# 面向飞行任务遥测数据传输接口通信技术简述

陈长友

贵州航空林泉电机有限公司 贵州 贵阳 550081

【摘　要】：传统遥测系统常采用 LVDS、RS422、UART 等传输接口，形成了高、中、低通信速率传输能力，遥测系统根据不同设备接口的数据传输需求，选择不同传输方式，实现了遥测数据传输。近年来，我国航空航天事业去取得了系列重大成果，发展速度尤为迅猛；传统遥测系统已经无法满足多采集通道数量、高采样率、高传输速率、数据传输实时性以及传输链路的抗干扰性日益提升的高标准需求。首先简单介绍了遥测通信技术的基本流程,包括采集、传输、接收、以及处理等步骤；其次介绍了 RS422、RS485、LVDS 总线通信以及光纤通信技术；然后对当前遥测系统常采用数据传输通信技术进行了探讨和总结，最后，重点介绍了数据传输通信技术存在的不足，并对数据传输通信技术的发展进行了展望。

【关键词】：遥测系统；总线接口；总线通信；数据传输；通信技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.14.031

## 1 引言

随着科学技术的不断发展,遥测系统对于数据传输的需求呈现爆发式的增长,因此对于传输距离、传输速率、传输的误码率以及实时性有着越来越高的要求。由于在长距离传输过程中的趋肤效应，以及传输介质的介质损耗,信号在长距离传输过程中会有所衰减,这两个因素也会降低信号的传输速率、增加信号的误码率,从而会降低信号的传输质量,是造成传输信号不稳定的主要原因。

低电压差分信号(LVDS)具有有效降低功耗、误码率、串扰和辐射等特点，在遥测系统中,LVDS 接口有着传输速度高的优点，但具有一定的局限性，不适用于远距离信号传输。在某次远距离的测试任务中,需要将系统采集到的多路模拟信号传回给地面接收设备,并且保证实时性和可靠性。若采用传统的并行传输方式,传输速率可以满足要求,但是由于接口数量过多,导致误码率增高，无法满足长距离数据传输可靠性的要求[1]。

当前，遥测系统凸显出一些遥测数据传输应用问题，主要表现在通信带宽不足、接口种类繁多、电缆网设计复杂等。时间触发以太网（Time-triggered Ethernet，TTE）具有吉比特数据通信能力，统一化的总线通信标准协议，轻质化、抗干扰的物理通信介质等多项优点，基于时间触发以太网的遥测通信技术实现了总线技术与遥测通信技术的融合，能够有效解决传统遥测系统面临的诸多应用问题[2]。

遥测数据是反应飞行任务中各设备运行状况有力支撑，其数据真实性和时效性尤为重要；本文在其基础上进行了补充,并结合一些最新研究进展,介绍了遥测数据传输相关技术,并进行了理论探讨，对其应用发展进行了展望。

## 2 遥测通信技术

PCM/FM 是一种连续波调制系统，其高精度、灵活多变的数据格式以及易于数字化处理等优点，使得该体制成为目前航天遥测领域中应用最为广泛的遥测体制[3]，图 1 给出遥测系统结构框图。

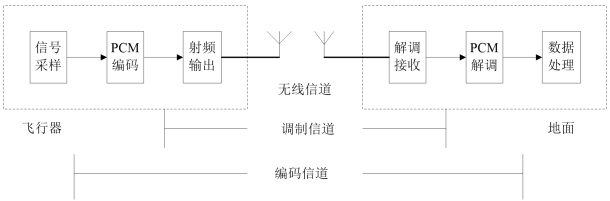



图 1 遥测系统结构框图

发射器主要包括信号采集、PCM 编码以及射频发射。首先将采集到的模拟信号经过采样变为数字信号，然后发射端编码器将数字信号转成二进制非归零码。同时，用 PCM 编码后的二进制数据将载波调制到中频，最后将已调中频信号通过天线发射出去。接收信号首先经过解调接收，然后通过 PCM 解调器。最后将解码后的信号通过信息处理模块即可得到原始数据。

遥测系统以获取飞行器各系统的飞行状态监测参数为目标，由供配电、传感器、数据采编设备、数据综合设备、FM 调频遥测发射机等组成。传统遥测系统信息传输架构一般采用主从网络系统架构，按照分布采集、逐级综合方式完成遥测数据传输，传输总线可为 LVDS、RS422、RS485 等通信接口，如图 2 所示。其中，数据综合设备为遥测系统主设备，向各数据采编设备发送取数命令，各数据采编设备接收到命令后，将数据发送给数据综合设备进行综合编帧。数据采编设备分布于飞行器不同位置，负责就近采集传感器数据及其他设备的状态数据，然后对采集数据进行数据编帧，在数据综合设备的调度下将数据发送给数据综合设备。遥测系统按照一定标准进行数据综合编帧，形成固定遥测码率的 PCM 数据流，发送给遥测发射机进行信道编码、调前滤波、FM 调制及遥测功率放大。

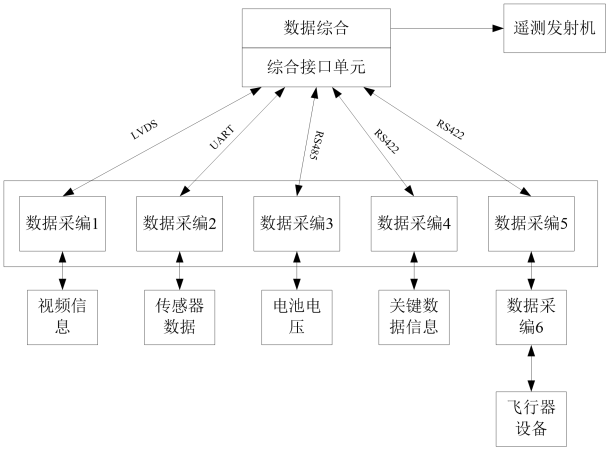



图 2 遥测系统信息传输结构框图

遥测数据经遥测发射机无线下传到地面后，地面解调设备经信号放大、锁频锁相、信号检测等信号处理，恢复出遥测比特信息流，然后根据遥测帧结构对遥测比特信息流进行检测判断，根据帧同步码检测结果恢复出遥测数据帧，最终提取得到有效遥测数据信息。

## 3 遥测数据传输技术

当前，遥测系统常采用数据传输技术主要为 RS422、RS485、LVDS 以及高速光纤通信技术；RS422 与 RS485 的最大传输速率为 10Mbit/s，适用于传输速率要求不高的工作场景；LVDS 传输数据时采用低压差分信号,信号的传输速度可达到百兆，常用于传输图像数据；而光纤传输是以光为载体，并以光纤作为传输媒介的一种通信方式，通信速度最大可达 10Gb/s，其强抗干扰性、低损耗特性，逐渐被应用在航天航空领域。

### 3.1 RS422/RS485 总线通信技术

RS422 和 RS485 是工业控制和远程通信中常用的串行通信接口标准，具备长距离传输和多点通信能力，其信号拓扑图如图 3、图 4 所示。RS422 是全双工通信方式，适合高质量数据传输，具有强大的抗干扰和远距离传输能力；但网络拓扑较为复杂，全双工需采用 4 线制，布线相对繁琐。而 RS485 支持半双工通信方式，数据流由主控制器或主节点控制，主节点发送数据后需要切换到接收模式以接收从节点数据，任意时刻只有一个方向可进行数据通信。这两种协议都采用差分信号抗干扰，适用于低功耗和电磁干扰环境。

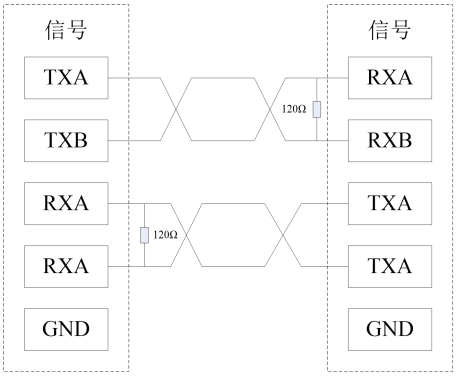



图 3 RS422 信号拓扑图

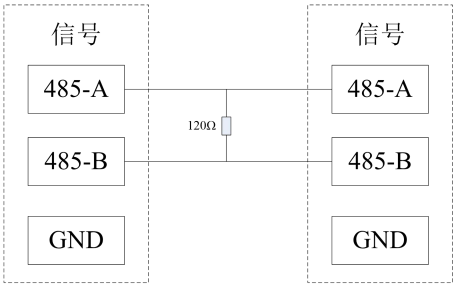



图 4 RS485 信号拓扑图

### 3.2 LVDS 总线通信技术

LVDS 是一种低功耗、低摆幅、低误码率的低压差分信号技术,该信号靠电流驱动。采用差分传输方式，2 个信号振幅相等，相位差 180,极性相反，互相耦合,因此在接收端就可以抵消耦合的噪声[4]；

LVDS 电路由主要发送端的驱动器、接收端的接收器以及之间的通信介质所组成，驱动器实现单端逻辑电平信号到差分信号的转换过程，由输出为 3.5mA 的恒流源组成。通信介质主要包括一对等长度的电缆以及电路板上等长的差分数据线，尽量让差分数据线保持等长[5]。接收器将差分信号变为单端信号，为了防止信号在传输时在电缆终端发生反射的现象，同时为了减少电磁干扰现象，需要加入一个与电缆相匹配的终端电阻，通常电阻阻值为 100 Ω 。

### 3.3 光纤通信技术

随着通信技术的不断发展，光纤通信越来越受到人们的重视，与其他通信手段相比，它具有通信容量大、中继距离长、保密性能好、抗电磁干扰能力强等特点。利用光纤通信技术解决关键信号的传输，将极大地增加遥测天线的远程控制距离，有利于更好的布站和集中控制[6]。

光纤传输系统主要由光发射机、光接收机和光纤组成。光发射机的主要作用是将电端机送来的数字基带电信号变为光信号，并耦合进光纤线路中进行传输。电/光转换是通过数字电信号对光源进行调制实现的。光源的调制可分为直接调制和间接调制两种方式，其中直接调制在目前技术上比较成熟，应用广泛。光发射机中的光源是整个系统的核心器件，它的性能直

接关系到光纤通信系统的性能和质量。光接收机的主要作用是将经过光纤传输后的幅度衰减、波形畸变的微弱光信号转变为电信号，并对电信号进行放大、整形，使其接近原始的矩形波形，以减少码间干扰，恢复成原来的信号。

## 4 存在不足与展望

### 4.1 不足

传统遥测系统架构中，数据综合与数据采编设备通信网络采用 LVDS、RS422、RS485 等接口形式，能够适应 1～100Mbit/s 及以上遥测传输通信速率需求。其中，LVDS 总线接口可用于图像、视频等高带宽数据传输应用，RS422 与 RS485 可用于传输振动、冲击、设备状态参数等中带宽数据传输应用，通过综合应用 LVDS、RS422、RS485 等接口，通过组合建立可靠电子遥测系统，但仍面临接口协议不统一、数据综合功能难以实现系统级冗余以及系统电缆网设计复杂等诸多问题。

### 4.2 展望

由于遥测接收系统涉及 RS485、RS422、LVDS 等多种控制接口，如果将这些接口直接通过光纤传输，将使系统配置复杂，影响系统稳定性和可靠性。随着技术的不断发展，可以通过网络进行串口的扩展，从而实现控制信号的远距离传输。

## 5 结语

基于飞行任务遥测数据传输通信技术一直都是具有重大研究意义的课题。现有的一些技术能够很好实现遥测数据传输，但是仍受制于传输速率、传输距离、传输数据量、通信链路抗干扰性等多因素的影响；基于光纤通信技术适用于不同飞行环境遥测数据传输，但是对硬件设备要求比较高，成本也高居不下，维护相对复杂，实时有效、高可靠性遥测数据传输仍面临着巨大的挑战。

## 参考文献：

[1] 尚辰阳,任勇峰.基于 LVDS 远距离高可靠性传输系统设计[J].仪表技术与传感器,2022,(12):67-72.

[2] 王报华,徐林丰,张金刚,等.基于时间触发以太网的遥测通信技术[J].导弹与航天运载技术(中英文),2023,(04):118-122.

[3] 马全江.遥测系统中 MIMO 传输方案研究[D].西安电子科技大学,2017.

[4] 杜凯旋,焦新泉,杨志文,等.基于 LVDS 传输可靠性优化设计[J].电子技术应用,2022,48(01):105-108+114.

[5] 张善章.基于 LVDS 的数据传输技术研究及实现[D].南京航空航天大学,2020.

[6] 霍建华,刘丹.光纤通信技术在遥测接收系统中的应用[J].中国科技信息,2016,(22):78-79.