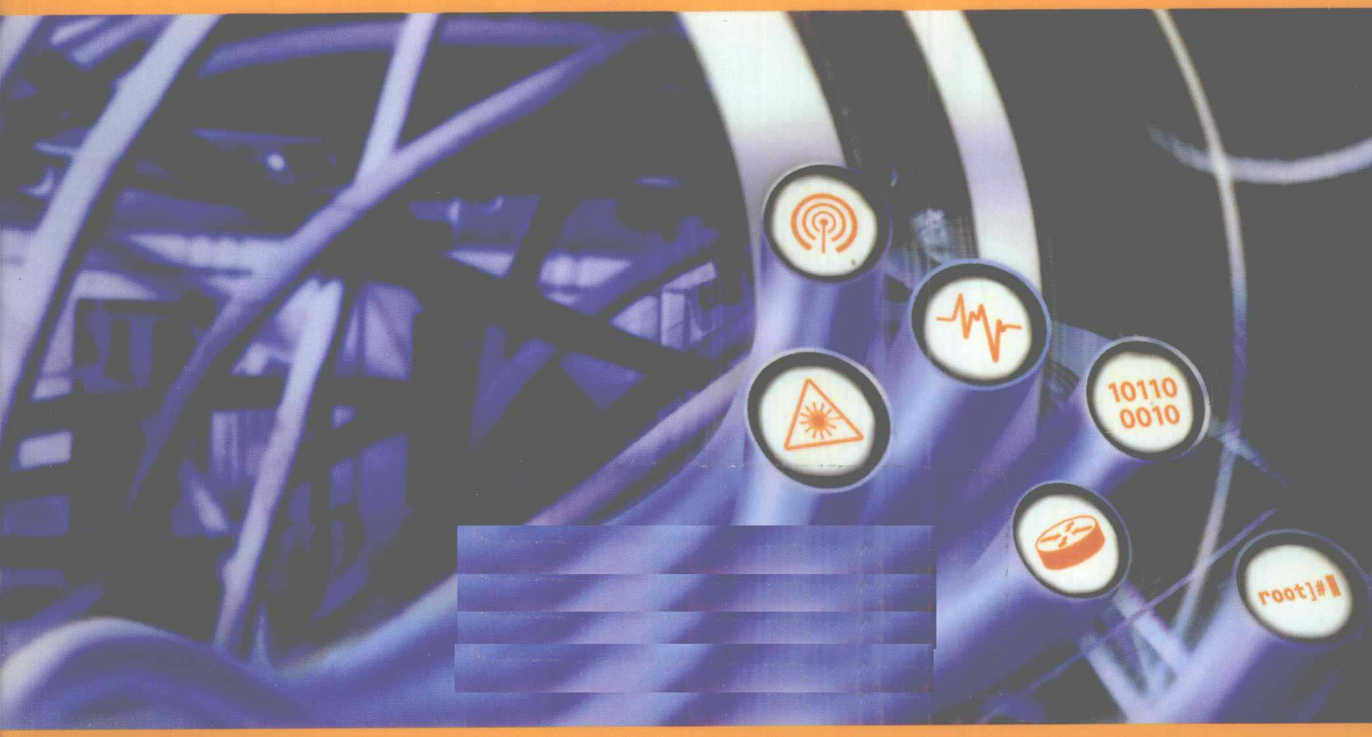
网络维护与故障诊断指南
日常问题的现场测试解决方案
完全实用的实际工作指南，快速预见、发现和解决网络问题

PEARSON

HZ BOOKS
华章科技



（原书第2版）

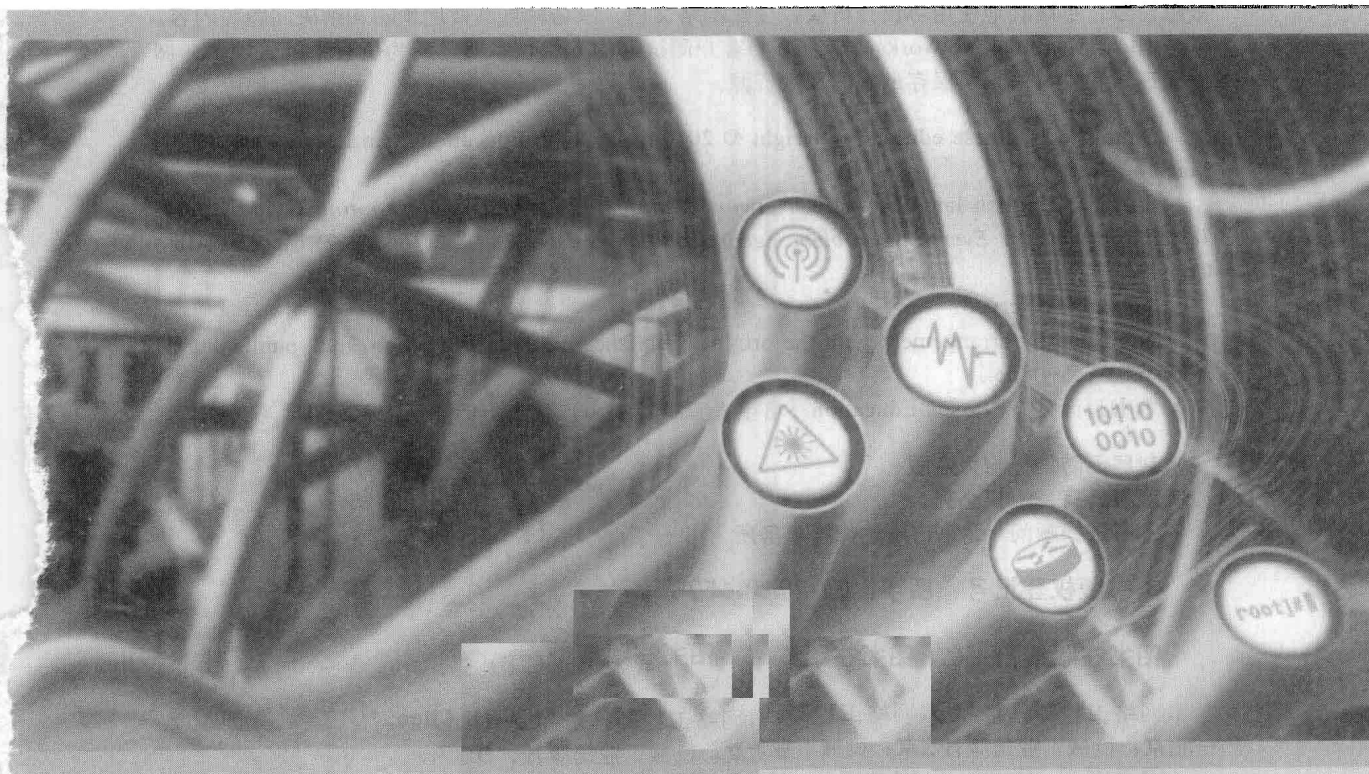
网络工程师维护和故障排除手册

Network Maintenance and Troubleshooting Guide

Field-Tested Solutions for Everyday Problems, Second Edition

（美） Neal Allen 著　陈征 李阳 等译

机械工业出版社
China Machine Press



（原书第2版）

网络工程师维护和故障排除手册

Network Maintenance and Troubleshooting Guide

Field-Tested Solutions for Everyday Problems, Second Edition

（美） **Neal Allen** 著　陈征 李阳 等译

机械工业出版社
China Machine Press

本书包括11章和9个附录，内容涵盖：使用OSI模型来更高效地逐层对网络进行故障诊断；铜缆和光纤布线：理论，操作和故障诊断；介质访问控制（MAC）层：以太网理论和操作；识别和解决与IPv4和IPv6协议有关的问题；在问题出现之前加以预防；发现设备行为；对交换机的故障诊断；更顺利地使用协议分析仪；创建网络文档，以帮助更高效地预防和解决问题等内容。

作为经过Fluke Networks成千上万的客户测试过的方法，本书已成为所有系统管理员、网络管理员和支持技术员保存最好的秘密资源。

本书版权登记号：图字：01-2010-1536

图书在版编目（CIP）数据

网络工程师维护和故障排除手册（原书第2版）/（美）艾伦（Allen, N.）著；陈征等译. —北京：机械工业出版社，2010.8

书名原文：Network Maintenance and Troubleshooting Guide: Field-Tested Solutions for Everyday Problem, Second Edition

ISBN 978-7-111-31381-6

Ⅰ.网… Ⅱ.① 艾… ② 陈… Ⅲ.① 计算机网络-故障诊断-手册 ② 计算机网络-故障修复-手册 Ⅳ.TP393.07-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第142060号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：陈佳媛

北京瑞德印刷有限公司印刷

2010年9月第1版第1次印刷

186mm×240mm · 28.75印张

标准书号：ISBN 978-7-111-31381-6

定价：75.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：（010）88378991；88361066

购书热线：（010）68326294；88379649；68995259

投稿热线：（010）88379604

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

译 者 序

随着现代通信技术的迅猛发展，网络已经成为人们日常生活不可分割的一部分，从铺设在海底的光缆到每家每户的ADSL，从遍布全球的3G无线到公共场所的Wi-Fi，都是某种形式的通信网络。本书所讲的内容就是网络的维护和故障诊断。

本书作者Neal Allen是全球著名的计算机网络解决方案供应商Fluke Networks公司的一名高级主管工程师，他将近20年的网络安装、维护和故障诊断的实际经验提炼出来，从实用的角度出发，将网络的基础知识浓缩成本书。

本书首先介绍了OSI 7层网络模型，自底向上分别介绍了介质（包括铜缆和光纤介质）、介质访问控制层、数据链路层、网络层、传输层中各种常见问题及应对策略；然后，从出现问题之前的预防阶段和出现问题之后的故障诊断阶段进行了讲述；最后，详细讲述了介质和网络的故障诊断的问题来源、一般方法和步骤、以及具体实例。在整本书中，作者的着眼点都在于现今网络中占主导地位的TCP/IP协议集，并从自己所经历的事情现身说法，揭开了网络故障诊断的神秘面纱。更别具特色的是，作者以Fluke Networks工程师的身份对该公司的各项产品的优缺点和范围都有独特的评价。此外，本书独特的“本章复习题”及其答案对于正鏖战网络认证的人而言也是不无裨益的。

本书根据其内容应属于网络的入门级书籍，但因为作者是从实际出发来讲述这些基础知识的，所以比枯燥的计算机网络教材更为生动有趣，比一般性的培训教材更为实用。因此，本书可作为网络初学者的入门读物，也可以作为培训教材的补充读物，更是网络技术员、网络工程师的必备读物。希望本书能够给读者带来提升技能、开阔眼界的功效。

参加本书翻译的人员有：陈征、李阳、傅鑫、戴锋、许瑛琪、张景友、易小丽、陈婷、管学岗、王新彦、金惠敏、张海峰、徐晔、张德福、张士华、张锁玲、杜明宗、高玉琢、王涛、申川、孙玲、李振国、高德杰、宫飞、侯经国、刘淑妮、张春林、金鑫、赵宏伟、张宏顺、尹周、王开年、贾震、陆晓萍、金国良、俞群。

由于时间紧迫，加之译者水平有限，错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

译 者

2010年5月

本书好评

“这是一本最能增长见识并且易于学习的、有关网络基础知识和故障诊断技术的书。它是所有与网络领域相关的新手的必备读物。”

——Javier Garcia, CCNA

“通过引用Arnold Glascow的话，我能够最好地概括这本书：‘成功很简单。那就是在正确的时间，以正确的方式，做正确的事情。’”

——Heriberto Rebollo，网络分析师

“新版的指南带来了难以搜集的理论，并应用在具有实际重要性的问题上。”

——Dennis C. Frezzo博士

致　谢

许多人都不会在这里提到，这主要是因为这本书的成长和完善离不开成百上千的评论、校正、短期培训授课（传授的和接受的），帮助对某些东西进行故障诊断的机会，以及许多年来的许多其他来源。我不可能完全记住他们。如果你曾教给我其中一些信息，谢谢你。我清楚地记得的一些重要的贡献者（会意地或以其他方式）包括

- Interop贸易展的志愿者NOC小组——感谢你们定期地安排网络紧急事件！人数太多，这里不再一一列出。
- Fluke Networks的同事，特别是Hugo Draye、Tami Settergren、Dan Klimke和Pat Donahoo（每一位都有不同类型的贡献）。
- 新罕布什尔大学的互操作性实验室，特别是Bob Noseworthy和Ben Shultz。
- 我的评阅人，特别是Nolan Fretz，他额外花费了大量时间来指出哪些地方的一些真正隐蔽的细节是错误的。

作者简介

Neal Allen是华盛顿州埃弗里特市Fluke Networks公司技术援助中心（TAC）的一名高级主管工程师，主攻与Fluke Networks基于服务器的监视解决方案有关的上报问题。他在TAC中负责特别难的或隐蔽的问题，同时支持来电咨询以及在全世界的各种客户场所工作。他还与设计工程师紧密合作，以完成新的产品或功能规范以及它们后来的alpha和beta测试。在此之前，他是手持式网络分析仪的产品经理。他在市场营销中的职责是“工程师不能做的所有事情”，包括市场调研、编写手册和印刷品，帮助对新产品和产品功能进行详细说明和beta测试，参加贸易展并发表论文，以及在全世界提供培训和销售支持。Allen在网络设计、安装和故障诊断方面做了近20年的工作。尽管他的主攻方向主要是OSI第3层及以下，但他也曾在本地社区大学设计并主持过许多短期的研讨会以及讲授一门3学期的绪论性网络课程。Allen自1993年就成为Interop贸易展的NOC（网络操作中心）小组的一名成员，除了其他职责之外，他还负责对拉斯维加斯和纽约Interop贸易展的展台问题进行故障诊断。Allen曾被选中为1996年亚特兰大奥运会的网络进行支持和故障诊断。

前　言

本书不是一本有关路由器或操作系统的书。Fluke Networks主要研究网络诊断和监视工具，所以本书的重点在于这些领域，其他的业界出版物和培训材料还没能很好地照顾到这些领域。尽管我曾注意到许多网络专家或者已经忘记或者从来不知道许多材料，不过本书依然提供了网络技术人员最需要的一些知识和技能。

举个例子：我曾幸运地帮助支持1996年亚特兰大奥运会。部署网络的网络工程师非常了解架构、设计和设备配置，但却似乎很奇怪地不知道一些基础知识。下面的事件让我开始怀疑这是一种普遍的情况。

几个比赛地点出现了异常高等级的MAC层错误。走到其中一处比赛地点的场地上时，我观察到围绕场地的网络电缆被小心地安置在墙和栅栏上，以保护其不被踩踏。我们进入本地配线室并查看由网络基础设施设备所报告的错误。我留下那名网络工程师检查路由器和其他设备的配置，查找问题的线索。

我沿着电缆，在场地上漫步。我发现在至少有一半的电缆路径上，网络电缆都放置在大量蔓延的208伏电力线的上面，这些电力线也沿着墙和栅栏通往需要它们的地方。在绕着场地漫步时，我移动了网络电缆，尽我所能地使之远离电力线，但又不至于使其存在被损坏的风险。当我结束散步并返回时，那名工程师说当我们到达那里时错误等级相当糟糕，但在他进行故障诊断时却有点慢慢减弱了。我说明了交流电或其他噪声源是可能的错误根源，以及我所做的事情。

令我大为吃惊的是，我不得不解释每种报告的错误的特性以及错误是如何表明电力线是可能的问题起因的。后来我开始认识到，即使有些时候我所遇到的人所具有的关于许多网络主题的知识要远超过我，但他们仍然有可能只知道很少或者完全不知道本书所给出的基础知识。或者同样有可能的是，他们在很早之前学过这些知识，但后来却已经忘记了。

根据出现的次序，编写本书是为了以下3个目的：

- 基本的网络技能培训教科书。
- 小型网络的新的网络技术人员或管理人员的“分类”指南。
- 网络专家的参考书。

这本书是入门级的教材，也就是说要“简单化”。“简单化”的概念几乎在每次实行时都会遇到挑战。在编写本书时，最难的工作是决定将什么内容精简成几句通常过于简单化的陈述，或者完全去掉。尽管如此，许多读者即使在阅读已经保留为“简单版本”的内容时仍然会遇到复杂度的挑战。从反馈来看，多次阅读段落内容是最终掌握大部分甚至全部内容的一种有效的方法。尽管如此，一定要注意，尽管我们尽最大努力去保证准确性，但令人沮丧的事实是，所有印刷物都毫无疑问地存在着疏忽的错误、重要的遗漏和被取代的事实。对你们的挑战就是学

得足够精通，能够辨别出它们。

知道从哪里获取有关网络主题的准确信息是一项重要的技能。本书中的许多细节都提供了参考书目来作为进一步阅读的出发点，因为一下子就找到它们是很困难的。

边界

与OSI第1~3层的故障诊断有关的大部分信息本质上都是通用的。但当越过某些边界之后，就需要在对问题进行充分的定义之后才能继续进行讨论。例如，应用的故障诊断要求详细描述了准确的应用、安装、配置和使用模式之后，才能够开始进行故障诊断的讨论。对从PC到相同广播域上的服务器的数据流的故障诊断就不需要这样。对由路由器分隔的PC和服务器之间的数据流的故障诊断可能需要一些额外的细节，这取决于是否启用了高级功能（比如访问控制列表[ACL]，防火墙或负载均衡）。

同样，一旦离开数据是如何经过路由选择网络的，并开始有关应该如何配置路由器的讨论，就必须提供对所使用的路由选择协议、涉及的供应商路由器型号和版本等信息的详细描述，然后才能有效地讨论配置或配置的故障诊断。

本书中的主题往往在这些边界处结束。这是因为上述的原因（必须首先定义问题），而且还因为一旦到达这些边界，现有的供应商培训课程和供应商或业界认证就能够更有效地涵盖这些主题。缺少大量有关802.11无线的细节或许是被省略内容中最值得注意的例子，但是目前也有非常好的无线认证课程。

介质标准开发

这是一个政治敏感的话题，因为布线标准开发的整个问题所受到的政治驱动与技术驱动同等重要，但它仍然值得一提。对布线标准的一般演化的分析表明，下列说法可能是正确的：

- 对新兴电缆技术的研究可以说更多地是由美国电信工业协会（TIA）而不是由国际标准化组织（ISO）向前推进的，因为TIA工作组的会议更为频繁。美国电气和电子工程师协会（IEEE）也发挥着重要的作用，因为新的网络实现通常会推动布线标准的一些变化。
- 其他国家标准似乎利用了在TIA和ISO标准主体的结果中找到的信息，然后在特定领域中应用了更多的研究，或者进行修改的适合于本地国内的电气规范和要求。

因为这种非科学的决定，所以本书中的布线参考将主要使用TIA布线标准参考。此外，Fluke Networks更密切地参与TIA标准和工作组文档，而且很容易找到主题专家。

术语

在学习网络时，更容易混淆的一件事情是术语总是在不停地变化。再加上人们在讨论某话题时常常会错误地使用术语，或者使用正确的术语来描述相关的领域而术语本身却不严密或不准确。最后，缩写词往往会惊人地相似，而如果给出完整的术语则会发现它们具有完全不同的含义。有许多的例子都是关于单个网络领域的缩写词根据上下文有多种用法。

如果注意一直使用正确的术语，那么当数据经过OSI模型移动时，随着数据在各层之间的传送，就会伴随出现术语的变化。在日常谈话中，这就会有些混乱，特别是对于刚刚接触网络的人。理解这些术语能够很随意地使用将极大地增强你理解会话而不被迷惑的能力。在普通交谈中，试着更多地关注会话的主题，少关注术语。如果是在参加培训，留意那些能够负责地使用正确术语来讲述新信息的教师，并经常要求给出解释。

作为一个例子，帧（frame）和分组（packet）这两个词或许是最常见的用于描述在网络上发送的数据单元的术语。下面将列出用于定义网络的标准文档的术语，因此，它们是在数据单元传输的每个阶段所应该使用的“正确”术语。在讨论中，帧和分组可能会不严格地用于描述数据单元，并且可能不会明确地用于确定正在讨论的传输所在的OSI分层。不难想到，在简短的讨论中，通过更换术语来保持严格的准确性，这很可能更令人困惑而不是更容易理解。

物理层

术语分组描述802.3以太网传输事件，包括从前导码到帧检验序列（FCS）的所有以太网字段。前导码和帧首定界符（SFD）字段是定时信息，会在随后被丢弃，但包含在分组中。

数据链路层中的介质访问控制（MAC）子层

术语帧描述802.3以太网传输事件在定时信息被丢弃之后的部分。从目的地址到FCS的字段会被计数，测试是否存在错误以及是否超过MAC层的最小和最大长度限制，并被描述为帧。

数据链路层中的逻辑链路控制（LLC）子层

802.2标准使用协议数据单元（Protocol Data Unit，PDU）来描述由LLC子层所处理的传输。

网络层

Internet协议（IP，更多信息请参见RFC 791）使用数据报（datagram）来描述由网络层所处理的传输单元。

传输层

用户数据报协议（UDP，见RFC 768）使用数据报，而传输控制协议（TCP，见RFC 793）使用数据段（segment）来描述由传输层所处理的传输单元。

用于描述连接到网络的设备的术语也存在一定程度的不严密性。不难见到在同一句话中有多个术语欲指代相同的设备。

在网络层中，通常使用主机（host）来描述所有参与IP协议的设备。在几乎所有层中，同样能够听到使用设备（device）、站点（station）或特定功能的术语，比如PC、路由器（router）或交换机（switch），用于描述参与到网络中的设备。同样，要知道在讨论中从某种程度上经常互换地使用这些术语，而且除非用得非常准确，否则其中任何一条术语（或者没有提到的其他

术语）都只是在指代连接到网络的一台设备。

本书中所使用的另一组术语与所做的工作有关。在有些机构中，职务头衔携带着很重要的意义，而在另一些机构中则不然。本书中将使用下面给出的职位描述，它们是基于日常任务和网络访问权限而给出的。视情况来修改它们，使之适合机构的实际情况。（更详细的描述，请参见附录H开始处的“从什么工具开始”一节。）

咨询台（帮助台）

日常事务包括帮助用户在计算机上安装应用。可能包括少量的基本连通性故障诊断，但通常仅限于从网络获得链路状态。大多数活动都是通过电话和远程访问会话进行处理的。如果需要现场支持，通常仅限于用户的工作区并且不会超过第一个交换机端口。

网络技术员

日常事务包括与咨询台人员交互，解决第一个交换机端口之后的问题。技术员的工作职责是网络而不是用户。技术员可以拥有交换机的密码，但通常没有路由器的密码。职责通常只限于一个站点。

网络工程师

日常事务包括区域或整个企业网络中对路由选择的基础设施进行配置和维护。作为问题升级支持，向技术员提供一些帮助。网络工程师也参与架构设计和网络扩建规划。

网络经理

日常事务包括与公司管理层的联络活动，在概念层次上与网络工程师协作，以及所有网络支持活动的政策制定。根据个人的技术资格，网络经理可能有也可能没有交换机和路由器密码，但是即使有密码，常规情况下也不会更改配置。

本书组织结构

除了明显地遵从OSI模型的组织方式之外，这本书可能看起来很奇怪，因为前8章看似是一份网络教程，而有关故障诊断和观察到的网络行为的高质量内容直到接近本书结尾处才出现。这样做有一个很简单的原因：只有先理解了理论，才能够高效地理解故障诊断信息。

举个简单的例子，Fluke Networks支持热线经常会接到下面这样的电话：

呼叫者：我有一台你们的（产品名称），我希望你们能帮我找出广播风暴的来源。

客服支持：请您先描述一下您的（产品）显示的哪些症状表明存在广播风暴，好么？

呼叫者：（产品）显示我的网络上存在100%的广播。

客服支持：那网络利用率是多少？

呼叫者：<停顿>……奇怪，利用率只有0.02%。

客服支持：您连接到交换机了么？

呼叫者：是的，但你为什么要问这个？

接下来的几分钟将用于解释网桥的工作原理。读完这本书后，希望你能看出客服支持电话中的幽默所在。客服支持电话中还存在几种常见的网络情况，本质上与上面所描述的事件相似——全部都是通过向呼叫者解释基本的网络原理而得以解决的。它们往往分为两类：缺乏对基本原理的理解，这会导致错误的结论；缺乏对所观察到的症状的正常起因的理解，这会妨碍形成故障诊断计划。第一类情况会接着第二类情况出现。

OSI模型提出了一种供相似或不相似的网络进行描述和相互连接的通用框架。这个模型还进一步提供了边界，其中某些类型的信息在特定的条件下将被移交。这种模型是学习网络时重要的一部分，尽管大多数初学者都认为它既无聊又浪费时间。因为OSI模型是所有网络的路线图，所以本书将首先讲述它。如果没有OSI模型，就很难将网络原理和具体的产品信息结合成内部理解的流程或过程，来帮助你完成工作。

在OSI模型之后，将是布线、以太网、桥接和相关协议等内容的工作原理，一直到OSI第4层。如上所述，本书不可能涵盖所有内容。可以将本书看成是网络的入门书，它使用工作在双绞线或光纤光缆系统之上的TCP/IP和以太网作为例子。

故障诊断部分（第9章～第11章）尝试遵从相同的OSI模型次序，不过第11章中的材料被划分成几种不同的方法或观点。故障诊断主要局限于确保在网络基础设施之上存在端到端的传输。更高层问题（OSI第5层及更高）的故障诊断以及端到端传输的修改，比如服务质量和安全，都超出了本书的范围。

大多数专家都曾在某个时刻说过“我学到的越多，我认识到自己所不知道的东西就越多”。希望在读完一节或一章的时候，你会认识到还有大量的内容没有涵盖在内。在读完一章的时候，你应该满脑子都是未回答的问题。本书引用了足够多的参考书目，你应该知道从哪里开始查找答案。

技术细节

本书用了大量的篇幅来讨论协议和帧的细节。在本书中添加这么多的内容有以下两个原因：本书所列出的大多数协议对普通用户而言都是未知的，而许多技术员也只知道几个字段。拥有简化的汇总将使标准的阅读更加轻松。

学习网络的工作原理和行为的一种方法是，学习各种类型的设备是如何与网络上其他类型的设备交谈的。如果知道了会话或协商应该如何进行，以及相同或不同的设备类型之间预期会发生哪种会话，那么当会话或协商没有产生想要的结果时，要发现错误就会容易得多。

成功完成协议分析通常归结为知道大量有关每种具体协议的知识，而协议分析仪是用于支持网络的4种基本工具组中的一种。因此，本书提供了大量有关基本协议和字段的细节，作为网络专家的参考，并作为新手指导的原始资料。这些细节仔细地安排在上下文中，并按照它们所出现的适当的OSI层进行排列。

在本书中，至少有一处的详细程度远远超出了普通网络技术员或工程师在网络支持过程中

需要用到的程度。之所以如此详细地提供以太网的实现部分，是因为它通常不会在任何其他地方进行描述（除了晦涩难懂的802.3标准之外），并且它可以帮助读者理解为什么介质测试标准会那样严格。在这部分过于详细的内容之前，有一段叙述建议普通读者略过其中的大部分内容。

本书中所使用的约定

本书是简明易懂的，只有几个约定需要注意：

- **见参考资料**。在每一章的许多小节中，都会看到对其他文档的交叉引用，像这样：[参见802.1D]。如果对这个主题特别感兴趣，或者在读完这一节后仍然存在不确定的问题（许多内容都概括或省略了），或者还存在详细的问题，那么所引用的标准或其他文档就代表了一个很好的进一步阅读该主题的地方。在大多数情况下，所引用的参考资料都提供了最合适的出发点，或者是对我的研究主题提供了最完整的描述。
- 每章都以“本章复习题”这部分作为结尾，它使你能够亲手实践本章的内容。下面是通用的图例，表示每个问题预期的难度：

概念强化。这应该是极其简单的。

本章给出了概念，但你必须使用它们来回答这个问题。

难题。如果理解了本章所给出的信息，就能够回答这个问题。

补充材料

可以访问本书的网站www.informit.com/title/9780321647412以获取支持材料，包括补充图表和图形。

目　录