

风云四号 B 星高速信息传输-II (HRIT-II)

格式规范

编写： 高云

校对： 张宇

审核： 卫兰

文档编号：FY4B/001

发布版本：v1.0

日期：2024-9-27

中国气象局 国家卫星气象中心
中国北京市海淀区中关村南大街 46 号
<http://nsmc.org.cn/>

文档修订记录

版本	日期	修订内容
1.0	2023-5-31	初始化文档
1.0	2024-9-27	审核、发布

目 录

1 引言	1
1.1 目的与范围	1
1.2 文档结构	2
1.3 参考文档	2
1.4 约定	3
2 FY4B-HRIT- II 采用的 OSI 模型介绍	4
2.1 传输模型	4
2.2 定义和缩略语	5
3 应用层	6
3.1 探测仪（GIIRS）数据	6
3.2 快速成像仪（GHI）图像	8
3.3 产品数据	9
3.4 服务信息数据	10
4 表示层	10
4.1 探测仪广播数据格式	11
4.1.1 数据基本信息	11
4.1.2 数据格式概况	12
4.1.3 探测仪红外广播数据格式各区详细信息	12
4.2 快速成像仪广播数据格式	18
4.2.1 数据基本信息	18
4.2.2 数据格式概况	19
4.3 产品广播数据格式	24
4.3.1 数据格式概况	24
4.3.2 高时效产品广播数据格式各区详细信息	24
5 会话层	26
5.1 概述	26
5.2 会话层的输入	26

5.3 数据压缩 27

5.4 会话层的输出 27

5.5 数据加密 27

 5.5.1 FY4B-HRIT- II 文件密钥设计 28

 5.5.2 DES 加密算法 29

 5.5.3 解密钥方法 29

6 传输层..... 31

 6.1 概述 31

 6.2 源包数据生成 31

 6.3 纠错码 33

 6.4 传输层输出 34

7 网络层..... 34

 7.1 概述 34

 7.2 网络层输入 34

 7.3 网络层处理 34

 7.4 网络层输出 35

8 数据链路层..... 35

 8.1 概述 35

 8.2 数据链路层的输入 36

 8.3 数据链路层处理 36

 8.3.1 M_PDU 的复合 36

 8.3.2 VCDU 生成..... 37

 8.3.3 同步码处理 37

9 物理层..... 38

附录 A 信息字段定义 39

1 引言

风云四号 B 星携带的观测仪器包括：先进的静止轨道辐射成像仪（AGRI）、静止轨道干涉式红外探测器（GIIRS）、快速成像仪（GHI）和空间天气监测仪器等。获取的原始数据经地面系统进行地理定位和辐射定标处理，生成 LIC 数据。这些数据对于天气分析和预报的时效性十分重要，采用直接广播方式提供给用户。风云四号 B 星数据直接广播采用 L 波段频率，双极化方式。共有三种链路：

- 1) FY4B 高速数据传输- I （HRIT- I ）；
- 2) FY4B 高速数据传输- II （HRIT- II ）；
- 3) FY4B 低速数据传输（LRIT）；
- 4) FY4B 紧急天气预警信息广播（EWAIB）。

FY4B_HRIT- II 主要传输干涉式红外探测器 L1 数据、快速成像仪（GHI）图像和 L2 产品数据。传输方式遵循 ISO 7498 标准（OSI 参考模型），可被映射到 ISO/OSI 七层参考模型中。

1.1 目的与范围

本文档描述了 FY4B 高速数据传输- II 广播的数据结构和文件格式，处理过程和传输协议都运用 OSI 参考模型进行撰写。

本文档的目的是详细描述风云四号 B 星 HRIT- II 的广播数据传输规格，特别是通信协议和数据结构，为接收风云四号气象卫星数据的单位提供数据的处理方案。

本文档是风云四号卫星用户手册的组成部分，适用于气象卫星数据接收的地面站和终端用户。

1.2 文档结构

本文档每个章节的内容简要介绍如下：

第 1 章：描述 OSI 参考模型各层概要，及其如何应用于风云四号卫星的实施，还包括本文档中缩略语的解释。

第 2 章：FY4B-HRIT- II 采用的 OSI 模型介绍。

第 3 章：应用层，介绍广播的四类应用数据。

第 4 章：表示层，包括应用数据格式说明。

第 5 章：会话层，包括数据压缩、数据加密。

第 6 章：传输层，源包生成说明。

第 7 章：网络层说明。

第 8 章：数据链路层，数据打包格式说明。

第 9 章：物理层，调制及传输参数，物理编码说明。

附录 A：信息字段定义

1.3 参考文档

[RD.1] GB/T 7408-2005 数据元和交换格式 信息交换 日期和时间表示法

[RD.2] QX/T 158-2012 气象卫星数据分级

[RD.3] 计算机软件工程规范国家标准汇编 2007，中国标准出版社

[RD.4] MSG Ground Segment LRIT HRIT Mission Specific Implementation, EUMETSAT

[RD.5] Information technology – JPEG 2000 image coding system: Core coding system, ITU-T RECOMMENDATION T.800

1.4 约定

本文档的所有数据结构和编码规则都是依照《风云四号气象卫星数据存档文件名命名规范》文档。

2 FY4B-HRIT- II 采用的 OSI 模型介绍

2.1 传输模型

FY4B-HRIT- II 数据传输标准要求符合国际标准化组织（ISO）的开放系统互连参考模型（Open Systems Interconnect Reference Model，OSI-RM）。该模型把复杂的协议分解或一系列相对独立而又有内在联系的功能层，采用了七层模型，如表 2-1 所示。每一层都利用其下一层提供的服务实现本层的协议功能，又为上层提供本层的服务。在发送端：

- 应用层生成各种应用数据。例如探测仪数据、高时效产品数据和服务信息。
- 表现层将应用层来的应用数据分成一个或几个 HRIT 文件，每个 HRIT 文件包含一个或更多的头记录和一个数据区。
- 会话层进行数据压缩，压缩仅对栅格数据进行，一般采用 JPEC-2000 压缩，其它数据不压缩。
- 传输层将 HRIT 文件切片按照协议的数据结构形成源包，并形成包含该源包 ID 信息的源包头。
- 网络层作用是产生虚拟信道标识符 VC-ID。
- 数据链路层将源包复接打包成虚拟信道数据单元 VCDU，进行纠错编码、数据随机化和加上帧同步标志，最后生成了信道存取数据单元 CADU。
- 物理层完成串行数据流的卷积编码和调制，变为射频信号，经过发射机向卫星发送，由卫星进行转发向用户广播。

表 2-1 HRIT 传输模型

	服务		数据单元
	上传站	用户站	
应用层	产生用户数据	表示用户数据	——
表示层	图像数据插入到 HRIT 文件中	HRIT 文件中获取图 像数据	用户数据
会话层	压缩及加密（可 选）	解压及解密（可 选）	HRIT 文件
传输层	分割	文件合成	HRIT 文件
网络层	路径选择	——	VCDU
数据链路层	多路通信序列化	VCDU 获取	VCDU 数据包
物理层	调制广播	解调接收	NRZ-L 连续比特流

2.2 定义和缩略语

表 2-2 定义和缩略语

缩略语	英文名称	注释
RD	<u>R</u> eference <u>D</u> ocumentation	参考文档
FY-4B	<u>F</u> eng <u>Y</u> un- <u>4B</u>	风云四号卫星 B 星
HRIT	<u>H</u> igh <u>R</u> ate <u>I</u> nformation <u>T</u> ransmission	高速率信息传输
LRIT	<u>L</u> ow <u>R</u> ate <u>I</u> nformation <u>T</u> ransmission	低速率信息传输
AGRI	<u>A</u> dvanced <u>G</u> eostationary <u>R</u> adiation <u>I</u> mager	先进的静止轨道辐射成像仪
GIIRS	<u>G</u> eostationary <u>I</u> nterferometric <u>I</u> nfrared <u>S</u> ounder	干涉式大气垂直探测仪
GHI	<u>G</u> eo <u>H</u> igh-speed <u>I</u> mager	快速成像仪
OSI	<u>O</u> pen <u>S</u> ystem <u>I</u> nterconnection Reference Model	开放式系统互联通信参考模型
HDF	<u>H</u> ierarchical <u>D</u> ata <u>F</u> ormat	层次式文件格式
JPEG	<u>J</u> oint <u>P</u> hotographic <u>E</u> xperts <u>G</u> roup	一种有损压缩标准方法

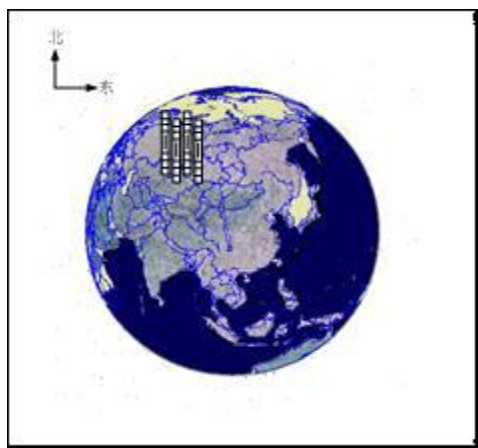
3 应用层

应用层负责准备和提供用于传输的原始输入数据。FY4B-HRIT- II 广播的数据分为四类：探测仪数据、快速成像仪图像、产品数据、服务信息数据。

3.1 探测仪（GIIRS）数据

地球静止轨道干涉式红外探测仪（附图）是一台部署在地球静止轨道上以高光谱分辨率探测地气系统上行红外辐射的精密定量化遥感仪器。FY-4B/GIIRS 采用 16×8 面阵探测器，通过傅里叶变换光谱仪体制观测不同谱段的红外辐射，获取大气温度和湿度的垂直分布，为气象预报提供大范围、连续、快速、准确的遥感信息。

FY-4B/GIIRS 工作波段为 $680 \sim 1130 \text{ cm}^{-1}$ （长波）和 $1650 \sim 2250 \text{ cm}^{-1}$ （中波），光谱采样间隔 0.625 cm^{-1} ，一共可以实现 1690 个通道的光谱探测。仪器采用 16×8 稀疏布局的面阵探测器，单个红外探元星下点空间分辨率 12km。探测仪采用“步进-凝视”方式观测，一个驻留时间内地面的观测投影如图 1 所示，一次观测覆盖 $384 \times 192 \text{ km}^2$ 。



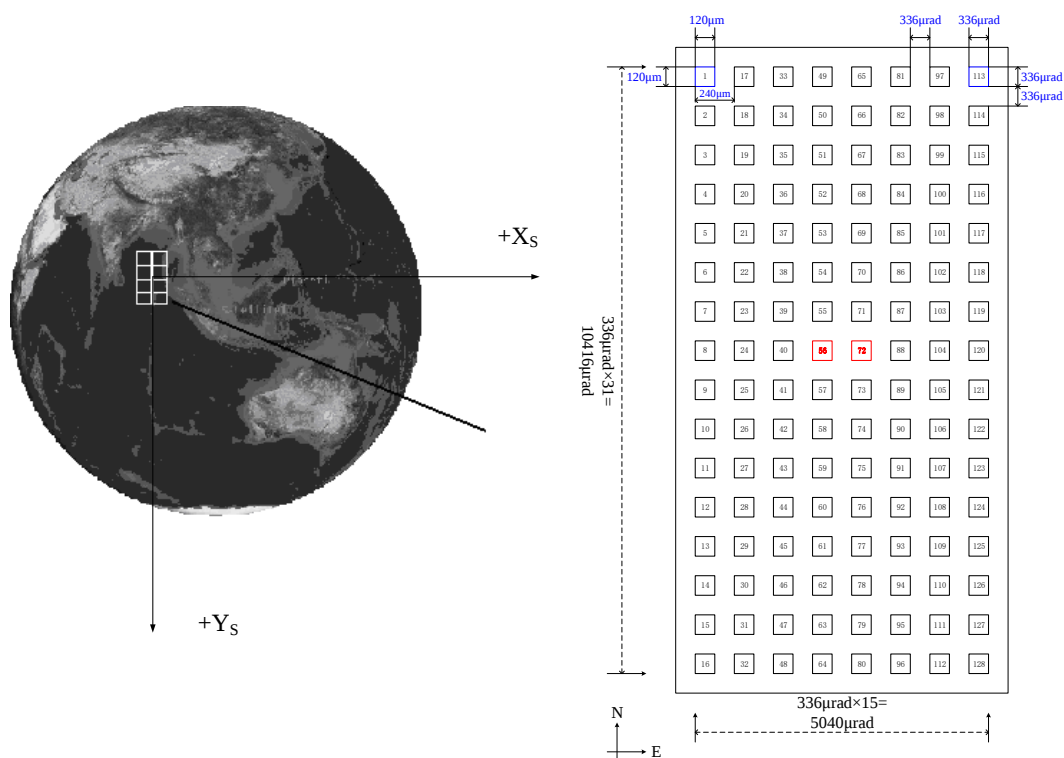
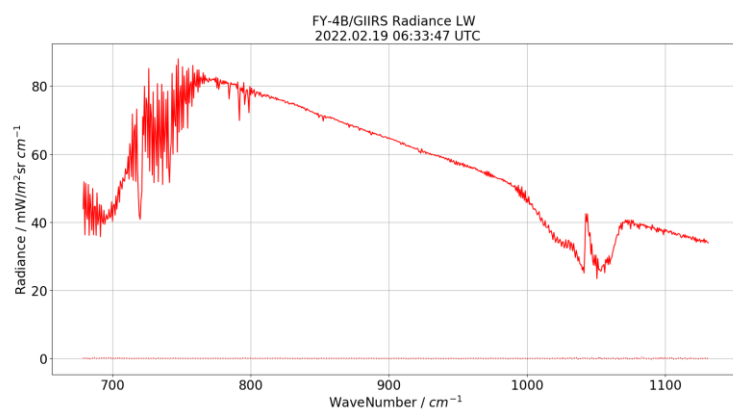


图 3-1 FY-4B/GIIRS 16×8 面阵探测器布局示意图



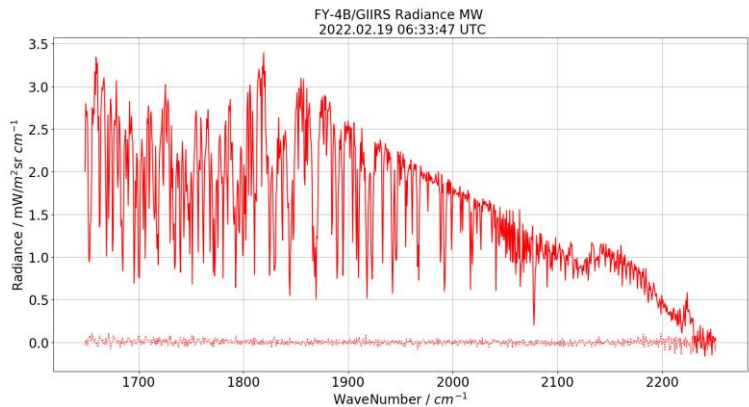


图 3-2 探测仪长波和中波红外光谱示意图

图 3-2 为 FY-4B/GIIRS 长波和中波红外辐射光谱分布。长波和中波均有 128 个探元，每个探元均对应一个相应波段的光谱图。

FY-4B/GIIRS 每 2 小时覆盖一次中国观测区域，每个区域由 12×27 个驻留点构成，考虑到由于卫星平台转动惯量保持等因素导致的观测中断，探测仪每天平均广播 3807 个驻留点的 L1 数据。

3.2 快速成像仪（GHI）图像

快速成像仪在静止轨道对 2000×2000 平方公里的区域具备更高空间高分辨率、时间分辨率小于 1 分钟的成像能力。广播分发的快速成像仪数据经标称投影后的云图图像。广播内容、频次和数据量如下表：

表 3-1 快速成像仪广播内容

产品	分辨率 (米)	观测数据量 (MB)	观测频次	日数据量 (GB)
真彩色合成图	250	6	94	0.56
真彩色合成图	500	3	950	2.78
通道 1 灰度图	250	5	950	4.64
通道 2 灰度图	500	2	950	1.86
通道 3 灰度图	500	2	950	1.86
通道 4 灰度图	500	2	950	1.86

产品	分辨率 (米)	观测数据量 (MB)	观测频次	日数据量 (GB)
通道 5 灰度图	500	2	950	1.86
通道 6 灰度图	500	2	950	1.86
通道 7 灰度图	2000	0.2	950	0.186
通道合成图 (sandwich)	250	5	950	4.64
合计				22.11

3.3 产品数据

广播分发的产品数据为国家卫星气象中心生成 FY4B 二级产品数据。产品数据包括图像产品和数值产品，图像产品采用 JPG 格式，数值产品采用 NC 格式。加上广播数据头记录后进行分发。产品数据广播频次分为高时效产品和其它产品。高时效产品每 15 分钟播发一次，其它产品每小时播发一次。产品内容及数据量如下表：

表 3-2 成像仪广播内容

分类	产品	频次	单个文件数据量 (MB)	日数据量 (MB)
成像仪 图像产品	沙尘图像产品	24	1.5	36
	强风暴图像产品	95	0.8	76
	火图像产品	24	0.7	16.8
	雾图像产品	24	1	24
	云图像产品	24	1	24
	气团图像产品	24	1	24
	24 小时微物理图像产品	24	1.5	36
	白天微物理图像产品	24	1	24
	夜晚微物理图像产品	24	1	24
	火山灰图像产品	24	1.1	26.4
	积雪图像产品	24	1	24
	自然色图像产品	24	1	24
	真彩色合成图	95	30	2850
	融合对流图	95	45	4275
成像仪 数值产品	云检测	95	5	475
	云相态	95	1	95
	云类型	95	1	95
	云顶高度	95	15	1425
	云顶气压	95	15	1425
	云顶温度	95	25	2375

分类	产品	频次	单个文件数据量 (MB)	日数据量 (MB)
	沙尘检测	24	12	288
	火点/热源点检测	24	1	24
	晴空辐射	24	35	840
	定量降水估计	132	5	660
	水汽 09 通道云导风	24	2	48
	水汽 10 通道云导风	24	2.5	60
	红外云导风	24	2.5	60
	水汽 11 通道云导风	24	2.5	60
	云覆盖率	95	4	380
	陆地气溶胶	24	5	120
	陆表温度	24	2	48
	海上气溶胶	24	20	480
	射出长波辐射	24	5	120
	反射短波辐射	24	15	360
	积雪覆盖	24	0.5	12
	地表短波辐射	24	28	672
	海表温度	24	10	240
	对流层顶折叠检测	24	58	1392
	地表上行长波辐射	24	2	48
	地表下行长波辐射	24	2	48
	地表反照率产品	24	2	48
探测仪	大气温湿度廓线	16	30	480
		3807	0.3	1142.1
	臭氧廓线和臭氧总量	16	3	48
		3807	0.1	380.7
合计				21.43 (GB)

3.4 服务信息数据

服务信息数据提供卫星运行信息，例如卫星状态、运行时间表、轨道参数、业务通知等。

4 表示层

4.1 探测仪广播数据格式

探测仪主要按驻留点来广播光谱数据，包括长波观测数据和中波观测数据。主要用于大气温湿廓线产品、大气臭氧廓线及臭氧总含量产品等。

4.1.1 数据基本信息

表 4-1 探测仪 L1 广播数据基本信息表

产品名称：探测仪广播数据		
文件名约定： FY4B-_GIIRS-_N_REGC_1050E_L1-_BRD- _C001_NOM_YYMMDDHHMMSS_YYMMDDHHMMSS_012KM_V0001.DAT		
栏目	值	示例
卫星名	FY4B	FY4B-
仪器名称	GIIRS	GIIRS-
观测模式	1个字符，常规观测：N	N
数据区域类型	区域观测，REGC	REGC：中国区观测
星下点经度	5个字符，卫星星下点经度位置	1050E
数据级别	L1	L1-
数据名称	4个字符，观测、处理的数据或产品名缩写，BRD代表广播数据	BRD-
仪器通道名称	4个字符	MULT
投影方式	3个字符	NUL
观测起始日期时间	12个字符，数据观测起始时间，采用协调世界时（UTC）日期，即YYYYMMDDhhmmss	
观测结束日期时间	12个字符，数据观测结束时间，采用协调世界时（UTC）日期，即YYYYMMDDhhmmss	
空间分辨率	12KM	012KM
数据格式名称	DAT	二进制数据
分块方式	驻留点	
更新频率	驻留点	格式：文件个数/单位时间，如：96/天
单个文件数据量	0.447644MB	

4.1.2 数据格式概况

GIIRS 广播格式数据包括 2 个区，分为头记录区和数据区，文件结构如表 4-2 所示，头记录区记录广播数据的基本信息，GIIRS 广播头记录区有 8 条记录。

表 4-2 探测仪广播的数据格式

区数	区名称
#0	（报头）主文件头记录
#1	（报头）基本信息头记录
#2	（报头）定位信息头记录
#3	（报头）定标信息头记录
#4	（报头）注释头记录
#5	（报头）时间信息头记录
#6	（报头）附件文本信息头记录
#7	（报头）密钥信息头记录
数据区	数据区

4.1.3 探测仪红外广播数据格式各区详细信息

#0 主文件头格式如下：

表 4-3 主文件头格式定义

字节	类型	内容
1	unsigned integer	文件头类型，设置为 0，表示主文件头©
2	unsigned integer	主文件头长度，设置为 16
1	unsigned integer	数据文件类型*
4	unsigned integer	所有文件头长度，包括主文件头加上二级文件头（字节）
8	unsigned integer	数据区长度（比特）

*数据文件类型定义

定义值	数据文件类型
0	卫星观测数据和产品

1	GTS 信息（风云四号没有）
2	文本信息文件（卫星状态、轨道信息、时间表等服务信息数据）
3	密钥文件
151	FY4B 二级产品数据文件
4~255	预留

◎文件头类型定义

定义值	文件头记录类型
0	主文件头记录
1	基本信息头记录
2	定位信息头记录
3	定标信息头记录
4	注释头记录
5	时间信息头记录
6	附件文本信息头记录
7	密钥信息头记录
8~127	保留
128	质量信息头
129	数据信息头
...	...
~255	保留

#1 基本信息头记录：（Image Structure Record）

表 4-4 基本信息头格式

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
1	integer,unsigned	Header type = 1	
2	integer,unsigned	Header record length	
9	character	卫星名称	FY4B-
7	character	仪器名称	GIIRS-
2	Unsigned short	中波有效通道数量 N2	
4*N1	float	长波波段波数坐标	

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
4*N2	float	中波波段波数坐标	
2	Unsigned short	长波有效探元数量 N3	
2	Unsigned short	中波有效探元数量 N4	
128	8-bit signed char	长波各探元是否有效信息	0 为无效, 1 为有效
128	8-bit signed char	中波各探元是否有效信息	0 为无效, 1 为有效
1	8-bit signed char	数据观测开始日期(包括年月日)	YYYY-MM-DD (来自于 L1A 数据)
1	8-bit signed char	数据观测开始时间 (包括时分秒毫秒)	Hh:mm:ss.sss (同上)
1	8-bit signed char	数据观测结束日期(包括年月日)	YYYY-MM-DD (同上)
1	8-bit signed char	数据观测结束时间 (包括时分秒毫秒)	Hh:mm:ss.sss (同上)
1	8-bit signed char	数据创建日期(包括年月日)	YYYY-MM-DD
1	8-bit signed char	数据创建时间 (包括时分秒毫秒)	Hh:mm:ss.sss
1*2	Unsigned short	总驻留点数	有效值, 来自 L1
1*2	Unsigned short	当前驻留点数	有效值, 来自 L1
2	Unsigned short	驻留点帧数	
2	Unsigned short	工作模式	0 为大步工作模式, 1 为小步工作模式 (当为 0 时, 产品类型字段无效)
2	Unsigned short	产品类型	0 大步; 1 小步; 2 组合
2	Unsigned short	区域任务组成数	
2	Unsigned short	当前区域任务数	
2	Unsigned short	东西扫描镜运动方向	0: 从西向东; 1 从东向西
2	Unsigned short	卫星方向	0 正向, 1 反向
2	Unsigned short	区域类型	
10*1		预留	

#2 定位信息头记录 (Image Navigation) :

表 4-5 定位信息头记录格式

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
1*1	byte	报头编号	=2 (固定值)
2*1	integer, unsigned	报头记录长度	= (固定值)
8*1	double	星下点经度	实际的星下点经度

长度（Byte）	数据类型	内容	备注
8*1	double	轨道参数的历元时间(MJD)	
8*1	double	半长轴(公里)	
8*1	double	偏心率	
8*1	double	倾角(度)	
8*1	double	升交点经度(度)	
8*1	double	近地点辐角(度)	
8*1	double	平近地点角(度)	
128*2	Unsigned short	长波红外的纬度	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	长波红外的经度	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	中波红外的纬度	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	中波红外的经度	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	长波红外的太阳天顶角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	长波红外的太阳方位角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	长波红外的卫星天顶角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	长波红外的卫星方位角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	中波红外的太阳天顶角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	中波红外的太阳方位角	如使用定位有效数据，需除以100
128*2	Unsigned short	中波红外的卫星天顶角	如使用定位有效数据，需除以100

长度（Byte）	数据类型	内容	备注
128*2	Unsigned short	中波红外的卫星方位角	如使用定位有效数据，需除以100
330*256*2	Unsigned short	可见光数据的纬度	如使用定位有效数据， 需除以100
330*256*2	Unsigned short	可见光数据的经度	如使用定位有效数据， 需除以100
72		转换矩阵	仪器坐标系到卫星本体坐标系的转换矩阵（内容待定）
1*1	unsigned int	地球模型类型	=1（椭球体，固定值）
4*1	float	地球赤道半径（req）	=6, 378.1370 [km]（固定值）（基于 WGS84）（=6,378.1690
4*1	float	南极半径（rant）	
4*1	float	北极半径（rant）	
10*1	-	预留	

#3 定标信息头记录（Image Data Function）：

表 4-6 定标信息头记录格式

长度（Byte）	数据类型	内容	备注
1*1	byte	报头编号	=3 （固定值）
2*1	integer,unsigned	报头记录长度	=27（固定值）
4 *1	float	二次项系数	如果是线性，可填 0
1*4	float	一次项系数	
1*4	float	常数	
10*1	-	预留	

#4 注释头记录（Annotation）：

表 4-7 注释头记录格式

长度（Byte）	数据类型	内容	备注
----------	------	----	----

1	integer,unsigned	Header type = 4	
2	integer,unsigned	Header record length=138	
125	character	广播文件名	
10		预留	

#5 时间戳记录（Time Stamp Record）：

表 4-8 时间戳头记录格式

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
1	integer, unsigned	Header type = 5	
2	integer, unsigned	Header record length=36	
1	UNSIGNED BYTE	P-Field fixed value according to CCSDS	
6	TIME CDS SHORT	时间戳	
1	byte	观测周期=10（），单位秒	根据驻留时间填
15	char[15]	观测计划开始时间 UTC 时间，格式 YYYYMMDDhhmmss	
10		预留	

#6 附加文本信息头记录（Ancillary Text）

表 4-9 附加文本信息头记录格式

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
1	integer, unsigned	Header type = 6	
2	integer, unsigned	Header record length=3	值为 3 时表示本 条记录没有实际 内容
10		预留	

#7 密钥信息头记录（Key Header）

表 4-10 密钥信息头记录格式

字节 (Byte)	数据类型	内容	备注
1*1	unsigned char	Header type = 7	
2*1	unsigned short	Header record length=17	
2*1	unsigned short	密钥版本号	
2*1	Unsigned short	密钥号	支持 2^16

10		预留	
----	--	----	--

#128 质量信息头(QualityHeader)

表 4-11 数据质量信息头记录格式

字节 (Byte)	数据类型	内容	备注
1*1	byte	Header type = 128	
2*1	unsigned short	LENGTH=17	
4*1	float	L0 质量标记	
1*10	unsigned char	预留	

#129 数据信息头(Data Header)+数据

表 4-12 数据格式

字节 (Byte)	数据类型	内容	备注
1*1	byte	=129（固定值）	
2*1	Unsigned short	LENGTH=	
N2*N4*4	float	中波辐射值	经过定标处理的中波辐射值
N2*N4*4	float	噪声等效光谱辐射值—中波	
N1*N3*4	float	长波辐射值	经过定标处理的长波辐射值
N1*N3*4	float	噪声等效光谱辐射值—长波	
330*256*2	Unsigned short	可见光 DN 值	中间帧数据

4.2 快速成像仪广播数据格式

4.2.1 数据基本信息

文件名格式：卫星名称_仪器名称_观测模式_数据区域类型_星下点经度_数据级别_

数据质量_仪器通道名称_投影方式_观测起始日期时间_观测结束日期时间_空间分辨率_分块方式.DAT。

表 4-13 快速成像仪广播数据基本信息表

产品名称：快速成像仪广播数据		
文件名约定： FY4B-_GHI--_H_REGX_1050E_L1-_BRD- _C001_NOM_YYMMDDHHMMSS_YYMMDDHHMMSS_0500M_00001.DAT		
栏目	值	示例
卫星名	FY4B	FY4B-
仪器名称	GHI	GHI--
观测模式	1个字符，常规观测：N，高灵敏观测：H	H
数据区域类型	DISK :全圆盘 REGX:中小尺度观测区域	REGX
星下点经度	5个字符，卫星星下点经度位置	1050E
数据级别	L1	L1-
数据名称	4个字符，观测、处理的数据或产品名缩写，BRD代表广播数据	BRD-
仪器通道名称	4个字符，共6个通道	C001~C006
投影方式	3个字符	NOM
观测起始日期时间	12个字符，数据观测起始时间，采用协调世界时间（UTC）日期，即YYYYMMDDhhmmss	
观测结束日期时间	12个字符，数据观测结束时间，采用协调世界时间（UTC）日期，即YYYYMMDDhhmmss	
空间分辨率	4 为字符，500M/1KM/2KM/4KM	如：1KM，500M
数据格式名称	DAT	二进制数据
分块方式	单个通道文件不分块	
更新频率	一次观测任务，约 1 分钟	格式：文件个数/单位时间，如：950/天
单个文件数据量	约 13M	500m 分辨率

4.2.2 数据格式概况

表 4-14 主文件头格式

字节	类型	内容
1	unsigned integer	文件头类型，设置为 0，表示主文件头©
2	unsigned integer	主文件头长度，设置为 16

1	unsigned integer	数据文件类型*
4	unsigned integer	所有文件头长度，包括主文件头加上二级文件头（字节）
8	unsigned integer	数据区长度（比特）

*数据文件类型定义

表 4-15 广播数据文件类型定义

定义值	数据文件类型
0	成像仪数据文件（包括全圆盘和区域扫描）
1	GTS 信息
2	文本信息文件（卫星状态、轨道信息、观测和广播时间表等服务信息数据）
3	密钥文件
4~128	预留
129	闪电数据文件
130	快速成像仪数据文件
...	...
~255	预留

◎文件头类型定义

表 4-16 文件头类型定义

定义值	文件头记录类型
0	主文件头

1	快速成像仪数据信息头记录
2	快速成像仪数据定位信息记录
3	快速成像仪数据定标信息记录
4	注释记录
5	时间戳记录
6	附加文本信息头记录
7	密钥信息头记录
8~128	保留
129	闪电数据信息头记录
...	...
~255	保留

前八个为 CGMS 定义的通用文件头。结构如下：

#1 快速成像仪数据信息头记录：该记录只在图像数据文件类型中存在，描述了图像的结构元素，如像素位深、行列数和压缩标志，如下表定义：

快速成像仪数据信息头记录（Image Structure Record）

表 4-17 快速成像仪数据信息头格式

长 度 (Byte)	数据类型	内容	缩写
1	integer,unsigned	Header type = 1	
2	integer,unsigned	Header record length=9	

1	integer,unsigned ed	位深 number of bits per pixel (1 ... 255)	NB
2	integer,unsigned ed	列数 number of columns(1 ... 65535)	NC
2	integer,unsigned ed	行数 number of lines (1 ... 65535)	NL
1	integer,unsigned ed	压缩标志 compression flag (0,1,2)	CFLG

#2 快速成像仪数据定位信息记录（Image Navigation）：

表 4-18 快速成像仪数据定位信息头格式

长 度 (Byte)	数据类型	内容	缩写
1	integer, unsigned	Header type =2	
2	integer, unsigned	Header record length=51	
32	character	投影名 Projection name	
4	integer, signed	列缩放比例因子 column scaling factor	CFAC
4	integer, signed	行缩放比例因子 line scaling factor	LFAC
4	integer, signed	列偏移 column offset	COFF
4	integer, signed	行偏移 line offset	LOFF

#3 快速成像仪数据定标信息记录（Image Data Function）：

表 4-19 快速成像仪定标信息头格式

长 度 (Byte)	数据类型	内容	缩写
1	integer, unsigned	Header type =3	
2	integer, unsigned	最大到 65535	
最大到 65532	character	对定标信息，以及图像数据物理值的定义。	

#4 注释记录（Annotation）：

表 4-20 注释头格式

长度（Byte）	数据类型	内容
1	integer,unsigned	Header type = 4
2	integer,unsigned	Header record length=128
125	character	HRIT 文件名

#5 时间戳记录（Time Stamp Record）：

表 4-21 时间戳头格式

长度（Byte）	数据类型	内容
1	integer, unsigned	Header type = 5
2	integer, unsigned	Header record length=10
1	UNSIGNED BYTE	P-Field fixed value according to CCSDS
6	TIME CDS SHORT	时间戳

#6 附加文本信息头记录（Ancillary Text）

#7 密钥信息头记录（Key Header）

表 4-22 密钥头格式

序号	名称	类型	字节（单位 byte）	值和标记
1	头记录标志	unsigned char	1*1	9（固定值）
2	头记录长度	unsigned short	2*1	
3	密钥版本序列号	unsigned short	2	
4	密钥头信息	character	最大不超过 65532	密钥号

4.3 产品广播数据格式

4.3.1 数据格式概况

高时效产品广播格式数据包括 2 个区，分为头记录区和数据区，文件结构如表所示，头记录区记录广播数据的基本信息，头记录区有 3 条记录。

表 4-23 高时效产品广播的数据格式

区数	区名称
#0	（报头）主文件头记录
#1	（报头）注释头记录
#2	（报头）密钥信息头记录
数据区	数据区

4.3.2 高时效产品广播数据格式各区详细信息

#0 主文件头格式如下：

表 4-24 高时效产品主文件头格式

字节	类型	内容	设置值
1	unsigned integer	文件头类型，设置为 0，表示主文件头 ◎	
2	unsigned integer	主文件头长度，设置为 16	

字节	类型	内容	设置值
1	unsigned integer	数据文件类型*	151
4	unsigned integer	所有文件头长度，包括主文件头加上二级文件头（字节）	
8	unsigned integer	数据区长度（比特）	

*数据文件类型定义

定义值	数据文件类型
0	卫星观测数据和产品
1	GTS 信息（风云四号没有）
2	文本信息文件（卫星状态、轨道信息、时间表等服务信息数据）
3	密钥文件
151	FY4B 二级产品数据文件
4~255	预留

◎文件头类型定义

定义值	文件头记录类型
0	主文件头记录
1	基本信息头记录
2	定位信息头记录
3	定标信息头记录
4	注释头记录
5	时间信息头记录
6	附件文本信息头记录
7	密钥信息头记录
8~127	保留
128	质量信息头
129	数据信息头
...	...
~255	保留

#1 注释头记录（Annotation）：

表 4-25 注释头记录格式

长度 (Byte)	数据类型	内容	备注
1	integer,unsigned	Header type = 4	
2	integer,unsigned	Header record length=138	
125	character	广播文件名	
10		预留	

#2 密钥信息头记录（Key Header）

表 4-26 密钥头记录格式

字节 (Byte)	数据类型	内容	备注
1*1	unsigned char	Header type = 7	
2*1	unsigned short	Header record length=17	
2*1	unsigned short	密钥版本号	
2*1	Unsigned short	密钥号	支持 2^16
10		预留	

5 会话层

5.1 概述

会话层描述数据交换的方法。风云四号的会话层包含数据的压缩和加密。不需要压缩和加密的数据，在会话层将不会被修改。

5.2 会话层的输入

会话层的输入包含广播格式的探测仪数据、高时效产品数据和服务信息数据。

5.3 数据压缩

栅格数据内容部分采用 JPEG2000 格式进行无损压缩，数据头不压缩。数据信息头中有数据块是否压缩标志。高时效产品不压缩。JPEG2000 压缩算法见附录 B。

5.4 会话层的输出

会话层的输出是经过无损压缩的 HRIT 数据以及产品通知文件。HRIT 数据格式如图 5-。



图 5-1 会话层输出的数据格式

数据的压缩只是针对可变区中的图像数据。

产品通知文件的内容主要是所生成的文件的数据类型、文件名、文件创建时间、文件大小等信息。

5.5 数据加密

HRIT 文件是可加密的。根据 CGMS 关于加密的规范，各个国家或组织可以采用自己特有的加密方法和密钥设计，但是总体上需要遵循以下两点全局描述：

1.授权用户解密文件时所需要的信息必须包含一个密钥信息头记录，密钥信息头记录标准格式如下表：

表 5-1 密钥信息头记录标准格式

序号	名称	类型	字节（单位 byte）	值和标记
1	头记录标志	unsigned char	1*1	9（固定值）
2	头记录长度	unsigned short	2*1	
3	密钥版本序列号	unsigned short	2*1	
4	密钥头信息	character	最大不超过 65532	密钥号

2.密钥采用 CGMS 规范的密钥信息文件格式。

5.5.1 FY4B-HRIT- II 文件密钥设计

HRIT1 广播的所有数据如需加密，则仅对文件的数据区进行加密。所有文件加密方式采用通用的 DES（Data Encryption Standard）加密算法。

对于 HRIT1 广播的应用数据进行 DES 加密时使用的密钥称为信息密钥。每一种应用数据都采用不同的信息密钥，并给予一个编号称为密钥号。用户从广播的应用数据文件中可以得知该文件采用密钥号，但并不能直接获得解密该文件数据段的信息密钥。

信息密钥进过 DES 加密后形成公共密钥。这次加密则要对每个获得授权的用户站分别用其被分配到的私有密钥进行加密。每个用户站都会有一组属于自己的公共密钥。所有用户站的公共密钥以密钥文件的方式通过 HRIT1 广播给用户。

公共密钥文件除了主文件头外，附加一个密钥文件二级头记录，然后依次排放每个用户站的公共密钥组。

附加的密钥文件二级头记录格式：

表 5-2 密钥文件二级头记录格式

字节	类型	内容
----	----	----

1	unsigned integer	密钥文件头记录标识（固定值为 200）
2	unsigned integer	密钥文件头记录长度（固定值为 9）
2	unsigned integer	密钥版本序列号
4	unsigned integer	该密钥文件包含的密钥数据结构组数

单组密钥数据结构如下：

表 5-3 单组密钥数据结构

字节	类型	变量说明
2	unsigned integer	用户站编号
2	unsigned integer	密钥号
8	unsigned integer	公共密钥

如果一个公共密钥文件长度过大，则可以拆分为多个文件进行广播。但要保证同一个用户站的所有公共密钥都在同一个文件中。公共密钥文件定期广播（每天一次），信息密钥则不定期更新。

每个获得授权的用户站可以通过安全途径（邮寄光盘）获得一个 6 位数的用户站编号和对应于该用户站的私有密钥。

5.5.2 DES 加密算法

通用的 64 位 DES 加密算法。

5.5.3 解密钥方法

授权用户站解密钥步骤：

- 1. 通过安全途径获得用户站编号和私有密钥。
- 2. 接收卫星广播的公共密钥文件。

3. 根据本站的编号从公共密钥文件中提取属于本站的公共密钥组。密钥号与公共密钥是成对出现的。如果该用户被授权接收 5 种应用数据，则可以得到 5 对密钥号与公共密钥。
4. 用私有密钥解密公共密钥得到信息密钥。
5. 根据广播数据文件密钥信息头记录中的密钥号，找到对应的信息密钥，用以解密该数据文件。

6 传输层

6.1 概述

风云四号 HRIT-II 传输层、网络层和数据链接层都遵循标准的 CCSDS 协议。传输层主要负责数据的分包工作，并对每个数据文件的 APID 进行定义。拆分后的数据采用 CCSDS 的源包数据结构。

6.2 源包数据生成

源包数据按照如下步骤进行：

- 1——在 HRIT-II 应用数据文件之前添加一个 80bits 的传输头，其中 16bits 表示该数据文件的序号，64bits 用来记录文件长度。理论上该数据文件长度不能超过 $2^{64}-1$ 。
- 2——将添加了传输头的数据文件进行分片，每片数据大小可以自由指定但不能超过 8190bytes。（一般来说每片数据大小相等。为了后续处理便捷，也可以控制每片数据大小正好占用一个物理传输帧。）
- 3——将分片后的每片数据前导 6 字节的源包头，后缀 2 字节的 CRC 纠错校验码，即可形成一个 CCSDS 源包。
- 4——源包头中的 APID 指向的是应用数据。一个应用数据文件对应一个 APID。

HRIT-II 传输的数据类型 APID 定义如下表：

表 6-1 传输数据类型 APID 定义

优先级分类	APID 定义	应用数据	说明
探测仪 (中国区)	0	15 分钟中国区	不广播

优先级分类	APID 定义	应用数据	说明
探测仪 (全圆盘)	1	1 小时全球	加密广播
产品数据	32	二级产品文件	NC 格式
服务信息	64	服务信息数据	
密钥	65	密钥文件	

源包数据形成如下图所示：

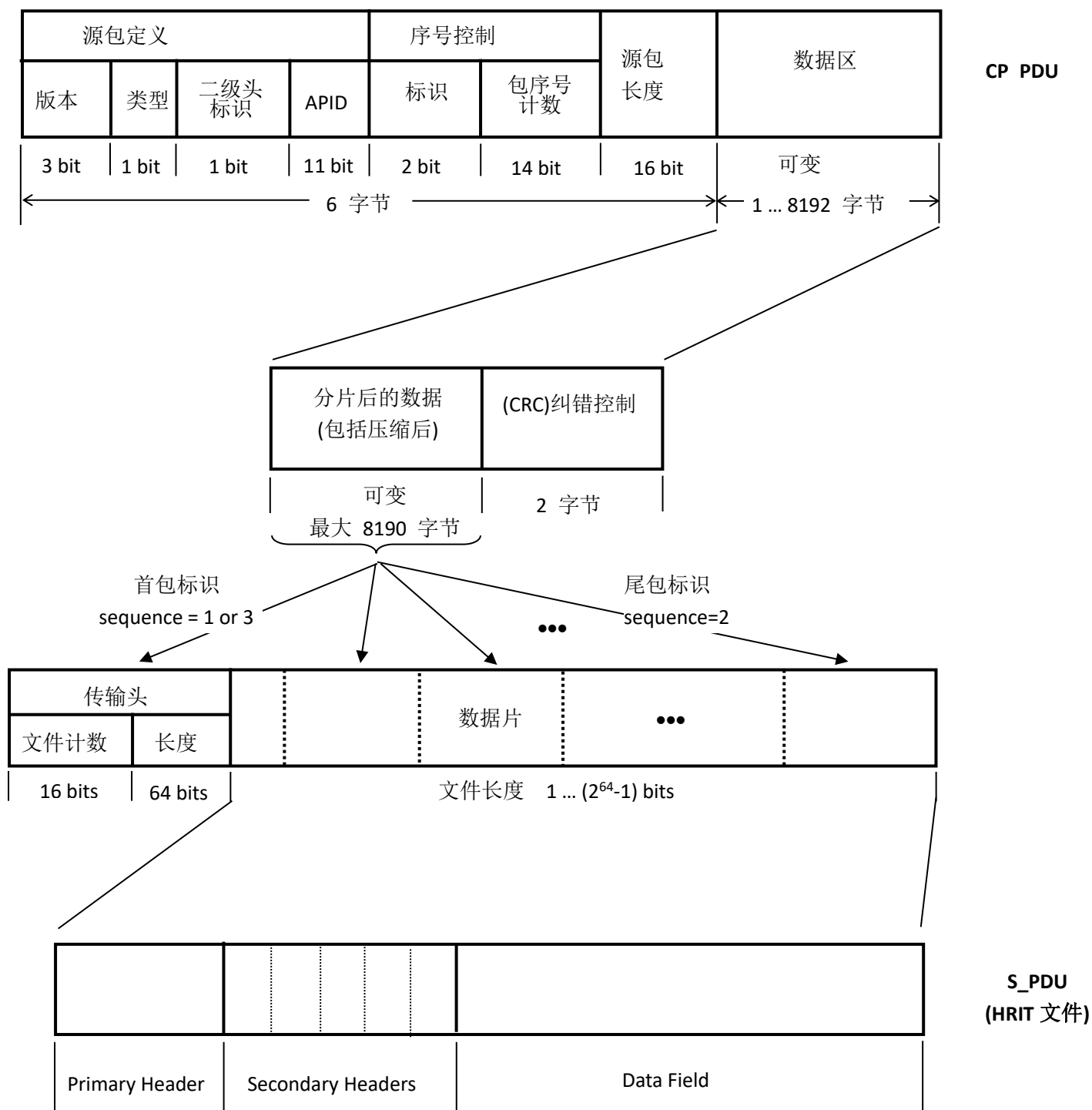


图 6-1 源包数据生成

6.3 纠错码

16bits CRC 为用户数据区的尾部 CRC 对整个应用数据区计算，生成多项式为：

$$g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

对每个应用数据区编码器应从“全 1”开始。

6.4 传输层输出

传输层的输出为拆分后形成的源包数据。即 CCSDS 中的传输层协议数据单元 TP_PDU，它与图 6-1 描述的源包是相同的，送给网络层作为网络层的服务数据单元。

7 网络层

7.1 概述

这里的网络层主要是指数据广播时所定义分配的虚拟信道，虚拟信道标识在每帧数据的帧导头中的虚拟信道标识位。

7.2 网络层输入

传输层生成的源包数据。

7.3 网络层处理

使用的 VC-ID 决定于应用数据指定的 APID。VC-ID 由 APID 整除 32 得到。APID 置成 0.....2015，超过 2015 的不被 HRIT 使用。填充包的 APID 设置为 2047。因此 VC 置成 0.....62。即：VC0 相应于 APID 0~APID 31，VC1 相应于 APID 32~APID 63，VC62 相应于 APID 1984~APID 2015，传输层可以处理 2016 个并行的数据流，每 32 个数据在链路上有同样的优先级。APID 决定于传输的优先级，APID 增加时优先级下降。

风云四号数据广播总共有五个物理链路，分别对应五个虚拟通道。虚拟通道号 VCID 定义如下表：

表 7-1 虚拟通道 VCID 定义

VCID 定义	物理链路	说明
0b000000(0)	HRIT1	高速率水平极化传输链路（L 波段 1680MHz）
0b000001(1)	HRIT- II	高速率垂直极化传输链路（L 波段 1679MHz）
0b000011(3)	LRIT	低速率传输链路（L 波段 1697MHz）
0b000100(4)	EWAIB	低速率传输链路（L 波段 1697MHz）
0b111111(63)	无	空包

7.4 网络层输出

网络层输出为 CCSDS 路径协议数据单元（CP_PDU）和原先的 CP_SDU)相同，仅是穿过了网络层。

8 数据链路层

8.1 概述

数据链路层将所有的源包数据统一复合起来，生成一个 CCSDS 复合数据单元 M_PDU。每个 M_PDU 大小固定，作为虚拟通道（VCDU）的数据区，前导以虚拟通道头，再附加同步码作为帧头，形成一个物理传输帧。

由于在实际应用中存在多种类型的应用数据同时传输的需求。例如风云四号卫星数据广播了多个通道的红外和可见光数据，仅仅用 APID 来定义广播出去的分块文件将无法区分每片文件属于哪个通道。采用虚拟通道则可以将这些散碎的分块文件与卫星的实际通道对应起来，便于用户的选择接收。

8.2 数据链路层的输入

经网络层输出的源包数据。

8.3 数据链路层处理

数据链路层主要工作为对源包数据进行复合以及编码，具体结构关系如下图：

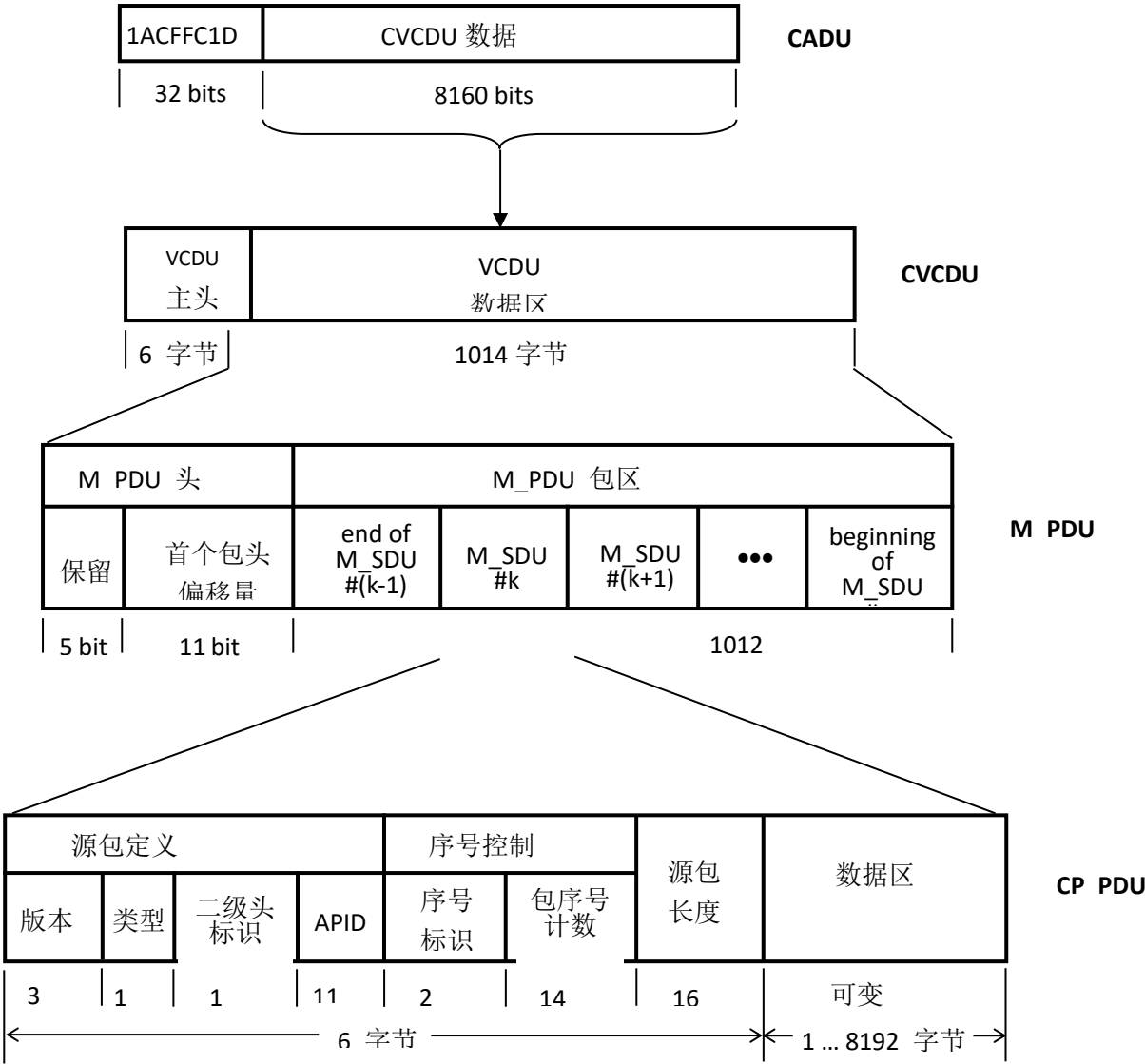


图 8-1 源包数据编码结构

8.3.1 M_PDU 的复合

M_PDU 的复合采用以下方式：

- M_PDU 是顺序排列的，在同一个 M_PDU 中可以包含多个源包，也可以包含半个源包。
- 首包偏移量指的是这个 M_PDU 包区中所能找到的第一个源包头相对于包区开头的偏移字节数。该包头之前的数据属于上一个 M_PDU 包区中的最后一个源包。
- 一个 M_SDU 也可以跨越多个 M_PDU，如果一个包区内没有源包头，则首包偏移量定义为 2047。

8.3.2 VCDU 生成

复合后的 M_PDU 加上主头即成为 VCDU。VCDU 主头格式如下：

版本号	VCDU-ID		VCDU 计数	标识区	
	S/C ID	VC ID		回放标识	备用
2 bit	8 bit	6 bit	24 bit	1 bit	7 bit

S/C ID 对应卫星标识，VCID 对应虚拟通道，VCDU 计数在每个卫星广播时次开始的时候重置为 0。

7bits 的备用区填入该 VCDU 的优先级，优先级为该类别应用数据的 APID 被 32 整除后获得，填入值越小具有越高的广播优先级。

8.3.3 同步码处理

同步码（ASM）必须加在 VCDU 之前，作为帧同步用，32bits 同步码表示为 16 进制数：1ACFFC1D

VCDU 加上同步码产生了信道存取数据单元（Channel Access Data Unit，CADU），长度为 1024 bytes。

9 物理层

物理层实现 DVBS2 编码及上行调制。下行信号传输特征为：

- a. 卫星 EIRP: 55.5
- b. 接收频率: 1679MHz
- c. 极化方式: 左旋圆极化
- d. 符号速率: 6Mbps
- e. 工作模式: DVB-S2
- f. 解调译码方式: QPSK 8/9
- g. 匹配滤波: 根升余弦滤波器
- h. 滚降系数: 0.35

附录 A 信息字段定义

表 A-1 卫星名称定义

卫星名称	定义（5 个字符）
风云四号 A 星	FY4A-
风云四号 B 星	FY4B-
风云四号 C 星	FY4C-
风云四号 D 星	FY4D-

表 A-2 仪器名称定义

仪器名称	定义（6 个字符）	说明
中国风云四号静止气象卫星星载仪器先进的静止轨道辐射成像仪	AGRI-	Advanced Geo. Radiation Imager
中国风云四号静止气象卫星星载仪器静止轨道干涉式红外探测仪	GIIRS-	Geo. Interferometric Infrared Sounder
中国风云四号静止气象卫星星载仪器闪电成像仪	LMI--	Lighting Mapping Imager
中国风云四号静止气象卫星星载仪器快速成像仪	GHI--	Geo. High-speed Imager
中国风云四号静止气象卫星星载仪器空间环境监测仪器组	SEMP--	Space Environment Monitor Package
中国风云四号静止气象卫星星载仪器高能粒子探测器	HEPD--	High Energy Particle Detector
中国风云四号静止气象卫星星载仪器磁通门磁强计	FGM---	Fluxgate Magnetometer
中国风云四号静止气象卫星星载仪器卫星辐照剂量仪	RADD--	Radiation Dose Detector
中国风云四号静止气象卫星星载仪器充电电位测量仪	CPD---	Charging Potential Detector
高能粒子探测器 A	HEPDA-	

仪器名称	定义（6 个字符）	说明
高能粒子探测器 B	HEPDB-	
高能粒子探测器 C	HEPDC-	
磁强计 A	FGMA--	
磁强计 B	FGMB--	

表 A-3 观测模式定义

数据区域类型	定义（1 个字符）	说明
常规观测	N	Normal
高灵敏观测	H	High Sensitivity

表 A-4 数据区域类型定义

数据区域类型	定义（4 个字符）	说明
全圆盘	DISK	Disk
北半球	NHEM	North Hemisphere
南半球	SHEM	South Hemisphere
区域观测	REGn(n=0-9)	REG0-REG9，指代固定范围，范围 TBD 探测仪、成像仪、闪电仪可分别定义
中国区域	REGC	Region China
澳大利亚区域	REGA	Region Australia
机动观测区域	REGX	非固定范围
月亮观测	MOON	Moon
地标观测	LAMA	Land Mark
恒星观测	STAR	Star
黑体观测	BLBO	Black Body Observation

数据区域类型	定义（4 个字符）	说明
冷空观测	SPAC	Space
漫反射板观测	SODO	Solar Diffuser Observation

表 A-5 星下点中心经度定义

含义	定义（5 个字符）
东经 86.5 度	0865E
东经 99.5 度	0995E
东经 104.7 度	1047E
东经 112 度	1120E
东经 123.5 度	1235E
东经 133.0 度	1330E
缺省值	00000

表 A-6 数据级别定义

含义	定义（3 个字符）
0 级数据	L0-
1 级数据	L1A, L1B, L1C, L1D
2 级数据	L2-
3 级数据	L3-
4 级数据	L4-
其他数据	000

表 A-7 仪器通道名称定义

仪器通道名称	定义(4 个字符)
--------	-----------

通道 nnn，其中 nnn=0-999，位数不足时在前面补 0，风云四号卫星 AGRI 仪器各通道定义见表 A.9	Cnnn
多通道合成	MULT
单通道数据	SING
GIIRS 红外 A	IRA-
GHRS 可见光	VIS-

表 A-8 风云四号 GIIRS 各通道定义

定义(4 个字符)	通道
VIS-	可见光
IR-	红外

表 A-9 投影方式定义

投影方式	定义（3 个字符）	说明
Albers Equal Area	AEA	等面积投影
Cylindrical Equal-Distance Projection	CED	等距圆柱投影
EASE-Grid Projection	ESD	等积割圆柱投影
Geographic Longitude/Latitude	GLL	等经纬度投影
Hammer	HAM	Hammer 投影
Lambert Conic	LBT	兰勃托圆锥投影
Mercator	MCT	麦卡托投影
Normalized Projection	NOM	标称投影
	NUL	无空间投影

表 A-10 空间分辨率定义

空间分辨率	定义（4 个字符）
250 米分辨率	0250M
500 米分辨率	0500M
1000 米分辨率	1000M
4000 米分辨率	4000M
7800 米分辨率	7800M
10 公里分辨率	010KM
15 公里分辨率	015KM
20 公里分辨率	020KM
25 公里分辨率	025KM
50 公里分辨率	050KM
100 公里分辨率	100KM
无分辨率	00000
ON BOARD CALIBRATION, 星上定标文件	OBCXX

表 A-11 备用字段定义

备用字段	定义(5 个字符)
L0、L1A：同一任务下文件序号，自然数增长	00001-0000n
L1C 及以上数据填充“版本号(前两位为大版本号，后两位为小版本号)”	Vnnnn

表 A-12 数据格式定义

数据格式	定义（2/3 个字符）
气象卫星数据传输、分发格式	AWX
分层数据格式	HDF

数据格式	定义（2/3 个字符）
压缩 S-VISSR 格式	CSV
气象资料二进制通用表示格式（电码）	BFR
格点二进制数据格式	GRB
地面站接收的空间信道传输的卫星原始数据格式	ORG
JPEG 格式图像	JPG
BMP 格式图像	BMP
PDF 格式文件	PDF
文本文件	TXT
自定义格式	DAT
BUFR 格式	BIN
压缩包文件	BZ2
NetCDF 格式文件	NC
XML 文件	XML