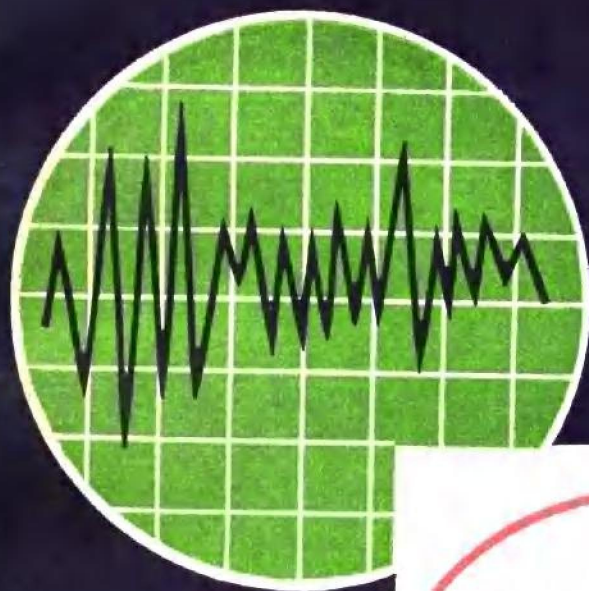




工艺检测仪表 与装置的调整

中国建筑工业出版社

本书讲述工艺检测仪表, 信号、保护和联锁系统与装置的调整及试验方法。书中列举了进行调整工作所必需的检测设备的简要技术特性。

本书可供从事工艺检测系统与装置的调整和使用工作的工程技术人员和专业工人作为参考书。

Наладка приборов и устройств технологического контроля.

Справочное пособие.

под общ. ред. А. С. Ключева.

М., «ЭНЕРГИЯ», 1976.

* * *

工艺检测仪表与装置的调整

宋浩谦 柯 壖 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 17½ 字数: 470 千字

1980年8月第一版 1980年8月第一次印刷

印数: 1—6,130 册 定价: 1.65元

统一书号: 15040·3768

原 序

现代工业设备的工艺过程的特点是：它们的参数值是最佳的；在多数情况下它们的参数值是临界的和超临界的；这些参数值偏离最佳值的容许范围很小；还要保证这些参数值之间的一定关系。有时，即使这些参数偏离它们的最佳值不多，但是也会使工业设备的效率降低，甚至会导致发生事故。因此，当前在设计和使用时，对在工艺过程中如何保证可靠的检测问题，给予了特殊的注意。

至于工艺检测本身的可靠性和准确性，则在很大程度上是取决于检测仪表、工艺信号、保护和联锁系统与装置的调整质量。

在向读者推荐的这本参考书中，将讲述工艺检测仪表、系统与装置的调整问题，提供进行调整工作所必需的参考资料。

本书由十章组成。

在第一章中，讲述调整工作的组织问题，进行调整工作的技术安全的保证问题，并对工艺仪表和设施调整时所用的仪器和设备进行必要的说明。

在第二章中，讲述工艺检测系统中的电气线路与管道的试验和检查。

在第三章中，说明传输、变换和显示规格化信号的仪表与装置的试验台检查与调整的方法。

在第四到第七章中，相应地讲述测量温度、压力、流量和液位的仪表的试验台检查与调整的问题。在这几章中，对本国仪表制造工业近年来所生产的仪表的调整问题，给予特别的注意。

近年来，对检查物质成分和含量的新型仪表和装置给予了特殊的注意。这是由于这类检测设备可以最客观地鉴定生产流程是否最佳化，它们的经济性和产品的质量如何。物质成分和含量检

测仪表的试验台检查和调整在第八章中讲述。

各种参数的检查值、极限值和危险值的断续式警告装置、联锁装置、过负荷保护装置、报警器等是工艺检测系统的重要组成部分。这些工艺检测设备可以减轻维护人员的工作。对这些设备的功能的可靠性和协调动作的精确性的要求是很高的。工艺信号、保护和联锁系统与装置的调整在第九章中说明。

目前，在各种科学和技术领域中，使用着几种不同的物理量单位系统。为了消除同时使用多种单位的现象，苏联部长会议计量和测量仪表标准委员会准备拟定统一的物理量单位国家标准，以代替现行的物理量单位标准 ГОСТ 7663-55、7664-61、7932-56、8033-56、8550-61、8848-63、8849-58、9867-61。在出版技术文献时，现在就应当采用和遵照新的标准。

在本书准备付印时，作者在把所使用的非推荐单位转换为“苏联国家标准”《物理量单位》方面陷入了困境。问题在于本书主要是供从事自动系统与装置调整和维护的人员使用的。目前，在工业企业中，大量使用的是按过去实行的测量单位标准分度的刻度盘的仪表。此外，广大的维护和调整人员所用的指导性资料和工厂说明书（仪表制造人员据此进行安装和调整）也都是与过去实行的标准相适应的。考虑到这一点，作者在说明测量各种物理量的仪表时，适当地保留了这些仪表和同类仪表的技术文件上所采用的那些测量单位。

应当指出，虽然大量的测量单位未被列入推荐目录，但是那些属于测量压力和压力降的仪表的刻度盘至今仍然是以这些未被推荐的单位分度的。为了便于把压力单位由一种单位系统换算到另一种单位系统，在附录中列有换算表。

自然，本书的第一版不可避免地存在着缺点，这些缺点是由于必须总结和整理调整工作所需要的大量资料和数据所引起的。

作者怀着感激的心情接受读者的意见和批评。

作者

目 录

原 序

第一章 工艺检测仪表与装置调整工作的组织

与生产总则 1

第一节 工作的组成和内容 1

一、工艺参数测量装置的结构 1

二、全工业统一规格化信号 1

三、试验台检查 2

四、测量仪表、装置和系统的调整 7

第二节 进行调整工作时的安全技术 8

一、组织措施 8

二、在工地上的建筑安装工作已完工的条件下, 进行
调整工作时的安全组织 10

三、在运行的电气设备上和生产厂房内进行调整工作 11

四、在电气设备上采用的保护手段 13

五、用手提式电气工具工作时的安全措施 14

六、在运行的高压和高温设备上工作 15

七、在存在有害气体和爆炸危险的场所工作 16

八、用有汞的仪表工作 17

九、受伤者的急救 19

第三节 检查、调整和试验工艺检测仪表、系统和装置

用的仪器和设备 22

第二章 电气线路和管道的试验 26

第一节 电气线路的试验 26

一、安装的正确性的检查 27

二、不同的测量电路共同敷设的相容性的检查 31

三、绝缘电阻的测量 38

四、控制电缆损坏部位的测定 40

五、电路的相位和极性的确定 42

六、电压在1000伏以下的二次回路和电气线路导线	
绝缘的高压试验	42
七、保护导管的气密性试验	43
第二节 管道的试验	44
一、管道的液压试验和气压试验	45
二、管道堵塞部位的测定	52
第三章 规格化信号测量与变换仪表的调整	55
第一节 规格化信号远距传输系统与装置	55
一、电位计传输系统	55
二、差动变压器传输系统	55
三、铁磁电动传输系统	58
四、直流传输系统	64
五、频率传输系统	65
六、气压传输系统	66
第二节 具有规格化输入信号的二次仪表的试验台检查	
与调整	68
一、具有差动变压器测量系统的二次仪表	68
二、铁磁电动式二次仪表	73
三、具有规格化直流电流或直流电压输入信号的二次	
仪表	82
四、频率式二次仪表	84
五、气压式二次仪表	96
第三节 函数变换器的试验台检查和调整	98
一、 $\Pi\Phi\Phi$ 型铁磁电动式变换器	99
二、 $\Pi\text{Б}\Phi$ 型自动同步器式变换器	107
三、ЭПП-63 型电气气压式变换器	110
四、 $\Pi\Phi 1-17$ 型开平方仪	112
第四章 温度测量仪表	116
第一节 温度测量仪表的构造和作用原理图	116
一、膨胀式温度计	116
二、压力式温度计	117
三、用热电法测量温度	119
四、用电阻温度计测量温度	133

五、根据物体的辐射测量温度	142
第二节 压力式温度计的试验台检查和调整	149
第三节 高温毫伏计的试验台检查和调整	152
第四节 自动电子电位差计和自动电子电桥的试验台 检查和调整	156
第五节 电流比计的试验台检查和调整	167
第六节 信号变换器-温度传感器的试验台检查与调整	168
一、ΠТ-ТП-62型变换器	168
二、ΠТ-ТС-62型变换器	172
第七节 温度测量系统和装置安装后的检查和调整	173
一、温度测量电路安装的检查	174
二、外部连接线路电阻的选配	175
三、单独试验	180
四、工艺对象温度测量的误差及其来源	181
第五章 压力和真空度测量仪表的调整	184
第一节 压力和真空度的测量装置	184
一、概述 测量单位	184
二、玻璃管液体压力计	185
三、变形式压力测量仪表	187
第二节 压力和真空度测量仪表的试验台检查与调整	189
一、通风表、进气表和通风进气表	191
二、弹簧压力表	194
第三节 带有电接触式输出装置的压力和真空度测量 仪表的试验台检查与调整	200
第四节 具有同类输出信号的压力和真空度测量仪表的 试验台检查与调整	202
一、具有气压与电气变换器的指示式压力计	202
二、具有气压和电气变换器的无刻度压力计	205
三、具有规格化电动和气动变换器的压力测量仪表—— 传感器	211
第五节 压力测量系统与装置的安装后检查和调整	230
一、液体和蒸气压力的测量系统	235
二、气体压力测量系统	236

三、用隔离器保护仪表的腐蚀性介质压力测量系统	237
第六章 物料流量和数量测量仪表的调整	238
第一节 物料流量和数量测量装置	238
一、变压力差式差动流量计与固定压力差式流量计	239
二、标准节流装置的计算	242
三、节流装置的安装	246
四、压力差测量仪表	247
第二节 压差计-流量计的试验台检查和调整	252
一、压力差计误差的确定	256
二、积分器误差的确定	261
三、浮子式压差计	263
四、带读数装置的波纹管压差计	275
五、具有气压和电气输出信号的无刻度压差计	279
六、具有规格化输出信号的压差传感器	291
第三节 固定压差式流量计的试验台检查和调整	291
第四节 物料流量和数量测量系统与装置安装后的检查和 调整	294
第七章 液位测量仪表的调整	303
第一节 液位测量装置	303
第二节 液位计的试验台检查和调整	307
一、УДУ-5型浮子式液位计	307
二、УБ-11、УБ-12和УБ-13型浮标式液位计	313
三、ИУВЦ 型浮标式液位计	320
四、УБ-П和УБ-Э 型浮标式液位计	321
五、ДИУ 型远距离液位指示器	324
六、ЭИУ-2 型电子液位指示器	324
第三节 采用压差计的液位测量系统	328
一、液体静压式液位测量系统	328
二、气压式液位测量系统	337
第八章 物质性质、成分和状态测量仪表的调整	339
第一节 液体和气体密度的测量装置	339
第二节 气体湿度的测量装置	342
第三节 水溶液 pH 值的测量装置	344

一、玻璃测量电极	347
二、辅助电极（比较电极）	349
三、电极系统	350
四、pH 计传感器	355
第四节 溶液浓度的测量装置	356
第五节 气体分析器	361
一、热效应气体分析器	361
二、热化学效应气体分析器	365
三、光-声效应气体分析器	367
四、磁效应气体分析器	373
五、热磁效应气体分析器	374
六、磁气压效应气体分析器	377
七、热磁效应气体分析器的测量电路	378
第六节 层析仪	380
一、气体吸附法	382
二、气相液相法	383
三、层析装置的主要元件	386
四、分析结果的质量指标和数量指标	390
第七节 密度计的试验台检查和调整	393
第八节 气体湿度分析器的试验台检查和调整	398
第九节 pH 计的试验台检查和调整	405
一、pH-261型 pH 值变换器的试验台检查	406
二、电极的工作准备	410
第十节 浓度计的试验台检查与调整	411
第十一节 气体分析器的试验台检查和调整	415
一、热化学式气体分析器	415
二、光-声式气体分析器	423
三、磁式气体分析器	435
第十二节 层析仪的试验台检查和调整	440
第十三节 混合气体的配制	442
第十四节 工业现场取样系统的选择与测定物质、 成分和状态的系统及装置的调整	447
一、取样系统	448

二、辅助装置	452
第九章 工艺信号、保护和联锁电路与装置的调整	457
第一节 信号传感器的试验台检查	457
第二节 信号传感器的调整	459
一、温度信号传感器	459
二、压力和真空度信号传感器	461
三、流量信号传感器	465
四、液位信号传感器	474
五、电极式液位信号传感器	474
六、粉粒材料电极式料位信号传感器	477
第三节 装在测量仪表中的信号装置的调整	483
第四节 工艺信号电路的调整	490
一、继电-接触器工艺信号电路	490
二、无触点逻辑元件的工艺信号电路	497
三、工艺信号电路的检查和调整	513
第五节 工艺保护与联锁电路的调整	519
一、电气保护设备的调整	520
二、单台工艺机械和机组的保护装置的调整	533
三、工艺保护和联锁系统的调整	542
附录 压力测量单位的换算系数	549

第一章 工艺检测仪表与装置

调整工作的组织与生产总则

第一节 工作的组成和内容

一、工艺参数测量装置的结构

在一般情况下，任何测量工艺参数的装置都是由下列部分组成的：

1. 测量变换器（敏感元件、传感器）：感受被测量的参数，并把它变换成单值的输出信号，通常是把它变换成另外一种物理性质的信号，以便更容易被接收和进一步变换和放大。

2. 一次（测点）仪表：感受敏感元件的输出信号，将其放大并变换成规格化的标准信号，使这个信号能够根据具体的条件进行远距离的或近距离的传输。

3. 连接线路：沿着它把信号从一次仪表传输到二次仪表。

4. 二次仪表：感受来自一次仪表的信号，并将其变换为与被测量参数的有效值相当的读数。

如果只要就地指示被测量的参数值，那么采用具有读数装置的一次仪表就够了，而不用把读数传送到二次仪表。如果还需要把读数传输一定的距离，那就要采用带有读数装置和输出装置的一次仪表，以便把读数传送给二次仪表。不论是一次仪表还是二次仪表，都可以是指式式的、自记式的，以及附有各种辅助装置的。这些辅助装置单值地和仪表的测量部分相联系，用于实现诸如参数的极限容许值的信号、计数等等。从结构上讲，传感器和一次仪表在个别的情况下可以用于同一目的。

二、全工业统一规格化信号

与ГОСТ14853-69和9895-69相应的国家仪表系统（ГСП），

规定了全工业统一的规格化信息传递电气信号，其变化范围如下：

1. 直流电流信号：0~5；-5~0~+5；0~20安；

2. 直流电压信号：0~1；-1~0~+1；0~10；-10~0~+10伏；

3. 频率50和400赫兹的交流电压信号：-0.25~0~+0.25；0~0.5；-1~0~+1；0~2 伏（对于利用互感变换原理的，具有频率50和400赫兹的交流电压信号的仪表和装置，在电源额定电流为0.125或0.32安培时，互感的变化范围从0~10；10~0~10；0~10毫亨的系列中选择。用电源电压的相位变化180°，来获得相反的互感值）。

4. 交流信号的频率（在全工业统一规格化信号系统中，使用最广泛的信号频率范围为4~8千赫）。

除了电气信号以外，还广泛使用变化范围为0.2~1公斤力/厘米²的规格化气压信号。

在设计具体的工艺检测系统时，常常必须把一种规格化信号变换为另一种规格化信号。例如，工艺检测对象是属于防爆等级的，则在这种情况下，应适当地采用气动式现场仪表和变换器（传感器）。但是，如果在这种情况下中心控制站距离控制对象很远，则应当相应地借助于规格化电气信号把读数传送到二次仪表去。这样，就产生了把气压规格化信号“等价地”变换成规格化电气信号的必要性，例如把气压信号变换成直流电压信号。因此，在一般情况下，在工艺检测系统中都补充采用各种规格化信号变换器。

三、试验台检查

工艺检测系统中最复杂的装置和仪表，在把它们装到检测对象上以前，应当预先进行试验台检查，也就是要复查仪表的各个特性和元件，以发现可能的损坏和确定仪表的准确度等级是否与其刻度盘上或鉴定书上的记载符合。通过试验台检查可以确定仪表在运输和存放之后，是否可用于安装、调整和使用。

根据试验台检查的这种功用，它应当包括有下列工序（检查）：

外观检查：确定仪表的技术特性是否符合设计说明书；检查仪表的成套性、工厂文件的成套性以及有无明显的机械损伤。

检查仪表电路相对于仪表壳体的绝缘电阻。

检查信号输出装置（如果仪表中有的话）协调工作的准确性。

检查仪表曲线图传动机构的工作和记录的质量。

确定仪表的基本换算误差和读数变化，以检查其准确度等级（见下面）。

用误差来评定仪表的准确度。

被检查仪表的读数 x_n 和被测量的实际值 x_o 的差，称为测量的绝对误差，即

$$\Delta = x_n - x_o \quad (1-1)$$

以标准仪表的读数作为被测量的实际值。

应当补加在仪表的读数上以获得被测量的实际值的代数量 σ 称为修正值，即

$$\sigma = x_o - x_n \quad (1-2)$$

绝对误差对被测量实际值的百分比称为相对误差 δ ，

$$\delta = \pm \frac{100 \Delta}{x_o} \% \quad (1-3)$$

例 1-1 如果被测的介质温度的实际值为 500°C ，仪表的读数为 495°C ，确定测量温度的绝对误差、相对误差和对仪表读数的修正值。

按式（1-1）求测量的绝对误差

$$\Delta = 495 - 500 = -5^{\circ}\text{C}$$

按式（1-2）求相对误差

$$\delta = \frac{-5}{500} 100\% = -1\%$$

按式（1-3）求仪表读数的修正量

$$\sigma = -\Delta = +5^{\circ}\text{C}$$

用绝对误差和相对误差可以评定参数测量的准确度。但是光用这两个值还不能确定仪表本身的准确度。举例来说：如果实际上仪表的量程是 500°C ，则其最大绝对测量误差 $\Delta_{\text{max}}=5^{\circ}\text{C}$ 是被容许的。

但是如果仪表的量程是 50°C ，则对于这种仪表误差 $\Delta_{\text{max}}=-5^{\circ}\text{C}$ 按照它的准确度条件是不容许的。因此，要采用换算误差来评价仪表的测量准确度。

绝对误差对所取的额定值 x_N 的百分比称为仪表的换算误差 γ ，即：

$$\gamma = \frac{100\Delta}{x_N} \% \quad (1-4)$$

根据条件，可以取量程上限、量程、刻度长等作为额定值。

如果对测量仪表没有作特殊的说明，则取仪表的刻度范围作为额定值。

仪表误差。仪表误差分为基本误差和附加误差。

仪表在标准的测量条件下所具有的误差称为基本误差。标准测量条件是仪表制造厂技术条件（TY）中所规定的条件。例如，周围环境的温度（对于1.0~4.0级准确度的仪表为 $+20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ）、湿度、有无磁场等。

外界条件相对于标准条件改变所造成的仪表读数变化称为相对误差。

基本误差 γ 和附加误差 γ_0 一般是用额定值的百分比来表示，例如，可以取仪表的刻度范围作为额定值。

总换算误差等于基本误差和附加误差的和。

准确度等级。在一般情况下，按照ГОСТ16263-70，由基本误差和附加误差的容许范围所决定的综合特性，影响测量设备准确度的性能，以及在标准中对各种型式的测量设备所规定的数值，称为测量设备的准确度等级。

由于引起附加误差的因素难以估计，所以大多数工艺检测仪表的准确度等级只用基本误差的容许范围来确定。根据基本误差

的容许值，工业测量仪表分成八个准确度等级：0.05级、0.1级、0.2级、0.5级、1.0级、1.5级、2.5级、4.0级。它们的基本误差在刻度盘上的任何一点相应地不超过 ± 0.05 、 ± 0.1 、 ± 0.2 等等。

仪表的检查。在一般情况下，对测量设备的检查是由计量机构确定测量设备的误差和判明其是否适合使用。检查仪表时，一般是用比较被试验仪表的和标准仪表或标准测量设备的读数的方法进行。在不考虑读数修正值的情况下，标准仪表或标准测量设备的误差至少要比被试验的仪表的基本误差小 4 倍。

1.0、1.5、2.5和4.0级准确度的仪表，用对比它们的读数与0.2级或0.5级准确度的标准仪表的读数的方法来检查。0.2级或0.5级准确度的标准仪表应当有苏联度和测量仪表标准委员会计量机构的证明。

容许误差的确定。根据仪表的准确度，可以确定它们的容许误差 Δ_n 和 γ_n 。

对于具有零刻度的仪表，其绝对基本误差等于：

$$\Delta_n = \pm \frac{K \cdot x_N}{100} \quad (1-5)$$

式中 K ——仪表的准确度等级；

x_N ——等于仪表读数上限的额定值。

仪表的换算基本误差等于：

$$\gamma_n = \pm K \% \quad (1-6)$$

对于具有超零刻度的仪表，还要补充计算刻度盘起始刻度的误差。因此，仪表的绝对基本误差

$$\Delta_n = \pm \left(\frac{KE}{100} + \frac{dD}{100} \right) \quad (1-7)$$

式中 E ——仪表的刻度范围；

D ——超零范围（仪表的量程下限）；

d ——超零刻度的修正值（对于0.2级仪表， $d = \pm 0.10$ ；对于0.5级和1.0级仪表， $d = \pm 0.15$ ；对于1.5级仪表， $d = \pm 0.25$ ）。

具有超零刻度的仪表的换算基本误差用下式确定：

$$\gamma_n = \pm \left(K + \frac{dD}{E} \right) \% \quad (1-8)$$

或

$$\gamma_n = \pm \frac{100 \Delta_n}{E} \% \quad (1-9)$$

例 1-2 确定具有0~200公斤力/厘米²刻度的 2.5 级压力表的基本测量误差。

按式(1-5)求出压力表的绝对基本误差，在刻度盘所有的点上均不应超过以下的数值：

$$\Delta_n = \pm \frac{K x_n}{100} = \frac{\pm 2.5 \times 200}{100} = \pm 5 \text{ 公斤力/厘米}^2$$

换算误差 $\gamma_n = \pm K \% = \pm 2.5 \%$ 。

例 1-3 确定(例1-2)中的压力表在测量150公斤力/厘米²的压力时的容许相对误差。

因为压力表的绝对误差 $\Delta_n = \pm 5$ 公斤力/厘米²，则可按公式(1-3)求出容许相对误差：

$$\delta = \frac{\pm 5}{150} 100 \% = \pm 3.33 \%$$

例 1-4 确定具有刻度600~1100℃的1.5级温度测量仪表的基本误差。

按式(1-7)求出仪表的绝对基本误差

$$\begin{aligned} \Delta_n &= \pm \left[\frac{1.5(1100-600)}{100} + \frac{0.25 \times 600}{100} \right] \\ &= \pm (7.5 + 1.5) = \pm 9^\circ\text{C} \end{aligned}$$

按式(1-8)求出换算基本误差：

$$\begin{aligned} \gamma_n &= \pm \left(1.5 + \frac{0.25 \times 600}{500} \right) \% = \pm (1.5 + 0.3) \% \\ &= \pm 1.8 \% \end{aligned}$$

例 1-5 具有刻度200~300℃的温度测量仪表，如果在试验台检查时求得它的最大绝对误差 $\Delta = -10^\circ\text{C}$ ，确定其是否适合使用。

按式(1-7)求出仪表容许的绝对基本误差

$$\Delta_n = \pm \left(\frac{1.5 \times 400}{100} + \frac{0.25 \times 200}{100} \right) = \pm 6.5^\circ\text{C}$$

因为仪表实际的最大绝对基本误差超过了由它的准确度等级决定的容许值，所以仪表不适于使用。必须将其送交修理。

读数变化。 由于轴承摩擦，轴尖和轴垫磨损，以及其他原因，与同一被测量的实际值相对应的各次仪表的重复读数之间彼此将有一些不同，也就是说，仪表的读数有变化。与同一被测量值相对应的，从由小到大和由大到小接近的各次仪表读数之差，称为仪表的读数变化。仪表读数变化一般用所取的额定值的百分数表示（换算读数变化）。

读数变化和基本误差同时测定。在指针的正行程和反行程中，与被测仪表的同一刻度值对应的从小到大时的被测量实际值（ $x_{\partial\sigma}$ ）（标准仪表读数）与从大到小时的被测量实际值（ $x_{\partial\kappa}$ ）之差就是读数变化，即

$$\varepsilon = \frac{|x_{\partial\sigma} - x_{\partial\kappa}|}{x_N} 100\% \quad (1-10)$$

例 1-6 确定具有0~200°C的刻度盘的仪表在刻度80°C处测量温度的读数变化。升高温度，把被检查仪表的指针调整到刻度80°C上，这时标准仪表的读数是 $x_{\partial\sigma} = 79.0^\circ\text{C}$ 。从100°C降低温度并把被检查仪表的指针调整到刻度80°C上，这时标准仪表的读数为 $x_{\partial\kappa} = 80.8^\circ\text{C}$ 。

按式（1-10）求出读数变化：

$$\varepsilon = \frac{80.8 - 79.0}{200} 100\% = 0.9\%$$

对于准确度在0.2级以上的仪表，读数变化不应超过0.2%；对于其他准确度等级的仪表，则不应超过基本容许误差值的一半。

只有成功地通过了试验台检查的仪表，才能交付安装。

四、测量仪表、装置和系统的调整

构成这种或那种工艺参数测量系统的仪表、装置和连接线路在安装以后要进行调整。在一般情况下，调整分成两个阶段进