

Tong Xin Wang Li Lun Ji Chu

通信网理论基础

● 周炯槃 著



人民邮电出版社

前 言

通信服务是近代社会中不可缺少的组成部分，通信技术也是近年来发展最快的技术之一。要充分发挥通信技术的作用，最有效地为社会生活和生产服务，则必须有优良的通信网。这已日益为人们所认识，因此对通信网的研究，越来越被人们所重视。虽然通信网的实践已有相当悠久的历史，其理论却是在七十年代初步形成体系，到80年代，在图论、排队论和可靠性理论的发展中，网的理论基础的结构逐渐明确，这些也可作为通信网的理论基础。但是这方面的专著在国外尚不多，国内也就更少一些，而通信专业的学生尤其是研究生，似应有网的概念和通信网的理论知识，为此作者于1986年在北京邮电学院试开出通信网理论基础这门课程。本书就是在近五年授课过程中逐渐修改补充而完成的。

通信网是由端机、信道和交换机等硬设备构成，而且还必须有信令、协议和标准等软设备，才能完成通信网、尤其是自动化程度日益提高的近代通信网的各种功能。这些组成部分的变化是较快的，象计算机网，图象通信网等就是近十年才迅速发展起来的。最近提出的综合业务数字网以至宽带综合业务数字网，又将改变当前网内的许多组成部分。另一方面，通信网的理论一般已比较稳定，它不但适用于传统的电话网，也适用于计算机网，并将有助于建立综合业务网。掌握基础理论，不但有利于了解现有网内存在的问题，也能预见网的发展趋向。因此，本书将着重阐述网的基础理论，而不详细介绍各种网的实际结构。这样的内容选择是否恰当，其它方面可能存在缺点和错误，尚请读者指正。

成书前曾由张惠民同志整理讲稿和编写试用讲义，以后又有许多同志提供各种资料，这些对于本书的问世帮助很多，谨此致谢。

周炯桢于北京邮电学院

1991.4

目 录

第一章 引论

§ 1.1 概述	(1)
§ 1.2 系统和网	(1)
§ 1.3 通信网的类型	(4)
§ 1.4 对通信网的要求	(6)
§ 1.5 本书内容安排	(10)

第二章 通信网的组成要素

§ 2.1 概述	(12)
§ 2.2 终端设备	(13)
2.2.1 终端设备的功能	(13)
2.2.2 电话端机	(15)
2.2.3 数据端机	(17)
2.2.4 图象端机	(19)
§ 2.3 信道	(22)
2.3.1 无线信道	(23)
2.3.2 有线信道	(25)
2.3.3 信道复用设备	(29)
2.3.4 对信道的要求	(31)
§ 2.4 交换设备	(33)
2.4.1 电路转接	(33)
2.4.2 信息转接	(39)
2.4.3 多址接入(MA)	(42)
§ 2.5 通信网的约定	(44)

2.5.1 电话信令	(45)
2.5.2 计算机通信协议	(48)
2.5.3 质量标准	(51)
2.5.4 传输标准	(54)

第三章 通信网结构

第一版

§ 3.1 图论基础	(57)
3.1.1 基本定义	(57)
3.1.2 图的联结性	(62)
3.1.3 树	(67)
3.1.4 割和环	(69)
3.1.5 平面性和对偶性	(72)
3.1.6 图的矩阵表示	(75)
§ 3.2 最短径问题	(85)
3.2.1 最短主树	(85)
3.2.2 端间的最短径	(94)
§ 3.3 站址问题	(106)
3.3.1 单中点问题	(106)
3.3.2 k 中点问题	(117)
3.3.3 设站问题	(121)
§ 3.4 流量分配	(124)
3.4.1 流量优化的一般性问题	(124)
3.4.2 最大流问题	(126)
3.4.3 最佳流问题	(134)
§ 3.5 线性规划简介	(137)
3.5.1 线性规划的标准型	(137)
3.5.2 单纯形解原理和计算步骤	(139)
3.5.3 对偶定理	(144)
3.5.4 罚款的应用	(146)

3.5.5 计算之例	(147)
------------------	---------

第四章 网内业务分析

§ 4.1 排队论基础	(157)
4.1.1 基本概念	(158)
4.1.2 $M/M/1$ 问题	(166)
4.1.3 $M/M/m(n)$ 问题	(181)
4.1.4 一般排队问题	(190)
§ 4.2 通信网的业务模型与分析	(207)
4.2.1 各种测度和指标	(208)
4.2.2 业务分析举例	(213)
§ 4.3 提高网效率的一些措施	(228)
4.3.1 大群化效应	(228)
4.3.2 延迟效应	(231)
4.3.3 综合效应	(233)
4.3.4 迂回效应	(236)
§ 4.4 多址接入系统	(242)
4.4.1 纯阿罗华系统($ALOHA$)	(243)
4.4.2 分槽阿罗华系统($S-ALOHA$)	(246)
4.4.3 载波监听多址接入系统($CSMA$)	(248)
4.4.4 轮询($Polling$)方式	(259)
4.4.5 各种多址系统的比较	(262)

第五章 通信网的可靠性

§ 5.1 可靠性理论概要	(269)
5.1.1 不可修复系统的可靠度	(270)
5.1.2 可修复系统的可靠度	(274)
5.1.3 复杂系统的分解	(277)
5.1.4 综合可靠度	(290)

5.1.5 可靠性设计	(292)
§ 5.2 通信网的可靠性	(295)
§ 5.3 通信网的联结性	(298)
5.3.1 联结度和结合度	(298)
5.3.2 局和线路故障下网的联结概率	(304)
5.3.3 可靠网的设计	(308)
§ 5.4 局间通信和综合可靠度	(313)
5.4.1 端间联结性的计算	(313)
5.4.2 端间通信的综合可靠度	(314)
5.4.3 通信网的综合可靠度	(317)
§ 5.5 随机图和灾害控制	(322)
5.5.1 随机图的联结性	(322)
5.5.2 平均径长	(326)
5.5.3 灾害控制	(328)

第六章 通信网的优化理论

§ 6.1 电路转接网的优化	(338)
6.1.1 电路转接网的呼损计算	(338)
6.1.2 路由控制的优化	(345)
6.1.3 链路容量的选择	(351)
§ 6.2 信息转接网的优化	(358)
6.2.1 信息转接网的平均时延计算	(359)
6.2.2 容量配置的优化	(366)
6.2.3 路由选择的优化	(367)
6.2.4 流量控制	(380)
§ 6.3 通信网的规划和设计	(388)
6.3.1 通信网规划的一般原理	(389)
6.3.2 预测和估计	(393)
6.3.3 规划的分解	(400)

第一章 引 论

§ 1.1 概述

通信意味着信息的传递和交换，这对人类社会是不可缺少的；尤其是在近代社会中，信息的交换日益频繁，随着通信技术和计算机技术的发展，已能克服空间和时间的限制，大量的、远距离的信息传递和存取成为可能，通信的作用就更显得重要。可以说，通信已极大地促进了人类的文明，以致人们在谈论“信息社会”的来临，形成新技术革命的形势，有可能改变传统的生产结构，改进人类的智能活动，极大地增加社会财富。所以人们对通信提出形形色色的要求，而通信网正是满足这些要求所必须的；它应不断地合理化，包括信息传递的快速性、有效性、可靠性、多样化以及经济性。研究通信网就成为近代科学技术的一个重要组成部分。

本章中将对通信网的含义、发展、分类和要求作一简述，最后将介绍本书的主要内容及其安排。

§ 1.2 系统和网

要完成信息的传递，必须建立一整套设备。将一个用户的信息送到另一个用户的全部设施通常称为一个通信系统，其中主要包括把信源信息转换成可以在信道上传送的信号的发端机，传输信号所需的线路及其附属设备，也就是信道，以及把信号恢复成用户所需的信息的收端机。在两个用户之间要相互通信，就需要两个通信系统，一个作正向传输，例如从用户A到用户B，另一个作反向传输，从用户B到用户A，这就是双工通信系统。此时，发端机和收端机每个用户都有，一般是装在一起的，常称之为端机或终端。有

时为了节省信道费用，可用一条信道，时分地进行正向和反向传输，这就是半双工通信系统。当 n 个用户要相互两两之间通信时，就需有一个通信网；最简单的方法是建立 $n(n-1)$ 个通信系统或 $\frac{1}{2}n(n-1)$ 个双工或半双工通信系统，就构成一个全联结网。这种简单方式在理论上是可行的，但实际上是很浪费的；因为一般用户之间的通信不会连续进行，在相当长一段时间内无信息交换，而且当一个用户已与另一用户在通信时，联结此用户的其它信道将被闲置，所以信道及其有关设施的利用率将很低，而建网的造价又很高；尤其是用户数 n 很大时更是如此。

以后引入电路转接，信息转接以及多址随机接入等概念，把各信道有机地结合起来，形成各式各样的通信网，这样就以较经济的方式，使 n 个用户可相互传递信息。当然全联结网也仍是一种形式。当各用户是较高层的交换点时，业务量甚大，且能同时与其它各点通信，这种形式不但可行，有时还是很好的，尤其在卫星通信中，各地面站之间的联结，基本上就是这种形式。

由上述可见，通信网可以说是通信系统的系统，是一个非常庞大的系统。它包括了所有的通信设备和通信规程。实际上，每个具体的通信设备，都是网的一部分；在研究这些设备时，若不考虑通信网，这些设备往往不能发挥应有的功能。例如孤立地看一个通信系统，可能是很好的，但若不能与大的通信网联结，或者说不能进网，那就使它只能起到局部作用，不能与网内其它用户互通信息，在使用效率或应用范围上就会显得不足。反之，在研究全网时，也必须了解这些设备的功能，否则网的性能也就无从说起。从这个意义上讲，通信网课程的内容应包括通信专业的所有课程。

当然，这样庞大而繁杂的内容是不可能组成一门课程的，所以通常所谓通信网问题，往往只指带有综合性和整体性的问题，不涉及一般具体设备。即使如此，内容还是太繁杂，因此在本课中只能讨论一些主要问题，重点在于有广泛意义的、较成熟的理论基础。

研究通信网的重要性，也就在整体性这一点，整体上的任何改

进、发展或突破，可以大量地节约投资和发挥现有设备的功能。例如从全联结网通过转接的引入而发展为电路转接网，极大地减少了通信建设费用，因此也促进了通信事业的迅速发展。近来引入的卫星通信所形成的面式网，计算机通信中的总线网，从整体上考虑还有不少问题；当这些问题解决得较完善后将促进通信网的发展。事实上，整体性问题的解决还将指导部件的发展方向，以更好地组成合理的通信网，使之发挥更大的作用，满足更多关于信息传输和处理的要求。又如网结构的优化和规划，往往比经验设计要节约得多；关于业务量的随机性的分析和优化的控制方式，将导致更有效地使用信道和设备；可靠性的研究，可使通信网的作用更趋稳定，在有限地增加投资下，通信的中断率可大量地减小等。

强调整体性研究的重要性，决不是忽视局部系统的技术问题。事实上，网的研究必须建立在现实技术条件的基础上。当技术条件还不成熟时，任何优良的网也是不能实现的。当集成电路尚未较完善时，已在谈论数字通信的优越性，但当话音的脉码调制技术还不能经济地实现时，数字通信网不管有多大的优点，也是不易实现的。近来都在讨论综合业务数字网的有效性和可靠性；但要大规模地实现它，还有许多具体技术经济问题必须适当地解决。考虑到现在已存在大量模拟设备和单用途网的情况，如何过渡更是一个复杂的问题。

当前通信网的发展是迅速的，尤其是国际通信正在扩大和增多，所以已在议论建立完善的世界性的网。从理论方面看，却还不能说是完整的和系统的。倘若理论上再完善一些，这些通信网的发展可能会更快更好一些，因为许多争论可能会更易于统一。因此，近年来世界上对网的理论的注意在不断增强。我国通信网还处于较落后的状态，旧的通信系统对采用先进系统的负担还不十分重，倘能对通信网的理论和技术，掌握得更好一些，也就是有更多的人来注意这一学科，对节约投资，提高功能，进一步发展通信事业，无疑更显得重要和迫切。

§ 1.3 通信网的类型

要对网提出恰当的要求之前，看一下现有通信网的状态及其存在的问题是有益的。

由于通信网是逐步形成的，而且总是根据需要而建设的，所以现有通信网有各种类型。

从通信的内容来分，可有电话网、电报和电传网、计算机网、传真网、广播和电视节目网等等。不论国内或世界上，当前还是以电话网为主体，因而在谈论通信网时，往往就认为是电话网。但从发展来看，其它信息传输的增加率已超过电话业务的增加率。这是有其历史原因的。人类交换信息的主要手段是语言，虽然它所包含的信息量比视觉所感受的信息量小得多、但易于传输，从而电话成为通信的主要方式。随着社会的进展，其它信息的需求逐渐增加，因而有传真、电视节目等网出现。当然信息量小而且最易于传输的是电报，这确是第一次实现电信的业务。正是它包含的信息量小，不能完全满足人类的需要，因而增加不如电话网快；以后又发展成用户电报等通信网。而计算机的发展，由此而演变出数据网和计算机网，这是当前发展最快的一类网。计算机网所传送的也是二元数据，这与电报相似，一般速率比传统电报高得多；这对于各计算机之间相互享用软件和数据库起着重要的作用。其实除计算机数据外，还有不少其它数据网如交互传送图象等类型。

以上这些类型的网，往往不能相互调节，即某种网的业务有溢出时不易利用另一类型的网。这是因为各类网所传送的信息不同，对网内信道等设施的要求不同，有许多规程也不同。例如对于语音信号，非线性失真对质量影响很大，但相位失真就几乎毫无影响，因人耳对后者是不敏感的；而对于数据信号，相位失真可引起显著的误码，非线性失真倒是次要的；至于图象信号也有类似的情况；广播节目虽然也是声音，但动态范围和频率范围的要求也与语言信

号不同。为了节省投资，建立一种通信网时，常只希望符合所传信号的要求就行，并不要求信道等设施是无失真的，这就使其它信号要在这种网内传输碰到困难。或者要降低质量，或者须加昂贵的附加设备如各种均衡网络来补偿各种失真。此外相互应答并接通的方式也不尽相同，甚至使其它信息无法在特定的网内传送，除非加上很复杂的转换接口设施。

再从范围来分，通信网可分为局部网，市内网，国内网和国际网等，还可分为公用网，流动网，专用网等。局部网通常是网的最小单元，也是最初形成的网。它把一个较小区域内的用户相互联结起来，能在两两之间进行信息的交互传输；各个局部网之间若能相互通信，就形成一个较大的网如市内网。在人工转接阶段，这种把许多局部网合成一个较大的网时，只要有一些相互联结的线路，一般就可形成。当采用自动转接时，由于各局部网之间的信令，可能根据各种情况而有所不同，就会出现各式各样的问题。尤其象国际网这样大规模的网，各国制式完全可能不同，因而常需要人工干预而降低接通速度。在公用网和专用网之间的互通，也可有相仿的困难。当各个网是相互独立，忙闲不均时也不能互相调剂，因而常需增加投资而降低运行效率。流动网一般是指汽车电话系统，也可包括飞机，轮船等流动设施中的通信设备。这些流动用户也需与固定用户通信。所以常要求流动用户也是大网中的用户；尤其是近代社会活动频繁，流动用户将不断增加，甚至有人说，若流动用户不包括在网内，就不能说已有一个完整的通信网。而流动用户进网也存在着一系列问题。

再从组成网的信道来分，习惯上还有电缆网，无线短波网，微波中继网，卫星网，光缆网等叫法。这些网在传输上和使用上各有特点。例如无线短波网很容易建立，但由于衰落现象而质量上不易保证；卫星网很适宜于远距离的全联结网；光缆网的潜在容量很大而干扰甚小等。显然，各种网可根据条件和需要分别建立，作为相互补充和备用是很好的；但作为一个网，它们之间互联往往会碰到

质量不一致，传输指标不一致，接口转换等复杂因素而造成困难。

§ 1.4 对通信网的要求

由以上的简要讨论可看出，当前已存在的通信网远远不是理想的。不论在构成上还是在使用上，均不完全合理。那末理想的通信网应是怎样的呢？这就必须先提出对网的主要要求。用这些要求去评价一个新建或已有的网是否合理，或应如何改进，将是网的研究工作者的指针。

对于一个通信网的最基本要求是网内任意两个用户可以互通信息，也就是转接的任意性。其实这是网的定义所规定的：倘若有某些用户不能与其它某些用户通信，这些用户就不能称为属于这个网。但是这里所说的任意转接，还包括快速接通的含义。在近代通信中，时间应说是一个很重要的因素，当某对用户之间的接通需要很长时间的话，在某种情况下这种接通可能是无效的，或至少使效果大为减小。在拓扑结构允许接通的前题下，影响接通速率的因素大致有两类，一种是转接次数太多或在某些环节中出现阻塞，如电路均被占用而需等一段时间再试接。这牵涉到网资源不足或结构不合理的问题。另一种是通路中某些环节发生物理性故障以致丧失其应有功能，而又不能及时修复，引起长时间接不通。一般所要求的快速性是指前者，后者一般作为可靠性要求。当然两者也不能严格分辨。要使网完全不阻塞而能即时接通，往往是不经济的，有时也是不可能的。对于紧急用户，只能借助于直通电路。当所有网内用户都是紧急时，那就只能用全联结网。有时也可用优先制来适应紧急用户，这又使一般用户的接通速率降低。对于接通的快速性，可规定一个时限。平均能在某一时限内接通，就可认为已满足快速性的要求。

对网的另一要求就是前面提到的可靠性。一个不可靠的或常中

断的网是不能用的，这一点毋须解释。反之，绝对可靠的网也是没有的。所谓可靠也就是在概率的意义上，平均故障间隔时间或平均运行率达到要求。实际上，增加可靠性意味着需要有备用信道和设备，必然增加投资或维护力量；另一方面，为了节省费用而因陋就简，会造成中断通信而引起各种各样的损失。如何取得妥协和平衡是一个非常复杂的问题。这与业务的性质也有密切的关系，如在军用通信网中，中断通信的损失往往无法估计地大，所以这类通信网的可靠性要求几乎凌驾于经济性之上。民用通信则在可靠性要求上可低一些；但随着交换信息的价值愈来愈被人们所重视，所以对可靠性要求也就愈来愈高了。此外，关于呼损而须等待也常被作为可靠性来处理，尤其是某些线路故障以致通路不足而引起的呼损，更是如此。在某些情况下，通信的安全性，即不被未经授权者窃取通信内容，或被人破密而获取，也可作为可靠性要求的一种内容。但一般而论，这种要求是另行处理，不在设计或计算网的可靠性范围之内。

对通信网的第三个主要要求是对信息的透明性。所谓透明，就是所有信息都可以在网内传递，不加任何限制，正象透明物体中能通过任何波长的可见光线一样。换句话说，网对用户不应有太多的要求。例如在数据通信中，常需比特同步以保证信息正确地被提取；当信息中的代码是全“0”或全“1”时，同步提取电路就会失效，这就须在网接口内附加一些设施，以保证同步正常进行而不向用户提出限制性要求。倘若必须对用户提一些要求，就说这网对数据信息是不透明的。透明性要求实际上是说，良好的网不要对用户有所限制，以使信息畅通。在这个意义上说，理想的网应使用户的任何形式的信息都可在网内传递。例如用一个用户端机，最好能同时用来传送语音、图象、数据等。这就是近来提出综合业务数字网的意义。如能实现，一个通信网将起着“超级市场”的作用。当用户与网接通后，可传送各种各样的信息，恰如顾客进入超级市场可以选购各种各样物品。当然这是一个很高的要求，有待作出很大

的努力。一般地说，透明性要求应认为是在目前的技术态势下，对用户提出尽可能少的限制，以发挥更大的效用；因为对用户的限制，也就是对网的发展的限制。

第四个要求是质量的一致性。质量指标对于一个通信系统是很重要的。质量不符合要求，有时会使通信失去意义。例如当系统中失真过大，无法从收到的信号中提取所需的信息，那就是无效的通信；即使还能提取一些信息，或勉强能辨别，也可能造成不良后果，至少使收信者不愉快。当电话或电视信号中噪声太大，即使还不是听不清或看不清，至少也是不舒服的。所以任何通信系统都必须规定某些质量指标。在通信网中，除了各子系统均应满足质量指标外，还须规定全程指标和它们的一致性。严格地说，网内任何两个用户通信时，不论这两个用户距离的远近，应有相同或相仿的质量，才能说这个网是正常的。当然质量的一致性并不是说质量完全相同，这是不可能也是不必要的，只是规定最低的质量指标，要求所有网内通信的质量都高于这个指标。这在综合各种信道以形成通信网时是必须解决的。例如在噪声和失真的分配上，主干线上应是低的。实际上，网内各种用户对质量要求也可能是不同的。例如农村用户开始时要求不高，为了节省投资而构成一个简易网。但当这种简易网要进入大网时，就会产生各种问题，例如串扰可能引起后者的质量下降到标准以下，那一般是不允许的。

在建设通信网时，总是逐渐扩大的，因而对网还可提出灵活性作为第五个要求。倘若一个网一旦建成后，不容许新用户或新业务进网，也不能与其它网互联接通，这样限制了网的发展，当然是很不理想的。从是否易于发展来评价一个网的优劣，也是可理解的。灵活性还应包含网的过载能力。这是说当业务量超过网的设计容量时，应尚有一定的适应能力。根据现有网的运行情况，网内的业务的总通过量与用户的总需求（或称总呼叫量）有这样的关系：当呼叫量远小于网的设计容量时，总通过量随呼叫量的增加而按线性规律上升，也就是绝大部分需求均可满足，由于网内资源限制而被拒绝而

损失的部分通常只占很小的比例(例如1%)。但当需求量进一步增加时,通过量的上升就减缓,亦即被拒绝的部分逐渐增大。这是容许的。当网内业务繁忙时,忙音常会出现,这种过载现象只要不经常,不致引起用户的反感。当需求量再增加时,总通过量达到饱和点,以后就反而随总需求量的增加而下降,这就是阻塞现象,也就是由于网内设备过载太多而造成混乱。这饱和点常称为阻塞点,是网的过载能力的限度。除了采取一些恰当的控制和管理方式来加大阻塞点的总需求量值外,一个优良的网应有足够的灵活性以适应这类过载状态,尽量避免或推后阻塞点。

对网的最后一个要求,实际上也是决定性的要求是经济上的合理性。若造价十分高或维护费用太大,再好的网也是不易实现的,所以可说这个要求是决定性的。而要满足这要求也是最复杂的,因为这已不单纯是一个技术问题。在某一时期,某些网结构和网业务可能是不现实的,但是随着技术经济的变化,各种费用也因之而变化,经济上的不合理转化为合理,就成为很好的网。不但如此,这合理性还与用户的需求有关。一个网的投资,常是要分阶段进行,以使能达到最大的经济效益,每一个阶段建多少容量与需求的预测有密切的关系。建多了会使设备闲置造成损失,建少了不能满足要求而被非议,而且也丧失产生效益的机会,这些在经济上都是不合理的,由此可见,规划一个在经济上合理的网会牵涉到许多方面,不但有技术条件,也有社会条件和人为的因素。评价一个网在经济上的合理性,也是十分困难的。虽然如此,还是应注意到经济上的合理性是十分重要的。

以上简述了对于一个优良网的六个主要要求,这就是:(1)接通的任意性和快速性;(2)运行的可靠性;(3)信息的透明性;(4)质量的一致性(5)较好的灵活性和(6)经济的合理性。当然,人们还可对网提出许多其它要求,但上述的应说是主要的。完全满足这些要求是不容易的,而且怎样才叫满足,也不易确切定义,也可能随时间的推移而变更。提出这些要求只是为了作为一些

标志，可用来比较各种网的优劣，预言网的发展方向，以及为网的规划和设计者指出目标。

§ 1.5 本书内容安排

已如前述，我们将在本书中只讨论整体性问题；但为了对网的构成要素和现在的技术状况有一定了解，以使对以后的理论基础有所感受，在第二章中将介绍网内的部件和必要的标准和协议，并探讨它们的发展趋向。这也可使读者能发现更多的理论问题。从第三章开始将分别研究一些具有基础性的理论问题。第三章是关于网的拓扑结构，将从介绍现代图论的基本概念开始，进而讨论最短径和最大流量等算法，是近代优化网结构的一种必要知识，也可作为设计和规划一个通信网的基础。第四章是关于网内业务量的分析方法，这就须介绍一些排队论的基本概念和公式，再用它来分析网内业务量，介绍一些计算方法和一些有用的结论。有了排队论的基础知识，也就有利于分析从实际中提出的问题，从而计算网的各种性能指标如呼损、时延等。以后就从图论和概率论出发，讨论网的可靠性问题，也牵涉到一些近代可靠性理论的大意。这是第五章的内容。这些实际上是把网分解或简化成各种模型，分别予以讨论。例如在讨论拓扑结构时，忽略了业务流量的随机性，而在分析业务流时，又简化了全网的结构所引入的相互影响。在可靠性问题中，却未涉及或较少联系到网的其它性能指标。当然，这些分别讨论的结果，都是网的理论基础；在网的实际问题如控制和规划中，它们是结合在一起的。

最后在第六章中，将讨论通信网的优化理论，包括电路转接网的优化、信息转接网的优化和网的规划和设计。这是网理论向实用化前进的一个方面，也是近来网的研究工作的重点。由于这类实际问题的复杂性，就不易作严格的理论分析，一般只能作较多的近似

后求助于计算机模拟，这说明，理论体系还不完整，或者说还不成熟。所以只能介绍一些较成熟而且较有长远意义的部分。