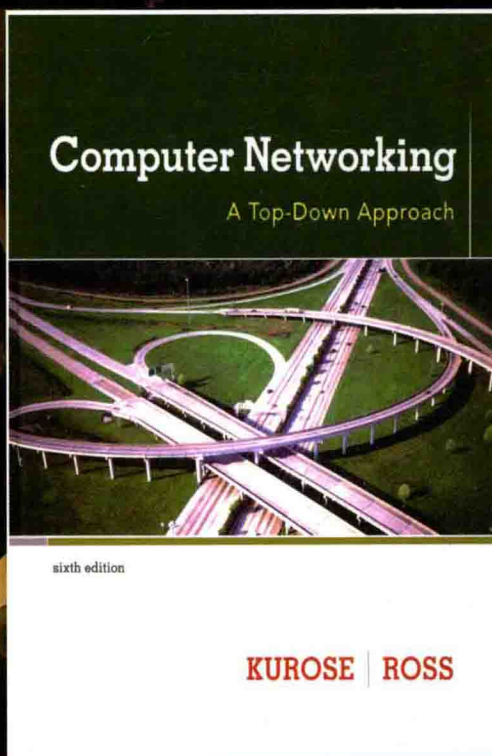


# 计算机网络

## 自顶向下方法

(美) James F. Kurose Keith W. Ross 著 陈鸣 译  
马萨诸塞大学阿默斯特分校 纽约大学理工学院

**Computer Networking**  
A Top-Down Approach Sixth Edition



计 算 机 科 学 从 书

原书第6版

# 计算机网络

## 自顶向下方法

(美) James F. Kurose Keith W. Ross 著 陈鸣 译  
马萨诸塞大学阿默斯特分校 纽约大学理工学院

**Computer Networking**  
A Top-Down Approach Sixth Edition

**Computer Networking**

A Top-Down Approach

sixth edition

KUROSE ROSS

 机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络: 自顶向下方法 (原书第 6 版) / (美) 库罗斯 (Kurose, J. F.), (美) 罗斯 (Ross, K. W.) 著; 陈鸣译. —北京: 机械工业出版社, 2014.9

(计算机科学丛书)

书名原文: Computer Networking: A Top-Down Approach, Sixth Edition

ISBN 978-7-111-45378-9

I. 计… II. ①库… ②罗… ③陈… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 199098 号

本书版权登记号: 图字: 01-2012-4857

Authorized translation from the English language edition, entitled *Computer Networking: A Top-Down Approach*, 6E, 9780132856201 by James F. Kurose and Keith W. Ross, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2013, 2010, 2008, 2005, 2003.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by Pearson Education Asia Ltd., and China Machine Press Copyright © 2014.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括中国台湾地区和香港、澳门特别行政区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

本书第 1 版于 12 年前出版, 首创采用自顶向下的方法讲解计算机网络的原理和协议, 出版以来已被几百所大学和学院选用, 是业界最经典的计算机网络教材之一。

本书第 6 版继续保持了以前版本的特色, 为计算机网络教学提供了一种新颖和与时俱进的方法, 同时也进行了相当多的修订和更新: 第 1 章更多地关注时下, 更新了接入网的论述; 第 2 章用 Python 替代了 Java 来介绍套接字编程; 第 3 章补充了用于优化云服务性能的 TCP 分岔知识; 第 4 章有关路由器体系结构的内容做了大量更新; 第 5 章重新组织并新增了数据中心网络的内容; 第 6 章更新了无线网络的内容以反映其最新进展; 第 7 章进行了较大修订, 深入讨论了流式视频, 包括了适应性流和 CDN 的讨论; 第 8 章进一步讨论了端点鉴别; 等等。另外, 书后习题也做了大量更新。

本书适合作为本科生或研究生“计算机网络”课程的教材, 同时也适合网络技术人员、专业研究人员阅读。

出版发行: 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: 刘立卿

责任校对: 殷虹

印刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版次: 2014 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 35.5

书号: ISBN 978-7-111-45378-9

定价: 79.00 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

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson 等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专程为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：[www.hzbook.com](http://www.hzbook.com)

电子邮件：[hzsj@hzbook.com](mailto:hzsj@hzbook.com)

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



华章教育

华章科技图书出版中心



## 作译者简介

Computer Networking: A Top-Down Approach, Sixth Edition



**James F. Kurose** 是美国马萨诸塞大学阿默斯特分校杰出的计算机科学系教授。

Kurose 博士在教育领域的活动获得了许多赞誉，其中包括国立技术大学（8次）、马萨诸塞大学和研究生院东北联合会杰出教师奖。他获得了 IEEE Taylor Booth 教育奖章，从而确立了他在马萨诸塞共同体信息技术促进会的领导地位。他还获得了通用电气公司研究员（Fellowship）、IBM 教职员发展奖和 Lilly 教学研究员等荣誉。

Kurose 博士是《IEEE 通信会刊》（IEEE Transactions on Communications）和《IEEE/ACM 网络会刊》（IEEE/ACM Transactions on Networking）的前任总编辑。多年来，他一直参与 IEEE Infocom、ACM SIGCOMM、ACM 因特网测量会议和 ACM SIGMETRICS 程序委员会的工作，并担任这些会议技术程序的共同主席。他是 IEEE 和 ACM 的会士（Fellow）。他的研究兴趣包括网络协议和体系结构、网络测量、传感器网络、多媒体通信以及建模和性能评价。他拥有哥伦比亚大学计算机科学的博士学位。



**Keith W. Ross** 是美国纽约大学（NYU）理工学院的 Leonard J. Shustek 首席教授和计算机科学系主任。在 2003 年进入 NYU 理工学院前，他是宾夕法尼亚大学的教授（13 年）和 Eurecom 学院的教授（5 年）。他从 Tufts 大学获得工程理学士学位，从哥伦比亚大学获得工程硕士学位，从密歇根大学获得了计算机和控制工程的博士学位。Keith Ross 也是 Wimba 公司奠基人和首任 CEO，该公司为电子学习研发了在线多媒体应用并于 2010 年被 Blackboard 收购。

Ross 教授的研究兴趣在于安全与隐私、社交网络、对等（P2P）网络、因特网测量、视频流、内容分发网和随机建模。他是 IEEE 的会士，获得了 Infocom 2009 年优秀论文奖，并且获得《多媒体通信》2011 年和 2008 年优秀论文奖（由 IEEE 通信学会授予）。他担任多个杂志编委和会议程序委员会委员，包括《IEEE/ACM 网络会刊》、ACM SIGCOMM、ACM CoNext 和 ACM 因特网测量会议。他还担任联邦贸易委员会 P2P 文件共享方面的顾问。



**陈鸣**，江苏无锡人，解放军理工大学教授、博士生导师，全军网络技术研究中心主任，军用网络技术实验室（军队重点实验室）主任，国家级实验教学示范中心主任；分别于 1982 年、1988 年在解放军信息工程学院获得学士、硕士学位，于 1991 年在解放军通信工程学院获得博士学位，1999~2000 年为美国哥伦比亚大学访问科学家，任中国计算机学会网络与数据通信专委会副主任，是中国通信学会等多个学术团体委员和 IEEE 会员；长期从事网络测量、分布式系统、网络体系结构、网络管理等领域研究和教学工作；承担了国家自然科学基金、国家 863、国家 973 子课题等项目；开发的多个网络管理系统和应用系统得到广泛应用；撰写网络著作近 10 本，发表 SCI/EI 论文几十篇，有国家发明专利 8 项；获得国家教学成果二等奖 1 项、省部级科技进步二、三等奖十几项。

近年来我与 Keith W. Ross 教授在中国的两次会议上见过面。在第一次见面前，Ross 教授就已经知道我翻译了他们的教材的多个版本，并在每次翻译过程中都会通过电子邮件向他们建言献策，指出技术瑕疵及排版错误。Ross 教授对我的翻译工作表示了由衷的感谢，并称赞中国高校的计算机网络教学水平高，为世界培养了很多优秀的网络学生。同样，作为译者，在每次翻译过程中，我都会更加深切地从这本教科书的字里行间感受到这两位作者作为网络科学家和网络教育家对网络科学技术的领悟力和严谨学风。就我的认识而言，这本教科书应当是世界上最流行、最好的网络教科书！

Kurose 和 Ross 两位教授的这本计算机网络教科书的显著特点是：

1) 极负盛名的“自顶向下”网络教学法。由于计算机网络的复杂性，长期以来按分层体系结构自下而上讲授网络课程内容是一种定式。本书特别强调应用层，及早激发学生的学习热情，及早强调动手开发网络应用程序。

2) 着眼原理。当前计算机网络领域的许多基础性的重要问题和基本原理已经研究得较为清楚了，重点把握这些原理，将使学生获得长“保质期”的知识，在飞速发展的网络研究开发中保持判断力和启发创造力。

3) 以因特网为研究对象。该书以因特网体系结构的 5 层模型来组织学习过程，学以致用，为学生们的学习热情提供原动力。

4) 注重教学法。例如：

- 精心编排教学内容。面向重要的网络知识点组织教学内容，与时俱进地补充了新知识、淘汰了旧内容。
- 强化能力训练。每章内容后面都配置了 Wireshark 实验，部分章节后面还配置了课程设计内容。
- 优质的课后资料。在保证大多数学生掌握网络核心知识的同时，在课后习题和问题中为优秀学生提供了思考空间。
- 教学手段多样化。包括了许多类比、幽默和实际的例子，引人入胜的历史事件和实践原则，对网络领域声名卓著的创新家们的专访，以及网站上翔实的教学资料和实验内容。

5) 及时更新教学内容。本教科书及时引入重要的最新知识并舍弃了过时的内容。例如，第 1 章更新了接入网的论述，增加了因特网 ISP 生态系统的描述，更新了分组交换和电路交换的表述。第 2 章用 Python 替代了 Java，希望更容易为编程新手所理解。第 3 章呈现了一个简化的可靠数据传输协议，增加了用于优化云服务的 TCP 分岔内容。第 4 章更新了路由器体系结构的章节。重新组织并简化了第 5 章内容，以反映近年来局域网技术的发展变化。第 6 章反映了无线网络中的最近进展，如蜂窝数据网络和 4G 体系结构。较多地更新了第 7 章内容，深入讨论了流式视频和 CDN 等技术。

本书已经成为世界著名大学采用最为广泛的网络教科书，本书的中译本能为缓解在有限时间内学习更多的计算机网络知识（而不是英文！）这一矛盾起到重要作用。由于本书的篇幅较大，我们对使用本书进行教学的一个建议是：前 6 章内容可作为本科“计算机网

络原理”课程的教材，而后3章内容可作为硕士研究生“高级计算机网络”课程或其他相关课程的教学内容。

在本书的翻译过程中，译者得到解放军理工大学指挥信息系统学院、全军网络技术研究中心、军用网络技术实验室的领导和同志们的支持和帮助。本书的责任编辑刘立卿女士出色的专业技能和耐心细致也使本书增色。

限于时间和学识，译文错漏难免，请识者不吝赐教。请将问题发送给 [mingchenj@163.com](mailto:mingchenj@163.com)，我将及时反馈给读者。

陈鸣  
解放军理工大学，南京



欢迎阅读《计算机网络：自顶向方法》的第6版。自从本书的第1版于12年前出版以来，我们这本书已经被几百所大学和学院采用，被译为14种语言，并被世界上几十万的学生和从业人员使用。我们倾听了许多读者的意见，赞扬之声不绝于耳。

## 第6版的新颖之处

我们认为本书成功的一个重要原因是，持续地为计算机网络教学提供了一种新颖和与时俱进的方法。在第6版中我们做了改变，但也保持了我们认为（并且得到了使用本书的教师和学生的认可）本书最为重要的方面：它的自顶向下的方法，它关注因特网和计算机网络的现代处理方法，它的注重原则和实践，以及它易于理解的风格和学习计算机网络的方法。无论如何，第6版中已经进行了相当多的修订和更新：

- 配套 Web 网站进行了大大的扩展，并且丰富了 VideoNotes 和交互式练习，后面将讨论它们。
- 在第1章中，已经更新了接入网的论述，并且因为近期出现的内容提供商网络（如谷歌公司的网络），对因特网 ISP 生态系统的描述进行了相当多的改进。重新组织了分组交换和电路交换的表述，以更多地关注时下而不是历史。
- 在第2章中，用 Python 替代了 Java 来介绍套接字编程。Python 代码仍能明确地揭示套接字 API 背后的关键思想，同时也更容易为编程新手所理解。此外，与 Java 不同，Python 提供了对原始套接字的访问，使学生们能够构建各种各样的网络应用。基于 Java 的套接字编程实验已经由对应的 Python 实验所代替，并且增加了新的基于 Python 的 ICMP ping 实验。与往常一样，当材料不再在书中使用后，如基于 Java 的套接字编程材料，在本书的配套网站上仍将继续可用（参见下文说明）。
- 在第3章中，简化了一个可靠数据传输协议的表述，增加了一个有关 TCP 分岔的新“插入材料”（sidebar）<sup>⊖</sup>，TCP 分岔通常用于优化云服务的性能。
- 在第4章中，有关路由器体系结构的小节进行了很大更新，反映了该领域中的最新发展和实践。包括了几个涉及 DNS、BGP 和 OSPF 的新的综合“插入材料”。
- 第5章进行了重新组织，使之更加合理，这是因为在局域网中交换以太网的普遍存在，以及随之而来点到点场景中以太网使用的增加。此外，增加了有关数据中心网络的新的章节。
- 更新了第6章以反映无线网络中的最新进展，特别是蜂窝数据网和4G服务及体系结构。
- 第7章关注多媒体网络，该章进行了较大的修订。这一章现在包括了流式视频的深入讨论，包括了适应性流以及有关 CDN 的全新的和现代的讨论。新增加的一节描述了 Netflix、YouTube 和“看看”视频流系统。为给这些新主题让路而被删除

⊖ 这种插入的补充资料多以文本框形式插在相应正文语境中。——编辑注

的材料仍在配套网站上可供使用。

- 第 8 章现在包括有关端点鉴别的扩展讨论。
- 已经增加了涉及每章后面习题的可观新材料。与前面所有各版一样，对课后习题进行修订、增加和删除。

## 本书对象

本书适用于计算机网络的第一门课程，既可用于计算机科学系的学生，也可用于电子工程系的学生。就编程语言而言，本书仅假定学生们具有 C、C++、Java 或 Python 的编程经验（也只是在几个地方用到）。与许多入门性的其他计算机网络教科书相比，尽管本书表述更为精确，分析更为细致，然而书中很少用到高中阶段没有教过的数学概念。我们有意避免使用任何高等微积分、概率论或随机过程的概念（尽管我们为具有这种高级背景的学生们准备了某些课后习题）。因此，本书适用于本科生课程和一年级研究生课程。它对于电信业的从业人员也应当有用。

## 本书的独特之处

计算机网络这门课程极为复杂，涉及许多以错综复杂的方式彼此交织的概念、协议和技术。为了处理这种大跨度和高复杂性，许多计算机网络教科书都围绕计算机网络体系结构的“层次”来组织内容。借助于这种分层的组织结构，学生们能够透过计算机网络的复杂性看到其内部，他们在学习整个体系结构的某个部分中的独特概念和协议的同时，也能看清所有这些部分是如何整合在一起的全貌。从教学法的角度来看，我们的个人体验是这种分层的教学方法的确是非常必要的。然而，我们发现那种自底向上的传统教学方法，即从物理层到应用层逐层进行讲解的方法，对于现代计算机网络课程并非最佳的方法。

## 自顶向下方法

本书于 12 年前首次以自顶向下的方式来对待网络，这就是说从应用层开始向下一直讲到物理层。我们从老师以及学生那里得到的反馈证实了这种自顶向下方法有许多好处，并且从教学法来讲的确很好实施。首先，它特别强调应用层（它是网络中的“高增长领域”）。的确，计算机网络中的许多近期革命，都发生在应用层，其中包括 Web、对等文件共享和媒体流。及早强调应用层的方法不同于大多数其他教科书中所采取的方法，那些教科书中只有少量有关网络应用、它们的需求、应用层范式（例如客户-服务器和对等方到对等方）以及应用编程接口方面的内容。第二，我们（和使用本书的许多教师）作为教师的经验是，在课程开始后就教授网络应用的内容，是有效激励学习积极性的工具。学生们急于知道诸如电子邮件和 Web 等网络应用是如何工作的，这些都是多数学生每天都在使用的应用。一旦理解了这些应用，学生们便能够理解支持这些应用的网络服务，接下来则会仔细考虑在较低层次中可能提供和实现这些服务的各种方式。因此，及早地涉及应用程序能够激发学生们学习本书其余部分的积极性。

第三，自顶向下方法使得教师能够在教学的早期阶段介绍网络应用程序的开发。学生们不仅能够明白流行的应用程序和协议的工作原理，还能学习到创造自己的网络应用程序和应用级协议是多么容易。采用自顶向下的方法后，学生们能够及早地搞清套接字编程、

服务模型和协议的概念，这些重要概念为后续讨论的各层做了铺垫。通过提供用 Python 语言写成的套接字编程的例子，我们强调主要思想，而不会使学生们陷于复杂代码的困境。电气工程和计算机科学系的本科生理解这些代码应当不会有困难。

## 以因特网为研究目标

尽管自第 4 版起我们从书名中去掉了“Featuring the Internet”（描述因特网特色）这个短语，但这并不意味着我们不再关注因特网！的确，一切如初！而且因为因特网已经变得无所不在，我们反而认为任何网络教科书都必须非常关注因特网，因此该短语在某种程度上已经没有必要了。我们继续使用因特网的体系结构和协议为基本载体来学习基本的计算机网络概念。当然，我们也能把概念和协议放入其他网络体系结构中讲解。但是我们的关注焦点是因特网，这反映在我们围绕因特网体系结构的 5 层模型来组织材料，这 5 个层次是应用层、运输层、网络层、链路层和物理层。

聚焦因特网的另一个好处是，大多数计算机科学和电气工程的学生急切地希望学习因特网及其协议。他们知道因特网是一种革命性和破坏性的技术，正在深刻地改变着我们的世界。有了对因特网大量中肯的认识后，学生们自然而然会对学习其内部原理有了求知欲。因此，一旦用因特网作为定向焦点，教师就易于调动学生们学习基本原理的积极性了。

## 教授网络原理

本书的两个独特之处是自顶向下方法和关注因特网，这已经显现在本书的书名中。如果我们能够在副书名中加进第三个词的话，原理一词将包括在其中。网络领域已经发展得相当成熟，许多基础性的重要问题能够认识清楚。例如，在运输层，基础性问题包括建立在不可靠的网络层上的可靠通信、连接建立/拆除与握手、拥塞和流量控制以及多路复用。两个非常重要的网络层问题是，在两台路由器之间找到“好的”路径和互联大量的异构网络。在数据链路层，基础成问题是共享多路访问信道。在网络安全中，提供机密性、鉴别和报文完整性的技术都基于密码学基本理论。本书在指明基础性网络问题的同时，也会介绍解决这些问题的方法。学习这些原理的学生将获得具有长“保质期”的知识，在今天的网络标准和协议已经变得过时很长一段时间后，其中的原理将仍然重要和中肯。我们相信，用因特网将学生引入网络之门后，再强调基础性问题及其解决方案，这种两者结合的方法将使他们迅速理解几乎任何网络技术。

## Web 站点

本书配套的 Web 站点位于 [http://wps.pearsoned.com/ecs\\_kurose\\_compnetw\\_6](http://wps.pearsoned.com/ecs_kurose_compnetw_6)<sup>⊖</sup>。该站点包括：

- 交互式学习材料。本书第 6 版的一个重要的新组成部分是大大地扩充了在线和交互学习的材料。本书的配套网站现在包括视频要点（VideoNotes），即由作者制作的全书重要主题的视频呈现，以及对习题解答的简要讲解，这些习题类似于每章

⊖ 此为目前有效的网址，如果出现不可访问的情形，请联系 Service.cn@Pearson.com。——编辑注



后面的习题。我们也增加了交互式练习，该练习能够生成与每章后面所选习题类似的问题（并呈现答案）。因为学生们能够产生无数类似问题的实例（并看到解答），他们能够练习到真正掌握这些材料为止。我们已经在 Web 站点上提供了第 1~5 章的视频要点和在线习题，并且将随时间推移而继续积极地增加和更新这些材料。如在前面版本中一样，该 Web 站点包含了交互式 Java 小程序，以动画方式显示了重要的网络概念。该站点也具有交互式小测验，允许学生们检查他们对该专题内容的基本理解。教授们能够将这些交互式特色综合进他们的讲义中或将它们用作小实验。

- 附加的技术材料。由于我们在本书的每个版本中都增加了新材料，故我们不得不删去某些现有主题以保持篇幅的合理。例如，为了在本版中为新材料腾出空间，我们删除了有关 ATM 网络和用于多媒体的 RTSP 协议。出现在本书较早版本上的材料仍然是有趣的，并且能够在本书 Web 网站上找到。
- 编程作业。Web 网站也提供了一些详细的编程作业。这些编程作业包括了构建一台多线程 Web 服务器，构建一个具有 GUI 接口的电子邮件客户，发送端和接收端可靠数据传输协议的编程，分布式路由选择算法的编程，等等。
- Wireshark 实验。通过观察网络协议的动作，读者能够大大加深对它们的理解。该 Web 站点提供了一些 Wireshark 作业，使学生们能够实际观察两个协议实体之间报文的交换顺序。该 Web 站点包括了有关 HTTP、DNS、TCP、UDP、IP、ICMP、以太网、ARP、WiFi 和 SSL 的单独 Wireshark 实验，以及跟踪在获取一个 Web 网页的请求时所涉及的所有协议的 Wireshark 实验。

## 教学特色

我们每位作者都教了 20 多年的计算机网络课程，这本书凝聚了我们总共 50 多年教了几千名学生的教学经验。在此期间，我们也成为计算机网络领域活跃的研究人员。（事实上，James 和 Keith 于 1979 年在哥伦比亚大学彼此相识，共同选了由 Mischa Schwartz 执教的硕士研究生计算机网络课程。）我们认为所有这些都给了我们对于网络现状和网络未来的可能发展方向的良好观察力。无论如何，我们在组织这本书的材料时，抵御住了偏向自己所钟爱的研究项目的诱惑。如果你对我们的研究工作感兴趣的话，可以访问我们的个人 Web 网站。因此，这是一本关于现代计算机网络的书籍，即该书包含了当代协议和技术以及支撑这些协议和技术的基本原理。我们也认为学习（和讲授）网络是令人开心的事。本书中包括的幽默、使用的类比和现实世界的例子将有望使这些材料更具趣味性。

## 教师们的补充材料

我们提供了一套完整的补充材料，以帮助教师们教授这门课程。这些材料都能通过访问 Pearson 的教师资源中心（<http://www.pearsonhighered.com/irc><sup>⊖</sup>）得到。有关获取访问这些教师补充材料的信息可访问教师资源中心或向 [computing@aw.com](mailto:computing@aw.com) 发送电子邮件。

⊖ 该地址为英文版教材的服务地址，中文版教师想获取相关教辅资料，请联系 [Service.CN@Pearson.com](mailto:Service.CN@Pearson.com) 和 [www.pearsonhighered.com/educator](http://www.pearsonhighered.com/educator)。——编辑注

- PowerPoint 幻灯片。我们提供了全部 9 章的 PowerPoint 幻灯片。幻灯片根据第 6 版进行了完整的更新。这些幻灯片详细地涵盖了每章的内容。幻灯片中使用了图片和动画（而非仅是单调的文本标题），这使得这些幻灯片有趣且在视觉上有吸引力。我们向教师提供了原始的幻灯片，使得教师能够做个性化修改以满足自己的教学需要。这些幻灯片中的某些部分就是由采用本书进行教学的教师所贡献的。
- 课后习题解答。我们提供了本书中课后习题的解题手册、编程作业和 Wireshark 实验。如前所述，我们在本书的前 5 章中引入了许多新的课后作业。

## 各章间的关联性

本书的第 1 章提供了对计算机网络自包含的概述。该章介绍了许多重要的概念与术语，为本书的其余部分奠定了基础。其他所有章节都直接依赖于第 1 章的内容。在讲解完第 1 章之后，我们推荐按顺序讲解第 2 ~ 5 章的内容，这样就遵循了自顶向下的理念。这 5 章中任何一章都会用到前面各章的内容。在完成前 5 章的教学后，教师就有了相当大的灵活性。最后 4 章之间没有任何相关性，因此能够以任何顺序进行教学。然而，最后 4 章中的每一章都依赖于前 5 章中的材料。许多教师采用的教学方案是：教授前 5 章，然后讲授后 4 章之一作为点睛之笔。

## 最后的话：我们乐于听取你的意见

我们鼓励学生和教师向我们发送电子邮件，发表对本书的任何评论。对我们而言，能够听到来自全世界的教师和学生就本书前 5 版的反馈，是令人愉快的事。我们已经在本书新版中综合进这些建议中的许多条。我们也鼓励教师向我们发送新的课后习题（及其解答），这将完善当前的课后习题。我们将这些习题放在配套 Web 网站上只有教师才能访问的部分。我们也鼓励教师和学生编写新的 Java 小程序来诠释书中的概念和协议。如果你有了认为适合于本书的小程序，请将它发送给作者。如果该小程序（包括标记和术语）合适的话，我们很乐意将它放在本书的网站上，并附上该小程序作者的适当推荐。

正如谚语所说：“让那些卡片和信件到来吧！”我们郑重宣布，请大家一如既往地告诉我们有趣的 URL，指出排版错误，不赞成我们的哪些主张，告诉我们怎样做效果好，怎样做效果不好。告诉我们你认为在本书下一版中应当包括哪些内容，应当删除哪些内容。我们的电子邮件地址是 [kurose@cs.umass.edu](mailto:kurose@cs.umass.edu) 和 [ross@poly.edu](mailto:ross@poly.edu)。

## 致谢

从 1996 年我们开始撰写本书以来，许多人为我们提供了非常宝贵的帮助，在如何最好地组织和讲授网络课程方面对形成我们的思想产生了很大影响。在此，我们要对那些从本书的最早书稿到本次第 6 版帮助过我们的所有人道谢，非常感谢大家。我们还要感谢来自世界各地成千上万的读者们，包括学生、教职员和从业人员，他们给了我们对于本书以前版本的想法和评论以及对未来版本的建议。特别感谢下列这些人：

- Al Aho (哥伦比亚大学)
- Hisham Al-Mubaid (休斯敦净湖大学)
- Pratima Akkunoor (亚利桑那州立大学)
- Paul Amer (特拉华大学)
- Shamiul Azom (亚利桑那州立大学)
- Lichun Bao (加利福尼亚大学欧文分校)
- Paul Barford (威斯康星大学)
- Bobby Bhattacharjee (马里兰大学)
- Steven Bellovin (哥伦比亚大学)
- Pravin Bhagwat (Wibhu)
- Supratik Bhattacharyya (前 Sprint 公司人员)
- Ernst Biersack (Eurécom 学院)
- Shahid Bokhari (工程技术大学 Lahore 分校)
- Jean Bolot (Technicolor Research)
- Daniel Brushteyn (前宾夕法尼亚大学学生)
- Ken Calvert (肯塔基大学)
- Evandro Cantu (Santa Catarina 联邦大学)
- Jeff Case (SNMP 国际研究院)
- Jeff Chaltas (Sprint 公司)
- Vinton Cerf (Google 公司)
- Byung Kyu Choi (密歇根技术大学)
- Bram Cohen (BitTorrent 公司)
- Constantine Coutras (培斯大学)
- John Daigle (密西西比大学)
- Edmundo A. de Souza e Silva (Rio de Janeiro 联邦大学)
- Philippe Decuetos (Eurécom 学院)
- Christophe Diot (Technicolor Research)
- Prithula Dhunghel (Akamai 公司)
- Deborah Estrin (加利福尼亚大学洛杉矶分校)
- Michalis Faloutsos (加利福尼亚大学河滨分校)
- Wu-chi Feng (俄勒冈研究生院)
- Sally Floyd (ICIR, 加利福尼亚大学伯克利分校)
- Paul Francis (Max Planck 学院)
- Lixin Gao (马萨诸塞大学)
- JJ Garcia-Luna-Aceves (加利福尼亚大学圣克鲁兹分校)
- Mario Gerla (加利福尼亚大学洛杉矶分校)
- David Goodman (纽约大学理工学院)
- Yang Guo (Alcatel/Lucent 贝尔实验室)
- Tim Griffin (剑桥大学)
- Max Hailperin (Gustavus Adolphus 学院)
- Bruce Harvey (佛罗里达 A&M 大学, 佛罗里达州立大学)
- Carl Hauser (华盛顿州立大学)
- Rachelle Heller (乔治华盛顿大学)
- Phillipp Hoschka (INRIA/W3C)
- Wen Hsin (公园大学)
- Albert Huang (前宾夕法尼亚大学学生)
- Cheng Huang (微软研究院)
- Esther A. Hughes (弗吉尼亚联邦大学)
- Van Jacobson (施乐公司帕洛阿尔托研究中心)
- Pinak Jain (前纽约大学理工学院学生)
- Jobin James (加利福尼亚大学河滨分校)
- Sugih Jamin (密歇根大学)
- Shivkumar Kalyanaraman (IBM 印度研究院)
- Jussi Kangasharju (赫尔辛基大学)
- Sneha Kasera (犹他大学)
- Parviz Kermani (原在 IBM 研究院)
- Hyojin Kim (前宾夕法尼亚大学学生)
- Leonard Kleinrock (加利福尼亚大学洛杉矶分校)
- David Kotz (达特茅斯学院)
- Beshan Kulapala (亚利桑那州立大学)
- Rakesh Kumar (Bloomberg)
- Miguel A. Labrador (南佛罗里达大学)
- Simon Lam (得克萨斯大学)
- Steve Lai (俄亥俄州立大学)
- Tom LaPorta (宾夕法尼亚州立大学)
- Tim-Berners Lee (万维网研究所)
- Arnaud Legout (INRIA)
- Lee Leitner (Drexel 大学)
- Brian Levine (马萨诸塞大学)
- Chunchun Li (前纽约大学理工学院学生)
- Yong Liu (纽约大学理工学院)
- William Liang (前宾夕法尼亚大学学生)
- Willis Marti (得克萨斯 A&M 大学)



- Nick McKeown (斯坦福大学)  
 Josh McKinzie (公园大学)  
 Deep Medhi (密苏里大学堪萨斯市分校)  
 Bob Metcalfe (国际数据集团)  
 Sue Moon (KAIST)  
 Jenni Moyer (Comcast 公司)  
 Erich Nahum (IBM 研究院)  
 Christos Papadopoulos (科罗拉多州立大学)  
 Craig Partridge (BBN 技术)  
 Radia Perlman (Sun 公司)  
 Jitendra Padhye (微软研究院)  
 Vern Paxson (加利福尼亚大学伯克利分校)  
 Kevin Phillips (Sprint 公司)  
 George Polyzos (雅典经济和商业大学)  
 Sriram Rajagopalan (亚利桑那州立大学)  
 Ramachadran Ramjee (微软研究院)  
 Ken Reek (罗切斯特技术学院)  
 Martin Reisslein (亚利桑那州立大学)  
 Jennifer Rexford (普林斯顿大学)  
 Leon Reznik (罗切斯特技术学院)  
 Pablo Rodriguez (Telefonica)  
 Sumit Roy (华盛顿大学)  
 Avi Rubin (约翰斯霍普金斯大学)  
 Dan Rubenstein (哥伦比亚大学)  
 Douglas Sanane (John Jay 学院)  
 Despina Saporita (思科系统公司)  
 John Schanz (Comcast 公司)  
 Henning Schulzrinne (哥伦比亚大学)  
 Mischa Schwartz (哥伦比亚大学)  
 Ardash Sethi (特拉华大学)  
 Harish Sethu (德雷塞尔大学)
- K. Sam Shanmugan (堪萨斯大学)  
 Prashant Shenoy (马萨诸塞大学)  
 Clay Shields (乔治顿大学)  
 Subin Shrestha (宾夕法尼亚大学)  
 Bojie Shu (前纽约大学理工学院)  
 Mihail L. Sichitiu (北卡罗来纳州立大学)  
 Peter Steenkiste (卡内基 - 梅隆大学)  
 Tatsuya Suda (加利福尼亚大学欧文分校)  
 Kin Sun Tam (纽约州立大学奥尔巴尼分校)  
 Don Towsley (马萨诸塞大学)  
 David Turner (加州州立大学圣贝纳迪诺分校)  
 Nitin Vaidya (伊利诺斯大学)  
 Michele Weigle (克莱姆森大学)  
 David Wetherall (华盛顿大学)  
 Ira Winston (宾夕法尼亚大学)  
 吴迪 (中山大学)  
 Shirley Wynn (纽约大学理工学院)  
 Raj Yavatkar (Intel 公司)  
 Yechiam Yemini (哥伦比亚大学)  
 Ming Yu (纽约州立大学宾汉姆顿分校)  
 Ellen Zegura (佐治亚理工学院)  
 Honggang Zhang (Suffolk 大学)  
 Hui Zhang (卡内基 - 梅隆大学)  
 Lixia Zhang (加利福尼亚大学洛杉矶分校)  
 Meng Zhang (前纽约大学理工学院学生)  
 Shuchun Zhang (前宾夕法尼亚大学学生)  
 Xiaodong Zhang (俄亥俄州立大学)  
 ZhiLi Zhang (明尼苏达大学)  
 Phil Zimmermann (独立顾问)  
 Cliff C. Zou (中央佛罗里达大学)

我们也要感谢 Addison-Wesley 出版公司的整个团队，特别感谢 Michael Hirsch、Marilyn 和 Emma Snider，他们对本书第 6 版做出了十分杰出的工作（并且他们容忍了两位非常挑剔的作者，在作者看来是根本不可能的最后期限内完成了工作）。还要感谢两位艺术家 Janet Theurer 和 Patrice Rossi Calkin 为本书优美插图所做的工作。还要感谢 Andrea Stefanowicz 以及她在 PreMediaGlobal 的团队对本版图书的出色生产工作。最后，特别感谢 Addison-Wesley 出版公司本书的现任编辑 Michael Hirsch 和前任编辑 Susan Hartman。没有他们的有效管理、不断鼓励，以及近乎无限的耐心、幽默和坚定不移，本书将不会达到现在的水平（并且根本不会如此出色）。

# 目 录

Computer Networking: A Top-Down Approach, Sixth Edition

出版者的话	47
作译者简介	48
译者序	52
前言	53
第 1 章 计算机网络和因特网	1
1.1 什么是因特网	1
1.1.1 具体构成描述	1
1.1.2 服务描述	4
1.1.3 什么是协议	5
1.2 网络边缘	6
1.2.1 接入网	7
1.2.2 物理媒体	13
1.3 网络核心	15
1.3.1 分组交换	16
1.3.2 电路交换	19
1.3.3 网络的网络	22
1.4 分组交换网中的时延、丢包和 吞吐量	25
1.4.1 分组交换网中的时延概述	25
1.4.2 排队时延和丢包	27
1.4.3 端到端时延	29
1.4.4 计算机网络中的吞吐量	30
1.5 协议层次及其服务模型	33
1.5.1 分层的体系结构	33
1.5.2 封装	37
1.6 面对攻击的网络	38
1.7 计算机网络和因特网的历史	41
1.7.1 分组交换的发展: 1961~1972	41
1.7.2 专用网络和网络互联: 1972~1980	43
1.7.3 网络的激增: 1980~1990	43
1.7.4 因特网爆炸: 20 世纪 90 年代	44
1.7.5 最新发展	45
1.8 小结	45
课后习题和问题	47
复习题	47
习题	48
Wireshark 实验	52
人物专访	53
第 2 章 应用层	55
2.1 应用层协议原理	55
2.1.1 网络应用程序体系结构	56
2.1.2 进程通信	58
2.1.3 可供应用程序使用的运输服务	60
2.1.4 因特网提供的运输服务	62
2.1.5 应用层协议	64
2.1.6 本书涉及的网络应用	65
2.2 Web 和 HTTP	65
2.2.1 HTTP 概况	65
2.2.2 非持续连接和持续连接	67
2.2.3 HTTP 报文格式	69
2.2.4 用户与服务器的交互: cookie	72
2.2.5 Web 缓存	74
2.2.6 条件 GET 方法	76
2.3 文件传输协议: FTP	77
2.4 因特网中的电子邮件	79
2.4.1 SMTP	81
2.4.2 与 HTTP 的对比	83
2.4.3 邮件报文格式和 MIME	83
2.4.4 邮件访问协议	84
2.5 DNS: 因特网的目录服务	87
2.5.1 DNS 提供的服务	88
2.5.2 DNS 工作机理概述	89
2.5.3 DNS 记录和报文	93
2.6 P2P 应用	97
2.6.1 P2P 文件分发	98
2.6.2 分布式散列表	102
2.7 TCP 套接字编程	106
2.7.1 UDP 套接字编程	107
2.7.2 TCP 套接字编程	110
2.8 小结	114

课后习题和问题 .....	114	人物专访 .....	201
复习题 .....	114	第4章 网络层 .....	202
习题 .....	116	4.1 概述 .....	202
套接字编程作业 .....	120	4.1.1 转发和路由选择 .....	203
Wireshark 实验: HTTP .....	121	4.1.2 网络服务模型 .....	205
Wireshark 实验: DNS .....	121	4.2 虚电路和数据报网络 .....	207
人物专访 .....	122	4.2.1 虚电路网络 .....	207
第3章 运输层 .....	123	4.2.2 数据报网络 .....	209
3.1 概述和运输层服务 .....	123	4.2.3 虚电路和数据报网络的由来 .....	211
3.1.1 运输层和网络层的关系 .....	124	4.3 路由器工作原理 .....	211
3.1.2 因特网运输层概述 .....	125	4.3.1 输入端口 .....	214
3.2 多路复用与多路分解 .....	127	4.3.2 交换结构 .....	215
3.3 无连接运输: UDP .....	132	4.3.3 输出端口 .....	217
3.3.1 UDP 报文段结构 .....	135	4.3.4 何处出现排队 .....	217
3.3.2 UDP 检验和 .....	135	4.3.5 路由选择控制平面 .....	220
3.4 可靠数据传输原理 .....	136	4.4 网际协议: 因特网中的转发和编址 .....	220
3.4.1 构造可靠数据传输协议 .....	137	4.4.1 数据报格式 .....	221
3.4.2 流水线可靠数据传输协议 .....	144	4.4.2 IPv4 编址 .....	225
3.4.3 回退 $N$ 步 .....	147	4.4.3 因特网控制报文协议 .....	236
3.4.4 选择重传 .....	151	4.4.4 IPv6 .....	238
3.5 面向连接的运输: TCP .....	155	4.4.5 涉足 IP 安全性 .....	242
3.5.1 TCP 连接 .....	155	4.5 路由选择算法 .....	243
3.5.2 TCP 报文段结构 .....	157	4.5.1 链路状态路由选择算法 .....	245
3.5.3 往返时间的估计与超时 .....	160	4.5.2 距离向量路由选择算法 .....	248
3.5.4 可靠数据传输 .....	163	4.5.3 层次路由选择 .....	254
3.5.5 流量控制 .....	168	4.6 因特网中的路由选择 .....	257
3.5.6 TCP 连接管理 .....	169	4.6.1 因特网中自治系统内部的	
3.6 拥塞控制原理 .....	174	路由选择: RIP .....	257
3.6.1 拥塞原因与代价 .....	174	4.6.2 因特网中自治系统内部的	
3.6.2 拥塞控制方法 .....	178	路由选择: OSPF .....	260
3.6.3 网络辅助的拥塞控制例子:		4.6.3 自治系统间的路由选择: BGP .....	262
ATM ABR 拥塞控制 .....	179	4.7 广播和多播路由选择 .....	268
3.7 TCP 拥塞控制 .....	181	4.7.1 广播路由选择算法 .....	269
3.8 小结 .....	190	4.7.2 多播 .....	273
课后习题和问题 .....	192	4.8 小结 .....	277
复习题 .....	192	课后习题和问题 .....	278
习题 .....	193	复习题 .....	278
编程作业 .....	200	习题 .....	280
Wireshark 实验: 探究 TCP .....	200	套接字编程作业 .....	287
Wireshark 实验: 探究 UDP .....	201	编程作业 .....	287



Wireshark 实验 .....	288	第 6 章 无线网络和移动网络 .....	341
人物专访 .....	288	6.1 概述 .....	342
第 5 章 链路层：链路、接入网和 局域网 .....	289	6.2 无线链路和网络特征 .....	345
5.1 链路层概述 .....	289	6.3 WiFi；802.11 无线 LAN .....	349
5.1.1 链路层提供的服务 .....	291	6.3.1 802.11 体系结构 .....	350
5.1.2 链路层在何处实现 .....	291	6.3.2 802.11 MAC 协议 .....	353
5.2 差错检测和纠正技术 .....	292	6.3.3 IEEE 802.11 帧 .....	356
5.2.1 奇偶校验 .....	293	6.3.4 在相同的 IP 子网中的移动性 .....	358
5.2.2 检验和方法 .....	294	6.3.5 802.11 中的高级特色 .....	359
5.2.3 循环冗余检测 .....	295	6.3.6 802.11 以外的标准：蓝牙和 ZigBee .....	360
5.3 多路访问链路和协议 .....	296	6.4 蜂窝因特网接入 .....	361
5.3.1 信道划分协议 .....	298	6.4.1 蜂窝网体系结构概述 .....	362
5.3.2 随机接入协议 .....	299	6.4.2 3G 蜂窝数据网：将因特网 扩展到蜂窝用户 .....	363
5.3.3 轮流协议 .....	305	6.4.3 走向 4G：LTE .....	365
5.3.4 DOCSIS：用于电缆因特网 接入的链路层协议 .....	305	6.5 移动管理：原理 .....	366
5.4 交换局域网 .....	306	6.5.1 寻址 .....	369
5.4.1 链路层寻址和 ARP .....	307	6.5.2 路由选择到移动结点 .....	369
5.4.2 以太网 .....	312	6.6 移动 IP .....	373
5.4.3 链路层交换机 .....	317	6.7 蜂窝网中的移动性管理 .....	376
5.4.4 虚拟局域网 .....	321	6.7.1 对移动用户呼叫的路由选择 .....	377
5.5 链路虚拟化：网络作为链路层 .....	323	6.7.2 GSM 中的切换 .....	378
5.6 数据中心网络 .....	326	6.8 无线和移动性：对高层协议的 影响 .....	380
5.6.1 负载均衡 .....	327	6.9 小结 .....	382
5.6.2 等级体系结构 .....	327	课后习题和问题 .....	382
5.6.3 数据中心网络的发展趋势 .....	328	复习题 .....	382
5.7 回顾：Web 页面请求的历程 .....	329	习题 .....	383
5.7.1 准备：DHCP、UDP、IP 和 以太网 .....	330	Wireshark 实验 .....	385
5.7.2 仍在准备：DNS 和 ARP .....	331	人物专访 .....	385
5.7.3 仍在准备：域内路由选择到 DNS 服务器 .....	332	第 7 章 多媒体网络 .....	387
5.7.4 Web 客户 - 服务器交互： TCP 和 HTTP .....	332	7.1 多媒体网络应用 .....	387
5.8 小结 .....	333	7.1.1 视频的性质 .....	387
课后习题和问题 .....	335	7.1.2 音频的性质 .....	388
复习题 .....	335	7.1.3 多媒体网络应用的类型 .....	389
习题 .....	335	7.2 流式存储视频 .....	391
Wireshark 实验 .....	339	7.2.1 UDP 流 .....	392
人物专访 .....	339	7.2.2 HTTP 流 .....	392
		7.2.3 适应性流和 DASH .....	395
		7.2.4 内容分发网 .....	396