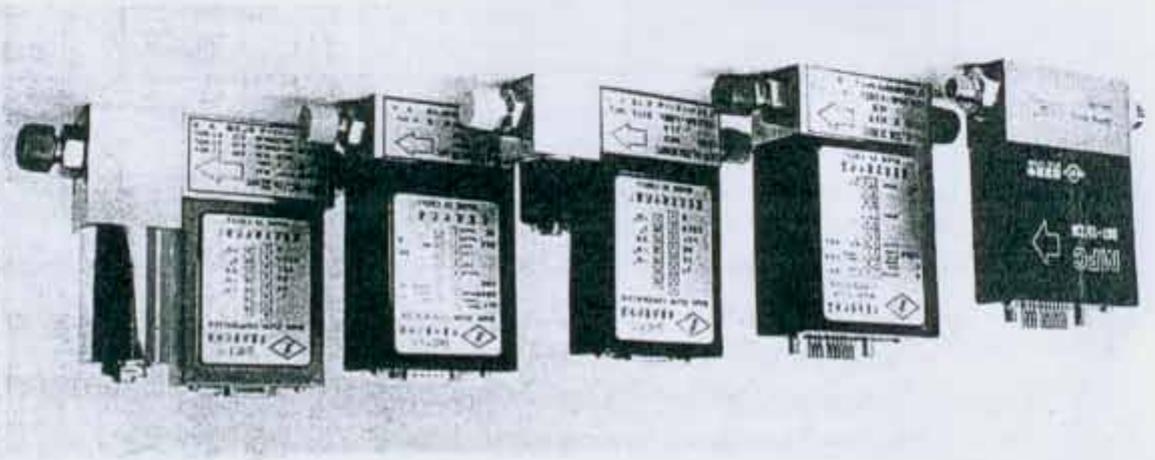


北京建中机器厂流量计分公司
2001.5



D07-7A/ZM型	D07-11/ZM型
D07-7B/ZM型	D07-11A/ZM型
D07-9C/ZM型	D07-12/ZM型
D07-15/ZM型	D07-12A/ZM型

技术说明书

质量流量控制器

D07 系列

中流牌



D07系列质量流量控制器 技术说明书

1. 用途和特点

质量流量控制器(MFC)用于对气体的质量流量进行精密测量和控制。它在半导体和集成电路工业、特种材料学科、化学工业、石油工业、医药、环保和真空等多种领域的科研和生产中有着重要的应用。其典型的应用场合包括：电子工艺设备，如扩散、氧化、外延、CVD、等离子刻蚀、溅射、离子注入；以及镀膜设备、光纤熔炼、微反应装置、湿气配气系统、气体取样、毛细管测量、气相色谱仪及其它分析仪器。

D07系列质量流量控制器具有精度高、重复性好、响应速度快、软启动、稳定可靠、工作压力范围宽等特点，其操作使用非常方便，可任意位置安装，并便于与计算机连接实现自动控制。它也可以作为质量流量计(MFM)使用，对气体的瞬时流量和累积流量进行精确计量。D07系列质量流量控制器一般与D08系列流量显示器等配套产品配合使用。

本技术说明书包括以下八种型号的产品：

- ★ D07-7A/ZM D07-7B/ZM ★ D07-9C/ZM
- ★ D07-11/ZM D07-11A/ZM ★ D07-12/ZM D07-12A/ZM
- ★ D07-15/ZM

其中D07-7A与D07-7B的性能和气路机械接头相同，只是电器插座有变化(靠标准)。D07-11、D07-12、D07-15型MFC采用国际标准连接方式设计，电器连接插头为20线印制板插头，并配有20线扁平电缆，可以直接替换国外同类产品。D07-11A(12A)型MFC的性能和气路机械接头与D07-11(12)型相同，而电器连接头为15线D型插头座，并配有8芯圆形电缆线。

2. 主要技术指标

表1. 7A、7B、9C、15型MFC技术指标一览表

项目		型号	
1	流量范围	0-5 SCCM, ..., 10 SLM	0-20 SLM, ..., 250 SLM
2	准确度 (%F.S)	±2	±2
3	线性 (%F.S)	±0.5-2	±2
4	重复精度 (%F.S)	±0.2	±0.2
5	响应时间 (sec)	电特性: 10 气特性: 1-4	1-4
6	工作压力范围 (MPa)	0.05-0.3	20.30 SLM: 0.05-0.3 50-150 SLM: 0.1-0.3 ≥200 SLM: 0.15-0.3
7	耐压 (MPa)	3	
8	工作环境温度 (°C)	5-45	
9	输入输出信号电压 (V)	0-+5.00	
10	电源	+15V 50mA, -15V 200mA	
11	外形尺寸 (mm)	158×30×128	185×45×145
12	重量 (Kg)	1.1	2.6

D07系列质量流量控制器 技术说明书

1. 用途和特点

质量流量控制器(MFC)用于对气体的质量流量进行精密测量和控制。它在半导体和集成电路工业、特种材料学科、化学工业、石油工业、医药、环保和真空等多种领域的科研和生产中有着重要的应用。其典型的应用场合包括：电子工艺设备，如扩散、氧化、外延、CVD、等离子刻蚀、溅射、离子注入；以及镀膜设备、光纤熔炼、微反应装置、湿气配气系统、气体取样、毛细管测量、气相色谱仪及其它分析仪器。

D07系列质量流量控制器具有精度高、重复性好、响应速度快、软启动、稳定可靠、工作压力范围宽等特点，其操作使用非常方便，可任意位置安装，并便于与计算机连接实现自动控制。它也可以作为质量流量计(MFM)使用，对气体的瞬时流量和累积流量进行精确计量。D07系列质量流量控制器一般与D08系列流量显示器等配套产品配合使用。

本技术说明书包括以下八种型号的产品：

- ★ D07-7A/ZM D07-7B/ZM ★ D07-9C/ZM
- ★ D07-11/ZM D07-11A/ZM ★ D07-12/ZM D07-12A/ZM
- ★ D07-15/ZM

其中D07-7A与D07-7B的性能和气路机械接头相同，只是电器插座有变化(靠标准)。D07-11、D07-12、D07-15型MFC采用国际标准连接方式设计，电器连接插头为20线印制板插头，并配有20线扁平电缆，可以直接替换国外同类产品。D07-11A(12A)型MFC的性能和气路机械接头与D07-11(12)型相同，而电器连接头为15线D型插头座，并配有8芯圆形电缆线。

2. 主要技术指标

表1. 7A、7B、9C、15型MFC技术指标一览表

项目		型号	
1	流量范围	0-5 SCCM, ..., 10 SLM	0-20 SLM, ..., 250 SLM
2	准确度 (%F.S)	±2	±2
3	线性 (%F.S)	±0.5-2	±2
4	重复精度 (%F.S)	±0.2	±0.2
5	响应时间 (sec)	电特性: 10 气特性: 1-4	1-4
6	工作压力范围 (MPa)	0.05-0.3	20.30 SLM: 0.05-0.3 50-150 SLM: 0.1-0.3 ≥200 SLM: 0.15-0.3
7	耐压 (MPa)	3	
8	工作环境温度 (°C)	5-45	
9	输入输出信号电压 (V)	0-+5.00	
10	电源	+15V 50mA, -15V 200mA +15V 50mA, -15V 400mA +15V 50mA, -15V 200mA	
11	外形尺寸 (mm)	158×30×128	185×45×145
12	重量 (Kg)	1.1	2.6

质量流量控制器由流量传感器,分流器通道,流量调节阀和放大控制电路等部件组成。流量传感器采用毛细管传热温差法原理测量气体的质量流量,具有温度压力自动补偿特性。将传感器加热电桥测得的流量信号送入放大器放大,放大后的流量检测电压与设定电压进行比较,再将差值信号放大后去控制调节阀,闭环控制流过通道的流量使之与设定的流量相等。分流器决定主通道的流量。与之配套的D08系列流量显示仪上设置有稳压电源,3位半数字电压表,设定电势器,外设、内设转换和三位阀控开关等。本控制器与流量显示仪连接后的工作原理如图1所示。

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,满刻度(F.S)流量检测输出电压为+5V。

控制操作一般在流量显示仪上进行。当设定开关打到“内”设时,由设定电势器W控制流量。当打到“外”设时,由用户提供的0~+5V电压控制流量。

在显示面板上还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,或作为流量计使用;当置于“阀控”时,自动控制流量。

4. 安装和接线

4.1 各种质量流量控制器外形及安装尺寸如图2~图6所示。

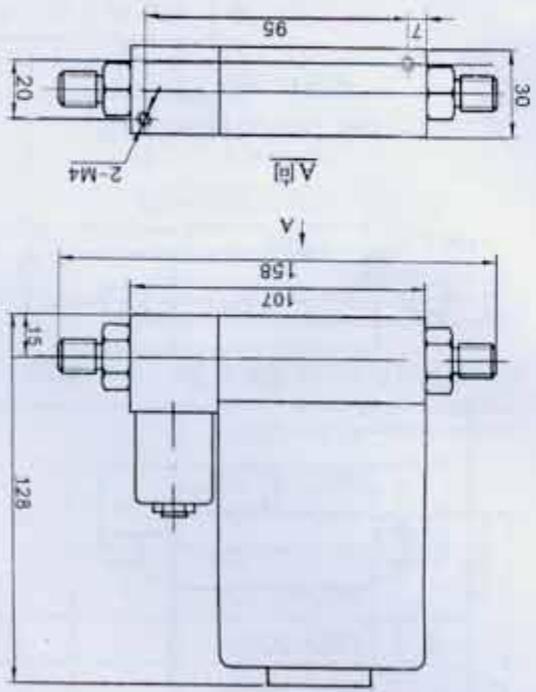


图2. D07-7A/ZM、D07-7B/ZM型MFC外形图

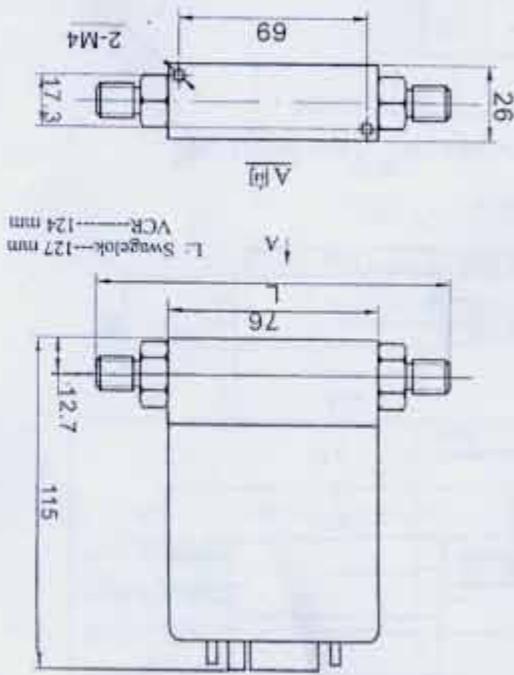


图3. D07-15/ZM型MFC外形图

4.2 入口和出口气路接头分两种类型: a. 双卡套 (Swagelok); b. VCR. 连接方法如图7.

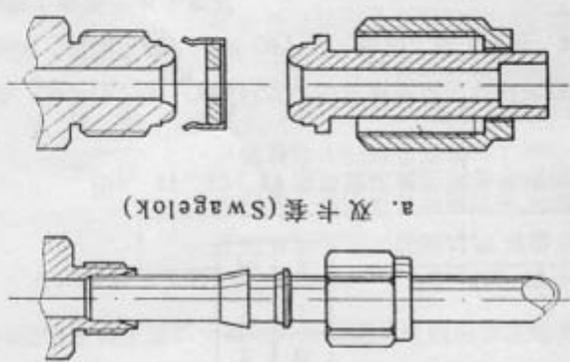


图7. MFC 进出口气路接头形式图

一般用金属管将质量流量控制器与气路相连接, 在要求不高的情况下也可以用尼龙管或较硬的弹性塑料管。各型号MFC入口出口的接头和接管尺寸如表3。

表3. 接头和接管尺寸一览表

编号	MFC 型号	双卡套 (Swagelok)						VCR	备注
		Φ6	1/4"	Φ10	3/8"	1/4"	3/8"		
1	D07-7A/ZM D07-7B/ZM	○	○						标○表示可 选用, 但每 种型号只能 选择其中一 种
2	D07-9C/ZM			○	○				
3	D07-11/ZM D07-11A/ZM D07-12/ZM D07-12A/ZM D07-15/ZM	○	○				○		

4.3 质量流量控制器接线见图8、图9、图10.

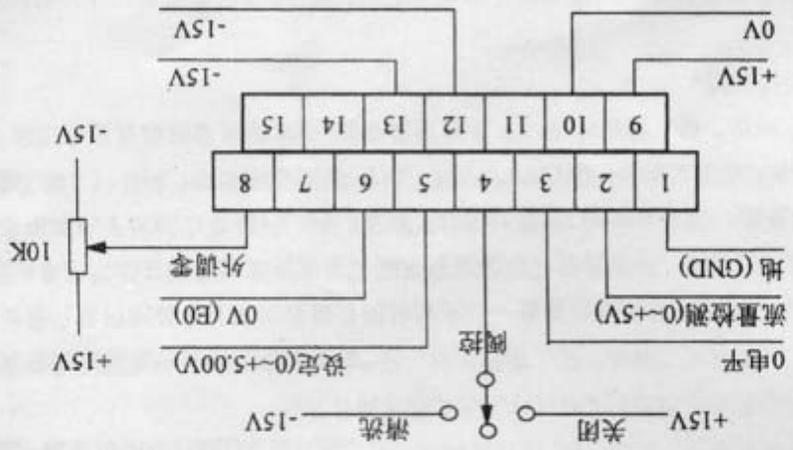


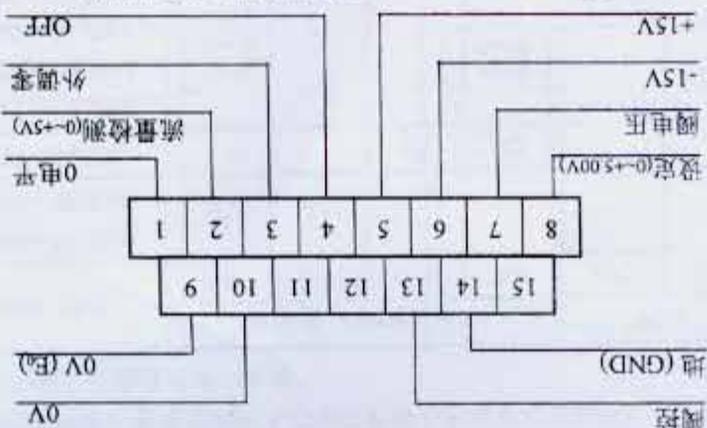
图8. 7A、9C型质量流量控制器接线图

4.4 质量流量控制器与计算机信号的连接

质量流量控制器与计算机连接分两种情况：一是通过流量显示仪连接与计算机连接，参见 5.3、5.4 条；二是直接与计算机连接。如果是直接与计算机连接，需要用户自己提供±15V 电源（要求电源抗干扰能力要强）；将“设定”线接计算机 D/A 输出；将“流量检测”线接计算机 A/D 输入端；“零电平”线接信号参考地；两根“0V”线一小电流零和大电流零（E0），分别

D07-11A/ZM 型与 D07-11/ZM 型的区别，就在于电器连接插头不同，其它性能完全相同。11A 型产品采用的是 15 线 D 型插头座。

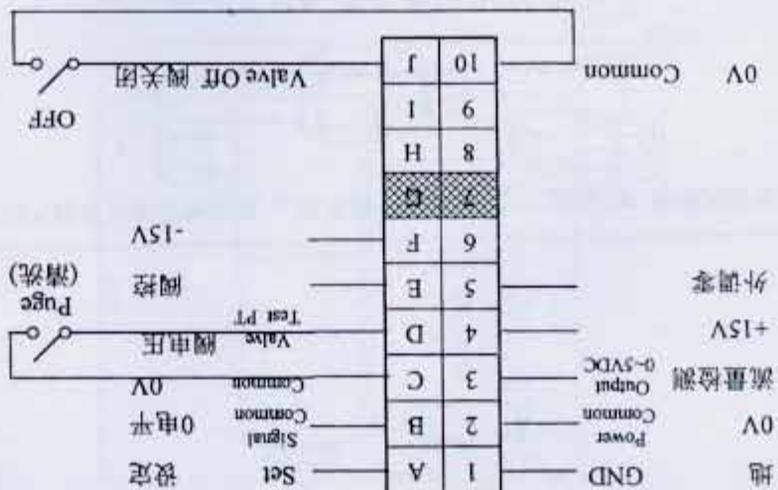
图 10. 7B、11A、12A 型质量流量控制器接线图



注意：为了 11、12 型产品能与我厂生产的 D08 系列流量显示仪配套使用，并与 D07 系列其它产品兼容，因此比标准接线增加了“阀控”功能线 E 头和“外调零”功能线 5 头，这两个功能的使用方法参见图 8 相同功能线所示意的的方法。

自动“控制”时须将上面两个开关断开。容。要想使控制阀“关闭”时，可将 OFF 开关接通；阀“清洗”时可 Purge 开关接通；阀“

图 9. 11、12、15 型质量流量控制器接线图



引线,一起接在±15V电源的公共端。如果还需要计算机实现“阀控”线的关闭和清洗功能,可以用两个继电器的(两组)常开触点来实现。一个继电器控制“关闭”,一个继电器控制“清洗”,两个继电器都不动作则为自动控制(注意不能两个继电器同时动作)。

4.5 调零和外调零

使用中若发现零点偏移,可以调整。能通过外罩上进气口侧面的调零孔调整,也可揭开外罩调整。调整电位器位置示意图如图11所示(有的型号有四个电位器,从向上数起的三个电位器的位置与图11相同)。注意:调零时流量管路不能通气(或将阀门关闭);必须在开机预热15分钟以上,待流量计零点稳定以后进行。通常除调零电位器外,其它电位器不得轻易调整。

本机还设计有外调零功能,当控制器与我厂新生产的(带外调零功能的)D08系列流量显示仪配套工作时,也可以通过显示仪面板上的调零电位器调整。

但要注意,外调零的调节范围比较小,若遇到较大的零点偏移,还需要调节控制器上的调零电位器,才能解决。

5. 使用方法和操作步骤(结合D08系列流量显示仪)

5.1 开机操作

使用时主要操作在流量显示仪上进行。阀门控制开关及流量设定电位器在前面板上,流量设定的内部或外部信号选择开关一般在后面板上。当设定选择开关打到“内”时,用设定电位器设定流量,打到“外”时,由外部信号设定流量。有如下几种开机操作方法:

- a. 阀门处于“阀控”位时,先通气后开电源,则气体流量软启动经过约20秒钟达到原设定值的±5%以内。一般应先关闭,不通气,通电预热15分钟以后再正式工作。
- b. 阀门处于“关闭”位,在开电源预热并通气后,再将阀门关至“阀控”位,则流量经过几秒钟后达到设定流量的±2%以内。这是推荐操作方法。
- c. 阀门处于“清洗”位,在开电源、通气后,则管路流量达到最大值,起到吹洗管路的作用。

- d. 阀门处于“阀控”位,并且设定不为零时,如果先开电源,后通气,则流量将会有一个大过冲,然后迅速稳定至设定值。这种操作方法应当避免。

e. 先开电源,将阀门关至“关闭”位,将设定值调到零,再通气,待预热至零点稳定后,再转“阀控”位,然后将设定流量调至需要值,则实际流量跟踪设定值而改变,无过冲。这是最佳操作方法。

5.2 清洗功能

欲用气体吹洗管路,可将阀门关至“清洗”位,清洗时的流量可达该控制器额定流量程流量的几倍至几十倍。如果不通气,则根据需要将真空以排除MFC内部及其上游残存气体。然后将阀门关闭,再通气,并转到“阀控”位工作。

5.3 外设和与计算机D/A转换器连接

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送入 $0\sim+5.00V$ 外设电压。若用户外接电位器设定,可以用一个 $3.3K$ 左右的多圈电位器,将两端连接到外控信号插座“ $+5.00V$ ”和“ 0 电平”(信号地)上即可。也可直接与计算机的数模转换器连接,实现自动控制。注意,流量设定的输入阻抗大于 $10K\Omega$ 。

5.4 流量检测和与计算机A/D转换器的连接。
若用户要检测流量输出信号($0\sim+5V$)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,流量检测输出电流不大于 $3mA$ 。

5.5 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”线控制阀门,参照图1和图8、图10,当阀控线接 $+15V$ 时,阀门关闭;当阀控线接 $-15V$ 时,阀门开到最大,处于清洗状态;当阀控线悬空时,阀门处于自动控制状态。也可以用国际标准的OFF线(见图9,图10)来控制阀门关闭,OFF线可以直接受计算机输出的开关量控制,当其为低电平时阀关闭。

5.6 关机 断电源后,流量自动截止,最好先关气,后断电源。

6. 注意事项

6.1 使用气体必须净化,切忌粉尘、液体和油污。必要时,须在气路中加装过滤器等。

6.2 使用腐蚀性气体和有机溶剂气氛问题
控制器通道采用的材料为: $00Cr_1Ni_{14}Mo_2$ (相当于316L不锈钢),聚四氟乙烯,氟橡胶等耐腐蚀材料。在用户系统无水汽、低泄漏、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。使用氨气、有机溶剂蒸汽(如丙酮等)或其它强腐蚀性气体(如 BCl_3 、 BF_3 等)的用户,应在定货时声明。阀口的密封材料通常为氟橡胶或耐氟橡胶,对于11、11A、12、12A型MFC,也可以选用聚四氟乙烯;当选用四氯乙烯时,阀口容易出现漏气,阀口密封的漏气率小于量程流量的2%;对于使用特殊腐蚀性气体,所有密封材料都要作相应改变。

6.3 D07-15/ZM型质量流量控制器,采用贴片元件,具有较小的体积,国际标准的机电接头,可直接替换FC-260等国外同类MFC。该型号产品流量稳定性特别好,可用于半导体工艺设备和色谱分析仪等要求较高的场合。但由于该型号采用了橡胶隔膜,不宜用于强腐蚀性气氛。

6.4 在操作阀门进行“清洗”后,不得直接转至“阀控”位工作,必须先先将阀门置至“关闭”位,然后再转至“阀控”位工作。

6.5 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。

6.6 注意工作压力
要特别注意工作介质的气压,应注意使控制器进出口两端的工作气压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时,要注意适当加粗管道和减小气源内阻,若工作压力小于要求值,有可能流量达不到量程程值。

6.7 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: SCCM(标准毫升/分);

SLM(标准升/分)。

标准状态规定为:

温度-0℃;

气压-101325Pa(760mm Hg)。

用户使用其它气体时,可以通过附录 8.1 的转换系数进行换算,将质量流量控制器显示出的

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。

例如:一个出厂标定为100 SCCM 的 MFC,通甲烷气体时显示的流量为86 SCCM,从附录

8.1 查得甲烷的转换系数为0.719,则甲烷的实际流量为 86×0.719 即61.8 SCCM。

如果用户使用混合气体,可以通过附录 8.2 介绍的方法,计算出混合气体的转换系数。

6.8 用户订货须注明:名称、型号、规格(标的气体)、使用气体、接头形式和数量。例如:

质量流量控制器 D07-11/ZM型 500SCCM(N₂)-用于H₂-VCR-5台

若不注明标的气体,则表明用氮气标定。

接头形式分三种:1—公制双卡套;2—英制Swagelok;3—VCR(参见表3:接头和接管尺寸一览表)

表)。若订货未注明,则按如下形式出厂:

D07-9C/ZM型

Φ10 双卡套;

其余各型号——Φ6 双卡套

7. 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	故障可能原因	处理方法
1	开机后,无气 流流过	1.1 气源未开,气路不通	接通气源,开通气路
		1.2 阀控开关关闭	将阀开关置于“阀控”位或“清洗”位
		1.3 无设定信号	检查设定电位器和“内外”设定开关的状态等
		1.4 过滤器堵塞	*更换过滤器
		1.5 调节阀故障	检查阀线包是否断,*清洗调节阀
		1.6 电路故障	*维修电路
		2	开机不通气的 情况下,流量 检测不正常
2.2 电源故障	*检查±15V电源等		
2.3 传感器故障	*更换传感器		
2.4 运算放大器或其它电路故障	*更换运放,维修电路		

续表4. 故障判断和处理一览表

序号	故障现象	故障可能原因	处理方法
3	在阀门关闭的情况下,仍有较大的流量流过	3.1 入口气压过高,进出口之间的气压差超过额定值	适当降低输入气压,减小气压差
		3.2 阀门污染	*清洗阀门,更换密封件
		3.3 调节阀故障	*重新调整调节阀
4	流量显示不能达到满量程值	4.1 气压低于额定值	提高入口气压
		4.2 通道堵塞	*清洗MFC通道
		4.3 设定电压低于5.00V	*检查设定电压
		4.4 其它电路故障	*维修电路
5	气流控制不稳定,有较大的波动	5.1 气源压强太低或不稳	提高气源气压,稳定气源压强
		5.2 气源内阻过大	降低气源内阻(大流量时要注意开大阀门,加粗管道,以至并联气瓶,提高气源供气能力)
		5.3 电路或调节阀故障	*维修调整
6	使用高频源时流量控制器受干扰	6.1 供电系统的地线和零线连接或机壳接地有问题	检查接地系统,注意一点接地
		6.2 信号参考端连接问题	检查信号连接线
		6.3 空间干扰	适当屏蔽,远离干扰源,选用屏蔽线
7	实际流量与显示流量不一致	7.1 显示器量程或单位与控制器不匹配	*重调显示器
		7.2 控制器通道被污染,引起流量精度发生偏差	*对控制器进行清洗标定
		7.3 流量计零点有较大漂移,不稳定	*更换传感器,维修电路
		8.1 调节阀漏气	*维修调节阀
8	设定为零时仍有流量流过	8.2 流量计零点偏负	将流量计零点调为零或偏正
		9.1 传感器堵塞	*维修更换传感器 气源有粉尘,应在通道前加装过滤器。若使用硅烷等特殊气体,应注意管路的密封性和气源干燥
9	通道有很大气流流过,而输出无流量显示	9.2 电路故障	*维修电路
		10.1 传感器故障	*更换传感器
10	不通气时,发现零点不稳,或零点长时间慢慢漂移		

[注意]: 标*号的处理项目,应由专业维修人员修理,或送回本厂修理。

8. 附录
8.1 气体质量流量转换系数表

气体	比热(卡/克°C)	密度(克/升0°C)	转换系数
空气	0.24	1.293	1.006
氩气	0.125	1.7837	1.415
砷烷	0.1168	3.478	0.673
三溴化硼	0.0647	11.18	0.378
三氯化硼	0.1217	5.227	0.43
三氟化硼	0.1779	3.025	0.508
硼烷	0.502	1.235	0.441
四氯化碳	0.1297	6.86	0.307
四氟化碳	0.1659	3.9636	0.428
甲烷	0.5318	0.715	0.719
乙炔	0.4049	1.162	0.581
乙烯	0.3658	1.251	0.598
乙烷	0.4241	1.342	0.481
丙炔	0.3633	1.787	0.421
丙烯	0.3659	1.877	0.398
丙烷	0.399	1.967	0.348
丁炔	0.3515	2.413	0.322
丁烯	0.3723	2.503	0.294
丁烷	0.413	2.593	0.255
戊烷	0.3916	3.219	0.217
甲醇	0.3277	1.43	0.584
乙醇	0.3398	2.055	0.392
三氯乙烷	0.1654	5.95	0.278
一氧化碳	0.2488	1.25	1.00
二氧化碳	0.2017	1.964	0.737
氮气	0.2608	2.322	0.452
氯气	0.1145	3.163	0.858
氙气	1.7325	0.1798	0.998
氟气	0.197	1.695	0.931
四氯化锗	0.1072	9.565	0.267

气体质量流量转换系数表(续表)

气	体	比热(卡/克·C)	密度(克/升·0°C)	转换系数
锗烷	GeH ₄	0.1405	3.418	0.569
氢气	H ₂	3.4224	0.0899	1.01
溴化氢	HBr	0.0861	3.61	1.00
氯化氢	HCl	0.1911	1.627	1.00
氟化氢	HF	0.3482	0.893	1.00
碘化氢	HI	0.0545	5.707	0.999
硫化氢	H ₂ S	0.2278	1.52	0.844
氦气	He	1.2418	0.1786	1.415
氩气	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	0.976
二氧化氮	NO ₂	0.1923	2.052	0.741
一氧化二氮	N ₂ O	0.2098	1.964	0.709
氧气	O ₂	0.2196	1.427	0.992
三氯化磷	PCl ₃	0.1247	6.127	0.358
磷烷	PH ₃	0.261	1.517	0.691
五氟化磷	PF ₅	0.1611	5.62	0.302
三氟氧磷	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	0.599
二氟氢硅	SiH ₂ Cl ₂	0.1472	4.506	0.412
三氟氢硅	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	0.687
四氯化钛	TiCl ₄	0.1572	8.465	0.206
六氟化钨	WF ₆	0.0956	13.29	0.215
氙气	Xe	0.0379	5.858	1.415

8.2 气体质量流量转换器使用说明

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显示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中查得；如是多组份气体（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： $C = 0.3106 N / \rho (Cp)$

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：

$$C = \frac{0.3106 [N_1(\omega_1/\omega_T) + N_2(\omega_2/\omega_T) + \dots + N_n(\omega_n/\omega_T)]}{\rho_1 Cp_1(\omega_1/\omega_T) + \rho_2 Cp_2(\omega_2/\omega_T) + \dots + \rho_n Cp_n(\omega_n/\omega_T)}$$

其中：ω₁...ω_n为相应气体的流量

ω_T为混合气体的流量

ρ₁...ρ_n为相应气体的密度（数值见产品技术说明书）

C_{p1}...C_{pn}为相应气体的定压比热（数值见产品技术说明书）

N₁...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 ₂ H ₆	0.88

说明：1) 标准状态为：压力760 mm Hg (101325Pa)，温度0℃。

2) 我厂气体质量流量转换系数表中未列出的气体，有关参数请向我们索取。