福建省省级线下一流本科课程配套教材

计算机软件与新技术人才培养系列教材

# 路由与交换技术

林为伟　赵少卡／主编

- 采用国产优秀免费仿真软件 eNSP，实现在线实验和自动评测
- 教学资源丰富，配有拓展延伸、实验手册、题库、教学课件等
- 围绕华为 HCIA 认证和“网络系统建设与运维”1+*X* 证书制度要求

中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

福建省省级线下一流本科课程配套教材

计算机软件与新技术人才培养系列教材

# 路由与交换技术

林为伟　赵少卡／主编

中国科学技术出版社

·北　京·

**图书在版编目（CIP）数据**

路由与交换技术 / 林为伟，赵少卡主编 . -- 北京：中国科学技术出版社，2024.12. --（计算机软件与新技术人才培养系列教材）. -- ISBN 978-7-5236-1106-7

Ⅰ. TN915.05

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024DJ2958 号

| | |
|---|---|
| 策划编辑 | 王晓义 |
| 责任编辑 | 李新培 |
| 装帧设计 | 唐韵设计 |
| 责任校对 | 邓雪梅 |
| 责任印制 | 徐　飞 |

| | |
|---|---|
| 出　　版 | 中国科学技术出版社 |
| 发　　行 | 中国科学技术出版社有限公司 |
| 地　　址 | 北京市海淀区中关村南大街 16 号 |
| 邮　　编 | 100081 |
| 发行电话 | 010-62173865 |
| 传　　真 | 010-62173081 |
| 网　　址 | http://www.cspbooks.com.cn |

| | |
|---|---|
| 开　　本 | 889mm × 1194mm　1/16 |
| 字　　数 | 527 千字 |
| 印　　张 | 17 |
| 版　　次 | 2024 年 12 月第 1 版 |
| 印　　次 | 2024 年 12 月第 1 次印刷 |
| 印　　刷 | 北京荣玉印刷有限公司 |
| 书　　号 | ISBN 978-7-5236-1106-7/TN · 62 |
| 定　　价 | 49.80 元 |

# 配套实验手册说明

习近平总书记指出，教育数字化是我国开辟教育发展新赛道和塑造教育发展新优势的重要突破口。教育数字化是赋能教育高质量发展、建设教育强国的重要途径。

本书响应国家教材发展新要求，同时考虑到所讲知识实践性较强，为使学生能够将所学的理论知识应用到实际操作中，提高实践技能、操作能力、创新意识、职业技能、团队合作精神、责任感和使命感，以及自我认识和自我管理能力，特设置配套实验手册。

学生可通过扫描二维码进行学习。实验手册具体内容如下表所示。

实验手册具体内容

| 对应知识章节 | 实验名称 |
| --- | --- |
| 第 2 章　设备操作基础 | 实验一　熟悉 eNSP 模拟器及华为 VRP 系统基本操作 |
| 第 3 章　VLAN 虚拟局域网 | 实验二　以太网基础与 VLAN 配置实验 |
| 第 4 章　STP 生成树 | 实验三　生成树基础实验 |
| 第 5 章　VLAN 间通信 | 实验四　实现 VLAN 间通信实验 |
| 第 7 章　动态路由协议 | 实验五　路由基础实验——静态及动态路由 |
| 第 8 章　企业网络安全 | 实验六　本地 AAA 配置和访问控制列表综合实验 |
| 第 10 章　连接互联网 | 实验七　连接到广域网及网络地址转换实验 |
| 第 11 章　无线网络部署 | 实验八　构建基础 WLAN 网络 |
| 第 12 章　企业网络项目综合实战 | 实验九　园区网络综合案例实战 |

实验手册

# 前言

本书是福建省省级线下一流本科课程“路由与交换技术”的配套规划教材，按照教育部印发的《普通高等学校教材管理办法》中关于教材编写的要求编写而成。

随着网络和信息技术的广泛普及，各个领域与网络的结合越来越紧密，无论是在工作还是生活中，网络无处不在。而物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术的兴起，推动了数字化的演进，从而也带来了网络技术人才需求量的不断增加。网络技术人才作为企业数字化转型中的关键使能者，将站在更新的高度，以更为全局的视角审视、服务整个行业，驱动行业的高速发展。掌握路由与交换等网络技术的基本原理和主流设备的配置方法是网络技术人员必备的基本技能。

“路由与交换技术”是网络工程专业的核心课程之一，也是计算机类专业“计算机网络”课程的后续拓展课程，理论性和实践性都很强。本教材在介绍技术原理的同时，将重点放在技术的具体应用上，强调理论与实践相结合。同时，本教材重视工程实践性，各章节都选配了实用性和针对性较强的典型案例，以提高学生工程实践能力和解决实际问题的能力。教材的网络技术选择了国内主流的华为网络设备技术体系，同时兼顾星网锐捷、思科等网络厂商的技术体系，可作为华为 HCIA 认证考试的参考书籍。

本书聚集编写团队在高校多年的教学经验，并结合以往实际项目经验编写完成。知识内容经千锤百炼，在华为官方 HCIA 数通课程的基础上进行了大量的补充和优化。章节采用“关键知识点→任务实战→能力拓展→强化练习”层层递进的编写模式，共分为网络技术概述、设备操作基础、VLAN 虚拟局域网、STP 生成树、VLAN 间通信、路由技术基础、动态路由协议、企业网络安全、网络性能可靠提升、连接互联网、无线网络部署、企业网络项目综合实战 12 章。知识点强调理论与实践相结合，通过一个个具体的工程案例，让学生置身于工作情境中。最后一个章节为企业网络项目综合实战，引入项目背景与需求、项目分析与设计、项目实施、项目测试以及网络运维等内容，进一步培养学生的综合应用实践能力。

本书的主要特色如下。

### 1. 立德树人，提升素养，课程思政，有机融入

本书以党的二十大精神为指引，认真落实立德树人的根本任务。课程思政是落实立德树人根本任务的关键渠道，教材则是课程思政的重要载体。本书依据 IT 行业的职业要求和技术特点，精心设计，认真挖掘并梳理与教材内容相关的思政元素，将社会主义核心价值观、中华优秀传统文化、科学精神、工匠精神和家国情怀等元素有机地融入书中，培养学生的创新精神、规范意识，实现知识传授与价值引领相结合的育人目标。

### 2. 内容丰富，系统性强，强调应用性和实践性

本书内容丰富，系统性强，不仅有专业的网络技术基础知识介绍，还有深入浅出的技术原

理剖析，同时结合大量的实战案例及相关知识点的延伸介绍，强调实际案例分析、实验操作和项目设计等实践性内容，让学生可以更好地理解相关技术的原理和应用，培养实际操作、实际应用的能力。另外，本书还注重职业素养和职业能力的培养，引导学生德技双修、知行合一。

### 3. 实验项目软件采用国产优秀免费仿真软件 eNSP，并进行二次开发，实现在线实验和自动评测

“路由与交换技术”是一门实践性很强的课程，必须进行大量的实操练习才能加深对知识点的理解。本书主要采用华为的网络设备仿真软件 eNSP 进行辅助教学。eNSP 是一款可扩展的、图形化操作的网络仿真工具平台，主要对企业网络路由器、交换机进行软件仿真，完美呈现真实设备实景，支持大型网络的模拟，符合国家推进教育系统计算机软件的正版化、国产化工作的要求。同时，我们对该软件进行了二次开发，实现了在线实验和自动评测的功能。

### 4. 内容围绕华为 HCIA 数通认证和“网络系统建设与运维”1+*X* 证书制度要求，落实课证融通

本书在华为官方 HCIA 数通课程的基础上进行了大量优化，将一些知识点进行了补充和细化，并对整个课程的思路进行了梳理，使之更加连贯清晰、容易理解。这为充分落实课证融通，实现职业和教育的双重教育功能，提升教学质量，增强学生的就业能力提供了保障。

### 5. 及时融入新技术、新工艺、新规范

本书由本科教育领域专家、一线“双师型”教师和行业企业人员共同参与编写，以“产教融合”为原则，及时融入了新技术、新工艺、新规范。书中将目前流行的无线网络技术和网络安全技术融入教学任务中，使学生能够紧跟网络新技术的发展和应用，并具备网络安全的意识和技能。

### 6. 创新形式，教学资源丰富

本书为新形态立体化教材，配有课程标准、教案、教学 PPT、案例、实验手册、题库、视频等丰富的立体化教学资源，有需要者可致电 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com 领取。同时，依托省级网络工程与信息安全虚拟仿真实验教学中心的在线实训平台，积极探索在线考试实验、自动评测的新模式，能最大限度减轻教师备课压力，适应线上学习和混合式学习等多种模式。

本书由林为伟、赵少卡任主编，陈光辉、施晓芳、吴衍、游莹任副主编，福建技术师范学院陈雁冰老师和福州市榕智信息科技有限公司的林丰平、郑占金、罗恬璐等工程师参与了本书部分资料的整理和撰写工作。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请各位读者批评指正，万分感谢！

编　者

2024 年 3 月

# 目录

## 第 7 章 动态路由协议



## 第 8 章 企业网络安全



## 第 9 章 网络性能可靠提升

## 第 10 章 连接互联网



## 第 11 章 无线网络部署



## 第 12 章 企业网络项目综合实战

# 第1章 网络技术概述

## 本章导读

随着网络技术的飞速发展和普及，网络已经成为社会生活和家庭生活的重要组成部分。计算机网络应用已延伸到现代工业、国防军事、企业管理、科教文卫、政府公务、智能家电、网络传媒、电子商务等领域，使各行各业焕发出蓬勃生机。学习并掌握网络基础知识是后续进一步掌握计算机网络设备操作的关键基础。

## 学习目标

知识目标

（1）理解路由交换的基本原理。

（2）了解网络测试及故障诊断的方法及其他网络仿真工具。

能力目标

（1）能够掌握计算机网络模型、IP 地址、网关等网络基础概念。

（2）能够掌握网络仿真工具 eNSP 的安装与使用。

（3）能够运用网络基础理论、仿真工具进行子网划分、IP 地址规划、网络拓扑搭建。

素质目标

（1）关注“互联网 +”实体经济深度融合与“数字福建”建设，准确把握趋势，提升发展动能。

（2）通过网络协议引入规则意识，培养诚实守信、遵纪守法的职业素养。

（3）通过 TCP/IP 模型的成功了解市场是检验产品的唯一标准，遵循市场规律。

（4）将 TCP 三次握手过程与中华文明礼仪相结合，营造文明有序的校园环境。

# 1.1 网络基础



## 1.1.1 OSI 参考模型与 TCP/IP 模型

分层次的网络体系结构是计算机网络最基本的概念之一。所谓网络体系结构，是指计算机通信系统的整体设计，如整个网络系统的逻辑组成和功能分配，它定义和描述了一组用于计算机及其通信设置之间互联的标准和规范的集合。

计算机网络体系结构将网络中所有部件可完成的功能精确定义后，进行独立划分，按照信息交换层次的高低分层，每层都能完整地完成若干功能，层与层之间既互相支持又互相独立。而在同一层次上不同的计算机执行相同的协议与标准，独立完成相同的网络任务，因此用户和计算机在同一层次进行信息交换与处理时可忽略其他层次的影响而独立操作，这大大简化了复杂网络信息的交换和处理。

网络分层体系结构模型的概念为计算机网络协议的设计和实现提供了很大便利。1974 年，美国的 IBM 公司宣布了系统网络体系结构 SNA。这个著名的网络标准就是按照分层的方法制定的。不久后，其他一些公司也相继推出了各自的网络体系结构。

然而，由于不同公司的网络体系结构互不相同，无法兼容，不同公司的设备很难互相联通。为了解决这个问题，更好地促进计算机网络的研究和发展，国际标准化组织 ISO 在 1979 年建立了一个分委员会来专门研究一种用于开放系统互联的体系结构，制定了网络互联的 7 层框架参考模型，称为开放系统互联参考模型，英文缩写为 OSI/RM。OSI 参考模型定义了开放系统的层次结构和各层所提供的服务。由于 ISO 组织的权威性，OSI 参考模型一经推出，就受到了计算机和通信行业的极大关注，成为广大设备厂商努力遵循的标准，大大推动了计算机网络和计算机通信的发展。

**想一想**

网络技术在促进信息化社会建设和构建和谐社会方面起了什么作用？

### 1.1.1.1 OSI 参考模型

OSI 参考模型下不同主机之间的通信如图 1-1 所示，该模型通过分层描述的方法，将整个网络的通信功能划分成 7 个层次，每层各自完成一定的功能。由高层到低层分别称为应用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层和物理层。这种划分使每一层都能执行本层所承担的具体任务，且功能相对独立，并通过接口与相邻层连接。

在图 1-1 的 OSI 参考模型的 7 层结构中，应用层、表示层、会话层属于高层协议，负责定义用户数据的格式及网络应用；传输层、网络层、数据链路层、物理层属于底层协议，负责定义数据如何通过网络传输到目的地。不同计算机的相同层次称为对等层，对等层具有相同的功能，定义了本层之间通信的相关协议内容。

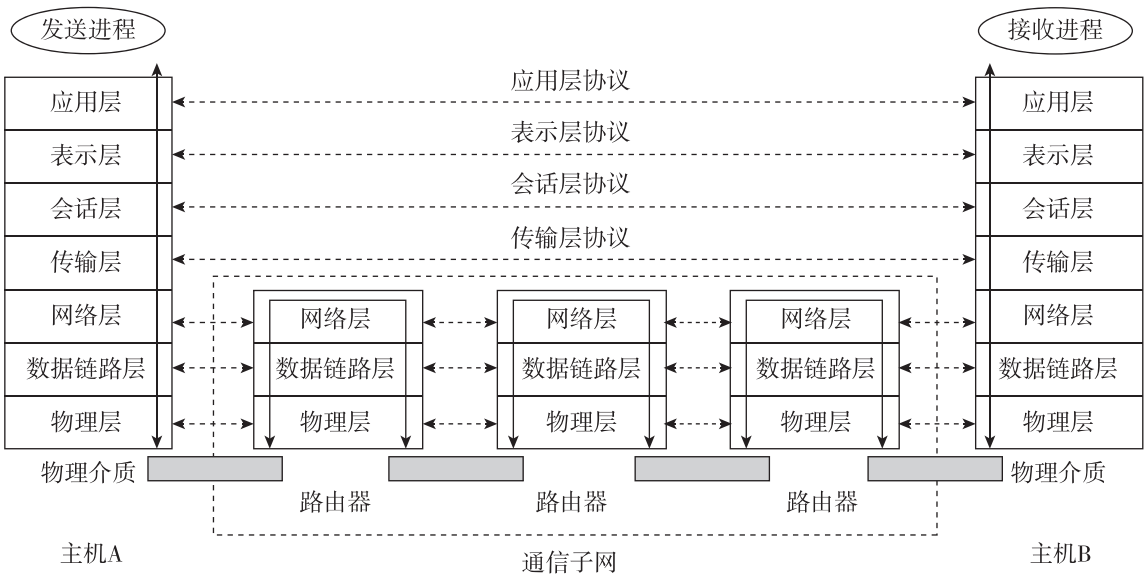


图 1-1　OSI 参考模型下不同主机之间的通信

虽然 OSI 参考模型是国际标准，模型概念清晰，但是存在分层烦冗、部分协议和功能重复出现等缺点。该模型出现的时间晚于 TCP/IP 协议，因而在推出后 20 年间，并没有形成实际产品，未能实现预期“一统江湖”的目标，反而慢慢被 TCP/IP 协议体系所取代。

#### 1.1.1.2　TCP/IP 模型

TCP/IP 是传输控制协议 / 网际协议，目前已成为实际的国际互联网的标准。TCP/IP 模型采用了更为简洁的 4 层结构，从下到上分别是网络接口层、网络层、传输层、应用层。每一层由若干协议组成，实现不同的功能，下层协议为上层协议提供服务。核心协议是网络层的 IP 协议和传输层的 TCP 协议。

网络接口层：模型中的最底层，负责将数据帧送到电缆上，对应于 OSI 参考模型的数据链路层和物理层。实际上，TCP/IP 并没有定义具体的网络接口协议，而是旨在提供灵活性，以适应各种网络类型，如 LAN、MAN 和 WAN，这为 TCP/IP 的成功奠定了基础。

网络层：整个 TCP/IP 体系结构的关键部分，对应于 OSI 参考模型中的网络层，用于实现将来自主机传输层的分组发送请求，进行报文封装处理后，选择合适的路径发往任何目标网络。在 OSI 参考模型中网络层的功能与 TCP/IP 模型中网络层的功能非常相似。

传输层：对应于 OSI 参考模型中的传输层，主要负责应用程序到应用程序之间的端到端通信。传输层的主要功能是在源主机与目的主机的对等实体间建立用于回话的端到端连接。传输层主要有 2 个关键协议，传输控制协议（TCP）和用户数据报协议（UDP）。

应用层：TCP/IP 体系结构中的最高层，对应于 OSI 参考模型中的应用层、表示层、会话层，包括所有的高层协议。主要有文件传输协议（FTP）、虚拟终端协议（TELNET）、域名服务（DNS）、超文本传输协议（HTTP）、简单电子邮件传输协议（SMTP）等，并不断有新的协议加入。

OSI 参考模型与 TCP/IP 模型的对应关系及 TCP/IP 模型各层关键协议如图 1-2 所示。


图 1-2　OSI 参考模型与 TCP/IP 模型的对应关系及 TCP/IP 模型各层关键协议

## 1.1.2　IP 地址与网关

### 1.1.2.1　IP 地址概述

IP 地址是设备的逻辑地址，用于标识网络中的通信实体，如主机、路由器的接口，而在基于 IP 协议网络中传输的数据包也都必须使用 IP 地址来进行标识。如果将网络中计算机之间传递信息的过程看成生活中包裹快递的过程，IP 地址就如包裹上的地址，包裹上需要填写发件地址和收件地址，快递员才能够将包裹正确地送达。同样，在计算机网络中传输的每个数据包都要携带一个源 IP 地址和一个目的 IP 地址，且在数据包传输的过程中，要求 2 个 IP 地址保持不变，才能确保数据包被送往正确的目的地址。

### 1.1.2.2　IP 地址的表示方法

IP 地址长度为 32 位，通常采用点分十进制的表示方法，将组成 IP 地址的 32 位二进制分为 4 段，每段 8 位，并转换为十进制数，每段之间用小数点隔开，IP 地址的表示如图 1-3 所示。

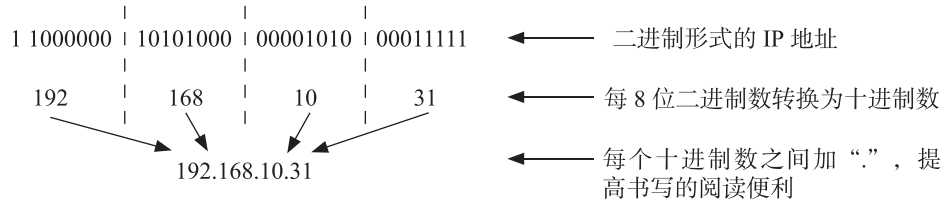


图 1-3　点分十进制法 IP 地址的表示

### 1.1.2.3　IP 地址的编址与组成

IP 地址现有 3 种编址方法，不同的编址方法 IP 地址的组成不同。

（1）分类的 IP 地址：将 IP 地址划分为 2 个固定长度的字段。第一个字段是网络号（Net-id），代表所连接到的网络；第二个字段是主机号（Host-id），代表主机。这种两级形式分类的 IP 地址可记为

$$\text{IP 地址} ::= \{ < \text{网络号} >, < \text{主机号} > \} \qquad (1-1)$$

式（1-1）中的符号“::=”表示“定义为”。这种编址方式将 IP 地址划分成了 A、B、C、D、E 5 类。A、B、C 3 类地址用于单播，D 类地址用于多播，E 类地址保留为后续使用，如图 1-4 所示。

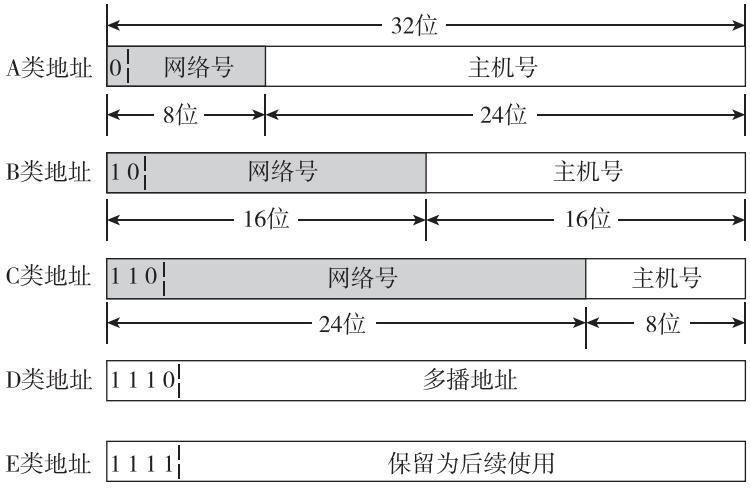


图 1-4　分类的 IP 地址中的网络号与主机号

（2）子网划分：子网划分的目的是提高 IP 地址的利用率和灵活性，IP 地址由 3 个部分组成，即网络号、子网号（subnet-id）、主机号，其中子网号从原来分类的 IP 地址中的主机号借位得来，并使用 32 位的子网掩码来确定其网络地址。

划分子网的 IP 地址可记为

$$\text{IP 地址} ::= \{ < \text{网络号} >, < \text{子网号} >, < \text{主机号} > \} \qquad (1\text{-}2)$$

子网划分实际上就是通过改变原有的子网掩码长度来改变原有网络规模的大小。子网划分能把原先一个大的网络划分成多个小的网络，同样也可以把多个小的网络合并成一个大的网络。

**说明**　子网掩码与 IP 地址类似，也是由 32 位二进制数组成的，也采用点分十进制来表示。子网掩码中 1 和 0 是分别连续的，左边连续的二进制数 1 的位数对应的是网络号的位数，右边连续的二进制数 0 的位数对应的是主机号的位数。

（3）构成超网：又称无分类域间路由选择 CIDR，将 IP 地址又从三级地址变成两级地址，由网络前缀（network-prefix）和主机号组成，网络前缀用于指明网络，主机号则用于指明主机。CIDR 消除了传统的 A、B、C 类地址和子网划分的概念，使 IP 地址能被更加高效地分配。

CIDR 的 IP 地址可记为

$$\text{IP 地址} ::= \{ < \text{网络前缀} >, < \text{主机号} > \} \qquad (1\text{-}3)$$

CIDR 还使用“斜线记法”，或称 CIDR 记法，即在 IP 地址后面加上斜线“/”，然后写上网络前缀所占的位数。例如，IP 地址 128.11.3.6/20，其中 20 表示网络前缀位数占 20 位，用二进制表示，则下划线加粗部分即网络前缀，后面 12 位则是主机号。

128.11.3.6/20 = **10000000000010110000**001100000110

**说明**　由于现在仍然有网络在使用子网划分和子网掩码，因此 CIDR 也继续使用了 32 位的地址掩码，也可称为子网掩码。使用 CIDR 来记录 IP 地址时，CIDR 记法能够表示网络前缀的位数，因此产生了 CIDR 地址块，在路由器中可利用 CIDR 地址块来查找目的网络，这种地址的聚合称为路由聚合或者构成超网。由于采用了新的编址方法，路由器中的路由项目也进行相应改变，每条路由项目由“网络前缀”与“下一跳地址”组成，当路由器根据分组的目的 IP 地址查找路由表发现多条结果时，采用最长前缀匹配。

#### 1.1.2.4 IP 地址规划

IP 地址规划是网络设计的重要环节，IP 地址规划的好坏对路由算法的效率、网络的性能、网络的扩展与管理都有较大的影响。IP 地址空间的分配要与网络层次结构相适应，既要有效利用地址空间，又要体现网络的可扩展性、灵活性、层次性和可管理性，同时能满足路由协议的要求，减少路由表的长度，提高路由算法的效率，加快路由变化的收敛速度。IP 地址规划遵循以下要求来分配。

（1）唯一性：一个 IP 网络中不能有 2 台主机采用相同的 IP 地址，避免地址冲突。

（2）层次性：IP 地址的划分采用层次化的方法，与层次化的网络设计相对应，在地址划分上也采用层次化的分配思想。

（3）连续性：连续地址在层次结构网络中易于进行路由聚合，IP 地址分配尽量选择连续的 IP 地址空间，相同的业务和功能尽量分配连续的 IP 地址空间，有利于路由聚合以及安全控制。

（4）可管理性：IP 地址分配应简单且易于管理，以降低网络扩展的复杂性，简化路由表。

（5）灵活性：地址分配应具有灵活性，以满足多种路由策略的优化，充分利用地址空间。

（6）可扩展性：地址分配在每一层次上都要留有一定余量，为将来的网络扩展预留一定的地址空间，以便在网络扩展时能保证地址聚合所需要的连续性。充分利用 CIDR 技术和变长子网掩码技术，合理高效地利用 IP 地址，同时对所有主机、服务器和网络设备，分配足够的地址，划分独立的网段，以便能够实现严格的安全控制策略。

（7）节约性：根据服务器、主机的数量及业务发展估计，IP 地址规划尽可能使用较小的子网，既节约了 IP 地址，同时也减少了子网内网络风暴，提高了网络性能。



#### 1.1.2.5 网关

首先强调，在这里所讲的“网关”指的是 TCP/IP 协议下的网关，是一个网络连接到另一个网络的“关口”，实质上它是一个网络通向其他网络的接口 IP 地址，而不是某一种具体的网关设备。如图 1-5 所示，某企业内部有网络 A 和网络 B，网络 A 的 IP 地址网段为 192.168.1.0，子网掩码为 255.255.255.0；网络 B 的 IP 地址网段为 192.168.2.0，子网掩码为 255.255.255.0。网络 A 和网络 B 之间进行通信，必须通过网关设备（如路由器）将 2 个网络连接起来，并为网关设备上与网络互联的接口指定 IP 地址。该接口 IP 地址即网关，如图 1-5 所示中 192.168.1.254 为网络 A 的网关，192.168.2.254 为网络 B 的网关。如果网络 A 中的主机发现数据包的目的主机不在本地网络中，就把数据包发送给自己的网关，再由网关查找路由表后，转发给网络 B 的网关，最后由网络 B 的网关将数据包转发给网络 B 中的某个主机。

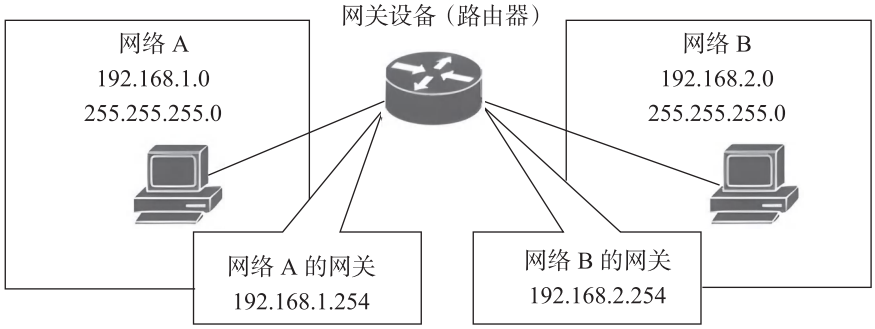


图 1-5　网关示意

**注意**

每个网络都需要自己的网关，网关 IP 地址一般由网络管理员进行分配指定，通常使用该网段内的主机号最大的 IP 地址作为网关 IP 地址。设备接口上配置网关 IP 地址时，同样需要配置正确的子网掩码。

## 1.1.3 IP 数据报的格式

网际协议 IP 是 TCP/IP 体系中 2 个最主要的协议之一，要了解 IP 协议都具有什么功能，首先要了解 IP 数据报的格式。在 TCP/IP 的标准中，各种数据格式常常以 32 位（4 字节）为单位进行表述，IP 数据报的完整格式如图 1-6 所示。

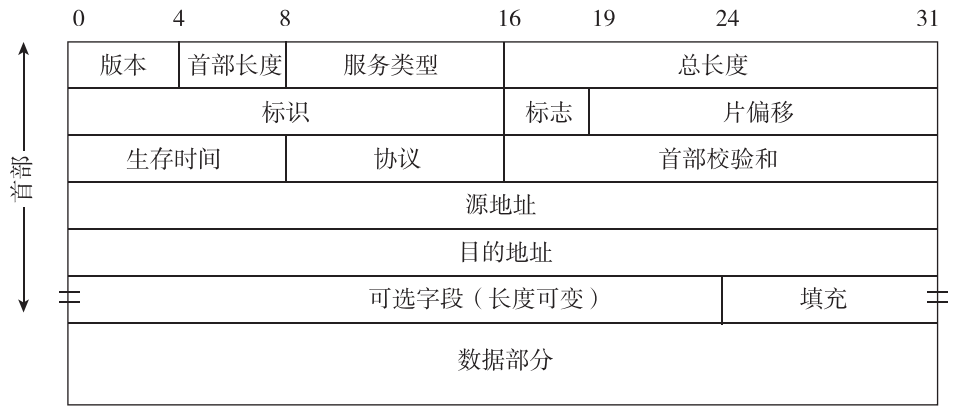


图 1-6　IP 数据报的完整格式

从图 1-6 中可以看出，一个 IP 数据报由首部和数据 2 个部分组成。首部的前一部分是固定长度，共 20 字节，是所有 IP 数据报必须具有的。在固定部分的后面是一些可选字段，长度是可变的。下面介绍首部各字段的具体含义。

### 1.1.3.1 IP 数据报首部固定部分的字段

（1）版本：指 IP 协议的版本号，占 4 bit。对于 IPv4 来说，版本值是 4。

（2）首部长度：指 IP 数据报的首部按 32 bit（4 字节）计算的数值，包括任何选项字节数，占 4 bit，取值范围为 5~15。普通 IP 数据报（没有任何可选字段时）字段的值是 5，即 20（5×4）字节长，首部最长为 60（15×4）字节，这时可选字段部分有数据内容。

（3）服务类型（TOS）：为应用程序、主机或路由器处理报文提供一个优先级服务标志。TOS 占 8 bit，其中 3 bit 的优先权子字段（现在已被忽略），4 bit 的 TOS 子字段，分别代表最小时延、最大吞吐量、最高可靠性和最小费用。4 bit 中只能置位其中 1 bit 为 1。如果所有 4 bit 均为 0，那么意味着该服务类型是一般服务。1 bit 未用位但必须置 0。

（4）总长度：指整个 IP 数据报以字节为单位的长度，占 16 bit，因此 IP 数据报最长可达 65535 字节。由于数据链路层 MTU（最大传输单元）的限制，较长的 IP 数据报会被分片。当数据报被分片时，该字段的值也随之变化，因为该值只是表示当前 IP 数据报的长度。

**注意**

IP 数据报中没有数据部分的长度，但借助报头中的首部长度可以很容易得出数据内容的长度是总长度减去首部长度。

（5）标识：唯一标识主机发送的每一份数据包，占 16 bit。主机为自己发送的 IP 报文设置一个报文计数器，通常每发送一份报文其值就会加 1。标识符字段通常应该由 IP 发送数据包的上层来选择。

（6）标志：说明 IP 报文的分片信息和控制是否允许 IP 报文分片，占 3 bit。目前只有后两位有意义。标志字段的最低位是 MF，MF 值为 1，表示后面还有分片，即本报文不是分片报文的最后一个分片；MF 值为 0，则表示本报文是最后一个分片。标志字段中间的一位是 DF，只有当 DF 为 0 时才允许分片。

（7）片偏移：以 8 个字节为偏移单位，占 12 bit，指示出较长的分组在分片后本片在原分组中的相对位置。

（8）生存时间（TTL）：用于设置数据包可以经过的最多路由器数，占 8 bit。TTL 的初始值由源主机设置，即指定了数据包的生存时间。随着技术的进步，TTL 字段的功能改为“跳数限制”，表示数据包在互联网中最多可经过多少个路由器，数据包每经过一个路由器转发，就将 TTL 值减 1，当 TTL 值减至零时，就丢弃这个数据包。

（9）协议：表示向 IP 传送数据的上层协议，占 8 bit。协议字段实质上是表示 IP 报文数据区数据的格式，如创建 IP 数据的高层协议是 TCP 还是 UDP。

（10）首部检验和：首部数据的二进制反码求和，占 16 bit，检验和不对首部后面的数据进行计算。

（11）源地址和目的地址：每一份 IP 数据包都包含源 IP 地址和目的 IP 地址，它们都是 32 bit 的值。

### 1.1.3.2 IP 数据报首部的可变部分

IP 数据报首部的可变部分就是一个选项字段，是一个可变长的可选信息，作为附加的特殊处理的信息域，以 32 bit 为界限，在必要时插入值为 0 的填充字节，保证 IP 首部始终是 32 bit 的整数倍。

选项字段包括安全和处理限制、记录路径、时间戳、宽松的源站选路、严格的源站选路等，内容很丰富。增加首部的可变部分是为了增加 IP 数据报的功能，但实际上选项被使用时并不是很多，而且并非所有的主机和路由器都支持这些选项。

**学思践悟**

**网络协议的哲学内涵**

网络协议体现了契约精神和规则意识，为了实现网络通信，网络的每一层都有多个协议，这些协议都是为了实现特定功能而定义的一系列规则，只要遵守这些规则就可以和任意站点实现互联、互通和互操作。网络协议充分体现了和谐、包容、尊重规则的理念。

在社会生活中只有遵守法律或约定俗成的社会规则，才能获得充分的自由及广阔的天地来发挥自己的个性；反之，则寸步难行。每个协议的产生都是为了追求通信性能的卓越。我们也应该具备追求卓越的理念，只有持续追求更高的目标，才能不断进步、提高能力并完善自我。

### 1.1.4 TCP 的连接建立

TCP 是面向连接的协议，运输连接是用来传送 TCP 报文的，TCP 连接的建立是每一次面向连接的通信中必不可少的过程。TCP 运输连接有 3 个阶段，即连接建立、数据传送和连接释放。

TCP 建立连接的过程叫作握手，握手需要在客户和服务器之间交换 3 个 TCP 报文段，称为三次握手。三次握手报文建立 TCP 连接的过程如图 1-7 所示。

三次握手方法要求对所有报文进行编号，TCP 采用的方法是给每个字节一个 32 bit 的序号，每次建立连接时都产生一个新的初始序号。

假定主机 A 运行的是 TCP 客户程序，主机 B 运行的是 TCP 服务器程序。建立连接前，连接端的进程都处于 CLOSED（关闭）状态。服务器端首先被动打开其服务端口并对端口进行监听。当客户端要和服务器建立连接时，发起一个主动打开端口的请求。然后进入三次握手过程。

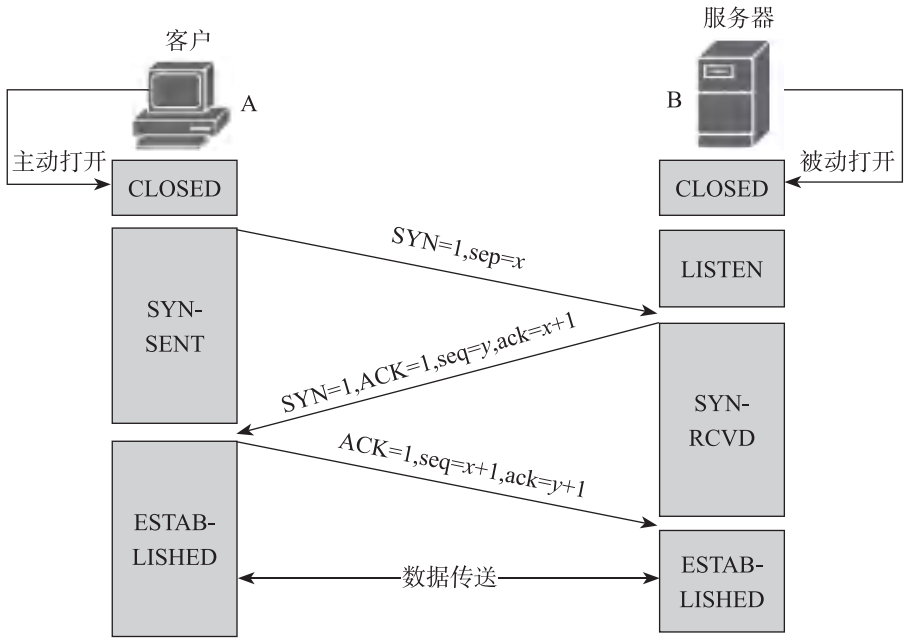


图 1-7　三次握手报文建立 TCP 连接的过程

（1）第一次握手：由要建立连接的客户向服务器发出连接请求段，该段首部的同步标志 SYN 被置为 1，并在首部中填入本次连接的客户端的初始段序号 seq=$x$。此时，TCP 客户进程进入 SYN-SENT（同步已发送）状态。

（2）第二次握手：服务器 B 收到请求后，发回连接确认（SYN+ACK），首部中的同步标志 SYN 被置为 1，表示认可连接；首部中的确认标志 ACK 被置为 1，表示对所接收段的确认，与 ACK 标志相配合的是准备接收的下一序号 ack=$x$+1，还给出了自己的初始序号 seq=$y$。此时，对请求段的确认完成了一个方向上的连接，TCP 服务器进程进入 SYN-RCVD（同步收到）状态。

（3）第三次握手：TCP 客户进程收到 B 的确认后，还要向服务器发出确认段，段首部中的确认标志 ACK 被置为 1，表示对所接收段的确认，与 ACK 标志相配合的准备接收的下一序号被设置为收到的段序号加 1，即 ack=$y$+1，而自己的序号为 seq=$x$+1，完成了另一个方向上的连接。这时 TCP 连接已经建立，A 进入 ESTABLISHED（已建立连接）状态。

当 B 收到 A 的确认后，也进入 ESTABLISHED 状态。这时 TCP 连接便建立起来，接下来双方都可以向对方发送数据。当通信完成时，连接双方都可以发起拆除连接操作。

## 1.1.5 路由交换原理

一些互相连接的、自治的计算机的集合构成了最简单的计算机网络，如 2 台计算机和连接它们之间的链路。当加入其他节点时，即 2 台计算机又连接了打印机，并再加入 1 台计算机时，就需要引入交换的机制来连接、协调 4 个节点之间的通信。如果存在多个这样的小型网络，网络与网络之间同样需要相互通信，所以路由的概念随之诞生。可见，网络是由若干节点和连接这些节点的链路共同组成的，链路可能是有线的也可能是无线的，网络中的节点可以是计算机、集线器、网桥、交换机、路由器、防火墙等各种网络设备。



### 1.1.5.1 交换原理

交换机来源于网桥，工作在 OSI 参考模型中的数据链路层，因此又称二层设备，是局域网中最重要的设备。二层交换机与网桥的功能相同，但是交换机的吞吐率更高、端口数量更多，每个端口的成本更低且更为灵活。随着技术的发展，交换机逐步集成了三层路由功能，根据交换机是否具备三层路由功能，一般可将交换机分为二层交换机和三层交换机。

交换机根据数据帧的 MAC 地址来实现在不同端口之间转发数据帧，以太网交换机通过分析收到的每个数据帧的 MAC 地址来“学习”每个端口连接的设备的 MAC 地址，从而建立动态的 MAC 地址表。当端口接收到数据帧后，交换机会查找内存中的 MAC 地址表，以确定目的 MAC 地址对应的节点连接在哪个端口，通过内部交换矩阵迅速将数据帧传送到目的端口；若没有查找到，则将数据帧向除接收端口以外的其他所有端口进行广播，接收端口回应后，交换机会“学习”新的 MAC 地址，并添加到内部 MAC 地址表中。

通过对照 MAC 地址表，交换机只允许必要的网络流量通过交换机，其每个端口都是一个独立的冲突域，而在一个网段上发生冲突不会影响其他网段，因此通过交换机的过滤和转发，可以有效地减少冲突。

### 1.1.5.2 路由原理

路由器工作在 OSI 参考模型中的网络层，用于将各个网络彼此连接起来，提供了在异构网络互联机制中，实现将数据包从一个网络发送到另一个网络的功能，这些网络可以是相同类型的网络，也可以是不同类型的网络。

路由器负责将数据包传送到本地和远端目的网络，采用的基本方法是首先确定发送数据包的最佳路径，之后将数据包转发到目的地。因此，路由选择和分组转发是路由器的两大核心功能。路由器在进行分组转发时首先对接收到的数据包进行分析，获取目的 IP 地址，再根据目的 IP 地址查找内部路由表，搜寻最佳匹配的网络地址，根据路由表查找结果，将 IP 数据包从合适的端口转发出去。

路由表获取信息的方式有如下 2 种。

（1）静态路由：由网络管理员通过手工配置的方式建立路由信息。它是一种最简单的配置路由的方法，一般用在小型网络或拓扑相对固定的网络中。

（2）动态路由：根据路由选择算法得出，通过运行复杂的分布式算法，根据从各相邻路由器获得关于整个网络的拓扑变化情况，动态建立路由信息。动态路由协议分为内部网关协议（IGP）和外部网关协议（EGP）。其中，IGP 用于自治系统内部选路，而 EGP 用于自治系统之间的选路。选路信息协议（RIP）和开放式最短路径优先协议（OSPF）是 2 种最常用的 IGP；边界网关协议（BGP）和 BGP-4 则是常用的 EGP。

## 1.1.6 eNSP 工具使用

eNSP 是一款由华为技术有限公司提供的，可扩展的、图形化操作的网络仿真工具平台。主要对企业网络路由器、交换机、防火墙和无线设备进行软件仿真，呈现真实设备实景，可支持大型网络模拟，让用户有机会在没有真实设备的情况下能够模拟演练，学习网络技术。

eNSP 工具安装与使用

关于 eNSP 工具安装与使用，请扫描二维码学习。

### 1.1.6.1 eNSP 的基本使用

（1）设备添加与启动：在 eNSP 主界面的左侧设备面板，可以看到供用户使用的网络设备或主机，如图 1-8 所示中显示的 AR2220、AR2240 和 AR3260 等型号路由器，可使用鼠标选中某型号的路由器并拖拽到中间的工作区，即完成了一个 AR2220 的路由器的添加。

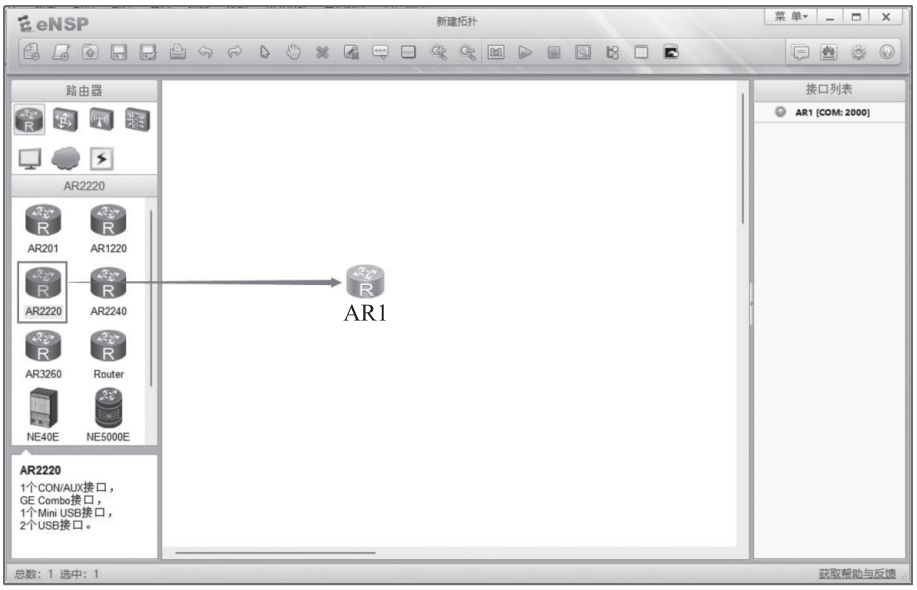


图 1-8 eNSP 添加设备

根据网络需要添加对应数量的路由器之后，可以通过右击路由器图标，然后在弹出的菜单中单击“启动”来启动路由器，如图 1-9 所示。

启动路由器之后，可以通过双击路由器的图标，打开路由器的 CLI 操作窗口，即可实现对路由器的配置和管理，如图 1-10 所示。


图 1-9 启动路由器

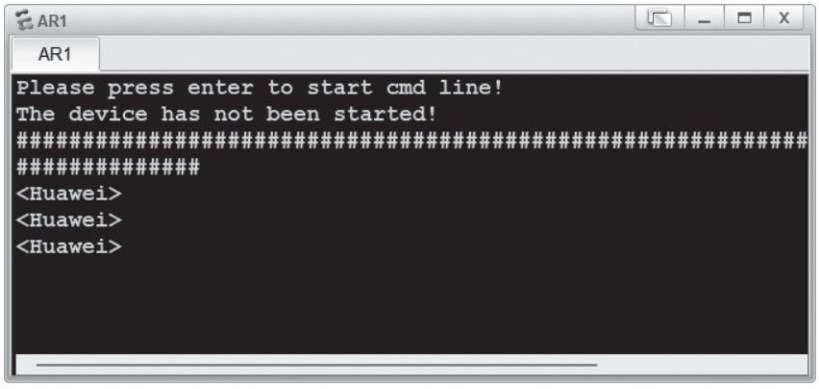


图 1-10 进入路由器的 CLI 界面

（2）设备连线：在工作区添加所需的网络设备后即可开始进行设备连线。eNSP 同样支持自动连线与手动连线，可以在设备面板中选择“连线图标”中的“Auto”自动连线，也可以直接单击要连线的设备。如果不想通过自动连接的方式，也可以通过手动连接的方式根据需要自行选定要连接的设备的端口号，如要将设备的以太网接口连接，可以选择设备面板中，设备连线的“Copper”图标，然后单击要连接的设备，就会显示设备可以连接的端口，如图 1-11 所示。

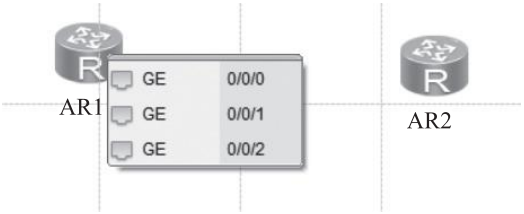


图 1-11　设备手动连线

#### 1.1.6.2　Wireshark 在 eNSP 的使用

Wireshark 是目前最流行的网络报文捕获工具，原来称为 Ethereal，是开源的免费软件。Wireshark 可以运行于 Windows、UNIX、Linux 等操作系统上，它可以真实地反映出当前网络上传输的数据包信息。在 eNSP 中也可以通过 Wireshark 进行报文捕获分析，需要先在物理机中安装好 Wireshark 软件，并注意将 Wireshark 安装在默认路径中。抓包时先通过右键选择“数据抓包”，然后选择要抓包的接口即可自动调用 Wireshark 软件，并对接口的报文进行捕获，操作如图 1-12 所示。


图 1-12　eNSP 上进行抓包操作



# 1.2　任务实战

## 1.2.1　企业网络子网划分

### 1.2.1.1　任务描述

某企业网络中共有 4000 台设备需要接入网络，平均分布在 16 个地点，要求利用保留的 B 类网络 129.249.0.0 进行子网划分，如果使用子网掩码为 255.255.255.0，则需要确定划分后每个子网的网络地址、可用主机 IP 地址数量和范围。

### 1.2.1.2　任务实施

该企业中总的设备数量为 4000 台，平均分布在 16 个地点，可计算出平均每个地点 250 台机器。如选用 255.255.255.0 为子网掩码，则每个网络上所允许接入的主机数为 254 台，大于 250 台，能满足实际需求，因此只需要在 B 类网络 129.249.0.0 中原本的 16 位主机号中保留最后 8 位作为主机号，剩

余 8 位可作为子网号进行子网划分。

根据以上分析，给每个地点划分子网如表 1-1 所示。

表 1-1　企业网络子网划分

| 地点 | 子网号 | 子网网络地址 | 可用主机地址范围 | 可用主机地址数量 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 00000001 | 129.249.1.0 | 129.249.1.1 ～ 129.249.1.254 | 254 |
| 2 | 00000010 | 129.249.2.0 | 129.249.2.1 ～ 129.249.2.254 | 254 |
| 3 | 00000011 | 129.249.3.0 | 129.249.3.1 ～ 129.249.3.254 | 254 |
| 4 | 00000100 | 129.249.4.0 | 129.249.4.1 ～ 129.249.4.254 | 254 |
| 5 | 00000101 | 129.249.5.0 | 129.249.5.1 ～ 129.249.5.254 | 254 |
| 6 | 00000110 | 129.249.6.0 | 129.249.6.1 ～ 129.249.6.254 | 254 |
| 7 | 00000111 | 129.249.7.0 | 129.249.7.1 ～ 129.249.7.254 | 254 |
| 8 | 00001000 | 129.249.8.0 | 129.249.8.1 ～ 129.249.8.254 | 254 |
| 9 | 00001001 | 129.249.9.0 | 129.249.9.1 ～ 129.249.9.254 | 254 |
| 10 | 00001010 | 129.249.10.0 | 129.249.10.1 ～ 129.249.10.254 | 254 |
| 11 | 00001011 | 129.249.11.0 | 129.249.11.1 ～ 129.249.11.254 | 254 |
| 12 | 00001100 | 129.249.12.0 | 129.249.12.1 ～ 129.249.12.254 | 254 |
| 13 | 00001101 | 129.249.13.0 | 129.249.13.1 ～ 129.249.13.254 | 254 |
| 14 | 00001110 | 129.249.14.0 | 129.249.14.1 ～ 129.249.14.254 | 254 |
| 15 | 00001111 | 129.249.15.0 | 129.249.15.1 ～ 129.249.15.254 | 254 |
| 16 | 00010000 | 129.249.16.0 | 129.249.16.1 ～ 129.249.16.254 | 254 |

## 1.2.2　校园网络 IP 地址规划

### 1.2.2.1　任务描述

某学校新建分校区内共有 2 栋教学楼、1 栋行政楼、1 栋实验楼、2 栋学生公寓。其中，每栋教学楼信息节点 50 个，行政楼信息节点 400 个，实验楼信息节点 200 个，每栋宿舍楼信息节点 500 个。现要求为整个校园网规划 IP 地址。

### 1.2.2.2　任务实施

IP 地址规划可按照区域、楼宇、楼层、部门等方式进行规划，根据信息节点数量来确定网段规模，可大可小，一般需要结合 VLAN 的划分来进行规划，这里暂时不考虑 VLAN 的具体规划，直接通过各楼宇的信息节点数进行规划。为了便于管理，所有网段子网掩码统一为 255.255.255.0，每个网段可用最大 IP 地址数为 254 个，部分区域信息节点数大于 254 个的需要规划多个网段，以满足网络需求。

根据各楼宇的信息节点数，进行 IP 地址规划，如表 1-2 所示。

表 1-2　校园网络 IP 地址规划

| 楼宇 / 区域名称 | 信息节点数 / 个 | IP 地址 | 子网掩码 | 网关 |
|---|---|---|---|---|
| 教学楼 1 | 50 | 192.168.1.0 | 255.255.255.0 | 192.168.1.254 |
| 教学楼 2 | 50 | 192.168.2.0 | 255.255.255.0 | 192.168.2.254 |
| 行政楼 | 400 | 192.168.3.0<br>192.168.4.0 | 255.255.255.0 | 192.168.3.254<br>192.168.4.254 |

续表

| 楼宇 / 区域名称 | 信息节点数 / 个 | IP 地址 | 子网掩码 | 网关 |
|---|---|---|---|---|
| 实验楼 | 200 | 192.168.5.0 | 255.255.255.0 | 192.168.4.254 |
| 宿舍楼 1 | 500 | 192.168.6.0<br>192.168.7.0 | 255.255.255.0 | 192.168.6.254<br>192.168.7.254 |
| 宿舍楼 2 | 500 | 192.168.8.0<br>192.168.9.0 | 255.255.255.0 | 192.168.8.254<br>192.168.9.254 |
| 网络中心 | 预留 100 个 | 192.168.10.0 | 255.255.255.0 | 192.168.10.254 |





## 1.2.3 使用 eNSP 构建网络拓扑

### 1.2.3.1 任务描述

某小型企业内部局域网的拓扑如图 1−13 所示，内部共 3 个部门，每个部门若干信息节点通过交换机进行接入。请使用模拟器 eNSP 完成网络拓扑构建。

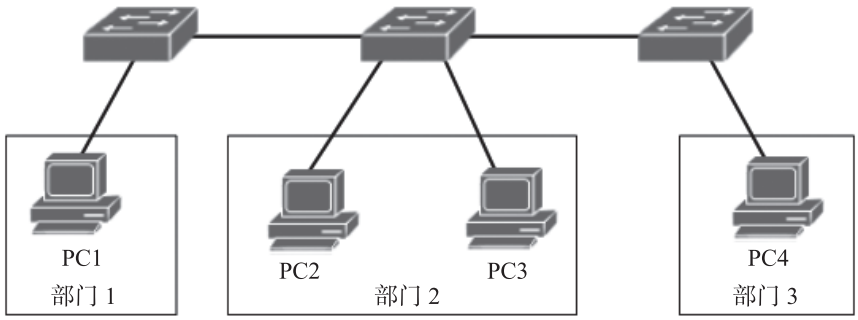


图 1−13　某小型企业内部局域网的拓扑

### 1.2.3.2 任务实施

（1）打开 eNSP，添加以下节点：S3700 交换机 3 台、PC 4 台。

（2）选择合适的连接线进行设备连接。以太网连线时，交换机与计算机或路由器等设备之间连接使用直通线，交叉线用于同种设备（交换机与交换机、路由器与路由器）之间相连或计算机与路由器之间相连。但在 eNSP 中可直接选择双绞线进行设备间连接，不需要区分直通线和交叉线。连接好的网络拓扑如图 1−14 所示。

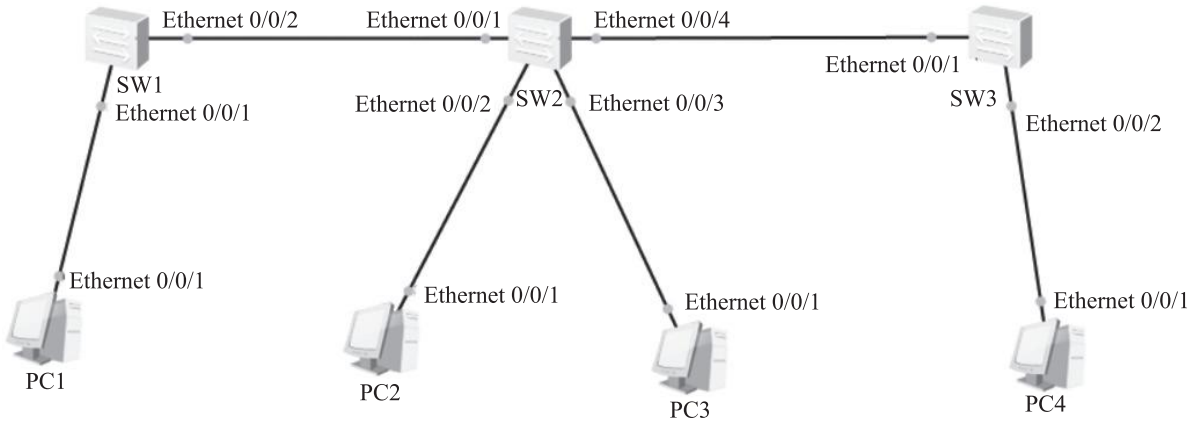


图 1−14　eNSP 的小型企业网络连线

**说明**　在进行较大型网络组网仿真且接入的 PC 数量较多时，一般根据不同的 VLAN 划分或 IP 网段规划，每个 VLAN 或每个网段使用 2 ～ 3 台 PC 作为代表即可。

# 1.3 能力拓展

## 1.3.1 网络测试和故障诊断程序

### 1.3.1.1 ipconfig 程序

ipconfig 程序可用于显示当前的 TCP/IP 配置的设置值，若采用静态配置方式，则这些信息可用来检验所配置的 TCP/IP 值是否正确，如果计算机和所在的局域网使用了动态主机配置协议（DHCP），则可以通过 ipconfig 程序了解计算机是否成功租用了 IP 地址及具体的 IP 地址、子网掩码、缺省网关、DNS 等相关信息。因此，ipconfig 是进行网络测试和故障分析的必要方法。

ipconfig 常用的参数选项如表 1-3 所示。

表 1-3　ipconfig 常用的参数选项

| 参数选项 | 描述 |
| --- | --- |
| ipconfig | 不带任何参数选项，该命令可查看每个已经配置了的接口的 IP 地址、子网掩码和默认缺省网关值 |
| ipconfig /all | 带 all 选项，除了显示接口的 IP 地址、子网掩码和默认缺省网关值，并且显示内置于本地网卡中的物理地址，如果接口使用 DHCP，则将显示 DHCP 服务器的 IP 地址和租用地址预计失效的日期 |
| ipconfig /release | 仅当接口使用 DHCP 时生效，计算机向 DHCP 服务器释放所有接口租用的 IP 地址 |
| ipconfig /renew | 仅当接口使用 DHCP 时生效，计算机向 DHCP 服务器重新申请租用 IP 地址 |

### 1.3.1.2 ping 测试

ping 是调试网络的基本工具，最基本的用途就是测试本地主机与远程主机之间网络的连通性。ping 测试是否有数据包被丢弃、复制或重传。根据 ping 测试返回的信息，就可以推断 TCP/IP 参数是否设置正确以及运行是否正常。如果 ping 运行正确，则大体上可以排除网络访问层、网卡、MODEM 的输入输出线路、电缆和路由器等存在故障，从而缩小了问题的范围。

按照缺省设置，Windows 上运行的 ping 命令发送 4 个 ICMP 回送请求报文，每个报文携带 32 字节数据，如果通信正常，则能得到 4 个回送应答报文。 ping 能够以毫秒为单位显示发送回送请求到返回回送应答之间的时间量。如果应答时间短，则表示数据包不必通过太多的路由器或网络连接速度比较快。

ping 命令所使用的格式如下。

```
ping 主机名 / 域名 /IP 地址
```

其中，主机名 / 域名 /IP 地址代表 ping 程序进行连通性测试的远端目的主机。

ping 常用的参数选项如表 1-4 所示。

表 1-4　ping 常用的参数选项

| 参数选项 | 描述 |
| --- | --- |
| ping IP - t | 连续对远端 IP 地址执行 ping 命令，直到被用户以“Ctrl+C”组合键中断 |
| ping IP - l 1000 | 指定 ping 测试发送的 ICMP 回送请求报文携带的数据长度（此处表示数据长度为 1000 字节） |
| ping IP - *n* 10 | 指定 ping 测试发送的 ICMP 回送请求报文数量（此处表示发送报文数量为 10 个） |

### 1.3.1.3　ARP 命令

地址转换协议（ARP）是一个重要的 TCP/IP 协议，用于确定 IP 地址与物理地址，即 MAC 地址之间的映射关系。使用 ARP 命令，能够查看本地计算机的 ARP 高速缓存中的表项。此外，还可以使用 ARP 命令，进行 IP 地址和 MAC 地址的静态绑定，有助于减少网络上的信息量。

按照缺省设置，ARP 高速缓存中的项目是动态的，根据网络中的流量可能新增表项或发生表项老化删除，因此通过 ARP 命令查看的是计算机内的实时表项。

ARP 常用的参数选项如表 1-5 所示。

表 1-5　ARP 常用的参数选项

| 参数选项 | 描述 |
| --- | --- |
| arp - a | 查看 ARP 高速缓存中的所有表项 |
| arp - a IP | 查看 ARP 高速缓存中指定 IP 的表项 |
| arp - d | 手动删除 ARP 高速缓存中的所有表项 |
| arp - d IP | 手动删除 ARP 高速缓存中指定 IP 的表项 |
| arp - s IP MAC | 向 ARP 高速缓存中输入 1 个 IP 地址和 MAC 地址的静态表项 |

### 1.3.1.4　traceroute 程序

traceroute 程序可以使用户获得 IP 数据包从一台主机传输到另一台主机所经过的路由，主要作用是路由探测。如果存在网络连通性问题，则可以使用 tracert（Windows 下所使用的命令）命令来检查到达的目标 IP 地址的路径并记录结果，如果数据包不能正常传递到目标，tracert 命令将显示成功转发数据包的最后一个路由器，分析此结果，可以初步判断出现问题的网络节点。

tracert 命令所使用的格式如下。

```
tracert 主机名 / 域名 /IP 地址
```

其中，主机名 / 域名 /IP 地址代表 tracert 程序进行路由探测的远端目的主机。

**注意**

以上测试命令并不局限于在物理计算机上使用，在模拟器中的 PC 也可使用上述命令进行网络测试与故障诊断。此外，在大部分网络设备上，如交换机、路由器、防火墙上也支持使用 ping、tracert 命令。

## 1.3.2 Packet Tracer 工具介绍

Packet Tracer 是由 Cisco 公司开发的一款功能强大的网络仿真软件，它提供了线缆、交换机、路由器、PC、服务器、无线网络设备等非常全面的 Cisco 网络仿真设备。用户可在软件的图形用户界面上通过拖动的方法快速构建网络拓扑，还可以允许用户进行设备配置。软件还提供了模拟模式，让用户观察网络各层数据的构成和传输情况、各种帧或分组的处理过程，有利于用户分析和排查网络故障。

Packet Tracer 的安装过程非常简单，双击软件安装文件后，根据安装提示，一直单击“下一步”即可完成安装。安装完成后，运行软件，出现软件主界面如图 1-15 所示。图 1-15 中标示出了各主要区域的功能。

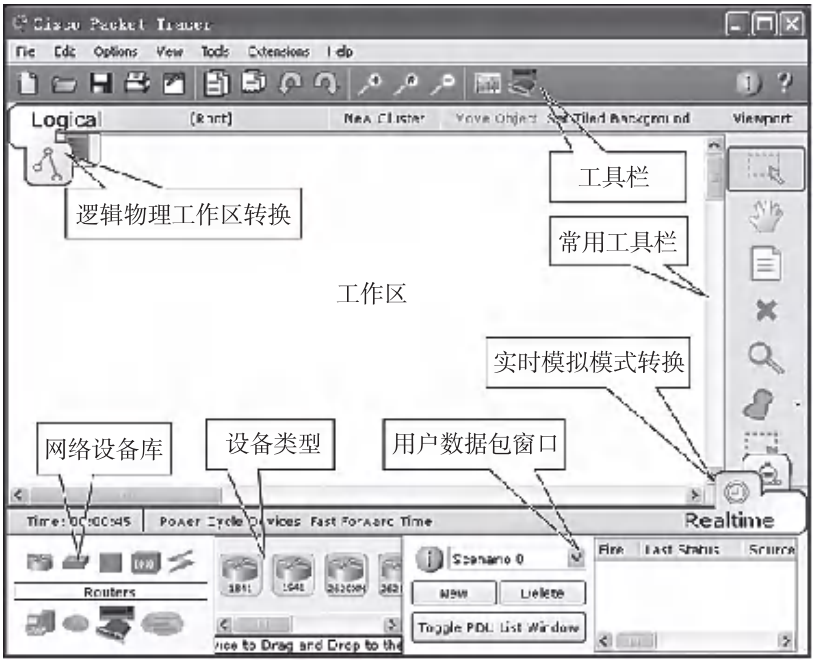


图 1-15　Packet Tracer 主界面

关于 Packet Tracer 工具使用，请扫描二维码学习。

Packet Tracer 工具使用

## 1.3.3 HCL 工具介绍

华三云实验室（HCL）是一款由新华三技术有限公司提供的、界面图形化的全真网络模拟软件，用户可以通过该软件实现新华三技术有限公司多个型号的路由器、交换机、防火墙等虚拟设备的组网，是用户学习、测试基于杭州华三通信技术有限公司（H3C）Comware V7 平台的网络设备的必备工具。

HCL 的安装与使用同样需要结合 VirtualBox 来完成，在官网下载的 HCL 安装文件中包含了 VirtualBox 和 HCL 的文件，安装过程与 eNSP 基本一致，这里不再赘述。

HCL 软件运行主界面如图 1-16 所示。

HCL 的面板包含设备面板、菜单栏面板、抓包显示面板和拓扑环境设备状态面板，如图 1-17 所示。

（1）设备面板：从上往下依次为用户自定义设备（DIY）、路由器、交换机、防火墙、终端和连接线。

（2）菜单栏面板：从左往右包括工程操作、显示控制、设备控制、图形绘制、扩展功能 5 类操作，鼠标悬停在图标上显示图标功能提示。

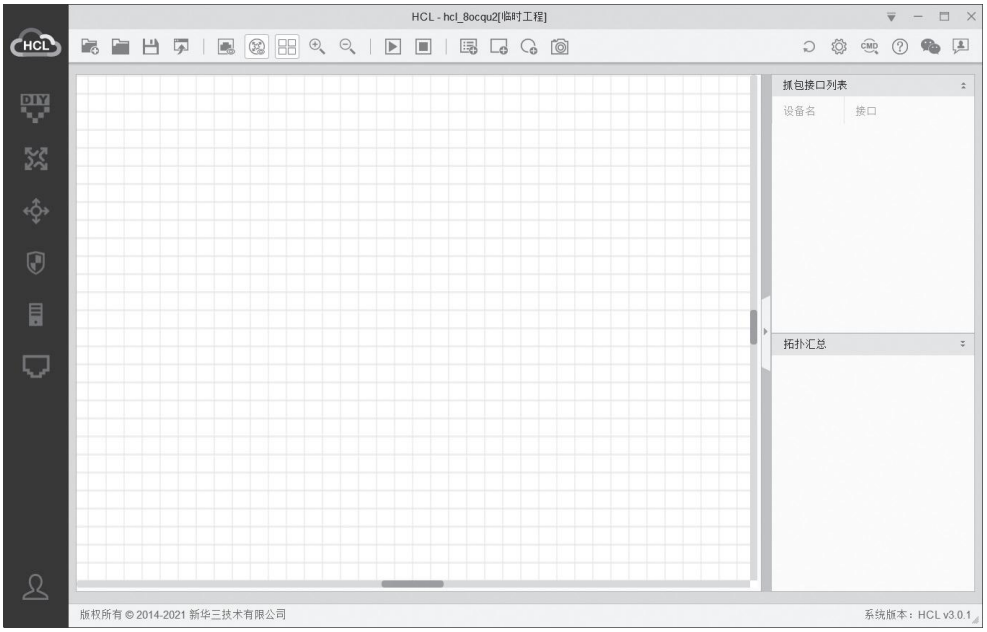


图 1-16　HCL 软件运行主界面

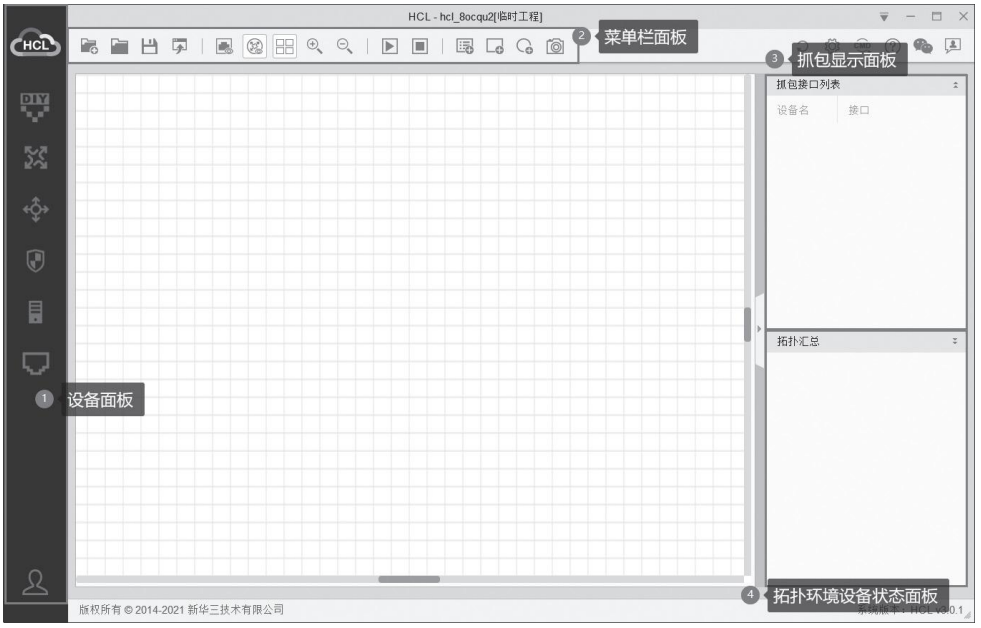


图 1-17　HCL 面板介绍示意图

（3）抓包显示面板：该区域汇总了已设置抓包的接口列表。通过右键菜单可以进行停止抓包、查看抓取报文等操作。

（4）拓扑环境设备状态面板：该区域汇总了拓扑中的所有设备和连线。通过右键菜单可以对拓扑进行简单的操作。

HCL 的基本使用方法与 eNSP 类似，这里不再赘述。

## 1.3.4　EVE-NG 工具介绍

EVE-NG 是一款运行在 Ubuntu 环境，由 Andrea Dainese、Uldis 等行业内顶尖专家共同开发完成的优秀网络仿真工具。它集成了 Dynamips、IOL、QEMU 等模拟器，不仅可以模拟常用的路由器、交

换机和防火墙等网络设备，也可以模拟 Windows、Linux 等操作系统。目前除了支持 Cisco 的 IOS 和 IOL 镜像，同时支持 Cisco 的还有 ACS、ISE、ASA、Firepower、vWLC 等 QEMU 镜像。此外，它除了支持 Cisco 各种网络设备，还支持业界知名厂商的系统或镜像，如 Cyberoam Firewall、Juniper、Checkpoint、F5、Huawei、VMWare 等，并且官网也不断发布新版本的 EVE-NG 平台，支持越来越多的功能和特性。由于 EVE-NG 安装简单、使用灵活同时支持多厂商镜像环境等特性，成为目前最受欢迎的多厂商综合实验仿真平台。

EVE-NG 实现了通过 Web 连接并管理该平台的操作模式，实现用户能够快速部署配置虚拟环境，可以在 Web 界面绘制各种拓扑、随时保存配置，并且具有丰富的扩展功能，整体简单易用，经过多次改版升级的 EVE-NG 平台不仅能够满足用户日常的学习和使用需求，IT 工程师也可以通过 EVE-NG 模拟比较完整的公网网络环境，进行业务模拟、故障演练等模拟测试，以降低项目实施的风险，提高项目实施的成功率。

用户可以从 EVE 的官方网站上获取需要付费的 EVE-NG Professional Edition 版本及可免费使用的 EVE-NG Community Edition 版本，相比免费的 Community 版本，Professional 版本支持更多的高级特性和新功能，并且官网也不断对 Professional 版本进行功能特性更新。

EVE 登录主界面如图 1−18 所示。


图 1−18　EVE 登录主界面

EVE 新建与打开拓扑如图 1−19 所示。

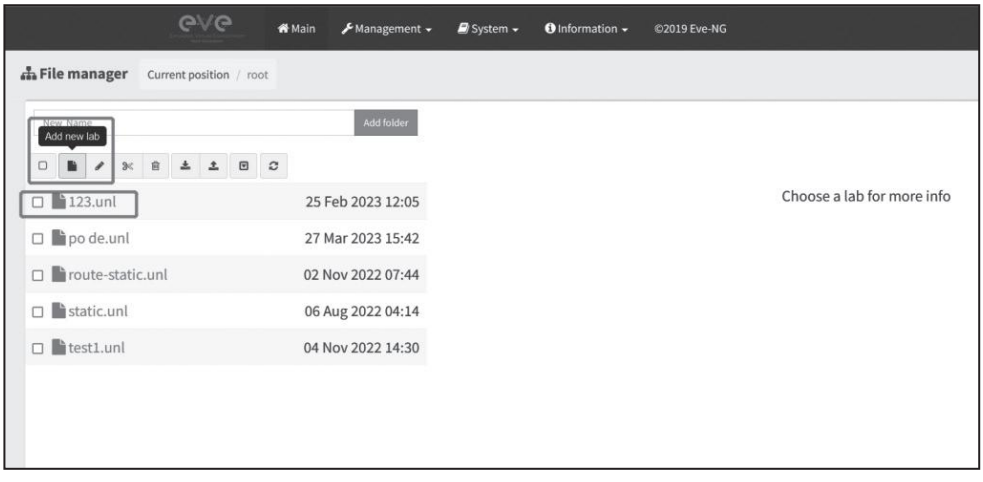


图 1−19　EVE 新建与打开拓扑

EVE 打开拓扑操作如图 1-20 所示。

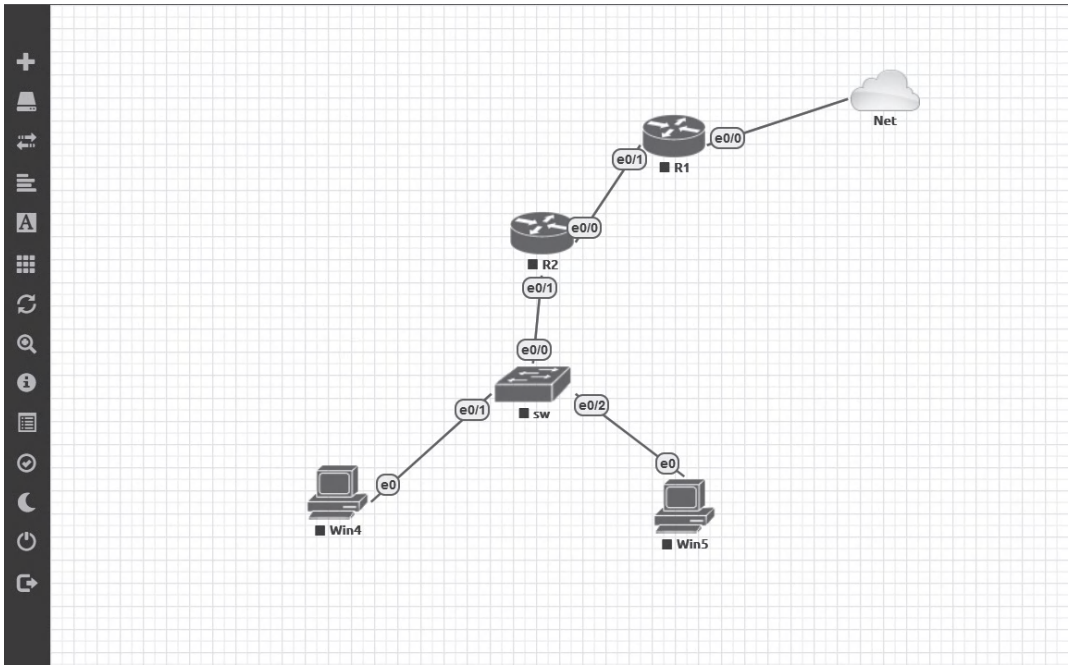


图 1-20　EVE 打开拓扑操作





## 强化练习

学完本章后，同学们可扫描以下二维码进行练习，检验自己对本章的学习掌握程度。

强化练习 1

# 第2章 设备操作基础

## 本章导读

网络设备是用来将各类服务器、PC、应用终端等节点相互连接，构成信息通信网络的专用硬件设备。不同企业生产的网络设备都有一定的差异，对于网络管理员或计算机用户来说，了解和掌握主流厂商网络设备的基本操作有助于更好地使用和维护网络。

## 学习目标

知识目标

（1）了解华为网络设备操作系统的特点及功能。

（2）了解设备其他常见操作、锐捷设备的命令模式与基本操作。

（3）理解常见的命令行格式约定。

能力目标

（1）能够掌握华为设备配置管理的方法及基本命令的使用。

（2）能够掌握华为设备初始化、Telnet 远程登录、Web 远程登录的配置命令及方法。

素质目标

（1）了解华为发展之路，从逆向工程到自主创新、从落后到引领，树立科技强国的志向。

（2）网络技术发展日新月异，培养国际化视野。

（3）服从网络设备远程登录管理，遵循设备管理规范，增强规则意识。

# 2.1 设备操作系统介绍

构建各种规模的企业网络的主要设备有路由器、交换机、防火墙和无线设备等，其中，路由器和交换机是最基本的互联设备。简而言之，路由器就是利用网络层的 IP 地址信息进行报文转发的互联设备，而交换机是利用数据链路层的 MAC 地址信息进行数据帧交换的互联设备。

业界知名的网络设备厂商，如华为技术有限公司、杭州华三通信技术有限公司、福建锐捷网络股份有限公司、思科系统公司（Cisco）以及瞻博网络（Juniper）等，都研发了各自独立运行在网络设备的操作系统，且不同网络设备厂商对各自的网络设备操作系统都使用了不同命名，如华为的称为 VRP，杭州华三通信技术有限公司的称为 Comware，思科系统公司的称为 IOS。以下简单介绍华为操作系统的特点。

通用路由平台（VRP）是华为公司数据通信产品的通用操作系统平台。作为华为技术有限公司从低端到核心的全系列路由器、以太网交换机、业务网关等产品的软件核心引擎，它以 IP 业务为核心，采用组件化的体系结构，在实现丰富功能特性的同时，还提供了基于应用的可裁剪和可扩展的功能，使路由器和交换机的运行效率大大增加。熟悉 VRP 操作系统并且熟练掌握 VRP 配置是高效管理华为技术有限公司网络设备的必备基础。

VRP 能够提供丰富的功能，实现统一的用户界面和管理界面，实现控制平面功能，并定义转发平面接口规范，实现各产品转发平面与 VRP 控制平面之间的交互，以及屏蔽各产品链路层对于网络层的差异。

VRP 平台以 TCP/IP 协议栈为核心，实现了数据链路层、网络层和应用层的多种协议，在操作系统中集成了路由技术、QoS 技术、VPN 技术、安全技术和 IP 语音技术等数据通信要件，并以 IP 转发引擎技术为基础，为网络设备提供了出色的数据转发能力，各模块主要功能如下。

（1）IP 转发引擎：包括传统 IP 报文转发、IP 快速转发、QoS 服务质量、策略路由、安全能力及防火墙等。

（2）广域网互联：支持 PPP/MP、SLIP、HDLC/SDLC、X.25、Frame Relay、LAPB、ISDN 和 Ethernet 等。

（3）路由协议：支持 RIP、OSPF、BGP、IGRP、EIGRP、PIM、DVMRP、BGMP 等。

（4）IP 业务：支持 ARP/Proxy ARP、NAT、DNS、DHCP 中继、VLAN、SNA、VoIP 和 VPN 等。

（5）配置管理能力：支持命令行配置、日志告警、调试信息、SNMP 管理等。

随着技术更新及产品演进，华为技术有限公司官方持续不断地对网络设备操作系统进行更新和优化，支持越来越丰富的功能和特性，并且不同版本的网络设备操作系统可能存在配置命令的差异，需要用户在对网络设备进行操作时，参考所使用版本的相关手册。

拓展阅读

### 华为技术有限公司：从电信设备制造商到全球科技巨头的崛起之路

华为技术有限公司，如今已成为全球科技领域响当当的公司。华为技术有限公司成立于 1987 年，在短短几十年的时间里，凭借着不懈努力和创新精神，不仅成为全球领先的通信设备制造商，还成功进军了智能手机、云计算等多个领域。

华为技术有限公司的创始人任正非先生在1987年创建了华为技术有限公司，专注通信设备的生产和销售。华为技术有限公司的名字取自“中华有为”，寓意公司致力于为世界带来更好的通信技术。华为技术有限公司的发展可以说是中国改革开放以来科技发展的一个缩影。

华为技术有限公司在创立初期，面临着资金紧张和技术壁垒等众多挑战。然而，任正非先生和团队凭借对技术的执着追求和敢于突破的精神，打破了国外企业的垄断，逐渐在通信设备市场崭露头角。

进入21世纪，华为技术有限公司凭借其领先的技术和卓越的产品质量，逐渐成为全球通信设备的佼佼者。在2008年国际金融危机期间，华为技术有限公司更是一举超越了国外竞争对手，奠定了其全球领先地位。为了摆脱对国外芯片供应商的依赖，华为技术有限公司开始投入巨资研发自己的芯片。2018年，华为技术有限公司推出了自家研发的麒麟芯片，受到了业界和消费者的一致好评。

华为技术有限公司一直以来都将科技创新作为公司发展的核心驱动力。它不仅注重技术研发的投资，还通过建立创新机制和营造创新文化，鼓励员工积极提出新思路和开展创新实践。这种持续的科技创新使华为技术有限公司在通信、人工智能等领域取得了重大突破。

华为技术有限公司采取积极主动的市场拓展策略。它通过建立分支机构、开展海外业务、与其他企业合作等多种方式，将自己的业务范围扩展到全球各地。这种积极的拓展策略帮助华为技术有限公司在全球范围内树立了品牌形象，并赢得了众多客户的信任和支持。

华为技术有限公司作为一家领先的科技公司，将继续保持其敏锐的市场洞察力和科技创新力，在积极拓展市场和深化研发的同时，注重可持续发展和承担社会责任，为全球消费者和客户创造更多价值，实现公司的长足发展。





# 2.2 设备配置管理

## 2.2.1 Console登录

对网络设备的配置方式有多种，用户可以使用Console、Telnet、SSH以及Web网页等方式连接网络设备，Console、Telnet、SSH采用的是CLI命令行界面对网络设备进行管理和配置，而Web网页登录方式则采用图形界面形式进行设备配置与管理。

本地Console口配置是交换机最基本、最直接的配置方式，也是对新交换机进行第一次配置时，所能采用的唯一方式，因为其他的配置方式都必须预先在交换机上进行相关设置才能使用。

### 2.2.1.1 Console登录方法

Console登录是一种最基本的连接方式，早期的网络设备基本支持通过Console的方式进行配置和管理，路由器、交换机以及防火墙设备出厂默认都提供1个Console口，比较高端的网络设备为了提高冗余和可靠性，甚至提供了2个Console口。用户需要通过专用的Console线将网络设备与终端主机相连，然后通过终端主机访问设备的CLI界面。可以通过Windows自带的终端软件，或者一些专业的终端软件，如CRT或xShell等。

Console 线一端为 RJ45 接头，用于连接设备的 Console 接口；另一端为 USB 接口（或 RS-232 串口），用于连接运行终端仿真程序的计算机。常见的 Console 线如图 2−1 所示。

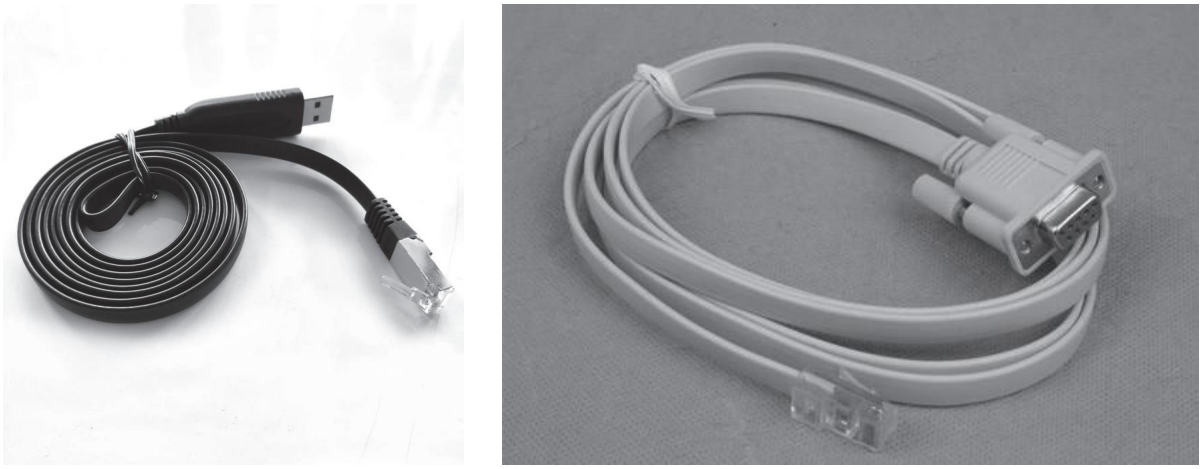

图 2−1　常见的 Console 线

以华为技术有限公司 CloudEngine S2730S-S 系列交换机为例，Console 口在设备面板前端，如图 2−2 所示。有些网络设备的 Console 口在设备后端，将 Console 线的 RJ45 接头一端接入网络设备的 Console 口，另一端接入 PC 机的 USB 接口即可。


图 2−2　华为技术有限公司交换机 Console 口

用 Console 口配置线连接好交换机和计算机后，需要使用终端仿真软件才能进入交换机的 CLI 配置界面。终端仿真软件最常用的就是 Windows 自动的超级终端。该程序位于“开始”菜单→“程序”→“附件”→“通信”群组下面。修改交换机 Console 口与计算机串口通信的相关参数：每秒位数“9600b/s”；数据位“8”位；奇偶校验“无”；停止位“1”位；数据流控制“无”。设置完成后，单击“确定”按钮，即可进入 CLI 配置界面。

**说明**　通过 Console 口连接设备进行设备的配置和管理是最基本的连接方式，也是对设备进行初始配置时最常用的方式。路由器和交换机的 Console 口用户默认拥有最大权限，可以执行一切操作和配置。为了安全管理需要，也可以在 Console 口设置登录密码，但由于 Console 线缆的长度和传输距离是有限的，这种方法只适用于本地操作。

### 2.2.1.2　配置视图切换

网络设备的 CLI 是设备与用户之间的交互界面，要配置网络设备，就要先了解和熟悉设备的 CLI。由于 CLI 配置界面不是图形方式，在 CLI 配置方式中存在各种不同的命令视图、语法规则，相应的命令必须在特定的命令视图中才能运行，对于初学者和很多网络管理员来说，CLI 配置方式较难掌握。但是 CLI 的配置方式灵活，占用资源较少，容易实现，功能齐全，所以基本上所有的网管型设备都支持 CLI 配置方式。

不同厂商的设备 CLI 会有一些区别，如交换机的系统默认提示符等，华为技术有限公司的交换机

一般用“<Huawei>”，Cisco 的交换机一般用“<Switch>”，H3C 的交换机一般用“<H3C>”。华为交换机常用的 CLI 配置视图如表 2-1 所示。

表 2-1　华为交换机常用的 CLI 配置视图

| 配置模视图 | 命令提示符 | 进入、退出方法 | 说明 |
|---|---|---|---|
| 用户视图 | <Huawei> | 开机时直接进入该视图，输入 quit 命令离开该视图 | 只能执行基本的查看命令，如查看设备的运行状态和统计信息 |
| 系统视图 | [Huawei] | 在用户视图下输入 system-view 命令进入该视图，输入 quit 命令返回到用户视图 | 在该视图下可以配置应用到整个交换机上的全局参数，如配置主机名、配置 VLAN、启用路由协议等 |
| 各种子配置视图 | [Huawei-mode] | 在全局视图下，输入 interface、rip 等命令进入接口配置、rip 路由配置子视图，输入 quit 命令返回全局视图 | 对特定功能的参数配置，如接口配置子视图可为交换机的各类主要接口配置相关参数，如业务口的速率、工作模式等 |

**说明**

华为设备只定义了 2 种基本的命令行视图，分别是用户视图和系统视图，每条命令只能在特定的视图中执行。启动设备，进入 CLI 后，最先出现的是用户视图。在该视图下，可使用的命令非常有限，如查看设备的运行状态和统计信息，后期的保存系统配置文件、查看 flash 信息、操作系统文件等也是在用户视图中完成的。

若要修改系统参数和配置其他功能，可通过 system-view 命令进入系统视图，只要涉及修改设备全局参数设置的，基本都是在系统视图中完成，是设备管理和配置中用得最多的。若需退出当前视图，返回上一级视图，则只需要使用 quit 命令。

```
<Huawei>                    // 华为设备用户视图
<Huawei> system-view        // 执行 system-view 命令
[Huawei]                    // 切换华为设备系统视图
```

在系统视图下，使用 interface 命令可以进入接口配置视图，交换机、路由器等设备上使用最多的就是子配置视图，可以对特定接口进行某项配置。

总的来说，H3C 设备的命令体系与华为设备基本一致，基本命令行视图与华为设备相同，只是在个别功能配置上有些细微的差别。

### 2.2.1.3　配置帮助

网络设备的配置命令有上千条，为了便于用户操作使用网络设备，在 Cisco、华为、H3C 等主流厂商的网络设备操作系统中，CLI 配置下命令是不区分大小写的，并且命令可以简写，即可以只输入命令关键字的前面一部分字符，只要这部分字符足够识别唯一的命令关键即可。通常是前面 4 个字母，有些命令可以是最前面 3 个字母、2 个字母，甚至 1 个字母，再用“Tab”键使命令的关键字补充完整。

当我们想要完整显示命令的关键字时，在输入了前面的部分字符（键入的字符个数要能足够识别）后再按一下“Tab”键，这时会自动把命令关键字补充完整。例如，在华为交换机的系统视图下进入 GigabitEthernet 0/0/1 接口的操作的完整命令如下。

```
[Huawei] interface GigabitEthernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]
```

但无论是 interface 命令，还是接口类型参数 GigabitEthernet，都可以在输入部分字符的情况下通过“Tab”键进行补全，操作命令如下。

```
[Huawei] int   // 输入 int 后，按“Tab”键跳转到下一行，并补全 interface 命令
[Huawei] interface gi   // 继续输入 gi 后，按“Tab”键跳转到下一行，并补全 gigabitEthernet 命令
[Huawei] interface gigabitEthernet 0/0/1   // 继续输入接口编号后，进入接口配置视图
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]   // 接口配置视图
```

由于系统视图下的命令列表中没有 2 个以上前 3 个字符是 int 的命令，因此输入 int 已经能够确定命令 interface。同样，接口类型的所有选项中没有 2 项以上是以字母 g 开头的，因此输入 g 可以唯一确定 GigabitEthernet 接口。简写命令进入接口，操作命令如下。

```
[Huawei] int g0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1]
```

此外，一般网络设备都提供帮助命令“?”用于显示当前模式下设备支持的所有命令，也可以用于显示相同开头的命令关键字或者每个命令的参数信息，常见的使用方法如下。

（1）在各种视图提示符后面直接输入“?”，会列出当前模式下所有的命令及相关摘要信息。

（2）在输入字符串后面紧跟着输入“?”，会显示当前模式下所有以指定字母开头的命令。

（3）在命令关键字后面输入空格后再输入“?”，会列出该命令关键字后面所能带的下一个参数列表及相关摘要说明。

**注意**

建议初学者最好正确记忆命令的全写，以利于加深对命令功能及参数的理解。部分命令如果仅记忆简写，可能会产生误解。例如，在接口下配置一个 IP 地址的简写命令是 ip add 192.168.1.1 24，全写是 ip address 192.168.1.1 24，如果不清楚 add 是 address 的简写，误认为全写是 add 则错误，容易理解为“添加”IP，实际上是 IP“地址”。

## 2.2.2 Telnet 登录

Telnet 登录是一种用于主机或终端之间远程连接并进行数据交互的协议，它基于 TCP 协议的 23 号端口。它遵循客户端 / 服务器的操作模型，使用户的本地计算机能够与远程计算机连接，成为远程主机的一个终端，从而允许用户登录到远程主机系统进行操作。

网络设备可以作为 Telnet 服务器，为用户提供远程登录服务。在这种连接模式下，用户通过一台作为 Telnet 客户端的计算机直接对网络设备发起 Telnet 登录，登录成功后即可对设备进行操作配置。当然，网络设备也可以作为 Telnet 客户端登录到其他网络设备上。

使用 Telnet 方式登录设备有一些先决条件。首先，Telnet 是一种带内管理方式，即通过网络配置网络设备，所以客户端与服务器之间必须具备 IP 可达性，这意味着服务器和客户端必须配置了 IP 地址，并且其中间网络必须具备正确的路由。其次，出于安全性考虑，网络设备必须配置一定的 Telnet 验证信息，包括用户名、口令等。另外，中间网络还必须允许 TCP 和 Telnet 协议报文通过，而不能禁止。

Telnet 登录用户使用虚拟类型终端（VTY）接口与设备进行连接，用户可以在网络设备上设置相应数量的 VTY 接口。

华为设备支持 Telnet 用户使用 2 种不同的认证方式：密码认证、AAA 认证，华为设备设置了对 Telnet 用户的权限。

## 2.2.3 SSH 登录

用户在使用 Telnet 远程登录配置网络设置时，所有信息都是以明文的方式在网络上传输的。为了提高交互数据的安全性，用户还可以使用安全外壳（SSH）代替 Telnet。当用户通过一个不能保证安全的网络环境远程登录到设备时，SSH 可以提供安全保障和强大的验证功能，以保护设备不受 IP 地址欺诈、明文密码截取等攻击。

SSH 技术由传输协议、验证协议和连接协议 3 个部分组成，并且是基于 TCP 协议的 22 号端口实现的。与 Telnet 一样，一台网络设备可以允许多个 SSH 客户端的连接。网络设备还支持作为 SSH 客户端，允许用户与支持 SSH 服务端的设备建立 SSH 连接。华为设备根据 SSH 认证机制，需要在设备生成加密密钥。

## 2.2.4 Web 网管

前面介绍的 Console、Telnet、SSH 3 种连接设备的方式都是基于命令行方式对设备进行管理的，要求用户熟悉命令行。除此之外，用户还可使用 Web 方式，使用图形化的操作界面对设置进行管理。Web 网管是一种对设备的管理方式，它利用设备内置的 Web 服务器，为用户提供图形化的操作界面。用户需要从终端通过 HTTPS 登录到设备，才能利用 Web 网管对设备进行管理和维护。但此方式对于一些厂商的路由器或交换机来说仅能实现对设备部分功能的管理，功能并不完整。但是对于一些安全设备、无线设备，如防火墙、无线控制器（AC），用户采用 Web 的方式对设备进行配置和管理具有极大的便利性，在 Web 界面可以很直观地显示设备的各项状态信息，以及进行可视化的操作。

在配置通过 Web 网管登录设备之前，需要了解以下相关概念。

### 2.2.4.1 HTTP

HTTP 是超文本传输协议的英文简称，它用来在 Internet 上传递 Web 网页文件信息。HTTP 位于 TCP/IP 协议栈的应用层，传输层采用面向连接的 TCP。HTTP 存在安全风险，目前设备仅支持通过安全 HTTP（HTTPS）登录 Web 网管，不支持通过 HTTP 登录 Web 网管。

### 2.2.4.2 HTTPS

HTTPS 是 HTTP secure 的英文简称，即安全 HTTP。HTTPS 通过安全套接层协议（SSL），使客户端与设备之间交互的数据经过加密处理，并为设备制定基于证书属性的访问控制策略，提高了数据传输的安全性和完整性，保证合法客户端可以安全地访问设备，禁止非法的客户端访问设备，从而实现对设备的安全管理。

### 2.2.4.3 SSL 策略

在配置 HTTPS 之前，需要在设备上部署 SSL 策略，并加载相应的数字证书。SSL 策略是指设备启动时使用的 SSL 参数。只有与应用层协议（如 HTTP 协议）关联后，SSL 策略才能生效。

### 2.2.4.4 数字证书

数字证书是由 CA 签发的一个声明，证明证书主体（证书申请者拥有证书后即成为证书主体）与证书中所包含的公钥的唯一对应关系。数字证书中包括证书申请者的名称及相关信息、申请者的公钥、签发数字证书的 CA 的数字签名及数字证书的有效期等内容。数字证书使网上通信双方的身份得到了互相验证，提高了通信的可靠性。

#### 2.2.4.5 CA

CA 是发放、管理、废除数字证书的机构。CA 的作用是检查数字证书持有者身份的合法性，并签发数字证书（在证书上签字），以防证书被伪造或篡改，以及对证书和密钥进行管理。国际上被广泛信任的 CA 称为根 CA，根 CA 可授权其他 CA 为其下级 CA。CA 的身份也需要证明，证明信息在信任证书机构文件中描述。



## 2.3 设备基本命令使用

### 2.3.1 设备命名

启动网络设备之后，不同厂商的网络设备都有默认的主机名称，可以使用命令对设备的名称进行修改，修改设备的名称只对设备本地有影响，不会影响设备在互联网络中的运行方式。大多数情况下，使用设备的位置和编号对设备命名，更方便对设备的查找，有助于网络管理员核实是否在正确的设备上进行配置。为了方便网络的维护和管理，无论是在实验环境中，还是在真实的项目环境中，都应该养成为设备设置合适主机名的习惯。

华为路由器和交换机默认的设备名称都为 Huawei，修改设备名称需要在系统视图下使用 sysname 命令。例如，将华为交换机的名称改为 SW1，可以在系统视图下使用 sysname SW1 命令来实现，配置命令如下。

```
[Huawei] sysname SW1
[SW1]
```

### 2.3.2 undo 命令

配置命令参数写入错误或者配置命令无须继续使用时，用户可以对这些配置进行针对性删除，或禁止某个功能，或执行与命令相反的操作。华为设备可以使用 undo 命令来删除配置，实际上人和网的配置命令都可以在其前面加上 undo 命令，实现配置的取消过程。以下分别是为路由器接口 GigabitEthernet0/0/0 配置接口 IP 地址及删除 IP 地址的配置命令。

```
[R1] interface GigabitEthernet0/0/0   // 进入接口配置视图
[R1-GigabitEthernet0/0/0] ip address 192.168.1.254 24   // 配置接口的 IP 地址
[R1-GigabitEthernet0/0/0] quit   // 退出接口配置视图
[R1] interface GigabitEthernet0/0/0   // 进入接口配置视图
[R1-GigabitEthernet0/0/0] undo ip address 192.168.1.254 24   // 删除接口的 IP 地址配置
```

### 2.3.3 display 命令

用户可以通过 display 命令查看设备的信息，常用的查看命令如下。

#### 2.3.3.1 查看设备版本

查看设备版本的信息命令为 display version，可在所有视图下运行此命令，查看设备当前的版本信息，进而判断设备是否需要升级。

#### 2.3.3.2 查看设备当前配置

查看设备当前配置的信息命令为 display current-configuration，可在所有视图下运行此命令。当用户完成一组配置之后，需要验证是否配置正确，则可以执行命令来查看当前设备生成的配置信息。

#### 2.3.3.3 查看用户登录信息

查看每个用户界面的用户登录信息的命令为 display users，可在所有视图下运行此命令。执行该命令后，可显示当前设备上接入了哪些用户，用户的用户名、IP 地址等登录信息，以及用户的验证和授权信息等。

#### 2.3.3.4 查看设备接口信息

查看设备接口当前运行状态和设备接口统计信息的命令为 display interface，可在所有视图下运行此命令。接口的当前状态运行信息和统计信息包括接口的物理状态、基本配置和报文通过接口的转发情况。当需要对接口进行流量统计或对接口进行故障诊断时，使用本命令。

**注意**

display interface 命令后面如果不指定接口类型，将显示所有接口的当前运行状态和统计信息。如果指定接口类型但不指定接口编号，则将显示所有该类型接口的当前运行状态信息。

#### 2.3.3.5 查看设备接口简要信息

查看设备接口状态和配置的简要信息的命令为 display interface brief，可在所有视图下运行此命令。在监控接口的状态或检查接口的故障原因时，可执行 display interface brief 命令获取接口的物理状态、协议状态、接收方向最近一段时间的带宽利用率、发送方向最近一段时间的带宽利用率、接收的错误报文数和发送的错误报文数。用户可以根据这些信息进行接口的故障诊断。

**注意**

可以通过命令 reset counters interface 清除接口的统计信息。

### 2.3.4 配置保存与清空

#### 2.3.4.1 配置保存

通过命令行可以对设备进行配置的修改，但这些配置是暂存在 RAM 中的，设备一旦断电或者重启就会丢失。如果想让当前配置能在下次重启时继续生效，在设备重启前，可以使用相应的保存命令将当前配置进行保存写入。

华为设备可以在用户视图使用 save 命令进行当前配置的保存，设备提示的问句询问是否确定要保存配置，根据需求输入 *y/n* 即可。

#### 2.3.4.2 配置清空

可以执行相应的命令将设备的配置清空初始化，清空配置后重启设备，设备将恢复到初始空白配置状态。特别是在实验环境中，如果我们需要对当前的实验环境重新配置一遍，或者对购买的二手设

备重新初始化等场景，就可以将设备的配置清空，进行设备的初始化操作，类似对手机的恢复出厂设置操作。

华为设备可在用户视图使用 reset 命令进行配置的重置，设备提示问句询问是否确认清空配置，根据需求输入 *y*/*n* 即可。

### 2.3.5 设备重启

在有些应用场景中，对设备完成了相应的配置后不能马上生效，可能需要对设备进行重启才会生效，如后期我们对交换机进行堆叠操作时，就需要对设备进行重启，或者我们对设备的系统镜像做了升级；又如对设备打了补丁，有些网络设备也是需要对设备进行重启的，除了直接使用电源开关来对设备进行重启操作，还可以使用命令行的方式令设备重启。当然，在工作中是非常不建议直接使用电源开关的方式完成设备重启的，建议都采用命令的方式完成设备的重启。

华为设备可以在用户视图下使用 reboot 命令进行设备的重启。重启前，若没有进行配置的保存，则设备提示第一个问句询问是否要保存设备，根据需求输入 *y*/*n* 即可。第二个问句询问是否继续重启，根据需求输入 *y*/*n* 即可。

## 2.4 任务实战

### 2.4.1 设备初始化配置

#### 2.4.1.1 任务描述

某企业新建网络中，有一批交换机等待上架入网，为了保障局域网的安全及功能需求，网络管理员需要通过 Console 登录方式对交换机进行初始化配置，修改交换机名称，查看、保存配置。

#### 2.4.1.2 网络拓扑

以交换机为例，构建网络拓扑如图 2−3 所示，进入交换机的 CLI 配置界面后，修改交换机的名字为 SW1，并进行 CLI 配置视图切换，最后保存配置。

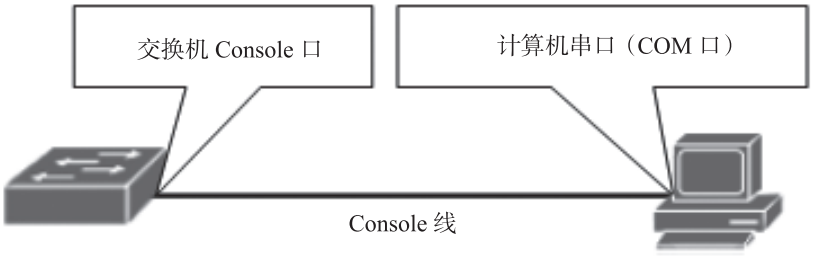


图 2−3 Console 登录网络拓扑

#### 2.4.1.3 任务实施

（1）根据上述网络拓扑，完成设备连线，正确连接交换机后通过配置终端仿真软件进入交换机的

CLI 配置界面。

（2）进入交换机系统视图，查看设备版本信息，并修改交换机名为 SW1，命令如下。

```
<Huawei>                    // 设备用户视图
<Huawei> system-view        // 执行 system-view 命令进入设备系统视图
[Huawei] display version    // 查看设备版本信息
[Huawei] sysname SW1        // 修改交换机名为 SW1
```

（3）进行 VLAN 接口配置视图、以太网接口配置视图、VTY 配置视图等不同子模式视图之间切换，命令如下。

```
[SW1] interface vlan 1                  // 进入 VLAN 1 接口配置视图
[SW1-Vlanif10] quit                     // 退出 VLAN 接口配置视图
[SW1] int Ethernet 0/0/1                // 进入 Ethernet 0/0/1 接口配置视图
[SW1-Ethernet0/0/1] quit                // 退出接口配置视图
[SW1] user-interface vty 0 4            // 进入 VTY 配置视图
[SW1-ui-vty0-4] quit                    // 退出 VTY 配置视图
```

interface vlanif 1 命令的作用是定义 VLAN 1 对应的接口，并进入 VLAN 1 对应的接口，可在该接口下配置 IP 地址和子网掩码。

**注意**

二层交换机不支持创建 VLAN 接口，因此不同的 VLAN 之间无法通过二层交换机进行通信，二层交换机的 VLAN 1 接口仅用于进行设备管理使用。

（4）查看设备配置并保存，命令如下。

```
[SW1] display current-configuration     // 查看系统当前配置信息
[SW1] quit                              // 返回系统视图
<SW1> save                              // 保存配置
```

#### 2.4.1.4 命令行配置过程

在交换机上进行 CLI 命令配置，命令如下。

```
<Huawei>                                // 设备用户视图
<Huawei> system-view                    // 执行 system-view 命令进入设备系统视图
[Huawei] display version                // 查看设备版本信息
[Huawei] sysname SW1                    // 修改交换机名为 SW1
[SW1] interface vlan 1                  // 进入 VLAN 1 接口配置视图
[SW1-Vlanif10] quit                     // 退出 VLAN 接口配置视图
[SW1] int Ethernet 0/0/1                // 进入 Ethernet 0/0/1 接口配置视图
[SW1-Ethernet0/0/1] quit                // 退出 Ethernet 0/0/1 接口配置视图
[SW1] user-interface vty 0 4            // 进入 VTY 配置视图
[SW1-ui-vty0-4] quit                    // 退出 VTY 配置视图
```

```
[SW1] display current-configuration   // 查看系统当前配置信息
[SW1] quit                            // 返回系统视图
<SW1> save                            // 保存配置
```

## 2.4.2 设备 Telnet 远程登录配置

### 2.4.2.1 任务描述

某企业网络中的交换机分布较为分散，为了便于网络管理员通过办公室的 PC 远程对交换机进行远程管理和维护，需要为交换机配置远程 Telnet 登录管理方式。

### 2.4.2.2 网络拓扑

构建网络拓扑如图 2-4 所示，实现 PC 远程配置交换机 SW1 和 SW2 的功能。在实际网络环境中，首先需要通过 Console 端口完成网络设备基本信息的配置，如交换机的管理接口地址，建立 PC 与交换机管理接口之间的传输通路信息，然后由 PC 对网络设备进行远程配置管理。

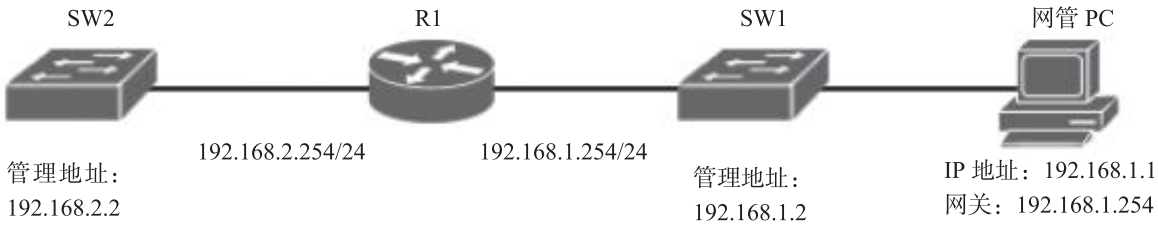


图 2-4　Telnet 远程网络拓扑

### 2.4.2.3 任务实施

（1）关闭设备上的信息中心功能，命令如下。

```
[Huawei] undo info-center enable
```

info-center enable 命令用于启动信息中心功能，开启后系统会向日志主机、控制台等输出系统信息。undo info-center enable 命令用于关闭信息中心功能，系统会停止向日志主机、控制台等输出系统信息。在使用控制台进行设备配置过程中，为了避免系统信息刷屏影响网络管理员在配置过程命令输入与结果判断，一般需要先关闭信息中心功能，配置完成后，再打开该功能。

（2）配置交换机的管理地址和子网掩码，用于网管 PC 远程登录时作为目的 IP 地址使用。命令如下。

```
[Huawei] interface vlan 1   // 进入 VLAN 1 接口配置视图
[Huawei-Vlanif1] ip address 192.168.1.2 24   // 配置管理 IP 地址为 192.168.1.2
[Huawei-Vlanif1] quit
```

ip address 192.168.1.2 24 是接口配置视图下使用的命令，该命令的作用是制定接口（这里是 VLAN 1 对应的 IP 接口）分配 IP 地址和子网掩码，其中 192.168.1.2 是 IP 地址，24 是网络前缀长度。

**说明**

ip address 命令用来给交换机上的接口配置 IP 地址，实现和网络的互联。有时为了使交换机的一个接口能够与多个子网相连，可以在一个接口上配置多个 IP 地址，其中一个为主 IP 地址，其余为从 IP 地址。当配置主 IP 地址时，如果接口上已经有主 IP 地址，则原主 IP 地址被删除，新配置的 IP 地址成为主 IP 地址。

在同一设备的不同接口上，不支持出现如下配置。

（1）IP 地址相同。

（2）IP 地址对应的广播地址（二进制下主机号字段全为 1）相同。例如，设备上 A 接口配置 IP 地址为 10.1.1.1/16，对应广播地址为 10.1.255.255，B 接口若配置 IP 地址为 10.1.1.2/24，对应广播地址为 10.1.1.255，此时 A、B 接口的广播地址不同，则配置成功；若 B 接口配置 IP 地址为 10.1.1.2/16，对应广播地址为 10.1.255.255，此时 A、B 接口的广播地址相同，则配置失败。

（3）一个接口的 IP 地址与另一个接口的广播地址相同。例如，设备上 A 接口配置 IP 地址为 10.1.2.1/28，对应广播地址为 10.1.2.15；若 B 接口配置 IP 地址为 10.1.2.15/26，此时 A 接口的广播地址与 B 接口的 IP 地址相同，则配置失败。

（3）配置交换机的默认网关地址，用于建立管理 PC 与交换机之间的数据通路。配置命令如下。

```
[Huawei] ip route-static 0.0.0.0 0 192.168.1.254   // 配置默认网关地址
```

ip route-static 0.0.0.0 192.168.1.254 命令的作用是配置静态路由表项。其中 0.0.0.0 是目的网络的网络地址，0 是目的网络的网络前缀长度，任何 IP 地址都与 0.0.0.0/0 匹配。因此，这是一条路由表项。192.168.1.254 是下一跳 IP 地址。三层交换机通过配置默认路由表项表示默认网关地址。

（4）启动交换机的 VTY 服务，并通过密码验证方式登录，这里以交换机 SW1 为例。配置命令如下。

```
[Huawei] user-interface vty 0 4   // 进入 VTY 配置视图
[Huawei-ui-vty0-4] authentication-mode password   // 设置 Telnet 登录时进行密码验证
Please configure the login password (maximum length 16):123456   // 设置 Telnet 远程登录密码
[Huawei-ui-vty0-4] user privilege level 15   // 设置用户权限为 15 级
[Huawei-ui-vty0-4] protocol inbound telnet   // 设置远程登录协议为 Telnet
[Huawei-ui-vty0-4] quit
```

user-interface vty 0 4 命令的作用是定义允许同时建立 Telnet 会话数量，0 和 4 表示允许同时建立 Telnet 会话的编号范围是 0~4，此外通过该命令可以从系统视图进入用户界面视图，在该视图下配置 VTY 所使用的协议为 Telnet 及所使用的 Telnet 登录方式为密码验证方式。user privilege level 15 的作用是设置远程用户的权限等级为 15 级，权限等级分为 0~15，权限等级越高，权限越高。

（5）配置交换机上采用 AAA 认证方式进行 Telnet 登录，这里以交换机 SW2 为例，配置命令如下。

```
[Huawei] user-interface vty 0 4   // 进入 VTY 配置视图
[Huawei-ui-vty0-4] authentication-mode aaa   // 设置 Telnet 登录时使用 AAA 方式认证
[Huawei-ui-vty0-4] protocol inbound telnet   // 设置远程登录协议为 Telnet
[Huawei] aaa   // 进入 AAA 配置视图
```

```
[Huawei-aaa] local-user huawei password cipher 123456  // 新建 AAA 用户和密码
Info: Add a new user.
[Huawei-aaa] local-user huawei service-type telnet  // 设置用户登录方式为 Telnet
[Huawei-aaa] local-user huawei privilege level 15  // 设置用户权限为 15 级
[Huawei-aaa] quit
```

authentication-mode aaa 命令作用是指定用 AAA 认证方式验证远程用户的身份。通过 aaa 命令从系统视图进入 aaa 配置视图，在该视图下完成与 AAA 认证相关的配置过程。local-user huawei password cipher 123456 命令的作用是创建一个名为 huawei、密码为 123456 的授权用户，并使用 local-user huawei service-type telnet 命令指定用户与设备之间通过 Telnet 协议建立会话，对设备实施远程管理。

（6）配置路由器的接口 IP 地址和子网掩码，进入路由器的 GigabitEthernet0/0/0 接口配置视图，并使用 ip address 192.168.1.254 24 命令配置接口的 IP 地址和子网掩码，通过路由器实现管理 PC 与 2 台交换机之间的数据通路。配置命令如下。

```
[Huawei] interface GigabitEthernet0/0/0  // 进入 GigabitEthernet0/0/0 接口配置视图
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0] ip address 192.168.1.254 24 // 配置接口 IP 地址为 192.168.1.254
```

（7）从 PC 以 Telnet 方式登录交换机，测试配置结果。

打开 Windows 运行窗口，选择“开始”→“运行”，输入 cmd。进入命令提示行，并输入 telnet IP 地址，IP 地址为需要远程登录的交换机的管理 IP 地址，类似：C:\Documents and Settings\Administrator> telnet 192.168.1.2。回车后，在登录窗口输入密码，验证通过后，出现交换机 SW1 的用户视图的命令行提示符，表示登录成功。

#### 2.4.2.4 命令行配置过程

（1）配置交换机 SW1 的命令如下。

```
<Huawei> system-view  // 执行 system-view 命令进入设备系统视图
[Huawei] undo info enable
[Huawei] sysname SW1  // 修改交换机名为 SW1
[SW1] interface vlan 1  // 进入 VLAN 1 接口配置视图
[SW1-Vlanif1] ip address 192.168.1.2 24  // 配置管理 IP 地址为 192.168.1.2
[SW1-Vlanif1] quit
[SW1] ip route-static 0.0.0.0 0 192.168.1.254  // 配置默认网关地址
[SW1] user-interface vty 0 4  // 进入 VTY 配置视图
[SW1-ui-vty0-4] authentication-mode password  // 设置 Telnet 登录时进行密码验证
Please configure the login password (maximum length 16):123456  // 设置 Telnet 远程登录密码
[SW1-ui-vty0-4] user privilege level 15  // 设置用户权限为 15 级
[SW1-ui-vty0-4] protocol inbound telnet  // 设置远程登录协议为 Telnet
[SW1-ui-vty0-4] quit
```

（2）配置交换机 SW2 的命令如下。

```
<Huawei> system-view  // 执行 system-view 命令进入设备系统视图
[Huawei] undo info enable
```

```
[Huawei] sysname SW2   // 修改交换机名为 SW2
[SW2] interface vlan 1   // 进入 VLAN 1 接口配置视图
[SW2-Vlanif1] ip address 192.168.2.2 24   // 配置管理 IP 地址为 192.168.2.2
[SW2-Vlanif1] quit
[SW2] ip route-static 0.0.0.0 192.168.2.254   // 配置默认网关地址
[SW2] user-interface vty 0 4
[SW2-ui-vty0-4] authentication-mode aaa   // 设置 Telnet 登录时使用 AAA 方式认证
[SW2-ui-vty0-4] protocol inbound telnet   // 设置远程登录协议为 Telnet
[SW2] aaa   // 进入 AAA 配置视图
[SW2-aaa] local-user huawei password cipher 123456   // 新建 AAA 用户和密码
Info: Add a new user.
[SW2-aaa] local-user huawei service-type telnet   // 设置用户登录方式为 Telnet
[SW2-aaa] local-user huawei privilege level 15   // 设置用户权限为 15 级
[SW2-aaa] quit
```

（3）配置路由器 R1 的命令如下。

```
<Huawei> system-view   // 执行 system-view 命令进入设备系统视图
[Huawei] undo info enable
[Huawei] sysname R1   // 修改交换机名为 R1
[R1] interface GigabitEthernet0/0/0   // 进入 GigabitEthernet0/0/0 接口配置视图
[R1-GigabitEthernet0/0/0] ip address 192.168.1.254 24 // 配置接口 IP 地址为 192.168.1.254
[R1-GigabitEthernet0/0/0] quit
[R1] interface GigabitEthernet0/0/1   // 进入 GigabitEthernet0/0/1 接口配置视图
[R1-GigabitEthernet0/0/1] ip address 192.168.2.254 24 // 配置接口 IP 地址为 192.168.2.254
[R1-GigabitEthernet0/0/1] quit
```

## 2.4.3 设备 Web 登录配置

### 2.4.3.1 任务描述

某企业网络中为了便于网络管理员采用办公室的网络管理 PC 使用 Web 网管方式，通过图形化的操作界面，实现对设备直观方便地管理与维护，要求配置设备开启 Web 网管方式。

### 2.4.3.2 网络拓扑

构建网络拓扑如图 2-5 所示，实现网络管理 PC 通过 Web 网管方式远程管理路由器 R1。在实际网络环境中，首先需要通过 Console 端口完成网络设备基本信息的配置，建立 PC 与路由器接口之间的传输通路信息，再次由 PC 对网络设备进行远程管理。

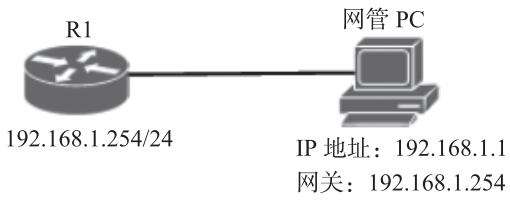


图 2-5　Web 远程网络拓扑

#### 2.4.3.3 任务实施

（1）关闭路由器的信息中心功能，命令如下。

```
[Huawei] undo info-center enable
```

（2）路由器上创建 Web 用户及其登录密码，命令如下。

```
<Huawei> system-view
[Huawei] aaa
[Huawei-aaa] local-user huawei password irreversible-cipher abcd@123
// 创建本地用户 huawei，登录密码为 abcd@123
[Huawei-aaa] quit
```

（3）路由器上配置 Web 用户的接入类型和用户级别，命令如下。

```
[Huawei] http server enable   // 开启 HTTP 服务
[Huawei] aaa
[Huawei-aaa] local-user huawei service-type http   // 设置本地用户 huawei 登录协议为 HTTP
[Huawei-aaa] local-user huawei privilege level 15   // 设置本地用户 huawei 权限级别为 15 级
```

（4）配置路由器的管理地址和子网掩码，用于管理 PC 远程登录时作为目的 IP 地址使用。配置命令如下。

```
[Huawei]interface GigabitEthernet0/0/0   // 进入 GigabitEthernet0/0/0 接口配置视图
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.1.254 24   // 配置接口 IP 地址为 192.168.1.254
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0]quit
```

（5）路由器上查看 HTTPS 服务器信息。查看命令及服务器信息如下。

```
[Huawei] display http server
HTTP Server Status: enabled
        HTTP Server Port: 80(80)
        HTTP Timeout Interval: 20
        Current Online Users: 3
        Maximum Users Allowed: 5
        HTTP Secure-server Status: enabled
        HTTP Secure-server Port: 443(443)
        HTTP SSL Policy: ssl_server
        HTTP IPv6 Server Status: disabled
        HTTP IPv6 Server Port: 80(80)
        HTTP IPv6 Secure-server Status: disabled
        HTTP IPv6 Secure-server Port: 443(443)
        HTTP server source address: 0.0.0.0
```

（6）测试配置结果。设置好设备的 HTTP 服务之后，就可以通过浏览器，输入 http://192.168.1.254，然后输入账号和密码，即可进入设备的 Web 界面。华为路由器的 Web 管理界面如图 2-6 所示。


图 2-6　华为路由器 Web 管理界面

**想一想**

请就网络设备操作中的安全问题，思考如何履行个人社会责任，保护网络安全，防范网络攻击，维护国家和人民的利益。

### 2.4.4　任务关键命令与详解

本节任务实战中的关键命令与详解，具体内容可扫描二维码学习。

任务关键命令与详解

## 2.5　能力拓展

### 2.5.1　设备文件保存与恢复

网络设备启动时需要一些基本的程序和数据，在设备运行过程中也会产生一些重要数据。这些数据都以文件的方式保存在设备存储器中，以便调用和管理，如系统的配置文件，以及系统的镜像文件等。

#### 2.5.1.1　配置文件

华为设备运行配置保存在 RAM（随机存储器）中，如断电或设备重启，则该配置将会丢失。若要保存配置，则需要使用相关命令将配置保存到 flash（闪存）中的起始配置中，起始配置都是以“.cfg”或者“.zip”为扩展名，存放在 flash 中。

为了防止配置丢失，常常将配置文件备份到 TFTP 服务器中。若需要进行配置文件的恢复，则可将 TFTP 服务器上的配置文件下载至设备存储器中，相关命令如下。

```
<Huawei>display current-configuration  // 查看运行配置
<Huawei>display saved-configuration  // 查看起始配置
<Huawei>display startup  // 查看文件系统，可查看配置文件名称
<Huawei>tftp IPaddress put vrpcfg.zip  // 将配置文件上传至 TFTP 服务器，IPaddress 处应写入 TFTP 服务器 IP 地址
<Huawei>tftp IPaddress get vrpcfg.zip  // 下载 TFTP 服务器上的配置文件，IPaddress 处应写入 TFTP 服务器 IP 地址
```

#### 2.5.1.2 系统镜像文件

华为技术有限公司的 VRP 系统文件存放在 flash 中，一般都以“.cc”为文件扩展名。若需要进行系统文件的恢复或升级，则可将 TFTP 服务器上的配置文件下载至设备存储器中。示例命令如下。

```
<Huawei>dir  // 查看设备 flash 文件
<Huawei>tftp IPaddress get VRPV800R011C00SPC607B607D0213_ne40e.cc  // 下载 TFTP 服务器上的系统文件，IPaddress 处应写入 TFTP 服务器 IP 地址
```

### 2.5.2 设备密码恢复

在对网络设备进行配置和管理过程中，为了避免用户随意地登录网络设备，对设备的正常使用带来一定的影响，我们通常会对登录的用户进行登录验证，如设置 Console 的密码或设置 Telnet 的密码，如果忘记了设备的登录密码，就会被设备拒绝访问，对于密码忘记这种情况，不同厂商的设备都可以使用不同的方式进行缺省密码恢复。

华为设备可以在 BootROM 菜单下使用命令直接清除密码。设备在加载启动文件时，同时按下键盘的“Ctrl+B”组合键，进入 BootROM 菜单，选择菜单中“Clear password for Console user”选项即可清除 Console 口登录密码。清除密码后，选择“Boot with default mode”选项重启设备即可，配置过程如下。

（1）在设备出现“Press Ctrl+B to break auto startup ...”打印信息时，按下“Ctrl+B”组合键并键入密码后进入 BootROM 主菜单。

```
BIOS Creation Date : May 10 2022, 14:41:12
DDR DRAM init : OK
Start Memory Test ? (‘t’ or ‘T’ is test):skip
Copying Data : Done
Uncompressing : Done
USB2 Host Stack Initialized.
USB Hub Driver Initialized
USBD  Wind River Systems, Inc. 562 Initialized
Octeon Host Controller Initialize.....Done.
Press Ctrl+B to break auto startup ... 2
```

（2）在弹出的菜单中，选择第 6 项，进入 Password Manager 菜单。

```
    Main Menu
    1. Default Startup
    2. Serial Menu
    3. Network Menu
    4. Startup Select
    5. File Manager
    6. Password Manager
    7. Reboot
Enter your choice(1-7):6
```

（3）在弹出的菜单中，选择第 2 项，清除 Console 登录密码。

```
    PassWord Menu
    1. Modify the menu password
    2. Clear the console login password
    0. Return
Enter your choice(0-2):2
Clear the console login password Succeed!
```

（4）清除 Console 密码之后，选择 0 会退到初始界面，然后重启设备即可。

```
    PassWord Menu
    1. Modify the menu password
    2. Clear the console login password
    0. Return
Enter your choice(0-2):0
```

### 2.5.3 锐捷设备常用命令模式

锐捷设备的 CLI 中一般称各种配置视图为配置模式，称呼不同，但所代表的含义相同。锐捷设备的基本命令模式主要有 4 种，分别是用户模式、特权模式、全局配置模式和其他子配置模式，锐捷交换机的常用配置模式如表 2-2 所示。

表 2-2　锐捷交换机的常用配置模式

| 配置模式 | 命令提示符 | 进入、退出方法 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| 用户模式 | Ruijie> | 开机时直接进入该模式，输入 exit 命令离开该模式 | 只能执行基本的查看命令，如查看系统的版本、接口的信息和接口的状态等，执行基本的测试命令，如 ping、traceroute 命令等 |
| 特权模式 | Ruijie# | 在用户模式下输入 enable 命令进入该模式（如果设置了密码则还要根据提示输入密码），输入 exit 命令返回用户模式 | 可对系统的运行参数及配置结果进行查看，如查看协议的状态、查看接口的状态、查看系统的配置等，也可以设置系统的基本参数，如设置系统时间等 |

续表

| 配置模式 | 命令提示符 | 进入、退出方法 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| 全局配置模式 | Ruijie（config）# | 在特权模式下输入 config 命令进入该模式，输入 exit 或 end 命令，或者按下“Ctrl+Z”组合键返回到特权模式 | 在该模式下可以配置应用到整个交换机上的全局参数，如配置主机名、配置 VLAN、启用路由协议等 |
| 各种子配置模式 | Ruijie（config-mode）# | 在全局模式下，输入 interface、router 等命令进入接口配置、路由配置子模式，输入 exit 命令返回全局模式，输入 end 命令，或者按下“Ctrl+Z”组合键返回到特权模式 | 对特定功能的参数配置，如接口配置子模式可为交换机的各类主要接口配置相关参数，如业务口的速率、工作模式等 |



## 2.5.4 锐捷设备基本操作

### 2.5.4.1 Telnet 登录

锐捷设备支持 Telnet 用户使用 3 种认证方式：无认证方式、密码认证方式、本地用户认证方式。出于安全性考虑，锐捷设备上开启了 Telnet 服务，就必须配置进入特权模式的 enable 密码，相关命令如下。

（1）设置 enable 密码，命令如下。

```
Ruijie(config)#enable password ruijie    // 设置 enable 密码
```

（2）设置 Telnet 用户使用无认证方式登录，命令如下。

```
Ruijie(config)#line vty 0 4    // 进入 VTY 配置模式
Ruijie(config-line)#no login    // 设置 Telnet 使用无认证方式
```

（3）设置 Telnet 用户使用密码认证方式登录，命令如下。

```
Ruijie(config)#line vty 0 4    // 进入 VTY 配置模式
Ruijie(config-line)#password ruijie    // 设置 Telnet 远程登录密码
Ruijie(config-line)#login    // 设置 Telnet 登录时进行身份验证
```

（4）设置 Telnet 用户使用本地用户认证方式登录，命令如下。

```
Ruijie(config)#username ruijie secret ruijie123    // 创建本地用户名和密码
Ruijie(config)#line vty 0 4    // 进入 VTY 配置模式
Ruijie(config-line)#login local    // 设置 Telnet 远程登录时采用本地用户名和密码进行验证
```

### 2.5.4.2 基本命令使用

（1）锐捷设备默认的设备名称为 Ruijie，修改设备名称可在全局配置模式下通过使用 hostname 命令来实现。例如，将锐捷的交换机名称改为 SW1，可以在全局配置模式下，使用 hostname SW1 命令来实现，命令如下。

```
Ruijie(config)#hostname SW1    // 修改交换机主机名为 SW1
SW1(config)#    // 修改后的交换机全局配置模式
```

（2）锐捷设备可以使用 no 命令来删除配置，命令如下。

```
Ruijie(config)#interface g0/0   // 进入接口配置模式
Ruijie(config-if)#no ip address   // 删除接口的 IP 地址配置
```

（3）锐捷设备的运行配置保存在 RAM（随机存储器）中，如若断电或设备重启，该配置将会丢失。可以在特权模式下使用 write 命令保存当前配置到 NVRAM（非易失性随机存储器）中，存放在 NVRAM 中的配置文件系统断电重启之后，配置文件不会丢失，命令如下。

```
Ruijie#write
Building configuration…
[OK]
```

#### 2.5.4.3 常用查看命令

锐捷设备常用查看命令如下。

```
Ruijie#show running-config   // 查看设备当前的配置
Ruijie#show version   // 查看设备的软件版本信息
Ruijie#show log   // 查看设备的日志
Ruijie#show ip interface brief   // 查看设备的三层接口 IP 和子网掩码
Ruijie#show interface f0/1   // 查看 f0/1 接口的信息，包括 MAC 地址、流量信息等
Ruijie#show interface status   // 查看交换接口的信息，包括状态、VLAN、双工、速度和使用介质
Ruijie#show vlan   // 查看交换接口所属的 VLAN 信息
```

关于华为和锐捷的相关命令区别，书中不作具体介绍，可扫描二维码学习。

华为和锐捷的相关命令区别

### 2.5.5 命令行格式约定

关于命令行格式约定，在本书后续章节中将详细介绍并应用大量的网络设备配置命令。了解命令行的格式约定有助于我们更好地学习和理解各种网络技术所对应的配置命令的含义及使用规则。具体内容请扫描二维码学习。

命令行格式约定

## 强化练习

学完本章后，同学们可以扫描二维码进行练习，检验自己对本章的学习掌握程度。

强化练习 2