

ARINC818 视频总线信号测试方法研究

杨宏伟, 韩福财, 艾华龙

(航空工业沈阳飞机工业(集团)有限公司, 沈阳 110034)

摘要: ARINC818 是新型航电系统通信技术, 具有高带宽、低延时的特性, 在航空器上应用越来越广泛; 在某型号飞机上, 提出多幅显示器 ARINC818 视频信号采集和遥测监控的要求; 视频采集要求信号与采集设备接口匹配, 遥测传输要求在较低的码率下进行, 也就是要对高码率、非压缩原始视频信号大比率压缩, 并且要保证传输画面质量、传输时延及遥测系统作用距离等技术指标; 通过对视频信号和测试接口进行研究分析, 采用视频转换、H264 视频压缩等关键技术, 在飞机上实现多幅显示器画面采集及遥测传输, 经试飞验证表明, 测试方法正确, 工程应用稳定性好、可靠性高, 传输画面质量清晰流畅, 链路时延和遥测系统作用距离能够满足实时监控要求。

关键词: ARINC818; DVI; 帧率; 分辨率; 分光器; H264; 带宽; 遥测系统

Research on Signal Testing Method of ARINC818 Video Bus

YANG Hongwei, HAN Fucui, AI Hualong

(AVIC Shenyang Aircraft Corporation, Shenyang 110034, China)

Abstract: Based on the protocol of ARINC 818, a new communication technology of avionics system has the characteristics of high bandwidth and low delay, and is widely used in aircraft. On a certain type of aircraft, the requirements of the ARINC818 video signal acquisition and telemetry monitoring with multiple displays are put forward. Video acquisition requires the interface to match with the acquisition equipment, and telemetry transmission requires under the condition of low bit rate, that is, the original video signal with high bit rate and no compression should be compressed at large ratio, and the technical indicators such as transmission picture quality, transmission delay and telemetry system operating distance should be ensured. Through the research and analysis of video signal and test interface, the key technologies of video conversion, H264 video compression and pulse code modulation are adopted to realize the acquisition and telemetry transmission of multiple display images on the aircraft. The flight test shows that the test method is correct, the engineering application is stable and reliable, the transmission image quality is clear and smooth, and the link delay and operating distance of telemetry system can meet the requirements of the real-time monitoring.

Keywords: ARINC818; digital video interface; frame rate; resolution; optical splitter; H264; bandwidth; telemetry system

0 引言

ARINC818 基于 FC-AV 协议, 映射于光纤通道, 具有高带宽、低延迟、非压缩特点, 是面向航电系统图像传输制定的专用协议, 用于解决综合航电显示模式发生变化后的多功能显示器、平显等图像远距离传输和显示问题, 相比于模拟视频信号, 在长距离传输、抗噪声和干扰方面有着先天的劣势。ARINC818 采用 8 B/10 B 编码传输, 支持多种物理介质如多模光纤、单模光纤、铜缆等, 其传输速率支持各种 FC 标准速率, 也支持如 1.5 Gbps、3.187 5 Gbps 等非标准速率^[1]。ARINC818 仅支持点对点传输的拓扑结构, 一根光纤实现发送端到接收端视频数据单向传输。ARINC818 发送与接收基于 ICD 接口控制文件, 进行各种通信要素的确定和统一, 包括视频格式、像素信息、输出扫描方式、链路速率、帧速率、同步特性等^[1-3]。ARINC818 协议中规定 ADVB 容器与视频帧是一一映射关系, 即一个 ADVB 容器封装一个视频帧。单个 ADVB 帧包

含帧头、数据载荷以及校验 CRC, 数据载荷为单个 FC 帧的最大 Payload 长度, 即 2 112 字节。相比于 FC-AV, ARINC818 是行缓冲按行显示的传输模式, 对于每行超过 2 112 字节的图像数据要在发送端分帧处理进行封装, 接收端根据 ADVB 帧头标识再按行重组^[4-6]。以 1 280×1 024@60 Hz、24 bit 的显示器图像为例, 每行数据大小为 (1 280×24)/3=3 840 字节, 大于 2 112 字节, 因此需要将一行图像数据分成 2 个 ADVB 帧传输, 每个 ADVB 帧为 1 920 Bytes, 一幅完整图像包含 2 048 个 ADVB 数据帧^[7-8]。ARINC818 协议不执行流量控制, 发送端执行“实时提交”原则, 一旦有视频数据就封装实时提交至 FC 链路, 不用先确认链路及接收端状态, 接收端实时接收 ADVB 数据帧依据 ICD 文件完成整行图像数据重组^[9-10]。

某型飞机航电系统采用光纤与 GJB289A 总线混合结构, 多幅显示器画面通过 ARINC818 视频总线传送给数据记录设备, 传输介质为 850 nm 多模光纤, 传输速率统一为

收稿日期: 2022-02-10; 修回日期: 2022-04-19。

作者简介: 杨宏伟 (1978-), 男, 吉林舒兰人, 大学本科, 高级工程师, 主要从事飞行试验测试技术方向的研究。

引用格式: 杨宏伟, 韩福财, 艾华龙. ARINC818 视频总线信号测试方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(10): 22-26.

4.25 Gbps, 主显和平显的视频分辨率、帧频分别为 $2\,560 \times 1\,024@30\text{fps}$ 、 $1\,280 \times 1\,024@60\text{fps}$ 。要求对航电系统主显、平显画面信号视频采集并遥测, 用于飞机信息实时动态监控, 飞机提供给测试系统的显示器画面测试点为 ARINC818 协议光接口^[11-12]。

1 ARINC818 视频采集传输系统结构及原理

ARINC818 是新型的机载通信协议在飞机上使用。经过行业内调研和技术分析, 整理出实现 ARINC818 测试需解决的几个问题:

1) 机载采集器与测试接口的匹配问题。目前国内的机载采集器均不支持 ARINC818 光信号直接采集, 只支持 DVI 电信号采集。ARINC818 光信号和 DVI 电信号都是非压缩的数字视频信号, 两者视频格式转化可以降低视频分辨率、帧率, 即无损原样转化, 因此, ARINC818 测试需要格式转换设备将 ARINC818 光信号转换为 DVI 电信号, 以满足机载采集器接口要求。另外, 飞机成品并未提供专用测试接口, 视频信号抽取需要由测试方在飞机光链路上加装分光器分路给出, 分光器的另外一路光信号输出要返回原机^[13-15]。

2) 遥测设备容量对视频传输带宽的限制。采集、存储、传输高清视频信号对设备都有相当高的要求, 尤其是在遥测上非压缩传输视频信号目前是不实现的。以单路显示器信号为例, 分辨率为 $1\,280 \times 1\,024@60\text{fps}$ 、RGB 分量为 $8:8:8$ 采样格式, 如采用非压缩方式传输, 每秒数据量为 $1\,280 \times 1\,024 \times 24 \times 60 \approx 1\,887\text{Mbps}$, 二现有遥测设备信道带宽为 20Mbps , 两者是数量级上的差别, 因此, 高清视频要通过高效压缩才可能实现遥测传输^[16]。

3) 试飞监控对画面质量、传输时延及遥测距离的指标要求。遥测传输要保证信号精度, 视频信号精度主要体现在画面质量、视频延迟显示时间这两个指标, 并且保证技术指标的前提下, 遥测系统应具备尽可能远的传输距离。飞行试验视频画面监控有具体要求: 画面更新帧率一般应不低于 10帧/秒 , 画面显示清晰流畅、字符可辨、少抖动、画面无缺失, 视频画面传输时延应小于 800ms , 遥测监控距离应能满足任务要求。好的画面质量需要在编码环节提供高的显示分辨率(一般应与机上原分辨率一致)和显示帧率, 并选用可靠信道传输出现较少视频丢帧情况, 显示画面流畅、少卡顿、少马赛克。传输时延是指包含视频采集、编码、遥测输出到接收、解调、解码显示整个链路的时间差值, 是视频采集遥测系统的实时性指标。遥测系统作用距离主要受遥测设备能力和射频信号通视传输两方面限制, 试飞任务要求监控距离不低于 300公里 ^[17-18]。

通过技术分析结合现有设备基础, 构建 ARINC818 视频采集传输系统, 系统由视频转换、视频采集压缩和遥测传输三部分组成, 其中遥测发射组件为固有设备, 视频转换器和视频采集器为新研设备, 具体见图 1^[19-20]。

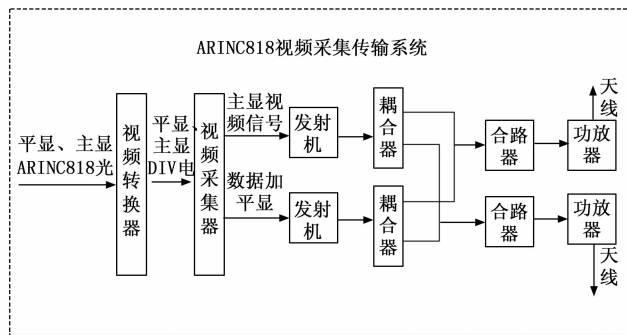


图 1 ARINC818 视频采集传输系统

视频转换器主要功能是视频格式转化, 即平显和主显的 ARINC818 协议光信号转换为到 DVI 电信号, 可解决视频信号与测试设备的接口匹配问题, 并且视频抽引所需的光分路器也集成转换器内。视频采集器将 DVI 视频信号高效压缩, 码率从 Gbps 级降低至 Mbps 级, 编码为 PCM 输出至遥测发射机。遥测传输设备由发射机、耦合器、合路器、功率放大器以及遥测天线组成, 完成视频 PCM 信号的调制、功分、合路、放大及天线发射。

遥测传输共用 2 个链路, 1 路是单独的主显视频信号(主显拆分为主显左和主显右), 另 1 路是平显视频和数据混流。每个遥测链路都通过上下两个天线以空间分集、极化发送, 地面站系统左右圆极化、分集成接收, 经 PCM 解调, 位同步、帧同步逆转换为 PCM 帧, 最终由视频解码软件分别还原出主显和平显画面。

2 视频转换

视频转换器具有光电转换、ARINC818 协议解析和 DVI 生成的功能, 并且在转换器内部集成有源分光器可以实现光纤信号无损分配。

2.1 视频处理

视频处理模块是视频转换器的主处理模块, 以 FPGA 为核心, 通过内部逻辑及外围电路完成光电转换、ARINC818 协议解码、DVI 视频编码功能, 具体实现过程: 视频处理模块上电后, 电源电路完成 $+28\text{VDC}$ 到板内各器件所需的二次电源转换, 时钟复位电路产生 FPGA 所需的各种时钟、复位信号, 光电转换器件完成 ARINC818 光到 ARINC818 电的转化, 并输出至 FPGA 进行处理, FPGA 从配置 FLASH 中获取配置文件完成 ARINC818 视频信号的解析处理, 并生成 RGB 信号交由编码电路进行 DVI 编码输出。视频转换处理的过程就是 ARINC818-ARINC818 电-DVI 电。由于 FPGA 处理时需要缓存 2 帧的数据, 故从视频输入到视频输出大约有 50ms 的延迟。

输入的 $1\,280 \times 1\,024@60\text{fp}$ 标准视频平显信号, 视频转换器自动识别、视频处理后直接按原帧率、分辨率 DVI 输出。输入的主显 $2\,560 \times 1\,024@30\text{fps}$ 的非标准视频信号, 转换器将其拆分为主显左和主显右两路 DVI 输出, 帧率、

分辨率均为 $1\ 280 \times 1\ 024 @ 30\text{fps}$ ，主显视频需要两路 DVI 视频采集卡采集编码，独立占用一路 PCM 信道遥测传输，最后在视频监控终端主显左和主显右合并显示。

2.2 光纤分路

由于飞机并未提供专用测试接口，无法进行 ARINC818 视频信号直接抽引。只能在飞机点对点传输的光纤线路中通过加装光分路器一分为二，一路给到测试设备，另外一路光纤信号返回原机，链路要求光分路后光功率应满足 $-5 \sim 1\ \text{dBm}$ 。

在视频转换器内部集成有源分光器，实现光功率的再生和加强，使输出光功率和输入光功率 $1:1$ 配比，采用透明传输技术不对信号进行附加处理，使输出光信号与原信号保持一致。有源分光器将接收的高速光信号 ($4.25\ \text{bps}$ 、多模 $850\ \text{nm}$) 光电转化为高速差分电信号，然后对每路高速差分电信号一进二出分路输出，分路后输出的电信号再经过电光转换为光信号，1 路光信号传输给视频处理模块，另 1 路光信号返回原飞机链路。

视频转换器配备 4 路 DVI 接口输出，1、2、3、4 依次对应飞机左主显、右主显、平显和参显，参显信号只完成格式转化未进行 DVI 采集。DVI 输出分辨率、帧率与源端保持一致，以 TMDS (transition-minimized differential signaling, 转换最小差分信号) 输出，每组 TMDS 有 4 对差分信号，包含 3 对数据信号和 1 对时钟信号。

3 视频采集

视频转换器实现的是 ARINC818 光到 DVI 电的无损转化，输出的 DVI 视频信号是非压缩的数据量十分巨大，利用现有遥测技术无法实现实时通信，因此，视频信号在传输前必须进行大比率压缩，将视频容量从 Gbps 级降至 Mbps 级输出给遥测传输设备。

3.1 视频压缩

视频压缩采用 H264 算法完成 DVI 信号的采集、压缩、编码。H264 是 MPEG-4 标准所定义的编码格式，近年来在数字视频通信、存储领域应用十分广泛。H264 压缩是有损失的，但技术能尽可能降低存储体积获得较好的图像质量，同 H263 或 MPEG-4 等标准相比，H264 具有更高的编码效率，能够节省约百分之五十码率提供同等质量的视频图像效果，并能够提供解决网络传输包丢失问题的工具，具备更好的信道适应性，因而非常适应飞行试验 PCM 遥测这种信道环境恶劣、窄带传输的应用场景。

采集设备先按照预定码率如 $2\ \text{Mbps}$ 对原始视频高比率压缩，压缩后视频信息封装成 TS 数据包，以参数字形式按顺序放置在 PCM 格栅中。H264 编码分为帧内预测编码和帧间预测编码两种，I 帧只关注一张独立的图的冗余不考虑与前后图的联系，P 帧和 B 帧则只关注前后图的冗余，保留差别并依赖与参考帧。图像序列 GOP 就是一段内容差异不太大的图像编码后生成的一串数据流，由 I 帧、P 帧、B 帧组成。MPEG2 TS 包，将压缩视频信息分割成固定的

$188\ \text{bytes}$ 长度，每个 TS 包分为包头、自适应区和有效载荷 3 个部分， $0x47$ 为包头同步字节^[2]，有效载荷就是 I 帧、P 帧、B 帧数据。在 PCM 格栅中，TS 包的字节与 PCM 字相对应，连续 188 个视频参数字组成一个 TS 包。以 256 字的 PCM 子帧为例，TS 包与 PCM 格栅对应关系如图 2 所示。

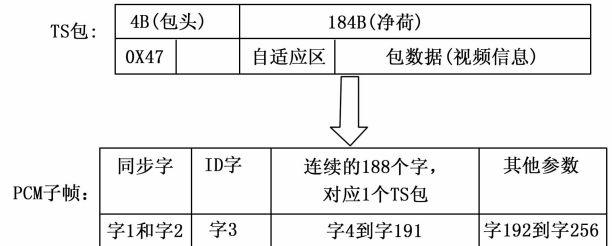


图 2 TS 包与 PCM 格栅对应关系

3.2 采集器设置

视频采集器可通过程控软件，对视频格式、显示分辨率、显示帧率、GOP 组长度、视频压缩复杂性等进行设置。依据现有遥测系统能力，设备厂家给出无视频失真、不降低分辨率，帧率与位速率的匹配值。

表 1 位速率与帧率的匹配关系

分辨率	编码帧率	建议位速率: 无视频失真/ Mbps	位速率: 视频有失真/ Mbps
352×288	30	1	0.3
720×486	30	4	1
640×480	30	3.5	1
$1\ 280 \times 1\ 024$	10	5	1.3
854×480	30	5	1.3
$1\ 280 \times 720$	20	7	1
$1\ 920 \times 1\ 080$	5	4	1

从表 1 可以看到位速率越高，无视频失真的情况越好，支持的帧率越高，但位速率也不能过高，原因是传输位速率要受到采集设备、传输设备硬件限制，并且位速率与遥测系统作用距离为反向关系，位速率高遥测作用距离近，位速率低遥测距离远。在遥测系统硬件设备以及收发天线布局不更改的情况下，进行遥测系统联试，对采集板卡显示分辨率、显示帧率、GOP 组长度等逐项调节，结合微调格栅位速率，最终试验将平显画面位速率锁定为 $2.5\ \text{Mbps}$ ，主显画面位速率锁定为 $4\ \text{Mbps}$ (主显拆分为主显左和主显右两幅画面，单幅为 $2\ \text{Mbps}$)，显示分辨率统一按原始分辨率输出，平显显示帧率按三分之一 $20\ \text{帧/s}$ 输出，主显显示帧率按三分之一 $10\ \text{帧/s}$ 输出，下面对调节项目具体说明。

1) 视频显示分辨率统一原始分辨率输出设定，即平显为 $1\ 280 \times 1\ 024$ 、主显单幅画面为 $1\ 280 \times 1\ 024$ 。视频帧率按三分之一等间隔降低输出次数，平显显示帧率为 $20\ \text{帧/s}$ 输出，主显显示帧率为 $10\ \text{帧/s}$ 输出。对于视频采集来说，当视频信号瞬时输入速率较快而预定压缩算法不能满足输出要求，即所谓“压不住”情况下，采集设备只能继续降

低显示帧率和显示分辨率, 并且通常按“优先分辨率输出而主动降帧率”的策略执行。飞行试验视频更新帧率要求不低于 10 帧/s, 这是符合人类眼睛视觉暂留效应, 因为帧率高到一定数值后再增长, 眼睛并不易察觉流畅度明显提升。平显视频是座舱外实景叠加显示字符, 高速飞行时外景切换较快, 输出帧率设定的较高按 20 帧/s 显示, 而主显画面背景为黑色叠加部分字符, 飞行员手动调显时才切换速度较慢, 故将输出帧率设定的较低为 10 帧/s 显示。

2) GOP 序列长度设定为 15, 也就是编码时每个 I 帧后面跟随者 15 个 P 帧或 B 帧。一个 GOP 序列中, I 帧所占字节数大于 P 帧, 一个 P 帧所占字节数大于一个 B 帧, 所以码率不变的情况, GOP 值越大, P、B 帧数量越多, 画面细节越多, 也就容易获取较好的图像效果, 但是通过提高 GOP 值来提高图像质量是有限度的, 遇到场景切换时, H264 编码器会强制插入一个 I 帧, 此时实际的 GOP 值被缩短, 并且当遥测链路或网络传输原因 I 帧图像变差, 会影响一个序列组中所有的 P 帧、B 帧解码, 因为 P 帧或 B 帧都是 I 帧预测得到的, 解码只能等到下一个 GOP 序列到来才可能恢复, 因此 GOP 长度也不宜设置过大。GOP 序列选项长度从 1 到 60 分档调节, 试飞试验按经验值 15 设置。

3) 编码预留带宽值为 15%。视频流采用恒定码流压缩时由于画面的复杂性、运动性影响其数据量在恒定值附近 ±20% 的范围随机波动。对于 PCM 链路来说, 设定时钟频率之后采用的是恒定履带式传输方式, 对数据量波动的视频数据流进行二次编码封装的时候需要考虑削峰填谷, 使其数据稳定以适应 PCM 无线传输链路^[3]。编码预留带宽从 5%~20% 间可调节, 此部分数据在 TS 数据包中有体现, 当视频场景缓慢变化时, TS 数据包中的保留带宽数据的有效载荷部分显示为零, 而视频场景剧烈变化时, H264 视频编码速率急剧增加, 保留带宽启动吸收浪涌, TS 数据包预留部分全部填充视频数据, 输出视频峰值, 如果仍不够则将数据缓存后延迟输出。

4) 视频压缩复杂性设置为低。压缩复杂性分为高复杂性、中复杂性、低复杂性和更低复杂性四档, 默认设置为中值。高复杂性可以有更多的图片细节, 但需要更多时间的占用 CPU, 更多的编解码时间。CPU 时间是一种资源, 在压缩高分辨率视频时可能不够用, 当视频压缩分辨率大于 1 280×720 时, 应设置为低或者更低以减少编解码的运算量, 提高图像压缩的实时性, 减小视频延迟时间。平显、左右主显分辨率为 1 280×1 024, 均高于 1 280×720 视频压缩复杂性设置为低。

4 遥测传输

平显和主显画面信号用 2 个遥测链路传输, 1 路单独主显视频信号(为拆分的主显左和主显右)下传速率为 2 Mbps + 2 Mbps = 4 Mbps, 单幅画面分辨率 1 280×1 024、帧率 10 帧/s, 另 1 路以平显视频和数据混合遥测输出速率为 3 Mbps, 其中平显视频占用 2.5 Mbps, 分辨率为 1 280×

1 024、帧率为 20 帧/s。

遥测传输系统要在保证技术指标不降低的前提下, 保证遥测传输距离, 即遥测系统最大作用距离。遥测作用距离主要受飞机飞行高度与地球曲率关系和遥测系统性能两方面制约, 取两者较小者即为最大遥测距离。

4.1 飞行高度和地球曲率限制

当飞机飞行高度(机载发射天线高度)较低, 由于 S 波段电波传输属直线波, 地球曲率将限制遥测的作用距离, 因此遥测信号要求通视条件下传输。

通视距离也就是指通视条件下发射信号无障碍传播到接收站的距离。通视距离公式: $R = 4.12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$, h_1 为接收天线高度, h_2 为飞机飞行高度或机载天线高度, R 为收发天线的通视距离。接收天线架设高度 35 米, 飞行高度分别为 1 km、3 km、5 km、1 km, 带入公式计算, 直线通视距离分别为 154 km、250 km、316 km、436 km。

4.2 遥测作用距离

遥测信号自由空间传播条件下的作用距离公式为:

$$R^2 = \frac{c^2 P_t G_t G_r}{(4\pi f)^2 P_r I_r M}$$

式中, R 为收发间的距离, P_t 为机载发射功率, G_t 为发射天线增益, G_r 为接收天线增益, f 为工作频率, P_r 为接收机灵敏度, L_{Σ} 为系统总损耗包括机载馈线、接收馈线、极化损耗、大气损耗、波束指向损耗等, M 为安全余量一般取 3~6 dB。以接收机输入为计算原点^[4], 遥测信号接收天线为 1.8 m 抛物面天线、增益为 29 dB, 接收机灵敏度阈值为 -90 dBm, 主显 PCM 位速率 4 Mbps, 遥测发射频率 2 260 MHz, 发射机功率 37 dBm, 功放输出 43 dBm, 发射天线增益 -3 dB, 传输总损耗约 L_{Σ} 为 3.5 dB, 信道余量取 6 dB。

将上面各值代入作用距离公式, 经计算 R 等于 385 km, 理论上可满足遥测作用距离 300 km 的试飞监控要求。

5 系统验证

遥测系统, 无论传输的是数据还是视频, 都有两项主要功能: 一要保证传输精度要求, 二是保证遥测传输距离。对应视频画面传输, 要考虑画面质量、视频传输延迟时间等技术指标, 并且在保证技术指标不降低的前提下, 要保证遥测传输距离, 即遥测的最大作用距离。

ARINC818 视频采集传输系统建立后, 要通过大量试验进行功能验证, 验证过程分地面航电环境交联试验和机上验证两部分。

5.1 航电环境交联试验

在主机所航电试验室, 进行视频采集设备与航电系统环境测试接口交联试验, 主要验证接口匹配关系, 视频转换功能、编解码功能的正确性, 及视频显示质量、解码延迟时间性能指标, 涉及硬件设备主要是视频转换器、视频采集器两件新研设备, 结果如下:

1) 接口匹配关系正确, 测试设备可以接收到主显、平显视频信号, 飞机视频记录正常, 分光功能正常;

2) ARINC818 到 DVI 的转换功能正常, 转换后的 DVI 信号接上监视器可以显示主显、平显画面;

3) 编解码功能正常, GSS 数据软件可以在线解码出平显、主显视频信号终端显示;

4) 解析终端画面的帧率、分辨率与主显、平显源端一致, 外景显示清晰、字符可辨、少抖动、画面无缺失;

5) 在线测量视频转换、编解码延迟时间在 750 ms 左右。

5.2 机上验证

采集传输设备装机, 在试飞过程中验证真实飞行条件下视频信号无线链路传输的显示效果、计算系统延迟时间, 并考核遥测系统的最大作用距离, 结果如下:

1) 飞机开车, 测量整个遥测链路的视频延迟时间为 760 ms;

2) 检查试飞, 监控终端的分辨率与主显、平显源端一致, 平显显示帧率为 20 帧/s, 主显显示帧率为 10 帧/s, 平显外景显示流畅、少卡顿, 字符显示清晰可辨;

3) 大航程飞行, 遥测系统有效作用距离最大为 350 km。

5.3 试验结果分析

参照飞行试验关于视频监控的指标要求, 对多架次试飞试验数据分析:

1) 遥测监控画面清晰、无串扰缺失、字符可辨, 解码器显示主显和平显的分辨率分别为 $2\ 560 \times 1\ 024$ 、 $1\ 280 \times 1\ 024$, 与信号源端完全一致;

2) 监控终端解码器显示主显帧率为 10 帧/s, 平显帧率为 20 帧/s, 画面流畅, 满足视频帧率不低于 10 帧/秒的要求;

3) 视频编解码、遥测传输的整个链路延迟测算结果为 760 ms, 地面监控实时性较好;

4) 遥测系统有效作用距离最大为 350 km, 可以全覆盖本场试飞空域, 满足试飞任务需求;

5) 测试系统工作稳定, 可靠性高, 首次飞行到转场能够持续提供有效的画面信息。

试飞验证表明, 测试方法正确, 测试系统工作稳定可靠, 传输画面质量、链路时延和遥测系统作用距离均能满足试飞监控要求。

6 结束语

针对某型飞机多通道、高分辨率、多视频格式画面的测试需求, 通过光电转化、协议解析、视频压缩、PCM 编码及信道传输等技术研究, 提出视频格式转换、压缩编码及遥测传输的整套测试方案并在型号试飞中得以首次应用, 实现对多幅 ARINC818 高清视频画面的采集、传输和实时显示, 并对非标 $2\ 560 \times 1\ 024 @ 30\ \text{fps}$ 视频画面分屏输出及合并显示。一幅 $1\ 280 \times 1\ 024 @ 60\ \text{fps}$ 的显示器画面经过高效压缩码率输出 2 Mbps, 在试飞空域内 (不低于 300 km) 传输可提供不低于原始画面质量的显示效果, 图像显示流

畅、字符清晰, 遥测链路延迟时间小于 800 ms。

视频信号采集传输技术是军机试飞测试的重要内容, 应用较为广泛, 需要加强学习为飞行试验提供更好的技术支持。提出的 ARINC818 视频总线信号测试方法对视频采集、遥测监控相关测试任务具有借鉴作用, 特别是能为 ARINC818 视频转换、采集提供新的思路和解决途径。

参考文献:

- [1] 朱志强. ARINC818 协议特性分析 [J]. 电子技术, 2013 (6): 30-32.
- [2] 姜文毅. MPEG2 传输流协议分析及其在机载 DV 中的应用 [J]. 航空电子技术, 2010 (2): 28-32.
- [3] 张杰, 邹强, 晏晖. 机载多路视频 PCM 遥测传输技术 [J]. 计算机与数字工程, 2013, 41 (5): 805-807.
- [4] 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.
- [5] 张晓威, 苏淑靖. 可变帧结构的 PCM 遥测帧同步器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (10): 3476-3477, 3481.
- [6] 彭国金. 基于类 PCM 结构过程的试飞多科目 iNET 处理技术 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (10): 3549-3551.
- [7] 李宁宁, 何宇. 基于 ARINC818 机载音视频的测试方案设计 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (4): 34-35, 50.
- [8] 宫海波, 徐茜, 张长茂. 机载多路 DVI 视频信号转换器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (5): 244-246.
- [9] 贺敬. 基于 FPGA 和 DSP 的机载高清 VGA 视频采集系统设计及实现 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (5): 1632-1633.
- [10] 苏红. 基于 SOC 的小型集成化视频采集处理系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (12): 171-174.
- [11] 祁刚. 视频信号转换与光纤传输技术研究 [J]. 信息通道, 2014 (12): 163.
- [12] 李宏, 吴衡, 冯巧宁. 基于单向无线网的飞行试验视频遥测传输技术 [J]. 测控技术, 2010, 29 (6): 29-32.
- [13] 刘慧英, 纪超. 基于 PCI 和 FPGA 的视频编码延迟技术研究 [J]. 测控技术, 2012, 31 (4): 114-118.
- [14] 李伟. Hadoop 平台下的分形图像压缩编码 [J]. 测控技术, 2014, 33 (4): 50-53.
- [15] 霍培峰, 李虎诚. 遥测传输质量与射频系统的调整 [J]. 测控技术, 2008 (1): 4-6.
- [16] 林国平. 新型 DVI 数字视频接口电路的研究 [J]. 电子设计工程, 2011, 19 (12): 163-165.
- [17] 贺敬. 机载 CAN 总线数据采集系统的设计与实现 [J]. 测控技术, 2014, 33 (3): 53-55.
- [18] 赵宏阳, 丁晓明. 基于 FPGA 的高速多路视频数据采集系统 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2012, 12 (7): 56-58.
- [19] 王嘉良, 朱晓巍, 顾剑鸣. 航空模拟视频的 ARINC818 数字传输应用 [J]. 航空电子技术, 2018, 49 (1): 46-51.
- [20] 张利洲, 冯晓东. 基于 ARINC818 协议的图像传输技术研究 [J]. 数字技术与应用, 2013 (6): 39-39, 41.