



详细的实验室测试报告
DR120911

SMB 经管型可堆叠交换机比较
思科
D-Link
Hewlett-Packard
Netgear

2012 年 10 月 12 日

Miercom

www.miercom.com

目录

1.0 执行摘要	3
1.1 测试拓扑图	4
1.2 使用的测试设备	4
2.0 交换机说明	5
2.1 可升级性和容量	8
3.0 堆叠配置和性能	9
3.1 堆叠配置	9
3.2 堆叠吞吐量	18
3.3 堆叠故障转移	20
4.0 节能	22
5.0 性能测试	26
5.1 全网状连接吞吐量	26
5.2 MAC 表大小	28
6.0 恢复能力和安全性	29
6.1 交换机在受到攻击时的管理响应速度	29
7.0 易用性	36
7.1 思科 (SF500、SG500、SG500X 系列)	36
7.2 Netgear GSM7252PS、GSM7352S 系列	38
7.3 D-Link DGS-3120-48PC、DGS-3120-48TC 系列	39
7.4 HP 2910al 系列	40
8.0 基于拥有成本的标准定价	42
8.1 每千兆价格比较	42
8.2 每 PoE 瓦特交换机成本	43
9.0 效益	44
10.0 测试结果的适用性	45

1.0 执行摘要

总体而言，Cisco SF500 和 SG500 系列交换机全面的功能、性能、能源效率和易用性给我们留下了深刻的印象。尤其是，我们还发现思科提供的配置参数容量以及可扩展性最高，包括 VLAN、MAC、ACL 和 IP 路由。这些交换机在受到 DoS 攻击时恢复能力最强。当使用“每千兆价格”和“每 PoE 瓦特价格”的标准定价进行考量时，思科交换机也显示出更高的经济性。此外，它们在整体能耗和能源节约功能方面的效率也是最高的。本测试中涉及的思科交换机最易配置和实施，可线速转发各种大小帧的全网状连接流量而不丢包，并为 IPv6 过渡提供最广泛的支持。

本报告讨论了对面向 SMB（中小型企业）市场的网络可管理型交换机产品的测试结果。我们还专门将 Cisco SF500、SG500 和 SG500X 系列交换机与惠普、D-Link 和 Netgear 提供的同类产品功能和性能方面进行了比较和对照。

主要探讨的重点领域是交换机堆叠。为了提供简化的网络管理、可升级性、恢复能力和灵活性，交换机供应商为交换机设计了堆叠功能。可堆叠交换机应该可以通过 GUI 或 CLI 从单一位置进行配置。可堆叠交换机可以添加到现有堆叠中以提高端口密度。交换机堆叠应该是可恢复的。这与交换机集群相反，后者无法作为单个实体运作。可堆叠交换机应该既可配置到堆叠中使用，也可作为独立交换机使用。我们针对这四个重点领域进行测试，得到了四家供应商的比较结果。

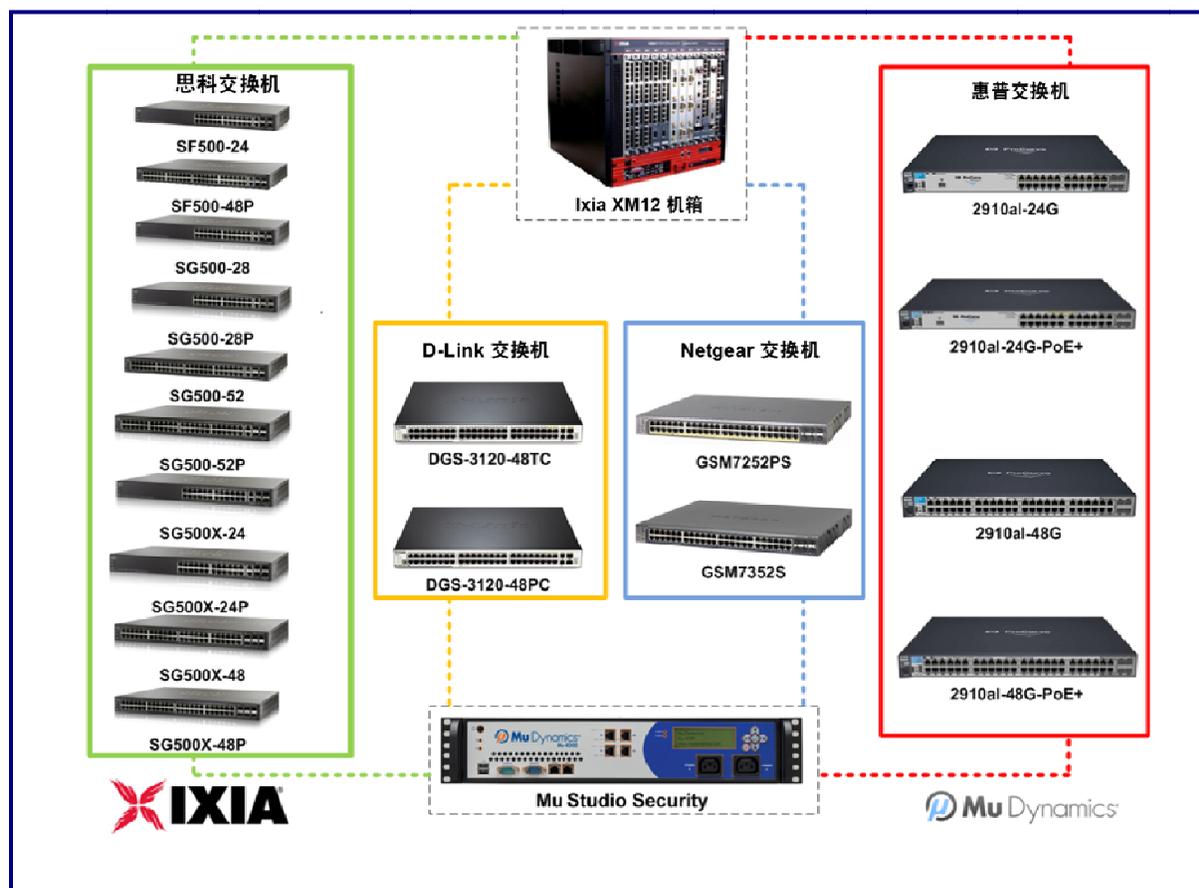
本报告由 Cisco Systems, Inc. 发起，所使用的数据完整、独立地取自 Miercom 以太网交换机行业评估报告，所有供应商均能平等参与测试方法的构建。参与这些测试的所有供应商均有机会演示其产品，更有机会积极参与行业评估，并可对实验室测试的任何测试结果提出质疑。

总之，在本分析的选定领域中，Cisco SF500 和 SG500 系列交换机在 SMB 交换机市场的同类产品中表现非常卓越。

Rob Smithers

Miercom CEO

1.1 测试拓扑图



1.2 使用的测试设备

Ixia (www.ixiacom.com) 是 IP 性能测试领域的行业领导者。现实环境流量由 Ixia 的 XM12 机箱使用测试应用（主要是用于 2-3 层交换和路由流量的 IxAutomate）生成。

Mu Studio Security (www.mudynamics.com) 提供完整的服务保证解决方案，用于确定基于 IP 的应用和服务的可靠性、可用性和安全性。Mu 解决方案高度自动化，支持无人值守的故障隔离。Mu Studio Security 可加速修复软件缺陷，提供有关任何故障的可行报告和完整数据。基于 Mu 的测试可通过各种界面进行管理，包括基于网络的高度直观的图形用户界面。通过使用基于 REST 或 XML 的 API，还可以远程控制测试，实现与 HPQC 或 STAF 等常见实验室自动化框架的集成。

2.0 交换机说明

本报告中的所有交换机均面向 SMB 市场。每台都具有不同的规格和功能，例如 24、28、48 或 52 端口；提供附加的千兆铜缆或光纤上行链路。某些交换机具有专门的堆叠端口或 SFP+ 端口用于堆叠。测试时使用了最新的固件。下面列出交换机说明以供比较。

思科（SF500、SG500、SG500X 系列）

总体而言，测试的所有思科交换机都有一定的节能功能。每台交换机都支持电量检测、短距模式，并提供禁用端口 LED 的选项。除了 SF500 系列交换机之外，其他思科交换机还支持 EEE（节能以太网）。21 页上的能效部分对这三项功能的支持情况进行了充分的讨论。

此外，SF500 和 SG500-28 系列交换机还采用无风扇设计，进一步提高了整体能效。

前面板上装有堆叠指示灯，便于快速识别堆叠成员角色。思科交换机允许在同一个堆叠中混合使用 10/100 和千兆交换机，而惠普、Netgear 和 D-Link 的同类产品则不支持这种配置。

同时支持第 2 层和第 3 层功能和流量处理。思科的 POE 机型上的所有端口都支持 POE+。

SF500 和 SG500 支持 5G 堆叠链路，SG500X 则支持 10G 堆叠链路。思科堆叠端口还可作为网络端口使用，以提供在独立模式下使用交换机的灵活性，这样便不会损失任何端口。并且还可以提供最经济的堆叠。提供 CLI 和 GUI 用于配置。

型号	产品类别	PoE 802.3at 和 802.3af	固件版本	上行链路	节能
SF500-24	10/100	否	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SF500-48P	10/100	是	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SG500-28	GbE	否	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SG500-28P	GbE	是	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SG500-52	GbE	否	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SG500-52P	GbE	是	1.2.7.76	2 条组合 GbE 2 - 1G/5G SFP	是
SG500X-24	GbE	否	1.2.7.76	4 - 10G SFP+	是
SG500X-24P	GbE	是	1.2.7.76	4 - 10G SFP+	是
SG500X-48	GbE	否	1.2.7.76	4 - 10G SFP+	是
SG500X-48P	GbE	是	1.2.7.76	4 - 10G SFP+	是

Netgear (GSM7252PS、GSM7352S 系列)

两个系列的 48 端口交换机均配备了专门的堆叠端口和两个 10G SFP+ 端口。前面板上的堆叠指示灯可以显示单元编号和堆叠成员角色。

GSM7252PS 交换机上的前八个端口支持 PoE+，其余端口支持标准 PoE。

PoE+ 端口每端口最高可提供 30 瓦功率，PoE 端口最高可提供 15.4 瓦功率。

这两个系列的交换机均不支持节能功能。

同时支持第 2 层和第 3 层功能和流量处理。

提供 CLI 和 GUI 用于配置。

型号	产品类别	PoE	固件版本	上行链路	节能
GSM7252PS	GbE	是	8.0.3.25	4 条组合 GbE 2 条 10G SFP+	否
GSM7352S	GbE	否	8.0.3.25	4 条组合 GbE 2 条 10G SFP+	否

惠普 (2910al-24G、2910al-48G 系列)

2910al 系列交换机分为 24 端口或 48 端口类型，有带 PoE 的，也有不带 PoE 的。

前面板上没有堆叠指示灯，因为这些交换机不支持传统意义上的堆叠，这与本次测试中使用的思科、Netgear 和 D-Link 交换机不同。真正的堆叠可提供统一的管理、控制和转发平面。这些惠普交换机仅对管理平面做了部分统一（所有交换机都可以通过单个 IP 地址进行访问），但“堆叠”中的每个单元均运行自己的生成树实例、SNMP 代理、RMON 代理等。并且，在惠普实施中，ARP、MAC 地址和 VLAN 表并不在整个堆叠中同步，而是由各交换机单独进行维护。在真正的堆叠中，可以在堆叠中的各单元之间实施端口镜像和链路聚合。这种配置无法在 2910al 惠普交换机中实现，而在本测试中使用的思科、Netgear 和 D-Link 交换机上可以支持。有关堆叠的更多说明，请参见第 3 部分。

同时支持第 2 层和第 3 层功能和流量处理。

这两个系列的所有交换机都不支持节能功能。

所有端口均支持 PoE。

必须通过指定要访问的 IP 地址，从 CLI 启用 GUI。

型号	产品类别	PoE	固件版本	上行链路	节能
2910al-24G	GbE	否	W.14.49	4 – 组合 10/100/1000	否
2910al-24G-PoE+	GbE	是	W.14.49	4 – 组合 10/100/1000	否
2910al-48G	GbE	否	W.14.49	4 – 组合 10/100/1000	否
2910al-48G-PoE+	GbE	是	W.14.49	4 – 组合 10/100/1000	否

D-Link (DGS-3120 系列)

两个系列的 48 端口交换机均配备了专门的堆叠端口和四条组合 GbE 上行链路。

前面板上装有堆叠指示灯，用于显示单元编号和堆叠成员角色。

同时支持第 2 层和第 3 层功能和流量处理。

提供 CLI 和 GUI 用于配置。

支持节能功能（在第 21 页上讨论）

型号	产品类别	PoE	固件版本	上行链路	节能
DGS-3120-48TC	GbE	否	R2.00.010	4 条组合 GbE	是
DGS-3120-48PC	GbE	是	R2.00.010	4 条组合 GbE	是

2.1 可升级性和容量

随着网络的迅速发展，交换机不仅采用更大的 MAC 表，而且支持更多的 VLAN 条目、ACL 规则和 IP 路由。我们针对这四种功能，比较了不同类别的交换机。容量值来自产品手册。

交换机容量

配置	型号	第 2 层		第 3 层	
		MAC 表大小	最大 VLAN 数	ACL 规则数	IP 路由数
24 端口 10/100	Cisco SF500-24	16,384	4,096	2,000	128
48 端口 10/100	Cisco SF500-48P	16,384	4,096	2,000	128
24/28 端口千兆	Cisco SG500X-24	16,384	3,000	2,000	128
	Cisco SG500X-24P	16,384	3,000	2,000	128
	Cisco SG500-28	16,384	4,096	2,000	128
	Cisco SG500-28P	16,384	4,096	2,000	128
	HP 2910al-24G	16,384	256	512	256
	HP 2910al-24G-PoE+	16,384	256	512	256
48/52 端口千兆	Cisco SG500X-48	16,384	3,000	2,000	128
	Cisco SG500X-48P	16,384	3,000	2,000	128
	Cisco SG500-52	16,384	4,096	2,000	128
	Cisco SG500-52P	16,384	4,096	2,000	128
	D-Link DGS-3120-48PC	16,384	4,000	512	512
	D-Link DGS-3120-48TC	16,384	4,000	512	512
	HP 2910al-48G	16,384	256	512	256
	HP 2910al-48G-PoE+	16,384	256	512	256
	Netgear GSM7252PS	8,192	1,024	1,024	224
	Netgear GSM7352S	8,192	4,000	1,024	480

在所有交换机中，MAC 表大小范围为 8,192 至 16,384，ACL 规则数范围为 512 至 2,000，VLAN 数范围为 256 至 4,096，IP 路由数范围为 128 至 480。

Netgear 交换机支持 8,192 个 MAC 地址，除此之外，所有其他交换机均支持 16,384 个 MAC 地址。

思科交换机具有最高的 VLAN 容量 (4,096) 和最高的 ACL 规则数 (2,000)。

Netgear 交换机最多支持 480 个 IP 路由。

3.0 堆叠配置和性能

我们测试了 SMB 可堆叠交换机在堆叠配置中的性能。具体测试方法是，在堆叠中运行部分网状连接的流量，由此确定堆叠可达到的带宽。其他测试包括配置交换机主装置，然后确认移除主装置交换机后能否保存配置。

将堆叠配置为环状时，每台交换机均可通过两个堆叠端口之一与其他交换机通信。采用环状设置可以最大限度延长正常运行时间，并且流量损失极少甚至为零。另一种堆叠配置是链状拓扑。在链状拓扑中，只有一条路径可供相邻的交换机通信。如果电缆被拔除，或者无法传输实时流量，流量传输将会终止。环状拓扑可以避免发生这种故障。如要在交换机堆叠中实现高可用性和最少的流量损失，环状拓扑必不可少。

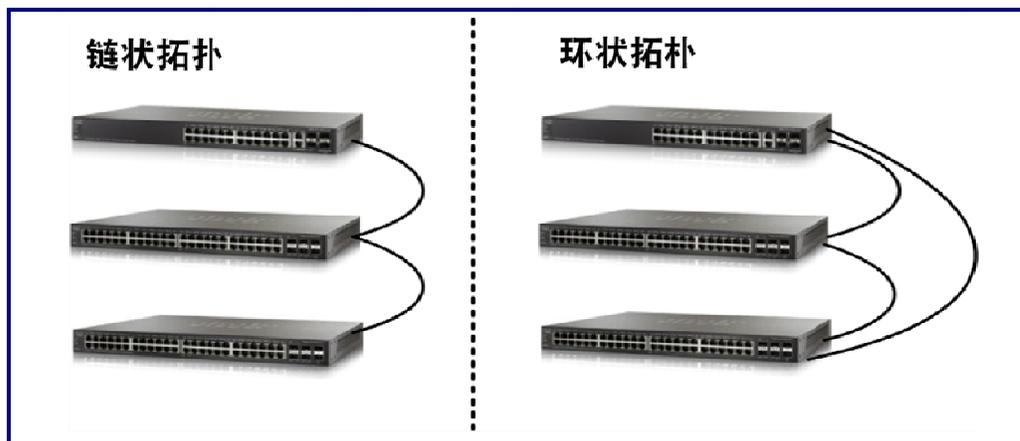
真正的堆叠架构可提供统一的管理、控制和转发平面。采用集群（对于惠普交换机，有时也称为堆叠）配置时，对管理平面做了部分统一（所有交换机都可以通过单个 IP 地址进行访问），但“堆叠”中的每个单元均运行自己的生成树实例、SNMP 代理、RMON 代理等。并且，在惠普实施中，ARP、MAC 地址和 VLAN 表并不在整个堆叠中同步，而是由各交换机单独进行维护。在真正的堆叠中，可以在堆叠中的各单元之间实施端口镜像和链路聚合。思科、Netgear 和 D-Link 交换机提供这一功能，但此功能无法在惠普交换机中实现。

3.1 堆叠配置

思科

在真正的堆叠中，堆叠是自动形成的。所需的堆叠电缆数与交换机的数量相等（配置为链状拓扑），配置为环状拓扑时，需要增加一条电缆。接通电源后，交换机将根据最低的 MAC 地址自动确定哪台交换机将作为堆栈主装置。剩下的交换机将成为第二和第三单元。当主要主装置出现故障时，第二单元将被指定为辅助主装置。用户也可手动定义主装置单元、备用单元和从单元。

链状拓扑与环状拓扑



环状拓扑是一种可恢复的堆叠配置，可通过硬件故障转移提供高可用性和最少的流量损失。集群支持软件故障转移（生成树）。

堆叠性能是测试中的一项重要指标。堆叠在配置和易用性方面的表现如何？思科堆叠允许通过 GUI 或 CLI 进行单点管理。配置可通过堆栈主装置执行，并将即时与辅助主装置同步。因此，如果辅助主装置成为主要堆栈主装置，它将包含之前的所有配置。

为了让思科堆叠能够正常工作，所有堆叠交换机都必须具有相同的软件代码。如果新增交换机的软件代码不正确，主装置会自动下载并安装正确的软件，然后重启这台交换机。

思科堆叠配置

系统模式和堆栈管理

运行状态

堆叠模式: 原生堆叠

堆叠拓扑: 环状

系统模式: 3 层

堆栈主装置: 单元 1

主装置选择状态: 自动主装置选择

管理状态

系统模式: 2 层模式 3 层模式

堆叠单元 编号	型号名称	堆栈连接 1			堆栈连接 2			重启后配置			
		端口	速度	邻居	端口	速度	邻居	堆叠单元模式	堆叠单元编号	堆叠端口	堆叠端口速度
<input checked="" type="checkbox"/>	1 SG500X-24	S1	10G	单元 3	S2	10G	单元 2	原生堆叠	自动	S1 - S2 10G 堆栈	自动
<input checked="" type="checkbox"/>	2 SG500X-24P	S1	10G	单元 1	S2	10G	单元 3	原生堆叠	自动	S1 - S2 10G 堆栈	自动
<input checked="" type="checkbox"/>	3 SG500X-24P	S1	10G	单元 2	S2	10G	单元 1	原生堆叠	自动	S1 - S2 10G 堆栈	自动

应用并重启 取消

有了思科 GUI，用户可以从主要主装置交换机进行堆叠配置。

堆叠配置选项如上所示。这些选项包括独立式堆叠或原生堆叠，以及为交换机手动分配单元编号。堆叠端口的端口速度可配置为自动、1G、5G 或 10G。

通过 VLAN 配置屏幕可以在堆叠上进行 VLAN 配置。通过在不同交换机之间切换，为 VLAN 分配端口。这一配置可以通过堆栈主装置在一个交换机 GUI 中完成。GUI、CLI 和前面板 LED 均显示堆栈主装置交换机。

为测试堆叠的恢复能力，我们在堆栈主装置上创建两个 VLAN。配置后，保存 VLAN 2 的配置。创建 VLAN 3，但不保存配置。移除堆栈主装置后，辅助主装置接替了它的角色。VLAN 2 和 VLAN 3 均得以保留。无需保存运行配置。

移除堆栈主装置后，辅助主装置立即接替了它的角色。查看 GUI 和 CLI，确认哪台交换机是主装置，哪台是辅助主装置。通过交换机的前面板还可识别交换机在堆叠中的角色，以及所分配的成员编号。

另一项有用功能是“全堆叠”设备视图，该视图提供有关端口使用情况和堆叠成员角色的数据。

“全堆叠”视图通过逐层深入式菜单选项提供端口配置变更和统计信息。

对于整个堆叠，QoS、ACL 及其他配置只需执行一次。

这次测试的 500 系列交换机的 GUI 与 Miercom 之前测试的 200 和 300 系列交换机的 GUI 相同，详情请见报告 DR120119。

Netgear

为获得最强的恢复能力和最长的正常运行时间，我们将 Netgear 交换机配置为环状拓扑。这些交换机具备专门的堆叠端口，每条堆叠链路的吞吐量最高可达 12 Gbps。移除堆栈主装置后，辅助主装置立即接替了它的角色。查看 GUI 和 CLI，确认哪台交换机是主装置，哪台是辅助主装置。通过交换机的前面板还可识别交换机在堆叠中的角色，以及所分配的成员编号。

Netgear 堆叠配置

Stack Configuration

Management Unit Selection

Management Unit Selected:

Stack Configuration

Unit ID	Switch Type	Hardware Management Preference	Admin Management Preference	Management Status	Switch Status
<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> 1	GSM7252PS	Unassigned	Preference 1	StackMember	OK
<input type="checkbox"/> 2	GSM7352Sv2	Unassigned	Preference 3	Management	OK
<input type="checkbox"/> 3	GSM7352Sv2	Unassigned	Preference 2	StackMember	OK

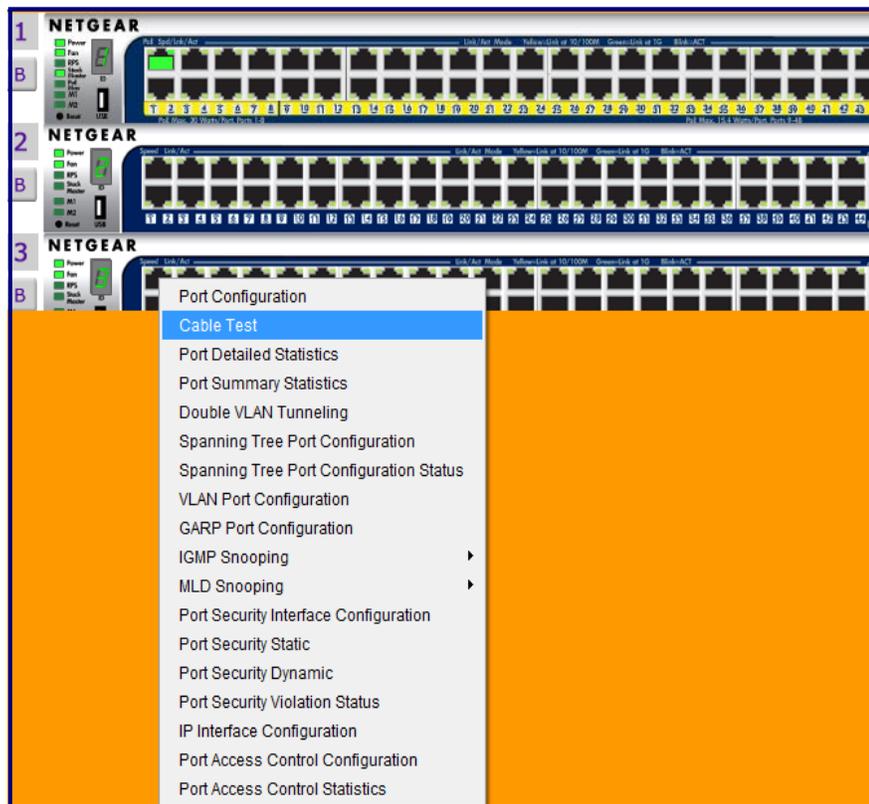
Basic Stack Status

Unit ID	Switch Description	Serial Number	Uptime	Configured Model Identifier	Plugged-in Model Identifier	Expected Code Type	Running Code Version	Code Version in Flash
1	48-Port GE L2+ Managed Stackable PoE Switch with 2 10GE SFP+ ports	2BW4195500025	0 days, 0 hours, 10 minutes, 0 secs	GSM7252PS	GSM7252PS	0x100b000	8.0.3.25	8.0.3.25
2	48-Port Gigabit Layer 3 Stackable Managed Switch with 2 10G SFP+ ports	24P3114K000DD	0 days, 0 hours, 10 minutes, 10 secs	GSM7352Sv2	GSM7352Sv2	0x100b000	8.0.3.25	8.0.3.25
3	48-Port Gigabit Layer 3 Stackable Managed Switch with 2 10G SFP+ ports	24P3084N0009F	0 days, 0 hours, 10 minutes, 7 secs	GSM7352Sv2	GSM7352Sv2	0x100b000	8.0.3.25	8.0.3.25

用户可以使用 GUI 从堆栈主装置配置所有堆叠成员。

用户可以在配置页面上对堆叠进行变更：为交换机指定不同的首选项、变更管理单元和单元 ID。此页面上还提供了其他信息，如交换机说明、序列号、正常运行时间、型号和软件版本等。另一项有用功能是“全堆叠”设备视图，该视图提供有关端口使用情况和堆叠成员角色的数据。“全堆叠”视图通过逐层深入式菜单选项提供端口配置变更和统计信息。

Netgear “全堆叠” 视图



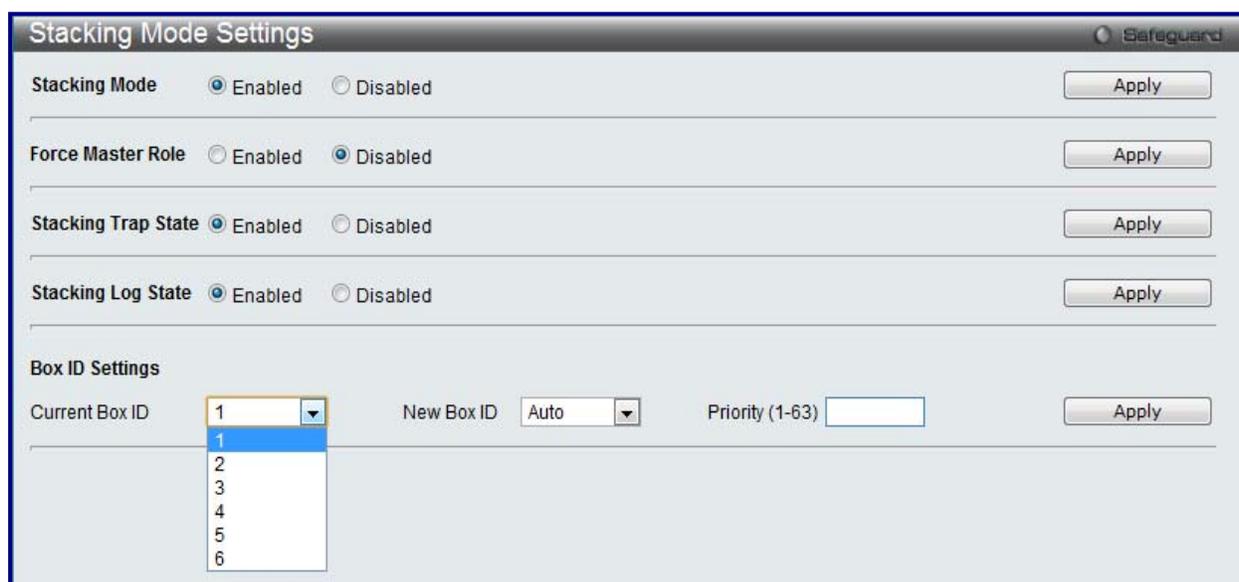
Netgear 提供“全堆叠”视图，可以查看各端口的配置变更。

为测试堆叠的恢复能力，我们在堆栈主装置上创建两个 VLAN。配置后，保存 VLAN 2 的配置。创建 VLAN 3，但不保存配置。移除堆栈主装置后，辅助主装置接替了它的角色。VLAN 2 已保存；但 VLAN 3 却在配置中丢失。为让堆叠完全同步，需要保存运行配置。

D-Link

D-Link 交换机具备专门的堆叠端口，每条堆叠链路的吞吐量最高可达 13 Gbps。堆叠通过确定最低 MAC 地址的方式自动选择主装置单元。也可以在将交换机插入堆叠之前，为交换机指定一个较高的优先级，手动将交换机配置为主装置。交换机前面板上装有显示各交换机角色的指示灯。主装置显示 ID 以及大写的 H。备用主装置显示 ID 以及小写的 h。堆叠中的其余交换机则为从单元。移除堆叠中的主要主装置后，备用主装置立即接替了它的角色。但是，在堆叠中重新连接主要主装置后，当前的主要主装置和从单元均自动重启。主要主装置成为堆栈主装置，第二单元成为备用主装置，第三单元成为从单元。

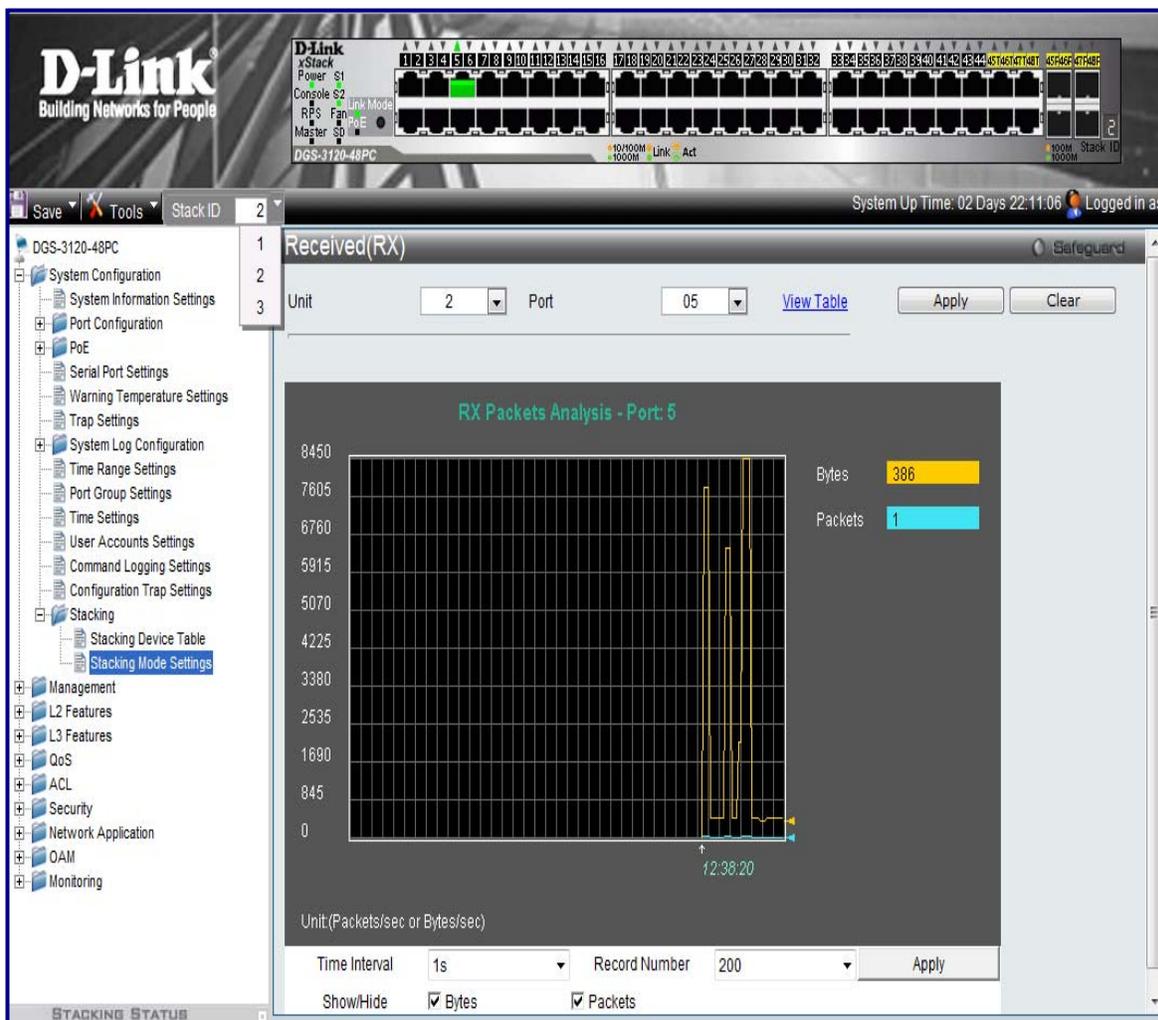
D-Link 堆叠配置



通过 D-Link GUI，用户可以进行多种堆叠配置。

在 D-Link 堆叠配置屏幕上，可以变更堆叠中交换机的优先级。用户可以配置交换机，使其在独立模式或堆叠模式下工作。可以在交换机上启用强制主装置；这种配置需要重启交换机。

D-Link 堆叠



通过 GUI，用户可以切换配置堆叠中的不同交换机。

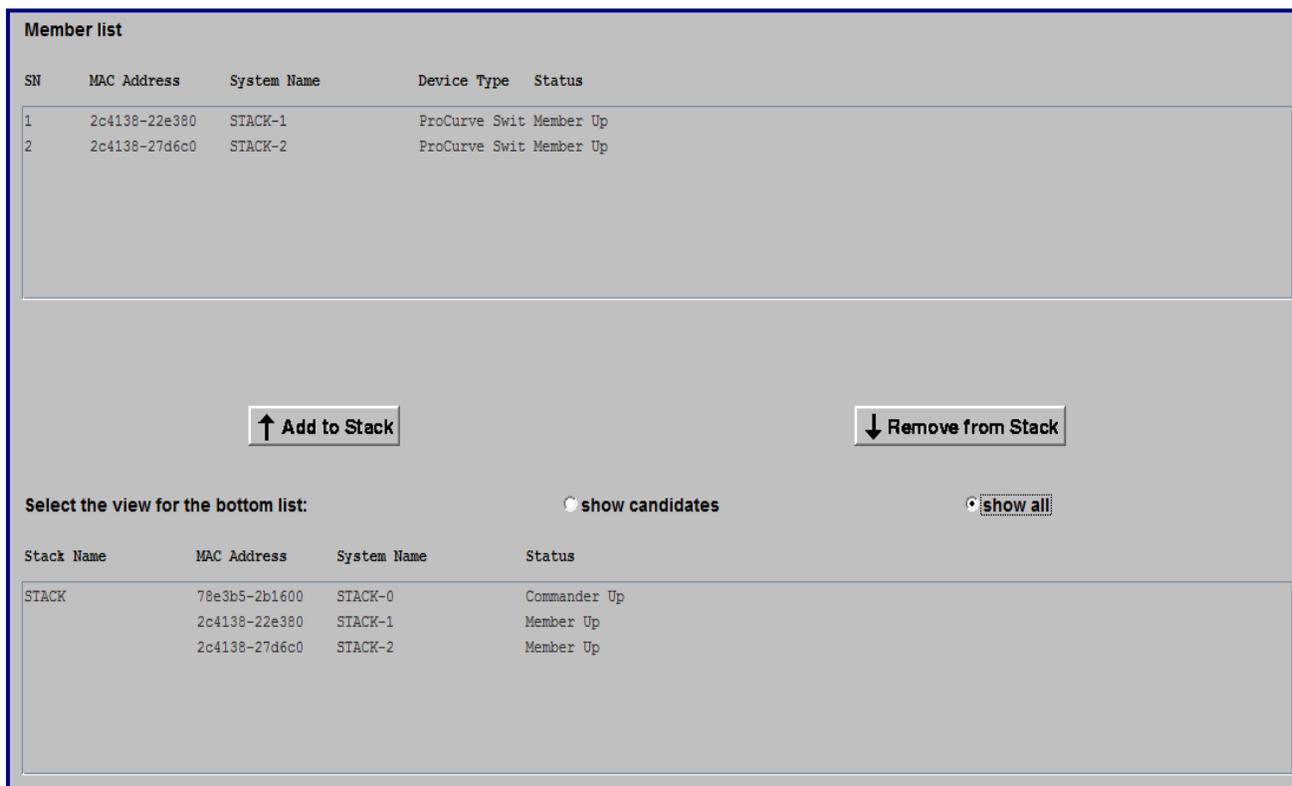
在 D-Link GUI 中，用户可以通过选择堆叠 ID 在堆叠中的不同交换机之间切换。在指定的交换机中，该页面的顶部会显示端口活动，以及该交换机在堆叠中的角色。如果端口上有活动，端口颜色将呈绿色。用户可以单击活动端口，查看端口的统计信息。

我们对 D-Link 堆叠进行了恢复能力测试，确认从堆叠中移除堆栈主装置后，能否自动保存配置。在堆栈主装置上创建一个 VLAN，并保存运行配置。创建第二个 VLAN，但不保存运行配置。然后从堆叠中移除主要主装置，辅助主装置成功接替它的角色。第二个 VLAN 得以保留，因为配置已自动在堆叠中同步。无需备份运行配置。这样可以确保从堆叠中移除主要主装置后配置不会丢失。

惠普

2910al 系列交换机具有 SFP+ 堆叠端口，可在各堆叠链路间提供 10 Gbps 的吞吐量。要使用惠普交换机创建堆叠，需要在交换机加入堆叠之前，手动配置主控交换机。默认情况下，2910al 系列交换机无法自动将某台交换机指定为堆栈主装置。堆叠中的其余交换机将作为候选交换机；候选交换机在配置到堆叠中后，将成为成员交换机。堆叠配置通过主控交换机使用 GUI 或 CLI 完成。

惠普堆叠配置



Member list

SN	MAC Address	System Name	Device Type	Status
1	2c4138-22e380	STACK-1	ProCurve Swit	Member Up
2	2c4138-27d6c0	STACK-2	ProCurve Swit	Member Up

↑ Add to Stack ↓ Remove from Stack

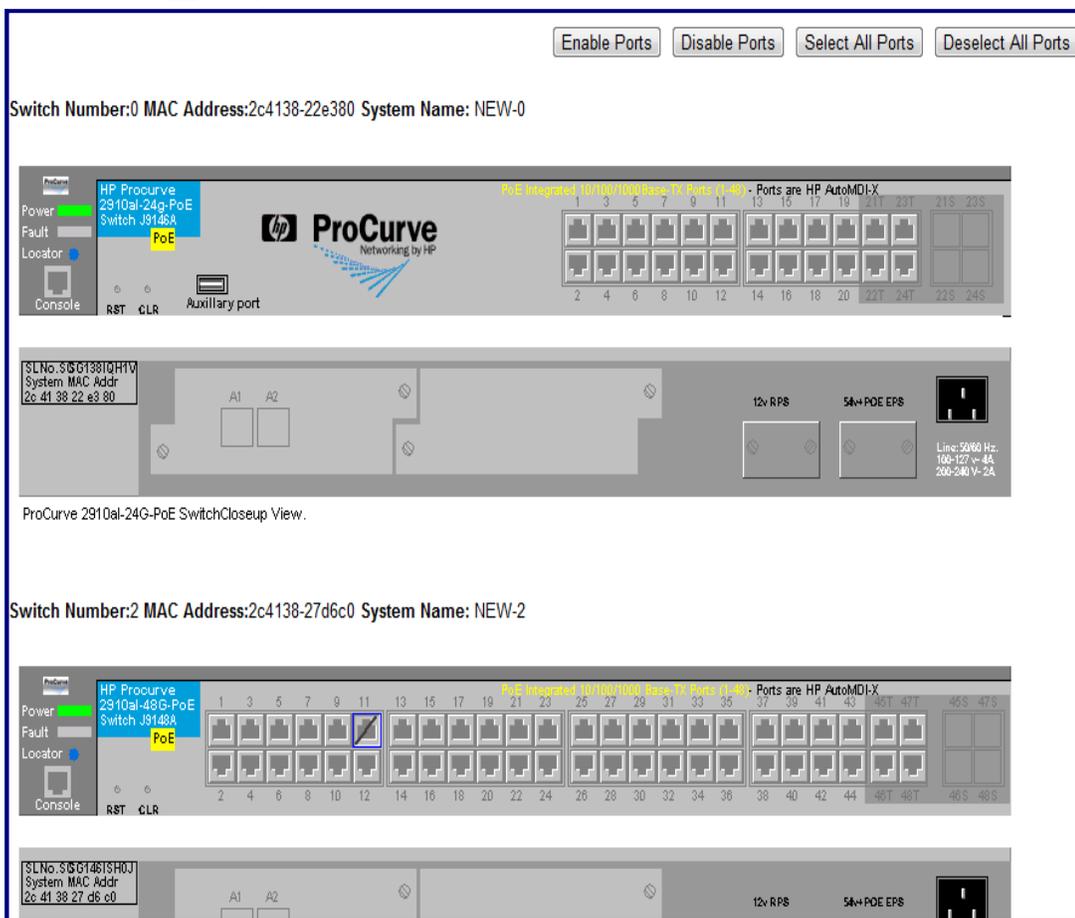
Select the view for the bottom list: show candidates show all

Stack Name	MAC Address	System Name	Status
STACK	78e3b5-2b1600	STACK-0	Commander Up
	2c4138-22e380	STACK-1	Member Up
	2c4138-27d6c0	STACK-2	Member Up

通过惠普 GUI，用户可以在堆叠中添加或移除交换机。

堆叠配置在堆叠管理页面下完成。用户可以通过堆叠主控交换机在堆叠中添加或移除交换机。尚未分配给堆叠的交换机将作为候选交换机。候选交换机在分配给堆叠后，将成为成员交换机。当主要主控交换机发生故障时，惠普堆叠中没有备用主控交换机接替它的角色。

惠普“全堆叠”视图



“全堆叠”视图显示堆叠中的所有交换机。

“全堆叠”视图屏幕显示堆叠中的所有交换机。显示的具体内容包括交换机编号、MAC 地址和系统名称。单击显示的端口上的选项，可以轻松禁用或启用端口。

交换机前面板上没有指示灯指示交换机在堆叠中的角色。只能通过查看 GUI 或 CLI 来查看交换机的状态。

惠普堆叠没有辅助主控交换机。从堆叠中移除主要主控交换机后，堆叠将无法工作。

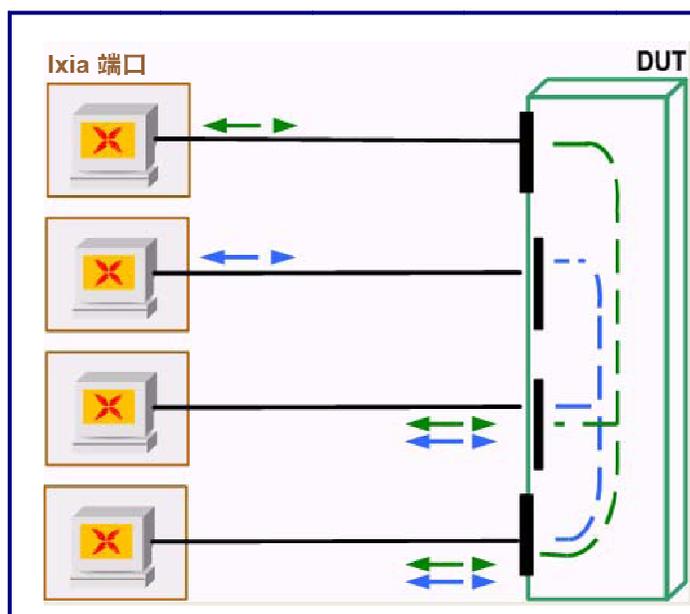
惠普堆叠中的所有端口（包括堆叠端口）必须在同一个 VLAN 中，才能在交换机之间实现流量传输。如前所述，惠普交换机作为集群（而不是真正的堆叠）运作。在真正的堆叠中，只需要将交换机端口添加到 VLAN。

还必须在每个交换机上单独配置 ACL 和 QoS，而在堆叠中，则只需配置一次。

3.2 堆叠吞吐量

我们在两台交换机上的十个端口之间运行基于 RFC 2889 部分网状连接的吞吐量测试。此测试可让一台交换机的所有端口向另一台交换机的所有端口发送流量。流量为双向传输，以便两台交换机的所有端口同时收发流量。测试采用大小为 64 到 1518 字节的数据帧，每种帧运行三十秒。测试结果为整个堆叠的吞吐量，包括帧丢失情况。

RFC 2889 部分网状连接



部分网状连接吞吐量测试是从一台交换机向另一台交换机发送双向流量

思科

Cisco SG500X 系列交换机支持 10G SFP+ 堆叠链路；堆叠中的每台交换机加载十个端口。每台交换机发送 10 Gbps（理论上的最大值）。

在部分网状连接测试中，思科交换机的吞吐量在 95.520% 到 99.609% 之间。帧丢失率为最低，原因在于所发送的是非标记 VLAN 流量。与 D-Link 和 Netgear 交换机使用专门的堆叠端口不同，思科交换机将 5G 或 10G SFP+ 上行链路用于堆叠配置。为支持堆叠协议，SFP+ 上行链路需要在帧报头中添加字段。但是，如果在 VLAN 上为交换机配置标记端口，在传输大小为 68、128、256、1024 和 1280 字节的几种帧时，堆叠的吞吐量可达到 100%。传输 1518 字节的帧时，整个堆叠的吞吐量可达到 99.872%。

启用标记后，802.1Q 标记会增加 4 字节。因此，实际测试的是 68 字节帧而非标准的 64 字节帧。

在 SG500 系列交换机上也运行了这一测试。为获得最大带宽，测试时使用了 5G 铜缆 SFP 上行链路和 5 个端口。测试结果与 SG500X 系列交换机类似，吞吐量在 95.5% 到 99.6% 之间。启用 802.1Q 标记后，使用 68 到 1280 字节的帧进行测试，吞吐量为 100%。使用 1518 字节的帧进行测试时，SG500-52 堆叠交换机的吞吐量为 99.9%，SG500-28 的吞吐量为 100%。

Netgear

测试 Netgear 堆叠时，将一台 GSM7252PS 和两台 GSM7352S 配置为一个环状堆叠。在单元 2 和单元 3 中分别加载十二个端口，并在这两个单元之间发送部分网状连接流量。每台交换机收发 12 Gbps 流量，每条堆叠链路总共传输 24 Gbps 双向流量。测试使用 64 到 1518 字节的各种帧，记录的吞吐量为 100%，没有帧丢失。

D-Link

D-Link 堆叠在全双工环状拓扑中包含一台 DGS-3120-48TC 交换机和两台 DGS-3120-48PC 交换机。传输 64 到 1518 字节的各种帧时，D-Link 堆叠中每条堆叠链路能够达到的最大吞吐量为 13 Gbps 或 26 Gbps（双向吞吐量），没有帧丢失。

惠普

测试惠普堆叠时，将 2910al-24G-PoE+、2910al-48G 和 2910al-48G-PoE+ 配置为环状拓扑。传输 64 到 1518 字节的各种帧时，堆叠的最高带宽为 10 Gbps，没有帧丢失。

3.3 堆叠故障转移

将交换机配置为环状拓扑时，如果移除一条堆叠链路，帧丢失情况将如何？此测试在发送流量的过程中将堆叠环状拓扑转变成链状拓扑。将交换机配置为环状拓扑时，每台交换机将选择最佳路径来转发流量。发送流量的交换机会选择从第一个还是第二个堆叠端口发送。

思科

在两个堆叠交换机之间传输流量时，断开一条 10G 堆叠链路。确认没有帧丢失后，重新连接这条堆叠链路。断开第二条堆叠链路后，丢失了 33,083 帧。重新连接这条链路后，没有帧丢失。断开第一条链路后没有帧丢失，是因为此端口不在转发路径中。移除第二条链路后发生了帧丢失，是因为这条链路正在转发流量。一旦交换机确定链路中断，便会将学习端口变成转发端口，然后重新转发流量。

Netgear

从 Netgear 堆叠中移除第一条链路后，丢失了 5,274,533 帧。重新连接第一条链路后，丢失了 2,470 帧。在中断和重新连接第二条链路的过程中，没有帧丢失。

D-Link

D-Link 交换机在移除第一条链路后丢失了 590,657 帧；重新插入堆叠电缆后，没有帧丢失。移除第二条堆叠链路后，丢失了 411,112 帧，重新连接电缆后没有帧丢失。这些结果与其他供应商产品的结果不同，因为两条电缆在每次拔下时都有帧丢失。D-Link 堆叠可以通过同时从两个堆叠端口发送流量来最小化每条链路的带宽。

惠普

在快速堆叠故障转移测试中，在移除和重新连接第一条链路的过程中没有帧丢失。所选链路不在生成树的转发状态（而是处于阻塞状态）。移除第二条链路后，丢了 457,911 帧。这反映了 RSTP 转变成转发状态所需的时间。重新连接后没有帧丢失。

堆叠摘要表

特性	思科	惠普	Netgear	D-Link
堆叠类型	环状/链状	集群	环状/链状	环状/链状
堆叠 LED	是	否	是	是
配置跨堆叠的 QoS、ACL、镜像、LAG	是	否	是	是
正确的 VLAN 配置自动同步	是	否	否	否
备用主装置选项	是	否	是	是
自动指定堆栈主装置	是	否	是	是
将先前的主要主装置重新连接到堆叠后能够正常工作	是	是	是	重启
需要独立的堆叠模块（额外成本）	否	否	是	是
可以在同一个堆叠中混合使用 10/100 和千兆端口	是	是	否	否
堆叠吞吐量	100%（标记 VLAN）/95% 以上（非标记）	100%	100%	100%
堆叠故障转移	丢失了 33,083 帧	丢失了 457,911 帧	丢失了 5,277,003 帧	丢失了 1,001,769 帧

4.0 节能

当前的网络设计都以消耗最少的能源，维持最佳的交换机性能和恢复能力为原则。交换机中内置节能功能，目的在于减少能耗，降低运营成本。在降低能耗的同时保持性能至关重要。为确定哪些交换机具有高能效，我们对这一功能进行了测试。此次测试的交换机中，有一部分具有节能功能，其他则不具备这种功能。思科 SMB 交换机的能耗最低，因为所有这些交换机都采用具有最高能效的组件。

禁用 EEE 时的功耗

配置	型号	功耗		
		禁用节能功能	启用节能功能	最低功耗 (基于类别)
24 端口 10/100	Cisco SF500-24	12.8	12.8	√
48 端口 10/100	Cisco SF500-48P	44.3	44.3	√
24/28 端口千兆	Cisco SG500X-24	34.3	33.7	
	Cisco SG500X-24P	54.7	53.9	
	Cisco SG500-28	22.6	22.1	√
	Cisco SG500-28P	34.7	34	
	HP 2910al-24G	60	不适用	
	HP 2910al-24G-PoE+	79.8	不适用	
48/52 端口千兆	Cisco SG500X-48	58.7	57.2	
	Cisco SG500X-48P	76.8	75.4	
	Cisco SG500-52	46.5	45	√
	Cisco SG500-52P	62.9	61.6	
	D-Link DGS-3120-48PC	65.1	63.6	
	D-Link DGS-3120-48TC	56.6	56.2	
	HP 2910al-48G	79.8	不适用	
	HP 2910al-48G-PoE+	101.4	不适用	
	Netgear GSM7252PS	107.4	不适用	
	Netgear GSM7352S	90.2	不适用	

每台交换机在启用和禁用节能功能时的能耗。“不适用”表示交换机不提供节能功能。

思科

思科交换机具有四种不同类型的节能功能：短距模式、电量检测模式、禁用端口 LED 和 EEE（节能以太网）。在短距模式下，如果电缆短于 50 米，发射功率会降低。测试时使用的是 4.26 米的电缆，因此发射功率降低了。电量检测模式可使端口进入非活动状态，以降低功率。最后，EEE 功能可以通过降低任意空闲接口的发射功率来降低端口功率，或在突发流量期间降低端口功率。

在全网状连接吞吐量测试过程中，记录先禁用后启用节能功能过程中的功耗。禁用节能功能后，思科交换机的功耗在 12.8 到 76.8 瓦之间。启用节能功能后，功耗在 12.8 到 75.4 瓦之间。总体而言，在同类产品中，思科交换机的功耗是最低的。

思科交换机在启用 EEE 时的功耗

思科支持 IEEE 802.3az EEE。在端口空闲或观察到突发流量时，降低发射功率。所测试的 D-Link、Netgear 和惠普交换机均不支持此功能。

为测试 EEE 节能功能，我们将第一个和最后一个端口连接至 Ixia XM 12 流量生成器，将其余端口蛇形连接。例如，端口 2 和 3 配置在同一个 VLAN 上，同时端口 3 通过交叉电缆连接至端口 4。交换机上的所有端口都可以看到从第一个端口进入和从最后一个端口流出的相同突发流量。此配置依据的是 2011 年出版的思科/英特尔白皮书。

Ixia 流量生成器经配置后模拟笔记本电脑/台式机用户。数据类型为链路使用率为 100% 的突发流量。每个突发流量包括 1,000 个 64 字节的数据包，突发流量的时间间隔为 96 纳秒到 110 毫秒。

启用 EEE 后的节能情况与突发流量简档

Cisco SG500-28P		
IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	34.1	0
1.4 毫秒	29.3	200
3 毫秒	27.0	295.8
5.4 毫秒	25.9	341.6
8 毫秒	25.4	362.5
12.5 毫秒	25.0	379.1
18 毫秒	24.8	387.5
28 毫秒	24.6	395.8
50 毫秒	24.5	400
100 毫秒	24.3	408.3
110 毫秒	24.3	408.3
最佳情况下的功耗节省： 9.8 瓦		

Cisco SG500-28		
IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	22.5	0
1.4 毫秒	18.0	187.5
3 毫秒	15.8	279.1
5.4 毫秒	14.7	325.0
8 毫秒	14.2	345.8
12.5 毫秒	13.8	362.5
18 毫秒	13.6	370.8
28 毫秒	13.5	375.0
50 毫秒	13.4	379.1
100 毫秒	13.3	383.3
110 毫秒	13.3	383.3
最佳情况下的功耗节省： 9.2 瓦		

Cisco SG500X-48P

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	74.4	0
1.4 毫秒	65.9	184.7
3 毫秒	62.0	269.5
5.4 毫秒	60.0	313.0
8 毫秒	59.1	332.6
12.5 毫秒	58.3	350.0
18 毫秒	58.0	356.5
28 毫秒	57.7	363.0
50 毫秒	57.4	369.5
100 毫秒	57.2	373.9
110 毫秒	57.2	373.9
最佳情况下的功耗节省： 17.2 瓦		

Cisco SG500X-48

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	58.0	0
1.4 毫秒	49.2	191.3
3 毫秒	45.0	282.6
5.4 毫秒	43.0	326.0
8 毫秒	42.1	345.6
12.5 毫秒	41.5	358.6
18 毫秒	41.1	367.3
28 毫秒	40.9	371.7
50 毫秒	40.7	376.0
100 毫秒	40.5	380.4
110 毫秒	40.4	382.6
最佳情况下的功耗节省： 17.6 瓦		

Cisco SG500-52P

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	62.4	0
1.4 毫秒	53.6	183.3
3 毫秒	49.4	270.8
5.4 毫秒	47.3	314.5
8 毫秒	46.4	333.3
12.5 毫秒	45.7	347.9
18 毫秒	45.4	354.1
28 毫秒	45.1	360.4
50 毫秒	44.8	366.6
100 毫秒	44.6	370.8
110 毫秒	44.5	372.9
最佳情况下的功耗节省： 17.9 瓦		

Cisco SG500-52

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	46.1	0
1.4 毫秒	36.3	204.1
3 毫秒	32	293.7
5.4 毫秒	29.8	339.5
8 毫秒	28.9	358.3
12.5 毫秒	28.1	375
18 毫秒	27.7	383.3
28 毫秒	27.5	387.5
50 毫秒	27.2	393.7
100 毫秒	27.1	395.8
110 毫秒	27.1	395.8
最佳情况下的功耗节省： 19 瓦		

Cisco SG500X-24P

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	53.9	0
1.4 毫秒	49.7	190.9
3 毫秒	47.9	272.7
5.4 毫秒	47.0	313.6
8 毫秒	46.5	336.3
12.5 毫秒	46.1	354.5
18 毫秒	46.0	359
28 毫秒	45.9	363.6
50 毫秒	45.8	368.1
100 毫秒	45.7	372.7
110 毫秒	45.7	372.7
最佳情况下的功耗节省： 8.2 瓦		

Cisco SG500X-24

IBG	瓦特	每端口节省的功耗 (毫瓦)
96 纳秒	35.8	0
1.4 毫秒	31.3	204.5
3 毫秒	29.3	295.4
5.4 毫秒	28.3	340.9
8 毫秒	27.8	363.6
12.5 毫秒	27.4	381.8
18 毫秒	27.2	390.9
28 毫秒	27.1	395.4
50 毫秒	27.0	400
100 毫秒	26.9	404.5
110 毫秒	26.9	404.5
最佳情况下的功耗节省： 8.9 瓦		

思科

启用 EEE 后，思科交换机具有出色的节能表现。随着突发流量的间隔时间增加，带宽使用率降低，EEE 对突发流量间空闲时间的利用效率也不断提高。我们看到 SG500-52 交换机节省的功耗达到了 19 瓦，相对于 100% 使用率的基准值，能源节省率高达 41%。

Netgear

测试的 Netgear 交换机没有任何节能功能。这些交换机的功耗范围在 90.2 到 107.4 瓦之间。

D-Link

D-Link 交换机有一些节能功能。其中之一是关闭端口上的 LED。另一项功能可以检测端口是否在使用。如果端口未使用，可以将其关闭。距离检测节能功能（也称为短距模式），可以在使用短电缆时降低发射功率。禁用节能功能后，这些交换机的功耗在 56.6 到 65.1 瓦之间。启用所有节能功能后，这些交换机的功耗在 56.2 到 63.6 瓦之间。

惠普

这些惠普交换机没有任何节能功能。这些交换机的功耗范围在 60 到 101.4 瓦之间。这些惠普交换机支持 PoE+，由于能够为端口提供更高的功率，PoE+ 会使用更多电量。

5.0 性能测试

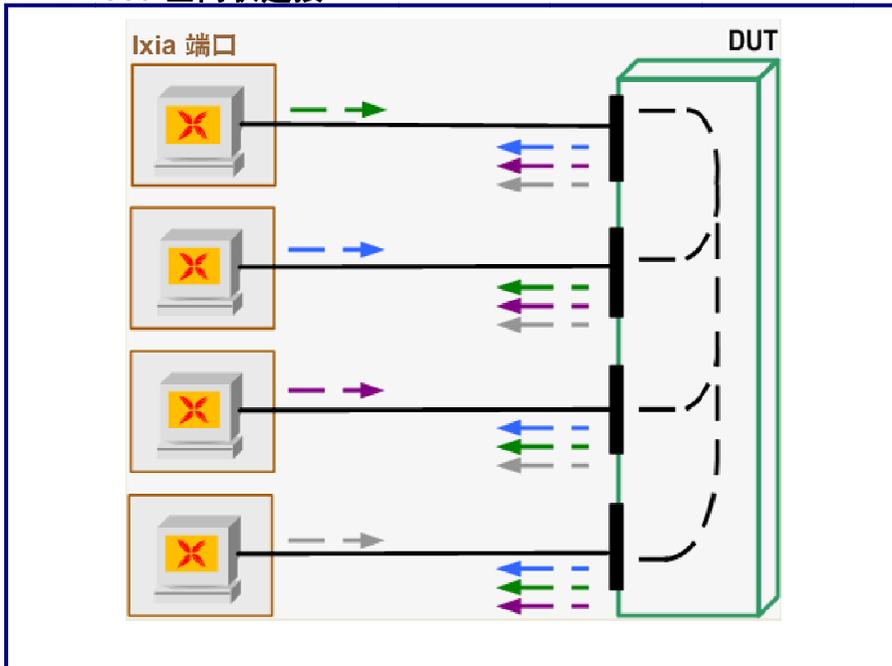
进行性能测试的目的是，确认在以线速收发流量时是否会丢帧。此外，还通过测试确认了每台交换机的 MAC 表最大容量条目数。当交换机学习 MAC 地址时，记录 CPU 使用率。

5.1 全网状连接吞吐量

全网状连接吞吐量测试是在验证交叉处理器吞吐量的同时，记录帧丢失情况。如下图所示，流量生成器上的每个端口向 DUT 发送流量的同时，也从其他端口接收流量。

将交换机按相似类别分组，确保能够对同类交换机公平地进行测试和比较。

RFC 2889 全网状连接



RFC 2889 全网状连接测试，显示负载生成器与被测试设备间的流量传输情况。

吞吐量 and 帧丢失

千兆非 PoE		端口数	吞吐量			帧丢失		
			64	512	1518	64	512	1518
思科	SG500-28	28	151134	190906	195784	0	0	0
	SG500-52	52	290643	367128	376507	0	0	0
	SG500X-24	24	139508	176221	180724	0	0	0
	SG500X-48	48	279017	352443	361446	0	0	0
D-Link	DGS-3120-48TC	48	279017	352443	361446	0	0	0
惠普	2910a1-24G	24	139508	176221	180724	0	0	0
	2910a1-48G	48	279017	352443	361446	0	0	0
Netgear	GSM7352S	48	279017	352443	361446	0	0	0
千兆 PoE		端口数	吞吐量			帧丢失		
			64	512	1518	64	512	1518
思科	SG500-28P	28	151134	190906	195784	0	0	0
	SG500-52P	52	290643	367128	376507	0	0	0
	SG500X-24P	24	139508	176221	180724	0	0	0
	SG500X-48P	48	279017	352443	361446	0	0	0
D-Link	DGS-3120-48PC	48	279017	352443	361446	0	0	0
惠普	2910a1-24G-PoE	24	139508	176221	180724	0	0	0
	2910a1-48G-PoE	48	279017	352443	361446	0	0	0
Netgear	GSM7252PS	48	279017	352443	361446	0	0	0
10/100 非 PoE		端口数	吞吐量			帧丢失		
			64	512	1518	64	512	1518
思科	SF500-24	24	13950	17622	18072	0	0	0
10/100 PoE		端口数	吞吐量			帧丢失		
			64	512	1518	64	512	1518
思科	SF500-48P	48	27901	35243	36144	0	0	0

所有测试交换机均以线速运行，没有帧丢失。

全网状连接吞吐量的测试结果显示测试的任何交换机都没有帧丢失。

每台交换机均以线速运行，不论帧大小均没有帧丢失。Cisco SG-500-52P 是所有测试产品中吞吐量最高的。

5.2 MAC 表大小

通过记录已学习的最大 MAC 表容量，验证交换机学习 MAC 地址的能力。我们还记录了交换机学习到最大 MAC 表容量时的 CPU 使用率。

通过向交换机发送随机 MAC 地址，并在 GUI 或 CLI 中查看表大小，验证该表的大小。记录交换机学习 MAC 地址时的 CPU 使用率。CPU 使用率反映了交换机处理器在构建 MAC 表时的效率。

思科、惠普和 D-Link 交换机的规定 MAC 地址表容量为 16,384 个条目，Netgear 交换机的规定 MAC 地址表容量为 8,192 个条目。在各种学习速率下，所有交换机都将 MAC 表构建到了最大容量，只有惠普和 Netgear 交换机稍有不足。您可以在下表中查看具体数字。

总体而言，这些交换机都维持了较低的 CPU 使用率。思科交换机的 CPU 使用率最低，仅为 6%，D-Link 最高，达到了 56%。原因在于，空闲时 D-Link 交换机的 CPU 使用率为 16%。而所有其他交换机在空闲时的 CPU 使用率只有 0% 到 8%。CPU 使用率过高会影响执行其他 CPU 密集型任务（如路由、管理和 DoS 防护）的其他资源的性能。

思科、D-Link 和 Netgear 交换机可通过 GUI 来确认 MAC 表大小。惠普交换机则通过 CLI 来获取 MAC 表大小。

MAC 地址表大小和 CPU 使用率

配置	型号	产品手册值	观察到的表大小	学习时的 CPU 使用率
思科	SF500-24	16,384	16,384	13%
	SF500-48P	16,384	16,384	20%
	SG500-28	16,384	16,384	13%
	SG500-28P	16,384	16,384	11%
	SG500-52	16,384	16,384	10%
	SG500-52P	16,384	16,384	26%
	SG500X-24	16,384	16,384	6%
	SG500X-24P	16,384	16,384	24%
	SG500X-48	16,384	16,384	10%
	SG500X-48P	16,384	16,384	12%
惠普	2910al-24G	16,384	16,296	16%
	2910al-24G-PoE+	16,384	16,363	16%
	2910al-48G	16,384	16,363	8%
	2910al-48G-PoE+	16,384	16,356	11%
D-Link	DGS-3120-48PC	16,384	16,384	53%
	DGS-3120-48TC	16,384	16,384	56%
Netgear	GSM7252PS	8,192	8,190	20%
	GSM7352S	8,192	8,190	15%

除惠普和 Netgear 交换机之外，所有交换机均达到了其规定的最大 MAC 表大小。

6.0 恢复能力和安全性

通过 Mu Studio Security 工具测试每台交换机的恢复能力和安全性。在每台交换机上运行各种协议突变和 DoS 攻击，检验 GUI 是否受影响，测量攻击过程中的 CPU 使用率。部分测试攻击无法运行，原因是交换机正确阻止了流量。这些攻击在表格的“故障”列中标记为“不适用”，因为攻击工具在检测过程中得不到回应。“正常运行”表示测试过程中 DUT 未引起错误。所有具体错误都如是注明。

6.1 交换机在受到攻击时的管理响应速度

测试交换机受到协议突变和 DoS 攻击时，交换机上的 Web GUI 的性能。此测试可验证交换机在抵御 CPU 攻击时保持可管理性方面的能力。如果 GUI 的响应速度表现出明显的降低或缺乏，则表明 DoS 防护功能效果不佳，交换机功能受到了负面影响。思科是唯一一家在这次测试中通过所有测试，并且没有出现故障的供应商。

Cisco SF500-48P

Cisco SF500-48P	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	5.40%	正常运行	无故障	465 个突变	ARP 消息
DHCP	6.20%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	11.10%	正常运行	无故障	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	17.12%	正常运行	无故障	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	10.21%	正常运行	无故障	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	17.80%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	10.06%	正常运行	无故障	3,417 个突变	握手消息
UDP	5.72%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	9.72%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	9.30%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	6.00%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	15.83%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	5.00%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	4.50%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	11.46%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	12.60%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

Cisco SG500X-48

Cisco SG500X-48	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	2.57%	正常运行	无故障	465 个突变	ARP 消息
DHCP	6.85%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	5.20%	正常运行	无故障	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	16.50%	正常运行	无故障	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	6.42%	正常运行	无故障	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	9.83%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	6.66%	正常运行	无故障	3,417 个突变	握手消息
UDP	4.88%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	4.87%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	6.30%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	6.35%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	8.90%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	3.00%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	3.00%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	8.38%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	9.77%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

Cisco SG500-52P

Cisco SG500-52P	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	4.27%	正常运行	无故障	465 个突变	ARP 消息
DHCP	7.07%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	13.50%	正常运行	无故障	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	18.66%	正常运行	无故障	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	14.66%	正常运行	无故障	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	8.63%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	11.70%	正常运行	无故障	3,417 个突变	握手消息
UDP	7.50%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	8.50%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	11.27%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	6.23%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	7.20%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	7.75%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	7.22%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	6.63%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	10.33%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

Netgear GSM7252PS

Netgear GSM7252PS	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	无法运行*	不适用	不适用	465 个突变	ARP 消息
DHCP	4.35%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	6.50%	正常运行	无故障	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	不准确**	部分不可用	75, 高故障率	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	6.12%	部分不可用	无故障	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	5.02%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	不适用	无法正常工作	不适用	3,417 个突变	握手消息
UDP	4.29%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	3.30%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	3.63%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	3.58%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

*测试无法运行，因为交换机不接受 ARP 消息。

**GUI 中的 CPU 使用率输出显示不正确，导致 CPU 的读数不准确。

在 ICMPv6 协议突变测试中，部分测试项目运行时无法使用 GUI。IPv4 协议突变测试同样导致 GUI 在运行部分测试项目时无法使用。TCP 协议突变测试的整个过程都无法使用 GUI。ICMP、Large Ping、TCP SYN FIN、TCP SYN 和 IPv6 UDP 泛洪导致 GUI 无法使用。

Netgear GSM7352S

Netgear GSM7352S	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	无法运行*	不适用	不适用	465 个突变	ARP 消息
DHCP	4.41%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	4.99%	正常运行	无故障	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	不准确**	部分不可用	75, 高故障率	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	6.13%	部分不可用	无故障	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	7.46%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	不适用	无法正常工作	不适用	3,417 个突变	握手消息
UDP	4.02%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	3.93%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	3.43%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	3.40%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

*测试无法运行，因为交换机不接受 ARP 消息。

**GUI 中的 CPU 使用率输出显示不正确，导致 CPU 的读数不准确。

在 ICMPv6 协议突变测试中，部分测试项目运行时无法使用 GUI。IPv4 协议突变测试同样导致 GUI 在运行部分测试项目时无法使用。TCP 协议突变测试的整个过程都无法使用 GUI。ICMP、Large Ping、TCP SYN FIN、TCP SYN 和 IPv6 UDP 泛洪导致 GUI 无法使用。

在 ICMPv6 测试过程中，GUI 中的 CPU 读数显示不正确。在测试过程中，不再显示 5 分钟的平均 CPU 使用率，也不再显示攻击之前显示的流程。“平均 CPU 使用率”还显示 CPU 使用率为 0%。

D-Link (DGS-3120 系列)

D-Link DGS-3120-48TC	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	16%	正常运行	无故障	465 个突变	ARP 消息
DHCP	16%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	24% - GUI 可用时	部分可用*	不适用	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	22%	部分可用*	不适用	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	23%	部分可用*	不适用	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	19%	部分可用*	不适用	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	22%	正常运行	无故障	3,417 个突变	握手消息
UDP	17%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	不适用	无法正常工作*	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	92.00%	有些缓慢	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	90.00%	有些缓慢	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

*无法完成测试。需要重启交换机才能访问 GUI。

在 ICMPv4、ICMPv6、IPv4 和 IPv6 协议突变测试过程中，GUI 在部分情况下可用。CPU 平均使用率在 19% 到 24% 之间。GUI 在运行 IPv6 TCP 探索、IPv6 TCP SYN 和 FIN 攻击时可用，CPU 使用率高达 92%，GUI 的显示有些缓慢。

HP 2910al 系列

HP 2910al-24G	平均 CPU 使用率	GUI	故障	突变数量或攻击持续时间	备注
ARP	4.00%	正常运行	无故障	465 个突变	ARP 消息
DHCP	4.50%	正常运行	无故障	11,843 个突变	INFORM 消息
ICMPv4	7.00%	正常运行	无法运行	42,981 个突变	回应请求、分段回应请求
ICMPv6	4.00%	正常运行	2, 高故障率	11,787 个突变	无法到达目的地消息、回应请求消息、邻居通告消息、邻居请求消息、数据包过大消息、参数问题消息、路由器通告消息
IPv4	4.00%	正常运行	1, 低故障率	31,129 个突变	IPv4 数据报、分段数据报
IPv6	4.00%	正常运行	无故障	16,352 个突变	IPv6 数据报、IPv6 分段
TCP	4.50%	正常运行	无故障	3,417 个突变	握手消息
UDP	4.00%	正常运行	无故障	6,411 个突变	IPv4 数据报
ICMP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
Large Ping 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	ICMPv4 回应请求
TCP SYN FIN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN FIN 泛洪
TCP SYN 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 TCP 探索	3.00%	正常运行	不适用	持续 5 分钟	TCP 探索泛洪
IPv6 TCP SYN 和 FIN	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 和 FIN 泛洪
IPv6 TCP SYN 泛洪	4.00%	部分可用	不适用	持续 5 分钟	TCP SYN 泛洪
IPv6 UDP 泛洪	不适用	无法正常工作	不适用	持续 5 分钟	UDP 泛洪

2910al-24G 在协议突发测试中保持正常运行。但在 DoS 攻击测试中，GUI 仅在 IPv6 TCP 探索和 IPv6 TCP SYN 泛洪攻击下能正常运行。

7.0 易用性

SMB 交换机应该提供 GUI 便于轻松更改配置。GUI 应该提供贴切的命名、容易理解的标题，以使用户轻松使用各个配置选项。

所有交换机均有 Web GUI，可提供管理和监控功能。下面我们将讨论各种网络界面之间的区别，以及比较之下的易用性。我们还将讨论有关各供应商 GUI 使用率的详情。

7.1 思科（SF500、SG500、SG500X 系列）

思科系列交换机具有整洁有序的 Web GUI。菜单栏中包含了所有必要功能，可轻松确定配置类别。下面的屏幕截图为登录后显示的“使用入门”屏幕。

思科“使用入门”屏幕



显示配置设置的菜单选项的思科 Web GUI。

所有思科交换机都采用相同的界面设计。思科交换机提供德语、法语、西班牙语、意大利语、中文和英语 GUI 配置界面。思科还提供搜索表，供用户在堆叠中搜索 MAC 地址和组地址等项目。

“使用入门”页面上提供了首次使用时所需的快速配置选项。通过“使用入门”页面，可以轻松创建新 VLAN 或更改 IP 地址。完成所有配置后，可以禁用“使用入门”屏幕。这时将显示状态和统计信息页面，显示系统说明、固件版本和其他数据。

思科交换机系列支持基于 IPv4、IPv6 和 MAC 的 ACL。ACL 配置选项很容易在“访问控制”选项卡下找到。为了简化配置，思科采用流程化处理，如将 ACE 连接到与端口绑定关联的 ACL。还将策略映射连接到类映射。通过选择“添加”选项并命名 ACL 规则，可以轻松创建基于 IP 和 MAC 的 ACL。在基于 IPv4 的 ACE、基于 IPv6 的 ACE 或基于 MAC 的 ACE 下，将特定规则应用到 ACL，以实现拒绝、允许或关机。可以通过 GUI 添加、移除或更新 ACL 规则。也可以在 CLI 中进行 ACL 配置。

在 GUI 上的“VLAN 管理”下也提供了 VLAN 配置选项。用户可以通过 VLAN 选项创建 VLAN 和端口分配。通过 VLAN 端口，可以对端口进行标记、取消标记、排除或禁止。

另一个有用的菜单选项是端口 VLAN 成员页面，该页面提供分配给 VLAN 的端口的快速概览。思科 CLI 中也提供 VLAN 配置选项。

总体而言，思科 GUI 很容易浏览，十分便于查找和执行配置更改。

7.2 Netgear GSM7252PS、GSM7352S 系列

GSM7252PS 和 GSM7352S 系列交换机采用相同的 GUI 设计。浏览 GUI 非常简单，很容易找到配置选项。功能都带有贴切的标签，便于用户找到特定的配置区域。

Netgear “System Information” 页

The screenshot displays the Netgear System Information page. The top navigation bar includes tabs for System, Switching, Routing, QoS, Security, Monitoring, Maintenance, Help, and Index. The left sidebar shows a tree view with System Information selected. The main content area is titled "System Information" and contains two sections: "Switch Status" and "FAN Status".

Switch Status

Product Name	GSM7352Sv2 - 48-Port Gigabit Layer 3 Stackable Managed Switch with 2 10G SFP+ ports
System Name	<input type="text"/>
System Location	<input type="text"/>
System Contact	<input type="text"/>
Login Timeout	<input type="text" value="5"/> (0 to 160) mins
IPv4 Network Interface	169.254.100.100/255.255.0.0
IPv6 Network Interface	FE80::C63D:C7FF:FE90:57DB/64
IPv4 Loopback Interface	
IPv6 Loopback Interface	
System Date	JAN 01 00:02:14 1970 (UTC+0:00)
System Up Time	0 days 0 hours 2 mins 14 secs
System SNMP OID	1.3.6.1.4.1.4526.100.1.14
System MAC Address	C4:3D:C7:90:57:DB
Supported Java Plugin Version	1.6

FAN Status

Unit ID	1	2	3	4	5	6	7	8
Fan1/PWR		OK						
Fan2/CPU		OK						
Fan3/SYS		OK						
Fan4		NA						

“System Information” 页中提供了 Netgear 交换机的基本信息。

ACL 页面很容易在 “Security” 选项卡下找到。Netgear 交换机支持 IPv4、IPv6 和基于 MAC 的 ACL。通过在 IPv4、IPv6 或 MAC 配置页中添加 ACL，然后将允许或拒绝规则指定给 IP 或 MAC 地址，可以轻松创建 ACL 规则。在 Netgear 的 CLI 中也可以创建 ACL 规则。

在 Netgear GUI 中的 “Switching” 选项卡下也可以配置 VLAN。用户可以将端口分配给 VLAN，然后标记或取消标记端口。此外，Netgear 还支持 VLAN 状态页，提供哪些端口分配给哪些 VLAN 的概览。在 Netgear 的 CLI 中也可以配置 VLAN。

总体而言，该 GUI 的布局非常用户友好，十分便于查找功能配置选项。

7.3 D-Link DGS-3120-48PC、DGS-3120-48TC 系列

这两个系列的 D-Link 交换机支持相同的 GUI 设计。侧面的菜单栏带有贴切的标签，便于用户找到特定的配置区域。顶部的交换机图片是一项很棒的新增功能，它会显示哪些端口正在使用；但它只显示堆栈主装置单元，这可能会引起混淆。可以单击正在使用的端口查看更多端口统计信息。

D-Link “Device Information” 页面

The screenshot shows the D-Link GUI for a DGS-3120-48PC switch. The top header includes the D-Link logo and the slogan 'Building Networks for People'. Below the logo is a navigation menu with categories like System Configuration, Management, L2 Features, L3 Features, QoS, ACL, Security, Network Application, OAM, and Monitoring. The main content area is titled 'Device Information' and contains the following data:

Device Information			
Device Type	DGS-3120-48PC Gigabit Ethernet Switch	MAC Address	14-D6-4D-D3-3D-28
System Name		IP Address	10.90.90.90 (Static)
System Location		Mask	255.0.0.0
System Contact		Gateway	0.0.0.0
Boot PROM Version	Build 2.00.003	Management VLAN	default
Firmware Version	Build 2.00.010	Login Timeout (min)	10
Hardware Version	A1	System Time	07/04/2000 20:55:06 (System Clock)
Serial Number	PVYM1B5000...	Firmware Type	EI

Device Status and Quick Configurations			
SNTP	Disabled	Spanning Tree	Disabled
Jumbo Frame	Disabled	SNMP	Disabled
MLD Snooping	Disabled	Safeguard Engine	Disabled
IGMP Snooping	Disabled	System Log	Disabled
MAC Notification	Disabled	SSL	Disabled
802.1X	Disabled	GVRP	Disabled
SSH	Disabled	Password Encryption	Disabled
Port Mirror	Disabled	Telnet	Enabled (TCP 23)
Single IP Management	Disabled	Web	Enabled (TCP 80)
CLI Paging	Enabled	VLAN Trunk	Disabled
HOL Blocking Prevention	Enabled		
DHCP Relay	Disabled		

D-Link “Device Information” 页面提供系统统计信息的快速概览。

ACL 配置选项很容易在侧面菜单栏中的“ACL”下找到。D-Link 支持 ACL 配置向导，这有助于用户创建基于 IPv4、IPv6 和 MAC 的 ACL。这也是一个手动的 ACL 配置页面。D-Link 交换机还支持在 CLI 中进行 ACL 配置。

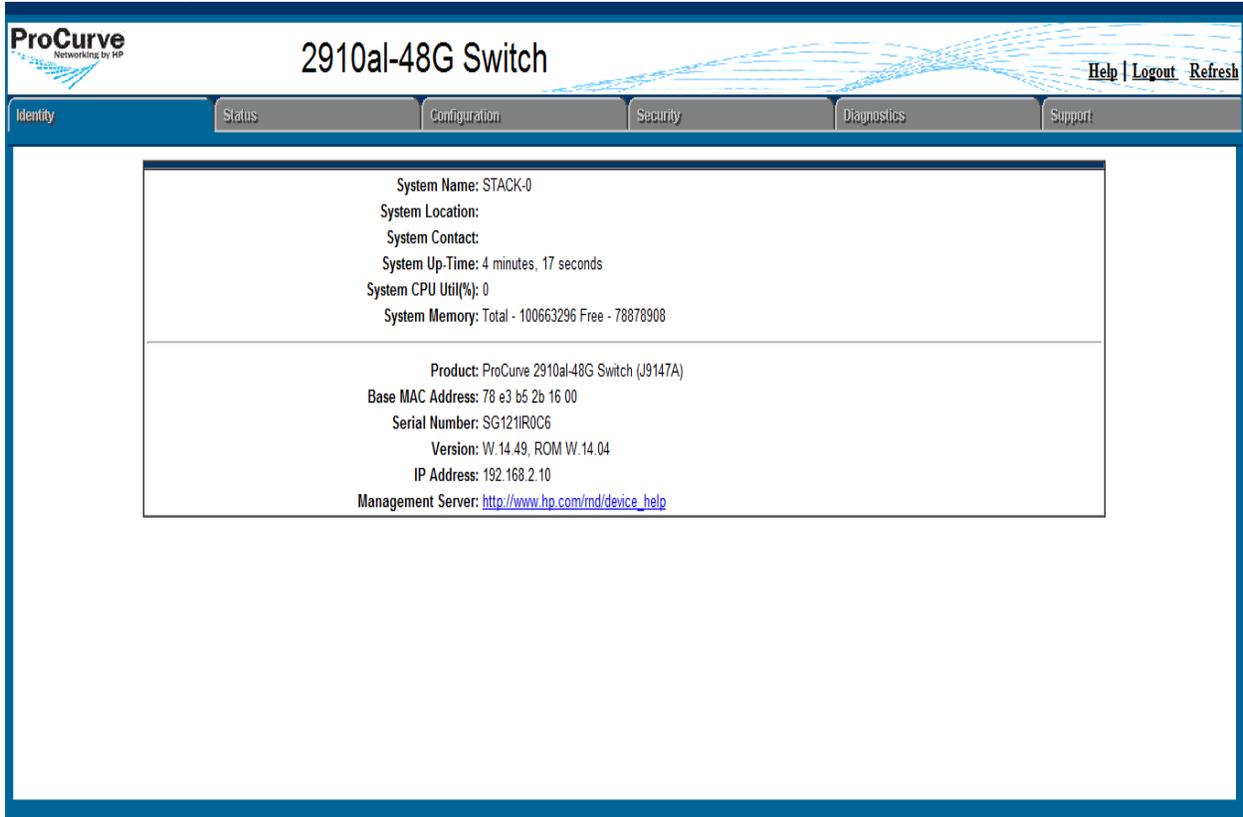
VLAN 配置同样可以在 GUI 下进行，相关配置选项很容易在侧面菜单栏中的“L2 Features”下找到。在 VLAN 设置页中，可以添加、删除或编辑 VLAN。用户可以将端口分配给 VLAN，然后标记或取消标记端口。CLI 也可用于更改 VLAN 配置。

总体而言，D-Link GUI 为侧面菜单栏中的选项设计了贴切的标签，便于用户查找和配置特定的标准。

7.4 HP 2910al 系列

2910al 系列交换机采用相同的 GUI 设计。该 GUI 在配置页面顶部设计了选项卡。该 GUI 非常易于浏览，但功能没有其他交换机的 GUI 丰富。CLI 中提供了配置功能。

惠普 “Identity” 屏幕



惠普 “Identity” 屏幕显示系统的基本信息。

该 GUI 中支持 “Authorized Addresses” 安全性功能。“Authorized Addresses” 功能仅允许指定的 IP 地址访问交换机 GUI 和执行特定任务。用户可以通过 GUI 或 CLI 配置 VLAN。用户可以添加、移除或编辑 VLAN。用户可以将端口添加到 VLAN，然后配置端口以传输标记或非标记流量。

惠普 GUI 不能用于配置 ACL。这些配置须通过 CLI 完成。对于惠普交换机，ACL 和 QoS 配置必须在每台交换机上单独设置。不能在单台交换机上配置一个 ACL，然后应用于堆叠中的所有单元。原因在于它是集群，并非真正的堆叠。

此外，每台惠普交换机都有自己的生成树配置、SNMP 代理配置和 RMON 代理配置。这也是因为它为集群的缘故。在真正的堆叠中，一个配置可应用于整个堆叠。

易用性摘要

特性	思科	惠普	NetGear	D-Link
测试的所有机型均采用一致的用户界面设计	是	是	是	是
所有交换机类别均采用一致的用户界面	是	否	否	否
ACL 的 GUI 配置	是	否	是	是
将整个堆叠配置为单个实体	是	否	是	是
多种本地语言配置	是	否	否	否
用于搜索 MAC/组地址的搜索表	是	否	否	否
GUI 中的配置处理流程	是	否	否	否

8.0 基于拥有成本的标准定价

拥有成本以“每千兆价格”和“每 PoE 瓦特交换机成本”为基础，使用已公布的市场价格、千兆吞吐量和为 PoE 分配的功率进行计算。通过计算这些值，可以根据成本确定交换机价格。

我们将交换机按相似的类别进行分组，以便进行公平的比较。下图显示了 18 台交换机的每千兆价格。每千兆价格越低越好。

8.1 每千兆价格比较

千兆非 PoE		端口数	每千兆价格
思科	SG500-28	28	\$3.77
	SG500-52	52	\$3.70
	SG500X-24	24	\$8.00
	SG500X-48	48	\$6.09
D-Link	DGS-3120-48TC	48	\$4.60
惠普	2910al-24G	24	\$11.44
	2910al-48G	48	\$8.16
Netgear	GSM7352S	48	\$8.94
千兆 PoE		端口数	每千兆价格
思科	SG500-28P	28	\$5.10
	SG500-52P	52	\$5.53
	SG500X-24P	24	\$9.75
	SG500X-48P	48	\$9.31
D-Link	DGS-3120-48PC	48	\$7.27
惠普	2910al-24G-PoE	24	\$8.16
	2910al-48G-PoE	48	\$10.49
Netgear	GSM7252PS	48	\$9.36
10/100 非 PoE		端口数	每千兆价格
思科	SF500-24	24	\$22.87
10/100 PoE		端口数	每千兆价格
思科	SF500-48P	48	\$39.58

交换机每千兆的成本在 3.70 到 39.58 美元之间。

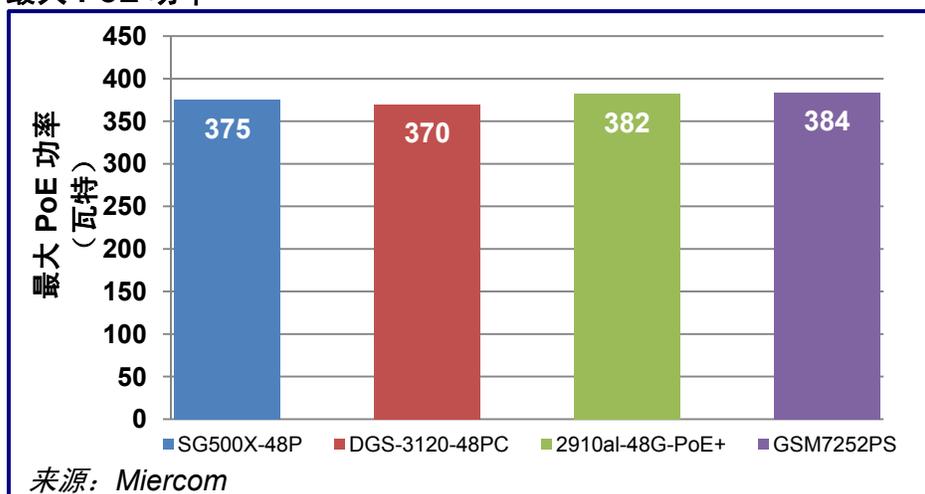
思科交换机的每千兆价格最低。

8.2 每 PoE 瓦特交换机成本

每 PoE 瓦特交换机成本使用产品手册中的 PoE 功率和已公布的市场价格进行计算。为得到数字值，我们用交换机成本除以 PoE 预算（分配给 PoE 使用的瓦特数）。可以使用的 PoE 功率越大，交换机价格就越高。

我们选择 48 和 52 端口的交换机在一起进行比较。该比较中并未包含 24 端口交换机，因为这类交换机输出到 PoE 端口的功率没有 48 端口和 52 端口交换机大。

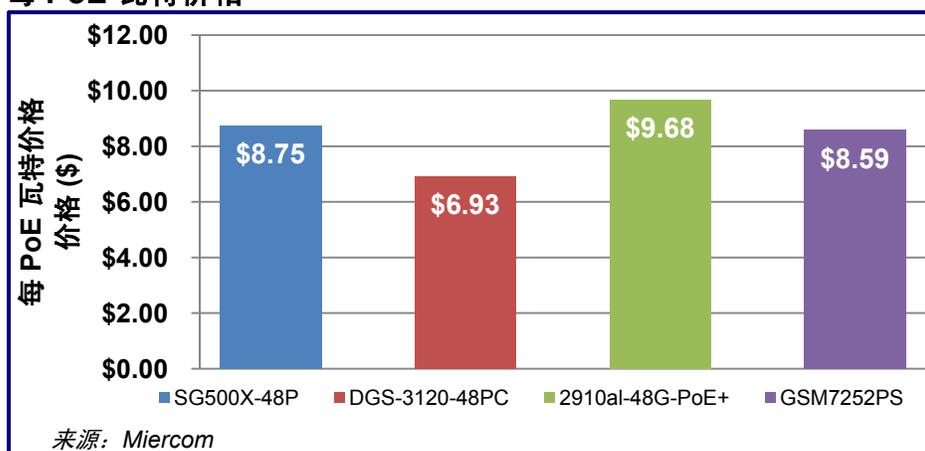
最大 PoE 功率



各个交换机在所有端口间提供的最大 PoE 功率。

为 PoE 提供的最大功率来自交换机供应商提供的产品手册。此数值用于计算交换机每 PoE 瓦特的成本。此成本价格不包括任何功耗成本。

每 PoE 瓦特价格



D-Link 交换机具有最低的每 PoE 瓦特价格，为 6.93 美元。

9.0 效益

在这次堆叠评测期间，我们收集了一些有趣的数据。总体而言，思科交换机的性能等于或优于其他交换机。思科交换机还在同类产品中具有最低的功耗。尽管惠普交换机在 GUI 中叫做“堆叠”，但实际上它们是作为集群而非真正的堆叠运作，需要在各个交换机上单独配置 ACL 和 QoS。在我们的恢复能力测试中，惠普、Netgear 和 D-Link 交换机都在受到突变数据包攻击和 DoS 攻击时出现了性能下降。思科交换机是唯一在受到任何攻击时性能均未降低的交换机。

堆叠摘要

	思科	惠普	Netgear GSM7252PS	NetGear GSM7352S	D-Link
容量					
MAC 表	16,384	16,384	8,192	8,192	16,384
最大 VLAN 数	4,096	256	1,024	4,000	4,000
ACL 规则数	2,000	512	1,024	1,024	512
IP 路由数	128	256	224	480	512
吞吐量（线速）					
标记 VLAN	100%	100%	100%	100%	100%
非标记 VLAN	95%	100%	100%	100%	100%
能耗					
节能功能	是	否	否	否	是
EEE	是	否	否	否	否
功耗	最低	高	高	高	中
GUI					
一致 UI	是	是	是	是	是
将整个堆叠配置为单个实体	是	否（集群）	是	是	是
搜索表	是	否	否	否	否
恢复能力					
有效的 DoS 防护	是	否	否	否	否
有效的协议突变处理	是	是	否	否	否
堆叠					
环状/链状	是	否（集群）	是	是	是
混合 10/100 和 GE	是	是	否	否	否
堆叠 LED	是	否	是	是	是

10.0 测试结果的适用性

本报告中的测试旨在供希望使用恰当的测试和测量设备重新创建报告的客户重复使用。想要重现这些结果的当前或潜在客户可以联系 reviews@miercom.com，了解在本评估中应用于被测试设备和测试工具的配置的详细信息。Miercom 建议客户与我们或者其他拥有丰富经验的网络咨询公司合作开展自身需求分析评估，并对要部署新设备的目标环境进行专门测试。

本报告由 Cisco Systems, Inc. 发起，所使用的数据完整、独立地取自 Miercom 以太网交换机行业评估报告，所有供应商均能平等参与测试方法的构建。参与这些测试的所有供应商均有机会演示其产品，更有机会积极参与行业评估，并可对任何结果提出质疑。