

# MEMS质量流量计

## MF4000系列

### 产品说明书

(VB.2)



#### 产品特点

- 灵敏度高，有极小的始动流量；
- 传感芯片采用热质量流量计，无需温度压力补偿，保证了流量计的高精度计量；
- 在单个芯片上实现了多传感器集成，使其量程比达到了100:1甚至更高；
- 各种连接方式，易于安装与使用；
- 输出方式灵活，既可通过通讯接口主动上传数据或由上位机查询输出数据，也可通过模拟接口输出线性的模拟电压；
- LED显示瞬时流量和累积流量，允许现场用键盘配置流量计参数；
- 可记录自上电以来瞬时流量的最大值和最小值，具有超量程指示功能；
- 零点稳定度高；
- 全量程高稳定性、高精度度和优良的重复性；
- 低功耗、低压损；
- 响应速度快。

#### 产品简介

MF4000系列气体质量流量计是专门为各类小流量气体的测量和过程控制而设计的。这一系列流量计均采用本公司自主研发的微机电系统(MEMS)流量传感芯片来制作，适用于各类清洁、干燥气体。独特的封装技术使之在相同的管径下可测量不同范围的流量，成本低、易安装、不需要温度压力补偿，可替代容积式或压差式的传统流量计并配以多种信号输出，通过通讯接口可实现对流量计的灵活配置与参数查询。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。

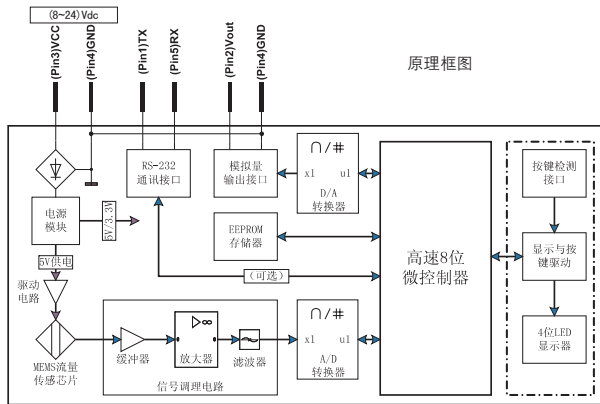
#### 产品应用

- |          |        |
|----------|--------|
| 环境监测     | 电缆充气机  |
| 麻醉机      | 呼吸机    |
| 设备通风检测装置 | 其他工业应用 |

## 工作原理

MF4000系列小流量气体质量流量计是基于矽翔微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。

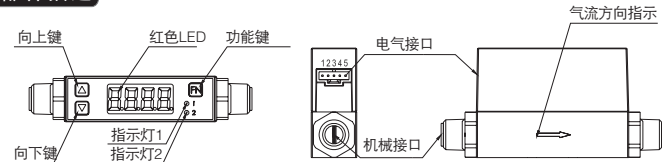
该流量计同时实现热源的产生与温度的测量。当芯片处于工作状态时，在传感器的周边形成稳定的温度场分布。一旦一定质量的气体流过传感器时，气体的流动将破坏该温度场的分布，形成特定的、取决于该气体的质量和速度的温度场分布。微机电系统流量计芯片上的传感器将测量这一变化并把这一变化转换为电信号，由一个专门的电路变送器对此信号进行放大、调理并作线性化处理。由于不同质量的气体对传感器的周边形成稳定的温度场分布所产生的扰动不同，因而能测量气体的质量流量或总流量。



## 性能指标

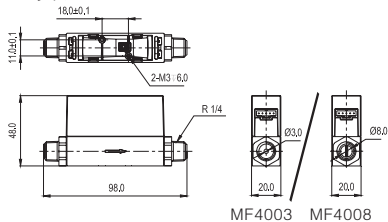
性能参数	MF4003	MF4008	单位
口径	3	8	mm
最大流量	2,3,4,5	10,20,30,40,50	SLPM
量程比	100:1		
精度	$\pm(1.5+0.2FS)$		%
重复性	0.25		%
零点输出漂移	$\pm 30$		mV
输出漂移	$\pm 0.12$		% / °C
响应时间	10(默认, 20, 50, 100, 200, 500, 1000可设置)		
工作电源	8~24VDC, 50mA		
输出方式	线性: RS232/RS485/模拟电压0.5~4.5VDC		
显示方式	4位7段LED数码管显示, 2个指示灯		
指示单位	瞬时流量: SLPM; 累积流量: SL		
显示分辨率	0.001, 0.01, 0.1可设置	0.01, 0.1可设置	SLPM
最大流量压损	100	600	Pa
最大工作压力	0.5		MPa
工作温度	-10 ~ +55		°C
储存温度	-20 ~ +65		°C
工作湿度	<95%RH(无结冰、无凝露)		
机械接口	BSPT1/4 (R1/4)或4mm、6mm、8mm快速接头		
键盘	三个按键		
电气接口	5针插座, 南士 CD R-5		
标准校准气体	氮气 (20°C, 101.325kPa)		
重量	57(带BSPT1/4(R1/4)接头), 76(带4mm、8mm快速接头), 73(带6mm快速接头)		g

## 部件描述

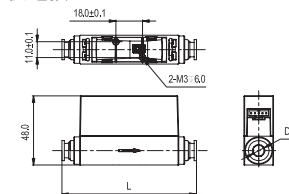


## 机械尺寸

## R螺纹



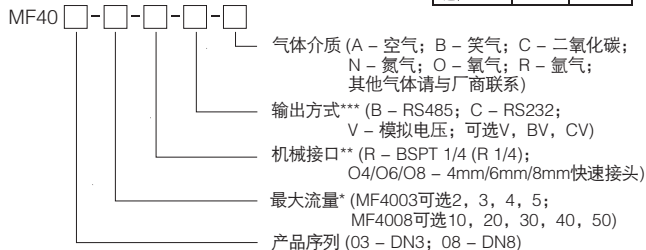
## 快速接口



MF4003 MF4008

快速接头	L	D
通径=8mm	91.0	Φ8.0
通径=6mm	83.0	Φ6.0
通径=4mm	80.0	Φ4.0

## 产品选型



\* 最大流量的单位为SLPM, 比如5代表最大流量为5SLPM;  
对二氧化碳和笑气, MF4003最大流量可选2, 3, 4, 不可选5;  
MF4008最大流量可选10, 20, 30, 40, 不可选50;

\*\* MF4008选配O4 (4mm快速接头)和O6 (6mm快速接头)时候, 精度会明显下降, 因此MF4008不建议选用O4和O6;

\*\*\* 流量计的标准输出为模拟电压, RS232和RS485为选项。

## 安装使用

请按以下顺序安装和使用流量计:

- 1) 打开产品包装盒, 包装盒内应包含下列物品:
  - a) MF4000质量流量计一只;
  - b) 带接头连接电缆一根;
  - c) 说明书一份;
  - d) 合格证一份;
- 2) 确认产品无任何机械损坏;
- 3) 将产品的引线按照所给定义正确连接到使用装置上;
- 4) 确认连接正确后, 接通电源;
- 5) 接通电源预热15分钟后测量的参数值精度会更高。

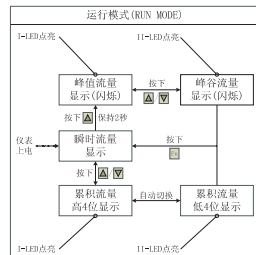
## 引出线定义

引脚	线色	定义
1	蓝	TX,RS232数字信号发送/RS485A
2	绿	Vout,模拟电压输出正
3	红	VCC,电源输入正(8-24Vdc)
4	黑	GND,电源/信号地
5	黄	RX,RS232数字信号接收/RS485B



## 运行模式

在该模式下, 可以显示瞬时流量、累积流量、峰峰流量和峰谷流量。同时, 指示灯也会随着显示模式的不同而变化。



**瞬时流量显示模式:**

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,并带一位小数,单位为SLPM。
3. 当瞬时流量的实测值超出了流量计允许的量程范围时,I-LED(超过最大流量)或II-LED(低于最小流量)指示灯将闪烁,表示超量程(Over range)。
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(显示值被限幅,但测量值仍然是正确的)。

**累计流量模式:**

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;
2. 累计流量可以通过按键操作或重新上电被清除。

**峰值流量保持模式:**

1. 峰值流量保持功能显示流量计自上电或最近一次峰值流量清除以来,瞬时流量变化的最大和最小值。
2. 当显示峰峰流量时,峰峰流量值将闪烁,同时I-LED指示灯点亮;
3. 当显示峰谷流量时,峰谷流量值将闪烁,同时II-LED指示灯点亮。

**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、设置响应时间、设置显示更新时间、清除峰值流量、设置瞬时流量小数点位置等操作。

**键锁:**

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。

**累积流量清零:**

清除当前累积流量,累积流量将从0开始累积。

**自动零点校正:**

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。

**响应时间设置:**

1. 设置流量计模拟输出信号的更新时间间隔及操作模式和简化连续输出模式下通过串行接口输出数字量的时间间隔。
2. 时间设置后立即生效,但仅在切换到下一菜单后才保存在流量计内部的EEPROM中,即此时如果断电,则设置的时间将失效。

显示	4.001	4.002	4.005	4.010	4.020	4.050	4.100
响应时间	10 ms	20 ms	50 ms	100 ms	200 ms	500 ms	1000 ms

**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	5.025	5.050	5.100	5.200
更新时间	250 ms	500 ms	1000 ms	2000 ms

**峰值流量清除:**

1. 清除当前保持的峰峰/峰谷流量,流量计将从0开始重新检测新的峰值瞬时流量。
2. 峰值流量在流量计重新上电后被自动清除。

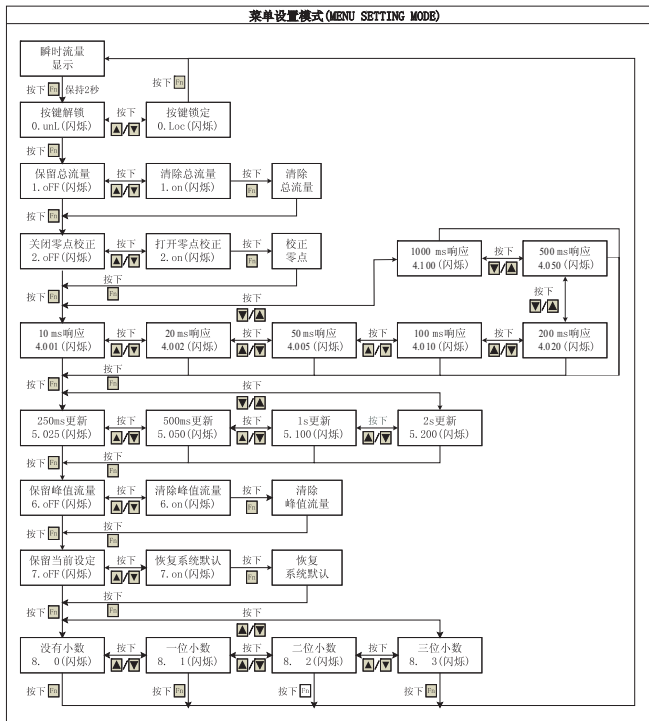
**恢复系统默认值:**

恢复所有参数为工厂默认值。

**瞬时流量小数点位置设置:**

设置瞬时流量显示时的小数位。

**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, 5SLPM时,可以设置最多3位小数,如2.222SLPM;当最大流量为10, 20, 30, 40, 50SLPM时,可以设置最多2位小数,如33.33SLPM。



## RS232通讯方式

## 1、串口设置

项目	协议规范
适用产品	Mf4000系列气体质量流量传感器
物理级	TIA/EIA-232-E
传输线	3芯屏蔽电缆线(推荐)
配线长度	≤3m(推荐)
网络配置	主机1台, 从机1台
传输速度	38400 bps
数据交换方式	异步串行、半双工
传送协议	点对点
字长	11 bit
停止位长度	1 bit
字符超时	1 sec
帧长	变长帧, 主机/从机发送每帧最长不超过107 bytes
奇偶校验	无校验(但需利用校验位)
出错检查方式	异或校验

## 2、协议体系结构

本协议采用三层体系结构, 即物理层、数据链路层和用户层。

## 2.1 物理层

电气接口标准为TIA/EIA-232-E, 采用异步串行、半双工、点对点通讯协议, 传输线为屏蔽电缆线, 地线可独立配置, 也可利用屏蔽层作传输介质。

## 2.1.1 数据格式

通讯中的每个数据字长为11位, 其格式如下:

## 起始位 D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 停止位

起始位: 1位, 由一个低电平表示。

数据位(D0~D7): 8位, 代表要发送的数据或帧头字节, 按先低位后高位的顺序发送。

帧头标志位(D8): 1位, 指示8位数据位代表的是数据还是帧头。对于主机发送数据, 当D8=1时, 表示主机发送的是帧头, 否则表示主机发送的是数据(包括命令码、数据长度、数据段、校验和及帧尾); 对于从机发送数据, D8始终等于0。

停止位: 1位, 由一个高电平表示。

### 2.1.2 波特率

从机波特率固定为38400 bps。

## 2.2 数据链路层

数据链路层规定了协议的数据帧格式。主机和从机采用相同的数据帧格式, 数据帧中的每个字段均用16进制数表示(非ASCII码表示)。

数据帧格式如下:

**帧头 命令码 数据长度 数据段 校验和 帧尾**  
**1字节 1字节 1字节 可变长度 1字节 1字节**

- 帧头: 为固定的字符0x9D, 标识一帧数据的开始。
- 命令码: 说明主机希望从机执行某项具体操作的编码, 如读取某参数的值等。命令码的取值范围为0~255, 但不含字符0x9D。如果从机检测到命令码等于0x9D, 则不回送响应报文。
- 数据长度: 指定数据段的长度, 即字节数, 用一个字节表示。有效的数据长度在0~102之间, 如果从机检测到数据长度超过了102, 则不回送响应报文。
- 数据段: 根据不同的命令, 数据段包含若干字节的附加数据, 如要修改的某个参数的值等。某些命令可能没有数据, 因此数据段应为空, 同时数据长度也必须设置为0。
- 校验和: 提供了一种在强干扰的环境中进行远距离通信的错误校验方法, 校验和等于命令码、数据长度和数据段(如果有)的所有字节的异或。如果从机检测到校验和不正确, 则不回送响应报文。主机可以用超时判断来处理该错误。
- 帧尾(TAIL): 为固定的字符0x0D, 标识一帧数据的结束。
- 超时间隔: 为了防止因通信干扰或主机故障导致从机死锁, 从机内部每收到一个字符即开始进行超时监控, 如果在1秒内未再收到有效的字符, 则认为主机发送超时, 从机立即中断与主机的会话, 并重新开始监控下一帧数据。另外, 考虑到从机内部的数据处理时间, 从机向主机发送的连续两个字符间的时间间隔一般不大于10ms(该时间间隔可用于主机的超时判断)。

## 2.3 用户层

用户层定义了上位机可据本协议对MF4000系列气体质量流量计(以下简称“流量计”)进行操作的命令接口。下表给出了本协议支持的所有命令接口定义。

命令码	F0	读取瞬时流量数据	适用范围	全部
主机查询报文	9D F0 01 OUT_SEL CRC 0D			
从机响应报文	9D F0 DATA_LEN DATAS CRC 0D			
命令描述	本命令用于读取瞬时流量(Flowrate), 长度为3字节。 主机查询报文: 9D F0 01 08 CRC 0D (其中OUT_SEL=0x08)。 从机响应报文: 9D F0 03 FRH FRM FRL CRC 0D 数据的格式: 瞬时流量=(FRH*65536+FRM*256+FRL)/1000; 注: 瞬时流量的单位为SLPM, 保留3位小数。			
命令码	FF	读取仪表序列号	适用范围	全部
主机查询报文	9D FF 00 CRC 0D			
从机响应报文	9D FF 0C SN1 SN2 SN3 SN4 SN5 SN6 SN7 SN8 SN9 SN10 SN11 SN12 CRC 0D			
命令描述	本命令读取流量计的序列号。每只流量计在出厂时均有一个唯一标识其自身信息的序列号, 序列号由12个连续的ASCII字符组成。			
命令码	02	修改响应时间	适用范围	部分
主机查询报文	9D 02 02 RTH RTL CRC 0D			
从机响应报文	9D 02 01 STATE CRC 0D			
命令描述	本命令修改流量计的响应时间, 单位为: ms。 响应时间 = RTH*256+RTL; 可用的响应时间有: 10ms、20ms、50ms、100ms、200ms、500ms和1000ms。 STATE: 如果操作成功, 则 STATE = 1, 否则STATE = 0。			
命令码	03	修改修正系数GDCF	适用范围	全部
主机查询报文	9D 03 02 GDCFH GDCFL CRC 0D			
从机响应报文	9D 03 01 STATE CRC 0D			
命令描述	本命令修改流量计的线性修正系数(即流量比例系数)。 GDCF = GDCFH * 256 + GDCFL。 STATE: 如果操作成功, 则 STATE = 1, 否则 STATE = 0。			

命令码	72	测量仪表零点时的内码值(自动校零)	适用范围	全部
主机查询报文	9D 72 01 55 CRC 0D			
从机响应报文	9D 72 02 OFFSETH OFFSETL CRC 0D			
命令描述	本命令强制流量计执行一次自动校零操作。需要注意的是, 执行此操作前应确保传感器管道中的气流处于静止状态。命令执行完成后将返回测得的零点内码值。 Offset = OFFSETH * 256 + OFFSETL, 取值范围为: -32767 ~ +32767。			
命令码	78	恢复工厂默认设置	适用范围	全部
主机查询报文	9D 78 01 55 CRC 0D			
从机响应报文	9D 78 01 STATE CRC 0D			
命令描述	执行本命令将恢复流量计相关参数至出厂时的默认设置。该命令主要影响以下参数: 1. 重设响应时间(10ms); 2. 重设修正系数 GDCF(1000); 3. 恢复出厂零点。			
命令码	82	读取响应时间	适用范围	全部
主机查询报文	9D 82 00 CRC 0D			
从机响应报文	9D 82 02 RTH RTL CRC 0D			
命令码	83	读取修正系数 GDCF	适用范围	全部
主机查询报文	9D 83 00 CRC 0D			
从机响应报文	9D 83 02 GDCFH GDCFL CRC 0D			
命令描述	本命令读取流量计的一次线性修正系数(即流量比例系数)。 $GDCF = GDCFH * 256 + GDCFL$ 。			

### 3、通讯流程

推荐的上位机通讯流程见下图。

