

话务理论基础

HUAWU LILUN JICHU

北京邮电学院电子交换专业编

人民邮电出版社

内 容 提 要

话务理论是用来研究电话交换系统中各种随机现象的规律，从而得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理论。

本书以间接控制、布线逻辑的电话交换机（如纵横制和各种准电子、半电子交换机）为重点，较为系统地介绍了话务理论的基本概念。内容包括概率论基础知识，全利用度线群和部分利用度线群理论，链路系统和待接制系统的计算方法，交换系统的设计原理以及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，各章节都有计算实例说明理论的应用。可供从事设计、制造和维护电话交换机的工人和工程技术人员阅读，也可作为有关学校教学参考。

话 务 理 论 基 础

北京邮电学院电子交换专业编

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

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 1977年11月第一版

印张：13 8/32 页数：212 1977年11月北京第一次印刷

字数：303千字 印数：16,000册

统一书号：15045·总2172-市315

定价：1.05元

出 版 说 明

在毛主席“独立自主、自力更生”方针的指引下，我国通信建设事业得到了迅速的发展。我国制造的纵横制电话交换机和各种类型的电子交换机已大量使用。这些交换设备的运用和设计过程中常常会遇到各种话务理论问题，如采用什么样的交换网络结构，各种网络的话务负荷能力，以及交换设备的数量和服务质量等，为了普及话务理论的一些基本知识，并把它应用到电话交换工作中去，以降低交换设备的成本，充分发挥交换设备的效能，提高对用户的服务质量，多快好省地发展我国通信建设事业，我们请北京邮电学院电子交换专业的同志编写了这本书。

本书内容比较通俗易懂，并力求理论结合实际，但由于话务理论的研究还在不断的发展，加以我们水平所限，在编辑出版过程中难免有错误和不妥之处，希读者批评指正。

人民邮电出版社

1976.10

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一部分 话务理论的数学工具——概率论基础知识

第一章 概率论的基本概念	(8)
--------------------	-----

第一节 随机事件及其概率	(8)
--------------------	-----

第二节 概率的定义	(11)
-----------------	------

第三节 排列与组合	(16)
-----------------	------

小 结	(23)
-----------	------

练习一	(23)
-----------	------

第二章 概率的基本运算法则	(26)
---------------------	------

第一节 概率的一些简单性质	(26)
---------------------	------

第二节 事件的相互关系	(28)
-------------------	------

第三节 全概率公式和贝叶斯公式	(42)
-----------------------	------

第四节 独立试验概型	(44)
------------------	------

小 结	(48)
-----------	------

练习二	(49)
-----------	------

第三章 随机变量和概率分布	(52)
---------------------	------

第一节 离散型随机变量	(52)
-------------------	------

第二节 连续型随机变量	(57)
-------------------	------

第三节 随机变量的平均值	(67)
--------------------	------

第四节 布阿松分布	(71)
-----------------	------

小 结	(76)
-----------	------

练习三	(76)
-----------	------

第四章 随机过程	(79)
----------------	------

第一节 随机过程的概念	(79)
-------------------	------

第二节 增消随机过程	(81)
第三节 增消随机过程在电话交换系统中的应用	(86)
小 结	(94)
练习四	(95)

第二部分 话务理论基础

第五章 话务量	(96)
第一节 话务量的概念	(96)
第二节 话务量的特性	(106)
第三节 话务量的计算与调查统计	(109)
小 结	(117)
练习五	(118)
第六章 关于明显损失制线束的基本理论	(119)
第一节 关于线束的概念	(119)
第二节 全利用度线束的计算	(123)
第三节 部分利用度线束的计算	(135)
小 结	(146)
练习六	(147)
第七章 步进制交换机机键计算	(149)
第一节 呼损标准、局间话务流量和话务量递减率	(149)
第二节 话务量计算和机键计算	(155)
小 结	(166)
练习七	(166)
第八章 链路系统	(167)
第一节 链路系统的构成	(167)
第二节 呼损的一般表达式	(174)
第三节 两级链路系统的呼损计算	(180)
第四节 多级链路系统的计算原理	(197)
第五节 部分利用度链路系统	(209)
小 结	(225)

练习八	(225)
第九章 公用控制设备的计算	(229)
第一节 克罗米林分布	(229)
第二节 控制设备计算举例	(238)
小 结	(252)
练习九	(252)
第十章 间接控制式电话交换机的设计	(253)
第一节 间接控制式电话交换机的控制方式	(253)
第二节 组群设计原理	(258)
第三节 话务量的计算	(269)
第四节 纵横制交换机设计举例	(271)
小 结	(298)

第三部分 电话交换系统在电 子数字计算机上的话务模拟

第十一章 统计试验法原理及其在话务模拟中的应 用	(300)
第一节 均匀分布随机数	(300)
第二节 独立随机事件的模拟试验	(308)
第三节 对服从给定分布的随机现象的模拟	(312)
小 结	(322)
第十二章 电话交换系统在通用电子数字计算机上 的模拟	(323)
第一节 话务模拟的基本原理和方法	(323)
第二节 话务模拟例举	(334)
小 结	(350)
附录 I 常用计算公式	(351)
1. 全利用度线群的四种主要概率分布	(351)
2. 部分利用度线群的经验公式	(352)

3. 两级链路系统计算公式.....	(353)
4. 多级链路系统计算公式(三级链路系统).....	(354)
附录 II 爱尔兰呼损公式计算表(巴尔姆表)	(355)
第一部分 已知 A 和 n 求 $F_n(A) = E$ 的计算表.....	(358)
第二部分 已知 n 和 $E_n(A) = E$ 求 A 值的计算表.....	(405)
附录 III 部分利用度线束计算表	(411)

绪 论

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决定。当我们在电话局观察交换机的动作时,就会看到,电话局在单位时间(如一小时)里接到的呼叫数是时刻变化着的。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,这时电话局的交换设备中有许多机键在空闲着。对于这种现象,我们说,呼叫的发生是一种随机现象。在电话局的交换设备比较繁忙的时间里,有些呼叫就会因为没有空闲的机键而不能被接通。机键的忙闲状况是一种随机现象,发生的呼叫能否被接通,自然也是一种随机现象。

当一个电话用户与被叫用户接通后,它们将进行多长时间的通话,也是事先不知道的,因此通话时长也是一个随机现象。

电话交换设备是为随机发生的呼叫服务的。于是就有一个服务质量问题。从话务理论的观点看,所谓服务质量,粗略地说,就是电话局所提供的交换机键数量,对用户需要所满足的程度。若电话局提供的机键足够多,绝大多数的呼叫都能接到被叫用户。反之,若电话局提供的机键数量不足,则相当多的呼叫就会因缺少空闲的交换机键而不能接到被叫用户。我们就说,前者服务质量较高,后者服务质量较低。那么,为了给用户提供一定质量的服务,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?

为要解决这些问题,就必须对上述的一些随机现象进行深入的研究。人们在长期的、大量的实践中发现,随机现象也是

有它自己的规律的，并不是杂乱无章的。话务理论的任务就是研究交换系统中各种随机现象的规律，从而得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的关系的理论。

人们在自己长期的实践中总结提高，产生了话务理论。话务理论随着电话交换技术的发展而发展，又反过来为交换设备的研制服务，促进交换技术的发展。

因此，在设计新的交换系统方面，话务理论对最佳交换网络方案的选择，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交换系统在经济上和技术上是否合理。

对于运转着的交换系统，话务理论也是不可缺少的。我们知道，交换系统的话务负荷，有时会随时间的推移，发生明显的变化。这时，对正在运转着的交换设备应当做某些调整工作，以适应变化了的外界情况。例如中继线数量的调整，级间分品的调整，机键数量的调整等。这种调整工作应该根据新的话务统计资料来进行，并且运用话务理论这个工具，使调整工作更加主动。

话务理论能否正确地解决它所面临的问题，关键在于是否掌握充分的和可靠的话务量统计数据。因此，为了更好地应用话务理论解决实践中所遇到的问题，必须经常地、系统地收集与统计话务资料。话务理论也提供有关话务量的统计与调查的理论与方法。

综上所述，不难看出，学习掌握话务理论的一些基本知识，并把它应用于电话交换工作中去，对于降低交换设备的成本，充分发挥交换设备的效能，提高对用户的服务质量，有着重要的作用。同时必须指出，我国电话通信是为无产阶级政治服务的，对党政军的特殊服务要求，不能用一般话务理论的结论来

考虑。

本书所介绍的是话务理论的一些基本内容,力求通俗易懂,通过实例说明问题。为了把重点放在说明原理与应用上,因而尽量避免一些繁琐的公式推导,或者用“注”的形式表示。

本书的内容共分三个部分。

第一部分是概率论基础知识。概率论是话务理论的基础和基本的数学工具。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。同时,为了结合交换技术来理解概率论的一些基本原理,在第一部分里,我们尽量采用交换系统中的现象来说明概率论的一些原理和计算方法。这样,我们一开始,就把概率论和电话交换紧密地联系在一起。

第二部分是话务理论基础。介绍的是话务理论的核心内容:包括明显损失制全利用度线群、部分利用度线群、链路系统及等待制系统的计算。这些理论可用于各种制式交换系统的设计。为了使话务理论易于推广和普及,这一部分的内容重点放在适宜于工程应用的一些基本理论和计算方法上。

第三部分是电话交换系统在电子计算机上的话务模拟。人工话务模拟方法是话务理论中的重要研究方法之一。这种方法与第二部分所介绍的理论计算方法不同,它是人为地产生电话呼叫的随机过程,把这个随机过程作用于假拟的交换系统,在这个过程中获得话务量与交换系统的参数以及服务质量的统计数据。由于人工话务模拟方法往往要求有一个复杂的人工话务模拟机器,而使这种方法的应用受到很大限制。随着电子计算机的发展,使话务模拟可以方便地在通用电子计算机上用程序

来实现，不需要任何的附加设备。特别是对于那些复杂的交换网络的设计，当理论计算方法难以胜任时，最好是采用计算机的模拟方法。话务的理论计算与话务的人工模拟，两者相辅相成，相互补充，对交换系统的研究更加完善。在本书的第三部分里，我们介绍了在通用数字电子计算机上模拟交换系统的原理和方法。它的理论基础，除在第一、二部分里已有叙述外，在第十一章里又专门介绍了统计试验法的基本知识。

为了很好地掌握本书各部分的内容，我们编入了相当数量的计算实例和习题。

为了深入地说明一些问题，在本书的有关章节，使用了微积分，对于不熟悉微积分学的读者，在阅读时可以只看其结论。

第一部分 话务理论的数学

工具——概率论基础知识

在绪论中我们曾经指出，话务理论研究的是一些随机现象。这些随机现象有：

在单位时间内发生的呼叫数；

同时工作着的机键数；

电话呼叫的通话时长等。

现在我们要确切地说明，什么是随机现象。在重复试验或观察中，某种结果有时出现，有时不出现，究竟发生哪一个结果，事先不能肯定，我们把这种具有多种可能发生的结果，而究竟发生哪一个结果事先不能肯定的现象，称为随机现象。

有一类现象，它与随机现象不同，其特点是在一定的条件下，必然会发生某种结果。例如：导体通电后会发热；在标准大气压下，纯水加热到摄氏 100 度时必然会沸腾，等等。我们把这类现象称为确定性现象。

在客观世界中，确定性现象是普遍存在的。关于这一点，不需做任何进一步说明。在客观世界中，随机现象也是普遍存在的。例如我们在进行某种测量时，由于种种偶然因素的影响，不可避免地会产生测量的误差。这个误差的大小就是一个随机现象。又如，由于种种偶然因素的影响，每天到某医院看病的患者的人数是不相同的，有时患者较多，有时患者较少，它也是一个随机现象。我们还可以从日常生活中找到许多随机现象的例子。

确定性现象有着内在的规律，这一点我们比较容易看到。

而对于随机现象，从表面上看，发生什么样的结果是偶然的，是偶然性在起支配作用，没有什么规律的。其实不然，随机现象也有它自己的内在规律。实践证明，观察了大量的同类随机现象后，通常总会揭露出一种完全确定的规律性，也就是大量随机现象所特有的一种规律性。例如，虽然每天来到某医院的患者人数是个随机现象，但经过长时间的观察统计后，就会发现，每天患者人数的波动是有规律性的，它总是围绕某一平均值上下波动，并且根据统计可以预测在一天内患者人数在某一范围内的可能性的。大小。拿电话呼叫的产生来说，对个别的呼叫而言，它的发生总是随机的。无法断定某用户何时要打电话，一小时之内要打几次电话。但是，当大量的用户合在一起时，呼叫的发生是有一定的规律的，通常在每天最繁忙的小时内*，发生的呼叫数几乎是确定的。在一分钟内发生的呼叫次数为某一数值的可能性也几乎是确定的。通话时长这一随机现象也是如此，大量的统计调查表明，通话时长也有一定的规律性。通话时间很长的可能性不是很大，通话时间很短的可能性也不很大，而通话时长在一确定范围 (a, b) 内的情况是确实地、客观上存在着。

综上所述，我们知道，个别随机现象虽然是无规律的，但是对大量性质相同的随机现象进行观察或试验，总是可以看到一种规律性。我们把大量次数观测或试验中方才呈现出来的规律，叫做随机现象的统计规律。

统计规律反映了随机现象内在规律的一个数量侧面。我们已经看到，必须通过大量的重复观察或试验，才能发现随机现

* “繁忙小时”指的是电话局在一天之内最忙的那个小时。经验表明，繁忙小时几乎是发生在每天的同一个时间里，例如每天上午9点到10点。

象的统计规律。一次的观测结果则受偶然性支配。一次观测结果的不确定性和大量重复观测时呈现的统计规律性，是一对矛盾。这对矛盾是我们认识随机现象时要着重注意把握的。一般地说，观测资料越丰富，得到的结论就越符合实际情况。

概率论就是一门研究随机现象的数量规律的一个数学分支。

第一章 概率论的基本概念

内 容 提 要

这一章讲述三个问题。

首先介绍概率论中的一个最基本的概念——“随机事件”。它是概率论中所要研究的第一个重要对象。在整个话务理论中，我们将不断运用随机事件这一基本概念。

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：古典概率定义和统计概率定义。

最后，简略地介绍一下概率论中常用的一个数学工具——排列与组合。

第一节 随机事件及其概率

1.1 随机事件

考察一个随机现象，必须分析这个现象的各种表现。随机现象的各种表现，也叫作结果。只有弄清了随机现象的各种表现，才能进一步研究这个随机现象发生各种结果的可能性。我们把随机现象的每一种表现或结果，叫做一个随机事件。随机事件一般简称“事件”。让我们举几个例子来说明“事件”这个概念。

某零件长度误差的大小是一个随机现象，而“误差不超过 ± 1 毫米”就是一个事件。

电话交换机在一分钟内发生的呼叫数的多少，是一个随机现象，而“在一分钟内发生15次呼叫”就是一个事件。

电话用户的通话时长是一个随机现象，而“通话时长不大于3分钟”就是一个事件。

事件通常用大写字母 $A, B, C, \dots$ 来表示。

事件有的很复杂，有的很简单。一般地说，复杂事件往往可以“分解”成同一随机现象下的较简单的事件。例如，三个机键的忙闲状况是一个随机现象，“至少有一个机键忙”就是一个事件。但这个事件比较复杂，它包括了“有一个机键忙”，“有两个机键忙”，“有三个机键忙”这三个事件所描述的情况，而这三个事件就比较简单。我们说“至少有一个机键忙”这个事件可“分解”为三个简单事件。在一定研究范围中，不能再“分解”的事件叫做基本事件；可以由基本事件“复合”而成的事件叫做复杂事件。

究竟怎样才叫做可“分解”的？怎样才是“复合”而成的？“基本”与“复杂”和“研究范围”有什么关系？我们还是用上面的例子来说明这些问题。

“三个机键的忙闲状况”这个随机现象，包含有下列几种结果：

“三个机键都空闲”，记为事件 A_0 ；

“有一个机键忙”，记为事件 A_1 ；

“有二个机键忙”，记为事件 A_2 ；

“三个机键都忙”，记为事件 A_3 。

在现在的研究范围内，对三个机键不加以区别，这四个事件都不能再分解了，因此都是基本事件。

但是，给这三个机键编上号码，并要考虑是哪一个机键忙。这样，研究的范围就变化了。在这个新的研究范围内，“有一个机键忙”就不是基本事件。它还可以“分解”为“只有# 1 机键忙”，“只有# 2 机键忙”和“只有# 3 机键忙”这三个事件。这时，三个机键的忙闲状况这个随机现象的基本事件就会有 8 个，如表 1.1 所示。

表 1.1

事件名称	*1 机 键	*2 机 键	*3 机 键
B_1	闲	闲	闲
B_2	忙	闲	闲
B_3	闲	忙	闲
B_4	闲	闲	忙
B_5	忙	忙	闲
B_6	忙	闲	忙
B_7	闲	忙	忙
B_8	忙	忙	忙

分析表 1.1 中的 8 个基本事件，我们看到，基本事件有一个很重要的性质：在一次试验或观察中，只能发生基本事件中的一个。换句话说，任何两个或两个以上的基本事件，不可能在一次试验中同时发生。

1.2 事件的概率

要在数量上比较事件发生的可能性的 大小，就必须对每一个事件给予一个数字，使可能性较大的事件，有较大的数值，可能性较小的事件，有较小的数值。这个数就叫做事件的概率。

实际上，我们在日常生活与工作中是经常使用事件的概率