

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2019.02.009

# 远程控制式遥测地面站关键技术研究

## Research on Key Technology for Remote Control Telemetry Ground Station

周 益 杜宪宇 / ZHOU Yi DU Xianyu

(中国商飞民用飞机试飞中心, 上海 201323)

(COMAC Flight Test Center, Shanghai 201323, China)

### 摘 要:

该文研究基于光纤传输技术和工业控制计算机为核心的集中控制技术,阐述了遥测地面站在两种核心技术的支撑下实现远程控制,解决了信号遮挡问题,提高了管理与控制的自动化程度。为以后遥测地面的建设与布置提供了新的技术思路与实践基础,指明了远程控制技术在遥测地面站中应用的广阔前景。

关键词:遥测;光纤传输;集中监控;地面站

中图分类号:U283.1

文献标识码:A

OSID:



[Abstract] Through the research on the centralized control technology which based on optical fiber transmission technology and industrial control computer, the telemetry ground station can make the remote control under the support of two core technologies, which solves the problem of signal occlusion and improves the automation of management and control. It provides a new technique solution and practical basis for the construction and layout of telemetry ground, and indicates that the application and broad prospects of remote control technology in telemetry ground stations.

[Keywords] telemetry; optical fiber transmission technology; centralized monitor and control; ground station

## 0 引言

为满足遥测实时监控需求,需将遥测天线建在无信号遮挡的空旷位置。随着经济的不断发展,机场外围高大建筑越来越多,对遥测信号的遮挡越来越严重,为解决机场建筑物对遥测天线的遮挡问题,将遥测天线布置在机场跑道附近不失为一种行之有效的解决办法,非常具有工程价值。为了便于遥测信号的传输与处理,与监控中心的数据进行更好地衔接与交换,远程控制式遥测地面站应运而生。

## 1 遥测地面站系统概述

遥测系统是导弹、卫星、无人机等飞行器在试验和运行过程中不可缺少的重要支撑系统,它提供飞行器的工作状态参数、环境参数和其他载荷的测量数据,可为检验飞行器的性能及故障分析提供依据<sup>[1]</sup>。遥测地面站实现试验飞机的遥测跟踪,完成机载遥测信号的接收、解调以及遥测参数的实时处理,用于飞

机飞行试验时,对试验参数和视频等数据的实时遥测。某型客机遥测地面站组成,如图1所示。

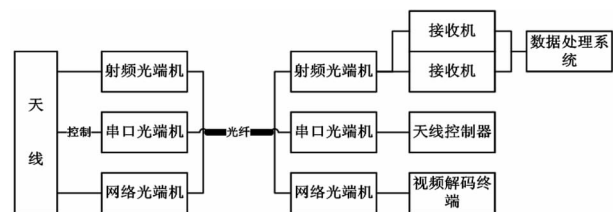


图1 某型客机遥测地面站框架图

传统遥测地面站的天线与机房之间射频信号传输使用同轴电缆,由于天线布置在机场跑道端部,与监控中心的距离较远。S波段同轴电缆每米损耗在0.4 dB左右,使用该种方式严重影响信号的传输质量。遥测天线控制信号采用串口通信方式,串口线缆传输有效作用距离有限,直接影响系统的控制性能。目前,视频摄像机系统基本都采用数字信号网络传输的方式。因此选择光纤通信的方式,可以解决以上问题,完成对射频信号、串口控制信号和网络信号的实

时传输与控制,实现对遥测地面站天线的远程控制。

## 2 关键技术研究

### 2.1 光纤传输技术

机场跑道端部的遥测天线远程控制,主要涉及射频信号、天线控制信号和网络信号。

#### 2.1.1 射频信号传输

射频信号光纤传输(Radio over Fiber,缩写为RoF)是以光波为载波,在光纤中通过光电转换传输宽带射频信号的新型传输方式。RoF技术具有基站不复杂、成本低、光纤传输损耗低、带宽高以及抗电子干扰等技术优势<sup>[2]</sup>。射频信号的有效传输,直接影响遥测地面站的接收解调与跟踪性能。射频信号光纤传输后需要满足接收机的解调门限要求,按照某型客机遥测地面站建设需求,需要保证试验飞机在10 000 m飞行高度、机载遥测发射功率20 W(43 dBm)、码速率8 Mbps、误码率不大于 $10^{-5}$ 的条件下,遥测作用距离不小于300 km,进行链路的核算。

电磁波自由空间损耗<sup>[3]</sup>公式如下:

$$L = 32.45 + 20 \cdot \log D_m + 20 \cdot \log f$$

其中, $L$ 为自由空间损耗,dB; $D_m$ 为作用距离,km; $f$ 为工作频率,MHz。

按照保证飞行目标近距离500 m信道不饱和和稳定工作,满足300 km作用范围,工作在2 260 MHz,计算可得自由空间损耗范围为93.5 dB~149 dB,详见表1。

机载遥测射频信号经空间辐射,由2.4 m抛物面天线接收,传输至射频光端机输入端信号强度范围为-50.7 dBm~+4.8 dBm,详见表1。

遥测接收灵敏度式如下:

$$P_r = K + T_s + S/N + B$$

其中, $K$ 为波尔兹曼常数,取值为-228.6 dBW/Hz·K;

$T_s$ 为接收系统等效噪声温度,dBK;

表1 遥测链路计算

遥测链路计算项	500 m	300 km
机载发射功率	43 dBm	43 dBm
机载天线增益	-5 dB	-5 dB
机载馈线损耗	2 dB	2 dB
机载有效辐射功率	36 dBm	36 dBm
工作频率	2 260 MHz	2 260 MHz
自由空间损耗	93.5 dB	149 dB
极化损耗	1.2 dB	1.2 dB
大气损耗	0.5 dB	0.5 dB
接收天线增益	32 dB	32 dB
天线到LNA的馈线损耗	1 dB	1 dB
LNA增益	35 dB	35 dB
LNA入口	-28.2 dBm	-83.7 dBm
LNA出口	+10 dBm	-48.7 dBm
LNA到光端机输入口的馈线损耗	2 dB	2 dB
射频光端机输入口信号强度	+4.8 dBm	-50.7 dBm

$S/N$ 为解调误码率时接收门槛信噪比,取9.5 dB;

$B$ 为接收机中频带宽,MHz。

当遥测码率为20 kbps时,参考常用接收机最小中频滤波带宽为50 kHz,可得系统接收灵敏度为:

$$P_r = -228.6 + 23.75 + 9.5 + 10 \times \log(50 \times 10^3) = -148.4 \text{ dBW} = -118.4 \text{ dBm}$$

计算系统灵敏度时以LNA为分界面,即做系统设计时按照此时系统灵敏度作为LNA入口电平进行核算,此时可得射频光端机输入口信号强度为-85.4 dBm。考虑遥测地面站系统安全余量,遥测地面站建设所选的光端机动态范围需达到90 dB,才能满足射频信号的可靠传输。

根据LNA入口处信号强度,系统增益链如图2所示。

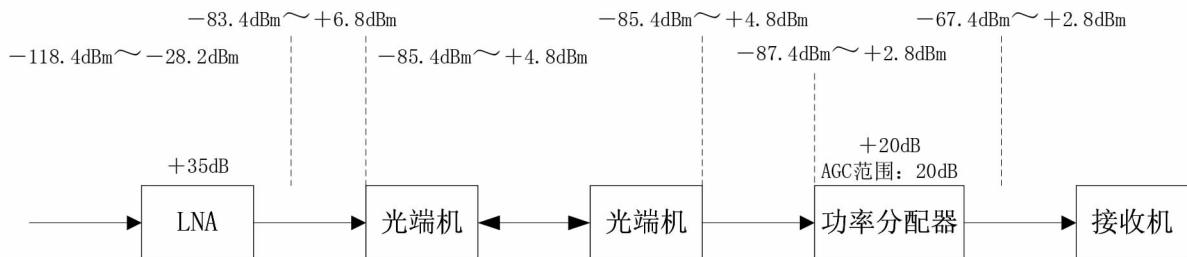


图2 系统增益链

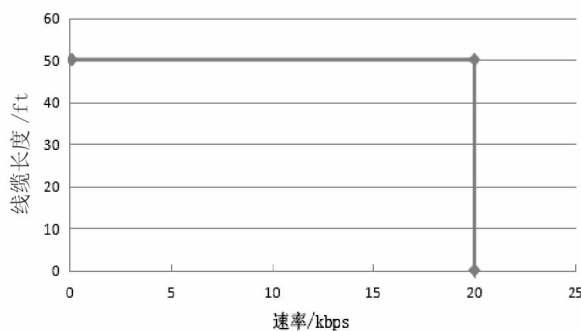
从图 2 可知无论功率放大器增益是否打开,都能满足接收机的输入动态范围,在接收近距离强信号时可以将抛物面天线切换成全向天线,保护系统安全。

在客机科研试飞从上海转场西安和东营的过程中,数据链路最大可以收到 360 km 以内的信号,视频链路最大可以收到 330 km 以内的信号,说明射频光端机动态能可以满足且优于系统设计要求,系统符合实际工程应用需求。

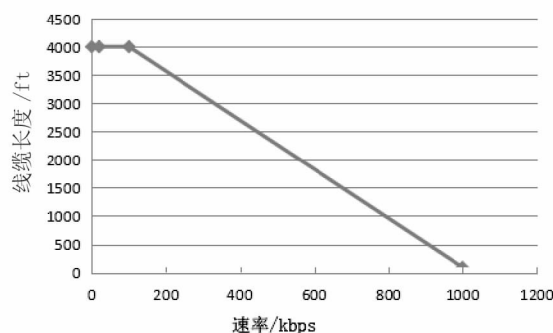
### 2.1.2 天线控制信号传输

遥测领域天线控制信号采用 RS422 串口方式进行传输,串口线缆的有效传输距离较短,最大距离不超过 4 000 ft(约 1 219 m),RS232 和 RS422 串口传输方式下传输距离与控制速率的关系如图 3 所示<sup>[4]</sup>。本系统控制信号波特率为 9 600 bps,数据位 8 位,停止位 1 位,机场跑道至试飞监控中心机房走线长度约 8 km,直接采用串口线缆不能满足机场跑道到试飞监控中心的要求。

通常有两种解决方案,一种是直接采用串口光端机,将串口信号转换成光信号,进行光纤传输,在试飞监控中心机房进行光电转换,实现串口信号的远程传输;另一种是采用串口服务器设备,将串口信号转换成网络信号,进入网络光端机,再经光纤进行传输,如图 4 所示。



(a) RS232 串口传输方式



(b) RS422 串口传输方式

图 3 传输距离与控制速率关系图

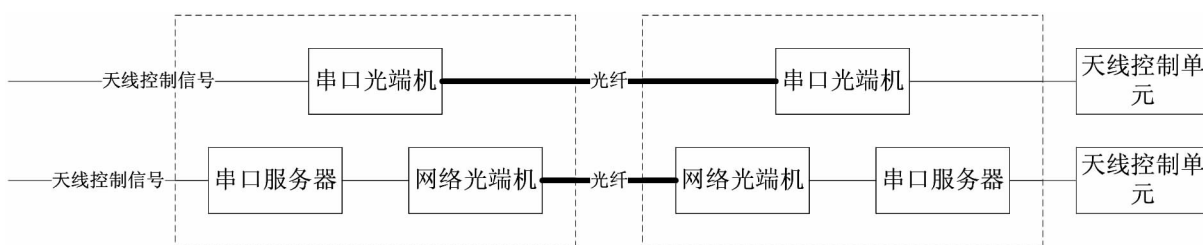


图 4 天线控制信号传输对比

直接采用光端机进行串口信号传输,不仅可以延长传输距离,还可以避免信号在传输过程中受电磁波干扰,同时可以减少使用串口服务器带来的延时,降低因中间设备故障影响系统性能的概率。因此,通常采用光端机进行串口信号传输。

### 2.1.3 网络信号传输

遥测天线主要涉及外摄视频系统,目前采用的摄像机为网络摄像机,输出为网络视频流,网络传输后直接解码、存储、实时显示。网络摄像机可以实现远程监控,借助于网络光端机轻松实现光纤

通信。

## 2.2 集中监控技术

为了便于管理,实现集中监控,整个系统分为三个部分,室外天线系统部分、机房机柜部分和控制室控制台部分,如图 5 所示。天线系统部分与机柜部分直接通过光纤交换信息,天线系统部分与控制台之间的信息交换通过机柜背面的转接板进行,方便管理与线缆的铺设。机房与控制室之间用玻璃门隔开,减少机房人员走动,减小机房噪音对控制室工作人员的干扰。

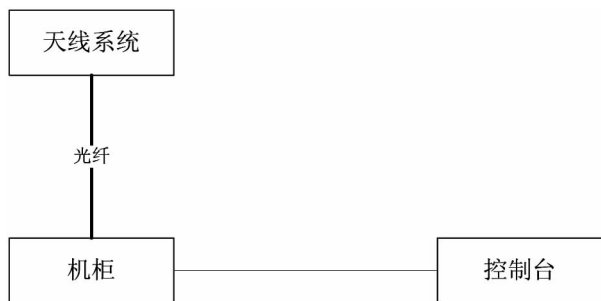


图5 系统分布图

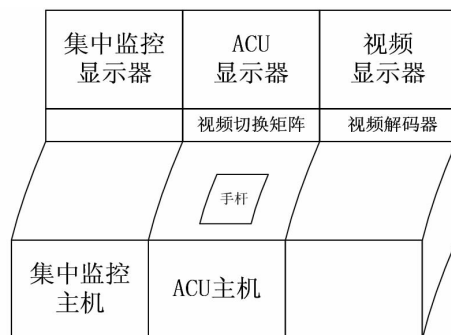


图6 控制台布置图

遥测地面站各设备通过网络交换机与集中监控主机相连,监控主机对系统内各设备的工作状态进行管理、监测、维护等,实现系统工作状态的实时监控。

控制台作为遥测天线及各遥测设备进行集中控制与状态监视的载体,集中监控主机、伺服控制主机、视频显示系统等安装在控制台处,如图6所示。

### 2.2.1 集中监控系统的组成

遥测地面站集中监控系统主要由集中监控主机及各接口控制设备组成,通过计算机软硬件协同配合,对天线伺服控制系统、接收解调系统、GPS系统、视频系统、电源系统、仪表系统等进行远端集中控制,统一管理和操作,实现整个系统的一体化监管<sup>[5]</sup>。集中监控系统组成如图7所示。

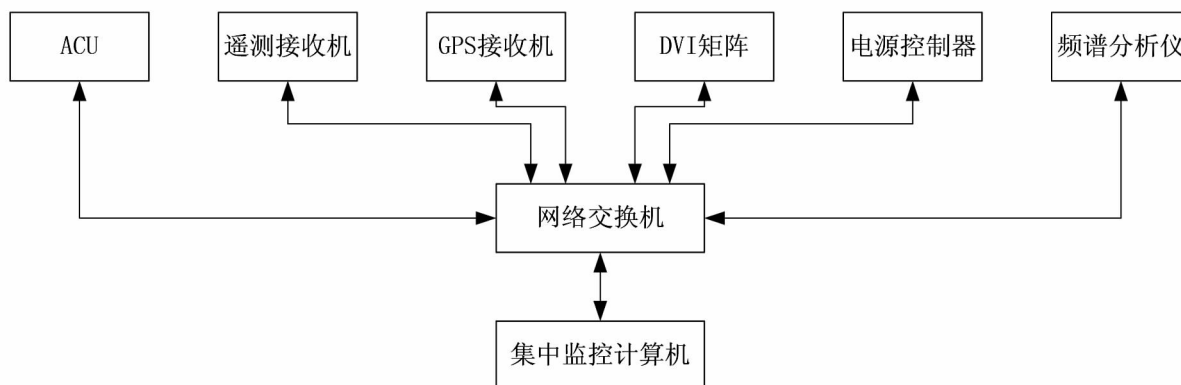


图7 集中监控系统组成原理

### 2.2.2 集中监控系统的功能

集中监控系统主要实现系统设备的开启、遥测接收机的参数配置与状态监控、频谱仪的配置、DVI切换矩阵的控制、伺服状态的显示等。

#### 1) 参数配置管理功能

集中监控软件可以对远控设备进行参数配置,譬如遥测接收的频点、码速率、解调方式、中频带宽等。按照软件设计的要求,有数值限制和选择下拉式菜单等,当输入参数不正确时,会提醒错误出处。主界面主要显示各设备状态,各模块的参数配置有各自单独的配置窗口,置于二级或三级菜单中。

#### 2) 参数配置管理功能

集中监控计算机采集设备状态信息,各状态信

息都集中到监控软件中,进行数据处理后,送到屏幕上,实时显示各设备的状态,譬如天线伺服状态、遥测接收机位同步锁定状态、信噪比值、电源端口状态、频谱实时显示曲线等。同时显示各设备与集中监控计算机连接状态,一旦某设备掉线时,立即生成报警信息,发出相应的状态显示告知用户。

#### 3) 日志管理功能

集中监控系统可将系统的操作记录到日志文件中,监视系统中发生的事件,用户可以通过它来检查系统错误发生的原因。日志可记录设备初始化信息、设备参数配置信息、设备连接工作状态等。工作人员可对日志统一管理,进行查询、备份、删除等操作,也可拷贝或打印输出日志文件。

### 3 结论

远程控制式遥测站给遥测接收系统设计提供了新的思路,解决了机场外围高大建筑物遮挡信号的问题,提高了遥测接收效率,加强了对飞行试验的遥测保障,对异地跨区域飞行提供了灵活的布站手段。

#### 参考文献:

- [1] 黄信安,李亚. 基于 PCM-FM 体制下遥测作用距离研究[J]. 现代电子技术,2012,35(9):16-18.
- [2] 蒋霆,余岚,吴谦,杨大伟. 无线射频信号数字光纤传输性能分析[J]. 空军雷达学院学报,2012,26(6):419-422,430.

[3] 蒋梁宇. 信道特性分析的短波远距离地空通信研究[J]. 无线互联科技,2017(2):9-10.

[4] Range Commanders Council. Instrumentation engineers handbook;121-13[M]. [S.l.]: Range Commanders Council.

[5] 周益. 集中监控系统在遥测传输卫星地面站中的应用[J]. 民用飞机设计与研究,2015(2):93-96.

#### 作者简介:

**周 益** 男,硕士,工程师。主要研究方向:试飞遥测技术。E-mail:zhouyi@comacc.cc

**杜宪宇** 男,硕士,助理工程师。主要研究方向:飞行试验遥测系统。E-mail:duxianyu@comacc.cc