H3C

H3C 网络学院系列教程

H3C 认证培训指定教材

H3C Comware V7 网络操作系统

路由交换技术

详解与实践 第4卷

新华三大学 / 编著

清華大學出版社

H3C 网络学院系列教程

路由交换技术

详解与实践 第4卷

新华三大学 / 编著

清華大學出版社
北京

内 容 简 介

H3C 网络学院系列教程《路由交换技术详解与实践　第 4 卷》教材详细讨论了建设大规模网络所需的安全和优化技术，包括安全优化的广域网络概述、宽带接入技术、传统 VPN 技术、安全 VPN 技术、BGP/MPLS VPN、增强网络安全性、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籍。

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术详解与实践. 第 4 卷/新华三大学编著. —北京：清华大学出版社，2018
(H3C 网络学院系列教程)
ISBN 978-7-302-50515-0

Ⅰ. ①路…　Ⅱ. ①新…　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(2018)第 138930 号

责任编辑：田在儒
封面设计：王跃宇
责任校对：赵琳爽
责任印制：刘海龙

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 装 者：北京泽宇印刷有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　印　　张：29.75　　字　　数：779 千字
版　　次：2018 年 7 月第 1 版　　印　　次：2018 年 7 月第1 次印刷
定　　价：79.00 元

产品编号：078671-01

新华三大学培训开发委员会

顾　问　于英涛　尤学军　黄智辉

主　任　李　涛

副主任　李劲松　陈　喆　邹双根　解麟猛

认证培训编委会

陈　喆　曲文娟　张东亮　赵国卫　刘小嘉　陈永波

朱嗣子　酉海华　孙　玥

本书编审人员

主　　编　张东亮

参编人员　金　山　翟运波　王继尧　纪合宝

马文斌　张智奇

版 权 声 明

H3C 网络学院系列教程

路由交换技术详解与实践 第 4 卷

新华三大学 编著

2018 年 7 月印刷

出版说明

PUBLICATION ELUCIDATION

伴随着时代的快速发展，IT 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，IT 技术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和一股新的力量。

新华三是全球领先的新 IT 解决方案领导者，致力于新 IT 解决方案和产品的研发、生产、咨询、销售及服务，拥有 H3C® 品牌的全系列服务器、存储、网络、安全、超融合系统和 IT 管理系统等产品，能够提供包括大互联、大安全、云计算、大数据和 IT 咨询服务在内的一站式、全方位 IT 解决方案。同时，新华三也是 HPE® 品牌的服务器、存储和技术服务的中国独家提供商。

以技术创新为核心引擎，新华三 50%的员工为研发人员，专利申请总量超过 7200 件，其中 90%以上是发明专利。2016 年新华三申请专利超过 800 件，平均每个工作日超过 3 件。

2004 年 10 月，新华三的前身——杭州华三通信技术有限公司（简称华三）出版了自己的第一本网络学院教材，开创了业界相关培训教材正式出版的先河，极大地推动了 IT 技术在业界的普及；在后续的几年间，华三陆续出版了《路由交换技术　第 1 卷》《路由交换技术　第 2 卷》《路由交换技术　第 3 卷》《路由交换技术　第 4 卷》等网络学院教材系列书籍，以及《H3C 以太网交换机典型配置指导》《H3C 路由器典型配置指导》《根叔的云图——网络故障大排查》等网络学院参考书系列书籍。

作为 H3C 网络学院技术和认证的继承者，新华三会适时推出新的 H3C 网络学院系列教程，以继续回馈广大 IT 技术爱好者。《路由交换技术详解与实践　第 4 卷》是新华三所推出 H3C 网络学院系列教程的新版本。

相较于以前的 H3C 网络学院系列教程，本次新华三对教材进行了内容更新，以更加贴近业界潮流和技术趋势；另外，本书中的所有实验、案例都可以在新华三所开发的功能强大的图形化全真网络设备模拟软件（HCL）上配置和实践。

新华三希望通过这种形式，探索出一条理论和实践相结合的教育方法，以顺应国家提倡的“学以致用、工学结合”教育方向，培养更多实用型的 IT 技术人员。

希望在 IT 技术领域，这一系列教材能成为一股新的力量，回馈广大 IT 技术爱好者，为推进中国 IT 技术发展尽绵薄之力，同时也希望读者对我们提出宝贵的意见。

新华三大学

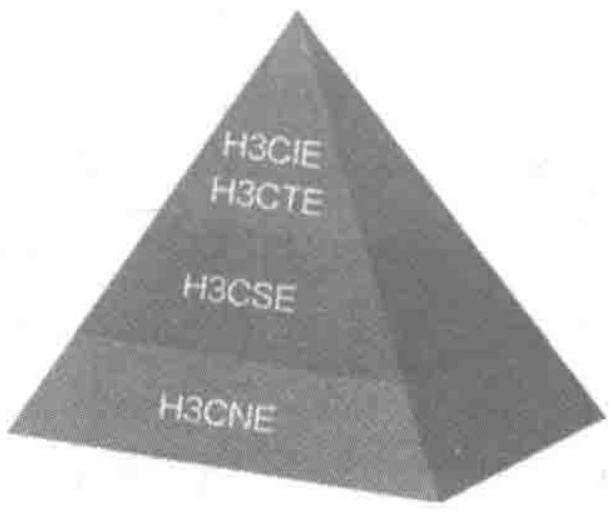
培训开发委员会认证培训编委会

2018 年 1 月

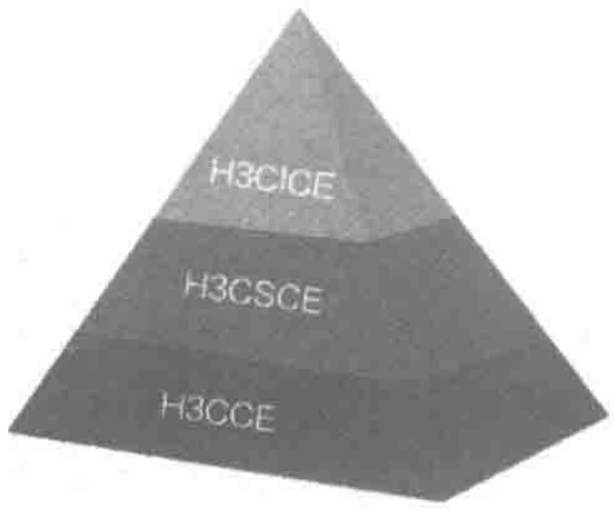
H3C认证简介

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。新华三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21家授权培训中心和450余家网络学院。截至2016年年底，已有40多个国家和地区的25万人接受过培训，13万人获得各类认证证书。H3C认证将秉承“专业务实，学以致用”的理念，快速响应客户需求的变化，提供丰富的标准化培训认证方案及定制化培训解决方案，帮助你实现梦想、制胜未来。

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，新华三为客户提供了从网络助理工程师到网络专家的四级网络认证体系和应运而生的云计算认证体系。



网络认证体系



云计算认证体系

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认证能有效证明你所具备的网络技术知识和实践技能，帮助你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 网络学院的《路由交换技术详解与实践》第 2、3、4 卷教材在 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知识，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：本书可以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《路由交换技术详解与实践　第 4 卷》教材详细讨论了建设大规模网络所需的安全和优化技术，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。本书经过精心设计，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。

依托新华三集团强大的研发和生产能力，教材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。教材技术内容都遵循国际标准，从而保证了良好的开放性和兼容性。

H3C 网络学院《路由交换技术详解与实践　第 4 卷》教材包括 8 篇共 30 章，并附 7 个实验。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，主要概述了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，首先介绍了宽带接入技术的基本概念，其次介绍了 PPPoE 基本原理及配置，PON 特别是 EPON 技术的关键原理及配置，同时，简要介绍了 EPCN 技术。最后介绍了 ADSL 及 ADSL2 /2 + 技术。

第 3 篇 传统 VPN 技术

本篇共 3 章，首先概述了 VPN 的基本概念，其次分别讲解了 GRE 和 L2TP 两种 VPN 的数据封装格式、数据封装及解封装流程，最后介绍了两种 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，首先介绍了数据安全涉及的包括加解密、完整性、PKI 等基本概念；其次讲解了 IPSec VPN 和 SSL VPN 体系结构及工作原理，IPSec VPN 的配置方法；最后介绍了 IPSec 相关的高级应用。

第 5 篇 BGP/MPLS VPN 技术

本篇共 4 章，首先介绍了 MPLS 的概念，标签及标签分发等技术；其次重点讲解了 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，并详细讲解了 BGP/MPLS VPN 数据转发流程，BGP/MPLS VPN 的配置和故障排除；最后介绍了 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，介绍了网络威胁来源及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。内容包括业务隔离、访问控制、认证授权、攻击防范及防病毒、事件审计、安全制度管理及设计等。

第 7 篇 服务质量

本篇共 6 章，首先介绍了 QoS 基本概念及主要的 QoS 服务模型，其次讲解了 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，最后讲解了 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 8 篇 开放应用体系架构

本篇共 1 章，首先介绍了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，其次深入介绍了开放应用体系架构主要包括的组件及其之间的关系，再次详细讲解了开放应用体系架构四种工作模式及主要的适用场景，最后介绍了联动和管理的概念及实现方式。本篇同时概述了开放应用体系架构的典型案例。

附录实验

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 配置流量监管
实验 7 配置拥塞管理

为启发读者思考，加强学习效果，本书所附实验为任务式实验。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，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。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。

新华三大学
培训开发委员会认证培训编委会

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