

# 民航话音通信交换系统

话音通信交换系统(Voice Communication Switching System, VCSS)简称内话系统,是一种空中交通管制指挥调度专用高度集成的话音通信交换与控制系统,是中国民航空中交通管制地空、地地通信枢纽。话音通信交换系统能接入多种有线、无线通信设备,采用话音交换技术,管制员可方便灵活地选用接入系统的有线、无线信道,是实现空中交通管制地空、地地话音通信的多功能空管专用通信系统。

## 5.1 话音通信交换系统概述

### 5.1.1 话音通信交换系统使用场景

民航话音通信交换系统不仅整合了各种有线、无线通信资源,还可以动态配置、灵活使用这些通信资源,实现各种话音信息之间准确、可靠、高效的信息交换,并通过一个简单、易操作的人机界面提供给管制员使用。因此,如果说自动化系统是管制员的“眼睛”,那么话音通信交换系统就是管制员的“耳朵”和“嘴巴”。

话音通信交换系统不仅可接入普通的话音信号,还可接入甚高频话音信号、高频话音信号、传真信号等。民航话音通信交换系统主要应用于民航区域管制中心、进近管制中心、塔台管制等部门。该系统为同一管制单位内部管制员之间、不同空管单位管制员之间以及管制员与飞行员之间提供话音通信服务。

### 5.1.2 话音通信交换系统功能

话音通信交换系统的基本功能主要分为地空无线通信和地地有线通信,地空无线通信是指管制员与飞行员等民航无线频率使用者通过无线电设备进行的通信,目前我国地空无线通信主要采用甚高频和高频通信两种方式,绝大部分地区采用甚高频通信,只有在西部部分地区以及海上才会使用到高频通信;地地有线通信是指管制员与其他部门通过公共电话线路、自建电话线路、席位电话等进行协调的通信。

除了基本的通信功能外,根据《民用航空空中交通管制话音通信交换系统技术要求》

(MH/T 4027—2019), 话音通信交换系统一般还具备以下功能:

### 1. 无线通信方面

#### 1) 话音信号比选功能

话音通信交换系统在同一频率下至少可配置 6 个无线信道, 并将同时接收到的话音信号通过一定的算法选择出话音质量最好的一路输出给管制员收听。话音信号比选算法采用的指标一般是以下的一种或几种: 信噪比、话音信号能量、话音信号频谱特性、噪声电平、RSSI, 其中最常用的是信噪比、话音信号能量。

比选后的发射模式分为两种, 一种是手动选择模式, 即管制员可自行选择某路无线信道进行发射; 另一种是自动选择模式, 即在一定的时间范围内, 话音通信交换系统会自动选择话音质量最好的那路无线信道进行发射, 发射信道的自动选择时间可以根据管制员的需求设置, 设置范围是 0~60 s, 步进值为 1 s, 超出自动选择时间后, 话音通信交换系统会切换回设定的无线信道发射。话音通信交换系统席位界面如图 5.1 所示。

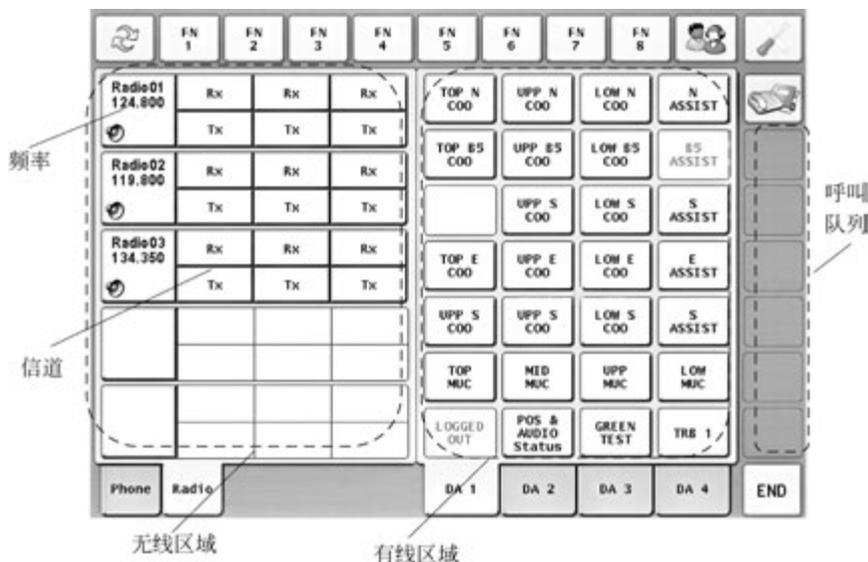


图 5.1 话音通信交换系统席位界面

#### 2) 选呼功能

选呼功能是指通过甚高频向空中发送一组特定的音频信号, 这个特定的音频信号由 2 个连续的音频脉冲组成, 每个脉冲包含同时发射的两种单音, 单音共 32 个, 由字母 A~Z (不包含 I、N、O) 以及数字 1~9 组成, 音频脉冲的持续时间为  $1\text{ s} \pm 0.2\text{ s}$ , 脉冲间隔时间为  $0.2\text{ s} \pm 0.1\text{ s}$ 。发送的音频频率容差为  $\pm 0.15\%$ 。选呼的音频信号遵循以上规则, 以保证机载译码器正常运行。

每个航班都拥有特定的 4 位选呼码, 可以在航班 FPL 报文的第 18 编组 SEL 字段 (如图 5.2 中的 GJHQ) 查看, 当管制员使用选呼功能向空中发送音频信号时, 机载接收机接收到音频信号后会进行解码并识别是否与飞机的选呼码一致, 若一致则会在机舱内通过声光的方式提醒飞行员地面在通过选呼的方式呼叫飞机。

```

ZCZC AF11156 090046
FF ZGNNZXZX
090046 Z888ZFFM
(FPL-CH86337-IN
-A320/M-SDE1E2E3FGHILM30RVWY/LB1
-ZHCC0500
-W078S0980 DUDBI W37 OLM1B W83 GOSMA R343 LBN/M078S0950 W159
BHY
-ZGBH0231 ZGZJ ZGNN
-PBN/A1B2C1D1L101S2 DOF/251009 REG/88642 EET/ZGZU0101 SEL/GJHQ
CODE/781038
OPR/WEST CHINA RMK/TCAS 11)
NNNN

```

图 5.2 FPL 报文

### 3) PTT 故障保护、自锁和超控功能

PTT 故障保护功能是指当一个信道 PTT 发送时间超过系统预设值, 话音通信交换系统会自动关闭该 PTT 的发送, 并为管制员给出告警标识。该功能可以防止因误操作造成信道长时间被占用、频率干扰、电台 PTT 发射超时告警等问题。

PTT 自锁功能是指话音通信交换系统任何一个频率在任何时候都只允许一个席位占用 PTT 进行发射操作。一旦某个频率 PTT 被占用, 其他席位会有视觉提示, 无抢占权限的席位不能使用该信道进行发射, 如果在自锁时还进行发射, 系统会为管制员给出声光告警提示。

PTT 自锁后, 无抢占权限的席位不能再进行发射, 而有抢占权限的席位则可以强行抢占已激活的 PTT, 其他席位的 PTT 信号失效, 这就是 PTT 超控功能。话音通信交换系统可以为每个席位的每个频率配置 PTT 权限, 权限高的席位可以超控权限低的席位, 被超控的席位会出现声音提示。如果相同优先级的两个席位同一时间按下了同一频率的 PTT, 则遵循“先到先得”的规则。

### 4) 频率耦合功能

频率耦合功能可以将一个频率接收到的话音信号再通过其他频率转发出去, 可以让管制员使用多个频率指挥多架飞机, 就像使用一个频率一样。频率耦合功能主要用于军民航共同飞行或者夜晚合扇后同时管制多个扇区的情况, 便于管制员全面掌握飞行动态, 同时能减少飞行员之间“抢话筒”的概率。

如图 5.3 所示, 频率耦合又分为单向耦合和双向耦合, 当频率 1(F1) 单向耦合频率 2(F2) 时, 管制员可以听到两架飞机的声音, 两架飞机也可以听到管制员的声音, 同时频率 1 的飞机可以听到频率 2 的飞机的声音, 但频率 2 的飞机不能听到频率 1 的飞机的声音; 而当频率 1 双向耦合频率 2 时, 管制员可以听到两架飞机的声音, 两架飞机也可以听到管制员的声音, 同时两架飞机之间也能听到对方的声音。

### 5) 侧音功能

话音通信交换系统的侧音功能可以让管制员听到自己发出去的声音, 让管制员知道话音是否被发射出去, 同时对于技术人员来说, 可以通过侧音来判断链路是否正常。侧音一般有三种模式, 分别为远端侧音、本地侧音和侧音抑制。远端侧音是指侧音信号来自接收机(接收电台), 可以检查席位到收发电台的链路状态, 如图 5.4 所示, 管制员在面板上激活了相应频率信道的 PTT, 发射音频随着发射链路传至远端台站发射机, 随后通过电台接收模

块将发射音频通过接收线路接收回来；本地侧音是指侧音信号来自话音通信交换系统内部，可以检查席位到无线接口板的链路状态；侧音抑制则是没有侧音。

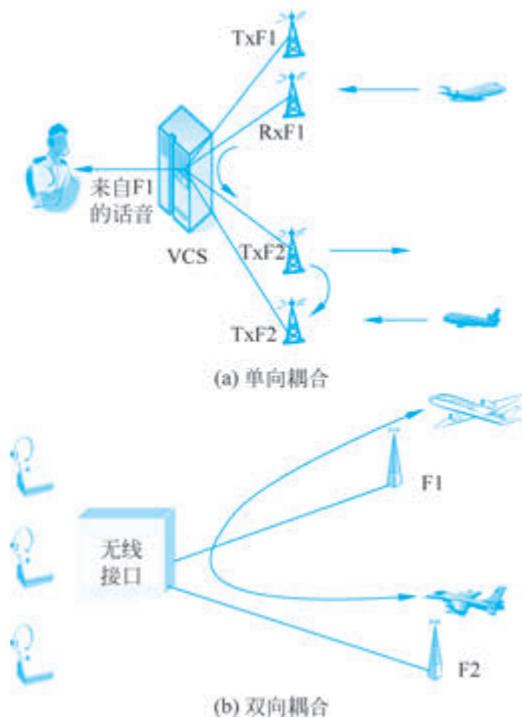


图 5.3 频率耦合示意图

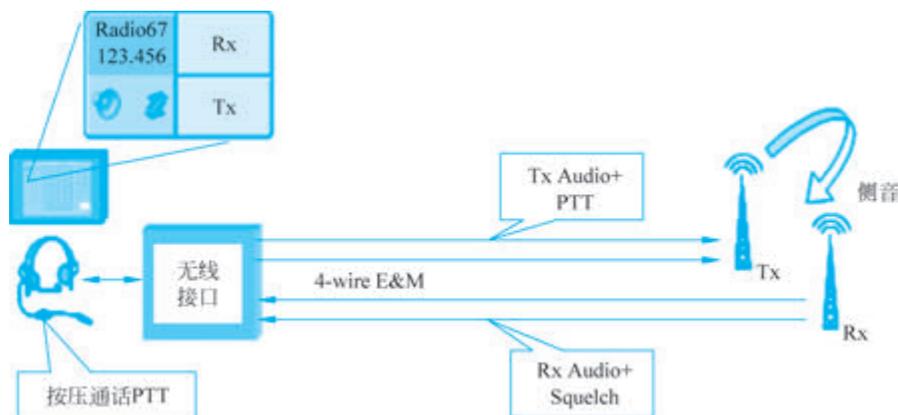


图 5.4 远端侧音

## 2. 有线通信方面

(1) 呼叫排队。席位上会配置多条电话线路，同一时间可能会有多个电话呼入。话音通信交换系统的呼叫排队功能可以同时支持 5 个以上的来电同时呼叫，管制员可以根据当前工作情况，选择性接听其中一路电话。从图 5.1 的话音通信交换系统席位界面右侧呼叫队列可看到，该系统可支持 6 个来电呼叫。

(2) 呼叫保持。由于一个席位只能同时接通一个电话,当有重要电话拨打到席位上而席位正在接通其他电话时,管制员可以通过呼叫保持功能将当前通话设置为保持状态,处于保持状态下的电话不会挂断,也不会占用正在通话的资源,这样管制员就可以先接听重要电话,结束重要电话后再恢复被保持的电话继续进行通话。话音通信交换系统能同时支持 5 个以上的呼叫保持。

(3) 呼叫转移。话音通信交换系统具备呼叫转移功能,能将打到某个席位的所有电话转移到内部的其他席位或其他预设的号码上,通常应用于管制席管制员和协调席管制员之间,以及夜间多个管制扇区合并运行时。

(4) 呼叫转接。话音通信交换系统具备呼叫转接功能,与呼叫转移类似,都是将呼入的电话转移到系统内部其他席位或电话上,区别在于呼叫转接功能仅对某一个电话生效。

(5) 电话监听。话音通信交换系统具有电话监听功能,通过监听功能可以监听其他席位或者内部用户的通话。

(6) 呼叫强插。话音通信交换系统可以设置电话的优先级,当有高优先级的电话呼入且被呼叫席位正在通话时,被呼叫席位会产生提示音,并将原来的通话保持,同时进行与高优先级呼叫的通话。

(7) 电话会议。为方便管制员之间协调工作,提高沟通效率,避免信息失真,话音通信交换系统可以通过电话会议功能同时接入多个电话,达到多个用户同时进行通话的效果。

(8) 群呼叫。群呼叫功能是指能将不同的话音通信交换系统的多个用户设置为 1 个群号码,当该号码有呼入时,群内配置的所有空闲用户均振铃,当任意用户摘机应答后,其他被叫方均停止振铃。

(9) 呼叫代答。通过呼叫代答功能,管制员可以接起其他席位上正在振铃并且无人接听的电话。

(10) 席位录音。每个席位可以提供 2 个以上的录音输出,且每个录音输出能分别设置为无线通信录音输出、有线通信录音输出。同时席位还具有本地短期录音及回放功能,可以实现地空、地地通话的录音和回放,本地短期录音时间不少于 30 分钟。

综上所述,话音通信交换系统(图 5.5)是整合了无线和有线通信的终端设备,方便管制员准确、高效地实施对空指挥、对内对外进行协调以及信息通报等工作,是保障管制员提供空中交通管制服务的重要设备。

话音通信交换系统和普通电话交换系统均面向话音通信业务,但存在以下几方面的区别。

为保证空管通信业务的实时性,话音通信交换系统的交换网络是无阻塞的,即管制员永远不可能听到由于系统容量不足引起的忙音提示,也就是没有呼损。而普通电话交换系统为降低成本,系统存在一定程度的呼损。

话音通信交换系统可处理无线电收发信机一些特殊类型的信号,如 PTT、静噪信号等。而普通电话交换系统则无法处理这种类型的信号。

话音通信交换系统可提供给管制员一个通信界面,即席位。在席位上管制员可对远程无线电通信系统进行操作,如频率切换、频率耦合等。而普通电话交换系统则无法支持该功能。

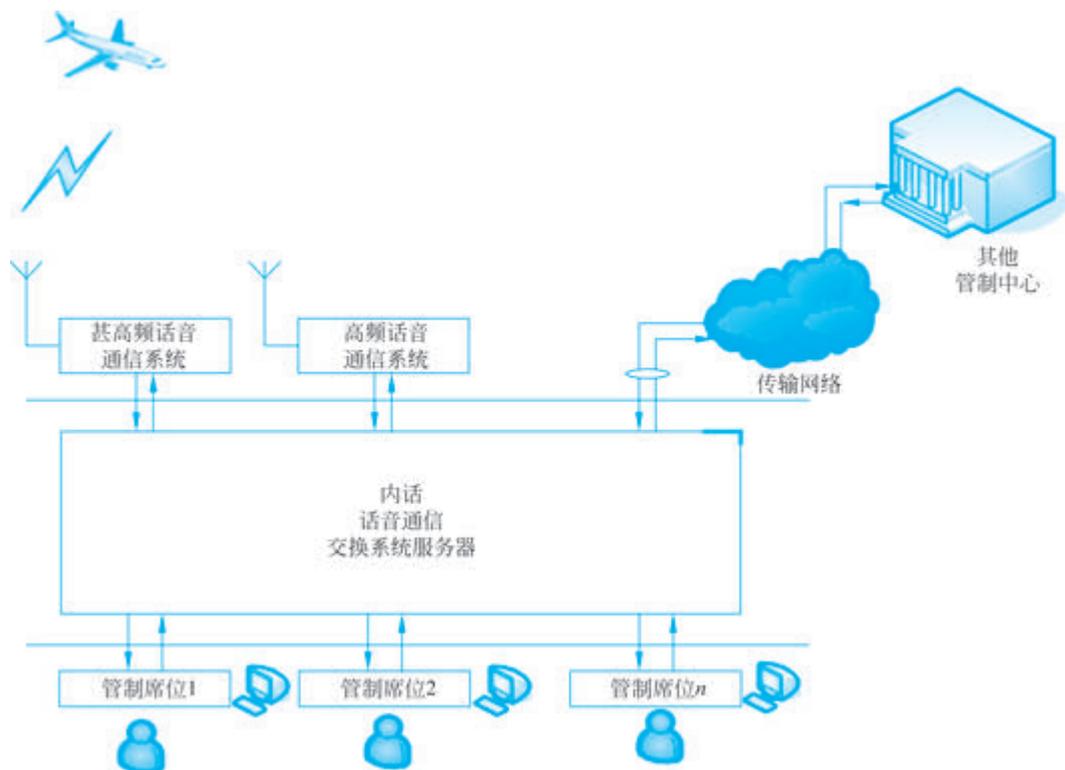


图 5.5 话音通信交换系统示意图

## 5.2 系统组成及工作原理

### 5.2.1 系统组成

话音通信交换系统按照内部交换方式分为基于时分交换架构的、基于软交换架构的民航话音通信交换系统,其中基于软交换架构的话音通信交换系统又分为集中式和分布式。

基于时分交换架构的民航话音通信交换系统由中央交换处理子系统、外部接口、席位、监控维护子系统、内部分配线架、电源等附属设备组成,如图 5.6 所示;基于软交换集中式架构的民航话音通信交换系统由数据交换处理子系统、外部接口、席位、监控维护子系统、网络交换子系统、内部分配线架、电源等附属设备组成;基于软交换分布式架构的民航话音通信交换系统由外部接口、席位、监控维护子系统、网络交换子系统、数据交换处理子系统、内部分配线架、电源等附属设备组成。

基于软交换架构的民航话音通信交换系统虽然其系统内部信号与基于时分交换架构的民航话音通信交换系统有着本质区别,一个是数字交换设备,另一个是网络交换设备,但两种系统的基本工作原理均为:通过模拟无线通信接口、模拟有线通信接口、数字接口、网络通信接口等,接入多种类型的信号,实现多任务并发操作,并具有完全无阻塞的话音交换功能。管制员可方便灵活地选用接入系统的信号(有线、无线信道),实现空中交通管制地空、

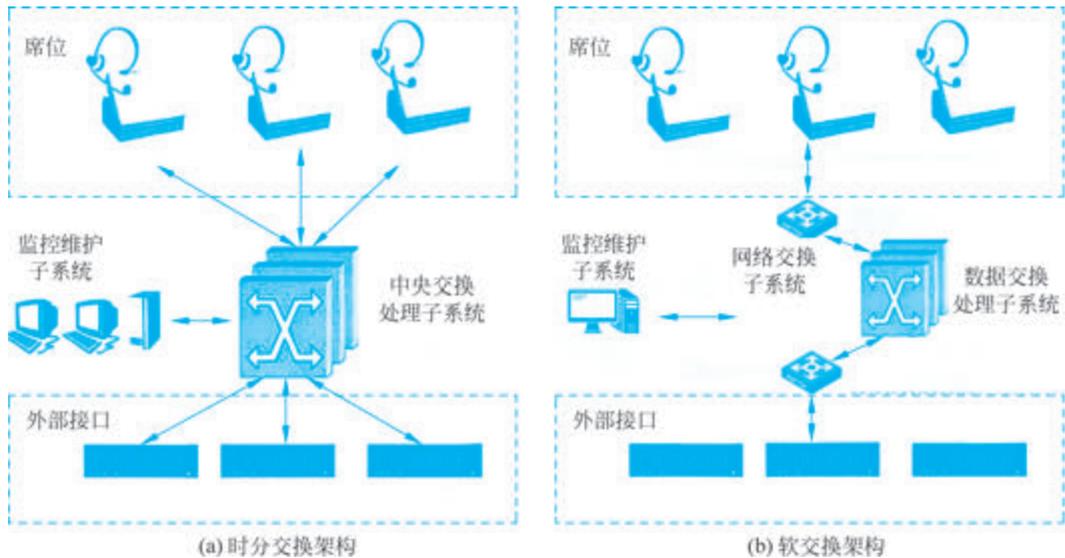


图 5.6 语音通信交换系统组成示意图

地地语音通信。

从拓扑结构来说,语音通信交换系统主要可分为星型拓扑结构和环形拓扑结构。星型拓扑结构的优点在于降低了单节点故障对系统的影响,中央节点对连接线路可以逐一隔离进行故障检测和定位,在单个连接点故障的情况下只会影响某个设备,不会影响全网,其缺点在于需要耗费大量的线缆,安装和维护的工作量较大,各站点的分布处理能力较低;环形拓扑结构的优点在于可以消除端用户通信对于中心系统的依赖性,其缺点在于可靠性低,对分支节点故障定位较难,当环中节点过多时,影响信息传输速率,不便于扩充。

### 1. 中央交换处理子系统/数据交换处理子系统

中央交换处理子系统/数据交换处理子系统是语音通信交换系统的核心部分,主要功能是完成语音信号在席位与外部接口之间的交换,即管制员席位与接入的各种无线电设备及电话终端之间的信息交换,以及不同管制员席位之间的语音信息交换。中央交换处理子系统的语音信息交换均为数字式交换,采用时分复用的方式;数据交换处理子系统的语音信息的交换均为网络交换。控制与交换子系统则为语音通信交换系统提供统一的时钟信号,以确保数据的准确传输和处理。同时,控制与交换子系统实时收集各个单元的工作状态,并将检测到的故障信息输出到监控系统,以供技术管理人员监控。监控系统发出的配置数据或其他控制命令也通过控制与交换子系统分发到系统中的各个部分。

为保证语音通信交换系统运行的可靠性,通常控制与交换子系统是冗余设计的,一般由两个相同的控制与交换单元构成,采用热备份或并行运行的方式协同工作,任意一个单元故障均不会对系统运行造成影响。

### 2. 外部接口

语音通信交换系统与普通程控交换机的最大不同在于其外部接口除了不同类型的地地(G/G)通信接口外,还提供了地空(A/G)通信接口,可以将各种地地通信线路和地空通信设备接入交换系统。语音通信交换系统的控制与交换子系统是数字/网络交换设备,而经外

部接口输入的信号是模拟信号,因此需要转换成数字信号/网络信号才能进入控制与交换子系统进行处理。同样,经过控制与交换子系统输出到外部接口的信号,也需要先转换成模拟信号才能输出。此外,接入的数字联网信号也需要转换成符合控制交换模块认可的信号格式,因此外部接口还具有数模(A/D)、模数(D/A)转换以及数据格式转换的功能。

根据《民用航空空中交通管制话音通信交换系统技术要求》(MH/T 4027—2019),话音通信交换系统应具有模拟有线通信接口、模拟无线通信接口、数字接口、网络通信接口、数据通信接口。

#### 1) 模拟有线通信接口

模拟有线通信接口主要包括各种类型的电话线路的接口,以模拟信号的方式实现与程控交换机等电话交换设备连接。常用的模拟有线通信接口包括 2 线 PABX 接口、2 线 PSTN 接口以及 4/6 线电话接口(E&M、MFC-R2)、2 线磁石电话接口。

(1) PABX(Private Automatic Branch eXchange)是空管单位内部专用的小程控交换机,可以实现空管单位内部终端之间的互相通信而不需要经过公共交换电话网络,也可以实现空管单位内部终端和外部用户的相互呼叫。

(2) PSTN(Public Switched Telephone Network,公共交换电话网络),即日常生活中常用的电话网络,空管单位和部分其他用户之间还需要通过 PSTN 相互呼叫。

(3) MFC(Multi-Frequency Compelled Signaling,多频互控信令),是一种模拟联网信令,它用频率信号代替数字,通过 2 组不同频率的正弦波组合表示数字 0~9,同时通过“发端送信令→收端确认→发端停信令”的三次握手逻辑,确保信令不丢失、不错传。MFC 包括 MFC-R2 信令和 MFC-NO5 信令两种,前者用于陆基传输,后者用于星基传输,目前主要使用的是 MFC-R2 信令。

#### 2) 模拟无线通信接口

模拟无线通信接口是指通过模拟信号的方式接入 VHF、HF 无线电地空通信设备的接口,接口信号包括发射音频(TX/AF)、接收音频(RX/AF)、键控(PTT)、静噪(SQL)信号,不仅可直接与 VHF、HF 无线电台的线路接口连接,还可以与传输接入设备的 E&M 信令话音接口匹配连接。

E&M 信令是一种模拟中继信令,将话音与信令通道分开,多用于甚高频信号传输。E&M 信令将话音通道和信令通道分开,E 和 M 是信令控制线,其中 E 信令为信号接收控制线,用来控制接收从远端线路进来的信号;M 信令为信号发送控制线,用来控制向线路的远端发送信号,T(Tip)、T1 和 R(Ring)、R1 用于传输话音信号。

E&M 又分为 2 线制 E&M、4 线制 E&M、1E1M 和 2E2M。

(1) 2 线制 E&M。只采用一对平衡线 T、R 用于话音信号的发送和接收。

(2) 4 线制 E&M。T、R 是一对平衡线,用于本端向对端发射话音信号;T1、R1 是另一对平衡线,用于接收对端传输给本端的话音信号。

(3) 1E1M。接口只使用一根 M 线和一根 E 线。

(4) 2E2M。接口使用一对 M 线和一对 E 线。

目前,我国普遍使用 2/4 线 1E1M 的 E&M 接口。

E&M 有 5 种接口类型,分别表示为 E&M I、E&M II、E&M III、E&M IV 和 E&M V。不同类型的 E&M 接口有不同的物理连线和信令方式,如表 5.1 所示,目前最常用的是

E&M II 和 E&M V 接口。

表 5.1 E&M 信令接口类型

E&M 类型	摘机条件		挂机条件	
	E 线	M 线	E 线	M 线
I	接地	接电	开路	接地
II	接地	接电	开路	开路
III	接地	环路电流	开路	接地
IV	接地	接地	开路	开路
V	接地	接地	开路	开路

E&M I : E 线起控方式为接地,失效时为开路; M 线起控方式为接电,失效时为接地。  
 E&M II : E 线起控方式为接地,失效时为开路; M 线起控方式为接电,失效时为开路。  
 E&M III : E 线起控方式为接地,失效时为开路; M 线起控方式为环路电流,失效时为接地。  
 E&M IV : E 线起控方式为接地,失效时为开路; M 线起控方式为接地,失效时为开路。  
 E&M V : E 线起控方式为接地,失效时为开路; M 线起控方式为接地,失效时为开路。

### 3) 数字接口

数字接口是指以数字信号的方式实现与外部设备连接的接口。系统中使用的数字接口包括 ISDN 接口、ATS-QSIG 接口、PCM 数字专线接口。

(1) ISDN(Integrated Service Digital Network,综合业务数字网)是基于电路交换的数字化数据服务。ISDN 有两种基本信道,D 信道为信令信道,用于带外信令传输,同时承载控制消息,如呼叫的建立和拆除; B 信道为数据信道,用于数据传输,既可用于电路交换,也可以用于分组交换网络。

ISDN 有两种服务级别,分别为基本速率接口 BRI 和基群速率接口 PRI。ISDN 基本速率接口线路最大能提供 128 kb/s 的速率。一个 ISDN 基本速率接口信道包含一个或两个 B 信道,每个 B 信道的速率为 56 kb/s 或 64 kb/s。ISDN 基群速率接口是在 T1 或 E1 线路上传输的,一个 ISDN 基群速率接口信道包含 23 个或 30 个速率为 56 kb/s 或 64 kb/s 的 B 信道。

(2) ATS-QSIG 接口。OSIG 协议是用于专用交换机之间通信的国际化标准协议,ATS-QSIG 信令是 QSIG 协议在空中交通管制服务中的具体应用,其物理层采用 ITU-T G. 703,数据链路层采用 LAPD,网络层采用基于 OSIG 和 ATM 特殊功能。ATS-QSIG 采用 3 路 G. 728 16kb/s 语音信号和 1 路 16 kb/s 信令信号复用到 1 条 64 kb/s 信道,节省了线路资源。由于语音的数字化传输,语音质量更好,传输错误更少,没有模拟线路的衰减;使用动态带宽分配,高效率的线路资源管理;使用语音压缩减少租用线路的费用,全数字呼叫处理缩短了呼叫建立时间。

(3) PCM 数字专线接口包括 75  $\Omega$  和 120  $\Omega$  两种,其特性符合 ITU-T G. 711、ITU-T G. 712、YD 610 的要求。

(4) 网络通信接口采用以太网接口,支持 SIP 协议、RTP 协议和 R2S 协议,符合 ED-136、ED-137B、ED-138、RFC 3261、RFC 3550 协议的要求,通过 IP 的方式实现无线电及电话的联网。

(5) 数据通信接口适用 RS-232、RS-422 等接口,能支持同步数据传输、异步数据传输,传输速率为 1200 b/s~64 kb/s,其特性符合 ITU-T G. 703、ITU-T G. 728 的要求。

### 3. 席位部分

话音通信交换系统的席位是指席位主机与触摸屏终端集成的一个模块,为管制员提供使用各种有线和无线通信资源的操作界面,由若干席位单元组成,席位单元的数量是与管制单位的工作需求密切相关的。每个席位单元通过两条相互独立的链路同时连接到两个控制与交换单元上,因此席位单元和控制与交换子系统的连接也是冗余的。常见的席位功能有频率界面、电话界面、功能键界面、角色界面、电话簿界面、配置界面等。

席位单元是提供给管制员使用的人机界面,是话音通信交换系统区别于一般程控交换机的特色之一。席位单元主要由两部分组成:人机接口和席位处理器。

人机接口(Human Machine Interface, HMI)是指操作界面及配套的耳麦、扬声器、音量旋钮、脚踏 PTT(Push to Talk)等电声设备。早期话音通信交换系统操作界面一般为按键式,而随着技术发展,目前使用的话音交换系统的操作界面一般为液晶触摸屏。液晶触摸屏的特点是配置灵活、良好的使用稳定性以及美观的显示界面。触摸屏上虚拟按键的颜色(包括按键颜色、背景颜色、外框颜色)及其闪烁速度的不同,表示其处于不同的工作状态,同时操作界面具有丰富的声光报警功能,可以最大限度地避免管制员发生误操作。触摸屏面板设置比较人性化,可以根据需要在监控单元上进行修改设置,还可以由管制员根据工作需要和个人习惯灵活地在触摸屏上配置无线、有线等通信资源,以便管制员高效地完成各种空中交通管制服务。

席位处理器是席位单元的中央处理部分,充当着控制与交换子系统与席位人机接口之间进行信息交换的桥梁。当管制员通过席位的人机接口进行操作时,席位处理器接收并处理操作指令,然后通过控制与交换子系统调用相应的外部接口资源,实现向外接设备发送话音信号、通过控制与交换子系统和其他席位建立通信连接等。

席位单元支持双路电源输入,供电一般采用 220 V 交流或者 24 V/48 V 的直流供电,有的话音通信交换系统产品席位单元无须额外供电,而由主系统电源供电。

### 4. 监控维护子系统

监控维护子系统可采用单机模式或客户端/服务器模式,负责报告系统中各设备(节点、板件)工作状态和错误、报告各设备状态变化、监控各设备连接状态、报告软件状态变化、传递应用程序的错误信息、处理控制命令、外部接口的控制、必要的各类告警(声音、颜色等)等系统监控功能,并存储相关监控信息。

监控维护子系统除了监控功能外,还具有系统配置维护功能,所有在中央交换处理子系统/数据信息交换处理子系统、席位、外部接口中进行的本地配置,均能通过监控维护子系统实时、在线地对各席位的参数、无线信道、有线信道接口和监控维护子系统自身的参数进行配置,并且在在线配置生效时,不能影响正在进行的通信。

最后,监控维护子系统的故障不会影响系统其他部分的正常工作。

### 5. 网络交换子系统

网络交换子系统用于系统内网络设备间的互联以及与外部网络设备的互联。网络交换子系统至少需要采用 2 台网络交换设备,并且满足物理分开、完全冗余的要求。

## 6. 内部分配线架(IDF)

IDF 作为与外部系统之间互联的物理装置,实现内部、外部信号之间的连接。

## 5.2.2 相关基础知识

### 1. 话音信号的 A/D 和 D/A 转换

模拟信号数字化需要采样、量化和编码三个步骤。采样是把模拟信号以其最高频率 2 倍及以上的频率抽取样值,变为在时间轴上离散的采样信号的过程。

一个频带限制在  $f_m$  的时间连续信号,若以  $T_s$  ( $T_s \leq 1/2f_m$ ) 为间隔对它进行等间隔采样,则该低通信号将被所得到的采样值完全确定,这就是低通模拟信号采样定理。例如,话音信号带宽被限制在 300 Hz~3.4 kHz,用 8 kHz 的采样频率,就可获得能取代原来连续话音信号的采样信号。特别地,当采样间隔等于  $1/2f_m$  时,该间隔称为奈奎斯特间隔,此时对应的采样频率称为奈奎斯特频率。

模拟话音信号经过采样后会变成一种脉冲幅度调制(Pulse Amplitude Modulation, PAM)信号,在时间上变成离散的,但是在幅度上仍然是连续变化的。此时可以利用有限个电平来表示模拟采样值,这个过程称为量化,经过量化之后的信号在时间和幅度上都是离散的,可以用有限位数的二进制比特进行编码。模拟信号采样、量化、编码成为二进制符号的基本过程,称为脉冲编码调制(Pulse Code Modulation, PCM),即 A/D 转换。

如图 5.7 所示,在话音通信的 PCM 中,采样频率  $f_s = 8$  kHz,采样后的样值量化电平数为  $2^8 = 256$  个,即每个样值需要 8 bit 进行编码。由此可得一路模拟话音信号经过 PCM 后得到的数字语音信号的信息速率为  $R_b = 8000 \times 8 = 64$  kb/s。



图 5.7 话音信号的 PCM 过程

与此相反,D/A 转换是指数字语音信号经解码器(将二进制数据转换为相应的量化电平)和低通滤波器(平滑波形,去除高频成分)后恢复为连续的模拟话音信号。

### 2. 时分复用

时分复用(Time Division Multiplex, TDM)是将某一信道按照时间进行分割,各话音信号的采样、量化、编码后的 PCM 码组按照一定的顺序占用某一固定时间间隔,这个时间间隔也称为时隙。这样,多路信号采用 TDM 方式按照一定的结构形式复接成一路高速率的复合数字信号,即群路信号。对于数字电话的 PCM 系统,国际上采用 PDH(准同步)复接技术。此技术有两种体系,一种是北美和日本采用的 T 系统,其一次群(T1)速率是 1.544 Mb/s;另一种是欧洲和我国采用的 E 系统,其一次群(E1)速率为 2.048 Mb/s。

E1 有成帧、成复帧与不成帧三种方式,在成帧的 E1 中第 0 时隙用于传输帧同步数据,其余 31 个时隙可以用于传输有效数据;在成复帧的 E1 中,第 0 时隙用于传输帧同步数据,第 16 时隙用于传输信令,剩余 30 个时隙可用于传输有效数据;而在不成帧的 E1 中,所有

32 个时隙都可用于传输有效数据。我国 E1 系统使用的是成复帧的方式。

如图 5.8 所示, E1 帧长为  $125 \mu\text{s}$ , 划分为 32 个时隙, 其中时隙 TS0 和 TS16 分别传输帧同步和信令, 剩余的 30 个时隙可以承载 30 路数字电话, 每个时隙 8 bit, 因此 E1 速率为  $R_{E1} = 32 \times 8 \text{ b} / 125 \mu\text{s} = 2.048 \text{ Mb/s}$ 。

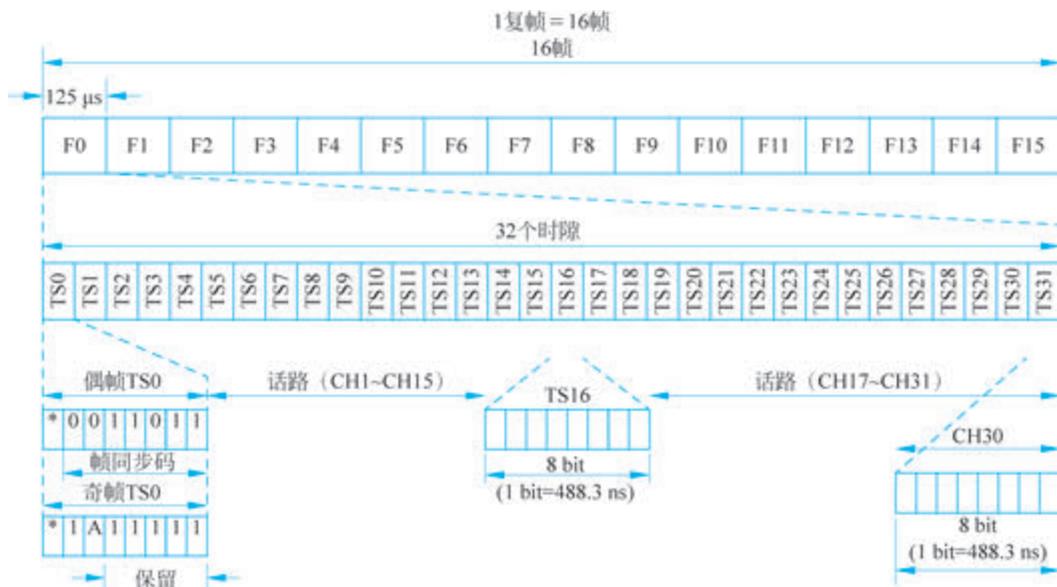


图 5.8 E1 帧结构

### 3. 交换方式

从通信资源的分配角度来看,“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。常用的交换方式有电路交换、报文交换和分组交换三种。若要传送的数据量大,且传送时间远大于呼叫时间,采用电路交换比较合适。当端到端的通路由很多段的链路组成时,采用分组交换传送数据较为合适。从提高整个网络的信道利用率上看,报文交换和分组交换优于电路交换,其中分组交换比报文交换的时延小,尤其适合计算机之间的突发式的数据通信。

#### 1) 电路交换(circuit switching)

在进行数据传输前,两个节点之间必须要建立一条专用(双方独占)的物理通信路径(由通信双方之间的交换设备和链路逐段连接而成),该路径可能经过许多中间节点。该线路在整个数据传输期间一直被独占,直到通信结束后才被释放。因此,电路交换技术分为三个阶段:连接建立、数据传输和连接释放。

最常见的电路交换的例子是电话系统。电路交换分为时分交换(time division switching)和空分交换(space division switching)两种方式。

时分交换是把时间划分为若干互不重叠的时隙,由不同的时隙建立不同的子信道,通过时间交换器(T 交换器)完成一条 PCM 复用线上各时隙内容的交换,从而实现入线和出线之间话音交换的一种交换方式。时分交换的关键在于时隙位置的交换,而此交换是由主叫拨号所控制的。为了实现时隙交换,必须设置话音存储器。在采样周期内有  $n$  个时隙分别存入  $n$  个存储器单元中,输入按时隙顺序存入。若输出端是按特定的次序读出的,就可以改

变时隙的次序,实现时隙交换。

空分交换是指在交换过程中的入线通过在空间的位置来选择出线,并建立接续。通信结束后,随即拆除。比如,人工交换机上塞绳的一端连着入线塞孔,由话务员按主叫要求把塞绳的另一端连接被叫的出线塞孔,这就是最形象的空分交换方式。空间交换器又称 S 交换器,其作用是完成不同 PCM 复用线之间的交换。

时间交换器的容量受存储器读写速率的限制,单个时间交换器的容量通常不超过 1024 话路(32 个 E1)。当输入 E1 的路数超过单个时间交换器的容量极限时,必须使用多个时间交换器,而不同时间交换器之间的交换需要通过空间交换器完成。当交换机的容量较小时,可以采用只含一个时间交换器的单 T 网络。当交换机的容量超过单 T 的限度时,必须采用由 T 和 S 交换器组成的多级网络。因此对于如民航话音通信交换系统或其他程控交换机等接入线路规模较大的交换设备,均使用 T 和 S 组合的多级网络。

## 2) 报文交换(message switching)

数据交换的单位是报文,报文携带有目的地址、源地址等信息。报文交换在交换节点采用的是存储转发的传输方式,对报文的大小没有限制,要求交换节点有较大的缓存空间。报文交换主要用于早期的电报通信网,现在较少使用,通常被分组交换所取代。

## 3) 分组交换(packet switching)

与报文交换一样,分组交换也采用了存储转发方式,但解决了报文交换中大报文传输的问题。分组交换限制了每次传输的数据块大小的上限,把大的数据块划分为合理的小数据块,再加上一些必要的控制信息(如源地址、目的地址和编号信息等),构成分组(packet)。网络节点根据控制信息把分组送到下一节点,下一节点接收到分组后,暂时保存下来并排队等待传输,然后根据分组控制信息选择它的下一个节点,直到到达目的节点。

### 5.2.3 PCM/TDMA 交换原理

下面以管制员利用话音通信交换系统通过本地甚高频收发信机与飞行员话音通信为例来说明系统的工作原理。话音通信交换系统工作可分为四个步骤,即通信链路的建立、管制员发送话音信号、管制员接收话音信号和通信链路的拆除。

#### 1. 通信链路的建立

(1) 管制员通过在话音通信交换系统席位控制面板选择甚高频电台,席位的控制单元将通信链路建立命令,封装在 HDLC 数据帧中,并通过 HDLC 总线发送给交换机时隙管理单元。

(2) 交换机时隙管理单元接收到通信链路建立命令请求后,根据交换机当前时隙使用情况,为当前通信链路分配 PCM 时隙,如席位输出到甚高频接口分配为 PCM 总线 1 的 TS<sub>x</sub> 时隙;甚高频接口输出到席位分配为 PCM 总线 2 的 TS<sub>y</sub> 时隙。

(3) 交换机时隙分配单元将时隙分配信息封装在 HDLC 数据帧中,并通过 HDLC 数据总线发送给席位及甚高频接口板。

(4) 席位控制单元根据收到的时隙分配命令获知该席位发送信号所使用的时隙编号为 PCM1 总线的 TS<sub>x</sub> 时隙,接收信号的时隙编号为 PCM2 总线的 TS<sub>y</sub> 时隙。

(5) 甚高频接口板根据收到的时隙分配命令获知该甚高频接口板发送信号至席位所使用的时隙编号为 PCM2 总线的 TS<sub>y</sub> 时隙, 从席位接收信号的时隙编号为 PCM1 总线的 TS<sub>x</sub> 时隙。

至此, 通信链路建立, 流程图如图 5.9 所示。

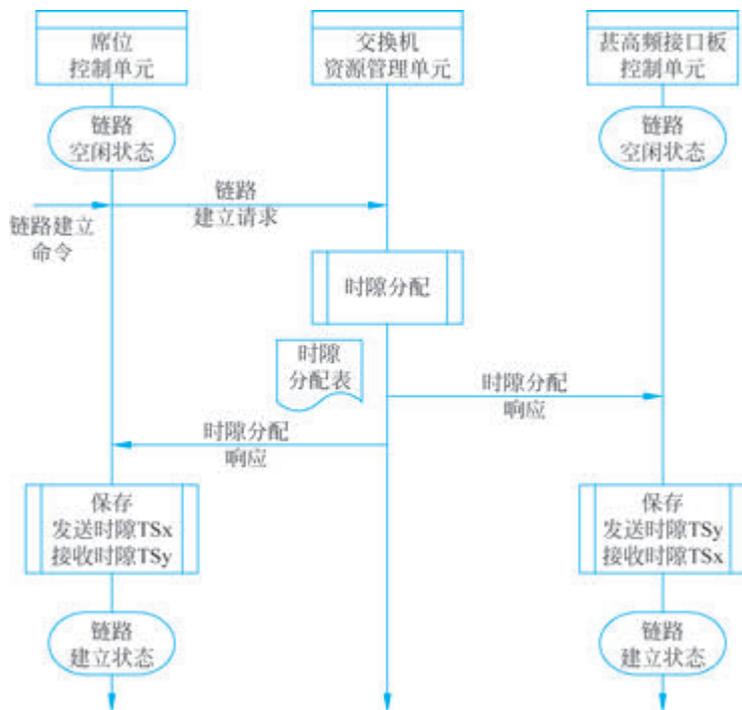


图 5.9 通信链路建立

## 2. 管制员发送话音信号

(1) 在话音通信交换系统席位中, 管制员按下 PTT 并发话, 模拟话音信号进入席位的发送单元, 在发送单元中, 首先通过 A/D 转换器将模拟话音信号转换为 64 kb/s 数字话音信号, 再根据预先分配的发送时隙, 将 64 kb/s 数字话音信号映射到 PCM1 总线的 TS<sub>x</sub> 时隙。

(2) 根据时隙分配指令, 甚高频接口板的接收单元从 PCM1 总线的 TS<sub>x</sub> 时隙提取数字话音信号, 并在接收模块中将 64 kb/s 数字话音信号转换为模拟话音信号, 同时提取 PTT 控制信息, PTT 控制信息通常复用在数字话音信号中。时隙分配示意如图 5.10 所示。

(3) 甚高频接口将模拟话音信号送入甚高频发射机, 同时输出 PTT 信号控制甚高频发射机启动, 此时模拟话音信号通过甚高频设备发射出去。

## 3. 管制员接收话音信号

(1) 甚高频收信机在指定工作频率接收甚高频信号, 收到信号后, 接收机静噪信号 (SQL) 处于有效状态 (高电平)。此时接收机会将收到的模拟话音信号及静噪信号输出, 最终送到话音通信交换系统的甚高频接口板。

(2) 甚高频接口板接收到模拟话音信号及 SQL 信号后, 首先将接收到的模拟话音信号通过 A/D 转换为 64 kb/s 数字话音信号, 然后将话音信号映射到 PCM2 总线的 TS<sub>y</sub> 时隙传

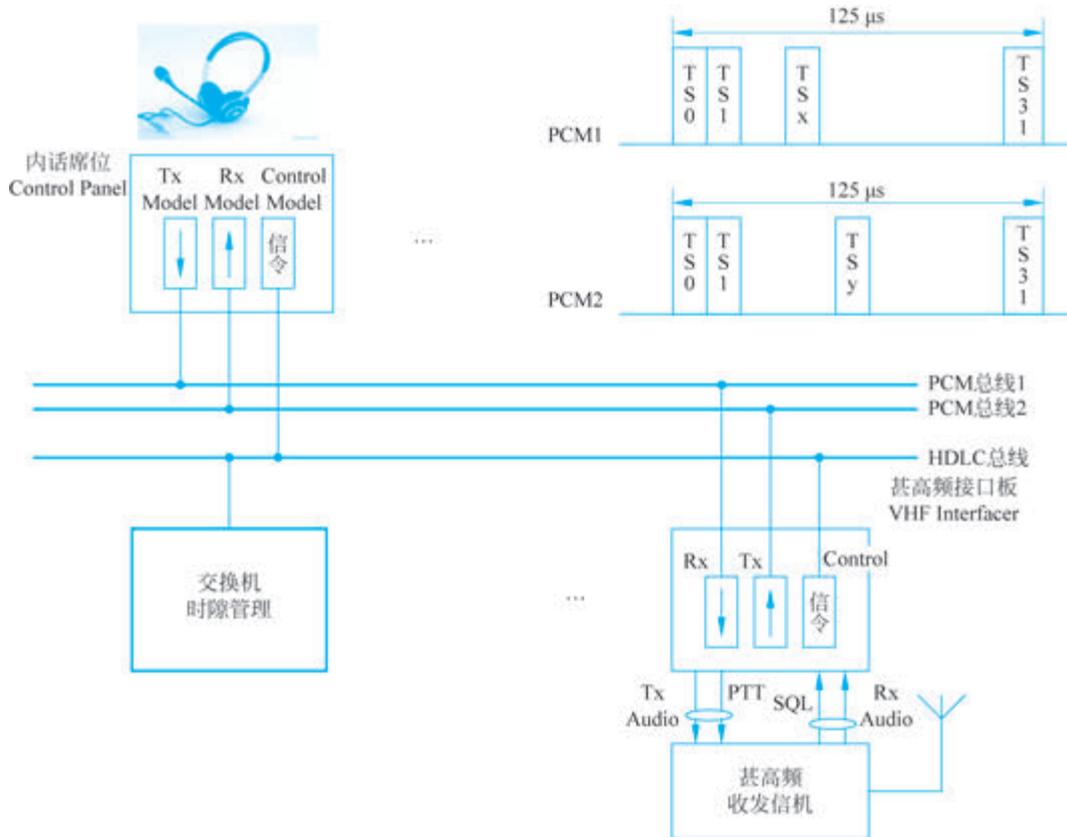


图 5.10 时隙分配示意图

输,同时 SQL 信号以复用方式映射到相同时隙传输。

(3) 话音通信交换系统席位的接收单元从 PCM2 总线的 TS<sub>y</sub> 时隙内提取数字语音信号,并通过 D/A 转换为模拟语音信号,然后将语音信号送入扬声器或耳机播放,同时提取的 SQL 信号驱动席位进行 SQL 指示,表明当前接收信号有效。

#### 4. 通信链路的拆除

(1) 当管制员在话音通信交换系统席位控制面板取消甚高频电台的选择后,席位控制单元将链路释放请求封装在 HDLC 数据帧中,通过 HDLC 数据帧发送给交换机的时隙管理单元。

(2) 交换机时隙管理单元将链路释放命令封装到 HDLC 数据帧,并分别发送给席位控制单元及甚高频接口控制单元。

(3) 交换机时隙管理单元在链路资源分配表中,删除相应链路的分配信息。

(4) 席位控制单元收到链路释放命令后,删除控制单元内部存储链路分配信息,同时在席位控制面板显示链路释放信息。

(5) 甚高频接口板收到链路释放命令后,删除接口板控制单元内部存储链路分配信息。至此,通信链路撤销,其流程图如图 5.11 所示。

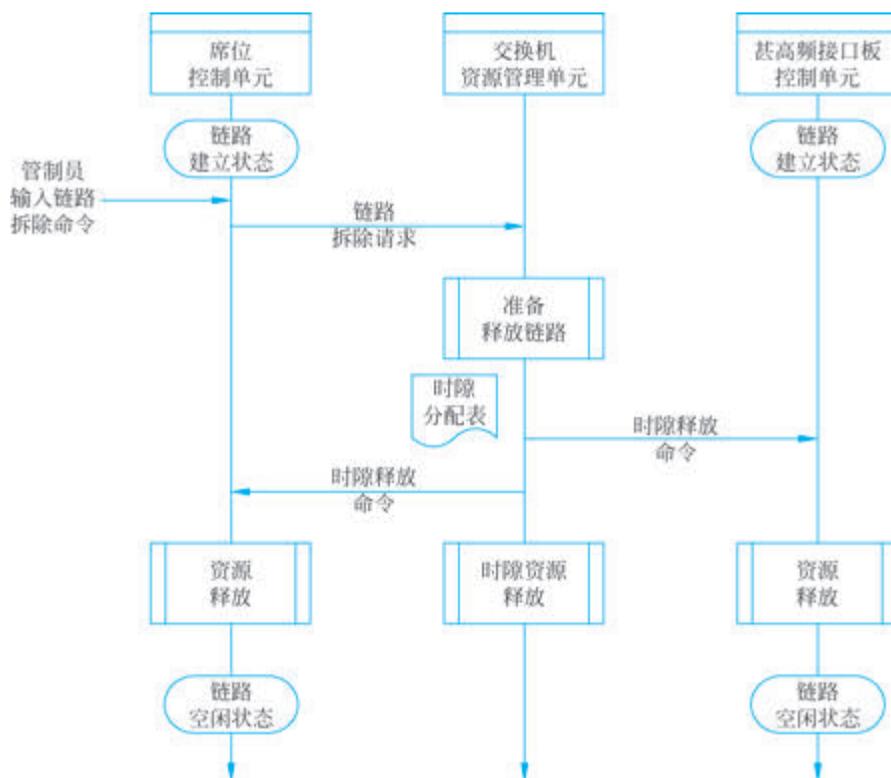


图 5.11 链路撤销流程图

### 5.2.4 话音通信交换系统中的 VoIP 技术

基于 IP 的话音传输 (Voice over Internet Protocol, VoIP) 是一种话音通话技术, 经由网际协议 (IP) 来达成话音通话与多媒体会议, 也就是经由互联网来进行通信。VoIP 可用于包括 VoIP 电话、智能手机、个人计算机在内的诸多互联网接入设备, 通过蜂窝网络、Wi-Fi 进行通话及发送短信。

VoIP 主要有三种方式, 第一种是网络电话, 是完全基于 Internet 传输实现的话音通话方式, 一般是 PC 和 PC 之间进行通话; 第二种是与公众电话网互联的 IP 电话, 通过宽带或专用的 IP 网络实现话音传输, 终端一般是 PC 或专用的 IP 话机; 第三种是传统电信运营商的 VoIP 业务, 通过电信运营商的骨干 IP 网络传输话音, 终端是传统的话机终端, 通过使用 IP 电话卡, 或者在拨打的电话号码前加上 IP 拨号前缀进行拨号。

VoIP 通过话音的压缩算法对话音数据编码进行压缩处理, 然后把这些话音数据按 TCP/IP 标准进行打包, 经过 IP 网络把数据包送至接收地, 再把这些话音数据包串起来, 经过解压处理后, 恢复成原来的话音信号, 从而达到通过互联网传送话音的目的。

随着通信技术的快速发展, 民航地空通信设备的技术体制正由传统的模拟通信逐渐向 VoIP 技术演进, 有关 VoIP 技术的详细内容见第 8 章。

### 5.3 中国民航常用话音通信交换系统

目前,我国民航应用较多的话音通信交换系统产品有奥地利 FRQUENTIS 公司的 3020 系列、德国 R&S 公司 VCS-4G 系列、沈阳空管技术开发有限公司 AT-VCS0422 系列、杭州三汇软件有限公司 SVCS300 系列等。它们均为分布式结构,采用了数字化技术和模块化设计,并且交换网络为无阻塞型,交换速度快、通话质量高、工作可靠性好。

#### 5.3.1 FRQUENTIS 3020X 话音通信交换系统

VCS 3020X 系统是全数字、无阻塞通信系统,系统基于双系统并行无交叉的核心结构。在系统内部话音使用 PCM 编码,话音和无线电信号通过高速数字通道 Highway 进行传输。

VCS 3020X 系统的接口部分可以与多种通信源实现连接,如无线电设备、电话线路和 ATS 网。支持各种不同的信号协议,同样也支持数字和模拟通信。

对于传统接入模式的 VCS 3020X 系统,操作席位、无线电及电话业务板的接口控制板均通过双重的 2M PCM30 链路 with 系统的核心 JIF 板卡相连;而对于 VoIP 接入模式的 VCS 3020X 系统,操作席位、无线电及电话业务板的接口控制板(支持 VoIP 的版本)通过两根网线与系统的核心 DIF 板卡相连。两种接入模式的差别主要体现在硬件上。

传统接入模式的 VCS 3020X 系统简明框图如图 5.12 所示。

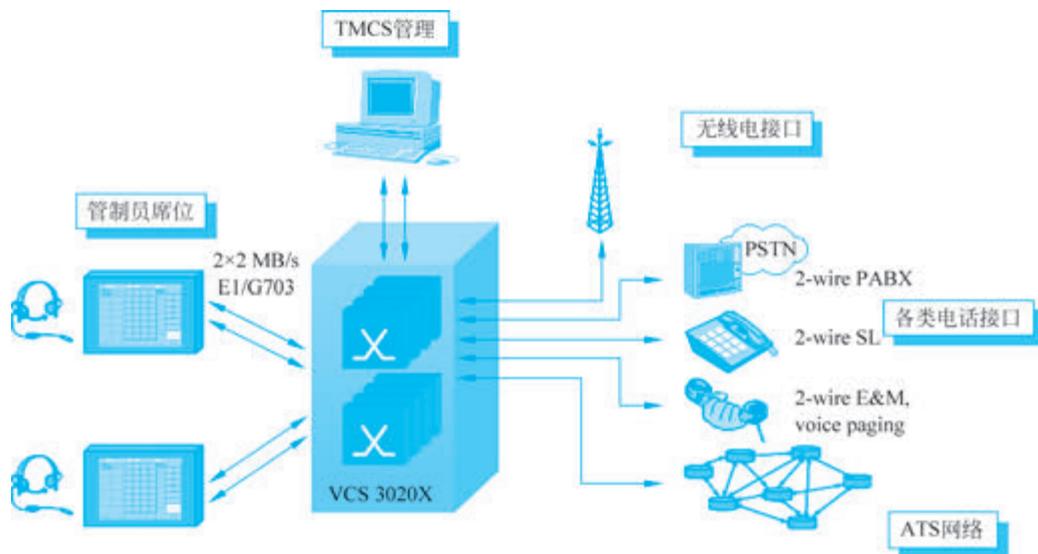


图 5.12 传统接入模式的 VCS 3020X 系统框图

图 5.12 中间部分是系统的中央处理器,包含 A、B 两个服务器。左边为管制员席位,为管制员提供地地、地空通信服务;右边是系统外部信号接口,有无线电接口以及 PSTN 程控交换机、2 线电话、4 线电话等各类电话接口,还能连接 ATS 网络进行话音通信交换系统间的联网;上面部分是监控维护子系统 TMCS。

服务器 A、B 包括系统交换单元和接口单元,其中系统交换单元包括 2 个完全冗余的

System A 和 System B,由通信板卡 CIF、交换板卡 JIF 或 DIF 组成。CIF 板卡和 JIF 板卡均为系统的核心板卡,CIF 板卡的功能是连接 JIF 板卡或 DIF 板卡,负责同步全系统的时间,传输监控信号,每块 CIF 板最多管理 15 块 JIF 板。A、B 系统之间的 CIF 板通过网线进行数据同步和时钟同步;JIF 板卡可以连接接口单元的控制板卡 GPIF、连接 E1 联网板卡、连接席位、获取 CIF 卡的时钟、通过交换单元内部的传输链路 Highway 以及 Ethernet 与 CIF 相连,其中通过 Highway 链路传输话音数据,Ethernet 链路传输控制数据;DIF 卡的功能与 JIF 板卡类似,区别是其通信服务的对象为 IP 信号。

接口单元主要有两种,业务接口单元和联网接口单元。业务接口单元根据其接口控制板 GPIF 软件版本的区别又分为无线接口单元和有선接口单元,主要作用是通过对各业务接口板卡接入外部信号,常用的有线接口板卡有 BCA、BCB、MFC、NI64 板,无线板卡有 ERIF 板;联网接口单元可用于连接 E1 板卡或 VoIP 板卡,E1 板卡和 VoIP 板卡均为 GPIF 板卡,区别在于板卡的版本不同。

VCS 3020X 系统的席位是将席位主机与触摸屏终端集成为一个模块,称为 iPOS,其接口如图 5.13 所示。

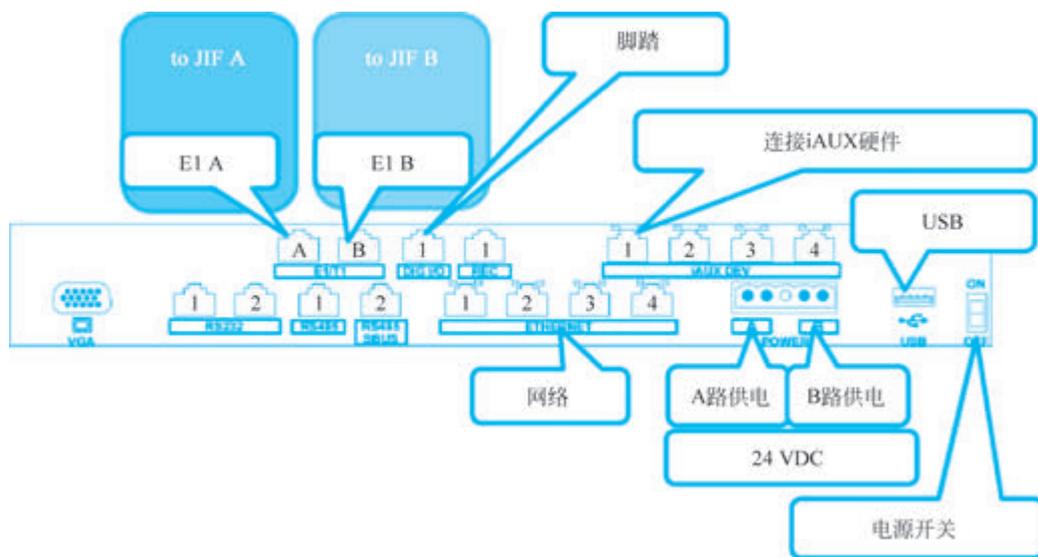


图 5.13 iPOS 接口示意图

iPOS 中主要使用接口以及对应的功能如表 5.2 所示。

表 5.2 iPOS 接口类型及功能

接口名称	接口作用
E1/T1	PCM30 信号,连接 A、B 系统 JIF 卡
DIG I/O	数字信号输入输出
REC	录音信号输出
iAUX DEV	音频设备连接口,用于连接席位插孔盒以及扬声器
VGA	外接视频输出
Ethernet	外部网络接口

续表

接口名称	接口作用
POWER	2路直流供电输入,A、B互为冗余
USB	USB 2.0接口,既可用于数据输出,也可用于软件升级
on/off	席位电源开关

监控维护子系统(TMCS)分为 TMCS Server 和 TMCS Client 两种,两者都能监控话音通信交换系统工作状态并提供维护和配置的界面,区别在于 TMCS Server 上还部署有系统的数据库。TMCS Server 通过 Ethernet 接口同时连接到 A、B 两套系统的系统交换单元, TMCS Client 连接交换机,并通过交换机与 TMCS Server 进行交互。

### 5.3.2 VCS-4G 话音通信交换系统

R&S VCS-4G 是基于 VoIP 分布式架构的话音通信交换系统。系统采用增强型星型网络结构,板件支持热插拔,具有高可靠性、可用性、高灵活性且易于维护的优点。

R&S VCS-4G 话音通信交换系统依靠标准化的 IP 技术,采用独立的双网络结构实现点对点传输。VoIP 电台和 VoIP 电话经过电台服务器和电话服务器与系统席位单元交互。传统的模拟电台、拨号电话、MFC 联网电话等话音信号传送与系统席位交互需要经过无线电网关、电话网关,经由网关转换成 IP 网络数据包,与席位建立数据流。

图 5.14 为系统结构框图,包括以下 7 个主要组成单元。

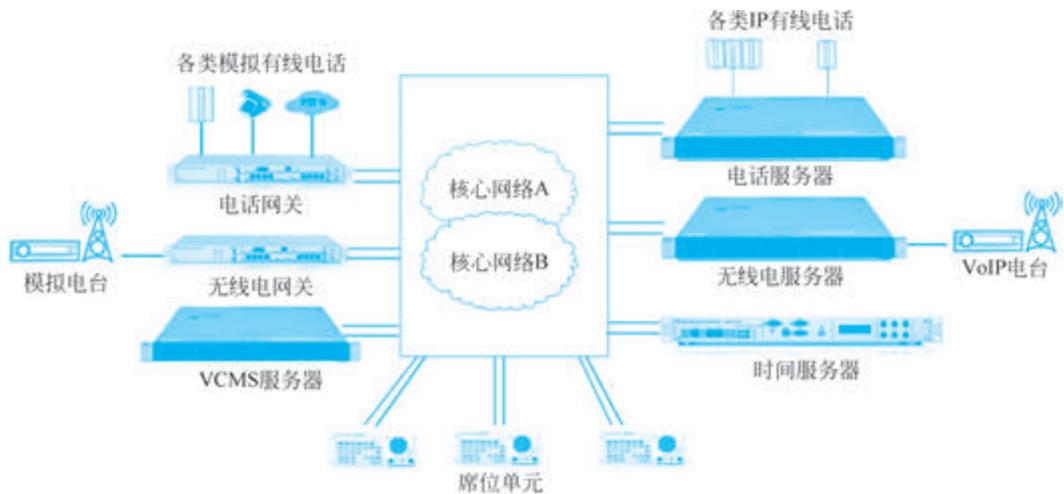


图 5.14 R&S VCS-4G 话音通信交换系统结构图

(1) 电话网关通过传统的模拟有线接口(如 FXS、FXO、E&M PHONE、MFC-R2、LB、E1 CAS)或数字有线接口(如 ISDN BRI / PRI)与现有的 PBX 或 PSTN 网络互连。

(2) 无线电网关通过 E&M 接口或者 E1 接口与模拟无线电台相连,将模拟无线电信号转换为采用 SIP、R2S 和 RTP 协议的 IP 数据包。

(3) 时间服务器包括中央处理单元和 GPS 天线两部分,中央处理单元由一个微控制器组成,该微控制器通过内置 GPS 模块从 GPS 天线接收外部时钟同步。如果 GPS 信号不可

用,时间服务器将充当 NTP 主服务器,中央单元的本地时间作为所有 R&S VCS-4G 设备的 NTP 时间源。

(4) VCMS 服务器存储了 RS 话音通信交换系统所有设备的配置,可以配置无线电、电话、内部通话系统通信以及用户访问、角色操作和任务。设备运行期间所有的告警信息和事件也会连续报告给 VCMS 服务器。

(5) 电话服务器平台通过充当 VoIP SIP 电话的 RTP 代理,允许 VoIP 电话通信和话音录制。

(6) 无线电服务器的主要功能是聚合和拆分与 VoIP 无线电台之间的话音流,它将单个无线电话音从远程无线电台分发到系统内的席位单元。

(7) 席位单元包括席位处理单元、液晶触摸屏显示器、头戴式耳机、手持式话筒、扬声器、插孔盒等。

### 5.3.3 AT-VCS0422 话音通信交换系统

与传统话音通信交换系统不同,AT-VCS0422 话音通信交换系统没有采用时分多路复用技术,而是采用了网络交换技术。在无线和有线等功能板上通过 A/D 转换,将音频信号转换为音频数据,并以 G. 711 协议进行压缩后,由处理器将数据封包发送到网络上,由网络另一端的处理器接包,并根据 G. 711 协议还原为音频信号,通过 D/A 输出到席位上,从而实现话音在系统内的交换。

民航使用的话音通信交换系统设备对话音的延时要求比较严格,为了减少话音数据在网络中传输的延时,AT-VCS0422 话音通信交换系统采用以太网的物理层协议及扩展链路层协议,并采用公司自己定制的可以支持 QoS 链路层的附加协议来传输数据及音频,减少数据包的长度,减少网络延时,完全符合空管标准。

AT-VCS0422 话音通信交换系统的硬件组成包括主机柜和席位终端两部分。主机柜中安装有无线卡、有线卡、席位卡等各种功能板卡和交换设备,采用星型结构与各席位终端连接。

综上所述,不同于传统话音通信交换系统的主备机概念,AT-VCS0422 系统话音通信交换采用分散型控制结构,无核心主机,故障范围小,无系统瘫痪或宕机的可能。各个功能板卡之间通过交换设备形成一个全交换的网络结构,双网并行工作,无须主备切换,系统运行更加稳定。

### 5.3.4 SVCS300 话音通信交换系统

三汇 SVCS300 话音通信交换系统属于全 IP 架构的分布式话音通信交换系统。该系统采用分布式呼叫控制模式,不设核心处理服务器,而是将每个节点设备都设计为独立处理单元,所有交换操作均通过点对点方式完成。

SVCS300 系统的网络架构基于星型拓扑结构设计,外部信号通过各种接口处理板接入内部网络系统,席位单元则通过网卡接入系统。为保障运行稳定性,SVCS300 系统采用独立双网络架构,且两套网络始终处于同时运行状态,所有数据流会同步在双网络中传输。

SVCS300 系统结构如图 5.15 所示,系统主要由 4 部分组成。

(1) 话音网关是 SVCS300 系统的核心,单机支持 2 块网络交换板(SWB)和 11 块功能

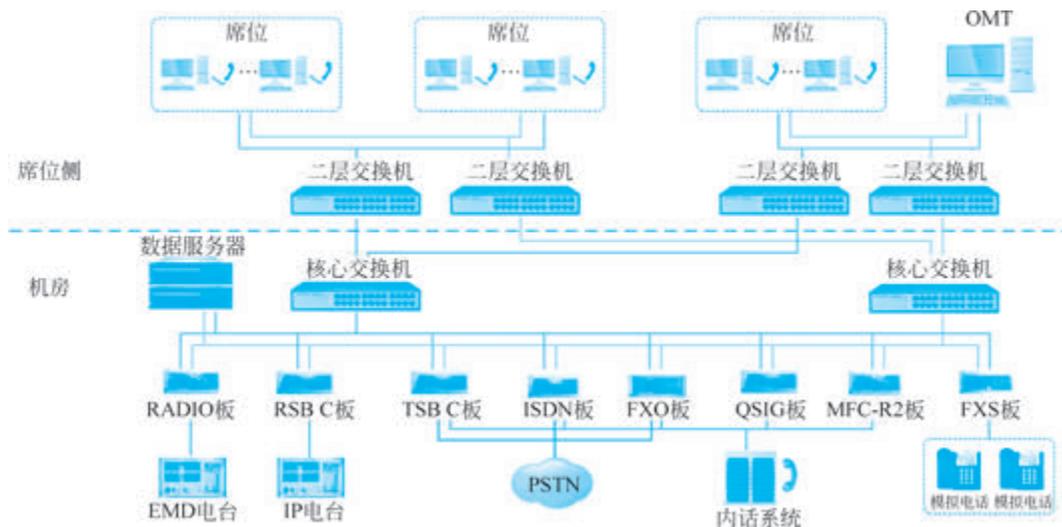


图 5.15 SVCS300 系统结构图

板,可以安装 RADIO 板(模拟无线接口板)、RSB C 板(IP 无线接口板)、FXO 板卡、FXS 板卡、MFC-R2 板卡等功能板卡接入有线、无线信号。

(2) 监控配置子系统(OMT)可以管理整个话音通信交换系统的硬件、软件相关配置,同时可以监视系统所有软硬件的运行状态。

(3) 监控维护数据服务器内置冗余的 4 个或 8 个支撑热插拔硬盘驱动器,轻松驾驭数据增长,支持软件 RAID 保护系统数据安全。

(4) 席位单元采用桌面嵌入式,由液晶触摸屏显示器、头戴式耳机、手持式话筒、扬声器、插孔盒等组成。

## 5.4 配置规范

话音通信交换系统对应的民航相关配置规范为《民用航空空中交通管制服务地空通信设备配置 第 1 部分: 话音通信》(MH/T 4028.1—2021)。

按照《民用航空空中交通管制服务地空通信设备配置第 1 部分: 话音通信》的要求,对地空通信设备的配置按照管制模式、扇区数量和飞行流量的不同,分为区域管制设备配置、终端区(含进近)管制 A 级设备配置、终端区(含进近)管制 B 级设备配置、塔台管制 A 级设备配置、塔台管制 B 级设备配置、塔台管制 C 级设备配置,飞行流量最大、工作负荷最繁忙的管制单位,对应配置 A 级设备(终端区管制 A 级和塔台管制 A 级),所有承担区域管制业务的单位均按区域管制设备配置。

对于区域管制设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 系统配置: 应配置主用、备用话音通信交换系统各一套。主用、备用话音通信交换系统功能应一致; 席位界面和操作方式基本一致; 有线、无线接口应具有相同的外部接口技术规格。

(2) 席位配置: 管制席应配置两套主用话音通信交换席位设备,宜配置两套备用话音

通信交换席位设备。主任席、通报协调席、军方协调席、搜寻救援协调席、技术维护席应配置一套主用话音通信交换席位设备和一套备用话音通信交换席位设备。流量管理席、飞行计划处理席应配置话音通信交换系统席位设备。其他非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

(3) 接口设备：主、备用话音通信交换系统应按照业务需求配置相应的有线、无线和联网接口；主、备用话音通信交换系统的无线接口数量均应满足全部无线信道的接入需求；主、备用话音通信交换系统接入的无线信道资源、有线电话资源应一致。

对于终端区管制 A 级设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 其系统配置及其接口配置与区域管制设备配置一致。

(2) 席位配置:管制席应配置两套主用话音通信交换席位设备,宜配置两套备用话音通信交换席位设备。主任席、通报协调席、军方协调席、技术维护席应配置一套主用话音通信交换席位设备和一套备用话音通信交换席位设备。流量管理席、飞行计划处理席应配置话音通信交换系统席位设备。其他非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

对于终端区管制 B 级设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 其系统配置及其接口配置与区域管制设备配置一致。

(2) 席位配置:管制席宜配置两套主用话音通信交换席位设备和一套备用话音通信交换席位设备。主任席、通报协调席、军方协调席、技术维护席应配置一套主用话音通信交换席位设备和一套备用话音通信交换席位设备。区域管制设备配置以及终端区管制 A 级设备配置。流量管理席、飞行计划处理席应配置话音通信交换系统席位设备。其他非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

对于塔台管制 A 级设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 其系统配置及其接口配置与区域管制设备配置一致。

(2) 席位配置:机场管制席、地面管制席、放行许可发布席、主任席、技术维护席应至少配置一套主用话音通信交换席位设备和一套备用话音通信交换席位设备;通报协调席、军方协调席应至少配备一套话音通信交换席位;其他非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

对于塔台管制 B 级设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 其系统配置及其接口配置与区域管制设备配置一致。

(2) 席位配置:机场管制席、地面管制席、主任席应配置一套主用话音通信交换席位设备,一套备用话音通信交换席位设备;其他非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

对于塔台管制 C 级设备配置,对话音通信交换系统的要求如下:

(1) 系统配置:应配置话音通信交换系统一套,但年起降架次少于 2400 架次且高峰小时架次少于 5 架次的机场塔台可用地空通信遥控盒和电话机代替话音通信交换系统。

(2) 席位配置:机场管制席应配置一套话音通信交换席位设备;非管制席根据需要配置话音通信交换系统席位设备。

(3) 接口设备:话音通信交换系统应按照业务需求配置相应的有线、无线接口。

不同规模的民用航空空中交通管制单位(区域、终端区、进近、塔台)话音通信交换系统配置对比如表 5.3 所示。

表 5.3 不同规模管制单位话音通信交换系统对比

配置分级	区域管制	终端区(含进近)管制		塔台管制		
		A 级	B 级	A 级	B 级	C 级
分级依据	区域管制业务	扇区数 $\geq 3$ 或年保障 $\geq 10$ 万架次	不适用 A 级	年起降 $>10$ 万架次或 日高峰 $>350$ 架次	年起降 $>3.6$ 万架次或 日高峰 $>125$ 架次	不适用 A、B 级
系统配置	配置主用话音通信交换系统、备用话音通信交换系统各 1 套。主用、备用话音通信交换系统功能一致,席位界面和操作方式基本一致,有线、无线接口应具有相同的外部接口技术规格					应配置 1 套话音通信交换系统,年起降架次少于 2400 架次且高峰小时架次少于 5 架次的可用遥控盒和电话机替代
管制席 席位配置	应 2 主 宜 2 备	应 2 主 宜 2 备	宜 2 主 宜 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1
主任席 席位配置	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	根据需要 配置
通报协调 席席位配置	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1	根据需要 配置	根据需要 配置
军方协调 席席位配置	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1	根据需要 配置	根据需要 配置
搜寻救援 席席位配置	应 1 主 应 1 备	无该席位				
技术维护 席席位配置	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	应 1 主 应 1 备	根据需要 配置	根据需要 配置
流量管理 席席位配置	应 1	应 1	应 1	无该席位		
飞行计划处理 席席位配置	应 1	应 1	应 1	无该席位		
放行许可发布 席席位配置	无该席位			应 1 主 应 1 备	根据需要 配置	根据需要 配置
其他席位	根据需要配置					

## 5.5 技术标准

话音通信交换系统对应的民航相关技术标准《民用航空空中交通管制话音通信交换系统技术要求》(MH/T 4027—2019)。

标准规定了基于时分交换架构和基于软交换架构的民用航空空中交通管制话音通信交换系统的组成、功能、性能、技术指标和工作环境等要求。

### 1. 系统性能

(1) 可靠性。话音通信交换系统的可靠性是指话音通信交换系统以及所能提供的功能、服务在一定条件下的平均无故障时间(MTBF),这项指标可以通过话音通信交换系统中

的部件以及所提供的服务、功能故障率计算出来。话音通信交换系统可靠性应大于99.999%。

(2) 可维性。话音通信交换系统的可维性是指具有相应维修水平的技术人员,使用规定的工具,按照正确的程序排除故障平均所用时间(MTTR)。话音通信交换系统可维性应小于30 min。

(3) 可用性。话音通信交换系统及使用的器件至少有15年以上的使用寿命,寿命期间系统具有全年365天,每天24小时的不间断运行能力,寿命期间系统可用性应达到99.999%。

(4) 可扩展性。话音通信交换系统应具有一定的扩展能力,包括各类接口数量的扩展,席位数量的扩展。在话音通信交换系统设计容量范围内进行升级或扩展时,系统的整体功能和性能不应有任何下降。

## 2. 技术指标

### 1) 系统时间性能指标

系统时间性能指标如表5.4所示。

表 5.4 系统时间性能参数指标

指标名称	指标值
中央交换处理子系统/数据信息交换处理子系统故障间隔平均时间	100 000 h
分布式话音通信交换系统故障间隔平均时间	100 000 h
席位平均故障间隔时间	10 000 h
A/G PTT 响应时间	<50 ms
A/G 通信建立时间	<300 ms
G/G 通信建立时间	<300 ms
席位音频到线架传输延迟时间	<70 ms
系统冷启动时间	<5 min
中央交换处理子系统/数据信息交换处理子系统主备切换时间	<300 ms
分布式话音通信交换系统双网络主备切换时间	<300 ms
系统可靠性	>99.999%
系统平均修复时间	<30 min

### 2) 席位话音性能指标

席位话音性能指标如表5.5所示。

表 5.5 席位话音性能指标

指标名称	指标值
频率范围	300~3400 Hz
谐波失真	<2%
串音衰减	>75 dB
回波抑制	>26 dB
背景噪声	<-45 dBm

## 3) 模拟无线接口性能指标

模拟无线接口性能指标如表 5.6 所示。

表 5.6 模拟无线接口性能指标

指标名称	指标值
PTT 模式	E&M II 类、E&M V 类、放空/接地
SQL 信号模式	E&M II 类、E&M V 类、放空/接地、话音激活
发送音频电平	-20~0 dBm, 可调
接收音频电平	-20~0 dBm, 可调
音频线路阻抗	600 $\Omega$ 平衡式
录音输出电平	-35~0 dBm, 可调

## 4) PABX/PSTN 接口性能指标

PABX/PSTN 接口性能指标如表 5.7 所示。

表 5.7 PABX/PSTN 接口性能指标

指标名称	指标值
支持信令	脉冲拨号/DTMF
输入电平	-40~-15 dBm, 可调
输出电平	-40~-15 dBm, 可调
音频线路阻抗	600 $\Omega$ 平衡式或三元件式
录音输出电平	-35~0 dBm, 可调

## 5) 4/6 线模拟接口性能指标

4/6 线模拟接口性能指标如表 5.8 所示。

表 5.8 4/6 线模拟接口性能指标

指标名称	指标值
支持信令	SS1/SS4, E&M, MFC-R2
输入电平	-34~ $\pm 1$ dBm, 可调
输出电平	-37~-0 dBm, 可调
音频线路阻抗	600 $\Omega$ 平衡式
录音输出电平	-35~0 dBm, 可调

## 6) ISDN 接口性能指标

ISDN 接口性能指标如表 5.9 所示。

表 5.9 ISDN 接口性能指标

指标名称	指标值
支持信令/协议	ITU-TG. 711、ITU-T G. 712、YD 610
信号格式	2 $\times$ 64 kb/s(BRI)、30 $\times$ 64 kb/s(PRI) 话音信号
数据格式	16 kb/s(BRI)、64 kb/s(PRI) 控制信号

## 7) ATS-QSIG 接口性能指标

ATS-QSIG 接口性能指标如表 5.10 所示。

表 5.10 ATS-QSIG 接口性能指标

指标名称	指标值
支持信令/协议	ETSI, QSIG, ITU-T G. 703, ITU-T G. 728
信号格式	3×16 kb/s LD-CELP 话音信号
数据格式	16 kb/s 控制信号

## 8) 网络通信接口

网络通信接口性能指标如表 5.11 所示。

表 5.11 网络通信接口性能指标

指标名称	指标值
支持信令/协议	SIP, RTP, RTCP, R2S, NTP
支持媒体	G. 711A/ $\mu$ (非压缩方式), G. 729 压缩方式
传输速率	10 M/100 M/1000 M 自适应

## 3. 系统工作环境

- (1) 环境温度：0~40℃；
- (2) 环境湿度：10%~90%，无冷凝；
- (3) 海拔高度：不低于 3000 m。

## 习题

1. 简述民航话音通信交换系统的组成。
2. 民航话音通信交换系统和普通的话音交换机相比有哪些特点？
3. 民航话音通信交换系统中单路数字话音的速率是多少？
4. PCM30/32 路话音信号复接成一个基群的 E 体系，其一次群 E1 速率是多少？
5. 简述电路交换和分组交换。
6. 简述话音通信交换系统的主要功能。
7. 简述话音通信交换系统中的侧音功能。
8. 与传统 VCSS 系统相比，采用 IP 技术的现代 VCSS 具有哪些技术优势？