

ELECTRONIC SWITCHING

GRINSEC

Groupe des Inge'nieurs du Secteur

Communication du CNET

ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B·V·1983

内 容 提 要

本书是根据法国电信研究中心编写的《电子交换》英文第二版译出的。原书是1983年出版的，对现代电子交换系统作了比较系统的论述，重点是数字程控交换系统的原理和结构。全书可分为三大部分：第一部分是电子交换技术和交换网，系统介绍现代空分和时分程控交换的基本原理和结构；第二部分是程控交换技术的软件和呼叫处理以及维护与管理；第三部分是当前和今后国际上的一些有代表性的程控交换设备。译本分为三册出版，本书是上册，内容比较新、比较系统，适合电信工程院校教学使用，也适合电信工程技术人员进修学习使用。中、下两册将陆续出版。

电 子 交 换

(上)

法国国家电信研究中心(CNET)集体编著
北京邮电学院电信工程系《电子交换》编译组译
责任编辑：王荣彦

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32 1985年9月第一版
印张：14 24/32页数：236 1985年9月河北第一次印刷
字数：386千字 印数：1—7,000册

统一书号：15045·总3050—教707

定价：3.40元

中文版序言

目前,我国正在大力发展程控数字电话交换技术,培训大批程控交换技术专门人材是当务之急,在职工程技术人员对这门技术的学习要求也很迫切。关于程控数字交换技术的教学材料十分缺乏,目前主要是选用一些国外厂商的技术说明材料和一些散见于杂志刊物的材料,这些材料的内容不系统、而且多数局限于介绍某种产品,缺乏对程控交换技术系统综合和理论分析。

法国电信研究中心编写的这本《电子交换》一书,比较系统全面地介绍了现代电子交换技术的原理和结构,对程控数字交换技术作了比较系统的介绍,讨论了目前世界上程控交换技术,作了综合分析和发展趋势的分析。原书第一版出版后,很快销售一空。现在翻译的是本书《*Electronic Switching*》的1983年第二版,新版在内容上又作了补充和更新,内容比较新、比较系统,没有局限于介绍某种程控交换机,而是对程控交换的基本技术作了综合分析,因此比较适合培训程控交换技术人员的需要。我们认为可以作为院校电信专业的教学参考教材,对电信企业通信技术人员作为培训和自学参考也比较适合。

原书的主要内容可以分为三大部分。第一部分综述电子交换技术和交换网;比较系统地介绍了空分电子交换和时分电子交换系统的基本原理和结构。第二部分重点介绍程控交换技术的软件和呼叫处理;并对程控交换的管理和维护以及今后的发展作了介绍。第三部分则是介绍目前和今后国际上一些有代表性的程控交换设备。对法国和欧洲系统的介绍较为偏重。

我们计划分为三册编译出版,第一册、第二册全文照译,以保持原书的系统性和完整性;第三册则拟采取编译的方式,除原书介绍的一些设备外,还将补充介绍一些日本、美国的设备,例如我国

将重点发展的ITT-1240系统等，以便读者分析参考。

本书是第一册，其中第一部分一至三章由赵辰同志译出；第二部分一至四章由盛友招同志译出；第二部分五至八章由叶敏同志译出。全书由章燕翼同志审校。本书虽然经过仔细译校，但是由于时间局促和水平所限，难免还有谬误之处，请读者批评指正。

北京邮电学院电信工程系“电子交换”编译组

1984年8月

法文第二版前言

虽然电话交换已经有很长的历史，但它在很大程度上还是不为人所知的一门学科。这不只是对一般群众，而且对科学技术界的人来说也是如此。原因之一是过去一些年来讲授交换技术的书不多，大部分靠口头传述。交换机实际上是世界上最早的实时处理信息的大型机器，而在过去，交换工程师们却大部分是依靠不成文的一些法则和“技巧”，用机电器件在交换机设计中寻找解决问题的方法，效率很低。

然而，自从交换从机电制发展到应用电子技术以后，在早先的写下来的和没有写出来的那些法则中，有许多是无用的了。因此需要有一本在电子交换方面内容全面的新书，包括硬件和软件方面的系统设计。口头传述的传统方法是再也不够的了。

在法国电信研究中心地区电信部主任查理斯·阿伯拉汉的鼓励下，研究中心的交换工程师们承担了集体写作这本电子交换的书的任务，并且竭尽全力达到这个目的。查理斯·罗兹麻伦承担了各个作者写作之间的不可缺少的技术协调工作。

本书的法文第一版是1980年出版的，很快就销售一空。在第二版中，对本书的内容作了更新（象交换这样迅速变化的情况下，内容更新是没有止境的任务），改正了一些资料上的错误，并且增加了文献目录、专用词汇表和索引。

我要再一次向倡议我们写作并为本书撰写序言的路易斯·约瑟夫·里波易斯致谢。本书可以作为是对他在现代交换中作出的非凡贡献表示敬意，同时也是对支持他的看法并使之实现的人表示敬意。

电信总工程师 皮尔·卢卡斯

于法国电信研究中心

原 书 序 言

所有的网络，无论它们的性质如何，都是由分支和结点组成的。例如，在电话网中，结点就是交换中心，分支就是这些交换中心相互之间、以及它们和用户终端设备之间连接的传输链路。

有时往往认为传输是一个相当容易掌握的概念，而把交换当作是一个复杂的、甚至是有些神秘的课题。事实是，对于电信来说，交换和传输一样重要。电信不同于完全不定向的电视广播，只要有少量的话机或其他终端要进行通信，就必须提供这样的或那样的交换；端对端的连接数目增长得很快，是随着终端数目的平方而增长的。

对交换的这种需要，在电话的历史上很早就出现了。当亚历山大·格雷汉姆·贝尔于1876年发明电话之后仅仅两年，一个人工交换局就已在康乃狄格州的新哈芬投产使用。这是当今电话局的鼻祖。

从这时开始，仅仅经过一个世纪，发展是惊人的。传输技术不断地改进，从架设在电杆上的裸铜线进展到通信卫星和光导纤维。交换技术虽然从表面看来，进展不太明显，其实也是巨大的。

电话史的第一个主要突破是自动电话，这是在一位非凡的天才发明家史端乔于1889年设计出第一个自动选择器之后被采用的。然而，以后自动交换的进展比较慢，即使在电话密度最大的一些国家里，也是在最近几年才实现整个电话网的自动化（瑞典是在1972年实现全电话网自动化）。

同样，交换方面的技术革新也比传输方面慢一些。李·得·福雷斯特（*Lee de Forest*）于1906年发明了三极管，在本世纪开始不久就进入了电子时代，但是，要在交换技术中应用电子元器件，却一直要到贝尔电话室的威廉·肖克莱（*William Shockley*）和他的同

事们发明了晶体管，并在技术上和经济上都证明实用的时候，才感到迫切需要，这时已经是进入电子时代后大约五十多年了。

即使如此，交换技术的真正革命，也和电信的其它各个领域、数据处理、自动化等一样，还是由集成电路来促成的。集成电路是在60年代初期开始应用的，而新型的计算机和微型计算机则是集成电路的后代产物。

本书是讲述电子电话交换的书，是由法国国家电信研究中心（CNET）的一批有经验的交换工程师集体写作的，因而是一本最完整、在电子交换方面深入探讨的一本书。本书之所以有价值，部分是由于法国电信研究中心在若干年来曾经在世界上电子交换方面实际上处于领先地位。这一点我想要花费一些时间来回顾一下法国电信研究中心的成就。

皮尔·马尔金在1957年就开始在法国电信研究中心从事电子交换研究工作，后来是电子交换方面的主任，在他的领导下，法国研究电子交换只比美国和英国晚几年。

在英国，电子交换方面的研究工作是在50年代初期开始的。英国邮政总局计划了宏伟的目标，不通过空分阶段的过渡就直接研究时分交换系统，并于1962年在伦敦北部的海哈特伍德（Highgate Wood）装用了初型的时分交换机。不幸的是：由于基本的技术选定（模拟时分）和当时的技术条件（早期的半导体器件和磁致伸缩存贮器）限制了进一步发展，没有成为工业上可以生存的产品。英国邮政总局不得不放弃它原定的目标，又安排搞空分系统，直到70年代末才以X系统重新回到时分交换来——这时才数字化。

在美国，贝尔系统的工程师们虽然早在第二次世界大战结束之后就很快着手研究在交换中应用电子技术的问题，也作了一些实验室的实验。但是美国电报电话公司（AT&T）一直到50年代中期实际上没有拨给过研究与开发（R&D）基金。因而第一部电子交换机样机是在1960年才在摩里斯（依利诺艾斯州）投入业务使用。然而由于它的设计很复杂，用了很昂贵的技术措施，因此是不可能发

展的：在美国，电子交换时代的开端实际上是在1965年，也就是从新泽西州的苏珊圣娜(*Succasunna*)交换局投入生产才开始的。

这就多少能说明法国到五十年代后期才着手电子交换技术研究和当时的技术状态了。

没有一个法国电信研究中心的工程师被委派去参加英国和美国的科研项目，因此没有英国和美国的经验和体会。在这个领域，他们几乎是一切都要从头学习和探索的新手。因此很难觉察到美国工程师们已经有的体会，所以法国电信研究中心的人员刚开始工作时也走了相同的方向。但是，很快就明白了，如果把全部力量都放在照搬美国的解决方法，发展高度专用的技术，就像美国在摩里斯交换局所用的那样，那末就只能走向死路，这个意见后来由于美国本身也改变了方向而得到了证实。

法国电信研究中心开始选择了一条独立的发展电子交换的道路。第一个问题就是问问自己：“是否空分交换是唯一的选择？”因为这在当时，世界上大部分交换团体都说“是的”，他们的根据是贝尔系统支持研究空分技术，以及英国邮政总局早期试验时分交换的失败。

然而，法国电信研究中心在用脉码调制和时分复用的数字传输方面已经具有牢固的基础，掌握了不少国际专利权。因而我决定我们必须试一试把数字技术应用到交换方面，同时继续对空分系统进行研究，这是作为保险的措施。因此法国电信研究中心安排了相当大的人力和财力去研究数字的、时分的交换，主要是在“不列坦”(Brittany)的Lannion研究中心进行研究。而且还作出安排要尽快地把技术成果转移到工业生产上去，决定在Lannion本地建立了一所精悍有力的新公司，命名为SLE电气公司。

研究和开发工作进展很快，世界上第一部数字化的时分电话交换机于1970年1月在皮罗斯盖利克(*Perros Guirec*)，以及在不列坦进入正常的公用网商业运转，这就是“PLATON”计划的一部分。六个月后，第二部交换机又在Lannion本地割接投产，它兼有

市内和长途转接的交换功能，接着就在 *Lannion*、*Guingamp* 和 *Paimpol* 等地区建立了兼有长途转接和市内交换功能的交换局。

因此就像1965年是美国真正开始电子交换时代一样，1970年是法国电子交换时代的开始，然而所走的技术道路是完全不同的。

法国在电子时分交换方面的成功，很快就在世界范围内引起了强烈的兴趣，一些国家，包括加拿大在内，他们开始也是决定向空分技术发展，现在也决定要开始发展时分交换系统了。

然而，即使是在法国，还有许多专家坚信，时分交换只是从长远观点来看才能在运行和经济上成为竞争对手，必须同时发展空分交换系统。因此，法国邮电部在1976年确定了要在大城市和大居民区装用电子空分交换系统，包括经过许可装用外国公司制造的设备，同时重申要给全法国式的时分系统继续发展的优先权。

然而，从1978年以后，两种相持不下的意见已经明显地转向时分交换占优势的情况，更加肯定法国电信研究中心最初观点的正确性，这部分地也要感谢最近几年半导体、集成电路、微处理机方面的非比寻常的进步。

1979年5月在巴黎召开的国际交换专题讨论会上，来自世界各地的2000名代表中占压倒优势地一致赞成数字时分交换。于是法国电信方面的执行主席在讨论会上指出：“现在已经确信数字交换是未来的技术，许多国家已经作出或将要作出这样的决定”。

我已经简要地回顾了二十年来在法国电信研究中心支持下的关于法国电子交换研究、试验和发展的情况。

但是，如果把电子交换的问题就归结为选择时分还是空分方法的问题那就错了。主题是非常深远的，电子交换向正确的方向发展的意义大大超出了单纯技术方面的问题。

总起来说，整个世界关于电子交换的问题涉及到两个非常重要的基本事实。第一，由于电子技术进入了原先完全是机电制的领域，使交换系统的生产、测试、运转和维护都完全改变。第二，更重要的是：应用数据处理式的硬件，尤其是交换技术中的软件，为

电话网的整体结构和功能开辟了新的可能性。

电子技术和软件把电信引进了一个新的时代，特别是引入和发展了许多新的电信业务；如果没有电子交换和它的存贮程序控制，大部分新业务都是不可能的。这一点对于时分（数字）以及空分（模拟）系统都是正确的。即使是这样，数字交换实现新业务的可能条件更多一些是毫无疑问的，因为它可以使交换和传输更好地结合起来，数字（PCM、TDM）传输所用的编码和复用技术和数字交换中所用的是相同的。

此外，这也是“电信信息学”（Telematics这个名词是来自法文的“télématique”）的起源。所谓“电信信息学”即把电信和数据/信息处理集中为一个统一的概念。

这种把传输和交换结合集中、把电信和数据处理综合集中，必然涉及要在全国以及国际范围实现标准化的问题，这是极其重要的问题。实际上，这也是法国电信研究中心长期以来关心的事情。举一个例来说：PCM-TDM传输和交换的国际标准，就是在法国电信研究中心发起由法国政府最早建议的，是在60年代的中期提出的。这就导致了1968年12月在巴黎召开国际会议，在这次会议上欧洲各国确定了数字电信系统的共同标准，这个标准非常接近于法国专家们所提出的建议。

有了国际标准，就使得法国的时分交换系统从开始起就能顺利进入国际范围，不象某些其他先进的技术（例如彩色电视）那样，还需要在发展时受到国家标准的限制。

由于技术上的一致性和信号的标准化，就便于解决在机电制改变为电子交换时所发生的各种问题，并可以看到今后在交换系统设计上具有一定的一致性，而不像过去那样几乎完全不一样。

当然，情况并非如此简单，正如与软件有关的课题日益重要所证实的情况一样，在许多国际会议上有关这个主题的文件都强调了掌握软件的各个方面是更为困难的问题，在这个领域还遗留着相当多的研究余地。而且这类困难还由于与工艺和技术进展，与电信管理

部门增长的目标和要求等实际情况交织在一起，需要更为复杂的软件。

因此，在存贮程序控制交换以后，工程师们必须应用存贮程序网络的概念（在这种网络中各交换机之间传送的所有逻辑信息，都用一个分设的公共信道信号网传送）。例如，如何逐步形成庞大的分散智能机器、能实时地处理信息的电信网。

从其他方面来说，不仅是电信网的组织发生了变化，它们本身的各种性能也在变化。综合业务数字网的概念，只过了几年，在工程师们的眼光里，已经不再是空想，而成为现实的目标了。

如果不是有电子交换的发展，特别是数字时分交换的成功，这些进展就都是不可能实现的。此外，还很值得要问一下，引起这些变化的内在原因是什么？正如我们今日所知，这些变化使电信起了根本性的改变。这个答案是已经讲过的，原因是大约三十年前晶体管的发明，以及后来发展起来的集成电路。

由此而发生的变化不是简单的改革，而是真正的革命，不仅在电信和数据处理上发生了变革，而且几乎涉及到现代生活的各个方面，而关键的原因是半导体元件的成就，这种成就还在无止境地发展，不仅发展正在加速，同时基本逻辑和存储器功能不断增加，价格不断下降。这是人类许多技术的源泉，也是最近一些年来经济发展的一个源泉。

早期的电子交换系统的技术功能有限，成本很高。现在，这种情况完全改变了，电子交换不仅在技术方面赛过它的前辈机电制，而且更重要的是在成本方面可能更有竞争力。事实上也是，在大多数国家里，对用电子设备来代替机电制系统已经作出了决定，或者将要加速作出决定。这一决定对于管理部门和制造部门两方面来说，都不会是没有问题的。

为了明确电子交换在历史发展中的地位，并引起对当前技术上的变化及其广泛影响的重视，我希望读者认识到从问题的各个方面进行详细探讨是值得的。

从法国电信研究中心开始研究电子交换到现在已经20年了。在此期间，法国在数字交换方面无疑地已达到了世界领先的地步。

我很高兴，法国电信研究中心的全体工程师、作者们有编写和完成这本有意义的书的勇气。电信无疑是我们这个时代最令人感兴趣的主题之一，我相信这本书对于法国或其他国家的所有对电信直接或间接感兴趣的人都是有价值的。

名誉电信总局长

路易斯·约瑟夫 里波易斯

目 录

中文版序言

法文第二版前言

原书序言

第 I 部分 电话交换

第一章 历史背景	(1)
1. 早期	(1)
2. 交换技术	(2)
3. 从市内服务到洲际服务	(10)
4. 法国的电话交换	(13)
5. 将来的情况	(22)
第二章 电话网	(23)
1. 电话网的一般组织	(23)
2. 用户的话务量	(30)
3. 电话网的部件	(39)
4. 电话网设计	(58)
5. 电话网的规划和管理	(73)
第三章 交换局的功能	(78)
1. 电话网内的交换局	(78)
2. 电话呼叫的各个阶段	(79)
3. 交换局的功能	(90)

第 II 部分 电子交换系统的结构

第一章 电子交换	(123)
1. 元器件演变的影响	(123)
2. 结构	(131)
3. 交换技术	(135)

4.	发展过程	(142)
第二章	空分交换网络	(145)
1.	功能	(145)
2.	基本网络结构	(148)
3.	交叉接点的工艺	(159)
4.	空分交换网络的实现	(177)
第三章	在空分交换系统内的信号处理	(191)
1.	外部接口	(191)
2.	处理用户线信号	(201)
3.	处理模拟中继线信号	(213)
4.	处理数字信号	(231)
第四章	数字时分交换网	(240)
1	综合数字网	(240)
2.	交换机数字终端	(246)
3.	基本的时分交换网络单元	(254)
4.	多级数字交换网络	(262)
5	数字交换网络的实现	(299)
6.	时分交换网络的控制	(306)
7.	工艺技术	(322)
第五章	在数字时分交换系统中信号的处理	(324)
1.	在一次数字复用线上传输信号	(324)
2.	信号处理的功能特征	(328)
3.	信号处理的过程	(332)
4.	音频设备	(340)
第六章	在数字交换中模拟用户线和中继线的连接	(347)
1.	连接单元功能	(347)
2.	数字化和滤波	(350)
3.	用户线连接单元	(355)
4.	中继线连接单元	(374)

第七章	控制设备	(379)
1.	概说.....	(379)
2.	控制结构.....	(389)
3.	交换机处理机.....	(412)
4.	控制设备的话务处理能力.....	(419)
第八章	技术工艺、实用设备和基础结构	(425)
1.	引言.....	(425)
2.	硬件.....	(429)
3.	供电.....	(436)
4.	环境.....	(444)
5.	安装.....	(448)

第一章 历史背景

1. 早期

工程师们要建设一个电话网，就必需掌握电话机、用户线、交换机、以及局间传输等相互既有联系，然而又各不相同的技术。从历史沿革来看，人们首先研制出来的是用户线的基本技术，英国从1837年起，法国在1845年就在电报中采用了在单根线上传输信号的技术。电话机以及包括它在内的电话学诞生于1876年三月十日，该日，亚历山大·格雷厄姆·贝尔在波士顿进行了电话实验，与同年二月十四日他获得专利权的日子相距还不到一个月。第一对电话线很快就崭露头角，紧接着就开始了长距离的声音传输。在传输技术上不断发展，例如加感线圈、真空管放大器、反馈控制、晶体管放大器，海底电缆、高频无线电传输、微波以及卫星通信等，使得人们可以使用电话和居住在地球的另一边的双亲和朋友们通话，就像他们生活在同一村镇里一样的方便。

然而，若要使 N 个电话用户中的任一位都能和其它 $(N-1)$ 位用户通话的话，电话网络必需要有可能提供出 $\frac{1}{2}N(N-1)$ 条传输链路。最初设想起来，这不过是意味着每一用户应该配备 $(N-1)$ 部电话机，并用 $(N-1)$ 条线路与其它 $(N-1)$ 部用户话机连接起来。然而只要当 N 仅仅是比某一很小、很小的数值大一点时，就会明显地出现像魔方那样复杂的情景。事实上，几乎是一开始，电话网是采用下述方式组织的：每一用户只需要一部话机，这一话机用单根导线链接到叫做电话交换机或电话局的中央设备上，这一设备的任务就是按照用户要求，把通向各个用户的两条导线暂时接续起来。

1878年一月廿八日,正好是电话发明之后两年,在新哈芬(New Haven)——康乃狄格州(Connecticut)就有一个21线的交换局开通业务,这是今日所有电话交换局的鼻祖。

2. 交 换 技 术

2.1 人 工 交 换

新哈芬的电话局是一个人工交换局。在交换台前面坐着一位话务员,她用插塞塞绳应答用户的呼叫,以及使主叫用户和被叫用户建立接续。当通话结束时再由话务员拆线。由于电话数量增加得很快,要求交换台处理的用户越来越多。所以努力设法缩小分配给每一条用户线的设备尺寸,以及容许不只是一位,而是一群话务员同时操作。

最终得出的小型化的用户线设备一般都有一个叫做塞孔的凹形连接器,和一个呼叫灯。用灯亮来通知话务员有用户要求服务(图1.1.1)。

话务员座席包括有一块放置用户线设备的垂直面板,和一块带有插塞、塞绳的水平面板,话务员使用这些带有插塞的塞绳来应答呼叫和建立接续。为了能使话务员空出手来操作这些塞绳,话务员使用的是由一个话筒和一对耳机组成的头戴式送受话器。话务员扳动水平面板上的扳键,就能使她的话筒及其话务员通话电路与任何一条塞绳电路相连接,使她在建立呼叫的过程中能和一对用户中的任一用户通话,并在监听呼叫的过程中能和用户双方通话。

当用户数目增加到所有的呼叫已经不可能由一位话务员来及时处理的时候,人们不得不研究一种允许有几位话务员来为用户服务的方法。有一种解决方案是将用户划分为若干个很小的组,例如,每组200户,每一组连接到复式交换台的一个座席上,如图1.1.2所示。当某一组内的一位用户呼叫另一组内的用户时,连接主叫用户

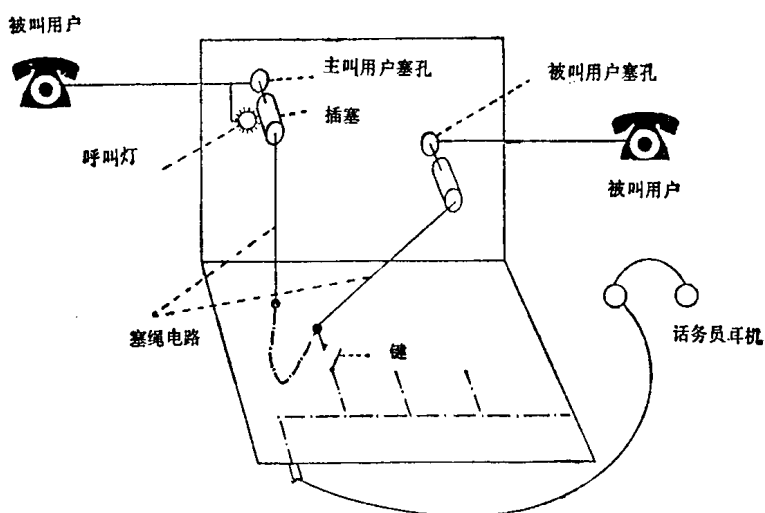


图 1.1.1 话务员座席

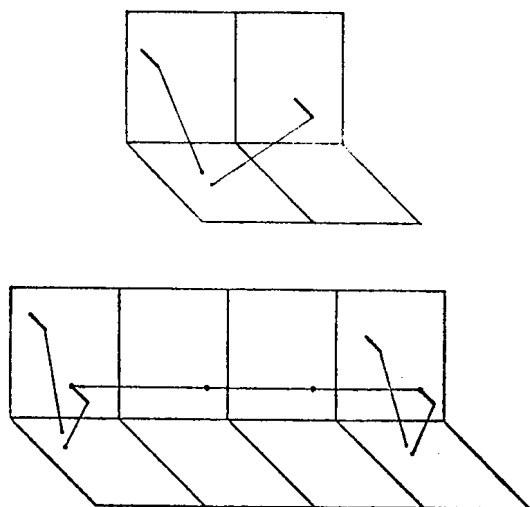


图 1.1.2 复式交换台。通过两个座席建立呼叫，(a)由一位话务员操作，(b)由两位话务员操作。

的那一座席上的话务员把塞绳插入相邻座席的连接被叫用户的那一塞孔内 (图1.1.2a)，如果被叫用户连接在更远的座席上，那末话