

ICS 25.040

P 72

备案号: J3020-2022

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3217—2021

石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范

Design specification for the FOUNDATION fieldbus control system in
petrochemical industry



2021-08-21 发布

2022-02-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	5
4 工程设计	6
4.1 总体要求	6
4.2 设计原则	7
4.3 基础工程设计	7
4.4 详细工程设计	7
4.5 制造厂设计工作	7
5 网段设计	8
5.1 基本技术要求	8
5.2 系统配置与集成	8
5.3 FF H1 网段拓扑结构	9
5.4 现场总线设备选择	10
5.5 现场总线辅助设备选择	10
5.6 现场总线电缆选择	13
5.7 FF H1 网段设计	13
5.8 现场总线防爆设计	15
6 主控制系统设计	16
6.1 采用标准产品	16
6.2 备用容量和扩展	17
6.3 互操作性	17
6.4 基金会现场总线功能	17
6.5 组态工具	17
6.6 冗余和稳定性	18
6.7 维护和诊断	18
6.8 基于计算机的维护和先进诊断	19
7 文档要求	19
7.1 基本要求	19
7.2 文件要求	20

SH/T 3217—2021

附录 A (规范性)	FF 电缆结构和技术规格参数	21
附录 B (资料性)	工厂验收测试 (FAT)	23
附录 C (资料性)	现场验收测试 (SAT)	26
参考文献	27
本规范用词说明	30
附: 条文说明	31

Contents

Foreword	V
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and abbreviation	1
3.1 Terms and definitions	1
3.2 Abbreviation	5
4 Engineering design	6
4.1 General requirements	6
4.2 Design principle	7
4.3 Basic engineering design	7
4.4 Detailed engineering design	7
4.5 Manufactory design works	7
5 Segment design	8
5.1 Basic technical requirements	8
5.2 System configuration and integration	8
5.3 FF H1 segment topology	9
5.4 Fieldbus devices selection	10
5.5 Fieldbus auxiliary devices selection	11
5.6 Fieldbus cable selection	13
5.7 FF H1 segment design	13
5.8 Fieldbus explosion-proof design	15
6 Host control system design	16
6.1 Use of standard products	16
6.2 Spare capacity and expansion	17
6.3 Interoperability	17
6.4 FOUNDATION fieldbus functionality	17
6.5 Configuration tools	17
6.6 Redundancy and robustness	18
6.7 maintenance and diagnostics	18
6.8 Computer based maintenance and advanced diagnostics	19
7 Documentation requirements	19
7.1 Fundamental requirements	19
7.2 Documents requirements	20

SH/T 3217—2021

Appendix A (Normative) FF cable specification and parameters	21
Appendix B (Informative) Factory acceptance test (FAT)	23
Appendix C (Informative) Site acceptance test (SAT)	26
Bibliography	27
Explanation of wording in this specification	30
Add: Explanation of article	31

前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2017年第三批行业标准制修订计划》(工信厅科〔2017〕106号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规范。

本规范共分7章、1个规范性附录和2个资料性附录。

本规范的主要技术内容是:工程设计;网段设计;主控制系统设计;文档要求。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司自控技术中心站负责日常管理,由中国石化工程建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送日常管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司自控技术中心站

通信地址:上海市徐汇区中山南二路1089号徐汇苑大厦12楼

邮政编码:200030

电 话:021-64578936

传 真:021-64578936

本规范主编单位:中国石化工程建设有限公司

通信地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

本规范参编单位:福建联合石油化工有限公司

艾默生过程控制有限公司

浙江中控技术股份有限公司

本规范主要起草人员:林 融 黄步余 李 磊 胡红页 吴跃年 张晓刚 张华平 范宗海

龙蔚泓 赵 霄 郭建勋 刘齐忠 郭 诚 杨 茹 魏 华 杨 麟

本规范主要审查人员:裴炳安 叶向东 吕明伦 王雪梅 樊 清 杨云漪 杜 彧 章敦辉

孙建文 梁 达 陈 鹏 徐伟清 曾裕玲 王秋红 任 泓 李 冰

丁兰蓉 严春明 施建设 林洪俊 李 江 宋志远 刘 冰 郭章顺

于宝全 王发兵 张同科

本规范2021年首次发布。

石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范

1 范围

本规范规定了石油化工工程项目中采用基金会现场总线控制系统的工程设计原则和基本要求。

本规范适用于石油化工及以煤为原料制取燃料及化工产品工厂的新建、扩建和改建工程的基金会现场总线控制系统的工程设计。

本规范适用于 GB/T 16657.2 和 IEC 61158-2 标准所定义的现场总线类型 1 的双绞线介质中的 b 类-电压模式（并联耦合）、通信速率为 31.25kbit/s 的现场总线，以及 IEC 61784-1 标准所定义的现场总线行规集 CPF 1 中的基金会现场总线行规 1/1，通信速率为 31.25kbit/s 的低速现场总线（FF H1）。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第 1 部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第 2 部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备
- GB/T 3836.3 爆炸性环境 第 3 部分：由增安型“e”保护的的设备
- GB/T 3836.4 爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备
- GB/T 3836.8 爆炸性环境 第 8 部分：由“n”型保护的的设备
- GB/T 3836.18 爆炸性环境 第 18 部分：本质安全电气系统
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 16657.2 工业通信网络 现场总线规范 第 2 部分：物理层规范和服务定义
- SH/T 3164 石油化工仪表系统防雷设计规范
- IEC 61131-3 Programmable Controllers—Part 3: Programming languages
可编程序控制器—第 3 部分：编程语言
- IEC 61158-2 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—
(Ed.6.0 2014) Part 2: Physical layer specification and service definition
工业通信网络—现场总线规范—第 2 部分：物理层规范和服务定义
- IEC 61784-1 Industrial communication networks—Profiles—Part 1: Fieldbus profiles
(Ed.3.0 2010) 工业通信网络—行规—第 1 部分：现场总线行规

3 术语和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1

现场总线 **fieldbus**

安装在生产过程区域的现场设备或仪表与控制室内的自动控制装置或系统之间的一种数字、串行、双向、多节点通信的数据总线。

3.1.2

现场总线控制系统 fieldbus control system (FCS)

基于现场总线技术的自动化控制系统。

3.1.3

基金会现场总线 FOUNDATION fieldbus (FF)

由 IEC 61158-2 标准所定义的现场总线类型 1、通信速率为 31.25kbit/s 的现场总线；以及 IEC 61784-1 标准所定义的现场总线行规集 CPF 1 中的基金会现场总线行规 1/1，通信速率为 31.25kbit/s 的低速现场总线（FF H1）。

3.1.4

基金会现场总线控制系统 FOUNDATION fieldbus control system (FFCS)

基于基金会现场总线（FF）技术的自动化控制系统。

3.1.5

网段 segment

H1 现场总线的一部分，以终端器为起点和终点。网段可以通过中继器进行扩展延长。

3.1.6

主干 trunk

FF H1 网段上设备之间的主通信线。主干可以由分支来扩展。

3.1.7

分支 spur

一种与主干相连的 H1 分支，属末级电路。

3.1.8

终端器 terminator

一种安装在传输线始端和末端或接近末端位置的阻抗匹配模块，其特性阻抗与传输线相同。

3.1.9

耦合器 coupler

一种用于连接主干电缆和分支电缆，或主干电缆和现场设备的物理接口。

3.1.10

拓扑结构 topology

FF H1 网段的形状和方案，可以有各种形式，比如树型、菊花链型、点对点型、总线带分支等形式。

3.1.11

H1 网段 H1 segment

用于描述通信速率为 31.25kbit/s 的 FF 网段。

3.1.12

H1 现场总线设备 H1 fieldbus device

能够直接与 H1 现场总线连接的现场设备。常见的 H1 现场设备有变送器和阀门定位器。

3.1.13

周期时间 cyclic period

通信循环周期内，用于发布/预订数据的时间。

3.1.14

周期 cycle

设备完成输入信号处理、算法执行和输出值传送的时间之和称为一个周期。

3.1.15

非周期时间 **acyclic period**

通信循环周期内，除了用于发布/预订数据的时间外，用于传送其他信息的时间。

3.1.16

宏周期 **macrocycle**

周期时间与非周期时间之和称为宏周期。

3.1.17

虚拟现场设备 **virtual field device (VFD)**

一个自动化系统的数据和行为的抽象模型，它用于远程查看对象辞典中定义过的就地设备的数据。

3.1.18

对象字典 **object dictionary (OD)**

包括设备中所有功能块（FB）、资源块（RB）和转换块（TB）的参数。通过这些参数，FF H1 网段可以对功能块进行访问。

3.1.19

链路 **link**

一种连接 H1 现场总线设备的逻辑介质。它由一个或多个通过总线、中继器或耦合器互联的物理网段组成。

3.1.20

调度 **schedules**

定义功能块（FB）何时执行，以及其数据和状态何时在总线上发布。

3.1.21

链路活动调度器 **link active scheduler (LAS)**

一个确定的、集中式的总线调度程序，它管理着一张传输时刻表，所有设备中的数据缓冲器中的数据需要周期性地传输，这些数据的传输顺序就由这个传输时刻表来规定。

3.1.22

数据链路层 **data link layer (DLL)**

控制现场总线上的报文传输、并通过链路活动调度器（LAS）管理对现场总线的访问的数据链路。

3.1.23

现场总线报文规范 **fieldbus messaging specification (FMS)**

包含基金会现场总线中应用层服务定义的报文规范。FMS 规定访问功能块（FB）参数的服务和报文格式，以及虚拟现场设备（VFD）中定义参数的对象字典（OD）描述。

3.1.24

现场总线访问子层 **fieldbus access sublayer (FAS)**

将现场总线报文规范（FMS）映射到数据链路层（DLL）的子层。

3.1.25

设备描述 **device description (DD)**

提供虚拟现场设备（VFD）中每个对象的扩展说明，它包括主控制系统或主机理解 VFD 中的数据含义所需的信息。

3.1.26

能力文件 **capabilities file**

描述现场总线设备中通信对象的电子文件。在现场总线设备不在线的情况下，组态设备（如 DCS、

IDM 或手操器等)也能够通过设备描述(DD)文件和能力文件进行现场总线系统的组态工作。

3.1.27

柔性功能块 flexible function block (FFB)

一种比标准功能块具有更多功能的离散型功能块。编程工具可以创建一个具有特定功能的柔性功能块,并规定该柔性功能块的具体功能、块参数的次序和定义,以及块执行所需的时间等。

3.1.28

主控制系统 host

与现场总线 H1 网段相联接的主系统,如:DCS、PLC、工业控制 PC 机等,本规范主系统采用 DCS。

3.1.29

互操作性 interoperability

FF H1 网段上一家生产商的设备与另一家生产商的设备交互作用时,不会丧失各自的功能。

3.1.30

互操作性测试工具 interoperability test kit (ITK)

一种由 FCG 实施的互操作性测试程序。如果设备经过了 ITK 测试,完全符合 FF 总线的各项标准,该设备才能标上 FF 认证标志。

3.1.31

主控制系统互操作性测试 host interoperability support test (HIST)

用于测试主控制系统与 FF 现场设备兼容性的测试。

3.1.32

链路主设备 link master (LM)

任何有能力成为链路活动调度器(LAS)的设备,包括主机接口或某些其他总线设备,它控制 H1 现场总线链路上的通信。

3.1.33

虚拟通信关系 virtual communication relationship (VCR)

在 FF 网络中,设备之间传送信息是通过预先组态好的通信通道进行的,这种在现场总线网络各应用之间的通信通道称之为虚拟通信关系。为了满足不同的应用需要,FF 总线设置了三类虚拟通信关系:发布/预订接收型、客户/服务器型和报告/接收型。

3.1.34

链接对象 link objects

包含同一设备和多个设备之间,功能块(FB)之间输入/输出(I/O)参数之间的连接关系。链接对象直接与虚拟通信关系(VCR)连接。

3.1.35

网络管理 Network Management (NM)

支持基金会 FF H1 网段管理器(NMGr)实体,利用网络管理代理(NMA)执行网段上的管理操作。每个 NMA 负责一个设备的通信。NMGr 和 NMA 利用 FMS 和虚拟通信关系(VCR)进行通信。

3.1.36

资源块 resource block (RB)

描述现场设备的特征,如设备名称、生产商和系列号。每台设备中只能存在一个资源块(RB)。

3.1.37

标准功能块 standard function block

能实现标准控制功能的功能块,它内置在现场总线设备中。标准功能块提供的功能包括模拟输入(AI)、模拟输出(AO)和比例/积分/微分(PID)控制。

3.1.38

现场总线本质安全概念 fieldbus intrinsically safe concept (FISCO)

符合 IEC 60079-27 标准的现场总线本质安全概念或模型,对于获得认证的 FISCO 设备,允许在爆炸危险区域 0 区、1 区和 2 区内的[Ex ia]、[Ex ib]或[Ex ic]本质安全网段上增加电源功率,使得每个本质安全网段上能够带载更多的设备,根据 FISCO 设计网络时,无需计算电容和电感等实体参数。

3.1.39

系统管理 system management (SM)

实现现场总线上功能块(FB)执行和 FB 参数通信的同步,向所有设备发布同步日期时间,自动分配设备地址,以及在现场总线上搜索参数名或控制策略标识。

3.1.40

控制策略标识 tag

表示某个特定的控制回路、过程变量、被测输入量、中间计算值,或上述几者的组合,以及所有与控制输出算法相关的属性集合。每个控制策略标识是唯一的。

3.1.41

控制策略标识号 tag ID

分配给输入、输出、设备项和控制块的唯一字母数字码。控制策略标识号可以包含工厂区域的标识符。

3.1.42

转换块 transducer block (TB)

将从传感器读取的信号转换后输入到功能块(FB)的输入端,或者把功能块(FB)的输出端信号转换成可以直接输出到设备的命令信号。转换块(TB)包含设备的诸如校准日期和传感器类型等信息。每个功能块(FB)的输入或输出端都对应有一个 TB 通道。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本规范。

BPS	Bulk Power Supply	主配电电源
CCS	Compressor Control System	压缩机控制系统
CFF	Common File Format	通用文件格式
DCS	Distributed Control System	分散控制系统
DDF	Device Description File	设备描述文件
DLL	Data Link Layer	数据链路层
EDDL	Electronic Device Description Language	电子设备描述语言
FAS	Fieldbus Access Sublayer	现场总线访问子层
FAT	Factory Acceptance Test	工厂验收测试
FB	Function Block	功能块
FBA	Field Barrier	现场安全栅
FCG	Fieldbus Communication Group	现场总线通信集团
FCS	Fieldbus Control System	现场总线控制系统
FDI	Field Device Integration Technology	现场设备集成技术
FDS	Functional Design Specification	功能设计规格书
FF	FOUNDATION Fieldbus	基金会现场总线
FFB	Flexible Function Block	柔性功能块

FFCS	FOUNDATION Fieldbus based Control System	基金会现场总线控制系统
FFPS	FOUNDATION Fieldbus Power Supply	基金会现场总线电源调整器
FF H1	Low Speed Fieldbus	低速现场总线
GDS	Gas Detection System	可燃和有毒气体检测系统
H1	Fieldbus Device	现场总线设备
FISCO	Fieldbus Intrinsically Safe Concept	现场总线本质安全概念
FJB	Fieldbus Junction Box	现场总线接线箱
HART	Highway Addressable Remote Transducer	可寻址远程传感器高速通信协议
HET	High Energy Trunk	高能量主干网段
HIST	Host Interoperability Support Testing	主控制系统互操作性测试
HMI	Human-Machine Interface	人机接口
HSE	High Speed Ethernet	高速以太网
IDM	Intelligent Device Management	智能设备管理系统
ITK	Interoperability Test Kit	互操作性测试工具
LAS	Link Active Schedule	链路活动调度器
LM	Link Master	链路主设备
MAI	Multi Analog Input	多路模拟输入
MAO	Multi Analog Output	多路模拟输出
MDI	Multi Discrete Input	多路离散输入
MDO	Multi Discrete Output	多路离散输出
MMS	Machinery Monitoring System	机组监测系统
OD	Object Dictionary	对象字典
PID	Proportional/Integral/Derivative Control	比例/积分/微分控制
PLC	Programmable Logic Controller	可编程序逻辑控制器
RB	Resource Block	资源块
SAT	Site Acceptance Test	现场验收测试
SER	Sequence of Events Recorder	顺序事件记录
SIL	Safety Integrity Level	安全完整性等级
SIS	Safety Instrumented System	安全仪表系统
TB	Transducer Block	转换块
VCR	Virtual Communication Relationship	虚拟通信关系

4 工程设计

4.1 总体要求

4.1.1 基金会现场总线控制系统(FFCS)应具有先进可靠的硬件和成熟有效的系统软件及应用软件包,应能满足石油化工工厂的操作、控制、维护及生产精益管理的需要。

4.1.2 FFCS 应具有开放性网络结构和标准通信接口,支持 TCP/IP、OPC、Modbus TCP、Modbus RTU、FF、HART 等通信协议。

4.1.3 智能设备管理系统(IDM)应与 FFCS 可靠集成,并应具备预测诊断、预测维护及设备资产管理功能。

4.1.4 FFCS 应具有安全可靠、系统完整性、互操作性、易维护性及易扩展性。

4.2 设计原则

- 4.2.1 模拟量监视回路应在现场总线设备中实现。
- 4.2.2 单 PID 调节回路宜在现场总线设备中实现，PID 模块宜配置在 FF 阀门定位器中，单 PID 调节回路应在 DCS 中设置显示模块。
- 4.2.3 串级调节回路的主调节回路宜在 DCS 控制器中实现，副调节回路宜在 FF 阀门定位器中实现。
- 4.2.4 复杂调节回路的信号宜采用 FF 现场总线与 DCS 通信，其控制算法应由 DCS 控制器实现。
- 4.2.5 电动机定子温度及轴承温度监控宜采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.6 具有 FF 信号功能的 pH 计、电导率仪等两线制分析仪宜采用 FF 现场总线技术；其他复杂分析仪不宜采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.7 用于顺序控制的开关阀的控制信号及限位开关信号不宜采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.8 SIS、GDS、CCS、MMS、PLC 及专用控制系统不宜采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.9 需高速处理的调节回路不应采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.10 特殊测量仪表不应采用 FF 现场总线技术。

4.3 基础工程设计

- 4.3.1 本阶段应完成 FFCS 工程设计规定，应包括下列内容：
 - a) 确定现场总线拓扑结构；
 - b) 选择网段防爆类型；
 - c) 确定网段负载和宏周期；
 - d) 确定总线电源及总线电缆要求；
 - e) 确定现场总线设备选型；
 - f) 规定 FFCS 其他技术要求。
- 4.3.2 本阶段应完成仪表索引表、FF 仪表规格书。
- 4.3.3 本阶段应完成 FFCS 技术规格书：包括设计原则，供货范围，系统配置，系统硬件功能、软件功能，冗余要求，组态要求，FAT 要求，SAT 要求，培训要求，技术服务要求，初步的 I/O 清单及网段清单等。

4.4 详细工程设计

- 4.4.1 本阶段应完成仪表索引表、仪表规格书、现场总线仪表平面布置图、FF H1 网段图、现场总线电缆表、现场总线接线箱图等。
- 4.4.2 本阶段应确定 FFCS、FF 通信模块 H1 卡、FF 现场总线设备、FF 现场总线辅助设备及 FF 现场总线电缆。
- 4.4.3 本阶段应完成 FFCS 制造厂返回资料的确认。
- 4.4.4 本阶段应完成 FF H1 网段设计，并在仪表工程数据库中补充 FF 参数。
- 4.4.5 本阶段应提供 FF 仪表数据，包括位号、厂家名称、设备版本号、DD/CF 文件版本号、测量量程、显示量程等；应对 FFCS 工程组态提供支持。
- 4.4.6 本阶段应完成 FF H1 网段检查及验证设计。
- 4.4.7 应在 FAT 之前完成终版的仪表规格书、仪表工程数据库及有关设计文件。
- 4.4.8 应在 SAT 之后修改完善仪表规格书及相关设计文件。

4.5 制造厂设计工作

- 4.5.1 FFCS 制造厂应确认现场总线仪表及网段设备选型，并对新注册的 FF 设备进行 ITK 互操作性测

试和 FFCS 兼容性测试。

4.5.2 FFCS 制造厂应完成 FFCS 功能设计规格书 (FDS)。

4.5.3 FFCS 制造厂应设计 FFCS 应用软件工具包, 包括典型的 FF 回路类型定义, FF 回路功能确定, FF 操作面板, 典型实时和历史趋势画面、典型报警及事件记录面板等。

4.5.4 FFCS 制造厂应完成 FF 典型回路功能预测试。

4.5.5 FFCS 制造厂应确认 FF H1 网段校验报告。

4.5.6 FFCS 制造厂应提供用于 FFCS、IDM 的项目完整 DD 文件和应用文件。

4.5.7 FFCS 制造厂应采用标准的组态工具包完成 FFCS 组态。

4.5.8 FFCS 制造厂应完成并发布 FAT、SAT 执行程序。

4.5.9 FFCS 制造厂应完成 FFCS 的 FAT、SAT 并签署 FAT、SAT 报告。

4.5.10 FF 设备制造厂应将设备位号、节点地址、设备等级等 DD 参数写入设备中。

5 网段设计

5.1 基本技术要求

5.1.1 执行标准应为 GB/T 16657.2、IEC 61158-2、IEC 61784-1 和基金会现场总线 FF 系列标准。

5.1.2 通信信号应为曼彻斯特编码、位同步、双向、全数字、2 线制、多节点。

5.1.3 通信波特率应为 31.25kbit/s, 脉冲周期应为 32 μ s/bit。

5.1.4 通信信号电流幅值应为 ± 9 mA, 基准电流 (I_B) 应为 10mA。

5.1.5 通信信号电压幅值应为 0.75V~1V p-p。

5.1.6 网段驱动电压应为 9V~32V DC; 本质安全网段驱动电压应取决于总线安全栅的输出电压。

5.1.7 网段电缆应采用 A 型 FF 现场总线电缆。

5.1.8 网段电缆总长度应为主干电缆长度加各分支电缆长度之和, 且电缆总长度不应超过 1900m。

5.1.9 分支电缆长度范围宜为 1m~100m, 且不应超过 120m。

5.1.10 每个 FF H1 网段挂接现场设备数量不应超过 16 台, 工程上不宜超过 12 台。

5.1.11 整个网段设计和安装过程中应考虑接线极性。

5.2 系统配置与集成

5.2.1 FFCS 系统配置宜包括以下部分:

a) 主控制系统;

b) 冗余 FF 通信模块 H1 卡;

c) FF 现场总线设备, 包括: FF 变送器、FF 阀门定位器、FF 转换器等、FF 数字 I/O 耦合器、FF 指示器等;

d) FF 现场总线辅助设备, 包括: FF 电源调整器、FF 接线箱、FF H1 网段保护器、FF 终端器、FF 现场安全栅、FF 电涌保护器等;

e) FF 现场总线电缆。

5.2.2 FF 现场总线的控制、操作及监视功能应能够通过 FF 功能块的组态集成到 DCS 内。

5.2.3 FF 现场总线的系统组态及生成应能够集成到 DCS 的系统组态工具中, 应包括: H1 网段组态、确认 FF 现场总线设备已注册、FF 操作面板组态等。

5.2.4 FF 设备信息应能集成进入 IDM, IDM 应能实现对 FF 仪表及 HART 仪表统一管理, 包括诊断校验和设置参数修改等。

5.3 FFH1 网段拓扑结构

5.3.1 FFH1 网段拓扑结构宜采用树型、T型和树型+T型组合型，不应采用菊花链型。

5.3.2 网段拓扑结构应根据现场总线设备的密集程度进行选择。树型结构宜用于现场总线设备较密集的区域；T型结构宜用于现场总线设备的安装位置较分散的区域；树型+T型组合型结构宜用于上述两项现场总线设备安装位置并存的区域。

5.3.3 树型拓扑结构（如图 5.3.3 所示）应符合下列要求：

- a) 多台现场总线设备用分支电缆连接至总线接线箱，再用主干电缆连接至主控制系统内的总线电源调整器和 H1 卡；
- b) 每个分支应设有独立的短路保护器。短路保护器限制分支的短路电流不应超过 60mA。短路保护器应安装在 FJB 中。

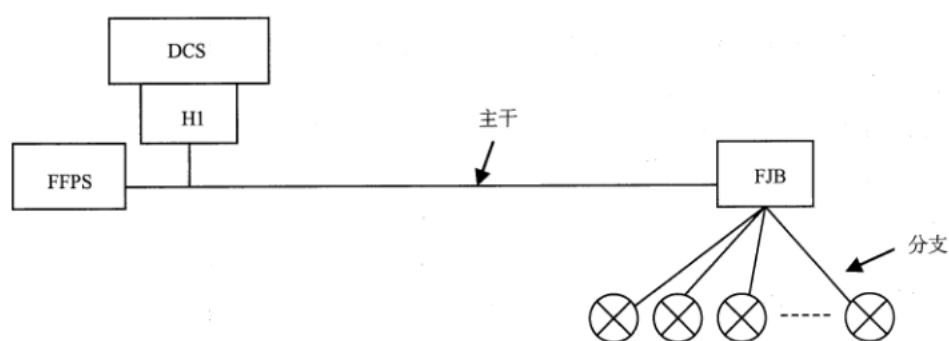


图 5.3.3 树型拓扑结构

5.3.4 T型拓扑结构（如图 5.3.4 所示）应符合下列要求：

- a) 现场总线设备应通过分支电缆在接线盒处与多节点总线网段的主干电缆连接。
- b) 每个分支应设有独立的短路保护器，当任何 1 个分支短路时，不得影响其他分支的正常工作。短路保护器限制分支的短路电流不应超过 60mA。短路保护器应安装在现场总线接线盒中。

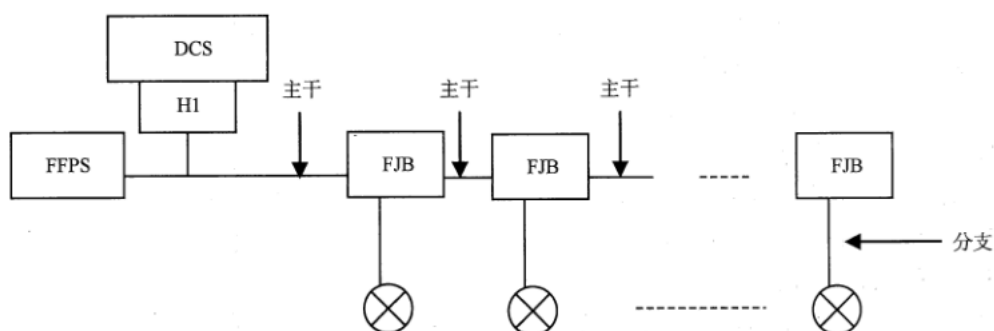


图 5.3.4 T型拓扑结构

5.3.5 T型+树型组合型拓扑结构（如图 5.3.5 所示）的分支电缆应从主干电缆引出，不得从其他分支电缆引出。

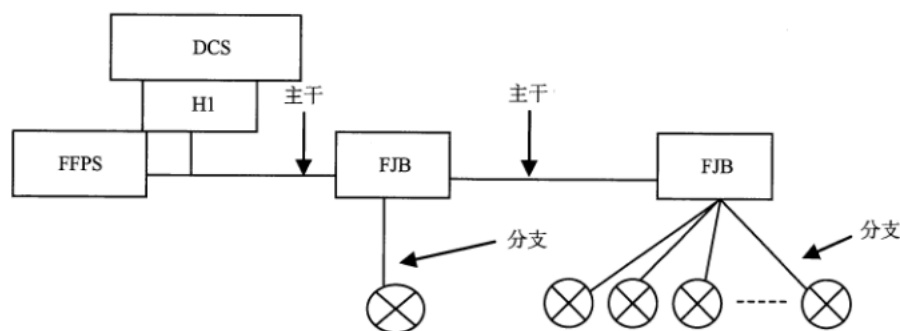


图 5.3.5 T 型/树型组合型拓扑结构

5.4 现场总线设备选择

5.4.1 FF 现场总线设备的互操作性及自诊断功能应符合下列要求：

- 现场总线设备应与 DCS 及 IDM 在联机情况下能够进行互操作性测试；
- 现场总线设备应通过 FCG 的互操作性测试工具 (ITK) 的测试认证，并且应在 FF 现场总线网站上已注册的现场总线设备清单中列出；
- 现场总线设备应具有连续自诊断功能，诊断信息应能在 DCS 的 HMI 上显示并且能存储在 DCS 和 IDM 数据库中；
- 现场总线设备的功能块应已通过 DCS 制造厂的测试和验证。

5.4.2 现场总线功能块应符合下列要求：

a) 现场总线设备的功能块包括以下类型：

- 标准功能块应符合 FF-891：功能块—第 2 部分，包括如下 10 种标准功能块：AI—模拟输入，AO—模拟输出，B—偏差，CS—控制选择器，DI—离散输入，DO—离散输出，ML—手动装载，PD—比例/微分控制，PID—比例/积分/微分控制，RA—比值。
- 先进功能块应符合 FF-892：功能块—第 3 部分，包括如下 19 种先进功能块：脉冲输入，复杂 AO，复杂 DO，步进输出 PID，设备控制，给定值斜率，分线器，输入选择器，信号表征器，停滞时间，计算，超前/滞后，算法，积分器，定时器，模拟报警，离散报警，模拟人机接口，离散人机接口；
- 附加功能块应符合 FF-892：功能块—第 4 部分，包括如下 4 种附加功能块：多路模拟输入，多路模拟输出，多路数字输入，多路数字输出；
- 柔性功能块应符合 FF-892：功能块—第 5 部分，包括如下 1 种柔性功能块：柔性功能块 (IEC 61131-3 逻辑)；

b) 现场总线设备的功能块应具有在线下装功能；

c) 现场总线设备应有组态软件向导功能，通过 DCS 的 HMI 应能对现场总线设备进行组态及调试。

5.4.3 链路主设备应符合下列要求：

- 每个 FF H1 网段应至少设置 1 台链路主设备；
- 具备 LAS 功能的现场总线设备在网段 H1 卡件故障时应能作为链路主设备；
- FF H1 网段宜具有冗余 LAS 功能，即每个网段宜有一台备份的 LAS。

5.4.4 现场总线设备升级应符合下列要求：

- 现场总线设备应内置闪存，并能实现在线升级功能；
- 应对现场总线设备的软件版本、DDF 及 CFF 的版本进行记录和备份。

5.5 现场总线辅助设备选择

5.5.1 FF 通信模块 H1 卡应符合下列要求：

- a) 每个 H1 卡应具备至少能带 2 个 FF H1 网段的能力，每个 FF H1 网段应具备至少能挂接 16 台现场总线设备的能力；
- b) H1 卡应冗余配置，一对 H1 卡连接的 2 个 FF H1 网段应在同一控制柜中进行接线；
- c) 冗余的 H1 卡应配备冗余 24V DC 电源，当 1 路电源故障时，冗余的 H1 卡应均能工作；
- d) H1 卡应具备现场总线设备诊断信息的通信能力，应能将非控制数据传送给现场总线设备资源管理应用程序；
- e) H1 卡应具备热插拔功能。

5.5.2 现场总线设备供电和 BPS 应符合下列要求：

- a) 现场总线设备宜采用总线供电方式；也可采用外部供电方式；
- b) 总线供电的现场总线设备工作电压宜为 13V~32V DC，工作电流宜为 10mA~30mA；
- c) 外部供电的现场总线设备工作电压宜为 24V DC 或 220V AC；
- d) 外部供电的现场总线设备的供电电路应与信号电路（即现场总线）完全隔离；
- e) BPS 应冗余配置，宜与 DCS 共用；
- f) BPS 的输出电压宜为 24V DC，电压波动不应超过 0.1V p-p，应冗余配线至 FFPS 的电源输入端。

5.5.3 FF 电源调整器（FFPS）应符合下列要求：

- a) FFPS 应为 FF H1 网段提供电源，每个网段的供电和 FFPS 应冗余配置，可在线切换；
- b) FFPS 应包括低通滤波、阻抗匹配、输出限压、输出限流和对每个网段的短路保护功能；
- c) FFPS 应由冗余的 BPS 供电，输入电压宜为 24V DC，电压波动不应超过 0.1V p-p；
- d) FFPS 的输出电压宜为 24V~32V DC，输出电流宜为 350mA~500mA，FFPS 应带内部短路保护及限流功能；
- e) 用于本质安全系统的 FFPS 应符合 IEC 60079-27 对于 FISCO 电源的规定；
- f) FFPS 应带对每个网段的供电状态 LED 指示及故障报警接点输出；
- g) FFPS 的绝缘电压应大于 250V DC，接线端子压接线径宜为 $0.2\text{mm}^2\sim 3.3\text{mm}^2$ （12AWG~24AWG）；
- h) FFPS 的电源输出端应对地隔离；
- i) FFPS 应带有集成的现场总线终端器，终端器上应贴有醒目的标识“T”。

5.5.4 FF 接线箱（FJB）与 FF H1 网段保护器应符合下列要求：

- a) 材质：FJB 的材质宜采用不锈钢或铸铝合金。对于增安型（Ex e）及本质安全型（Ex i）接线箱，宜采用不锈钢。对于隔爆型（Ex d）接线箱，宜采用铸铝合金；
- b) 防爆等级：要求接线箱本体及内部所有电气/电子元器件应适用于所安装的爆炸危险区域并具有国家授权防爆认证机构颁发的整体防爆认证证书；
- c) 防护等级：FJB 不应低于 GB/T 4208 和 IEC 60529 所规定的 IP65 防护等级；
- d) 抗冲击强度：FJB 应符合 GB/T 3836.1 对于抗冲击试验的要求。当采用不锈钢时，壳体厚度应大于等于 1.5mm；
- e) 电缆进线口：电缆进线口应位于接线箱底部或侧面，不应位于接线箱顶部。电缆进线口的尺寸应根据最终选定的电缆外径来确定；
- f) 电缆防爆密封接头和堵头：接线箱出厂时均应为每个电缆进线口装配防爆密封接头和防爆密封堵头；
- g) FJB 的外形尺寸应能够安装至少 1 个网段的 FF H1 网段保护器，每个网段应至少带 12 台 FF

设备；

- h) FJB 内应装有现场总线设备网段保护器及端子排；
- i) FF H1 网段保护器上应带有集成的主干供电 LED 指示、各分支短路及过流保护器和短路及过流 LED 指示，短路保护器应能限制分支的短路电流 I_s 不大于 60mA；
- j) 在 FJB 内,对于每个网段均应配备一个内置的总线终端器；
- k) FJB 的端子排上应标明网段号、主干 (Trunk)、分支 (Spur) 及终端器标识 “T” 。

5.5.5 FF 数字 I/O 耦合器应符合下列要求：

- a) FF 数字 I/O 耦合器应具有增安型 (Ex e) 或本质安全型 (Ex i) 防爆认证，可应用于增安型 (Ex e) 或本质安全型 (Ex i) 网段主干；
- b) 对于非本质安全应用，FF 数字 I/O 耦合器可连接电磁阀、LED 指示灯、干接点及接近开关；
- c) 对于本质安全应用,FF 数字 I/O 耦合器可连接最多 8 个本质安全 NAMUR 型 DI 信号及 4 个本质安全电磁阀或带 LED 指示灯 DO 信号；
- d) 负载电流宜为 15mA~30mA,当负载电流达 30mA 时,现场总线设备工作电压应大于 13V DC；
- e) 所有数字 I/O 信号均应有开路 and 短路监视功能及带有 LED 指示；
- f) 输入与输出之间、输入/输出与主干之间均应电气隔离；
- g) FF 数字 I/O 耦合器应具有 2 线制供电和/或 4 线制供电；
- h) FF 数字 I/O 耦合器应安装在独立的接线箱内；
- i) FF 数字 I/O 耦合器可用于以下 FF 功能块：
 - 1) DI、DO；
 - 2) MDI、MDO；
 - 3) 用于脉冲 (频率) 输入的 AI；
 - 4) 用于计数器输入的 CI；
 - 5) 用于逻辑功能的定时器。

5.5.6 FF 终端器应符合下列要求：

- a) FF 终端器应采用 100Ω 电阻及 1μF 电容串联预制，以防止现场总线信号失真及衰减；
- b) 每个 FF H1 网段应安装两个 FF 终端器，一个安装在 FJB 中，另一个安装在 FFPS 内，FF 终端器上需贴有醒目的标识 “T”。

5.5.7 FF 现场安全栅 (Field Barrier) 应符合下列要求：

- a) FF 现场安全栅应具有本质安全系统防爆认证及符合 IEC 60079-27 标准和 IEC 61158-2 物理层技术标准的 FISCO 规定。
- b) FF 现场安全栅应安装在 1 区或 2 区内，所关联的本质安全现场总线设备应安装在 0 区、1 区或 2 区内；
- c) FF 现场安全栅应采用隔离式安全栅；
- d) 主干输入额定电压宜为 16V~32V DC，终端阻抗宜为 100Ω；
- e) 分支输出额定电压最小应为 10V DC (40mA)；
- f) 分支输出额定电流最大应为 40mA；
- g) 各分支应带有独立的短路保护器和短路 LED 指示，短路电流不应大于 50mA；
- h) FF 现场安全栅应安装在 FJB 内。

5.5.8 FF 电涌保护器的设置应符合下列要求：

- a) FFCS 的防雷设计应符合 SH/T 3164 中关于现场总线系统防雷的规定。
- b) FF 主干电涌保护器的设置应符合下列要求：
 - 1) FF H1 网段主干的两端 (系统端和网段保护器端) 所设置的 FF 电涌保护器应区分为非本

- 质安全型（用于增安型及隔爆型主干）和本质安全型（用于本质安全型主干）两类，不应混用；
- 2) 最大持续运行电压不宜低于 36V DC，最大信号电流宜为 650mA~1000mA（本质安全应用宜为 675mA）；
 - 3) 标称放电电流应至少为 10kA（在 8 μ s/20 μ s 电涌实验波形下）；
 - 4) 最大信号电流下的电压保护水平最大为 60V DC；
 - 5) 在系统端的防护等级应至少为 IP20，在网段保护器端的应至少为 IP65；
- c) FF 分支和 FF 现场仪表电涌保护器的设置应符合下列要求：
- 1) 应分为隔爆型（用于隔爆型分支）和本质安全型（用于本质安全型分支）两种类型；
 - 2) 最大持续运行电压不宜低于 36V DC，最大信号电流宜为 550mA；
 - 3) 标称放电电流应至少为 3kA（在 8 μ s/20 μ s 电涌实验波形下）；
 - 4) 最大信号电流下的电压保护水平最大为 60V DC；
 - 5) FF 分支电涌保护器的防护等级应至少为 IP54（应安装在 FJB 内）；
 - 6) FF 现场仪表的电涌保护器分为外置式和内置式，外置式的防护等级应至少为 IP65。

5.6 现场总线电缆选择

5.6.1 FF 现场总线电缆应符合下列要求：

- a) FF H1 电缆应符合 IEC 61158-2 标准；
- b) 应采用 A 型 FF 现场总线电缆。

5.6.2 IEC 61158-2 标准规定的 A 型 FF 电缆主要技术参数如表 5.6.3 所示，详细的规格参数应符合附录 A 规定。

表 5.6.2 FF 现场总线 A 型电缆主要技术参数（环境温度为 25℃时的最低要求）

参数项	数值
线号	18AWG (0.8mm ²)
屏蔽	90%覆盖率
衰减值	39kHz 时 3db/km
最大工作电容 (@1kHz)	78nF/km
特性阻抗	31.25kHz 时 100 Ω ±20%
最大传播延迟 (@7.8kHz~39kHz)	1.7 μ s/km
对屏蔽最大不平衡电容 (@1kHz)	2nF/km

5.7 FF H1 网段设计

5.7.1 FF H1 网段设计应符合下列基本要求：

- a) FF H1 网段设计应具备下列条件：
 - 1) 工艺管道及仪表流程图 P&ID 已确定；
 - 2) 过程控制策略已确定；
 - 3) 现场总线设备选型已确定；
 - 4) 现场总线设备的安装位置已确定；
 - 5) 在 DCS 控制器中，现场总线设备的 I/O 分配已基本完成；
- b) 确定网段的拓扑结构；

- c) 对于非本安型网段和非本安型主干设计, 每个 FF H1 网段现场总线设备不宜超过 12 台, 不应超过 16 台;
- d) FF H1 网段的主 LAS 功能应设置在冗余的 H1 卡中, 每个网段宜至少有一个后备 LAS, 后备 LAS 宜设置在可靠、可长周期连续运行及非关键的现场总线设备中;
- e) 每个 FF H1 网段可最多处理 64 个功能块 (FB);
- f) 每个 FF H1 网段可最多处理 20 个 VCR 发布器或 20 个 VCR 接受器, 但 VCR 总数不得超过 25 个;
- g) 每个 FF H1 网段现场设备端的供电电压不应低于 13V DC;
- h) 每个 FF H1 网段上所有现场总线设备的最大工作电流之和不应超过 FFPS 的额定电流值;
- i) 每个 FF H1 网段宜留有至少 25% 的备用量, 包括总线电流、VCR 和功能块的裕量。

5.7.2 FF H1 网段回路分配应符合下列要求:

- a) 同一调节回路的所有现场总线设备宜分配在同一网段上;
- b) 每个 FF 网段应最多分配 3 个一般调节回路, 或应最多分配 1 个关键调节回路。
- c) 用于主工艺设备 (如主泵) 与备用工艺设备 (如备泵) 的现场总线设备宜分配在不同的网段中;
- d) 采用多点温度测量的设备, 宜将现场总线设备均匀地分布在不同的网段中;
- e) 现场总线的调节阀和开关阀应组态为当主控制系统通信故障时的阀位和气源故障时的阀位相同。

5.7.3 FF H1 网段功能块分配应符合下列要求:

- a) 模拟输入块 (AI) 应分配在变送器上;
- b) 单 PID 调节控制回路, PID 功能块宜分配在 FF 阀门定位器上;
- c) 串级调节控制回路, 主回路的 PID 功能块宜设置在 DCS 控制器内, 副回路的 PID 功能块宜设置在 FF 阀门定位器内;
- d) 复杂控制回路的 PID 功能块应在 DCS 控制器内执行;
- e) 复杂工艺计算和逻辑功能块应在 DCS 控制器内执行。

5.7.4 FF H1 网段执行时间应符合下列要求:

- a) 每个网段应以唯一的宏周期运行, 不应在单个网段上采用多个宏周期;
- b) 网段的宏周期应与模块的执行时间相匹配, 所有挂在网段上设备的宏周期应以执行速度最快的回路为准, 同时须确保网段不会过载;
- c) 每个 FF H1 网段的宏周期宜为 500ms~1000ms, 缺省值宜为 1000ms。

5.7.5 现场总线电缆长度计算应符合下列要求:

- a) 根据 IEC 61158-2 标准规定:

$$L_{total} = L_{trunk} + \sum L_{spur} \dots\dots\dots (5.7.5)$$

式中:

L_{total} —— 现场总线电缆总长度, m;

L_{trunk} —— 主干电缆长度, m;

L_{spur} —— 分支电缆长度, m。

- b) 现场总线电缆总长度不应超过 1900m, 分支电缆长度宜为: 1m~100m, 且不应超过 120m。

5.7.6 现场总线电压降计算应符合下列要求:

- a) 每个 FF H1 网段现场总线设备端的供电电压不应低于 13V DC, 应有 4V DC 电压裕量;
- b) 每个 FF H1 网段的 FFPS 输出电压应在 24V~32V DC 之间;
- c) A 型 FF 总线电缆的直流回路电阻为 44Ω/km;
- d) 已注册的 FF 现场总线设备的最大耗电电流在 10mA~30mA 之间, 分支短路电流为 40mA~

60mA, 要求:

$$I_{\max} = \sum I_{\text{avg}} + I_{\text{short}} + I_{\text{H1}} + I_{\text{tool}} \leq I_{\text{rated}} \quad \dots\dots\dots (5.7.6-1)$$

式中:

- I_{\max} —— 网段最大工作电流, A;
- I_{avg} —— 现场总线设备平均耗电流, A;
- I_{short} —— 分支短路电流, A;
- I_{rated} —— FFPS 额定输出电流, A;
- I_{H1} —— 网段 H1 卡耗电电流, 本规范取 0.04A;
- I_{tool} —— 网段诊断工具耗电电流, 本规范取 0.01A。

$$R_{\text{trunk}} = L_{\text{trunk}} \times R_{\text{unit}} \quad \dots\dots\dots (5.7.6-2)$$

$$R_{\text{max-spur}} = L_{\text{max-spur}} \times R_{\text{unit}} \quad \dots\dots\dots (5.7.6-3)$$

式中:

- R_{trunk} —— 网段主干直流电阻, Ω ;
- L_{trunk} —— 网段主干电缆长度, km;
- $R_{\text{max-spur}}$ —— 网段最长分支直流电阻, Ω ;
- $L_{\text{max-spur}}$ —— 网段最长分支电缆长度, 本规范取 0.1km;
- R_{unit} —— 单位长度电缆的直流回路电阻, 本规范取 44 Ω /km。

$$U_{\max} = I_{\max} \times (R_{\text{trunk}} + R_{\text{max-spur}}) + U_{\text{protector}} \leq U_{\text{allow}} \quad \dots\dots\dots (5.7.6-4)$$

式中:

- U_{\max} —— 网段最大直流电压降, V;
- $U_{\text{protector}}$ —— 网段保护器直流电压降, 本规范取 1V;
- U_{allow} —— 网段允许直流电压降, V。

5.7.7 现场总线接地应符合下列要求:

- a) FF 现场总线信号回路中的任何一点应与地完全绝缘;
- b) 现场总线电缆的屏蔽层应在 DCS 机柜侧单端接地, 在现场侧应与现场总线设备绝缘;
- c) 在现场总线接线箱内, 主干电缆与分支电缆的屏蔽层应通过接线端子良好导通。

5.7.8 现场总线系统的防雷、防电涌应符合下列要求:

- a) 现场总线系统的防雷、防电涌设计, 应符合 SH/T 3164 中关于现场总线系统防雷的规定;
- b) FF 电涌保护器的设置应确保不影响现场总线的信号测量和改变现场总线网段的特性。

5.7.9 现场总线信号衰减值计算应符合下列要求:

- a) 现场总线信号沿电缆传输时的信号实际衰减值 (A_{actual}) 应小于等于信号允许衰减值 (A_{permit});
- b) 信号允许衰减值的计算公式如下:

$$A_{\text{actual}} = 20 \times \lg(U_{\text{trans}}/U_{\text{receive}}) \leq A_{\text{permit}} \quad \dots\dots\dots (5.7.9)$$

式中:

- A_{actual} —— 信号实际衰减值, dB;
- A_{permit} —— 信号允许衰减值, dB;
- U_{trans} —— 传输信号幅值, V DC;
- U_{receive} —— 接收信号幅值, V DC。

5.8 现场总线防爆设计

5.8.1 现场总线的气体环境防爆设计最低要求应符合表 5.8.1 的规定。

表 5.8.1 现场总线气体环境防爆设计方法

防爆设计方法		控制室	现场（气体环境危险区域）					遵循防爆标准 ^a	
现场设备区域	网段防爆设计方案	电源调整器 FFPS	网段主干 ^b （1、2区）	接线箱 FJB ^{a-b} （1、2区）	网段保护器 ^c /FBA ^c （1、2区）	网段分支（0、1、2区）	现场设备 ^a （0、1、2区）	国家标准 GB/T 3836	国际标准 IEC 60079
0区	Ex e 主干+ Ex ia 分支 FBA	普通型	Ex e	Ex e/Ex d	Ex e/ Ex [ia]	Ex ia	Ex ia	.2, .3 .4	-1, -7 -11, -25
	Ex ia（FISCO 认证）	FISCO [ia] ^d	Ex ia	Ex ia/Ex e	Ex e/ Ex [ia]	Ex ia	Ex ia	.3, .4 .4, .18	-7, -11, -25 -11, -27
1区	Ex e/Ex d 高能量网段	普通型	Ex e	Ex e/Ex d	Ex e	Ex e	Ex d	.2, .3 .2, .3	-1, -7 -1, -7
	Ex e 主干+ Ex ia 分支 FBA	普通型	Ex e	Ex e/Ex d	Ex e/ Ex [ia]	Ex ia	Ex ia	.2, .3 .4	-1, -7 -11, -25
	Ex ia（FISCO 认证）	FISCO [ia] ^d	Ex ia	Ex ia/Ex e	Ex e/ Ex [ia]	Ex ia	Ex ia	.3, .4 .4, .18	-7, -11, -25 -11, -27
2区	Ex e/Ex d 高能量网段	普通型	Ex e	Ex e/Ex d	Ex nA	Ex e	Ex d	.2, .3, .8 .2, .3	-1, -7, -15 -1, -7
	Ex e 主干+ Ex ic 分支	普通型	Ex e	Ex e/Ex d	Ex nA/ Ex [ic]	Ex ic	Ex ic	.2, .3, .8 .4	-1, -7, -15 -11, -25
	Ex ic（FISCO 认证）	FISCO [ic] ^e	Ex ic	Ex ic/Ex e	Ex nA/ Ex [ic]	Ex ic	Ex ic	.8, .18 .4, .18	-7, -11, -15 -11, -27

^a 安装在 1 区及 2 区的 FJB 和安装在 0 区、1 区及 2 区的现场设备防护等级不应低于 IP65。
^b 主干及 FJB（带网段保护器/现场安全栅 FBA+终端器）仅限于安装在 1 区和 2 区。
^c 网段保护器和/或现场安全栅仅限于安装在 FJB 内，“Ex [ia]、Ex [ic]”表示本安关联设备。
^d FISCO [Ex ia]认证电源的安全参数应符合 IEC 60079-27 Ed 2.0 的 4.2.2 条规定，现场设备应符合 4.3.2 条规定。
^e FISCO [Ex ic]认证电源的安全参数应符合 IEC 60079-27 Ed 2.0 的 4.2.3 条规定，现场设备应符合 4.3.3 条规定。
^f 由于本安防爆型式 Ex ib 在石油化工现场仪表选型中应用较少，本规范不做规定，需要时，可选用 Ex ia 型替代。

5.8.2 当现场设备绝大部分安装在 2 区、极少量安装在 1 区时，宜按照下列优先级（从高到低）顺序选择网段的防爆设计方案：

- Ex e/Ex d 高能量网段防爆设计方案；
- 增安型 Ex e 主干+本安型 Ex ia 分支（配现场安全栅 FBA）防爆设计方案；
- Ex ia（FISCO 认证）本安网段防爆设计方案。

5.8.3 当现场设备全部安装在 2 区时，宜按照下列优先级（从高到低）顺序选择网段的防爆设计方案：

- Ex e/Ex d 高能量网段防爆设计方案；
- 增安型 Ex e 主干+本安型 Ex ic 分支（配现场安全栅 FBA）防爆设计方案；
- Ex ic（FISCO 认证）本安网段防爆设计方案。

6 主控制系统设计

6.1 采用标准产品

- 6.1.1 主控制系统应采用标准的硬件/固件、系统软件和应用软件。
- 6.1.2 对用户软件进行组态时，不对系统软件和应用软件进行修改，对系统软件和应用软件进行升级时，不得影响用户软件的正常运行。
- 6.1.3 组态控制策略时，应采用主控制系统内置的标准功能块。

6.2 备用容量和扩展

- 6.2.1 对主控制系统进行硬件配置时，对于每个工艺单元的各种 I/O 模件应预留至少 20% 的备用通道，在机柜内应预留至少 20% 的备用空间。
- 6.2.2 主控制系统带载的 FF H1 网段数量应预留至少 25% 的裕量。
- 6.2.3 主控制系统的电源、软件、通信负荷和其他各种负载应满足控制站及其 I/O 单元满负荷时仍具有至少 40% 以上的工作裕量，负荷计算时，I/O 点数与控制周期的比例宜为：10% 为 0.2s；30% 为 0.5s；60% 为 1s。PID 控制模块的数量宜按各控制站 AO 点数（包括 FF 的 AO 点数）的两倍计算，控制周期宜按 1s（宏周期宜按 1000ms）计算。
- 6.2.4 当新的 FF 现场总线设备连接到 FF H1 网段时，FF H1 网段应能够利用网段自寻址技术，自动为其分配唯一的新地址。

6.3 互操作性

- 6.3.1 主控制系统应按照 HIST 技术规范 FF-569 通过 HIST 测试。
- 6.3.2 HIST 测试通过后，应取得由 FCG 出具的主控制系统一致性证书，以确认测试完毕并支持 FF-569 技术规范的性能。
- 6.3.3 主控制系统应采用 FCG 网址上提供的注册设备描述。

6.4 基金会现场总线功能

- 6.4.1 主控制系统应具有下列 FF 现场总线功能：
 - a) 网段自动节点寻址；
 - b) 互操作性；
 - c) 应采用标准 DD、EDDL 或 FDI 对现场设备直接组态；
 - d) FF 设备运行、维护和诊断数据集成；
 - e) 调整参数、模式、报警和数据；
 - f) 具备在线组态下装功能；
 - g) 具备向现有网段中添加新的现场设备，并且可以进行在线组态；
 - h) 应提供设备 DD 库文件；
 - i) 对现场总线设备的固件改动后，主控制系统软件的升级不应受到影响。
- 6.4.2 主控制系统应具有下列 FF 现场总线数据传输、处理和存储能力：
 - a) 主控制系统中的主数据库应能传输、处理和存储全部 FF 现场总线设备参数；
 - b) 外部组态工具不应能对 FF 现场总线设备参数进行组态及修改；
 - c) 在主控制系统中集成的 IDM 服务器应能传输、处理和存储全部 FF 现场总线设备诊断信息。

6.5 组态工具

- 6.5.1 主控制系统应具有下列功能及性能：
 - a) 将 FF 功能组态到内部专用功能块时，主控制系统采用的内部镜像或映射功能块应对组态工程师、技术维护人员和操作员完全透明；

- b) 组态和操作应采用唯一的和独立的功能块和位号参数名;
- c) FF 组态工具应能够实现主控制系统组态数据库的无缝集成和透明管理;
- d) 软件仿真和测试部分和所有的 FF 控制策略;
- e) 组态大型项目数据库时, 能够导入外来的批量组态数据;
- f) 应能创建或修改简单或复杂的在线 FF 控制策略;
- g) 透明管理宏周期调度, 包括保持最小的非周期时间;
- h) 应能统计及协调整合 FF 功能块的执行次数;
- i) 提供 FF 组态错误的警示和报文;
- j) 应能够实现目标功能块和链路调度程序的局部或增量式在线下载;
- k) 应能保存和恢复主数据库及目标控制策略。

6.5.2 主控制系统应具有下列集成功能:

- a) 用于 FFCS 的工程、组态、维护和操作软件应能够与主控制系统实现兼容和无缝集成;
- b) 不应采用只针对 FF 的独立软件工具、显示或程序。

6.6 冗余和稳定性

6.6.1 冗余

- a) 主控制系统控制器电源应冗余;
- b) 主控制系统控制器应冗余;
- c) FF H1 网段的 H1 卡应冗余;
- d) FFPS 应冗余。

6.6.2 稳定性

- a) 主控制系统应具备足够的稳定性来处理失效组件的冗余无扰动切换;
- b) 主控制系统控制器的最大负荷不应大于 60%。
- c) 对于所有采用冗余的节点, 主控制系统应具备在线升级软件的能力;
- d) 主控制系统内任何一处的单点故障不得引起其他控制回路失效;
- e) 任何单个设备的失效不得影响系统与其他设备的通信, 切换不得中断任何系统功能;
- f) 冗余设备和软件应对故障进行连续监视, 所有模块都能够在线自诊断, 为便于找出失效模块, 故障报警应提供错误报文;
- g) 主控制系统内的全部模块(包括 H1 卡)应具备带电热插拔功能。

6.7 维护和诊断

6.7.1 主控制系统应能够对所有 FF 设备进行组态、调试、诊断和维护, 并且可以从主控制系统工程师站中调用, 同时支持下列功能:

- a) 所有 FF 总线网段上的负载报告和通信出错计数;
- b) H1 网段的调度报表(时间表);
- c) 更换 FF 现场设备时, 支持变更管理的在线协调功能;
- d) 报表、报警和确认所有设备报警的功能;
- e) 利用位置标志符模板向网段添加新 FF 设备;
- f) FF 设备在离线、备用、待机、调试和不匹配状态下的切换, 以及透明管理方式修改所有地址;
- g) 简单和复杂的调试功能, 包括变送器量程切换、调零和调节阀定位器设置;
- h) 采用必要的维护程序, 支持 DD 方法并为所有维护功能提供菜单(向导);
- i) 对采用特定语言描述和定义的所有 FF 设备, 提供具体的维护显示, 并且能够访问所有参数;

- j) 为实现快速更换设备，应具有将现有 FF 设备组态（所有的功能块和参数）镜像映射到新 FF 设备的功能；
- k) 从操作站和工程师站上应能够调用调度和维护的显示画面。

6.8 基于计算机的维护和先进诊断

6.8.1 基于计算机的维护和先进诊断应符合下列总体要求：

- a) 基于计算机的维护软件应具备资产管理和保护功能；
- b) 基于计算机的维护系统应独立于主控制系统操作站和工程师工作站，可用于管理和显示实时和历史诊断、维护信息，但不能完全取代集成到主控制系统中的调试和维护功能；
- c) 基于计算机的维护内容包括工厂内运行设备的测量、管理和控制。

6.8.2 基于计算机的维护和最低诊断功能如下：

- a) 诊断功能至少应能报告设备的关键故障并应通过 FF 报警和警示的方式报告给主控制系统；
- b) 诊断不宜采用轮询方式。诊断应向操作员和控制回路反应数据质量，并应产生专门用于维护的独立诊断报告。

6.8.3 基于计算机的维护和先进诊断功能应符合下列要求：

- a) 提供独立的维护工作站，使设备诊断与操作功能相互独立；
- b) 合理规划日常维护任务，比如回路检查、组态和校准；
- c) 实现可靠诊断的预维护功能，在故障发生前采取维护；
- d) 诊断和维护活动的自动文档记录；
- e) H1 卡应能将非控制数据直接传送给 IDM 服务器。

7 文档要求

7.1 基本要求

7.1.1 FFCS 的设计宜提供下列工程文档，但不仅限于表 7.1.1 的内容。

表 7.1.1 现场总线工程文档清单

序号	工程文档名称	设计方提供文档	制造厂提供文档
1	仪表索引表（DCS I/O 数据库）	是（仪表索引表）	是（DCS I/O 数据库）
2	仪表规格书（现场总线设备数据表）	是	否
3	网段位置图（网段平面配线图）	是	否
4	网段分配图（代替仪表回路图）	否	是
5	网段边界条件计算	否	是
6	网段检查表	否	是
7	风险管理报告	否	选项
8	设备功能块参数缺省组态表	否	选项
9	FFCS 功能设计规格书 FDS	否	是
10	FAT、SAT 测试程序及测试报告	否	是
11	产品技术规格书、安装手册、培训手册、维护手册等制造厂资料	否	是

7.2 文件要求

7.2.1 仪表索引表应由设计方提供，其中宜包括：回路位号/仪表位号、仪表名称及用途、信号类型（其中 FF 信号用 FF-AI、FF-AO、FF-DI、FF-DO、FF-PI 表示）、安装位置、P&ID 号、管线或设备号、介质名称/状态、量程/单位、操作温度、操作压力、备注等信息。

7.2.2 仪表规格书应由设计方提供，除了包含常规规格项外，在各类变送器规格书的电源项应填“H1 DC Volts”、输出信号项应填“FF ITK (Latest)”；在 FF 阀门定位器的输出信号项应填“FF ITK (Latest)”；对于每类 FF 仪表还应包括单独 1 页的现场总线设备数据表。

7.2.3 网段位置图（网段平面配线图）应由设计方提供，其中宜包括：现场设备安装位置、FJB 布置、主干电缆走向及长度、全部分支电缆走向及长度等信息。

7.2.4 网段分配图应由制造厂提供，其中宜包括：网段号、FJB 号及端子号、现场设备位号及端子号、主干电缆号、全部分支电缆号、终端器位置等全部网段连接信息（不含 H1 卡和 FFPS）。

7.2.5 网段边界条件应由计算制造厂提供，其中应包括：网段电缆长度计算、网段电压降计算、网段电流负荷计算、网段信号衰减值计算。

7.2.6 网段检查表应由制造厂提供，其中宜包括下列检查项：

- a) 完整的网段测试和试运行；
- b) 测试/确认主控制系统与现场设备具有相同的固件/软件版本；
- c) 测试/确认在主控制系统中所用的全部 H1 卡具有相同的固件/软件版本；
- d) 检查网段通信参数是否正确并且宏周期已正确设定；
- e) 检查 FFPS 功能是否正常且是否有故障信息通信到主控制系统；
- f) 检查网段是否有短路；
- g) 检测网段总的电流消耗；
- h) 检查 H1 卡是否正常且是否有故障信息在主控制系统中产生；
- i) 检查备用 LAS 功能是否正确；
- j) 在网段稳定时检查通信负荷是否超过 70%（选项）；
- k) 检查网段是否具有能够额外增加 2 台现场设备的扩展能力（选项）。

7.2.7 FFCS 制造厂宜提供风险管理报告（选项）。

7.2.8 FFCS 制造厂宜提供设备功能块参数缺省组态表（选项）。

7.2.9 FFCS 制造厂应提供 FFCS 功能设计规格书 FDS，包括硬件 FDS、软件 FDS。

7.2.10 FFCS 制造厂应提供 FAT、SAT 测试程序及测试报告。

7.2.11 FFCS 制造厂应提供安装手册、产品技术规格书、培训手册、维护手册等。

附录 A

(规范性)

FF 电缆结构和技术规格参数

IEC 61158-2 标准规定的 FF 现场总线 A 型电缆结构型式如图 A 所示。

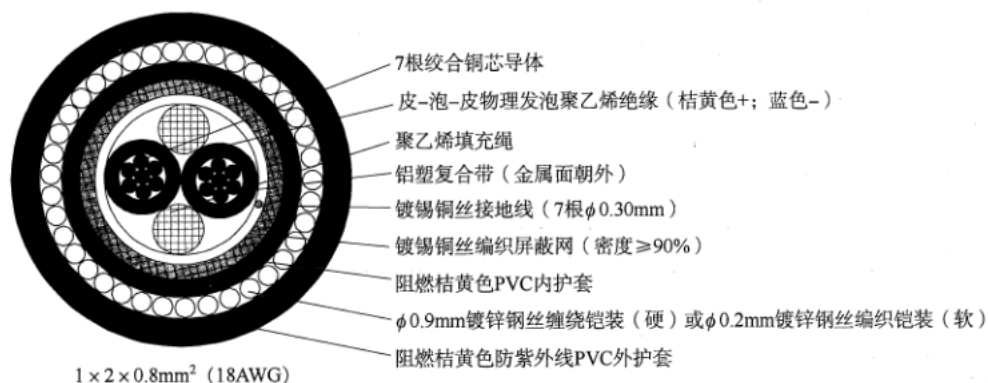


图 A FF 现场总线 A 型电缆结构型式

(铜芯阻燃 PE 绝缘 PVC 护套双绞线屏蔽钢丝铠装 FF 现场总线 A 型电缆 1×2×0.8mm²)

FF 现场总线电缆导体结构参数见表 A.1，电缆性能参数见表 A.2。

表 A.1 FF 现场总线电缆导体结构参数

电缆类型	主要结构	导体标称截面积 (mm ²)	美标线规 AWG		股数/直径 (mm)	最大允许长度 (m)
			AWG	股数/AWG		
A	屏蔽双绞线	0.80	18	7×26	7/0.40	1900
B	多芯总屏蔽	0.32	22	7×30	7/0.25	1200
C	多芯无屏蔽	0.13	26	7×34	7/0.16	400
D	普通导线	1.25	16	19×29	19/0.29	200

表 A.2 FF 现场总线电缆性能参数

规格项目	工程单位	电缆类型				备注
		A	B	C	D	
电气性能						
传输模式	—	电压	电压	电压	电压	
传输速率	kbit/s	31.25	31.25	31.25	31.25	
导体最大直流 分布电阻@25℃	Ω /km	44	112	264	40	
导体-屏蔽间 最小绝缘电阻@20℃	G Ω /km	16	20	20	20	
特性阻抗 @31.25kHz	Ω ±%	100±20	100±30	—	—	
最高工作电压	V RMS	300	300	300	300	

表 A.2 FF 现场总线电缆性能参数 (续)

规格项目	工程单位	电缆类型				备注
		A	B	C	D	
最高耐电压:						
芯-芯	kV×min	1.0×1	1.0×1	1.0×1	1.0×1	不击穿
芯-屏蔽	kV×min	1.0×1	1.0×1	—	1.0×1	不击穿
最大工作电容 @1kHz	nF/km	78	70	60	80	
对屏蔽层最大 不平衡电容@1kHz	nF/km	2	6	—	—	
最大分布电感	mH/km	0.7	0.7	0.7	0.7	
最大电感电阻比	μH/Ω	25	20	15	30	
最大衰减 @39kHz	dB/km	3.0	5.0	8.0	8.0	
7.8kHz~39kHz 最大传播延时	μs/km	1.7	—	—	—	
屏 蔽 最小覆盖率	%	90	90	—	90	
机械物理性能						
绝缘老化前:						
抗张强度	MPa	最小 5.0	—	—	—	
断裂伸长率	%	最小 300	—	—	—	
绝缘老化后 (100℃, 7d):						
抗张强度变化率	%	最大±25	—	—	—	
断裂伸长率变化率	%	最大±25	—	—	—	
护套老化前:						
抗张强度	MPa	最小 12.5	—	—	—	
断裂伸长率	%	最小 150	—	—	—	
护套老化后 (100℃, 7d):						
抗张强度变化率	%	最大±25	—	—	—	
断裂伸长率变化率	%	最大±25	—	—	—	

附录 B

(资料性)

工厂验收测试 (FAT)

B.1 简介

B.1.1 常规控制系统的工厂验收测试 (FAT) 针对的是系统和子系统,并不适于现场设备。通过 FAT 对所有的现场设备进行测试是不大现实的,但是通过现场总线 FAT,对一小部分有代表性的现场设备进行测试是必须的。本文档将说明上述测试时采用的程序。

B.1.2 工厂验收试验集中对图形、数据库、电源、通信和其他的系统集成性能和功能做确认。现场总线测试的目的是为上述系统测试提供支持。严格的现场总线测试将在现场集成测试时进行。其他的现场总线设备将在现场集成测试时测试。

B.2 出厂测试

B.2.1 出厂阶段的测试规划和执行程序应由系统制造厂和客户共同制定,并得到所有各方的认可。建议出厂测试时各类现场总线设备宜至少要提供一个样机测试。这取决于技术规范中对功能性测试的要求,建议的测试内容如下:

- a) 互操作性:系统中每个组态至少测试 1 个例子的功能;
- b) 控制策略和/或控制方法组态确认;
- c) 备用 LAS 功能测试;
- d) 第三方系统通信 (即 OPC 通信);
- e) 将设备由一个网段移动到另一个网段。

B.3 工厂验收测试 (FAT) 要求

主控制系统的工厂验收试验应与如下现场总线的附加测试一并执行:

B.3.1 功能性测试

项目中各 FF 设备的全套功能性应进行测试 (即第三方产品)。该测试包括但不仅限于:主控制系统即插即用的互连性、所有功能块的访问确认、实际设备的运行 (例如阀门/MOV、变送器过程输入的仿真等)。

B.3.2 标定测试

该测试包括各类 FF 设备的标定和设置。请看如下的例子:

- a) 温度变送器:
更改 RTD/热电偶类型和下载变送器量程
- b) 压力变送器:
压力和 DP 变送器调零
DP 液位变送器调零

c) 阀门定位器:

调节阀上新定位器的设置和校准

上述测试应在保证系统中其他设备在线和受控的情况下执行, 否则部分控制回路应正常。

B. 3.3 校准和设置程序

各类设备的所有校准和设置程序应由制造厂提供, 并且得到最终用户首席项目工程师的书面批准。

B. 3.4 冗余切换测试程序

制造厂应提供 H1 接口卡件和现场总线功率调节器的冗余故障保护测试程序。该测试应确保自动故障切换时不会导致停车 (例如信号冲撞、操作员窗口不能运行、模式切换等)。所有 H1 接口卡件和现场总线功率调节器都应测试。该程序由制造厂负责制定, 并得到最终用户首席项目工程师的批准。

所有供电电源和功率调节器故障报警都应测试和解决。

B. 3.5 网段测试程序

每个网段 (端口), 包括备件, 应在至少连接一个在线现场总线设备的情况下测试。现场总线设备应与现场接线的端子板或现场总线功率调节器的系统电缆下游连接。该程序由制造厂负责制定, 并得到最终用户首席项目工程师的批准。

B. 4 FAT 执行程序

制造厂应提前一个月向买方提交 FAT 执行程序。FAT 执行程序包括三部分: 网段检查、设备检查和数据校正 (备注: 后者可能是 FAT 其他部分的内容)。

B. 4.1 网段检查

对于每个待测试的 FF H1 网段, 需完成如下步骤:

- a) 根据 FAT 执行程序完成网段测试和调试;
- b) 测试/确认主控制系统和设备具有相同的固件/软件版本;
- c) 测试/确认主控制系统采用的所有 H1 接口卡件具有相同的固件/软件版本;
- d) 检查相关网段的通信参数是否正确, 以及各网段的宏周期是否设置;
- e) 检查功率调节器模块工作是否正常, 以及故障是否能够传送到主控制系统;
- f) 检查网段是否能够由短路状态恢复;
- g) 测量总的消耗电流;
- h) 检查 FF 总线主控制系统接口模块是否工作正常, 以及故障是否被主控制系统识别;
- i) 检查备用 LAS 是否工作正常, 以及是否能够正常进行调度;
- j) 利用总线监视器捕获和检查稳态 (无下装) 情况下的通信负荷, 需要采用小于 70% 的负载, 在 FF FAT 检验表中记录所有的结果;
- k) 确保足够的备用容量以连接两个额外的 FF 设备, 并利用总线监视器观测带宽;
- l) 监视器至少能够稳定运行 12h。

B. 4.2 设备检查

待测试的所有设备应视为网段的一部分, 按照 B.4.1 的内容进行测试, 测试步骤如下:

- a) 检查该设备的数据库是否正常。数据库在修改相关范围、报警、单位等参数后, 通过与相关文

档的对比，确认数据库是否正确；

- b) 向 FF 设备执行下载，并确认 FF 组态器和总线监视器都没有出现不能解释的错误。

B.4.3 数据校正

对驻留在 FF 设备（如 AI、PID 或 AO 块）中的每一个参数，完成如下步骤：

- a) 根据 AI（AO）功能块和转换块的需要，确认刻度和工程单位是否正确设置；
- b) 确认 FF 设备，相关的面板、图形和趋势中刻度和工程单位组态正确，并且一致；
- c) 模拟过程变量的一半量程并确认；
- d) AI（AO）块中，PV 参数域中过程变量显示正确；
- e) 过程图形中 PV 参数组态的地方显示相同的数值；
- f) （历史）趋势中 PV 参数组态的地方显示相同的数值；
- g) 当同一设备生成的过程变量（如果有多个过程变量，则需对每个参数进行单独检查）超过限值时，确认操作员和/或维护工作站上出现预组态报警；
- h) 当设备为阀门定位器，执行如下步骤：
 - 1) 确认 AO 块位于 CAS 模式；
 - 2) 确认 PID 块位于 MAN 模式；
 - 3) 在控制器面板上手工输入控制器输出值；
 - 4) 确认阀门定位器保持相同的输出。

B.4.4 制造厂所提供的测试和校准设备

制造厂应提供所有测试必需的专用工具、测试仪器、测试软件、测试和校准设备的技术规格书或使用说明书。

附 录 C
(资料性)
现场验收测试 (SAT)

- C.1 制造厂应提前一个月向买方提交 SAT 执行程序。
- C.2 SAT 应首先检查 FAT 遗留问题的处理是否完成。
- C.3 SAT 应检查总线电缆、网段连接设备及现场设备的安装和组态是否完善。
- C.4 SAT 应检查主控制系统的各项功能均能正常运行。
- C.5 SAT 应检查网段通信及下装到总线设备的组态功能是否正常, 确保所有的设备都出现在相应网段的设备列表中。
- C.6 SAT 应检查所有需要实现的控制功能都能正常运行。

参 考 文 献

- [1] IEC 60079-0 Explosive atmospheres—Part 0: Equipment—General requirements
爆炸性环境—第 0 部分：设备—通用要求
- [2] IEC 60079-1 Explosive atmospheres—Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures “d”
爆炸性环境—第 1 部分：由隔爆型外壳 “d” 保护的 设备
- [3] IEC 60079-7 Explosive atmospheres—Part 7: Equipment protection by increased safety “e”
爆炸性环境—第 7 部分：由增安型 “e” 保护的 设备
- [4] IEC 60079-11 Explosive atmospheres—Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i”
爆炸性环境—第 11 部分：由本质安全型 “i” 保护的 设备
- [5] IEC 60079-15 Explosive atmospheres—Part 15: Construction, test and marking of type of protection “n” electrical apparatus
爆炸性气体环境用电气设备—第 15 部分：“n” 型电气设备
- [6] IEC 60079-25 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres—Part 25: Intrinsically safe systems
爆炸性环境—第 25 部分：本质安全系统
- [7] IEC 60079-27 Explosive atmospheres—Part 27: Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO)
爆炸性环境—第 27 部分：现场总线本质安全概念 (FISCO)
- [8] IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
外壳防护等级 (IP 代码)
- [9] IEC 61158-1 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series
工业通信网络—现场总线规范—第 1 部分：对于 IEC 61158 和 IEC 61784 系列标准的概述和指南
- [10] IEC 61158-3-1 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—Part 3-1: Data-link layer service definition—Type 1 elements
工业通信网络—现场总线规范—第 3-1 部分：数据链路层服务定义 第 1 类元素
- [11] IEC 61158-4-1 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—Part 4-1: Data-link layer protocol specification—Type 1 elements
工业通信网络—现场总线规范—第 4-1 部分：数据链路层协议规范 第 1 类元素
- [12] IEC 61158-5-9 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—Part 5-9: Application layer service definition—Type 9 elements
工业通信网络—现场总线规范—第 5-9 部分：应用层服务定义 第 9 类元素
- [13] IEC 61158-6-9 Industrial communication networks—Fieldbus specifications—Part 6-9: Application layer protocol specification—Type 9 elements
工业通信网络—现场总线规范—第 6-9 部分：应用层协议规范 第 9 类元素
- [14] IEC 61804-2 Function blocks (FB) for process control—Part 2: Specification of FB concept
用于过程控制的功能块 (FB) —第 2 部分：功能块概念的规范
- [15] IEC 61804-3 Function blocks (FB) for process control—Part 3: Electronic Device Description Language (EDDL)
用于过程控制的功能块 (FB) —第 3 部分：电子设备描述语言

- [16] AG-140 R1.0 FOUNDATION Fieldbus Application Guide—31.25 kbit/s Wiring and Installation
基金会现场总线应用指南—31.25 kbit/s 接线和安装
- [17] AG-163 R2.0 FOUNDATION Fieldbus Application Guide—31.25 kbit/s Intrinsically Safe Systems
基金会现场总线系统应用指南—31.25 kbit/s 本质安全系统
- [18] AG-181 R3.2.1 FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines
基金会现场总线系统工程指南
- [19] FF-061 FOUNDATION™ Specification—System Architecture for Wireless & Remote Input/Output (WIO)
基金会现场总线规范—用于无线和远程输入/输出 (WIO) 的系统结构
- [20] FF-103 FOUNDATION™ Specification—Common File Format
基金会现场总线规范—通用文件格式
- [21] FF-569 FOUNDATION™ Specification—Host Interoperability Support Test Profile and Procedures
基金会现场总线规范—主控制系统互操作性支持测试行规和执行程序
- [22] FF-581 FOUNDATION™ Specification—System Architecture
基金会现场总线规范—系统结构
- [23] FF-633 FOUNDATION™ Specification—Function Block Application Process—Wireless and Remote I/O
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第 6 部分: 无线和远程 I/O
- [24] FF-801 FOUNDATION™ Specification—Network Management
基金会现场总线规范—网络管理
- [25] FF-806 FOUNDATION™ Specification—Data Link Protocol Specification—Bridge Operation Addendum
基金会现场总线规范—数据链路协议规范—桥接操作补录
- [26] FF-816 FOUNDATION™ Specification—31.25 kbit/s Physical Layer Profile
基金会现场总线规范—31.25 kbit/s 物理层行规
- [27] FF-821 FOUNDATION™ Specification—Data Link Service Subset
基金会现场总线规范—数据链路服务子集
- [28] FF-822 FOUNDATION™ Specification—Data Link Protocol Specification
基金会现场总线规范—数据链路协议规范
- [29] FF-830 FOUNDATION™ Specification—31.25 kbit/s Physical Layer Conformance Test
基金会现场总线规范—31.25 kbit/s 物理层一致性测试规范
- [30] FF-831 FOUNDATION™ Specification—Fieldbus Power Supply Test Specification
基金会现场总线规范—现场总线电源测试规范
- [31] FF-844 FOUNDATION™ Specification—H1 Cable Test Specification
基金会现场总线规范—H1 电缆测试规范
- [32] FF-846 FOUNDATION™ Specification—Device Coupler Test Specification
基金会现场总线规范—设备耦合器测试规范
- [33] FF-870 FOUNDATION™ Specification—Fieldbus Message Specification
基金会现场总线规范—现场总线信息规范
- [34] FF-875 FOUNDATION™ Specification—Fieldbus Access Sublayer (Service and Protocol)
基金会现场总线规范—现场总线访问子层 (服务和协议)
- [35] FF-880 FOUNDATION™ Specification—System Management

- 基金会现场总线规范—系统管理
- [36] FF-883 FOUNDATIONTM Specification—System Management Addendum for Software Download
基金会现场总线规范—软件下载系统管理补录
- [37] FF-890 FOUNDATIONTM Specification—Function Block Application Process Part 1
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第1部分
- [38] FF-891 FOUNDATIONTM Specification—Function Block Application Process Part 2
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第2部分
- [39] FF-892 FOUNDATIONTM Specification—Function Block Application Process Part 3
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第3部分
- [40] FF-893 FOUNDATIONTM Specification—Function Block Application Process Part 4
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第4部分
- [41] FF-894 FOUNDATIONTM Specification—Function Block Application Process Part 5
基金会现场总线规范—功能块应用流程 第5部分
- [42] FF-900 FOUNDATIONTM Specification—Device Description Language
基金会现场总线规范—设备描述语言
- [43] FF-901 FOUNDATIONTM Specification—DDL Interoperability Specification
基金会现场总线规范—DDL 互操作性规范
- [44] FF-902 FOUNDATIONTM Specification—Transducer Block Common Structures
基金会现场总线规范—转换器功能块通用结构
- [45] FF-903 FOUNDATIONTM Specification—Pressure Transducer Block
基金会现场总线规范—压力转换器功能块
- [46] FF-904 FOUNDATIONTM Specification—Temperature Transducer Block
基金会现场总线规范—温度转换器功能块
- [47] FF-906 FOUNDATIONTM Specification—Positioner Transducer Block
基金会现场总线规范—阀门定位器转换器功能块
- [48] FF-908 FOUNDATIONTM Specification—Flow Transducer Block
基金会现场总线规范—流量转换器功能块
- [49] FF-911 FOUNDATIONTM Specification—Transducer Block for ISA100.11a Devices
基金会现场总线规范—用于 ISA100.11a 设备的转换器功能块
- [50] FF-912 FOUNDATIONTM Specification—Field Diagnostic Profile
基金会现场总线规范—现场诊断行规
- [51] FF-913 FOUNDATIONTM Specification—Transducer Block for ISA100.11a Devices
基金会现场总线规范—用于有线和无线 HART[®]设备的转换器功能块
- [52] FF-940 FOUNDATIONTM Specification—Communication Profile
基金会现场总线规范—通信行规
- [53] FF-946 FOUNDATIONTM Specification—Device ITK Profile[®]
基金会现场总线规范—设备 ITK 行规
- [54] AG-181 R2.1 FOUNDATIONTM Fieldbus System Engineering Guidelines
基金会现场总线系统工程指南

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范

SH/T 3217—2021

条文说明

2021 年 北 京

制定说明

《石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范》(SH/T 3217—2021)，经工业和信息化部 2021 年 8 月 21 日以第 21 号公告批准发布。

本规范制订过程中，编制组进行了广泛深入的调查研究，总结了我国石油化工领域工程建设中采用 FF 现场总线控制系统的设计、实施的大量工程实践经验和相关研究成果，同时参考了国外先进技术标准（包括 IEC 标准、现场总线基金会规范等），通过在国内大型石油化工工程项目中的应用验证和不断完善，制定本规范。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范》编制组按章、条、款顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了澄清及说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 范围	34
2 规范性引用文件	34
3 术语和缩略语	34
3.1 术语和定义	34
4 工程设计	35
4.1 总体要求	35
4.2 设计原则	37
5 网段设计	37
5.1 基本技术要求	37
5.5 现场总线辅助设备选择	37
5.7 FF H1 网段设计	37
6 主控制系统设计	39
6.4 基金会现场总线功能	39
6.5 组态工具	39
7 文档要求	39
7.2 文件要求	39

石油化工 FF 现场总线控制系统设计规范

1 范围

GB/T 16657.2 和 IEC 61158-2 标准所定义的现场总线类型 1 中包括了双绞线介质和光纤介质两类，由于光纤介质无法同时传输电能，在实际工程中极少采用，因此本规范仅采纳了双绞线介质中的 b 类电压模式（并联耦合）、通信速率为 31.25kbit/s 的现场总线。

由于 IEC 61158 系列标准是概念性的技术规范，它并不涉及现场总线的具体实现，因此，在 IEC 61158-2 中仅有现场总线的类型编号，不允许出现具体现场总线技术名称或商标名称。为了使制造商、设计公司和最终用户能够方便地进行产品研发、系统设计、应用选型和使用，IEC/SC65C 特别制定了 IEC 61784 系列配套标准，其中 IEC 61784-1 是专门用于连续和离散制造工业的工业控制系统现场总线行规集 CPF 1-基金会现场总线行规 1/1，通信速率为 31.25kbit/s 的低速现场总线（FF H1），该行规与基金会现场总线规范 FF-816 所定义的 FF H1 完全相同。

2 规范性引用文件

由于 IEC 61158-2 从第 1 版（Edition 1）至第 6 版（Edition 6）和 IEC 61784-1 从第 1 版（Edition 1）至第 3 版（Edition 3）的内容变化较大，因此，本规范为带版本号及年号引用。

3 术语和缩略语

3.1 术语和定义

3.1.5

网段 segment

一个 H1 网段最多可挂接 16 个 H1 设备。

3.1.7

分支 spur

规定分支的长度从 1m 到 120m。

3.1.8

终端器 terminator

信号失真将引起电流/电压转换时的数据误差，采用终端器可将信号失真的影响降到最低。H1 终端器还具有其他更为重要的功能，它将一个设备发送的电流信号转换成网段上所有设备都可以接收的电压信号。

3.1.15

非周期时间 acyclic period

在非周期时间内，传送的典型信息包括：报警/事件、维护/诊断信息、程序调用、联锁、显示信息、趋势信息和组态信息等。

3.1.17

虚拟现场设备 virtual field device (VFD)

一个典型的设备至少应有两个虚拟现场设备 (VFD)，一个用于网络和系统管理，一个作为功能块应用。

3.1.21

链路活动调度器 link active scheduler-LAS

一个 H1 现场总线链路上只能有一个链路主设备 (LM) 来执行 LAS 功能。

3.1.22

数据链路层 data link layer (DLL)

基金会现场总线采用的数据链路层 DLL 由 IEC 61158-4-1 标准所定义。它包括发布方/预订接收方、客户方/服务器方、源方/收存方等通信参与者提供的服务。

3.1.27

柔性功能块 flexible function block (FFB)

柔性功能块 (FFB) 通常用于离散过程和混合 (批量) 过程的控制。可编程序逻辑控制器 (PLC) 可看作是一种柔性功能块设备。

3.1.31

主控制系统互操作性测试 host interoperability support test (HIST)

主控制系统互操作性测试 (HIST) 应由现场总线通信集团 (FCG) 或其授权测试机构实施。

3.1.37

标准功能块 standard function block

FCG 已经公布了 21 种标准功能块的技术规范。一个设备中可以存在多种类型的标准功能块。标准功能块的执行次序及参数定义是固定的，并由 FF 技术规范定义。

4 工程设计

4.1 总体要求

基金会现场总线项目总体要求宜按照《基金会现场总线系统工程指南 AG-181 R3.2.1》的“2.0 基金会现场总线项目要求”执行，这章对制定整个 FF 项目执行的指导原则提供了非常有用的帮助。

1. 与传统技术相比，采用 FF 总线技术的项目有以下不同：

现场设备和网段是整个 DCS 的一部分，对于现场网络的设计要求有一个整体的组态、数据管理和系统结构；在项目执行的早期就要开展详细的 FF 总线系统整合方面的工作；系统、现场设备和总线元件的测试过程比简单的模拟信号连接要复杂得多；对于传统的权威理论和经验，应该重新审慎考虑它们是否适用于 FF 总线。

2. 在项目执行中要注意以下问题：

1) 项目人员在使用系统、现场设备和总线元件应采用通过严格程序审核的产品，这些程序包括：供货商发布的测试；基金会的测试（例如 HIST、ITK，如果适用）；主控制系统供货商的集成测试；设备集成测试（指特定的系统与设备的结合）。

2) 项目早期的工作

a. 项目的评估：指出该如何采用现场总线，指出哪里可以使用哪里不适用，例如从以下几个方面进行分析：

- ✓ 采用总线可以期待的益处；
- ✓ 根据经验采用总线技术是否现实；

- √ 是否可以被项目接受;
 - √ 预期的困难是什么? 是否可以解决?
 - √ 业主在项目上的整体投资是多少?
 - √ 项目是否可以采用常规技术与 FF 总线技术结合的方案;
 - √ 思考:
 - ☆ 安装费用的节省(进度及投资)
 - ☆ 工程设计(工具、进度及投资)
 - ☆ 诊断工具(是否有用并且在整个项目生命周期中可以使用)
 - ☆ 维护——如何使 FF 总线的使用得到最大的优势
 - b. 培训: 做计划给所有相关的人员, 在项目的各个时期(设计、系统实施、安装、调车、运行)进行适当的培训;
 - c. 制定项目执行基本准则: 一个完善定义的 FF 总线项目执行基本准则将会使项目在预定的轨道上进行, 所以项目人员, 包括业主、工程设计、设备供货商及合同商将会有共同的理念和原则;
 - d. 主控制系统的选择: 这是项目成功的关键因素, 许多项目在选择 DCS 时将价格放在首位, 在采用 FF 总线时意味着主控制系统(DCS)与现场设备是一个系统, 选择评估时应充分考虑到这点, 选择时应至少考虑以下几点:
 - √ FF 总线项目能力
 - √ FF 总线结构(进入控制器还是采用 HSE)
 - √ 主控制系统供货商使用 FF 总线的经验(包括项目规模和复杂程度)
 - √ 是否容易使用
 - √ 与 AMS 的集成程度
 - √ 在设计及工厂验收的仿真性能
 - √ 系统的诊断功能
 - √ 最终用户的支持能力
 - √ 设备集成能力
 - √ 培训能力
 - e. 现场设备总线元件的选择要考虑以下问题:
 - √ 是否满足危险区划分要求?
 - √ 如何单独工作?
 - √ 如何与其他设备工作?
 - √ 组态是否简单?
 - √ 是否作为发布方?
 - √ 以往的记录是否可以验证?
 - √ 与主控制系统是否融合?
 - √ 是否支持 EDDL 或者 FDI?
 - f. 制定工作流程;
 - g. 明确分工责任;
 - h. 整合各部门使用的软件工具;
 - i. 整合供货商, 确定供货商在各个环节——设计、采购、安装和培训等参与的程度;
 - j. 设备集成测试。
- 3) 项目设计过程

- a. 培训：为工程设计人员、施工人员及最终用户提供培训；
 - b. 建立风险评估原则并进行审查；
 - c. 建立网段负荷原则并进行审查。
- 4) 项目实施阶段
- a. 培训：为工程施工人员、调试/开车人员及最终用户提供培训；
 - b. 评估主控制系统性能；
 - c. 诊断培训；
 - d. 维护培训；
 - e. 操作培训；
 - f. 安装检查；
 - g. 现场变更的检查。

总之，如果要确保 FF 现场总线项目的成功，业主/最终用户、工程公司、集成商和供货商必须付出额外的工作。从长远来看，尽早意识到并实施这些额外付出的工作就会赢得主动。认真地对待每个细节和安装标准会避免以后费用的增加和工期的延后。

4.2 设计原则

- 4.2.6 其他复杂分析仪不宜采用 FF 现场总线技术。主要原因是大部分复杂分析仪（指多流路多组分分析）产品没有采用 FF 现场总线技术。
- 4.2.7 用于顺序控制的开关阀的控制信号及限位开关信号不宜采用 FF 现场总线技术。主要原因是参与顺序控制的开关阀上的电磁阀功耗较大（驱动电流一般大于 160mA），而 FF H1 网段的带载能力有限。
- 4.2.9 需高速处理的回路，如：转速调节回路、防喘振调节回路等。
- 4.2.10 特殊测量仪表，如：轴振动、轴位移、键相位、脉冲输出流量计、放射性仪表、称重仪等。

5 网段设计

5.1 基本技术要求

5.1.10 每个 FF H1 网段挂接现场设备数量不应超过 16 台，是从当前 FF 技术和 FF 设备角度，规定了 FF H1 网段带载现场设备的最大能力；工程上不宜超过 12 台，是从当前工程应用经验角度，规定了 FF H1 网段带载现场设备的最大值。

5.5 现场总线辅助设备选择

5.5.5 FF 数字 I/O 耦合器应符合下列要求：

- g) “FF 数字 I/O 耦合器应具有 2 线制供电”是指由主干提供 13V~32V DC 电压，仅用于非本质安全（高能量）主干；“和 4 线制供电”是指由外部提供 24V DC 电压，即可用于本质安全主干，又可用于非本质安全（高能量）主干。

5.7 FF H1 网段设计

5.7.1 FF H1 网段设计应符合下列基本要求：

- d) 其中“可长周期连续运行及非关键的现场总线设备”通常选择监视用变送器；
- g) “每个 FF H1 网段现场设备端的供电电压不应低于 13V DC”与 5.1.6 条“网段驱动电压应为 9V~32V DC”表面上看有矛盾，实际上是从工程角度出发，在现场设备端预留了 4V DC 的电压余量，以避免当 FF H1 网段电压波动时，会产生现场总线通信波形失真或丢失。

5.7.2 FF 网段回路分配应符合下列要求:

- b) 每个 FF 网段应最多分配 3 个一般调节回路, 或应最多分配 1 个关键调节回路。其中的“关键调节回路”是指该调节回路的失效故障, 至少能导致一个工艺单元内的一台工艺设备停车, 例如: 反应器的进料流量调节回路、反应器的温度调节回路、精馏塔的塔顶压力调节回路(通过控制再沸器的加热介质)等。

5.7.5 现场总线电缆长度计算应符合下列要求:

计算公式:

$$L_{total} = L_{trunk} + \sum L_{spur} \dots\dots\dots (5.7.5)$$

式中:

- L_{total} ——现场总线电缆总长度, m;
- L_{trunk} ——主干电缆长度, m;
- L_{spur} ——分支电缆长度, m。

计算示例:

设: $L_{trunk}=500\text{m}$, L_{spur} 平均为 60m, 网段共挂接了 12 个现场总线设备,
 则: $L_{total}=500+12 \times 60=1220\text{m} \leq 1900\text{m}$, 符合规范要求。

5.7.6 现场总线电压降计算应符合下列要求:

计算公式:

$$I_{max} = \sum I_{avg} + I_{short} + I_{H1} + I_{tool} \leq I_{rated} \dots\dots\dots (5.7.6-1)$$

式中:

- I_{max} ——网段最大工作电流, A;
- I_{avg} ——现场总线设备平均耗电流, A;
- I_{short} ——分支短路电流, A;
- I_{rated} ——FFPS 额定输出电流, A;
- I_{H1} ——网段 H1 卡耗电, 本规范取 0.04, A;
- I_{tool} ——网段诊断工具耗电, 本规范取 0.01, A。

$$R_{trunk} = L_{trunk} \times R_{unit} \dots\dots\dots (5.7.6-2)$$

$$R_{max-spur} = L_{max-spur} \times R_{unit} \dots\dots\dots (5.7.6-3)$$

式中:

- R_{trunk} ——网段主干直流电阻, Ω ;
- L_{trunk} ——网段主干电缆长度, km;
- $R_{max-spur}$ ——网段最长分支直流电阻, Ω ;
- $L_{max-spur}$ ——网段最长分支电缆长度, 本规范取 0.1, km;
- R_{unit} ——单位长度电缆的直流回路电阻, 本规范取 44, Ω/km 。

$$U_{max} = I_{max} \times (R_{trunk} + R_{max-spur}) + U_{protector} \leq U_{allow} \dots\dots\dots (5.7.6-4)$$

式中:

- U_{max} ——网段最大直流电压降, V;
- $U_{protector}$ ——网段保护器直流电压降, 本规范取 1, V;
- U_{allow} ——网段允许直流电压降, V。

计算示例:

设: 网段主干电缆长度 $L_{trunk}=500\text{m}$, 最长分支电缆长度 $L_{max-spur}=75\text{m}$, 网段 FFPS 的额定输出电压为 24V DC, 额定输出电流为 350mA, 每台现场总线设备的最大耗电平均为 17mA, 分支短路电流为 60mA, 设备端的电压不应低于 13V DC, 网段共挂接了 12 个现场总线设备, 则根据式 (5.7.6-1) ~ 式

(5.7.6-4) 可得出:

$$I_{\max}=(12-1)\times 0.017+0.06+0.04+0.01=0.297 \text{ (A)} \leq 0.35 \text{ (A)}$$

$$U_{\max}=0.297\times 44\times (0.5+0.1)+1=8.84 \text{ (V)} \leq (24-13)=11 \text{ (V)}$$

符合网段供电电压降要求。

5.7.9 根据 AG-181 2.0 版指南的 6.8.4 条规定, 现场总线信号衰减值计算应符合下列要求:

计算公式:

$$A_{\text{actual}}=20\times \lg(U_{\text{trans}}/U_{\text{receive}}) \leq A_{\text{permit}} \dots\dots\dots (5.7.9)$$

式中:

A_{actual} —— 信号实际衰减值, dB;

A_{permit} —— 信号允许衰减值, dB;

U_{trans} —— 传输信号幅值, V DC;

U_{receive} —— 接收信号幅值, V DC。

计算示例:

设: 现场总线变送器传输信号的幅值(峰-峰值电压)最低为 0.75V DC, 现场总线接收器能够检测到的幅值(峰-峰值电压)为 0.15V DC, 则: $A_{\text{permit}}=20\times \lg(0.75/0.15)=13.98 \text{ (dB)}$ 。由于 A 型 FF 电缆的标准衰减值 3dB/km, 则当 $L_{\text{total}}=1900\text{m}$ 时, $A_{\text{actual}}=1.9\times 3=5.7 \text{ (dB)} \leq 13.98 \text{ (dB)}$, 现场总线信号衰减值符合要求。

6 主控制系统设计

6.4 基金会现场总线功能

6.4.2 主控制系统应具有下列 FF 现场总线数据传输、处理和存储能力:

b) “外部组态工具”是指手持通信器和笔记本电脑等便携式主控制系统终端设备。

6.5 组态工具

6.5.1 主控制系统应具有下列功能及性能:

a) 主控制系统 FF 组态工具应能够实现主控制系统组态数据库的无缝集成和透明管理。

本条是指应用相同的组态工具, FF 控制策略和传统控制策略应能够以无缝和透明方式实现主控制系统数据库的统一保存、恢复和部分下载。

7 文档要求

7.2 文件要求

7.2.9 FFCS 制造厂应提供 FFCS 功能设计规格书 FDS, 包括硬件 FDS、软件 FDS。

其中“软件 FDS”是指含各类功能块和控制模块的详细说明, 包括参数组态、信号“状态”的操作、坏值确定、故障模式切换、初始化性能、防止复位和限幅性能等。

中华人民共和国
石油 化 工 行 业 标 准
石油 化 工 FF 现 场 总 线 控 制 系 统 设 计 规 范
SH/T 3217—2021

*

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编：100011 电话：(010) 57512500

石化标准编辑部电话：(010) 57512453

发行部电话：(010) 57512575

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京艾普海德印刷有限公司印刷

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3 字数 76 千字

2022 年 3 月第 1 版 2022 年 3 月第 1 次印刷

*

书号：155114·2055 定价：55.00 元

(购买时请认准封面防伪标识)