪表维护检修 ——

温度测量仪表

衢州化工厂编

石油化学工业出版社

81.18
875.1
C.2

工人读物

化工仪表维护检修

温度测量仪表

衢州化工厂编

石油化学工业出版社

内 容 简 介

“化工仪表维护检修”一书共包括压力测量仪表、流量测量仪表及温度测量仪表三部份，分册出版。本册为温度测量仪表部分。主要介绍目前化工生产中所使用的各种温度测量仪表—压力表式温度计、毫伏计、比率计、电子自动电位计及电子平衡电桥等的原理、结构、校验调整、维护检修及其故障处理。为方便检修，对仪表检修的一般知识作了介绍，并搜集了电子自动电位计和电子平衡电桥的部分线路图和装配数据。最后介绍了感温元件的安装、维护。全书内容较为具体实用。

本书主要供从事化工厂仪表工作的工人同志参考，也可供从事这方面工作的技术人员和大专院校有关专业的工农兵学员与教师参考。

工 人 读 物
化工仪表维护检修
温 度 测 量 仪 表
衢州化工厂 编

石油化学工业出版社出版
(北京和平里七区十六号楼)
石油化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

开本787×1092¹/₁₆ 印张17³/₄ 字数423千字 印数1—20,300

1978年3月北京第1版 1978年3月北京第1次印刷

书号15063·化232 定价1.25元

限 国 内 发 行

目 录

第一章 压力表式温度计	1
第一节 压力表式温度计的校验与误差调整	1
一 压力表式温度计的校验设备	1
二 压力表式温度计的校验与误差调整	2
第二节 压力表式温度计的检修	3
一 压力表式温度计的检修设备	3
二 压力表式温度计密封系统的密封性检查	5
三 充气压力表式温度计的充气	6
四 低沸点液体的充灌法	8
第二章 温度测量仪表的感温元件	11
第一节 热电阻	11
一 铂热电阻	11
二 铜热电阻	12
三 热电阻的校验	14
第二节 热电偶	15
一 热电偶的作用原理和热电极	15
二 常用热电偶的焊接与校验	16
三 热电偶的冷端温度补偿	20
四 热电偶变质的判断与处理	22
第三章 动圈式测量仪表	24
第一节 毫伏计	24
一 毫伏计的作用原理	24
二 毫伏计的构造	25
三 毫伏计和热电偶的连接线路	33
四 毫伏计的校验调整和改变测量范围	35
五 毫伏计的修理	39
第二节 比率计	48
一 比率计的工作原理和构造	48
二 比率计和热电阻的连接线路	55
三 比率计的校验与误差调整	58
四 比率计的故障处理和改变测量范围	59
第三节 X CZ-102 型温度指示仪	61
一 测量桥路的工作原理	61
二 测量桥路的构造	62
三 X CZ-102 型温度指示仪的连接线路	63
四 X CZ-102 型温度指示仪的校验和误差调整	63
五 X CZ-102 型温度指示仪的常见故障及发生原因	64

第四章 电子自动电位计	68
第一节 电子自动电位计的工作原理	68
一 电位计的基本测量原理	68
二 电子自动电位计的工作原理	68
第二节 电子自动电位计的构造	70
一 测量系统	70
二 电子放大器	71
三 微电机	79
四 机械传动机构	80
五 指针及打印机构	83
第三节 电子自动电位计及其部件的校验与调整	84
一 电子自动电位计的校验与调整	84
二 电子自动电位计部分部件的校验与调整	89
三 晶体管放大器的校验	95
四 电子管放大器的校验	98
第四节 电子自动电位计的使用与维护	100
一 XWC型电子自动电位计的使用与维护	100
二 其它电子自动电位计的使用和维护	102
第五节 电子自动电位计的检修	103
一 仪表检修的一般知识	103
二 整机故障判断方法及常见故障	111
三 各型电子自动电位计的线路图	115
四 仪表的抗干扰措施	146
五 测量桥路的故障检查	152
六 电子放大器的故障和检修	171
七 微电机的故障及检修	201
八 电子电位计测量范围的改变	205
第五章 电子自动平衡电桥	208
第一节 电子自动平衡电桥的工作原理	208
第二节 电子自动平衡电桥的测量桥路	209
第三节 电子自动平衡电桥的校验与调整	212
一 电子自动平衡电桥的主要技术要求	212
二 电子自动平衡电桥的校验方法	213
三 电子自动平衡电桥的误差调整及测量范围的改变	216
第四节 电子自动平衡电桥的维护与检修	217
第六章 温度测量仪表的安装与维护	255
第一节 感温元件的安装要求	255
第二节 温度测量仪表的防护	256
一 感温元件的保护管	256
二 管件的腐蚀及防护	257
三 保护管的固定与特殊保护管的处理	258
四 表头与接线端子排的维护	258

附录

附表 1	WZB 型铂热电阻分度特性表	B_1 分度号	259
附表 2	WZB 型铂热电阻分度特性表	B_2 分度号	260
附表 3	WZB 型铂热电阻分度特性表	B_{A1} 分度号	261
附表 4	WZB 型铂热电阻分度特性表	B_{A2} 分度号	263
附表 5	WZB 型铂热电阻分度特性表	B_{A3} 分度号	265
附表 6	WZG 型铜热电阻分度特性表	G 分度号	266
附表 7	铂铑-铂热电偶分度表		266
附表 8	镍铬-镍硅 (镍铬-镍铝) 热电偶分度表		269
附表 9	镍铬-考铜热电偶分度表		272
附表 10	铂铑 30-铂铑 6 高温热电偶分度表		273
附表 11	铁-康铜热电偶分度表		277

第一章 压力表式温度计

压力表式温度计由温包、毛细管、弹簧管等组成并形成密封系统。密封系统内分别充以液体、气体或低沸点液体。充液的常叫充液压力表式温度计，充气和充低沸点液体的常叫做充气和蒸汽压力表式温度计。

温包是感受元件，插入被测介质中，当被测介质温度变化时，温包感受的温度发生变化，因而密封系统内的压力发生变化，使弹簧管伸张或收缩，在齿轮或杠杆传动机构的传动下，由指针指出相应的温度，这就是压力表式温度计的工作原理。

第一节 压力表式温度计的校验与误差调整

一、压力表式温度计的校验设备

压力表式温度计与毫伏计、比率计、电位差计、电桥等不同，它的感温和指示部分是不能分开的，因而只能成套校验。校验时，为了获得恒定的温度点，常需制备一些简单的设备。

1. 0°C 恒温设备 将冰敲碎，放入广口保温瓶（或其它干净的铁箱或塑料箱）中，加入少量的蒸馏水，以保证整个温包与冰水有良好的接触和冰块处于融解状态。敲碎冰块时，不要把冰弄得很脏，如果把冰弄得很脏，或冰水中掺有食盐等溶质时，冰的熔点就要下降。为了确信冰的熔点温度是 0°C ，可用二级标准水银温度计测量一下，必要时，更换新的冰水。

2. 100°C 恒温设备 根据国际实用温标温度固定点“在标准大气压力下，水的沸点为 100°C ”的定义，可作如图 1-1 的设备。

在图 1-1 中，水箱 1 内盛蒸馏水，被加热后沸腾，蒸汽沿管 3 上升，将管中的温包 7 加热后，从小孔 4 进入夹套 2，从夹套底部的小管 5 进入冷却器 6，被冷

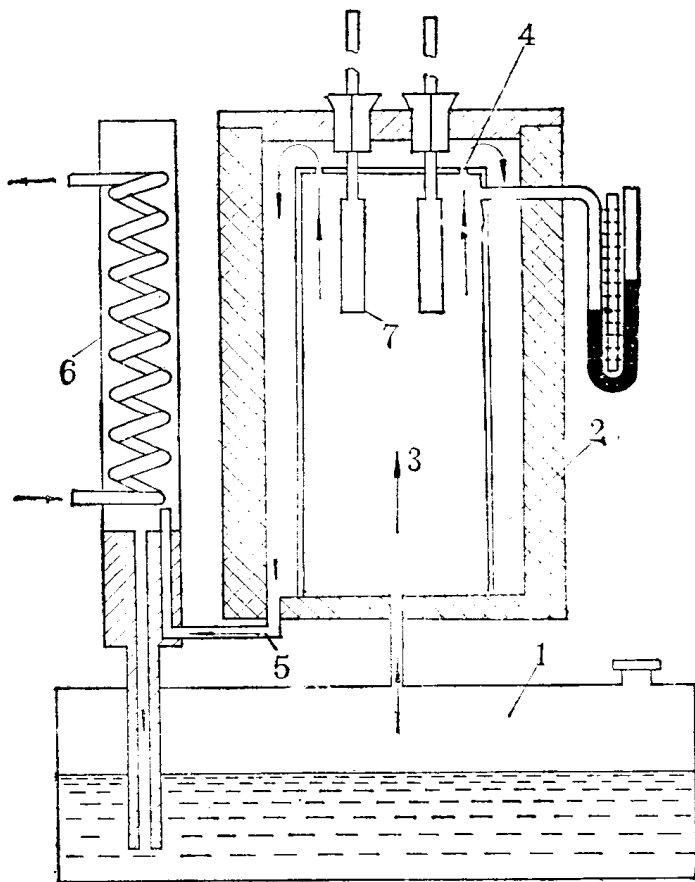


图 1-1 100°C 恒温器示意图

却后的冷凝液流回水箱，水的沸点是与大气压力直接相关的，气压低，水的沸点温度也降低。在图 1-1 中，管 3 上接有 U 形压力计(内装水)，根据 U 形压力计的指示，按表 1-1 将以水柱表示的压力换算为以水银柱表示的压力，然后把这压力与当时当地的水银气压计指示的大气压力相加，在不考虑温度、纬度、高度等对气压计影响的情况下，再对照表 1-2，根据大气压力查出水的沸点温度。

在沿海平原地区，因大气压力变化而引起水的沸点温度变化常忽略不计，在高原地区，如昆明海拔高度 1891 米，大气压力只有 605 毫米汞柱左右，这时水的沸点温度只有 94°C 左右，因而是不能忽略的。

3. 40~80°C，100~300°C 以内的恒温装置，可用水浴、油浴或其它恒温器，油浴用的油，可根据需要和可能来选择，如棉子油、蓖麻油、汽缸油等都可以。

表 1-1 水柱与水银柱压力换算表

压 力 (毫米)		压 力 (毫米)		压 力 (毫米)	
水 柱	水 银 柱	水 柱	水 银 柱	水 柱	水 银 柱
5	0.4	25	1.8	45	3.3
10	0.7	30	2.2	50	3.7
15	1.1	35	2.5		
20	1.5	40	2.9		

表 1-2 水在各种压力下的沸点

压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C	压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C	压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C	压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C	压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C	压 力 (毫米汞柱)	温 度 °C
480	87.6	535	90.5	590	93.0	645	95.5	700	97.7	755	99.8
485	87.9	540	90.7	595	93.2	650	95.7	705	97.9	760	100.0
490	88.2	545	91.0	600	93.5	655	95.9	710	98.1	765	100.2
495	88.5	550	91.2	605	93.7	660	96.1	715	98.3	770	100.4
500	88.8	555	91.4	610	94.0	665	96.3	720	98.5	775	100.6
505	89.0	560	91.7	615	94.2	670	96.5	725	98.7	780	100.7
510	89.2	565	91.9	620	94.5	675	96.7	730	98.9	785	100.9
515	89.5	570	92.1	625	94.7	680	96.9	735	99.1	790	101.1
520	89.8	575	92.3	630	94.9	685	97.1	740	99.3	800	101.5
525	90.0	580	92.6	635	95.1	690	97.3	745	99.5		
530	90.2	585	92.8	640	95.3	695	97.5	750	99.6		

二、压力式温度计的校验与误差调整

为了确保仪表运行可靠，发信温度准确，应对仪表作定期校验工作。现场校验时，可用三只广口保温瓶(高度比温包长)，一只装冰水混合液，一只装开水，一只装 60°C 左右的温水，将温包从设备上拆下，依次放入瓶中，并不断搅动温包，待五分钟后，与同时放入的二级标准水银温度计比较读数，进行必要的调整。校验室内校验时，先将指针装在或调到室温位置，然后将温包置入恒温装置中，五分钟后再读数，在一般情况下，校验零点、中间和上限刻度三点，如这三点的误差均在允许范围内，其它各点的误差也就符合要求。

(一) 主要技术要求

1. 仪表的基本误差不得超过精度等级规定的范围,对于充低沸点液体的蒸汽压力式温度计,自下限刻度至三分之一的刻度值上,允许按所标精度等级低一级计算其误差。轻敲表壳后,指针或记录笔尖的位移不得超过允许基本误差的1/2。

2. 正行程和反行程的指示差值不得超过仪表的允许基本误差的绝对值。发信时,信号指针的指示值与实际温度之差不得超过测量范围的3%,与温度指针的指示值之差不得超过测量范围的2%。对于充低沸点液体的WTZ-012S型扇形温度计,当发信时,其信号指针与温度指针指示值的差数,在0~1/3刻度内不得超过测量范围的4%,在1/3~上限刻度内不得超过测量范围的2%。

3. 在24小时内,记录纸的行程误差不应超过±5分钟,记录笔尖与时间弧线的偏差,在全行程内不应超过0.5毫米。

4. 温度计经校验后,再放入0℃恒温装置内,指针应指在零位,其偏差不应超过允许基本误差。

(二) 误差调整

压力表式温度计的指示部分就是压力表,且在结构上与压力表是一一对应的,如WTQ-278与YT-278,WTQ-610与YT-610,WTQ-618与YT-618等,因此误差的调整方法可参考本套书的压力测量分册的弹簧管压力计部分。

对于WTZ-012S型温度计,调整方法稍有不同,WTZ-012S型温度计的传动是拨杆形式,如图1-2。在图1-2中,*a*为螺旋弹簧管带动的主动拨杆,*b*为带动指针的从动拨杆,调整拨杆*a*、*b*在其轴*A*、*B*上的位置,即可改变主动臂*m*,从动臂*l*的长短,根据

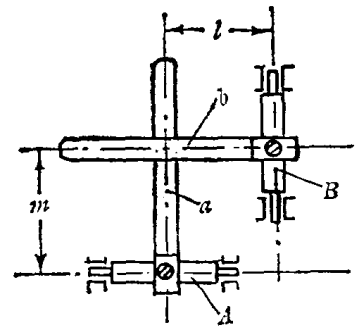


图 1-2 WTZ-012 S 型温度计的传动形式
a—主动拨杆; *b*—从动拨杆;
m—主动臂; *l*—从动臂

$$\text{传动比} = \frac{\text{主动臂}}{\text{从动臂}}$$

的关系,若在起始时,主动臂大于从动臂,则传动比从大到小,但始终大于1,若在起始时,主动臂小于从动臂,则传动比从小到大,但始终小于1。校验时,若指示偏低,可将固定主动拨杆的螺丝松开,将主动拨杆移近从动轴以缩短从动臂,若指示偏高,则作相反的调整。由于从动拨杆带动信号电刷,移动距离有限,若要调整,应先注意,以免返工。

校验信号指针时,最好将电源,指示灯和控制电路连接起来,以便调整得更可靠些。

第二节 压力表式温度计的检修

一、压力表式温度计的检修设备

根据压力表式温度计所充介质的不同,检修设备有充气设备与充液(充液体与低沸点液体)设备两种。

(一) 充气设备

图1-3为充气设备,如果它仅仅用来检查WTQ型仪表的系统气密性与充灌各种测量

范围的原始压力，则氮气瓶的出口用0~30公斤/厘米²的减压阀就可以，如果充气设备还要用来检查WTZ型充低沸点液体仪表的气密性和借以判断充何种低沸点液体时，则可装成图1-4的型式。图1-4用气体放空法代替图1-3的减压阀，可使氮气瓶的输出压力在很大范围内变化。

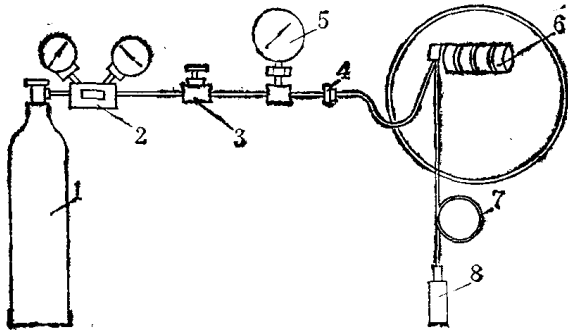


图 1-3 充气设备示意图

1—氮气瓶；2—减压阀；3—针形阀；4—活接头；
5—压力表；6—弹簧管；7—毛细管；8—温包

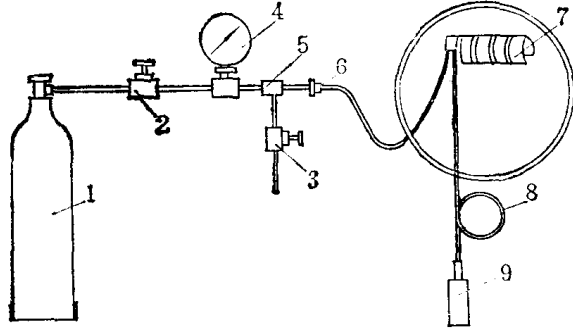


图 1-4 没有减压阀的充气设备示意图

1—氮气瓶；2,3—针形阀；4—压力表；5—三三通接头；6—活接头；7—弹簧管；8—毛细管；9—温包

图1-3和图1-4中的毛细管连接活接头，可将弹簧管上的毛细支管很方便地连接到充气设备上，其结构如图1-5，设备上的毛细管从螺帽端插入少许并焊密封，弹簧管上的毛细支管从螺丝端插入，当拧紧螺丝时，橡皮垫被压紧，将毛细管从侧面密封，从而将仪表连接到充气设备上，图1-3与图1-4中的阀用普通针形阀就可以。

(二) 充液设备

图1-6为充液设备示意图，充液设备所用的阀，阀芯填料不能用油脂，因为低沸点液体很容易扩散而使油脂溶解，油脂溶解后，本来是纯净的低沸点液体变成了溶液，变成溶液后的低沸点液体的蒸汽压要下降，使仪表指示偏低，即使刻度误差能够调到允许范围，指示的滞后性也是很大的，因此常用如图1-7的截止阀。

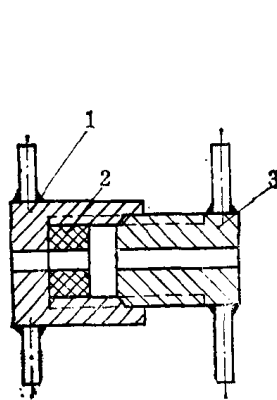


图 1-5 毛细管连接活接头

1—螺帽；2—橡皮垫；
3—螺丝

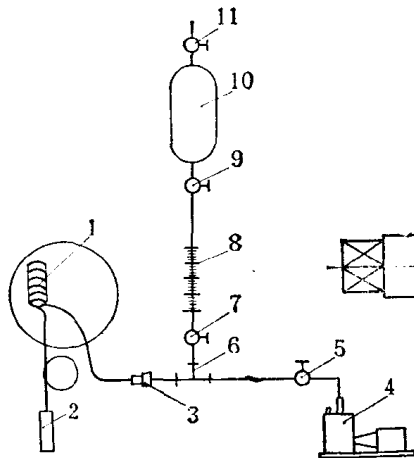


图 1-6 充低沸点液体设备示意图

1—弹簧管；2—温包；3—活接头；4—真空泵；5—阀4；6—三通；7—阀3；8—计量管；9—阀2；10—储罐；11—阀1

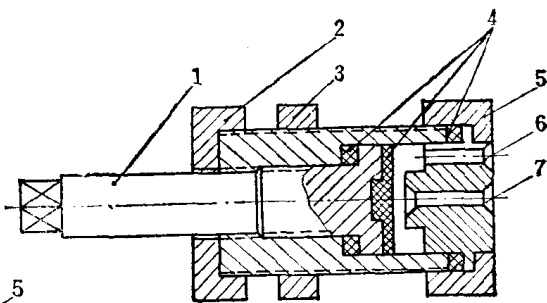


图 1-7 截止阀

1—阀杆；2—螺帽；3—固定螺帽；4—四氟乙烯垫圈；5—螺帽；6—出口毛细管焊接孔；7—进口毛细管焊接孔

图 1-6 的充低沸点液体设备, 可将未用完的低沸点液体保存较长的时间, 这对于少量的修理是比较经济的, 但制作比较麻烦。在没有这种设备的情况下, 可用玻璃管、玻璃三通、橡皮管、橡皮夹子代替截止阀等按照图 1-6 的形式临时连接作成。橡皮管在使用前, 应吹洗干净, 以免脏物将毛细管堵死。

二、压力表式温度计密封系统的密封性检查

压力表式温度计在使用中, 必须将毛细管逐段固定牢固, 使毛细管不受机件、管件或其它支架等震动的影响而磨破, 造成系统不密封。如果系统不密封, 则所充的气体或液体泄漏, 以致仪表指示偏低或根本不指示。为了确定泄漏的部位以便修理, 修理后, 确定焊接的好坏等, 都要对仪表的密封性进行检查。

检查仪表的密封性, 可拆下弹簧管的毛细支管, 用剪刀沿圆边剪一圈伤痕, 再用钳子来回扭断。如用钳子直接钳断, 会使毛细管不畅通或甚至堵死, 这对于充低沸点液体的毛细管更应注意。毛细支管钳断后, 用毛细管连接活接头连接到充气设备上。如毛细支管太短, 可另取一段毛细管用套管法接长后, 再接到设备上。

打开气源, 充气入密封系统, 使仪表指针指到上限刻度, 用肥皂水涂在各个焊头上, 察看有无漏气的地方, 若没有, 可将与温包连接的接头脱焊, 对温包和弹簧管分别检查。检查温包时, 将温包放入水中, 充入仪表上限刻度所需压力的一倍半。检查弹簧管时, 将弹簧管的毛细支管钳死, 将弹簧管放入煤油或汽油中 (若放入水中, 检查结束后, 应用压缩空气吹干净), 充气使仪表指到上限刻度位置, 如温包和弹簧管都不漏气, 可将毛细管与弹簧管的接头脱焊, 对毛细管进行检查, 必要时, 将毛细管从保护软管中抽出, 进行检查, 抽出时, 为了便于穿入, 可将一根细铁丝扎在毛细管的一端, 使毛细管抽出的同时, 将铁丝穿入, 毛细管检查好以后, 一端与铁丝扎牢, 抽出铁丝, 即可迅速地将毛细管仍穿入保护软管中。

系统不密封, 大多是连接毛细管的套管接头焊得不好或温包漏气, 弹簧管、毛细管破裂的现象也是有的, 但不常见。

有的仪表修好后, 放置数月, 指示也随着室温的变化而变化, 交付使用后指示偏低, 调整好再使用还是偏低, 这肯定是系统不密封的缘故, 在试压检查时, 有时泄出的气泡只有针尖那样大, 水面上很难看出, 因此应特别注意。

有的充气压力表式温度计使用数年后指示逐渐偏低, 作气密性检查时又未发现有漏气的地方, 重新充灌气体后指示正常, 这是因为温包内的气体分子在高温下向温包壁外扩散, 使气体分子逐渐减少的结果。因为气体分子扩散是自然现象, 因此上述现象也是正常的。

温包漏气, 可用铜焊修补 ($0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 充低沸点液体的温度计, 温包用锡焊修补), 毛细管破裂, 可将破裂处截去, 用套管法将毛细管连接起来。如果弹簧管本身漏气, 则应更换, 若用锡焊修补, 会使弹簧管的特性改变或产生无规律的误差。

焊接毛细管套管接头时, 应将套管端部锉平, 用砂纸将毛细管、套管焊接处磨光, 用松香作焊剂焊接, 若用酸性焊剂, 焊好后要擦洗干净, 焊剂不要流进毛细管里面去, 以免引起腐蚀。若因腐蚀或其它原因, 使毛细管不畅通, 仪表指示滞后时, 应将毛细管两头脱焊, 进行吹洗。一个焊得合格的接头, 焊接处的焊锡应该是光滑均匀的, 若坑凹不平或显

出毛刺，则可认为是未焊好的迹象，即使当时试压良好也经不起长期使用。

三、充气压力表式温度计的充气

弹簧管的扭转是气体分子对管壁碰撞产生压力而造成的，密封系统内的气体分子愈多，在同样温度下碰撞的压力愈大，所以对于不同刚度的弹簧管，对于不同的温度测量范围，所充入气体的多少是不一样的，习惯上，对充入气体的压力称为原始压力。

一只充气压力表式温度计，如果指针和传动、制动机构都未调整过，则充入干燥的氮气，使仪表指在室温的压力就是该表应充的原始压力值。若仪表的指针、传动、制动机构已经调整，或者是外单位送修的，则所充的原始压力值必须事先加以考虑。

(一)螺旋弹簧管压力表式温度计的原始压力

WTQ-270, WTQ-278, WTQ-610 等弹簧管为螺旋形的压力表式温度计，其弹簧管弯制好以后，要加压使其扭转 50° ($\theta_K=50^\circ$) 角以测量其特性，扭转 50° 角所需的压力，常标注在弹簧管的管座上，充气前，可根据管座上的压力值与温度测量范围，查表 1-3, 表 1-4, 表 1-5 或表 1-6 (表中的压力 p 均为公斤/厘米²表压) 确定应充的原始压力值 p_0 ，表中的 p_K 为弹簧管特性， p_0 为 0°C 时的压力值， $p_{50\%}$ 、 $p_{100\%}$ 分别表示刻度为 50%、100% 时的压力值。充气时，将温包置于 0°C 的冰水混合液中，充入弹簧管特性所对应的 p_0 值即可。

表 1-3 $\theta_K=50^\circ$ $0\sim 120^\circ\text{C}$ 温度计充气及
校验压力对照表

p_K	$\frac{p_K}{\theta_K}$	p_0	$p_{50\%}$	$p_{100\%}$
13.0	0.260	19.0	23.2	27.3
13.1	0.262	19.1	23.4	27.5
13.2	0.264	19.3	23.6	27.7
13.3	0.266	19.4	23.8	27.9
13.4	0.268	19.6	23.9	28.1
13.5	0.270	19.7	24.1	28.4
13.6	0.272	19.9	24.3	28.6
13.7	0.274	20.0	24.5	28.8
13.8	0.276	20.1	24.7	29.0
13.9	0.278	20.3	24.8	29.2
14.0	0.280	20.4	25.0	29.4
14.1	0.282	20.6	25.2	29.6
14.2	0.284	20.7	25.4	29.8
14.3	0.286	20.9	25.5	30.0
14.4	0.288	21.0	25.7	30.2
14.5	0.290	21.3	26.0	30.4
14.6	0.292	21.3	26.1	30.7
14.7	0.294	21.5	26.3	30.9
14.8	0.296	21.6	26.4	31.1
14.9	0.298	21.8	26.6	31.3
15.0	0.300	21.9	26.7	31.5

表 1-4 $\theta_K=50^\circ$ $0\sim 160^\circ\text{C}$ 温度计充气及
校验压力对照表

p_K	$\frac{p_K}{\theta_K}$	p_0	$p_{50\%}$	$p_{100\%}$
13.0	0.260	17.4	22.5	27.5
13.1	0.262	17.5	22.7	27.7
13.2	0.264	17.7	22.9	28.0
13.3	0.266	17.8	23.0	28.1
13.4	0.268	17.9	23.2	28.3
13.5	0.270	18.1	23.4	28.6
13.6	0.272	18.2	23.5	28.8
13.7	0.274	18.3	23.7	29.0
13.8	0.276	18.5	23.9	29.2
13.9	0.278	18.6	24.0	29.4
14.0	0.280	18.7	24.2	29.6
14.1	0.282	18.9	24.4	29.8
14.2	0.284	19.0	24.6	30.0
14.3	0.286	19.1	24.8	30.2
14.4	0.288	19.2	24.9	30.5
14.5	0.290	19.4	25.1	30.7
14.6	0.292	19.5	25.3	30.9
14.7	0.294	19.7	25.4	31.1
14.8	0.296	19.8	25.6	31.3
14.9	0.298	19.9	25.8	31.5
15.0	0.300	20.0	26.0	31.8

表 1-5 $\theta_K=50^\circ$ 0~200°C 温度计充气及
校验压力对照表

p_K	$\frac{p_K}{\theta_K}$	p_0	$p50\%$	$p100\%$
13.5	0.270	16.8	23.0	29.0
13.6	0.272	16.9	23.1	29.2
13.7	0.274	17.0	23.3	29.4
13.8	0.276	17.2	23.5	29.6
13.9	0.278	17.3	23.6	29.8
14.0	0.280	17.4	23.8	30.0
14.1	0.282	17.6	24.0	30.2
14.2	0.284	17.7	24.2	30.4
14.3	0.286	17.8	24.3	30.6
14.4	0.288	17.9	24.5	30.9
14.5	0.290	18.0	24.6	31.1
14.6	0.292	18.2	24.8	31.3
14.7	0.294	18.3	25.0	31.5
14.8	0.296	18.4	25.2	31.7
14.9	0.298	18.5	25.3	31.9
15.0	0.300	18.7	25.5	32.1
15.1	0.302	18.8	25.7	32.4
15.2	0.304	18.9	25.8	32.6
15.3	0.306	19.0	26.0	32.8
15.4	0.308	19.1	26.2	33.0
15.5	0.310	19.3	26.3	33.2

表 1-6 $\theta_K=50^\circ$ 0~300°C 温度计充气及
校验压力对照表

p_K	$\frac{p_K}{\theta_K}$	p_0	$p50\%$	$p100\%$
13.5	0.270	12.5	19.3	25.8
13.6	0.272	12.6	19.5	26.0
13.7	0.274	12.7	19.6	26.2
13.8	0.276	12.8	19.7	26.4
13.9	0.278	12.9	19.9	26.6
14.0	0.280	13.0	20.0	26.8
14.1	0.282	13.1	20.2	27.0
14.2	0.284	13.2	20.3	27.2
14.3	0.286	13.3	20.5	27.4
14.4	0.288	13.4	20.6	27.6
14.5	0.290	13.5	20.7	27.8
14.6	0.292	13.6	20.9	28.0
14.7	0.294	13.7	21.0	28.2
14.8	0.296	13.8	21.2	28.4
14.9	0.298	13.9	21.3	28.5
15.0	0.300	13.9	21.4	28.7
15.1	0.302	14.0	21.6	28.9
15.2	0.304	14.1	21.7	29.1
15.3	0.306	14.2	21.9	29.3
15.4	0.308	14.3	22.0	29.5
15.5	0.310	14.4	22.2	29.7

一九六二年以前生产的螺旋弹簧管压力表式温度计，由于推导压力与温度的关系时，是假定氮气为理想气体的，基本误差和温度附加误差都较大，以后考虑了实际气体的压缩系数，并增加了弧形双金属片作为温度补偿，因而仪表的精度有所提高。

对于以前生产的特性为 13~15.5 公斤/厘米² 以外的弹簧管，其原始压力可根据公式

$$p_0 = \frac{1}{\eta - 1} \frac{p_K}{\theta_K} \theta_R$$

进行计算。

式中 p_0 ——原始压力，公斤/厘米²；

η ——上限刻度与下限刻度的压力比值；

p_K ——弹簧管特性(刚度)，公斤/厘米²(表压)；

θ_K ——弹簧管特性试验的扭转角，度；

θ_R ——温包处于上限刻度温度时，弹簧管自下限刻度扭转的角度，度。

η 与 θ_K 的值可从表 1-7 查得， θ_R 为 50° ，由于忽略了螺旋管转动时其内部体积的变化、气体的压缩系数等因素，以及不同刚度的弹簧管 η 值不尽一致等原因，用上列公式计算出的 p_0 值与表 1-3 等列出的 p_0 值稍有不同，但对检修来说仍有足够的准确性。

(二) 单圈弹簧管(波登管)压力表式温度计的原始压力

单圈弹簧管压力表式温度计的原始压力，可按下面公式进行计算。

表 1-7 不同测量范围的 η 值

测量范围 (°C)	p_0 (公斤/厘米 ²)	η	θ_R
0~120	20.7	1.433	32°
0~160	19.2	1.571	39°
0~200	17.9	1.706	45°
0~300	13.4	2.209	49.24°

$$p_0 = \frac{273 + t \pm t_s}{t_{\text{上}} - t_{\text{下}}} p_K$$

式中 p_0 ——原始压力, 公斤/厘米²;

t ——室温, °C;

$t_{\text{上}}$ ——测量上限, °C;

$t_{\text{下}}$ ——测量下限, °C;

p_K ——单圈弹簧管特性, 公斤/厘米²;

t_s ——不同长度的毛细管的温度修正值, °C。

毛细管的温度修正值见表 1-8。如单圈弹簧管上标注的特性值已辨认不清, 可充入氮气, 在原有机芯的传动比不变的情况下, 使指针转动 280°角, 指针转动 280°角的压力即为单圈弹簧管的特性值。

表 1-8 不同长度毛细管的温度修正值

毛细管长度 米 修正值(°C) 测量范围(°C)	毛细管长度 米				
	1	5	10	15	20
0~200	-4	-3	+2	+4	+6
0~250	-2	0	+4	+6	+8
0~300	-8	-6	-4	-2	0
0~400	-4	-2	+2	+4	+6
-60~400	-10	-8	-6	-4	-2

(三) 充气方法

充气时, 如充气设备为图 1-3 的形式, 则将减压阀调至所需压力即可。如充气设备如图 1-4 的形式, 则先将放空调节阀旋开少许, 再开氮气瓶与管路上的针形阀, 调节放空调节阀, 使压力表指在所需要的数值上, 保持一、二分钟后, 用铅封钳钳扁或用小锤敲扁与设备连接的毛细支管, 关紧氮气瓶, 松开毛细管连接活接头, 拆下毛细支管, 浸入水中, 如不漏气, 即可用 12 伏或 24 伏电弧焊将毛细支管封闭。如没有电弧焊, 可将毛细支管端部 10 毫米内砂打干净, 用烙铁烫上焊锡, 使焊锡在端部滴成一个光滑的圆球以封闭。

四、低沸点液体的充灌法

蒸汽压力表式温度计和充气压力表式温度计一样, 对气密性的要求是很高的, 因此都

要经过认真试压，焊好泄漏的地方再充灌低沸点液体。

(一) 如何判断充何种液体

常用的低沸点液体有几种，每一种的刻度分度都互不相同，因此需事先判断。下面介绍的判断方法供参考。

1. 根据仪表指针位置判断。用手握住温包，或将温包投入热水中，若指针不动，而仪表又是未经拆过的，因而可以判定是系统不密封，这时指针所指的温度值，就是所充的低沸点液体在大气压下的沸点温度，或者说是表压等于零的沸点温度。例如指针指在 -24°C 左右是氯甲烷，指在 12°C 左右是氯乙烷等。

2. 系统的密封性处理好以后，根据仪表刻度的分度情况，估计充何种液体。充氮气的温包容积较大，刻度均匀。充低沸点液体的温包容积较小，刻度不均匀。判定仪表是充低沸点液体以后，先初步估计充何种低沸点液体，然后将指针装在表压等于零的该液体的沸点温度上，对照表 1-9~1-12 选择仪表刻度的几个分度点，充以气压。因为在一定的温度下，任何液体的饱和蒸汽压都是一定的，当各压力值和温度刻度相对应时，说明应充该种液体，否则，将指针装在表压等于零的另一种液体的沸点温度刻度上，再加压进行对照，直到无疑为止。

表 1-9 氯甲烷温度与饱和蒸汽压力对照表

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)
-24	0	60	12.60
-10	0.76	70	16.10
0	1.5	80	20.20
10	2.6	90	24.90
20	3.8	100	30.40
30	5.5	120	44.00
40	7.6	140	61.60
50	9.73		

表 1-10 氯乙烷温度与饱和蒸汽压力对照表

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)
12.2	0	100	10.50
20	0.33	110	13.13
30	0.87	120	16.20
40	1.55	130	19.72
50	2.40	140	23.70
60	3.50	150	28.20
70	4.80	160	33.30
80	6.40	180	45.60
90	8.20	187	50.60

表 1-11 丙酮温度与饱和蒸汽压力对照表

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)
56.1	0	150	10.50
60	0.14	160	12.90
70	0.58	170	15.60
80	1.12	180	19.00
90	1.87	190	22.80
100	2.67	200	27.00
110	3.74	210	31.70
120	5.01	220	37.00
130	6.53	230	43.00
140	8.33		

表 1-12 乙醚温度与饱和蒸汽压力对照表

温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	表压力 (公斤/厘米 ²)
34.6	0	120	8.9
40	0.21	130	11.0
50	0.68	140	13.6
60	1.3	150	16.5
70	2.0	160	19.8
80	2.9	170	23.6
90	4.0	180	27.8
100	5.4	190	32.6
110	7.0	193	34.5

(二) 充灌低沸点液体的步骤

1. 将弹簧管的毛细支管用毛细管连接活接头接到如图 1-6 的设备上，并装上指针。

2. 旋开阀 4、阀 3 和阀 2，开启真空泵，并注意仪表指针，当系统的密封性良好，毛细管畅通，真空泵能抽至 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ 毫米汞柱的真空度时，指针应能迅速地向下限刻度端移动 10~20 毫米的距离。然后将温包放入热水中。

3. 将盛低沸点液体的容器与阀 1 连通，关闭阀 2，旋开阀 1，待低沸点液体储于储罐后关闭阀 1。

4. 关闭阀 3，旋开阀 2，让液体流入计量管后关闭阀 2。

5. 关闭阀 4，将温包置于冰水混合液中，旋开阀 3，观察计量管指示，当液面降低到欲充的数值时关闭阀 3。此时仪表指针应向上限刻度端移动，移动的多少视所充液体而定。

6. 5~10 分钟后，将毛细支管钳扁，封密，再进行校验。

低沸点液体充多少，视毛细管的长短而定，温包的容积是根据毛细管的长度决定的，因而可根据温包的直径和长度估计其容积，充入温包容积三分之二的液体，一般地，充入 10~12 毫升即可。

有时候，仪表抽真空时，指针能慢慢地下降，下降的距离也符合要求，但液体就是充不进去，这可能是接头或毛细管不畅通的缘故，应拆下检查，用氮气吹洗，如毛细管经氮气吹洗仍充不进去，可将温包脱焊，检查插入温包的毛细管的畅通情况。脱焊时，应局部加温，温包的两端不得对准人和设备仪器，更不得放在电炉或火上烤，以防毛细管堵塞，焊锡的强度降低或熔化的情况下，温包内部压力增大，使接嘴冲出而发生事故。

第二章 温度测量仪表的感温元件

第一节 热 电 阻

温度变化时，导体或半导体的电阻也将随着变化，大多数金属，当温度升高 1°C 时电阻值要增加 $0.4\sim 0.6\%$ ，而半导体要减小 $3\sim 6\%$ ，热电阻就是利用这种电阻随温度变化的性质作为测温元件的。

一、铂 热 电 阻

铂在氧化性介质中，甚至在高温下，物理化学性质都很稳定。在还原性介质中，特别在高温的还原性介质中，容易被从氧化物中还原出来的蒸汽所沾污，使铂丝变脆，铂电阻与温度的关系发生变化，因此要用保护管加以保护。

在 $0\sim 360^{\circ}\text{C}$ 范围内，铂的电阻与温度的关系可用下式表示：

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

在 $-190\sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围内，铂的电阻与温度的关系可用下式表示：

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t^4 - 100t^3)]$$

式中 R_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时热电阻的电阻值；

R_0 ——温度为 0°C 时热电阻的电阻值；

A ——常数，等于 $3.94851 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ，或 $3.96847 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ；

B ——常数，等于 $-5.851 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}^2$ ，或 $-5.847 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}^2$ ；

C ——常数，等于 $-4.04 \times 10^{-12}/^{\circ}\text{C}^4$ ，或 $-4.22 \times 10^{-12}/^{\circ}\text{C}^4$ ；

t ——温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

铂的纯度以电阻比 R_{100}/R_0 来表示， R_{100} 代表铂在标准大气压力下在水的沸点时的电阻值， R_0 代表铂在冰的融点时的电阻值，常用的铂热电阻的电阻比有1.389和1.391两种。

在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内，铂的平均电阻温度系数为 $3.9 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。

各种分度号的铂热电阻的电阻与温度关系见附表1-5。

铂热电阻由感温元件、绝缘套管、接线盒和保护管组成。感温元件由直径 $\phi 0.03\sim 0.07$ 毫米的纯铂丝绕在云母片制成的片形支架上，如图2-1(a)、(b)，云母片边缘有锯齿形缺口，绕组的两面盖以云母片绝缘。为了改善热传导和便于固定，在云母片的两侧用花瓣形铜制薄片与云母片和盖片铆在一起并和保护管紧密接触。铂丝绕组的出线端与用银丝制成的引出线焊牢，引出线用瓷套管加以绝缘。

WZB-140型高压低温铂热电阻感温元件的骨架是一根玻璃棒，铂丝绕在玻璃棒上，外面再同样用玻璃密封。

用来测量 $-120\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的WZB-211，WZB-311型等铂热电阻，由于经常工作在 0°C 以下，为了防止水蒸汽形成冷凝液而进入感温元件内部，在保护管内部空间，全部充满石蜡。