

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 8209—1999

工业过程控制用电动和气动输入输出 模拟信号调节器 性能评定方法

Methods of evaluating the performance of electrical and
pneumatic controllers with analogue input and output signals for
use in industrial process control

1999-08-06 发布

2000-01-01 实施

国家机械工业局 发布

目 次

前言	
1 引言	1
2 定义	3
3 试验条件	3
4 静差	5
5 度盘标记及标度值	6
6 影响量的影响	10
7 输出特性及能源消耗	14
8 其他	16
9 频率响应	16
10 文件资料检查	18
11 技术检查	18
12 评定报告	19
13 验收及出厂试验	19
附录 A(标准的附录) 评定技术性能中所规定的含义及计算式	22
附录 B(提示的附录) 调节器性能评定试验数据汇总表	24

前 言

本标准等效采用 IEC/TC65B(秘书处)61、63 号文件(63 号文为 IEC 标准出版物 546-76 的修改草案, 61 号文拟作为 IEC 标准出版物 546-76 第二部分)。除了一些编辑性修改之外,还作了下列技术性修改。

微分作用试验中,计算预调时间用 $\frac{V_D}{V_D-1}$ 系数进行修正;

串模干扰试验,将干扰信号直接作用于调节器输入端,而不经适配电路;

负载变化影响、输入过载影响试验均为开环试验,闭环测试静差变化(IEC 标准均在闭环情况进行);

补充外磁场影响试验。

本标准是对 JB/T 8209—95《工业过程控制用电动和气动输入输出模拟信号调节器 性能评定方法》的修订。修订时,对原标准作了编辑性修改,主要技术内容没有变化。

本标准自实施之日起,代替 JB/T 8209—95。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会第二分技术委员会归口。

本标准负责起草单位:重庆工业自动化仪表研究所。

工业过程控制用电动和气动
输入输出模拟信号调节器
性能评定方法

JB/T 8209—1999

代替 JB/T 8209—95

Methods of evaluating the performance of
electrical and pneumatic controllers with
analogue input and output signals for
use in industrial process control

1 引言

1.1 范围

本标准规定的性能评定方法适用于工业过程控制用电动和气动输入输出连续模拟信号调节器(以下简称调节器)。但原则上对具有其他连续信号的调节器也可应用,本评定方法也可用于内部是数字概念和原理而输入输出是模拟信号的装置。

本标准前 12 章用于全面评定调节器性能,第 13 章用于产品出厂及用户接收时的验收试验。

调节器包括比例调节器、比例微分调节器、比例积分调节器、比例积分微分调节器。

本标准规定的试验条件,如环境温度范围、能源等,只有当制造厂和用户一致同意不用其他数值时,才可采用。

本标准仅适用于一般工作条件下使用的调节器。特殊工作条件下使用的调节器所额外要求的试验,不属于本标准范围。

本标准所规定的某些试验可能不适用于某些型式的调节器,而某些型式的调节器可能需要其他的附加试验。为此可根据调节器的型式选用所适用的试验和补充所需要的附加试验。

应该肯定在评定单位和制造厂之间保持紧密的联系,当决定试验程序时,应注意制造厂为仪表规定的说明书,同时向制造厂征求对试验程序和结果的意见。

1.2 目的

本标准旨在为调节器性能评定规定统一的试验方法。

1.3 基本关系式

1.3.1 理想调节器的输入输出关系式

理想比例积分微分调节器的输入输出关系式可用下式表示:

$$Y - Y_0 = K_F(X - W) + K_I \int_0^t (X - W) dt + K_D \frac{d(X - W)}{dt} \quad (1)$$

或:

$$Y - Y_0 = K_F \left[(X - W) + \frac{1}{T_I} \int_0^t (X - W) dt + T_D \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (1')$$

在频率域内,可用下式表示:

$$F = K_F \left[1 + \frac{1}{j\omega T_I} + j\omega T_D \right] \quad (1'')$$

对于系数 K_F , K_I 和 K_D 之间有相互干扰的理想调节器,输入输出关系式可用(2)式表示:

$$Y - Y_0 = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{A T'_i} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \cdot \frac{d(X - W)}{dt} \right] \quad (2)$$

式(2)中 A 为取决于调节器构造的相互干扰系数,常写成:

$$A = 1 + \frac{T'_D}{T'_i} \quad (3)$$

$$K'_p = \frac{K_p}{A} \quad (4)$$

$$T'_i = \frac{T_i}{A} \quad (5)$$

$$T'_D = A T_D \quad (6)$$

如果调节器的微分作用只对被控量 X 起作用,则其输入输出关系式可用(7)式表示:

$$Y - Y_0 = K'_p A \left[(X - W) + \frac{1}{A T'_i} \int_0^t (X - W) dt + \frac{T'_D}{A} \cdot \frac{dX}{dt} \right] \quad (7)$$

式中: t ——时间(分);

Y ——输出信号(校正量);

Y_0 ——时间为零时调节器处于平衡状态的输出信号;

X ——被控量;

W ——给定值;

K_p ——比例作用系数;

T_i ——再调时间($T_i = K_p/K_i$);

K_i ——积分作用系数;

T_D ——预调时间($T_D = K_D/K_p$);

K_D ——微分作用系数;

j —— $(-1)^{\frac{1}{2}}$

ω ——角速度;

d/dt ——微分算子。

以上关系式中带撇的系数,表示与有效值相对应的标称值。

1.3.2 实际调节器与理想调节器的主要差异

实际调节器因包含时间常数,积分增益和微分增益的大小是有限值,所以与理想调节器不同。

1.3.2.1 积分作用的差异

因为实际调节器的积分增益是有限值,方程(1)的积分项仅在频率足够高时,才是实际响应的近似值。在低频,调节器的积分可用频率特性表示,如(8)式:

$$F = K_p \frac{V_i}{1 + j\omega T_{i1}} \quad (8)$$

式中: V_i ——实际调节器的有限积分增益。

其次,实际调节器的积分作用存在着一定程度的非线性。

1.3.2.2 微分作用的差异

因为实际调节器的微分增益是有限值,方程(1)的微分项仅在频率足够低时,才是实际响应的近似值,实际调节器的微分都有附加时间常数和比例项,用频率特性表示如下:

$$F = K_p \frac{1 + j\omega T_D}{1 + j\omega T_i} \quad (9)$$

式中: T_i ——一阶非周期的时间常数。

比值 K_D/T_i 对于 T_D 的整个调整值可能是常数(取决于调节器的设计)。在这种情况下,比值 T_D/T_i 就叫做最大微分增益或写作 V_D 。

其次,实际调节器的微分作用存在着一定程度的非线性。

1.3.3 实际调节器的度盘标称值

上述关系式中的作用系数和作用时间是调节器性能的理想值。实际调节器的度盘标称值与这些理想值一般会有差别,制造厂应以计算式或图、表的形式表示出度盘标称值和实际值之间的关系。

2 定义

下列定义仅适用于本标准。

2.1 比例带

以百分数表示的线性调节器的比例带(X_r),可用下式表示:

$$X_r = \frac{100}{K_r} (\%) \quad \dots\dots\dots (10)$$

2.2 正作用和反作用

调节器的输出随被控信号的增加而增加叫正作用;调节器的输出随被控信号的增加而减少叫反作用。

2.3 静差

调节器在稳态时,被控值 X 与给定值 W 之间的差。

2.4 比例调节器

仅产生比例控制作用的调节器。

2.5 比例微分调节器

能产生比例加微分控制作用的调节器。

2.6 比例积分调节器

能产生比例加积分控制作用的调节器。

2.7 比例积分微分调节器

能产生比例加积分加微分控制作用的调节器。

2.8 绝对误差

测量结果与真值之间的代数差。

2.9 上行程平均误差

对应每个标度值,各测量循环的上行程读得误差的算术平均值。

2.10 下行程平均误差

对应每个标度值,各测量循环的下行程读得误差的算术平均值。

2.11 平均误差

对应每个标度值,所有上行程和下行程读得误差的算术平均值。

2.12 回差

同一标度值所对应的上行程平均误差与下行程平均误差之间的差值以标度量程的百分数表示。

3 试验条件

3.1 环境条件

3.1.1 标准参比大气条件

温度:20℃;

相对湿度:65%;

大气压力:101.3kPa。

3.1.2 参比试验大气条件

调节器的参比性能应在下述大气条件下进行试验:

温度:20℃ ± 2℃;

相对湿度:60%~70%;

大气压力:86kPa~106kPa。

用于热带、亚热带或其他特殊环境的调节器,其参比大气条件按有关标准规定。

3.1.3 一般试验大气条件

当试验不可能或无必要在参比试验大气条件下进行时,推荐采用下述大气条件:

温度:15℃~35℃;

相对湿度:45%~75%;

大气压力:86kPa~106kPa。

任何试验期间,允许温度最大变化率为1℃/10min。

3.1.4 其他环境条件

除上述大气条件外,试验尚应在下述环境条件下进行:

磁场:除地磁场外,应使其他外界磁场小到可以忽略不计。

机械振动:应使机械振动小到可以忽略不计。

3.2 动力条件

3.2.1 公称值

按有关标准或制造厂的规定,或用户与制造厂商定。

3.2.2 允差

3.2.2.1 电源

电压:±1%;

频率:±1%;

谐波含量:小于5%(交流电源);

纹波:小于0.1%(直流电源)。

3.2.2.2 气源

压力:±1%;

温度:环境温度±2℃;

湿度:在工作压力下露点至少低于调节器表面温度10℃;

无油无灰尘:含油量不大于10mg/m³,灰尘微粒不大于3μm,就可认为是“无油无灰尘”的气源。

3.3 其他条件

3.3.1 负载阻抗

制造厂规定的值应作为参比值,如果制造厂规定的是允许范围,则:

输出信号为直流电压的电动调节器,负载阻抗取制造厂规定的最小值;

输出信号为直流电流的电动调节器,负载阻抗取制造厂规定的最大值。

除非制造厂另有规定,气动调节器的负载阻抗应采用长8m,内径4mm的管道,后接气容20cm³(动态试验的负载阻抗另行规定)。

3.3.2 测量系统的误差限

供测试用的测量系统误差限,应在试验报告中说明,且应小于或等于被试调节器所规定误差限的1/4。

3.3.3 工作位置

试验时调节器的位置应按制造厂规定的正常工作位置,其倾斜不得超过±3°。

3.3.4 对输入信号的要求

输入信号应不受影响量的影响,也不得有影响测量的干扰电压或压力波动。

3.3.5 电动调节器的预热

电动调节器在接通电源后,应按制造厂规定的时间进行预热,如制造厂未作规定,允许预热30min。

3.3.6 试验环路、调节器整定参数值、给定、被控量、输出信号值

除条文中另有规定外,试验均按图1接线(为了使其稳定,允许加阻尼)并连成闭环,反作用。

调节器的比例带定在100%。

微分作用定在最小或切除(预调时间最小或切除)。

积分作用定在最大(再调时间最小值)。

给定信号稳定在量程的50%。

调整偏置信号使输出信号为量程的50%。

当将调节器连成开环时,调整信号发生器3,可使输出信号为任何值。

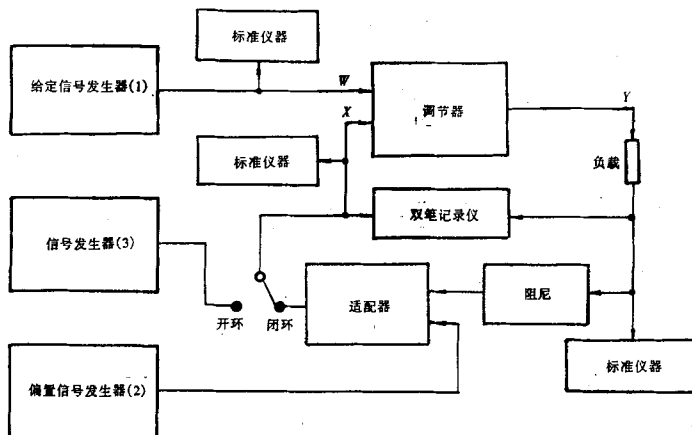


图1 调节器闭环或开环线路连接示意图

4 静差

调节器应测量在反作用情况下,不同大小的给定和输出信号、不同比例带时的静差;以及在正作用情况下,比例带100%,输出信号为量程的50%,给定值为50%的静差和不同再调时间、预调时间时的静差。试验中,如发生振荡可调整阻尼。

本试验仪适用于具有积分作用的调节器。

4.1 不同比例带时的静差

调整偏置信号使输出信号稳定在量程的50%,记下标准仪器的示值。

比例带定在最小,然后最大,重复上述试验。

把比例带定在100%,给定信号依次定在量程的10%,50%,90%,调整偏置信号使输出为量程的10%,50%,90%,分别记下标准仪器的示值。

调节器切为正作用,适配器切为反作用,比例带定在100%,给定信号定在量程的50%。

调整偏置信号使输出信号为量程的50%,记下标准仪器的示值。

对于出现静差变化较大的读数点,可在附近的比例带及其他给定值作进一步测量。

从这些测量中,计算出不同比例带时的最大静差。

4.2 不同再调时间和预调时间时的静差

4.2.1 不同再调时间时的静差

再调时间依次定在最小、中间及最大。

调整偏置信号使输出信号稳定在量程的 50%，记下标准仪器的示值。

确定不同再调时间时的最大静差。

4.2.2 不同预调时间时的静差

预调时间依次定在最小、中间及最大。

调整偏置信号使输出信号稳定在量程的 50%，记下标准仪器的示值。

确定不同预调时间时的最大静差。

5 度盘标记及标度值

调节器的度盘标记主要是指比例作用、积分作用和微分作用，以及给定标度尺。

这些度盘标记及标度尺的标度值都必须测试。

5.1 给定标度值

再调时间定在最大。

使给定指针依次对准标度值为 0%，20%，40%，50%，60%，80%，100%，记下标准仪器的相应示值。

然后，使给定指针依次对准标度值为 100%，80%，60%，50%，40%，20%，0%，记下标准仪器的相应示值。

上述步骤至少重复三次。

从这些测试中，计算出平均误差及回差并取最大值。

5.2 死区

调节器的死区是指：被控信号的变化不致引起输出有任何可见变化的最大被控信号变化量。

调节器的死区应在被控信号量程的 50% 处测试。

调节器连成开环，正作用。

再调时间定在最大，预调时间定在最小或切除。

信号发生器 2 给出振荡信号，其幅值足以使调节器输出有响应，然后，减小幅值直到输出正好停止响应为止，此时，振荡信号的幅值即调节器死区。

注：如设备发生困难时，允许采用等效方法进行测试。

当死区小于 0.1% 时，可不测试。

5.3 比例作用

调节器连成开环（如图 2 所示），正作用。

预调时间定在最小或切除。

使输出信号稳定在量程的 50%，然后将再调时间定在最大。

把输入信号先定在量程的 50%，然后依次为 30%，70%，10%，90%，0%，100%，测量相对应的输出信号值。试验应无间断地尽快进行，以减少剩余积分作用的影响。

比例带定在最大值、最小值，重复上述测试。

比例带小于 100% 时，加输入信号使输出为量程的 50%，30%，70%，10%，90%，0% 及 100%，测量相对应的输入信号值。

用最小二乘法计算各比例带标度值实际平均比例作用系数，并作出输出特性曲线，见图 3。

根据图 3 特性曲线，计算比例带实测真值，以度盘标称值的百分数表示。

注：当剩余积分和微分作用影响较大时，可将输入和输出信号记录在双笔记录仪上，然后根据记录曲线进行计算，如图 4 所示。

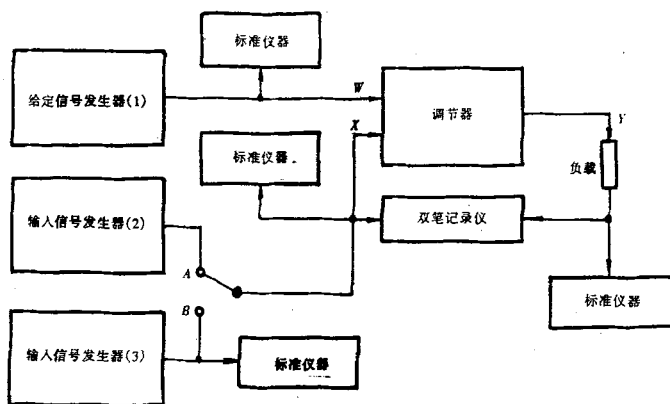


图2 测试比例、积分、微分作用线路示意图

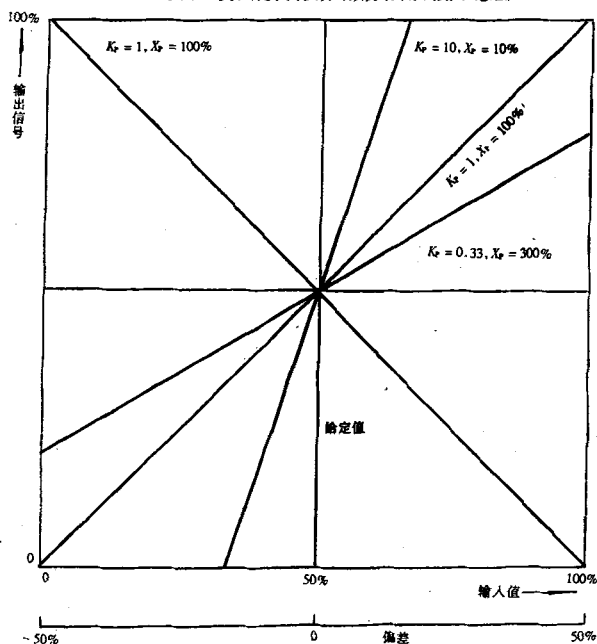


图3 调节器比例作用特性

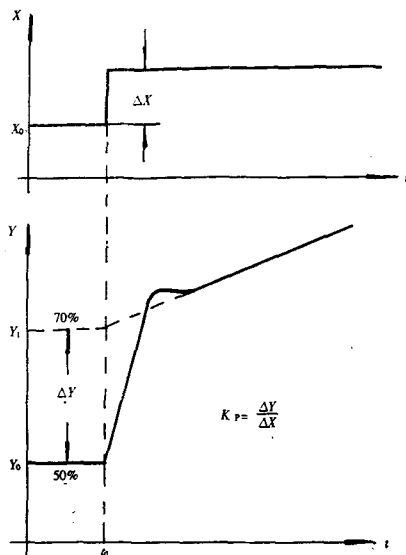


图4 比例作用记录特性

5.4 积分作用

调节器连成开环,正作用。

预调时间定在最小值或切除。

将输出稳定在量程的10%(或90%)。

再调时间依次定在标度值的最大、最小及中间位置。

加入输入信号为量程10%的正、负阶跃变化信号(先正后负)。

用双笔记录仪直接记录出调节器输出由10%变化到100%,以及由90%变化到0%的响应曲线,如图5所示。

确定度盘标度值与记录曲线所测得时间之差,以度盘标度值的百分数表示。

注

1 此法不适用于纯积分作用的调节器。

2 当积分作用时间较小时,输入信号可减到5%。

5.5 微分作用

微分作用的预调时间试验有两种方法。

5.5.1 斜坡信号法

调节器按图2接线,正作用。

再调时间定在最大(如有可能可切除)。

斜坡信号由输入信号发生器3给出并调整为被测预调时间内,使调节器输出增加或减少量程的10%。

预调时间依次定在标度值的最小、最大及中间位置。

将输出信号稳定在量程的10%加入上升斜坡信号,用双笔记录仪记录输入、输出响应特性。

将输出信号稳定在量程的90%,加入反方向的斜坡信号,重复上述试验。

直接在图6a)所示的记录曲线上读出 T_d (两条平行直线之间的水平距离),实际的预调时间为 T_D :

$$T_D = \frac{V_D}{V_D - 1} T_d \quad \dots\dots\dots (11)$$

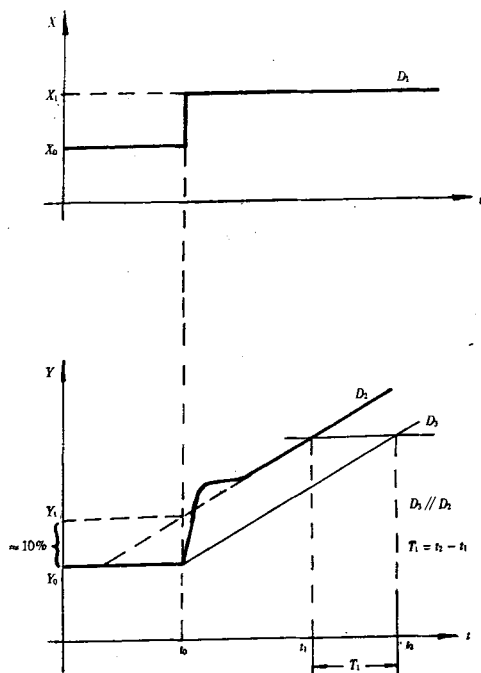


图5 比例积分作用记录特性

5.5.2 阶跃信号法

按图2接线,正作用。

将输出稳定在量程的0%。

再调时间定在最大。

输入的阶跃信号应能使输出为量程的100%。

预调时间依次定在标度值的最小、最大及中间位置。

加入上升阶跃信号,用双笔记录仪记录输入、输出响应特性。

将输出信号稳定在量程的100%,加入反方向的阶跃信号,重复上述试验。

直接在图6b)所示的记录曲线上读出 T_d ,实际的预调时间为 T_0 :

$$T_0 = V_0 T_d \quad \dots\dots\dots (12)$$

上述两种方法均应确定度盘标度值与记录曲线所测得时间之差,以度盘标度值的百分数表示。

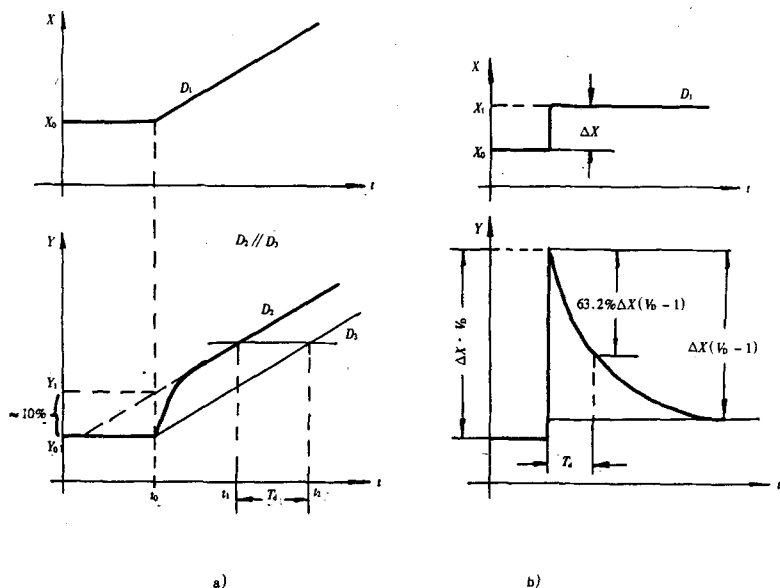


图6 比例微分作用的记录曲线

6 影响量的影响

各种影响量所引起的调节器静差及内给定值变化,应以各种不同影响量分别进行测试,并以被控信号量程的百分数表示。如果希望检查对比例带、积分、微分作用参数的影响也可进行测量。

除条文中另有规定者外,当调节器连成开环时,应将调节器切为正作用,再调时间定在最大值,预调时间定在最小值或切除,给定值和被控信号定在 50%,将输出稳定在量程的 50%。

6.1 气候影响

6.1.1 环境温度

应测试由制造厂推荐的最大和最小工作温度间的静差。

试验的环境温度及顺序如下:

+20℃, +40℃, +55℃, +20℃, 0℃, -10℃, -25℃, +20℃, 其中应包括调节器正常工作温度的上、下限值,对超过正常工作温度范围的温度,不进行试验。

每一档温度允许误差 $\pm 2^\circ\text{C}$, 并应有足够时间使调节器各部分温度恒定。

上述温度顺序应连续做两个循环。

试验过程中调节器不做任何调整。

测试出上述每一档温度时静差值和内给定值,计算相邻两档温度平均每变化 10°C 调节器静差和内给定的变化量。

6.1.2 相对湿度

调节器应先在参比工作条件下测试静差和内给定值。

再在大气压力下,温度为 $40 \pm 2^\circ\text{C}$,相对湿度为 90%~95% 的环境中,至少保持 24h,临结束前,测量静差及内给定值的变化量。

用于可能发生饱和场所的调节器,应接受下列附加试验:

上述试验后,在不少于 1h 内,将温度降至 25°C 以下,箱子应保持密闭,使箱内空气饱和,并再次测量静差及内给定值的变化量。

试验后,用肉眼观察法检查是否有闪络效应、凝露、元件损坏等情况。

6.2 机械影响

6.2.1 安装位置

本试验规定主要是了解调节器从正常工作位置倾斜 10° 所引起的静差变化情况。

调节器从制造厂规定的正常工作位置向前、后、左、右各倾斜 10° (或按制造厂规定的最大倾斜度)。如果安装位置不是水平位置,应指出在这种情况下确定调节器性能的试验方法。

分别测试出静差的变化。

6.2.2 倾跌

本试验在于模拟检修,操作中因不慎而可能受到的敲打及颠簸,其目的是了解机械牢固性。

调节器以正常工作位置放在平滑、坚硬、牢固的混凝土或钢板的平面上。

将调节器的一边提起,使其与平面的距离为 25mm, 50mm, 100mm (取哪一个由制造厂与评定者商定); 或者使底边与平面之间的夹角为 30° , 这两种情况选取要求较低的一种, 然后让调节器自由地落到平面上。

四个底边各倾落一次。

检查损坏情况并测试静差变化。

6.2.3 机械振动

本试验目的在于确定机械振动对调节器静差和内给定值的影响及调节器的牢固性。

调节器应按制造厂的安装使用说明书规定,安装在振动试验台上,安装调节器的振动台,安装板和安装托架应有足够的刚度,使传到调节器上的振动变化最小。

调节器应在三个互相垂直的轴线上承受正弦振动,其中一根应为铅垂方向。在同一个方向上,试验按下列三个阶段依次进行,三个方向试验全部做完后进行最终测量。

第一阶段:寻找初始谐振

本阶段的目的在于了解调节器对振动的响应,测定谐振频率,并为寻找最终谐振收集资料。

试验的频率范围、振幅、加速度应从表 1 选取或按制造厂与用户之间协商一致的结果选取。

表 1

安 装 场 所	频 率 范 围 Hz	峰 值 振 幅 mm	峰 值 加 速 度 m/s^2
控制室(一般应用)	10~60	0.07	
现场(低振动水平)	60~150		9.8
注:恒定振幅和恒定加速度之间的公称穿越频率为 60Hz。			

试验应在频率范围内按对数规律连续扫频,扫频速率约为每分钟 0.5 个倍频程。扫频期间应记下调节器静差和内给定值,以及使静差和内给定有明显变化的频率及机械谐振频率。

第二阶段:耐振性试验

调节器应在第一阶段所寻得的谐振频率下,承受 1h 振动试验。

如果在第一阶段未找到谐振频率,则应在该调节器允许的整个频率范围内连续扫频。

第三阶段:寻找最终谐振

寻找最终谐振的方法与寻找初始谐振相同,并用相同的频率和振幅或加速度。

本阶段所得出的谐振频率和使调节器静差及内给定值产生明显变化的频率应与第一阶段得出的频率及机械谐振频率进行比较,记录其明显差别。

最终测量:振动试验后,应检查调节器的机械情况是否良好,并测试调节器静差和内给定值的变化量。

6.3 动力源影响

6.3.1 动力源变化

本试验应测量当动力源发生以下变化的所有组合(交流电源 9 组,直流电源及气源 3 组),所引起的静差和内给定值的变化量。

6.3.1.1 电压或气压

- a) 公称值;
- b) $+10\%$, -15% (或按制造厂规定)。

6.3.1.2 频率

- a) 公称值;
- b) $+2\%$, -10% (或按制造厂规定)。

输出为 100%,供电压或气压、供电源频率为最小值时,重复上述试验。

6.3.2 动力源长时中断

把动力源关断,去除输入、给定信号,24h 后接通动力源,恢复正常工作状态,在 5min 和 1h 后测量静差和内给定值变化量。

6.3.3 电源短时中断(仅对电动调节器)

调节器连成开环。

电源短时中断:5ms, 20ms, 100ms, 200ms, 500ms。

电源的短时中断,应在电源电压为峰值时进行数次或随机中断 10 次,两次试验的时间间隔,应不少于对应中断时间的 10 倍,并记录以下数值:

- a) 输出信号的最大瞬时变化;
- b) 输出信号达到且能保持在稳态的 1%之内所用的时间;
- c) 输出信号的任何永久性变化。

6.3.4 电源低降(仅对电动调节器)

调节器连成开环,输出稳定在量程的 100%,电源电压降低到公称值的 75%,并保持 5s。记录低降前后的输出变化、低降与恢复瞬间的变化幅值和持续时间。

6.3.5 电源瞬时过电压(仅对交流供电的电动调节器)

瞬时过电压的尖峰电压由电容器放电或其他等效方法产生,电容器能量为 0.1J,尖峰电压的幅值分别为电源电压公称值的 100%, 200%, 300%, 500%。

在电源线中应串接至少为 500 μ H 的扼流圈,对电源进行保护。

在电源峰值处,施加与其极性相同的每种幅值的两个脉冲,或者随机相位的 10 个脉冲,测量调节器静差变化及输出端的任何瞬态变化。

6.3.6 电源反向保护

调节器接受反向的最大允许电源电压供电后,再校正供电连接,测量静差及内给定值变化量。

6.4 电干扰

6.4.1 共模干扰(仅对电动调节器)

本试验仅适用于具有对地绝缘的调节器。

按图 7 接线,将调节器连成开环。

将有效值为 250V(或制造厂规定的较小值),频率为电网频率的正弦交流干扰信号依次加在地与调节器的每个输入端,输出端及给定端之间,同时分别改变干扰信号的相位($0^\circ \sim 360^\circ$)。

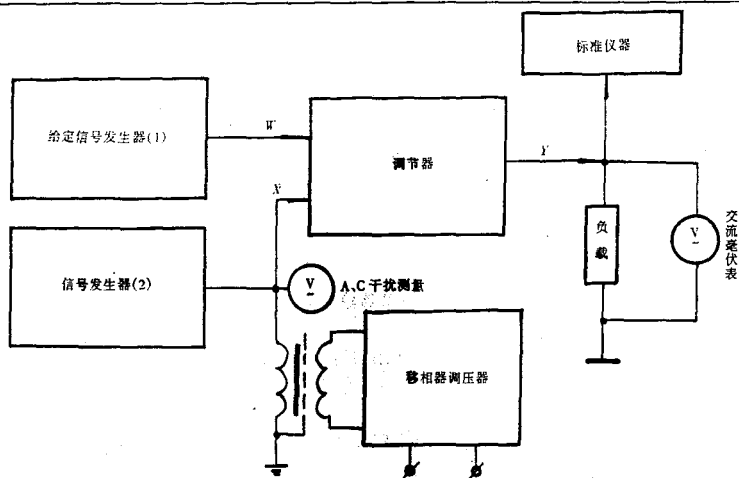


图7 共模干扰试验接线示意图

用正、反向直流电压作用于对地绝缘的输出端子与地之间，直流电压采用50V或1000倍的输入量程中的较小值（或按制造厂规定的较小值）。

共模干扰试验中，调节器应由不受共模干扰的信号源提供输入信号。

对于电流输入的调节器，信号源两端应并联不小于 $10\mu\text{F}$ 电容；对于电压输入的调节器，信号源应为主电源频率的交流阻抗不大于 100Ω 的电压源。

测量在共模干扰作用下，调节器稳态输出的变化量与交流纹波含量。

6.4.2 串模干扰（仅对电动调节器）

按图8接线，将调节器连成开环。

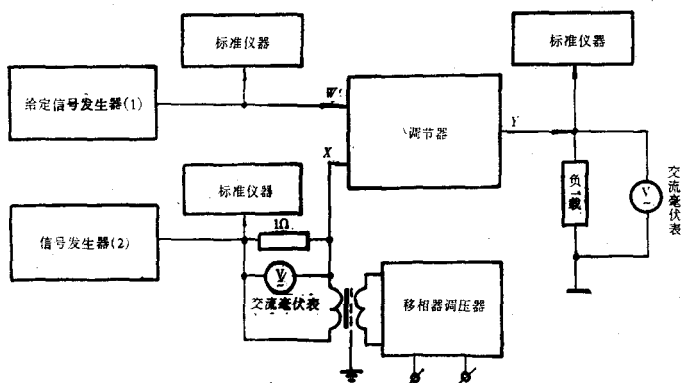


图8 串模干扰接线示意图

使调节器输出分别稳定在10%及90%。

在 1Ω 电阻上产生干扰信号（频率同电网频率），串联作用于调节器输入端，改变干扰信号的相位（ $0^\circ \sim 360^\circ$ ）找到当稳态输出变化0.5%时的最大干扰量。

干扰量最大值不应超过制造厂规定的最大值。

当输入信号为电流信号时,在信号源两端应并联 $10\mu\text{F}$ 电容器。

试验中,应注意调节器输出信号中的交流感应。

如果是电压信号,这种方法可能太严格,在这种情况下,试验程序应由制造厂与用户商定。

6.4.3 外界磁场影响(仅对电动调节器)

试验在磁场强度 400A/m , 频率为电网频率的交流磁场中进行,改变调节器在磁场中的位置,并改变磁场相位($0^\circ \sim 360^\circ$),测量调节器静差和内给定的最大变化量。

6.5 接地(仅对电动调节器)

本试验仅适用于输入、输出对地绝缘的调节器。

调节器连成开环。

将调节器的输入、输出端点依次接地,测量调节器稳态输出的变化。

6.6 负载阻抗影响(仅对电动调节器)

测量当负载阻抗从最小值变化到最大值时所引起的静差变化量。

除制造厂另有规定外,应在开环情况下进行 1min 负载短路及负载开路试验,然后恢复标准负载,测量静差变化量。

注:应保证负载阻抗变化不会直接引起调节器输入反馈回路的变化。

6.7 时间影响(加速寿命)

调节器在频率为 0.5Hz , 峰-峰值为被控信号量程的 50% , 中点在 50% 的正弦被控信号作用下,连续运行 7d 。

运行期间,每天应中断正弦信号,以便足够频繁地测量静差值,确定静差的最大变化。

7 输出特性及能源消耗

7.1 流量特性及能源消耗

试验应在带和不带(只要可行)“自动-手动切换”两种情况下进行。当连同外接“自动-手动切换机构”进行试验时,只能采用制造厂所推荐的切换机构。

7.1.1 输排气量(仅对气动调节器)

试验线路如图 9 所示,调节器连成开环,反作用。

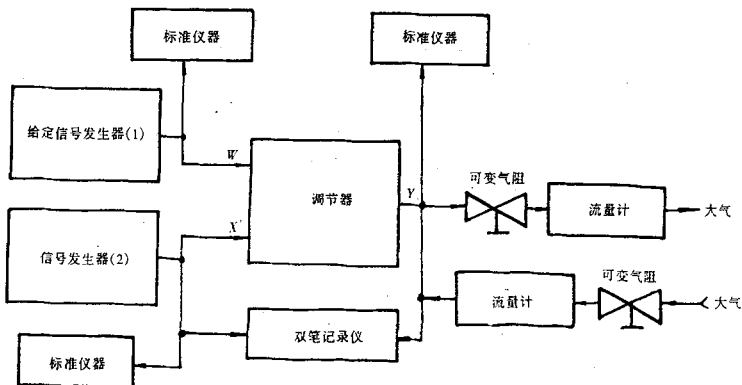


图 9 测量输、排气流量线路图

由输出管道输出或输入一定流量(若干个数值),测量其相应的偏差。

根据测试的数值画出偏差流量特性曲线图,见图 10,从图中找出:

对应偏差为 50%时的最大输气量;

对应偏差为 50%时的最大排气量;

输气量为 $0.2\text{m}^3/\text{h}$ 及 $0.4\text{m}^3/\text{h}$ 时的偏差;

排气量为 $0.2\text{m}^3/\text{h}$ 及 $0.4\text{m}^3/\text{h}$ 时的偏差。

注:流量特性曲线的不连续性,称为“输出继动死区”,输出继动死区的流量也应进行测试。

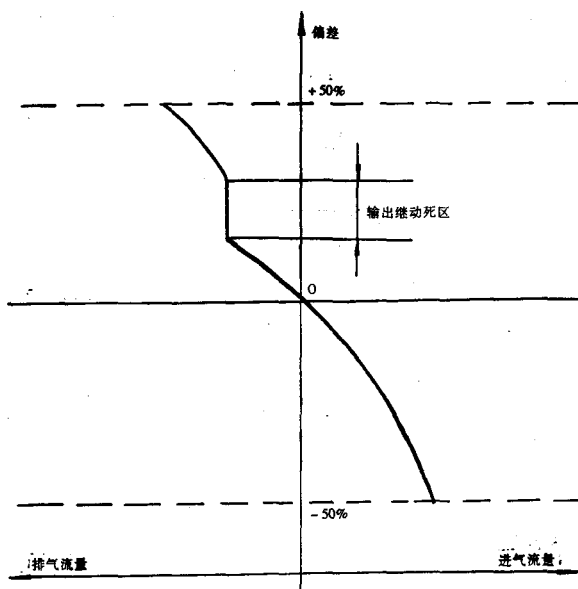


图 10 气动调节器流量特性

7.1.2 稳态耗气量(仅对气动调节器)

调节器连成开环,正作用。

调节器与密封气容相连,并确保输出接头及气容没有泄漏,当输出信号稳定在量程的 10%, 50% 及 90% 时,测量调节器的耗气量。

7.1.3 耗电量(仅对电动调节器)

调节器连成开环,正作用。

给定信号定在量程的 90%。

调节器先在“自动”,后在手动,分别测试耗电量。

交流供电的调节器,应在制造厂规定的电源频率上、下限值时重复上述试验。

7.2 自动-手动切换

评定自动→手动和手动→自动切换的性能,由制造厂与用户之间商定。

7.3 输出交流分量(仅对电动调节器)

调节器连成闭环,反作用。

测量当调节器输出信号分别为量程的 10%, 50%, 90% 时的输出交流分量。

交流分量包括:峰-峰值、有效值、电网频率含量,均以输出量程的百分数表示。

当有脉冲信号叠加在输出信号上时,必须规定所测仪器的通频带,并在调节器输出端并联 500pF 电容。

8 其他

8.1 绝缘强度和绝缘电阻

8.1.1 绝缘强度

本试验适用于电源对地绝缘的电动调节器。

绝缘强度试验采用与电网频率相同的正弦交流电,试验电压大小按调节器工作电压大小,从表 2 选取:

表 2

电压公称值(交流有效值或直流) V	试验电压 kV
到 60	0.5
大于 60 ~ 130	1.0
大于 130 ~ 250	1.5

试验电压应加到两个供源端子连接在一起与地之间;其余端子应连接在一起与地之间。

试验时,先将试验电压调整到零,然后作用于调节器,平稳升高到规定值(升高过程中,不能出现明显的瞬时过电压),保持 1min,然后平稳降压至零,观察试验中有无击穿或飞弧现象。

试验设备的容量应不小于 500VA。

8.1.2 绝缘电阻

本试验适用于电源对地绝缘的电动调节器。

应测量每个供源端子与地之间的绝缘电阻。

试验时采用额定直流电压为 500V 的兆欧表测量绝缘电阻。

当调节器输出端子与地绝缘时,应测量输出端子对地的绝缘电阻。

8.2 输入过载

在开环情况下,输入信号调到量程的 150%,过载 1min,然后恢复到参比条件,切为闭环,过 5min,测量静差变化量。

对输入信号范围下限不为零的调节器,将输入信号调到零(实际值为零,而不是指 0%),重复上述过载试验。

如果可能,给定值也应做过载 50% 的试验。

9 频率响应

通过频率响应试验,确定调节器的比例作用高频截止,低频最大积分增益,高频最大微分增益及相移。

电动调节器按图 11 接线。

气动调节器按图 12 连接。

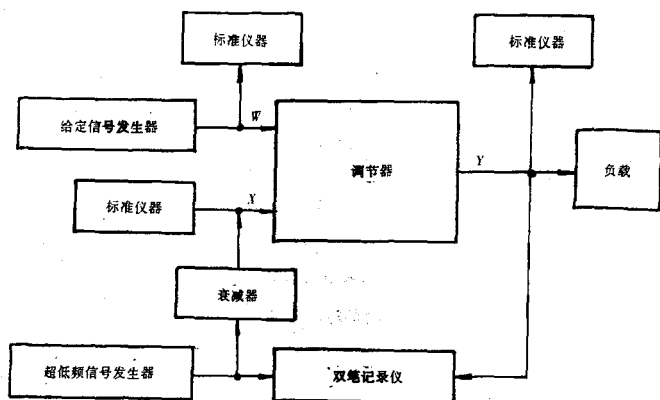


图 11 电动调节器频率响应试验接线示意图

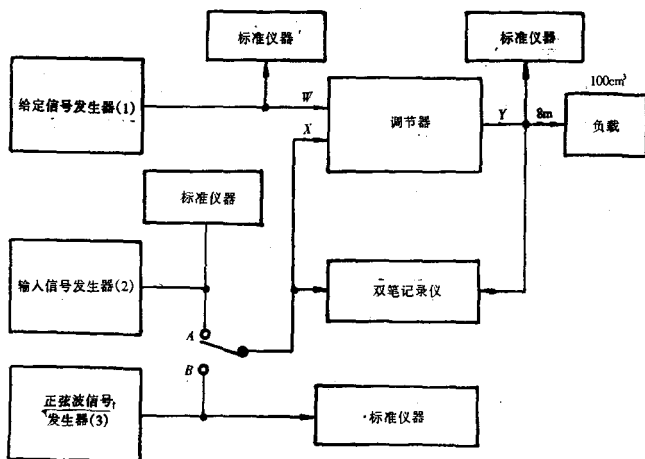


图 12 气动调节器频率响应试验线路示意图

试验时，调节器为正作用，给定信号调到量程的 50%，正弦波被控信号的峰-峰值不应超过量程的 20%，频率范围一般为 $10^{-4}\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$ ，从输入输出波形中计算出幅值比及相移。如输出波形有明显失真应作出报告。

频率响应试验中,调节器整定参数组合可取以下三组。

a) $X_p = 100\%$, $T_i = \max$, $T_D = \min$ (或切除)。

按此条件测试频率响应,作出幅频特性曲线,求取比例作用高频截止频率。

b) $X_p = 100\%$, $T_i = \min$, $T_D = \min$ (或切除)。

按此条件测试频率响应,作出幅频特性曲线,从图中算出最大积分增益 V_i 及再调时间 T_i 。

$$T_i = \frac{1}{\omega_1} \dots\dots\dots (13)$$

c) $X_p = 100\%$, $T_i = \max$, T_D 为最大标度值。

按此条件测试频率响应,作出幅频特性曲线与相频特性曲线,从图中算出最大微分增益 V_D , 相移及预调时间 T_D 。

$$T_D = \frac{1}{\omega_2} \dots\dots\dots (14)$$

此外,可进一步做频率试验,以了解可采用的参数,例如取: $X_p = 100\%$, $T_i = 2\min$, $T_D = 0.5\min$ 。

按此条件测试频率响应,作出幅频特性曲线,如图 13 所示,从图中算出比例作用系数 K_p , 最大积分增益 V_i , 再调时间 $T_i = \frac{1}{\omega_1}$, 最大微分增益 V_D , 预调时间 $T_D = \frac{1}{\omega_2}$, 以及 $T_3 = \frac{1}{\omega_3}$, $T_4 = \frac{1}{\omega_4}$ 。

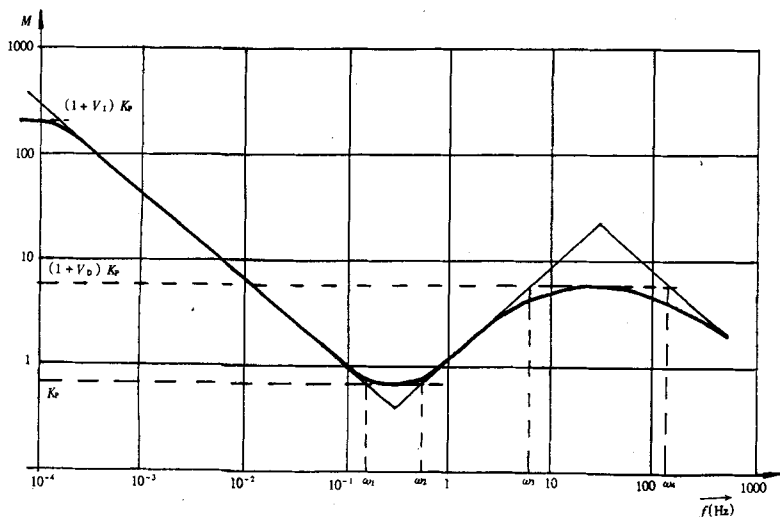


图 13 幅频特性示例

10 文件资料检查

制造厂应向评定单位提供安装使用说明书、备品备件清单等资料。

安装使用说明书中应给出最能确切表示调节器输入/输出特性的理论公式。

评定单位应对安装使用说明书的适用性及明了程度提出意见。

11 技术检查

尽其可能,对所采用的部件及材料的质量也应进行评定。

12 评定报告

除了试验结果外,评定报告应包括下述内容:

- a) 评定机关、试验日期及地址;
- b) 试验按本标准的全部或哪些要求进行;
- c) 调节器的类别、型号、出厂编号及制造日期;
- d) 试验环境条件;
- e) 试验数据汇总表;
- f) 试验中出现哪些可能影响结果的重要情况;
- g) 制造厂规定的性能指标,应列在实际试验结果边上;
- h) 结论。

13 验收及出厂试验

当制造厂与用户双方同意时,可进行抽样试验。此时,被试调节器由用户检查员挑选,并进行以下验收试验。

验收试验同时适用于制造厂出厂例行试验。

试验结果评定指标由制造厂和用户商议确定。

试验时应记录环境条件。

13.1 静差

按图 1 连接,闭环反作用。

把比例带定在 100%,积分作用最大(再调时间最小),微分作用最小(预调时间最小)。

给定信号依次定在量程的 50%,10%,90%。

调整偏置信号使输出稳定在量程的 50%,记下标准仪器的示值。

13.2 比例作用

按图 2 接线,开环正作用。

比例带定在 100%,微分作用最小(预调时间最小或切除)。

输出稳定在量程的 50%,积分作用最小(再调时间最大或切除)。

按量程的 20%加入阶跃输出信号,测得输出信号变化量 ΔY 。

比例带按下式进行计算:

$$X_F = \frac{2000}{\Delta Y} (\%) \quad \dots\dots\dots (15)$$

13.3 积分作用

按图 2 连接,正作用。

比例带定在 100%,积分作用最大(再调时间最小),微分作用最小(预调时间最小或切除)。

使输出稳定在量程的 50%,再调时间定在 1min 处。

加入量程的 $\pm 20\%$ 的阶跃输入信号,测得如图 5 所示的曲线,并计算再调时间。

13.4 微分作用

按图 14 连接,闭环反作用。

比例带定在 100%,积分作用最小(再调时间最大或切除),预调时间定在 1min 处。

使被控量 X = 给定值 W = 量程的 50%。

加入量程的 10% ~ 20% 的阶跃变化输入信号,测得如图 15 所示的输出变化曲线。

预调时间为:

$$T_0 = \frac{K_D}{K_P} = \frac{1}{100} \cdot X_P \cdot K_D \dots\dots\dots (16)$$

当按此法试验不能令人满意时,可采用 5.5 所述试验方法。

13.5 动力源变化

按图 1 连接,闭环反作用。

比例带定在 100%,积分作用最大(再调时间最小),微分作用最小(预调时间最小)。

给定值定在量程的 50%。

输出稳定在量程的 50%。

测量供源发生以下变化时的静差变化量:

- 直流或交流电压为公称值的 + 10%, - 15% (或按制造厂规定);
- 气压为公称值的 $\pm 10\%$ 。

13.6 “自动—手动”切换

按制造厂规定的方法进行试验,并测量切换扰动(如输出瞬时峰值和 5s 后的幅值)。

13.7 给定值及手操表检查

按图 1 连接,闭环反作用。

使给定值指针依次对准量程的 0%, 50%, 100%, 50%, 0%, 读取标准仪器的对应示值(实测真值)。

计算平均误差及回差,并检查给定值是否能达到 0% 与 100%,用同样方法检查手操表的输出。

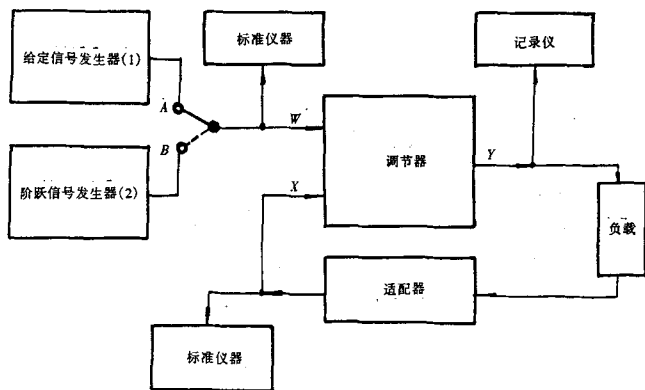


图 14 闭环测试微分作用示意图

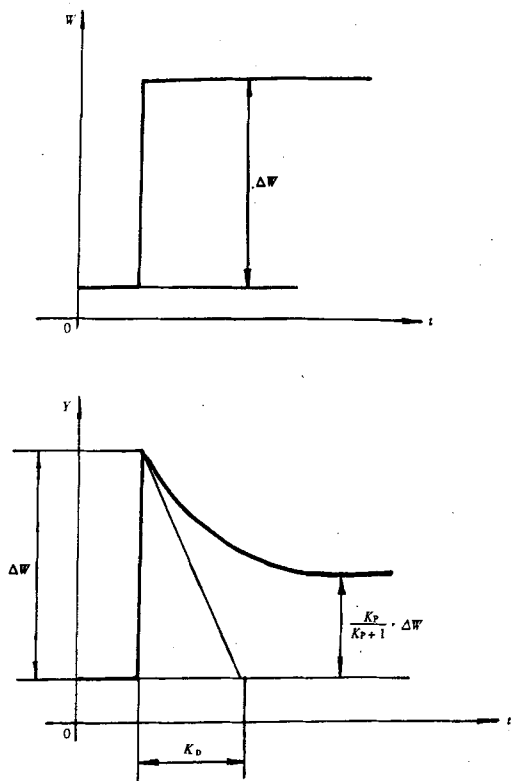


图 15 微分作用特性图(闭环阶跃法)

附录 A

(标准的附录)

评定技术性能中所规定的含义及计算式

A1 静差

$$\gamma = \frac{X - W}{S} \cdot 100\% \quad \text{.....(A1)}$$

式中: γ ——静差, (%); X ——实测被控量; W ——对应标度值的计算确定的给定值; S ——被控量范围上、下限之差(量程)。

A2 给定标度值的平均误差、回差

a) 平均误差

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{\gamma}_L + \bar{\gamma}_F}{2} = \frac{1}{2N} \left(\sum_{i=1}^{i=N} \gamma_{Li} + \sum_{i=1}^{i=N} \gamma_{Fi} \right) \quad \text{.....(A2)}$$

式中: $\bar{\gamma}$ ——上下行程平均误差, (%); $\bar{\gamma}_L$ ——某个输入值(标度值的测试点)上行程平均误差, (%); $\bar{\gamma}_F$ ——某个输入值(标度值的测试点)下行程平均误差, (%); N ——重复测量次数。

b) 回差

$$\gamma = |\bar{\gamma}_L - \bar{\gamma}_F| \quad \text{.....(A3)}$$

A3 平均比例作用系数

根据各个比例带所测得的一组输入输出值, 以最小二乘法计算。

$$K_F = \frac{N \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad \text{.....(A4)}$$

取最大值

式中: X_i ——各次输入偏差值(即输入值与给定值之差值); Y_i ——与 X_i 相对应的各次输出变化值; N ——次数。

例:

X_i (%)	X_i^2	Y_i (%)	$X_i Y_i$	
-20	400	-19.250	385.000	
20	400	19.875	397.500	
-40	1600	-38.750	1550.000	
40	1600	40.000	1600.000	
-50	2500	-48.375	2418.75	
50	2500	49.250	2462.500	
Σ	0	9000	2.750	8813.750

$$\bar{K}_F = \frac{6 \times 8813.75 - (0)(2.750)}{6 \times 9000 - (0)^2} = 0.979$$

A4 比例带误差

式中: $\delta_P \cdot B$ —— 比例带误差, (%) ;

X_P 实测值 —— 实测比例带, (%) 。

$$\bar{X}_P = \frac{1}{K_P} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots (A6)$$

注:再调时间和预调时间误差计算以此类推。

A5 静差变化量

静差变化量系指变化后静差值与变化前静差值之差并以被控量量程的百分数表示。

A6 环境温度影响

应计算出两个循环中对应相邻两档温度平均每变化 10℃ 时, 调节器静差和内给定变化量的平均值, 并取其最大值列入报告。

附录 B
(提示的附录)
调节器性能评定试验数据汇总表

表 B1

类别	序号	项 目 名 称		单 位	允许值	测试数据	
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	
静 差	1	X_p 中间值时最大静差		%			
		X_p 最大值时最大静差		%			
		X_p 最小值时()最大静差		%			
		不同 T_0 值时最大静差		%			
		不同 T_1 值时最大静差		%			
度 盘 标 记 及 标 度 值	2	给定值		平均误差	%		
				回差	%		
	3	死区		%			
	4	比 例 作 用	X_p 中间值	平均比例作用系数	-		
				比例带	%		
				刻度误差	%		
			X_p 最大值	平均比例作用系数	-		
				比例带	%		
				刻度误差	%		
			X_p 最小值	平均比例作用系数	-		
				比例带	%		
				刻度误差	%		
			最大刻度误差		%		
	5	微 分 作 用	T_0 中间值	上行程预调时间	min		
				下行程预调时间	min		
				刻度误差	%		
			T_0 最大值	上行程预调时间	min		
				下行程预调时间	min		
				刻度误差	%		
			T_0 最小值	上行程预调时间	min		
				下行程预调时间	min		
				刻度误差	%		
			最大刻度误差		%		

表 B1(续)

类别	序号	项 目 名 称		单 位	允许值	测试数据	
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	
度 盘 标 记 及 标 度 值	6	积 分 作 用	T_1 中间值	上行程再调时间	min		
				下行程再调时间	min		
				刻度误差	%		
			T_1 最大值	上行程再调时间	min		
				下行程再调时间	min		
				刻度误差	%		
			T_1 最小值	上行程再调时间	min		
				下行程再调时间	min		
				刻度误差	%		
			最大刻度误差		%		
影 响 量 的 影 响	7	气 候 影 响	环境温度	对静差影响	%/10℃		
				对内给定影响	%/10℃		
	8		相对湿度	对静差影响	%		
				对内给定影响	%		
		空气饱和和对调节器影响		-			
	9	机 械 影 响	位置对静差影响		%		
	10		倾跌对静差影响		%		
	11		机械振动	对静差最大影响	%		
				对内给定最大影响	%		
				谐振点	Hz		
				对机械结构影响	-		
	12	动 力 源 影 响	动力源变化(电压、气压频率)	对静差影响	%		
				对内给定影响	%		
	13		动力源长时中断	对静差影响	%		
				对内给定影响	%		
	14		动力源 短时中断	5 ms	输出瞬时变化	%	
					持续时间	s	
					永久变化量	%	
20 ms				输出瞬时变化	%		
		持续时间		s			
		永久变化量		%			

表 B1(续)

类别	序号	项 目 名 称				单 位	允许值	测试数据	
(1)	(2)	(3)				(4)	(5)	(6)	
影 响 量 的 影 响	14	动力源 短时中 断	100 ms	输出瞬时变化	%				
				持续时间	s				
				永久变化量	%				
			200 ms	输出瞬时变化	%				
				持续时间	s				
				永久变化量	%				
			500 ms	输出瞬时变化	%				
				持续时间	s				
				永久变化量	%				
	15	电源低 降	输出变化量			%			
			输出瞬时变化量			%			
			持续时间			s			
	16	电源反 向	对静差影响			%			
			对内给定影响			%			
	17	瞬时过 压	对静差影响			%			
			输出瞬时变化			%			
	18	电	共模干 扰	输出变化量			%		
				交流感应			%		
	19	干	串模干 扰	最大允许干扰量			%		
				交流感应			%		
	20	扰	外磁场干 扰	对静差影响			%		
				对内给定影响			%		
	21	接地对输出影响				%			
22	负载变化对静差影响				%				
23	时间对静差影响				%				
输出特 性与能 源消耗	24	输 出 特 性			输气量	m ³ /h			
					排气量	m ³ /h			
					输出特性图	-	作图		
	25	能 源 消 耗			耗电量	W或VA			
					耗气量	m ³ /h			

表 B1(完)

类别	序号	项 目 名 称		单 位	允许值	测试数据	
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	
输出特性与能源消耗	26	输 出 交 流 分 量		有效值	%		
				峰 - 峰值	%		
				电网频率分量	%		
	27	手 动 ↓ 自 动 切 换					
其 他	28	绝缘电阻		MΩ			
	29	绝缘强度		-			
	30	输入过载对静差影响		%			
		给定过载对静差影响		%			
频 率 响 应	31	比例作用高频截止频率		Hz			
		积分增益					
		微 分 作 用	微分增益				
			相 移				
注:表中“对静差影响”均以静差变化量表示,并以最大值给出。							