

HART 温度变送器智能校准方法研究

李 虎¹, 吴彦红¹, 李三虎², 郝连春²

(1. 郑州市产品质量检验检测中心, 河南 郑州 450006;

2. 陕西创威科技有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要:通过分析现有校准领域在 HART 通讯功能上的技术问题,提出了同时在设备上提供手操器模式和智能校准模式的技术解决方案。针对技术方案中温度变送器校准模式,详述了智能 DD 解析器和温度变送器智能校准技术框架的设计和实现机制。其中,智能 DD 解析器实现了 DD 方法、变量、指令等关键信息进行的解析及数据报告的自动生成,智能校准模块则基于智能解析生成的数据对温度变送器的常用设置项和校准项目进行建模,实现通用的智能校准技术框架。该方法可实现技术目标,领域内产品通过使用本方案技术可降低技术维护成本,提升投入产出比。

关键词:HART 通讯;设备描述技术;温度变送器;传感器校准

中图分类号:TP212

文章编号:1000-0682(2024)05-0118-04

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.05.022

Study on intelligent calibration method of HART temperature transmitter

LI Hu¹, WU Yanhong¹, LI Sanhu², HAO Lianchun²

(1. Zhengzhou Product Quality Inspection and Testing Center, Henan Zhengzhou 450006, China;

2. Shaanxi Chuangwei Technology Co., Ltd., Shaanxi Xi'an 710000, China)

Abstract:By analyzing the technical problems of HART communication function in the existing calibration field, this paper proposes a technical solution that provides both manual mode and intelligent calibration mode on the device. Specify on the calibration mode of temperature transmitter in technical proposal, the design and implementation mechanism of the intelligent DD parser and temperature transmitter were discussed. The functions of analyzing of key information and generating report data automatically were realized by intelligent DD parser. Correspondingly, the function of general intelligent calibration technical framework was realized by intelligent calibration module based on the data generated by intelligent analytics model and calibration items of the temperature transmitter. The preset technical objectives were achieved by using this intelligent calibration method.

Keywords:HART communication; equipment description technology; temperature transmitter; sensor calibration

0 引言

随着智能变送器的普及,HART 总线变送器在国内外过程控制系统中已经占据了很大的比重,随之而来的是市场对具有 HART 变送器快速设置与

维护能力的仪器设备的需求的快速增长。在计量校准行业和过程控制行业,计量校准人员和仪表维护人员日常需要对大量 HART 变送器执行常规设置工作和校准测试工作^[1-3]。

以往完成 HART 变送器设置、校准工作,必须使用手操器。手操器主要基于设备描述技术(Device Description,以下简称 DD 技术)实现对 HART 智能设备全功能的访问,然而,手操器在日常使用中有多方面的不便,造成了工作效率的降低,主要体现在以下 5 个方面:

收稿日期:2024-04-12

第一作者:李虎(1974—),男,河南郑州人,郑州市产品质量检验检测中心高级工程师,一级注册计量师,现主要从事温度、压力计量检定。E-mail:15838067222@163.com

(1) 承载 DD 技术的 DD 文件由 HART 设备供货商提供,不同 HART 设备供货商编写的 DD 文件往往有很大差别,在使用手操器进行日常维护操作时往往需要在复杂的设备菜单中搜索需要的功能项,且功能项名称也各不一致,造成了工作效率的降低;

(2) 手操器解析 DD 文件需要较长的时间,而往往日常工作仅仅需要很少部分功能,造成工作效率的降低;

(3) 虽然 DD 技术支持多国语言,但鉴于国产 HART 设备很少支持 DD 技术,国外厂商也很少进行中文翻译,给中国用户操作 HART 设备带来很多困扰;

(4) 常规手操器不具备提供 HART 变送器供电电路的能力,如果没有专用的测量控制回路,往往需要花费额外精力寻找 24 V 电源和 250 Ω 电阻,进一步降低了工作效率;

(5) 在执行校准操作时,常规手操器不具备提供标准源的能力,还需要进一步寻找、提供标准源,提高了校准工作的复杂性。

为了解决以上的问题,各类过程校准仪表厂商也提供了多种解决方案^[4],具有代表性的国外厂商为 Beamex 公司和 Fluke 公司^[5]。为促进此类技术国产化,该文提出一种基于 DD 技术的智能校准技术方案,目的是提供 HART 手操器模式,用以访问 HART 设备的所有功能,还提供对特定温度变送器智能校准模式的支持,实现固定和高效的多国语言菜单。同时,该文对难度较大的温度变送器智能校准技术方案进行了阐述。

1 总体方案

基于 HART DD 技术,可以将 HART 功能拆分

为四大模块,包括 HART 技术支撑平台、手操器技术模块、智能校准技术模块及智能 DD 解析器。前三个模块运行于最终产品中,而 DD 解析器则作为辅助开发工具。

HART 技术支撑平台是 HART 技术搭载产品提供的基础功能的总称,对于 HART 技术实现,其提供包括 HART 通讯栈、HART 电路供给模块、标准源模块、底层操作系统的相关支持等,详见图 1。

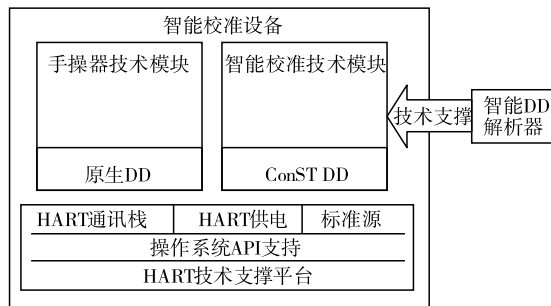


图 1 HART 智能校准技术方案框图

手操器技术模块主要基于 HART DD 技术进行改进,可提供对 HART 设备的全功能访问。此外,针对所搭载校准产品特性,提供快速与产品标准源进行交互的功能支持,便于在手操器中方便的执行校准操作。为便于说明,此处以康斯特仪表公司^[6]生产的 ConST 811A 压力校验仪产品为例,在手操器 UI 框架中嵌入了 811A 校验仪主控界面进行相关标准源的控制操作。状态栏则可呼出控制中心,在手操器中所有的编辑页面中,可以通过控制中心直接拷贝指定标准源数值到文本编辑框。通过这样的方式实现了手操器与校验仪功能的深度融合,详见图 2。

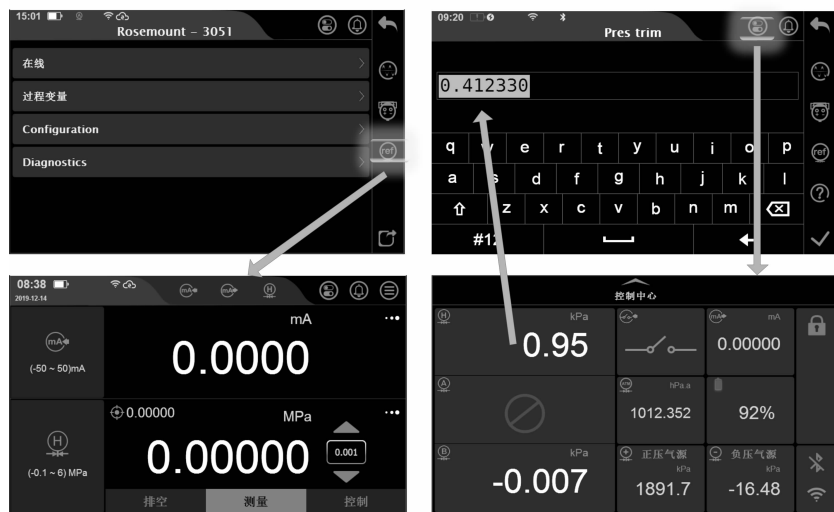


图 2 手操器模式交互示意图

智能校准技术模块是根据校准行业 HART 变送器使用特点,对 HART 变送器常用设置、校准功能进行智能化封装的模块。对于温度变送器,主要功能包括对温度变送器基本传感器进行更智能的设置操作及执行更快捷便利的校准操作等。几乎全部的常规设置和校准指令均为专有指令,且在绝大多数变送器供货商中这些指令的变量都或多或少的采用了引用变量,可通过逻辑判断指向不同的实际变量。这种逻辑对应关系的确定主要由智能 DD 解析器自动解析实现。

2 智能 DD 解析器的设计与实现

智能 DD 解析器的功能框架图如图 3 所示,其设计思路是在 SDC625 的基础上中将加密的 DD 文件数据反解析到自定义的数据结构中,通过方法生成器、变量数据生成器、命令数据生成器生成三个维度的数据集,最后进行数据的归类汇总,并通过报告生成器生成最终的数据报表。

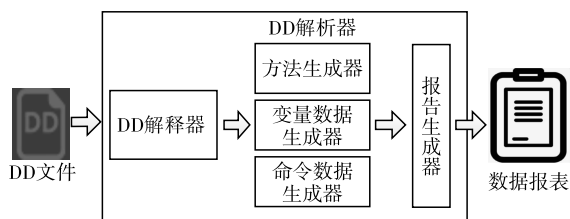


图 3 DD 解析器功能框架图

2.1 方法生成器

常规变送器会把一些复杂的设置行为和校准行为以流程的方式进行提供,在 DD 专用术语中称为方法(Method),方法支持使用 C 语言和方法 API 进行编写,形式类似于脚本,获取方法的原文对于分析变送器校准流程和设置流程有重要作用。方法生成

器首先需要获取方法列表中的每个方法对象数据,获取方法文本和名称,之后将其中的变量加密内容和 UI 显示加密内容进行反解析,并将解析出的内容提交给报告生成器,生成方法的原语数据集。

2.2 变量数据生成器

变量数据生成器是专用报文解析的重要部分。对于温度变送器,大多数变量数据都有逻辑关系和引用关系。变量数据生成器主要提取变量名称、显示名称、类别、元素编号以及逻辑引用关系。前几项内容作为变量数据结构的直接参数,大多数可直接获取,对于逻辑引用关系,则需要逐级进行分析。

2.3 命令数据生成器

命令数据生成器主要通过解析生成命令名称、命令类型(读写)、命令号、子指令定义、回复码定义和报文定义。其过程与变量数据生成器类似,此部分不再赘述。

2.4 报告生成器

报告生成器最终将各部分生成器生成的数据集合并进行汇总,然后以报告的要求进行处理,并以一定格式输出为报告文件。

3 温度变送器的智能校准

3.1 温度变送器操作模型

对于温度变送器而言,传感器参数的设置和传感器的校准是常规维护中使用最频繁的,这些操作智能校准都必须覆盖,但对于很少使用的一些高级设置功能如多点线性拟合、CVD 参数输入等在智能校准模式不予考虑,则可以在手操器模式中进行操作。

针对普通工业热电偶和热电阻的典型设置,其操作模型如图 4 所示。

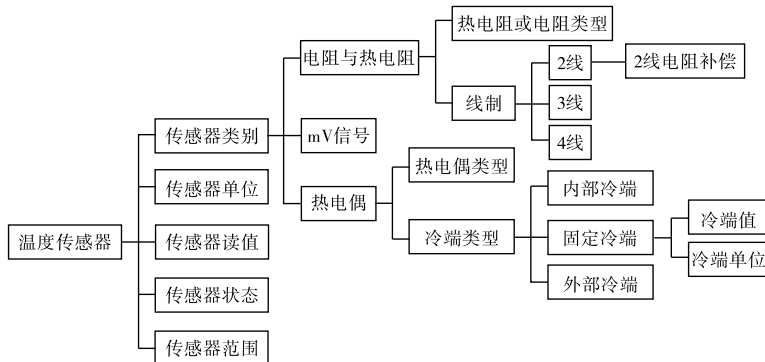


图 4 工业温度传感器的典型操作模型

部分温度变送器还可提供两个传感器的示值功能,其模型与图 4 近似,不再赘述。

对于温度变送器的校准流程而言,不管采用何

种校准方式,校准操作的本质均为提供标准输入环境,并通过提供给变送器标准输入读数触发变送器的线性修正。而传感器范围、单位、状态等信息主

要用于信息提示,避免标准源超出传感器可容纳的温度范围,造成传感器的损坏。对于校准恢复操作,一般则不需要提供参数,仅通过指令触发变送器恢复动作即可。温度传感器校准操作模型如图5所示。

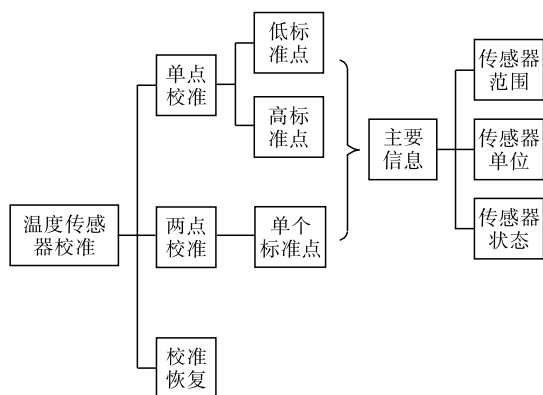


图5 温度传感器校准操作模型

3.2 软件框架

根据3.1节建立的数据模型,可以创建通用的温度变送器设置界面和温度变送器抽象类。每一种变送器通过一种简化的DD文件来提供特定温度变送器的具体实现。简化的DD可以采用类似xml或json文件的方式进行描述,主要提供特定温度变送器应具备的变量、命令和菜单等信息。主应用程序通过提取这些简化的描述信息进行相应的展现,并执行相关的逻辑操作,实现了HART特定变送器功能与主应用程序的解耦。温度变送器智能校准模式软件框架如图6所示。

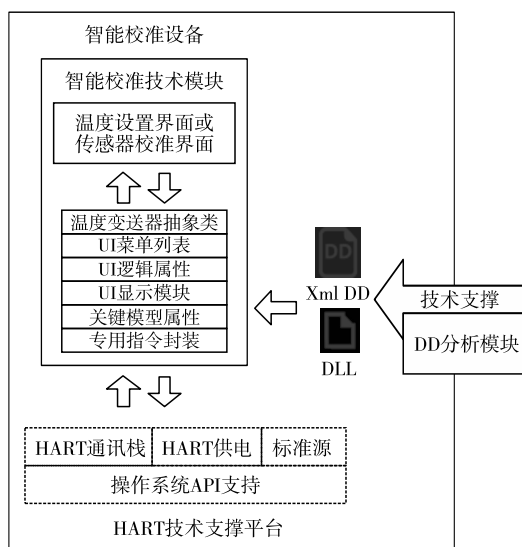


图6 温度变送器智能校准模式软件框架

4 结论

该文针对HART通讯功能上的技术问题,提出了一种整体技术方案设计,并详述了智能DD解析器和温度变送器智能校准技术框架的设计和实现机制。其中,通过智能DD解析器,实现了DD方法、变量、指令等关键信息进行的解析及数据报告的自动生成;而对于智能校准模块,基于智能解析生成的数据对温度变送器的常用设置项和校准项目进行建模,实现了通用的智能校准技术框架。

该文提出的技术方法可实现所述的HART通讯功能,在温度校准领域内,通过使用本技术方案可降低技术实现成本和维护成本,提升相关产品的产出/投入比。该文的所阐述的HART智能校准技术方法,从2018年起,已在康斯特仪表公司^[7]生产的ConST 660干体炉、ConST811A压力校验仪、ConST326过程校验仪等众多产品中得到实际应用,极大简化了对HART温度变送器的常规维护操作。这些产品已支持了包括E+H、ABB、Foxboro、Honeywell、Moore、Rosemount、Siemens、Yokogawa、Wika等市场主流厂商的20余款温度变送器。该文方法的实用性获得了验证,并在广泛的使用领域中得到了较好的评价反馈。

参考文献:

- [1] 金涛. HART智能变送器的校准[C]//宁夏回族自治区科学技术协会,宁夏社会科学界联合会,共青团宁夏回族自治区委员会,宁夏回族自治区青年联合会. 石化产业创新·绿色·可持续发展——第八届宁夏青年科学家论坛石化专题论坛论文集. 国电宁夏英力特化工热电分公司, 2012:3.
- [2] 焦怀强. HART多路复用器研究及其相关软件设计[D]. 上海:华东理工大学, 2013.
- [3] 吕海武. 智能一体化温度变送器设计与实现[D]. 上海:华东理工大学, 2012.
- [4] 胡林红,孔令敏,李涛. 基于HART协议的475手操器在智能仪表中的应用[J]. 炼油与化工, 2020, 31(04):59-61.
- [5] 温洁. 基于HART协议智能压力变送器的检定方法研究[J]. 计量与测试技术, 2023, 50(12):85-87+91.
- [6] 张晓东,童少为. 基于HART协议的智能温度变送器设计[J]. 科技视界, 2019(34):26-27.
- [7] 吴贞贞. 基于HART协议的智能变送器的研究与开发[D]. 洛阳:河南科技大学, 2014.