



中华人民共和国国家标准

GB/T 43424—2023

空间数据与信息传输系统 运载火箭/航天器图像通信要求

Space data and information transfer systems—Requirement for image
communication of launch vehicle/spacecraft

2023-11-27 发布

2024-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 通则	2
6 运载火箭图像通信规范	3
6.1 图像质量要求	3
6.2 图像压缩编码要求	3
6.3 图像数据帧格式	4
6.4 纠错编码要求	5
7 航天器图像通信规范	6
7.1 图像质量	6
7.2 图像压缩编码要求	6
7.3 图像数据帧格式	6
7.4 纠错/纠删编码要求	7



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出及归口。

本文件起草单位：北京跟踪与通信技术研究所、北京宇航系统工程研究所、北京空间飞行器总体设计部、上海航天测控通信研究所、中国航天标准化研究所、北京数码视讯技术有限公司、北京航宇天穹科技有限公司、中国电子科技集团公司第五十四研究所。

本文件主要起草人：韦蓉、刘岩、陈运军、付静、王娟、王黎明、陈胜哲、黄才、张震、周玉霞、李欣、张迪、胡宏华、王宇、龙吟、李帆、刘绍荣、陈晓、贾丙强。

空间数据与信息传输系统

运载火箭/航天器图像通信要求

1 范围

本文件规定了运载火箭和航天器图像通信要求,包括图像质量要求、图像压缩编码要求、图像数据帧格式和纠错/纠删编码要求。

本文件适用于运载火箭和航天器工程图像(如监视图像)通信业务系统设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 33475.2—2016 信息技术 高效多媒体编码 第2部分:视频

ISO/IEC 10918-1:1994 信息技术 连续色调静止图像的数字压缩与编码:要求和导则(Information technology—Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines)

ISO/IEC 14496-10:2022 信息技术 视听对象编码 第10部分:高级视频编码(Information technology—Coding of audio-visual objects—Part 10: Advanced video coding)

ISO/IEC 15444-1:2019 信息技术 JPEG 2000 图像编码系统 第1部分:核心编码系统(Information technology—JPEG 2000 image coding system—Part 1: Core coding system)

ISO/IEC 23008-2:2020 信息技术 异构环境中的高效编码和媒体交付 第2部分:高效视频编码(Information technology—High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments—Part 2: High efficiency video coding)

RFC 3550 实时应用传输协议(A Transport Protocol for Real-Time Applications)

RFC 6184 H.264 视频的实时应用有效负载格式(RTP Payload Format for H.264 Video)

RFC 7798 高效视频编码(HEVC)的实时应用有效负载格式[RTP Payload Format for High Efficiency Video Coding(HEVC)]

3 术语和定义

GB/T 33475.2—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

B 条带 B slice

对每个块,使用帧内预测或使用最多两个运动矢量和参考索引的帧间预测进行解码的条带。

3.2

IDR 图像 IDR picture

令 H.264 或 H.265 解码过程将其解码图像缓冲区中的所有图像标记为“不用于参考”的图像。

3.3

I 条带 I slice

仅使用帧内预测进行解码的条带。

3.4

I 图像 I picture

仅使用帧内预测解码的图像。

3.5

P 条带 P slice

对每个块,使用帧内预测或使用最多一个运动矢量和参考索引的帧间预测进行解码的条带。

3.6

P 图像 P picture

只使用单前向帧间预测进行解码的图像。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AVS: 音视频编码标准(Audio Video coding Standard)

IDR: 立即解码刷新(Instantaneous Decoding Refresh)

JPEG: 联合图像专家组(Joint Photographic Experts Group)

NAL: 网络提取层(Network Abstraction Layer)

OSI: 开放系统互联(Open System Interconnect)

PPS: 图像参数集(Picture Parameter Set)

RS: 里德-所罗门码(Reed-Solomon codes)

RTP: 实时传输协议(Real-Time Transport Protocol)

SEI: 补充增强信息(Supplemental Enhancement Information)

SPS: 序列参数集(Sequence Parameter Set)

VPS: 视频参数集(Video Parameter Set)

5 通则

在运载火箭发射、航天器在轨运行过程中,一般通过天地信道向地面指控中心传输各类数据参数和图像,用于指控中心对运载火箭和航天器的状态进行实时监控,其中,图像系统能够实现对目标的直观监视,在航天任务中具有重要作用。

运载火箭图像主要用于对运载火箭发动机点火、助推器分离、一二级分离、整流罩分离、星箭分离等关键动作进行实时监控,由火箭上安装的监视相机获取,一般采用动态图像,可分为标清图像、高清图像和超高清图像。航天器图像通信主要用于空间站、飞船、探测器、卫星等航天器关键场景和在轨状态的直观监视、航天员飞行乘组活动情况的监视、重要弧段过程图像监视等,由航天器上安装的监视相机、航天员手持相机等获取。航天器图像按照图像类型可分为动态图像和静态图像,动态图像按图像质量又分为标清图像、高清图像和超高清图像。

运载火箭和航天器天地传输信道均有带宽限制,因此传输图像时应对图像进行压缩编码,以减少带宽资源的占用。此外,运载火箭和航天器天地传输信道如果存在误码,会导致数据错误或丢包,对图像传输产生较大影响,因此应在发送端对图像数据进行纠错或纠删编码,在接收端应进行数据恢复。

运载火箭和航天器图像通信业务属于 OSI 参考模型中应用层业务,需要其他数据传输协议或通信

协议提供的业务完成图像数据的传输。运载火箭以及航天器图像数据一般需要其他数据帧传输协议提供字节流传输业务,航天器图像数据也可采用传输控制协议/网际协议(TCP/IP)协议进行传输。运载火箭/航天器图像通信要求在协议栈中的位置关系示意图如图 1 所示。

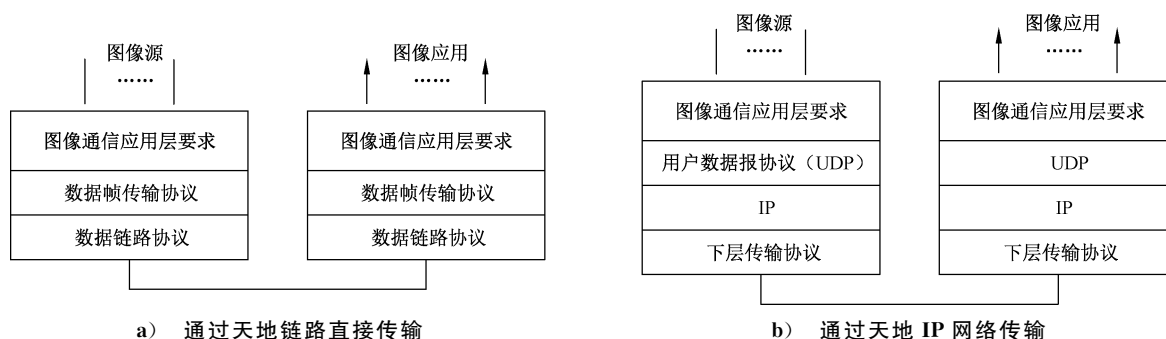


图 1 运载火箭/航天器图像通信要求在协议栈中的位置关系示意图

6 运载火箭图像通信规范

6.1 图像质量要求

运载火箭图像质量应满足以下要求。

- a) 标清图像：
 - 1) 分辨率不低于 352 像素×288 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。
- b) 高清图像：
 - 1) 分辨率不低于 1 280 像素×720 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。
- c) 超高清图像：
 - 1) 分辨率不低于 3 840 像素×2 160 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。

6.2 图像压缩编码要求

6.2.1 压缩编码体制

运载火箭图像压缩编码一般采用 H.264、H.265 或 AVS2,特殊需求情况下可另行约定。

6.2.2 H.264 压缩编码要求

采用 H.264 对图像压缩编码的要求如下：

- a) 语法、语义符合 ISO/IEC 14496-10:2022；
- b) 编码档次采用基本档次、主档次或高级档次；
- c) 级别不高于 level 4.2；
- d) 图像色度采样采用 4 : 2 : 0 模式；
- e) 采样深度 8 bit；
- f) 采用 I 条带、P 条带,不宜采用 B 条带；
- g) 应周期性使用 IDR 图像,间隔时间不超过 1 s,特殊情况下不超过 2 s；
- h) 每个 IDR 图像前应有 SPS 和 PPS；

- i) 编码采用速率优先模式,编码速率不应高于信道传输速率;
- j) 使用 SEI 传输自定义信息,应遵循 ISO/IEC 14496-10:2022 中附录 D 的规定;
- k) 采用字节流格式,应遵循 ISO/IEC 14496-10:2022 中附录 B 的规定。

6.2.3 H.265 压缩编码要求

采用 H.265 对图像压缩编码的要求如下:

- a) 语法、语义符合 ISO/IEC 23008-2:2020;
- b) 编码档次采用主档次;
- c) 级别不高于 level 4.1;
- d) 图像色度采样采用 4:2:0 模式;
- e) 采样深度 8 bit;
- f) 采用 I 条带、P 条带,不宜采用 B 条带;
- g) 应周期性使用 IDR 图像,间隔时间不超过 1 s,特殊情况下不超过 2 s;
- h) 每个 IDR 图像前应有 VPS、SPS 和 PPS;
- i) 编码采用速率优先模式,编码速率不应高于信道传输速率;
- j) 使用 SEI 传输自定义信息,应遵循 ISO/IEC 23008-2:2020 中附录 D 的规定;
- k) 比特流采用字节流格式,应遵循 ISO/IEC 23008-2:2020 中附录 B 的规定。

6.2.4 AVS2 压缩编码要求

采用 AVS2 对图像压缩编码的要求如下:

- a) 语法、语义符合 GB/T 33475.2—2016;
- b) 采用基准 8 位类;
- c) 级不高于 6.2.30;
- d) 图像色度采样采用 4:2:0 模式;
- e) 采样深度 8 bit;
- f) 采用 I 图像、P 图像,不宜采用 B 图像;
- g) 应周期性使用 I 图像,间隔时间不超过 1 s,特殊情况下不超过 2 s;
- h) 每个 I 图像前应有序列头;
- i) 编码采用速率优先模式,编码速率不应高于信道传输速率。

6.3 图像数据帧格式

运载火箭监视相机获取的图像编码后输出图像压缩数据流,为图像压缩数据流中的每个编码图像数据添加图像数据帧头部,形成图像数据帧进行传输。为保证图像数据帧输出速率的稳定性,可在图像数据帧之间按需填充数据。

运载火箭图像数据帧格式如图 2 所示,各字段定义如下。

- a) 头部标识:4 Byte,用于标识图像数据帧的起始位置。
- b) 版本号:3 bit,现阶段默认版本号为 1,即“001”。
- c) 图像通道标识:4 bit,用于标识当前图像通道号,“0001”为通道 1,“0010”为通道 2,“0011”为通道 3,以此类推。
- d) 起飞标识:1 bit,置“1”表示图像数据帧对应的时刻火箭已起飞,置“0”表示图像数据帧对应的时刻火箭未起飞。
- e) 时标:4 Byte,表示从起飞时刻起图像数据帧的产生时间,单位为毫秒;特殊应用场景下,可通过预留字段对该字段进行扩展。

7 航天器图像通信规范

7.1 图像质量

航天器图像质量应满足以下要求。

- a) 标清图像：
 - 1) 分辨率不低于 352 像素×288 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。
- b) 高清图像：
 - 1) 分辨率不低于 1 280 像素×720 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。
- c) 超高清图像：
 - 1) 分辨率不低于 3 840 像素×2 160 像素；
 - 2) 建议帧率不低于 25 f/s,特殊情况下可降低帧率。
- d) 静态图像：

分辨率不低于 1 280 像素×1 024 像素,特殊情况下可降低像素。

7.2 图像压缩编码要求

7.2.1 动态图像压缩编码要求

航天器动态图像压缩编码采用 H.264、H.265 或 AVS2,编码要求见 6.2,其中,采用 H.264 或 H.265 时比特流采用 NAL 单元格式。

7.2.2 静态图像压缩编码要求

航天器动态图像压缩编码要求如下:

- a) 编码体制:采用 JPEG 格式,遵循 ISO/IEC 10918-1:1994;或采用 JPEG2000 格式,遵循 ISO/IEC 15444-1:2019;
- b) 压缩模式:有损压缩。

7.3 图像数据帧格式

7.3.1 通过天地链路直接传输的图像数据帧格式

航天器图像通过天地链路直接传输时,为图像压缩数据流中的编码图像数据添加图像数据帧头部,形成图像数据帧进行传输。

航天器图像数据帧格式如图 3 所示,各字段定义如下。

- a) 头部标识:4 Byte,用于标识图像数据帧的起始位置。
- b) 版本号:3 bit,现阶段默认版本号为 1,即“001”。
- c) 编码信息:5 bit,用于标识压缩编码类型等信息,其中低 3 bit 为图像压缩编码算法标识,“001”表示采用 H.264 压缩编码算法,“010”表示采用 H.265 压缩编码算法,“011”表示采用 AVS2 压缩编码算法,“100”表示采用 JPEG 压缩编码算法,“101”表示采用 JPEG2000 压缩编码算法。高 2 bit 预留。
- d) 图像通道标识:1 Byte,用于标识当前图像通道号,“00000001”为通道 1,“00000010”为通道 2,“00000011”为通道 3,以此类推。
- e) 帧计数:3 Byte,表示图像数据帧为传输过程中第几帧,计数方法为从“0”开始计数。

- f) 帧长:4 Byte,表示载荷域图像编码数据的总长度,用字节数表示。
- g) 帧率:1 Byte,表示载荷域图像编码数据对应图像的帧率。高 6 bit 表示帧率的整数位,低 2 bit 表示帧率的小数位,“00”“01”“10”“11”依次表示帧率小数位为 0、0.25、0.5、0.75。
- h) 预留:4 Byte。
- i) 编码图像数据:长度由帧长字段值标明,含有且仅含有一幅完整编码图像,载荷域数据构成方式见表 1。



图 3 航天器图像数据帧格式

7.3.2 通过天地 IP 网络传输的图像数据帧格式

航天器图像通过天地 IP 网络传输时,图像压缩数据流封装为 RTP 包进行传输,具体要求如下。

- a) RTP 协议符合 RFC 3550 的规定,RTP 包头部仅含固定字段,不使用扩展字段。
- b) H.264 图像压缩数据流按照 RFC 6184 封装到 RTP 包的载荷域,封装时采用单个 NAL 单元模式或 FU-A 分片单元模式。当 NAL 单元封装后长度小于网络最大传输单元时,应采用单个 NAL 单元模式;当 NAL 单元封装后长度超过网络最大传输单元时,应采用 FU-A 分片单元模式。
- c) H.265 图像压缩数据流按照 RFC 7798 封装到 RTP 包的载荷域,封装时采用单个 NAL 单元模式或 FU 分片单元模式;当 NAL 单元封装后长度小于网络最大传输单元时,应采用单个 NAL 单元模式;当 NAL 单元封装后长度超过网络最大传输单元时,应采用 FU 分片单元模式。
- d) AVS2 图像压缩数据流封装到 RTP 包的载荷域时,将序列头、扩展和用户数据(如果有)或 1 幅完整的图像作为一个单元进行封装,如果封装后的长度小于网络最大传输单元,直接进行封装;如果封装后长度超过网络最大传输单元,按照固定长度分片后封装。
- e) 静态图像数据帧格式:将静态图像的编码数据,按照封装后不超过最大传输单元(MTU)的固定长度截取数据进行封装。

7.4 纠错/纠删编码要求

7.4.1 纠错编码要求

图像数据通过天地链路直接传输时,如传输链路未进行纠错编码,航天器图像在传输前应进行纠错编码。

7.4.2 纠删编码要求

7.4.2.1 纠删编码处理说明

通过天地 IP 网络传输的图像数据,在传输前宜采用 $RS(n, k)$ 码进行纠删编码处理。

7.4.2.2 纠删编码与解码处理流程

通过天地 IP 网络传输的图像数据首先封装为图像 RTP 包,每 k 个图像 RTP 包组成一个包组,进

行 $RS(n, k)$ 编码, 形成 $n-k$ 个校验 RTP 包。 k 个图像 RTP 包与 $n-k$ 个校验 RTP 包分别传输至接收端。 图像 RTP 包和校验 RTP 包分别组成 IP 报文流进行传输, 校验 RTP 包采用不同的端口号。 在接收端, 通过传输端口号区分图像 RTP 包和校验 RTP 包, 当检测到丢包时, 进行 RS 译码实现丢包的恢复。 纠删编码与解码处理流程如图 4 所示。 n, k 值可根据信道质量进行约定, 由相关任务明确。

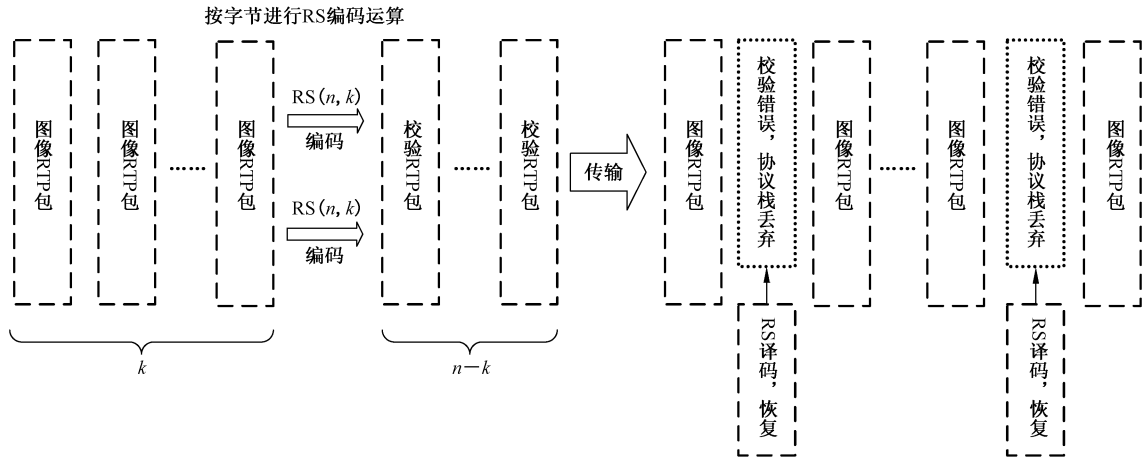


图 4 纠删编码与解码处理流程示意图

7.4.2.3 图像校验包的产生与封装

进行 $RS(n, k)$ 编码时, 首先选择 k 个连续的图像 RTP 包为一组, 在每个 RTP 包前增加两字节的长度字段, 用于标识该 RTP 包的长度。 然后以该组 k 个 RTP 包中最长包的长度为基准, 对其余 RTP 包进行补零。 将长度字段、RTP 包以及可能存在的补零作为一个信息块。

图像校验帧的产生方式和帧格式见图 5。 将 k 个信息块相对应位置的字节进行 RS 编码运算, 得到 $n-k$ 个校验字节。 从信息块的起始位置逐个进行前述运算, 得到 $n-k$ 个校验块。 为每个校验块添加校验帧头形成校验帧, 之后进行 RTP 封装, 形成校验 RTP 包。

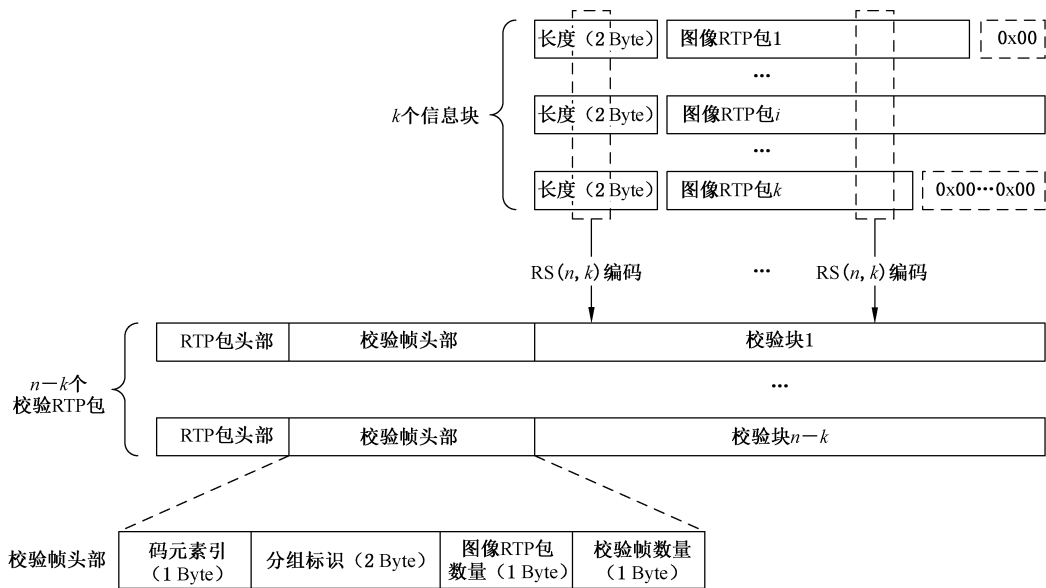


图 5 图像校验帧的产生方式和帧格式

校验 RTP 包的包头部遵循 RFC 3550 规定的 RTP 包头部,校验帧头部各字段定义如下:

- a) 码元索引:1 Byte,标识该校验帧对应 RS 码字中的码元序号,其值从 k 开始;
- b) 分组标识:2 Byte,标识该校验帧是哪一组图像 RTP 包的校验帧,其值等于该组图像 RTP 包中第 1 个 RTP 包的包序号;
- c) 图像 RTP 包数:1 Byte,标识该组图像 RTP 包的数量,即 k 值;
- d) 校验帧数:1 Byte,标识该组图像 RTP 包生成校验帧的数量,即 $n-k$ 值。

