



CISCO NETWORKING ACADEMY PROGRAM

ciscopress.com



思科网络技术学院教程 CCNP 3 多层交换 (第二版)

Cisco Networking Academy Program

CCNP 3: Multilayer Switching

Companion Guide

Second Edition

The only authorized textbook for the
Cisco Networking Academy Program

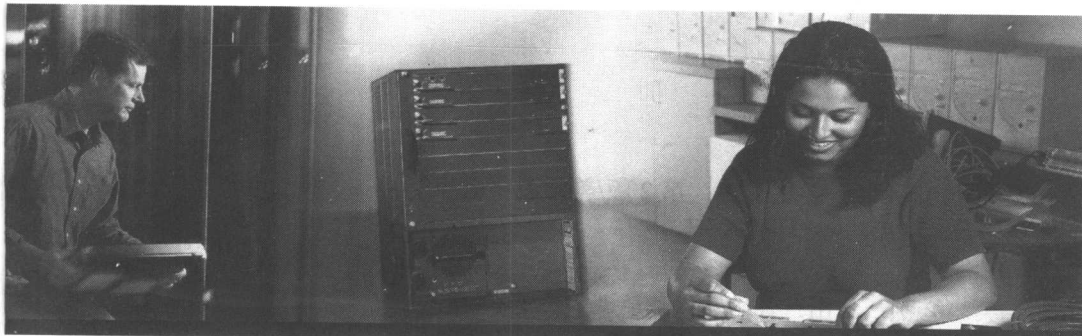
Cisco Systems 公司

[美] Cisco Networking Academy Program 著

Wayne Lewis, Ph. D.

颜凯 杨宁 向渝 李育强 译

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



思科网络技术学院教程

CCNP 3 多层交换（第二版）

Cisco Systems 公司

[美] Cisco Networking Academy Program 著

Wayne Lewis, Ph.D.

颜凯 杨宁 向渝 李育强 译

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

思科网络技术学院教程. CCNP3. 多层交换: 第2版/美国思科公司著; 颜凯等译. —北京: 人民邮电出版社, 2006.1

ISBN 7-115-14047-2

I. 思... II. ①美...②颜... III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 108358 号

版权声明

Cisco Systems, Inc Cisco Networking Academy Program Wayne Lewis: Cisco Networking Academy Program
CCNP 3: Multilayer Switching Companion Guide Second Edition (ISBN 1-58713-143-9) Cisco Networking
Academy Program CCNP 3: Multilayer Switching Lab Companion Second Edition (ISBN 1-58713-144-7)

Copyright ©2005 by Cisco Systems, Inc.

All rights reserved.

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

版权所有, 侵权必究。

思科网络技术学院教程 CCNP 3 多层交换 (第二版)

-
- ◆ 著 Cisco Systems 公司
[美] Cisco Networking Academy Program
Wayne Lewis, Ph.D.
 - 译 颜 凯 杨 宁 向 渝 李育强
责任编辑 陈 昇
 - ◆ 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 电子函件 ciscobooks@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 50
字数: 1 268 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2004-4006 号

ISBN 7-115-14047-2/TP · 4995

定价: 98.00 元

读者服务热线: (010) 67132705 印装质量热线: (010) 67129223

内容提要

本书的目标是教授你高级交换的各方面知识。全书共分为 10 章和 5 个附录，分别介绍园区网络和设计模型、VLAN 和 VTP、生成树协议 (STP)、VLAN 间路由选择、多层交换、冗余、Cisco AVVID、服务质量、监控和安全、透明 LAN 服务。书后附录中给出了复习题答案、吉比特以太网和 10 吉比特以太网标准和操作、使用 Catalyst 操作系统、关键术语表以及所有的动手实验。

本书是思科网络技术学院第七学期课程的官方指定教材，对于负责操作企业 Cisco 路由器的网络管理员是十分有用的。此外，它对于任何有兴趣学习高级交换概念并通过组建 Cisco 多层交换网络考试 (BCMSN 642-811) 的人也十分有价值。

序 言

Internet 为全球的公司和个人提供了巨大的全新机会。公司和其他组织机构在健壮的网络能力中的投资看到了生产力显著增长。一些研究显示了它对整个经济中生产力的发展发挥了明显的作用。增强效率、收益和生活标准的许诺是真实且不断成长的。

这种生产力的获得不是简单地购买网络设备就能达到的，需要熟练的专业人员来规划、设计、安装、部署、配置、操作、维护和故障排除现今的网络。网络管理者必须保证已经为网络安全和继续运行做好了计划。他们需要为组织机构中必需的性能进行设计。他们必须为其组织机构的需要以及对网络的依赖不断实施新的网络能力。

为了满足互联网社区的许多教育需求，Cisco 建立了思科网络技术学院项目。网络技术学院是一个为学生提供在全球经济环境下所必需的 Internet 技术技能的全面的学习项目。网络技术学院集合了面对面教学、基于 Web 的内容、在线评估、学生成绩跟踪、动手实验、教师培训和支持，以及备考工业标准认证等方面。

网络技术学院不断促进学与教的过程。基于 Internet 的评估和教师支持系统是最广泛而有效的系统，包括一个针对网络技术学院教师的 24/7 用户服务系统。通过社区反馈和电子评估，网络技术学院通过调整课程来改善结果和学生成绩。网络技术学院设计的 Cisco 全球学习网络基础结构为全世界的学生提供了一个丰富的、交互式且人性化的课程体系。Internet 有能力改变人们的工作、生活、娱乐和学习的方式，而思科网络技术学院项目则位于这种转变的最前沿。

这本 Cisco Press 的教程是思科网络技术学院项目的一系列畅销参考书之一。由 Cisco 全球教育部门] 和 Cisco Press 设计，这些书为全世界所有网络技术学院的在线学习内容提供了综合支持。这些 Cisco Press 的书籍是由 Cisco Systems 公司惟一授权给网络技术学院的，提供了印刷版和 CD-ROM 版资料以确保网络技术学院学生得到最有效学习体验。

我希望你在与 Cisco Systems 和 Internet 一起进行学习之旅后获得成功。我还希望你在完成网络技术学院课程之后选择继续学习。除了思科网络技术学院书籍之外，Cisco Press 还出版了提供广泛资源的一系列网络技术和认证图书。Cisco Systems 还建立了一个专业培训公司的网络——Cisco Learning Partners，它提供了完整的 Cisco 培训课程。它们提供各种形式的培训，包括 e-learning、自学和教师讲授班。他们的教师是经过 Cisco 认证的，并且 Cisco 为他们提供教学资源。当你准备好时，请访问 Cisco.com 上的“Learning & Events”来学习 Cisco 及其合作伙伴提供的所有教育支持。

感谢你选择这本书和思科网络技术学院项目。

Cisco Systems 公司
思科网络技术团队

关于作者

Wayne Lewis 是 Honolulu 社区学院 (HCC) 太平洋高级技术培训中心的思科网络技术学院经理。从 1998 年开始, 他就在 HCC 向来自澳大利亚、加拿大、中美洲、中国、印度尼西亚、日本、墨西哥、新加坡、南美和美国等国家和地区的大学、学院和中学的学生教授路由选择和交换技术、远程接入、故障排除、网络安全以及无线网络。在教授计算机网络技术之前, 20 岁的 Wayne 就开始在 Wichita 州立大学教授数学, 随后又到夏威夷大学和 Honolulu 社区学院教学。1992 年, Wayne 获得了 Hawaii 大学的数学博士学位。他作为一个联络人为 Cisco 系统公司工作, 发展 Cisco 网络学院课程。当他不受工作打扰的时候, 喜欢在 Oahu 岛的北海岸冲浪。

关于技术审稿人

Mark Gallo (CCNP、CCDP) 是美国在线的技术主管，他领导了一个负责设计和部署国内企业园区网的工程师团队。他已领导了几个负责设计和执行企业 LAN 和国际 IP 网络的工程师团队。他拥有匹兹堡大学电子工程的理学学士学位。他和他的妻子 Betsy 以及儿子 Paul 生活在北弗吉尼亚。

Stanford M. Wong (CCIE #8038、CCAI、MCSE) 在夏威夷大学获得电子工程的理学学士学位，在凤凰城大学获得商业管理硕士学位。他是完全网络解决方案公司 (CNSC) 的老板和创始人。他负责向美国政府和商业用户提供全球的企业网络解决方案。他已从事了 20 年的网络工作，最近他的工作重心是 MPLS、VPN 和 VoIP 技术。另外，他在 Honolulu 社区学院教授 Cisco 网络技术学院的 CCNP 课程。

Jim Yoshida (CCNA、CCNP) 是夏威夷社区学院的 Cisco 网络技术学院的主要联系人，还是 CCNA 与 CCNP 讲师。他有 20 多年的教学经验，从 1998 年开始参加 Cisco 网络技术学院计划。除了负责监管 Cisco 网络技术学院和管理班级外，还在 CCNP 课程的发展方面与 Cisco 全球教育组一起紧密工作。

前 言

本教程被设计为一份桌面参考书，同 Cisco 网络技术学院的 CCNP 3 课程版本 3.0 来补充你的课堂和实验经验。

CCNP 3: 多层交换是 CCNP 认证的 4 门课程中的第 3 门。CCNP 3 教你如何设计、配置、维护和扩展多层交换式网络。你将学习在 Catalyst 交换机上使用 VLAN、STP、VTP、VLAN 间路由选择、冗余、QoS 和安全。在学习这门课程时，使用本教程来帮助你准备“组建 Cisco 多层交换网络”考试 (BCMSN 642-811)，它是获得 CCNP 认证的 4 门必需考试中的一门。

本书的目标

本书的目标是建立在为 CCNA 考试而学习的交换概念的基础上，教授你高级交换原理的基础，并帮助你通过“组建 Cisco 多层交换网络”考试 (BCMSN 642-811)。

“组建 Cisco 多层交换网络”考试是获得 CCNP、CCDP 和 CCIP 认证的一个资格考试。BCMSN 642-811 考试将测试新的组建 Cisco 多层交换网络课程和考试目标的内容。该考试确保通过认证的人员具有在 Catalyst 交换机上使用多层交换来操作园区网络的知识和技能。该认证考试涵盖的内容包括：园区网设计、STP、VTP、VLAN 间路由选择、冗余技术、基本的 Cisco IP BCMSN 电话、QoS 和安全。

本书中使用的关键方法将帮助你深入了解认证考试所涉及的主题，帮助你全面了解和掌握住相关细节，并检验自己所掌握的知识。本书并不是帮助你通过死记硬背来通过考试，而是帮助你真正学会并理解这些主题。本书主要介绍进行多层交换解决方案的方法和技术。为了能充分利用本书，你应熟悉通用的网络技术术语和概念，以及下面的基本知识：

- 基本的 Cisco 路由器和 Catalyst 交换机的操作和配置。
- TCP/IP 操作和配置。
- VLAN、STP、VTP、VLAN 间路由选择。

读者对象

本书适用于不同层面的读者。首先，本书主要针对那些对多层交换技术感兴趣的读者，特别是学习 Cisco 网络技术学院 CCNP 3: 多层交换课程的学生。在课堂上，本书可作为在线课程的补充教材。这本书适用于企业培训员工、职员，也适用于普通用户。

本书对于负责企业 Cisco 路由器的配置、操作和故障排除的网络管理员十分有用。此外，它对于任何有兴趣学习高级交换概念并希望通过“组建 Cisco 多层交换网络”考试 (BCMSN 642-811)

的读者也是有价值的。

本书特色

本书的许多特色有助于促进对本书所包含主题的全面了解。

- **目标**——每章的开始都有一个学习目标列表，指明在该章结束时应掌握的内容。学习目标涉及到本章所包括的关键概念。
- **图、例子、表格和案例**——本书有大量的图、例子和表格，它们有助于解释原理、概念、命令以及补充概念的设置顺序，有助于使本章所涉及的内容更加直观。另外，特定的案例提供了详细描述存在的问题及其解决方案的现实生活情形。
- **章节小结**——每一章的结尾是本章所涉及的内容的总结。它提供了章节大纲，可作为辅助学习之用。
- **关键词语**——每一章包括一个涉及本章内容的关键词语表。贯穿整章，这些关键词语都会以黑体字出现在文中。这些术语的定义可作为辅助学习之用。另外，关键词语强化了本章所介绍的概念，有助于你在学习下一章之前理解本章内容。
- **复习题和答案**——每章结尾提供的复习题可作为一个自测工具。复习题巩固了本章介绍的概念，有助于在学习下一章之前测试自己对本章内容的理解。所有复习题的答案列于附录 A 的“复习题答案”中。
- **技能训练活动**——本书整篇涉及额外的技能训练活动让你能够理论联系实际。你可以通过“实验”图标发现这些活动：



实验

为课程开发的实验活动收集能在附录 E 中找到。

本书的组织

虽然你可以从头到尾按顺序阅读本书，但本书编排得很灵活，使得你可以轻易地在本书的不同章节或每章的不同小节之间可以自由切换以查阅所需的内容。如果你想要全部阅读，本书的编排顺序是非常理想的。本书还包含了 3 个附录。下面列出了本书的主题内容：

- **第 1 章，“园区网络和设计模型”**——好的设计是操作和维护一个多层交换网络的关键。园区网络可按照组件描述。园区网络设计包括在园区网络中正确放置第 2 层、第 3 层和多层设备。介绍了 Catalyst 交换机的基本网络管理命令行操作。
- **第 2 章，“VLAN 和 VTP”**——本章研究现代园区网络中 VLAN 和 VLAN 协议的作用。学习在 Catalyst 交换机上如何配置 VLAN。讨论中继封装类型以及使用 DTP 进行中继协商。学习如何理解和使用 VLAN 管理工具，例如 VLAN 中继协议（VTP）。
- **第 3 章，“生成树协议（STP）”**——IEEE 802.1D 定义了生成树协议。STP 使用许多变量计算第 2 层交换网络的最短路径树。学习有哪些变量以及它们是如何影响 STP 的。Cisco 使用 PortFast、UplinkFast 和 BackboneFast 扩展增强了 802.1D 标准。给出了 STP 发展至今的

简要历史。介绍了厂商中立的 RSTP 和 MST。还描述了使用 EtherChannel 进行负载分担。

- **第 4 章，“VLAN 间路由选择”**——VLAN 间路由选择能配置不同物理和逻辑拓扑。具有若干物理 LAN 接口的路由器能在各自连接的 VLAN 间路由。通过 ISL 或 IEEE 802.1Q 中继连接到交换机的路由器能在 VLAN 间路由。一台多层交换机无需路由器的介入就能在 VLAN 间路由。最后，Catalyst 多层交换机端口可配置成第 3 层端口（路由器端口），在这种情况下它们不参与任何 VLAN。在机箱式 Catalyst 交换机上，VLAN 间路由选择根据平台由许多不同的线卡和子卡执行。
- **第 5 章，“多层交换”**——过去 Catalyst 交换机使用两种多层交换技术，也被认为线速路由选择。在 CEF 发明之前 Cisco MLS 使用了好几年。本章中讨论了 MLS 操作和配置。现在 CEF 是 Catalyst 交换机和 Cisco 路由器上的一个标准特性。它通过使用专门的 ASIC 和两个数据结构（邻近表和 FIB）提供线速路由选择。
- **第 6 章，“冗余”**——网络设计中的冗余对于能够为客户和内部用户提供服务的组织十分重要。冗余、弹性和可用性是所有用来描述一个网络即使在设备或接口故障时也能提供服务能力的术语。目的是要在网络持续运行期间达到“5 个 9”的冗余——维护 99.999% 的正常运行时间。在以下情况中研究冗余：
 - IRDP、HSRP、VRRP 和 GLBP 的路由冗余。
 - Catalyst 交换机中的冗余上行链路。
 - 机箱式 Catalyst 交换机中的电源模块冗余。
 - 带有 SRM 的 Catalyst 6500 交换机中的监控引擎冗余。
 - 通过 SLB 的服务器冗余。
- **第 7 章，“Cisco AVVID”**——语音、视频和集成数据的体系结构（AVVID）是 Cisco 语音、视频和数据集成的软硬件解决方案。AVVID 很大程度上受 IP 电话驱动，并成为移植到基于 IP 通信世界的业界领导者。本章简单介绍 AVVID 的各方面，并特别介绍 IP 电话的各个方面。无论何时讨论 IP 电话，都会谈及 QoS，因为 QoS 平滑地集成了语音、视频和数据；没有 QoS，将不能在 Internet 上实现 IP 电话扩展。另外，还介绍了 QoS 及其在 AVVID 中的作用。

多播允许从一个源发送数据到多个接收者，而不会加重不需要接收流量的主机和网络设备的负担。通过使用流量从源到目的地所需的惟一链路，多播流量最优化了带宽的利用率。本章从头开始讨论多播，并讨论多播协议的 3 个主要功能域：主机和路由器之间、路由器和交换机之间以及路由器之间。
- **第 8 章，“服务质量”**——QoS 让网络工程师按规定优化网络链路的流量利用率。基于 QoS 的发展背后的主要力量是 IP 网络上的语音、视频和数据集成，服务提供商也使用 QoS 为它们用户提供不同类型的服务。Cisco 将 QoS 主题分为以下 6 个方面：
 - 分类。
 - 拥塞管理。
 - 拥塞避免。
 - 监管和整形。
 - 信令。

——链路效率机制。

QoS 模型被归为 IntServ 模型或 DiffServ 模型。本章几乎全在讨论 DiffServ 模型，它是在实际的 QoS 实现中最常使用的模型。

- **第 9 章，“监控和安全”**——监控是指任何让网络工程师监控网络流量的软件和硬件技术。SPAN、VSPAN 和 RSPAN 是使用在 Catalyst 交换机上进行流量监控的软件技术。Catalyst 6500 的网络分析模块是用作 LAN 监控工具的专用链路卡。

安全在交换网络中就像它在企业或园区网络的其他部分一样重要。Cisco 有一个可用在 Catalyst 交换机上的技术增长表，来确保穿越交换式网络的数据的完整性和秘密性。本章研究部署在交换网络中的最常用的网络安全方法。

本章的内容大致归类为 SPAN 技术、基本的 Catalyst 交换安全选择、保护 Catalyst 交换机的远程管理，以及通过 ACL、AAA 和 802.1X 认证来保证用户的访问安全。

- **第 10 章，“透明 LAN 服务”**——在城域网络使用透明 LAN 服务提供远距离的以太网服务、VLAN 跨越 MAN、以及各种高速的第 1 层和第 2 层光纤传输集成。有 Catalyst 3550、Catalyst 6500 交换机以及 Cisco 7600 路由器的 Cisco ONS 产品线由一组能发送最新型 TLS 的网络设备组成集。
- **附录 A，“复习题答案”**——本附录提供了每章复习题的答案。
- **附录 B，“吉比特以太网和 10 吉比特以太网的标准和操作”**——本附录介绍了吉比特以太网和 10 吉比特以太网的标准。
- **附录 C，“使用 Catalyst 操作系统”**——本附录介绍了 Catalyst 操作系统。许多公司已经部署了使用 CatOS 的 Catalyst 交换机，例如 4000、5000 和 6000 家族交换机。像这样的公司不会选择将 CatOS 改为基于 IOS 的，所以 Cisco 继续为这些交换机支持 CatOS。本附录描述如何使用 Catalyst OS 配置常见的 LAN 交换特性。
- **附录 D“关键术语”**——附录列出了本书中出现的所有关键术语。
- **附录 E**——本附录包含了 *Cisco Networking Academy Program CCNP 3: Multilayer Switching Lab Companion Second Edition* 的所有内容。

思科系统公司网络图标说明

Cisco Systems 公司使用一套标准的图标来表示网络拓扑图示中的设备。下面的图标显示了你将在这本书中遇见的最常用图标。



命令语法习惯

本书中用来表示命令语法的习惯与 Cisco IOS 命令参考中使用的习惯是相同的。命令参考描述习惯如下：

- **粗体字**表示逐字输入的命令和关键字。
- *斜体字*表示要提供的参数值。
- 竖线 (|) 用于分开多个、相互惟一的选项。
- 方括号 ([]) 表示一个可选项。
- 花括号 ({ }) 表示所需关键字的必选项。
- 方括号中的花括号 ([{ }]) 表示可选项中的必选项。

目 录

第 1 章 园区网和设计模型	1
1.1 园区网概述	1
1.1.1 传统园区网	1
1.1.2 传统园区网设计的一些问题	2
1.1.3 网络流量的传统 80/20 规则	4
1.1.4 网络流量的新 20/80 规则	5
1.1.5 园区网结构发展的主要需求	5
1.1.6 园区网结构的发展	6
1.2 不同交换技术的主要特点	7
1.2.1 概述	7
1.2.2 第 2 层交换	8
1.2.3 第 3 层交换	9
1.2.4 第 4 层交换	10
1.2.5 多层交换	10
1.2.6 服务质量 (QoS)	12
1.2.7 多播	13
1.2.8 园区网的分层设计模型	14
1.3 组建区块方法	15
1.3.1 交换区块	16
1.3.2 扩展交换区块	17
1.3.3 建造核心区块	18
1.3.4 第 2 层和第 3 层主干扩展	20
1.3.5 组建区块方法的优点	22
1.3.6 小型园区网	23
1.3.7 中型园区网	24
1.3.8 大型园区网	24
1.4 交换机的基本配置	26
1.4.1 交换区块的线缆连接	27
1.4.2 连接到控制端口	27
1.4.3 连接到以太网端口	28
1.4.4 清除配置	28
1.4.5 设置口令	30
1.4.6 交换机命名	32

1.4.7	配置交换机远程访问	32
1.4.8	标识不同端口	34
1.4.9	定义交换机的端口速度和线路模式	35
1.5	重要的 IOS 功能	37
1.5.1	命令行回调	37
1.5.2	使用帮助功能	38
1.5.3	口令恢复	39
1.5.4	设置空闲超时	40
1.5.5	检查连接性	41
1.5.6	使用 TFTP 服务器备份和存储配置文件	41
1.5.7	HTTP 访问交换机	42
1.6	小结	43
1.7	关键术语	44
1.8	复习题	45
第 2 章	VLAN 和 VTP	49
2.1	VLAN 基础	49
2.1.1	描述 VLAN	50
2.1.2	部署 VLAN 的动机	51
2.1.3	VLAN 和网络安全	51
2.1.4	VLAN 和广播分发	53
2.1.5	VLAN 和带宽利用	54
2.1.6	VLAN 与路由器等待时间	55
2.1.7	部署 VLAN 的错误动机	55
2.2	VLAN 安全	56
2.2.1	概述	56
2.2.2	理解交换机 ACL	57
2.2.3	路由器 ACL 和 VLAN 映射	58
2.2.4	配置路由器 ACL	59
2.2.5	配置 VLAN 映射	61
2.2.6	与路由器 ACL 一起使用 VLAN 映射	64
2.2.7	将路由器 ACL 和 VLAN 作用到 VLAN	66
2.3	VLAN 类型	67
2.3.1	VLAN 边界	68
2.3.2	端到端 VLAN	68
2.3.3	本地 VLAN	69
2.3.4	建立 VLAN 成员身份	70
2.3.5	基于端口的 VLAN 成员身份	71
2.3.6	动态 VLAN	72
2.4	配置 VLAN 和 VMPS	73
2.4.1	配置静态 VLAN	73

2.4.2	检验 VLAN 配置	74
2.4.3	删除 VLAN	75
2.4.4	VMPS 操作	76
2.4.5	VMPS 配置指南	77
2.4.6	接入链路和中继链路	80
2.5	VLAN 中继和动态中继协议	81
2.5.1	中继概述	82
2.5.2	配置 VLAN 中继	82
2.5.3	从中继中删除 VLAN	83
2.5.4	动态中继协议基础	84
2.5.5	DTP 中继和接入模式	85
2.5.6	DTP 组合	86
2.5.7	检验 DTP	88
2.6	VLAN 标识	90
2.6.1	VLAN 帧标识	90
2.6.2	交换机间连接 (ISL)	90
2.6.3	IEEE 802.1Q 协议	92
2.6.4	IEEE 802.10 协议	92
2.6.5	LAN 仿真 (LANE)	93
2.7	VLAN 中继协议 (VTP)	94
2.7.1	VTP 优点	94
2.7.2	VTP 操作	95
2.7.3	VTP 模式	96
2.7.4	在 VTP 域中添加交换机	97
2.7.5	VTP 通告	98
2.8	VTP 配置和 VTP 修剪	101
2.8.1	基本配置步骤	101
2.8.2	配置 VTP 版本	102
2.8.3	配置 VTP 域	102
2.8.4	配置 VTP 模式	103
2.8.5	验证 VTP 配置	103
2.8.6	交换机的默认操作	104
2.8.7	配置 VTP 修剪	105
2.8.8	验证 VTP 修剪	106
2.9	小结	107
2.10	关键技术	107
2.11	复习题	108
第 3 章	生成树协议 (STP)	111
3.1	STP 操作	111
3.1.1	STP 的概念	111

3.1.2	广播环路	112
3.1.3	桥接表损坏	113
3.1.4	网桥优先级	114
3.1.5	路径开销	115
3.1.6	端口 ID	116
3.2	STP 过程	116
3.2.1	STP 判决和 BPDU 交换	116
3.2.2	STP 收敛的三个步骤	117
3.2.3	选举根交换机	118
3.2.4	选举根端口	119
3.2.5	选举指定端口	120
3.2.6	STP 状态	121
3.2.7	STP 定时器	124
3.2.8	BPDU 的格式	125
3.2.9	拓扑变化和 STP	127
3.3	STP 增强	128
3.3.1	STP 更新中的延迟	128
3.3.2	PortFast	128
3.3.3	UplinkFast	129
3.3.4	BackboneFast	131
3.4	802.1w 快速 STP	133
3.4.1	RSTP 状态	133
3.4.2	RSTP 端口角色	134
3.4.3	RSTP 定时器	136
3.4.4	RSTP BPDU 格式	139
3.5	生成树的发展	140
3.5.1	PVST (每 VLAN 生成树)、PVST+ 和单生成树模式	140
3.5.2	增强 PVST+	142
3.5.3	MST (802.1s)	143
3.5.4	负载分担	144
3.5.5	使用 BPDU 保护进行交换端口调整	145
3.5.6	使用根保护进行交换端口调整	147
3.6	STP 配置	148
3.6.1	默认 STP 配置	148
3.6.2	启用和禁用 STP	149
3.6.3	修改根交换机	149
3.6.4	为 VLAN 和端口设置优先级	151
3.6.5	设置端口开销	152
3.6.6	配置 VLAN 的交换机优先级	153
3.6.7	修改默认定时器	153
3.7	调整、检验和故障排除 STP	154