

航天飞机信息系统 译文集

宇航出版社

航 天 飞 机 信 息 系 统 译 文 集

李邦复 郝建民 等编译
李伟范 钟展煌

宇航出版社

内 容 简 介

《航天飞机信息系统译文集》是反映美国航天飞机信息系统及相关高技术的发展状况的一本文集。文集共收集了 31 篇文章,包括下述四个方面:第一,远程通信与跟踪系统;第二,信道编码与数据处理、存储;第三,机载导航设备、交会雷达、天线以及 GPS(全球定位系统的)应用;第四,机载数据管理、处理系统以及地面支持系统。

本文集对从事航天飞机及其它航天方面的通信、遥测、遥控、跟踪等专业的工程技术人员和管理人员,有很大的参考价值。此外,也可供相关专业的大专院校师生参考。

航天飞机信息系统译文集

李邦复 郝建民 李伟范 钟展煌 等编译

责任编辑:任长卿 宋 纯

★

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

天津静一胶印厂印刷

★

开本:787×1092 1/16 印张:22.875 字数:571 千字

1989 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-1050 册

ISBN7-80034-258-1/V·012 定价:12.50 元

编译者的话

为跟踪世界高技术的发展,促进我国航天技术和信息技术走向新的高峰,让更多的关心该领域的人们了解航天信息系统发展动态,航空航天部一院 704 所组织编译出这本《航天飞机信息系统译文集》。

本文集包括 31 篇文章,主要涉及美国航天飞机信息系统,同时收入了与航天飞机运行关系密切或与航天飞机信息系统在技术上有共性的一些文章,如有关空间站、跟踪与数据中继卫星系统(TDRSS)、导航星全球定位系统(GPS)、地面支持系统等文章。所收集的文章侧重于天-地远程通信系统、天-天远程通信系统以及机载信息系统的概念、构成、工作模式与关键技术,较少涉及地面测控网与航天飞行中心。

文章按内容大体划为四类。第 I 类介绍远程通信与跟踪系统的构成、性能与评价;第 II 类讨论高效编码技术、信号处理技术与数据存储装置;第 III 类介绍机载导航设备、交会雷达及天线,包含 GPS 的应用;第 IV 类讨论机载数据管理与处理系统以及地面支持系统。

本文集的编译出版是航空航天部第一研究院开展天-地往返运输系统概念研究和预先研究的计划项目之一,得到院领导及主管部门的关心与支持。

参加翻译工作的都是一院 704 所的技术人员,其中大部分是青年科技工作者。他们献身于我国航天高技术发展的热情使这本文集能及时与读者见面。

本文集中的计量单位保留原稿所采用的单位,未折算成法定计量单位。文集集中的“重量”为“质量”的习惯称呼。

编者希望这本文集对艰苦奋斗在我国航天战线上的同行有望梅之效,对准备投身于这一伟大事业的青年读者有引玉之功。由于编译者水平及经验的限制,错误实难尽免,恳请读者指正。

1988 年 8 月

目 录

I-1 航天飞机通信和跟踪系统.....	(1)
I-2 航天飞机轨道器通信和跟踪系统概述.....	(20)
I-3 空间站通信和跟踪系统.....	(39)
I-4 航天飞机轨道器处理、监控和遥测系统.....	(57)
I-5 航天飞机轨道器 S 波段通信分系统.....	(75)
I-6 轨道器 Ku 波段雷达及通信综合分系统.....	(88)
I-7 国际空间站通信和跟踪系统的频段利用问题.....	(117)
I-8 用分析仿真技术对航天飞机用的跟踪和数据中继卫星 系统进行性能评价.....	(126)
II-1 航天器遥测信道级联码的性能.....	(137)
II-2 空间通信用的 Reed-Solomon/Viterbi 级联信道编码及数 据压缩的最新结果.....	(144)
II-3 航天飞机通信用的 50Mbit/s 多路合成编码系统.....	(151)
II-4 航天飞机上用的话音自适应增量调制编码.....	(155)
II-5 航天飞机通信线路的扩谱信号捕获与跟踪性能.....	(167)
II-6 航天飞机与载荷通信中使用微处理机的码同步器.....	(185)
II-7 航天飞机用宽频带 PCM 磁带记录器.....	(198)
III-1 航天飞机导航应用的无线电设备.....	(207)
III-2 航天飞机轨道器使用的交会雷达.....	(218)
III-3 精确测量时间、空间及位置信息的小型移动式 GPS 靶 场跟踪系统.....	(233)
III-4 全球定位系统用于弹道导弹跟踪.....	(239)
III-5 未来小型移动式全球定位系统跟踪靶场.....	(244)
III-6 航天飞机轨道器天线的研制.....	(247)
IV-1 为航天飞机开发的新型通用计算机(GPC)API01S.....	(258)
IV-2 航天飞机遥测应用的趋势.....	(276)
IV-3 空间站遥测应用的趋势.....	(283)
IV-4 空间站射频(RF)信道遥测通信格式.....	(289)
IV-5 星形拓扑结构的空间飞行器数据总线.....	(296)
IV-6 空间站数据管理系统的体系结构.....	(307)
IV-7 空间站数据管理系统对遥测数据的处理.....	(319)
IV-8 用于数据采集的专家系统.....	(326)
IV-9 用于航天飞机计划的载荷数据处理.....	(334)
IV-10 用于航天飞机和载荷射前检查的数据中继系统.....	(347)

航天飞机通信和跟踪系统^①

Kwei TU, John H. Johnson 等

摘要:本文意在全面论述航天飞机通信和跟踪系统的设计、研制以及系统的工作情况。重点放在航天飞机率先使用的诸如信道编码、信源编码、扩谱和数字调制等新的通信技术。除此之外,还介绍了电子系统测试实验室(ESTL)在系统研制过程中所起的作用。

1 引言

1970年初,研制航天飞机通信和跟踪(C&T)系统时遇到了大量技术挑战。轨道器至地面的基本通信勤务确定使用 TDRSS,而 TDRSS 与航天飞机轨道器系统同时开始研制。TDRSS 要求为轨道器开发数字通信系统。为了进行全任务通信,航天飞机必须使用平装宽带天线。使用这些低增益天线迫使轨道器设计时不得不采用现代化尖端技术,包括信源编码、数据压缩、信道编码和相移键控调制(PSK)技术。另一些要求导致采用扩谱通信、非平衡四相调制和保密编码,这又进一步使系统设计复杂化。

航天飞机另一个主要通信能力是载荷通信系统。此系统为轨道器和分离载荷之间提供双向数据线路。实际上,系统等效于一个约有 800 条射频(RF)信道通信能力的空载地面站。设计此 S 波段线路的难点是要保持同轨道器-地面 S 波段线路 RF 兼容。

所研制的航天飞机通信系统要同 NASA 地面空间飞行跟踪和数据网(GSTDN)、TDRSS、美国空军卫星控制设施(SCF)、其他卫星、舱外活动宇航员以及联邦宇航局的空中交通管制(ATC)话音通信设施相接口。在轨飞行时,通信系统包括三个主要 RF 分系统:S 波段、Ku 波段和超高频(UHF),如图 1 所示。S 波段分系统用于距离跟踪、接收数字话音和指令,以及发送数字话音、轨道器工作状态的遥测和其他数据。Ku 波段分系统为数字话音、遥测、电视和高码率载荷数据提供传送能力;UHF 用于同舱外活动(EVA)宇航员通信。除 S 波段直通线路和 TDRSS 中继线路外,在大气层飞行段,UHF 还为 ATC 提供话音通信。

^①译自“Proc. of the IEEE”,V. 75, No. 3, P. 356, 1987.

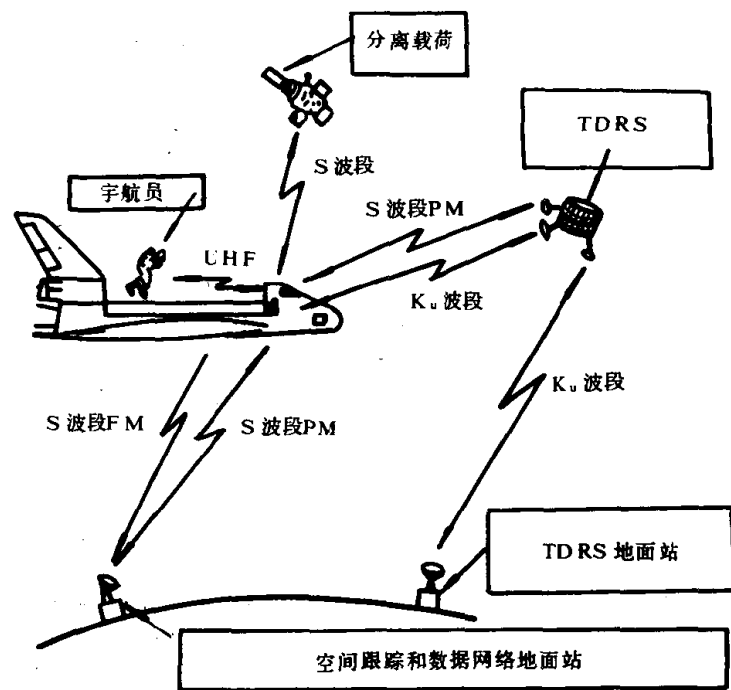


图1 轨道通信线路

在跟踪方面, Ku 波段交会雷达的研制是一项巨大成就。把先进的军用飞机技术改造成适于空间任务需要的跳频、脉冲、多普勒雷达。为了尽量减轻重量, 把雷达同高数据率 Ku 波段通信系统结合在一起。为使雷达和通信均具有最佳的性能, 设计这种独特的整体系统遇到了困难。

为确保整个通信和跟踪系统设计得到认证, 为使接口相容性以及设计验收工作满足为支援载人空间飞行所需要的整套综合通信系统的要求, 在 NASA 约翰逊空间中心(JSC)建立了电子系统测试实验室 (ESTL)。此实验室从阿波罗计划执行以来一直在工作。ESTL 工作贯穿在航天飞机通信系统研制工作的全过程中, 并且已经证实 ESTL 在系统硬件设计检验期间(从模型到硬件最后飞行试验)起着非常重要的作用。

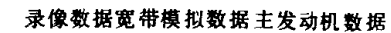
2 S 波段通信和跟踪系统

航天飞机 S 波段通信系统包括两个独立分系统。网络分系统通过双向调相 (PM) 线路直接或经 TDRSS 中继对三个网站 (GSTDN, TDRSS, SCF) 提供话音、指令、测距和遥测综合通信勤务。此分系统还用单向调频 (FM) 线路直接将宽带数据传送至地面。网络通信分系统是传输所需飞行状态数据和提供测距能力的重载系统。另一个 S 波段分系统是载荷通信分系统, 它为轨道上飞行的有效载荷提供双向通信(指令和遥测)。

2.1 S 波段网络分系统

S 波段网络分系统为航天飞机轨道器 (SSO) 与地面之间提供直通和通过 TDRSS 中继的双向 PM 通信。它还为航天飞机轨道器与美空军 SCF 地面站之间提供直通双向 PM 通信以及从

4



S 波段 PM 中继线路(前向线路): 来自地面的前向线路(通过 TDRSS 到 SSO)可以使用高数据率或低数据率传输模式工作。高数据率模式中, 线路可以同时容纳两路话音, 一路指令和一路同步。图 4 是功能框图。每路话音通道均采用信源编码, 使用可变斜率 Δ 调制器将模拟

• 3 •

话音信号变换成 32kbit/s 数字序列。修正的 Abate 算法（可变步长加重）进行调制和解调。只要送给 Δ 解调器的误码率小于 10^{-2} 和发送率等于或大于 24kbit/s, 这种算法提供的字可懂度为 90% 以上。航天飞机是应用此种新技术将模拟话音数字化的第一个载人空间计划。

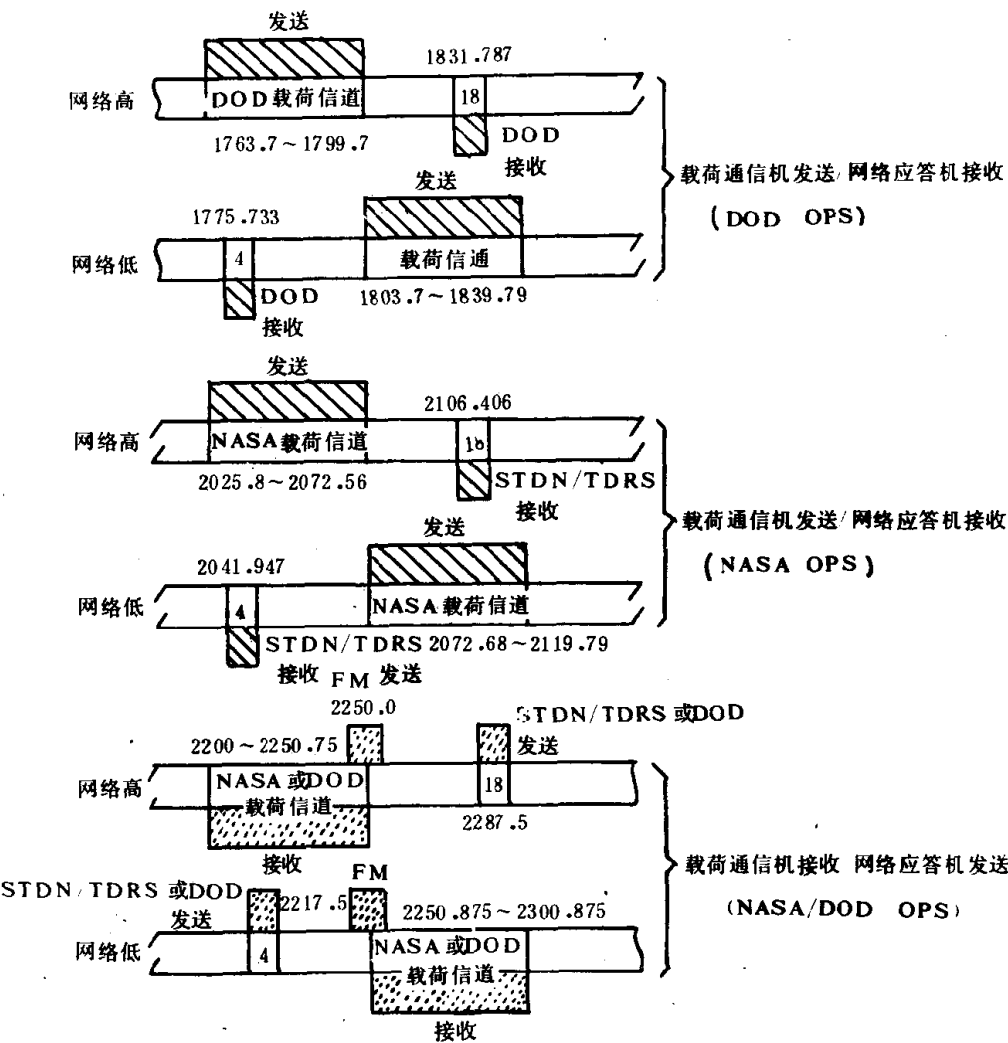


图 3 S 波段频率规划

2.4kbit/s 指令通道通过指令编码器编成 6.4kbit/s 数据序列。编码采用 BCH 码 (127, 50)。BCH 码可保证假指令接收概率小于 6.62×10^{-24} 。两路 32kbit/s 数字话音通道, 已编码 6.4kbit/s 指令通道和 1.6kbit/s 的同步通道 (同步 1.2kbit/s, 充填码 0.4kbit/s) 时分合路 (TDM) 为单一 72kbit/s 数据序列。然后 TDM 数据被加密, 用 1/3 速率信道编码器编成 216kbit/s 序列卷积码。采用这种编码方式和 8 电平软判决维特比译码算法, 线路可获得 5.5dB 编码增益。图 5 示出卷积编码器的移位寄存器表示法。将已编码的 TDM 数字序列从 NRZ-L 码转变为 Bi- Φ -L 码形式, 以产生高密度码位转换, 使轨道器接收机能快速捕获码同步。需要指出, 这种与阿波罗采用模拟设计相反的全数字设计方法, 大大改善了信道利用率, 并且提高了数据处理能力。

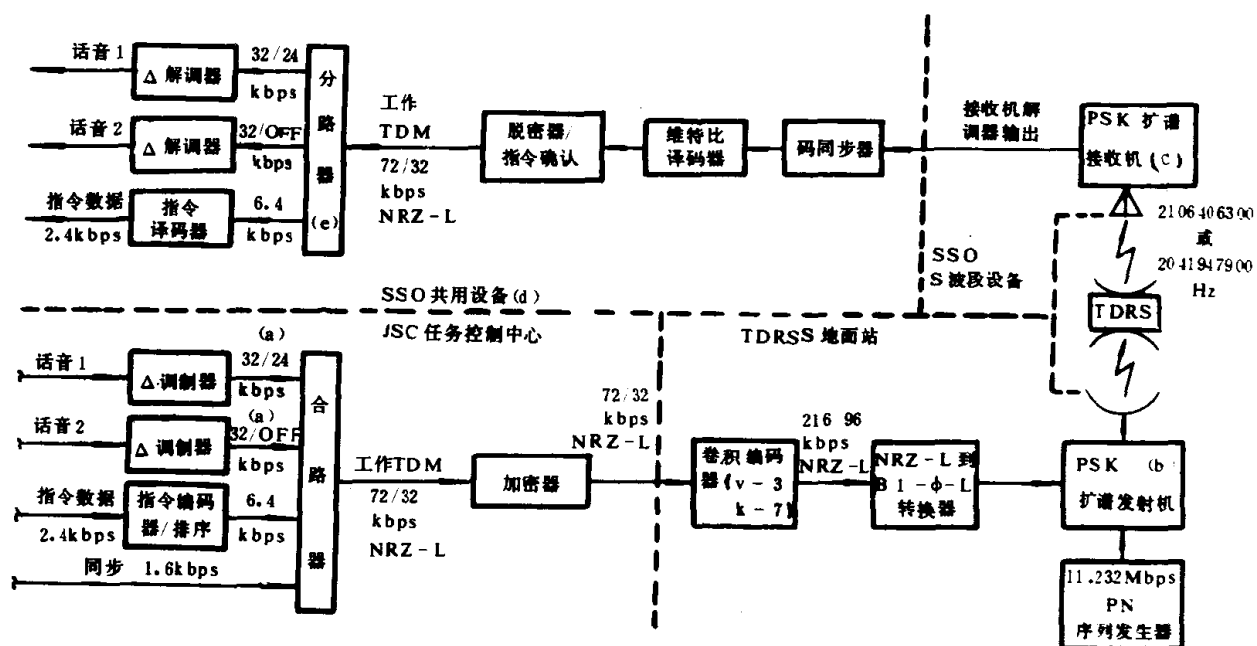


图4 TDRSS至SSO的S波段前向线路功能框图

- (a)高数据率/低数据率
- (b)可以转换数据调制通或断和单独转换载波扩谱通或断
- (c)可以操作数据调制通或断和载波扩谱通或断
- (d)S波段直通上行线路和Ku波段前向线路设备相同
- (e)帧同步使用1.6kBps同步通道

为了减少给定频带内照射到地面的功率通量密度,满足国际无线电咨询委员会(CCIR)规定,系统采用扩谱调制。S波段伪噪声(PN)序列生成元采用10级线性反馈移位寄存器(LFRS),反馈连接多项式系数为2201(八进制)。PN码长1023位。形成的11.232Mcps PN码与已编码的TDN数字数据流异步模2加。最后形成的数字chip流以NRZ-L形式调制2100.4或2041.9MHz载波。相移键控是完全抑制载波分量的相位调制的一种特殊形式,因此全部信号功率都贡献给数据通道。通过这种方法提供了满足TDRSS严格要求的所需线路性能。

在航天飞机轨道器S波段网络应答机中,扩谱处理器利用有源相关器和一个 τ -抖动环路,分别去捕获跟踪PN序列,解扩收到的信号。然后用一个带有载波Costas环路的相干PSK解调器去复现1/3速率已编码的基带符号流。经过码同步和软判决译码后,S波段网路信号处理器将72kbit/s加密数据送给脱密器。帧同步分路器识别脱密的TDM序列中的同步码组,并分离语音通道和编码指令通道。将语音通道和指令通道分别送给 Δ 解调器和指令译码器进

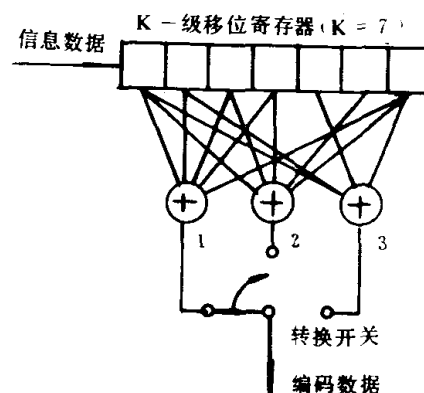


图5 S波段卷积编码器

生成元素数:1. 1111001 2. 1011011 3. 1100101
生成元序列: 7566127。

一步处理。

在低数据率模式中，只有一路 Δ 调制的话音，码率为 24kbit/s，TDM 通道工作速率是 32kbit/s 而不是 72kbit/s。低数据率工作与高数据率的完全相同。

表 1 给出前向线路参数细节以及高、低速率模式性能。

表 1 TDRSS 至 SSO 的 S 波段前向线路接口特性

信 息		TDM 合路 和加密②	信道编码 和译码	扩 谱
通道	速率			
话音 1	32/24 kbit/s①	同步码组	编码效率:	PNchip 率
话音 2	32/断 kbit/s①	76571440 ^③	1/V=1/3	11.232 Mcps
指令	6.4kbit/s	码率	约束长度	PN 序列长:
同步	1.6kbit/s	72/32 kbit/s①	K=7bit	1023chip
			发生器序列:	PN 序列格式
			7566127 _a	NRZ-L
			符号率:	
			216/96 ksps①	
			±0.001%	
			符号格式:	
			Bi-Φ-L	
			译码算法:	
			8 电平软判决	
			维特比(最大似然)	

载波 调制	载波 频率	TDRSS 最小 EIRP④	天线 极化	SSO 最小 G/T	SSO要求的⑤ Prec/N ₀ dBHz
PSK	2106406300	46dBW	RCP	-29.0 dB/K	高速率数据 55.0
$\beta = \pi/2$	Hz				低速率数据 51.5
rad	或				
±3°	2041947900				
	Hz				

①高数据率/低数据率
②不加密工作能力
③TDM 帧同步使用遥测同步码
④EIRP=全向有效辐射功率
⑤对 10⁻⁴ 误码率而言

S 波段 PM 中继线路(反向线路): 反向线路也可以在高速率或低速率数据传输模式下工作。反向线路载波可以是由地面站提取双向多普勒的 S 波段前向线路的相干往返载波,也可以是由机载辅助振荡器产生。相干方式工作的发射频率(与前向线路相锁)与接收频率之比为 240/221。另外,当频率是由辅助振荡器产生时,发射频率是 2887.5MHz 或是 2217.5MHz。如载荷选在 S 波段(大约 2200MHz 至 2250MHz,如图 3 频率计划所示)的低端,为了减少射频干扰,反向线路载波应使用 2287.5MHz。

同前向线路一样,反向线路设计对 TDM 数据进行加密和采用卷积编码,以提高线路裕度。但是,对此线路加密不是强制性的。图 6 示出反向线路基本功能框图。

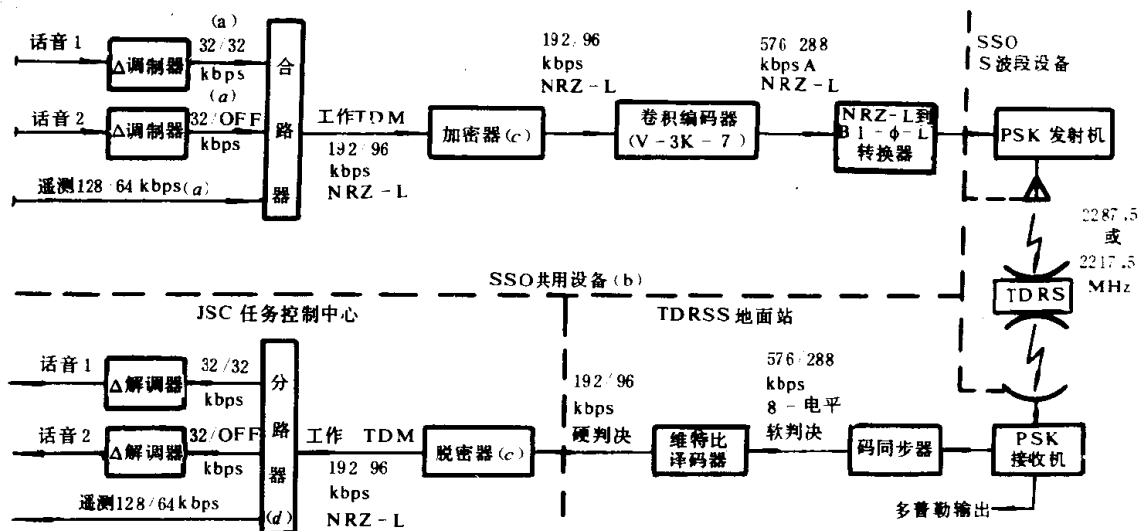


图6 SSO至TDRSS的S波段返向线路基本结构

- (a) 高数据率/低数据率
- (b) S波段PM直通下行线路和Ku波段返向线路设备相同
- (c) 非加密工作能力
- (d) 帧同步使用遥测同步码组

高数据率模式同时容纳2路话音通道和1路遥测通道。2路话音通道通过网络信号处理器中的 Δ 调制器将每个信源编成32kbit/s数字序列,与128kbit/s遥测通道复用形成192kbit/s TDM信号。此TDM信号被加密,产生192kbit/s加密TDM数字序列。然后,加密的数据序列由1/3速率信道编码器进行卷积编码。产生576kbit/s编码序列供传输。已编码序列从NRZ-L转换成Bi- Φ -L格式对载波进行PSK调制。TDRSS地面站接收机中的相干PSK解调器还原返向线路载波调制信号,用软判决码同步器和维特比译码器解码,获得192kbit/s加密TDM序列。解密器输出192kbit/s TDM信号。帧同步分路器识别遥测数据格式中的同步码并分离出2路数字话音通道和遥测通道。话音通道传送给 Δ 解调器。

低数据率模式仅提供1路32kb/s Δ 调制话音通道和1路64kbit/s低速率遥测通道。最后形成TDM通道为96kbit/s,而不是192kbit/s。这种模式的工作情况与高数据率模式相同。

表2给出返向线路有关参数和性能的细节。

S波段PM直通线路通信和跟踪:直通线路工作情况基本上与TDRSS中继线路相同。双向线路仅在航天飞机处于TDRSS不能覆盖区域时用于支援中继线路。所提供的数据传输通道与中继线路相同,包括高数据率或低数据率工作模式,只是在关键的发射和着陆期间测距通道单独提供从地面到航天飞机斜距测量。测距时,地面站产生从3.84到500kHz的测距/侧音组合。侧音序列(如表3,略)相位调制1.7MHz副载波,调制指数为主侧音0.6rad加子侧音0.6rad(当使用时)。然后1.7MHz副载波同TDM数据频分合路(FDM)。最后得到的FDM信号相位调制2106.4或2041.9MHz载波。这种侧音方法进行的每一次距离测量,无模糊测距可达14990km^[7]。

由于使用较大的地面天线和通信距离较短^[1],双向直通线路的裕度是很大的。因此不采用信道编码。此外,直通线路也不要求扩谱,如果要求测距,则使用相位调制取代PSK调制。

表 2 SSO 至 TDRSS S 波段返向线路接口特性

信 息		TDM 合路 和加密 ^②	信道编码 和译码	载波 调制
通道	速率			
话音 1	32/32 kbit/s ^①	同步码组	编码效率	PSK
话音 2	32/断 biit/s ^①	76571440 ^③	$1/V=1/3$	$\beta=\pi/2$
遥测	128/64 kbit/s ^①	码率: .	约束长度	rad
		192/96 kbit/s ^①	$K=7$ bit	$\pm 11^\circ$
			发生器序列:	
			7566127 _a	
			符号率:	
			576/288 kpsps ^①	
			$\pm 0.01\%$	
			符号格式:	
			Bi-Φ-L	
			译码算法:	
			8 电平软判决	
			维特比(最大似然)	
载波频率		SSO 最小 EIRP ^⑤	天线 极化	TDRSS 要求的 (Prec) ^④
相干 载波	辅助振荡器 载波			
240/221	2287.5			高速率数据
×	$\pm 0.001\%$			(192kbit/s TDM)
接收频率	MHz	16dBW	RCP	-177.7dBW
	或			低速率数据
	2217.5			(96kbit/s TDM)
	$\pm 0.001\%$			-180.7 dBW
	MHz			

①高数据率/低数据率;

②不加密工作能力;

③TDM 帧同步使用遥测同步结构;

④对 10^{-4} BER 而言;

⑤EIRP=全向有效辐射功率。

S 波段 FM 线路: S 波段 FM 线路为 SSO 到 GSTDN 地面站提供直通宽带下行线路。模拟电视、宽带 NASA 载荷数据(高达 5Mbit/s)、主发动机数字数据(3 个通道,每通道 60kbit/s)或记录器的重发数据(高达 1024kbit/s),在对 FM 发射机 2250MHz 载波进行频率调制之前,以时间共享方式进行信号调节。地面站用 FM 宽带记录器和解调器复现信号。需要时,地面站传送检波后的信号。

S 波段 FM 直通下行线路使用 2 个微带平装天线。一个天线安装在轨道器前机身,另一个装在后机身。为了获得最大的覆盖区,用双向转换器将发射机连至这 2 个天线的任一天线上。当视线矢量从一个半球移向另一个半球时,接通相应象限的天线。转换算法采用 2° 固定波束,防止转换颤动。

表 4 给出 SSO 的 FM 直通下行线路有关参数和性能的细节。

表 4 SSO 至 GSTDN 的 S 波段 FM 直通下行线路接口特性

信 息		副载波 频率和 调制	载波峰值 频偏
通道①	码速率或 基带宽度		
主发动机 1	60kbit/s $\pm$ 0.01%	576kHz $\pm$ 0.01%PSK	635kHz $\pm$ 15%
主发动机 2	60kbit/s $\pm$ 0.01%	768kHz $\pm$ 0.01%PSK	635kHz $\pm$ 15%
主发动机 3	60kbit/s $\pm$ 0.01%	1024kHz $\pm$ 0.01%PSK	635kHz $\pm$ 15%
电视	4.5MHz	N/A	4.5kHz $\pm$ 15%
载荷-数字	200bit/s 至 5Mbit/s $\pm$ 0.01%	N/A	2kHz $\pm$ 15%
载荷-模拟	300Hz 至 4MHz	N/A	2kHz $\pm$ 15%
载荷-OI	60 至 1024kbit/s $\pm$ 0.5%	N/A	635kHz $\pm$ 15%
载荷-P/L	25.5 至 1024kbit/s $\pm$ 0.5%	N/A	635kHz $\pm$ 15%

载波 频率	SSO 最小 EIRP	天线 极化	GSTDN 最小 G/T dB/k	GSTDN 要 求的通道	P_{rec}/N_0 dBHz
2250.0MHz $\pm$ 450kHz	4.1dBW	RCP	31.2②	主发动机 (全部)	76.8
				电视	83.5
				载荷	84.8
				(5Mbit/s 数字)	
				载荷 (1024kbit/s)	77.0

①除 3 个主发动机通道同时传送外,其他每次传送 1 个通道

②26m 天线系统

2.2 S 波段载荷分系统

由于航天飞机用于布放和回收各种有效载荷,因此研制通信系统时可能遇到的主要困难是:1)产生各种指令;2)监测各种标准格式、数据率、副载波和载波的遥测信号。为了满足这些要求,航天飞载荷 RF 通信包括有:1)标准接口,为既定标准信号提供正常基带处理能力;2)非标准接口,通过透明通道(弯管)将遥测送往地面站,并送往轨道器后舱载荷站供载荷专用处理器处理。

S 波段载荷通信系统功能结构示于图 7,包括同 Ku 波段信号处理器接口,以及同后舱载荷站的接口。图中绘有设备冗余量。系统设计集中在 2 个在线可更换组件(LRU)和 1 个平装双圆极化 S 波段天线(安装在轨道器载荷舱口前端顶部)。2 个可更换组件包括:一个是高度灵活、多通道的 S 波段收发信机,称为载荷通信机(PI);另一个是多功能信号处理机,称为载荷信号处理机(PSP)。PI 为航天飞机轨道器和分离载荷之间提供 RF 通信线路。使用宽带频率合成器,PI 在 2000 到 2300MHz 频率范围内可对大约 800 条 RF 通道进行发射和接收。在与标准载荷通信时,PI 和 PSP 一起工作。PSP 包括有遥测和指令处理分系统。前向线路工作时,指令通道数据(速率高达 2000bit/s)在 PSP 中 PSK 调制一个 16KHz 正弦副载波。形成的 PSK 信号送至 PI 发射机,在放大和传输给天线之前用 PM 调制所选用的一个 S 波段载波。返向线路工作时,PI 接收机解调所收到的分离载荷 PM 遥测载波,用锁相环复现 PSK 副载波。然后,将 PSK 副载波送至 PSP,用 Costas 环将 1.024MHz 副载波解调成基带信号。PSP 使用全数字数据转换跟踪环路,为解调基带遥测信号提供码同步^[8]。使用 PSP 中的帧同步器分路出分离载荷数据序列。表 5 示出,根据载波/副载波调制方式,通道数据率和与标准载荷相容的

脉码调制格式表示的一组标准指令和遥测信号的处理能力。

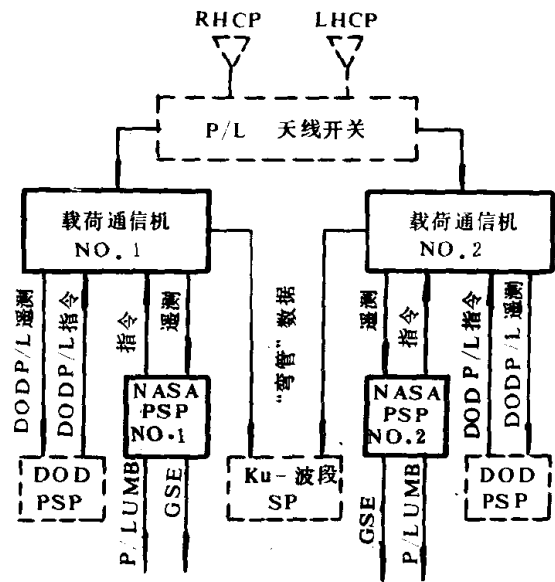


图 7 S 波段载荷设备

表 5 航天飞机载荷 S 波段通信系统标准指令和遥测能力

要求	返回线路 (遥测)	前向线路 (指令)
载波调制	PM	PM
调制指数	1.0rad	1.0rad
副载波频率	1.024MHz	16kHz
副载波调制	PSK	PSK
数据率	16,8,4, 2,1kbit/s	2000,1000,500,250,125 $\frac{125}{2}, \frac{125}{4}, \frac{125}{8}, \frac{125}{16}$ bit/s
PCM 格式	NRZ-L,M,S Bi-Φ-L,M,S	NRZ-L,M,S

为了适应那些具有与标准数据率和副载波频率（这些可通过 PSP 处理）不一致的载荷遥测速率和格式，航天飞机通信系统设计了一种弯管工作方式。以这种方式工作时，从 PI 来的解调基带信号（无论是数字式还是模拟式）不经过 PSP 直接用 Ku 波段系统发射至地面。在大多数非标准任务中，PI 同载荷站的专用处理器接口。PI 同标准和非标准载荷之间的主要工作方式是同时发射和接收 RF 信号。除双工工作模式外，PI 对载荷提供单发和单收通信。

3 Ku 波段通信和跟踪系统

Ku 波段系统只在轨道段载荷舱门开启和可定向天线反射器张开时工作。除正常工作勤务外，主要功能是提供 S 波段不能保证的高速率数据传输，和用作同航天器交会的雷达。图 8 是 Ku 波段系统框图。

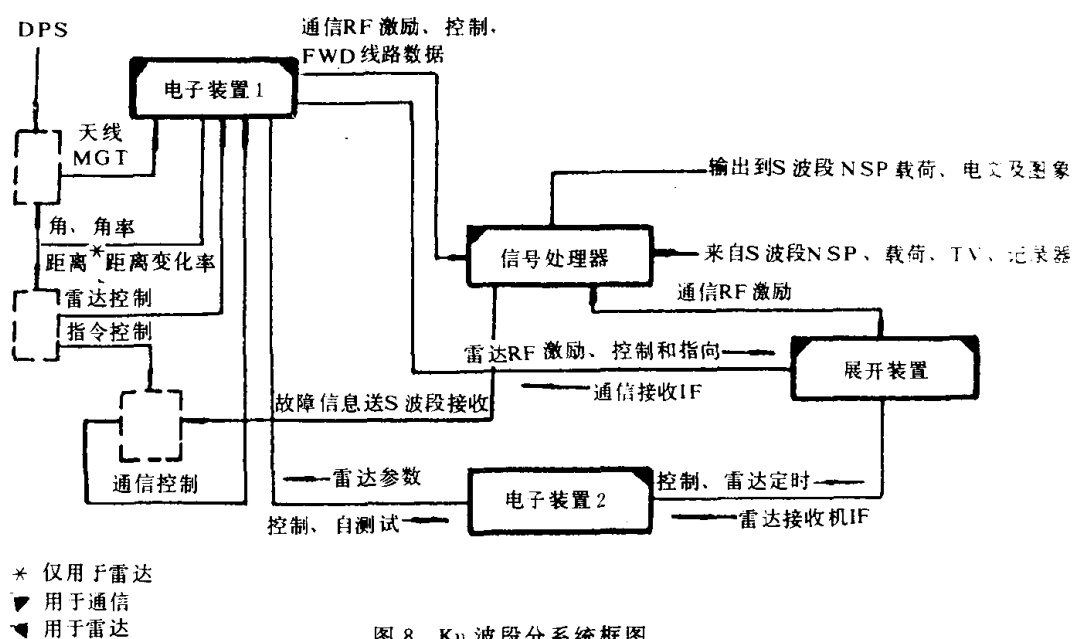


图 8 Ku 波段分系统框图

3.1 前向线路

如同 S 波段 TDRSS 前向线路一样，为使功率通量密度符合 CCIR 规定，Ku 波段 TDRSS 前向线路也使用直接序列扩谱信号。TDM 数据流在对载波进行 PSK 调制前，异步模 2 加 PN 码。PN chip 率(约 3.028Mcps)以 $31/(1469 \times 96)$ 比率与 13.775GHz 载波相干。PN 序列是由两个同步 1023 chip 序列模 2 加得到的 1023 chip 长 Gold 码，1023 chip 序列由 2 个反馈多项式系数为八进制 3515 和 3011 的 10 级线性反馈移位寄存器 (LFSR) 获得。选用的 Gold 码相应于 2 个移位寄存器初始位置分别为 0010000010 和 1001001000。Ku 波段前向线路比 S 波段前向线路和上行线路容量更大。它有两种工作模式。低数据率模式容量与 S 波段直通上行线路和 TDRSS 前向线路高数据率模式相同。但是，高数据率前向线路增加 1 路 128kbit/s 前向数据通道和 1 路 16kbit/s TDM 同步数据通道。128kbit/s 通道通常用于传输电文和图形。

前向线路只对 TDM 码流中的 72kbit/s 部分加密。由于 91cm (36in) 抛物面天线的增益较高，线路不需要前向纠错编码。图 9 是前向线路功能框图。在高数据率模式中，SSO 使用 2 对码同步器和分路器。第一组工作速率为 216kbit/s：前向数据通道为 128kbit/s，TDM 数据为 72kbit/s 和同步通道为 16kbit/s。第二组工作速率为 72kbit/s：2 路 32kbit/s 话音通道，1 路 6.4kbit/s 指令通道和 1 路 1.6kbit/s 同步通道。低数据率模式仅使用第二组码同步/分路器。表 6 给出有关系统参数和前向线路性能。

表 6 TDRSS 至 SSO Ku 波段前向线路模式 1 接口特性

信 息		TDM		TDRSS 传输				SSO	SSO	
通道	速率	工作 TDM	216kbit/s TDM	扩谱	载波调制	载波频率	EIRP	极化	最小 G/T	要求的 P_{rec}/N_o
话音 1	32kbit/s	速率 72kbit/s	码率 216kbit/s $\pm 0.001\%$	PN 序列 Gold 码	PSK		额定功率: 46.5 至 49.5 dBW	RCP		
话音 2	32kbit/s				$\beta=\pi/2$ rad $\pm 3^\circ$					
指令	6.4kbit/s	同步码组 76571440s	格式: Bi-Φ-L	chip 率: (31/141024) $\times C \times r \times Freq$		13.775 GHz	高功率: 48.5 至 51.5 dBW	轴比 1dB	6.0 dB/K	65.4 dBHz
同步	1.6kbit/s									
前向	128kbit/s	NA	同步码组 26772706354s	格式: NRZ-L						
数据										
同步	16kbit/s	NA		周期: 1023 chip						

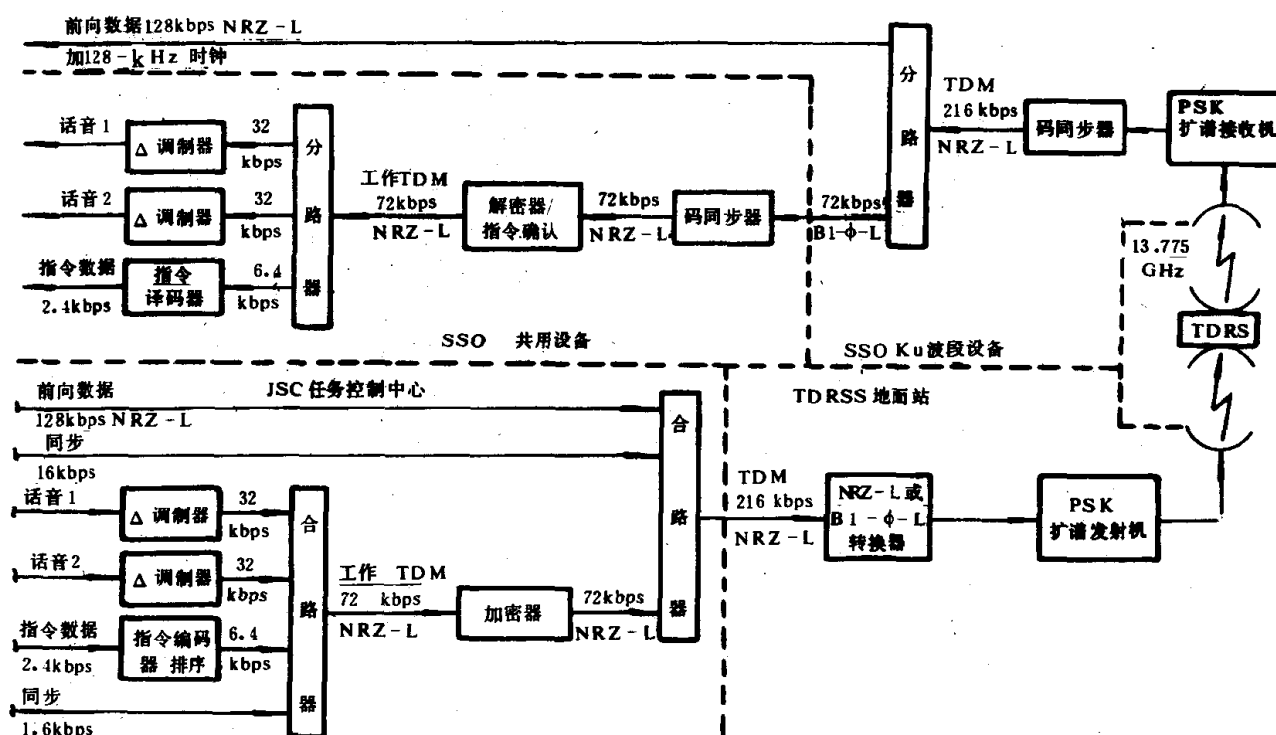


图 9 TDRSS 至 SSO 的 Ku 波段前向线路模式 1 功能框图

3.2 反向线路

Ku 波段反向线路数据流量是航天飞机通信线路中最大的。反向线路有三条通道同时传输。使用的体制取决于工作模式：模式 1 使用非平衡四相移键控 (QPSK)，而模式 2 使用频率调制。

模式 1 各通道数据列于表 7。通道 1 传输 TDM 码流，与 S 波段高数据率反向线路格式相同。通道 2 可以接收来自记录重放和装舱载荷或分离载荷各种数据源的数据。通道 3 接收装舱载荷来的 2~50Mbit/s 码率的数据。