



# Official Cert Guide

Learn, prepare, and practice for exam success



# CCIE 路由和交换 认证考试指南

(第5版) (第2卷)

[美] **Narbik Kocharians**, CCIE #12410 著  
[美] **Terry Vinson**, CCIE #35347  
夏俊杰 译

[ciscopress.com](http://ciscopress.com)

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

---

# CCIE路由和交换 认证考试指南

(第5版)(第2卷)

[美] **Narbik Kocharians**, CCIE #12410

[美] **Terry Vinson**, CCIE #35347

著

夏俊杰

译

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

CCIE路由和交换认证考试指南：第5版. 第2卷 /  
(美) 那比克·科查理安 (Narbik Kocharians), (美)  
特里·文森 (Terry Vinson) 著；夏俊杰译. -- 北京：  
人民邮电出版社，2016. 7  
ISBN 978-7-115-42264-4

I. ①C… II. ①那… ②特… ③夏… III. ①计算机  
网络—路由选择—资格考试—自学参考资料 IV.  
①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第113438号

## 版权声明

CCIE Routing and Switching v5.0 Official Cert Guide, Volume 2, Fifth Edition (ISBN: 9781587144912)  
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]Narbik Kocharians CCIE #12410  
Terry Vinson CCIE #35347
  - 译 夏俊杰
  - 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>  
北京天宇星印刷厂印刷
  - ◆ 开本：800×1000 1/16  
印张：32.5  
字数：683千字 2016年7月第1版  
印数：1-2000册 2016年7月北京第1次印刷
- 著作权合同登记号 图字：01-2014-5446号
- 

定价：118.00元（附光盘）

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

本书是根据 Cisco 最新发布的 CCIE 路由和交换 400-101 考试大纲编写的认证考试指南，涵盖了与 CCIE 路由和交换笔试相关的 IP BGP 路由、QoS、广域网、IP 多播、网络安全以及 MPLS 等技术，为广大备考人员提供了翔实的学习资料。为了帮助广大读者更好地深入掌握各章所学的知识，作者在每章开头均安排了“我已经知道了吗？”测试题，以帮助读者更好地评估知识能力并确定如何分配有限的学习时间；在主要章节中间，作者提供了大量具有极佳连贯性的配置示例，便于读者掌握认证考试中可能遇到的各种复杂场景；在每章结束前的“备考任务”中总结了本章的考试要点以及各种有用的 IOS 配置和验证命令，便于读者随时参考和复习。此外，为帮助读者进行考前模拟，配套光盘还提供了测试工具和模拟测验题。

本书主要面向备考 CCIE 路由和交换笔试的考生，但本书相关内容实用性很强，有助于提高大家日常工作的效率，保证网络的高效运行，因而也非常适合从事企业网及复杂网络设计及运维的工程技术人员参考。

## 关于作者

**Narbik Kocharians**, CCIE #12410 (包括路由和交换、安全、SP) 取得了三项 CCIE 认证, 拥有超过 32 年的 IT 工作经验, 曾经设计、部署并支撑了大量企业网。Narbik 是 Micronics 培训公司 ([www.Micronicstraining.com](http://www.Micronicstraining.com)) 的总裁, 负责讲授 CCIE R&S 和 SP 课程。

**Terry Vinson**, CCIE #35347 (包括路由和交换、数据中心) 是一名经验丰富的讲师, 拥有超过 25 年的授课经验以及技术课程和培训教材的编写经验。Terry 不但讲授和开发培训课程, 而且还为北佛吉尼亚/华盛顿特区的大企业提供技术咨询服务。Terry 精通 Cisco 路由和交换技术以及最新的数据中心技术, 包括 Nexus 交换技术、统一计算技术以及存储区域网络 (SAN) 技术。Terry 目前在 Micronics 培训公司负责讲授 CCIE R&S 以及数据中心课程, 闲暇时喜欢航海及游戏设计。

# 关于技术审稿人

**David Burns** 在路由和交换、网络安全以及移动领域拥有丰富的经验和知识，目前是 Cisco 高级系统工程经理，领导的工程团队负责为美国有线电视/MSO 以及内容服务提供商提供服务。Dave 于 2008 年 7 月进入 Cisco，是 Femtocell、数据中心、MTSO 以及网络安全架构等多个领域的资深系统工程师，为美国的 SP 移动部门提供服务。David 在进入 Cisco 之前曾经在一家大型的美国有线电视公司工作，是一名高级网络和安全设计工程师。在进入 Cisco 之前的十多年行业工作中，David 曾经从事过 SP 维护、SP 建设、SP 架构、企业 IT 以及美军智能通信建设等多种工作。目前 David 拥有多项销售及行业/Cisco 技术认证，包括 CISSP、CCSP、CCDP 以及两个初级认证。David 最近刚刚通过 CCIE 安全笔试，目前正在准备 CCIE 安全实验室考试。David 热衷于网络技术（特别是网络安全）的知识传播与共享，曾经在 Cisco Live 上做过 Femtocell (IP 移动性) 和 IPS (安全) 的专题演讲。David 获得了位于佐治亚州的南方州立理工大学电信工程技术的理学学士学位，目前是计算机及电气工程技术学院工业咨询委员会的委员。David 还获得了凤凰城大学的工商管理硕士学位。

**Sean Wilkins** 是 SR-W 咨询公司一名极富经验的网络顾问，从 20 世纪 90 年代就进入 IT 领域，长期与 Cisco、Lucent、Verion、AT&T 以及其他私营企业进行合作。Sean 目前拥有包括 Cisco (CCNP/CCDP)、Microsoft (MCSE) 以及 CompTIA (A+和 Network+) 在内的多项认证，还获得过信息技术专业的理学硕士学位（专注于网络架构与设计）、组织管理专业的理学硕士学位、网络安全专业的硕士证书、计算机网络专业理学学士学位以及计算机信息系统应用科学的肄业证书。除了作为网络顾问，Sean 大部分时间都在为多家公司从事技术写作和编撰工作，相关作品可以查阅网站 [www.infodispersion.com](http://www.infodispersion.com)。

# 献辞

谨将本书献给我的妻子 Janet，感谢她给我的挚爱、鼓励以及一如既往地支持。同时还献给我的父亲，感谢他教给我的至理名言。

——Narbik Kocharians

谨将本书献给我的父亲，感谢他在生活中教会了我很多东西，包括我一直记忆犹新的事情：“永不放弃自己的梦想，只要永不放弃，努力与勤奋就会始终陪伴在你身边”。我要把我所有的爱、尊敬与钦佩都奉献给你。

——Terry Vinson

# 致谢

首先感谢上帝给了我写作、教学以及做自己真正喜欢的工作的机会，其次感谢我的家庭，特别是我年芳 29 的妻子 Janet，感谢她一直以来给我的鼓励与帮助。她一直负责与学生沟通并处理所有与课程安排相关的工作，才使得我能够专心教学。最后感谢我的孩子 Chris、Patrick、Alexandra 以及最小的宝贝 Daniel，感谢你们表现出的非凡耐心。

特别要感谢 Brett Bartow 先生，在我截稿日期一变再变的情况下能够始终保持足够的耐心。毫无疑问，技术编辑和审稿人的工作也极其出色，在此表示衷心的感谢。最后，感谢我所有的学生们，感谢你们的激励，也感谢你们能够阅读本书。

——Narbik Kocharians

非常荣幸有机会能够合作编写本书的新版本，感谢 Narbik 给了我这个写作机会以及多年来给予的支持与指导。没有 Narbik 就没有我的今天。此外，感谢 Cisco Press 的优秀团队，感谢他们在过去几个月中表现出的非凡冷静与理解。尤其要感谢 Brett Bartow，感谢他几乎无限的耐心（不过我已经快要磨光了他的所有耐心）。同时还要感谢 David Burns 和 Sean Wilkins，感谢他们提供的大量有益建议和对工作的热情，让我能够始终不偏离轨道。最后要重点感谢 Cisco Press 的朋友 Christopher Cleveland，感谢他在我写作过程中坚持不懈地推动与支持。

衷心感谢我的妻子 Sheila，感谢她使我的生命变得与众不同，让我每天能够不断努力，竭力成为一名更优秀的人、更杰出的工程师以及更棒的教师。没有她，就没有我如今挚爱的生活。

最后要感谢我的学生以及 Micronics 培训公司，感谢你们给我机会每天都去做我喜欢做的事情，感谢你们的所有问题、耐心及热忱的学习欲望。正是有了你们，才使得这个行业有别于世界上的其他任何行业。

——Terry Vinson



# 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。

# 前言

CCIE (Cisco Certified Internetwork Expert, 思科认证互联网专家) 是网络认证领域最具挑战性也最具声望的认证之一, 获得了无数赞誉和奖项, 是技术界公认最难获得的认证之一。CCIE 认证能够帮助大家打开专业领域之门, 得到更高的工作报酬和与众不同的简历。

Cisco 目前提供了多种 CCIE 认证, 本书涵盖了 CCIE 路由和交换认证笔试 5.0 版本考试大纲的所有内容。下面列出了截至本书出版之时 Cisco 提供的所有 CCIE 认证, 大家可以通过 [www.cisco.com/go/ccie](http://www.cisco.com/go/ccie) 查阅最新的 CCIE 认证信息, 以下认证以其在网页上的顺序为序:

- CCDE;
- CCIE Collaboration (CCIE 协作);
- CCIE Data Center (CCIE 数据中心);
- CCIE Routing & Switching (CCIE 路由和交换);
- CCIE Security (CCIE 安全);
- CCIE Service Provider (CCIE 服务提供商);
- CCIE Service Provider Operations (CCIE 服务提供商运营和操作);
- CCIE Wireless (CCIE 无线)。

每项 CCDE 和 CCIE 认证都必须通过笔试和一天的实验室考试, 笔试的目的是测试大家对优秀设计实践所必需的技术理论、协议及配置概念的理解和掌握程度, 实验室考试的目的是测试大家对真实设备的配置和排障能力。

## 为什么要参加 CCIE 路由和交换笔试

参加 CCIE 路由和交换笔试最直接也是最明显的理由是, 这是获得 CCIE 路由和交换认证的第一步, 只有通过了 CCIUE 路由和交换笔试, 才能安排后面的 CCIE 实验考试。也就是说, 如果希望获得 CCIE 路由和交换认证的所有好处, 那么就必须首先通过 CCIE 路由和交换笔试。

获得 CCIE 认证的好处不胜枚举, 可能有:

- 更高的工作薪酬;
- 更好的职业机会;
- 是申请成为 Cisco 金牌和银牌渠道合作伙伴的最低要求, 对于寻找技术大牛的公司以及渠道合作伙伴来说, 更能凸显你的价值;

- 请求 Cisco TAC 帮助时能够更好地通过故障解决进程；
- 更高的声望；
- 提升顾问及客户工程师的可信度，包括使用 Cisco CCIE 的标志。

参加 CCIE 路由和交换笔试的另一个重要原因就是对自己的初级、中级及高级 Cisco 认证进行再认证，有关 Cisco 再认证的具体需求可能会发生变化，具体需求请参阅 [www.cisco.com/go/certifications](http://www.cisco.com/go/certifications)。

## CCIE 路由和交换笔试 400-101

截至本书写作之时，CCIE 路由和交换笔试由隶属于 Pearson VUE ([www.vue.com/cisco](http://www.vue.com/cisco)) 的监考机构负责，需要在 2 小时内完成大约 100 道多项选择题。所有的模拟题都不是实际笔试的考试题。

与大多数考试一样，每个人都希望知道实际的考试情况，Cisco 在 CCIE 路由和交换笔试大纲中提供了相关考试主题的通用指南，最新版本请参阅 [www.cisco.com/go/ccie](http://www.cisco.com/go/ccie)。

虽然 Cisco 会经常调整 CCIE 笔试和实验室考试的大纲，但很少更改考试编号，不过这次发布的 CCIE 路由和交换笔试大纲 5.0 版本却更改了考试编号，4.0 版本的考试编号为 350-001，5.0 版本的考试编号为 400-101。

为了帮助读者更好地练习并熟练掌握 CCIE 路由和交换笔试的主题内容，本书在配套光盘中提供了大量测试题，很好地反映了 5.0 版本考试大纲的要求。应该说这些主题需要用到本书提到的所有知识，提供这些测试题库的原因是希望为广大读者提供更多的学习和练习机会，以更好地掌握这些主题内容。

这些测试题都在模拟考试测试软件的题库中，大家可以进行完整的模拟测试，也可以选做特定类型的测试题。

## 关于本书

本节将简要介绍本书的主要内容、主要目标以及阅读本书时的常见注意事项。

## 本书组织方式

本书主要包括 6 个部分，除了书中提到的这些章节之外，第 7 部分提供了每章开头的测试题的答案。

本书每个部分的主要内容如下。

- **第 1 部分，“IP BGP 路由”（第 1~2 章）：**第 1 章主要讨论 BGP 的细节信息，第 2 章主要讨论 BGP 的路径属性以及影响 BGP 做出最佳路径决策的方式。
- **第 2 部分，“QoS”（第 3~5 章）：**主要讨论各种常见的 QoS 工具，包括基于

MQC 的工具和一些传统工具，特别是 FRTS。第 3 章讨论了分类与标记，第 4 章讨论了排队与拥塞避免，第 5 章则讨论了整形、监管以及链路效率。

- **第 3 部分，“WAN”（第 6 章）：** CCIE R&S 笔试大纲经过多次修改后，WAN 部分的内容已大为缩减。第 6 章简要描述了 PPP 和帧中继的相关知识，需要注意的是，上一版（4.0 版本）和这一版（5.0 版本）考试大纲还包含了其他 WAN 主题——MPLS，本书将 MPLS 的相关内容放到了第 11 章。
- **第 4 部分，“IP 多播”（第 7~8 章）：** 第 7 章讨论了 LAN 中的多播问题，包括 IGMP 以及主机加入多播组的方式，第 8 章则讨论了多播 WAN 的相关内容。
- **第 5 部分，“安全”（第 9~10 章）：** 由于 CCIE 认证体系中包含了专门的安全和语音两类认证，因而 Cisco 对是否在 CCIE 路由和交换认证中包含安全方面的内容以及内容深度（如果包含）感到有些拿捏不定，本部分提供了与 CCIE 路由和交换笔试相关的安全主题，第 9 章和第 10 章分别讨论了交换机和路由器的安全问题。
- **第 6 部分，“MPLS”（第 11 章）：** 如 WAN 部分所述，最近的两个 CCIE R&S 笔试大纲版本都增加了 MPLS 的考试内容。第 11 章讨论了 MPLS 的概念以及 MPLS VPN（包括基本配置方式）等与企业网相关的主题内容。
- **第 7 部分，“附录”：** 附录 A 给出了每章开头列出的测试题的答案。

## 本书特色

本书每个章节的编排都尽力帮助大家更好地利用时间，具有如下特点。

- **“我已经知道了吗？”测试题：** 每章开始部分都设置了测试题，目的是帮助大家确定学习每章知识所需要花费的时间。在严格打分的情况下，如果只做错了一道测试题，那么就可以略过本章的基本主题，直接跳至本章最后的“备考任务”，通过“备考任务”复习考试内容。如果做错了两道及以上的测试题，那么就应该花时间阅读本章的基本主题，或者至少阅读自己还没有完全掌握的部分主题。
- **基本主题：** 是每章的核心内容，解释了相关主题的协议、概念及配置方式。
- **备考任务：** 本书的“备考任务”与 Cisco Press 出版的其他认证考试指南中的“备考任务”不同，本书的“备考任务”不是重复“基本主题”中的内容，而是简单地汇总并列出与本章知识相关的信息，但这些信息并不一定是对本章知识的更详细解释。
- **考试要点：** 本书在“基本主题”中以“考试要点”图标的方式列出了最重要的考试内容。学完各章节的内容之后，可以在最后冲刺阶段快速浏览“考试

要点”图标标出的内容，复习相应的段落、表格、示意图及列表信息。

- **凭记忆完成考试要点表：**本书配套光盘中的附录 E 以 PDF 文件的方式汇总了各章节的考试要点表格，附录中的表格删除了大部分内容，大家将这些空表打印出来之后，可以凭记忆完成这些表格以提高记忆效果。该工具对于记忆考试要点非常有用。附录 F 提供了完整的表格信息，以便于对照检查。
- **配套光盘中的测试题：**配套光盘提供了大量多选测试题及模拟考试软件，包含了 200 道测试题。作为最后冲刺的一部分，大家可以通过这些测试题来熟悉考试过程，而且还能提升并验证自己对考试主题的掌握程度。
- **为考试大纲中的“部署网络建议调整方案”专门设置的测试题：**为便于读者练习并掌握这些考试内容，本书专门提供了这类测试题以帮助大家更好地准备这类新题型。
- **关键术语与术语表：**每章最后的“定义关键术语”列出了本章讨论过的所有关键术语，配套光盘中的术语表则给出了这些关键术语的定义。学习每章内容的时候，建议读者认真复习这些术语。如果对这些术语的定义还有疑问，那么就可以查阅术语表。
- **推荐读物：**大多数章节的最后都列出了与本章内容相关的推荐书籍及网站信息，这些推荐读物对于备考 CCIE 路由和交换的实验室考试也非常有用。



---

本章主要讨论以下主题：

- 下一跳；
- 对等体；
- 检测与排除无法在路由表中安装 BGP 路由的故障；
- MP-BGP。

# 目录

第 1 章 BGP 操作基础	1
1.1 “我已经知道了吗？” 测试题	1
1.2 构建 BGP 邻居关系	6
1.2.1 内部 BGP 邻居	7
1.2.2 外部 BGP 邻居	9
1.2.3 成为 BGP 邻居之前的检查操作	11
1.2.4 BGP 消息与邻居状态	12
1.3 构建 BGP 表	14
1.4 构建 IP 路由表	32
1.4.1 将 eBGP 路由添加到 IP 列表中	33
1.4.2 后门路由	34
1.4.3 向 IP 路由表添加 iBGP 路由	35
1.5 多协议 BGP	48
1.6 理解与记忆	55
1.6.1 凭记忆完成要点表	55
1.6.2 定义关键术语	55
1.6.3 推荐读物	55
第 2 章 BGP 路由策略	57
2.1 “我已经知道了吗？” 测试题	57
2.2 路由过滤与路由汇总	61
2.2.1 根据 NLRI 来过滤 BGP 更新	62
2.2.2 利用 aggregate-address 命令过滤汇总路由的成员子网	66
2.2.3 通过匹配 AS_PATH PA 来过滤 BGP 更新	67
2.3 BGP 路径属性与 BGP 决策进程	77
2.3.1 BGP PA 的通用术语与特性	77
2.3.2 BGP 决策进程	78
2.4 配置 BGP 策略	82
2.4.1 背景：路由策略使用的 BGP PA 及功能特性	83
2.4.2 第 1 步：NEXT_HOP 可达	84

2.4.3	第 2 步：管理性权值	85
2.4.4	第 3 步：最高本地优先级 (LOCAL_PREF)	87
2.4.5	第 4 步：基于 ORIGIN PA 在本地注入的路由之间选择最佳路由	90
2.4.6	第 5 步：最短 AS_PATH	90
2.4.7	第 6 步：最佳 ORIGIN PA	94
2.4.8	第 7 步：最小 MED	95
2.4.9	第 8 步：邻居类型 eBGP 优于 iBGP	98
2.4.10	第 9 步：去往 NEXT_HOP 的最小 IGP 度量	98
2.4.11	maximum-paths 命令与 BGP 决策进程的比较规则	98
2.4.12	第 10 步：最小的宣告路由器 BGP RID (有一个例外情况)	99
2.4.13	第 11 步：最小邻居 ID	99
2.5	BGP 团体属性	101
2.5.1	利用团体列表匹配 COMMUNITY	104
2.5.2	删除 COMMUNITY 值	106
2.5.3	利用 COMMUNITY 值过滤 NLRI	106
2.6	快速收敛增强功能	107
2.6.1	快速外部邻居丢失检测	108
2.6.2	内部邻居丢失检测	108
2.6.3	EBGP 快速会话去活	109
2.7	理解与记忆	112
2.7.1	凭记忆完成要点表	113
2.7.2	定义关键术语	113
2.7.3	推荐读物	113
第 3 章	分类与标记	115
3.1	“我已经知道了吗？”测试题	115
3.2	用于 QoS 的可标记字段	118
3.2.1	IPP 与 DSCP 对比	118
3.2.2	DSCP 的设置与术语	119
3.2.3	非 IP 报头的标记字段	122
3.3	Cisco MQC	124
3.3.1	MQC 原理	124
3.3.2	利用分类映射进行分类	125
3.4	分类与标记工具	128



3.4.1	CB 标记的配置	128
3.4.2	CB 标记的设计选项	135
3.4.3	利用监管器进行标记	135
3.4.4	QoS 预分类	136
3.4.5	利用策略路由进行标记	137
<b>3.5</b>	<b>AutoQoS</b>	<b>137</b>
3.5.1	VoIP 版 AutoQoS	137
3.5.2	企业版 AutoQoS	139
<b>3.6</b>	<b>理解与记忆</b>	<b>143</b>
3.6.1	凭记忆完成要点表	143
3.6.2	定义关键术语	143
3.6.3	推荐读物	143
<b>第 4 章</b>	<b>拥塞管理与拥塞避免</b>	<b>145</b>
4.1	“我已经知道了吗？”测试题	145
4.2	Cisco 路由器的排队概念	147
4.2.1	软件队列和硬件队列	148
4.2.2	接口排队与子接口及虚电路排队	149
4.2.3	排队工具对比	149
4.3	排队工具：CBWFQ 与 LLQ	149
4.3.1	CBWFQ 的基本特性与配置	150
4.3.2	定义和限制 CBWFQ 带宽	152
4.3.3	LLQ	154
4.3.4	定义和限制 LLQ 带宽	156
4.3.5	用于多个优先级队列的 LLQ	157
4.3.6	CBWFQ/LLQ 的其他内容	157
4.3.7	排队工具小结	157
4.4	WRED	158
4.4.1	WRED 加权数据包的方式	160
4.4.2	WRED 配置	161
4.5	MDRR	161
4.6	LAN 交换机的拥塞管理与拥塞避免	164
4.6.1	Cisco 交换机的人站排队	164
4.6.2	Cisco 3560 交换机的出站排队	168