

ICS 33.060.40
M 31
备案号: 40071-2013



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1241 — 2013

电力工业以太网交换机技术规范

Technical specifications for electric power industrial ethernet switch

2013-03-07 发布

2013-08-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 缩略语 2

5 要求 3

6 测试方法 9

7 检验规则 19

8 标志和包装 20

前 言

电力系统使用的以太网交换机在技术参数、工作条件、绝缘性能、电磁兼容、产品结构等方面与其他工业环境使用的以太网交换机存在明显差异，对产品实时性、安全性、可靠性和稳定性有很高的要求。本标准充分考虑了电力业务的重要性、产品工作环境的特殊性以及电力用户的使用特点，参考了大量国内外相关标准，提出了适合电力系统使用的以太网交换机技术要求、测试方法和检验规则，明确了相关技术参数，如网络风暴抑制、延时、多端口镜像、安全性、出线方式、电源接线端子等，对于电力工业以太网交换机的研发、生产、检测和工程应用具有指导作用。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国网电力科学研究院、国家电力调度控制中心、中国电力科学研究院、天津市电力公司。

本标准主要起草人：黄鑫、王永福、汤效军、陆天健、施玉祥、李芹、沈鼎申、吴军民、张小建、但富中、宋凯、徐科。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电力工业以太网交换机技术规范

1 范围

本标准规定了电力工业以太网交换机的技术要求、测试方法和检验规则。

本标准适用于电力系统发电、输电、变电、配用电等电力工业环境中使用的二层以太网交换机。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击

GB/T 2423.8 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ed：自由跌落

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.18 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 M：低气压

GB 4208—2008 外壳防护等级（IP 代码）

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限制和测量方法

GB/T 14598.3—2006 电气继电器 第5部分：量度继电器和保护装置的绝缘配合要求和试验

GB/T 15153.2—2000 运动设备及系统 第2部分：工作条件 第2篇 环境条件（气候、机械和其他非电影响因素）

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验

GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.12 电磁兼容 试验与测量技术 振荡波抗扰度试验

GB/T 17626.16 电磁兼容 试验和测量技术 0Hz~150kHz 共模传导骚扰抗扰度试验

GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 25931—2010 网络测量和控制系统的精确时钟同步协议

DL/T 860.3—2004 变电站通信网络和系统 第3部分：总体要求

YD/T 1099—2005 以太网交换机技术要求

YD/T 1141—2007 以太网交换机测试方法

IEC 721 环境条件分类

IEC 9314-3—1990 信息处理系统. 光纤排列数据接口 (FDDI) 第 3 部分: 物理层介质依附关系

IEC 62351-6—2007 电力系统管理及其关联的信息交换. 数据和通信安全 第 6 部分: IEC 61850 的安全性

IEC 62351-7—2010 电力系统管理及相关信息交换. 数据和通信安全 第 7 部分: 网络和系统管理 (NSM) 数据对象模型

IEC 62439—2008 高实用性自动网络

IEEE 802.1q—2003 IEEE standard for Local and metropolitan area networks—Virtual bridged local area networks

IEEE 802.1d—2004 IEEE standard for local and metropolitan area networks—Media access control (MAC) bridges (Incorporates IEEE 802.1t—2001 and IEEE 802.1w)

IEEE 802.3—2008 信息技术—系统间通信和信息交换—局域网和城域网特定要求—第 3 部分: CSMA/CD 接入方式和物理层规范

RFC 2544—1999 网络互联设备基准测试方法

RFC 2889—2000 局域网交换设备基准测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电力工业以太网交换机 electric power industrial ethernet switch

应用于电力工业环境, 在数据链路层以 MAC 地址寻址来完成帧转发、帧过滤的工业级二层以太网交换机, 以下简称交换机。

3.2

存储转发 storage-forward

当整个帧已完全接收, 再进行冗余码校验、过滤和转发处理的一种转发方式。

3.3

吞吐量 throughput

设备在不丢帧情况下所能达到的最大传输速率。

3.4

存储转发时延 latency

从输入帧的最后一个比特到达输入端口开始, 至在输出端口上检测到输出帧的第一个比特为止的时间间隔。

3.5

背靠背帧 back to back frame

设备在最小帧间隔情况下, 一次能够转发的最多的长度固定的数据帧数。

3.6

虚拟局域网 virtual local area network

一种通过将局域网内的设备逻辑地划分成多个网段 (子集) 从而实现虚拟工作组的技术。

4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

CRC	Cyclic Redundancy Code	循环冗余校验
E2E	End to End	端到端
GARP	Generic Attribute Registration Protocol	通用属性注册协议
GMRP	GARP Multicast Registration Protocol	GARP 组播注册协议
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events	面向通用对象的变电站事件
GSE	Generic Substation Status Event	通用变电站状态事件
MAC	Media Access Control	介质访问控制
P2P	Peer to Peer	点对点
PTP	Precision Time Protocol	精密时间协议
QoS	Quality of Service	服务质量
SNMP	Simple Network Manage Protocol	简单网络管理协议
SV	Sampled Value	采样值
VID	Virtual LAN Identifier	虚拟局域网标识符
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网

5 要求

5.1 供电要求

直流电压：220V、110V、48V、24V，允许偏差-20%~+20%。

交流电压：220V，允许偏差-20%~+20%，频率 50Hz。

电源告警输出：当电源断电或故障时应能够提供硬接点输出。

5.2 气候环境要求

5.2.1 温度

温度要求分为三级：

——I 级：-25℃~+55℃；

——II 级：-40℃~+70℃；

——III 级：特定，建议从 IEC 721 标准中选取参数。

注：环境温度中 II 级适用于安装于户外的交换机或用于高可靠性传输要求的交换机，如传输跳闸信号、智能变电站中 GOOSE 报文传输等。

5.2.2 相对湿度

10%~95%（在交换机内部不应凝露，也不应结冰）。

5.2.3 大气压力

70kPa~106kPa。

注：70kPa 相当于海拔 3000m。

5.2.4 盐雾

用于沿海地区的交换机应满足 GB/T 2423.18—2000 严酷等级（2）要求。

5.3 以太网接口

5.3.1 电接口

应支持 100/1000BASE-T 接口，符合 IEEE 802.3—2008 的规定，电接口应配有屏蔽层。

5.3.2 光接口

100BASE-FX 接口应符合 IEC 9314-3—1990 的规定，GE 接口应符合 IEEE 802.3—2008 的规定。GE 接口可以是 1000BASE-LX、1000BASE-SX、1000BASE-ZX 接口中的一种或多种。

具体指标见表 1~表 4 要求。

表 1 100BASE-FX 接口参数

接口类型	参 数	要 求	单位
发送	波长范围	1270~1380	nm
	光功率（最大）	-14.0	dBm
	光功率（最小）	-20.0	dBm
接收	波长范围	1270~1380	nm
	光功率（最大）	-14.0	dBm
	接收灵敏度	-31.0	dBm
	强制接收灵敏度	-25.0	dBm

表 2 1000BASE-SX 接口参数

接口类型	参 数	要 求		单位
		62.5 μ s MMF	50 μ s MMF	
发送	波长范围	770~860		nm
	平均发射光功率（最大）	0.0		dBm
	平均发射光功率（最小）	-9.5		dBm
接收	波长范围	770~860		nm
	平均接收光功率（最大）	0.0		dBm
	接收灵敏度	-17.0		dBm
	强制接收灵敏度	-12.5	-13.5	dBm

表 3 1000BASE-LX 接口参数

接口类型	参 数	要 求			单位
		62.5 μ s MMF	50 μ s MMF	10 μ s SMF	
发送	波长范围	1270~1355			nm
	平均发射光功率（最大）	-3.0			dBm
	平均发射光功率（最小）	-11.5	-11.5	-11.0	dBm
接收	波长范围	1270~1355			nm
	平均接收光功率（最大）	-3.0			dBm
	接收灵敏度	-19.0			dBm
	强制接收灵敏度	-14.4			dBm

表 4 1000BASE-ZX 接口参数

接口类型	参 数	要 求	单位
		10 μ s SMF	
发送	波长范围	1530~1570	nm
	平均发射光功率（最大）	5.0	dBm
	平均发射光功率（最小）	0.0	dBm

表 4（续）

接口类型	参 数	要 求	单位
		10μs SMF	
接收	波长范围	1530~1570	nm
	平均接收光功率（最大）	-3.0	dBm
	接收灵敏度	-23.0	dBm

5.4 功能要求

5.4.1 数据帧转发

交换机应支持电力相关协议数据的转发功能。

5.4.2 数据帧过滤

交换机应实现基于 MAC 地址的数据帧过滤功能。

5.4.3 组网协议

可按照电力系统的需求进行组网，组网协议应采用国际标准协议。

5.4.4 多链路聚合

物理上多条单独的链路作为一条独立逻辑链路使用以获得更高带宽，链路聚合时不应丢失数据。

5.4.5 网络管理

交换机应支持 SNMPv2 的网络管理能力。网络管理功能包含网络拓扑发现、交换机工作状态识别、异常告警信息及日志上传等。

为便于调试、配置，交换机应支持 Web 页面配置，配置范围应涵盖本标准规定所有内容。

交换机应具有自诊断功能，并能以报文方式输出装置本身的自检信息。

5.4.6 通信安全

交换机应满足 IEC 62351-6—2007 和 IEC 62351-7—2010 要求，并具有以下安全功能：

- 应支持基于 MAC 的捆绑功能；
- 应支持用户权限管理，至少支持管理员权限和普通用户权限，普通用户不能修改设置；
- 提供密码管理，密码不少于 8 位，为字母、数字或特殊字符组合而成；
- 提供日志查阅功能，可以对交换机登录、修改设置等进行查阅；
- 应支持对非法数据报文的过滤功能，如 CRC 校验错误、MAC 源地址错误等；
- 应具有抵御恶性攻击能力。

5.4.7 其他

交换机其他功能参照 YD/T 1099—2005 的规定。

5.5 性能要求

5.5.1 整机吞吐量

交换机吞吐量是指交换机所有端口同时转发数据速率能力的总和。

交换机吞吐量应等于端口速率×端口数量（流控关闭时）。

5.5.2 端口转发速率

在满负荷下，被测交换机可以正确转发帧的速率，转发速率应等于端口速率。

5.5.3 地址缓存能力

每个端口/模块/设备能够缓存的不同 MAC 地址的数量。

交换机 MAC 地址缓存能力应不低于 4096 个，MAC 地址老化时间可以配置，默认设置 300s。

5.5.4 地址学习速率

交换机可以学习新的 MAC 地址的速率。

交换机地址学习速率应大于 1000 个/s。

5.5.5 存储转发时延

从输入帧的最后一个比特到达输入端口开始，至在输出端口上检测到输出帧的第一个比特为止的时间间隔。

交换机平均时延应小于 $10\mu\text{s}$ ，用于采样值传输交换机最大延时与最小延时之差应小于 $10\mu\text{s}$ 。

5.5.6 时延抖动

时延抖动指相邻两帧时延的变化最大值。

交换机时延抖动应小于 $1\mu\text{s}$ 。

5.5.7 帧丢失率

帧丢失率是在端口达到预定要求的转发速率的情况下，帧丢失的比率。

交换机帧丢失率应为 0。

5.5.8 背靠背帧

背靠背帧是指以最小的帧间隔传输而不丢帧的测试。背靠背值就是被测试交换机在无帧丢失的情况下，最大能处理的突发帧个数。

本标准对背靠背帧不做指标要求，由厂家在产品标准中定义。

5.5.9 队头阻塞

队头阻塞是指输入端口试图向某一拥塞端口发送数据帧而导致该输入端口上目的地为不拥塞端口的帧的丢失或附加时延。

不堵塞端口帧丢失为 0。

5.5.10 网络风暴抑制

由于网络拓扑设计和连接问题，导致广播、组播或未知单播在网络中大量复制，传播数据帧，使通信网络性能下降，造成网络瘫痪。

交换机应支持广播风暴抑制、组播风暴抑制和未知单播风暴抑制功能，默认设置广播风暴抑制功能开启。

网络风暴实际抑制值不应超过抑制设定值的 110%。

5.5.11 虚拟局域网 VLAN

将局域网内的交换机逻辑地而不是物理地划分成多个网段从而实现虚拟工作组。

交换机应支持 IEEE 802.1Q 定义的 VLAN 标准，至少应支持 4096 个 VLAN，应支持根据端口划分 VLAN 方式，应支持在转发的帧中插入标记头，删除标记头，修改标记头，支持 VLAN Trunk 功能。

具体要求见 YD/T 1099—2005 中 7.6 规定。

5.5.12 优先级 QoS

交换机应支持 IEEE 802.1p 流量优先级控制标准，提供流量优先级和动态组播过滤服务，应至少支持 4 个优先级队列，具有绝对优先级功能，应能够确保关键应用和时间要求高的信息流优先进行传输。不应使带有序列标签的数据如：SV、GOOSE 等报文产生乱序现象。

默认设置绝对优先级功能开启。电力部分业务报文优先级见表 5。

表 5 电力部分业务报文优先级

服 务	缺省 Priority
GOOSE	4
GSE	1
SV	4

5.5.13 环网恢复时间

环网恢复就是在环形网络中将两点之间存在的多条路径划分为通信路径和备份路径，数据的转发在通信路径上进行，而备份路径只用于链路的侦听，一旦发现通信路径失效，自动将通信切换到备份路径上。

环网恢复时间通过每个交换机不超过 50ms。

5.5.14 镜像

5.5.14.1 单端口镜像

单端口镜像指镜像端口只复制（监视）一个端口数据。

镜像数据速率不大于端口转发速率时，不应出现帧丢失、乱序、复制现象。

5.5.14.2 多端口镜像

多端口镜像指镜像端口同时复制（监视）几个端口数据。

镜像数据速率不大于端口转发速率时，不应出现帧丢失、乱序、复制现象。

智能变电站用交换机应支持多端口镜像功能。

5.5.15 组播

交换机应支持 GMPLS 二层静态和动态 MAC 地址的配置组播功能，至少支持 256 个组播组。

5.5.16 PTP 时间同步

宜支持 PTP 精密网络同步时钟对时协议，满足 GB/T 25931—2010 标准要求，时间同步精度小于 200ns。对于支持 PTP 功能的交换机，网络中的任何报文均不应时间精度产生影响，包括网络负荷、路径延时、丢帧、乱序、帧复制、CRC 错误及伪造攻击报文等。

交换机应支持以下方式：

- 时钟模式：边界时钟和透明时钟可选；
- 同步模式：P2P 两步法或 E2E 两步法；
- 传输方式：IEEE802.3。

5.6 功率消耗

为有利于交换机长时间可靠运行，交换机功耗不应过高，满载时整机功耗宜不大于（10+1×电接口数量+2×光接口数量）W。

5.7 绝缘性能

5.7.1 绝缘电阻、介质强度和冲击

绝缘要求见表 6。

绝缘试验应在交换机可以运行但未通电情况下进行，经过绝缘试验后，交换机应能正常工作。

表 6 绝 缘 要 求

试验项目	引用标准	电源	以太网（电）接口	告警
绝缘电阻，500V	GB/T 14598.3—2006	$\geq 20\text{M}\Omega$	$\geq 20\text{M}\Omega$	$\geq 20\text{M}\Omega$
介质强度 $U < 60\text{V}$ $300\text{V} > U > 60\text{V}$	GB/T 14598.3—2006	0.5kV 2.0kV	0.5kV	0.5kV 2.0kV
冲击 $U < 60\text{V}$ $300\text{V} > U > 60\text{V}$	GB/T 14598.3—2006	1.0kV 5.0kV	1.0kV	1.0kV 5.0kV

5.7.2 湿热

交换机应能承受 GB/T 2423.3 规定的恒定湿热试验，温度（40±2）℃，湿度（93±3）%RH，试验后各导电回路对外露非带电导电部位及外壳之间、电气上无联系的各回路之间的绝缘电阻不应小于 1.5MΩ。

5.8 机械性能

机械性能要求见表 7，试验后，交换机应能正常工作，性能符合本标准 5.5 要求。

表 7 机械性能要求

试验项目	引用标准	设定参数	试 验 值		
正弦稳态振动	GB/T 15153.2—2000	位移幅值	7mm		
		加速度幅值		20mm	15mm
		频率范围	2Hz~9Hz	9Hz~200Hz	200Hz~500Hz
冲击	GB/T 15153.2—2000	半正弦脉冲持续时间		11ms	
		峰值加速度		300m/s ²	
自由跌落	GB/T 15153.2—2000	跌落高度		0.25m	

5.9 电磁兼容

电磁兼容性要求见表 8、表 9。

电磁兼容性试验应在交换机通电工作情况下进行，验证 VLAN、Qos 等功能是否正确，试验过程中交换机不应出现丢帧、重启和死机的现象。

表 8 电磁兼容性要求

试验项目	引用标准	要 求	
		A 类	B 类
静电放电抗扰度	GB/T 17626.2	4 级	3 级
辐射电磁场抗扰度	GB/T 17626.3	3 级	3 级
电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	4 级	3 级
浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5	4 级	3 级
射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	3 级	3 级
工频磁场抗扰度	GB/T 17626.8	5 级	5 级
阻尼振荡磁场抗扰度	GB/T 17626.10	5 级	5 级
交流电源暂时中断抗扰度	GB/T 17626.11	0% 250 周期	0% 250 周期
阻尼振荡波抗扰度	GB/T 17626.12	3 级	3 级
0Hz~150kHz 共模传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.16	3 级	3 级
直流电源暂时中断抗扰度	GB/T 17626.29	100ms	100ms

表 9 交换机在 10m 测量距离处的辐射骚扰限制

频率范围 MHz	准峰值限制 dB (μV/m)
30~230	40
230~1000	47
注 1：在过渡频率处（230MHz）应采用较低的限制。	
注 2：当出现环境干扰时，可以采取附加措施。	

5.10 可靠性

5.10.1 双电源热备份

交换机宜实现双电源热备份功能。

5.10.2 配置文件备份

交换机可以将自身配置参数以文件形式进行备份，在交换机故障或损坏，需要更换时，将备份文件复制至更换交换机即可完成配置替换。

5.11 结构

5.11.1 出线方式

交换机可以根据用户要求采用前出线或后出线方式，机柜安装宜采用后出线方式。

5.11.2 指示灯

交换机应在前后面板设置指示灯，前面板应具有电源指示灯、告警指示灯和以太网接口状态指示灯，后面板应具有以太网接口状态指示灯。

5.11.3 电源接线方式

应采用端子式接线方式。

5.11.4 机箱尺寸

机柜安装的交换机采用 19" 机箱，高度采用 1U 的整数倍，深度可以视具体情况而定；其他应用环境交换机暂不做规定。

5.11.5 接地

交换机应具有接地端子及对应的标识。

5.11.6 散热方式

交换机应采用自然散热、无风扇方式设计。

5.11.7 外壳防护

户内使用的交换机应符合 GB 4208—2008 外壳防护等级（IP 代码）中 IP30 要求，户外使用的交换机应符合 GB 4208—2008 外壳防护等级（IP 代码）中 IP54 要求。

6 测试方法

6.1 测试条件

6.1.1 测试环境

测试环境如下：

- a) 环境温度：+15℃～+35℃。
- b) 相对湿度：45%～75%。
- c) 大气压力：86kPa～106kPa。

6.1.2 仪器仪表

使用仪表精度和功能应符合相应测试项目要求，并符合国家量值溯源规定。

6.1.3 被测对象

在测试过程中应保持被测交换机完整性，不应拆除或增加组件。

6.2 电源影响性测试

在测试环境条件下，按 5.1 中规定的电源参数允许波动范围改变交换机的供电电压，交换机应工作正常，性能指标应符合 5.5 要求。

6.3 温度影响测试

6.3.1 低温

按照 GB/T 2423.1 中规定，在低温室温度偏差不大于 ±2℃ 条件下，低温室以不超过 1℃/min 变化率降温，待温度达到 5.2 规定的低温温度并稳定后开始计时，再使交换机连续通电 2h，性能指标应符合 5.5

要求。

6.3.2 高温

按照 GB/T 2423.2 中规定，在高温室温度偏差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下，高温室以不超过 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 变化率升温，待温度达到 5.2 规定的高温温度并稳定后开始计时，再使交换机连续通电 2h，性能指标应符合 5.5 要求。

6.4 低气压试验

按照 GB/T 2423.21 中规定，在低气压室偏差不大于 $\pm 0.5\text{kPa}$ 条件下，气压室以不超过 $1.0\text{kPa}/\text{min}$ 变化，待气压达到 5.2 规定时，再使交换机连续通电 2h，性能指标应符合 5.5 要求。

6.5 以太网光接口测试

6.5.1 光功率

光功率测试方法如下：

- a) 按图 1 光功率测试图连接。
- b) 将光功率计设置到相应波长挡位。
- c) 流量发生器在交换机任意输入端口发送广播报文。
- d) 把光功率计接到光口输出端进行测量。

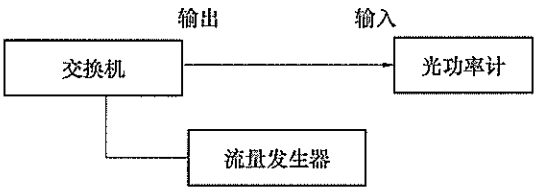


图 1 光功率测试图

6.5.2 接收灵敏度

接收灵敏度测试方法如下：

- a) 按图 2 光口接收灵敏度测试图连接。
- b) 将光功率计设置到相应波长挡位。
- c) 调整光衰减器，使交换机处于丢帧和正常通信的临界状态。
- d) 在 A 点处断开，接上光功率计测量光功率，记录光功率计读数，读数即为交换机接收灵敏度。

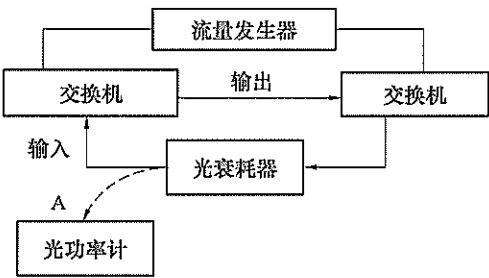


图 2 光口接收灵敏度测试图

6.5.3 工作波长

工作波长测试方法如下：

- a) 按图 3 工作波长测试图连接。
- b) 将光谱仪量测范围设置适当波长挡位。
- c) 把交换机光输出端口与光谱仪连接。

d) 测试工作波长。



图3 工作波长测试图

6.5.4 谱宽

谱宽测试方法如下：

- 按图4谱宽测试图连接。
- 将光谱仪量测范围设置适当波长挡位。
- 把交换机光输出端口与光谱仪连接。
- 利用光谱仪谱宽测试功能测出谱宽。

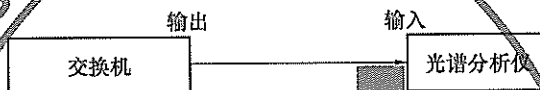


图4 谱宽测试图

6.6 功能测试

按照 YD/T 141—2007 中第 5 章规定，逐项对本标准 5.4 中的项目进行验证。

6.7 性能测试

6.7.1 整机吞吐量测试

整机吞吐量测试方法如下：

- 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 60s。
- 按照 RFC 2544—1999 中规定，将交换机所有端口与测试仪相连接，见图5整机吞吐量测试图。
- 配置流量发生器吞吐量模式为 mesh 方式。
- 选择测试吞吐量。

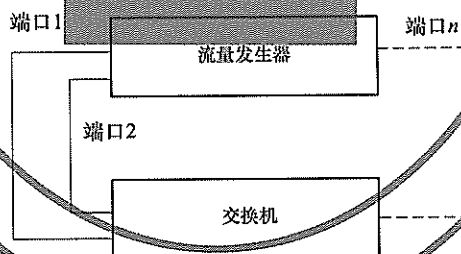


图5 整机吞吐量测试图

6.7.2 存储转发速率

存储转发速率测试方法如下：

- 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 60s。
- 按照 RFC 2544—1999 中规定，将交换机任意两个端口与测试仪相连接，见图6转发速率测试图。
- 两个端口同时以最大负荷互相发送数据。
- 记录不同帧长在不丢帧情况下的最大转发速率。

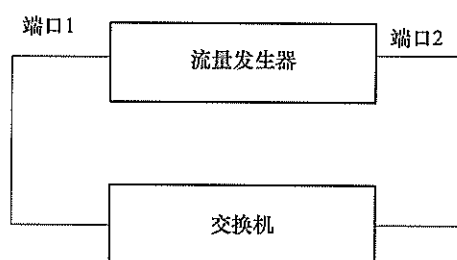


图6 转发速率测试图

6.7.3 地址缓存能力

地址缓存能力测试方法如下：

- 测试帧长为 64 字节。
- 按照 RFC 2889—2000 中规定，将交换机三个端口与测试仪连接，分别为端口 1（测试端口）、端口 2（学习端口）、端口 3（监视端口），见图 7 地址缓存能力测试图。
- 配置流量发生器，由端口 1 向端口 2 发送带有不同 MAC 地址的数据帧，端口 2 接收数据帧。
- 增大端口 1 向端口 2 发送带有不同 MAC 地址的数据帧数，直到端口 3 接收到数据帧。
- 使端口 3 刚好收不到数据帧时，端口 1 发送的数据帧数即为地址缓存能力。

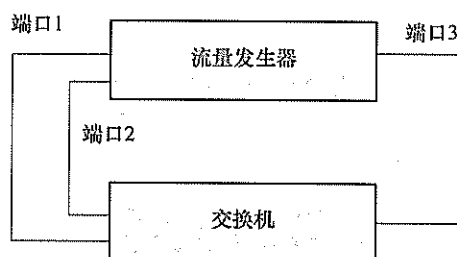


图7 地址缓存能力测试图

6.7.4 地址学习速率

地址学习速率测试方法如下：

- 学习的地址数目等于地址缓存能力，测试帧长为 64 字节。
- 按照 RFC 2889—2000 中规定，将交换机三个端口与测试仪连接，分别为端口 1（测试端口）、端口 2（学习端口）、端口 3（监视端口），测试配置图见图 7。
- 配置流量发生器由端口 1 以一定速率向端口 2 发送带有不同 MAC 地址的数据帧，端口 2 接收数据帧。
- 增大端口 1 向端口 2 发送数据帧的速率，直到端口 3 接收到数据帧。
- 使端口 3 刚好收不到数据帧时，端口 1 发送的数据帧的速率即为地址学习速率。

6.7.5 存储转发时延

存储转发时延测试方法如下：

- 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 60s，测试按轻载 10%和重载 95%分别测试。
- 按照 RFC2544—1999 中规定，将交换机任意两个端口与测试仪相连接，测试配置图见图 6。
- 两个端口同时以相应负荷互相发送数据。
- 记录不同帧长的转发时延，记录时延应包含最大时延、最小时延和平均时延。

6.7.6 时延抖动

时延抖动测试方法如下：

- a) 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 60s，测试负载 100%。
- b) 按照 RFC2544—1999 中规定，将交换机任意两个端口与测试仪相连接，测试配置图见图 6。
- c) 两个端口同时以 100%负载互相发送数据。
- d) 记录不同帧长的时延抖动，记录时延应包含最大时延抖动、最小时延抖动和平均时延抖动。

6.7.7 帧丢失

帧丢失测试方法如下：

- a) 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 120s，负载等于端口存储转发速率。
- b) 按照 RFC 2544—1999 中规定，将交换机任意两个端口与测试仪相连接，测试配置图见图 6。
- c) 两个端口同时以端口存储转发速率互相发送数据。
- d) 记录不同帧长时的帧丢失率。

6.7.8 背靠背帧

背靠背帧测试方法如下：

- a) 测试帧长度分别为（64、65、128、256、512、1024、1280、1518）字节，测试时间为 2s，重复次数为 50 次。
- b) 按照 RFC 2544—1999 中规定，将交换机任意两个端口与测试仪相连接，测试配置图见图 6。
- c) 两个端口同时以最大负荷互相发送数据。
- d) 记录测试以上背靠背帧数。

6.7.9 队头阻塞

队头阻塞测试方法如下：

- a) 测试帧长度分别为 64 字节，测试时间 30s。
- b) 测试配置图见图 8，利用流量发生器使端口 1 与端口 2 满负载双向发送数据帧，端口 3 分别以 50%的负载流量向端口 2 和端口 4 发送数据帧。
- c) 记录端口 3 向端口 4 发送数据帧丢失率及存储转发时延。

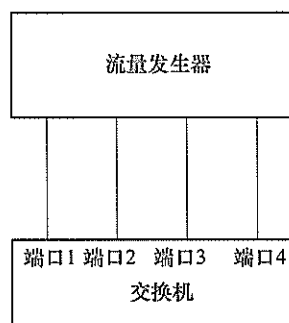


图 8 队头阻塞测试图

6.7.10 网络风暴抑制

网络风暴抑制测试方法如下：

- a) 测试帧长设为随机帧长，端口负载为满负载，测试时间 30s。
- b) 交换机分别开启广播风暴抑制、组播风暴抑制和未知单播风暴抑制功能。
- c) 测试配置图见图 6，端口 1 向端口 2 发送 3 条数据流，分别为 Stream1（广播帧）、Stream2（广播帧）、Stream3（IPv4 帧），端口 2 向端口 1 发送 2 条数据流，分别为 Stream1（组播帧）、Stream2（未知单播帧）。
- d) 记录不同数据流的帧丢失率，判断网络风暴抑制功能是否设置成功。

- e) 根据帧丢失率, 计算网络风暴抑制比偏差。

6.7.11 虚拟局域网 VLAN

虚拟局域网 VLAN 测试方法如下:

- a) 测试帧长度为 64 字节, 测试时间为 30s, 端口负载设置为 100%。
- b) 任意选取 4 个端口与测试仪相连接, 测试配置图见图 9。
- c) 在测试仪端口 4 上构造 9 个数据流:
 数据流 1: 无 VID 标识 IPv4 报文;
 数据流 2: VID 为 1 的 IPv4 报文;
 数据流 3: VID 为数值 A (A 可为 2-4096 任意值) IPv4 报文;
 数据流 4: VID 为数值 B (B 可为 2-4096 任意值) IPv4 报文;
 数据流 5: 无 VID 标识 GOOSE 报文;
 数据流 6: VID 为 1 的 GOOSE 报文;
 数据流 7: VID 为数值 A (A 可为 2-4096 任意值) GOOSE 报文;
 数据流 8: VID 为数值 B (B 可为 2-4096 任意值) GOOSE 报文;
 数据流 9: 广播报文, 无 VID 标识。
- d) 根据数据流设置交换机 4 个端口设置成不同 VLAN。
- e) 端口 4 向端口 1、端口 2、端口 3 以一定负荷发送数据。
- f) 记录不同数据流的帧丢失率, 判断 VLAN 是否划分成功。
- g) 同上, 见图 9, 将交换机端口 4 设置成 TRUNK 接口。
- h) 在测试仪端口 1、端口 2、端口 3 上构造以上 9 个数据流。
- i) 端口 1、端口 2、端口 3 向端口 4 以一定负荷发送数据。
- j) 记录不同数据流的帧丢失率, 判断 VLAN TRUNK 是否成功。

注: 测试后应仔细察看各 VLAN 中结果是否与预期结果一致。



图 9 虚拟局域网 VLAN 测试图

6.7.12 优先级队列

优先级队列测试方法如下:

- a) 测试帧长度为 64 字节, 测试时间为 30s, 端口负载设置为 100%。
- b) 测试配置图见图 7, 从交换机任意选取 3 个端口与测试仪相连接, 分别定为端口 1、端口 2 和端口 3。
- c) 在端口 1 和端口 2 分别构造 4 个不同优先级的数据流。
- d) 端口 1 和端口 2 同时以最大负荷向端口 3 发送数据。
- e) 记录不同数据流的帧丢失率, 判断优先级是否设置成功。

6.7.13 环网恢复时间

环网恢复时间测试方法如下:

- a) 测试帧长度为 64 字节，测试时间为 30s。
- b) 将 4 台交换机按照图 10 环网恢复时间测试图连接。
- c) 在整个试验过程中，在端口 1、端口 2 发送等比例的数据流（数据流 1 为 GOOSE 报文，优先级为 4；数据流 2 为普通 TCP 数据流，优先级为 1），在端口 3、端口 4 发送 1Mbit/s 的广播帧，在端口 5、端口 6 发送 1 个 GOOSE/ms 的数据流。每次试验改变端口 1 和端口 2 负荷，分别为 10%和 95%。
- d) 分别拔插 A、B、C 三条路径，测试环网恢复时间。
- e) 环网恢复时间计算方法：

环网恢复时间 (ms) = $\frac{\text{帧丢失数}}{\text{总发送帧数}} \times \text{测试时间 (ms)}$

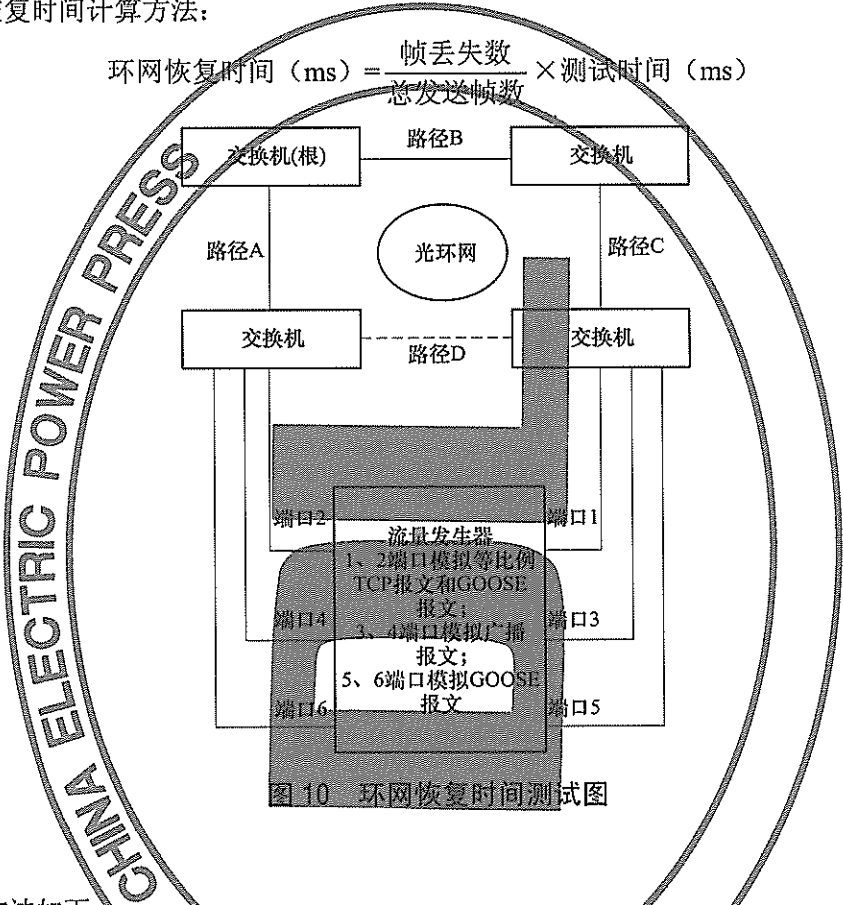


图 10 环网恢复时间测试图

6.7.14 镜像

镜像测试方法如下：

- a) 测试帧长度为 64 字节，端口 1~端口 4 双向负载为 50%，测试时间 30s。
- b) 测试配置图见图 11，交换机端口 5 设置成镜像端口，端口 1 和端口 3 设置成被镜像端口。
- c) 端口 1 向端口 2 双向发送数据，端口 3 和端口 4 双向发送数据。
- d) 记录端口 5 数据流的帧丢失率，判断镜像功能是否设置成功。

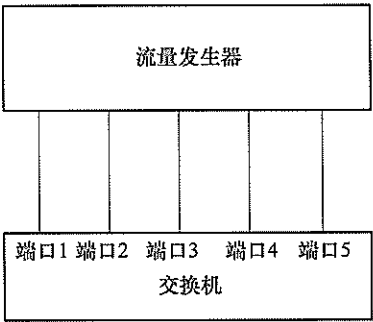


图 11 镜像测试图

6.7.15 组播

组播 (CMRP) 测试方法如下:

- a) 测试仪端口 1、端口 2、端口 3 与交换机 A 三个端口连接; 端口 4、端口 5、端口 6 与交换机 B 三个端口连接。
- b) 端口 1、端口 4 作为加入端口, 端口 2、端口 5 作为组播源端口, 端口 3、端口 6 为监视端口, 见图 12。
- c) 交换机与测试仪连接端口开启 GMRP 功能, 交换机 A 与交换机 B 之间连接的端口开启 GMRP 功能。
- d) 测试仪端口 2 构造组播流。
- 数据流 1: 组播流报文 1, 速率设置为端口满载速率 50%。
- e) 端口 5 的组播流 2。
- 数据流 2: 组播流报文 2, 速率设置为端口满载速率 50%。
- f) 测试仪端口 1 构造组播流 1 加入报文和离开报文:
- 数据流 3: Join1 加入报文;
- 数据流 4: Leave1 离开报文。
- g) 测试仪端口 4 构造组播流 1 和组播流 2 加入报文与离开报文。
- 数据流 5: Join1 加入报文;
- 数据流 6: Join2 加入报文;
- 数据流 7: Leave1 离开报文;
- 数据流 8: Leave2 离开报文。
- h) 测试仪的端口 1 应全部收到的数据流 1 的流量, 端口 4 应全部收到数据流 1 和数据流 2 的流量, 端口 3 和端口 6 应无法收到组播流量。
- i) 端口 1 与端口 4 停止发送 Join 报文, 改为发送 Leave 报文后, 测试仪所有端口应无法收到组播流量。

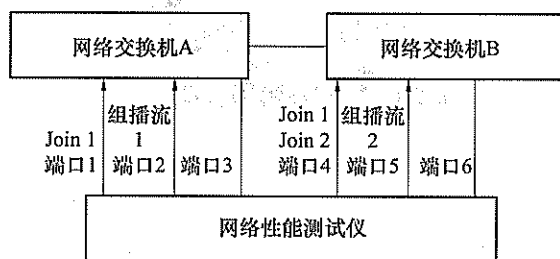


图 12 GMRP 测试图

6.7.16 PTP 时间同步

PTP 时间同步测试方法如下:

- a) 将主时钟、交换机和时间精度测量仪设置成相同的工作方式, 测试配置图见图 13。
- b) 主时钟与时间精度测量仪分别通过天线对时。
- c) 将主时钟发送 PTP 信号直接接入时间精度测量仪, 在时间精度测量仪上读取时间偏差 t_1 。
- d) 再将交换机串入主时钟与时间精度测量仪之间, 在时间精度测量仪上读取时间偏差 t_2 。
- e) $t_2 - t_1$ 即为交换机授时准确度。
- f) 利用网络测试仪模拟网络流量、丢包、时延、乱序、CRC 校验错误及其他错误报文, 在时间精度测量仪上读取时间偏差 t_2' 。
- g) $t_2' - t_1$ 即为网络对 PTP 时间精度的影响量。

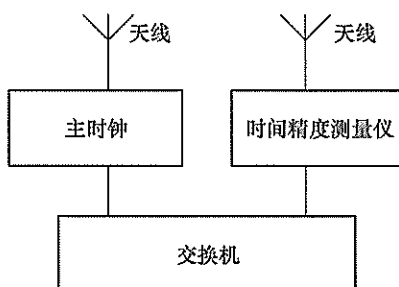


图 13 PTP 测试图

6.8 功耗消耗测试

在交换机供电回路中串入一个高精度电流表，利用伏安法测量交换机满负荷工作下的整机功耗。

6.9 绝缘性能测试

6.9.1 绝缘电阻

绝缘电阻的测量应在以下条件下进行：

a) 每个电路与外露导电部位之间（每个独立电路的端子连接在一起）。

b) 每个独立电路之间（每个独立电路的端子连接在一起）：

当具有相同绝缘电压的电路对外露导电部位测量时，这些电路可以连接在一起；

测量电压应直接施加于端子；

应施加 $500 \times (1 \pm 10\%)V$ 的直流电压并达到稳定值至少 5s 后测量直流电阻。

注：除非很明显，应由制造厂规定哪些是独立电路。

6.9.2 介质强度

试验应施加于：

a) 每个电路与外露导电部分之间（每个独立电路的端子连接在一起）。

b) 每个独立电路之间（每个独立电路的端子连接在一起）：

试验电压频率应为 50Hz 的正弦波，也可采用直流电压，直流电压为交流额定电压的 1.4 倍；

将电压施加于被测回路，从初始值均匀上升至被测回路并保持 1min，然后尽快平降至零，在试验过程中，不应出现击穿或闪络。

6.9.3 冲击电压

冲击电压的耐受试验波形为 1.2/50 μ s，用来模拟来源于大气的过电压，它也包括由于低压设备的通断所产生的过电压；

除施加冲击电压的回路外，其他电路和外露导电部分应连接在一起并接地；

检验电气间隙的试验时，每个极性至少施加 3 个脉冲，每个脉冲间隔至少 1s；

除非有特殊规定外，冲击电压应在下列部位进行：

a) 每个电路（或规定的冲击电压相同的每组电路）与外露导电部件之间，对该电路（或该组电路）施加规定的冲击电压。

b) 每个独立电路之间（每个独立电路的端子连接在一起）。

6.9.4 耐湿热性能

除非有特殊规定，将无包装、不通电、在“准备使用”的状态下的交换机，置于试验箱内，试验箱和试验交换机均处于标准大气环境条件下：

调整试验箱内温度，到达所要求的严酷等级，使交换机达到温度稳定；温度变化速率不超过 1 $^{\circ}$ C/min，达到温度稳定的时间不超过 5min，且在此过程中不使交换机产生凝露现象；

根据 GB/T 2423.3 的要求，试验持续时间为 2d，试验结束前 1h 进行绝缘电阻试验，绝缘电阻应不小于 1.5M Ω ；之后调整试验箱湿度为 73%~77%，待湿度达到设定值后 0.5h，再将温度恢复至室温，检

查交换机的电气性能，性能指标应符合 5.5 要求。

6.10 机械性能测试

6.10.1 正弦稳态振动

交换机应在三个互相垂直的轴线向依次经受振动，根据试验的严酷等级，试验步骤是在垂直的轴线上依次进行，再在水平的轴线上依次进行；

振动试验分为振动响应试验和耐久试验；耐久试验又分为扫频耐久试验和定频耐久试验，部分主要推荐扫频耐久试验；

扫频参数参见 GB/T 2423.10 要求；

必要时可将频率分为几段进行试验，但不能减少交换机所受应力；

交换机在试验后应正常工作，性能指标应符合 5.5 要求。

6.10.2 冲击

根据 GB/T 2423.5 要求进行试验；

应对交换机三个不同垂直方向的每一个方向连续施加三次冲击，共 18 次；

如用户有特殊要求，交换机在试验后应正常工作，性能指标应符合 5.5 要求。

6.10.3 自由跌落

根据 GB/T 2423.8 要求进行试验；

将跌落台试验高度调整到相应的试验等级，试验交换机应处于正常工作状态下进行自由跌落试验，应在每个规定的位置跌落 2 次，性能指标应符合 5.5 要求。

6.11 电磁兼容测试

6.11.1 抗扰度测试

试验按照 GB/T 17626 规定的方法进行，试验等级和测试结果符合 5.9 要求，测试部位参照表 10，试验过程中施加网络负荷不小于端口转发速率。

表 10 电磁兼容测试部位

试验项目	参考标准	测试部位				
		电源	外壳	以太网电接口	告警	接地
静电放电抗扰度	GB/T 17626.2	—	●	—	—	—
辐射电磁场抗扰度	GB/T 17626.3	—	●	—	—	—
电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T 17626.4	●	—	●	●	●
浪涌（冲击）抗扰度	GB/T 17626.5	●	—	—	●	—
射频场感应的传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.6	●	—	●	●	●
工频磁场抗扰度	GB/T 17626.8	—	●	—	—	—
阻尼振荡磁场抗扰度	GB/T 17626.10	—	●	—	—	—
交流电源暂时中断抗扰度	GB/T 17626.11	●	—	—	—	—
阻尼振荡波抗扰度	GB/T 17626.12	●	—	—	●	●
0Hz~150Hz 共模传导骚扰抗扰度	GB/T 17626.16	●	—	—	—	—
直流电源暂时中断抗扰度	GB/T 17626.29	●	—	—	—	—
注：“●”表示适用；“—”表示不适用。						

6.11.2 辐射骚扰限值测试方法

试验按照 GB 9254 中规定，试验过程中施加网络负荷不小于端口转发速率，交换机在 10m 测量距离处的辐射骚扰限值满足表 9 要求。

7 检验规则

7.1 检验分类及项目

交换机应通过下列检验：

——型式检验；

——出厂检验。

型式检验、出厂检验项目见表 11。

表 11 型式检验、出厂检验试验项目

要求	试验方法	检 验 项 目	型式检验	出厂检验
5.1	6.2	电源	△	
5.2	6.3	温度影响	△	
5.2	6.4	低气压	△	
5.3	6.5	以太网接口	△	
5.4	6.6	功能	△	
5.5.1	6.7.1	整机吞吐量	△	△
5.5.2	6.7.2	存储转发速率	△	△
5.5.3	6.7.3	地址缓存能力	△	
5.5.4	6.7.4	地址学习速率	△	
5.5.5	6.7.5	存储转发时延	△	△
5.5.6	6.7.6	时延抖动	△	
5.5.7	6.7.7	帧丢失率	△	
5.5.8	6.7.8	背靠背帧	△	
5.5.9	6.7.9	队头阻塞	△	
5.5.10	6.7.10	网络风暴抑制	△	
5.5.11	6.7.11	虚拟局域网 VLAN	△	
5.5.12	6.7.12	优先级队列	△	
5.5.13	6.7.13	环网恢复时间	△	
5.5.14	6.7.14	镜像	△	
5.5.15	6.7.15	组播	△	
5.5.16	6.7.16	PTP 时间同步	△	
5.6	6.8	功率消耗	△	
5.7	6.9	绝缘性能	△	○
5.8	6.10	机械性能	△	
5.9	6.11	电磁兼容	△	

表 11 (续)

要求	试验方法	检 验 项 目	型式检验	出厂检验
5.10		可靠性	△	
5.11		结构	△	
注 1: 表中“要求”及“试验方法”两栏分别为各检验项目在第 5 章要求及第 6 章试验方法里的条款编号。 注 2: 表中符号“△”表示该项为必检项目; 符号“○”表示 5.7 表 5 “绝缘要求”中的“绝缘电阻”为出厂检验的必检项目。				

7.2 型式检验

下列情况下应进行型式检验:

- a) 新产品定型时。
- b) 技术、工艺或使用材料有重大改变时。
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- d) 批量生产的交换机每 4 年进行一次型式试验。
- e) 停产后再生产时。
- f) 合同规定时。

型式检验的交换机数量为 4 台, 从产品中随机抽取, 抽样基数不少于 10 台。

型式检验中出现故障时, 应在查明故障原因并排除故障后, 另抽取交换机检验。如再次检验又出现故障, 则本次型式检验判断为产品不合格。

7.3 出厂检验

对每台交换机应进行出厂检验。在出厂前进行不少于 72h (+40℃) 连续稳定的高温通电试验, 考核其稳定性, 在试验过程中定期监测产品状态。

出厂检验全部项目检验合格为该产品检验合格。任一项不合格, 则该产品为不合格, 不能出厂。

8 标志和包装

8.1 标志

交换机上应有产品名称、型号、制造厂名、出厂日期和序列号。

交换机外包装箱上应印有制造厂名、产品名称、型号、标准编号、质量、外形尺寸、出厂日期。

8.2 包装

包装前应将交换机活动部分加以固定, 外部用防水材料包裹, 并以硬质泡沫塑料包装件可靠固定于包装盒内, 随机文件、附件及易损件等应按制造商企业标准或说明书的规定检查齐全后一并装入。

外包装箱应有防尘、防雨、防震措施。

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力工业以太网交换机技术规范
DL/T 1241 — 2013

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.5 印张 41 千字
印数 0001—3000 册

*

统一书号 155123 · 1578 定价 13.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换
版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1578

上架建议：规程规范/计算机

