

话务理论基础

[修订本]

HUAWU

LILUN

JICHU

张 富 编

人民邮电出版社

话务理论基础

(修订本)

张富 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

话务理论从研究交换系统中所进行的随机过程入手，给出关于交换网络结构、话务负荷能力、交换设备数量和服务质量之间关系的各种理论。这些理论可用于设计各种交换系统（如电话交换系统、电报交换系统、数据交换系统、通信网络等）的最佳方案。

本书系统地介绍了话务理论的基本概念、基本理论和在工程技术中的应用。全书内容包括三个部分：概率论基础知识；关于全利用度线束、部分利用度线束和链路系统的基本理论及其在交换系统设计中的应用；电子计算机话务模拟的原理和方法。

本书内容比较通俗易懂，各章都有许多计算实例说明理论的应用。可供从事设计、制造和维护交换系统的工程技术人员阅读，也可作为相关院校的教材或教学参考书。

话 务 理 论 基 础

（修订本）

张 富 编

责任编辑：宗慕军

•

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：787×1092 1/32 1987年11月第 一 版

印张：16 16/32 页数：264 1987年11月河北第4次印刷

字数：376千字 印数：1—2 500册

统一书号：15045·总2172—市315

定价：3.10 元

再版序言

本书的第一版自一九七七年发表以来，得到了我国交换技术领域的科技工作者的爱护和支持，曾荣获1983年世界通信年全国优秀通信科技图书评选二等奖，并被一些院校的相关专业采用作为教材或教学参考书。许多读者、专家和教师，曾对本书提出了不少宝贵的意见和建议，在此向他们表示衷心地感谢。

这次修订，除保留了原书特点外，对专家的一些意见和建议都尽量作了考虑。再加上这些年作者的教学感受，使修订版较第一版有了较大的变动。

首先，第一部分的概率论基础知识和第三部分的计算机话务模拟原理，全部进行了重新改写。概率论基础知识部分的内容和材料的布局作了调整。在话务模拟部分，注意了简明扼要、突出原理并给出许多模拟程序实例。

其次，第二部分的话务基本理论，无论在文字上、内容上和结构上，都作了适当修改。特别是，在链路系统一章中，增加了概率线性图法和数字时分交换网络的计算。在公用控制设备计算一章中，除了常数占用时长的情况外，又增加了指数占用时长的情况，并把这一章改名为“等待制全利用度线束的基本理论”。

原第七章“步进制交换机机键计算”的有关内容经修改后，分别合并至现在的第四章和第五章。

本书经过这次修订后，缺点和错误还是在所难免。衷心地希望广大读者、专家和教师，不吝指教。

张 富

一九八五年

目 录

绪论

第一部分 概率论基础知识

第一章 概率论的基本概念	(7)
第一节 随机现象与统计规律	(7)
第二节 随机事件及其概率	(10)
2.1 随机事件	(10)
2.2 事件间的关系	(12)
2.3 事件的概率	(14)
第三节 概率的定义	(16)
3.1 概率的统计定义	(16)
3.2 概率的古典定义	(18)
3.3 排列与组合	(21)
第四节 概率的基本运算法则	(28)
4.1 概率加法定理	(29)
4.2 概率乘法定理	(34)
4.3 全概率公式与贝叶斯公式	(42)
第五节 独立试验概型	(46)
小结	(51)
练习一	(52)
第二章 随机变量与分布函数	(57)
第一节 随机变量与分布函数	(57)
1.1 随机变量	(57)
1.2 随机变量的分布函数	(59)
第二节 离散型随机变量	(60)
2.1 离散型随机变量的分布列	(60)

2.2	二项分布	(61)
2.3	普阿松分布	(64)
第三节	连续型随机变量	(71)
3.1	密度函数和分布函数	(71)
3.2	指数分布	(78)
3.3	均匀分布	(82)
3.4	正态分布	(85)
第四节	随机变量的数字特征	(89)
4.1	数学期望	(89)
4.2	方差	(94)
4.3	数学期望与方差的性质	(96)
小结	.....	( 96)
练习二	.....	( 97)
第三章	随机过程	(100)
第一节	随机过程的概念	(100)
第二节	增消过程	(102)
第三节	增消过程在电话交换系统中的应用	(109)
小结	.....	( 112)
练习三	.....	( 112)

第二部分 话务理论基础

第四章	话务量	(115)
第一节	话务量的概念	(115)
第二节	话务量的特性	(127)
第三节	话务量强度的计算	(130)
3.1	话务量的形成	(130)
3.2	话务量的基本参数	(131)
3.3	话务量计算	(135)
第四节	系统的服务质量和话务负荷能力	(136)
4.1	服务质量	(137)

4.2	交换系统的话务负荷能力	(138)
第五节	呼损标准、局间话务流量和话务量递减率	(139)
5.1	呼损标准	(139)
5.2	局间话务流量	(142)
5.3	各级话务量的递减	(146)
第六节	话务量的调查统计	(148)
小结	.....	( 152)
练习四	.....	( 153)
第五章	关于明显损失制线束的基本理论	(154)
第一节	关于线束的概念	(155)
第二节	全利用度线束的计算	(159)
2.1	同时占用数的概率分布	(160)
2.2	呼损的计算	(172)
2.3	线束的利用率	(179)
第三节	部分利用度线束的计算	(183)
3.1	部分利用度线束的采用	(183)
3.2	部分利用度线束的构成	(186)
3.3	部分利用度线束的计算方法	(190)
第四节	步进制电话交换机的话务量计算和机键计算	(195)
4.1	局间话务量和局间中继线数目的计算	(197)
4.2	二分局各选择级话务量和机键计算	(199)
小结	.....	( 207)
练习五	.....	( 209)
第六章	链路系统	(210)
第一节	链路系统概述	(210)
1.1	什么是链路系统	(210)
1.2	链路系统的构成及其符号表示法	(212)
1.3	为什么要采用链路系统?	(217)
1.4	链路系统的阻塞	(219)

第二节	雅柯比斯法计算链路系统呼损的一般表达式	··· (221)
第三节	雅柯比斯两级链路系统的呼损计算公式	····· (228)
3.1	非扩散与非集中型两级链路系统	····· (229)
3.2	扩散型两级链路系统	····· (236)
3.3	集中型两级链路系统	····· (239)
3.4	不完整的两级链路系统	····· (245)
第四节	多级链路系统的计算原理	····· (247)
4.1	雅柯比斯法计算多级链路系统的原理	····· (248)
4.2	概率线性图法	····· (260)
4.3	数字交换网络的计算	····· (264)
第五节	部分利用度链路系统	····· (271)
5.1	部分利用度链路系统的构成	····· (271)
5.2	部分利用度链路系统的计算	····· (274)
小结		····· (288)
练习六		····· (289)
第七章	等待制全利用度线束的基本理论	····· (292)
第一节	爱尔兰等待系统理论	····· (292)
第二节	克罗米林分布	····· (301)
第三节	交换系统控制设备的计算	····· (308)
小结		····· (326)
练习七		····· (326)
第八章	间接控制式电话交换系统的设计	····· (328)
第一节	间接控制式电话交换机的控制方式	····· (328)
1.1	纵横制电话交换机的控制方式	····· (329)
1.2	程序控制电话交换机的控制方式	····· (333)
第二节	通话网络的组群设计原理	····· (337)
2.1	组群设计的一般考虑	····· (337)
2.2	各选择级组群的构成	····· (339)
第三节	话务量的计算	····· (348)

第四节 纵横制交换机设计举例	(350)
4.1 中继方式	(350)
4.2 原始数据的取定	(351)
4.3 用户选择级(简称用户级)组群设计	(353)
4.4 选组级组群设计	(361)
4.5 数据计算	(367)
4.6 分品设计	(372)
小结	(377)

第三部分 计算机话务模拟原理

第九章 话务模拟概论	(381)
第一节 什么是话务模拟	(381)
1.1 模拟的基本思想	(381)
1.2 话务模拟方法的发展	(387)
第二节 随机数的产生	(389)
2.1 均匀分布随机数	(389)
2.2 指数分布随机数	(395)
第三节 交换系统中随机事件的模拟	(397)
3.1 随机事件的模拟原理	(397)
3.2 交换系统中随机事件的模拟	(399)
小结	(405)
第十章 交换系统的话务模拟	(407)
第一节 交换系统结构与设备状态的模拟	(407)
第二节 话务模拟的基本算法	(411)
2.1 模拟真实过程	(411)
2.2 模拟马尔科夫过程概型	(417)
2.3 模拟概率线性图概型	(422)
第三节 交换系统的计算机话务模拟	(425)
3.1 部分利用度线束的模拟	(426)
3.2 一个标志器的模拟	(432)

3.3 STS数字时分交换网络的模拟	(437)
3.4 两级链路系统的模拟	(441)
小结	(451)
附录 I 常用计算公式	(453)
附录 II 爱尔兰呼损公式计算表(巴尔姆表)	(457)
附录 III 部分利用度计算表	(513)

绪 论

话务理论是随着电话交换技术的应用和发展而产生的一门学科。它的任务是研究电话负载、电话交换系统结构和服务质量之间的数量关系，提供最优电话交换系统设计的理论和办法。话务理论的奠基人是丹麦学者A. K. Erlang(1878—1929)。

今天，话务理论的研究对象已经不再限于电话交换系统。话务理论的原理和方法还应用于其它各类信息交换系统（如电报系统，数据传输系统，包括计算机网络系统）。我们把这些系统称为**信息分配系统**。这样，话务理论的研究对象就成为信息分配系统中信息流服务过程的各种数量关系。

但是，为了把问题叙述得简单明了，本书中，总是假设所研究的系统是电话交换系统。

在我们所研究的电话交换系统中，服务呼叫流方面有些什么特点呢？

我们知道，电话呼叫是用户发起的。某一个呼叫何时发生，完全由用户本身的需要所决定。当我们在电话局观察交换机的工作情况时，就会看到，电话局一天之内每个小时里接到的呼叫数是不一样的。有时，很多用户都在呼叫，电话局的交换设备呈现出一片繁忙的景象。然而，在另外一些时间里，却只有很少的用户在呼叫，交换设备中的许多机键在空闲着。实际上，电话局在单位时间（如一分钟）里接到的呼叫数是每时每刻都在变化的。这表明，电话呼叫的发生是一种随机现象。

电话局的交换设备数量是有限的。在电话局的交换设备比较繁忙的时间里，有些呼叫会因为没有任何空闲的机键而不能与被呼叫的用户接通，或者是要等待一段时间才能接通。由于呼叫

的发生是随机现象，因而，当前发生的呼叫能否被接通，或者等待多长时间才能被接通，这也是一种随机现象。

当一个电话用户与被叫用户接通后，他们将进行多长时间的通话，也是事先不知道的，因此，呼叫的通话时长或占用交换设备的时长也是一个随机现象。

由于呼叫的上述特点，我们称这些呼叫为**随机呼叫流**。为随机呼叫流服务的交换系统的状态，如当前系统内有多少忙设备和空闲设备，也是一个随机现象。自然，我们关心的是这种随机服务系统的服务质量。从话务理论的观点看，所谓服务质量，粗略地说，就是服务系统对用户需求的满足程度。若电话局的机键足够多，绝大多数的呼叫都能接到被叫用户，我们就可以说电话局的服务质量较高。反之，若电话局的机键数量不足，相当多的呼叫因缺少空闲的机键而不能接到被叫用户，我们就说电话局的服务质量较低。那么，为了给用户提供一定的服务质量，电话局内应该设置多少交换设备呢？这些设备又怎样合理地构成一个高效率的交换系统呢？这就是话务理论为自己提出的总课题。

因此，在设计新的信息分配系统方面，话务理论对最佳系统网络方案的选择，有着重要的作用。方案选择的好坏，就在总体上决定了所设计的系统在经济上和技术上的合理性。

对于运转着的信息分配系统，话务理论也是不可缺少的。经验表明，信息分配系统的话务负载会随着时间的推移和客观条件的变化，发生明显的改变。这时，必须对运转着的系统的设备配置做某些调整工作，以适应变化了的外界情况。例如，中继线数量的调整、局内机键数量的调整、级间配线的调整等。

话务理论正确解决实际问题的依据，是对随机服务系统内

各随机现象统计规律的掌握。因此，话务理论工作者必须经常地、系统地观察系统的服务情况并收集各种话务统计资料。话务理论也提供关于话务量的统计与调查的理论与方法。

综上所述，不难看出，学习并掌握话务理论的一些基本知识，并把它应用于信息分配系统的研究、设计和维护工作，对于降低系统设备的成本，充分发挥系统设备的效能，提高对用户的服务质量，有着极为重要的作用。

话务理论随着通信技术的进步和计算机技术的发展也在不断向前发展。在二十世纪的10—30年代，*Erlang A.K.*，*Molina E.C.*，*Engset T.*，*O'dell G.F.*等人的著作，基本上是研究全利用度线束和部分利用度线束的呼损、简单等待系统的呼叫等待时间。40年代纵横制电话交换机的采用，导致50年代出现的多级链路系统呼损计算方法—雅柯比斯方法和概率线性图法。长途电话通信的自动化，给话务理论提出一个新课题，即研究迂回路由网的话务负荷能力。这方面的第一个著作就是1956年*R.I. Wilkison*发表的文章。许多国家的学者还进行了重复呼叫问题的研究，取得了一定的成果。近年来程序控制电话交换机的发展和信息交换的发展，不断地向话务理论提出新的问题。可以说，在今天，话务理论是正在蓬勃发展的一个学科。

本书所介绍的是话务理论中最基本的内容。目的是为了给话务理论的初学者打下一个基础并获得解决实际工程中话务计算的初步能力。在写法上，力求通俗易懂，通过实例说明问题。重点说明原理和应用，尽量避免一些繁琐公式的推导，或者用“注”的形式给出。

本书内容共分三个部分。

第一部分是概率论基础知识。概率论是话务理论研究的基

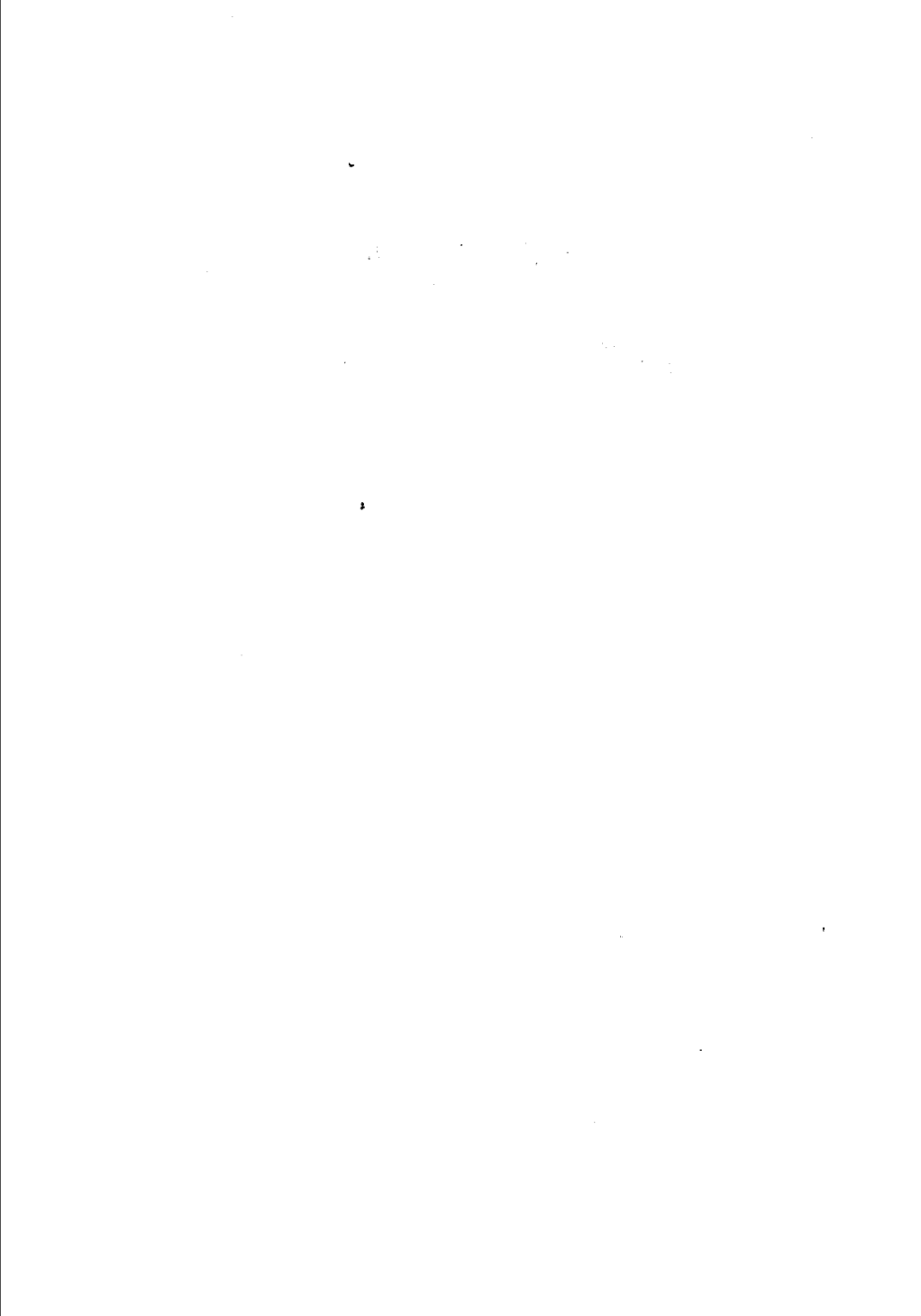
本数学工具。因此，在学习话务理论之前，了解一些概率论方面的知识是完全必要的。但是，我们没有全面地、系统地介绍概率论，因为这样的概率论著作很多，读者可以去阅读。这里所介绍的概率论知识，完全是为阅读本书的第二、三部分服务的。在叙述概率论的基本理论时，突出它与话务理论的关系。书中采用了许多电话交换系统中的随机现象来说明概率论中的一些原理和计算方法，揭示出用概率论的数学方法解决话务理论问题的途径。因此，对于具备有概率论知识的读者，在学习话务理论之前阅读这部分材料，也是有益的。

第二部分是话务理论基础。这部分介绍话务理论的最基本理论和方法。主要包括明显损失制全利用度线束理论、明显损失制部分利用度线束理论、等待制全利用度系统理论、链路系统的计算方法(包括数字时分交换网络的计算)。重点放在那些适用于工程应用的基本理论和方法。灵活应用这些理论和方法，可以解决许多类型信息分配系统中常遇到的话务计算问题。

第三部分讲述电子计算机话务模拟原理和基本算法。这是一种最为通用的话务理论方法。许多难以用解析方法解决的话务工程问题，都可以用计算机模拟方法解决。在这一部分中，既有模拟的一般原理，也有实现这些原理的计算机模拟程序。通过这些模拟实例，可以掌握计算机话务模拟的具体方法和技术。

第一部分

概率论基础知识



第一章 概率论的基本概念

内 容 提 要

在这一章，首先说明什么是随机现象，什么是随机现象的统计规律。

其次，介绍概率论中的一个最基本的概念——随机事件。它是概率论所要研究的第一个重要对象。在整个话务理论中，我们将经常运用随机事件这个基本概念。

概率论中另一个基本概念是随机事件的概率。将介绍两种概率定义——概率的古典定义和概率的统计定义。

最后，简略地介绍概率的基本运算法则（包括概率加法定理、概率乘法定理、全概率公式和贝叶斯公式），以及贝努里独立试验概型。

第一节 随机现象与统计规律

我们曾经指出，话务理论是从研究发生在信息分配系统中的随机现象入手，寻求解决系统设计中话务计算问题的理论和方法。作为这些随机现象的例子，可以举出：

在单位时间内发生的呼叫数；
系统内同时工作着的机键数；
电话呼叫的通话时长，等等。