

智能变送器的校准问题DCS系统的回路测试

技术应用文章



在今天的过程控制工厂里,大多数新的现场仪器都是智能化 (smart) 的数字仪器。智能的含义就是由微处理器控制的仪器,这种仪器具有额外的功能和数字补偿能力,能够支持多种类型的传感器或者多种变量。和常规的模拟式仪器相比,这些仪器通常都能够提供更好的准确度、长期稳定性和可靠性。

最常见的智能型仪器都带有 HART 通讯协议。在世界范围内的 10000 家工厂里,现在使用着的 HART 仪器有 500 万台以上。HART,即高速可寻址远程变送协议 (Highway Addressable Remote Transducer) 是一种工业标准,它定义了智能现场设备和使用传统的 4-20mA 连线的控制系统之间的通讯协议。

为了维修 HART 仪器,使用的设备需要具有两种能力:精密的模拟源和测量能力以及数字通讯能力。在此之前,进行这种维修工作需要两种单独的工具,即一台校准器和一个通讯装置 (communicator)。现在,只要使用一台 HART 过程校准器 (HART Documenting Process calibrator) 就可以获得这两种工具的能力。这种仪器能够帮助您迅速、有效地维修 HART 仪器。

HART 仪器的校准需求

人们往往有一种错误的概念,即 HART 仪器的准确度和稳定性使它不需要校准。另一种错误的概念是, HART 仪器的校准可以只使用一个 HART 通讯装置,通过重新调整现场仪器的量程 (re-ranging field instrument) 来完成。还有一种错误的概念是控制系统可以以远程的方式来校准智能仪器。所有这些概念都是错误的。所有的仪器都具有漂移,仅仅使用通讯装置重新调整量程并不是校准。要进行校准就需要一台精密的校准器或标准器。使用一台溯源到国家标准的校准器对 HART 仪器定期地进行性能检定是很必要的,这是因为:

1. 由于电子电路和主传感元件暴露在温度、湿度、污染物质、振动及其它现场环境因素之下,电子仪器的性能随时间发生变化。
2. 规定职业安全、用户安全及环境保护的各种规程的要求。
3. 对于影响产品质量的所有仪器的质量计划 (如 ISO9000) 的要求。
4. 称重、度量以及监管传递 (custody, transfer) 等的商业要求。

定期的校准也是很要紧的,因为性能检查常常会发现各种并非直接由仪器引起的问题,如固化的 (solidified) 或凝结的 (congealed) 压力管线、热偶类型安装错误或其它的差错和故障。

一个完整的校准步骤包括:校前测试 (as found),如有必要则进行调节 (Adjustment) 以达到可接受的公差范围之内;以及,如果进行了调节,则还要进行最终检定测试 (剩余测试 as left)。在校准过程中收集的数据则用来形成校准报告,并用文件的形式来表达仪器的性能随时间的变化。

所有的仪器 (包括 HART 仪器) 都必须定

期地按照预防性的维护日程进行校准。确定校准间隔时,应当使该校准间隔足够地短,以保证仪器的性能绝不会漂移到其公差范围之外;还应当使该校准间隔足够地长,以避免不必要的校准工作。确定校准间隔的另一种方法是根据关键的过程要求来确定校准间隔,即在每一生产批次之前进行一次校准。

如何对 HART 仪器进行正确的校准

为了按照仪器的应用情况来对 HART 仪器进行校准,了解典型 HART 变送器的功能结构是很有帮助的。附录 A 中由西南研究院 (Southwest Research Institute) 的 Kenneth L.Ho1laday 撰写的文章说明了一台典型的 HART 仪器的构造,并介绍了正确的和不正确的校准方法。该文章最初发表在 1996 年 5 月份的 Intech 杂志上,并经作者允许重印。

注:如果您对于 HART 仪器的校准不熟悉或者希望对其进行一下回顾,那么现在是一个恰当的暂停的时机。您可以停下来,阅读附录 A 中的文章。文章介绍了 HART 仪器的基本知识,并阐述了对于 HART 仪器的维护非常关键的各种问题。

HART 仪器由三个不同的部分组成 (见图 1)。正确的 HART 校准可能涉及传感器调节 (Sensor Trim) 及输出调节 (Output Trim) 之一或者二者都涉及。不使用校准器而调节量程值 (Range Value) (LRV 和 URV) 并不是校准。而忽略输入部分来进行输出调节也不是正确的校准。如果 PV 和 PVAO 没有用于过程控制,对于在 4-20mA 模拟模式下工作的仪器来说,使用一台校准器来调节量程值可能是一种实际的校准替代方法。

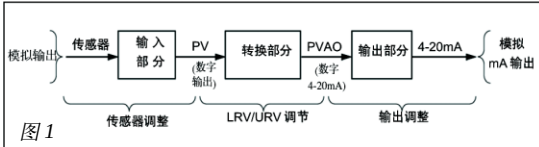


图 1

新的工具使校准工作做得更快

今天，仪器维护的工作已经走出了实验室，而进到现场。这样就可以减少生产过程的中断，避免了把仪器送回车间所需要的时间和费用。便携式的通讯装置(Portable communicator)和校准器常常一起使用，以完成现场校准的工作。然而，人们希望携带更少的设备在现场进行维护工作的愿望产生了对新型校准工具的需求。



图.2

不需要通讯装置

744 不需要另外的仪器或通讯装置就能进行每天的HART校准和维护工作。它能支持很多常见型号的HART变送器，比任何其它 HART 现场校准器具有更多的设备专用的特殊命令支持。

- 询问 HART 设备以确定其类型、制造厂家、型号、标识ID、PV 和 PVAO。
- 对选定的设备进行自动的 HART 传感器调节和输出调节。
- 调节量程 (ranging)、阻尼 (damping) 和其它的基本过程结构设置值 (basic process-configuration setting)。
- 读和写 HART 标志 (HART tag) 和消息域 (message field) 以便对智能变送器重新设定标志(re-label)。
- 按照基本的 HART 结构数据，克隆另外的变送器。

多种 HART 协议支持

744 支持 HART V5.7 命令。借助 2M8 内存，744 还可支持相当多的 HART 指令集：

- 基本命令(Universal commands)——提供那些所有现场器件都支持的功能，如读取厂家和型号信息，读一级变量 PV(primary variable)。读电流输出和满量程的百分比。
- 一般命令(Common practice commands)——提供大多数现场器件都支持的功能，如读多变量 (Multiple variables)，设置时间 (Damping time)，或进行环路测试。
- 设备专用命令(Device-specific commands)——提供某个特殊现场器件才具有的功能。例如传感器调整 (Sensor Trim)。

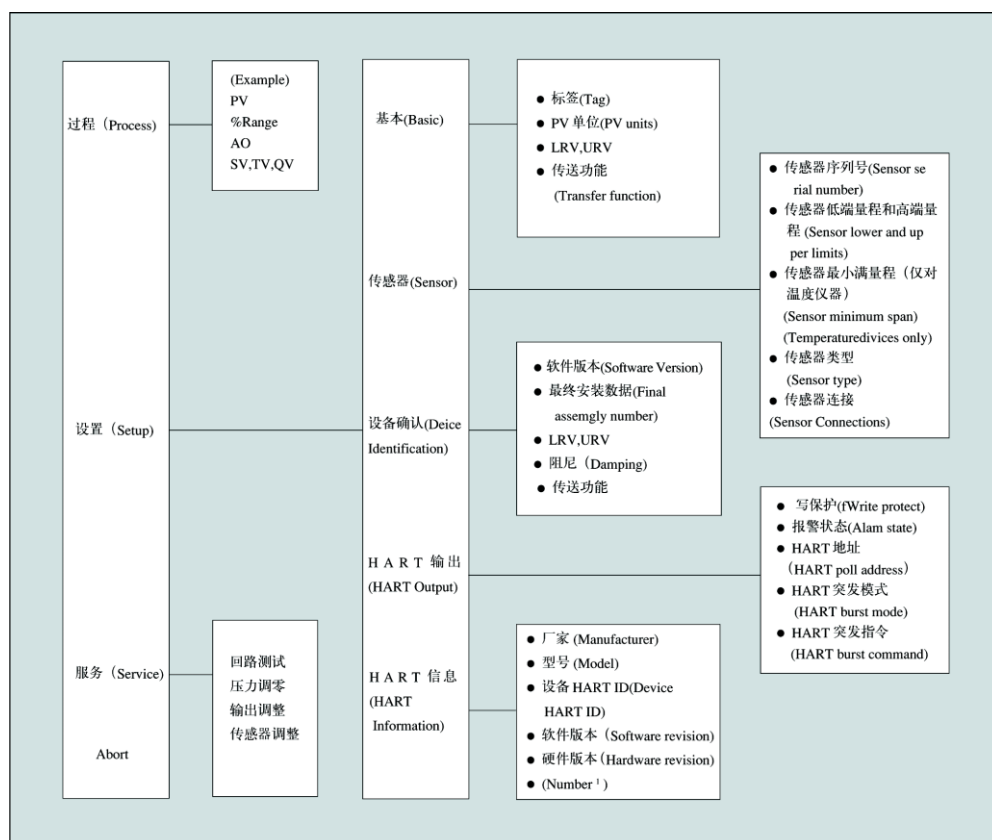
744 支持以下器件：

支持的 HART 工作模式

- 对于最常用的点对点工作(Point to point operation) 模式来说，将 744 连到 4-20mA 回路 (loop) 中的单个 HART 设备上。

制造商	压力仪表	温度仪表
ABB	600T	658T1
ABB	Hartman&Braun	AS800
Conrtans P	Rev 2	
E+H	CERABAR1 DELTABAR1	
Honeywell	ST3000	
Moore		3441
Rosemount	1151s 2088 3001C 3051C	3044C 6441 3144
Siemens	SITRANS P_DS SITRANS P_ES	
SMAR	LD301 Rev3	TT3011
Yokogawa	EJA Differential	YIA 110 and 310 REV1&2
Foxboro	1/A Rev T	RTT20/Eckara t120 REV T

表 1. ¹ 设备不支持传感器调整(Sensor Trim)



- 在多回路(Multi-Drop)模式中,可以把几台 HART 仪器用总线连接起来。744 能搜索每一台设备,识别其使用的地址,并使您能够选择某一仪器以进行校准及相关的操作。
- 在突发(Burst)模式下, HART 仪器不等待主机讯问就发送数据串(bursts of data)。在测试或校准时, 744 可以使变送器退出突发模式,并在以后再使其恢复到突发模式。

通讯装置还有用处吗?

使用一台 HART 仪器或者进行 744 不支持的修改 HART 变量的工作,需要使用通讯装置。744 的设计目的是完成您通常要使用一台单独的通讯设备来进行的大量的日常操作。744 的 HART 功能能力和 275 型 HART 通讯装置是可以相比拟的,只是没有 DD 解释器 (DD interpreter)。DD 解释器使得 275 通讯装置能够读取任何 HART 供应商的命令集库,而这种功能远远地超出了日常 HART 仪器维护工作的一般要求。

HART 校准应用

下面的例子说明 744 怎样能有效地进行 HART 校准。使用 744 的 HART 电缆, 744 可以很容易地进行设备连接,迅速获取最重要的 HART 数据,自动地转入适当的调节选择,自动地完成测试样板以及在调节 (Trim) 时自动地收取 (fetching) 和发送 (sending) 模拟读数。

例子 1

校准一台罗斯蒙特 (Rosemount) 3051HART 压力变送器

基本连接

这个例子假定变送器与过程隔离,并且在电气上不连到回路电源 (100p power supply)。按照图4中的电路图进行3051的基本连接。HART 通讯连接的极性正反关系不大。由于 744 经过其 mA 插口已经在 24V 回路电源中串联了一个电阻器,所以不需要再单独使用 250Ω 电阻器。在此例子中 3051 设置为使用 psi 单位。



图.5

步骤

1. 接通福禄克公司 744 校准器。按红色的 键, 再按 LOOP POWER 软键。744 将显示3051的基本HART信息(图5)。
2. 再按 键, 仪器将提示您选择 744 的设置 (图 6)。选择 MEAS mA, SOURCE psi 将设置校准器测量模拟 mA 输出和同时加到变送器输入及压力模块上的压力。(选择 MEAS PV, SOURCE psi将设置744评估来自变送器的数字 PV 输出。按 进行选择。

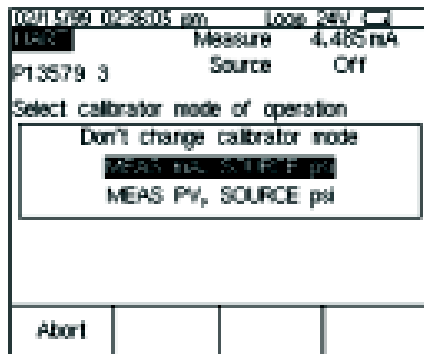


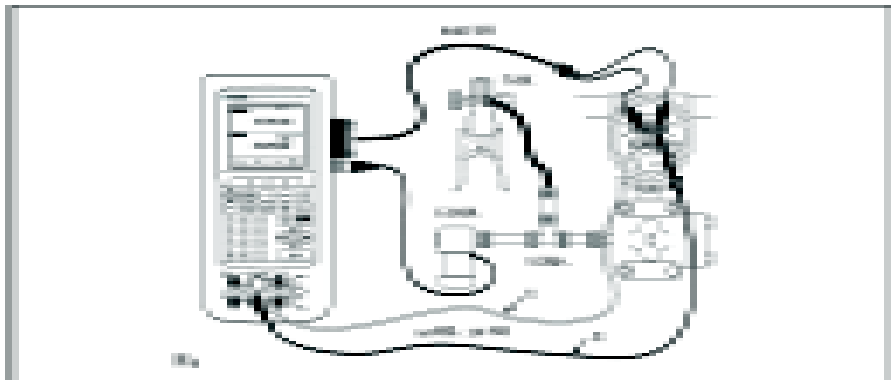
图.6

3. 打开压力管线 (Vent the pressure line), 按 键, 对压力模块进行调零。按 AS FOUND(校前测试)软键, 再按 键, 选择 Instrument 以进行线性变送器校准。(如果 3051 设置为平方根输出, 则选择 Instrument)。注意, 除误差外校准参数设置会自动完成。填入适当的测试误差值, 然后按 Done。
4. 按 Manual Test 软键, 开始校准。按照 SOURCE 屏幕上的指令施加输入压力。当对每个点加上正确的压力时, 按 Accept Point 软键。测试完成以后, 显示误差一览表(图 7)。超过误差的测试误差用加亮方式显示出来。查看完此一览表以后, 按 Done 软键。再按 Done 软键, 以接受该结果, 或者按 键以修改标签 (tag)、序列号 (serial number) 或 ID 域 (ID field)。

SOURCE	MEASURE	ERROR %
0.000 psi	4.487 mA	0.02
2.502 psi	12.382 mA	2.35
5.000 psi	20.268 mA	1.68

图.7

5. 如果 AS Found 叫试失败 (即在误差一览表中加亮误差显示), 则需要进行调整。按 Adjust 软键。选择 sensor Trim, 并按 。(不要选择 Pressure Zero Trim。它和在零点调节传感器低点是一样的,



这对于不提供传感器调节的压力变送器是有用的)。744 的屏幕看起来应像图 8 所示。

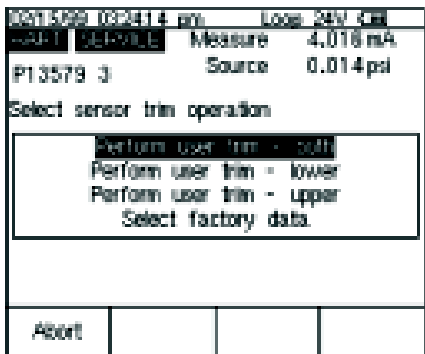


图 8

6. 选择 Perform user trim-both, 并按 键。按 对压力模块进行调零 (接到大气 - vented to atmosphere)。按 continue 软键, 仪器将提示您输入低调节值 (Lower Trim value)。为取得最好的效果, 施加 LRV 压力并按 Fetch 以装入由压力模块确定的被测值。按 Trim。然后按 continue 以转向高端调节 (Upper Trim)。和上面一样, 施加 URV 压力, 按 Fetch, 再按 Trim。如果 3051 使用的是数字 PV 输出, 则跳到第 8 步, 进行 As Left test (剩余测试)。如果过程中使用的是 4-20mA 的模拟输出, 则继续进行第 7 步。
7. 选择 Output Trim, 并按 键。主变量 (PVAO) 的数值将出现在显示屏的右上角。这通常是一个 4mA 的信号。福禄克公司 744 当前测量的 mA 值 (一个不断变化的值) 出现在屏幕的中心位置。按 Fetch 软键以装入被测的 mA 数值。按 send 将该值发送给 3051, 以便按 4mA 的数值来调节其输出部分。按 Continue 以进行 20mA 的调节, 并重复上述步骤。
8. 完成输出调节以后, 按 Done 软键, 并进行校准后验证测试 (As Left Verification test)。按 As Left 软键, 按 Done, 然后再按 Manual Test。加入需要的压力, 当读数稳定时, 再按 Accept Point。这些步骤完成以后, 仪器将显示一个

误差一览表。如果其中没有误差出现加亮状态 (图 9), 3051 就通过了校准测试。如果屏幕上有加亮的误差显示, 则测试失败, 并需要进行进一步的调节。返回第 5 步对 3051 再进行调节。

Figure 9 shows the Fluke 744 calibration screen with a table of source and measure values. The top status bar displays '0001000 000014 mm Loop 24V CH'. The table has three columns: SOURCE, MEASURE, and ERROR %. The data rows are: 0.001 psi, 3.999 mA, -0.03; 2.500 psi, 11.997 mA, -0.02; 5.000 psi, 19.998 mA, -0.01. At the bottom, there are four buttons: 'Abort', 'Prev. Page', 'Next Page', and 'Done'.

SOURCE	MEASURE	ERROR %
0.001 psi	3.999 mA	-0.03
2.500 psi	11.997 mA	-0.02
5.000 psi	19.998 mA	-0.01

图 9

例子 2

校准一台罗斯蒙特(Rosemount) 3051 HART 温度变送器

基本连接

这个例子假定变送器与过程隔离, 并且在电气上不连到回路电源 (loop power supply)。按照图 10 中的电路图进行 3144 的基本连接。HART 通讯连接的极性正反关系不大。由于 744 经过其 mA 插口已经在 24V 回路电源中串联了一个电阻器, 所以不需要再单独使用 250Ω 电阻器。在此例子中 3144 设置为配合 0~300℃ 满量程值 (span) 的 K 型热偶传感器使用。

步骤

1. 接通福禄克公司 744 校准器。按红色的

键, 再按 LOOP POWER 软键。按 键以跳过警告屏幕(warning screen), 744 将显示 3144 的基本 HART 信息(图 11)。

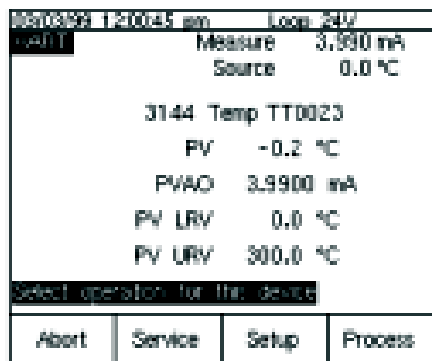


图 11

2. 再按 键, 仪器将提示您选择 744 的设置 (图 12)。选择 MEAS mA, SOURCE T/C type K 将设置校准器测量变送器的模拟 mA 输出, 并对 3144 的输入端送出正确的温度激励值。(选择 MEASPV, SOURCE T/C type K 将设置 744 评估来自变送器的数字 PV 输出)。按 进行选择。

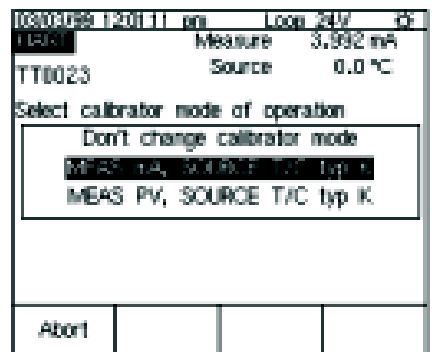
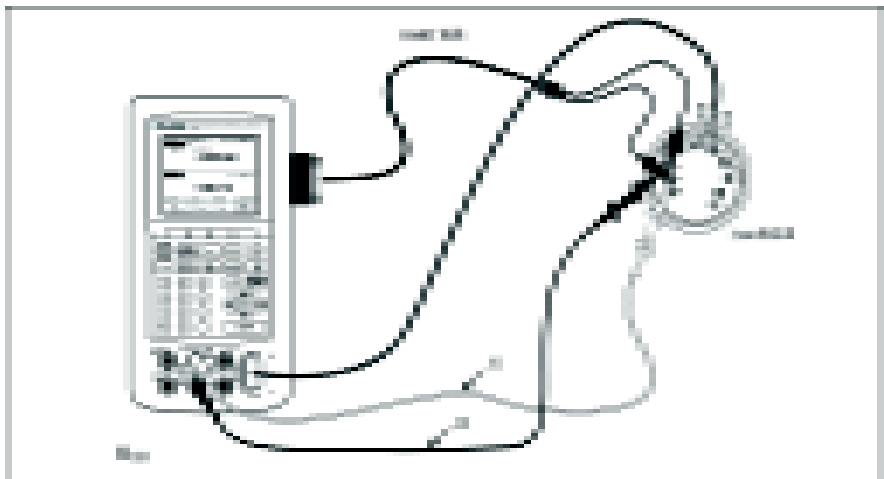
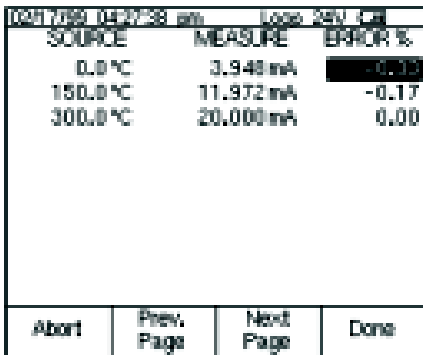


图 12



- 按 As Found 软键，再按  键，选择 Instrument 以进行线性变送器校准。注意，除误差外校准设置自动完成。填入适当的测试容许误差，然后按 Done。
- 按 Auto Test 软键，开始校准。测试完成以后，显示误差一览表（图 13）。超过误差的测试误差用加亮方式显示出来。查看完此一览表以后，按 Done 软键。再按 Done 软键，以接受该结果，或者按 ENTER 键以修改标签、序列号或 ID 域。

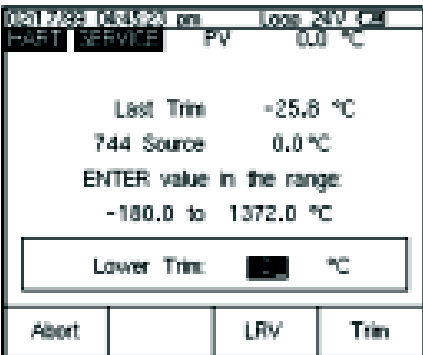


SOURCE	MEASURE	ERROR %
0.0 °C	3.948 mA	-0.33
150.0 °C	11.972 mA	-0.17
300.0 °C	20.000 mA	0.00

Buttons: Abort, Prev. Page, Next Page, Done

图 13

- 如果 AS Found 测试失败（即在误差一览表中加亮误差显示），则需要进行调整。按 Adjust 软键。选择 Sensor Trim，并按 ENTER。选择 Perform user trim-both，并按 ENTER。744 的屏幕看起来应像图 14 所示。



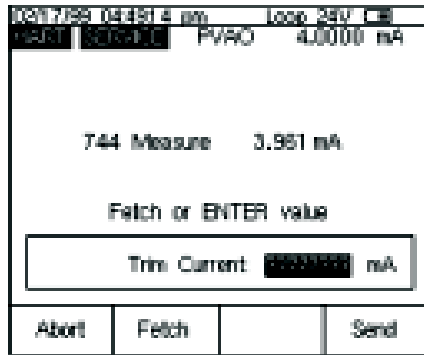
Buttons: Abort, LRV, Trim

图 14

- 为取得最好的效果，按 LRV 键，为低调节值（Lower Trim value）施加 LRV。按 Trim，再按 Continue 以转向高端调节（Upper Trim）。按 URV 键，按 Trim 键，然后再按 Done 软键。如果 3144 使用的是数字 PV 输出，则跳到第 8 步，进

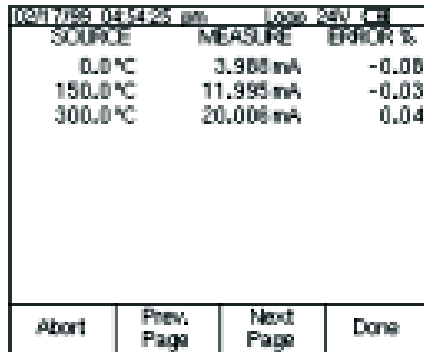
行 As Left test（校后测试）。如果过程中使用的是 4-20mA 的模拟输出，则继续进行第 7 步。

- 选择 Output, Trim，并按 ENTER 键。主变量（PVAO）的数值将出现在显示屏的右上角（图 15）。这通常是一个 4mA 的信号。福禄克公司 744 正在测量的 mA 值（一个不断变化的值）出现在屏幕的中心位置。按 Fetch 软键以装入被测的 mA 数值。按 Send 将该值发送给 3144，以便按 4mA 来调节其输出部分。按 Continue 以进行 20mA 的调节，并重复上述步骤。



Buttons: Abort, Fetch, Send

图 15



Buttons: Abort, Prev. Page, Next Page, Done

图 16

- 完成输出调节以后，按 Done 软键，并进行校准后验证测试（As Left Verification test）。按 As Left 软键，按 Done，然后再按 Auto Test。这些步骤完成以后，仪器将显示一个误差一览表。如果屏幕上有加亮的误差，则测试失败，并需要进行进一步的调节。返回第 5 步对 3144 再进行调节。

例子 3

使用基本命令（universal command）校准 HART 仪器

由于 744 支持传感器调节（sensor trim），因此 744 可以支持大多数已经安装的 HART 变送器工作负荷（见表 1）。传感器调节的方法使用了对于特定的仪器独有的设备专用命令（device-specific command）。那么您怎样来校准 744 不支持的那些仪器呢？

对这个问题的简单回答就是：744 支持大量的基本 HART 命令（universal HART command）和常见的一般 HART 命令（common practice HART command）。744 实际上可以和任何 HART 仪器进行通讯，并且在大多数的情况下，能够完成校准工作（除对其不支持的仪器的传感器调节之外）。

这个例子应用于在模拟模式（4-20mA）之下使用的仪器。如果仪器工作于数字模式之下，也就是说，使用其 PV 来作为控制用的输出变量的话，那么所需要的校准就只是输入部分的校准。在调节时需要进行传感器调节（sensor Trim）（见图 17）。这就是说，对于 744 不支持的仪器来说，您将同时需要使用一台 744（进行 As Found

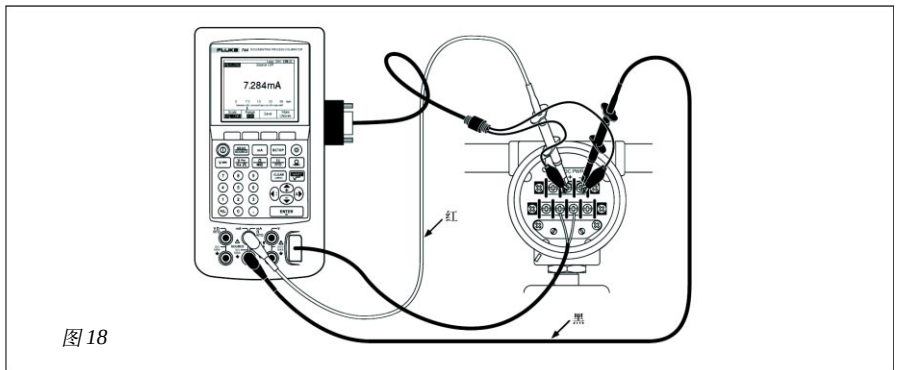


图 18

和 As Left 测试并记录测试结果）和一台通讯装置（进行传感器调节）。

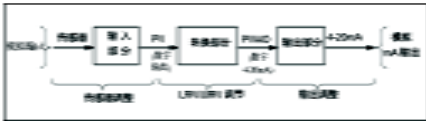


图 17

对于用在模拟模式的仪器（即使用 4-20mA 模拟输出来进行控制）来说，可以使用 744 来进行校准。进行了 As Found 测试，并确定需要进行调节以后，这个例子首先进行输出调节，把仪器调到其误差范围之内。如果调节失败，这个例子则进行低、高量程值（LRV 和 URV）调节，以补偿输入部分的误差。

注：附录 A 说明这种调节不构成恰当的 HART 校准。虽然如此，如果误差修正不太大时，对于工作在 4-20mA 模拟模式的仪器来说，这种调节方法是一种实际的校准替代方法。

如何确定仪器处在数字或模拟状态？

如果仪器的 HART 点名地址（HART Poll Address）设置在 1 到 15 之间，则变送器处于数字模式。若该地址为 0（零），则仪器设置在 4-20mA 模拟输出状态。744 将自动地在 0 地址连接设备；如果找不到 0 地址，744 将开始查询地址 1 到 15。在基本 HART 信息中，744 也将显示出非零的地址。

基本连接

这个例子假定变送器与过程隔离，并且在电气上不连到回路电源。按照图 18 中的电路图进行变送器的基本连接。HART 通讯连接的极性正反关系不大。由于 744 经过其 mA 插口已经在 24V 回路电源中串联了一个电阻器，所以不需要再单独使用 250Ω 电阻器。在此例子中采用一个 K 型热偶变送器，其输入量程为 0-100℃，4-20mA 输出，测试误差为 0.25%。

步骤

1. 接通福禄克公司 744 校准器。按 键和 LOOP POWER 软键（如果尚未供给

回路电源）。按 键使所有设备警告消息消失，744 将显示基本的 HART 信息（图 19）。



图 19

2. 再按 键，仪器将提示您选择 744 的设置（图 20）。将光标移到 MEASmA，SOURCE T/C type K，按 。（如果您要校验数字 PV 而不是校验 mA 输出，即变送器的 HART 查询地址不为 0，则您应当选择 MEAS PV，SOURCE T/C type K）。

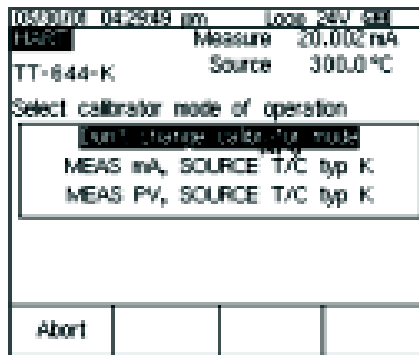


图 20

3. 按 As Found 软键，再按 键，以选择 Instrument 校准。将光标移到 Tolerance，并输入适当的测试误差值（在这个例子中为 0.25%）。验证 0% Value 和 100% Value 都是变送器的正确的标称工作值（proper, nominal operating value）（在这个例子中为 0.0℃-100.0℃，见图 21）。如果以前为了进行校准，曾经修改过低量程值（0%-LRV）和高量程值（100%-URV），您需要输入其标称值。例如，如果上次校准时曾修改 URV 为 100.2℃，那么您需要手工地为 100% Value 输入 100.0℃。输入标称的零点和满量程（span）数值保证误差计算正确。

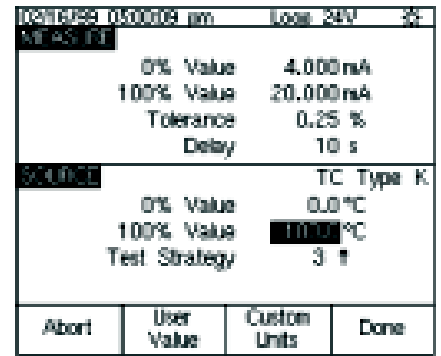


图 21

4. 按 Done，然后再按 Auto Test 键。测试完成以后，显示误差一览表（图 22）。超过误差的测试用加亮方式显示出来。如果测试通过，即没有加亮的误差显示，则不需要进行调节。如果有加亮的误差，就需要进行输出调节的工作。按 Done 软键退出测试结果屏幕，根据需要编辑标签、序列号或 ID 域，然后再按 Done 键。

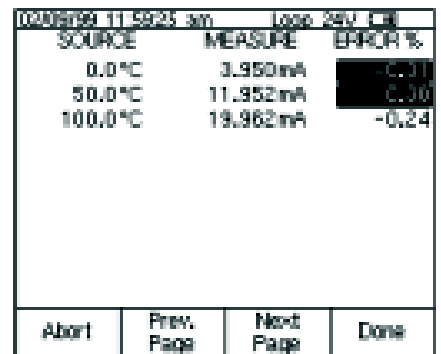


图 22

5. 按 Adjust 软键，选择 Output Trim，并按 ENTER。主变量（PVAO）的数值就显示在屏幕的右上角（图 23）。这通常是一个 4mA 的信号。福禄克公司 744 正在测量的实时 mA 值出现在屏幕的中心位置。按 Fetch 软键以装入被测的 mA 数值。按 Send 软键将该值发送给变送器，以便按 4mA 的数值来调节其输出部分。按 Continue 以进行 20mA 的调节，并重复上述步骤。

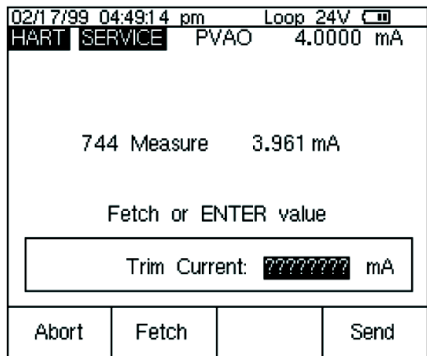


图 23

6. 现在进行 As left test (校后测试)。按 As Left, 按 Done, 然后再按 Auto Test。测试完成以后, 显示误差一览表。如果有加亮的误差显示, 则测试失败, 就需要进行进一步的调节工作。

注: 如果测试失败时误差很大, 则可能需要用通讯装置进行传感器调节。然而, 744 常常可以用修改 LRV (低量程值) 和 URV (高量程值) 的方法, 补偿输入部分的误差, 来完成调节工作。

7. 在具有机上零点和满量程调节按钮 (on-board Zero and Span adjustment buttons) 的压力变送器的情况下, 校准是很容易的。只要简单地加入校准源的 LRV 和 URV 值, 并分别按变送器上的零点和满量程按钮。然后按照第 6 步进行 As Left 测试, 对变送器的状况进行校验。很多 HART 变送器都没有实际的调节机构, 并需要使用一台通讯装置或一台福禄克公司的 744 来调节 LRV 和 URV 的值。对于这些情况, 则转到第 8 步。

8. 误差一览表 (第 6 步中显示出) 提供了修改 LRV 和 URV 数值所需要的数据。记下失败的 0% 和 100% 测试点的误差 % 数值。(如果误差一览表已不再显示, 您可以使用 Review Memory 软键调出 As Left 数据)。按 Done 软键三次, 使 744 返回到正常的 Measure/Source 屏幕, 显示出 As Left 软键。

9. 用误差百分数乘以满量程值, 并将其加到原来的数值上去, 计算出新的 LRV 或 URV 数值。如果我们的例子中

标称的源数值、误差和原来的 LRV 或 URV 值如下:

	源	误差 %	原来的 LRV/URV
0% 值	0.0°C	0.84%	0.4°C
100 值	100.0°C	-2.41%	102.0°C

计算新的 LRV 和 URV 数值如下:

$$LRV_{new} = LRV_{old} + (\text{Span} \times \text{Error}_{0\%})$$

$$LRV_{new} = 0.4^\circ\text{C} + (100.0^\circ\text{C} \times 0.84\%)$$

$$LRV_{new} = 0.4^\circ\text{C} + (100.0^\circ\text{C} \times 0.0084)$$

$$LRV_{new} = 0.4^\circ\text{C} + 0.8^\circ\text{C}$$

$$LRV_{new} = 1.2^\circ\text{C}$$

$$URV_{new} = URV_{old} + (\text{Span} \times \text{Error}_{100\%})$$

$$URV_{new} = 102.0^\circ\text{C} + (100.0^\circ\text{C} \times -2.41\%)$$

$$URV_{new} = 102.0^\circ\text{C} + (100.0^\circ\text{C} \times -0.0241\%)$$

$$URV_{new} = 102.0^\circ\text{C} + (100.0^\circ\text{C} \times -2.4\%)$$

$$URV_{new} = 99.6^\circ\text{C}$$

10. 按 键, 再按 setup 软键。从菜单中选择 Basic, 并按 以显示图 24 所示的基本设置参数。为输入新的 LRV, 将光标移至 Lower Range Value, 并按 。打入新的 LRV 值, 并按 。同样, 打入新的 URV 值, 并按 。按 Send 软键。

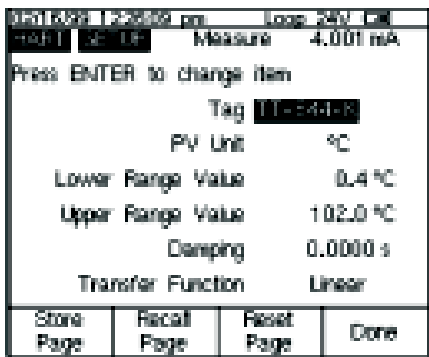


图 24

11. 现在按 Done, 然后按 Abort 三次。按 As Found 进行新的 As Found 测试。(记住, 应确认 0% Value 和 100% Value 显示的是原始的、标称的零点和满量程值)。按 Done, 然后再按 Auto Test。测试完成以后, 显示误差一览表。如果有加亮的误差显示, 则测试失败—应当使用一台通讯装置重复调节工作或调节传感器部分。

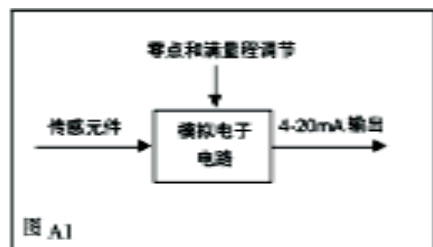
附录 A

校准 HART 变送器

Kenneth L.Holladay,P.E.

校准一台常规的仪器

对于常规的 4-20mA 的仪器来说, 多点测试一即对输入进行激励并测量其输出—就足以确定变送器的总准确度的特性。通常的校准调节只涉及零点值和满度点值的设置, 因为在其输入和输出之间只有一个有效的调节操作, 见下面的图 A1。

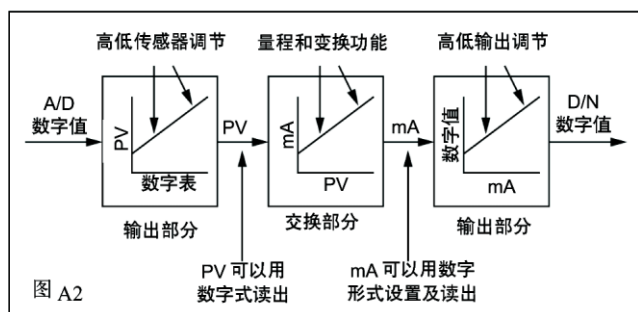


这种步骤通常称为零点校准和满量程校准。如果仪器的输入、输出量程之间的关系不是线性的, 那么您必须知道这两者之间的传递函数, 才能对每一个输入值计算出希望的输出值。如果不知道期望的输出值, 您就不能计算其性能的误差。

校准一台 HART 仪器

对于一台 HART 仪器来说, 在输入和输出之间的多点测试不能对变送器的工作情况作出准确的表示。就像常规的变送器一样, 测量过程是从把物理量变成电信号的技术开始的。然而, 两者的类似性也就到此结束了。在输入量和产生的 4-20mA 输出信号之间, 除了纯机械的和电学的通路之外, HART 变送器还具有微处理器对输入的数据进行运算操作。如图 A2 所示, 这其中通常涉及三个计算部分, 每一个部分都可以单独进行测试和调节。

就在第一个方框之前, 仪器的微处理器对受到我们感兴趣的过程变量影响的某些电学性质进行测量。测量的值可能是毫伏电压、电容、阻抗、电感、频率或者某些其它的性质。但是, 在微处理器可以使用这些量之前, 必须由模拟—数字变换器把它们变成数字值。



在第一个方框中，微处理器必须依靠某种形式的方程式或者数据表，来把电学测量的原始数字值和我们感兴趣的实际性质（PV—主变量），如温度、压力或流量等联系起来。这种数据表的基本形式通常是由制造厂家建立的，但是大多数 HART 仪器都备有若干命令，可以对其进行现场调节。这一工作通常称为传感器调节（sensor trim）。第一个方框的输出就是过程变量的数字表示。当您使用通讯装置（communicator）读取过程变量时，您所看到的数值就是这些量。

第二个方框是一种严格的数学变换，它把过程变量变成等效的毫安表示。使用仪器的量程值（与零点值和满量程值有关）和传递函数一起来计算这个值。虽然线性传递函数是最常见的，但是压力变送器常常具有平方根选项。其它特殊的仪器还可能具有常见的数学变换或者用户定义的断点表（break point table）。第二个方框的输出是我们希望的仪器输出的数字表示。当您使用通讯装置读取回路电流时，您所看到的数值就是这些量。很多 HART 仪器都支持一条命令，可以使仪器进入一种固定的输出测试模式。这一操作用一个特定的输出值取代了第二方框的正常输出值。

第三个方框是输出部分，它把计算出的输出值变换为可以装入数—模变换器的数字值。这就产生了实际的模拟电信号。同样，微处理器也必须依赖某些内部的校准因子来使该输出值正确。调节这些因子常常称为电流回路调节（current loop trim）或 4-20mA 调节。

HART 校准要求

基于上述的分析，您可以看到为什么正确

的 HART 仪器校准步骤和常规仪器的校准步骤相比有重大的区别。其特定的校准要求取决于具体的应用情况。

如果在应用项目中使用过程变量的数字表示来进行监视和控制，那么就必须对传感器输入部分单独进行测试和调节。注意此读数和毫安输出是完全独立的，并且和零点设置及满量程设置没有关系。当通过 HART 通讯来读取 PV 时，其数值即使处在设定的输出范围之外，也仍然是准确的。例如，一台量程 2（range 2）的罗斯蒙特（Rosemount）3051C 的传感器极限范围为 -250 到 +250 英寸水柱。如果您将量程设置为 0 到 100 英寸水柱，然后加以 150 英寸水柱的压力，则其模拟输出就会在刚刚大于 20mA 时饱和。然而，一台通讯装置却仍然能够读取正确的压力值。

如果不使用电流环输出（current loop output）（即把变送器只当作一个数字设备），那么输入部分的校准就是全部的校准要求。如果应用项目中使用毫安输出，那么必须对输出部分单独进行测试和校准。注意此项校准和输入部分是完全独立的，并且也和零点设置及满量程设置没有关系。

校准输入部分

这时，使用相同的基本多点测试和调节技术，但是对输出则采用新的定义。为运行测试，使用一台校准器测量所加的输入，但使用一台通讯装置来读取有关的输出（PV）。由于输入和输出之间总是存在着线性的关系，并且两者都采用相同的工程单位来记录，所以其误差的计算是很简单的。一般地说，这项测试期望的准确度就是制造厂家所规定的准确度技术指标。

如果测试不能通过，则应按照制造厂家建议的步骤来调节输入部分。可以将这种调节称为传感器调节，并且一般涉及一或二个调节点。压力变送器常常还具有零点调节，这时，应调节输入以读到准确的零（不是低量程值）。不要把这种调节（trim）和任何形式的重新调整量程（re-ranging）或者任何涉及使用零点和满量程按钮的其它操作步骤混淆起来。

校准输出部分

同样，这时也是使用相同的基本多点测试和调节技术，但是对输入采用新的定义。为运行测试，用一台通讯装置使变送器进入一种固定的电流输出模式。测试的输入值是您指令变送器产生的 mA 值。其输出值是使用一台校准器测量获得的电流值。这项测试也意味着输入和输出之间存在着线性关系，并且二者都用相同的工程单位（mA）来记录。这项测试所期望的准确度也应当反映制造厂家的准确度技术指标。

如果测试不能通过，则应按照制造厂家建议的步骤来调节输出部分。可以将这种调节称为 4-20mA 调节、电流环调节（current loop trim）或 D/A 调节。此调节步骤应当在接近或者刚刚超出 4-20mA 处的两个调节点。不要把这种调节（trim）和任何形式的重新调整量程或者任何涉及使用零点和满量程按钮其它操作步骤混淆起来。

测试总的性能

对输入部分和输出部分都进行校准以后，一台 HART 变送器就应当正确工作。图 A2 里中间的方框只涉及计算的问题。这就是为什么您可以改变量程、单位和变送功能而无须影响校准的原因。还要注意，即使仪器具有某一不寻常的变送功能，它只是进行把输入值变换成毫安输出值的工作，因而不涉及其输入或输出部分的测试或校准。

如果希望验证 HART 变送器的总的性能，则只要像常规仪器那样运行零点测试和满量程测试。然而，正如下面您将看到的那样，通过这种测试并不一定表明该变送器工作正确。

阻尼对测试性能的影响

很多 HART 仪器支持一个称为阻尼 (damping) 的参量。如果此参量不设置为零, 那么它将对测试和调节起相反的影响。阻尼在仪器的输入发生变化和在仪器输入读数的数字值及相应的仪器输出值中探测到这种变化之间引入延迟。这种由阻尼引入的延迟可能超过其测试和校准中使用的建立时间。建立时间是进行测试和校准时在设置输入和读取得到的结果之间等待的时间量。建议在进行测试或调节时, 将仪器的阻尼值调为零。进行校准以后, 再确认将该阻尼常数调回到所需要的数值。

不能进行正确校准的操作

数字量程的变化

人们常常有一种错误的概念, 即使用通讯装置改变 HART 仪器的量程, 就会对仪器进行校准。应当记住, 真正的校准需要使用一台参考标准 (其形式通常是一台或多台的校准设备) 来提供输入信号, 并测量得到的输出值。这样, 由于改变量程并不参照任何外部的校准标准, 所以它实际上只是设置结构的变化, 而不是校准。注意, 在 HART 变送器的方框图 (图 2) 中, 改变量程只影响第二个方框, 对通讯装置读取的数字过程变量没有影响。

零点和满量程调节

只使用零点和满量程调节来校准 HART 变送器 (这是常规变送器的标准作法) 常常会扰乱其内部的数字读数。如果您从来没有使用通讯装置来读取量程或数字过程的数据的话, 您可能不会注意到这一点。如

图 2 所示, 这里要考虑的输出不只有一个。和模拟电流环 (analog current loop) 一样, 由通讯装置读取的数字 PV 和毫安数值也是输出。

考虑使用外部的零点和满量程按钮来调节 HART 仪器时会发生什么情况。设想一个仪表技术人员安装和测试一台差动压力变送器的情况。该变送器在工厂中原来设置为 0-100 英寸水柱压力的量程。测试该变送器时发现, 现在变送器具有 1 英寸水柱的零点偏差。这样, 在两个口都打开 (vent) 的情况下, 其输出为 4.16mA 而不是 4.00mA。当加上 100 英寸水柱的压力时, 其输出为 20.16mA 而不是 20.00mA。为了解决这个问题, 技术人员将两个口都打开, 并按变送器上的零点按钮。输出变成 4.00mA, 于是看起来调节成功了。

然而, 如果他现在用通讯装置来检查变送器, 他将发现变送器的量程为 1 到 101 英寸水柱, 并且这时的 PV 为 1 英寸水柱而不是 0。零点和量程按钮改变 (第二个方框) 的量程。这是在此条件下仪器所能采取的唯一措施, 因为仪器不知道参考输入的实际数值。只有使用能够传达参考值的数字命令, 仪器才能进行正确的内部调节。

校正零点偏差状态的正确方法是使用零点调节 (zero trim)。这种方法将调节仪器的输入方框, 使得数字 PV 和校准标准一致。如果您打算要使用数字过程值来进行趋势监测、统计计算或者维护跟踪, 那么, 您应当把外部零点和满量程按钮关掉, 完全避免使用这些按钮。

环路电流调节

我们看到的仪表技术人员中间出现的另一个实际操作问题是, 他们常常使用一个手持式装置来调节电流环 (current loop), 使得仪器准确的输入和环路中的某些显示设备一致。如果您使用的是一台罗斯蒙特 268 型通讯装置, 则这时使用的功能为“用其它标尺进行电流环路调节 (current loop trim using other scale)”。同样参考前面介绍的按零点按钮调节零点偏差的例子。假定在环路中还有一个数字指示器, 在 4mA 时显示 0.0, 而在 20mA 时显示 100.0。在测试时, 当两个口都打开的情况下, 读数为 1.0, 若加入 100 英寸水柱的压力, 其读数为 101.0。技术人员使用该通讯装置来进行电流环路调节, 使得显示读数在 0 和 100 两点正确, 这样就把两点的输出分别校正到 4mA 和 20mA。

虽然看起来这也是成功的, 但是这种步骤存在一个基本的问题。首先, 通讯装置将显示出, 在这两个测试点的 PV 读数仍然为 1 和 101 英寸水柱; 虽然其实际电流输出为 4mA 和 20mA, 而其毫安输出的数字读数仍然为 4.16mA 和 20.16mA。输入部分的校准问题由于在输出部分引入的补偿误差而被隐藏了起来, 因此这两个数字读数都与校准标准不一致。

刊登于 1996 年 5 月的 Intech 杂志, 及 1998 年 7 月的 HART Book 8, 经作者允许重印。

测量结果的文件编制

您的校准工作中的校准周期、校准步骤生成、文件编制等工作都可以通过使用下述若干仪器管理软件包变得很方便:

Honeywell DocuMint™

beamex™



On Time Support™

Fluke DPC/TRACK™