



教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材
神州数码网络认证教材

DCN



神州数码
Digital China

创建高级路由型互联网 实训手册

全国职业技能大赛推荐参考书

神州数码网络认证指定教材

校企合作新课改教材

程庆梅 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子教学资源

教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材

神州数码网络认证教材

创建高级路由型互联网 实训手册

主 编 程庆梅

参 编 徐雪鹏 杜婉琛 岳大安 赵 飞

郭 薇 黄天生 赵 鹏 张向东



机械工业出版社

本书围绕主教材《创建高级路由型互联网》的理论内容逐一展开,是主教材的配套实训教材。本书采用项目实训的方式组织网络路由技术实践,针对实际项目中常用的与路由紧密相关的技术和常见的解决方案展开实训活动,并通过部分提高实验,使学生完成对理论的检验,进一步加深对路由技术的理解以及路由器产品的安装、调试。每个实训都包含如下几方面内容:实训目的、应用环境、实训设备、实训拓扑、实训要求、实训步骤、注意事项和排错、共同思考和课后练习。本书内容详实,步骤清晰,并且针对重点和难点的步骤给予了特别的解析。

本书读者对象为:本科、职业院校开设计算机网络技术等专业相关课程的师生;参加各省市及全国职业技能大赛的师生;拟考取神州数码网络认证的人士(与工业和信息化部、人力资源和社会保障部联合认证事宜请参考神州数码网络有限公司网站 www.dcnetworks.com.cn);从事大中型局域网工程技术工作的人士以及热爱计算机网络技术的各界人士。

本书配套丰富的电子教学资源,包括网络课程、电子教案、演示文稿等,方便教师教学,需要者可联系责任编辑免费索取(010-88379194),或联系神州数码网络有限公司相关业务人员索取。

图书在版编目(CIP)数据

创建高级路由型互联网实训手册/程庆梅主编. —北京:机械工业出版社, 2009.11

教育部—神州数码网络教学改革合作项目成果教材.

ISBN 978-7-111-28620-2

I. 创... II. 程... III. 计算机网络—路由选择—技术手册

IV. TN915.05-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 195045 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:孔熹峻

责任编辑:孔熹峻

封面设计:鞠 杨

责任校对:姜 婷

责任印制:洪汉军

三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.25 印张·328 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28620-2

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

序

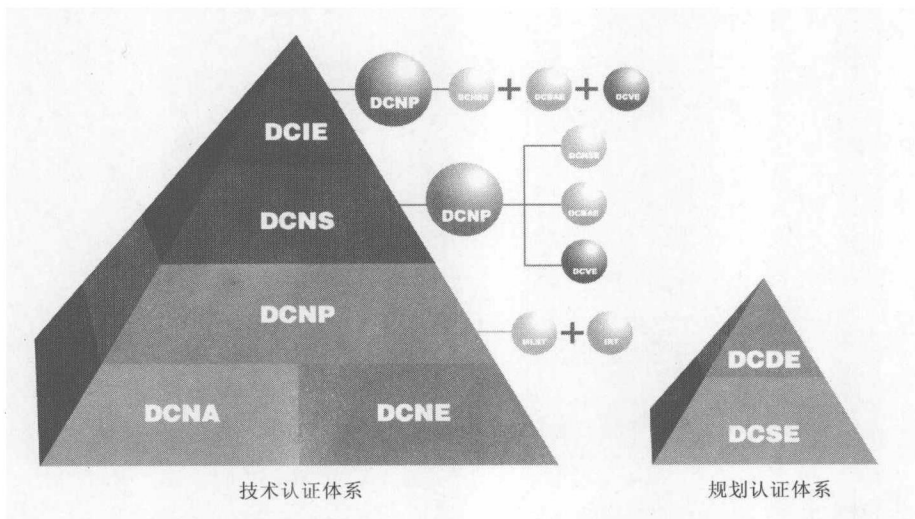
神州数码网络大学

——专业网络工程师的培训基地

神州数码网络大学是神州数码网络有限公司的网络技术教育机构，是专业网络工程师的培训基地，旨在培训网络管理员、网络设计工程师、网络工程师、高级网络工程师、网络专家、网络互连专家等网络专业人才，帮助企业提升网络应用水平。

神州数码网络大学作为培训业界的中流砥柱，紧跟国际先进技术趋势，引领本土技术发展，拥有完善的认证体系、经验丰富的培训讲师、遍布全国的培训网点和网上标准化考试平台，先进的教学和实验设备，为学员提供良好的实战演练环境。神州数码网络大学秉承“学以致用”的教学宗旨，以由浅入深的标准化、本土化教学课程和正式出版的培训教材，更深入力行于网络教育与普及的领域，满足人们对网络的渴求与梦想，提高全民的网络品质！

神州数码网络大学按照技术应用场合的不同，充分考虑不同层次的学习需求，为客户及学习者提供了技术认证体系、规划认证体系，形成了全方位的网络技术认证体系课程内容。



神州数码网络大学根据不同背景的学习者分别建立了具有针对性课程体系的授权教育中心和网络技术学院，为社会学习者和在校学生提供了完整系统的培训服务。同时网络大学为每一位通过认证培训的学员颁发神州数码认证证书，此证书代表着当今网络界对一名

从事网络技术工作人员的专业技术水准所给予的认可。

随着网络的迅速发展,为了更好地推动社会网络教育,我们开发了一系列的培训课程,其主要特点有两个:

一是“全”:目的是让初学者对网络有整体的了解,其中包括网络规划、布线系统、设备特性、产品调试、设备集成等网络方面的知识。

二是“精”:主要培养神州数码认证的网络设计工程师(DCDE)、网络管理员(DCNA)、网络工程师(DCNE)、高级网络工程师(DCNP)、网络专家(DCNS)和神州数码网络认证讲师(DCNI)、高级讲师(DCSI)。全部培训课程完全在真实的网络环境中讲授,并进行成功案例分析。经过神州数码网络认证的工程师完全具备利用神州数码全系列的网络产品,为用户提供全面网络解决方案的能力。

神州数码网络大学已经在北京、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、广东、广西、福建、江苏、河南、安徽、四川、江西、陕西、山西、甘肃、山东、新疆等地建立了五十余家授权教育中心和网络技术学院,并将在今后继续拓展全国的培训合作发展。神州数码将与优秀的合作伙伴一道为用户提供以提升技术为基础的网络设计与实施能力的教育,共同打造神州数码认证品牌!

神州数码网络大学正在为您打开网络这扇门,二十一世纪的赢家就是您!

神州数码网络有限公司董事长
神州数码网络大学名誉校长



前言

本书根据神州数码多年积累的项目实际应用编写，以信息产业人才需求为基本依据，以提高学生的职业能力和职业素养为宗旨，是一本实践性很强的实训教材，并且对职业院校师生参加各省市及全国职业技能大赛有一定的指导作用。

经过对多年实际项目的整合，本书编写体现了以下特点：

- 以就业为导向，以企业需求为依据。全书按照实际应用特点编写，全部案例来自企业一线，使学生在学校就可以接触实际案例，便于快速融入企业业务。
- 更加体现以综合职业素质为基础，以能力为本位。书中内容以实际操作过程为主线组织，辅以丰富的分析指导，使综合素质和能力培养更加突出。
- 书中涉及的计算机网络技术先进，设备型号领先，全部设备均为目前国内主流设备且为神州数码主打设备。
- 本书可以作为神州数码网络有限公司 DCNP-MLST 网上认证考试配套教材（相关事宜可登录公司网站 www.dcnetworks.com.cn 查询，与工业和信息化部、人力资源和社会保障部联合认证事宜也可在此网站查询），为学生获得企业资格认证和将来就业创造有利条件。同时，本书也可作为各省市及全国职业技能大赛的指导教材。
- 本书配有丰富的电子教学资源，包括网络课程、电子教案、演示文稿等，方便教师教学，需要者可联系责任编辑免费索取（010-88379194），或联系神州数码网络有限公司相关业务人员索取。

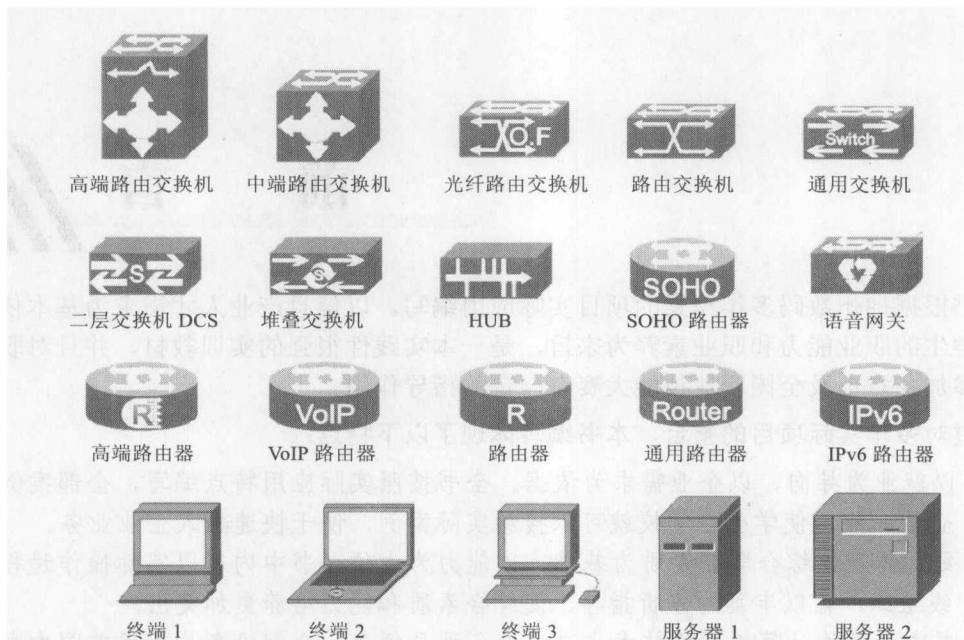
本书的编写力求达到以下目标：

- 体现“工作过程”的教、学统一理念。本书以“工作过程”的学习和训练为主要目标，在由浅入深地实验项目中，在真实的工作过程中详细讨论关键问题的解决方案。在具体实施时，也着力处处体现真实工作过程中的关键点和易错点的处理方法和思路。
- 体现“授之以渔”的方法论理念。本书与以往传统的实验教材不同之处在于：不仅详细介绍了操作步骤，更带领读者进一步分析每个步骤结果的不同，其原因在于何处，并且进一步分析可能的问题来自于哪里，结合理论教材深入理解实验结果，充分体现重理解、轻命令的教学理念。

如何使用本书：

1. 关于图标

本书图标采用神州数码图标库标准图标，除真实设备外，所有逻辑示意均使用如下图标。



2. 关于课程组织

- 本书为学生用书，可在课堂上用于理解教师授课使用。
- 本书是主教材（理论教材）配套的实训手册，作为学生完成理论学习后实验过程的指导用书。
- 建议理论与实践结合，本书适合在实训室完成教学过程。

3. 关于配套设备

本书配套实训设备的购置可参考神州数码网站，或联系神州数码网络有限公司业务接口人进行办理。

4. 关于小贴士

本书使用 4 种贴士，如下所示：

-  小学堂：一般为非正式的知识讲解。
-  提醒：实际项目中容易出现问题和理解偏差的过程。
-  小常识：非正式的常识，需要了解但不是重点。
-  提问：帮助深入思考的，通常结合上下文可自行解决，认证考试中包含。

本书由程庆梅主编，参与编写的主要人员有：神州数码网络大学教材编委会成员——徐雪鹏、杜婉琛、岳大安、赵飞、郭薇、黄天生、赵鹏、张向东、李亚峰、王吉忠、王永才、朱建英、吕凯。

同时，在编写和审校的过程中，也得到了许多来自合作伙伴院校一线老师的意见和建

议。他们是北京市供销学校赵鹏老师、北京市金驼技术学校葛久平老师、天津中华职专阴海涛老师、贵州电子信息职业技术学院曹炯清老师、福建信息职业技术学院李宏达和詹可强老师、漳州职业技术学院章忠宪和郑东升老师、广州市番禺区工贸职业技术学校赵宏胜老师等。

在此特向参与编审的各界人士提供的大力支持表示衷心的感谢！

本书的主体内容已经在实践中使用多次，但由于编者水平所限，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正，编者邮箱：dcnu_2007@163.com。

编 者

目 录



序

前言

实训一	静态路由掩码最长匹配实训	1
实训二	浮动路由的配置	9
实训三	ICMP 重定向实训	16
实训四	RIPv1 与 RIPv2 的兼容	22
实训五	RIPv2 的认证配置	29
实训六	VLSM	36
实训七	RIP 被动接口	42
实训八	单区域 OSPF 基本配置	47
实训九	OSPF 在广播环境下邻居发现过程	52
实训十	OSPF 在点对点环境下邻居发现过程	61
实训十一	OSPF 在 NBMA 环境下的各种接口类型	68
实训十二	多区域 OSPF 基本配置	78
实训十三	OSPF 特殊区域的比较	81
实训十四	OSPF 虚连路的配置	91
实训十五	OSPF 路由汇总配置	96
实训十六	OSPF 认证配置	105
实训十七	直连路由和静态路由的重发布	109
实训十八	RIP 和 OSPF 的重发布	118
实训十九	多点重分布路由过滤	126
实训二十	基于源地址的策略路由	142
实训二十一	基于应用的策略路由	152
实训二十二	IBGP 和 EBGP 基本配置	161
实训二十三	BGP 地址聚合	174
实训二十四	BGP 属性控制选路	182
实训二十五	BGP 路由反射器配置	196

实训一 静态路由掩码最长匹配实训



实训目的

1. 理解路由表查询规则
2. 进一步熟悉静态路由配置方法
3. 进一步熟悉路由表各种参数

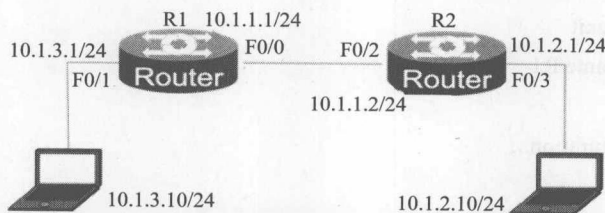
应用环境

面对当前 IP 地址资源匮乏的形势，很多企业采用子网的方式设置局域网环境。如果在三层设备中为每一个子网提供一条确切的路由，当然是最标准的路由设置方法，但这样也会造成三层设备的路由表变大，因此，查询效率受到一定的影响。比较合理的做法就是将可能合并成一个大网的子网在路由表中进行汇总，使它们通过一条路由查询到出口。这样做会提升查询效率，但同时也要求必须对全网的子网分布作合理规划，否则会因为路由表的查询原则造成网络的连通问题。本实训集中讨论关于路由表掩码最长匹配原则，主要针对 VLSM 环境进行讨论。

实训设备

1. 两台路由器（本实训采用 DCR-2626 两台）
2. 两台 PC
3. 若干网线

实训拓扑



实训要求

1. 配置基础环境
2. 配置 R1 和 R2 使用静态路由

R1 添加:

```
ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.2
ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 10.1.3.10
```

R2 添加:

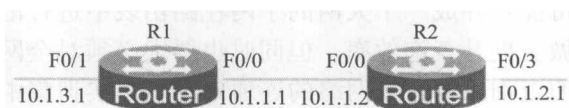
```
ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.1
ip route 10.1.3.0 255.255.255.0 10.1.2.10
```

3. 测试 PC 之间的连通性, 理解为什么
4. 将两台路由器的后一条路由删除, 继续测试, 理解为什么

实训步骤

1. 基础环境配置

	R1	R2
F0/0	10.1.1.1	10.1.1.2
F0/1	10.1.3.1	
F0/3		10.1.2.1



本实训使用 F0/0 互联两台路由器, 其中, R1 的 F0/1 连接 PC1, R2 的 F0/3 连接 PC2。基础环境配置如下:

```
-----R1-----
Router#
Router#config
Router_config#interface fastEthernet 0/0
Router_config_f0/0#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
Router_config_f0/0#exit
Router_config#interface fastEthernet 0/1
Router_config_f0/1#ip add 10.1.3.1 255.255.255.0
Router_config_f0/1#exit
Router_config#hostname R1
R1_config#write
Saving current configuration...
OK!
R1_config#
```

```

-----R2-----
Router_config#interface fastEthernet 0/0
Router_config_f0/0#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
Router_config_f0/0#exit
Router_config#ping 10.1.1.1
PING 10.1.1.1 (10.1.1.1): 56 data bytes
!!!!
--- 10.1.1.1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms
Router_config#interface fastEthernet 0/3
Router_config_f0/3#ip add 10.1.2.1 255.255.255.0
Router_config_f0/3#exit
Router_config#hostname R2
R2_config#wr
Saving current configuration...
OK!
R2_config#

```



注意：以上已经验证了两台路由器之间单条链路的连通性。

2. 配置静态路由

```

-----R1-----
R1_config#ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.2
R1_config#ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 10.1.3.10

-----R2-----
R2_config#ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.1
R2_config#ip route 10.1.3.0 255.255.255.0 10.1.2.10

```

3. 查看路由表

```

-----R1-----
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, BC - BGP connected
        D - DEIGRP, DEX - external DEIGRP, O - OSPF, OIA - OSPF inter area
        ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2
        OE1 - OSPF external type 1, OE2 - OSPF external type 2
        DHCP - DHCP type

```

VRF ID: 0

```
S      10.0.0.0/8      [1,0] via 10.1.1.2(on FastEthernet0/0)
C      10.1.1.0/24     is directly connected, FastEthernet0/0
S      10.1.2.0/24     [1,0] via 10.1.3.10(on FastEthernet0/1)
C      10.1.3.0/24     is directly connected, FastEthernet0/1
```

R1#

-----R2-----

R2#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, BC - BGP connected

D - DEIGRP, DEX - external DEIGRP, O - OSPF, OIA - OSPF inter area

ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2

OE1 - OSPF external type 1, OE2 - OSPF external type 2

DHCP - DHCP type

VRF ID: 0

```
S      10.0.0.0/8      [1,0] via 10.1.1.1(on FastEthernet0/0)
C      10.1.1.0/24     is directly connected, FastEthernet0/0
C      10.1.2.0/24     is directly connected, FastEthernet0/3
S      10.1.3.0/24     [1,0] via 10.1.2.10(on FastEthernet0/3)
```

R2#

4. 测试连通性

-----PC1-----

C:\>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter 本地连接:

Connection-specific DNS Suffix . :

IP Address. : 10.1.2.10

Subnet Mask : 255.255.255.0

Default Gateway : 10.1.2.1

C:\>ping 10.1.2.1

Pinging 10.1.2.1 with 32 bytes of data:

Reply from 10.1.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Reply from 10.1.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Reply from 10.1.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Reply from 10.1.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=255

Ping statistics for 10.1.2.1:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>ping 10.1.3.1

Pinging 10.1.3.1 with 32 bytes of data:

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Request timed out.

Ping statistics for 10.1.3.1:

Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

此时看到 PC1 到 10.1.3.1 是连不通的, 进一步跟踪路径得到:

C:\>tracert 10.1.3.10

Tracing route to 10.1.3.10 over a maximum of 30 hops

```

 1    <1 ms    <1 ms    <1 ms    10.1.2.1
 2      *      *      *      Request timed out.
 3    ^C

```

C:\>

此时查看到问题出在 10.1.2.1 的下一步无法到达。



注意: PC2 情况类似, 此处略。

5. 问题分析和解决

从上一步, 我们了解是因为 10.1.2.1 的路由出了问题所以不能连通, 因此回顾 R2 的路由表有如下项:

```

S      10.1.3.0/24      [1,0] via 10.1.2.10(on FastEthernet0/3)
S      10.0.0.0/8       [1,0] via 10.1.1.1(on FastEthernet0/0)

```

由于目标为 10.1.3.0 网络的成员, 因此根据最长匹配的原则, 这里从 F0/3 口发送出去, 显然它找不到正确的位置了, 解决上述问题, 有两种办法:

1) 将目标地址改为其他网段, 比如 10.1.4.0, 这样通过路由表, R2 会将数据从 f0/0 发送出去, 因此可以到达, 但这需要更改 R1 的接口地址为 10.1.4.1, 此步骤作为课后练习。

2) 更改静态路由配置, 具体修改方法如下:

-----R1-----删除 10.1.3.0 的路由

-----R1-----删除 10.1.2.0 的路由

在设备实现如下:

-----R1-----

R1_config#no ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 10.1.3.10

R1_config#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, BC - BGP connected

D - DEIGRP, DEX - external DEIGRP, O - OSPF, OIA - OSPF inter area

ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2

OE1 - OSPF external type 1, OE2 - OSPF external type 2

DHCP - DHCP type

VRF ID: 0

S 10.0.0.0/8 [1,0] via 10.1.1.2(on FastEthernet0/0)

C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.1.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

R1_config#

-----R2-----

R2_config#no ip route 10.1.3.0 255.255.255.0 10.1.2.10

R2_config#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, BC - BGP connected

D - DEIGRP, DEX - external DEIGRP, O - OSPF, OIA - OSPF inter area

ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2

OE1 - OSPF external type 1, OE2 - OSPF external type 2

DHCP - DHCP type

VRF ID: 0

S 10.0.0.0/8 [1,0] via 10.1.1.1(on FastEthernet0/0)

C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.1.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/3

R2_config#

再次测试连通性:

C:\>ping 10.1.3.10

Pinging 10.1.3.10 with 32 bytes of data:

Reply from 10.1.3.10: bytes=32 time=2ms TTL=126

Reply from 10.1.3.10: bytes=32 time<1ms TTL=126

Reply from 10.1.3.10: bytes=32 time<1ms TTL=126

Reply from 10.1.3.10: bytes=32 time<1ms TTL=126

Ping statistics for 10.1.3.10:

Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),

Approximate round trip times in milli-seconds:

Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

此时已经可以连通。

注意事项和排错

- 1) 实训时在第一步即将设备 `hostname` 改为与拓扑图一致的状态, 有助于实训的顺利进行。
- 2) 本实训最终设置的静态路由的掩码并非最优方案, 只是本实训测试目的, 请正常设置静态路由时不要完全效仿。
- 3) 如果实训过程中发生静态路由无法写入路由表的情况, 请查看静态路由指向的下一跳所对应端口是否处于 UP 状态。

配置文档

-----R1-----	-----R2-----
<pre>R1#sh ru Building configuration... Current configuration: ! !version 1.3.3G service timestamps log date service timestamps debug date no service password-encryption ! hostname R1</pre>	<pre>R2#sh ru Building configuration... Current configuration: ! !version 1.3.3G service timestamps log date service timestamps debug date no service password-encryption ! hostname R2</pre>

(续)

<pre>gbsc group default ! interface FastEthernet0/0 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0 no ip directed-broadcast ! interface FastEthernet0/1 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0 no ip directed-broadcast ! interface Serial0/2 no ip address no ip directed-broadcast ! interface Serial0/3 no ip address no ip directed-broadcast ! interface Async0/0 no ip address no ip directed-broadcast ! ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.2 R1#</pre>	<pre>gbsc group default ! interface FastEthernet0/0 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0 no ip directed-broadcast ! interface FastEthernet0/3 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0 no ip directed-broadcast ! interface Serial0/1 no ip address no ip directed-broadcast ! interface Serial0/2 no ip address no ip directed-broadcast ! interface Async0/0 no ip address no ip directed-broadcast ! ip route 10.0.0.0 255.0.0.0 10.1.1.1 R2#</pre>
--	--

共同思考

动态路由环境中，本实训第 4 步这样的情形会不会出现？请尝试画出典型的拓扑。

课后练习

尝试实现第 5 步中的第 1) 种修改方式。