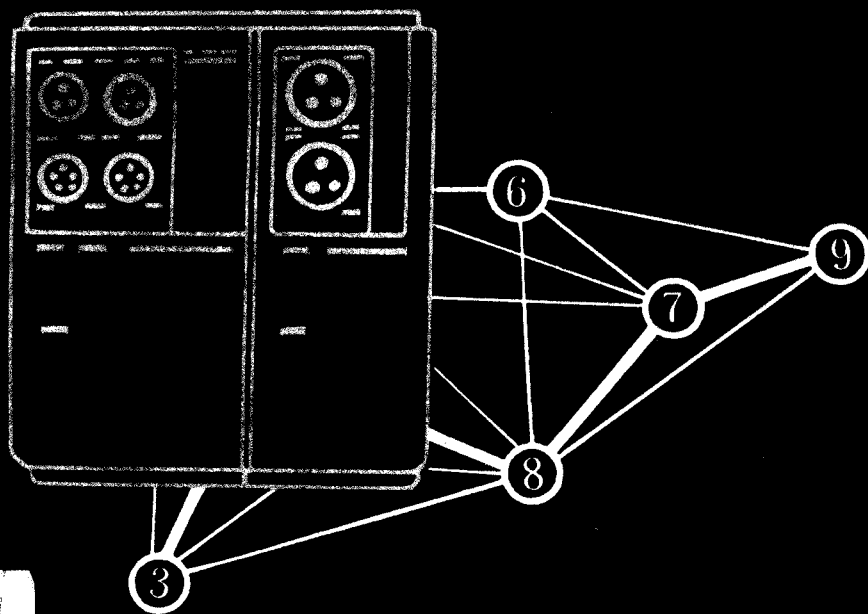


生产管理与
电子计算机

网络技术

张厚川等 编著



陕西科学技术出版社

生产管理与电子计算机

网 络 技 术

张厚川等 编著

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 陕西省印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张9.375 字数198,000

1982年12月第1版 1982年12月第1次印刷

印数1—4,000

统一书号: 15202·51 定价: 0.98元

前 言

网络技术是图论和网络理论在生产管理中的应用技术。

网络技术在工业发达的国家使用已很普遍。在我国，早在1958年已开始使用，并在物资调运问题和最短邮路问题上提出一些理论和方法。1963年起，华罗庚教授倡导的著名的“统筹方法”，在工业、建筑业和其他部门中推广使用，取得了一定效果，积累了不少新的经验。

近年来，笔者从事网络技术的教学和科学研究，编制了成套的电子计算机应用程序。为了满足各方面的要求，推广这一行之有效的科学方法，以适应现代化管理科学发展的需要，将部分研究成果，参考国内外有关文献资料编写了本书。

本书主要阐述网络理论和用网络技术解算问题的一般方法，其中就大部分问题的电子计算机程序框图做了介绍，最后附有几个电算通用程序。

关于电算，笔者认为，由于算法语言的不同和机型各异，过多地介绍具体电算程序对于读者实际上没有多大帮助，所以，本书着重介绍解决各类问题的程序框图。读者通过框图可以领会程序的思路和编制技巧，然后根据自己所谙悉的语言和使用机型，就可以逐步掌握，并进一步达到能够自行编制有关程序的目的。

为了适应当前情况，便于网络技术的推广使用，本书力求作到通俗易懂，在保持科学的严谨性的基础上，阐述问题时尽量利用图直观性强的优点，通过实例来说明一些定义、性质和定理，而避免过多的数学公式推导。同时，本书还尽力提供较多的实用技术和解题方法。

本书的编著者为：张厚川（主编并编写第一章的第一节和第二节（一）、第二章的第四、五、七节、第三章的第四、五节）；刘砚田（编写第二章的第一、二、三节和第三章的第七节）；张书行（编写第二章的第六节、第三章的第六节和第八节（一））；倪添智（编写第三章的第一、二、三节）；谢行皓（编写第一章的第二节（二）和第三章的第八节（二））。

由于笔者理论水平有限，实践经验不多，书中可能有不少错误之处，敬希读者给以批评指正。

本书的出版得到西安系统工程学会的大力支持。学会副理事长、西安市科委主任刘大椿总工程师详细地审阅了本书初稿，提出了不少改进意见，使本书质量有进一步的提高。西安冶金建筑学院科研处向眉寿副教授、陕西省建筑工程局王济生副总工程师等也对本书提了一些宝贵意见。谨此向这些同志表示衷心的感谢。

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 网络图的基本概念.....	(2)
第二节 电子计算机程序的组织和程序框图 的绘制方法.....	(18)
第二章 网络计划技术	(37)
第一节 概述.....	(37)
第二节 时间参数的计算.....	(48)
第三节 工期—资源的优化.....	(80)
第四节 工期—成本的优化.....	(97)
第五节 计划网络的执行.....	(128)
第六节 非肯定型计划网络.....	(142)
第七节 无图直接编号算法.....	(148)
第三章 规划和决策问题的网络方法	(160)
第一节 最短路径问题.....	(160)
第二节 最短伸展树问题.....	(172)
第三节 最短邮路问题.....	(177)
第四节 最大流问题.....	(186)
第五节 分配问题.....	(199)
第六节 运输问题.....	(214)
第七节 排序问题.....	(233)
第八节 决策问题.....	(246)

〔附〕

- (一) 肯定型计划网络时间参数计算通用程序 (ALGOL—60/TQ—16) (264)
- (二) 网络最短路径计算通用程序 (ALGOL—60/TQ—16) (278)
- (三) 网络最大流计算通用程序 (ALGOL—60/TQ—16) (284)
- 主要参考文献 (292)

第一章 概 论

网络 (Network) 的理论属于图论 (Graph Theory)。它是瑞士数学家欧拉 (Leonard Euler) 于公元1736年解决当时的著名难题——哥尼斯堡七桥问题时创立的一个数学分支。

19世纪以后，随着生产力的发展，图论和网络理论也得到发展。本世纪40年代以后随着第二次世界大战中运筹学的创立，以及战后各国经济的发展，图论和网络理论的应用越来越广泛，并且逐渐渗透到许多学科领域中，如物理学、化学、信息论、控制论、博弈论、运输网络、通讯网络、电网络以及社会科学等方面。很多复杂的工程、生产及其他科学问题，可以被模拟为一个图或一个网络问题，从而应用这个理论的分析 and 计算方法得到解决。

在生产管理领域内，网络技术的应用极为广泛。其最著者是在计划方面。在本世纪50年代后期出现了关键路径法 (Critical Path Method简称CPM)、计划评审技术 (Program Evaluation and Review Technique简称PERT) 和梅特拉位势法 (Metra-Potential Method简称MPM) 等。这些方法将网络理论成功地应用于计划，能对大而复杂的问题制订出周详的计划，并且指出计划进程中的薄弱环节，从而使计划工作从单纯经验中解放出来，建立在逻辑严密的科学分析和计算的基础上。通过在生产实践中取得的显著的经济效果，这些方法的优越性逐渐为世公认，并且迅速得到推

广使用。

特别是自本世纪70年代以来，由于电子计算机技术的突飞猛进，在网络技术中运用电子计算机使得其功能空前扩大，效果更加显著，如计划的优化、计划执行中的控制、大型网络的计算等等。网络技术已经成为现代化管理的有效工具之一。

第一节 网络图的基本概念

（一）网状系统和网络图

在生产和生活中，常常接触到很多可以称作“网状系统”的东西。例如，要乘火车从西安到北京，可以经过不同的路线和城市（图1—1）；一个人民公社要从水库修建渠

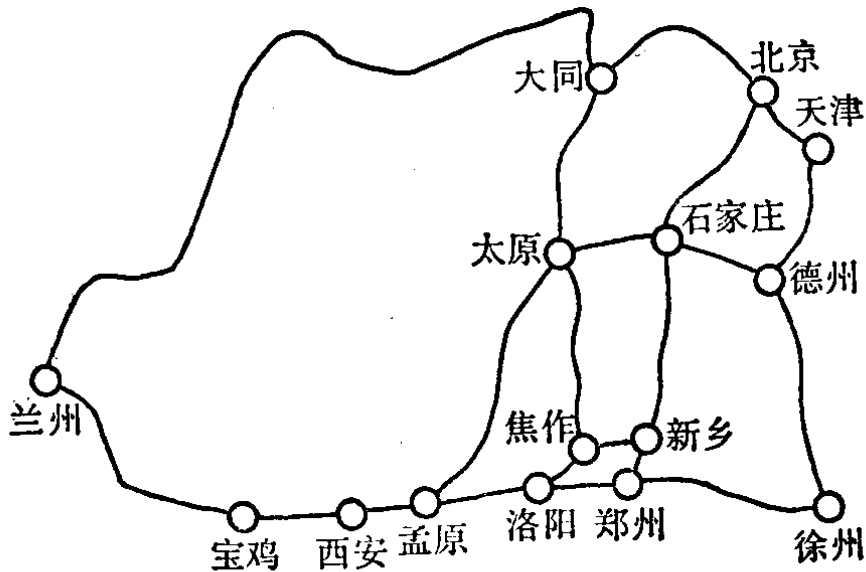


图 1—1

道通往各个大队和生产队；一个工厂要通过铁路或公路从别的地方运进原料，然后再将产品运到别的地方；再如一个城

市里的街道、给水和排水管网；一个地区或城市里的供电线路、通讯线路等。这些铁路、公路、渠道、网线等，都是生产生活中现实的网状系统。

除掉上述现实的网状系统外，还可以将某些复杂事物之间的关系，模拟成一个“网状系统”，以便于分析问题和解决问题。

例如，一个镗床要大修，它包括十道工序：拆卸、清洗、检查、电器检修和安装、零件修理、床身与工作台研合、部件组装、零件加工、变速箱组装及最后的装配和试车。这些工序有固定的前后衔接关系，如拆卸完毕才能清洗，零件修理好才能进行床身与工作台研合，床身部件和变速箱全部组装完毕，以及电器设备检修安装完毕后，才能进行整体装配和试车等。可以将镗床大修的工作过程模拟成一个网状系统，用一个简单的图表示出来（图 1—2）。

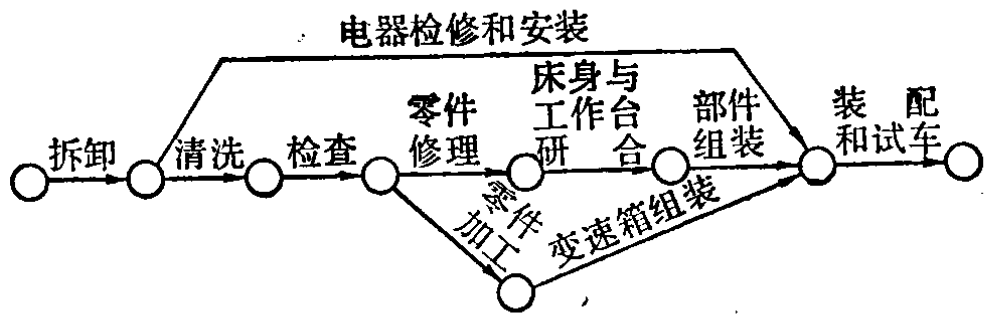


图 1—2

图 1—1 和图 1—2 都可以叫网络或网络图。还可以有其他的形状。但其基本点是一样的，就是它是由若干个点和若干条线组成的。是不是随意画上几个点和几条线就是网络呢？不然。网络是一个数学的概念，它有着严格的定义。它

的定义如下：

一个网络是由有限个点（称节点或顶点）的集合和有限条线（称杆、棱、边或弧）的集合所组成的拓扑图形。这些点和线必须满足以下几个条件：

- （1）每条线的两端是两个不同的点；
- （2）线互不相交；
- （3）点只能是线的端，不能是线上的点*。

例如，图 1—3 所示图形不是网络图，因为杆①—②和杆③—④相交。但如果将交点改为一个节点，它就是一个网络图。

再如，图 1—4 所示图形也不是网络图。因为，有一条杆的两端都是节点④，形成“自环”。而这是违反网络定义的。但如果在“自环”上增加一个节点，它也就成为一个网络图。

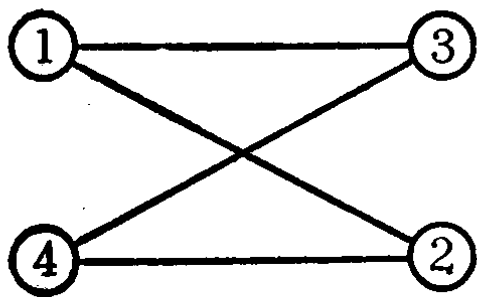


图 1—3

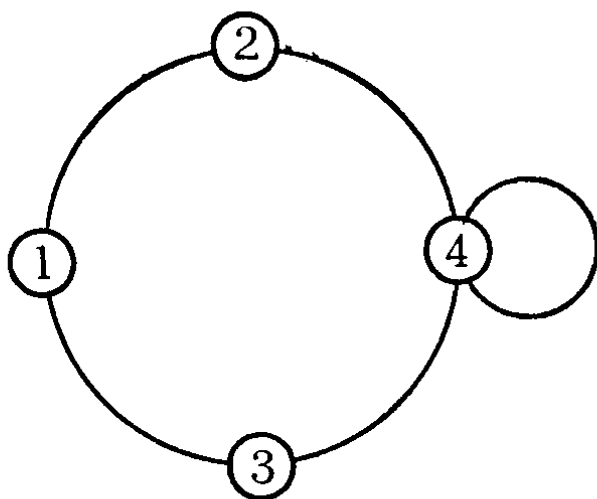


图 1—4

* 国内外许多图论和网络理论的学者，所使用的名词术语各不相同，如有人将上述定义作为“图”的定义，而将“网络”定义限制为带有数量指标（参数）的图。

所谓拓扑图形，是指一个图只反映各点的存在与点和线间的关联关系，而不考虑几何特征，诸如，图的几何形状、点的相对位置、线的长度、直线或曲线等等。例如，图1—5 a, b, c可看作同一网络图。图1—5 d和其他图比较，点的相对位置有变化，但点和线的关联关系相同，故也是这一个网络图。

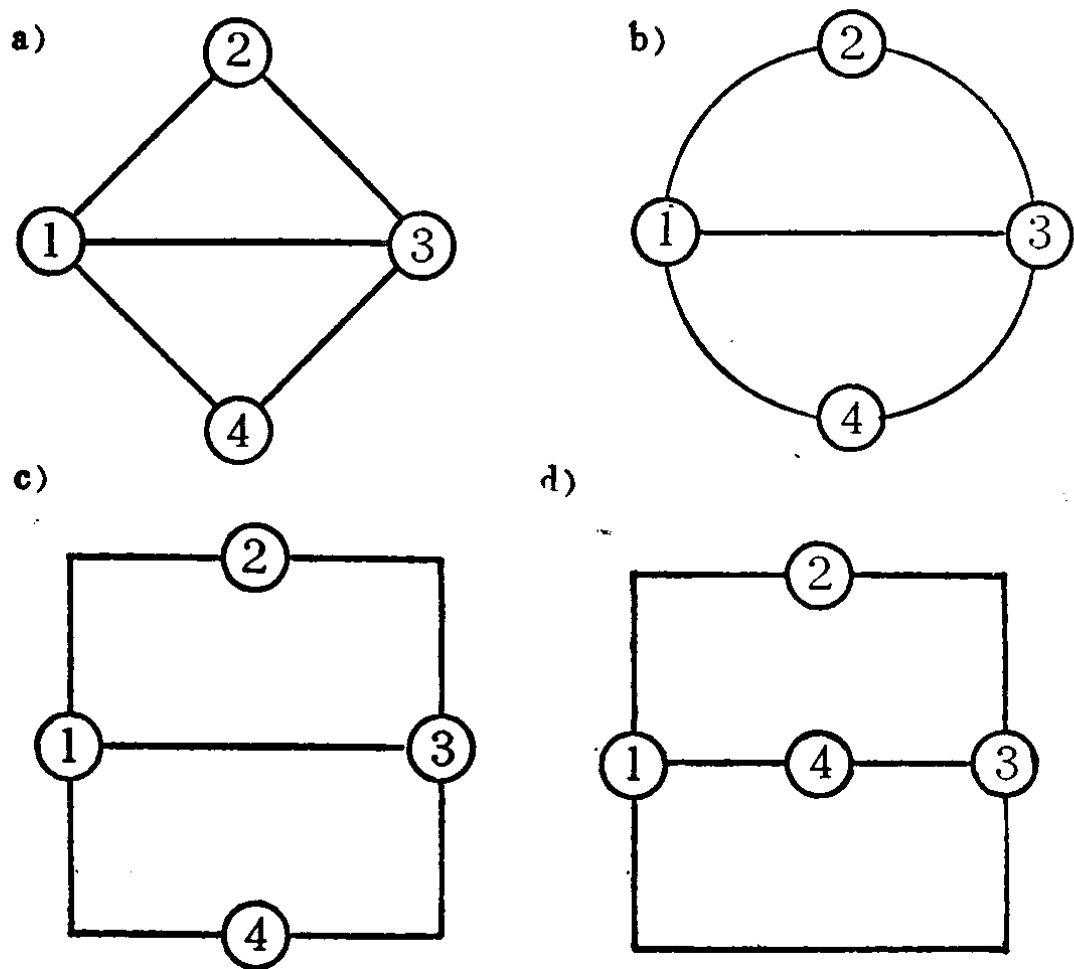


图 1—5

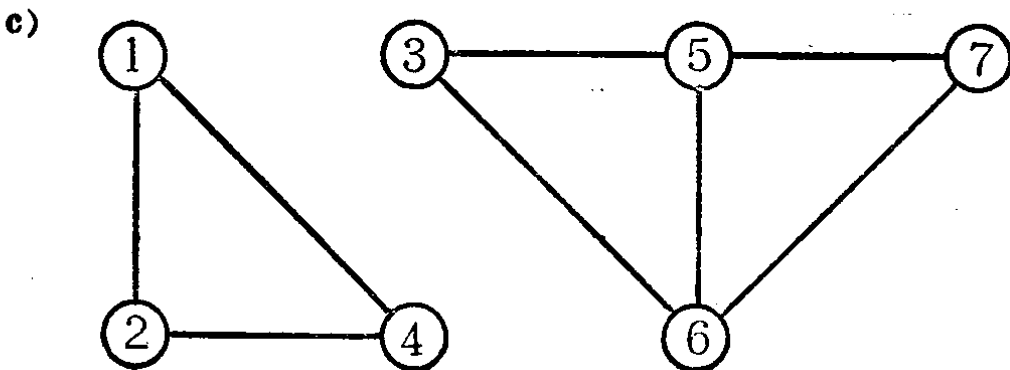
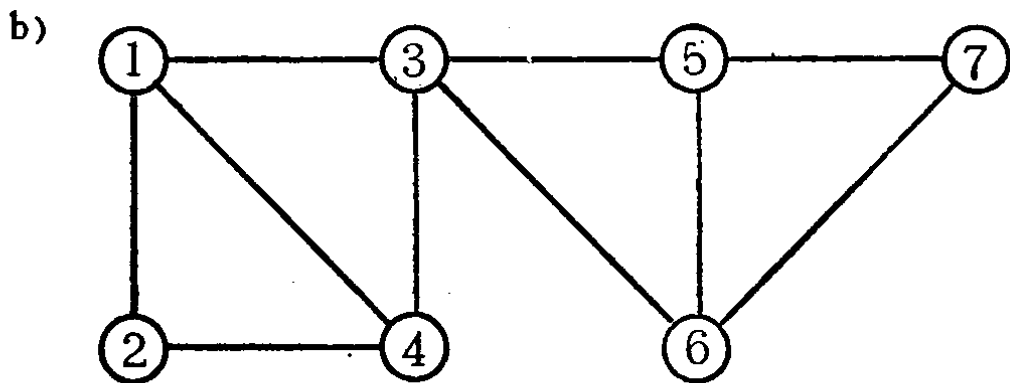
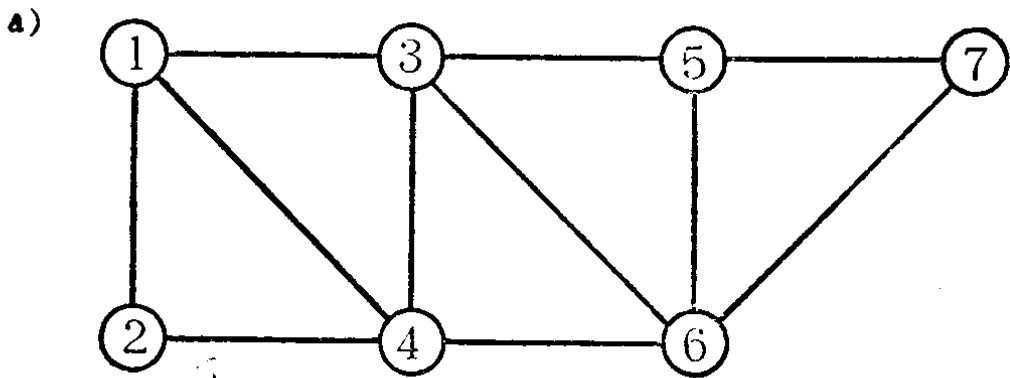
(二) 有关概念和定理

连通图和非连通图

在一个网络图中，如从一个任意节点出发，经过一系列

的杆，可以到达另一个任意节点，则这个网络图称为连通图，否则，称为非连通图。图 1—6 a, b 都是连通图。图 1—6 c, d, e 都是非连通图。在图 1—6 f 中，节点②是一个孤立节点，和其他节点不连通，故也是非连通图。

一个连通图，如果去掉其中的一个节点（连同和它关联的杆）就变成非连通图，则此网络图称为“可断图”。例



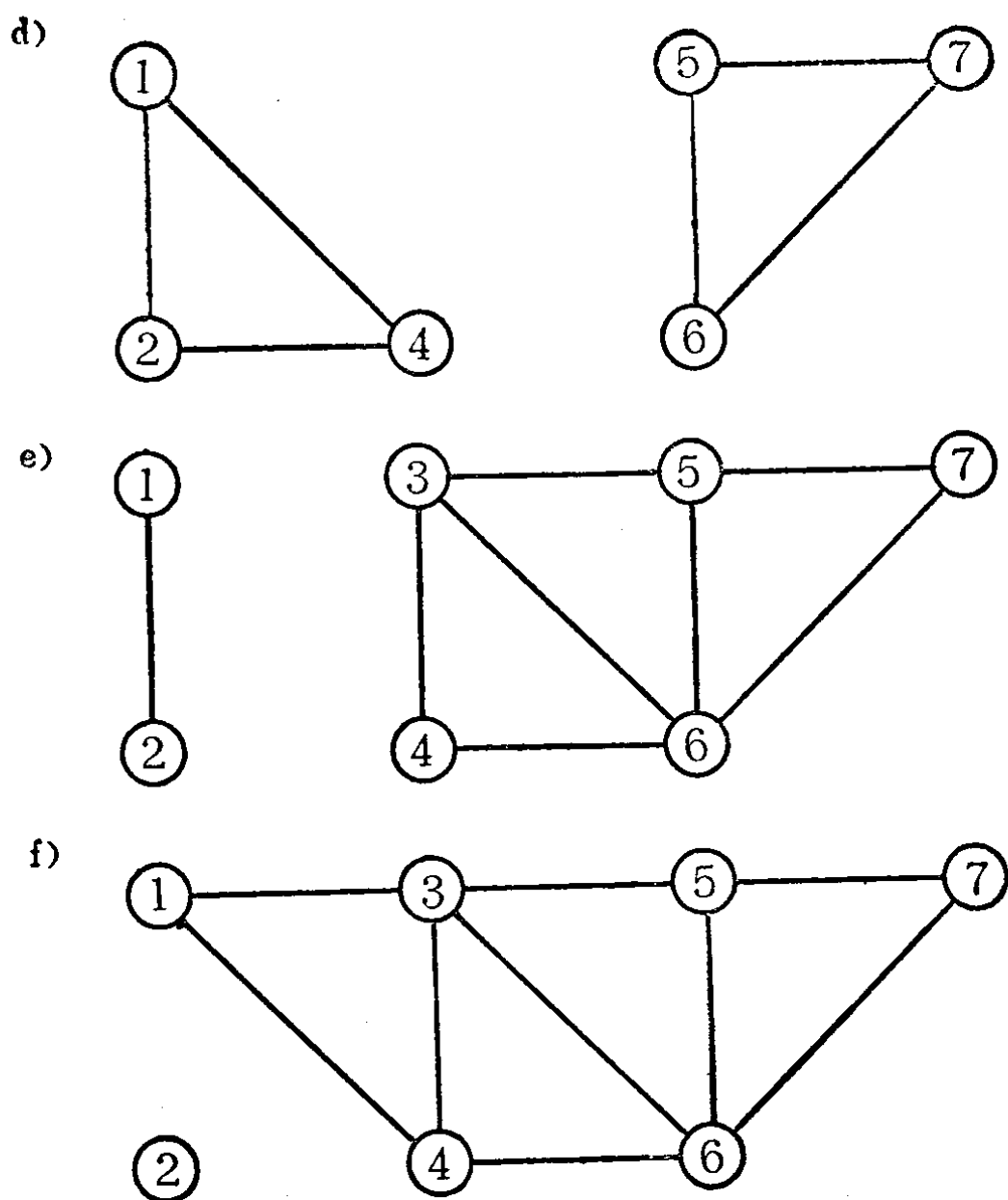


图 1—6

如，图 1—6 b 中，如果去掉节点③连同和它关联的杆，就变成了图 1—6 d 所示的非连通图。节点③称为“断点”。

但是，象图 1—6 a 所示的连通图，不管去掉哪一个节点，余下的仍然是连通图，所以它不是可断图。

链、路径和回路

在一个网络图中，从一个节点出发，经过一系列的杆，到达另一指定的节点，这一系列的杆组成“链”。如果链中的杆不重复，称“单纯链”；否则，称“复杂链”。如果链中的杆不重复，而且链所经过的节点出现不超过一次，则称“初等链”。如果链的终点和始点不是一个节点，称“开放链”；否则，称“闭合链”。

一条开放的初等链称为“路径”。一条路径的杆数设为 h ，其节点数设为 p ，则

$$p = h + 1 \quad (1-1)$$

一条闭合的初等链称为“回路”，或者称“圈”。一条回路的杆数和节点数相等。

例如，图 1—7 所示网络图中，自节点①至节点⑤，杆

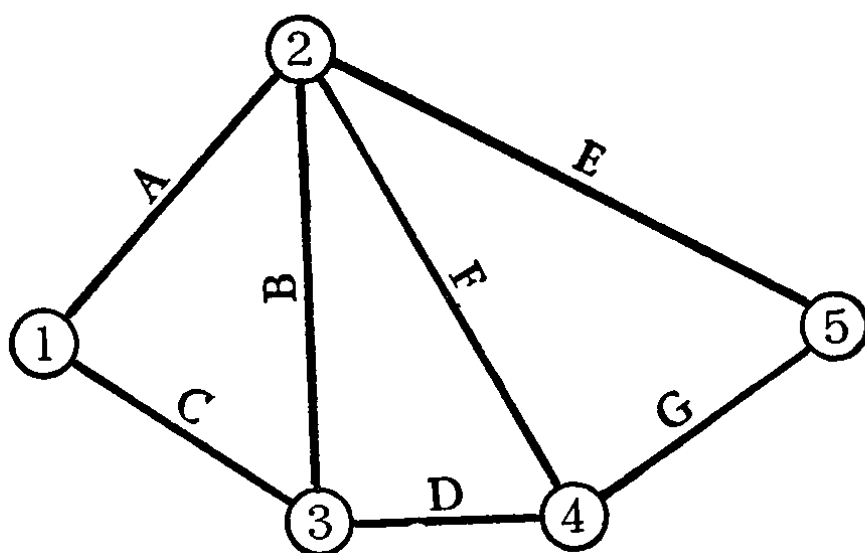


图 1—7

系 A—E、杆系 A—F—G、杆系 A—B—D—G 和杆系 C—D—G 等等都是初等链，也是路径；杆系 A—B—D—F—E 是单纯链，不是初等链；而杆系 A—B—C—A—E 则是复杂链。

在该图中，杆系A—B—C和杆系A—E—G—D—C等都是回路。

含圈图和树

一个连通图，如果含有回路，则称为“含圈图”。

不含回路的连通图称为“树”。

图 1—8 所示就是一个树的例子。

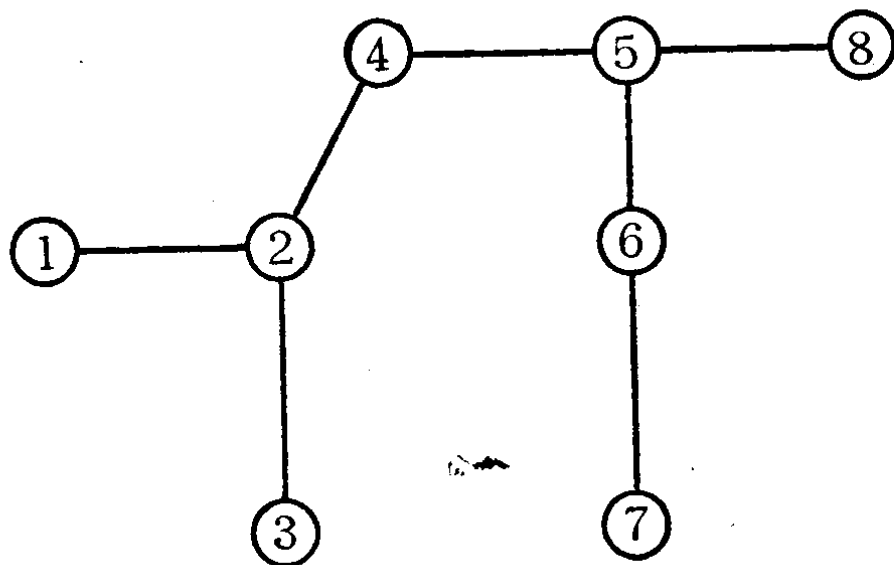


图 1—8

在连通图中，节点和杆的数目的关系有以下定理：

设节点数为 N ，则杆数 M 至少有 $N-1$ 个，即

$$M \geq N - 1 \quad (1-2)$$

其中，如 $M = N - 1$ ，则为树；

如 $M > N - 1$ ，则为含圈图。

注意，这个定理不适用于非连通图。

树具有许多重要的性质。

在一个树的两个节点之间，必然存在一条唯一的路径。

将一个树的任一条杆去掉，将使图变成非连通图。

在一个树中，有的节点仅有一条杆和其他节点连接，称“悬节点”。一个树至少有两个悬节点。除悬节点外，树的其他节点都是断点，所以，树是可断图。

例如，在图1—8中，节点①、③、⑦和⑧是悬节点，其他节点都是断点。

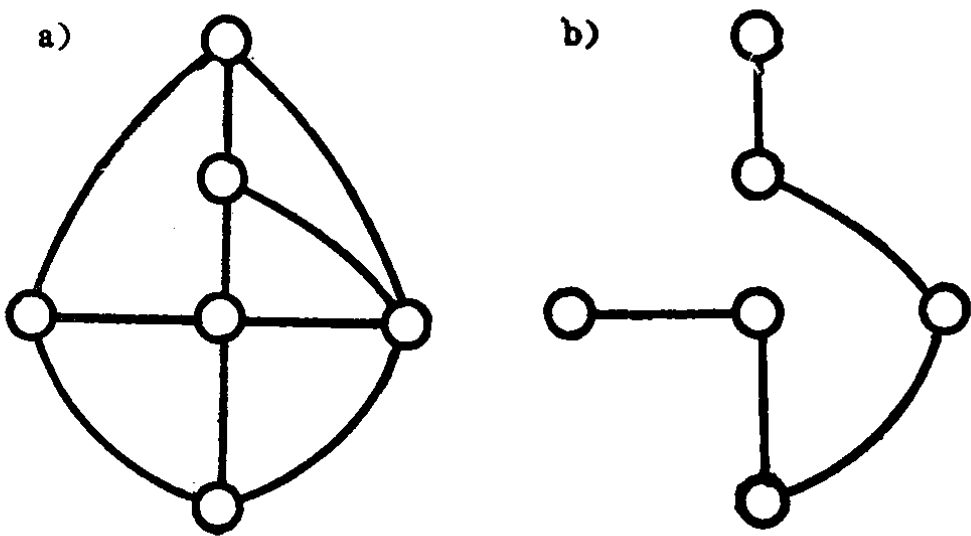
子图和生成子图

一个网络图，如果去掉图的一部分（如杆、节点一连同和它关联的杆）形成一个新的网络图，则称后者是前者的子图，反过来，称前者是后者的母图。

如果在一个网络图的子图中，包括原网络图的全部节点，则称此子图为原图的生成子图。

一个含圈图，如果去掉图中的一条或数条杆，使之（1）保持是连通图；（2）没有闭合链，则所形成的子图是一个树，由于它包含了原图的全部节点，所以称为原图的“生成树”。一个含圈图，根据所去杆的不同，可以有不同的生成树。

例如，图1—9a所示的含圈图，根据去杆的不同，可以形成各式各样的生成树。图1—9b至h为其中一部分。



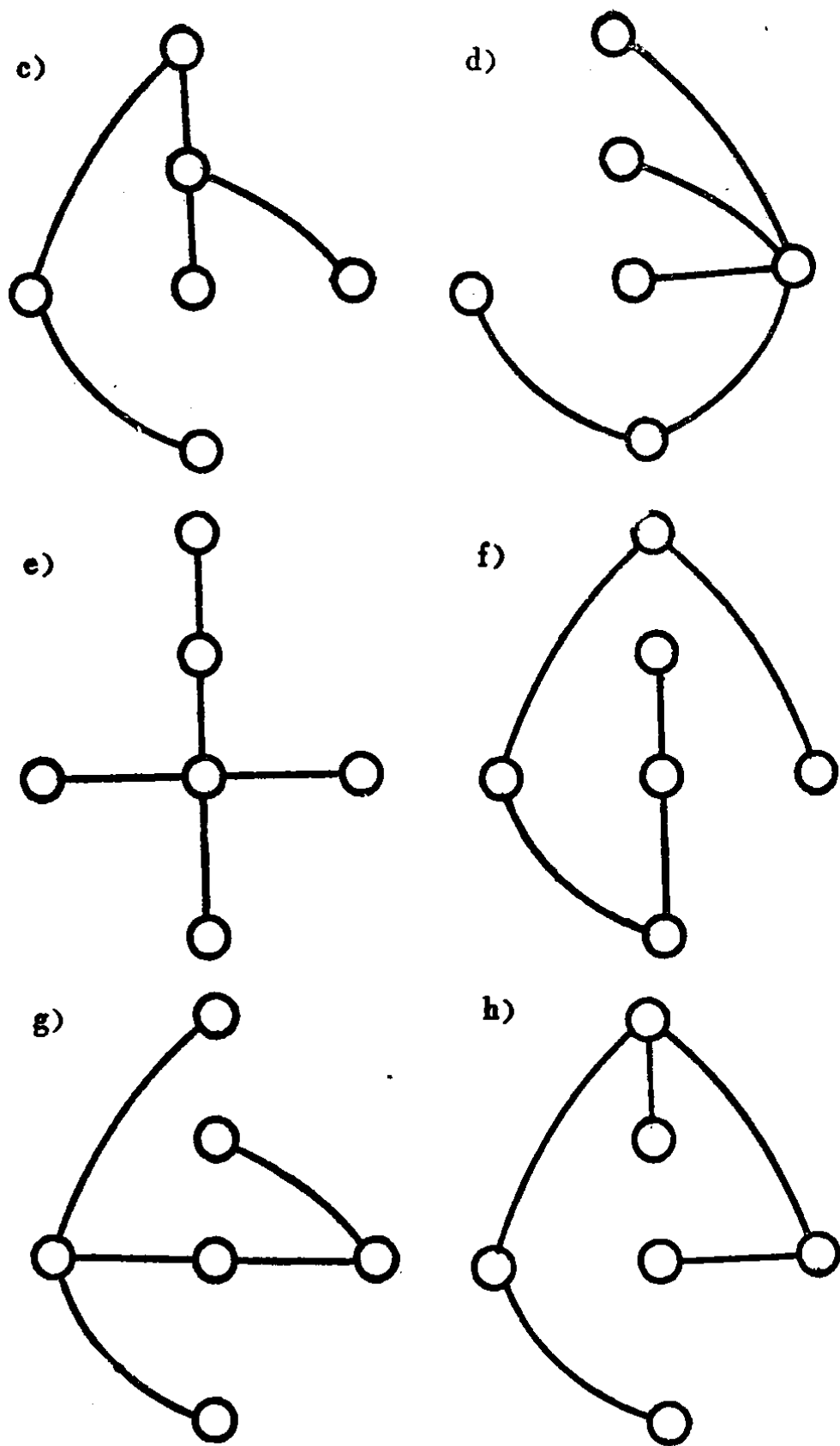


图 1—8