



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 285—1993

带时间比例、比例积分微分作用的 动圈式温度指示调节仪表

Movingcoil Temperature Indicating Instrument
with Time Proportional or PID Action

1993—06—04 发布

1993—12—01 实施

国家技术监督局 发布

带时间比例、比例积分微分作用的 动圈式温度指示调节仪表检定规程

**Verification Regulation of Movingcoil
Temperature Indicating Instrument
with Time Proportional or PID Action**

JJG 285—1993
代替 JJG 285—1982

本检定规程经国家技术监督局于 1993 年 06 月 04 日批准，并自 1993 年 12 月 01 日起施行。

归 口 单 位：上海市技术监督局

起 草 单 位：上海市计量技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

朱家良（上海市计量技术研究所）

卢仲碧（上海市计量技术研究所）

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
(一) 仪表指示部分	(1)
(二) 仪表时间比例调节部分	(1)
(三) 仪表比例积分微分调节部分	(2)
三 检定条件	(2)
四 检定项目和检定方法	(4)
(一) 仪表指示部分的检定	(5)
(二) 仪表时间比例调节部分的检定	(5)
(三) 仪表比例积分微分调节部分的检定	(6)
五 检定结果的处理和检定周期	(10)
附录 1 名词及定义	(11)
附录 2 带比例积分微分作用仪表设定点偏差检定方法	(12)
附录 3 仪表比例范围、积分时间、微分时间的图解法	(13)
附录 4 仪表比例范围、积分时间、微分时间分别测量法	(15)
附录 5 带时间比例调节仪表检定记录格式 (调节部分)	(16)
附录 6 带比例积分微分调节仪表检定记录格式 (调节部分)	(17)

带时间比例、比例积分微分作用的动圈式温度 指示调节仪表检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的与热电阻或热电偶配合使用的,带时间比例、比例积分微分(简称PID)作用的动圈式温度指示调节仪表(以下简称仪表)的检定。

一 概 述

仪表配热电阻或热电偶用以测量和控制温度。仪表由测量电路、动圈测量机构和电子调节电路等三部分组成。如图1所示。

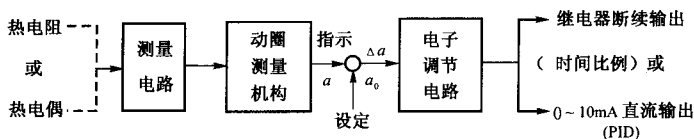


图1 原理方框图

二 技 术 要 求

(一) 仪表指示部分

- 1 与热电阻配合使用的仪表其指示部分的检定(检定项目为:外观、指示基本误差、回程误差、倾斜误差、阻尼时间、越限、绝缘电阻、绝缘强度)应符合JJG 186《配热电阻用动圈式温度指示、指示位式调节仪表检定规程》的要求。
- 2 与热电偶配合使用的仪表其指示部分的检定(检定项目为:外观、指示基本误差、回程误差、倾斜误差、阻尼时间、内阻、断偶保护、越限、绝缘电阻、绝缘强度)应符合JJG 187《配热电偶用动圈式温度指示、指示位式调节仪表检定规程》的要求。

(出版者注:JJG186和JJG187已被JJG186—1997《动圈式温度指示、指示位式调节仪表检定规程》代替。)

(二) 仪表时间比例调节部分

3 设定点偏差

仪表的设定占偏差应不超过仪表电量程的 $\pm 1.0\%$ 。

4 零周期

仪表的零周期应为30~50 s。

5 比例范围

仪表具有时间比例调节作用的范围为电量程的 3%~6%。

(三) 仪表比例积分微分调节部分

6 输出电流及其输出阶跃响应

6.1 当仪表输出负载为 $800\ \Omega$ 时, 其输出最大电流应为 $9.8\sim 10.5\ \text{mA}$, 输出最小电流应不大于 $0.2\ \text{mA}$ 。

6.2 仪表在开环情况下, 输出的阶跃响应应具有正常平滑的比例、积分、微分输出特性。输出特性曲线如图 2 所示 (图中 I_1 为输出电流, t 为时间)。输出电流在变化过程中的波动量应不大于 $0.2\ \text{mA}$ 。

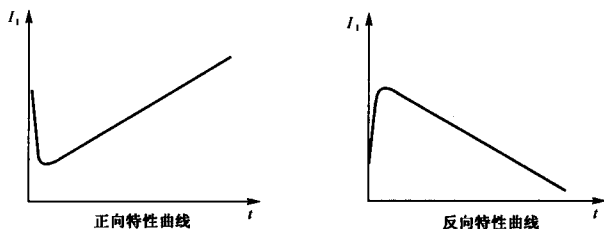


图 2

7 静差

仪表在反作用闭环情况下, 静差应不超过电量程的 $\pm 1.0\%$ 。

注: 用闭环法测量静差时, 如产生振荡且无法消除, 则可用设定点偏差来代替。设定点偏差应不超过电量程的 $\pm 1.0\%$ 。

8 比例范围、积分时间和微分时间

比例范围 P : 3%~6%;

积分时间 T_I : $2.5\sim 5.5\ \text{min}$;

微分时间 T_D : $20\sim 40\ \text{s}$ 。

三 检 定 条 件

9 检定设备

检定应具有的仪器设备见表 1。

10 环境条件与动力条件

10.1 环境温度: $20\pm 5\ ^\circ\text{C}$ 。

10.2 相对湿度: 45%~75%。

10.3 除地磁场外, 无影响仪表正常检定的外磁场。

10.4 仪表的供电电源：电压额定值为 AC 220 V，允许偏差 $\pm 1\%$ ；频率额定值为 50 Hz，允许偏差 $\pm 1\%$ （必要时）。

表 1

序号	名称	技 术 要 求	用 途	备 注
1	直流电阻箱	允差应不超过被检仪表允许基本误差的 $\frac{1}{5}$	检定配热电阻的仪表	1.0 级被检仪表应选用的标准器准确度等级可参照 JJG 186—1989 附录 4
2	直流电位差计	准确度不低于 0.05 级	检定配热电偶的仪表	亦可用同等准确度的直流数字电压表或直流标准电压源（内阻小于 5 Ω ）
3	低阻直流电压发生器 （简称调压箱）	输出：0～75 mV 连续可调。 输出阻抗：小于 5 Ω	检定配热电偶的仪表	用直流标准电压源时可不使用此设备
4	固定电阻	15 $\pm$ 0.1 Ω	仪表与调压箱之间的连线	其阻值包括引线电阻在内
		5 $\pm$ 0.2 Ω 三只，其中每二者之间的差值不大于 0.01 Ω	仪表与直流电阻箱之间的连线	
		800 $\pm$ 1 Ω	输出负载电阻	
5	秒表	1 级，分度值：0.1 s	测量阻尼时间及周期	
6	角度板	5°、10° 允差： $\pm 1^\circ$	检定倾斜误差	
7	绝缘电阻表	输出电压：500 V， 准确度：1.0 级	检定绝缘电阻	
8	耐压试验仪	输出电压：0～1 500 V， 频率：45～55 Hz， 输出功率：不低于 0.25 kW	检定绝缘强度	
9	交流稳压源	输出电压：220 V， 输出功率：不低于 1 kW。 电压稳定度：1%	仪表供电电源	
10	标准电阻 或精密电阻	1 Ω 、10 Ω 或 100 Ω ， 准确度：0.05 级	测量输出电流（与直流电压表或 mV 输入的自动电位差计配合使用）	

表 1 (续)

序号	名称	技 术 要 求	用 途	备 注
11	适配电阻	范围: $0.01 \sim 10 \Omega$ 允差: $\pm 1\%$	负反馈电阻	可用直流电阻箱代替, 取值一般以反馈量不大于输入值的 5% 为宜
12	自动 电位 差计 (长图)	测量范围: $0 \sim 10 \text{ mA}$ 或 $0 \sim 20 \text{ mV}$, $0 \sim 200 \text{ mV}$	测量输出电流和记录阶 跃响应曲线	不记录时可用 0.5 级 $0 \sim 15 \text{ mA}$ 的直流电流表
		准确度: 0.5 级 走纸速度不低于 20 mm/min		
13	直流 电压表	测量范围: $0 \sim 30 \text{ mV}$, 准确度: 0.5 级	配热电阻仪表的静差检 定	可用 0.05 级直流电 位差计代替

四 检定项目和检定方法

11 检定项目

仪表的检定项目见表 2。

带时间比例调节的仪表检定项目为 1~13 项。

带比例积分微分调节的仪表检定项目为 1~10 项及 14~16 项。

配热电阻的仪表 5、6 两项目不检定。

表 2

项次		指 示 部 分										时间比例部分			PID 部分		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
检定项目		外观	指示基本误差	回程误差	倾斜误差	断偶保护	内阻	阻尼时间	越限	绝缘电阻	绝缘强度	设定点偏差	零周期	比例范围	静差	输出电流 输出阶跃响应	比例、微分、积分时间
仪表类别	新制造	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	修理后	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	使用中	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
注: 表中“+”表示应检定;“-”表示可不检定。																	

(一) 仪表指示部分的检定

12 外观、指示基本误差、回程误差、倾斜误差、断偶保护、内阻、阻尼时间、越限、绝缘电阻、绝缘强度的检定，配热电阻和热电偶的仪表分别按 JJG 186 及 JJG 187 的相应方法进行检定。其中指示基本误差和倾斜误差的检定，在不产生疑义的情况下，可只进行 1 次循环的检定。

检定绝缘强度时，为保护仪表不因试验时击穿而遭到损坏，可使用具有报警电流设定的耐压试验仪，设定值一般可选在 10 mA（特殊要求除外）。

(二) 仪表时间比例调节部分的检定

13 设定点偏差的检定

13.1 检定应在相当于仪表刻度尺弧长的 10%、50%、90% 附近至刻度线上进行。

13.2 将设定指针对准被检刻度线中心，然后输入信号使指示指针按上（下）行程的方向缓慢平稳地接近设定指针，在时间比值 ρ 为 0.5 ± 0.025 时读取输入电量值。设定点偏差由该值与设定点处同一行程的实际电量值之间的差值来确定，可按式（1）计算：

$$\left. \begin{aligned} \delta_A &= A_1 - A_u \\ \text{或 } \delta_A &= A_2 - A_d \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中： δ_A ——设定点偏差（ Ω 、mV）；

A_1, A_2 ——分别为上、下行程时时间比值 ρ 为 0.5 ± 0.025 时，在标准器上读得的输入电量值（ Ω ，mV）；

A_u, A_d ——分别为指示指针按上、下行程接近并对准设定点时测得的实际电量值。

若进行 3 次循环的检定，则取同方向上 3 次平均值（ Ω ，mV）。

14 零周期的检定

可与设定点偏差检定同时进行，将时间比值 ρ 为 0.5 ± 0.025 时所测得的继电器吸合和释放时间之和作为仪表的零周期。

15 比例范围的检定

15.1 比例范围的检定应在相当于刻度尺弧长 10%、50%、90% 附近的主刻度线上进行。

15.2 输入信号使指示指针在设定指针右侧 5 mm 处停留 5 min 以上，然后缓慢平稳地减少输入信号，当继电器开始有吸放循环动作、输出相应变化时（ $\rho \leq 0.15$ ），读取输入电量值 A_i' 。

15.3 输入信号使指示指针在设定指针左侧 5 mm 处停留 5 min 以上，然后缓慢平稳地增加输入信号，当继电器开始有吸放循环动作、输出相应变化时（ $\rho \geq 0.85$ ），读取输入电量值 A_i 。

15.4 比例范围 P 按式（2）计算：

$$P = \frac{A_l' - A_l}{A_{\max} - A_{\min}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： A_l' ——当继电器开始有吸放循环动作时（ $\rho \leq 0.15$ ）输入的电量值（ Ω, mV ）；

A_l ——当继电器开始有吸放循环动作时（ $\rho \geq 0.85$ ）输入的电量值（ Ω, mV ）；

$A_{\max}, A_{\min}$ ——分别为仪表输入上限电量值和下限电量值（ Ω, mV ）。

注：使用中的仪表，时间比例调节部分检定，可只选 1 至 2 个常用的检定点进行。

（三）仪表比例积分微分调节部分的检定

16 输出电流及输出阶跃响应的检定

16.1 按图 3、4 接线，将设定指针设定在刻度尺弧长的 50% 附近主刻度线上。

16.2 输入信号使指示指针在设定指针右侧 5 mm 处停留 15 min 以上，此时输出电流为最小（ $I_{\min}$ ）。用移动设定指针的方法，使设定指针突然移到指示指针右侧 1 mm 左右处，记录（观察）输出电流的变化情况，直至输出电流为最大（ $I_{\max}$ ）。

16.3 输入信号使指示指针在设定指针左侧 5 mm 处停留 15 min 以上，此时输出电流为最大（ $I_{\max}$ ），用移动设定指针的方法，使设定指针突然移到指示指针左侧 1 mm 左右处，记录（观察）输出电流的变化情况，直至输出电流为最小（ $I_{\min}$ ）。

16.4 根据 16.2 条 1.6.3 条得出的输出电流变化情况，判断仪表的输出阶跃响应特性，当输出电流在变化过程中出现波动时，最大波动周期内波峰与波谷的差值即为输出电流的波动量。

17 静差的检定

17.1 按图 5 接线，将设定指针分别设定在刻度尺弧长的 10%、50%、90% 附近主刻度线上（使用中的仪表可只选 1 至 2 个常用的检定点）。

17.2 改变直流电阻箱或调压箱的输出，使仪表输出信号分别稳定在 1 mA 及 9 mA 处。

17.3 待输出稳定后得到仪表输入端的实际电量值 A_f 。

17.3.1 对于配电阻的仪表，该电量值为直流电阻箱的读数 R_s 与适配电阻 R_2 上的等效电阻 R_2' 之和，可由式（3）计算得到。

$$A_f = R_s + R_2' = R_s + R_2 \left[1 + \frac{I_1 R_1}{V} \right] \quad (3)$$

式中： R_1, R_2 ——由图 5（a）可知，分别为外线电阻值和适配电阻值；

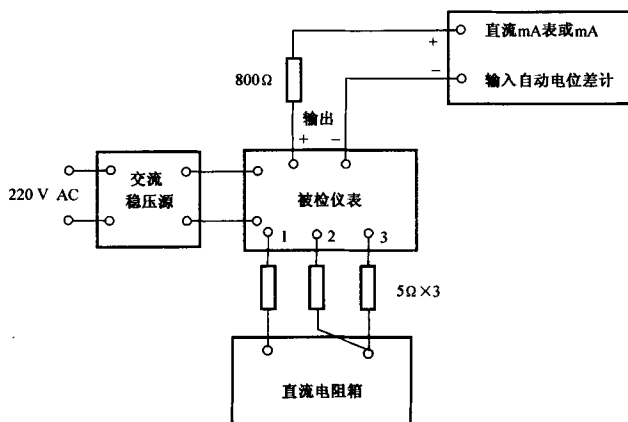
R_2' —— R_2 两端的等效电阻值；

I_1 ——输出电流值；

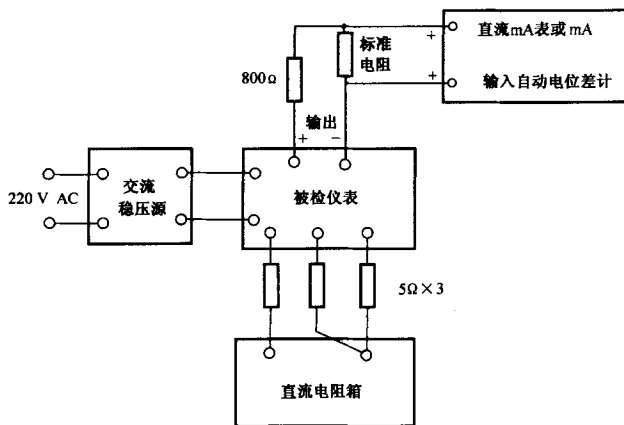
V —— R_1 两端的电压（由直流电压表在 R_1 两端测得）。

17.3.2 对于配电阻的仪表，该电量值即为直流电位差计上的读数。

17.4 静差 δ_{A_i} 由上述输出稳定后测得的仪表输入端的实际电量值与设定点处指示指针上行程（或下行程）时测得的实际电量值之间的差值来确定，可由式（4）计算：

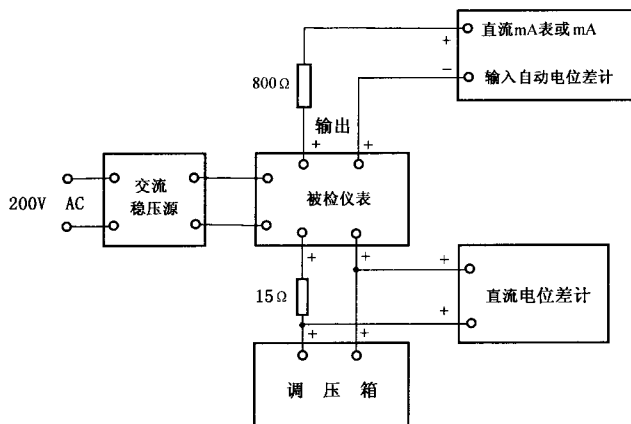


(a)

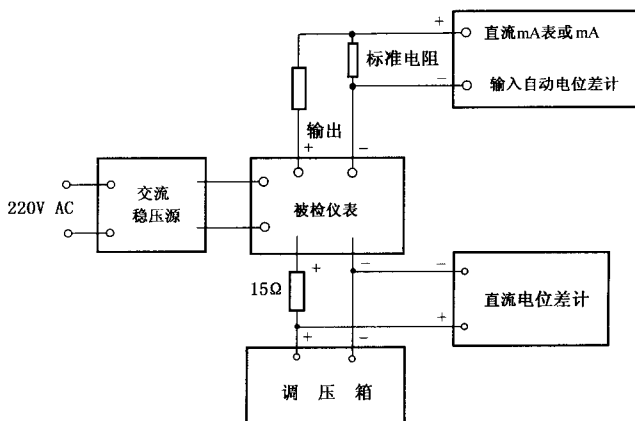


(b)

图3 与热电阻配合使用的仪表检定接线图

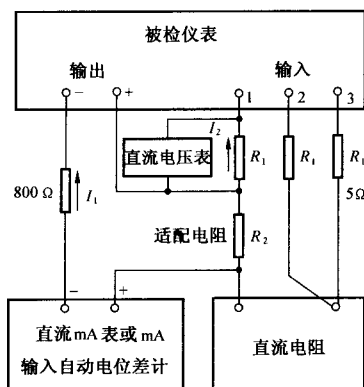


(a)

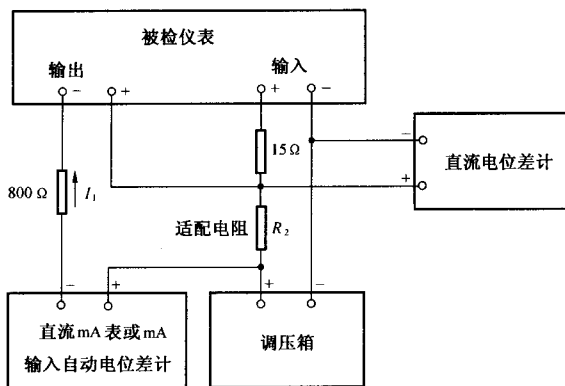


(b)

图4 与热电偶配合使用的仪表检定接线图



(a) 配热电阻仪表的静差检定线路



(b) 配热电偶仪表的静差检定线路

图 5

$$\left. \begin{aligned} \delta_{A_f} &= A_f - A_u \\ \text{或 } \delta_{A_f} &= A_f - A_d \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

注：进行设定点偏差检定时可按图3、图4接线，方法见附录2。

18 比例范围、积分时间和微分时间的检定

新制造和调节部分修理后的仪表需进行比例范围、积分时间和微分时间的检定。在不打开仪表的情况下，可用附录3的图解法进行检定；在允许打开仪表的情况下，可用附录4的分别测量法进行检定。

五 检定结果的处理和检定周期

19 经检定合格的仪表应予封印，并出具检定证书。不合格的仪表发给检定结果通知书，并注明不合格的项目。

20 仪表检定周期

仪表的检定周期，一般为半年，连续2个周期检定合格的仪表检定周期可酌情延长至1年。

附录 1

名 词 及 定 义

1 零周期

在时间比例作用中，当继电器的吸合和释放时间相等时，所测得的吸合和释放时间之和。

2 时间比值

在时间比例作用中，继电器的吸合时间与吸合、释放时间之和的比值。

3 设定点偏差

输出变量按规定输出值输出时，输入变量与参比信号的偏差值。

4 静差

稳态时，输入变量与参比信号之间的差值。

5 比例范围

具有比例作用的仪表中，以百分数表示的相应输入量程的输入变量变化与相应输出量程的输出变量变化之比。

6 积分时间（再调时间）

具有比例积分作用的仪表中，当输入变量给定为阶跃变化时，积分时间为输出变量达到阶跃施加后立即得到的变化值的两倍所需时间。

7 微分时间（预调时间）

具有比例微分作用的仪表中，当输入变量给定为斜坡状（等速）变化时，微分时间为输出变量变化达到斜坡施加后立即得到的变化值的两倍时所需时间。

附录 2

带比例积分微分作用仪表设定点偏差检定方法

输入信号使指示指针在设定指针右侧 5 mm 处停留 15 min 以上, 然后缓慢平稳地减小输入信号, 观察输出的变化, 当输出电流从零 (最小值) 刚开始上升时读取输入电量值, 设定点偏差由该值与设定点处指示指针下行程时测得实际电量值之间的差值来确定。可按下式计算:

$$\delta_{A_p} = A - A_d$$

式中: δ_{A_p} ——设定点偏差 (Ω , mV);

A ——输出电流从零刚开始上升时在标准器上读得输入电量值 (Ω , mV);

A_d ——为指示指针下行程接近并对准设定点时测得的实际电量值。若进行 3 次循环的检定, 则取同方向上 3 次平均值 (Ω , mV)。

附录 3

仪表比例范围、积分时间、微分时间的图解法

按正文 16.1 及 16.2 的方法,用长图自动电位差计记录其正向阶跃响应曲线,如图 6。同时,测出指示指针停留位置下行程的实际电量值,以及设定指针在移动到新的位置后指示指针接近时使输出电流从零刚开始上升时的实际输入电量值。上述两值之差即为产生 PID 正向阶跃响应的偏差信号 $\Delta\sigma$ 。

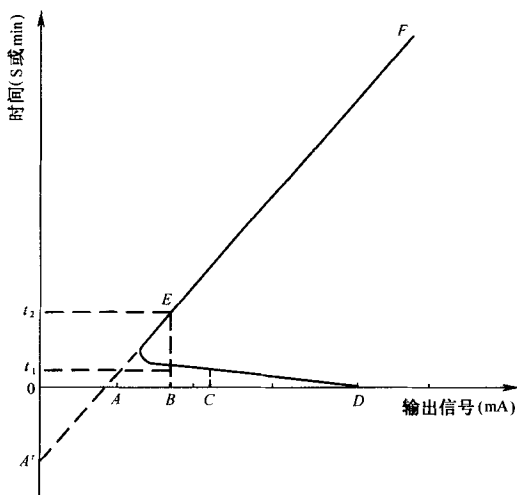


图 6

图中 A、A' 为积分作用直线 EF 的反向延长线与横坐标、纵坐标的两个交点。

$$OA = AB$$

t_2 为 B 点对应积分作用直线上的纵坐标值。

$$OC = OA + AD \times 36.8\%$$

t_1 为 C 点对应微分作用特性曲线上的纵坐标值。

经作图后实际的比例范围、积分时间和微分时间由下列各式计算:

比例范围
$$P = \frac{\Delta\sigma}{A_{\max} - A_{\min}} \times \frac{10}{OA} \times 100\%$$

积分时间
$$T_I = t_2 = OA'$$

微分时间
$$T_D = t_1 \times \frac{OD}{OA}$$

式中： $\Delta\sigma$ ——偏差信号；

$A_{\max}$ 、 $A_{\min}$ ——分别为仪表输入的上限电量值和下限电量值（ Ω ，mV）。

附录 4

仪表比例范围、积分时间、微分时间分别测量法

1 比例范围的测量

将放大器接成比例调节状态（即短路积分电容器、断开微分电容器）。使设定指针处于刻度尺范围内任意位置，改变仪表的输入电量值，使仪表指示指针向右移动，直至输出电流为 $I_{\min}$ ，然后使指示指针平稳地向左移动，当输出电流从 $I_{\min}$ 开始上升时读取此时的输入电量值 $A_{I_{\min}}$ ；再使仪表指示指针继续平稳地向左移动，当仪表输出电流达到 $I_{\max}$ 时读取此时的输入电量值 $A_{I_{\max}}$ 。

比例范围 P 按下式计算：

$$P = \frac{A_{I_{\min}} - A_{I_{\max}}}{A_{\max} - A_{\min}} \times 100\% \quad (1)$$

2 积分时间的测量

将放大器接成比例调节状态。使设定指针处于刻度尺范围内任意位置，改变仪表的输入电量值，从直流毫安表上进行观测，使仪表输出电流为 2 mA。将积分电容器的短路去掉（放大器处于比例积分状态），同时启动秒表，当输出电流变化到原来电流值的 2 倍（即 4 mA）时，停止秒表，所测出的时间 t_2 即为积分时间 T_I 。

3 微分时间的测量

将放大器接成比例调节状态。将微分电容短路（使其充分放电），然后再行断开。使设定指针处于刻度尺范围的任意位置，改变仪表的输入电量值，从直流毫安表上进行观测，使仪表输出电流为 2 mA，将微分电容器接入电路（放大器处于比例微分调节状态），此时输出电流产生跃变，读取此时的跃变电流值 I_j ，并按式（2）计算出特征电流 I 。

$$I = 2 + (I_j - 2) \times 36.8\% \quad (2)$$

重复上述步骤，在输出电流跃变到 I_j 时启动秒表，当下降到 I 时停止秒表，记录所测定的时间 t_1 ，由式（3）计算微分时间 T_D 。

$$T_D = \frac{I_j}{2} \cdot t_1 \quad (3)$$

附录 5

带时间比例调节仪表检定记录格式（调节部分）

送检单位 _____ 型号规格 _____ 测量范围 _____ 准确度等级 _____
 出厂编号 _____ 生产厂 _____ 温度 _____ 相对湿度 _____

被检刻度线 (℃)	设定点实际 电量值 ()		$\rho = 0.5$ 时的输 入电量值 ()		设定点偏差 δ_A ()	$\rho \leq 0.15$ 输入 电量值 ()	$\rho \geq 0.85$ 输入 电量值 ()	比例范围 P (%)
	A_u	A_d	A_1	A_2	$A_1 - A_u$ 或 $A_2 - A_d$	A_t'	A_t	$\frac{A_t' - A_t}{A_{\max} - A_{\min}} \times 100\%$

零周期 _____ s 结论 _____

检定员 _____ 复核员 _____ 检定日期 _____

附录 6

带比例积分微分调节仪表检定记录格式 (调节部分)

送检单位 _____ 型号规格 _____ 测量范围 _____ 准确度等级 _____
 出厂编号 _____ 生产厂 _____ 温度 _____ 相对湿度 _____
 适配电阻 R_2 _____ Ω

被检 刻度线 ($^{\circ}\text{C}$)	R_1 两端 电压 V (mV)	输出稳定时 输入电量值 A_f ()		设定点实际 电量值 ()		静差 δ_{A_f} ()		I_1 刚上升时输 入电量值 ()	设定点偏差 δ_{A_p} ()
		1 mA	9 mA	A_u	A_d	1 mA	9 mA	A	$A - A_d$

输出电流: $I_{\max}$ _____ mA, $I_{\min}$ _____ mA

输出阶跃响应 _____ 波动量 _____

P _____; T_I _____; T_D _____; 结论 _____

检定员 _____ 复核员 _____ 检定日期 _____