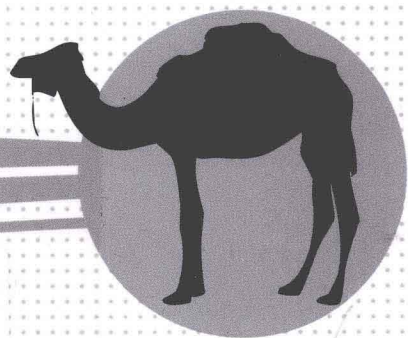


路由器/交换机项目 实训教程 (第2版)

○ 褚建立 邵慧莹 主编
○ 张 静 李 军 钱孟杰 副主编



- ◆ 本书第1版受到一线教师的喜爱,第2版在教师们反馈意见的基础上修订完善
- ◆ 对项目载体按“由易到难、由小到大、由简单到复杂”重新梳理、规划设计
- ◆ 联合河北三佳电子有限公司、邢台光正计算机有限公司一线工程师共同编写
- ◆ 既可用真实网络设备来完成,也可用思科公司Packet Tracer模拟软件来实现



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育计算机类规划教材·实例与实训教程系列

路由器/交换机项目 实训教程（第2版）

褚建立 邵慧莹 主 编

张 静 李 军 钱孟杰 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书作者总结了多年的计算机网络工程实践及高职教学的经验, 根据网络工程实际工作过程中所需要的知识和技能抽象出 8 个教学模块, 共分为 18 个项目。本书按照学习领域的课程教学改革思路进行教材的编写, 以工作过程为导向, 按照项目的实际实施过程来完成, 是为高职院校学生量身定做的网络技术专业课程教材。

本书通过完成组建交换式小型局域网、组建安全隔离的小型局域网、组建链路冗余的局域网、路由器的路由选择功能、构建互连互通的单位局域网、构建跨区域互连网络、局域网接入 Internet、管理网络环境 8 个模块中的 18 个项目, 来完成中小型网络中网络设备互连技术的职业能力训练。

本书既可以作为高职院校网络技术、通信技术、计算机应用技术等专业理论与实践一体化教材使用, 也可以作为社会培训教材, 还可以作为网络技术实训指导书。

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

路由器/交换机项目实训教程 / 褚建立, 邵慧莹主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2013.9
全国高等职业教育计算机类规划教材. 实例与实训教程系列
ISBN 978-7-121-21442-4

I. ①路… II. ①褚… ②邵… III. ①计算机网络—路由选择—高等职业教育—教材②计算机网络—信息交换机—高等职业教育—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 213327 号

策划编辑: 左 雅
责任编辑: 左 雅 特约编辑: 朱英兰
印 刷: 北京天宇星印刷厂
装 订: 三河市皇庄路通装订厂
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: 787×1 092 1/16 印张: 21.25 字数: 544 千字
印 次: 2013 年 9 月第 1 次印刷
印 数: 3 000 册 定价: 42.00 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。

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

服务热线: (010) 88258888。

前言

随着 21 世纪的到来, 人类已步入信息社会, 信息产业正成为全球经济的主导产业, 网络技术更是信息社会发展的推动力, 随着互联网技术的普及和推广, 人们日常学习和工作越来越依赖于网络。在这种情况下, 各行业都处在全面网络化和信息化建设进程中, 对网络技能型人才的需求也日益剧增, 计算机网络行业已成为技术人才稀缺的行业之一。

各企事业单位在组建自己的内部网络的过程中, 对网络技能型人才的需求中尤其需要掌握中小型网络中网络互连设备即交换机和路由器的配置与管理能力。

本书作者曾亲自规划设计、参与建设并维护管理学院的双出口校园网, 并邀请河北三佳电子总工张瑞生一起进行项目设计。该教材总结了作者多年的计算机网络工程实践及高职教学的经验, 根据网络工程实际工作过程所需要的知识和技能抽象出若干个教学项目, 较复杂的项目还包括几个工作任务, 形成了为高职院校学生量身定做的网络技术专业课程教材——路由器/交换机项目实训教程。

本书共分 8 个教学模块, 18 个项目, 建议教学课时数不少于 72 课时, 具体安排如下。

学习模块	项目内容	学时分配
模块一 组建交换式小型局域网 (8 学时)	项目 1 交换机的基本配置	4
	项目 2 构建小型交换式局域网	4
模块二 组建安全隔离的小型局域网 (8 学时)	项目 3 在交换机上构建安全隔离的部门间网络	4
	项目 4 构建基于 VLAN 中继协议隔离的局域网	4
模块三 组建链路冗余的局域网 (8 学时)	项目 5 交换机之间的链路聚合	4
	项目 6 交换机之间的冗余链路	4
模块四 路由器的路由选择功能 (16 学时)	项目 7 路由器的 IP 协议配置	4
	项目 8 实现静态路由选择	4
	项目 9 动态路由协议 RIP 的配置	4
	项目 10 动态路由协议 OSPF 的配置	4
模块五 构建互连互通的单位局域网 (8 学时)	项目 11 使用三层交换机实现 VLAN 间路由	4
	项目 12 构建基于静态路由的多层交换网络	4
模块六 构建跨区域互连网络 (8 学时)	项目 13 广域网 PPP 协议封装	4
	项目 14 广域网帧中继连接	4
模块七 局域网接入 Internet (8 学时)	项目 15 使用访问控制列表管理数据流	4
	项目 16 私有局域网接入 Internet	4
模块八 管理网络环境 (8 学时)	项目 17 网络设备的安全保护	4
	项目 18 管理网络设备的 IOS 映像和配置文件	4

本书特色如下:

在指导思想上,始终本着“做中学”、“项目导向”、“任务驱动”的指导思想,强调通过动手、通过总结来提高综合能力。

在组织方式上,按照学习领域的课程改革思路进行教材的组织编写,以工作过程为导向,按照项目的实际实施过程来完成。全书共划分8个模块,分解了18个项目。在每个教学项目中,先提出工作任务,然后提供完成工作任务所应掌握的相关知识和操作技能,在学习知识的前提下进行方案分析,从而实施完成任务并进行测试。

在目标上,以适应高职高专教学改革的需要为目标,充分体现高职特色,有所创新和突破,全书的18个项目均来自企业工程实践。

在内容选取上,坚持集先进性、科学性和实用性为一体,尽可能选取最新、最实用的技术,与当前企业实际需要的网络技术接轨。

在教材内容深浅程度上,把握理论够用、侧重实践、由浅入深的原则,以使學生分层分步骤掌握所学的知识。

在项目实施上,既可以采用真实的网络设备组建网络来完成,也可以采用思科公司 Packet Tracer 模拟软件来实现,使得实践教学条件不足的学校也能按照教材完成教学内容,锻炼学生的专业职业能力。

在实际的网络工程中,如作者所管理的校园网,所使用的网络设备包含了思科、H3C、锐捷等厂商的设备,这就要求网络工程师必须掌握主流的网络设备厂商的交换机或路由器的配置方法。本书介绍了目前最主流的思科交换机和路由器的配置方法,并且全部项目能够在网络实训设备不足的学校,采用 Packet Tracer 模拟软件进行教学。

本书由邢台职业技术学院褚建立组织编写及统稿,由褚建立、邵慧莹任主编,张静、李军、钱孟杰任副主编。其中项目1~6由褚建立组织编写,项目7、项目8由邵慧莹编写,项目9、项目10由赵英杰编写,项目11由董会国编写,项目12、项目15由张静编写,项目13由马雪松编写,项目14由钱孟杰编写,项目16由李军编写,项目17由河北三佳电子张瑞生编写,项目18由邢台光正计算机有限公司的曹新鸿编写。本书的编写得到了思科(系统)中国网络技术有限公司的大力支持,在此表示深深的谢意。

由于时间仓促,加上作者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者指正。

作者

目 录

CONTENTS

模块一 组建交换式小型局域网	/1	2.2.6 配置交换机远程管理 IP 地址	/28
项目 1 交换机的基本配置	/1	2.3 方案设计	/30
1.1 用户需求	/1	2.4 项目实施	/30
1.2 相关知识	/1	习题	/35
1.2.1 交换机的组成	/1	模块二 组建安全隔离的小型局域网	/37
1.2.2 交换机的访问方法	/3	项目 3 在交换机上构建安全隔离的部门间网络	/37
1.2.3 配置文件	/3	3.1 用户需求	/37
1.2.4 Cisco IOS CLI 的功能	/4	3.2 相关知识	/37
1.2.5 IOS 检查命令	/7	3.2.1 VLAN 简介	/38
1.2.6 交换机的 IOS 启动	/8	3.2.2 静态 VLAN 配置	/40
1.2.7 交换机的基本配置	/9	3.2.3 部署 VLAN	/42
1.2.8 管理配置文件	/12	3.2.4 VLAN 中继	/42
1.3 方案设计	/14	3.2.5 标识 VLAN 帧	/43
1.4 项目实施	/14	3.2.6 VLAN 数据帧的传输	/45
1.4.1 项目目标	/14	3.2.7 配置 VLAN 中继	/46
1.4.2 实训任务	/15	3.3 方案设计	/48
1.4.3 设备清单	/15	3.4 项目实施	/49
1.4.4 实施过程	/15	习题	/56
习题	/19	项目 4 构建基于 VLAN 中继协议隔离的局域网	/59
项目 2 构建小型交换式局域网	/20	4.1 用户需求	/59
2.1 用户需求	/20	4.2 相关知识	/59
2.2 相关知识	/20	4.2.1 VLAN 中继协议 (VTP)	/59
2.2.1 交换机端口类型	/20	4.2.2 VTP 配置	/61
2.2.2 选择要配置的交换机端口	/22	4.2.3 VTP 配置故障排除	/63
2.2.3 交换机端口的基本配置	/25	4.3 方案设计	/63
2.2.4 双工模式和速度的自动协商	/27		
2.2.5 排除端口连接故障	/27		

4.4 项目实施	/63	7.2.3 路由器的接口编号方式	/112
习题	/69	7.2.4 路由器的连接	/114
模块三 组建链路冗余的局域网	/72	7.2.5 路由器接口 IP 协议配置原则	/116
项目 5 交换机之间的链路聚合	/72	7.2.6 配置以太网接口	/116
5.1 用户需求	/72	7.2.7 配置广域网接口	/118
5.2 相关知识	/72	7.2.8 Cisco IOS 的 ping 和 traceroute 命令	/119
5.2.1 以太信道（EtherChannel）概念	/73	7.3 方案设计	/119
5.2.2 以太信道的帧分配和负载均衡	/74	7.4 项目实施	/120
5.2.3 以太信道协商协议	/75	习题	/124
5.2.4 以太信道配置	/75	项目 8 实现静态路由选择	/126
5.2.5 以太信道故障排除	/77	8.1 用户需求	/126
5.3 方案设计	/77	8.2 相关知识	/126
5.4 项目实施	/77	8.2.1 路由器和网络层	/126
习题	/81	8.2.2 路由基础	/127
项目 6 交换机之间的冗余链路	/83	8.2.3 构建路由表	/129
6.1 用户需求	/83	8.2.4 静态路由	/131
6.2 相关知识	/83	8.2.5 汇总静态路由	/132
6.2.1 生成树协议产生的原因	/83	8.2.6 默认路由	/134
6.2.2 生成树协议的概念	/84	8.3 方案设计	/135
6.2.3 生成树协议的工作原理	/84	8.4 项目实施	/135
6.2.4 生成树协议的工作过程	/86	8.5 拓展训练：浮动静态路由配置	/141
6.2.5 根网桥的位置	/88	习题	/141
6.2.6 生成树协议的配置	/89	项目 9 动态路由协议 RIP 的配置	/144
6.2.7 快速生成树协议	/92	9.1 用户需求	/144
6.3 方案设计	/96	9.2 相关知识	/144
6.4 项目实施	/96	9.2.1 动态路由协议的工作原理	/144
习题	/106	9.2.2 动态路由协议的基础	/146
模块四 路由器的路由选择功能	/109	9.2.3 有类路由和无类路由	/149
项目 7 路由器的 IP 协议配置	/109	9.2.4 距离矢量路由协议	/155
7.1 用户需求	/109	9.2.5 路由信息协议	/157
7.2 相关知识	/109	9.3 方案设计	/160
7.2.1 路由器的功能	/109	9.4 项目实施	/160
7.2.2 路由器的端口和接口	/110	9.5 拓展训练	/165
		9.5.1 拓展训练 1：配置单播更新（Unicast Update）	/165

9.5.2 拓展训练 2: RIPv2 路由配置	/165	12.5.1 热备份路由器协议 (HSRP)	/219
9.5.3 拓展训练 3: RIPv1 和 RIPv2 混合配置	/166	12.5.2 虚拟路由器冗余协议 (VRRP)	/223
习题	/167	习题	/224
项目 10 动态路由协议 OSPF 的配置	/169	模块六 构建跨区域互连网络	/226
10.1 用户需求	/169	项目 13 广域网 PPP 协议封装	/226
10.2 相关知识	/169	13.1 用户需求	/226
10.2.1 链路状态路由选择协议	/169	13.2 相关知识	/226
10.2.2 OSPF 路由协议概述	/177	13.2.1 广域网简介	/226
10.2.3 OSPF 协议配置	/184	13.2.2 点对点连接 (PPP)	/230
10.3 方案设计	/187	13.3 方案设计	/238
10.4 项目实施	/187	13.4 项目实施	/238
习题	/192	习题	/244
模块五 构建互连互通的单位局域网	/195	项目 14 广域网帧中继连接	/247
项目 11 使用三层交换机实现 VLAN 间路由	/195	14.1 用户需求	/247
11.1 用户需求	/195	14.2 相关知识	/247
11.2 相关知识	/195	14.2.1 帧中继简介	/247
11.2.1 VLAN 路由简介	/195	14.2.2 虚电路和 DLCI	/249
11.2.2 单臂路由器配置	/200	14.2.3 帧中继中的帧	/250
11.2.3 使用第三层交换机进行 VLAN 间路由	/200	14.2.4 帧中继拓扑	/251
11.3 方案设计	/203	14.2.5 帧中继地址映射	/252
11.4 项目实施	/204	14.2.6 帧中继配置	/254
习题	/208	14.2.7 帧中继子接口	/257
项目 12 构建基于静态路由的多层交换网络	/211	14.3 方案设计	/259
12.1 用户需求	/211	14.4 项目实施	/259
12.2 相关知识	/211	习题	/267
12.2.1 配置静态路由	/211	模块七 局域网接入 Internet	/270
12.2.2 配置三层 EtherChannel 接口	/212	项目 15 使用访问控制列表管理数据流	/270
12.3 方案设计	/212	15.1 用户需求	/270
12.4 项目实施	/212	15.2 相关知识	/270
12.5 扩展知识: 多层交换中的路由器冗余	/219	15.2.1 ACL 概述	/270
		15.2.2 通配符掩码位	/274
		15.2.3 ACL 的配置	/275
		15.3 方案设计	/277
		15.4 项目实施	/277

15.5 扩展知识：命名 ACL	/282	17.2 相关知识	/307
15.5.1 命名 IP ACL 的特性	/283	17.2.1 路由器的安全问题	/307
15.5.2 命名标准 ACL 配置	/283	17.2.2 将 Cisco IOS 安全功能应 用于路由器	/308
15.6 拓展训练	/283	17.2.3 交换机安全	/313
15.6.1 拓展训练 1：应用 ACL 控制远程登录路由设备	/283	17.3 项目实施	/313
15.6.2 拓展训练 2：应用 ACL 实现单方向访问	/284	习题	/315
习题	/285	项目 18 管理网络设备的 IOS 映像和 配置文件	/316
项目 16 私有局域网接入 Internet	/289	18.1 用户需求	/316
16.1 用户需求	/289	18.2 相关知识	/316
16.2 相关知识	/289	18.2.1 Cisco IOS 文件系统	/316
16.2.1 NAT 技术的产生原理	/289	18.2.2 管理 Cisco IOS 映像	/319
16.2.2 NAT 技术的术语	/290	18.2.3 恢复 Cisco IOS 软件映像	/321
16.2.3 NAT 类型	/291	18.2.4 口令恢复	/324
16.2.4 NAT 配置	/292	18.3 方案设计	/326
16.2.5 查看和删除 NAT 配置	/294	18.4 项目实施	/326
16.3 方案设计	/295	18.4.1 项目目标	/326
16.4 项目实施	/295	18.4.2 实训任务	/326
16.5 拓展训练	/303	18.4.3 设备清单	/327
16.5.1 拓展训练 1：通过静态 NAT 技术提供企业内指 定子网上网	/303	18.4.4 任务 1：设备连通调试	/327
16.5.2 拓展训练 2：通过 Port NAT 提供企业内多台主机上网	/303	18.4.5 任务 2：Cisco IOS 映像 备份到 TFTP 服务器并从 TFTP 服务器恢复	/327
习题	/304	18.4.6 任务 3：备份配置文件然 后从 TFTP 服务器恢复	/329
模块八 管理网络环境	/307	18.4.7 任务 4：捕获备份配置	/330
项目 17 网络设备的安全保护	/307	习题	/331
17.1 用户需求	/307	参考文献	/332

模块一 组建交换式 小型局域网

现在交换机已经成为大多数网络的基本组成部分。交换机可以将 LAN 细分为多个单独的冲突域，其每个端口都代表一个单独的冲突域，为该端口连接的节点提供完全的介质带宽。由于每个冲突域中的节点减少了，各个节点可用的平均带宽就增多了，冲突也随之减少了。在这种情况下，各企事业单位纷纷升级自己的局域网络，用交换机替代集线器，并通过在交换机上划分 VLAN 来提高网络的安全性。

下面通过两个项目的实施，来学习交换机的工作原理，掌握如何对交换机进行基本配置和管理。

项目 1：交换机的基本配置

项目 2：构建小型交换式局域网

项目



交换机的基本配置

1.1 用户需求

随着学院信息化建设的发展，校园网的规模也越来越大，为了有效地对校园网进行管理和维护，保证网络的连通性，学校采用了许多交换机设备，为了接入因特网采用了路由器设备。那么对这些交换机和路由器等网络设备如何进行管理呢？

1.2 相关知识

1.2.1 交换机的组成

和个人计算机类似，交换机也是由硬件和软件系统构成的综合体，只不过它没有键盘、鼠标和显示器等外设。

► 1. 交换机的硬件构成

尽管交换机的类型和型号多种多样，但每台交换机都具有相同的通用硬件组件。与 PC 一样，交换机也包含 CPU、RAM、ROM、闪存、NVRAM 等通用硬件。根据型号的不同，这些组件在交换机内部的位置有所差异。

(1) CPU（中央处理单元）。CPU 提供控制和管理交换的功能，控制和管理所有网络通信的运行。在交换机中，CPU 的作用并没有在 PC 中那么重要。

(2) RAM（随机存储内存）。RAM 用来保存运行的 Cisco IOS 软件及它所需要的工作内存，包括运行配置文件（running-config）、MAC 表、快速交换（Fast Switching）缓存，以及数据包的排队缓冲，这些数据包等待被接口转发。RAM 中的内容在断电或重启时会丢失。

(3) ROM（只读内存）。ROM 保存着交换机的引导（启动）软件，这是交换机运行时的第一个软件，负责让交换机进入正常工作状态，包括加电自检（Power-On Self-Test, POST）、启动程序（Bootstrap Program）和一个可选的缩小版本的 IOS 软件。ROM 通常做在一个或多个芯片上，焊接在交换机的主机板上。交换机中的 ROM 是不能被擦除的，并且只能通过更换 ROM 芯片来升级，但 ROM 中的内容不会因断电而丢失。

(4) Flash（闪存）。闪存是非易失性计算机存储器，可以以电子的方式存储和擦除。闪存用做操作系统 Cisco IOS 的永久性存储器。在大多数 Cisco 交换机中，IOS 是永久性存储在闪存中的，在启动过程中才复制到 RAM，然后再由 CPU 执行。闪存由 SIMM 卡或 PCMCIA 卡担当，可以通过升级这些卡来增加闪存的容量。如果交换机断电或重启，闪存中的内容不会丢失。

(5) NVRAM（非易失性 RAM）。NVRAM 在电源关闭后不会丢失信息。这与大多数普通 RAM（如 DRAM）不同，后者需要持续的电源才能保持信息。NVRAM 被 Cisco IOS 用做存储启动配置文件（startup-config）的永久性存储器。所有配置更改都存储于 RAM 的 running-config 文件中（有几个特例除外），并由 IOS 立即执行。要保存这些更改以防交换机重启或断电，必须将 running-config 复制到 NVRAM，并在其中存储为 startup-config 文件。

► 2. Cisco IOS 软件

与任何计算机一样，交换机也需要操作系统才能运行。如果没有操作系统，硬件就只是一个物理硬件。Cisco IOS（Internetwork Operating System）就是为 Cisco 设备配备的系统软件，称为 Cisco 网络操作系统，或者 Cisco IOS 软件。它是 Cisco 的一项核心技术，应用于 Cisco 的大多数产品线，这些 Cisco 设备，无论其大小和种类如何，都离不开 Cisco IOS，如路由器（Router）、交换机（Switch）、PIX、ASA、AP 等。

IOS 文件本身大小为几兆字节，它存储在闪存中。通过使用闪存，可以将 IOS 升级到新版本或为其添加新功能。

Cisco IOS 可以为交换机提供下列网络服务：

- 基本的路由和交换功能；
- 安全可靠地访问网络资源；
- 网络可扩展性。

Cisco IOS 提供的服务通常通过命令行界面（CLI）来访问，可通过 CLI 访问的功能取决于 IOS 版本和网络设备的类型。

1.2.2 交换机的访问方法

访问交换机 CLI 环境的方法有很多种，最常用的方法有控制台、Telnet 或 SSH、辅助端口等。

► 1. 通过控制台端口访问

通过控制台端口（Console 口）配置交换机主要用做初次配置交换机、远程访问不可行时进行灾难恢复、故障排除和口令恢复等。

通过交换机随机的反转线将计算机的 COM 口和交换机的 Console 口连接起来，然后，在计算机上通过终端软件就可以配置交换机了。

► 2. 通过 Telnet 和 SSH 访问交换机

计算机可以通过 Telnet 会话远程访问交换机，该交换机必须至少具有一个活动接口，且该接口必须配置第三层地址，并且该接口与要访问远程主机之间网络连通。

交换机的 IOS 配有一个 Telnet 服务进程，该进程在设备启动时启动，同时还包含一个 Telnet 客户端。运行 Telnet 客户端的主机可以访问交换机上运行的虚拟接口（VTY）会话。从安全角度考虑，IOS 要求 Telnet 会话使用口令。

安全外壳（SSH）协议是一种更安全的远程设备访问方法，在后面项目中将进行详细介绍。

在以上两种管理交换机的方式中，第二种方式需要连接网络，会占用网络带宽，又称带内管理。另外两种方式又称带外管理（Out of Band）。

1.2.3 配置文件

交换机只有依靠操作系统（IOS）和配置文件才能运行。配置文件包含 Cisco IOS 软件命令，这些命令用于自定义交换机的功能。网络管理员通过创建配置文件来定义所需的交换机功能。配置文件的典型大小为几百到几千字节。

每台 Cisco 交换机包含以下两个配置文件。

- 运行配置文件：用于交换机的当前工作过程中。
- 启动配置文件：用做备份配置，在交换机启动时加载。

配置文件还可以存储在远程服务器上以进行备份。运行配置文件和启动配置文件均以 ASCII 文本格式显示，能够很方便地阅读和操作。如图 1.1 所示显示了两个配置文件之间的关系。

（1）启动配置文件。启动配置文件（即 startup-config 文件）存储在非易失性 RAM（NVRAM）中，用于在系统启动过程中配置交换机。因为 NVRAM 具有非易失性，所以当交换机关闭后，文件仍保持完好。每次交换机启动或重新加载时，都会将 startup-config 文件加载到内存中。该配置文件一旦被加载到内存中，就被视为运行配置（即 running-config）。

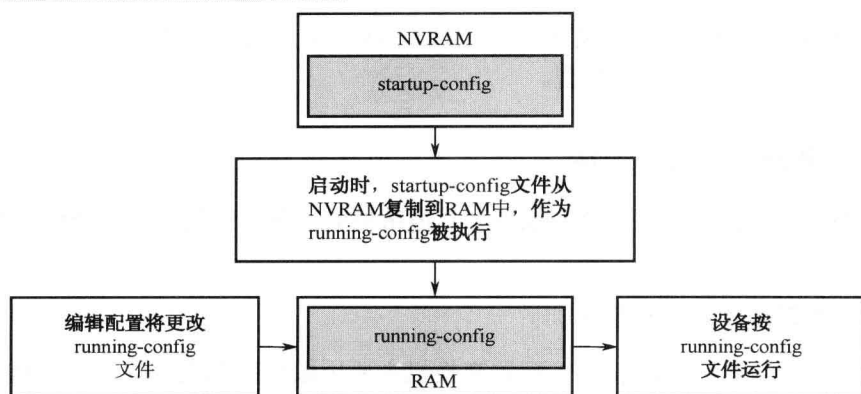


图 1.1 配置文件

(2) 运行配置文件。此配置文件一旦被加载到内存中，即被用于操作交换机。当网络管理员配置交换机时，运行配置文件即被修改。修改运行配置文件会立即影响 Cisco 交换机的运行。修改之后，管理员可以选择将更改保存到 startup-config 文件中，下次重启交换机时将会使用修改后的配置。

因为运行配置文件存储在内存中，所以当关闭交换机电源或重启交换机时，该配置文件会丢失。如果在交换机关闭前，没有把对 running-config 文件的更改保存到 startup-config 文件中，那些更改也将会丢失。

1.2.4 Cisco IOS CLI 的功能

为访问交换机，通过控制台端口或 Telnet 可连接到 CLI，要将命令输入到 CLI，可在多种控制台命令模式下输入或粘贴。每种配置模式都使用独特的提示符表示，用户按下回车键后，设备将分析并执行命令。Cisco IOS 软件使用一个配置模式层次结构，每种命令模式都支持一组与某种操作相关的 Cisco IOS 命令。

作为一种安全功能，Cisco IOS 软件将 Exec 会话分为下面两种权限。

(1) 用户 Exec 模式：只允许用户使用有限的基本监视命令。用户使用用户名和密码登录设备（如果设备被配置成通过 Con、AUX 或 VTY 连接时必须登录），将进入用户 Exec 模式。默认提示符为：switch>。要关闭会话，可输入 exit。

(2) 特权 Exec 模式：允许用户使用所有的设备命令，如用于配置和管理设备的命令等，可通过设备密码只允许获得授权的用户进入这种模式。要从用户 Exec 模式切换到特权 Exec 模式，可在提示符下输入 enable。如果配置了特权密码或特权加密码，将提示输入口令。默认提示符为：switch#。要从特权 Exec 模式返回用户 Exec 模式，可输入 exit 或 disable。

► 1. Cisco IOS 软件的配置模式

根据要使用的功能，可进入 Cisco IOS 软件的不同配置模式，如图 1.2 所示说明了交换机各种 Cisco IOS 配置模式。

配置 Cisco 设备的初始方法是设置程序，它让用户能够创建基本的初始配置。要进行更复杂、更具体的配置，可通过 CLI 进入终端配置模式。

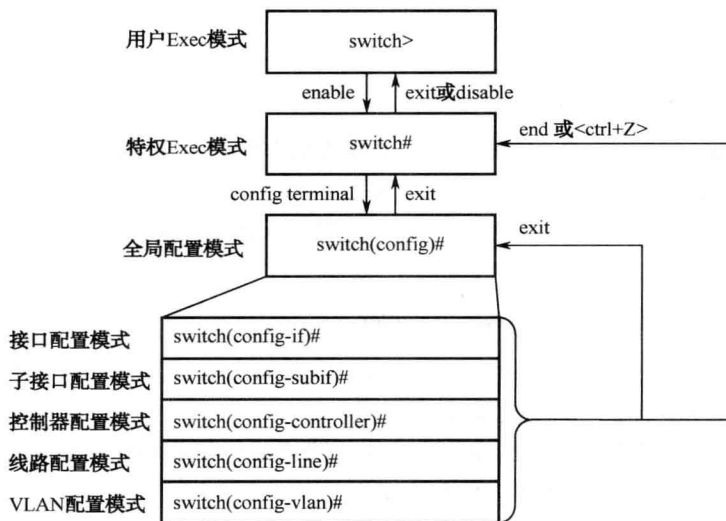


图 1.2 交换机配置模式

在特权 Exec 模式下，可通过执行命令 **config terminal** 进入全局配置模式。在全局配置模式下，可切换到具体的配置模式，常用的模式有以下几种。

- (1) 接口配置模式：可执行对具体接口进行配置的命令。
- (2) 子接口配置模式：可执行对位于同一个物理接口上的多个虚拟接口进行配置的命令。
- (3) 控制器配置模式：可执行配置控制器（如 T1 和 E1 控制器）的命令。
- (4) 线路配置模式：可执行配置线路（如控制台端口或 VTY 端口）的命令。
- (5) VLAN 配置模式：可执行对 VLAN 进行配置的命令。

如果输入命令 **exit**，将返回上一级。输入 **end** 或按 **<Ctrl+Z>** 组合键将完全退出配置模式，返回到特权 Exec 模式。

影响整台设备的命令被称为全局命令，如 **hostname**、**enable password** 等都属于全局命令。

2. 基本 Cisco IOS 命令结构

(1) 基本 IOS 命令结构。每个 IOS 命令都具有特定的格式或语法，并在相应的提示符下执行。命令是在命令行中输入的初始字词，不区分大小写；命令后接一个或多个关键字和参数；关键字和参数可提供额外功能，关键字用于向命令解释程序描述特定参数。如图 1.3 所示为基本 IOS 命令结构。

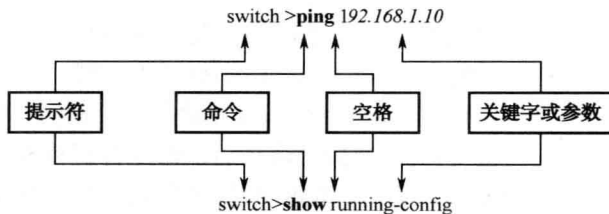


图 1.3 基本 IOS 命令结构

例如，show 命令用于显示设备相关的信息，它有多个关键字，这些关键字可以用于定义要显示的特定输出。例如：

```
switch#show running-config
```

show 命令后接 running-config 关键字，指定要将运行配置作为输出结果显示。

一条命令可能需要一个或多个参数。参数一般不是预定义的词，这一点与关键字不同。参数是由用户定义的值或变量。例如，要使用 description 命令为接口应用描述，可输入下列的命令行：

```
switch(config-if)#description link-to-center
```

命令为：description，参数为：link-to-center，该参数由用户定义。对于此命令，参数可以是长度不超出 80 个字符的任意文本字符串。

输入包括关键字和参数在内的完整命令后，按<Enter>键将该命令提交给命令解释程序。

(2) IOS 约定。表 1.1 列出了 IOS 约定。

表 1.1 IOS 约定

约 定	说 明
黑体字	表示命令，精确显示输入内容
<i>斜体字</i>	表示参数由用户输入值
[x]	方括号中包含可选内容（关键字或参数）
	表示在可选的或必填的关键字或参数中进行选择
[x y]	方括号中以垂直线分割关键字或参数表示可选的内容
{x y}	大括号中以垂直线分割关键字或参数表示必填的内容

例如，ping 命令：

格式：switch>**ping** *IP 地址*

带有值的例子：switch>**ping** 10.10.10.5

此例中命令为 ping，参数则为 IP 地址。

3. 在 CLI 中获取帮助信息

Cisco IOS 软件提供了广泛的有关命令行输入的帮助工具，主要包括以下几种。

(1) 对上下文的帮助。在当前模式下的上下文范围内提供一个命令列表，该列表有一系列命令及其相关参数。Cisco IOS 提供了上下文相关单词帮助和命令语法帮助。

- 要获取单词帮助：可在一个或多个字符后面输入问号 (?)，将显示一个命令列表，其中包含所有以指定字符序列打头的命令。
- 要获取命令语法关键字或参数：在本应为关键字或参数的地方使用问号 (?)，并在其前面加上空格。系统会立即响应，无须按<Enter>键。例如，要列出用户 Exec 模式下全部可用命令，可在 switch>提示符后键入一个问号 (?)。

(2) 命令语法检查。当按<Enter>键提交命令后，命令行解释程序从左向右解析该命令，以确定用户要求执行的操作。通常，IOS 只提供负面反馈。如果解释程序可以理解该命令，则用户要求执行的操作将被执行，且 CLI 将返回到相应的提示符。然而，如果解释程序无法理解用户输入的命令，它将提供反馈，说明该命令存在的问题。

(3) 热键和快捷方式。IOS CLI 提供热键和快捷方式，以便配置、监控和排除故障。以下列出几个常用的热键和快捷方式。

- Tab: 填写命令或关键字的剩下部分;
- Ctrl+Z: 退出配置模式并返回到执行模式;
- 向下箭头: 用于在前面用过的命令的列表中向前滚动;
- 向上箭头: 用于在前面用过的命令的列表中向后滚动;
- Ctrl+C: 放弃当前命令并退出配置模式。

例如，在输入命令时，可以输入只属于该命令的起始字符串，然后按 Tab 键，这样系统就会完成命令行。

4. 访问命令历史记录

如果要在交换机上配置类似的命令，使用 Cisco IOS 命令历史记录缓冲区可以节省重复输入命令的时间。该缓冲区存储了用户最后输入的多个命令。对于重复调用较长或较复杂的命令或输入项时特别有用。

默认情况下，启用命令历史记录功能，系统会在其历史记录缓冲区中记录最新输入的 10 条命令。

5. 缩写命令或缩写参数

命令和关键字可缩写为可唯一确定该命令或关键字的最短字符数。例如，configure 命令可缩写为 conf，因为 configure 是唯一一个以 conf 开头的命令；不能缩写为 con，因为以 con 开头的命令不止一个。关键字也可缩写。

又如，show interfaces 可以缩写为：

```
switch#show int
```

还可以同时缩写命令和关键字，例如：

```
switch#conf t
```

在本教材中，为了便于理解命令的含义，不使用缩写。在实际配置过程中，可以使用缩写提高效率。

1.2.5 IOS 检查命令

在网络调试的过程中，经常需要验证网络是否正常工作并排除故障，因此必须检查交换机的工作情况。交换机的类型不同，show 命令的条目也不同，可以使用 show ? 命令来获得可在当前上下文或模式下使用的命令的列表。

```
switch#show ?
access-lists      List access lists
arp               Arp table
.....
version           System hardware and software status
vlan              VTP VLAN status
vtp               VTP information
switch#
```

下面介绍两个最常用的 show 命令。

(1) show interfaces 命令。show interfaces 用于显示交换机上所有接口的统计信息。要查看某个具体接口的统计信息，输入 show interfaces 命令后接具体的接口插槽号/端口号。例如：

```
switch#show interfaces FastEthernet0/1
```

(2) show version 命令。show version 命令用于显示与当前加载的软件版本，以及硬件和设备相关的信息。此命令显示的部分信息如下。

- 软件版本：IOS 软件版本（存储在闪存中）；
- Bootstrap 版本：Bootstrap 版本（存储在引导 ROM 中）；
- 系统持续运行时间：自上次重启以来的时间；
- 系统重启信息：重启方法（例如，重新通电或崩溃）；
- 软件映像名称：存储在闪存中的 IOS 文件名；
- 交换机类型和处理器类型：型号和处理器类型；
- 存储器类型和分配情况（共享/主）：主处理器内存和共享数据包输入/输出缓冲区；
- 软件功能：支持的协议/功能集；
- 硬件接口：交换机上提供的接口；
- 配置寄存器：用于确定启动规范、控制台速度设置和相关参数。

1.2.6 交换机的 IOS 启动

交换机通电后将开始启动，启动结束后，用户可配置初始软件。交换机要在网络中正常运行，必须成功地启动并有默认配置。

► 1. Cisco IOS 启动源

Cisco 交换机的 IOS 启动源有 Flash 存储器、TFTP 服务器和 ROM（不完整的 IOS 软件）三种。

Cisco IOS 中默认的启动源要视硬件平台而定。交换机使用两种方式决定它从哪里得到要运行的 IOS 软件包：第一种方式是基于配置寄存器中启动字段的值，这是 Cisco 为交换机开发的 16 位的软件寄存器；第二种方式是使用保存在 NVRAM 中的 boot system 命令。

可以在全局模式下使用 boot system 命令指定 IOS 启动源的查找顺序。用 copy running-config startup-config 命令将所做的配置存入 NVRAM，下次启动时便能生效。交换机启动时，会根据需要依次使用 boot system 命令。如果 NVRAM 中没有 boot system 命令供交换机使用，系统就会首先使用 Flash 中默认的 Cisco IOS；如果 Flash 是空的，交换机便尝试从 TFTP 服务器获得 IOS。

► 2. 交换机的启动过程

Cisco IOS 启动过程的目标是使交换机开始运行。交换机在运行过程中必须根据配置文件为所连接的用户网络提供可靠的服务。交换机通电后，会进行自检（POST）。在自检过程中，交换机执行 ROM 内的诊断程序，对所有的硬件模块进行检查。这些诊断程