

S49 28/MT

S49 28A/MT 系列质量流量控制器/流量计

使 用 说 明 书

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	2
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	3
5、	安装和接线	5
6、	使用方法和操作步骤	10
7、	注意事项	11
8、	故障判断和处理	12
9、	附录： 气体质量流量转换系数	14

1、特点及主要应用领域

质量流量控制器（Mass Flow Controller缩写为MFC）是对气体的质量流量进行精密测量和控制的设备。

质量流量计（Mass Flow Meter缩写为MFM），是对气体的质量流量进行精密测量的设备。

S49 28 质量流量控制器和质量流量计特点：

☆耐压高及适用于真空条件下工作。低压降。工作压力范围宽，气体流量不因温度、压力的变化而变化。

☆阀体采用不锈钢（316L）结构，气密材料采用VITON®、聚四氟乙烯等。适用于各种耐腐蚀性气体。线路板、阀体、弹簧片、精密电阻和resistor等为重要零部件，均执行严格的入厂标准。

☆具有精度高、重复性好、响应速度快、软启动、工作稳定可靠。

☆可任意位置安装。电气操作控制显示，使用方便。易于与电气系统或自动控制系统配合。

S49 28 质量流量控制器和质量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、冶金、光纤熔炼等行业气体流量检测和控制；

特种材料表面处理装置与燃烧控制；

混气配气系统和泄露探测系统等。

2、S49系列质量流量控制器和质量流量计型号

S49 28 系列质量流量控制器，S49为质量流量控制器和质量流量计产品，28/MT为本公司此产品设计序列号。

其中：S49 28□/MT 系列为质量流量控制器

S49 28□A/MT 系列为质量流量计

质量流量计用于对气体的质量流量精确测量计量；

质量流量控制器不但具有质量流量计的测量计量功能，还具有自动控制气体的质量流量功能。

其中“□”为区分供电电源电压范围，分为两种：

“B” 表示±15V供电，

“F” 表示+24V供电。

如：S49 28 B/MT 为±15V供电质量流量控制器，

S49 28 F/MT为+24V供电质量流量控制器。

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

质量流量计和质量流量控制器流量出厂通常用氮气(N₂)标定。

质量流量单位为：mL/min（毫升/分）；（SCCM行业标准）

L/min（升/分）。（SLM行业标准）

标准状态为：温度——273.15K（0℃）；

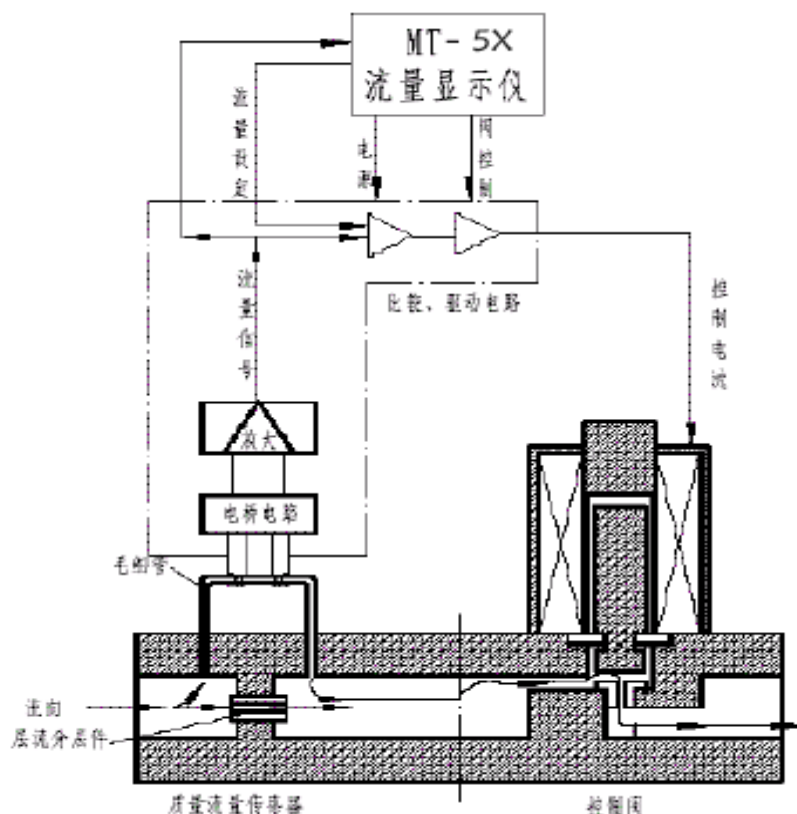
气压——101325Pa（760mmHg）

F.S(Full Scale):表示满量程值

表1 S49 28□/MT流量控制器、S49 28□A/MT流量计技术指标

编号	项目	S49 28 B /MT	S49 28 F /MT
1	流量规格	(0~50, 100, 150) L/min	
2	调节阀类型	电磁调节阀	
3	调节阀静止状态	常闭	
4	准确度	±2%F.S	
5	线性	±(1~2)%F.S	
6	重复精度	±0.2%F.S	
7	响应时间	(6~8) s	
8	工作压差范围	(0.15~0.4) MPa;	
9	耐压	3MPa	
10	工作环境温度	(5~45) °C	
11	材料	不锈钢316L	
12	标准密封材料	Viton®, EPDM, 或其他由用户指定由客户指定	
13	漏率	1×10^{-9} atm. mL/s (He)	
14	接头	Φ10mm, 3/8" Swagelok. 3/8" VCR. 或其他	
15	输入输出信号	4~20mA 输入输出, 带1~5V输出。 (输入可改为1~5V, 但须 订货时注明)	0~5V输入输出信号 输入电阻>10KΩ 输出驱动能力<3mA
16	供电电源	+24V (±2%) (350mA)	±15V (±2%) (400mA)
17	外形尺寸mm	150 (宽) × 126 (高) × 36 (厚)	
18	重量kg	1.8	

4、工作原理



图一、热式质量流量控制器的工作原理

质量流量控制器由质量流量传感器，分流器通道，流量控制调节阀和放大控制电路等部件组成。

本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，通过闭环，去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，控制输出的流量检测电压与流过通道的流量成比例。

与之配套使用的MT-5X 系列流量显示仪备有 $\pm 15\text{V}$ （如MT-50）或 $+24\text{V}$ （如MT-53）直流电源，3 位半数字电压表，设定电位器，外设、内设转换线圈，关闭、阀控、清洗三位阀控开关，调零等。为质量流量计或控制器提供工作电源，设定控制和显示等功能。控制器的设定输入信号为 $(0\sim 5)\text{V}$ 电压形式（如MT-50）或 $(4\sim 20)\text{mA}$ 电流形式（如MT-53），流量输出信号 $(0\sim 5)\text{V}$ 电压形式（如MT-50）或 $(4\sim 20)\text{mA}$ 电流形式带 $(1\sim 5)\text{V}$ 输出（如MT-53）（客户要求时，MT-53输入信号可改为 $(1\sim 5)\text{V}$ 电压形式）。质量流量控制器与MT-53 流量显示仪连接后的工作原理如图1 所示。

$\pm 15\text{V}$ 供电的S49 28 B控制器一般与MT-51流量显示仪连接， $+24\text{V}$ 供电的S49 28 F控制器一般与MT-53流量显示仪连接，或者与之相兼容的流量显示仪连接。

如果S49 28/MT 流量控制器直接与PLC或计算机连接,则需要用户自行提供电源和A/D, D/A 转换模块或转换卡等。

控制操作一般在流量显示仪上进行。当设定设置成“内设”时,由流量显示仪上的设定电位器控制流量。当设置成“外设”时,由用户另外提供的外部0~5V电压(如MT-50)或4~20mA 电流(如MT-53)控制流量。

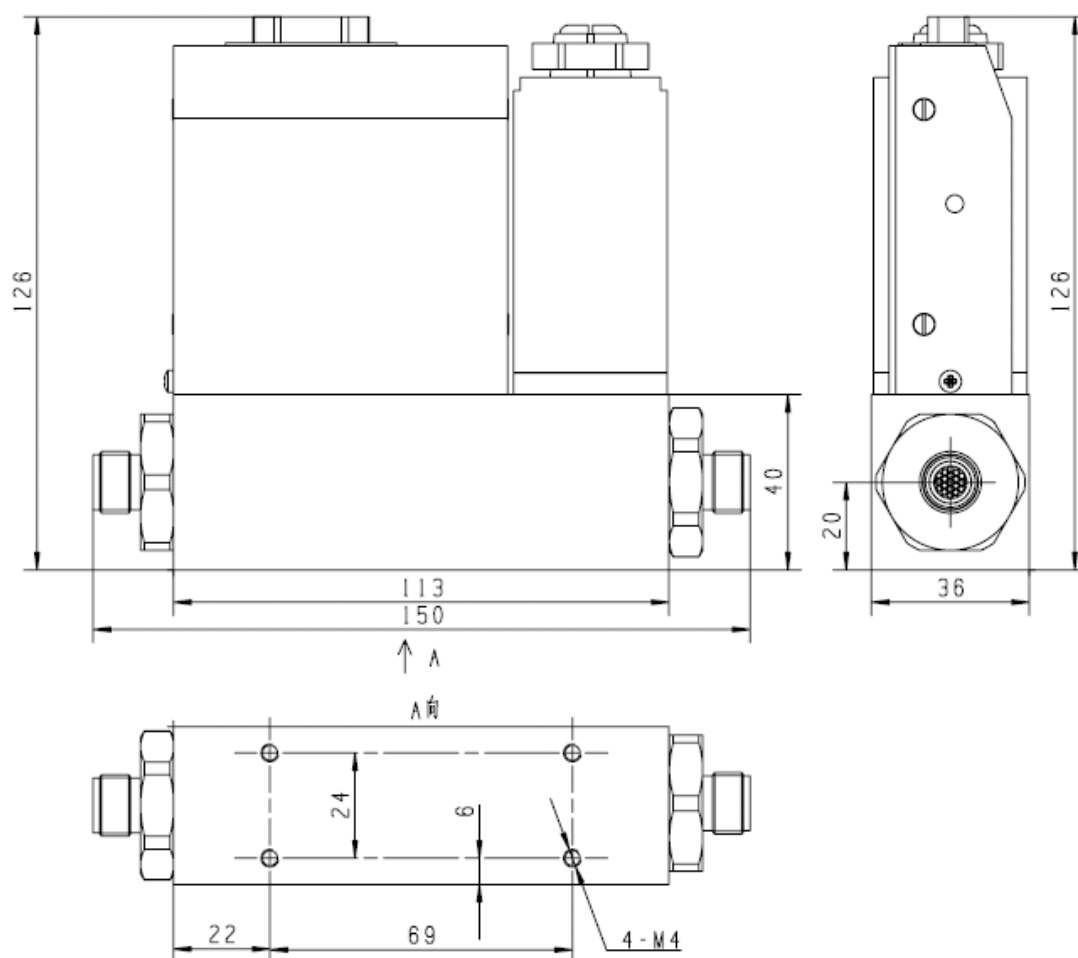
在流量显示仪的显示面板上设置有三位阀门控制开关,当置“关闭”位时,阀门关闭;当置“清洗”位时,阀门开到最大,以便气路清洗,或临时作为流量计使用;当置于“阀控”时,则按设定电位器的数值自动控制流量。(参考MT-5X系列流量显示仪的使用说明书)

注意:在“清洗”时,实际气流将超过满量程若干倍,此时流量显示值不准确,还可能出现流量增大显示反而减小的现象,这是由热式质量流量计的特性决定,属于正常现象。对不希望出现大气流“清洗”的场合,用户应自行限制。。

不推荐长时间置“清洗”位,此时阀门开度最大,而利用流量控制器长期做流量计或开启阀使用。因为此时电磁阀、线路等将会流过很大的电流,因而加速其热老化损坏。

5. 安装和接线

5.1 S49 28系列质量流量控制器外形及安装尺寸如图二所示



图二 S49 28□/MT 系列质量流量控制器外形及安装尺寸

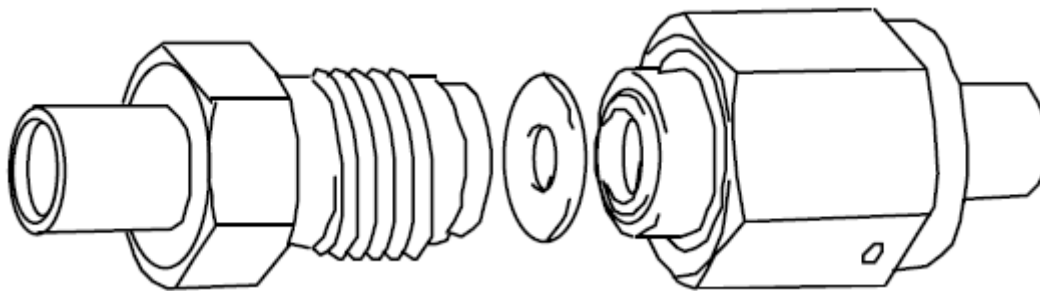
注意：图中标明的高度，是未加电缆插头的高度。

5.2 入口和出口气路接头

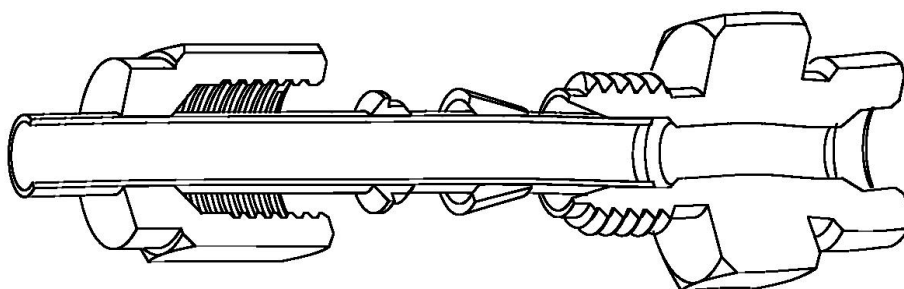
可以根据用户的不同需求，选用两种类型：

1. 双卡套（Swagelok）；a. $\Phi 10\text{mm}$ ；b. $3/8''$ ；c. 或其他。
2. VCR. $\Phi 3/8''$.

连接方法如图三，图四所示：



图三 双卡套接头的连接方法



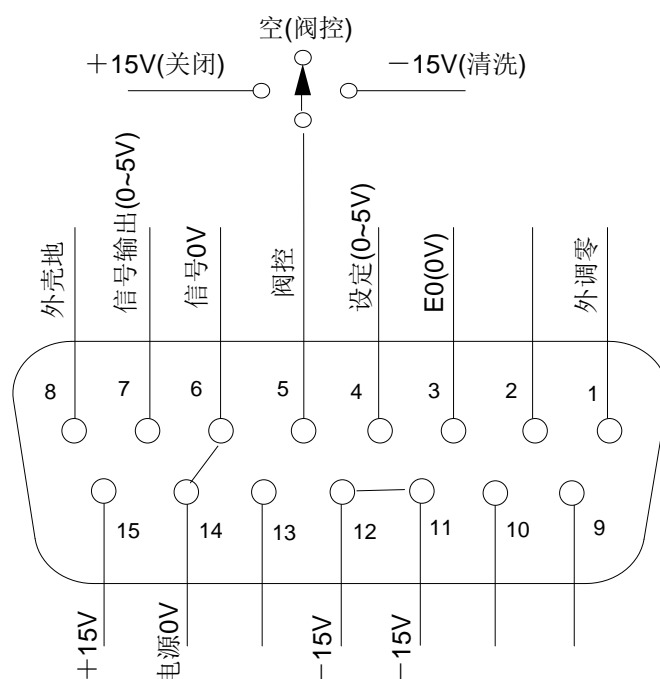
图四 VCR 接头的连接方法

质量流量控制器与气路的连接，可以根据不同的要求，选用不同的管件，如金属管，塑料管等等。S49 28F/MT 系列质量流量计和流量控制器的缺省连接形式为双卡套，接管尺寸为 $\Phi 10$ 。

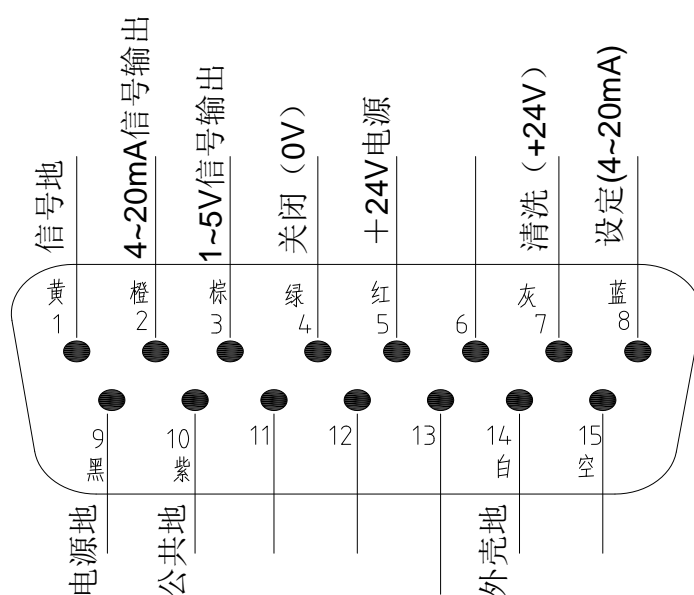
5.3 质量流量控制器的接线

S49 28□/MT 系列质量流量控制器的接线插头，考虑到其兼容性，主要采用DB-15型插座。

图五 S49 28B/MT的DB15/M 孔型 插座接口定义图



图六 S49 28F/MT的DB15/F 针型 插座接口定义图



信号地, 公共地, 电源地 (0V) 在流量控制器内是连在一起的。E0为阀工作零线, 须在外部电源处接0V。电源, 设定, 信号输出等回路, 应分别独立使用自己的地线, 防止回路间的互相干扰。

“外壳地 (Earth)” 是外壳接地线, 其与阀流量计金属底座是通过插座所示针脚在内部连在一起的, 其应与控制电缆金属屏蔽网连接, 以实现屏蔽一体。并应在直流电源处采取有效屏蔽、隔离等措施, 防止干扰信号串入流量计系统。

如可能, 可将“外壳地 (Earth)” 线与直流供电电源0V直接或通过大电容实现一点接地 (应避免存在的多处接地, 防止接地回路形成), 形成零、地等电位, 也是有效抵抗干扰的

方法之一。应避免金属外壳等由于安装原因带有较强的干扰源，防止可能形成的强的地电流回路，而烧毁流量控制器内部线路！！应掌握一点接地原则，采用绝缘、隔离等方法，防止多点接地，而防止电流回路的形成。

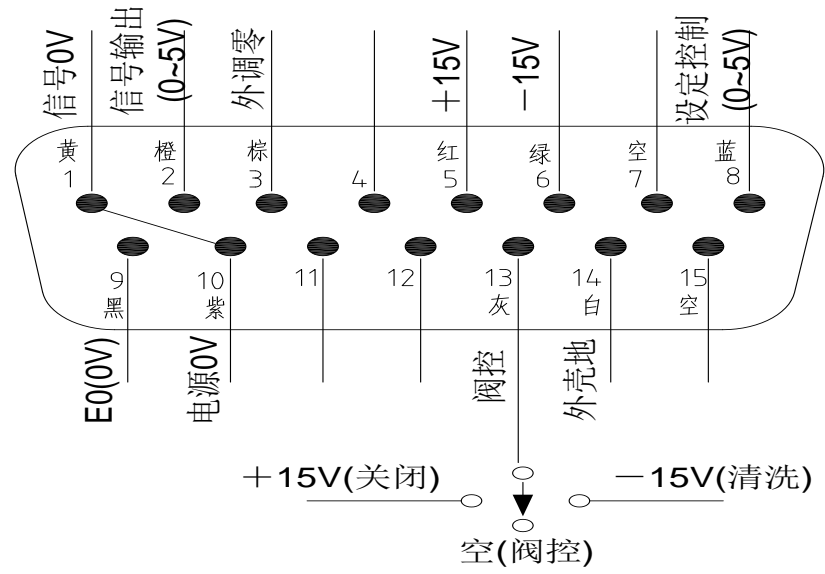
5.4 质量流量控制器与PLC或计算机的连接方法

需用设备：

- 计算机或PLC；
- A/D（模数）, D/A（数模）转换卡或转换模块，每台流量控制器各配置一个通道；
- 常开式继电器，两个，用于控制调节阀的开闭；
- 显示器或高稳定性高抗干扰能力的±15V电源（对S49 28B）或+24V 电源（对S49 28F）；
- 抗干扰能力的电缆线。

a. 通过流量显示仪与计算机的连接方法，见图七或图八

图七 S49 28B通过MT-51显示仪与计算机连接



图八 S49 28F通过MT-53显示仪与计算机连接

5.5 零点的调节

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。

调零孔的位置在流量控制器上侧面的小孔，内有调零电位器。

注意：

调零时，流量控制器中不得有气流流动，应将阀控开关打在“关闭”位置；

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；

除调零电位器外，不得轻易调整其它电位器。

6. 使用方法和操作步骤

S49 28□/MT质量流量控制器要与流量显示仪或计算机、或PLC配合使用，这里，结合MT-50（配S49 28B）或MT-53（配S49 28F）系列流量显示仪，说明S49 28□/MT 质量流量控制器的使用方法和操作步骤：

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，选择设定信号来源由控制显示仪内部24V继电器线圈通电或不通电来进行（线圈接线和控制方式见相应显示仪说明书）。如果线圈不通电，设定端子即与内设相连，即从流量显示仪设定电位器上获得设定信号。如果线圈通电即从外部控制设备上得到设定信号。

6.2 开机操作

接通电源后，先预热15 分钟，再通气工作，以保证测量的准确度。

比如：通电时，将阀控开关置于“关闭”位置并将设定电位器调到零，待零点稳定后，将阀控开关转到“阀控”位，然后再将设定流量调到您需要的值，实际流量将跟踪设定值而改变。

6.3 清洗与关闭功能

将阀控开关置为“清洗”位，阀将打开到最大，如果气路上下游存在工作压差，将会有很大的气流通过，此功能可用于吹洗管路，或用于排除MFC 内部及其管路残存的其他气体。清洗时的气流量可达该控制器额定满量程流量的几倍至几十倍。清洗后，应打阀“关闭”，然后才能进行正常“阀控”操作；不得直接转置“阀控”位，因为此操作不能保证阀控正常动作。

将阀控开关置为“关闭”位，阀将关死，而没有气流通过。

6.4 外部控制和与计算机D/A转换器连接

对于S49 28B流量控制器配MT-50显示仪，若流量设定使用外部信号，应将设定选择开关打至“外”，并从显示仪上的外控信号插座接入（0~+5.00）V 和“0 电平”（信号地）上即可。也可直接与计算机的D/A 转换器连接，实现自动控制。注意，流量设定的输入阻抗大于10K Ω 。

对于S49 28F流量控制器配MT-53显示仪，若流量设定使用外部信号，应从显示仪后板上“SET”脚和“COM”（公共端）脚接入（4~20）mA外控信号，并将MT-53显示仪线圈通电即可。也可直接与计算机或PLC的电流型（4~20）mA的D/A 转换器连接，实现自动控制。注意，流量设定的输入阻抗为250Ω。

6.5 流量输出信号和与计算机A/D 转换器的连接

对于S49 28B流量控制器配MT-50显示仪，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。注意，流量检测输出电流负载能力不得大于3mA。

对于S49 28F流量控制器配MT-53显示仪，若用户使用流量输出信号（4~20）mA显示时，将显示仪后板线Iout与GND封线拆除，并引至外部显示相应端即可。注意，流量信号输出负载电阻不应大于250Ω。

6.6 阀控功能

当阀开关置于“阀控”位时，流量控制器的“阀控”脚即悬空(S49 28F流量控制器的“VLV”和“CLOSE”脚也应悬空)，此时可通过“设定信号”正常控制气体质量流量。

6.6 外接阀控

在MT-50 流量显示仪上，确保打“阀控”位置，即阀控线悬空时，此时用户也可通过外控信号插座上的“阀控制”线控制阀门。

阀控线接+15V时，阀门关闭；

阀控线接-15V 时，处于清洗状态；

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。

在MT-53 流量显示仪上，用户也可通过对显示仪内置线圈通电（直流24V）来实现外控。

CTRL阀控线接GND时，阀门关闭；

CTRL阀控线接+24V时，处于清洗状态；

CTRL阀控线悬空时，阀门处于自动控制状态。

参见MT-53 流量显示仪的使用说明书。

6.7 关机 断电源后，气流自动截止。推荐先关气，后断电源。

7、注意事项

7.1 工作介质

本产品切忌液体和油污，不能使用在液体介质中工作，只能使用在气体工作介质中。

气体必须是洁净、干燥的，没有微粒和潮气。否则，须在气路中加装过滤器、干燥器等，使之符合要求。要注意保持控制器的气路洁净，一旦被污染，将严重影响产品的准确度。

7.2 耐压和工作压差

超出控制器指标规定的过高的压力，会导致泄漏乃至爆裂的严重后果。

须保持控制器进出气口两端的工作压差，保持在指标范围之内，否则，可能会导致控制测量不准确，乃至失灵。在过高的气压差下，可能会导致实际气流偏大或阀无法关闭。在过低的气压差下，可能会导致实际气流偏小。

要注意管路和气源内阻对工作压差的影响，在使用大流量的质量流量控制器尤其注意管路粗细是否合适以及保证气源。

管路连接时，注意不要导致气路污染及不畅通，连接应密实，无漏气。

7.3 安装位置问题

安装控制器时尽可能保持安装面水平。

但在需要时，也可以任意位置安装，安装位置对本产品影响不大。非水平位安装时，应检查零点，可能会出现零点偏移，重新调整零点后，即可正常工作。

我厂可根据用户订货时注明的安裝位置要求进行出厂标定。

7.4 阀的截止密封问题

本产品的控制阀为电磁调节阀，不能当作截止阀使用，因为不能保证达到截止阀的截止密封作用。若用户有截止密封的要求，应另行配置截止阀。

7.5 使用腐蚀性气体和有机溶剂气体问题

本控制器可用于控制一般的腐蚀性气体，但要求用户保证系统低泄漏、不发生凝结反应、无微粒、无水汽，及时清洗，使用得当等。

控制器通道材料为：SUS 316L(00Cr17Ni14Mo2)、SUS 417J1(00Cr30Mo2)耐蚀不锈钢，密封材料为聚四氟乙烯、氟橡胶等耐蚀材料。

若用户有在强腐蚀性气体和有机溶剂气体使用要求时，应在定货时声明，以便更改相应耐蚀密封材料。

7.6 标定和不同气体的换算

本控制器出厂用氮气(N₂)标定。

质量流量的单位规定为：mL/min（毫升/分）

L/min（升/分）

标准状态规定为：温度0℃；

气压101325Pa（760mmHg）

用户使用其它气体时，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：+24V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：+24V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 S49 28F 输出电压 1V(4mA) S49 28B 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， S49 28F 输出电压不为 1V(4mA) S49 28B 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	测量控制器插头处电源对零电压值是否不够。
		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， 无相应流量信号输出	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 S49 28F 设定电压不能到 1V(4mA) S49 28B 设定电压不能到零	测量 S49 28F 设定电压 S49 28F 是否到 1V(4mA)，S49 28B 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。
		8.3 空间电磁场干扰	远离干扰源及屏蔽隔离。
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 S49 28F 的+24V 或 S49 28B 的±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流范围是否符合：对于 S49 28F 为 4~20mA 对于 S49 28B 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。

附录一 气体质量流量转换器系数表

气 体	比热 (卡/克℃)	密度 (克/升0℃)	转换系数
空气 Air	0.24	1.293	1.001
氩气 Ar	0.125	1.7837	1.407
砷烷 AsH ₃	0.1168	3.478	0.673
三溴化硼 BBr ₃	0.0647	11.18	0.378
三氯化硼 BC1 ₃	0.01217	5.227	0.43
三氟化硼 BF ₃	0.1779	3.025	0.508

硼烷 B ₂ H ₆	0.502	1.235	0.441
四氯化碳 CCl ₄	0.1297	6.86	0.307
四氟化碳 CF ₄	0.1659	3.9636	0.428
甲烷 CH ₄	0.5318	0.715	0.719
乙炔 C ₂ H ₂	0.4049	1.162	0.581
乙烯 C ₂ H ₄	0.3658	1.251	0.597
乙烷 C ₂ H ₆	0.4241	1.342	0.480
丙炔 C ₃ H ₄	0.3633	1.781	0.421
丙烯 C ₃ H ₆	0.3659	1.877	0.398
丙烷 C ₃ H ₈	0.399	1.967	0.348
丁炔 C ₄ H ₆	0.3515	2.413	0.322
丁烯 C ₄ H ₈	0.3723	2.503	0.293
丁烷 C ₄ H ₁₀	0.413	2.593	0.255
戊烷 C ₅ H ₁₂	0.3916	3.219	0.217
甲醇 CH ₃ OH	0.3277	1.43	0.584
乙醇 C ₂ H ₆ O	0.3398	2.005	0.392
三氯乙烷 C ₂ H ₃ Cl ₃	0.1654	5.95	0.278
一氧化碳 CO	0.2488	1.25	1.00
二氧化碳 CO ₂	0.2017	1.964	0.737
氰气 C ₂ N ₂	0.2608	2.322	0.452
氯气 Cl ₂	0.1145	3.163	0.858
氖气 D ₂	1.7325	0.1798	0.998
氟气 F ₂	0.197	1.695	0.931
四氯化锗 GeCl ₄	0.1072	9.565	0.267
锗烷 GeH ₄	0.1405	3.418	0.569
氢气 H ₂	3.4224	0.0899	1.010
溴化氢 HBr	0.0861	3.61	0.999
氯化氢 HCl	0.1911	1.627	0.999
氟化氢 HF	0.3482	0.893	0.999
碘化氢 HI	0.0545	5.707	0.999
硫化氢 H ₂ S	0.2278	1.52	0.843
氦气 He	1.2418	0.1786	1.414
氪气 Kr	0.0593	3.739	1.415
氮气 N ₂	0.2486	1.250	1.00
氖气 Ne	0.2464	0.90	1.415
氨气 NH ₃	0.5005	0.76	0.719
一氧化氮 NO	0.2378	1.339	0.975
二氧化氮 NO ₂	0.1923	2.052	0.740
一氧化二氮 N ₂ O	0.2098	1.964	0.709
氧气 O ₂	0.2196	1.427	0.991
三氯化磷 PCl ₃	0.1247	6.127	0.358
磷烷 PH ₃	0.261	1.517	0.690
五氟化磷 PF ₅	0.1611	5.62	0.302
三氯氧磷 POCl ₃	0.1324	6.845	0.302
四氯化硅 SiCl ₄	0.127	7.5847	0.284
四氟化硅 SiF ₄	0.1692	4.643	0.348
硅烷 SiH ₄	0.3189	1.433	0.598

二氯氢硅 SiH ₂ Cl ₂	0.1472	4.506	0.412
三氯氢硅 SiHCl ₃	0.1332	6.043	0.34
六氟化硫 SF ₆	0.1588	6.516	0.264
二氧化硫 SO ₂	0.1489	2.858	0.686
四氯化钛 TiCl ₄	0.1572	8.465	0.205
六氟化钨 WF ₆	0.0956	13.29	0.215
氙气 Xe	0.0379	5.858	1.413

附录二 气体质量流量转换系数使用说明

质量流量控制器/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： $C = 0.3106N / (\rho \times C_p)$

其中： ρ 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：

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

导出公式：

$$C = 0.3106 [N_1 (\omega_1 / \omega_T) + N_2 (\omega_2 / \omega_T) + \dots + N_n (\omega_n / \omega_T)] / [\rho_1 \cdot C_{p1} (\omega_1 / \omega_T) + \rho_2 \cdot C_{p2} (\omega_2 / \omega_T) + \dots + \rho_n \cdot C_{pn} (\omega_n / \omega_T)]$$

其中： $\omega_1 \dots \omega_n$ 为相应气体的流量

ω_T 为混合气体的流量

$\rho_1 \dots \rho_n$ 为相应气体的密度（数值见附录一）

$C_{p1} \dots C_{pn}$ 为相应气体的定压比热（数值见附录一）

$N_1 \dots N_n$ 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： 标准状态为：压力101325Pa（760mmHg）温度0℃。

2014. 7. 23