计算机类专业人才培养内涵建设项目系列教材

网络互联技术实训教程

上册

主编 杨 柳

WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

计算机类专业人才培养内涵建设项目系列

网络互联技术实训教程(上册)

主　编　杨　柳
副主编　吴青权　徐　培

WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

网络互联技术实训教程. 上册/杨柳主编 . —武汉:武汉大学出版社,2016. 8

计算机类专业人才培养内涵建设项目系列教材

ISBN 978-7-307-18562-3

Ⅰ. 网… Ⅱ. 杨… Ⅲ. 互联网络—高等学校—教材 Ⅳ. TP393. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 203433 号

责任编辑:蔡 巍 责任校对:刘小娟 装帧设计:张希玉

出版发行:**武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@ whu. edu. cn 网址:www. wdp. com. cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:787 × 1092 1/16 印张:12. 75 字数:318 千字

版次:2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-18562-3 定价:32. 00 元

计算机类专业人才培养内涵建设项目系列教材
编写委员会

前　言

近年来，互联网＋、云计算、物联网、大数据等新兴领域的发展，使得几乎各个行业都在构思互联网与产品的融合，整个社会对网络技术人才的需求呈指数型增长。基于网络互联设备配置的相关课程是计算机网络技术专业的核心课程，由此，编者在总结多年计算机网络教学经验和企业实践经验的基础上，编写了本书。

本书适用于计算机网络技术专业学生学习，与《网络互联技术实训教程（下册）》共同作为专业核心课程——“路由交换技术基础”和“高级路由交换技术”的课程教材。这两本书采用统一的结构和编写思路，由浅入深，便于老师循序渐进地组织教学。

鉴于学生初次接触网络互联设备的配置，本书尽可能以浅显易懂的语言来描述相关知识，并配合丰富的实训案例，使学生在实践操作中掌握网络互联过程中涉及的设备配置及相关技术。本书打破传统教材以理论知识传播为主的模式，以某公司由小规模经营，经过业务发展，逐步扩张为大型公司，网络架构在此过程中也由简单到复杂为背景主线，以 H3C 设备为平台，以任务导向的形式循序渐进地引入相关网络互联设备知识和技术。

本书主要分为九个任务，任务一至五为路由篇，包括路由器基本操作、静态路由、RIP 协议、OSPF 协议和 ACL；任务六至八为交换机篇，包括交换机基本操作及 VLAN、生成树协议和端口安全技术；任务九为内外网接口技术。每个任务由七个模块组成，包括“知识目标”“能力目标”“任务描述”“知识储备”“任务实施”“任务小结”和“任务拓展”，通过任务引入、边学边做和强化拓展来达到学习知识、培养能力的目的。

本书的主要特点是以任务为导向，实践性强；由浅入深，层次分明；理论够用，侧重实践。本书既可以作为教材，又可以作为实训指导书，建议课时不少于 60 课时。

本书由杨柳担任主编，吴青权、徐培担任副主编。其中任务一、二、三、九由杨柳编写，任务四、五由杨柳和徐培共同编写，任务六、七、八由吴青权编写。全书由杨柳负责统稿。蔡红、李越、李伟、卞炜和王稳江等在本书编写过程中给予了支持，并提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢！

由于时间仓促和编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。E-mail：yangliu094@163.com。

编　者

2016 年 6 月

目　录

任务一
路由器基本操作

知识目标

- 了解路由器基本工作原理和构成。
- 掌握登录路由器的不同方法。
- 熟悉路由器的基本工作模式和基本命令。

能力目标

- 能够使用路由器与计算机相连并完成基本配置。
- 能够通过 Telnet 和 SSH 等不同的方法登录并配置路由器。

任务描述

某公司新引进 H3C 的 MSR 系列路由器一台，现需要网络工程师对路由器进行以下配置：

修改路由器名称；

启用相关接口并为其分配相应的 IP 地址；

根据公司的安全制度设定用户名和密码等，使得可以通过 Telnet 或 SSH 的方式登录路由器，以方便后续对路由器进行配置；

用合适的线缆连接路由器和计算机，检查它们之间的连通性。

知识储备

一、路由器的功能及组成

路由器是构建各种规模企业网络的一种关键互联设备，用于连接多个逻辑上分开的网络，所谓逻辑网络，是指一个单独的网络或者一个子网，每个网络具备不同的网络 ID。路由器是工作在网络层的互联设备，其主要功能是为网络上传输的数据包选择传输路径并依据传输路径转发数据包。它广泛应用于局域网与局域网、局域网与广域网、广域网与广域网之间的互联。

（一）路由器的功能

第一，路由器用于连接不同类型的网络，不仅用于局域网的互联，也常常用于广域网的互联。

路由器的每一个接口分别连接一个网络，每个端口都需要分配一个该接口所连接网络的 IP 地址。如图 1-1 所示，路由器连接着四个 C 类网络 192.168.1.0/24，192.168.2.0/24，192.168.3.0/24 和 192.168.4.0/24，需要四个接口 G0/0，G0/1，G0/2 和 G5/0，每个接口都分配了一个所在网络的 IP 地址。通过路由器的连接，四个不同的网络能够实现互相通信。

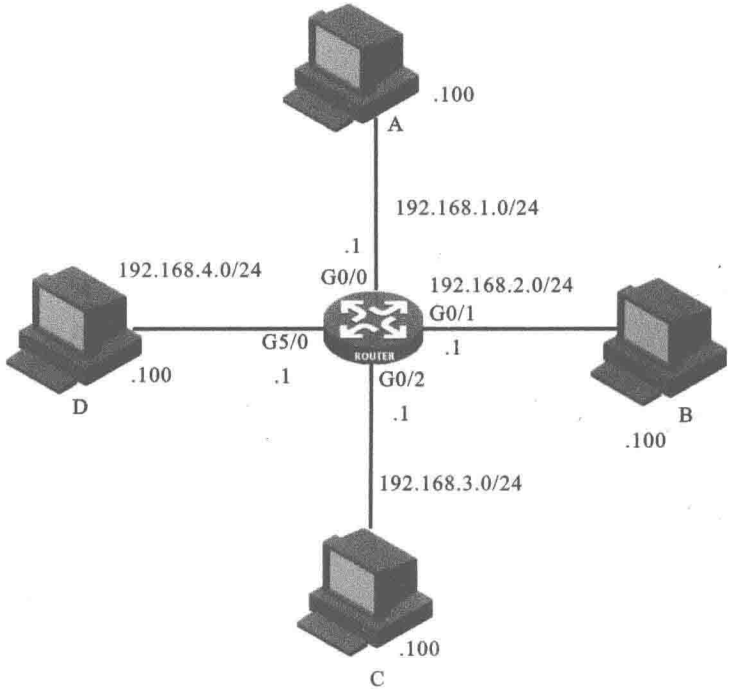

图 1-1　路由器用于局域网的互联

在广域网的连接中，路由器也起着至关重要的作用。如图 1-2 所示，R1 左边局域网发往 R2 右边局域网的数据包通过 R1 处理后从连接到广域网的串行接口发送到广域网上，到达 R2 后，经过处理，从以太网接口发送到右边局域网。这是路由器最典型的应用。

图 1-2　路由器用于广域网的互联

第二，路径选择和数据包转发也是路由器的主要功能。在网络传输中，数据包的源节点和目的节点间通常会有多条传输路径，路由就是为数据包选择一条合适的路径，路由器根据路由表进行路由选择工作，并根据数据包携带的目标网络地址找到路由表里相应的表项，把数据转发到相应的路由器端口。

(二)路由器的组成

路由器与常见的 PC 一样，由 CPU、各种存储器和接口电路组成，是一台具有特殊用途的计算机。与常见的 PC 相比，路由器没有键盘、鼠标、显示器和硬盘，但多了 Flash 以及各种类型的接口，系统软件通常置于内存中。不同公司、不同型号的路由器的 CPU 和存储器不同，特别是各种接口种类和数量都不同。图 1-3 和图 1-4 是路由器的前、后面板图，其中有路由器的各种接口，最为常见的是 Console 口、以太网接口(FE 口 0 和 FE 口 1)和广域网接口(Serial 口)。表 1-1 列出了路由器前面板指示灯正常运行时的含义。

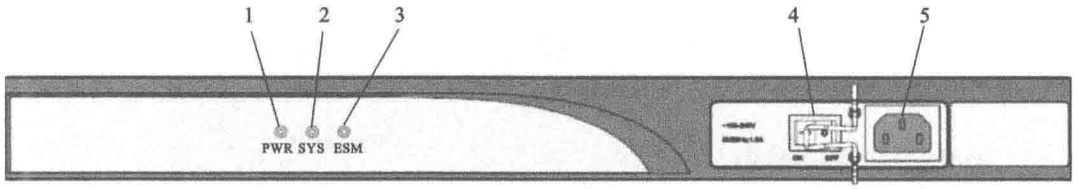

图 1-3　路由器的前面板图

1—PWR 指示灯；2—SYS 指示灯；3—ESM 指示灯；4—电源开关；5—电源插座

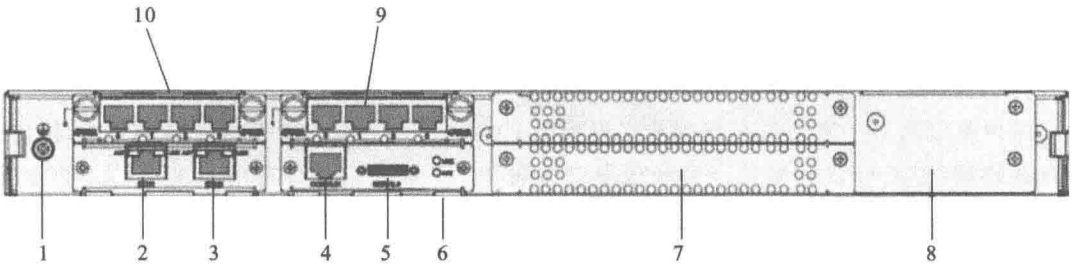

图 1-4　路由器的后面板图

1—接地端子；2—FE 口 1；3—FE 口 0；4—配置口/备份口(CON / AUX)；5—Serial 口；6—Serial 指示灯；7—MIM/XMIM 插槽；8—可拆卸滑道；9—SIC 插槽 1；10—SIC 插槽 2

表 1-1　　路由器前面板指示灯说明

指示灯	正常运行时含义
PWR	灯亮表示单板供电正常； 灯灭表示单板没有供电
SYS	灯闪烁表示系统正常运行； 灯常亮或灯灭表示系统工作不正常
ESM	灯灭表示 ESM 不在位； 绿灯亮表示 ESM 在位并且有效； 绿灯闪表示 ESM 正在处理数据； 黄灯亮表示 ESM 在位但有故障

其实路由器的内部是一块电路板，上面有许多大规模集成电路，还有一些插槽，用于扩充 Flash、内存、接口和总线。路由器的核心内部组件有以下几个单元：

(1)CPU 中央处理单元，与常见 PC 一样，它是路由器的控制和运算部件，用于执行操作系统指令，如系统初始化、路由功能等。

(2)RAM(Random-access Memory，随机访问存储器)，用于存储临时的运算结果，如路由表、保持 ARP 缓存、完成数据包缓存等。为当前配置文件(current-configuration)提供暂时的存储，当路由器断电后，存储内容全部丢失。

(3)Flash 存储器(快闪存储器)，在默认情况下，路由器从 Flash 存储器读取配置文件和应用程序文件引导启动。Flash 存储器用于存储保存的配置文件、应用程序文件和运行中产生的日志文件等。路由器断电后，这里存储的内容不会丢失。

(4)ROM(Read-only Memory，只读存储器)，主要任务是查找应用程序文件并引导到操作系统，是在配置文件或应用程序文件出现故障时提供的一种恢复手段。

二、路由器的操作基础

网络设备也像计算机一样需要有操作系统来维护系统硬件和软件的正常运行，并为用户提供管理网络设备的接口和界面。不同厂商的设备操作系统也不同，如 Cisco 的 IOS，H3C 的 Comware 等。网络设备的操作系统都采用命令行接口(Command Line Interface，CLI)的方式对网络设备进行管理和操作。用户可以通过本地登录和远程登录等多种方法连接到网络设备。

(一)连接到命令行接口的方法

用户可以通过多种方法来访问网络设备的 CLI，包括 Console 口访问、AUX 口远程访问、Telnet 终端访问、SSH 终端访问和异步串口访问等。下面介绍几种常用的访问 CLI 的方法。

1. 使用 Console 口访问路由器

对于初始安装的路由器来说，第一次配置只能通过 Console 口登录进行。由于路由器没有显示屏和键盘，因此初始配置必须借助于计算机。配置前需要用专用的 Console 线缆连接路由器和计算机，如图 1-5 所示，将 Console 线缆的 RJ-45 接头的一端连接到路由器的Console 口，另一端通过转接头和计算机的串口相连。

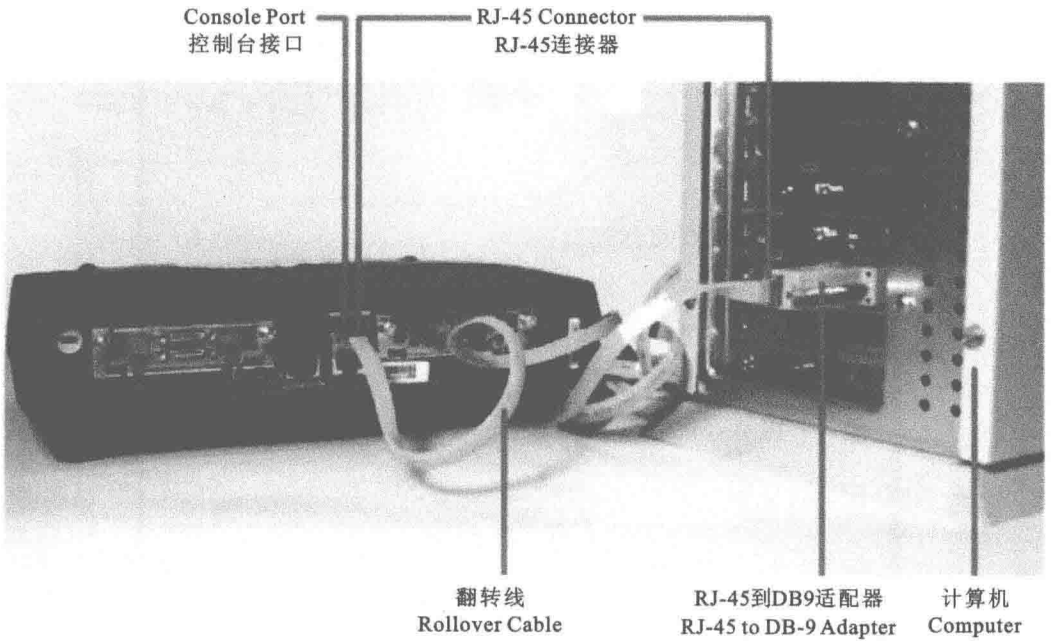

图 1-5　通过 Console 口连接计算机的串口

正确连接好路由器和计算机后，就可以在计算机上使用超级终端通信程序对路由器进行配置了。单击计算机的【开始】→【程序】→【附件】→【通信】→【超级终端】，如图 1-6～图 1-8 所示，根据向导为此连接输入一个名称，然后选择连接所使用的端口，端口属性配置成每秒位数为 9600，数据位为 8，奇偶校验为无，停止位为 1，数据流控制为无。

图 1-6　新建连接

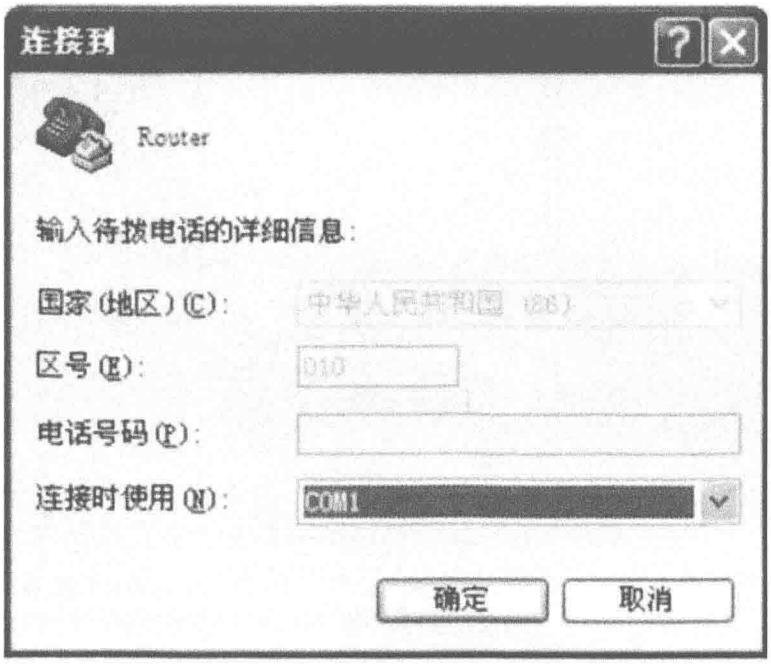

图 1-7　连接端口设置

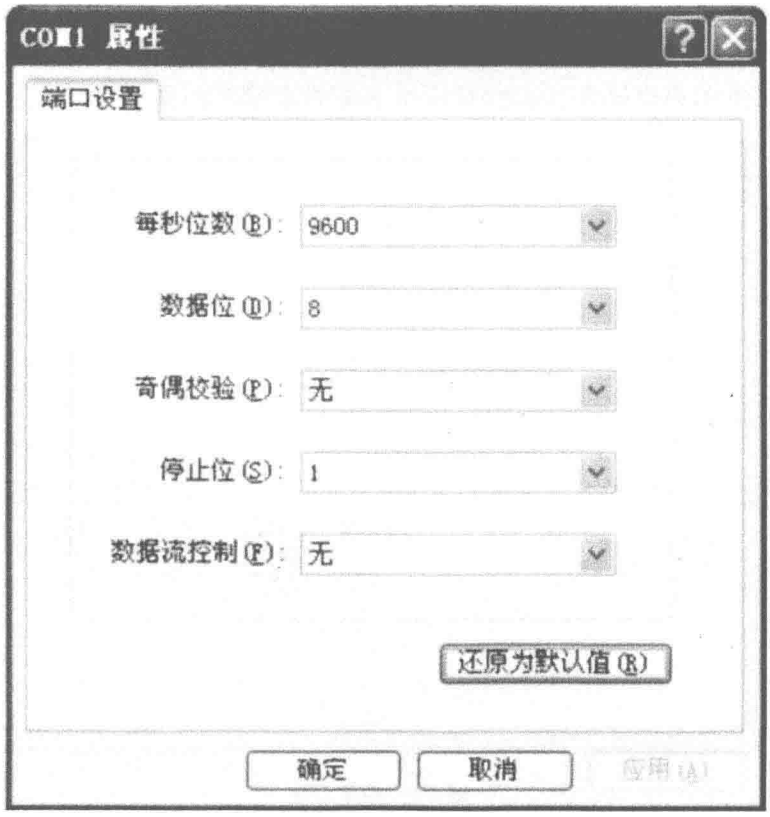

图 1-8　端口通信参数设置

进入超级终端的窗口后按<Enter>键，若连接成功，会出现路由器的自检信息，自检结束后提示用户键入<Enter>键，键入<Enter>键后界面上将出现命令行提示符，如图 1-9 所示。

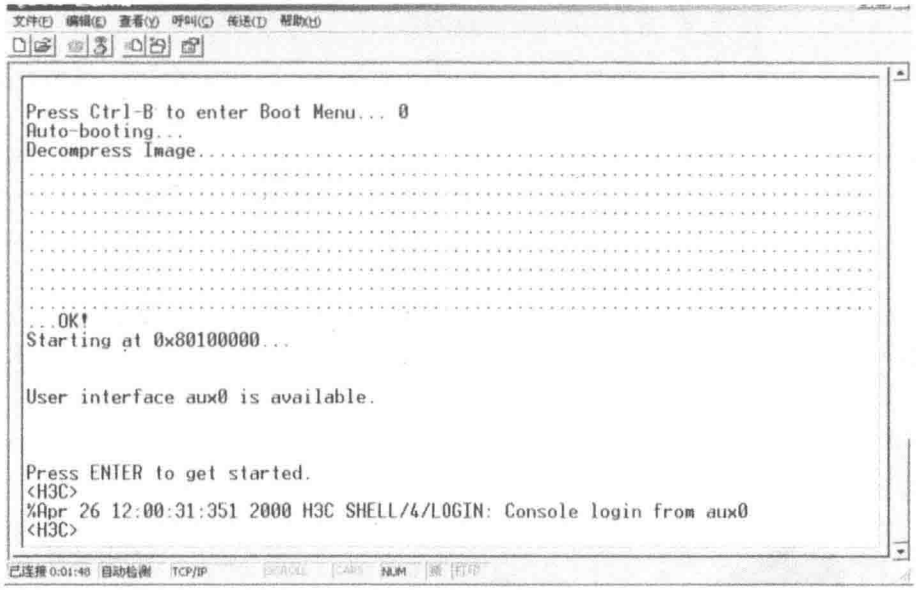

图 1-9　路由器初始配置界面

2. 使用 Telnet 终端访问路由器

在默认情况下，路由器的 Telnet 服务处于关闭状态，即在默认情况下，用户不能通过Telnet 终端登录路由器。因此，若要通过 Telnet 终端登录路由器并对其进行配置，必须首先通过 Console 口登录，开启 Telnet 服务，并对认证方式、用户角色和其他属性进行相应的配置。

通过 Telnet 终端访问路由器如图 1-10 所示。

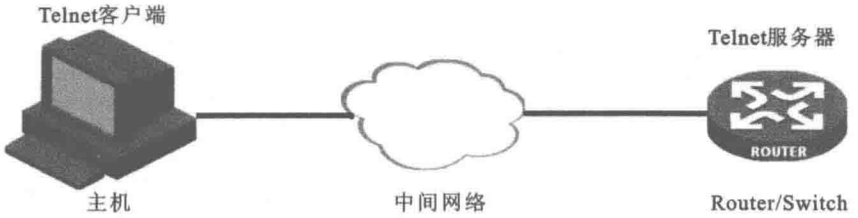

图 1-10　通过 Telnet 终端访问路由器

如果路由器不是第一次通电，并且用户已经正确配置了路由器各接口的 IP 地址，开启了路由器的 Telnet 服务功能，配置了正确的登录验证方式和访问控制规则，那么，在配置终端与路由器之间能够互相连通的前提下，可以通过 Telnet 服务登录路由器，如图 1-11 所示，连通后系统将提示输入口令验证，验证成功后即可对路由器进行配置。

通过 Telnet 配置路由器时，不要轻易改变路由器的 IP 地址，因为修改会导致 Telnet 连接断开。如有必要修改，必须输入路由器的新 IP 地址，重新建立连接。

认证通过后，在正常情况下会出现命令行提示符(如<ROUTER>)，如果出现“All user interfaces are used, please try later!”的提示，则说明系统能够允许的 Telnet 用户已经达到上限，应等待其他用户释放以后再连接。

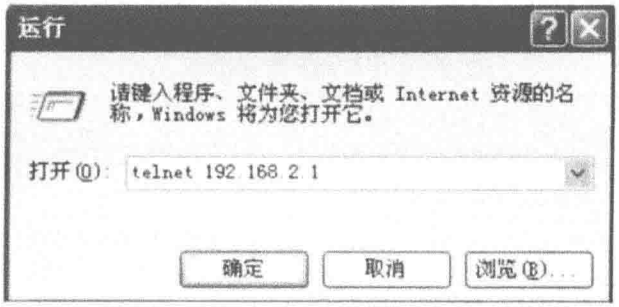

图 1-11　在配置终端上运行 Telnet 服务

3. 使用 SSH 终端访问路由器

在使用 Telnet 远程配置路由器或远程终端时，所有的信息都是以明文的方式在网络上进行传输。为了提高信息传输的安全性，可以使用 SSH（Secure Shell，安全外壳协议）对远程终端进行配置。利用 SSH 可以有效防止远程配置过程中的信息泄露问题。

通过 SSH 终端访问路由器如图 1-12 所示。

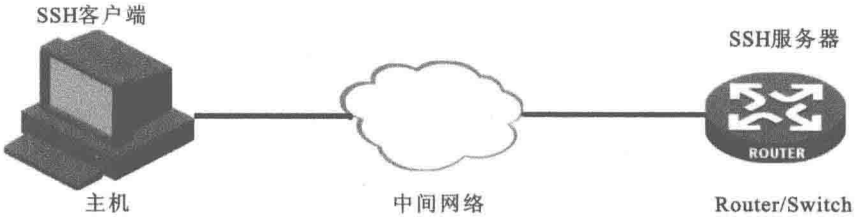

图 1-12　通过 SSH 终端访问路由器

SSH 主要由三部分组成：传输层协议、用户认证协议、连接协议。SSH 同样基于 TCP（传输控制协议），使用 22 号端口。

用户可以在路由器或网络设备上开启 SSH 的服务功能，本地计算机或终端设备通过 SSH 远程登录连接路由器，登录成功后可以对其进行配置。

SSH 提供了两种安全验证方法。

（1）基于密码的安全验证（Password 验证）。

客户端向服务器发出密码验证请求，将用户名和密码加密后发送给服务器；服务器再对接收到的信息进行解密，对比解密后得到的用户名和密码，并返回验证成功或失败的消息。这种方式传输的信息虽然会被加密，但是无法验证客户端是否连接上真正的服务器。

（2）基于密钥的安全验证（Public key 验证）。

用户需要创建一对密钥，并把公用密钥放在需要访问的服务器上。当客户端使用 SSH 进行连接时，客户端会发送 RSA 验证请求和自己的公用密钥给服务器，服务器收到信息后，对其进行合法性检查。如果消息不合法，发送失败消息。如果消息合法，就会产生一个 32bit 的随机数，按最高位（Most Significant Bit，MSB）排列成 一个多精度型（MP）整数，并用从客户端那里接收到的公用密钥加密后向客户端发起一个“质询”（challenge）；客户端收到后会用自己的私用密钥解密得到多精度型整数，用它和会话 ID 生成消息摘要 MD5 值，把这个 16bit 的 MD5 值加密后发送给服务器；服务器接收后还原出 MD5 和自身计算机出的 MD5 进行比较，如果相同，验证成功，发送成功消息；如果不相同，验证失败，发送失败消息。

(二)命令行使用入门

1. 命令行视图

命令行接口提供多种命令视图,主要包括以下几种。

(1)用户视图:网络设备启动后的默认视图,可查看网络设备启动后的基本运行状态和统计信息。

(2)系统视图:配置系统全局通用参数的视图。

(3)接口视图:配置接口参数的视图。

(4)路由协议视图:配置路由协议参数的视图。

(5)用户界面视图:与设备的配置方法相对应,用户界面视图分为以下四种。

① Console 用户界面视图:通过 Console 口登录的用户使用 Console 用户界面视图,用于配置 Console 用户界面相关的参数。

② AUX 用户界面视图:通过 AUX 口登录的用户使用 AUX 用户界面视图,用于配置 AUX 用户界面相关的参数。

③ TTY(True Type Terminal,实体类型终端)用户界面视图:通过异步串口连接而登录的用户使用 TTY 用户界面视图,用于配置 TTY 用户界面相关的参数。

④ VTY(Virtual Type Terminal,虚拟类型终端)用户界面视图:用于配置 VTY 用户界面参数,由通过 VTY 方式登录的用户使用。

各命令视图是针对不同的配置要求实现的,它们之间有联系又有区别,比如,与路由器建立连接即进入用户视图,它只能完成查看运行状态和统计信息的简单功能,再键入 system-view 进入系统视图,在系统视图下,键入不同的配置命令进入相应的路由协议视图、接口视图等。表 1-2 列出了常用命令视图的功能、提示符、进入命令和退出命令。

表 1-2　　**常用命令视图功能列表**

命令视图	功能	提示符	进入命令	退出命令
用户视图	查看路由器的基本运行状态和统计信息	<Router>	与路由器建立连接即进入	quit:断开与路由器的连接
系统视图	配置系统参数	[Router]	在用户视图下键入 system-view	quit:返回用户视图
用户界面视图	管理路由器的异步和逻辑接口	[Router-ui0]	在系统视图下键入 user-interface 0	quit:返回系统视图
以太网口视图	配置以太网口参数	[Router-GigabitEthernet1/0]	在系统视图下键入 Interface gigabitethernet 1/0	quit:返回系统视图
子接口视图	配置子接口参数	[Router-GigabitEthernet1/0.1]	在系统视图下键入 interface gigabitethernet 1/0.1	quit:返回系统视图

2. 命令行级别

Comware 命令行采用分级保护模式,命令行划分为以下 4 个级别。

访问级(0 级)：包括网络诊断工具命令(ping、tracert)、从本设备出发访问外部设备的命令(如 Telnet 客户端)等，该级别命令不允许进行配置文件保存的操作。

监控级(1 级)：用于系统维护、业务故障诊断等，包括 display、debugging 命令，该级别命令不允许进行配置文件保存的操作。

系统级(2 级)：业务配置命令，包括路由、各个网络层次的命令，这些命令用于向用户提供直接网络服务。

管理级(3 级)：关系到系统基本运行，系统支撑模块的命令，这些命令为业务提供支撑作用，包括文件系统、FTP、TFTP、配置文件切换命令，电源控制命令，备板控制命令，用户管理命令，级别设置命令，系统内部参数设置命令(非协议规定、非 RFC 规定)等。

Comuare 命令行对登录用户也划分等级，分为 4 个等级，分别与命令行级别对应，即不同级别的用户登录后，只能使用等于或低于自己级别的命令行。

为了防止未授权用户的非法侵入，在从低级别用户切换到高级别用户时，要进行用户身份验证，即需要输入高级别用户口令。为了保密，用户键入的口令在屏幕上不作显示，如果三次以内输入正确的口令，则切换到高级别用户，否则保持原用户级别不变。

3. 命令行帮助特性，<？>和<Tab>键

<？>提供输入帮助：在某种视图下直接输入<？>，系统会显示此视图下所有命令；仅输入一个命令的前几个字符，然后输入<？>，系统会自动补全此视图下以这几个字符开头的所有命令；当输入一个命令的前一个单词，再输入<空格？>，系统会显示以这个单词开头的所有命令。

<Tab>键提供智能补全：仅输入命令的前几个字符，再按<Tab>键，系统会自动补全该命令；如果有多个命令都以前几个输入的字符开头，连续按<Tab>键，系统会在这些命令之间切换。

4. 命令行错误信息提示

所有用户键入的命令，如果通过语法检查，则正确执行。否则，向用户报告错误信息，常见错误信息提示参见表 1-3。

表 1-3　　常见错误信息提示

英文错误信息提示	错误原因
Unrecognized command	没有查找到命令
	没有查找到关键字
	参数类型错误
	参数值越界
Incomplete command	输入命令不完整
Too many parameters	输入参数太多
Ambiguous command	输入参数不明确

5. 命令行历史命令记录

命令行接口提供历史命令自动保存功能，用户可以随时调用命令行接口保存的历史命令，并重复执行。在默认情况下，命令行接口为每个用户最多可以保存 10 条历史命令。访问历史命令操作如表 1-4 所示。

表 1-4　　访问历史命令操作

操作	按键	结果
显示历史命令	display history-command	显示用户键入的历史命令
访问上一条历史命令	上光标键“↑”或者<Ctrl+P>	如果还有更早的历史命令，则取出上一条历史命令，否则响铃警告
访问下一条历史命令	下光标键“↓”或者<Ctrl+N>	如果还有更晚的历史命令，则取出下一条历史命令，否则清空命令，响铃警告

同时，用户可以在用户界面下通过 history-command max-size 命令来设置用户界面历史命令缓冲区的容量。

6. 命令行编辑特性

命令行接口提供了基本的命令编辑功能，支持多行编辑，每条命令的最大长度为 256 个字符。命令行按键及其功能如表 1-5 所示。

表 1-5　　命令行按键及其功能

按键	功能
普通按键	若编辑缓冲区未满，则插入当前光标位置，并向右移动光标，否则，响铃警告
退格键<Backspace>	删除光标位置的前一个字符，光标前移，若已经到达命令首，则响铃警告
左光标键“←”或<Ctrl+B>	光标向左移动一个字符位置，若已经到达命令首，则响铃警告
右光标键“→”或<Ctrl+F>	光标向右移动一个字符位置，若已经到达命令尾，则响铃警告
<Ctrl+A>	将光标移动到当前行首
<Ctrl+E>	将光标移动到当前行尾
<Ctrl+D>	删除当前光标所在位置的字符
<Ctrl+W>	删除光标左侧连续字符串内的所有字符
<Esc+D>	删除光标所在位置及其右侧连续字符串内的所有字符
<Esc+B>	将光标移动到左侧连续字符串的首字符处
<Esc+F>	将光标向右移动到下一个字符串之前
<Ctrl+X>	删除光标左侧所有的字符
<Ctrl+Y>	删除光标右侧所有的字符

7. 命令行分页显示

在一次显示信息超过一屏时，命令行接口会暂时停止继续显示，此时用户可以有三种选择。

(1)按<Backspace>键：继续显示下一屏信息。

(2)按<Enter>键：继续显示下一行信息。

(3)按<Ctrl+C>键：停止显示和命令执行。