

无线数传系列

FC-201/B 数传电台

使用手册



深圳市友讯达通讯设备有限公司

电话: (0755) 86028224 86028227 86028229 86028230 86028231

传真: (0755)86028212

E-mail: friendcom@friendcom.com

[Http://www.friendcom.com](http://www.friendcom.com)

地址: 深圳市南山区科技园中区中钢大厦六楼四区 邮编: 518057

目录

1、概述	(3)
2、产品特点	(3)
3、主要技术指标	(3)
3.1、综合指标	(3)
3.2、接收机指标	(4)
3.3、发射机指标	(4)
3.4、RS-232 接口	(4)
3.5、电源、功耗	(4)
4、基本组成	(5)
5、外形及接口说明	(6)
5.1、外形	(6)
5.2、用户接口定义	(7)
5.3 RS-232 终端设备接口	(7)
5.4 与单片机系统接口	(8)
6、对外连接和参数设置	(8)
6.1、通电前的连接	(8)
6.2、通电检查	(8)
6.3、数据传输检查	(8)
6.4、参数设置	(9)
7、数据传输协议	(9)
7.1、P 型协议中三种模式含义，数据格式和数据处理程	(9)
7.2、E 协议含义，数据处理流程	(16)
8、无线工程组网和编程注意事项	(16)
9、型号说明	(21)
10、常见故障及排除方法	(22)
11、出厂默认值	(22)
附录一、频率出厂设置	(22)
附录二、V/U 频段的无线数传电台对于雷电的工程防护措施	(23)
附录三、关于 V/U 频段的无线数传电台的通信距离	(24)
附录四、天馈系统应用知识问答	(25)

1、概述

FC-201/B 系列无线数传电台产品是利用先进的单片机技术，无线射频技术，数字处理技术设计的功率较大，体积较小的模块式半双工数传电台，采用 SMT 新工艺，选用高质量的元器件，技术指标满足 GB/T16611-1996《数传电台通用规范》要求。

FC-201/B 具有透明、包容性强的 P 型和 E 型通讯协议，适合多种通讯场所，可实现点对点、点对多点多级组网通讯，最大可寻址 4096 个用户。本产品还可同本公司的其它功率大小不同，体积各异的数传电台混合组网，广泛应用于 GPS、遥感、遥测、遥信、移动目标监控及工业自动化等领域，尤其在石油、天然气、化工、水利、电力、气象、交通、铁路、矿山、公安、安防、家庭智能等行业具有广阔的应用前景。

2. 产品特点

- 双锁相环及双 VCO 结构，收发转换速度快，工作频率稳定。
- 数据调制采用 FFSK 方式，调制方式先进，数据传输可靠。
- 工作频率覆盖 20MHz，频带宽。
- 存贮 16 个收、发信道，用户可根据情况配置使用或由程序控制使用。
- 标准 RS-232 接口，可与任何具有 RS-232 接口的设备相连。
- 具有多种通讯协议，包容性强。
- 内置软件看门狗，保证电台长期可靠运行。
- 采用 SMT 组装，制作工艺先进，集成度高。
- 体积小，重量轻，可自由地嵌入各种设备中，使用灵活方便。

3. 主要技术指标

3.1 综合指标

频率范围：VHF/UHF

信道间隔：25KHz/12.5KHz

频率稳定度：5ppm

调制方式：FFSK

空中传输速率：2400/1200bps

信道数：16 个

天线阻抗：50Ω

环境温度：-20 ~ 60℃

湿度：10-90%相对湿度，无冷凝

重量：150g（含天线接口，不含散热片）

体积：106mm × 54mm × 18mm （不含天线接口和散热片）

3.2 接收机指标

接收灵敏度：0.25 μV(12dB SINAD)

邻道选择性：65dB

调制信号频偏：±5.0KHz

杂波及镜像抗扰性：65dB

互调抑制比：65dB

音频失真度：3%

3.3 发射机指标

射频输出功率：5W

邻道抑制比：65dB

音频失真度：3%

发射机启动时间：50ms

3.4 RS-232 接口

速率：1200 ~ 9600bps（可选）

数据流：1 位起始位、8 位数据位、校验位可选、1 位停止位

3.5 电源、功耗

直流供电，电压：9 ~ 15V，典型值 13.8V

接收守候电流： 60mA

发射时整机工作电流： 2.0A (电压 13.8V 、功率 5W 时)

4 . FC-201/B 的组成

FC-201/B 由发射机、接收机、锁相环、基带处理及调制解调器、CPU、RS-232 接口等组成，如图 1 所示。

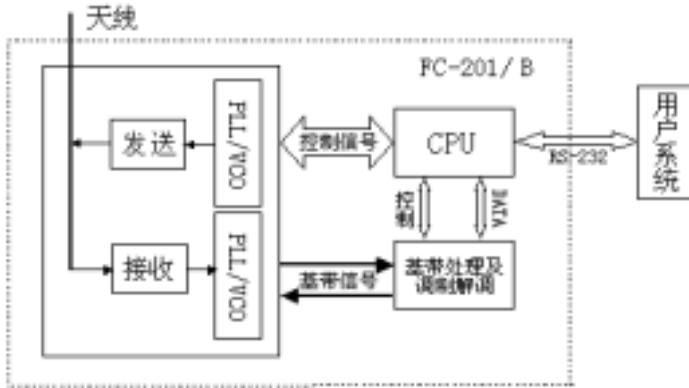


图 1

各组成部分的基本功能如下：

- (1)发射机：将基带信号调制到射频上，并进行功率放大。
- (2)接收机：将收到的射频信号进行解调、放大还原成基带信号。
- (3)锁相环：为发射机和接收机提供高稳定度的标准射频信号。
- (4)基带处理及调制解调：对基带信号进行滤波、放大整形、调制解调等处理。
- (5)CPU：完成控制运行、参数设置、数据处理，接口控制等功能。
- (6)RS-232 接口：完成与用户终端设备的数据交换。

5、FC-201/B 外型及接口说明

5.1、FC-201/B 的外型如图 2 所示

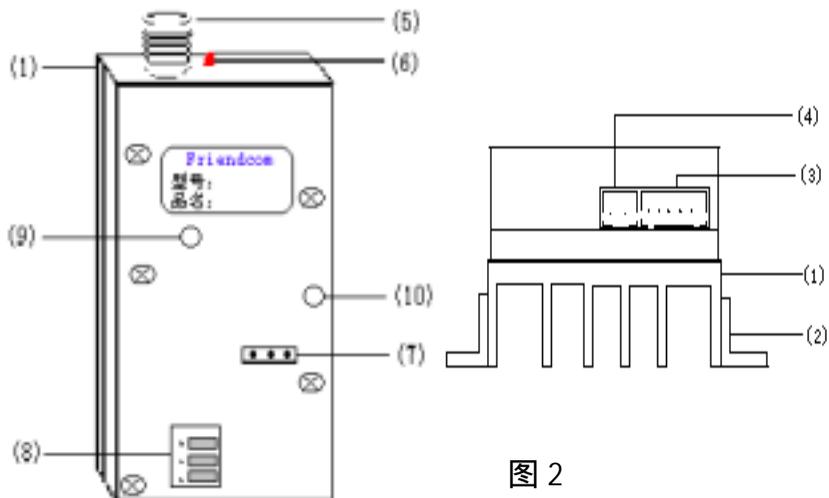
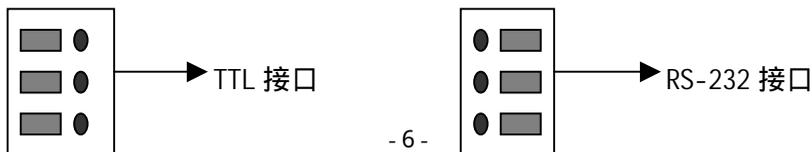


图 2

- (1) 散热片：用于射频模块散热，保证模块长期稳定工作。散热器尺寸为 105mm × 54mm × 17mm 。
- (2) 安装孔：安装和固定 FC-201/B。
- (3) 用户接口：5 脚针型插座，用于连接用户终端接口。
- (4) 电源插座：2 脚针型插座，标有“+13.8V”的针坐为正极，标有“GND”的针坐为负极。
- (5) 天线接头：N 型 TNC 连接接头，芯线为母头，外螺纹，阻抗为 50 。
- (6) 发送和接收指示灯：发送数据时为红灯，接收到信号时为绿灯。
- (7) 测试接口：用于测试场强（RSSI）、音频信号（AF）和 SQ 信号用。
- (8) RS-232 和 TTL 转换接口：用跳线选择，选择如下：



- (9) 功率微调电位器：出厂时已调整好。
- (10) 静噪微调电位器：出厂时已调整好。

5.2、 用户接口线定义

FC-201/B 与用户接口如图 3 所示，定义如下：



图 3

GND—地

RXD—用户数据接收端，用于接收用户终端发来的数据。

TXD—将数据发送到用户接收端。

Reset—复位信号（由用户终端来控制），不复时为高。若用户终端需要复位数传电台时，可将该信号置为宽度为 150ms 以上的低电平。

CTS—流控信号线（透明传输时），当电台的缓冲区已满或其它情况下不能接收串口发来的数据，电台将 CTS 信号置为禁止发送（TTL 为 1 电平，转换为 RS-232 后为-12V），上层设备收到 CTS 后停止发送数据，直到 CTS 信号变为允许发送（TTL 为 0 电平，转换后为+12V）。

5.3 、 RS-232 终端设备接口

同用户计算机等终端连接时，一般采用 RS232 连接方式。如图 4 所示

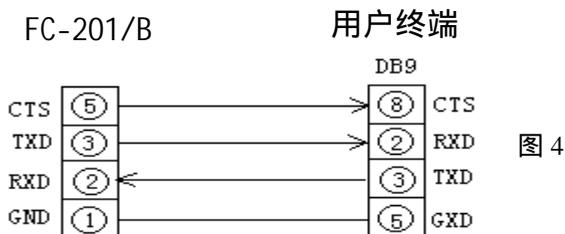


图 4

5.4 、与单片机系统接口

同用户单片机连接时，通常采用（TTL 电平）连接方式，如图 5 所示

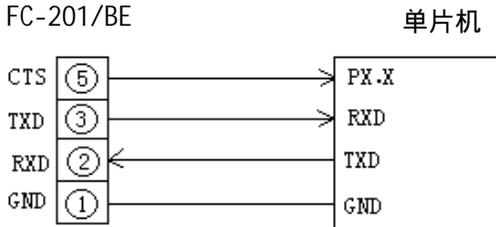


图 5

6、对外连接和参数设置

FC-201/B 系列产品是一种功能较全，通讯协议包容性强，程序控制严密的智能化通讯产品，在使用前应进行必要的参数设置和系统联机调试，步骤如下：

6.1、通电前的连接

- a、将天线接口接上天线或假负载，否则发射机功率发射不出来，易损坏有关部件。连接的天线工作频率应在电台实际工作频率上。
- b、将电源连线接上+13.8V 直流电源。

注意：红色线接电源正极。

- c、将 2 台以上数传电台用本机附带电缆分别同计算机 RS-232 连接。
- d、将的 DEMO 测试软件装入测试计算机。

6.2、通电检查

- a、接通外接+13.8V 电源。
- b、本机出厂前已设置了出厂时的参数默认值，可在此默认值基础上进行通讯和数传联机检查，出厂默认值见附录一。

6.3、数据传输检查

- a、将待测的 2 台数传电台同计算机连接好，接通电台电源,信道设置在 8 信道。

b、打开计算机内的 DEMO 测试软件，读取电台内的参数值，读取参数应同出厂默认值相同。

c、选取“数据传输”菜单，输入待传字或数字，按发送键，两电台之间就可不断传送数据，计算机屏幕不断显示传送数据的情况，表明数传已正常。

6.4、参数设置

在进行了数传测试（6.3 条）后，说明电台联机调试已正常。但由于用户系统组网使用的频率，空中波特率、串口波特率、传输协议等参数可能与出厂默认值不同，所以必须进行参数设置，改变电台内存贮的参数，以便满足系统组网的实际需求，参数设置应按如下步骤进行：

a、打开参数设置菜单。

b、选择要改变的参数项。如要改变频率，则重新输入所需频率数，再按设置键，新的频率就设置好了。注意设置频率时，主站发频率一定要同从站收频率相同，主站收频率一定要同从站发频率相同，而收发频率可以不相同。设置波特率和校验位时，主从站应一致。

c、系统码用户码在组网时进行编码设定。

7、数据传输协议

FC-201/B 系列产品根据数据传输协议可分为二种类型，一种为 P 型传输协议，另一种为 E 型传输协议。

P 型协议有选址模式、通用模式和透明模式三种。E 型协议就一种为全透明传输。

7.1、P 型协议中三种模式含义数据格式和数据处理流程

7.1.1、选址模式含义

选址模式是 FC-201/B 电台利用地址码来决定一帧数据有效与否的数据取舍模式，该模式以帧的方式进行数据传输，每帧数据都有地址码，电台通

过地址码的比较决定是否将接收的数据传送给终端，由于该模式具有一定的协议和规程，对用户来讲可减轻应用程序开发负担，缩短开发周期，该协议特别适合点对多点的通信方式或用户开发能力和时间有限的情况下。

7.1.2、选址模式数据格式：

a. 选址模式设置命令(数值以 16 进制表示，下同)

55	AA	Len(03)	30	00	校验和 (0033)
----	----	---------	----	----	---------------

55AA 命令帧头，2 字节

Len 帧长度，1 字节，数值为：命令字长度+1，下同

3000 选址模式设置命令字

校验和 帧头以后(不包括帧头)的所有字节(8bit)之和，结果为字(16bit), 溢出位忽略，下同

b. 信道切换命令

55	AA	Len(06)	07	XX	0	00	00	校验和 (2B)
----	----	---------	----	----	---	----	----	-------------

XX 要切换的信道号(01H-10H)

c. 数传台地址设置命令

55	AA	Len(04)	32	地址码 2B	校验和(2B)
----	----	---------	----	--------	---------

地址码 2 字节，其格式如下：

b15	b14	b13	b12	b11 b8	b7 bit0
0	0	0	0	系统码 4bit	电台地址码 8bit

系统码 00H-0FH (0-15)

电台地址码 00H-FFH (0-255)

d. 发送数据帧格式

7E	目的地址码 (2B)	Len (1B)	数据	72B
----	------------	----------	----	-----

7E 数据帧头, 1 字节

Len 帧长度, 数值为: 数据长度 + 1

目的地址码 2 字节, 格式如下:

b15	b14	b13	b12	b11	b8	b7 bit0
通信方式		0	0	系统码 4bit		电台地址码 8bit

其中第 14-15bit 决定数据帧的通信方式, 意义如下表:

bit1 5	bit1 4	帧通信方 式	说 明
1	X	全网广播	系统码、地址码无效, 可为任何值
0	1	系统内广 播	必须有对应的系统码, 地址码可为任何值
0	0	点对点通 信	必须有对应的系统码和地址码

e. 接收数据帧格式

7E	Len (1B)	源地址码 (2B)	数据	72B
----	----------	-----------	----	-----

7E 数据帧头, 1 字节

Len 帧长度, 数值为: 数据长度 + 3

源地址码 2 字节, 格式如下:

b15	b14	b13	b12	b11	b8	b7 bit0
-----	-----	-----	-----	-----	----	------------

通信方式	0	0	系统码 4bit	电台地址码 8bit
------	---	---	----------	---------------

其中第 14-15bit 决定数据帧的通信方式，意义如下表：

bit15	bit14	帧通信方式
1	X	收到全网广播
0	1	收到系统内广播
0	0	收到只发给本地的数据

f. 电台在接收到用户终端的设置命令帧后 1 秒内回送的响应帧结构

命令代码	意义
55 AA 02 20 00 22	设置正确
55 AA 02 21 00 23	设置失败
1 秒内无回应	响应错或无响应

g. 电台作为空中数据发送方，在接收到用户终端的数据帧后 1 秒内

回送的响应帧结构

命令代码	意义
55 AA 00	从 RS-232 口接收的数据帧正确，并已发送完毕，可继续发送下一帧数据
55 AA EE	从 RS-232 口接收的数据帧错误
55 AA FF	从 RS-232 口接收的数据帧正确，但目前不能进行数据发送

h. 电台作为空中数据接收方，空中数据出错时回送给用户终端的帧

结构

命令代码	意义
55 AA DD	从空中接收的数据帧错误

7.1.3、通用模式含义

通用模式是为用户自定义高层通信过程而设置的一种模式，其以帧的方式进行数据传输，但数传电台对每帧数据不进行任何处理。发送时，电台将从终端接收的一帧数据直接发送到空中；接收时，电台将从空中接收的一帧数据直接发送给终端。FC-201/B 的发送数据缓冲区有效值为 72 字节(Byte)，所以每帧有效数据不能大于 72B。

7.1.4、通用模式数据格式

a. 通用模式设置命令(数值以 16 进制表示，下同)

55	AA	Len(03)	31	00	校验和 (0034)
----	----	---------	----	----	------------

55AA 命令帧头，2 字节

Len 帧长度，1 字节，数值为：命令字长度+1，下同

3100 通用模式设置命令字

校验和 帧头以后(不包括帧头)的所有字节(8bit)之和，结果为字(16bit)，溢出位忽略，下同

b. 信道切换命令

55	AA	Len(06)	07	XX	00	00	00	校验和(2B)
----	----	---------	----	----	----	----	----	---------

XX 要切换的信道号(01H-10H)

c. 发送数据帧格式

7E	Len	数据	72B
----	-----	----	-----

7E 数据帧头，1 字节

Len 帧长度，数值为：数据长度+1

d. 接收数据帧格式

7E	Len	数据	72B
----	-----	----	-----

7E 数据帧头，1 字节

Len 帧长度，数值为：数据长度+1

e. 电台在接收到用户终端的设置命令帧后 1 秒内回送的响应帧结构

命令代码	意义
55 AA 02 20 00 22	设置正确
55 AA 02 21 00 23	设置失败
1 秒内无回应	响应错或无响应

f. 电台作为空中数据发送方，在接收到用户终端的数据帧后 1 秒内回送的响应帧结构

命令代码	意义
55 AA 00	从 RS-232 口接收的数据帧正确，并已发送完毕，可继续发送下一帧数据
55 AA EE	从 RS-232 口接收的数据帧错误
55 AA FF	从 RS-232 口接收的数据帧正确，但目前不能进行数据发送，该帧被丢掉。当空中和串口同时收到数据时发生。

g. 电台作为空中数据接收方，空中数据出错时回送给用户终端的帧结构

命令代码	意义
55 AA DD	从空中接收的数据帧错误

7.1.5、透明模式含义

透明模式是为用户完全自定义高层通信过程而设置的一种模式。从用户终端接收的数据不作任何处理发送到空中，对从空中接收到的数据不作任何处理转送给用户终端，数传台只起数据传输的接续作用。

透明模式下，RS-232 口的数据流控制是以电台和终端之间的控制信号 CTS 控制完成的，当 CTS 信号有效（低电平）时，表示数据发送缓冲区满或此时不能发送数据，用户终端应停止向电台传送数据，当 CTS 信号无效（高电平）时，表示

数据发送缓冲区未满或此时可发送数据，用户终端可向电台传送数据。FC-201/B 的发送数据缓冲区有效值为 72 字节(Byte)，一般情况下，用户终端连续向电台传送 72Byte 数据后，根据 CTS 信号有效与否，需要暂停发送数据。

7.1.6、透明模式数据格式

透明模式没有命令帧和数据帧，数据流通过硬件信号 CTS 控制，数传电台作为空中数据发送方时，若因缓冲区满或其它原因不能发送数据时，则将 RS-232 口的 CTS 信号在置为有效(低电平)，若可发送数据，则置为无效(高电平)。时序如图 6 所示：



图 6

若用户终端的 RS-232 口不能接收 CTS 信号，或用户无法通过对 CTS 信号的编程控制数据流，则可用延时的方法进行透明模式的数据流控制，图 7 为发送连续两帧数据，帧与帧之间的时间间隔时序图和计算方法：

其中：启动为启动时间，一般取值 80ms

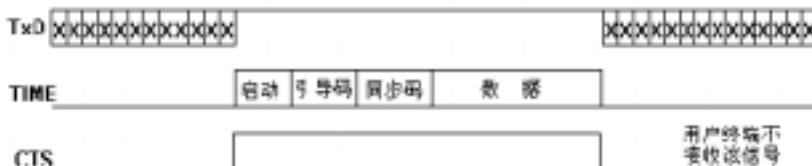


图 7

引导码为空中发送 64Bi t 引导码所占用的时间，计算方法为：

$$\text{引导码时间} = 64 \times 1000 / \text{空中波特率} \quad \text{ms}$$

同步码为空中发送 16bi t 同步码所占用的时间，计算方法为：

$$\text{同步码时间} = 16 \times 1000 / \text{空中波特率} \quad \text{ms}$$

数据为空中发送有效数据所占用的时间，计算方法为：

$$\text{数据时间} = (\text{数据字节数}+3) * 8 * 125\% * 1000 / \text{空中波特率} \quad \text{ms}$$

总的的时间间隔为以上四项所占用时间之和，以本帧发送 72Byte 数据 (下一帧按其实际数据量重新计算)，空中波特率为 1200bps 为例，发送两帧数据的时间间隔为：

$$\begin{aligned} \text{总间隔} &= 80 + 64000 / 1200 + 16000 / 1200 + (72 + 3) * 8 * 125\% * 1000 / 1200 \\ &= 80 + 53.3 + 13.3 + 625 \\ &= 772\text{ms} \end{aligned}$$

7.1.7、P 型协议发送和接收数据处理流程。

为了叙述方便，以选址模式为例说明。

a. 用户终端送以下数据给数传电台：

7E	目的地址码	帧长度	数据
----	-------	-----	----

b. 数传电台收到数据后：

- a) 检测所收数据结构是否正确，若不正确，则回送 55 AA EE；
- b) 检测目前是否能进行数据发射，若不能，则回送 55 AA FF。

c. 数传电台检测所收到的数据结构正确，则将所收到的数据变换为无线传输的帧格式，并增加纠错、解错等编码。

空中传输的数据帧格式如下：

同步码	帧长度	目的地址码	源地址码	数据	CRC 校验
-----	-----	-------	------	----	--------

注：源地址码高位字节的高 2 位由目的地址码高位字节的高 2 位替代。

- d. 将数据发射出去。
- e. 回送 55 AA 00，通知用户终端可以发送下一帧数据。

7.2、E 协议含义及数据流程

7.2.1、E 协议含义

E 协议是一种全透明的数据传输方式，即无论上层设备采用什么协议，数据结构如何，FC-201/E 都能正常将数据发送到对方，并且不改变数据的

格式，不增加或减少数据位，E 型协议广泛应用于电度表抄表，自带地址的 RTU，PLC 以及各种单片机应用领域。

对于 E 协议数传，接口传输速率和空中传输速率不同时会出现以下几种数据传输情况：

当接口速率小于或等于信道速率时，可实现数据透传。

当接口速率大于信道速率时，如不采用 CTS 流控信号，则一次传输最大字节数为 66 字节。

7.2.2、E 协议数传流程

加电开机后，FC-201/E 处于接收状态，若有信号，经 FC-201/E 接收、处理后，在单片机内存储器缓存约 100ms，然后通过 RS-232 接口将数据传送给用户终端。

若需要发送数据，FC-201/B 首先接收用户终端 RS-232 接口传来的数据信号，然后，在单片机内存储器缓存约 100ms，再经基带处理与调制解调单元调制后，馈入发射机发射。

其流程如图（8）：

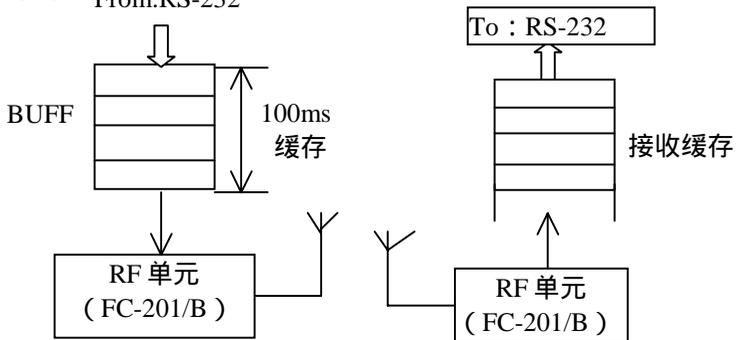


图 8

8、无线工程组网和编程注意事项

用 FC-201/B 产品完成工程组网是一个较复杂的系统工程，特别是点对多点，多级管理，动态信道分配等都需要系统编程软件来支持和控制，下面是工程组网和编程中应注意的几点：

8.1、确定系统组网通讯协议

FC201/B 数传电台支持多种通信方式，如点对多点组网方式，点对点通信方式等。用户可根据实际情况选择或自定义通信协议。

若用户的通信方案采用点对多点组网方式，建议使用 FC-201/B 的选址模式进行数据传输，可减轻用户应用系统的开发负担和缩短开发周期。

若用户的通信方案采用点对点的通信方式，或其它自定义组网方式，建议选用通用模式或透明模式。

若用户的通信方案为无线抄表等通信方式，可采用 E 协议。

8.2、确定工作信道

FC-201/B 可工作于单信道、多信道及动态信道分配等多种信道解决方案，一般有下面三种方式。

单信道：

单信道运用于简单组网或点对点通信，将网内所有 FC-201/B 或其它兼容电台的工作信道号和频率设置为相同。

多信道：

多信道运用于较复杂的组网方式和用户较多、数据传输量大的通讯，以该方式工作时，应先确定信道频点，分配信道资源。建议一般情况下，分配的信道数不要多于 4 个。

将外围站的电台以地域方向或用户组进行分配，每个外围站的 FC-201/B 或兼容电台工作在一个固定的信道上，用户组之间使用的信道不同，组内则相同。对中心站，必须为每个信道配置一个数传台，若使用了 4 个固定信道，则需要为中心站架设 4 个 FC-201/B 或其它电台。

多信道分配方式虽然需要的中心站电台数量较多，但应用开发相对简单，系统可靠性和使用效率较高。

动态信道分配

动态信道分配运用于较复杂的组网方式和用户较多，数据传输量大且随机性强的通讯。有集中资源管理方式和随机分配方式两种。

集中资源管理方式，即每个外围站 FC-201/B 工作在哪个信道上，由中心站通过一个固定的控制信道动态分配，通信结束后取消，下次通信重新分配。

随机分配方式，即每个外围站的 FC-201/B 循环扫描各个信道，利用找到的空闲信道进行数据传输，主要工作在有较多外围站需要主动与中心站进行数据传输的应用场合。

动态信道分配方式的应用开发相对复杂，但系统容量大、组网灵活，频率利用率高。

8.3、注意的问题

在系统编程中，根据系统组网方案选择合适的通讯协议，分别参照 P 协议和 E 协议数据结构进行编程。值得一提的是，有的系统工程直接用无线数据传输方式替代有线数据传输系统，由于有线传输和无线传输信号产生和传输路径不同，应考虑以下几个问题。

a、无线通信中数据的延迟

由于无线通信发射机发射功率需要一定的建立和稳定时间，即发射机启动时间。所以，主站发出一组数据到从站，从站响应的数据再传回主站，经过的时间会较长。主站程序中定时等待从站响应的时间需要做相应的调整。

b、接口数据流控制

FC-201/B 是一款智能型的无线数据传输设备，其内置 MCU 可提供一定的数据缓冲区，用于暂存串口送来的准备发向空中的数据，或空中接收到准备发向串口的数据。

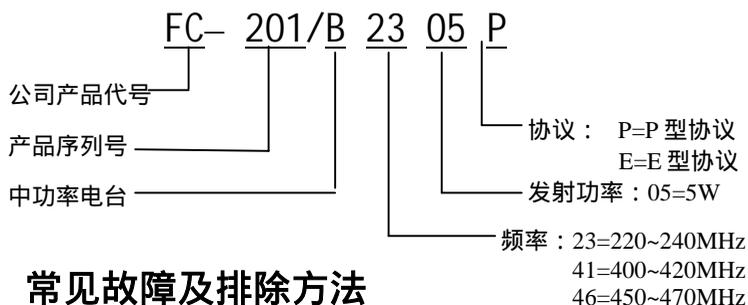
由于缓冲区大小是有限的，数传电台与上层设备在进行串口通信时，若接口速率大于信道速率，则存在数据流控制的问题，否则会出现数据在串口通信时丢失的情况。数据流控制主要出现在上层设备向电台送数据的情况下。

8.4、差错控制

数传电台向用户提供的仅为链路层数据传输，若用户需要提高数据传输的可靠性，可增加对数传电台的协议层开发，如增加滑动窗及纠错重发等功能，可大大提高无线网络的使用可靠性和灵活性。

9、FC-201/B 型号说明和附件

型号说明如下，选购时请写明详细型号。



10、常见故障及排除方法

编号	故障现象	故障原因和排除方法
1	无声无光	a. +13.8V 电源线连接不良。 b. +13.8V 电源坏。 c. +13.8V 电源接线反，极性保护二极管坏。
2	数传不通	a. 主台与计算机连接不良，重新接好电缆线。 b. 从台与用户终端信号电平不匹配。 c. 收发频率不一致，重新设置频率。 d. 传输协议设置不正确，重新设置。 e. 串口线是否正式确连接。
3	误码率高	a. 天馈系统匹配不好，检查连接点是否连接好。 b. 空中波特率设置不正确，重新设置。 c. +13.8V 电源纹波大，更换电源。
4	收指示灯不停地闪动	a. 检查电磁环境是否受干扰。 b. 检查附近是否有相近频点大信号干扰。 c. 检查用户终端内部电路有没有电磁干扰，加屏蔽和接收措施。

11、出厂默认值

出厂时参数设置：		出厂时所配附件：		
项目	参数	项目	数量	配置标准
串口波特率	1200bps	说明书	一份	标配
空中波特率	1200bps	9 芯排线	一条	标配
检验位	偶检验	外接天线		选配
协议	E 协议	数据光盘	一张	选配

附录一、出厂默认值设置：

频段 信道	220 ~ 240MHz		400 ~ 420MHz		450 ~ 470MHz	
	发	收	发	收	发	收
基频	220	220	400	400	450	450
1 信道	223	223	403	403	453	453
2 信道	224	224	404	404	454	454
3 信道	225	225	405	405	455	455
4 信道	226	226	406	406	456	456
5 信道	227	227	407	407	457	457
6 信道	228	228	408	408	458	458
7 信道	229	229	409	409	459	459
8 信道	230	230	410	410	460	460
9 信道	231	231	411	411	461	461
10 信道	232	232	412	412	462	462
11 信道	233	233	413	413	463	463
12 信道	234	234	414	414	464	464
13 信道	235	235	415	415	465	465
14 信道	236	236	416	416	466	466
15 信道	237	237	417	417	467	467
16 信道	238	238	418	418	468	468

附录二、V/U 频段的无线数传电台对于雷电的工程防护措施

为保证通信质量，无线数传电台的接收和发射天线都架设在尽可能高的地方（如山顶上）或高大建筑的屋顶上，由于它们的位置明显的超过周围地面和建筑物的高度，为保证设备和人员的安全，天线的抗雷电保护措施就显得十分重要。

众所周知，安装避雷针是抗雷击的最好保护措施，从工程上讲，选择在已装有避雷设备的高大建筑物顶部安装收、发天线是“最廉价”的抗雷电保护措施，此时，天线不能紧靠避雷针等金属建筑物体，避免天线的辐射性受到影响。为防止雷击，天线的金属部件应妥善接地，这时应寻找最近的接地点，用直径 3 毫米以上的实心线或带线与其天线的金属部件焊接牢靠。如果天线安装在铁塔上，铁塔塔基必须良好接地，且天线的馈线要安装在铁塔的体内。

当必须自己安装避雷针时，除按前述要求选用接地线外，主要工作是接地体的安装，通常为保证工作可靠和设备安全，应分别安装信号地、电源地和防雷地，并送入机房和层顶。前两种接地系统的接地电阻应小于 10 Ω ，防雷地接地电阻可按 10 ~ 50 Ω 考虑。接地系统间的接地体埋设距离应大于 2 米，且与建筑物基础相距 3 ~ 5 米左右，各接地系统的接地体应不止一个，可在建筑物的周围埋设数个接地体。在特殊情况下亦可将三种接地系统包括建筑物的钢筋、金属电缆外表，自来水管，暖气管，下水管等用足够粗的良导体以最短的途径把它们连接在统一的接地环上，以接地环作为设备的“零电位”。接地环使用截面积为 120 平方毫米铜导体。建筑物钢筋与接地环之间应有均匀分布的多点电气连接，连接点不少于 4 点，公共接地电阻的阻值不大于 0.5 Ω 。

附录三、关于 V/U 频段的无线数传电台的通信距离

许多 V/U 频段的无线通信系统技术说明书都给出了通信距离这一技术指标，不少人也将这一指标作为衡量无线通信系统优劣的数据之一，实际上这一技术指标不是在任何条件下都能成立的。它受到诸如接收灵敏度，发射功率，天线类型，收、发天线的架设高度及传播路径地质地貌的状况等多种因素的制约，因而不应将其作为衡量一个无线数传系统技术水平高低的重要数据。

本质上 V/U 频段的无线传输属于视距传输。在理想情况下其传输的极限距离可用下式表示：

$$d=3.57 \times (\sqrt{ht} + \sqrt{hr}) \quad (\text{Km}) \dots\dots\dots (1)$$

式中：d 表示距离，hr、ht 分别表示收发信天线高度，用米(m)表示。在实际中，超过极限距离的地方也可能收到较强信号，这种现象称为超视距传播。产生这种现象的原因是大气折射造成的，通常超视距的传输距离可用下式表示：

$$d=4.12 \times (\sqrt{ht} + \sqrt{hr}) \quad (\text{Km}) \dots\dots\dots (2)$$

至于在以上通信距离以内通信系统能否有效工作，要取决于系统接收设备的接收功率能否满足系统正常工作的最低要求。接收系统的接收功率可用下式表示：

$$P_r=P_t (h_1 h_2 / d^2)^2 g_r g_t \quad (\text{W}) \dots\dots\dots (3)$$

式中：P_t：发射功率（W） g_r：接收天线增益

g_t：发射天线增益 d：传输距离（m）

$$h_1 = (h_r^2 + h_0^2)^{1/2}$$

$$h_2 = (h_t^2 + h_0^2)^{1/2}$$

h_r、h_t：分别为收发天线的实际高度

h₀：最小有效天线高度，在 300MHz 以上通常可以忽略。

根据发射功率的大小及计算出来的接收功率的数值即可算出传播衰耗。此种衰耗可理解是由于辐射能量的扩散引起的衰耗，而不是由于受到阻挡，反射、折射、绕射、吸收等原因而产生的衰耗，工程上此类衰耗可用下式计算后得到。

$$L(\text{db})=32.44+20\lg d(\text{Km})+20\lg f(\text{MHz})\dots\dots (4)$$

附录四、天馈系统应用知识问答

(1) 天线工作原理及作用是什么？

答：天线作为无线通信不可缺少的一部分，其基本功能是辐射和接收无线电波。发射时，把高频电流转换为电磁波；接收时，把电磁波转换为高频电流。

(2) 天线有多少种类？

答：天线品种繁多，主要有以下几种分类方式：

按用途可分为基地台天线 (base station antenna) 和移动台天线 (mobile portable antennas)

按工作频段可划分为超长波、长波、中波、短波、超短波和微波；

按其方向可划分为全向和定向天线；

(3) 如何选择天线？

答：天线作为通信系统的重要组成部分，其性能的好坏直接影响通信系统的指标，用户在选择天线时必须首先注重其性能。具体说有两个方面，第一选择天线类型；第二选择天线的电气性能。选择天线类型的意义是：所选天线的方向图是否符合系统设计中电波覆盖的要求；选择天线电气性能的要求是：选择天线的频率带宽、增益、额定功率等电气指标是否符合系统设计的要求。因此，用户在选择天线时最好向厂家联系咨询。

(4) 什么是天线的增益？

答：增益是天线的主要指标之一，它是方向系数与效率的乘积，是天线辐射或接收电波大小的表现。增益大小的选择取决于系统设计对电波覆盖区域的要求，简单地说，在同等条件下，增益越高，电波传播的距离越远，一般基地台天线采用高增益天线，移动台天线采用低增益天线。

(5) 什么是电压驻波比？

答：天线输入阻抗和馈线的特性阻抗不一致时，产生的反射波和入射波在馈线上叠加形成的磁波，其相邻电压的最大值和最小值之比是电压驻波比，它是检验馈线传输效率的依据，电压驻波比小于 1.5，在工作频点的电压驻波比小于 1.2，电压驻波比过大，将缩短通信距离，而且反射功率将返回发射机功放部分，容易烧坏功放管，影响通信系统正常工作。

电压驻波比	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0	3.0
反射功率%	0	0.2	0.8	4.0	11.1	25.0
传输功率%	100	99.8	99.2	96	88.9	75.0

(6) 什么是天线的方向性？

答：天线对空间不同方向具有不同的辐射或接收能力，这就是天线的方向性。衡量天线方向性通常使用方向图，在水平面上，辐射与接收无最大方向的天线称为全向天线，有一个或多个最大方向的天线称为定向天线。全向天线由于其无方向性，所以多用在点对多点通信的中心台。定向天线由于具有最大辐射或接收方向，因此能量集中，增益相对全向天线要高，适合于远距离点对点通信，同时由于具有方向性，抗干扰能力比较强。

(7) 如何理解天线的工作频带宽度？

答：天线的电参数一般都于工作频率有关，保证电参数指标容许的频率变化范围，即是天线的工作频带宽度。一般全向天线的工作带宽能达到工作频率范围的 3-5%，定向天线的工作带宽能达到工作频率的 5-10%。

（8）如何选取电缆及电缆长度？

答：移动通信系统常使用特性阻抗为 50 欧的同轴电缆作为馈线。为了有效地把电波传输到天线接口，应尽量减小馈线的传输损耗。传输损耗取决于电缆的直径和长度，同一频率下电缆直径越大，损耗越小，电缆越长损耗越大，原则上，要求电缆的传输损耗不宜超过 3 分贝。下表列出常用电缆的衰减值（db/m），用户可根据自己情况，合理选择电缆型号及长度。

频率 型号	150MHz	400MHz	900MHz
SYV-50-7	0.121	0.203	0.295
CTC-50-7	0.060	0.100	0.165
CTC-50-9	0.050	0.085	0.135
CTC-50-12	0.040	0.060	0.105
进口 10D-FB	0.040	0.070	0.110

（9）如何选择天线安装地点？

答：由于地形和环境的影响，天线接收到的电磁波是直射波、反射波及散射波的叠加，其结果决定了接收点处的场强幅度和相位，并直接影响天线的的应用效果。因此，选择天线架设位置应注意以下几个方面：

- 1、天线的发射或接收方向应避开障碍物（楼房、铁塔、桥梁等）；
- 2、天线架设地点应尽量远离干扰源（高压线、航线、铁塔、公路等）；
- 3、天线应尽量架设在附近的制高点；
- 4、如有几付天线同在一个铁塔上工作，应特别注意它们之间的左右和上下的间距，以防相互耦合影响系统性能。

(10) 天馈系统应如何安装？

答：首先将天线、馈线和配套零部件按产品说明的要求组装好，然后在天线的支撑位置，用卡具固定于塔杆的天线支架上，并使天线与塔杆的平行间距大于使用波长，减少塔杆对天线性能的影响。在天线端口处，将馈电线用连接器（或称电缆头）与天线接好，弯一个直径约五十倍于馈电线直径的圆环固定于天线支架上，避免连接器部位直接受力而断线或损坏。

(11) 天馈系统如何防水？

答：天线与馈电线主要是靠连接器连接，采用自粘性橡胶密封带，将其拉伸后，以半搭形式缠绕在连接器上，可起到良好的密封防水作用。另外，在馈电线进入室内处弯一个返水弯，可避免雨水沿馈电线进入室内设备。

(12) 如何检测天馈系统？

答：天馈系统架设好后，应由专业技术人员使用专用检测仪器进行检测。通常可在发射机和天馈系统之间串接通过式功率计，检验设备发射机功率和反射功率的大小来判断系统工作是否正常。