

Q/GDW

国家电网有限公司企业标准

Q/XXX XXXXXX—XXXX

智慧变电站技术规范 第4部分：数字化远传表计

Technical specification for smart substation

—Part 4: Digital meter

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家电网有限公司 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	2
5 组成与结构	2
6 工作条件	3
7 总体要求	3
8 通用技术要求	4
9 专项技术要求	7
10 监测模块	12
11 集线器	12
12 数据通信	12
13 配置原则	13
14 试验	14
15 检验规则	22
16 标志、包装、运输及贮存	29
附录 A (规范性) 典型 SF ₆ 数字化密度表安装方式	30
附录 B (规范性) 典型互感器数字化油压计安装方式	31
附录 C (规范性) MODBUS 规范扩展数据交换协议：表计适配规范	32
附录 D (规范性) 帧校验规则	50
附录 E (资料性) TLV 数据类型表定义	51
附录 F (资料性) 表计状态量参量类型表	52
附录 G (规范性) 无线通信交互流程	62
附录 H (资料性) 表计数据记录组织格式	73
编制说明	77

前 言

本文件依据 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》的要求，按照《国家电网有限公司技术标准管理办法》的规定起草。

本文件是 Q/GDW XXXXX《智慧变电站技术规范》的第 4 部分。Q/GDW XXXXX 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：智能高压设备；
- 第 3 部分：辅助设备监控系统；
- 第 4 部分：数字化远传表计；
- 第 5 部分：智能交直流电源监控系统。

本文件由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本文件由国家电网有限公司科技创新部归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司、国网山东省电力公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、国网黑龙江省电力有限公司、国网新疆电力有限公司、国网浙江省电力有限公司、泰普联合科技开发(北京)有限公司、上海乐研电气有限公司、西安亚能电气有限公司、上海思源弘瑞自动化有限公司

本文件主要起草人：于浩、田洪迅、李平、孙杨、龙理晴、颜一帆、高鑫淼、季严松、毕建刚、袁帅、李文琢、吴水锋、李龙龙、姚楠、彭佳、弓艳朋、陈世玉、赵普志、王真、王峰、王劭鹤、毛文奇、王树刚、邓洁清、周挺、王智弘、康文、刘味果、郝宝欣、李欣、袁啸峰、付德慧、王广真、赵铭洋张健、金陵峰、杜平、丁五行、金勇涛、王学鹏、陆征军。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技创新部。

智慧变电站技术规范 第4部分：数字化远传表计

1 范围

本文件规定了数字化远传表计的组成与结构、工作条件、技术要求、监测模块、集线器、数据通信、配置原则、试验、检验规则、运输、包装、贮存的要求。

本文件适用于 35kV 及以上电压等级变电站数字化远传表计的设计、制造、试验、验收和安装。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 2312 信息交换用汉字编码字符集 基本集
- GB 4943.1 信息技术设备安全 第1部分：通用要求
- GB/T 11023—2018 高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则
- GB/T 14537 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 17626.10 电磁兼容试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 17626.8 电磁兼容试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 22065 压力式六氟化硫气体密度控制器
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 34986 产品加速试验方法
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- DL/T 1432.3 变电设备在线监测装置检验规范 第三部分：电容型设备及金属氧化物避雷器绝缘在线监测装置
- DL/T 1498.1—2016 变电设备在线监测装置技术规范 第1部分：通则
- DL/T 634.5104 远动设备及系统 第5—104部分：传输规约采用标准传输协议集的 IEC 60870—5—101 网络访问

DL/T 860 变电站通信网络和系统

JB/T 10492—2011 金属氧化物避雷器用监测装置标准

JB/T 10692 变压器用油位计

JB/T 6302—2016 变压器用油面温控器

JB/T 9647 变压器用气体继电器

Q/GDW 11921.3—2018 额定电压 72.5kV 及以上 SF₆/N₂ 混合气体绝缘金属封闭开关设备 第 3 部分：
密度表技术规范

Q/GDW 12020 输变电设备物联网微功率无线网通信协议

Q/GDW 12021 输变电设备物联网节点设备无线组网协议

Q/GDW 12082 输变电设备物联网无线传感器通用技术规范

Q/GDW 12083—2021 输变电设备物联网无线节点设备技术规范

Q/GDW 12184 输变电设备物联网传感器数据规范

Q/GDW 12186 输变电设备物联网通信安全规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字化远传表计 digital remote meter

一种同时具备变电站一次设备状态量就地监测和数字化数据上传功能的智能监测仪表。主要包括：SF₆ 数字化密度表、避雷器数字化泄漏电流表、变压器数字化油温计、变压器数字化油位计、变压器数字化气体继电器、互感器数字化油压计。

3.2

监测模块 monitoring module

用以自动采集、接收和处理传感器发送的设备状态监测数据，进行设备状态量分析和预警的装置。

3.3

传感器 sensor

一种将特定状态参量转化为可采集电信息的器件或装置，可内置或外置安装在设备本体或附近。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CMS：通信报文规范（Communication Message Specification）

5 组成与结构

数字化远传表计典型结构包括数字化感知单元、机械部分及监测模块，如图 1 所示。



图1 数字化远传表计典型功能结构图

6 工作条件

6.1 正常工作条件

正常工作条件如下：

- 环境温度应符合表1；
- 环境相对湿度：5%~95%（内部既不应凝露，也不应结冰）；
- 大气压力：80kPa~110kPa；
- 变压器数字化油位计使用地震加速度应满足：水平方向低于 $3m/s^2$ ，垂直方向低于 $1.5m/s^2$ 。

表1 正常工作环境温度要求

表计	机械部分	数字化感知模块	监测模块
SF ₆ 数字化密度表	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-25℃~+55℃
避雷器数字化泄漏电流表	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-25℃~+55℃
变压器数字化油温计	-40℃~+55℃	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-25℃~+55℃
变压器数字化油位计	-40℃~+55℃	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-25℃~+55℃
变压器数字化气体继电器	-30℃~+100℃	-40℃~+60℃ 或-30℃~+70℃	-25℃~+55℃
互感器数字化油压计	-40℃~+70℃	-40℃~+70℃	-25℃~+55℃

6.2 特殊工作条件

当超出6.1中规定的工作条件时，由用户与供应商协商确定。

7 总体要求

数字化远传表计基本要求如下：

- 通过应用数字化远传表计实现对一次设备基础功能的扩展和运行状态的监测、预警；
- 数字化远传表计采集的数据应采用统一数据模型，数据和分析结果应通过统一通信协议上传至辅助应用主机（综合应用主机、服务网关机），表计节点信号连接至保护装置；

- c) 应采用传感单元直接采集被测状态参量的方式；
- d) 数字化远传表计宜考虑与主设备一体化设计，便于安装、拆卸、维护、校验及更换，并确保主设备的安全运行要求。

8 通用技术要求

8.1 结构和外观

数字化远传表计外观和结构要求如下：

- a) 外表涂敷、电镀层应牢固均匀、光洁，不应有脱落、锈蚀、裂纹、孔洞等缺陷；
- b) 各部件应装配牢固，无松动现象，各部件及相应连线应有防松动措施；
- c) 输出接点端子应能牢靠地与外部接线。

8.2 安全性能

数字化远传表计的安全性能要求如下：

- a) 数字化远传表计不应改变被监测设备的连接方式，不应影响被测设备的密封性能和绝缘性能，不应影响现场设备的运行；
- b) 对于需从被监测设备接地线上获取信号的数字化远传表计，应不改变原有的接地性能，接地引下线应可靠接地并满足相应的通流能力；
- c) 无线传感部分的安全应符合 GB 4943.1 的相关规定。

8.3 供电电源性能

数字化远传表计的取能方式优先采用有线供电或者“有线+电池”双模供电的方式，供电电源要求如下：

- a) P_1 类，以交流电压为工作电源的表计：AC 220 (1±10%) V，频率 50 (1±5%) Hz；
- b) P_2 类，以直流电压为工作电源的表计：DC 220 (1±10%) V、±12V、0~24V，优先选用 0~24V；
- c) P_3 类，电池供电或采用其他取能方式的表计，电池供电的表计电池性能应符合 8.4 要求。

8.4 电池性能

8.4.1 设计续航时间

上报周期为 5min 时，电池设计续航时间应大于 6 年。

8.4.2 高温性能

电池应能够承受 85℃、8h 的高温测试。测试过程中电池以标称最大可持续放电电流恒电流放电，电池不应出现膨胀、泄漏、冒烟、着火、爆炸等现象。

8.4.3 低温性能

电池应能承受-40℃、24h 的低温测试，电池全过程输出电压不应小于表计最低工作电压。

8.4.4 可充电电池过充、过放电

对于表计中使用具有可充电能力的电池，在下列条件下，不应出现膨胀、泄漏、冒烟、着火、爆炸等现象：

- a) 充电至电池电压达到电池终止电压的 1.5 倍；
- b) 时间达到 1h（或保护模块启动）；
- c) 放电时间达到 90min；
- d) 电池电压达到 0V（或保护模块启动）。

8.4.5 可充电电池寿命

对于表中具有可充电能力的电池，500 次完整充放电后能量保持率应大于等于 80%。

8.5 可靠性

数字化远传表计的设计使用寿命应不小于 16 年。

8.6 绝缘性能

8.6.1 绝缘电阻

在正常试验大气条件下，数字化远传表计各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，绝缘电阻的要求应符合表 2。

表 2 绝缘电阻要求

额定工作电压 U_n	绝缘电阻要求
$U_n \leq 60V$	$\geq 100M\Omega$ （用 250V 绝缘电阻表测量）
$250 > U_n > 60V$	$\geq 100M\Omega$ （用 500V 绝缘电阻表测量）

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路，绝缘电阻采用 $250 > U_n > 60V$ 的要求。

8.6.2 介质强度

数字化远传表计介质强度应满足以下要求：

- a) 在正常试验大气条件下，数字化远传表计各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受频率为 50Hz、历时 1min 的工频耐压试验而无击穿闪络及元件损坏现象；
- b) 工频耐压试验电压值按表 3 规定选择，也可以采用直流试验电压，其值应为规定的交流试验电压值的 1.4 倍。

表 3 工频耐压试验电压要求

额定工作电压 U_n	交流试验电压有效值
$U_n \leq 60V$	0.5kV
$250 > U_n > 60V$	2.0kV

注：与二次设备及外部回路直接连接的接口回路，绝缘电阻采用 $250 > U_n > 60V$ 的要求。

8.6.3 冲击电压

在正常试验大气条件下，数字化远传表计各独立电路与外露的可导电部分之间，以及各独立电路之间，应能承受 1.2/50 μ s 的标准雷电波的短时冲击电压试验而无击穿闪络及元件损坏现象。当额定工作电压大于 60V 时，开路试验电压为 5kV；当额定工作电压不大于 60V 时，开路试验电压为 1kV。

8.7 电磁兼容性

8.7.1 抗扰度要求

数字化远传表计的抗扰度应符合表 4 的要求。

表 4 电磁兼容性要求

端口	试验项目	依据标准	试验等级	性能要求	适用供电电源类型
外壳	静电放电 (ESD)	GB/T 17626.2	4 级	B 或 A	P _A 、P _B 、P _C 类
	射频电磁场辐射	GB/T 17626.3	3 级	A	P _A 、P _B 、P _C 类
	工频磁场	GB/T 17626.8	5 级	A	P _A 、P _B 、P _C 类
	脉冲磁场	GB/T 17626.9	5 级	A	P _A 、P _B 、P _C 类
	阻尼振荡磁场	GB/T 17626.10	5 级	A	P _A 、P _B 、P _C 类
交流电源	电压暂降	GB/T 17626.11	3 类	B 或 A	P _C 类
	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4 级	B 或 A	P _C 类
	浪涌 (冲击)	GB/T 17626.5	4 级	B 或 A	P _C 类
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 级	A	P _C 类
直流电源	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4 级	B 或 A	P _C 类
	浪涌 (冲击)	GB/T 17626.5	4 级	B 或 A	P _C 类
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 级	A	P _C 类
I/O 信号/控制 (包括功能接 地端口的连接 线)	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4 级	B 或 A	P _A 、P _B 、P _C 类 [*]
	射频场感应的传导骚扰	GB/T 17626.6	3 级	A	P _A 、P _B 、P _C 类 [*]

^{*} 若数字化远传表计不含 I/O 信号/控制线缆, 则无需开展该试验。

8.7.2 抗扰度性能判据

抗扰度性能判据如下:

- 试验过程中, 在技术要求限值内功能或性能正常, 可判定为 A 级;
- 试验过程中, 功能或性能暂时降低或丧失, 但能自行恢复, 可判定为 B 级;
- 试验过程中, 功能或性能暂时降低或丧失, 但需要人工干预或系统复位才能恢复, 可判定为 C 级;
- 试验过程中, 出现设备 (元件) 或软件损坏 (存储数据丢失)、功能丧失、性能下降, 即使人工干预或系统复位也不能恢复, 可判定为 D 级。

8.8 环境适应性性能

数字化远传表计的环境适应性性能应符合表 5 中规定的要求。

表 5 环境适应性性能要求

环境性能	依据标准	应能承受的严酷等级
低温	GB/T 2423.1	温度 -40℃、持续时间 2h 的低温试验要求
高温	GB/T 2423.2	温度 +70℃、持续时间 2h 的高温试验要求
恒定湿热	GB/T 2423.3	温度 (40±2)℃, 相对湿度 (93±3)%, 持续时间 48h 的恒定湿热试验要求

表 5 (续)

环境性能	依据标准	应能承受的严酷等级
交变湿热	GB/T 2423.4	温度 +25℃至 +55℃ 湿度 95%RH, 试验循环次数 2 次 (每个循环 24h)

8.9 机械性能

数字化远传表计的机械性能应符合表 6 中规定的要求。

表 6 机械性能要求

机械性能	依据标准	应能承受的严酷等级
振动	GB/T 11287	I 级 (表壳内不充油); II 级 (表壳内充油)
冲击	GB/T 14537	I 级
碰撞	GB/T 14537	I 级

8.10 外壳防护性能

表计的外壳防护性能应符合 GB/T 4208 中规定的 IP65 级要求。

8.11 无线通信性能

对于采用无线传输方式的数字化远传表计, 数字化感知模块应满足 Q/GDW 12082 对无线通信性能的要求, 并具备 Q/GDW 12082 规定的发射机检测模式; 监测模块应满足 Q/GDW 12083 对无线通信性能的要求, 并具备 Q/GDW 12083 规定的发射机和接收机检测模式。

9 专项技术要求

9.1 SF₆ 数字化密度表

9.1.1 功能要求

SF₆ 数字化密度表功能要求如下:

- 应具备实时监测压力、气体温度并计算 SF₆ 气体密度 (P_{20}) 的功能;
- 应具备低压、闭锁、超压报警功能, 宜具备密度下降、液化、异常等报警功能;
- 应具有数据远传功能, 数据通信应满足第 12 章要求;
- 应具备 SF₆ 监测数据本地存储、密度 (P_{20}) 就地显示 (在失电时, 仍可通过人工方式获取并直接抄录数据)、信号远传等功能, 应能够即时上传, 宜具备表计本体存储不少于 10000 条测量记录 (内容至少包括: 月日时分、压力、温度、密度、报警信息) 并可导出功能, 数据记录组织格式见附录 H;
- 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能;
- 应具备长期稳定工作能力, 具有断电不丢失存储数据和复电自恢复、自复位的功能, 宜具备自校验功能;
- 应配备三通阀, 具备免拆卸校验条件, 充气接口、表计接口主要参数应符合图 2, 一次设备接口以一次设备为准。充气接口应采用黄铜材质, 密度表安装方式见附录 A。

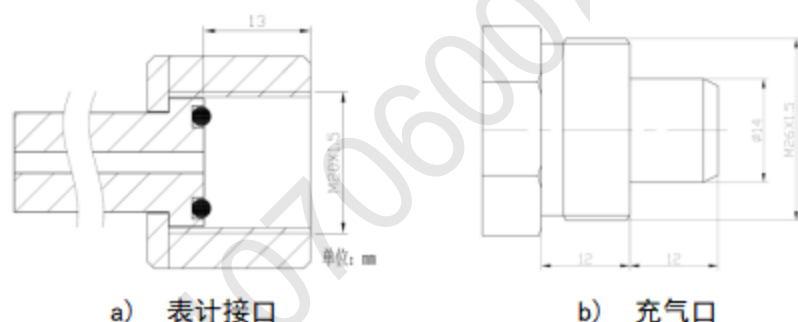


图2 典型三通阀结构图及主要参数

9.1.2 性能要求

SF₆数字化密度表性能要求如下：

- 应满足第8章要求；
- SF₆数字化密度表数字化感知单元的基本误差应满足表7要求；
- SF₆数字化密度表数字化感知单元的回差应不大于基本误差限的绝对值；
- SF₆数字化密度表数字化感知单元如有接点输出功能，其设定点偏差应满足表7的要求，切换差应为量程的0.2%~3%；
- SF₆数字化密度表机械部分的基本误差、回差、指针偏转的平稳性、轻敲位移、设定点偏差、切换差、温度补偿、静压、交变压力应满足GB/T 22065中相应条款规定的要求；
- SF₆/N₂混合气体数字化密度表机械部分的基本误差、回差、指针偏转的平稳性、轻敲位移、设定点偏差、切换差、温度补偿、静压、交变压力应满足Q/GDW 11921.3—2018中5.4~5.15所规定的要求；
- 现场显示与远传的SF₆气体的密度值之差在额定值、报警值、闭锁值处应符合表8要求；
- SF₆数字化密度表的密封性能用绝对漏气率表示，其值应不大于 $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

表7 SF₆数字化密度表数字化感知单元的基本误差要求

状态量	测量范围	误差限值
压力	0MPa~1MPa（绝对压力）	±0.5%F.S.
温度	-40℃~60℃或-30℃~70℃	±1℃
P20（20℃时压力）	0MPa~1MPa（绝对压力）	±1.0%F.S.

表8 现场显示与远传数据一致性要求

精确度等级	20℃（%FS）	其它温度（%FS）
1.0	±1.0	±1.6
1.6	±1.6	±2.5

9.1.3 安装要求

安装要求如下：

- SF₆数字化密度表应装设在与被监测气室处于同一运行环境温度位置；
- 传感器和监测模块的有线连接应采用单芯截面积不小于0.5mm²的屏蔽电缆；
- 户外安装时应采取防止二次接头受潮的防雨措施，宜采取防阳光直射的措施。

9.2 避雷器数字化泄漏电流表

9.2.1 功能要求

避雷器数字化泄漏电流表功能要求如下：

- 应具备对金属氧化物避雷器的全电流、动作次数进行连续或周期性自动监测功能；
- 宜能够存储至少 10000 条的监测数据及运行状态信息并可导出，数据记录组织格式见附录 H；
- 应具有数据远传功能，数据通信应满足第 12 章要求；
- 应具有异常报警功能，包括监测数据超标、监测功能故障和通信中断等报警功能：报警设置可修改，报警信息应实现实时远传；
- 应具备长期稳定工作能力，具有断电不丢失数据、自复位的功能；
- 应满足免拆卸校验要求；
- 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能。

9.2.2 性能要求

避雷器数字化泄漏电流表性能要求如下：

- 应满足第 8 章要求；
- 监测器动作次数宜采用 3 位电磁计数器显示，全电流可采用数字显示或指针显示，采用指针显示时，刻度表应有正常区（绿色）、注意区（黄色）及报警区（红色）；
- 全电流有效值测量范围根据避雷器电压等级，分为 $100\mu\text{A}\sim 5\text{mA}$ ，最大允许测量误差为： \pm （标准读数 $\times 2\%+5\mu\text{A}$ ），测量重复性要求为 $\text{RSD}<0.5\%$ ；
- 避雷器全电流远传数据与现场指针显示数据之差的绝对值应不大于 5%F.S.；
- 避雷器数字化泄漏电流表残压、冲击电流耐受应分别满足 JB/T 10492—2011 中 6.3 和 6.6 规定的要求。

9.2.3 安装要求

应采取防止二次接头受潮的措施。

9.3 变压器数字化油温计

9.3.1 功能要求

变压器数字化油温计的功能要求如下：

- 能够测量变压器的油面温度，可实现变压器的油面、绕组温度的就地显示；
- 宜能够存储至少 10000 条的监测数据及运行状态信息并可导出，数据记录组织格式见附录 H；
- 应具有数据远传功能，数据通信应满足第 12 章要求；
- 应输出报警或控制信号；
- 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能；
- 宜满足免拆卸校验要求。

9.3.2 性能要求

变压器数字化油温计性能要求如下：

- 应满足第 8 章要求；
- 测量精度等级不低于 1.5 级（ $-25^{\circ}\text{C}\sim 65^{\circ}\text{C}$ ），显示仪表的精度等级不低于 1.0 级；
- 测量范围应能覆盖 $0^{\circ}\text{C}\sim 160^{\circ}\text{C}$ （或按特殊要求）；

- d) 测温装置温包的额定耐受压力值应不小于 1.6MPa, 耐受压力时间应不小于 1min, 温包的插入深度应不小于 150mm;
- e) 测量范围内示值刻度及指针温度计的温度控制开关设定刻度的最小分度值均不大于 2℃;
- f) 就地显示及远传的温度应基本保持一致, 最大误差不超过允许误差绝对值的 1/2;
- g) 温包的额定耐受压力值、温包尺寸、安装螺纹、插入深度、毛细管长度、接点设定范围、接点容量, 应满足 JB/T 6302—2016 中 6.3~6.9 要求;
- h) 机械部分技术要求应满足 JB/T 6302—2016 中 7.1~7.17 要求;
- i) 应具备变压器不停电情况下的偏差校准功能。

9.4 变压器数字化油位计

9.4.1 功能要求

变压器数字化油位计功能要求如下:

- a) 能够测量变压器油枕油位, 可实现变压器油枕油位的就地显示;
- b) 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能;
- c) 应具有数据远传功能, 数据通信应满足第 12 章要求;
- d) 宜能够存储至少 10000 条的监测数据及运行状态信息并可导出, 数据记录组织格式见附录 H;
- e) 应输出报警或控制信号;
- f) 宜满足免拆卸校验要求。

9.4.2 性能要求

变压器数字化油位计性能要求如下:

- a) 应满足第 8 章要求;
- b) 机械部分应符合 JB/T 10692 要求;
- c) 数字化部分测量精度等级为 2.5 级。

9.4.3 安装要求

变压器数字化油位计应根据实际需求, 选用标称测量范围及安装尺寸。

9.5 变压器数字化气体继电器

9.5.1 功能要求

变压器数字化气体继电器功能要求如下:

- a) 在发生变压器失油故障时应产生跳闸信号;
- b) 本体气体继电器应有集气盒引下, 密封性应完好;
- c) 真空灭弧有载分接开关应选用具有油流速动作、气体报警(轻瓦斯)功能的气体继电器, 并应接入轻瓦斯告警及重瓦斯跳闸功能, 宜选用具有集气盒的气体继电器;
- d) 连续或周期性监测内部油位、继电器动作状态等信息, 宜具备气体体积、接点状态、可燃气体浓度监测信息;
- e) 应具有数据远传功能, 数据通信应满足第 12 章要求;
- f) 宜能够存储至少 10000 条的监测数据及运行状态信息并可导出, 数据记录组织格式见附录 H;
- g) 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能;
- h) 数字化气体继电器的设计应不影响取气操作;

i) 宜满足免拆卸校验要求。

9.5.2 性能要求

数字化气体继电器性能要求如下：

- 应满足第 8 章要求；
- 数字化气体继电器机械部分应满足 JB/T 9647 相关要求；
- 宜具备气体体积数字化测量功能，相对测量误差不大于 10%。

9.5.3 安装要求

数字化气体继电器安装要求如下：

- 管路通径：25mm、50mm、80mm；
- 安装方式：继电器管路轴线应与变压器箱盖平行，允许通往储油柜的一端稍高，但其轴线与水平面的倾斜度不超过 4%。

9.6 互感器数字化油压计

9.6.1 功能要求

互感器数字化油压计功能要求如下：

- 应具备互感器油压检测、信号远传、异常报警（监测数据超标、监测功能故障和通信中断）等功能；
- 应具有数据远传功能，数据通信应满足第 12 章要求；
- 宜能够存储至少 10000 条的监测数据及运行状态信息并可导出，数据记录组织格式见附录 H；
- 应具备长期稳定工作能力，具有断电不丢失存储数据和复电自恢复、自复位的功能，宜具备自校验功能；
- 宜具备通信异常、自检故障等本地指示功能；
- 宜满足免拆卸校验要求；
- 应配备三通阀，取样接口、一次设备接口主要参数以一次设备为准，表计接口参数根据现场条件选择 A 或 B，应符合图 3 a)、图 3 b)，取油口主要尺寸应符合图 3 c)。互感器数字化油压计安装方式应符合附录 B。

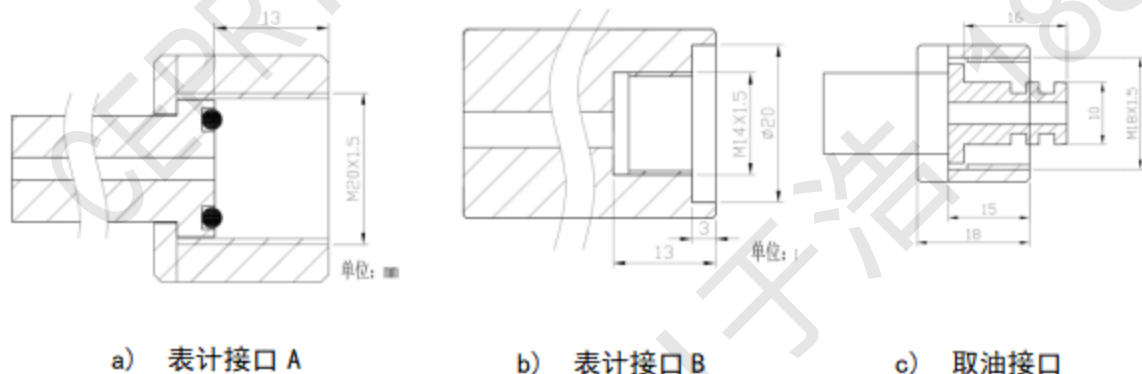


图 3 互感器数字化油压计接口主要参数

9.6.2 性能要求

互感器数字化油压计应满足以下要求：

- a) 应满足第 8 章要求；
- b) 监测精度应满足表 9 中规定的技术要求；
- c) 重复误差应不大于 0.25%F.S.；
- d) 回差应不大于 0.4%F.S.。

表 9 互感器数字化油压计监测精度要求

状态量	测量范围	误差限值
压力	0kPa~500kPa(绝对压力)	±0.5%F.S.

9.6.3 安装要求

应采取防止二次接头受潮的措施。

10 监测模块

10.1 有线通信方式

对于采用有线通信方式的表计，其监测模块应满足 DL/T 1498.1 所规定的相关要求。

10.2 无线通信方式

对于采用无线通信方式的表计，其监测模块应满足 Q/GDW 12083 所规定的要求。

11 集线器

集线器应满足以下要求：

- a) 集线器的绝缘性能、可靠性、电磁兼容性能、环境适应性能、机械性能、外壳防护性能应满足 DL/T 1498.1 所规定的相关要求；
- b) 应能提供不少于 3 路隔离 RS485 串口，具备与不少于 3 个数字化表计通讯功能，任何一个串口故障不应影响其它串口正常工作；
- c) 应能根据发送的数据自动产生 RS485 收发切换使能信号，可以自动检测、控制 RS485 数据流；
- d) 每路 RS485 串口均应采用光电隔离；
- e) 为每一路连接至串口的数字化表计提供 DC/DC 隔离的 24VDC 电源，且电源具备可持续短路功能，且任一路电源短路不应影响其它数字化表计正常工作。

12 数据通信

12.1 一般要求

数字化感知单元与监测模块之间宜采用有线通信方式，必要时也可采用无线方式通信。

12.2 有线通信方式

采用有线通信方式的数字化远传表计，通信要求如下：

- a) 数字化感知单元与监测模块之间宜采用屏蔽电缆、光纤进行直接连接，必要时可采用集线器中继；

- b) 应具备自动模式及手动模式。在自动模式下，原则上采取实时轮询上传的模式，动态数据上传时间间隔可设定，最小可设定值不高于 15s，在手动模式下，接收到测量指令时可即时启动单次测量；
- c) 应支持 RS485 或模拟量接口，RS485 接口传输协议应采用 Modbus 协议，波特率 9600bps，帧格式 1 个起始位、8 个数据位、1 个奇偶校验位、1 个停止位，具体通信规范应符合附录 C 所规定的要求，帧校验规则见附录 D，TLV 数据类型表定义见附录 E；
- d) 监测模块实现分析预警功能并将实时参量及告警信息上传，最终上送至辅助应用主机（综合应用主机、服务网关机），通信协议宜采用 CMS，必要时也可采用 DL/T 860 或 DL/T 634.5104。

12.3 无线通信方式

采用无线传输方式的数字化远传表计，通信要求如下：

- a) 应满足通信协议一致性要求，即通信协议应满足 Q/GDW 12020 和 Q/GDW 12021 所规定的相关要求，前导长度单位应定义为 Symbols；
- b) 应满足数据规约一致性要求，即数据规约应满足 Q/GDW 12184 所规定的相关要求，表计远传数据报文增补的传输格式应符合附录 F 要求；
- c) 应满足 Q/GDW 12186 所规定的相关要求；
- d) 数据最终上送至辅助应用主机（综合应用主机、服务网关机），通信协议宜采用 CMS，必要时也可采用 DL/T 860 或 DL/T 634.5104；
- e) 应采用固定周期和告警触发结合的模式上报数据，最小可设定上报周期不大于 5min，典型交互流程见附录 G；
- f) 使用输变电设备物联网微功率无线网通信协议的表计，若传感终端的突发信息为告警数据，则在告警持续时间内的业务周期不上报监测数据报文，上报控制信道突发帧，直到告警结束，业务周期才恢复为上报监测数据报文；
- g) 使用输变电设备物联网微功率无线网通信协议的表计，控制信道突发帧（BURST）为在控制信道中传输的一种帧的类型，可承载通信指令、告警数据报文或者控制数据报文，应符合以下要求：
 - 1) 承载告警数据报文或控制数据报文时，为减少数据传输，省略告警数据报文中的传感器 ID，只保留 MAC 帧头中的传感器 ID；
 - 2) 承载通信指令时，用于传感终端上报通信参数；
 - 3) 告警数据报文和通信指令不能在同一个 BURST 帧内传输。

12.4 数字化表计传感器 ID

数字化表计传感器 ID 应包括厂商代码、版本号、版本标签及产品序列号，其中的厂商代码应默认生成，具体生成方式如下：

- a) 数字化表计厂商应将公司全称的汉字序列根据 GB 2312 编码规则转换成一个十六进制编码序列；
- b) 采用 Q/GDW 12184 所规定的 CRC-16 校验算法计算生成一个 2 字节的校验码，该校验码即为厂商代码。

13 配置原则

1000（750）kV、500（330）kV、220kV、110（66）kV、35kV 变电站应配 SF₆ 数字化密度表、避雷器泄漏电流表计、变压器数字化油温计、变压器数字化油位计，选配数字化气体继电器、互感器数字化

油压计。

14 试验

14.1 通用试验

14.1.1 试验条件

除另有规定外，各项检验宜在如下正常试验大气条件下进行：

- a) 环境温度： $+15^{\circ}\text{C}\sim+35^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：25%RH \sim 75%RH；
- c) 大气压力：86kPa \sim 106kPa。

14.1.2 结构和外观检查

根据 8.1 的要求逐项进行检查。

14.1.3 基本功能检验

根据各表计功能要求逐项进行检验。

14.1.4 绝缘性能试验

14.1.4.1 绝缘电阻试验

在正常试验大气条件下，按表 2 要求对各测试回路进行绝缘电阻试验。测试前，应断开被试回路与外部电气连接。测试结果应满足 8.6.1 的要求。

14.1.4.2 介质强度试验

在正常试验大气条件下，按表 3 要求对各测试回路进行介质强度试验。测试前，除被试回路外，其余回路应等电位互联并接地。试验期间及试验后，传感器不应发生击穿、闪络及元器件损坏现象。

14.1.4.3 冲击电压试验

在正常试验大气条件下，按 8.6.3 要求对各被测回路进行冲击电压试验。试验前，除被试回路外，其余回路应等电位互联并接地。试验期间及试验后，传感器不应发生击穿、闪络及元器件损坏现象。

14.1.5 电磁兼容性能试验

按表 4 中的依据标准中所要求的试验方法，按相应的试验等级进行试验，在试验期间和试验后，表计应满足表中的性能判据要求。

14.1.6 环境适应性能试验

按表 5 中的依据标准中所要求的试验方法，按相应的严酷等级进行试验，传感器应能承受相应的严酷等级要求。

14.1.7 机械性能试验

按表 6 中的依据标准中所要求的试验方法,按相应的严酷等级进行试验,传感器应能承受相应的严酷等级要求。

14.1.8 外壳防护性能试验

按 GB/T 4208 中所要求的试验方法,应满足 8.10 要求。

14.1.9 加速老化试验

按 GB/T 34986 中所规定的定量加速试验老化方法进行试验,在置信度不小于 50%下,16 年累计故障率应不大于 10.25%。加速应力推荐使用恒定温度、湿度,每组应力试验样本数量不小于 15 个,评估结果应满足不小于 16 年的使用要求。

14.1.10 通信协议检测

14.1.10.1 有线通信协议检测

按 12.2 中的有线通信要求,对通信接口、数据帧结构以及各类应用报文进行检测:

- a) 使用有线通信协议测试工具发送正确的各类应用报文请求命令,装置应能正确响应;
- b) 使用有线通信协议测试工具分别发送包含错误的地址、错误的功能码、错误的帧长度、错误的 SFUN、错误的对象、错误的 CRC 校验等异常的各类应用报文请求命令,装置应能识别,不应因接收到异常报文而影响正常通信及功能。

14.1.10.2 无线通信协议检测

按 12.3 中的无线通信要求,对通信接入、业务流、控制流以及异常处理等进行检测:

- a) 使用无线通信协议测试工具与被测装置进行通信,装置交互流程应正确,报文内容应正确;
- b) 使用无线通信协议测试工具进行异常通过程序及指令交互测试,不应因接收到异常报文而影响正常通信及功能。

14.1.11 电池性能试验

14.1.11.1 一般要求

每项试验均需使用出厂时间不超过 1 年的新电池进行试验。

14.1.11.2 设计续航时间

按以下步骤开展试验:

- a) 使用功耗仪在额定电压、2 次无线通信间隔为 5min 的条件下测量表计功耗 1h,分别得出最大工作电流 I_{max} 、平均工作电流 I_a 、单次平均工作时间 T 、平均休眠电流 I_s ;
- b) 以最大工作电流 I_{max} 为放电电流,表计最小工作电压为截止电压对电池进行放电,得到电池的可用容量 C ,默认在 20℃ 测量,严寒地区可选择在 -10℃、-25℃、-40℃ 下测量;
- c) 当表计设置 2 次通信间隔为 T 时,电池设计续航时间 T 应按照式 (1) 计算,应满足 8.4.1 要求。

$$T = \frac{k_1 C}{k_2 [I_s \frac{T_s}{T_n} + I_s (1 - \frac{T_s}{T_n})]} \quad (1)$$

式中：

- T —— 电池设计续航时间，单位为小时（h）；
- k_1 —— 自损耗系数，电池长时间运行会产生自放电，减小电池容量，一般取值0.8；
- C —— 电池的可用容量，单位为毫安时（mAh）；
- k_2 —— 老化系数，通信元件老化后，可能会造成重传次数增加、元件功耗增加，一般取值1.2；
- I_s —— 平均工作电流，单位为毫安（mA）；
- T_s —— 单次平均工作时间，单位为分钟（min）；
- T_n —— 2次通信间隔时间，单位为分钟（min）；
- I_n —— 平均休眠电流，单位为毫安（mA）。

14.1.11.3 高温测试

高温测试按 GB/T 2423.2 方法开展，严酷等级为 85℃，持续 8h。测试过程中电池以标称最大可持续放电电流恒电流放电，测试后观察 1h，电池试验过程中及试验后，试验结果应满足 8.4.2 要求。

14.1.11.4 低温测试

按以下步骤开展试验，电池试验过程中及试验后，试验结果应满足 8.4.3 要求：

- a) 在 -40℃ 的恒温箱内下贮存电池 24h；
- b) 以 I_n 进行放电，持续 2h。

14.1.11.5 可充电电池过充、过放电测试

试验前确定以下参数：充电功率 P 、充电截止条件（电池的充电截止电压）、放电功率（工作功率 P_1 ）、放电截止条件（电池的放电截止电压）。电池试验过程中及试验后，应满足 8.4.4 要求。试验要求如下：

- a) 电池模块初始化充电：以恒功率 P 充电至电池的充电终止电压，静置 30min；
- b) 以恒功率 P 充电至电池的充电终止电压（或以厂家规定的充电方式进行充电），静置 30min；
- c) 使电池以功率 P 充电至电池电压达到电池终止电压的 1.5 倍或时间达到 1h（或保护模块启动）时停止充电；
- d) 使电池以放电功率 P_1 放电至时间达到 90min 或电池电压达到 0V（或保护模块启动）时停止放电；
- e) 观察 1h。

14.1.11.6 可充电电池寿命

试验前确定以下参数：充电功率 P 、充电截止条件（电池的充电截止电压）、放电功率（工作功率 P_1 ）、放电截止条件（电池的放电截止电压）。电池试验过程中及试验后，应满足 8.4.5 要求。试验要求如下：

- a) 电池模块初始化放电:以 P_1 恒功率充电至电池的充电终止电压(或以厂家规定的充电方式进行充电),静置 30min;
- b) 再以 P_1 恒功率放电至电池的放电终止电压,静置 30min;
- c) 电池模块以 P_1 恒功率充电至电池的充电终止电压(或以厂家规定的充电方式进行充电),静置 30min;
- d) 电池模块以 P_1 恒功率放电至电池的放电终止电压,静置 30min;
- e) 按 c) ~d) 连续循环 500 次。

14.1.12 无线通讯性能试验

按 Q/GDW 12082 中无线通讯性能试验要求进行逐项检查,结果应满足 8.11 要求。

14.2 SF₆ 数字化密度表

14.2.1 试验仪器

试验用标准仪器基本误差限的绝对值不大于被检 SF₆ 数字化密度表基本误差限的绝对值的 1/4。

14.2.2 检验点

检验点要求如下:

- a) 基本误差的检验点以标有数字的标度线及额定压力点作为检验点(设定点除外)。
- b) 设定点偏差及切换差的检验点为表盘或铭牌上标注的报警压力和闭锁压力。

14.2.3 测试方法

采用被测检 SF₆ 数字化密度表与标准仪器比较的方法进行测试。

14.2.4 参比测试条件

在下列条件下,密度表的基本误差、回差、设定点偏差及切换差应符合本文件有关的规定:

- a) 环境温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 1.5^{\circ}\text{C}$;
- b) 密度表处于正常工作位置(系指垂直安装);
- c) 表壳内压力与表壳外大气压一致(表压型)或表壳内压力为标准大气压 $\pm 1\text{kPa}$ (绝压型);
- d) 负荷变化均匀。

14.2.5 数字化感知单元测量误差试验

数字化感知单元测量误差试验如下:

- a) SF₆ 数字化密度表与试验平台连接,由密封气室提供 SF₆ 气压,并将密度表和密封气室置于恒温箱内;
- b) 调整恒温箱温度 20°C ,并保持至少 2 小时,调整 SF₆ 气体压力 0MPa 、 0.2MPa 、 0.4MPa 、 0.6MPa 、 0.8MPa ,记录密度表测量值(压力、温度和 P_{20}),试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.6 机械部分基本误差

按 GB/T 22065 相关要求执行,试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.7 回差

按 GB/T 22065 相关要求执行, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.8 设定点偏差

按 GB/T 22065 相关要求执行, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.9 切换差

按 GB/T 22065 相关要求执行, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.10 静压

按 GB/T 22065 相关要求执行, 试验结果应满足 9.4.2 要求。

14.2.11 额定值及设定点信号值温度试验(机械部分温度补偿试验)

对有额定值和设定点的 SF₆ 数字化密度表, 按照以下步骤进行试验:

- 额定值温度试验: SF₆ 数字化密度表与试验平台连接, 由密封气室提供 SF₆ 气压; 并将密度表和密封气室置于高低温箱内; 调整高低温箱温度 20℃, 并保持至少 2 小时, 调整 SF₆ 气体压力至额定压力, 在 (20±1.5)℃ 环境温度下放置 2h; 逐渐升(降)温至检验点温度; 检验点温度为使用温度范围的温度上(下)限以及温度上(下)限偏差 50% 范围内的某温度点。温度变化速率应不大于 1℃/min, 待温度稳定且保持不少于 2h, 记录此时密度表示值及远传数据(SF₆ 气体液化后不进行考核), 试验结果应满足 9.1.2 要求。
- 设定点信号值的温度试验: 将被测密度表置于高低温箱内, 逐渐升(降)温至检验点温度; 检验点温度为使用温度范围的温度上(下)限以及温度上(下)限偏差 50% 范围内的某温度点。测量密度表在该温度下设定点信号值, 与目标值比较, 两者差值小于 9.1.2 规定的误差。用于比较的目标值应按公式 (2) ~ (5) 进行计算, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

$$p = (RTB - A)d^2 + RTd \quad (2)$$

$$A = 73.822 \times 10^{-5} - 5.132105 \times 10^{-7}d \quad (3)$$

$$B = 2.50695 \times 10^{-3} - 2.12283 \times 10^{-6}d \quad (4)$$

$$R = 56.9502 \times 10^{-5} \quad (5)$$

式 (2) ~ (5) 中:

p —— 压力, 单位为 0.1 兆帕 ($\times 0.1 \text{MPa}$);

d —— 密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);

T —— 温度, 单位为开尔文 (K)。

- 对于没有额定值和设定点的 SF₆ 密度数字化感知单元, 可按照本步骤进行 P_{20} 为 0.6MPa、0.5MPa、0.4MPa、0.3MPa 的温度试验, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.12 交变压力

按 GB/T 22065 相关要求执行, 试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.13 现场示数与远传一致性

对具有现场显示和远传功能的数字化密度表, 在 13.2.11 的试验中, 记录各试验点现场显示和远传信号的 P_{20} , 其测试结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.14 密封性试验

密封性能试验可按照以下两种方法进行：

- a) 方法一：将仪表充入 SF₆ 气体至额定压力的 110%，吹净仪表周围残余的 SF₆ 气体，用塑料薄膜罩住仪表，24h 后，用灵敏度不低于 10⁻⁶（体积比 V/V）的 SF₆ 气体检漏仪检测塑料薄膜罩内及表壳内 SF₆ 气体的浓度值，并按 GB/T 11023—2018 中 4.2.1 规定的方法计算出仪表的绝对漏气率，试验结果应满足 9.1.2 要求。
- b) 方法二：将仪表充入氮气至额定压力，将仪表置于密闭的罐体内，对罐体进行抽真空并用氮质谱检漏仪检漏，检测出仪表的绝对漏气率，试验结果应满足 9.1.2 要求。

14.2.15 报警功能试验

14.2.15.1 低压报警、闭锁报警、超压报警试验

在环境温度不变的条件下，给密度表施加额定压力负荷，然后再均匀缓慢地减负荷或者增负荷，达到低压报警值、闭锁报警值或超压报警值时，密度表应发出报警提示或报警远传信号。

14.2.15.2 密度下降报警试验（如有）

给密度表施加额定压力负荷，在环境温度不变的条件下，在 30min~120min 内减少超过 SF₆ 数字化密度表计基本误差的 3 倍的负荷，密度表应发出“预警”提示和远传信号。

14.2.15.3 液化报警试验（如有）

将密度表与密封气室连接，给密封气室充入 0.6MPa 压力负荷的 SF₆ 气体，将密度表与密封气室均放置在高低温试验箱中。以不大于 1℃/min 的温度变化速率均匀缓慢地降低试验箱温度至 -35℃ 液化温度，温度变化速率应不大于 1℃/min，此时密封气室内 SF₆ 气体发生液化。当密度表检测到因气体液化而气体密度值下降时，密度表应及时发出“预警”提示和远传信号。SF₆/N₂ 混合气体数字化密度表不进行该项试验。

14.3 避雷器数字化泄漏电流表

14.3.1 密封性试验

按 JB/T 10492 相关要求执行，试验结果应满足 9.2.2 要求。

14.3.2 残压试验

按 JB/T 10492 相关要求执行，试验结果应满足 9.2.2 要求。

14.3.3 动作性能试验

按 JB/T 10492 相关要求执行，试验结果应满足 9.2.2 要求。

14.3.4 电流测量性能试验

按 DL/T 1432.3 相关要求执行，试验结果应满足 9.2.2 要求。

14.3.5 冲击电流耐受试验

按 JB/T 10492 相关要求执行，试验结果应满足 9.2.2 要求。

14.4 变压器数字化油温计

14.4.1 密封性试验

按 JB/T 6302 相关要求执行，试验结果应满足 9.3.2 要求。

14.4.2 示值误差试验

按 JB/T 6302 相关要求执行，试验结果应满足 9.3.2 要求。

14.4.3 示值回差试验

按 JB/T 6302 相关要求执行，试验结果应满足 9.3.2 要求。

14.4.4 示值重复性试验

按 JB/T 6302 相关要求执行，试验结果应满足 9.3.2 要求。

14.4.5 切换差试验

按 JB/T 6302 相关要求执行，试验结果应满足 9.3.2 要求。

14.5 变压器数字化油位计

14.5.1 密封性试验

按 JB/T 10692 相关要求执行，试验结果应满足 9.4.2 要求。

14.5.2 注油条件下动作特性试验

按 JB/T 10692 相关要求执行，试验结果应满足 9.4.2 要求。

14.5.3 放油条件下动作特性试验

按 JB/T 10692 相关要求执行，试验结果应满足 9.4.2 要求。

14.5.4 示值准确度试验

按 JB/T 10692 相关要求执行，试验结果应满足 9.4.2 要求。现场示数与远传一致性误差不超过 JB/T 10692 中规定的最大测量误差。

14.6 变压器数字化气体继电器

14.6.1 密封性试验

按 JB/T 9647 相关要求执行，试验结果应满足 9.5.2 要求。

14.6.2 动作特性试验

按 JB/T 9647 相关要求执行，试验结果应满足 9.5.2 要求。

14.6.3 接点容量及寿命试验

按 JB/T 9647 相关要求执行，试验结果应满足 9.5.2 要求。

14.6.4 气体体积刻度偏差试验

按 JB/T 9647 相关要求执行，试验结果应满足 9.5.2 要求。

14.6.5 反向油流试验

按 JB/T 9647 相关要求执行，试验结果应满足 9.5.2 要求。

14.6.6 现场示数与远传一致性

进行气体体积刻度偏差试验时，现场示数与远传一致性误差不超过 JB/T 9647 中规定的最大测量误差。

14.7 互感器数字化油压计

14.7.1 密封性试验

按 GB/T 34073—2017 相关要求执行，试验结果应满足 9.6.2 要求。

14.7.2 准确度试验

按 GB/T 34073—2017 相关要求执行，试验结果应满足 9.6.2 要求。

14.7.3 重复性试验

按 GB/T 34073—2017 相关要求执行，试验结果应满足 9.6.2 要求。

14.7.4 回差试验

按 GB/T 34073—2017 相关要求执行，试验结果应满足 9.6.2 要求。

14.8 监测模块

监测模块试验要求如下：

- a) 对于采用有线通信方式的表计监测模块，按 DL/T 1432.1 相关要求执行，试验结果应满足 10.1 的要求；
- b) 对于采用无线通信方式的表计监测模块，按 Q/GDW 12083 相关要求执行，试验结果应满足 10.2 的要求。

14.9 集线器

按 DL/T 1432.1 相关要求执行，试验结果应满足第 11 章的要求。

15 检验规则

15.1 检验要求

数字化远传表计的检验分为型式试验、出厂试验、交接试验、现场试验四类，检验项目应符合表10~表15。

表10 SF₆数字化密度表试验项目及要

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	8	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	10	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	11	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	13	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	14	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	15	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	16	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	17	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	18	数字化感知单元测量误差试验	14.2.5	●	●	●	*
	19	机械部分基本误差	14.2.6	●	●	●	*
	20	回差	14.2.7	●	●	●	*
	21	设定点偏差	14.2.8	●	●	●	○
	22	切换差	14.2.9	●	●	●	○
	23	静压	14.2.10				
	24	额定值及设定点信号值温度试验（机械部分温度补偿试验）	14.2.11	●	●	●	○
	25	交变压力	14.2.12	●	○	○	○
	26	现场示数与远传一致性	14.2.13	●	●	●	○
	27	密封性试验	14.2.14	●	●	●	○

表10 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
专项性能	28	报警功能试验*	14.2.15	●	●	○	○
通信协议	29	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	30	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电池性能	31	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	32	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	33	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○
	34	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	35	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○
注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目							
* SF ₆ /N ₂ 混合气体数字化密度表无需开展液化报警检测项目。							

表 11 避雷器数字化泄漏电流表试验项目及要

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	8	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	10	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	11	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	13	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	14	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	15	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	16	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	17	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	18	密封性试验	14.3.1	●	●	○	○
	19	残压试验	14.3.2	●	●	○	○
	20	动作性能试验	14.3.3	●	●	●	*
	21	电流测量性能试验	14.3.4	●	○	●	*
	22	冲击电流耐受试验	14.3.5	●	○	○	○

表 11 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
通信协议	23	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	24	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电池性能	25	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	26	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	27	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○
	28	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	29	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○

注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目

表 12 变压器数字化油温计试验项目及要

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	8	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	10	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	11	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	13	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	14	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	15	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	16	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	17	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	18	密封性试验	14.4.1	●	●	●	○
	19	示值误差试验	14.4.2	●	●	●	○
	20	示值回差试验	14.4.3	●	●	●	○
	21	示值重复性试验	14.4.4	●	●	●	○
	22	切换差试验	14.4.5	●	●	●	○
通信协议	23	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	24	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*

表 12 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
------	----	------	------	------	------	------	------

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
电池性能	25	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	26	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	27	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○
	28	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	29	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○

注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目

表 13 变压器数字化油位计试验项目及要

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	8	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	10	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	11	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	13	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	14	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	15	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	16	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	17	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	18	密封性试验	14.5.1	●	●	●	○
	19	注油条件下动作特性试验	14.5.2	●	●	●	*
	20	放油条件下动作特性试验	14.5.3	●	●	●	*
	21	示值准确度试验	14.5.4	●	●	●	○
通信协议	22	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	23	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电池性能	24	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	25	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	26	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○

表 13 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
电池性能	27	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	28	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○

注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目

表 14 变压器数字化气体继电器试验项目及要

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	8	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	10	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	11	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	13	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	14	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	15	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	16	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	17	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	18	密封性试验	14.6.1	●	●	●	○
	19	动作特性试验	14.6.2	●	●	●	○
	20	接点容量及寿命试验	14.6.3	●	●	●	○
	21	气体体积刻度偏差试验	14.6.4	●	●	●	○
	22	反向油流试验	14.6.5	●	●	●	○
	23	现场示数与远传一致性	14.6.6	●	●	●	○
通信协议	24	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	25	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电磁兼容性能	26	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○

表 14 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
------	----	------	------	------	------	------	------

环境适应性性能	27	低温试验	14.1.6	●	○	*	○
	28	高温试验	14.1.6	●	○	*	○
	29	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	30	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	31	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	32	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	33	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	34	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	35	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	36	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	37	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	38	密封性试验	14.6.1	●	●	●	○
	39	动作特性试验	14.6.2	●	●	●	○
	40	接点容量及寿命试验	14.6.3	●	●	●	○
	41	气体体积刻度偏差试验	14.6.4	●	●	●	○
	42	反向油流试验	14.6.5	●	●	●	○
	43	现场示数与远传一致性	14.6.6	●	●	●	○
通信协议	44	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	45	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电池性能	46	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	47	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	48	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○
	49	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	50	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○

注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目

表 15 互感器数字化油压计

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
结构外观	1	结构和外观检查	14.1.2	●	●	●	●
基本功能	2	基本功能检验	14.1.3	●	●	●	●
绝缘性能试验	3	绝缘电阻	14.1.4.1	●	●	●	*
	4	介质强度	14.1.4.2	●	●	*	*
	5	冲击电压	14.1.4.3	●	●	*	○
电磁兼容性能	6	电磁兼容性能试验	14.1.5	●	○	*	○
环境适应性性能	7	低温试验	14.1.6	●	○	*	○

表 15 (续)

检测类别	序号	检测项目	试验要求	型式试验	出厂试验	交接试验	现场试验
------	----	------	------	------	------	------	------

环境适应性能		高温试验	14.1.6	●	○	*	○
环境适应性能	8	恒定湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
	9	交变湿热试验	14.1.6	●	○	*	○
机械性能	10	振动试验	14.1.7	●	○	○	○
	11	冲击试验	14.1.7	●	○	○	○
	12	碰撞试验	14.1.7	●	○	○	○
外壳防护性能	13	防尘试验	14.1.8	●	○	○	○
	14	防水试验	14.1.8	●	○	○	○
无线通信性能	15	无线通信性能测试	14.1.12	◆	○	*	○
可靠性	16	加速老化试验	14.1.9	●	○	○	○
专项性能	17	密封性试验	14.7.1	●	●	●	○
	18	准确度试验	14.7.2	●	●	●	○
	19	重复性试验	14.7.3	●	●	●	○
	20	回差试验	14.7.4	●	●	●	○
通信协议	21	有线通信协议检测	14.1.10.1	◆	◆	◆	*
	22	无线通信协议检测	14.1.10.2	◆	◆	◆	*
电池性能	23	设计续航时间	14.1.11.2	◆	○	*	○
	24	高温测试	14.1.11.3	◆	○	*	○
	25	低温测试	14.1.11.4	◆	○	*	○
	26	过充、过放电测试	14.1.11.5	◆	○	○	○
	27	电池寿命	14.1.11.6	◆	○	○	○

注：●表示规定必须做的检测项目；○表示规定可不做的检测项目；◆表示表计如有此功能必须做的检测项目；*表示根据客户要求选做的检测项目

15.2 型式试验

有以下情况之一时，应进行型式试验：

- 新产品定型；
- 连续批量生产的表计每4年一次；
- 正式投产后，设计、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产1年以上又重新恢复生产时；
- 出厂试验结果与型式试验有较大差异时；
- 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- 合同规定进行型式试验时。

15.3 出厂试验

每块表计出厂前应在正常试验条件下逐个按规定进行出厂试验，试验合格后，附有合格证及试验报告，方可允许出厂。

15.4 交接试验

表计安装完成后，正式投运前开展的试验，交接试验合格后，方可投入运行。

15.5 现场试验

现场试验是现场运行单位或具有资质的检测单位对现场待测表计性能进行测试,现场试验一般分为两种情况:

- a) 例行试验,按固定周期开展定期试验;
- b) 必要时。

16 标志、包装、运输及贮存

16.1 标志

16.1.1 名牌内容

每块表计应有明晰的铭牌,铭牌内容如下:

- a) 装置型号;
- b) 装置全称;
- c) 制造厂名称;
- d) 监测参数;
- e) 唯一身份代码或实物 ID 码;
- f) 出厂日期;
- g) 出厂编号/序列号。

16.1.2 包装箱标记

包装箱上应有如下标记:

- a) 发货厂名、产品名称、型号;
- b) 包装箱外形及重量。

16.2 包装

表计应有内包装和外包装,包装应有防尘、防雨、防水、防潮、防震等措施。

16.3 运输

表计应适用于陆运、空运、水(海)运,运输装卸应按包装箱上的标准进行操作,严禁磕碰,避免阳光直射及雨雪浸淋。

16.4 贮存

数字化远传表计应贮放在环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于 85%的通风室内,且空气中不含对表计起腐蚀作用的介质。贮存期为 12 月,超过贮存期按 15.1 进行检验并满足其要求。

附录 A

附录 B (规范性)

附录 C 典型 SF₆ 数字化密度表安装方式

SF₆ 数字化密度表安装方式应按照图 A.1。

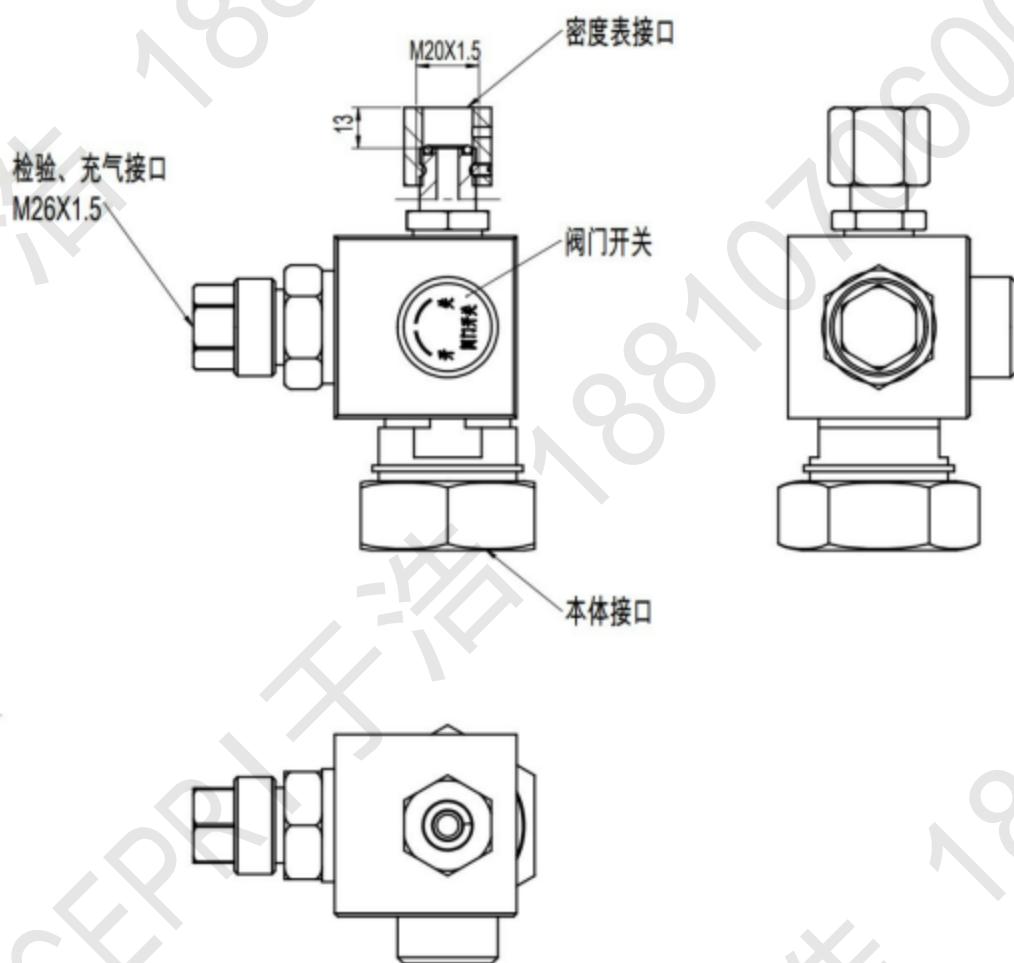


图 A.1 典型 SF₆ 数字化密度表安装方式

附录 D

附录 E (规范性)

附录 F 典型互感器数字化油压计安装方式

互感器数字化油压计安装方式应按图 B.1。

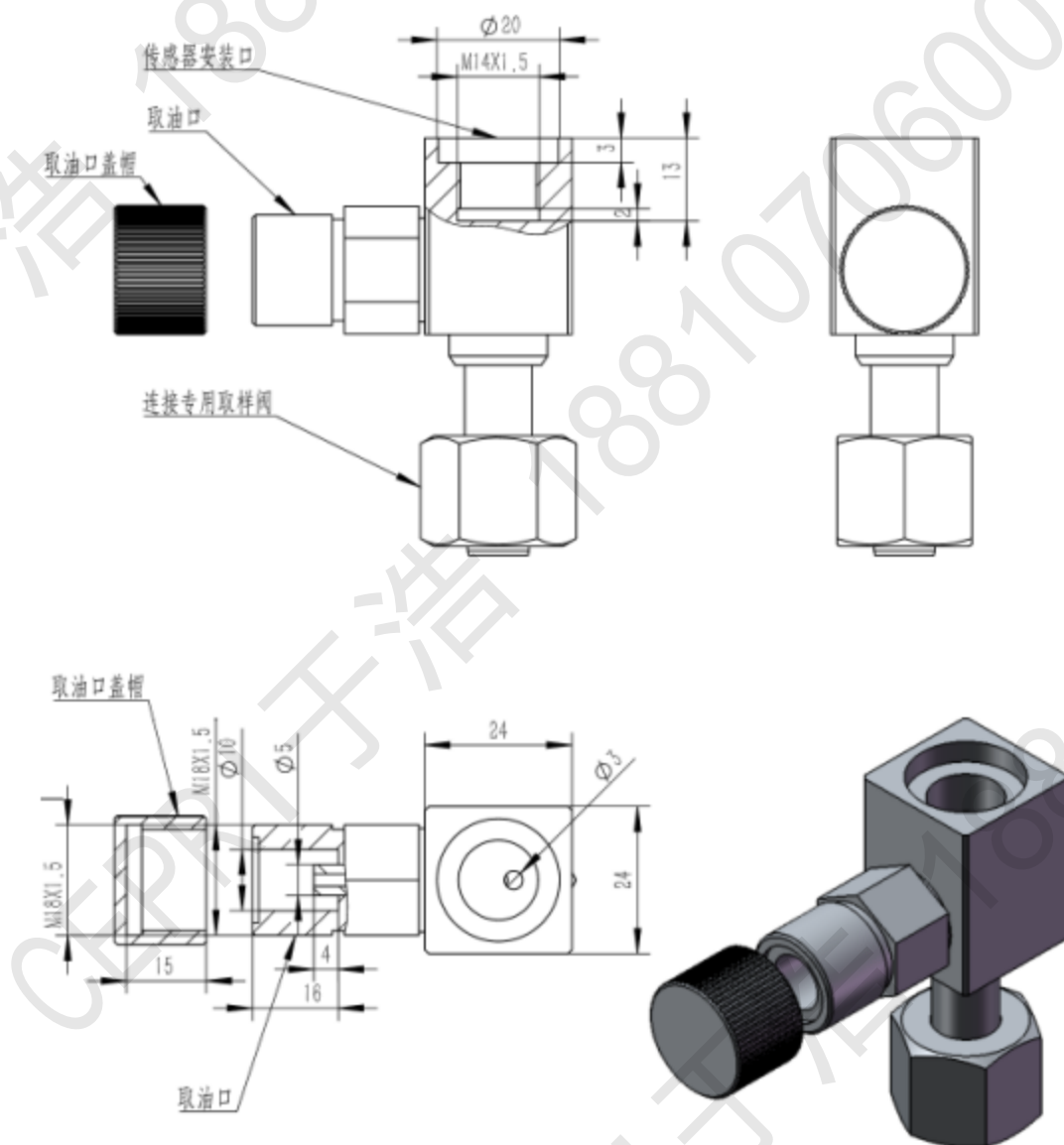


图 B.1 典型互感器数字化油压计安装方式

附录 C

附录 D (规范性)

附录 E MODBUS 规范扩展数据交换协议：表计适配规范

C.1 交互帧结构

C.1.1 总体描述

Modbus 协议定义了一个与基础通信层无关的简单协议数据单元 (PDU)。特定总线或网络上的 Modbus 协议映射能够在应用数据单元 (ADU) 上引入一些附加域。

C.1.2 通用帧结构

通用帧结构应符合图 C.1。



图 C.1 Modbus 通用帧结构

C.1.3 地址域

地址域在帧的开始部分，由一个字节（8 位二进制码）组成，十进制为 0~255，在我们的系统中只使用 1~247，其它地址保留。这些位标明了用户指定的从机的地址，该设备将接收来自与之相连的主站通信报文。每个终端设备的地址必须是唯一的，仅仅被寻址到的终端会响应包含了该地址的查询。当终端发送回一个响应，响应中的从机地址数据便告诉了主站哪台终端正与之进行通信。

从机地址长度为 1 字节，其有效范围为 1~247，在读取类操作时，地址 0 表示广播地址。

C.1.4 功能码

功能码定义及功能如下：

- 功能码指示将执行哪种操作。用一个字节编码 Modbus 数据单元的功能码域。有效的码值范围是十进制 1~255（128~255 为异常响应保留）。当主站向从机发送报文时，功能码域通知从机执行哪种操作；
- 可向一些功能码加入子功能码来定义多项操作。在某种请求中，数据域可以是不存在的（0 长度），功能码仅说明操作；
- 当从机对主站应答响应时，它使用功能码域来指示正常（无差错）响应或者出现某种差错（称为异常响应）；
- 对于一个正常响应来说，从机仅回复原始功能码。对于异常响应，从机返回一个与原始功能码等同的码，并将该原始功能码的最高有效位置位逻辑 1。

C.1.5 功能码分类

Modbus 提供三类功能码，它们是公共功能码、用户定义功能码及保留功能码。其中 65~72 和 100~110 为用户定义功能码。

C.1.6 常用公共功能码

常见的功能定义应符合表 C.1:

表 C.1 常见的功能定义

功能码		访问对象	功能定义	描述
十进制编码	HEX			
02	02	物理离散量输入	读输入离散量	按比特 bit 访问
01	01	内部比特或物理线圈	读线圈	按比特 bit 访问
05	05		写单个线圈	按比特 bit 访问
15	0F		写多个线圈	按比特 bit 访问
04	04	输入存储器	读输入存储器	按双字节访问
03	03	内部存储器	读单/多个寄存器	按双字节访问
06	06		写单个寄存器	按双字节访问
16	10		写多个寄存器	按双字节访问
20	14	文件记录	读文件记录	按文件流访问
21	15		写文件记录	按文件流访问
...

C.1.7 扩展功能码

考虑各种表计的互联互通性，利用用户定义功能码区扩展一个功能码 66H，用于约定统一的报文通信协议。为了便于终端设备不断发展的需求，引入统一的对象标识 OI 和可自描述的数据体内容，应符合表 C.2。在不改变 Modbus 通信协议帧总体结构的情况下，修改扩展功能码的数据区定义，详见 C.1.8。

表 C.2 扩展功能码

功能码		访问对象	功能定义	描述
编码	HEX			
102	66	表计内部信息	扩展的表计适配规范	统一对象标识和可自描述数据体内容

C.1.8 扩展功能码帧结构

扩展功能帧包含 7 部分：地址域 (ADDR)、功能码 (FUN)、数据长度 (LEN)、子功能码 (SFUN)、数据标识 (OI)、数据体 (DATA)、校验域 (CS)。帧结构定义应符合表 C.3。数据体 DATA 结构为：Tag+Len+Data。

表 C.3 帧结构定义

地址域 ADDR	功能码 FUN	数据 APDU							校验域 CRC
		数据长度	子功能码	对象标识 OI1	数据体 DATA1	对象标识 OI2	数据体 DATA2	

		LEN	SFUN		(TLV)		(TLV)		
1Byte	1Byte	N Byte						2Byte	

将数据区命名为应用协议数据单元 (APDU)，APDU 又分别定义为数据长度 LEN+子功能码 SFUN 及一项或多项 [对象标识+[数据体 DATA]]。在某些帧中可以没有数据体 DATA，[] 的内容表示可选，{} 中的内容表示可重复。

C.1.9 校验域CRC

发送设备对报文中的每一个数据都进行 CRC-16 计算，并跟随在数据之后发送 CRC 校验码。接收设备应对报文中的每一个数据（除 CRC 校验码以外）进行 CRC-16 计算，将结果进行比对，只有 CRC 一致的报文才可以被接受。

C.1.10 APDU结构域（扩展）

C.1.10.1 LEN

数据区的长度，1 字节。定义为 {子功能码+数据标识+数据体 DATA} 的长度，其中 {数据标识+数据体 DATA} 可以为多项，子功能 SFUN 为读取时的下行报文仅含数据标识 OI 而没有数据体 DATA。

C.1.10.2 SFUN

子功能码定义如下：

- 子功能码 1 字节，用于定义在本扩展功能码协议中的具体操作行为，定义应符合表 C.4；
- 常用的子功能码定义表 C.5。

表 C.4 子功能码 1 字节定义

D7	D6	D5~D0
方向位	后续标识	具体行为功能定义
0: 表示请求帧 1: 表示响应帧	0: — 1: 表示后续帧	01: 读取、02: 写入 33: 广播对时等

表 C.5 常用的子功能码定义

功能码		子功能码		功能定义	描述
十进制编码	HEX	十进制编码	HEX		
102	66	01	01	读取请求	主站发起
		02	02	写入请求	主站发起
		51	33	广播对时	主站发起，从机不应答
		65	41	读后续帧请求	主站发起
	
		129	81	读取应答	从机响应
		130	82	写入应答	从机响应
		193	C1	读取有后续应答	从机响应，有后续
...		

C.1.10.3 OI

对象标识 2 字节。见 C.2.1。

C.1.10.4 DATA

数据体，用 TLV 数据类型标识，包含数据标记+长度+值。数据体的值域，按先低后高的字节顺序传输。

C.1.11 分帧处理

C.1.11.1 分帧处理流程

通过子功能码 SFUN 的 D6 实现分帧处理。其中主站发送报文 D6 置 1 表示请求后续帧，从机响应报文 D6 置 1 表示有后续帧。如果从机响应报文的 SFUN.D6 置 1，即通知主站还有后续帧，但主站忽视此信息仍以 SFUN.D6 置 0 发起请求，则从机丢弃之前的后续帧开始响应主站新的请求帧。如果主站错误地以 SFUN.D6 置 1 发起首次请求，从机回复功能码 FUN 最高位置 1 即 FUN=0xE6H 和错误码 03。即主站如果首次就请求后续帧，从机将报错误码。分帧处理的交互流程应符合图 C.2。

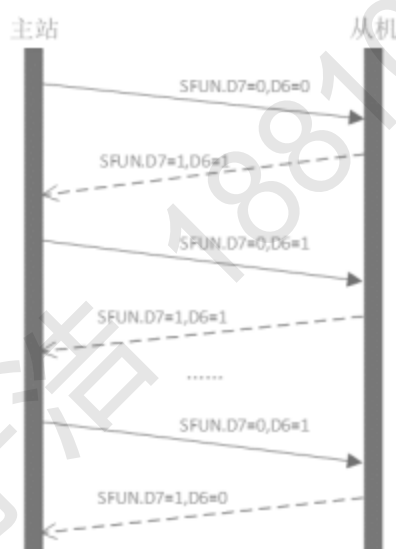


图 C.2 分帧处理的交互流程

分帧处理的交互步骤如下：

- a) 主站使用 SFUN.D7=0, D6=0, D5~D0=xx 发起请求。首次请求 SFUN.D6 必须置 0，否则从机将报错；
- b) 从机判断响应报文的长度是否超过最大 APDU 允许字节：
 - 1) 若超过则需分帧处理：分帧传输时从机使用 SFUN.D6 置 1 的响应报文表示还有后续帧，本帧报文长度为 255+5 字节；
 - 2) 若不超过则无需分帧，从机使用 SFUN.D6 置 0 的响应报文，并携带剩余的数据。
- c) 主站收到从机 SFUN.D6 置 1 的响应报文时，先将已接收到的报文暂存在缓冲区中。然后主站使用 SFUN.D7=0, D6=1, D5~D0=xx 继续请求后续帧，重复步骤 b)；
- d) 主站收到从机 SFUN.D6 置 0 的响应报文时，表示报文数据已全部接收完毕，开始数据分析处理；

- e) 分帧响应的异常情况交互流程应符合图 C.3，当主站请求后续帧时，从机不响应或响应报文丢失，超过最大响应时间 T，则主站以 SFUN.D6 置 0 重新发起请求，直到响应报文被主站完整接收，其中最大响应时间 T 宜取 3~5 秒；
- f) 如果主站发起 3 次请求仍不能完成正常的交互，本召唤周期停止对从机的请求，下个召唤周期主站重新开始。

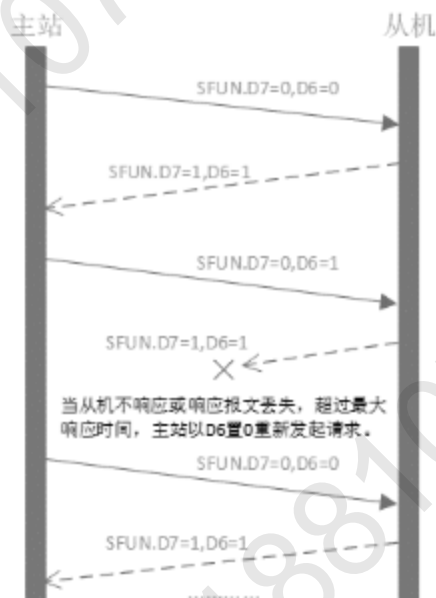


图 C.3 分帧响应的异常情况交互流程

C.1.11.2 分帧处理流程示例

以读取全部对象数据为例，说明分帧处理的流程：

- 主站发起使用 SFUN=01H “读取请求”。
- 从机判断响应报文的长度是否超过最大 APDU 允许字节：
- 若超过则需分帧处理。分帧传输时从机使用 SFUN=C1H “读取有后续应答” 响应，本帧报文长度为 255+5 字节。
- 若不超过则无需分帧，从机使用 SFUN=81H “读取应答” 响应并携带剩余数据。
- 主站接收到 SFUN=C1H “读取有后续应答” 的从机响应报文时，先将已接收到的报文暂存在缓冲区中。然后主站发起 SFUN=41H “读取后续帧请求”，重复步骤 2。
- 主站收到从机的 SFUN=81H “读取应答” 响应报文时，表示报文数据已全部接收完毕，开始数据分析处理。

C.1.12 广播对时

当主站发起广播对时请求时，需要将地址域设为广播地址。从机收到广播对时帧后，将自己的时钟改为应用报文中的时间，从机不应答。

C.2 对象标识

C.2.1 对象标识定义

一个对象对应于一个唯一的标识，即对象标识（OI）；对象可以是电压量、温度值、压力值等，也可以是一个集合（Struct）；设备的所有信息集合也可以看作是一个对象；在读取请求报文中，对象标识=0000时，表示读取数据终端中的所有对象信息。

C.2.2 对象标识表

C.2.2.1 表计通信标识

表计通信标识应符合表C.6。

表 C.6 表计通信标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	备注
1	2000	数据结构体	Struct	10	读写
2	2001	通信地址	Utiny	1	取值范围 1~247 可读写
3	2002	波特率	Utiny	1	0:2400; 1:4800; 2:9600; 3:19200。 可读写（注：数字化远传表计传感器与监测模块之间通信采用波特率 9600）
4	2003	奇偶校验位	Utiny	1	0:无校验; 1:奇校验; 2:偶校验 可读写
5	2004	日期时间	DateTime	7	读写

C.2.2.2 设备基本信息标识表

设备基本信息标识应符合表C.7。

表 C.7 设备基本信息标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	备注
1	2100	数据结构体	Struct	可变	只读
2	2101	设备型号	String	可变	只读
3	2102	数字化表计 ID	OcterString	6	组成：厂商代码+版本标签+版本号+产品序列号 厂商代码：16 比特 版本标签：5 比特 版本号：6 比特 产品序列号：21 比特 只读

表 C.7 (续)

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	备注
4	2103	传感器类型 标识	Utiny	1	01: SF ₆ 数字化密度表 02: 避雷器数字化泄漏电流 03: 变压器数字化油面温度表计 04: 变压器数字化绕组温度表计 05: 变压器数字化油位计 06: 变压器数字化气体继电器 只读
5	2104~210B	预留	Utiny	8	只读
6	210C~2114	预留	String	可变	只读

C.2.2.3 SF₆数字化密度表计数据标识表

SF₆数字化密度表计数据标识应符合表 C.8。

表 C.8 SF₆数字化密度表计数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2200	数据结构体	Struct	130		只读
2	2201	传感器状态	OcterString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 泄漏报警 Bit2: 液化报警 Bit3: 闭锁 2 节点接线故障状态 Bit4: 闭锁 1 节点接线故障状态 Bit5: 报警节点接线故障状态 Bit6: 闭锁 2 信号节点动作状态 Bit7: 闭锁 1 信号节点动作状态 Bit8: 报警信号节点动作状态 Bit9: 超压报警。 0 表示正常; 1 表示故障/动作。
3	2202	SF ₆ 气体密度值 (P20)	Float	4	MPa	只读
4	2203	温度	Float	4	℃	只读
5	2204	相对压力	Float	4	MPa	只读
6	2205	微水	Float	4	μL/L	只读 (如无, 则上传 FFFFFFFF)

表 C.8 (续)

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度	单位	备注
----	---------	----	------	----	----	----

				(Byte)		
7	2206	密度报警节点阈值	Float	4	MPa	读写
8	2207	密度闭锁节点1 阈值	Float	4	MPa	读写
9	2208	密度闭锁节点2 阈值	Float	4	MPa	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
10	2209	密度超压节点阈值	Float	4	MPa	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
11	220A~2219	预留	Float	4×16		自定义
12	221A~2229	预留	Short	2×16		自定义

C.2.2.4 避雷器数字化泄漏电流表数据标识表

避雷器数字化泄漏电流表数据标识应符合表 C.9。

表 C.9 避雷器数字化泄漏电流表数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2300	数据结构体	Struct	146		只读
2	2301	传感器状态	OcterString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 全电流超标报警 Bit2: 阻性电流超标报警 Bit3: 容性电流超标报警 Bit4: 雷击次数超标报警 0 表示正常；1 表示故障/动作
3	2302	相位	UTiny	1		01-A 相 02-B 相 03-C 相 读写
4	2303	系统频率	Float	4	Hz	只读
5	2304	全电流	Float	4	mA	只读
6	2305	阻性电流	Float	4	mA	只读（如无，则上传 FFFFFFFF）
7	2306	容性电流	Float	4	mA	只读（如无，则上传 FFFFFFFF）
8	2307	最后一次落雷时间	DateTime	7		只读
9	2308	避雷器动作次数	UShort	2	次	只读

表 C.9 (续)

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
10	2309	系统基波电压有效	Float	4	kV	只读（如无，则上传 FFFFFFFF）

		值				
11	230A	全电流超标阈值	Float	4	mA	读写
12	230B	阻性电流超标阈值	Float	4	mA	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
13	230C	容性电流超标阈值	Float	4	mA	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
14	230D	雷击次数超标阈值	UShort	2	次	读写
15	230E	泄漏电流采集相位	Float	4	°（度）	只读（如无，则上传 FFFFFFFF）
16	230F~231E	预留	Float	4×16		自定义
17	231F~232E	预留	Short	2×16		自定义

C.2.2.5 变压器数字化油温表计数据标识表

变压器数字化油温表计数据标识应符合表 C.10。

表 C.10 变压器数字化油温表计数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2400	数据结构体	Struct	126		只读
2	2401	传感器状态	OcterString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 油面/绕组超温报警 Bit2: 油面/绕组超温闭锁状态 0 表示正常; 1 表示故障/动作
3	2402	油面/绕组温度	Float	4	℃	只读
4	2403	油面/绕组温度报警 1 节点阈值	Float	4	℃	读写
5	2404	油面/绕组温度报警 2 节点阈值	Float	4	℃	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
6	2405	油面/绕组温度报警 3 节点阈值	Float	4	℃	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
7	2406	油面/绕组温度报警 4 节点阈值	Float	4	℃	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
8	2407	油面/绕组超温报警 阈值	Float	4	℃	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）
9	2408	油面/绕组温度闭锁 阈值	Float	4	℃	读写（如无，则上传 FFFFFFFF）

表 C.10 (续)

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
10	2409~2418	预留	Float	4×16		自定义
11	2419~2428	预留	Short	2×16		自定义

C.2.2.6 变压器数字化油位表计数据标识表

变压器数字化油位表计数据标识应符合表 C.11。

表 C.11 变压器数字化油位表计数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2500	数据结构体	Struct	122		只读
2	2501	传感器状态	OcterString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 油位超高报警 Bit2: 油位超低报警 Bit3: 油位保护动作状态 0 表示正常; 1 表示故障/动作
3	2502	油位	Float	4	%	只读 (如无, 则上传 FFFFFFFF)
4	2503	油位绝对值	Float	4	mm	只读 (如无, 则上传 FFFFFFFF)
5	2504	油位	Float	4	无单位	只读 (如无, 则上传 FFFFFFFF)
6	2505	油位	Float	4	自定义 单位	只读 (如无, 则上传 FFFFFFFF)
7	2506	油位超高阈值	Float	4	%	读写
8	2507	油位超低阈值	Float	4	%	读写
9	2508~2517	预留	Float	4×16		自定义
10	2518~2527	预留	Short	2×16		自定义

C.2.2.7 变压器数字化气体继电器数据标识表

变压器数字化气体继电器数据标识应符合表 C.12。

表 C.12 变压器数字化气体继电器数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2600	数据结构体	Struct	170		只读

表 C.12 (续)

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
2	2601	传感器状态	OcterString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 轻瓦斯告警 Bit2: 重瓦斯保护 0 表示正常; 1 表示故障/动作
3	2602	流速	Float	4	m/s	只读
4	2603	温度	Float	4	℃	只读

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
5	2604	压力	Float	4	MPa	只读
6	2605	内部聚积气体量	Float	4	mL	只读
7	2606	轻瓦斯告警阈值	Float	4	mL	读写
8	2607	重瓦斯动作阈值	Float	4	mL	读写
9	2608~2613	气体类型预留字段	Float	4×12	μL/L	自定义
10	2614~2623	预留	Float	4×16		自定义
11	2624~2633	预留	Short	2×16		自定义

C.2.2.8 互感器数字化油压计数据标识表

互感器数字化油压计数据标识应符合表 C.13。

表 C.13 互感器数字化油压计数据标识表

序号	对象标识 OI	名称	数据类型	长度 (Byte)	单位	备注
1	2700	数据结构体	Struct	110		只读
2	2701	传感器状态	OctetString	2		Bit0: 传感器状态 Bit1: 油压过低告警 0 表示正常; 1 表示故障/动作
3	2702	油压力	Float	4	kPa	只读
4	2703	油温度	Float	4	℃	只读(如无, 则上传 FFFFFFFF)
5	2704	油压力告警阈值	Float	4	kPa	读写
6	2705~2714	预留	Float	4×16		自定义
7	2715~2724	预留	Short	2×16		自定义

C.3 应用报文

C.3.1 读取报文

C.3.1.1 读取单个对象请求报文

下行报文示例: 01 66 03 01 20 XX CRC₁ CRC₂, 应符合表 C.14。

表 C.14 读取单个对象请求报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
03	1 字节	数据体长度
01	1 字节	SFUN=01 读取请求
20 XX	2 字节	第 1 个对象 OI
CRC ₁ CRC ₂	2 字节	CRC 校验

C.3.1.2 读取单个对象应答报文

上行报文示例：01 66 07 81 20 XX 21 02 2C 01 CRC₁ CRC_n，应符合表 C.15。

表 C.15 读取单个对象应答报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
07	1 字节	数据体长度
81	1 字节	SFUN=81 读取响应
20 XX	2 字节	第 1 个对象 OI
21	1 字节	TLV 的 Tag: 33, 表示 Short
02	1 字节	TLV 的 Len: 02, 表示值长度 2 字节
2C 01	2 字节	TLV 的 Val: 0x012C=300, 高字节在后
CRC ₁ CRC _n	2 字节	CRC 校验

C.3.1.3 读取多个对象请求报文

下行报文示例：01 66 07 01 22 01 22 02 22 03 …… 22 0X CRC₁ CRC_n，应符合表 C.16。

表 C.16 读取多个对象请求报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
N	1 字节	数据体长度
01	1 字节	SFUN=01 读取请求
22 01	2 字节	第 1 个对象 OI
22 02	2 字节	第 2 个对象 OI
22 03	2 字节	第 3 个对象 OI
……		……
22 0X	2 字节	第 n 个对象 OI
CRC ₁ CRC _n	2 字节	CRC 校验

C.3.1.4 读取多个对象应答报文

读取从机多个对象应答报文长度若一帧可传完，则无需分帧传输，报文示例应符合表 C.17，读取从机多个对象应答报文长度若超长，应按分帧传输要求处理。

上行报文示例：01 66 N 81 22 01 21 02 2C 01 22 02 21 02 2C 01 22 03 2D 02 2C 01 …… 22 0X 2D 02 2C 01 CRC₁ CRC_n。

表 C.17 读取多个对象应答报文

报文	长度	备注
----	----	----

01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
N	1 字节	数据体长度 N
81	1 字节	SFUN=81 读取响应
22 01	2 字节	第 1 个对象 OI
21	1 字节	第 1 个对象数据体的 Tag
02	1 字节	第 1 个对象数据体的 Len
2C 01	2 字节	第 1 个对象数据体的 Val
22 02	2 字节	第 2 个对象 OI
21	1 字节	第 2 个对象数据体的 Tag
02	1 字节	第 2 个对象数据体的 Len
2C 01	2 字节	第 2 个对象数据体的 Val
22 03	2 字节	第 3 个对象 OI
2D	1 字节	第 3 个对象数据体的 Tag
02	1 字节	第 3 个对象数据体的 Len
2C 01	2 字节	第 3 个对象数据体的 Val
.....
22 0X	2 字节	第 n 个对象 OI
2D	1 字节	第 n 个对象数据体的 Tag
02	1 字节	第 n 个对象数据体的 Len
2C 01	2 字节	第 n 个对象数据体的 Val
CRC ₁ CRC ₂	2 字节	CRC 校验

C.3.1.5 读取全部对象请求报文

读取全部对象请求报文示例应符合表 C.18。下行报文示例：01 66 03 01 00 00 CRC₁ CRC₂

表 C.18 读取全部对象请求报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
03	1 字节	数据体长度 N
01	1 字节	SFUN=01 读取请求

表 C.12 (续)

报文	长度	备注
00 00	2 字节	全部对象
CRC ₁ CRC ₂	2 字节	CRC 校验

C.3.1.6 读取全部对象应答报文

读取从机全部对象应答报文长度若一帧可传完，则无需分帧传输，报文示例应符合表 C.19，读取从机全部对象应答报文长度若超长，应按分帧传输要求处理。表中上行报文示例：01 66 N 81 20 01 20

01 01 20 02 20 01 02 20 03 20 01 00 …… 20 XX 2D 02 2C 01 CRC₁ CRC_n。

表 C.19 读取全部对象应答报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
N	1 字节	数据体长度 N
81	1 字节	SFUN=81 读取响应
20 01	2 字节	第 1 个对象 OI
20	1 字节	第 1 个对象数据体的 Tag
01	1 字节	第 1 个对象数据体的 Len
01	2 字节	第 1 个对象数据体的 Val
20 02	2 字节	第 2 个对象 OI
20	1 字节	第 2 个对象数据体的 Tag
01	1 字节	第 2 个对象数据体的 Len
02	2 字节	第 2 个对象数据体的 Val
20 03	2 字节	第 3 个对象 OI
20	1 字节	第 3 个对象数据体的 Tag
01	1 字节	第 3 个对象数据体的 Len
00	2 字节	第 3 个对象数据体的 Val
……	……	……
20 XX	2 字节	第 n 个对象 OI
2D	1 字节	第 n 个对象数据体的 Tag
02	1 字节	第 n 个对象数据体的 Len
2C 01	2 字节	第 n 个对象数据体的 Val
CRC ₁ CRC _n	2 字节	CRC 校验

C.3.1.7 读取结构类型请求报文

以读取 2000 结构类型对象为例，该结构包括 2001、2002、2003、2004 四个数据对象标识，设 2001 通信地址为 01，2002 波特率为 02（9600），2003 奇偶校验位为 00（无校验），2004 日期时间为 2022 年 1 月 2 日 03 时 04 分 05 秒，示例应符合表 C.20。表中为下行报文示例：01 66 03 01 20 00 CRC₁ CRC_n。

表 C.20 读取结构类型请求报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
03	1 字节	数据体长度 N
01	1 字节	SFUN=01 读取请求
20 00	2 字节	读取 OI=2000 对象
CRC ₁ CRC _n	2 字节	CRC 校验

C.3.1.8 读取结构类型应答报文

读取结构类型应答报文示例应符合表C.21。表中为上行报文示例：01 66 0F 81 20 00 41 0A 01 02 00 E6 07 01 02 03 04 05 CRC_L CRC_H。

表 C.21 读取结构类型应答报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
0F	1 字节	数据体长度:15
81	1 字节	SFUN=81 读取响应
20 00	2 字节	第 1 个对象 OI
41	1 字节	第 1 个对象数据体的 Tag=65(struct)
0A	1 字节	第 1 个对象数据体的 Len:10(字节)
01 02 00 E6 07 01 02 03 04 05	10 字节	第 1 个对象数据体的 Val: 2001 通信地址为 01, 2002 波特率为 02(9600), 2003 奇偶校验位为 00(无校验), 2004 日期时间为 2022 年 1 月 2 日 03 时 04 分 05 秒。高字节在后
CRC _L CRC _H	2 字节	CRC 校验

C.3.2 写入报文

C.3.2.1 写入单个对象请求报文

写入单个对象请求报文示例应符合表 C.22。表中为下行报文示例：01 66 07 02 20 XX 21 02 2C 01 CRC_L CRC_H。

表 C.22 写入单个对象请求报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码

表 C.12 (续)

报文	长度	备注
07	1 字节	数据体长度
02	1 字节	SFUN=02 写入请求
20 XX	2 字节	写入对象的 OI
21	1 字节	TLV 的 Tag: 33, 表示 Short
02	1 字节	TLV 的 Len: 02, 表示值长度 2 字节
2C 01	2 字节	TLV 的 Val: 0x012C=300,
CRC _L CRC _H	2 字节	CRC 校验

C.3.2.2 写入单个对象应答报文

写入单个对象应答报文示例应符合表 C.23。表中上行报文示例：01 66 07 82 20 XX 21 02 2C 01
CRC_L CRC_H

表 C.23 写入单个对象应答报文

报文	长度	备注
01	1 字节	从机地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
07	1 字节	数据体长度
82	1 字节	SFUN=02 写入响应
20 XX	2 字节	写入对象的 OI
21	1 字节	TLV 的 Tag: 33, 表示 Short
02	1 字节	TLV 的 Len: 02, 表示值长度 2 字节
2C 01	2 字节	TLV 的 Val: 0x012C=300, 高字节在后
CRC _L CRC _H	2 字节	CRC 校验

C.3.3 广播对时请求报文

广播对时请求报文示例应符合表 C.24。

表 C.24 广播对时请求报文

下行报文示例：00 66 0C 33 20 04 40 07 E6 07 01 02 03 04 05 CRC_L CRC_H

报文	长度	备注
00	1 字节	广播地址
66	1 字节	66H 扩展功能码
0C	1 字节	数据体长度

表 C.24 (续)

报文	长度	备注
33	1 字节	SFUN=33 广播对时请求
20 04	2 字节	对象的 OI
40	1 字节	DateTime 类型
07	1 字节	表示值长度 7 字节
E6 07 01 02 03 04 05	7 字节	值内容: 2022 年 1 月 2 日 03 时 04 分 05 秒
CRC _L CRC _H	2 字节	CRC 校验

C.4 异常响应

C.4.1 正常交互模式

正常交互模式下，当主站向从机设备发送请求后，从机的响应模式主要包含下列四种情况：

- 从机设备接收到无通信错误的请求并正确处理询问后，应返回正常响应；
- 由于通信错误等原因，从机设备未接收到请求命令，则不返回响应，主站通信超时；
- 从机设备接收到请求后，若请求报文存在奇偶校验、LRC、CRC 等通信错误，则不返回响应，主站通信超时；
- 从机接收到校验正确的通信请求，若请求中存在非法功能码、非法数据地址、非法数据值等异常，从机应返回异常响应并上送相应的错误码。

C.4.2 异常响应报文

异常响应报文包含以下两个域：

- 功能码域：在正常响应中，从机利用响应功能码域来应答最初请求的功能码。所有功能码的最高有效位（MSB）都为 0。在异常响应中，从机设置功能码的 MSB 为 1。主站可根据功能码的 MSB 识别异常响应；
- 数据域：在正常响应中，从机应返回数据域中的数据或统计表（请求中要求的报文）。在异常响应中，从机返回数据域中的错误码。错误码列表见表 C.25。

表 C.25 错误码列表

错误码	名称	含义
01	非法功能码	对于从机设备来说，接收报文的的功能码是不支持的值。
02	非法数据地址	对于从机设备来说，接收报文的数据地址是无效的，特别是起始地址加上请求数后超出了从机设备的地址区间。例如对于只有 10 个寄存器的从机来说，主站发送带起始地址 6 和长度 4 的请求会成功，而起始地址 6 和长度 5 的请求将产生错误码 02。
03	非法数据值	对于从机来说，报文中包含的值是不支持的值。比如在设置通信波特率时，设置了一个从机不支持的波特率值。
04	非法重复操作	当从机正在设法执行请求的操作时，产生不可重复操作的错误。

表 C.25 （续）

错误码	名称	含义
05	确认	通常与设置/编程命令一起使用。从机已经接受了设置请求，并且正在处理这个请求，但需要较长持续时间进行这些操作。从机返回这个响应码从而防止主站发生超时操作。主站延时一段时间后可以继续发送轮询报文来确定处理是否完成。
06	从机设备忙	通常与设置/编程命令一起使用。从机正在处理较长持续时间的操作。从机忙碌中，告诉主站稍候重新传输报文。

主站与从机异常响应的通信交互报文示例如下：

主站发送：XX 01 04 A1 00 01 CRC₁ CRC₂

从机应答：XX 81 02 CRC₁ CRC₂

上述报文中,主站对从机终端设备发送数据地址非法的请求,其中功能码(01)用于读线圈状态操作,请求地址1245(十六进制04A1H)开始的1个线圈的状态。由于从机设备中不存在地址为04A1H的线圈状态,从机返回错误码(02)的异常响应。

附录 F

附录 G (规范性)

附录 H 帧校验规则

D.1 校验码生成步骤

可按下列步骤生成 CRC-16 的校验码：

- a) 将全部 1 或者 16 进制 FFFF 装入 16 位寄存器；
- b) 用 16 位寄存器中低字节对第一个字节数据进行 XOR 运算，把结果存入 16 位寄存器；
- c) 把 16 位寄存器向右移 1 位。如果溢出位为 1，则转向步骤 d，否则转向步骤 e；
- d) 用 16 进制的 A001 对 16 位寄存器执行 XOR 运算，并且把结果存入 16 位寄存器；
- e) 重复步骤 c，直到移位 8 次为止；
- f) 用 16 位寄存器的低字节对下一个字节数据进行 XOR 运算，将结果存入 16 位寄存器；
- g) 重复步骤 c~f，直到所有数据都已经用 16 位寄存器执行了上述运算为止；
- h) 16 位寄存器的内容就是 CRC-16。

D.2 CRC 校验码大小端模式

发送 CRC 校验码为低字节在前，高字节在后。

附录 I

附录 J (资料性)

附录 KTLV 数据类型表定义

TLV 数据类型表定义应符合表 E.1。

表E.1 TLV数据类型表定义

名称	类型	标记 (TAG)	长度 (LENGTH)	值 (VALUE)
布尔	Boolean	1	1	1: true, 0: false
小整形	Tiny	43	1	-128~127
无符号小整形	UTiny	32	1	0~255
短整形	Short	33	2	-32768~32767
无符号短整形	UShort	45	2	0~65535
整形	Int	2	4	-2147483648~2147483648
无符号整形	Uint	35	4	0~4294967295
长整形	Long	36	8	$-2^{64} \sim 2^{64}$
无符号长整形	Ulong	37	8	$0 \sim 2^{64} - 1$
单精度浮点	Float	38	4	$-2^{126} \sim 2^{126}$
双精度浮点	Double	39	8	$-2^{1024} \sim 2^{1024}$
八位位串类型	OctetString	4	可变	OctetString
字符串类型	String	5	可变	一个或者多个 ASCII 组成, 最长 64 个字节, 以 '\0' 结尾
日期时间类型	DateTime	64	7	年: 16bit (2000 代表 2000 年) 月: 8bit(1~12), 日: 8bit(1~31) 时: 8bit(0~23), 分: 8bit(0~59), 秒: 8bit(0~59)
结构类型	Struct	65	可变	结构体内容

附录 L

附录 M (资料性)

附录 N 表计状态量参量类型表

F.1 表计通信标识表

表计通信标识应符合表F.1。

表F.1 表计通信标识表

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度 (Byte)	数据类型	单位
1	心跳状态	000	11100	1	无符号整型	\
2	电池剩余电量	000	11101	2	无符号整型	%
3	电池电压	000	11110	4	浮点型	V
4	传感器自检状态	000	11111	1	1、正常；2、异常	\
5	网络连接状态	000	100000	1	1、正常；2、异常	\
6	电源状态	000	100001	1	1、正常；2、异常	\
7	数据采集周期	000	100010	2	无符号整型	s
8	信号强度	000	100011	4	浮点型	\

F.2 SF₆数字化密度表计数据标识表

SF₆数字化密度表计数据标识应符合表F.2。

表F.2 SF₆数字化密度表计数据标识表

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度 (Byte)	数据类型	单位	备注
1	SF ₆ 气体 P20(表压)	010	10110110	4	浮点型	MPa	
2	SF ₆ 气体 P20(绝压)	010	10110111	4	浮点型	MPa	
3	SF ₆ 气体温度	010	10111010	4	浮点型	℃	
4	SF ₆ 气体绝对压力	010	10111001	4	浮点型	MPa	
5	SF ₆ 气体相对压力	010	10111100	4	浮点型	MPa	
6	SF ₆ 微水	010	10101100	4	浮点型	μL/L	

表 F.2 (续)

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度 (Byte)	数据类型	单位	备注
7	SF.表计自检状态	010	11001110	2	无符号整形	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 泄漏报警 Bit2: 液化报警 Bit3: 闭锁 2 节点接线故障状态 Bit4: 闭锁 1 节点接线故障状态 Bit5: 报警节点接线故障状态 Bit6: 闭锁 2 信号节点动作状态 Bit7: 闭锁 1 信号节点动作状态 Bit8: 报警信号节点动作状态 Bit9: 超压报警 0 表示正常; 1 表示故障/动作
8	SF.状态类预留字段	010	10111101~ 11001101	在无现有参量情况下,可利用预留字段增加参量			

F.3 SF₆数字化远传密度P20 阈值设定/查询参数报文格式

SF₆数字化远传密度P20阈值设定/查询参数报文格式应符合表F.3。

表F.3 SF₆数字化远传密度P20 阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称	代码	数据长度	备注	
第 1 个 参数	参数类型	SensorType	14 比特	SF ₆ 气体 P20（表压）或 SF ₆ 气体 P20（绝压）	
	数据长度字段指示位	LengthFlag	2 比特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在，数据内容默认为 4 字节，只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值； 1: 表示 1 字节； 2: 表示 2 字节； 3: 表示 3 字节。	
	数据长度	阈值个数	lengthA	4 比特	由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		单个阈值长度	lengthB	4 比特	
	报警上限	AlarmUpperLimit			
	报警下限	AlarmLowerLimit			
	报警节点阈值	AlarmThreshold			
	闭锁节点阈值	BlockingThreshold			
超压节点阈值	OverpressureThreshold				
…（预留）					
……			……		
第 m 个 参数			……		

F.4 避雷器数字化泄漏电流表数据标识表

避雷器数字化泄漏电流表数据标识应符合表F.4。

表F.4 避雷器数字化泄漏电流表数据标识表

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度 (Byte)	数据类型	单位	备注
1	避雷器泄漏电流全电流	010	1	4	浮点型	mA	
2	避雷器泄漏电流阻性电流	010	10	4	浮点型	mA	

表F.4（续）

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度 (Byte)	数据类型	单位	备注
3	泄漏电流采集相位	010	11	4	浮点型	° (度)	
5	避雷器阻性电流 (峰值)	010	101	4	浮点型	mA	
6	母线电压采集相位	010	110	4	浮点型	° (度)	
7	系统频率	010	111	4	浮点型	Hz	
8	容性电流	010	1000	4	浮点型	mA	
9	最后一次落雷时间 时	010	1001	2	无符号整型	时	
10	最后一次落雷时间 分	010	1010	2	无符号整型	分	
11	最后一次落雷时间 秒	010	1011	2	无符号整型	秒	
12	系统基波电压有效值	010	1101	4	浮点型	kV	
13	避雷器数字化泄漏电 流表计自检状态	010	11010	4	无符号整型	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 全电流超标报警 Bit2: 阻性电流超标报警 Bit3: 容性电流超标报警 Bit4: 雷击次数超标报警 0 表示正常; 1 表示故障/ 动作
	避雷器类预留字段	010	1110~11001	在无现有参量情况下, 可利用预留字段增加参量			

F.5 避雷器数字化泄漏电流表阈值设定/查询参数报文格式

避雷器数字化泄漏电流表阈值设定/查询参数报文格式应符合表 F.5。

表F.5 避雷器数字化泄漏电流表阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称		代码	数据长度	备注
第1个参数	参数类型		SensorType	14 比特	避雷器泄漏电流全电流、避雷器泄漏电流阻性电流、避雷器动作次数
	数据长度字段指示位		LengthFlag	2 比特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在, 数据内容默认为4字节, 只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值; 1: 表示1字节; 2: 表示2字节; 3: 表示3字节。
	数据长度	阈值个数	lengthA	4 比特	由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		单个阈值长度	lengthB	4 比特	
	报警上限		AlarmUpperLimit		
	报警下限		AlarmLowerLimit		
	… (预留)				
……			……		
第m个参数			……		

F.6 变压器数字化油温、油位表计数数据标识表

变压器数字化油温、油位计数数据标识应符合表 F.6。

表F.6 变压器数字化油温、油位计数数据标识表

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度(Byte)	数据类型	单位	备注
1	油温	010	10010011	4	浮点型	℃	
2	油位	010	10010111	4	浮点型	%	
3	油位	010	10011000	4	浮点型	mm	
4	油位	010	10011001	4	浮点型	无单位	
5	油位	010	10011010	4	浮点型	自定义	

表 F.6 (续)

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度(Byte)	数据类型	单位	备注
6	油温计状态	010	10101001	2	无符号整型	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 油面/绕组超温报警 Bit2: 油面/绕组超温闭锁状态, 0表示正常; 1表示故障/动作
7	油位计状态	010	10101010	2	无符号整型	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 油位超高报警 Bit2: 油位超低报警 Bit3: 油位保护动作状态, 0表示正常; 1表示故障/动作
8	油状态类预留字段	010	110011101~ 10100111	在无现有参量情况下, 可利用预留字段增加参量			

F.7 变压器数字化油位表计油位阈值设定/查询参数报文格式

变压器数字化油位计油位阈值设定/查询参数报文格式应符合表 F.7。

表F.7 变压器数字化油位计油位阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称	代码	数据长度	备注	
第1个参数	参数类型	SensorType	14 比特	油位	
	数据长度字段指示位	LengthFlag	2 比特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在, 数据内容默认为 4 字节, 只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值; 1: 表示 1 字节; 2: 表示 2 字节; 3: 表示 3 字节。	
	数据长度	阈值个数	lengthA	4 比特	由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		单个阈值长度	lengthB	4 比特	
		报警上限	AlarmUpperLimit		
		报警下限	AlarmLowerLimit		
	… (预留)				

表 F.7 (续)

序号	名称	代码	数据长度	备注
.....			
第 m 个参数			

F.8 变压器数字化油温计油温阈值设定/查询参数报文格式

变压器数字化油温计油温阈值设定/查询参数报文格式应符合表F.8。

表F.8 变压器数字化油温计油温阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称	代码	数据长度	备注	
第 1 个参数	参数类型	SensorType	14 比特	油温	
	数据长度字段指示位	LengthFlag	2 比特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在, 数据内容默认为 4 字节, 只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值; 1: 表示 1 字节; 2: 表示 2 字节; 3: 表示 3 字节。	
	数据长度	阈值个数	lengthA	4 比特	由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		单个阈值长度	lengthB	4 比特	
	报警上限	AlarmUpperLimit			
	报警下限	AlarmLowerLimit			
	油温报警 1 节点阈值	OilTempAlarmN1Threshold			
	油温报警 2 节点阈值	OilTempAlarmN2Threshold			
	油温报警 3 节点阈值	OilTempAlarmN3Threshold			
	油温报警 4 节点阈值	OilTempAlarmN4Threshold			
	油温报警阈值	OilTempAlarmThreshold			
油温闭锁阈值	OilTempBlockingThreshold				
... (预留)					

表 F.8 (续)

序号	名称	代码	数据长度	备注
.....			
第 m 个 参数			

F.9 变压器数字化气体继电器数据标识表

变压器数字化气体继电器数据标识应符合表F.9。

表F.9 变压器数字化气体继电器数据标识表

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度(Byte)	数据类型	单位	备注
1	油温	010	10010011	4	浮点型	℃	
2	油压	010	10010100	4	浮点型	Pa	
3	载气压力	010	10010110	4	浮点型	MPa	
4	流速	010	10011011	4	浮点型	m/s	
5	内部聚积气体量	010	10011100	4	浮点型	mL	
6	继电器状态	010	10101000	2	无符号整型	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 轻瓦斯告警 Bit2: 重瓦斯保护 0表示正常;1表示故障/动作
7	油状态类预留字段	010	10011101~10100111	在无现有参量情况下,可利用预留字段增加参量			

F.10 变压器数字化气体继电器内部聚积气体量阈值设定/查询参数报文格式

变压器数字化气体继电器内部聚积气体量阈值设定/查询参数报文格式应符合表F.10。

表F.10 变压器数字化气体继电器内部聚积气体量阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称		代码	数据长度	备注
第 1 个 参数	参数类型		SensorType	14 比特	内部聚积气体量
	数据长度字段 指示位		LengthFlag	2 比 特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在, 数据内容默认为 4 字节, 只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值; 1: 表示 1 字节; 2: 表示 2 字节; 3: 表示 3 字节
	数据 长度	阈值个 数	lengthA	4 比 特	由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		单个阈 值长度	lengthB	4 比 特	
	报警上限		AlarmUpperLimit		
	报警下限		AlarmLowerLimit		
	轻瓦斯告警阈 值		LightGasAlarmThreshold		
	重瓦斯告警阈 值		HeavyGasAlarmThreshold		
… (预留)					
……			……		
第 m 个 参数				……	

F.11 互感器数字化油压计数据标识表

互感器数字化油压计数据标识应符合表F.11。

表F.11 互感器数字化油压计数据标识表

序号	名称	参量特 征	参量类型编码	数据长度(Byte)	数据类型	单位	备注
1	油温	010	10010011	4	浮点型	℃	
2	油压	010	10010100	4	浮点型	Pa	

表 F.11 (续)

序号	名称	参量特征	参量类型编码	数据长度(Byte)	数据类型	单位	备注
3	油压表状态	010	10101001	2	无符号整型	/	Bit0: 传感器状态 Bit1: 油压过低告警 0 表示正常; 1 表示故障/动作
7	油状态类预留字段	010	10011101~10100111	在无现有参量情况下,可利用预留字段增加参量			

F.12 互感器数字化油压计油压阈值设定/查询参数报文格式

互感器数字化油压计油压阈值设定/查询参数报文格式应符合表F.12。

表F.12 互感器数字化油压计油压阈值设定/查询参数报文格式表

序号	名称	代码	数据长度	备注	
第1个参数	参数类型	SensorType	14 比特	油压	
	数据长度字段指示位	LengthFlag	2 比特	0: 表示默认数据内容长度字段不存在, 数据内容默认为4字节, 只存在“报警上限”“报警下限”两个阈值; 1: 表示1字节; 2: 表示2字节; 3: 表示3字节。	
	数据长度	阈值个数	lengthA	4 比特	/
		单个阈值长度	lengthB	4 比特	
		报警上限	AlarmUpperLimit		由单个阈值长度和阈值个数决定总长度。
		报警下限	AlarmLowerLimit		
		… (预留)			
……			……		
第n个参数			……		

附录 0

附录 P (规范性)

附录 Q 无线通信交互流程

G.1 数字化表计无线通信总体交互流程

数字化表计无线通信总体交互流程应符合图 G.1，主要交互流程如下：

- 汇聚节点发起随机接入请求，加入到接入节点网络；
- 汇聚节点加入网络后，接入节点下发“节点通道工作配置”；
- 接入节点与传感器进行入网交互；
- 传感器上报数据；
- 接入节点向传感器下发配置指令（可选）。

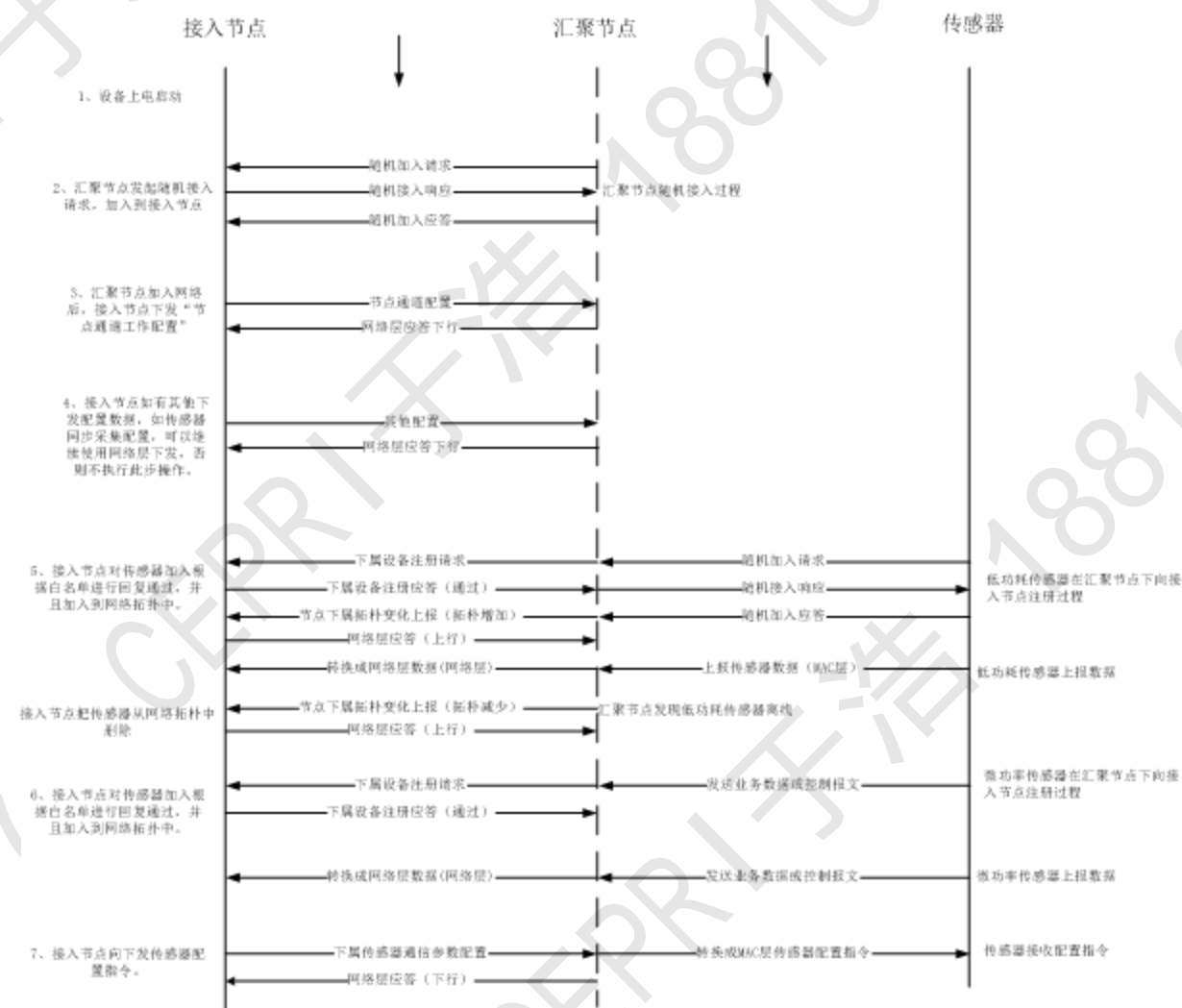


图 G.1 数字化表计总体交互流程

G.2 微功率传感器与节点交互流程

G.2.1 通信接入交互流程

G.2.1.1 MESSAGE收发

传感器 MESSAGE 收发交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.1.2 BURST收发

传感器 BURST 收发交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.1.3 REQ/RSP_END收发

传感器 REQ/RSP_END 收发交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.2 业务流交互流程

G.2.2.1 监测报文

传感器按业务周期发送 MESSAGE（业务信道信息帧）报文。MESSAGE 报文负载为监测数据报文，监测数据报文格式应符合 Q/GDW 12184 的要求。监测报文交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.2.2 告警报文

传感器处于告警状态时，发送 BURST（突发数据帧）报文，告警状态不消除传感器继续以业务周期发送 BURST（突发数据帧）报文。BURST 报文负载为告警数据报文，告警数据报文格式应符合 Q/GDW 12184 的要求。节点回复 ACK（控制信道确认帧）报文。告警报文交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.3 控制流交互流程

G.2.3.1 业务/控制周期配置

传感器在控制周期时发送 REQ（控制信道请求帧）报文。节点通过 RSP_END（控制信道应答终帧）下发业务周期或控制周期配置指令。传感器收到配置指令 RSP_END（控制信道应答终帧）后回复 ACK（控制信道确认帧）报文。传感器按新业务周期发送 MESSAGE（业务信道信息帧）报文。传感器按新控制周期发送 REQ（控制信道请求帧）报文。周期配置交互流程应符合图 G.2。



图 G.2 周期配置交互流程

G.2.3.2 业务信道频点配置

传感器在控制周期时发送 REQ（控制信道请求帧）报文。节点通过 RSP_END（控制信道应答终帧）下发业务信道频点配置指令。传感器收到配置指令 RSP_END（控制信道应答终帧）后回复 ACK（控制信道确认帧）报文。传感器在新的业务信道频点发送 MESSAGE（业务信道信息帧）报文。业务信道频点配置交互流程应符合图 G.3。

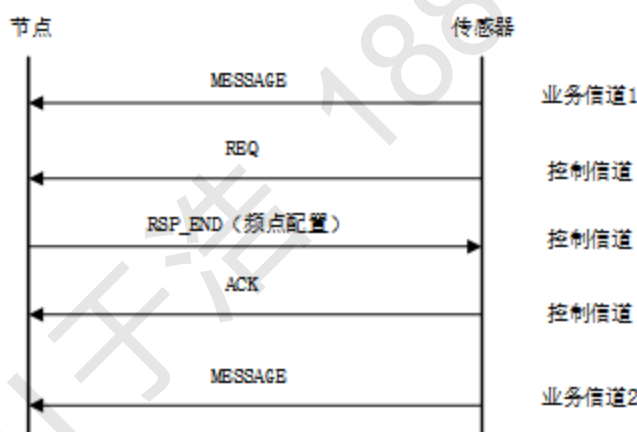


图 G.3 业务频点配置交互流程

G.2.3.3 发送功率配置

传感器在控制周期时发送 REQ（控制信道请求帧）报文。节点通过 RSP_END（控制信道应答终帧）下发发送功率配置指令。传感器收到配置指令 RSP_END（控制信道应答终帧）后回复 ACK（控制信道确认帧）报文。传感器在业务周期按照配置发送功率参数发送 MESSAGE（业务信道信息帧）报文。发送功率配置交互流程应符合图 G.4。

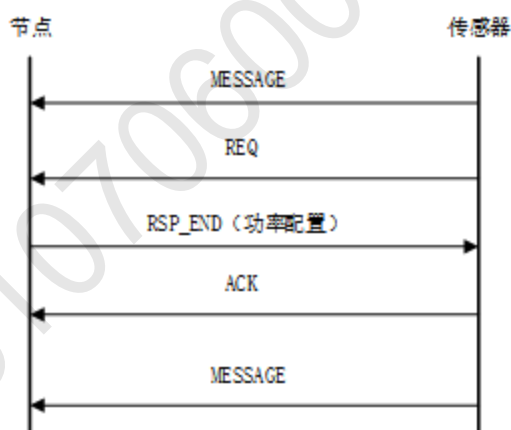


图 G.4 发送功率配置交互流程

G.2.3.4 数字化表计请求校时

传感器通过 BURST (突发数据帧) 发送传感器请求校时报文。传感器在控制周期发送 REQ (控制信道请求帧) 报文。节点通过 RSP_END (控制信道应答终帧) 下发传感器时间设置报文。传感器收到配置指令 RSP_END (控制信道应答终帧) 后回复 ACK (控制信道确认帧) 报文。传感器通过 BURST (突发数据帧) 发送传感器时间设置响应报文。数字化表计请求校时交互流程应符合图 G.5。

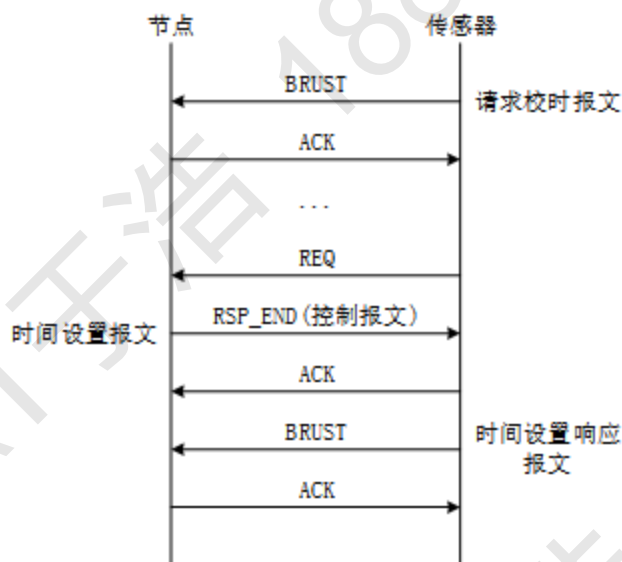


图 G.5 数字化表计请求校时交互流程

G.2.3.5 数字化表计时间查询

传感器在控制周期发送 REQ (控制信道请求帧) 报文。节点通过 RSP_END (控制信道应答终帧) 下发传感器时间查询报文。传感器收到配置指令 RSP_END (控制信道应答终帧) 后回复 ACK (控制信道确认帧) 报文。传感器通过 BURST (突发数据帧) 发送传感器时间查询响应报文。数字化表计时间查询交互流程应符合图 G.6。

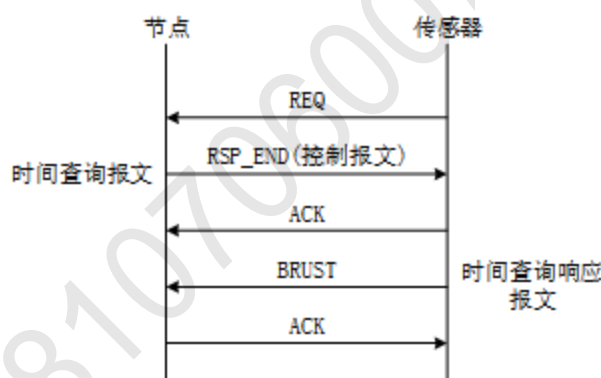


图 G.6 数字化表计时间查询交互流程

G.2.3.6 数字化表计告警参数设置

传感器在控制周期发送 REQ（控制信道请求帧）报文。节点通过 RSP_END（控制信道应答终帧）下发传感器告警参数设置报文。传感器收到配置指令 RSP_END（控制信道应答终帧）后回复 ACK（控制信道确认帧）报文。传感器通过 BURST（突发数据帧）发送传感器告警参数设置响应报文。传感器通过 BURST（突发数据帧）发送告警数据报文。告警参数设置交互流程应符合图 G.7。

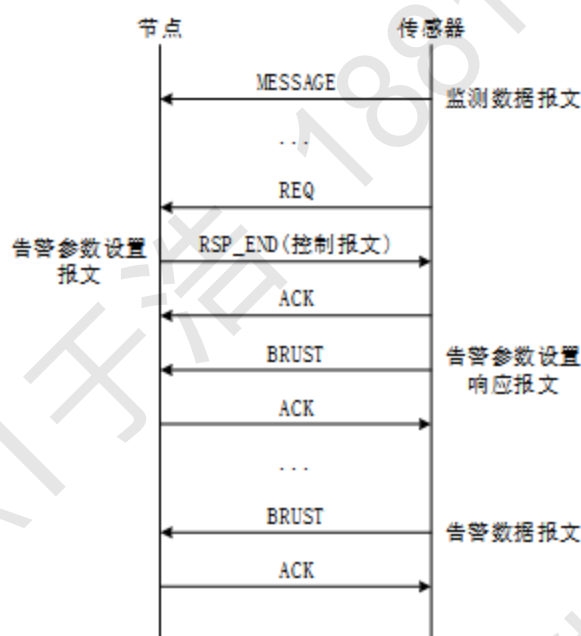


图 G.7 告警参数设置交互流程

G.2.4 异常处理流程

G.2.4.1 BURST重发机制

BURST重发机制交互流程应符合 Q/GDW 12020 所规定的相关要求。

G.2.4.2 异常业务周期配置

传感器在控制周期时发送 REQ（控制信道请求帧）报文。汇聚节点通过 RSP_END（控制信道应答终帧）下发异常业务周期配置指令。传感器收到配置指令 RSP_END（控制信道应答终帧）后回复 ACK（控制信道确认帧）报文，后续仍可按照异常配置前的周期正常上报业务数据。异常业务周期配置交互流程应符合图 G.8。

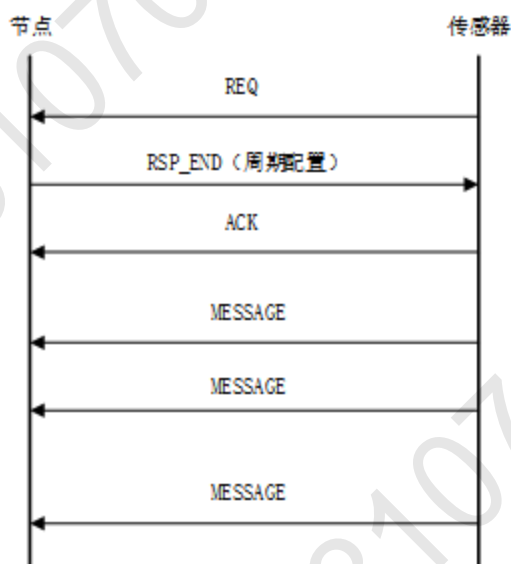


图 G.8 业务周期配置鲁棒性交互流程

G.3 低功耗传感器与节点交互流程

G.3.1 通信接入交互流程

G.3.1.1 随机接入过程

随机接入过程交互流程应符合 Q/GDW 12021 所规定的相关要求。

G.3.1.2 上行调度过程

上行调度过程交互流程应符合 Q/GDW 12021 所规定的相关要求。

G.3.2 业务流交互流程

G.3.2.1 监测报文

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器进行 USCH 调度，传感器在 USCH 中向节点上报监测数据。监测数据是传感器测量的业务数据，如温湿度信息，监测数据格式应符合 Q/GDW 12184 的要求，报文类型为监测数据报文。业务端通过 DSCH 向传感器回复监测数据响应报文（可选）。监测报文交互流程应符合图 G.9。



图 G.9 监测报文交互流程

G.3.2.2 告警报文

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器进行 USCH 调度，传感器在 USCH 中向节点上报告警数据，或者通过 URCH 请求调度。告警数据是传感器测量的业务数据，如温湿度信息，告警数据格式应符合 Q/GDW 12184 的要求，报文类型为告警数据报文。业务端通过 DSCH 向传感器回复告警数据响应报文（可选）。告警报文交互流程应符合图 G.10。

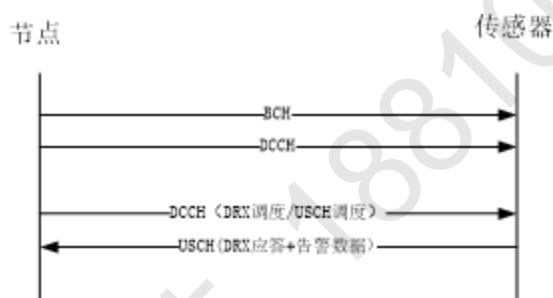


图 G.10 告警报文交互流程

G.3.3 控制流交互流程

G.3.3.1 通信频点配置

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器下发频点配置，频点配置指令承载在 DSCH 帧中，传感器切换到新频点完成随机接入过程。通信频点配置交互流程应符合图 G.11。

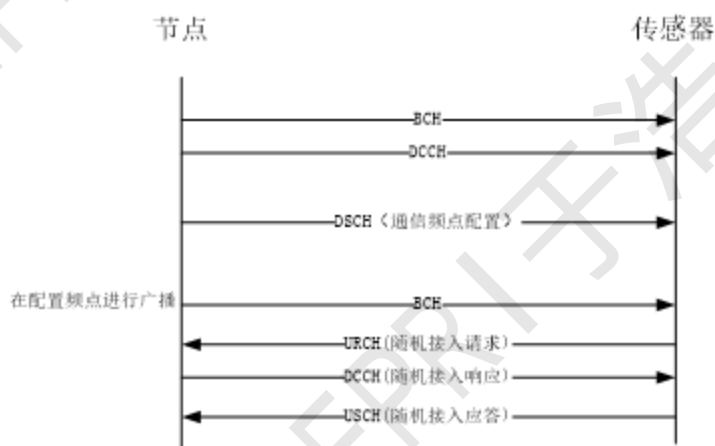


图 G.11 通信频点配置交互流程

G.3.3.2 DRX周期配置

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器下发 DRX 周期，等待传感器回复 DRX 应答，传感器按照配置的 DRX 周期工作。DRX 周期配置交互流程应符合图 G.12。

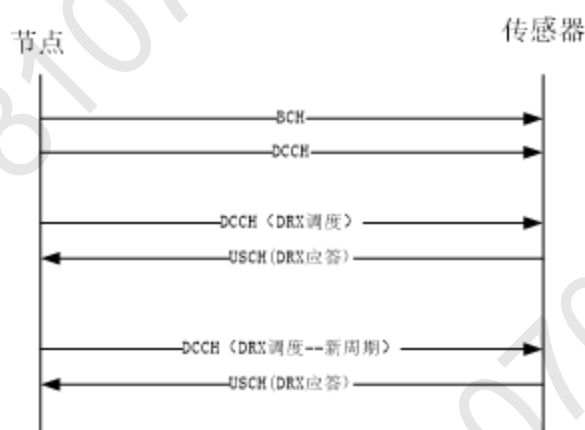


图 G.12 DRX 周期配置交互流程

G.3.3.3 发送功率配置

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器下发发射功率配置，配置承载在 DSCH 帧上面，传感器按照配置的发送功率参数工作。发送功率配置交互流程应符合图 G.13。



图 G.13 发送功率配置交互流程

G.3.3.4 数字化表计请求校时

传感器通过随机接入过程加入网络后，通过 USCH（上行通信数据）发送传感器请求校时报文。节点通过 DSCH（下行通信数据）下发传感器时间设置报文。传感器通过 USCH（上行通信数据）发送传感器时间设置响应报文。请求校时交互流程应符合图 G.14。

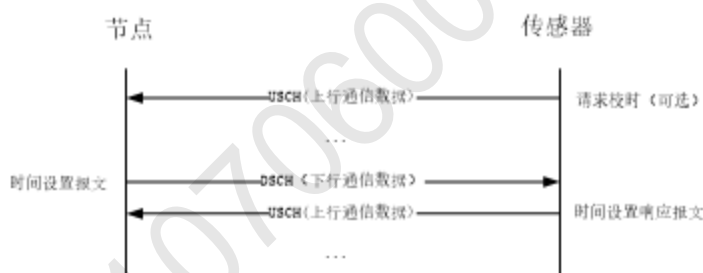


图 G.14 请求校时交互流程

G.3.3.5 数字化表计时间查询

节点通过 DSCH (下行通信数据) 下发传感器时间查询报文。传感器通过 USCH (上行通信数据) 发送传感器时间查询响应报文。时间查询交互流程应符合图 G.15。

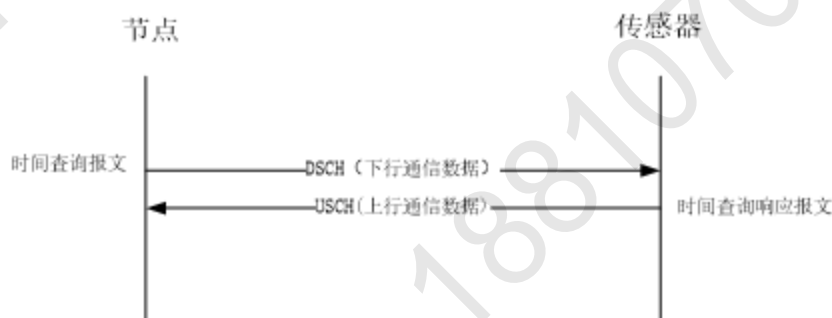


图 G.15 时间查询交互流程

G.3.3.6 数字化表计告警参数设置

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点通过 DSCH (下行通信数据) 下发传感器告警参数设置报文。传感器通过 USCH (上行通信数据) 发送传感器告警参数设置响应报文。传感器通过 USCH (上行通信数据) 发送传感器告警数据报文。告警参数设置交互流程应符合图 G.16。

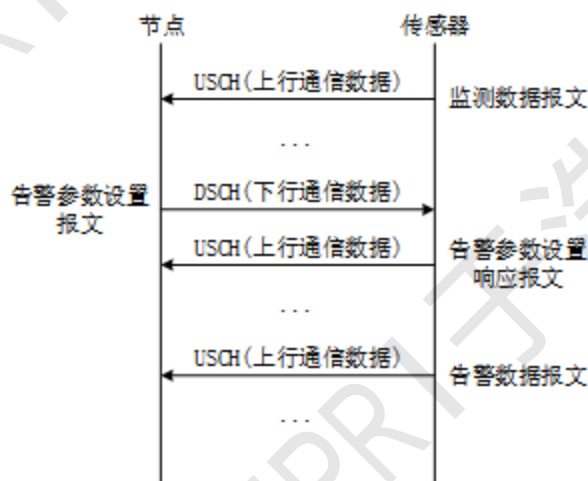


图 G.16 告警参数设置交互流程

G.3.3.7 监测数据查询

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点通过 DSCH（下行通信数据）下发传感器监测数据查询报文。传感器通过 USCH（上行通信数据）发送传感器监测数据查询响应报文。传感器通过 USCH（上行通信数据）发送传感器监测数据报文。监测数据查询交互流程应符合图 G.17。

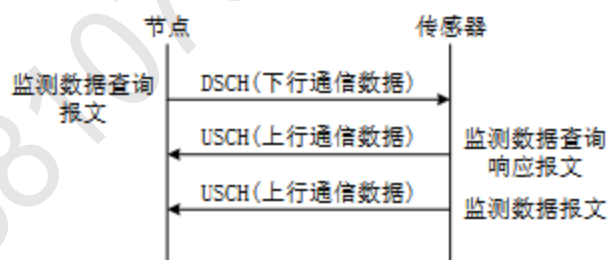


图 G.17 监测数据查询交互流程

G.3.4 异常处理流程

G.3.4.1 随机接入过程异常

传感器发送随机接入请求后，节点不回复应答。随机接入过程异常交互流程应符合图 G.18。

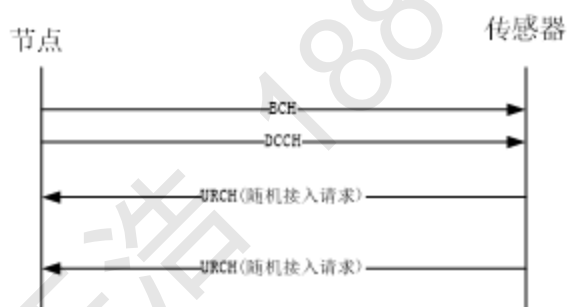


图 G.18 随机接入过程异常交互流程

G.3.4.2 节点分配错误时隙

传感器向节点发送随机接入请求。节点回复随机接入响应，响应中分配错误的时隙。节点分配错误时隙交互流程应符合图 G.19。

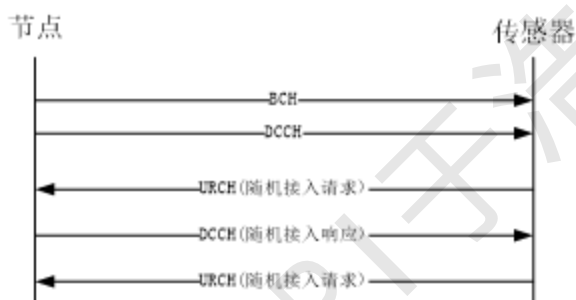


图 G.19 汇聚节点分配错误时隙交互流程

G.3.4.3 节点分配错误地址

传感器发起随机接入请求。节点使用 DCCH 帧回复注册成功应答，应答中分配的通信地址为错误地址段。节点分配错误地址交互流程应符合图 G.20。

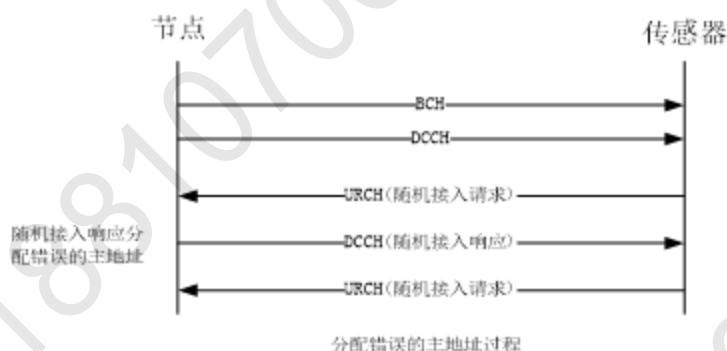


图 G.20 汇聚节点分配错误地址交互流程

G.3.4.4 异常通信指令配置

传感器通过随机接入过程加入网络后，节点对传感器下发异常通信配置指令，传感器仍能正常上报数据。异常通信指令配置交互流程应符合图 G.21。



图 G.21 异常通信指令配置交互流程

附录 R

附录 S (资料性)

附录 T 表计数据记录组织格式

H.1 SF₆数字化密度表计

记录的组织格式应符合表 H.1。

表H.1 SF₆数字化密度表计数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字节数)
2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加
3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒开始的秒数
4	RecordData1	SF ₆ 气体密度值 (P20)	4	数据类型: Float, 单位: MPa
5	RecordData2	温度	4	数据类型: Float, 单位: °C
6	RecordData3	相对压力	4	数据类型: Float, 单位: MPa
7	RecordData4	微水	4	数据类型: Float, 单位: μL/L
8	RecordData5	传感器状态	2	数据类型: OctetString, 定义同数据标识表

示例: 00 1A 00 05 29 D8 FD 00 3F 00 00 00 41 20 00 00 3F 19 99 FF FF FF 00 00, 表明此记录共 26 字节长度, 记录号为 5, 时间戳为 2022 年 4 月 1 日 0 时 0 分 0 秒, 记录内容分别为: 密度 0.5MPa, 温度 10.0°C, 压力 0.6MPa, 微水无数据, 状态无异常告警。

H.2 避雷器数字化泄漏电流表

记录的组织格式应符合表 H.2。

表H.2 避雷器数字化泄漏电流表数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字节数)
2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加

3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从2000年1月1日0时0分0秒开始的秒数
4	RecordData1	相位	1	数据类型: UIntny, 单位: 无
5	RecordData2	系统频率	4	数据类型: Float, 单位: Hz

表 H.2 (续)

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
6	RecordData3	全电流	4	数据类型: Float, 单位: mA
7	RecordData4	阻性电流	4	数据类型: Float, 单位: mA
8	RecordData5	容性电流	4	数据类型: Float, 单位: mA
9	RecordData6	最后一次落雷时间	7	数据类型: DateTime,
10	RecordData7	避雷器动作次数	2	数据类型: UIntshort, 单位: 次
11	RecordData8	系统基波电压有效值	4	数据类型: Float, 单位: kV
12	RecordData9	传感器状态	2	数据类型: OctetString, 定义同数据标识表

H.3 变压器数字化油温表计

记录的组织格式应符合表 H.3。

表 H.3 变压器数字化油温表计数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字节数)
2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加
3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒开始的秒数
4	RecordData1	温度	4	数据类型: Float, 单位: °C
5	RecordData2	传感器状态	2	数据类型: OctetString, 定义同数据标识表

H.4 变压器数字化油位表计

记录的组织格式应符合表 H.4。

表 H.4 变压器数字化油位表计数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字

				节数)
2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加
3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒开始的秒数
4	RecordData1	油位	4	数据类型: Float, 单位: %

表 H.4 (续)

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
5	RecordData2	油位绝对值	4	数据类型: Float, 单位: mm
6	RecordData3	油位	4	数据类型: Float, 单位: 无
7	RecordData4	油位	4	数据类型: Float, 单位: 自定义
8	RecordData5	传感器状态	2	数据类型: OcterString, 定义同数据标识表

H.5 变压器数字化气体继电器

记录的组织格式应符合表 H.5。

表 H.5 变压器数字化气体继电器数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字节数)
2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加
3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒开始的秒数
4	RecordData1	流速	4	数据类型: Float, 单位: m/s
5	RecordData2	温度	4	数据类型: Float, 单位: °C
6	RecordData3	压力	4	数据类型: Float, 单位: MPa
7	RecordData4	内部聚积气体量	4	数据类型: Float, 单位: mL
8	RecordData5	传感器状态	2	数据类型: OcterString, 定义同数据标识表

H.6 互感器数字化油压计

记录的组织格式应符合表 H.6。

表 H.6 互感器数字化油压计数据记录组织格式

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
1	RecordLen	记录长度	2	每个记录的长度 N (包含从记录长度到记录内容的所有字节数)

2	RecordId	记录号	2	记录号从 0 开始增加
3	TimeStamp	记录时间戳	4	定义为从 2000 年 1 月 1 日 0 时 0 分 0 秒开始的秒数
4	RecordData1	油压力	4	数据类型: Float, 单位: kPa
5	RecordData2	油温度	4	数据类型: Float, 单位: °C

表 H.6 (续)

序号	标识	名称	长度 (Byte)	备注
6	RecordData3	传感器状态	2	数据类型: OctetString, 定义同数据标识表

智慧变电站技术规范 第4部分：数字化远传表计

编制说明

目 次

1 编制背景	79
2 编制原则	79
3 与其他标准文件的关系	79
4 主要工作过程	79
5 结构和内容	79
6 条文说明	80

1 编制背景

本文件是根据《国家电网公司关于下达 2021 年度第一批技术标准制修订计划的通知》（国家电网科〔2021〕92 号文）的要求编写。

智慧变电站建设是落实公司发展战略，构建现代设备管理体系的重要内容，是提升设备智能化水平与变电运检质效的重要举措，是变电专业数字化转型的重要基础。国网设备部按照“本质安全、先进实用、面向一线、运检高效”的建设思路，以“有利于电网更安全，有利于设备更可靠，有利于运检更高效，有利于全寿命成本更优”为原则，开展了智慧变电站建设。目前在推进智慧变电站建设过程中，数字化远传表计、操作一键顺控、主辅全面监控、远程智能巡视四类新技术和应用较为成熟且尤受基层认可。数字化远传表计是其中之一，从运维绩效看，人工现场抄录表计数值的工作是一项繁杂、低效、重复的劳动，通过数字化远传将实现全站主设备仪表数据数字化采集、远传，将大幅减少日常运维工作量，有效降低运维人员工作强度，运检绩效显著提升。从运维精益看，可实现设备的可连续监视，实现数据的趋势感知和突变量监视，有利于设备精益运维，将更加有效的保障设备安全。

数字化远传表计的标准化、规范化管理将是推广应用的先决条件，国网设备部本着数据精准感知、传输安全高效、运行稳定可靠、检修维护方便的原则，组织制定了本技术规范。

2 编制原则

本文件主要根据以下原则编制：

- 本文件遵循适用性原则，认真总结以往数字化远传表计应用及试验经验，从数字化远传表计要求的实际出发，制定数字化远传表计技术规范及试验方法；
- 本文件遵循可靠性原则，规范数字化远传表计需要满足的技术参数、试验项目、试验方法和检验规则；
- 注重与相关国标、行标、企标等技术标准及厂家技术文件、说明书等的衔接；
- 坚持先进性与实用性、可靠性和经济性相结合的原则，兼具规范性和引领性。

3 与其他标准文件的关系

本文件与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本文件不涉及专利、软件著作权等知识产权使用问题。

4 主要工作过程

2021 年 6 月，按照公司制修订计划，项目启动，在北京成立了标准起草工作组，确定了编写工作总体目标和参编人员，开展前期准备工作。

2022 年 1 月，在北京召开了编写启动会和工作组第一次会议，研究确定了编制原则、编写大纲、工作分工、编写计划等。

2022 年 2 月，根据征求意见，更新了统一通讯协议，规定了数字化表计的有线、无线通讯方式。

2022 年 3 月，根据征求意见，更新了试验方法、试验规则。

2022 年 5 月，根据征求意见对标准修改完善，形成送审稿。

2022 年 6 月 7 日，国家电网设备管理技术标准工作组（TC04）组织召开了标准送审会，审查结论为：审查组协商一致，同意修改后以技术标准形式报批。

2022 年 6 月，修改形成标准报批稿。

5 结构和内容

本文件是 Q/GDW XXXX《智慧变电站技术规范》的第 1 部分。Q/GDW XXXX 已经发布了以下部分：

——第1部分：总则，规定了智慧变电站组成、智慧变电站总体要求、设备功能、二次设备及系统、辅助系统、设计、调试与验收、运行维护的要求。适用于35kV及以上电压等级智慧变电站设计、建设，在运变电站的改造参照执行，目的在于指导智慧变电站的设计、建设。

——第2部分：智能高压设备，规定了智能高压设备的组成与结构、总体技术要求、智能变压器、智能断路器、智能隔离开关、智能避雷器、智能组合电器、智能开关柜、智能互感器、集中式智能监测终端、试验、标志、包装、运输和贮存的要求。适用于35kV及以上电压等级智慧变电站智能高压设备的设计、制造及试验，目的在于指导智慧变电站内高压设备及其智能监测装置的应用。

——第3部分：辅助设备监控系统，规定了辅助设备监控系统的系统架构、通用要求、系统功能、主要部件、系统接口、典型配置、设备分类、试验和标识、包装、运输、贮存的要求。适用于35kV及以上电压等级智慧变电站辅助设备监控系统的设计、建设，在运变电站的改造也可参照执行。目的在于指导智慧变电站内辅助设备监控系统的设计、建设。

——第4部分：数字化远传表计，规定了围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、组成与结构、工作条件、技术要求、监测模块、集线器、数据通信、配置原则、试验、检验规则、运输、包装、贮存，适用于35kV及以上电压等级变电站数字化远传表计的设计、制造、试验、验收和安装，目的在于指导35kV及以上电压等级变电站数字化远传表计的设计、制造、试验、验收和安装。

——第5部分：智能交直流电源监控系统，规定了智能交直流电源监控系统的使用条件、技术原则、系统结构及配置、技术要求、检验规则和试验方法、标识、包装、运输、贮存的要求，适用于新建、改建、扩建智慧变电站的交流电源、直流电源、DC/DC电源、UPS和INV等监控设备，目的在于指导智慧变电站智能交直流电源监控系统的设计、制造、检验和使用。

本文件的架构原则和思路：本文件主体内容分为16章，由组成与结构、工作条件、技术要求、监测模块、集线器、数据通信、配置原则、试验、检验规则、运输、包装、贮存组成。这16章是分层递进结构，且技术要求与试验方法对应。第15章明确了数字化远传表计的最终检测规则，相关规范性技术要求在附录中列出。

6 条文说明

无。
