

ICS 33.040.50

M19

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1314-2004

接入网测试方法 ——甚高速数字用户线 (VDSL)

Test method for access network
——Very-high-speed Digital Subscriber Line (VDSL)

2004-07-16 发布

2004-07-16 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 录

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语	1
4 VDSL 设备的基本配置	3
5 接口测试	4
5.1 线路接口 (U-x 接口)	4
5.2 业务节点接口 (SNI)	11
5.3 用户网络接口 (UNI)	34
5.4 分离器测试	35
6 功能测试	47
6.1 VDSL 线路功能	47
6.2 Ethernet 功能 (适用于基于 Ethernet 方式的 VDSL 设备)	49
6.3 ATM 功能 (适用于基于 ATM 方式的 VDSL 设备)	56
7 性能测试	60
7.1 线路速率	60
7.2 传输性能 (最大传输距离测试)	61
7.3 Ethernet 性能	63
8 管理功能测试	65
8.1 管理方式	65
8.2 配置管理	65
8.3 故障和告警管理	67
8.4 性能管理	68
8.5 安全管理	69
9 可靠性测试	70
9.1 掉电恢复	70
9.2 冗余备份	70
9.3 远程软件下载更新	70
10 电源和环境测试	71
10.1 电源测试	71
10.2 环境测试	71
附录 A (规范性附录) 性能测试环境的配置和校准	73
附录 B (规范性附录) 噪声模型	75
B.1 噪声发生器 I : 串音 (Crosstalk Noise)	75
B.1.1 功能性描述	75
B.1.2 噪声发生器 G1、G2	76
B.1.3 串音耦合模型	77
B.1.4 噪声模型	77
B.1.5 噪声发生器 G1~G4 的特性	77

B.2 噪声发生器 II : RFI 和脉冲噪声	80
B.2.1 广播 RF 噪声发生器 G5	80
B.2.2 业余 RF 噪声发生器 G6	81
B.2.3 脉冲噪声发生器 G7	82

前 言

本标准为 YD/T 1239-2002《接入网技术要求——甚高速数字用户线（VDSL）系统》的配套测试标准。

在第 6 章中，6.1 节规定的是线路功能，与高层的传送模式（ATM、PTM）无关；6.2 节与 6.3 节分别规定了 Ethernet 和 ATM 方面的功能要求，分别适用于基于 Ethernet 方式和基于 ATM 方式的 VDSL 设备。

在第 7 章中，7.1 节和 7.2 节规定的是线路性能，与高层的传送模式（ATM、PTM）无关，适用于所有的 VDSL 设备，本节增加了对具体的噪声模型的说明；7.3 节规定的是 Ethernet 方面的性能测试，仅适用于基于 Ethernet 方式的 VDSL 设备。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

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：信息产业部电信研究院

中国电信集团公司

华为技术有限公司

中兴通讯股份有限公司

深圳市通则网络通信有限公司

上海贝尔阿尔卡特股份有限公司

北京国际交换系统有限公司

广东 UT 斯达康通信有限公司

本标准主要起草人：敖立 赵苹 程强 刘谦 党梅梅 陈洁

接入网测试方法

——甚高速数字用户线 (VDSL)

1 范围

本标准规定了甚高速数字用户线 (VDSL) 设备的系统配置, 测试参考点定义, 线路接口、系统性能、功能、SNI 和 UNI、网管功能、电源及环境的测试方法。

本标准适用于公用电信网环境下, 采用 ATM 和 PTM 方式的单载波调制和多载波调制的 VDSL 设备。专用电信网也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准, 然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

YD/T 1239-2002	接入网技术要求——甚高速数字用户线 (VDSL) 系统
YD/T 1141-2001	千兆比以太网交换机测试规范
YDN 103-1998	ATM 交换机设备测试规范
IEEE 802.3 (2002)	CSMA/CD 接入方式和物理层规范
IEEE 802.1d	媒体访问控制 (MAC) 网桥 (2003)
IEEE 802.1q	虚拟桥接局域网 (2003)
ITU-T Q.2931	用户—网络接口第三层基本呼叫/连接控制 (1993)
ITU-T Q.2971	用户—网络接口第三层点到多点呼叫/连接控制 (1993)

3 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

ABR	Available Bit Rate	可用比特率
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	不对称数字用户线
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传送模式
AWGN	Additive White Gaussian Noise	加性高斯白噪声
BER	Bit Error Rate	误码率
CAC	Connection Admission Control	连接接纳控制
CBR	Constant Bit Rate	恒定比特率
CLP	Cell Loss Priority	信元丢弃优先级
CPE	Customer Premise Equipment	用户驻地设备
CPN	Customer Premise Network	用户驻地网
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Dectection	带冲突检测的载波侦听多路访问
DC	Direct Current	直流
DDJ	Data-Dependent Jitter	数据相关抖动
DS	DownStream	下行

GE	Gigabit Ethernet	千兆以太网
FTTCab	Fiber To The Cabinet	光纤到交接箱
FTTEx	Fiber To The Exchange	光纤到交换机
HDSL	High speed Digital Subscriber Line	高速数字用户线
HEC	Head Error Control	帧头差错控制
HPF	High Pass Filter	高通滤波器
IP	Internet Protocol	因特网协议
IGMP	Internet Group Management Protocol	因特网组管理协议
IGMP Snooping	Internet Group Management Protocol Snooping	IGMP 报文探测
ISDN	Integrated Service Digital Network	综合业务数字网络
LCL	Longitudinal-balance Conversion Loss	纵向平衡转移损耗
LED	Light Emitting Diode	发光二极管
LOF	Loss Of Frame	帧丢失
LOL	Loss Of Line	链路丢失
LOS	Loss Of Signal	信号丢失
LPF	Low Pass Filter	低通滤波器
MAC	Media Access Control	媒质接入控制
MLM	Multi-Longitudinal Mode	多纵模
Nrt-VBR	Non-realtime VBR	非实时可变比特率
OAM	Operations, Administration and Maintenance	操作, 管理和维护
OSB	Output Singal Balance	输出信号平衡
PC	Personal Computer	个人电脑
PCI	Peripheral Component Interconnect	外围设备接口 (一种计算机总线接口)
PCR	Peak Cell Rate	峰值信元速率
POTS	Plain Old Telephone Service	老式普通电话业务
PRBS	Pseudo-Random Bit Sequence	伪随机比特序列
PSD	Power Spectrum Density	功率谱密度
PSTN	Public Switch Telephone Network	公用电话交换网
PTM	Packet Transfer Mode	分组传递模式
PVC	Permanent Virtual Circuit	永久虚电路
PVID	Private Virtual IDentification	私有虚拟局域网标识
RFI	Radio Frequency Interference	射频干扰
RL	Return Loss	反射衰减
RMS	Root Mean Square	均方根
Rt-VBR	Realtime VBR	实时可变比特率
SCR	Sustained Cell Rate	持续信元速率
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字系列
SLM	Single-Longitudinal Mode	单纵模
SMSR	Side-Mode Suppression Ratio	最小边模抑制比
SNI	Service Node Interface	业务节点接口
SR	Symbol Rate	码元速率
STM	Synchronous Transfer Mode	同步传送模式
SUT	System Under Test	被测系统
UBR	Unspecified Bit Rate	未规定比特率

UDP	User Data Protocol	无连接的传输协议
US	UpStream	上行
UPC	Usage Parameter Control	使用参数控制
UPBO	Upstream Power Back-Off	上行方向功率下调
UNI	User-Network Interface	用户网络接口
USB	Universal Serial Bus	通用串行总线
VBR	Variable Bit Rate	可变比特率
VC	Virtual Channal	虚通路
VCC	Virtual Channal Connection	虚通路连接
VCI	Virtual Channal Identifier	虚通路标识
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Line	甚高速数字用户线
VID	VLAN IDentifier	虚拟局域网标识
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VP	Virtual Path	虚通道
VPC	Virtual Path Connection	虚通道连接
VPI	Virtual Path Identifier	虚通道标识
VTU	VDSL Transmission Unit	VDSL 收发器
VTU-C	VDSL Transmission Unit-Central office	局端 VDSL 收发器
VTU-R	VDSL Transmission Unit Remote	用户端 VDSL 收发器
ZHP	High Pass Impedance	阻抗高通滤波器
ZT	Terminating Impedance	终结阻抗

4 VDSL 设备的基本配置

VDSL 设备的基本配置见图 1。

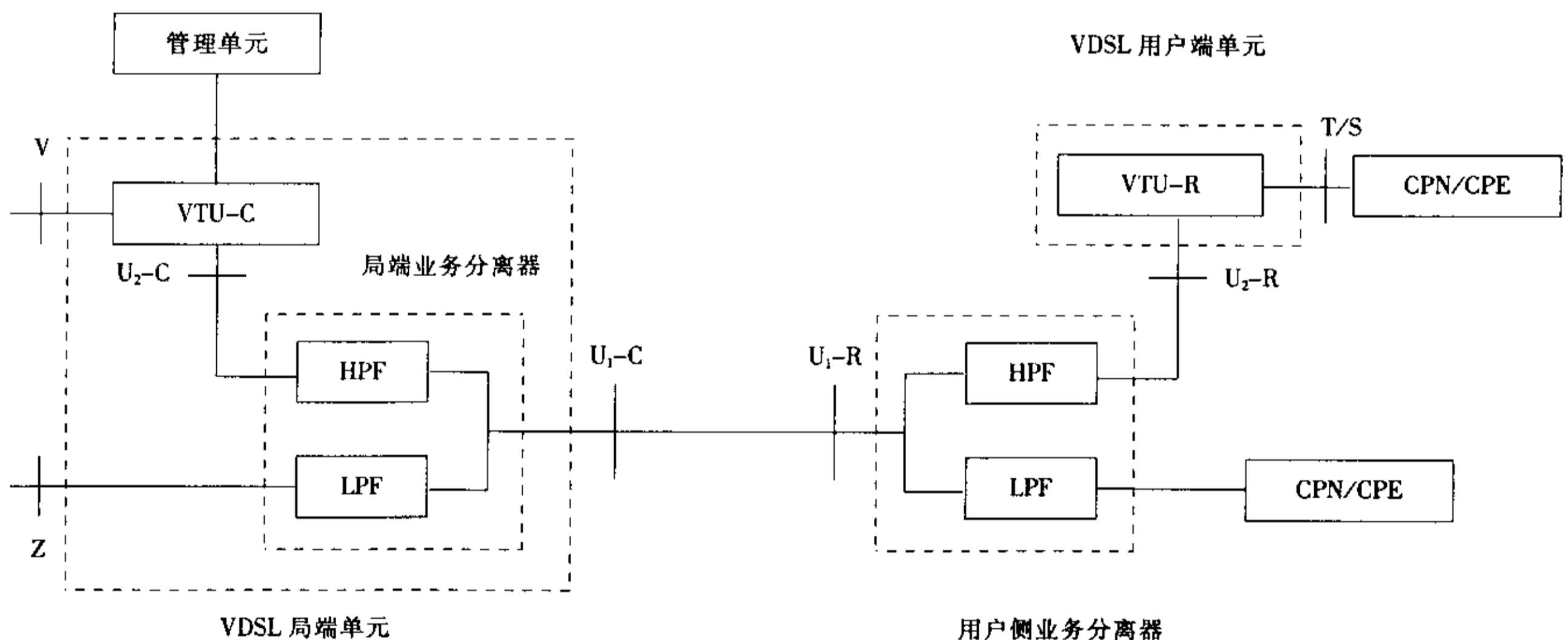


图 1 VDSL 设备基本配置

VDSL 设备由局端单元、用户端单元、用户侧业务分离器和管理单元组成。

V 参考点和 T/S 参考点是分别针对 VTU-C 和 VTU-R 定义的物理接口。

Z 参考点是指局端业务分离器与窄带 POTS/ISDN 网络的物理接口。

U 参考点包括 U_1-C 、 U_1-R 、 U_2-C 及 U_2-R 4 个参考点。其中， U_1-C 是指局侧线路接口，为局端业务分离器与普通电话双绞线的物理接口； U_1-R 是用户侧线路接口，为用户端业务分离器与普通电话双绞线的物理接口； U_2-C 是指局端业务分离器与 VTU-C 的物理接口； U_2-R 是指 VDSL 用户端设备的话音分离器 (HPF) 与 VTU-R 的物理接口。

5 接口测试

5.1 线路接口 (U-x 接口)

5.1.1 功率谱密度

5.1.1.1 指标

频段划分方式 1 和频段划分方式 2 对应的上行信道功率谱密度模板参见图 2 和表 1。频段划分方式 1 对应的下行信道功率谱密度模板参见图 3 和表 2。

频段划分方式 2 对应的下行信道功率谱密度模板参见图 4 和表 2。

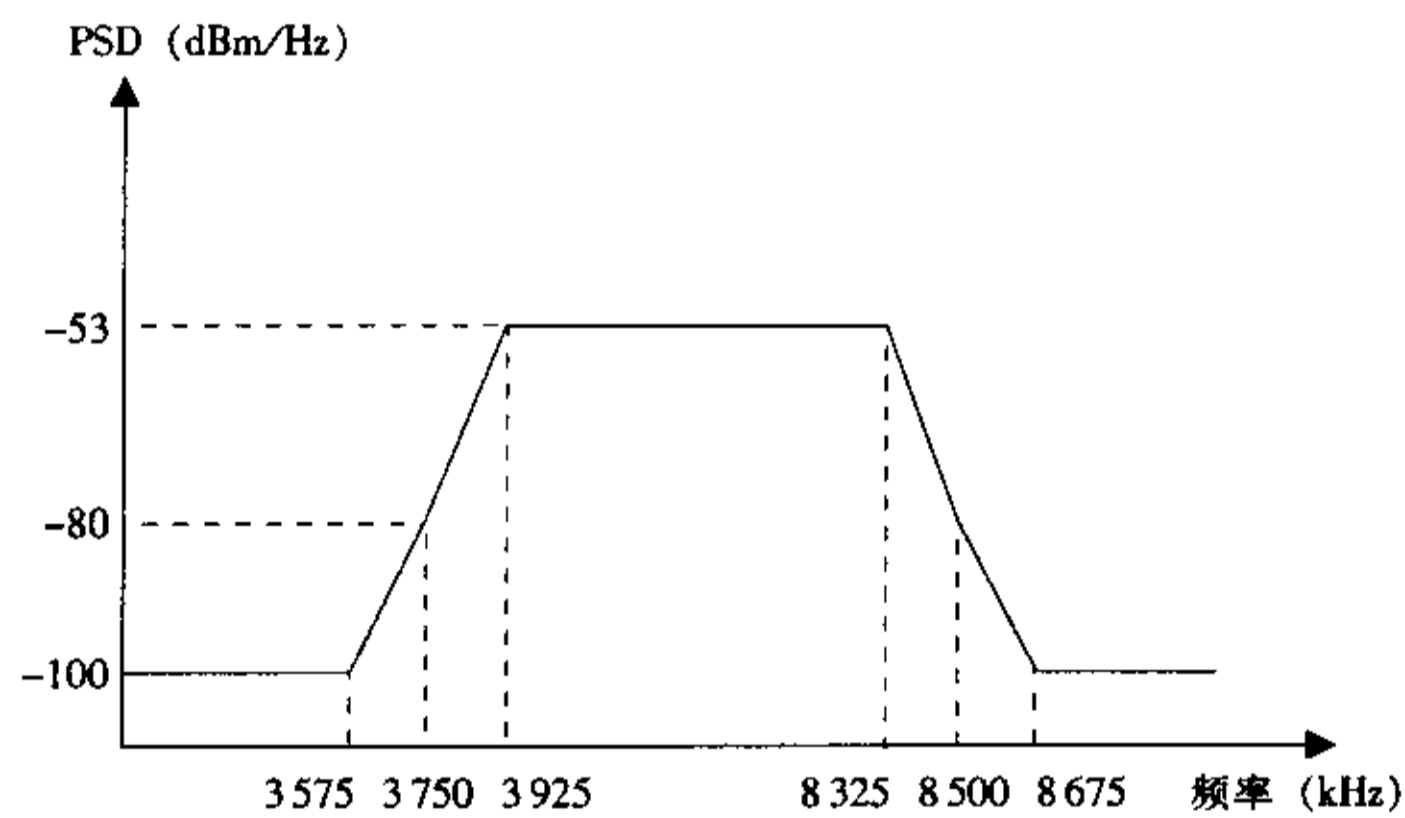


图 2 上行信道 PSD 模板

表 1 VDSL 上行 PSD 模板

频率 (kHz)	PSD (dBm/Hz)
0~4	-101
25	-101
138	-101
307	-101
482	-101
3 575	-101
3 750	-80
3 925	-53
8 325	-53
8 500	-80
8 675	-107
12 000	-110
30 000	-110

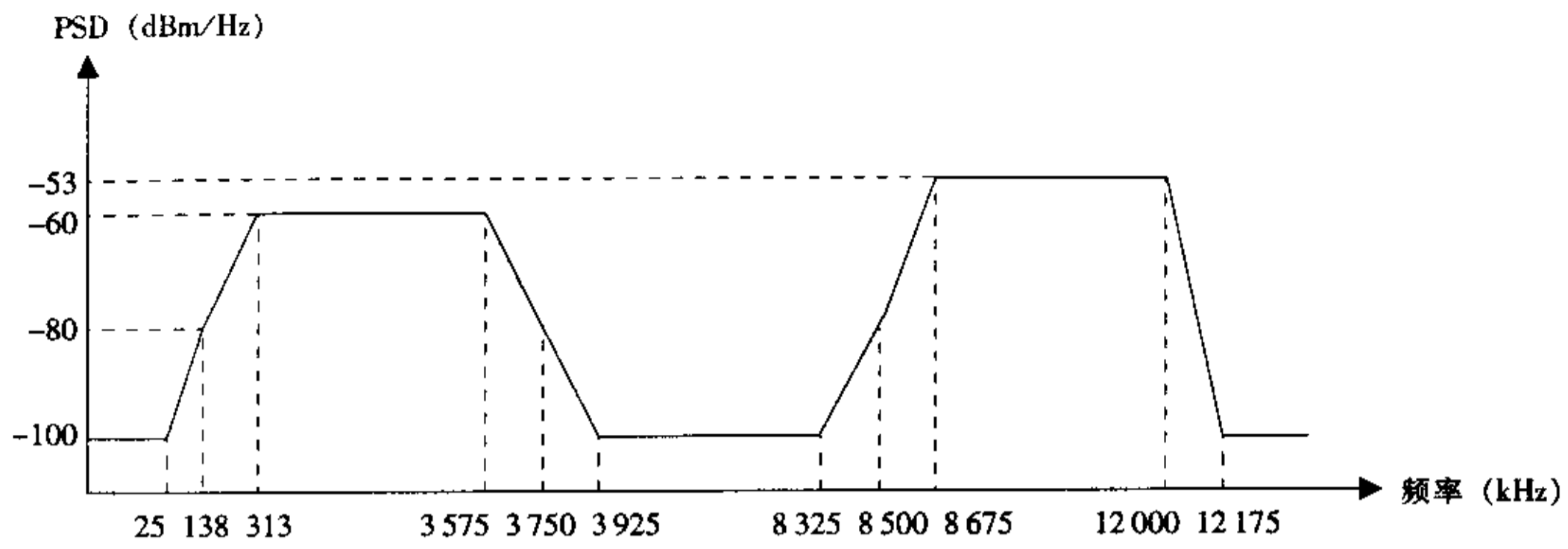


图3 频段划分方式1对应的下行功率谱密度

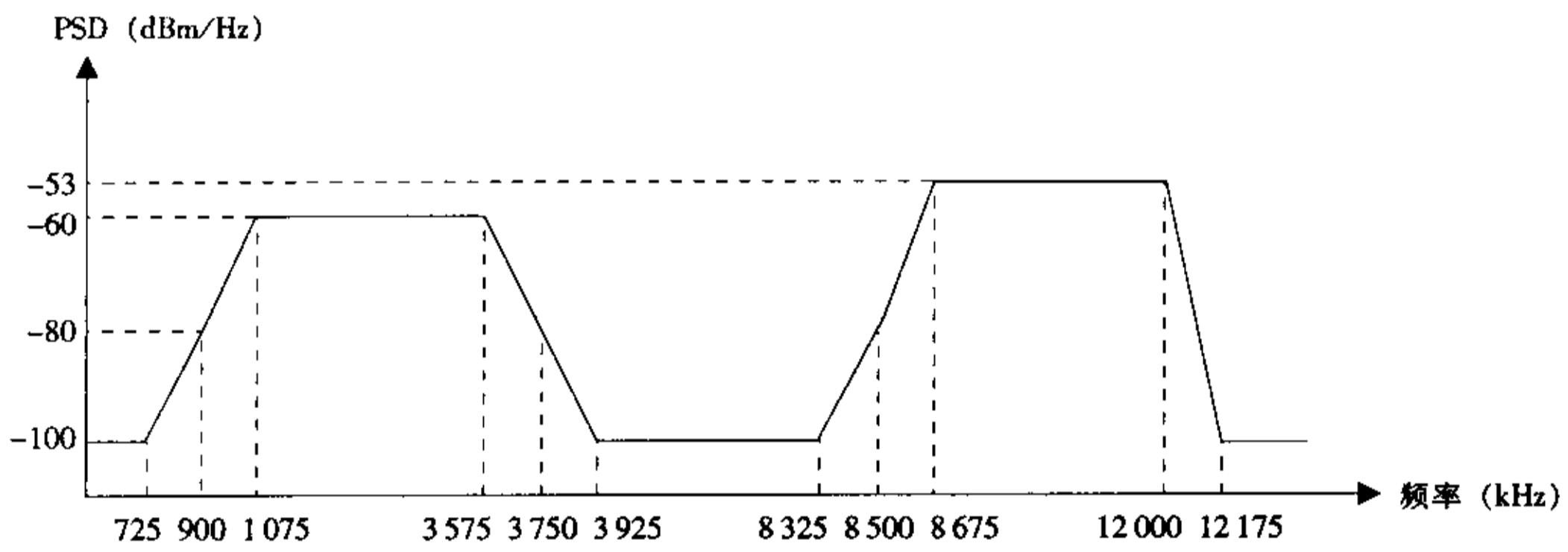


图4 频段划分方式2对应的下行功率谱密度

表2 VDSL 下行 PSD 模板

方式1		方式2	
频率 (kHz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (kHz)	PSD (dBm/Hz)
0	-101	0	-101
25	-101	25	-101
138	-80	725	-101
313	-60	900	-80
1 104	-60	1 075	-60
3 575	-60	3 575	-60
3 750	-80	3 750	-80
3 925	-105	3 925	-105
8 325	-105	8 325	-105
8 500	-80	8 500	-80
8 675	-53	8 675	-53
12 000	-53	12 000	-53
12 175	-107	12 175	-107
30 000	-110	30 000	-110

5.1.1.2 测试配置

下行、上行功率谱密度测试配置分别见图 5 和图 6。

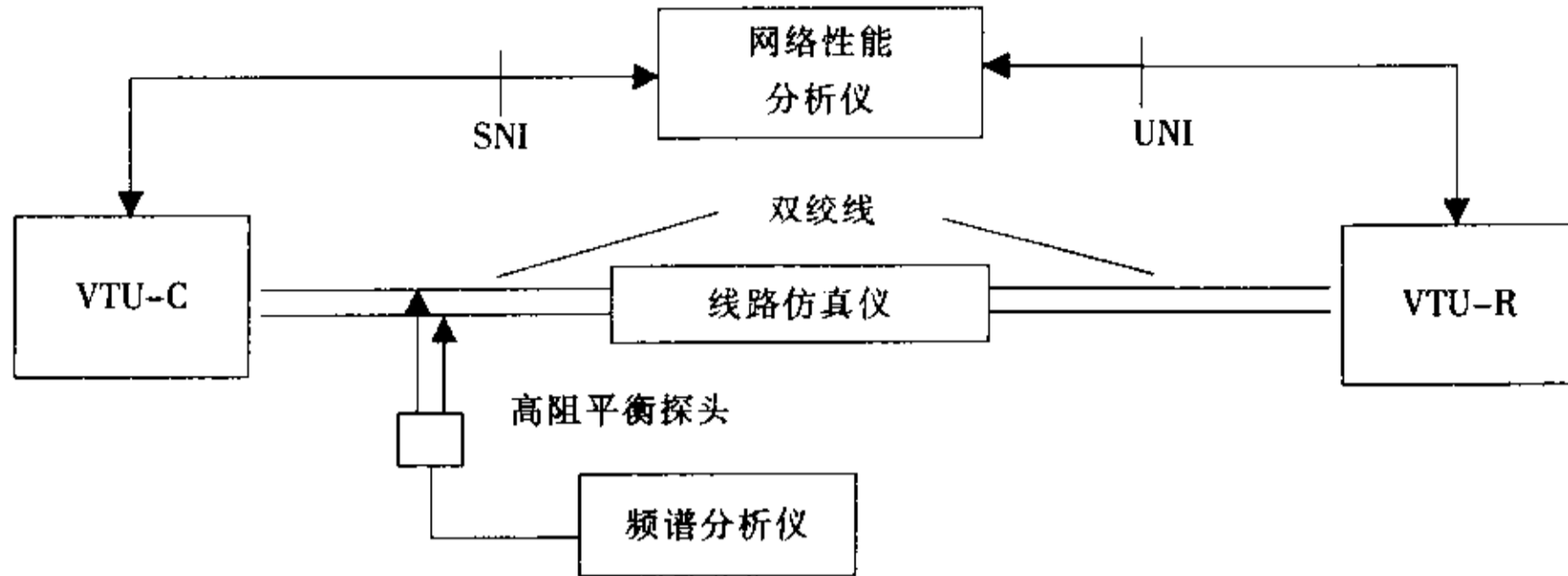


图 5 下行功率谱密度测试配置

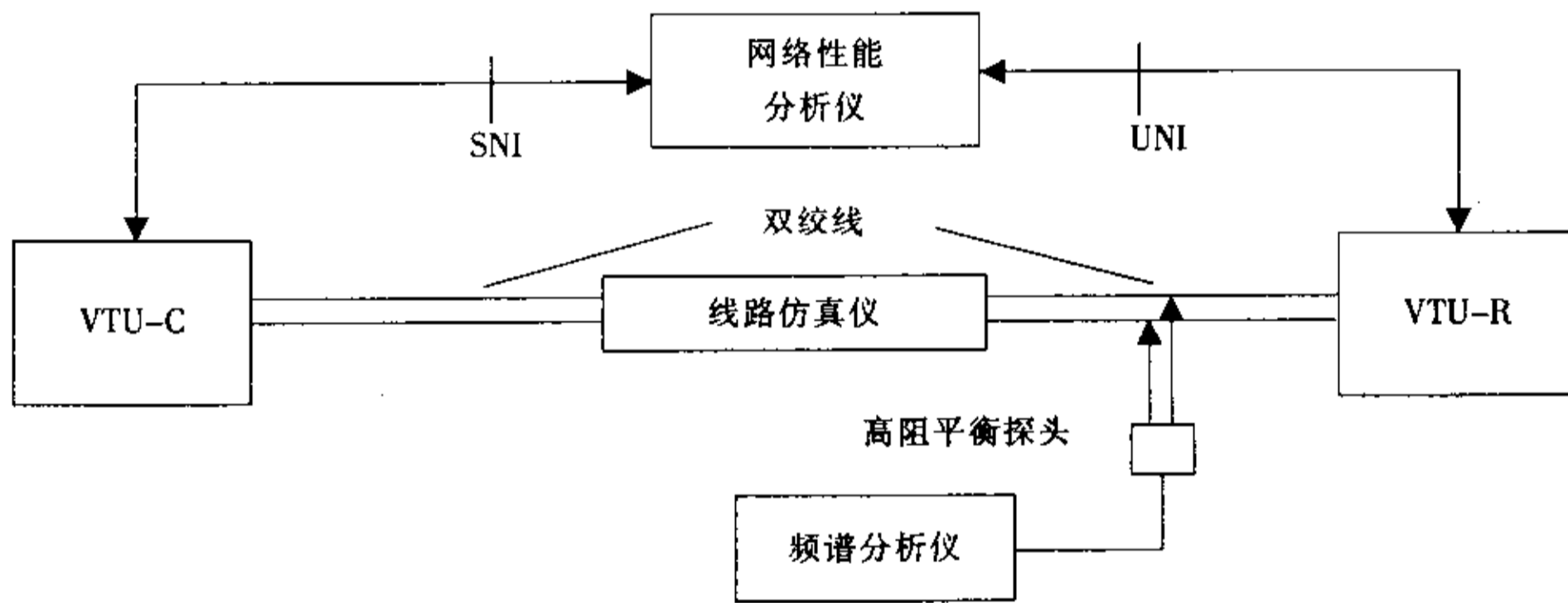


图 6 上行功率谱密度测试配置

5.1.1.3 测试步骤

- 1) 按照图 5 或图 6 连接电路。
- 2) 设置线路仿真仪为 0.4mm 线径、长度为 1km，使 VTU-C 和 VTU-R 握手成功并处于稳定工作状态。
- 3) 设置网络性能分析仪的相应参数，通过 SNI 和 UNI 向 VDSL 系统发送测试数据，发送速率为线路速率。
- 4) 频谱分析仪通过高阻平衡探头连接到被测线路接口，在规定的频谱范围内进行测试。
- 5) 频率在 1MHz 以下，设定分辨率带宽为 100kHz；频率在 1MHz 以上，设定分辨率带宽为 1MHz。
- 6) 应分别测试下行功率谱密度和上行功率谱密度，测试结果均应符合模板要求。

5.1.2 回损

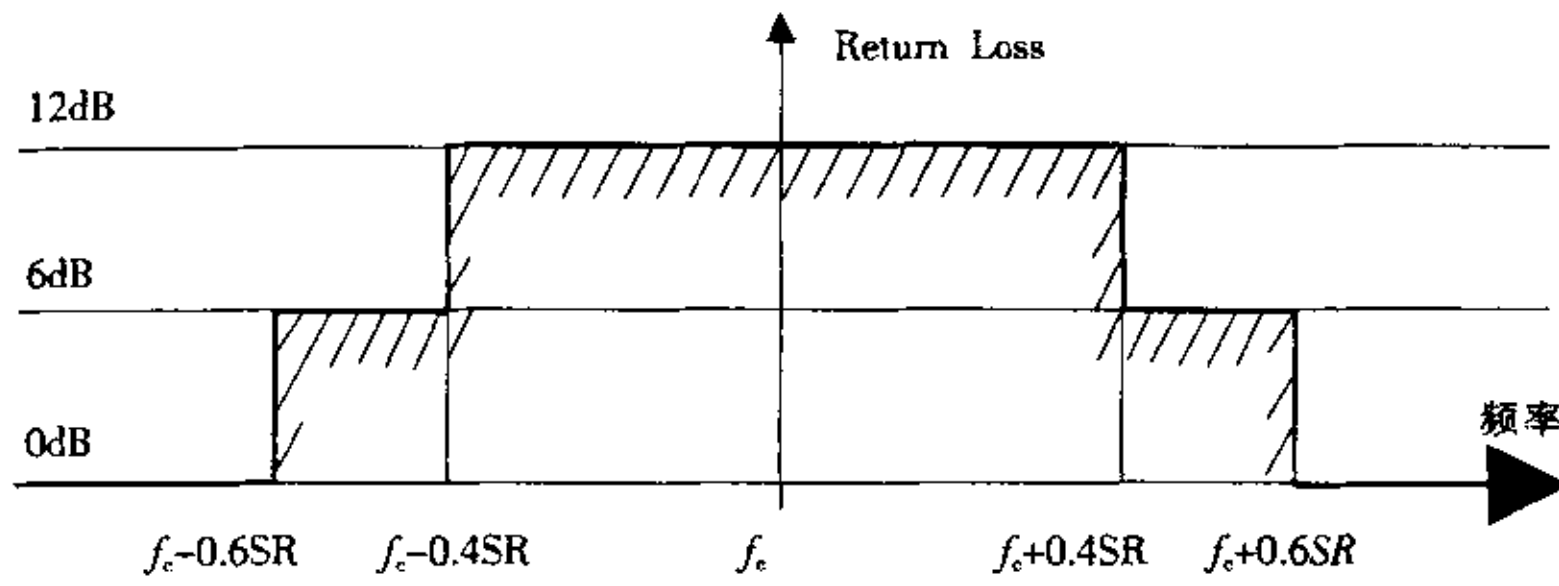
5.1.2.1 指标要求

此指标要求只适用于 QAM 方式。

线路接口的标称阻抗 $Z_c=100\Omega$ ，回波损耗（回损）按照下式进行定义：

$$RL=201g \left| \frac{Z+Z_c}{Z-Z_c} \right| \text{ (dB)}$$

线路接口的回损应符合图 7 的要求。



注： f_c 和 SR 分别为中心载频和码元速率，具体数值根据应用所需的配置参数而定。

图 7 线路接口回损模板

5.1.2.2 测试配置

局侧和用户侧线路接口回损测试配置分别见图 8 和图 9。

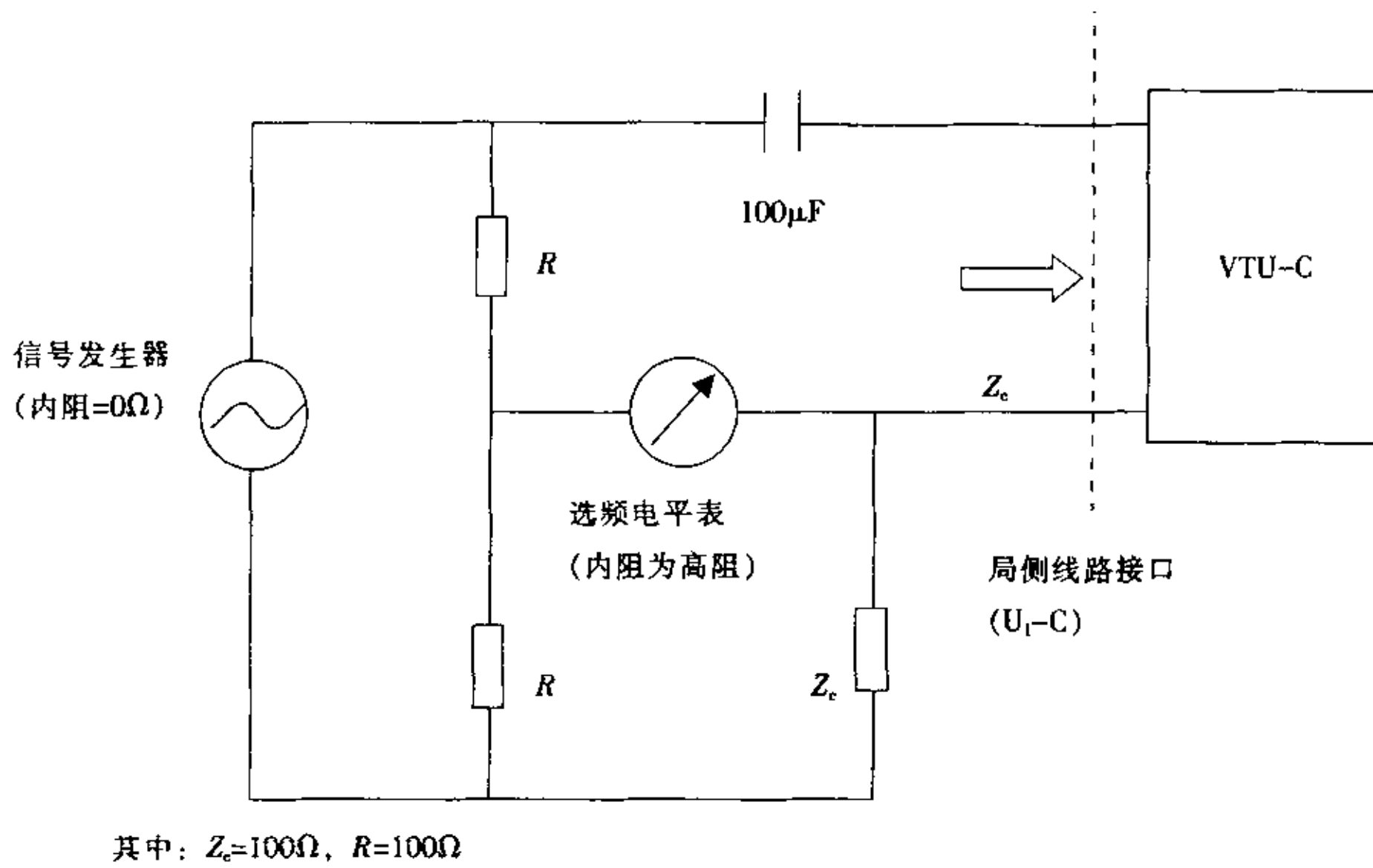


图 8 局侧线路接口回损测试配置

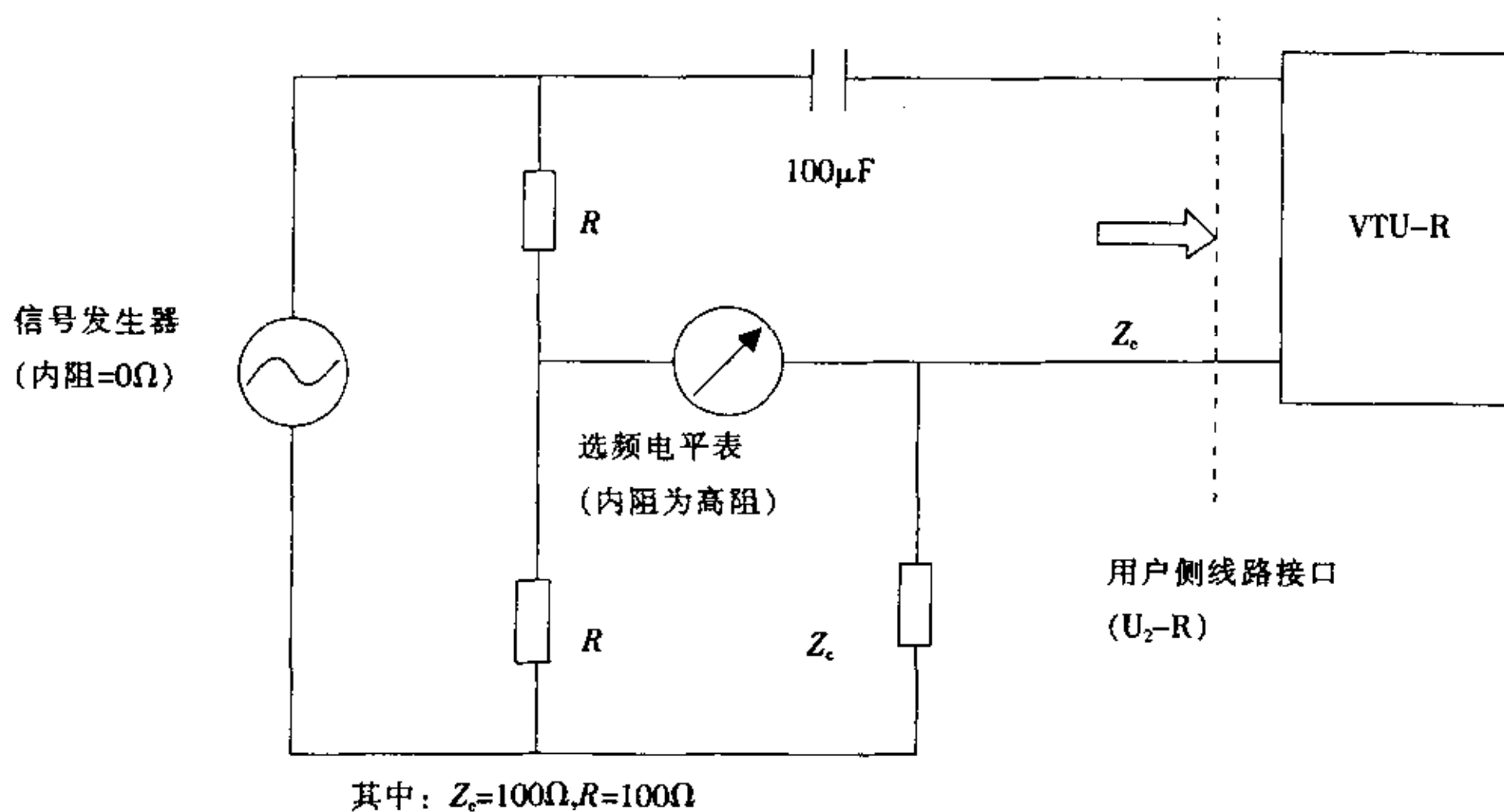


图 9 用户侧线路接口回损测试配置

5.1.2.3 测试步骤

- 1) 按照图 8 或图 9 连接电路, 被测设备上电并处于稳定工作状态;
- 2) 断开被测接口, 由选频电平表选测测试信号电平 P_0 ;
- 3) 连接被测接口, 由选频电平表选测测试信号电平 P_1 ;
- 4) 阻抗回损值为 $(P_0 - P_1)$;
- 5) 在整个工作频率范围内测试回损值, 测试结果均应符合模板要求。

注: 当实际信号发生器内阻不为 0 时, 应对回损测试结果进行修正。

5.1.3 输出信号平衡 (OSB)

5.1.3.1 指标要求

此指标要求只适用于 QAM 方式。具体要求见表 3。

表 3 输出信号平衡指标要求

频率范围	输出信号平衡
$f_c - 0.6SR \sim f_c + 0.6SR$	$\geq 35\text{dB}$

5.1.3.2 测试配置

集成话音分离器和未集成话音分离器的 VTU-x 线路接口输出信号平衡测试配置分别见图 10 和图 11。

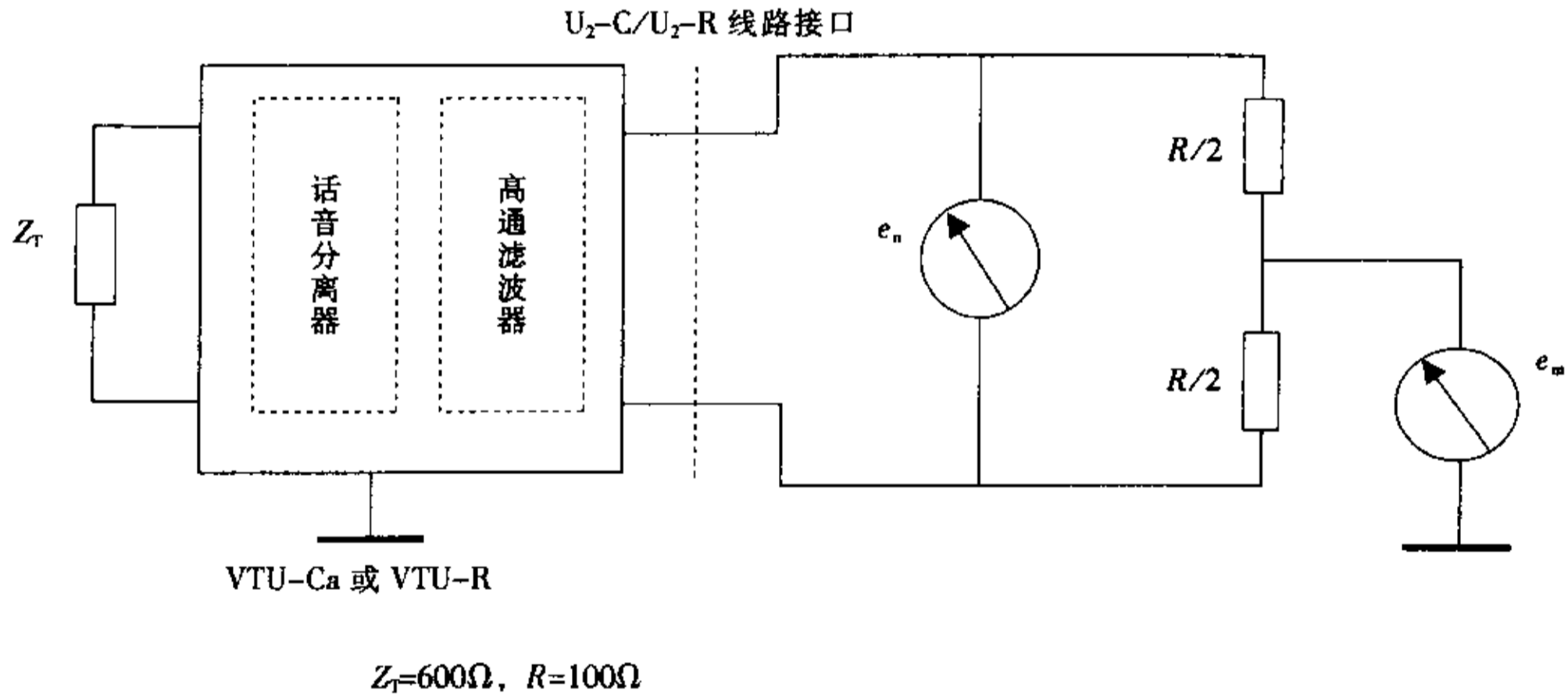


图 10 集成话音分离器的 VTU-x 线路接口输出信号平衡测试配置

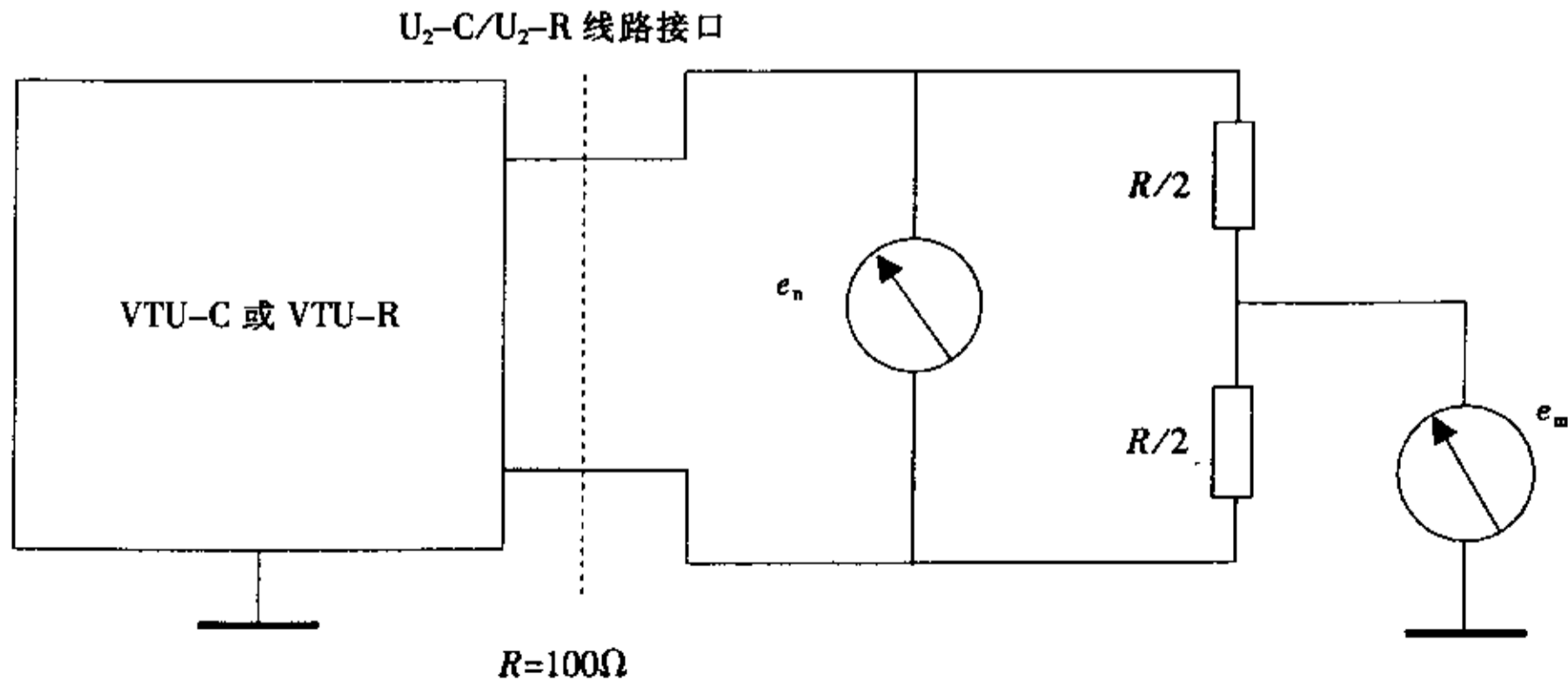


图 11 未集成话音分离器的 VTU-x 线路接口输出信号平衡测试配置

5.1.3.3 测试步骤

- 1) 按照图 10 或图 11 连接电路, 被测设备上电并处于稳定工作状态;
- 2) 选频电平表测试电平 e_m ;
- 3) 选频电平表测试被测线路接口上的电平 e_n ;
- 4) 计算输出信号平衡 $OSB=e_n-e_m$ (dB);
- 5) 在整个工作频率范围内测试输出信号平衡, 测试结果应符合指标要求。

5.1.4 过压保护

5.1.4.1 指标要求

a) 雷电过电压

VDSL 设备 (包括局端和用户端) 线路接口应经受住在用户线上冲击电压波形为 10/700 μ s, 幅值为 4 000V, 正负脉冲各 5 次, 间隔 60s 而不降低任何部件的性能。

当 VDSL 局端设备的 Z 接口为外线方式时, VDSL 局端设备的 Z 接口应经受住在用户线上冲击电压波形为 10/700 μ s, 幅值为 4 000V, 正负脉冲各 5 次, 间隔 60s 而不降低任何部件的性能。

b) 雷电过电流

VDSL 设备 (包括局端和用户端) 线路接口应经受住在用户线上冲击电流波形为 20/80 μ s, 幅值为 6 000A, 正负脉冲各 5 次, 间隔 60s 而不降低任何部件的性能。

当 VDSL 局端设备的 Z 接口为外线方式时, VDSL 局端设备的 Z 接口应经受住在用户线上冲击电流波形为 20/80 μ s, 幅值为 6 000A, 正负脉冲各 5 次, 间隔 60s 而不降低任何部件的性能。

c) 电力线过电压

VDSL 设备 (包括局端和用户端) 线路接口应经受在通信导线上的纵电动势 650V/0.5s 以内的过电压而不降低任何部件的性能。

当 VDSL 局端设备的 Z 接口为外线方式时, VDSL 局端设备的 Z 接口应经受在通信导线上的纵电动势 650V/0.5s 以内的过电压而不降低任何部件的性能。

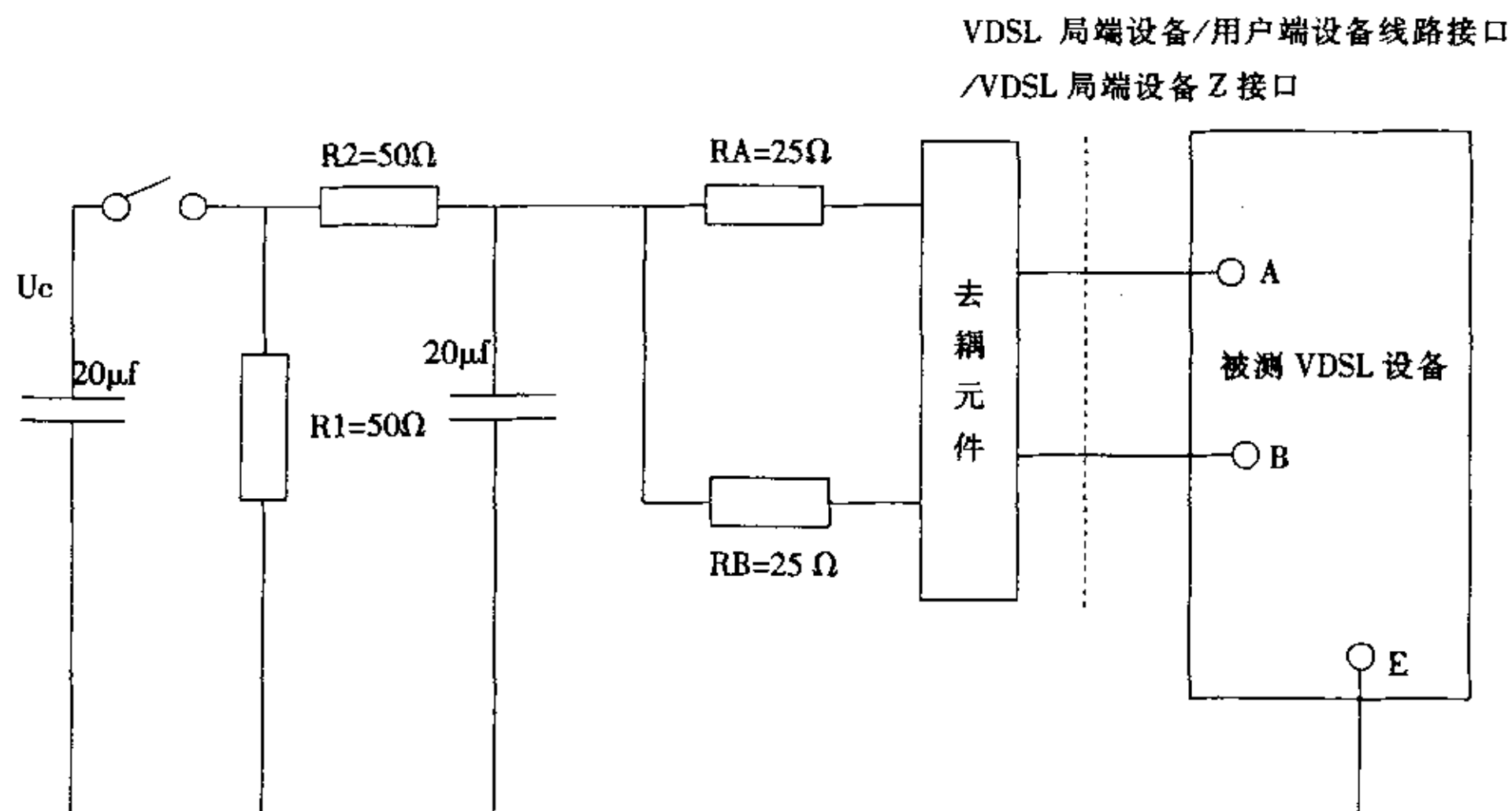
d) 与电力线接触的过电压

VDSL 设备 (包括局端和用户端) 线路接口直接与一根或两根 220V (50Hz) 的导线接触 15min 应当没有着火的危险。

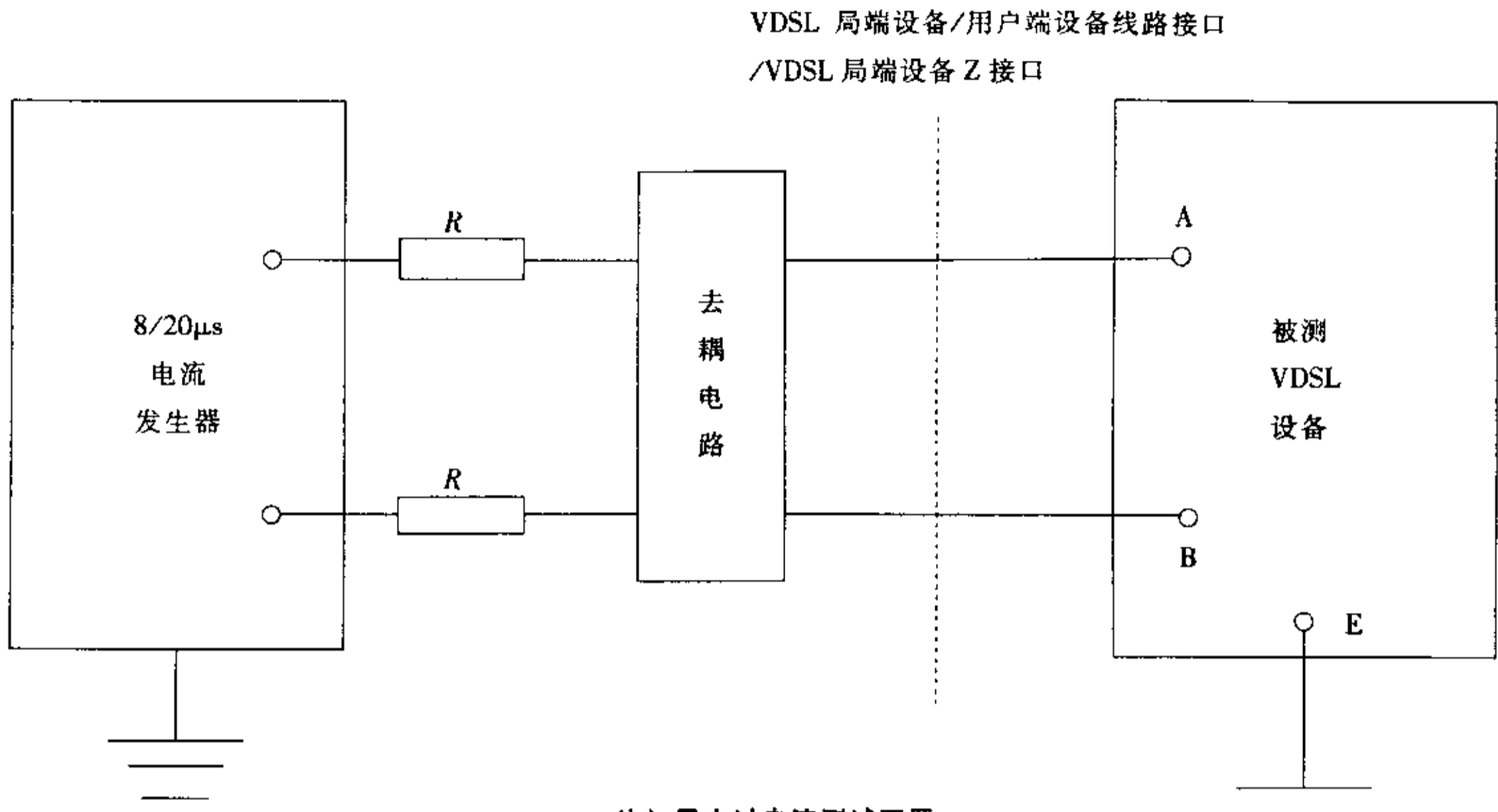
当 VDSL 局端设备的 Z 接口为外线方式时, VDSL 局端设备的 Z 接口直接与一根或两根 220V (50Hz) 的导线接触 15min 应当没有着火的危险。

5.1.4.2 测试配置

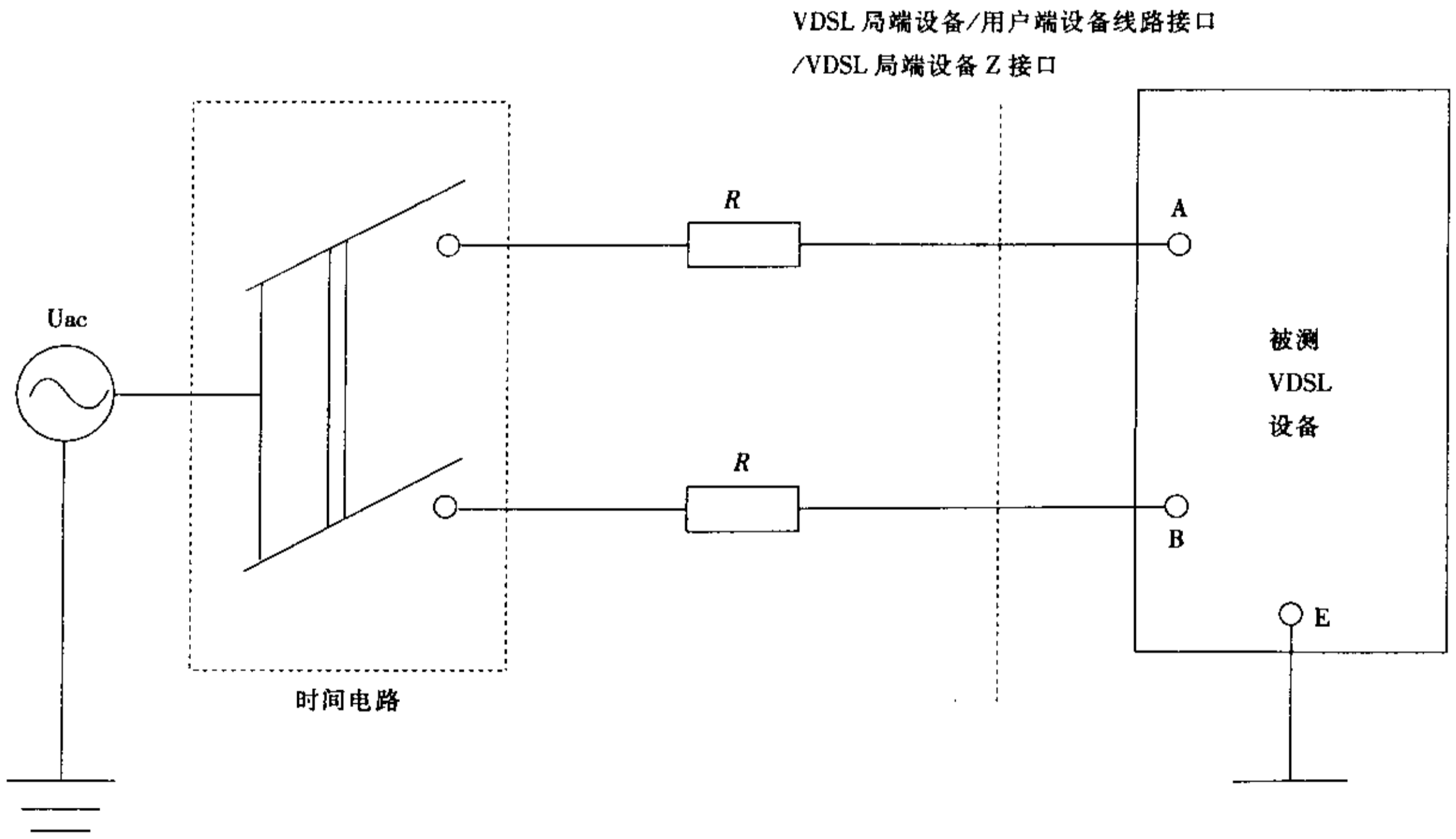
测试配置见图 12。



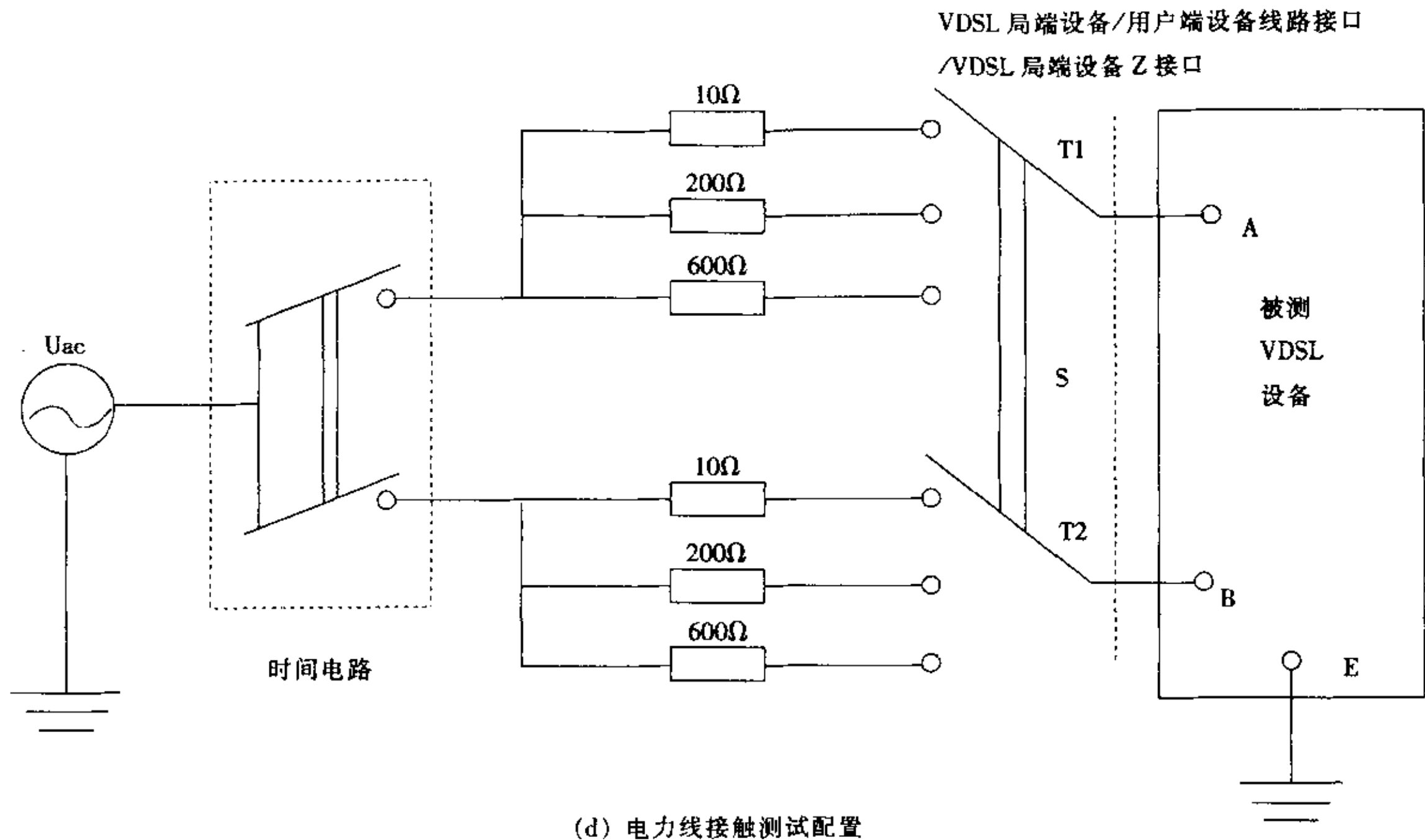
(a) 雷击过电压测试配置



(b) 雷击过电流测试配置



(c) 电力线感应测试配置



注：被测设备为 VDSL 局端设备或用户端设备

图 12 过压和过流保护测试配置

5.1.4.3 测试步骤

- 1) 按图 12 对应于相应的测试项目将电路接好；
- 2) 接通电路，将相应的输入电压或输入电流注入被测设备的线路接口或 VDSL 局端设备 Z 接口上进行测试；
- 3) 对应于经过雷电过电压、雷电过电流和电力线过电压测试后的被测设备，按照 7.1 节中传输距离 (600m、1 000m) 两个测试项目进行测试，测试结果应符合指标要求。
- 4) 对应于与电力线接触的过电压测试，在加入过电压 15min 后，观察被测设备是否有着火现象出现。

5.2 业务节点接口 (SNI)

5.2.1 ATM 622 080kbit/s 和 155 520kbit/s 光接口

5.2.1.1 指标要求

有关 ATM 622 080kbit/s 和 ATM 155 520kbit/s 光接口的参数值见表 4。

表 4 ATM 光接口参数规范

a) STM-4 光接口参数规范

项目	单位	数值							
标称比特率	kbit/s	STM-4 622 080							
应用分类代码		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3	
工作波长范围	nm	1261~1360	1293~1334/ 1274~1356	1430~1580	1300~1325/ 1296~1330	1280~1335	1480~1580	1480~1580	
S 参考点处发射器特性									
光源类型		MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM

表 3 (续)

项 目		单 位	数 值							
光谱特性	最大 RMS 谱宽	nm	14.5	35	4/2.5	-	2.0/1.7	-	-	-
	最大-20 dB 谱宽	nm	-	-	-	1	-	1	< 1	1
	最小边模抑制比	dB	-	-	-	30	-	30	30	30
平均发送光功率	最大平均	dBm	-8	-8	-8	-8	2	2	2	2
	最小平均	dBm	-15	-15	-15	-15	-3	-3	-3	-3
最小消光比		dB	8.2	8.2	8.2	8.2	10	10	10	10
R 参考点处接收器特性										
最差灵敏度 (BER=10 ⁻¹⁰)		dBm	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28	-28
最小过载点 (BER=10 ⁻¹⁰)		dBm	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
最大光通道代价		dB	1	1	1	1	1	1	1	1
接收器在 R 点的最大反射系数		dB	NA	NA	-27	-27	-14	-14	-27	-14

b) STM-1 光接口参数规范

项 目		单 位	数 值									
标称比特率		kbit/s	STM-1 155 520									
应用代码分类			I-1	S-1.1	S-1.2		L-1.1	L-1.2	L-1.3			
工作波长范围		nm	1260~1360	1261~1360	1430~1576	1430~1580	1280~1335	1480~1580	1534~1566/ 1523~1577		1480~1580	
S 参考点处发送器特性												
光源类型			MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM
光谱特性	最大 RMS 宽度	nm	40	80	7.7	2.5	-	4	-	-	3/2.5	-
	最大-20dB 谱宽	nm	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1
	最小边模抑制比	dB	-	-	-	-	30	-	30	30	-	30
平均发射光功率	最大平均	dBm	-8	-8	-8	-8	0	0	0	0	0	0
	最小平均	dBm	-15	-15	-15	-15	-5	-5	-5	-5	-5	-5
最小消光比		dB	8.2	8.2	8.2	8.2	10	10	10	10	10	10
R 参考点处接收器特性												

b) STM-1 光接口参数规范 (续)

项目	单位	数值					
最差灵敏度 (BER=10 ⁻¹⁰)	dBm	-23	-28	-28	-34	-34	-34
最小过载点 (BER=10 ⁻¹⁰)	dBm	-8	-8	-8	-10	-10	-10
最大光通道代价	dB	1	1	1	1	1	1
接收机在 R 点的 最大反射系数	dB	NA	NA	NA	NA	-25	NA

5.2.1.2 平均发送光功率

5.2.1.2.1 指标要求

平均发送光功率是发送机耦合到光纤的伪随机数据序列的平均功率在 S 参考点上的测试值。测试指标见表 4。

5.2.1.2.2 测试配置

测试配置见图 13。

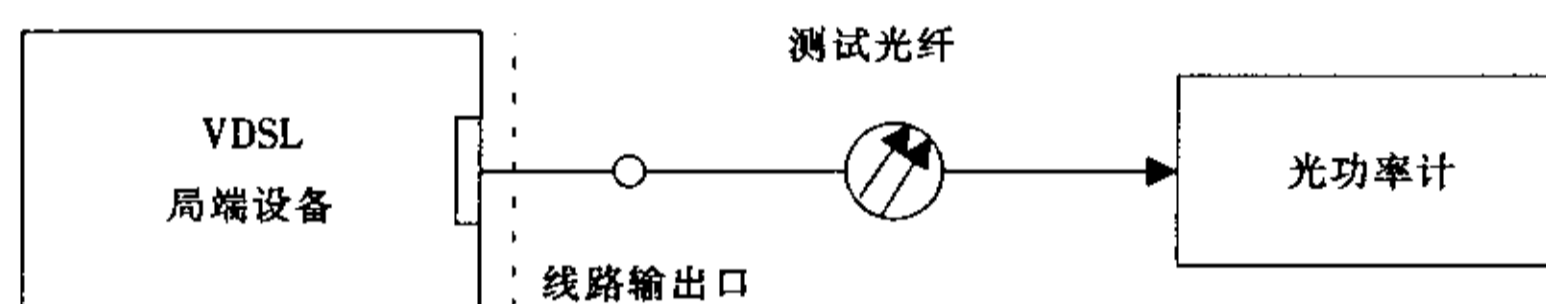


图 13 平均发送光功率测试配置

5.2.1.2.3 测试步骤

- 1) 按图 13 连接好电路；
- 2) 如有需要，测量并记录激光器的偏置电流（或输入功率）及温度；
- 3) 光功率计设置在被测光波长上，待输出功率稳定后，从光功率计读出平均发送光功率。

5.2.1.3 消光比

5.2.1.3.1 指标要求

消光比是最坏反射条件时，在全调制情况下，传号（发射光信号）平均光功率与空号（不发射光信号）平均光功率的比值。测试指标见表 4。

5.2.1.3.2 测试配置

测试配置见图 14。

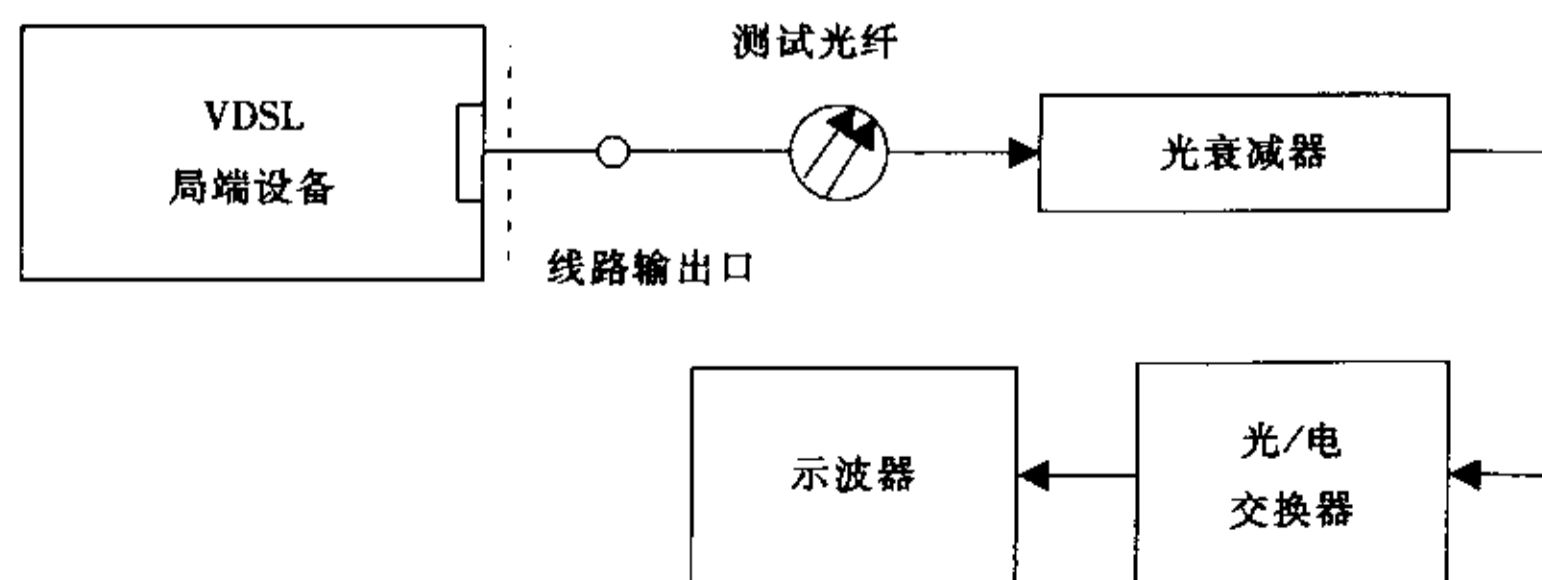


图 14 消光比测试配置

5.2.1.3.3 测试步骤

- 1) 按图 14 连接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使光/电变换器有合适的输入光功率；
- 3) 调整示波器，获得稳定的波形；
- 4) 读出传号和空号的功率 A 和 B ，并利用下式计算消光比：

$$EX=101g\left(\frac{A}{B}\right) \text{ (dB)}$$

5.2.1.4 发送信号波形 (眼图)

5.2.1.4.1 指标要求

发送信号波形以发送信号眼图的形式规定了发送机的光脉冲形状特性，它包括上升和下降时间、脉冲过冲及振荡。发送信号眼图应符合图 15 和表 5 所示的模板。

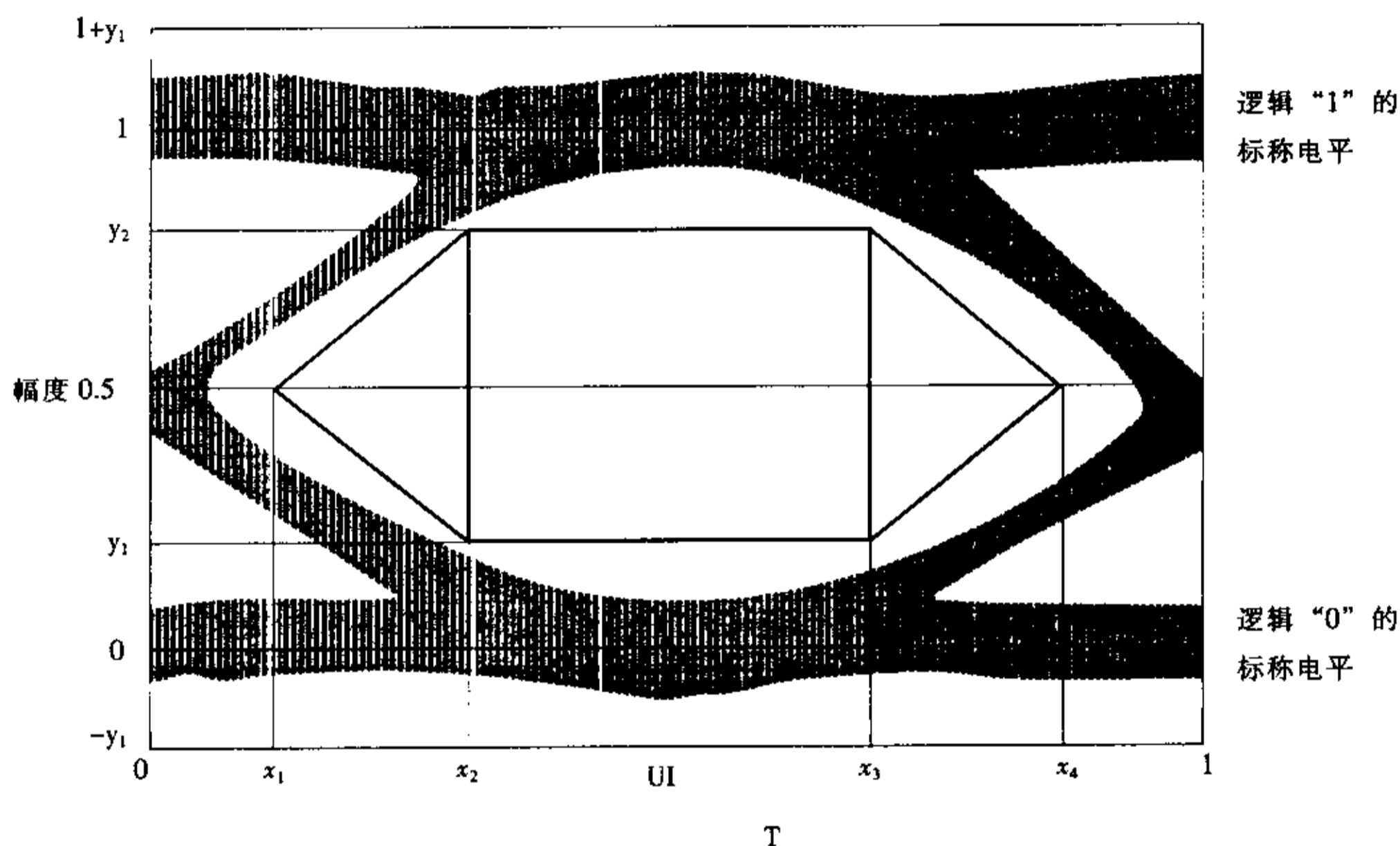


图 15 光发送信号眼图

表 5 光发送信号眼图模框参数

	STM-1	STM-4
x_1/x_4	0.15/0.85	0.25/0.75
x_2/x_3	0.35/0.65	0.40/0.60
y_1/y_2	0.20/0.80	0.20/0.80

5.2.1.4.2 测试配置

测试配置见图 16。

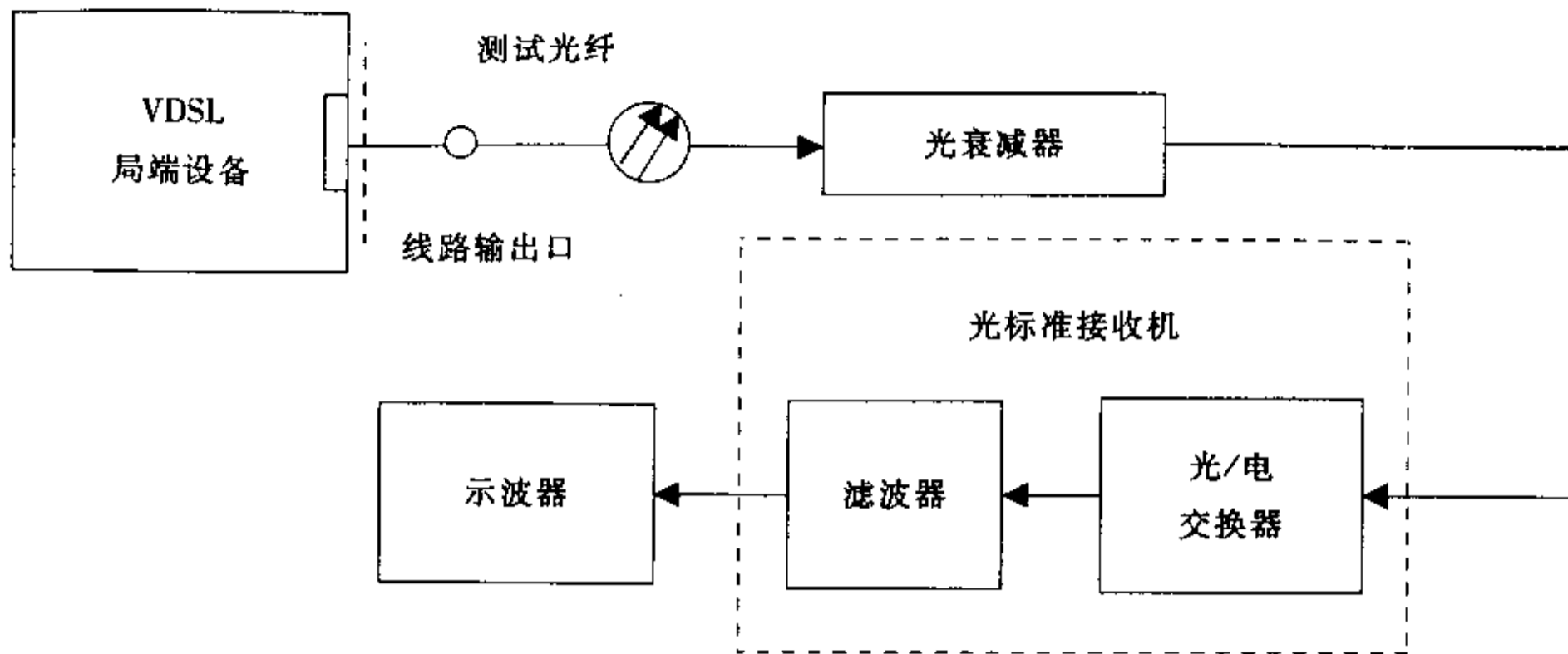


图 16 光发送信号眼图测试配置

5.2.1.4.3 测试步骤

- 1) 按图 16 连接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使光/电变换器有合适的输入光功率；
- 3) 调整示波器，按表 5 调用相应的模框，获得稳定的波形，并由人工调整或仪器自动对准，使波形与模框之间位置最佳；
- 4) 按模框参数记录相应的数值。

5.2.1.5 激光器工作波长

5.2.1.5.1 指标要求

激光器工作波长是指它的主纵模中心波长。测试指标见表 4。

5.2.1.5.2 测试配置

测试配置见图 17。

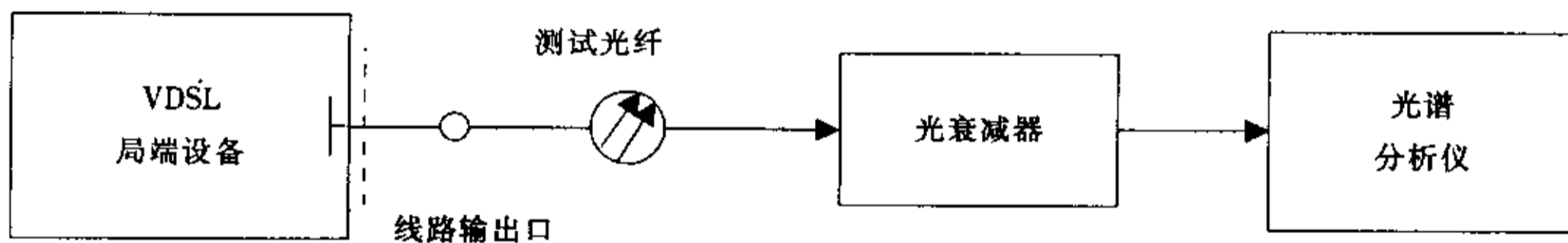


图 17 激光器光谱特性测试配置

5.2.1.5.3 测试步骤

- 1) 按图 17 连接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使输出光功率在光谱分析仪（或光波长计）要求的范围内；
- 3) 调整光谱分析仪（或光波长计），找到并读出主纵模中心波长。

5.2.1.6 最大均方根谱宽 (σ_{rms})

5.2.1.6.1 指标要求

最大均方根谱宽是发光二极管 (LED) 和多纵模 (MLM) 激光器的光谱特性参数。 σ_{rms}^2 表示规定光谱积分区内的总功率，积分区的边界功率相对于主峰跌落 (20~30) dB。测试指标见表 4。

5.2.1.6.2 测试配置

测试配置见图 17。

5.2.1.6.3 测试步骤

- 1) 按图 17 连接好电路;
- 2) 调整光衰减器, 使输出光功率在光谱分析仪 (或光波长计) 要求的范围内;
- 3) 定义积分区边界 λ_1 和 λ_2 (通常选取光功率下降到 -20dB、-25dB 或 -30dB 的点对应的波长为 λ_1 和 λ_2), 读出最大均方根谱宽:

$$\sigma_{\text{rms}} = \sqrt{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (\lambda - \lambda_0)^2 \cdot \rho(\lambda) d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho(\lambda) d\lambda}$$

5.2.1.7 最大-20dB 谱宽

5.2.1.7.1 指标要求

最大-20dB 谱宽是单纵模 (SLM) 激光器的光谱特性参数, 它表示光谱积分区的宽度, 而积分区边界功率相当于主峰跌落 20dB。测试指标见表 4。

5.2.1.7.2 测试配置

测试配置见图 17。

5.2.1.7.3 测试步骤

- 1) 按图 17 连接好电路;
- 2) 调整光衰减器, 使输出光功率在光谱分析仪 (或光波长计) 要求的范围内;
- 3) 定义积分区边界 λ_1 和 λ_2 , 选取光功率下降到 -20dB 的点对应的波长为 λ_1 和 λ_2 , 读出最大-20dB 谱宽。

$$\sigma_{-20} = \lambda_2 - \lambda_1$$

5.2.1.8 最小边模抑制比 (SMSR)

5.2.1.8.1 指标要求

最小边模抑制比是单纵模 (SLM) 激光器在最坏反射条件下、全调制时, 主纵模的平均光功率与最显著边模的光功率之比的最小值。测试指标见表 4。

5.2.1.8.2 测试配置

测试配置见图 17。

5.2.1.8.3 测试步骤

- 1) 按图 17 连接好电路。
- 2) 调整光衰减器, 使输出光功率在光谱分析仪 (或光波长计) 要求的范围内。
- 3) 测量主纵模的功率 M_1 。
- 4) 测量最显著边模的功率 M_2 。
- 5) 计算最小边模抑制比:

$$\text{SMSR} = 10 \lg \frac{M_1}{M_2} \quad (\text{dB})$$

5.2.1.9 接收机最差灵敏度

5.2.1.9.1 指标要求

接收机最差灵敏度是在 R 参考点上、达到规定的比特差错率 (BER) 所能接收到的最低平均光功率。测试指标见表 4。

5.2.1.9.2 测试配置

测试配置见图 18。

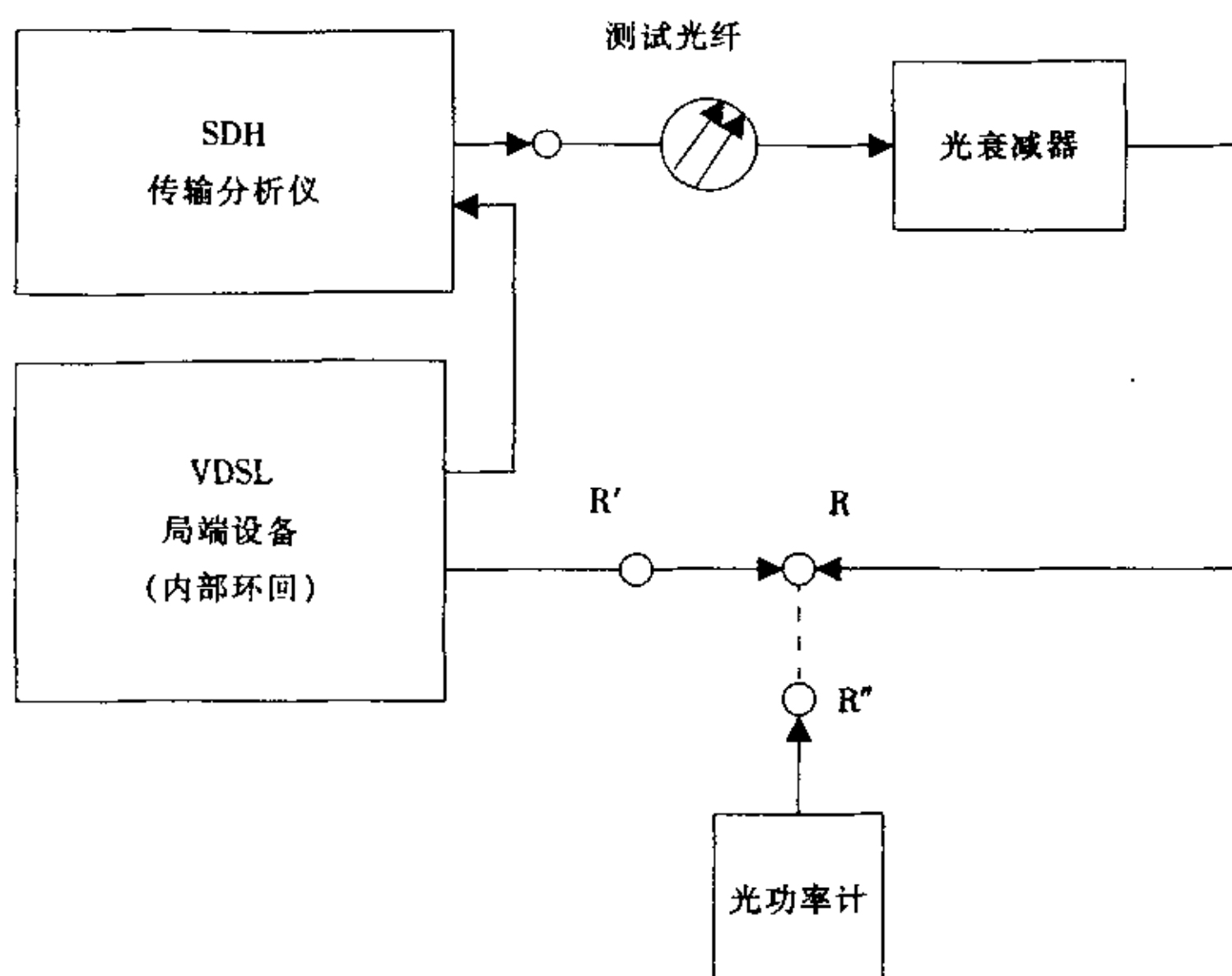


图 18 接收机灵敏度及过载功率测试配置

5.2.1.9.3 测试步骤

- 1) 按图 18 连接好电路；
- 2) 调整 SDH 传输分析仪，向 VDSL 局端设备的 ATM 接收端口发送合适的测试信号；
- 3) 调整光衰减器，逐渐加大衰减值，使 SDH 传输分析仪测到的误码尽量接近，但不大于规定的 BER（通常规定 $BER=10^{-10}$ ）；
- 4) 断开 R 点的活动连接器，将光衰减器与光功率计相连，读出 R 点的接收光功率 P_R ；
- 5) 对于精确的测量，应考虑到 R、R' 和 R'' 各点光功率的差异，用活动连接器的衰减值对读出的接收光功率进行修正。

5.2.1.10 接收机过载功率

5.2.1.10.1 指标要求

接收机过载功率是指在 R 参考点上、达到规定的 BER 时所能接收到的最高平均光功率。测试指标见表 4。

5.2.1.10.2 测试配置

测试配置见图 18。

5.2.1.10.3 测试步骤

- 1) 按图 18 连接好电路；
- 2) 调整 SDH 传输分析仪，向 VDSL 局端设备的 ATM 接收端口发送合适的测试信号；
- 3) 调整光衰减器，逐渐减小衰减值，使 SDH 传输分析仪测到的误码尽量接近，但不大于规定的 BER（通常规定 $BER=10^{-10}$ ）；
- 4) 断开 R 点的活动连接器，将光衰减器与光功率计相连，读出 R 点的接收光功率 P_R ；
- 5) 对于精确的测量，应考虑到 R、R' 和 R'' 各点光功率的差异，用活动连接器的衰减值对读出的接收光功率进行修正。

5.2.1.11 输入抖动容限

5.2.1.11.1 指标要求

STM-N 输入口承受抖动和漂移特性的能力采用正弦调制相位的数字测试信号来规范和测试。指标规定被测输入口所能承受的测试信号抖动和漂移至少不低于图 19 所示模板，图 19 中抖动和漂移幅度、频率参考值见表 6。

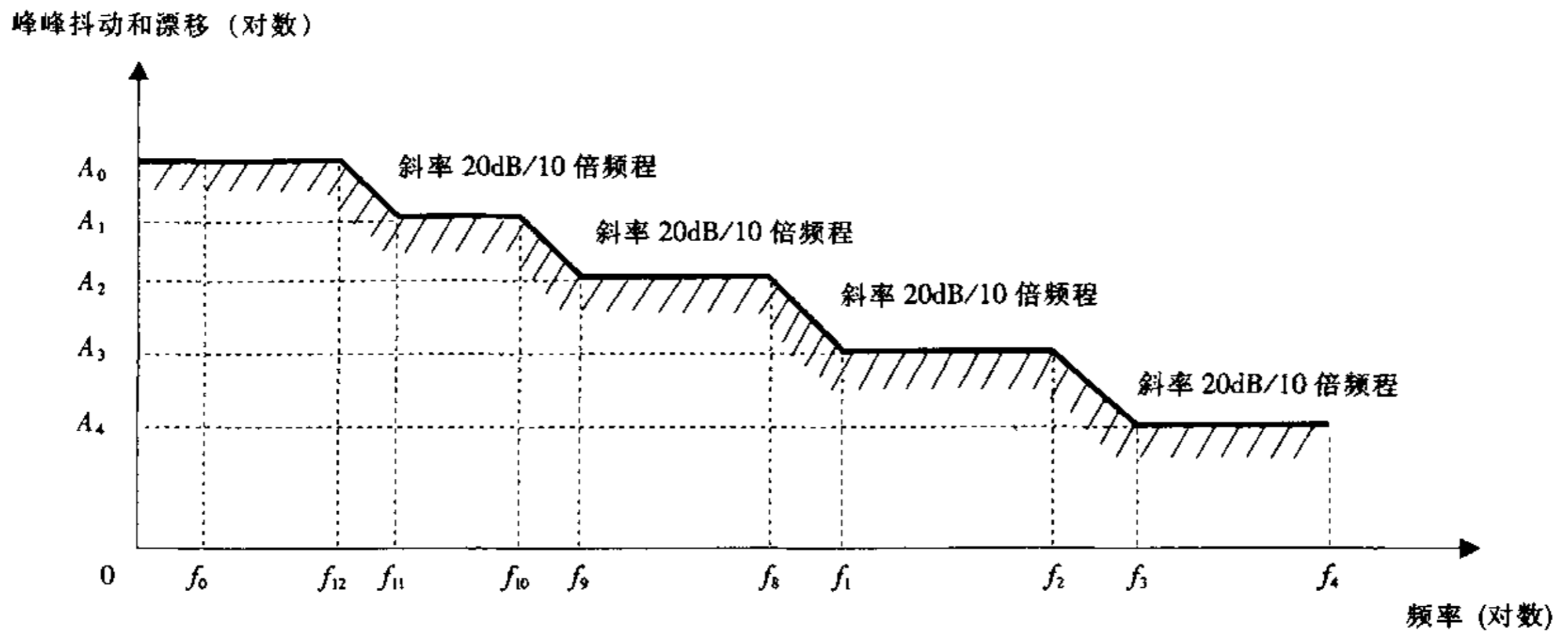


图 19 STM-N 输入口的抖动容限

表 6 STM-N 光接口输入口抖动容限的参数

STM 等级	幅度 (UI _{P-P})					频率 (Hz)										
	A ₀ (18s)	A ₁ (2s)	A ₂ (0.25s)	A ₃	A ₄	f ₀	f ₁₂	f ₁₁	f ₁₀	f ₉	f ₈	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	
STM-1 (光)	2 800	311	39	1.5	0.15	12	178	1.6M	15.6M	0.125	19.3	500	6.5k	65k	1.3M	
STM-4 (光)	11 200	1 244	156	1.5	0.15	12	178	1.6M	15.6M	0.125	9.65	1 000	25k	250k	5M	

5.2.1.11.2 测试配置

测试配置见图 20。

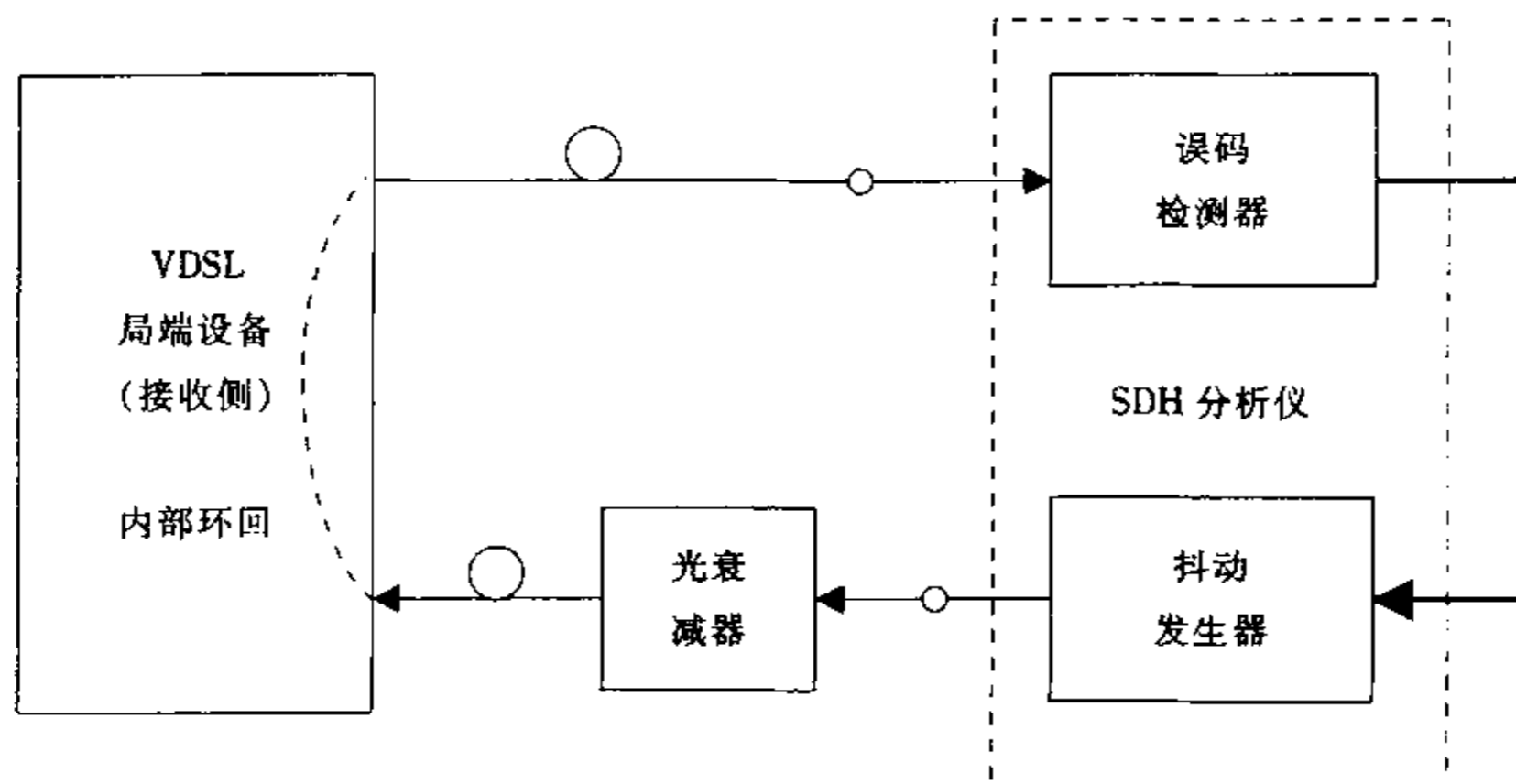


图 20 输入抖动容限测试配置

5.2.1.11.3 测试步骤

- 1) 按图 20 连接好电路；
- 2) 根据测试配置及被测设备情况，抖动发生器（或图案发生器）选择适当结构的测试信号，并依照表 6 和图 19 选择抖动频率和幅度向被测输入口发送加入抖动的测试信号，并使设备处于内部环回状态；
- 3) 用误码检测器监视相应的输出信号，当输入抖动达到表 6 和图 19 所示的强度时，设备不应出现误码；
- 4) 当需要了解输入口实际承受的最大抖动时，可继续加大抖动，至不出现误码为止，记录抖动频率和幅度；
- 5) 改变抖动频率，重复 3) 和 4) 操作，获得完整的输入抖动容限。

5.2.1.12 输出抖动特性

5.2.1.12.1 指标要求

输出抖动特性应满足表 7 的要求。

表 7 SDH 网络接口的输出抖动参数

参数 STM 等级	最大输出抖动峰峰值		测量滤波器参数		
	B_1 (UIp-p)	B_2 (UIp-p)	f_1 (Hz)	f_3 (kHz)	f_4 (MHz)
STM-1	1.5	0.15	500	65	1.3
STM-4	1.5	0.15	1 000	250	5

5.2.1.12.2 测试配置

测试配置见图 21。

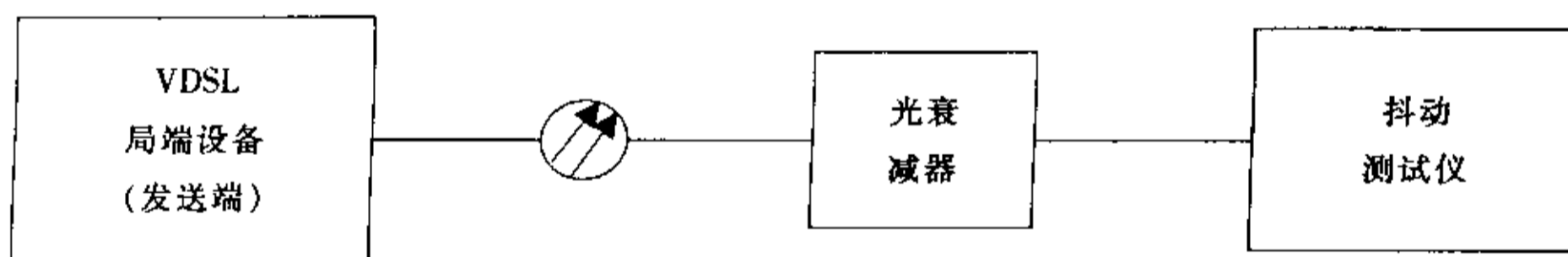


图 21 输出抖动测试配置

5.2.1.12.3 测试步骤

- 1) 按图 21 接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使输出光的功率在抖动测试仪要求的范围内；
- 3) 按被测接口速率等级设置抖动测试仪接收为相同速率；
- 4) 按照表 7，设置抖动测试仪的测试滤波器为 $f_1 \sim f_4$ 带宽，连续进行不少于 60s 的测量，读出测出的最大抖动峰峰值，结果不应超过表 7 中的 B_1 值；
- 5) 设置抖动测试仪的测试滤波器为 $f_3 \sim f_4$ 带宽，重复步骤 4)，读出抖动峰峰值不应超过表 7 中的 B_2 值。

5.2.2 ATM 155 520kbit/s 和 34 368kbit/s 电接口

5.2.2.1 输出口信号比特率

5.2.2.1.1 测试指标

输出口信号比特率规定了设备工作在内时钟状态下，输出信号的比特率容差要求。指标要求见表 8。

表 8 ATM 电接口输出信号比特率

比特率 (kbit/s)	容 差	测试用信号
34 368	$\pm 20 \times 10^{-6}$	$2^{23}-1$ PRBS
155 520	$\pm 20 \times 10^{-6}$	TSS1

5.2.2.1.2 测试配置

测试配置见图 22。

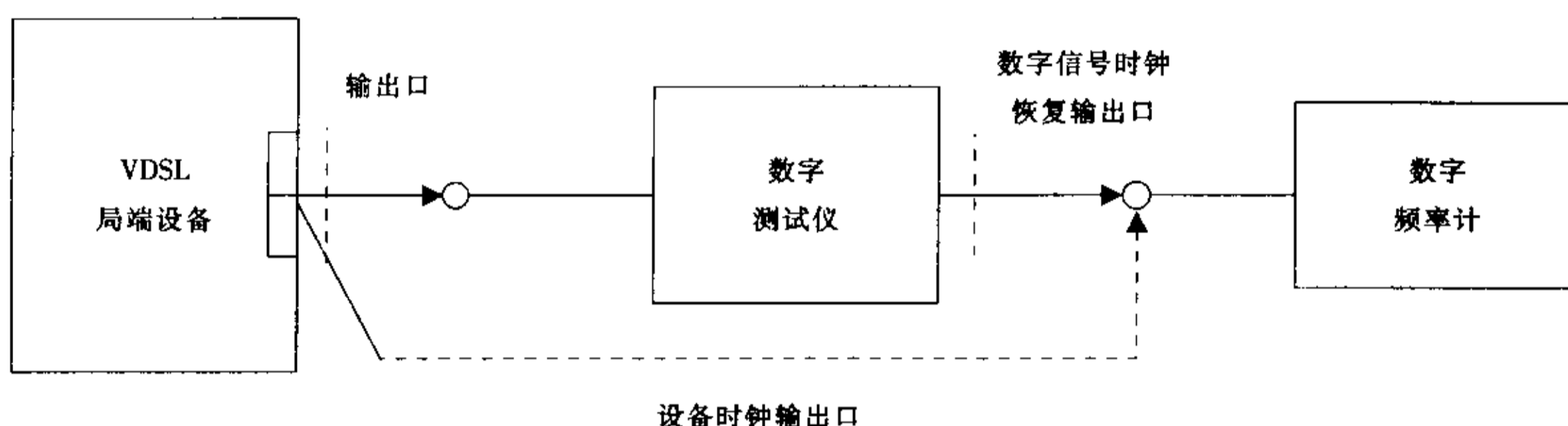


图 22 输出口信号比特率测试配置

5.2.2.1.3 测试步骤

- 1) 按图 22 连接好电路；
- 2) 误码检测器在输出口接收测试信号，并检查数字测试仪表（如误码检测器）的输出时钟是否已跟踪了测试信号比特率；
- 3) 用数字频率计（或误码检测器自身）测量频率，所得数值即是输出口信号比特率；
- 4) 如果 ADSL 局端设备有时钟输出口，则可直接接上数字频率计进行测量。

5.2.2.2 输出口信号波形和参数

5.2.2.2.1 指标要求

输出口波形规定了输出口终接测试负载阻抗条件下的输出波形。ATM 34 368kbit/s 接口脉冲模框见图 23，具体参数见表 9。

表 9 ATM 34 368kbit/s 接口输出波形参数

脉冲形状：标称脉冲形状为矩形	不管极性如何，有效信号的脉冲（传号）都应符合图 23 的限制
每个传输方向的线对	一个同轴线对
测试负载阻抗 (Ω)	75
脉冲（传号）的标称峰值电压 (V)	1.0
无脉冲（空号）的峰值电压 (V)	0 ± 0.1
标称脉冲宽度 (ns)	14.55
脉冲宽度中点正负脉冲幅度比	标称值：1；容差：0.95~1.05
标称脉冲半幅度处正负脉冲宽度比	标称值：1；容差：0.95~1.05

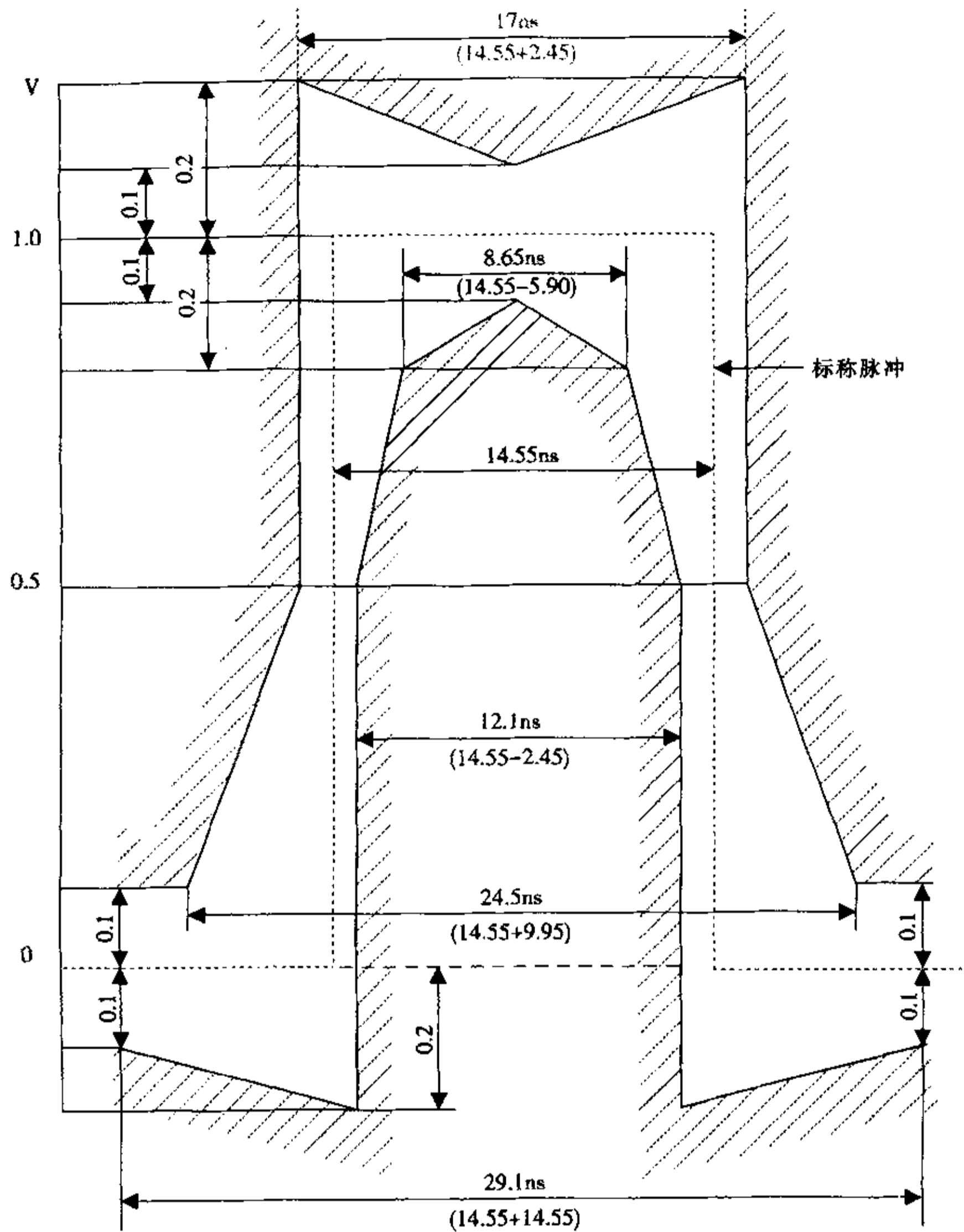
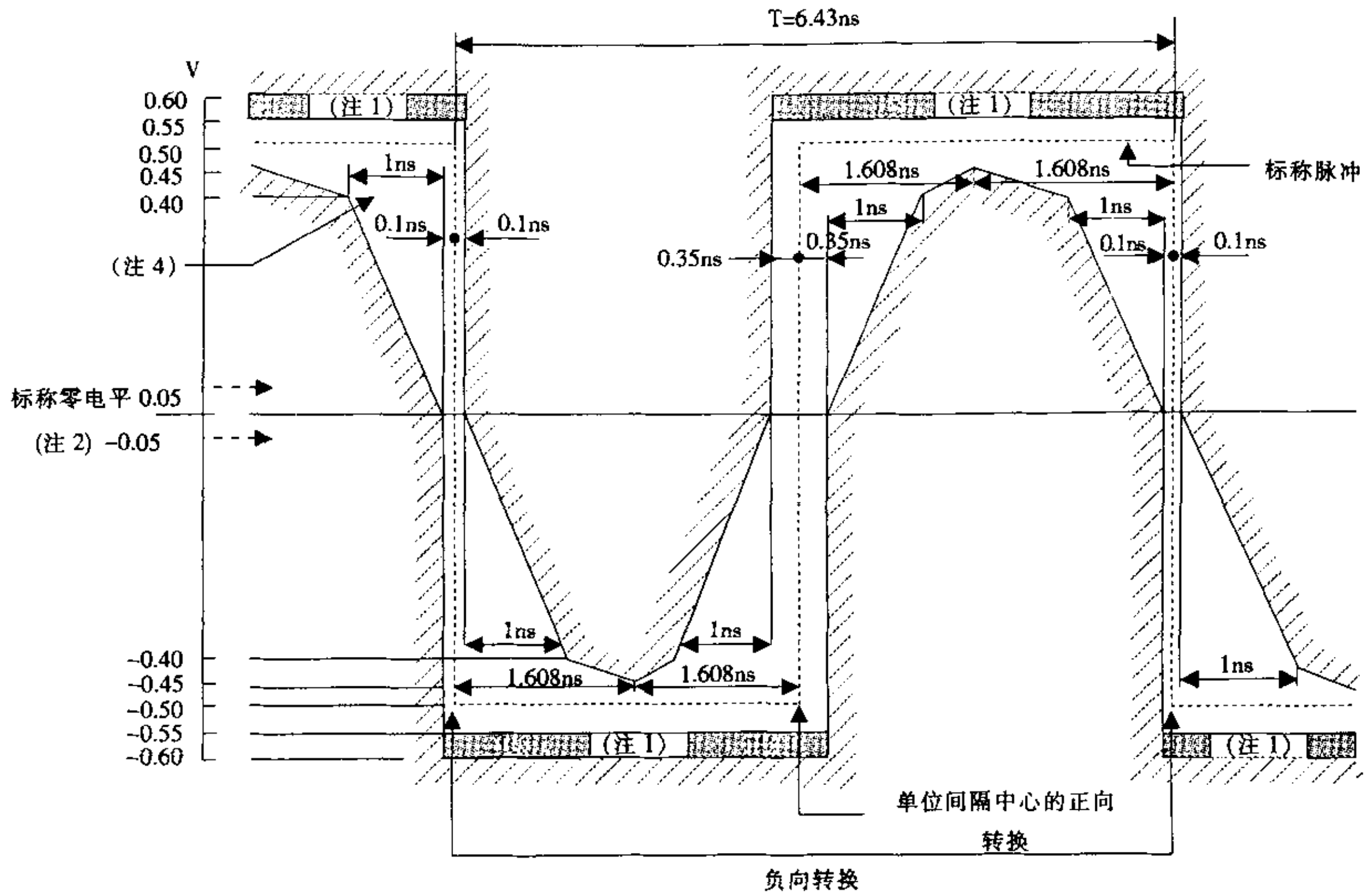


图 23 ATM 34 368kbit/s 电接口的脉冲模框

ATM 155 520kbit/s 接口脉冲模框见图 24，具体参数见表 10。

表 10 ATM 155 520kbit/s 接口输出波形参数

脉冲形状：标称脉冲形状为矩形	不管极性如何，有效信号的脉冲（传号）都应符合图 24 的限制
每个传输方向的线对	一个同轴线对
测试负载阻抗 (Ω)	75
脉冲峰峰值电压 (V)	1.0 ± 0.1
实测脉冲幅度 10%~90% 的上升时间 (ns)	≤ 2
转换时刻容差 (以负向转换平均半幅度点为准) (ns)	负向转换： ± 0.1 在单位码之间隔边界上的正向转换： ± 0.5 在单位码之间隔中心上的正向转换： ± 0.35
输出口回波衰减 (dB)	用正弦信号测试，在 8~240MHz 范围内应 ≥ 15



注 1: 最大“稳态”幅度不应超过 0.55V 限值。如果过冲和其他的瞬态电压不比稳态电平高 0.05V, 允许它们落入以幅度电平 0.55V 和 0.6V 为界的带点的区域。对过冲可以超过稳态电平的量的放松的可能性正在研究中。

注 2: 对于采用这些样板的所有测量, 应该用一只不少于 $0.01\mu\text{F}$ 的电容器, 使信号交流耦合到测量用的示波器的输入端。

两种样板的标称零电平应与无输入信号的情况下的示波器踪线对准。然后施加信号, 以符合样板的极限为目标来调制踪线的垂直位置。任何一次这样的调整对两种样板都应是相同的, 并且不应超过 $\pm 0.05\text{V}$ 。这可以通过再次去掉输入信号并检验踪线是否位于样板的标称零电平 $\pm 0.05\text{V}$ 范围内来加以校核。

注 3: 在编码的脉冲序列中的每一个脉冲不论其前或后的脉冲状态如何, 都应当满足有关样板的限值, 两种脉冲样板对于公共的定时基准都有固定的同样的关系, 即它们的标称起始与终止的沿正好重合。

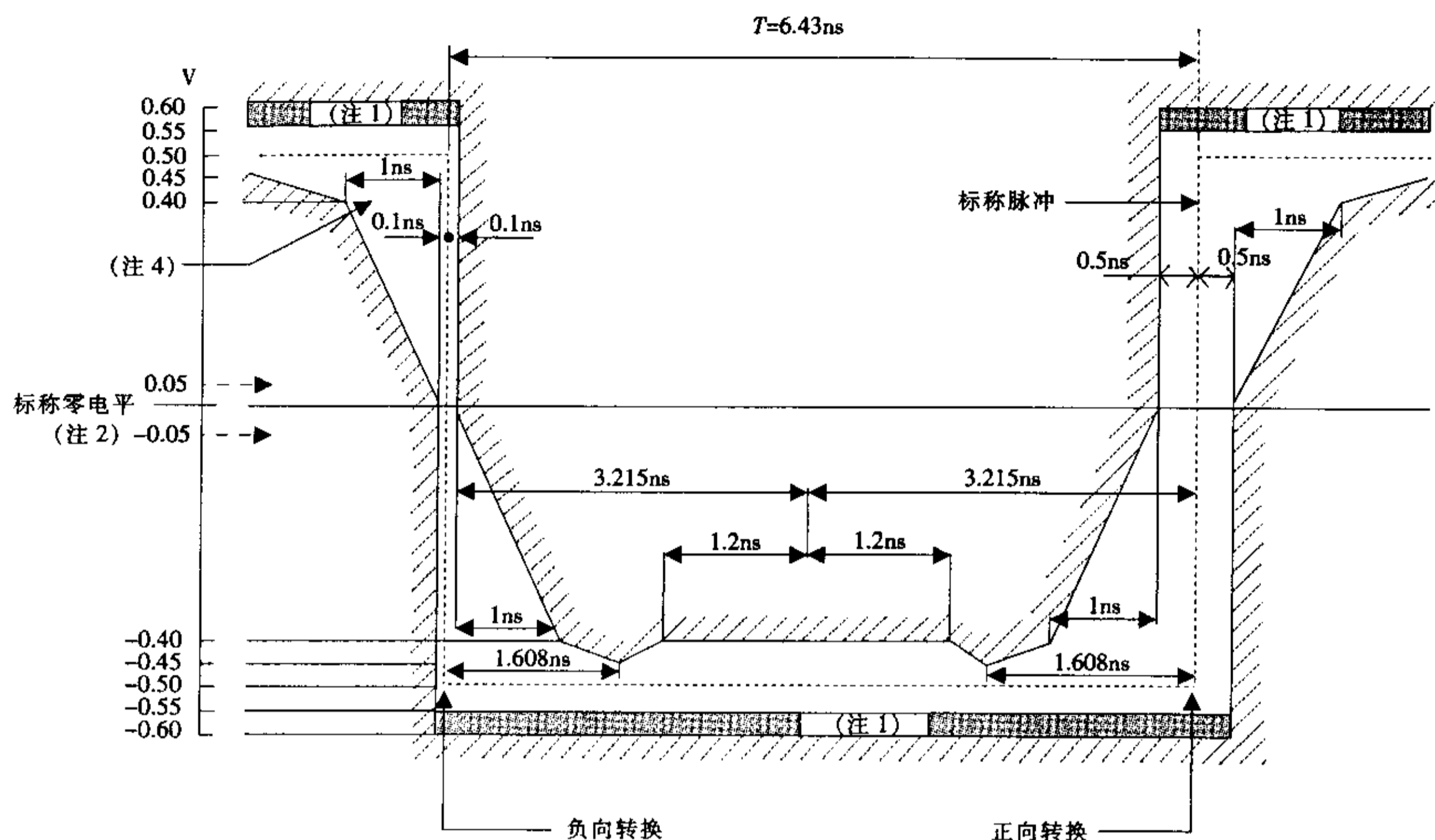
样板考虑到在输出级由符号间干扰引起的高频抖动, 但未考虑出现在接口信号源有关的定时信号上的抖动。

当使用示波器技术来确定脉冲是否符合样板时, 重要的是为了抑制低频抖动的影响要使脉冲的连续踪线重叠, 这能够用若干技术来实现 [例如 a) 用被测波形触发示波器或 b) 用同一个时钟信号来供给示波器和脉冲输出电路]。

这些技术需要进一步研究。

注 4: 对于这些样板来说, 其上升时间和下降时间均应在 $-0.4\text{V} \sim 0.4$ 之间进行测量, 并且不应超过 2ms 。

(a) ATM 155 520kbit/s 电接口对应于二进制“0”的脉冲模板



注 1: 最大“稳态”幅度不应超过 0.55V 限值。如果过冲和其他的瞬态电压不比稳态电平高 0.05V, 允许它们落入以幅度电平 0.55V 和 0.6V 为界的带点的区域。对过冲可以超过稳态电平的量的放松的可能性正在研究中。

注 2: 对于采用这些样板的所有测量, 应该用一只不少于 $0.01\mu\text{F}$ 的电容器, 使信号交流耦合到测量用的示波器的输入端。两种样板的标称零电平应与无输入信号的情况下的示波器踪线对准。然后施加信号, 以符合样板的极限为目标来调制踪线的垂直位置。任何一次这样的调整对两种样板都应是相同的, 并且不应超过 $\pm 0.05\text{V}$ 。这可以通过再次去掉输入信号并检验踪线是否位于样板的标称零电平 $\pm 0.05\text{V}$ 范围内来加以校核。

注 3: 在编码的脉冲序列中的每一个脉冲不论其前或后的脉冲状态如何, 都应当满足有关样板的限值, 两种脉冲样板对于公共的定时基准都有固定的同样的关系, 即它们的标称起始与终止的沿正好重合。

样板考虑到在输出级由符号间干扰引起的高频抖动, 但未考虑出现在接口信号源有关的定时信号上的抖动。

当使用示波器技术来确定脉冲是否符合样板时, 重要的是为了抑制低频抖动的影响要使脉冲的连续踪线重叠, 这能够用若干技术来实现 [例如 a) 用被测波形触发示波器或 b) 用同一个时钟信号来供给示波器和脉冲输出电路]。

这些技术需要进一步研究。

注 4: 对于这些样板来说, 其上升时间和下降时间均应在 $-0.4\text{V}\sim 0.4$ 之间进行测量, 并且不应超过 2ms。

注 5: 反转脉冲将具有同样的特性, 注意到在负向转换和正向转换电平处的定时容差分别是 $\pm 0.1\text{ns}$ 和 $\pm 0.5\text{ns}$ 。

(b) ATM 155 520kbit/s 电接口对应于二进制“1”的脉冲模板

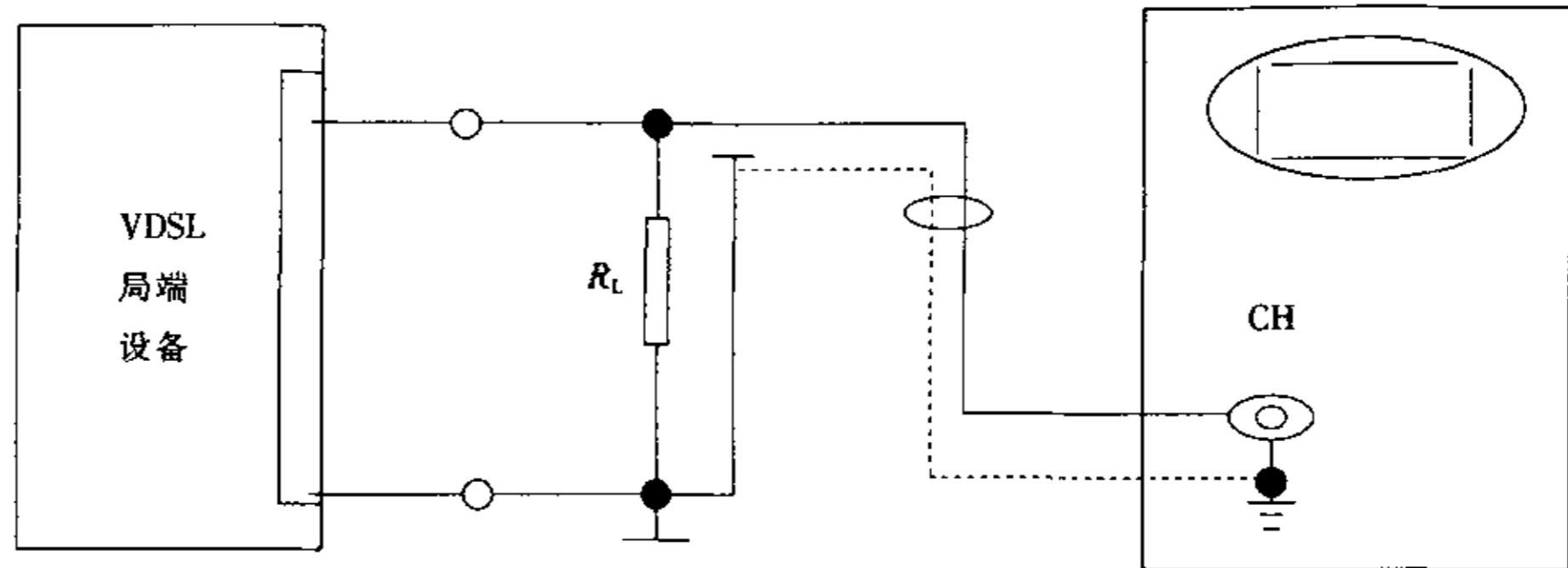
图 24 ATM 155 520kbit/s 电接口的波形模框

5.2.2.2.2 测试配置

测试配置见图 25。

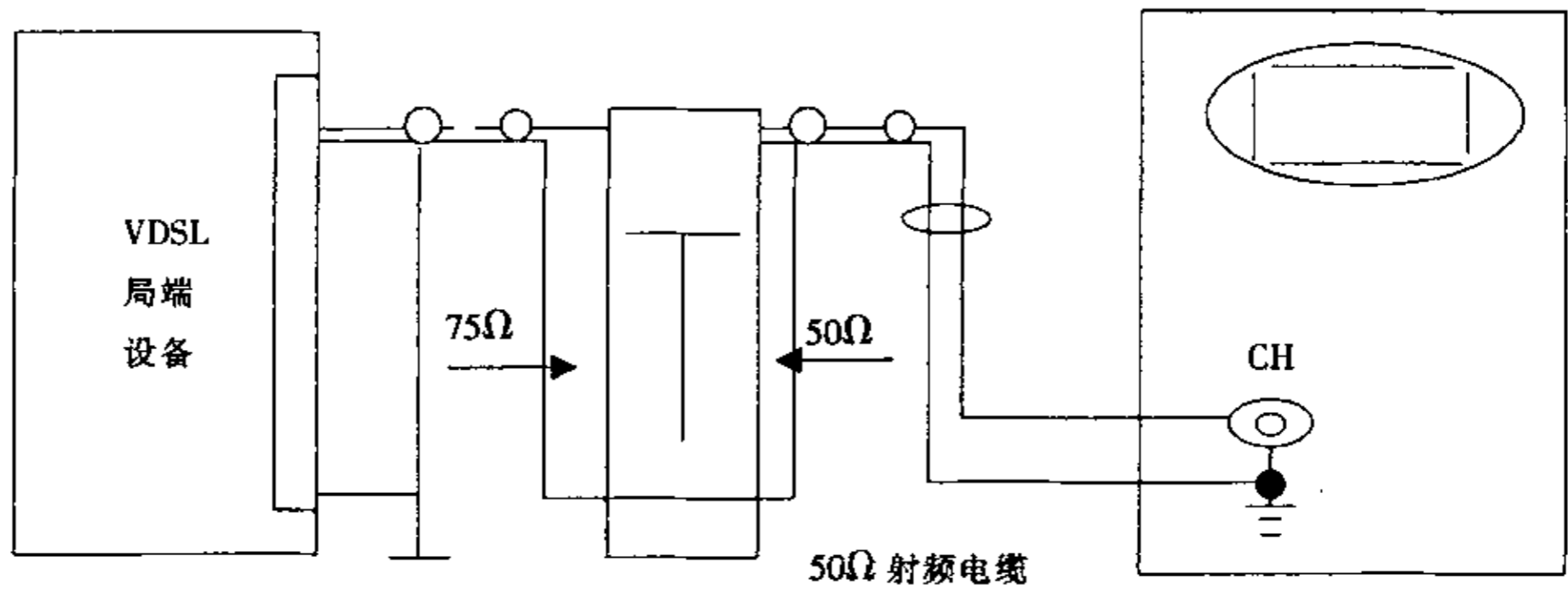
5.2.2.2.3 测试步骤

- 1) 按图 25 连接好电路;
- 2) 示波器输入采用直流耦合方式 (DC), 读取测试结果前应对示波器水平扫描线零基准校准;
- 3) 调整示波器, 使波形与模框之间位置最佳;
- 4) 从示波器上读出波形各参数。



注： R_L 为负载电阻 75Ω ，识差 $<0.5\%$

a) 通过低电容高阻抗探头测试平衡输出波形



b) 通过 $75\Omega/50\Omega$ 阻抗变化器测试不平衡输出波形

图 25 输出信号波形测试配置

5.2.2.3 输入允许频偏

5.2.2.3.1 指标要求

测试指标见表 11。

表 11 输入允许频偏

比特率 (kbit/s)	容差	测试用信号
34 368	$\pm 30 \times 10^{-6}$	$2^{23}-1$ PRBS
155 520	$\pm 20 \times 10^{-6}$	TSS1

5.2.2.3.2 测试配置

测试配置见图 26。

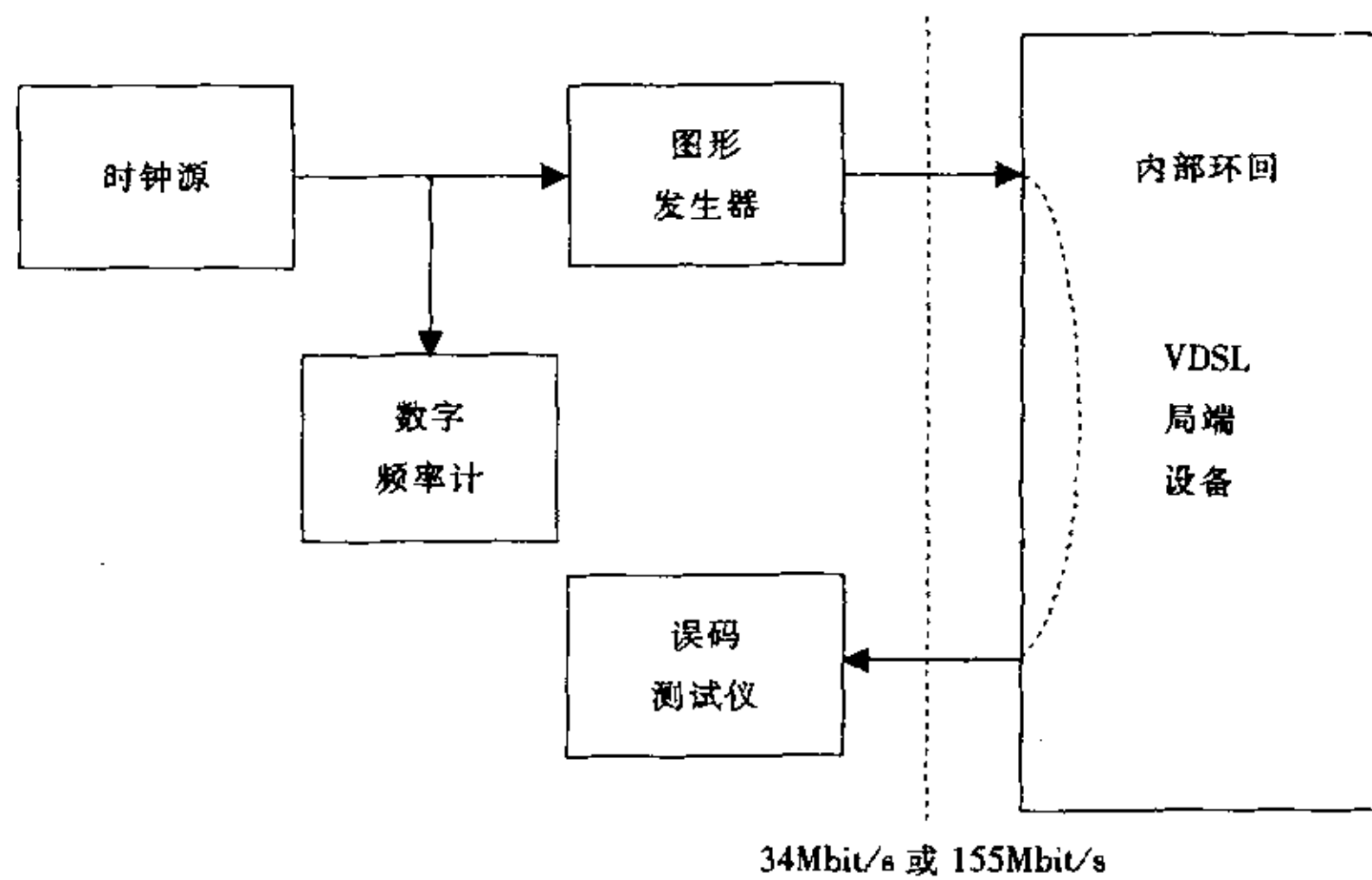


图 26 输入口允许频偏测试配置

5.2.2.3.3 测试步骤

- 1) 按图 26 连接好电路，并使 VDSL 局端设备电接口处于内部环回状态；
- 2) 图形发生器工作于外时钟方式（如果图形发生器自身具有加频偏功能，则用内时钟方式），选择适当的测试信号，向输入口发送测试信号；
- 3) 外时钟输出（或图形发生器时钟输出）用数字频率计监视，首先将频率值调整到接近标称值的任一频率上，用误码检测器监测与被测输入相应的输出，判断系统是否已正常工作，无误码；
- 4) 逐渐调偏频率，直至指标要求的正、负范围，整个过程中设备应正常工作，无误码；
- 5) 当需要测出实际可忍受的频偏极限时，可继续加大正、负频偏，直至刚不出现误码为止，记录相应频偏值。

5.2.2.4 输入口允许衰减

5.2.2.4.1 指标要求

测试指标见表 12。

表 12 输入口允许衰减

速率 (kbit/s)	衰减范围 (dB)	测试频率 (kHz)
34 368	0~12	17 184
155 520	0~12.7	78 000

5.2.2.4.2 测试配置

测试配置见图 27。

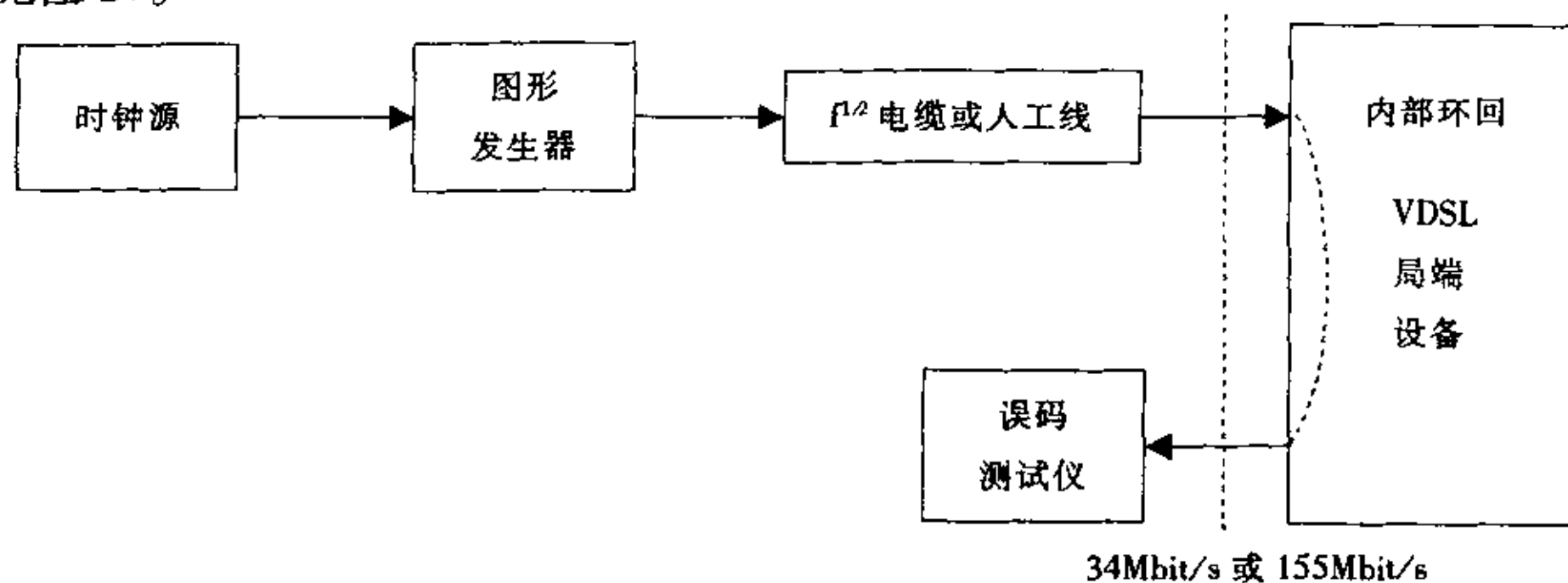


图 27 输入口允许衰减测试配置

5.2.2.4.3 测试步骤

- 1) 按图 27 连接好电路，并使 VDSL 局端设备电接口处于内部环回状态；
- 2) 图形发生器选择适当的测试信号，通过电缆或人工线向输入口发送测试信号，用误码仪在相应的输出口监视误码；
- 3) 调整电缆或人工线衰减，在表 12 规定的范围内变化，对任何值都不应出现误码。

5.2.2.5 34 368kbit/s 电接口输入口抗干扰能力

5.2.2.5.1 指标要求

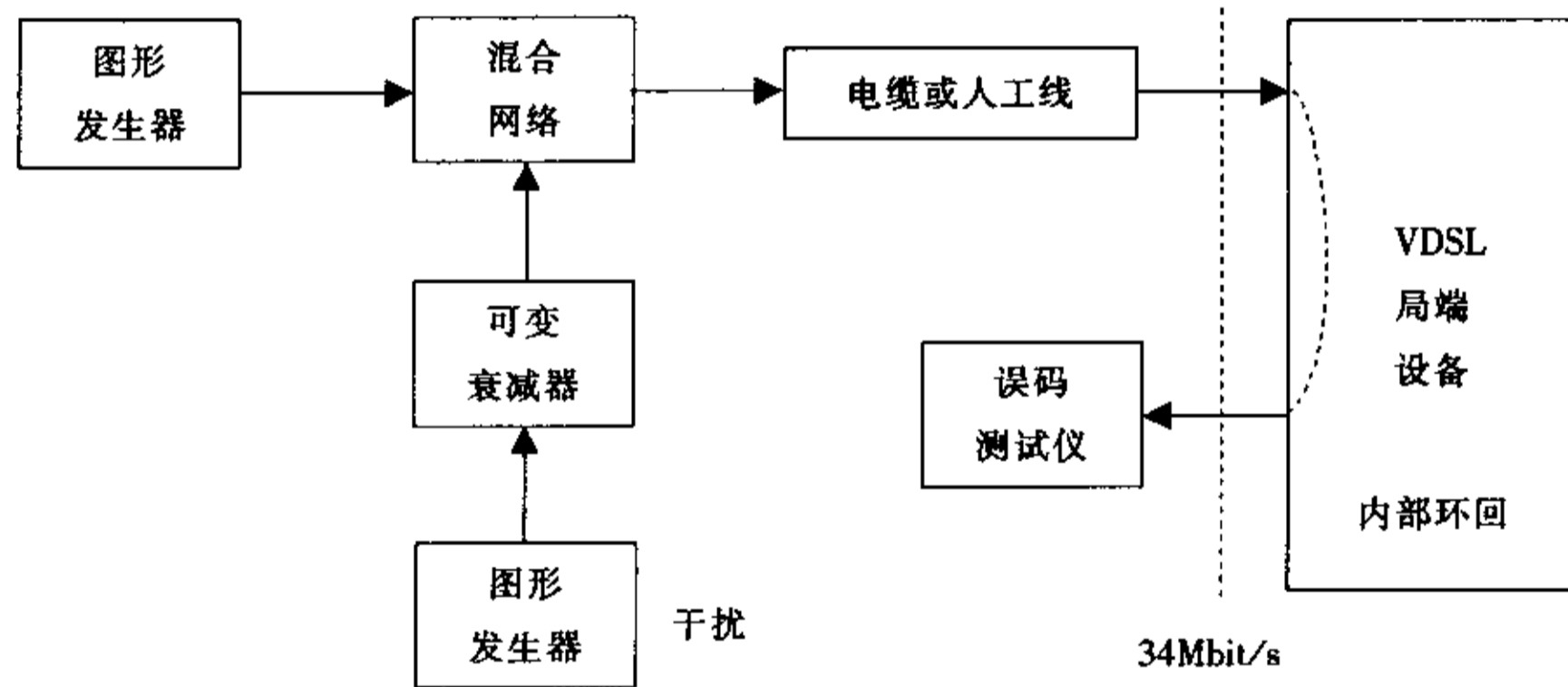
输入口抗干扰能力规定 34 368kbit/s 输入口接收信号被加入一定强度的干扰时，输入口也应正常工作，无误码。测试指标见表 13。

表 13 34 368kbit/s 电接口输入口抗干扰能力

速率 (kbit/s)	信噪比 (dB)	测试图形
34 368	20	2 ²³ -1 PRBS

5.2.2.5.2 测试配置

测试配置见图 28。



图中输入、输出口连接的电缆及人工线的要求见下表。

接口类型	测试 伪随机序列	输入输出口连接线特性			输入输出口间连接线屏蔽层 或外导体接线要求		
		测试频率	衰减范围	衰减规律	仅输入端 接地	仅输出端 接地	输入输出端 同时接地
34 368kbit/s	2 ²³ -1	17 184kHz	0-12dB	\sqrt{f}	是	是	是

图 28 34 368kbit/s 电接口输入口抗干扰能力测试配置

5.2.2.5.3 测试步骤

- 1) 按图 28 连接好电路，并使 VDSL 局端设备 34Mbit/s 接口处于内部环回状态；
- 2) 两个图形发生器选择相同的、适当的 PRBS 但两者不同步（两者异步），可变衰减器置一较大值（如 25dB）；
- 3) 误码检测器监视与被测输入口相关的输出信号，判断设备是否工作正常、无误码；
- 4) 调整可变衰减器由大到小，至刚不出现误码为止，此时衰减值不大于表 13 规定的信噪比。

5.2.2.6 输入、输出口反射衰减

5.2.2.6.1 指标要求

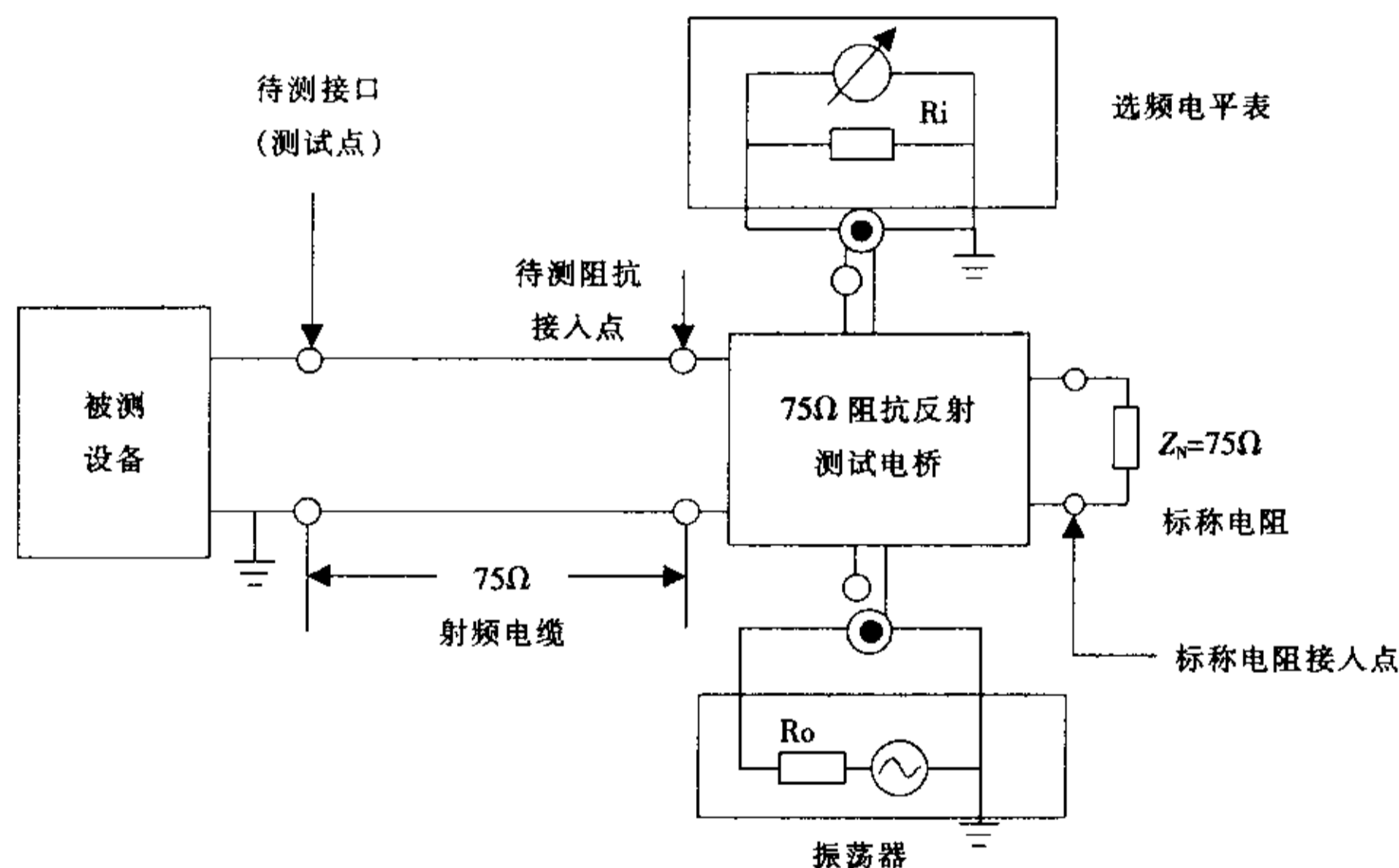
输入口反射衰减规定了接口的标称阻抗及反射衰减，指标见表 14。

表 14 输入口反射衰减测试频率范围和指标

速率 (kbit/s)	测试频率范围 (kHz)	反射衰减 (dB)	阻抗 (Ω)
34 368	860~1720	≥ 12	75
	1 720~34 368	≥ 18	
	34 368~51 550	≥ 14	
155 520	8 000~240 000	≥ 15	75

5.2.2.6.2 测试配置

测试配置见图 29。



注：振荡器输出阻抗 R_o ，选频电平表 R_i 及输出形式应按阻抗反射测试电桥要求选定。

图 29 输入、输出口反射衰减测试配置

5.2.2.6.3 测试步骤

- 1) 按图 29 连接好电路，振荡器和电平表的阻抗按反射桥要求设置。
- 2) 对于输入接口反射衰减测试，必须使接口处于工作状态。
- 3) 振荡器输出电平 0dB，频率在表 14 范围内，电平表测到振荡器发出的信号。
- 4) 先将待测输入口和反射桥断开，此时电平表指示电平为 P_1 (dB)。
- 5) 将待测输入或输出口和反射桥相接，电平表指示电平为 P_2 (dB)，利用下式求反射衰减 bp

$$bp = P_1 - P_2 \text{ (dB)}$$

在表 14 给出的范围内改变频率，重复操作 3) ~6)，便可以得到整个频段的反射衰减。

5.2.2.7 输入抖动容限

5.2.2.7.1 指标要求

接口的抖动容限规定了输入口要有承受规定强度抖动的能力，这种能力通过用正弦信号相位产生的抖动来检验。34 368kbit/s 电接口的输入抖动容限指标参见图 30 和表 15。155 520kbit/s 电接口的输入抖动容限指标参见图 31 和表 16。

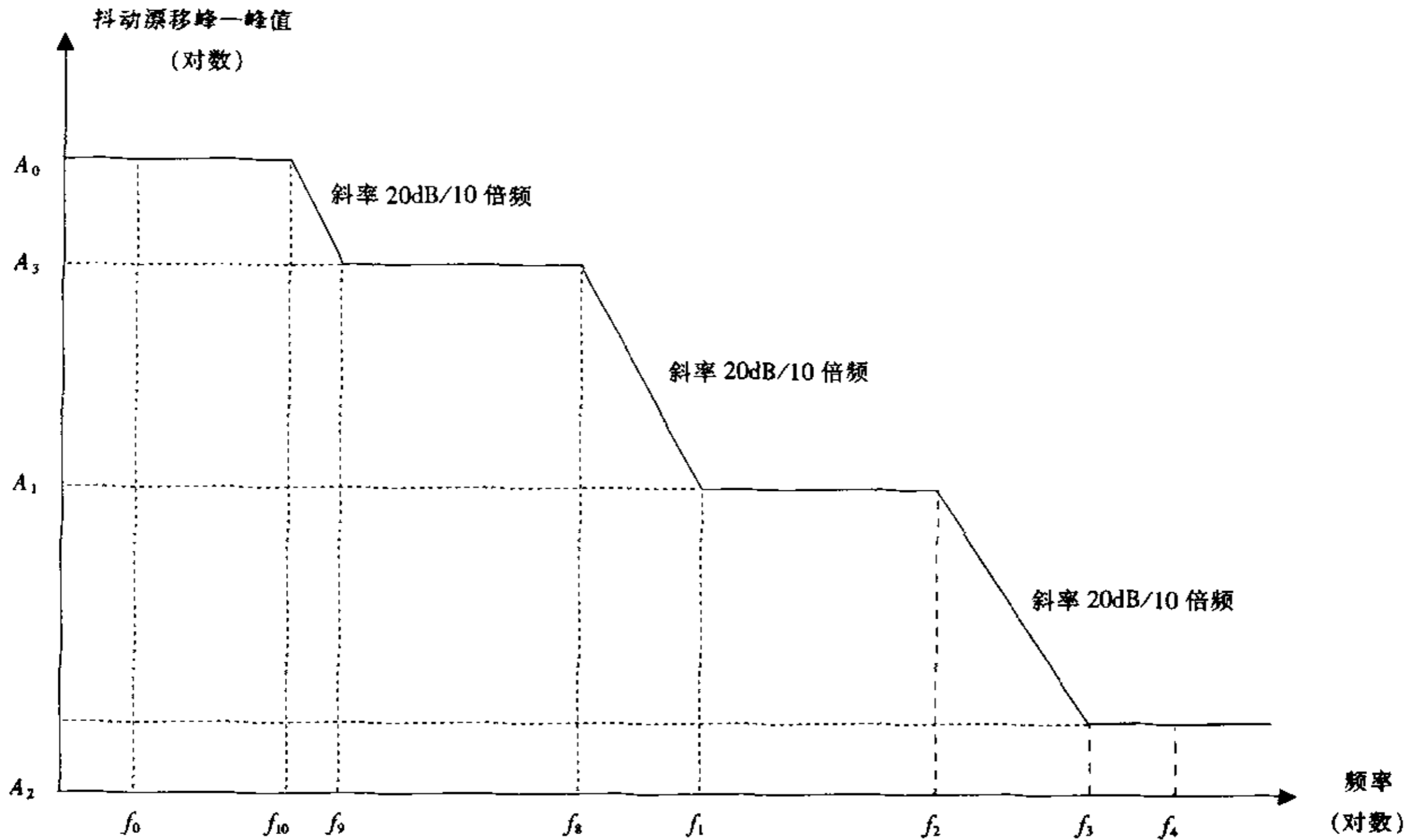


图 30 34 368kbit/s 电接口输入抖动容限

表 15 34 368kbit/s 电接口输入抖动限度值

接口 kbit/s	峰-峰幅度 UI_{pp}				频率 Hz							
	A_0	A_3	A_1	A_2	f_0	f_{10}	f_9	f_8	f_1	f_2	f_3	f_4
34 368	618.6	-	1.5	0.15	待定	待定	待定	待定	100	1k	10k	800k

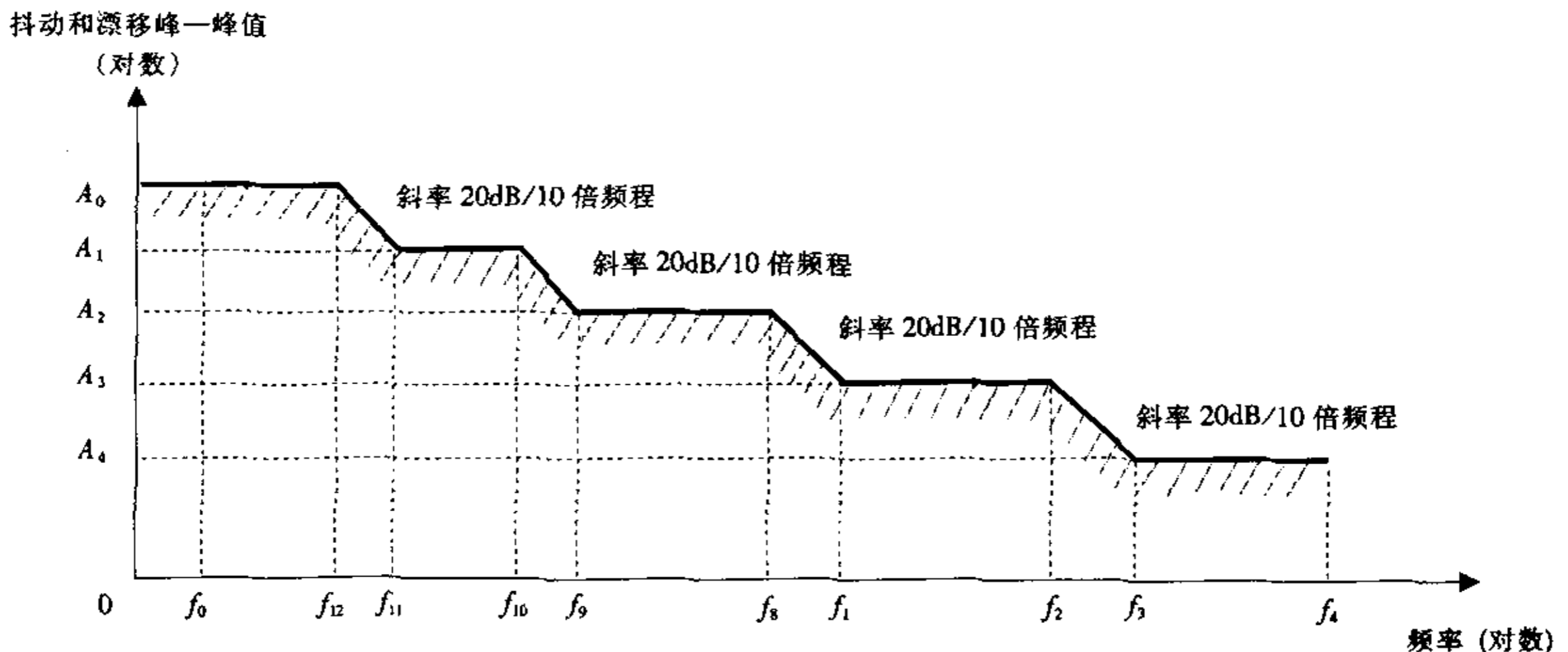


图 31 155 520kbit/s 电接口输入抖动容限

表 16 155 520kbit/s 电接口输入抖动限度值

STM 等级	幅度 (UI _{P-P})					频率 (Hz)									
	A ₀ (18s)	A ₁ (2s)	A ₂ (0.25s)	A ₃	A ₄	f ₀	f ₁₂	f ₁₁	f ₁₀	f ₉	f ₈	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄
155 520	2 800	311	39	1.5	0.075	12	178	1.6M	15.6M	0.125	19.3	500	3.25k	65k	1.3M

5.2.2.7.2 测试配置

测试配置见图 32。

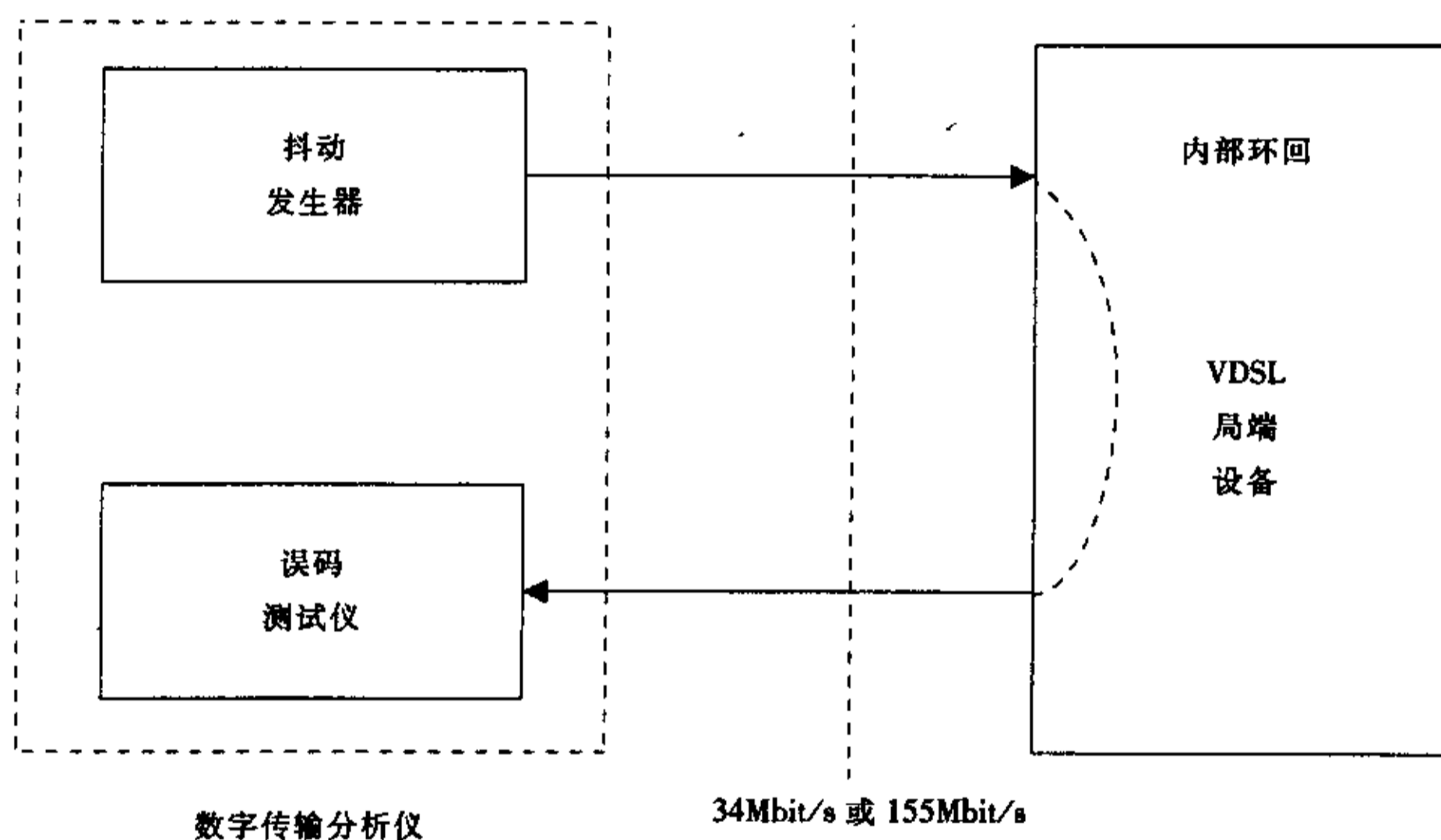


图 32 电接口输入抖动容限测试配置

5.2.2.7.3 测试步骤

- 1) 按图 32 连接好电路，并使 VDSL 局端设备电接口处于内部环回状态；
- 2) 用正弦输入抖动的幅度和频率表示对输入抖动的容忍度。选择适当的测试信号向被测输入口发送测试信号；
- 3) 用误码测试仪监视相应的输出信号，当输入抖动达到表 15 (34 368kbit/s 电接口) 或表 16 (155 520 kbit/s 电接口) 给出的强度时，环路不应出现误码；
- 4) 当需要了解输入口实际能承受的最大抖动时，可继续加大抖动幅度，直至刚出现误码为止，记录频率和幅度；
- 5) 改变抖动频率，重复操作 3) 和 4)，以获得完整的输入抖动容限。

5.2.2.8 输出抖动容限

5.2.2.8.1 指标要求

电接口输出抖动是在输入口接收的数字信号无抖动条件下，输出口输出数字信号的抖动。指标见表 17。

表 17 输出抖动的最大允许值

接口 kbit/s	峰-峰幅度 (UI _{pp})		频率 (Hz)		
	B ₁ : (f ₁ -f ₄)	B ₂ : (f ₃ -f ₄)	f ₁	f ₃	f ₄
34 368	1.5	0.15	100	10k	800k
155 520	1.5 (0.75)	0.075	500	65k	1.3M

5.2.2.8.2 测试配置

测试配置见图 33。

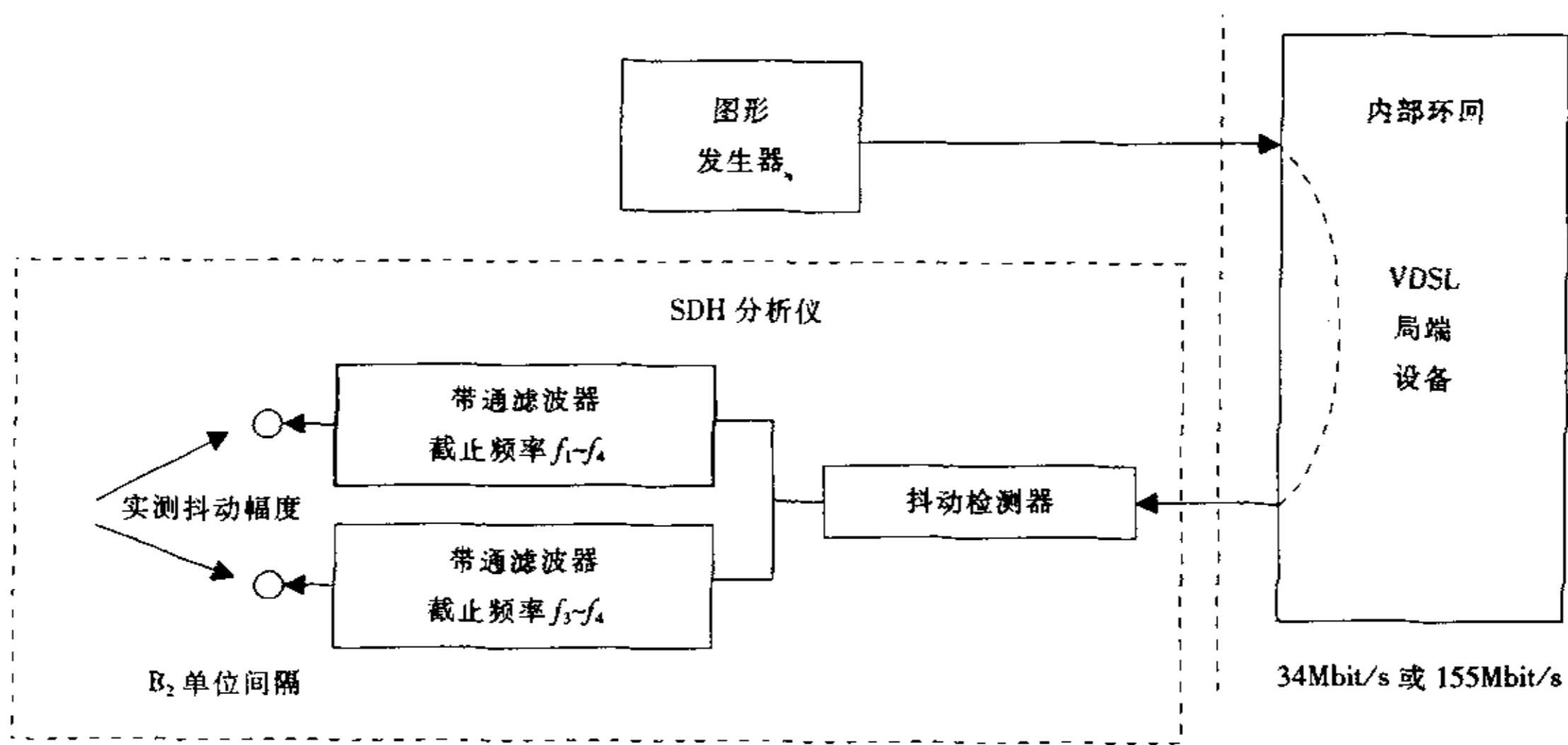


图 33 输出抖动测试配置

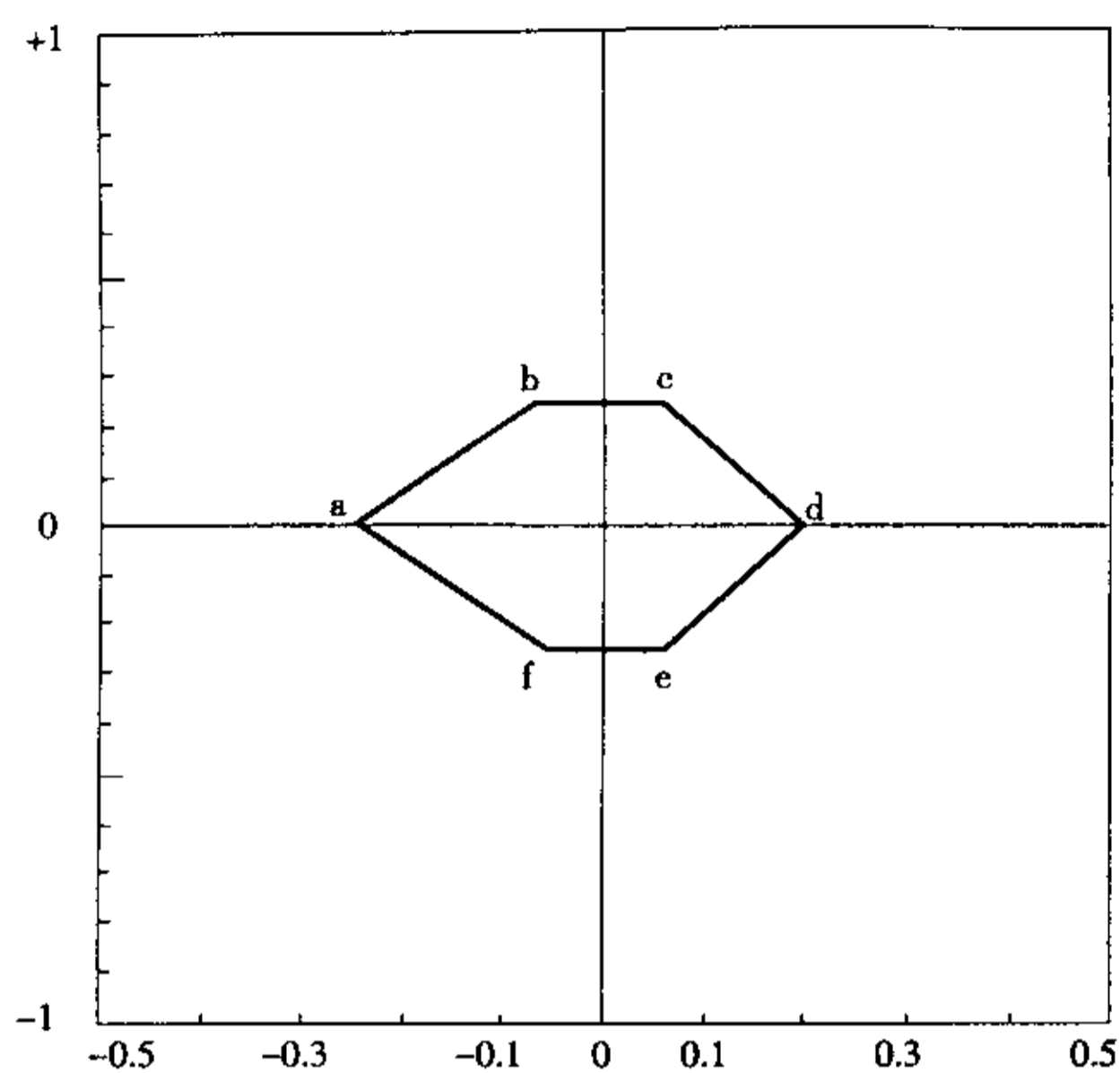
5.2.2.8.3 测试步骤

- 1) 按图 33 连接好电路，并使 VDSL 局端设备处于内部环回状态；
- 2) 图形发生器选择适当的 PRBS，向与被测输出口相对应的输入口发送几乎无抖动的测试信号；
- 3) 按被测输出口等级，并依照表 17，抖动测试仪设置适当的测试滤波器；
- 4) 连续进行不小于 60s 的测量，读出测到的最大抖动峰—峰值。

5.2.2.9 155 520kbit/s 电接口输出信号功率和眼图

5.2.2.9.1 指标要求

使用一个工作频率范围至少不低于 300MHz 的电平功率计进行宽带功率电平测量，其宽带功率在接口间无直流传输的情况下所达到的功率值应在 -2.5~+4.3dBm 之间。最大和最小功率电平的眼图应符合图 34 给出的要求。其中电压幅度是归一化值，时间标度为脉冲的重复周期 T 。眼图的零拐点如图 34 所示。

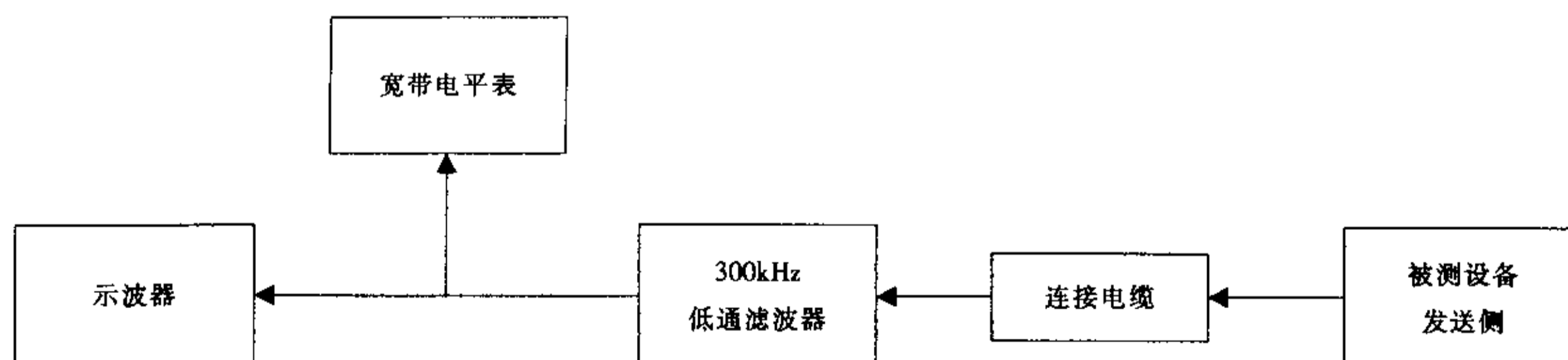


点	时间点	归一化幅度
a	$-2.5T/2$	0.00
b	$-0.05T/2$	0.25
c	$0.05T/2$	0.25
d	$0.20T/2$	0.00
e	$0.05T/2$	-0.25
f	$-0.05T/2$	-0.25

图 34 155 520kbit/s 电接口输出信号眼图

5.2.2.9.2 测试配置

测试配置见图 35。



注：宽带电平表工作范围至少是 300MHz。

图 35 155 520kbit/s 电接口输出信号功率和眼图测试配置

5.2.2.9.3 测试步骤

- 1) 按图 35 连接好电路；
- 2) 调整示波器，调用相应的模框由人工调整或由仪表自动对准，使波形和模框之间位置最佳；

- 3) 从示波器上判断眼图是否满足要求并读出波形参数;
- 4) 断开示波器, 将信号接至宽带电平表, 测出信号功率。

5.2.3 10/100Base-T 电接口

5.2.3.1 指标要求

对 10/100Base-T 接口只进行功能性的测试, 只要能与用户终端正常通信即可。

5.2.3.2 测试配置

测试配置见图 36。

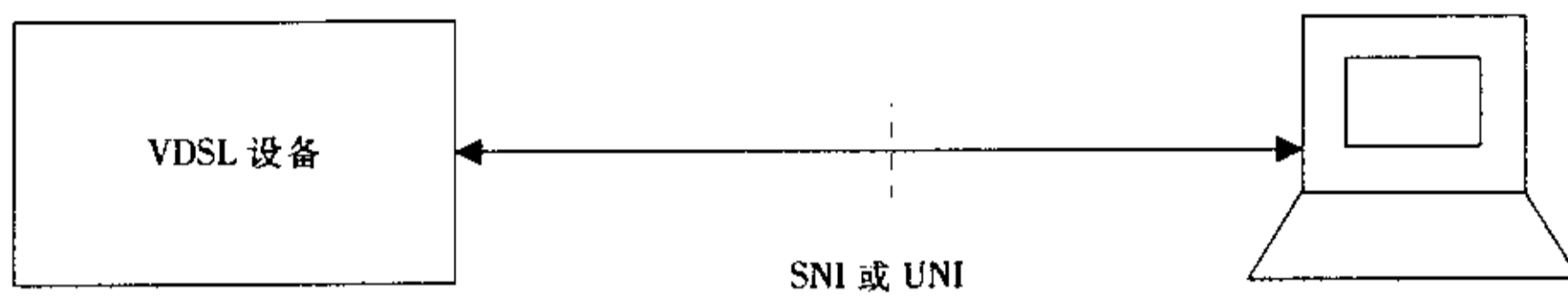


图 36 Ethernet 接口功能性测试配置

5.2.3.3 测试步骤

- 1) 按图 36 进行连接, 用户 PC 通过 10/100Base-T 网卡与 VDSL 设备连接, 也可采用其他等效测试连接;
- 2) 对测试连接涉及的所有设备进行正确的设置, 包括 ATM 层 VP、VC 连接的设置和 IP 层的设置;
- 3) 在用户 PC 上运行 ping 命令, 检查 VDSL 设备是否能够正确响应, 若可以, 则 10/100Base-T 电接口功能正常。

5.2.4 100Base-Fx 接口

5.2.4.1 平均发送光功率

平均发送光功率指标为 $-20 \sim -14$ dBm。

测试配置和测试步骤参见第 5.2.1.2 条。

5.2.4.2 激光器工作波长

激光器工作波长指标为 $1270 \sim 1380$ nm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.5 条。

5.2.4.3 光谱宽测试

激光器光谱宽指标为 <4 nm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.6 条。

5.2.4.4 接收机最差灵敏度

接收机最差灵敏度指标为 <-14 dBm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.9 条。

5.2.5 GE 接口

GE 接口包括 1000Base-LX 接口和 1000Base-SX 接口。

5.2.5.1 平均发送光功率

1000Base-LX 接口平均发送光功率指标为 $-11.5 \sim -3$ dBm。

1000Base-SX 接口平均发送光功率指标为 $-9.5 \sim -4$ dBm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.2 条。

5.2.5.2 中心波长

1000Base-LX 接口中心波长指标为 $1270 \sim 1355$ nm。

1000Base-SX 接口中心波长指标为 $770 \sim 860$ nm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.5 条。

5.2.5.3 消光比

1000Base-LX 接口消光比指标为 $\geq 9\text{dB}$ 。

1000Base-SX 接口消光比指标为 $\geq 9\text{dB}$ 。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.3 条。

5.2.5.4 上升时间

5.2.5.4.1 测试指标

上升时间是发射光信号 20%~80%的时间。

1000Base-LX 接口上升时间指标为 $<0.26\text{ns}$ 。

1000Base-SX 接口上升时间指标为 $<0.21\text{ns}$ 。

5.2.5.4.2 测试配置

测试配置见图 14。

5.2.5.4.3 测试步骤

- 1) 按图 14 连接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使光/电变换器有合适的输入光功率；
- 3) 调整示波器，获得稳定的波形；
- 4) 读出上升时间数值。

5.2.5.5 下降时间

5.2.5.5.1 指标要求

下降时间是发射光信号 80%~20%的时间。

1000Base-LX 接口下降时间指标为 $<0.26\text{ns}$ 。

1000Base-SX 接口下降时间指标为 $<0.21\text{ns}$ 。

5.2.5.5.2 测试配置

测试配置见图 14。

5.2.5.5.3 测试步骤

- 1) 按图 14 连接好电路；
- 2) 调整光衰减器，使光/电变换器有合适的输入光功率；
- 3) 调整示波器，获得稳定的波形；
- 4) 读出下降时间数值。

5.2.5.6 数据相关抖动

5.2.5.6.1 指标要求

数据相关抖动 (DDJ) 由光通道器件的有限带宽产生，它和传输特定的字符序列有关。该抖动会带来非理想的个别脉冲响应和解码后的均值变化，导致基准漂移并有可能改变光接收器采样阈值电平。

1000Base-LX 接口数据相关抖动最大时间应 $<0.227\text{ns}$ 。

1000Base-SX 接口数据相关抖动最大时间应 $<0.227\text{ns}$ 。

5.2.5.6.2 测试配置

测试配置见图 14。

5.2.5.6.3 测试步骤

- 1) 按图 14 连接好电路。
- 2) 在流量发生器上编辑 MAC 包，向被测设备 GE 接口发送连续的指定码流（比特率为 1250Mbit/s）：
 - 1, 8, 1, 9, 3, E, 5, 9, 6, E, C, A, D, 7, 0, D;
 - 5, E, 6, 9, C, A, 0, 2, 4, 2, 4, 7, 0, 3, B, F;
 - 1, 8, 1, 9, 3, E, 5, 9, 6, E, C, A, D, 7, 0, D;
 - 7, 0, 7, 0, 7, 0, 2, 4, 2, 4, 2, 2, 4, 2, 7, 0;
 - 4, 7, 0, 2, 7, 4, D, 3, 1, 8, B, F, 8, E, 3, 9;

5, E, 6, 9, C, A, 0, 2, 4, 2, 4, 7, 0, 3, B, F;
1, 8, 1, 9, 5, E, 5, 9, 6, E, C, E, 3, 9, 5, 1;
4, D, 2, 2, 7, 4, D, 3, 1, 8, B, F, 8, E, 3, 9;
5, E, 6, 9, C, A, 0, 2, 4, 2, 4, 7, 0, 3, B, F;
1, 8, 1, 9, 6, E, 5, 9, 6, E, C, E, 3, 9, 5, 1;
1, 8, 1, 9, 3, E, 5, 9, 6, E, C, A, D, 7, 0, 0;
5, E, 6, 9, C, A, 0, 2, 4, 2, 4, 7, 0, 3, B, F;
1, 8, 1, 9, 3, E, 5, 9, 6, E, C, A, D, 7, 0, 0;
D, 0, 7, D, 2, 7, 4, D, 3, 1, 8, B, F, 8, E, 3;
9, 5, E, 6, 9, C, A, 0, 2, 4, 2, 4, 2, 4, 2, 7;
4, D, 2, 2, 7, 4, D, 3, 1, 8, B, F, 8, E, 3, 9。

3) 待输出稳定后, 调整示波器, 获得稳定的波形。

4) 从示波器上观察眼图, 测试眼图上“0”穿越点的宽度并记录数据。

5.2.5.7 光发送信号波形

1000Base-LX 和 1000Base-SX 接口光发送信号波形以 ISO/IEC 9314-3: 1990 (E) and ANSI X3.166-1990 第 22 页上的图 10 所示为标准模板。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.4 条。

5.2.5.8 1000Base-LX 接口最大均方根谱宽

测试方法参见 5.2.1.6 条。

5.2.5.9 1000Base-SX 接口最大-20dB 谱宽

测试方法参见 5.2.1.7 条。

5.2.5.10 接收机最差灵敏度

1000Base-LX 接口接收机最差灵敏度指标为<-19dBm。

1000Base-SX 接口接收机最差灵敏度指标为<-17dBm。

测试配置和测试步骤参见 5.2.1.9 条。

5.3 用户网络接口 (UNI)

5.3.1 10/100Base-T 电接口

参见 5.2.3 节。

5.3.2 USB 接口

5.3.2.1 指标要求

对 VTU-R 的 USB 接口只进行功能性的测试, 只要能与用户终端正常通信即可。

5.3.2.2 测试配置

测试配置见图 36。

5.3.2.3 测试步骤

- 1) 按图 36 进行连接, 用户 PC 通过 USB 接口与 VTU-R 通信, 确保 PC 机网卡处于正常运行状态;
- 2) 对测试连接所涉及的所有设备进行正确的设置, 包括 ATM 层 VP、VC 连接的设置和 IP 层的设置;
- 3) 在用户 PC 上运行 ping 命令, 检查 VDSL 设备是否能够正确响应, 若可以, 则 USB 接口功能正常。

5.3.3 PCI 接口

5.3.3.1 指标要求

如果 VTU-R 为 PC 机插卡, 则需对其 PCI 总线接口进行测试。对 VTU-R 的 PCI 总线接口只进行功能性的测试, 只要能与用户终端正常通信即可。

5.3.3.2 测试配置

测试配置见图 36，图中 PC 为装有 VDSL Modem 插卡的用户 PC。

5.3.3.3 测试步骤

- 1) 按照图 36 进行连接；
- 2) 在用户 PC 上安装 VDSL 用户侧 PCI 插卡，并确保其正常工作；
- 3) 对测试连接所涉及的所有设备进行正确的设置，包括 ATM 层 VP、VC 连接的设置和 IP 层的设置；
- 4) 在用户 PC 上运行 ping 命令，检查 VDSL 设备是否能够正确响应，若可以，则 PCI 接口功能正常。

5.4 分离器测试

5.4.1 POTS-VDSL 分离器测试

一个 VDSL 环路包括局端和用户端两个分离器。如果没有特别说明，以下测试方法既适用于位于局端的分离器（PSTN 接口），又适用于位于用户端的分离器（POTS 接口）。

在分离器测试中要用到的参数 ZHP 和 ZT 的定义见图 37 和图 38，测试用馈电桥见图 39，测试用直流环路保持器见图 40。

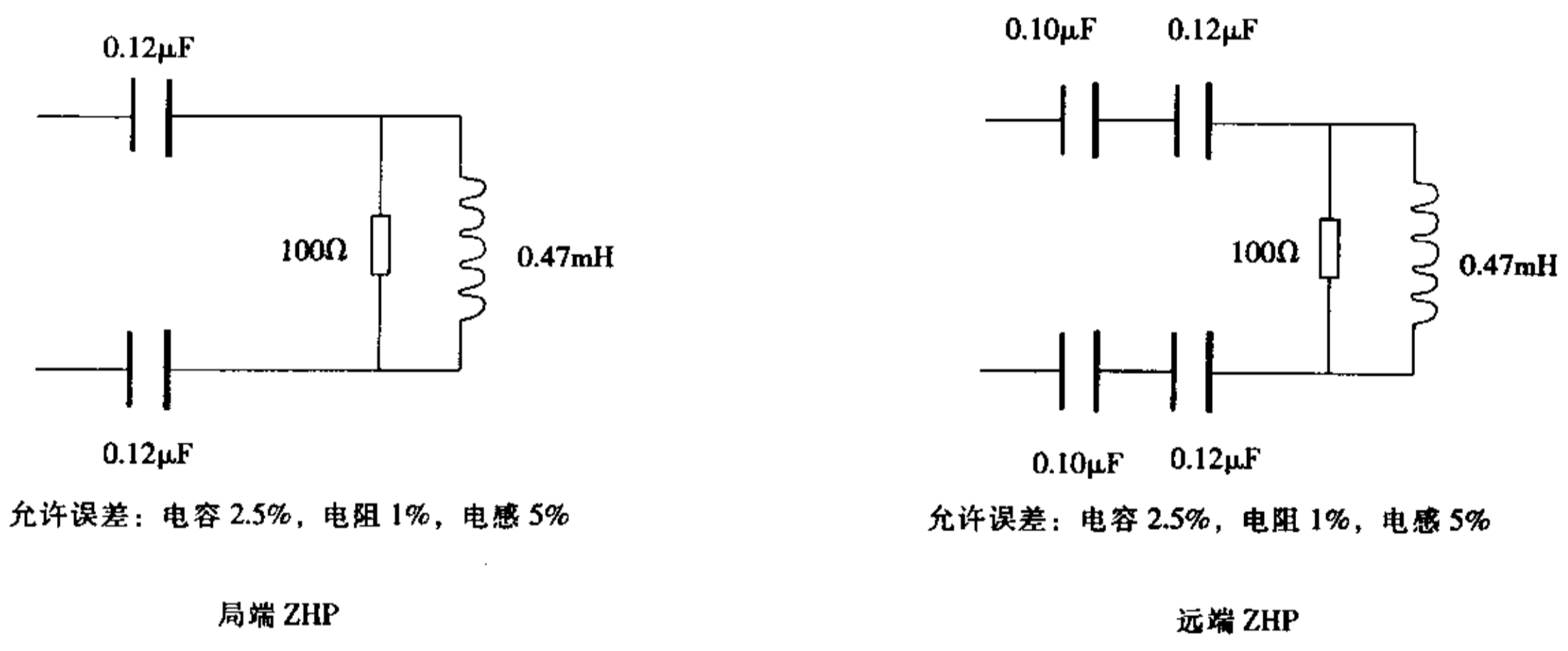
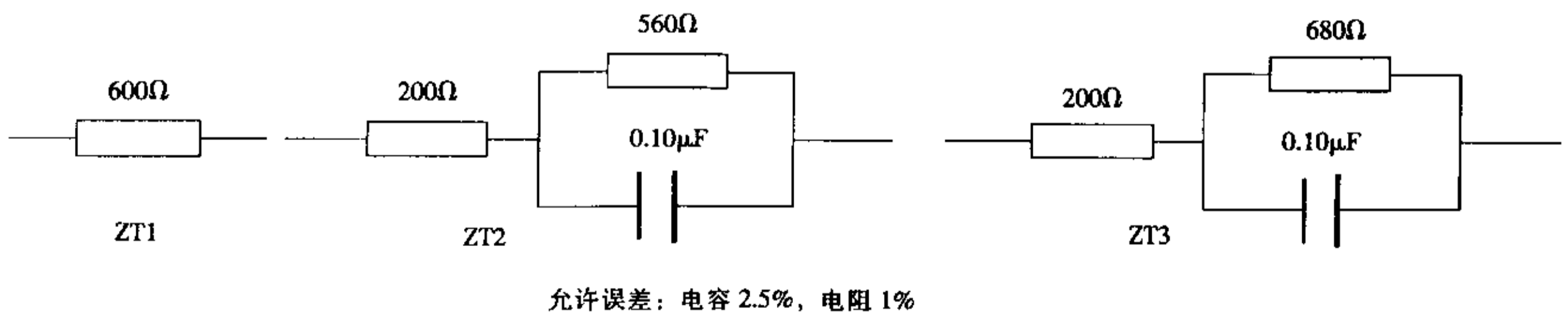
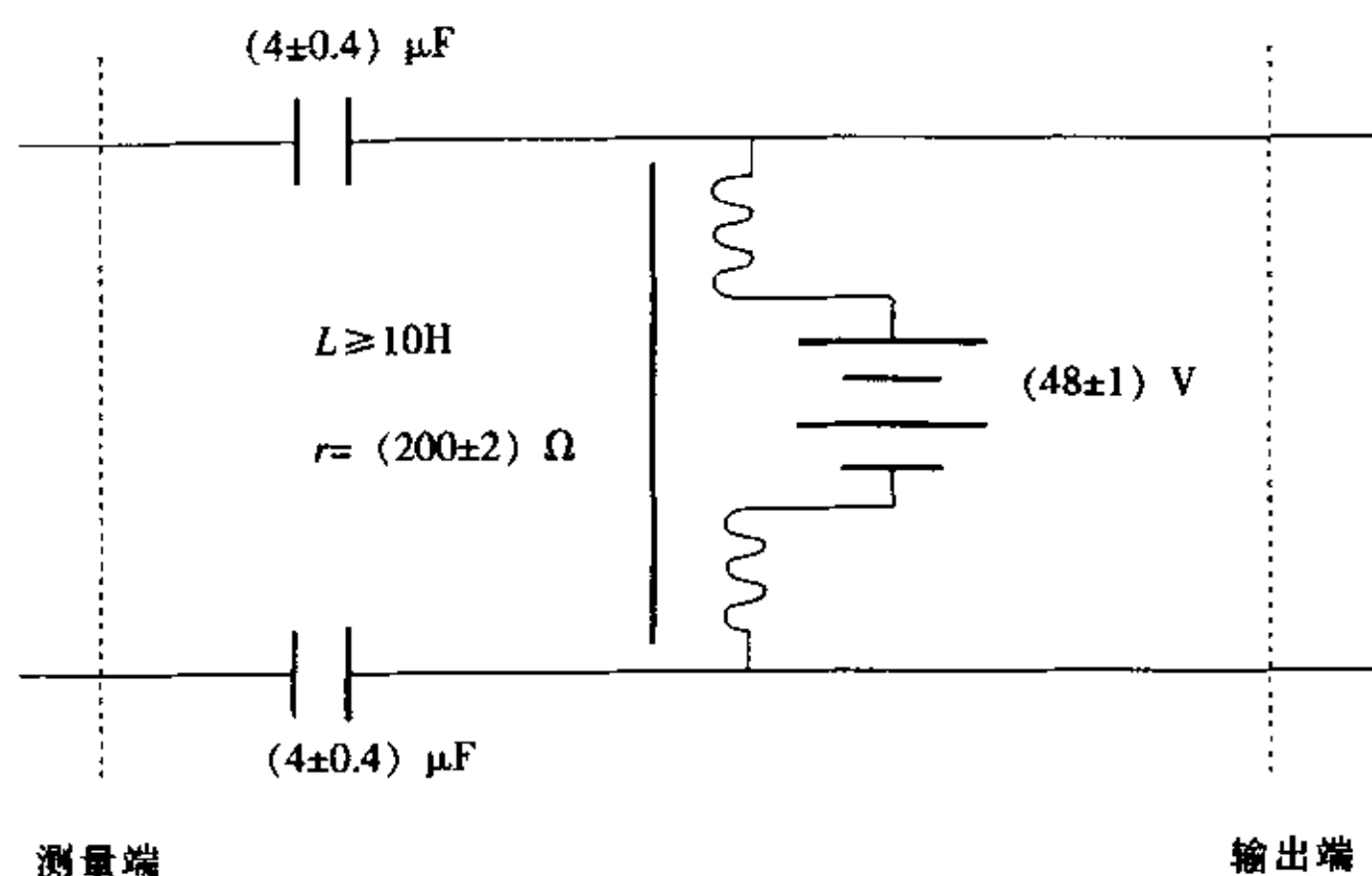


图 37 ZHP 定义



注：实际测试中，可选用 ZT1，也可选用 ZT2、ZT3。

图 38 ZT 定义



注：L 值在直流 60mA 时施加 200Hz 电压为 1V (rms) 的正弦信号测试。

图 39 测试用馈电桥

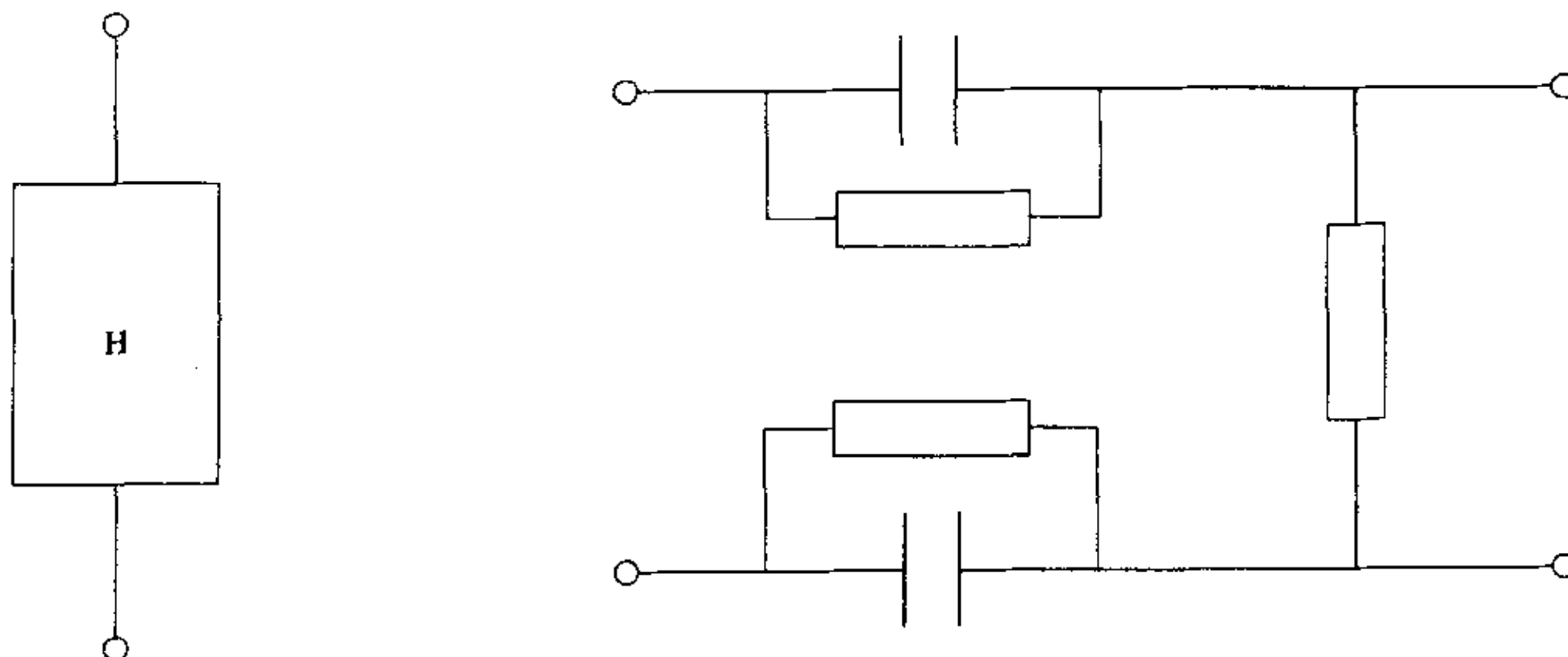


图 40 测试用直流环路保持器

5.4.1.1 直流电阻

5.4.1.1.1 测试指标

VDSL 的 PSTN 接口的直流电阻在 U-C 点短路时应 $\leq 25\Omega$ ，PSTN 接口的直流电阻在 U-C 点开路时应 $\geq 5M\Omega$ ；POTS 接口的直流电阻在 U-R 点短路时应 $\leq 25\Omega$ ，POTS 接口的直流电阻在 U-R 点开路时应 $\geq 5M\Omega$ 。

5.4.1.1.2 测试配置

分离器直流电阻在线路口短路时的测试配置见图 41。线路口短路时直流电阻应 $< 0.1\Omega$ 。直流电阻测试表与分离器的连接电阻应 $< 0.1\Omega$ 。

分离器直流电阻在线路口开路时的测试配置见图 42。

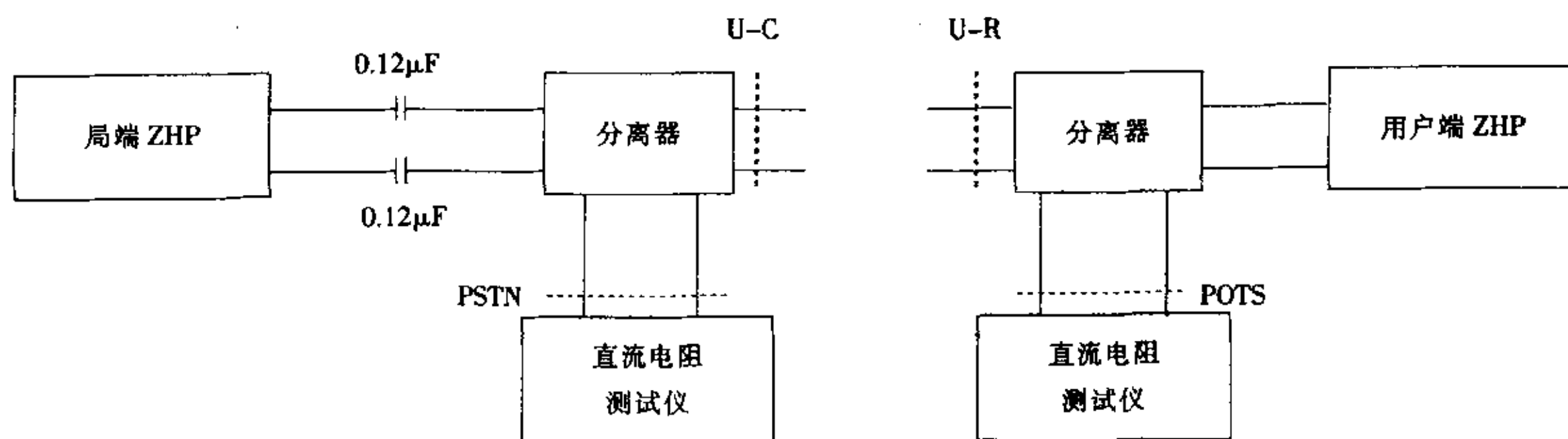


图 41 分离器直流电阻在线路口短路时的测试配置

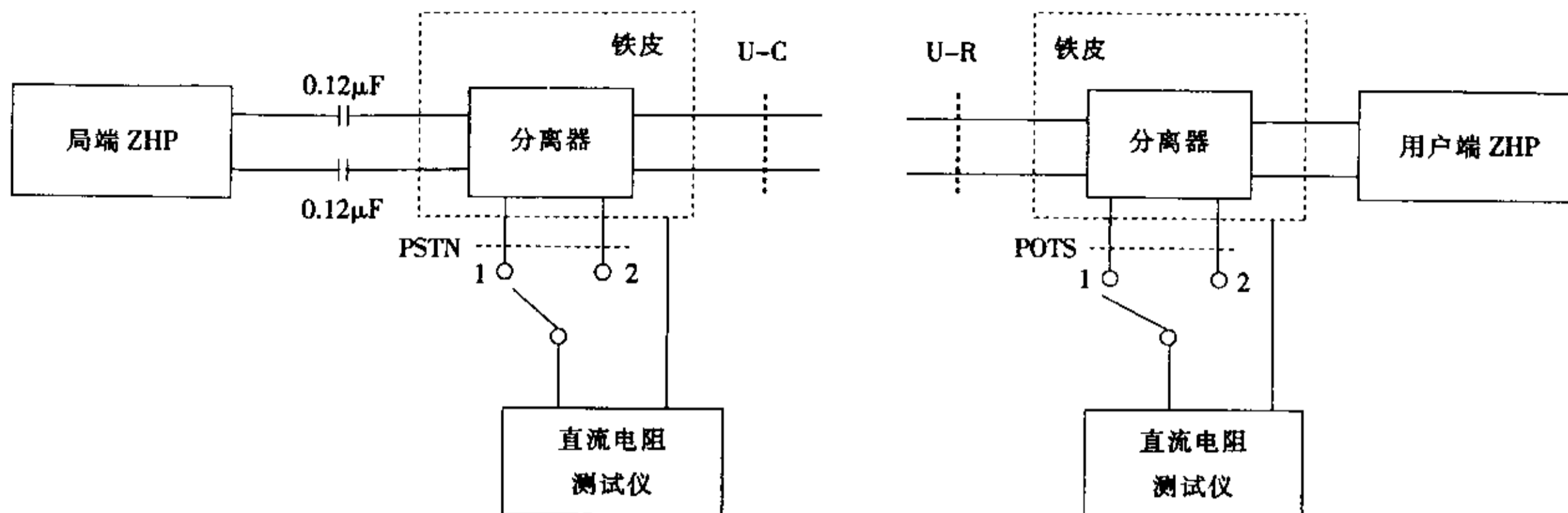


图 42 分离器直流电阻在线路口开路时的测试配置

5.4.1.1.3 测试步骤

分离器直流电阻在线路口短路时的测试步骤如下：

- 1) 按图 41 连接好电路；
- 2) 将分离器的线路口 (U-C、U-R)) 短路，从电阻测试表中读出的电阻值分别为线路口短路条件下局端和远端分离器的直流电阻。

分离器直流电阻在线路口开路时的测试步骤如下：

- 1) 按图 42 连接好电路；
- 2) 将开关 K 置“1”位置，从电阻测试表中读出电阻值为线路口开路条件下分离器的对地直流电阻；
- 3) 将开关 K 置“2”位置，从电阻测试表中读出电阻值为线路口开路条件下分离器的对地直流电阻。

5.4.1.2 交流阻抗特性

5.4.1.2.1 测试指标

分离器音频接口和线路口的音频特性阻抗应为图 38 中 ZT1 或 ZT2 或 ZT3，如果按 Za 接口规范设计，阻抗应为 600Ω；都是平衡接口。其阻抗特性以反射衰减 (Return Loss, RL) 表示，其反射衰减应满足图 43 的要求。

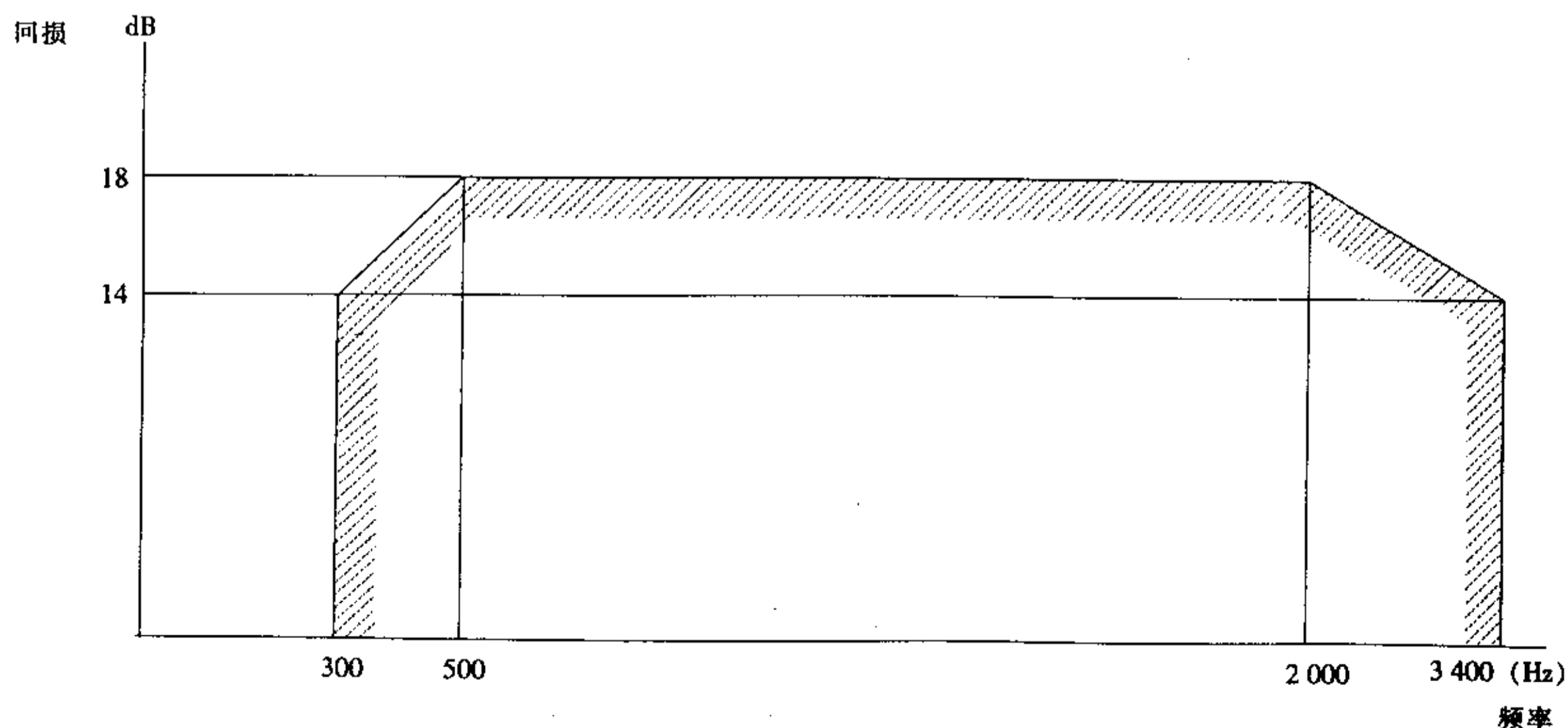
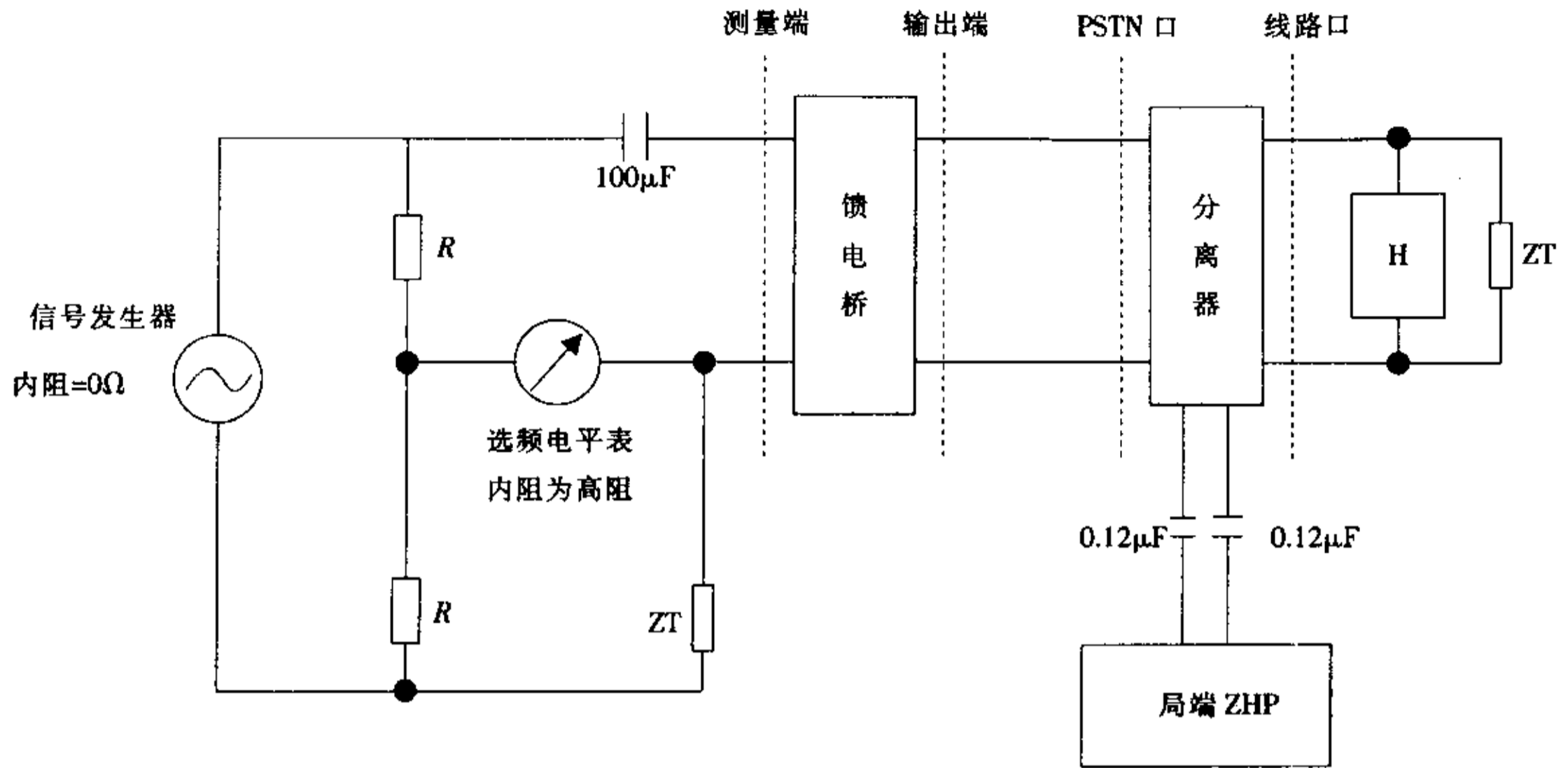


图 43 Z 接口反射衰减指标

5.4.1.2.2 测试配置

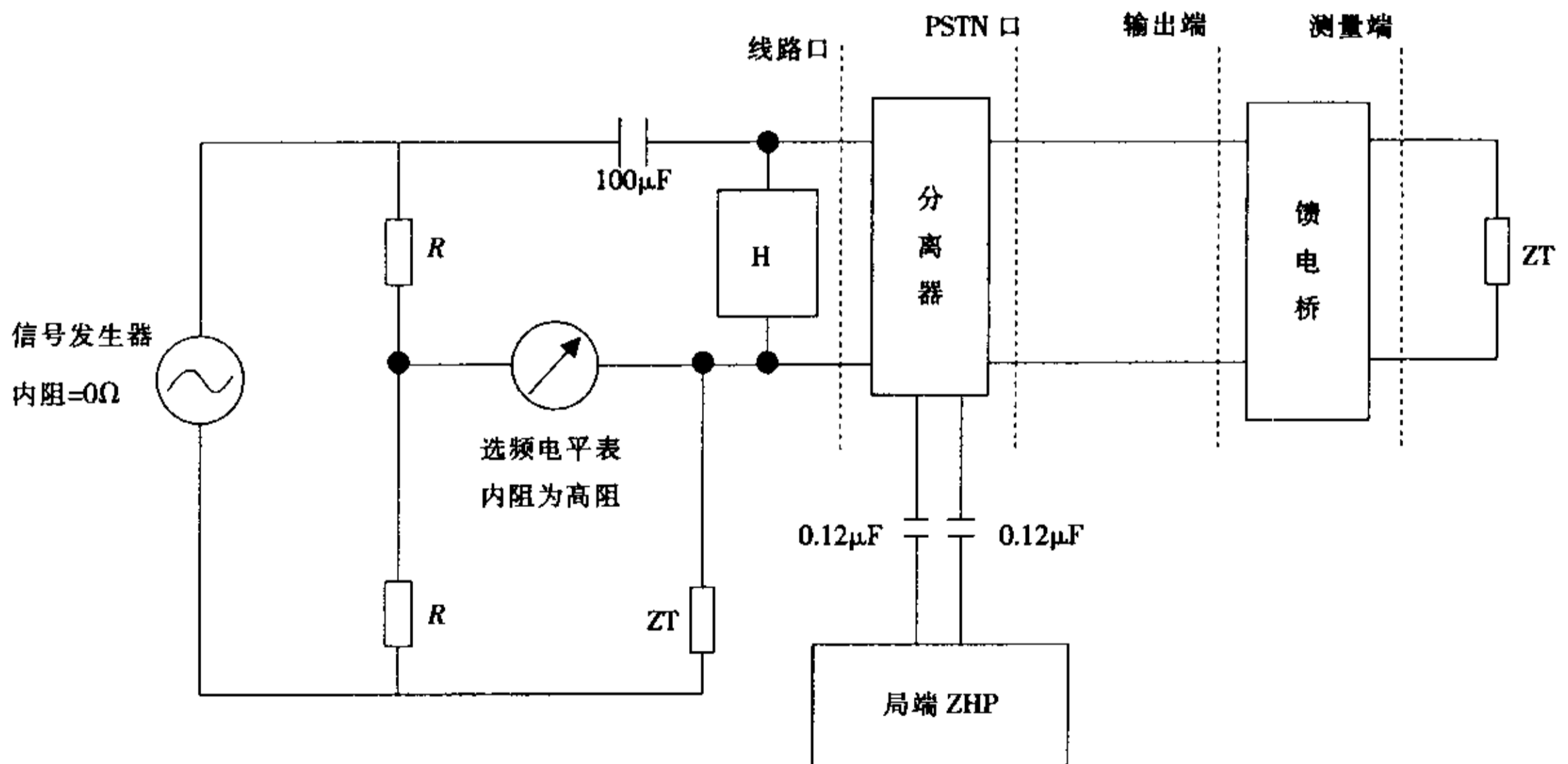
局端分离器的 PSTN 口反射衰减测试配置见图 44 (a)，线路口反射衰减测试配置见图 44 (b)。
 用户端分离器的线路口反射衰减测试配置见图 45 (a)，POTS 口反射衰减测试配置见图 45 (b)。



其中： $R=600\Omega$

$ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

(a) PSTN 接口的反射衰减测试配置

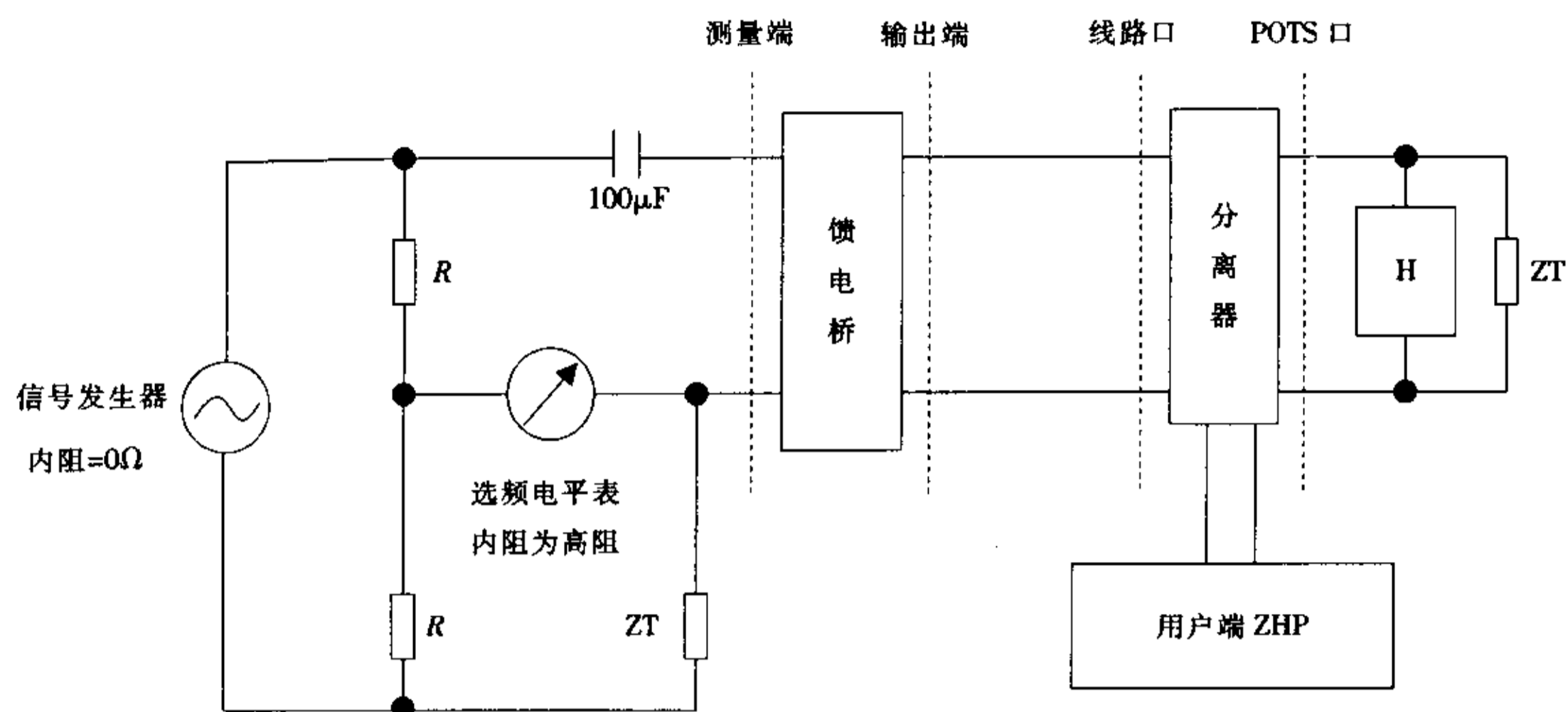


其中： $R=600\Omega$

$ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

(b) 线路口的反射衰减测试配置

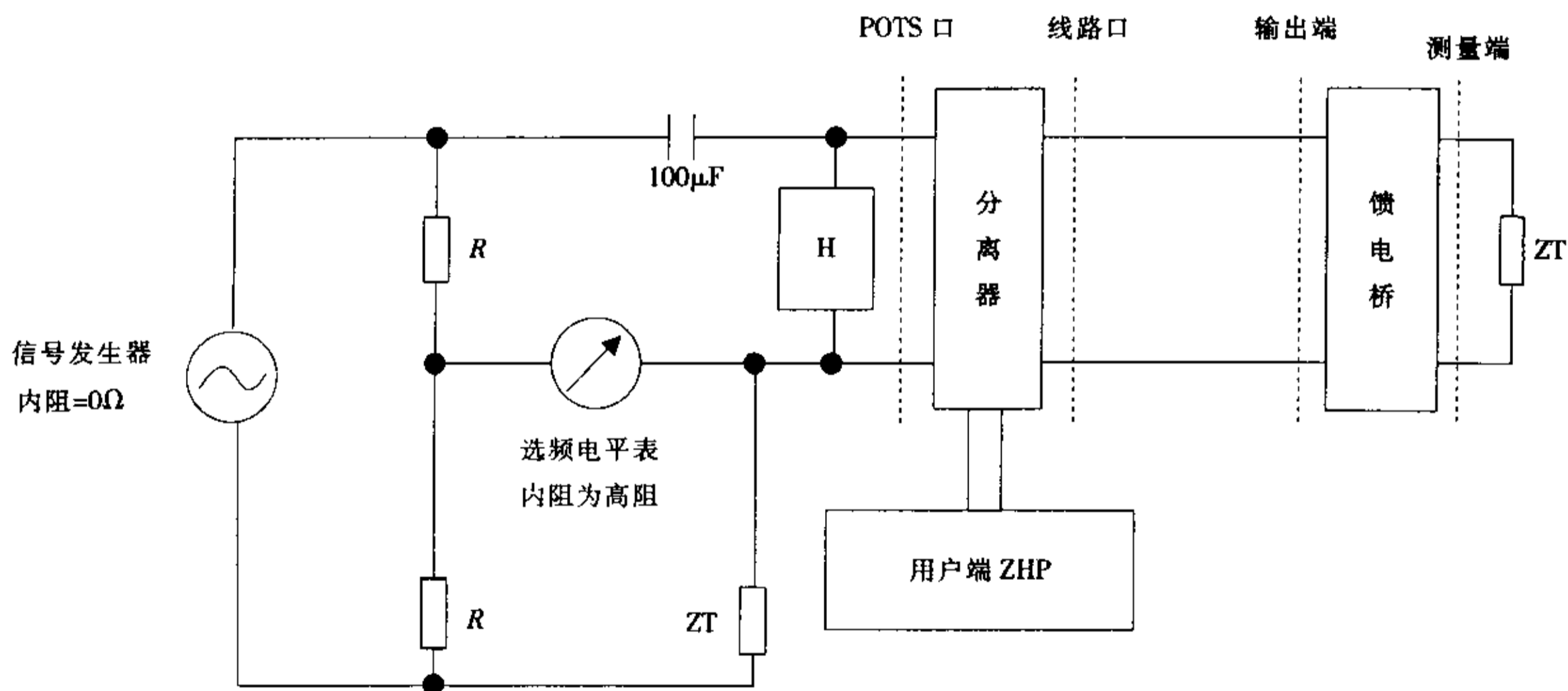
图 44 局端分离器接口反射衰减测试配置



其中: $R=600\Omega$

$ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

(a) 线路口的反射衰减测试配置



注: $R=600\Omega$

$ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

(b) POTS 口的反射衰减测试配置

图 45 用户端分离器接口反射衰减测试配置

5.4.1.2.3 测试步骤

- 1) 按图 44 (局端分离器测试) 或图 45 (用户端分离器测试) 连接好电路;
- 2) 断开被测接口, 由选频电平表选测测试信号电平 P_0 ;
- 3) 连接被测接口, 由选频电平表选测测试信号电平 P_1 ;

4) 分离器接口反射衰减 (阻抗回损) 为 $(P_0 - P_1)$ 。

注: 当实际信号发生器内阻不为 0 时, 应对回损测试结果进行修正。

5.4.1.3 纵向变换转移损耗

5.4.1.3.1 测试指标

音频接口是平衡接口, 实际接口对地不平衡性用 dB 表示为对地阻抗不平衡。由局端或用户端分离器音频接口点处对地阻抗不平衡产生的纵向变换转移损耗在 0.2~1kHz 频带内应 >58dB, 在 3kHz 处应 >53dB。分离器的纵向变换转移损耗指标要求见图 46。

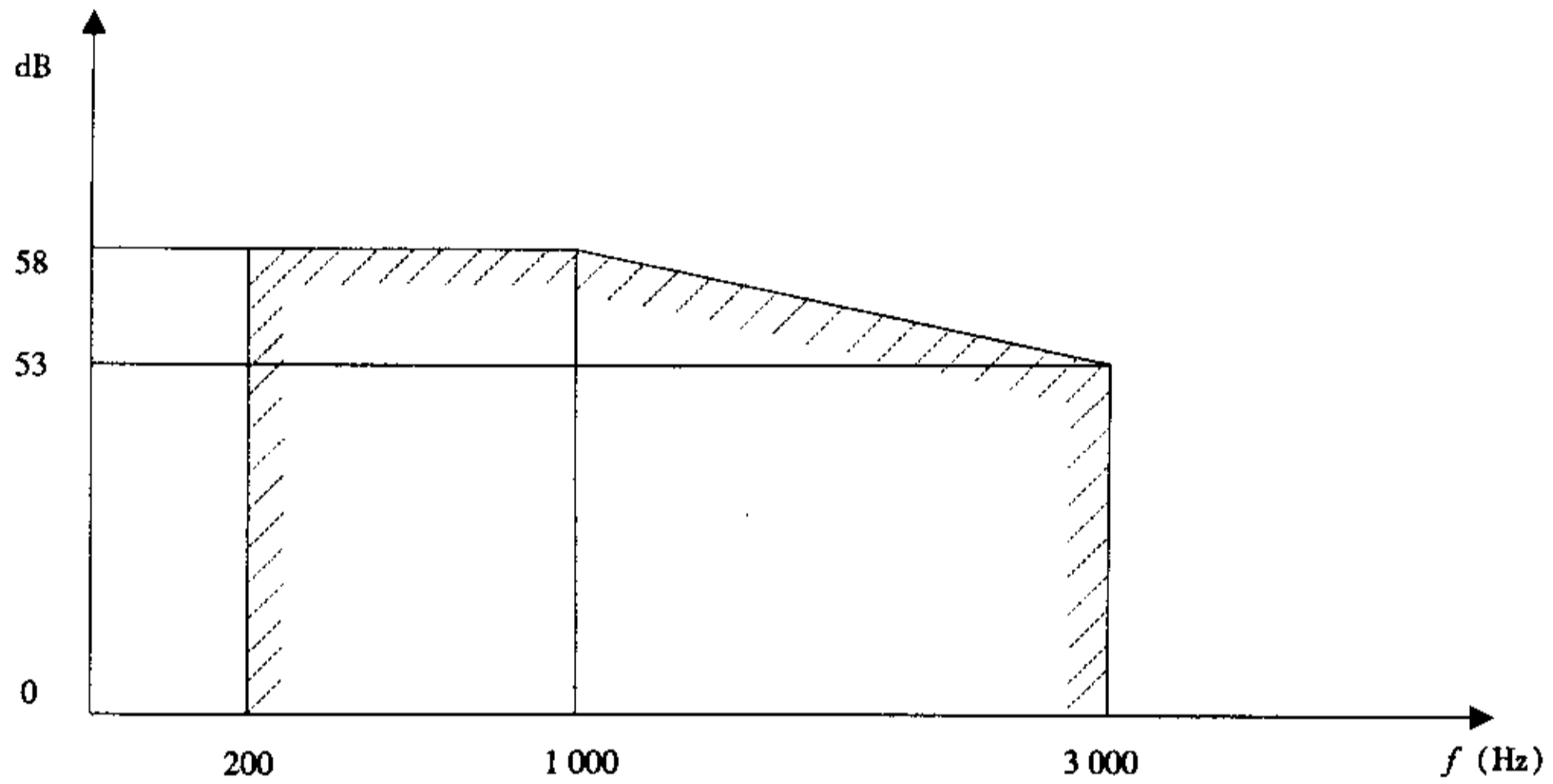
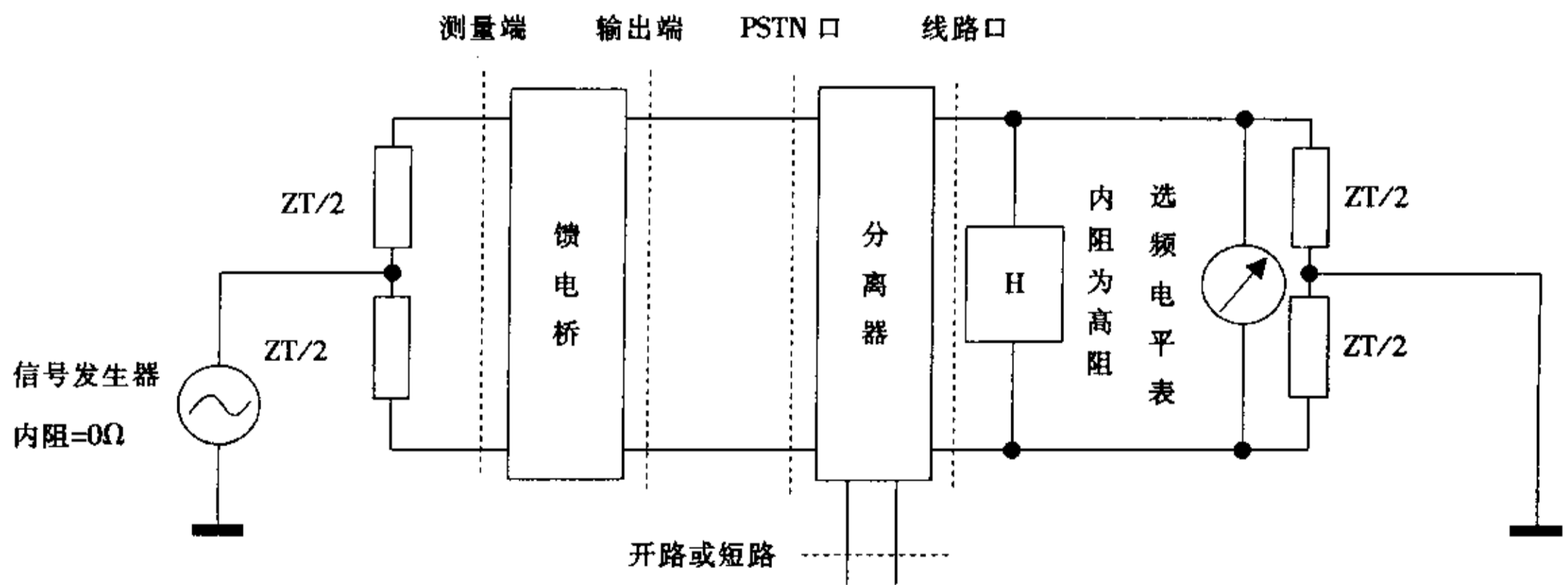


图 46 分离器的纵向变换转移损耗指标

5.4.1.3.2 测试配置

局端分离器纵向变换转移损耗测试配置见图 47。



其中: $ZT = ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

图 47 局端分离器纵向变换转移损耗测试配置

用户端分离器纵向变换转移损耗测试配置见图 48。

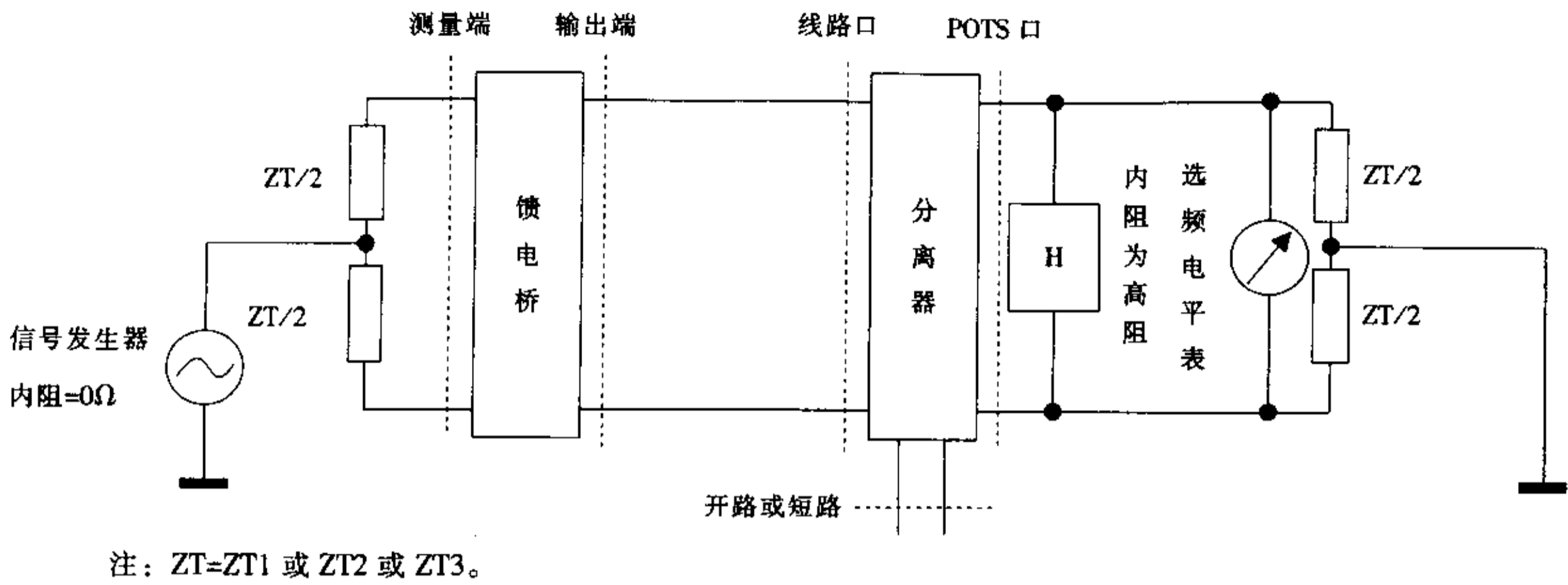


图 48 用户端分离器纵向变换转移损耗测试配置

5.4.1.3.3 测试步骤

- 1) 按图 47（局端分离器测试）或图 48（用户端分离器测试）连接好电路；
- 2) 信号发生器发送频率为 200~3 000Hz、电平 P_1 的测试信号；
- 3) 利用选频电平表测试相应频点的电平值 P_2 ；
- 4) 求纵向变换转移损耗 $LCL=P_1-P_2$ (dB)。

5.4.1.4 损耗/频率失真

5.4.1.4.1 测试指标

损耗/频率失真是指通路对不同频率正弦信号的衰减相对于基准频率衰减的偏差。

$$\text{损耗/频率失真} = 20 \lg [U(1020\text{Hz}) / U(f)]$$

当分离器的 PSTN/POTS 口和线路口的音频特性阻抗为图 38 中 $ZT1$ 时，在 300~3 400Hz 频率范围内，分离器对各信号频率点的插入损耗相对于频率为 1 020Hz、电平为 -10dBm 信号的偏离值应在 -0.3~0.3dB；当分离器的 PSTN/POTS 口和线路口的音频特性阻抗为图 38 中 $ZT2$ 或 $ZT3$ 时，在 300~3 400Hz 的频率范围内，分离器对各信号频率点的插入损耗相对于频率为 1 020Hz、电平为 -10dBm 的信号的偏离值应在 -1.0~1.0dB。

5.4.1.4.2 测试配置

局端分离器损耗/频率失真测试配置见图 49。

用户端分离器损耗/频率失真测试配置见图 50。

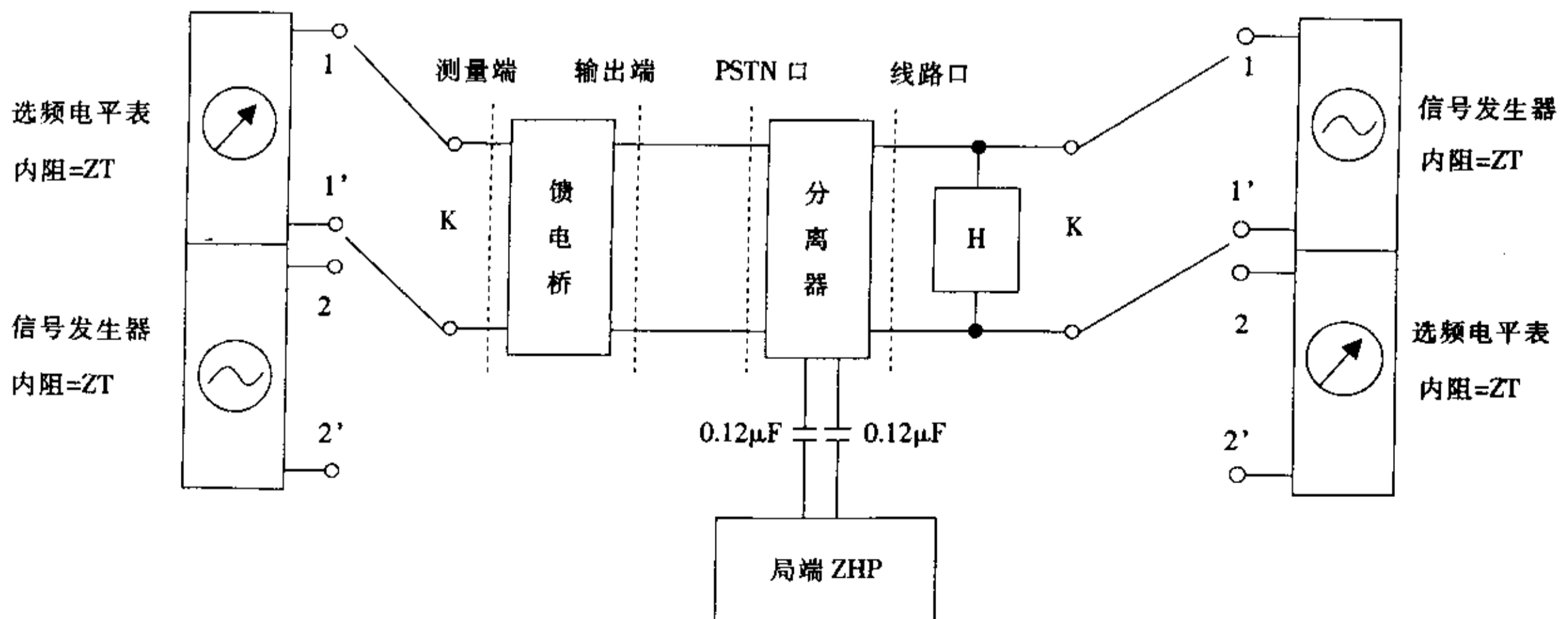
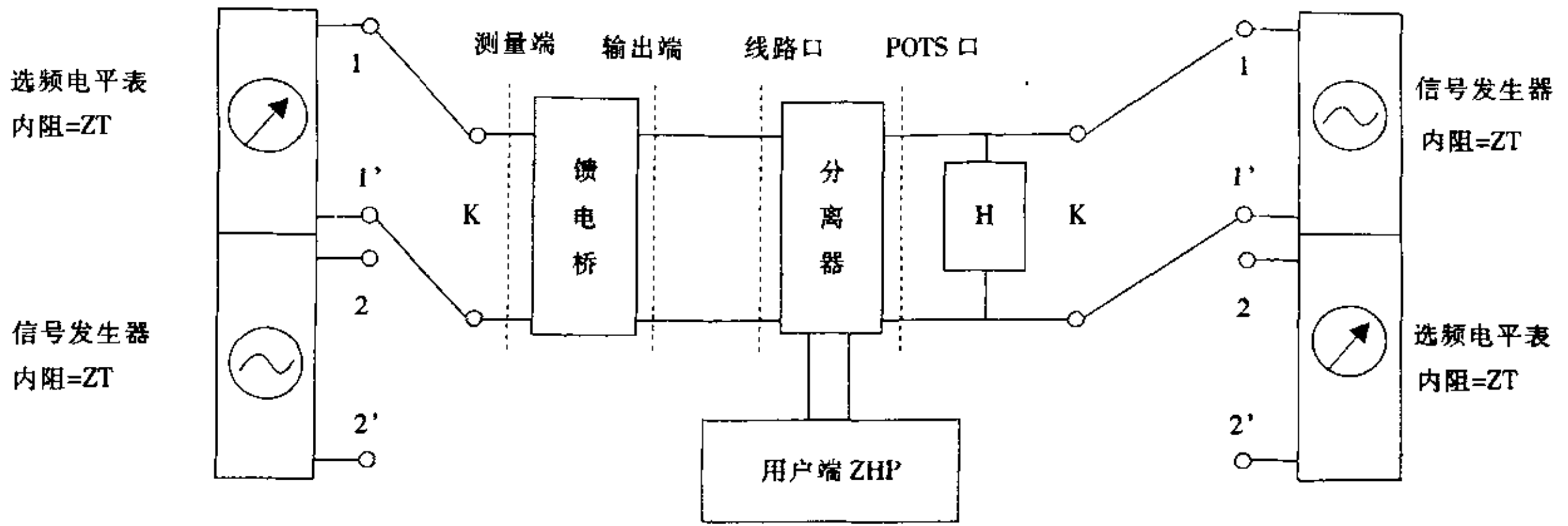


图 49 局端分离器损耗/频率失真测试配置



注: $ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$

图 50 用户端分离器损耗/频率失真测试配置

5.4.1.4.3 测试步骤

- 1) 按图 49 (局端分离器测试) 或图 50 (用户端分离器测试) 连接好电路;
- 2) 开关 K 置 “1” 位置, 先不接入分离器, 测试分离器对频率为 1 020Hz、电平为 -10dBm 信号的插入损耗 L_0 ;
- 3) 开关 K 置 “1” 位置, 接入分离器, 测试分离器对频率为 300~3 400Hz、电平为 -10dBm 各信号的插入损耗 L ;
- 4) 各频点 L 相对 L_0 的差即为分离器的损耗/频率失真值;
- 5) 开关 K 置 “2” 位置, 重复步骤 2) ~4), 测试另一方向的损耗/频率失真。

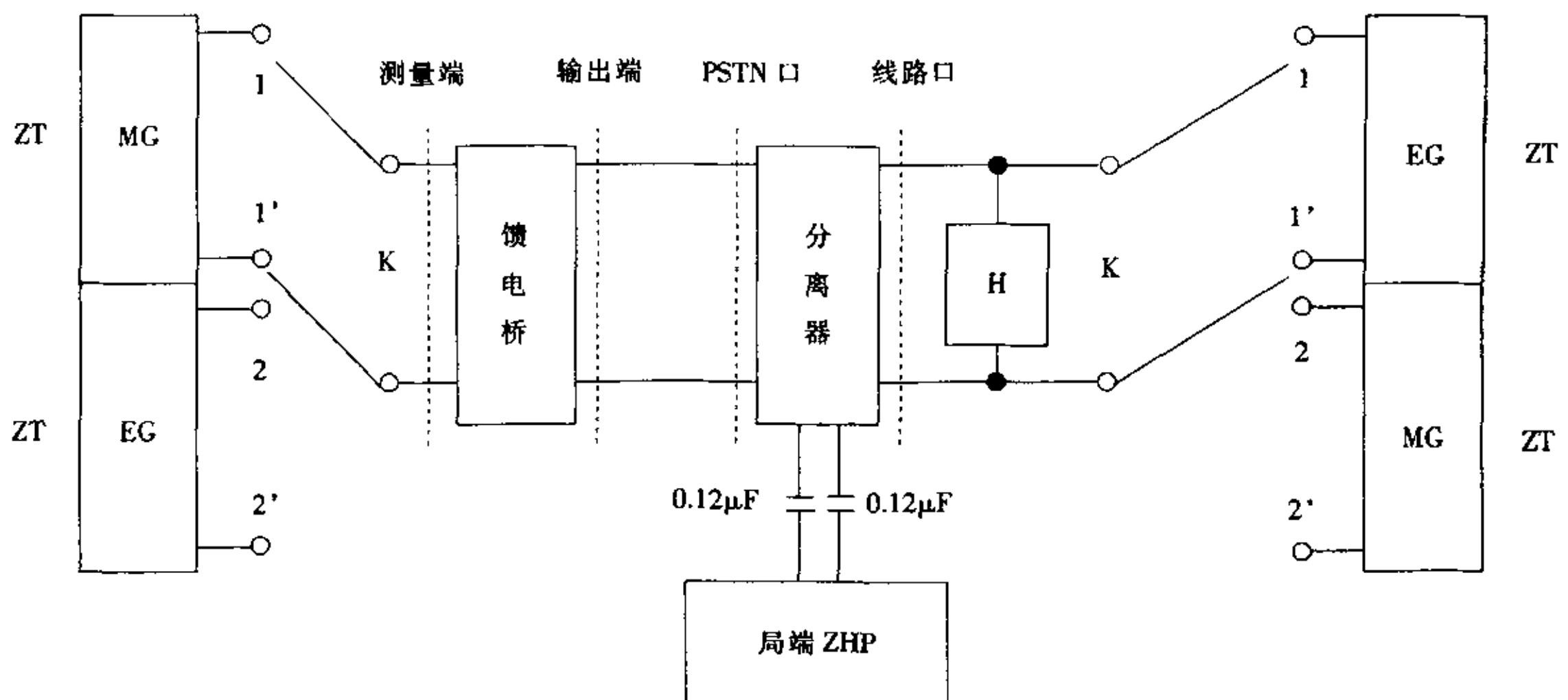
5.4.1.5 群时延

5.4.1.5.1 测试指标

群时延是指由于引入 VDSL 分离器, 从而对话音频带信号产生的时延。在 600~3 400Hz 频带内, 由 PSTN/POTS 分离器产生的信号群时延不能大于 $150\mu s$ 。

5.4.1.5.2 测试配置

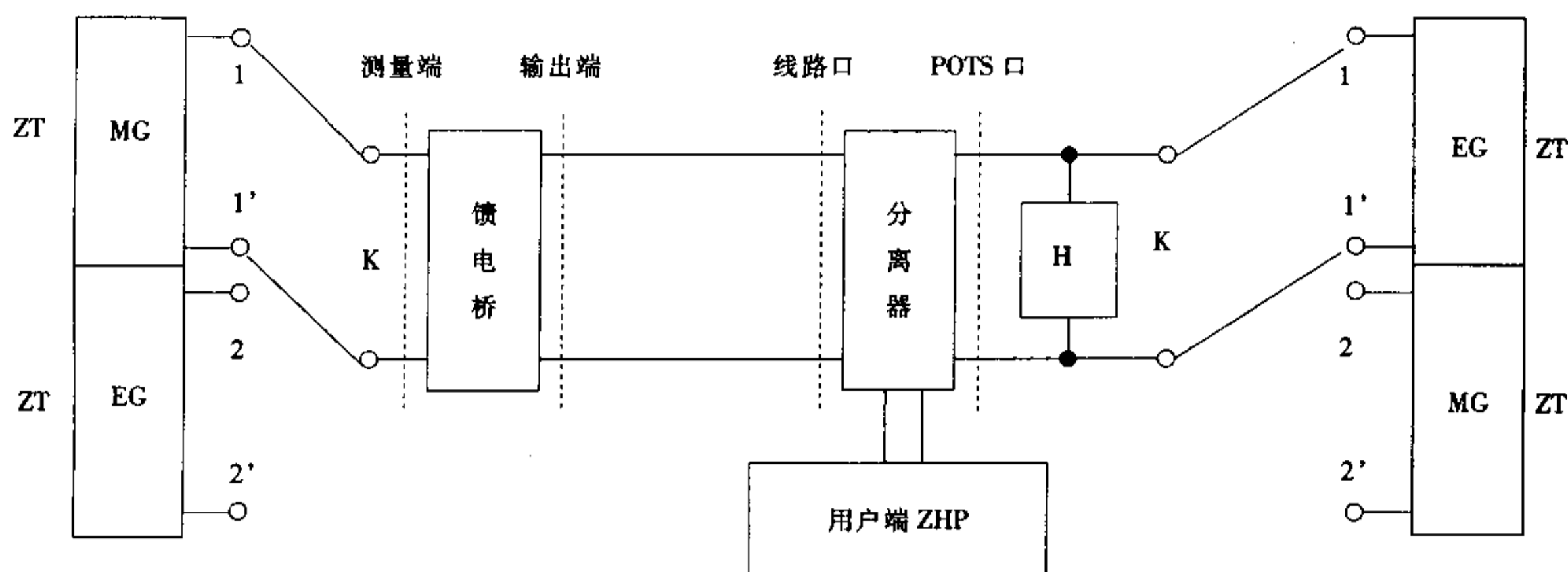
局端分离器群时延测试配置见图 51。



注: $ZT=ZT1$ 或 $ZT2$ 或 $ZT3$;
EG 为群时延信号发生器;
MG 为群时延信号接收器。

图 51 局端分离器群时延测试配置

用户端分离器群时延测试配置见图 52。



注：ZT=ZT1 或 ZT2 或 ZT3；
EG 为群时延信号发生器；
MG 为群时延信号接收器。

图 52 用户端分离器群时延测试配置

5.4.1.5.3 测试步骤

- 1) 按图 51（局端分离器测试）或图 52（用户端分离器测试）连接好电路；
- 2) 开关 K 置“1”位置，先不接入分离器，群时延信号发生器分别发送 600~3 400Hz、电平为 -10dBm 的测试信号，用群时延信号接收器测试电路各频率的群时延 G_0 ；
- 3) 开关 K 置“1”位置，接入分离器，群时延信号发生器分别发送 600~3 400Hz、电平为 -10dBm 的测试信号，用群时延信号接收器测试电路和分离器总的各频率群时延 G ；
- 4) 各频率的群时延 G 与相应的 G_0 的差即为分离器的群时延；
- 5) 开关 K 置“2”位置，重复步骤 2) ~4)，测试另一方向的群时延。

5.4.1.6 话音频带插入损耗

5.4.1.6.1 测试指标

话音频带插入损耗是指分离器对话音频带信号产生的损耗。当分离器的 PSTN/POTS 口和线路口的音频特性阻抗为图 38 中 ZT1 时，分离器产生的在 1 020Hz 的插入损耗应不大于 0.3dB；当分离器的 PSTN/POTS 口和线路口的音频特性阻抗为图 38 中 ZT2 或 ZT3 时，分离器产生的在 1 020Hz 的插入损耗应不大于 1.0dB。

5.4.1.6.2 测试配置

局端分离器话音频带插入损耗测试配置见图 49。

用户端分离器话音频带插入损耗测试配置见图 50。

5.4.1.6.3 测试步骤

- 1) 按图 49（局端分离器测试）或图 50（用户端分离器测试）连接好电路；
- 2) 开关 K 置“1”位置，先不接入分离器，信号发生器发送频率为 1 020Hz、电平为 0dBm 的正弦信号，用选频电平表测出电平 P_0 ；
- 3) 开关 K 置“1”位置，接入分离器，信号发生器发送频率为 1 020Hz、电平为 0dBm 的正弦信号，用选频电平表测出电平 P ；
- 4) $(P_0 - P)$ 即为分离器的插入损耗；
- 5) 开关 K 置“2”位置，重复步骤 2) ~4)，测试另一方向的插入损耗。

5.4.1.7 非线性失真

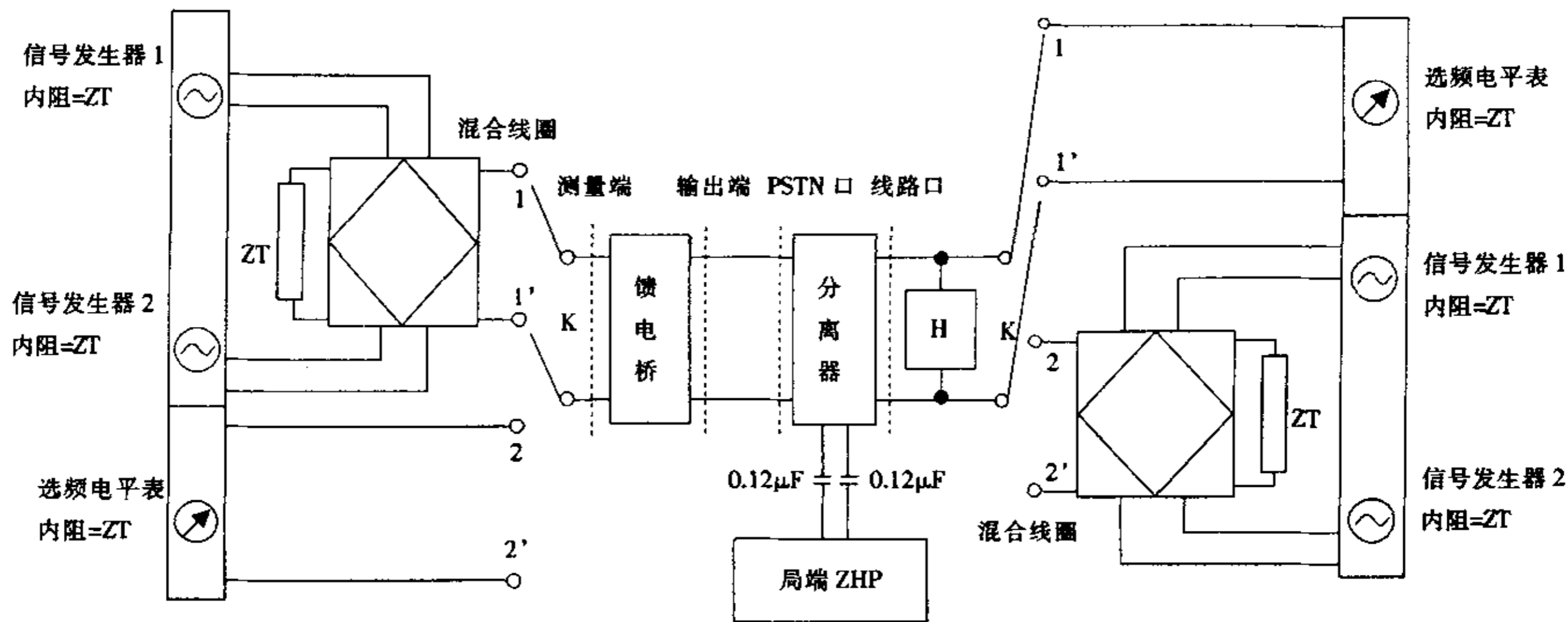
5.4.1.7.1 测试指标

分离器对频率为 300~3 400Hz、电平为-10dBm 的源信号产生的二阶交调产物应低于源信号 57dB，三阶交调产物应低于源信号 60dB。

5.4.1.7.2 测试配置

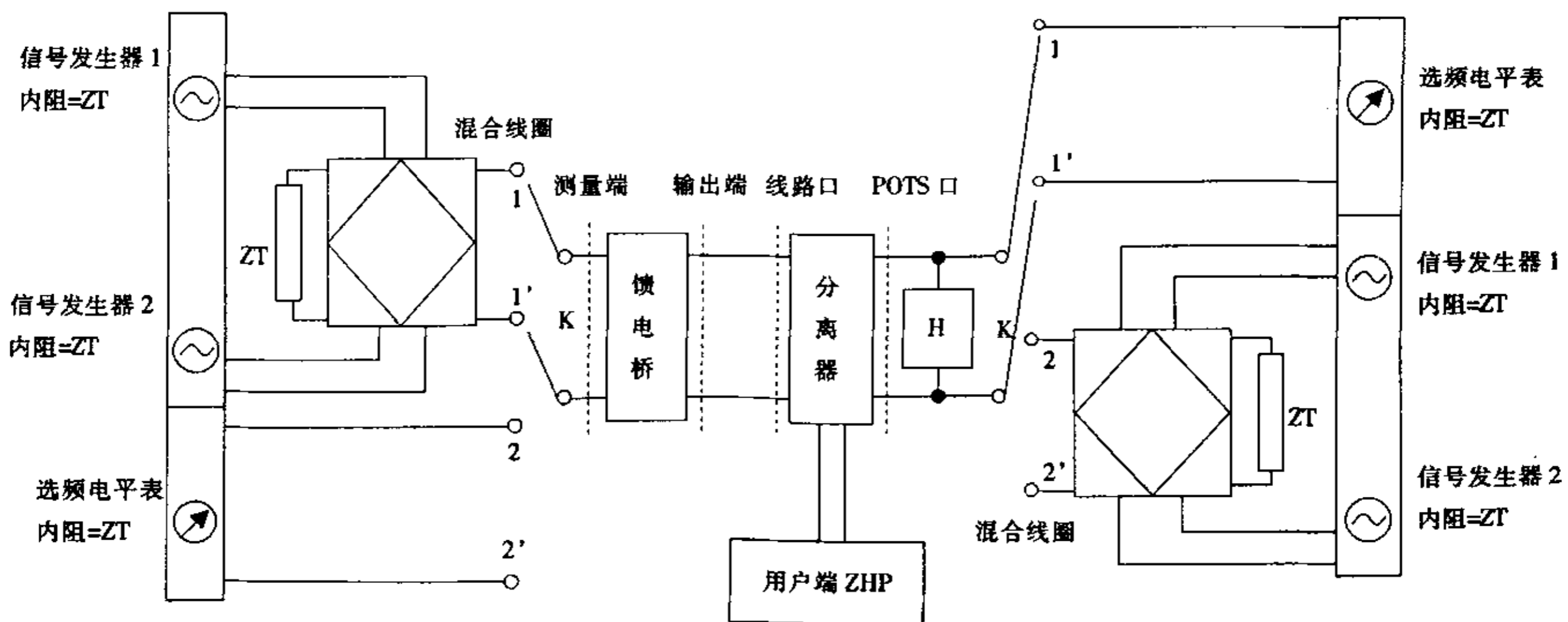
局端分离器的非线性失真测试配置见图 53，要求测试电路的非线性特性好。

用户端分离器的非线性失真测试配置见图 54，要求测试电路的非线性特性好。



注：ZT=ZT1 或 ZT2 或 ZT3。

图 53 局端分离器非线性失真测试配置



注：ZT=ZT1 或 ZT2 或 ZT3。

图 54 用户端分离器非线性失真测试配置

5.4.1.7.3 测试步骤

- 1) 按图 53 (局端分离器测试) 或图 54 (用户端分离器测试) 连接好电路;
- 2) 开关 K 置 “1” 位置, 两个信号发生器分别发送 300~3 400Hz、电平为 -10dBm 的两个频率不同的 f_1 和 f_2 正弦信号;
- 3) 选频电平表分别测试 $(2f_1-f_2)$ 和 $(3f_1-f_2)$ 的电平值 P_2 和 P_3 ;
- 4) P_2+10 、 P_3+10 分别为二阶交调产物低于源信号的值和三阶交调产物低于源信号的值;
- 5) 开关 K 置 “2” 位置, 重复步骤 2) ~4), 测试另一方向的非线性失真。

5.4.1.8 VDSL 频带衰减

5.4.1.8.1 测试指标

VDSL 频带衰减是指从分离器模拟接口测出的分离器对 VDSL 频带信号产生的损耗。

对于 20~138kHz 从 PSTN/POTS 接口测出的衰减应 >45dB, 对于 138kHz~12MHz 的正弦信号, 从 PSTN/POTS 接口测出的衰减应 >55dB。

5.4.1.8.2 测试配置

局端分离器 VDSL 频带衰减测试配置见图 55。

用户端分离器 VDSL 频带衰减测试配置见图 56。

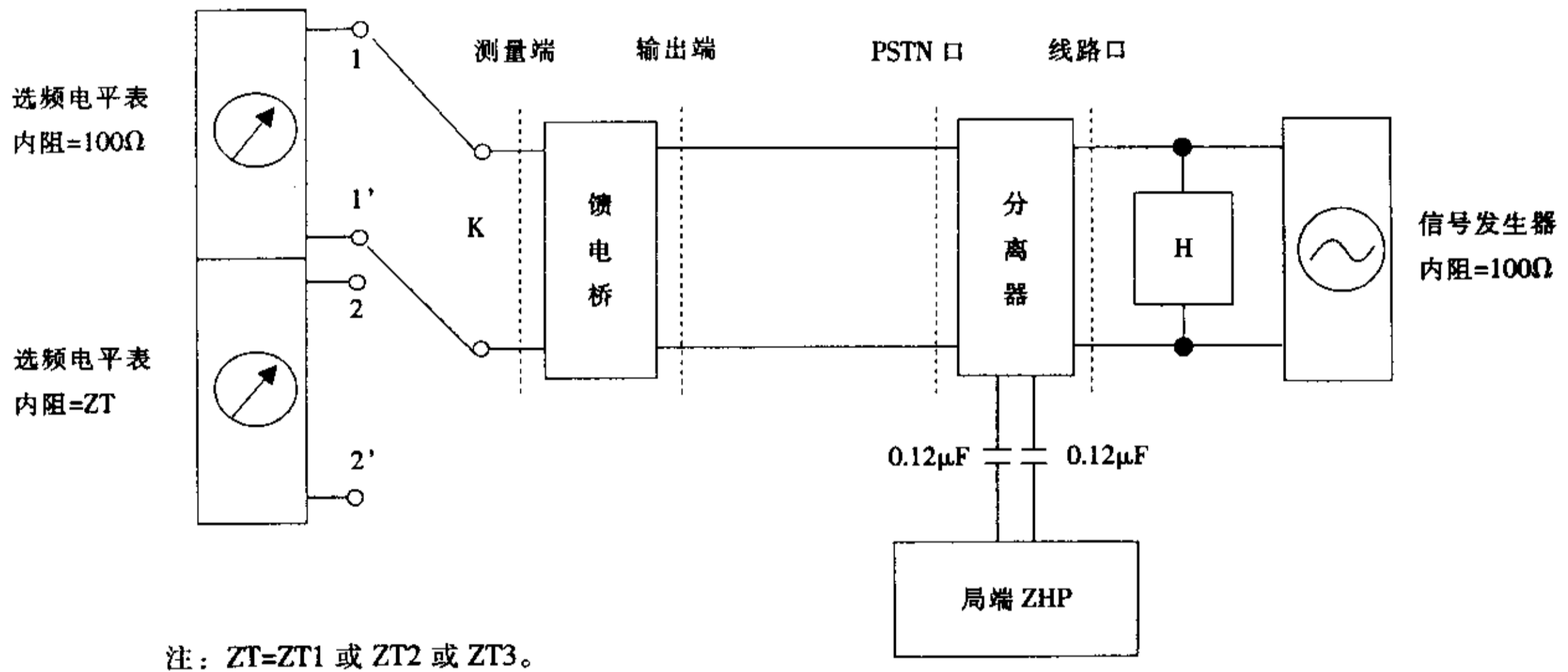


图 55 局端分离器 VDSL 频带衰减测试配置

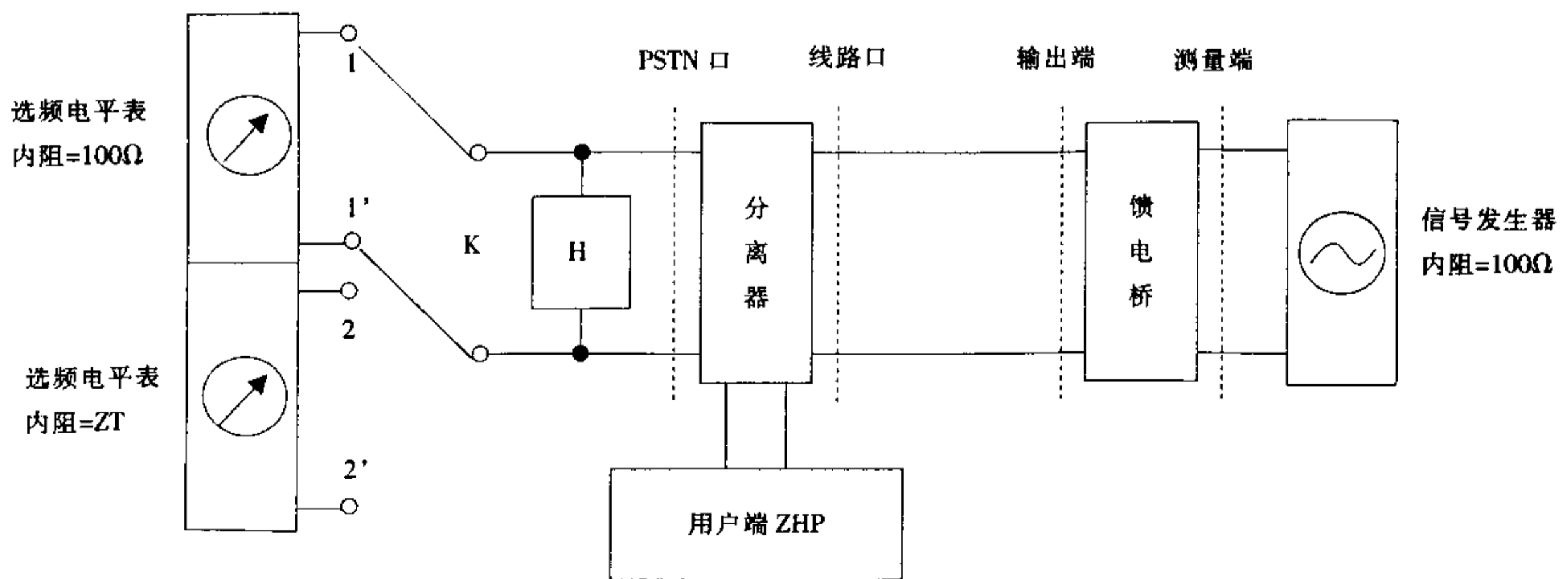


图 56 用户端分离器 VDSL 频带衰减测试配置

5.4.1.8.3 测试步骤

1) 按图 55 (局端分离器测试) 或图 56 (用户端分离器测试) 连接好电路;

2) 开关 K 置 “1” 位置, 把分离器移开, 信号发生器分别发送频率为 30~300kHz (每 10kHz 选一个测试点)、300~1 000kHz (每 100kHz 选一个测试点)、1~12MHz (每 500kHz 选一个测试点)、电平为 -10dBm 的正弦信号, 选频电平表测出各频点的电平 P_0 ;

3) 开关 K 置 “2” 位置, 接上分离器, 信号发生器分别发送频率为 30~300kHz (每 10kHz 选一个测试点)、300~1 000kHz (每 100kHz 选一个测试点)、1~12MHz (每 500kHz 选一个测试点)、电平为 -10dBm 的正弦信号, 选频电平表测出各频点的电平 P ;

4) 各频点的 (P_0-P) 即为分离器对 VDSL 信号频带的衰减。

5.4.1.9 VDSL 频带信号插入损耗

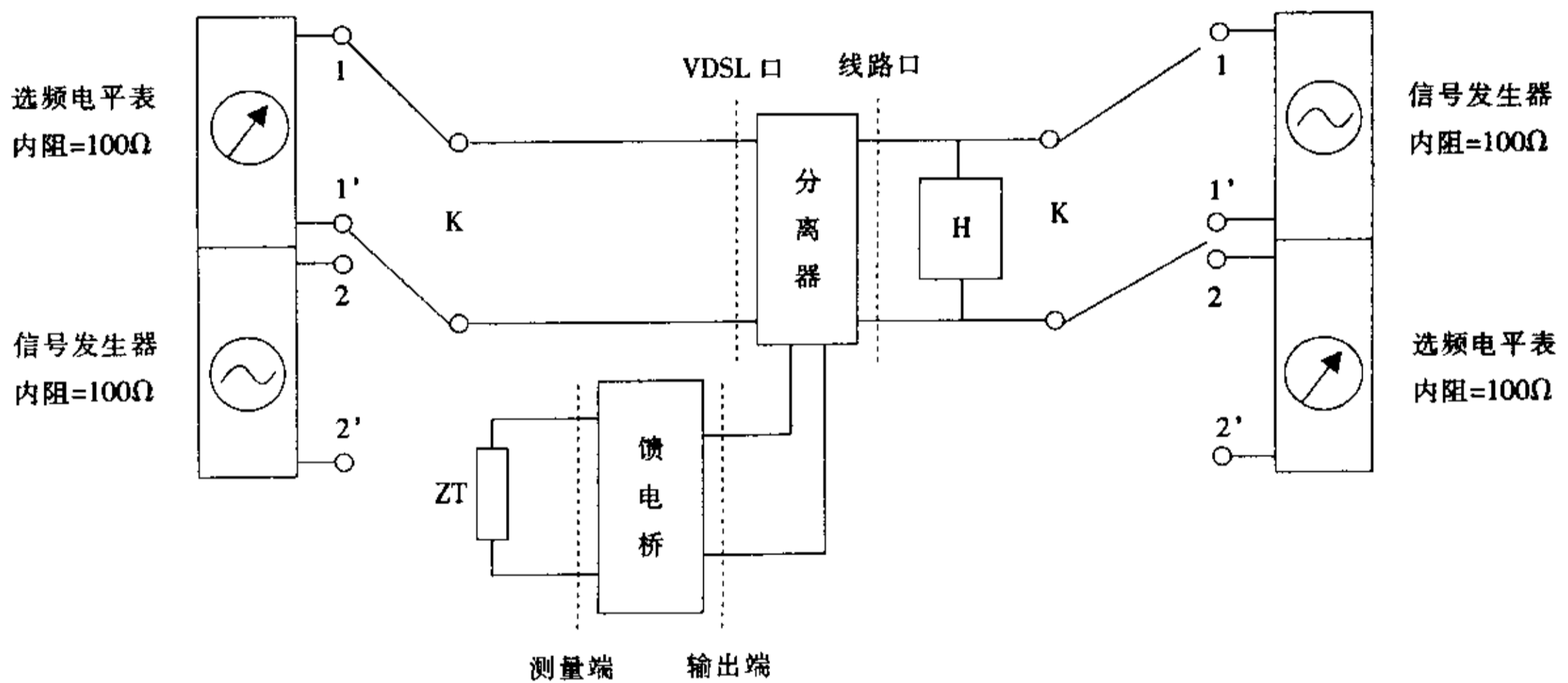
5.4.1.9.1 指标要求

对于内置分离器的 VDSL 设备, 此项不要求。对于外置分离器的 VDSL 设备, 对于局端或用户端 POTS 分离器, 对于从线路口输入的 25~12 000kHz 的正弦信号, 从 VDSL 口测出的信号衰减应不大于 0.5dB; 对于从 VDSL 口输入的 25~12 000kHz 的正弦信号, 从线路口测出的信号衰减应不大于 0.5dB。

5.4.1.9.2 测试方法

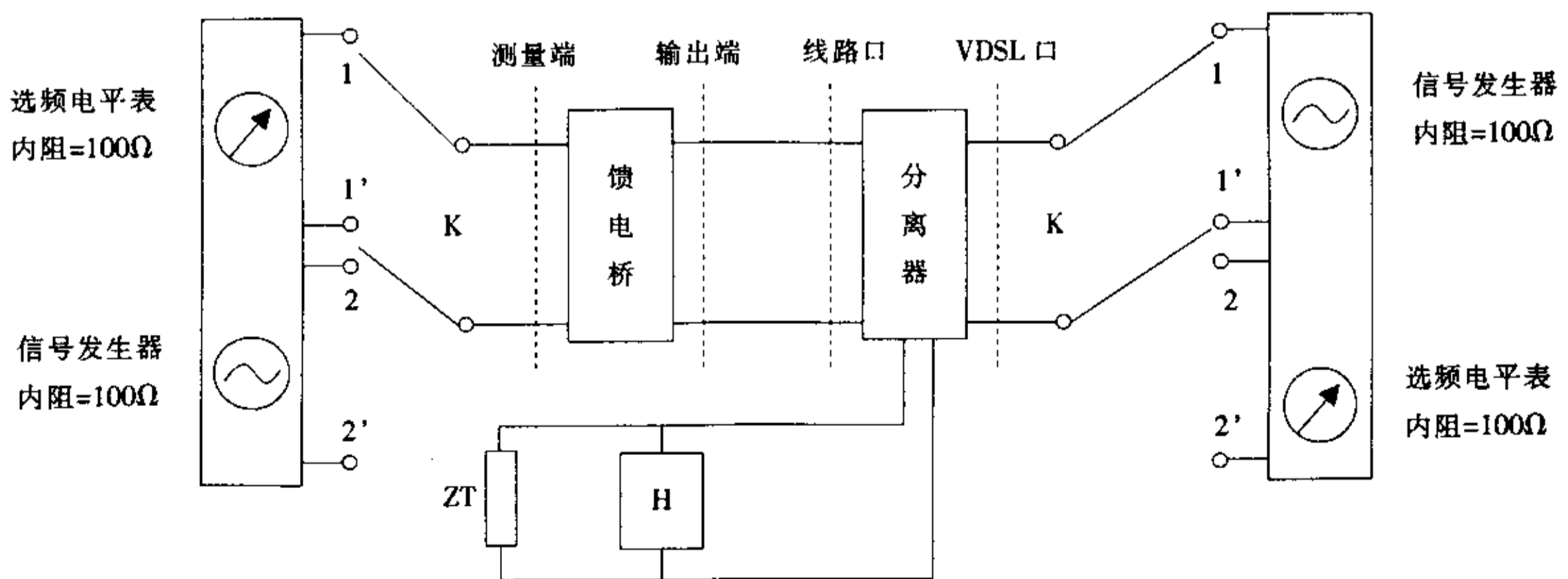
局端分离器 VDSL 频带插入损耗测试配置见图 57。

用户端分离器 VDSL 频带插入损耗测试配置见图 58。



注: ZT=ZT1 或 ZT2 或 ZT3。

图 57 局端分离器 VDSL 频带插入损耗测试配置



注: ZT=ZT1 或 ZT2 或 ZT3。

图 58 用户端分离器 VDSL 频带插入损耗测试配置图

5.4.1.9.3 测试步骤

- 1) 按图 57 (局端话音分离器) 和图 58 (用户端话音分离器) 接通被测通路;
- 2) 信号发生器分别发送频率为 25~12 000kHz (每 50kHz 选一个测试点)、电平为-10dBm 的正弦信号, 用选频电平表测出各频点电平 P_0 ;
- 3) 各频点的 (P_0+10) 即为分离器的插入损耗。

5.4.2 ISDN-VDSL 分离器测试

待定。

6 功能测试

6.1 VDSL 线路功能

6.1.1 业余无线电频段陷波

6.1.1.1 指标要求

VDSL 线路收发器应能在表 18 所示的业余无线电频段将发送信号 PSD 降至-80dBm/Hz 以下, 同时不能中断业务。

表 18 业余无线电频段

起始频率 (kHz)	终止频率 (kHz)
1 800	2 000
3 500	3 900
7 000	7 100
10 100	10 150

6.1.1.2 测试配置

参见 5.1.1.2 条。

6.1.1.3 测试步骤

参见 5.1.1.3 条, 通过仪表观察被测设备的发送信号 PSD 在规定的频段是否降至-80dBm/Hz 以下。

6.1.2 上行方向功率下调 (UPBO)

6.1.2.1 指标要求

VDSL 用户端设备应能够自动实现上行方向功率下调 (UPBO)。

6.1.2.2 测试配置

测试配置见图 59。

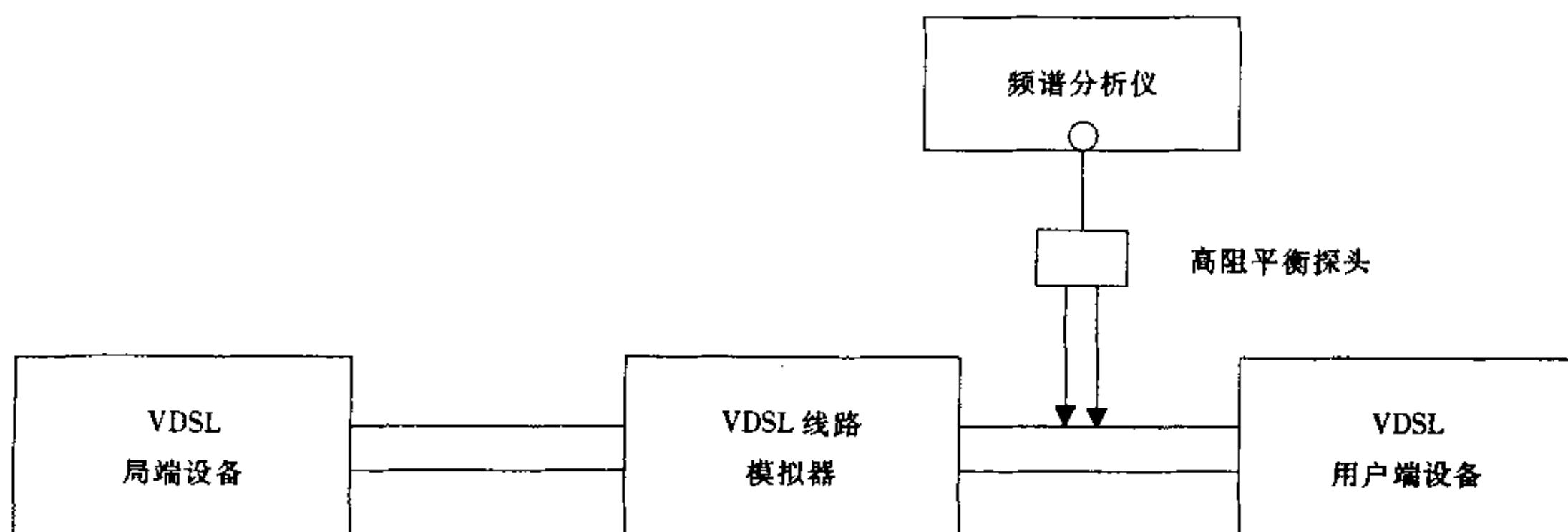


图 59 UPBO 测试配置

6.1.2.3 测试步骤

- 1) 按照图 59 连接好电路；
- 2) 将线路仿真仪的环路长度设为被测系统可以支持的最大环路长度，将 VDSL 用户端设备的信号发送功率谱密度设为可能的最大值，并通过频谱分析仪测出系统建链后上行方向的信号功率 P_1 ；
- 3) 将线路仿真仪的环路长度设为被测系统可以支持的最大环路长度的 4/5，待系统建链后通过频谱分析仪测出上行方向的信号功率 P_2 ；
- 4) 将线路仿真仪的环路长度设为被测系统可以支持的最大环路长度的 3/5，待系统建链后通过频谱分析仪测出上行方向的信号功率 P_3 ；
- 5) 将线路仿真仪的环路长度设为被测系统可以支持的最大环路长度的 2/5，待系统建链后通过频谱分析仪测出上行方向的信号功率 P_4 ；
- 6) 将线路仿真仪的环路长度设为被测系统可以支持的最大环路长度的 1/5，待系统建链后通过频谱分析仪测出上行方向的信号功率 P_5 。

6.1.2.4 预期结果

$$P_5 < P_4 < P_3 < P_2 < P_1。$$

6.1.3 VDSL 线路速率自适应

6.1.3.1 要求

VDSL 线路速率应具有根据实际线路条件自适应功能，系统应具有速率自适应的调整机制和能力，并且其运行时重新初始化过程所需要的时间应低于 15s。

6.1.3.2 测试配置

测试配置见图 60。

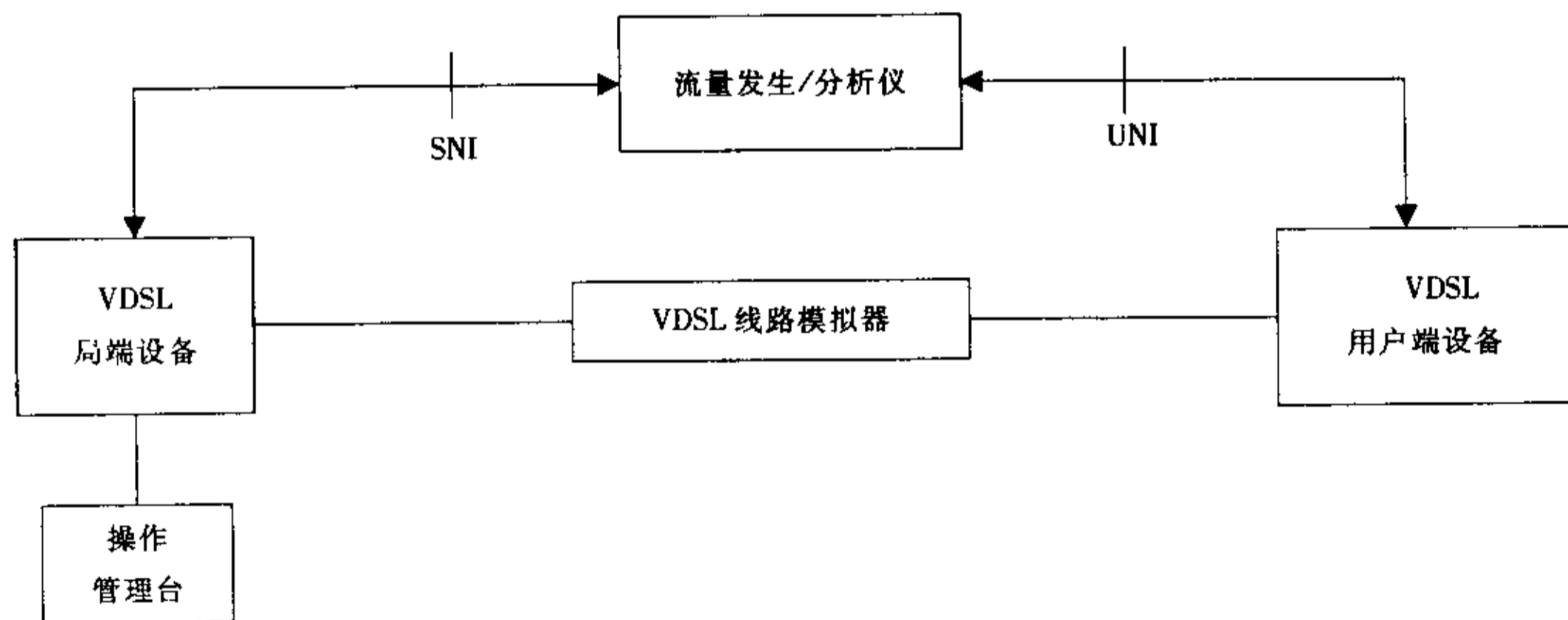


图 60 速率自适应功能测试配置

6.1.3.3 测试步骤

- 1) 将 VDSL 线路模拟器设置为 0.4mm、600m 的环路，通过被测设备的操作管理台将被测设备的线路速率设置为在该环路下可支持的最高速率，待设备上链后通过流量发生/分析仪对该速率进行验证；
- 2) 将 VDSL 线路模拟器设置为 0.4mm、1 000m 的环路，验证被测设备能否进行链路初始化，并对线路速率进行自适应选择，待设备上链后通过流量发生/分析仪对该速率进行验证，并验证被测设备进行链路重新初始化的训练时间是否超过 15s；
- 3) 将 VDSL 线路模拟器重新设置为 0.4mm、600m 的环路，验证被测设备能否进行链路初始化并对线路速率进行自适应选择，待设备上链后通过流量发生/分析仪验证训练完成后的速率与步骤 1) 中的速率是否一致，并验证被测设备进行链路重新初始化的训练时间是否超过 15s。

6.1.4 VDSL 和 ADSL 的兼容性

6.1.4.1 指标要求

在同一线缆中，当在不同的普通电话线对上同时传送 ADSL 和 VDSL 时，在 ADSL 去激活、重新激活及正常工作的情况下，在保证误码率 $<10^{-7}$ 时，VDSL 的上下行速率不应有大的变化；在 VDSL 去激活、重新激活及正常工作的情况下，在保证误码率 $<10^{-7}$ 时，ADSL 的上下行速率不应有大的变化。

6.1.4.2 测试配置

测试配置见图 61。

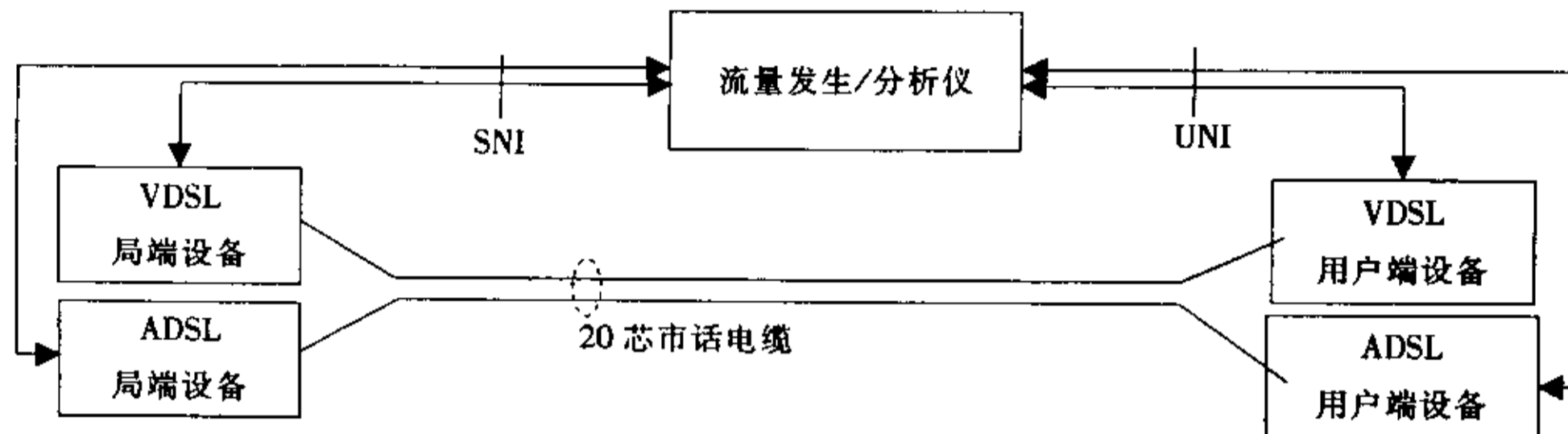


图 61 VDSL 和 ADSL 兼容性功能测试配置

6.1.4.3 测试步骤

1) 在 20 芯的市话电缆（0.4mm 线径、1 200m 长）中选择一根电话线，加入被测 VDSL 设备，在 VDSL 设备初始化后通过流量发生/分析仪验证被测 VDSL 设备在该环路上的传输速率；

2) 在电缆的另外 10 芯电话线中加入 ADSL 设备，在 ADSL 设备初始化训练时、初始化训练完成后正常工作时、人为去激活以及重新激活时，通过流量发生/分析仪验证被测 VDSL 设备在该环路上的传输速率是否会发生大的变化；

3) 将步骤 1) 和 2) 中的 VDSL 设备和 ADSL 设备互换，采用步骤 1) 和 2) 中同样的办法验证在 VDSL 去激活、重新激活及正常工作的情况下，在保证误码率 $<10^{-7}$ 时，ADSL 的上下行速率是否有大的变化。

6.1.5 脉冲测试

待定。

6.2 Ethernet 功能（适用于基于 Ethernet 方式的 VDSL 设备）

6.2.1 端口隔离

6.2.1.1 功能要求

被测 VDSL 系统的不同用户端口应实现二层隔离的功能。

6.2.1.2 测试配置

测试配置见图 62。

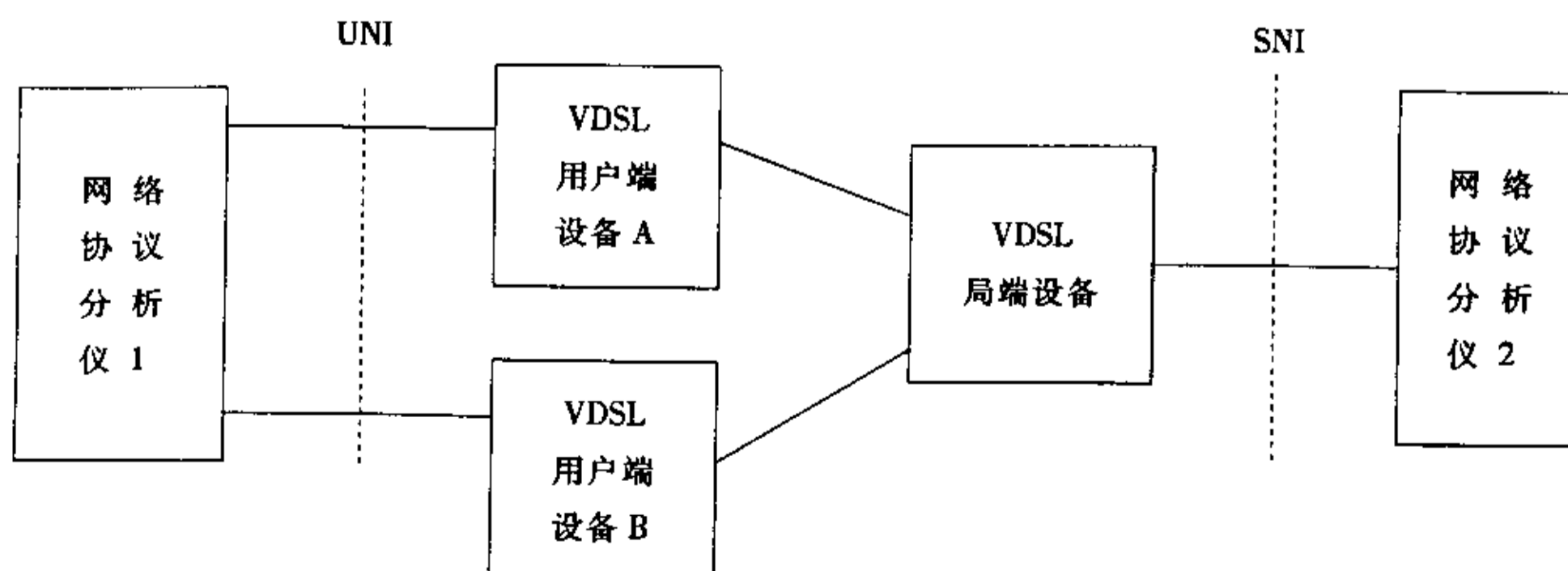


图 62 端口隔离测试配置

6.2.1.3 测试步骤

- 1) 将网络协议分析仪 1 的两个端口分别与两个用户端设备的端口相连；
- 2) 将网络协议分析仪 1 与用户端设备 A 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 01，网络协议分析仪 1 与被用户端设备 B 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 02；
- 3) 与用户端设备 A 和 B 相连的网络协议分析仪 1 能够 ping 通网络协议分析仪 2；
- 4) 网络协议分析仪 1 向用户端设备 A 发送目的 MAC 地址为 FF FF FF FF FF FF 的 MAC 测试帧；
- 5) 停止发送步骤 4) 中的 MAC 测试帧；
- 6) 网络协议分析仪 1 向被用户端设备 A 发送目的 MAC 地址为 00 00 00 00 00 02 的 MAC 测试帧；
- 7) 停止发送步骤 6) 中的 MAC 测试帧。

6.2.1.4 预期结果

- 1) 在步骤 4 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧；
- 2) 在步骤 6 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧。

6.2.2 VLAN 功能

6.2.2.1 基于端口的 VLAN 测试

6.2.2.1.1 功能要求

被测 VDSL 系统应实现符合 IEEE 802.1q 规范中基于端口的 VLAN。

6.2.2.1.2 测试配置

测试配置见图 63。

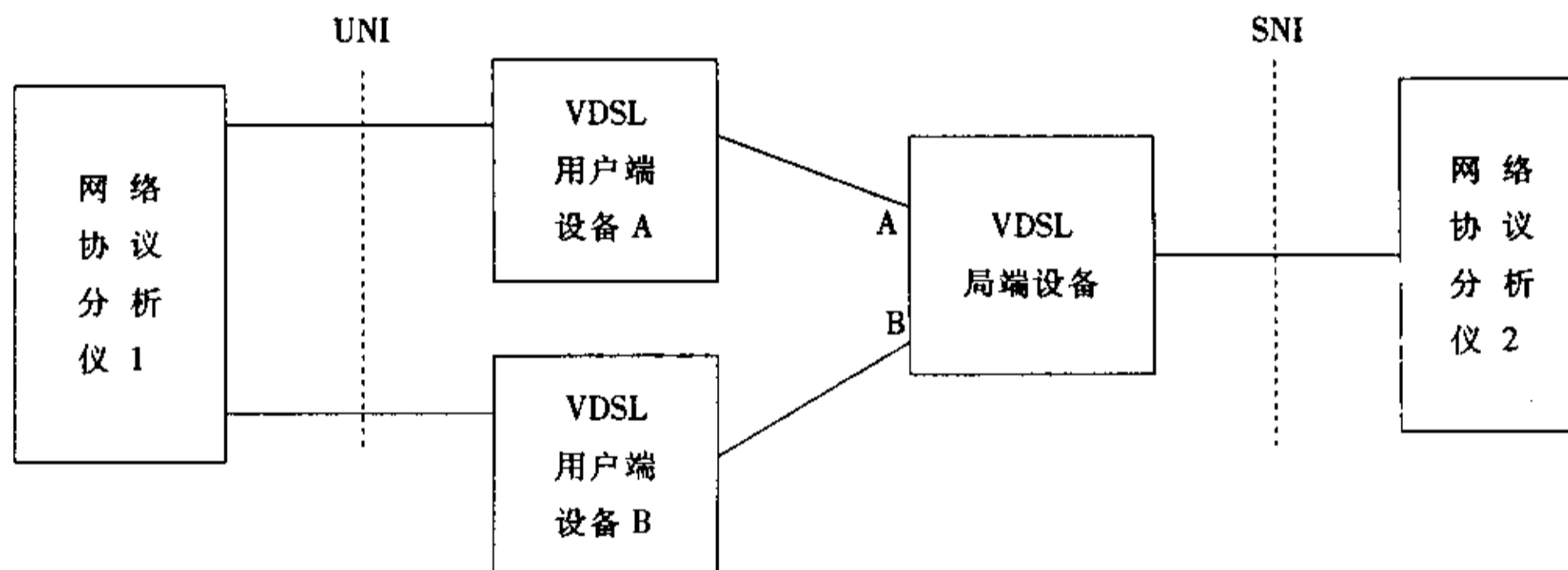


图 63 VLAN 功能测试配置

6.2.2.1.3 测试步骤

- 1) 将网络协议分析仪 1 的两个端口分别与两个用户端设备的端口相连；
- 2) 将网络协议分析仪 1 与用户端设备 A 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 01，网络协议分析仪 1 与被用户端设备 B 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 02；
- 3) 配置 VDSL 局端设备的端口 A 的 VID (PVID) 为“10”，配置 VDSL 局端设备的端口 B 的 VID (PVID) 为“11”，VDSL 局端设备上联口配置为 trunk 端口；
- 4) 网络协议分析仪 1 向用户端设备 A 发送目的 MAC 地址为 FF FF FF FF FF FF 的 MAC 测试帧；
- 5) 停止发送步骤 4) 中的 MAC 测试帧；
- 6) 网络协议分析仪 2 向局端设备发送目的 MAC 地址为 00 00 00 00 00 01，VID (PVID) 为“10”的 MAC 测试帧；
- 7) 停止发送步骤 6) 中的 MAC 测试帧；
- 8) 网络协议分析仪 1 向用户端设备 B 发送目的 MAC 地址为 FF FF FF FF FF FF 的 MAC 测试帧；
- 9) 停止发送步骤 8) 中的 MAC 测试帧；
- 10) 网络协议分析仪 2 向局端设备发送目的 MAC 地址为 00 00 00 00 00 02，VID (PVID) 为“11”

的 MAC 测试帧；

11) 停止发送步骤 10) 中的 MAC 测试帧。

6.2.2.1.4 预期结果

1) 在步骤 4) 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 2 应接收到带有 VID (PVID) =10 的测试帧。

2) 在步骤 6) 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口应接收到测试帧。

3) 在步骤 8) 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 2 应接收到带有 VID (PVID) =11 的测试帧。

4) 在步骤 10) 中，网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口应接收到测试帧。

6.2.2.2 基于 MAC 的 VLAN

6.2.2.2.1 功能要求

被测 VDSL 系统应实现符合 IEEE 802.1q 规范中基于 MAC 地址的 VLAN。

6.2.2.2.2 测试配置

测试配置见图 64。

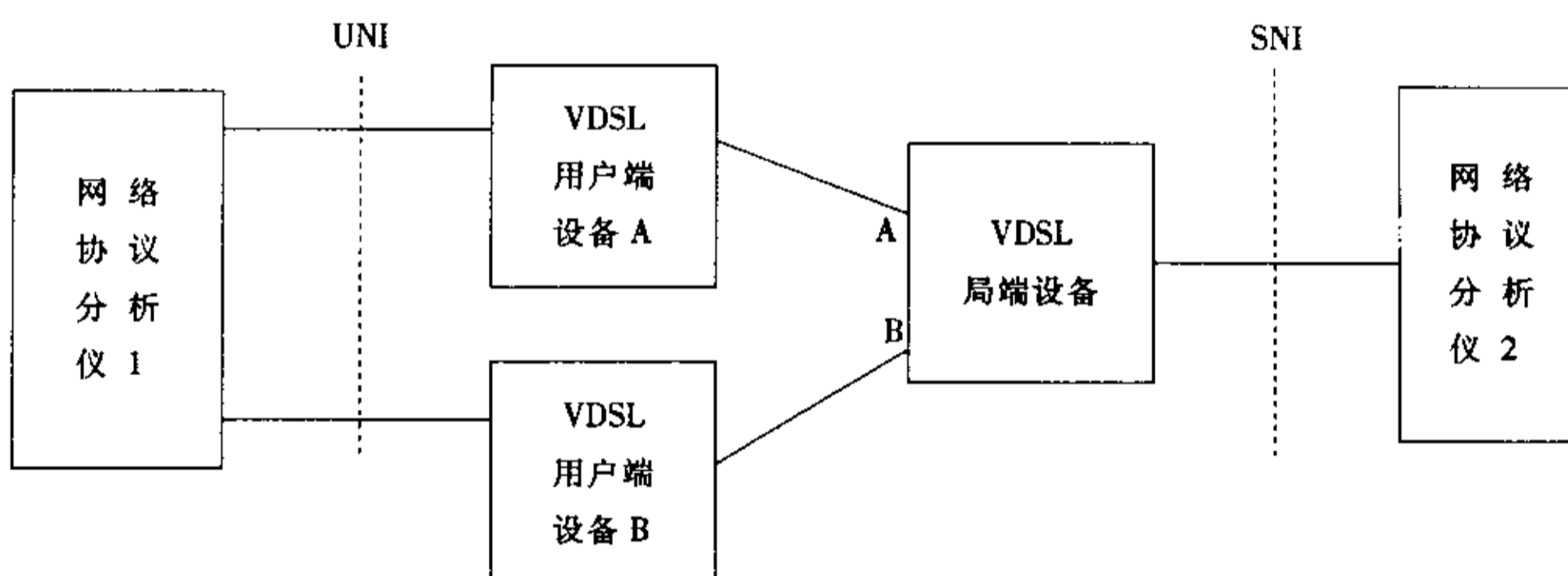


图 64 VLAN 功能测试配置

6.2.2.2.3 测试步骤

1) 按图 64 连接各设备。

2) 将网络协议分析仪 1 的两个端口分别与两个用户端设备的端口相连；

3) 将网络协议分析仪 1 与用户端设备 A 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 01，网络协议分析仪 1 与被用户端设备 B 相连的端口 MAC 地址配置为 00 00 00 00 00 02；

4) VDSL 局端设备将地址 00 00 00 00 00 01 加入 VID (PVID) 为“10”的 VLAN，配置 VDSL 局端设备将地址 00 00 00 00 00 02 加入 VID (PVID) 为“11”的 VLAN，并且配置上联端口加入 VID10 和 VID11 的 VLAN；

5) 网络协议分析仪 1 向用户端设备 A 发送目的 MAC 地址为 FF FF FF FF FF FF 的 MAC 测试帧；

6) 停止发送步骤 4) 中的 MAC 测试帧；

7) 网络协议分析仪 2 向局端设备发送目的 MAC 地址为 00 00 00 00 00 01，VID (PVID) 为“10”的 MAC 测试帧；

8) 停止发送步骤 6) 中的 MAC 测试帧；

9) 网络协议分析仪 1 向用户端设备 B 发送目的 MAC 地址为 FF FF FF FF FF FF 的 MAC 测试帧；

10) 停止发送步骤 8) 中的 MAC 测试帧；

11) 网络协议分析仪 1 向局端设备发送目的 MAC 地址为 00 00 00 00 00 02，VID (PVID) 为“11”

的 MAC 测试帧。

12) 停止发送步骤 10) 中的 MAC 测试帧。

6.2.2.2.4 预期结果

1) 在步骤 5) 中, 网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 2 应接收到带有 VID (PVID) =10 的测试帧。

2) 在步骤 6) 中, 网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口应接收到测试帧。

3) 在步骤 8) 中, 网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 2 应接收到带有 VID (PVID) =11 的测试帧。

4) 在步骤 10) 中, 网络协议分析仪 1 与被测设备端口 A 相连的端口不应接收到测试帧。网络协议分析仪 1 与被测设备端口 B 相连的端口应接收到测试帧。

6.2.3 端口聚集 (Link aggregation)

6.2.3.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现符合 IEEE 802.3-2002 clause 43 所规定的端口聚集功能。

6.2.3.2 测试配置

测试配置见图 65。

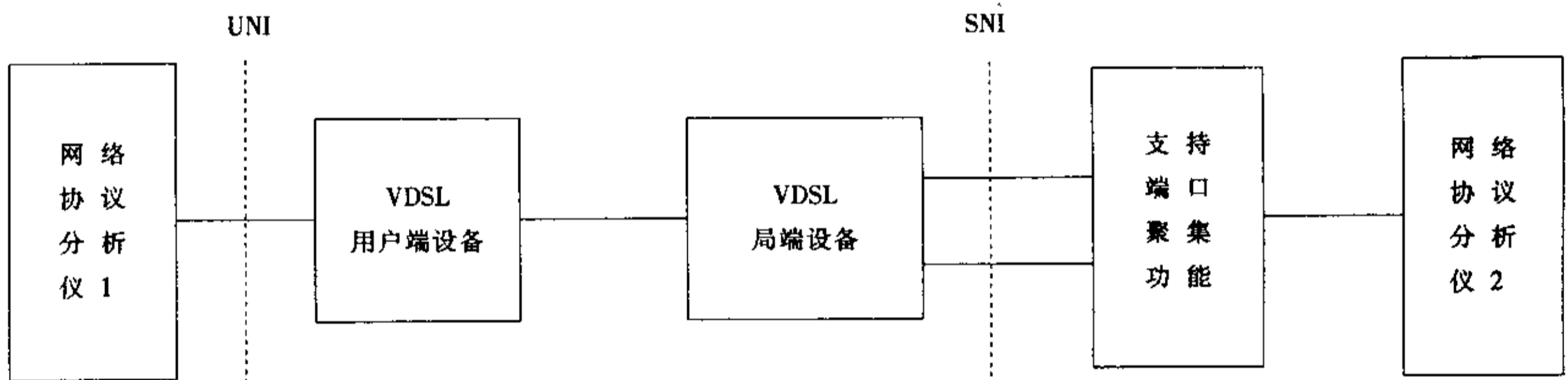


图 65 端口聚集测试配置

6.2.3.3 测试步骤

- 1) 按图 65 连接各设备;
- 2) 将网络协议分析仪 1 与用户端设备 A 相连的端口 MAC 源地址配置为随机产生;
- 3) 配置局端设备上联端口和与其相连的交换机端口为聚集的端口连接;
- 4) 网络协议分析仪 1 和 2 互发测试帧;
- 5) 停止发送步骤 4) 中的 MAC 测试帧;
- 6) 网络协议分析仪 1 和 2 互发测试帧;
- 7) 从物理上断开聚集连接中的一条通道;
- 8) 停止发送步骤 7) 中的 MAC 测试帧。

6.2.3.4 预期结果

- 1) 在步骤 4) 中, 网络协议分析仪 1 与 2 发出测试帧应通过聚集端口的所有不同物理链路;
- 2) 在步骤 7) 中, 网络协议分析仪 1 与 2 发出测试帧应通过聚集端口中其它的物理链路。

6.2.4 流量控制

6.2.4.1 功能要求

被测 VDSL 系统的全双工端口应实现符合 IEEE 802.3-2002 Annex 31B 的流量控制机制。

6.2.4.2 测试配置

测试配置见图 66。

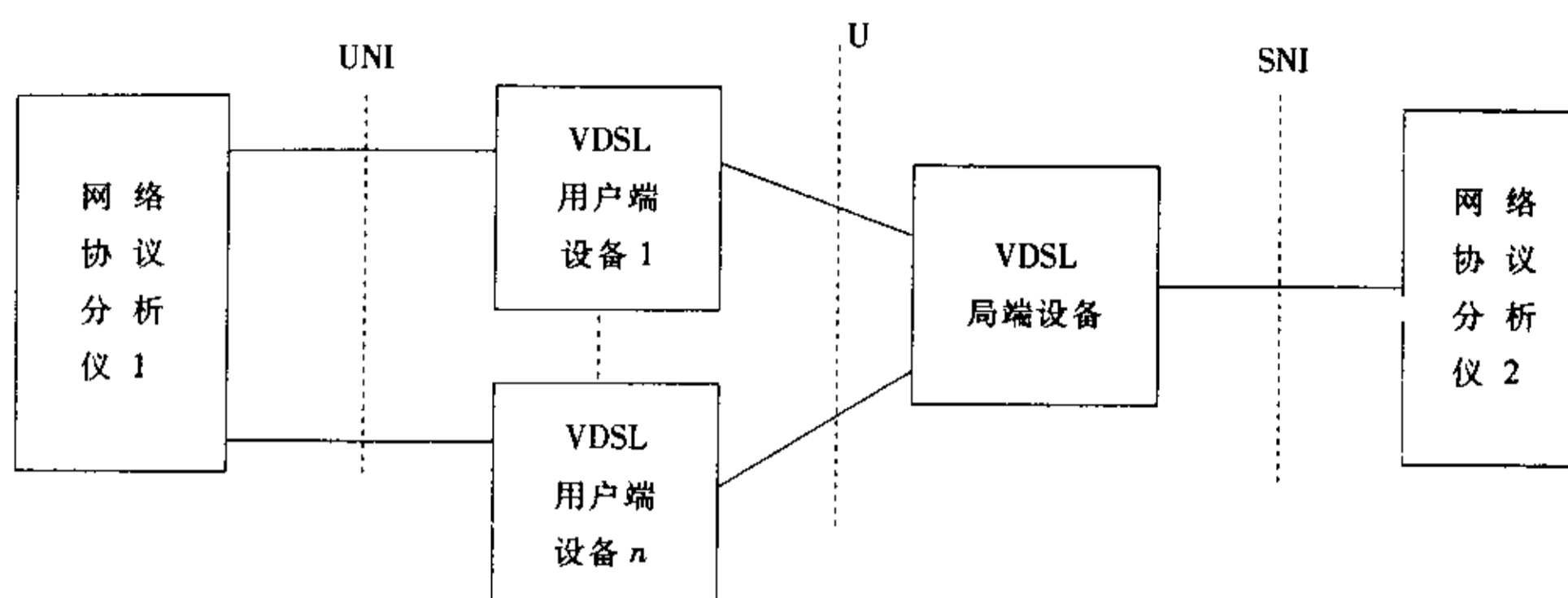


图 66 流量控制测试配置

6.2.4.3 测试步骤

- 1) 按图 66 连接各设备；
- 2) 配置设备各端口工作在全双工状态，并使之能够对各端口进行流控功能，能够对网络分析仪各端口进行流控功能；
- 3) 从网络分析仪 1 向网络分析仪 2 以 VDSL 上行可承载速率发送数据；
- 4) 从网络分析仪 2 向 VDSL 局端设备发送 pause 定时器为非零值的 pause 帧；
- 5) 网络协议分析仪 1 和 2 停发测试帧。

6.2.4.4 预期结果

在步骤 4) 中，网络协议分析仪 2 收到的数据速率应被其所发送的 pause 帧抑制。

6.2.5 优先级控制

6.2.5.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现符合 IEEE 802.1d 所规范的优先级功能。

6.2.5.2 测试配置

测试配置见图 67。

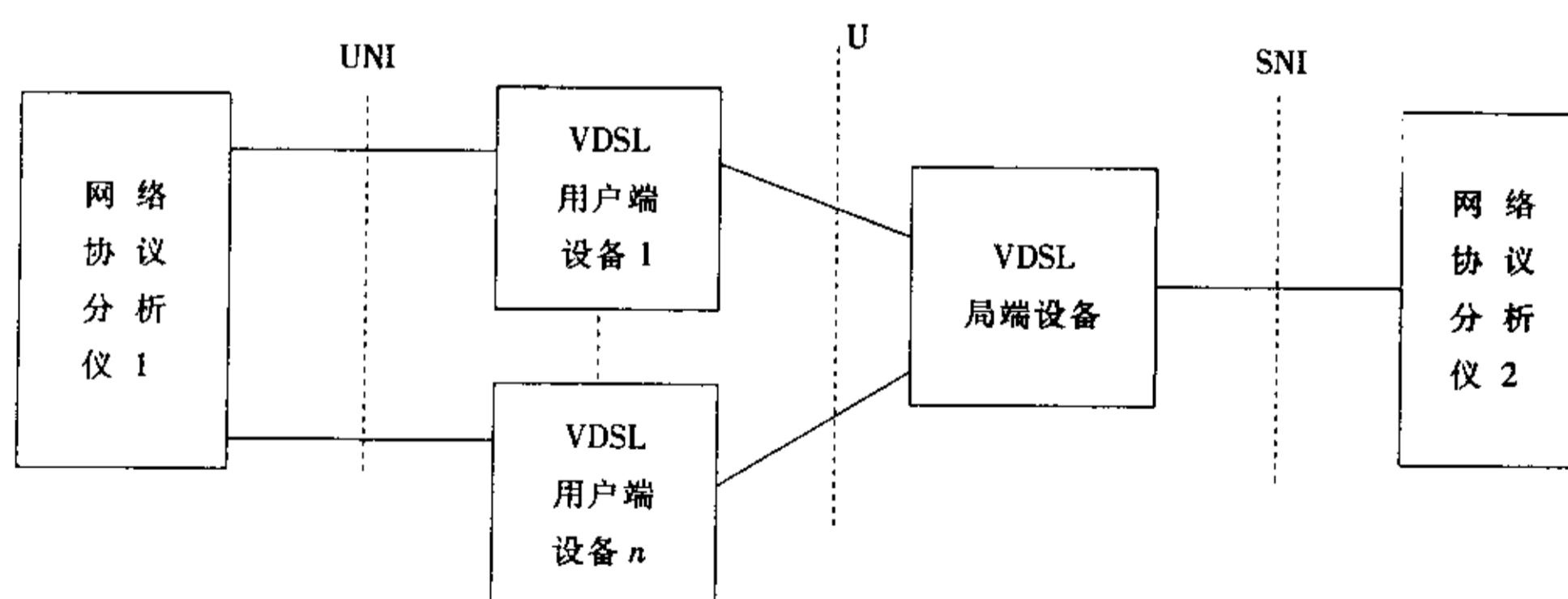


图 67 优先级控制测试配置

6.2.5.3 测试步骤

- 1) 按图 67 连接各设备，用户端设备的数量应至少为 n ，使得 U 参考点的总带宽大于 SNI 的速率；
- 2) 配置 VDSL 系统各链路净荷速率为 v ，使得 $v \times n > \text{SNI 速率}$ ，并赋予各链路相同（缺省）的优先级；
- 3) 从网络协议分析仪 1 各端口以相同速率 v 同时向网络协议分析仪 2 发送 n 个数据流；
- 4) 停止步骤 3) 中的发送；

- 5) 改变系统配置赋予 VDSL 用户端设备 m ($1 \leq m \leq n$) 所在链路高优先级;
- 6) 从网络协议分析仪 1 各端口以速率 v 同时向网络协议分析仪 2 发送数据;
- 7) 停止步骤 6) 中的发送。

6.2.5.4 预期结果

- 1) 在步骤 3) 中, 网络协议分析仪 2 接收到 n 个速率基本一致的数据流;
- 2) 在步骤 6) 中, 网络协议分析仪 2 接收到的第 m 个数据流速率明显高于其它 $(n-1)$ 个数据流。

6.2.6 端口镜像

6.2.6.1 功能要求

被测 VDSL 系统是否实现一个镜像端口对一个被监测端口和/或一个镜像端口对多个被监测端口镜像功能。

6.2.6.2 测试配置

测试配置见图 68。

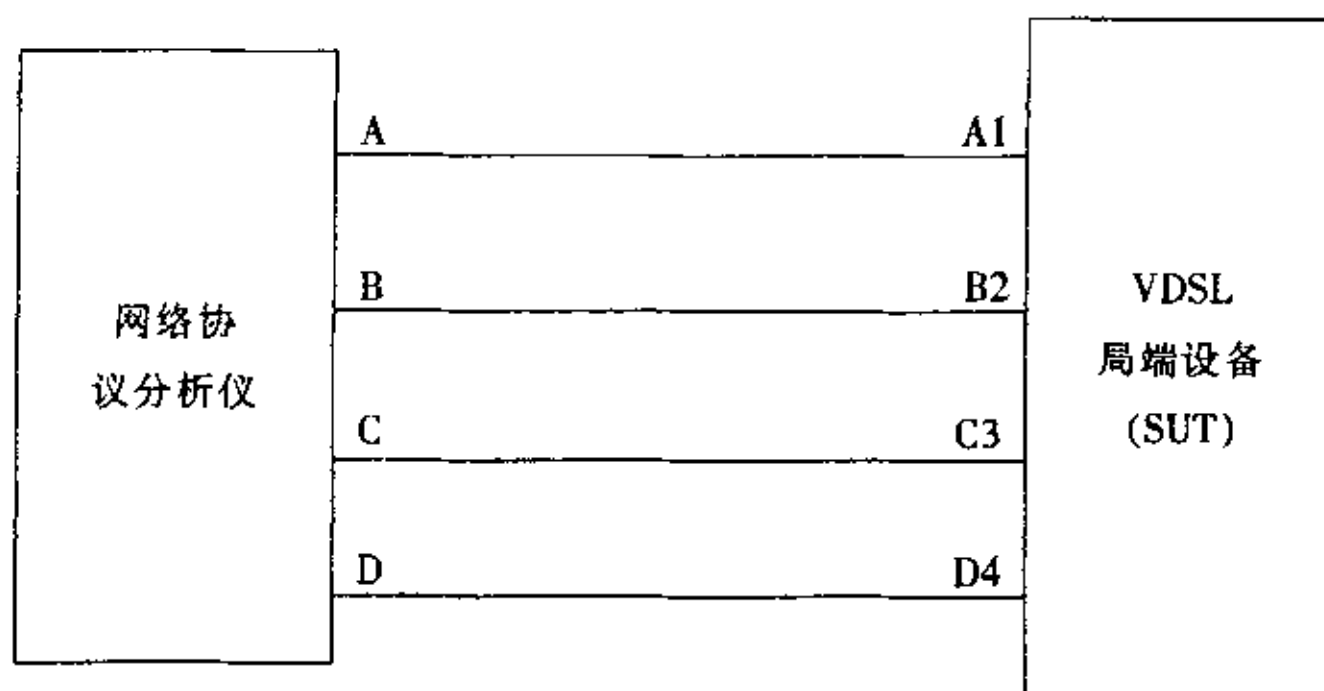


图 68 端口镜像测试配置

6.2.6.3 测试步骤

- 1) 按图 68 连接各设备, 其中端口 B2、C3 和 D4 和端口 A1 应为同类型端口;
- 2) 配置被测 VDSL 系统 (SUT) 端口 C3 为端口 B2 的镜像;
- 3) 从网络协议分析仪端口 A 向端口 B 发送数据流;
- 4) 停止步骤 3) 中的发送;
- 5) 配置被测 VDSL 系统 (SUT) 端口 D4 为端口 B2 和端口 C3 的镜像;
- 6) 从网络协议分析仪端口 A 分别向端口 B、C 发送两条数据流;
- 7) 停止步骤 6) 中的发送。

6.2.6.4 预期结果

- 1) 在步骤 3) 中, 网络协议分析仪端口 C 应接收到与端口 B 相同的数据流;
- 2) 在步骤 6) 中, 网络协议分析仪端口 D 应收到端口 B 和端口 C 相同的数据流。

6.2.7 帧过滤 (可选)

6.2.7.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现可配置的帧过滤功能。

6.2.7.2 测试配置

测试配置见图 69。

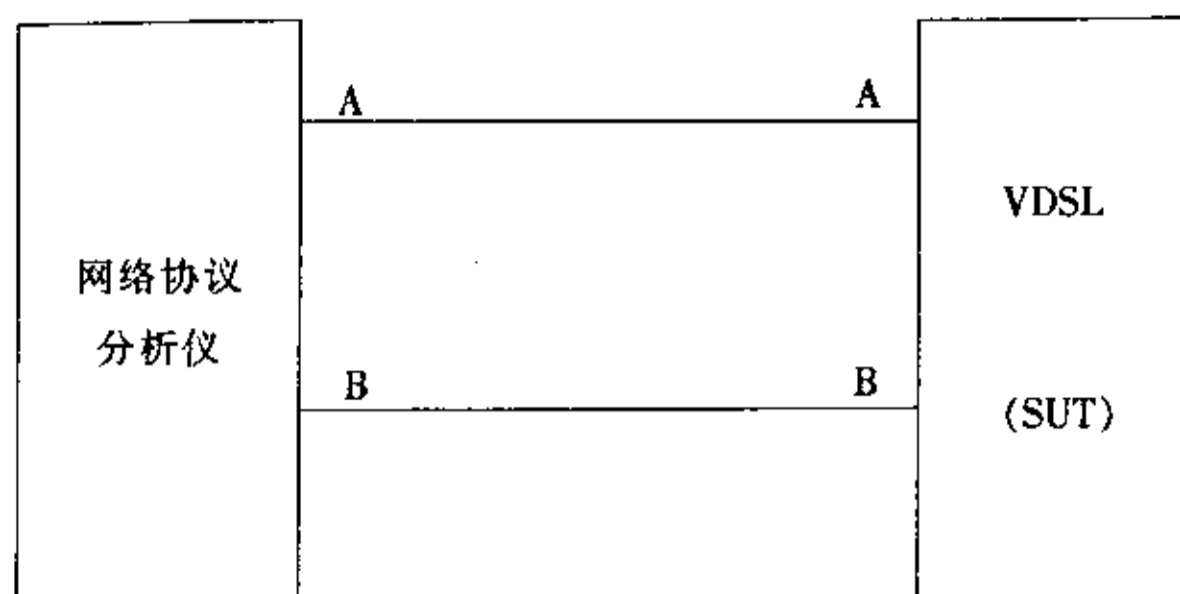


图 69 帧过滤测试配置

6.2.7.3 测试步骤

- 1) 按图 69 连接各设备；
 - 2) 从网络协议分析仪端口 A 向端口 B 发送数据流；
 - 3) 在被测 VDSL 系统 (SUT) 中配置相应的过滤信息，关联到步骤 2) 中数据地址或 SUT 端口 B。
- 注：建议使用的过滤信息包括对广播、多播、特定单播和非法帧的过滤，或对特定地址或端口的过滤。

6.2.7.4 预期结果

- 1) 在步骤 2) 中，网络协议分析仪端口 B 应收到端口 A 发出的数据流；
- 2) 在步骤 3) 中，网络协议分析仪端口 B 应收不到端口 A 发出的数据流。

6.2.8 帧抑制 (可选)

6.2.8.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现对广播或多播目的地址的帧的流量抑制功能。

6.2.8.2 测试配置

测试配置见图 70。

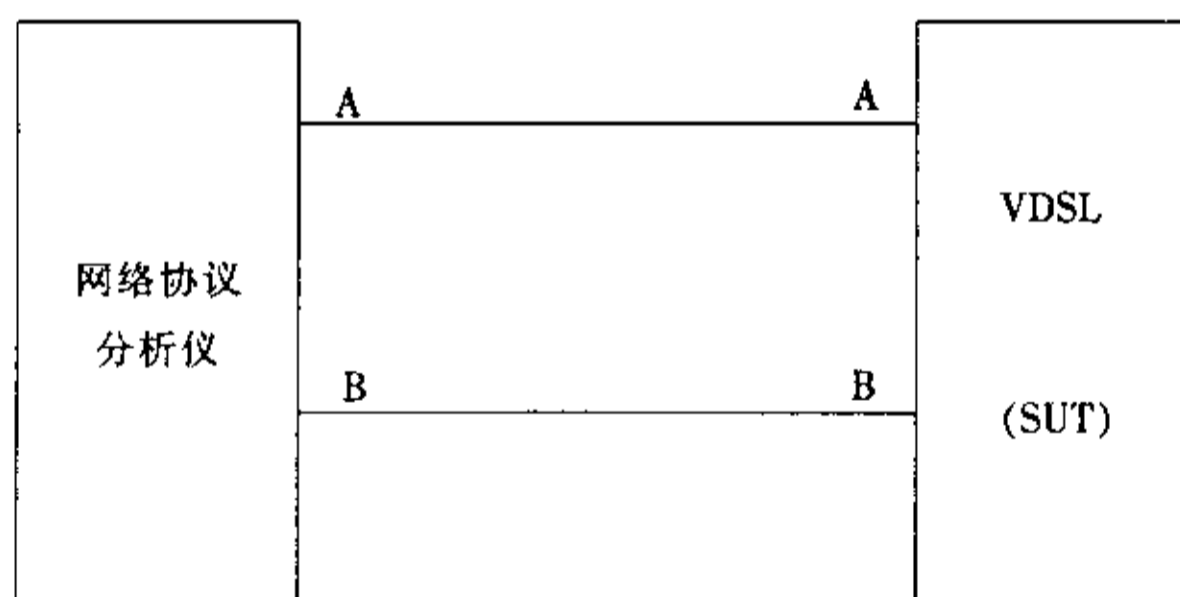


图 70 帧抑制测试配置

6.2.8.3 测试步骤

- 1) 按图 70 连接各设备；
- 2) 禁用被测 VDSL 系统 (SUT) 的抑制功能，从网络协议分析仪端口 A 以尽可能高的速率向 SUT 发送目的为广播地址的数据；
- 3) 在被测 VDSL 系统 (SUT) 中使能广播抑制功能；
- 4) 配置 SUT 端口 A 和端口 B 处于同一多播域；
- 5) 从网络协议分析仪端口 A 以尽可能高的速率向 SUT 发送目的为步骤 4) 多播域地址的数据；
- 6) 在被测 VDSL 系统 (SUT) 中使能多播抑制功能关连到步骤 4) 中的多播域。

6.2.8.4 预期结果

- 1) 在步骤 3) 中网络协议分析仪端口 B 收到的广播帧的速率应明显低于在步骤 2) 中收到的广播帧的

速率；

2) 在步骤 6) 中网络协议分析仪端口 B 收到的广播帧的速率应明显低于在步骤 5) 中收到的多播帧的速率。

6.2.9 生成树算法和协议 (可选)

6.2.9.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现符合 IEEE 802.1d Clause 8 所规范的生成树算法和协议。

6.2.9.2 测试配置

参见 YD/T 1141-2001 《千兆比以太网交换机测试方法》7.2 条。

6.2.9.3 测试步骤

参见 YD/T 1141-2001 《千兆比以太网交换机测试方法》7.2 条。

6.2.9.4 预期结果

参见 YD/T 1141-2001 《千兆比以太网交换机测试方法》7.2 条。

6.2.10 IGMP 报文探察 (IGMP Snooping)

6.2.10.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现通过探察 IGMP 报文生成多播域的功能。

6.2.10.2 测试配置

测试配置见图 71。

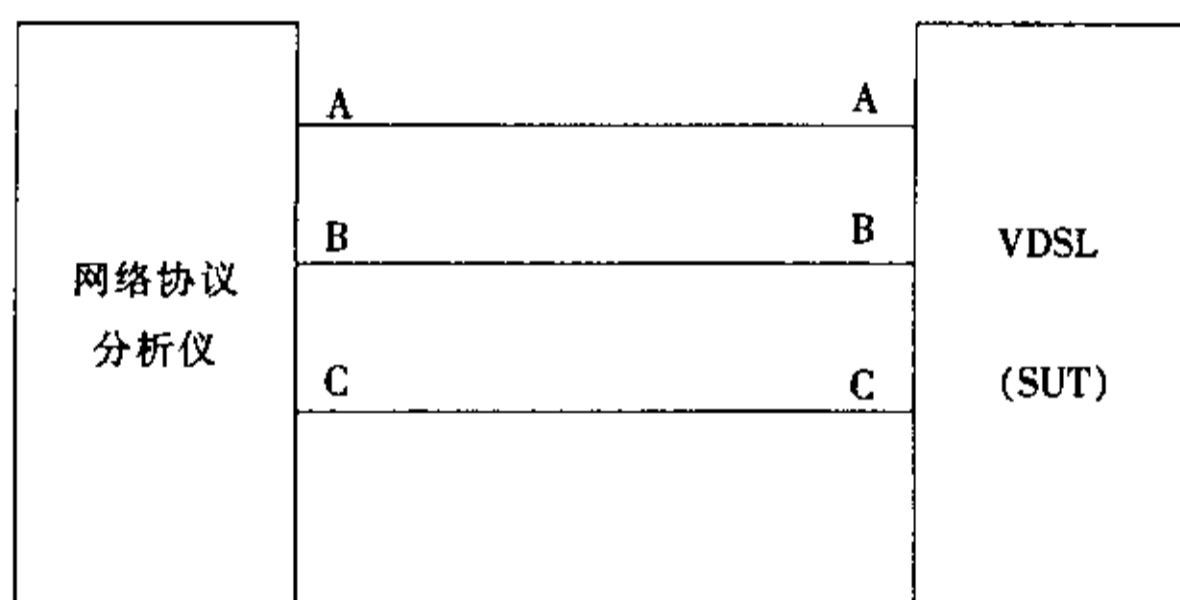


图 71 IGMP 报文探察功能测试配置

6.2.10.3 测试步骤

- 1) 按图 71 连接各设备；
- 2) 启用被测 VDSL 系统 (SUT) 的 IGMP Snooping 功能；
- 3) 网络协议分析仪构造 IGMP 报文使端口 B 加入 IP 多播组 224.10.10.10；
- 4) 从网络协议分析仪端口 A 向多播组 224.10.10.10 发送 UDP 报文；
- 5) 网络协议分析仪构造 IGMP 报文使端口 C 加入 IP 多播组 224.10.10.10；
- 6) 网络协议分析仪停止发送。

6.2.10.4 预期结果

- 1) 在步骤 4) 中，网络协议分析仪端口 B 应收到端口 A 发出的 UDP 报文，端口 C 不应收到端口 A 发出的 UDP 报文；
- 2) 在步骤 5) 之后，网络协议分析仪端口 B 和端口 C 应收到端口 A 发出的 UDP 报文。

6.3 ATM 功能 (适用于基于 ATM 方式的 VDSL 设备)

6.3.1 功能连接

6.3.1.1 指标要求

被测 VDSL 系统应实现 VP 和/或 VC 指配连接功能。

6.3.1.2 测试配置

测试配置见图 72。

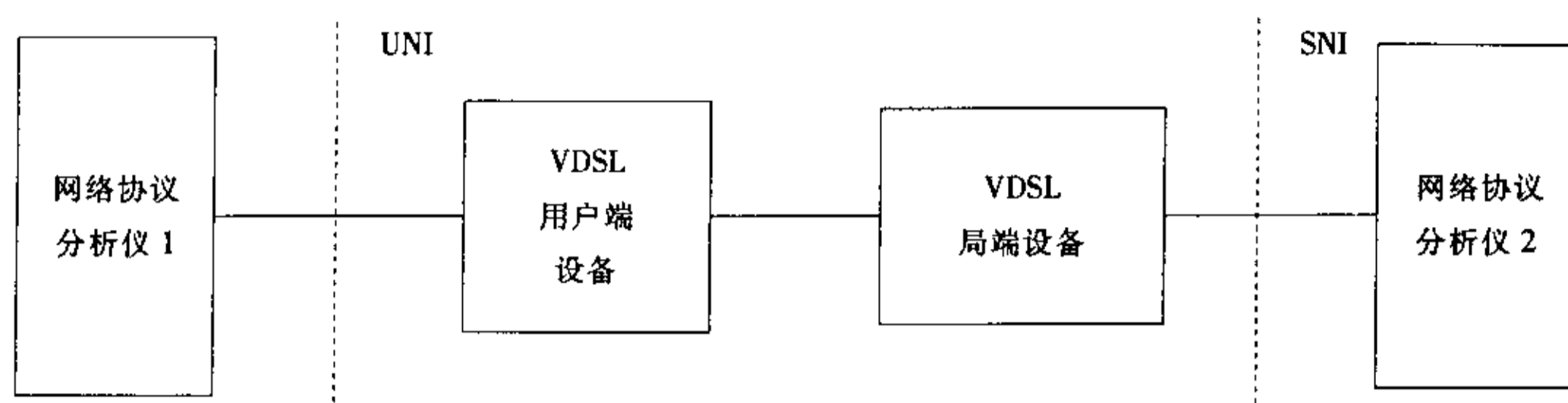


图 72 指配连接测试配置

6.3.1.3 测试步骤

- 1) 按图 72 连接各设备；
- 2) 配置 VDSL 局端设备 SNI 端口 VPI/VCI 为 8/35，用户端设备和局端设备线路侧端口 VPI/VCI 为 7/37，配置网络协议分析仪 2 的端口 VPI/VCI 为 8/35；
- 3) 配置 VDSL 局端设备为对 8/35 和 7/37 两条 VC 交叉连接；
- 4) 网络协议分析仪 1 和 2 互发测试帧。

6.3.1.4 预期结果

在步骤 4) 中，网络协议分析仪 1 和 2 接收到对方发送的测试帧。

6.3.2 即时连接 (可选)

6.3.2.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现依据 ITU-T Q.2931, ITU-T Q.2971 信令建立和释放连接。

6.3.2.2 测试配置

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.2 条。

6.3.2.3 测试步骤

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.2 条。

6.3.2.4 预期结果

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.2 条。

6.3.3 ATM 传送能力

6.3.3.1 功能要求

被测 VDSL 系统可支持不同等级业务类的能力。

6.3.3.2 测试配置

测试配置见图 73。

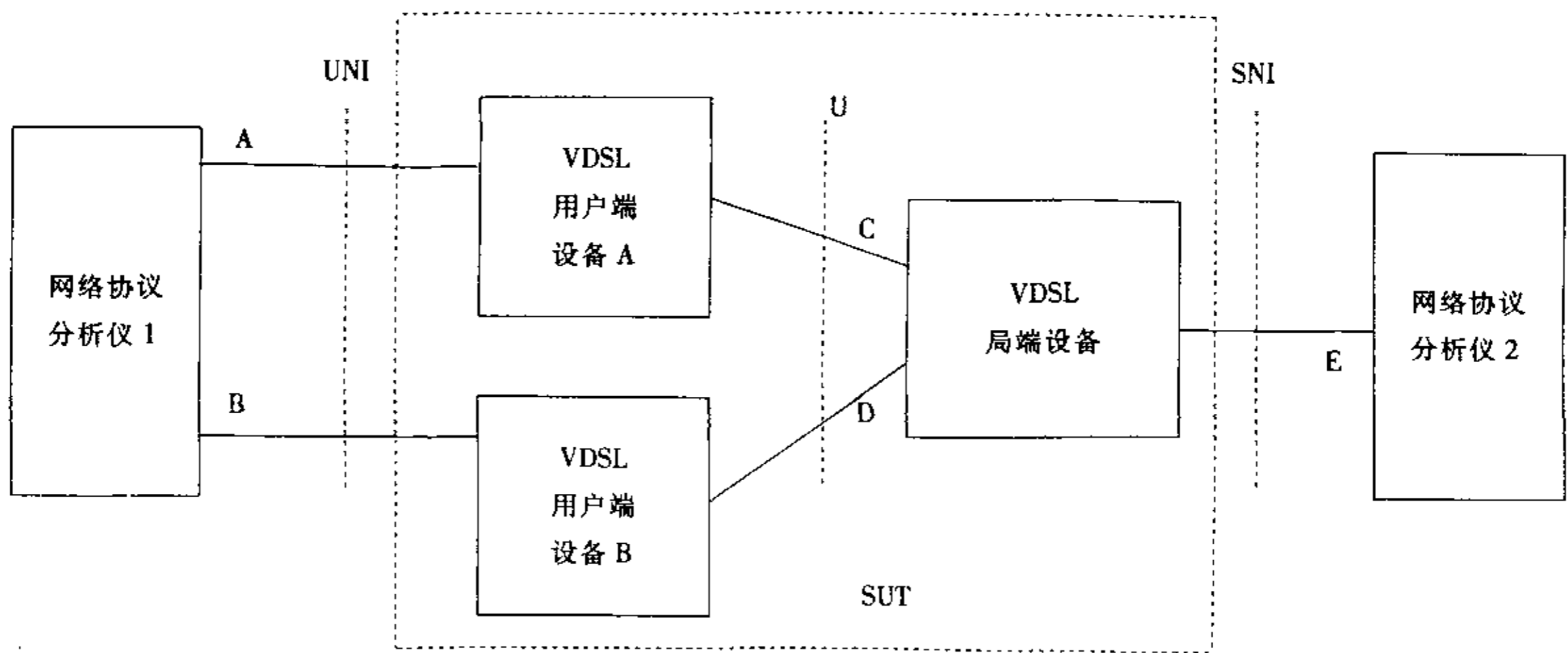


图 73 ATM 传送能力测试配置

6.3.3.3 测试步骤

- 1) 按图 73 连接各设备；
- 2) 配置相应 ATM 端口的 VPI/VCI 和交叉连接，使得网络协议分析仪 1 两个端口都可与网络协议分析仪 2 互通；
- 3) 配置 SNI 上 VP 的 PCR，使得其带宽小于通过 SUT 的 U 参考点带宽；
- 4) 分别赋予端点 A-E 和 B-E 路径上的 PVC 的业务类为 CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR, ABR 中的两种；
注：rt-VBR、nrt-VBR 和 ABR 3 种业务类为可选测试项；
- 5) 网络协议分析仪 1 和 2 互发测试流，比较 A-E 和 B-E 路径上不同业务类的优先级。

6.3.3.4 预期结果

在步骤 5) 中，对优先级的测试结果应为：CBR > rt-VBR > nrt-VBR > ABR > UBR。

6.3.4 连接接纳控制 (CAC)

6.3.4.1 功能要求

被测 VDSL 系统应实现连接接纳控制功能。

6.3.4.2 测试配置

测试配置见图 74。

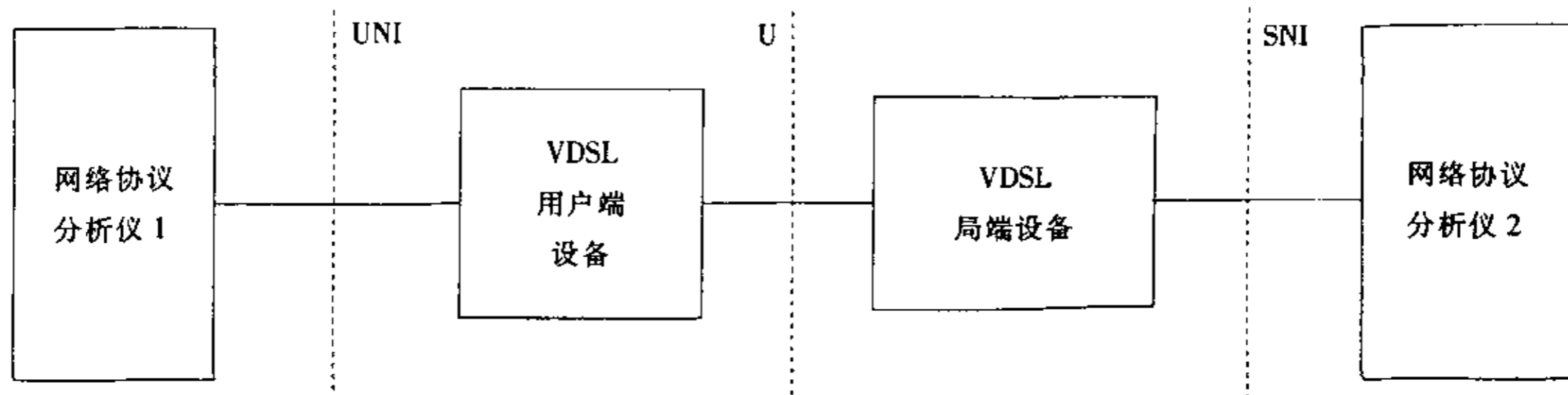


图 74 连接接纳控制测试配置

6.3.4.3 测试步骤

- 1) 按图 74 连接各设备；
- 2) 在 VDSL 局端设备与 VDSL 用户端设备之间建立一条 VCC，使其 SCR 速率大于 U 参考点的净荷速率；
- 3) 在 VDSL 局端设备与网络协议分析仪 2 之间建立一条 VPC，其 SCR 值设为 $p1$ ；
- 4) 在步骤 2) 中建立的 VPC 中建立一条 VCC，其 SCR 值 $>p1$ 。

6.3.4.4 预期结果

- 1) 在步骤 2) 中，VCC 的建立应被拒绝；
- 2) 在步骤 3) 中，VCC 的建立应被拒绝。

6.3.5 使用参数控制 (UPC)

6.3.5.1 功能要求

被测 VDSL 系统应实现使用参数控制功能。

6.3.5.2 测试配置

测试配置见图 75。

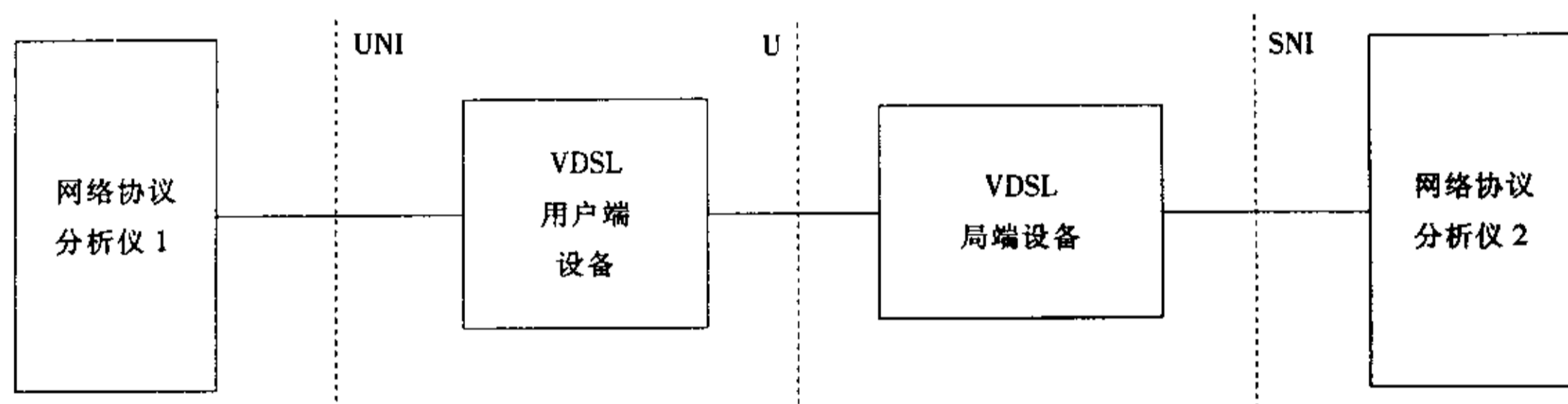


图 75 使用参数控制

6.3.5.3 测试步骤

- 1) 按图 75 连接各设备；
- 2) 在 VDSL 用户端设备与网络协议分析仪 2 之间建立一条类别为 CBR 的 VCC，设置 PCR 使其合同带宽约为 VDSL 系统 U 参考点的净荷速率 BW_u 的 1.5 倍；
- 3) 网络协议分析仪 1 和 2 以速率 BW_u 互发测试 CBR 流数据；
- 4) 保持 VDSL 系统 U 参考点的净荷速率 BW_u 不变，重新设置 PCR，使其合同带宽约为 VDSL 系统 U 参考点的净荷速率 BW_u 的 0.5 倍；
- 5) 网络协议分析仪 1 和 2 仍以速率 BW_u 互发测试 CBR 流数据。

6.3.5.4 预期结果

- 1) 在步骤 3) 中，网络协议分析仪 1 和 2 不应收到 CLP 置 1 的信元，也不应存在信元丢失；
- 2) 在步骤 5) 中，网络协议分析仪 1 和 2 应收到 CLP 置 1 的信元或存在信元丢失。

6.3.6 OAM F4/F5 信元环回监测功能

6.3.6.1 功能要求

被测 VDSL 系统可实现 ITU-T I.610 中规范的 OAM F4/F5 信元环回监测功能。

6.3.6.2 测试配置

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.3 条。

6.3.6.3 测试步骤

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.3 条。

6.3.6.4 预期结果

参见 YDN 103-1998 《ATM 交换机设备测试规范》5.3.3 条。

7 性能测试

下列性能测试中，关于环境的配置和校准见附录 A，噪声模型详见附录 B。

7.1 线路速率

7.1.1 指标要求

VDSL 线路速率指标要求见表 19。20 个 VDSL 自串扰的划分见表 20。

表 19 VDSL 线路速率要求

单位：Mbit/s

		频段划分方式 1				频段划分方式 2			
		DS1-US1-US2		DS1-US1-US2-DS2		DS1-US1-US2		DS1-US1-US2-DS2	
X (m)	速率	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行
600	线路速率	20	16	24	16	16	16	22	16
	净负荷速率	17	14	21	14	14	14	19	14
800	线路速率	18	14	22	14	16	14	18	14
	净负荷速率	16	12	19	12	14	12	16	12
1000	线路速率	16	12	16	12	12	12	12	12
	净负荷速率	14	10	14	10	10	10	10	10
1 200	线路速率	12	3	12	3	10	3	10	3
	净负荷速率	10	2.5	10	2.5	8.5	2.5	8.5	2.5

注：

- 1) 表中各值是基于所示的测试环路 1；
- 2) 线路中包括 20 个 VDSL 自串扰（见表 20），噪声余度为 6dB

表 20 20 个 VDSL 自串扰

VDSL PSD	XS.LT.#	XS.NT
频段划分方式 1	VDSL.LT.1+8dB	VDSL.NT+8dB
频段划分方式 2	VDSL.LT.2+8dB	VDSL.NT+8dB

注：

- 1) VDSL.LT. # 表示 LT 端的 VDSL 自串扰，分别对应于两种频段划分方式；
- 2) VDSL.NT 表示 NT 端的 VDSL 自串扰；
- 3) 加上 8dB 相当于 20 个 VDSL 自串扰

7.1.2 测试配置

测试配置见图 76。

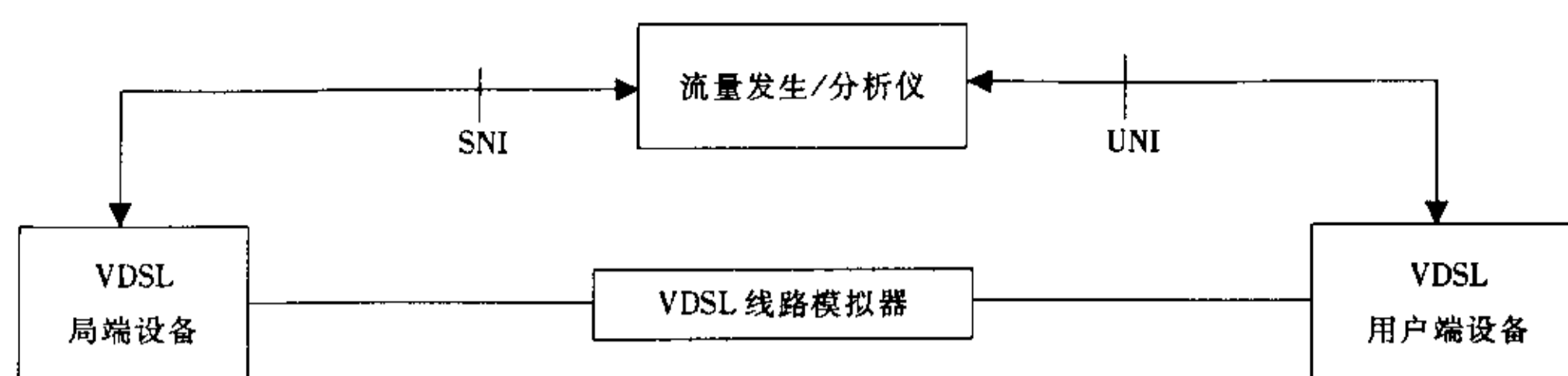


图 76 VDSL 物理层传输性能测试配置

7.1.3 测试步骤

1) 按图 76 所示，VDSL 局端设备的一个上行口通过网线和流量发生/分析仪连接，用一台 VDSL 用户端设备分别经过 VDSL 线路模拟器（按照测试环路 1 设置线路模拟器，环路长度为 600m）和 VDSL 局端设备连接，VDSL 噪声容限设为 6dB，频谱设为方案 1、2band，链路速率训练成能够达到的最高速率，VDSL Modem 通过网线和流量发生/分析仪连接；

2) 使用流量发生/分析仪进行丢包率测试，在下行方向以表 19 规定的速率单向发送数据，包大小为 1518bytes，在规定的时间内观察短期丢包率是否为 0，如为 0 则表示该传输速率有效；

3) 将数据发送方向改为由上行方向发送数据，重复步骤 2)，测试上行方向的传输速率；

4) 将线路长度改为表 19 中规定的其它长度，重复步骤 2)~3)，观察在上下行方向在保证短期丢包率为 0 的情况下，各种长度的线路上 VDSL 的线路净负荷传输速率是否符合表 19 规定的相应要求；

5) 将 VDSL 频谱设为方案 2、2band，重复步骤 2)~4)，验证 VDSL 的线路净负荷传输速率是否符合表 19 规定的相应要求；

6) 如系统支持 3band，则重复步骤 1)~5)，分别验证系统是否符合表 19 中对方案 1 和方案 2 规定的相应要求。

7.2 传输性能（最大传输距离测试）

7.2.1 测试项目

参见表 21。

表 21 传输性能测试项目

测试序号	测试环路	下行速率 (净负荷) Mbit/s	上行速率 (净负荷) Mbit/s	噪声
0	VDSL0	最大传输速率	最大传输速率	无
1、距离测试				
1.1 10/3	VDSL1 (x,TP1)	8.5	2.5	AWGN、20VDSL 自串扰
1.2 22/16 ^{注 4)}	VDSL1 (x,TP1)	19	14	AWGN、20VDSL 自串扰
1.3 12/12	VDSL1 (x,TP1)	10	10	AWGN、20VDSL 自串扰
1.4 16/16	VDSL1 (x,TP1)	14	14	AWGN、20VDSL 自串扰
2、无线电干扰测试				
2.1 10/3	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	8.5	2.5	AWGN、20VDSL 自串扰、RFI
2.2 22/16 ^{注 4)}	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	19	14	AWGN、20VDSL 自串扰、RFI

表 21 (续)

测试序号	测试环路	下行速率 (净负荷) Mbit/s	上行速率 (净负荷) Mbit/s	噪声
2.3 12/12	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	10	10	AWGN、20VDSL 自串扰、RFI
2.4 16/16	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	14	14	AWGN、20VDSL 自串扰、RFI
3、加噪声测试				
3.1 10/3	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	8.5	2.5	AWGN、20VDSL 自串扰、NoiseA
3.2 22/16 ^{a)}	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	19	14	AWGN、20VDSL 自串扰、NoiseA
3.3 12/12	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	10	10	AWGN、20VDSL 自串扰、NoiseA
3.4 16/16	VDSL1 (x,TP1) 或 VDSL1 (y,TP2)	14	14	AWGN、20VDSL 自串扰、NoiseA
4、加桥接环路测试				
4.1 10/3	VDSL2 (x,TP1)	8.5	2.5	AWGN、20VDSL 自串扰
4.2 22/16 ^{a)}	VDSL2 (x,TP1)	19	14	AWGN、20VDSL 自串扰
4.3 12/12	VDSL2 (x,TP1)	10	10	AWGN、20VDSL 自串扰
4.4 16/16	VDSL2 (x,TP1)	14	14	AWGN、20VDSL 自串扰
注： a) 仅适用于 4 频段的 VDSL 设备； b) Noise A 见表 22。 Noise A 噪声模型见表 22。				

表 22 NoiseA 噪声模型

类型	噪声模型	应用场所
1	ETSI Type "A"	10ADSL+20ISDN-BA+4HDSL
2	ETSI Type "D"	180ADSL+90ISDN-BA+40HDSL
3	ETSI Type "E"	30ADSL+20ISDN-BA+4HDSL
4	T1E1.4 Type "A"	10ADSL+16ISDN-BA+4HDSL
注：NoiseA 噪声模型详见附录 B		

7.2.2 测试配置

测试配置见图 76。

7.2.3 测试步骤

1) 按图 76 所示，将 VDSL 局端设备与用户端设备直连，VDSL 噪声容限设为 6dB，频谱设为方案 1、

2band, 链路速率训练成能够达到的最高速率, 通过流量发生/分析仪在下行和上行两个方向上以 VDSL 线路净负荷速率进行丢包率测试, 在规定的时间内 (测试时间 $T=10^9/\text{线路净负荷速率}$), 观察短期丢包率是否为 0, 如为 0 则表示该传输速率有效。

2) 如系统支持 3band 方案, 则重复步骤 1), 得到系统 3band 最大上下行速率。

3) 将系统线路频谱设为方案 2, 重复步骤 1)~2), 得到系统在 2band 和 3band 时的最大上下速率。

4) 进行表 21 中 1.1 项测试, VDSL 局端设备的一个上行口和流量发生/分析仪连接, 用一台 VDSL Modem 分别经过 VDSL 线路模拟器 (按照 1.1 项的要求设置线路模拟器, 环路长度为 500m, 并加入相应的噪声, 上行测试在 VTU-C 侧注入, 下行测试在 VTU-R 侧注入) 和 VDSL 局端设备连接, VDSL 噪声容限设为 6dB, 链路速率设为表中规定的速率, VDSL Modem 通过网线和流量发生/分析仪连接; 使用流量发生/分析仪进行丢包率测试, 在两个方向以表 19 规定的速率单向发送数据, 包大小为 1518bytes, 在规定的时间内 (测试时间 $T=10^9/\text{线路净负荷速率}$) 观察短期丢包率是否为 0, 如为 0 则表示该传输速率有效。

5) 增加线路模拟器的环路长度, 维持 VDSL 线路速率不变, 重复步骤 4) 直至得到丢包率为 0 时 VDSL 在规定的环路、传输速率和噪声下能达到的最大传输距离;

6) 按照其它测试项目设置线路模拟器和 VDSL 线路速率, 重复步骤 5), 得到表 21 所列的各个项目下的最大传输距离。

7.2.4 抗脉冲噪声

7.2.4.1 指标要求

在噪声突发最高 $500\mu\text{s}$, 时延不超过 20ms 的条件下, 被测 VDSL 设备应达到所需的 BER ($<10^{-7}$); 在噪声突发最高 $250\mu\text{s}$, 时延不超过 10ms 的条件下, 系统也应达到所需的 BER ($<10^{-7}$)。

7.2.4.2 测试配置

测试配置见图 76。

7.2.4.3 测试步骤

1) 按图 76 连接好电路, 线路模拟器设为 0.4mm、1000m, 加入 AWGN 和 20VDSL 自串音 (上行测试在 VTU-C 侧注入, 下行测试在 VTU-R 侧注入), 被测设备的噪声余度设为 6dB;

2) 加入突发 $500\mu\text{s}$ 的脉冲噪声 (上行测试在 VTU-C 侧注入, 下行测试在 VTU-R 侧注入), 通过流量发生/分析仪测试在脉冲噪声的注入过程中链路应不出现丢包和误包;

3) 通过流量发生/分析仪测试两个方向的传输时延应不超过 20ms;

4) 加入突发 $250\mu\text{s}$ 的脉冲噪声, 重复步骤 2) 和 3), 测试时延和丢包率应符合指标要求。

7.3 Ethernet 性能

7.3.1 端口吞吐量

7.3.1.1 指标要求

被测设备端口吞吐量应能达到训练出来的最大线路净负荷速率。

7.3.1.2 测试配置

测试配置见图 77。

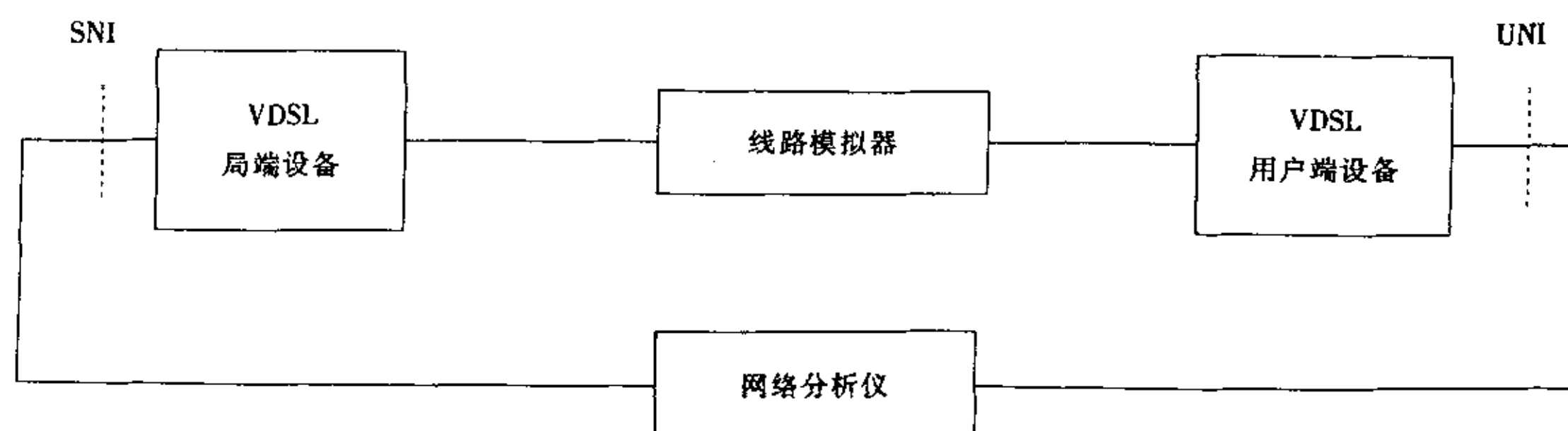


图 77 端口吞吐量测试配置

7.3.1.3 测试步骤

- 1) 按照图 77 连接测试电路, 将被测设备的上下行线路净负荷速率设置为其能支持的最大速率。
- 2) 线路模拟器设为 0.4mm 线径、长度为 1 000m, 加入 AWGN 和 20 self-crosstalk 干扰。
- 3) 发送不同大小帧的 IP 测试包, 在保证不丢包的情况下, 测出各种帧大小下的端口吞吐量。帧大小为 64, 128, 256, 512, 1 024, 1 280, 1 518bytes。测试时间为 20s, 测试两次, 取平均值。

7.3.2 延时

7.3.2.1 指标要求

待定。

7.3.2.2 测试配置

测试配置见图 77。

7.3.2.3 测试步骤

- 1) 按照图 77 连接测试电路, 线路模拟器设为 0.4mm 线径、长度为 1 000m, 加入 AWGN 和 20 self-crosstalk 干扰。
- 2) 设置网络分析仪发送的 IP 包格式, 流量为吞吐量的 90%, 分别测试上行链路和下行链路的延时。
- 3) 发送不同大小帧的 IP 测试包, 测出吞吐量下各种帧大小下的转发时延。帧大小为 64, 128, 256, 512, 1 024, 1 280, 1 518bytes。测试时间为 20s, 测试两次, 取平均值。

7.3.3 背对背缓冲能力

7.3.3.1 指标要求

待定。

7.3.3.2 测试配置

测试配置见图 77。

7.3.3.3 测试步骤

- 1) 按照图 77 连接测试电路, 并使被测 VDSL 设备的线路净负荷速率稳定在双向超过 10Mbit/s。
- 2) 设置网络分析仪发送的 IP 包格式, 分别测试上行链路和下行链路的设备背对背缓冲能力。
- 3) 发送不同大小帧的 IP 测试包, 测出各种帧大小下设备的背对背缓冲能力。帧大小为 64, 128, 256, 512, 1 024, 1 280, 1 518bytes。测试时间为 20s, 测试两次, 取平均值。

7.3.4 长期丢包率测试

7.3.4.1 指标要求

待定。

7.3.4.2 测试配置

测试配置见图 77。

7.3.4.3 测试步骤

- 1) 按照图 77 连接测试电路, 并使被测 VDSL 设备的线路净负荷速率稳定在双向超过 10Mbit/s;
- 2) 设置网络分析仪发送的 IP 包格式, 帧大小为 64 字节, 包发送速率为线路净负荷速率, 分别测试上行链路和下行链路的长期丢包率, 测试时间为 12h。

7.3.5 端口地址缓冲能力

7.3.5.1 指标要求

待定。

7.3.5.2 测试配置

测试配置见图 78。

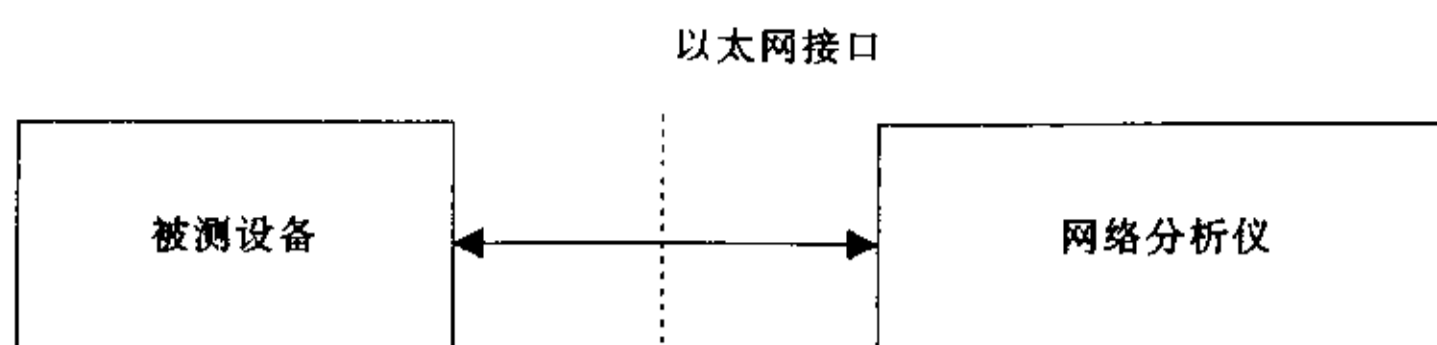


图 78 端口地址缓冲能力测试配置

注：被测设备可以是局端设备和用户端设备，以太网接口取决于具体的接口类型。实际测试时，应灵活进行配置。

7.3.5.3 测试步骤

- 1) 按照图 78 连接测试电路；
- 2) 设置网络分析仪发送一定数目 MAC 地址变化的测试帧；
- 3) 观察 MAC 地址表中的地址数；
- 4) 重复步骤 2) 和 3)，直到 MAC 地址表不增加 MAC 地址数，记录此时的 MAC 地址数即为 MAC 地址容量表。

8 管理功能测试

8.1 管理方式

8.1.1 要求

VDSL 局端设备必须能通过其所带的 Console 口以接受本地维护终端对其的管理操作维护。VDSL 局端设备必须支持经 Telnet 方式远程对其进行网管，必须支持带内管理方式，可选带外管理方式，可选支持远程 Web 管理方式。

8.1.2 测试步骤

- 1) 维护终端通过 Console 口和局侧设备相接，输入用户名和密码，对设备进行操作。
- 2) 维护终端的 IP 地址设置成带外维护接口允许接入的 IP 地址，然后和局侧设备的带外维护接口相接，维护终端和局侧设备尝试建立 Telnet 连接，验证设备是否支持远程带外 Telnet 维护；将维护终端的 IP 地址设置成带内维护接口（即局侧设备上联口 SNI）允许接入的 IP 地址，然后和局侧设备的带内维护网口相接，维护终端和局侧设备尝试建立 Telnet 连接，验证设备是否支持带内远程 Telnet 维护。
- 3) 将管理终端的 IP 地址和管理 Web Server 设为同一网段，将管理终端通过带外（或带内）管理维护接口与局侧设备相连，启动管理终端的浏览器，输入管理 Web Server 的 IP 地址，尝试 HTTP 连接，验证设备是否支持 Web 管理方式。

8.1.3 预期结果

- 1) 对于步骤 1)，在输入正确的用户名和密码的情况下，应可以通过本地维护终端对设备进行操作；
- 2) 对于步骤 2)，无论是带内和带外管理方式，维护终端和局侧设备都能够建立 Telnet 连接，通过 Telnet 实现对局侧设备的维护；
- 3) 对于步骤 3)，管理终端可通过浏览器对设备进行操作。

注：对于 Web 管理方式，如设备支持该项功能则必测。

8.2 配置管理

8.2.1 网元设备操作

8.2.1.1 测试目的

验证网管系统能否实时对网元设备进行操作。

8.2.1.2 测试步骤

- 1) 输入 VDSL 设备的 IP 地址，并进行添加设备操作；
- 2) 输入需要查找的 VDSL 设备 IP 地址，并进行查找设备操作；

3) 选择需要删除的 VDSL 设备, 并进行删除设备操作。

8.2.1.3 预期结果

- 1) 在步骤 1) 中, 网管拓扑图中增加了一个 VDSL 设备;
- 2) 在步骤 2) 中, 需要查找的 VDSL 设备如果已经添加, 则定位到具体的设备图标;
- 3) 在步骤 3) 中, 网管拓扑图中对应 VDSL 设备已经被删除。

8.2.2 实时显示网元状态

8.2.2.1 测试目的

验证网管系统能否实时显示网元状态。

8.2.2.2 测试步骤

- 1) 网管系统启动后, 查看所有网元的状态;
- 2) 人为关闭一个 VDSL 的电源, 查看网元状态;
- 3) 手工加入一个网元, 查看网元状态。

8.2.2.3 预期结果

- 1) 对于步骤 1), 应该看到所有已配置网元的状态, 对于启动的设备和未启动的设备应以不同的颜色加以区分;
- 2) 对于步骤 2), 网管系统应实时根据设备的状态改变显示;
- 3) 对于步骤 3), 网管系统应能正确显示新加入的网元。

8.2.3 节点设备部件操作

8.2.3.1 测试目的

验证网管系统对节点设备的配置管理功能。

8.2.3.2 测试步骤

- 1) 选择一个框式节点设备, 增加板卡或者拔出板卡;
- 2) 查看网管系统, 查看节点设备的指示灯;
- 3) 选择一个盒式节点设备, 打开电源或者关闭电源;
- 4) 查看网管系统, 查看节点设备的指示灯。

8.2.3.3 预期结果

网管系统应能实时反映节点设备的状态变化, 节点设备的指示灯应能反映设备的工作状态。

8.2.4 查询软件版本

8.2.4.1 测试目的

验证网管系统的软件版本支持功能。

8.2.4.2 测试步骤

通过网管控制台发送查询软件版本号命令。

8.2.4.3 预期结果

系统应能返回正确的版本号信息。

8.2.5 端口配置

8.2.5.1 测试目的

验证网管系统对端口的配置功能。

8.2.5.2 测试步骤

- 1) 选定或增加一个端口, 对端口相关参数进行配置:
 - VDSL 端口, 如端口类型、端口上下行速率、端口使能/禁用状态、端口功率下调模式、端口陷波滤波器设置、VLAN 等;
 - Ethernet 接口, 如端口号、端口状态、VLAN、端口汇聚等;
 - ATM 接口, 如端口号、端口类型、端口状态、同步状态、VPI/VCI 和流量参数。
- 2) 端口配置完成后, 验证端口是否正常工作。

3) 在网管上选中该端口并对该端口进行查询。

4) 对该端口进行参数修改, 重复步骤 3)。

8.2.5.3 预期结果

1) 对于步骤 1), 成功激活或添加了一个新的端口;

2) 对于步骤 2), 端口应正常工作;

3) 对于步骤 3), 可以查询到该端口的信息与设置的信息相同;

4) 对于步骤 4), 查询到该端口的信息与修改设置后的信息相同。

8.3 故障和告警管理

8.3.1 故障告警消息配置

8.3.1.1 测试目的

验证系统的故障告警消息配置功能。

8.3.1.2 测试步骤

在网管界面上, 对 VDSL 设备可能产生的每条告警信息的“告警 ID”, “告警名称”, “告警级别”, “网管站告警是否上报”, “命令行终端告警是否上报”, “该条告警是否统计”, “15min 告警门限值 (包括信号丢失 LOS、帧丢失 LOF、链路丢失 LOL)”, “24h 告警门限值 (包括信号丢失 LOS、帧丢失 LOF、链路丢失 LOL)”, “告警描述”和“告警处理建议”等项目进行设置。

8.3.1.3 预期结果

应成功完成配置。

8.3.2 接收告警信息

8.3.2.1 测试目的

验证网管系统的接收告警功能。

8.3.2.2 测试步骤

1) 在系统正常运行时, 人为制造设备故障;

2) 设备能够产生告警提示, 从控制台查看告警信息;

3) 对告警信息按照设定条件进行排序, 包括按时间排序、按级别排序;

4) 选择不同的过滤选项, 包括当前告警、历史告警、事件信息告警;

5) 选择所需的告警信息进行备份;

6) 系统产生告警后立即将系统掉电后再上电;

7) 选择屏蔽参数, 对某类告警进行屏蔽;

8) 从控制台再次查看告警信息;

9) 去除人为故障, 使系统恢复原状, 设备重新正常工作;

10) 再次查看告警信息。

8.3.2.3 预期结果

1) 对于步骤 2), 如果设备产生故障告警, 告警实时反映到控制台, 每条告警至少包括故障名称、故障告警流水号、故障告警时间、告警优先级以及故障位置信息;

2) 对于步骤 3), 告警信息根据排序条件重新排列;

3) 对于步骤 4), 告警信息根据过滤条件显示;

4) 对于步骤 5), 所选择的告警信息可以被备份;

5) 对于步骤 6), 系统掉电后再上电, 系统掉电前产生的告警不丢失, 可以查看;

6) 对于步骤 8), 控制台上应看不到被屏蔽的告警消息;

7) 对于步骤 10), 控制台上应能看到告警消除或告警恢复。

8.3.3 接口告警产生及上报

8.3.3.1 测试目的

验证接口告警信息的产生及上报功能。

8.3.3.2 测试步骤

- 1) 在系统正常运行时,人为使 VDSL 口产生一条告警信息;
- 2) 查看网管控制台的告警信息;
- 3) 在系统正常运行时,人为使 SNI 产生一条告警信息;
- 4) 查看网管控制台的告警信息;
- 5) 系统正常工作时,人为使接口板异常;
- 6) 查看网管控制台的告警信息。
- 7) 系统正常工作时,人为使网管和设备之间产生通信故障;
- 8) 查看网管控制台的告警信息。

8.3.3.3 预期结果

- 1) 对于步骤 2),应能够从网管控制台查看到相应告警信息;
- 2) 对于步骤 4),应能够从网管控制台查看到相应告警信息;
- 3) 对于步骤 6),应能够从网管控制台查看到接口板的通信告警;
- 4) 对于步骤 8),应能够从网管控制台查看到相应告警信息。

8.4 性能管理

8.4.1 VDSL 线路参数显示

8.4.1.1 测试目的

验证网管系统能否显示 VDSL 线路参数。

8.4.1.2 测试步骤

通过网管控制台验证设备被选 VDSL 端口能否显示以下 VDSL 线路参数:

- 当前线路衰减 (Current Line Attenuation);
- 当前噪声余度 (Current Noise Margin);
- 总输出功率 (Total Output Power);
- 最大可行速率 (Maximun Attainable Rate);
- 当前速率 (Current Rate);
- 净荷传输速率 (Payload Transmit Rate)。

8.4.1.3 预期结果

线路参数应能被正确显示。

8.4.2 性能采集任务管理

8.4.2.1 测试目的

验证网管系统的性能采集管理功能。

8.4.2.2 测试步骤

- 1) 通过网管控制台启动性能管理功能,选择 VDSL 设备,设置受管对象,并选定需采集的性能参数 (信号丢失 LOS、帧丢失 LOF、链路丢失 LOL);
- 2) 设置采集任务的相关属性,包括开始时间、持续时间、轮询周期等,提交性能采集任务;
- 3) 选择需要执行操作的性能采集任务,对该任务执行挂起/恢复/删除操作 (仅能对处于执行状态的采集任务执行挂起操作,仅能对被挂起的采集任务执行恢复操作)。

8.4.2.3 预期结果

- 1) 对于步骤 2),性能采集任务被正确设置并能如期执行;
- 2) 对于步骤 3),性能采集任务被挂起/恢复/删除。

8.4.3 实时传输性能监视

8.4.3.1 测试目的

验证网管系统的实时传输性能管理功能。

8.4.3.2 测试步骤

- 1) 通过网管控制台启动下行和上行链路的传输性能统计功能包括：
 - VDSL 线路无连接指示；
 - VDSL 线路训练指示；
 - VDSL 线路工作状态正常指示；
 - Ethernet 端口正常工作指示（适用于基于 Ethernet 方式的 SNI）；
 - Ethernet 端口载波碰撞冲突指示（适用于基于 Ethernet 方式的 SNI）；
 - Ethernet 端口发送和接收指示（适用于基于 Ethernet 方式的 SNI）；
 - 显示 ATM 连接 VPI/VCI（适用于基于 ATM 方式的 SNI）；
 - 发送和接收信元（适用于基于 ATM 方式的 SNI）；
 - HEC 差错（适用于基于 ATM 方式的 SNI）；
 - 当前业务的优先级（适用于基于 ATM 方式的 SNI）。
- 2) 查看传输性能统计数据。

8.4.3.3 预期结果

对于步骤 2)，链路传输性能统计数据能够准确显示，性能统计数据能够定期被刷新。

8.4.4 历史数据查询

8.4.4.1 测试目的

验证网管系统的历史数据查询功能。

8.4.4.2 测试步骤

- 1) 选择相应的性能采集任务；
- 2) 设置需要查询的历史数据的起止时间；
- 3) 选择数据显示格式，应支持表格和图形方式。

8.4.4.3 预期结果

对于步骤 3)，能够正确显示已保存的性能历史数据，并至少支持当前 15min 内、前 32 个 15min、当前 24h 内、前 7 个 24h 的历史数据查询。

8.5 安全管理

8.5.1 用户登录

8.5.1.1 测试目的

验证网管系统的安全管理功能。

8.5.1.2 测试步骤

- 1) 启动网管系统；
- 2) 输入用户名和口令。

8.5.1.3 预期结果

如果用户名和口令正确，网管系统正常启动，否则提示用户重新输入。

8.5.2 设定操作用户权限

8.5.2.1 测试目的

验证网管系统的安全管理功能。

8.5.2.2 测试步骤

- 1) 以普通用户登录；
- 2) 执行限制功能。

8.5.2.3 测试判据

用户可以执行的功能必须在他的权限之内，否则不能执行。

8.5.3 日志操作

8.5.3.1 测试目的

验证网管系统的安全管理功能。

8.5.3.2 测试步骤

- 1) 启动网管控制台，以管理员登录；
- 2) 执行一些操作；
- 3) 查看操作记录；
- 4) 选择需要删除的日志记录，进行删除操作；
- 5) 重新查询删除的记录。

8.5.3.3 测试判据

- 1) 对于步骤 3)，所有操作都记录在操作日志中，内容包括时间、用户名、操作对象、操作命令、操作参数；
- 2) 对于步骤 4)，能够正确地删除记录；
- 3) 对于步骤 5)，能够正确地查询记录。

9 可靠性测试

9.1 掉电恢复

9.1.1 测试目的

验证被测 VDSL 设备在供电失效恢复后，能否恢复到正常工作状态。

9.1.2 测试步骤

- 1) 按图 76 连接好电路，保证设备工作正常，测试链路的传输速率；
- 2) 关闭电源并重新恢复，待设备稳定后，验证被测设备在不重新做任何配置时，是否能恢复到正常工作状态，其链路的传输速率是否与设备掉电前保持一致。

9.1.3 预期结果

对于步骤 2)，被测设备在不重新做任何配置时，设备链路的传输速率应与设备掉电前保持一致。

9.2 冗余备份

9.2.1 测试目的

验证被测 VDSL 设备是否具有硬件冗余备份及倒换能力，小型设备可不具备。

9.2.2 测试步骤

- 1) 确定系统支持硬件冗余备份的部件；
- 2) 依次人为拔掉备份部件之一，观察设备是否能自动倒换到另外的备份部件上，并仍能正常工作；
- 3) 通过业务来验证系统自动倒换是否成功。

9.2.3 测试判据

对于步骤 3)，业务能迅速恢复正常。

9.2.4 测试说明

本测试项目适用于具有硬件冗余备份设计的 VDSL 设备。

9.3 远程软件下载更新

9.3.1 测试目的

验证被测 VDSL 设备是否支持远程软件下载更新。

9.3.2 测试步骤

- 1) 配置被测 VDSL 设备，使其进入正常工作状态；
- 2) 通过网管维护单元向设备进行软件上载更新；
- 3) 验证设备是否已实现软件升级，并且在新的软件版本下正常工作。

9.3.3 预期结果

对于步骤 3), 设备应实现软件升级, 并正常工作。

10 电源和环境测试

10.1 电源测试

10.1.1 设备供电要求

局端设备为本地供电, 必须支持直流和交流两种供电方式。

1) 直流电压及其波动范围要求

标称电压: -48V ;

电压波动: 在直流输入端子处测试的 -48V 电压允许变化范围为 $-57\sim-40\text{V}$ 。

设备在此范围内应正常工作。

2) 交流电压及其波动范围要求

单相 ($220\pm 10\%$) V, 频率 ($50\pm 5\%$) Hz, 线电压波形畸变率 $<5\%$ 。

局端单元在此范围内应正常工作。

在正常情况下, 局端单元的外壳与电源间的绝缘电阻应不小于 $50\text{M}\Omega$ 。

用户端单元必须支持本地交流供电方式。

对交流电压及其波动范围的要求如下:

单相 ($220\pm 10\%$) V, 频率 ($50\pm 5\%$) Hz, 线电压波形畸变率 $<5\%$ 。

10.1.2 设备供电测试

用万用表测试系统电源电压。当电源电压在要求范围内变化时, 系统应能正常工作。

10.2 环境测试

10.2.1 指标要求

局端设备在下列环境范围内的环境中应能正常工作。

类别 1: 温度为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$; 相对湿度为 $10\%\sim 90\%$ (非凝结)。

类别 2: 温度为 $-30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$; 相对湿度为 $10\%\sim 90\%$ (非凝结)。

类别 3: 温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$; 相对湿度为 $10\%\sim 90\%$ (非凝结)。

用户端设备在温度为 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $10\%\sim 90\%$ (非凝结) 的环境中应能正常工作。

注: 以上为地板以上 2m 和设备前方 0.4m 处的温度。

10.2.2 大气压力要求

VDSL 接入设备在 $86\sim 106\text{kPa}$ 大气压力条件下的环境中应能正常工作。

10.2.3 测试方法

10.2.3.1 测试顺序

环境测试采用下面的测试顺序:

- 1) 室温—低温实验;
- 2) 室温—高温实验;
- 3) 室温—室温潮湿—高温高湿—低温高湿。

10.2.3.2 单向测试的严酷度

参考 10.2.1 节的指标。

每种类型的设备应满足各自高温和低温的温度变化范围, 温度变化容限为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

湿度条件为相对湿度 90% 。

10.2.3.3 低温测试方法

- 1) 将被测设备在室温条件下 ($15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$) 放入低温测试环境, 接通电源, 连接测试仪表。
- 2) 开始降温, 降温速率不超过 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。
- 3) 在温度达到极限低温时, 停止降温, 保持恒温 2h, 待设备稳定后, 抽测下列指标是否正常。

- SNI: 光功率、接收机灵敏度、中心波长 (如设备支持该接口);
- UNI: 抽测任意一种 UNI 的两个指标;
- 符合 7.1 节中传输距离为 600m 和 1 000m 下的传输性能。

4) 温度恢复: 被测设备不移出低温测试环境, 切断电源, 使被测设备自然恢复至室温条件, 记录测试数据, 然后将被测设备移出低温测试环境。

5) 整个测试过程不应出现丢包。

10.2.3.4 高温测试方法

1) 将被测设备在室温条件下 (15℃~35℃) 放入高温测试环境, 接通电源, 连接测试仪表。

2) 开始升温, 升温速率不超过 1℃/min。

3) 在温度达到极限高温时, 停止升温, 保持恒温 2h, 待设备稳定后, 抽测下列指标是否正常。

- SNI: 光功率、接收机灵敏度、中心波长 (如设备支持该接口);
- UNI: 抽测任意一种 UNI 的两个指标;
- 符合 7.1 节中传输距离为 600m 和 1 000m 下的传输性能。

4) 温度恢复: 被测设备不移出高温测试环境, 切断电源, 使被测设备自然恢复至室温条件, 记录测试数据, 然后将被测设备移出高温测试环境。

5) 整个测试过程不应出现丢包。

10.2.3.5 交变湿热测试方法

1) 将被测设备在室温条件下 (15℃~35℃) 放入测试环境, 接通电源, 连接测试仪表;

2) 控制起始温度在 20℃, 湿度在 50%;

3) 同时开始升温加湿, 在温度达到 40℃且湿度达到 90%时, 停止升温加湿, 保持恒温恒湿 8h;

4) 开始降温, 保持湿度不变, 在温度达到 20℃时, 停止降温, 保持恒温恒湿 8h;

5) 整个测试过程不应出现丢包。

附录 A

(规范性附录)

性能测试环境的配置和校准

A.1 测试环境配置

VDSL 的上下行的性能测试配置见图 A.1 和图 A.2。上行和下行的性能测试是分开的，不是同时进行的。

图中的测试环路一般为 VDSL 环路仿真器。噪声注入器将噪声发生器产生的噪声进行阻抗变换后注入被测环路的接收端。噪声发生器负责产生性能测试需要使用的各种噪声信号。

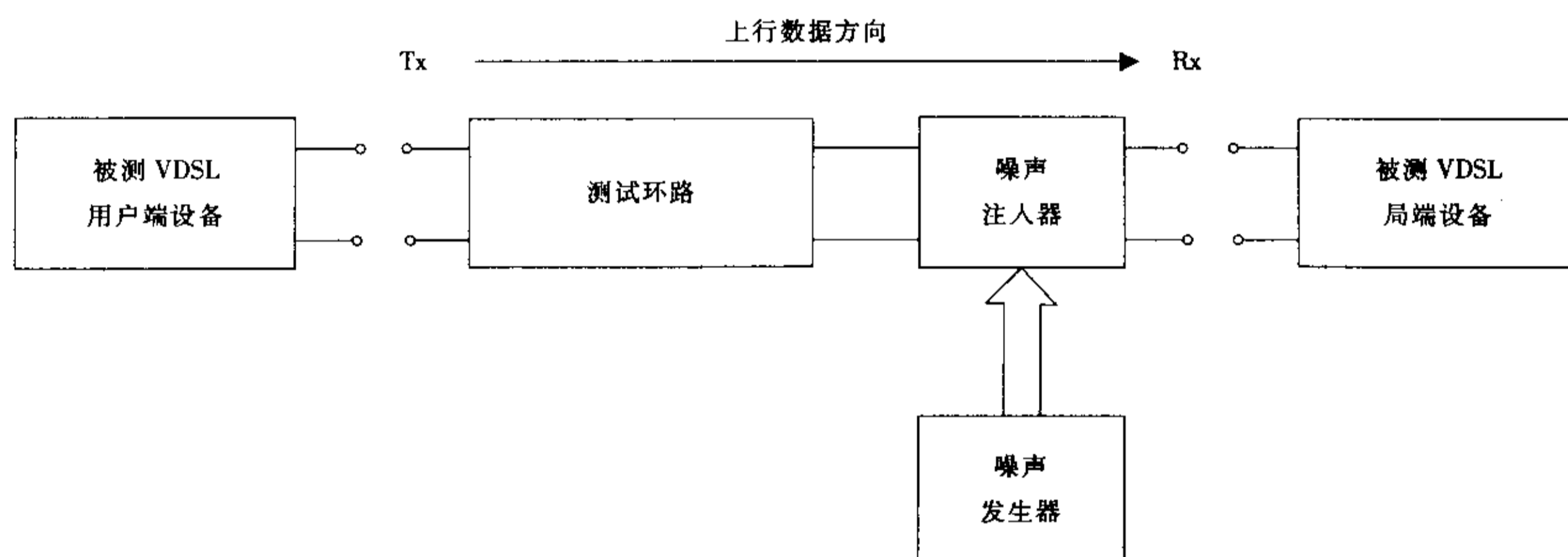


图 A.1 VDSL 上行性能测试配置

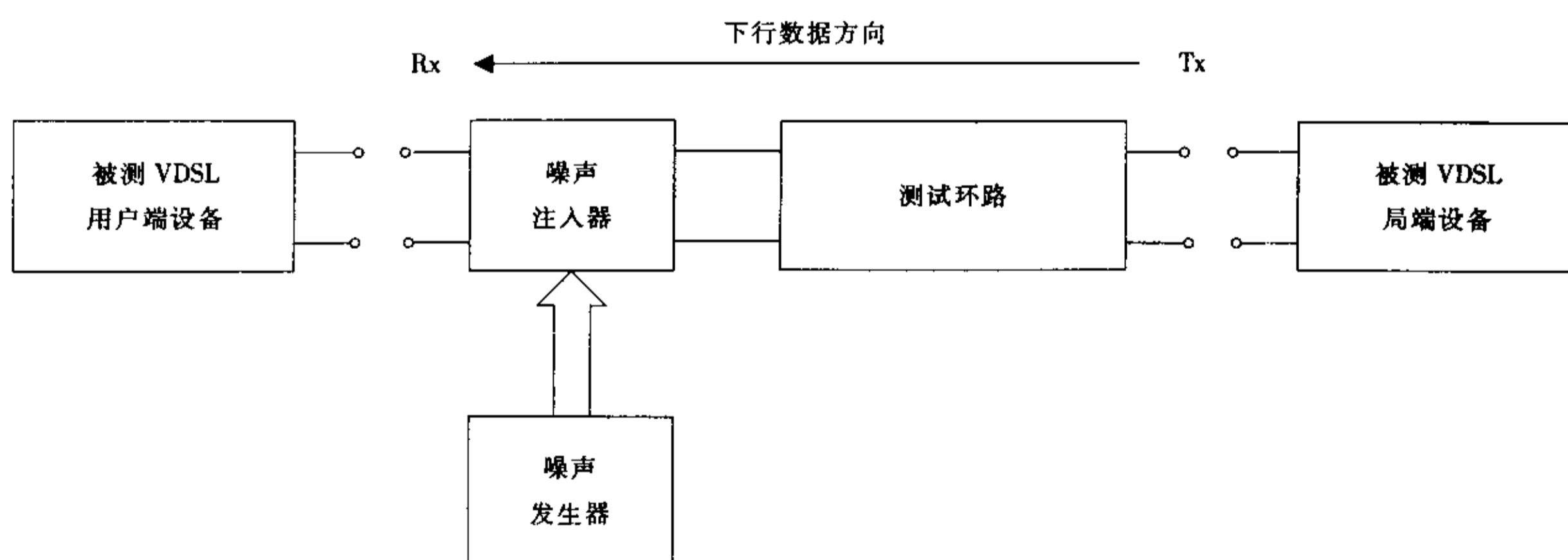


图 A.2 VDSL 下行性能测试配置

A.2 测试环境的校准

性能测试的噪声电平是以功率来定义的，因此噪声的 profile 表示是以随机信号的功率谱密度来描述的，测试中使用的随机信号的功率电平便是这里所说的校准。

通过噪声注入设备的阻抗，这些功率“转化为”电压。参见图 A.3。由于噪声通常是以电流的形式注入环路的，因此噪声的电压将会随着终接阻抗的增加而增加。

标准的噪声定义为在双端匹配终接时耗散在 R_x 端阻抗上的功率谱密度（见图 A.3）。

在校准时 R_v 应当等于 VDSL 收发器的设计阻抗， Z_x 应当等于环路的另一端终接 R_v 时的复阻抗。校准程序参见参考文献 2 和 3。

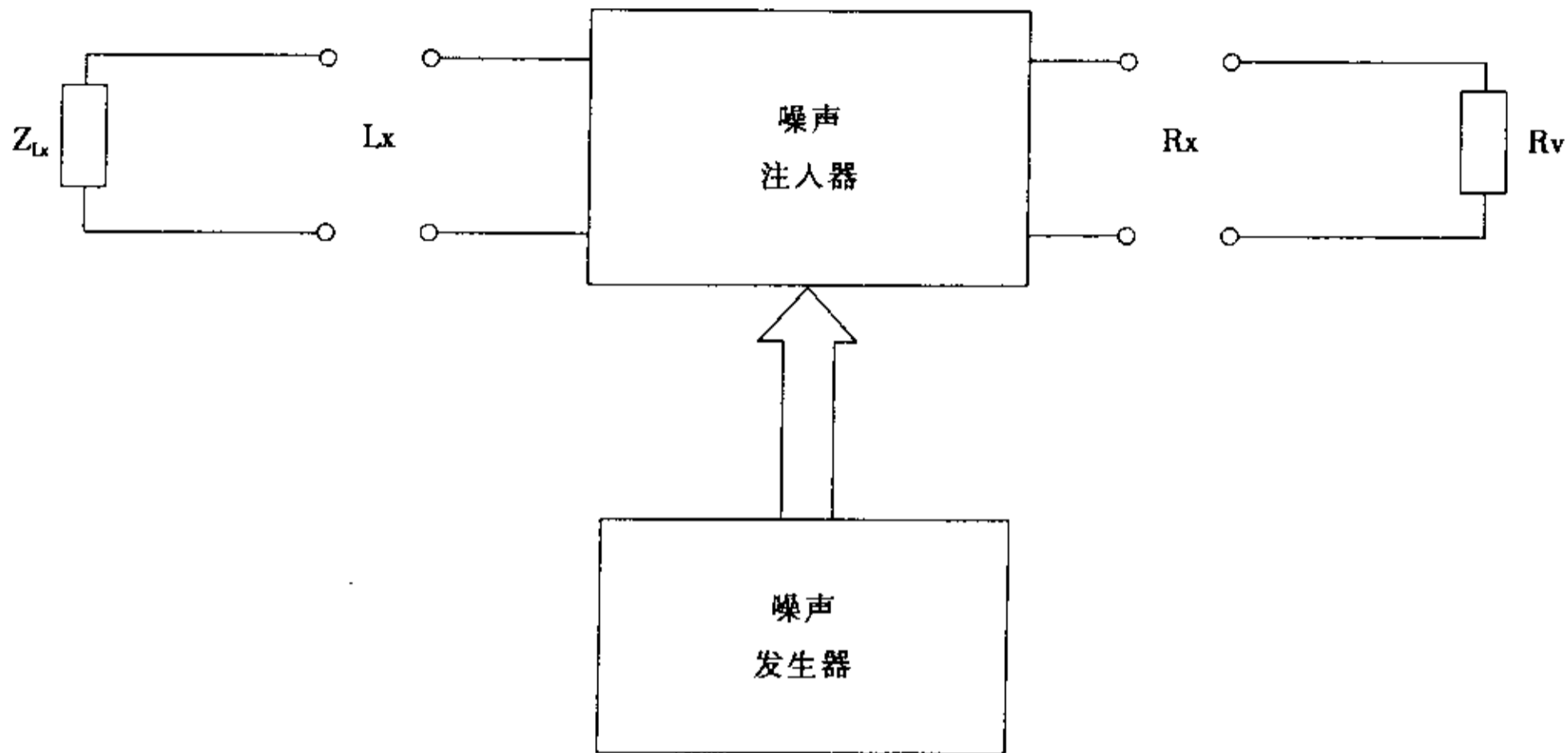


图 A.3 噪声功率校准电路

被测的 VDSL 的输入阻抗可能不同于它的理想的设计阻抗，因此实际中性能测试时的噪声电压会不同于校准时的噪声电压。

为了达到需要的噪声电平，噪声插入损耗（在校准条件下端口 N_x 和 R_x 之间的损耗）必须进行补偿。

1) 与频率无关的损耗可以以中段频率的损耗通过放大器进行补偿。

2) 由注入器和复阻抗 Z_x 引起的与频率相关的损耗需要额外的频域均衡器。可以在噪声注入之前进行预均衡或通过噪声注入器中的均衡器实现。复阻抗 Z_x 将增强低频段的传输。

完整的性能测试应当对以上的效应进行补偿。测试条件校准的惟一目的是保证噪声的电平符合标准的要求。

附录 B
(规范性附录)
噪声模型

根据不同的噪声类型和噪声来源，共定义了7种（G1~G7）不同的噪声源来仿真各类噪声。

图 B.1 给出了使用 PSD 进行描述的 4 种噪声，各噪声分别如下：

- 1) 噪声发生器 G1 表示所有 NEXT 噪声的总和，也就是在被测设备接收器近端产生的噪声，包括外部（非 VDSL）噪声和自串噪声；
- 2) 噪声发生器 G2 与 G1 相似，表示所有 FEXT 噪声的总和，也就是在被测设备接收端远端产生的噪声，包括外部噪声和自串噪声；
- 3) 噪声发生器 G3 表示所有来自不明位置的背景噪声，此噪声设为“0”；
- 4) 噪声发生器 G4 表示噪声发生器产生的白噪声，固定设为-140dBm/Hz。

图 B.5 给出了另外 3 种噪声，各噪声分别如下：

- 1) 噪声发生器 G5 表示广播干扰（RFI）发生器。此噪声是感应到电缆上的，由 SW、MW 和 LW 频段的调幅广播信号产生的离散干扰。
- 2) 噪声发生器 G6 表示业余无线电干扰噪声发生器。业余无线电是单边带信号，强度随时间变化比较大。
- 3) 噪声发生器 G7 表示脉冲噪声。

B.1 噪声发生器 I：串音（Crosstalk Noise）

B.1.1 功能性描述

NEXT 和 FEXT 串音对被测设备产生的噪声由噪声发生器 G1 和 G2 通过串音耦合函数 $H_1(f, L)$ 和 $H_2(f, L)$ 得出的两个噪声表示； $P_1 \sim P_4$ 代表 G1~G4 噪声的 PSD，则总串音 PSD 为：

$$P_{\text{sum}}(f) = P_1(f) \times |H_1(f, L)|^2 + P_2(f) \times |H_2(f, L)|^2 + P_3 + P_4(f)$$

串音耦合函数与测试环路相关，因为 FEXT 和 NEXT 耦合是和环路长度相关的。FEXT 对 VDSL 性能影响较大（因为 VDSL 的双工方式是频分复用），因此和长度相关的 FEXT 是非常重要的。

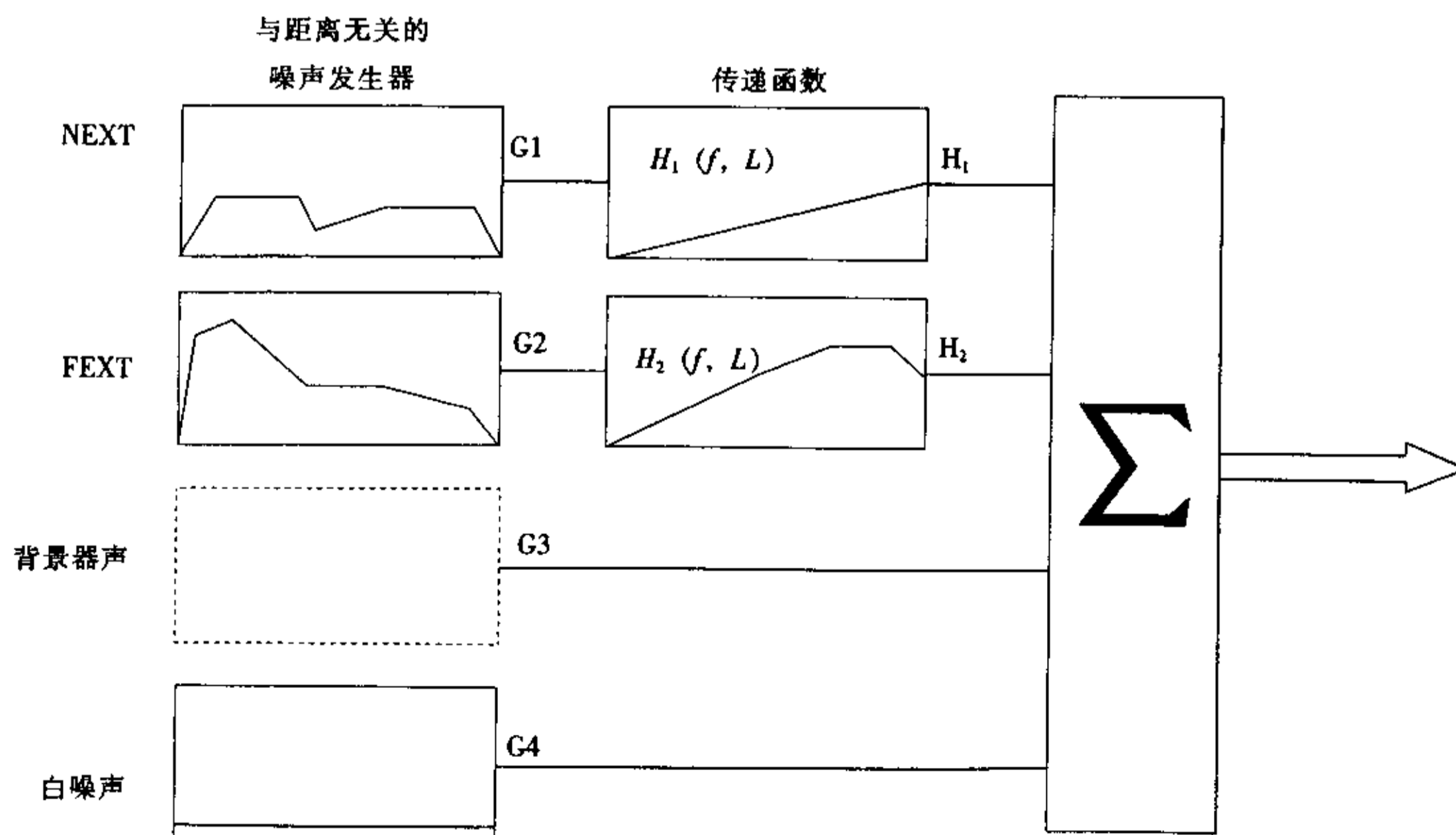


图 B.1 串音噪声构成

B.1.2 噪声发生器 G1、G2

串音包括来自外部干扰（非 VDSL）和自身干扰（VDSL）的 NEXT 和 FEXT。符号说明如下：

- 1) “X.LT” 和 “X.NT” 分别表示分别来自局端和用户端的总的串音噪声；
- 2) “XS.LT” 和 “XS.NT” 分别表示局端和用户端的自串噪声，详见 B.1.1.5.1；
- 3) “XA.LT” 和 “XA.NT” 分别局端和用户端的外部串音噪声，详见 B.1.1.5.2。

自串和外部串音总称为 FSAN 串音总和。FSAN 串音总和为 P_X ：

$$P_X = (P_{XS}^{Kn} + P_{XA}^{Kn})^{1/Kn}$$

其中，P 表示 PSD，单位为 W/Hz；Kn=1/0.6。

B.1.2.1 上行测试

上行测试中，被测的 VDSL 局端设备接收到来自局端设备其它端口的 NEXT 串音和来自用户端设备的 FEXT。在此条件下，G1 为来自局端设备的噪声 (X.LT)，G2 为来自用户端设备的噪声 (X.NT)。这些噪声发生器的 PSD 是自串音和外部串音噪声的 FSAN 总和。图 B.2 给出了上行测试的噪声。

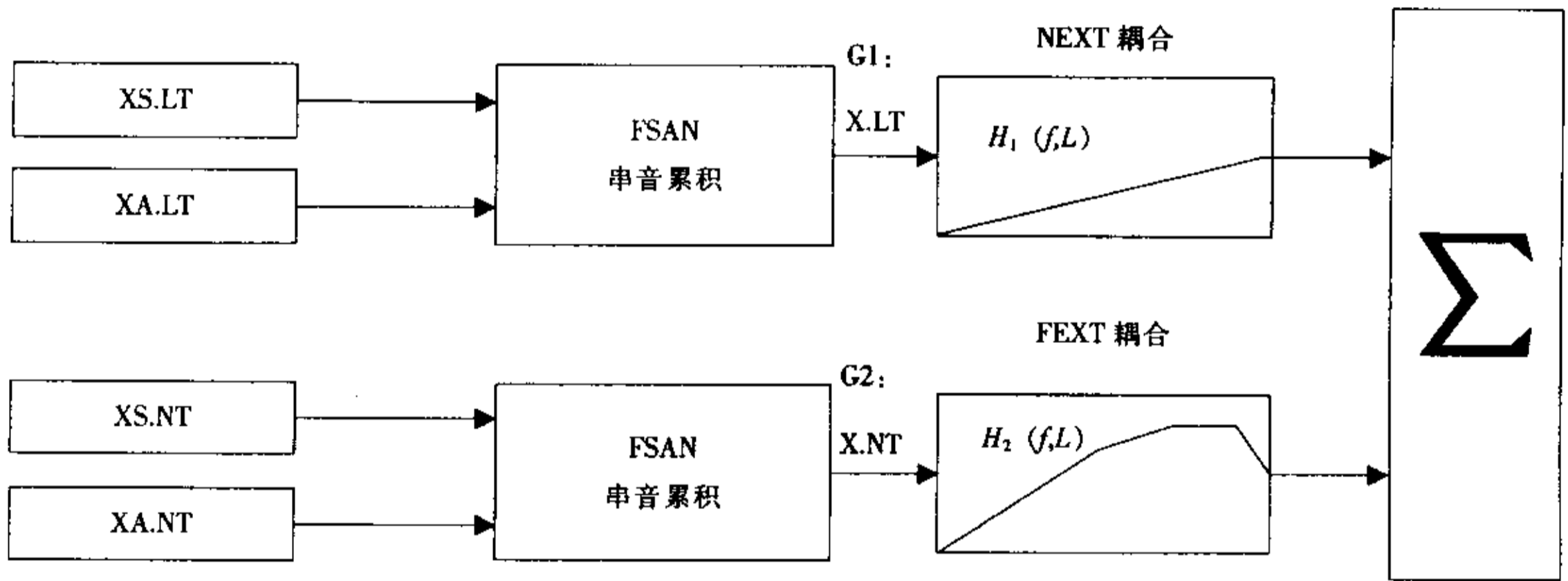


图 B.2 上行测试串音

B.1.2.2 下行测试

下行测试中，被测的 VDSL 用户端设备接收到来自其它用户端设备的 NEXT 和来自局端设备的 FEXT。在此条件下，G1 为来自用户端设备的噪声 (X.NT)，G2 为来自局端设备的噪声 (X.LT)。这些噪声发生器的 PSD 是自串音和外部串音噪声的 FSAN 总和。图 B.3 给出了下行测试的噪声。

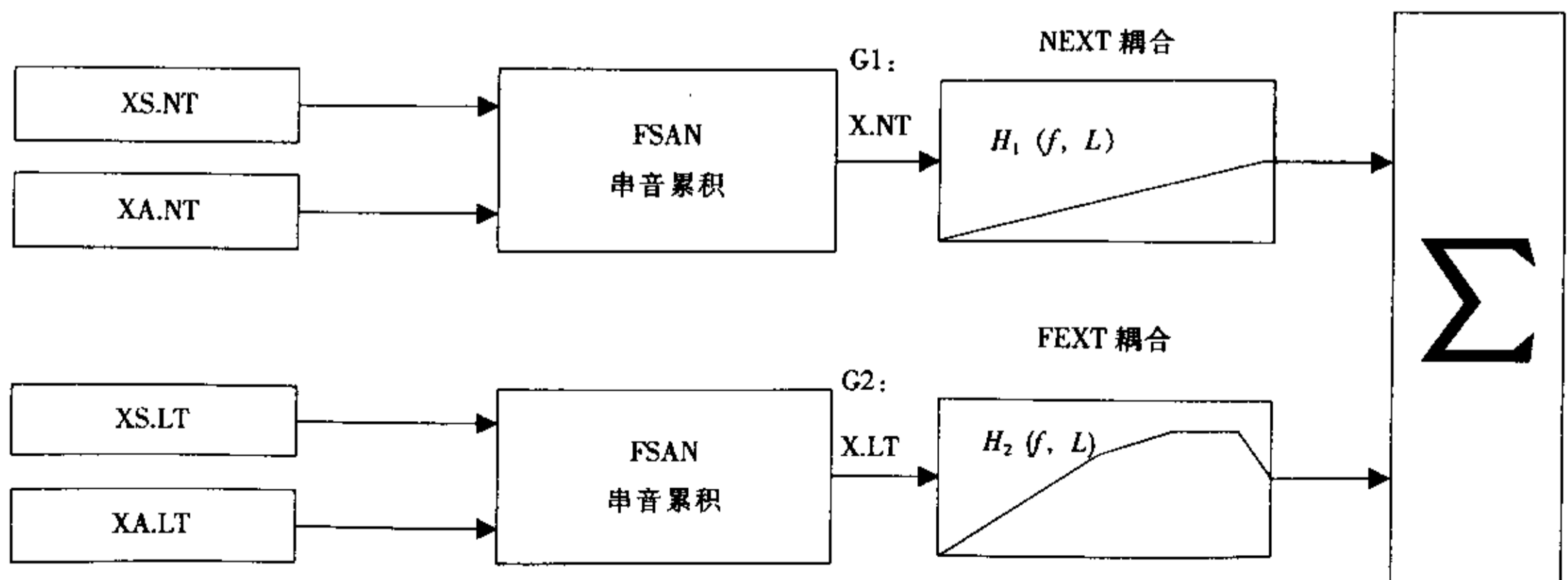


图 B.3 下行测试噪声串音

B.1.3 串音耦合模型

串音函数如下：

$$|H_1(f, L)|^2 = K_{\text{next}} \times \left(\frac{1}{49}\right)^{0.6} \times \left(\frac{f}{f_0}\right)^{1.5} \times (1 - |H(f, L)|^4)$$

$$|H_2(f, L)|^2 = K_{\text{ext}} \times \left(\frac{1}{49}\right)^{0.6} \times \left(\frac{L}{L_0}\right) \times \left(\frac{f}{f_0}\right)^2 \times |H(f, L)|^2$$

其中： $K_{\text{next}}=8.818 \times 10^{-14}$ ；

$K_{\text{ext}}=7.999 \times 10^{-20}$ ；

$f_0=1\text{Hz}$ ；

$L_0=1\text{ft} (0.3048\text{m})$ ；

上述串音耦合函数基于 ANSI T1E1.4/2002-031R2 (草案) 给出的。 $H(f, L)$ 是当环路两端终结电阻为 100Ω 时的实际环路传输函数。当源阻抗为 100Ω ，环路负载阻抗为 100Ω 时， $1/H(f, L)$ 的值等于插入损耗。因此，当标称参考阻抗为 100Ω 时，传输函数 $H(f, L)$ 数值等于环路的两端口传递参数 S_{21} 的模。

B.1.4 噪声模型

噪声包括外部噪声和自身噪声。

B.1.4.1 外部串音 (Alien Crosstalk) 特性

共有 4 种外部串音模型，详细见表 B.1。

表 B.1 VDSL 外部串音噪声模型

类型	噪声模型	应用场所	注释
1	ETSI Type "A" [2]	适用于 FTTCab	10ADSL+20ISDN-BA+4HDSL
2	ETSI Type "D" [2]	适用于 FTTE _x	180ADSL+90ISDN-BA+40HDSL
3	ETSI Type "E" [2]	适用于 FTTE _x	30ADSL+20ISDN-BA+4HDSL
4	T1E1.4 Type "A" [3]	适用于 FTTCab	10ADSL+16ISDN-BA+4HDSL

B.1.4.2 自身串音 (Self Crosstalk) 特性

VDSL 的自串特性是由被测 VDSL 设备的发送 PSD 决定的，因此 VDSL 自串噪声的模板的值是由 VDSL PSD 模板的值决定的。

下行 VDSL PSD 模板有两种模式：模式 1 为频段划分方式 1，频谱不兼容 ADSL；模式 2 为频段划分方式 2，频谱兼容 ADSL。

上行 VDSL PSD 模板参见 5.1.1 条，但是上行 VDSL PSD 会受到 UPBO 功能的影响。UPBO 随环路和外部串音特性变化。本标准暂不考虑 UPBO 的影响。

B.1.5 噪声发生器 G1~G4 的特性

B.1.5.1 噪声发生器 G1、G2 的频域特性

本节给出了噪声发生器 G1 和 G2 的频域特性。因为实际 VDSL PSD 模板的频率只到 12MHz，因此自串音噪声模型的频率不超过 12MHz。

B.1.5.1.1 自串音特性

自串噪声是基于 VDSL PSD 的。对于自串模型，假定所有的干扰源与被测设备在同一环路条件下：XS.LT 和 XS.NT 分别表示局端和用户端的自串噪声，表 B.2 给出了这些自串噪声模型。

“XS.LT”表示下行 VDSL 噪声模型；

“XS.NT”表示上行 VDSL 噪声模型，不考虑 UPBO。

注：噪声加上 8dB 表示一个多线对系统中，20 个 VDSL 系统产生的串音功率之和。

表 B.2 VDSL 自串噪声

VDSL PSD	XS.LT.#	XS.NT
模式 1	VDSL.LT.1+8dB	VDSL.NT+8dB
模式 2	VDSL.LT.2+8dB	VDSL.NT+8dB

B.1.5.1.2 外部串音特性

外部噪声特性见表 B.3 和表 B.4。

表 B.3 局端外部噪声特性

XA.LT.1		XA.LT.2		XA.LT.3		XA.LT.4	
频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)
4	-22.2	4	-18.2	4	-22.2	1	-26.0
50	-22.2	50	-18.2	50	-22.2	30	-34.0
75	-30.6	75	-25.1	77	-30.9	50	-39.0
100	-34.2	117	-26.6	117	-35.0	65	-42.0
292	-35.2	138	-25.4	140	-30.2	100	-43.0
400	-43.7	290	-25.4	292	-30.3	400	-49.5
1 104	-52.6	330	-25.8	330	-30.6	550	-52.5
2 500	-99.6	1 104	-26.0	550	-30.6	1 104	-60.0
3 637	-113.3	2 500	-66.0	600	-32.5	1 500	-79.0
30 000	-113.5	4 530	-96.0	700	-33.4	2 500	-115.0
		30 000	-96.4	1 104	-33.5	3 550	-139.0
				4 530	-100.7	10 000	<-140
				30 000	-101.1	30 000	<-140

表 B.4 用户端外部噪声特性

XA.LT.1		XA.LT.2		XA.LT.3		XA.LT.4	
频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)
4	-22.2	4	-18.2	4	-22.2	1	-24.5
50	-22.1	50	-18.1	50	-22.0	30	-25.0
75	-29.3	75	-24.2	71	-27.8	65	-31.0
100	-30.8	275	-25.4	145	-30.0	130	-31.0

表 B.4 (续)

XA.LT.1		XA.LT.2		XA.LT.3		XA.LT.4	
频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)	频率 (Hz)	PSD (dBm/Hz)
138	-31.0	400	-40.6	175	-31.0	250	-49.0
150	-34.2	600	-54.3	274	-31.0	400	-78.0
166	-35.3	1 000	-71.6	400	-46.5	650	-81.5
292	-35.4	2 750	-95.7	600	-60.3	1 104	-81.5
400	-46.3	30 000	-96.4	1 000	-77.1	1 400	-83.0
900	-74.5			1 400	-82.2	2 750	-103.5
1 104	-79.6			2 800	-100.3	4 000	-104.0
1 400	-82.0			30 000	-101.1	30 000	-104.0
2 500	-99.8						
3 200	-103.5						
4 545	-103.9						
30 000	-103.9						

B.1.5.2 噪声发生器 G1、G2 的时域特性

噪声模型的频域特性见 B.1.5.1 节。串音的时域特性是随机的，近似为高斯分布。加载在测试环路上的噪声幅度分布函数范围见图 B.4 和表 B.5。

噪声 $u(t)$ 幅度分布函数 $F(a)$ 是指 $u(t)$ 绝对值大于 a 的那一部分。因此， $F(0) = 1$ ， $F(a)$ 单调下降到 $F(a) = 0$ 的那一个点，这个点之后， $F(t) = 0$ 。

$$F(a) = 0, \text{ 当 } a \geq |u_{\text{peak}}|$$

幅度分布的定界确保噪声特性由那些大于噪声平均值的峰值（不超过 5 倍平均值）决定。

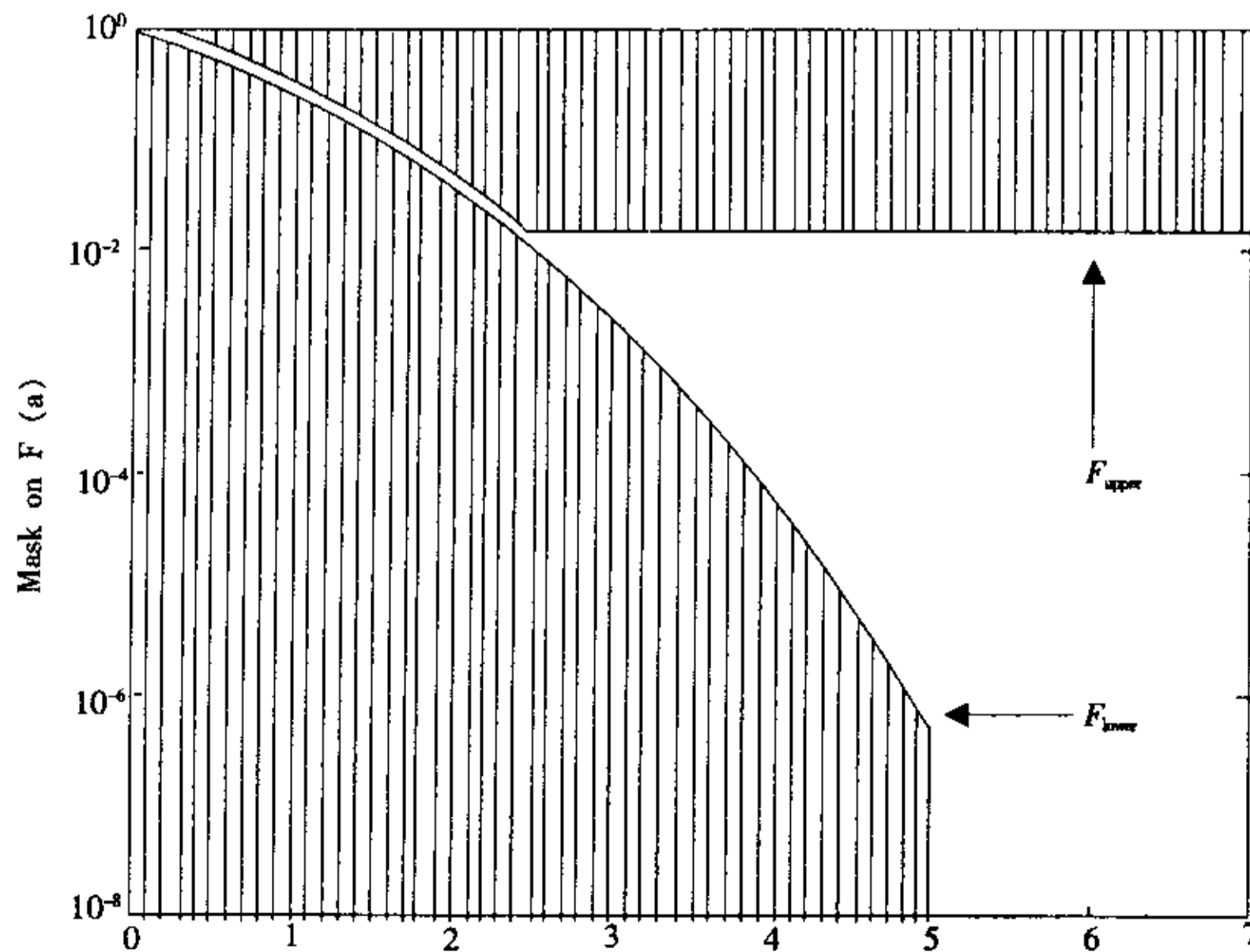


图 B.4 噪声幅度分布函数模板

表 B.5 噪声幅度分布函数定界表

定界 (δ 表示噪声的平均值)	范围
$F_{\text{下界}}(a) = (1-\epsilon) \cdot \{1 - \text{erf} [(a/\delta) / \sqrt{2}] \}$	$0 \leq a/\delta < CF$
$F(a) = 0$	$CF \leq a/\delta < \infty$
$F_{\text{上界}}(a) = (1+\epsilon) \cdot \{1 - \text{erf} [(a/\delta) / \sqrt{2}] \}$	$0 \leq a/\delta < A$
$F_{\text{上界}}(a) = (1+\epsilon) \cdot \{1 - \text{erf} (A/\sqrt{2}) \}$	$A \leq a/\delta < \infty$
$CF=5, \epsilon=0.1, A=CF/2=2.5$	

表 B.5 中其它参数含义如下：

- 1) CF 表示噪声最小峰值系数，也就是绝对峰值和平均值的比值 ($CF = |U_{\text{peak}}| / \text{ums}$)。
- 2) ϵ 表示高斯 gap，表示噪声与真正的高斯噪声的接近程度。
- 3) “A” 表示这样一个点：当 $a/\delta > A$ ，可以采用一个周期性的噪声信号作为上限。

B.2 噪声发生器 II：RFI 和脉冲噪声

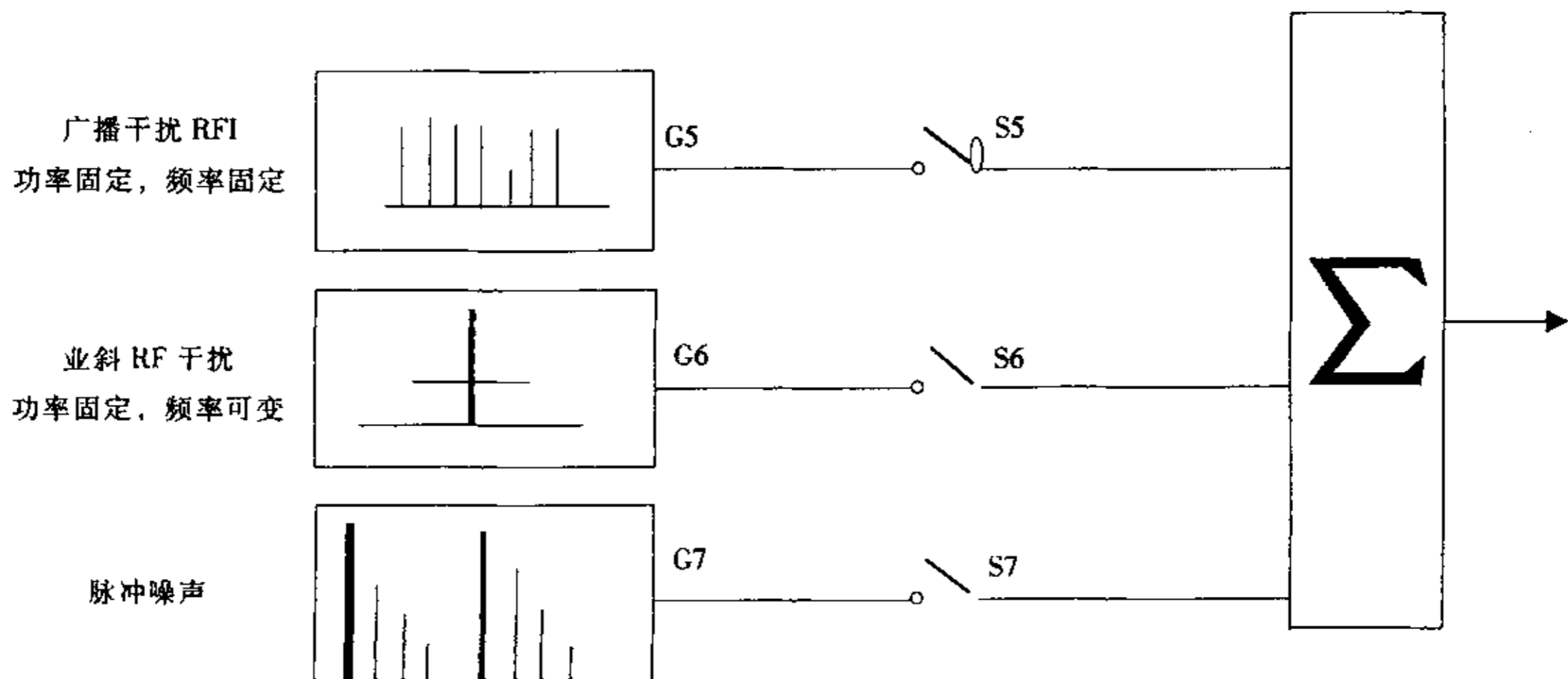


图 B.5 非串音噪声构成

B.2.1 广播 RF 噪声发生器 G5

广播 RF 干扰是感应到电缆上的，由 SW、MW 和 LW 频段的调幅广播信号产生的离散干扰。在电话线上功率不超过 -40dBm 的干扰是由比较大范围的调幅广播发射台器产生的。噪声主要是由离线路最近的 10 个发射台产生的。

输入差模（共模）噪声信号是随机调幅（AM）信号的叠加。总的电压信号 $U(t)$ 为：

$$U(t) = \sum_k U_k \times \cos(2\pi f_k \times t + \phi_k) \times [1 + m \times \alpha_k(t)]$$

输入噪声信号 $U(t)$ 各个参数定义如下：

U_k ——各个载波的电压 U_k （见表 B.6）是以 100Ω 阻抗上的功率电平表示的。当分辨率为 10kHz 或者更高时，频谱分析仪检测到的功率会稍微比表中给出的功率大，因为检测到的信号包含边带功率。

f_k ——各个载波频率 f_k 如表 B.6 所示，这些值不表示实际广播信号的频率，但是这些频率的选择是根据 VDSL 工作频段来选择的，这些频点选择在 VDSL 工作频率范围，同时载波间的谐波为最小。

ϕ_k ——各个载波相位偏移 ϕ_k 是随机的，输入噪声信号的各个载波的相位偏移是不相关的。

m ——当峰值信号 $m \times \alpha_k(t)$ 峰值系数为 2.5 时, 为使之能调制系数至少 80%, 各个载波的调制深度 m 应为 0.32。

$\alpha_k(t)$ ——各个载波的调制信号 $\alpha_k(t)$ 是随机信号, 为高斯分布, 均方根 α_{rms} 为 1, 峰值系数为 2.5 或者更大, 并且每个调制载波产生的噪声信号是不相关的。

Δb ——各个调制后的信号的调制宽度 Δb 至少应为 $2 \times 5\text{kHz}$, 这相当于将白噪声通过一个截止频带为 $\Delta b/2$ 的低通滤波器, 得出 $\alpha_k(t)$ 。

噪声发生器可以有两个不同输出, 一个是差模噪声, 一个是共模噪声。

注: 共模噪声和差模噪声是否部分相关或者完全不相关有待研究。实际电缆的平衡特性在频率域上的起伏可能会产生完全不相关的共模噪声和差模噪声。

表 B.6 给出了载波频率 f_k 和对应的差模功率 U_k 。

表 B.6 噪声发生器 G5 载波频率和平均功率 (差模方式)

载波频率 (kHz)	差模方式功率 (dBm)			
	G5.UP.A	G5.DN.A	G5.UP.B	G5.DN.B
99	-70	-60	-80	-70
207	-70	-60	-80	-70
711	-70	-60	-80	-70
801	-70	-60	-80	-70
909	-70	-60	-80	-70
981	-50	-40	-60	-50
1 458	-50	-40	-60	-50
6 050	-50	-40	-60	-50
7 350	-50	-40	-60	-50
9 650	-50	-40	-60	-50

注: 1) 此表参照参考文献 2;
2) 此表有两种配置 A 和 B, 分别对应强 RF 和弱 RF 输入干扰

B.2.2 业余 RF 噪声发生器 G6

业余 RF 噪声发生器模拟业余无线电的射频干扰, 因为业余无线电信号是单边带信号, 信号强度随时间变化比较大 (峰值包络功率 PEP 可达 0dBm), 可以在任何地点和任何时间发生, 无论白天还是晚上。架空的用户线引入段非常容易受到 RF 的干扰。噪声通常是通过共模方式耦合到双绞线上, 然后转换为差模信号。

噪声发生器 G6 用于仿真耦合到 VDSL 系统的非屏蔽双绞线的业余无线电台发射的短波无线电信号。此干扰源进入 VDSL 接收器前端对 VDSL 传输系统的影响较大, 理由如下:

- 1) 业余无线电发送的单边带信号的强度随时间变化较为剧烈;
- 2) 业余无线电发送台和电话网络空中电缆和家庭内的电线非常接近;
- 3) 部分电台使用高的发送功率, 一般可以到 400W PEP (大概 26dBw)。

模拟业余无线电干扰应使用语音或者 Morse 电码调制的调幅信号。此调制信号用语音加权 (见 ITU G.227), 每 15s 为一个周期, 其中 5s 打开、10s 关闭, 用来仿真语音特性。合成的基带信号还包含 200ms 的周期, 50ms 打开、150ms 关闭, 以对应着音节的速率。最终合成的信号频率应是每 6dB/倍频预加重的

带限在 4kHz 的信号。信号的载频在业余无线电频段内每 120s 应改变至少 50kHz。业余无线电干扰的频段见表 18。上行测试中，噪声 G6.UP.X 加在局侧接收器上。下行测试中，噪声 G6.DN.X 加在用户侧接收器上。此噪声模型不应低于表 B.7 给出的数值。

表 B.7 噪声发生器 G6 业余 RF 干扰 (PEP) 功率

模式	G6.UP.A	G6.DN.A	G6.UP.B	G6.DN.B
功率 (dBm)	-10	0	-30	-20
注 1) 此表参照参考文献 2; 2) 此表有两种配置 A 和 B, 分别对应强 RF 和弱 RF 输入干扰				

B.2.3 脉冲噪声发生器 G7

脉冲噪声发生器有开的时间、关的时间和幅度 3 个参数。

$T1$: 能够被纠正的、一个单独的噪声突发的最长周期;

$T2$: 上次噪声突发以来编码器所需的恢复的最短时间周期;

Pb : 突发噪声的功率, 能够有效消除数据信号 (在突发噪声时, 误比特率为 0.5)。

表 B.8 给出了各参数数值。

表 B.8 脉冲噪声参数

参数	$T1$ (s)	$T2$ (s)	Pb (dBm)
	待定	1	待定

参考文献:

1. ETSI VDSL 技术规范 TS 101 270-1 V1.2.1 (1999-10)
2. ETSI VDSL 技术规范草案 TS 101 270-1 V2.0.8 (2003-3)
3. T1E1.4/2002-031R2 (草案) 试用规范
4. ITU G.227