



CCNP ROUTE 300-101

学习指南

Implementing
Cisco IP Routing (ROUTE)
Foundation Learning Guide

CCNP ROUTE 300-101



[美] Diane Teare Bob Vachon Rick Graziani 著
YESLAB 工作室 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

CCNP ROUTE 300-101

学习指南

**Implementing
Cisco IP Routing (ROUTE)**
Foundation Learning Guide

CCNP ROUTE 300-101

〔美〕 **Diane Teare Bob Vachon Rick Graziani** 著
YESLAB 工作室 译

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

CCNP ROUTE 300-101学习指南 / (美) 戴安娜·蒂尔 (Diane Teare), (美) 鲍勃·瓦尚 (Bob Vachon), (美) 瑞克·格拉齐亚尼 (Rick Graziani) 著; YESLAB 工作室译. -- 北京: 人民邮电出版社, 2016. 7
ISBN 978-7-115-42507-2

I. ①C… II. ①戴… ②鲍… ③瑞… ④Y… III. ①
计算机网络—路由选择—指南 IV. ①TN915.05-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第120912号

版 权 声 明

Implementing Cisco IP Routing (ROUTE) Foundation Learning Guide (ISBN:9781587204562)
Copyright © 2015 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 Pearson Education 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。

◆ 著 [美] Diane Teare Bob Vachon Rick Graziani
译 YESLAB 工作室
责任编辑 傅道坤
责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 41
字数: 966 千字
印数: 1—2 500 册

2016 年 7 月第 1 版

2016 年 7 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2014-7503 号

定价: 108.00 元

读者服务热线: (010) 81055410 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315

内容提要

本书是 Cisco CCNP ROUTE 300-101 认证考试的官方学习指南。全书包括 8 章和 3 个附录，涵盖如下内容：基础网络及路由概念、EIGRP 部署、OSPF 部署、控制路由更新、路径部署控制、企业 Internet 连接、实施 BGP、路由器与路由协议的加固。配置示例和验证输出阐述了实施这些路由协议以及排除其故障的技巧，章尾的复习题可帮助读者巩固阐述的概念。

本书深入而全面地探讨了与 ROUTE 考试相关的主题，可帮助读者备考 ROUTE。

关于作者

Diane Teare, 拥有 P.Eng、CCNP、CCDP、CCSI、PMP 认证, 是网络、培训、项目管理和在线教育领域的专家。她有 25 年网络硬件和软件设计、实施和排错的经验, 一直致力于教学、课程设计和项目管理工作。她在网络设计和路由技术领域造诣颇深。Diane 是 CCSI, 并持有 CCNP、CCDP 和 PMP 证书。她是最大的一家 Cisco 培训合作伙伴的 CCNA 和 CCNP 路由交换课程的讲师和课程负责人。她曾是这家公司的线上教学的负责人, 她负责规划并支持这家公司在加拿大所有的线上培训课程, 其中包括 Cisco 课程。Diane 拥有电气工程应用科学的学士学位, 以及管理科学应用科学的硕士学位。她出版或与他人合作出版了以下 Cisco Press 图书: 本书的第一版; *Designing Cisco Network Service Architectures (ARCH)* 第二版; *Campus Network Design Fundamentals*; *Authorized Self-Study Guide Building Scalable Cisco Internetworks (BSCI)*; *Building Scalable Cisco Networks*。Diane 参与编辑了以下两本图书的前两个版本: *Authorized Self-Study Guide Designing for Cisco Internetwork Solutions (DESGN)* 和 *Designing Cisco Networks*。

Bob Vachon, 是加拿大安大略省萨德伯里市凯布莱恩学院 (Cambrian College) 的教授, 教授 Cisco 网络架构课程。他有超过 30 年的计算机网络和信息技术领域的工作和教学经验。自 2001 年以来, Bob 作为团队领导、主要作者和主题专家, 参与到 Cisco 和 Cisco 网络技术学院的各种 CCNA、CCNA-S 和 CCNP 项目中。他也是 *Routing Protocols Companion Guide* 和 *Connecting Networks Companion Guide* 的合著者之一, 并撰写了 *CCNA Security (640-554) Portable Command Guide*。在闲暇时间, Bob 喜欢弹吉他、打台球、打理自己的花园或者享受白水独木舟漂流。

Rick Graziani, 在加利福尼亚州阿普托斯的卡布利洛学院 (Cabrillo College) 教授计算机科学与计算机网络课程。Rick 拥有近 30 年的计算机网络和信息技术领域的工作和教学经验。在从事教学工作以前, Rick 曾在多家公司的 IT 部门就职, 其中包括 SCO 公司 (Santa Cruz Operation)、天腾电脑公司、洛克希德导弹和空间公司。他拥有美国加州州立大学蒙特瑞湾分校计算机科学和系统理论的文学硕士学位。Rick 还为 Cisco 网络技术学院课程工程团队工作, 为 Cisco Press 撰写了其他书籍, 其中包括 *IPv6 Fundamentals*。Rick 非常喜欢利用空闲时间冲浪, 他很享受在他最爱的圣克鲁斯海滩冲浪。

关于技术审稿人

Denise Donohue, CCIE #9566 (路由交换), 是 Chesapeake NetCraftsmen 的高级解决方案架构师。Denise 自 20 世纪 90 年代中期就开始从事计算机系统相关的工作, 自 2004 年开始专注网络设计工作。在那段时间, 她为几乎所有行业 (私有和公有以及各种规模) 都设计了大量网络。Denise 还是诸多 Cisco Press 图书的作者和合著者, 其中涉及数据和语音网络技术, 并在 Cisco Live 和其他业界活动中发表演讲。

献辞

将本书献给我的先生 Allan Mertin——谢谢你的爱、鼓励和耐心；献给我出色的儿子 Nicholas——谢谢你的爱，谢谢你与我分享对这个世界的探索；先给我的父亲母亲 Syd 和 Beryl，谢谢你们的鼓舞。

——Diane

将本书献给卡布利洛学院 CIS/CS 系、职员和管理层，尤其要感谢我的学生，我很荣幸在如此优秀的学院中教授计算机网络课程。我还要感谢所有家人和朋友，谢谢你们的爱与鼓励。

——Rick

将本书献给我美丽的妻子 Judy 和我的女儿们——Lee-Anne、Joëlle、Brigitte 和 Lilly。感谢你们在这次写作项目中的鼓励和忍耐。我还要将本书献给我在卡布利洛学院的学生和院长 Joan Campbell，感谢你们长久以来的支持。

——Bob

致谢

我们想要感谢很多人，有你们的帮助才有本书的问世。

Cisco Press 团队：执行编辑 Mary Beth Ray 协调了整个项目，为本书提供了必要的指导，对不可避免的障碍给予了理解。总编辑 Sandra Schroeder 使本书投入生产。Vanessa Evans 多次有效地组织物流管理。开发编辑 Chris Cleveland 一直协调并确保我们都能够输出最好的稿件。

我们还想要感谢项目编辑 Mandie Frank 和文字编辑 Keith Cline，感谢你们在本书的编辑流程中做出的杰出工作。

Cisco 路由课程开发团队：非常感谢开发了路由课程的团队成员。

技术审稿人：我们想要感谢本书的技术审稿人 Denise Donahue，感谢你通篇的审校和宝贵的修改建议。

我们的家人：当然了，如果没有家人无条件的理解和耐心，也不会有本书问世的这一天。你们总是在这里鼓舞并激励着我们，万分感谢。

Diane：我还想表达一些特殊感谢。首先，感谢 Bett Bartow（多年前是他最初邀请我为 Cisco Press 写作）和 Mary Beth Ray，感谢当我们最终见面时的热情款待，以及坚持邀请我参与这个项目。其次，感谢与我在本书中合作的 Rick 和 Bob；与你们一起工作我感到很荣幸！

Rick：我要额外感谢 Mary Beth Ray，感谢你多年前给我机会参与到 Cisco Press 的写作中，感谢你成为我的好友。我还要感谢两个好朋友 Diane 和 Bob，感谢你们让我参与到本书的创作工作中。

Bob：我要特别感谢 Mary Beth Ray 和她在 Cisco Press 的团队，感谢你们的全面支持、专业精神和专业技能。还要感谢我的合作者 Diane 和我的好朋友 Rick，我很荣幸与你们共同参与的诸多项目。

前言

网络持续扩张，由于支持着越来越多的协议和用户，它们变得越来越复杂。本书教你如何设计、实施和监控一个可扩展的路由网络。本书着重使用中到大型网络站点中常用来连接 LAN 和 WAN 的 Cisco 路由器。

在本书中，你会学到大量有关路由技术的技术细节。首先，本书详细介绍了基本网络和路由协议原理，接着介绍 IPv4（IP 版本 4）和 IPv6（IP 版本 6）路由协议：EIGRP（增强型内部网关路由协议）、OSPF（开放最短路径优先）和 BGP（边界网关协议）。本书中还包含企业 Internet 连接的相关内容，介绍了管理路由更新和控制路径选择等内容，还涉及保障 Cisco 路由器安全的最佳做法。

本书通过配置案例和相应的输出内容展示了排错技术，展示了与网络运行相关的重点内容。每章末尾的复习题强调并帮助读者强化每一章的重点概念。

本书引领读者迈向获得 CCNP 或 CCDP 认证的目标，提供了有足够深度的信息，能够帮助读者准备 ROUTE 300-101 考试。

本书基于 Cisco IOS 15.1 和 15.2 版本提供了命令和配置案例。

本书读者对象

本书适用于网络架构师、网络设计师、系统工程师、网络工程师，以及所有负责增长型路由网络的实施与排错的网络管理员。

如果你是为了获得 CCNP 或 CCDP 认证而参加 ROUTE 考试，本书将为你提供有深度的学习材料。为了能够从本书中充分受益，你应该通过 CCNA 路由与交换认证，或掌握了相同级别的知识，其中包括以下内容。

- 掌握有关 OSI 参考模型和网络基础的实用知识。
- 能够操作及配置 Cisco 路由器，其中包括：
 - 查看并阅读路由器的路由表；
 - 配置静态路由和默认路由；
 - 使用 HDLC（高级数据链路控制）或 PPP（点到点协议）启用 WAN 串行连接，在接口和子接口上配置帧中继 PVC（永久虚电路）；
 - 配置 IP 标准和扩展访问列表；
 - 管理网络设备安全性；
 - 配置网络管理协议，以及管理设备配置和 IOS 的镜像及许可证；
 - 使用多种工具检查路由器配置，比如 **show** 和 **debug** 命令。
- 掌握与 IPv4 和 IPv6 相关的 TCP/IP 协议栈的实用知识，能够使用这两种协议建立并排错 Internet 和 WAN 连接。

- 能够在 IPv4 和 IPv6 中，对基本的 EIGRP 和 OSPF 路由协议进行配置、检查和排错。

如果你欠缺上述知识和技术，你可以通过 ICND1（互联 Cisco 网络设备第 1 部分）和 ICND2（互联 Cisco 网络设备第 2 部分）课程进行知识积累，或者也可以阅读 Cisco Press 出版的其他相关书籍。

本书结构

本书中包含以下章节和附录。

- 第 1 章，“基础网络及路由概念”，一上来概述了路由协议，重点描述了路由协议的特征及其相互之间的区别。介绍了不同底层技术对于路由协议的限制，然后详细介绍了二层和三层 VPN 对路由协议的影响，其中包括 DMVPN（动态多点虚拟专用网）。本章还包含了 RIPv2 和 RIPv6 的配置。
- 第 2 章，“EIGRP 部署”，介绍了 EIGRP 邻居关系，以及 EIGRP 在网络中选择最优路径的方法。本章还包含了末节路由、路由汇总的配置和 EIGRP 的负载均衡。介绍了用于 IPv6 的基本 EIGRP，其中包括路由汇总。本章最后介绍了一种配置 IPv4 和 IPv6 EIGRP 的新方法：命名的 EIGRP。
- 第 3 章，“OSPF 部署”，介绍了基本 OSPF 和 OSPF 的邻接关系，解释了 OSPF 如何构建路由表。本章还包含 OSPF 汇总和末节区域。本章涵盖了 OSPFv3 的配置，涉及 IPv4 和 IPv6 地址家族。
- 第 4 章，“控制路由更新”，讨论了与路由和使用多种 IP 路由协议相关的网络性能问题。本章介绍了在不同路由协议之间实施路由重分布的方法，在不同路由协议之间控制路由信息的方法，其中包括分布列表、前缀列表和 route-map。
- 第 5 章，“路径控制部署”，一开始介绍了 CEF（Cisco 快速转发）交换方式。本章还介绍了路径控制基础，以及两种路径控制工具：PBR（基于策略的路由）和 Cisco IOS IP SLA（服务等级协定）。
- 第 6 章，“企业 Internet 连接”，描述了企业连接 Internet 的方式，Internet 已经成为众多企业的重要资源。规划去往 ISP（Internet 服务提供商）的单连接或去往多个 ISP 的冗余连接，都是非常重要的工作，本章一开始便介绍了这部分内容。本章还介绍了 IPv4 和 IPv6 单连接的相关内容，讨论了使用多条 ISP 连接来增强 Internet 连接的恢复能力。
- 第 7 章，“实施 BGP”，介绍了企业如何使用 BGP 连接到 Internet。本章介绍了 BGP 的术语、概念和工作原理，提供了 BGP 的配置、验证和排错技术。本章涵盖了 BGP 属性，以及如何在路径选择进程中使用这些属性，还介绍了使用 route-map 来修改 BGP 路径属性以及过滤 BGP 路由更新的方法。本章最后介绍了如何使用 BGP 来建立 IPv6 Internet 连接。
- 第 8 章“路由器与路由协议的加固”，介绍了如何保证 Cisco 路由器管理平面的安全，并提供了推荐做法。本章介绍了使用路由协议认证的好处，并展示了 EIGRP、

OSPF 和 BGP 的路由协议认证配置。本章最后介绍了 Cisco VRF-Lite 和 EVN(Easy 虚拟网络)。

- 附录 A, “每章末尾复习题的答案”, 包含了每章末尾复习题的答案。
- 附录 B, “IPv4 补充内容”, 提供了工程师在规划 IPv4 地址时, 能够用到的帮助工具和补充信息。本章包含了子网划分辅助工具、十进制到二进制转换表、IPv4 编址回顾、IPv4 访问列表回顾、IP 地址规划、使用 VLSM (变长子网掩码) 实现层级式编址、路由汇总和 CIDR (无类域间路由)。
- 附录 C, “BGP 补充内容”, 提供了与 BGP 相关的补充信息, 其中包括: BGP 路由汇总、与 IGP (内部网关协议) 之间的重分布、团体、路由反射器、通告默认路由和不通告私有 AS 号。
- 附录 D, “缩写与简称”, 指出了本书中涉及的缩写、简称与首字母简写所代表的含义。

本书使用的图标



命令语法约定

本书在介绍命令语法时使用与 IOS 命令参考一致的约定，本书涉及的命令参考约定如下：

- 需要逐字输入的命令和关键字用粗体表示，在配置示例和输出结果（而不是命令语法）中，需要用户手工输入的命令用粗体表示（如 **show** 命令）；
- 必须提供实际值的参数用斜体表示；
- 互斥元素用竖线（|）隔开；
- 中括号[]表示可选项；
- 大括号{}表示必选项；
- 中括号内的大括号[{}]表示可选项中的必选项。

配置和验证案例

本书中的大多数配置和验证案例都是使用 Cisco IOL（IOS over Linux）虚拟环境（与 ROUTE 课程中使用的环境相同）实现的。这个环境是在 Linux 上运行 IOS 软件，而不是运行在真实路由器和交换机硬件上。因此对于这些配置案例要了解以下事项：

- 设备上所有以太网类型的接口都是“Ethernet”（不是“FastEthernet”或“GigabitEthernet”）；
- 案例中实用的所有 PC 实际上都是运行在 IOL 中的，并通过 IOS 命令来执行 ping 和路由追踪测试；
- 接口的状态总是 up/up，除非手动把它关闭。举例来说，如果设备 1 上的一个接口关闭了，设备 2 上与设备 1 该接口相连的接口仍会显示为 up/up（它不会反映实际状态）。



本章会讨论下列内容：

- 几种动态路由协议之间的区别；
- 不同的流量类型、网络类型和覆盖性（Overlaying）网络技术如何影响路由的选择；
- 区分多种连接分支机构的方式，并描述这些方式对路由协议的影响；
- 如何配置下一代路由信息协议（RIPng）。

目录

第 1 章 基础网络及路由概念	1
1.1 区分路由协议	1
1.1.1 企业网络基础设施	1
1.1.2 动态路由协议的作用	2
1.1.3 选择一个动态路由协议	4
1.1.4 IGP 与 EGP	4
1.1.5 路由协议类型	5
1.1.6 收敛	6
1.1.7 路由汇总	7
1.1.8 路由协议扩展性	8
1.2 理解网络技术	8
1.2.1 流量类型	9
1.2.2 IPv6 地址类型	10
1.2.3 ICMPv6 邻居发现	11
1.2.4 网络类型	12
1.2.5 NBMA 网络	13
1.2.6 Internet 上的路由	14
1.3 连接远程位置与总部	15
1.3.1 静态路由原则	16
1.3.2 MPLS VPN 上的路由	27
1.3.3 GRE 隧道上的路由	28
1.3.4 动态多点虚拟专用网络	29
1.3.5 多点 GRE	30
1.3.6 NHRP	31
1.3.7 IPSec	33
1.4 路由和 TCP/IP 操作	34
1.4.1 MSS、分段和 PMTUD	34
1.4.2 IPv6 分片与 PMTUD	35
1.4.3 带宽延迟积	35
1.4.4 TCP 饥饿	35
1.4.5 延迟	35
1.4.6 ICMP 重定向	36
1.5 实施 RIPng	36
1.5.1 RIP 概述	37

1.5.2	RIPv2 概述	38
1.5.3	配置 RIPv2	39
1.5.4	RIPv2 的数据库	45
1.6	总结	47
1.7	复习题	47
第 2 章	EIGRP 部署	51
2.1	建立 EIGRP 邻居关系	51
2.1.1	EIGRP 的特征	52
2.1.2	EIGRP 特性	53
2.1.3	EIGRP 操作概述	54
2.1.4	IPv4 EIGRP 的基本配置与验证	55
2.1.5	修改 EIGRP 计时器	63
2.1.6	帧中继上的 EIGRP 邻居关系	64
2.1.7	在 3 层 MPLS VPN 上建立 EIGRP	64
2.1.8	在 2 层 MPLS VPN 上建立 EIGRP	65
2.2	构建 EIGRP 拓扑表	66
2.2.1	构建及考察 EIGRP 拓扑表	67
2.2.2	EIGRP 中的路由信息交换	77
2.2.3	EIGRP 度量	77
2.2.4	EIGRP 度量的计算	77
2.2.5	EIGRP 度量计算示例	78
2.2.6	可行性条件	80
2.2.7	EIGRP 路径计算示例	80
2.3	优化 EIGRP 的工作方式	82
2.3.1	EIGRP 查询	82
2.3.2	EIGRP 末节路由器	84
2.3.3	配置 EIGRP 末节路由	84
2.3.4	Stuck in Active	95
2.3.5	使用汇总路由减小查询范围	96
2.3.6	配置 EIGRP 汇总	97
2.3.7	使用 EIGRP 进行负载分担	109
2.3.8	配置 EIGRP 负载分担	109
2.4	配置 IPv6 的 EIGRP	113
2.4.1	IPv6 的 EIGRP 概述	114
2.4.2	配置并验证 IPv6 的 EIGRP	114
2.5	配置命名的 EIGRP	120
2.5.1	命名 EIGRP 配置介绍	121
2.5.2	配置命名 EIGRP	121

2.5.3 命名 EIGRP 配置模式	131
2.5.4 经典与命名 EIGRP 配置的对比	133
2.6 总结	135
2.7 复习题	135
第 3 章 OSPF 部署	139
3.1 建立 OSPF 邻居关系	139
3.1.1 OSPF 特性	140
3.1.2 OSPF 操作概述	141
3.1.3 OSPF 的分层结构	141
3.1.4 OSPF 的设计限制	143
3.1.5 OSPF 消息类型	143
3.1.6 基本 OSPF 配置	144
3.1.7 点到点链路上的 OSPF 邻居关系	163
3.1.8 三层 MPLS VPN 上的 OSPF 邻居关系	164
3.1.9 二层 MPLS VPN 上的 OSPF 邻居关系	165
3.1.10 OSPF 邻居状态	165
3.1.11 OSPF 网络类型	167
3.1.12 配置被动接口	168
3.2 构建链路状态数据库	168
3.2.1 OSPF LSA 类型	168
3.2.2 查看 OSPF 链路状态数据库	169
3.2.3 周期性 OSPF 数据库变化	183
3.2.4 交换并同步 LSDB	184
3.2.5 在多路访问网络上同步 LSDB	186
3.2.6 运行 SPF 算法	186
3.2.7 配置 OSPF 路径选择	187
3.2.8 计算区域内路由开销	193
3.2.9 计算区域间路由开销	193
3.2.10 选取区域内路由或区域间路由	194
3.3 优化 OSPF 行为	195
3.3.1 OSPF 路由汇总	195
3.3.2 路由汇总的好处	196
3.3.3 配置 OSPF 路由汇总	196
3.3.4 在 ABR 上汇总	202
3.3.5 在 ASBR 汇总	203
3.3.6 OSPF 虚链路	203
3.3.7 配置 OSPF 末节区域	207
3.3.8 末节区域中默认路由的开销	213

3.3.9 default-information originate 命令	214
3.3.10 其他末节区域类型	215
3.4 OSPFv3	216
3.4.1 配置 OSPFv3	216
3.4.2 配置高级 OSPFv3	236
3.4.3 OSPFv3 注意事项	236
3.5 总结	237
3.6 复习题	238
第 4 章 控制路由更新	243
4.1 在网络上使用多个 IP 路由协议	243
4.1.1 为什么运行多个路由协议	244
4.1.2 运行多个路由协议	244
4.1.3 多路由协议方案	245
4.2 部署路由重分布	245
4.2.1 定义路由重分布	245
4.2.2 规划重分布路由	246
4.2.3 重分布路由	246
4.2.4 种子度量	247
4.2.5 配置并检查 IPv4 和 IPv6 中的基本重分布	249
4.2.6 重分布技术类型	260
4.3 控制路由更新流量	264
4.3.1 为什么过滤路由	265
4.3.2 路由过滤方式	265
4.3.3 使用分发列表	266
4.3.4 使用前缀列表	269
4.3.5 使用 route-map	275
4.3.6 使用 route-map 配置路由重分布	279
4.3.7 使用路由标记控制重分布	287
4.3.8 重分布注意事项	288
4.4 总结	289
4.5 参考文献	291
4.6 复习题	291
第 5 章 路径控制部署	297
5.1 使用 Cisco 快速转发交换	297
5.1.1 控制和数据层	297
5.1.2 Cisco 交换机制	298
5.1.3 进程和快速交换	300