

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1981

No. 22

精密温度湿度巡回检测仪

Precise Temperature and Humidity Data Logger

中国建筑科学研究院
CHINESE ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

巡回检测仪在我国电站、石油化工等部门已经广泛应用。由于尚无合适结构形式，因而在空气调节系统中尚未采用。本文提出一种适于空气调节系统的精密温度湿度巡检仪，它考虑了空气调节系统的特点并采纳了工业巡检技术和新的测量元件。这套装置由以下各部件组成：

1. 高稳定性和一致性的 MF-51 型热敏电阻元件；
2. 两种型式的温度传感器，一种由 MF-51 型热敏电阻和线化网络组成，另一种由 MF-51 型热敏电阻配桥组成；
3. 两种型式的氯化锂电容湿度传感器，一种是精选的 DWS-1 型，另一种是试生产的 DWS-4P 型；
4. 适于巡回检测用的 DBS-II 型相对湿度变送器；
5. 为空气调节系统而改进的 SCDI 数据采集装置和派生的简易的 JXC 型巡检仪。

本装置经程序设定可对任何测点量测温度、相对湿度和直流 mV 信号，还具有监视、报警、超限转移、数字线性化、时钟显示和打印记录多种功能。巡检容量为 100 点，巡检速度为 0.05 秒/每点或 2 秒/每点。能按选测点进行单点测量。在 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 量程测量温度的最高精度为 $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ，在 $40\sim 80\% \text{RH}$ 量程测量相对湿度的最高精度为 $\pm 2.5\% \text{RH}$ 。

本装置由中国建筑科学研究院等七个单位协作完成。本文由七篇报告组成。

目 录

- I、精密温度、湿度巡回检测仪总体报告
..... 中国建筑科学研究院空气调节研究所 宋容卿 (2)
- II、巡检仪用 MF-51 型热敏电阻的特性及研制说明
..... 中国科学院新疆物理研究所 张毅武等 (8)
- III、热敏电阻温度传感器..... 北京玻璃研究所 王焕鑫 (9)
- IV、DBS-II 型氯化锂多点快速切换巡回检测湿度变送器
..... 哈尔滨建工学院仪表研究室林伯华 郭继州 郎人罕等 (12)
- V、DWS-4B 型温度、湿度传感器
..... 中国建筑科学研究院空气调节研究所 梁锡沛 (17)
- VI、SCDI 型数据采集装置在空调系统中的应用与改进
..... 上海第三电表厂 汪明峰 (20)
- VII、JXC 型温度、湿度专用巡检仪
..... 上海第三电表厂 汪明峰 周 鑫 (25)

Precise Temperature and Humidity Data Logger

Abstract

Data loggers have been extensively applied in power plants and petrochemical industry of our country, but no adequate type has been available for use in air conditioning systems. This article presents a precise temperature and relative humidity data logger suitable for air conditioning system. Its design takes into account the characteristics of air conditioning systems and incorporates industrial data logging technology and new measuring elements. The equipment consists of the following parts:

1. High stability and uniformity MF-51 thermistors.
2. Two types of temperature sensors. One consists of a MF-51 thermistor and a linearizer, and the other consists of MF-51 thermistors in pair.
3. Two types of lithium chloride relative humidity sensors; a choice unit of type DWS-1 and a type DWS-4P unit from test production.
4. DBS-II relative humidity signal converter suitable for data logger.
5. SCDD data acquisition device adapted for air conditioning system and a simple JXC data logger derived from type SCDD.

This data logger can measure temperature, relative humidity and DC mv input by preset program for any channel. The equipment also can perform many other functions, such as monitoring, giving alarm, overriding and removal, digital linearization, clock display and printout. It scans up to 100 channels and the scanning speed is approximately 0.05 second/point or 2 second/point. Any channel can be selected for single channel measurement. For temperature measurements within the range of 10~40°C, the maximum precision of the equipment is $\pm 0.18^\circ\text{C}$. For relative humidity measurements within the range of 40-80% R. H., the maximum precision is $\pm 2.5\%$ R. H.

This equipment was developed in cooperation by the Chinese Academy of Building Research, etc.

This article includes seven reports.

I、精密温度、湿度巡回检测仪总体报告

中国建筑科学研究院空气调节研究所 宋容卿

一、概 况

五十年代后期,巡回检测装置作为测试系统开始出现于国外。

六十年代末,空气调节系统开始应用,并和计算机结合起来对数据进行处理。1970年英国 HVRA 实验室用6个热电偶和11个热电偶风速计量测试段的速度场和速度场时,就开始采用巡回检测,把采集的数据用打孔机记录下来,然后送计算机进行数据处理。1973年西德柏茨道夫气流实验室巡回检测测试段的气流速度,直接由台式计算机计算测点的平均速度和标准偏差,并绘制成图。日本的研究所和工厂实验室也都采用巡回检测和由计算机进行数据处理。巡回检测可使实验过程大大缩短,科研工作者能即时取到第一手的经过整理的结果,加快出成果的速度。在工程上,巡回检测广泛应用于对空调系统各参数的测量与监视。近几年和计算机联合后,实行预测、诊断和节能运行,不仅提高了自动化水平,而且在管理和节能上进一步发挥了效能。

在我国,七十年代初期也已开始生产巡回检测装置,如上海第三电表厂的 SJBZ 型和 JXC 型等,但都是为电站、石油化工等工业部门设计的,不适用于空气调节系统。因此,巡回检测在空气调节系统的应用还处于空白。

二、方 案

空气调节系统对巡回检测装置的精度要求比较高,为 $0.2\sim 0.5^{\circ}\text{C}$,量程要求比较窄,一般为 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 和 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$,对采样速度要求不高,通常达到每秒5点左右就够了。

1975年,我所引进日本横河3858型热敏电阻温度巡检仪。它采用半导体珠状热敏电阻为测温探头,使仪表的分辨率达到 0.01°C ,精度达到 $\pm 0.43\sim 1.00^{\circ}\text{C}$,量程为 $0\sim 60^{\circ}\text{C}$ 和 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$;采样速度最快为2点/秒。在实验室使用后,很受欢迎,虽然仅仅是数据采集,还不具有数据处理,但已经加快了试验测试过程和节省了人力,很多实验室都愿意使用,要求添置。

为了满足需要和推广到空调行业,1976年开始着手组织有关单位进行仿制。

测温探头继续采用珠状热敏电阻,它阻值高、温度系数大,可以越过干簧继电器接触电阻的门槛,使巡检仪的精度和分辨率得到提高,另外价格比较低也是它的优点,日本3858型采用东芝公司的产品,具有高稳定性和低分散性。我国新疆物理研究所研制的 MF-51 型珠状热敏电阻稳定性良好,由该所在此基础上承担研制年漂移率为 $\leq \pm 0.2\%$ 、低分散度($B \leq \pm 2\%$ 、 $R \leq \pm 10\%$)的珠状热敏电阻。

测温探头的一致性参照3858型所采用的串并连电阻网路来达到。3858型达到的指标为:

0~60°C量程	最大分散性	$\pm 0.30^{\circ}\text{C}$
-30~80°C量程	最大分散性	$\pm 0.55^{\circ}\text{C}$

分散性引起的误差在总误差中占主要部分,主机的误差在 $0\sim 60^{\circ}\text{C}$ 量程时为 $\pm 0.12^{\circ}\text{C} \pm 1$ 个字, $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$ 量程时为 $\pm 0.44^{\circ}\text{C} \pm 1$ 个字。考虑到我国仪表的水平还处于 $\pm 0.5\%$ 级,

(五) 改善可靠性:

1. 严格挑选元器件;
2. 主机进行高温老化运行;
3. 适当降低采样速度, 增加总线短路时间, 以抑制总线中的干扰;
4. 增设仪表停机报警系统。

这里说明一下, SCDI 型热电阻通道原设计为两个铜电阻, 一个铂电阻, 考虑到空调系统中很少用铜电阻测温, 故把它改掉, 仍保留铂电阻通道。

湿敏电阻通道是追加的, 由于 SCDI 型是通用性的, 氯化锂湿敏电阻传感器已有基础, 使装置多添一个功能。湿敏电阻共用一个变送器, 这是一个新方案。日本山武公司的 APN 4620C 型温、湿度巡检仪, 需要湿敏电阻各自配用变送器, 这样造价就高了。

适当降低采样速度不会影响空调系统的使用, 原设计为了保持 20 点/秒的速率, 带来了一些影响分项精度和可靠性的问题。

氯化锂湿敏电阻传感器采用两种形式。一种为已经投产的 DWS-1 型, 它是柱状探头, 量程为 20~90%RH, 包括分散性在内的相对精度为 $\pm 4\%$ RH, 用在巡回检测中误差大了一些, 请生产该产品的北京宣武环境保护仪器厂经过挑选提供相对精度为 $\pm 3\%$ RH 以内的产品。另一种为片状探头, 原为“DBWS 温湿度变送器”专题的研制成果, 在此基础上由我们试生产了 DWS-4P 型温湿度传感器, 量程为 40~80%RH, 包括分散性在内的相对精度为 $\pm 2\%$ RH。

湿度变送器由哈尔滨建工学院仪表研究室研制, 可以响应 20 点/秒的切换并与 SCDI 型匹配, 精度为 $\pm 0.5\%$, 型号为 DBS-II 型。

综上所述, 本巡检仪由珠状热敏电阻传感器、DWS-1 型和 DWS-4P 型温湿度传感器、DBS-II 型湿度变送器和改进后的 SCDI 型数据采集装置组成。

三、运行与考核

巡检仪于 80 年 4 月投入运行, 情况如下:

(一) 热敏电阻元件和配了线化网路后的探头电阻值在历时 10~12 个月后, 阻值平均漂移为 0.17% 和 0.07%, 折合温度为 0.05°C, 符合本大纲的要求。

(二) 热敏电阻探头的分散性为:

1. 10~40°C 量程: 74 支

$\leq \pm 0.1^\circ\text{C}$ 29 支

$\approx \pm 0.15^\circ\text{C}$ 32 支

$\approx \pm 0.20^\circ\text{C}$ 11 支

$\approx \pm 0.22^\circ\text{C}$ 2 支

略大于大纲的规定

2. -30~80°C 量程 25 支

$\leq \pm 0.15^\circ\text{C}$ 6 支

$\approx \pm 0.20^\circ\text{C}$ 7 支

$\approx \pm 0.30^\circ\text{C}$ 12 支

符合大纲的规定

(三) DWS-1 型湿度传感器在运行使用半年后, 低湿区的示值偏差超过 $\pm 3\%$ RH, 经环保厂检查后, 原因是探头处于剧烈的相对湿度变化中工作、原老化时间不够和探头受大气灰

尘的污染。

(四) DBS-II 型湿度变送器引起的示值偏差在 $\pm 0.5\%RH$ 以内,符合大纲的规定。

(五) SCDI 型数据采集装置

1. 1979年11月总调试完成后进行100小时连续运行考核,除了有5个干簧继电器接触不好引起示值偏移外,功能正常,室温为 $10\sim 13^{\circ}C$ 。

以 $\pm 0.05\%$ 精密电阻箱模拟热敏电阻输入,定点定值的示值偏差为:

4号机 $+0.15^{\circ}C$
 $-0.12^{\circ}C$

5号机 $+0.15^{\circ}C$
 $-0.11^{\circ}C$

2. 1980年4月经现场调试后,4号机投入去湿机实验室试用,运行半年未发生故障停机,曾由于非线性标变板的第9块和第24块5G611传送门损坏和总线显示板的第3块5G612模拟开关损坏使示值产生偏差,经更换后恢复正常。

3. 1981年4月,5号机发生跳码厉害,5号机发生漂移和跳码增加的故障。经排除后,又进行了第二次96小时的连续运行考核,除5号机有一个干簧继电器接触不好引起示值偏移和两台打字机有些小毛病外,功能正常,室温为 $24\sim 26^{\circ}C$ 。

以 $\pm 0.05\%$ 精密电阻箱模拟热敏电阻输入,定点定值的示值偏差为:

4号机 $+0.04^{\circ}C$
 $-0.06^{\circ}C$

5号机 $+0.04^{\circ}C$
 $-0.16^{\circ}C$

与1979年11月连续运行考核值相比,精度提高了,尤其是4号机。

4. 非线性标变引入的误差:本装置采用数字量线化器,具有精度高、调整方便的特点,优于3858型采用的模拟量线化器。在同样曲率的非线性条件下,线化误差主要取决于分段数,段数越多误差越小。另外,数字量线化器便于调整,可以不断地修正,使误差进一步减小。

10~40°C量程采用9段,以 $\pm 0.05\%$ 电阻箱模拟热敏电阻的标准分度值输入,误差列于表I-1:

10~40°C量程非线性标变误差值

表I-1

型 号	温 度 $^{\circ}C$	示 值 $^{\circ}C$	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	最大偏差 Δt
4 号 机			10.00	15.00	20.00	24.99	30.06	35.06	40.05	$+0.06$
5 号 机			9.99	15.00	19.96	25.04	29.95	34.96		$+0.05$ -0.05
3858 型			9.99	15.00	19.96	24.97	29.98	34.92	39.95	-0.17

-30~80°C量程采用20段,以通用电桥方法校准,误差列于表I-2:

5号机的量程为10~37°C和-30~79°C,因而未对40°C点和80°C点作检查。

-30~80°C 非线性标变误差值

表 I-2

型 号	温度°C 示 值°C	-30.0	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
4 号 机		-29.82	-24.91	-19.94	-14.88	-9.84	-4.98	0.0	4.83	9.85	14.83	19.83	24.90
5 号 机		-30.10	-25.14	-20.08	-14.95	-9.90	-5.02	0.02	4.98	9.94	14.89	19.87	24.94
3858 型		-30.33	-25.40	-20.47	-15.12	-10.19	-5.24	-0.13	4.89	9.84	14.95	19.96	24.97

型 号	温度°C 示 值°C	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	最大 偏差 Δt
4 号 机		29.91	34.99	40.03	45.01	50.06	55.06	59.96	65.13	70.15	75.13	80.06	+0.18
5 号 机		29.94	35.02	40.04	44.92	49.97	55.09	60.05	64.98	70.04	75.04		-0.14
3858 型		29.96	35.05	40.04	45.01	49.96	55.04	59.96	65.06	69.99	75.09	79.83	-0.47

四、误差与改进

(一) 误差: 由探头的分散性、主机非线性标变的误差 (包括放大器的非线性误差) 和主机示值跳码组成, 按最大误差计算不同量程下的误差值如下:

1. 10~40°C 温度量程:

4 号机: $\pm 0.26^{\circ}\text{C} \pm 2$ 个字

5 号机: $\pm 0.25^{\circ}\text{C} \pm 3$ 个字

3858 型: $\pm 0.47^{\circ}\text{C} \pm 1$ 个字

2. -30~80°C 温度量程:

4 号机: $\pm 0.48^{\circ}\text{C} \pm 2$ 个字

5 号机: $\pm 0.44^{\circ}\text{C} \pm 3$ 个字

3858 型: $\pm 1.02^{\circ}\text{C} \pm 1$ 个字

3. 40~80%RH 相对湿度量程 (它用主机的线性标变不计误差, 需引入变送器的误差):

$\pm 2.0\% \text{RH} \pm 0.5\% \text{RH}$

4. 20~90%RH 相对湿度量程:

$\pm 3.0\% \text{RH} \pm 0.5\% \text{RH}$

我们取配热敏电阻 5 支 (北京玻璃所为提高探头一致性的新方案), 在 10~40°C 量程的分散性误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 由 4 号机量测, 任取配线化电阻網路的分散性在 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以内的热敏电阻探头 5 支, 由 5 号机量测, 任取 3858 型 0~60°C 量程探头 5 支由 3858 型主机量测。这 15 支探头都置于恒温水槽中与二等标准水银温度计作比较, 结果列于表 I-3。

5 号机的示值证实了总机误差在 $\pm 0.25^{\circ}\text{C} \pm 3$ 个字以内。3858 型的示值略大于它的规定值 $\pm 0.42^{\circ}\text{C} \pm 1$ 个字, 原因是它连续工作五年多尚未调整过。这样, 我们的总机误差低于日本 3858 型, 达到了预期目的。特别要指出的是, 当采用配热敏电阻探头时, 它的一致性, 总机误差为 $+0.07^{\circ}\text{C}$, 远比 3858 型为小。

比 较 结 果

表 I-3

型 号	槽温 °C	11.18	15.20	19.11	23.95	28.83	33.07	36.87
偏差 °C			(15.21)	(19.11)	(23.92)		(30.15)	(33.05)
4 号 机			+0.03 -0.04	+0.07 -0.02	+0.04 -0.03	+0.02 -0.05	+0.04 -0.02	+0.03 -0.03
5 号 机	-0.20	+0.12 -0.04	+0.19 -0.01	+0.03 -0.09	+0.00	+0.12	+0.04 -0.16	+0.09 -0.07
3858型	+0.29 -0.22	(+0.39) (-0.24)	(+0.49) (-0.36)	(+0.37) (-0.36)	(+0.39) (-0.42)	+0.43 -0.42	(+0.42) (-0.48)	(+0.44) (-0.41)

注：偏差系取每组测量中的最大值，括弧内的槽温与括弧内的偏差相对应，配对热敏电阻的量程为15~37°C。

(二) 改进

1. 提高温度测量精度方面

(1) 发展配对热敏电阻方式，它与配线化电阻网路方式相比，有以下特点：

①一致性好于后者；

②热敏电阻阻值的非线性虽然厉害，但经桥路输出后获得很大的改善，如表 I-4 所示，易为非线性标变板所修正。表 4 所示的电桥输出电压系仍用原热敏电阻测量电桥。

③灵敏度高于后者；

④配置方便，大量生产后价格将低于后者。

热敏电阻非线性值和电桥输出值

表 I-4

温 度 °C	14.43	17.42	20.05	22.52	25.50	29.27	32.99	37.20
电 阻 KΩ	10.34	9.086	8.112	7.312	6.475	5.560	4.820	4.090
电桥输出电压 mV	-56.26	-40.06	-25.96	-13.20	1.38	19.26	35.32	53.12

(2) 适当降低热敏电阻阻值以压低高阻所带来的干扰量。

(3) 提高主机的稳定性，把跳码缩小到±1个字。

(4) 把非线性标变功能板由现在的焊接二极管方式改为插针式，可以更灵活地变更来实现多次修正。

2. 发展适合技术

根据国民经济调整的方针，需要大力发展适合技术。结合空调系统的现状，比较适合的是在具有一定精度下达到简单、可靠、价格便宜和维修方便。为此，我们派生了一台温湿度专用巡检仪，探头采用 DWS-4P 型温湿度传感器，主机由上海第三电表厂作了新的设计，它的性能如下：

温 度：10~40°C，精度±0.5°C

相对湿度：40~80%RH，精度<±5%RH

采样点数：60点

采样速度：10点/秒和1点/秒

它还具有报警功能，可以外接串行打字机和宽行制表机。DWS-4P 型温湿度传感器具有温度和相对湿度双通道。第一台样机将供北京第一棉纺厂试用。

II、巡检仪用MF-5I型热敏电阻的特性及研制说明

中国科学院新疆物理研究所 张毓武等

根据总体方案的要求,我所承担了研制“温度、湿度巡检仪的温度传感器——热敏电阻”的任务。在兄弟单位积极配合下,于80年上半年我所提供了使用元件。经过测试、试用,热敏电阻已达到了大纲规定的技术指标。其主要特性如下:

标称阻值: $R_{11}=8k\Omega \pm 2\%$

材料常数: $B=3400 \pm 2\%$

电阻温度系数: $\alpha = -4\%/^{\circ}\text{C}$

年阻值变化率: 小于0.2%

耗散常数: $H=0.9\text{mw}/^{\circ}\text{C}$

时间常数: $\tau < 3\text{秒}$ (空气中)

外形尺寸: $\phi 2 \times 20(6)\text{mm}$

巡检仪用热敏电阻在研制过程中考虑了提高热敏电阻的稳定性及其电阻值和B值的一致性。为此在研制过程中,选用了电阻率及B值分散度小、受工艺热处理影响小并且稳定性较好的Co-Mn-Ni-O₂系材料,其原子比为2:5:3,原材料的纯度Co₂O₃为98.5%,Mn₂O₃为97.02%,NiO为97.46%。混合料球磨100小时,经1000 $^{\circ}\text{C}$ 预烧,珠体成型($\phi 0.8 \sim 0.9$)后经1275 $^{\circ}\text{C}$ 高温烧结,恒温30分钟。烧成的珠体玻璃密封后经250 $^{\circ}\text{C}$ 老炼200小时,再经125 $^{\circ}\text{C}$ 老化500小时,最后筛选稳定性较好(小于0.2%)的热敏电阻作为成品元件。

热敏电阻的测试,R-T特性采用精度为0.02 $^{\circ}\text{C}$ 的精密恒温槽和QJ-36直流电桥。

热敏电阻长期稳定性为年阻值变化率小于0.1%,折合温度漂移约0.02 $^{\circ}\text{C}$,测试数据见表II-1。

热敏电阻 R_{11} 漂移测试数据

表II-1

探 头 号	测 定 时 间		相 对 变 化 (%)	探 头 号	测 定 时 间		相 对 变 化 (%)
	1979年9月	1980年11月			1979年9月	1980年11月	
1	8592	8582	-0.12	21	9344	9334	-0.11
2	8694	8683	-0.13	23	7918	7912	-0.07
4	8342	8340	-0.03	24	9560	9579	+0.20
5	7927	7920	-0.09	25	8829	8829	0
7	8408	8452	+0.52	26	8281	8272	-0.11
9	8676	8669	-0.08	27	8824	8816	-0.09
10	7998	7993	-0.06	28	8852	8845	-0.09
11	7907	7902	-0.06	30	8934	8928	-0.07
12	8466	8453	-0.15	31	8621	8616	-0.06
14	8836	8829	-0.08	35	8280	8277	-0.04
15	8841	8899	+0.65	36	7856	7855	-0.01
16	7755	7750	-0.06	38	8029	8033	+0.66
17	8082	8069	-0.16	39	8781	8772	-0.10
18	8129	8156	+0.33	40	8116	8098	-0.19
20	8791	8784	-0.08	41	8724	8739	+0.17

续表 II-1

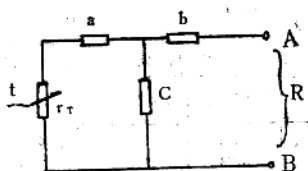
探 头 号	测 定 时 间		相 对 变 化 (%)	探 头 号	测 定 时 间		相 对 变 化 (%)
	1979年9月	1980年11月			1979年9月	1980年11月	
42	8589	8587	-0.02	250	8242	8240	0
43	8615	8615	0	255	8173	8170	-0.03
44	8875	8874	-0.01	256	9134	9122	-0.13
45	8501	8498	-0.04	257	9223	9228	+0.06
46	8543	8566	+0.26	258	9389	9387	-0.03
51	8014	8013	-0.01	259	8920	8910	-0.11
96	8216	8216	0	260	8525	8520	-0.06
97	9149	9143	-0.07	261	8331	8321	+0.12
99	8680	8679	-0.06	262	8751	8752	+0.01
101	8439	8441	+0.04	265	8846	8804	+0.65
102	9006	9392	+4.28	267	8803	8793	-0.11
103	9129	9116	-0.14	268	8161	8159	+0.03
104	8508	8501	-0.08	272	8220	8231	+0.14
105	9081	9073	-0.09	274	8814	8796	-0.20
106	8193	8180	-0.16	294	8305	8301	-0.05
107	8385	8379	-0.07	295	8202	8200	-0.03
108	9116	9100	-0.18	296	8708	8705	-0.02
109	8602	8594	-0.14	297	8864	8854	-0.12
110	8023	8016	-0.09	298	8214	8214	0
111	8756	8744	-0.14	299	8414	8401	-0.16
112	8535	8526	-0.10	301	8223	8223	0
113	9075	9068	-0.08	302	8108	8108	0
114	8716	8706	-0.12	303	8553	8600	+0.54
115	8206	8198	-0.10	304	8689	8680	-0.10
202	8261	8253	-0.10	305	8878	8869	-0.10
212	8235	8228	-0.09	306	8163	8149	-0.18
224	8659	8655	-0.05	307	8308	8307	-0.01
229	8470	8509	+0.34	309	8456	8449	-0.08
232	8325	8319	-0.08	310	8878	8876	-0.03
236	8260	8255	-0.06	311	8422	8407	-0.19
240	8252	8252	0	312	8755	8756	+0.01
242	8551	8513	-0.44	314	9072	9062	-0.11
246	8447	8470	+0.27	315	8823	8817	-0.07
247	8055	8081	+0.32	324	8253	8272	+0.23
249	8459	8422	-0.43				

III、热敏电阻温度传感器

北京玻璃研究所 王焕奎

一、传感器的构造

本传感器主要由热敏电阻元件和固定电阻互换网络两个部分组成,为图 III-1 所示。图中 R_T 为热敏电阻, a 、 b 和 c 均为固定电阻。 A 和 B 是传感器(探头)的总电阻 R_T 的输出端。



图Ⅱ-1 传感器原理图

传感器所用热敏电阻为新疆物理所生产之高稳定性元件。

传感器外形有片状和长、短杆状等三种，可使用在不同要求的场合。

传感器使用温度范围有两种，分别适用于 $10 \sim 40^\circ\text{C}$ (小量程) 和 $-30 \sim +80^\circ\text{C}$ (大量程)。小量程的互换精度实际达到的是 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，大量程为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。

二、互 换 网 络

本传感器采用 T 型固定电阻网络，使总电阻标准化达到互换之目的。总电阻的标准 R—T 特性采纳日本“3858”机配用之日本东芝公司生产的热敏电阻传感器相同的特性，其主要温度点的特性列于表Ⅲ—1 中。

总电阻的标准 R—T 特性 (部分)

表Ⅲ—1

T (°C)	-30	0	10	25	40	80
RT(KΩ)	7.69944	6.55155	5.96625	5.00000	4.07056	2.41252

各个热敏电阻元件的 R—T 特性是各异的，为了满足表Ⅲ—1 的特性要求，配以 T 型电阻网络。设传感器的使用温度范围为 $T_1 \sim T_3$ ，温区中点为 T_2 ，在这三个温度点上热敏电阻的阻值分别为 r_1 、 r_2 和 r_3 ，总电阻要求为 R_1 、 R_2 和 R_3 ，则应配的固定电阻 a、b 和 c 的值为：

$$a = B - b$$

$$b = \sqrt{\frac{d}{f}} (r_1 + B) (r_2 + B)$$

$$C = R_2 - \frac{(r_2 + a)b}{r_2 + B}$$

其中：

$$B = \frac{r_1 - Ar_2}{A - 1}$$

$$A = \frac{ef}{dg}$$

$$d = R_1 - R_2$$

$$e = R_2 - R_3$$

$$f = r_1 - r_2$$

$$g = r_2 - r_3$$

采用 1~3 个精密级金属膜电阻串联的方法分别得到要求的 a、b 和 c。

对于小量程的传感器， $T_1 = 10^\circ\text{C}$ ， $T_2 = 25^\circ\text{C}$ ， $T_3 = 40^\circ\text{C}$ ；对于大量程这些温度依次为 -30°C 、 25°C 和 80°C 。

三、阻 值 稳 定 性

热敏探头 100 个于 1979 年冬分两批提供使用，截止 1980 年 10 月为止，历时 10~12 个月，在这期间，对元件和探头在 25°C 温度下阻值的漂移情况进行了测试。一共测试了 99 个，其中 10 个的数据列于表Ⅲ—2 中。

总的说来，元件和探头的稳定性都是良好的。元件的平均漂移，按 98 个算 (102*探头除

探头号	$R_{25}(\Omega)$			$R_{25}(\Omega)$		
	1979年	1980年	变化%	1979年	1980年	变化%
1	8592	8582	-0.12	4999	5001	+0.04
2	8694	8683	-0.13	4998	5003	+0.10
4	8342	8340	-0.03	4993	4997	+0.08
5	7927	7925	-0.03	4996	4995	-0.02
7	8408	8452	+0.52	5005	5012	+0.14
9	8676	8669	-0.08	5002	5001	-0.02
10	7998	7998	-0.06	5000	4999	-0.02
11	7907	7908	-0.06	4999	4999	0
12	8466	8466	-0.15	5001	5002	+0.02
14	8836	8836	+0.03	4993	5001	+0.16

外)为0.13%，探头的平均漂移为+0.05%，相当于温度漂移不到0.05°C。但是也有个别元件或探头的漂移较大，分述如下：

(一) 只有一个探头(16号)元件漂移达+4.28%，探头漂移为+1.58%，造成在25°C点阻值超差($> \pm 0.1^\circ\text{C}$)。

(二) 4个探头(5号、7号、9号、10号)的漂移都较大，即分别大于 $\pm 0.2\%$ 和 $\pm 0.11\%$ ($\pm 0.1^\circ\text{C}$)，但探头阻值仍在允许误差范围内。

(三) 7个探头(1号、2号、3号、4号、6号、8号、11号)的漂移都大于0.2%，但探头漂移并不大($< 0.1\%$)。这是固定电阻反方向漂移的结果。

(四) 8个探头(12号、13号、14号、15号、16号、17号、18号、19号)的漂移都不大($< 0.2\%$)，但探头漂移已大于0.11%，这显然是配用的金属膜电阻的阻值改变之故。

四、两 点 意 见

(一) 小量程传感器的互换精度未达到大纲要求的指标。其主要原因有三个。首要的原因是除去25°C温度点外，其他温度点的恒温槽精度只有 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，所以对于正温组总精度要达到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 是不可能的，而0°C点的精度可达到 $\pm 0.01^\circ\text{C}$ ，所以检验元件和探头的稳定性均在此点进行，幸好热敏电阻的R-T特性是平移式漂移，即B值的漂移可忽略，于是考核了一点就可见整个温度范围的精度。其次的原因是互换网络固定电阻不可能配得很准。我们采用精密金属膜电阻串联的方法得到所需的电阻值，但由于待选电阻数量的限制，难于一点不差(配阻误差 $\pm 0.05\%$)，而且在焊接过程中发现电阻的值要发生0.02~0.05%的变化，所以网络电阻的总精度为 $\pm 0.1\%$ 左右。再其次，从稳定性考核数据中可见有相当一部分探头，其元件的漂移很小，但是总阻值的漂移却较大，这显然是网络电阻本身的漂移引起的。鉴于后两个原因，我们认为这种电阻网络式互换方式是不太理想的。假若采用热敏电阻本身串联配对的方法就没有这两个弊病。

(二) 配对结构的互换元件不但能避免上述网络结构的缺点，而且还有灵敏度高、耗散系数大、维修方便等优点。缺点是体积稍大，外封装麻烦一些。所以我们建议整机以后是否可采用这种结构的互换元件。我们生产的高精度配对互换元件的互换精度不管温区宽窄，最高可达 $\pm 0.15^\circ\text{C}$ (参见我所“MF51型”热敏电阻产品介绍)。这种元件已开始小批量生产，

其标准的R—T曲线特性列于表Ⅱ—3。在较窄的温度区,例如10~40℃经过精选可以达到±0.1℃的精度。

TX型互换元件的标准R—T特性

表Ⅱ—3

T (°C)	-30	-20	-15	-10	-5	0	5	10
RT(KΩ)	96.0	54.9	42.3	32.7	25.6	20.0	15.8	12.6
T (°C)	15	20	25	30	40	50	60	80
RT(KΩ)	10.1	8.15	6.63	5.42	3.71	2.58	1.84	0.986

IV、DBS-II型氯化锂多点快速切换巡回 检测湿度变送器

哈尔滨建工学院仪表研究室 林伯豪 郭锦州 郎人罕等

DBS-II型氯化锂多点快速切换巡回检测湿度变送器(以下简称DBS-II型湿度变送器)可以将湿度的变化转变成0~100mV的直流电压信号。与SCDT型功能组件化数据采集装置配套,可以对湿度进行自动巡回检测。

变送器线路的主要特点:

(一)放大器的输入电路,对氯化锂湿度敏感元件采用电导一次线化,解决了20~90% RH大量程范围的线化。同时采用了热敏电阻作为温度补偿,使在10~40℃温度范围内进行温度自动补偿。

(二)放大器采用“准另阻”线路(参阅电子学报1980第一期“准另阻放大器”——沈浩明)解决了高阻输入条件下氯化锂湿度敏感元件(简称测头)远距离拉线等问题(拉线距离可大于100米),且测头与变送器之间的联接线可用一般的绝缘屏蔽线。

(三)湿度敏感元件及温度补偿电阻,均采用100Hz方波供电,并采用集成运算放大器组成的理想二极管全波整流电路,保证在较小的RC常数的滤波网路条件下,得到稳定的直流电压输出,满足了每秒20点快速切换的要求。

一、主要技术指标

1. 变送范围: 20~90% RH
2. 输出信号: 0~100mV 直流, 输出与相对湿度成正比
3. 输出电阻: ~200欧姆
4. 最大切换速度: 每秒20次
5. 精度: ±0.5%, 折合相对湿度为±0.35% R. H. (在电网电压变化+10%, -15%, 室温25℃±10℃连续使用8小时条件下)

二、原理

DBS-II型湿度变送器是按照DWS-I型湿度、温度变送器设计的,略经调整,也可配

用 DWS-4P 型温湿度传感器。

图 V-1 为六个不同浓度氯化锂湿敏元件进行电导线化和一致化的原理图, 可得如下规律:

$$G_{\varphi,t} = G_{\varphi,t_0} + A(\phi - 20) + B(t - 10) \quad (5-1)$$

式中 $G_{\varphi,t}$ 是 φ, t 时湿敏组合测头的电导值;
 G_{φ,t_0} 是 $\varphi = 20\% \text{RH}, t = 10^\circ\text{C}$ 时组合测头的电导值;

$$G_{\varphi,t_0} = 0.0022001/\text{K}\Omega;$$

$$A = 0.00026981/\text{K}\Omega \cdot \% \text{RH};$$

$$B = 0.000086671/\text{K}\Omega \cdot ^\circ\text{C}.$$

氯化锂湿敏电阻必须采用交流供电。本仪表采用 100HZ 方波。

对热敏电阻进行电导线化及一致化, 可得如下规律:

$$G_t = G_{t_0} + C(t - 10) \quad (5-2)$$

式中 G_t 是 t 时热敏测头的电导值;

G_{t_0} 是 $t = 10^\circ\text{C}$ 时热敏测头的电导值;

$$G_{t_0} = 0.06987 \text{ } 1/\text{K}\Omega;$$

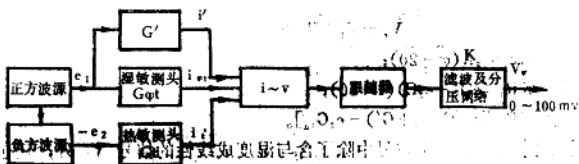
$$C = 0.001838 \text{ } 1/\text{K}\Omega \cdot ^\circ\text{C}.$$

由于湿敏元件及热敏元件的电阻温度系数均是负的, 为了便于对湿度元件进行温度补偿, 热敏元件亦采用 100 方波供电。其方波的相位与湿敏元件供电的方波相位差 π 。

变送器的任务是将湿敏元件阻值随温度和湿度的变化变成仅与湿度成线性关系的 0~100 mV 直流电压信号, 送给 SCD1 型功能组件化数据采集装置, 对各点湿度进行自动巡回检测。

变送器的框图及原理图如图 V-2 及图 V-3 所示。

对 $G_{\varphi,t}$ 、 G' 及 G_t 分别加正、负方波源 e_1 及 $-e_1$, 就有与 φ, t 成线性关系的交流电流:



$$\left. \begin{aligned} i_1 &= e_1 G_{\varphi,t} \\ i_2 &= -e_1 G_t = -e_1 [G_{t_0} + C(t - 10)] \\ i' &= e_1 G' \end{aligned} \right\} \quad (5-3)$$

送至 $i-v$ 转换器, 并进行滤波即可变成直流电压 V_0 输出。

$$V_0 = K_{11}(i_1 + i_2 + i') \quad (5-4)$$

将式 (5-3) 代入得:

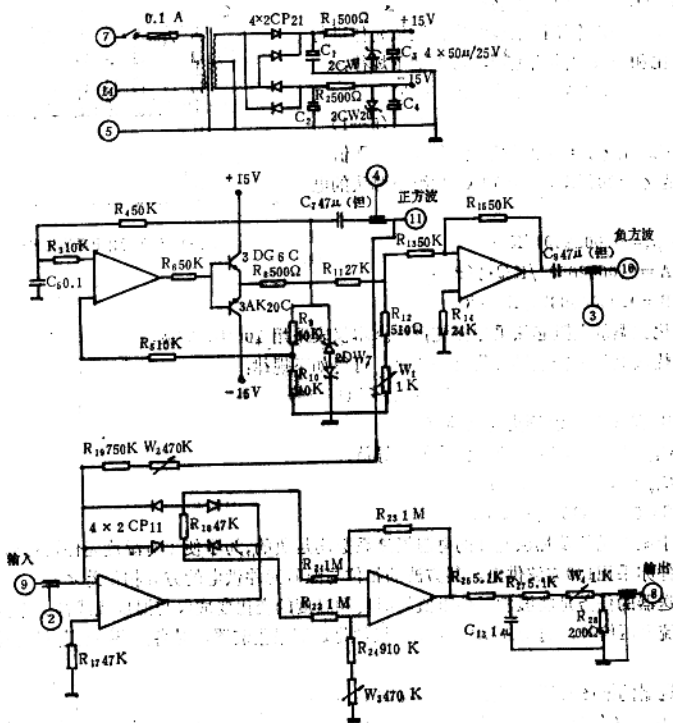


图 V-3 变送器原理图

$$V_p = V_1 + V_2 + V_3 \quad (5-5)$$

$$\begin{aligned} \text{式中 } V_1 &= K e_1 R_{12} A (\varphi - 20); \\ V_2 &= K R_{12} (e_2 B - e_2 C) (t - 10); \\ V_3 &= K R_{12} [e_1 (G_{p,10} + G') - e_2 C_{10}]. \end{aligned}$$

(5-5) 式中表明：输出信号中除了含与湿度成线性的信号 V_1 外，还包含温度信号 V_2 及常数项 V_3 。为了得到仅与湿度成线性关系的 $0 \sim 100 \text{ mV}$ 输出，可作如下调节：调节电位器 W_1 （称温度补偿电位器）使 $e_2 B - e_2 C = 0$ ；调节电位器 W_2 （称调零电位器）使 $e_1 (G_{p,10} + G') - e_2 C_{10} = 0$ ；调节电位器 W_3 （称调满电位器）使 $\varphi = 90\% \text{ RH}$ 时 $V_1 = 100 \text{ mV}$ 。通过以上校正后可得输出信号：

$$V_p = 1.429 (\varphi - 20) \text{ mV} \quad (5-6)$$

三、试验数据记录

1. 线化及温度补偿模拟试验数据记录：

由公式(5-2)可得补偿热敏电阻的电导值、电阻值与温度的关系(表V-1)。

补偿热敏电阻的电导值、电阻值

表V-1

t(°C)	10	15	20	25	30	35	40
$G_1(1/K\Omega)$	0.06987	0.07906	0.08825	0.09744	0.10663	0.11582	0.12501
$R_1(K\Omega)$	14.31	12.65	11.33	10.26	9.38	8.63	8.00

由公式(5-1)可得温度分别为 $t=10^\circ\text{C}$ 、 $t=25^\circ\text{C}$ 、 $t=40^\circ\text{C}$ 时的湿度敏感元件的电导值、电阻值与相对湿度的关系, 及相应实测数据列于表V-2、表V-3和表V-4中。

$t=10^\circ\text{C}$ $R_1=14.31K\Omega$ 湿度示值误差

表V-2

RH(%)	20	23.5	27	34	41	48
$G_p(1/M\Omega)$	2.200	3.144	4.089	5.977	7.666	9.754
$R_p(K\Omega)$	454.5	318.0	244.6	167.3	127.1	102.5
理论指示值	0.00	5.00	10.00	20.00	30.00	40.00
实测值 I	0.36~(37)	4.98~5.04	9.87~(92)	19.90~20.00	29.91~(99)	39.92~(96)
实测值 II	0.36~(37)	4.98~5.03	9.89~(97)	19.98~(96)	29.94~(98)	39.92~(95)
误差 %		± 0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
RH	55	62	69	76	83	90
G_p	11.04	13.53	15.42	17.31	19.20	21.09
R_p	85.89	73.90	64.85	57.77	52.09	47.42
理论指示值	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00
实测值 I	49.95~50.04	59.99~60.08	69.99~70.11	79.98~80.11	89.94~90.08	99.93~100.07
实测值 II	49.95~50.10	59.96~60.11	69.97~70.12	79.95~80.12	89.94~90.10	99.94~100.08
误差	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1

$t=25^\circ\text{C}$ $R_1=10.26K\Omega$ 湿度示值误差

表V-3

RH	20	23.5	27	34	41	48
G_p	3.500	4.444	5.389	7.277	9.166	11.05
R_p	285.7	225.0	185.6	137.4	109.1	90.46
理论指示值	0.00	5.00	10.00	20.00	30.00	40.00
实测值 I	0.36~(37)	5.01~(7)	9.83~(94)	19.88~(95)	29.~(92)	39.94~40.07
实测值 II	0.37~(38)	5.00~(7)	9.86~(92)	19.87~(94)	29.89~(92)	39.98~40.04
误差		± 0.1	-0.2	-0.1	-0.1	± 0.1
RH	55	62	69	76	83	90
G_p	12.94	14.83	16.72	18.61	20.50	22.39
R_p	77.28	67.42	59.81	53.74	48.79	44.67
理论指示值	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00
实测值 I	49.95~50.07	59.96~60.10	69.95~70.11	79.95~80.07	89.94~90.07	99.96~100.02
实测值 II	49.96~50.04	59.92~60.10	69.97~70.07	79.98~80.02	89.91~90.07	99.92~100.01
误差	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.1	-0.1