

# 机载高速总线视频分配器设计

宫海波 蒋红娜 徐 茜

(中国飞行试验研究院 西安 710089)

**摘要:** 为了实现机载网络环境下基于高速航电总线的多路 DVI 视频信号的测试抽引难题,提出了机载多路 DVI 视频信号分配器的设计方案。针对高速航电总线多路 DVI 视频信号速率高、实时性强、路数多的特点,完成了高速航电总线视频信号转换模块、高速信号分路模块等电路设计,实现了千兆网络视频信号的采集处理及分路转发功能。实验结果表明,该机载高速总线视频分配器在不影响原机视频链路的情况下,解决了高速航电总线多路 DVI 视频信号的分路抽引需求。

**关键词:** 飞行试验;分配器;视频;DVI

**中图分类号:** TB22    **文献标识码:** B    **国家标准学科分类代码:** 510.5025

## Design of airborne high speed bus video distributor

Gong Haibo Jiang Hongna Xu Qian

(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

**Abstract:** In order to realize the test of multi channel DVI video signal based on high speed avionics bus, the design scheme of airborne multi-channel DVI video signal distributor is proposed. According to the characteristics of electric bus multi-channel DVI video signal rate high speed, real-time and multiway, complete video signal conversion module, signal shunt module circuit design, realize data acquisition processing and shunt gigabit network video signal transmitting function. The experimental results show that the airborne high speed bus Video Splitter without affecting the original video link condition, solve the high-speed shunt avionics bus multi-channel DVI video signal drawing requirements.

**Keywords:** flight test; distributor; video; DVI

## 1 引言

随着科学技术的飞速发展,视频图像及传输技术也取得了跨越式发展,视频格式已从最初的模拟视频发展到目前的数字视频,数字视频以其高分辨率、高刷新率以及高稳定性等特点,在各行各业都得到了广泛的应用<sup>[1-3]</sup>。随着网络技术的发展,尤其是网络化技术在视频领域的应用,视频图像质量不断提高,视频图像的数据量随之不断增大,因此,网络的数据传输速率要求不断提高,目前 100 Mbps 的网络数据传输速率已不能满足时代发展的要求<sup>[4-6]</sup>。国际网络化组织早在 1998 年和 1999 年分别出台了基于光纤和 5 类非屏蔽双绞线的千兆以太网传输标准<sup>[7-10]</sup>,目前千兆网络已逐步应用于机载航电系统的视频相关领域<sup>[11-13]</sup>。

飞行试验过程中要完成基于千兆网络的视频信号的测试,首先是不能影响原机系统及链路的正常工作,同时还要

把原机视频信号抽引到测试系统,本文在千兆网络视频传输系统研究的基础上,完成了机载高速总线视频分配器设计,解决了机载千兆网络视频信号测试的问题,完成了多路高速总线视频的信号采集。

## 2 系统功能概述

在机载千兆网络环境下,机载高速总线视频分配器主要用于接收机载航电设备的 5 路 DVI 视频信号,并将每路 DVI 视频信号分为 2 路,其中 1 路还原给原机航电设备使用,1 路供机载测试设备测试采集使用。分配器输入端的 5 路 DVI 视频分辨率为 1 280 × 102 460 Hz,向下兼容 1 024 × 76 860 Hz,分配器输出端对 5 路 DVI 视频信号每路进行一分二,分辨率与输入信号一致,1 组信号直接输出到原机机载航电设备使用,1 组信号输出到机载测试设备进行测试采集记录。

### 3 分配器总体方案设计

机载高速总线视频分配器硬件电路主要包括电源转换模块、视频信号转换模块、高速信号分路模块等。方案设计

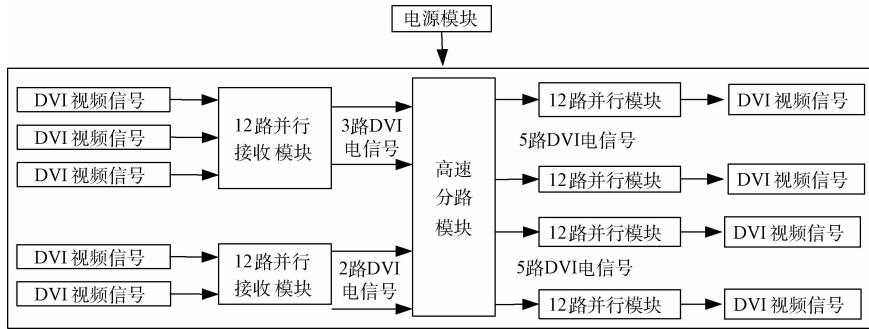


图1 机载高速总线视频分配器功能框图

机载高速总线视频分配器的方案设计,充分考虑了设备的性能对原机机载设备及抽引信号准确性的重要性,重点考虑了分配器的工艺设计、可靠性设计、电磁兼容设计,首先是信号分路过程中不对信号进行任何附加处理,输出的视频信号与原机输入的信号保持一致。其次是电磁兼容特性方面,电源端采用直流滤波器+专用电源转换模块,隔离外部电源干扰;信号传输线上增加磁环,抑制传输线引入干扰;集成电路电源引脚旁接去耦电容,去耦电容尽量靠近芯片放置<sup>[14]</sup>。在正常使用条件下,系统与原机系统、载机系统及测试系统相互兼容工作,设备可以在任何位置方向工作而不影响其性能,电源连接器以及信号连接器与机箱的安装扣合面均安装有导电胶垫,导电胶垫与机箱壳体实现电连续性,且各连接器均具有电磁屏蔽性能,以防止电磁泄漏<sup>[15]</sup>。箱体上盖板通过螺钉与箱体固定在一起,上盖板上装有导电橡胶条,使其成为一个整体密闭机箱,最大限度满足其电磁兼容性能要求。

## 4 电路设计

### 4.1 电源转换模块电路设计

机载高速总线视频分配器采用28 V电源供电,为保证分配器供电的可靠性和系统的电磁兼容性能,分配器内部供电部分采用直流滤波器加DC-DC电源模块的方式,外部电源进入分配器内部后先经过直流滤波器后再进行DC-DC变换,得到分配器内部元器件所需的5 V电源。

电源模块输入电压范围:18~36 V DC,具有短路保护功能,在DC-DC电源模块输入端串联一个肖特基二极管,可以有效防止电源反接,同时在电源模块输入端并联一个瞬态抑制二极管,可有效抑制输入电源浪涌以及瞬时电压过大。其中VIN, -VIN为输入的正负极,输出的电源地和输入隔离,保证了系统信号的稳定性,电源接口采用TVS管防止电压冲击,电源采用专用的电源模块,外部的信号地与系统内部的地是分开的,所以系统内的电源与外

采用透明传输技术,在信号分路过程中不对信号进行任何附加处理,输出的视频信号与原机输入的信号保持一致。机载高速总线视频分配器功能框图如图1所示。

部电源相互隔离。采用PTH05000WAD电平转换芯片、SPX1117电平转换芯片实现DC 5~3.3 V的转换。

### 4.2 视频信号转换模块设计

由机载高速总线视频分配器的功能可知,视频信号转换模块包括信号接收模块和信号发射模块,其中信号发射模块将接收到的DVI电信号转换为DVI总线信号;信号接收模块将DVI总线信号转换成DVI电信号。考虑到分配器设备的小型化设计,本方案中的视频信号转换模块均选用12路并行处理模块,可同时接收/发射12路视频信号(即3路DVI视频信号),发射模块与接收模块的数据传输速率可达3.125 Gbps。原理图及封装形式如图2所示。

视频信号转换模块主要由电源模块、电信号接口模块、介质转换芯片、收发一体模块等部分组成。视频信号转换模块工作原理是:视频信号数据经过电信号接口模块后传输到介质转换芯片,介质转换电路接收数据后首先进行数据解析,然后对数据格式进行重新定义,之后数据传输到收发一体模块,完成视频数据电信号到总线信号的转换。视频总线数据传输到收发电路中,经过一个上述类似的逆变过程,完成视频数据总线信号到电信号的转换,由电信号接口模块将数据传递到传输链路中,最终实现收发两端数据的处理及传输。

### 4.3 高速信号分路模块设计

本设计方案涉及的DVI视频信号的最高分辨率为1280×1024@60 Hz,该分辨率的像素时钟为108 MHz, DVI视频信号的速率为1 Gbps,视频信号数据速率较高无法直接分路,本方案设计采用专用的DVI视频信号一分二芯片EP9132,最高支持1080P的分辨率。5路DVI总线信号通过接收模块转换成5路DVI电信号,然后通过5片EP9132转换成10路DVI电信号,再通过发射模块转换成两组相同的5路DVI总线信号。EP9132芯片外围电路简单,通过外部电阻实现硬件配置,高速信号分路模块原理图如图3所示。

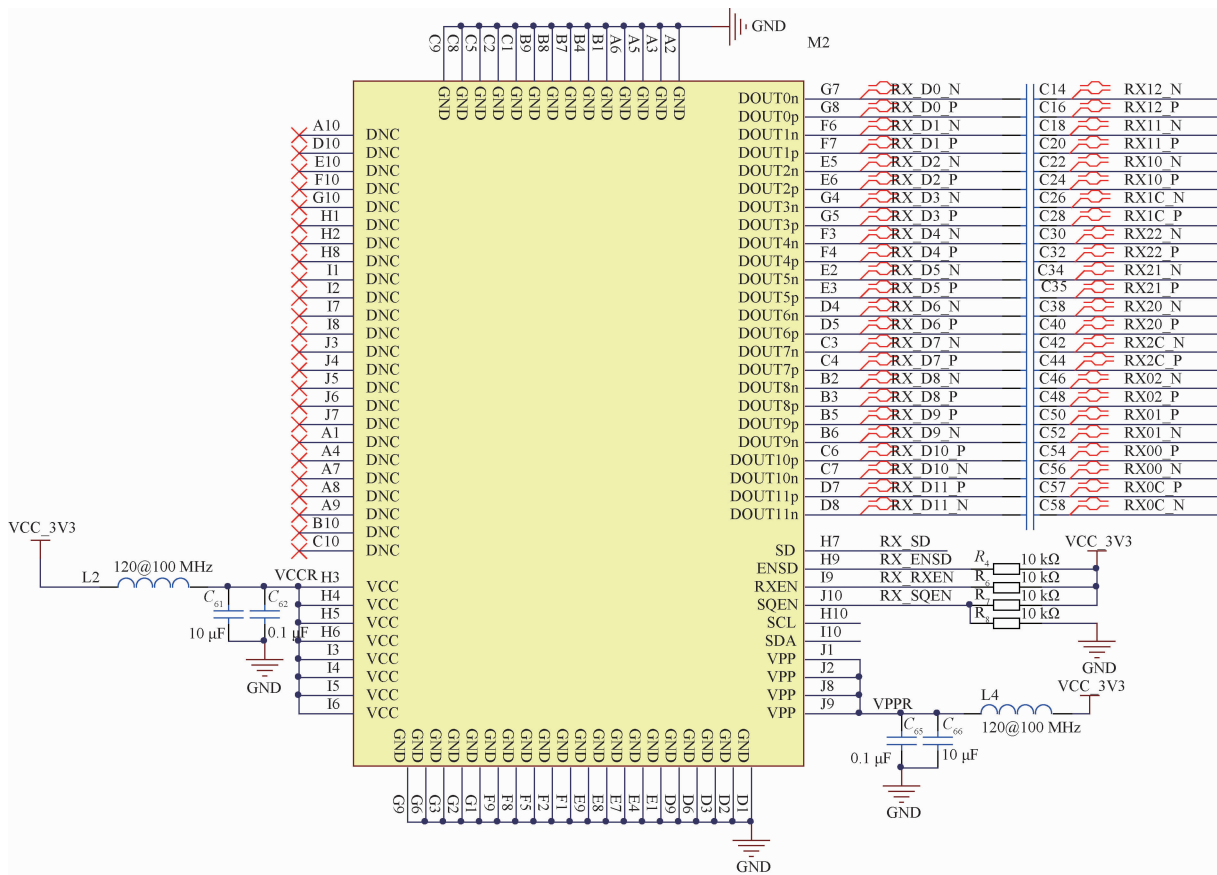


图2 视频信号转换模块原理

本设计中高速信号分路模块处理的是5路DVI总线视频信号，因此选用专用DVI视频信号一分二芯片EP9132，最大限度节省资源的情况下，保障了视频信号的分路功能。EP9132芯片可实现一路视频输入，两路视频独立输出的功能，针对输出的两路视频信号具有放大功能，使之可在无扭曲或无清晰度损失情况下进行视频分路输出，从而实现了5路DVI电信号通过5片EP9132转换成10路DVI电信号的功能，保证了抽引视频信号不影响原机链路中航电设备正常工作的同时准确抽引所需视频信号的目的。

#### 4.4 高速信号转换器设计

机载高速总线视频分配器采用透明传输技术，在信号电源模块主要是将外部输入电源经过转换后，为转换器内部元器件提供所需的电源，转换模块主要是将接收到机载千兆网络的DVI信号转换为DVI电信号，经过转换后的DVI电信号，先经过均衡电路后再进行交叉选择，以提高DVI信号质量，通过外部转轮开关来触发外部单片机工作，控制全交叉芯片内部寄存器值按转轮开关位置进行刷新，实现全交叉芯片内部切换链路的动作，进而实现对5路DVI信号的监控，为防止测试接口上的视频信号误切

分路过程中不对信号进行任何附加处理，输出的视频信号与原机输入的信号保持一致，从而可保证分路输出到原机端口的视频信号能够不影响机载设备的正常工作，为了能够对分路输出的视频信号正常采集记录，必须完成视频格式的转换进而适应测试采集设备，最终完成抽引视频信号的采集记录。高速信号转换器主要完成接收分路器的多路DVI视频信号，并将接收到的DVI视频信号转换为DVI视频电信号进行输出。高速信号转换器硬件电路主要包括电源转换模块、信号转换模块、DVI信号均衡模块、高速信号全交叉模块、DVI信号预加重模块、DVI接口静电防护模块、开关信号消抖模块等，转换器的内部功能框图如图4所示。换，外部开关信号输入以后首先进行消抖处理。

#### 5 试验结果与分析

机载高速总线视频分配器在飞行试验过程中得到了实际应用，该分配器在测试系统实验室通电检查以及测试系统飞机装机通电测试都得到了实际使用。为测试机载高速总线视频分配器设计的正确性以及工作性能有效性，采用图5所示的方案进行测试。测试过程中观察有DVI

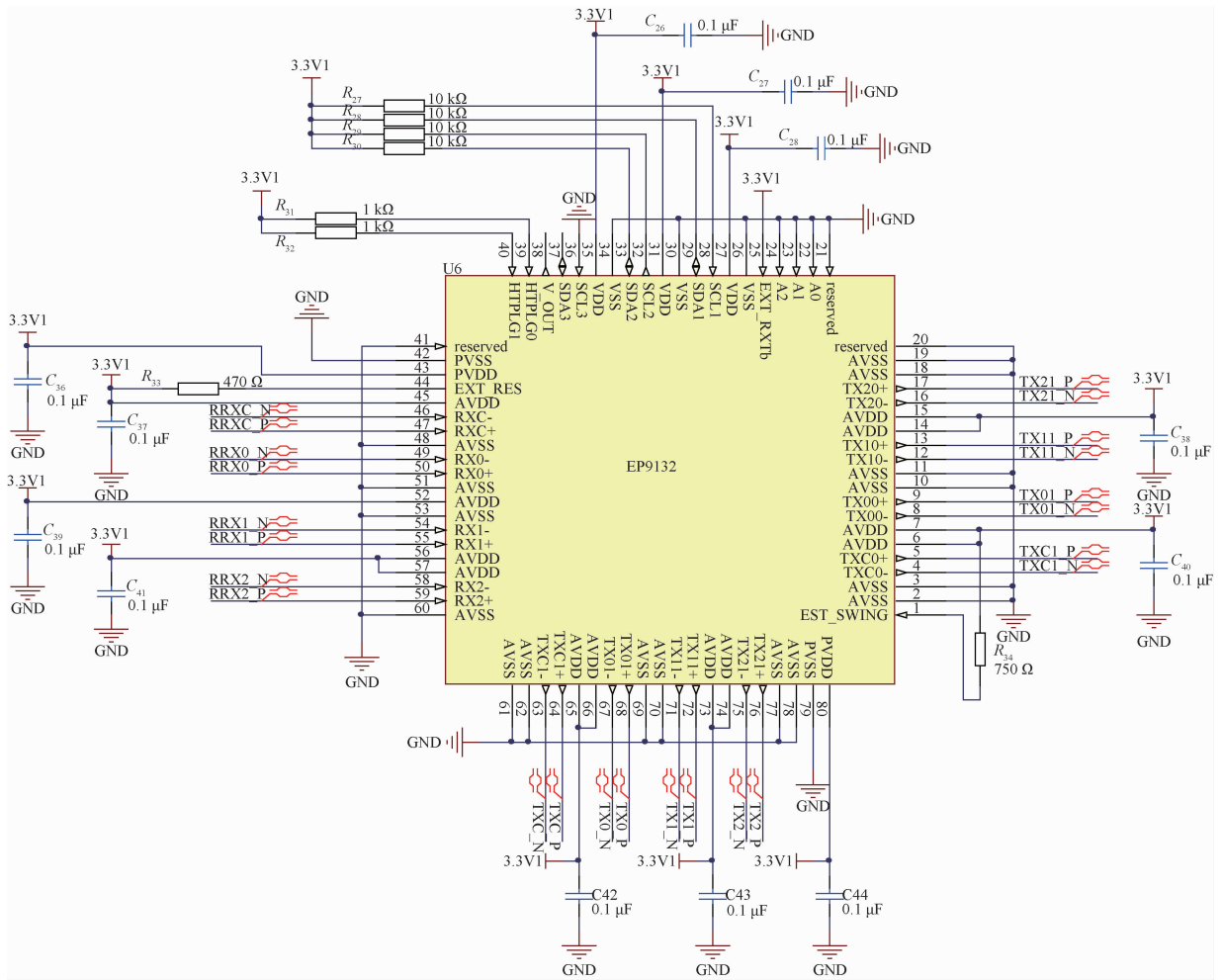


图 3 高速信号分路模块原理

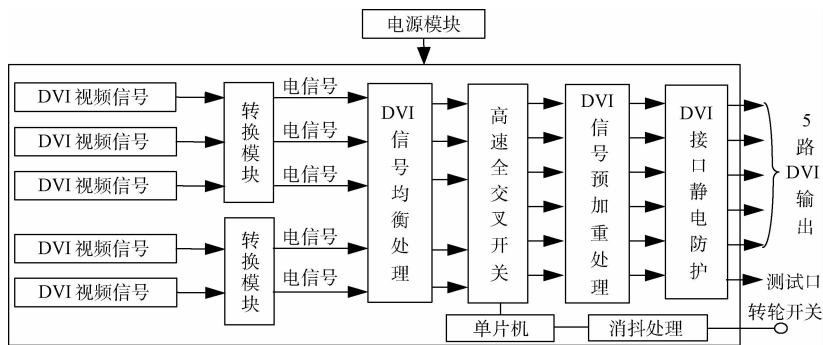


图 4 转换器功能框图

信号输入时,显示设备的图像的分辨率以及显示情况。通过外部切换按键,测试检测端口上视频画面输出是否正常。

试验结果以输入接口 1 的第 1 通道为例,当该通道输入 DVI 总线信号后,在输出接口 1 的第 1 通道上和输出接口 3 的第 1 通道上均可测试到视频信号输出。该验证方案

在千兆网络环境下进行,输入端是 5 路 DVI 视频信号,其中每路视频信号分辨率分别为  $1\ 280 \times 1024 \times 60\ \text{Hz}$  和  $1\ 024 \times 768 \times 60\ \text{Hz}$ ,视频图像结果显示,分配器输出端对 5 路 DVI 视频信号每路进行一分二,分辨率与输入信号一致。

该车载高速总线视频分配器及配套测试系统已在飞机测试设备试验过程中得到实际应用,针对原机机载航电

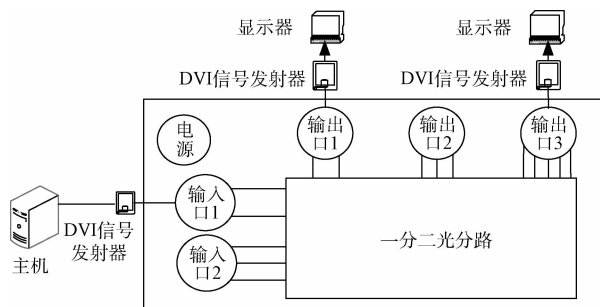


图5 联试方案连接

设备输入的5路分辨率为 $1\ 280 \times 102\ 460$  Hz的DVI视频信号,该套分路器可以有效完成每路DVI视频信号的分路,分路输出后的10路DVI视频信号分辨率与输入信号保持一致,图像质量没有变化,分路后输出到原机的信号可正常保证原机视频系统工作,分路后输出到机载测试设备的信号经采集记录,与飞机端信号事后比对,视频图像信号完全一致,实现了千兆网络视频信号的采集处理及分路转发功能。

方案中DVI信号的最高分辨率为 $1\ 280 \times 102\ 460$  Hz,该分辨率的像素时钟为108 MHz,DVI总线信号的速率为1 Gbps,信号速率较高无法直接对视频信号进行分路,方案设计之初考虑到采集视频信号速率高且视频信号路数多,视频信号处理过程中需要完成视频信号分路及视频信号转发等功能,为了减少系统处理过程中的延迟等因素,满足视频信号的高速处理需求,视频信号分路及转发的功能实现采用纯硬件的实现思路,采用MindSeepd公司高速差分全交叉芯片,该芯片可以实现 $48 \times 48$ 对差分信号的全交叉选择,速率范围10 Mbps~11.88 Gbps。通过对芯片内部寄存器的配置,不仅可以实现1对多分路、多对1选择,可以实现输出接口映射到任意输入接口。芯片内部将每4对高速差分信号划分为1个Group,即一路完整的DVI,从而可以有效保证DVI信号的4组高速差分信号之间相位的一致性。

## 6 结 论

本文提出了一种机载多路DVI视频信号分配器的设计方案,针对机载高速航电总线视频数据速率高、实时性强的特点,在不改变源端视频信号特性且不影响原机航电链路工作的情况下,完成了多路DVI视频总线信号的多路分配,该套机载高速总线DVI视频分配器已成功应用于飞行试验过程中,解决了多路高速总线视频信号的分路转发难题。

## 参考文献

- [1] 奚晓晔,严利民,杜斌. 帧间差值分布和渐变模型的视频镜头分割方法[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(11):1765-1773.
- [2] 彭太乐,张文俊,汪友宝,等. 基于多特征的视频镜头检测方法[J]. 仪器仪表学报,2015,36(9):2013-2020.
- [3] 王赞超. 某型飞机高清DVI视频采集传输技术[J]. 科技创新导报,2016(14):9-11.
- [4] 唐清善,李亚捷,郭丽莉. 基于FPGA的DVI/VGA光纤传输系统设计[J]. 测控技术,2014,33(7):39-43.
- [5] 邸兴,张杰. 基于FPGA的DVI视频信号发生器设计[J]. 现代电子技术,2015,38(2):69-72.
- [6] 任勇峰,王大伟,石永亮,等. 基于FPGA的视频转换系统设计[J]. 电子器件,2016,39(3):655-661.
- [7] 赵长水. 一种新的光分路器规格体系的构思与设计[J]. 光通信研究,2012,172(4):45-48.
- [8] 严胜刚,王培培. 基于FPGA的数字视频接口转换器设计[J]. 计算机测量与控制,2013,21(2):464-466.
- [9] 赵长水. 光二分路器规格的划定与设计研究[J]. 半导体光电,2013,34(1):42-46.
- [10] 李光春,苏沛东,杜世通,等. 基于FPGA的视频采集及实时显示系统设计[J]. 计算机测量与控制,2015,23(11):3810-3813.
- [11] 郑华强,刘晓明,蔡飞,等. 基于FPGA的视频采集及转换系统设计[J]. 计算机与数字工程,2010(6):77-81.
- [12] 谢晓华,梁华庆. VGA转DVI信号转换器的设计[J]. 国外电子测量技术,2010,29(6):72-75.
- [13] 刘震. 光通信用有增益光分路器的研究[D]. 成都:电子科技大学,2003.
- [14] 韩淑霞,张励忠,荆涛,等. 视频分配器中提高信号完整性的方法[J]. 电子设计应用,2006(6):81-83.
- [15] 王日升,郝发怀,敬世国. VGA视频信号分配器的设计与实现[J]. 电子科技,1996,35(1):54-57.

## 作者简介

宫海波,1982年出生,工程师,硕士,研究方向为机载测试技术研究。

E-mail:gonghaibo82312@163.com