



中华人民共和国国家标准

GB/T 45511—2025

工业现场通信质量检测 通用技术规范

Industrial field communication quality inspection—General technical
specifications

2025-03-28 发布

2025-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言.....Ⅲ

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 缩略语.....2

5 通信质量指标.....2

 5.1 概述.....2

 5.2 物理层通信质量指标.....2

 5.3 数据链路层通信质量指标.....3

 5.4 应用层通信质量指标.....4

6 检测通用要求.....4

 6.1 检测及诊断流程.....4

 6.2 检测方法通用要求.....5

7 通信故障类型.....5

 7.1 概述.....5

 7.2 物理层故障类型.....6

 7.3 数据链路层故障类型.....6

 7.4 应用层故障类型.....8

8 通信质量影响因素.....8

 8.1 概述.....8

 8.2 设备故障因素.....8

 8.3 物理介质因素.....8

 8.4 安装操作因素.....8

 8.5 电磁干扰因素.....9

 8.6 总线供电因素.....9

 8.7 组态配置因素.....9

 8.8 互操作不兼容因素.....10

附录 A(资料性) PROFIBUS 现场总线通信质量检测范围与检测指标实例.....11

 A.1 PROFIBUS PA 物理层检测.....11

 A.2 PROFIBUS 数据链路层检测.....13

 A.3 PROFIBUS 应用层检测.....14

参考文献.....15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、上海电力大学、北京鼎实创新科技股份有限公司、盈速工业通讯技术(北京)有限公司、恒迈思网络技术(北京)有限公司、重庆工业智能技术研究院、北京小米移动软件有限公司、大连胜光科技发展有限公司、大连康丰科技有限公司、沈阳菲尔德物联科技有限公司、沈阳工业大学、中国科学院沈阳自动化研究所、上海自动化仪表有限公司、中电科思仪科技股份有限公司、山东大学、重庆邮电大学、四川安控科技股份有限公司、浙江百盛光电股份有限公司。

本标准主要起草人：包伟华、王振、刘丹、李文娟、谢素芬、李梦宁、王鹏、史伟伟、王基亮、高晓浓、吴松泽、王佳、李斌、李海鸥、魏剑崑、张晓玲、杨江涛、张承瑞、王剑、刘明哲、罗小易、陆妹、赵勇、刘斌、魏旻、韩丹涛、郑秋平、胡永康、向朝伟、曹瑞召、陈时兴、王彪、李春雨。



工业现场通信质量检测 通用技术规范

1 范围

本文件规定了工业通信网络在工业现场运行时进行通信质量检测的关键指标,描述了检测方法和检测流程,给出了工业现场通信故障类型和通信质量影响因素。

本文件适用于除工业无线网外工业通信网络的工业现场通信质量的检测、故障诊断和故障排除。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业通信设备 industrial communication device

按特定工业通信协议开发的具有工业通信能力的控制设备、现场设备和网络设备等。

注：控制设备包括可编程逻辑控制器(PLC)、分布式控制系统(DCS)、工业计算机(IPC)等可编程控制设备和数据采集与监视控制系统(SCADA)、人机接口(HMI)等监控设备；现场设备包括传感器、变送器、执行机构、远程输入/输出(I/O)设备等；网络设备包括网关等。

3.2

通信质量 communication quality

网络通信在满足用户对通信需求方面所具有效用的优劣程度。

注：包括完整性、时效性、可靠性和准确性等。

3.3

总线供电 bus powered

一根线缆上同时提供通信和设备供电。

注：流程工业一般要求总线供电。

3.4

周期性通信 periodic communication

循环通信 cyclic communication

设备之间按照固定时间间隔进行重复性数据包交换的过程。

3.5

非周期性通信 aperiodic communication

非循环通信 acyclic communication

设备之间并非按照固定时间间隔进行数据包交换的过程。

3.6

周期性数据 cyclic data

循环数据

设备之间按照固定时间间隔进行重复性数据包交换的数据。

注：指可编程控制设备与现场设备之间周期性交换的输入或输出数据，与物理过程相关，也被称为过程数据。

3.7

周期时间 **cycle time**

循环时间

设备之间进行周期性重复交换数据包的时间间隔。

3.8

通信宏周期 **communication macrocycle**

网段上所有已组态设备完成一次周期性通信所需的基本周期的集合。

注：为网段上已组态设备周期时间的最小公倍数。

3.9

设备在线 **device on-line**

设备上电接入网络后能够与其他设备进行通信的状态。

注：在线设备需包含在设备活动列表中。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DP：分布式外设(Decentralized Periphery)

DTM：设备类型管理文件(Device Type Manager)

EDD：电子设备描述文件(Electronic Device Description)

GSD：公用描述文件(Generic Station Description file)

PA：过程自动化(Process Automation)

5 通信质量指标

5.1 概述

工业通信网络用于实现工业自动化和过程控制应用中现场设备、控制设备、监控设备等之间的互联互通，包括现场总线、实时以太网(也称为工业以太网)和工业无线网，工业现场通信质量是指工业通信网络在工业现场环境中运行时的通信质量。工业通信设备是工业网络通信的载体，通过检测工业通信设备物理层、数据链路层和应用层的通信质量指标，保证工业现场通信质量。工业现场通信质量与工业通信设备各指标的对应关系如下：

- 完整性：通过物理层信号波形特性指标和时间特性指标来反映；
- 可靠性：通过数据链路层可靠性指标来反映；
- 时效性：通过数据链路层时效性指标来反映；
- 准确性：通过数据链路层功能指标和应用层功能指标来反映。

5.2 物理层通信质量指标

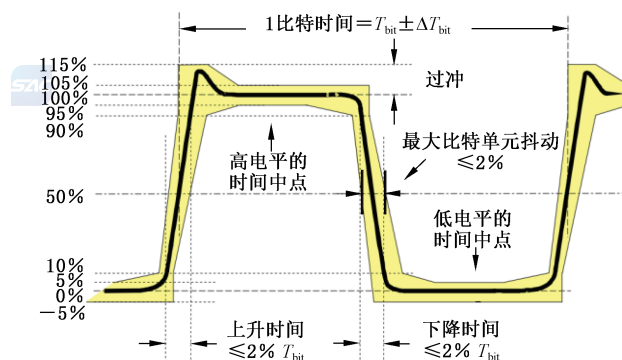
物理层定义了物理信号的电气、功能和规范特性，对发送/接收的信号进行编码/解码，为设备之间通信提供传输介质以及稳定可靠的传输环境。

物理层通信质量应通过物理介质上传输的载有数据的信号完整性来反映，主要包括信号的波形完整性和时序完整性，表示为下列指标。

- a) 波形特性指标，应与信号波形形状相关的指标，主要包括：
 - 1) 信号幅值：波形幅度的最大值；

- 2) 信号对称性:仅针对双向波形(即波形具有零线或中心线),正/高幅值与负/低幅值之间的绝对值的差;
 - 3) 信号过冲:信号跳变后的第一个峰值电压或谷值电压超过设定标准电压的差值;
 - 4) 运行电压:设备的工作电压;
 - 5) 上升时间:从波形的 10% 处上升到波形的 90% 处所需的时间;
 - 6) 下降时间:从波形的 90% 处下降到 10% 所需的时间。
- b) 时间特性指标,应为与比特率相关的指标,主要包括:
- 1) 比特时间或比特间隔:比特流中,两个连续信号上的对应点(表示 1 比特)之间的时间间隔;
 - 2) 比特时间偏移:比特持续时间的最大偏差。

注:典型现场总线波形及关键指标见图 1。



标引符号说明:

T_{bit} —— 一个 bit 时间;

ΔT_{bit} —— 一个 bit 时间的变化量。

注: 0% 有效功率是低电平状态功率电平, 100% 有效功率是高电平状态功率电平。

图 1 典型现场总线波形及关键指标示例

5.3 数据链路层通信质量指标

5.3.1 性能指标应包括下列内容。

- a) 可靠性指标,反映数据包通过网络传输在可接受时延内完整到达最终目的地的能力,应包括以下指标:
 - 1) 丢包率:一定时间(如 1 s)内或一定吞吐量范围发送数据包,丢失数据包数量占总发送数据包数量的比率;
 - 2) 包出错率:一定时间(如 1 s)内或一定吞吐量范围发送数据包,接收端收到错误数据包数量占发送端总发送数据包数量的比率。
- b) 时效性指标,反映数据包在网络上的传输时间是可预测或具有最大限值的能力,应包括以下指标。
 - 1) 端到端传输时延:将包含数据(报文有效载荷)的应用协议数据单元(APDU)从一个设备(源)实时传递到另一个设备(目的地)所需的时间,也可被称为传递时间,在通信双方的协议栈应用进程与应用层实体之间的接口处测量。
 - 2) 传输时延抖动:相同链路上两个设备之间的最大端到端传输时延与最小端到端传输时延的差值。
 - 3) 时间同步精度:任意两个设备时钟之间的最大偏差,仅针对支持时钟同步机制/协议(如

IEC 61588)的工业通信网络有效。

- 4) 非基于时间的同步精度:任意两个设备之间周期性行为的最大偏差,周期性行为通过网络上的周期性事件来触发,如周期性报文传输。非基于时间的同步精度用于检测不支持时钟同步机制/协议的工业通信网络的时效性。
- 5) 更新抖动:控制器与现场设备之间周期性数据的实际更新时间与设定更新时间之间的偏差。

5.3.2 功能指标反映设备功能执行状态,可通过控制设备和现场设备的指示灯颜色和闪烁类型等工作状态观察,或通过专用的工业通信网络监视或诊断工具识别,应包括下列内容:

- a) 设备活动列表:显示所有已接入网络的现场设备、可编程控制设备、监控设备的设备列表;
- b) 设备通信状态:显示所有设备当前在线、离线、错误等通信状态;
- c) 周期性通信状态:按组态配置,现场设备进入与可编程控制设备、监控设备之间进行周期性数据交换的状态;
- d) 周期时间:按组态配置,现场设备与可编程控制设备、监控设备之间进行周期性数据交换的时间间隔。

5.4 应用层通信质量指标

工业通信网络的应用层质量指标主要与应用功能相关,与应用层用户数据内容是否正确无关,应包括功能指标:

- a) 周期性数据长度:按照组态配置,现场设备进入与可编程控制设备、监控设备之间进行周期性数据交换的数据长度;
- b) 非周期性通信响应时间:非周期性通信发起端发出请求报文到接收端返回响应报文之间的时间差。

6 检测通用要求

6.1 检测及诊断流程

工业现场通信质量检测及诊断流程,应包括工业现场通信问题收集、工业现场通信关键指标测量、工业现场通信故障分析、工业现场通信影响因素分析和工业现场通信优化解决方案五个关键环节,如图 2 所示。

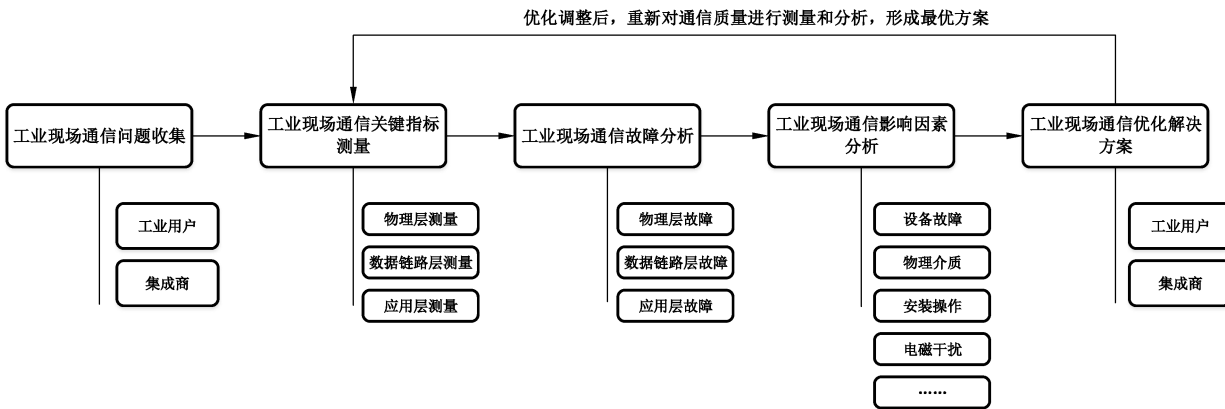


图 2 工业现场通信质量检测及诊断流程

工业现场通信质量检测及诊断流程各环节任务如下:

- a) 通信问题收集:应通过简单观察(如 PLC 指示灯闪烁)、协议解析等方法,收集并统计通信问题或故障(见第 7 章)发生的时间、频率、结果等信息;
- b) 关键指标测量:依据 6.2 开展第 5 章规定的物理层、数据链路层、应用层的通信质量指标检测,进行数据统计并记录关键指标测量结果;
- c) 通信故障分析:根据关键指标测量结果,依据第 7 章,分析判断通信故障类型;
- d) 影响因素分析:根据故障分析结果,依据第 8 章,开展设备故障、物理介质不规范、安装不规范、电磁干扰、总线供电不规范、组态配置错误、互操作不兼容等影响因素排查;
- e) 优化解决方案:根据通信故障分析和排查结果,形成工业现场通信质量优化解决方案。

注:附录 A 以 PROFIBUS 现场总线通信质量检测为实例,介绍了 PROFIBUS 协议网络工业现场通信质量的检测方法,以及和通信协议相关的检测指标。



6.2 检测方法通用要求

工业现场通信异常或故障时,应采用专用仪器设备或工具,对物理层、数据链路层和应用层通信质量指标进行检测,评估和解决可能存在的问题。常用的检测设备和工具包括:网络测试仪、网络分析仪、总线监视器、报文解析器等。

工业现场通信质量检测要求包括下列内容。

- a) 检测接入要求:
 - 1) 在网络设计阶段,宜在网络中预留好诊断接口或使用带镜像端口的管理型交换机以实现检测设备无扰接入;
 - 2) 未预置检测接入接口情况,应采用无扰或弱扰式接入,除接入瞬间外不应现场通信质量造成影响。
- b) 物理层检测:
 - 1) 物理信号检测:宜使用具备物理层信号参数测量功能的检测设备在最远设备处、异常设备通信接口处等网络拓扑关键节点,对物理层信号幅值、信号对称性、过冲、运行电压、上升时间、下降时间、比特持续时间、比特持续时间偏移等指标进行测量,并判别测量值是否在协议规范允许范围;
 - 2) 网络拓扑检测:宜使用具备拓扑扫描功能的检测设备对网络拓扑进行检测,判别是否符合网络规范要求并与组态配置一致。
- c) 数据链路层检测:宜使用具备数据链路层协议分析功能的检测设备对丢包率、包出错率、端到端传输时延、传输时延抖动、时间同步精度、非基于时间同步精度等指标进行直接测量或间接计算,并判别设备活动列表、周期性通信、周期时间是否与组态配置一致。
- d) 应用层检测:宜使用具备应用层协议分析功能的检测设备对应用层周期性数据长度、非周期性通信时间等指标进行检测,并判别测量值是否与组态配置一致。

工业现场通信质量检测过程应始终监测设备活动列表,并通过对数据链路层和应用层报文解析,分析网络上所有设备的通信状态,确认设备在长时间运行中是否存在退出周期性通信或掉线的状态,并记录设备退出或掉线次数,分析故障产生原因。

7 通信故障类型

7.1 概述

工业现场通信故障包括物理层、数据链路层和应用层的故障。不同层次通信故障可能是相关的,例如:物理层出现异常或故障时,可能导致接收端设备出现接收不到或识别不出物理层信号、信号解码

乱码等故障,并进一步导致数据链路层和应用层可能出现设备不在线、寻址错误、数据帧错误、周期性通信或非周期性通信异常等故障,使得通信的可靠性和时效性降低。

7.2 物理层故障类型

7.2.1 波形畸变

传输信号波形畸变通信故障可包括下列内容。

- a) 幅值畸变:
 - 1) 信号波形峰值或峰峰值低于协议规范允许范围,传输信号无法被识别;
 - 2) 信号波形峰值或峰峰值高于协议规范允许的范围值,传输信号幅值超过网络上设备的接口电路的电气限值,甚至损坏设备物理通信接口。
- b) 沿畸变:
 - 1) 信号波形上升时间超出协议规范允许范围;
 - 2) 信号波形下降时间超出协议规范允许范围;
 - 3) 信号波形的上升沿与下降沿超出协议规范允许范围。
- c) 波形不对称:高低电平对释放状态偏差值超出协议规范允许范围,传输信号无法被识别。
- d) 过冲过大:信号过冲超出协议规范允许范围,可导致传输信号无法识别,甚至造成设备物理通信接口损坏。

7.2.2 噪声过大

噪声过大通信故障可包括:

- a) 信噪比过低:通信信号与噪声信号的比例低于允许范围时,导致信号无法识别或识别错误;
- b) 泄漏电流过大:作用在信号传输线路中的外源性耦合电流超过允许范围时,对通信信号产生电磁干扰。

7.2.3 传输速率异常

传输速率异常通信故障可包括:

- a) 比特持续时间超出协议规范允许范围;
- b) 比特持续时间偏差超出协议规范允许范围;
- c) 设备实际比特速率或波特率与组态配置不一致,或与网络上其他设备的比特速率或波特率不匹配。

7.3 数据链路层故障类型

7.3.1 设备不在线

工业通信设备上电启动后不在设备活动列表中,表示设备不在线,应排除下列故障:

- a) 可编程控制设备因设备故障或接插件接触不良、脱落等因素导致掉线或未上线,使得其所控制的整个网络或网段无法运行;
- b) 现场设备因设备故障或接插件接触不良、脱落等因素导致设备掉线或未上线。

7.3.2 寻址错误

当组态配置的现场设备地址信息与设备本身不一致时,导致因寻址错误而无法找到目标设备。

7.3.3 数据帧错误

数据帧错误仅指通过数据链路层帧头和帧尾相关字段可识别的错误,不包括数据链路层载荷内容的功能性错误。在物理层故障、数据链路层协议机运行异常等多种因素影响下,数据链路层数据帧错误可包括:

- a) 起始定界符/前导码错误:数据帧的起始符或前导码不符合协议规范;
- b) 长度错误:收到的数据帧字节数与数据帧中长度字段值不一致;
- c) 功能指示错误:收到的数据帧中功能指示字段值不符合通信协议规定,无法明确数据帧功能;
- d) 校验错误:接收端计算的校验值与数据帧中校验字段值不相等,说明发送数据帧与接收数据帧不一致(如个别比特错误等),校验方式可包括 CRC 校验、奇偶校验、和校验、异或校验;
- e) 数据帧丢失或错序:收到的数据帧序列号与期望的不一致,说明数据帧丢失或错序;
- f) 终止定界符错误:数据帧的终止定界符不符合协议规范,无法判断数据帧有效终止。

7.3.4 周期性通信连接无法建立

可编程控制设备与现场设备在进行组态过程中,设备在线但无法建立周期性通信连接的常见故障可包括:

- a) 可编程控制设备发送的组态请求报文中关于设备标识(ID)、名称、标签(Tag)等信息与现场设备不匹配,周期性通信连接建立失败;
- b) 现场设备不支持可编程控制设备发送的组态请求报文中关于网络参数、网络周期、功能参数等设置值,周期性通信连接建立失败;
- c) 可编程控制设备发送的组态请求报文中关于周期性数据长度、数据类型等配置信息与接收设备不匹配,周期性通信连接建立失败;
- d) 现场设备由于资源受限等原因,周期性通信连接建立失败。

7.3.5 周期性通信异常

工业通信设备已建立周期性通信连接,设备在线但周期性通信异常故障可包括:

- a) 发送端设备未按组态设置周期性发送数据;
- b) 发送端设备周期性发送数据的时间间隔与组态配置周期时间之间偏差过大;
- c) 接收端设备在可容忍的时间段或周期次数内一直未收到周期性数据。

7.3.6 非周期性通信连接无法建立

工业通信设备在进行读写等请求响应服务过程中应先建立非周期性通信连接,设备在线但无法建立非周期性通信连接的常见故障可包括:

- a) 请求数据帧中关于设备名称、设备 ID 等信息与接收设备不匹配,非周期性通信连接建立失败;
- b) 接收设备不支持请求数据帧中关于网络参数、功能参数等设置值,非周期性通信连接建立失败;
- c) 被请求建立连接设备由于资源受限等原因,非周期性通信连接建立失败。

7.3.7 网络负载异常

工业现场通信网络负载异常场景故障可包括:

- a) 工业通信网络组态配置时未保留一定的网络负载裕量,网络负载过高可导致丢包率大幅增

加,甚至设备因无法维持正常通信而掉线;

- b) 网络环路等网络拓扑的设计和连接问题导致网络风暴,使整个网络负载急剧增加,造成设备通信中断和设备掉线。

注:网络负载在网络运行且实际站点/设备数和数据量条件下测试。

7.4 应用层故障类型

应用层典型故障是指网络可见的与预期应用行为不符的异常情况,可包括:

- a) 设备间交互的周期性数据长度与组态配置的预期长度不一致;
- b) 建立非周期性通信连接后,发起端设备未在规定时间内发出服务请求;
- c) 建立非周期性通信连接后,接收端设备未在规定时间内返回服务响应。

8 通信质量影响因素

8.1 概述

工业通信网络运行时,当存在下列通信质量影响因素时可能导致典型通信故障,包括:

- 当存在设备故障、物理介质不规范、安装不规范、电磁干扰、总线供电不规范等影响因素时,可能导致物理层通信故障;
- 当存在组态配置错误、互操作不兼容等影响因素时,可能导致数据链路层和应用层通信故障。

8.2 设备故障因素

影响工业现场通信质量的设备故障因素可包括:

- a) 设备通信接口电路故障或失效,设备无法作为活动设备接入通信网络;
- b) 设备通信接口存在短路或断路,设备无法正常接入通信网络,甚至影响线路中其他设备的正常通信;
- c) 设备通信协议栈固件运行异常,设备无法正常执行指令或与网络中其他设备正常通信;
- d) 设备内部硬件模块或功能模块故障,设备在网络通信中提供的数据不可信;
- e) 交换机或其他网络组件设备端口故障:端口损坏或配置错误会影响所连接设备的通信。

8.3 物理介质因素

影响工业现场通信质量的物理介质因素可包括:

- a) 线缆指标不符合协议规范要求;
- b) 使用了非标准规定的连接器;
- c) 终端电阻与通信网络需求不匹配,或未使用终端电阻;
- d) 线缆长度过长或过短,不符合协议规范要求;
- e) 线路主干与分支长度设计不合理;
- f) 线缆老化。

8.4 安装操作因素

工业通信网络通用安装行规和不同类型网络安装行规见 IEC 61918 和 IEC 61784-5(所有部分)。

影响通信质量的安装操作因素可包括:

- a) 线缆和接插件不是标准类型或不符合协议规范;
- b) 线缆布线不规范,包括线缆过度弯折、通信线缆无屏蔽、通信线缆与供电线缆紧密并行、线缆

内芯裸露等；

- c) 线缆接线不正确,包括总线差分线序接反、接地不当、线缆接口接触不良等；
- d) 线缆在应用过程中非固定,有长期必要的旋转或抽拉动作；
- e) 接插件未按协议规范安装,或接插件接触不良、脱落；
- f) 设备安装不稳固,或未按推荐方式安装；
- g) 网络拓扑设计不合理,或网络拓扑过于复杂；
- h) 终端电阻不匹配,包括终端电阻安装位置错误、缺少终端电阻等；
- i) 网络部件安装不合理,包括未在必要网段安装中继类设备、一个网段上网络部件数量超过网络设计规范等；
- j) 网络分支或支线超出允许范围,相邻设备之间连线过短或过长；
- k) 设备未安装在指定区域内,包括非本安设备被安装于本安区域等；
- l) 设备在不支持的环境下工作,包括工作环境温湿度超出设备正常工作范围、选用设备不支持高原环境、无三防设备工作于潮湿盐蚀环境等。

8.5 电磁干扰因素

电磁干扰、线路串扰、接插件接触不良、线缆材质不佳等干扰因素可导致通信线路上引入噪声,当叠加在信号波形上的噪声幅值超过协议规范允许范围时,接收端可能将一些噪声识别为通信数据而影响通信。

影响通信质量的电磁干扰因素可包括：

- a) 在敷设电力网络时未考虑空间电磁辐射；
- b) 设备选型和系统配套过程中,未对空间电磁辐射进行限制；
- c) 供电电源不稳定,或电源无隔离,从电力网络中引入传导式电磁干扰；
- d) 现场通信网络中存在大型电力设备、交直流传动装置或其他操作时会带来电网冲击的设备,这些设备动作时可导致电磁干扰在网络中传导；
- e) 共用供电电源串入或空间电磁干扰等外部干扰信号侵入通信网络；
- f) 接地系统混乱使得电磁干扰抑制未起作用；
- g) 设备网络中没有抗雷击、浪涌类设备；
- h) 雷击等自然因素。

8.6 总线供电因素

在总线供电类工业通信网络中,影响通信质量的总线供电因素可包括：

- a) 总线供电类设备提供的电流功耗与网段内设备总电流功耗不匹配,无法支撑网段内设备正常工作；
- b) 总线供电类设备提供的供电电压过低,或者经过线缆传输后衰减至有效工作电压范围之外,导致网络内设备或远端设备无法启动或稳定运行；
- c) 总线供电类设备提供的供电电压超出网络内设备的供电允许范围,导致设备无法工作或损坏；
- d) 总线供电类设备故障电流超限,在其自身故障时导致过流保护；
- e) 总线供电类设备接入网络时的瞬间电流超限,导致其上下线期间对网络中其他设备的通信造成影响。

8.7 组态配置因素



工业通信网络启动或设备上线过程中,可编程控制设备与现场设备之间应按组态配置建立周期性

通信连接,即通过一系列报文交互实现网络参数协商、设备功能设置、周期性通信配置等,然后进入正常工作状态。影响通信质量的组态配置因素可包括:

- a) 设备地址配置与实际设备地址不符,包括设备网络协议地址(IP)、物理地址(MAC)等错误;
- b) 设备标识类配置与实际设备标识信息不符,包括设备 ID、设备名称等错误;
- c) 设备版本类配置与实际设备版本不符,包括低版本设备可能不支持高版本功能等;
- d) 网络基础属性配置不符合设备性能,包括波特率不匹配、非冗余设备被配置为冗余设备等;
- e) 使用了错误的设备描述或驱动文件,包括使用与设备型号不一致的 GSD、EDD、DTM 等;
- f) 模块化设备的硬件配置与实际硬件情况不符,例如:实际硬件为 DI16,组态配置为 DI8;
- g) 组态配置与现场实际网络组成不符,包括组态设备未安装在实际网络等;
- h) 组态配置未考虑特殊物理介质,如网络参数设置未考虑带有光电转换的网段;
- i) 时间参数配置不合理,包括控制器等待时间设置低于设备实际响应时间,设备级联设置过长的延时时间等;
- j) 网段配置的站点数过多,使得网络负载过高导致通信性能下降,或使得网段上通信宏周期过长导致设备过程数据传输实时性不足。

8.8 互操作不兼容因素

工业通信设备宜通过一致性和互操作性测试来保证其实现符合适用的工业通信协议标准。影响通信质量的互操作不兼容因素可包括:

- a) 系统中存在未经认证测试的设备,无法确认该设备完全符合通信协议规定;
- b) 系统中存在未经互操作测试的设备,无法确认该设备不会影响其他设备正常运行;
- c) 系统中存在不同协议版本的设备,低版本设备不支持网络系统运行所需功能;
- d) 系统中存在个别设备通信性能与其他设备不匹配,如设备处理速度过慢;
- e) 包含多种工业通信协议的网络中,网关、网桥等网络设备配置有误,未正确执行不同网段间互联互通功能。

附录 A
(资料性)

PROFIBUS 现场总线通信质量检测范围与检测指标实例

A.1 PROFIBUS PA 物理层检测

A.1.1 总线供电电压

PROFIBUS PA 网络中,总线供电电压宜在 9 V~32 V 范围内。通信质量检测时宜在 PA 总线两根线缆上接入示波类测量设备,分别在网段上供电类设备供电端口、分线类设备各个端口以及距供电设备最远端分别测量总线的供电电平。

对于一些有本质安全,或其他特殊要求的现场场合,PA 总线供电电压宜满足现场实际需求。

A.1.2 信号幅值

PROFIBUS PA 网络中,通信信号幅值(峰峰值)宜在 0.75 V~1 V 范围内。图 A.1 所示示例测量信号幅值为 0.84 V。

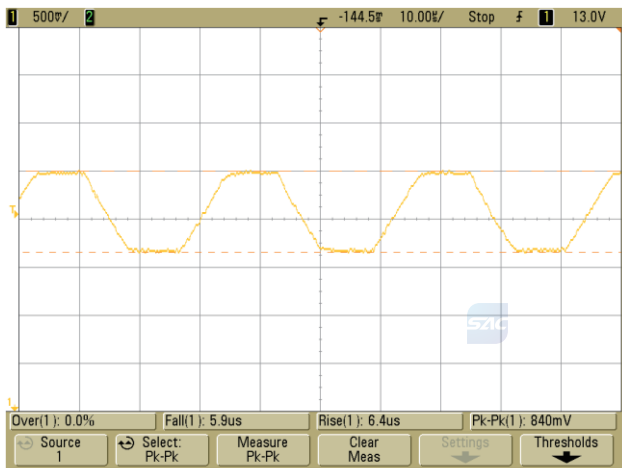


图 A.1 PROFIBUS PA 信号幅值测量

A.1.3 比特时间、上升时间和下降时间

PROFIBUS PA 网络中,传输速率宜为 31.25 kbit/s,比特时间宜为 32 μ s,上升时间和下降时间宜在 25% 比特持续时间($\leq 8 \mu$ s)范围内。图 A.2 所示示例测量信号比特持续时间为 32 μ s,图 A.3 和图 A.4 测量信号上升时间和下降时间分别为 6.1 μ s 和 5.9 μ s。

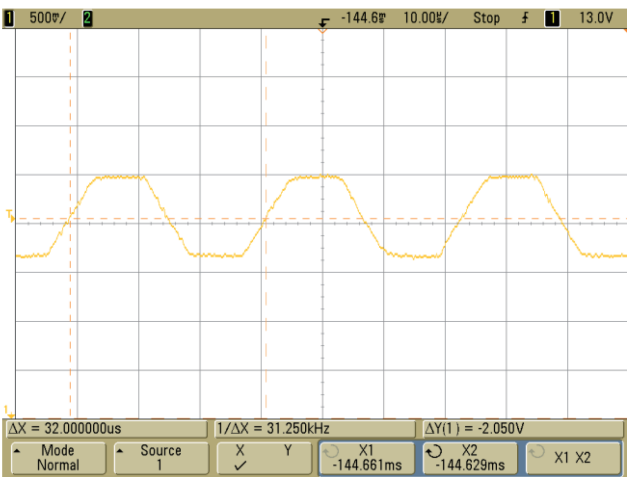


图 A.2 PROFIBUS PA 信号比特时间测量

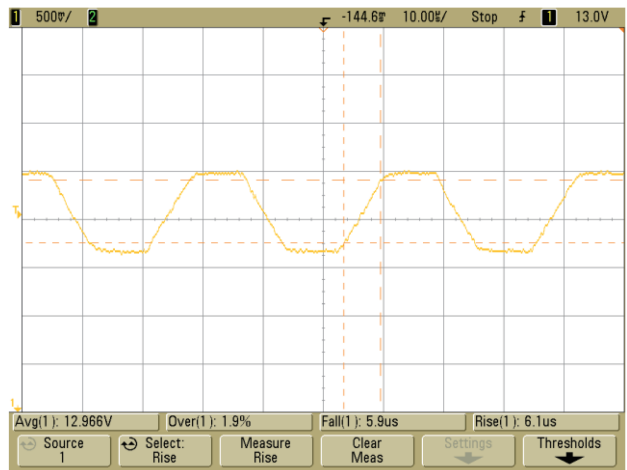


图 A.3 PROFIBUS PA 信号上升时间测量

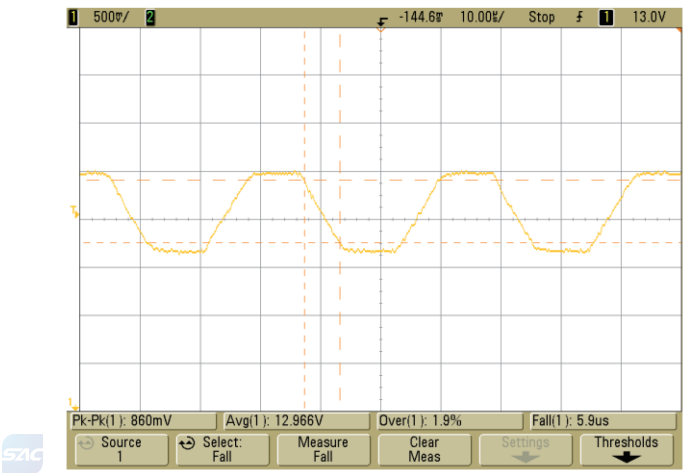


图 A.4 PROFIBUS PA 信号下降时间测量

A.1.4 信号过冲

PROFIBUS PA 网络中,通信信号过冲不宜超出最高电平均值(100%)及最低电平均值(0%)的±10%。图 A.5 所示示例测量信号过冲为 1.9%。

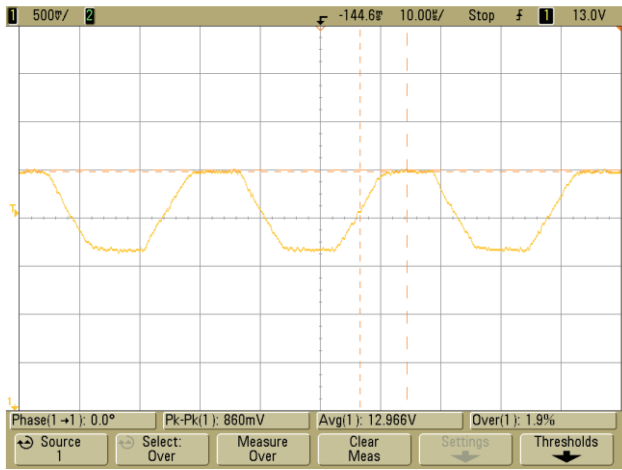


图 A.5 PROFIBUS PA 信号过冲测量

A.2 PROFIBUS 数据链路层检测

A.2.1 报文检查

可使用专用诊断工具或设备内部自带的错误报文统计功能,监测 PROFIBUS 总线上是否存在错误报文,并对以下信息进行统计:

- a) 错误报文数量:记录当前被监测通信过程中,一共出现了多少条错误的 PROFIBUS 总线报文;
- b) 报文错误原因:解析报文因何原因被归入错误报文,帧校验序列(FCS)错误、重复报文、SD 起始符错等;
- c) 错误报文源站点:记录哪些网络中的设备发送了错误报文,以及每个站点错误报文的次数。

A.2.2 通信状态检查

通过专用诊断工具,或设备内部自带的 PROFIBUS 诊断功能,确认当前网络中的每个设备其链路层通信状态机制是否正确工作,以及设备当前是否处于正常的通信状态。如果设备并未处于正常的通信状态,分析其当前链路层故障原因。常见的 PROFIBUS 链路层故障有:

- a) 设备实际 ID 号与 GSD 文件中使用的 ID 号不同,常见于使用了错误的 GSD 文件情况;
- b) 参数化数据设置有误,设备拒绝接受上位主站下发的参数化数据;
- c) 配置数据设置有误,设备拒绝接受上位主站下发的配置数据;
- d) 上位主站与从站设备之间交互的 DPV0 输入输出数据长度与配置的输入输出数据长度不符;
- e) 上位主站与从站设备之间无法建立 DPV1 非周期通信通道;
- f) DPV1 通信过程中的参数槽索引寻址有误,设备拒绝非周期访问;
- g) 上位主站配置的总线时间(如看门狗时间)与设备实际动作时间不匹配导致从站设备超时掉线。

A.2.3 数据链路层检测项汇总

表 A.1 中汇总了工业现场 PROFIBUS 通信质量数据链路层检测项。

表 A.1 工业现场 PROFIBUS 通信质量数据链路层检测项汇总

项目	说明
波特率	当前通信 PROFIBUS 波特率
总线轮询周期	主站设备轮询完所有配置内从站设备的周期时间
活动主站个数	在 PROFIBUS 网络中,作为主站类设备活动的站点数量
活动从站个数	在 PROFIBUS 网络中,作为从站类设备活动的站点数量
活动站地址列表	所有当前在 PROFIBUS 网络中活动的站点地址
活动站通信状态	记录所有当前活动站点的通信状态
在线从站个数	处于数据交换状态中的从站个数
在线从站地址列表	所有处于数据交换状态中的从站地址
掉线从站个数	处于活动状态但无法进入数据交换状态中的从站个数
掉线从站地址列表	所有处于活动状态但无法进入数据交换状态中的从站地址
从站掉线次数	组态配置中的从站设备,从数据交换状态退出的次数
设备故障信息	记录每个从站设备可触发高优先权通信的扩展诊断/静态诊断信息与报警次数
数据刷新时间	项目工艺所需的重要数据的下行上传更新时间
数据丢包情况	测试在当前通信网络中,是否存在数据丢包的情况

A.3 PROFIBUS 应用层检测

A.3.1 周期性数据长度检查

可使用专用诊断工具监测 PROFIBUS 总线上 DP 主站类设备与 DP 从站类设备之间的周期性通信,并对以下信息进行统计:

- a) DP 主站类设备给其配置中各个 DP 从站类设备下发的输出数据长度;
- b) DP 从站类设备给其配置 DP 主站类设备上传的输入数据长度。

各个站点的周期性数据长度,应符合现场应用工艺对通信数据的设计需求,并与通信网络配置一致。

A.3.2 非周期性通信时间检查

可使用专用诊断工具监测 DP 主站类设备与 DP 从站类设备之间的非周期性通信,并对以下信息进行统计:

- a) 从报文信息中获取 DP 从站类设备设置的最大非周期通道活动维护时间;
- b) 从报文信息中获取 DP 从站类设备承诺的最大非周期性通信响应时间;
- c) DP 从站类设备在最大非周期通道活动维护时间超时后的动作;
- d) DP 从站类设备非周期性读写通信实际响应时间。

各个站点的非周期性通信时间和由非周期性通信时间超时触发的通信动作是合理的,符合现场应用工艺要求的。不能因非周期性通信时间不合理,导致现场应用出现远程设备信息获取迟滞、人工操作卡死等故障出现。

参 考 文 献

- [1] GB/T 38868—2020 工业控制网络通用技术要求 有线网络
 - [2] GB/T 38869—2020 基于 OPC UA 的数字化车间互联网络架构
 - [3] IEC 61158(all parts) Industrial communication networks—Fieldbus specifications
 - [4] IEC 61588 Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems
 - [5] IEC 61784-1(all parts) Industrial communication networks—Profiles—Part 1: Fieldbus profiles
 - [6] IEC 61784-2(all parts) Industrial communication networks—Profiles—Part 2: Additional real-time fieldbus profiles for based on ISO/IEC/IEEE 8802-3
 - [7] IEC 61784-5(all parts) Industrial communication networks—Profiles—Part 5: Installation of fieldbuses
 - [8] IEC 61918 Industrial communication networks—Installation of communication networks in industrial premises
-

