

T/CES

ICSXX.XXX.XX

FXX

**CES**

**团体标准**

T/CES

---

# 12kV 数字式一二次融合环网箱技术规范

(征求意见稿)

20 - - 发布

20 - - 实施

中国电工技术学会 发布

# 目 次

前 言 .....	I
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 技术要求 .....	3
4.1 总体要求 .....	3
4.2 环境要求 .....	4
4.2.1 正常使用条件 .....	4
4.2.2 特殊使用条件 .....	4
4.3 电源要求 .....	4
4.4 结构要求 .....	4
4.5 功能要求 .....	5
4.5.1 一般功能 .....	5
4.5.2 数字式传感单元 .....	5
4.5.3 数字式主控单元 .....	6
4.5.4 数字总线要求 .....	7
4.5.5 环网单元 .....	7
4.6 性能要求 .....	8
4.6.1 数字式传感单元 .....	8
4.6.2 数字式主控单元 .....	8
4.6.3 环网单元 .....	9
4.6.4 测供一体化电压互感器 .....	9
4.6.5 成套性能要求 .....	9
5 试验种类及项目 .....	10
5.1 型式试验 .....	10
5.2 出厂试验 .....	10
5.3 试验项目 .....	10
6 试验方法及要求 .....	11
6.1 一般规定 .....	11
6.2 结构与配置检查 .....	11
6.3 工频电压试验 .....	11
6.4 雷电冲击抗扰度试验 .....	11
6.5 互感器准确度试验 .....	12
6.5.1 电流互感器准确度 .....	12
6.5.2 三相负荷对零序电流测量准确度影响量试验 .....	12
6.5.3 测供一体化电压互感器准确度 .....	12
6.6 成套化准确度试验 .....	12
6.6.1 试验方法 .....	12

6.6.2 测量仪表要求 .....	13
6.6.3 试验要求 .....	13
6.6.4 试验记录 .....	13
6.7 电源带载能力试验 .....	13
6.8 传动功能试验 .....	14
6.8.1 试验方法 .....	14
6.8.2 试验要求 .....	14
6.9 故障检测与处理试验 .....	14
6.9.1 试验方法 .....	14
6.9.2 故障保护功能试验 .....	14
7 包装、运输及安装要求 .....	15
7.1 包装和运输 .....	15
7.2 安装 .....	16
附录 A: 数字式主控单元外形尺寸与安装尺寸(规范性附录) .....	17
附录 B: 数字式传感单元外形尺寸与安装尺寸(规范性附录) .....	18
附录 C: 数字式主控单元对外接口(规范性附录) .....	19
附录 D: 数字式传感单元对外接口(规范性附录) .....	22
附录 E: 数字式主控单元与传感单元之间 FT3 通讯协议(规范性附录) .....	27

## 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。

本标准由中国电工技术学会提出。

本标准由 XXXXXXXXXXXX 归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

# 12kV 数字式一二次融合环网箱技术规范

## 1 范围

本标准规定了 12kV 数字式一二次融合环网箱的设计、生产、制造与试验技术条件。24kV 数字式一二次融合环网箱也可参考本标准。

## 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/T 3906	3. 6kV~40. 5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备
GB/T 4208	外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 4796	环境条件分类 环境参数及其严酷程度
GB/T 4797. 4	环境条件分类 自然环境条件 太阳辐射与温度
GB/T 4797. 5	环境条件分类 自然环境条件 降水和风
GB/T 4798	电工电子产品应用环境条件
GB/T 11022	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
GB/T 13384	机电产品包装通用技术条件
GB/T 16927. 1	高压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求
GB/T 18657. 1-2002	远动设备及系统第 5 部分：传输规约第 1 篇：传输帧格式
GB/T 20840. 2	互感器 第 2 部分电流互感器的补充技术要求
GB/T 20840. 7	互感器 第 7 部分：电子式电压互感器
GB/T 20840. 8	互感器 第 8 部分：电子式电流互感器
DL/T 402	高压交流断路器订货技术条件
DL/T 593	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
DL/T 721	配电自动化远方终端
DL/T 1910	配电网分布式馈线自动化技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 数字式传感单元 digital sensor unit

安装在环网箱间隔柜内，将间隔柜内的模拟量、状态量就地数字化，同时执行数字式主控单元下发的控制指令。完成模拟量与状态量采集、控制回路及压板状态监测、远方/就地切换、本地分合闸操作等功能。

### 3.2

#### 数字式主控单元 digital main control unit

安装在环网箱电压互感器柜间隔上方，将电压模拟量就地数字化并接收数字式传感单元上送的状态量、模拟量，实现短路故障与单相接地故障处理，同时根据计算结果下发分合闸控制指令给数字式传感单元。数字式主控单元同时完成电能量计算并与配电主站实现通讯。

### 3.3

#### FT3: class 3 of frame transmission

海明距离为 6 的帧格式，它包含多至 16 个用户数据的八位位组加两个校验八位位组。

[来源：GB/T 18657. 1-2002， 6. 2. 4 标准帧格式]

### 3.4

#### 环网单元 ring main unit (RMU)

用于配网环形供电的开关装置并配置控制操作机构、电流互感器等相关电气连接件、附件、结构支撑件组成的总装。

### 3.5

#### 测供一体化电压互感器 integrated potential transformer for measurement and supply

由电磁式电压互感器与电子式电压传感器组成。其中电磁式电压互感器提供装置供电电源，电子式电压传感器提供三相电压与零序电压信号。

### 3.6

#### 数字式一二次融合环网箱 digitalized primary and secondary fusion RMU

一种将模拟量和状态量就地数字化的户外配电开关设备，由数字式传感单元、数字式主控单元、环网单元、测供一体化电压互感器、后备电源、一二次连接电缆、外箱等进行一体化深度融合设计，实现在线监控、短路和接地故障处理、电能量计算等功能。

### 3.7

#### 成套化试验 formation test

指将数字式传感单元、数字式主控单元、环网单元、测供一体化装置、后备电源、一二次连接电缆作为一套整体设备，验证其整机功能与性能的试验。

## 4 技术要求

### 4.1 总体要求

- 数字式一二次融合环网箱各间隔信号使用就地数字式架构，见图 1。间隔柜内的电流模拟量或线路电压传感器出的模拟量、状态量由数字式传感单元就地数字化，测供一体化电压互感器输出的电压信号由数字式主控单元就地数字化。无分布式电源可不配置出线侧线路电压传感器。
- 数字式一二次融合环网箱绝缘材质应使用环保材料。
- 数字式一二次融合环网箱应采用高防护设计。
- 数字式传感单元、数字式主控单元应采用全国产化设计。

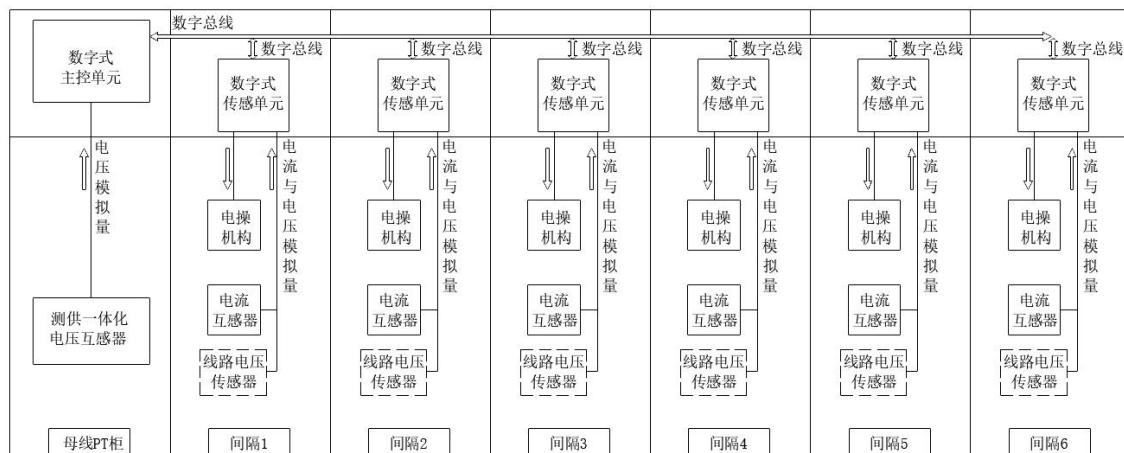


图 1 数字式一二次融合环网箱数字化架构示意图

## 4.2 环境要求

### 4.2.1 正常使用条件

12kV 数字式一二次融合环网箱的正常使用条件应遵循 GB/T 11022 的相关规定。

### 4.2.2 特殊使用条件

12kV 数字式一二次融合环网箱可以在不同于 4.2.1 中所规定的正常条件下使用。其中，用户对海拔高度、污秽、温度和湿度、震动、撞击或摇摆、风速的要求应参照 GB/T 11022 的特殊使用条件提出。超过 20mm 的覆冰厚度由制造厂和用户协商确定。

对于其他环境参数，用户应按照 GB/T 4796、GB/T 4797 和 GB/T 4798 规定相关技术要求。

## 4.3 电源要求

数字式一二次融合环网箱电源由测供一体化电压互感器提供交流 220V，宜采用 V-V 结构型式。

供电回路要满足以下要求：

- 1) 电源模块应至少支持供电电源和后备电源作为输入电源；当主供电源供电时需同时给后备电源充电，主供电源消失时，电源模块应能给出告警信号并自动无缝切换到后备电源供电；
- 2) 电源模块直流输出应满足环网箱内数字式传感单元、数字式主控单元、操作机构、通信设备用电需求。输出电源技术参数指标应遵循 DL/T 721 的相关规定。
- 3) 供电电源应同时满足数字式主控单元、数字式传感单元以及通信设备正常运行及对开关的正常操作；后备电源独立供电时，应同时满足终端和通信设备正常运行 4 个小时，同时满足对开关 5 次正常操作。
- 4) 电源模块输入、输出回路的绝缘性能应满足 DL/T 721 的相关要求。
- 5) 配套无线公网/专网通信设备时，提供给通信设备的配套电源负载能力宜满足稳态工作不小于 6W、暂态工作不小于 10W 且持续时间  $\geq 50\text{ms}$  的要求。
- 6) 配套 xPON 或者其他通信设备时，提供给通信设备的配套电源负载能力宜满足稳态工作不小于 15W、暂态工作不小于 20W 且持续时间  $\geq 50\text{ms}$  的要求。

## 4.4 结构要求

- 1) 数字式一二次融合环网箱应采用高防护操作机构，操作机构满足 GB/T 4208 中 IP65 防护等级的相关要求。
- 2) 数字式传感单元、数字式主控单元采用 304 不锈钢壳体，对外接口全部使用航插方式。数字式传感单元与数字式主控单元整体防护等级满足 GB/T 4208 中 IP65 防护等级的相关要求。
- 3) 环网单元对外接口使用航插方式。模拟量、状态量及控制信号不经过二次室端子排转接。

- 4) 远方/就地旋钮、分合闸按钮、分合闸压板应集成在数字式传感单元上。
- 5) 相电流互感器应采用三相一体套管式安装, 零序电流互感器应采用电缆式安装;
- 6) 数字式传感单元上的插头拔下后, 插头具备电流防开路功能。电流互感器本体也需具备防开路功能(电磁式电流互感器适用)。
- 7) 各组件间的连接航插应插拔方便且具备锁紧、防脱、防误插功能。
- 8) 数字式传感单元、数字式主控单元、一二次连接电缆应进行电气参数及结构的标准设计, 应能实现互换, 并满足带电更换。航插外形尺寸、接口定义、FT3 协议见规范性附录。
- 9) 数字式一二次融合环网箱的接地相关要求, 按照 GB/T 3906 相关规定执行。
- 10) 外箱箱体宜采用不锈钢和 GRC 材质, 或使用 SMC (增强纤维不饱和聚酯型) 材质, 并能满足机械强度要求。

## 4.5 功能要求

### 4.5.1 一般功能

除满足 DL/T 721 规定的站所终端功能要求外, 并做如下补充:

### 4.5.2 数字式传感单元

- 1) 电流模拟量或线路电压传感器输出的模拟量、状态量应在数字式传感单元就地数字化处理。
- 2) 应能通过 FT3 协议上送数字式信号给数字式主控单元并执行数字式主控单元下发的控制指令。
- 3) 保护和遥控出口应独立设置, 保护动作出口不受远方/就地旋钮控制。
- 4) 应具备遥信防误报功能, 避免控制设备初始化、运行中、断电等情况下产生误报遥信。
- 5) 应具备故障指示手动复归、自动复归和主站远程复归功能。
- 6) 应具备分合闸及储能回路录波功能。
- 7) 应具备控制回路断线监测功能。
- 8) 应具备防跳跃和自保持功能。
- 9) 应具备分合闸压板状态监测功能。
- 10) 应具备模拟量就地轮显功能。
- 11) 应具备接入其他智能传感器的接口。
- 12) 应具备扩展采集分布式电源三相电压以适应分布式电源并网管理功能。
- 13) 更换数字式传感单元时应支持无需任何工具进行参数配置实现即插即用。

### 4.5.3 数字式主控单元

#### 4.5.3.1 就地数字化功能

- 1) 电压模拟量应在数字式主控单元就地数字化处理。

#### 4.5.3.2 故障处理功能

- 1) 应具备相间短路故障检测、判断与录波功能，并支持上送相间短路故障事件；应支持录波数据存储，且能响应主站对录波数据的召唤。
- 2) 应具备不同中性点接地方式下接地故障检测、判断与录波功能，并支持上送接地故障事件；应支持录波数据存储，且能响应主站对录波数据的召唤。
- 3) 应具备故障就地切除功能。采用断路器时，可直接切除相间短路故障和接地故障。
- 4) 应具备电压越限、负荷越限等告警上送功能。
- 5) 应具备自动重合闸功能，重合次数及时间可调；具备闭锁重合闸功能。
- 6) 对配电网故障处理要求较高的场合，可配置分布式馈线自动化功能，分布式馈线自动化功能和性能应满足 DL/T 1910 要求。
- 7) 可支持差动保护及智能分布式故障处理功能。

#### 4.5.3.3 功率计算及电能计量功能

- 1) 应支持异步采集同步计算功能实现有功功率和无功功率计算。
- 2) 应具备电能量计算功能，包括每个间隔的正向、反向有功电能量，正向、反向无功电能量和四象限无功电能量，以及电能量冻结功能。

#### 4.5.3.4 通讯功能

- 1) 应能通过 FT3 协议接收并处理数字式传感单元上送的数字式信号并下发控制指令到数字式传感单元。
- 2) 应具备通信对时功能，接收主站或其它时间同步装置的对时命令，与系统时钟保持同步。
- 3) 与主站通信异常时，应保存未确认及未上送的 SOE 信息，并在通信恢复时及时传送至主站。
- 4) 应具备北斗/GPS 对时及定位功能。
- 5) 应同时支持光纤和无线两种通信方式。
- 6) 宜具备局部放电、温度等智能终端的接入功能。

#### 4.5.3.5 并网保护功能

- 1) 宜具备低频、低压、高频、过压、频率突变解列功能。
- 2) 宜具备低电压穿越功能。

#### 4.5.3.6 电能质量监测功能

宜具备下述电能质量监测功能:

- 1) 2~25 次三相电压/电流谐波
- 2) 电压不平衡度
- 3) 频率偏差
- 4) 三相电压偏差
- 5) 三相电压总畸变率
- 6) 三相电压波动率
- 7) 三相电压闪变

#### 4.5.3.7 其他功能

- 1) 应具有明显的运行状态、通讯状态、线路故障等就地状态指示信号。
- 2) 应通过大屏液晶以一次接线图形式展示各间隔实时运行工况。
- 3) 更换数字式主控单元应支持无需电脑或手持运维工具进行参数配置实现即插即用。
- 4) 实时显示数字式主控单元与数字式传感单元之间的通讯状态。
- 5) 支持数字式传感单元即插即用。
- 6) 支持通过远方通讯口对终端进行参数维护，进行参数、定值的查看或整定时应保持与主站系统的正常业务连接。

#### 4.5.4 数字总线要求

- 1) 数字式传感单元与数字式主控单元之间的数字总线采用 RJ45 接口型式。一个数字式主控单元具备与至少 6 个数字式传感单元通讯的能力。
- 2) 数字式主控单元上的数字总线接口应具备集线器 (Hub) 功能。数字式传感单元可插在数字式主控单元的任意总线接口上，且不需要对参数重新配置。
- 3) 数字总线通用帧的传输速度为 10Mbit/s，采用曼彻斯特编码，高位在前，低位在后。曼彻斯特编码规则为：从低位转移到高位为二进制 1，从高位转移到低位为二进制 0。

#### 4.5.5 环网单元

环网单元的功能应满足 GB/T 11022 、GB/T 3906 等标准相关要求，并做如下补充：

- 1) 应配置带电显示器，应能满足验电、核相的要求。
- 2) 应具有可靠的“五防”功能：防止误分、误合断路器；防止带负荷分、合隔离开关；防止带电分、合接地开关；防止带接地开关送电；防止误入带电间隔。
- 3) 宜采用冷凝除湿装置、加热片等防凝露措施。
- 4) 主回路绝缘材质宜采用 PC 聚碳酸酯或玻纤尼龙复合材料。
- 5) 绝缘方式应采用环保气体绝缘（如干燥空气、氮气等自然气体和 C4、C5 及其混合气体等合成气体）或固体绝缘（如环氧树脂）。

## 4.6 性能要求

### 4.6.1 数字式传感单元

- 1) 控制回路接点输出容量（纯阻性负载）宜不小于直流 48V/10A(弹操机构)。
- 2) 应至少具备 2 路 RS485 通信口。
- 3) 应至少具备 1 路与数字化式主控单元通信的数字总线通信接口。
- 4) 采样频率不低于 12. 8kHz。

### 4.6.2 数字式主控单元

- 1) 对时误差不大于 5ms。
- 2) 守时误差不大于 1 秒/天。
- 3) 应至少具备 3 路以太网口、1 个维护专用串口、2 路 RS232、2 路 RS485 通信口等接口。
- 4) SOE 分辨率不大于 2ms。
- 5) 电压、电流、有功功率、无功功率精度 0.5 级。
- 6) 配置 4 个航插接口与传感单元通过 FT3 协议通信，每个航插接口连接 2 个传感单元，最多可接 8 个传感单元。
- 7) 采样频率不低于 12. 8kHz。
- 8) 录波性能：

应至少具备 6 回路同时录波，录波内容应包含故障发生时刻前不少于 4 个周波和故障发生时刻后不少于 8 个周波的波形数据，录波点数为不少于 80 点/周波，录波数据应包含电压、电流、开关位置等。

录波数据循环存储至少 64 组，并支持上传至主站。

稳态录波电压幅值相对误差：  $0.05Un \leq 5.0\%$ ，  $0.1Un \leq 2.5\%$ ，  $0.5Un \leq 1.0\%$ ，  $1.0Un \leq 0.5\%$ ，  $1.5Un \leq 1.0\%$ 。

稳态录波电流幅值相对误差：  $0.1In \leq 5.0\%$ ，  $0.2In \leq 2.5\%$ ，  $0.5In \leq 1.0\%$ ，  $1.0In \leq 0.5\%$ ，  $5.0In \leq 1.0\%$ ，  $10In \leq 2.5\%$ 。

暂态录波中最大峰值瞬时误差应不大于 10%。

- 9) 保护固有动作时间应小于 40ms。
- 10) 电流整定值误差：在  $0.05In$ ~ $1.2In$  测量范围内，绝对误差不大于  $0.02In$ ；在  $1.2In$ ~ $10In$  范围内，相对误差不大于 5%。
- 11) 延时时间整定误差：1.2 倍整定值时，延时误差不大于 1%或 40ms。（小电流接地故障检测不适用）。
- 12) 小电阻接地系统单相接地故障时，在金属性接地、小电阻接地、高阻接地（ $1k\Omega$  及以下）情况下发生区内外故障，应 100%准确判断。其他接地系统发生单相接地故障时，高阻接地（ $2k\Omega$ ）时，区内外故障判断准确率不低于 75%。
- 13) 电能质量精度：

电压谐波和总畸变率：谐波含量  $\geq 1\%Un$ ，误差  $\pm 5\%Uh$ ；谐波含量  $< 1\%Un$ ，误差  $\pm 0.05\%Un$ ；

电流谐波和总畸变率：谐波含量  $\geq 3\%In$ ，误差  $\pm 5\%Ih$ ；谐波含量  $< 3\%In$ ，误差  $\pm 0.15\%In$ ；

注:  $U_n$ : 标称电压;  $I_n$ : 标称电流;  $U_h$  和  $I_h$  为测量值,  $h$  表示谐波次数。

电压不平衡度:  $\pm 0.15\%$ ;

电流不平衡度:  $\pm 1\%$ ;

频率偏差:  $\pm 0.01\text{Hz}$ ;

电压偏差:  $\pm 0.5\%$ ;

电压波动和闪变:  $\pm 5\%$ ;

14) 解列精度:

低频、高频解列频率误差: 不超过  $\pm 0.01\text{Hz}$ ;

低频、高频解列动作时间误差: 不超过  $\pm 1$  定值或  $\pm 60\text{ms}$ ;

低压、过压解列电压误差: 不超过  $\pm 0.01U_n$ ;

低压、过压解列动作时间误差: 不超过  $\pm 1$  定值或  $\pm 40\text{ms}$ ;

频率突变误差: 不超过  $\pm 10\%$  定值或  $0.2\text{Hz/s}$ ;

频率突变动作时间误差: 不超过  $\pm 160\text{ms}$ 。

15) 低电压穿越:

动作时间误差: 不超过  $\pm 40\text{ms}$

#### 4.6.3 环网单元

额定值应按照 GB/T 11022 相关规定执行, 并做如下补充:

- 1) 操作机构宜采用直流 48V 操作电源, 在  $85\%U_a \sim 110\%U_a$  时可靠合闸,  $65\%U_a \sim 110\%U_a$  可靠分闸,  $30\%U_a$  及以下时不动作。
- 2) 柜门关闭时防护等级应不低于 GB 4208 中 IP4X, 柜门打开时隔室之间防护等级不低于 IP2X。
- 3) 环网柜中的绝缘件应采用阻燃性绝缘材料, 阻燃性能不低于 V-1 级。
- 4) 当采用电磁式互感器时, 三相相序电流的额定变比宜选用  $600\text{ A}/1\text{ A}$  或  $600\text{ A}/5\text{ A}$ 。零序电流的额定变比宜选用  $100\text{ A}/1\text{ A}$  或  $50\text{ A}/5\text{ A}$ 。
- 5) 当采用电子式互感器时, 三相相序电流的额定变比宜选用  $600\text{ A}/1\text{ V}$ ; 零序电流的额定变比宜选用  $20\text{ A}/0.2\text{ V}$ ; 且额定负荷  $\geq 20\text{ k}\Omega$ 。
- 6) 分布式电源并网间隔应配置线路电压传感器, 传感器相序电压的额定变比宜选用  $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(3.25\text{ V}/\sqrt{3})$ 。

#### 4.6.4 测供一体化电压互感器

- 1) 传感器相序电压的额定变比宜选用  $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(3.25\text{ V}/\sqrt{3})$ , 准确度等级 0.5 级; 零序电压的额定变比宜选用  $(10\text{ kV}/\sqrt{3})/(6.5\text{ V}/3)$ , 准确度等级 3P 级; 额定负荷大于  $\geq 2\text{ M}\Omega$ 。
- 2) 供电线电压变比宜选用  $10\text{kV}/220\text{V}$ , 准确度等级 3 级; 额定容量:  $300\text{VA}$ , 短时  $3000\text{VA}/1\text{s}$ 。

#### 4.6.5 成套性能要求

- 1) 相间短路故障整组动作时间: 弹簧操作机构不大于  $100\text{ms}$ 。

- 2) 成套准确度相对误差应满足: 相电压 1 级; 零序电压 6P 级; 相电流 1 级; 零序电流互感器变比为 100/1A 时, 一次侧输入电流为 1A 至额定电流时误差≤6%, 一次侧电流输入 500A 时, 误差≤10%; 有功功率 1 级; 无功功率 2 级等检测要求。
- 3) 绝缘性能要求:  
DL/T 593 相关规定适用。

## 5 试验种类及项目

### 5.1 型式试验

数字式一二次融合环网箱的型式试验项目见表 1。

### 5.2 出厂试验

数字式一二次融合环网箱出厂前应进行出厂试验, 出厂试验项目见表 1。

### 5.3 试验项目

表 1 数字式一二次融合环网箱试验项目一览表

序号	试验项目	型式试验	出厂试验
1	结构与配置检查		√
2	工频电压试验	√	√
3	雷电冲击抗扰度试验		
4	互感器准确度试验		√
5	成套化准确度试验		√
6	电源带载能力试验		
7	传动功能试验		
8	故障检测与处理		
9	回路电阻测量	√	√
10	辅助回路和控制回路的绝缘试验	√	√
11	局部放电	√	
12	温升试验	√	
13	机械操作试验	√	√
14	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	√	
15	关合及开断能力试验	√	
16	接地开关短路关合能力试验	√	
17	内部电弧试验	√	
18	电磁兼容性试验 (EMC)	√	
19	充气隔室的压力耐受试验	√	
20	密封试验	√	√
21	异相接地故障试验	√	

22	额定容性电流开合试验（电缆充电试验）	√	
23	高低温试验	√	
24	防护等级检验	√	√
25	真空灭弧室的 X 射线试验	√	
26	失步关合开断试验	√	

## 6 试验方法及要求

### 6.1 一般规定

表 1 所列试验项目应遵循 GB/T 3906 和 DL/T 402 相关标准和方法，并做以下补充：

### 6.2 结构与配置检查

12kV 数字式一二次融合环网箱应包括数字式传感单元、数字式主控单元、环网单元、测供一体化电压互感器、后备电源、一二次连接电缆等构成。

### 6.3 工频电压试验

数字式一二次融合环网箱按照 DL/T 593 规定的工频电压试验，试验后应静置不少于 4 小时，然后复测成套设备的准确度，成套设备的测量电压、电流不超误差限值，且误差变差不超过误差限值的 50%。工频耐压试验时，测供一体化电压互感器应做隔离或拆除处理。

### 6.4 雷电冲击抗扰度试验

雷电冲击抗干扰试验使用 GB/T 16927.1 规定的标准雷电冲击电压波形；空载时实际试验波形与标准波形的偏差应符合 GB/T 16927.1 的要求。

#### 试验程序：

- 1) 试验时试品置于工作状态，投入后备电源，在开关分位和合位两个状态下，按照 GB/T 16927.1 的雷电冲击试验方法对试品三相进线端子施加标准雷电冲击电压波形，每相正负极性各 5 次。
- 2) 试验后试品能正确执行分闸或合闸指令（若是弹簧操作机构要完成储能操作）并正确上报考分合闸及储能遥信量，进行重复 5 次遥控、遥信试验，要求遥控成功率 100%，遥信量正确上报考率 100%。
- 3) 试验过程中不允许有明显放电现象，试品保护应无动作，遥信应无变位。
- 4) 试验过程中不能出现关机、死机、复位现象。

## 6.5 互感器准确度试验

### 6.5.1 电流互感器准确度

电磁式电流互感器准确度试验按照 GB/T 20840.2 规定的方法进行，电子式电流互感器准确度试验按照 GB/T 20840.8 规定的方法执行。

### 6.5.2 三相负荷对零序电流测量准确度影响量试验

按照 GB/T 20840.2 和 GB/T 20840.8 规定的准确度试验方法，采用图 2 的接线方式，分别施加 1%In、5%In、20%In、100%In 和 120%In 的负荷电流，检测零序电流互感器的输出值，其测量值折算到一次侧应小于 1A。

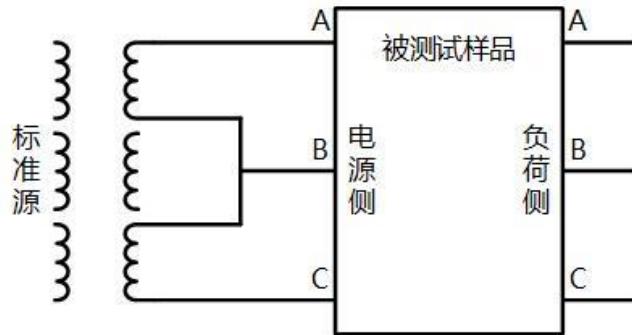


图 2 三相负荷对零序电流测量准确度影响量试验接线示意图

试验标准电流源与一二次融合开关电源侧 A 相及 C 相正常接线，开关负荷侧 A 相及 C 相与 B 相短接，电源侧 B 相分别与试验标准电流源 A 相及 C 相接线。

### 6.5.3 测供一体化电压互感器准确度

测供一体化电压互感器准确度试验按 GB/T 20840.7 规定的方法进行。

## 6.6 成套化准确度试验

### 6.6.1 试验方法

使用标准电压、电流源，试验接线如图 3 所示。

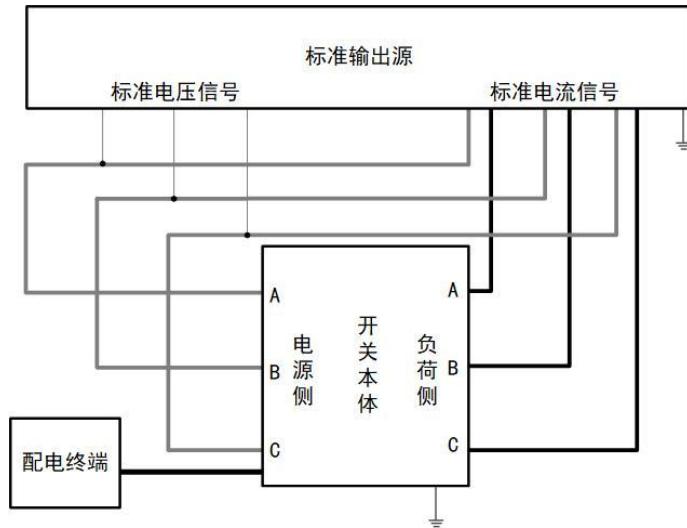


图 3 成套化准确度试验接线示意图

#### 6.6.2 测量仪表要求

试验用标准源及标准表的准确度等级应至少高于试品要求 2 个准确度等级。

#### 6.6.3 试验要求

成套准确度试验应满足如下要求：

- 1) 误差计算按照相对误差计算方法。
- 2) 试验结果应符合 4.6.4 要求。

#### 6.6.4 试验记录

试验过程中至少应记录以下信息：

- 1) 标准表示值。
- 2) 被试品示值。
- 3) 试验过程中的异常现象。

### 6.7 电源带载能力试验

1) 关闭数字式一二次融合环网箱供电的后备电源，在主供电电源供电下，查看数字式主控单元和数字式传感单元、通信模块应处于正常工作状态，连续遥控一二次融合设备分合正常操作不少于 5 次，每次间隔时间 3 分钟，开关应能正确执行相应指令，储能电机正常进行储能操作。

2) 关闭数字式一二次融合环网箱供电的主供电电源，在后备电源供电下，查看数字式主控单元和数字式传感单元、通信模块应处于正常工作状态，连续遥控一二次融合环网箱分合正常操作不少于 5 次，每次间隔时间 3 分钟，开关应能正确执行相应指令，储能电机正常进行储能操作。

## 6.8 传动功能试验

### 6.8.1 试验方法

将数字式一二次融合环网箱正常安装，从电源侧接入试验电压、电流源。

### 6.8.2 试验要求

试验步骤包括：

- 1) 在电源侧分别施加三相电压、电流，记录模拟主站接收到的三相电压、电流、频率、有功功率、无功功率、零序电流和零序电压测量数据是否正确。
- 2) 在电源侧分别施加额定电压、越限电压、越限负荷电流值，当施加额定电压时上送有压鉴别信号到模拟主站，施加越限电压时上送电压越限信号到模拟主站，施加越限负荷电流时上送负荷越限信号到模拟主站。
- 3) 分闸与合闸操作各 10 次，操作机构不应出现异常现象，模拟主站能收到正确上送的开关位置信号。
- 4) 保护动作设置为不延时，施加相间故障电流值，记录动作正确性及动作时间，动作时间是从故障发生到分闸的时间。采用弹簧操作机构时，动作时间不大于 100ms。
- 5) 在上述试验过程中，遥信不出现误动。

## 6.9 故障检测与处理试验

### 6.9.1 试验方法

将数字式一二次融合环网箱正常安装，从电源侧接入试验电压、电流源。

### 6.9.2 故障保护功能试验

#### 6.9.2.1 短路故障检测

短路故障检测试验步骤包括：

- 1) 施加瞬时性短路故障电压、电流（不超过设定的短路延时），不应上送告警信号，记录动作正确性。
- 2) 施加永久性短路故障电压、电流，短路故障种类应包括中性点不接地系统、经消弧线圈接地系统、小电阻接地系统的异相接地故障，应上送告警，且隔离故障，记录动作正确性。

#### 6.9.2.2 单相接地故障检测

试验方法和步骤：

1) 分别按照中性点不接地系统或经消弧线圈接地系统方式设置终端参数, 施加单相接地故障电压、电流, 每个测试用例测试 3 次, 记录动作正确性。

2) 按照小电阻接地系统方式设置终端参数, 施加单相接地故障电压、电流, 满足零序过流定值及零序延时, 保护动作, 切除接地故障, 设定三段零序电流定值及零序延时, 零序电流一次定值范围 0A~200A, 延时范围 0s~100s。每个测试用例测试 3 次, 记录动作正确性。

### 6.9.2.3 自动重合闸功能检测

设置重合闸次数为 3 次, 试验步骤如下:

1) 首次施加故障电压、电流, 环网箱应首次跳闸, 并启动重合闸整组复归计时, 按照重合闸定值进行第一次重合闸, 记录环网箱首次跳闸、第一次重合闸动作正确性及动作时间。

2) 在重合闸整组复归时间内, 持续施加故障电压、电流, 环网箱检测到故障电压、电流, 应跳闸, 并启动重合闸整组复归计时, 按照重合闸定值进行第二次重合闸, 记录首次跳闸、第一次重合闸动作正确性及动作时间。

3) 在重合闸整组复归时间内, 持续施加故障电压、电流, 环网箱检测到故障电压、电流, 应跳闸, 并启动重合闸整组复归计时, 按照重合闸定值进行第三次重合闸, 记录首次跳闸、第一次重合闸动作正确性及动作时间。

4) 在重合闸整组复归时间内, 持续施加故障电压、电流, 环网箱检测到故障电压、电流, 应跳闸, 并闭锁重合闸。

## 7 包装、运输及安装要求

如果在运输、存储和安装时不能保证订货单中规定的使用条件(温度和湿度), 制造厂和用户应当就此达成专门的协议。为了防止在运输、储存和安装过程中由于雨、雪或冷凝等而吸潮导致绝缘损坏, 必须采取特殊的预防措施。同时运输中的振动相关因素也必须考虑。

### 7.1 包装和运输

包装除满足 GB/T 13384 的规定外, 还应满足以下要求:

1) 数字式一二次融合环网箱的外箱可视为包装的一部分, 并应能保证开关设备各零部件在运输过程中不致遭到脏污、损坏、变形、丢失及受潮, 对于绝缘件应特别加以保证, 以免损坏和受潮, 对于外露的接触表面, 应有预防腐蚀的措施, 所有运输措施均应经过验证。

2) 数字式一二次融合环网箱的外箱应有能承受整体总重量的起吊装置, 应在运输文件中附上尺寸图和重量, 并应有运输、保管、安装过程中必须注意事项的明显标志符号(如中心线、起吊位置、接地部位等)。

3) 数字式一二次融合环网箱所需的备品备件及专用工具与仪器仪表应单独装箱并装在外箱内, 在箱上注明“专用工具”、“仪器仪表”, 以与本体相区别; 并标明“防尘”、“防潮”、“防止损坏”、“易碎”、“向上”、“勿倒”等字样, 同主设备一并发运。

4) 出厂的每台产品应附有产品合格证明书、装箱单、安装使用详细说明书(其中应注明维护周期、具体维护点)、一次接线图纸、电气图纸、土建基础图纸、出厂试验报告(包括出厂试验数据)、操作指南、其他仪表的使用说明书及备品备件等清单(如有)。

## 7.2 安装

安装应满足 GB/T 11022 相关要求。

如果开关和控制设备不是完全组装完成后发运的，应当对所有的运输单元清晰地加以标记，并应随同开关和控制设备一起提供将其总装起来的图样。安装前应通过到货检测和相关专业检测，并完成提取密钥以及安全对点接入联调工作，保证准备充分。

## 附录 A: 数字式主控单元外形尺寸与安装尺寸(规范性附录)

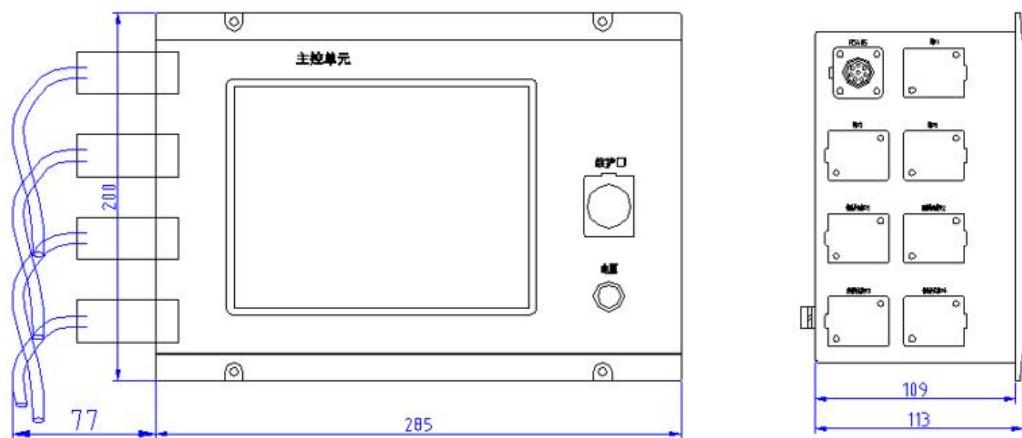


图 A.1 数字式主控单元外形尺寸

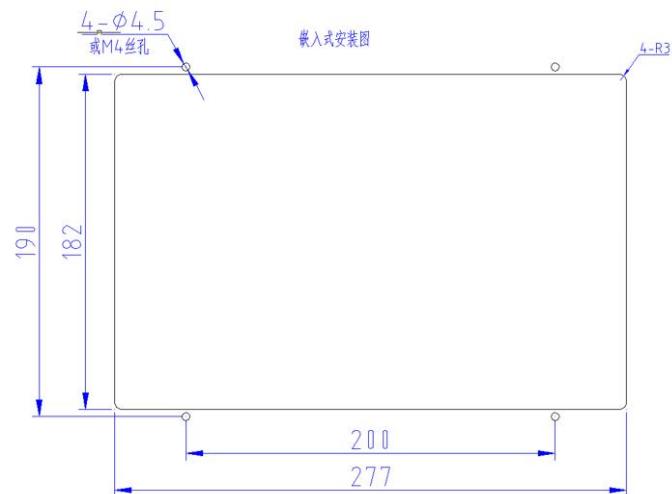


图 A.2 数字式主控单元安装开孔尺寸

## 附录 B: 数字式传感单元外形尺寸与安装尺寸(规范性附录)

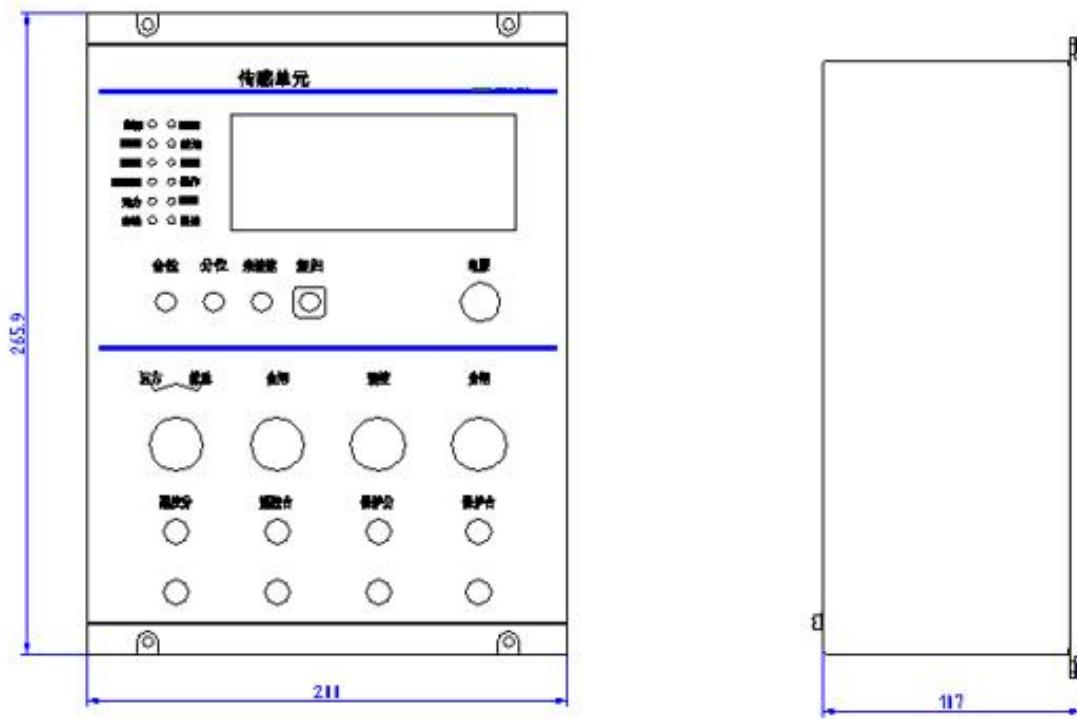


图 B.1 数字式传感单元外形尺寸

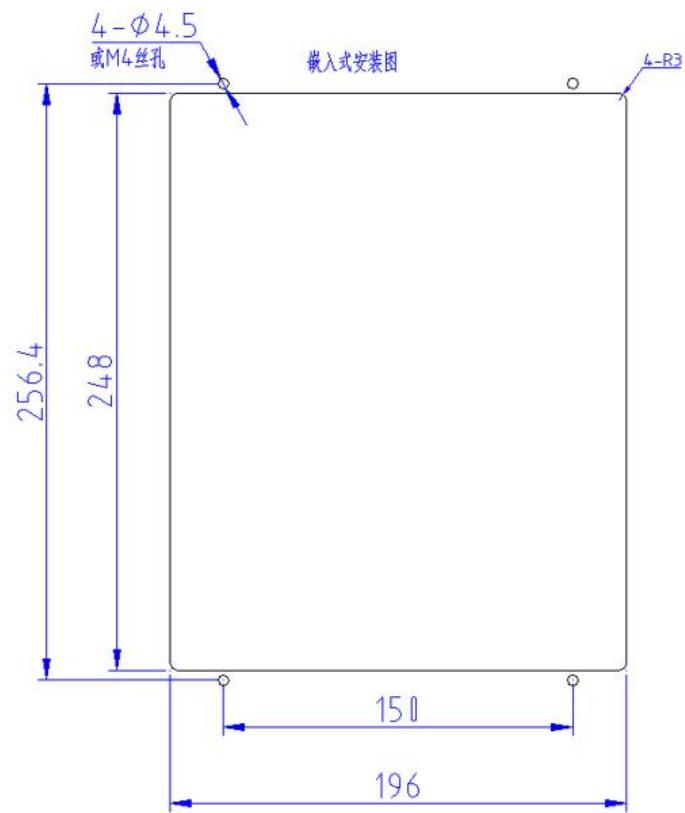


图 B.2 数字式传感单元安装开孔尺寸

## 附录 C: 数字式主控单元对外接口(规范性附录)

### (1) 数字式主控单元调试串口 RS-232 接口管脚定义

调试串口配置线缆的结构如图所示。

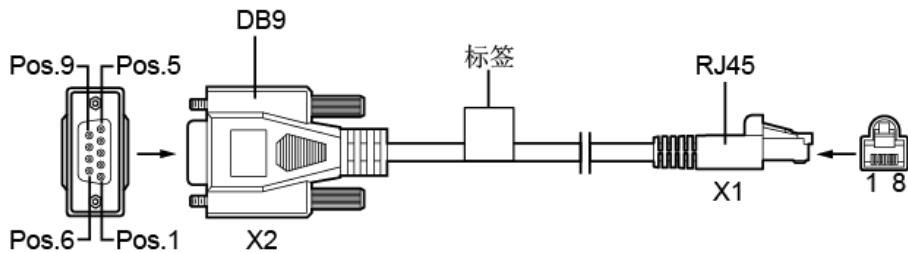


图 C.1 调试串口线缆示意

调试串口配置线缆的针脚关系如表所示。

X1 (RJ45)	信号	信号方向	X2 (DB9)
3	TXD	→	2
4	GND	—	5
5	GND	—	5
6	RXD	←	3

注 1: TXD、RXD 是相对主控单元定义的, 应分别连接到对接终端设备的 RXD 和 TXD。  
注 2: 未描述的管脚表示未连接。

表 C.1 调试串口管脚定义

### (2) 数字式主控单元脉冲串口管脚定义

脉冲串口主要完成电能量检定, 采用 RJ45 接口, 其管脚定义见下表。

端子序号	定义	说明	图例
1	P	有功脉冲输出	RJ45 接口 
2	Q	无功脉冲输出	
3	NC	备用	
4	NC	备用	
5	NC	备用	
6	NC	备用	
7	S	秒脉冲输出	
8	COM	信号公共端	

表 C.2 RJ45 脉冲串口管脚定义

### (3) 数字式主控单元 32+1 航插对外接口定义

引脚号	标记	标记说明	备注
1	Ua	A 相电压	电磁式/电子式
2	Ub	B 相电压	
3	Uc	C 相电压	
4	Un	相电压公共端	
5	U0	零序电压	

6	U0n	零序电压公共端	
7	1UA	进线 1UA	电压型逻辑使用
8	1UB	进线 1UB	
9	2UC	进线 2UC	
10	2UB	进线 2UB	
11	V24+	供电 24V+	
12	V24-	供电 24V-	
13	485B-DY	电源模块 485 通信	
14	485A-DY		
15	BYYX_1	遥信 1	
16	BYYX_3	遥信 2	
17	BYYX_2	遥信 3	
18	BYYX_4	遥信 4	
19	V48+	48V+	
20	V48-	48V-	
21	VDC1+	DC1 采集+	
22	VDC1-	DC1 采集-	
23	VDC2+	DC2 采集+	
24	VDC2-	DC2 采集-	
25	/	/	
26	Ua+		预留 7 端电压互感器接口
27	Ua-		
28	Ub+		
29	Ub-		
30	Uc+		
31	Uc-		
32		接地	
33		接地	

备注：25-32 管脚可选不带防开路功能的插头插座

表 C.3 数字式主控单元 32+1 插座定义

(4) 数字式主控单元 8 芯航插对外接口定义

引脚号	标记	标记说明	备注
1	RS485-1A		
2	RS485-1B		
3	RS232-RX2		
4	RS232-TX2		
5	GND		
6	RS232-RX1		
7	RS232-TX1		
8	GND		

表 C.4 数字式主控单元 8 芯插座定义

数字式主控单元 8 芯插座外形尺寸图：

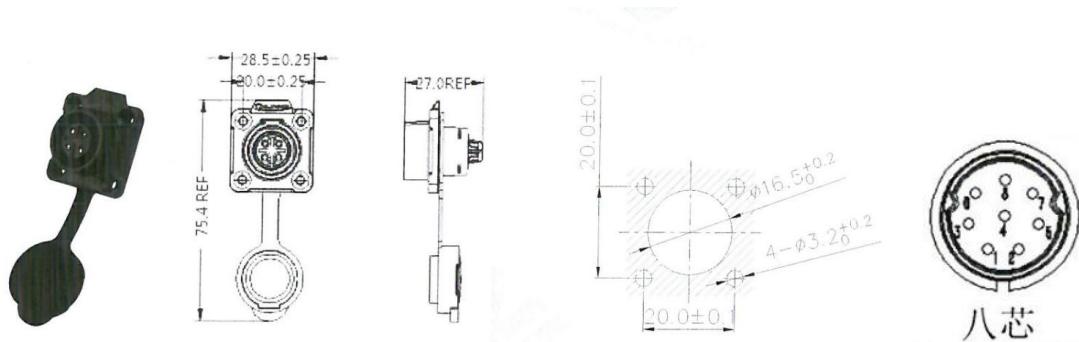


图 C.2 8 芯插座外形尺寸图

数字式主控单元 8 芯插头外形尺寸图：

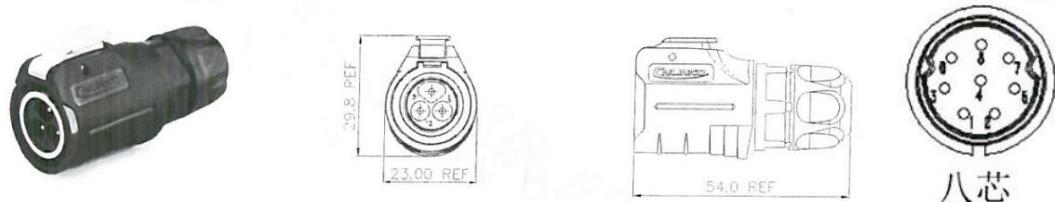


图 C.3 8 芯插头外形尺寸图

### (5) 数字式主控单元与数字式传感单元连接接口

数字式主控单元 FT3 接口定义：

其中 1, 2, 3, 6 与传感 1 通信, 差分信号, 4, 5, 7, 8 与传感 2 通信, 差分信号。

引脚号 (RJ45)	标记	备注
1	FT3-RX-P1	传感 1 接收+
2	FT3-RX-N1	传感 1 接收-
3	FT3-TX-P1	传感 1 发送+
4	FT3-RX-P2	传感 2 接收+
5	FT3-RX-N2	传感 2 接收-
6	FT3-TX-N1	传感 1 发送-
7	FT3-TX-P2	传感 2 发送+
8	FT3-TX-N2	传感 2 发送-

表 C.5 数字式主控单元 FT3 通讯插座定义

数字式主控单元 RJ45 插座外形尺寸图:

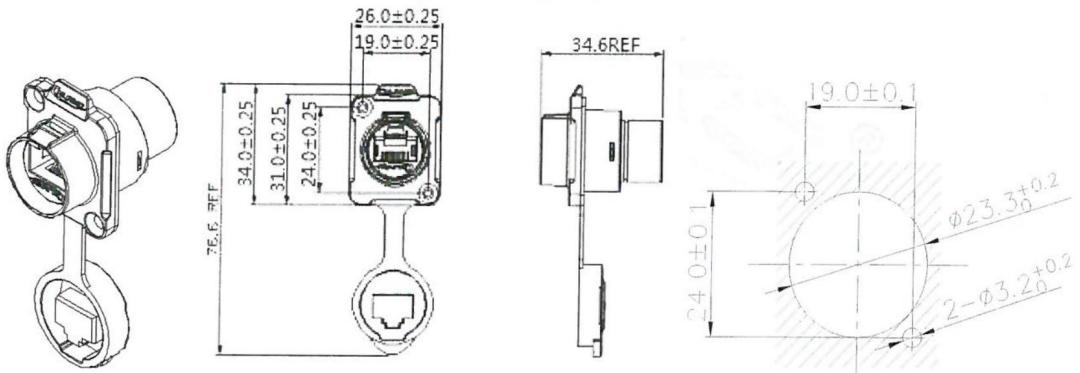


图 C.4 数字式主控单元 RJ45 插座外形尺寸

数字式主控单元 RJ45 插头外形尺寸图:

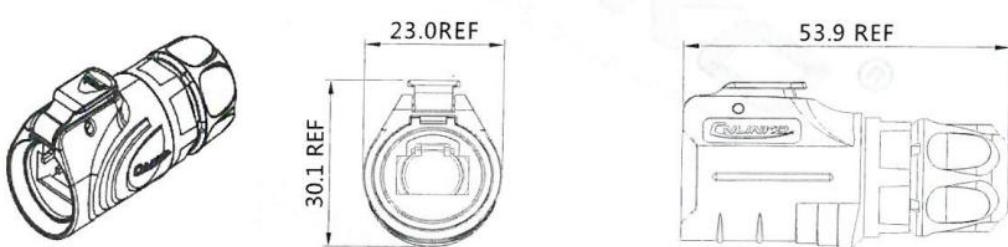


图 C.5 数字式主控单元 RJ45 插头外形尺寸

#### 附录 D: 数字式传感单元对外接口(规范性附录)

(1) 数字式传感单元接口采用 32+1 芯矩形连接器, 其定义见下表:

引脚号	标记	标记说明	备注
1	V24+	24V 工作/操作电源+	
2	V48+	48V 工作/操作电源+	
3	V24-	24V 工作/操作电源-	
4	V48-	48V 工作/操作电源-	
5	CN+	储能+	
6	CN-	储能-	
7	BY+/DQYBS+	备用+/低气压闭锁+	备用/操作回路 使用
8	BY-/DQYBS-	备用-/低气压闭锁-	
9	HW2+	合位节点+	分闸回路使用
10	HW2-	合位节点-	
11	FW2+	分位节点+	合闸回路使用
12	FW2-	分位节点-	
13	HFZ-	分合闸公共端	
14	HZ+	合闸	

15	YXCOM	遥信公共端	
16	FZ+	分闸	
17	WCN	未储能位	
18	KZHLBJ	控制回路断线	
19	HW3	合位	
20	FW3	分位	
21	GKW	隔刀	
22	DKW	地刀	
23			
24	ISEL	接地	预留新型电流互感器扩展使用
25	Ia+	A相电流+	电磁式/电子式
26	Ia-	A相电流-	
27	Ib+	B相电流+	
28	Ib-	B相电流-	
29	Ic+	C相电流+	
30	Ic-	C相电流-	
31	I0+	零序电流+	
32	I0-	零序电流-	
33		接地	

备注：电子式电流互感器不选用防开路插头

表 D.1 数字式传感单元 32+1 插座定义

数字式传感单元 32+1 插座外形尺寸图：

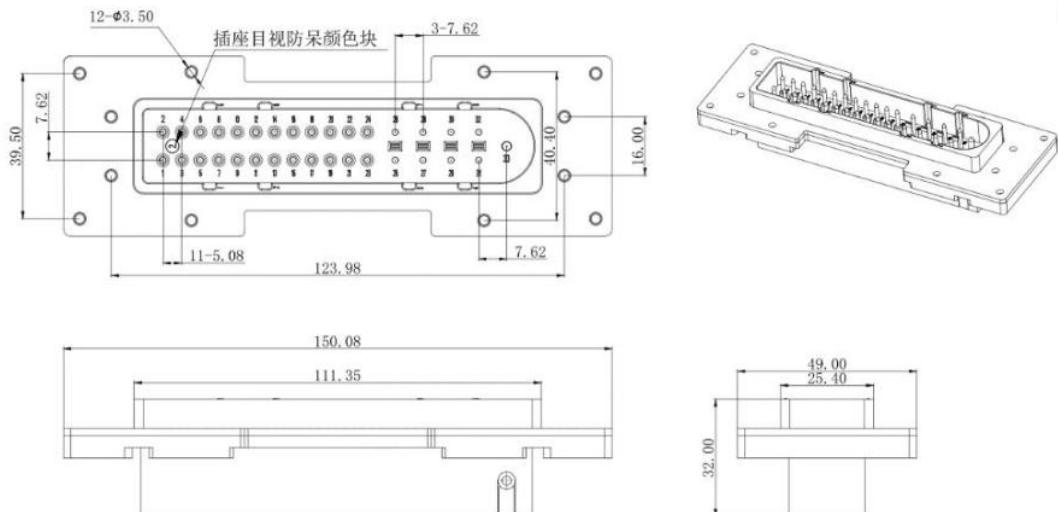


图 D.1 数字式传感单元 32+1 插座外形尺寸图

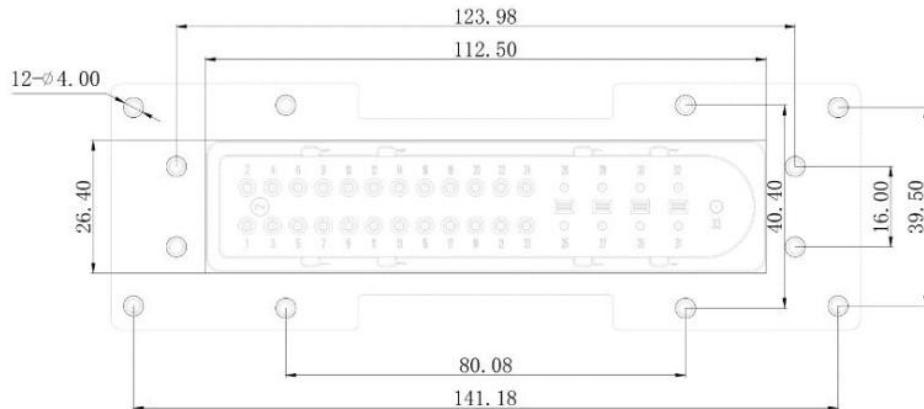


图 D.2 数字式传感单元 32+1 插座安装尺寸图

数字式传感单元 32+1 插头外形尺寸图:

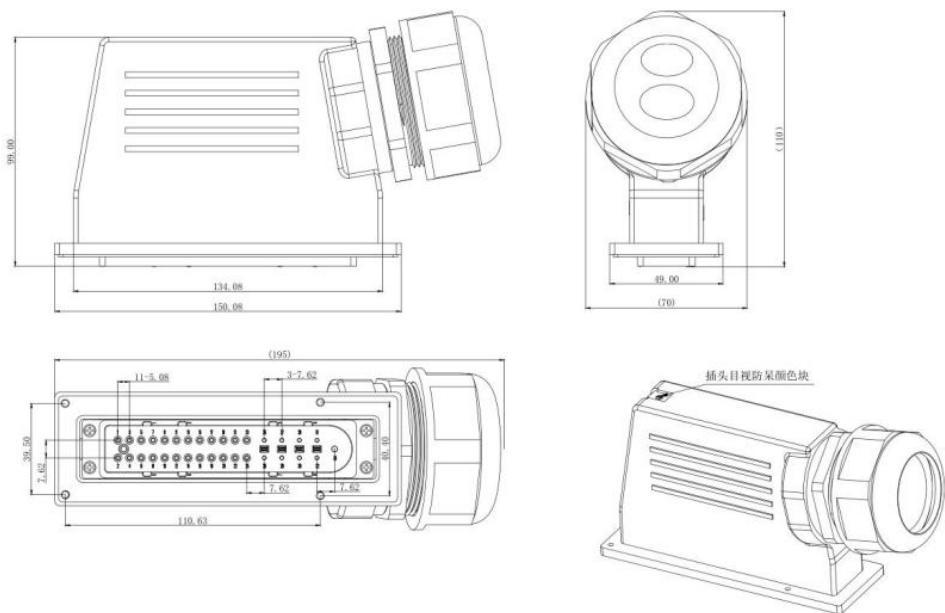


图 D.3 数字式传感单元 32+1 插头尺寸图

## (2) 数字式传感单元 8 芯对外航插定义

引脚号	标记	说明
1	YX24V+	遥信公共端
2	FA	FA 遥信
3	VDC1+	备用直流采样
4	VDC1-	
5	RS485_1A	485 接口 1
6	RS485_1B	
7	RS485_2A	485 接口 2
8	RS485_2B	

表 D.2 数字式传感单元 8 芯插座定义

数字式传感单元 8 芯插座外形尺寸图:

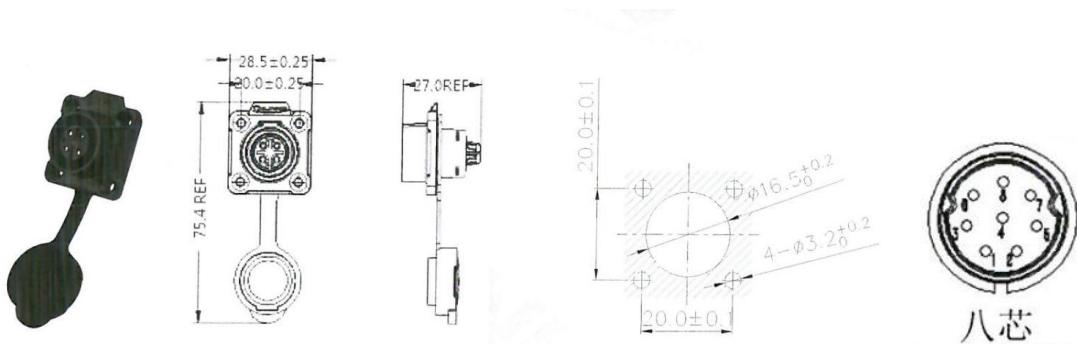


图 D.4 数字式传感单元 8 芯插座外形尺寸

数字式传感单元 8 芯插头外形尺寸图:

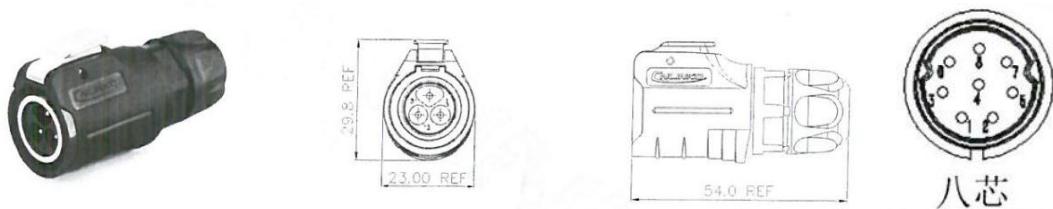


图 D.5 数字式传感单元 8 芯插头外形尺寸

## (3) 数字式传感单元 4 芯对外航插定义

引脚号	标记	标记说明	备注
1	UAI	线路电压传感器 UA 输入	分布式电源电压
2	UBI	线路电压传感器 UB 输入	
3	UCI	线路电压传感器 UC 输入	
4	UCOM	线路电压传感器公共端	

表 D.3 数字式传感单元 4 芯插座定义

数字式传感单元 4 芯插座外形尺寸图:

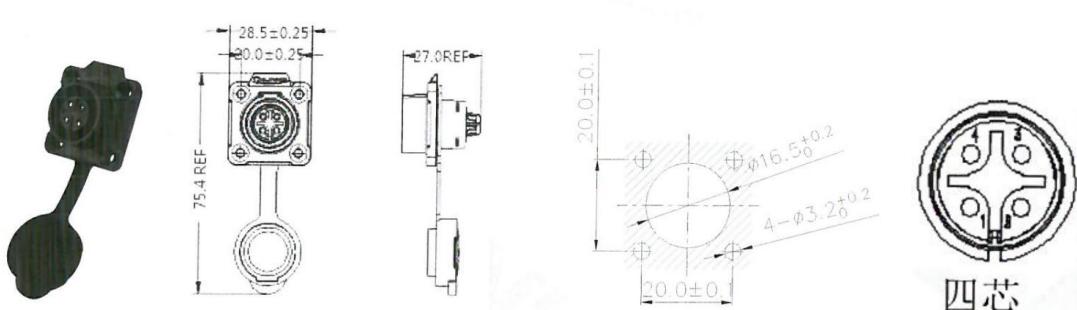


图 D.6 数字式传感单元 4 芯插座外形尺寸

数字式传感单元 4 芯插头外形尺寸图：

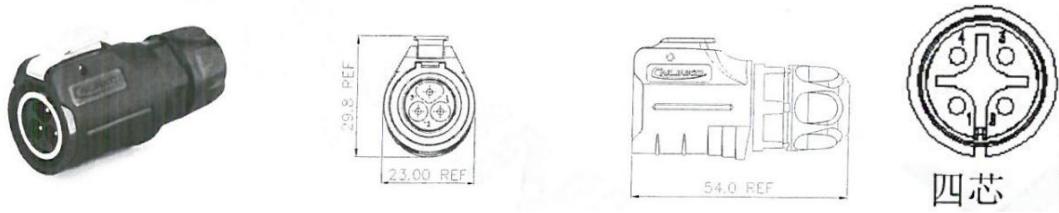


图 D.7 数字式传感单元 4 芯插头外形尺寸

(4) 数字式传感单元与数字式主控单元连接接口

传感单元 BiFT3 接口定义：

引脚号 (RJ45)	标记	备注
1	FT3-RX-P1	传感接收+
2	FT3-RX-N1	传感接收-
3	FT3-TX-P1	传感发送+
4	空	
5	空	
6	FT3-TX-N1	传感发送-
7	空	
8	空	

表 D.4 数字式传感单元 FT3 通讯插座定义

FT3 通讯插座外形尺寸图：

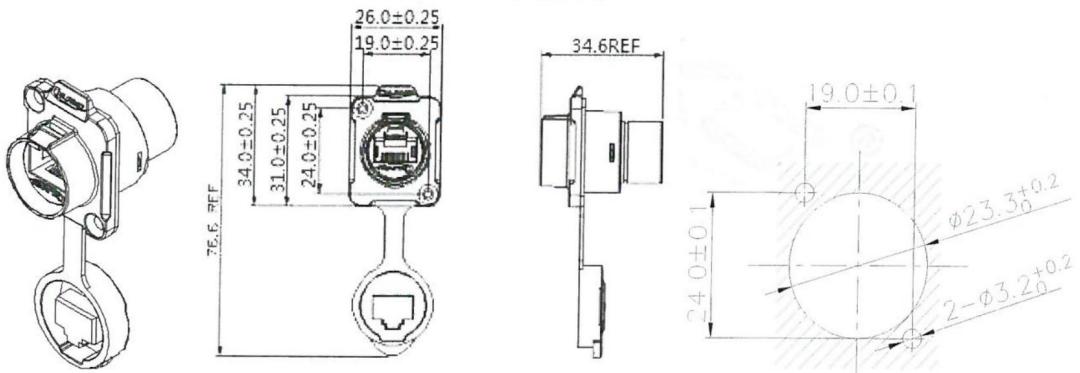


图 D.8 数字式传感单元 FT3 通讯插座外形尺寸

FT3 通讯插头外形尺寸图：

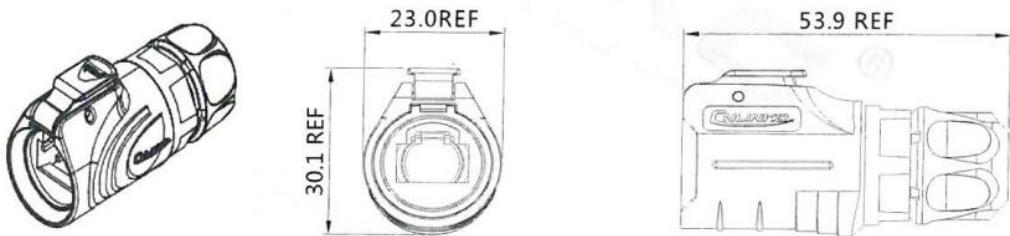


图 D.9 数字式传感单元 FT3 通讯插头外形尺寸

附录 E：数字式主控单元与传感单元之间 FT3 通讯协议(规范性附录)

(1) FT3 下行通信协议：

	名称	描述	备注
0	起始标志 (0x0564)	起始标志用来识别一帧报文的开始，先传高字节，再传低字节	如果没有特殊说明，所有多字节数据都按先高后低字节顺序发送。
2	报文长度 Len	除起始标志外所有报文的字节数	
3			
4	间隔站号	间隔单元地址，有效地址范围 1-16	默认地址 0
5	可变报文类型	协议内规定的报文类型，包括：定期数据，查询，无数据响应，控制，读，写命令代码	
6	可变报文内容	参见本文档对报文内容的详细说明，包括：定期数据，查询，无数据响应，控制，读，写命令数据	
Len			
Len+1	校验字	16 位 CRC 校验字，从报文长度开始到可变报文内容结束	

表 E.1 FT3 下行通信协议

## (2) FT3 上行通信协议:

	名称	描述	备注
0	起始标志 (0x0564)	起始标志用来识别一帧报文的开始，先传高字节，再传低字节	如果没有特殊说明，所有多字节数据都按先高后低字节顺序发送。
1			
2	报文长度 Len	除起始标志外所有报文的字节数	
3			
4	间隔站号	间隔单元地址，有效地址范围 1-16	默认地址 0
5	报文类型	协议内规定的报文类型，此处为固定值 0x01	
6	额定延时	从采样时刻到该帧报文发送起始时刻的时间差，以 10ns 为单位的数	
7			
8	样本计数器	此 16 比特计数用以检查连续更新的帧数；在每出现一个新帧时加 1；溢出后以 0 值重新开始计数	
9			
10	采样通道 #1	A 相电流，保护	
11			
12	采样通道 #2	B 相电流，保护	
13			
14	采样通道 #3	C 相电流，保护	
15			
16	采样通道 #4	零序电流，保护	
17			
18	采样通道 #5	A 相电流，测量	
19			
20	采样通道 #6	B 相电流，测量	
21			
22	采样通道 #7	C 相电流，测量	
23			
24	采样通道 #8	A 相电压，源测	
25			
26	采样通道 #9	B 相电压，源测	
27			
28	采样通道 #10	C 相电压，源测	
29			
30	采样通道 #11	DC 48V 电压	
31			
32	采样通道 #12	储能电流	
33			

34	采样通道 #13	分/合闸电流	
35			
36	采样通道 #14	直流电压采集	
37			
38	采样通道 #15	预留 1	
39			
40	采样通道 #16	预留 2	
41			
42	硬遥信字 1	遥信定义	
43			
44	硬遥信字 2	遥信定义	
45			
46	状态字 1	状态字 1	
47			
48	状态字 2	状态字 1	
49			
50	校验字 1	16 位 CRC 校验字, 从报文长度开始到状态字 2 结束	
51			
52	可变报文类型	可变报文类型代码, 包括: 定期数据, 查询, 无数据响应, 控制, 读, 写命令代码	
53	可变报文内容	可变报文内容, 包括: 包括: 定期数据, 查询, 无数据响应, 控制, 读, 写命令数据	
Len-1			
Len	校验字 2	16 位 CRC 校验字, 从可变报文类型开始到可变报文内容结束	
Len+1			

表 E.2 FT3 上行通信协议