

# 高可靠性 1394 总线传输线缆阻抗特性测试研究

杨峰,田泽,王绮卉,赵彬

(中国航空计算技术研究所,陕西西安 710068)

**摘要:**面向新一代飞机的 1394 总线应用中,传输线缆作为总线传输介质,影响总线的传输特性。为满足新型机载 1394 线缆的高可靠性要求,文中对 1394 线缆的结构及差分阻抗进行了理论分析,提出了 1394 线缆的测试设备及测试环境,采用专用设备对 1394 线缆的差分阻抗进行了测试,测试结果表明,被测 1394 线缆满足线缆阻抗特性指标。在测试结论的支撑下,规范了 1394 线缆阻抗特性测试指标。为高可靠性 1394 线缆传输提供了理论依据及测试实验数据,为 1394 线缆的选型及应用奠定了基础,对构建整个 1394 总线具有指导意义并进而指导整个系统设计。

**关键词:**阻抗;1394 线缆;测试

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0161-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.041

## Research of Impedance Characteristic for High Reliability 1394 Wire

YANG Feng, TIAN Ze, WANG Qi-hui, ZHAO Bin

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

**Abstract:** For the 1394 bus application with a new generation of aircraft, the wire as the medium of the bus has an influence on the characteristic of the bus transmission. To satisfy the 1394 wire requirements for vehicle management system, analyze the structure of 1394 wire and difference impedance, put forward the test equipment and environment, test the 1394 wire used the special equipment and test result is the tested 1394 wire satisfied difference impedance index. With the conclusion, it normalized standard test index. Provide theory proof and test data for high reliability 1394 wire. It lies a foundation for the 1394 wire choice and application, has a guiding significance for building the whole 1394 bus and guide the whole system design.

**Key words:** impedance; 1394 wire; test

## 0 引言

IEEE 1394b 总线传输带宽、传输速度、距离等都有了较大幅度提高<sup>[1]</sup>,可以实现实时、确定的点对点传输等技术特点,也非常适用于对总线传输、实时性、可靠性要求较高的新一代机载飞机管理计算机系统。作为传输信息的载体,1394 总线传输介质包括屏蔽双绞线(STP)线缆、5类非屏蔽双绞线(CAT-5 UTP)线缆、塑料光纤(POF)、玻璃光纤(GOF)等<sup>[2]</sup>。

目前,光纤作为 1394 的传输介质国内外正处于研制阶段<sup>[3]</sup>,还没有形成产品。文中针对机载用屏蔽双绞线(STP)的应用指标需求,分析了铜轴屏蔽双绞线的阻抗特性,给出了屏蔽双绞线缆的测试方法并对给定型号的线缆进行阻抗特性测试,最后给出了测试的结论。

## 1 机载 1394 线缆指标

机载 1394 总线铜轴屏蔽线缆由于受机载恶劣环境(温度、湿度、振动)等影响,明确提出了机载 1394 线缆的应用指标需求<sup>[4]</sup>。

### 1.1 线缆结构指标

机载 1394 总线铜轴屏蔽线缆应具有四芯导线结构并且包括两组差分对传输线(位于正交轴)。

机载 1394 总线铜轴屏蔽线缆中两组差分对的绝缘导线,根据它们的颜色标记区分如下:

差分对 1 由一条蓝色导线和一条橙色导线(蓝×橙)组成;

差分对 2 由一条红色导线和一条绿色导线(红×绿)组成。

在蓝×橙的差分对中,蓝色导线连接一个给定端

口正(+)信号,橙色导线连接它的负(-)信号;在红×绿的差分对中,红色导线连接一个给定端口正(+)信号,绿色导线连接它的负(-)信号<sup>[5]</sup>。

### 1.2 线缆阻抗指标

机载 1394 总线铜轴屏蔽线缆由于受环境温度影响,在 200°C 或应用所期望的温度最大值下执行线缆测试<sup>[6]</sup>。

线缆需满足表 1 中所指定的阻抗要求。

表 1 线缆要求

温度范围	-55°C ~ 200°C
差分阻抗(100 ~ 500MHz)	110Ω±6 Ω

## 2 机载 1394 线缆指标分析

### 2.1 典型 1394 线缆结构

典型线缆结构如图 1 所。

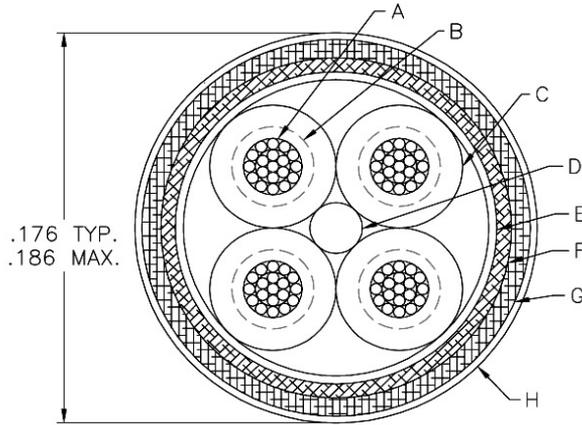


图 1 典型 1394 线缆结构

图 1 为典型 1394 线缆的横截面图示,由 A ~ H 等各种不同的材料构成,各种材质表述如下:

- A: 导体:线径 24;
- B: 主要绝缘体——ePTEF(膨体聚四氟乙烯);
- C: 次要绝缘体——PTFE(聚四氟乙烯)颜色:红 \* 绿, 蓝 \* 橙;
- D: 填充物:FEP(氟化乙烯丙烯共聚物);
- E: 包装层:ePTEF(膨体聚四氟乙烯);
- F: 保护层 #1:线规 40(1)规格 编织物,92% 最小覆盖;
- G: 保护层 #2:线规 38(1)规格 编织物,92% 最小覆盖;
- H: 外层。

### 2.2 线缆连接

在连接 2 个 1394b 节点时,一个节点端口的发送(TX)与另一个节点端口的接收(RX)相连接<sup>[7]</sup>(例如,在蓝×橙差分对中,线缆的一端蓝色导线连接到 TX+, 橙色导线连接到 TX-;线缆另一端的蓝色导线连接到

RX+, 橙色导线连接到 RX-)。附带四芯铜轴连接器的线缆如图 2 所示。



图 2 附带四芯铜轴连接器的线缆

### 2.3 差分阻抗

由典型 1394 线缆的结构可以看出,1394 线缆信号传输采用差分对的形式。采用两条信号线,让差分信号以差分对为载体进行传输<sup>[8]</sup>。

差分信号的传输具有传输距离远、信号衰减小等优点。

图 3a 演示了一个典型的单线、双线。其特征阻抗是  $Z_0$ ,其上流经的电流为  $i$ 。沿线任意点的电压为  $V = Z_0 * i$ (根据欧姆定律)。

图 3b 演示了一对走线。线 1 具有特征阻抗  $Z_{11}$ ,与上文中  $Z_0$  一致,电流  $i_1$ 。线 2 具有类似的定义。当将线 2 向线 1 靠近时,线 2 上的电流开始以比例常数  $K$  耦合到线 1 上。

类似地,线 1 的电流  $i_1$  开始以同样的比例常数耦合到线 2 上。每根走线上任意一点的电压,还是根据欧姆定律<sup>[9]</sup>:

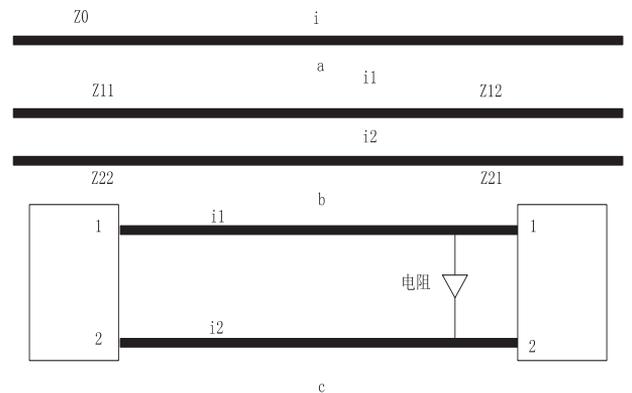


图 3 差分阻抗示意

$$\begin{aligned}
 V_1 &= Z_{11} * i_1 + Z_{11} * K * i_2 \\
 V_2 &= Z_{22} * i_2 + Z_{22} * K * i_1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

现在我们定义  $Z_{12} = K * Z_{11}$  以及  $Z_{21} = K * Z_{22}$ 。这样式(1) 就可以写成:

$$\begin{aligned}
 V_1 &= Z_{11} * i_1 + Z_{12} * i_2 \\
 V_2 &= Z_{21} * i_1 + Z_{22} * i_2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

这是一对联立方程组,可以用矩阵形式来表示。

图 3c 演示了一对差分走线。重写式(1):

$$V_1 = Z_{11} * i_1 + Z_{11} * K * i_2$$

$$V_2 = Z_{22} * i_2 + Z_{21} * K * i_1$$

现在注意在仔细设计并且是对称的情况下,  $Z_{11} = Z_{22} = Z_0$ , 且  $i_2 = -i_1$ , 这将导致(经过一些变换):

$$V_1 = Z_0 * i_1 * (1 - K)$$

$$V_2 = -Z_0 * i_1 * (1 - K) \tag{3}$$

假定在某一瞬间将两根走线用电阻端接到地。因为  $i_1 = -i_2$ , 所以没有电流流经到地。为了将差分信号和地噪声隔离, 不能将它们接地。

因此通常的连接形式如图 3c 中所示, 用单个电阻连接线 1 与线 2。

电阻的值是线 1 和线 2 差模阻抗的和:

$$Z_{diff} = 2 * Z_0 * (1 - K) \text{ 或 } 2 * (Z_{11} - Z_{12})$$

### 3 1394 线缆测试

1394 线缆根据选定的型号对其进行测试, 根据机载 1394 线缆指标确定测试设备, 使用正确的测试方法, 在恶劣环境下进行测试, 给出测试结果。

#### 3.1 测试设备

线缆测试主要针对被测电缆的电气特性进行测试, 所有测试设备如表 2 所示。

#### 3.2 测试环境

##### 3.2.1 实验室环境

实验室环境是用来测试常温环境下线缆和连接器的各项参数指标是否达到要求, 主要是用矢量网络分析仪进行测试<sup>[10]</sup>。

##### 3.2.2 高低温试验箱环境

高低温试验箱环境是用来测试不同温度环境下线缆和连接器的各项参数指标是否达到要求<sup>[11]</sup>, 主要是由测试所需的硬件设备和提供不同温度环境的高低温试验箱装置(如 3.1 节中所述)组成, 根据测试指标要求的温度进行测试(军标对电子产品的温度承受范围的要求为  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ )<sup>[12]</sup>。

#### 3.3 测试结果

在进行差分阻抗测试时, 使用矢量网络分析仪(Agilent E5071C)参照测试指标进行测试。

在差分阻抗测试中, 为了使得导体的差分电阻的影响最小, 测试范围最好只包括线缆最开始的 4 ~ 5 ns。

本测试中选择 4ns 点作为测试点。测试结果如表 3 所示。

### 4 结束语

依据机载 1394 线缆对于线缆结构以及差分阻抗的要求, 详细分析了典型 1394 线缆的结构及差分阻抗指标; 提出了根据指标要求对 1394 线缆进行测试的测试设备、测试环境, 对 1394 线缆进行了测试, 给出了测试结果。

结论表明, 在高低温环境下, 给定型号的 1394 线缆阻抗特性完全满足指标要求。对于新型航空飞机管理系统总线线缆其他指标的测试及线缆应用都具有指导价值。

表 2 测试设备

设备名称	设备型号	设备用途	指标要求	设备性能指标
矢量网络分析仪	Agilent E5071C	测试插入损耗、差分阻抗、时延扭曲	具备非平衡差分变压器的网络分析仪(满足 250MHz)	20GHz 的带宽, 22.3ps 的上升时间, 超过 100dB 的动态范围, 低至 20uV rms 的本底噪声
高低温试验箱	ET-Z-040US	高低温环境测试	$-55^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$	设备支持温度测试范围 $-55^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$
高低温试验箱	ESPEC SU-261	高低温环境测试	$-55^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$	设备支持温度测试范围 $-55^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$
高低温试验箱	WG-025	高低温环境测试	$-55^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$	设备支持温度测试范围 $0^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$

表 3 差分阻抗(单位  $\Omega$ )

差分对	指标要求	线 1-10m	线 1-20m	线 1-50m	线 2-10m	线 2-20m	线 2-50m
蓝-橙-屏蔽	110±6	115.16	111.69	112.99	111.36	112.4	111.43
红-绿-屏蔽		116.15	111.96	113.1	111.18	112.35	110.74

注: 上表中线缆均指裸线

Linux 操作系统具有源代码开放、稳定可靠、功能强大、价格低廉且易于移植的特点<sup>[12]</sup>。而采用的移动嵌入

式 GIS 是新一代 GIS 的发展方向之一,所以系统具有广阔的应用前景。

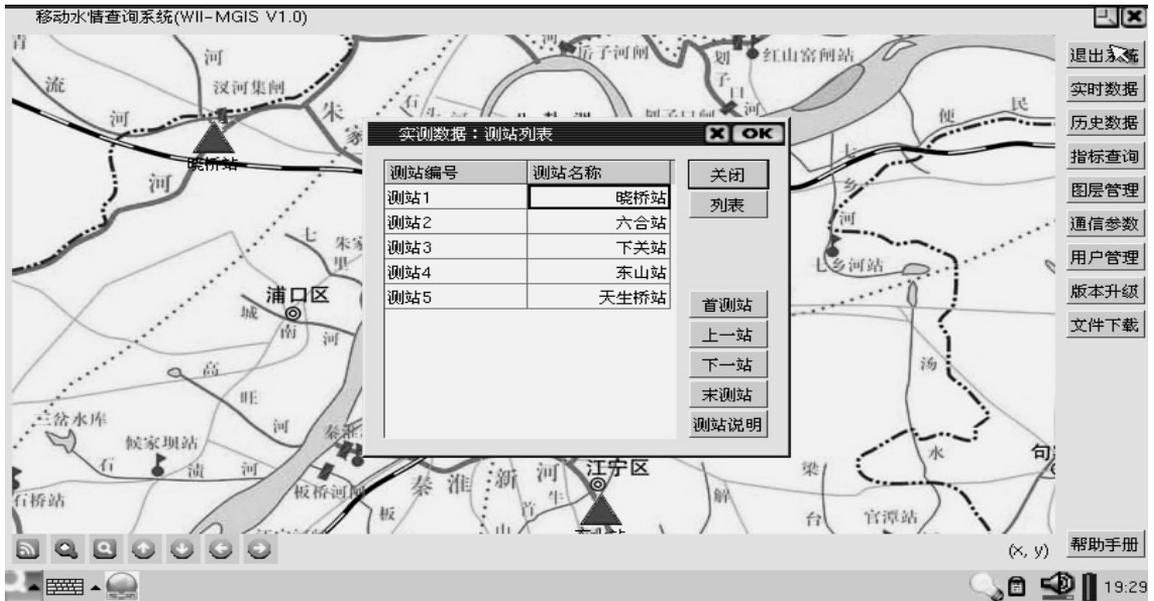


图 5 移动 GIS 查询软件 WII-MGIS 运行界面

参考文献:

[1] 叶 华,王 喜.基于嵌入式 Linux 的嵌入式 GIS 研究[J].测绘与空间地理信息,2006,29(3):31-33.

[2] 王 圭,童小华,陈 鹏.基于 Client/Server 模式的移动 GIS 研究与关键技术实现[J].测绘与空间地理信息,2007,30(6):51-55.

[3] 王方雄,吴 边,怡 凯.移动 GIS 的体系结构与关键技术[J].测绘与空间地理信息,2007,30(6):12-14.

[4] Blanchette J,Summerfield M. C++ GUI Qt4 编程[M]. 闫锋欣,译.第 2 版.北京:电子工业出版社,2008.

[5] 连照亮,徐世国.基于 Qt/Embedded 在嵌入式 linux 下的应用研究[J].嵌入式软件应用,2010,26(6-2):81-82.

[6] 胡军国,祁亨年,董 峰,等.基于 ARM-Linux 的嵌入式 GIS 关键技术研究[J].计算机应用与软件,2010,27(12):

92-94.

[7] 姚俊杰,沈永增,房晓菲.基于 Qt/Embedded 的嵌入式导航电子地图实现[J].计算机测量与控制,2008,16(4):570-572.

[8] 牛方曲,朱德海,程昌秀,等.基于 XML 技术的文件的数据存储[J].中国农业大学学报,2006,11(3):101-103.

[9] 胡胜利,胡 彪.基于 GPRS 无线技术的水资源计量监测系统的设计[J].水利水电技术,2010,41(4):87-90.

[10] 吴 骏,肖志涛.基于 S3C2410A 的嵌入式网络通信系统设计与实现[J].计算机应用研究,2008,25(6):1897-1900.

[11] 王远洋,周渊平,郭焕丽. Linux 下基于 socket 多线程并发通信的实现[J].微计算机信息,2009,25(5-3):70-72.

[12] 刘步林,蔡启仲.可移动的雨量监测预警一体机的设计与实现[J].计算机技术与发展,2011,21(4):194-197.

(上接第 163 页)

参考文献:

[1] SAE-AS5643/1;S400 Copper Media Interface Characteristics Over Extended Distances[S].2007.

[2] 1394b: IEEE Standard for a High Performance Serial Bus-Amendment 2[S]. [s. l.]:The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. ,2002.

[3] SAE-AS5706;Test Plan/Procedure for AS5643/1 S400 Copper Media Interface Characteristics Over Extended Distances [S].2007.

[4] IEEE Standard for a High-Performance Serial Bus[S]. [s. l.]:IEEE Computer Society,2008.

[5] 李玉山.高速系统设计[M].潘 健,译.北京:电子工业出版社,2009.

[6] 聂 浩,许敬旺,康晓军,等.IEEE 1394 总线接口设计[J].

航天返回与遥感,2011,32(4):59-67.

[7] 寻建晖,李玉山,昶旭曦.基于 FPGA 的 IEEE 1394b 高速数据传输系统[J].电子科技,2011,24(1):96-98.

[8] 曹 松,李慧军,惠 平.1394 接口在嵌入式系统上的设计和实现[J].数据采集与处理,2004,19(3):329-333.

[9] 陈志文.IEEE 1394 接口及其应用[J].世界电子元器件,2011(12):11-12.

[10] 马金发.IEEE1394 的体系结构[J].现代计算机,2002(1):9-12.

[11] 陈 伟,田 泽.基于 1394 总线线缆插入损耗的测试与研究[J].软件导刊,2012,11(12):40-41.

[12] 万月亮,段大高,史洁琴,等.航天电子系统 IEEE1394 总线可靠性模型研究 [J].计算机工程与设计,2012,33(8):2943-2946.

# 高可靠性1394总线传输线缆阻抗特性测试研究

作者: [杨峰](#), [田泽](#), [王绮卉](#), [赵彬](#), [YANG Feng](#), [TIAN Ze](#), [WANG Qi-hui](#), [ZHAO Bin](#)  
作者单位: [中国航空计算技术研究所, 陕西 西安, 710068](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)

---

ISTIC

英文刊名: [Computer Technology and Development](#)

---

年, 卷(期): 2013(8)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201308041.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201308041.aspx)