

FF

The Simple Analysis and Application of Foundation Field Bus

张金平

(中国石化集团第五建设公司, 甘肃兰州 730060)

摘要: 说明基金会现场总线的特点及标准, 详细介绍了 FF 总线所挂接仪表数量和连接电缆长度的算法, 阐述 FF 总线本质安全防爆的方法。通过列举该总线的应用实例, 说明该总线系统有着广阔的发展前景。

关键词: FF 现场总线 IEC61158-2 标准 总线配电 本质安全防爆

Abstract: The features and standards of foundation fieldbus are explained, the methods of calculating the numbers of instruments and the length of the cables are introduced in detail, which connects to the FF fieldbus, the ways of intrinsic safety explosion protection are expounded. Through the introduction to the examples of this bus, the broad prospect of this system is forecasted.

Keywords: FF fieldbus IEC61158-2 standards Bus power supply Intrinsic safety explosion protection

0 引言

生产过程自动化在经历了自动控制、集中控制与分散控制之后, 伴随着控制技术、计算机技术、通信技术以及网络技术的快速发展, 上世纪八十年代出现的基于现场总线的控制系统在近几年内日趋完善。现场总线技术自推广以来, 已经在全世界范围内应用于冶金、汽车制造、石油化工、电力能源等许多领域。

1 FF 现场总线发展概况及目前国际化标准

最早提出现场总线标准的是美国 Inter 公司于 1984 年推出的 Bitb 标准。1985 年美国 Rosemount 公司开发出 HART 协议, 该协议就是现场总线的雏形。1992 年, 以美国 Fisher-Rosemount 公司为首联合 Foxboro、Siemens、日本横河、NEC、ABB 等多家公司成立 ISP 集团并提出 ISP 协议。1993 年由美国 Honeywell、Square、HP 以及日本山武、日立、富士电机等多家公司成立 WorldFIP 组织并提出 WorldFIP 协议。1994 年, WorldFIP NA (北美部分, 不包括欧洲) 与 ISP 两大集团宣布合并, 正式形成现场总线基金会 (Field bus Foundation), 这样基金会现场总线就产生了 (简称 FF)。2000 年 1 月通过的 IEC61158 标准包括 8 种类型的现场总线。FF 基金会现场总线作为 8 种类型总线技术之一^[1], 在由我公司参与承建的兰州炼油化工总厂磺酸盐装置以及上海赛科 (SECOO) 等项目中显示出其一定的技术优势, 在生产过程自动化领域方面具有良好的发展前景。

目前, 国际电工委员会就关于现场总线控制系统标准所制定的主要工作有如下几个方面:

- ① IEC61499 工业过程测量和控制系统用功能模块;
- ② IEC61804 过程控制用功能模块;
- ③ IEC61784-1 现场总线应用行规;
- ④ IEC61784-2 实时以太网应用行规;
- ⑤ IEC61784-3 工业网络中的功能安全通信行规;
- ⑥ IEC61784-4 工业网络中的保密通信行规;
- ⑦ IEC61784-5 工业控制系统中的通信网络安装行规;

- ⑧ IEC61918 工业控制系统中的通信网络安装；
- ⑨ IEC62443 工业过程测量与控制保密安全—网络与系统；
- ⑩ IEC61158（修订）工业过程测量与控制用现场总线。

2 FF 现场总线

2.1 FF 现场总线模型及物理层电气特性

基金会现场总线是一种全数字式的串行双向通信系统，用于连接工业现场各种智能仪表设备及自动化系统。作为新型自动化系统，区别于以前各种自动化系统的特征就在于它具有开放型数字通信能力，使得自动化系统具备了网络化的特征，其特征就在于它不仅仅是一种总线，而且是一个系统，它既是网络系统，又是自动化系统^[2]。FF 现场总线的网络协议是按照 ISO/OSI 模型建立的，它由物理层、数据链路层、应用层及用户层组成。FF 模型结构如图 1 所示。

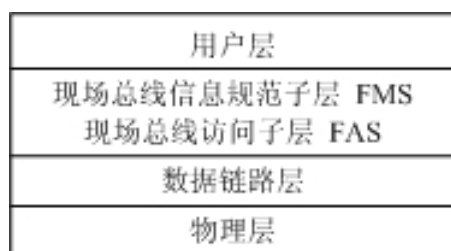


图 1 FF 现场总线模型

FMS 的基本功能是面向应用服务，生成规范的应用协议数据。FAS 的基本功能是确定数据访问的关系模型与规范，根据不同的要求采用不同的数据访问工作方式。数据链路层位于物理层与总线访问子层之间，为系统管理内核和总线访问子层访问总线媒体提供服务。总线通信中的链路活动调度、数据的接受与发送、活动状态的探测响应、时间同步都是通过数据链路层实现的。用户数据信息在 FAS、FMS、数据链路层各层分别加上协议控制信息，在数据链路层还加上帧校验信息后，送上物理层将数据打包，信息帧形成之后，通过物理层转换为合乎规范的物理信号，在网络系统的管理控制下，发送到现场总线网段上。物理层用于实现现场物理设备与总线之间的连接，为现场设备与通信传输媒介的连接提供机械和电气接口，为现场设备对总线的发送或接收提供合乎规范的物理信号。

物理层分为 H1 和 H2 两级总线，其中 H1 符合 IEC61158-2 标准，支持总线供电和本质安全防爆环境^[3]。H1 现场总线的主要电气特性是：数据采用数字化、位同步的传输方式，传输波特率为 31.25 kbit/s，驱动电压为 9~32VDC，信号电流是±9 mA，电缆型式采用屏蔽双绞线，接线拓补结构可以采用线形、树形、星形及复合形的方式，无中继器时电缆长度应 ≤1900 m，分支电缆长度在 30~120 m 范围内，无中继器时设备挂接数不得超过 32 台，可用中继器数不得超过 4 台。H2 采用高速以太网作为其物理层，传输速率为 1 Mbit/s 和 2.5 Mbit/s，通信距离分别为 750 m 和 500 m，支持双绞线、光缆和无线发射。

2.2 FF 现场总线配电

FF 总线的 H1 网卡分为有源网卡和无源网卡两种型式。在非防爆的应用场合，有源 H1 网卡可以直接向现场总线配电来驱动现场仪表，不需要额外供电（图 2）。如果 DCS 系统提供的 H1 网卡是无源的，在这种情况下，FF 现场总线的配电就需要采用专门的现场总线配电电器（图 3）。

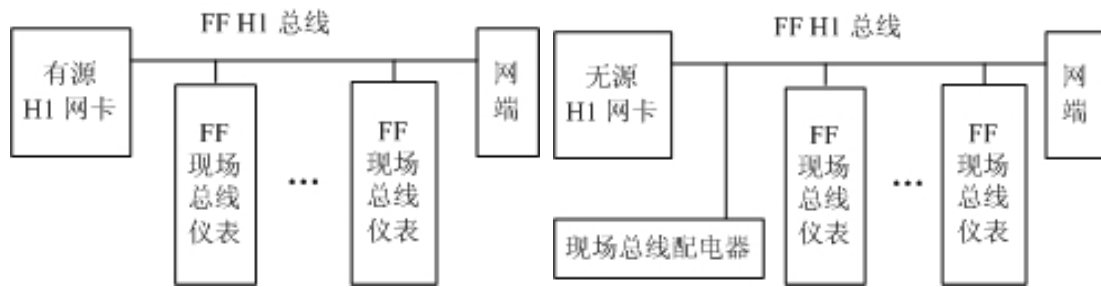


图 2 有源 H1 网卡在非防爆场所的应用

图 3 无源 H1 网卡在非防爆场所的应用

2.3 FF 现场总线挂接现场仪表数量和电缆长度的估算

各种总线协议对于总线电缆的长度都有不同的要求,根据不同的厂家所提供的不同产品型号,可以计算出总线所挂接的仪表数量和总线电缆的长度。现就以 P+F 公司 KLD2-STR-1.24.400.IEC 现场总线配电器为例加以说明。

配电能力: 24VDC/400mA

FF 总线变送器耗电: 9V/17.5 mA

FF 总线阀门定位器耗电: 9V/26 mA

FF 现场总线 A 型电缆分布电阻: 44Ω/km

现场变送器可挂接数量为: $400 \div 17.5 = 22.8$ (台)

阀门定位器可挂接数量为: $400 \div 26 = 15.3$ (台)

通过上述计算可以看出,每根 FF 总线可以挂接 22 台变送器或 15 台阀门定位器。在实践中,每段 H1 总线通常挂接 16 台现场仪表。

如果总线上挂接 9 台变送器和 4 台阀门定位器,则现场仪表消耗总电流为:

$$(9 \times 17.5) + (4 \times 26) = 261.5 \text{ (mA)}$$

总线电缆的允许电压降为: $24 - 9 = 15$ (V)

电缆总电阻允许为: $15 \div 0.2615 = 57.36$ (Ω)

则电缆长度为: $57.36 \div 44 = 1.3036$ (km)

可以看出,如果 FF 总线上挂接 9 台变送器和 4 台阀门定位器,则该电缆长度可以达到 1303.6 m,可以满足一般工业现场的实际要求。

2.4 FF 现场总线的本质安全防爆

关于 FF 现场总线 (H1) 的本质安全防爆方面,目前主要采用现场总线隔离栅与现场总线本安中继器的方法来实现。

2.4.1 采用现场总线隔离栅

FF 现场总线在早期应用过程中,无论设计院还是业主都比较习惯采用现场总线隔离栅实现本质安全防爆。该方法是在 H1 网卡与现场仪表之间设置一台现场总线隔离栅,但由于隔离栅自身的内阻,会在总线上产生较大的压降,使得现场总线的电缆长度大为缩短。由于每段 H1 总线只能配置一台现场总线隔离栅,通过计算可以得出(可以仿照 3.3 计算过程),每台总线隔离栅仅能挂接 3~4 台现场总线仪表。也就是说,原来能够挂接十多台仪表的 H1 网卡由于总线隔离栅的内阻压降而使得挂接仪表数量大大减少。目前大型的工业生产装置中,如采用这种方法,则需要花费大量的电缆,同时也使得保护管、汇线槽、安装支架的采购安装数量以及端子校接线工作量大大增加,这无形当中加大了设计量、施工量、现场检修维修量及业主单位的经济负担。综合上述分析,这种本质安全防爆方法只是适用于一些现场仪表数量较少、控制简单、总线电缆比较短的小规模工业生产装置。

2.4.2 采用现场总线本安中继器

现在一些规模大、控制流程比较复杂的装置一般都习惯采用现场总线本安中继器的方

法实现 FF 现场总线（H1）的本质安全防爆。每段 H1 网卡最多可以配置 4 台本安中继器，它既可以给无源的 H1 网卡配电，也可以给本安防爆的总线配电^[4]，如图 4 所示。

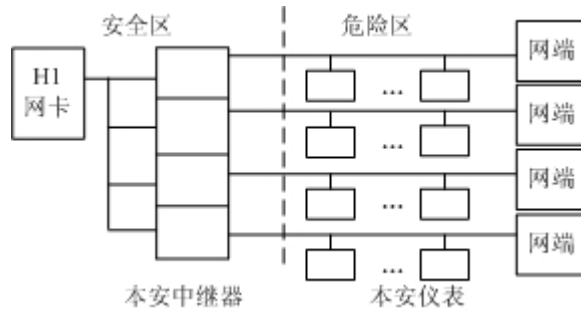


图 4 现场总线本安中继器的应用

采用现场总线本安中继器可使 H1 网卡挂接仪表数量与连接电缆长度大为增加。我们以型号为 KLD2-PR-EX1.IEC1 的本安中继器为例来说明这点。

本安中继器：KLD2-PR-EX1.IEC1

配电能力： $\geq 12.8\text{VDC}/100\text{mA}$

FF 总线变送器耗电： $9\text{V}/17.5\text{mA}$

FF 总线阀门定位器耗电： $9\text{V}/26\text{mA}$

FF 现场总线 A 型电缆分布电阻： $44\Omega/\text{km}$

则变送器可挂接数量： $100 \div 17.5 = 5.7$ （台）

阀门定位器可挂接数量： $100 \div 26 = 3.8$ （台）

如果总线上挂接 3 台变送器与 1 台阀门定位器，则现场仪表所需要的总电流为：

$$3 \times 17.5 + 1 \times 26 = 78.5 \text{ (mA)}$$

$$\text{允许电缆总电阻为：} (12.8 - 9) \div 0.0785 = 48.41 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\text{电缆长度为：} 48.41 \div 44 = 1.1 \text{ (km)}$$

可以看出，采用上述这种本质安全防爆模式，使得每段 H1 网卡可以挂接 16 台本安仪表，本安总线的电缆长度能够达到 1100 m，H1 网卡的工作能力得到充分的利用，可以满足多种工业现场的实际要求。但是有些项目在设计筹划过程当中，业主会提出一些特别的要求，例如上海赛科（SECOO）项目业主明确要求每段挂接的仪表数量不能超过 12 台，每段挂接的阀门数不得超过 2 个^[5]。

3 基金会现场总线在某石油化工总厂锅炉上的应用

某石油化工总厂锅炉自动控制采用 EIC200-302 系列现场总线系统（图 5）。EIC200-302 系列现场总线系统遵守 FF 协议，以 IEC/SP50 标准开发，LD302 是压力变送控制器，FI302 是现场总线电流转换器。

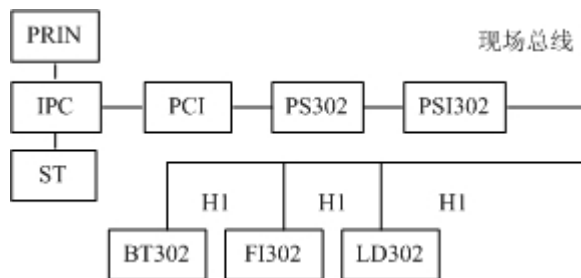


图 5 EIC200-302 现场总线结构

此控制系统包括 3 条 FF H1 总线，通过接口卡 PCI 与工作站连接。锅炉 EIC200-302 系列现场总线系统数据采集及控制回路数为：温度 22 点、压力 16 点、流量 15 点、液位 10

点、简单回路控制 13 个、复杂回路控制 3 个。

锅炉房司炉工一般在生产装置运行平稳，蒸汽流量与给水流量相平衡的条件下投用三冲量，紧急情况下允许操作工在流程图画面中改变锅炉水位，进行串级三冲量/单冲量切换。采用遵守 FF 协议的 EIC200-302 系列现场总线系统与传统的 DCS 相比，节省了 60 根电缆(70%)，同时也节省了许多设备材料及安装费用。

4 结束语

基于 FF 协议现场总线控制系统，将基本的控制功能下放到现场仪表实现，既提高了控制系统的可靠性，又简化了控制室仪表的设计。控制系统的全数字化，减少了电缆用量与 A/D、D/A 接口设备的数量，降低了系统的安装成本，同时也减少了装置运行期间的维护成本。目前该系统在国内一些项目上的应用都非常成功。与 DCS 系统相比，以现场总线为基础的全数字控制系统以其独特的技术优势一定会成为 21 世纪自动化控制系统的发展主流。

参考文献

- 1 缪学勤.现场总线技术的最新发展.自动化仪表,2000,21(6): 1~4.
- 2 李正军.现场总线及其应用技术.机械工业出版社,2006,第一版
- 3 何衍庆,王慧锋,俞旭波,等.现场总线仪表的选型设计[J].石油化工自动化,2005,(2):4-7.
- 4 上海赛科 (SECOO) 26 万吨/年丙烯腈装置自控施工图纸.

作者张金平、男、1970 年生，主要从事石油化工方面的自动化仪表、PLC、DCS、FCS 系统的。