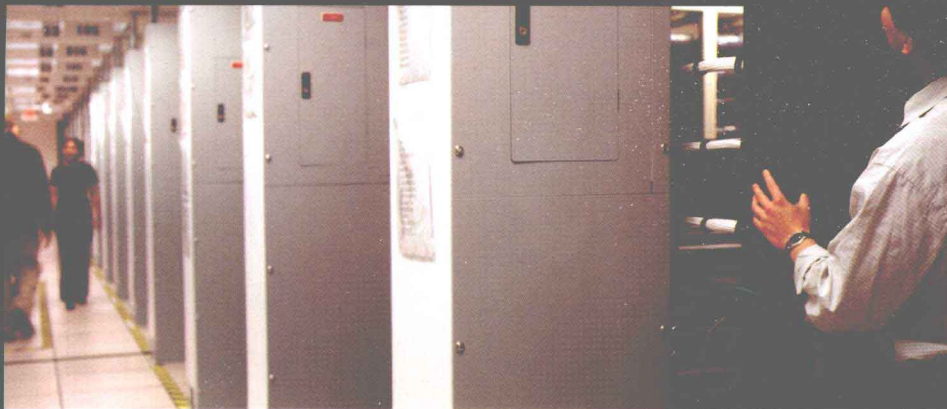




部署IPv6网络 (修订版)

Deploying IPv6 Networks

An essential, comprehensive, and practical guide to IPv6 concepts, service implementation, and interoperability in existing IPv4 environments

Ciprian Popoviciu, CCIE # 4499
〔美〕 **Eric Levy-Abegnoli** 著
Patrick Grossetete
王玲芳 张武 赵志强 李挺屹 译

ciscopress.com

部署IPv6网络（修订版）

Deploying IPv6 Networks

〔美〕 **Ciprian Popoviciu**, CCIE # 4499
Eric Levy-Abegnoli 著
Patrick Grossetete
王玲芳 张武 赵志强 李挺屹 译

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

部署IPv6网络 / (美)波波维亚 (Popoviciu, C.),
(美)阿白哥诺里 (Levy-Abegnoli, E.), (美)格罗塞梯
特 (Grossetete, P.) 著; 王玲芳等译. -- 修订本. --
北京: 人民邮电出版社, 2013. 2
ISBN 978-7-115-30793-4

I. ①部… II. ①波… ②阿… ③格… ④王… III.
①计算机网络—通信协议 IV. ①TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第007407号

版 权 声 明

Development IPv6 Networks (ISBN: 9781587052101)

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by Cisco Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 Cisco Press 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得
以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

部署 IPv6 网络 (修订版)

-
- ◆ 著 [美] Ciprian Popoviciu, CCIE #4499
Eric Levy-Abegnoli Patrick Grossetete
译 王玲芳 张 武 赵志强 李挺屹
责任编辑 傅道坤
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 34 2013 年 2 月第 2 版
字数: 753 千字 2013 年 2 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-6905 号

ISBN 978-7-115-30793-4

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

内容提要

本书旨在帮助读者理解、规划、设计和部署 IPv6 网络。全书分为两部分,第一部分介绍设计和部署 IPv6 网络时需要的技术工具,内容包括 IPv6 框架、分发 IPv6 单播服务、IPv6 路由选择协议、实施 QoS、提供 IPv6 组播服务、VPN IPv6 架构与服务、IPv6 移动性、IPv6 网络安全、管理 IPv6 网络、IPv4 和 IPv6 共存等,对所有涉及到的主题都提供了配置示例;第二部分介绍通用的部署规划,并提供了 3 个完整的案例:在 MPLS 服务提供商网络中部署 IPv6、在 IP 服务提供商网络中部署 IPv6 和在企业网中部署 IPv6。这些完整的案例可以帮助读者实践所学的知识。

本书适合设计、规划、部署和运维 IP 网络和服务的人员阅读。网络技术人员将发现本书可以带领他们从极少或根本没有 IPv6 知识到能够规划、部署和运维 IPv6 网络。研究人员、应用开发人员和 IP 设备制造商可以通过本书学习协议及未来利用 IPv6 基础设施的可能方法。

中文版序言

截至 2006 年上半年,我国网民总人数为 1.23 亿人,宽带接入网民达 7700 万。Internet 以其无所不在的优势,应用深入各个领域。今后随着宽带无线接入的发展,这种优势将会得到进一步的发挥。Internet 应用将突破目前客户机—服务器以及人一机和人—人交互为主的应用模式,进一步发展对等连接 P2P 和机—机交互的新应用。各种家电、汽车电子、射频标签 RFID、传感器和执行器都将上网,网络节点将从目前的数亿个增加到成千上万亿个。

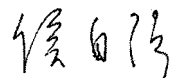
尽管目前我国的 IPv4 地址数已达到 74-391-296 个,仅次于美国和日本,位居世界第三,仍然不能满足对 IP 地址的需求。地址数目不足、服务质量 (QoS) 保证、可管理性、赢利模型和生态系统以及安全性是当前制约 Internet 发展的主要因素。

Internet 进一步发展演化主要是在保持 Internet 开发自治的前提下解决前述存在的问题。IPv6 是 Internet 向下一代演化的第一步,IPv6 除解决地址问题之外,还给出 QoS 保证、移动性 MIPv6 和强制性 IPSec 安全性解决机制。IPv6 提供了充足的 IP 地址,支持宽带无线接入和瘦客户机 P2P 网络,将实现在任意时间和地点将各种终端(包括微型传感器)接入 Internet,将 Internet 无所不在的性能发挥得淋漓尽致。

IPv6 商用化进程所面临的主要挑战是:应用与业务创新以及网络的平滑过渡。单纯依靠研究机构和企业个体能力来完成庞大的 IPv4 向 IPv6 的过渡是非常困难的。为了促进这一过渡,我国正在实施中国下一代 Internet 示范工程 (CNGI)。这将是目前世界上覆盖范围最广的 IPv6 商用网。

本书是译者继《Cisco IPv6 网络实现技术》一书之后关于 IPv6 的第二本译著。与前一本不同,本书重点讨论部署问题。不仅涉及 QoS、点播、多播、安全性、移动性和可管理性等方面,在第二部分还给出在 IP 网、MPLS 网和企业网中部署 IPv6

的案例。本书对于实施 CNGI 工程, 发展 IPv6 应用会有一定参考价值。



2006 年 11 月

关于作者

Ciprian Popoviciu, CCIE #4499, 是 Cisco 公司的一名技术负责人, 在大型 IP 网络的设计、测试和排错方面有 10 多年的经验。作为 Cisco 网络解决方案集成测试工程 (NSITE) 组织的成员, 他目前与全球范围内的服务提供商一起合作, 致力于大型 IPv6 网络部署的架构、设计和测试工作。他曾向多个出版社和 IETF 供稿。Ciprian 拥有罗马尼亚巴比波里亚大学的理学学士学位、迈阿密大学的理学硕士学位和物理博士学位。

Eric Levy-Abegnoli 是 Cisco 公司 IP 技术工程组的一名技术负责人, 是在 IOS 中开发 IPv6 的技术负责人。Eric 从 2001 年起就一直从事于 Cisco IPv6 实施的工作, 并参与了几个最大规模的 IPv6 部署项目。在加入 Cisco 之前, Eric 为 IBM 工作, 他成功领导了网络硬件部的一个开发组和 Thomas J. Watson 研究中心的一个研究组, 致力于网络和内容分发平台的研究。Eric 从法国里昂中央理工学校 (Ecole Centrale de Lyon) 获得工程师国家资格 (Diplome d'Ingenieur)。

Patrick Grossetete, Cisco 公司产品管理经理, 负责包括 IPv6 和 IP 移动性在内的一组 Cisco IOS 软件技术。他是 IPv6 论坛技术指导委员会的成员并管理 Cisco 公司在其中的参与行为。2003 年 6 月, 在 San Diego 峰会上他获得 IPv6 论坛 Internet 先锋奖 ("IPv6 Forum Internet Pioneer Award")。Patrick 在 1994 年作为一名咨询工程师加入 Cisco。加入 Cisco 之前, Patrick 作为一名咨询工程师为数字设备公司 (Digital Equipment Corporation) 工作, 并参与网络设计和部署。他从法国巴黎控制数据研究所获得计算机技术学位。

关于供稿人

Pascal Thubert 从 2000 年加入 Cisco 公司以来一直在技术中心工作。在过去的多年中，他领导了一个 IPv6 网络移动性工作组。**Pascal** 是许多 Internet 草案和 IETF 工作组文档的作者，特别在 RFC 3926 (NEMO) 中承担主要工作。他撰写了 IPv6 网络移动性的初始实现，并对路由优化的一些附加特性做了实验且在 MANET 上做了实验。这些实验中的一部分是和汽车制造商一起做的。**Pascal** 的小组和雷诺的发展前景与研究部因他们的 IPv6 e-Vehicle 项目获得 2003 年的 6 月 MURAI 奖。在加入 Cisco 之前，**Pascal** 是 IBM 的一名重要的网络架构师。

关于技术中精英

Blair Buchanan, CCIE #1427, 是加拿大渥太华 Sherwood Cameron Associates 有限公司的一名高级技术架构师和融合战略家。他有 30 多年的通信业务经验。在事业伊始, 他是过程控制应用的实时数据通信之软件开发人员。Blair 参加了 ISO 标准的开发工作, 并且是加拿大和美国几个大型企业和服务提供商业务的网络互连设计的主要人员。他目前参与了城域以太网和 IP VPN 基础设施融合业务的规划及互连网络设计工作。Blair 拥有西安大略大学计算机科学和数学专业的学士学位 (1975 年)。他于 1992 年作为一名 Cisco 讲师和 Cisco 公司产生接触, 并于 1995 年成为一名 CCIE。

Gunter Van de Velde 是 Cisco 公司高级业务组的一名高级网络咨询工程师, 自从 2001 年之初就在核心网络设计、IPv6 实施领域工作。Gunter 于 1993 年获得电子学硕士学位。毕业之后, 他最初的职业活动基于 TDM、调制解调器和第 2 层桥设备。他在 1997 年加入 Cisco 公司后, 开始时作为技术支援中心的人员提供全球应急支持, 专注于 IP 路由协议技术。1999 年, Gunter 作为一名网络咨询工程师加入高级服务组, 在该组织中他负责大型骨干 ISP 网络和服务的设计工作。

自 2001 年开始, Gunter 成为欧盟委员会资助的 6NET IPv6 项目的设计架构师, 并于同年开始参与 IETF 的工作, 在 v6ops 工作组中起草了许多草案。Gunter 是 IPv6 任务组的成员, 并经常在 IPv6 会议和重要活动中发表演讲。

Dan Williston 是渥太华 Cisco 公司的一名技术负责人。他是 Cisco 12000 系列路由器 IPv6 软件开发组的主要成员。在加入 Cisco 之前, 他作为 Passport 6400 局域网间交换的高级软件设计师和项目组领导, 为北电网络工作。在 20 世

纪 90 年代早期，他为 Norlite 技术公司工作，该公司开发基于 PC 的计算机集成电话应用程序和硬件。Dan 有 20 多年的电信和数据网络的经验，并拥有麦吉尔大学的电子工程学士学位。

献 辞

Ciprian 将此书献给 Nicole 和 Simon。

Eric 将此书献给 Marine、Julie 和 Quentin。

Patrick 将此书献给下一代Internet用户……Elisa 和 Mikael。

致 谢

本书得益于所有 Cisco 工程师的努力，他们分享我们对下一代 IP 的热情并不知劳累地实现、测试和部署该协议。这些人当中，有很多是我们需要特别感谢的，他们是：Ole Troan，感谢他对本书工作的鼓励和支持，以及他对第 3 章和第 7 章做出的贡献；Pascal Thubert，感谢他对第 8 章做出的重要贡献；Sean Convery 和 Darrin Miller，感谢他们对第 9 章内容的指点和贡献；Benoit Lourdelet，感谢他对第 11 章的贡献。我们同样要感谢下列人员的支持：Gunter Van De Velde、Jean-Marc Barozet、Faycal Hadj、Gilles Clugnac、Floris Granvarlet、Tim Gleeson、Stan Yates、Luc Revardel、Vincent Ribiere、Richard Gayraud、Francois Le Faucheur、Alun Evans、Tom Kiely、Kevin Miles、Tin Phan 和 Min Li。

还要感谢我们的技术审稿人——Dan Williston、Gunter Van de Velde 和 Blair Buchanan——感谢他们对本书全面深入的审阅以及他们提供的宝贵建议。

特别感谢我们极其优秀的编辑团队，尤其是 Grant Munroe、Raina Han 和 John Kane。

正是有了家人和朋友的支持，本书才得以顺利付梓。

前言

毫无疑问，信息技术已成为我们生活中非常重要的部分，成为人们工作、学习和娱乐的重要手段。在过去 10 年间，计算机通信的发展更加凸显了信息技术的重要性。联网的计算设备已经证明比它们单纯地累加更加有用。这一理念导致了生产力极大的提升并产生了众多的新业务，这些新业务将其范围从研究团体拓展到办公室、大公司以及到全球互联网（World Wide Web）。

由于计算机通信被人们迅速的接纳，这一前所未有的工程创新也迅速地提升了网络技术的发展（这自然要求更大的、更快的及功能丰富的基础设施）。另外，汇聚所有通信、数据、语音和视频到单一网络协议的趋势，暴露了进一步采用计算机通信业务的一种资源限制。IPv4 地址空间不能满足全球可访问 IP 设备的持续增长需求。新业务使地址保留成为没有希望的追求，使用诸如网络地址转换等机制变成阻碍进一步创新的落伍做法。

随着全球 IPv4 地址空间耗尽的日益逼近，以及随着私有地址空间被证明无法满足今天的网络需求，服务提供商、企业、IP 设备制造商、应用开发商和政府部门正期待着 IP 的演进：IPv6。可预见的地址耗尽是迁移到新的编址维度的触发器和驱动力。然而，IPv6 不仅仅是地址空间的扩展。为了解决协议、部署和运行的问题，人们做了重大努力来重新设计 IP 协议。您应该期待 IPv6 是比 IPv4 更好的一种协议。IPv6 是 IPv4 的未来，目前正在发生！

IPv6 协议及其部署即是本书的内容范围。

目标和方法

本书的最重要目标是表明 IPv6 是一种成熟技术，并为部署做好了准备。本书虽然不讨论协议的基本知识，但不熟悉 IPv6

的人在阅读本书时仍然毫无压力。只要本书在手，您将不仅理解 IPv6，而且最重要的是，您将知道如何规划、设计和部署 IPv6 服务。

无数书籍撰写并解释了 IPv4 之下众多的协议集和已知的功能。虽然 IPv6 的演进特性允许其倒查它的许多协议和功能，但是详细描述做过的所有修改和改进远不是一本书可以囊括的。另外，IPv6 迟早会成为主流并且其发展速度超过市场出现的许多参考书目。这将导致只针对部署案例的研究讨论难以有用武之地。这些考虑形成了本书所使用的方法论。

IP 基础的最重要修改，如编址架构、分组格式和第 2 层到第 3 层地址解析，本书都仔细地做了回顾。所有其他协议和功能在诸如单播、多播、VPN、QoS 和安全等服务中做了讨论。本书的目标是为读者提供理解并提供部署相应服务所需要的工具。本方法从实用的角度讲解了所涉及的知识。在本书的第二部分这种方法会进一步加强，读者会看到该方法在具体的、完整的部署案例研究中的应用。部署规划、部署成本、性能和 IPv4/IPv6 并存的主题也会在本书中讲到，进一步将讨论与实战中的部署挑战紧密关联。

所有涉及到的主题都配有配置示例，只要有用也配有调试输出。案例研究从描述现有的 IPv4 网络环境开始，然后讨论了规划和设计问题，在末尾给出了主要网络单元的配置。您能够在一个真实的基于 Cisco IOS 的网络基础设施中应用这种知识。

总之，本书的目标是：

- 从部署的角度给出相关的、高级的 IPv6 信息；
- 通过提供指导和相关资源的参考信息，帮助您规划 IPv6 部署；
- 为读者提供机会来践行在完整的案例研究中学到的知识；
- 提供部署示例，这些示例在设计 IPv6 服务时可以用作参考。

读者对象

本书对很多读者都大有裨益，尤其是以各种方式参与 IP 通信的相关人员。尽管研究人员、应用开发人员和 IP 设备制造商都能够通过本书学习 IPv6 协议，并掌控未来 IPv6 基础设施的可能方法。但是，本书主要面向那些设计、规划、部署和运维 IP 网络及服务的人员。对 IPv6 知之甚少的读者，能够通过本书，成长为可以规划、部署和运行 IPv6 网络的专业人员。

本书组织结构

虽然本书的每章能够独立地用来学习 IPv6 的某个方面，但其结构还是有一个清晰的引导主线。本书旨在以一层一层或 IP 服务跟着 IP 服务的方式构建知识，并在末尾以案例研究的方式给出一组练习。

第一部分给出设计和部署 IPv6 网络所需要的技术工具。这些知识围绕 IP 服务进行分组，

与每章一一对应。本部分首先讲解单播连通性，它也是任何网络的基础，随后讲解 QoS、多播、VPN、IP 移动性、安全和网络管理。本书第二部分以部署规划的讨论开始，包括 3 个完整的案例研究，这 3 个案例对应于 3 种不同环境：基于 MPLS 的服务提供商、基于 IP 的服务提供商和企业。

第 1 章到第 15 章涵盖下列主题。

第一部分

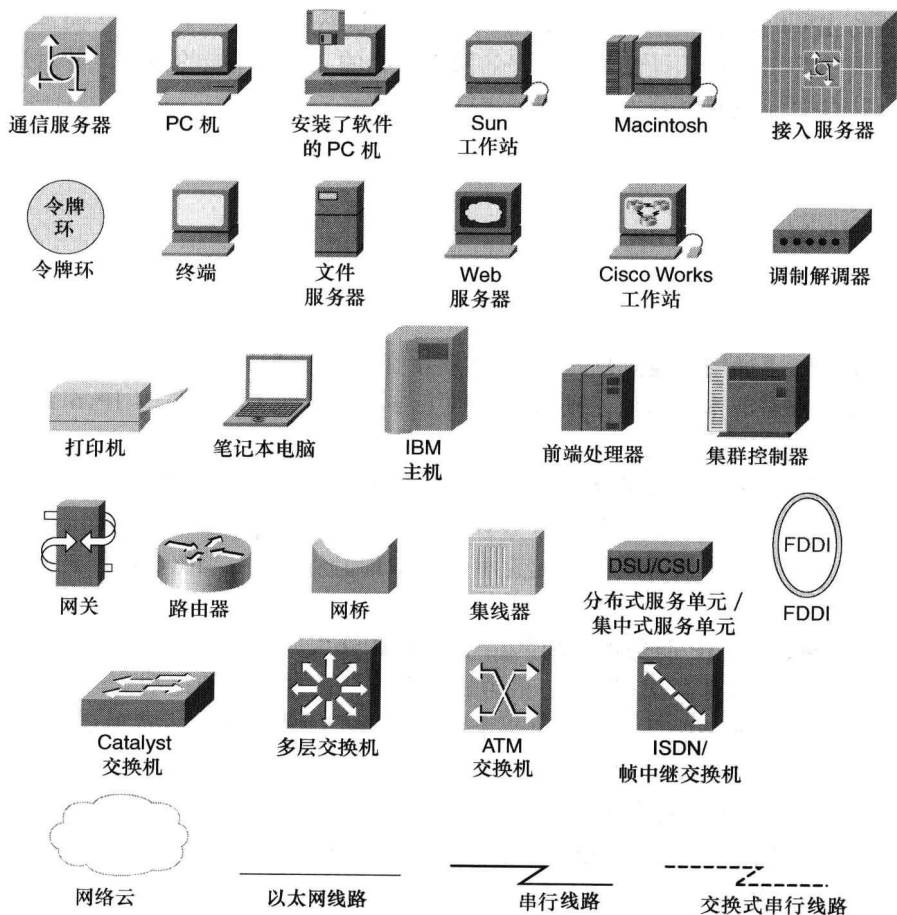
- **第 1 章，“IPv6 框架——一种新视角”**，本章从技术角度讲解了 IPv6 框架。本章总结了 IPv4 与 IPv6 之间的区别，并在讲解 IP 两个版本平行共存的过程中，回顾了人们和管理现有网络中遇到的主要概念和挑战。因此，本章为后续章节讨论 IPv6 提供了一个框架。
- **第 2 章，“重温 IPv6”**，本章讨论了 IPv6 的基础知识以及相较于 IPv4 有重大修改的某些知识点。本章包括新的编址结构、新的头部格式和结构、ICMP 的增强功能及第 2 层地址解析机制。这些是理解任何 IPv6 相关主题的基本概念。出于这个原因，本章给出详细说明。
- **第 3 章，“分发 IPv6 单播服务”**，本章讨论建立单播 IPv6 连接的必要元素，单播连接是所有其他 IPv6 服务的基础。本章涵盖了网络的接入、边缘和核心部分的相关协议，讨论了从 IPv4 迁移到 IPv6 的机制，同时给出了在现有的 IPv4 基础设施上承载 IPv6 部署时要遵循的建议。
- **第 4 章，“IPv6 路由选择协议”**，本章讲解了 IPv6 中可用的路由选择协议。本章将这些协议的实现、运行与对应的 IPv4 协议进行了对比。
- **第 5 章，“实施 QoS”**，本章从 IPv6 的角度讲解了在基于 IP 和基于 MPLS 的网络中实施 QoS 的相关概念。本章也讨论与 IPv4 和 IPv6 共存相关的部署考虑。
- **第 6 章，“提供 IPv6 多播服务”**，本章讲解了 IP 多播概念和协议。本章同时对比了 IPv4 和 IPv6 的功能，解释了 IPv6 中可用的新机制，并提供了能够呈现各种部署选项的示例，同时还讨论了与各种迁移机制有关的多播部署。
- **第 7 章，“VPN IPv6 架构和服务”**，本章讲述了 IPv6 网络中部署 VPN 服务的主题。本章首先回顾了 VPN 相关的概念和部署模型，然后在末尾给出了几个带有相关配置信息的拓扑示例。
- **第 8 章，“高级服务——IPv6 移动性”**，本章讲述了 IP 移动性的概念及其在 IPv6 中的实现。本章讨论了所做的改进、剩余的开放问题，以及将协议应用到新服务的各种示例。

- **第 9 章，“安全的 IPv6 网络”**，本章首先分析 IPv6 面对的安全威胁，包括新协议独有的安全威胁以及和 IPv4 相同的安全威胁。这种双重观点非常重要，原因是两种协议的共存将会给支持 IPv6 网络带来新的攻击方式。本章也给出了保障 IPv6 网络安全的工具和最佳做法。
- **第 10 章，“管理 IPv6 网络”**，本章讨论管理 IPv6 网络时面临的挑战；一些挑战源于协议本身，而另外一些源于工具的可用性。本章讲解了如今可以使用的应用和管理系统，以运维 IPv6 基础设施和服务。
- **第 11 章，“网络性能考虑：IPv4 和 IPv6 共存”**，由于 IPv6 服务会对现有并且产生收益的 IPv4 服务和基础设施产生影响，人们自然会对此产生关注，而本章会提供与之相关的答案。本章提供了如何评估网络单元的 IPv6 性能的指导，并对这两种协议因为共存而导致的资源争用的领域进行了讲解。

第二部分

- **第 12 章，“通用部署规划指南”**，本章旨在帮助读者规划 IPv6 服务的部署。本章提供了评估部署成本的指南，同时也提供了与部署规划（比如获得 IPv6 地址空间）相关的参考资源。本章还讨论了教育和培训的重要方面。
- **第 13 章，“在 MPLS 服务提供商网络中部署 IPv6”**，本章讲解了在一个 MPLS 服务提供商网络中规划、设计和部署 IPv6 的方式。本章先后讨论了 Internet 接入和 VPN 服务，并为每一个服务提供了配置示例。本章最后讲解了 IPv6 网络的排错示例和所支持的服务。
- **第 14 章，“在 IP 服务提供商网络中部署 IPv6”**，本章讲解了在一个 IP 服务提供商网络中规划、设计和部署 IPv6 的方式。所涉及的基础设施是端到端的双协议栈。本章先后讨论了各种服务，并为每一个服务提供了配置示例。本章最后讲解了 IPv6 网络的排错示例和所支持服务。
- **第 15 章，“在企业网络中部署 IPv6”**，本章首先讲解了企业在网络和主机等级评估 IPv6 的步骤，然后展示了一些解决特定商务需求的服务开发，并给出了 IPv6 服务的规划、设计和部署示例。本章最后讲解了网络排错其未来的演进。

本书中用到的图标



命令语法约定

本书命令语法遵循的惯例与 IOS 命令手册使用的惯例相同。命令手册对这些惯例的描述如下。