

宇电 AIBUS 及 MODBUS 通讯协议说明 (V8.0)

AIBUS 是厦门宇电自动化科技有限公司为 AI 系列显示控制仪表开发的通讯协议，能用简单的指令实现全面的功能，其特点是写参数的同时亦可完成读功能，因此写参数时不破坏读的循环周期时间，加上指令长度较少，因此具有比 MODBUS 更快的速率（尤其是有写入指令时，MODBUS 的写入指令不能同时完成读下位机数据的功能，会破坏读指令的周期，延长了读的循环周期），AIBUS 协议具有组建大规模过程控制系统能力。AIBUS 采用了 16 位的求和校正码，下位机运算快速且通讯可靠，支持 9600 和 19200 等不同波特率，在 19200 波特率下，上位机访问一台 AI-7/8 系列高性能仪表的平均时间仅 20mS，访问 AI-5 系列仪表的平均时间为 40mS。仪表允许在一个 RS485 通讯接口上连接多达 80 台仪表（为保证通讯可靠，仪表数量大于 60 台时需要加一个 RS485 中继器）。AI 系列仪表可以用 PC、触摸屏及 PLC 作为上位机，其软件资源丰富，发展速度极快。基与 PC 的上位机软件广泛采用 WINDOWS 作为操作环境，不仅操作直观方便，而且功能强大。最新的工业平板触摸屏式 PC 的应用，更为工业自动化带来新的界面。这使得采用仪表+上位机结构的测控系统价格大大低于传统 DCS 系统，而性能及可靠性也具备比传统 DCS 系统更优越的潜力。宇电 AI-5 系列仪表写入寿命可达 100 万次，而 AI-7/8 系列仪表则允许连续写参数，如写给定值或输出值，写入寿命高达 10 亿次，可利用上位机将仪表组成复杂调节系统。

一、接口规格

AI 系列仪表使用异步串行通讯接口，接口电平符合 RS232C 或 RS485 标准中的规定。数据格式为 1 个起始位，8 位数据，无校验位，1 个或 2 个停止位。通讯传输数据的波特率可调为 4800~19200 bit/S，通常用 9600 bit/S，单一通讯口所连接仪表数量大于 40 台或需要更快刷新率时，推荐用 19200bit/S，当通讯距离很长或通讯不可靠常中断时，可选 4800bit/S。AI 仪表采用多机通讯协议，采用 RS485 通讯接口，则可将 1~80 台的仪表同时连接在一个通讯接口上。

RS485 通讯接口通讯距离长达 1KM 以上（部分实际应用已达 3-4KM），只需两根线就能使多台 AI 仪表与计算机进行通讯，优于 RS232 通讯接口。为使用普通个人计算机 PC 能作上位机，可使用 RS232/RS485 或 USB/RS485 型通讯接口转换器，将计算机上的 RS232 通讯口或 USB 口转为 RS485 通讯口。宇电为此专门开发了新型 RS232/RS485 及 USB/RS485 转换器，具备体积小、无需初始化而可适应任何软件、无需外接电源、有一定抗雷击能力等优点。

按 RS485 接口的规定，RS485 通讯接口可在一条通讯线路上连接最多 32 台仪表或计算机。需要联接更多的仪表时，需要中继器，也可选择采用 1/2 或 1/4 负载等芯片的通讯接口来增加可连接仪表的数量。目前生产的 AI 仪表通讯接口采用低负载芯片并且一定的防雷击和防静电功能，无需中继器即可连接约 60 台仪表。

AI 仪表的 RS232 及 RS485 通讯接口采用光电隔离技术将通讯接口与仪表的其他部分线路隔离，当通讯线路上的某台仪表损坏或故障时，并不会对其它仪表产生影响。同样当仪表的通讯部分损坏或主机发生故障时，仪表仍能正常进行测量及控制，并可通过仪表键盘对仪表进行操作，工作可靠性很高。16 位校验码的正确性是简单奇偶校验的 30000 倍，基本能保证数据可靠性。并且同一网络上有其他公司也采用主从方式通讯的产品时，如 PLC、变频器等，多数情况下 AI 系列仪表都不会受其它公司产品通讯干扰，不会产生采集数据混乱或无法通讯的问题。但是 AI 仪表协议并不能保证其它公司产品能否正常工作，所以除非万不得已，不应将 AI 仪表与其它产品混在一个 RS485 通讯总线上，而应分别使用不同的总线。

二、通讯指令

AI 仪表采用 16 进制数据格式来表示各种指令代码及数据。AI 仪表软件通讯指令经过优化设计，标准的通讯指令只有两条，一条为读指令，一条为写指令，两条指令使得上位机软件编写容易，但能 100%完整地对手表进行操作；标准读和写指令分别如下：

读：地址代号+52H (82) +要读的参数代号+0+0+校验码

写：地址代号+43H (67) +要写的参数代号+写入数低字节+写入数高字节+校验码

地址代号: 为了在一个通讯接口上连接多台 AI 仪表, 需要给每台 AI 仪表编一个互不相同的通讯地址。有效的地址为 0~80 (部分型号为 0~100), 所以一条通讯线路上最多可连接 81 台 AI 仪表, 仪表的通讯地址由参数 Addr 决定。仪表内部采用两个重复的 128~208 (16 进制为 80H~D0H) 之间数值来表示地址代号, 由于大于 128 的数较少用到 (如 ASC 方式的协议通常只用 0~127 之间的数), 因此可降低因数据与地址重复造成冲突的可能性。AI 仪表通讯协议规定, 地址代号为两个相同的字节, 数值为 (仪表地址+80H)。例如: 仪表参数 Addr=10 (16 进制数为 0AH, 0A+80H=8AH), 则该仪表的地址代号为:

8AH 8AH

参数代号: 仪表的参数用 1 个 8 位二进制数 (一个字节, 写为 16 进制数) 的参数代号来表示。它在指令中表示要读/写的参数名。

校验码: 校验码采用 16 位求和校验方式, 其中读指令的校验码计算方法为:

要读参数的代号 × 256+82+ADDR

写指令的校验码计算方法为以下公式做 16 位二进制加法计算得出的余数 (溢出部分不处理):

要写的参数代号 × 256+67+要写的参数值+ADDR

公式中 ADDR 为仪表地址参数值, 范围是 0~80 (注意不要加上 80H)。校验码为以上公式做二进制 16 位整数加法后得到的余数, 余数为 2 个字节, 其低字节在前, 高字节在后。要写的参数值用 16 位二进制整数表示。

返回数据: 无论是读还是写, 仪表都返回以下 10 个字节数据:

测量值 PV+给定值 SV+输出值 MV 及报警状态+所读/写参数值+校验码

其中 PV、SV 及所读参数值均各占 2 个字节, 代表一个 16 位二进制有符号补码整数, 低位字节在前, 高位字节在后, 整数无法表示小数点, 要求用户在上位机处理; MV 占一个字节, 按 8 位有符号二进制数格式, 数值范围-110~ +110, 状态位占一个字节, 校验码占 2 个字节, 共 10 个字节。不同型号仪表返回各数据含义如下:

| 仪表型号 | 调节器 温控器 | AI-708M 巡检仪 | AI-708H/808H 流量通道 | AI-808H 温度/压力通道 | AI-301M 频率调 节器/I/O 模块 |
|------|--------------|----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| PV | 测量值 PV | 测量值 | 瞬时流量测量值 | 温度测量值, 单位 为 0.1℃ | 测量值 PV |
| SV | 当前给定 值 SV | 通道号 (1-6) | 累积流量低位 或批量控制测量值 | 压力测量值, 单位 为 0.001MPa | 当前给定值 SV |
| MV | 输出值 MV | 状态字节 B | 累积流量高位 或批量控制给定值 | 补偿前流量或频 率值, 单位 0.1Hz | 调节输出值 MV |
| 状态字节 | 状态字节 A | 状态字节 A | | | 状态字节 A |
| 参数值 | 表示要读或写的参数的值 | | | | |

返回校验码: 为 PV+SV+ (报警状态*256+MV) +参数值+ADDR 按整数加法相加后得到的余数。计算校验码时, 每 2 个 8 位字节组成 1 个 16 位二进制整数进行加法运算, 溢出数忽略, 余数作为校验码。

状态字节 A 表示仪表部分状态, 其含义如下 (位 7 固定为 0):

| | 调节器及单显表 (V7.0) | AI-702M/704M/706M | 调节器、温控器及单显表 (V7.5) |
|-----|----------------|-------------------|------------------------|
| 位 0 | 上限报警 (HIAL) | 上限报警 (HIAL) | HIAL |
| 位 1 | 下限报警 (LoAL) | 下限报警 (LoAL) | LoAL |
| 位 2 | 正偏差报警 (dHAL) | 0 | HdAL |
| 位 3 | 负偏差报警 (dLAL) | 0 | LdAL |
| 位 4 | 输入超量程报警 (orAL) | 超量程报警 (orAL) | Oral |
| 位 5 | AL1 状态, 0 为动作 | 0 | 备用 (0) |
| 位 6 | AL2 状态, 0 为动作 | 0 | 0 表示 MV 为输出值, 1 为状态字 B |

巡检仪具备状态字节 B。状态字节 B 的位 0~6 分别表示 OP1、OP2、AL1、AL2、AU1、AU2 及 MIO 口的输入状态, 0 表示为未接通或未输出, 1 表示外部开关接通或有输出, OUTP 或 AUX 做调节输出时则对应位固定为 0。利用功能可将对应端口作为上位机开关量的输出或输入, 应用 ALP 参数设置没有用到的报警端口均可作为 I/O 端口, 利用修改 NONC (常开/常闭) 参数即可实现对开关量的输出, 作为开关量输入时, 应将 nonc 对应位设置为常开, 若读入信号为 1, 则表示外部开关闭合或有信号输入。

AI 仪表可读/写的参数代号表 (V8.0 518/518P/708/708P/719/719P)

| 参数代号 | AI-518/518P | 说明 |
|---------|---------------|---|
| 00H | 给定值 | 单位同测量值 |
| 01H | HIAL 上限报警 | 单位同测量值 |
| 02H | LoAL 下限报警 | 单位同测量值 |
| 03H | dHAL 正偏差报警 | 单位同测量值 |
| 04H | dLAL 负偏差报警 | 单位同测量值 |
| 05H | AHYS 报警回差 | 单位同测量值 |
| 06H | CtrL 控制方式 | 0, ONOFF; 1, APID; 2, nPID; 3, PoP; 4, SoP |
| 07H | P 比例带 | 单位同测量值 |
| 08H | I 积分时间 | 秒 |
| 09H | d 微分时间 | 0.1 秒 |
| 0AH | Ctl 控制周期 | 0.1 秒 |
| 0BH | InP 输入规格 | 见使用说明书 |
| 0CH | dPt 小数点位置 | 0, 0; 1, 0.0; 2, 0.00, 3, 0.000; 如读入的以上数据+128, 则表示所有测量值及与测量值使用相同单位的参数 (无论是温度或线性信号), 均需要除 10 后 4 舍 5 入后再进行显示处理。例如, dPt 数值为 128+1=129, 读入的测量值或相关参数值 16 位整数值为 1000, 则实际显示应为 10.0, 若 dPt 数值为 1, 则实际显示的数据为 100.0; 该参数亦可以写入, 但写入时不得加 128, 写数据范围是 0~3。 |
| 0DH | ScL 刻度下限值 | 单位同测量值 |
| 0EH | ScH 刻度上限值 | 单位同测量值 |
| 0FH | ALP 报警输出选择 | 含义见说明书 |
| 10H | Sc 测量平移修正 | 单位同测量值 |
| 11H | oP1 主输出方式 | 0, SSR; 1, rELy; 2, 0-20; 3, 4-20 |
| 12H | OPL 输出下限 | % |
| 13H | OPH 输出上限 | % |
| 14H | CF 功能选择 | 含义见说明书 |
| 15H | 仪表型号特征字 | 5180(AI-518)或 5187 (AI-518P) |
| 16H | Addr 通讯地址 | |
| 17H | FILt 数字滤波 | |
| 18H** | AMAn 手动/自动选择 | 0, MAN; 1, Auto; 2, FMAn; 3, FAut |
| 19H | Loc 参数封锁 | |
| 1AH** | MV 手动输出值 | |
| 1BH | Srun 运行/停止选择 | 0, run; 1, StoP; 2, HoLd |
| 1CH | CHYS 控制回差 | 单位同测量值 |
| 1DH | At 自整定选择 | 0, OFF; 1, on; 2, FoFF |
| 1EH | SPL 给定值下限 | 单位同测量值 |
| 1FH | SPH 给定值上限 | 单位同测量值 |
| 20H | Fru 单位及电源频率 | 0, 50C; 1, 50F; 2, 60C; 3, 60F |
| 21H | OHEF OPH 有效范围 | 单位同测量值 |
| 22H | Act 正/反作用 | 0, rE; 1, dr; 2, rEbA; 3, drbA |
| 23H | AdIS 报警选择 | 0, OFF; 1, on |
| 24H | Aut 冷输出规格 | 0, SSR; 1, rELy; 2, 0-20; 3, 4-20 |
| 25H | P2 冷输出比例带 | 单位同测量值 |
| 26H | I2 冷输出积分时间 | 秒 |
| 27H | d2 冷输出微分时间 | 0.1 秒 |
| 28H | Ctl2 冷输出周期 | 0.1 秒 |
| 29H | Et 事件输入类型 | 0, nonE; 1, ruSt; 2, SP1.2; 3, Pld2 |
| 2AH*** | SPr 升温速率限制 | 测量值单位/ (分钟) (需等同测量值进行单位处理) |
| 2BH* | Pno 程序段数 | 整数 |
| 2CH* | PonP 上电选择 | 0, Cont; 1, StoP; 2, run1; 3, dASt; 4, HoLd |
| 2DH* | PAF 程序参数 | 功能见说明书 |
| 2EH* | STEP 程序段号 | 整数 |
| 2FH* | 已运行时间 | 0.1 分或 0.1 小时, 由 PAF 参数决定 |
| 30H* | 事件输出状态 | 0, 无事件输出; 1, 事件 1 (AL1) 动作; 2, AL2 动作; 3, AL1 及 AL2 动作 |
| 31H** | OPrt 软启动时间 | |
| 32H** | Strt 阀门转动时间 | 定义阀门转动需要的时间 |
| 33H** | SPSL 外给定下限 | 当外给定输入用于测量阀门反馈信号时, 设定阀门定位值 1 |
| 34H** | SPSH 外给定上限 | 当外给定输入用于测量阀门反馈信号时, 设定阀门定位值 2 |
| 35H** | Ero 故障输出值 | 定义传感器输入故障或超量程时, 仪表的调节输出值 |
| 36H** | AF2 | 功能参数 2 |
| 37H~3FH | 备用 | |
| 40H~47H | EP1~EP8 | |
| 48H** | 阀门位置 (只读) | 数值 0~25600 对应 0~100%, 读取数除以 256 为百分比数 |
| 49H~4FH | 备用 | |
| 50H~51H | SP 1、t1 | SP1 为给定值 1, t1 为首段程序值 |
| 52H~ | SP2 ~ 程序段数据, | |

| |
|--------------|
| 数量由 Pno 参数定义 |
|--------------|

说明:

1、带一个*星号的参数仅为 AI-518P/708P/719P 可用, 若对 AI-518/708/719 读写则视为无效参数代号, 带**的参数是 AI-719 等仪表方可使用,带***的参数是 AI-518P/708P/719/719P 等型号方可使用。

2、如果向仪表读取参数代号在表格中以外的参数(无效参数代号或备用参数代号), 则仪表返回的参数值, 高位值为 127(若读成整数就是 32512~32767, 由于 AI 系列仪表参数最大设置范围是 32000, 所以 32512 以上参数可以作为读错参数代号的标志), 在上位机程序中予以处理; 若读取参数代号大于有效程序段的最后一个数值(0B4H), 则下位机视同传输出错, 不回应。

3、带手动调节功能的仪表处于手动状态时, 可通过写 1AH 参数来调节手动输出值。

4、15H 为仪表的型号特征字, 不同型号仪表其数字不同, 上位机可用于区分仪表型号:

| | 型号特征字 |
|------------------------------|--------------------------|
| AI-518(V8.0)智能温控器 | 5180 |
| AI-518P(V8.0)程序型智能温控器 | 5187 |
| AI-708(V8.0)高精度智能温控器 | 7080 |
| AI-708P(V8.0)高精度程序型智能温控器 | 7087 |
| AI-719(V8.0)高精度智能温控器/调节器 | 7190 |
| AI-719P(V8.0)高精度程序型智能温控器/调节器 | 7197 |
| AI-702M/704M/706M | 768 |
| AI-708H/808H(流量通道) | 256(普通累积模式); 257(批量控制模式) |
| AI-808H(温度及压力通道) | 258 |
| AI-301M | 512 |
| AI-7048 四路 PID 控制器 | 7048 |

针对不同型号仪表, 上位机应对其传输数据做不同模式处理。

5、累积流量清零: AI-708H/808H 的流量累积参数 FLJH 及 FLJL 只能清零, 不能改写, 清零方法是向 FLJH 写入 30808(占 2 个地址时, 必须是用第一个地址), 即可清零累积流量 FLJH、FLJL 及补偿前流量累积 EJH 及 EHL, 同时 CLn 值加 1, CLn 为只读, 不可改写。向参数代号 2AH 写入 31808, 则可清除批量控制累积值, 同时复位批量控制输出继电器。

三、编程方法

系统采用主从式多机通讯结构, 每向仪表发一个指令, 仪表返回一个数据。编写上位机软件时, 注意每条有效指令仪表应在 0~150mS 内作出应答, 而上位机也必须等仪表返回数据后, 才能发新的指令, 否则将引起错误。如果仪表超过最大响应时间(150mS)仍没有应答, 则原因可能无效指令、通讯线路故障, 仪表没有开机, 通讯地址不合等, 此时上位机应重发指令或跳过改地址仪表。例如, 将地址(参数 ADDR)为 1 的仪表的给定值(参数代号 0) 写为 100.0℃(整数为 1000), 用 VB 的编程方法如下:

1、初始化通讯口, 包括与仪表相同的波特率, 数据位 8, 停止位 2, 无校验。注意某些厂家的 RS232/RS485 通讯转换器对 RTS、DTR 等控制线有一定的要求, 上位机软件必须对这些控制线进行编程。用本公司生产的 RS232/RS485 转换器则可免去对这些线进行编程。

2、VB 编程指令(写 SP1 为 1000) 为: COMM1.OUTPUT=

CHR\$(129)+CHR\$(129)+CHR\$(67)+CHR\$(0)+CHR\$(232)+CHR\$(3)+CHR\$(44)+CHR\$(4)

3、小数点处理(仅 V8.0 版本以上): 为提升效率, 仪表传送的所有数值均为 16 位二进制补码整数, 因此上位及必须将整数按一定规则转换为带小数点的实际数据, 方法是在上位机程序启动后, 应优先读取参数 dPt(0CH) 获得测量信号的小数点位置。注意: 如果 dPt 的数值大于或等于 128, 则表示所传输的测量值, 以及与测量值相同单位的参数应该除以 10 后进行显示, 当对下位机写这类参数值时, 则应将显示的数取消小数点成为整数, 再乘以 10, 按 16 位二进制补码上传数据。

通讯的技术指标如下:

| 仪表型号 | AI-301、AI-7/8 系列仪表 (V7.X) | AI-5XX 系列仪表 |
|-------------------------|---------------------------|-------------|
| 最迟返回时间(4800bit/S 条件下) | 100mS | 150mS |
| 最快返回时间(19200 bit/S 条件下) | 5mS | 5mS |
| 平均读写周期(19200bit/S 条件下) | 20mS | 50mS |

| | | |
|----------|-------|--------|
| 参数允许改写次数 | 10 亿次 | 100 万次 |
|----------|-------|--------|

注：对于 AI-5XX 系列仪表，写入参数周期不易低于 2 分钟，否则可能导致仪表在 5 年保修期内损坏存储单元损坏。

四、MODBUS 兼容通信协议

从 V8.2 版本开始，AI 系列仪表可选择使用 MODBUS 通信协议，AI 仪表能支持 MODBUS 协议下的 2 条子指令，以更广泛地与其它 MODBUS 设备相互通信，为保证速率，AI 仪表采用 RTU（二进制）模式，波特率必须设置为 9600bit/S，无奇偶校验位，支持 03H（读参数及数据）及 06H（写单个参数）这两条指令。

对于 518/708/708P/719/719P 等型号仪表的 03 指令，要求一次性读取 4 个数据，指令如下：

ADDR+03H+0+要读的参数代号+0+4+CRC 校验码

返回数据为：ADDR+03H+08H+测量值 PV 高位+测量值 PV 低位+给定值 SV 高位+SV 低位+报警状态+输出值 MV+所读参数值高位+所读参数值低位+CRC 校验码低位+CRC 校验码高位

写单个参数指令为：

ADDR+06H+0+要写的参数代号+要写入的数据高位+要写入数据低位+CRC 校验码

由于 MODBUS 协议的本身的限制，使用写指令无法返回测量值等信息，会导致写入时测量值无法刷新，因此应尽量减少写指令的使用，以免影响系统性能。

厦门宇电自动化科技有限公司

2010 年 10 月