Rejeee	文档编号：	RJ/DS0052018
产品使用说明书	密　　级：	公开

产品使用说明书

M-KL9 LoRa 透传模块产品

（A1.1）

南京仁珏智能科技有限公司

地址：南京市浦口高新区星火路 20 号

网址：www.njrjzn.com

Copyright@2018 2018-02-24

◆ 版权声明

本文档包含的所有内容均受版权法的保护，未经南京仁珏智能科技有限公司(以下简称为“仁珏智能”)的书面授权，任何组织和个人不得以任何形式或手段对整个文档和(或)部分内容进行复制和转载，且不得以任何形式传播。

◆ 文档声明

由于产品版本升级或其它原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

M-KL9 外观图

导 言

概述

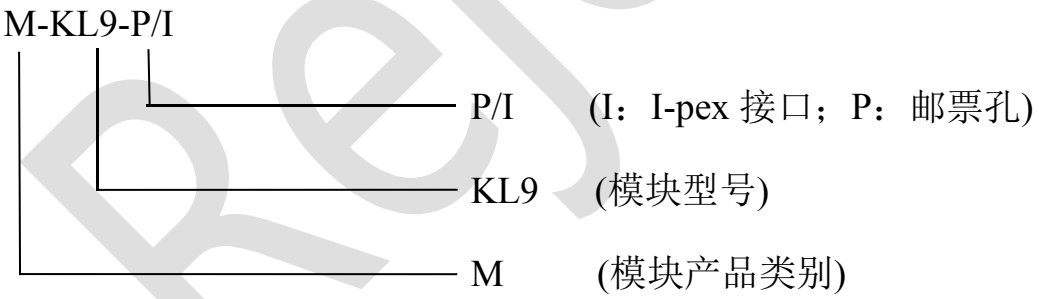
M-KL9 是一款 LoRa 串口透传通信模块，具有结构紧凑、功耗低的特点。模块为工业级标准设计，采用高性能工业级芯片解决方案实现 LoRa 网络数据传输，可快速开发部署 LoRa 网络，实现远距离低功耗的控制和数据采集的目的。在应用中使用该模块能够大大减少产品开发的时间。

模块采用 Semtech 公司 SX1278 射频前端进行设计，具备较高的接收灵敏度，覆盖半径可达 3km 以上。模块内置飞思卡尔低功耗单片机，采用串口方式通信，用户可以通过 AT 指令来配置模块，使用非常灵活方便。

Rejee

订购说明

型号说明



下表列出了当前已经支持的产品订购型号。

产品名称	产品型号	硬件版本	软件版本	备注
LoRa 模块	M-KL9-I	40	1.0	I-pex 天线接口
LoRa 模块	M-KL9-P	40	1.0	邮票孔天线接口

注：对于同一个产品，文档版本以最新版本为准。除非特别说明，芮捷电子在未提前告知用户的情况下，有保留更新文档版本的权利。

读者对象

本文档适用于：

▲ 研发工程师

▲ 技术支持工程师

▲ 客户

如果您是第一次使用仁珏智能公司的产品，建议您从第一章开始，阅读本文档全部内容，以便更好的了解产品功能，熟悉使用方式，防止造成操作不当等人为原因带来的不必要损失。

如果您了解或使用过芮捷电子公司的同类产品或其它公司生产的类似产品，那么，您可以选择跳过相关章节，通过文档结构导航阅读您想了解的其它章节内容。

Rejee

目　　录

概述....4
订购说明....4
读者对象....5
一.　产品介绍....8
1.1 产品简介....8
1.2 产品特性....8
1.3 应用领域....8
二. 接口定义....9
2.1 管脚描述....9
三. 电气特性....10
3.1 极限参数....10
3.2 功耗....10
3.3 射频指标....10
四. 应用说明....11
4.1 模块与 MCU 连接....11
4.2 模块参数配置....11
4.3 工作状态切换....11
4.4 复位与唤醒....11
五. 使用说明及注意事项....12
5.1 模块使用说明....12
5.2 注意事项....13
六. 封装尺寸....13
七. 附录：AT 指令说明....14
AT 测试指令....15
ATH 帮助指令....15
ATI 模块版本信息....15
ATZ 恢复默认参数....15
ATT 退出配置模式....15
AT+ID? 查询模块 ID....15
AT+SQ? 查询信号质量....15
AT+CFG? 查询配置参数....16
AT+AK?查询模块 AES 加密秘钥....16
AT+ADDR?查询模块单播地址....16
AT+MADDR?查询模块组播地址....16
AT+POW=<XX> 功率....16
AT+TSF=<XX> 发送扩频....17
AT+RSF=<xx> 接收扩频....17
AT+CRC=<XX> CRC 校验....17
AT+TFREQ=<XX> 发送频率....17
AT+RFREQ=<XX> 接收频率....17
AT+BW=<XX >带宽....17
AT+CR=<XX> 编码速率....18

Rejee

AT+TIQ=<XX> 发送载波反转.....18
AT+RIQ=<XX> 接收载波反转.....18
AT+SIP=<XX> 模块发包序号和模块地址.....18
AT+ACK=<XX> 模块应答开关.....18
AT+AK=<XX> 配置 AES 加密秘钥.....18
AT+ADDR=<XX> 配置单播地址.....19
AT+MADDR=<XX> 配置组播地址.....19
AT+SYNC=<XX> 同步字配置.....19
AT+MODE=<XX> 调制方式选择.....19
AT+PREM=<XX> 配置前导码.....19
AT+BRATE=<XX> 配置串口波特率.....19
AT+NET=<XX> 网络模式.....20
AT+EL=<XXXX> 休眠时间设置.....20
AT+TX=< X..X > 发送数据.....20
AT+RX=< XX> 开启接收.....20

Rejeee

一．产品介绍

1.1 产品简介

M-KL9 是一款 LoRa 串口透传通信模块，具有结构紧凑、功耗低的特点。模块为工业级标准设计，采用高性能工业级芯片解决方案实现 LoRa 网络数据传输，可快速开发部署 LoRa 网络，实现远距离低功耗的控制和数据采集的目的。在应用中使用该模块能够大大减少产品开发的时间。

模块采用 Semtech 公司 SX1278 射频前端进行设计，具备较高的接收灵敏度，覆盖半径可达 3km 以上。模块内置飞思卡尔低功耗单片机，采用串口方式通信，用户可以通过 AT 指令来配置模块，使用非常灵活方便。

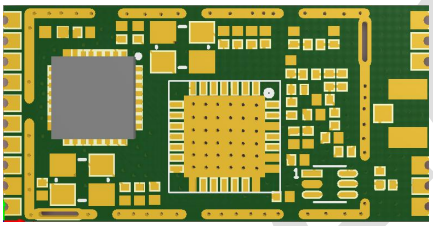


图 1-1 M-KL9 硬件

1.2 产品特性

- ●模块尺寸 26.3mm*13.2mm*3mm
- ●采用 LoRa 扩频调制技术
- ●发射功率可调，最大 20dBm
- ●接收灵敏度低至-142dBm
- ●链路预算高达 162dBm
- ●串口收发数据，所见即所得
- ●支持 AT 指令配置，简单易操作
- ●支持网关轮询以及应答
- ●射频口已匹配至 50Ω
- ●内嵌看门狗定时器
- ●支持直插式和邮票孔封装
- ●传输距离可达 3~5km（空旷区域）

1.3 应用领域

- 自动抄表、水、电计量
- 家庭和楼宇自动化
- 工业监控、无线报警和安全系统

Rejee

二. 接口定义

2.1 管脚描述

M-KL9 模块采用邮票孔封装，可以作为一个 SMD 元件来使用，方便集成到产品之中，而无需射频设计经验。相比传统的调制技术，采用 LoRa 调制技术的 M-KL9 模块在通信距离上具有显著的优势，在传输距离、抗干扰性以及功耗等方面综合性价比更高。图 2.1 给出了 M-KL9 的管脚描述，每个管脚的详细就介绍参见表 2-1。

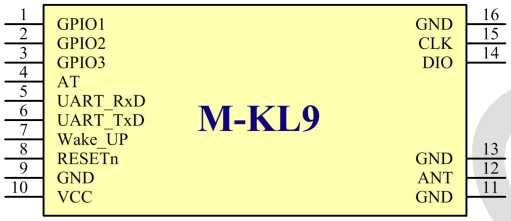


图 2-1 M-KL9 模块管脚

表 2-1 接口功能描述

引脚编号	引脚名称	类型	描述
1	GPIO1	Output	发送完成指示
2	GPIO2	Output	接收完成指示
3	GPIO3	Output	保留引脚，悬空处理
4	AT	Input	高电平时为 AT 模式，低电平为透传模式
5	URAT_RxD	Input	模块串口输入
6	URAT_TxD	Output	模块串口输出
7	Wake_UP	Input	模块唤醒引脚
8	RESETn	Input	模块复位引脚
9	GND	Power	地
10	VCC	Power	电源
11	GND	Power	地
12	ANT	RF	射频信号输入输出
13	GND	Power	地
14	DIO	In/Out	模块升级接口
15	CLK	Input	模块升级接口
16	GND	Power	地

Rigee

三. 电气特性

3.1 极限参数

参数	最小值	最大值	单位
供电电压	-0.5	3.9	V
射频输入功率	-	10	dBm
操作温度	-40	+85	℃
存储温度	-55	+115	℃

表 3-1 极限参数表

注意：超过一个或多个绝对最大额定值的限制可能会造成模块的永久性损坏。

3.2 功耗

条件：除非另有说明，T=25℃，VCC=3.3V。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
休眠模式	-	1.8	-	uA
接收模式	-	22	-	mA
发送（@5dBm）	-	75	-	mA
发送（@20dBm）	-	130	-	mA

表 3-2 功耗参数

3.3 射频指标

下表描述了 M-KL9 的射频指标。

参数	最小值	典型值	最大值	单位
接收灵敏度@470MHz	-140	-139.3	--139	dBm
发射功率@470MHz	19	19.2	19.5	dBm

表 3-3 M-KL9 射频指标

Rejee

四. 应用说明

4.1 模块与 MCU 连接

模块基于高度集成化的设计，结构简单，使用方便。可集成至其它设备和产品中，如下图所示为通过外部 MCU 搭配 M-KL9 模块实现无线数据收发的示意图。

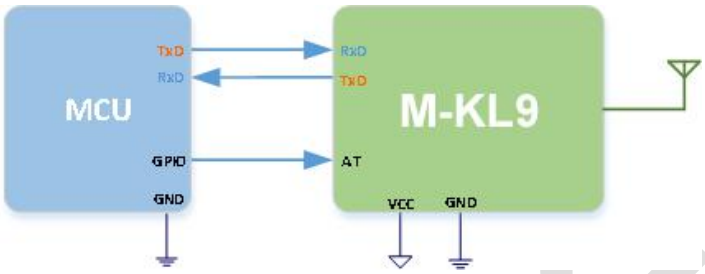


图 4-1 外部模块与 M-KL9 的连接示意

注意：模块串口为 TTL 电平，请与 TTL 电平的 MCU 连接。

4.2 模块参数配置

模块有两种方式进入配置模式：

方式 1：外部输入高电平到 AT 引脚，模块即可进入 AT 配置模式，输入低电平即可进入透传模式。

方式 2：当 AT 引脚悬空或接地时，串口输入“+++”，即可进入配置模式，串口输入“ATT”指令指令即可进入透传模式。注意:串口输入 ATT 后必须再输入回车作为结尾一起发送。

4.3 工作状态切换

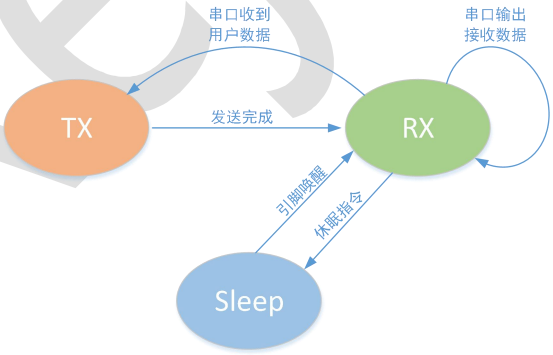
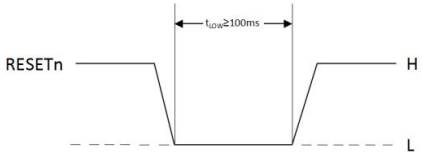


图 4-3 模块透传模式工作状态切换

4.4 复位与唤醒

M-KL9 在启动后会自动复位，也可以在任何需要的时间对其进行复位，具体方法是给 RESETn 引脚施加一个不小于 100mS 的低电平。

Rejee



4-4 模块复位时序

模块在 AT 模式下，可以通过 AT 指令控制模块进入休眠状态。当需要唤醒时可通过 Wake_UP 引脚输入一个下降沿来唤醒模块。为了节约功耗，正常工作时可将此引脚做拉低处理。

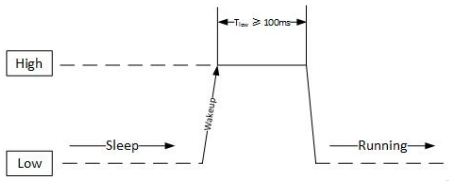


图 4-5 模块唤醒时序

五.使用说明及注意事项

5.1 模块使用说明

- 模块采用飞思卡尔高性能低功耗 32 位单片机结合 SX127x 的射频芯片，使用 RTOS 系统，多任务实时处理，内置看门狗保护机制，以及数据缓冲机制，稳定可靠。支持双向数据透明传输，但是由于 SX127x 收发机的特性，模块收发不可同时工作。实际使用过程中，模块为半双工方式。即在模块发送时不可能收，接收时不可能发。
- 模块是以串口输入为高优先级。即无论模块当前是否处于接收模式，在收到串口数据后，都会优先处理串口来的数据。如果是 AT 命令模式，则解析并执行该命令，返回结果。如果是透传模式，则数据存入缓冲区供发送任务调度。
- 模块操作系统中“发送任务”实时处理缓冲区的数据包，缓冲区可以存储数据 5 个数据包，每个数据包可达 220 个字节。当缓冲区满，模块将无法处理串口新输入的数据而会将该数据丢弃。
- 在 AT 命令模式下，模块默认不接收也不发送。在透传模式下，模块默认一直处于接收操作，当串口收到用户数据则自动切换成发送操作。由于“发送操作”的优先级较高，在接收过程中如果给模块串口发送数据，模式将立即执行发送操作，进而影响当前接收。实际应用中应根据业务需求进行处理。
- 模块具有低功耗休眠功能和外部唤醒功能。休眠可以永久休眠和定时休眠，以便在功耗要求严苛的场景下使用。具体休眠唤醒操作请参考 4.4 复位和唤醒。
- 模块不支持标准 LoRaWAN 协议模块，模块和基站主要承载的是数据转发功能，为中小型应用定制本地化部署，使节点采集的数据实时直接传输至本地以供客户直接处理，所以模块和基站端不做任何数据解析操作。

Rejee

- 最大化利用 LoRa 传输性能。因此，模块发送数据不具有数据重发和下行确认应答功能，而将该处理逻辑下放给业务端处理，不同业务场景可以根据需要来自定义上下行业务逻辑。

5.2 注意事项

- 当模块正常启动之后，如需要修改参数配置，则通过 AT 控制引脚置高切换成 AT 命令模式进行修改。如无需修改则直接进入数据透传收发模式。
- 模块尽可能采用纹波较小的直流电源，推荐工作电压为 3.3V，有条件尽可能使用单独的 LDO 进行供电，最大输出电流不小于 300mA。
- 模块接口与 3.3V 单片机可以直接相连，无需串接电阻，如采用 5V 单片机进行驱动则需增加电平转换，避免因接口电平不匹配，造成接口损坏。
- 模块 ANT 引脚到天线端的走线尽可能短，长度不超过 30mm，同时建议端口与天线之间加入 π 型匹配网络，如果天线已经是 50Ω 的，可以用 220pF 作为等效短路器件。

六.封装尺寸

M-KL9 模块尺寸如下图 7-1 所示：

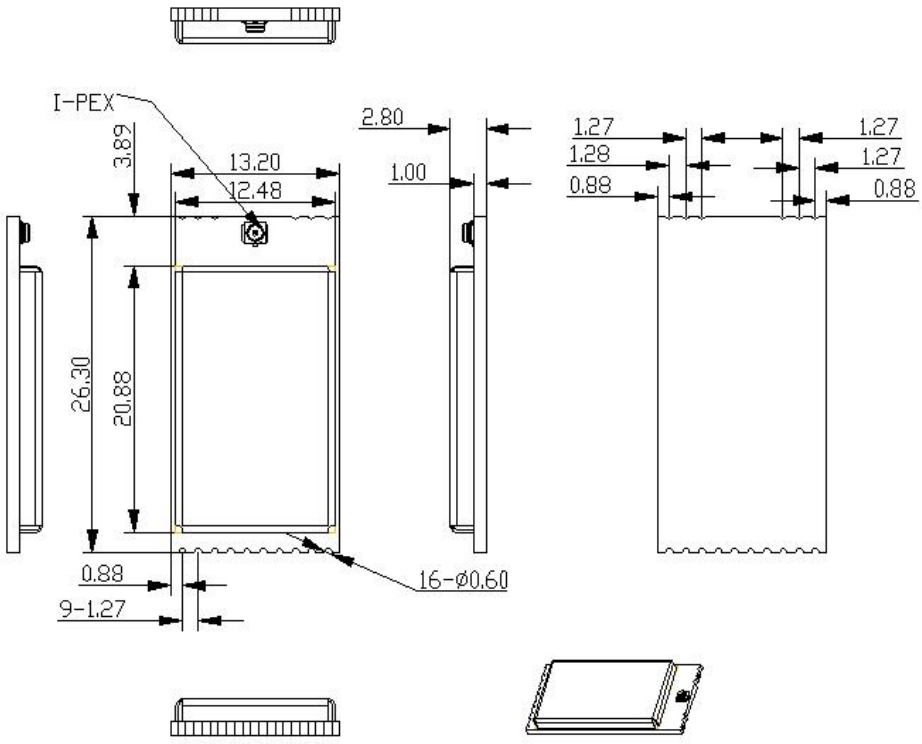


图 7-1：M-KL9 模块尺寸

七. 附录：AT 指令说明

本手册中所有命令行必须以“AT”作为开头，以回车(<CR><CF>)作为结尾。响应通常紧随命令之后，它的样式是“<回车><新行><响应内容><回车><新行>”(<CR><LF><响应内容><CR><LF>)。整本手册里，只有<响应内容>被自始自终介绍，而<回车><新行>被有意省略了。<响应内容>和设置参数值<XX>为十六进制字符串。

模块串口支持多种波特率，默认使用 9600 bps，8 位数据位，无校验位，1 位停止位，串口发送均采用字符串格式发送和接收。

在 AT 配置模式下，每一条 AT 指令都有回响，用户在使用时须等待指令的回响结果再做下一步操作，如果命令执行失败，响应对应错误代码。常见命令错误代码如下。

错误代码	代码含义	错误代码	代码含义
ER00	语法错误	ER05	保存失败
ER01	参数错误	ER06	缓冲区满
ER02	执行失败	ER07	超时
ER03	信道忙	ER08	配置拒绝
ER04	长度错误	ER09	不可读

模块的默认参数如下：

参数项	参数值	说明
NET	01	网络类型：模块与基站
TFREQ	475.5MHz	发送频点
RFREQ	507.5MHz	接收频点
POW	20dBm	发送功率
BW	125KHz	带宽
SF	12	扩频因子
CR	4/5	编码率
MODE	LORA	调制模式
SYNC	0x12	同步字
PREM	8	前导符长度
CRC	ON	射频 CRC 开
TIQ	OFF	发送反转关
RIQ	OFF	接收反转关
SEQ	OFF	数据不带序号
IP	OFF	数据不带单播地址
AES	OFF	AES 加密关

Reiee

AT 测试指令

命令语句	正确回响内容	说明
AT	OK	查询模块是否支持 AT 指令

此命令将不做任何动作，在 AT 模式下模块随时都可以接收此命令。

ATH 帮助指令

命令语句	正确回响内容	说明
ATH	AT 指令列表	返回模块支持的 AT 指令

此命令将不做任何动作，在 AT 模式下模块随时都可以接收此命令。

ATI 模块版本信息

命令语句	正确回响内容	说明
ATI	LoRa KL9 Firmware V2003	模块版本信息，格式为：LoRa 模块名 Firmware Vxx

ATZ 恢复默认参数

命令语句	正确回响内容	说明
ATZ	OK	模块恢复默认参数

此命令解析正确则返回 “OK”，将立即恢复出厂配置参数并重启模块。

ATT 退出配置模式

命令语句	正确回响内容	说明
ATT	OK	退出配置模式

此命令解析正确则返回 “OK”，模块由配置模式切换到透传模式。注意：如果此时 AT 引脚检测为高，则无法退出配置模式。相对应退出透传模式仅且使用 “+++”，可参考 4.2 说明。

AT+ID? 查询模块 ID

命令语句	正确回响内容	说明
AT+ID?	CACBB80000002488	查询模块 ID

该 ID 编号为 IEEE EUI64 格式，具有全球唯一性，为出厂预设，只读不可更改。

AT+SQ? 查询信号质量

命令语句	正确回响内容	说明
AT+SQ?	XX|XXXX	SNR|RSSI 的十六进制格式串，SNR 为单字节有符号整数，RSSI 为双字节有符号整数

该指令用于查询模块最新接收数据的信号质量，包括 SNR 和 RSSI 值，如果没有则返回错误码，表示无法查询该值。

AT+CFG? 查询配置参数

命令语句	正确回响内容	说明
AT+CFG?	模块当前参数列表	查询模块发送配置参数

该指令用于查询模块当前的配置参数。格式如下所示。

```
NET:      Node to Gateway
TFREQ:    475.5MHz
RFREQ:    507.5MHz
POW:      20dBm
BW:       125kHz
TSF:      12
RSF:      7
CR:       4/5
MODE:     LORA
SYNC:     0x12
PREM:     8
CRC:      ON
TIQ:      OFF
RIQ:      OFF
SEQ:      OFF
IP:       OFF
AES:      OFF
ACK:      OFF
```

AT+AK?查询模块 AES 加密秘钥

命令语句	正确回响内容	说明
AT+AK?	**********33445566	查询当前模块 AES 秘钥

模块当前 AES 秘钥值，长度为 32 个字节的十六进制字符串（64 个字符长度），为了安全起见，秘钥仅显示末尾 4 字节。若未设置密钥值，则该值不可读。恢复出厂配置，则秘钥状态为未配置状态。

AT+ADDR?查询模块单播地址

命令语句	正确回响内容	说明
AT+ADDR?	00002488	4 字节单播地址，十六进制字符，类似 IP 网络的 IP 值

该指令用于查询模块 ADDR 值，该值为模块单播地址，默认值为 ID 后 4 个字节。该命令与 AT+SIP 相关，如果 SIP 中的 IP 开关关闭，则发送数据包中不包含 ADDR 值。

AT+MADDR?查询模块组播地址

命令语句	正确回响内容	说明
AT+MADDR?	CACBB800	4 字节组播地址，十六进制字符，类似 IP 网络的网段值

该指令用于查询模块 MADDR 值，该值为模块组播地址。

AT+POW=<XX> 功率

命令语句	正确回响内容	说明
AT+POW=<XX>	OK	XX 发射功率（单字节十六进制字符串），如<14>：POW

		值为 20dBm

AT+TSF=<XX> 发送扩频

命令语句	正确回响内容	说明
AT+TSF=<XX>	OK	XX 为 SF 值（单字节十六进制字符串），如<0C>：SF 值为 12，有效范围 6~12

AT+RSF=<xx> 接收扩频

命令语句	正确回响内容	说明
AT+TSF=<XX>	OK	XX 为 SF 值（单字节十六进制字符串），如<0C>：SF 值为 12，有效范围 6~12

AT+CRC=<XX> CRC 校验

命令语句	正确回响内容	说明
AT+CRC=<XX>	OK	是否开启硬件 CRC 校验 <00>：无 CRC 校验 <01>：有 CRC 校验

AT+TFREQ=<XX> 发送频率

命令语句	正确回响内容	说明
AT+TFREQ=<XXXXXXXX>	OK	XXXXXXXX 为频率值（4 字节的十六进制字符串），如<1C12E3C0>：配置模块发射频率 471MHz

AT+RFREQ=<XX> 接收频率

命令语句	正确回响内容	说明
AT+RFREQ=<XXXXXXXX >	OK	XXXXXXXX 为频率值（4 字节的十六进制字符串），如<1C12E3C0>：配置模块接收频率 471MHz

AT+BW=<XX >带宽

命令语句	正确回响内容	说明
AT+BW=<XX>	OK	设置带宽值 <07>：125K　<08>：250K <09>：500K

Rejee

AT+CR=<XX> 编码速率

命令语句	正确回响内容	说明
AT+CR=<XX>	OK	设置编码率 <01>：4/5　<02>：4/6 <03>：4/7　<04>：4/8

AT+TIQ=<XX> 发送载波反转

命令语句	正确回响内容	说明
AT+TIQ=<XX>	OK	载波反转 <00>：载波不反转（默认） <01>：载波反转

注意：发送端与接收端载波反转配置必须一致才能正常通信。

AT+RIQ=<XX> 接收载波反转

命令语句	正确回响内容	说明
AT+RIQ=<XX>	OK	接收载波反转 <00>：载波不反转（默认） <01>：载波反转

注意：发送端与接收端载波反转配置必须一致才能正常通信。

AT+SIP=<XX> 模块发包序号和模块地址

命令语句	正确回响内容	说明
AT+SIP=<XX>	OK	<00>：不带包序不带地址（默认） <01>：不带包序带地址 <10>：带包序不带地址 <11>：带包序带地址

包序从 0 开始每次完成发送自动加一。地址为模块单播地址。

AT+ACK=<XX> 模块应答开关

命令语句	正确回响内容	说明
AT+ACK=<XX>	OK	<00>：不应答（默认） <01>：应答

注意：由于 AT 模式下发送数据不开接收，因此 ACK 目前暂只针对透传模式。

AT+AK=<XX> 配置 AES 加密秘钥

命令语句	正确回响内容	说明
AT+AK=<XX>	OK	XX 为 32 字节的 AES 加密秘钥值

Rejee

注意：模块配置秘钥值，即开启 AES 加密，因此发送端与接收端秘钥必须一致才能正常还原数据。秘钥值配置全“0”，则关闭 AES 加密功能。

AT+ADDR=<XX> 配置单播地址

命令语句	正确回响内容	说明
AT+ADDR=<XX>	OK	XX 为 4 字节模块单播地址

注意：ADDR 值，默认取自模块 ID 的后 4 个字节，为防止 ADDR 重复，建议不要配置该值。当开启模块地址功能时，模块接收数据时会匹配接收数据的目标地址，如与自身 ADDR 匹配则输出数据，否则做丢弃处理。

AT+MADDR=<XX> 配置组播地址

命令语句	正确回响内容	说明
AT+MADDR=<XX>	OK	XX 为 4 字节模块组播地址

注意：MADDR 值，默认取自模块 ID 的前 4 个字节，用户可根据不同分组配置不同值。当开启模块地址功能时，模块接收数据时会匹配接收数据的目标地址，如与自身组播地址 MADDR 匹配则输出数据，否则做丢弃处理。基站通过在发送数据中嵌入组播地址可实现模块分组接收功能。

AT+SYNC=<XX> 同步字配置

命令语句	正确回响内容	说明
AT+SYNC=<XX>	OK	默认同步字<12>

注意：发送端与接收端同步字必须一致才能正常通信。

AT+MODE=<XX> 调制方式选择

命令语句	正确回响内容	说明
AT+MODE=<XX>	OK	XX 为模块调制选择 <00>：LoRa 调制方式 <01>：FSK 调制方式

注意：FSK 调制方式配置项较多，目前模块暂不支持更多配置。

AT+PREM=<XX> 配置前导码

命令语句	正确回响内容	说明
AT+PREM=<XX>	OK	XX 为前导码值 <08>：默认值

注意：该值如非必要，建议不要修改。

AT+BRATE=<XX> 配置串口波特率

命令语句	正确回响内容	说明
AT+ BRATE=<XX>	OK	<00>：1200bps <01>：2400bps <02>：4800bps

		<03>：9600bps（默认） <04>：19200bps <05>：38400bps <06>：57600bps <07>：115200bps <08>：230400bps <09>：380400bps

该命令配置成功后，会自动重启生效。

AT+NET=<XX> 网络模式

命令语句	正确回响内容	说明
AT+NET=<XX>	OK	模块通信网络模式 <00>:模块与模块之间通信 <01>:模块与网关之间通信

AT+EL=<XXXX> 休眠时间设置

命令语句	正确回响内容	说明
AT+EL=<XXXX>	OK	<XXXX>为休眠时间十六进制字符串形式

注意：

① 参数形式为 16 进制数据，例如： <0020>为 32 秒，最长 12 小时<A8C0>。

② 如定时时间未到，亦可通过 wakeup 引脚唤醒。

③0000—长期低功耗模式，可通过 wakeup 引脚或者复位模块的方式唤醒。

AT+TX=< X..X > 发送数据

本模块除了可以使用透传命令传输数据外，还可以使用 AT 命令进行数据发送。为了匹配正常的 ASCII 命令格式，通过 AT+TX 命令发送数据时，需要对发送的数据进行 ASCII 码转成十六进制的字符串串，相关说明如下所示。

命令语句	正确回响内容	说明
AT+TX=< X..X >	OK	< X..X>数据内容（十六进制）

<123456>：发送十六进制数据 0x12,0x34,0x56

AT+RX=< XX> 开启接收

本模块除了可以使用透传命令传输数据外，还可以使用 AT 命令进行接收。

命令语句	正确回响内容	说明
AT+RX=< XX >	OK	<00> 关闭接收 <01> 开启接收模式 1 <02> 开启接收模式 2

Rejee

<01> 开启接收模式 1：串口打印接收到数据和 RSS、SNR 值（十六进制字符串）

<02> 开启接收模式 2：串口打印接收到数据的 RSS、SNR、payload（可用于信号测试）

Rejeee