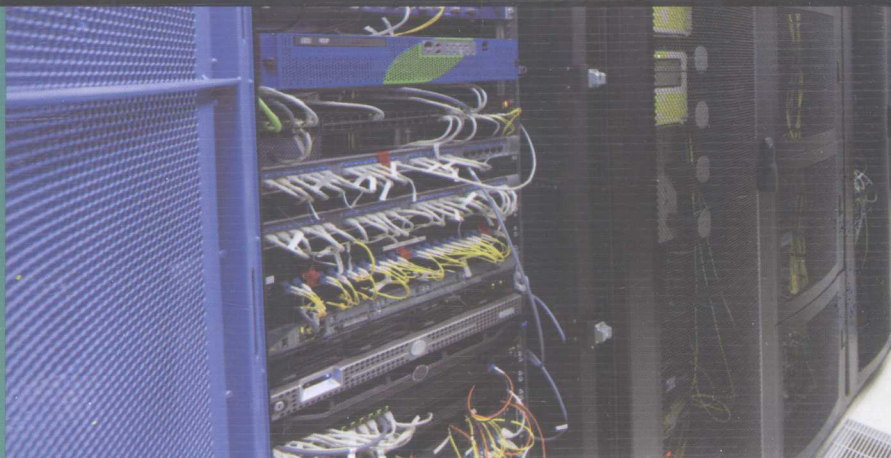


思科系列丛书



路由与交换技术 精要与实践

蒋建峰 刘 源◎编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

路由与交换技术 精要与实践

蒋建峰 刘 源 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材针对高职高专学生的认知特点以及高职高专教育的培养目标、特点和要求,全面介绍了路由与交换的精要技术和实践技能,根据改版更新后的思科网络技术 CCNA RS 版本及 CCNA 认证考试要求,合理安排教学与实验内容。全书共 10 章,第 1 章主要介绍思科路由器的概念、特点、内部结构和工作原理以及设备的基本操作技能;第 2 章介绍路由的概念以及静态路由的基本配置;第 3 章主要介绍 RIP 协议的工作原理和主要数据包的格式以及 RIP 协议的相关配置;第 4 章介绍 EIGRP 协议的工作原理与配置以及相关专业术语;第 5 章介绍 OSPF 协议的工作原理和相关配置命令;第 6 章详细介绍交换机的工作原理和相关基本操作;第 7 章介绍虚拟局域网与中继的关系、中继协商策略以及配置;第 8 章介绍传统 VLAN 间路由实现方式与三层交换原理;第 9 章介绍生成树协议的工作原理以及几种生成树协议的操作;第 10 章介绍下一代网络 IPv6 的特点以及在下一代网络中运用的各种协议原理与配置,包括 RIPng、IPv6 EIGRP、OSPFv3 等。

本教材既可作为高职高专计算机网络专业的教材,也可作为对计算机网络技术感兴趣的相关专业技术人员和广大自学者的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

路由与交换技术精要与实践 / 蒋建峰, 刘源编著. —北京: 电子工业出版社, 2017.1

(思科系列丛书)

ISBN 978-7-121-30412-5

I. ①路… II. ①蒋… ②刘… III. ①计算机网络—路由选择—高等学校—教材②计算机网络—信息交换机—高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 280658 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 21.5 字数: 482 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版

印 次: 2017 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 66.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

前 言

本教材是苏州工业园区服务外包学院江苏省示范教材建设项目，编著者长期从事网络技术专业的教学工作，同时也与业内知名企业合作紧密，在技能型人才培养方面有着独到的经验。本教材旨在提供一本理论与实践一体化教材，充分体现技能培养。

本教材内容安排以基础性和实践性为重点，力图在讲述路由与交换相关协议工作原理的基础上，注重对学生的实践技能培养，本教材的主要特色是教学内容设计做到了理论与技术应用对接，具有鲜明的专业教材特色。在理论上，把各个协议的原理讲述透彻；在实验设计方面，以实际工程应用为基础，体现与实际工程接轨，是一本以真实设备与仿真软件相结合编写的双语教材。

全书共 10 章。

第 1 章主要介绍思科路由器的概念、特点、内部结构和工作原理以及设备的基本操作技能。

第 2 章介绍路由的概念以及静态路由的基本配置。

第 3 章主要介绍 RIP 协议的工作原理和主要数据包的格式以及 RIP 协议的相关配置。

第 4 章介绍 EIGRP 协议的工作原理和相关专业术语以及配置。

第 5 章介绍 OSPF 协议的工作原理以及相关配置命令。

第 6 章详细介绍交换机的工作原理以及相关基本操作。

第 7 章介绍虚拟局域网与中继的关系、中继协商策略以及配置。

第 8 章介绍传统的 VLAN 间路由实现方式以及三层交换的原理。

第 9 章介绍生成树协议的工作原理以及几种生成树协议的操作。

第 10 章介绍下一代网络 IPv6 的特点以及在下一代网络中运用的各种协议原理与配置，包括 RIPng、IPv6 EIGRP、OSPFv3 等。

本教材作为苏州工业园区服务外包学院江苏省示范教材建设项目成果，第 1~5、10 章由蒋建峰老师撰稿，第 6~9 章由刘源老师撰稿，全书由蒋建峰老师修改定稿。参加本书编写工作的还有杜梓平、丁慧洁、蒋建锋和张娴。特别感谢思科公司华东区经理张冉和南京建策公司培训经理吉旭对编写工作的支持。

本教材配套有教学资源 PPT 课件，如有需要，请登录电子工业出版社华信教育资源网（www.hxedu.com.cn），注册后免费下载。

由于作者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请各位老师和同学指正，可发送邮件至 alaneroson@126.com。

编 著 者
2016 年 12 月

目 录

第 1 章 路由器与基本配置	1
1.1 Cisco 路由器	2
1.1.1 Cisco 路由器介绍	2
1.1.2 路由器的启动过程	2
1.1.3 路由器的访问方式	3
1.2 Cisco 路由器 IOS 模式	5
1.3 实训一：路由器基本配置	5
1.4 实训二：配置文件与 IOS 管理	16
1.4.1 配置文件管理	17
1.4.2 路由器 IOS 管理	19
1.5 实训三：路由器密码恢复	22
第 2 章 静态路由	25
2.1 IP 路由基础	26
2.1.1 路由协议（Routing Protocol）	26
2.1.2 路由表（Routing Table）	26
2.1.3 度量（Metric）	28
2.1.4 负载均衡（Load Balance）	29
2.1.5 管理距离（Administrative Distance）	30
2.2 直连路由与静态路由	30
2.2.1 直连路由（Connected Route）	30
2.2.2 静态路由（Static Route）	31
2.2.3 默认路由（Default Route）	32
2.3 实训一：IPv4 静态路由	32
2.3.1 带下一跳地址的静态路由	33
2.3.2 带送出接口的静态路由	37
2.4 实训二：IPv4 汇总静态路由与默认路由	39
2.4.1 汇总路由的配置	40
2.4.2 默认路由的配置	43
2.5 实训三：路由负载均衡与浮动静态路由	44
2.5.1 路由负载均衡	44

2.5.2 浮动静态路由	46
第 3 章 RIP 路由协议	49
3.1 动态路由协议	50
3.2 RIPv1 与 RIPv2	50
3.2.1 RIPv1 数据包格式	51
3.2.2 RIPv2 数据包格式	52
3.3 RIP 路由表更新	52
3.4 路由环路	53
3.5 实训一: RIPv1 配置	53
3.5.1 RIPv1 基本配置	53
3.5.2 被动接口与单播更新	60
3.5.3 默认路由	63
3.6 实训二: RIPv2 配置	66
3.6.1 不连续网络路由配置	67
3.6.2 RIPv2 版本配置	69
3.7 实训三: RIPv2 扩展配置	72
3.7.1 RIP 认证与手工汇总	72
3.7.2 水平分割与触发更新	77
第 4 章 EIGRP 路由协议	83
4.1 EIGRP 概述	84
4.1.1 EIGRP 特征	84
4.1.2 EIGRP 消息格式	84
4.1.3 EIGRP 邻居发现	90
4.1.4 EIGRP 路由发现和维护	91
4.2 实训一: EIGRP 基本配置	92
4.3 实训二: EIGRP 负载均衡	102
4.4 实训三: EIGRP 认证与手工汇总	106
第 5 章 OSPF 路由协议	111
5.1 OSPF 概述	112
5.1.1 OSPF 特征	112
5.1.2 OSPF 消息格式	112
5.1.3 OSPF 路由器类型	115

5.1.4	OSPF 区域类型	116
5.1.5	OSPF LSA 类型	116
5.1.6	OSPF 工作过程	118
5.2	实训一：单区域 OSPF 配置	120
5.2.1	点对点链路 OSPF 配置	120
5.2.2	广播多路访问网络 OSPF 配置	126
5.3	实训二：OSPF 扩展配置	130
5.3.1	OSPF 区域认证	131
5.3.2	OSPF 接口认证	135
5.4	实训三：多区域 OSPF 配置	139
5.4.1	多区域 OSPF 基本配置	139
5.4.2	OSPF STUB 区域配置	145
5.4.3	OSPF NSSA 区域配置	150
5.4.4	OSPF 虚链路配置	154
第 6 章	交换机基本概念和配置	159
6.1	Cisco 交换机概述	160
6.1.1	交换机工作原理	160
6.1.2	交换机安全	163
6.1.3	交换机的管理方式	164
6.2	实训一：交换机基本配置	165
6.3	实训二：交换机密码恢复	173
6.4	实训三：配置文件与 IOS 管理	176
6.4.1	配置命令文件的管理	177
6.4.2	交换机 IOS 文件管理	179
6.5	实训四：交换机端口安全配置	182
第 7 章	虚拟局域网	191
7.1	虚拟局域网 (VLAN)	192
7.1.1	VLAN 概念及其优点	192
7.1.2	VLAN 的类型	194
7.2	VLAN Trunk	195
7.2.1	VLAN 的帧结构	196
7.2.2	Trunk 的封装和 Native VLAN	197
7.3	DTP 协议	198

7.3.1	DTP 协议简介	199
7.3.2	DTP 端口协商模式	199
7.4	EtherChannel	200
7.4.1	PAgP 协议	201
7.4.2	LACP 协议	202
7.4.3	EtherChannel 设计原则	202
7.5	实训一: VLAN 基本配置	203
7.6	实训二: VLAN Trunk 配置	212
7.7	实训三: 动态 Trunk 配置	219
7.8	实训四: EtherChannel 配置	223
第 8 章	VLAN 间路由	233
8.1	VLAN 间路由的概念	234
8.2	VLAN 间路由的分类	234
8.2.1	传统 VLAN 间路由	235
8.2.2	单臂路由器 VLAN 间路由	235
8.2.3	多层交换机 VLAN 间路由	236
8.3	三层交换	237
8.3.1	基于 SVI 的 VLAN 间路由	237
8.3.2	基于路由接口的 VLAN 间路由	239
8.4	实训一: 传统 VLAN 间路由	240
8.5	实训二: 单臂路由器 VLAN 间路由	243
8.6	实训三: SVI 的 VLAN 间路由	248
8.7	实训四: 路由接口的 VLAN 间路由	252
第 9 章	生成树协议	255
9.1	STP 概述	256
9.1.1	二层环路问题	256
9.1.2	生成树算法	260
9.1.3	STP 的选举过程	264
9.2	RSTP	267
9.2.1	RSTP 端口角色	267
9.2.2	RSTP 的优点	269
9.3	PVST+	271
9.3.1	PVST+协议的概念	271

9.3.2	PVST+协议的优缺点	272
9.4	MSTP	274
9.4.1	MSTP 的融合性	275
9.4.2	MSTP 的区域	276
9.5	实训一：STP 与 PVST+配置	276
9.5.1	单 VLAN PVST+基础配置及验证	277
9.5.2	多 VLAN PVST 配置及验证	279
9.5.3	根网桥的控制	282
9.5.4	指定端口的控制	284
9.6	实训二：Rapid-PVST+配置	285
9.7	实训三：Cisco STP 高级特性	289
9.7.1	PortFast 和 BPDU 防护	289
9.7.2	UplinkFast	291
9.7.3	BackboneFast	292
9.8	实训四：MSTP 配置	293
第 10 章	IPv6 路由协议	299
10.1	IPv6 协议	300
10.1.1	IPv6 的优势	300
10.1.2	IPv6 消息格式	300
10.2	RIPng 路由协议	301
10.2.1	RIPng 概述	301
10.2.2	RIPng 消息格式	302
10.3	IPv6 EIGRP 路由协议	303
10.4	OSPFv3 路由协议	303
10.4.1	OSPFv3 概述	303
10.4.2	OSPFv3 消息格式	303
10.5	实训一：IPv6 网络静态路由	305
10.6	实训二：IPv6 汇总静态路由与默认路由	309
10.7	实训三：RIPng 配置	312
10.8	实训四：IPv6 EIGRP 配置	317
10.9	实训五：OSPFv3 配置	324
10.9.1	OSPFv3 单区域配置	324
10.9.2	OSPFv3 多区域配置	329

第1章



路由器与基本配置

本章要点

- ✎ Cisco 路由器
- ✎ Cisco 路由器 IOS 模式
- ✎ 实训一：路由器基本配置
- ✎ 实训二：配置文件与 IOS 管理
- ✎ 实训三：路由器密码恢复

路由器（Router），是目前连接互联网和局域网的主要网络设备，通过路由表选择最佳路径顺序发送信号。路由器是互联网的枢纽，广泛应用于各种行业服务。目前，路由器的厂商和产品多样，本章主要介绍思科路由器的结构、启动过程、命令行，以及基本配置。

1.1 Cisco 路由器

思科是互联网的巨头，其网络设备路由器是智能信息网络的基础，为当前最核心的网络服务，如视频、IP 电话、金融业务等提供了一流的服务质量（QoS）。

思科的设备型号众多，如 Cisco 820/830 系列，适合小型远程办公机构；Cisco 1800 系列，适合小型企业和分支机构；Cisco 2800 系列，适合中小型企业和分支机构。本书所有路由实训将以 Cisco 2800 系列路由器为例。

1.1.1 Cisco 路由器介绍

路由器是一台小型的计算机，和常用的 PC 一样，其基本的硬件包括 CPU、RAM、ROM、FLASH；另外，和 PC 不同的是路由器还有一个特殊的存储部件 NVRAM，以及基本的网络连接接口：WAN 接口和 LAN 接口。路由器工作除了需要基本硬件支持外，也需要其自身的操作系统 IOS 支持。

路由器的各个部件及其基本功能如下所述。

- **CPU**：中央处理器，执行操作系统指令，主要负责路由的计算；
- **RAM**：随机存储器，又称内存，存储 CPU 执行的指令和数据，包括操作系统、运行配置文件（Running Configuration File）、IP 路由表、ARP 缓存、数据包缓存；
- **ROM**：只读存储器，存放诊断软件和引导程序，还可以存放精简版的 IOS；
- **NVRAM**：非易失性随机存储器，思科设备用来存放启动配置文件（Startup Configuration File）；
- **Flash**：闪存，用于存放 Cisco IOS；
- **Interface**：接口，连接广域网和局域网。

1.1.2 路由器的启动过程

路由器的启动过程主要有以下几个阶段。

- ① POST：加电自检。
- ② 加载 Bootstrap 程序。
- ③ 查找操作系统（IOS）。

- ④ 加载操作系统（IOS）。
- ⑤ 查找启动配置文件（Startup Configuration File）。
- ⑥ 加载启动配置文件（Startup Configuration File）。

图 1-1 显示了路由器启动的主要过程。

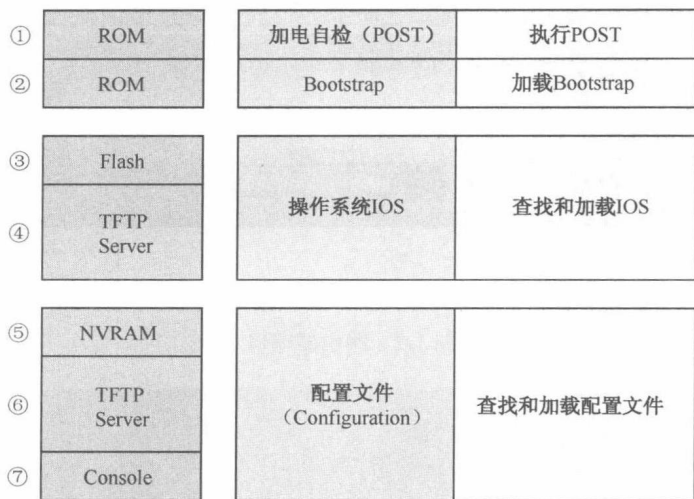


图 1-1 路由器启动过程

1.1.3 路由器的访问方式

路由器可以通过多种方式访问 CLI 环境，最常见的方法有以下几种。

- 控制台（Console）；
- Telnet；
- SSH；
- AUX 端口。

1. 通过控制台访问

控制台端口是一种管理端口，可以通过该端口对思科设备进行外带访问。如图 1-2 所示是 Cisco2800 系列的 2811 型号路由器的各个端口。通过控制台访问路由器需要一条 Console 线缆，如图 1-3 所示，一端（Com 接口）连接计算机的 Com 接口，另一端连接路由器的 Console 接口。

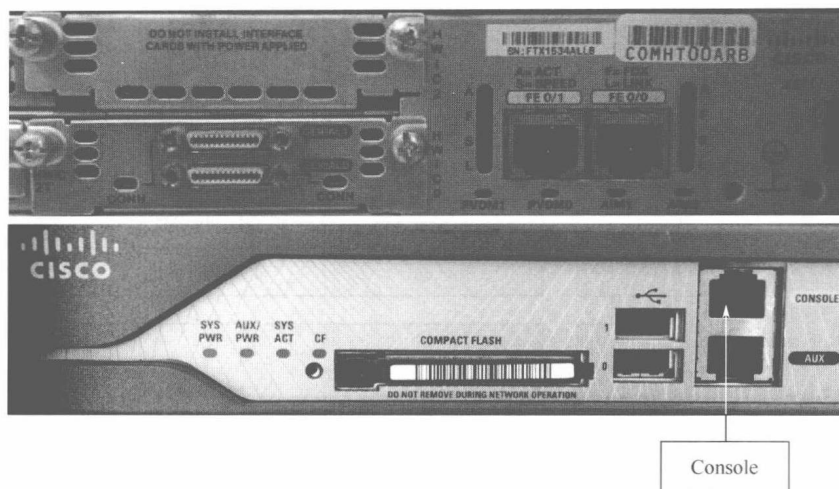


图 1-2 路由器端口

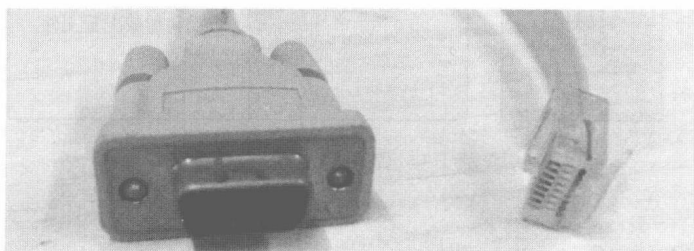


图 1-3 Console 线缆

2. 通过 Telnet 访问

Telnet 是通过虚拟连接在网络中建立远程设备的 CLI 会话方法。利用 Telnet 建立远程会话需要事先在设备上配置远程登录线路，并且给设备的接口配置 IPv4 地址，这样用户能够从 Telnet 客户端输入命令远程连接设备。

3. 通过 SSH 访问

安全外壳协议（SSH）提供与 Telnet 相同的远程登录功能，不同之处在于，当 Telnet 远程登录时，连接通信过程中的信息是不加密的，而 SSH 提供了更加严格的身份验证，采取加密手段，使用户 ID、密码等信息在传输过程中保持私密。

4. 通过 AUX 访问

AUX（路由器辅助端口）连接方法通过调制解调器进行拨号实现连接。

1.2 Cisco 路由器 IOS 模式

Cisco IOS 是一种模式化的操作系统，每个模式有各自的工作领域。对于这些模式，CLI（Command-Line interface）采用了层次结构。

- 用户执行模式：（Router>）路由器名字后面是一个“>”符号，仅允许一些基本的查看类型 IOS 命令；
- 用户特权模式：（Router#）路由器名字后面是一个“#”符号，允许登录到特权模式执行访问 IOS 的命令，特权模式还可以对路由器的配置进行保存；
- 全局配置模式：[Router（config）#]，路由器后面有 config 单词，此模式下可以执行路由器的各种配置；
- 其他配置模式：在路由器全局配置模式下可以进入其他各个高级配置模式或子模式。表 1-1 展示了 IOS 的主要配置模式。

表 1-1 IOS 主要配置模式

配置模式	描 述	提示符
用户执行模式	基本查看，远程访问	Router>
用户特权模式	详细查看，调试测试，文件处理，远程访问	Router#
全局配置模式	全局配置	Router(config)#
其他配置模式	特定服务配置	Router(config-mode)#

1.3 实训一：路由器基本配置

【实验目的】

- 根据图片和要求搭建网络拓扑；
- 完成设备的基本配置，如名字、特权密码、远程登录密码、控制台密码、标识信息、加密密码、禁止域名解析、禁止控制台超时、控制台信息回显等。
- 配置和激活路由器接口。
- 验证配置。

【实验拓扑】

实验拓扑如图 1-4 所示。

设备参数如表 1-2 所示。

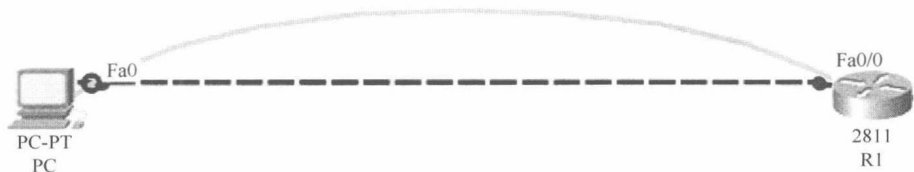


图 1-4 实验拓扑

表 1-2 设备参数表

设 备	接 口	IP 地址	子网掩码	默认网关
R1	Fa0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	Loopback0	10.10.10.10	255.255.255.255	N/A
PC	NIC	192.168.1.100	255.255.255.0	192.168.1.1

【实验内容】

1. 执行路由器基本配置

根据之前 1.1.3 介绍，用 Console 线缆连接路由器和 PC，如果是 Windows XP，可以通过开始菜单—附件—通信里的超级终端登录设备。Windows 7 以上高版本的操作系统没有超级终端附件，可以通过安装第三方软件如 SecureCRT 来实现。安装好后打开 SecureCRT 软件，设置连接参数如图 1-5 所示，其中 Port（本机端口 COM1）须根据实际计算机上设备参数设置。（本书之后实验都是通过 SecureCRT 软件访问设备的）

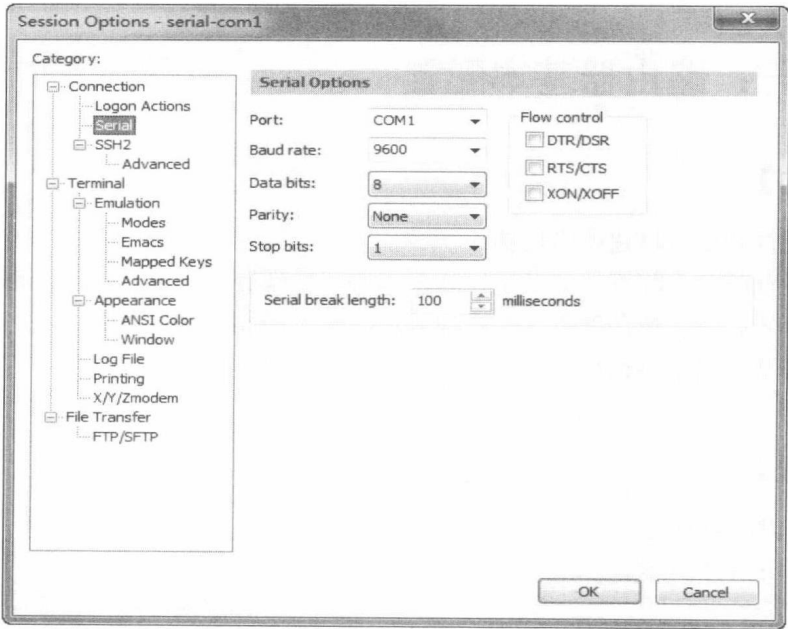


图 1-5 Console 线缆连接参数

路由器开机后，如果是新的设备，会出现如下的对话框，询问是否要初始化配置。必须输入“no”，结束对话框，进入路由器控制台，如下所示。

```

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no
Router>
Router>enable //输入命令 enable 进入用户特权模式
Router#
Router# configure terminal
//输入命令 configure terminal 进入全局配置模式
Router(config)#
Router(config)# hostname R1
//配置路由器名字为 R1
R1(config)# no ip domain-lookup
//禁止域名解析
R1(config)#banner motd #Need Password!#
//配置标识信息 “Need Password!”

```

(1) 配置控制台相关信息

```

R1(config)#line console 0
//配置控制台密码，0 表示每次只能 1 个用户登录控制台
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#logging synchronous
//控制台消息回显
R1(config-line)#exec-timeout 0 0
//配置控制台永不超时
R1(config-line)#login
//启用登录进程，否则密码不生效
R1(config-line)#exit
//退到上一层模式

```

(2) 配置远程登录信息

```

R1(config)#line vty 0 4
//配置远程登录密码 0 4，表示每次可以有 5 个用户远程登录设备，路由器可以支持 0~988 个虚拟终端
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#login
R1(config-line)#exit

```

(3) 配置特权密码及加密

```
R1(config)#enable password cisco123
//配置特权模式密码，此密码不加密

R1(config)#enable secret cisco
//配置特权模式密码，此密码加密，当两个特权模式密码都配置时，enable secret 密码生效

R1(config)#service password-encryption
//把所有密码加密，默认情况下，远程登录密码和控制台密码等都是以明文形式存储的
```

(4) 配置接口信息

```
R1(config)#interface fastEthernet 0/0
//进入接口，并配置 IP 地址和子网掩码

R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#description Link to LAN           //接口描述 “Link to LAN”

R1(config-if)#no shutdown
//路由器接口默认情况下是关闭的，需手动开启

R1(config)#interface loopback 0
*Mar 15 00:41:21.519: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0, changed
state to up
//环回接口创建后自动开启，环回接口比较稳定，适合于之后的各种协议工作

R1(config-if)#ip address 10.10.10.10 255.255.255.255
R1(config-if)#end
//无论当前属于何种模式，使用 end 命令可以退到特权模式
```

(5) 保存配置

```
R1#copy running-config startup-config
//保存当前配置，也可以用命令 write 保存
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
```

(6) 验证路由器版本信息

```
查看版本信息
R1#show version
Cisco IOS Software, 2800 Software (C2800NM-ADVENTERPRISEK9-M), Version 12.4(22)T,
RELEASE SOFTWARE (fc1) //IOS 版本
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
```