

# 人工影响天气自动化火箭作业系统通信设计<sup>①</sup>

## Design of Communication in Automated Rocket Operation System of Weather Modification

李德生<sup>[1 2]</sup> 王以琳<sup>[2]</sup> 叶中付<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>( 中国科学技术大学电子工程与信息科学系 安徽合肥 230027 )

<sup>[2]</sup>( 山东省气象科学研究所 山东济南 250031 )

**摘要:** 本文简要阐述了远程控制人工影响天气自动化火箭作业系统的通信控制设计方案。该方案将作业系统自动形成的作业指令利用 GPRS 网络,通过指令转发服务器把作业指令无线传输到分布在各作业地点的火箭作业信息中转器上,并经过有线连接控制火箭方位角、仰角的自动旋转和火箭弹的发射,实现了对火箭动作的全程监控。文中论述了实现该通信方案采用的关键技术。远程控制人工影响天气自动化火箭作业系统,填补了我国人工影响天气地面自动化作业工具的空白。

**关键词:** 人工影响天气 火箭 自动化 GPRS PLC

## 1 引言

火箭作为最常用的人工影响天气催化剂播撒工具之一,在人工影响天气作业中起着非常重要的作用。我国的人工影响天气火箭数量众多,地域分布广阔,2005 年已达 7380 具,作业规模也非常庞大。但是由于没有实现作业参数自动生成和远程自动化控制,作业指令不合理、操作较烦琐、无法提供准确可靠的作业记录数据、多门火箭同时作业时指挥中心下达的指令不能及时传达到各个作业火箭等因素严重地制约着人工影响天气的科学性和有效性。因此,研制分布式远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统对于推进人工影响天气作业工具的现代化十分必要。国际上,俄罗斯研制出了防雹自动火箭系统,它依据天气雷达图像指挥火箭自动旋转进行防雹作业。但由于其通信方式落后,价格昂贵引进十分困难。针对这些问题,我们研制了具有我国自主知识产权的远程人工影响天气火箭自动化作业系统。下面就该火箭自动化作业系统的设计和实现进行介绍。

## 2 总体设计目标

该火箭自动化作业系统总的设计目标是:

- (1) 指挥中心在 GIS 平台上按照人工增雨原理和作业云区的位置自动形成的作业指令。
- (2) 作业指挥中心通过 GPRS 指令转发服务器将作业指令远程传递给火箭作业信息中转器。
- (3) 中转器通过 PLC 完成驱动火箭的各种作业动作。
- (4) 作业指挥中心指挥平台能够实时监控火箭位置信息、指令传递状态、火箭通信状态、弹位信息、操作信息等。
- (5) 作业指挥中心可以控制火箭自动实现单发或连续发射多枚不同角度的火箭弹。
- (6) 实现火箭安全可靠的运转和作业的要求。

## 3 系统的设计和实现

### 3.1 总体结构

为了实现系统的设计目标,远程控制人工影响天气火箭自动化作业系统由五部分组成:作业指挥中心

① 基金项目:中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2007M33)

平台、GPRS 作业指令转发服务器、火箭作业信息中转器、火箭发射控制器和火箭发射架(如图 1)。其中火箭作业信息中转器、火箭发射控制器和火箭发射架放置在人工影响天气作业的现场。

在人工影响天气作业指挥中为了便于使用实时天气雷达产品和预报产品,作业指挥中心一般位于局域网内部。GPRS 作业指令转发服务器位于安装在有固定 IP 地址的计算机上。GPRS 作业指令转发服务器和作业信息中转器通过移动公司的 GPRS 网络来进行无线通信。火箭发射控制器放置在火箭发射架底座内。作业信息中转器和火箭发射控制器通过 RS485 接口有线连接,这里主要考虑到了进行人工影响天气作业时,为了作业人员的安全,发射火箭距作业人员不低于 25 米的要求。由于 RS-232 通信距离短(传输距离一般为 15 米),不能满足作业的安全要求,RS-485 传输距离可达 1200 米,传输速率高于 10Mb/s,更加适合系统要求的作业指令传输速度快的特点。

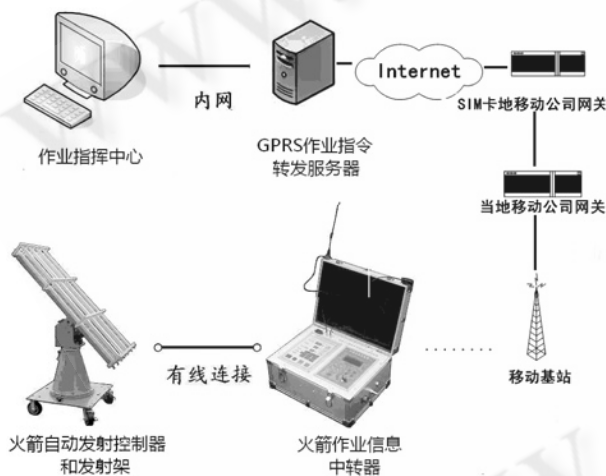


图 1 系统通信结构拓扑图

### 3.2 作业指挥中心平台

作业指挥中心平台是一个建立在 GIS 基础上的人工影响天气自动火箭作业指挥监控平台,它通过局域网与在有固定 IP 地址计算机上的 GPRS 指令传输服务器进行 TCP 连接,完成作业通信指挥和作业情况的监控功能。该平台由 Delphi6.0 在 Windows XP 操作系统下编程开发,GIS 采用控件 MapX4.5。

作业指挥中心平台在使用时首先要登录到 GPRS 指令转发服务器上,作业指挥平台通过 tcp 与 GPRS 作

业指令转发服务器建立连接,GPRS 作业指令转发服务器侦听到来自作业指挥中心的连接后,发送要求注册指令,作业指挥中心响应要求注册指令并向指令转发服务器发送注册指令,注册指令经指令转发服务器验证后,指令转发服务器向指挥中心发送注册成功指令。这样指挥中心就取得了登录到 GPRS 作业指令转发服务器的火箭的指挥权。

作业指挥中心平台通过自动将实时的天气雷达图像叠加到 GIS 上来指挥作业,叠加的雷达图像生成一个雷达图层。在指挥平台取得作业火箭的位置信息后,火箭显示在地图的相应位置(如图 2)根据火箭的射程射高等参数可以画出人工影响天气方位角仰角作业数据选择参考圆圈。这样,根据雷达图和火箭作业数据选择参考圈来确定作业数据将十分方便。

在作业指挥中心平台上有专门的监控区域来直观地显示指令的收发、火箭发射架弹位信息、火箭状态和操作信息。

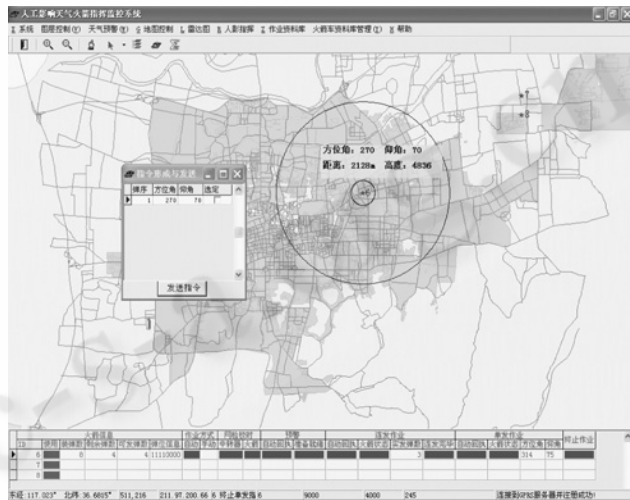


图 2 作业指挥中心子系统作业指挥平台

### 3.3 GPRS 指令传输服务器

GPRS 指令传输服务器在整个系统中起着作业指令传输枢纽的作用。作业指挥中心必须登录 GPRS 指令传输服务器并取得使用许可后才能取得火箭的指挥权。火箭作业信息中转器也必须登录到指令传输服务器上才能与作业指挥中心进行通信。作业指挥中心发出的指令通过它发送到分布在各处的火箭,各处火箭的返回的信息也需通过它传送到作业指挥中心。因此

该服务器采用了多线程侦听技术来正确识别区分登录到服务器上的指挥中心平台和各个作业火箭,完成各种数据指令的传输。GPRS 指令传输服务器用 Delphi6.0 编写,放在有固定 IP 地址并开放其使用的 TCP 端口的计算机上。

### 3.4 GPRS 火箭作业信息中转器

GPRS 火箭作业信息中转器主要用来无线接收作业指挥中心经由 GPRS 作业指令转发服务器下达的作业指令,并按将其中的部分指令有线传输给火箭发射控制器。同时将火箭发射控制器返回信息和 GPRS 火箭作业信息中转器本地键盘操作信息经由 GPRS 作业指令转发服务器传给作业指挥中心。实现的基本功能是:

(1) 实现作业指挥中心与发射控制系统的通信连接。

(2) 为作业指挥中心提供发射架的位置信息。

(3) 实现本地操作。图 3 是火箭作业信息中转器显示操作面板,在面板显示来自作业指挥中心平台的作业指令信息。

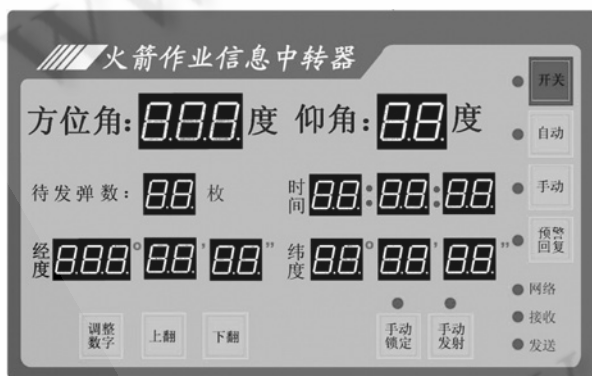


图 3 火箭作业信息中转器显示操作面板

中转器主要的工作流程是:

(1) 登陆控制 GPRS 作业指令转发服务器

中转器通电后,自动通过 GPRS 模块登陆控制中心服务器,汇报自身的 ID,完成在服务上的注册。服务器的 IP 与端口号需要事先设定并保存在中转器中。

(2) 获取 GPS 信息

GPS 模块是每隔 1 秒自动传输一次 GPS 信息,摘取报文中的经纬度并保存,通过 LED 显示。当作业指挥中心发送指令读取经纬度时,中转器将经纬度数据上传。

(3) 处理控制中心的数据

控制中心下达的数据有两类:

1) 发给中转器的指令数据

中转器接收指令后,只做本地处理,处理完成后应答中心该指令是否成功,如校时指令。

2) 发给发射控制器的数据

中转器接收到该指令后,需要转换成发射控制器指令后在发个发射控制器,发射控制器发挥的指令,需要转换控制中心指令发送到控制中心。如单发的经纬度,连发的经纬度。

(4) 保持 GPRS 网络连接

中转器要时刻检测 GPRS 网络是否还处于连接状态,如果发现网络已经断开则需要马上进行网络连接。

中转器硬件实现及接口(如图 4)

(1) 微控制器:

微控制器采用 cygnal 公司的 c8051f020,控制器的 51 内核具有处理速度快的特点,同时还具有丰富的外部资源。

(2) GPR 模块接口:

控制器通过 UART 接收来之 GPS 模块的实时数据。

(3) 发射控制器接口

通过 RS485 与发射控制器进行数据通信。

软件模块

(1) GPRS 模块:

主要函数: void Modemini( void );

对模块进行加电和一些基本的初始化

BOOL OpenNet( NETCONFIG \* netConfig );

根据参数 netConfig 登录指定的服务器

BOOL CloseNet( void );

关闭 TCP/IP 连接

BOOL ModemSendData( );

发送数据到服务器

BOOL TestNetConnectState( void );

测试网络连接状态

(2) GPS 模块:

主要函数: void GetGpsData( BYTE \* pBuf, UINT len );

获得经纬度信息

(3) 实时时钟模块:

主要函数 `BOOL ReadCalendar( DATE * Date )`;

读取实时时钟

`BOOL WriteCalendar( DATE * Date )`

写时时钟

(4) 网络协议模块:

主要函数 `.void DataProtocollayerProcess( void )`;

分析网络数据并处理

(5) 发射器协议模块

主要函数 `BYTE ResolveProtoco( BYTE * pBuf ,UINT`

`len )`;

分析发射控制器数据

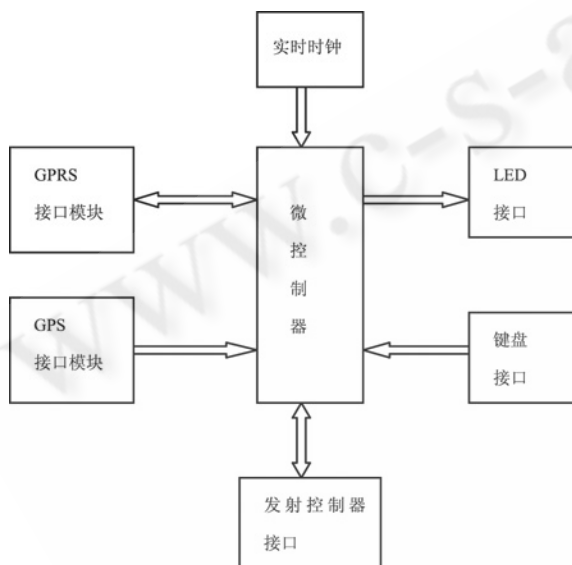


图 4 GPRS 火箭作业信息中转器框图

### 3.5 火箭发射控制器

火箭发射控制器通过三菱 FX1S 微型 PLC 控制伺服系统实现方位角和仰角的自动旋转、控制监测点火电路。FX1S 微型可编程控制器除基本的指令表编程以外,还可以采用在图形画面上进行阶梯符号作图的梯形图编程方式,以及对应机械流程进行顺控设计的 SFQ(顺序功能图)方式,而且编写的程序可以相互转换,便于程序的修改和阅读。

火箭发射控制器有两个交流伺服电机,分别负责方位角和仰角的自动旋转,采用三菱通用交流伺服 MR-E 系列。MR-E 系列是在 MR-J2-Super 系列基础上开发的,保持了其高性能,控制模式具有位置控制和

速度控制两种,而且能够切换位置控制和速度控制进行运行。因此,它适合于火箭架自动旋转的高密度定位和平稳的速度控制。

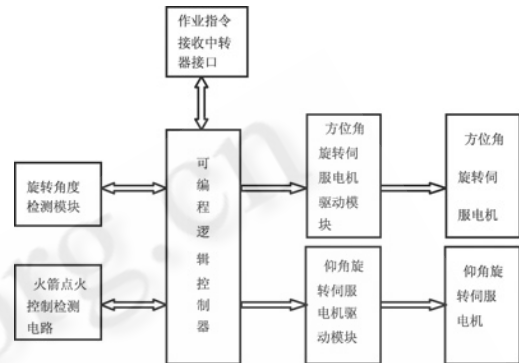


图 5 火箭发射控制子系统框图

## 4 关键技术

### 4.1 全球定位系统( Global Positioning System )

系统采用 GPS 对人工影响天气固定或移动作业火箭进行定位,适时地获取作业火箭的位置信息,并在作业指挥 GIS 平台上显示其位置,用以形成作业指挥数据。全球定位系统是一个中距离圆型轨道卫星导航系统。它可以为地球表面绝大部分地区提供准确的定位、测速和高精度的时间标准。可满足位于全球任何地方或近地空间的用户连续精确的确定三维位置、三维运动和时间的需要。使用者只需拥有 GPS 接收机,无需另外付费。现在民用 GPS 可以达到十米左右的定位精度,能够满足 GIS 系统信息定位的要求。GPS 系统拥有全天候、全球覆盖、高精度三维定速定时、快速、省时、高效率、可移动定位等多种优点,恰好满足系统的设计要求。

### 4.2 地理信息系统( Geographic Information System )

地理信息系统是在地图数据库基础上发展起来的多维信息系统,是一个具有集中、存储、操作和显示地理参考信息的计算机系统。随着 GIS 的发展,GIS 的设计开发工具也日臻完善,组件式 GIS 技术以其代码可重用、集成方便、开发周期短、成本低等优势已成为主流的开发方式。MapX 是 Mapinfo 公司推出的 ActiveX 控件产品,由于 MapX 是基于 Windows 操作系统的标准控件,因而能无缝的嵌入 Delphi、VC 等编程工具。本系统的作业指挥监控平台是用 Delphi 开发的,GIS 组

件则采用 MapX4.5。指挥平台的 GIS 系统除了具有城市、街道、居民点、省区、县区、乡镇、村庄等图层,还有为人工影响天气专门制作的人工影响天气作业点和雨量自动站等图层。

### 4.3 通用分组无线业务(General Packet Radio Service)

我们将 GPRS 作为作业指挥中心和作业点火箭的通信方法。由于作业指挥中心对作业点火箭的指挥属于远距离移动指挥,因此我们采用无线通信。GPRS 是 GSM 移动电话用户可用的一种移动数据业务,是基于 GSM 系统的无线分组交换技术。它通过利用 GSM 网络中未使用的 TDMA 信道,提供中速的数据传递,提供端到端的、广域的无线 IP 连接。GPRS 在许多方面都具有显著的优势。GPRS 业务具有接入迅速、永远在线、流量计费、传输速率高、几乎全国覆盖等优点,因此非常适合应用到远程通信控制的领域。整个系统基于 GPRS 网络,系统稳定可靠,性价比高。又由于一个作业指挥中心需要同时指挥监控多个作业点火箭,地理位置比较分散,采用 GPRS 技术,各个火箭作业点配置 GPRS 传输模块,就能解决远程分散多点指挥监控的问题,实现分布式通信控制。

### 4.4 单片机

火箭作业信息中转器是基于单片机的开发来实现其功能的。单片机,在很多应用场合被称为微控制器,是把中央处理器、存储器、定时/计数器、输入输出接口都集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。与应用在个人电脑中的通用型微处理器相比,它更强调自供应(不用外接硬件)和节约成本。它的最大优点是体积小,可放在仪器内部。

### 4.5 PLC(Programmable logic controller,可编程逻辑控制器)编程

PLC 即可编程逻辑控制器,是一种用于自动化实时控制的微型计算机,广泛应用于目前的工业控制领域。PLC 可接收及发送多种形态的电气或电子信号,并使用它们来控制或监督几乎所有种类的机械与电气系统。PLC 在作业火箭自动化系统中接收作业指挥中心发出并经由 GPRS 火箭作业信息中转器的作业指令数据,对点火电路和数字式交流伺服电机驱动模块进行控制。

## 5 结束语

系统将指挥中心形成的作业指令无线传递给作业火箭,实现了远程控制火箭的自动旋转和发射,较好地解决了作业记录不完整、指令传输慢等问题,实现了远距离多作业点同时作业指挥,实现了自动确定作业指令、远程无线传输作业指令、自动调控火箭仰角、方位角和发射等功能。该系统可以提高作业指挥的科学性、自动化程度,加快作业指令的传递速度,提高作业安全性。它能忠实记录作业参数,为作业效果检验提供真实的作业数据。通过使用新的火箭人工影响天气作业流程,可以提高整体火箭作业水平。系统已经在不同的地方投入了业务使用,极大地提高了人工影响天气的作业效果,产生了巨大的经济效益。

## 参考文献

- 1 Magomet T. Abshaev. Automated Rocket Technology of Hail Suppression. Eighth WMO Scientific Conference on Meather Modification. 2003. WMP Report no. 39. 335-338.
- 2 王以琳,黄磊.地市级人工影响天气业务技术系统.气象科技,2007,(4).
- 3 徐长太,周顺荣,刘小波.基于 GPRS 的分布式配电网络监控系统.电工技术,2005,(4).
- 4 刘品高,江南,谭萍,余万明,葛毅华,丁岳强,唐林,许霖.气象地理信息系统的设计与实现.应用气象学报,2005,(4).
- 5 赵金东,马领先.基于 GPS/GPRS 的车辆监控系统的设计与实现.计算机工程与设计,2007,(10).
- 6 陈红英.基于 GPS 和 GPRS 的远程电子地图修复系统.计算机工程与设计,2007,(10).
- 7 黄天戌,余智欣,喻劲松.基于 MapX 的组件式 GIS 系统的开发与研究.计算机系统应用,2003,(6).
- 8 三菱可编程控制器 FX1S,FX1N,FX2N,FX2NC 编程手册.