

风云三号气象卫星数据传输体制分析*

朱爱军¹⁾²⁾

¹⁾(中国科技大学电子工程与信息科学系,合肥 230027) ²⁾(国家卫星气象中心,北京 100081)

摘 要

风云三号气象卫星(FY-3)是我国的新一代太阳同步轨道气象卫星,其星-地数据传输体制采用了国际空间数据系统咨询委员会(CCSDS)推荐使用的先进在轨系统(AOS)规约和数据结构,采用 R-S 编码和卷积编码级联的编码方式,使用了 L 波段和 X 波段同时广播的方式。该文分析了 FY-3 星地数据传输体制,将 FY-3 的传输体制与国外同类卫星传输体制进行了比较分析,给出了 FY-3 的传输体制与风云一号(FY-1)的差别,在此基础上提出了我国下一代气象卫星地面站建设的基本策略。

关键词:风云三号气象卫星;数据传输体制;国外同类卫星;气象卫星地面站;基本策略

引 言

风云三号气象卫星是我国的新一代太阳同步轨道卫星,预计 2007 年发射。FY-3 的星地传输体制采用了国际空间先进技术,数据格式采用了国际空间数据系统咨询委员会(CCSDS)推荐使用的先进在轨系统(AOS)规约和数据结构,信道编码采用了 RS 编码和卷积编码级联的编码方案。这种技术对于多载荷共享无线信道资源及提高地面接收数据的质量将有明显的技术优势。欧洲的 METOP 气象卫星、

美国的 NPP/NPOESS 等卫星都采用了这种星地数据传输体制。同时, FY-3 卫星与我国目前使用的风云一号气象卫星(FY-1)相比,数据传输系统技术状态有很大的变化,在功能和技术上都向前迈进了一大步。FY-3 采用了 L 波段加两路 X 波段同时广播数据,而 FY-1 只有两路 L 波段的载频广播数据, FY-3 与 FY-1 广播的数据码速率和信息内容上也有很大差异。国内外目前接收 FY-1 数据的接收系统不具备接收 FY-3 数据的能力。FY-3 与 FY-1 主要传输技术指标差异见表 1。

表 1 FY-3 与 FY-1 主要传输技术指标差异

技术指标	FY-1 高分辨率图像传输(HRPT)	FY-1 延时图像传输(DPT)	FY-3 高分辨率图像传输(HRPT)	FY-3 中分辨率图像传输(MPT)	FY-3 延时图像传输(DPT)
数传频率	L 波段	L 波段	L 波段	X 波段	X 波段
码速率/ Mbps	1.3308	1.3308	4.2	18.7	93
调制方式	BPSK	BPSK	QPSK	QPSK	QPSK
信道编码	无	无	RS + 卷积	RS + 卷积	RS + 卷积
数据格式	自定义	自定义	CCSDS 标准	CCSDS 标准	CCSDS 标准

目前,国内外许多气象卫星的使用单位通过许多渠道向国家卫星气象中心了解 FY-3 的数据传输体制及接收 FY-3 数据的方法。国内及国外接收 FY-1 资料的单位,除气象部门外,还有海洋、水利、农林业、环保等许多部门。目前在轨运行的 FY-1D 星之后没有后续星, FY-3 将取代 FY-1 系列星的业务,向用户提供直接广播数据。为推动 FY-3 卫星

资料及国外同类卫星资料的接收和使用,本文对 FY-3 的星-地数据传输体制进行了分析和计算,并分析计算建设下一代气象卫星地面站时应考虑的部分因素、指标等。将建站的基本策略推荐给国内的广大气象卫星用户。全文首先从数据格式、编码方式、调制方式等几方面分析了 FY-3 的星-地数据传输体制,然后比较 FY-3 与 FY-1 及 METOP, NPP

* 2005-11-17 收到, 2006-06-05 收到再改稿。

的差异,最后提出建设下一代气象卫星地面接收站的基本策略。

1 FY-3 数据传输体制

FY-3 过境时,将同时广播 L 波段的 HRPT(High Resolution Picture Transmit)、X 波段的 MPT(Moderate resolution Picture Transmit)及 X 波段的 DPT(Delay Picture Transmit)。HRPT 实时传输,MPT 在过境及国际合作区域传输,DPT 在过境时传输。

1.1 三路数传链路的传输内容

① HRPT 传输的内容包括:可见光红外扫描辐射计(VIRR)、红外分光计(IRAS)、微波温度计(MWTS)、微波湿度计(MWHS)、紫外臭氧垂直探测仪(SBUS)、紫外臭氧总量探测仪(TOU)、微波成像仪(MWRI)、太阳辐射监测仪(SIM)、地球辐射探测仪(ERM)、空间环境监测器(SEM)等仪器的数据及卫星遥测的数据。

② MPT 数传信道传输的内容是:中分辨率光谱成像仪(MERSI)的数据。

③ DPT 数传信道传输的内容包括:可见光红外扫描辐射计(VIRR)、红外分光计(IRAS)、微波温度计(MWTS)、微波湿度计(MWHS)、中分辨率光谱成像仪(MERSI)、紫外臭氧垂直探测仪(SBUS)、紫外臭氧总量探测仪(TOU)、微波成像仪(MWRI)、太阳辐射监测仪(SIM)、地球辐射探测仪(ERM)、空间环境监测器(SEM)等仪器的延时数据及卫星遥测的延时数据。

1.2 星地传输信道主要指标

HRPT 全球实时广播,由于卫星能源有限,MPT 程控开关机,DPT 则根据我国在国内外的地面布站情况,程控方式下传输数据。主要指标见表 2。

表 2 HRPT, MPT, DPT 信道主要技术指标

参数	HRPT	MPT	DPT
码速率 / Mbps	4.2 (NRZ-L)	18.7 (NRZ-L)	93 (NRZ-L)
时钟稳定度	2×10^{-5}	2×10^{-5}	2×10^{-5}
信道编码	CONV(7,3/4)	CONV(7,1/2)	CONV(7,3/4)
载波点频 / MHz	17yy	77yy	81yy
长期频率稳定度	$\leq 2 \times 10^{-5} / 2a$	$\leq 2 \times 10^{-5} / 2a$	$\leq 2 \times 10^{-5} / 2a$
占用带宽 / MHz	5.6	37.4	128
调制体制	QPSK	QPSK	QPSK
EIRP / dBm	41(仰角为 5°)	46(仰角为 5°)	46(仰角为 7°)

注:CONV 为卷积编码;将频率的尾数以 yy 表示,用户可从国家卫星气象中心获取准确数据;EIRP 为辐射功率。

1.3 星地传输链路编码方案

三条链路的编码流程一样,编码技术细节不同,其中 HRPT 和 DPT 采用了 3/4 的卷积编码,而 MPT 采用了 1/2 的卷积编码。从数据接收的角度看,除国家级的 3 个国内和 1 个国外地面站要接收全部 3 条链路的数据外,其他用户只需接收 HRPT 和 MPT。因此下面只讨论 HRPT 及 MPT 的编码方式。

1.3.1 编码流程

星上仪器数据经格式化、编码、调制、上变频、最后发射广播,地面接收时,接收流程是星上广播的逆过程。详细流程见图 1。

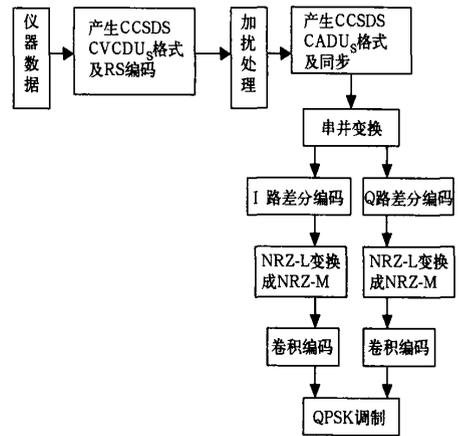


图 1 卫星信息编码流程图

FY-3 数据传输分系统采用级联编码方案:RS(255,223)为外码纠突发差错,卷积编码 HRPT 为(7,3/4),MPT 为(7,1/2)($G_1 = 1111001, G_2 = 1011011$)为内码纠随机差错,地面应用系统必须相干解调,维特比译码(3 bits 软判决),以获取相应编码增益,才能确保在对应的最小口径天线星地链路 3 dB 的设计余量。外码 RS(255,223)在星载信息处理器内部实现,内码卷积编码(7,3/4)或(7,1/2)在卫星数传发射机内部实现。

1.3.2 RS(255,223) 编码方案

所选 RS 编码的参数为^[1-2]: $J = 8, 1$ 个 RS 码字内的 RS 符号的纠错能力 $E = 16$,交错深度 $I = 4$,RS 符号个数 $n = 255$,RS 中代表信息的符号数 $k = 223$,即:编码方式为 RS(255,223)。

有限域 $GF(2^8)$ 在其特征域 $GF(2)$ 上生成多项式为:

$$F(X) = X^8 + X^7 + X^2 + X + 1 \tag{1}$$

码生成多项式为:

$$g(x) = \prod_{j=112}^{143} (x - a^{11j}) = \sum_{i=0}^{32} G_i X^i \quad (2)$$

交错编码框图如图 2 所示,采用双基表示法。

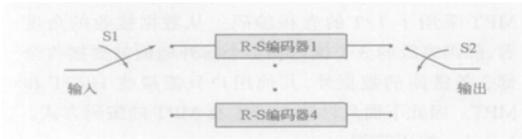


图 2 I=4 的交错原理图

1.3.3 加扰处理方式(randomisation)

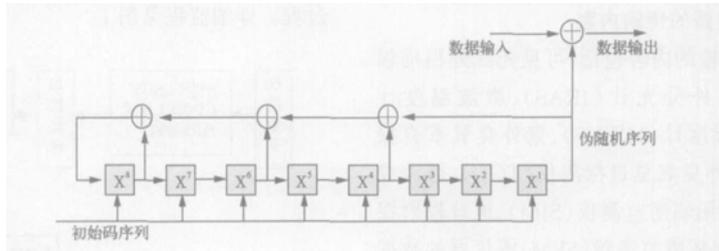


图 3 加扰处理原理图

1.3.4 卷积编码

MPT 射频链路卷积编码器采用以下方案,如图 4 所示。

码率 :1/2 bit/ 符号 ;

伪随机序列使用下列生成多项式^[1-2] :

$$F(X) = X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1 \quad (3)$$

该序列从码块或传送帧的首位开始,每 255 bit 后重复。在每个同步标志周期内,该序列产生器重新初始化为“全 1”状态。

发生器产生的伪随机序列的头 40 位为 1111 1111 0100 1000 0000 1110 1100 0000 1001 1010 最左位为序列的首位,它将与码块或传送帧的首位相异或,第 2 位将与码块或传送帧的第 2 位相异或,等等。逻辑框图如图 3 所示。

约束长度 :7 bit ;

连接矢量 : G₁ = 1111001 ; G₂ = 1011011 ;

相位关系 : G₁ 与第 1 个符号相关 ;

符号反转 :在 G₂ 的输出支路上 ;

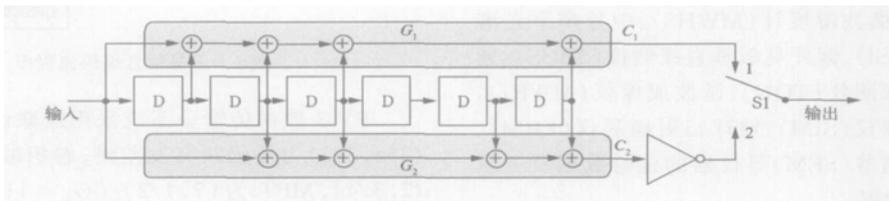


图 4 单个(7,1/2)卷积编码器

输出序列的定义如下 :

$$C_1(1), \overline{C_2(1)}, C_1(2), \overline{C_2(2)} \dots$$

HRPT 和 DPT 射频链路卷积编码器采用以下方案(见图 5 所示) :

码率 :3/4 bit/ 符号 ;

约束长度 :7 bit ;

连接矢量 : G₁ = 1111001 ; G₂ = 1011011 ;

相位关系 : G₁ 与第 1 个符号相关 ;

符号反转 :不 ;

打孔方案 :3/4 码率是由 1/2 码率的输出打孔而成。

输出数据的定义如下

输出 C₁ :101 ; C₂ :110(1 表示被传输的符号,0 表示不被传输的符号。)

最后输出序列的顺序是 C₁(1) , C₂(1) , C₂(2) , C₁(3)

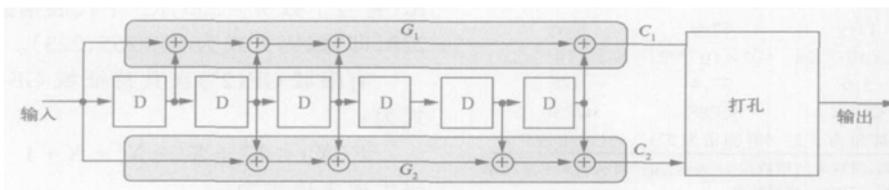


图 5 单个(7,3/4)卷积编码器

2 FY-3 与 FY-1 的星地传输体制差异分析

FY-3 与 FY-1 的主要技术差别有:FY-3 卫星有实时高速图像传输(HRPT)、实时中分辨率图像传输(MPT)及延时图像传输(DPT)3条数据传输信道,而FY-1只有HRPT及DPT两条数传信道;在FY-3的3条数传信道中,有两条是X波段,即MPT及DPT,而FY-1没有X波段的数传信道;为了提高卫星到地面数据传输的质量,FY-3的HRPT、MPT及DPT都采用了RS加“卷积”的编码方式,而FY-1未采用这种编码方式;FY-3的3路数传信道的数据格式都采用了国际上较先进的AOS协议和结构,而FY-1未采用这种标准;FY-3和FY-1的HRPT及DPT的码速率也有很大的不同,FY-3的HRPT为4.2 Mbps,DPT数据速率为93 Mbps,而FY-1的HRPT和DPT则为1.3308 Mbps。

FY-3 气象卫星上将装载11个仪器。FY-3的HRPT传输的数据包括:可见光红外扫描辐射计(VIRR)、红外分光计(IRAS)、微波温度计(MWTS)、微波湿度计(MWHS)、紫外臭氧垂直探测仪(SBUS)、紫外臭氧总量探测仪(TOU)、微波成像仪(MWRI)、太阳辐射监测仪(SIM)、地球辐射探测仪(ERM)、空间环境监测器(SEM)等仪器的数据及卫星遥测的数据,而FY-1的HRPT只有可见光红外扫描辐射计(VIRR)的数据。FY-3的MPT数传信道传输的内容是:中分辨率光谱成像仪的数据。FY-3的DPT数传信道传输资料的内容包括上述介绍的11个仪器原分辨率的境外记录数据及卫星遥测的延时数据,每天获取两次全球资料,FY-1的DPT只有可见光红外扫描辐射计的数据,每天只能获取1次全球资料,且通道数少,分辨率低。

当FY-3发射后,投入业务运行时,地面接收系统在对国外极轨气象卫星的兼容接收能力也大大高于FY-1的地面接收能力,FY-1的地面接收系统只兼容NOAA卫星的资料,而当FY-3投入使用时,美国的NOAA卫星将被NPP/NPOESS代替,地面系统除兼容接收NOAA的资料外,还要兼容接收NPP/NPOESS和国外其他遥感卫星资料,如:美国的EOS,欧洲的METOP,以便更好地为国民经济及国防建设服务。

鉴于这些技术和需求上的差异,FY-1的地面接收设备不能完成FY-3的数据接收任务。

3 欧洲 METOP 卫星广播的 HRPT

欧洲 METOP 卫星广播的 HRPT 类似 FY-3 卫星的 HRPT,对全球进行实时广播,数据格式符合 CCSDS 标准,传输的仪器数据包括^[3]:红外大气探测干涉仪(IASI)、先进的扫描辐射仪 III 型(AVHRR/3)、高分辨率红外探测仪 IV 型(HIRS/4)、先进的微波探测装置(AMSU)、微波湿度探测仪(MHS)、空间环境监视仪(SEM)、数据收集系统(Data Collection System,DCS)、先进的散射仪(Advanced Scatterometer,ASCAT)、GLONASS 大气探测仪(GRAS)、全球臭氧监视仪(GOME),信道主要指标如下:频率为 1701.3 MHz;带宽为 1698.75 ~ 1703.25 MHz;数据速率为 3.5 Mbps;调制方式为 QPSK;EIRP 为 9.1 dBW(5°)。

信道的编码方式:METOP 的 HRPT 的信道编码和 FY-3 的 HRPT 信道编码相比,不同点在于:METOP 的 HRPT 首先对数据流进行卷积编码,然后分成 I、Q 两路进行调制;FY-3 的 HRPT 是先将数据分成 I、Q 两路,再进行卷积编码,调制。加扰及 RS 编码方法和 FY-3 的 HRPT 编码方法相同。

4 美国 NPP/ NPOESS 卫星广播的 HRD

美国的 NPP/ NPOESS(其中 NPP 是 NPOESS 的试验星),将对全球实时播发 HRD 高速率数据广播。数据格式符合 CCSDS 标准,传输的仪器数据包括^[4]:可见红外成像/辐射仪器(VIIRS)、圆锥扫描微波成像/探测仪(CMIS)、跨轨扫描红外探测仪(CrIS)、GPS 掩星探测仪(GPSOS)、臭氧成像/探测仪器(OMPS)、空间环境探测仪器(SESS)、气溶胶偏振探测器(APD)、数据收集系统(DCS)、地球辐射平衡探测器(ERBS)、先进技术微波大气探测器(ATMS)、雷达高度计(RADAR)、搜索救援跟踪系统(SARSAT)、太阳总量辐照度仪(TSIS)。信道主要指标如下:轨道高度为 833 km;频率为 7812 或 7830 MHz;带宽为 30.8 MHz;数据速率为 20 Mbps(NPP:15 Mbps);调制方式为 QPSK。

地面系统的 G/T 设计大于 17.2 dB/K 时,保证数据的接收。

信道的编码方式:NPP/NPOESS 的 HRD 的信道编码和 FY-3 的 MPT 信道编码基本相同,即先将

数据分成 I, Q 两路, 再进行卷积编码, 调制。加扰及 RS 编码方法和 FY-3 的 MPT 编码方法一样。

5 地面接收的基本策略

5.1 接收数据任务分析

目前, 接收 FY-1 卫星数据的用户, 一般都同时接收美国 NOAA 卫星及 EOS 卫星的数据。当 FY-3 卫星发射后, FY-1 没有后续星, 与 FY-3 同类的欧洲 METOP 卫星将于 2006 年发射, 美国的新一代极轨卫星也将变成 NPP/ NPOESS, 其第 1 颗星计划于 2008 年发射。到时国内外的气象卫星等用户地面站将以接收 FY-3 卫星, METOP 卫星、NOAA 系列及 NPP/ NPOESS 卫星为主。地面接收站的建设要以兼容接收前面提到的卫星数据为根据进行设计。

从前面的分析可知, 对于一般用户的地面接收

站, 要接收数据的任务如表 3 所示。

表 3 主要任务列表

卫星	遥感资料类型	技术指标
FY-3	HRPT	码速率: 4.2 Mbps, 频率: 1.7yy GHz
FY-3	MPT	码速率: 18.7 Mbps, 频率: 7.7yy GHz
NOAA	HRPT	码速率: 0.6654 Mbps, 频率: 1.707 GHz, 1.698 GHz, 1.7025 GHz
METOP	HRPT	码速率: 3.5 Mbps, 频率: 1.7013 GHz 或 1.707 GHz
NPP/ NPOESS	LRD	码速率: 4 Mbps, 频率: 1.7025 GHz, 1.7065 GHz (NPOESS)
NPP/ NPOESS	HRD	码速率: 15 Mbps, 频率: 7.821 GHz (NPP) 码速率: 20 Mbps, 频率: 7.83 GHz (NPOESS)

5.2 接收系统的工作流程

FY-3 的 HRPT 及 MPT 的接收系统可采用公用天线和伺服设备, 信道 数据进机及处理软件等其他部分完全独立, HRPT 及 MPT 信息流程一样, 详见图 6。

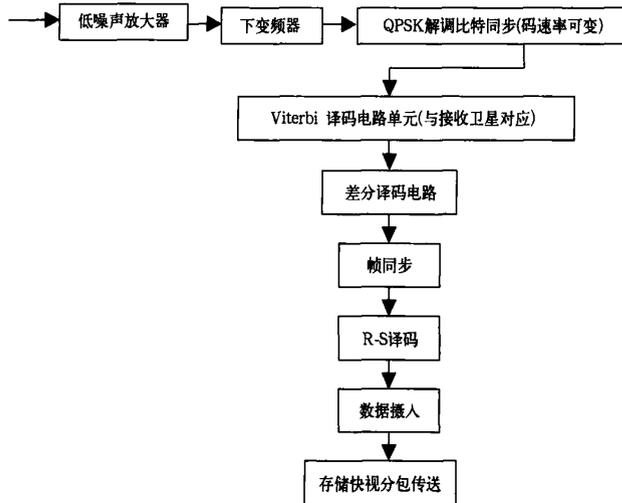


图 6 HRPT/ MPT 信息流程图

工作原理描述: 在卫星过境前, 天线监控单元接收其轨道预报参数并进行插值处理成跟踪程序。然后将天线预置在一定方位仰角上, 控制天线指向卫星进站点位置等待, 当卫星进站时, 启动跟踪程序跟踪卫星并接收卫星下传的数据, 数据的接收流程如图 6。卫星离站时, 天线监控单元可自动结束程序跟踪, 将天线指向收藏位置, 等待下次任务。天线控制单元根据作业表依次执行接收任务。

在天线对目标的程序跟踪过程中, 天线轴角编码设备对天线轴的转角进行实时编码、显示并可上

报, 实现对 FY-3 卫星的连续程控跟踪, 过顶不丢失数据。接收系统的解调器根据不同的卫星设置不同的码速率; 本振源根据不同的卫星设置相应的工作频率; 信道译码由各卫星信号对应的电路完成; 各卫星资料的帧同步、数据进机和处理软件分别与之对应。这样可保证一套接收设备兼容接收多颗同类卫星数据。数据传入计算机后, 对其进行解包、存储、快视, 并进行资料处理和应用。

5.3 星地接口指标及计算

要正确完成接收任务, 首先要保证跟踪卫星及

数据的接收与解调,其次要对数据进行正确的译码。设计地面系统的关键是根据卫星的指标、无线传输理论及部分工程经验数据计算出地面接收天线的大小。前面对卫星的信道编码格式进行了分析,地面接收时反向进行译码即可。下面首先给出计算的理论和工程方法,然后给出 FY-3 的 HRPT, MPT, METOP 的 HRPT 及 NPP/ NPOESS 的 LRD, HRD 的计算结果。

5.3.1 星-地数据传输链路的计算方法

① 多普勒频率的计算

在卫星的运动中,其相对于接收天线位置的变化,接收载波频率会产生多普勒频率效应,载频由 f_0 变为 $f_0 + f_d$ 。

对不同的载波,多普勒频率为:

$$f_d = \pm v / \lambda = \pm (v/c) f_0^{[5-6]} \quad (4)$$

式(4)中, $C = 300000000 \text{ m/s}$, f_0 为载波频率, v 为卫星速度。

② 星地作用距离计算

卫星到地面天线的距离可根据下列方程组计算。

$$\begin{aligned} (H + r) / \sin(90^\circ + \theta) &= r / \sin \beta = \\ R / \sin(180^\circ - 90^\circ - \theta - \beta) & \quad (5) \end{aligned}$$

式(5)中 θ 是地面天线仰角, H 是轨道高度, r 是地球半径, R 是星地作用距离, β 是卫星到地面天线的方向与垂直地面方向之间的夹角。

对 FY-3 卫星 $\theta = 5^\circ$ 时, $R = 2860.18 \text{ km}$ 。对同一卫星,轨道高度已知,根据不同的仰角可分别计算出不同的距离。

③ 自由空间损耗(单位: dB) 计算

$$L_f = (4\pi R / \lambda)^2 = 92.45 + 20\lg R + 20\lg f^{[6]} \quad (6)$$

④ 地面接收功率计算

地面站 LNA 入口电平(单位: dBm),

$$C = P_{\text{EIR}} - L_f - L_p - L_t - L_a + G_r^{[6]} \quad (7)$$

其中, P_{EIR} 为等效全向辐射功率; L_f 为自由空间损耗; L_p 为极化损耗; L_t 为天线指向损耗; L_a 为大气吸收损耗; G_r 为地面站接收天线增益。

⑤ 噪声温度计算

$$\text{噪声温度 } T = T_A + T_O(L - 1) + T_R L^{[6]} \quad (8)$$

其中, T_A 是天线噪声温度(单位: K), T_O 以绝对温度表示的环境温度(单位: K), T_R 低噪声放大器的温度, L 馈线损耗值。

⑥ 地面接收载噪比计算

$$\begin{aligned} (C/N_0)_d &= P_{\text{EIR}} - L_d + \\ & (G/T)_e + 228.6^{[6]} \quad (9) \end{aligned}$$

式(9)中, $(G/T)_e$ 是地面接收天线的品质因素(单位: dB/K), K 为波耳兹曼常数($-228.6 \text{ dBW} \cdot \text{Hz}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), T 为天线噪声温度, C 为地面接收到的载波功率, L_d 是天线指向、大气吸收极化、设备等损耗及空间损耗, 天线增益(单位: dB) 为

$$G = 10\lg \eta (f \times 3.14 \times D/c)^{2[5]} \quad (10)$$

式(10)中, η 为天线效率, $c = 300000000 \text{ m/s}$, f 为工作频率。

只要计算出 G/T , 便可计算出天线的直径 D 。

⑦ 接收信噪比计算

$$E_b/N_0 = (C/N_0) - 10\lg R \quad (11)$$

如果考虑差分编译码损耗 D_s 和 I 路与 Q 路功分损耗, 则 $E_b/N_0 = (C/N_0) - 10\lg R - D_s - (I - Q)$, R 为码速率(卷积级联 RS), $(I - Q)$ 为 I 路与 Q 路功分损耗。

5.3.2 部分计算结果

表 4 FY-3 与 METOP 的 HRPT 计算结论对比表

参数	FY-3	METOP	单位
仰角	5	5	(°)
波耳兹曼常数	-228.6	-228.6	dBW/kHz
轨道高度	836.4	850	km
星地作用距离	2860.18	2889	km
自由空间损耗	166.20	166.30	dB
地面天线口径	3	3	m
地面站 G/T 值	10.5	10.5	dB/K
卫星 EIRP 指标值	11	9.1	dBW
天线指向损耗	-0.5	-0.5	dB
极化损耗	-0.5	-0.5	dB
大气吸收损耗	-0.3	-0.3	dB
降雨损耗	0	0	dB
地面接收载噪比	82.6	80.7	dB/Hz
码速率	66.23	65.44	dBHz
地面多径损耗	0	0	dB
差分编/译码损耗	-0.2	-0.2	dB
I/Q 功分损耗	-0.2	-0.2	dB
接收信噪比	15.97	14.86	dB
设备及解调损耗	-3	-3	dB
需要的 E_b/N_0 (3/4 级联 RS)	5.5	5.5	dB
链路余量	7.49	6.36	dB

注:表 4 中部分参数可根据实际情况修改。

同理,对于其他卫星 L 波段的广播信道,按照本节的理论及表 4 的部分工程数据可得出计算结果。对于其他卫星 X 波段的广播信道,按照本节的理论及表 5 的部分工程数据可得出计算结果。

表5 FY-3的MPT与NPP/NPOESS的HRD
的计算结果对比表

参数	FY-3	NPP/ NPOESS	单位
仰角	5	5	(°)
波耳兹曼常数	- 198.6	- 198.6	dBm/ k Hz
轨道高度	836.4	833	km
星地作用距离	2860.18	2835.13	km
自由空间损耗	179.38	179.35	dB
地面天线口径	3	3	m
地面天线效率	0.6	0.6	
地面天线增益	44.7	44.7	dB
地面系统噪声温度	296	296	K
地面站 G/ T 值	19.99	19.99	dB/ K
卫星 EIRP 指标值	46	43.05	dBm
天线指向损耗	- 0.3	- 0.3	dB
极化损耗	- 0.5	- 0.5	dB
大气吸收损耗	- 0.5	- 0.5	dB
降雨损耗	- 1.7	- 1.7	dB
地面接收载噪比	82.21	79.29	dB/ Hz
码速率	72.72	71.76	dBHz
地面多径损耗	0	0	dB
差分编/译码损耗	- 0.2	- 0.2	dB
1/ Q 功分损耗	- 0.2	- 0.2	dB
接收信噪比	9.09	7.53	dB
设备及解调损耗	- 3	- 3	dB
需要的 E_s/N_0 (1/2 级联 RS)	4.3	4.3	dB
链路余量	1.79	0.23	dB

注:表5中部分参数可根据实际情况修改。

6 结 论

目前,国内外接收 FY-1 及 NOAA 卫星数据的

气象卫星用户的地面接收系统将不能接收我国的新一代气象卫星 FY-3 的数据及欧洲 METOP 和美国的 NPP/ NPOESS 卫星的数据,接收系统必须重新研制。根据分析和计算,同一地面设备在采用 3 m 天线,码速率、频率、解调方式可变的电路后,可完成兼容接收多颗卫星的数据。从气象卫星用户对卫星数据的使用分析,和 FY-3 处于同一时期的 METOP 及 NPP/ NPOESS 卫星的数据也将对气象分析及灾害监测发挥作用,用户在研制 FY-3 接收设备时,采用兼容接收 METOP 的 HRPT,及 NPP/ NPOESS 的 LRD 及 HRD 的策略将是十分有益的。

参 考 文 献

- [1] 邓丽芳,郑尚敏,译.空间数据系统标准建议书.北京:航空工业出版社,1995:79-155.
- [2] 邓丽芳,吴凤芝,张荣霞,等译.分包遥测标准建议书.北京:航空工业出版社,1998:7-72.
- [3] Bosma J. HRPT/ LRPT Direct Broadcast Service Specification. EUMETSAT,2000.
- [4] Don Hood, Fred Ricker, Danial De Vito, et al. NPP Spacecraft High Rate Data(HDR) Radio Frequency(RF) Interface Control Document(ICD) to The Direct-broadcast Station. Goddard Space Flight Cenr Greenbelt, Maryland, 2003(1-1-C2).
- [5] 蔡剑铭,甘仲民,陈九治,等.卫星通讯系统.北京:人民邮电出版社,1994:19-98;405-411.
- [6] 殷琪.卫星通讯系统测试.北京:人民邮电出版社,1997:20-31.

Analysis on Specification of FY-3 Meteorological Satellite Data Transmission

Zhu Aijun¹⁾²⁾

¹⁾(University of Science and Technology of China , He fei 230027)

²⁾(National Satellite Meteorological Center , Bei jing 100081)

Abstract

The specification of FY-3 meteorological satellite data transmission between FY-3 satellite and user ground stations is analyzed. It helps user stations to understand specification and performance requirements of FY-3 meteorological satellite data communications interface. FY-3 will provide three types of data transmission capabilities. When FY-3 satellite passes the receiving station, the three downlinks transmit simultaneously. The three downlinks include: real time direct downlink of HRPT(high resolution picture transmission); real time direct downlink of MPT(moderate resolution picture transmission); direct playback for delay time data link of DPT(delay picture transmission). HRPT transmission adopts L-band and QPSK modulator and data rate of

4.2 Mbps and EIRP(effective isotropic radiated power) of 41 dBm; MPT transmission adopts X-band and QPSK modulator and data rate of 18.7 Mbps and EIRP of 46 dBm; DPT transmission adopts X-band and QPSK modulator and data rate of 93 Mbps and EIRP of 46 dBm. Their channel coding adopts telemetry channel coding standard (CCSDS 101.0-5) and advanced orbiting systems networks and data links architectural specification (CCSDS 701.0-2) (consultative committee for space data system (CCSDS) recommendations). DPT is transmitted only when satellite passes over China area and Svalbard area. FY-3 Meteorological Satellite will be launched in 2007, it will provide services for users to replace FY-1. National ground stations of FY-3 consist of Beijing ground station, Guangzhou ground station, Urumqi ground station and Svalbard ground station. They can receive HRPT, MPT and DPT data of FY-3. Other ground stations can receive only HRPT and MPT data of FY-3.

The application data provided by the HRPT of FY-3 link are as follows: VIRR data, IRAS data, MWTS data, MWHS data, SBUS data, TOU data, MWRI data, SIM data, ERM data and SEM data. The application data provided by the MPT of FY-3 link only include science instrument data of MERSI. The application data provided by the DPT of FY-3 link are as follows: MERSI data, VIRR data, IRAS data, MWTS data, MWHS data, SBUS data, TOU data, MWRI data, SIM data, ERM data and SEM data. The transfer frames and Source Packet structure of data are consistent with CCSDS.

An introduction to the physical layer on HRPT/ MPT is given in this paper. The physical layer includes: RS encoding serial to parallel conversion convolution encoding synchronization and modulating. After Reed-Solomon encoding and pre-pending the attached Sync Marker, data are divided into I channel and Q channel, then rate 3/4 convolution encoding for HRPT and 1/2 convolution encoding for MPT are applied, then data are modulated with QPSK modulation.

The main principle, calculating method and analyzing method of FY-3 HRPT link budget and FY-3 MPT link budget are also given. The differences of data transmission among FY-3 and METOP and NPP/ NPOESS are discussed. Primary strategy to design the user stations is given: when direct read out user stations design their ground stations, the ability of acquiring data must be considered. It is very important that direct read out users stations must acquire the HRPT data and MPT data of FY-3, AHRPT data of METOP and HRD data of NPP.

Key words: FY-3 meteorological satellite; data transmission specification; direct read out; ground station; primary strategy