

气体质量流量控制器 (流量计)

S49 33/MT 使用说明 (Ver1.1)



京制01050063号

北京堀场汇博隆精密仪器有限公司

目 录

1. 特点及应用领域	1
2. S49 系列质量流量控制器和质量流量计型号	2
3. 主要技术指标	2
4. 工作原理	4
5. 安装和接线	5
6. 使用方法和操作步骤	13
7. 注意事项	15
8. 故障判断和处理	16
9. 附录：气体质量流量转换系数	20

1. 特点及应用领域

气体质量流量控制器（流量计）（Mass gas flow controller (meter)）缩写为 MFC(MFM)）是对气体的质量流量进行精密测量和控制的设备。

S49 系列质量流量控制器(流量计)特点：

*阀体采用不锈钢（316L）结构，与气体接触部分采用铁素体高耐腐蚀软磁不锈钢、VITON®、聚四氟乙烯等。线路板、阀体、弹簧片、精密电阻和 resistor 等作为重要零部件，均执行严格的入厂标准。

*适用于各种腐蚀性气体

*气体流量不因温度、压力的变化而失准

*高精度

*重复性好

*响应速度快、软启动、稳定可靠

*低压降

*工作压力范围宽（可以在高压或真空条件下工作）。

*操作使用方便，可任意位置安装

*便于与计算机连接实现自动控制。

S49 系列质量流量控制器(流量计)主要应用领域：

*半导体制造行业的气体流量控制

*分析仪器设备的气体计量与控制

*各种形式的真空镀膜设备

*环境检测与分析设备

*化工、石化、食品行业气体流量监测和控制

*特种材料表面处理装置与燃烧控制

*混气配气系统和泄漏探测系统等

2. S49 系列质量流量控制器(流量计)型号

本产品采用中华人民共和国电子行业标准 SJ/T10583-94 以及 SJ37 所规定的通用技术条件及命名方法。

质量流量计主要精确测量气体流量,质量流量控制器不但具有质量流量计的功能还具备自动控制气体流量的功能。

型式批准证书:2011F215-11

执行 Q/CYHMT0001-2014 企业标准

许可证编号:京制 01050063 号

3. 主要技术指标

质量流量控制器(流量计)出厂通常用氮气 (N_2) 标定。

质量流量的单位规定为:标准状态 mL/min (毫升/分钟) (SCCM 行业标准)

标准状态 L/min (升/分钟) (SLM 行业标准)

标准状态规定为:温度 --- 0°C

气压 — 101325 Pa

F.S (Full Scale):表示满量程值

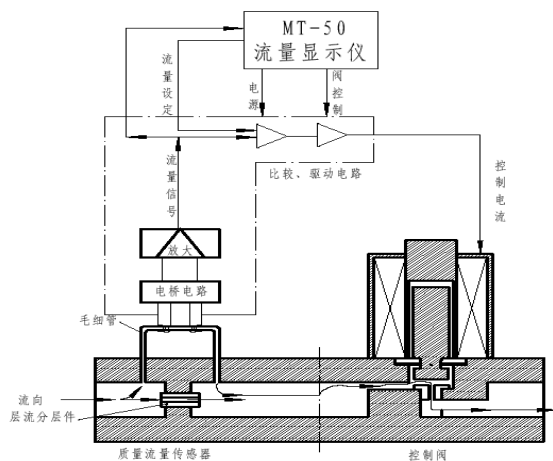
表 1 S49 33M/MT 型质量流量控制器(流量计)技术指标

编号	项目	S49 33/MT	
1	流量规格	(5, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500)mL/min (1, 2, 3, 5, 10) L/min	(15, 20, 30) L/min
2	调节阀类型	电磁调节阀	
3	调节阀静止位置	常闭	
4	准确度	$\pm 1.0\% \text{ F.S}$	$\pm 2.0\% \text{ F.S}$
5	线性	$\pm 1.0\% \text{ F.S}$, $\pm 2.0\% \text{ F.S}$	
6	重复精度	$\pm 0.2\% \text{ F.S}$	
7	响应时间	$\leq 8 \text{ s}$ (T95)	
8	工作压差范围	(50 ~ 300) kPa; (10~30)L/min (100~300)kPa	
9	耐压	3 MPa 、 10 MPa	
10	工作环境温度	5℃ ~ 45℃	
11	材料	不锈钢 316L	
12	标准密封材料	Viton®、EPDM, 或其他	
13	漏率	$1 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	
14	接头	$\Phi 3\text{mm} \sim \Phi 10\text{mm}$, 1/4" Swagelok(或 VCR), 软管接头 $\Phi 4\text{mm} \sim \Phi 10\text{mm}$ 或其它	
15	输入输出信号	0 V ~ +5.00 V	

		(输入阻抗大于 100K, 输出电流不大于 3mA)
16	电源	+15 V 50 mA -15V 200 mA
17	外形尺寸 mm	134×134×38
18	重量 kg	1.2

注意： S49 系列质量流量控制器 (流量计) 分不同的流量范围，供用户选择，也可根据用户提出流量定制。

4. 工作原理



图一 热式质量流量控制器（流量计）的工作原理图

质量流量计由流量传感器，分流器通道和流量放大电路等部件组成；在质量流量计的基础上，再加上调节阀门和 PID 控制电路就构成了质量流量控制器。

流量控制器利用流动流体传递热量改变测量毛细管壁温度分布的热传导分布效应而制成，即热分布式流量计（Thermal Profile Flowmeter）。采用毛细管传热温差量热法原理测量气体的质量流量，可以不受温度和压力的影响。将传感器测得的流量信号进行放大，然后与设定的电压进行比较，用所得的差值信号去驱动控制调节阀门，闭环控制流过通道的流量使之与设定的流量相等。

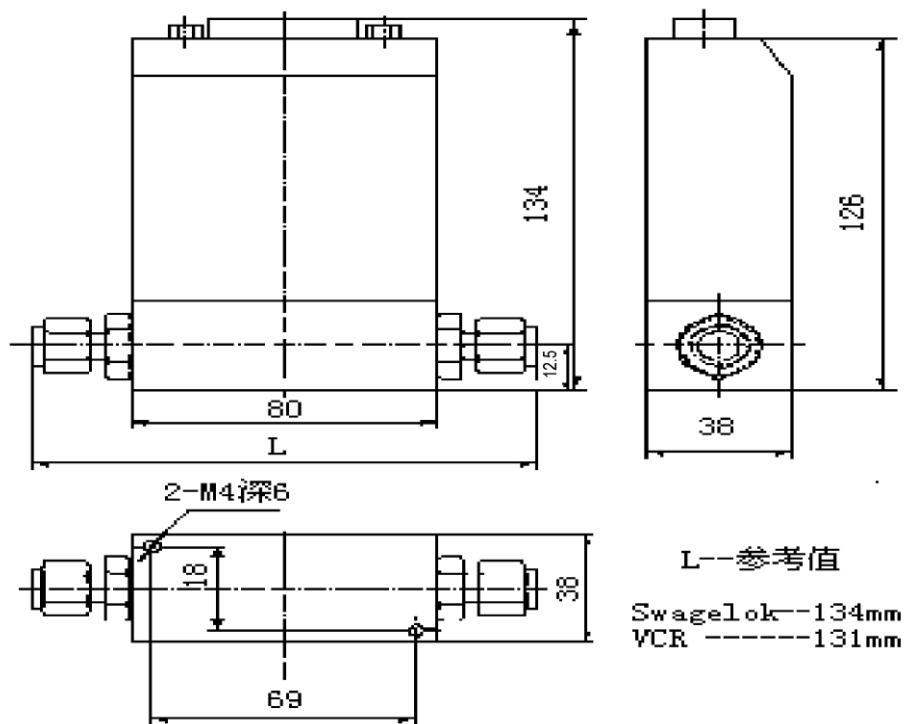
分流器在主通道和毛细管间产生层流，控制器输出的流量检测电压与流过通道的质量流量成正比，满量程 (F. S) 流量检测输出电压为 +5V。质量流量控制器 (流量计) 的流量控制范围是 (5~100) %F. S (量程比为 50:1)，流量分辨率是 0.1%F. S。

控制操作一般在 MT-50 系列流量显示仪上进行。当设定与“内”设相连时，由流量显示仪上的设定电位器控制流量。当与“外”设相连时，由用户提供的外部 0V~+5V 电压控制流量。

在流量显示仪的显示面板上设置有位阀门控制开关，当置于“阀控”时，则按设定电位器的数值自动控制流量，当置“关闭”位时，阀门关闭；当置“清洗”位时，阀门开到最大，以便气路清洗，或作为流量计使用。在做流量计使用时，流量检测电压的输出值最大可能达到 +10V 以上，不过要注意，当流量超过满量程 (+5V) 后，流量检测电压与通过的实际流量不成线性对应关系。清洗时，流量显示不准确，还可能出现流量增大显示反而减小的异常现象，但不会对流量计本身造成损伤。（参考流量显示仪的使用说明书）

5. 安装和接线

5.1 S49 系列质量流量控制器(流量计)外形及安装尺寸如图二所示



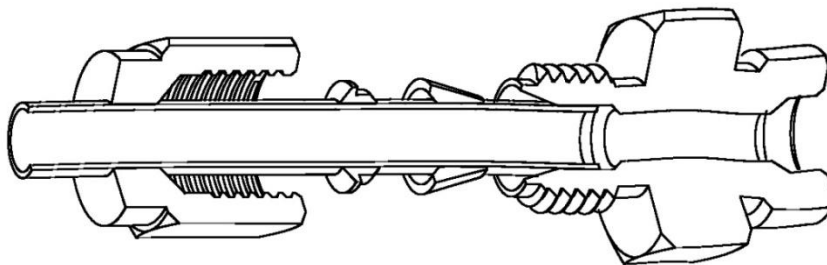
图二 S49 系列质量流量控制器(流量计)外形及安装尺寸

5.2 入口和出口气路接头形式

可以根据用户的不同需求，选用三种类型：

1. 双卡套 (Swagelok) ;
 - a. $\Phi 3\text{mm} \sim \Phi 10\text{mm}$; b. $1/4''$; c. 或其它.
2. VCR : a. $1/4''$; b. $3/8''$
3. 软管接头: $\Phi 3\text{mm} \sim \Phi 10\text{mm}$ 。

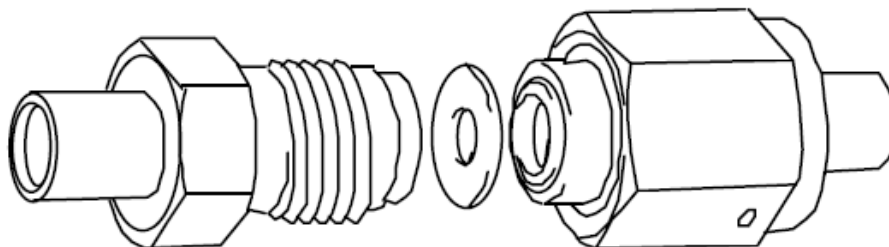
连接方法如图三，图四所示



图三 双卡套接头的连接方法

注意：按上图所示安装接管时，在装上前卡套、后卡套、螺母后，先用手将螺母与接头拧紧，再用板手拧紧，以保证不漏气。注意应使用双扳手操作，用一只扳手卡住接头不动，用另一只扳手旋转螺母。特别是在拆卸时必须使用双扳手操

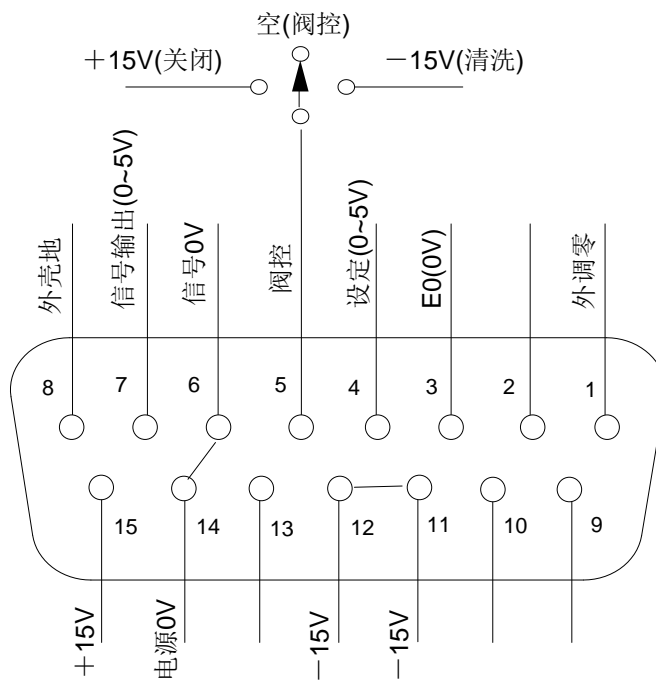
作，否则会引起接头松动，影响密封。



图四 VCR 接头的连接方法

5.3 质量流量控制器(流量计)连接电缆接口

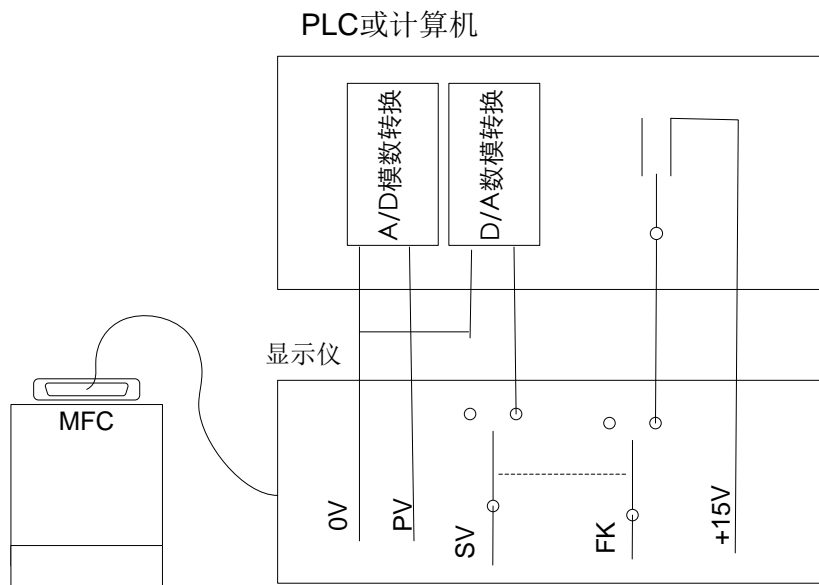
S49 33/MT 系列质量流量控制器(流量计)的电缆接线插头，考虑到其兼容性主要采用 DB-15/M 孔型接口。其接线方法见图五所示。



图五 DB15/F 孔型 插座接口定义图

5.4 与计算机的连接方法

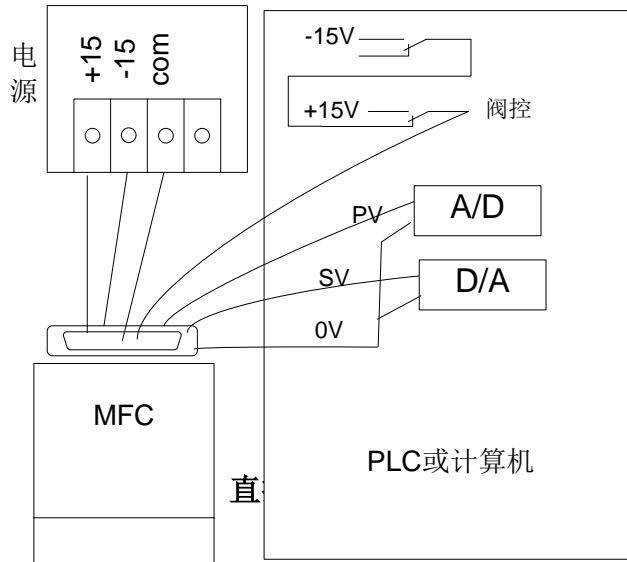
a. 通过流量显示仪与计算机(或其它外部信号)的连接方法, 见图六。



图六 通过显示仪与计算机连接

若要检测流量输出信号 ($0V \sim +5V$) 时，将线引至显示仪外控信号插座的“流量检测”和“0 电平”线上即可，也可直接与计算机的模数 (A/D) 转换器连接，+5.00V 输出电压对应 MFC 满量程额定流量值。流量检测输出电流 $\leq 3mA$ 。

b. 流量计直接与计算机连接的接线方法，见图七。



MFC/MFM 直接与计算机连接，需要用户自己提供 $\pm 15V$ 电源（如用于复杂电气环境，要求电源抗干扰能力要强）；

具体连接方法：

- * 将“设定流量”线与 D/A 端子相连
- * 将“流量输出”线与 A/D 端子相连
- * 将“信号零线”与 A/D, D/A 卡中的信号地相连
- * 地（GND），0V(E0)分别引线，与 $\pm 15V$ 电源的地相连

* $\pm 15V$ 线分别连接到电源的+15V, -15V 端子上

* 阀开关接到控制阀门开继电器的一端,控制阀门开的继电器另一端接到电源的+15V 上;

* 阀开关接到控制阀门关继电器的一端,控制阀门关的继电器另一端接到电源的-15V 上

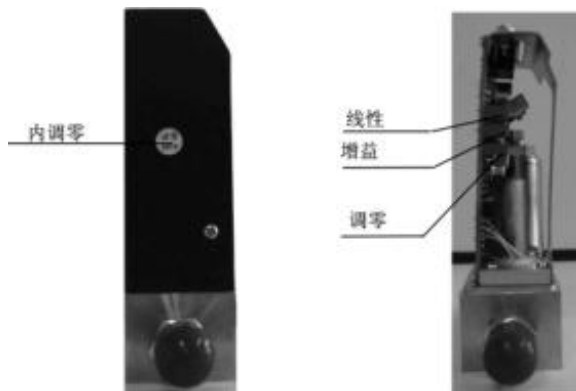
注意: 如采用特殊接线, 两个继电器同时动作时, 可能导致电源短路, 损坏设备, 因此, 要注意不能两个继电器同时动作。

5.5 零点的调节

用户在使用的过程当中, 有可能发生零点偏移, 可进行零点偏移的调节。零点的调节可以两种方式进行调节。

**当与我公司生产的显示仪配套使用时, 可通过显示仪面板上的调零电位器调零, 叫做外调零。但要注意外调零的调节范围比较小。

** 一种可以从流量控制器上的调零孔进行调节, 叫做内调零。调零孔、调零电位器的位置如图八所示



注意: ** 调零时流量控制器中不得通气。

** 调零必须在开机预热 15 分钟以后进行,以待流量计零点的稳定,方可进行。

** 除调零电位器外,不得轻易调整其它电位器。

** 若遇到较大的零点偏移,必需用内调零,才能解决。

6. 使用方法和操作步骤

S49 33/MT 质量流量控制器(流量计)的使用方法和操作步骤(结合 MT-50 系列流量显示仪)

6.1 开机前的准备工作

6.1.1 用我公司提供的电缆线将质量流量控制器(流量计)和流量显示仪连接。

6.1.2 选择设定信号的来源,信号的来源可选择内部和外部,选择设定信号来源的接口设在流量显示仪的后面板上,如果将设定端子与内设相连时,从流量显示仪上获得设定信号。

如果从其他设备上得到设定信号，则由外部信号设定流量。

6.2 开机操作

接通电源后，先预热 15 分钟，待零点稳定后再通气工作。最佳操作方法：通电后，将阀开关置“关闭”位并将设定电位器调到零，再开气。待零点稳定后，将阀开关转置“阀控”位，然后再将设定流量调到您需要的值，实际流量跟踪设定值而改变。

6.3 清洗与关闭功能

欲用气体吹洗管路，可将阀开关置为“清洗”位，清洗时的流量可达该控制器额定满量程流量的几倍至几十倍。如果不通气，也可根据需要抽真空以排除 MFC 内部及其上游残存气体。然后将阀关闭，再开气，并转到“阀控”位工作。注意“清洗”后，不得直接转置“阀控”位。

6.4 流量检测和与计算机 A/D 转换器的连接

若用户检测流量输出信号（0~+5）V 时，将线引至外控信号插座的“流量检测”和“0 电平”线上即可，也可直接与计算机的模数转换器连接，+5.00V 输出电压对应 MFC 满量程额定流量值。参考图八，九。注意，流量检测输出电流不大于 3mA。

6.5 阀控功能

当阀开关置于阀控位时，用户也可通过外控信号插座上的“阀控制”线控制阀门，当阀控线接+15V 时，阀门关闭；当阀控线接-15V 时，处于清洗状态；当阀控线悬空时，阀门处于自动控制状态。参见 MT-50 流量显示仪的使用说明书。

6.6 关机 断电源后，流量自动截止。推荐先关气，后断电源。

7. 注意事项

7.1 使用气体必须净化，无尘液体和油污。必要时须在气路中加装过滤器、干燥器等。

7.2 使用腐蚀性气体问题

控制器通道采用的材料为：SUS 316L (00Cr17Ni14Mo2)、耐蚀磁性不锈钢，密封材料为聚四氟乙烯、氟橡胶等耐蚀材料。在用户系统无水汽、无尘、勤清洗、使用得当的条件下，可以用于控制一般的腐蚀性气体。使用强腐蚀性气体和有机溶剂气体时（如 NH_3 ， BBr_3 ）等，应在定货时声明，所有密封材料都要作相应改变。

7.3 安装位置问题

本控制器安装时最好保持安装面水平，但对位置并不特别敏感，可以任意位置安装，非水平位安装时若发现零点偏移，可调整零点后再工作。如果用户订货时注明安装位置，我厂也可根据用户的安装位置进行标定后出厂。

7.4 注意工作压差

要特别注意工作介质的气压，应注意使控制器进出气口两端的工作压差保持在指标范围之内。特别是在高压下工作时，气压差过大，流量将无法关闭或调小。在使用大流量的质量流量控制器(流量计)时，要注意适当加粗管道和减小气源内阻，若工作压差小于要求值，有可能流量达不到满量程值。

7.5 阀口密封问题

质量流量控制器(流量计)的电磁阀是调节阀，不是截止阀，不能当截止阀用，用户应另配截止阀。特别是用户如果使用的是腐蚀性气体，通常应该在质量流量控制器(流量计)进出气口各加装一个截止阀，以保证安全。

7.6 标定和不同气体的换算

本控制器出厂用氮气(N₂)标定,用户使用其它气体时,需在订货时特别申明或也可以通过附录一的转换系数进行换算,将质量控制器显示出的流量读数,与某使用气体的转换系数相乘,即得该被测气体在标准状态下的质量流量。

如果用户使用混合气体,可以通过附录二介绍的方法,计算出混合气体的转换系数。

8. 故障判断和处理

8.1 一般检查:

在控制器新安装或发生故障时,应进行一般检查。

(1)检查气源压力,检查气路是否通畅,检查工作气压差是否能够保证。

(2)通电前检查,接线是否正确,包括所有地线是否连接好。注意:±15V 电源接错,会烧毁控制器。

(3)通电检查,打开插头盖,检查各点电位:±15V 电源电压、设定电压、输出信号电压、外调零电压、阀控电压、所有地电平。

8.2 典型故障判断和处理

表 4 故障判断和处理一览表

序号	故障现象	可能原因	检查及处理方法
1	无气流流过 输出电压 0V	1.1 阀控开关关闭	确认阀控开关,在“阀控”或“清洗”位
		1.2 无设定信号	检查“内外”开关的状态,设定电位

			器。测量设定电压。
		1.3 气路不通或气压差小	检查气源压力、气路通畅、有无泄漏。
		1.4 过滤器堵塞	更换过滤器
		1.5 控制器内部故障	检查是否有阀电压，无阀电压，修理电路板，有阀电压，换阀。
		1.6 内部通道故障	检查通道
2	无气流，输出电压不为零	2.1 零点偏差	断开外调零，调整调零电位器
		2.2 电源供电故障	测量控制器插头处 $\pm 15V$ 电源对零电压值，
		2.3 线路故障	检查线路有无开路，短连及错误。
		2.4 控制器内电路故障	更换线路板或传感器
3	有气流，能控制，无流量输出电压	3.1 流量信号线路不通	检查接线，测量流量信号对零电压。
		3.2 显示仪故障	测量显示仪插头处流量信号对零电压。如有电压，则显示仪故障。
		3.3 控制器内电路故障	测量控制器插头处流量信号对零电压。如无电压，则控制器内电路故障。
4	有气流，有显示，不能控制	4.1 地电平不正常	检查所有地线是否正确连接，有无开路。

		4.2 设定信号不能调节	测量设定信号能否调节，是否接线错误或故障。
		4.3 零点严重偏差	断开外调零，关闭调零
		4.4 强电磁干扰	在无干扰环境测试应正常。改善电磁干扰。
		4.5 控制器内电路故障	更换电路板
5	阀有较大漏气	5.1 零点偏差	断开外调零，调整调零电位器为零或略微正偏。
		5.2 设定电压不能到零	测量设定电压是否到零。可能设定电位器损坏。
		5.3 关闭信号故障	分别打“阀控”和“关闭”，测量其电压是否正常。
		5.4 出入口气压差太大	减小气压差
		5.5 阀门污染	清洗阀门，更换密封件
		5.6 控制器内部故障	更换电路板或修整电磁阀
6	气流控制不稳定	6.1 气源压力不稳	稳定气源压力，出入口压差在规定之内。
		6.2 气路内阻过大	畅通管道，大流量要加粗管道，提高气源供气能力。

		6.3 设定信号不稳	用示波器测量设定信号的稳定性，并测量 $\pm 15V$ 电源对零电压值和稳定性。
		6.4 外调零信号不稳	断开外调零信号
		6.5 控制器内故障	更换线路板，清洗通道，维修电磁阀
7	有气流，无显示。 不能调节控制	7.1 传感器故障	修理传感器及线路，清洗传感器通道。
8	高频干扰流量控制	8.1 供电系统地线、零线连接或机壳接地有问题	检查接地或绝缘隔离，接地系统注意一点接地。
		8.2 信号电平连接点问题	检查信号及零电平连接线点，杜绝线路干扰串入。
9	流量控制不正常	9.1 零点偏差	断开外调零，调整调零电位器
		9.2 电源供电故障	测量控制器插头处 $\pm 15V$ 电源对零电压值，
		9.3 气路或气压差不正常	检查气源压力及压差，气路有无堵塞、污染，有无泄漏。
		9.4 设定信号不正常	测量设定信号电压值。

		9.5 控制器内部故障	更换传感器，电路
10	实际气流值与显示值偏差过大	10.1 控制器与显示量程或单位不匹配	匹配控制器与显示仪。 显示仪设定和显示电压范围是否为0~+5V
		10.2 零点偏差	调整调零电位器
		10.3 气源或气压差不正常	检查气源压力，出入口气压差。
		10.4 控制器污染	清洗传感器通道
11	无气流，零点不稳或慢漂移	11.1 外调零信号不稳	断开外调零
		11.2 控制器内部故障	维修或更换传感器及电路

[注意] 控制器内部故障，应由专业维修人员修理，或送回本厂修理。

9. 气体质量流量转换系数

附录一. 气体质量流量转换系数：

气 体	比热(卡/克℃)	密度(克/升 0℃)	转换系数
空气 Air	0.2400	1.2930	1.001
氩气 Ar	0.1250	1.7837	1.407
砷烷 AsH ₃	0.1168	3.4780	0.673

气 体	比热(卡/克℃)	密度(克/升 0℃)	转换系数
三溴化硼 BBr_3	0.0647	11.1800	0.378
三氯化硼 BCl_3	0.1217	5.2270	0.430
三氟化硼 BF_3	0.1779	3.0250	0.508
硼 烷 B_2H_6	0.5020	1.2350	0.441
四氯化碳 CCl_4	0.1297	6.8600	0.307
四氟化碳 CF_4	0.1659	3.9636	0.428
甲烷 CH_4	0.5318	0.7150	0.719
乙炔 C_2H_2	0.4049	1.1620	0.581
乙烯 C_2H_4	0.3658	1.2510	0.597
乙烷 C_2H_6	0.4241	1.3420	0.480
丙炔 C_3H_4	0.3633	1.7870	0.421
丙烯 C_3H_6	0.3659	1.8770	0.398
丙烷 C_3H_8	0.3990	1.9670	0.348
丁炔 C_4H_6	0.3515	2.4130	0.322
丁烯 C_4H_8	0.3723	2.5030	0.293
丁烷 C_4H_{10}	0.4130	2.5930	0.255
戊烷 C_5H_{12}	0.3916	3.2190	0.217
甲醇 CH_3OH	0.3277	1.4300	0.583
乙醇 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	0.3398	2.0550	0.391

气 体	比热(卡/克℃)	密度(克/升 0℃)	转换系数
三氯乙烷 $C_2H_3Cl_3$	0.1654	5.9500	0.278
一氧化碳 CO	0.2488	1.2500	0.999
二氧化碳 CO_2	0.2017	1.9640	0.737
氰气 C_2N_2	0.2608	2.3220	0.451
氯气 Cl_2	0.1145	3.1630	0.858
氘气 D_2	1.7325	0.1798	0.997
氟气 F_2	0.1970	1.6950	0.930
四氯化锗 $GeCl_4$	0.1072	9.5650	0.267
锗烷 GeH_4	0.1405	3.4180	0.569
氢气 H_2	3.4224	0.0899	1.010
溴化氢 HBr	0.0861	3.6100	1.000
氯化氢 HCl	0.1911	1.6270	1.000
氟化氢 HF	0.3482	0.8930	1.000
碘化氢 HI	0.0545	5.707	0.999
硫化氢 H_2S	0.2278	1.5200	0.844
氦气 He	1.2418	0.1786	1.415
氪气 Kr	0.0593	3.7390	1.415
氮气 N_2	0.2486	1.2500	1.000
氖气 Ne	0.2464	0.9000	1.415
氨气 NH_3	0.5005	0.7600	0.719

气 体	比热(卡/克℃)	密度(克/升 0℃)	转换系数
一氧化氮 NO	0.2378	1.3390	0.976
二氧化氮 NO ₂	0.1923	2.0520	0.741
一氧化二氮 N ₂ O	0.2098	1.9640	0.709
氧气 O ₂	0.2196	1.4270	0.992
三氯化磷 PCl ₃	0.1247	6.1270	0.358
磷烷 PH ₃	0.2610	1.5170	0.691
五氟化磷 PF ₅	0.1611	5.6200	0.302
三氯氧磷 POCl ₃	0.1324	6.8450	0.302
四氯化硅 SiCl ₄	0.1270	7.5847	0.284
四氟化硅 SiF ₄	0.1692	4.6430	0.348
硅烷 SiH ₄	0.3189	1.4330	0.599
二氯氢硅 SiH ₂ Cl ₂	0.1472	4.5060	0.412
三氯氢硅 SiHCl ₃	0.1332	6.0430	0.340
六氟化硫 SF ₆	0.1588	6.5160	0.264
二氧化硫 SO ₂	0.14890	2.8580	0.687
四氯化钛 TiCl ₄	0.1572	8.4650	0.206
六氟化钨 WF ₆	0.0956	13.2900	0.215
氙气 Xe	0.0379	5.8580	1.415

附录二 气体质量流量转换系数使用说明

质量流量控制器(流量计)/质量流量计出厂时一般用 N2 标定,实际使用中如果是其它气体,必要时可进行读数修正。方法是以流量显示仪的流量乘以流量转换系数。如是单组份气体,其转换系数可在我厂产品技术说明书查得;如果多组份气体(假定由 n 种气体组成),请按下列公式计算其转换系数 C:

基本公式: $C=0.3106N/p(C_p)$

其中: p 为气体的密度

C_p 为气体的定压比热

N 为一固定系数(与该气体的组份有关)

对于混合气体:

$$N=N_1(\omega_1/\omega_T)+N_2(\omega_2/\omega_T)+\cdots+N_n(\omega_n/\omega_T)$$

导出公式:

$$C=0.3106[N_1(\omega_1/\omega_T)+N_2(\omega_2/\omega_T)+\cdots+N_n(\omega_n/\omega_T)]/$$

$$[\rho_1.C_p1(\omega_1/\omega_T)+\rho_2.C_p2(\omega_2/\omega_T)+\cdots+\rho_n.C_pn(\omega_n/\omega_T)]$$

其中: $\omega_1\cdots\omega_n$ 为相应气体的流量

$\omega_T\cdots$ 为混合气体的流量

$\rho_1\cdots\rho_n$ 为相应气体的密度(数值见附录一)

$C_p1\cdots C_pn$ 为相应气体的定压比热(数值见附录一)

$N_1\cdots N_n$ 为相应气体的分子构成系数,取值见下表.

气体分子构成	举例	N 取值
单原子分子	Ar He	1.01
双原子分子	CO N ₂	1.00
三原子分子	CO ₂ NO ₂	0.94
多原子分子	NH ₃ C ₄ H ₈	0.88

说明：配合 MT-50 系列流量显示仪，实现对气体的测量及控制。

配合 MT-60 系列流量积算仪，对气体的瞬时流量和累积流量进行计量。

配合 MT-51 系列数字式流量显示控制仪，可以实现 RS-232C, RS-485 与计算机的连接，同时，还可以实现计算机对流量计的自动控制，实现网络化的自动控制。

2014.7.23