

新世纪
网络工程师
丛书

网络分析与故障排除

实用手册

原著：〔美〕J.Scott Haugdahl

译者：张拥军

韩柯

顾金星


Addison
Wesley



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
URL: <http://www.phei.com.cn>

新世纪网络工程师丛书

网络分析与故障排除 实用手册

Network Analysis and Troubleshooting

[美] J. SCOTT HAUGDAHL 著

张拥军 韩 柯 顾金星 等译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



内 容 提 要

随着计算机网络的迅猛发展,分析和排除网络故障,以保证网络的正常运行,已经成为迫在眉睫的一大问题。

本书作者已在网络界工作 18 年,有着丰富的网络维护经验。书中提出的排除网络故障的思想、技术、方法以及案例具有很高的实用价值。

本书是所有网络工程师和网络管理人员必备的工具性手册。

Authorized translation from the English language edition published by Addison-Wesley Copyright ©2000.
SIMPLIFIED CHINESE language edition published by Publishing House of Electronics Industry. Copyright 2000.

本书中文简体专有翻译出版权由美国艾维朗公司授予电子工业出版社,并可在全球出版发行。该专有出版权受法律保护。

图书在版编目(CIP)数据

网络分析与故障排除实用手册/(美)哈威德(Haugdahl, J. S.)著; 韩柯等译.

—北京: 电子工业出版社, 2000.8

(新世纪网络工程师丛书)

ISBN 7-5053-6042-6

I. 网... II. ①哈...②韩... III. ①计算机网络-网络分析-手册 ②计算机网络-故障修复-手册
IV. TP393.02-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 64486 号

丛 书 名: 新世纪网络工程师丛书

书 名: 网络分析与故障排除实用手册

原 书 名: Network Analysis and Troubleshooting

著 者: [美] J. SCOTT HAUGDAHL

译 者: 张拥军 韩 柯 顾金星 等

责任编辑: 陆伯雄

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 549 千字

版 次: 2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册

定 价: 38.00 元

书 号: ISBN 7-5053-6042-6/TP·3193

著作权合同登记号 图字: 01-2000-0092

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

JS482/29

出版说明

IT 业蓬勃发展，网络大潮势不可挡，新观念、新技术和新产品日新月异，新应用领域在迅速扩展。在我国 Internet 上网人数持续数年翻番现象的背后，是网络中心、网站和网络企业的高速扩展，资金和技术设备的大量投入，以及网络工程技术队伍的急剧壮大。

网络是社会发展中的新兴事业，网络工程师在其中担当重任。但是，在社会需求急剧增加之下，网络专业技术人才的需求出现了较大的“缺口”。这一现象不仅出现在我国，就是在发达国家也是如此。有资料预测，在三五年之内，各发达国家对网络技术人员的需求短缺在 30%~60% 之间。这种全球性的“人才短缺”现象不同以往，具有其特殊的缘由。

网络技术不同于一般的 IT 技术。如同二十年前计算机技术对于社会发展产生深刻影响一样，网络技术的广泛应用已经引发了意义深远的重大变革。它不仅使人们的生活、工作和学习发生变化，还直接影响着社会，包括社会经济。可以认为，计算机的影响是局部性的和功能性的，而网络的影响则是全局性的和结构性的。

当前世界上，以 Internet 为中心的信息化进程速度加快，在经济领域出现了许许多多以网络技术为基础的经济发展新模式，从中引伸出一个总体性的概念，即“网络经济”。网络经济是计算机技术通信技术推动生产力发展的大势所趋，在全球经济和各国国家经济发展中已经占有重要位置，各政府和企业都将发展网络经济视为当前和未来发展的重点方向之一。

从历史看未来，也许我们可以这样预测：专业化网络技术也会如同当年的计算机技术一样，在不远的未来成为大众化的技术，为普通民众所理解、掌握和使用。

为了帮助广大 IT 技术人员、网络管理者、网络企业经营者和网络使用者迅速掌握网络技术，大力推动网络应用，为培养更多的网络技术人材，我们组织出版了这套《新世纪网络工程师丛书》。

《新世纪网络工程师丛书》的选题基于两个重点，其一是网站工程，主要针对网络平台建设；其二是网络应用，主要针对网络软件开发。从上述两个重点出发，《新世纪网络工程师丛书》面向网络工程设计、网络应用开发、网站建设和维护管理，内容涵盖了当前主流的网络技术、技术设备、网络系统和开发工具，以及网络软件开发技术和实践经验。

关于网站工程的选题包括：网站策划、设计、建设和管理；网关、路由器、网络交换机和 Internet/Intranet 平台等技术设备；WWW、FTP、DNS、Mail 服务器及代理服务器；相关的防火墙、负载平衡、数据备份、安全处理、故障恢复、集群组织等技术。

关于网络软件开发的选题包括：TCP/IP 及 Mail 相关协议和 Unix、Linux 和 NT 操作系统；各类开发工具，包括 VB、VC、HTML、JavaScript、ActiveX、Flash、CGI、SQL Server

和多种数据库等。

《丛书》中的每一本书针对一个系统、一种技术、一种工具或者一次实践，内容完整，独立成册。在系统介绍技术细节的同时，也力求涉及相关的环境、资源和实际应用，如电子商务、电信系统、Internet 法规、网络经济、知识经济和信息社会学等。

出版最新最好的 IT 图书，为广大读者提供科学知识和技术信息服务，是电子工业出版社长期坚持的出版方针。在新的历史发展时期，我们精心组织出版发行广大读者需要的《新世纪网络工程师丛书》，力求帮助广大读者提高技术水平，适应网络经济和信息社会的发展，共同为发展中国特色的社会主义做出贡献。

我们希望读者关心《新世纪网络工程师丛书》，及时提出宝贵意见和有关选题的建议，帮助我们改进工作，克服不足，做好《新世纪网络工程师丛书》的出版发行工作。

让我们共同努力，丰富自己，创造未来！

电子工业出版社

2000 年 6 月

译者的话

有人认为，分析网络需要掌握这样那样的知识，不仅要了解计算机和计算机网络，还要熟悉通信，还要知道各种操作系统、OSI 参考模型，等等。当然，如果能够熟练掌握这些知识，那么对分析和排除网络中出现的问题肯定是有帮助的。但是，当大家阅读本书后就会明白，其实掌握最基本的知识、具有“诊断”能力的逻辑思维和解决问题的基本技术才是最最重要的事情。

很多搞网络的同行已经具备了很高的专业知识，并且在工作中积累了丰富的经验。但是，很多人并没有把自己的经验进行太多的总结；或者有的同行已经对自己掌握的知识和工作中的经验进行了总结，只不过没有公开而已；有的同行可能刚刚开始网络方面的工作，没有多少实际经验。无论是哪一种情况，我们不妨看看别人是怎么做的。相信本书的读者会从中汲取丰富的营养。如果是这样的话，那么作为译者的我们，也就心满意足了。

本书的作者 Haugdahl 先生从事网络方面的工作已经有 18 年的时间，具有很高的理论水平和实际工作经验。本书就是他这么多年来经验的总结。

作者从最基本的 OSI 七层网络参考模型开始，一层一层地对网络的七个层次进行解剖，借助线缆测试仪和规程分析仪，通过大量的实例，详细地介绍分析和解决网络中问题的过程和步骤。既有基本概念的复习、各种工具的使用，也有经验的介绍。从中可以看出作者深厚的理论功底和娴熟的分析技巧。

本书是按照 OSI 网络参考模型的七个层次安排章节的，即物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层独立成章。所以，读者不一定要通读本书。可以根据自己的情况，选读其中的一章或几章，或任一章的任意一节。

想成为分析和排除网络故障的高手吗？请现在就阅读本书。

韩柯同志翻译了本书的 1~5 章，顾金星同志翻译了 6~9 章，张拥军同志审校了全书。参加本书翻译工作的同志还有张大民、王一鸣、韩野、曾庆红、罗大刚、范远谋、舒欣、赵国庆、刘玉宁等。

由于译者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

译者

2000 年 3 月

前 言

要成为一个好的网络分析员需要具备什么样的资格呢？需要很多工程或计算机科学方面的学位吗？需要掌握 UNIX 或 Windows 95/98/NT/2000/等操作系统吗？需要有 50 年业界的经验吗？要能够熟练使用 OSI 的七层参考模型吗？

其实，最好的资格就是具备解决问题的真本事。当然，如果具有数据通信方面的背景的话，会很有帮助，但是在分析并排除网络故障的时候，具有“诊断”能力的逻辑思维则更重要。

要识别出故障的原因，就需要对通过线缆测试仪、规程分析仪、简单网络管理协议(SNMP)探测仪和控制台、路由表、交换机和集线器统计信息、网络文档，甚至从端用户的观察中得到的信息作出评定，选出有用的信息。

笔者在网络界工作 18 年的时间里，其中有 6 年是在“做”而非“观察”和评论，从中学到了很多知识。本书呈现给读者的窍门和案例研究，是笔者多年来在解决真实网络(包括一些《财富》杂志世界 500 强企业的大网络)中具体问题的经验和经历。尽管代替不了你自己动手的经验，但本书的意图是帮助读者了解目前流行的规程分析仪的很多操作细节，提高读者使用经过证明的协议分析技术时排除网络故障的技术。

应该说明的是，尽管笔者在书中反复提到了一些商用的产品，但是本书强调的是学习分析的基础知识和解决问题的技术。为避免这种倾向，笔者使用了一些从各种规程分析仪上捕捉来的屏幕图片，用来说明这种技术可以在不同的规程分析仪上使用。在实施训练课程的过程中，笔者真的不关心使用的是哪种分析仪，只要它具有很好的灵活性就行。

谁应该阅读本书

本书是针对那些负责保障其网络结构的高效性和完整性的管理人员而编写的。这些人员包括：

- 网络工程师：这些人是专业技术人员，负责分析和排除故障，而这些问题是桌面的帮助所解决不了。这包括网络分析人员、支持专家、高级技术人员和请来的协助解决客户网络故障的高级技术顾问。本书提供了一种故障诊断的途径，帮助用户在使用规程分析仪解决那些棘手的网络连接问题和分析自己的网络时成为一个高手。

- 技术管理人员：管理人员将从阅读本书中获益，他们可以更好地理解网络支持人员借助规程分析仪进行故障诊断时所解决的各种问题。这样的信息可以用来更好地定位从指明糟糕的响应时间的原因，到为目前网络结构的扩展和改良提供一个依据。

假定读者对数据通信尤其是对局域网已经有了一个基本的理解。本书不是简单地重新修正标准的信息和数据包的格式，而是说明数据包中更贴切的信息、对于理解故障诊断和关键网络优化来说很必要的协议操作。甚至有经验的同行们也会从本书文字提供的如下方面的信息中获益：基本的分析和故障诊断技巧、流程图和跟踪文件快照。

尽管没有完全包括可能的网络连接技术和协议，但本书确实为读者提供了一个基本的方法，可以把精力集中到识别和解决各个层次结构上的问题。本书围绕 OSI 七层参考模型，采用了“自底向上的”的方法进行组织，适用于很多不同的情况。

本书的组织简述

本书采用层次化的方法作为网络分析的开始，说明为什么规程分析仪是解决复杂网络问题的一个很好的选择。

第 2 章主要讨论物理层的问题，包括线缆类型、时间域反射计(Time Domain Reflectometry, TDR)、传输编码技术。

第 3 章讨论数据链路层的问题。话题包括 IEEE 48-bit 地址格式、不同种类广播通信量的影响、CRC 的作用、2 层交换机的操作细节和分析考虑、以太网和令牌环的操作和故障分析、深入分析 IEEE 802.2 逻辑链路控制(LLC)协议。

第 4 章讨论网络层，从数据报概念和路由器操作开始，讨论各种协议的寻址方法，包括 IP 地址分类和子网划分的深入介绍。分析 IP 的特点(如 ICMP 的作用)。其他话题包括 IPX 的操作和分析，以及本地路由方面的问题。

第 5 章通过检验如下协议的操作来分析传输层：NetWare SPX、SPX II、UDP 和 TCP。特别详细地讨论了 TCP、块大小、段大小和滑动窗口的概念。

第 6 章介绍会话层，包括如何把某些会话服务实际地嵌入到其他层中，不同的协议如何通过 DNS、NetWare SAP 或者 NetBIOS 寻找资源。还包括了三个主要的 NetBIOS 的实现：NetBIOS over LLC(NetBEUI)，NetBIOS over IPX，NetBIOS over TCP/IP。

第 7 章介绍表示层，检验针对特定协议系列的表示协议，以及说明目前没有广泛使用的通用的表示协议的原因。

第 8 章讨论应用层，从网络化的应用特征开始，讨论不同协议栈的登录顺序。然后深入讨论特殊的协议，这些协议包括动态主机控制协议(DHCP)、NetWare 核心协议(NCP)、Microsoft/IBM SMB 协议、Sun 网络文件协议(NFS)和文件传输协议(FTP)。附带介绍 NT Browse 协议(请不要把它与 Internet 浏览混淆)。

注意：

通过阅读这些章节，读者会发现很多有用的技巧，这些技巧在本书中将按照这种版式(5号楷体字)呈现给读者。

鸣谢

有几个评论家提供了出色的技术反馈信息，帮助改进粗糙的书稿。这些人包括 Robert Bullen、Phil Koenig、Phillip Scarr、Howard Lee Harkness、Ehud Gavron、Glen Herrmannsfeldt、Louis Breit、Doug Hughes、Bob Vance、Barry Margolin 和 William Welch。

也要感谢 Addison Wesley Longman 出版社的伙计们，在编写本书的整个过程中，他们与我一起工作，这些伙计包括 Mary Hart、Karen Gettman、Lorraine Ferrier 和 Tracy Russ。

最后要感谢我的家人 Nancy、Daniel 和 Matthew。

读者朋友有任何好的排除故障的经验，可以投递到我的邮箱：scott@net3group.com。

最衷心的祝愿。

J. Scott Haugdahl

1999.8

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 基础知识.....	2
1.2 复习 OSI 参考模型.....	3
1.2.1 OSI 的七个层次.....	3
1.2.2 包的结构.....	7
1.3 按协议层来隔离问题.....	8
1.4 规程分析仪.....	10
1.4.1 规程分析仪的基本操作.....	10
1.4.2 分析基础——规程分析仪之间的差别.....	11
1.4.3 包的过滤、分解和触发技巧.....	14
1.4.4 前摄的性能和升级分析.....	15
1.4.5 多个 LAN/WAN 的分析.....	16
1.4.6 远程分析.....	17
1.4.7 通信量的产生.....	19
1.4.8 专家系统——有用与否?.....	20
1.5 最后的但并非最不重要的：把网络信息归档!.....	21
第 2 章 分析与排除物理层的故障	25
2.1 引言.....	26
2.2 EIA 568-A 布线标准.....	27
2.3 没有布线问题了吗?.....	29
2.4 基本的线缆测试.....	29
2.5 智能线缆测试仪.....	33
2.6 把线缆测试仪作为小型 SNMP 控制台和小型 Web 服务器.....	34
2.7 以太网的连接问题.....	34
2.7.1 案例研究：违反以太网接线规则的情况.....	37
2.7.2 如何探测冲突.....	40

2.8	快速以太网的布线.....	42
2.9	令牌环的布线.....	43
2.10	把编好码的数据位放到介质上去.....	44
第3章	分析与排除数据链路层的故障.....	49
3.1	引言.....	50
3.2	错误检测.....	50
3.3	IEEE MAC 层的 48 位寻址.....	51
3.3.1	功能地址.....	52
3.3.2	不同类型广播信息的影响.....	55
3.4	透明桥接、交换操作及其故障的排除.....	56
3.4.1	把交换机看作多端口网桥.....	56
3.4.2	生成树.....	57
3.4.3	排除桥接式或交换式环境中的故障.....	60
3.4.4	案例分析：一个瘫痪的交换式网络.....	62
3.5	IEEE 802.3/以太网.....	64
3.5.1	以太网历史简介.....	64
3.5.2	以太网访问机制.....	65
3.5.3	全双工以太网.....	68
3.5.4	以太网的帧格式.....	69
3.5.5	在以太网中计算网络和带宽的利用率.....	72
3.5.6	案例研究：分析过多的以太网冲突.....	73
3.5.7	案例研究：以太网上出现一个慢速服务器.....	75
3.6	令牌环/IEEE 802.5.....	76
3.6.1	令牌的传递过程.....	78
3.6.2	帧和令牌的格式.....	79
3.6.3	插入阶段和环的轮询过程.....	82
3.6.4	活动监控器和后备监控器的作用.....	85
3.6.5	访问优先级和令牌的早释放.....	87
3.6.6	案例研究：高速率的包重发.....	88
3.6.7	令牌环的软错和硬错.....	89
3.6.8	错误的隔离和恢复.....	92
3.6.9	计算令牌环中的网络利用率和带宽效率.....	95
3.6.10	源选路桥接.....	96

3.6.11 IEEE 802.2/逻辑链路控制(LLC).....	99
第 4 章 分析与排除网络层的故障.....	103
4.1 引言.....	104
4.2 路由器操作.....	104
4.3 网络层协议.....	105
4.3.1 AppleTalk.....	105
4.3.2 案例研究: AppleTalk 用户看不到服务器.....	107
4.3.3 DECnet.....	108
4.3.4 IP.....	112
4.3.5 IP 分解.....	119
4.3.6 IP 的 RIP 操作.....	120
4.3.7 案例研究: 选择本地路由的 IP 包.....	122
4.3.8 互联网控制报文协议(ICMP)包格式与操作.....	126
4.3.9 案例研究: 使用 Traceroute 程序排除错误.....	129
4.3.10 案例研究: 使用 PING 和 ICMP 排除故障.....	131
4.3.11 IPX.....	134
4.3.12 IPX 传播广播包.....	139
4.3.13 案例研究: 额外跳.....	140
4.3.14 IPX RIP 操作.....	142
4.3.15 案例研究: IPX MTU 不匹配.....	143
第 5 章 分析与排除传输层的故障.....	147
5.1 引言.....	148
5.2 用户数据报协议(UDP).....	149
5.3 传输控制协议(TCP).....	151
5.3.1 TCP 报头.....	152
5.3.2 TCP 重发.....	162
5.3.3 案例研究: 丢失终端会话.....	166
5.3.4 案例研究: 副作用的调节.....	168
5.3.5 NetWare 核心协议(NCP)的传输层组件.....	171
5.4 NetWare SPX 与 SPX II 协议.....	173
5.4.1 SPX II.....	176
5.4.2 SPX 计时器.....	178

第 6 章 分析与排除会话层的故障	179
6.1 引言.....	180
6.2 域名系统(DNS).....	181
6.2.1 背景.....	181
6.2.2 包格式.....	183
6.2.3 故障分析.....	186
6.3 NetBIOS.....	189
6.3.1 NetBIOS over LLC.....	190
6.3.2 NetBIOS over IPX.....	194
6.3.3 NetBIOS over TCP/IP.....	196
6.4 NetWare 服务广播协议(SAP).....	199
第 7 章 分析与排除表示层的故障	205
7.1 引言.....	206
7.2 第一种抽象语法表示法(ASN.1).....	206
7.2.1 X Windows.....	209
第 8 章 分析与排除应用层的故障	213
8.1 应用层介绍及其常见问题.....	214
8.2 TCP / IP 相关协议.....	220
8.2.1 动态主机配置协议(DHCP).....	220
8.2.2 案例研究: 用户不能获取一个 IP 地址.....	225
8.2.3 文件传输协议(FTP).....	227
8.2.4 Telnet.....	229
8.2.5 SUN 网络文件系统(NFS).....	231
8.2.6 超文本传输协议(HTTP).....	233
8.3 NetWare 核心协议(NCP).....	235
8.3.1 案例研究: 网络太慢了.....	241
8.3.2 案例研究: 网络慢之二.....	242
8.3.3 案例研究: 恶化的登录响应时间.....	244
8.3.4 案例研究: 时断时续的服务器连接.....	246
8.4 服务器消息块(SMB)协议.....	247
8.4.1 SMB 登录和包的格式.....	248

8.4.2	案例研究：糟糕的响应时间	257
8.4.3	案例研究：糟糕的吞吐量	259
8.4.4	Microsoft 浏览器协议	261
8.4.5	案例研究：非广播包风暴造成网络瘫痪	262
第 9 章	吞吐量和延误时间的测量与分析	267
9.1	引言	268
9.2	突出应用的特征	268
9.3	广域网和局域网的延误时间范围	270
9.4	延误时间楔	271
9.4.1	案例研究：慢速远程之一	274
9.5	延误时间分析	275
9.6	吞吐量分析	276
9.6.1	案例研究回顾	279
9.6.2	案例研究：慢速的远程之二	279
附录 A	资源与参考资料	283
附录 B	十六进制-十进制-二进制转换表	287
附录 C	专用词汇表	291

第 1 章

概述

- 1.1 基础知识
- 1.2 复习 OSI 参考模型
- 1.3 按协议层来隔离问题
- 1.4 规程分析仪
- 1.5 最后的但并非最不重要的：把网络信息归档！





1.1 基础知识

真的不知道，有多少人在还没有对网络通信有一个基本理解的时候，就直接进行网络的分析。尽管读者没有必要知道在电缆中有多少个比特被编码为电信号，但是必须知道网络中有多少个端节点(end-node)、这些节点之间的相互通信方式。整个问题的关键可以总结为一句话：协议。正确地理解协议是网络分析的基础。

协议是一套规划或标准，它用于在计算机之间建立连接，并以尽可能小的错误率交换信息。设想一下，如果两个网络端节点之间没有给定协议，将会产生什么样的后果！

在计算机网络环境中，要很好地理解一个协议，需要遵循如下步骤：

1. 把端节点连接到需要进行数据交换的网络。
2. 把数据分解为叫作包或分组(packet)的单元。
3. 根据双方同意的规则或协议进行包的交换。

协议定义了数据语法(位)及其语义(解释)。那么，协议的各个层次定义应用程序数据、流量控制、错误检测和地址。开放式系统互连(OSI)参考模型定义了协议的层次。

Radia Perlman，这位生成树(spanning tree)算法的发明者和 *Interconnection* 一书的作者，曾经在一次演讲中说过：“必须有一个规则来说明：如果不讨论 OSI 参考模型，那就别谈网络连接！”由于 OSI 模型说明了一个基本的网络结构，并由其开发出各层功能的标准和实现协议，所以，我们将把 OSI 的基本原理延伸到网络分析中。

多年来，我开发了一个诊断网络故障的方法学，这个方法学可以映射到 OSI 模型：从最底层物理层开始，一层一层地向上到应用层(如果必要的话)，进行故障诊断。例如，当客户机端的以太网网段出现大量的 CRC(循环冗余码)错误时，对于低流量问题，首先通过查看文件服务器的应用层来进行故障诊断是没有任何意义的。尽管可以通过抓住上层协议计时器，缩短重试的时间间隔来进行故障隔离，但是，CRC 错误这个基本的问题并不见消失。

对于目前的大多数网络，经常出现的问题之一就是：当出现性能方面的问题时，在网络中简单地增加带宽而不去关心产生问题的实际原因。通过减少每个网段的用户数获得更高的带宽(这常常叫作“细化网段”)；通过在路由器前面放置交换机以获得较宽的带宽；通过用更高速度的底板(backplane)或更高处理能力的路由器或交换机来获得较宽带宽；通过用 ATM 或千兆以太网替换原来的骨干网(backbones)来获得更宽的带宽。越来越宽！越来越快！

一个较聪明的办法是：在更换为快速设备之前，排除故障并优化现有设备环境。排除那些 CRC 错误；改善协议的效率；调整服务器；去除网络中传播的无用信息，如打印机服务器寻找你根本不支持的某协议的服务器的信息。总之，最好从网络的最底层(即物理层)开始。

1.2 复习 OSI 参考模型

OSI 参考模型是一个多层的通信模型，最初由国际标准化组织(ISO)开发。从理论上讲，这七层的每一层都有一个定义好的功能，各层是互相独立的。实际上，这个模型并不是完美的。例如，曾经流行的传输控制协议(TCP)和互联网协议(IP)分别是 OSI 第 4 层(传输层)和第 3 层(网络层)的实际实现，但是，它们违反了独立的原则：如果没有 IP，则 TCP 就不能运行，因为 TCP 在计算 TCP 校验和时，借用 IP 包头的几个部分来创建一个“假的包头”。读者见过在 IPX 之上运行的 TCP 吗？

流行的用户数据报协议(UDP)是一个传输层的协议，但却缺少一个真正传输层的许多需求，这将在第 5 章中进行详细介绍。

另外，某些合法的协议(如 IBM 公司的专用系统网络结构，SNA)很难与 OSI 模型相对应，因为 SNA 有一个与 OSI 独立开发的层次划分完全不同的原则。但这并不是说就不能按与 TCP/IP 一样的方法，自底向上来排除 SNA 故障。

OSI 层次的另一个重要方面是：其中的每一个对等层与网络中其他节点的对等层直接进行通信。因此，如果一个应用程序调用一个进入网络层的 API(应用程序编程接口)向另一个 IP 地址发送数据报文，那么这个应用程序就不需要知道这个报文是如何到达那里的。

1.2.1 OSI 的七个层次

图 1-1 说明的是 OSI 参考模型的七个层次，并总结了各层的功能。这个总结强调了在分析网络的时候需要知道的内容。我们逐层来过一遍。

- 第 1 层(物理层)。本层提供了一个基本的机制，对二进制数据(位)进行编码(发送到物理介质)和解码(从物理介质接收)。这是我们看到的信号类型(表示“0”和“1”的方法)的地方，例如，10Mbps 以太网的曼彻斯特编码，令牌环的曼彻斯特编码，或者 FDDI 的 4B/5B 编码。物理层也通知第 2 层(数据链路层)何时访问介质，比如以太网的载波监听功能。

物理层也定义与介质的物理连接机制，但不是介质本身。按照参考模型的原理，实际的物理介质在物理层之下。总之，位流(bit stream)应该独立于介质类型，能够在铜缆、光纤、红外、微波、激光、裸电线上运行(但是距离可能不会太远)，等等。像 IEEE 802.x LAN 这样的标准包含有关各种介质类型的详细技术说明，以便在使用特殊的介质类型时能够保证一致性和兼容性。

- 第 2 层(数据链路层)。这一层也叫作数据链路控制层即 DLC 层。该层提供了一个由信息位组成的帧(frame)，帧由一个包含起始标志的报头或报头位、寻址信息和(对于 LAN)一个 32 位的循环冗余码(CRC)组成，CRC 用来在信息位穿过物理介质时保证帧的完整性。DLC 层也提供了链路的管理。对于以太网，在通道空闲时传送帧，在检测到冲突时停止。在令牌