

TB600B&C-UART 智能气体传感器模组

AQS用户通信协议

本文件详细介绍了TB600B&C智能气体传感器模组的AQS通信模式，用户在使用产品时所需要使用的主要指令。

» 1. 产品概述和配置参数

1.1 产品概述

该产品使用UART，请参阅【1.2 UART接线】，进行通信；具体配置请参阅【1.3 UART配置参数】。

该产品具有两种传输方式：查询模式（出厂默认）和主动上报模式，具体请查阅【1.4 通讯模式】。

1.2 UART接线

UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 是一种串行通信协议，用于在上位机和外部传感器等设备之间传输数据。UART是一种异步通信协议，意味着发送 (Transmit) 和接收 (Receive) 数据的设备在通信时不共享时钟信号。相反，它们依赖预定的波特率 (Baud rate) 来协调数据传输速率。在串行通信协议UART中，通常有两条专门的线路用于数据的发送 (下行) 和接收 (上行)，分别对应Tx和Rx。

图1 展示了TB600B&C的接线和数据流通方式。TX和R（大写）表示传输线，用于从发送端向接收端传输数据。Tx和Rx（小写）在本通讯协议中分别特指，上位机在读取传感器数据时，下行传递指令 (Tx) 和上行接收数据 (Rx) 的过程。

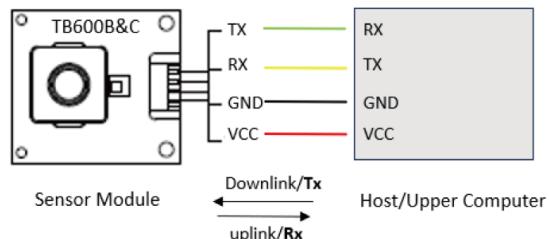


图1 传感器模组和引脚接线图

1.3 UART配置参数

波特率	数据位	起始位	停止位	校验位	读写数据间隔
9600	8位	1位	1位	无	>=1s

1.4 通讯模式

模式一：查询模式

此模式下，上位机发送指令进行查询指定数据。此模式为默认模式，在每次上电或从休眠中唤醒后，都将进入此模式。

模式二：自动上报模式

此模式下，每隔1s会自动上发一组数据，这组数据包括气体浓度值和量程。

两种模式可以使用指令进行切换，具体指令请参照【4.1 模式切换指令】

» 2. 气体浓度单位

值 (Hex)	0x02	0x04	0x08
对应Concentration-1的单位	ppm	ppb	%vol.
对应Concentration-2的单位	mg/m³	ug/m³	10g/m³

模组在生产时采用的Concentration-1的浓度单位进行标定，Concentration-2的浓度单位是通过体积浓度单位与质量单位转换公式计算得出。

量程采用Concentration-1的单位。

ppm转换为mg/m³ ppb转换为 ug/m³ %vol.转换为 10g/m³

用户可根据实际应用的需要来选取浓度单位。

Concentration-1和Concentration-2的浓度值转换公式为: $mg/m^3 = M/22.4 \times ppm \times [273/(273+T)] \times (Ba/101325)$

M: 分子量

T: 温度 (摄氏度)

Ba: 气压

在模组内部转换中Ba为1个标准大气压, T为25摄氏度。

其中VOC是未知分子量, 所以Concentration-2和Concentration-1的转换比为1: 1, 若用户有已知的VOC气体种类可自行根据以上转换公式进行转换。

» 3. 传感器类型表

传感器类型 值 (Hex)	HCHO 0x17	VOC 0x18	CO 0x19	Cl ₂ 0x1A	H ₂ 0x1B	H ₂ S 0x1C	HCl 0x1D	HCN 0x1E	HF 0x1F	NH ₃ 0x20	NO ₂ 0x21	O ₂ 0x22	O ₃ 0x23	SO ₂ 0x24
传感器类型 值 (Hex)	HBr 0x25	Br ₂ 0x26	F ₂ 0x27	PH ₃ 0x28	AsH ₃ 0x29	SiH ₄ 0x2A	GeH ₄ 0x2B	B ₂ H ₆ 0x2C	BF ₃ 0x2D	WF ₆ 0x2E	SiF ₄ 0x2F	XeF ₂ 0x30	TiF ₄ 0x31	SMELL 0x32
传感器类型 值 (Hex)	IAQ 0x33	AQI 0x34	NMHC 0x35	SO _x 0x36	NO _x 0x37	NO 0x38	C ₄ H ₈ 0x39	C ₃ H ₈ O ₂ 0x3A	CH ₄ S 0x3B	C ₈ H ₈ 0x3C	C ₄ H ₁₀ 0x3D	C ₂ H ₆ 0x3E	C ₆ H ₁₄ 0x3F	C ₂ H ₄ O 0x40
传感器类型 值 (Hex)	C ₃ H ₉ N 0x41	C ₂ H ₇ N 0x42	C ₂ H ₆ O 0x43	CS ₂ 0x44	C ₂ H ₆ S 0x45	C ₂ H ₆ S ₂ 0x46	C ₂ H ₄ 0x47	CH ₃ OH 0x48	C ₆ H ₆ 0x49	C ₈ H ₁₀ 0x4A	C ₇ H ₈ 0x4B	CH ₃ COOH 0x4C	ClO ₂ 0x4D	
传感器类型 值 (Hex)	H ₂ O ₂ 0x4E	N ₂ H ₄ 0x4F	C ₂ H ₈ N ₂ 0x50	C ₂ HCl ₃ 0x51	CHCl ₃ 0x52	C ₂ H ₃ Cl ₃ 0x53	H ₂ Se 0x54							

» 4. 通信指令与示例

4.1 通讯模式切换指令

4.1.1 从出厂默认的查询模式切换至自动上报模式指令, 格式及其示例如下:

- 下行指令 (Tx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x78	0x40	0x00	0x00	0x00	0x00	0x47

示例解析: 0xFF 0x01 0x78 0x40 0x00 0x00 0x00 0x00 0x47-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式 (每隔1s):

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x86	Concentration-2 (uint16)	Range (uint16)	Concentration-1 (uint16)	Checksum			

示例解析: 0xFF 0x86 0x25 0xBC 0x03 0xE8 0x20 0xD0 0xBE

0xFF 0x86-----指令头

0x25 0xBC-----0x25BC=9660 Concentration-2根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到9.66 mg/m³

0x03 0xE8-----0x03E8=1000 Range根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到1000 ppm

0x20 0xD0-----0x20D0=8400 Concentration-1根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到8.4 ppm

0xBE-----校验和(-(0x86+0x25+0xBC+0x03+0xE8+0x20+0xD0))&0xFF

4.1.2 从主动上传模式切换到查询模式指令

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x78	0x41	0x00	0x00	0x00	0x00	0x46

切换到查询模式示例：

0xFF 0x01 0x78 0x41 0x00 0x00 0x00 0x00 0x46-----发送数据为固定格式

发送完下行命令，接下来2s内会有数据回复，即切换成功。

4.2 查询模组参数指令

4.2.1 查询模组指令方式一

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]

0xD1

示例解析：0xD1-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
Sensor type	Range (uint16)	Unit type	Reserved			Digital place		Checksum

示例解析：0x19 0x03 0xE8 0x02 0x00 0x00 0x00 0x30 0xE3

0x19-----传感器类型，请参阅【3.传感器类型表】

0x03 0xE8-----0x03E8=1000 Range根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到1000 ppm

0x02-----Concentration-2单位为mg/m³, Concentration-1的单位为ppm, 具体请参阅【2.气体浓度单位表】

0x00 0x00 0x00-----保留

0x30-----小数位数, 0x30>>4=0x03, 则在计算Concentration-2和Concentration-1时需要将原始数据除以1000

0xE3-----校验和(-(0x03+0xE8+0x02+0x00+0x00+0x00+0x30))&0xFF

4.2.2 查询模组指令方式二

此方式和4.2.1指令方式一的功能相同，指令格式不同，用户可以自行选择使用。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]

0xD7

示例解析：0xD7-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0xD7	Sensor type	Range (uint16)	Unit type	Digital place	Reserved		Checksum

示例解析: 0xFF 0xD7 0x19 0x03 0xE8 0x02 0x30 0x00 0xF3

0xFF 0xD7-----指令头
0x19-----传感器类型, 请参阅【3.传感器类型表】
0x03 0xE8-----0x03E8=1000 Range根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到1000 ppm
0x02-----Concentration-2单位为mg/m³ Concentration-1的单位为ppm, 具体请参阅【2.气体浓度单位表】
0x30-----小数位数, 0x30>>4=0x03, 则在计算Concentration-2和Concentration-1时需要将原始数据除以1000
0xF3-----校验和 $(-(0xD7+0x19+0x03+0xE8+0x02+0x30+0x00))\&0xFF$

4.3 查询传感器当前浓度值指令

- 下行指令 (Tx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x86	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x79

示例解析: 0xFF 0x01 0x86 0x00 0x00 0x00 0x00 0x79-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x86	Concentration-2 (uint16)	Range (uint16)	Concentration-1 (uint16)	Checksum			

示例解析: 0xFF 0x86 0x25 0xBC 0x03 0xE8 0x20 0xD0 0xBE

0xFF 0x86-----固定头
0x25 0xBC-----0x25BC=9660 Concentration-2根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到9.66 mg/m³
0x03 0xE8-----0x03E8=1000 Range根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到1000 ppm
0x20 0xD0-----0x20D0=8400 Concentration-1根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到8.4 ppm
0xBE-----校验和 $(-(0x86+0x25+0xBC+0x03+0xE8+0x20+0xD0))\&0xFF$

4.4 查询传感器当前浓度值以及温湿度指令

- 下行指令格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x87	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x78

示例解析: 0xFF 0x01 0x87 0x00 0x00 0x00 0x00 0x78-----发送数据为固定格式

- 上行数据格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]	Byte[9]	Byte[10]	Byte[11]	Byte[12]
0xFF	0x87	Concentration-2 (uint16)	Range (uint16)	Concentration-1 (uint16)	Temperature (int16)	Rh (uint16)	Checksum					

示例解析: 0xFF 0x87 0x25 0xBC 0x03 0xE8 0x20 0xD0 0x07 0x3B 0x21 0x07 0x53

0xFF 0x87-----固定头
0x25 0xBC-----0x25BC=9660 Concentration-2根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到9.66 mg/m³
0x03 0xE8-----0x03E8=1000 Range根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到1000 ppm
0x20 0xD0-----0x20D0=8400 Concentration-1根据【4.2 获取模组参数】章节中的参数计算得到8.4 ppm
0x07 0x3B-----0x073B=1851 Temperature 固定2位小数, 18.51摄氏度
0x21 0x07-----0x2107=8455 Rh 固定两位小数, 84.55% Rh
0x53-----校验和 $(-(0x87+0x25+0xBC+0x03+0xE8+0x20+0xD0+0x07+0x3B+0x21+0x07))\&0xFF$

4.5 查询温度和相对湿度指令

4.5.1 指令方式一

- 下行指令格式：

Byte[0]

0xD2

示例解析：0xD2-----发送数据为固定格式

- 上行数据格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]
Temperature (int16)	Rh (uint16)		

示例解析：0x07 0x3B 0x21 0x07

0x07 0x3B-----0x073B=1851 Temperature 固定2位小数，18.51摄氏度

0x21 0x07-----0x2107=8455 Rh 固定两位小数，84.55% Rh

4.5.2 指令方式二

此方式和4.5.1指令方式一的功能相同，指令格式不同，用户可以自行选择使用。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]

0xD6

示例解析：0xD6-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]
Temperature (int16)	Rh (uint16)			Checksum

示例解析：0x07 0x3B 0x21 0x07 0x96

0x07 0x3B-----0x073B=1851 Temperature 固定2位小数，18.51摄氏度

0x21 0x07-----0x2107=8455 Rh 固定两位小数，84.55% Rh

0x96-----校验和(-(0x07+0x3B+0x21+0x07))&0xFF

4.6 查询软件版本号指令

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]

0xD3

示例解析：0xD3-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]
Software version (BCD)					

示例解析：0x20 0x23 0x11 0x08 0x14 0x54

0x20 0x23 0x11 0x08 0x14 0x54-----0x202311081454 按BCD码转换后 202311081454

4.7 进入与退出休眠模式指令

4.7.1 进入与退出休眠指令方式一

4.7.1.1 进入休眠指令方式一

休眠模式主要用于节电或电池应用，当传感器模组进入休眠模式后，只保留传感器的正常工作状态，外围电路的电源将自动关闭，以达到最大的省电状态，并确保模组唤醒后避免传感器对被测气体的响应无延迟。

使用此条指令进入休眠后，当需要退出休眠时，必须使用4.7.1.2 退出休眠模指令方式一指令进行退出。

- 下行指令格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]
0xAF	0x53	0x6C	0x65	0x65	0x70

示例解析：0xAF 0x53 0x6C 0x65 0x65 0x70-----发送数据为固定格式

- 上行数据格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.7.1.2 退出休眠模式指令方式一

使用此条指令于4.7.1.1进入休眠模式方式一指令搭配使用。退出休眠模式后需要等待6s，才能正常读取数据。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]
0xAE	0x45	0x78	0x69	0x74

示例解析：0xAE 0x45 0x78 0x69 0x74-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.7.2 进入与退出休眠指令方式二

4.7.2.1 进入休眠指令方式二

使用此条指令进入休眠后，当需要退出休眠时，必须使用4.7.2.2 退出休眠模式方式二指令进行退出。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]
0xA1	0x53	0x6C	0x65	0x65	0x70	0x32

示例解析：0xA1 0x53 0x6C 0x65 0x65 0x70 0x32-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0xA1	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x5F

示例解析：0xFF 0xA1 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x5F-----发送数据为固定格式

4.7.2.2 退出休眠模式指令方式二

使用此条指令于4.7.2.1 进入休眠模式方式二指令搭配使用。退出休眠模式后需要等待6s，才能正常读取数据。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]
0xA2	0x45	0x78	0x69	0x74	0x32

示例解析：0xA2 0x45 0x78 0x69 0x74 0x32-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0xA2	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x5E

示例解析：0xFF 0xA2 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x5E-----发送数据为固定格式

4.8 LED运行指示灯控制指令

在考虑省电模式时或不需要运行指示灯，可以采用以下指令对LED运行指示灯进行关闭和开启。

4.8.1 关闭LED灯指令

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x88	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x77

示例解析：0xFF 0x01 0x88 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x77-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.8.2 打开LED灯指令

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x89	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x76

示例解析：0xFF 0x01 0x89 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x76-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.8.3 查询LED运行灯状态指令

- 下行指令 (Tx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x8A	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x75

示例解析: 0xFF 0x01 0x8A 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x75-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x8A	Light status	Reserved					Checksum

示例解析: 0xFF 0x8A 0x01 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x75

0xFF 0x8A-----指令头

0x01-----0x01: 打开 0x00: 关闭

0x00 0x00 0x00 0x00 0x00-----保留

0x75-----校验和 $(-(0x8A+0x01+0x00+0x00+0x00+0x00+0x00)) \& 0xFF$

4.9 用户校准指令

气体传感器在使用过程中, 当使用环境比较恶劣或者长时间的测量, 会导致传感器信号衰减或测量超过误差值, 以及用户有定期进行校准的需求, 那么可以采用以下指令对模组的零点和灵敏度进行校准, 确保其测量的准确度。

在校准时可以选择分别对零点和灵敏度校准:

- 当只对零点校准时, 那么灵敏度保持出厂校准数据或上一次校准的数据。

用户零点校准示例: 写入0ppm, 该值按照IEEE754 single precision 32-bit转换后的十六进制整数写入模组。

- 当对灵敏度校准时, 建议零点保持出厂数据或上一次零点校准数据的基础上, 再通入定量气体进行校准。

例如选用10ppm的标准气体进行校准灵敏度时, 写入10ppm, 10.0f按照IEEE754 single precision 32-bit转换后的十六进制整数为:0x41200000。

Float类型数据转换请参考链接 (http://www.binaryconvert.com/convert_float.html?)。C语言可参看如下联合体进行转换, 举例:

```
typedef union {
    float data;
    uint32_t uint32_data;
    uint8_t uint8_data[4];
}FLOAT_DATA_U;
```

零点校准和灵敏度校准所采用的指令相同, 通常先校准零点, 再校准灵敏度, 指令如下:

- 下行指令 (Tx) 格式:

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x8D	Concentration (float)(\leq range/2)		0x00			Checksum

示例解析: 0xFF 0x01 0x8D 0x41 0x20 0x00 0x00 0x00 0x11

0xFF 0x01 0x8D-----指令头

0x41 0x20 0x00 0x00-----0x41200000 - 10.0f (IEEE754 single precision 32-bit)

0x00-----保留

0x11-----校验和 $(-(0x01+0x8D+0x41+0x20+0x00+0x00+0x00)) \& 0xFF$

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.10 恢复出厂标定指令

在操作标定过程中若出现误操作，导致标定后的测量误差较大或不正确的测量数据，以及其它需求时，可以采用该指令恢复出厂的标定数据。

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]	Byte[5]	Byte[6]	Byte[7]	Byte[8]
0xFF	0x01	0x8E	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x71

示例解析：0xFF 0x01 0x8E 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x71-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]
0x4F	0x4B

示例解析：0x4F 0x4B-----发送数据为固定格式

4.11 查询传感器序列号指令

- 下行指令 (Tx) 格式：

Byte[0]
0xD5

示例解析：0xD5-----发送数据为固定格式

- 上行数据 (Rx) 格式：

Byte[0]	Byte[1]	Byte[2]	Byte[3]	Byte[4]
Sensor Serial(BCD)				

示例解析：0x00 0x00 0x20 0x06 0x37

0x00 0x00 0x20 0x06 0x37-----0x0000200637 按BCD码转换后 0000200637



德国研发生产中心

德国 EC Sense GmbH

Wangener Weg 3 | 82069 Hohenschäftlarn

座机: +49 (0)8178-99992-10

传真: +49 (0)8178-99992-11

邮箱: office@ecsense.com

网址: www.ecsense.com

亚太区·中国应用设计研发中心

宁波爱氮森科技有限公司

浙江·宁波市鄞州区金谷北路 228 号中物科技园 6 号楼

邮编: 315100

座机: 0574-88097236, 88096372

邮箱: info@aqsystems.cn

网址: www.ecsense.cn