



警示

1. 实验报告如有雷同，雷同各方当次实验成绩均以 0 分计。
2. 当次小组成员成绩只计学号、姓名登录在下表中的。
3. 在规定时间内未上交实验报告的，不得以其他方式补交，当次成绩按 0 分计。
4. 实验报告文件以 PDF 格式提交。

院系	计算机学院	班 级	1 班	组长	马岱
学号	22336180		22336090		
姓名	马岱		黄集瑞		
实验分工					
姓名	分工			在本次中的占比	
马岱	合作完成多区域 OSPF 的配置			50%	
黄集瑞	合作完成多区域 OSPF 的配置			50%	

【实验题目】多区域 OSPF 路由协议实验

【实验目的】

掌握 OSPF 协议多区域的配置和使用方法。

【实验内容】

【实验内容】

(1) 完成习题 7-22 (P2726) 的“OSPF 多区域配置”

(a) 查任意两个路由器之间是否可以 Ping 通

(b) 显示并记录各个路由器上的路由协议和路由表，指出由 OSPF 协议生成的路由条目

#show ip protocol

#show ip route

【实验要求】

重要信息需给出截图，注意实验步骤的前后对比。

【实验记录】(如有实验拓扑请自行画出)

22. 如图 7-43 所示是一个多区域 OSPF 拓扑结构，请给出配置，实现互通。图 7-43 中路由器的端口根据实际情况自行标出。

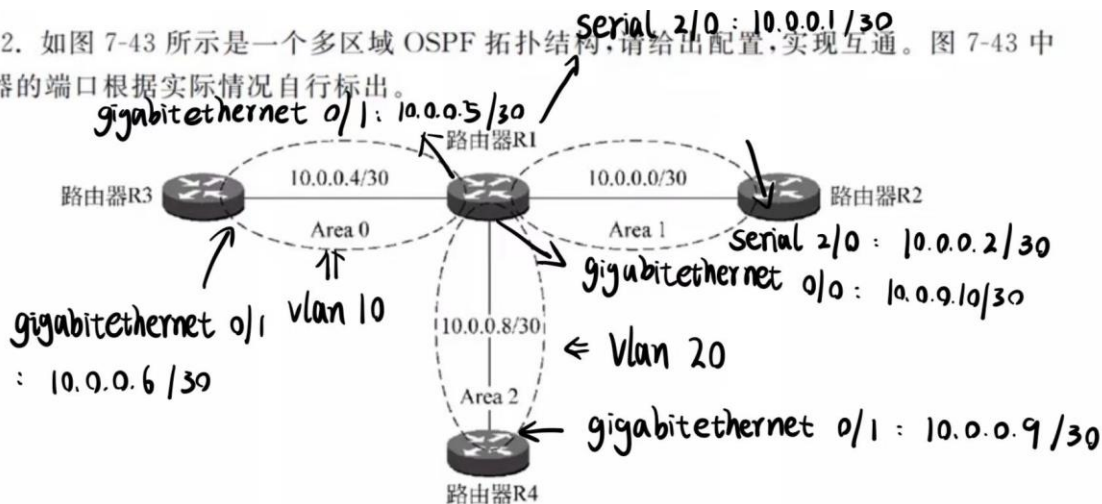


图 7-43 第 22 题的拓扑结构



● 步骤一:

➤ 按照拓扑图上的标示, 配置路由器 R1、R2, 具体配置过程如下图所示:

```
14-RSR20-1(config)#interface gigabitethernet 0/1
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 10.0.0.5 255.255.255.252
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#no shutdown
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
14-RSR20-1(config)#interface serial 2/0
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#no shutdown
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#exit
```

```
-----
14-RSR20-1(config)#interface gigabitethernet 0/0
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 10.0.0.10 255.255.255.252
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/0)#no shutdown
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit
14-RSR20-1(config)#show ip interface brief
```

✧ 由于本次实验是要检测路由器之间能否 ping 通, 所以我们不需要像之前实验一样配置我们的主机 IP 地址; 这里由于 R1 路由器共有三个接口, 因此我们需要为这三个接口都配置上 IP 地址, 对于 serial 2/0 串口, 由于实验室路由器 R1 中与路由器 R2 连接好的, 所以直接配置其的 ip 地址即可; 另外由于实验室中只有两台路由器, 因此我们使用三层交换机作为扩展路由器来完成本次实验, 由此我们分别使用 gigabitethernet 0/1 接口和 gigabitethernet 0/0 接口分别作为与路由器 R4 和路由器 R3 的连通点, 由此我们配置好这三个接口的 IP 地址。不同于以往的子网, 我们本次实验的子网掩码是/30, 所以配置子网的时候要注意设置为 255.255.255.252。

✧ 根据拓扑图我们将端口分别设为以下 IP 地址:

- 🌈 gigabitethernet 0/1: 10.0.0.5
- 🌈 gigabitethernet 0/0: 10.0.0.10
- 🌈 serial 2/0: 10.0.0.1

```
14-RSR20-2(config)#interface serial 2/0
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#no shutdown
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#exit
```

同理路由器 R2 中的 serial 2/0 串口是已经与路由器 R1 连接好的, 所以直接配置其的 ip 地址即可。
IP 地址为: 10.0.0.2

➤ 按照拓扑图上的标示, 配置路由器 (三层交换机) R3、R4, 具体配置过程如下图所示:

```
Ruijie(config)#vlan 20
Ruijie(config-vlan)#exit
Ruijie(config)#interface gigabitethernet 0/1
Ruijie(config-if-GigabitEthernet 0/1)#switchport access vlan 20
Ruijie(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
Ruijie(config)#interface vlan 20
Ruijie(config-if-VLAN 20)#*Dec 4 08:25:43: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol c
n Interface VLAN 20, changed state to up.

Ruijie(config-if-VLAN 20)#ip address 10.0.0.9 255.255.255.252
Ruijie(config-if-VLAN 20)#no shutdown
Ruijie(config-if-VLAN 20)#exit
```

由于本次实验需要 4 台路由器来配置, 受限于实验室资源, 拓扑图中的 R3 以及 R4 路由器都是由三层交换机来配置的, 所以在配置 R4 路由器的时候我们需要用交换机来激活对应的 VLAN。路由器 R4 的 VLAN 是 20, 然后将 VLAN 20 分配到交换机上的 gigabitethernet 0/1 端口, 并且配置此时的 IP 地址为 10.0.0.9 255.255.255.252



```
14-S5750-1(config)#vlan 10
14-S5750-1(config-vlan)#exit
14-S5750-1(config)#interface gigabitethernet 0/1
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#switchport access vlan 10
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
% Unknown command.

14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
14-S5750-1(config)#interface vlan 10
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#*Dec 4 08:27:49: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface VLAN 10, changed state to up.
ip address 10.0.0.6 255.255.255.252
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#no shutdown
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#exit
```

同理在配置 R3 路由器的时候我们需要用交换机来激活对应的 VLAN。路由器 R3 的 VLAN 是 10，然后将 VLAN 10 分配到交换机上的 gigabitethernet 0/1 端口，并且配置此时的 IP 地址为 10.0.0.6 255.255.255.252

R1

```
14-RSR20-1(config)#show ip interface brief
Interface                IP-Address(Pri)      IP-Address(Sec)      Status
Serial 2/0                10.0.0.1/30          no address            up
SIC-3G-WCDMA 3/0          no address            no address            up
GigabitEthernet 0/0       10.0.0.10/30         no address            up
GigabitEthernet 0/1       10.0.0.5/30          no address            up
VLAN 1                    no address            no address            up
```

R2

```
14-RSR20-2(config)#show ip interface brief
Interface                IP-Address(Pri)      IP-Address(Sec)      Status
Serial 2/0                10.0.0.2/30          no address            up
Serial 3/0                no address            no address            down
GigabitEthernet 0/0       192.168.1.1/24       no address            down
GigabitEthernet 0/1       no address            no address            down
VLAN 1                    no address            no address            up
```

R3 & R4

```
14-S5750-1(config)#show ip interface brief
Interface                IP-Address(Pri)      OK?      Status
VLAN 10                  10.0.0.6/30          YES       UP

Ruijie(config)#show ip interface brief
Interface                IP-Address(Pri)      OK?      Status
VLAN 20                  10.0.0.9/30          YES       UP
```

可以看到此时所有的端口都已经配置完毕，IP 地址也是我们想要的。



- 步骤二:

- 配置路由器 R1、R2、R3、R4 的 ospf 协议，具体配置过程如下所示:

R1

```
14-RSR20-1(config)#router ospf 1
14-RSR20-1(config-router)#network 10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
14-RSR20-1(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.3 area 1
14-RSR20-1(config-router)#network 10.0.0.8 0.0.0.3 area 2
14-RSR20-1(config-router)#*Jan 8 02:34:26: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 10.0.0.6-GigabitEthernet 0/1 from Down to Init, HelloReceived.
```

注意到本次实验，我们进行实验的子网掩码与以往不同并不是 24 位的而是修改成了 30 位，所以在进行网络配置时我们的反掩码需要相应修改为 0.0.0.3，而路由器 R1 由于与三个网段相连接，因此需要配置三个网段的 IP 地址，分别是 area 0 的 10.0.0.4 0.0.0.3 和 area 1 的 10.0.0.0 0.0.0.3 和 area 2 的 10.0.0.8 0.0.0.3。

R2

```
14-RSR20-2(config)#router ospf 2
14-RSR20-2(config-router)#*Jan 22 02:07:46: %OSPF-6-MIBBINDCHG: Mib-binding changed from process 3 to 2.
*Jan 22 02:07:46: %OSPF-4-NOTRID: OSPF process 2 failed to allocate unique router-id and cannot start.

14-RSR20-2(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.3 area 1
14-RSR20-2(config-router)#exit
```

注意到本次实验，我们进行实验的子网掩码与以往不同并不是 24 位的而是修改成了 30 位，所以在进行网络配置时我们的反掩码需要相应修改为 0.0.0.3，而路由器 R2 所处的区域为 area 1。

R3

```
14-S5750-1(config)#route ospf 3
14-S5750-1(config-router)#network 10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
```

这里按照多区域 OSPF 协议的配置，也为该路由 R3 配置一个路由进程号 3；同时我们我们将区域的网址设置为 10.0.0.4 0.0.0.3 并且命名为区域 0

R4

```
Ruijie(config)#router ospf 4
Ruijie(config-router)#network 10.0.0.8 0.0.0.3 area 2
```

这里按照多区域 OSPF 协议的配置，也为该路由 R4 配置一个路由进程号 4；同时我们我们将区域的网址设置为 10.0.0.8 0.0.0.3 并且命名为区域 2。



- 显示并记录各个路由器上的路由协议和路由表，指出由 OSPF 协议生成的路由条目

✚ R1

```
14-RSR20-1#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default

Gateway of last resort is no set
C       10.0.0.0/30 is directly connected, Serial 2/0
C       10.0.0.1/32 is local host.
C       10.0.0.4/30 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C       10.0.0.5/32 is local host.
C       10.0.0.8/30 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C       10.0.0.10/32 is local host.
14-RSR20-1#show ip protocol
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 10.0.0.10
  Memory Overflow is enabled
  Router is not in overflow state now
  Number of areas in this router is 3: 3 normal 0 stub 0 nssa
  Routing for Networks:
    10.0.0.0 0.0.0.3 area 1
    10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
    10.0.0.8 0.0.0.3 area 2
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Distance: (default is 110)
```

✚ Show ip route

可以看到配置完成后，路由器 R1 通过多个接口连接到不同的子网：

- ✧ `Serial 2/0` 连接到了 `10.0.0.0/30` 子网，与路由器 R2 相连。
- ✧ `GigabitEthernet 0/1` 连接到了 `10.0.0.4/30` 子网，与路由器 R3 相连。
- ✧ `GigabitEthernet 0/0` 连接到了 `10.0.0.8/30` 子网，与路由器 R4 相连。

`/32` 子网掩码的地址（例如 `10.0.0.1/32`、`10.0.0.5/32` 和 `10.0.0.10/32`）代表路由器自身接口的 IP 地址，用于标识各个接口的具体地址。根据拓扑图，网络划分为不同的 OSPF 区域，其中各个接口所在的区域如下：R1 连接到 `Area 0`，这是 OSPF 的骨干区域。其他连接的路由器也在不同的 OSPF 区域内，但 R1 主要连接 `Area 0`，并充当多个区域间的路由器。R1 充当了各个区域之间的边界路由器，负责不同区域之间的路由信息交换。R1 的路由表显示它连接到的子网信息，证明它可以和其他路由器（R2、R3、R4）通信，并能够路由来自这些区域的流量。

✚ Show ip protocol

这是使用 `show ip protocol` 命令查看 OSPF 协议的配置情况，首先可以看到使用的路由协议是 OSPF，接下来是过滤列表，可以看到出站和入站的更新过滤列表都没有设置（`Outgoing update filter list for all interfaces is not set` 和 `Incoming update filter list for all interfaces is not set`）。Router ID 则是路由器在 OSPF 中的标识这里显示的是 10.0.0.10。内存溢出功能已启用（`Memory Overflow is enabled`），但路由器当前不在溢出状态（`Router is not in overflow state now`）。可以看到路由器 R1 的参与 OSPF 的网络有 10.0.0.0 0.0.0.3 area 1，10.0.0.4 0.0.0.3 area 0，10.0.0.8 0.0.0.3 area 2，即为路由器 R1 相邻的网络段的 ip 地址。



R2

```
14-RSR20-2(config)#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default

Gateway of last resort is no set
C    10.0.0.0/30 is directly connected, Serial 2/0
C    10.0.0.2/32 is local host.
O IA 10.0.0.4/30 [110/51] via 10.0.0.1, 00:00:21, Serial 2/0
O IA 10.0.0.8/30 [110/51] via 10.0.0.1, 00:00:21, Serial 2/0

14-RSR20-2(config)#show ip protocol
Routing Protocol is "ospf 2"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 10.0.0.2
  Memory Overflow is enabled
  Router is not in overflow state now
  Number of areas in this router is 1: 1 normal 0 stub 0 nssa
  Routing for Networks:
    10.0.0.0 0.0.0.3 area 1
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Distance: (default is 110)
```

Show ip route

其中，我们可以看到不同于之前实验的静态路由，在这里并没有显示任何的 S 条目，而是多了两条 O 条目，也就是路由器通过 OSPF 协议学习到的。该协议前面的 10.0.0.4/30 指向的是目标网络的地址和子网掩码，也就是说路由器 2 通过 OSPF 协议学习到了指向该地址子网的路由；而后面的 [110/51] 则是 [行政距离/成本] 的形式显示，后面的 51 就是通过该路由到成本，而 OSPF 路由器会优先选择成本最小的路径；然后 via 10.0.0.1 指的是到达目标网络的下一跳地址，这里也就是路由器 2 的 serial 2/0 串口；最后，我们可以看到有个时间的表示 00:00:21，这个是路由的“持续时间”，这个时间表示自从该路由条目被学习到路由表以来的时长。在这个例子中，表示该路由在路由表中已经存在了 21 秒。同理，另一条 O 条目一样。

Show ip protocol

这是使用 show ip protocol 命令查看 OSPF 协议的配置情况，首先可以看到使用的路由协议是 OSPF，接下来是过滤列表，可以看到出站和入站的更新过滤列表都没有设置 (Outgoing update filter list for all interfaces is not set 和 Incoming update filter list for all interfaces is not set)。Router ID 则是路由器在 OSPF 中的标识这里显示的是 10.0.0.2。内存溢出功能已启用 (Memory Overflow is enabled)，但路由器当前不在溢出状态 (Router is not in overflow state now)。可以看到路由器 R2 的参与 OSPF 的网络有 10.0.0.0 0.0.0.3 area 1，即为路由器 R2 相邻的网络段的 ip 地址。



R3

```
14-S5750-1#show ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP
        O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        ia - IS-IS inter area, * - candidate default

Gateway of last resort is no set
O IA 10.0.0.0/30 [110/51] via 10.0.0.5, 00:17:18, VLAN 10
C    10.0.0.4/30 is directly connected, VLAN 10
C    10.0.0.6/32 is local host.
O IA 10.0.0.8/30 [110/2] via 10.0.0.5, 00:17:18, VLAN 10
14-S5750-1#show ip protocol
Routing Protocol is "ospf 3"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 10.0.0.6
  Memory Overflow is enabled
  Router is not in overflow state now
  Number of areas in this router is 1: 1 normal 0 stub 0 nssa
  Routing for Networks:
    10.0.0.4 0.0.0.3 area 0
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Distance: (default is 110)
```

Show ip route

其中，我们可以看到不同于之前实验的静态路由，在这里并没有显示任何的 S 条目，而是多了两条 O 条目，也就是路由器通过 OSPF 协议学习到的。该协议前面的 10.0.0.0/30 指向的是目标网络的地址和子网掩码，也就是说路由器 3 通过 OSPF 协议学习到了指向该地址子网的路由；而后面的[110/51]则是[行政距离/成本]的形式显示，后面的 51 就是通过该路由到成本，而 OSPF 路由器会优先选择成本最小的路径；然后 via10.0.0.1 指的是到达目标网络的下一跳地址，这里也就是路由器 2 的 serial 2/0 串口；最后，我们可以看到有个时间的表示 00:17:18，这个是路由的“持续时间”，这个时间表示自从该路由条目被学习到路由表以来的时长。在这个例子中，表示该路由在路由表中已经存在了 17 分 18 秒。同理，另一条 O 条目一样。

Show ip protocol

这是使用 show ip protocol 命令查看 OSPF 协议的配置情况，首先可以看到使用的路由协议是 OSPF，接下来是过滤列表，可以看到出站和入站的更新过滤列表都没有设置（Outgoing update filter list for all interfaces is not set 和 Incoming update filter list for all interfaces is not set）。Router ID 则是路由器在 OSPF 中的标识这里显示的是 10.0.0.6。内存溢出功能已启用（Memory Overflow is enabled），但路由器当前不在溢出状态（Router is not in overflow state now）。可以看到路由器 R2 的参与 OSPF 的网络有 10.0.0.4 0.0.0.3 area 0，即为路由器 R3 相邻的网络段的 ip 地址。



R4

```
Gateway of last resort is no set
O IA 10.0.0.0/30 [110/51] via 10.0.0.10, 00:00:20, VLAN 20
O IA 10.0.0.4/30 [110/2] via 10.0.0.10, 00:00:20, VLAN 20
C 10.0.0.8/30 is directly connected, VLAN 20
C 10.0.0.9/32 is local host.
```

Show ip route

配置完成后，多出了两条 O 条目。第一条 O 条目中 10.0.0.0/30 指向的是目标网络的地址和子网掩码，路由器 R4 通过 OSPF 协议学习到了指向该地址子网的路由；而[110/51]则是[行政距离/成本]的形式显示，51 就是通过该路由到成本，而 OSPF 路由器会优先选择成本最小的路径，然后 via 10.0.0.10 指的是到达目标网络的下一跳地址，即路由器 1 的 gigabitethernet 0/0 串口；最后，我们可以看到有个时间的表示 00:00:20，这是路由的“持续时间”，表示自从该路由条目被学习到路由表以来的时长。在这个例子表示该路由在路由表中已经存在了 20 秒，这第一个条目表明路由器 R4 已经学习到通往 area 1 的路径；而第二个 O 条目表示路由器 R4 已经学习到通往 area 0 的路径。

Show ip protocol

可以看到，当前 R4 路由器正在运行的路由协议是 OSPF，协议进程号为 4。同时它没有为所有接口配置 OSPF 的出站更新过滤器以及入站更新过滤器。其本身的 IP 地址为 10.0.0.9，且它在为 area2 提供路由服务，综上所述，所有配置设置正确。

● 步骤三

➤ 检测任意两个路由器之间是否可以 Ping 通，结果如下所示：

```
14-S5750-1#ping 10.0.0.1
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 10.0.0.1, timeout is 2 seconds:
 < press Ctrl+C to break >
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/8/10 ms
14-S5750-1#ping 10.0.0.9
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 10.0.0.9, timeout is 2 seconds:
 < press Ctrl+C to break >
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/4/20 ms
14-S5750-1#ping 10.0.0.2
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 10.0.0.2, timeout is 2 seconds:
 < press Ctrl+C to break >
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 50/52/60 ms
```

这里从路由器 R3 的接口 IP 分别 ping 路由器 R1、R2、R4 的接口 IP，可以看到都成功了，表明四个路由器之间相互连通。



- 实验错误分析:

问题: 由于配置路由器 R2 的 OSPF 协议错误, 导致 R2 共存两个 OSPF 协议, 如下图所示:

```
14-RSR20-2(config)#show ip protocol
Routing Protocol is "ospf 3"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 10.0.0.2
  Memory Overflow is enabled
  Router is not in overflow state now
  Number of areas in this router is 0: 0 normal 0 stub 0 nssa
  Routing for Networks:
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Distance: (default is 110)

Routing Protocol is "ospf 2"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 0.0.0.0
  Memory Overflow is enabled
  Router is not in overflow state now
  Number of areas in this router is 1: 1 normal 0 stub 0 nssa
  Routing for Networks:
    10.0.0.0 0.0.0.3 area 1
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
  Distance: (default is 110)
```

解决方法: 采用以下指令将该协议删除

```
no router ospf 3
```