

温 度 仪 表 显 示 仪 表

西安工业自动化仪表研究所技术情报室编

西安工业自动化仪表研究所

— 九 七 八 · 十 二

随着科学技术与工农业生产迅速的发展，生产规模也不断扩大，对计量技术及自动化技术提出了更多更高的要求，从而促进了计量技术及自动化技术的发展，现在74年出版的“国外工业仪表”一书的基础上，对近两年来搜集到的资料加以整理补充。

温度仪表

近年来随着科学技术的进步，特别是冶金、化学工业飞速发展及原子能、火箭超导等新技术的发展对温度计量提出越来越高的要求，各工业发达国家的设计机构 有关企业都把测温技术当作重要的研究课题。温度是工农业、医学、科研、国防工业等下门极为重要的一门参数。温度测量一般占生产流程全下测量的一半左右。故国外一些设计机构除重视流程中一般情况下的测温技术外，同时也重视特殊条件下（如自动快速测温、表面测温、多点测温、气态测温及真空、超高压放射性等环境下的测温等）的测温技术。目前测温技术的发展趋势一方是改进探测元件的结构，另一方是二次仪表在技术完善化，特别是探测元件的微型化，改进其动态特性，提高二次仪表的灵敏度及可靠性，以及测量值的数字化显示等。

测温仪表一般分接触式和非接触式两大类。前一类仪表发展比较成熟，是当前工业中应用最广泛的测温仪表，这类仪表近几年来在原理上无新的发展（在结构方面有改进），它包括热膨胀式和热电式两种。在炼厂中测温是以热电式为主，现将两类测温仪表分述如下：

一、接触式测温仪表

A. 热膨胀式温度计

这类仪表成熟的产品有玻璃温度计、双金属温度计、压力式温度计等。

双金属温度计在国外生产已有悠久的历史，它有各种结构和规格以适应各种情况需要，英、美、日已有完整的系列产品。

压力式温度计各国也都是传统产品，而且有各种型式的。

国外工业玻璃温度计测量上限可达 600°C 。目前发现美国有碳电阻类型玻璃低温温度计，如美国康宁公司的这种产品，其基片尺寸为 $4.8 \times 1.6 \times 1\text{mm}$ ，采取铜壳充氮封装，复现性为 $0.5\text{m}^{\circ}\text{K}$ （在 4.2K 时），在 4.2°K 时电阻值分别为 250, 1000, 2000, 5000, 10000 Ω ，使用范围 $0.3^{\circ}\text{K} \sim 300^{\circ}\text{K}$ 。

下表列举了美、日膨胀式温度计技术数据

	充液玻璃温度计	蒸汽压温度计	压力式温度计	双金属温度计
美国	$-129 \sim 593^{\circ}\text{C}$ 0.5~1%	$-184 \sim 315^{\circ}\text{C}$ 0.5~1%	$-273 \sim 336^{\circ}\text{C}$ 0.5~1%	$-40 \sim 427^{\circ}\text{C}$ 1%以下
日本	$-100 \sim 650^{\circ}\text{C}$	$-200 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 0.5~2%	$-30 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 0.5~1%	$-50 \sim 500^{\circ}\text{C}$ 1~3%

B. 热电式温度计

它包括热电阻和热电偶（有标准、超高温、中温低温热电偶之分）。

< i > 热电阻

热电阻是中低温域主要的测温仪表，特点是稳定性好、精度高。国外热电阻有铂铑丝等电阻温度计。铂铑电阻温度计，碳电阻温度计（实用价值较大），国外的铂热电阻测量下限一般为 -50°C 上限可达 850°C ，甚至可测到 $+1400^{\circ}\text{C}$ 。目前国外已生产出一种能测 $1.5 \sim 100^{\circ}\text{K}$ 的超低温铂热电阻温度计。

国外还发展了铂铑热电阻而且得到广泛应用，美、日均已有了完整的系列产品。近几年来铂铑电阻也取得相当快的进展，在美、英、日已有五种铂铑电阻温度计作为商品出售。

电阻温度计较热电偶敏感成百倍，而且更加稳定。然而至温度范围、响应时间、抗振尺寸、成本等方面，它却较热电偶差。近年来为了扩大电阻温度计的测温范围，改进了电阻元件设计，其特点是将被测铂丝融化在玻璃芯子上，结果稳定性较好，温度上限为 932°F (500°C) 为了把工作温度提得更高，工业上发展了在陶瓷中嵌入被测铂丝的陶瓷元件，温度上限达到了 1562°F (850°C)，在特殊情况下可达 1832°F (1000°C)。

工业电阻温度计一般精度为 $\pm 0.1\%$ ，在 32°F (0°C) 时为 $\pm 0.03\%$ ，它常常易受振动，其解决办法是制造尽可能坚硬的保护套管，致使振动在套管中只引起很小的振幅，套管内的元件和内下导线都装有软垫，这种结构形式可经受 1382°F (750°C) 的温度。

目前国外多致力于超低温热电阻，如美国的两种碳电阻，一种是 $-268.8 \sim -253^{\circ}\text{C}$ ($4.2\text{K} \sim 20\text{K}$)，一种是 $-272.9 \sim -272.99^{\circ}\text{C}$ ($0.01\text{K} \sim 0.1\text{K}$)。国外除向低温热电阻发展外，尚有小型发展的趋势，并像管状热电偶一样，也发展了管状热电阻，其套管外径只有一毫米，时间常数为 1 秒。

日本工业技术院计研所研制成功一种合金电阻温度计，测温范围：常温 $\sim -271^{\circ}\text{C}$ ，至 -260°C 以下时灵敏度很高，精度 1% 再现性好，可供生产现场使用。其检测元件结构是将含 0.45% (原子量) 铂的铜合金制成双螺旋线卷绕在玻璃棒上，外面被复玻璃。元件长 20 毫米，粗 3 毫米，把该元件置于需要测量的场所，并与电阻测量仪连接，利用金属的温度与电阻的比例关系，从测量电流通过元件时的阻值，便可求出温度值。

<ii> 热电偶

由于它结构简单，操作方便，测温范围广，故它已成为工业中用得最广的测温仪表之一。国外常用的热电偶有镍铬—镍铝、铁—康铜，铜—康铜，镍铬—考铜，铂铑—铂、双铂—铂等六种。这些热电偶发展较早，比较成熟，故有“标准热电偶”之称。不过它们也还存在一些问题，如稳定性、精度等。据日本调查目前大部分国家的铁康铜热电偶在 500°C 以上范围内使用达不到0.5级，有的甚至达不到1.5级。

下表列举了国外标准热电偶性能指标

是《工业基本情况》参考资料中的工业仪表部分

此外，苏联发展了一种小惯性的镍铬—镍铝微型热电偶，其热电丝直径只有 0.1mm ，连接丝只有 2mm ，该热电偶主要用于紊流液体和气体中的温度测量。

高温和超高温热电偶

高温热电偶是指测温上限在 1500°C 以上的热电偶。 2000°C 或超过 2000°C 高温，一般情况下用高温计和热电偶进行测量，并不是没有问题为解决这一问题，研究了一种套筒热电偶，它可用于高温。它由铂铑丝构成，它装在耐高温的陶瓷或贵金属套管中，长度最小 20mm ，最大 500mm ，外径 1mm ， 1000°C 用铂铑丝。现在国外研制了种铂铑热电偶，它也是一种可测至 1600°C 的高温热电偶。它适合于在有核辐射的试验环境中应用。

铂5%铜—铂0.1%银热电偶在真空还原性气氛和氧化性气氛中都很稳定，它在有石墨坩埚中加热至 1500°C 经40小时后热电势没发生明显偏移。这种热电偶的缺点是易氧化成氧化铜而使其抗氧化性能减低，但是，它对氧化气氛的氧化作用具有较好的抗腐蚀能力，它的耐腐蚀性能也较好。铂5%铜—铂1%银热电偶的稳定性看来更好一些。上述两种热电偶用于核反应堆中可长期工作到 1600°C ，它们是完成这种测量最可靠的材料。

手段，此外，由于它们的制造和安装度是常规高温热电偶所无法比拟的，加之价格较便宜，在平常情况下也可应用，故应予重视。

铂铑热电偶在中性气体或空气中可用于测 1800°C 以下的高温。是一个较好的通用工业热电偶，含有铑的铂——铑热电偶可在短时间内测到 2000°C ，精度可达 1°C ，但由于铑在高温下蒸发，有脆弱性，故须求耐氧化和电镀处理。

铂——铑热电偶国外经过几十年研究，现已能成批生产，测量上限可达 3080°C ，测量精度也很高，但铂易氧化不能在空气中应用。

此外，据报导，用铂——钨、铂——铱等组合，是大有希望的。现在发明了一种表石测温系统，其精度可达到 0.5% 以上，测量范围为 1500°C ，反应时间在3秒之内，用它来解决热电偶的反应速度慢及表石测温时给以热干扰等缺点。

Leed & Northrup 公司为钢铁工业发展了一种有特异的消耗式热电偶，以往产品为 Mark II 型，近年来又设计了一种 Mark III 型，为小型轻便式可用于电弧炉、感应炉及钢水包的快速测温，在测量头接管上镀有一层陶瓷绝缘物质，使用更安全。

低温热电偶

标准热电偶中有几种可测到 -200°C 左右，此外国外还生产两种新的低温热电偶，一种是金 21% 钴——铜，可用于 10°K 以上的温域，但接近室温时，其热电性能不稳定；另一种是金铁合金——镍钴合金热电偶，它在 2°K —— 273°K 范围内使用很理想。国外认为在 20°K 以上的温域内用镍钴——康铜热电偶较好，在 20°K 以下至液态氮的温域内用金 0.07% （原子）铁——镍钴热电偶效果较好。

目前生产一种微型热电偶，它可以测量达 750°C 表石温度。如果要求尺寸小，启动时间短，容易固定及价格低廉时，总是用

它来完成其任务，可供应以热电偶有镍铬镍，铁—钴、铂—铂等。测温范围有两种，即 $0-250^{\circ}\text{C}$ ，和 $0-750^{\circ}\text{C}$ 。

(iii) 热电偶元件(包括套管及绝缘材料)

双铂铑元件在空气中用于 1800°C ，含 40—60% Rh 的 Pt/Rh—Rh 元件在短时间内也可用于 2000°C 。铂铑元件目前能够大量供应。这种系列的元件其测温上限约为 3080°C 。铂铑—铂铑 ($W-5\text{Re}/W-26\text{Re}$) 元件在氢气中使用寿命是 1100°C 为 10000 小时，在气态元件绝缘材料中氧化铍、氧化钨、氧化钽、二氧化铈、氮化硼是最好材料。在套管材料中氧化铍、氧化钨使用较多。铂—铑、铁—钴、硅钨铜 (MoSi_2) 用于保护冷层。

非金属套管在 1200°C 以下用石英， 1400°C 以下用陶瓷， 1600°C 以上用氮化物、碳化硅、石墨等专烧氮氧化物。最近国外倾向于研究复合氧化物材料。

在测温方面除光电倍增管外，还有些新的检测元件，如硫化铅、碲化铜，锗半导体等元件。这给快速变化的测温提供了有效手段。

当前除发展金属热电偶外，

比较引人注目是非金属高温热电偶的发展(如碳化硅—石墨—石墨热电偶最高温度可达 2500°C ，石墨—碳化硅热电偶最高温度亦是 2500°C ，碳化硅—碳化钨热电偶最高温度为 $3000-3500^{\circ}\text{C}$)它虽然有脆弱，组成成分不均、复盖性较差、体积大、输出非线性等缺点，但它具有不需密封炉管、可测高温等优点，故它还有待于今后进一步研究。

二、非接触式测温仪表

由于工业生产的需要，各国在测温计量方面正在利用各种物理效应研制和发展许多新原理的非接触式温度计(如超声波、微

液激光、射流头辐射温度计) 其中少数已有产品, 但总的来说尚未在工业中广泛应用)。它之所以能得到迅速发展, 是因为它能测量更广的温度, 能测量快速移动物体的表面温度, 适应对高温无挥发其保护富有强腐蚀性的环境和介质。此外, 它不会扰乱被测量点的温度, 从而不会影响测量精度。近年来这种温度计主要是提高测量精度, 扩大测量范围和快速响应方面发展。

1. 辐射温度计

它是一种发展较早的非接触式测温仪表, 常用于 1000°C 以上的测温。

NBS 研制的快速光电温度计可进行快速测温, 其反应速度可达 1000 次/秒, 准确度在 1335 开时为 ± 1 开; 2700 开时为 ± 0.8 开, 测量精度(标准偏差)在 2000 开时为 $0.2 \sim 0.01$ 开, 测量时间分别为 0.8 毫秒 ~ 71 秒。用光电温度计和辐射温度计亦可测量点温度。

光谱温度计

它是目前最准确的测温光学仪器。YCP-1 型自动测温通用光谱温度计, 其测量范围从 $400^{\circ}\text{C} \sim 6000^{\circ}\text{C}$ 。以前设计制造的光谱温度计是手动的, 而 YCP-1 型光谱温度计则采用电子自动跟踪系统它能保证足够准确的自动测温。

奥地利 Uher 公司的 PYR 辐射温度计的测量范围为 $150 \sim 3000^{\circ}\text{C}$, 热电堆辐射温度计的测温范围为 $36^{\circ} \sim 2500^{\circ}\text{C}$, 反应时间为 0.15 秒。

2. 激光测温

NBS 用氦氖激光束光源的激光反射计可测量点的温度, 测量精度可达 1% , 用激光干涉和散射等可测到 10^6 到 10^9 开的超高温, 有的国家甚至还对 $10^{10} \sim 10^{11}$ 开的超高温进行不断的研究。美国麻省理工学院正在研制一种激光“温度计”, 这种温度计可

以测量高达 8000°C 高温，是专门用于核聚变研究的。瑞士 Brown Boveri 研究中心用激光可以测几千开的高温。

3. 微波测温

采用微波技术测温可以达到快速测高温的目的。由 Ni(22%)、Cr(3%)、Fe(25%) 空腔 (抽真空至 2×10^{-5} 毫米) 和微波导管组成的微波腔后利用在不同温度下与控制电压的线性关系，准确度理论上可达 0.05°C 。目前至 1500°C 高温测量时，准确度可达 $\pm 2\%$ ，测量时间 $0.5 \sim 30$ 秒，可快速反应。

4. 低温用的组合辐射和接触式温度计，它是一种红外线温度计，测量范围为 $-10 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，它的最小范围可达 40K ，仪器结构各不相同，有的可进行直接测量，有的可进行相对测量，分辨率为 0.1K 。

5. 噪声测温法

目前测温方法和仪表已达到很高的技术水平，但在测量 1000°C 以上的温度或环境温度高温元件有强烈影响 (如 H_2 、液反应在密封线头等) 的情况下就会产生较大的测量误差。故近年来开始探索一种新的测温方法，即噪声测温法。它可用在 1 开到 2500 开范围内。这种方法不要求选用特殊材料，故从适应多种测量情况来看此法有很大灵活性，它可用在工业和科研的许多领域中。三福尤里希核研究所研制成一种用途广泛的噪声温度计，它是把热敏电阻和热电偶结合在一起，它在试验室测量中其精度在 $0^{\circ} \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 范围内小于 0.1% 。噪声温度计 (RT) 是一种一次温度计，可直接读出绝对温度。该温度计的优点是不受材料和环境条件限制，无影响，它同热电偶一样也可广泛应用，而且它比热电偶优越的是不用在低温和要求绝对精度以及保存时间测量或环境条件会改变热电偶的校准曲线的场合，从经济角度看 RT 较贵。

匈牙利科学院物理研究所制造的一种新型测温度仪表，它

可以在 $-260^{\circ}\text{C} \sim +2000^{\circ}\text{C}$ 范围内测炉窑或恒压装置等处的温度。它主要由三个部分组成，即总测或放大元件、各根据需要或仪表发挥作用的组件，调整冷热处理过程的元件。这种仪表已经可靠地用于冶金工业中了，工作非常精确在 1000°C 和 1500°C 之间其温度波动小于百分之二。

此外还有超声测温、核磁共振测温、核去磁测温、核四极共振测温、穆斯堡尔效应测温、约瑟夫森效应测温（系低温超导的一种效应）、低温超导转变测温等等测温方法正在研究。

三、“温度成像测温法”

这是国外开始流行的一种新的测温方法。这种方法不象一般方法测温某一接触点的温度，而是测温一维甚至三维的温度分布并显示出来。在这方面有瑞典 AGA 厂有了重大发展。它采用了红外照相系统“AGA Thermovision 750”作为辐射接受器，它用的是一个磷化镉光敏元件。其测温范围最近为 $-20 \sim +900^{\circ}\text{C}$ ，在采用附加滤片的情况下可达 2000°C ，分辨率 0.2K ，环境温度范围为 $-15 \sim +55^{\circ}\text{C}$ 。

四、当前及今后动向

1、低温超低温仪表是今后重要发展方向， 1K 以下温度的测温是现在重要研究课题。

2、国外研制热电偶测温的动向是发展管珠型和薄膜型热电偶，研究铂铑合金和贵金属，国外管珠型热电偶已有系列产品，但用于高温测温的产品不多，主要问题是寻找铂铑合金绝缘物和外套管的最佳组合并不容易。薄膜热电偶最大优点是可测瞬变温度和微小面积的温度，国外报导可测 10^{-7} 秒的瞬变温度。

3、正在进行专用热电偶的研制工作（如防硫、防磷、耐硫等热电偶）。

4、移动机构和高速旋转体测温研究。

5. 特殊温度测量和新的测温方法

如钢水连续测温 $1200 \sim 1800^{\circ}\text{C}$

火焰温度测温 $1000 \sim 2000^{\circ}\text{C}$

6. 测温仪表向数字化方向发展, 如美国对热电偶在测量套管结构上作了改进, 其中值得注意的是在测量杆手柄上装着一丁四社数字显示的装置, 按操作者可直接看到读数。还有袖珍式数字温度计, 其量程为 $-60 \sim 2000^{\circ}\text{F}$ 或 $-50 \sim 1100^{\circ}\text{C}$, 分辨率 1°C , 精度为 0.5% , 目前正在研究的数字温度计是用于管道内气体温度测量的, 它具有测量范围宽和反应时间短等特点, 但具体数据未发表。还有如美国利利价卡特公司生产的新型 2802 A 型万用数字温度计, 它采用铂铱合金元件测温测量范围为 $-200^{\circ}\text{C} \sim +600^{\circ}\text{C}$ (分辨率为 0.1°C), $-100^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$ (分辨率为 0.01°C), 测量精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 铂铱合金元件电缆线可长达 65 米。西德 Feitern 公司生产的用于快速测量液体、气体或塑料介质的数字式瞬时温度计也有两种规格。① 7500 型用于和 P+100 热电偶连用, 测量范围为 $-50^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 。② 2500 型和线性热敏电阻连用, 测温范围 $0^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$, 数字温度计采用 CMOS 电路, 数字二码管显示, 电源可用充电的镍镉电池。

7. 温度计检定自动化也是国外研究的问题。国外已研制快速自动检定装置, 用电子计算机对测量结果以信息进行处理 (每小时可检测 $40 \sim 50$ 支温度计) 可大大提高检定效率。

显示仪表

显示仪表是专门与检测仪表，变送或测量元件（如热电阻）相配合用以指示，记录被测参数大小的仪表。它是工业自控系统中重要的中间环节。三十年代英美已开始生产显示记录仪。五十年代前仪表元件均采用电子管，六十年代采用晶体管，七十年代已发展到采用集成元件。在显示方面也从单参数显示发展为显示带记录。显示方式除模拟显示外还发展了数字显示。

显示仪表一般包括磁电式显示仪表，即动圈式仪表（如毫伏计比率计等）；电子平衡式显示仪表（如电子自动电位差计自动平衡电桥等）；气动显示仪表（如气动一二三针记录仪及色带指示仪等）。

一、动圈式显示仪表

早在二十年代初，国外就已经在使用动圈式显示仪表如毫伏计和比率计，当时在现场只用于温度的显示和控制。三十年代在美日又出现了带调节的动圈式两位调节显示仪表。由于动圈式显示仪表具有体积小，重量轻结构简单，成本低灵敏，抗干扰能力强，适用于简单调节回路中。在中小型企业实现单参数自动测量和调节控制的回路中采用它很理想。目前这类表广泛地用在冶金化工石油电厂及轻工业等部门中。由于这种仪表已比较成熟，故近年来改进不多。现在国外主要是研究如何提高防震性能，并采用集成电路。如M50系列动磁式指示调节仪表就是采用了集成电路，用于温度指示调节，性能稳定，指示精度为1级，可进行二位式或断续PID调节。

·国内外动圈式显示仪表主要技术指标

国 别	中 国	日 本	荷 兰	英 国	
厂 名	上海自动化仪表公司	4野公司	横 河	Transited	
型 号	XCZ·XCT	E500			
标尺长度	110mm	130mm	130mm	130mm	6.5"
指示精度	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1.5\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$
阻尼时间	< 7sec				
最小电量程		10mV	10mV	9mV 5mV	8.5mV
电 流	220V, 50Hz	100, 110V 200, 220V 50, 60Hz $\pm 10\%$ -15%	同 左 $+10\%$ -15%	220VAC $\pm 10\%$	105, 130V 210, 260V 50, 60Hz
工作环境湿度	0~50°C	0~50°C	0~50°C	-10~+65°C	
外形尺寸	160x80mm		190x85mm	192x96mm	10"x5.5"
控制误差	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
控制点不灵敏区	0.5%	0.1%	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.1\%$	0.1%
负载容量	220V AC 1A 无感负载	100, 110V 220, 200V 100, 110V 220, 200V	7A 电阻负载 3A 电感负载 3A 电感负载 1A 电感负载	继电器 200V AC, $\cos\phi > 0.8$ 100V AC, $\cos\phi = 0.5$ 80W DC 最大电压 250V, AC, DC 最大电流 3A, AC, DC	1A, 230V 无感负载
比例带	4%	4%	4%		
积分时间	4min	4min	4min		
微分时间	10sec	0.5min	0.5min		
脉冲周期	30, 60sec	30sec	30 (50Hz) 25 (60Hz)		
重 量	2-3Kg	~4Kg		4.5Kg	10 1/2 16

二、自动平衡式显示仪表

进行模拟量记录的自动平衡式显示仪表，是一种调节记录仪表。目前各国生产的这类仪表其品种系列很多，结构上，有大、中、小型和条型，从标尺上分有园刻度卡刻度，旋转刻度和偏差指示。有的仪表还带有各种附加装置，扩大了仪表的用途。这类仪表设计比较成熟。它的特点是灵敏度高，使用维修方便，（品种多）用途广，能远传。现在国外各大仪表公司仍然继续大量生产。产品发展的现状是普遍采用了集成电路放大器 and 场效应晶体管调制器，用应变计霍尔变送器代替滑线电阻，有的工厂研制并采用了导电塑料电位器和固体电位器。现在贝克曼公司已成批生产这种元件并在仪表上使用。关于记录机构的改进，有的工厂记录不用墨水，如美国 Honey-Well 公司研制了一种磁性记录纸，其特点是只要磁性记录笔轻轻一接触纸就会出现记录液迹，不需要墨水。记录纸上的曲线可以通过消除器抹去，重新使用。这种纸是半永久式的，它既从根本上解决了墨水问题，又可节省记录纸。

目前可供应的不用墨水的记录仪有单通道，双通道补偿式小型线性记录仪（ 144×144 , 96×96 mm）。单通道的具有一支压力笔，双通道的具有两支粗细不同的压力笔，在压力敏感蜡纸上记录不清楚的线条。这种无墨水记录装置到处适用。在记录方面还有采用其他方式的，如采用恒压给水，双烟管给水和惯性给水系统等。笔尖采用尼龙笔尖或宝石笔尖。模拟记录仪表在设计上都侧重于附加各种调节计标程序控制等装置以扩大其功能用途。

自动平衡式显示仪表在新建的采用计算机控制的现代化企业中仍然被广泛地采用着。例如 Foxboro 公司设计的计算机控制操作台上——边放着 CRT 图象显示装置，一边仍装着记录仪表作为在

要操作参数的趋势记录用。

日本横河的NRS是一种所谓完全新型的自动平衡方式记录仪。它采用磁平衡伺服机构代替反馈滑板。这种自动平衡方式是把磁通的平衡作为它的动作原理。此外它不需要齿轮绕线系统等机构，故它的机构简单空间富裕，因而尽管记录宽度为100mm的小型记录仪，仍然可以做到4笔记录。

附表. ER100电子式小型自动平衡记录仪

尺寸	144X144mm	打点速度	一种: 20mm/n 三种: 20, 40, 80mm/n
重量	6kg	电源电压	100VAC, 200AC
长度	330mm	电源周波数	50Hz/60Hz
记录宽度	100mm	速度	六种速度: 20, 40, 80, 160, 320, 640mm/n
精度	全刻度的 $\pm 0.5\%$	颜色	黑色或者暗绿色
记录纸	折叠式	输入符号	mV, mA, 热电偶铂电阻

ER100的主要特点:

- ① 采用由笔压调整机构, 墨水防挥发阀, 及墨水流量调整机构组成的记录墨水系统。
- ② 采用白金族合金的干式接触作为输入信号切换开关, 故不需要定期更换润滑油。
- ③ 滑线电阻, 马达微动开关或板井口, 一切换开关, 印刷电路板均由接插件相连容易维护。

ER100可用于温度压力, 流导等工业量, 测量。

此外, 除自动平衡显示仪表外, 在六十年代中期发展了一种以条形(偏差)指示, 调节仪为中心的高精度仪表装置记录仪成为辅助仪表为配合这个控制系列于是发展了进行选择记录的超势记录仪如日本岛津的531丁仪表就是种单笔管5点记录仪, 对

于需要百分之百记录的重要参数可选用多笔记录仪进行单独连续记录。另一种趋向是发展与条形偏差指示调节仪尺寸相同的条形记录仪或条形记录调节仪，如日本比辰 PSL 系列的 ALR53 和 ALR33。美国 Foxboro 和日本横河的 100 系列则在指示调节仪表侧面附有 5" 圆形记录机构供开工或控制失常时作辅助记录。

三、数字显示仪表

不少检测仪表已由模拟显示发展成为数字显示，尤其是近几年来许多主要工业参数用的检测仪表都有用数字显示的。例如数字压力计、数字温度计，数字流量计等。数显仪表的特点是：准确直观操作简便，在参数要求严格控制的地方，如高温高压转速计等用数字显示可获得更高的分辨率，使操作者精确读数。如能读出 2.1% 的数字温度计；分辨率为 0.01% 的数字式压力计等。数字式显示仪表的新产品是多种多样的。如日本的数字温度计，其显示下标采用发光二极管（无交流电源时可配上 2812 蓄电池组使用），四位数字，反应时间约 1.5 秒。在数显仪表方面有代表性的是里敦公司设计的 Digimax 系列仪表。

近年来随着 MOS 电路技术的发展、电子计算机在工业中的广泛应用，已开始采用 CRT 技术（彩色全象显示技术）。目前由于数字显示元件发展迅速，从而为发展数显仪表提供了有利条件，如发光二极管，充气管，荧光显示管（特点响应时间快到 10 微秒左右，可归纳近 40 位数字能进行动态驱动，显示鲜明只需低电压低功率），偏光显示口，阴极射线管液晶显示口等离子显示口等等。这些元件的发展方向是从大功率到微功率，从高压到低压。在新式的自动化企业中是离不开显示装置的，现分别简述之。

CRT 显示装置：它利用阴极射线管作显示元件，用萤光屏直观地显示出检测的各工业参数或流程图。CRT 一般在操作台上操作入

员可利用CRT与计算机进行对话，加强了人—机联系。还可显示各参数值的变化情况和趋势，亦可报警。CRT在未来的计算机控制系统中将得到越来越广泛的应用。日本横河的CRT装置采用14吋彩色显象管，能显示7种颜色，显示容量为1千字，显示128种字符和64种象点，根据需要可以显示系统流程图及各种测量参数。若设备出现故障时，通过改变颜色来表示报警。

LED发光二极管数码装置于1909年出现并在市面上销售，它的优点是可靠性高，寿命长，一般大于10000小时，有的可达10⁶小时；亮度高清晰；工作电压低；符号可以在同一平面显示出来；结构紧凑；响应速度快（1~100毫微秒），可得红绿黄等色，兰色正在研究，也可初步获得；缺点、成本高，发光效率低。目前虽已能大量生产，但仍在继续研制。如美国通用电气公司制成了由单片式GaP单晶构成的字母数字显示器，此外还制出同时显示200个字母，由7千个发光二极管构成的显示板。

国外对发光二极管研制的花样很多，美国无线电公司研制出多色发光二极管，日本电气公司制造出有放大作用的发光二极管显示器，有的公司制成了随电流变化改变颜色的发光二极管。近几年发光二极管又有了新的进展，用GaAs和GaP制成的管子能够同时具有发光和开关两种性能，用发光二极管作为逻辑单元将为无计算机的出现创造条件。

目前国外对发光二极管的研究集中在三个方面：1、提高发光效率，2、解决发光颜色问题，目前红色效率尚高些，绿兰光不易获得，正从材料、工艺两方面努力；3、制作新材料的发光二极管。对采用LED显示的仪表来说主要是向着更大的数字尺寸发展，并采用绿黄橙等色。

液晶显示法(LCD)的发展虽然有一定的成就，但它的进展却远远落后于发光二极管(LED)的发展。今天之所以还要考虑液晶