

用户第一

信誉至上



地址：浙江省苍南县工业园区花莲路198号 邮编：325800
销售热线：0577-68856655
售后服务：400-926-9922
本公司保留对说明书的修改权利

**FCM 型
体积修正仪
使用说明书**



目 录

1. 概述	1
2. 主要特点	1
3. 工作原理	2
4. 主要技术参数与功能	3
5. 安装与使用方法	4
6. 使用注意事项	10
7. 包装、运输、贮存	10
8. 开箱及检查	11
9. 订货须知	11
附录一 天然气真实相对密度Gr的确定	12
附录二 天然气物理性质表	13
附录三 几种常用气体的压缩系数	16

1、概 述

FCM型体积修正仪是为气体涡轮、腰轮（罗茨）、旋进、涡街、工业皮膜表等带脉冲信号输出的气体流量计配套智能化二次仪表，采用高精度数字温度传感器和数字压力传感器，带就地压力和温度检测显示，同时能根据检测的介质温度值和压力值，将流量计的工况体积流量和总量转化为标准状态下的体积流量和总量，并具备多种信号输出接口，可方便与其它二次仪表或计算机系统联网组成网络管理系统，是城市燃气、石油、化工、冶金等行业气体流量计的理想配套仪表。

本产品执行Q/TX 18《FCM型体积修正仪》企业标准。本产品采用本安型设计，经国家级仪器仪表防爆安全监督检验站（NEPSI）检验认可，符合国家标准GB 3836.1、GB 3836.4的有关规定。

2、主要特点

- 采用高精度数字温度传感器和数字压力传感器，自动检测介质的温度和压力值，并进行温度、压力和压缩因子修正，将工况体积流量和总量转化为标准状态下的体积流量和总量。
- 配套的数字温度传感器和数字压力传感器均为独立配件，检测精度与修正仪无关，可单独校准与检定，并以I²C接口方式与修正仪进行数据通信，周检、更换，维护方便。
- 数字压力传感器自带温度校正功能，压力检测精度高，长期稳定性好，温漂小。
- 采用先进的低功耗高新技术，功耗低，能凭内电池长期供电运行。
- 按流量频率信号，可将仪表系数分八段自动进行线性修正，可根据用户需要提高仪表的计量精度。
- 采用大屏幕段式LCD显示，同时显示标况和工况的流量和总量、温度、压力等，通过切换还可显示工况总量，清晰直观，读数方便。
- 可配置两线制4mA~20mA标准电流信号输出，方便与DCS等系统或二次仪表联接。
- 采用大容量EEPROM数据存贮技术，具备完善的运行历史数据和参数修改等事件的记录与查询功能，方便用户使用。
- 多种物理量参数报警输出可由用户任选其中之一。
- 采用RS485接口与上位机联网，与数据采集器配套，可组成GPRS数据远传管理系统，自动化程度高，便于用户集中管理。
- 内嵌脉冲群抑制、防雷等保护电路，所有外输接口均与内部CPU系统实现全电气隔离设计，抗干扰强，可靠性好。
- 具备防盗气监控功能，当有相关防盗气行为发生时，能够检测、记录并报警。

3、工作原理

3.1 原理框图

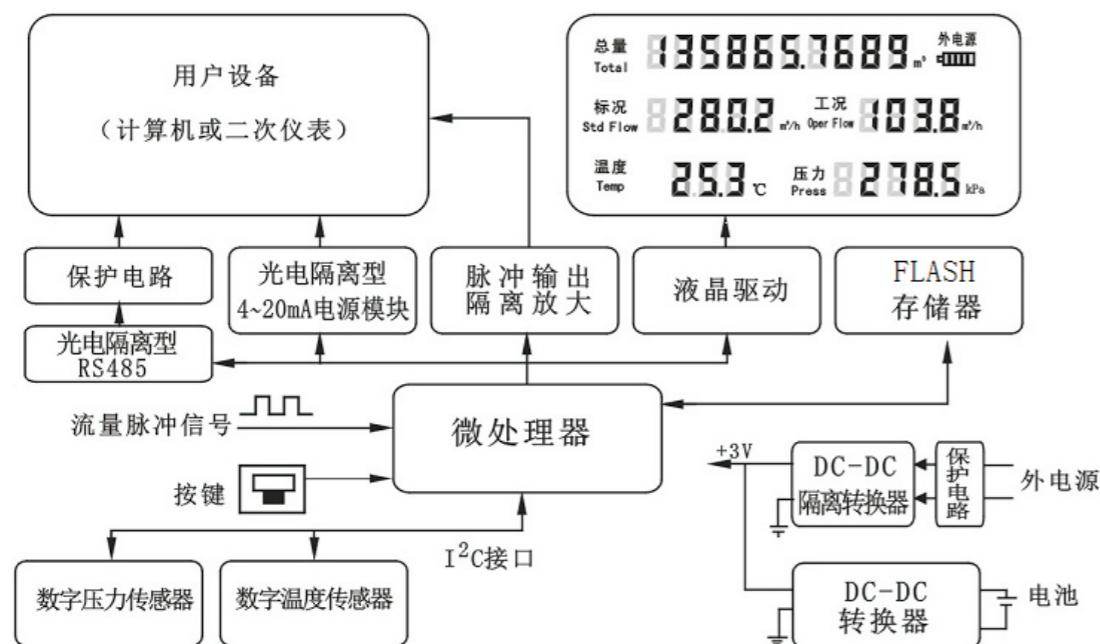


图1 修正仪工作原理框图

3.2 工作原理

3.2.1 修正仪中的微处理器按照气态方程进行体积换算，并自动进行压缩因子修正，气态方程如下：

$$Q_n = \frac{Z_n}{Z_g} \cdot \frac{P_g}{P_n} \cdot \frac{T_n}{T_g} \cdot Q_g$$

式中： Q_n — 标况下的体积流量 (m³/h)

Z_n — 标况下的气体压缩系数

Z_g — 工况下的气体压缩系数；

P_g — 工况下的绝对压力 (kPa)；

P_n — 标况下的绝对压力值(kPa)；

T_n — 标况下的绝对温度(293.15K)；

T_g — 介质工况下的绝对温度 (273.15+ t)K, t 为被测介质摄氏温度(°C)；

Q_g — 未经修正的体积流量 (m³/h)；

3.2.2 修正仪对压缩因子的修正仅采用天然气的压缩因子模型，可按AGA NX-19、SGERG-88方程或固定值进行计算（具体见GB/T17747.3）。

4、主要技术参数与功能

4.1 准确度等级：0.5级；

4.2 综合示值误差：≤±0.5%；

其中温度示值误差：≤±0.5℃，压力示值误差：≤±0.2%（≥20%P_{max}，-15℃~+65℃内）。

4.3 最大工作压力P_{max}（传感器量程上限）：0.2；0.5；1.0；2.0；5.0；10.0（MPa，绝压）。

4.4 使用条件

- a. 环境温度：-25℃~+55℃；
- b. 相对湿度：5%~95%；
- c. 大气压力：70kPa~106kPa；
- d. 温度传感器测量范围：-40℃~+100℃；
- e. 压力传感器工作温度：-30℃~+80℃，其中温度校正范围-15℃~+65℃；
- f. 压力传感器过载：≤1.5P_{max}(5.0MPa及以下规格)；≤1.1P_{max}(10.0MPa规格)。

4.5 工作电源及功耗

a. 外电源：24（1±15%）V d.c.，纹波≤±1%，适用于4mA~20mA输出、脉冲输出、RS485等，功耗≤2.5W；

5（1±10%）Vd.c.，纹波≤±1%，仅适用于RS485，功耗≤0.5W。

b. 内电源：1组3.6V锂电池，平均功耗≤1mW，正常情况下可连续使用五年以上。

4.6 输入信号

a. 脉冲信号：高频信号（0~5kHz，V_{pp}=3V）或低频信号（单位脉冲为0.1m³/1m³/10m³，V_{pp}=3V）；

b. 温度信号和压力信号：I²C 数字通信接口。

4.7 脉冲输出方式(由设定选择以下之一)：

a. 工况脉冲信号，直接将流量传感器检测的工况脉冲信号经光耦隔离放大输出，高电平≥20V，低电平≤1V（24Vd.c.供电时）。

b. 与标准体积流量成正比的频率信号，经光耦隔离放大输出，高电平幅度≥20V，低电平幅度≤1V。满量程（同20mA对应标准体积流量）对应频率1000Hz。

c. 定标脉冲信号，与IC卡阀门控制器配套，高电平幅度≥2.8V，低电平幅度≤0.2V，单位脉冲代表体积量可设定范围：0.1m³/1m³/10m³。但选择该值时必须注意：定标脉冲信号频率应≤1Hz。

4.8 RS485通信

采用光电隔离RS485通信模块，可直接与上位机或二次仪表联网，远传显示介质的温度、压力和经温度、压力修正后的标准体积流量和总量；波特率：9600bps；符合MODBUS协议。

4.9 4mA~20mA标准电流信号：

采用光电隔离标准电流模块，可选择对应输出的量有工况体积流量、标况体积流量，4mA对应值为0；20mA对应值可设置；制式：两线制；最大误差：±0.25%FS。

4.10 控制信号输出

a. 上、下限报警信号（UP、LP）：

光电隔离集电极（OC）输出，正常状态OC门截止，报警状态OC门导通，最大负载电流50mA，工作电压+12Vd.c.~+24Vd.c.。

b. 关阀报警（BC）和电池欠压报警（BL）输出（IC卡控制器用）：

逻辑门电路输出，正常输出低电平，幅度≤0.2V；报警输出高电平，幅度≥2.8V，负载电阻≥100kΩ。

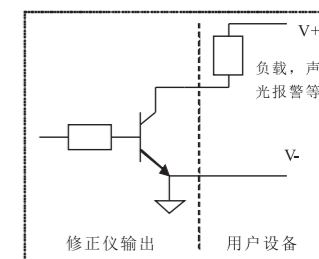


图2 报警信号输出接线图

4.11 运行历史数据记录功能:

1440条间隔记录、4320条小时记录、1000条启停记录和600条日记录,记录内容包括日期时间、温度、压力、标况体积流量、工况体积流量、标况总量和工况总量记录。

4.12 事件记录功能

a. 参数修改事件: 当与计量精度有关的参数改动时,记录改动的前后数值及改动时刻。参数修改记录为600条。

b. 故障及报警事件: 出现磁干扰事件记录、温度传感器故障记录、压力传感器故障记录、上限报警记录、下限报警记录、开盖记录、电源电池故障类记录、传感器信号剪断记录记录时,记录当前报警时刻的数据,同一种报警起始记录一次,报警结束记录一次;上限报警记录有温度上限报警记录、压力上限报警记录、工况流量上限报警记录三种,下限报警记录有温度下限报警记录、压力下限报警记录两种。每组记录200条。

4.13 防爆等级: Ex ia IIC T4 Ga;

4.14 防护等级: IP65。

5、 安装与使用方法

5.1 外型尺寸

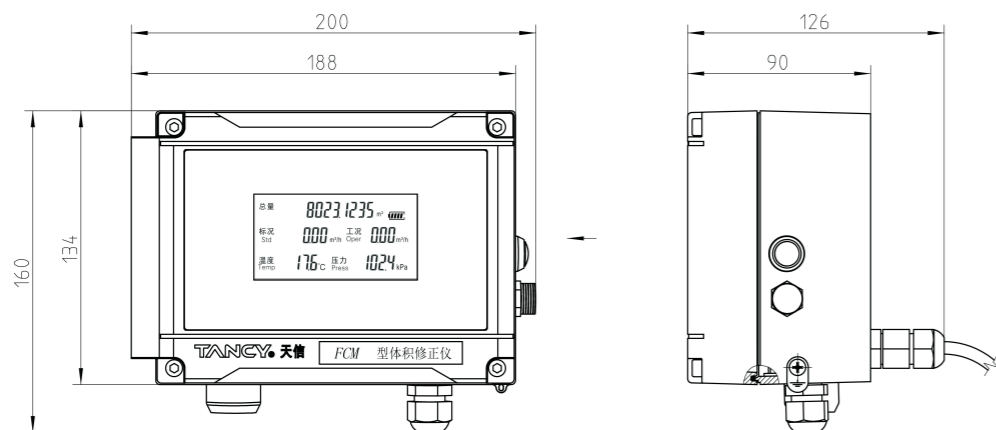


图3 修正仪外形尺寸图

5.2 安装

5.2.1 安装现场应不存在对铝合金有腐蚀作用的有害气体。

5.2.2 修正仪外壳设有接地端子,用户在安装、使用时须可靠接地。

5.2.3 修正仪在室外使用时,建议安装防水罩。

5.3 修正仪工作状态下显示方法



图4 修正仪工作状态显示图

5.3.1 标况体积总量最小可保留小数后4位,小数点自动进位,十位溢出后自动清零。

5.3.2 标况体积流量最小保留小数后2位,最大值为99999m³/h,当超出时,示值出现闪烁,此时实际值为示值的10倍。

5.3.3 温度示值范围为-30.0℃~+150.0℃。

5.3.4 压力示值最小可保留一位小数,最大值为99999KPa,即99.999MPa。

5.3.5 当电池断电重新上电时,在“工况”后闪烁显示“P-on”,提示电池断过电。消除此显示方法请咨询当地销售代表或我公司售后服务部门。

5.3.6 当受到人为外加磁干扰时,流量显示值为仪表最大流量值。

5.3.7 当压力传感器损坏时,“压力”闪烁提示,压力值显示为前一天平均值,并参与体积换算;

当温度传感器损坏时,“温度”闪烁提示,温度值显示为前一天平均值,并参与体积换算。

5.3.8 当外接外电源时,“外电源”符号长显;当外接4-20mA电源时,“外电源”符号闪烁显示;

当未外接外电源和4-20mA电源时,“外电源”符号不显示。

5.3.9 按外部复位按键可以循环切换显示屏,显示工况体积总量、仪表系数(K值)、通信地址及协议、修正仪编号、日期时间等,1min内无按键动作,则自动返回到正常工作状态,按键切换具体显示如下:

5.3.9.1 按复位键一下,上行为工况总量,中行合起来为仪表系数,下行左边为通信地址,右边为当前实时数据通信方式(见表1次序7)。



图5 切换显示第1屏

5.3.9.2 按复位键二下,上行为修正仪出厂编号,中行和下行为日期时间(年、月、日、时、分)。

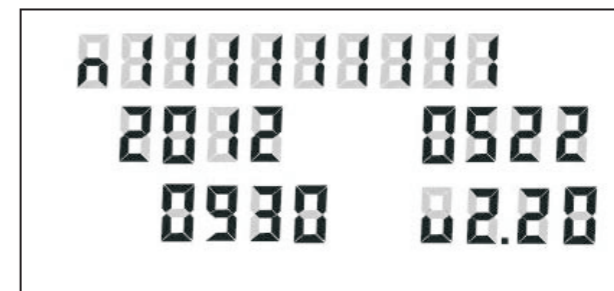


图6 切换显示第2屏

5.3.9.3 按复位键三下,返回到正常工作状态显示,再按,循环。

5.4 用户参数的设定

5.4.1 各参数的代号、定义及操作次序见表1、表2,用户不得随意更改。

用户参数1设定表

表1

次序	操作	显示内容	定义	备注
1	先按 INC 键， 然后按 SET 键进入	P A S S _ X X X X	用户参数 1 密码 *	*输入正确后按 SET 键进入 2； 不正确 2 分钟后退出设定状态
2	第 2 次按 SET 键	<pre> LF_____X X X X X X Z_G └──────────┘ C1_X J1_X └──────────┘ </pre>	下限截止频率 压缩因子修正 方法* 通信地址 防剪断使能选项 磁干扰使能选项	不可修改 *Z_G 时 Zg/Zn 固定值修正（仅在用户参 数 2 中可修改）， 按 SET 键直接进入 4； Z_19 时压缩因子用 NX-19 计算， Z_88 时压缩因子用 SGERG-88 计算， 按 SET 键直接进入 3
3	第 3 次按 SET 键	dn X.X X X X N2 X X.X Co2 X X.X	相对密度 N 氮气摩尔百分含量 Mn 二氧化碳摩尔百分含量 Mc	当选择 Z_19 时显示此状态 N=0.55~0.75 Mn<15.0% Mc<15.0%
		dn X.X X X X XX.XX X X.X CO2 X X.X	相对密度 N 氮气摩尔百分含量 Mn 高位发热量 Hs 二氧化碳摩尔百分含量 Mc	当选择 Z_88 时显示此状态 N=0.55~0.75 Mn<10.0% Hs: 27.95~41.93 Mc<15.0%
4	第 4 次按 SET 键	X X X X _ X X _ X X X X _ X X rF_ X on- X PE- X	北京时间年月日设定 时分设定 射频干扰检测选项 温度压力取样周期（秒）* 断电再上电标志 **	*温度压力取样周期 **on-n: 上电标志不显示 on-y: 上电标志显示
5	第 5 次按 SET 键	<pre> 20 X _ X X X X X X X X X X X X X X X └──────────┘ X X X X PA-y └──────────┘ </pre>	20mA 或 1000HZ 对应流量设置* 报警物理量下限值 报警物理量上限值 对应物理量是否在流量计报警输出 报警物理量 **	*20A _ X X X X X X: 20mA 或 1000HZ 对应标况流量； 20b _ X X X X X X: 20mA 或 1000HZ 对应工况流量； **FLo.o 工况流量报警 (m³/h)； FLo.S 标准流量报警 (m³/h)； Pr-ES 压力报警 (kPa)； tEnp 温度报警 (°C)； 以上物理量只能选择一个报警输出
6	第 6 次按 SET 键	PuL_ nod _ _ X VoI. X X. X X Cur X X X X X	脉冲输出方式 * 单位定标脉冲对应标准体积量 (m³) 两线制电流输出满度调整 9000~10999 **	*0: 未经修正的工况脉冲输出； 1: 定标脉冲输出； 2: 与标况体积流量成正比的 频率信号输出； 3: 经线性修正后的工况脉冲输出； 无外电源时输出方式为 1； 有外电源时输出方式按设定输出； **对应满量程电流调整倍数 0.9~1.0999。
7	第 7 次按 SET 键	<pre> rECod _ _ _ X rt_ X X BC_ X └──────────┘ PASS X X X X </pre>	当前实时数据通信方式* BC 端子输出电平是否与泰科配套** 间隔时间设定 用户参数 1 密码修改	*1: V1.2 版通信方式； 2: V1.3 版通信方式； 3: Modbus 通信协议通信方式：总量为双 精度浮点数格式，其它参数为单精度 浮点数格式； 4: Modbus 通信协议通信方式：数据格 式为单精度浮点数格式； 5: Modbus 通信协议通信方式：数据格 式为 BCD 码； **通信方式为 3 时才 BC_ X 显示，BC_0 为不与泰科配套，BC_1 为与泰科配套
8	第 8 次按 SET 键	同第 2 次内容		
9	按 RST 键	S P A S S _ X X X X	设置参数确认，输入确认码 1111	确认码错误 2 分钟后退出，放弃 输入的参数，读出原储存参数。
10	按 SET 键或 RST 键	E E P r o _ s u C C	存贮所有设置参数	结束后进入正常计量状态

用户参数2设定表(下列参数只在检定时方可进入修改)

表2

次序	操作	显示内容	定义	备注
1	第 1 次按 SET 键	X X X X X X X X D_P P A S S _ X X X X	用户参数 2 修改密码 动态密码提示符用户参数 2 查看密 码*	当动态密码由厂家使能时，需申请并输 入正确的动态密码再按 SET 键进入修改 参数；动态密码申请后仅允许当日内使 用 2 次，超过 2 次或隔日无效； 从查看密码按 SHT 键进入动态密码输入 当动态密码由厂家设为不使能时，可直 接输入正确的查看密码进入参数修改； 设置状态下 2 分钟后退出设定状态。 输入动态密码前需在用户参数一中确 认日期、时间的准确。
2	第 2 次按 SET 键	总量 X X X X X X X X X X m³ Z_G ZGZN X X X X	标况体积总量基数 压缩因子修正方法* Zg/Zn 数值（放大 1000 倍）**	*Z_G 时为压缩因子固定值修正； Z_19 时压缩因子用 NX-19 计算； Z_88 时压缩因子用 SGERG-88 计算。 ** Zg/Zn 数值在 Z_19 和 Z_88 时不显 示。
3	第 3 次按 SET 键	Total X X X X X X X X X X m³ HF_y	工况体积总量基数 输入方式设定*	*y 为高频输入方式；n 为低频输入方式
4	第 4 次按 SET 键	P r o d u G d n X X X X	产品型号设定* 仪表口径设定	*按 INC 键由 tbq、roots、G 循环
5	第 5 次按 SET 键	F_ X X X X X X X X y	仪表系数设定 是否分段修正*	*y 为分段修正，n 为不分段修正。若设 y 再按 SET 键进入 6；若为 n 则进入 14。 *若输入方式设为低频时，进入 14。
6	第 6-13 次按 SET 键	l_____X X X X X ±X X. X % C(n)	修正点序号与流量点 修正点误差 是否为最后一个修正点*	*C—表示后面还有修正点； n—此修正点为最后修正点，再按 SET 键进入 14 密码修改。
14	第 14 次按 SET 键	P A S S _ X X X X	用户参数 2 密码修改	
15	第 15 次按 SET 键	同第 2 次内容		
16	按 RST 键	S P A S S _ X X X X	设置参数确认，输入确认码 1111	确认码错误 2 分钟后退出，放弃输 入的参数，读出原储存参数。
17	按 SET 键或 RST 键	E E P r o _ s u C C	存贮所有设置参数	结束后进入正常计量状态

注意事项：(1)参数设置时，只有在最后屏幕出现EEPro_suCC后进入正常计量状态才正确存入，否则设置无效。
(2)设置时掉电将不能保存设置值。

5.4.2 设定方法：

按表1、表2操作，依次按设置(SET)键选择欲设定的参数，然后按(SHT)移位键，选择欲修改的字位，该位即不停闪烁，再按INC键使该位为预定值，待全部参数设定完毕后，再按复位(RST)键，输入确认码1111，再按SET键或RST键即退出设定状态，进入正常工作状态。

5.5 体积修正仪内部接线方式

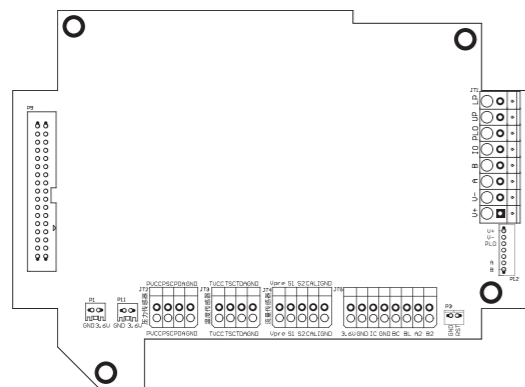


图7 接线接口和按键排列图

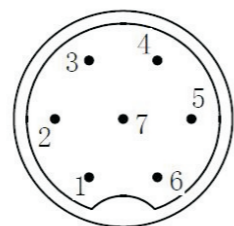


图8 航空插座端子

警告！接线操作前，应先断开24V外电源，绝不允许带电操作！

5.5.1 外输端子标记、功能和套管（或芯线）颜色如下：

a. 航空插座端子说明：

- 1—B — RS485通讯线B，黄色；
- 2—A — RS485通讯线A，白色；
- 3—V- — 外电源负极，黑色；
- 4—V+ — 外电源正极（+24V或+5V），红色；
- 5—PLo — 脉冲输出，蓝色；
- 6—空
- 7—空

b. 其它端子

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| LP — 下限报警输出（OC输出）； | UP — 上限报警输出（OC输出）； |
| BC — 关阀信号输出； | BL — 电池欠压报警输出； |
| GND — 修正仪内部电路地（电池负极）； | IC — 定标脉冲输出（至IC卡控制器） |
| Io — 4mA~20mA输出。 | |

5.5.2 内部传感器接线（引线均已接好，请勿随意更动）

a. 压力和温度传感器：

- | | |
|----------------------|----------------------|
| TVCC — 温度传感器电源正端，红色； | PVCC — 压力传感器电源正端，红色； |
| GND — 传感器电源负端，黑色； | |
| TSC — 温度传感器时钟线，蓝色； | PSC — 压力传感器时钟线，蓝色； |
| TDA — 温度传感器数据线，黄色； | PDA — 压力传感器数据线，黄色； |

b. 高、低频信号模块：

- S1 — 流量信号线，蓝色；
- S2 — 干扰信号线，白色；
- Vpre — 电源线，红色；
- GND — 内部地，黑色；
- CALI — 正反转判断，黄色（仅高频信号模块）；

c. RS485通信：

- A2、B2 — 备用扩展

5.6 系统接线图

5.6.1 脉冲信号输出（工况脉冲信号、与标准体积流量成正比的频率信号）

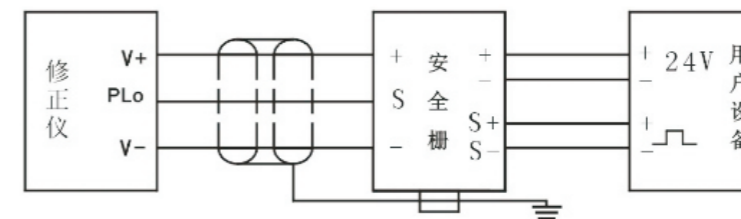


图9 脉冲输出（可选安全栅GS8052）

5.6.2 定标脉冲信号（与IC卡控制器连接）

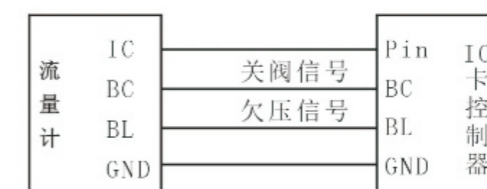


图10 定标脉冲输出

5.6.3 RS485通讯方式

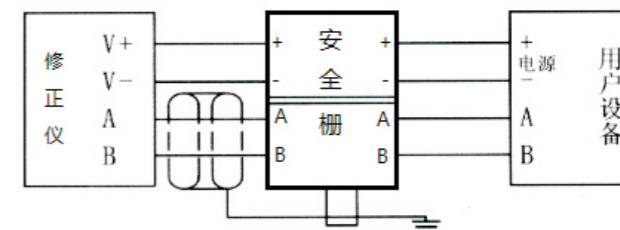


图11 RS485通信（可选安全栅GS8093）

5.6.4 二线制4mA~20mA输出

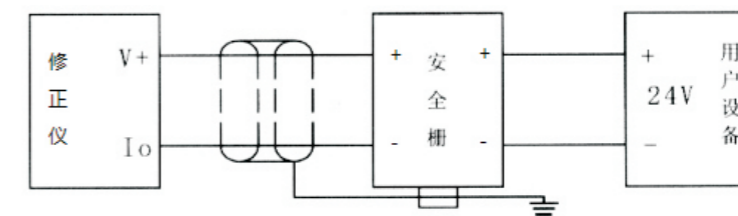


图12 二线制电流输出（可选安全栅GS8047）

5.6.5 报警输出（OC输出）连接方式

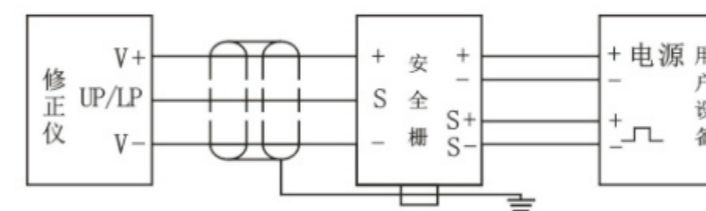


图13 报警（OC）输出（安全栅可选GS8051~GS8054）

5.7 两线制4mA~20mA 电流输出使用说明

4mA~20mA电流输出电路电压与回路最大电阻关系：

$$R_L(\max) = (V_S - 13)V / 20\text{mA}$$

若 $V_S = 24V$, 则 $R_L(\max) = (24 - 13)V / 20\text{mA} = 550\Omega$

电源电压与回路电阻关系示于图14。

回路电阻应在工作区内选择。

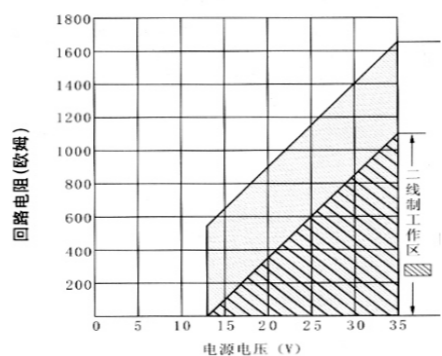


图14 电源电压与回路电阻关系图

5.8 内电源的使用

一组3.6V锂电池组一般可使用五年以上。

当电池容量提示为“”时表示电池容量满，当提示为“”时，表示应更换电池，此时仍约有一个月的工作时间，当提示为“”时，表示电池已耗尽，应立即更换电池。更换时，打开铅封和前盖，拧下固定的两个螺钉，将旧电池组件取出，置入新电池组件（注意电池极性！），然后以“先卸后装”的原则，将前盖盖上，打上铅封。

警告：当现场有爆炸性气体时，不得开盖！

6、使用注意事项

- 6.1 应根据实际工作的压力正确选择上限压力，要求修正仪工作压力范围为 $20\%P_{\max} \sim P_{\max}$ 。上限压力过大将影响测量精度，过小将损坏压力传感器。
- 6.2 修正仪运行时不允许打开后盖，或更动内部有关参数，否则将影响其正常运行。
- 6.3 修正仪若输出信号为4mA~20mA电流信号时，为提高其精确度，用户使用时应根据实际的最大流量值设定20mA对应之数值（见表1）。
- 6.4 修正仪现场安装使用时，必须与经防爆检验机构认可的安全栅（按使用说明书图示）配接，才能构成本安防爆系统；欲与其他型号安全栅配接，必须取得防爆检验机构的认可。
- 6.5 修正仪与安全栅本安端之间的连接电缆为屏蔽电缆（电缆必须有绝缘护套），芯线截面积 $\geq 0.5\text{mm}^2$ ，电缆布线应尽可能排除电磁干扰的影响并使电缆分布参数控制在 $0.04\mu\text{F}/1\text{mH}$ 以内。
- 6.6 安全栅须装于安全场所，其安装、使用维护必须遵守安全栅使用说明书。
- 6.7 用户不得自行随意更换产品的电气元件。
- 6.8 已放电的电池属于危险废物类别，不得与一般废物一起处置。
- 6.9 修正仪的安装、使用和维护应同时遵守产品使用说明书、GB 3836.13 “爆炸性环境第13部分：爆炸性气体环境用电气设备的检修”、GB 3836.15 “爆炸性环境第15部分：危险场所电气安装（煤矿除外）”及GB 50257 “电气设备安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范”。
- 6.10 修正仪中压缩因子的计算方式及相关组分值采用出厂默认值设置，现场使用时需注意根据实际天然气组分参数值调整。

7、包装、运输、贮存

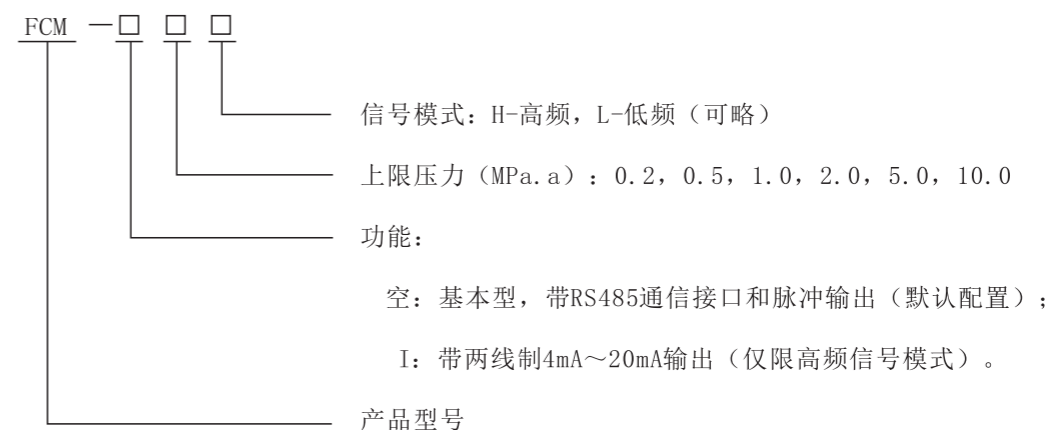
- 7.1 流量计应装在有防碰撞、防震动的衬垫(材料)的包装箱内，不允许在箱内自由窜动；装卸、搬运时应小心轻放。
- 7.2 运输、贮存应符合GB/T25480《仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法》的要求。
- 7.3 贮存环境条件要求
 - a. 防雨防潮；
 - b. 不受机械振动冲击；
 - c. 温度范围 $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ ；
 - d. 相对湿度不大于80%；
 - e. 环境不含腐蚀性气体。

8、开箱及检查

- 8.1 开箱时检查外部包装的完整性，根据装箱单核对箱内物品数量、规格，检查仪表及配件的完整。
- 8.2 随机文件
 - a. 产品合格证
 - b. 检定证书
 - c. 使用说明书
 - d. 装箱单
 - e. 用户跟踪卡

9、订货须知

9.1 用户订购修正仪时应写明所要求防爆模式、输出功能配置和上限压力，请按照下列格式正确填写订货单。



9.2 用户如果需要根据实际天然气组分进行压缩因子修正时，应根据所选择的计算方法提供相应参数，以供修正仪出厂时输入。

- NX-19：
 - a. 真实相对密度($0.550 \leq Gr \leq 0.750$)
 - b. 天然气中二氧化碳的摩尔分数($M_c \leq 15\%$)
 - c. 天然气中的氮气摩尔分数($M_n \leq 15\%$)
- SGERG-88：
 - a. 真实相对密度($0.550 \leq Gr \leq 0.750$)
 - b. 氢气摩尔含量($M_H \leq 10\%$)
 - c. 二氧化碳含量($M_c \leq 20\%$)
 - d. 高位发热量($20 - 48\text{MJ}/\text{m}^3$)

附录一 天然气真实相对密度Gr的确定

天然气真实相对密度定义为相同状态下天然气密度与干空气密度之比，Gr为标准状态下的真实相对密度，其值按下式计算：

$$Gr = \frac{Z_a}{Z_n} \cdot G_i \quad (1)$$

式中：G_i——天然气的理想相对密度，其值按本附录公式（2）计算

Z_a——干空气在标况下的压缩因子，其值为0.99963

Z_n——天然气在标况下的压缩因子，其值按本附录公式（3）计算

$$G_i = \sum_{j=1}^n X_j \cdot G_{ij} \quad (2)$$

式中：X_j——天然气j组分的摩尔分数，由气分析给出

G_{ij}——天然气j组分的理想相对密度，由附录二查取

n——天然气组分总数，由气分析给出

$$Z_n = 1 - \left(\sum_{j=1}^n X_j \sqrt{b_j} \right)^2 \quad (3)$$

式中：√b_j——天然气j组分含量的求和因子，由附录二查取

附录二 天然气物理性质表

附表1 天然气各组分的理想密度、理想相对密度、求和因子和压缩因子表

组 分	理想密度 ρ _{ij}	理想相对密度 G _{ij}	求和因子 √b _j	压缩因子 Z _j
	101.325kPa 293.15K		101.325kPa 293.15K	101.325kPa 293.15K
甲烷	0.6669	0.5539	0.0424	0.9982
乙烷	1.2500	1.0382	0.0900	0.9919
丙烷	1.8332	1.5224	0.1349	0.9818
丁烷	2.4163	2.0067	0.1844	0.9660
2-甲基丙烷	2.4163	2.0067	0.1792	0.9679
戊烷	2.9994	2.4910	0.2293	0.9474
2-甲基丁烷	2.9994	2.4910	0.2045	0.9528
2,2-二甲基丙烷	2.9994	2.4910	0.1992	0.9603
己烷	3.5825	2.9753	0.2877	0.9172
2-甲基戊烷	3.5825	2.9753	0.2740	0.9249
3-甲基戊烷	3.5825	2.9753	0.2748	0.9245
2,2-二甲基己烷	3.5825	2.9753	0.2551	0.9349
2,3-二甲基丁烷	3.5825	2.9753	0.2661	0.9292
庚烷	4.1656	3.4596	0.3538	0.8748
2-甲基己烷	4.1656	3.4596	0.3369	0.8865
3-甲基己烷	4.1656	3.4596	0.3367	0.8866
辛烷	4.7488	3.9439	0.4309	0.8143
2,2,4-三甲基戊烷	4.7488	3.9439	0.3594	0.8708
环己烷	3.4987	2.9057	0.2762	0.9237
甲基环己烷	4.0718	3.3900	0.3323	0.8896
苯	3.2473	2.6969	0.2596	0.9326
甲苯	3.8304	3.1812	0.3298	0.8912
氢气	0.0838	0.0696	—	1.0006
一氧化碳	1.1644	0.9671	0.0200	0.9996
硫化氢	1.4166	1.1765	0.0943	0.9911
氨气	0.1664	0.1382	0.0160	1.0005
氫气	1.6607	1.3792	0.0265	0.9993
氮气	1.1646	0.9672	0.0173	0.9997
二氧化碳	1.8296	1.5195	0.0595	0.9946
水(气态)	0.7489	0.6220	0.1670	0.9720
空气	1.2041	1.0000	—	0.99963

注：空气的标准组成，以摩尔分数表示为：

N₂: 0.7809 O₂: 0.2095 Ar: 0.0093 CO₂: 0.0003

附表2. 按SGERG-88计算的Zn/Zg数值 (真实相对密度Gr=0.581, 二氧化碳的摩尔分数为0.006, 氢气摩尔分数为0, 高位发热量40.66MJ·m⁻³)

绝对压力 (MPa) \ Zn/Zg \ 温度℃	温度℃							
	-10	-5	0	5	10	15	20	25
0.10	1.0009	1.0007	1.0005	1.0004	1.0002	1.0001	0.9999	0.9998
0.20	1.0041	1.0038	1.0034	1.0031	1.0028	1.0025	1.0022	1.0019
0.30	1.0074	1.0069	1.0063	1.0058	1.0053	1.0049	1.0045	1.0041
0.40	1.0107	1.0100	1.0093	1.0086	1.0079	1.0073	1.0068	1.0062
0.50	1.0141	1.0131	1.0122	1.0113	1.0105	1.0098	1.0091	1.0084
1.00	1.0312	1.0292	1.0273	1.0255	1.0238	1.0222	1.0207	1.0194
1.50	1.0492	1.0459	1.0429	1.0401	1.0374	1.0350	1.0327	1.0305
2.00	1.0679	1.0633	1.0591	1.0551	1.0515	1.0480	1.0449	1.0419
2.50	1.0875	1.0814	1.0758	1.0707	1.0659	1.0614	1.0573	1.0535
3.00	1.1079	1.1002	1.0932	1.0867	1.0806	1.0751	1.0700	1.0652
3.50	1.1293	1.1198	1.1111	1.1031	1.0958	1.0891	1.0829	1.0771
4.00	1.1517	1.1401	1.1297	1.1201	1.1113	1.1033	1.0960	1.0892
4.50	1.1750	1.1612	1.1488	1.1375	1.1272	1.1178	1.1092	1.1014
5.00	1.1993	1.1831	1.1685	1.1553	1.1434	1.1326	1.1227	1.1137
5.50	1.2246	1.2056	1.1887	1.1735	1.1599	1.1475	1.1363	1.1261
6.00	1.2507	1.2288	1.2094	1.1921	1.1765	1.1626	1.1499	1.1385
6.50	1.2777	1.2526	1.2305	1.2109	1.1934	1.1777	1.1636	1.1509
7.00	1.3054	1.2769	1.2519	1.2299	1.2104	1.1930	1.1773	1.1633
7.50	1.3335	1.3014	1.2735	1.2490	1.2274	1.2081	1.1910	1.1755
8.00	1.3619	1.3260	1.2951	1.2680	1.2442	1.2232	1.2044	1.1877

绝对压力 (MPa) \ Zn/Zg \ 温度℃	温度℃						
	30	35	40	45	50	55	60
0.10	0.9997	0.9996	0.9994	0.9993	0.9992	0.9992	0.9991
0.20	1.0017	1.0015	1.0012	1.0010	1.0008	1.0007	1.0005
0.30	1.0037	1.0034	1.0030	1.0027	1.0024	1.0022	1.0019
0.40	1.0057	1.0053	1.0048	1.0044	1.0040	1.0037	1.0033
0.50	1.0078	1.0072	1.0066	1.0061	1.0056	1.0052	1.0048
1.00	1.0181	1.0168	1.0157	1.0147	1.0137	1.0127	1.0119
1.50	1.0285	1.0266	1.0249	1.0233	1.0218	1.0203	1.0190
2.00	1.0391	1.0366	1.0342	1.0320	1.0299	1.0280	1.0262
2.50	1.0499	1.0466	1.0435	1.0407	1.0381	1.0356	1.0333
3.00	1.0608	1.0567	1.0530	1.0495	1.0462	1.0433	1.0405
3.50	1.0718	1.0670	1.0624	1.0583	1.0544	1.0509	1.0476
4.00	1.0830	1.0772	1.0720	1.0671	1.0626	1.0585	1.0547
4.50	1.0942	1.0876	1.0815	1.0759	1.0708	1.0661	1.0617
5.00	1.1055	1.0979	1.0910	1.0847	1.0789	1.0736	1.0687
5.50	1.1168	1.1083	1.1006	1.0935	1.0870	1.0810	1.0756
6.00	1.1281	1.1186	1.1100	1.1022	1.0950	1.0884	1.0824
6.50	1.1394	1.1289	1.1194	1.1107	1.1028	1.0956	1.0890
7.00	1.1506	1.1391	1.1287	1.1192	1.1106	1.1027	1.0956
7.50	1.1617	1.1492	1.1378	1.1275	1.1182	1.1097	1.1020
8.00	1.1726	1.1590	1.1468	1.1357	1.1256	1.1165	1.1082

附表3. 按NX-19计算的Zn/Zg数值 (真实相对密度Gr=0.6, 二氧化碳的摩尔分数为0, 氮气摩尔分数为0)

绝对压力 (MPa) \ Zn/Zg \ 温度℃	温度℃									
	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
0.10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.20	1.0034	1.0032	1.0030	1.0029	1.0027	1.0025	1.0024	1.0023	1.0021	1.0020
0.30	1.0069	1.0065	1.0061	1.0058	1.0055	1.0051	1.0048	1.0046	1.0043	1.0041
0.40	1.0104	1.0098	1.0093	1.0087	1.0082	1.0078	1.0073	1.0069	1.0065	1.0061
0.50	1.0140	1.0132	1.0124	1.0117	1.0110	1.0104	1.0098	1.0092	1.0087	1.0082
1.00	1.0325	1.0305	1.0286	1.0269	1.0253	1.0238	1.0223	1.0210	1.0198	1.0186
1.50	1.0518	1.0485	1.0455	1.0426	1.0400	1.0375	1.0352	1.0331	1.0311	1.0293
2.00	1.0722	1.0674	1.0630	1.0589	1.0551	1.0516	1.0484	1.0454	1.0426	1.0400
2.50	1.0936	1.0872	1.0812	1.0758	1.0708	1.0661	1.0619	1.0580	1.0543	1.0510
3.00	1.1162	1.1078	1.1002	1.0933	1.0869	1.0810	1.0757	1.0707	1.0662	1.0620
3.50	1.1400	1.1295	1.1200	1.1113	1.1035	1.0963	1.0897	1.0837	1.0782	1.0732
4.00	1.1651	1.1521	1.1405	1.1300	1.1205	1.1119	1.1041	1.0969	1.0904	1.0844
4.50	1.1915	1.1758	1.1618	1.1493	1.1380	1.1278	1.1186	1.1103	1.1027	1.0957
5.00	1.2194	1.2005	1.1839	1.1691	1.1559	1.1441	1.1334	1.1238	1.1150	1.1071
5.50	1.2486	1.2262	1.2067	1.1895	1.1742	1.1606	1.1484	1.1374	1.1274	1.1185
6.00	1.2793	1.2530	1.2302	1.2104	1.1928	1.1773	1.1634	1.1510	1.1399	1.1298
6.50	1.3113	1.2806	1.2544	1.2316	1.2117	1.1942	1.1786	1.1647	1.1522	1.1411
7.00	1.3444	1.3091	1.2790	1.2532	1.2308	1.2111	1.1937	1.1783	1.1645	1.1522
7.50	1.3785	1.3381	1.3040	1.2750	1.2499	1.2280	1.2088	1.1918	1.1767	1.1632
8.00	1.4131	1.3673	1.3291	1.2967	1.2689	1.2448	1.2237	1.2051	1.1886	1.1740

绝对压力 (MPa) \ Zn/Zg \ 温度℃	温度℃									
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
0.10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.20	1.0019	1.0018	1.0017	1.0016	1.0015	1.0014	1.0013	1.0012	1.0012	1.0011
0.30	1.0038	1.0036	1.0034	1.0032	1.0030	1.0029	1.0027	1.0025	1.0024	1.0023
0.40	1.0058	1.0054	1.0051	1.0048	1.0046	1.0044	1.0043	1.0041	1.0038	1.0034
0.50	1.0077	1.0073	1.0069	1.0065	1.0061	1.0058	1.0055	1.0052	1.0049	1.0046
1.00	1.0176	1.0166	1.0156	1.0147	1.0139	1.0131	1.0124	1.0117	1.0110	1.0104
1.50	1.0275	1.0259	1.0244	1.0230	1.0217	1.0204	1.0193	1.0182	1.0171	1.0162
2.00	1.0376	1.0354	1.0333	1.0313	1.0295	1.0277	1.0261	1.0246	1.0232	1.0218
2.50	1.0478	1.0449	1.0422	1.0396	1.0372	1.0350	1.0329	1.0310	1.0292	1.0274
3.00	1.0581	1.0545	1.0511	1.0480	1.0450	1.0423	1.0397	1.0373	1.0351	1.0330
3.50	1.0685	1.0641	1.0600	1.0563	1.0528	1.0495	1.0464	1.0436	1.0409	1.0384
4.00	1.0789	1.0737	1.0690	1.0646	1.0605	1.0567	1.0531	1.0498	1.0467	1.0438
4.50	1.0894	1.0834	1.0779	1.0728	1.0681	1.0638	1.0597	1.0559	1.0523	1.0490
5.00	1.0998	1.0930	1.0868	1.0811	1.0757	1.0708	1.0662	1.0619	1.0579	1.0542
5.50	1.1103	1.1026	1.0956	1.0892	1.0832	1.0777	1.0726	1.0678	1.0633	1.0592
6.00	1.1207	1.1122	1.1044	1.0972	1.0906	1.0845	1.0788	1.0736	1.0687	1.0641
6.50	1.1310	1.1216	1.1130	1.1051	1.0979	1.0912	1.0850	1.0792	1.0738	1.0689
7.00	1.1411	1.1309	1.1215	1.1129	1.1050	1.0977	1.0910	1.0847	1.0789	1.0735
7.50	1.1511	1.1400	1.1298	1.1205	1.1120	1.1041	1.0968	1.0900	1.0838	1.0780
8.00	1.1609	1.1489	1.1380	1.1279	1.1187	1.1103	1.1024	1.0952	1.0885	1.0823

注: 1. 表中数据仅供参考。

附录三 几种常用气体的压缩系数

附表1 压缩空气压缩系数

压力/MPa 温度/K	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	15	20
200	0.9978	0.9886	0.9767	0.9539	0.9100	0.8701	0.8374	0.8142	0.8061	0.8540
250	0.9992	0.9957	0.9911	0.9822	0.9671	0.9549	0.9463	0.9411	0.9450	0.9713
300	0.9999	0.9987	0.9974	0.9950	0.9917	0.9901	0.9903	0.9930	1.0074	1.0326
350	1.0000	1.0002	1.0004	1.0014	1.0038	1.0075	1.0121	1.0183	1.0377	1.0635
400	1.0002	1.0012	1.0025	1.0046	1.0100	1.0159	1.0229	1.0312	1.0533	1.0795
450	1.0003	1.0016	1.0034	1.0063	1.0133	1.0210	1.0287	1.0374	1.0614	1.0913
500	1.0003	1.0020	1.0034	1.0074	1.0151	1.0234	1.0323	1.0410	1.0650	1.0913

标准状态下空气压缩系数为：0.99963

附表2 氮气压缩系数

压力/MPa 温度/K	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	20
200	0.9978	0.9897	0.9791	0.9592	0.9212	0.8882	0.8621	0.8455	0.9067
250	0.9992	0.9960	0.9924	0.9857	0.9741	0.9655	0.9604	0.9589	1.0048
300	0.9998	0.9990	0.9983	0.9971	0.9964	0.9973	1.0000	1.0052	1.0559
350	1.0001	1.0007	1.0011	1.0029	1.0069	1.0125	1.0189	1.0271	1.0810
400	1.0002	1.0011	1.0024	1.0057	1.0125	1.0199	1.0283	1.0377	1.0926
450	1.0003	1.0018	1.0033	1.0073	1.0153	1.0238	1.0332	1.0430	1.0973
500	1.0004	1.0020	1.0040	1.0081	1.0167	1.0257	1.0350	1.0451	1.0984

标准状态下氮气压缩系数为：0.9997

附表3 氧气压缩系数

压力/MPa 温度/K	0.1	0.5	1	2	4	6	8	10	20
200	0.9970	0.9853	0.9705	0.9399	0.8768	0.8140	0.7534	0.6997	0.6720
250	0.9987	0.9938	0.9870	0.9736	0.9477	0.9237	0.9030	0.8858	0.8563
300	0.9994	0.9968	0.9941	0.9884	0.9771	0.9676	0.9597	0.9542	0.9560
350	0.9998	0.9990	0.9979	0.9961	0.9919	0.9890	0.9870	0.9870	1.0049
400	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0003	1.0011	1.0022	1.0045	1.0305
450	1.0002	1.0007	1.0015	1.0024	1.0048	1.0074	1.0106	1.0152	1.0445
500	1.0002	1.0011	1.0022	1.0038	1.0075	1.0115	1.0161	1.0207	1.0523

标准状态下氧气压缩系数为：0.9993