H3C网络学院系列教程

H3C

路由交换技术

第4卷

杭州华三通信技术有限公司　编著

清华大学出版社

H3C 网络学院系列教程

路由交换技术

第 4 卷

杭州华三通信技术有限公司　编著

清 华 大 学 出 版 社
北　京

内 容 简 介

本书详细讲解建设大规模网络所需的安全和优化技术，包括广域网体系结构、宽带接入技术、传统 VPN 技术、安全 VPN 技术、BGP/MPLS VPN、增强网络安全的技术、VoIP、服务质量及开放应用体系架构等。本书的最大特点是理论与实践紧密结合，依托 H3C 路由器和交换机等网络设备精心设计的大量实验，有助于读者迅速、全面地掌握相关的知识和技能。

本书是为网络技术领域的深入学习者编写的。对于大中专院校在校学生，本书是深入探索计算机网络技术领域的好教材；对于专业技术人员，本书是掌握计算机网络工程技术的好向导；对于普通网络技术爱好者，本书也不失为学习和了解网络技术的优秀参考书。

图书在版编目（CIP）数据

路由交换技术. 第 4 卷/杭州华三通信技术有限公司编著. —北京：清华大学出版社，2012.5
（H3C 网络学院系列教程）
ISBN 978-7-302-28018-7

Ⅰ. ①路…　Ⅱ. ①杭…　Ⅲ. ①计算机网络－路由选择－高等学校－教材 ②计算机网络－信息交换机－高等学校－教材　Ⅳ. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 020628 号

责任编辑：刘　青
封面设计：傅瑞学
责任校对：刘　静
责任印制：王静怡

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编**：100084
社 总 机：010-62770175　　**邮　　购**：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质量反馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：清华大学印刷厂
装 订 者：北京市密云县京文制本装订厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　张**：31.5　　**字　　数**：797 千字
版　　次：2012 年 5 月第 1 版　　**印　　次**：2012 年 5 月第1 次印刷
印　　数：1～4000
定　　价：80.00 元

产品编号：043792-01

认证培训开发委员会

顾　问　江梅坤　曹向英
主　任　李　林
副主任　刘　宇　尤学军　朱国平

路由交换编委会

赵治东　张东亮　彭天付　田海荣
张　荣　李　渊　赵　亮

本书编审人员

主　　编　赵治东　田海荣　陈　喆
技术评审　赵治东

出版说明

PUBLICATION ELUCIDATION

伴随着互联网上各种业务的快速发展，作为信息化技术一个分支的网络技术已经与人们的日常生活密不可分，在越来越多的人依托网络进行沟通的同时，网络本身也演变成了服务、需求的创造和消费平台，这种新的平台逐渐创造了一种新的生产力，一股新的力量。

如同人类民族之间语言的多样性一样，最初的计算机网络通信技术也呈现多样化发展。不过伴随着互联网应用的成功，IP 作为新的力量逐渐消除了这种多样性趋势。在大量开放式、自由的创新和讨论中，基于 IP 的网络通信技术被积累完善起来；在业务易于实现、易于扩展、灵活方便的选择中，IP 标准逐渐成为唯一的选择。

杭州华三通信技术有限公司（H3C）作为国际领先的 IP 网络技术解决方案提供商，立足中国，一直致力于 IP 技术的推广。面对大量从海外技术资料翻译而来的各类技术资料所难免存在的问题，作为技术标准参与制定者的华三公司深感自身责任的重大。早在 2003 年，华三公司的前身——华为 3Com 公司就创办了华为 3Com 网络学院，也就是今天的 H3C 网络学院。由于 H3C 培训课程受到广泛欢迎，许多学校、机构及合作伙伴也多次表达了对华三公司正式出版技术教材的期望，2004 年 10 月，华三公司出版了自己的第一本网络学院教材，开创了华三公司网络学院教材正式出版的先河，极大地推动了 IP 技术在网络技术业界的普及。作为 H3C 网络学院的核心教材，H3C 网络学院路由交换技术系列教程的陆续出版必将继续促进网络技术教育培训的快速发展。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程把握技术发展潮流，依托 H3C IToIP 解决方案，充分考虑了当今和未来一定时期内各类企业和组织 IT 系统对网络技术的需求，提出了全新的课程架构和内容编排。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程的内容安排更加丰富、全面、系统，逻辑更顺畅，线索更清晰，讲解更细致，图示更易懂。这套教程不仅可以帮助读者获得 H3CNE/H3CSE 证书，而且可以让读者获得作为一名专业网络技术人员所需的知识和技能，从而能够从事大中型网络的设计、配置、维护等工作。

作为业界厂商推出的教程，H3C 网络学院路由交换技术系列教程在细致阐述网络技术理论的前提下，更注重于网络技术的实际应用，纳入了大量翔实而细致的实验案例。华三公司希望通过这种形式探索出一条不同于传统理论教学的“理论与实践相结合”的教育方法，顺应国家提倡的“学以致用、工学结合”的教育方向，培养更多的实用型网络工程技术人员。

后续，华三公司还将组织业界专家陆续推出一系列中文技术教程。希望在 IP 技术领域，这一系列教程能成为一股新的力量，回馈广大网络技术爱好者，为推进中国 IP 技术发展尽绵薄之力，同时也希望读者给我们提出宝贵的意见。

H3C 客户服务热线 400-810-0504

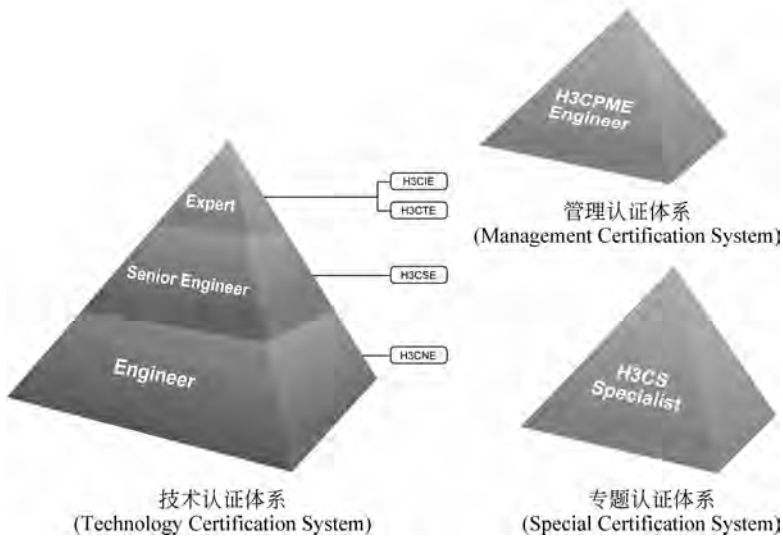
H3C 客户服务邮箱 service@ h3c. com

杭州华三通信技术有限公司全球技术服务部
认证培训开发委员会路由交换编委会
2011 年 8 月

H3C认证简介

H3C 认证培训体系是中国第一家建立国际规范的完整的网络技术认证体系，H3C 认证是中国第一个走向国际市场的 IT 厂商认证。H3C 致力于行业的长期增长，通过培训实现知识转移，着力培养高业绩的缔造者。目前在全球拥有 30 余家授权培训中心和 280 余家网络学院。截至 2011 年年底，已有 40 多个国家和地区的 16 万余人次接受过培训，逾 9 万人次获得认证证书。

按照技术应用场合的不同，同时充分考虑客户不同层次的需求，H3C 公司为客户提供了从网络助理工程师到网络专家的三级技术认证体系、突出专业技术特色的专题认证体系和管理认证体系，构成了全方位的网络技术认证体系。



要全面了解 H3C 认证培训相关信息，请访问 H3C 网站培训认证栏目（http://www.h3c.com.cn/Training/ ）。要了解 H3C 认证培训最新动态，请关注 H3C 培训认证官方微博（http://weibo.com/pxrzh3c）。

H3C 认证将秉承“专业务实，学以致用”的理念，与各行各业建立更紧密的合作关系，认真研究各类客户不同层次的需求，不断完善认证体系，提升认证的含金量，使 H3C 认证能有效证明学员所具备的网络技术知识和实践技能，帮助学员在竞争激烈的职业生涯中保持强有力的竞争实力。

FOREWORD

前 言

随着互联网技术的广泛普及和应用，通信及电子信息产业在全球迅猛发展起来，从而也带来了网络技术人才需求量的不断增加，网络技术教育和人才培养成为高等院校一项重要的战略任务。

H3C 网络学院（HNC）主要面向高校在校学生开展网络技术培训，培训使用 H3C 网络学院系列培训教程。H3C 网络学院培训教程根据技术方向和课时分为多卷，高度强调实用性和提高学生动手操作的能力。

H3C 网络学院路由交换技术第 4 卷教程在 H3CSE-Routing&Switching 认证培训课程内容基础上进行了丰富和加强，内容覆盖面广，讲解由浅入深，包括大量与实践相关的内容，学员学习后可具备 H3CSE-Routing&Switching 的备考能力。

本书适合以下几类读者。

- 大中专院校在校生：本书既可作为 H3C 网络学院的教科书，也可作为计算机通信相关专业学生的参考书。
- 公司职员：本书能够用于公司进行网络技术的培训，帮助员工理解和熟悉各类网络应用，提升工作效率。
- 网络技术爱好者：本书可以作为所有对网络技术感兴趣的爱好者学习网络技术的自学书籍。

H3C 网络学院路由交换技术第 4 卷内容涵盖当前为多业务网络提供安全优化的网络服务所使用的主流技术，不但重视理论讲解，而且精心设计了相关实验，充分凸显了 H3C 网络学院教程的特点——专业务实、学以致用。通过对本书的学习，学员将能理解大规模、高性能、复杂多业务网络的主要需求和常用技术，掌握如何运用这些技术设计和构建可靠、安全、优化的复杂多业务网络。本课程经过精心设计，结构合理，重点突出，图文并茂，有利于学员快速完成全部内容的学习。

依托 H3C 强大的研发和生产能力，本书涉及的技术都有其对应的产品支撑，能够帮助学员更好地理解和掌握知识与技能。本书技术内容都遵循国际标准，从而保证良好的开放性和兼容性。

H3C 网络学院路由交换技术第 4 卷包括 9 篇共 32 章，并附 9 个课程实验。各章及附录内容简介如下。

第 1 篇　安全优化的广域网络概述

本篇共 1 章，主要概述安全优化的广域网络所涉及的主要技术。

第 2 篇 宽带接入技术

本篇共5 章,首先介绍宽带接入技术的基本概念;然后介绍 PPPoE 基本原理及配置,PON 特别是 EPON 技术的关键技术及配置,同时,简要介绍 EPCN 技术;最后介绍 ADSL 及 ADSL2/2 +技术。

第 3 篇 传统 VPN 技术

本篇共3 章,首先概述 VPN 的基本概念;随后分别讲解 GRE 和 L2TP 两种 VPN 的数据封装格式、数据封装及解封装流程;最后介绍两种 VPN 的主要配置方法,并给出了常见故障的排查方法。

第 4 篇 安全 VPN 技术

本篇共 5 章,首先介绍数据安全涉及的包括加解密、完整性、PKI 等基本概念;然后讲解 IPSec VPN 和 SSL VPN 的体系结构及工作原理、IPSec VPN 的配置方法;最后介绍 IPSec 相关的高级应用。

第 5 篇 BGP/MPLS VPN

本篇共4 章,首先介绍 MPLS 的概念、标签及标签分发等技术;然后重点讲解 BGP/ MPLS VPN 私网路由及私网标签的传递中涉及的多 VRF 和 MP-BGP 技术,并详细讲解 BGP/ MPLS VPN 数据转发流程,BGP/ MPLS VPN 的配置和故障排除;最后介绍 BGP/ MPLS VPN 的相关扩展技术。

第 6 篇 增强网络安全性

本篇共5 章,介绍网络威胁来源、构建安全网络的关注点及构建安全网络所涉及的主要技术及管理手段。其余内容包括业务隔离、访问控制、认证与授权、攻击防范及病毒防范、事件审计、安全制度管理及设计等。

第 7 篇 VoIP

本篇共2 章,首先介绍普通模拟电话和数字电话系统基本工作原理;然后讲解 VoIP 系统组成及基本呼叫流程;最后介绍 H.323 和 SIP 两种主要的 VoIP 信令的工作原理及配置方法。

第 8 篇 服务质量

本篇共6 章,首先介绍 QoS 基本概念及主要的 QoS 服务模型;然后讲解 DiffServ 服务模型流量监管、拥塞管理、拥塞避免等技术原理及配置方法;最后讲解 IP 头压缩、PPP 载荷压缩、LFI 等链路有效性增强技术及配置方法。

第 9 篇 开放应用体系架构

本篇共1 章,首先介绍传统体系结构网络设备所面临的挑战和开放应用体系架构的优越性;然后深入介绍开放应用体系架构主要包括的组件及其之间的关系,详细讲解开放应用体系架构 4 种工作模式及主要的适用场景;最后介绍联动及管理的概念及实现方式。本篇同时概述开放应用体系架构的典型案例。

附录 课程实验

实验 1 配置 GRE VPN
实验 2 配置 L2TP VPN
实验 3 IPSec VPN 基本配置
实验 4 配置 IPSec 保护传统 VPN 数据
实验 5 BGP/ MPLS VPN 基础
实验 6 VoIP 基本配置
实验 7 配置流量监管

实验8　配置拥塞管理

实验9　配置链路有效性增强机制

为启发读者思考，加强学习效果，本书所附实验均为任务式实验。H3C 授权的网络学院教师可以从 H3C 网站上下载实验的教师参考资料，其中包含了所有实验内容的具体答案。

各型设备和各版本软件的命令、操作、信息输出等均可能有所差别。本书选用 H3C MSR30-20/20-20（Comware V5.20-R1718P13-Standard）路由器作为主要的教学和实验设备。书中有极少量教学内容和实验涉及交换机，选取 S3610（Comware V5.20-R5309）或 S3600V2（Comware V5.20-R2101）交换机均可。若读者采用的设备型号、软件版本等与本书不同，可参考所用设备和版本的相关手册。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中错漏之处在所难免，欢迎读者批评指正。来函可发到本书主编处（E-mail：zhaozhidong@h3c.com）。

H3C 培训中心

2012 年 2 月

书中的常用图标说明

CONTENTS

目 录

第1篇 安全优化的广域网络概述

第2篇 宽带接入技术

第 3 篇 传统 VPN 技术

第 4 篇 安全 VPN 技术