

BA2XX ETC02 模块编程指南

技术支持:

E-Mail: feichengzhen@wldyq.com

Q Q: 573890741

电 话: 13405231007

1. 缩写解释

CKSUM	检验和
CMD	命令字
NBF	数据帧中剩余字节长度
ETC02	呼末 C02 浓度值
FiC02	吸入 C02 浓度值
RR	呼吸率

2. 通讯设置

BA2xx 系列 ETC02 模块使用标准的三针串口跟主机通讯，分别是 RS232 接口中的 RXD、TXD、GND。串口设置：波特率 19200，数据位 8 比特，1 位停止位，无校验，无硬件或软件流控制。

2.1. 数据帧格式

整个通信协议有两种模式：

- 1) 主机发命令给 C02 模块，C02 模块执行命令后进行应答；
- 2) C02 模块主动上报相关数据。

所有下行命令和上行数据都采取统一的格式：

CMD - NBF - [DB₀ ... DB_n] - CKS

其中：

- CMD：命令字，一个字节，取值范围：80h-FFh。该字节的 BIT7 一定为 1，也就是所有命令编码的数值一定都大于或者等于 0x80；报文剩余字节的 BIT7 一定为 0，也就是说所有的报文体字节都小于 0x80。
- NBF：该报文从 NBF 字节开始之后剩余的字节个数，不包括 LEN 本身，但包括校验字节，DB₀ ... DB_n 是报文的内容实体。
- CKS：校验和。是报文中除校验和外所有字节之和 取反，然后取其低七位。其计算公式为：

$$CKS = \{ \sim (CMD + NBF + DB_0 + \dots + DB_n) + 1 \} \& 7Fh$$

例如：复位模块指令 是：F8h 01h CKS

$$\begin{aligned} CKS &= (\sim (F8h + 01h) + 1) \& 7Fh \\ &= (06h + 1) \& 7Fh \\ &= 07h \end{aligned}$$

所以复位指令帧是：F8h 01h 07h

2.2. 命令编码列表

序号	命令编码 CMD	功能
1	80h	进入连续发送 C02 波形/数据模式
2	82h	进行零点校正
3	84h	设置或读取模块参数
4	C8h	非应答
5	C9h	停止连续模式，停止连续发送 C02 波形和数据
6	CC	清除窒息状态
7	F8	复位模块

3. 和模块通讯

3.1. 建立连接

模块上电后需要 3 秒钟进行内部初始化。主机应一直发送停止连续模式指令(C9h 指令)，直到收到有效应答（不是 C8h 的帧）。收到有效应答之后，标明模块自身的初始化已经完成。

3.2. 初始化模块

为了使模块达到最佳的测量精度，主机在和模块建立连接之后初始化若干设置。使用读取/写入设置指令（84h）将环境参数写入模块：

- 1) 大气压（ISB 1）（旁流模块内置大气压传感器，不需要设置）
- 2) 气体补偿（O2, N2O, He, 麻醉剂）（ISB 11）

当模块上电后，模块状态中的“补偿未设置”标志被置位，这要求主机设置大气压和气体补偿来清除（使用读取/写入设置指令）。

如果主机不设置，模块将使用默认的补偿值。

3.3. 接收实时 C02 波形和数据参数

主机发送连续模式指令（80h），模块进入连续模式。模块将连续向主机发送波形和参数，直到收到停止连续模式指令（C9h）。

在连续模式，模块以 100Hz 的频率向主机发送波形数据，也就是主机每 10ms 就能收到一个数据包。每个波形数据包中都包含波形数据，波形数据包中也可能含

有参数列表中列出的参数中的一个，有的参数固定每秒钟发送一次，有的只有相应的事件发生时发送（如检测到呼吸）。大部分波形数据包中都只有波形数据，并且每个波形数据包中最多只会传输一个参数。不同类型的参数传输的时间和频率是不同的：

- 1) 检测到呼吸参数在检测到呼吸后发送
- 2) CO₂ 状态或错误参数每秒钟发送一次
- 3) ETCO₂、FiCO₂、RR 每秒钟计算并发送一次

波形数据包的格式如下：

80h - NBF - WFB1 - WFB2 - [DPI - DB1 .. DBn] - CKS

80h 是指令字，NBF 表示帧长度，WFB1 和 WFB2 是实时波形数据，DPI 是参数索引，DB1 .. DBn 是参数值。括号中的字节表示是可选的，有的数据包中有，有的没有。主机编程时，可以根据 NBF 帧长度来判断数据包中是否包含参数。

1) 没有 DPI 的报文：0X80 - 0X04 - SYNC - CO₂WB1 - CO₂WB2 - CKS

- SYNC：报文的序号，CO₂ 模块在连续发送时该字节为向上累计，累计到 127 时自动回零。
- CO₂WB1, CO₂WB2：CO₂ 瞬时浓度，波形数据，数值为 $((128 * CO_2WB1 + CO_2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$

注意：这两个字节的含义跟随 CO₂ 模块的浓度单位不同时数据是不同的，CO₂ 模块上电的缺省单位是 mmHg，关于单位变换后这两个字节表示的实际数值请参考详细通信协议

2) DPI = 1, 此时报文格式为：0X80 - 0X04 - SYNC - CO₂WB1 - CO₂WB2 - 0x01 - DB1 - DB2 - DB3 - DB4 - DB5 - CKS，该报文会每秒自动汇报一次；

- SYNC：报文的序号，CO₂ 模块在连续发送时该字节为向上累计，累计到 127 时自动回零。
- CO₂WB1, CO₂WB2：CO₂ 瞬时浓度，波形数据，代表数值 = $((128 * CO_2WB1 + CO_2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- 关于 DB1, DB2, DB3, DB4, DB5 的具体含义请参看附录 A。

注意：如果对于 CO₂ 的工作状态不是很关心，此报文可不关注。

3) DPI = 2, 此时报文格式为：0X80 - 0X07-SYNC - CO₂WB1 - CO₂WB2 - 0X02 - DB1 - DB2 - CKS

- SYNC：报文的序号，CO₂ 模块在连续发送时该字节为向上累计，累计到 127 时自动回零。

- CO2WB1, CO2WB2: CO2 瞬时浓度, 波形数据, 代表数值 = $((128 * CO2WB1 + CO2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- 监测计算到的 ETCO2 数值 = $(DB1 * 128 + DB2) / 10.0$, 单位: mmHg, 在测量单位发生改变时, 其单位和浓度部分一致。

注意: 只有计算一次 ETCO2 后, 才会更新此数值。

- 4) DPI = 3, 此时报文格式为: 0X80 - 0X07-SYNC - CO2WB1 - CO2WB2 - 0X03 - DB1 - DB2 - CKS

- SYNC: 报文的序号, CO2 模块在连续发送时该字节为向上累计, 累计到 127 时自动回零。
- CO2WB1, CO2WB2: CO2 瞬时浓度, 代表数值 = $((128 * CO2WB1 + CO2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- 表示监测计算到的呼吸率数值 = $(DB1 * 128 + DB2)$

注意: 只有计算一次 RR 后, 才会更新此数值。

- 5) DPI = 4, 此时报文格式为: 0X80 - 0X07-SYNC - CO2WB1 - CO2WB2 - 0X04 - DB1 - DB2 - CKS

- SYNC: 报文的序号, CO2 模块在连续发送时该字节为向上累计, 累计到 127 时自动回零。
- CO2WB1, CO2WB2: CO2 瞬时浓度, 代表数值 = $((128 * CO2WB1 + CO2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- 表示监测计算到的 FiCO2 数值 = $(DB1 * 128 + DB2) / 10.0$, 单位: mmHg, 在测量单位发生改变时和浓度部分一致。

注意: 只有计算一次 FiCO2 后, 才会更新此数值。

- 6) DPI = 5, 此时报文格式为: 0X80 - 0X07-SYNC - CO2WB1 - CO2WB2 - 0X05 - CKS

- SYNC: 报文的序号, CO2 模块在连续发送时该字节为向上累计, 累计到 127 时自动回零。
- CO2WB1, CO2WB2: CO2 瞬时浓度, 代表数值 = $((128 * CO2WB1 + CO2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- 表示检测到一次呼吸, 该帧只有在检测到呼吸之后才会设置一次。

- 7) DPI = 7, 此时报文格式为: 0X80 - 0X07-SYNC - CO2WB1 - CO2WB2 - 0X07 - DB1 - DB2 - CKS

- SYNC: 报文的序号, CO2 模块在连续发送时该字节为向上累计, 累计到 127 时自动回零。
- CO2WB1, CO2WB2: CO2 瞬时浓度, 代表数值 = $((128 * CO2WB1 + CO2WB2) - 1000) / 100.0 \text{ mmHg}$
- DB1, DB2 表示硬件当前的运行状态

注意: 该帧在硬件确实有问题的时候, 将每秒自动汇报一次。

3.3.1. 参数的正确性

模块本身的故障可能使波形和参数被设置为默认值。下表中列出模块可能的错误以及它们对波形和参数的影响。

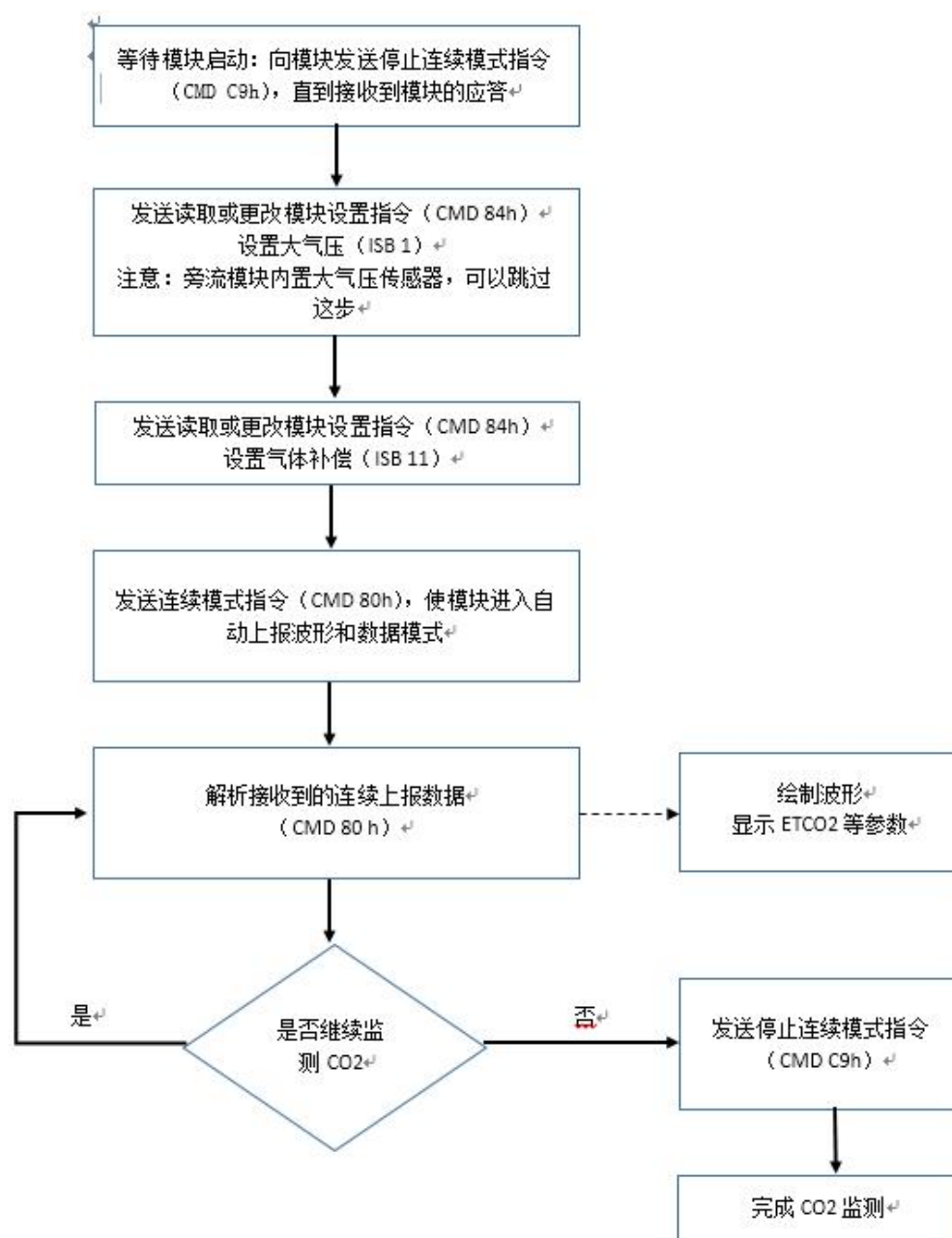
影响对象	发送值	错误状态或原因
ETC02 FiC02 RR	0	补偿未设置
		模块正在较零
		较零错误
		需要较零
		硬件故障
C02 波形数据	-10.00	硬件故障

3.4. 停止连续模式

停止连续模式指令用来使模块停止连续发送波形数据包。

4. 通常编程方法

一般使模块工作于连续模式(模块上电默认状态), 即模块自动上报 C02 波形数据(每秒 100 次)和数据参数(ETC02、FiC02、RR、呼吸状态、模块工作状态等)。主机按以下流程图操作。
主机还应提供较零按钮, 能够手动设置较零。



5. 指令

5.1. CO2 波形模式 (CMD 80h)

主机发送:

80 NBF 0 CKS

模块响应:

80 NBF SYNC CO2WB1 CO2WB2 [DPI DPB1...DPBn] CKS

定义:

- 80h - 命令字
- NBF - 数据帧剩余字节
- SYNC - 同步计数器, 每发送一个 (波形) 数据包加一。计数器从 0 开始, 最大 127, 然后回卷到 0. 这个计数器可以用来检测有没有丢失数据包。
- CO2WB1 CO2WB2 - CO2 波形 *100
- DPI - 数据参数索引 (见下表)
- DPB1...DPBn - 这些字节只有在必要的时候才会被发送, 它们包含了参数内容 (DPI 对应的数据), 长度在 0 到 5 个字节, 详情见 DPI 参数表。
- CKS - 校验和

指令描述:

模块收到该指令后, 将进入连续工作模式, 模块每秒钟发送 100 次 80h 指令响应, 向主机传送实时 CO2 波形数据以及 ETCO2 等参数。当 CO2 波形不能够被计算时, CO2WB1、CO2WB2 都为零, 模块将发送最小值 (-10.00)。

二氧化碳波形解码:

单位	范围	分辨率	转换
mmHg	-9.99 ~ 150.00 mmHg	0.01 mmHg	$((128 * CO2WB1) + CO2WB2) - 1000$
kPa	-9.99 ~ 20.00 kPa	0.01 kPa	$((128 * CO2WB1) + CO2WB2) - 1000$
%	-9.99 ~ 19.70 %	0.01 %	$((128 * CO2WB1) + CO2WB2) - 1000$

DPI 参数索引

DPI 索引	数据字节数	描述	转换
1	5	CO2 状态或错误	见附录
2	2	ETCO2 值	$ETCO2 = (DB1 * 27) + DB2$

3	2	呼吸率	$RR = (DB1 * 27) + DB2$
4	2	FiCO2 值	$FiCO2 = (DB1 * 27) + DB2$
5	0	检测到呼吸标志	当主机接收到这个 DPI 时, 说明模块检测到呼吸
7	2	硬件状态	有硬件错误时模块才会发送该 DPI, 上报硬件故障状态

5.2. 校正零点 (CMD 82h)

主机发送:

82 NBF CKS

模块响应:

82 NBF ZSB CKS

定义:

- 82h - 命令字
- NBF - 数据帧剩余字节
- ZSB - 较零状态 (见下表)
- CKS - 校验和

指令描述:

该指令用来使模块校正零点。较零需要 15-20 秒时间, 校正零点时, 模块不能吸入 CO₂。

ZSB	描述
0	较零开始
1	模块还未准备好较零。这个错误可能有以下原因引起: <ul style="list-style-type: none"> ● 模块温度不稳定 ● 模块故障
2	模块已经在较零
3	模块尝试较零而且在过去的 20 秒内检测到呼吸。

5.3. 读取或更改模块设置 (CMD 84h)

主机发送:

84 NBF ISB [DB₁ ... DB_N] CKS

模块响应:

84 NBF ISB DB₁ ... DB_N CKS

定义:

- 84h - 命令字
- NBF - 数据帧剩余字节
- ISB - 设置代码 (见下表)
- DB₁ ... DB_N - 所读取或更改的设置数据
- CKS - 校验和

指令描述:

这个指令用来读取或写入 C02 模块内的多个**设置**。如果主机发送的指令帧不包含 $DB_1 \cdots DB_n$, 表示该指令帧是读取模块**设置**, 模块的响应中包含当前的**设置**信息; 如果指令帧包含 $DB_1 \cdots DB_n$ 表示该指令帧是更改模块**设置**, 模块的相应的**设置**更改为写入的值, 模块的响应中包含新更改的**设置**信息。

例如:

◆ 读取 ETC02 时间周期:

84h - 02h - 05h - 75h

模块响应是:

84h - 03h - 05h - 01h - 73h (ETC02 时间周期是一个呼吸)

◆ 将 ETC02 时间周期设置为 10 秒:

84h - 03h - 05h - 0Ah - 6Ah

模块响应是:

84h - 03h - 05h - 0Ah - 6Ah (ETC02 时间周期是 10 秒)

设置代码 ISB	数据字节数 N	模块设置描述
0	0	无效的参数设置
1	2	大气压 默认: 760mmHg 分辨率: 1mmHg (400-850mmHg) $\text{大气压} = 128 * DB_1 + DB_2$ $DB_1 = (\text{大气压} / 128) \& 7Fh$ $DB_2 = (\text{大气压}) \& 7Fh$ 注意: 这个参数用来设置或读取当前大气压。BA2xx 旁流模块内置大气压传感器, 可以不设置大气压。
4	2	气体温度 默认: 35.0 °C 分辨率: 0.1 °C (0.0 -50.0 °C) $\text{气体温度}^{\circ}C = (128 * DB_1 + DB_2) / 10$ 注意: 这个参数用来设置混合气体的温度。当用于病人时, 混合气比较接近人体体温, 常设置为 35°C。在实验室环境测试静态气体时很有用, 混合气温度常常是室温或低于室温。
5	1	ETC02 时间周期 默认: 10 秒 $\text{ETC02 时间周期} = DB_1$ = 1 1 个呼吸 =10 10 秒 =20 20 秒 注意: 这个配置用来设置计算 ETC02 的周期。
6	1	窒息时间 (无呼吸超时时间) 默认: 20 秒 分辨率: 1 秒 (10 秒 到 60 秒) $\text{窒息时间} = DB_1$ 注意: 这个配置用来设置无呼吸超时时间, 超时时间内没

		有检测到呼吸，模块会发送未检测到呼吸信号。
8	1	休眠模式 默认：运行模式 休眠模式设定 = DB ₁ = 0 运行模式 = 1 休眠模式 = 2 休眠模式
9	1	零点气类型 默认：在空气中较零 零点气类型 = DB ₁ = 0 在氮气中较零 = 1 在空气中较零 注意：实际使用中零点气应始终保持为空气，只有在实验室测试时才可能使用氮气较零。
11	4	读取/设置 气体补偿 氧气补偿设置 = DB ₁ 默认值：16 % 分辨率：1 % (0-100%) 平衡气补偿 = DB ₂ = 0, 空气 = 1, 笑气 (N ₂ O) = 2, 氦气 默认值：0 (空气) 麻醉气体浓度 * 10 = DB ₃ , DB ₃ 麻醉气体浓度 = $[(DB3 * 2^7) + DB4] / 10$ 分辨率：0.1% (0.0 - 20.0 %) 注意：根据实际用于病人的混合气设置，补偿混合气对测量结果的影响。
27	1	停止采样气泵 默认：气泵正常运行 停止气泵配置 = DB ₁ = 0 气泵正常运行 = 1 气泵停止运行

5.4. 非应答错误 (CMD C8h)

模块响应：

C8 NBF EB CHECKSUM

指令描述：

通讯出错或模块故障时，模块向主机发送该响应。检测到的错误信息存放在 EB 字节中：

EB	非应答错误原因	描述
1	无效的指令	当收到不支持的指令
2	校验和错误	收到不正确的校验和
3	超时	接收同一帧中的第一个字节和最后一个字节之间的间隔超过 500ms
4	无效的字节长度	当 NBF 的长度小于该指令期望的数据长度

5	无效的数据	数据的最高位为 1
6	系统故障	系统故障

5.5. 停止连续模式 (CMD C9h)

主机发送:

C9 01 36

模块响应:

C9 01 36

指令描述:

这个指令用来停止模块连续向主机发送数据。

5.6. 清除窒息状态 (CMD)

主机发送:

CC 01 33

模块响应:

CC 01 33

指令描述:

这个指令用来强制模块清除“未检测到呼吸”标志。当这个指令发出后，“未检测到呼吸”状态位被清除，系统进入一个类似于初始启动的状态，同时所有的呼吸状态参数都会被复位。这个指令在“未检测到呼吸”标志没有被设置时也能发送。

5.7. 复位模块 (CMD F8h)

主机发送:

F8 01 07

模块响应:

无

指令描述:

模块接收到该指令后复位。

附录 A

CO2 状态/错误 字节的含义

Byte 1: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6	未检测到呼吸 (窒息)	信息	当检测呼吸超时, 该 bit 置位	“模块未检测到呼吸”
5	模块处于休眠 状态	信息	模块处于休眠状态时该 bit 置位	“模块处于休眠状态”
4	模块没有准备 好进行较零	信息	该 bit 置位表示模块当前的状态不能进行较零. 该 bit 置位时, 一般存在以下情形: <ul style="list-style-type: none"> • 检测到呼吸 (Byte 2, Bit 2) • 模块温度不稳定(Byte 2, Bits 1,0) • 模块正在休眠. (Byte 2, Bits 5) 	无
3	CO2 值超过量 程”	可纠正错误	计算得到的 CO2 值大于 150mmHg, 超过模块量程	“CO2 值超过量程” 出现该错误时, 试着较零
2	检测到呼吸	信息	模块在过去 20s 之内检测到了呼吸	无
1	检测适配器	信息	一般由于适配器脱落或者适配器窗口被污染可能导致该错误。 注意: 该错误主要针对主流	“检查气道适配器” 出现该信息时, 检查气道适配器是否正常连接以及清洁。

0	CO ₂ 值为负值	信息	测量结果在一定时间内都为负值，这个错误可能由于在 CO ₂ 中进行较零或者适配器被污染。	“检查气道适配器 r”
---	----------------------	----	---	-------------

Byte 2: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6,5	保留	NA	保留位	NA
4	未设置补偿	可纠正错误	模块上电后，大气压和/或气体补偿参数没有设置。为了使模块测量精度达到最佳，模块连接后以及气体补偿改变之后都应重新设置对应参数。	“模块未初始化” 设置大气压和气体补偿参数可清除该错误
3,2	模块校准状态	信息	00 – 未处于较零转态	无
			01 – 模块正在校零	“模块正在较零”
			10 – 模块需要较零	“模块需要较零”
			11 – 模块需要较零	“模块需要较零”
1,0	模块温度状态	信息	0 – 温度稳定，且处在工作范围之内	无
			01 – 温度过低	“模块正在预热 “
			10 – 温度高于工作范围	“模块温度过高”
			11 – 温度不稳定	“模块正在预热“

Byte 3: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6	硬件错误	硬件错误	模块检测到硬件错误	“模块失效” 检查模块是否正常连接到主机，试着重新连接模块。如果故障依旧，请做返厂维修。servicing

5	硬件错误	硬件错误	模块检测到硬件错误	“模块失效” 检查模块是否正常连接到主机，试着重新连接模块。如果故障依旧，请做返厂维修。
4-0	未使用	NA	保留	NA

Byte 4: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6-4	未使用	NA	保留	
3	气泵停止	信息	该 bit 置位表示气泵停止运行	无
2	气路故障	可纠正错误	该 bit 置位表示气路系统中的压力超过预期值，即采样管堵塞或者没有连接采样管。	“检查采样管”
1	气泵寿命已到	信息	表示模块内的气泵已经达到厂家设置的寿命。	无
0	旁流采样管没连接	信息	没有连接采样管（旁流模块）	“采样管没有连接”

优先级	Byte5 值	建议显示的信息以及处理方法	状态类型	描述
1 最高	01h	“模块温度过高”	硬件错误	模块的温度超过 40 °C.
2	02h	“模块失效”	硬件错误	存在以下情形之一： ● 模块校准数据丢失 ● 硬件错误
3	03h	无	可纠正错误	模块上电后，大气压和/或气体补偿参数没有设置。为了使模块测量精度达到最佳，模块连接后以及气体补偿改变之后都应重新设置对应参数。

4	04h	保留		
5	05h	“模块正在较零”	信息	模块正在执行较零
6	06h	“模块正在预热”	信息	存在以下情形： ● 模块温度过低 ● 模块温度不稳定
7	0Ah	“检查采样管”	可纠正错误	当气路系统中的压力超过预期值，即采样管堵塞或者没有连接采样管。
8	07h	“模块需要较零”	可纠正错误	存在以下情形： ● 模块需要较零标志被置位
9	08h	“CO2 值超过量程”	可纠正错误	计算得到的 CO2 值大于 150mmHg，超过模块量程
10	09h	“检查适配器”	可纠正错误	适配器脱落或者适配器窗口被污染可能导致该错误。 注意：该错误主要针对主流

附录 B

硬件状态字节

Byte 1: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6-0	硬件错误	硬件错误	硬件错误	“硬件失效” 检查模块是否正常连接到主机，试着重新连接模块。如果故障依旧，请做返厂维修。

Byte 2: Bit	状态/错误	转态类型	描述	建议显示的信息以及处理方法
7	Sync	NA	保持为零	NA
6-4	硬件错误	硬件错误	硬件故障	“硬件失效” 检查模块是否正常连接到主机，试着重新连接模块。如果故障依旧，请做返厂维修。
3-0	未使用	NA	保留	