IP3100 产品说明书

1.产品概述

IP3100 是 IP3000 系列的子型号，面向改造市场与电力运维场景，提供快速安装、快速组网与数据接入能力，具有蓝牙无线通讯能力，可用于工厂节能改造、能效分析以及现场运维数据采集。产品可配套多种网关与 SaaS 云服务使用，便于形成完整的电力监测与分析方案。

本手册面向仪表使用人员、现场运维人员和上位机 / 网关对接人员，说明 IP3100 仪表的安装、接线、通信、运行数据读取、事件读取和常用寄存器使用方法。

2.选型参考

2.1.相关网关型号清单

详细规格	与 IP3100 的关系	外形尺寸	4G	以太网	Wi-Fi	蓝牙	RTBUS	串口协议
A1355-B	采集其他 485 从设备，蓝牙上行	1P 18mm	❌	❌	❌	上行接入	❌	主站 MODBUS@RS485
A1355-C	最多 31 个 485 级联快速连接适配，4G 上云	1P 18mm	✔	❌	❌	❌	✔	主站 MODBUS@RS485
A1355-EW	最多 31 个 485 级联快速连接适配，以太网 +Wi-Fi 连网	1P 18mm	❌	✔	✔	管理	✔	主站 MODBUS@RS485
A1355-EWCLAW	最多 31 个 485 级联快速连接适配，以太网 +Wi-Fi 连网，内置 AI openclaw	1P 18mm	❌	✔	✔	管理	❌	主站 MODBUS@RS485
A1510	最多 200 个蓝牙连接，485 连接上位机	导轨 / 挂壁 130×150×36 mm	❌	❌	❌	下行基站	❌	上行 JSON@RS485
A1530-[50/X100/X200]	最多 200 个蓝牙连接，以太网 +Wi-Fi+4G 联网	挂壁 240×240×50 mm	✔	✔	✔	下行基站	❌	❌
A1532-[50/X100/X200]	最多 200 个蓝牙连接，另有 4 路独立下行 485，以太网 +Wi-Fi+4G 联网	挂壁 / 机架 350×220×50 mm	✔	✔	✔	下行基站	❌	主站 MODBUS@RS485

2.2.选型表

型号	规格 (配件)	主型号名称	规格 (配件) 名称
IP3100	A2470-5A	物联网电表互感器主模块	三相开口互感器
IP3100	A2480-100A	物联网电表互感器主模块	三相开口互感器
IP3100	A2490-250A	物联网电表互感器主模块	三相开口互感器
IP3101	A2470-5A	物联网电表互感器从模块	三相开口互感器
IP3101	A2480-100A	物联网电表互感器从模块	三相开口互感器
IP3101	A2490-250A	物联网电表互感器从模块	三相开口互感器
IP3110	XM30-0.5m	物联网电表罗氏线圈主模块	三相罗氏线圈
IP3110	XM50-1m	物联网电表罗氏线圈主模块	三相罗氏线圈
IP3110	XM80-1m	物联网电表罗氏线圈主模块	三相罗氏线圈
IP3111	XM30-0.5m	物联网电表罗氏线圈从模块	三相罗氏线圈
IP3111	XM50-1m	物联网电表罗氏线圈从模块	三相罗氏线圈
IP3111	XM80-1m	物联网电表罗氏线圈从模块	三相罗氏线圈

2.3.IP3100 主要功能简介

- IP3100 是 IP3000 系列的子型号，面向存量改造、电力运维、工厂节能和能效分析场景的物联网电表，重点提供快速安装、快速组网、可靠采集和便捷上云能力。
- 产品支持三相电压、三相电流、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、电能、需量、63 次谐波、越限报警等电力数据采集，适用于现场监测、能耗统计、异常诊断和第三方系统集成。
- 计量精度达到 0.5S 级，电压和电流测量精度为 0.2 级，频率精度为 0.1Hz，可满足较高精度的能耗分析和运维监测需求。
- 支持开口互感器和罗氏线圈两类传感器，覆盖 5A、100A、250A、400A、800A、2000A 等电流量程；250A 以下适合开口互感器，250A 以上罗氏线圈更具优势。
- 具备分相计量能力，单台设备可用于测量 3 个独立单相回路，适合配电箱改造、多回路监测和分项能耗统计。
- 通信方式同时支持蓝牙无线通信和 RS485 Modbus-RTU 通信。蓝牙通信距离可达 200m，支持最多 200 只设备接入，数据更新周期约 2s，可靠性标称 99.99%；RS485 兼容传统上位机和网关组网方式。
- 可配套 A1355、A1510、A1530、A1532 等网关，实现 4G、以太网、Wi-Fi、蓝牙基站或 RS485 上行，便于接入 SaaS 云平台、本地监控系统和第三方数据平台。
- 支持离线通信和掉电读取。掉电后设备可检测离线状态，并在约 1 分钟窗口内通过内部电池支持 RS485 读取实时数据、电能和事件；离线状态下 3 个月内可通过 App 蓝牙连接设备获取数据。

- 内置黑匣子历史存储能力：所有数据每小时存储一次，保存最近 6 个月；电流和电压每分钟存储一次，保存最近 1 个月，便于事故追溯和运维复盘。
- 支持电压中断、暂降、暂升事件记录，事件最多保存 1024 条，写满后循环覆盖旧记录。
- 支持欠压、过压、过流、断流、不平衡、功率因数越限、反向有功、过载、失流、失压、断相、逆相序、需量越限、零线电流异常等异常事件配置。
- 支持分时费率电能，最多 T1~T8 共 8 个费率档，并提供基础电能、4 费率读数区、8 费率完整区和 F64 高分辨率电能读取方式。
- 支持一路隔离干接点输入，DI 端子也可配置为总有功或总无功电能脉冲输出，用于校准、检定或外部采集。
- 采用导轨式安装和级联拼接设计，同一组设备只需接一次电压信号线和 RS485 通讯线；蓝牙通信场景下可不接 RS485，显著减少现场接线工作量。
- 设备采用 (LN) 10--280VAC 自取电方式，无需单独工作电源，整机功耗小于 1W，并内置锂电池用于掉电检测、离线测量和短时通信。
- 具备较强工业现场适应能力，支持 -20°C~55°C 工作温度、5%~95% 无冷凝湿度环境，具备 2.5kV 隔离耐压、信号线 4kV 浪涌和 4kV 脉冲群抗扰能力。
- 产品符合 GB/T17215.211-2006、GB/T17215.321-2008 等标准，并支持符合排污单位生产设施及污染治理设施用电监控技术指南要求的越限报警功能。

3.详细技术参数

3.1.测量与计量参数

功能范围（节选）	三相相电压、三相线电压、三相电流、分相功率、总功率、分相功率因数、系统功率因数、电能、分时电能、63 次谐波、需量、越限报警
测量精度	电压、电流：0.2 级；功率、功率因数：0.5 级；电能：0.5S 级；频率：0.1Hz
电压输入	3x220（380）V，3P4L，(LN) 10--280VAC
电流测量范围	开口互感器：5A / 100A / 250A；罗氏线圈：400A / 800A / 2000A
传感器支持	支持罗氏线圈 / 开口互感器
互感器接口	开口电流互感器以 RJ45 接口连接，并自动匹配不同规格
分相计量	允许单只产品用于测量 3 个独立单相回路
电能质量事件记录	针对 1s 以上的电压中断事件，可预设电压下限（任意相）并记录发生时间，最多记录 1024 条，超出后覆盖最老历史记录

3.2.离线与黑匣子功能

内置电池	提供离线测量、通讯及存储能力
离线通讯	掉电后仍可传输信息；离线状态下 3 个月内允许 App 通过蓝牙连接设备获取数据
离线测量	掉电后 1 分钟内，可通过内部电池供电测量电压全量程数据，并允许通过 RS485 离线获取数据
黑匣子历史存储	所有数据每小时存储一次，保存最近 6 个月；电流 / 电压每分钟存储一次，保存最近 1 个月；历史数据可通过 App 蓝牙读取

3.3. 时钟、电源与通讯

RTC 时钟精度	< 20s / M
自动对时	连接中生代物联网后，误差超过 3s 自动对时
工作电源	(LN) 10--280VAC 自取电方式，无需另外接线，50-60Hz
整机功耗	< 1W
无线蓝牙通讯	距离 200m；支持 200 只设备；2s 更新速率；可靠性 99.99%
有线通讯	MODBUS-RTU@485；同时支持蓝牙通讯（距离 200m）

3.4. I/O、安装与环境

开关量输入	1 路隔离干接点开关量输入
脉冲输出	共用 DI 端子，一路可配置脉冲输出，用于电能校准和检定
安装方式	导轨式安装
拼接方式	上插入连接器
拼接数量	最多 31 个（受地址设定范围限制）
拼接接线	每组仅接一次电压信号线和 RS485 通讯线；蓝牙通讯时可不接 RS485
工作环境	工作温度 -20°C～55°C；储存温度 -25°C～65°C；相对湿度 5%～95%（无冷凝）
环境条件	大气压力 70 kPa～106 kPa；海拔高度 < 2500 m

3.5. EMC、绝缘与机械性能

- 静电放电抗扰度：符合 IEC61000-4-2:2001 标准规定 4 级。
- 射频电磁场抗扰度：符合 IEC61000-4-3:2002 标准规定 3 级。
- 电快速瞬变脉冲群抗扰度：信号线符合 IEC61000-4-4:2004 标准规定 4 级。
- 浪涌冲击抗扰度：符合 IEC61000-4-5:2005 标准规定 4 级。
- 隔离耐压：2.5KV。

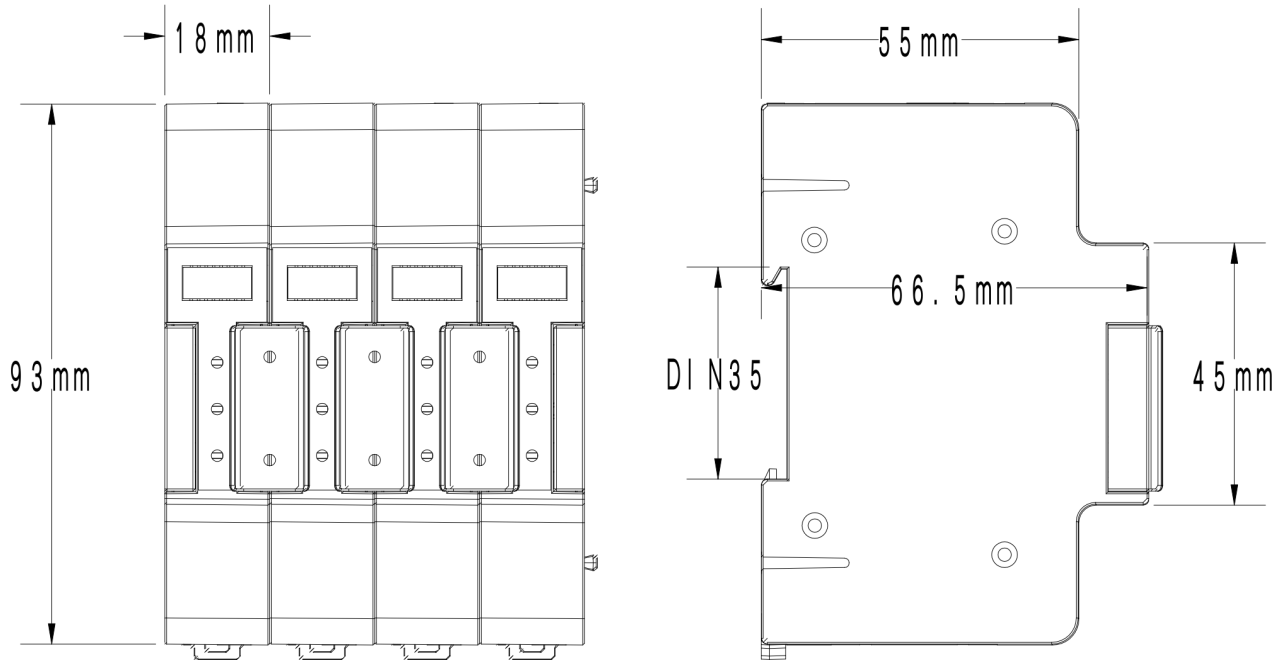
3.6.机械性能要求

项目	分类	技术要求
振动	响应	符合 GB/T11287-2000 标准规定，2 级
振动	持久性	符合 GB/T11287-2000 标准规定，1 级
冲击	响应	符合 GB/T14537-1993 标准规定，1 级
冲击	持久性	符合 GB/T14537-1993 标准规定，1 级
碰撞	—	符合 GB/T14537-1993 标准规定，1 级

3.7.执行标准

- GB/T17215.211-2006
- GB/T17215.321-2008
- 符合《排污单位生产设施及污染治理设施用电监控技术指南》的越限报警功能

3.8.外形尺寸图



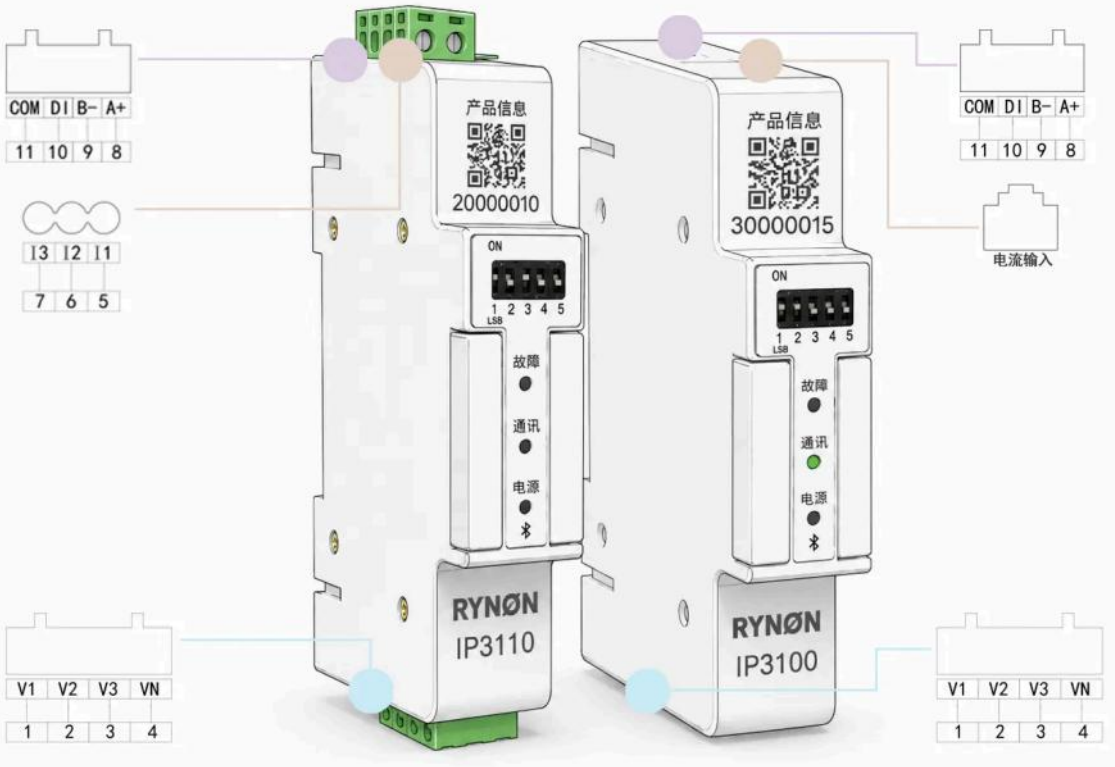
4.设备的现场安装操作

快速安装视频

https://v.douyin.com/rOlJJZWy1B0/

4.1.端子定义

实物图

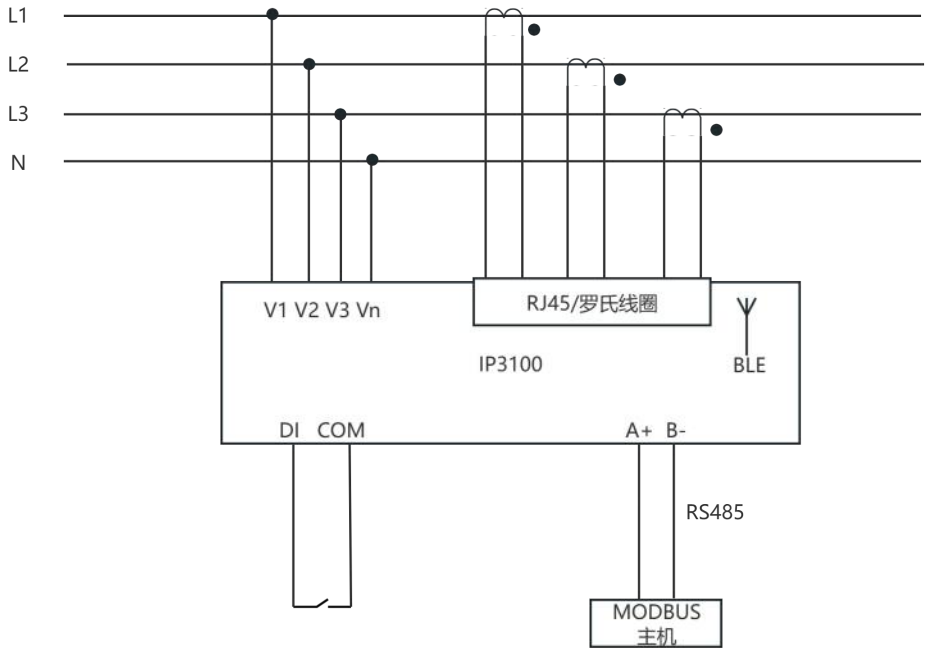


开关量干接点输入		RS485 通讯	
DI	COM	A+	B-

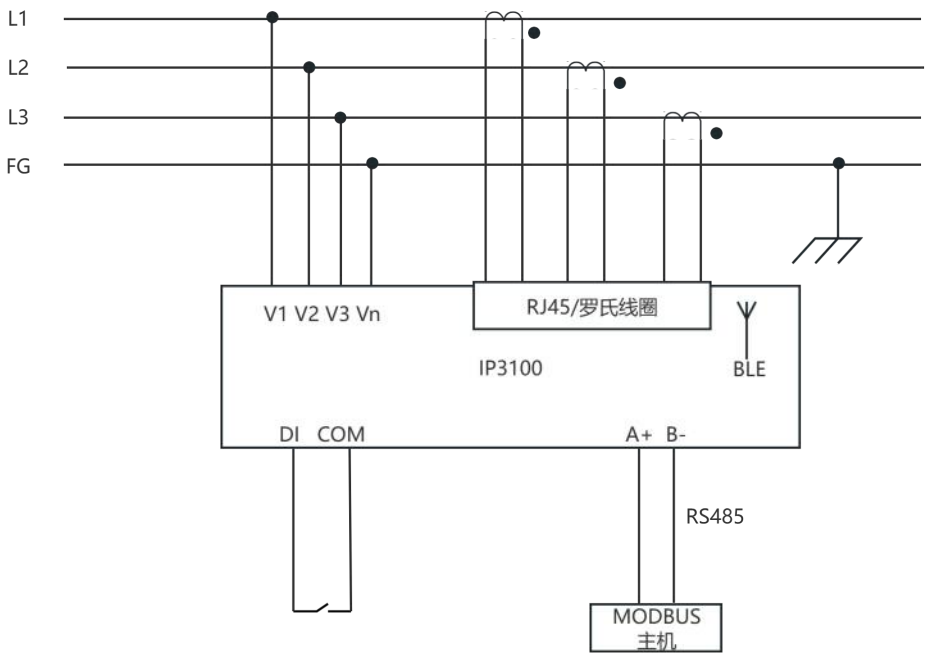
电流输入
RJ45

电压输入			
V1	V2	V3	Vn

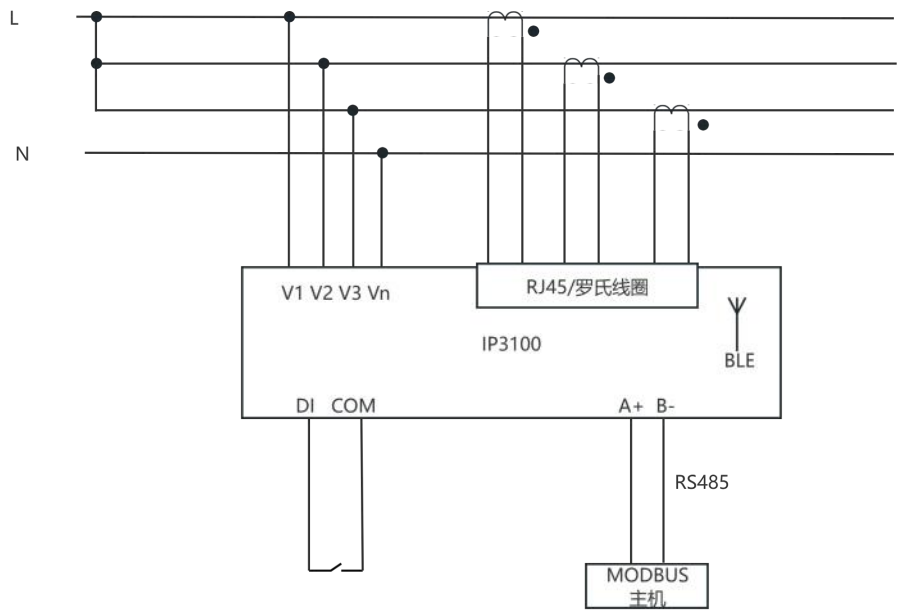
4.2. 典型接线图



三相四线接法（独立1P)



三相三线接法（独立1P)



单相分相计量接法（独立1P)

4.3.指示灯与地址设定

实物图

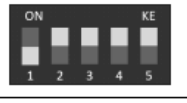
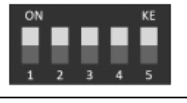


名称	说明
故障	电压、电流相序错误时，指示灯常亮
通讯	485 通讯数据交互时指示灯闪烁
电源＆蓝牙	上电后指示灯常亮，有蓝牙通讯时变为闪烁
拨码开关	拨码开关设置为 0 时，使用 50 号表地址 , 波特率：9600 数据位：8 停止位：1 无校验，可读取参数，通过控制拨码开关可设置通讯地址（参照拨码开关地址对照表），出厂默认地址为 50，波特率为 9600bps

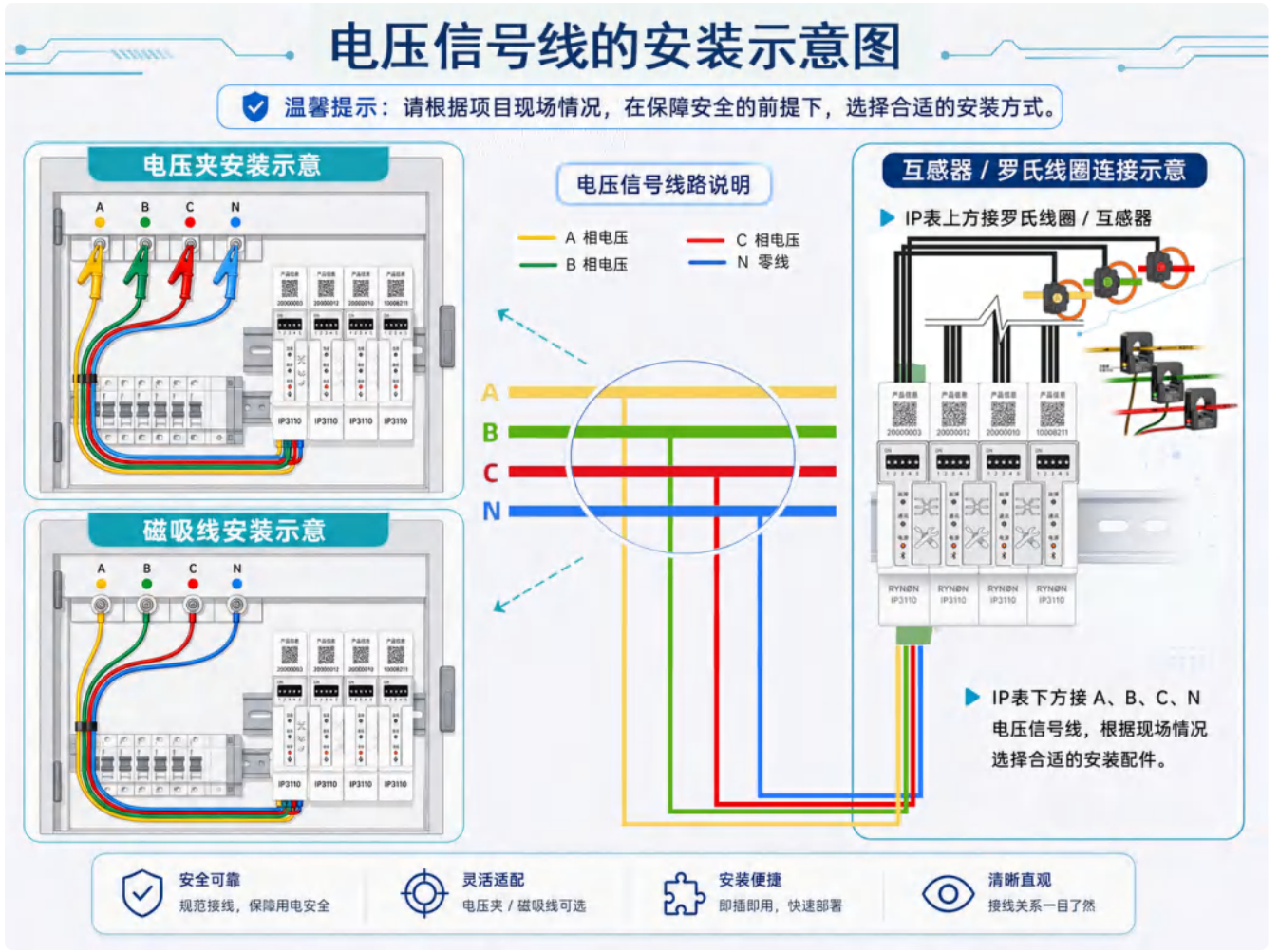
4.4.拨码开关地址对照表

拨码实物图

●——表示 ON ○——表示 OFF

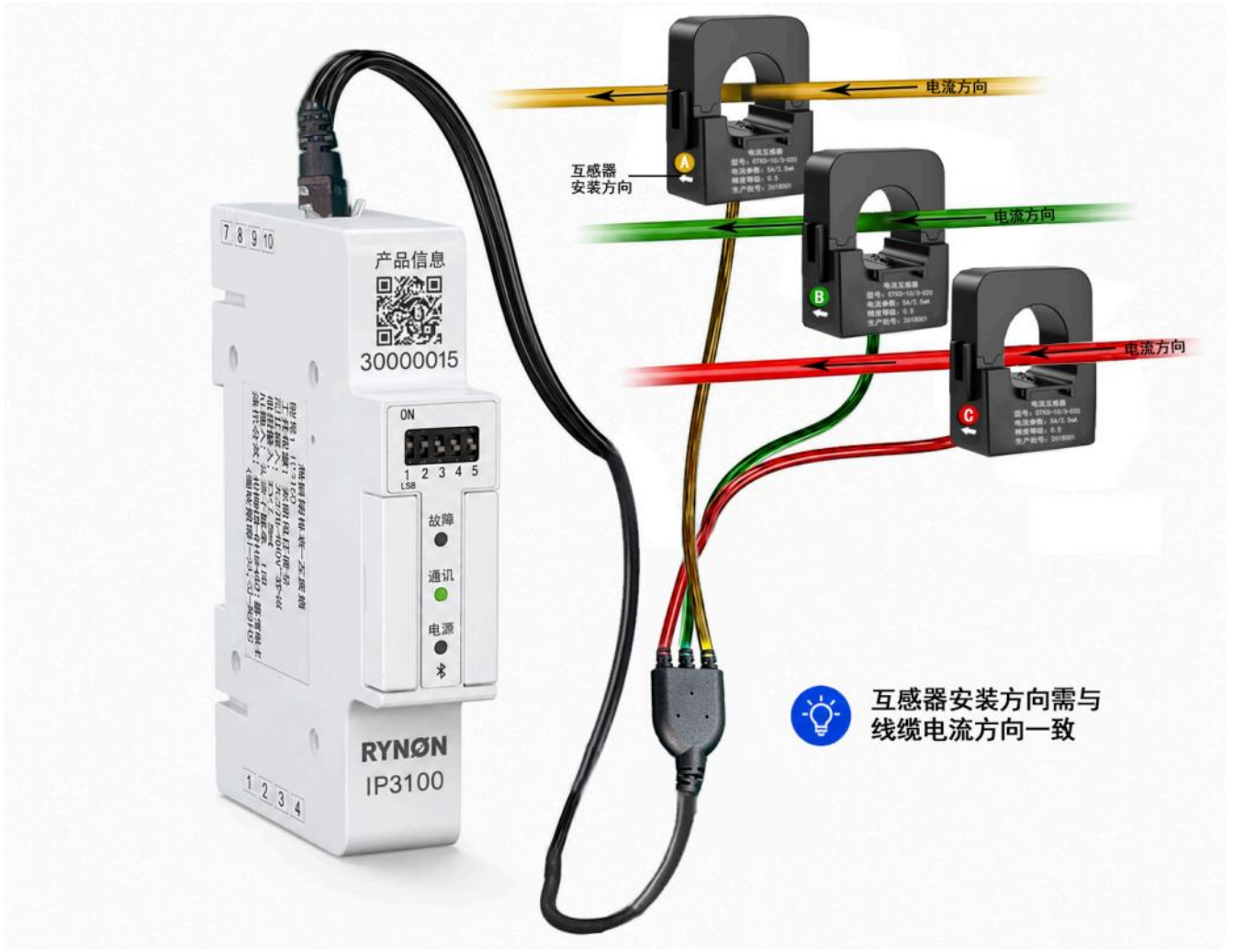
拨码状态	地址	拨码状态	地址	拨码状态	地址	拨码状态	地址
	1		9		17		25
	2		10		18		26
	3		11		19		27
	4		12		20		28
	5		13		21		29
	6		14		22		30
	7		15		23		31
	8		16		24		50

4.5.电压信号线的安装



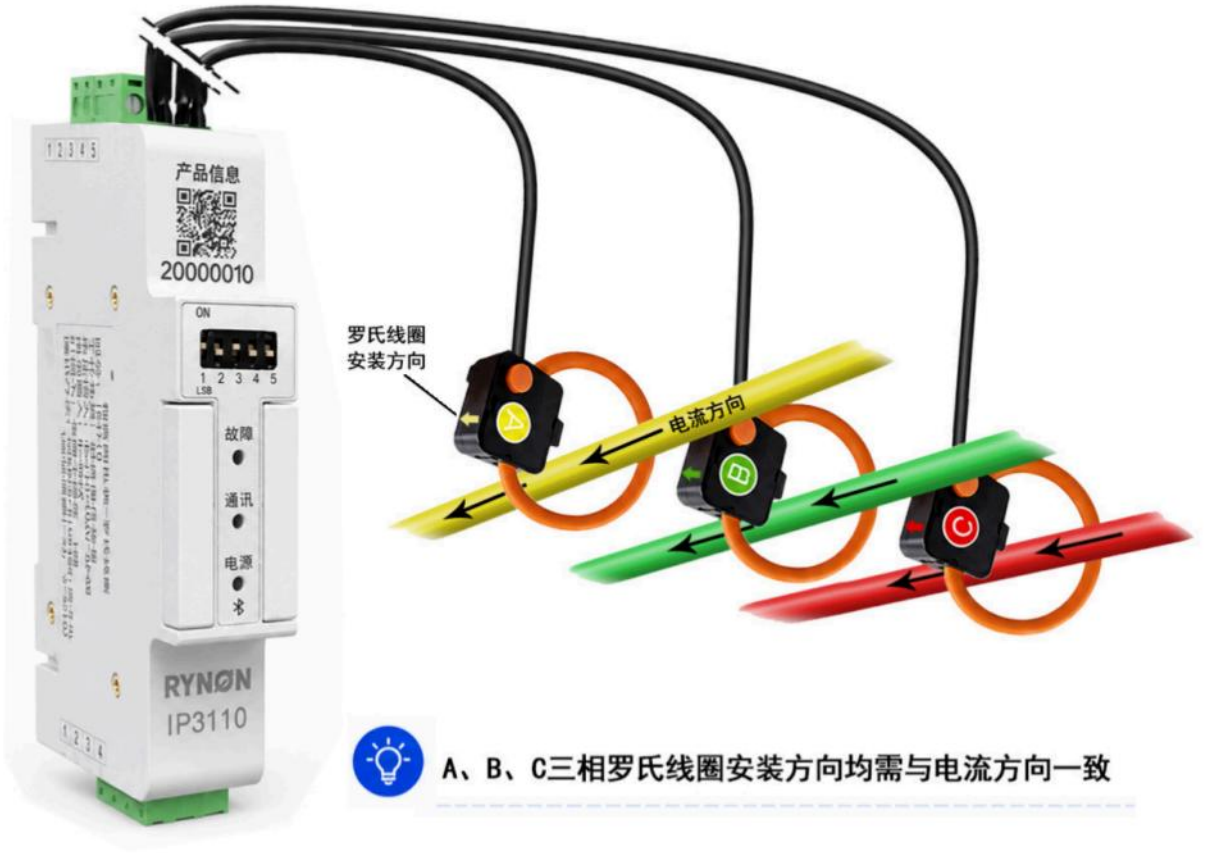
4.6.开口互感器的连接

开口互感器在线缆上的安装示意图



4.7.罗氏线圈的连接

罗氏线圈在线缆上的安装示意图



A、B、C三相罗氏线圈安装方向均需与电流方向一致

4.8.RS485 接线

需遵守 A/B 线、屏蔽层、终端电阻和总线拓扑；

注意本设备没有设置接地端子，每一条 RS485 线的屏蔽地应该单点接地。

4.9.IP 系列产品的级联

特别注意，本系列产品设计的独特之处在于：

- 通过级联连接，同一组设备最多可扩展至 31 个表计单元，每一个单元的供电和信号都是独立的，级联设计实现了快速联通
- 通过级联的同一组设备，只需要接一次电压信号线和 RS485（如果需要）线

级联连接示意图

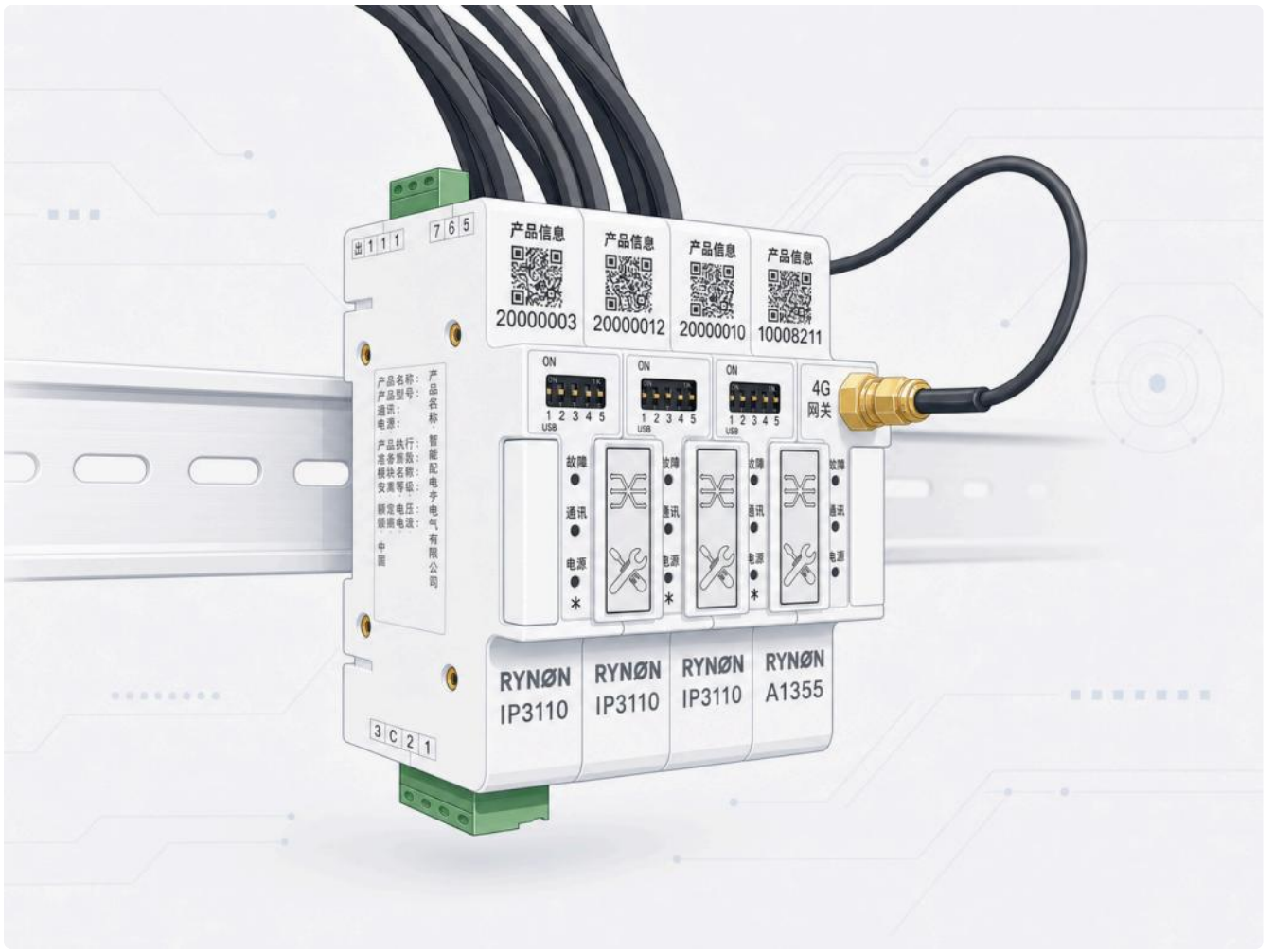


4.10.连接网关

通过级联的时候，只能连接一个网关，因为一个 485 网络中只能有 1 个主站设备

- 连接 4G 网关 A1355-C

级联连接示意图



- 连接 Wi-Fi+ 以太网网关 A1355-EW
- 连接 CLAW 网关 A1355-EWCLAW

级联连接示意图



- 连接蓝牙基站 A1510



- 连接蓝牙基站A1532



4.11.工作电源

系统不需要单独连接工作电源，内部的工作原理是通过信号线取电，同时内置了锂电池，允许在信号线掉电的时候提供持续的测量和通讯，这一特性也特别设计用于检测电压中断并上报事件

4.12.用手机通过蓝牙读取数据和设定参数

本操作必须将手机蓝牙打开，并处于现场 100m 以内

目前仅支持安卓手机

点击或者扫码下载卡诺助手 APP RynonBLEscaner

RynonBLEscaner-1.1.2.apk

手机扫一扫，查看文件

4.13.用手机连接中生代物联网平台

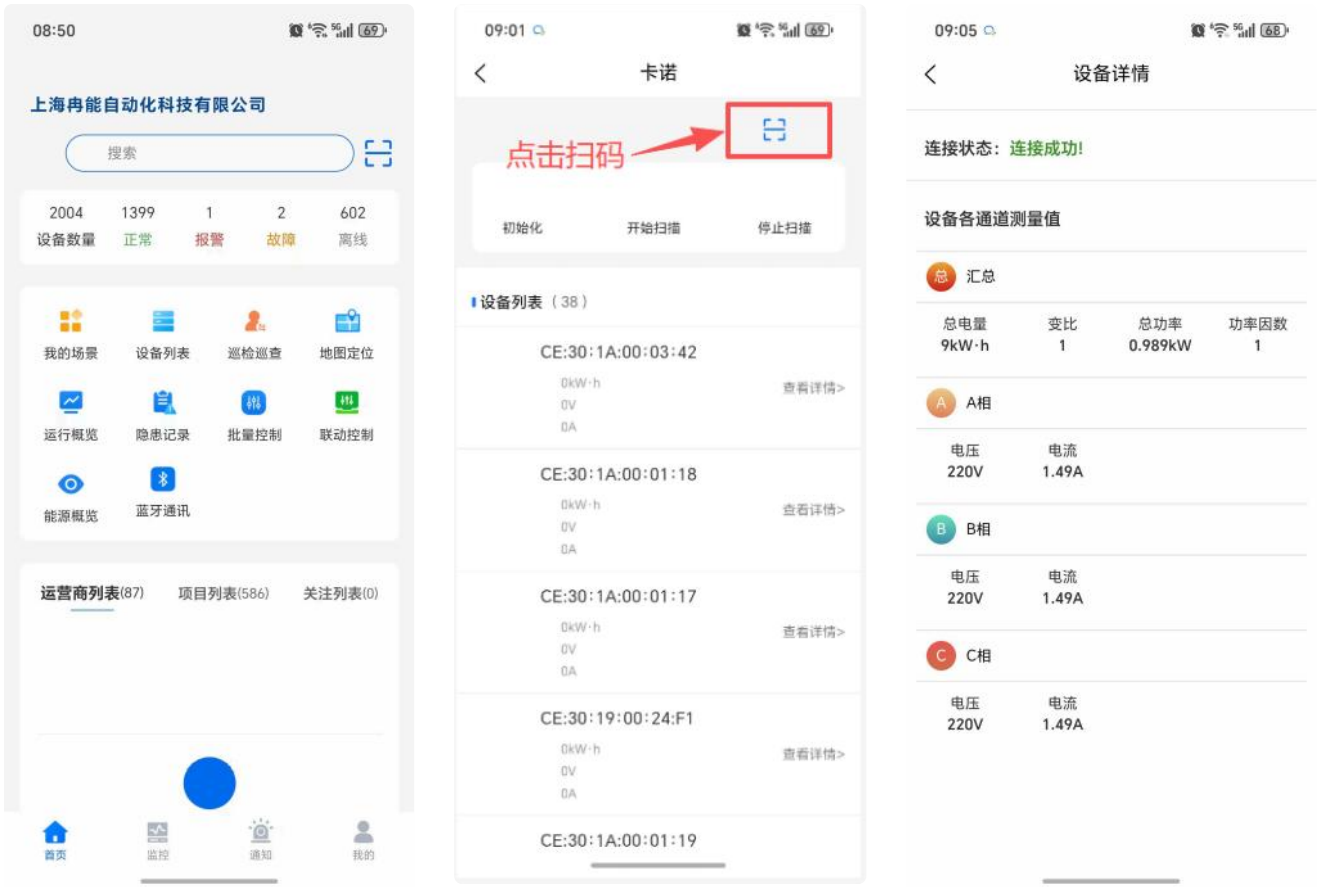
本操作需要有中生代账号，并且现场设备具备联网条件

步骤 1：扫码下载“中生代”APP（目前只支持安卓系统手机）。

步骤 2：注册 / 登录账号，首次使用需要按照提示要求来注册账号，已有账号可直接登录。



步骤 3：打开 app，在“首页”页面下找到并点击“蓝牙通讯”图标，跳转到设备列表并开始扫描附近仪表，在扫描列表下点击扫码图标，扫描设备二维码可以直连设备并查看实时参数。



5.主要功能使用说明

本章用于详细介绍使用人员需要理解的功能。寄存器地址不在本章展开全量表，只在每个功能末尾给出“相关寄存器”索引，完整寄存器表见第 6 章。

5.1.实时测量数据读取

实时测量数据包括频率、三相相电压、线电压、三相电流、有功功率、无功功率、视在功率、功率因数、不平衡率和当前需量等。

第三方系统建议优先读取 `0x4000` 起的 F32 用户读数区。该区直接返回工程单位，低地址为高 16 位，高地址为低 16 位，按完整 2 个寄存器读取一个 F32 数据。

如需读取整数读数区，电流和 16 位功率寄存器需要按当前 CT 类型解释倍率，不能固定按 5A 版本倍率解析。其中 `5A/2.5mA` 型号可按外接 `xxxA/5A` CT 变比理解；100A/250A/400A 互感器和罗氏线圈型号读数已经是传感器一次侧值，不应再叠加外接 CT 变比。

常用读取项：

数据	推荐地址范围	单位
频率	`0x4000`	Hz
相电压、平均相电压	`0x4002~0x4008`	V
线电压、平均线电压	`0x400A~0x4010`	V
相电流、平均电流、零线电流	`0x4012~0x401A`	A
有功功率	`0x401C~0x4022`	W
无功功率	`0x4024~0x402A`	var
视在功率	`0x402C~0x4032`	VA
功率因数	`0x4034~0x403A`	-
电压 / 电流不平衡率	`0x403C~0x403E`	%
当前需量	`0x4042~0x4046`	W、var、VA

读数刷新周期：

- 计量芯片数据按周期分步读取，完整实时数据约每 `600ms` 更新一次。
- 上位机轮询周期建议不小于 `1s`。如果同时读取事件、电能和实时数据，应适当降低轮询频率，避免占用 RS485 总线。
- 需要同一时刻的多项数据时，建议一次连续读取相邻寄存器，减少不同刷新周期造成的差异。

异常情况下的读数含义：

- 掉电确认前，实时读数仍按最后一次计量周期更新。
- 掉电宽限期内，RS485 仍可读取实时数据、电能和事件；进入休眠后 RS485 通信不可用。
- 如果电压或电流低于清零阈值，读数可能被固件按 `0` 处理，具体阈值见计量参数设置寄存器。
- 功率和功率因数可能为负值，用于表示方向或功率象限，第三方系统不应简单取绝对值。

5.2.电能读取

仪表提供正向 / 反向电能、总电能、净电能和分费率电能。第三方系统应优先使用用户电能寄存器区，不应读取内部原始累计寄存器。

基础电能：

数据	推荐地址	单位
正向有功电能	`0x4048`	0.1 kWh
反向有功电能	`0x404A`	0.1 kWh
正向无功电能	`0x404C`	0.1 kvarh
反向无功电能	`0x404E`	0.1 kvarh
总有功电能	`0x4050`	0.1 kWh
净有功电能	`0x4052`	0.1 kWh
总无功电能	`0x4054`	0.1 kvarh
净无功电能	`0x4056`	0.1 kvarh

读取说明：

- U32 电能占 2 个寄存器，低地址为高 16 位，高地址为低 16 位。
- 有功电能单位为 `0.1 kWh`，读数 `12345` 表示 `1234.5 kWh`。
- 无功电能单位为 `0.1 kvarh`，读数 `12345` 表示 `1234.5 kvarh`。
- F64 双精度电能区提供更高分辨率，单位直接为 `kWh` 或 `kvarh`，适合需要高精度显示或结算前复核的系统。

分费率电能：

- 仪表支持 T1~T8 共 8 个费率档。
- 当前费率号可读 `0x3FE0`，费率号 `0~7` 分别对应 T1~T8。
- `0x0190~0x0198` 和 `0x0350~0x0358` 是 4 费率读数区。
- `0x2000~0x208F` 是 8 费率完整区，包含全费率合计和 T1~T8 分项。

相关寄存器：基础电能、4 费率、8 费率和 F64 电能见相关章节。

5.3. 掉电 / 离线读取

仪表支持掉电检测和离线状态上报。掉电检测用于让第三方系统在仪表即将进入低功耗前读取状态、数据和事件。

工作过程：

1. 仪表检测到掉电信号后，进入掉电确认和宽限流程，不会立即置离线状态。
2. 掉电状态连续确认 `5s` 后，离线状态寄存器 `0x3FE5` 置为 `1`。
3. 在进入休眠前，RS485 保持可通信，窗口约 `1min`。
4. 第三方系统应在该窗口内读取 `0x3FE5`、实时数据、电能数据和事件记录。
5. 供电恢复后，离线状态恢复为 `0`，仪表回到正常工作状态。

读取建议：

- 主站可以正常轮询 `0x3FE5`，发现其为 `1` 后立即执行一次关键数据读取。
- 掉电窗口内不建议进行大量参数写入或历史全量读取，应优先读取离线状态、电能、事件数量和最近事件。
- 进入休眠后 RS485 模块会关闭，此时主站可能无法再收到应答；供电恢复后重新建立通信即可。

相关寄存器：

地址	名称	数据类型	读写属性	简要说明
`0x3FE5`	离线状态	U16	R	`0=在线/正常供电`，`1=连续 5 秒确认离线/掉电`

5.4. 电压事件记录

电压事件用于记录三相电压中断、暂降和暂升。事件记录保存在外部 Flash 中，最多保存 `1024` 条，写满后循环覆盖旧记录。

事件类型：

子类型	名称	判定条件
`0`	电压中断	电压百分比低于中断阈值
`1`	电压暂降	电压百分比低于暂降阈值且不低于中断阈值
`2`	电压暂升	电压百分比高于暂升阈值

事件配置：

地址	名称	说明
`0xF000`	事件额定电压	阈值换算基准，单位 V；默认跟随 PT 二次侧额定电压
`0xF001`	事件额定电流	记录电流百分比换算基准，单位 `0.1A`；默认 `50`，表示 `5.0A`
`0xF002`	暂降阈值	单位 `0.1% Un`；默认 `800`，表示 `80.0% Un`
`0xF003`	暂升阈值	单位 `0.1% Un`；默认 `1200`，表示 `120.0% Un`
`0xF004`	中断阈值	单位 `0.1% Un`；默认 `50`，表示 `5.0% Un`
`0xF005`	事件确认延时	单位 s；默认 `0`，表示立即确认
`0xF006`	恢复回差	单位 `0.1% Un`；默认 `20`，表示 `2.0% Un`

事件开始与结束：

- 电压越过阈值后，如果持续时间达到确认延时，固件确认事件并写入事件开始记录。
- 确认延时期间如果电压恢复，则本次扰动取消，不写历史记录。
- 暂降 / 中断事件恢复条件为受影响相电压恢复到暂降阈值以上，并考虑恢复回差。
- 暂升事件恢复条件为受影响相电压恢复到暂升阈值以下，并考虑恢复回差。
- 掉电期间如果存在活动事件，固件会以掉电结束标志结束该事件。

事件读取流程：

1. 读 `0xF008` 获取当前事件记录数量。
2. 向 `0xF009` 写入要读取的记录索引，`1=最新记录`，`2=次新记录`，依此类推。
3. 读 `0xF00A` 判断选中记录是否有效：`0=无效/不存在`，`1=完整记录`，`2=掉电结束记录`。
4. 若记录有效，读 `0xF010~0xF02F` 获取 32 个寄存器的完整事件记录。
5. 按记录字段解析事件类别、子类型、相位掩码、开始时间、结束时间、持续时间、电压 / 电流百分比和 CRC。

注意：

- `0xF009` 的有效记录索引从 `1` 开始；`0` 不表示最新记录。
- 电压、电流记录值单位为 `0.1%`，不是 V 或 A。例如 `1000` 表示 `100.0%`。
- 清除事件记录需向 `0xF00C` 写 `1`，会清除全部事件记录。

相关寄存器：电压事件寄存器和记录字段见第 6.10 节。

5.5. 越限与异常事件

越限与异常事件用于监测电压、电流、功率、需量和相序类异常。异常事件配置独立保存，但历史记录与电压事件共用事件记录区。

出厂默认状态下，异常事件启用位图为 `0`，即全部异常事件关闭。需要使用异常事件功能时，应先按现场需求写入 `0xF100/0xF101` 启用对应事件，并确认各事件阈值和延时。

支持的异常事件：

事件编号	名称
`0`	欠压
`1`	过压
`2`	过流
`3`	断流
`4`	电压不平衡
`5`	电流不平衡
`6`	严重电流不平衡
`7`	功率因数越限
`8`	有功反向
`9`	过载
`10`	失流
`11`	失压
`12`	断相
`13`	电压逆相序
`14`	电流逆相序
`15`	有功需量越限
`16`	无功需量越限
`17`	零线电流异常

启用和状态：

- `0xF100/0xF101` 为异常事件启用位图，bit0~bit17 对应事件编号 0~17。
- `0xF1A0/0xF1A1` 为当前已确认并处于活动状态的异常位图。
- `0xF1A2/0xF1A3` 为已触发但尚未达到确认延时的待确认异常位图。
- 异常事件默认可全部关闭，启用哪些事件由现场需求决定。

参数配置：

- 每类异常事件占 8 个寄存器，起始地址为 `0xF110 + 事件编号 * 8`。
- 参数 1~ 参数 3 为 F32，按高 16 位、低 16 位连续写入。
- `+6` 偏移为确认延时，单位秒；当前固件接受的写入范围为 `10~99`。
- 未使用的参数位置读 `0`，写入会被忽略。
- 电压、电流、功率类参数均按一次侧工程量解释。
- 默认阈值按当前 PT/CT 设置派生：欠压、失压、断相等电压阈值按额定电压比例生成；过流、断流、失流等电流阈值按额定电流比例生成；过载和需量越限按额定电压、电流生成。
- 默认确认延时为 `60s`。

事件确认与恢复：

- 异常条件成立后先进入待确认状态。
- 持续达到该事件的确认延时后，固件确认异常并写入事件开始记录。
- 大多数异常在触发条件消失后恢复。
- 失流和失压使用单独的恢复阈值，应按参数表配置触发阈值和恢复阈值。
- 掉电时若有活动异常，固件会写入带掉电结束标志的历史记录。

历史记录读取：

- 异常事件历史与电压事件历史共用 `0xF008~0xF02F` 的事件记录接口。
- 读取流程与第 5.4 节相同。
- 通过事件记录中的“事件类别 / 子类型”区分电压异常、电流异常、功率异常和需量异常。

相关寄存器：异常事件启用、状态和参数见第 6.11 节；事件记录字段见第 6.10 节。

5.6. DI 干接点输入

DI 干接点输入用于读取外部无源触点状态，例如门磁、辅助开关、告警触点等。IP3100 对外提供 1 路 DI。

读取方法：

- DI 不在保持寄存器区读取，应使用 Modbus 功能码 `0x02` 读取离散输入。
- 起始地址为 `0x0000`，数量为 `1`。
- 返回 bit0 表示 DI 状态：`0=断开`，`1=闭合`。

使用注意：

- DI 输入与脉冲输出端子存在复用关系。
- 当脉冲输出类型配置为总有功或总无功脉冲时，不应再将 DI 状态作为有效输入使用。
- DI 状态为固件确认后的稳定状态，不建议作为高速计数输入。
- DI 频率统计不作为当前用户手册公开功能。

相关接口：DI 读取方式和 Modbus 功能码见第 6.9 节。

5.7. 脉冲输出

脉冲输出用于外部采集设备按脉冲数量累计电能。脉冲输出类型和脉冲常数可通过 Modbus 配置，配置保存后掉电保持。

输出类型：

脉冲输出类型	含义
`0`	无输出，DI 可用
`1`	总有功电能脉冲
`2`	总无功电能脉冲

配置说明：

- `0x010A` 设置脉冲输出类型。
- `0x010D` 设置脉冲常数。
- 脉冲输出类型为总有功时，脉冲常数单位为 `imp/kWh`。
- 脉冲输出类型为总无功时，脉冲常数单位为 `imp/kvarh`。
- `0x010D=0` 表示使用当前互感器规格对应的默认脉冲常数。
- 写入超过固件允许范围的脉冲常数时，固件会恢复为 `0`，即使用默认脉冲常数。

接线和采集注意事项：

- 配置脉冲输出前，应确认现场端子没有被作为 DI 输入使用。
- 修改 `0x010A` 后，应按新的端子功能检查上位机或采集器接线。

- 外部采集设备应按实际脉冲常数换算电能：电能 = 脉冲数 / 脉冲常数。
- 总有功和总无功脉冲不能同时从同一路输出端子输出。

相关寄存器：脉冲输出配置和默认脉冲常数见第 6.9 节。

5.8.历史数据和黑匣子

仪表固件包含历史数据存储和掉电追溯相关机制。当前用户版 Modbus 寄存器表不公开分钟、小时、日历史记录的内部 Flash 结构，历史读取以 APP/BLE 接口为主；本手册仅说明历史数据类型和保存策略，不展开 APP/BLE 协议细节。卡诺助手 app 可以读取历史数据。

当前可确认的历史 / 追溯数据类型：

类型	说明	用户手册处理方式
分钟历史	按分钟保存基础测量数据；按 31 天地址空间循环覆盖	通过 APP/BLE 读取，不在 Modbus 表展开
小时历史	按小时保存电能和主要测量数据；按 6 个月地址空间循环覆盖	通过 APP/BLE 读取，不在 Modbus 表展开
日历史	按日保存总电能和分费率电能；按 6 个月地址空间循环覆盖	通过 APP/BLE 读取，不在 Modbus 表展开
事件记录	电压事件和异常事件历史	可通过 Modbus `0xF008~0xF02F` 读取
电能周期备份	固件按周期保存电能，用于掉电 / 重启恢复	属于内部恢复机制，不作为用户直接读取接口
掉电紧急保存	掉电时保存关键电能和事件状态	属于内部追溯和恢复机制

APP/BLE 读取说明：

- 分钟、小时、日历史通过 APP/BLE 读取。
- APP/BLE 读取时按时间范围查询，固件根据记录内时间戳和 CRC 判断记录是否有效。

BLE 实时整数字段中的电流、P/Q/S 功率和当前 P/Q/S 需量，与 Modbus 16 位整数读数区使用相同的型号相关单位。APP 或网关解析这些字段前，应先确认设备规格或当前 CT 类型。

- 具体 APP 页面、BLE 命令和数据包格式不在本用户手册展开。

Modbus 使用建议：

- 第三方 Modbus 系统如需历史追溯，应优先读取事件记录和电能当前值。
- 当前不建议第三方系统直接访问内部 Flash 历史结构。

相关章节：事件记录见第 5.4、5.5 节和第 6.10、6.11 节；历史数据接口原则见第 6.13 节。

6.Modbus 寄存器表

本章为第三方系统、网关和上位机对接使用。寄存器表只列用户可用、长期稳定、适合现场使用的寄存器。

不列出：

- 校准参数。
- 校准命令。
- 调试寄存器。
- 电能原始累计寄存器。
- 内部 Flash 地址。
- 内部状态机细节。

6.1. 寄存器表字段说明

寄存器表统一使用以下字段。

字段	说明
地址	Modbus 寄存器地址，十六进制表示
寄存器名称	面向用户的功能名称
数据类型	U16、S16、U32、S32、F32、F64 或 BITMAP
寄存器数	占用 16 位寄存器数量
读写属性	R、W 或 R/W
单位 / 倍率	V、A、W、kWh、%、秒等；无单位填 `-`
简要说明	取值定义、使用限制或功能说明

谐波 THD 和分次谐波含有率使用 `0.01%` 整数读数，例如读数 `500` 表示 `5.00%`。

寄存器表模板：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0000`	示例寄存器	U16	1	R	-	示例说明

6.2. 通信参数寄存器

本节列出 Modbus 地址、波特率、校验位等通信配置寄存器。

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0100`	固件版本	U16	1	R/W	-	固件版本号；一般只读使用
`0x0101`	Modbus 从机地址	U16	1	R/W	-	RS485 从机地址
`0x0102`	波特率	U16	1	R/W	bps	支持 `1200/2400/4800/9600/19200/38400`
`0x0126`	校验位	U16	1	R/W	-	`0=无校验` ， `1=奇校验` ， `2=偶校验`

说明：

- 修改通信参数后，应使用新参数重新建立通信。
- 波特率或校验位写入非法值时，固件启动校验会恢复到安全默认值。
- 当前固件写保持寄存器使用功能码 `0x10` 。

6.3.设备信息与运行状态寄存器

本节列出设备版本、运行状态、重启次数、当前费率、离线状态等寄存器。

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x3FE0`	当前费率号	U16	1	R	-	当前分时费率号
`0x3FE5`	离线状态	U16	1	R	-	`0=在线/正常供电`，`1=连续 5 秒确认离线/掉电`
`0xFA07`	MCU 类型	U16	1	R	-	控制器类型
`0xFA0F`	MAC 地址高 16 位	U16	1	R	-	BLE MAC 地址高字
`0xFA10`	MAC 地址中 16 位	U16	1	R	-	BLE MAC 地址中字
`0xFA11`	MAC 地址低 16 位	U16	1	R	-	BLE MAC 地址低字
`0xFA12`	仪表类型	U16	1	R	-	产品 / 仪表类型
`0xFA32`	累计运行时间	U32	2	R/W	s	设备累计运行时间
`0xFA34`	本次上电运行时间	U32	2	R/W	s	最近一次上电后的运行时间
`0xFA36`	重启次数	U16	1	R/W	次	系统重启计数

离线状态说明：

- `0x3FE5` 是提供给第三方系统使用的状态寄存器，只暴露在线 / 离线结果。
- 检测到掉电后需连续确认 5 秒才置 `1`。
- 供电恢复后清零为 `0`。

6.4.BLE 广播间隔设置

本节说明正常供电状态下 BLE 广播间隔的设置方式。广播间隔参数只影响仪表处于广播状态时的 BLE 广播，不影响 RS485 通信。

广播间隔相关寄存器：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x04B0`	广播间隔更新周期	U16	1	R/W	s	多久重新计算一次广播间隔，允许范围 `2~120`，默认 `60`
`0x04B1`	最小广播间隔	U16	1	R/W	`0.625ms`	正常广播随机范围下限，最小允许 `160`，即 `100ms`，默认 `160`
`0x04B2`	最大广播间隔	U16	1	R/W	`0.625ms`	正常广播随机范围上限，最大允许 `16000`，即 `10s`，默认 `16000`

正常广播间隔计算：

- 仪表上电初始化时，默认广播间隔为 `3200`，即 `3200 x 0.625ms = 2s`。
- 正常运行且处于广播状态时，仪表每 `0x04B0` 秒重新计算一次广播间隔。
- 当 `0x04B1 < 0x04B2` 时，新的广播间隔在 `[0x04B1, 0x04B2)` 范围内随机生成。
- 当 `0x04B1 = 0x04B2` 时，广播间隔固定为该值。
- 当 `0x04B1 > 0x04B2` 时，固件恢复为默认范围：`160~16000`。

换算示例：

写入值	实际时间
`32`	`20ms`
`160`	`100ms`
`1600`	`1s`
`3200`	`2s`
`16000`	`10s`

加速广播：

- 仪表在维护或连接辅助场景下可能临时进入加速广播，广播间隔为 `32`，即 `20ms`。
- 加速广播持续约 `120s`，随后恢复正常广播间隔调整逻辑。

6.5.计量参数设置寄存器

本节列出 PT、CT、接线方式和计量读数相关的现场设置寄存器。修改这些参数会影响电压、电流、功率和电能读数，应由具备权限的调试或运维人员操作。

CT 类型寄存器：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0002`	CT 类型设置	U16	1	R/W	-	设置仪表使用的 CT 类型
`0x0004`	当前有效 CT 类型	U16	1	R	-	当前实际生效的 CT 类型

CT 类型定义：

CT 类型值	含义	说明
`0`	5A/2.5mA	5A CT 版本
`1`	100A/100mA	100A CT 版本
`2`	250A/100mA	250A CT 版本
`3`	400A/100mA	400A CT 版本
`4`	600A/100mA	程序类型编号保留；当前产品未配置 600A 互感器
`5`	罗氏线圈	按产品配置支持

PT/CT 变比和计量方式寄存器：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0103`	电流小信号清零阈值	U16	1	R/W	mA	低于阈值的电流按 0 处理
`0x0104`	电压小信号清零阈值	U16	1	R/W	V	低于阈值的电压按 0 处理
`0x0105`	PT 一次侧额定值	U32	2	R/W	V	PT 变比分子
`0x0107`	PT 二次侧额定值	U16	1	R/W	V	PT 变比分母
`0x0108`	CT 一次侧额定值	U16	1	R/W	A	仅 `5A/2.5mA` 型号作为外接 `xxxA/5A` CT 变比分子
`0x0109`	视在功率计算方式	U16	1	R/W	-	`0=按 VA`，`1=按 P/Q 合成`
`0x0117`	CT 二次侧额定值	U16	1	R/W	A	仅 `5A/2.5mA` 型号作为外接 `xxxA/5A` CT 变比分母
`0x0119`	电压接线方式	U16	1	R/W	-	`0=三相四线`，`1=三相三线`
`0x011A`	线电压相位修正	U16	1	R/W	-	`0=关闭`，`1=启用`；通常保持默认

设置说明：

- PT 变比 = `PT 一次侧额定值 / PT 二次侧额定值`。例如 10 kV/100 V PT，应写 `0x0105=10000`、`0x0107=100`。
- CT 变比设置仅适用于 `5A/2.5mA` 型号。该型号仪表输入端等效为 5A，现场前级通常可接 `xxxA/5A` 外部 CT。此时 CT 变比 = `CT 一次侧额定值 / CT 二次侧额定值`，例如外接 `400A/5A` CT，应写 `0x0108=400`、`0x0117=5`。
- 对于 `100A/100mA`、`250A/100mA`、`400A/100mA`、罗氏线圈等规格，传感器一次侧就是仪表对外显示的一次侧电流值，不能再在前级叠加 `xxxA/5A` CT 变比。此类规格下 `0x0108` 和 `0x0117` 均应保持默认，不要按一次侧额定电流写入 100、250 或 400。程序中保留的 600A/100mA 类型编号当前产品未配置，不作为现场可选规格。
- 支持动态 CT 类型的产品，使用 `0x0002` 选择互感器规格，使用 `0x0004` 确认当前实际生效类型。
- 修改 PT、CT、CT 类型或电压接线方式后，应重新读取电压、电流、功率和电能，确认读数与现场规格一致。
- 写入设置类寄存器使用功能码 `0x10`。设置会保存到非易失存储，写入后不应立即断电。

- 脉冲输出类型和脉冲常数见第 6.9 节。

6.6.实时测量寄存器

本节列出频率、电压、电流、功率、功率因数、不平衡率等用户读数寄存器。

推荐第三方系统优先使用 `0x4000` 起的 F32 用户读数区。该区直接返回工程单位，不需要按整数倍率换算。

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x4000`	频率	F32	2	R	Hz	电网频率
`0x4002`	A 相电压	F32	2	R	V	相电压
`0x4004`	B 相电压	F32	2	R	V	相电压
`0x4006`	C 相电压	F32	2	R	V	相电压
`0x4008`	平均相电压	F32	2	R	V	A/B/C 相电压平均值
`0x400A`	AB 线电压	F32	2	R	V	线电压
`0x400C`	BC 线电压	F32	2	R	V	线电压
`0x400E`	CA 线电压	F32	2	R	V	线电压
`0x4010`	平均线电压	F32	2	R	V	AB/BC/CA 线电压平均值
`0x4012`	A 相电流	F32	2	R	A	相电流
`0x4014`	B 相电流	F32	2	R	A	相电流
`0x4016`	C 相电流	F32	2	R	A	相电流
`0x4018`	平均电流	F32	2	R	A	A/B/C 相电流平均值
`0x401A`	零线电流	F32	2	R	A	零线电流
`0x401C`	A 相有功功率	F32	2	R	W	分相有功功率
`0x401E`	B 相有功功率	F32	2	R	W	分相有功功率
`0x4020`	C 相有功功率	F32	2	R	W	分相有功功率
`0x4022`	总有功功率	F32	2	R	W	三相总有功功率
`0x4024`	A 相无功功率	F32	2	R	var	分相无功功率
`0x4026`	B 相无功功率	F32	2	R	var	分相无功功率
`0x4028`	C 相无功功率	F32	2	R	var	分相无功功率
`0x402A`	总无功功率	F32	2	R	var	三相总无功功率
`0x402C`	A 相视在功率	F32	2	R	VA	分相视在功率

`0x402E`	B 相视在功率	F32	2	R	VA	分相视在功率
`0x4030`	C 相视在功率	F32	2	R	VA	分相视在功率
`0x4032`	总视在功率	F32	2	R	VA	三相总视在功率
`0x4034`	A 相功率因数	F32	2	R	-	分相功率因数
`0x4036`	B 相功率因数	F32	2	R	-	分相功率因数
`0x4038`	C 相功率因数	F32	2	R	-	分相功率因数
`0x403A`	总功率因数	F32	2	R	-	三相总功率因数
`0x403C`	电压不平衡率	F32	2	R	%	三相电压不平衡率
`0x403E`	电流不平衡率	F32	2	R	%	三相电流不平衡率
`0x4040`	负载类型	F32	2	R	-	负载类型 ASCII 码数值：`R=阻性`，`L=感性`，`C=容性`
`0x4042`	有功需量	F32	2	R	W	当前总有功需量
`0x4044`	无功需量	F32	2	R	var	当前总无功需量
`0x4046`	视在需量	F32	2	R	VA	当前总视在需量

单位说明：

- 电压单位为 `V`。
- 电流单位为 `A`。
- 有功功率单位为 `W`，无功功率单位为 `var`，视在功率单位为 `VA`。
- 频率单位为 `Hz`。

`0x403C~0x403E` 为 F32 不平衡率，单位直接为 `%`，例如浮点读数 `5.0` 表示 `5.0%`。

实时整数读数区：

16 位电流和 P/Q/S 功率寄存器的单位随 CT 类型变化。`5A/2.5mA` 型号的读数可再按 `0x0108/0x0117` 对应的外接 `xxxA/5A` CT 变比理解；`100A/100mA`、`250A/100mA`、`400A/100mA` 和罗氏线圈读数已经是传感器一次侧值，不能再二次换算。

当前 CT 类型	电流 16 位单位	分相 P/Q/S 16 位单位	总 P/Q/S 16 位单位
5A/2.5mA	`0.001A`	`0.1W` / `0.1var` / `0.1VA`	`1W` / `1var` / `1VA`
100A/100mA、250A/100mA	`0.01A`	`0.01kW` / `0.01kvar` / `0.01kVA`	`0.01kW` / `0.01kvar` / `0.01kVA`
400A/100mA、 600A/100mA、罗氏线圈	`0.1A`	`0.1kW` / `0.1kvar` / `0.1kVA`	`0.1kW` / `0.1kvar` / `0.1kVA`

地址范围	内容	数据类型	单位 / 倍率	使用说明
`0x0139~0x013D`	A/B/C 相电流、平均电流、零线电流	U16	随 CT 类型：5A= `0.001A`，100A/250A= `0.01A`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1A`	16 位整数读数
`0x013E~0x0140`	A/B/C 相有功功率	S16	随 CT 类型：5A= `0.1W`，100A/250A= `0.01kW`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kW`	16 位整数读数
`0x0141`	总有功功率	S16	随 CT 类型：5A= `1W`，100A/250A= `0.01kW`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kW`	16 位整数读数
`0x0142~0x0144`	A/B/C 相无功功率	S16	随 CT 类型：5A= `0.1var`，100A/250A= `0.01kvar`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kvar`	16 位整数读数
`0x0145`	总无功功率	S16	随 CT 类型：5A= `1var`，100A/250A= `0.01kvar`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kvar`	16 位整数读数
`0x0146~0x0148`	A/B/C 相视在功率	U16	随 CT 类型：5A= `0.1VA`，100A/250A= `0.01kVA`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kVA`	16 位整数读数
`0x0149`	总视在功率	U16	随 CT 类型：5A= `1VA`，100A/250A= `0.01kVA`，400A/600A/ 罗氏线圈 = `0.1kVA`	16 位整数读数
`0x014E/0x0150/0x0152`	总有功 / 无功 / 视在功率	S32/S32/U32	固定 `0.1W` / `0.1var` / `0.1VA`	32 位整数读数，所有 CT 类型单位一致

说明：16 位整数区的单位会随 CT 类型变化。需要减少倍率解析错误时，优先读取 `0x4000` 起的 F32 实时区。

6.7. 谐波寄存器

谐波寄存器均为只读寄存器，用于读取电压、电流总谐波畸变率和 2~63 次分次谐波含有率。
当前固件以 `U16` 返回谐波百分比整数，单位为 `0.01%`，实际百分比 = 寄存器读数 / 100，例如读数 `500` 表示 `5.00%`，读数 `1234` 表示 `12.34%`。

谐波总畸变率寄存器：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x405A`	A 相电压总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	A 相电压 THD
`0x405B`	B 相电压总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	B 相电压 THD
`0x405C`	C 相电压总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	C 相电压 THD
`0x405D`	平均电压总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	A/B/C 相电压 THD 平均值
`0x405E`	A 相电流总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	A 相电流 THD
`0x405F`	B 相电流总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	B 相电流 THD
`0x4060`	C 相电流总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	C 相电流 THD
`0x4061`	平均电流总谐波畸变率	U16	1	R	0.01%	A/B/C 相电流 THD 平均值

2~31 次谐波含有率寄存器：

通道	地址范围	地址计算方式	奇次合计地址	偶次合计地址	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
A 相电压	`0x4062~0x407F`	`0x4062 + (n - 2)`	`0x4080`	`0x4081`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`2<=n<=31`
B 相电压	`0x4084~0x40A1`	`0x4084 + (n - 2)`	`0x40A2`	`0x40A3`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`2<=n<=31`
C 相电压	`0x40A6~0x40C3`	`0x40A6 + (n - 2)`	`0x40C4`	`0x40C5`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`2<=n<=31`
A 相电流	`0x40C8~0x40E5`	`0x40C8 + (n - 2)`	`0x40E6`	`0x40E7`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`2<=n<=31`
B 相电流	`0x40E9~0x4106`	`0x40E9 + (n - 2)`	`0x4107`	`0x4108`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`2<=n<=31`
C 相电流	`0x410A~0x4127`	`0x410A + (n - 2)`	`0x4128`	`0x4129`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`2<=n<=31`

32~63 次谐波含有率寄存器：

通道	地址范围	地址计算方式	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
A 相电压	`0x4500~0x451F`	`0x4500 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`32<=n<=63`
B 相电压	`0x4520~0x453F`	`0x4520 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`32<=n<=63`
C 相电压	`0x4540~0x455F`	`0x4540 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电压谐波含有率，`32<=n<=63`
A 相电流	`0x4560~0x457F`	`0x4560 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`32<=n<=63`
B 相电流	`0x4580~0x459F`	`0x4580 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`32<=n<=63`
C 相电流	`0x45A0~0x45BF`	`0x45A0 + (n - 32)`	U16	1	R	0.01%	第 `n` 次电流谐波含有率，`32<=n<=63`

说明：

- `n` 为谐波次数。
- 表中未列出的谐波区间空洞为保留地址，第三方系统不应读取或写入。
- 奇次合计和偶次合计寄存器为 2~31 次范围内的奇次 / 偶次谐波合计值。

谐波总畸变率、分次含有率、奇次合计和偶次合计的倍率一致，均为 `0.01%`。

6.8. 电能寄存器

本节列出用户电能数据寄存器。

基础电能寄存器：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x4048`	正向有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	用户电能读数
`0x404A`	反向有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	用户电能读数
`0x404C`	正向无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	用户电能读数
`0x404E`	反向无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	用户电能读数
`0x4050`	总有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	正向与反向按固件规则合成
`0x4052`	净有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	正反向净值
`0x4054`	总无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	正向与反向按固件规则合成
`0x4056`	净无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	正反向净值

4 费率有功电能：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0190`	尖费率有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	T1 总有功电能
`0x0192`	峰费率有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	T2 总有功电能
`0x0194`	谷费率有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	T3 总有功电能
`0x0196`	平费率有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	T4 总有功电能
`0x0198`	全费率有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	总分费率累计

4 费率无功电能：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0350`	尖费率无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	T1 总无功电能
`0x0352`	峰费率无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	T2 总无功电能
`0x0354`	谷费率无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	T3 总无功电能
`0x0356`	平费率无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	T4 总无功电能
`0x0358`	全费率无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	总分费率累计

8 费率电能：

8 费率电能寄存器从 `0x2000` 开始。全费率合计区占用 `0x2000~0x200F`；T1~T8 每个费率占用 16 个寄存器，起始地址为 `0x2010 + (t - 1) * 0x10`，其中 `t=1~8`。

相对地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`+0x00`	正向有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	当前费率正向有功累计
`+0x02`	反向有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	当前费率反向有功累计
`+0x04`	正向无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	当前费率正向无功累计
`+0x06`	反向无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	当前费率反向无功累计
`+0x08`	总有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	当前费率正向与反向有功合计
`+0x0A`	净有功电能	U32	2	R	0.1 kWh	当前费率正反向有功净值
`+0x0C`	总无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	当前费率正向与反向无功合计
`+0x0E`	净无功电能	U32	2	R	0.1 kvarh	当前费率正反向无功净值

8 费率地址范围：

费率	起始地址	地址范围	说明
全费率合计	`0x2000`	`0x2000~0x200F`	T1~T8 合计
T1 尖费率	`0x2010`	`0x2010~0x201F`	费率编号 `0`
T2 峰费率	`0x2020`	`0x2020~0x202F`	费率编号 `1`
T3 谷费率	`0x2030`	`0x2030~0x203F`	费率编号 `2`
T4 平费率	`0x2040`	`0x2040~0x204F`	费率编号 `3`
T5 费率 5	`0x2050`	`0x2050~0x205F`	费率编号 `4`
T6 费率 6	`0x2060`	`0x2060~0x206F`	费率编号 `5`
T7 费率 7	`0x2070`	`0x2070~0x207F`	费率编号 `6`
T8 费率 8	`0x2080`	`0x2080~0x208F`	费率编号 `7`

F64 双精度电能：

F64 双精度电能区用于读取更高分辨率的总电能和分相电能。该区为所有费率合计值，不区分 T1~T8；如需读取 8 费率分项电能，应使用 `0x2000~0x208F`。

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x4650`	总正向有功电能	F64	4	R	kWh	A/B/C 相合计，所有费率合计
`0x4654`	总反向有功电能	F64	4	R	kWh	A/B/C 相合计，所有费率合计
`0x4658`	总正向无功电能	F64	4	R	kvarh	A/B/C 相合计，所有费率合计
`0x465C`	总反向无功电能	F64	4	R	kvarh	A/B/C 相合计，所有费率合计
`0x4660`	总有功电能	F64	4	R	kWh	正向与反向有功合计
`0x4664`	净有功电能	F64	4	R	kWh	正反向有功净值
`0x4668`	总无功电能	F64	4	R	kvarh	正向与反向无功合计
`0x466C`	净无功电能	F64	4	R	kvarh	正反向无功净值
`0x4670`	A 相正向有功电能	F64	4	R	kWh	A 相所有费率合计
`0x4674`	A 相反向有功电能	F64	4	R	kWh	A 相所有费率合计
`0x4678`	A 相正向无功电能	F64	4	R	kvarh	A 相所有费率合计
`0x467C`	A 相反向无功电能	F64	4	R	kvarh	A 相所有费率合计
`0x4680`	A 相总有功电能	F64	4	R	kWh	A 相正向与反向有功合计
`0x4684`	A 相净有功电能	F64	4	R	kWh	A 相正反向有功净值
`0x4688`	A 相总无功电能	F64	4	R	kvarh	A 相正向与反向无功合计
`0x468C`	A 相净无功电能	F64	4	R	kvarh	A 相正反向无功净值
`0x4690`	B 相正向有功电能	F64	4	R	kWh	B 相所有费率合计
`0x4694`	B 相反向有功电能	F64	4	R	kWh	B 相所有费率合计
`0x4698`	B 相正向无功电能	F64	4	R	kvarh	B 相所有费率合计
`0x469C`	B 相反向无功电能	F64	4	R	kvarh	B 相所有费率合计
`0x46A0`	B 相总有功电能	F64	4	R	kWh	B 相正向与反向有功合计
`0x46A4`	B 相净有功电能	F64	4	R	kWh	B 相正反向有功净值
`0x46A8`	B 相总无功电能	F64	4	R	kvarh	B 相正向与反向无功合计

`0x46AC`	B 相净无功电能	F64	4	R	kvarh	B 相正反向无功净值
`0x46B0`	C 相正向有功电能	F64	4	R	kWh	C 相所有费率合计
`0x46B4`	C 相反向有功电能	F64	4	R	kWh	C 相所有费率合计
`0x46B8`	C 相正向无功电能	F64	4	R	kvarh	C 相所有费率合计
`0x46BC`	C 相反向无功电能	F64	4	R	kvarh	C 相所有费率合计
`0x46C0`	C 相总有功电能	F64	4	R	kWh	C 相正向与反向有功合计
`0x46C4`	C 相净有功电能	F64	4	R	kWh	C 相正反向有功净值
`0x46C8`	C 相总无功电能	F64	4	R	kvarh	C 相正向与反向无功合计
`0x46CC`	C 相净无功电能	F64	4	R	kvarh	C 相正反向无功净值

说明：

- U32 电能寄存器中，有功电能单位为 `0.1 kWh`，无功电能单位为 `0.1 kvarh`。
- F64 双精度电能区直接返回 `kWh` 或 `kvarh`。
- `0x0190~0x0198` 和 `0x0350~0x0358` 为 4 费率寄存器，只覆盖 T1~T4 的总有功 / 总无功电能。
- 需要读取 8 费率，或需要读取正向、反向、合计、净值电能时，应使用 `0x2000~0x208F`。
- 需要更高分辨率的总电能或分相电能时，可读取 `0x4650~0x46CF` 的 F64 双精度电能区。

6.9. 需量和最大最小值寄存器

本节列出当前需量、预测需量、最大需量、最大 / 最小电压电流等寄存器。

需量设置和整数读数区：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x02C0`	需量滑窗时间	U16	1	R/W	min	每个滑窗的时间长度，范围 `1~30`，默认 `1`
`0x02C1`	需量滑窗数量	U16	1	R/W	个	参与需量平均的滑窗数量，范围 `1~60`，默认 `15`
`0x02C3`	需量复位	U16	1	R/W	-	写入 1 后触发需量复位
`0x02D8`	电压不平衡率	U16	1	R	0.1%	整数读数
`0x02D9`	电流不平衡率	U16	1	R	0.1%	整数读数

需量滑窗说明：

- 需量统计周期 = `0x02C0` 滑窗时间 x `0x02C1` 滑窗数量。
- 出厂默认值为 `1 min x 15`，即 15 分钟需量。
- 写入超出范围的滑窗参数时，固件会在需量处理过程中恢复为默认值。
- U16 当前电流需量和预测电流需量单位随 CT 类型变化，与 16 位实时电流单位一致。`5A/2.5mA` 为 `0.001A`，100A/250A 为 `0.01A`，400A/600A/ 罗氏线圈为 `0.1A`。
- U16 不平衡率单位为 `0.1%`，例如读数 `50` 表示 `5.0%`；F32 实时区 `0x403C~0x403E` 直接读取 `%`。

F32 需量区：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x03A0`	A 相电流需量	F32	2	R	A	当前需量
`0x03A2`	B 相电流需量	F32	2	R	A	当前需量
`0x03A4`	C 相电流需量	F32	2	R	A	当前需量
`0x03A6`	平均电流需量	F32	2	R	A	当前需量
`0x03A8`	A 相预测电流需量	F32	2	R	A	预测需量
`0x03AA`	B 相预测电流需量	F32	2	R	A	预测需量
`0x03AC`	C 相预测电流需量	F32	2	R	A	预测需量
`0x03AE`	平均预测电流需量	F32	2	R	A	预测需量
`0x03B0`	预测有功需量	F32	2	R	W	总有功预测需量
`0x03B2`	预测无功需量	F32	2	R	var	总无功预测需量
`0x03B4`	预测视在需量	F32	2	R	VA	总视在预测需量
`0x03B6`	A 相最大电流需量	F32	2	R	A	最大值
`0x03B8`	B 相最大电流需量	F32	2	R	A	最大值
`0x03BA`	C 相最大电流需量	F32	2	R	A	最大值
`0x03BC`	A 相最小电流需量	F32	2	R	A	最小值
`0x03BE`	B 相最小电流需量	F32	2	R	A	最小值
`0x03C0`	C 相最小电流需量	F32	2	R	A	最小值

F32 电流需量最值说明：

- 罗氏线圈、100A、250A、400A 等大电流版本中，电流读数可能超过 U16 电流最值寄存器可表达的范围。
- U16 电流和电流需量最值为整数读数，单位随 CT 类型变化：5A 为 `0.001A`，100A/250A 为 `0.01A`，400A/600A/ 罗氏线圈为 `0.1A`。
- A/B/C 相最大 / 最小电流需量应优先读取 `0x03B6~0x03C0`，该区域为 F32，单位为 `A`。

- F32 最值区覆盖电流需量最大 / 最小值；普通瞬时电流最大 / 最小值在最大 / 最小值统计区中，按 CT 类型对应的整数单位解释。

最大需量统计区：

地址范围	数据类型	读写属性	简要说明
`0x0600~0x0678`	F32/U16	R	今日、本月、近两个月有功 / 无功 / 视在最大需量及发生时间

最大 / 最小值统计区：

地址范围	数据类型	读写属性	简要说明
`0x01B8`	U16	R/W	最大 / 最小值复位；写 `1` 复位最大 / 最小值统计
`0x01B9`	u16	R	A 相电压最大值
`0x01BA`	u16	R	A 相电压最大值发生时间：年、月（高字节：年、低字节：月）
`0x01BB`	u16	R	A 相电压最大值发生时间：日、时（高字节：日、低字节：时）
`0x01BC`	u16	R	A 相电压最大值发生时间：分、秒（高字节：分、低字节：秒）
`0x01BD~0x01C0`	u16	R	B 相电压最大值、发生时间
`0x01C1~0x01C4`	u16	R	C 相电压最大值、发生时间
`0x01C5~0x01C8`	u16	R	AB 线电压最大值、发生时间
`0x01C9~0x01CC`	u16	R	BC 线电压最大值、发生时间
`0x01CD~0x01D0`	u16	R	CA 线电压最大值、发生时间
`0x01D1~0x01D4`	u16	R	A 相电流最大值、发生时间
`0x01D5~0x01D8`	u16	R	B 相电流最大值、发生时间
`0x01D9~0x01DC`	u16	R	C 相电流最大值、发生时间
`0x01DD`	u32	R	总有功功率最大值
`0x01DF~0x01E1`	u16	R	总有功功率最大值发生时间
`0x01E2`	u32	R	总无功功率最大值
`0x01E4~0x01E6`	u16	R	总无功功率最大值发生时间
`0x01E7`	u32	R	总视在功率最大值
`0x01E9~0x01EB`	u16	R	总视在功率最大值发生时间
`0x01EC~0x01EF`	u16	R	功率因数最大值、发生时间
`0x01F0~0x01F3`	U16	R	频率最大值、发生时间
`0x022F~0x0232`	u16	R	A 相电压最小值、发生时间
`0x0233~0x0236`	u16	R	B 相电压最小值、发生时间

`0x0237~0x023A`	u16	R	C 相电压最小值、发生时间
`0x023B~0x023E`	u16	R	AB 线电压最小值、发生时间
`0x023F~0x0242`	u16	R	BC 线电压最小值、发生时间
`0x0243~0x0246`	u16	R	CA 线电压最小值、发生时间
`0x0247~0x024A`	u16	R	A 相电流最小值、发生时间
`0x024B~0x024E`	u16	R	B 相电流最小值、发生时间
`0x024F~0x0252`	u16	R	C 相电流最小值、发生时间
`0x0253`	u32	R	总有功功率最小值
`0x0255~0x0257`	u16	R	总有功功率最小值发生时间
`0x0258`	u32	R	总无功功率最小值
`0x025A~0x025C`	u16	R	总无功功率最小值发生时间
`0x025D`	u32	R	总视在功率最小值
`0x025F~0x0261`	u16	R	总视在功率最小值发生时间
`0x0262~0x0265`	u16	R	功率因数最小值、发生时间
`0x0266~0x0269`	u16	R	频率最小值、发生时间

最大 / 最小值区的电流相关地址：

内容	地址	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	F32 替代地址	使用说明
A 相最大电流	`0x01D1`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
B 相最大电流	`0x01D5`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
C 相最大电流	`0x01D9`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
A 相最大电流需量	`0x01F4`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03B6`	推荐使用 F32 地址
B 相最大电流需量	`0x01F8`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03B8`	推荐使用 F32 地址
C 相最大电流需量	`0x01FC`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03BA`	推荐使用 F32 地址
A 相最小电流	`0x0247`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
B 相最小电流	`0x024B`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
C 相最小电流	`0x024F`	U16	1	R	随 CT 类型	-	整数读数
A 相最小电流需量	`0x026A`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03BC`	推荐使用 F32 地址
B 相最小电流需量	`0x026E`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03BE`	推荐使用 F32 地址
C 相最小电流需量	`0x0272`	U16	1	R	随 CT 类型	`0x03C0`	推荐使用 F32 地址

说明：最大 / 最小值区中，每个 U16 最值后面紧跟 3 个发生时间寄存器，分别为年月、日时、分秒编码；例如 A 相最大电流 `0x01D1` 的发生时间为 `0x01D2~0x01D4`。

最大 / 最小值读取说明：

内容	推荐读取方式	说明
当前需量和预测需量	`0x03A0~0x03B4`	F32 需量区直接返回工程单位
A/B/C 相最大 / 最小电流需量	`0x03B6~0x03C0`	F32 地址直接返回 A
今日、本月、近两个月最大需量	`0x0600~0x0678`	覆盖有功 / 无功 / 视在最大需量及时间
电压、电流、功率、功率因数、频率最大 / 最小值	`0x01B8~0x02A7`	完整最大 / 最小值统计区
不平衡率、谐波 THD 最大 / 最小值	`0x01B8~0x02A7`	完整最大 / 最小值统计区

说明：

- 0x0600~0x0678 为最大需量统计长表，按“今日、本月、月 1、月 2”保存有功、无功、视在最大需量及发生时间；每个需量项包含数值高 / 低字、年月、日时、分秒。
- 0x01B8~0x02A7 是完整最大 / 最小值统计区，用于频率、电压、电流、功率、功率因数、不平衡率、谐波 THD 等最大 / 最小值及发生时间。
- 对于罗氏线圈、100A、250A、400A 等大电流版本，U16 电流地址为整数读数，单位随 CT 类型变化；这些读数已经是传感器一次侧值，不应再按外接 CT 变比换算。
- 最大 / 最小值区中的谐波 THD 最大 / 最小值按 `0.01%` 解释，例如 `500` 表示 `5.00%`；不平衡率最大 / 最小值按 `0.1%` 解释。

6.10.DI 和脉冲输出寄存器

本节列出 DI 状态读取方式和脉冲输出配置寄存器。

DI 与脉冲输出约束：

- DI 输入与脉冲输出复用同一硬件资源。
- 当脉冲输出类型 `0x010A` 配置为 `1=总有功` 或 `2=总无功` 后，DI 输入不可用。
- 需要使用 DI 输入时，应将脉冲输出类型 `0x010A` 配置为 `0=无输出`。
- 切换 DI/ 脉冲输出功能后，应结合现场接线确认端子用途一致，避免上位机按错误功能读取。

脉冲输出配置：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x010A`	脉冲输出类型	U16	1	R/W	-	`0=无输出/DI 可用`，`1=总有功脉冲/DI 不可用`，`2=总无功脉冲/DI 不可用`
`0x010D`	脉冲常数	U16	1	R/W	imp/kWh 或 imp/kvarh	`0` 表示按当前互感器规格使用默认值

当 `0x010D` 设置为 `0` 时，仪表按当前互感器规格自动选择默认脉冲常数。

互感器 / 版本	默认脉冲常数
5A/2.5mA	3200 imp/kWh
100A/100mA	160 imp/kWh
250A/100mA	64 imp/kWh
400A/100mA	40 imp/kWh
罗氏线圈版本	320 imp/kWh

说明：

- 脉冲输出类型为总有功时，脉冲常数单位为 imp/kWh。
- 脉冲输出类型为总无功时，脉冲常数单位为 imp/kvarh。
- 写入大于允许范围的脉冲常数时，固件会恢复为 `0`，即使用默认值。
- 程序中保留 600A/100mA 类型编号，但当前产品未配置 600A 互感器，用户手册不作为现场可选规格列出。

DI 输入：

DI 不在保持寄存器区读取，应使用 Modbus 功能码 `0x02` 读取离散输入。

离散输入地址	名称	数据类型	读写属性	状态定义	简要说明
`0x0000`	DI 状态	BIT	R	`0=断开`，`1=闭合`	当前产品仅 1 路 DI

DI 读取示例：

读取内容	功能码	起始地址	数量
读取 DI 状态	`0x02`	`0x0000`	`1`

说明：

- 脉冲输出端子和 DI 端子复用同一硬件资源，现场接线和上位机功能配置应保持一致。
- 当 `0x010A != 0` 时，上位机不应再将离散输入状态作为有效 DI 状态使用。
- 当前产品只有 1 路 DI，对外只使用离散输入地址 `0x0000`。
- DI 状态为经固件确认后的稳定状态，不建议用于高速计数。

6.11. 电压事件寄存器

本节列出电压中断、暂降、暂升事件相关寄存器。

事件参数：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0xF000`	事件额定电压	U16	1	R/W	V	电压事件判断用额定电压
`0xF001`	事件额定电流	U16	1	R/W	0.1A	事件记录电流百分比换算用额定电流
`0xF002`	暂降阈值	U16	1	R/W	0.1% Un	低于该阈值判定为暂降
`0xF003`	暂升阈值	U16	1	R/W	0.1% Un	高于该阈值判定为暂升
`0xF004`	中断阈值	U16	1	R/W	0.1% Un	低于该阈值判定为电压中断
`0xF005`	事件确认延时	U16	1	R/W	s	持续达到延时后确认事件
`0xF006`	恢复回差	U16	1	R/W	0.1% Un	事件恢复判断回差

事件读取控制：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0xF008`	事件记录数量	U16	1	R	条	当前有效事件记录数量，最大 1024
`0xF009`	事件记录索引	U16	1	R/W	-	选择要读取的事件记录，`1=最新记录`
`0xF00A`	选中记录有效状态	U16	1	R	-	`0=无效/不存在`，`1=完整记录`，`2=掉电结束记录`
`0xF00B`	当前活动事件状态	U16	1	R	BITMAP	bit7 表示有活动事件，bit0~bit2 表示 A/B/C 相
`0xF00C`	清除事件记录	U16	1	W	-	写 `1` 清除全部电压事件记录

当前选中事件记录：

地址范围	数据类型	读写属性	简要说明
`0xF010~0xF02F`	U16	R	当前由 `0xF009` 选中的事件记录，长度 32 个寄存器

事件记录字段：

偏移	字段	数据类型	单位 / 倍率	简要说明
`+0`	记录头	U16	-	有效记录标识
`+1`	事件类别 / 子类型	U16	-	高低字节分别表示事件大类和子类型
`+2`	起始相位掩码	U16	BITMAP	bit0=A，bit1=B，bit2=C
`+3`	序号	U16	-	事件序号
`+4~+5`	开始时间	U32	s	Unix 时间
`+6~+8`	事件前电压	U16 x3	0.1% Un	A/B/C 相
`+9~+11`	触发时电压	U16 x3	0.1% Un	A/B/C 相
`+12~+14`	触发时电流	U16 x3	0.1% In	A/B/C 相
`+15`	起始段 CRC	U16	-	记录校验
`+16~+17`	结束时间	U32	s	Unix 时间，未结束时可能为无效值
`+18`	持续时间	U16	s	最大 65535 s
`+19`	结束相位 / 结束标志	U16	-	高低字节分别表示最终相位掩码和结束标志
`+20~+22`	极值电压	U16 x3	0.1% Un	事件期间 A/B/C 相极值
`+23~+25`	恢复后电压	U16 x3	0.1% Un	A/B/C 相
`+26~+28`	结束时电流	U16 x3	0.1% In	A/B/C 相
`+29~+30`	保留	U16 x2	-	保留
`+31`	完整记录 CRC	U16	-	记录校验

6.12.越限与异常事件寄存器

本节列出异常事件启用、参数、当前状态和记录读取相关寄存器。

异常事件启用和状态：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0xF100`	异常事件启用低 16 位	BITMAP	1	R/W	-	bit0~bit15 对应异常事件 0~15
`0xF101`	异常事件启用高 16 位	BITMAP	1	R/W	-	bit16~bit17 有效，其余保留
`0xF1A0`	当前活动异常低 16 位	BITMAP	1	R	-	已确认并处于活动状态的异常
`0xF1A1`	当前活动异常高 16 位	BITMAP	1	R	-	已确认并处于活动状态的异常
`0xF1A2`	当前待确认异常低 16 位	BITMAP	1	R	-	已触发但未达到确认延时的异常
`0xF1A3`	当前待确认异常高 16 位	BITMAP	1	R	-	已触发但未达到确认延时的异常

异常事件类型：

事件编号	位	名称
0	bit0	欠压
1	bit1	过压
2	bit2	过流
3	bit3	断流
4	bit4	电压不平衡
5	bit5	电流不平衡
6	bit6	严重电流不平衡
7	bit7	功率因数越限
8	bit8	有功反向
9	bit9	过载
10	bit10	失流
11	bit11	失压
12	bit12	断相
13	bit13	电压逆相序
14	bit14	电流逆相序
15	bit15	有功需量越限
16	bit16	无功需量越限
17	bit17	零线电流异常

异常事件参数区：

每类异常事件占 8 个寄存器，起始地址 = `0xF110 + 事件编号 * 8`。

每类事件内部偏移：

偏移	字段	数据类型	寄存器数	读写属性	简要说明
`+0~+1`	参数 1	F32	2	R/W	高 16 位在 `+0`，低 16 位在 `+1`
`+2~+3`	参数 2	F32	2	R/W	未使用时读 `0`，写入忽略
`+4~+5`	参数 3	F32	2	R/W	未使用时读 `0`，写入忽略
`+6`	确认延时	U16	1	R/W	秒；有效写入范围 `10~99`
`+7`	保留	U16	1	R	保留，读 `0`

异常事件参数明细：

事件编号	事件名称	参数区地址	参数 1	单位	参数 2	单位	参数 3	单位	确认延时地址
0	欠压	`0xF110~0xF117`	欠压触发电压	V	-	-	-	-	`0xF116`
1	过压	`0xF118~0xF11F`	过压触发电压	V	-	-	-	-	`0xF11E`
2	过流	`0xF120~0xF127`	过流触发电流	A	-	-	-	-	`0xF126`
3	断流	`0xF128~0xF12F`	判断电压下限	V	断流电流上限	A	-	-	`0xF12E`
4	电压不平衡	`0xF130~0xF137`	电压不平衡限值	%	-	-	-	-	`0xF136`
5	电流不平衡	`0xF138~0xF13F`	电流不平衡限值	%	-	-	-	-	`0xF13E`
6	严重电流不平衡	`0xF140~0xF147`	严重电流不平衡限值	%	-	-	-	-	`0xF146`
7	功率因数越限	`0xF148~0xF14F`	功率因数下限	-	-	-	-	-	`0xF14E`
8	有功反向	`0xF150~0xF157`	反向有功功率阈值	W	-	-	-	-	`0xF156`
9	过载	`0xF158~0xF15F`	过载功率阈值	W	-	-	-	-	`0xF15E`
10	失流	`0xF160~0xF167`	判断电压下限	V	失流触发电流上限	A	失流恢复电流下限	A	`0xF166`
11	失压	`0xF168~0xF16F`	失压触发电压	V	失压恢复电压	V	判断电流下限	A	`0xF16E`
12	断相	`0xF170~0xF177`	断相电压阈值	V	断相电流上限	A	-	-	`0xF176`
13	电压逆相序	`0xF178~0xF17F`	-	-	-	-	-	-	`0xF17E`
14	电流逆相序	`0xF180~0xF187`	-	-	-	-	-	-	`0xF186`
15	有功需量越限	`0xF188~0xF18F`	有功需量限值	W	-	-	-	-	`0xF18E`
16	无功需量越限	`0xF190~0xF197`	无功需量限值	var	-	-	-	-	`0xF196`
17	零线电流异常	`0xF198~0xF19F`	零线电流阈值	A	零线不平衡限值	%	-	-	`0xF19E`

说明：

- 电压、电流、功率类参数均为一次侧工程量。
- F32 参数写入时应按高 16 位、低 16 位连续写入；低 16 位写入后参数生效。
- 未使用的 F32 参数位置读为 `0`，写入会被忽略。
- `+7` 为保留地址，不作为用户参数使用。

- 确认延时默认值为 60 秒；写入小于 10 或大于 99 的值时，固件忽略该写入。

异常事件记录与电压事件共用事件记录区，通过 `0xF008~0xF02F` 读取。

6.13.时间和分时费率寄存器

本节列出 RTC 时间、当前费率号、分时电能相关寄存器。

RTC 时间：

地址	寄存器名称	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`0x0170`	年 / 月	U16	1	R/W	-	高字节为年 `YY`，低字节为月 `MM`
`0x0171`	日 / 时	U16	1	R/W	-	高字节为日 `DD`，低字节为时 `hh`
`0x0172`	分 / 秒	U16	1	R/W	-	高字节为分 `mm`，低字节为秒 `ss`

RTC 编码说明：

地址	高字节 bit15~bit8	低字节 bit7~bit0	取值范围	示例
`0x0170`	年 `YY`	月 `MM`	`YY=0~99`，`MM=1~12`	2026 年 5 月写 `0x1A05`
`0x0171`	日 `DD`	时 `hh`	`DD=1~31`，`hh=0~23`	20 日 14 时写 `0x140E`
`0x0172`	分 `mm`	秒 `ss`	`mm=0~59`，`ss=0~59`	30 分 45 秒写 `0x1E2D`

说明：

- 年份为 `2000 + YY`，例如 `YY=26` 表示 2026 年。
- 各字段为二进制数值编码，不是 BCD 编码；例如 26 十进制写为 `0x1A`，不是 `0x26`。
- 写入 RTC 时建议连续写入 `0x0170~0x0172` 三个寄存器。固件会校验月、日、时、分、秒范围；范围有效时更新内部 RTC。
- 日期合法性按寄存器字段范围校验，写入前应由上位机自行处理大小月和闰年。

分时费率：

仪表支持 6 套分时费率日程。每套日程包含生效月份、生效日期，以及 12 组“费率号 + 时段边界”。

每套日程的基地址：

日程	基地址	地址范围	数据类型	读写属性	简要说明
第 1 套	`0x0176`	`0x0176~0x018F`	U16	R/W	分时费率日程 1
第 2 套	`0x0400`	`0x0400~0x0419`	U16	R/W	分时费率日程 2
第 3 套	`0x0420`	`0x0420~0x0439`	U16	R/W	分时费率日程 3
第 4 套	`0x0440`	`0x0440~0x0459`	U16	R/W	分时费率日程 4
第 5 套	`0x0460`	`0x0460~0x0479`	U16	R/W	分时费率日程 5
第 6 套	`0x0480`	`0x0480~0x0499`	U16	R/W	分时费率日程 6

每套日程内部字段相同，按以下偏移定义。实际地址 = 日程基地址 + 偏移。

偏移	字段	数据类型	寄存器数	读写属性	单位 / 倍率	简要说明
`+0x00`	生效月份	U16	1	R/W	月	1~12；第 1 套可用 `0` 表示默认起始日程
`+0x01`	生效日期	U16	1	R/W	日	1~31；第 1 套可用 `0` 表示默认起始日程
`+0x02`	时段 1 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x03`	时段 1 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x04`	时段 2 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x05`	时段 2 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x06`	时段 3 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x07`	时段 3 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x08`	时段 4 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x09`	时段 4 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x0A`	时段 5 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x0B`	时段 5 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x0C`	时段 6 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x0D`	时段 6 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x0E`	时段 7 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x0F`	时段 7 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x10`	时段 8 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x11`	时段 8 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x12`	时段 9 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x13`	时段 9 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x14`	时段 10 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号

`+0x15`	时段 10 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x16`	时段 11 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x17`	时段 11 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数
`+0x18`	时段 12 费率号	U16	1	R/W	-	当前时段使用的费率号
`+0x19`	时段 12 结束时间	U16	1	R/W	min	从 00:00 起算的分钟数

第 1 套日程完整地址示例：

地址	字段	数据类型	读写属性	简要说明
`0x0176`	第 1 套生效月份	U16	R/W	生效月份
`0x0177`	第 1 套生效日期	U16	R/W	生效日期
`0x0178`	第 1 套时段 1 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0179`	第 1 套时段 1 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x017A`	第 1 套时段 2 费率号	U16	R/W	费率号
`0x017B`	第 1 套时段 2 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x017C`	第 1 套时段 3 费率号	U16	R/W	费率号
`0x017D`	第 1 套时段 3 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x017E`	第 1 套时段 4 费率号	U16	R/W	费率号
`0x017F`	第 1 套时段 4 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x0180`	第 1 套时段 5 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0181`	第 1 套时段 5 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x0182`	第 1 套时段 6 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0183`	第 1 套时段 6 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x0184`	第 1 套时段 7 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0185`	第 1 套时段 7 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x0186`	第 1 套时段 8 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0187`	第 1 套时段 8 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x0188`	第 1 套时段 9 费率号	U16	R/W	费率号
`0x0189`	第 1 套时段 9 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x018A`	第 1 套时段 10 费率号	U16	R/W	费率号
`0x018B`	第 1 套时段 10 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x018C`	第 1 套时段 11 费率号	U16	R/W	费率号

`0x018D`	第 1 套时段 11 结束时间	U16	R/W	分钟数
`0x018E`	第 1 套时段 12 费率号	U16	R/W	费率号
`0x018F`	第 1 套时段 12 结束时间	U16	R/W	分钟数

费率号定义：

费率号	含义
`0`	尖
`1`	峰
`2`	谷
`3`	平
`4`	费率 5
`5`	费率 6
`6`	费率 7
`7`	费率 8

配置说明：

- 时段结束时间单位为分钟，取值范围建议为 `1~1440`。例如 `480` 表示 08:00，`1080` 表示 18:00，`1440` 表示 24:00。
- 同一套日程内，时段结束时间应按从小到大配置。固件从时段 2 开始检查，如果某一时段结束时间小于或等于前一时段，则该时段及后续时段不参与判断。
- 仪表按当前日期选择 6 套日程之一，再按当前时间选择对应时段费率。
- 如果当前时间晚于最后一个有效时段结束时间，固件回到该日程的时段 1 费率号。
- 写分时费率寄存器后，参数会保存到非易失存储，保存期间不应立即断电。

6.14.历史数据接口说明

分钟历史、小时历史和日历史通过 APP/BLE 读取。用户版 Modbus 寄存器表不公开内部 Flash 历史结构，也不提供分钟、小时、日历史的直接读取寄存器。

当前手册处理原则：

项目	说明
分钟历史	通过 APP/BLE 读取；Modbus 用户寄存器表不展开
小时历史	通过 APP/BLE 读取；Modbus 用户寄存器表不展开
日历史	通过 APP/BLE 读取；Modbus 用户寄存器表不展开
事件记录	电压事件和异常事件可通过 `0xF008~0xF02F` 读取
Modbus 历史读取	用户版协议不提供分钟、小时、日历史直接读取接口
Flash 内部结构	不在用户手册公开

7.常用操作流程

7.1.第一次接入 RS485

第一次接入时，建议先完成通信确认，再读取测量数据。

操作步骤：

1. 确认仪表辅助电源、电压输入、CT 输入和 RS485 A/B 线已正确接线。
2. 按现场资料确认从机地址、波特率和校验位；如果参数未知，可用上位机按常用波特率和地址范围扫描。
3. 使用 Modbus-RTU 功能码 `0x03` 读取固件版本 `0x0100`，确认仪表有响应。
4. 读取通信参数 `0x0101~0x0102`、`0x0126`，记录当前从机地址、波特率和校验位。
5. 读取频率 `0x4000` 或 A 相电压 `0x4002`，确认实时数据可正常解析。

推荐确认寄存器：

操作	地址	数据类型	说明
读取固件版本	`0x0100`	U16	确认仪表响应
读取从机地址	`0x0101`	U16	当前 Modbus 地址
读取波特率	`0x0102`	U16	当前 RS485 波特率
读取校验位	`0x0126`	U16	`0=无校验`，`1=奇校验`，`2=偶校验`
读取频率	`0x4000`	F32	确认 F32 解析正确

7.2. 修改通信参数

通信参数包括从机地址、波特率和校验位。修改后，上位机需要使用新参数重新通信。

操作步骤：

1. 先读取并记录当前通信参数。
2. 使用功能码 `0x10` 写入需要修改的寄存器。
3. 写入后切换上位机到新参数。
4. 重新读取 `0x0100` 或 `0x4000`，确认通信恢复。

通信参数寄存器：

参数	地址	数据类型	读写属性	说明
从机地址	`0x0101`	U16	R/W	按现场网络规划设置
波特率	`0x0102`	U16	R/W	支持 `1200/2400/4800/9600/19200/38400`
校验位	`0x0126`	U16	R/W	`0=无校验`，`1=奇校验`，`2=偶校验`

注意事项：

- 修改通信参数前，应确保现场只有目标仪表响应，避免误改其他设备。
- 修改从机地址后，应立即使用新地址读取确认。

- 修改波特率或校验位后，原通信连接会失效，上位机必须切换到新参数。
- 如果参数写入非法值，固件启动校验可能恢复为安全默认值；现场应以重新读取结果为准。

7.3. 读取实时三相数据

实时数据推荐读取 `0x4000` 起的 F32 用户读数区。该区域直接返回工程单位，不需要按整数倍率换算。

如需读取整数读数区，电流和 16 位功率寄存器需要按当前 CT 类型解释倍率，不能固定按 5A 版本倍率解析。其中 `5A/2.5mA` 型号可按外接 `xxxA/5A` CT 变比理解；100A/250A/400A 互感器和罗氏线圈型号读数已经是传感器一次侧值，不应再叠加外接 CT 变比。

常用读取方式：

读取内容	起始地址	寄存器数量	数据类型	说明
频率、电压、电流、功率、功率因数	`0x4000`	`0x3C`	F32	读取到 `0x403B`，覆盖主要实时量
不平衡率、负载类型、需量	`0x403C`	`0x0C`	F32	读取到 `0x4047`
全部实时测量区	`0x4000`	`0x48`	F32	读取到 `0x4047`

解析步骤：

1. 使用功能码 `0x03` 读取寄存器。
2. 每个 F32 数据占 2 个 16 位寄存器。
3. 按第 6.1 节的数据类型说明组合为 32 位浮点数。
4. 按第 6.5 节的单位解释读数。

建议上位机至少显示以下实时量：

数据	地址	单位
频率	`0x4000`	Hz
A/B/C 相电压	`0x4002/0x4004/0x4006`	V
A/B/C 相电流	`0x4012/0x4014/0x4016`	A
总有功功率	`0x4022`	W
总无功功率	`0x402A`	var
总视在功率	`0x4032`	VA
总功率因数	`0x403A`	-

7.4. 读取电能数据

电能读取应根据用途选择寄存器区。

推荐选择：

用途	推荐地址	数据类型	单位	说明
读取总电能	`0x4048~0x4057`	U32	0.1 kWh / 0.1 kvarh	基础总电能区
4 费率读取	`0x0190~0x0198` `0x0350~0x0358`	U32	0.1 kWh / 0.1 kvarh	只覆盖 T1~T4 总有功 / 总无功
读取 8 费率电能	`0x2000~0x208F`	U32	0.1 kWh / 0.1 kvarh	覆盖 T1~T8 正向、反向、合计、净值
读取高分辨率总量 / 分相电能	`0x4650~0x46CF`	F64	kWh / kvarh	所有费率合计，不区分 T1~T8

基础总电能读取：

1. 使用功能码 `0x03` 读取 `0x4048`，数量 `0x10`。
2. 每个 U32 占 2 个寄存器。
3. 有功电能按 `读数 x 0.1 kWh` 换算。
4. 无功电能按 `读数 x 0.1 kvarh` 换算。

8 费率读取：

5. 先读取全费率合计区 `0x2000~0x200F`。

6. 根据需要读取 T1~T8 的独立费率区，Tn 起始地址为 `0x2010 + (n - 1) * 0x10`。
7. 每个费率区固定 16 个寄存器，包含正向、反向、合计、净值有功 / 无功电能。
8. 如上位机单帧最大寄存器数量有限，应按全费率合计区和每个费率区分段读取。

F64 双精度电能读取：

9. 每个 F64 数据占 4 个寄存器。
10. 总量区为 `0x4650~0x466F`。
11. A/B/C 分相区分别为 `0x4670~0x468F`、`0x4690~0x46AF`、`0x46B0~0x46CF`。
12. F64 区为所有费率合计值；如果需要分费率，仍应读取 `0x2000~0x208F`。

7.5. 判断离线状态

离线状态用于第三方系统在掉电后读取仪表状态、数据和事件。

操作步骤：

1. 周期读取离线状态寄存器 `0x3FE5`。
2. 读数为 `0` 时，表示在线或正常供电。
3. 读数为 `1` 时，表示仪表已连续 5 秒确认离线 / 掉电。
4. 检测到 `1` 后，上位机应在约 1 分钟窗口内读取需要保存的数据和事件。
5. 供电恢复后，离线状态恢复为 `0`。

寄存器：

地址	名称	数据类型	读写属性	状态定义
`0x3FE5`	离线状态	U16	R	`0=在线/正常供电`， `1=连续 5 秒确认离线/掉电`

建议掉电后优先读取：

优先级	数据	推荐寄存器
1	离线状态	`0x3FE5`
2	总电能	`0x4048~0x4057` 或 `0x4650~0x466F`
3	8 费率电能	`0x2000~0x208F`
4	事件数量和最新事件	`0xF008~0xF02F`

7.6. 配置并读取电压事件

电压事件包括电压中断、暂降和暂升。配置参数后，仪表按阈值、确认延时和恢复回差自动生成事件记录。

配置步骤：

1. 写入事件额定电压 `0xF000`。
2. 根据现场要求写入暂降阈值 `0xF002`、暂升阈值 `0xF003`、中断阈值 `0xF004`。
3. 写入事件确认延时 `0xF005`。
4. 写入恢复回差 `0xF006`。
5. 读取上述寄存器确认配置值。

事件读取步骤：

6. 读取事件记录数量 `0xF008`。
7. 向事件记录索引 `0xF009` 写入要读取的索引，`1=最新记录`。
8. 读取选中记录有效状态 `0xF00A`。
9. 当 `0xF00A` 为 `1` 或 `2` 时，读取 `0xF010~0xF02F`。
10. 按第 6.10 节事件记录字段解析开始时间、结束时间、事件前电压、触发电压、极值电压等内容。

常用寄存器：

操作	地址	说明
读取记录数量	`0xF008`	当前有效事件数量
选择记录	`0xF009`	`1=最新记录`
判断选中记录状态	`0xF00A`	`0=无效`， `1=完整记录`， `2=掉电结束记录`
读取选中记录	`0xF010~0xF02F`	32 个寄存器
清除事件记录	`0xF00C`	写 `1` 清除全部电压事件记录

注意事项：

- 阈值单位为 `0.1% Un`，例如 `900` 表示 `90.0% Un`。
- 事件记录时间字段为 Unix 时间，单位为秒。
- 清除事件记录前，应确认上位机已完成上传或备份。

7.7. 配置并查看异常事件

异常事件包括欠压、过压、过流、断流、不平衡、功率因数越限、反向有功、过载、失流、失压、断相、逆相序、需量越限和零线电流异常等。出厂默认状态下异常事件启用位图为 `0`，即全部关闭。

配置步骤：

1. 按现场需要确定要启用的异常事件编号。
2. 写入异常事件启用位图 `0xF100/0xF101`，bit0~bit17 对应事件编号 0~17。
3. 按 `0xF110 + 事件编号 * 8` 计算该事件的参数区起始地址。
4. 写入参数 1~ 参数 3 和确认延时；未使用的参数位置保持 `0` 即可。
5. 读取 `0xF100/0xF101` 和对应参数区，确认配置值。

状态查看：

操作	地址	说明
读取启用位图低 16 位	`0xF100`	bit0~bit15 对应异常事件 0~15
读取启用位图高 16 位	`0xF101`	bit16~bit17 有效，其余保留
读取当前活动异常低 16 位	`0xF1A0`	已确认并处于活动状态的异常
读取当前活动异常高 16 位	`0xF1A1`	已确认并处于活动状态的异常
读取当前待确认异常低 16 位	`0xF1A2`	已触发但未达到确认延时的异常
读取当前待确认异常高 16 位	`0xF1A3`	已触发但未达到确认延时的异常

历史记录读取：

6. 异常事件历史与电压事件共用事件记录区。
7. 读取事件记录数量 `0xF008`。
8. 向事件记录索引 `0xF009` 写入要读取的索引，`1=最新记录`。
9. 读取选中记录有效状态 `0xF00A`。
10. 当 0xF00A 为 1 或 2 时，读取 0xF010~0xF02F 并按第 6.10 节记录字段解析。

注意事项：

- 异常事件参数为一次侧工程量，电压单位 V，电流单位 A，功率单位 W/var，比例类参数单位为 `%`。
- F32 参数写入时应按高 16 位、低 16 位连续写入。
- 确认延时有效写入范围为 `10~99s`；默认值为 `60s`。
- 未启用的异常事件不会生成新的异常事件记录。

7.8.配置脉冲输出

脉冲输出用于外部采集电能脉冲。当前脉冲输出与 DI 输入复用，启用脉冲输出后 DI 不可用。

配置步骤：

1. 根据现场用途确认输出类型：无输出、总有功脉冲或总无功脉冲。
2. 写入脉冲输出类型 `0x010A`。
3. 写入脉冲常数 `0x010D`；写 `0` 表示使用当前互感器规格对应的默认值。
4. 读取 `0x010A` 和 `0x010D` 确认配置。
5. 结合现场接线确认端子已按脉冲输出用途接入采集设备。

寄存器：

地址	名称	数据类型	读写属性	说明
`0x010A`	脉冲输出类型	U16	R/W	`0=无输出/DI 可用`， `1=总有功脉冲`， `2=总无功脉冲`
`0x010D`	脉冲常数	U16	R/W	`0=使用默认值`，非 0 为指定脉冲常数

注意事项：

- `0x010A=1` 时，脉冲常数单位为 `imp/kWh`。
- `0x010A=2` 时，脉冲常数单位为 `imp/kvarh`。
- 当 `0x010A != 0` 时，上位机不应再将离散输入 `0x0000` 作为有效 DI 状态使用。

7.9. 读取 DI 状态

DI 状态不在保持寄存器区读取，应使用 Modbus 功能码 `0x02` 读取离散输入。

读取步骤：

1. 确认脉冲输出类型 `0x010A` 为 `0=无输出/DI 可用`。
2. 使用功能码 `0x02` 读取离散输入地址 `0x0000`，数量 `1`。
3. 解析返回字节的 bit0：`0=断开`，`1=闭合`。

读取参数：

项目	值
功能码	`0x02`
起始地址	`0x0000`
数量	`1`
返回 bit0	DI 状态

注意事项：

- IP3100 对外提供 1 路 DI。
- DI 与脉冲输出复用同一硬件资源。

- 当 `0x010A != 0` 时，DI 不作为有效输入使用。
- DI 状态为固件确认后的稳定状态，不建议用于高速计数。

7.10. APP 读取历史数据

历史数据和黑匣子数据当前按 APP/BLE 读取方式说明，不在本章展开内部存储结构。

操作步骤：

1. 打开 APP，搜索并连接目标仪表。
2. 确认 APP 显示的设备编号或通信地址与现场仪表一致。
3. 进入历史数据页面，选择小时历史、分钟历史、日历史或掉电记录。
4. 选择时间范围后发起读取。
5. 等待读取完成，确认记录数量和时间范围。
6. 如需归档，使用 APP 的导出功能保存历史数据。

使用注意事项：

- 读取历史数据前，应确认仪表 RTC 时间正确。
- 掉电后读取历史和事件时，应优先保证仪表仍处于可通信窗口内。
- 如果 APP 读取过程中断开连接，应重新连接后按时间范围重新读取。
- 用户版 Modbus 寄存器表不提供分钟、小时、日历史的直接读取接口。