

飞机人工增雨空地传输网络系统

樊 鹏¹ 陈保国¹ 郭 强¹ 何 军¹ 黄 兴² 党国营²

(1 陕西省气象局人工影响天气中心, 西安 710015; 2 西安精博科技有限公司, 西安 710075)

摘要 利用陕西省人工影响天气中心和西安精博科技有限公司共同研制的飞机增雨空地传输系统, 于 2002 ~ 2003 年在增雨飞机上进行了 25 架次的试验。该系统的结构特点是: 采用无线和有线相结合的传输模式, 克服了短波通信中信号不稳定的现象, 达到了语音和数据传输基本正常。经对 2003 年 9 月 19 日增雨飞机上接收的温度、湿度、飞行高度、飞机轨迹图与地面实时接收的上述数据对比分析, 发现在同一时间所传输的数据与飞机上的数据基本吻合, 地面指挥人员能及时了解到增雨飞机的各种情况。该飞机增雨空地传输系统能实现地面指挥人员与空中作业人员实时通话和数据传输, 实际运行情况良好。

关键词 飞机 人工增雨 空地传输 网络系统

引言

我国大部分地区淡水资源匮乏, 近年来由于经济的发展, 用水结构不合理, 水污染严重以及全球气候的变暖, 导致一些地区水资源短缺的状况日益严重。西部大开发战略的实施, 水资源是制约西部发展的关键问题之一, 科学人工增雨是缓解水资源短缺的有效措施之一。大量试验研究表明: 对于适合人工增雨的云, 在适当时机、云的适当部位, 采用适当的催化方法就可以达到增加降水的目的^[1]。但若掌握和使用不当, 就会使实际效果大大降低, 在某些情况下还可能出现负效果^[2]。飞机增雨具有催化剂利用效率高、机动性强、播撒面积大等优势, 是增雨作业中首选手段^[3]。但是, 飞机增雨是一项复杂的系统工程, 一般情况下, 从申报飞行计划到飞机起飞, 至少需要一个多小时, 而且云系在移动过程中不断变化, 为了发现适合作业的云, 需要地面指挥中心与飞行的飞机随时对话或传输数据, 以在云系的适当部位进行适时催化作业, 达到增加降水的目的^[4, 5]。

目前, 国内民航飞机与地面塔台的联系主要使用 VHF 频段, 但仅局限于语言传输, 尚未实现数据

传输。吉林省研制的飞机人工增雨空地传输系统, 是以无线方式进行的^[6]。本研究中飞机人工增雨空地传输网络系统是以无线和有线相结合的方式, 达到空中飞机与地面指挥中心进行实时语音和数据传输的目的。根据实时跟踪增雨飞机在催化影响区的位置, 还可以计算高空方向风速^[7]。

1 系统组网及主要功能

1.1 系统组网

飞机人工增雨空地传输网络系统由西安指挥中心(陕西省人工影响天气中心)、渭南、宝鸡、延安 3 个地基台(分别设在 3 个市人工影响天气办公室)和增雨飞机移动台组成(图 1)。整个系统可全部覆盖陕西省关中地区和延安地区以及商洛大部分地区和汉中、榆林地区的一部分, 基本能够满足陕西省春、秋季飞机人工增雨以关中为重点, 兼顾陕北、陕南的需要。在组网的区域上空, 增雨飞机在高空某位置的飞行, 西安地面指挥中心均可以与增雨飞机进行语音传输和数据传输。

飞机移动台和渭南、宝鸡、延安 3 个地基台均使用超短波通信, 频率为 230 MHz, 功率为 25 W 的电台, 调制方式为 FSK, 飞机在空中飞行过程中, 当到

国家科技部重大攻关项目“西部开发科技行动”(2001 BA901 A41)资助

作者简介: 樊鹏, 男, 1951 年生, 正研级高工, 主要从事人工影响天气业务和研究工作

收稿日期: 2004 年 3 月 2 日; 定稿日期: 2004 年 4 月 26 日



图 1 组网结构和布局

达某一地基台的覆盖范围时,该地基台就会自动接收到飞机信号,每个地基台覆盖范围半径为 150 km。地基台收到飞机信号以后,将自动通过有线网传输到西安指挥中心,计算机上将显示飞机当前的位置、速度、温度、湿度等要素及连续的飞行轨迹图。

1.2 各系统功能

各系统的通信网络结构如图 2。飞机移动台与西安指挥中心的连接依靠各地基台来实现,各地基台由数传电台和通信控制器等组成;各地基台与指挥中心的连接由公用通信网来完成。

依靠该方法,可以通过增减地基台的数量,来实现区域大小随意、无缝隙、不间断的通信,克服目前飞机增雨空地传输系统的单地基台结构所造成的通讯区域固定、覆盖面积有限以及没有语音通讯功能等问题。

西安指挥中心负责发送和接收分别来自渭南、宝鸡、延安地基台的数据和语音;实时显示、监视数据采集的情况,播放语音信息;调度、指挥人工增雨飞机,飞往有利于作业的云层。

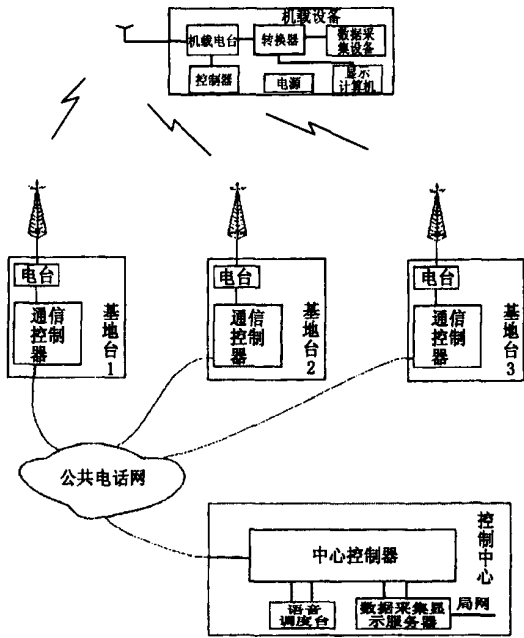


图 2 通信系统示意图

各地基台负责沟通、控制与飞机移动台的无线线路以及与西安指挥中心有线线路的联系;接收涵盖陕西关中、延安地区上空移动通信台的数据和语音;传送指挥中心与飞机移动台之间的语音信息。

飞机移动台负责采集人工增雨飞机的位置信息(GPS 数据);采集实施人工增雨区内的温湿度数据;显示并进行下行传输;沟通、控制与各地基台的通信信道;传输相应的数据与语音。

2 网络线路计算

2.1 无线线路

(1) 本计算定义系统增益 A_s (单位: dB, 下同) 用下式表示:

$$A_s = 10 \lg P_T / P_R + G_{AT} + G_{AR} - L_C \quad (1)$$

其中: P_T 为发信机射频有效功率 (mW); P_R 为接收机入口门限有效功率。在音频输出口信噪比 $S/N = 20$ dB; G_{AT} 为发信天线绝对增益; G_{AR} 为收信天线绝对增益; L_C 为收发馈线及连接损耗。

根据式(1) 本系统 A_s 确定值为:

$$A_s = 153 + 6 + 6 - 2 = 163$$

(2) 线路损耗。本计算定义线路损耗 L_b 用下式表示:

$$L_b = L_o + L_d + L_{pd} + L_{pn}$$

L_o : 自由空间传输损耗。指路径上无阻挡, 余

隙大于或等于第一菲涅尔区半径的传输损耗, $L_o = 32.4 + 20 \lg F + 20 \lg D$ 。

L_d : 绕射附加损耗。当路径上有阻挡时, 按标准大气折射条件进行分类, 逐点计算。

L_{pn} : 抗干扰保护电平。抵抗环境噪声对电路的恶化影响, 尤其是突发干扰对无线数据传输电路更具威胁性质, 这种干扰在工业城市大于郊野山区, VHF 频段大于 UHF 频段。本设计选 L_{pn} 为 3 dB。

L_{pd} : 衰落储备电平。电路计算是在标准大气折射条件下进行的, 但大气梯度分布是随机变化的(昼夜、季节、阴、雨、晴), 当这种变化偏离标准情况并导致传输恶化时, 损耗增加。通过连续测量统计电路恶化量的变化幅度, 保证在 97.5 % 的时间内维持电路畅通, 便是衰落储备电平取值的依据, 在 VHF 电路中, 它与路径长度大致成正比关系。

(3) 线路储备。线路储备 $R = A_s - L_b$ 。其含义是该电路在计入抗干扰保护电平和衰落储备电平后, 超过接收机静噪门限(输出 $S/N = 20$ dB)的电路增益余量。这一指标不同于下面所提的“电路余量”, 故称“线路储备”。

接收机输出信号噪声比计算值, 是指接收机输入口的射频信号高于门限电平的一定的范围内, 音频输出口的信噪比。它与接收机射频入口电平几乎是线性关系。在本计算中, $S/N > 40$ dB 时, 给出大于 40 dB; $S/N < 40$ dB 时, 给出实际值。这项数据可供实测时校核用。

(4) 计算参数的取值。计算参数的取值, 与网络结构和通信可靠性有密切关系。本系统使用 25 W 的电台, 在计算中发信功率取值 20 W。以防设备长期运行或电压有波动而达不到设计指标, 影响电路质量。各地基台天线挂高一般取 4 m 左右, 不用高塔。

(5) 线路余量。根据用户提出的指标要求, 电路在考虑计入 L_{pn} 和 L_{pd} 之后, 接收端解码器输出端的传输误码率达 $P_e \leq 10^{-3}$ 时的电路余量。要求测站电路余量为 5 dB。

误码率与信噪比的关系 $P_e = 1/2 \exp[-1/2 (A^2/2\sigma^2)]$

式中 $A^2/2\sigma^2$ 是信号平均功率与噪声均方根功率之比。公式关系成立的条件是解码器为最佳解调, 且噪声为白噪声, 频谱为高斯分布。假设我们的解调器满足这些条件, 则: $P_e \leq 10^{-3}$ 时, 对应的信号

噪声功率比: $A^2/2\sigma^2 (S/N) = 12.43$ 或 $10 \lg (A^2/2\sigma^2) = 10.9$ dB

(6) 频率选择分配。本系统使用国家无线电委员会规定的 230 MHz 的专用频率, 具体频点由当地无线电委员会批准而定。

2.2 有线信道

由于陕西省的公网系统完全实行交换程控化, 信号传输质量稳定, 满足该系统使用的要求。每个通信站到当地固定电信运营商申请安装具有国内(省内)长话直拨功能电话一部, 西安人工影响天气中心申请具有以上功能电话两部(互为备用)。

3 应用情况

2002 ~ 2003 年陕西省人工影响天气中心在增雨飞机上安装了 GPS 定位系统, 温、湿度探头, PMS 测量系统, 空基微波辐射计等仪器设备, 其中 GPS 和遥感技术将在 21 世纪大气探测系统中占有重要位置^[8,9]。在累计 25 架次飞机人工增雨作业和科研探测飞行中进行了空地(数据、语音)传输试验, 经不断改进, 该系统现已正常运行, 数据下传基本达到了设计要求, 在实际工作中发挥出积极作用。图 3、图 4 是 2003 年 9 月 19 日作业、探测飞行过程中飞机移动台和西安指挥中心地面实时接收的飞行轨迹图。由图第 4 5 作业区可见, 飞机上记录的飞行轨迹图像与下传到西安指挥中心接收到的飞机轨迹图像完全重合。图 4 轨迹上在延安上空出现的断点可能是由于西安指挥中心开机延误造成的。

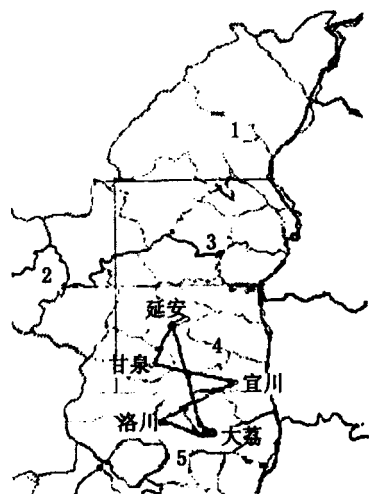


图 3 飞机上实时接收的飞行轨迹图

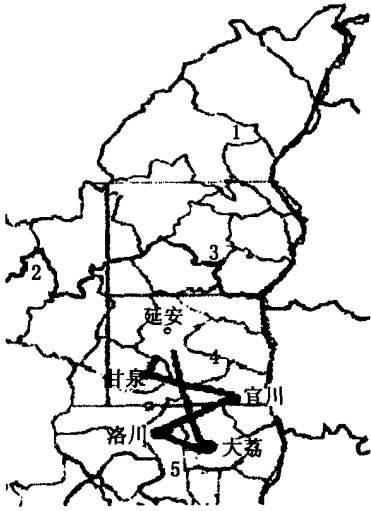


图 4 西安指挥中心接收到的飞行轨迹图

4 结束语

该系统的上位机采用 VC 高级语言编程,界面友好,飞机实时的飞行轨迹、飞行高度、速度、温湿度尽显计算机屏幕。飞机上的数据采集器装有 GPS 系统和温湿度采集器,由单片机控制采集数据打包,并在飞机上一面送给计算机当机显示的同时以无线方式发送给地基台通过有线传送到西安指挥中心,指挥中心可以实时与飞机上的工作人员进行语音

通话,实际运行情况良好。

由于采用有线和无线相结合的传输模式,克服了短波通信中信号不稳定的现象及超短波、微波和卫星通信费用高的问题,使得传输的地理范围几乎不受高山等自然条件的限制,费用低廉,稳定可靠。

参考文献

- 1 游景炎,段英,游来光(主编).云降水物理和人工增雨技术研究.北京:气象出版社,1994.83-88
- 2 王广河,胡志晋,陈万奎.人工增雨农业减灾技术研究.应用气象学报,2001,12(增刊):1-8
- 3 秦长学,杨道侠,金永利.碘化银地面发生器增雨(雪)作业可行性及作业时机选择.气象科技,2003,31(3):174-178
- 4 陈保国,樊鹏,雷崇典,等.2002年秋季陕北地区一次锋面云系综合探测分析.气象,2005,1:45-49
- 5 樊鹏,余兴(编著).陕甘宁人工增雨技术开发研究.北京:气象出版社,2004.66-70
- 6 李茂仑,金德镇,汪晓梅,等.飞机人工增雨空地传输系统.应用气象学报,2001,12(增刊):194-199
- 7 何晖,陈万奎.飞机催化区风的实时测量.气象科技,2003,31(2):115-118
- 8 张庆阳,张沅,李莉.大气探测技术发展概述.气象科技,2003,31(2):119-123
- 9 雷恒池,金德镇,魏重.机载对空微波辐射计及云液态水含量的测量.科学通报,2003,48(增刊2):44-48

Network System for Air-to-Ground Data Transmission for Airplane Rain Enhancement

Fan Peng¹ Chen Baoguo¹ Guo Qiang¹ He Jun¹ Huang Xing² Dang Guoying²

(1 Center for Weather Modification, Shaanxi Province, Xi'an 710015; 2 Xi'an Jingbo Scientific and Technological Ltd., Xi'an 710075)

Abstract: The air-to-ground data transmission system developed jointly by the Shaanxi Weather Modification Center and the Xi'an Jingbo Company is described. This system was used in 25 operation flights of rain enhancement in 2002 and 2003, which adopts the transmission mode with wire and wireless combined and can avoid unstable signals in short-wave communication and transmit sound and data normally. With this system, the commanding staff on the ground can learn about the status of the seeding airplane promptly. The real time data of temperature, humidity, flight altitude and flight track from the seeding airplane were compared with the data received on the ground by the Xi'an Weather Modification Center on 19 September 2003. The comparison suggests that the data received in airplane is well in agreement with the transmitted data from the airplane at the same time, and that the system performed well and steadily.

Key words: airplane rain enhancement, air-to-ground transmission, network system