

MEMS质量流量计

MF4000系列

产品说明书 (VC.1)



Siargo Ltd.

SIARGO

产品说明书 ■■■

产品简介

MF4000系列气体质量流量计于2008年首次发布，现已更新升级到最新的第三代。

MF4000系列气体质量流量计采用本公司专有的第四代MEMS流量传感芯片，集成了时域流量传感技术和智能电子技术。与市场上传统的量热式流量传感技术相比，这种独特的时域流量传感技术消除了一些常见气体的敏感性。而对于另外一些敏感性气体，可以配合软件实现气体识别。MEMS芯片表面采用氮化硅陶瓷材料钝化，并结合防水、防油纳米涂层，产品性能和可靠性得以大幅提高。时域流量传感技术还提供了更好的线性度，并使温度效应大幅降低。

MF4000系列气体质量流量计能直接测量气体质量流量，适用于各类清洁、干燥气体。MF4000工作压力提高到0.8MPa，测量范围涵盖0~50SLPM。MF4000提供多种信号输出，通过RS485、RS232或I²C数字通讯接口可实现远程数据采集与设置。MF4000具备LED数字显示和按键功能，允许用户在现场调整或查询流量计的参数。

本系列产品型式批准证号：CPA 2026F162-51。

产品特点

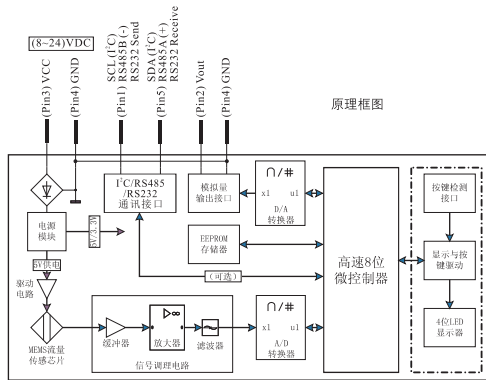
- 质量流量，时域传感技术
- 量程比100:1
- 全量程高精度和优良的重复性
- 可测量多种气体不需要特别修正
- 模拟电压、RS485、RS232、I²C等多种输出信号
- 支持多种连接方式，易于安装与使用

在使用本产品之前，请您仔细阅读说明书，并
请妥善保管，以备将来需要

工作原理

MF4000系列气体质量流量计是基于矽翔机电系统有限公司自主研制MEMS流量传感芯片，其原理是利用流动气体传热传质的依存关系，在其上、下游产生温度变化而得到气体的质量流量。

该流量计的MEMS芯片上集成了微热源与温度传感器。当没有气体流过时，MEMS芯片上的微热源周边形成稳定的温度场分布。当有气体流过时，微热源周边会形成新的温度场分布。MEMS芯片上的温度传感器将测量到具体的温度变化并转换为电信号，经放大、调理和线性化处理后，通过LED显示或模拟、数字信号输出。由于不同种类的气体对微热源周边形成稳定的温度场分布所产生的温度变化不同，所以能测量气体的质量流量。



技术参数

参数 ¹	MF4003	MF4008	单位
最大流量	2, 3, 4, 5	10, 20 30, 40, 50	SLPM
量程比	100:1		
准确度等级 ^{2,3}	1.5		级
重复性	0.5		%
零点稳定性	±30		mV
输出漂移	±0.08		%/°C
响应时间 ⁴	10		ms
工作电源	8~24VDC, 50mA		
输出方式	线性: RS485/RS232/°C/模拟电压1~5VDC		
最大流量压损 (8mm快速接头)	100	600 2500	Pa
最大允许流量	30	100 200	SLPM
最大允许流量变化	4	15 30	SLPM/sec
显示方式	4位7段LED数码管, 2个指示灯		
显示单位	瞬时流量: SLPM; 累积流量: SL或Nm ³		
显示分辨率	瞬时流量: 0.01SLPM; 累积流量: 0.1SL或0.01Nm ³		
最大工作压力	0.8		MPa
工作温度	-10~+60		°C
储存温度	-20~+65		°C
工作湿度	<95%RH(无结冰、无凝露)		
机械接口	BSPT 1/4 (R 1/4) 或4/6/8mm快速接头		
按键	三个按键		
电气接口	5针插座, 南士 CD R-5		
标准校准气体 ⁵	空气 (20°C, 101.325kPa)		
符合性	RoHS, REACH		

备注: (1), 以上参数在20°C, 101.325kPa下测得。

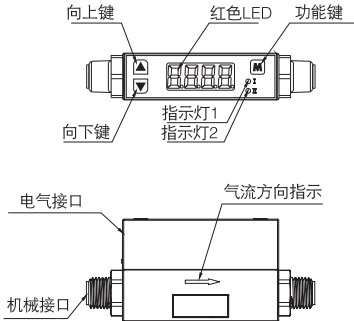
(2), 为了确保传感器的测量准确度, 使用前需要预热一分钟。

(3), 传感器默认为空气校准, 测量其他气体时候, 准确度会有所下降。

(4), 默认响应时间为10ms, 可通过修改滤波深度调慢响应时间。

(5), 对二氧化碳和笑气, 采用二氧化碳实标。

部件描述



输出引线定义

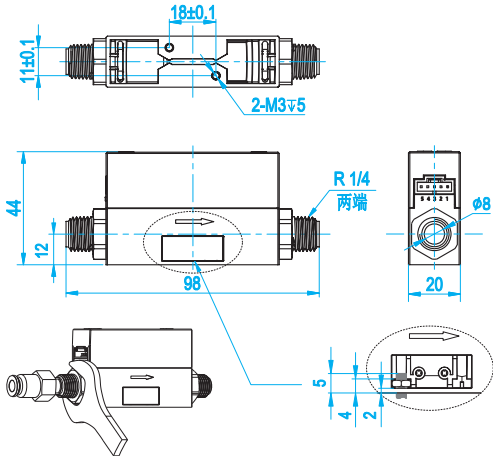
编号	名称	引脚定义
1	蓝色	I ² C(SDA) / RS485B(-) / RS232发送
2	绿色	Vout, 模拟输出正(+)
3	红色	VCC, 电源正8~24Vdc(+)
4	黑色	GND, 电源/信号地(-)
5	黄色	I ² C(SCL) / RS485A(+) / RS232接收



* 流量计的电气接口为CD R-5(南士)，出厂时带一型号为SN5-50的配线，长度为50cm，一端为插头CD H-5（与CD R-5配套连接），另一端散口。

机械尺寸

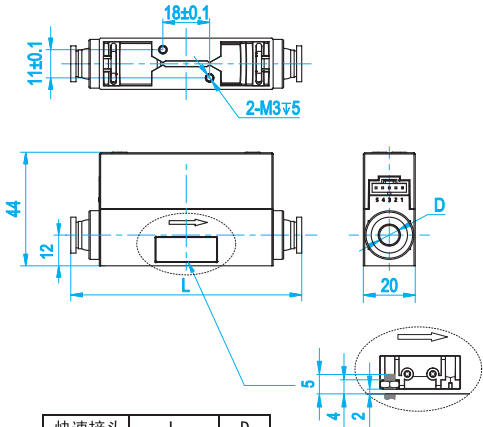
BSPT 1/4 (R 1/4)接口



R接头安装时需用手夹持接头底部的六角部位

- ⚠ 注意：**
- 1, 请确保M3螺钉旋入底部M3螺孔的长度不超过5mm;
 - 2, 底部M3螺钉的安装力矩应为 $0.25 \pm 0.03 \text{ N} \cdot \text{m}$;
 - 3, R1/4螺纹接头的安装力矩应为 $5 \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$;

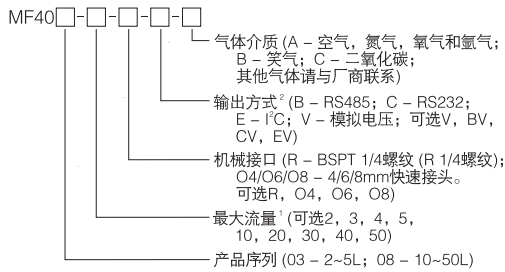
快速接头



快速接头	L	D
通径=8mm	89.0±2.0	Φ8.0
通径=6mm	85.0±2.0	Φ6.0
通径=4mm	83.0±2.0	Φ4.0

⚠ 注意：1，请确保M3螺钉旋入底部M3螺孔的长度不超过5mm；
2，底部M3螺钉的安装力矩应为0.25±0.03 N·m；
3，用于快速接头的PE或PU管外径应为4/6/8±0.1mm。

产品选型



- 1，最大流量的单位为SLPM，比如50代表最大流量为50SLPM。
对二氧化碳和笑气，采用二氧化碳实标。
- 2，传感器的标准输出为模拟电压，RS485、RS232和I²C为选项。

安装使用

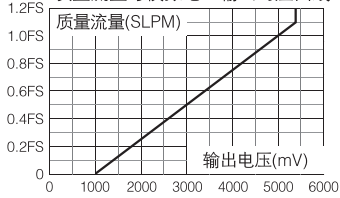
请按以下顺序安装和使用流量计：

- 产品包装盒内应包含下列物品：
 - a) 气体质量流量计 一只
 - b) 配线SN5-50 一根
 - c) 本产品说明书 一份
- 确认流量计无任何机械损坏；
- 将流量计的配线按照技术参数及输出引线定义正确连接到使用装置上；
- 确认连接正确后，接通电源。

典型输出曲线

模拟电压	质量流量
mV	SLPM
1000	0
1800	0.2FS
2600	0.4FS
3400	0.6FS
4200	0.8FS
5000	1.0FS
5400	1.1FS
5400	1.2FS

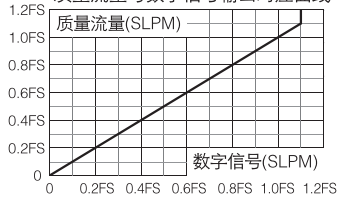
质量流量与模拟电压输出对应曲线



$$\text{Flow} = (\text{Vout} - 1\text{V}) / 4000\text{mV} \times 100\% \text{FS}$$

数字信号	质量流量
SLPM	SLPM
0	0
0.2FS	0.2FS
0.4FS	0.4FS
0.6FS	0.6FS
0.8FS	0.8FS
1.0FS	1.0FS
1.1FS	1.1FS
1.1FS	1.2FS

质量流量与数字信号输出对应曲线



注意：模拟和数字输出均有10%余量。

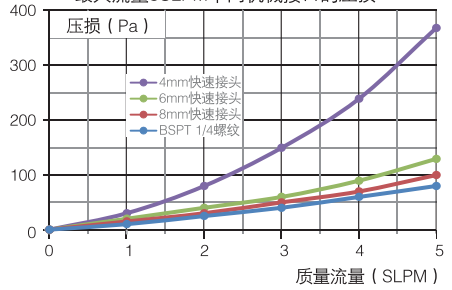
压损

MF4003有1种结构，对应满量程为2/3/4/5SLPM，MF4008有2种结构，对应满量程分别为10/20SLPM和30/40/50SLPM。

最大流量5SLPM

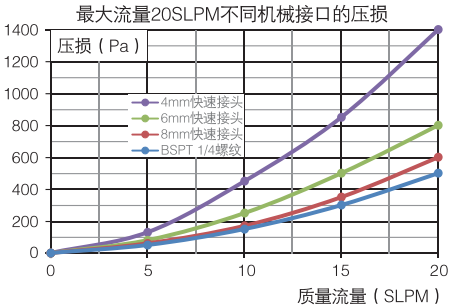
质量流量 (SLPM)	压损 (Pa)			
	BSPT 1/4 螺纹	8mm 快速接头	6mm 快速接头	4mm 快速接头
0	0	0	0	0
1	10	15	20	30
2	25	30	40	80
3	40	50	60	150
4	60	70	90	240
5	80	100	130	370

最大流量5SLPM不同机械接口的压损



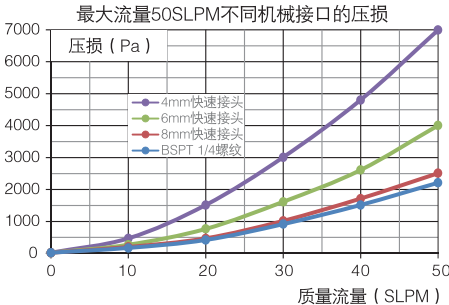
最大流量20SLPM

质量流量 (SLPM)	压损 (Pa)			
	BSPT 1/4 螺纹	8mm 快速接头	6mm 快速接头	4mm 快速接头
0	0	0	0	0
5	50	60	80	130
10	150	170	250	450
15	300	350	500	850
20	500	600	800	1400



最大流量50SLPM

质量流量 (SLPM)	压损 (Pa)			
	BSPT 1/4 螺纹	8mm 快速接头	6mm 快速接头	4mm 快速接头
0	0	0	0	0
10	150	180	250	450
20	400	450	750	1500
30	900	1000	1600	3000
40	1500	1700	2600	4800
50	2200	2500	4000	7000



Modbus协议

1. 通讯参数

Modbus使用RS232、RS485或RS422接口作为硬件载体，详细的通讯参数如下：

通讯参数	协议格式
	RTU
通讯速率	4800, 9600, 19200, 38400 (默认), 57600, 115200bps
起始位	1位
数据位	8位
停止位	1位
奇偶校验	无
最大缓冲区长度 (数据)	20
最大节点数	247

每个字符的发送和接收格式如下（数据的最低有效位D0在前，RTU模式，10位）：

ST	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	SP
起始位	8位数据位								停止位

2. 消息帧

起始位	设备地址	功能代码	数据	CRC校验	结束符
T1-T2-T3-T4	8Bit	8Bit	n个8Bit (20≥n≥0)	16Bit	T1-T2-T3-T4

3. 功能码

消息帧的设备地址域包含8Bit（RTU）。RS485通讯可能的从设备地址是0~247（十进制），单个设备的地址范围是1~247，地址0用作广播地址，以使所有的从设备都能认识。主设备通过将要联络的从设备的地址放入消息中的地址域来选通从设备。当从设备发送回应消息时，它把自己的地址放入回应的地址域中，以便主设备知道是哪一个设备作出回应。

注：RS232通讯从设备地址固定为1。

功能码	名称	数据类型	作用
03	读保持寄存器	整型、字符型、状态字、浮点型	读取一个或多个连续的保持寄存器的值
06	预置单寄存器	整型、字符型、状态字、浮点型	把具体二进制值装入一个保持寄存器
08	错误诊断查询	整型	检查主设备与流量计之间的通讯是否正常
16	预置多寄存器	整型、字符型、状态字、浮点型	把具体二进制值装入多个连续的保持寄存器

4. 寄存器

参数名称	参数说明	寄存器	Modbus
本机地址	当前传感器的设备地址(R/W)	0x0081	40130(0x0081)
当前流量	当前的气体流量数值(R)	0x003A~0x003B	40059(0x003A)
累积流量	流过气体的累积总量(R/W)	0x003C~0x003E	40061(0x003C)
波特率	通讯波特率索引关系(R/W)	0x0082	40131(0x0082)
GCF*	气体修正因子(R/W)	0x008B	40140(0x008B)
滤波深度	数字滤波深度(R/W)	0x008C	40141(0x008C)
上限报警	瞬时流量上限报警设置(R/W)	0x0098~0x0099	40153(0x0098)
下限报警	瞬时流量下限报警设置(R/W)	0x009A~0x009B	40155(0x009A)
自动校零	强制自动校零操作(W)	0x00F0	40241(0x00F0)
写保护	打开寄存器的写保护功能(W)	0x00FF	40256(0x00FF)

本机地址		0x0081	修改 读取	允许 允许
参数描述	本机设备地址			
数据类型	UINT16			
数据表示	从1至247的任意数值，默认地址为1。 注意：0为广播地址，不可将本机地址设置为0。			
气体流量		0x003A ~ 0x003B	修改 读取	不允许 允许
参数描述	当前的气体流量。			
数据类型	UINT32			
数据表示	0x003A ~ 0x003B构成一个UINT32 无符号整数，代表当前气体流量；气体流量 = [value (0x003A) * 65536 + value(0x003B)]/1000 例：通过Modbus获得的数值为0和20340，则气体流量 = (0* 65536 + 20340)/1000 = 20.34sccm或SLPM。			
累积总量		0x003C ~ 0x003E	修改 读取	允许 允许
参数描述	自最近一次总量清零至当前，流过气体的累积总量			
数据类型	UINT32+UINT16			
数据表示	读取累积流量时，请注意累积流量单位的单位。 累积流量单位为SL（按键b.0）或Nm ³ （按键b.1）。 累积流量=value(0x003C)* 65536+value(0x003D) +value (0x003E)/1000 例：通过Modbus获得的数值为0，3452和245，则 累积流量= 0* 65536 + 3452+245/1000 =3452.245SL或Nm ³ 。 ⚠注意：需要先操作写保护寄存器，临时关闭写保护功能。			

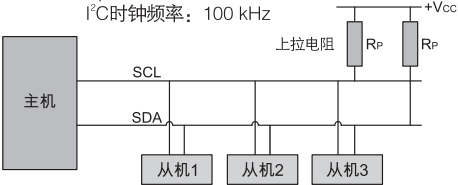
波特率		0x0082	修改 读取	允许 允许
参数描述	仪表当前波特率对应的索引			
数据类型	UINT16			
数据表示	仪表当前波特率对应的索引关系： 0：4800，1：9600，2：19200，3：38400（默认）， 4：57600，5：115200 例：当前波特率为38400时通过Modbus协议获取的值为3。			
GCF		0x008B	修改 读取	允许* 允许
参数描述	气体修正系数			
数据类型	UINT16			
数据表示	例：如气体修正系数1000时，通过Modbus协议获取的值为1000。 ⚠注意：需要先操作写保护寄存器，临时关闭写保护功能。			
滤波深度		0x008C	修改 读取	允许* 允许
参数描述	设置传感器的滤波深度			
数据类型	UINT16			
数据表示	0~9，分别对应参与滤波运算的数据个数为2 ⁰ ~2 ⁹ 。 默认滤波深度为3，则对应参与滤波运算的数据个数为2 ³ =8。 ⚠注意：需要先操作写保护寄存器，临时关闭写保护功能。			
上限报警		0x0098 ~ 0x0099	修改 读取	允许* 允许
参数描述	瞬时流量上限报警设置			
数据类型	UINT32			
数据表示	默认值为100，可设定0~110%量程中任意流量值。 例：满量程为50SLPM产品，上限报警值设置为40时，当前流量高于40SLPM时候将会报警，I-LED闪烁。 ⚠注意：需要先操作写保护寄存器，临时关闭写保护功能。			

下限报警		0x009A ~ 0x009B	修改 读取	允许* 允许
参数描述	瞬时流量下限报警设置			
数据类型	UINT32			
数据表示	默认值为0，可设定0~110%量程中任意流量值。 例：满量程为50SLPM产品，下限报警值设置为10时，当前流量低于10SLPM时候将会报警，II-LED闪烁。 ⚠注意：需要先操作写保护寄存器，临时关闭写保护功能。			
自动校零		0x00F0	修改 读取	允许 不允许
参数描述	本命令强制仪表执行一次自动校零操作。 注意：执行此操作前应确保传感器管道中的气流处于静止状态。			
数据类型	指定数据0xAA55			
数据表示	例：向寄存器中写入指定的0xAA55即可完成自动校零			
写保护寄存器		0x00FF	修改 读取	允许 不允许
参数描述	有些寄存器的写入是受到保护的，防止误写对仪表参数造成错误，要修改这些参数是需要先操作写保护寄存器，一次有效，下一次修改时候仍需要再次写入，以上修改有星号标识的寄存器需要操作写保护寄存器			
数据类型	指定数据0xAA55			
数据表示	例：修改GCF时先在写保护寄存器中写入0xAA55才会修改成功。			

I²C通讯协议

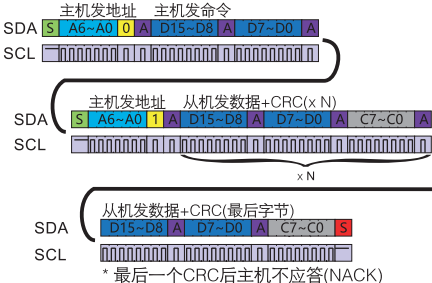
1. I²C连接

Vcc: 3.0 ~ 5.5 Vdc
Rp: 1.0 ~ 10.0 kΩ
I²C时钟频率: 100 kHz

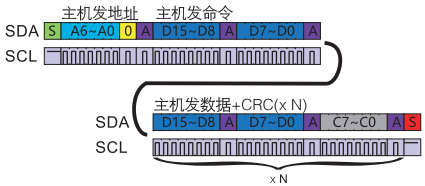


2. I²C读写数据

I²C读取数据 – 从机向主机回馈数据



I²C写入数据 – 主机向从机发送数据



备注		
位	名称	详细描述
S	起始位	
S	停止位	
A	ACK	
1	读取位(1Bit)	
0	写入位(1Bit)	
A6	地址位	7位，发送的第一个字节的高7位。 默认地址为1（二进制0000 001x）。
D7	数据位	16位
C7	CRC校验位	8位

3. I²C命令码

命令码	长度 (int16)	命令内容	读/写 R/W	备注
0x00A4	1	传感器的I ² C地址	R/W	Int16, bit7 ~ bit1有效 ⁽¹⁾ 。 bit0为读/写标志位。
0x003A	2	读取流量值	R	Int32/(1000 SLPM)
0x008B	1	气体修正因子 GCF	R/W	Int16, 100~9990 ⁽²⁾ 。 默认值为1000。
0x008C	1	滤波深度	R/W	Int16, 0~9, 分别对应参与 滤波运算的数据个数为 2 ⁰ ~2 ⁹ 。默认滤波深度为3, 则对应参与滤波运算的数 据个数为2 ³ =8。
0x0098	2	流量上限报警	R/W	Int32
0x009A	2	流量下限报警	R/W	Int32
0x00F0	1	校准流量零点	W	固定值, 0xAA55
0x00FF	1	写保护寄存器	W	固定值, 0xAA55

- 备注:
- 1, 读取及设置地址只用Bit7~Bit1, 如MF4300的I²C地址为1, 则实际写入操作地址为0x0002(0000 0000 0000 0010), 实际读取操作地址为0x0003(0000 0000 0000 0011);
- 2, GCF表:

气体种类	GCF
空气/Air	1000
氧气/O2	1000
氮气/N2	1000
氩气/Ar	1000
笑气/N2O	525
二氧化碳/CO2	540

- 3, 如果输入的指令未包含在以上列表中, 则可能导致出现不可预知的结果。

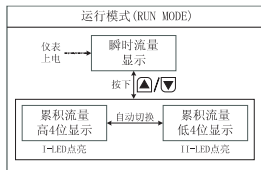
4. CRC说明

CRC校验适用于I²C读取数据和写入数据，每一个双字（int16）后，会跟一个循环冗余校验字节CRC（int8）。计算循环冗余校验字节CRC时，只有两个数据字节参与运算，其他字节不参与运算。详细的CRC计算方法如下表：

参数	值
参数模型Name	CRC-8
适用范围Protected data	I ² C读取数据和写入数据
数据宽度Width	8位
多项式Polynomial	0x07 (x8 + x2 + x + 1)
初始值Initialization	0x00
输入反转 Reflect input	False
输出反转 Reflect output	False
结果异或值Final XOR	0x00
举例Example	CRC(0x4E20) = 0x6D

运行模式

流量计上电后，自动进入瞬时流量模式，可以通过按 ▲/▼ 键切换为累积流量模式。



瞬时流量模式：

1. 作为默认工作模式；正常工作时，两个LED指示灯都处于熄灭状态；
2. 瞬时流量用四位LED数码管显示，单位为SLPM；
3. 当瞬时流量的实测值超出了上限报警值时，I-LED指示灯将闪烁；当瞬时流量的实测值低于下限报警值时，II-LED指示灯将闪烁；
4. 当瞬时流量的实测值超出了流量计能显示的最大值时，I-LED和II-LED指示灯将同时闪烁，表示此时显示的值已经不正确。

累积流量模式：

1. 用八位数字表示，采用分屏模式显示，即先显示高四位数字（I-LED指示灯将点亮），1秒后再切换显示低四位数字（II-LED指示灯将点亮），单位为SL或Nm³；
2. 累积流量可以通过按键操作被清除。

注：流量计每3分钟保存一次累积流量。

例如：

如果第2分钟断电，那么这2分钟内的累积流量不会被保存。

如果第8分钟断电，那么保存到的是第6分钟时候的累积流量。

菜单设置模式

在该模式下，可以锁定/解锁按键操作、清除累积流量、自动校正零点、设置Modbus地址、设置响应时间、设置显示更新时间、设置流量上限/下限报警值、设置瞬时流量小数点位置、设置GCF、设置累积流量单位等操作。

锁定/解锁按键操作：

1. 键锁功能可防止用户无意中修改系统参数。
2. 当选择键锁功能后，用户将不能再进入后续的菜单设置，除非执行了解锁操作。

清除累积流量：

清除当前累积流量，累积流量将从0开始累积。

自动校正零点：

将当前流量计测量的内码值作为零点，以便修正热式流量计固有的零点漂移问题。

注：在进行该操作前，应确保流量计的管路中的气体是静止的，否则将出现测量误差而影响流量计的测试精度。

Modbus地址设置：

设置RS485 Modbus通讯地址，1~247 [157(0x9d)除外]，默认地址为1。

数字滤波深度设置：

设置流量计的数字滤波深度。

数字0~9，分别对应参与滤波运算的数据个数为 $2^0 \sim 2^9$ 。默认滤波深度为3，则对应参与滤波运算的数据个数为 $2^3=8$ 。

显示更新时间设置：

1. 设置流量计显示更新的时间间隔。
2. 时间设置后将立即生效，但仅在切换到下一菜单后才保存在流量计内部的EEPROM中，此时如果断电，则设置的时间将失效。

显示	5. 25	5. 50	5.100	5.200
更新时间	250 ms	500 ms	1000 ms	2000 ms

上限报警和下限报警设置：

设置上限报警和下限报警值，可设置范围均为0~110%量程。上限报警默认值为100%量程，下限报警默认值为0%量程。

瞬时流量小数点位置设置：

设置瞬时流量显示时的小数位数。

注：可以设置的小数位数与流量计的最大流量有关。

当最大流量为2, 3, 4和5SLPM时，可以设置最多3位小数；
当最大流量为10, 20, 30, 40和50SLPM时，可以设置最多2位小数。

波特率设置：

RS485通讯波特率设置，可设置4800, 9600, 19200, 38400, 57600和115200，默认值为38400。

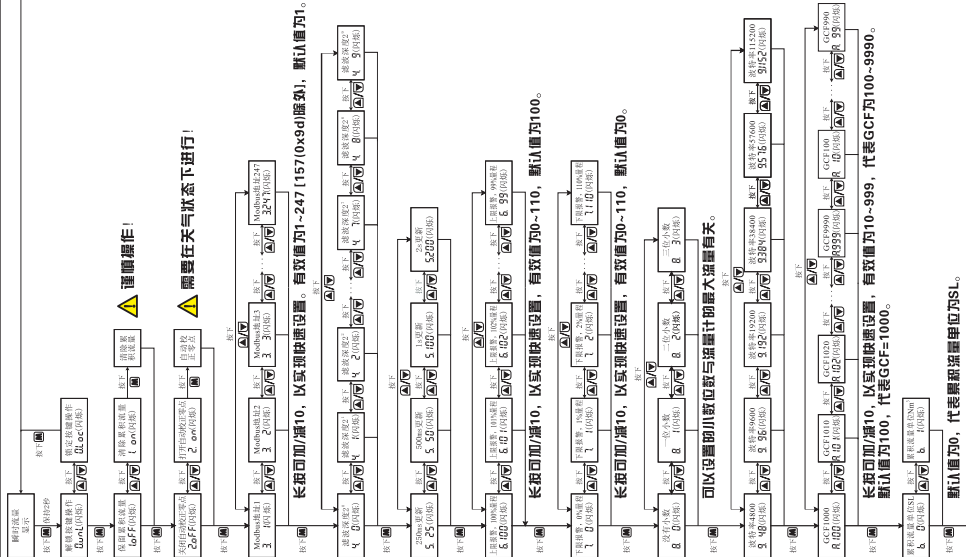
气体修正因子设置：

设置气体修正因子（GCF），可设置范围10~999，代表GCF=100~9990。默认值为100，代表GCF=1000。

累积流量单位设置：

设置累积流量单位，可设置为SL或Nm³。

菜单设置模式 (MENU SETTING MODE)



安全及维护

安全使用

产品用于有害气体或爆炸性气体须严格按照产品使用说明书的限制。有关产品应用的最新信息，请与厂家联系索取或访问公司网站www.Siargo.com或www.Siargo.com.cn。强腐蚀性或氟化物气体可能影响产品正常工作，甚至对产品造成损坏。产品经过密封处理并在装箱前进行过防漏试验，在高压下使用必须按照产品使用说明书的限制，否则会导致泄漏及安全问题。

注意：未经厂家许可任意改动或不当使用本产品可能导致不可预见的损坏、人员伤亡及其它有害后果。矽翔微机电系统有限公司及其雇员、其附属机构及其雇员对因为不当使用产品造成的不良后果将不负任何责任。

保修

产品必须在用户手册规定的正常工作条件下并严格按照正确的方法安装、使用并维护保养。产品质量保证期，从发货之日起计，OEM产品提供180天免费保修；非OEM产品提供365天免费保修。所有维修或更换产品的保修期为90天，或延续原保修期（以更长者为准）。

矽翔微机电系统有限公司不对安装、拆卸及替换（但并不限于安装、拆卸及替换）所导致的任何直接及间接损害和损失承担任何责任。为避免不必要的纠纷，用户应将其有疑问的产品送还矽翔微机电系统有限公司，由矽翔微机电系统有限公司对问题进行确认后，确定退款、维修或替换。用户承担产品送交矽翔微机电系统有限公司的费用及可能风险，矽翔微机电系统有限公司承担产品送还客户的费用及可能的风险。矽翔微机电系统有限公司的所有销售合同认定用户自动接受此保修条件及其中矽翔微机电系统有限公司的有限责任。仅有矽翔微机电系统有限公司有权更改、修订保修条件或决定不执行其条款。

注意：下列情况不适用保修条款：

1. 产品被改变、改装、处于用户手册规定的（或之外的）不正常物理或电气环境及其它任何可被视为非正常使用的情况；
2. 其他厂商的产品。

环境要求

对于产品拆封后的包装箱、减震材料、防静电袋等废弃物，请按照木材、纸张、塑料和其他垃圾进行分类处理。对于达到使用寿命的产品，请参照国家对电子电器产品的相关报废规定进行处理。

客户服务及联系方式

矽翔公司将竭力保障其产品的质量。若有任何疑问或需产品的技术支持，请与本公司的客户服务点联系（地址如下）。矽翔公司将及时回答您的问题并将竭力保障您的权益。

Siargo Ltd.

4677 Old Ironsides Drive, Suite 310,
Santa Clara, CA 95054-1857, USA
Tel: +1(408)969-0368
Email: Info@Siargo.com

矽翔微机电系统有限公司中国分支机构

四川省成都市双流区付家街388号 成都屏芯智能智造基地B09号楼 电话: +86(028) 85139315 Email: Sichuan@Siargo.com.cn	上海市闵行区七莘路1839号 财富108广场南楼27F 电话: +86(021) 54265998 Email: Shanghai@Siargo.com.cn
北京市朝阳区安立路101号 名人广场写字楼32F 电话: +86(010) 58296058 Email: Beijing@Siargo.com.cn	广东省深圳市光明区凤凰街道 贝特瑞新能源科技大厦10F 电话: +86(0755) 22673459 Email: Guangdong@Siargo.com.cn

若需进一步的信息和及时更新信息，请浏览下列网址：
www.Siargo.com, www.Siargo.com.cn