

ICS 33.040.40

M 32

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2957-2015

---

## 具有双栈内容交换功能的 以太网交换机技术要求

Technical specification for content switch supporting IPv4/IPv6

2015-10-14 发布

2016-01-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布



## 目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备通用功能要求	3
4.1 功能划分	3
4.2 总体功能要求	4
5 接口类型及特性要求	4
5.1 10/100M以太网接口	4
5.2 千兆以太网接口	5
5.3 万兆以太网接口	5
5.4 40G以太网接口	5
5.5 100G以太网接口	5
6 具有双栈内容交换的以太网交换机设备功能概述和典型应用	6
6.1 功能概述	6
6.2 典型应用	6
7 业务功能要求	6
7.1 VIP 功能	6
7.2 负载均衡功能	6
7.3 会话保持功能	9
7.4 服务器健康检查功能	11
7.5 Cache重定向	12
8 网络地址翻译 (NAT)	12
8.1 概述	12
8.2 静态NAT	12
8.3 动态NAT	12
9 协议要求	13
9.1 链路层协议	13
9.2 TCP/IP协议族	13
9.3 应用层协议	14
9.4 路由协议	14





10	安全性要求	14
10.1	网络安全	14
10.2	应用安全	14
10.3	ACL功能要求	14
10.4	防DOS/DDOS攻击能力	14
11	性能指标	15
11.1	数据转发性能指标	15
11.2	传输层性能指标	15
11.3	应用层性能指标	15
11.4	性能优化部分	15
12	双机热备	16
13	运行维护要求	16
13.1	运行维护定义	16
13.2	运行和维护具体规定	16
13.3	简单网络管理协议——SNMP	17
13.4	RMON MIBS	17
14	环境要求	17
14.1	温度、湿度条件	17
14.2	防尘要求	17
14.3	防电磁干扰要求	17
14.4	抗电磁干扰的能力	17
14.5	防雷击能力	17
15	电源与接地要求	17
15.1	电源	17
15.2	接地要求	17



## 前 言

本标准是具有内容交换的以太网交换设备系列标准之一。该系列标准的结构和名称如下：

- YD/T 1691《具有内容交换功能的以太网交换机设备技术要求》；
- YD/T 1941《具有内容交换功能的以太网交换机设备测试方法》；
- YD/T 2957《具有双栈内容交换功能的以太网交换机技术要求》；
- 《具有双栈内容交换功能的以太网交换机测试方法》。

本标准编制依据GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国信息通信研究院、中国移动通信集团公司。

本标准主要起草人：杨天乐、马琼芳、马 科、顾 戎、张宇华。



# 具有双栈内容交换功能的以太网交换机技术要求

## 1 范围

本标准规定了具有双栈内容交换功能的以太网交换机支持IPv4和IPv6双协议栈的技术要求,包括具有双栈内容交换功能的以太网设备在功能、协议、性能、安全性、管理维护以及环境方面的技术要求。

本标准适用于具有双栈内容交换功能的以太网交换机或者集成了双栈内容交换功能的网络设备。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

YD/T 1099—2013	以太网交换机技术要求
YD/T 1255—2013	具有路由功能的以太网交换机技术要求
YD/T 1691—2007	具有内容交换功能的以太网交换机设备技术要求
YD/T 1698—2007	IPv6网络设备技术要求——具有IPv6路由功能的以太网交换机
IEEE 802.3ad	信息技术—系统间的通信和信息交换—局域网和城域网—特殊需求——CSMA/CD及物理层规范多路链接部分的集合 (Amendment to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) - Access method and physical layer specifications - Aggregation of multiple link segments)
IEEE 802.1Q	信息技术—系统间的通信和信息交换—局域网和城域网—虚拟桥接局域网 (Virtual Bridged Local Area Networks IEEE Computer Society Document)
IEEE 802.1w	信息技术—系统间的通信和信息交换—局域网和城域网 通用规范 第3部分:媒体访问控制(MAC)桥接器 修改件2:快速在配置(Local and metropolitan area networks - Common specifications - Part 3: Media access control (MAC) bridges; Amendment 2: Rapid reconfiguration)

## 3 术语、定义和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

内容交换 Content Switch

从传输层到应用层的交换,能够根据传输层到应用层的内容或者特定信息进行转发、负载均衡和会话保持。

#### 3.1.2

健康检查 Health Check

对服务器的硬件、软件、网络和服务的探测，以避免因某一台或者某些服务器发生故障而造成某些用户连接中断。

### 3.1.3

#### 负载均衡 Load Balance

使大量的业务访问在不同服务期间进行分配，保证低性能的服务器不会成为系统的瓶颈，同时使高性能服务器的能力得到充分利用的方法。本文件中使用的负载均衡包括本地服务器群负载均衡和广域网使用的全局负载均衡。

### 3.1.4

#### 会话保持 Session Persistence

在一段时间内将同一客户的某一类型请求绑定至同一台服务器上，使得这一时间段中该客户端所有该类型请求均由同一服务器进行处理。

### 3.1.5

#### 具有内容交换功能的以太网交换机 Content Switch Device

具有4至7层交换能力的以太网交换机，能够根据数据流中的传输层至应用层的信息实现对数据流量的交换与分配，在运营商网络中一般位于用户接入点或Cache节点，以及IDC的出口处，用以完成负载均衡、会话保持，以及Cache重定向等功能，以合理分配网络带宽及服务器资源。

### 3.1.6

#### 具有双栈内容交换功能的以太网交换机 Content Switch Supporting IPv4 and IPv6

同时具备IPv4和IPv6协议处理能力的具有内容交换功能的以太网交换机。

## 3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AAA	Authentication Authorization Accounting	认证、鉴权、计费
ACL	Access Control List	访问控制列表
ARP	Address Resolution Protocol	地址解析协议
BGP	Border Gateway Protocol	边界网关协议
CDN	Content Distribution Network	内容分发网络
DNS	Domain Name Service	域名服务
FTP	File Transfer Protocol	文件传输协议
GSLB	Global Server Load Balance	全局服务器负载均衡
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	超文本传输协议
ICMP	Internet Control Message Protocol	网络控制消息协议
IDC	Internet Data Center	互联网数据中心
IPv4	Internet Protocol Version 4	互联网协议—第4版
IPv6	Internet Protocol Version 6	互联网协议—第6版
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol	轻量级目录访问协议
MIB	Management Information Base	管理信息库
NAT	Network Address Translation	网络地址翻译



ND	Neighbor Discovery	邻居发现
OAM	Operation, Administration and Maintenance	操作管理和维护
OOB	Out-Of-Band	带外
OSPF	Open Shortest Path First	开放最短路径优先协议
POP	Post Office Protocol	邮局协议
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service	远端用户拨号认证
RIP	Route Information Protocol	路由信息协议
RMON	Remote Network Monitoring	远程网络监控
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol	快速生成树协议
RTP	Real-time Transport Protocol	实时传输协议
RTCP	Real-time Transport Control Protocol	实时传输控制协议
SIP	Session Initiation Protocol	会话发起协议
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	简单邮件传输协议
SNMP	Simple Network Management Protocol	简单网管协议
SSL	Secure Socket Layer	安全套接字
STP	Spanning Tree Protocol	生成树协议
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议
URL	Uniform Resource Locator	统一资源定位符
VIP	Virtual IP	虚拟IP地址
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol	虚拟路由器冗余协议
WAP	Wireless Application Protocol	无线应用协议

#### 4 具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备通用功能要求

##### 4.1 功能划分

###### 4.1.1 接口类型

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应具备用于连接通信网络，或者其他网络设备的网络接口，以及用于设备管理的网管接口。

网络接口的类型划分见YD/T 1099—2013中5.2.1节的要求。

###### 4.1.2 通信协议

具有双栈内容交换的以太网交换机设备，应具备负责和其他网络设备或者网络节点进行信息交互的通信协议功能，能够支持IPv4和IPv6协议报文的处理，支持路由协议的交互，支持TCP和UDP应用的处理等。

###### 4.1.3 数据包转发

具有双栈内容交换的以太网交换机设备，应能够按照路由表内容在各端口（包括逻辑端口）间转发数据包并且改写链路层数据包头信息，能够根据所提供的VIP、负载均衡等功能的需要，改写网络层、传输层和应用层的数据信息。

#### 4.1.4 路由信息维护

具有双栈内容交换的以太网交换机，应能够支持IPv4和IPv6相关的路由协议的运行，并维护相关路由信息。路由协议可包括RIP、RIPng、OSPFv2及OSPFv3等。

#### 4.1.5 管理控制

具有双栈内容交换的以太网交换机设备，应能够支持对本身进行管理的功能，包括本地管理和远端管理，可支持SNMP代理、Telnet、RMON等功能，并支持相关管理日志的记录。

#### 4.1.6 安全防护

具有双栈内容交换的以太网交换机设备，应具备安全防护功能，能够防护DDoS攻击，支持对数据包的过滤，支持访问控制和地址转换等功能，支持日志记录功能等。

### 4.2 总体功能要求

具有双栈内容交换的以太网交换机设备应具备如下功能：

- a) 能够同时具备 IPv4 和 IPv6 双协议栈的处理能力，支持标准的 IPv4 和 IPv6 协议族，包括 ARP、IPv4、ICMPv4、ND、IPv6、ICMPv6 等相关协议。
- b) 能够根据链路层到应用层的不同信息，对发往业务服务器的数据流量进行交换和流量分配，可基于各种应用层信息对业务会话进行控制，能够实现虚拟 IP、负载均衡、会话保持、服务器健康检查、Cache 重定向、网络地址翻译、数据交换等功能。
- c) 当连接到两个或多个数据包交换的网络时，对于每个连接的网络，具有双栈内容交换的以太网交换机设备应能够实现该网络所要求的功能，这些功能包括：
  - IP 数据包的封装/解封装；
  - 按照该网络所支持的最大数据包大小发送或接收 IP 数据报。该大小是网络最大传输单元(MTU)；
  - 将 IP 地址与相应网络的链路层地址相互转换。
- d) 接收及转发数据包，在收发过程中实现缓冲区管理：
  - 出现差错时辨认差错并产生 ICMP 差错及必要的差错消息；
  - 丢弃跳数限制域为 0 的数据包；
  - 必要时将数据包分段。
- e) 按照路由表信息，为每个 IP 数据包选择下一跳目的地。
- f) 提供网络管理和系统支持机制，包括存储/上载配置、诊断、升级、状态报告、异常情况报告及控制等。
- g) 提供物理层传输接口和适配功能。
- h) 提供包数、字节数、端口、业务类型等信息统计功能。

## 5 接口类型及特性要求

### 5.1 10/100M 以太网接口

#### 5.1.1 10Base-T 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持10Base-T接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.2节的要求。

#### 5.1.2 100Base-T 接口



具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持100Base-T接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.3节的要求。

#### 5.1.3 100Base-FX 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持100Base-FX接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.4节的要求。

### 5.2 千兆以太网接口

#### 5.2.1 1000Base-T 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持1000Base-T接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.7节的要求。

#### 5.2.2 1000Base-SX 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持1000Base-SX接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.5节的要求。

#### 5.2.3 1000Base-LX 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持1000Base-LX接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.6节的要求。

### 5.3 万兆以太网接口

#### 5.3.1 10GBase-W 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持10GBase-W接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.8节的要求。

#### 5.3.2 10GBase-R 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持10GBase-R接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.9节的要求。

#### 5.3.3 10GBase-X 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持10GBase-X接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.10节的要求。

### 5.4 40G 以太网接口

#### 5.4.1 40GBase-CR4 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持40GBase-CR4接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.11节的要求。

#### 5.4.2 40GBase-SR4 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持40GBase-SR4接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.12节的要求。

#### 5.4.3 40GBase-LR4 接口

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持40GBase-LR4接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.13节的要求。

### 5.5 100G 以太网接口

#### 5.5.1 100G Base-CR10

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持100G Base-CR10接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.14节的要求。

#### 5.5.2 100G Base-SR10

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持100G Base-SR10接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.15节的要求。

#### 5.5.3 100G Base-LR4

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持100G Base-LR4接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.16节的要求。

#### 5.5.4 100G Base-ER4

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持100G Base-ER4接口，接口特性应符合YD/T 1099—2013中5.2.17节的要求。

### 6 具有双栈内容交换的以太网交换机设备功能概述和典型应用

#### 6.1 功能概述

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备能够同时支持IPv4和IPv6协议，能够根据链路层到应用层的信息对发往业务服务器的IPv4和IPv6数据流量进行交换和流量分配，可基于各种应用层信息对业务会话进行控制。具有双栈内容交换的以太网交换机设备一般位于服务器群和出口路由器之间，具备传输层到应用层的交换能力，能够根据传输层到应用层的内容为服务器进行用户访问的负载均衡和会话保持，并可以对服务器进行运行状况的检查。具有双栈内容交换的以太网交换机设备的用途一般分为服务器负载均衡、网关负载均衡和链路负载均衡三种。

#### 6.2 典型应用

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在满足能够同时支持IPv4和IPv6协议的前提下，应满足YD/T 1691—2007中第5章规定的三种典型应用。

### 7 业务功能要求

#### 7.1 VIP 功能

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应提供IPv4和IPv6虚拟IP地址（VIP）供用户通过IPv4网络或者IPv6网络进行直接访问，这样可以隐藏服务器的真实IPv4或者IPv6地址，降低服务器遭受攻击的可能。同时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应可以分别配置多个不同的IPv4和IPv6虚拟IP地址（VIP），对应不同的功能要求和转发路径。

#### 7.2 负载均衡功能

##### 7.2.1 概述

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应实现通过不同的负载均衡方法使大量的业务访问在不同服务器间进行分配，保证低性能的服务器不会成为系统的瓶颈，同时使高性能服务器的能力得到充分利用。本节规定了具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在管理本地服务器群时应该实现的一些负载均衡算法，以及在用于管理广域CDN网络时需要实现的全局服务器负载均衡（GSLB）功能。

##### 7.2.2 基于应用的负载均衡



具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够根据IPv4或者IPv6数据包中的第三层（网络层）和第四层（传输层）的信息内容对数据流量进行分配交换，实现负载均衡功能。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够基于源/目的IPv4地址、源/目的IPv6地址、源/目的端口号、TCP FIN/SYN标志位等网络层和传输层信息实现基于应用的负载均衡。

### 7.2.3 基于内容的负载均衡

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够根据用户数据流量中5到7层，特别是应用层的信息进行业务流量的分配交换，实现负载均衡功能。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够基于HTTP报头信息（如URL和Cookie等）、SSL ID、UDP报文内容等应用层信息实现基于内容的负载均衡。

### 7.2.4 全局负载均衡

#### 7.2.4.1 概述

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，除能够支持本地负载均衡功能外，还应支持适用于广域网的全局负载均衡功能（GSLB）。全局负载均衡是一种将本地负载均衡的概念扩展到广域范围的技术，与本地负载均衡在一个单独的节点上为一组服务器提供负载均衡服务不同，全局负载均衡实现了多个、且在地域上分离的服务器群或者网络节点之间的负载均衡，最终目的是增加服务的可用性和提供更高的性能，提升用户体验和业务访问质量。全局负载均衡最重要的作用是根据用户发起访问的位置来确定最佳的节点为用户提供服务。

#### 7.2.4.2 DNS全局负载均衡

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持基于DNS的全局负载均衡。当用户使用IPv4或者IPv6协议通过本地DNS请求所访问域名的IP地址时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，能够自动判断该本地DNS与各服务器之间的位置、距离、跳数、数据包往返时间等参数，能够对各站点的负载情况进行动态探测，利用DNS重定向，选择最佳站点的IP地址解析给用户。

基于DNS重定向的全局负载均衡对于用户的地理位置与DNS位置不重叠的情况会产生精度不足的问题，同时，如果用户所指的DNS服务器不支持递归，该全局负载均衡会失效。DNS缓存对于基于DNS的全局负载均衡会带来一定的影响，会导致站点信息更新滞后。

#### 7.2.4.3 HTTP全局负载均衡

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持基于HTTP重定向的全局负载均衡，利用HTTP重定向消息（代码302）将用户的HTTP请求重定向到最理想的站点，实现用户HTTP请求的最快响应。

基于HTTP重定向的全局负载均衡可适用于基于B/S架构的用户应用，不适用于基于C/S架构的用户应用。

#### 7.2.4.4 IP地址全局负载均衡

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持基于IP地址重定向的全局负载均衡，能够通过用户的IP地址自动定位用户位置，通过IP重定向将用户的请求发送到性能较好、距离较近的站点来处理。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够同时支持对IPv4和IPv6地址的自动位置判断和重定向功能。

#### 7.2.4.5 IP任播

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持IP任播功能。当多个站点的相同业务具有相同IP地址时，可通过IP任播实现全局负载均衡将用户请求透明导向最为合适的站点。

## 7.2.5 负载均衡算法

### 7.2.5.1 轮询（Round-Robin）算法

轮询算法是以轮询的方式依次将访问请求发往不同的服务器，即每次接收到访问请求，执行 $i = (i+1) \bmod n$ ，选出第 $i$ 台服务器，作为响应请求的服务器，其中 $n$ 为服务器总数。轮询算法比较简单，无需设备保存当前连接的状态，但该算法假设所有服务器处理能力相同，且当前负载相同，因此不适用于服务器群中服务器性能不同且访问请求在时间上变化较大的情况。本算法适用场景：服务器集群中各服务器性能或链路群中各链路带宽相当，无优劣之分。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持轮询负载均衡算法。

### 7.2.5.2 加权轮询算法

加权轮询算法（又称为比重法），是对轮询算法的改进，它可以根据服务器的性能情况赋予服务器不同的权值（比重），性能高的服务器其权值也高，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应按照轮询的方式，并根据服务器权值的高低来分配访问请求，权值高的服务器比权值低的服务器处理更多的访问请求，相同权值的服务器处理相同数目的访问请求。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持加权轮询算法。

### 7.2.5.3 哈希（Hash）算法

哈希算法是以请求数据包的源IP地址、目的IP地址、协议号、源端口号、目的端口号等IP五元组中的一个或者多个的组合为哈希关键字，通过哈希函数从可用服务器中选择出对应服务器，将访问请求发送至该服务器的一种负载均衡算法，是一种静态映射算法。

哈希算法也可以根据报文负荷中的某些关键字作为哈希关键字进行哈希负载均衡。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持哈希算法，必须支持对IPv4源/目的地址和IPv6源/目的地址的哈希。

### 7.2.5.4 SNMP负载均衡算法

SNMP负载均衡算法是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备能够通过服务器上的SNMP代理获取服务器资源利用率（包括CPU、内存等）的信息，从而确定在轮询中该服务器的权值的一种负载均衡方法。SNMP负载均衡算法可以比较精确地根据服务器处理能力的差异对访问流量进行分配，但由于SNMP消息的处理需要一定的时间，因此可能会产生滞后的效果；同时，这种算法要求每台服务器上都需要安装SNMP代理。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持SNMP负载均衡算法。

### 7.2.5.5 最少连接负载均衡算法

最少连接负载均衡算法是把新到达的连接请求优先分配到连接数最少的服务器。最少连接负载均衡算法是一种动态调度算法，它通过服务器当前活跃的连接数目来估计服务器的负载情况。这种算法需要具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备记录当前各个服务器已经建立连接的数目，同时，该算法不适用于服务器组中各服务器处理性能不一的情况。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持最少连接负载均衡算法。

### 7.2.5.6 加权最小连接负载均衡算法



加权最小连接算法在调度新连接时尽可能使服务器或链路的已建立活动连接数与服务器或链路权值成比例，权值表明了服务器处理性能或链路实际带宽。该算法适用场景：服务器集群中各服务器性能或链路群中各链路带宽存在差异，不同用户发起的连接保存时长差异较大。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持加权最少连接负载均衡算法。

#### 7.2.5.7 最少流量负载均衡算法

最少流量负载均衡算法是把新到达的连接请求优先分配到当前流量最少的服务器。最少流量负载均衡算法是一种动态调度算法，它通过服务器当前的实时流量来估计服务器的负载情况，把后续访问负载均衡到一台目前流量最小的服务器上去。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持最少流量负载均衡算法。

#### 7.2.5.8 基于源IP负载均衡算法

基于源IP负载均衡算法是将来自同一个源IP的请求映射到一台服务器或链路上的算法。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应同时支持基于源IPv4地址和基于源IPv6地址的负载均衡算法。

#### 7.2.5.9 强行负载均衡算法

对于用户发来UDP报文这种场景，服务器群的任一台服务器处理均可，但UDP数据包中IP五元组均相同，强行负载均衡算法是将这种用户报文强行按比例算法进行负载均衡的算法。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持强行负载均衡算法。

### 7.3 会话保持功能

#### 7.3.1 概述

在涉及加密的会话或进行电子商务类的业务会话时，需要将某一用户的会话消息交由某一固定的服务器来处理，该服务器作为加密隧道的终端或交易数据的保存者，以保证服务的正确性和可靠性。会话保持是具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的一项基本功能，即在一段时间内将同一客户的某一类型请求绑定至同一台服务器上，使得这一时间段中该客户端所有该类型请求均由同一服务器进行处理。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应能够实现根据用户数据中的某些特定信息来实现会话保持功能，这些信息可能包括：源IP地址、URL、Cookie等。

#### 7.3.2 基于源地址的会话保持

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于源IP地址的会话保持功能，且能够同时支持基于源IPv4地址和基于源IPv6地址的会话保持功能，对用户访问请求的源IP地址进行识别，使得在一段时间内，同一用户的访问请求始终由同一台服务器来处理。

#### 7.3.3 基于目的地址的会话保持

基于目的IP地址的会话保持功能常用于链路负载均衡应用中，用以确保去往同一个目的地址的业务能分配到同一条链路上。负载均衡设备接收到某一客户端的某一业务的首次请求时，建立会话保持表项，记录为该客户分配的链路情况，在持续性表项生存周期内，后续相同目的IP地址的业务报文都将分发到该链路转发。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于目的IP地址的会话保持功能，且能够同时支持基于目的IPv4地址和基于目的IPv6地址的会话保持功能。

#### 7.3.4 基于源端口的会话保持

基于源端口的会话保持功能常用于传输层服务器负载均衡和链路负载均衡应用中，以确保源端口相同的业务报文能分配到同一个服务器或链路上。负载均衡设备接收到某一客户端的某一业务的首次请求时，建立会话保持表项，记录为该客户分配的服务器情况，在持续性表项生存周期内，后续相同源端口的业务报文都将发往该服务器处理。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于源端口的会话保持功能。

### 7.3.5 基于目的端口的会话保持

基于目的端口的会话保持功能常用于传输层服务器负载均衡和链路负载均衡应用中，以确保目的端口相同的业务报文能分配到同一条链路上。负载均衡设备接收到某一客户端的某一业务的首次请求时，建立会话保持表项，记录为该客户分配的链路情况，在持续性表项生存周期内，后续相同目的端口的业务报文都将分发到该链路转发。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于目的端口的会话保持功能。

### 7.3.6 基于 SIP 报文 Call-ID 的会话保持

基于SIP报文Call-ID的会话保持功能常用于应用层服务器负载均衡应用中，以确保Call-ID相同的SIP报文能分配到同一个服务器上。负载均衡设备接收到某一客户端的某一业务的首次请求时，建立持续性表项，记录为该客户分配的服务器情况，在持续性表项生存周期内，后续相同Call-ID的SIP业务报文都将分发到该服务器处理。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持基于SIP报文Call-ID的会话保持功能。

### 7.3.7 基于 HTTP 头部信息的会话保持

#### 7.3.7.1 基于Cookie 的会话保持

Cookie字段一般在用户第一次向服务器发送HTTP连接请求后由服务器产生，在以后的会话报文中携带该Cookie字段。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于Cookie的会话保持功能，即根据服务器返回给用户浏览器的Cookie字段来确定后续访问请求的转发，使携带相同Cookie字段的访问请求由同一台服务器来处理；对用户第一次发送的HTTP请求，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应按照当前配置的负载均衡算法进行处理。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于Cookie的会话保持功能。

#### 7.3.7.2 基于其它HTTP 头部信息的会话保持

除了Cookie之外，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备也可以支持基于其它HTTP头部信息的会话保持功能，如URL、Accept-Language、User-Agent、Host等。

### 7.3.8 基于 SSL ID 的会话保持

如果会话过程中使用了SSL对会话数据进行加密，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应可以识别HTTPS协议中每个流的SSL ID，并根据SSL ID将后续连接绑定到相同的服务器进行处理。

### 7.3.9 基于 RADIUS 属性值的会话保持

基于RADIUS属性值的会话保持功能常用于服务器负载均衡应用中，以确保属性值信息相同的RADIUS报文能分配到同一个服务器上。内容交换设备接收到某一客户端的某一业务的首次请求时，建立持续性表项，记录为该客户分配的服务器情况，在持续性表项生存周期内，后续属性值Framed-IP-Address或User-Name（二者可通过配置选择其一）信息相同的RADIUS报文都将分发到该服务器处理。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持基于RADIUS属性值的会话保持功能。



## 7.4 服务器健康检查功能

### 7.4.1 概述

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备一般用于连接服务器集群，以实现负载均衡等功能，若在服务器集群中某一台或某些服务器发生故障，将造成某些用户会话的中断。为了避免这种情况的发生，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持对服务器的健康检查功能，当某一服务器或其物理链路发生故障时，应将新到达的访问请求分配至其它正常服务器，避开故障点。

### 7.4.2 ICMP 服务器健康检查

ICMP健康检查即具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备以某一周期向所连接的各个服务器发送ICMP报文，若服务器能够正确响应，则表示服务器处于“健康”状态；若服务器无法正常响应，则表示服务器出现故障。同时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应能对发送检查报文的间隔进行配置。ICMP健康检查的结果能够说明服务器操作系统是否在运行，但无法判断服务器是否能够正常提供服务。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应能够同时支持ICMPv4和ICMPv6服务器健康检查功能。

### 7.4.3 TCP 服务器健康检查

TCP健康检查是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备利用服务器提供业务访问的开放端口，以某一周期向所连接的各个服务器发送TCP SYN消息，请求建立一个连接，若服务器能够正确响应，成功建立连接，则表明服务器处于“健康”状态；若服务器无法正常响应，连接建立失败，则表明服务器出现故障，无法提供服务。在进行TCP健康检查时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在发送TCP SYN消息，并成功建立一个连接，确认服务器工作正常之后应立即发送TCP FIN消息中断连接；同时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应能对TCP健康检查的周期进行配置。

### 7.4.4 ARP/ND 服务器健康检查

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备向服务器集群中的服务器发送ARP请求,或者邻居发现(ND)消息，若收到正确的应答，则服务器正常。

### 7.4.5 SNMP 服务器健康检查

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持SNMP服务器健康检查，利用SNMP调用来获取被管理对象的MIB信息，根据MIB库信息来判断业务或服务器是否正常。

### 7.4.6 基于业务的服务器健康检查

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应根据所连接的服务器/服务器集群提供业务的情况，基于具体的业务类型对服务器进行健康检查。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应能够针对以下业务对服务器进行健康检查：HTTP、HTTPS/SSL、FTP、POP3、SMTP、DNS、RADIUS。

### 7.4.7 特殊应用的服务器健康检查

#### 7.4.7.1 服务器维护和更新前的会话维护

在维护和更新服务器时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备不再向即将维护的服务器发送任何新请求，但保持原会话直至结束，实现服务器的平滑关机。

#### 7.4.7.2 服务器维护完毕后的稳定上线

通过在具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备上设置对应服务器的恢复时间和逐渐增加客户请求的时间，保证新服务器或者维护后的服务器在刚加入集群中能稳定运行。其中：

a) 恢复时间：保证在服务器上线后，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备对该服务器健康检查通过后，在一定的时间内不向该服务器发送客户请求；

b) 逐渐增加客户请求的时间：保证服务器在恢复时间到期后，不是马上接受负载的全部请求，而是在一定时间内逐渐增加请求，直至达到最大值。

## 7.5 Cache 重定向

### 7.5.1 概述

在实际应用中，经常会出现多个用户访问同一个网络资源（如网页），或一个用户多次访问同一个网络资源的情况，每一次的用户请求都会得到相同内容的响应，使网络上产生了部分重复的、“多余的”流量，占用了网络的带宽资源。为了解决这个问题，可以使用Cache服务器，对用户经常访问的网络资源进行缓存，这样，用户可以优先通过本地Cache服务器来获取所需要的信息，既提高了用户的访问速度，又节省了骨干网络的带宽资源。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持对Web及流媒体应用的Cache重定向。

### 7.5.2 对 Web 的 Cache 重定向

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应根据URL及HTTP头部信息对Web访问进行重定向，将访问请求重定向至Cache服务器。但在下列情况下不允许对用户访问进行重定向：

- a) HEAD、POST、PUT 等非 GET 请求；
- b) 带有 Cookie 的 HTTP 请求；
- c) 对 ASP、CGI 页面的访问，或对其它动态生成页面的访问。

### 7.5.3 对流媒体业务的 Cache 重定向

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应可以对流媒体业务流进行识别，并为流媒体业务的RTP或RTCP流进行重定向；同时，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够定义对特定的媒体流或特定类型的媒体文件不进行Cache重定向，而直接转发至真实服务器。

## 8 网络地址翻译（NAT）

### 8.1 概述

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应具备网络地址翻译（NAT）功能，将内部网络的地址（可能为私有地址）转换为外部网络地址，完成由内网到外网的通信，同时保证内网的独立和私密性。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应实现静态NAT以及动态NAT功能，既可以静态确定地址转换关系，也可以以定义地址池的方式将地址转换完成。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持NAT44、NAT64、NAT66功能。

### 8.2 静态 NAT

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够提供一对一的IPv4到IPv4、IPv6到IPv4、IPv6到IPv6的地址映射功能。

### 8.3 动态 NAT

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应提供多对一的地址映射功能，同时，可以指定将多个服务器的IP地址，映射为指定的VIP地址。如：在进行负载均衡时，用户通过VIP地址对服务器进行访问。



而当后台服务器主动发起外出请求时，负载均衡器可以将该服务器的源地址映射为VIP地址。该功能在非常多的应用上都将使用，如DNS、防病毒网关、邮件网关等。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应能够提供多对一的IPv4到IPv4、IPv6到IPv4、IPv6到IPv6的地址映射功能。

## 9 协议要求

### 9.1 链路层协议

#### 9.1.1 VLAN 及生成树功能

##### 9.1.1.1 VLAN 功能

VLAN功能通常用于将不同的服务器组划分至不同的广播域/子网，同时可以加强对服务器的保护。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于端口划分VLAN的功能，设备上的每一个端口都可以属于一个或多个VLAN；每个VLAN应可以包含一个或多个端口。在应用设备缺省配置时，所有端口都应属于一个缺省VLAN。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于IEEE 802.1Q的VLAN标记功能，应能正确处理VLAN标记帧和非标记帧，并能够根据情况对转发的数据帧进行正确的VLAN标记。

##### 9.1.1.2 生成树功能

生成树（STP）协议用于在交换网络中检测并防止出现环路的情况。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持生成树协议，当两台或两台以上的具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备通过同一个二层网络相连时，应可以通过交换BPDU报文确定交换路径，并阻断其它交换路径，以防止环路的产生。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备即使不支持生成树协议，也应支持对生成树协议报文的透传，使连接在具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备上的二层交换设备可以通过生成树协议确定转发路径。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备也可以进一步支持符合IEEE 802.1w的快速生成树（RSTP）协议。

##### 9.1.2 端口聚合功能

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，以太网接口应支持按照IEEE802.3ad将多个以太网接口聚合成单个接口功能。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应可配置如下参数：

- a) 以太网接口 LACP 优先级；
- b) 以太网接口 LACP 协商方式；
- c) 聚合接口最大可聚合接口数量。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备以太网接口应支持跨板卡端口静态捆绑功能。

聚合接口最少应能支持 8 条链路捆绑，并可以设置最小活动链路数。当活动链路数小于设置的最小活动链路数时，中断聚合接口。

聚合接口应能根据 IP 五元组实现基于流的负载分担。

### 9.2 TCP/IP 协议族

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持TCP/IP协议族，以及支持IPv4协议和IPv6协议。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机对于IPv4协议的支持，应符合YD/T 1255—2013中第7章和第8章的要求。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机对于IPv6协议的支持应符合YD/T 1698—2007中第7章和第8章的要求。

### 9.3 应用层协议

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持下列应用层协议报文的检测和处理：

- a) HTTP;
- b) FTP;
- c) DNS;
- d) POP/SMTP;
- e) RADIUS;
- f) Diameter;
- g) SIP;
- h) RTP/RTCP。

### 9.4 路由协议

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持IPv4和IPv6静态路由。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持RIPv1/v2和OSPFv2协议，如果支持相关路由协议，应符合YD/T 1255—2013中9.2节的要求。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持RIPng和OSPFv3协议，如果支持相关路由协议，应符合YD/T 1698—2007中9.2节的要求。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持其他路由协议。

## 10 安全性要求

### 10.1 网络安全

具有双栈内容交换功能的以太网交换机应提供基于网络层的安全防范功能，支持IPv4和IPv6双栈的网络防护功能。如防止来源的某个IP的请求等，或者限制每个来源IP地址所产生的并发请求数量。

### 10.2 应用安全

具有双栈内容交换功能的以太网交换机应提供应用层的安全防范功能。如查询HTTP的Get请求是否合法；隐藏服务器返回的关键信息，如服务器的版本、类型等。

### 10.3 ACL 功能要求

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持IPv4和IPv6双栈的，基于五元组（源/目的IP地址、协议类型、源/目的端口）的ACL，可以对命中流量进行相应处理；同时还应进一步支持基于应用层信息（如URL、Cookie等）的ACL。具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持基于连接的ACL，即对基于连接命中的流量进行相应处理。

### 10.4 防DOS/DDOS攻击能力

为防止常见的DOS/DDOS攻击，具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备，应支持对特定协议（如TCP、UDP、ICMP等）流的流量限制及过滤功能。



## 11 性能指标

注：本章内容定义性能指标，不指定性能指标的具体数值。

### 11.1 数据转发性能指标

#### 11.1.1 时延

对于存储转发设备，时延为被测设备收到最后一比特到发出第一比特的时间间隔。对于按比特转发设备，时延为被测设备收到第一比特到发出第一比特的时间间隔。

时延为测试设备发出带时戳的测试帧到收到该帧的时间间隔。

### 11.2 传输层性能指标

#### 11.2.1 传输层性能指标的内容

传输层性能主要有并发连接数、每秒新建连接数两个指标。

#### 11.2.2 并发连接数

并发连接数是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在进行基于应用的负载均衡时，某一时刻所能同时维持的最大TCP/UDP连接数目。

#### 11.2.3 每秒新建连接数（connections per second）

每秒新建连接数是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在进行基于应用的负载均衡时，一秒钟之内可以处理的最大TCP/UDP新建连接数目。

### 11.3 应用层性能指标

#### 11.3.1 应用层性能指标的内容

应用层性能指标主要有并发会话数、每秒新建会话数两个指标。

#### 11.3.2 并发会话数

并发会话数是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在进行基于内容的负载均衡时，某一时刻所能同时维持的最大会话（如HTTP会话、SSL会话）数。

#### 11.3.3 每秒新建会话数（transactions per second）

每秒新建会话数是指具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备在进行基于内容的负载均衡时，一秒钟之内可以处理的最大新建会话（如HTTP会话、SSL会话）数目。

### 11.4 性能优化部分

#### 11.4.1 HTTP 压缩功能

广域网访问的网络延时与带宽瓶颈经常会给用户的Web应用的正常访问带来不便，通过在具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备上启用HTTP压缩功能，可以提升页面下载速度和减少带宽消耗。

#### 11.4.2 RAM Cache 功能

通过在具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的内存上对服务器上被反复存取的内容作缓存，可以减轻服务器上的压力。RAM高速缓存是HTTP对象的高速缓存，这些对象存储在负载均衡器系统的RAM中，可由后续连接重用，以降低后台服务器的负载量。

#### 11.4.3 连接复用

连接复用功能可通过将一个单一的正常的客户所产生的数十个或者数百个TCP session，优化在一个单一的session中进行Web浏览，减少网络流量。

#### 11.4.4 SSL 加速

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应集成SSL加速服务模块,该模块能完成消耗主机处理器资源的安全套接字的计算任务,减少高性能网站服务器群运行的复杂性。

## 12 双机热备

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备处于关键路径,因此它的稳定性和安全性直接影响了网络的可用性。为了避免单点故障,具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持双机热备,即在两台具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备之间通过备份链路备份对端设备上的业务,保证两台设备上的业务状态是一致的。当其中一台设备发生故障时,利用VRRP或动态路由机制将业务流量切换到另一台设备,以避免网络业务中断。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备双机热备方案支持以下两种工作模式。

a) 主备模式:两台具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备中一台作为主设备,另一台作为备份设备。主设备处理所有业务,并将产生的业务信息通过备份链路传送到备份设备;备份设备不处理业务,只用作备份。当主设备故障的,备份设备接替主设备处理业务,从而保证新发起的负载均衡业务能正常处理,当前正在进行的负载均衡业务也不会中断。

b) 负载分担模式:两台具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备均为主设备,都处理业务流量,同时又作为另一台设备的备份设备,备份对端的业务信息。当其中一台设备故障后,另一台设备负责处理全部业务,从而保证新发起的负载均衡业务能正常处理,当前正在进行的负载均衡业务也不会中断。

## 13 运行维护要求

### 13.1 运行维护定义

下面行为应包含在具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的OAM中:

- a) 提供设备资源利用率;
- b) 提供网络接口带宽利用率;
- c) 诊断交换机的处理器、网络接口、相连的网络、调制解调器的硬件问题;
- d) 安装新硬件;
- e) 安装新软件;
- f) 在崩溃后重新启动或重新引导交换机;
- g) 配置(重新配置)交换机;
- h) 发现及诊断网络问题,例如拥塞、环路、错误MAC地址等错误行为;
- i) 改变网络拓扑——暂时(例如绕过有问题的通信链路)或者永久;
- j) 监视交换机及相连网络的状态及性能;
- k) 为网络设计收集流量统计。

### 13.2 运行和维护具体规定

#### 13.2.1 运行和维护要求

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备运行和维护要求如下:

- a) 支持本地网络管理和用户名密码认证;
- b) 应实现TELNET方式的远端O&M功能;
- c) 支持HTTPS安全远程管理方式;
- d) 支持Web方式的远端O&M功能;



e) 支持 SSH 登录方式;

f) 支持设备集中管理和第三方网管系统管理。

### 13.2.2 带外访问

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选提供带外 (OOB, Out-Of-Band) 访问。OOB 访问应提供所有带内访问的功能。带外访问应实现访问控制, 防止非授权访问。

### 13.3 简单网络管理协议-SNMP

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持 SNMPv1/v2。

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持 SNMPv3。

SNMP 管理请求向具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备任何一个接口发出时, 该操作应生效。实际的管理动作应由具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备或具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的代理完成。

### 13.4 RMON MIBS

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备可选支持 RMON 第 1、2、3、9 组, 支持 RMON MIB。

其中, 具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备应支持 RMON 第 1 组 (以太网统计数据组)、第 2 组 (历史记录控制组)、第 3 组 (以太网历史记录组)、第 4 组 (告警组) 和第 10 组 (事件组)。可以选择支持第 5 组 (主机组)、第 6 组 (前  $N$  个主机组)、第 7 组 (矩阵组)、第 8 组 (筛选组) 和第 9 组 (包捕获组)。

## 14 环境要求

### 14.1 温度、湿度条件

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的温度、湿度条件应符合 YD/T 1691-2007 中 12.1 节的要求。

### 14.2 防尘要求

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的防尘应符合 YD/T 1691-2007 中 12.2 节的要求。

### 14.3 防电磁干扰要求

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的防电磁干扰应符合 YD/T 1691-2007 中 12.3 节的要求。

### 14.4 抗电磁干扰的能力

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的抗电磁干扰的能力应符合 YD/T 1691-2007 中 12.4 节的要求。

### 14.5 防雷击能力

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的防雷击能力应符合 YD/T 1691-2007 中 12.5 节的要求。

## 15 电源与接地要求

### 15.1 电源

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的电源应符合 YD/T 1691-2007 中 13.1 节的要求。

### 15.2 接地要求

具有双栈内容交换功能的以太网交换机设备的接地应符合 YD/T 1691-2007 中 13.2 节的要求。





中 华 人 民 共 和 国  
通 信 行 业 标 准  
具有双栈内容交换功能的以太网交换机技术要求  
YD/T 2957-2015

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市丰台区成寿寺路 11 号邮电出版大厦  
邮政编码：100164  
北京康利胶印厂印刷  
版权所有 不得翻印

\*

开本：880×1230 1/16                      2016 年 2 月第 1 版  
印张：1.75                                  2016 年 2 月北京第 1 次印刷  
字数：39 千字

15115 · 897

定价：20 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492