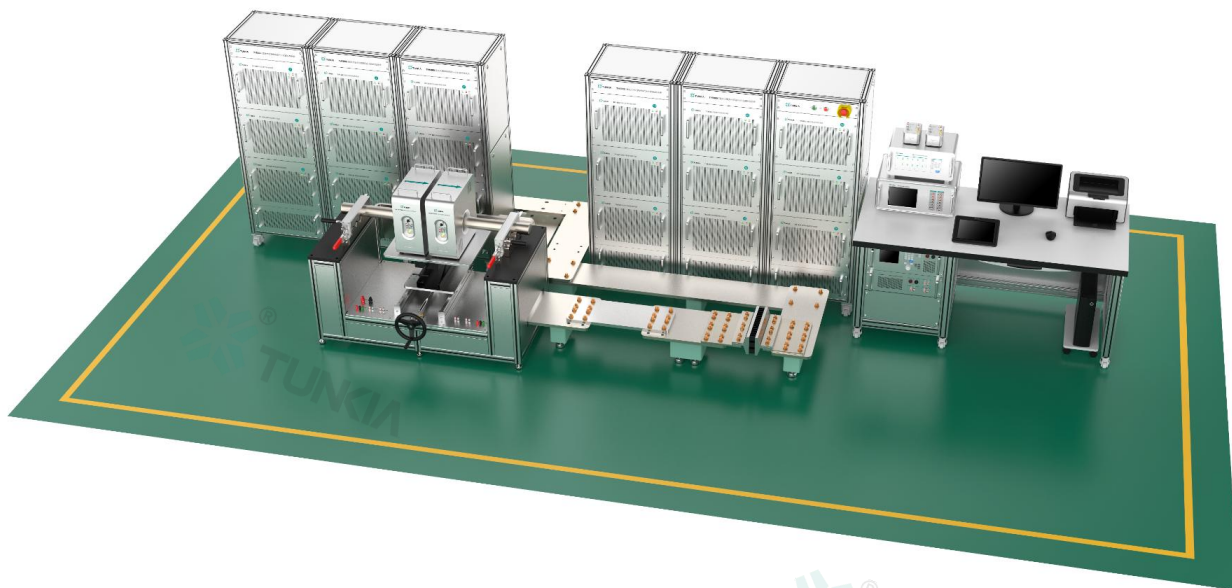


TH1100 直流大电流分流器与传感器校准系统 V1.1

(双极性)



1. 产品概述

TH1100 可全自动程控输出 $\pm (0.1 \text{ mA} \sim 10 \text{ kA})$ 具有高精度、高稳定度、宽范围的直流电流。适用于校准阻值 $0.1 \mu\Omega \sim 100 \text{ k}\Omega$ 的直流分流器、标准电阻，也适用于高精度的电流传感器的校准。为高等级计量实验室建立高精度的电流、电阻量传体系提供了可靠的技术保证。

配有三套不同输出范围的双极性电流源，均可通过程控快速换向，有效去除热电势对测量的影响，并避免长期使用继电器接触不良的缺点，为计量检测提供工业级产品的高可靠性保证。其中 TH6000 为模块化设计的大电流源，多台电流源并联可直接产生 $\pm (100 \text{ A} \sim 10 \text{ kA})$ 的直流大电流；TH1860 可精准输出 $\pm (1 \text{ A} \sim 110 \text{ A})$ 的直流电流，也是一台具有超低噪声、高精度、高线性度、更优调节细度的恒流源；TH0740A 可输出 $\pm (0.1 \text{ mA} \sim 1 \text{ A})$ 的直流电流，可外接标准电阻对被检电阻进行精密测量。

系统设计了直接测量法和比较法二种校准方案，以应对不同等级的分流器和传感器的校准需求。

(1) 直接测量法：采用双极性电流标准源配合二次信号测量单元，可对 0.02 级及以下的直流分流器或电流传感器实现快速自动校准。(2) 比较法：采用双极性电流标准源配合超精密电流比例扩展器（可级联）、超稳定标准电阻、标准电阻测量装置通过电流极性交换可实现超高准确度的量传，适用于校准 0.02 级及以上高精度直流分流器、电流传感器。

系统所有部件均可由计算机软件控制，用户接线完毕后，可实现全自动校准、被检设备原始数据的自动保存、校准证书的自动导出/打印。

2. 功能特点

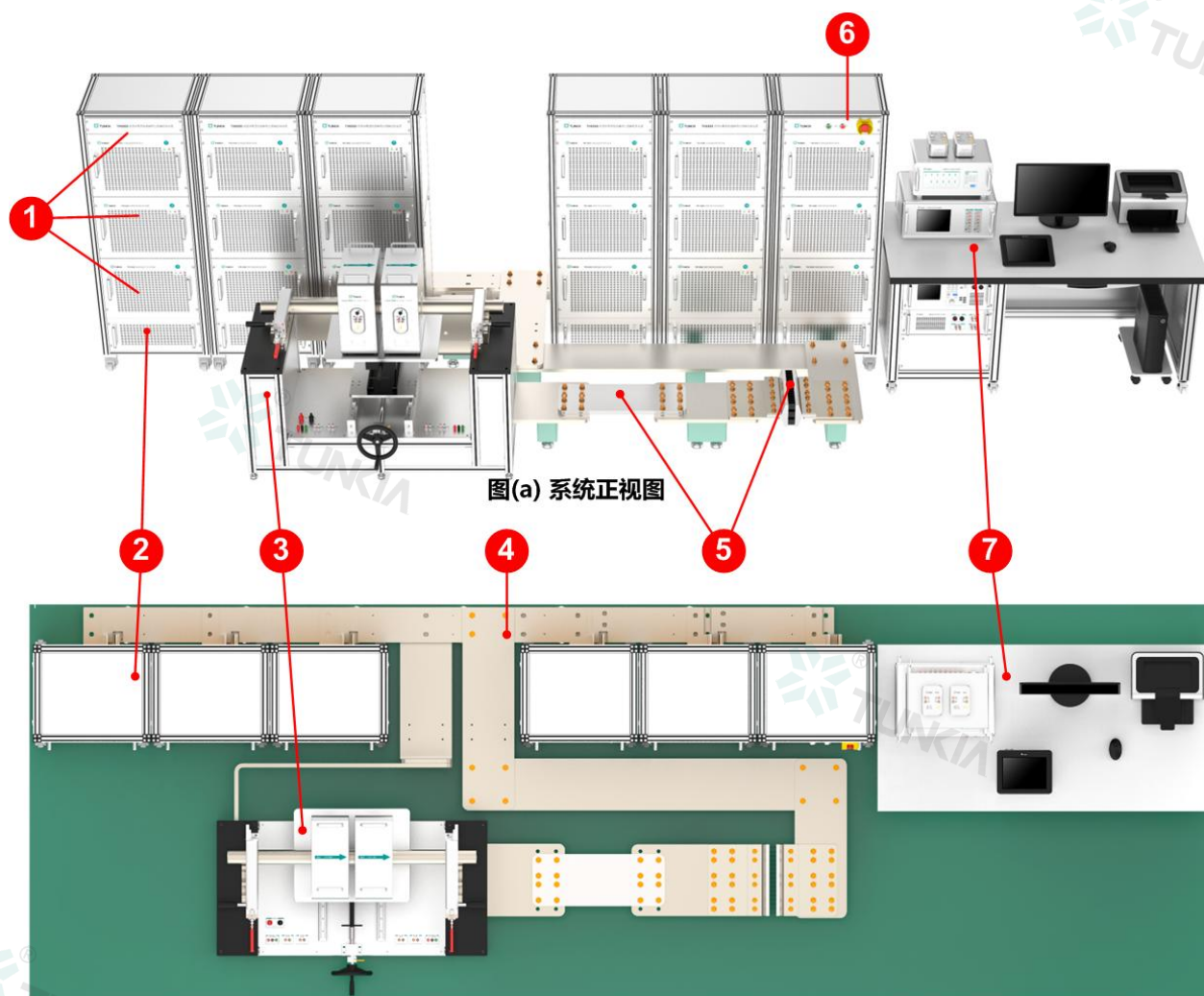
- **TH6000 双极性大电流源**：通过双向电源供电，内部电路实现 $\pm (100\text{ A}\sim 10\text{ kA})$ 双极性直流电流的程控输出。所有量程换挡均不采用继电器，可实现大电流源的快速换向和量程切换，有效去除热电势对电阻测量的影响，并避免长期使用继电器接触不良的缺点。该双极性电流源的方案可为计量检测提供工业级产品的高可靠性保证。

电流源的模块化设计：采用多台电流源组合输出的方式，每台电流源均内置1台宽频电流比较仪进行电流测量与控制，以确保电流的高稳定性和高准确性。模块化设计即便于后期维护，提高维修效率；也便于未来升级，可通过增添电流源模块，扩展电流的输出范围，为顾客节省投资。

高稳定性和准确度：直流电流输出的短期稳定性可达 2.5 ppm/min 、 8 ppm/h ；绝对准确度为 $\pm 50\text{ }\mu\text{A/A}$ 。通过软件控制的大电流缓升缓降，减少了电流浪涌，避免对被测产品产生功率过冲，为高精度的传感器和分流器检测提供保障。

- **TH1860 双极性超稳恒流源**：可精准输出 $\pm (1\text{ A}\sim 110\text{ A})$ 的双极性直流电流，短期稳定度达 0.4 ppm/min 、 1.5 ppm/h ，绝对准确度达 $\pm 15\text{ }\mu\text{A/A}$ ，是一台具有超低噪声、高精度、高线性度、更优调节细度的恒流源，该产品已被提升到了商用仪器市场上前所未有的准确度和超低噪声水平。
- **TH0740A 标准电阻测量装置**：可精准输出 $\pm (0.1\text{ mA}\sim 1\text{ A})$ 的双极性直流电流，外接超稳定标准电阻，实现范围为 $1\text{ }\Omega\sim 100\text{ k}\Omega$ 的标准电阻的量传；具有双通道电压比率测量功能，配合超精密电流比例扩展器（可级联）、超稳定标准电阻并通过电流极性交换可实现范围为 $0.1\text{ }\mu\Omega\sim 1\text{ }\Omega$ 超高准确电阻或比率的量传。
- **超稳定标准电阻**：为空气型标准电阻，年稳定度达 0.2 ppm ，可在 $(23\pm 5)\text{ }^\circ\text{C}$ 下使用，无需恒温油槽也可实现超高的稳定度。
- **标准电阻多路复用器**：同时接入多只不同规格的标准电阻，使用时根据校准需求，通过程控切换已接入的不同规格的标准电阻，减少用户反复接线步骤，有效地提高校准效率。
- **传感器专用测试工装**：针对穿心式大电流传感器的快速接线而设计，配有可拆卸式电流铜棒，有利于在被检和标准传感器间形成均匀磁场，进一步可地减小测量误差；并内置传感器二次信号测量模块和供电模块，可完成传感器的比例误差、线性误差、功耗等检测项目。
- **分流器专用测试位**：大电流接线的专用支架设计成的专用的装置受检位，便于接入直流分流器。配合高精度的分流器二次电压测量模块，实现分流器的误差检测，并可绘制 $R(I)$ 、 $R(t)$ 等曲线等。
- **系统的可溯源性**：能方便对大电流进行溯源校准，既可通过对单台电流源独立输出进行溯源校准，也可通过对所有电流源整体输出进行溯源校准。

3. 系统整体介绍



图(b) 系统俯视图

图 3-1 系统布局图示意图

模块	名称	简介
1	单台 600A 双极性大电流源	整套系统共包含 6 个电流源机柜。每个机柜内置 3 台最大输出达 600A 的双极性大电流源，共 18 台电流源。每台源内部均配有独立的测量与控制模块，以确保电流的高稳定性和准确度。 系统可通过程控输出 $\pm (100\text{ A}\sim 10\text{ kA})$ 的双极性直流大电流。
2	电流源机柜	
3	传感器测试位	(1) 配置一套传感器测试工装，配有一套四种规格的导流铜棒，便于穿心式传感器的检测。 (2) 工装面板上配有一套传感器输出信号测试仪（支持电压型和电流型信号的测量测量）和辅助供电接口，便于用户测试时接线。
4	汇流铜排	各电流源模块输出电流通过专门设计的铜排汇流输出。

5	分流器测试位	包括二个大电流测试位，适用于不同规格的分流器的校准。 当某个测试位接入直流分流器，另一个测试位可接入电流比例标准或使用铜排短接。
6	启动及急停按键	包含电源开关与急停按钮。
7	校准工作台	校准工作台集成以下设备： TH1860-100A 双极性超稳恒流源； TH0740A 标准电阻测量装置（内置电流、电压比率标准）； TH0780 超精密电流比率扩展器（双通道）； TH0770 标准电阻多路复用器； TH0330 超稳定标准电阻（空气型）； 测控台、计算机打印。详细介绍见图 4-1。

4. 校准工作台

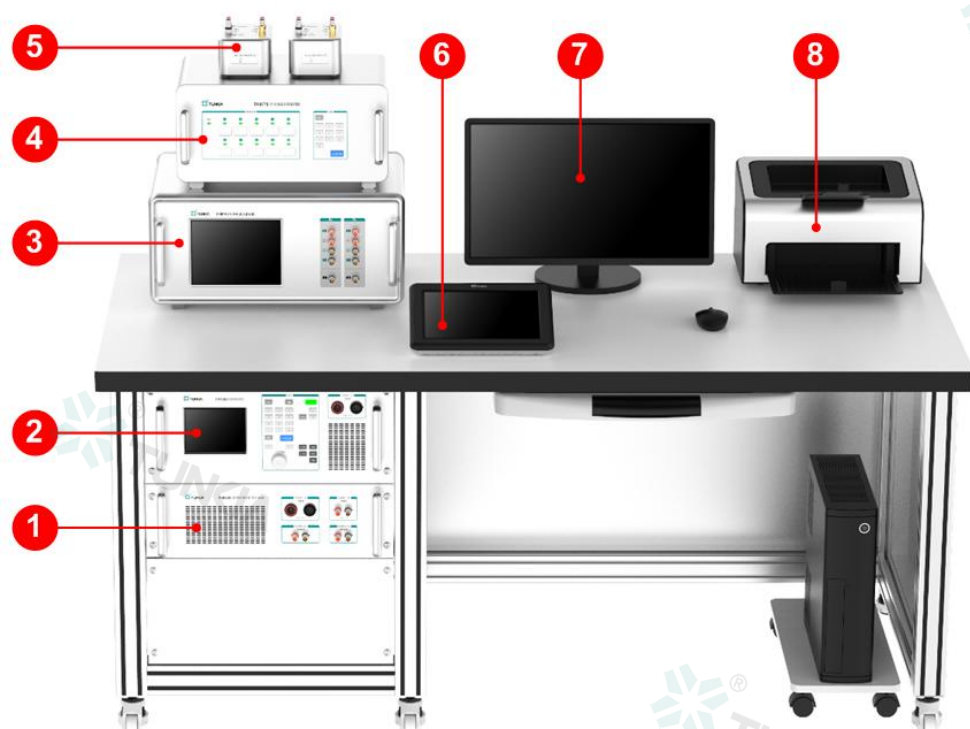


图 4-1 校准工作台示意图

模块	名称	简介
1	TH0780 超精密电流比率扩展器	具有双通道比率标准,其中 A 通道最大标称电流 100A,具有 1000:1、100:1、10:1 三种可选比例; B 通道最大标称电流 10A,具有 100: 1、10:1 二种可选比例。
2	TH1860-100A 双极性超稳恒流源	可输出 $\pm(1\text{A}\sim110\text{A})$ 的直流电流,是一台具有超低噪声、高精度、高线性度、更优调节细度的恒流源。
3	TH0740A 标准电阻测量装置	可精准输出 $\pm(0.1\text{mA}\sim1\text{A})$ 的直流电流,外接标准电阻对 $1\Omega\sim100\text{k}\Omega$ 的电阻实现精密测量;同时具有双通道电压比率精密测量功能。
4	TH0770 标准电阻多路复用器	根据校准需求,通过程控切换已接入的不同规格的标准电阻。
5	TH0330 超稳定标准电阻	将不同规格的标准电阻接入 TH0770,使用时可通过程控切换。
6	测控台	可实时显示电流输出标准值、被检传感器或分流器的二次小信号测量值、被检传感器或分流器的误差、被检传感器的功耗。
7	计算机	运行测试软件,接线后可按用户设置实现全自动测试。
8	打印机	打印测试报告。

5. 传感器测试工装

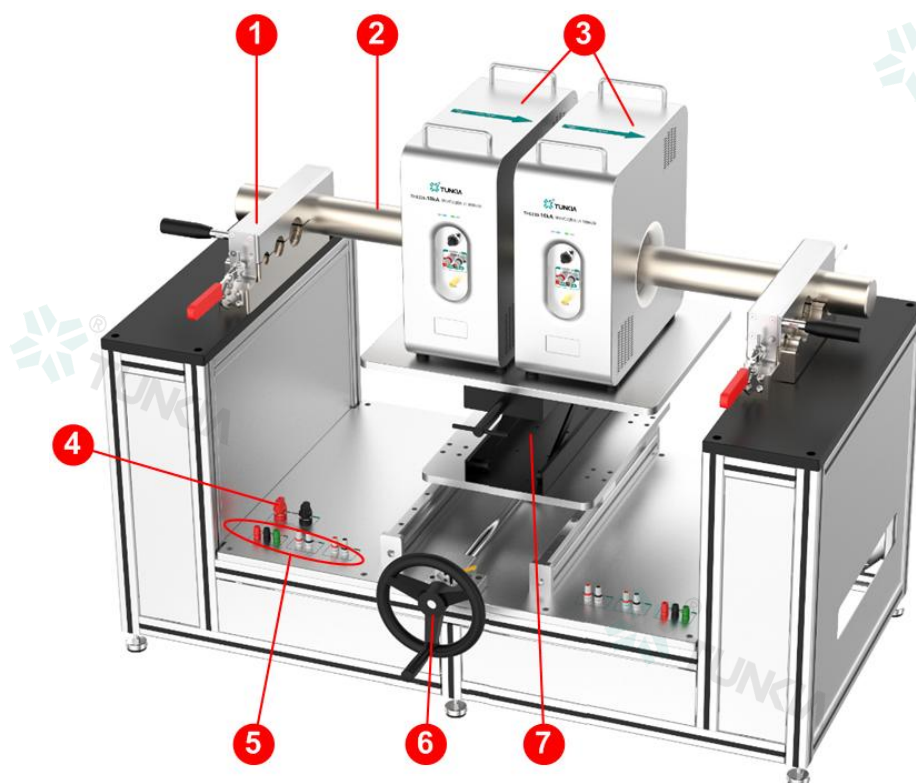


图 5-1 传感器测试工装示意图

模块	名称	简介
1	快速夹钳	左右侧各配有一套快速夹钳，可手动开启并夹紧铜棒，夹紧力达 250 kg，每套配有四个不同直径的夹孔。
2	铜棒	根据测试电流的大小选择不同直径的铜棒，测试时穿入传感器，有利于在被检和标准传感器间形成均匀磁场，进一步减小测量误差。 注：铜棒电流规格：10 kA、5 kA、2 kA、1kA
3	传感器测试位	可穿入被检穿心式电流传感器、穿心式电流比例扩展器。
4	小电流输出端	用于较小电流规格的传感器测试。
5	传感器辅助测量	(1) 供电模块可输出 DC $\pm$ (5 V~50 V)程控可调的电压，并具有回路电流及功率测量的功能，以检测传感器的功耗。 (2) 支持传感器二次电压信号或电流信号的测量。
6	可折型手轮	转动手轮传感器平台升降和前后移动。
7	传感器平台	可通过手轮控制，使不同尺寸的传感器处于合适的测试位。

6. 系统工作原理

6.1 分流器校准（直接测量法）

由软件自动控制电流源的快速换向，以去除热电势的影响。该方法适用于 **0.02 级及以下** 较低准确度的直流分流器，并可实现自动快速测量。

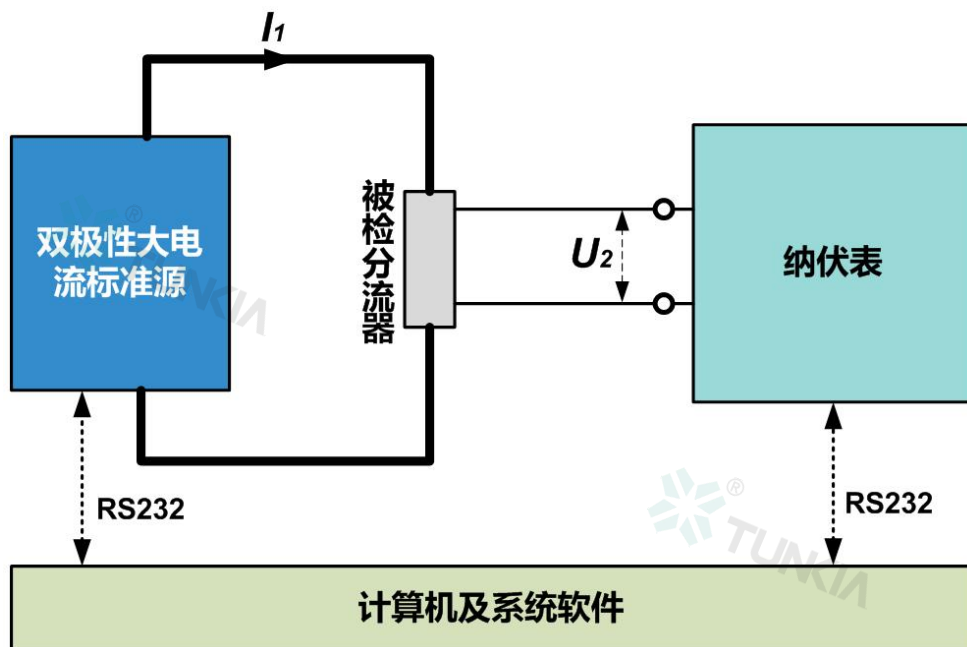


图 6-1 直接测量法校准直流分流器示意图

测试步骤说明：

- 使用双极性大电流源输出标准电流，作为被检直流分流器的 I_1 输入。
- 直接使用纳伏表测量被检分流器的二次输出电压 U_2 。
- 待分流器达到热平衡后，根据 $R=U_2 \div I_1$ 测算得到分流器的阻值。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。
- 注：纳伏表可选用进口品牌或天恒品牌的产品。

6.2 分流器校准（比较法）

比较法特点：采用双极性大电流标准源配合超精密电流比例扩展器（可级联）、超稳标准电阻、标准电阻测量装置通过电流极性交换可实现超高准确度电阻量传，适用于校准 **0.02 级及以上高精度直流分流器**，由软件自动控制电流源的快速换向，以去除热电势的影响。

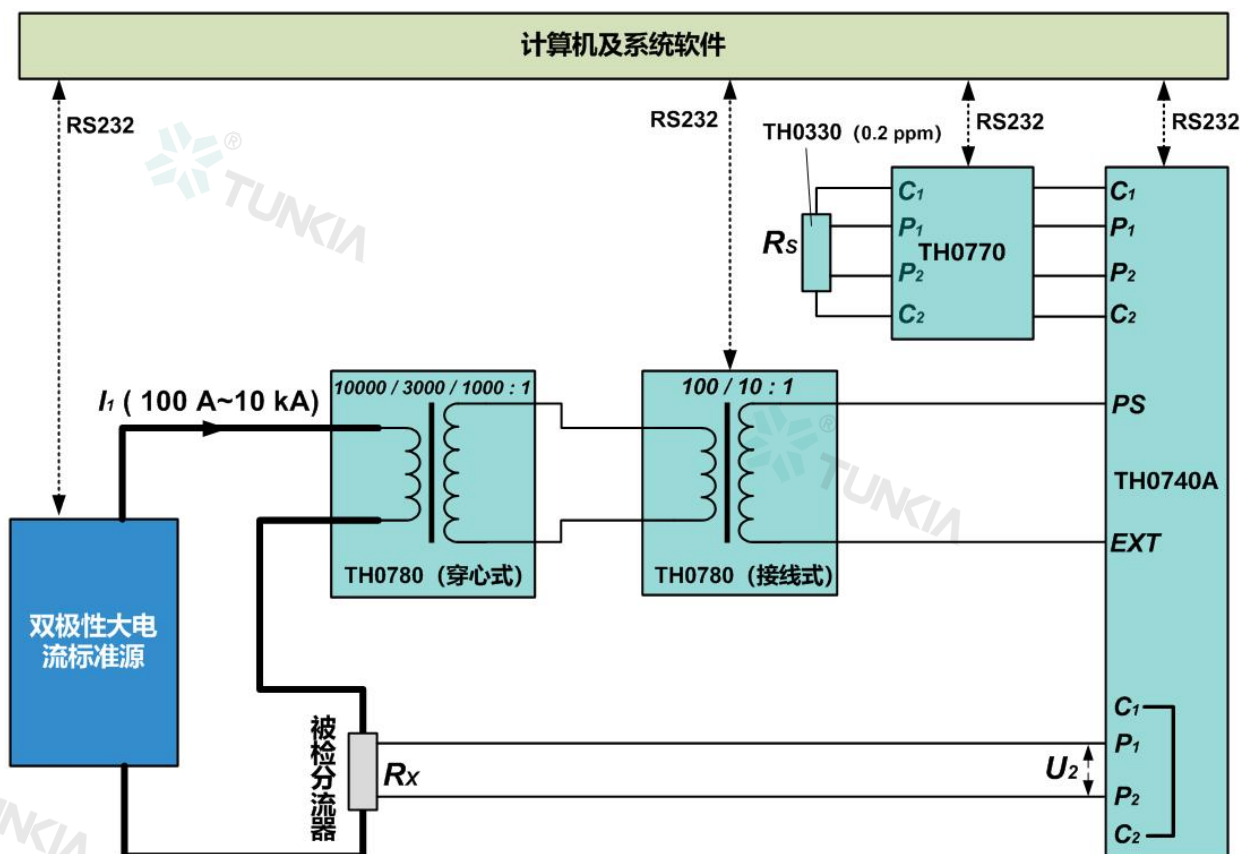


图 6-2 比较法校准直流分流器 ($I_1 \geq 100A$) 示意图

测试步骤说明：

- 对于标称电流 $I_1 \geq 100A$ 的直流分流器校准，使用双极性大电流源输出标准电流，作为与被检分流器的 I_1 输入，根据输入电流选择 1000:1、3000:1、10000:1 三种规格的 TH0780 超精密电流比率扩展器与被检分流器的一次侧串联。
- 大电流规格的 TH0780 的二次输出接入双通道机箱集成式的 TH0780，其二次输出接入 TH0740A 的外部激励输入端。
- 将已知阻值的 TH0330 超稳定标准电阻接入 TH0740A 的 A 通道(用户可通过 TH0770 程控切换不同阻值规格的标准电阻)。
- 将被检分流器的输出电压 TH0740A 的 B 通道 P_1 、 P_2 ，将其 C_1 、 C_2 端短接。
- 当 TH0740A 内部电桥平衡时，测量得到被检分流器的阻值。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

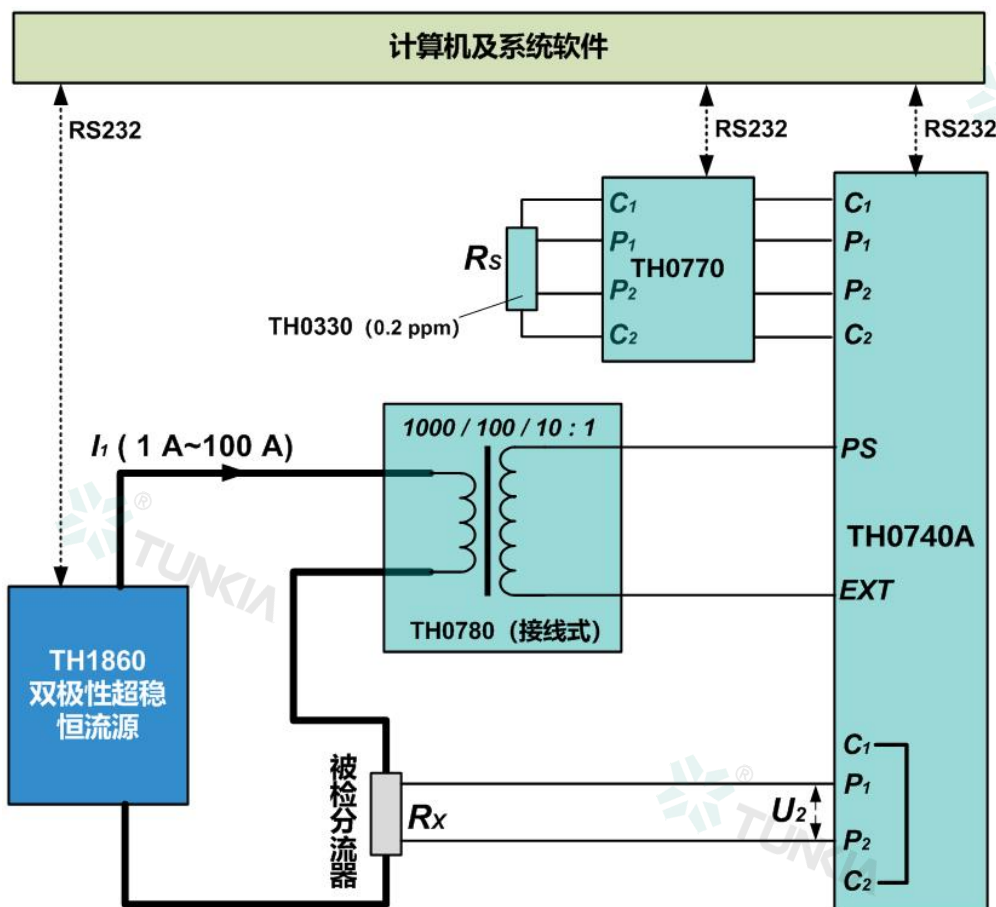


图 6-3 比较法校准直流分流器 ($1\text{ A} \leq I_1 \leq 100\text{ A}$) 示意图

测试步骤说明：

- 对于标称电流小于等于 100A 的直流分流器的校准，使用 TH1860 超稳恒流源输出标准电流，作为与被检传感器的 I_1 输入。
- 将 I_1 通入 TH0780 超精密电流比例扩展器（双通道机箱集成式）的一次侧，系统根据输入电流自动选择 1000:1、100:1、10:1 比例；其二次输出接入 TH0740A 的外部激励输入端。
- 将已知阻值的 TH0330 超稳定标准电阻接入 TH0740A 的 A 通道(用户可通过 TH0770 程控切换不同阻值规格的标准电阻)。
- 将被检分流器的输出电压 TH0740A 的 B 通道 P_1 、 P_2 ，将其 C_1 、 C_2 端短接。
- 当 TH0740A 内部电桥平衡时，测量得到被检分流器的阻值。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

(3)对于标称电流 $0.1 \text{ mA} \leq I_1 \leq 1 \text{ A}$ 的直流分流器或标准电阻,可直接使用 TH0330 和、TH0740A 直接校准。

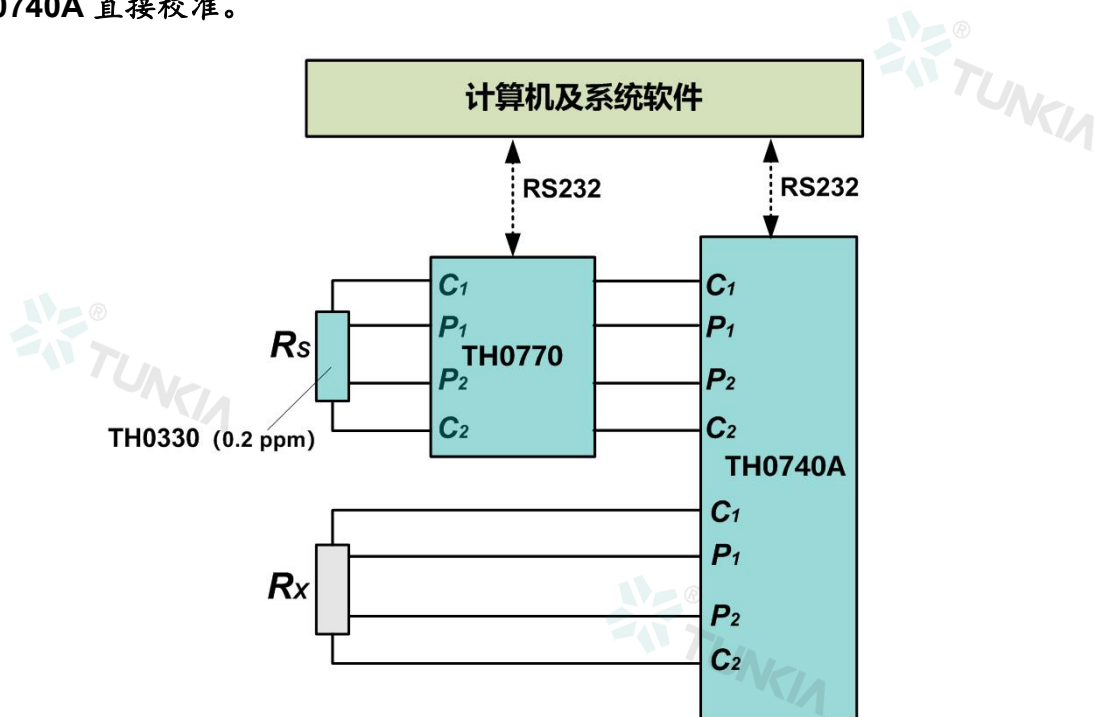


图 6-4 比较法校准直流分流器 ($0.1 \text{ mA} \leq I_1 \leq 1 \text{ A}$) 示意图

测试步骤说明：

- 将已知阻值的 TH0330 超稳定标准电阻接入 TH0740A 的 A 通道
(注：用户可通过 TH0770 程控切换不同阻值规格的标准电阻)。
- 被检直流分流器或标准电阻接入 TH0740A 的 B 通道。
- 当 TH0740A 内部电桥平衡时，测量得到被检分流器的阻值。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

6.3 传感器校准（直接测量法）

该方法适用于 0.02 级及以下较低准确度的传感器测试，可实现快速自动测量。

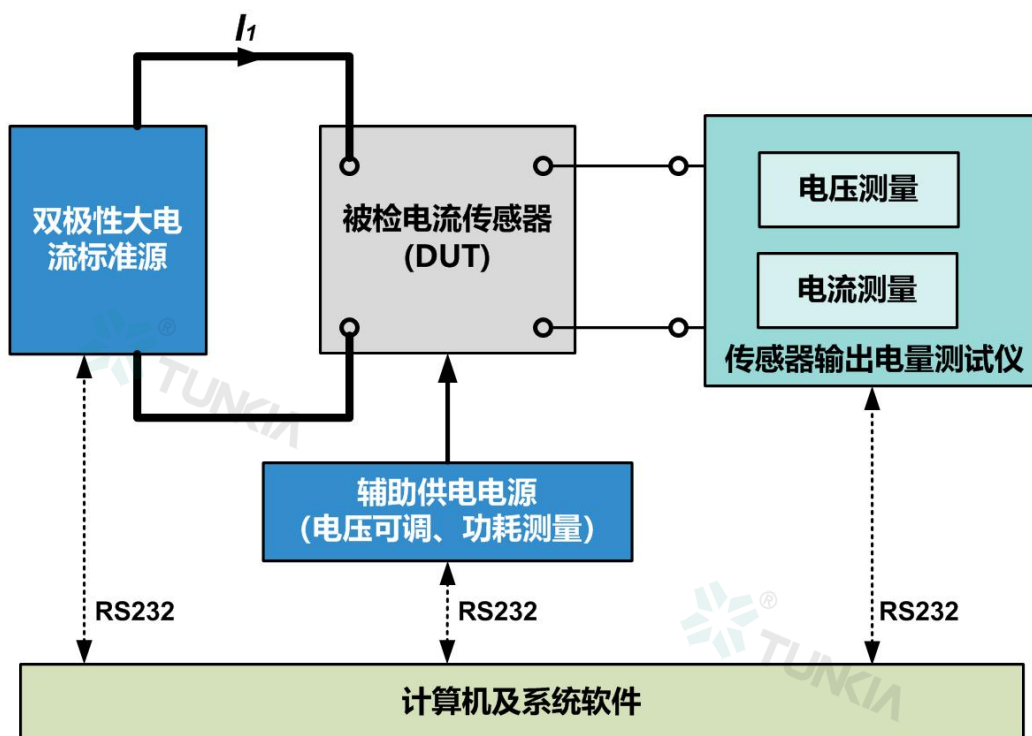


图 6-4 直接测量法校准传感器示意图

测试步骤说明：

- 使用双极性大电流源输出标准电流，作为被检传感器的 I_1 输入。
- 被检传感器输出的电流信号 I_2 （电流型）或电压信号 U_2 （电压型），接入传感器二次信号测量单元，结合一次电流 I_1 ，实现对传感器比例的校准。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

6.4 传感器校准（比较法）

比较法特点：采用双极性大电流标准源配合超高准确度的超精密电流比例扩展器（可级联）、超稳标准电阻、标准电阻测量装置通过电流极性交换可实现超高准确度的比率量传，适用于校准 0.02 级及以上高精度电流传感器。

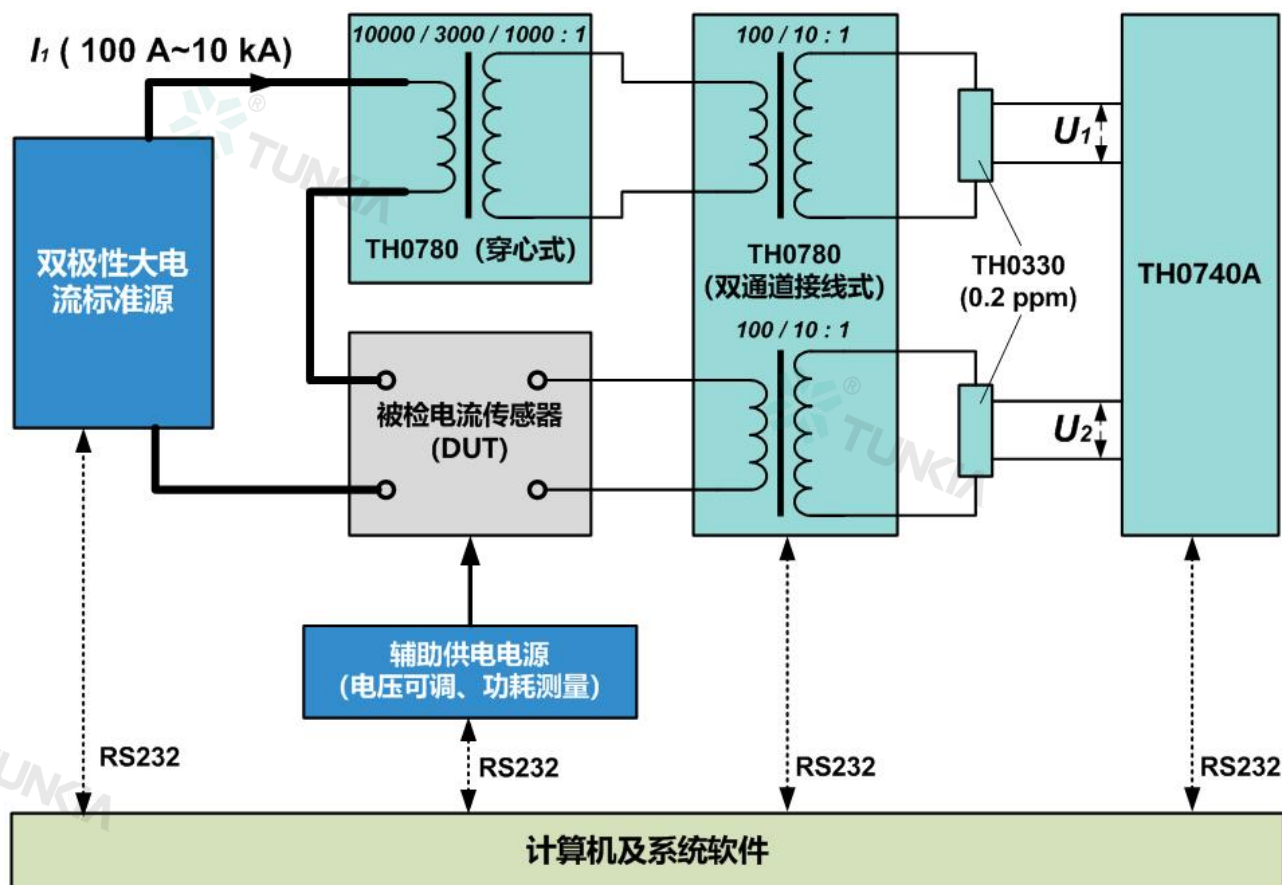


图 6-5 比较法校准传感器 ($I_1 \geq 100A$) 示意图

测试步骤说明：

- 对于标称电流大于等于 100A 的电流传感器的校准，使用双极性大电流源输出标准电流，作为与被检传感器的 I_1 输入，根据输入电流选择 1000:1、3000:1、10000:1 三种规格的 TH0780 超精密电流比例扩展器与被检传感器的一次侧串联。
- 被检传感器和大电流规格的 TH0780 的二次输出接入双通道机箱集成式的 TH0780，其双通道的二次输出分别接二只已知阻值的 TH0330 超稳定标准电阻进行 I/V 变换。
- 再将二只标准电阻的电压信号 U_1 、 U_2 接入 TH0740A 进行电压比率测量。
- 用户接线完毕后，可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

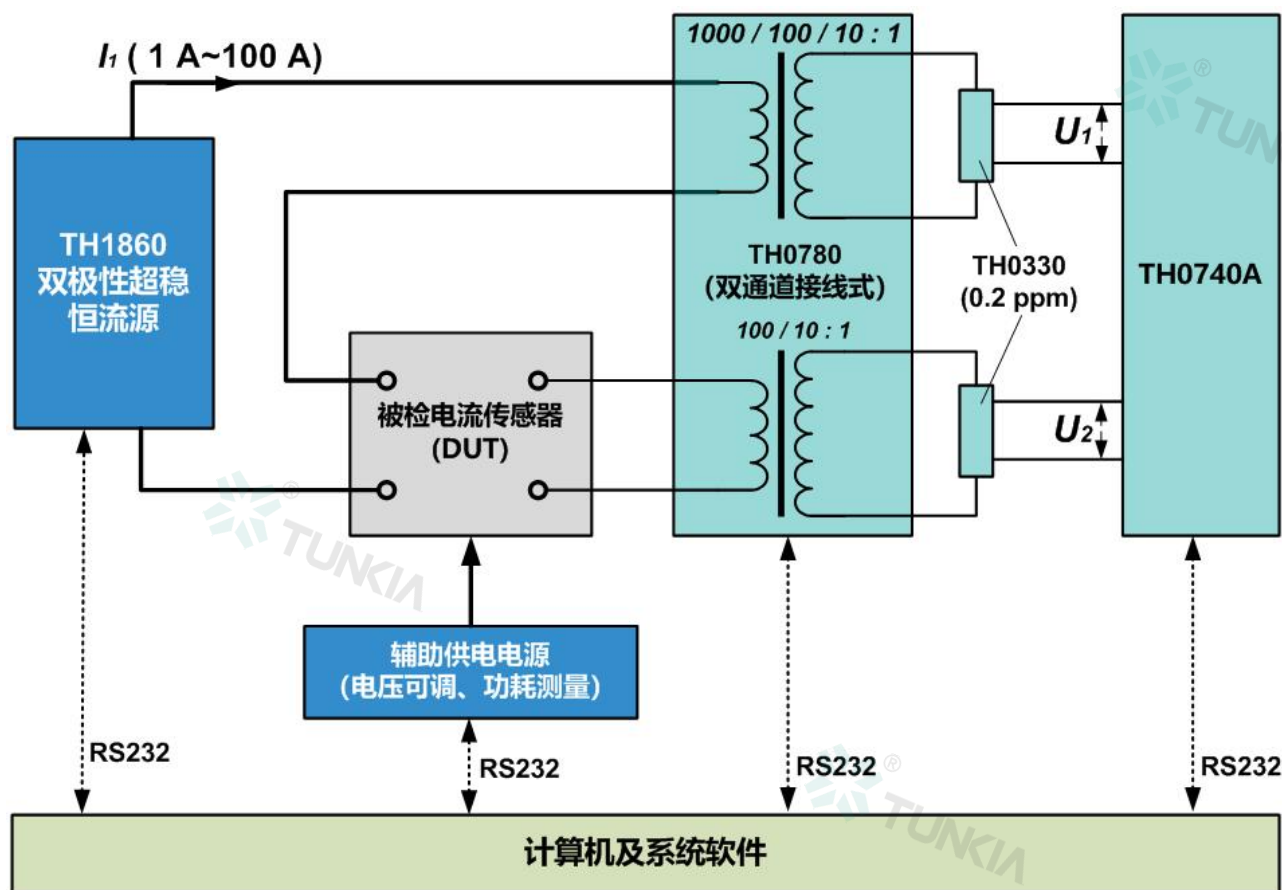


图 5-6 比较法校准传感器 ($I_1 \leq 100A$) 示意图

测试步骤说明:

- 对于标称电流小于等于 100A 的电流传感器的校准,使用 TH1860-100A 超稳恒流源输出标准电流,作为与被检传感器的 I_1 输入;将 I_1 通入 TH0780 超精密电流比例扩展器(双通道机箱集成式)的 A 通道一次侧,系统根据输入电流自动选择 1000:1、100:1、10:1 比例。
- 被检传感器的二次输出接入 TH0780 的 B 通道一次侧。
- TH0780 的双通道二次输出分别接二只已知阻值的 TH0330 超稳定标准电阻进行 I/V 变换。
- 再将二只标准电阻的电压信号 U_1 、 U_2 接入 TH0740A 进行电压比率测量。
- 用户接线完毕后,可通过计算机及系统软件实现全自动校准。

7. 技术规格

7.1 TH6000 双极性直流大电流源

量程	分辨率	短期稳定度		测量不确定度(k=2) ppm*RD+ppm*RG	最大负载电压 (V)
		ppm/min	ppm/h	1 年	
500 A	100 μ A	2.5	8.0	30 + 20	3
1 kA	1mA	2.5	8.0	30 + 20	3
2 kA	1mA	2.5	8.0	30 + 20	3
5 kA	1mA	2.5	8.0	30 + 20	3
10 kA	10 mA	2.5	8.0	30 + 20	3

- 输出范围： $\pm(100\text{ A} \sim 10\text{ kA})$ ，手动或程控自动切换
- 调节细度：10 ppm*RG，7 位十进制显示
- 纹波系数：<0.5% @ 5 kHz 以下，过冲系数：<5%
- 满量程输出建立时间：< 500ms
- 保护功能：电流开路保护、过载保护、过热保护
- 备注：RD 为读数，RG 为量程值，下同

7.2 TH1860 双极性超稳恒流源

电流 量程	分辨率 (μ A)	短期稳定度 ppm /min	最大允许误差 $\pm (\text{ppm} \cdot \text{output} + \text{ppm} \cdot \text{range})$	
			24小时	1年
10 A	1	0.4	5 + 5	10 + 5
100 A	10	0.4	5 + 5	10 + 5

- 输出范围： $\pm(1\text{ A} \sim 110\text{ A})$ ，显示位数：7 位，调节细度：2ppm；
- 建立时间：设定输出至满足指标要求的时间小于 100 ms；
- 测试条件：1 小时预热，环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，采样率为 1sps；
- 保护模式：开路保护、过温保护、过载保护。

7.3 TH0780 超精密电流比例扩展器

产品型号	产品名称	输入电流 (A)	输出电流 (A)	比例	准确度 (ppm)
TH0780-1A	超精密电流比例扩展器 (集成在一个机箱内)	1	0.1	10:1	0.2
TH0780-10A		10	0.1	100:1	0.2
TH0780-100A		100	0.1	1000:1	0.5
TH0780-1kA	1kA 超精电流比例扩展器	1,000	1	1000:1	1.5
TH0780-3kA	3kA 超精电流比例扩展器	3,000	1	3000:1	3.0
TH0780-10kA	10kA 超精电流比例扩展器	10,000	1	10000:1	10

7.4 TH0330 超稳定标准电阻（空气型）

标称值	初始偏差 (ppm)	温度系数 (ppm / °C) @23± 5°C	年稳定性 (ppm)	额定功率 (W)	功率系数 (ppm / power*)
1 Ω	± 2	± 0.05	± 0.2	1.0	± 1
10 Ω	± 2	± 0.05	± 0.2	1.0	± 1
100 Ω	± 2	± 0.05	± 0.2	1.0	± 1
1 kΩ	± 2	± 0.05	± 0.2	1.0	± 1

注：TH0330 为空气型标准电阻，每种规格各配二只

- 工作温度：18℃~28℃，
- 存储温度：0~50℃
- 引脚数：5

7.5 TH0740A 标准电阻测量装置

直流标准电阻测量				
标准电阻 (Ω)	分辨力 (Ω)	测试电流 (A)	测试功率 (mW)	测量不确定度(k=2) (ppm)
1	10 n	100 m	10	0.2
10	100 n	31.6 m	10	0.2
100	1 μ	10 m	10	0.5
1 k	10 μ	3.16 m	10	0.5
10 k	100 μ	1 m	10	2
100 k	1 m	0.1 m	1	3
注：电流比例范围：1:1~100:1，比例不确定度：0.15 ppm				

电压比例不确定度 (k=2) (ppm)					
U_1 量程 U_2 量程	1 mV	10 mV	100 mV	1 V	10 V
1 mV	5 (0.5 ≤ K ≤ 2) 10 (0.1 ≤ K < 0.5 或 2 < K < 10)	40 (1 < K ≤ 2) 80 (2 < K < 10)	—	—	—
10 mV	40 (1 < K ≤ 2) 80 (2 < K < 10)	3 (0.5 ≤ K ≤ 2) 8 (0.1 ≤ K < 0.5 或 2 < K < 10)	10 (1 < K ≤ 2) 30 (2 < K < 10)	—	—
100 mV	—	10 (1 < K ≤ 2) 30 (2 < K < 10)	1 (0.5 ≤ K ≤ 2) 4 (0.1 ≤ K < 0.5 或 2 < K < 10)	3 (1 < K ≤ 2) 8 (2 < K < 10)	—
1 V	—	—	3 (1 < K ≤ 2) 8 (2 < K < 10)	0.5 (0.5 ≤ K ≤ 2) 2 (0.1 ≤ K < 0.5 或 2 < K < 10)	1.5 (1 < K ≤ 2) 4 (2 < K < 10)
10 V	—	—	—	1.5 (1 < K ≤ 2) 4 (2 < K < 10)	0.5 (0.5 ≤ K ≤ 2) 2 (0.1 ≤ K < 0.5 或 2 < K < 10)

备注： $K = U_1 / U_2$ ，若测量时 $K > 10$ 或 $K < 0.1$ ，应更换为与 UUT 比例最接近的电流比例扩展器。

7.6 TH0770 标准电阻多路复用器

规格	四端子通道
连接类型	碲铜接线柱
输入通道	10 通道（后面板）
输出通道	单通道（后面板）
热电动势	< 50 nV
最大承载 / 开关电流	2 A @ 30 V (DC)
接触电阻	< 0.05 Ω
通讯接口	RS232

7.7 分流器阻值测量（比较法）

被测电阻值	比例	最大电流	测量不确定度 (k=2)
100 m Ω	10: 1	1 A	0.2 ppm
10 m Ω	100: 1	10 A	0.3 ppm
1 m Ω	1000: 1	100 A	0.4 ppm
100 $\mu\Omega$	10000: 1	1 kA	2 ppm
10 $\mu\Omega$	100000: 1	3 kA	3 ppm
1 $\mu\Omega$	1000000: 1	5 kA	5 ppm
0.1 $\mu\Omega$	10000000: 1	10 kA	10 ppm

7.8 TK1230 传感器输出信号测试仪

电量 类型	量程	分辨率	测量不确定度(k=2) ppm*RD+ppm*RG			温度系数 ppm*RG/°C
			24小时	90天	1年	
电压 测量	100 mV	100nV	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.5
	1 V	1 μV	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.5
	10 V	10 μV	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.5
电流 测量	10 mA	10 nA	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.7
	100 mA	100 nA	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.7
	1 A	1μA	10 + 5	15 + 5	20 + 10	<0.7

- 测量范围：±(10 mV~12 V)、±(1 mA~1.1 A)
- 量程切换：手动或自动切换
- 显示位数：7 位十进制显示
- 电压测量输入阻抗：>100kΩ // 50pF

7.9 传感器辅助供电及功耗测量

- 输出范围：DC ±(5~50) V，最大负载能力：1 A
- 调节方式：可通过触摸屏或计算机软件程控设置输出电压值
- 调节细度：0.1 V
- 保护功能：短路保护、过载保护、过热保护
- 测量功能：具有电压、电流、功率测量，实现传感器的功耗测量功能。
- 电压/电流准确度为±0.2%，功率测量准确度为±0.5%。

8. 安装条件

8.1 平面布局图

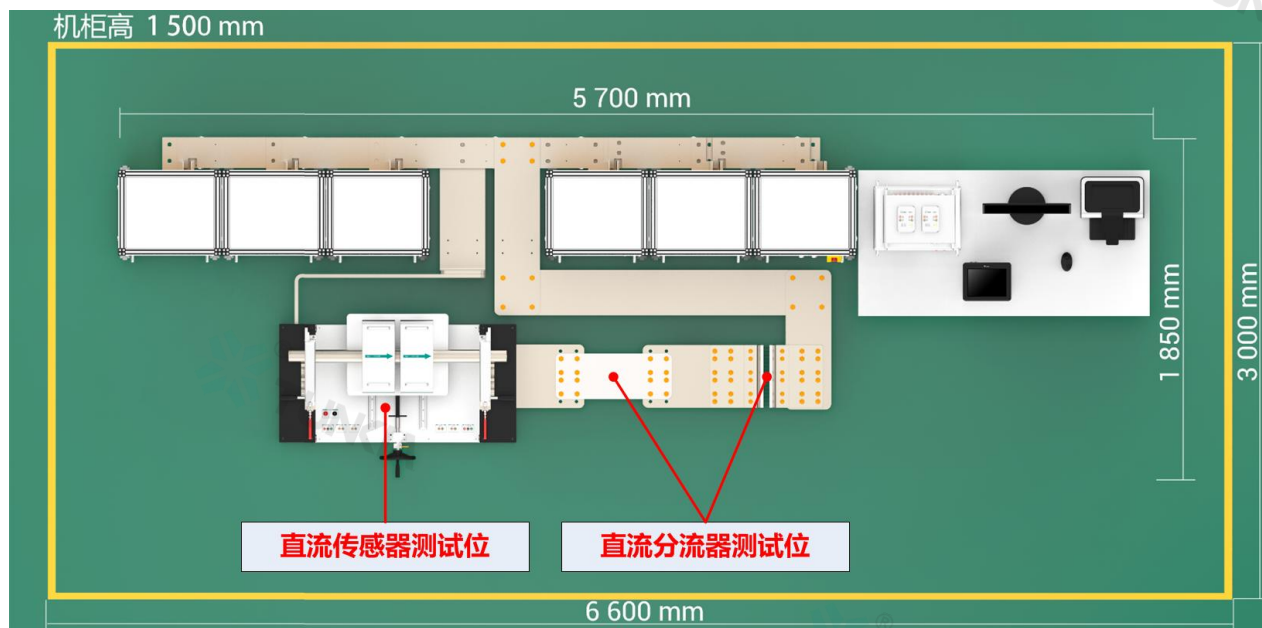


图 8-1 方案平面布局示意图

整套系统占地	5700 mm×1850 mm（长×宽）
单台机柜尺寸	560 mm×560 mm×1500 mm（长×宽×高）
建议实验室尺寸	6600 mm×3000 mm（长×宽）

8.2 供电要求

序号	设备名称	供电类型	最大功耗	数量	总功耗
1	600 A 双极性大电流源模块	三相四线制 AC 380V	4 kW	18 台	72kW
2	TK1230 传感器输出信号测试仪		0.1 kW	1 套	0.1 kW
3	传感器供电及功耗测试模块		0.1 kW	1 套	0.1 kW
4	大电流源主控制系统		2 kW	1 套	2 kW
5	TH1860 双极性超稳恒流源	单相 AC 220V	0.2 kW	1 台	0.2 kW
6	TH0740A 标准电阻测量装置	单相 AC 220V	0.1kW	1 套	0.1 kW
7	TH0770 标准电阻多路复用器	单相 AC 220V	0.1kW	1 套	0.1 kW
8	TH0780 超精密电流比率扩展器	单相 AC 220V	0.1kW	1 套	0.1 kW
9	计算机和打印机	单相 AC 220V	0.5 kW	1 套	0.5 kW
整套系统功耗总计					约 75 kW

9. 大电流源典型用户（排名不分先后）

序号	用户名称	产品规格	交付时间
1	中国测试技术研究院	10kA 直流大电流标准源	2014.1
2	成都市计量检定测试院	10 kA 直流大电流标准源	2021.6
3	上海质量监督检验技术研究院	5kA 直流大电流标准源	2019.9
4	湖南省计量检测研究院	5kA 直流大电流标准源	2015.11
5	上海汽车集团股份有限公司	3kA 直流大电流标准源	2020.12
6	上海申通地铁集团有限公司技术中心	3kA 直流大电流标准源	2019.4
7	深圳振华富电子有限公司	3kA 直流大电流标准源	2021.7
8	绵阳市维博电子有限责任公司	3kA 直流大电流标准源	2021.10
9	北京交通发展研究院	3kA 直流大电流标准源	2019.2
10	上海汽车集团股份有限公司	2kA 直流大电流标准源	2019.6
11	云南计量测试技术研究院	2kA 直流大电流标准源	2020.10
12	中车株洲电力机车有限公司	2kA 直流大电流标准源	2020.8
13	宁波中车时代传感技术有限公司	2kA 直流大电流标准源	2017.11
14	温州市计量技术研究院	1kA 直流大电流标准源	2018.12
15	中国检验认证集团广东有限公司	1kA 直流大电流标准源	2019.9
16	天水二一三电器集团有限公司	1kA 直流大电流标准源	2021.3
17	广东计量测试技术服务中心	600A 直流大电流标准源	2018.6
18	中国电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2017.9
19	国网江苏省电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2017.9
20	国网甘肃省电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2018.4
21	国网河北省电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2019.11
22	国网山东省电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2019.7
23	国网陕西省电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2018.8
24	国网重庆市电力科学研究院	600A 直流大电流标准源	2017.7
25	苏州市计量测试院	600A 直流大电流标准源	2021.5
26	宁波市计量测试研究院	600A 直流大电流标准源	2017.12

10. 直流精密电桥典型用户（排名不分先后）

序号	用户名称	交付时间
1	江西省计量测试研究院	2021.5
2	湖北省电力科学研究院	2021.6
3	国网黑龙江供电服务中心	2021.6