



## Chap9 航空通信



上海交通大學

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



# Civil Avionics Systems

## Chap 9 Aviation Communication

**Prof. Xiao Gang**



Email: [Xiaogang@sjtu.edu.cn](mailto:Xiaogang@sjtu.edu.cn)

Office: Aerospace Room.A432

Tel/Fax:021-34206192

*Advanced Avionics and Intelligent Information Laboratory*

<http://www.avionics.icoc.in/>



- 1 空地通信系统服务类型
- 2 民航电报通信
- 3 现用空地通信系统
- 4 新的空地通信系统
- 5 航空电信网(ATN)





# 1 空地通信系统服务类型





- 空中交通服务(ATS)
- 航务管理通信(AOC)
- 航空行政管理通信(AAC)
- 航空旅客通信(APC)







### ➤ 空中交通服务(ATS)

#### ◆ 空中交通管制部门与飞机之间的通信

- 包括：放行许可、放行证实、管制移交、管制移交证实、飞行动态、自动相关监视(ADS)、航行通告、天气报告、航路最低安全高度告警、飞行计划申请与修订、场面活动管制、塔台管制、离场管制、进近管制、航路管制、飞行员位置报告、终端自动情报服务及其它飞行服务业务。





### ➤ 航务管理通信(AOC)

#### ◆ 飞机运营部门与飞机之间的通信

- 包括：气象情况、飞行计划数据、飞行员 / 签派员通信、飞行情报、维修情况、公司场面管理与放行、登机门指派、飞机配重、除冰、飞行中紧急情况、机体及电子设备监测数据、医药申请、改航情报、滑行、起飞与着陆报告、发动机监测数据、位置报告、起飞、延误报告等。





### ➤ 航空行政管理通信(AAC)

#### ◆ 飞机运营部门与飞机之间的通信

- 设备与货物清单
- 旅客分程安排
- 座位分配
- 行李包裹查询







### ➤ 航空旅客通信(APC)

#### ◆ 空中旅客与地面之间的通信

- 包括机组人员的私人通信，有话音、数据、传真等。





- 以上四类通信中，前两类(ATS和AOC)与飞行安全、正常及效率有关，称为安全通信，具有高优先等级。后两类(AAC和APC)与飞行安全、正常无直接关系，称为非安全通信，优先等级较低。





## □ 航空通信的传输优先等级排列

优先权	适用范围
15	遇险/紧急话音；信令
14	遇险/紧急数据报文
13	为信令保留
12	飞行安全话音；信令
11	飞行安全数据报文；与导航有关的通信
10	气象和飞行正常话音；信令
9	为信令保留
8	气象数据报文
7	飞行正常数据报文
6	航空信息服务报文
5	航空行政管理数据报文，网络/系统行政管理数据报文
4	驾驶舱和座舱常规话音；信令
3-0	各种航空行政管理通信和航空旅客通信；其它





2

## 民航电报通信





- 国际民航组织航空固定业务通信 (AFTN)
- 国际航空通信协会通信网 (SITA)
- 通信网中的一些名词
- 关于电报
- 电报类型
- AFTN电报举例







### ➤ 国际民航组织航空固定业务通信（AFTN）

- 国际民航组织各成员国之间的航空固定业务通信电路相互连接组成的国际民航低速地面通信网。此网路中传递电报的规定格式称为AFTN格式。中国民用航空局国内地面业务通信网传递的航行电报、供航气象电报和民航局各业务单位的电报，使用标准的AFTN格式。





### ➤ 国际航空通信协会通信网（SITA）

- 世界范围的、 由国际航空通信协会（SITA）经营的、 供SITA成员航空公司内部或航空公司之间传递电报、 数据的通信网。 此网路中传递电报的规定格式称为SITA格式。 中国民用航空局国内地面业务通信网传递的民用航空企业的运营业务电报的格式与SITA格式相同。





### ➤ 通信网中的一些名词：

- 信道：一条信道对应一条传输信息的物理通道。
- 队列：是一种逻辑名称，它对应一个目的地（终端或者转报机）。
- 路由：也是一个逻辑名称，通过路由，报文可以选择路径。
- 雪球：一个地址包含多个地址。所包含的地址是最终地址。
- 多队列：一份电报发给多个用户。
- 单工：只能单方向传输数据的通信方式。
- 半双工：可以双向传输数据，但在同一时间内只能单向传输。
- 全双工：在同一时间内可以双向传输数据。





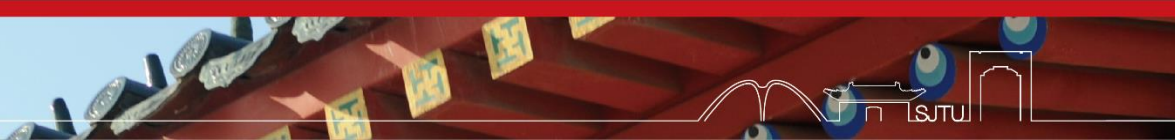
### ◆ 关于电报

#### □ 根据格式分为AFTN、SITA

	AFTN	SITA	说明
整步动作	<<≡	<≡	< 表示回行 ≡表示升格
电报等级	SS DD FF GG KK LL	QS 无此等级 无此等级 QU Q* QD	遇险报 特级报 加急报 急 报 快 报 平 报 *表示除S/U/D以外的任何字母



## 2 民航电报通信



地址

1. 共8位，都是英文字母。
2. 格式：12334456
3. 例如：ZBAAYFYX
  - 1表示国家及地区代号比如中国及蒙古使用Z.
  - 2表示国内地区B表示华北地区  
G表示华南地区  
S表示华东地区  
W表示新疆地区  
Y表示东北地区
  - L表示西北地区
  - U表示西南地区33表示机场，如  
BB表示总局  
AA表示首都机场  
GG表示白云机场  
HH表示武汉机场  
TJ表示天津机场  
44表示部门代号如  
    ZR区调  
    ZP站调  
    YF电台  
    XM转报机  
    YM气象台  
5一般是重复第5个字母。
  - 6填充字母，一般是X有时可以作为航空公司内部部门代号。

1. 共7位，都是英文字母。
2. 格式：1112233
3. 例如：PEKYFCA  
111机场代号，如  
PEK表示首都机场  
BJS表示总局  
CAN表示白云机场  
22部门代号，同  
    AFTN格式的44  
33航空公司签字（代号），如：  
CA国际航空公司  
    MU东方航空公司

①注意如没有明确的部门代号则AFTN的445是YYY，6是X；SITA的22用XY。具体收电地址则用明语写在电文第一行。

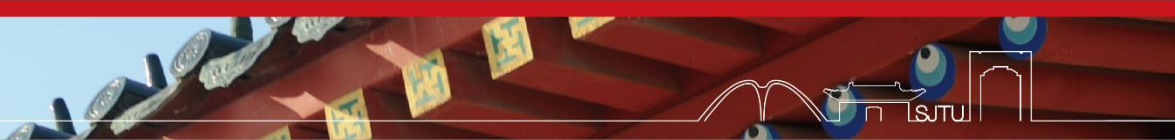


上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



## 2 民航电报通信

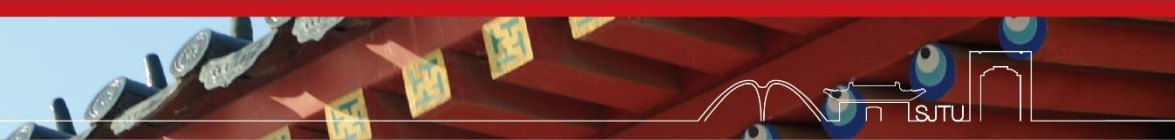


日 时 组	DDHHMM DD表示日HH表示时 MM表示分	DDHHMM DD表示日HH表示时 MM表示分	
报 头	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电报开始信号, 五个↓↓↓↓↓</li> <li>2. 电报开始信号标志符ZCZC</li> <li>3. 发送识别即电路识别 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 一个间隔 (空格)</li> <li>• 发送端字母</li> <li>• 接受端字母识别字母</li> <li>• 信道识别字母</li> <li>• 一个数字键</li> <li>• 流水号</li> </ul> </li> <li>1. 报务附注/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 一个间隔</li> <li>• 一个字母键</li> <li>• 十个字符</li> </ul> </li> <li>1. 间隔信号组/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 五个间隔</li> <li>• 一个字母键</li> </ul> </li> <li>1. 改路指示/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• VVV</li> <li>• 五个间隔</li> </ul> </li> </ol> <p>一个字母键</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电报开始信号, 五个↓↓↓↓↓</li> <li>2. 电报开始信号标志符ZCZC</li> <li>3. 发送识别即电路识别 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 一个间隔 (空格)</li> <li>• 发送端字母</li> <li>• 接受端字母识别字母</li> <li>• 信道识别字母</li> <li>• 一个数字键</li> <li>• 流水号</li> </ul> </li> <li>1. 报务附注/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 一个间隔</li> <li>• 一个字母键</li> <li>• 十个字符</li> </ul> </li> <li>1. 间隔信号组/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 五个间隔</li> <li>• 一个字母键</li> </ul> </li> <li>1. 改路指示/可不要 <ul style="list-style-type: none"> <li>• VVV</li> <li>• 五个间隔</li> </ul> </li> </ol> <p>一个字母键</p>	<p>↓的作用 ↑的作用</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电报开始信号也可由双方协商而定, 自动转报一般使用ZCZC。另外还有一种SOH报头, 主要用于分组信道。</li> <li>2. 电路识别的三个字母, 现在不完全如此, 流水号三、四位均可。</li> <li>3. 报务附注可以是发报时间、报务员代号等。不超过10个字母或数字, 字母数字转换时一定要用↑、↓。</li> <li>4. 间隔信号组了了撕纸条用。</li> <li>5. 改路指示, 当采用备用路由转报时使用。</li> <li>6. 报头部分AFTN和SITA格式相同。</li> </ol>





## 2 民航电报通信



电文	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 不超过200组</li><li>2. 国际一般不超过1800字符，我们的转报机是2000个字符，不包括整步动作。</li><li>3. 一行不超过69个字母</li><li>4. 电文结束时：<ul style="list-style-type: none"><li>• 一个字母键</li><li>• 一个整步动作</li></ul></li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 不超过2000个字符</li><li>2. 一行69个字符</li><li>3. 电文结束： 整步动作 一个数字键 =</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 电文超长时，分几份发送，电文末尾注上PARTONE、PARTTWO、END。</li><li>2. 电文中不能有ZCZC、NNNN、+:+:、,,,,</li><li>3. +号用PLUS</li><li>4. SITA中不能有=</li><li>5. D,H,J不能用</li></ol>
电报结尾	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 7次纸页上移=</li><li>2. NNNN</li><li>3. 12个电报分隔符号</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 整步动作</li><li>2. 3-6次纸页上移</li><li>3. NNNN</li><li>4. 12个发报分隔符号</li></ol>	连续发报用8个电报分隔符号。





### ➤ 电报类型

- 1、PLN (飞行预报)
- 2、COR (修订飞行预报)
- 3、ABS (取消重复与非重复性飞行预报)
- 4、FPL (领航计划报)
- 5、CHG (修订领航计划报)
- 6、CNL (取消领航计划报)
- 7、DEP (起飞报)
- 8、ARR (落地报)
- 9、DLA (延误报)
- 10、RTN (返航报)
- 11、ALN (备降报)
- 12、CPL (现行飞行变更报)
- 13、EST (预计飞越报)
- 14、CDN (管制协调报)
- 15、ACP (管制协调接受报)
- 16、LAM (逻辑确认报)
- 17、RQP (请求飞行计划报)
- 18、RQS (请求领航计划补充信息报)
- 19、SPL (领航计划补充信息报)
- 20、ALR (告警报)
- 21、RCF (无线电通信失效报)



### ➤ AFTN电报举例

#### ◆ PLN（飞行预报）

▣ （PLN – 0507 – CCA1591 – IN – B747 – ZBAA0330 – ZSSS0130ZBTJ – N0450S1020H1 A593 – STS/VIP）

- 说明：5月7日，CCA1591航班，仪表飞行非正班，B747，计划于0330从北京机场起飞到上海机场，预计经过总时间1小时30分钟、备降场为天津机场。速度为450kn，高度10200m经H1，A593航路，机上有重要客人。







### ◆ COR（修订飞行预报）

▣ （COR – 0705 – CCA1591 – ZBAA0330-9/B737 – 18/REG/B2538/VIP）

- 说明：修改7月5日CCA1591航班飞行预报。CCA1591航班从北京机场起飞，预计撤轮档时间为0330，修改后的编组9（机型）为B737，编组18中飞机注册号为B2538，机上有重要客人。





### ◆ ABS (取消重复与非重复性飞行预报)

□ (ABS - 0705 - CCA1591 - ZBAA0330)

- 说明：取消7月5日CCA1591航班预计从北京机场0330起飞的飞行计划。



### ◆ FPL (领航计划报)

- ( FPL - CCA1301 - IS - B747/H - GIOV/CD - ZBAA1400 - N0480F330CD SJW WXI285036/M082F310A461 36N115W - ZGGG0240ZGSZ - EET/ZHCC0100 WXI 0101 REG/B2442SEL/DFCH)
- 说明：CCA1301航班，仪表飞行，正班，B747，重型机，机上有全球卫定位设备、惯性导航设备、全向信标接收机、甚高频无线电设备和二次雷达A/C模式应答机、自动相关监视设备。起飞机场为北京机场，预计撤轮档时间为1400，第一段航路的巡航速度和请求飞行高度层为480kn和FL330，经CD直飞SJW，在WXI台2850，36nmile处下降到FL310，马赫数为0.82，沿A461航路飞行到达北纬36°西经115°，目的地机场为广州机场，预计飞行总时间为2h 40min，备降机场为深圳机场。预计到达郑州飞行情报区边界用1h，WXI用1h 01min，航空器注册号为B2442，选择呼叫代码为DFCH。





### ◆ CHG（修订领航计划报）

□ （CHG – CCA1301/A3031 – ZBAA – ZGGG – 15/A593 – 16/ZSSS）

- 说明： CCA1301的领航计划编组15中航路改为A593， 编组16目的地机场改为上海机场。





### ◆ CNL (取消领航计划报)

□ (CNL – CCA1301 – ZBAA – ZGGG)

- 说明：取消CCA1301的领航计划。







### ◆ DEP (起飞报)

▣ (DEP – CCA1301/A3031 – ZBAA1430 – ZGGG)

- 说明：CCA1301航班于1430从北京机场起飞，应答机编码A3031，目的地广州机场。





### ◆ ARR（落地报）

□ （ARR – CCA1301 – ZBAA – ZGGG1800）

- 说明：从北京起机场起飞的CCA1301航班于1800已在广州机场降落。





### ◆ DLA（延误报）

□ （DLA – CCA1301 – ZBAA1630 – ZGGG）

- 说明：CCA1301航班延误到1630从北京机场起飞，目的地广州机场。





### ◆ RTN（返航报）

□ （RTN – CCA1501 – ZBAA – PSN/0148S0960 – ZSSS – RMK/WX）

- 说明：CCA1501航班从北京机场起飞，原目的地机场为上海机场，  
现因天气原因返航北京机场，预计PSN0148，高度9600m。





### ◆ ALN（备降报）

▣ （ALN – CCA1501 – ZBAA – EPN/0145S0960 – N0450S0960 A593

VYK A326 – ZYTL – RMK/WX）

- 说明：CCA1501航班从北京机场起飞后因天气原因将备降大连机场，  
预计飞越EPN0145，高度9600m。速度450kn，经A593航路，在VYK  
转向A326航路。







### ◆ CPL（现行飞行变更报）

- ▣ （CPL-CCA1501/A3031 – IB – B737/M – S/SD – ZBAA – FPG1508  
S1020 – N0400 S1020 A2 A593 PSN – ZSSS – O）
- 说明：CCA1501航班应答机编码A3031，仪表飞行，专机，B737中型，备有标准机载设备、S模式应答机和数据链设备。北京机场至上海机场，预计EPG1508高度10200m，速度400kn，经A2A593至PSN导航台。





### ◆ EST (预计飞越报)

□ (EST – CCA1301 – ZBAA – WXI/1520S1080 – ZGGG)

- 说明：CCA1301航班的应答机编码A3031，从北京机场起飞，预计飞直WXI1520，高度10800m，目的地广州机场。





### ◆ CDN（管制协调报）

▣ （CDN – CCA1301/S3031 – ZBAA – ZGGG – 14/WXI/1700S0960）

- 说明：CCA1301航班应答机编码为A3031。北京机场至广州机场，要求于1700飞越WXI，高度为9600m。





3

## 现用空地通信系统





- 现用 VHF空地通信系统
- 现用HF空地通信系统
- 现用空地通信系统的缺点和局限性







## ➤ 现用 VHF空地通信系统

- VHF空地通信是全世界主要的航空移动通信方式,
- 能提供快捷、便宜而可靠的空地视线范围内的通信。
- 几乎所有民航飞机, 包括通用航空(GA)飞机, 都装备至少一台VHF话音电台。
- 在大多数高密度飞行区基本实现VHF地面电台覆盖。
- 繁忙航线覆盖地区内都提供VHF空地无线电通信服务。

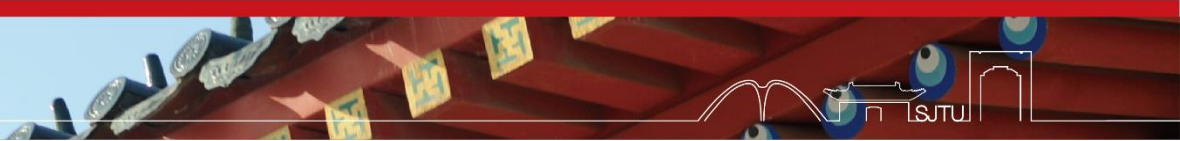




#### ◆ VHF空地通信频率范围

频率	全球范围使用	
118 — 121.4	国际和国内航空移动通信	
121.5	应急频率	遇难呼救
121.6 — 121.975	国际和国内机场场面通信	地面管制
122 — 123.05	国内航空移动通信	
123.1	搜寻和救援用辅助频率	
123.15 — 123.675	国内航空移动通信	
123.7 — 129.675	国际和国内航空移动通信	
129.7 — 130.875	国内航空移动通信	
130.9 — 136.875	国际和国内航空移动通信	
136.9 — 136.975	国际和国内航空移动通信	VHF地空数据链通信





#### ◆ VHF电波传播特性

- 沿直线传播，电离层不能反射
- 其发送和接收基本上是在视线范围内。地球表面是个球面，飞机的视线范围与飞行高度有关，飞行高度愈低，则视线范围愈小。
- 对一架高度为36000英尺的飞机来说，最大视距约200海里。
- 工作方式是单信道单工，即交替用同一频率发和收。
- 机载电台和地面台都有PTT(Push—To—Talk)开关，按下时处于发射状态，可以说话，松开时则为接收状态。





- 每个地面台都有一个指配的工作频率，覆盖一定地区，在此地区内，飞机均用此频率与其通话。
- 每个地面台都有一个指配的工作频率，覆盖一定地区，在此地区内，飞机均用此频率与其通话。
- 当某个地面台管制员正与某架飞机的飞行员通话时，覆盖区内其它飞机的飞行员亦能听到他们的通话内容。
- 这种情况对飞行安全有利，因为每个飞行员都对邻近的飞机的飞行动态有所了解，有利于避免碰撞或危险接近。





#### ◆ 话音通信的缺点

##### □ 速度慢：

- 利用话音传送200个字符约需30 ~ 40秒钟，占用信道时间较长。
- 目前在空中交通繁忙地区，VHF频率资源已显得紧张，话音通信限制了VHF频率资源利用率的提高。

##### □ 易出错：

- 话音通信主要在机组人员和管制员及航务管理人员间进行
- 长时间的飞行和讲话都易使人疲劳，加上各国、各地口音不一致，可能引起听不懂、听不清或说错、抄错的情况。







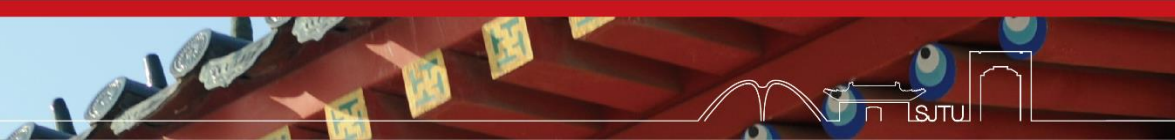
#### □ 多信宿的限制:

- 有些通信内容要先由话务员收下来, 然后人工转发给多个用户, 进一步增加了出错的可能, 并且延长了通信时间。

#### □ 业务种类受限:

- 某些计算机数据不便由人口述, 飞机上要利用地面数据库信息也不便于由话音通信来实现。





#### ◆ VHF数据链

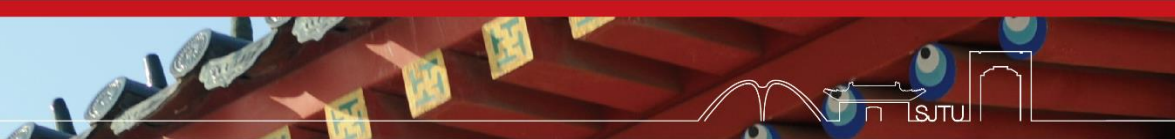
- VHF空地数据链可以使飞机就像一个移动通信终端一样与地面数据通信网相连，还可以使飞机上其它计算机系统(例如飞机信息管理系统(AIMS)、飞行管理计算机(FMC)等)与之相连。
- 这些系统可以通过数据链发送和接收信息而不需要机组干预。地面系统可以全自动,也可以人工操作。
- 空地一体化





- 飞机通信选址报告系统 — ACARS
- 早在七十年代初，美国ARINC公司开发了一种VHF空地数据链，称为飞机通信选址报告系统(ACARS)，1978年投入使用。
- 美国大约有五千架飞机配备此系统，并在美国实现了ACARS地面站、ARINC航空电信网的覆盖。
- 每天大约有20M有效数据量下传到地面
- 每K数据4美分





- 国际航空电信协会(SITA)于1984年开始运营一个与ACARS类似的系统, 称为AIRCOM, 其主要服务区是欧洲和远东, 后又向中东和非洲扩展其业务。西欧已基本上全部覆盖, 澳洲和东南亚也建立了许多远端地面站(RGS)。
  - 日本在1989年建立了AVICOM JAPAN公司, 可在其海岸线200海里以内提供AIRCOM / ACARS方式的航务管理和航空行政管理数据通信。
- 这些系统的功能和采用的技术大同小异, 且都发源于ACARS。





#### □ ACARS三个组成部分

- 机载设备
- 地面设备
- 中央交换系统





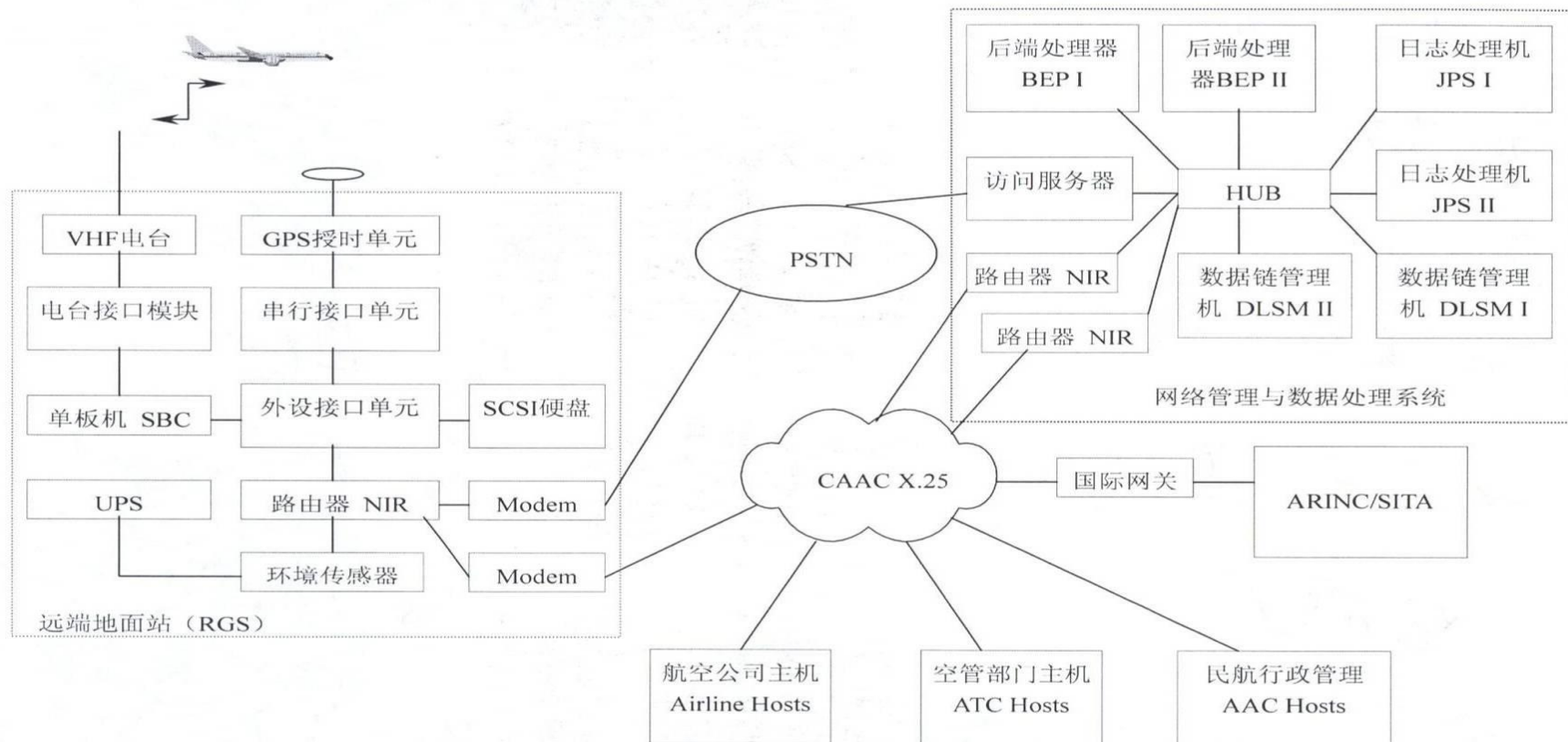


#### ◆ 中国民航VHF空地通信系统

- 1995年，中国民航开始建设自己的VHF空地通信系统
- 包括一个网络管理数据处理系统(NMDPS)和120个RGS。第一阶段计划于1996年完成，包括NMDPS和25个RGS，可以覆盖交通繁忙的华东地区，同时处理500架飞机的电报，并与ACARS / AIRCOM系统兼容。
- 全部120个RGS建成后，可以覆盖全国主要航路。



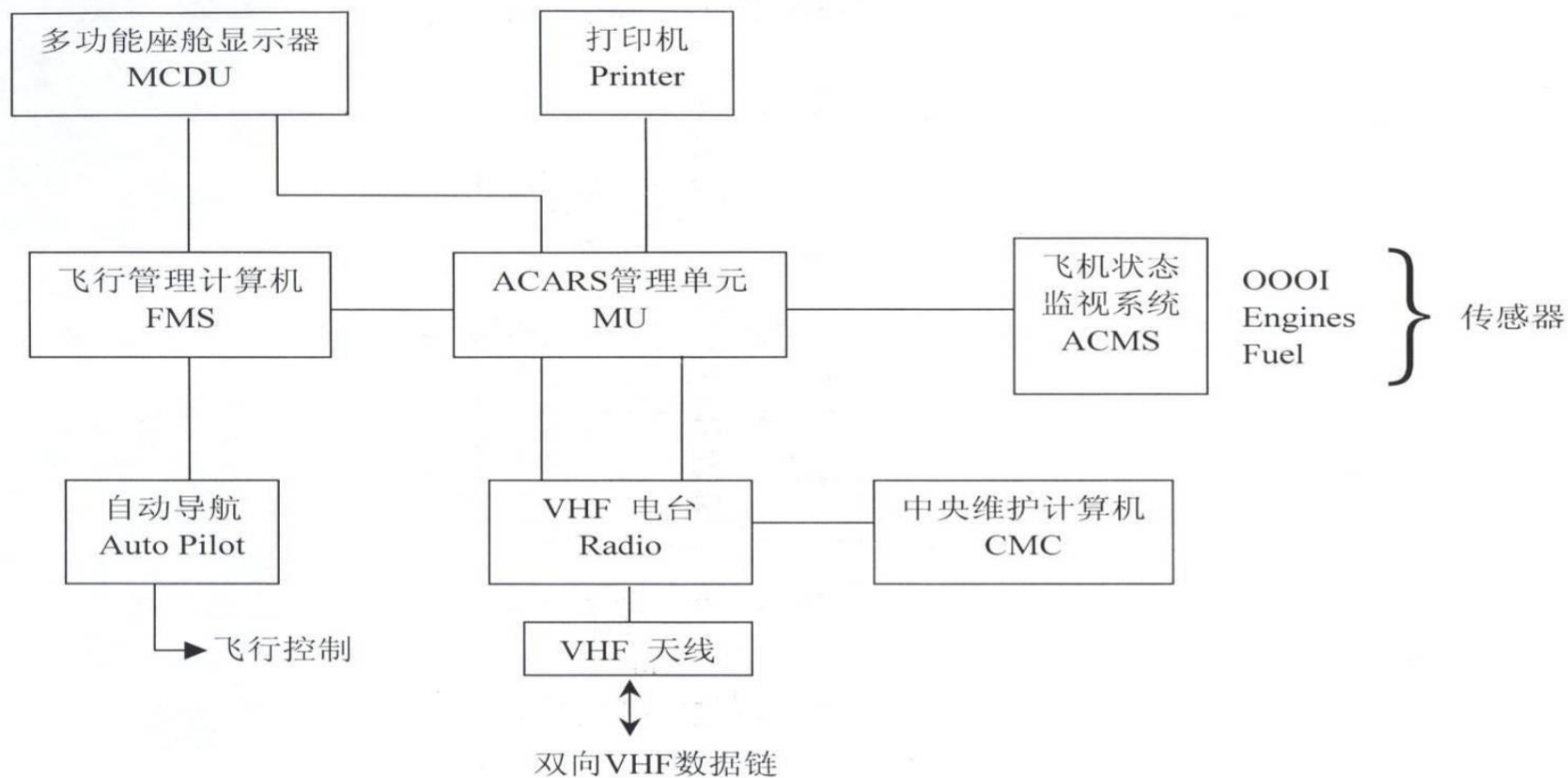
### 3 现用空地通信系统



中国民航 VHF 地空数据网系统图



### 3 现用空地通信系统



VHF ACARS 机载设备





## ➤ 现用HF空地通信系统

- 九十年代之前，超视距航空通信的唯一手段是HF电台。
- 在越洋航线和边远地区上空长距离航线飞行的飞机，用HF电台与地面通信
- 采用莫尔斯电报或移频电报和单边带通话。





#### ◆ HF空地通信

- 划分给航空移动航路通信用的HF频带是从2.8MHz ~ 22MHz(更详细的分配见国际电信联盟的无线电规划附录27)。
- 具体指配给HF地面台的频率较少。
- 覆盖：4000KM
- 功率：125W（机载）







- HF电波传播主要靠电离层反射，而电离层随昼夜和季节而变，很不稳定，还会受太阳黑子活动的影响，产生扰动
- HF信道拥挤，大量广播电台、军用电台、其它专业电台甚至业余电台都在利用HF，使HF信号产生衰落、多径干扰和同频或邻台干扰。
- HF信道一向被认为是性能恶劣的变参信道、几年前，ICAO的CNS / ATM方案中仍把HF通信列入将被淘汰的通信方式之中。





## ➤ 现用空地通信系统的缺点和局限性

- VHF主要靠视距传播，范围有限；
- HF主要靠电离层反射，电离层很不稳定，易产生衰落和多径干扰。
- (a)与最新技术比，现用话音与数据链系统的频谱利用率都不高
- (b)由于各种原因，例如多径干扰和大气扰动，易使通信质量降低；
- (c)调幅易受人为射频干扰，包括来自电力传输线的噪声、调频广播电台的互调干扰及其它各类发射机引起的射频干扰；
- (d)现用话音系统对故意的干扰(例如假管制员)无安全保护措施；





- (e)现用数据链是面向字符的系统，效率不高，而且不如面向比特的通信技术那样灵活；
- (f)现用数据链与预定用于航空电信网(ATN)的开放系统互连(OSI)方式不兼容
- (g)现用数据链的服务质量不容易改进；
- (h) 若要使话音和数据链同时工作，现用系统需要有两套航空电子设备，同时用两个射频载波工作(对VHF来说，要用两个25kHz信道，两付天线等等)；
- (i) 通信信道会由于非故意的延长键控发射机而发生阻塞，通常称之为“话筒粘住”(Stuck Microphone)；
- (j) 同时有多个信号发射时常引起电路阻塞。





4

## 新的空地通信系统





- 甚高频(VHF)空地通信
- 航空卫星移动业务(AMSS)通信
- 高频(HF)空地通信
- 二次监视雷达(SSR)的S模式数据链







### ◆ 新的空地通信系统的特点

- 新的ATS和AOC通信将以数据为主
- 话音通信将逐渐减少，最终达到只在必要时或紧急情况下才使用话音通信。
- 空地数据链将来会成为世界范围的航空电信网(ATN)的一个子网。
- 在空地通信子网内，以上四种数据链可以交互操作
- 哪种方式服务质量最好、最有利，就自动选用哪种方式。





### ➤ 新的VHF空地通信系统

- ◆ 新的VHF空地通信系统应满足一定的功能要求，并力求有显著提高
  - (a)不降低安全性，并力求改进；
  - (b)能同时提供话音通信和数据链；
  - (c)力求降低机载无线电设备的成本；
  - (d)地面基础设施应力求增加容量和功能，同时尽可能减少成本和复杂性
  - (e)应具有简单的人—机接口，话音通信应能模仿早期的PTT方式；





- (f)空地通信应为地速高至850节(kt)的飞机服务，空空通信应为相对速度高至1200节(kt)的飞机服务；
- (g)地面台应能与200海里(NM)内的飞机通信；
- (h)应在考虑频谱效率的同时支持区域覆盖的要求，且不增加飞行员和管制员的工作负担，亦不降低通信可靠性；
- (i)应有能力在VHF频带内同时对几个ATS空域提供服务；
- (j)应尽量减少Stuck Microphone效应引起的电路阻塞；





- (k)应具有测向功能，在选定区域内能确定高于2000英尺、装有VHF收发信机的飞机位置；
- (l)应采取安全措施，防止未经授权的用户利用话音和数据链；
- (m)应提供比早期系统更强的防射频干扰能力；
- (n)应具有自动通信功能以减轻用户工作负荷；
- (o)应便于从早期系统分阶段过渡到新系统；
- (p)可以和早期系统共存；



- (q)增加控制信道争用的机制(例如先来先服务, 或者通过信令将信道让给优先权高的用户);
- (r)应具备自动管理电路功能, 亦可人工操纵;
- (s)应具有对单架飞机和一组飞机寻址的功能, 不一定要应答;
- (t)话音服务要求的可用性(Availability)为0.99999, 数据服务要求的可用性为0.999;
- (u)应支持地对空话音与数据链广播(例如用于自动终端情报服务(ATIS), 自动气象观测系统(AWOS)和自动场面观测系统(ASOS))。







### ◆ 对新的VHF空地通信系统话音的要求

- (a)应提供至少是早期系统两倍的容量;
- (b)应支持一群飞机共用一个信道的功能;
- (c)应支持透明的空对空通信功能;
- (d)话音通信应清晰易懂, 并有用户可接受的质量;
- (e)应有能力给每个管制员 / 签派员及其有关的机群提供专用空地话音电路;
- (f)从发端输入音频到收端输出音频的时延应小于250ms;





- (g)在PTT激活后不发生音频剪切现象;
- (h)除分别寻址外, 任何新的系统不应强行限制每个讲话组(即同一扇区)的机载用户数; 对于分别寻址, 每个电路应能适应至少50个机载用户。
- (i)应支持飞机按其需要加入任何交谈组;
- (j)应能支持紧急通信;
- (k)应支持话音电路按优先等级接入;
- (l)应以节约频谱的方式支持广域话音覆盖。





### ◆ 对新的VHF空地通信系统数据链的要求

- (a)所有用户都可以利用数据链;
- (b)应支持各种长度的信息电文, 至少有传送24字节应用数据的能力;
- (c)应支持数据链通信亦分优先等级;
- (d)终端用户得到一份含有不可检测错误的电报的概率应等于或小于 $1 \times 10^{-5}$ ;
- (e)少于24字节应用数据的电报应以0.95的概率在1秒内传送, 以0.999的概率在5秒内传送;
- (f)应与ATN兼容;
- (g)应能用单一频率覆盖一个任意大小的空域。





### ◆ 新的VHF空地通信系统应具有的特性

- (a)全数字化;
- (b)同一设备可同时提供话音和数据链通信;
- (c)在同一射频信道上可同时通话与通数据;
- (d)具有呼叫排队功能;
- (e)紧急电文优先。





### ◆ 新的VHF空地通信系统应具有的特性

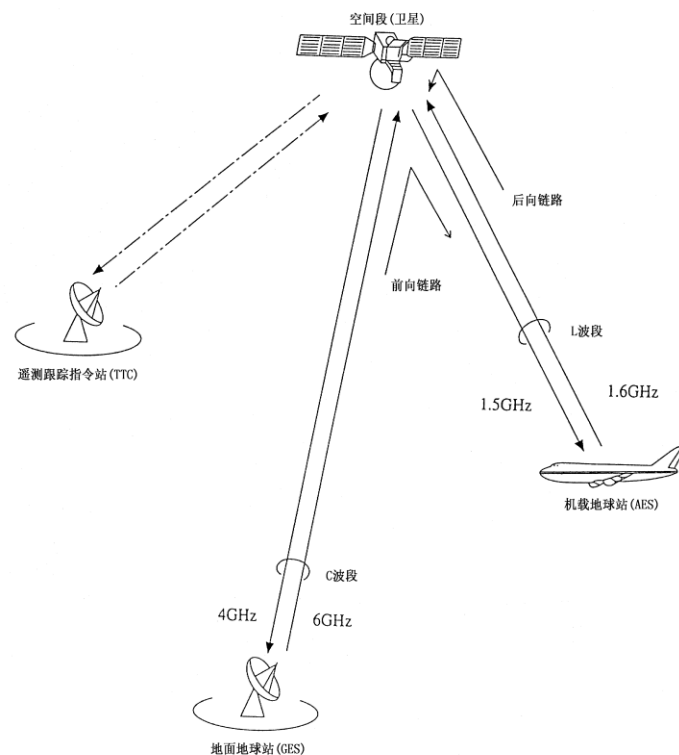
- (a)全数字化;
- (b)同一设备可同时提供话音和数据链通信;
- (c)在同一射频信道上可同时通话与通数据;
- (d)具有呼叫排队功能;
- (e)紧急电文优先。

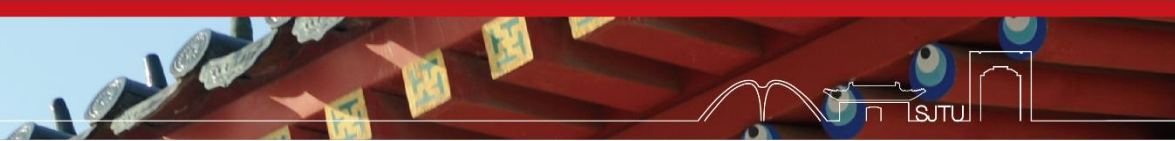




### ➤ 航空卫星移动业务(AMSS)通信

- AMSS系统由空间段(卫星、地面测控站)、地面地球站(GES)、飞机地球站(AES)及客舱通信设备组成。
- 经过多年研究、开发和实验、演示及运行, AMSS系统的各部分已经成熟并可供使用。



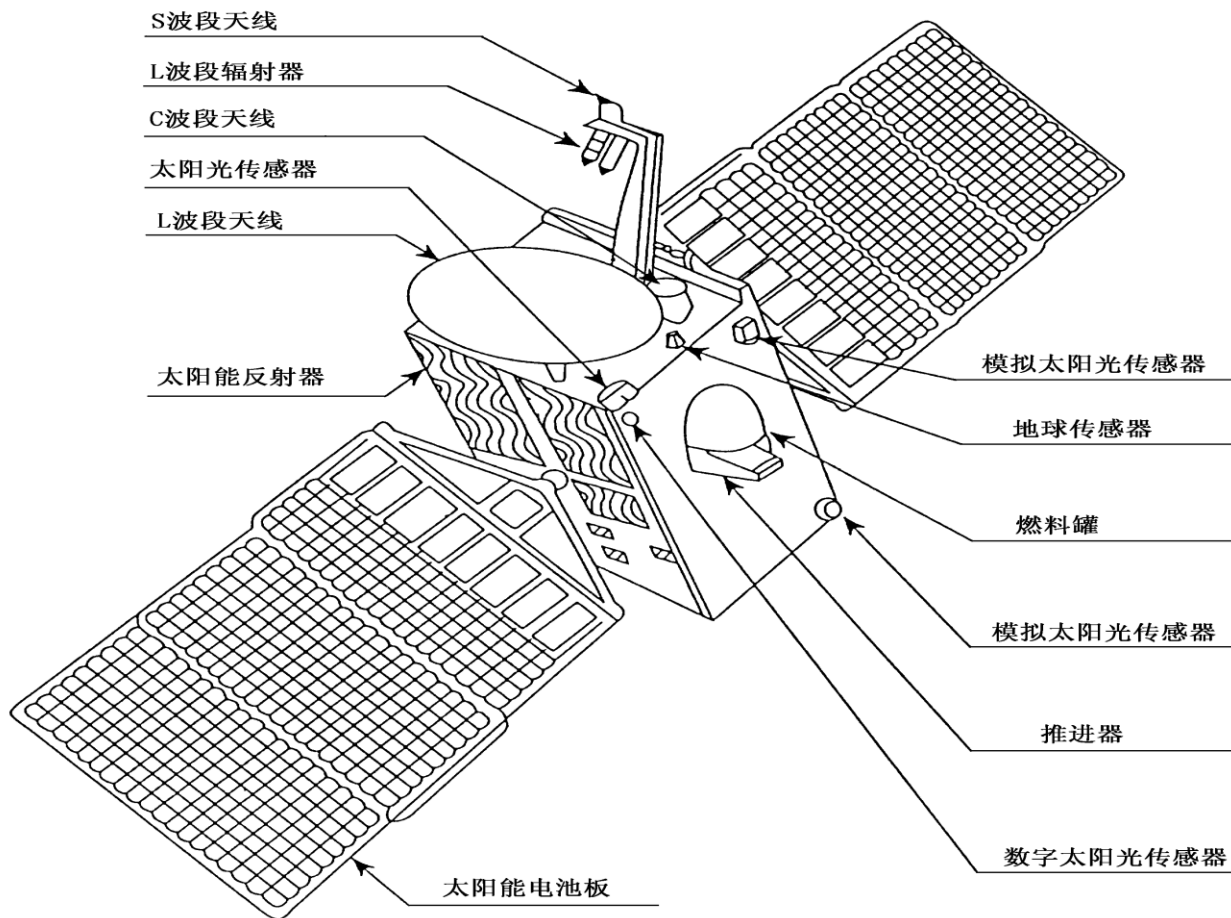


### ◆ 卫星转发器

- 国际移动卫星组织是最早为航空界提供商用卫星移动通信服务的国际组织。该组织的前身主要为海事服务
- 从1990年开始发射第二代卫星，至1992年四颗第二代星全部投入运行，开始考虑为航空通信提供全球覆盖。
- 1996年初发射的第三代卫星增加了功率和容量，并具有点波束功能，这可使机载电子设备的尺寸和重量减小，造价降低，第三代星还可在航空波段的全部10MHz频段内支持通信，更好地满足航空用户的需求。

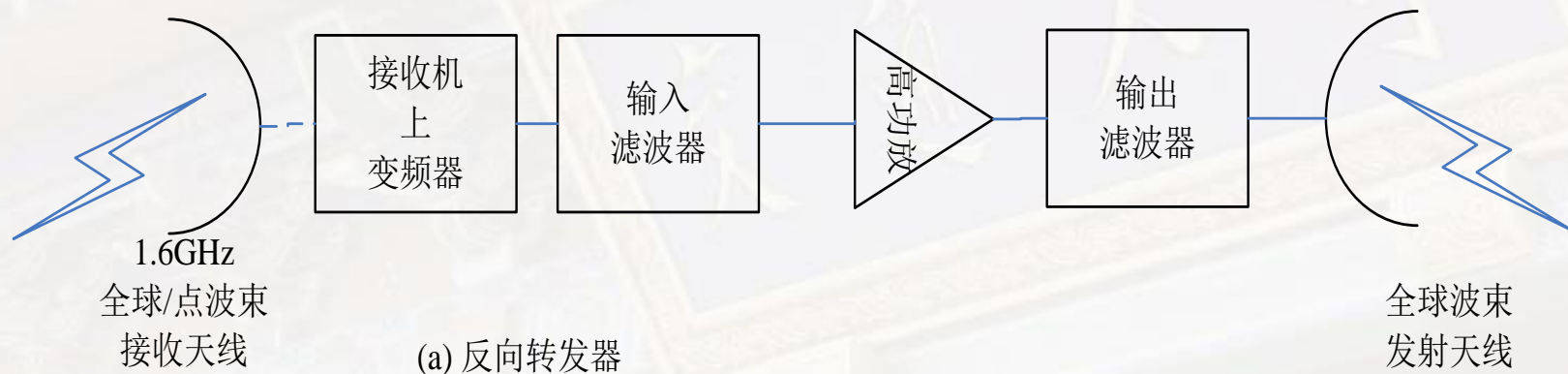
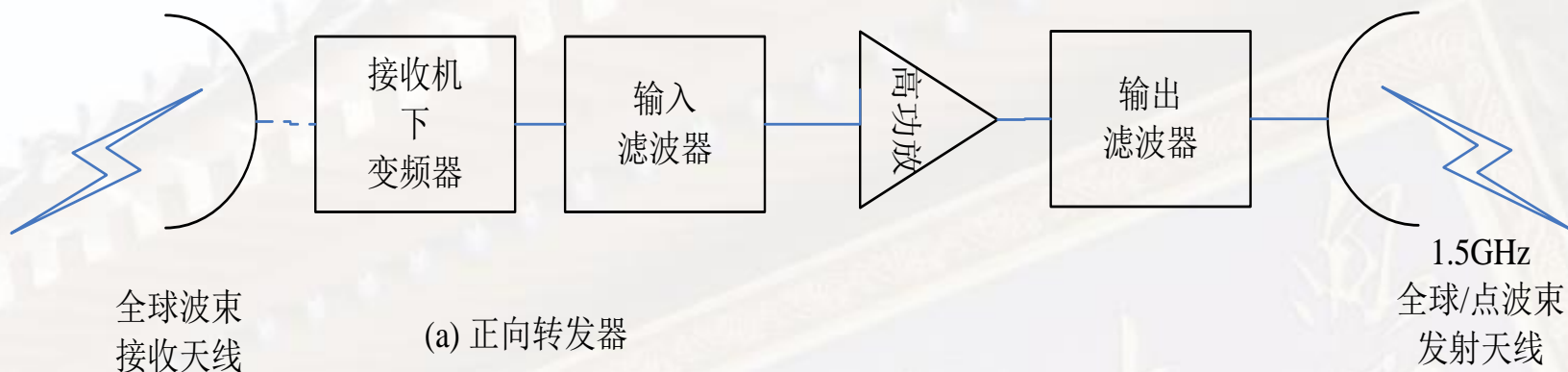


## 4 新的空地通信系统

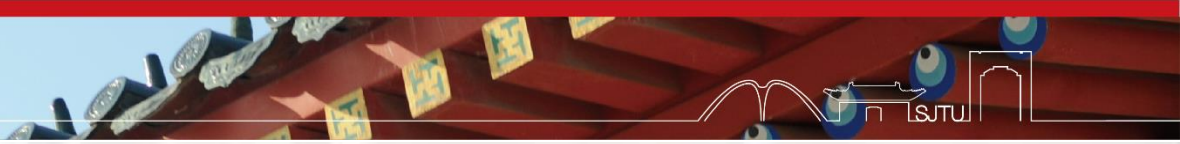


## 4 新的空地通信系统

C波段或Ku波段







### ◆ AMSS的卫星系统

- 澳大利亚的AUSSAT Pty公司建立了MOBILE—SAT系统，卫星上装有L波段转发器，可为覆盖范围内的飞机提供AMSS服务；
- 加拿大电信移动卫星公司(TMT)与美国移动卫星公司(AMSC)合作，建立北美移动业务卫星系统(MSAT)该系统可为在北美上空的飞机提供AMSS服务。MSAT系统是地球静止轨道卫星系统，发射首颗卫星并投入使用，但尚未开辟AMSS服务。







- 日本计划于九十年代末期向太平洋区上空发射多功能运输卫星(MTSAT), 该卫星将与INMARSAT太平洋区(POR)卫星一起, 提供空中交通服务(ATS)所要求的AMSS服务, 配合INMARSAT卫星, 提供可用性余度。
- 此外, 俄罗斯也研制了有L波段转发器的实验卫星, 覆盖了航空频段。虽然有些卫星系统也计划开辟 . AMSS服务, 但迄今为止, 实际上仍然只有INMARSAT星座正式提供AMSS的全球营运。



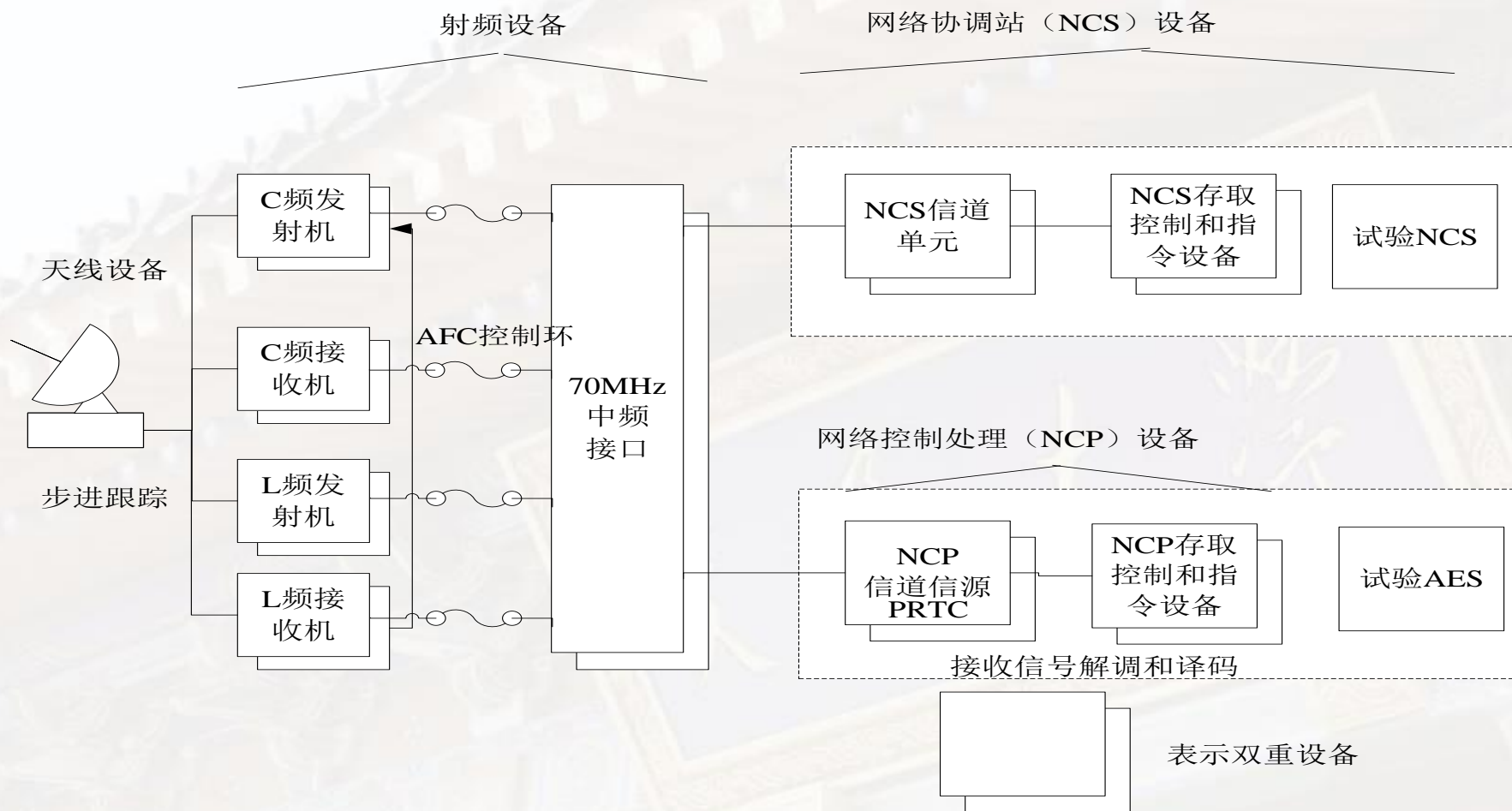


### ◆ 航空服务的地面地球站(GES)

- 目前全球已有20个航空卫星移动通信地面地球站(GES)投入使用
- AMSS飞机地球站的装机数量在, 1996年中约为800多套。
- 卫星通信业务量根据1996年中全球统计量为: 卫星话音12.6万分钟 / 月, 卫星数据流72万千位 / 月

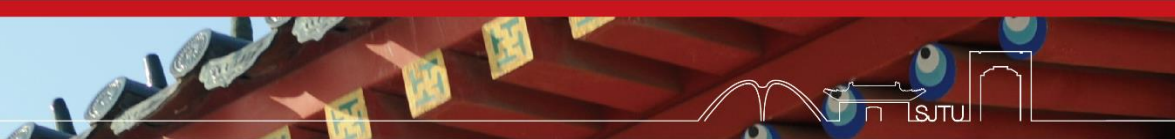


## 4 新的空地通信系统



GES总框图





- 这是在地面用来进行AMSS通信的设备
- 包括天线、C(或Ku)频段收发信机、L频段收发信机、信道单元及网络管理设备。
- 每一卫星波束覆盖区内至少有一个GES，也可能有几个。
- 对于C频段，GES天线直径一般在9 ~ 13米，
- 从GES发往卫星用6GHz，从卫星发至GES用4GHz。
- 对于Ku频段(12 / 14GHz)，天线直径可以小一些，例如7米即可。
- 现在利用INMARSAT卫星进行AMSS通信的GES，全世界已有十几个。





- AMSS通数据时采用了面向比特协议，与ATN完全兼容。
- 最高数据速率为9.6kbit / s，误码率为 $1 \times 10^{-5}$ ，可用性实际试验约99.8%。
- 通话时，用9.6kbit / s或4.8kbit / s，(将来可用2.4kbit / s)航空标准声码器，工作方式为全双工。与VHF空地话音通信相比，AMSS通信延迟时间较长，当一个AES在与某GES通话时，同一卫星波束范围内其它AES听不到它们的对话。





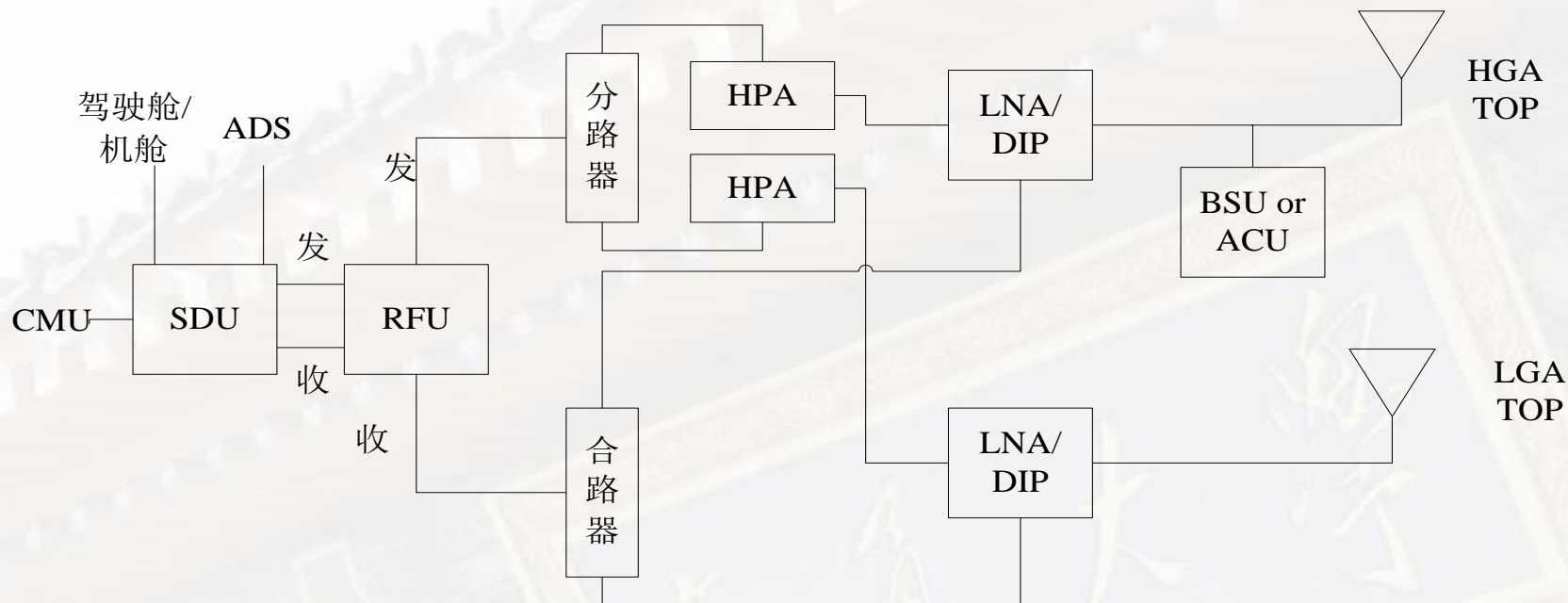


### ◆ 飞机地球站(AES)

- 截止到1996年2月底，全世界有797架飞机上有AES投入运行。
- 到1998年，全世界有1800架飞机上有AES投入运行。
- 2003年，由我校的试验GES收到有两千多架飞机上有AES运行。
- 这是飞机上用来进行AMSS通信的设备，包括天线分系统和航空电子设备分系统。
- 目前大多用相控阵微带天线，体积很小，有的与机身共形以减少阻力，增益分为低增益(0dBi)、中增益(6dBi)和高增益(12dBi)三种。
- 现已生产、使用的AES有单通道、三通道和六通道几种，可通声码话音和数据。



## 4 新的空地通信系统



ACU 天线控制单元  
BSU 波束控制单元  
LNA/DIP 低噪声放大器/双工器  
HGA 高增益天线

HPA 高功率放大器  
LGA 低增益天线  
RFU 射频单元  
SDU 卫星数据单元  
CMU 通信控制单元

AES方框图



### □ AES的4级功能

功能级别	通信业务	发送/接收 信道数	注释
1	分组数据 低速（600，1200和2400bit/s 信道速率）	1 发送 1 接收	低或高增益天线
2	1级功能加较高速率分组数据 （大于2400bit/s信道速率）	1 发送 1 接收	高增益天线
3	2级功能加电路方式业务（话 音与数据）	1 发送 2 接收	提供数字话音加电路 方式数据，可选分组 方式数据，高增益天 线
4	3级功能加电路方式和分组方 式业务可同时工作	2 发送 2 接收	高增益天线



### ◆ 航空移动卫星通信的特点

- 覆盖空域广阔、经济效益高
- 可靠性高、功能多
- 实时传输发动机及机载设备监测数据、气象数据、位置数据、管制员和驾驶员数据通信(CPDLIC)等;





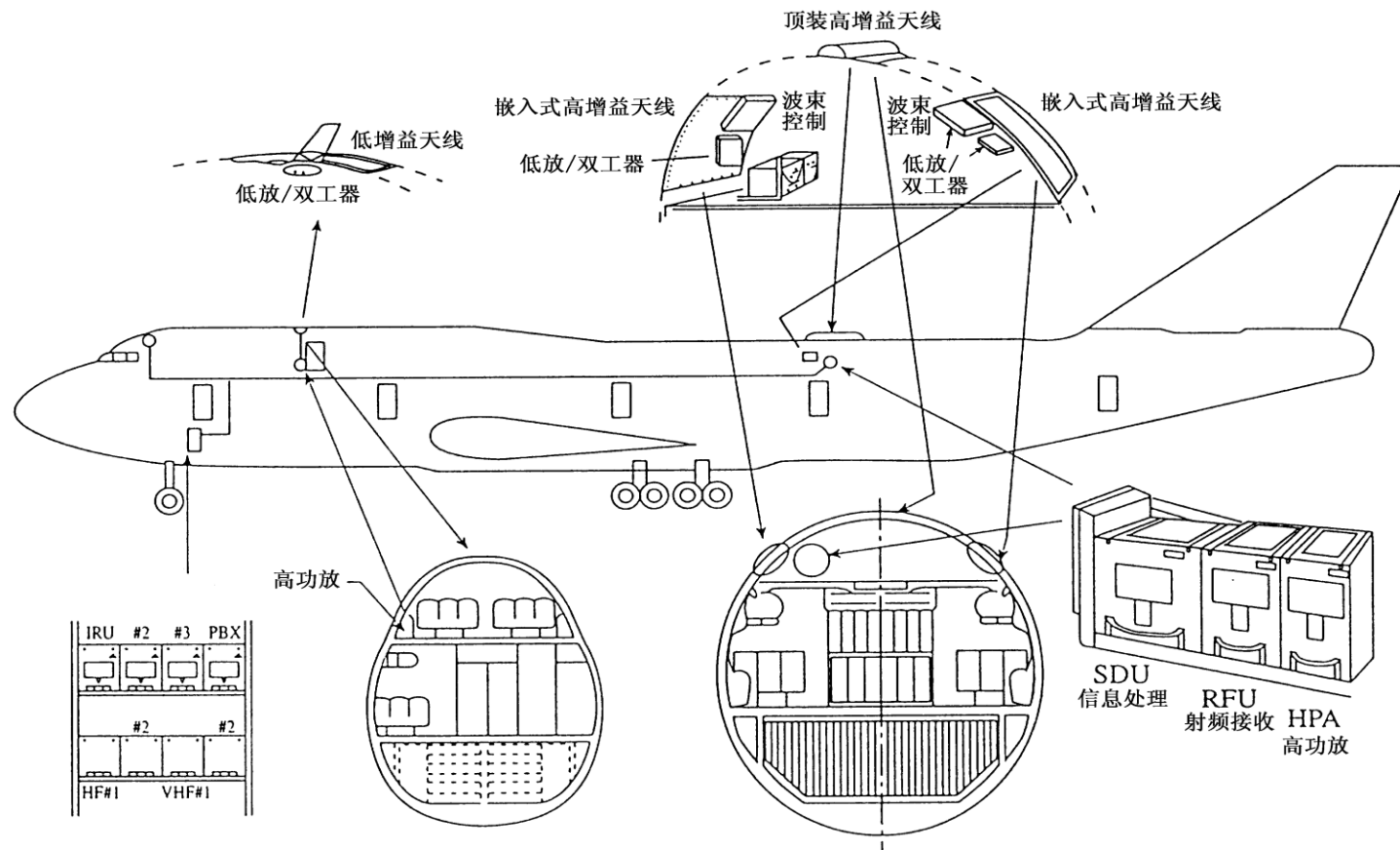
### ◆ 航空移动卫星业务的构成

- 典型的航空移动卫星业务（AMSS）系统由同步通信卫星、遥测跟踪指令站(TTC)、机载航空地球站（AES，机载卫星通信终端设备）和地面地球站（GES）地面通信网等设备组成。图 1描述了AMSS系统的构成框图。飞机与卫星之间通信采用L频段，航空地面地球站和网络协调站与卫星之间通信可采用C(INMARSAT)或KU（MTSAT)频段，跟踪遥控站与卫星之间通信可采用C、KU或KA 频段。



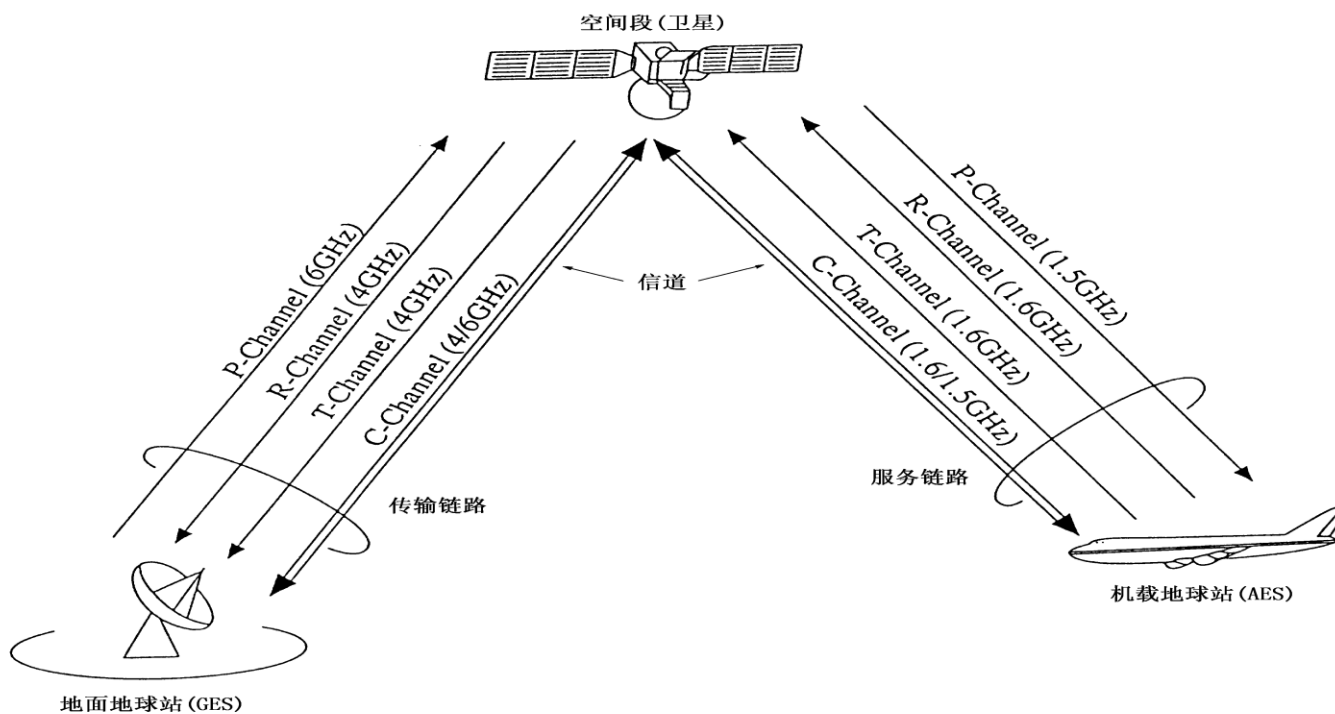


## 4 新的空地通信系统

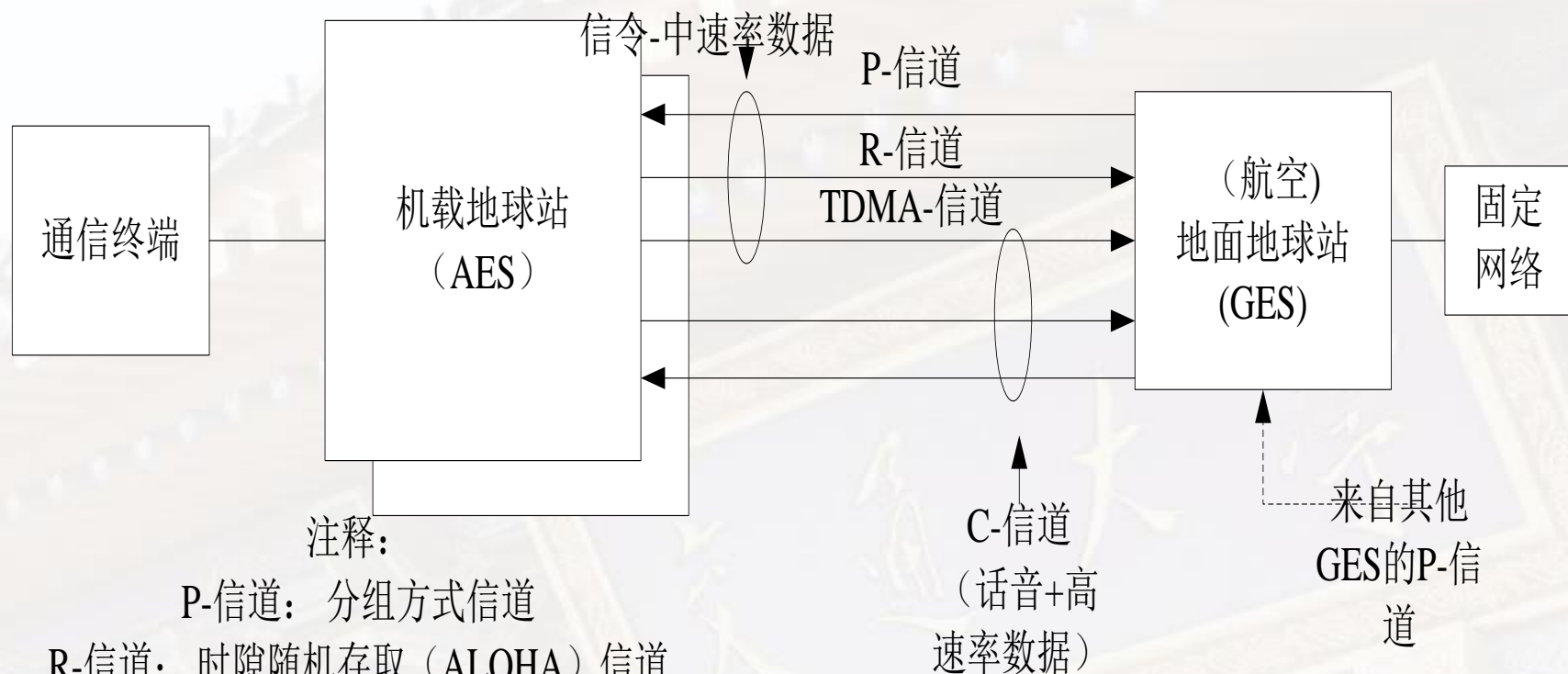


### ◆ 航空移动卫星通信有四种信道

- P信道
- R信道
- T信道
- C信道



## 4 新的空地通信系统



P-信道: 分组方式信道

R-信道: 时隙随机存取 (ALOHA) 信道

C-信道: 电路方式信道

TDMA-信道: 预约时分多址信道





### □ 信道传输特性

信道速率 (bit/s)	信道间隔 (khz)	调制方式	信道类型
21000	17.5	A—QPSK	C
10500	10.0/7.5	A—QPSK	C,P,R,T
6000	5.0	A—QPSK	C
5250	5.0	A—QPSK	C
4800	5.0	A—QPSK	P
2400	5.0	A—BPSK	P,R,T
1200	5.0/2.5	A—BPSK	P,R,T
600	5.0/2.5	A—BPSK	P,R,T





### ◆ P信道

- 是由GES连续不断发往AES的时分复用(TDM)分组方式数据信道，仅用于从地面到飞机的单向传输，可传送分组信令和用户分组数据。P信道分为用作系统管理功能的管理信道记为Psmc和用作业务传输及其它传输的工作信道记为Pd，Psmc和Pd根据GES的业务量(即申请入网的飞机数量)，可以是同一条或不同的信道。对于业务量大的GES可能有多条P信道。







### ◆ R信道

- 是由AES以突发方式发送的)时隙随机多址争用信道(S-ALOHA), 仅用于从飞机到地面的单向传输, 可传送分组信令和分组数据, 以突发方式工作, 由同一GES覆盖下的多架飞机共用一条R信道, 采用时隙ALOHA协议。若多个AES信号发生冲突, 则各自随机延迟后重发。R信道分为用作系统管理功能的管理信道记为 $R_{smc}$ 和用作传输业务信息的工作信道记为 $R_d$ ,  $R_{smc}$ 和 $R_d$  根据GES的业务量, 可以是同一条或不同的信道。对于业务量大的GES可能有多条R信道。





### ◆ T信道

- 是预约时分多址(TDMA)信道，仅用于飞机有较长的报文要发往地面，可用R信道为T信道申请预约一定的时隙，GES收到此申请后，为该T信道预留所需数量的时隙，用P信道通知飞机，飞机接到此通知后，在分配的时隙内按照优先等级依次发送报文。

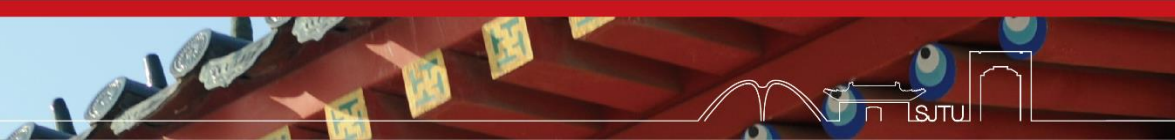




### ◆ C信道

- 是一对双向信道，采用按申请分配方式的单路每载波(SCPC)信道。需要通话时，先通过P信道和R信道传送信令信息，根据申请由GES分配一对C信道给主、被叫用户使用，通话完毕释放，将C信道交还给GES分配给后面的用户使用。语音先数字化和压缩后再传输，目前主要采用9.6Kb/s或4.8Kb/s两种速率的语音数字压缩编码。





### ➤ 高频(HF)空地通信

- 几年前，HF通信在ICAO CNS / ATM系统方案中还放在将被淘汰之列
- 由于近年来HF数据通信技术的突破性进展，采用了自适应选频技术，可靠性大为提高。
- 在1994年的AMCP第三次会议上，HF数据通信用于民航空地通信的可行性问题又重新提上了议事日程。



## 4 新的空地通信系统

- 九十年代初，加拿大、冰岛、瑞典、美国研究了HF数据链用于海洋和边远地区空地通信的情况。
- 1993年以来，开始在北大西洋空域试用HF数据链，效果很好。
- 试验中用了三个地面电台：
  - (a)加拿大纽芬兰彩虹电台；
  - (b)冰岛电台；
  - (c)瑞典斯德哥尔摩电台。
- 共有六家航空公司的飞机参加了试验，飞机达到25架。





- 试验结果证实了利用多个联网的HF电台可提供大范围覆盖和服务，用现有HF电台和机上ACARS管理单元是可行的，达到适航要求，且对机组透明；收集了HF分组数据错误率，证实了自适应选频的有效性。
- 试验表明，HF数据链可与AMSS数据链互补，具有双星的AMSS系统可用性为99.8%，加上HF数据链后，可用性达99.94%。





- 有人提出了一种方案：在全世界设15 ~ 16个HF地面电台，可管理2000多架飞机
- 太平洋区域六个地面台，管800多架飞机，
- 大西洋五个地面台，管650多架飞机
- 印度洋和亚非地区4 ~ 5个地面台，管500多架飞机
- 共用48 ~ 60个频率，进行实时协调，即可达到很好的通信效果。



- 方案要求每个地面台同时用3~6个频率工作(有的频率由两个或三个台共用)。
- 为使飞机能够方便地选用一个传播性能好的频率, 所有地面台在每个发射的频率上, 每32秒钟在特别的呼叫分组内广播信道控制数据。飞机将接收、评估此数据并据此选择一个频率。允许飞机自由地与任一地面台在任一可用频率上通信, 而不管此地面台位于何处, 因而系统可有效、可靠地工作。
- HF数据链的速率有300、600、1200和1800bit / s几种。





### ➤ 二次监视雷达S模式数据链

- 在ICAO的CNS / ATM方案中，S模式二次监视雷达(SSR)是要发展的监视手段。
- S模式SSR是一种先进的雷达询问系统，它将SSR与数据链相结合，可提供新的自动化空中交通管理所需的监视和通信能力。
- S模式询问器发出询问脉冲的载频是 $1030\text{MHz} \pm 10\text{KHz}$ 。





- 在发了两个0.8us的短脉冲之后，要发一个16.25us(或30.25us)的长数据脉冲，此长脉冲用BPSK调制方式，调制速率为4Mbit / s，包含56(或112)比特数据。
- 飞机上装有S模式应答器，每个应答器有24比特技术地址，询问器可以利用数据脉冲进行选址询问。
- S模式应答器发出应答脉冲的载频是1090MHz±1MHz。
- 在发了四个0.5us的短脉冲之后，再发一串二进制脉位调制的数据块，包含56(或112)比特数据，调制速率为1Mbit / s。







5

## 航空电信网(ATN)





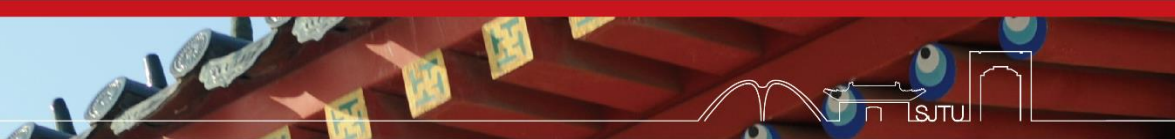
- 为使新的ATM系统高度自动化，必须建设一个全球性的数据通信网——航空电信网，将航空界的机载计算机系统与地面计算机系统连接起来，可以随时互通信息。
- 为此，ICAO的航空电信网专家组(ATNP)正在制订ATN的SARP；前面讲的几种通信手段形成的几种空地通信网，都是ATN的子网。ATN将按照国际标准化组织(ISO)的开放系统互连(OSI)七层模型来构造。



## 5 航空电信网(ATN)

- 它包括三类子网:
- (a)机载电子设备通信子网;
- (b)空地通信子网, 包括AMSS子网, VHF子网, SSR S模式子网, HF子网
- (c)地面通信子网, 包括ATS部门的数据通信子网和AOC部门的数据通信子网。
- 对于各子网, ATN只要求它们具有比特透明传输数据能力(对码和字节均无限制), 没有其它苛刻要求。





- 各类子网之间则利用路由连接器(router)连接。各路由连接器必须遵守共同的网间协议与标准，包括共同的服务质量(QOS)参数，共同的路由选择信息交换协议和ATN全网寻址标准。QOS包括吞吐量，优先等级，差错率，传输时延和成本等。全网地址则既要照顾原有的ICAO的ATS位置识别标准和国际航空运输协会AOC组织及位置识别标准，还要包括ICAO正在计划推行的24比特航空卫星移动通信飞机地球站(AES)地址码和8比特地面地球站(GES)地址码。

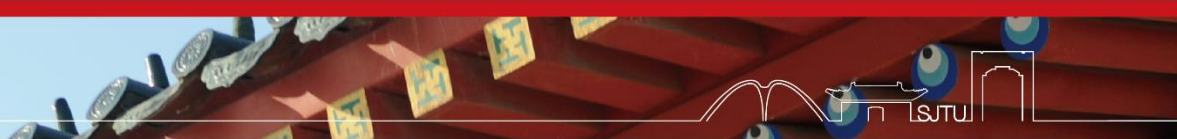




- 在ATN中，路由连接器只包括OSI七层模型的低层，即物理层、链路层和网络层，因此它只是ATN中的“中间系统(IS)”。整个ATN由许多用户“终端系统(ES)”中间系统和子网构成，可使任一ES的应用进程与远方另一ES的同等应用进程交换信息。







- ES包括OSI模型中所有七层，即物理层、链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。物理层控制对传输介质的访问，是通信系统的基础表。链路层管理物理层，可利用专门的检错重发技术达到要求的差错率。网络层管理链路层，在传输层实体间基于全网地址和QOS信息传输数据，当数据链有冗余配置时，网络层要作出路由选择的决策；网络层还要根据其下面链路层的要求进行数据块的拆装。





- 传输层提供可靠的端一端数据传输服务，而不管下面网络层及各子网的质量和特性如何。传输层可以按虚电路方式或数据报方式工作。而ATN中的空地子网，由于频谱受限，都选用虚电路方式工作。传输层是ATN中将高层(即会话层、表示层和应用层)和低层(即物理层、链路层和网络层)衔接起来的中间层；使高层只与应用有关，而与数据传输的具体方式无关；使低层只与数据传输有关，而与应用的性质无关。





- 会话层提供对话控制，校核与同步服务。表示层提供应用进程间信息交换格式和编码规则的协商和控制。应用层提供同等应用进程间建立与结束联系的控制，远端操作服务，可靠传输服务和管理信息服务。
- 应用层包括若干应用实体。应用实体是应用进程中与通信功能有关的部分，提供具体的服务和应用。





- 以上情况表明，新航行系统中的通信系统随着技术的进步和时间的推移，其内涵也在发生变化。以VHF数据链为例，其通信方式仍然多种多样，且有继续增多的趋势。这种情况与最初提出新航行系统时要求在全球以统一方式操作不相符。而且，在不同方案的背后，还隐含着不同国家不同集团的利益，要做到以统一方式操作，实属不易。



# 本章小结

空地  
通信

电报  
通信

空地  
通信

新型空  
地通信

ATN



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY





1. 阅读5~10篇论文，关于以下方向：

- ACAS
- 基于QAR及ACAS大数据的航空安全

并选择其中一个方向做个5mins PPT介绍与交流。



# Thanks!

# Questions?



上海交通大學

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

上海交通大學