

# HM-6601 透传模块用户指引

## 目录

1、模块特征 .....	2
2、用户接口 .....	2
2.1 对用户总体接口 .....	2
2.2 模块工作状态 .....	3
2.3 射频参数设置 .....	4
3、AT 指令集 .....	8
3.1、AT 指令格式 .....	8
3.2、AT 指令详解 .....	9
3.2.1 读取版本标识+CGMR .....	9
3.2.2 设置串口波特率+CGBR .....	9
3.2.3 设置发送功率 +CTXP .....	10
3.2.4 设置模块射频工作+CWMODE .....	10
3.2.5 设置模块前导时间 +CPRMTIM .....	11
3.2.6 设置模块间歇工作的休眠时间 +CSLPTIM .....	11
3.2.7 设置模块间歇工作模式的最大接收时间 +CRXTIM .....	12
3.2.8 设置模块发射频率 +CTXF .....	12
3.2.9 设置模块接收频率 +CRXF .....	13
3.2.10 设置模块发射带宽 (BW) +CTBW .....	13
3.2.11 设置模块接收带宽 (BW) +CRBW .....	14
3.2.12 设置模块发射扩频因子 (SF) +CTSf .....	14
3.2.13 设置模块接收扩频因子 (SF) +CRSF .....	15
3.2.14 设置模块发射编码率 (CR) +CTCR .....	15
3.2.15 设置模块接收编码率 (CR) +CRCR .....	16
3.2.16 保存参数设置 +CSAVE .....	16
3.2.17 退出 AT 指令模式 +CEXITAT .....	17

# 1、模块特征

HM-6601 透传模块一款基于 LoRa 调制方式的无线数据收发的串口模块。它具有输出功率可选（最大输出功率 22dBm）、射频参数 BW、SF、CodeRate 可选、灵敏度高、传输距离远、低功耗时电流小等优点。

用户接口简单、应用操作方便。用户 MCU 只需要通过串口与模块对接，发送数据包时通过串口向模块发送数据，模块将用户的数据包以 LoRa 的调制模式通过射频发射，接收端收到数据包后经过解码，直接从串口吐出数据包到接收端的 MCU。

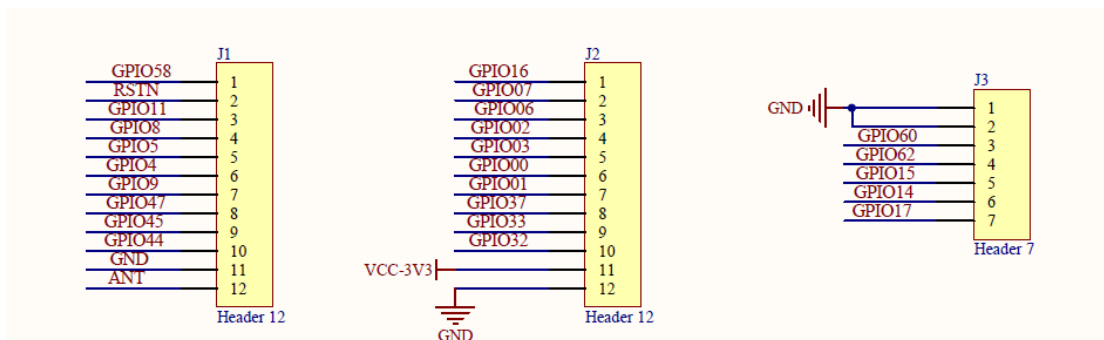
用户可通过特殊指令时序使模块进入 AT 指令配置状态。模块可工作在：一、数据收发状态；二、AT 指令配置状态。要从数据收发状态进入 AT 指令状态的时序见第二章。

在数据收发状态下有两种工作模式：1、连续工作模式，2 间歇工作模式。连续工作模式下收发模块射频不做休眠。如果串口端收到数据包则启动向空网发送数据包，发射完毕后默认进入连续接收状态。如果空网中有数据包过来，将数据包接收下来并经过解码后由串口将解析数据输出。

提供的 AT 指令集可用于设置模块的各项参数。如：发射和接收频率、发射和接收 BW、发射和接收扩频因子（SF）、发射和接收编码率（CR）发射功率、串口波特率等。（指令格式具体应用参考第三节）。

# 2、用户接口

## 2.1 对用户总体接口



➤ 模块对用户的最小接口为：TXD、RXD、这两个 IO 口的功能如下：

模块引脚	IO 属性
TXD (GPIO17)	输出
RXD (GPIO16)	输入

## 2.2 模块工作状态

### ■ 数据收发状态

#### ➤ 连续工作模式

连续工作模式下模块射频不做休眠。如果串口端收到数据包则启动向空网发送数据包，发射完毕后默认进入连续接收状态。如果空网中有数据包过来，将数据包接收下来并经过解码后由串口将解析数据输出。

需要**注意**的是：连续工作模式下，前导码时间（`preambleTime`），休眠时间（`sleepTime`），接收工作时间（`workTime`）都是**不起作用，无效的**。

#### ➤ 间歇工作模式

间歇工作模式主要是指模块设定休眠时间（`sleepTime`），定期从休眠状态唤醒，利用很短的时隙检测空网中是否有信号，如果没有则立即休眠，如果有则在规定的时（`workTime`）内将数据包收下来，接收完数据包继续休眠。

需要**注意**的是：由于参数前导时间(`preambleTime`)只有在间歇工作模式才有效，所以**间歇接收机**所对应的**发射机**也必须配置为**间歇**工作模式。另外必须保证发射机的参数(`sleepTime`)或者 `workTime` 为 **0**。这样如果接收机回复应答时，发射机不是处于休眠状态，则可以正确地接收到接收机发送的应答包。

### ■ AT 指令配置状态

处于 AT 指令状态时可以通过 AT 指令对相关的参数进行设置。

### ■ 工作状态的切换

模块从数据收发模式切换到 AT 指令模式需要如下两步操作：

- ✓ 在串口工具中发送“`$$$aaa`”
- ✓ 模块收到“`$$$aaa`”后，进入 AT 配置模式。并回复字符串“`”`。

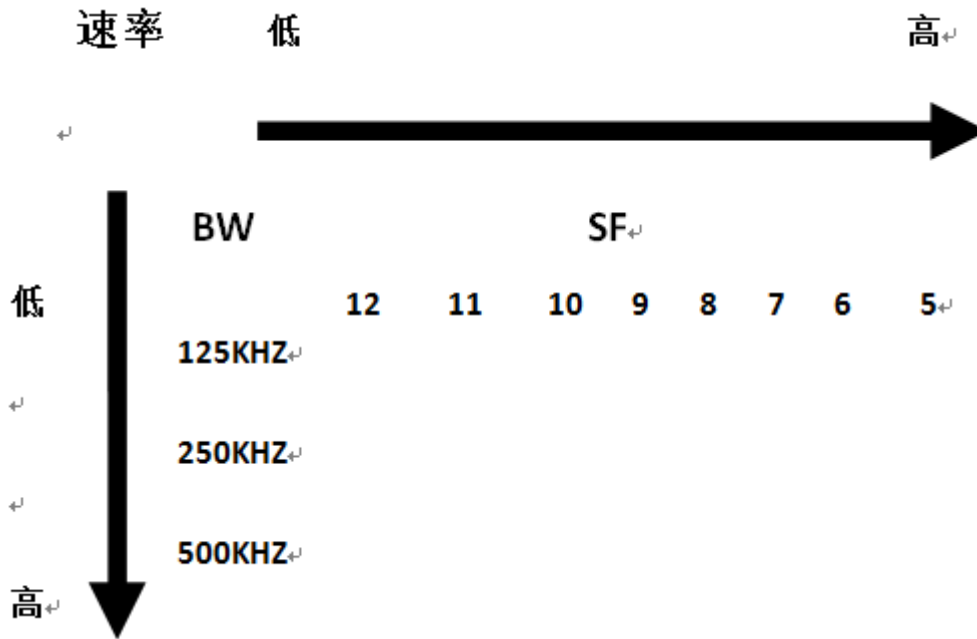


从 AT 指令模式切换回常规数据收发模式有专门指令“AT+CEXITAT”

## 2.3 射频参数设置

- 有关带宽 BW、扩频因子 SF、编码率 CR 的设置需要按一定的规则设置。

参数 BW、SF 与速率的关系如下图所示。



另外编码率 CR 为 LORA 内部数据包打包时所用，分别为 4/5、4/6 4/7 4/8。编码率值越大，有效载荷越小。相对的有效数据的速率就越低。

■ BW、SF、CR 的设置原则主要有以下：

- 需要高灵敏度则配置低速率
- 配置低速率需要减小 BW、增大 SF 值
- 配置高速率需要增大 BW、减小 SF 值
- 相同速率等级的组合，建议选择 BW 小的
  - 如 BW (250 KHZ) SF(11)组合与 BW (500 KHZ) SF(12)组合 建议用 BW (250 KHZ) SF(11) 的组合。
- 编码率 CR 对速率速率不产生直接影响，编码率高增加的其它载荷就多，有效数据的速率就相对低
  - 比较常用的是 4/5，其它的不常用。

参数的设置需要符合参数的取值范围，如果超出该范围则视为不合法，设置不成功。

■ 各参数的取值范围如下：

- 发射频率 TxFreq
  - 41000~47000 单位为 10KHZ
- 接收频率 RxFreq
  - 41000~47000 单位为 10KHZ
- 发射扩频因子 TxSF
  - 5~12

- 接收扩频因子 RxSF  
5~12
- 发射带宽 TxBw  
7、8、9 (125KHZ、250KHZ、500KHZ)
- 接收带宽 RxBw  
7、8、9 (125KHZ、250KHZ、500KHZ)
- 发射编码率 txCR  
1、2、3、4 (4/5、4/6、4/7、4/8)
- 接收编码率 rxCR  
1、2、3、4 (4/5、4/6、4/7、4/8)
- 工作模式 workMode  
1 (间歇工作模式)、2 (连续工作模式)
- 前导 preambleTime  
0~16000 单位 1 ms
- 间歇接收的休眠时间 sleepTime  
0~15000 单位 1ms
- workTime  
0~20000 单位 1ms

■ 发射前导时间的设置

前导时间与前导符号数的关系如下：

$$ToA = \frac{2^{SF}}{BW} * N_{symbol}$$

ToA : 为前导占用的时间

Nsymbol 为符号数。

由上可知前导时间为单个符号时间与符号数的乘积。而单个符号的周期取决于速率，不同的速率单个符号的周期不同，而且单个符号周期未必是整数。所以前导时间只是一个大概时间未必就非常精确。遇到符号数与符号周期的乘积小于预定的前导时间的情况，处理方式增加几个符号。

- 不同速率单个符号的周期如下：

SF	12	11	10	9	8	7	6	5
<b>BW</b>								
<b>125KHZ</b>	32.768ms	16.384ms	8.192ms	4.096ms	2.048ms	1.024ms	0.512ms	0.256ms
<b>250KHZ</b>	16.384ms	8.192 ms		4.096ms	2.048ms	1.024ms	0.512ms	0.256ms
<b>500KHZ</b>	8.192 ms	4.096ms			1.024ms	0.512ms	0.256ms	0.128ms
					2.048ms			0.064ms

■ 数据包空中传输时间的计算

数据包的空中时间可以用同一公式。只是符号数的计算相对复杂。

$$ToA = \frac{2^{SF}}{BW} * N_{symbol}$$

符号数的计算公式如下：

For SF5 and SF6:

$$N_{symbol} = N_{symbol\_preamble} + 6.25 + 8 + \text{ceil} \left( \frac{\max(8 * N_{byte\_payload} + N_{bit\_CRC} - 4 * SF + N_{symbol\_header}, 0)}{4 * SF} \right) * (CR + 4)$$

For all other SF:

$$N_{symbol} = N_{symbol\_preamble} + 4.25 + 8 + \text{ceil} \left( \frac{\max(8 * N_{byte\_payload} + N_{bit\_CRC} - 4 * SF + 8 + N_{symbol\_header}, 0)}{4 * SF} \right) * (CR + 4)$$

## 3、AT 指令集

### 3.1、AT 指令格式

AT 指令采用基于 ASCII 码的命令行，命令格式如下：

请求消息格式为：AT+<CMD>[OP][para-1,para-2,……para-n]<\r>

表格 1 AT 请求消息格式

域	说明
AT+	命令消息前缀
CMD	指令字符串
Op	指令操作符。可以是以下内容： ✓ “=”：表示参数设置。 ✓ “？”：表示查询参数的当前值。 ✓ “”：表示执行指令。 ✓ “=? ”：表示查询设置指令的参数。
para-1, para-2, ……para-n	表示设置的参数值，或者是指定要查询的参数
\r	回车结束符，ASCII码为0x0D

回应消息格式为：<\r\n>[+CMD:][para-1,para-2,……para-n]<\r\n>

或者：<\r\n><STATUS><\r\n>

或者上述两者都有。

表格 2 AT 回应消息格式

域	说明
\n	换行符，ASCII码为0x0A
+CMD	相应的指令字符串
para-1, para-2, ……para-n	相应的参数字符串
STATUS	指令执行状态。可以是以下内容：  ✓ “OK”：表示指令执行成功。 ✓ “ERROR”：表示指令执行失败。  ✓ “+CME ERROR:<err>”：表示指令执行失败，并返回相应的错误代码。

注：



- <>: 表示必须包含的内容。
- []: 表示可选的内容
- \r: 回车结束符, ASCII 码为 0x0D
- \n: 换行符, ASCII 码为 0x0A。

例如, 查询软件版本号, 发送指令为:

```
AT+CGMR?\r
```

回复的消息为:

```
\r\n++CGMR=v1.0\r\n
```

```
\r\nOK\r\n
```

下文中为了便于阅读, 将\r\n 隐藏。

- 串口的参数配置: 波特率 115200, 数据位 8, 停止位 1, 校验位 0。
- 当前命令支持回显, 暂时不支持回格 (BackSpace), 暂时不支持回翻历史命令。

## 3.2、 AT 指令详解

### 3.2.1 读取版本标识+CGMR

命令类型	命令格式	响应
查询命令	AT+CGMR?	+CGMR=<revision> OK
参数说明	<revision>: 版本标识	
返回值说明		
示例	AT+CGMR? \r\n +CGMR=v1.0 OK	
注意事项		

### 3.2.2 设置串口波特率+CGBR

命令类型	命令格式	响应
查询命令	AT+CGBR?	+CGBR=<baud> OK
设置命令	AT+CGBR=<baud>	OK
参数说明	<baud>: 波特率 默认值为1, 取值范围 1~ 8	
返回值说明	1 - 115200	

	2 - 57600 3 - 38400 4 - 19200 5 - 9600 6 - 4800 7 - 2400 8 - 1200 <err>: error代码。
示例	AT+CGBR? \r\n +CGBR=1 OK
注意事项	

### 3.2.3 设置发送功率 +CTXP

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+CTXP=?	+CTXP:"value" OK
查询命令	AT+CTXP?	+CTXP:<value> OK
执行命令	AT+CTXP=<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 为发射功率值, 默认值为22, 1 ~ 22dBm <err>: error代码。	
返回值说明		
示例	AT+CTXP=22\r\n OK	
注意事项	在发送数据之前需要设置。	

### 3.2.4 设置模块射频工作+CWMODE

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+CWMODE=?	+ CWMODE:"value" OK
查询命令	AT+ CWMODE?	+ CWMODE:<value>

		OK
执行命令	AT+ CWMODE =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 工作模式. 取值范围 1~2	
返回值说明	1 - 间歇工作 2 - 连续工作  <err>: error代码。	
示例	AT+ CWMODE =1 \r\n	OK
注意事项		

### 3.2.5 设置模块前导时间 +CPRMTIM

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CPRMTIM =?	+ CPRMTIM:"value" OK
查询命令	AT+ CPRMTIM?	+ CPRMTIM:<value> OK
执行命令	AT+ CPRMTIM =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 间歇工作模式发射前导时间,	
返回值说明	取值范围: 0~16000ms <err>: error代码。	
示例	AT+ CPRMTIM = 1000 \r\n	OK
注意事项	只有在间歇工作模式才有效	

### 3.2.6 设置模块间歇工作的休眠时间 +CSLPTIM

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CSLPTIM =?	+ CPRMTIM:"value" OK

查询命令	AT+ CSLPTIM?	+ CSLPTIM:<value> OK
执行命令	AT+ CSLPTIM =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 间歇工作模式的休眠时间	
返回值说明	取值范围: 0~15000ms <err>: error代码。	
示例	AT+ CSLPTIM = 1000 \r\n OK	
注意事项	只有在间歇工作模式才有效。	

### 3.2.7 设置模块间歇工作模式的最大接收时间 +CRXTIM

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CRXTIM =?	+ CRXTIM:"value" OK
查询命令	AT+ CRXTIM?	+ CRXTIM:<value> OK
执行命令	AT+ CRXTIM =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 间歇工作模式最大接收时间	
返回值说明	取值范围: 0~20000ms <err>: error代码。	
示例	AT+ CRXTIM = 1000 \r\n OK	
注意事项	只有在间歇工作模式才有效。	

### 3.2.8 设置模块发射频率 +CTXF

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CTXF =?	+ CTXF:"value" OK
查询命令	AT+ CTXF?	+ CTXF:<value> OK

执行命令	AT+ CTXF =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 发射频率值, 默认值为43300, 取值范围: 41000 ~ 47000 单位 为10KHZ。 <err>: error代码。	
返回值说明		
示例	AT+ CTXF =43300 \r\n OK	
注意事项		

### 3.2.9 设置模块接收频率 +CRXF

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CRXF =?	+ CRXF:"value" OK
查询命令	AT+ CRXF?	+ CRXF:<value> OK
执行命令	AT+ CRXF =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 接收频率值, 默认值为43300, 取值范围: 41000 ~ 47000 单位 为10KHZ。 <err>: error代码。	
返回值说明		
示例	AT+ CRXF =43300 \r\n OK	
注意事项		

### 3.2.10 设置模块发射带宽 (BW) +CTBW

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CTBW =?	+ CTBW:"value" OK
查询命令	AT+ CTBW?	+ CTBW:<value> OK
执行命令	AT+ CTBW =<value>	OK 或者

	+CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 发射带宽BW值, 默认值为 9, 取值范围:
返回值说明	7 --- 125KHZ 8 --- 250KHZ 9 --- 500KHZ <err>: error代码。
示例	AT+ CTBW =7 \r\n OK
注意事项	。

### 3.2.11 设置模块接收带宽 (BW) +CRBW

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CRBW =?	+ CRBW:"value" OK
查询命令	AT+ CRBW?	+ CRBW:<value> OK
执行命令	AT+ CRBW =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 接收带宽BW值, 默认值为 9, 取值范围:	
返回值说明	7 --- 125KHZ 8 --- 250KHZ 9 --- 500KHZ	
示例	AT+ CRBW =7 \r\n OK	
注意事项		

### 3.2.12 设置模块发射扩频因子 (SF) +CTS F

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CTSF =?	+ CTSF:"value" OK
查询命令	AT+ CTSF?	+ CTSF:<value> OK
执行命令	AT+ CTSF =<value>	OK 或者

		+CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 发射扩频因子SF值, 默认值为 8,	
返回值说明	取值范围: 5~12 <err>: error代码。	
示例	AT+ CTSF =8 \r\n OK	
注意事项		

### 3.2.13 设置模块接收扩频因子 (SF) +CRSF

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CRSF =?	+ CRSF:"value" OK
查询命令	AT+ CRSF?	+ CRSF:<value> OK
执行命令	AT+ CRSF =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 接收扩频因子SF值, 默认值为 8,	
返回值说明	取值范围: 5~12 <err>: error代码。	
示例	AT+ CRSF =8 \r\n OK	
注意事项		

### 3.2.14 设置模块发射编码率 (CR) +CTCR

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CTCR =?	+ CTCR:"value" OK
查询命令	AT+ CTCR?	+ CTCR:<value> OK
执行命令	AT+ CTCR =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 发射编码率CR, 默认值为 2,	
返回值说明	取值范围: 1~4	

	<err>: error代码。
示例	AT+ CTCR =2\r\n OK
注意事项	

### 3.2.15 设置模块接收编码率（CR） +CRCR

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+ CRCR =?	+ CRCR:"value" OK
查询命令	AT+ CRCR?	+ CRCR:<value> OK
执行命令	AT+ CRCR =<value>	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	<value>: 接收编码率CR, 默认值为 2, 取值范围: 1~4 <err>: error代码。	
返回值说明		
示例	AT+ CRCR =2\r\n OK	
注意事项		

### 3.2.16 保存参数设置 +CSAVE

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+CSAVE=?	+CSAVE OK
执行命令	AT+CSAVE	OK 或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	该命令保存配置参数到EERPOM/FLASH中。	
返回值说明	<err>: error代码。 。	
示例	AT+CSAVE \r\n	



	OK
注意事项	

### 3.2.17 退出 AT 指令模式 +CEXITAT

命令类型	命令格式	响应
测试命令	AT+CEXITAT=?	+CEXITAT OK
执行命令	AT+CEXITAT	ExitAt或者 +CME ERROR:<err>
参数说明	该命令执行后退出AT 指令模式	
返回值说明	<err>: error代码。 。	
示例	AT+CEXITAT\r\n ExitAt	
注意事项		