

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

K.44

(05/2017)

K系列：干扰的防护

**暴露于过电压和过电流的电信设备的抗力试验
– 基础建议书**

ITU-T K.44 建议书

ITU-T K.44 建议书

暴露于过电压和过电流的电信设备的抗力试验 – 基础建议书

摘要

ITU-T K.44建议书寻求建立电信设备对过电压和过电流抗力的基本的试验方法和准则。

本建议书所述的过电压或过电流包括雷击线路设施或在线路设施附近产生的电涌、相邻的电力线或电气化铁路系统的短时间的交流感应电压、因电源故障以及通信线路与电力线路之间的直接接触而引起的地线电位升高。

本建议书与2008年版相比，主要变化包括：

- 更新了参考文献；
- 修正了准则A；
- 修订了试验图表以提升明确性；
- 为外部同轴电缆端口增加了试验图表；
- 为内部无屏蔽电缆增加了多导体试验图表；
- 为波形生成增加了容差；
- 增加了依靠绝缘协调提供电涌防护的端口。

沿革

版本	建议书	批准	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T K.44	2000-02-25	5	11.1002/1000/4907
2.0	ITU-T K.44	2003-07-29	5	11.1002/1000/6496
3.0	ITU-T K.44	2008-04-13	5	11.1002/1000/9403
4.0	ITU-T K.44	2011-11-13	5	11.1002/1000/11422
5.0	ITU-T K.44	2012-05-29	5	11.1002/1000/11629
5.1	ITU-T K.44 (2012) Cor. 1	2013-03-16	5	11.1002/1000/11902
5.2	ITU-T K.44 (2012) Amd. 1	2015-04-22	5	11.1002/1000/12406
5.3	ITU-T K.44 (2012) Amd. 2	2015-12-14	5	11.1002/1000/12679
6.0	ITU-T K.44	2016-06-29	5	11.1002/1000/12869
7.0	ITU-T K.44	2017-05-24	5	11.1002/1000/13128

关键词

1.2/50-8/20、10/700、基本、以太网、增强型、外部端口、内部端口、过电压、过电流、以太网供电（PoE）、电源触点、电力线感应、远程供电、抗力试验电路、特殊抗力、电涌、电信设备、横向。

* 要访问该建议书，请在万维网浏览器的地址栏中输入URL：<http://handle.itu.int/>，然后输入建议书的唯一ID。例如，<http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

前言

国际电联（国际电信联盟）是联合国在电信、信息通信技术领域的专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电联的常设机构。ITU-T负责研究技术的、操作的和资费的问题，并且为实现全世界电信标准化，就上述问题发布建议书。

每4年召开一次的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，然后由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议拟定了批准ITU-T建议书的程序。

在ITU-T研究范围内的某些信息技术领域中使用的必要标准是与ISO和IEC共同编写的。

注

在本建议书中，“主管部门”一词是电信主管部门和经认可的运营机构二者的简称。

遵守本建议书是自愿的。不过本建议书可能包含某些强制性规定（例如为了确保互操作性和适用性），并且如果满足了本建议书的所有这些强制性要求，就做到了遵守本建议书。“必须”（shall）一词或其他若干强制性语言如“务必”（must）和相应的否定用语用于提出要求。这类词的使用并不意味着要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能需要使用已主张的知识产权。国际电联对有关已主张的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见，无论其是由国际电联成员还是由建议书制定过程之外的其他机构提出的。

到本建议书批准之日为止，国际电联尚未收到实施本建议书时可能需要的受专利保护的知识产权方面的通知。但是，本建议书实施者要注意，这可能不代表最新信息，因此强烈敦促本建议书实施者查询电信标准化局专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2018

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目录

	页
1 范围	1
2 参考文献	1
3 定义、缩略语和符号	2
3.1 定义	2
3.2 缩略语和首字母缩略语	7
3.3 符号	8
4 过电压和过电流条件	9
5 抗力要求	9
5.1 基本的抗力要求	9
5.2 加强的抗力要求	9
5.3 特殊的抗力要求	10
6 设备边界	10
7 试验条件	10
7.1 接口端口	10
7.2 试验类型	11
7.3 试验条件	12
7.4 试验方案	14
8 保护的协调	14
8.1 概述	14
8.2 雷击	14
8.3 电力线感应、地线电位升高和电力线接触	15
8.4 特殊试验保护器	15
8.5 选择约定的初级保护器	16
9 验收准则	16
10 试验	16
10.1 外部对称线对端口	22
10.2 外部同轴电缆端口	23
10.3 外部直流和交流专用馈电端口	24
10.4 外部交流主电源端口	25
10.5 内部端口	25
附件 A — 试验方案	27
A.1 引言	27
A.2 设备	27
A.3 试验发生器	35
A.4 波形产生	37
A.5 供电、耦合、解耦和终结	38
A.6 不同类型端口的试验方案	54

	页
附录 I — 试验条件的说明	81
I.1 试验	81
I.2 雷击和电力线感应的试验电平范围	105
I.3 本建议书与其他产品/系列产品建议书之间的关系	106
附录 II — 提供给制造商和运营商的补充信息	108
II.1 引言	108
II.2 初级保护器协调	108
II.3 在设备输入端口上的 MDF 电压	112
II.4 在电源端口上的电流试验	119
II.5 地线和中线电位升高	120
II.6 特殊的抗力要求	123
II.7 符合 ITU-T K.21 建议书之要求的设备中的设备火灾	127
II.8 以太网	127
参考书目	132

ITU-T K.44 建议书

暴露于过电压和过电流的电信设备的 抗力试验 – 基础建议书

1 范围

本基础建议书描述网络运营商和制造商使用的所有电信设备对过电压和过电流的抗力试验。

本建议书适用于与外部或建筑物内部的金属导体相连接的所有电信设备。本建议书要与[ITU-T K.11建议书]和[ITU-T K.39建议书]一起使用，这两个建议书涉及保护的经济和技术方面。

本建议书未规定特定设备的试验水平和特殊接受准则。

适合的试验水平和试验点包含在特定的系列产品/产品建议书中。

因此，本建议书要与涉及与受试设备相关的抗力要求的系列产品/产品建议书一起使用。

如某个系列产品或产品的建议书或其中的条款与基础建议书不同，则使用系列产品或产品建议书。当产品建议书更新时，应参考本建议书并与之协调。

本建议书假定接地与连接结构符合与安装方式相关的建议书。

试验为类型试验。尽管这些试验适用于完整的系统，也认为在进行研制设备的工作时，这些试验可用于设备的单独的部件。在进行试验时，必须要考虑受试设备内部或可能影响结果的条件。

本建议书不包括静电放电试验（ESD）。静电放电试验可参照[IEC 61000-4-2]。

2 参考文献

下列ITU-T建议书及含有本建议书引用条款的其他参考文献构成本建议书的条款。所注明版本在出版时有效。所有建议书及其他参考文献均可能进行修订；因此鼓励建议书的使用方了解使用最新版本的下列建议书和其他参考文献的可能性。ITU-T建议书的现行有效版本清单定期出版。本建议书在引用某一独立文件时，并未给予该文件建议书的地位。

[ITU-T K.11] ITU-T K.11建议书（2009年），防止过电压和过电流的原则。

[ITU-T K.12] ITU-T K.12建议书（2010年），用于保护电信设施的气体放电管的特性。

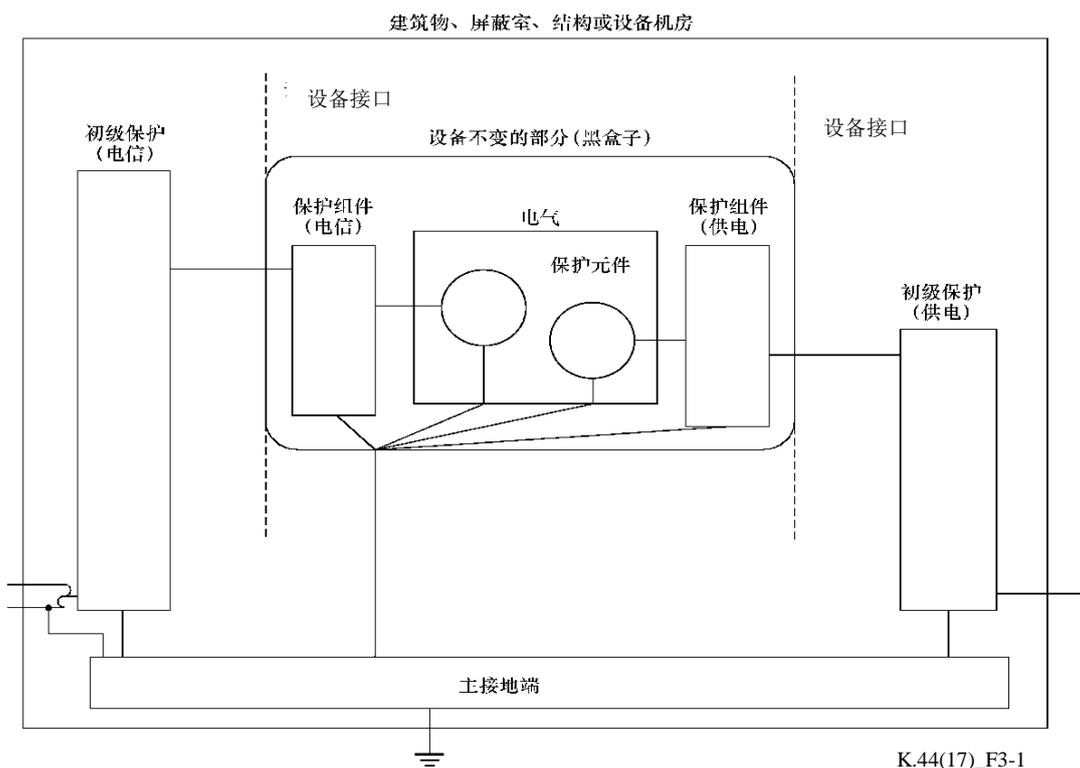
[ITU-T K.20] ITU-T K.20建议书（2016年），安装于电信中心的电信设备对过电压和过电流的抗力。

- [ITU-T K.21] ITU-T K.21建议书（2016年），安装于用户驻地的电信设备对过电压和过电流的抗力。
- [ITU-T K.27] ITU-T K.27建议书（2015年），电信大楼内的接合配置和接地。
- [ITU-T K.28] ITU-T K.28建议书（2012年），用于保护电信设施的基于晶闸管的电涌保护装置参数。
- [ITU-T K.39] ITU-T K.39建议书（1996年），因雷击放电而对电信站点造成的损坏的风险评估。
- [ITU-T K.45] ITU-T K.45建议书（2016年），安装于接入和干线网络的电信设备对过电压和过电流的抗力。
- [IEC 60050-701] IEC 60050-701 (1988), *International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 701: Telecommunications, channels and networks.*
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/433?OpenDocument>
- [IEC 60060-1] IEC 60060-1 (2010), *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements.*
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/000475>>
- [IEC 60065] IEC 60065 (2001), *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements.*
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/28321?OpenDocument>
- [IEC 60664-2-1] IEC 60664-2-1 (2011), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing.*
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44787?OpenDocument>
- [IEC 61000-4-2] IEC 61000-4-2 (2008), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026891>>
- [IEC 61000-4-5] IEC 61000-4-5 (2005), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.*
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035289>>
- [IEC 61643-12] IEC 61643-12 (2008), *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles.*
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/028546>>
- [IEC 62475] IEC 62475 (2010), *High-current test techniques – Definitions and requirements for test currents and measuring systems.*
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44542>

3 定义、缩写和符号

3.1 定义

为帮助理解本建议书中所用的各定义，可参考图3-1。图中给出了与保护设备相关的元件，这些元件可能在某个装置中。不是所有这些元件都用于一个装置中。



注 在建筑物、屏蔽室结构或设备机房内的部件和搭接导体需要进行辅助鉴别，以便从保护的角度得出最优化的物理配置。

图3-1 – 保护元件的说明

本建议书使用在此处和他处定义的下列术语：

3.1.1 接入网（Access Network (AN)）：整个电信网中位于电信中心和用户驻地大楼之间的部分。

3.1.2 约定的初级保护器（agreed primary protection）：约定的初级保护器是一种类型的电涌保护器（SPD），它将用于保护设备。约定的初级保护器可以是指定的SPD，也可以是符合特定建议书、标准或技术规范的一系列SPD。约定的初级保护器通常由网络运营商来规定，但可能是网络运营商与设备制造商之间的讨论结果。如果约定设备不需要使用外部保护器件，那么可以不约定初级保护器。

3.1.3 等级II（设备）（CLASS II (equipment)）[IEC 60065]：不仅依靠基本绝缘进行防电击保护，而且还包括附加安全保护措施（如双重绝缘或加强绝缘）的设备，该类设备既不依靠保护接地，也不依赖于安装条件。

3.1.4 耦合元件（coupling element）：耦合元件是一个在电涌条件下用于将电涌发生器连接到受试端口或将未测端口对地耦合的低阻抗元件。

3.1.5 用户驻地设备（customer premises equipment (CPE)）：旨在直接连接到用户驻地公共电信网络终端的设备。

3.1.6 解耦元件（decoupling element）：解耦元件是一个具有合适的阻抗以减小传导进入辅助设备和终端的电涌幅值的元件。

3.1.7 专用馈电（dedicated power feed (dpf)）：专用馈电是由离开建筑物的专用电信电缆提供的馈电，排他地用于提供馈电。参见第3.1.23节。

3.1.8 外部电缆终结点 (external cable termination point) : 外部电缆终结并连接到建筑物布线的点。

注一 如果需要, 这也是SPD的安装点。

3.1.9 折返保护装置 (foldback protection device) : 这种箝位型限压器利用晶体管动作来产生重入或“折返”特性。

3.1.10 大电流输送保护元件 (high current carrying protection components) : 大电流输送保护元件是一种被设计为一旦作用时可将电涌能量从被保护电路传导或转换掉的SPD。大电流输送保护元件主要用作初级保护器元件, 但在一些情况下可与设备集成在一起作为固有保护措施。

3.1.11 固有保护措施 (inherent protection) : 固有保护措施是由于其内在特性、特殊设计或适当的保护元件而在设备内提供的保护措施。

3.1.12 接口端口 (interface ports) :

3.1.12.1 外部端口 (external port) : 一个外部端口指的是设备上的某个接口, 它可能受到交流电涌和源自户外电缆的雷击电涌的影响。

注一 第A.2.1节提供了有关端口分类的指南。

3.1.12.1.1 同轴电缆端口 (coaxial cable port) : 该端口连接至一根同轴电缆。

3.1.12.1.2 专用馈电端口 (dedicated power feed port) : 端口连接至一根专用的馈电电缆。

3.1.12.1.3 主电源端口 (mains power port) : 该端口连接至一根提供主电源的电缆。

3.1.12.1.4 对称对端口 (symmetric pair port) : 端口连接至一根带有金属对称对导体的电缆 (参见[b-ITU-T K.46])。电缆可以是屏蔽或非屏蔽的。端口可以连接至一对或多对。

3.1.12.2 内部端口 (internal port) : 一个内部端口指的是设备上的某个接口, 由于进入建筑物接线的感应, 它只受短时感应瞬变的影响。

注一 第A.2.1节提供了有关端口分类的指南。

3.1.12.2.1 直流电源接口端口 (d.c. power interface ports) : 该端口连接至一根电缆, 例如, 提供直流电源的一根屏蔽电缆, 例如, -48 V。

3.1.12.2.2 屏蔽电缆端口 (shielded cable port) : 该端口连接至一根包含同轴电缆的屏蔽电缆。

3.1.12.2.3 非屏蔽电缆端口 (unshielded cable port) : 该端口连接至一根非屏蔽电缆。端口可以连接至一对或多对。

3.1.12.2.4 多端口 (multiple port) : 该术语用于描述具有多种端口类型的设备, 例如, 电源端口和外部对称对端口。

3.1.12.3 系统内端口 (intra-system port) : 用于互连电信中心大楼内同一系统的各设备模块的端口。互连连线由设备制造商控制。

3.1.13 隔离变压器 (isolating transformer) [IEC 60065] : 输入与输出绕组之间带保护隔离的变压器。

3.1.14 绝缘 (insulation) [IEC 60664-2-1] : 电器产品中将不同电位下导电部件予以分开的部分。

3.1.15 绝缘协调 (insulation coordination) [IEC 60664-2-1]: 考虑到预期的微环境和其他影响应力, 电气设备绝缘特性的相互关联。

3.1.16 IT配电系统 (IT power distribution system): IT配电系统与地隔离, 除非有一点可通过阻抗或限压装置接地。设备中需要接地的零部件都在用户驻地中与接地电极连接。

3.1.17 多业务电涌保护装置 (multiservice surge protective device) [IEC 61643-12]: 一种电涌保护装置, 它为单个外壳中的两种或多种业务提供保护, 如电源、电信和信令, 当中, 在电涌条件下为各业务间提供一种参考连接。

3.1.18 初级保护 (primary protection): 防止大部分电涌应力传播到某个指定地点 (最好是建筑物入口点) 以外的手段。

3.1.19 初级保护器 (primary protector): 一个SPD, 用于对该位置 (最好是建筑物入口点) 处的设施实施初级保护, 在该处它将转移大部分电涌电流并防止大部分电涌压力进一步传播到设施中。该SPD必须可接入, 可移开并且要连接到等电位连接上。

3.1.20 正温度系数热敏电阻 (positive temperature coefficient thermistor (PTC)): 热敏电阻, 其特性中有一部分电阻随着温度的升高而增加。本建议书涵盖的PTC热敏电阻通常在较窄的温度范围内表现出急剧的电阻增加。

3.1.21 保护协调 (protection coordination): 为确保设备所有的内部或外部保护元件协同工作, 以限制能量、电压或电流对元件或设备造成损坏而采取的措施。

3.1.22 额定绝缘电压 (rated insulation voltage) [IEC 60664-2-1]: 制造商对设备或其组成部分指配的RMS耐受电压值, 表征有关其绝缘的规定 (长期) 耐受能力。

3.1.23 额定脉冲电压 (绝缘) (rated impulse voltage (insulation)) [IEC 60664-2-1]: 制造商对设备或其组成部分指配的脉冲耐受电压值, 表征有关其绝缘抗瞬时过电压的规定耐受能力。

3.1.24 远程馈电 (remote power feed): 远程馈电指的是一种馈电, 它由对称信号对或者同时用于信号传输的同轴电路的内导体来提供。符合TNV电路要求的远程馈电不属于远程馈电。[b-IEC 60950-1]中提供了有关TNV电路的要求, 第3.1.7节中定义了一种专用馈电 (dpf)。

3.1.25 抗力 (resistibility): 抗力指的是电信设备或装置依据规定的准则、在某个规定的程度上, 承受过电压或过电流效应 (一般而言不造成损坏) 的能力。

注 — 抗力被认为是满足整个电信网络的需求, 即所有类型的网络, 公共的网络和专用的网络, 以及安装在或连接到该网络的任何设备。抗力要求基于以下电磁现象: 雷击、电力线感应、地电位升高和低电压电力线触点。

3.1.26 特殊试验保护器 (special test protector): 它是用于取代约定初级保护器的元件或电路, 用来确定协调效果。特殊试验保护器的限制特性确保试验时设备的输入电压和电流高于运行时的电压和电流, 并确保设备受到了初级保护的防护。

3.1.27 电涌保护器件 (surge protective component (SPC)) [ITU-T K.11]: 电涌保护装置的部件, 在不丧失其保护功能的情况下物理上无法分割的最小构成部分。

注1 — 这是对国际电工词汇[b-IEC 60050-151]中第151-11-21项（组件）定义的修改。

注2 — 保护功能是非线性的，当超过器件的设定阈值时可有效地限制幅值。

3.1.28 电涌保护装置（surge protective device（SPD））：当电涌超出设定水平，可限制指定的单个或多个端口的电压的装置：

- 1) 可加入二级保护功能，如使用电流限制器件来限制终端电流。
- 2) 通常而言，保护电路至少包含一个非线性的电压限制型电涌保护器件。
- 3) 一个SPD是保护电路和固定器的组合。

3.1.29 电信（telecommunication）：是指利用有线、无线、光学或其他电磁系统[IEC 60050-701]，传送、发射或者接收符号、信号、文字、图像和声音或其他任何形式信息的活动。

3.1.30 电信中心（telecommunication center）：是指按照[ITU-T K.27建议书]进行接地和连接的电信设施。

3.1.31 电信网络（telecommunication network）：用于可能位于不同建筑物内的设备之间通信的传输介质。

注1 — 术语“电信网络”是根据其功能来定义的，而不是根据其电气特性。

注2 — 一个电信网络可能是：

- 公有的或专用的；
- 受到因配电系统中大气放电和故障而引起的瞬态过电压的影响；
- 受到周边电力线或电力牵引线引起的永久端口对地（共模）电压的影响。

注3 — 电信网络的例子是：

- 公共交换电话网（PSTN）；
- 下一代网络（NGN）；
- 公共数据网络；
- 具有与上述类似的电接口特性的专用网络。

3.1.32 终结元件（termination component）：终结元件是一个用来模拟将辅助设备连接到受试端口或未测端口的元件。

3.1.33 热敏电阻器（thermistor）：热敏半导体电阻器，其主要功能是电阻将随着主体温度的变化而发生重要变化。

3.1.34 横向（差分）模式电压（transverse (differential) mode voltage）：一组中两个导体或导体对之间给定位置处的电压。

3.1.35 干线网络（trunk network（TNW））：位于两个电信中心之间并提供中心之间通信的电信网络部分。

3.1.36 TT配电系统（TT power distribution system）：TT配电系统具有一个直接接地点，设备上需要接地的零部件在用户驻地连接到接地电极上，该接地电极与配电系统的接地电极无电气连接。

3.1.37 1.2/50-8/20组合波发生器（1.2/50-8/20 combination wave generator（CWG））：发生器产生1.2/50开路电压波形和8/20短路电流波形。

3.2 缩写和首字母缩略语

本建议书使用了以下缩写和首字母缩略语：

a.c.	交流
AE	辅助设备
AN	接入网
ANE	接入网设备
AUX	辅助设备
BN	连接网
CBN	公共连接网
CPE	用户驻地设备
d.c.	直流
DMT	离散多频声
dpf	专用馈电
ECL	电子限流器
ECTP	外部电缆终结点
EPR	地线电位升高
ESD	静电放电
EUT	受试设备
GDT	气体放电管
HV	高电压（交流电压 $> 36\text{kV}$ 且 $< 200\text{kV}$ 的电力线）
IBN	孤立的连接网
ISDN	综合业务数字网
LE	本地交换
LI	线路接口
LT	线路终结
LV	低电压（交流电压 $< 1\text{kV}$ 的电力线）
MDF	主配线架
MET	主接地终端
MOV	金属氧化压敏电阻
MSPD	多业务电涌保护装置
MV	中压（交流电压 $> 1\text{kV}$ 且 $< 35\text{kV}$ 的电力线）
n/a	不可用
NGN	下一代网络
NT	网络终结
PD	受电装置
PoE	以太网供电
POTS	普通老式电话系统

PS	电源
PSE	电源设备
PSTN	公共交换电话网络
PTC	正温度系数热敏电阻
RMS	均方根
ROEP	地电位升高
RSE	远端交换设备
SHDSL	单对高速数字用户线路
SOHO	小型办公室、家庭办公室
SPC	电涌保护元件
SPD	电涌保护器
SLIC	用户线集成电路
SSA	固态避雷器
SSOP	固态过电流保护器
STP	特殊的试验保护器
STP _E	屏蔽双绞线以太网
SW	开关
TCE	电信中心设备
TDD	时分双工
TN-C	配电系统类型
TNV	电信网络电压
TNW	干线网
USB	通用串行总线
UTP _E	非屏蔽双绞线以太网
VDSL	超高速数字用户线路
WLAN	无线局域网
XDSL	任何类型的数字用户线路

3.3 符号

本建议书采用以下符号：

U_c	电涌发生器的直流充电电压
$U_{c(max)}$	电涌发生器的最大直流充电电压
$U_{a.c.(max)}$	交流电压试验的最大交流（开路）电压

4 过电压和过电流条件

本建议书涉及的过电压和过电流包括：

- 由雷击线路设施和在线路设施附近产生的电涌；

- 当过电压或过电流同时出现在几条线路上，共模配线或元件上的大电流；
- 大电流流入装有大电流输送保护元件的设备时，这种元件不需初级保护，是设备的一部分；
- 相邻的电力线或铁道系统的短时间的交流感应电压，通常是当这些线路或系统产生故障时；
- 由电源故障引起的地线电位升高；
- 与通信线路和主电力线路的直接接触；
- 在主电压线路的瞬态电涌；
- 产生在TT配电系统或IT配电系统与电信系统之间的电位差。

5 抗力要求

电信线路、远程（专用）馈电线路和主电力线路受到雷击或电力线实际环境的影响。[ITU-T K.11建议书]中描述了几种程度的影响和保护措施。在论及与金属导体相连的电信设备的抗力要求时，对不同的环境要有不同的抗力要求。一个例子是[b-ITU-T K.66建议书]中描述的不同电力系统。特别是，与建筑物主接地终端（MET）没有任何连接的TT和IT电力系统，导致对MET而言较高的电涌。对主管部门和网络运营商，要从系列产品或产品建议书中选择合适的抗力要求。为减少设备设计方案的数量，此时，在该点上，在产品建议书中，只规定基本的要求和加强的要求。

虽然产品的建议书没有提供特殊的抗力要求，但已经承认，即使加强的抗力要求不足，也可能存在特殊的条件。

有些国家在某些地区可能有不同的电力系统，或者不可能安装初级保护措施。[b-ITU-T K.98建议书]表明，多业务电涌保护装置（MSPD）是保护设备、尤其是并置设备的一种有效方法。为了保护连接至长内部电缆的设备，可能需要使用MSPD来保护内部端口。MSPD可用于此目的。在选择要求时，应牢记该信息。对所有设备使用更高的要求，效果将会更好。

5.1 基本的抗力要求

设备需要适用于低暴露环境，这种需求要通过设备的固有保护来实现。设备同时还要适用于高暴露环境，这要通过设备的固有保护再加上约定的初级保护来实现。依赖绝缘协调的端口可以增加一个约定的、具有较高额定电压承受能力的隔离变压器，而不是约定的初级保护器。

5.2 加强的抗力要求

当基本的抗力要求不足以满足环境条件、国家法规、经济与技术考虑、安装标准或业务等级需求时，网络运营商可要求加强的抗力要求。

何时需要“加强的”抗力水平的例子包括：

- 当电源感应的 I_{Pt} 和地电位升高（EPR）电涌超过 $1 A^2s$ 时。
- 当初级保护器SPD通常不安装时。
- 当用户驻地处的等电位连接难以实现时，例如，连接线长度大于1.5 m。
- 当用户设备具有多种类型的端口时，例如，电源端口+外部电信端口或者电源端口+内部端口。

5.3 特殊的抗力要求

存在因环境条件、国家法规、经济与技术考虑、安装标准或业务等级需求而不足以满足用户驻地之加强的抗力要求的情况。对此，网络运营商可要求特殊的抗力要求。

当以下所有条件共存时，特殊的抗力要求将适用：

- IT或TT电源系统，
- 未按照[b-ITU-T K.66建议书]安装接地和连接，
- 当风险评估要求时，未按照[b-ITU-T K.66建议书]安装初级保护装置，
- 安装MSPD存在困难。

在这种情况下，网络运营商可能需要请求特殊的抗力要求。在第II.6节中提供了一些指南和可能的试验水平。

资料性条款第II.6节包含有关特殊的抗力要求的试验说明和要求。建议按第7节中所述的规定对试验要求进行修改。

6 设备边界

设备的不同类型的变化使得必需将设备看成具有几个端口，像a、b、c、d、e和f等以及E（接地端口）的一个“黑盒子”。可能有的设备已装有保护装置，或装在印制电路板上，或连到设备的端口。为了进行试验，希望制造商能规定“黑盒子”的边界，并且任何保护装置都务必看作设备（街道上立柜内的小交换机、多路复用器、用户驻地设备（CPE）等）的不变部分。设备使用大电流输送保护元件的情况参见第10.1.1节。如果使用辅助的电信线，例如连到延伸设备或作为信号地，这种线应被看作是扩大了受试终端的数目，例如：a、b、c、d、e和f等以及接地E端口。

7 试验条件

7.1 接口端口

7.1.1 端口分类

有三种不同的端口：外部、内部和系统内。

外部端口是：

- 1) 对称对；
- 2) 同轴电缆；
- 3) 专用馈电；

4) 交流主电源。

内部端口是：

- 1) 非屏蔽的对称电缆对；
- 2) 屏蔽的电缆，包括对称的和非对称的屏蔽电缆对和同轴电缆对；
- 3) 浮动的直流电；
- 4) 接地的直流电。

预计电信中心交换系统内的系统内端口将在制造商控制下通过短的电缆或屏蔽的电缆（电缆屏蔽或电缆托架等）来互连。由于这些类型的端口通常不会受到过电压损坏，因此尚未规定要求。

7.1.2 接口端口

端口可连接至不同的电缆类型和不同的服务类型。这在第A.2节中予以解释。

7.2 试验类型

设备最多要执行六种类型的试验，取决于端口类型和设备接地，这些试验是：

- 横向/差分（有关PoE的导体到导体以及对到对）；
- 外部端口对地；
- 外部端口对外部端口；
- 外部端口对内部端口。注意，该试验作为外部端口对地试验的一部分来进行；
- 内部端口对地；
- 内部端口对内部端口。注意，该试验作为内部端口对地试验的一部分来进行。

7.2.1 横向/差分

横向或差分试验应在设备的所有外部端口上进行。试验应在每种终结端口类型的一些未测端口上进行。

7.2.2 外部端口对地

外部端口对地试验应在具有外部端口的所有设备上进行。该试验应在所有终结的未测端口（内部和外部）进行，并且在每种类型的经耦合元件接地的内部接口上按顺序重复进行。

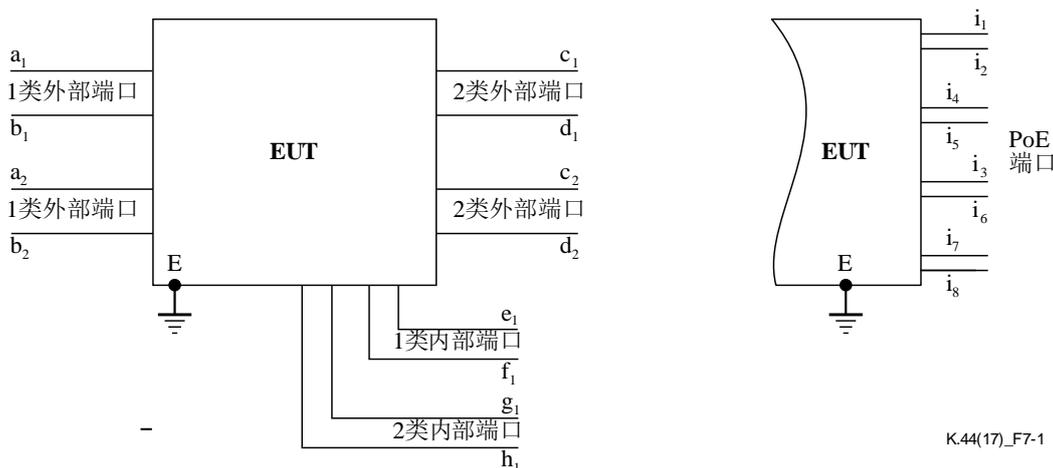
7.2.3 外部端口对外部端口

外部端口对外部端口试验应在具有多个外部端口的设备上进行。当设备设计为对地连接使用，产品建议书规定了进行本项试验时，试验应在所有终端的未测端口（内部和外部）进行，并且在每种类型的经耦合元件对地的外部接口，按顺序重复进行。

必需在外部端口接外部端口试验时考虑将以下作为第2端口：

- 1) 其他线路/受试端口的线对（例如，1类端口的第1对到第2对）；
- 2) 线路/其他类端口的线对（例如，1类端口的第1对到2类端口的第1对）。

试验顺序的示例由图7-1给出。第A.2节包含了一些有关不同端口和试验顺序的例子。



试验顺序例子:

$a_1 - b_1$ (横向/差分试验)

$a_1/b_1 - E$ (外部端口对地试验)

$a_1/b_1 - E, e_1/f_1$ 耦合到E (1个内部端口对地耦合时外部端口对地试验)

$a_1/b_1 - c_1/d_1$, 不连接到E (1个外部端口对地耦合时外部端口到外部端口试验)

$e_1/f_1 - E$ (内部端口对地试验)

$e_1/f_1 - E$ (1个内部端口对地耦合时内部端口对地试验)

$i_1/i_2/i_3/i_6/i_4/i_5/i_7/i_8 - E$ (PoE端口对地试验)

$i_1/i_2/-i_3/i_6/$ or $i_4/i_5/ - i_7/i_8$ (PoE横向/差分供电线对到供电线对试验)

图7-1 – 试验顺序示例

7.2.4 内部端口对地

内部端口对地试验在所有分类为内部端口的内部端口类型上进行（参见第A.2.1节，除非被产品建议书排除在外。该试验在终结的每种端口类型的一些未测端口上进行，并且在每种类型的经对地耦合的内部接口上按顺序进行。

7.3 试验条件

以下条件适用于第10节规定的所有试验:

- 1) 所有试验均为类型试验，要在标准实验室条件下试验，除非系列产品/产品建议书另有规定。
- 2) 设备进行试验的端口应由制造商来确认:
 - 各种单路对称电缆端口，a和b、c和d、e和f等;
 - 各种多路对称电缆端口， a_1 到 a_n 和 b_1 到 b_n 、 c_1 到 c_m 和 d_1 到 d_m 、 e_1 到 e_p 和 f_1 到 f_p 等;
 - 同轴电缆端口，内部和外部;
 - 专用馈电端口，dpf1和dpf2等;
 - 市电电源端口，L1、L2、L3和N; 以及
 - E用于指定名义上连接至安全地线的设备上的那个点。请注意，在某些试验配置中，该点将不连接至安全地线。

试验方案上标注的部件是:

- 发生器返回/地线用于指定连接至安全地线的公共参考点。这种与安全地线的连接在某些情况下可通过试验发生器。

- EUT参考条用于指定EUT的连接条。
- 3) 试验必须在设备运行状态下进行，只有在电源接触试验时例外。注意，如果进行电源接触试验未接供电的设备，不能对试验结果产生影响。设备应在任何长时间的运行状态下进行试验，参见第A.2.4节。为了证明合规性，设备可能需要在受试和未测的端口终结时进行试验，并且未测的端口要对地耦合，参见第A.5节和第I.1.5节。注意，对于以太网端口试验，设备在加电条件下进行电涌试验，但未连接至某个局域网。在电涌和任何绝缘电阻试验后，受试的设备性能通过连接的局域网进行验证。
 - 4) 受试和未测端口的终端包括：辅助设备，例如，线路接口、线路终端、网络终端、用户驻地设备、电源、模拟器和无源终端。如不需要连接辅助设备就可以证实受试设备可承受试验电压，就可不连接辅助设备进行试验。可能存在不同的终端，例如具有或没有初级保护，这些终端需要参考第I.1.5节考虑。解耦元件被用来防止辅助设备或终端的电涌损坏。
 - 5) 为确定设备满足特定的可接受的性能判据，有必要对相同类型的未测端口和不同的接地进行有限次数的试验。按照下面第7)点和第8)点的要求使用耦合元件对适当的端口接地。
 - 6) 横向/差分试验应使用每种类型端口的至少一个端口进行终结，但内部端口除外。
 - 7) 外部端口接地试验必须在未测端口不对地耦合并且每种类型的内部端口顺序对地耦合时进行。
 - 8) 外部端口接外部端口试验必须在每种类型的外部端口进行，包括相同类型的一个端口，按顺序对地耦合。
 - 9) 每次试验必须按系列产品和产品建议书中指出的次数进行。雷击电涌试验的极性应在连续的电涌之间倒换。在相同端口上的连续试验的时间间隔应该是大致1分钟。如果需要确定设备满足电涌时间超过1分钟的特定的接受判据，就要进行长时间间隔的试验。例如在正常运行温度将所有电涌加到正温度系数元件上时，证实设备可通过试验。
 - 10) 当在两个终端之间进行横向/差分试验时，其中1个终端必须连接到电涌发生器，另1个终端必须连接对地。再将2个终端变换位置重复进行试验。
 - 11) 电力线感应试验应在电力线系统或电气化铁路系统使用该国家规定的频率下进行。
 - 12) 在所有规定了最大电压、电流或 I_2t 的情况下，试验要在低值下进行，以确认设备在不超过规定的最大值的情况下对任意电压、电流或 I_2t 满足规定的验收准则。确认设备符合电压低于 $U_c(\max)$ 要求时，可以使用下面描述的两种方法之一进行：
 - 使用保护元件的知识。第I.1节举例说明了如何在特定试验点上进行雷击和电源感应试验，以确保设备符合产品建议书的要求。如果试验只在最大值下进行，则应在试验报告中给出原因，例如，设备不包含开关型次级保护器。

- 使用[b-IEC 61643-21]中所述的设定试验等级。如果使用该方法，则应在 $U_{c(max)}$ 的20%、30%、45%、60%、75%、90%和100%下进行试验。

在产品建议书允许减少试验的情况下，例如，电源接触试验，应执行尽可能多的试验，以便确认设备符合规定的验收准则。

注 – 需在试验时考虑的特殊元件包括：初级保护器、交换或反馈型固有保护器、正温度系数元件和保险丝。

使用保险电阻器时，要在一定范围的试验电平内进行试验，以确保最坏的情况得到试验。

- 13) 如果认为或已知保护器出现了降级，则可使用新的初级保护组件（特殊的试验保护器或约定的初级保护器）。
- 14) 如果组件的特性可能会有很大的变化，而这些变化会影响设备的抗力水平，例如，PTC的耐寒性可能在如2-7 Ω 之间变化，那么应该在设备上使用最差情况下的组件进行试验，或者通过使用可达成目标的任何其他方法进行试验。最差情况下的组件是导致设备呈现最低抗力水平的组件。
- 15) 为确认设备满足特定的验收准则，必需使插卡在一个或多个卡口槽中进行试验。
- 16) 对单个端口的试验，如果一个卡口有两个或多个同样的端口，则只需要试验一个端口。

7.4 试验方案

参考附件A。

8 保护的协调

8.1 概述

对设备安装在多暴露环境的情况，对连接到外部金属导体的端口，常用的保护措施是使用气体放电管（GDT）、固态避雷器（SSA）或金属氧化物压敏电阻（MOV）等初级保护器。插入初级保护器的最佳位置是建筑物、屏蔽室或设备机房的边界。虽不可能都做到，但要尽量尝试将初级保护器放在靠近电缆进入建筑物、屏蔽室或设备机房的地方。这些初级电涌保护器的特性应符合[ITU-T K.12建议书]、[ITU-T K.28建议书]或[IEC 61643-12]的要求。

为了保证设备与初级保护器的兼容性，需要进行初级保护协调。依靠隔离变压器阻断纵向/共模电压电涌的以太网初级保护不会像SPD那样将电流转移至地面。该类型的以太网保护器最好靠近它所保护的端口放置。

8.2 雷击

为了实现抗雷击电涌的保护协调，务必具备以下条件：

- 当发生器电压低于系列产品或产品建议书规定的电压 $U_{c(max)}$ 时，设备的固有保护务必在使约定的初级保护器产生动作的电压之内提供保护。
- 在该电压与发生器电压 $U_{c(max)}$ 之间，初级保护器务必产生动作并保护设备。

- 设备务必符合系列产品或产品建议书规定的验收准则。
- 雷击电涌协调试验使用一个特殊的试验保护器（参见第8.4节），而非初级保护器，以便在试验期间时间一个安全因子。该安全因子包括：最大初级保护器电压、设备组件容差、试验样本数量以及多重脉冲的影响。当发生器电压等于系列产品或产品建议书规定的 $U_{c(max)}$ 时，特殊的试验保护器务必发挥作用。当然，当值小于 $U_{c(max)}$ 时，特殊的试验保护器也可以发挥作用。
- 依靠隔离变压器以阻断纵向/共模电压电涌的以太网初级保护器应具有大于最大预期电涌电压的额定脉冲电压。如第II.8.5节所述，这种保护装置的耐脉冲电压不一定等于端口和保护器耐受力的总和。

8.2.1 开关型初级SPD保护器

对带有约定的协调保护的试验，当 U_c 低于系列产品/产品建议书规定的最大电平，第8.4.1节规定的特殊试验保护器被启动，使用开关型SPD可实现保护协调，设备符合系列产品/产品建议书规定的准则。

8.2.2 箝位型初级SPD保护器

当协调试验使用最大试验电压和电流时，初级SPD导通最大电流，使用第8.4.2节规定的特殊试验保护器，箝位型SPD可实现保护协调，设备符合产品建议书规定的准则。

8.3 电力线感应、地线电位升高和电力线接触

因电力线错误接地而引起的对电力线感应、地线电位升高的保护是通过设备的固有保护或者固有保护与约定的初级保护的结合来实现的。

对电力线接触的保护是通过设备的固有保护来实现，除非设备设计为始终与初级保护一起使用。在这种情况下，保护由固有保护和约定的初级保护的结合来提供。

当固有过电压保护启动时，某些设备的a和b输入端的对地输入阻抗可能是低阻抗。在这种情况下，当电力线感应时流入的电流引起的对地阻抗电压可能太低，启动不了初级保护。如果初级保护未启动，则内热可能损坏设备。

试验应该在导致过电压保护器电压恰好低于其极限电压阈值的交流电平上进行。初级保护器和任何次级保护器上的这些条件都应使设备功耗和温升最大化。

8.4 特殊试验保护器

特殊试验保护器必须与约定的初级保护器具有相似的特性。

8.4.1 开关型保护器

寿命试验后，特殊试验保护器的直流工作电压必须等于约定的协调保护规定的最大直流工作电压的1.15倍，这个启动电压的容差是 $\pm 5\%$ 。它也应与约定的初级保护器有相似的脉冲与直流工作比。制造商可以使用具有较高工作电压的特殊试验保护器。

8.4.2 箝位型保护器

特殊试验保护器的箝位电压必须等于约定的初级保护器规定的最大箝位电压的1.15倍。这个箝位电压的容差是±5%。制造商可使用具有较高工作电压的特殊试验保护器。

8.4.3 多级模块

当初级保护器是多级模块时，使用第8.4.1节和第8.4.2节的元件组成的特殊的试验模块来代替初级保护器。

8.5 选择约定的初级保护器

试验机构或实验室需要给予被测设备“约定的”初级保护器的特性，以便它们可以选择特殊的试验保护器c。[ITU-T K.12建议书]中包含关于如何选择“约定的”GDT初级保护器的信息。

9 验收准则

有两条验收准则是公认的：

- 验收准则A — 设备应经受得住试验而不损坏，并且在试验之后应在制造商规定的性能限值内工作，而运营商或用户无需重新启动设备、执行软件或硬件重置或者移除印刷电路卡。试验不得影响设备其他硬件和软件部分的连续操作，但允许性能的暂时降低。不过，用户可能需要重新启动某项服务，例如，重新创建呼叫或重新启动下载。应确保设备的所有组件（端口、处理器单元、显示器、WLAN等）在电涌后仍能无任何限制地继续运行。

过电流保护操作可能会暂时禁用某些端口的操作。在保护复位后，服务可能不会立即变得可用，例如，可能需要进行再训练。预计所有的端口应在几分钟内具备正常功能。

如果电力线接触试验在设备未通电的情况下进行，则不得影响试验结果。试验后，系统应在规定的性能限值内运行。

- 验收准则B — 试验不得引起设备火灾；尤其是：
 - 若出现火焰，它不得传播到设备之外；以及
 - 设备不得排放热材料，例如，熔融金属。

如发生任何损坏，应只限于设备的一小部分。

可以使用一个粗棉布指标。在这种情况下，试验不得通过点燃、炭化、强力排出碎片或熔融材料来破坏粗棉布的结构完整性。

10 试验

试验发生器、试验电路、耦合和解耦元件以及端口终端在附件A中给出。

说明试验计划的一些考虑在附录I中给出。设备对电涌的反应可能受到设备的输入阻抗的影响。为了解释这种作用，附录I包含了一个实际电路和电路中不同点的电压瞬时电平的实例来说明输入阻抗的作用。这些数值仅用于说明，而不属于本建议书的一部分。

试验考虑的端口类型如表1中所示。远程馈电电信电路与信号端口共享同一个端口。
根据设备的不同，PoE端口可以供电或受电。10/100 Base T可以使用备用对或信号对。

表1 – 端口类型

端口类型		试验类型	示例
外部	对称线对	雷击	模拟用户接口
		电力线感应和地线电位升高	ISDN基本速率接口 远程馈电电路
		主电源接触	xDSL接口
	同轴电缆	雷击	ISDN初级速率接口 远程馈电电路
		电力线感应和地线电位升高	
	专用馈电（直流、交流）	雷击	光网络单元/终端馈电接口
		电力线感应和地线电位升高	
	交流主电源	雷击	交流主电源
		地线电位升高和中线电位升高	
内部	未屏蔽电缆	雷击	
	屏蔽电缆（包括同轴电缆）	雷击	
	直流电源接口	雷击	

以太网端口对在“Smith”终端网络中具有共同组件，并且具有自适应功能，具体取决于LAN数据速率。以太网端口在所有线对同时施加电涌的情况下进行试验。PoE端口是一种特殊的情况，并且具有独特的横向/差分试验，其中电涌应用于馈送和返回供电对。

适用的试验由表2给出。端口类型栏中给出的数字，如第10.1.2节，数字指的是正在讨论本试验的本建议书中相应的小节。“n/a”表示不适用。“正在研究”一词表示ITU-T仍在研究该试验。

术语“横向/差分”“端口至地”或“端口至外部端口”指的是电涌是否横向地/差分地（即线至线、线至屏蔽层或以差分模式）、端口至地线地（线至地或以共用模式）或者端口至外部端口地（带地线参考浮动的端口至端口）施加。

术语“单个”或“多个”指的是试验线对的数目。对单线对外部或内部端口（单线对端口）上的试验，电涌试验只在该线对上进行（参照图A.2-6）。

如果有相同类型的不同外部端口，则同时在该端口类型的规定数量线对上重复进行电涌试验（仅限雷击），参见图A.2-6。

对于带有多线对（多对端口）的外部端口的试验，电涌试验施加于每对试验端口上，参见图A.2-7。

然后同时在该端口的指定数量线对上重复电涌试验（仅限雷击），参见图A.2-7。

对具有由不同接口类型组成的外部端口的产品进行试验，每个端口都连接到单个线对或多个线对，对于单线对端口的试验，电涌试验将施加于每个线对，参见图A.2-8。

然后同时在指定数量的线对上重复电涌试验（仅限雷击），参见图A.2-8。

对具有单个线对或多个线对的内部端口的电涌试验，电涌试验（仅限雷击）同时施加于该端口的所有线对，参见图A.2-9。

第A.2节给出了更多的信息和例子。

表2a – 外部端口适用的试验

试验类型	同时试验的线对数量	试验模式	初级保护	端口类型			
				对称端口	同轴电缆端口	专用馈电端口	主电源端口
雷击电压	单个	横向/差分	不需要	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1
		端口对地	不需要	10.1.1.1	n/a	10.3.1	10.4.1
		端口对外部端口	不需要	10.1.1.1	n/a	10.3.1	10.4.1
		横向/差分	需要	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1
		端口对地	需要	10.1.1.1	n/a	10.3.1	10.4.1
		端口对外部端口	需要	10.1.1.1	n/a	10.3.1	10.4.1
	多个	端口对地	不需要	10.1.1.2	n/a	n/a	n/a
		端口对外部端口	不需要	10.1.1.2	n/a	n/a	n/a
		端口对地	需要	10.1.1.2	n/a	n/a	n/a
		端口对外部端口	需要	10.1.1.2	n/a	n/a	n/a

表2a – 外部端口适用的试验

试验类型	同时试验的 线对数量	试验模式	初级保护	端口类型			
				对称端口	同轴电缆端口	专用馈电端口	主电源端口
雷击电流	单个	横向/差分	不需要	n/a	10.2.2	n/a	n/a
		端口对地	不需要	10.1.2	n.a	10.3.2	n/a
		端口对外部端口	不需要	10.1.2	n.a	10.3.2	n/a
		横向/差分	需要	n/a	10.2.2	n/a	n/a
		端口对地/屏蔽	需要	n/a	10.2.3	n/a	n/a
		端口对外部端口/ 屏蔽	需要	n/a	10.2.3	n/a	n/a
	多个	端口对地	不需要	10.1.2	n.a	n/a	n/a
		端口对外部端口	不需要	10.1.2	n.a	n/a	n/a
电力线感应和 /或地线电位 升高	单个	横向/差分	不需要	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n/a
		端口对地	不需要	10.1.3	n/a	10.3.3	10.4.2 正在研究
		端口对外部端口	不需要	10.1.3	n/a	10.3.3	10.4.2 正在研究
电力线感应与 /或地线电位 升高	单个	横向/差分	需要	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n/a
		端口对地	需要	10.1.3	n/a	10.3.3	正在研究
		端口对外部端口	需要	10.1.3	n/a	10.3.3	正在研究

表2a – 外部端口适用的试验

试验类型	同时试验的线对数量	试验模式	初级保护	端口类型			
				对称端口	同轴电缆端口	专用馈电端口	主电源端口
中线电位升高	单个	端口对地	不需要	n/a	n/a	n/a	10.4.3
		端口对外部端口	不需要	n/a	n/a	n/a	10.4.3
主电源接触	单个	横向/差分	不需要	10.1.4	n/a	10.3.4	n/a
		端口对地	不需要	10.1.4	n/a	10.3.4	n/a
		端口对外部端口	不需要	10.1.4	n/a	10.3.4	n/a

表2b – 内部端口适用的试验

试验类型	初级保护	端口类型			
		未屏蔽电缆	屏蔽电缆	浮动直流电源接口	接地直流电源接口
雷击电压	不需要	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4

10.1 外部对称线对端口

10.1.1 雷击电压

对带有大电流输送保护元件的设备，不需要初级保护，以下是适用的：

- 如元件是可移走的，使用第6节的例外情况，移走该元件，用特殊的试验保护器来替代做协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商必须提供试验报告来说明使用特殊的试验保护器来做协调试验。

10.1.1.1 单个线对

单个端口的雷击试验是检查设备的每个端口具有所需的抗过电压水平。横向/差分、端口对地和端口对外部端口试验都要进行。结合信号和电源的PoE端口施加横向/差分试验于快点和返回供电线对。

10.1.1.2 多个线对/端口

多个线对/端口雷击电涌试验是检查当n个线对或端口同时发生过电压电涌时，它可产生大电流流入共模元件或设备部分，设备具有所需的抗力水平。

同时试验的线对或端口的百分比由系列产品或产品建议书规定。

端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

在设备没有SPD接地的情况下应该小心。设备输入端的电压不应超过单个端口试验 $U_{c(max)}$ 。

10.1.2 雷击电流

过电压试验是检查当大电流输送保护元件安装在设备内不安装初级保护器时，设备具有所需的固有抗力电平。这个试验还检查大电流保护器对带有连接器和印刷电路等的设备整体的协调情况。过电流试验在系列产品或产品建议书中规定。

当对多条导线进行试验时，应注意确保每条导线上的电流相等。特别要注意的是要确保一个或多个保护器的运作不会影响其他保护器的运作。

端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

10.1.3 电力线感应和地线电位升高

横向/差分、端口对地和端口对外部端口试验都要进行。

如设备具有承受大电流保护的元件，就不需要初级保护，按照下面方法进行试验：

- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊试验保护器来替代做固有保护和协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商务必提供试验报告来说明使用特殊试验保护器来做固有保护和协调试验。

10.1.4 主电源接触试验

横向/差分、端口对地和端口对外部端口试验都要进行。如设备具有承受大电流保护的元件，就不需要初级保护，按照下面方法进行试验：

- 由制造商提供保护试验。确保整个试验期间保护都起作用。这可能要求选择一条有低启动电压的保护器线路。如果满足下列一个或多种情况，不必确保保护运行：
 - 设备制造商在设备设计期间已经选择了保护器启动电压以便保护器不会为电源接触运作。
 - 设备输入阻抗在设备的输入端防止电源接触电压超过保护器类型规定的最小启动电压。
- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用（设备边界），移走该元件，用特殊的试验保护器来替代（见第8.4节），并重复进行试验。

如果这一元件是不可移动的，制造商务必提供一个试验报告来表明，在设计试验期间，启动电压等于规定的最小直流启动电压时，对保护器的试验重复进行。

10.2 外部同轴电缆端口

10.2.1 雷击电压

雷击电压试验施加于差分模式。

对带有大电流输送保护元件的设备，不需要初级保护，以下是适用的：

- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊的试验保护器来替代固有试验和协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商必须提供试验报告来说明使用特殊试验保护器来做固有试验和协调试验。

雷击试验是检查设备的端口具有所需的抗过电压水平。试验适用于内导体。设备在现场安装后进行试验，例如，如果端口与电涌保护器之间正常连接了任何组件，则在电涌试验期间应将这些组件安装到位。

10.2.2 雷击电流差分

雷击电流试验施加于差分模式。

过电流试验是检查当大电流输送保护元件安装在设备内不安装初级保护器时，设备具有所需的固有抗力电平。这个试验还检查大电流保护器对带有连接器和印刷电路等的设备整体的协调情况。过电流试验在系列产品或产品建议书中规定。

10.2.3 雷击电流屏蔽试验

雷击电流试验施加于屏蔽。

过电流试验检查屏蔽与设备机架/接地之间的连接是否足以导流现场可能发生的高水平电涌电流。过电流试验在系列产品或产品建议书中规定。

端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

10.2.4 地线电位升高

地线电位升高试验适用差分模式。

如设备具有承受大电流保护的元件，就不需要初级保护，按照下面方法进行试验：

- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊的试验保护器来替代做固有试验和协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商务必提供试验报告来说明使用特殊试验保护器来做固有试验和协调试验。

10.3 外部直流和交流专用馈电端口

10.3.1 雷击电压

雷击试验是检查设备的每个端口具有所需的抗过电压水平。横向/差分、端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

对带有大电流输送保护元件的设备，不需要初级保护，以下是适用的：

- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊的试验保护器来替代固有试验和协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商必须提供试验报告来说明使用特殊试验保护器来做固有试验和协调试验。

10.3.2 雷击电流

过电压试验是检查当大电流输送保护元件安装在设备内不安装初级保护器时，设备具有所需的固有抗力电平。该试验还检查大电流保护器对带有连接器和印刷电路等的设备整体的协调情况。过电流试验在系列产品或产品建议书中规定。端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

10.3.3 电力线感应和地线电位升高

横向/差分、端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

如设备具有承受大电流保护的元件，就不需要初级保护，按照下面方法进行试验：

- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊的试验保护器来替代做固有试验和协调试验，见第8.4节。
- 如元件是不可移走的，用提供的保护做所有的试验，在设计试验期间，制造商务必提供试验报告来说明使用特殊试验保护器来做固有试验和协调试验。

10.3.4 主电源接触

横向/差分、端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。如设备具有承受大电流保护的元件，就不需要初级保护，按照下面方法进行试验：

- 由制造商提供保护试验。确保整个试验期间保护都起作用。这可能要求选择一条有低启动电压的保护器线路。如果满足下列一个或多种情况，不必确保保护器运行：
 - 设备制造商在设备设计期间已经选择了保护器启动电压以便保护器不会为电源接触运作。
 - 设备输入阻抗在设备的输入端防止电源接触电压超过保护器类型规定的最小启动电压。
- 如元件是可移走的，第6节的一个例外适用，移走该元件，用特殊的试验保护器（见第8.4节）来替代，重复试验。

如元件是不可移走的，在设计试验期间，制造商必须提供试验报告来说明使用特殊保护器来做重复试验，该保护器的启动电压等于规定的最小直流启动电压。

10.4 外部交流主电源端口

10.4.1 雷击电压

横向/差分、端口对地和端口对外部端口的试验都得执行。

已知电源使用的初级保护器SPD存在3种类型：

- 1) 箝位型保护器（MOV）型；
- 2) 开关型保护器（火花隙）；
- 3) 两者的结合。

因为这些SPD具有不同特性，制造厂可能需要检查这种设备是否与所有三种类型的SPD的协调。

10.4.2 地线电位升高

ITU-T正研究当高电压（HV）接地故障发生在向设备供电的分站时，这时地线电位升高，检查设备抗力的试验的必要性。

10.4.3 中线电位升高

这项试验仅用于当网络运营商提出要求时，并且中线不连接到保护地（例如：某个TT或IT供电系统）。这种配置的1个实例在II.5节给出。

10.5 内部端口

10.5.1 未屏蔽电缆

雷击电压试验是检查设备端口具有所需的抗过电压水平。只做端口对地试验。

10.5.2 屏蔽电缆

雷击电压试验是检查设备端口具有所需的抗过电压水平。只做端口对地试验。

10.5.3 浮动直流电源接口

雷击电压试验是检查设备端口具有所需的抗过电压水平。只做端口对地试验。

10.5.4 接地直流电源接口

雷击电压试验是检查设备端口具有所需的抗过电压水平。只做端口对地试验。

附件A

试验方案

(此附件是本建议书不可分割的组成部分。)

A.1 引言

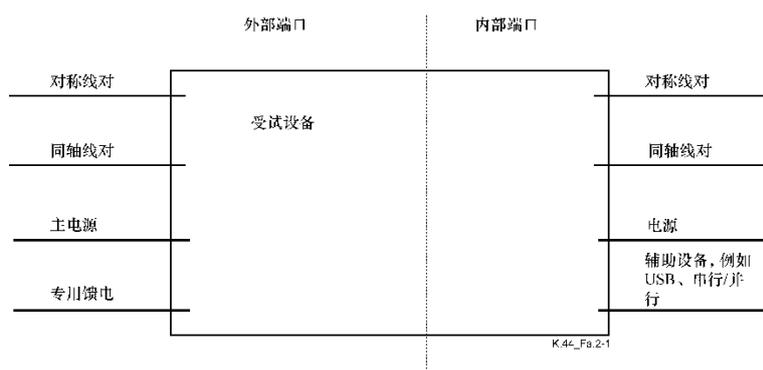
设备需要在所有相似的状况和条件下进行试验。这意味着试验表中每一列规定的试验都需要执行很多次。

为了确保试验实验室和制造商所进行的试验的可重复性，需要确保试验执行的一致性。以下是发生器电路、耦合、解耦、驱动电路和未测端口的终端以及受试设备（EUT）的连接。

A.2 设备

A.2.1 设备端口

多端口是用于描述具有多种类型端口的设备的术语，例如，电源端口和外部对称线对端口。多端口设备的可能端口如图A.2-1所示。



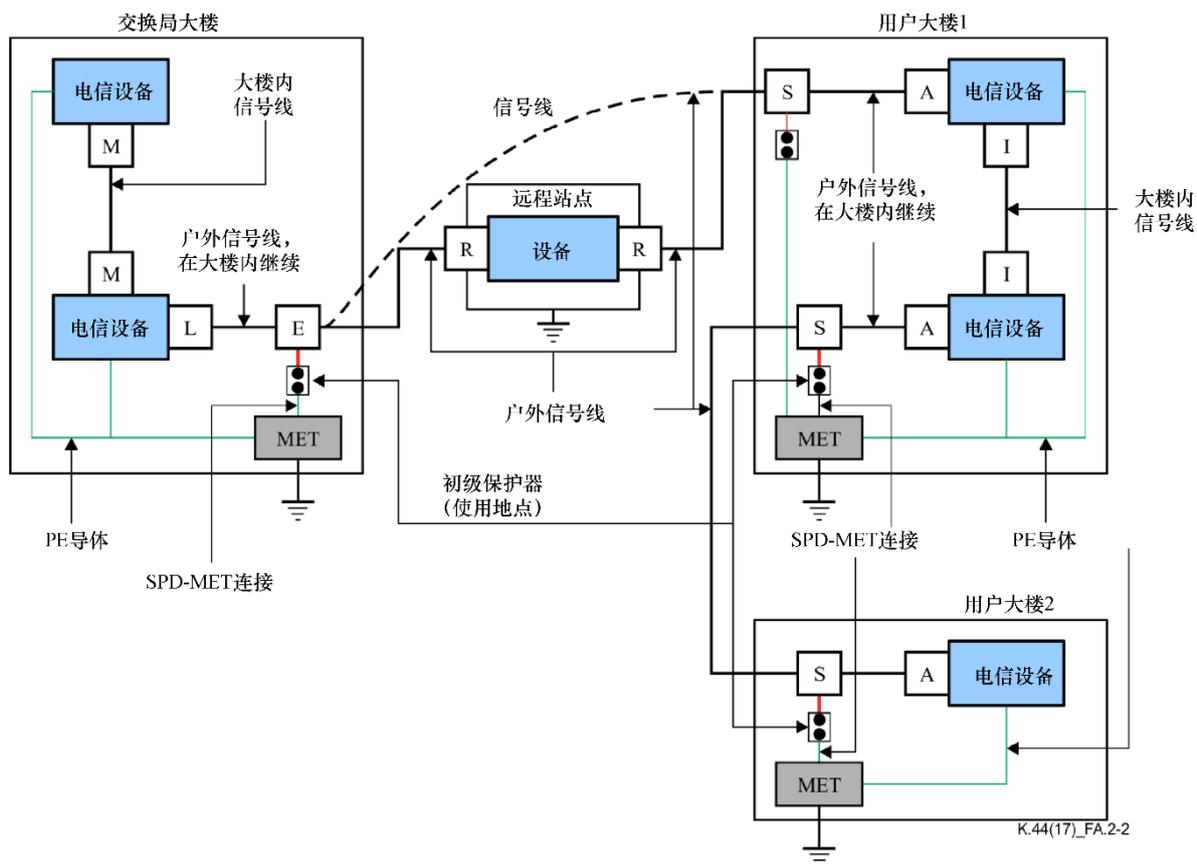
注1 并非所有端口都要试验，但必须适当终接阻抗。

注2 本图中，外部接口指的是连接到离开建筑物的电缆端口，内部接口指的是与电缆端口。

K.44(17)_FA_2-1

图A.2-1 – 多端口设备

图A.2-2显示了设备端口的分类情况。



图A.2-2 – 外部和内部端口的分类

表A.2-1对各节点做了描述。

表A.2-1 – 节点描述

节点	描述
L	交换局大楼内设备接口与外部电缆之间的转变点
E	交换局大楼的入口，如主配线架（MDF）
R	线路与远程站点内设备之间的转变点
S	外部电缆终结点
A	用户大楼内设备接口与外部电缆之间的转变点
M	交换局大楼内设备接口与内部电缆之间的转变点
I	用户大楼内设备接口与内部电缆之间的转变点

有必要考虑外部端口、内部端口和系统内端口之间的区别。

如果以下两种情况适用，则设备端口只能归类为系统内端口：

- 端口通过电缆连接到同一系统的设备内端口；以及
- 根据设备制造商的指示安装电缆。

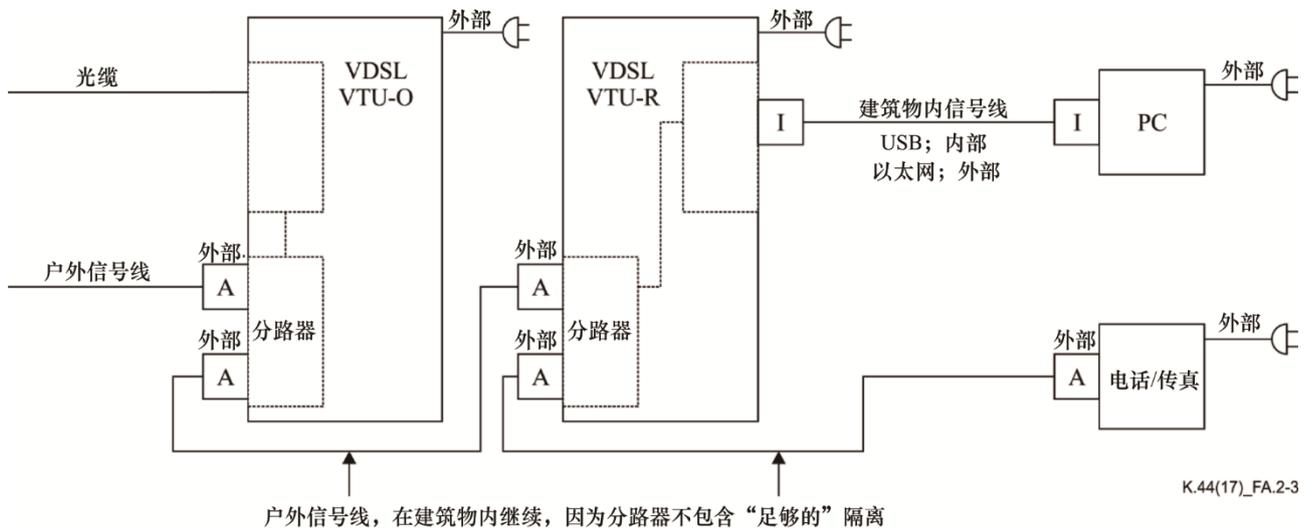
如果以下所有情况适用，则设备端口只能归类为内部端口：

- 它仅连接到建筑物内的电缆；
- 电缆连接到相关设备的内部端口；

- 设备和相关设备具有相同的接地参考或设备是浮动的；
- 端口不会连接到相关设备的外部端口；
- 端口不提供客户可扩展至附属建筑物的服务（例如，POTS、以太网或视频端口）；
- 端口不会通过其他设备（例如，通过分路器）与离开建筑物的电缆有导电性的连接。

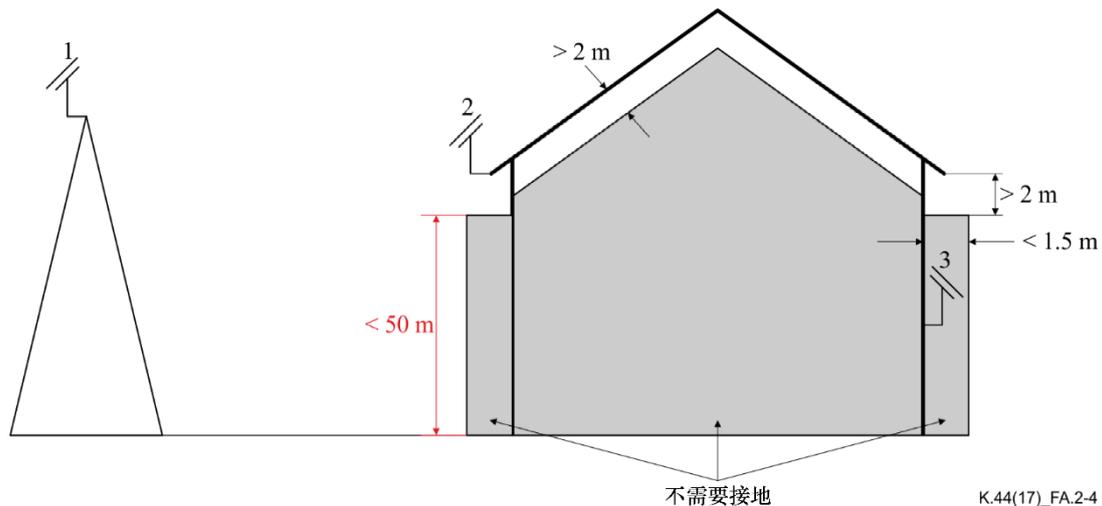
任何不符合系统内端口或内部端口要求的端口都是外部端口。

图A.2-3所示是端口分类的一个例子。



图A.2-3 – 端口分类的例子

设备上的天线端口需要根据天线的位置和设备的预期用途进行分类。如果设备只连接至安装于固有保护位置上的天线，即图A.2-4中的阴影区域，则天线端口可以归类为内部端口。完整的天线和所有的天线电缆都必须适配并安装到受保护区域内。如果端口可以连接至安装于暴露位置上的天线，例如，天线位置1和天线位置2，则天线端口应被分类为外部端口。如果不清楚天线的安装位置，则最好保守一点，并将天线端口归类为外部端口。



图A.2-4 – 天线端口的分类

对称线对端口可以具有单对或多对。设备可以具有相同或不同类型的多个端口。

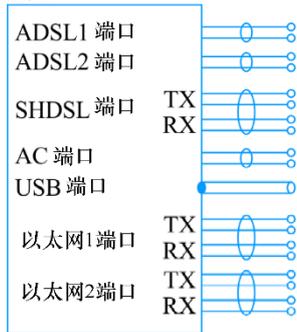
端口可以连接到成对的电缆、非屏蔽的电缆或者包括同轴电缆的屏蔽电缆，并且可以连接到不同的业务类型，包括交流电端口、ADSL端口、单对高速数字用户线（SHDSL）端口和以太网端口等。

不同端口的示例如图A.2-5至图A.2-9所示。

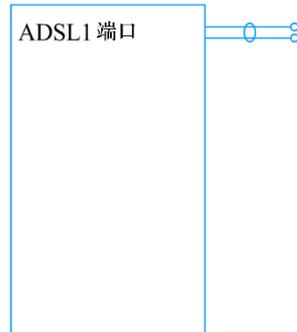
上面的端口类型也有一个结构，它们是：

- 端口类型：连接到具有特定功能的接口的端口。该连接可以由一对、多对、一个或多个同轴或屏蔽电缆等组成，例如，交流电端口、ADSL端口、SHDSL端口、以太网端口。
- 单对端口：连接到单个对称线对的特定类型的端口，例如，ADSL端口。
- 多对端口：特定类型的端口，其中该端口连接到多个线对，例如，具有一个TX对和一个RX对的SHDSL、具有4个TX/RX对的Gbit以太网端口。
- 多对端口：不同端口类型的端口，其中每个端口连接到一对或多对，例如，多个ADSL端口、多个SHDSL端口。

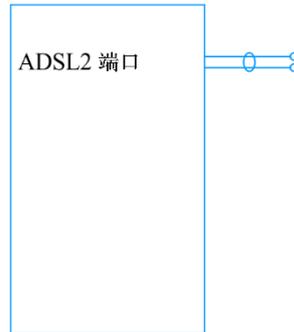
定义



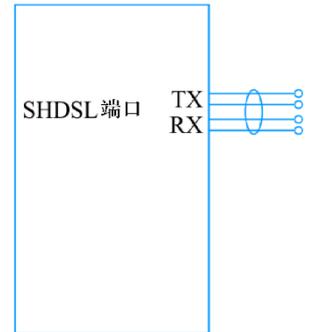
不同“端口类型”的例子：
ADSL、AC、USB、
SHDSL、以太网



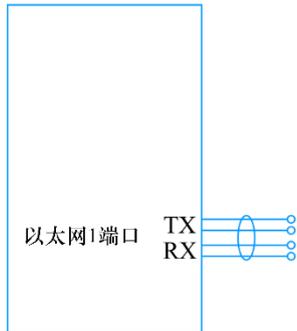
一个“单对端口”的例子：
ADSL1



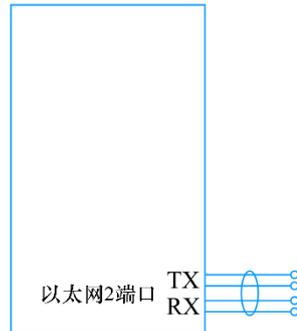
另一个“单对端口”的
例子：ADSL2
(相同端口类型)



一个“多对端口”的
例子：SHDSL



另一个“多对端口”
的例子：以太网1
(不同端口类型)



另一个“多对端口”的例子：
以太网2
(相同端口类型 (如以太网1))

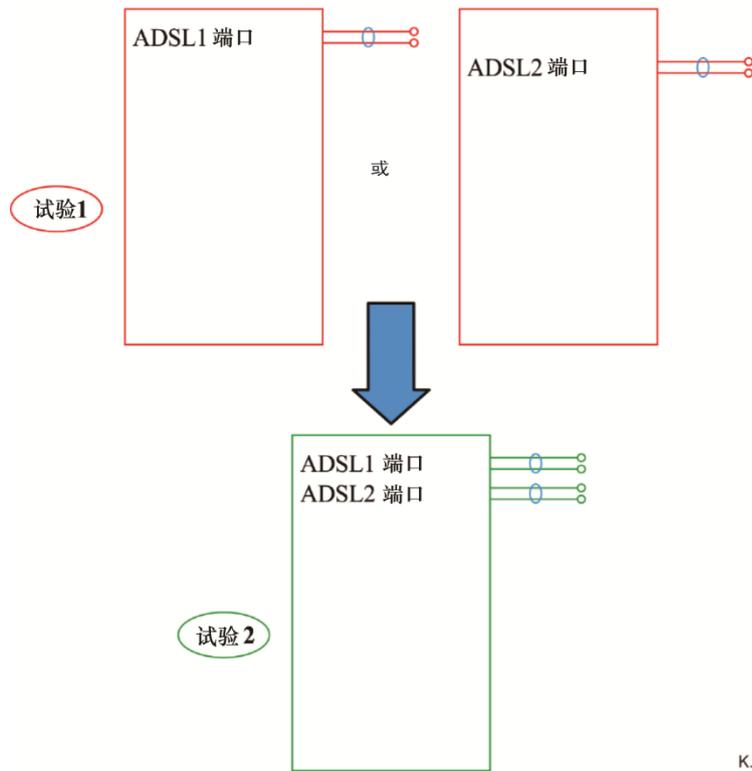


“多对端口”的例子：
ADSL1、ADSL2、
SHDSL、以太网1、以太网2

K.44(17)_FA.2-5

图A.2-5 – 设备端口的例子

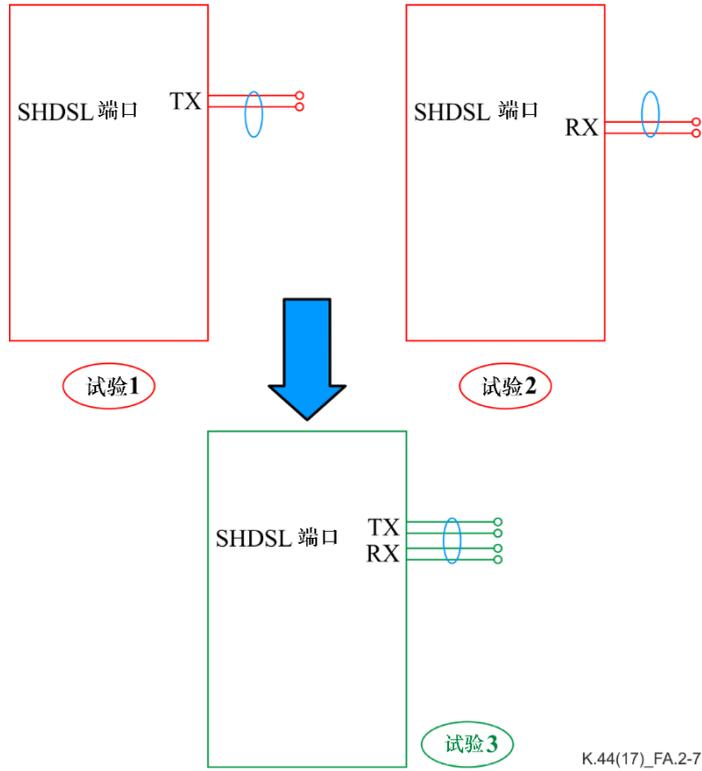
对于具有单线对的外部或内部端口（单线对端口），上的试验，将对该线对施加电涌试验（试验1）。
 如果存在相同类型的不同端口，则同时在指定数量的该端口类型线对上重复进行电涌试验（仅对雷击）（试验2）。



注1 - 试验在第10节中规定。
 注2 - 本图中的试验主要适用于具有大量ADSL端口的线卡。

图A.2-6 – 设备端口的例子

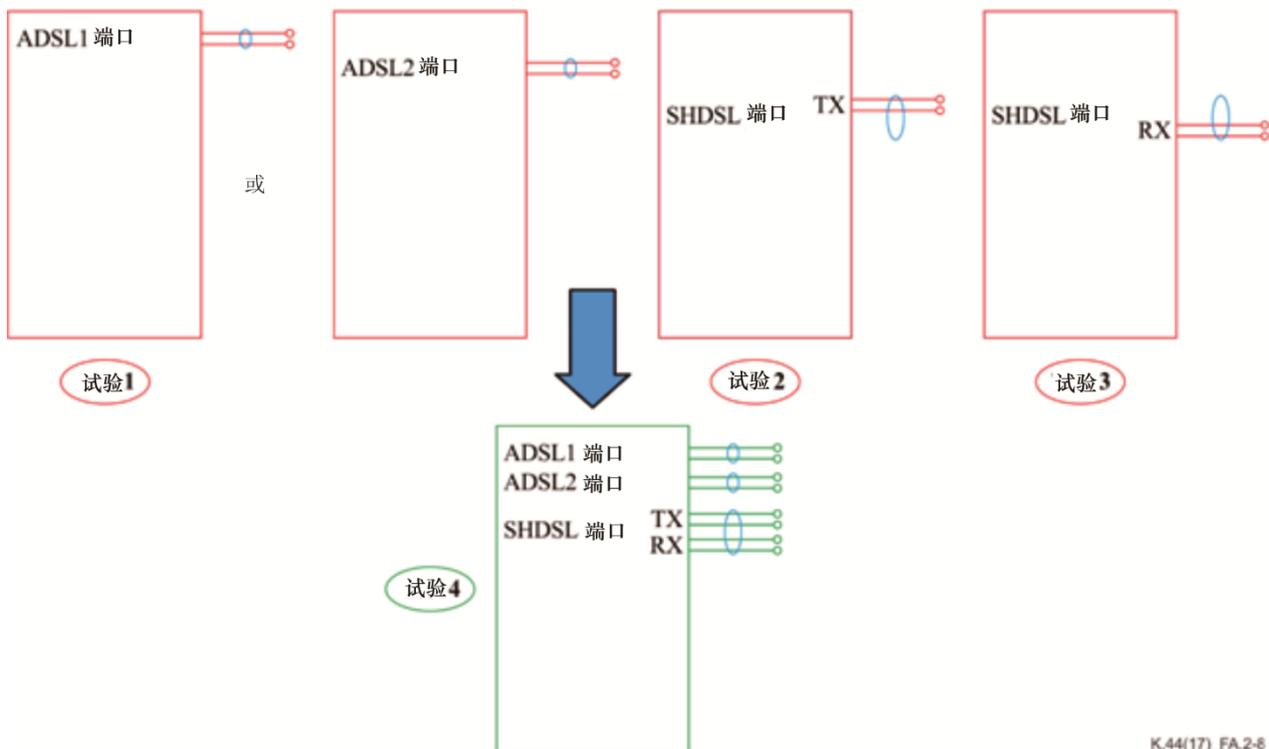
对于具有多线对的外部端口（多线对端口）上的试验，
将对每个线对施加电涌试验，如同对单个线对端口施加的试验（试验1和试验2）。
则同时在指定数量的该端口线对上重复进行电涌
试验（仅对雷击）（试验3）。



注 - 试验在第10节中规定。

图A.2-7 – 设备端口的例子

对于在具有外部端口（由不同的端口类型组成，每个连接至单个线对或多个线对）的产品上进行的试验，将对每个线对施加电涌试验，如同对单个线对端口施加的试验（试验1、试验2和试验3）。
 则同时在指定数量的线对上重复进行电涌试验（仅对雷击）（试验4）。

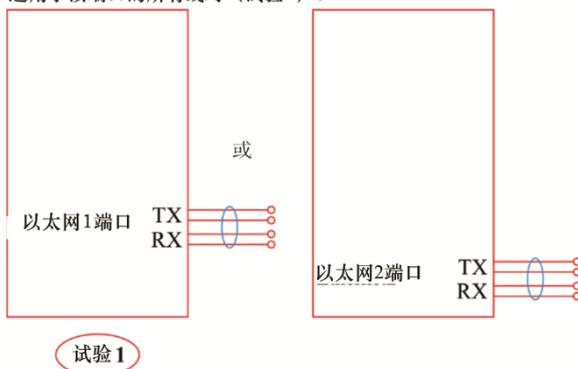


注 - 试验在第10节中规定。

K.44(17)_FA.2-8

图A.2-8 – 设备端口的例子

对于具有单线对或多线对的内外部端口上的电涌试验，电涌试验（仅对雷击）同时适用于该端口的所有线对（试验1）。



注 - 试验在第10节中规定。

K.44(17)_FA.2-9

图A.2-9 – 设备端口的例子

A.2.2 试验类型

设备一般可能有两种类型：接地的或浮动的。电信中心的设备通常是接地形式的。接入网设备和用户设备可能是这两种中的任一种形式。

A.2.3 保护类型

对大电流电涌的设备保护是通过安装初级保护器或使用带有整体大电流保护的装置实现的。通常电信中心的设备是通过安装在MDF上的初级保护器来实现的。接入网设备可能使

用这两种中的任一种方法来保护。正常情况下用户设备是通过安装初级保护器来实现保护的。

A.2.4 设备条件和状态

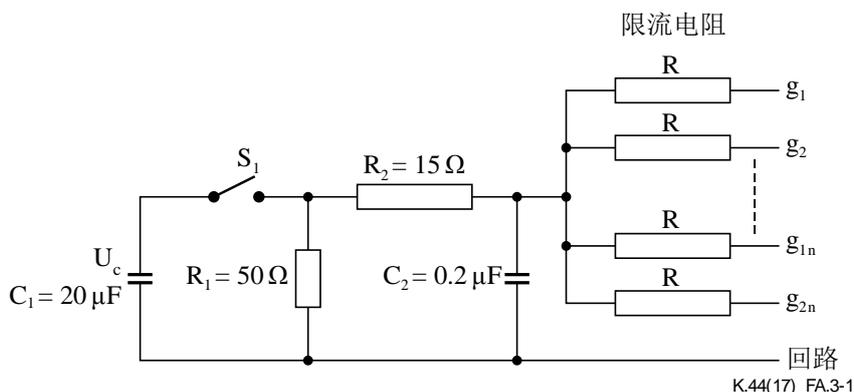
作为设备的部件，要连接到进行试验的设备端口，可能随着设备所处的状态变化，设备务必在所有重要的工作状态下进行试验。可能需要考虑的设备状态的例子包括：

- 话机的“摘机”和“挂机”；
- 电源的“接通”和“断开”；
- 振铃期间；
- 线路试验周期期间，等等。

A.3 试验发生器

能够产生如第A.4节中所述波形的试验发生器的电路图示例包含在图A.3-1到图A.3-6中。当所示的元件应该给出正确的波形，它们可能需要调整。

只要产生的效果相同就可以使用其他试验发生器。

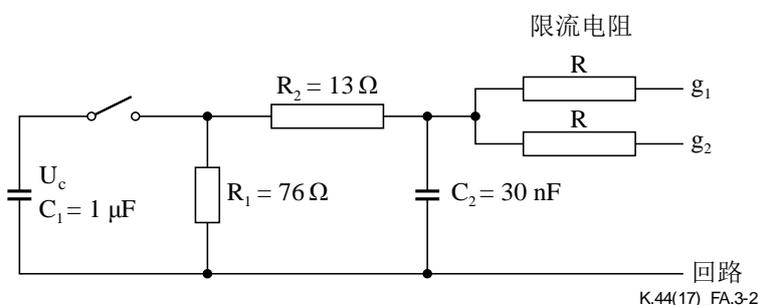


注1 - 10/700开路电压波形的上升沿时间应为 $10 \mu\text{s} \pm 3 \mu\text{s}$ ，从虚拟零点到半值的时间为 $700 \mu\text{s} \pm 144 \mu\text{s}$ 。

注2 - 连接到发生器回路的 $R = 25 \Omega$ 单输出中的5/320短路电流波形应有 $5 \mu\text{s} \pm 1.0 \mu\text{s}$ 的上升沿时间，从虚拟零点到半值的时间为 $320 \mu\text{s} \pm 64 \mu\text{s}$ 。

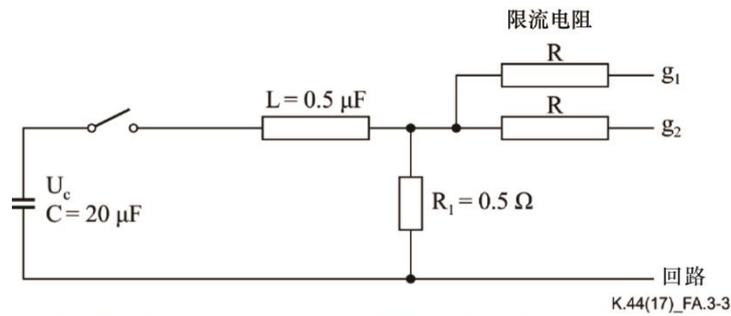
注3 - 在图A.3-1中，所有电阻的容差为 $\pm 5\%$ ，所有电容的容差为 $\pm 10\%$ 。

图A.3-1 - 10/700 μs 电压电涌发生器



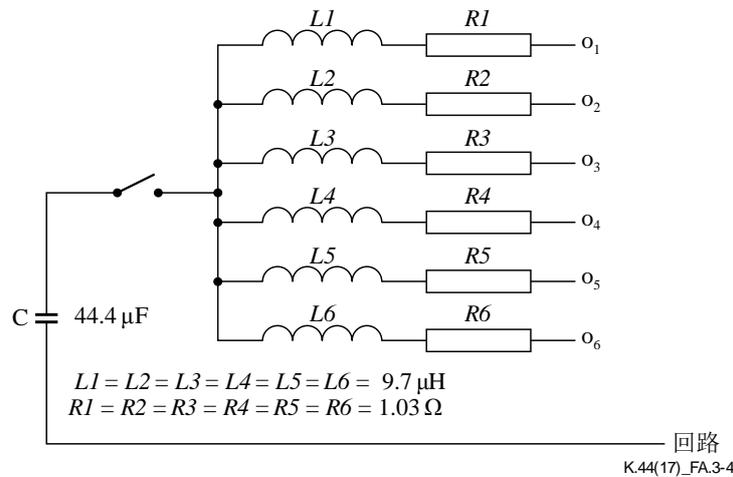
图A.3-2 - 1.2/50 μs 电压电涌发生器

试验发生器可以是一个1.2/50-8/20组合波发生器，详见图A.3-5，或者是一个等效的1.2/50电压电涌发生器。



L值很小而且通常是线路的寄生电感，需要对之进行调整，以使之达到所要求的2 μs的上升沿时间。调整U_c，使之达到所要求的开路输出电压。

图A.3-3 – 2/10 μs电压电涌发生器



注1 – 任何未使用的输出应连接至发生器回路端终结端，以保持正确的输出电流波形。

注2 – 2 kV充电电压在每个输出上为1 kA。10 kV充电电压在每个输出上为5 kA。

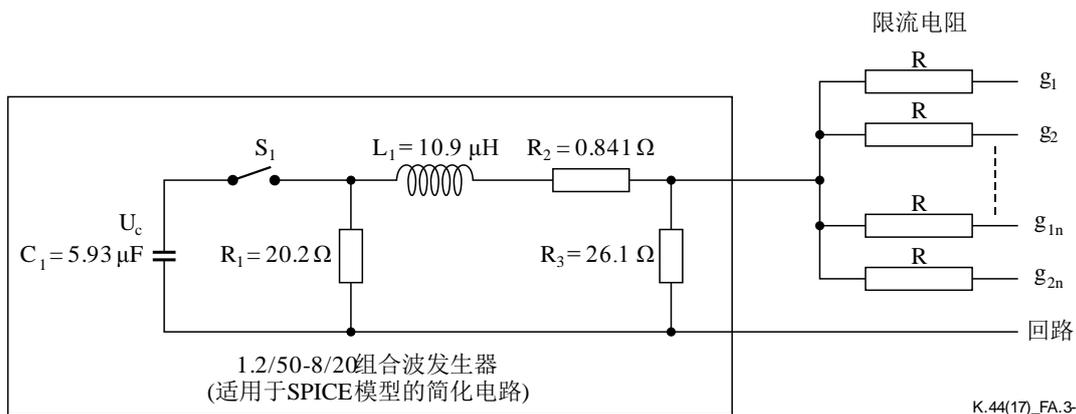
注3 – 8/20短路电流波形应符合[IEC 62475]，上升沿时间为8 μs ± 20%，从虚拟零点到半值的时间为20 μs ± 20%。相反极性的电流下冲不得超过峰值电流的30%。

注4 – 电容C的容差为±10%，电阻和电感的容差为±5%。为安全起见，应在充电电容两端连接一个泄放电阻，以确保在较长时间内完全放电。

图A.3-4 – 六输出8/20 μs电流发生器

可以通过将电流分享电阻添加到标准发生器的输出来进行等效的试验发生器布置。添加电流分享电阻后，短路输出电流必须符合[IEC 62475]要求振幅的8/20波形。必须有足够的电压才能使受试的所有设备初步保护元件导通。这样的试验发生器可以是：

- 任何8/20 μs电涌电流发生器都能产生所需的电流波形和足够的电压；
- 如果合适，组合波发生器，如图A.3-5所示，能够产生所需的电流波形和足够的电压。



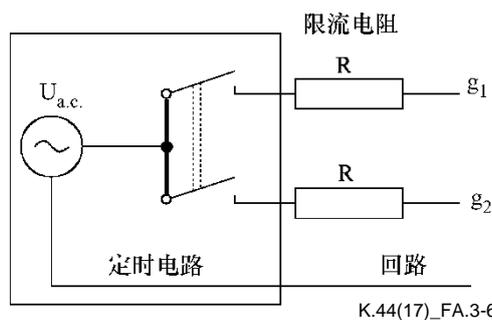
K.44(17)_FA.3-5

注1—1.2/50开路电压波形应符合[IEC 60060-1]的要求，其上升沿时间应为 $1.2 \mu\text{s} \pm 3\%$ ，从虚拟零点到半值的时间为 $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ 。

注2—8/20短路电流波形应符合[IEC 62475]，上升沿时间为 $8 \mu\text{s} \pm 20\%$ ，从虚拟零点到半值的时间为 $20 \mu\text{s} \pm 20\%$ 。相反极性的电流下冲不得超过峰值电流的30%。

注3—峰值开路电压与短路电流之比 R_3 应为 $2 \Omega \pm 10\%$ 。

图A.3-5—组合波形发生器



K.44(17)_FA.3-6

对 R 的取值，参见适用的产品建议书中的适用试验表格。

注—如果国家规定有要求，要限制最大电流。

图A.3-6—电力线路感应、电力线接触和中线电位发生器的升高

A.4 波形产生

如果电路元件值是确定的，可以使用图示相关电路。如果发生器电路未给出，应当参考引用的IEC标准或[IEC 60060-1]/[IEC 62475]来指导验证波形。

对于电源感应和电源接触试验，应遵守以下容差：

电压 -0% to $+5\%$

电流 -0% to $+5\%$

时间 -0% to $+10\%$

下面给出了用于验证图A.3-6中上述参数容差的步骤：

步骤1 在两个输出终端 g_1 和 g_2 都处于开路状态时，检查电压是否在允许的容差范围内。

步骤2 在两个输出终端 g_1 和 g_2 都处于短路状态时，检查电流是否在允许的容差范围内。

步骤3 在输出终端 g_1 处于开路状态且 g_2 处于短路状态时，检查终端 g_1 上的电压和电路 g_2 中的电流是否在允许的容差范围内。

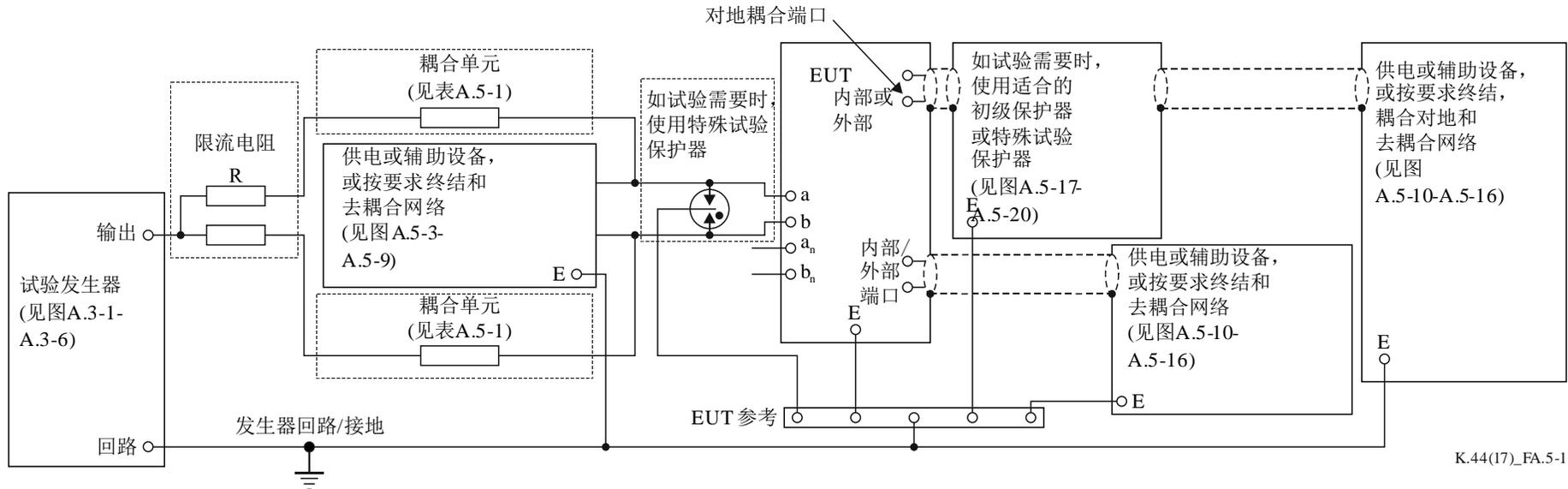
步骤4 在输出终端 g_2 处于开路状态且 g_1 处于短路状态时，检查终端 g_2 上的电压和电路 g_1 中的电流是否在允许的容差范围内。

步骤5 在两个输出终端 g_1 和 g_2 都处于开路状态时，检查电涌的长度是否在允许的公差范围内。

A.5 供电、耦合、解耦和终结

A.5.1 概述

电涌发生器、供电、耦合和解耦单元、EUT以及终结的连接如图A.5-1所示。



K.44(17)_FA.5-1

EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

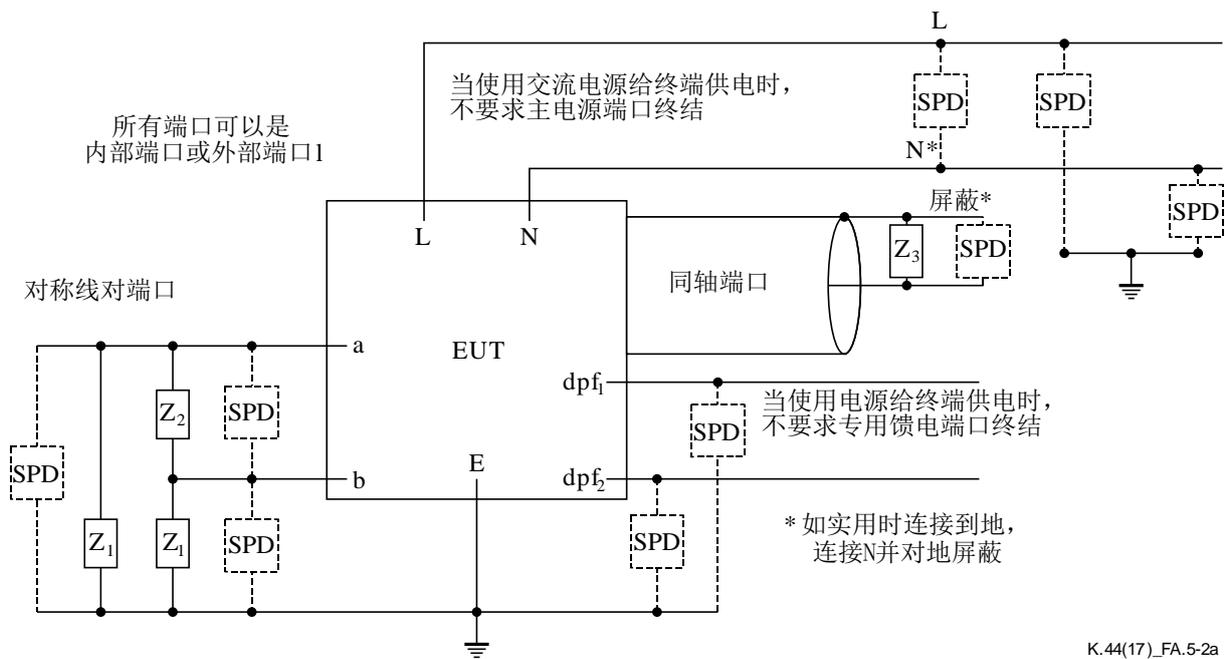
图A.5-1 – 典型试验布置的框图

在进行端口对端口试验时，耦合单元用来将电涌发生器连接到EUT，并且将其他端口/线路接地。如果需要耦合单元，可以是一个MOV、GDT、电容或其他任何一个工作电压大于EUT最大工作电压的元件。耦合单元应当被认为是试验发生器的一部分，而且不会显著影响发生器的开路电压或短路电流。可能需要增加试验电压以补偿在耦合单元的电压跌落。有很多方法将耦合单元对地连接，图A.5-2b中给出了一些示例。

使用解耦元件来减少电涌能量，这些能量可能进入供电设备、辅助设备或终端。如果需要解耦单元，它可以是一个阻抗以便阻止电涌能量进入线路模拟器（例如：200 Ω 阻抗或更高，对对称线对电路，电感或扼流圈），但是仍然能够允许电力和信号进入EUT。需要证明（例如，通过校准）解耦网络不会影响脉冲波形和试验水平；否则，试验水平将需要被调节至正确的水平。由电源或专用馈电（dpf）端口等供电的设备，要通过一个适当的解耦网络，例如绝缘变压器或扼流圈等。

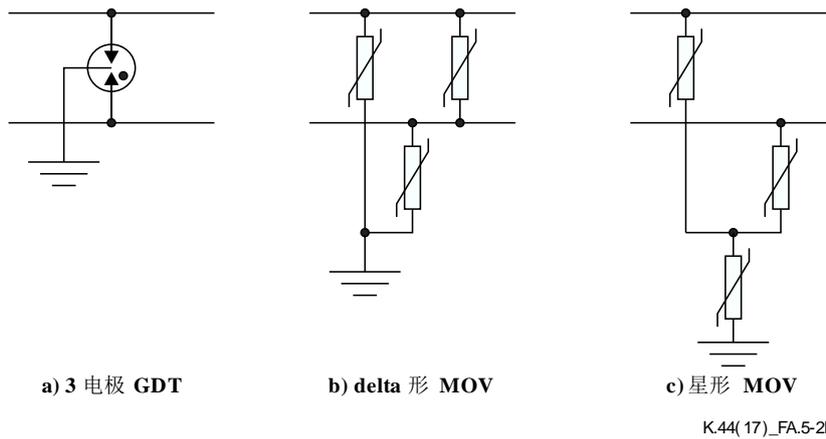
图A.5-2a中给出未测端口的终结示例。正常情况下包括试验端口的所有端口应以某种方法终结。解耦元件用来防止辅助设备或终端的损坏。当试验需要时，适当的未测端口使用耦合元件对地耦合。

注 – 对于高速数据电路，已经发现通过在EUT与相关数据电路设备之间连接长达100米的电缆可以获得更准确的结果。使用简单的终端可能无法检测到以后可能在现场遇到的数据问题。



对工作系统或相关设备， Z_1 、 Z_2 和 Z_3 是正常的终端。
SPDs 用来依次将未测端口对地耦合。

图A.5-2a – 未测端口的终结和对地耦合示例



图A.5-2b – 耦合元件对地连接的示例

在表A.5-1中提供了有关耦合和解耦元件的建议元件值。记录在试验报告中使用的方法。

表A.5-1 – 建议的耦合和解耦元件

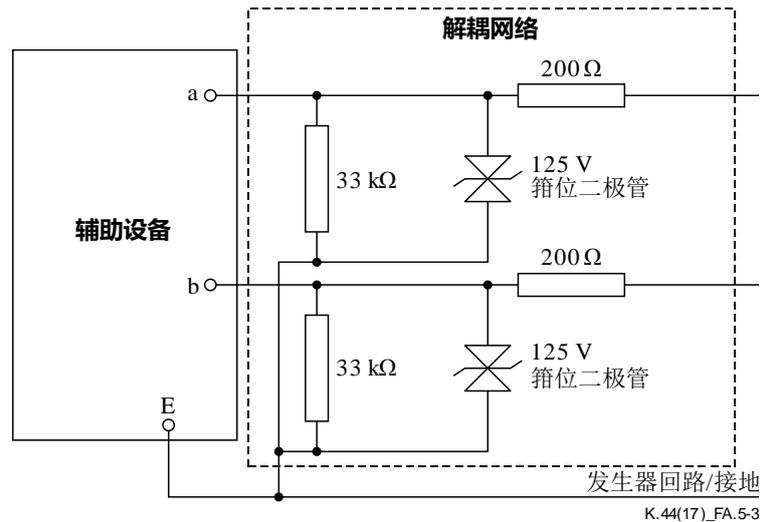
端口类型	试验端口		未测端口		
	发生器耦合元件	解耦元件 (见注2)	解耦元件 (见注2)	耦合元件接地	保护EUT上的 未测端口
外部对称线 对端口	GDT或MOV (见注1)	见图A.5-3	见图A.5-10	GDT; 见图A.5-10	GDT; 见图A.5-17
外部同轴电 缆	GDT	见图A.5-4	见图A.5-11	链路; 见图A.5-11	GDT; 见 图 A.5-18
外部dpf电缆 端口	MOV	见图A.5-5	见图A.5-12	MOV; 见图 A.5-12	MOV; 见图 A.5-19
主电源端口	MOV	见图A.5-6	见图A.5-13	MOV; 见图 A.5-13	MOV; 见图 A.5-20
内部非屏蔽 电缆端口	GDT或MOV	见图A.5-7	见图A.5-14	箝位二极管; 见图A.5-14	无要求
内部屏蔽电 缆端口	无要求; 见图 A.6.5-2	无要求	见图A.5-15	链路; 见图A.5-15	无要求
内部直流电 端口	MOV	见图A.5-9	见图A.5-16	MOV; 见图 A.5-16	无要求
以太网端口	10 Ω 电阻	见图A.6.7-1	见图A.6.7-1	10 Ω 电阻; 见 图A.6.7-1	无要求

注1 – 允许 (参见第7.3.3节) 在没有设备供电的情况下进行电源接触试验, 前提是它不影响试验结果。因此, 由于难以找到有效的耦合元件, 因此允许使用直接耦合方法, 即没有任何耦合元件。
注2 – 有时需要降低解耦电阻的值以使系统正常工作。该解耦电阻的值应记录在试验报告中。

A.5.2 经试验的端口

A.5.2.1 外部对称线对

当外部对称端口是接受试验的端口时，建议将 $200\ \Omega$ 串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE的每个线路支路与地线之间可以连接一个 $33\ \text{k}\Omega$ ，并并联一个 $125\ \text{V}$ 的箝位器件，以进一步解耦AE，见图A.5-3。这将把进入AE的电流限制为几安培，但即使使用高达 $120\ \text{V DC}$ 的远程馈电，仍允许xDSL、POTS或ISDN传输。允许其他的值或方法，例如，人造电缆。

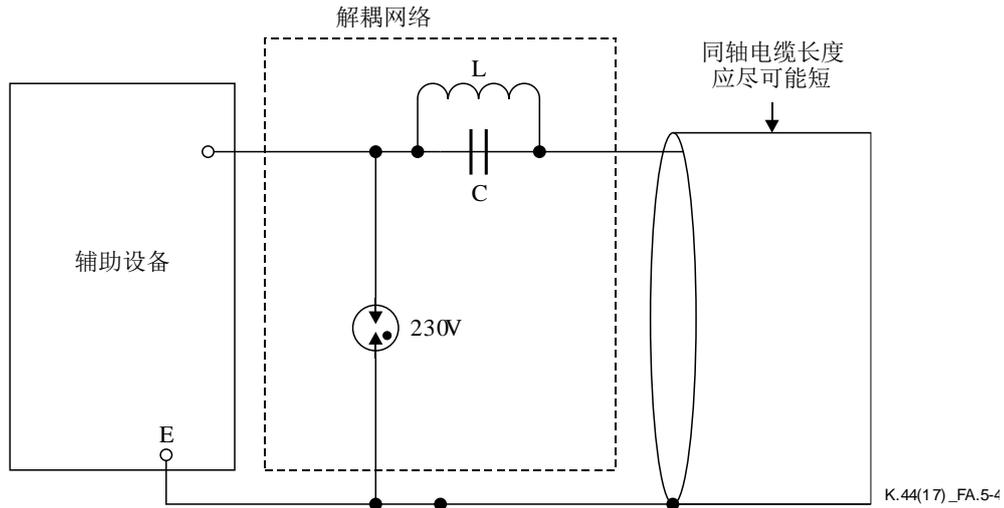


图A.5-3 – 连接到受试外部对称线对端口的AE的解耦网络

A.5.2.2 外部同轴电缆端口

当外部同轴端口是受试端口时，建议将电容与AE和发生器之间的中心导体串联插入。可以在AE处连接同轴 $230\ \text{V GDT}$ ，以进一步解耦AE，参见图A.5-4。这将限制进入AE但仍允许传输的能量。如果应用需要，则可使用更高的启动电压GDT。

高值电感可以与电容并联连接，以允许远程馈电，例如 $120\ \text{V DC}$ 。允许其他值或方法，例如，人造电缆。



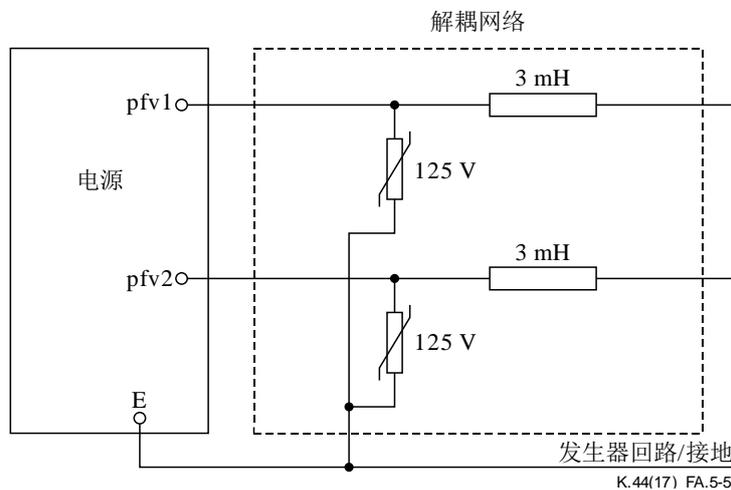
$C > 5 / (2 \times \pi \times f \times Z_0)$, 其中 $\pi=3.1416$, f 为EUT使用的较低频率, Z_0 为同轴电缆的特性阻抗, C 的上边界为50 nF。

当有直流馈电时才需要电感 L 。一个3 mH空芯电感器足以解耦来自电源设备的电涌。
注意：建议使用一个空芯电感器，原因是钢芯电感器的磁化电流可能会成为一个问题。

图A.5-4 – 连接到受试外部同轴电缆端口的AE的解耦网络

A.5.2.3 外部专用馈电端口

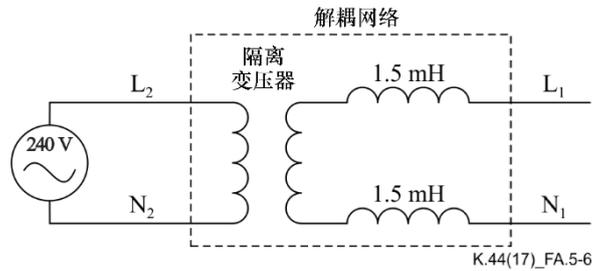
当外部专用馈电端口是试验端口时，建议将3 mH与AE和发生器之间的每个线路支路串联插入。在AE处的每个线路支路和地线之间可以连接一个125 V的箝位器件，以进一步解耦AE，见图A.5-5。这样可以将传导到AE的电流限制在几安培，馈电最高可达120 V DC。允许其他值或方法，例如，人造电缆。



图A.5-5 – 连接到受试外部dpf线对端口的AE的解耦网络

A.5.2.4 电源端口

当电源端口是试验端口时，需要在试验横向/差分、端口对地和端口对外部端口电涌期间解耦电源，以保护电源。建议的解耦元件如图A.5-6所示。

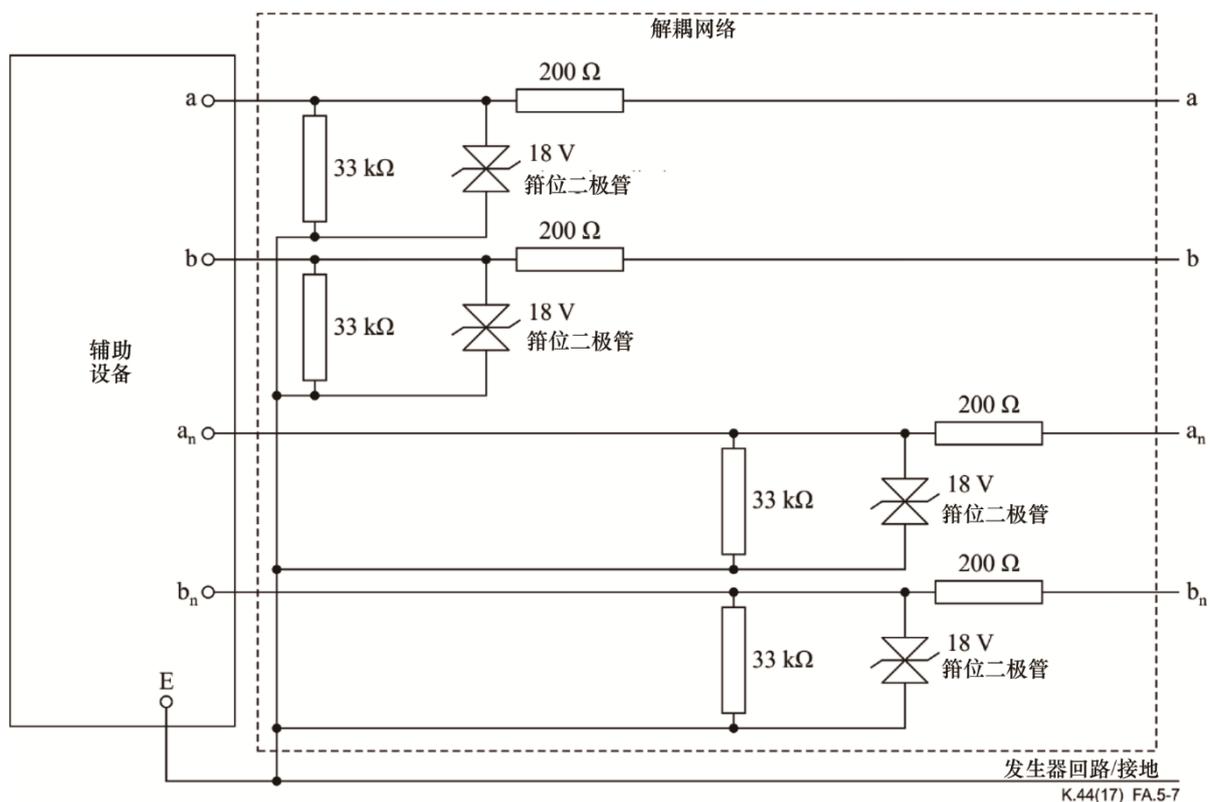


图A.5-6 – 连接到受试电源端口的电源的解耦网络

如果推荐的解耦元件不能用于试验，则应在试验报告中注明这一事实。应报告修改后的解耦元件的值以及对试验结果的潜在影响。

A.5.2.5 内部非屏蔽电缆端口

当内部非屏蔽电缆端口是试验端口时，建议将 $200\ \Omega$ 串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以连接一个与 $18\ \text{V}$ 箝位二极管并联的 $33\ \text{k}\Omega$ ，以进一步解耦AE。这将把进入AE的电流限制在几安培。允许其他值或方法。



注 – 通常， $18\ \text{V}$ 箝位二极管用于保护内部接口。如果这些二极管阻止正常工作，则可以使用一个具有更高箝位电压的二极管。如果 $200\ \Omega$ 解耦电阻阻止正常工作，则可以使用一个具有更低值的电阻器。

图A.5-7 – 连接到受试内部未屏蔽电缆端口的AE的解耦网络

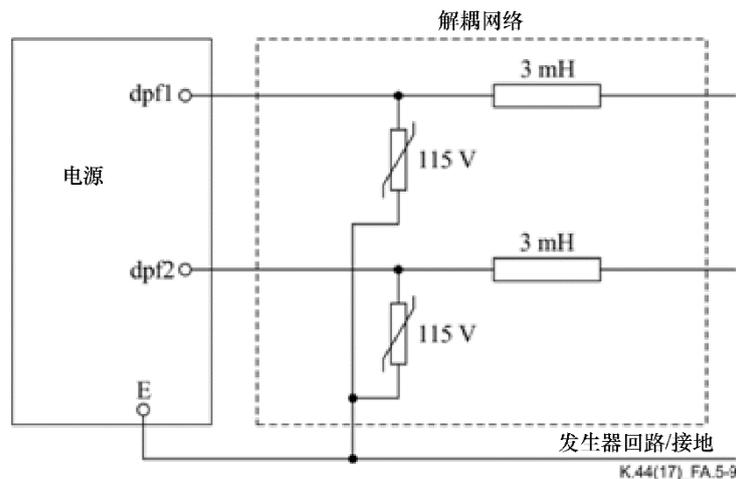
A.5.2.6 内部屏蔽电缆端口

图A.5-8已被删除。

注 – 对连接到受试内部屏蔽电缆端口的辅助设备，不需要解耦网络。见图A.6.5-2。

A.5.2.7 内部直流电源接口

当内部直流电端口是试验端口时，建议将3 mH串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以连接一个115 V箝位器件，以进一步解耦AE，见图A.5-9。这将把进入AE的电流限制在几安培，馈电最高可达100 V DC。允许其他值或方法，例如，人造电缆。



图A.5-9 – 连接到受试内部直流电端口的电源的解耦网络

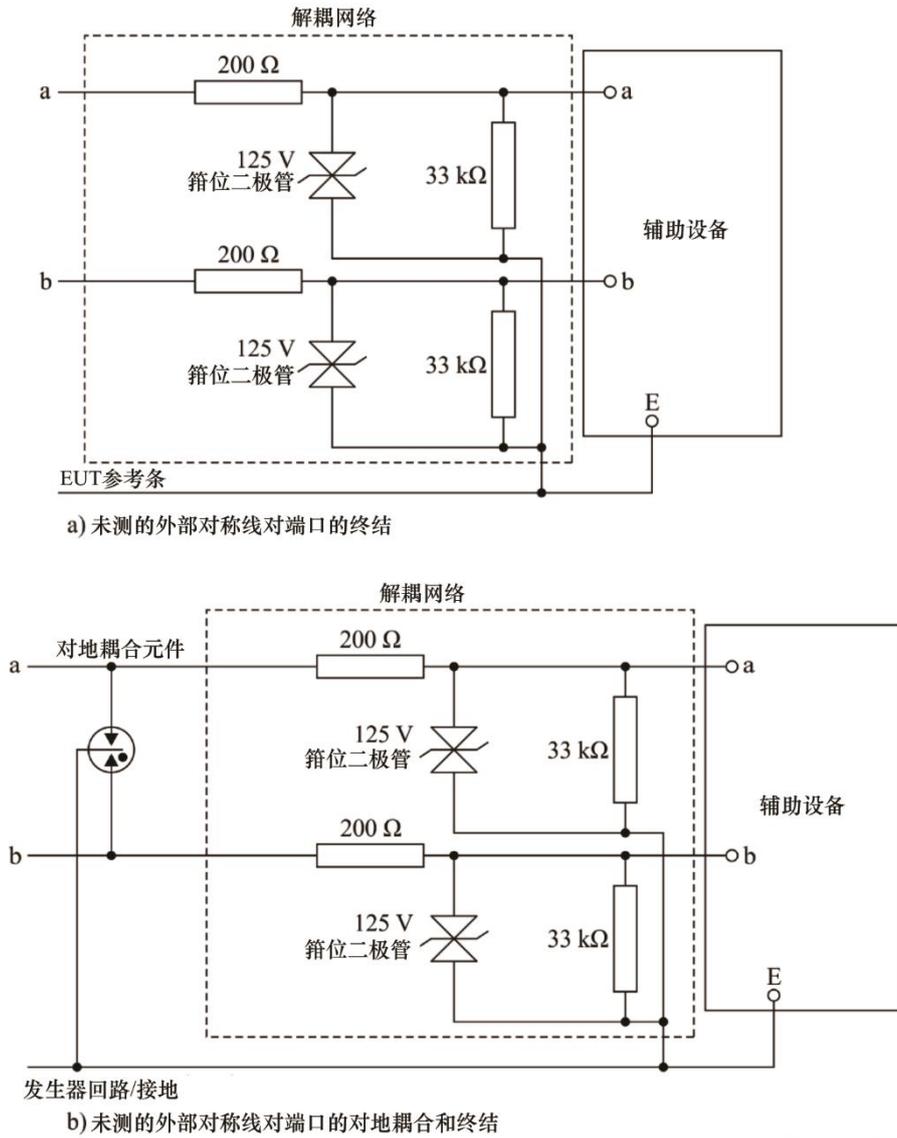
发生器耦合元件由一个10 Ω 电阻和一个9 μF 电容串联组成。

A.5.3 未测的端口

A.5.3.1 外部对称线对

当外部对称线对端口是未测的端口时，建议将200 Ω 串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以连接一个与125 V箝位器件并联的33 k Ω ，以进一步解耦AE。这将把进入AE的电流限制在几安培，但即使使用高达120 V DC的远程馈电，仍允许xDSL、POTS或ISDN传输。

未测的外部对称线对端口的终结和对地耦合方法如图A.5-10所示。



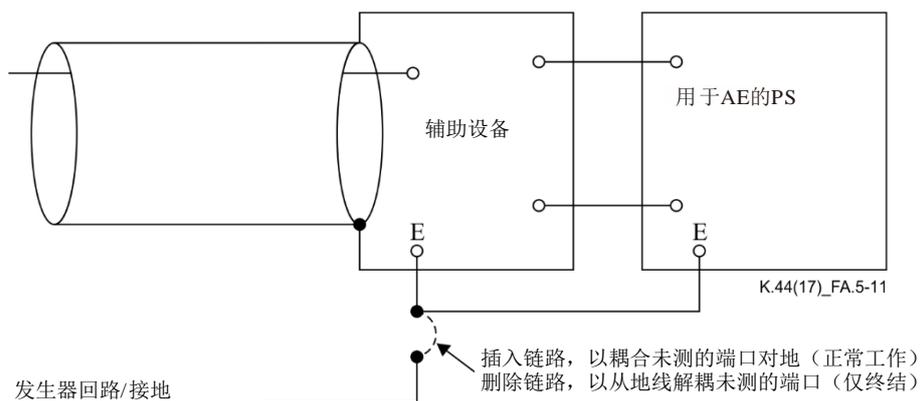
K.44(17)_FA.5-10

注 – 对于以太网端口，请参见关于对地耦合以及解耦和终结方法的第A.6.7节以及图A.6.7-1 a) 和b)。

图A.5-10 – 未测外部对称线对端口的终结和对地耦合

A.5.3.2 外部同轴电缆端口

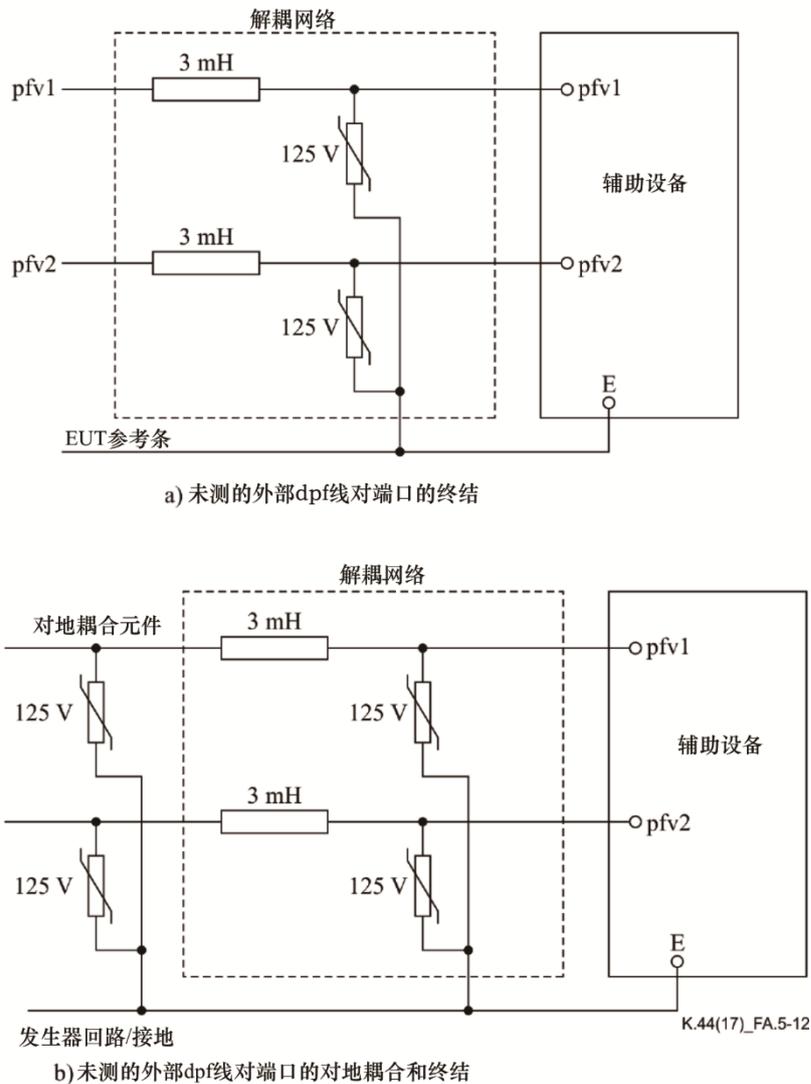
当外部同轴电缆端口是未测的端口时，建议使用图A.5-11中所示的终结和对地耦合方法。浮动AE及其电源，以“解耦”AE。将AE及其电源接地，以将EUT端口“耦合”对地，见图A.5-18。



图A.5-11 – 未测外部同轴电缆端口的终结和对地耦合

A.5.3.3 外部专用馈电端口

当外部专用馈电端口是未测的端口时，建议将3 mH串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以连接一个125 V箝位器件，以进一步解耦AE，见图A.5-12。这将把进入AE的电流限制在几安培，馈电最高可达120 V DC。允许其他值或方法，例如，人造电缆。



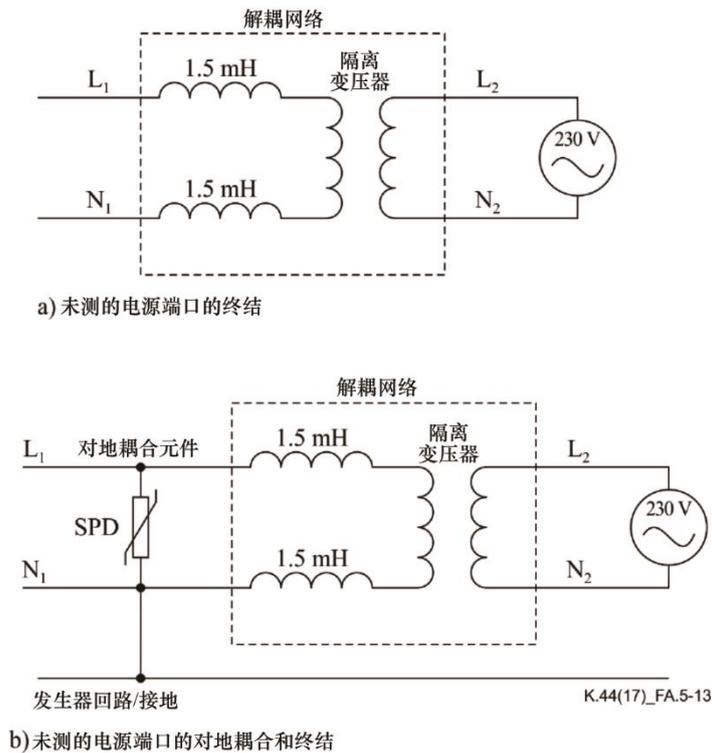
图A.5-12 – 未测dpf端口的终结和对地耦合

A.5.3.4 电源端口

当电源端口是未测的端口时，必须考虑电源网络的三种状态，它们是：

- 电源分配网络显示为高阻抗网络。这适用于非接地中线设备，例如，TT配电系统。在这种情况下，在L1和N导体中使用1.5 mH电感。
- 中线在用户驻地处接地，例如，TN-C配电系统。在这种情况下，将中线导体连接于发生器回路。
- 在电涌条件下L1和中线均接地，即已安装SPD。在这种情况下，将中线接地并将SPD L1安装于N/E。

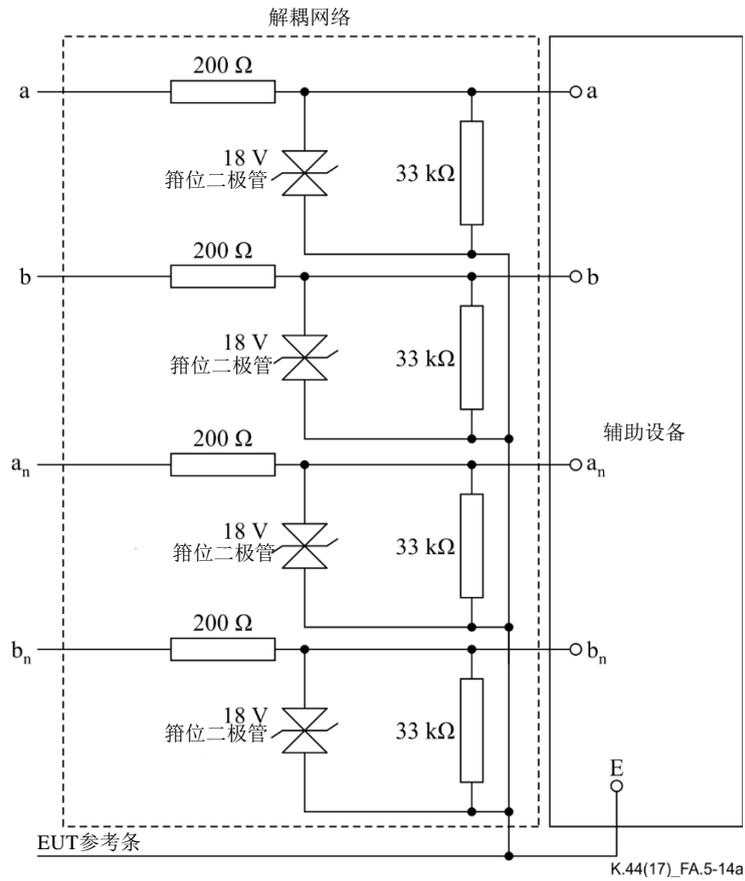
为试验所有可能的情形并允许在端口浮动并对地耦合的条件下进行使用，请使用图A.5-13中所示的终结和对地耦合方法。



图A.5-13 – 未测电源端口的终结和对地耦合

A.5.3.5 内部未屏蔽电缆端口

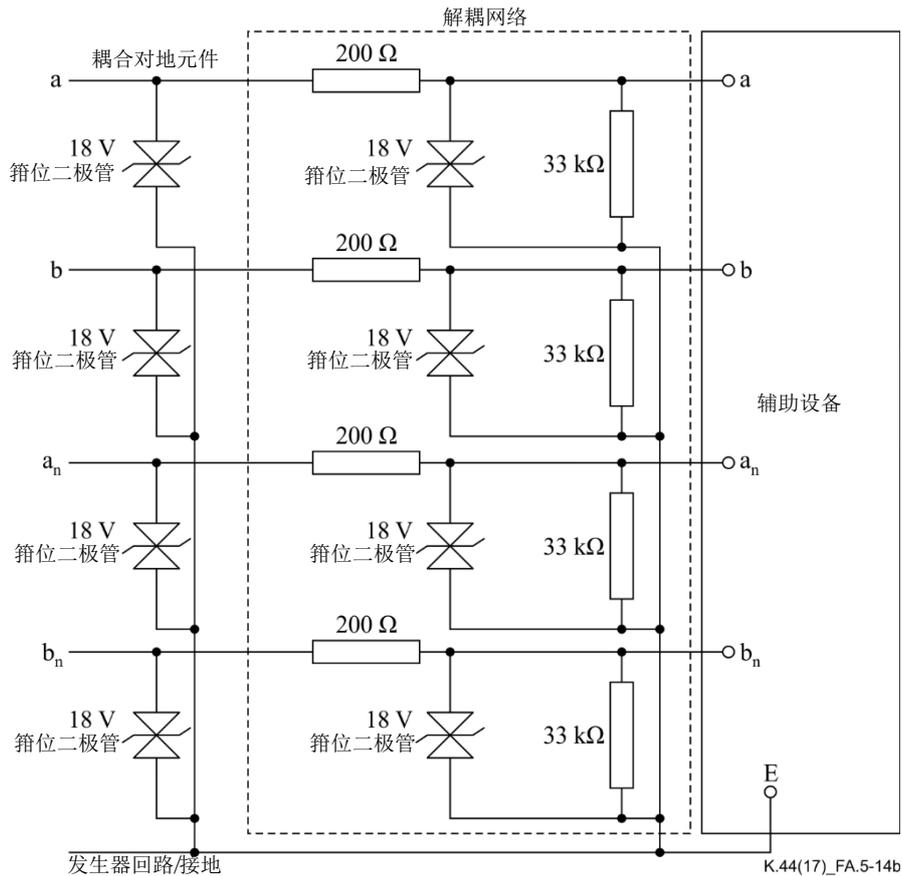
当内部非屏蔽电缆端口是未测的端口时，建议将 $200\ \Omega$ 串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以并联连接一个带 $18\ \text{V}$ 箝位器件的 $33\ \text{k}\Omega$ ，以进一步解耦AE，见图A.5-14。这将把进入AE的电流限制在几安培。允许其他值或方法，例如，人造电缆。



注1 – 通常，18 V箝位二极管用于保护内部接口。如果这些二极管阻止正常工作，则可以使用一个具有更高箝位电压的二极管。如果200 Ω解耦电阻阻止正常工作，则可以使用一个具有更低值的电阻器。

注2 – 对于以太网端口，请参见关于解耦和终结方法的第A.6.7节和图A.6.7-1 a)。

图A.5-14a – 未测内部对称线对端口的终结



注1 – 通常，18 V 箝位二极管用于保护内部接口。如果这些二极管阻止正常工作，则可以使用一个具有更高箝位电压的二极管。如果200 Ω解耦电阻阻止正常工作，则可以使用一个具有更低值的电阻器。

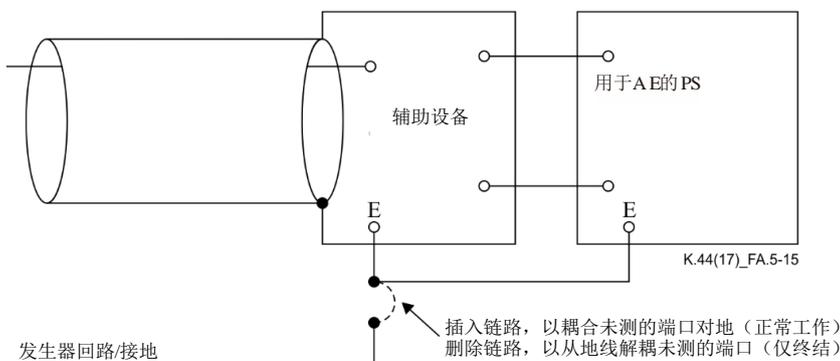
注2 – 对于以太网端口，请参见关于对地耦合以及解耦和终结方法的第A.6.7节和图A.6.7-1 b)。

图A.5-14b – 未测内部对称线对端口的对地耦合和终结

A.5.3.6 内部屏蔽电缆端口

当内部屏蔽电缆端口是未测的端口时，建议使用图A.5-15中所示的终结和对地耦合方法：

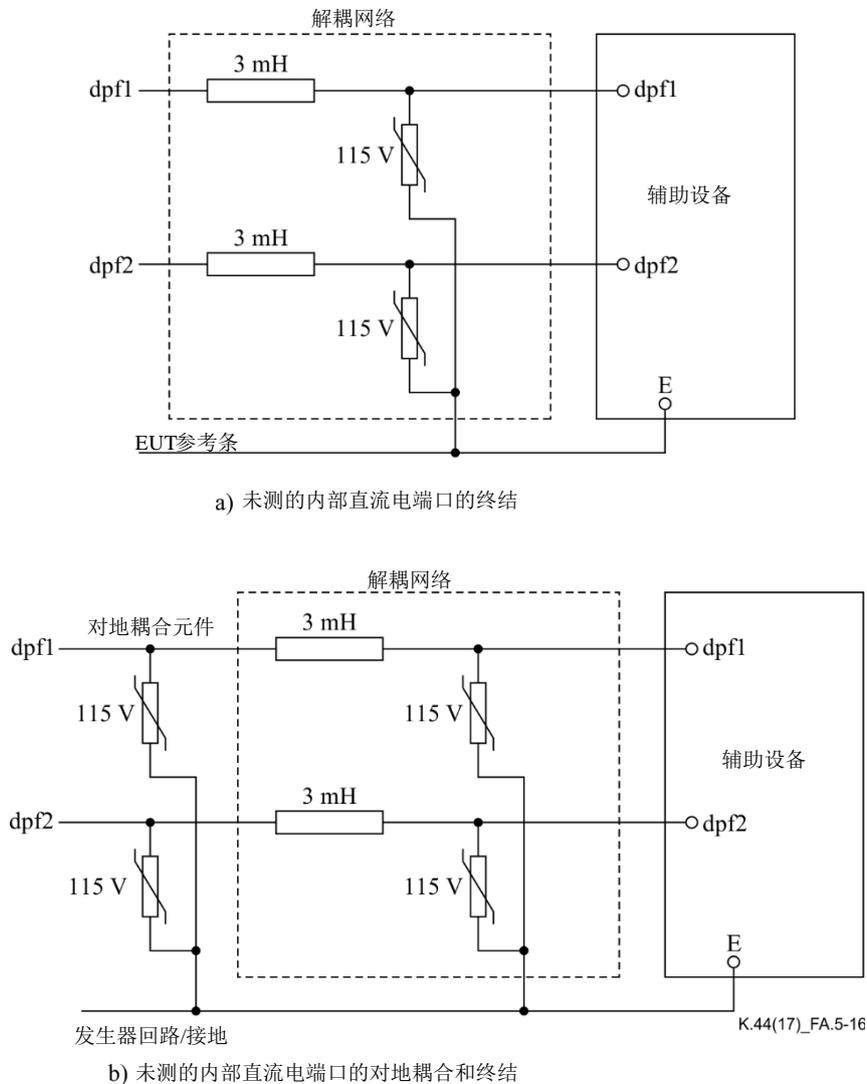
- 将AE从地线“解耦”：浮动AE及其电源。
- 将AE与地线“耦合”：将AE及其电源连接至发生器回路。



图A.5-15 – 未测内部屏蔽电缆端口的终结和对地耦合

A.5.3.7 内部直流电源接口

当内部直流电端口是未测的端口时，建议将3 mH串联插入AE与发生器之间的每个线路支路。在AE处的每个线路支路与地线之间可以连接一个115 V箝位器件，以进一步解耦AE，见图A.5-16。这将把进入AE的电流限制在几安培，馈电可高达100 V DC。允许其他值或方法，例如，人造电缆。

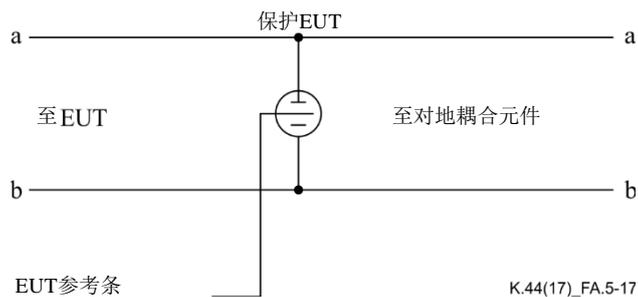


图A.5-16 – 未测内部直流电接口端口的终结和对地耦合

A.5.4 保护元件

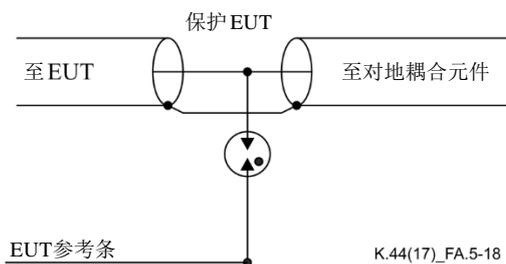
在对经过试验的端口到未测的外部或内部端口进行协调试验时，需要在对地耦合的外部或内部端口上为EUT安装保护设施。

A.5.4.1 外部对称线对



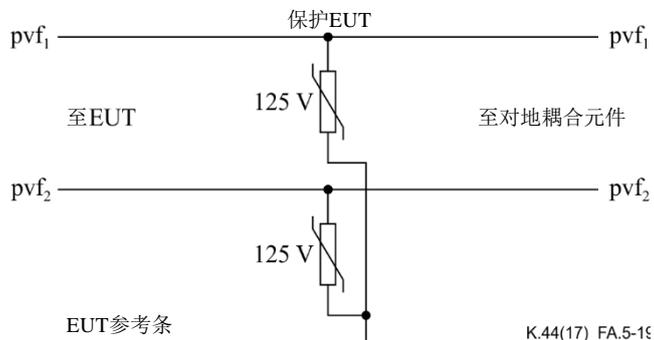
图A.5-17 – 对地耦合的未测外部对称线对端口的保护连接

A.5.4.2 外部同轴电缆端口



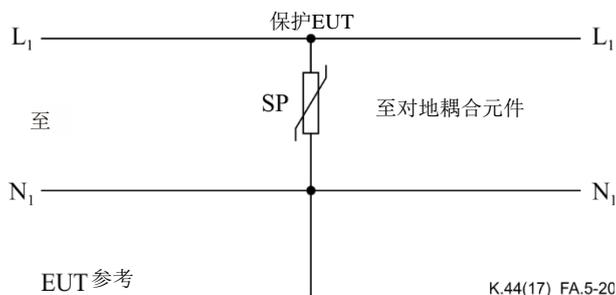
图A.5-18 – 对地耦合的未测外部同轴电缆端口的保护连接

A.5.4.3 专用馈电端口



图A.5-19 – 对地耦合的未测外部专用馈电端口的保护连接

A.5.4.4 主电源端口



图A.5-20 – 对地耦合的未测外部主电源端口的保护连接

A.6 不同类型端口的试验方案

A.6.1 对称线对端口

图A.6.1-1a和图A.6.1-1b给出了施加横向/差分电涌的示意。图A.6.1-2给出了从端口对地线施加电涌的示意。图A.6.1-3给出了从外部端口到外部端口施加电涌的示意。图A.6.1-4给出了从多个外部端口对地线施加电涌的示意。图A.6.1-5给出了从多个外部端口到一个外部端口施加电涌的示意。

A.6.2 同轴端口

见图A.6.2-1、图A.6.2-2和图A.6.2-3。

A.6.3 交流或直流专用馈电端口

图A.6.3-1a和A.6.3-1b给出了施加横向/差分电涌脉冲的示意。图A.6.3-2给出了从端口对地线施加电涌的示意。图A.6.3-3给出了从外部端口到外部端口施加电涌的示意。

A.6.4 主电源端口

图A.6.4-1给出了施加横向/差分电涌的示意。图A.6.4-2给出了端口对地时施加电涌的示意。图A.6.4-3给出了从外部端口到外部端口施加电涌的示意。

A.6.5 内部电缆端口

见图A.6.5-1和图A.6.5-2。

A.6.6 直流电源端口

图A.6.6-1a和图A.6.6-1b给出了向EUT施加横向/差分电涌的示意，其中馈电侧在EUT处接地。图A.6.6-2给出了从端口对地线施加电涌的示意。端口对地线示意也用于从内部端口到内部端口的试验。

A.6.7 以太网端口

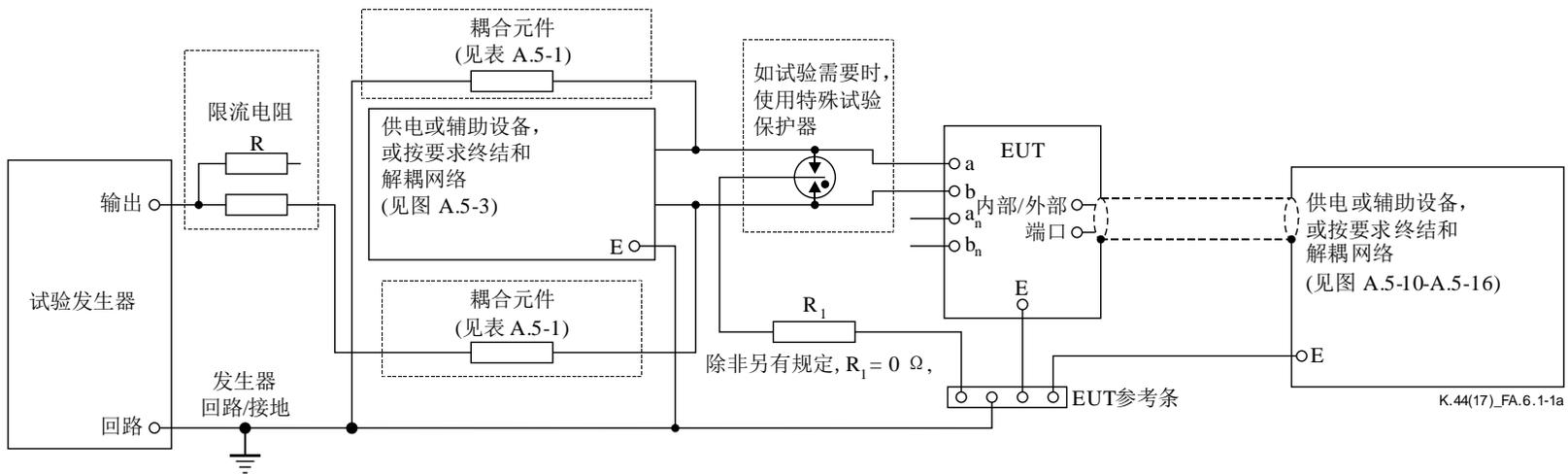
图A.6.7-1给出了未测的以太网端口的终结和耦合网络对地。在图A.6.7-1 a) 中， $10\ \Omega$ 串联电阻只是一个例子。它们可以用方便长度的以太网电缆代替。此外，如果AE上的以太网端口对地的阻抗较低，则需要从AE处移除对地连接并使用浮动PS为AE供电。这是为了解耦AE以防止它向地传导电涌电流。

图A.6.7-2给出了应用横向/差分脉冲来试验模式A和模式B PoE馈电脉冲电流承受能力的示意。

图A.6.7-3给出了确定直流电绝缘抗力的示意，图A.6.7-3a给出了确定以太网端口额定脉冲电压的示意。

图A.6.7-4给出了以太网纵向/共模电涌试验的附加信息。

除绝缘抗力试验外，以太网端口上的所有试验均在通电条件下完成，但不能运行。当EUT是PoE供电设备（PD）时，以太网端口试验可以在未供电的条件下完成，并且PoE供电设备（PSE）不能感测连接的PD EUT。连接在PSE与PD之间的耦合/解耦网络最大化施加到PD上的电涌水平，但可能会停止PSE负载感测的正确操作，从而导致PD断电。当未测的以太网端口对地耦合时，以太网电路也将不可运行。在未供电的设备下进行绝缘抗力试验。随后必须在运行状态下对设备进行试验，以验证其是否仍符合其规格要求。

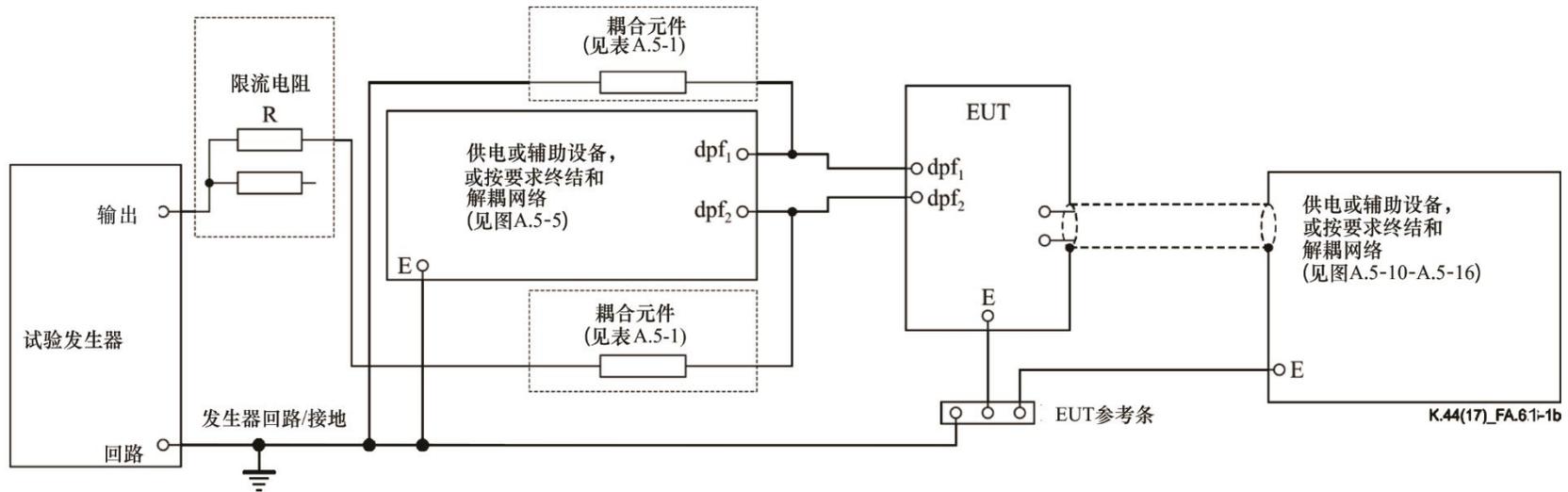


K.44(17)_FA.6.1-1a

EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至 EUT 参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至 EUT 参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

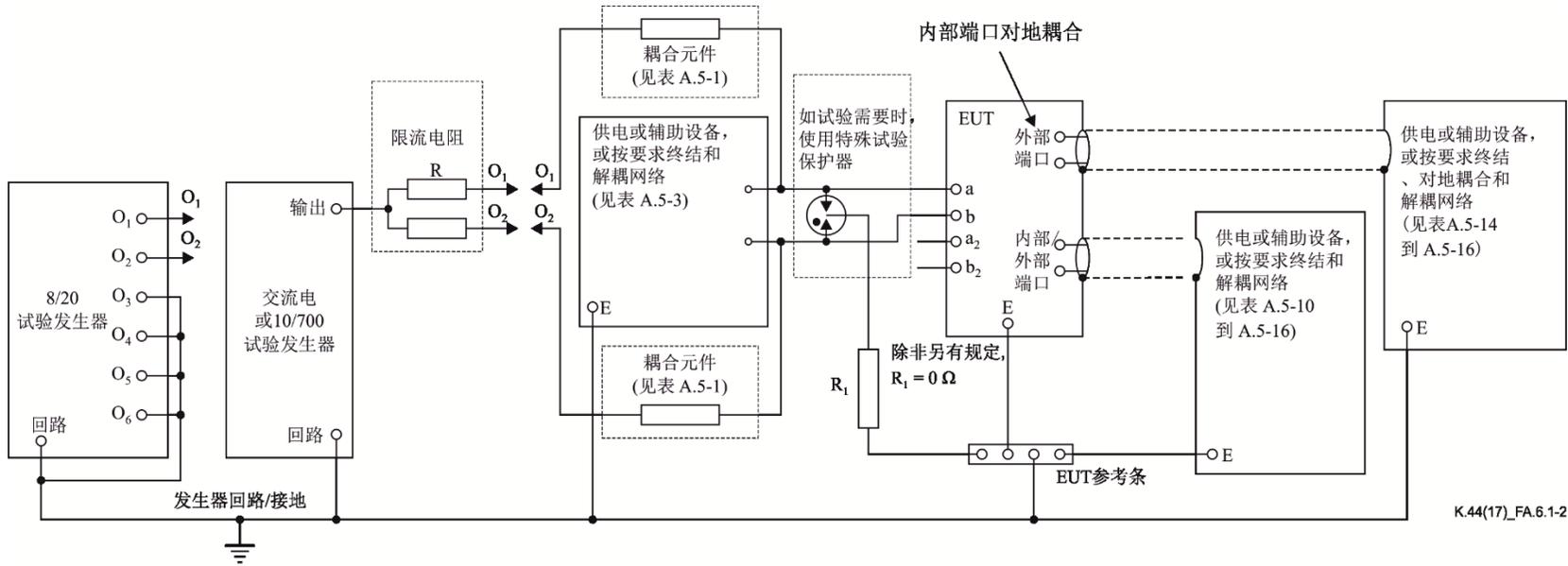
图A.6.1-1a – 外部对称线对单端口 (a终端对地) 上的横向/差分过电压或过电流试验电路示例



EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.1-1b – 外部对称线对单端口 (b终端对地) 上的横向/差分过电压或过电流试验电路示例

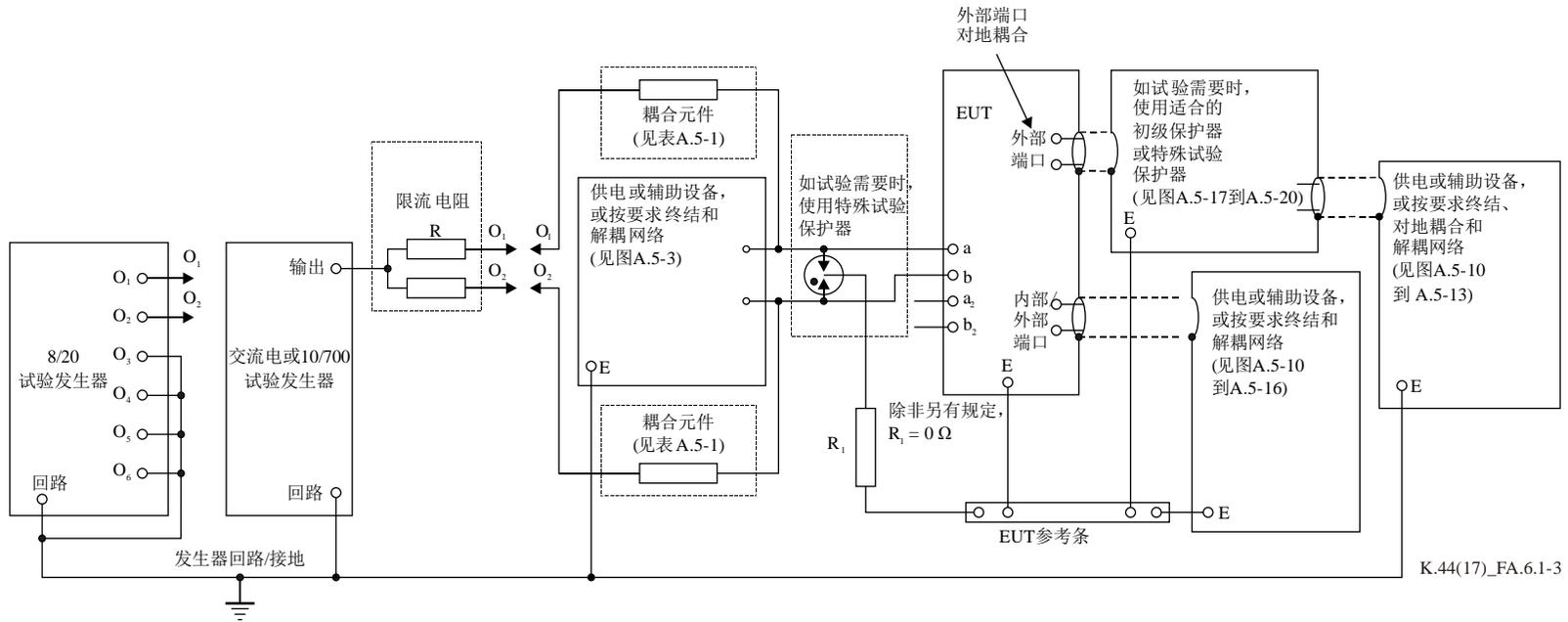


K.44(17)_FA.6.1-2

EUT 接地如下所述：

- 1) 如果设备有接地点，则将该点连接至EUT参考条；
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点，则将该情况连接至EUT参考条；
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况，则让设备浮动。

图A.6.1-2 – 外部对称线对单端口对地的过电压或过电流试验电路示例

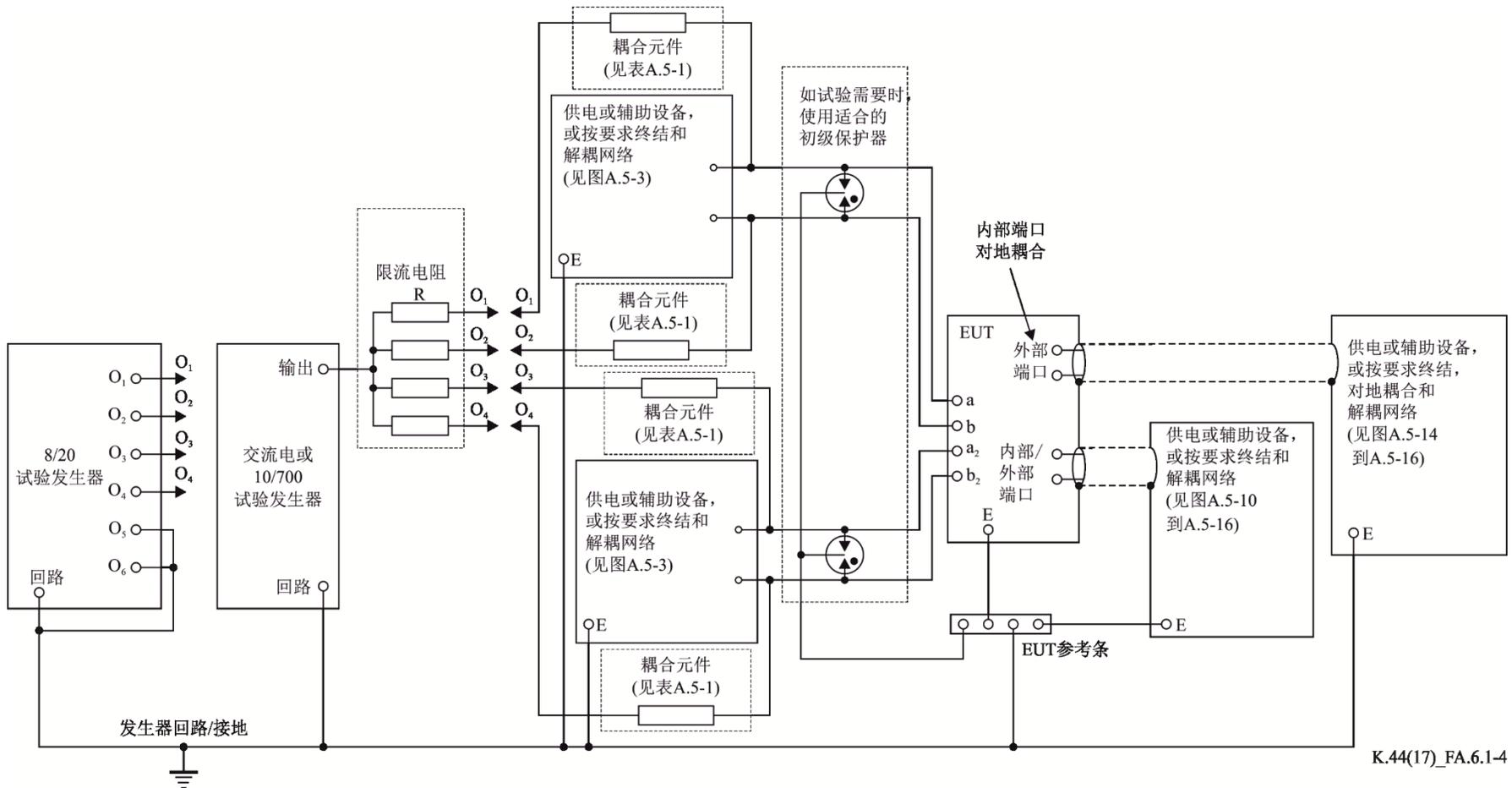


K.44(17)_FA.6.1-3

EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至 EUT 参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至 EUT 参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

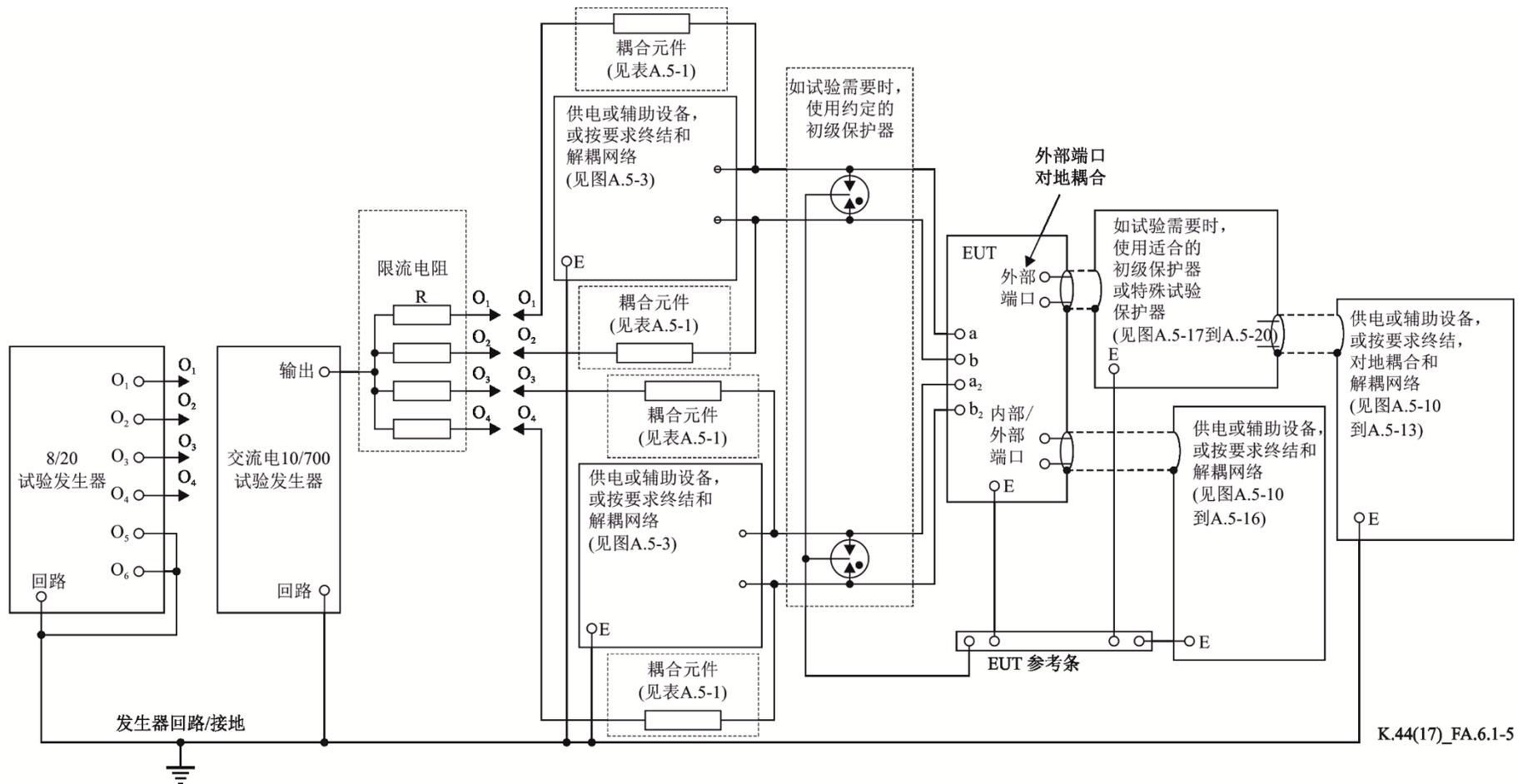
图A.6.1-3 – 外部对称线对单端口对另一个外部端口的过电压或过电流试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

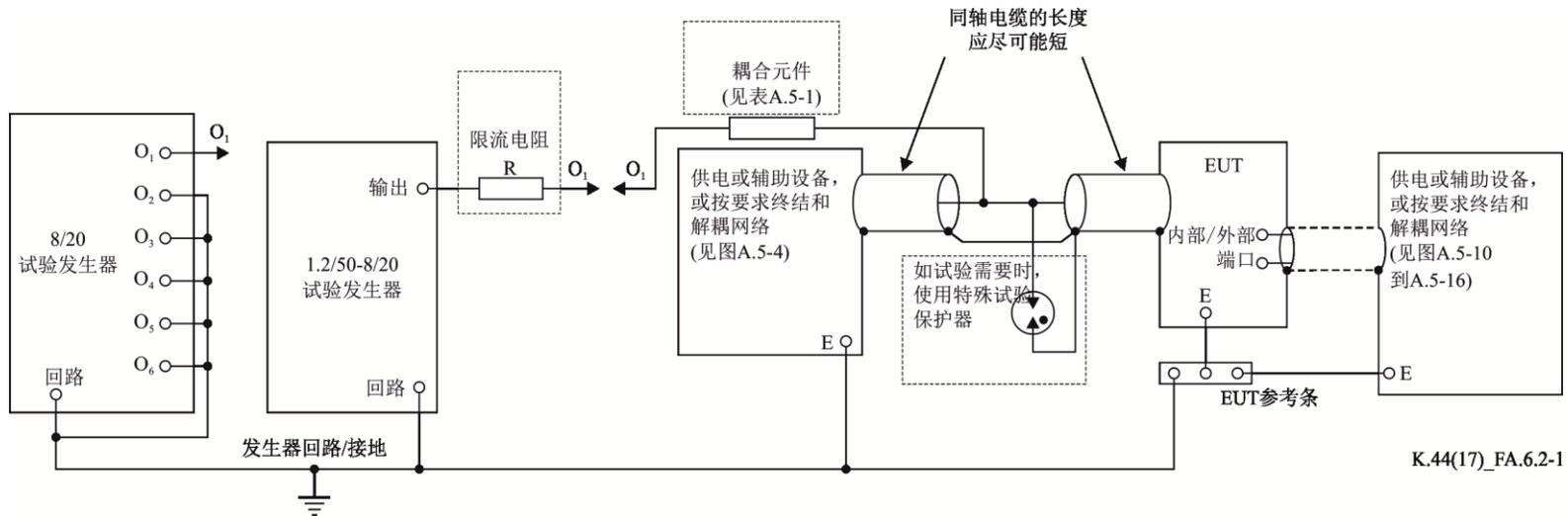
图A.6.1-4 – 一个外部多对称线对端口、多个外部多对称线对端口或二者组合对地的过电压或过电流试验电路示例



EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

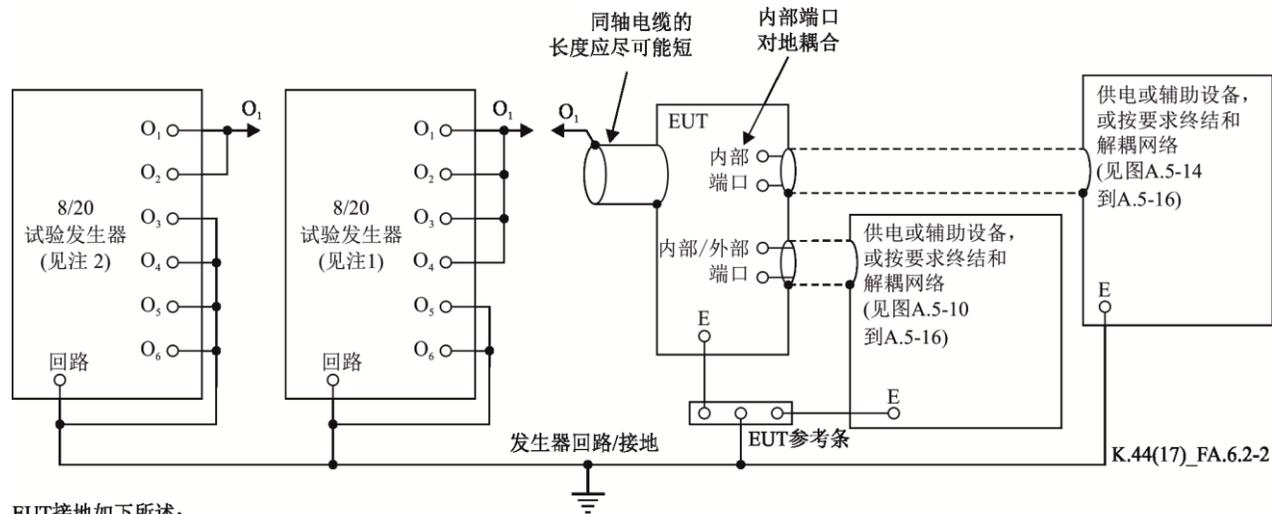
图A.6.1-5 – 一个外部多对称线对端口、多个外部多对称线对端口或二者组合对另一个外部端口的过电压或过电流试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.2-1 – 外部同轴电缆端口上的差分过电压或过电流试验电路示例



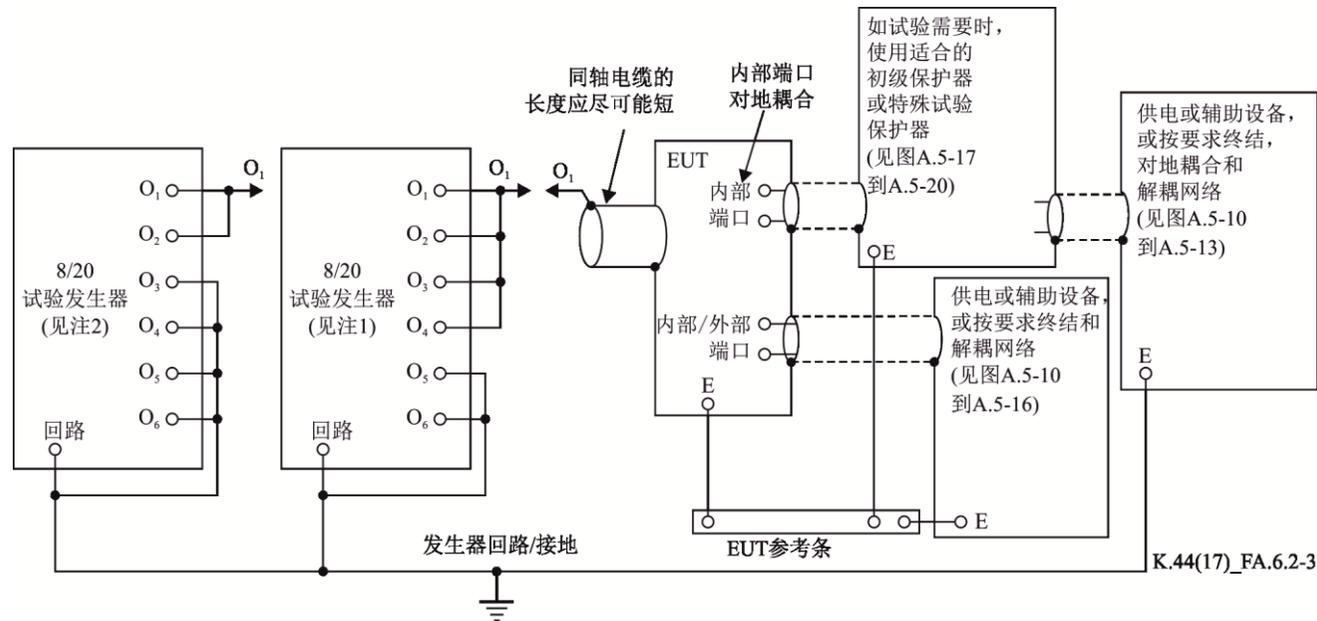
EUT接地如下所述：

- 1) 如果设备有接地点，则将该点连接至EUT参考条；
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点，则将该情况连接至EUT参考条；
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况，则让设备浮动。

注1 – 用于设备的输出连接，指定该设备连接到暴露于直接遭受雷击电流的天线/设备，例如，连接到安装于塔上的天线/设备。

注2 – 用于注1未涵盖之适用设备的输出连接。

图A.6.2-2 – 外部同轴电缆端口对地的雷击屏蔽电流试验的试验电路示例



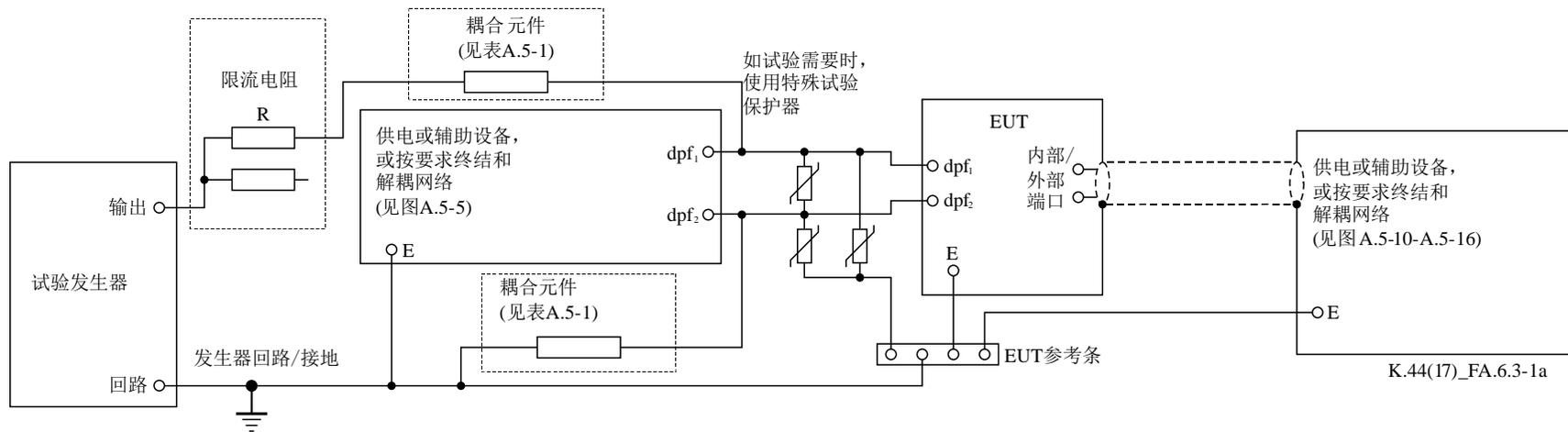
EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

注1 – 用于设备的输出连接, 指定该设备连接到暴露于直接遭受雷击电流的天线/设备, 例如, 连接到安装于塔上的天线/设备。

注2 – 用于注1未涵盖之适用设备的输出连接。

图A.6.2-3 – 外部同轴电缆端口对外部端口的雷击屏蔽电流试验的试验电路示例

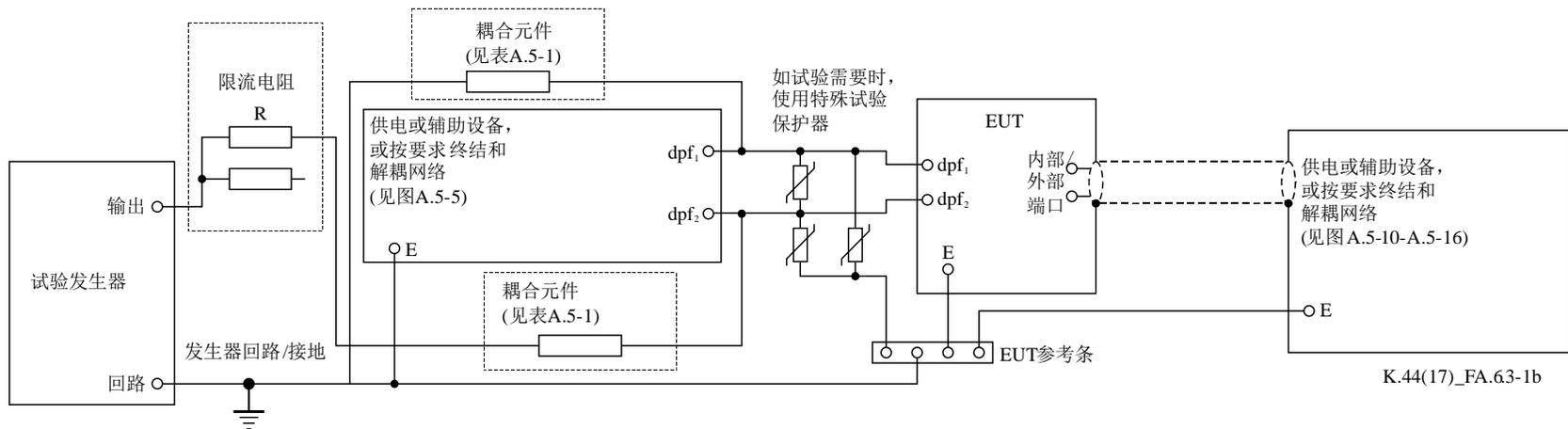


K.44(17)_FA.6.3-1a

EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至 EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至 EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

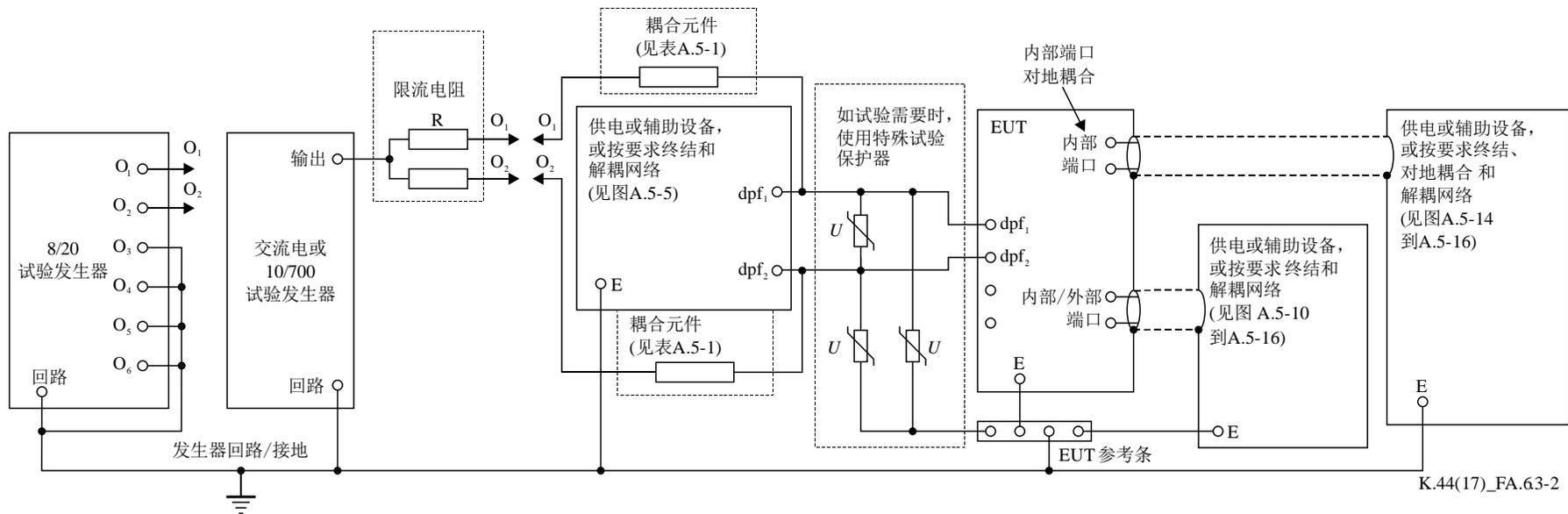
图A.6.3-1a – 单个外部dpf端口 (dpf2接地) 上横向/差分过电压或过电流的试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

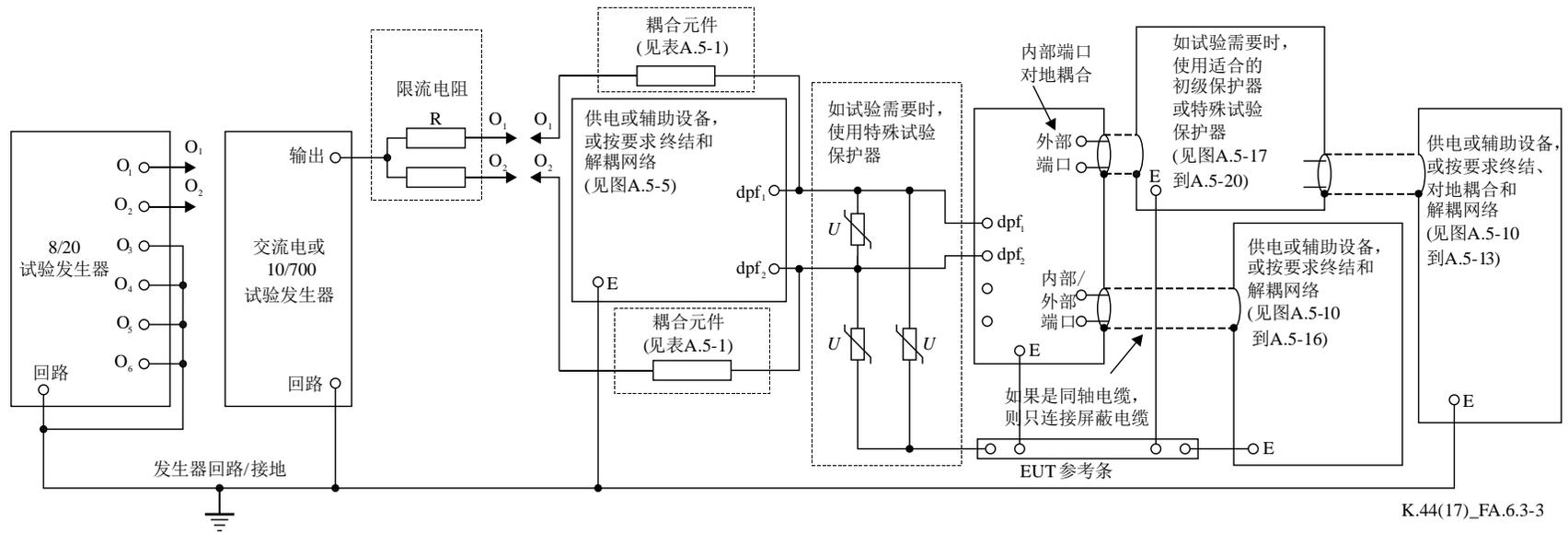
图A.6.3-1b/K.44 – 单个外部dpf端口 (dpf₁接地) 上横向/差分过电压或过电流的试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

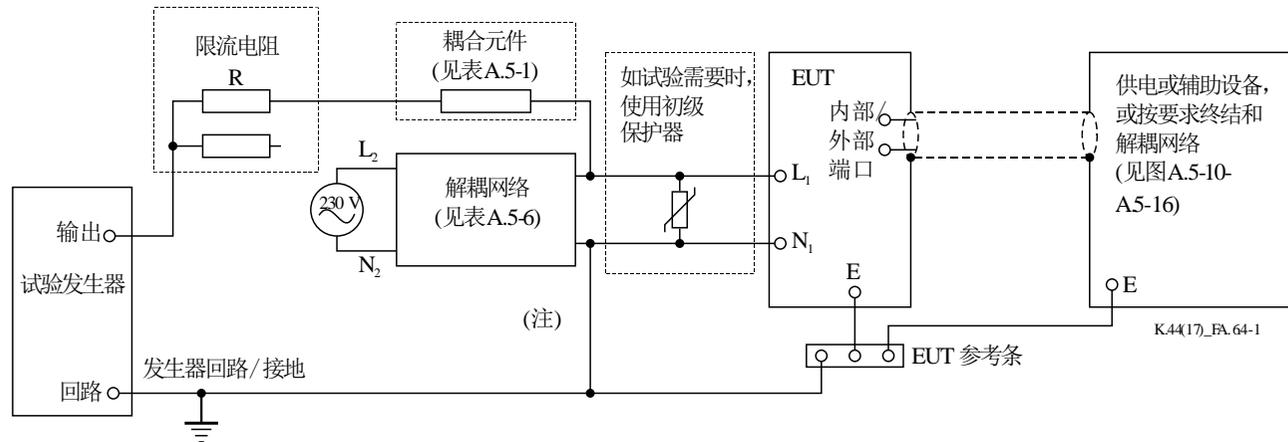
图A.6.3-2 – 单个外部dpf端口对地的过电压或过电流的试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.3-3 – 单个外部dpf端口对外部端口的过电压或过电流的试验电路示例

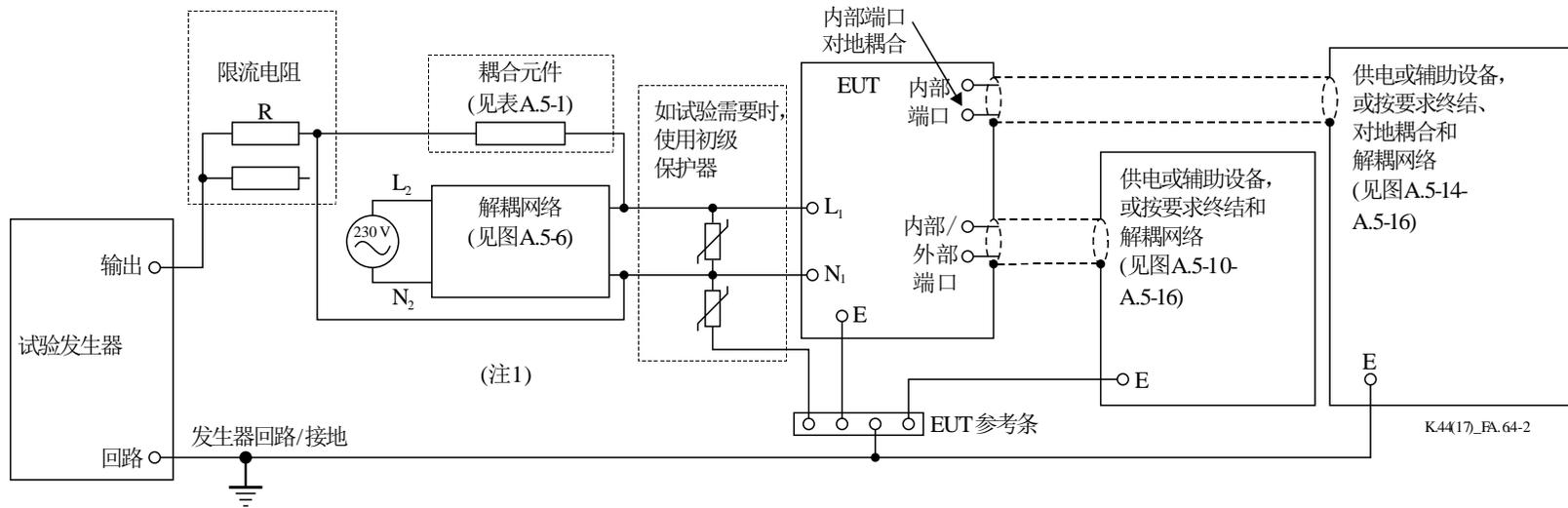


注- 每个SPD连接到初级保护器的总引线长度应为 1m。

EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.4-1 – 外部电源端口上横向/差分过电压或过电流的试验电路示例

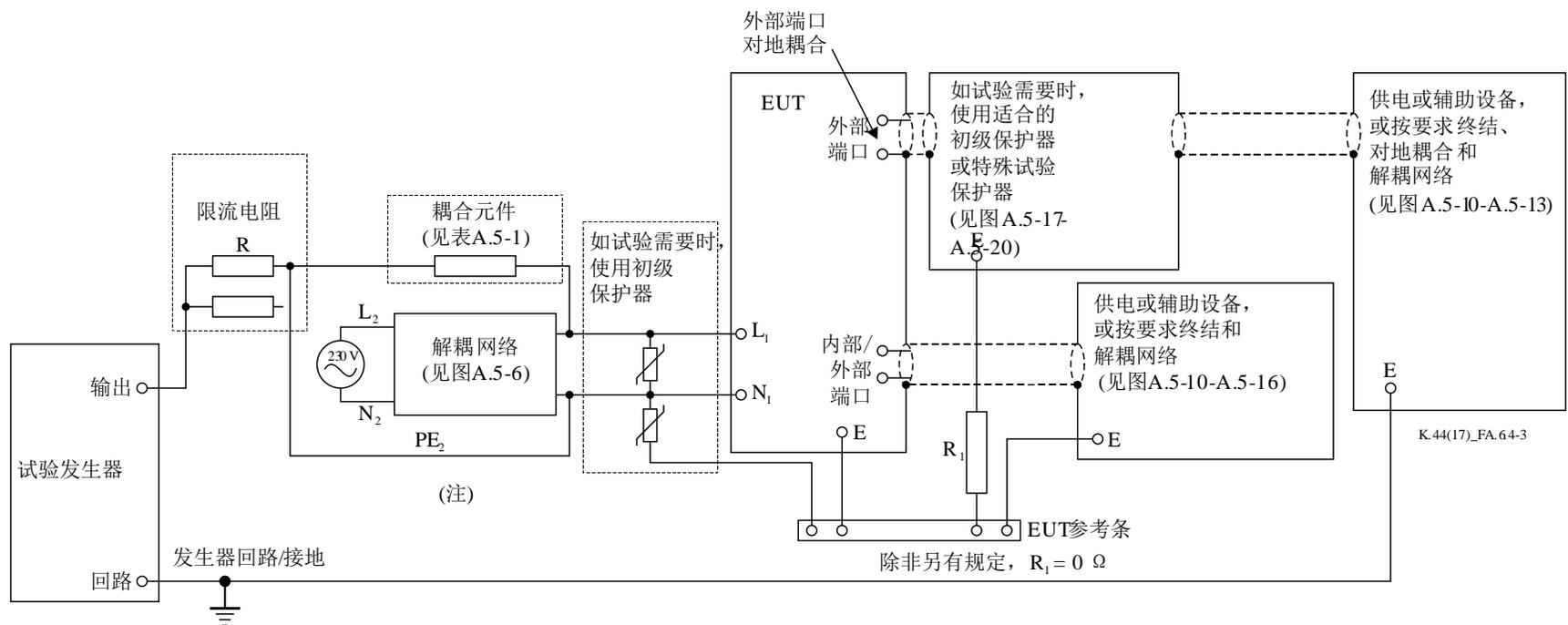


注 - 每个SPD连接到初级保护器的总引线长度应为 1m。

EUT 接地如下所述：

- 1) 如果设备有接地点，则将该点连接至EUT参考条；
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点，则将该情况连接至EUT参考条；
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况，则让设备浮动。

图A.6.4-2 – 外部电源端口对地的过电压、过电流和中线电位上升的试验电路示例

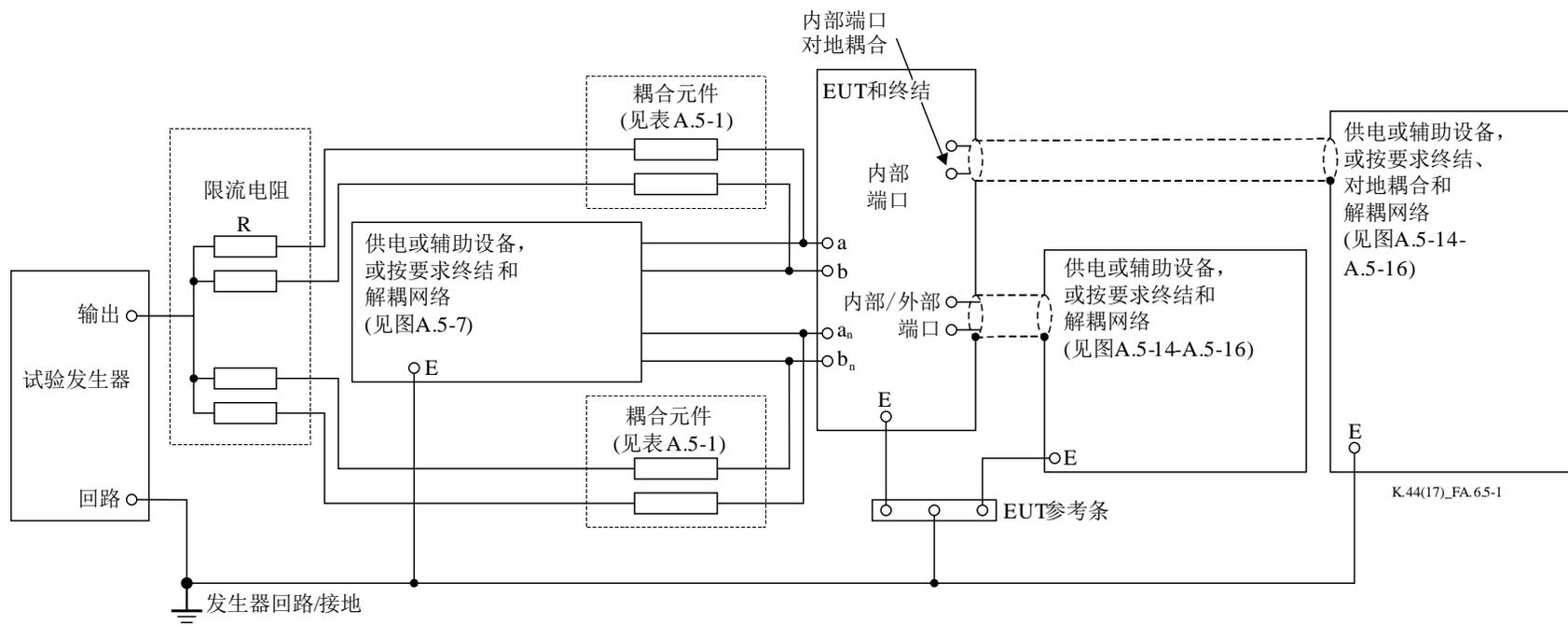


注 - 每个SPD连接到初级保护器的总引线长度应为 1m。

EUT接地如下所述：

- 1) 如果设备有接地点，则将该点连接至EUT参考条；
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点，则将该情况连接至EUT参考条；
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况，则让设备浮动。

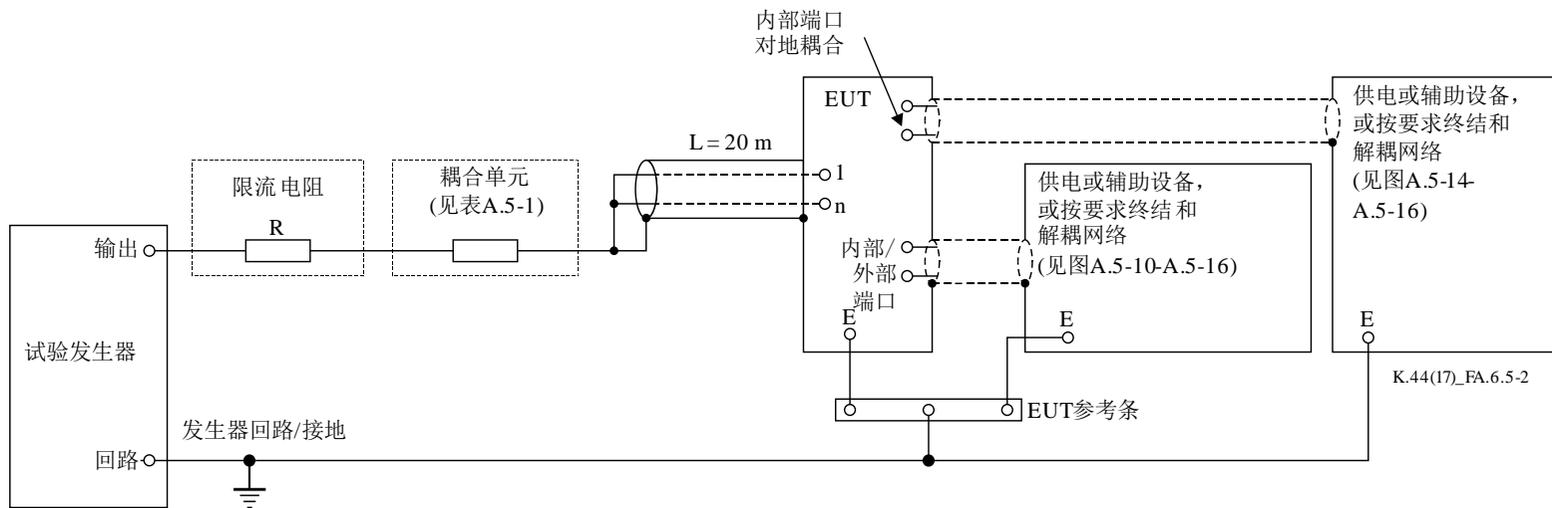
图A.6.4-3 – 外部电源端口对外部端口的过电压、过电流和中线电位上升的试验电路示例



EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至 EUT 参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至 EUT 参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.5-1 – 内部端口（连接于一根非屏蔽电缆，单个或多个对称线对对地）上过电压或过电流的试验电路示例

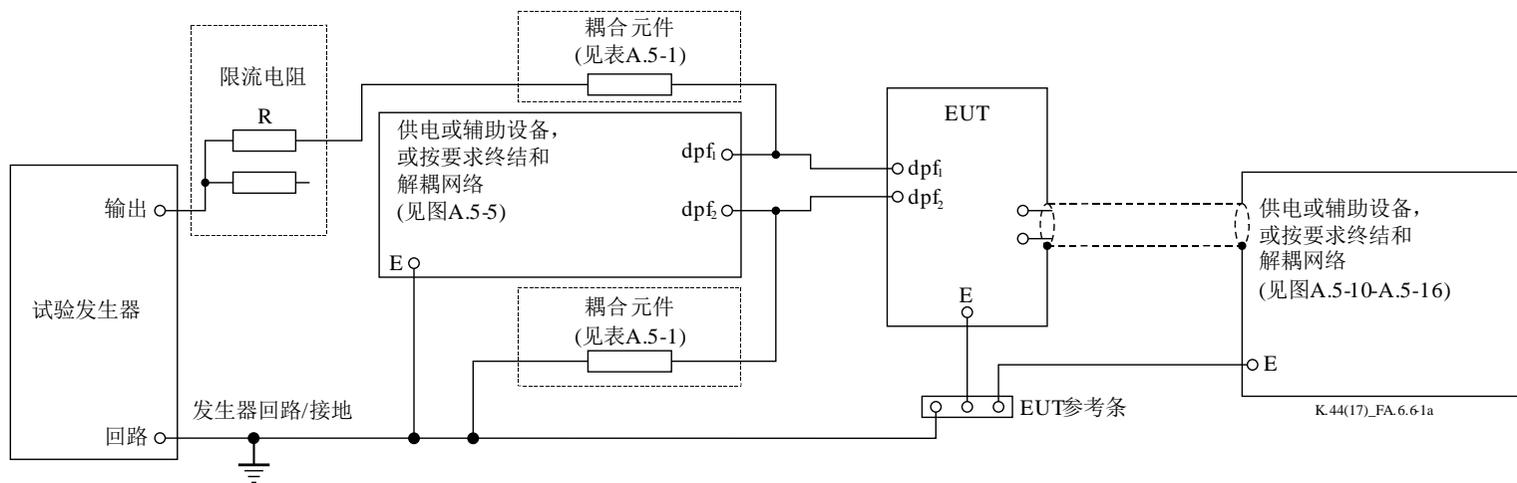


为了试验的可重复性，建议在接地参考平面上进行试验，电缆以蛇形布放在接地平面。所有的导体连接在一起并进行屏蔽。
 （原因：在最坏的情况下，在辅助设备上插入保护元件，可引起终结的电路，未包括在本试验的布置内）。

EUT接地如下所述：

- 1) 如果设备有接地点，则将该点连接至EUT参考条；
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点，则将该情况连接至EUT参考条；
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况，则让设备浮动。

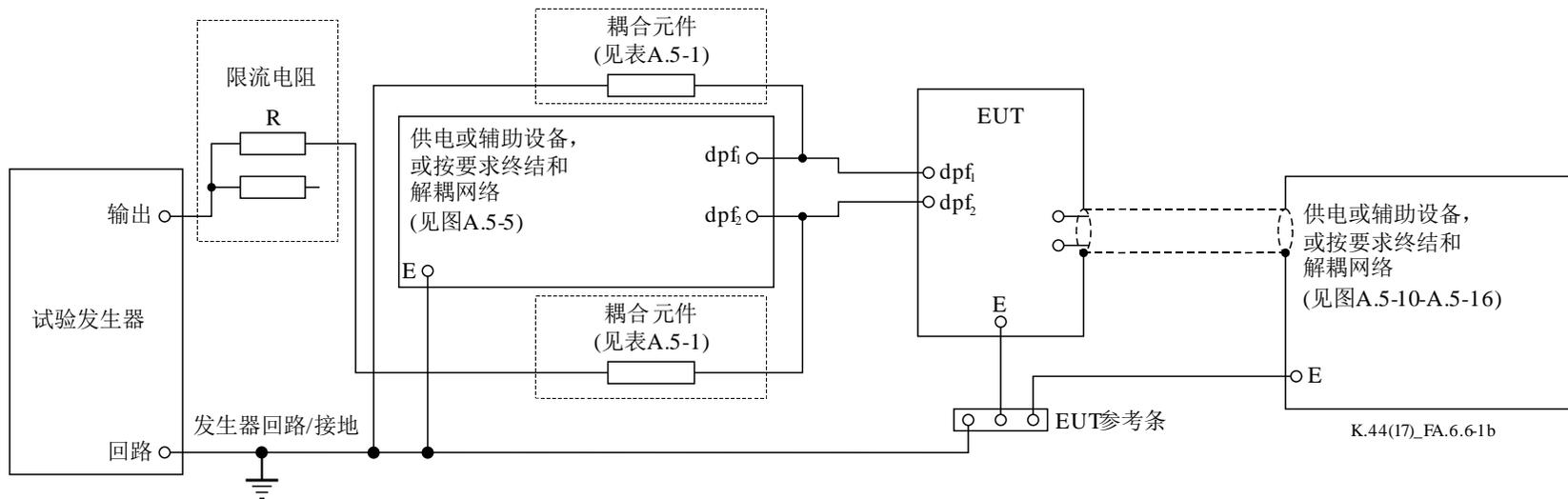
图A.6.5-2 – 连接至对地屏蔽电缆的内部端口上过电压或过电流的试验电路示例



EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

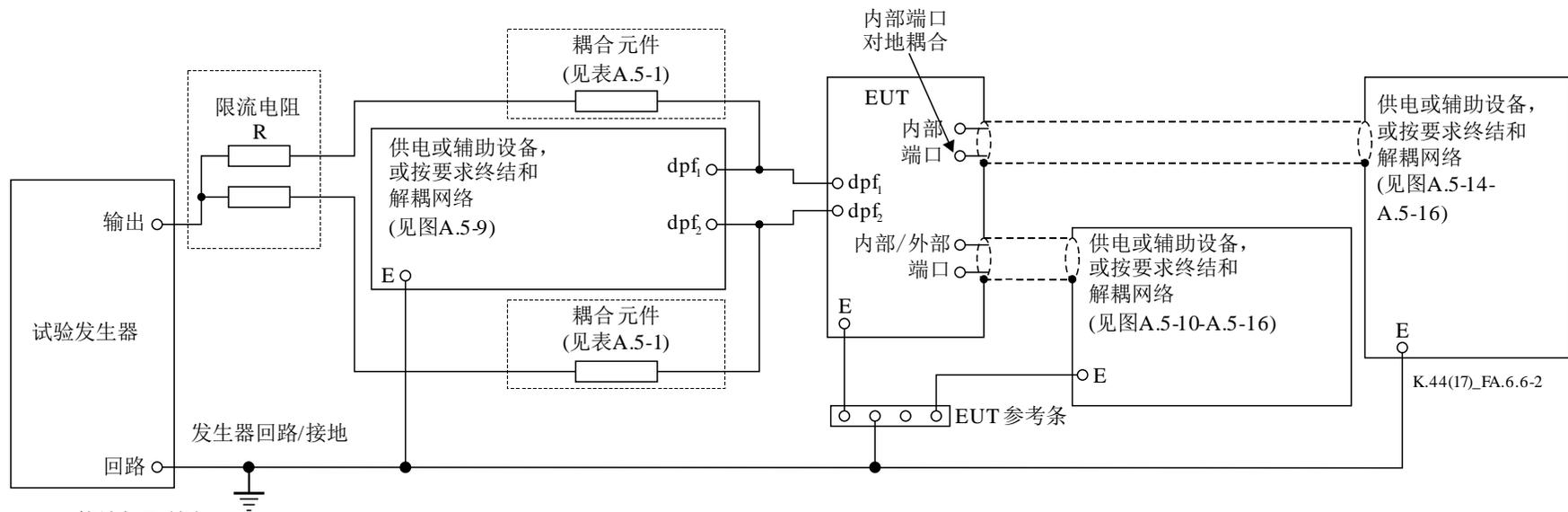
图A.6.6-1a – 直流电接口端口 (dpf₂接地) 上横向/差分过电压或过电流的试验电路示例



EUT 接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至 EUT 参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至 EUT 参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

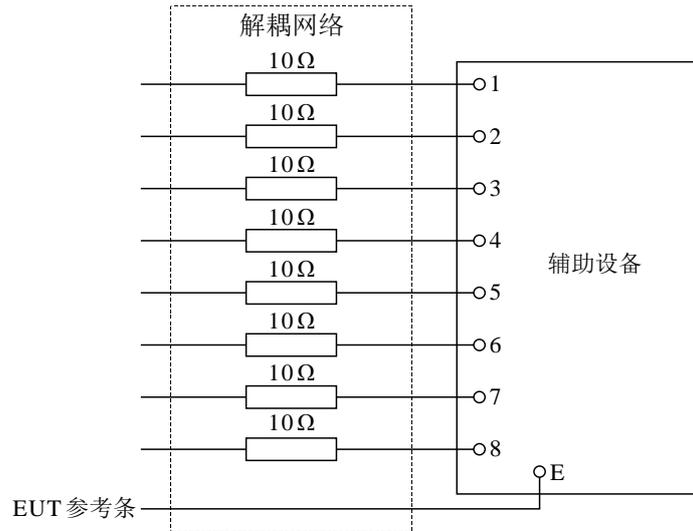
图A.6.6-1b – 直流电接口端口 (dpf₁对地) 上横向/差分过电压或过电流的试验电路示例



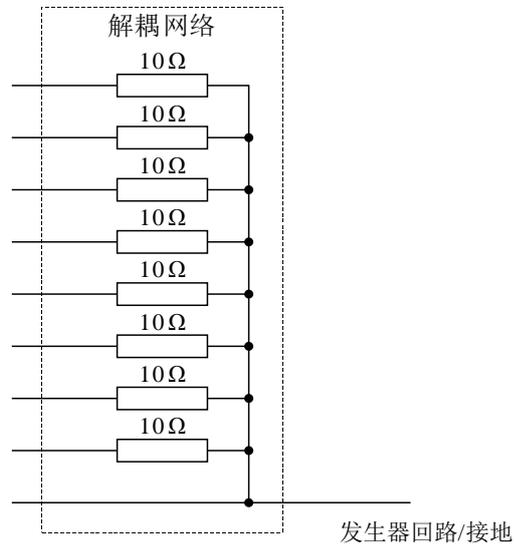
EUT接地如下所述:

- 1) 如果设备有接地点, 则将该点连接至EUT参考条;
- 2) 如果设备有导电情况但无接地点, 则将该情况连接至EUT参考条;
- 3) 如果设备既无接地点也无导电情况, 则让设备浮动。

图A.6.6-2 – 直流电接口端口上过电压或过电流的试验电路示例



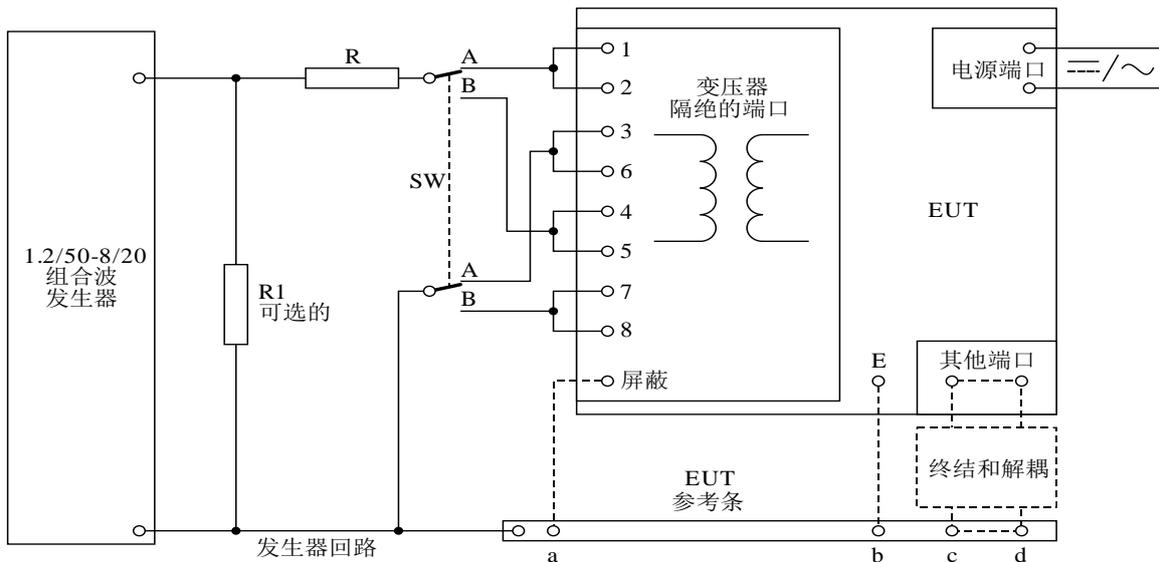
a) 未测以太网端口的终结



b) 未测以太网端口的对地耦合和终结

K.44(17)_FA.6.7-1

图A.6.7-1 – 未测以太网端口的终结和对地耦合

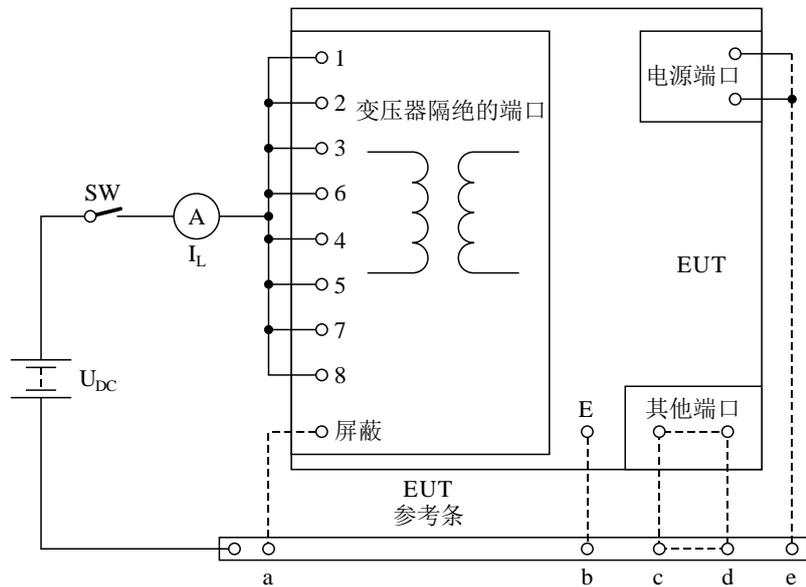


位置A上的开关：试验PoE模式A供电终端1/2-3/6
 位置B上的开关：试验PoE模式B供电终端4/5-7/8
 a = RJ45 屏蔽电缆连接
 b = EUT 保护性或功能性的接地连接
 c to d = 所有其他信号端口的终端
 1、2、3、4、5、6、7和8 是以太网RJ45的引脚号
 R = 串联限流电阻
 R1 = 可选的分流电阻

K.44(17)_FA.6.7-2

注 – 对供电设备（PSE）、中跨电源插入设备和受电装置（PD）端口，在开关（SW）位置A和位置B上进行试验。如果供电设备指定供电线对，则试验仅在这些线对上进行。

图A.6.7-2 – 以太网PoE端口供电线对横向/差分电涌试验电路



K.44(17) FA.6.7-3

U_{DC} = 直流试验电压（限制为100 mA）

SW = 开关闭合以进行电流测量

A = 用于测量泄漏电流 I_L 的仪表

绝缘电阻 = U_{DC}/I_L

二级电路参考节点连接（如果有的话）

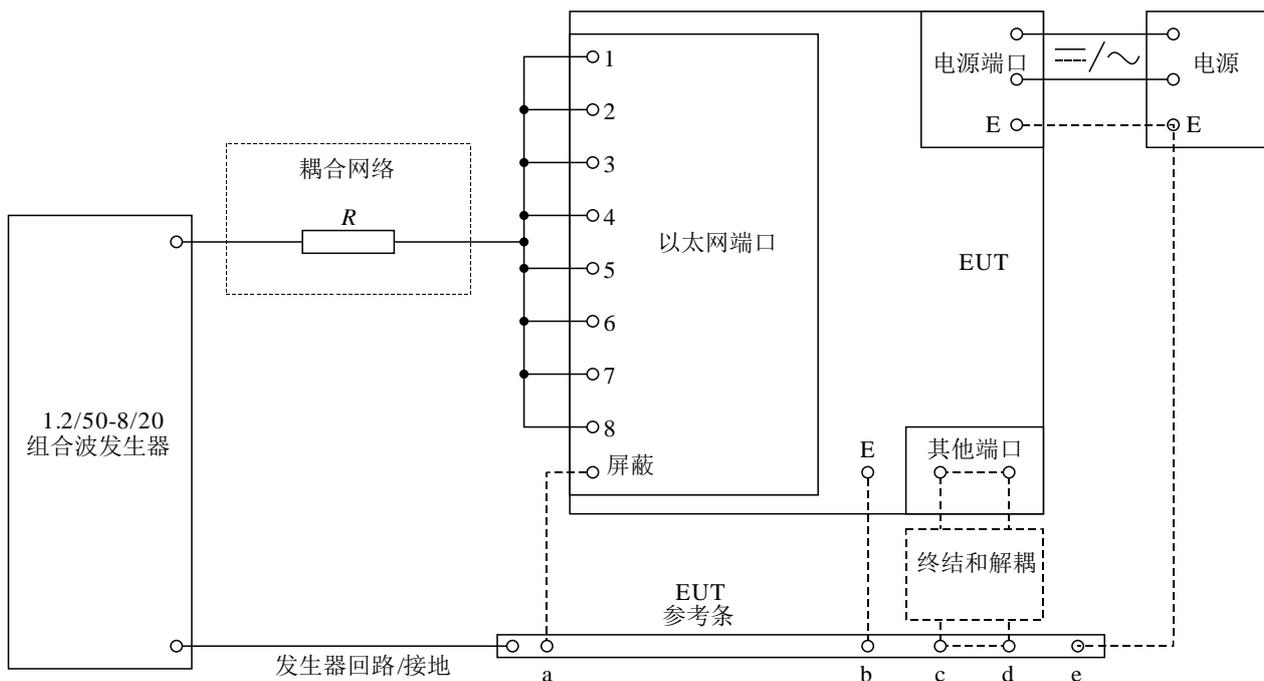
a = RJ45屏蔽电缆连接

b = EUT保护性或功能性的接地连接

c至d = 所有其他信号端口的终端

e = 电源端口终端

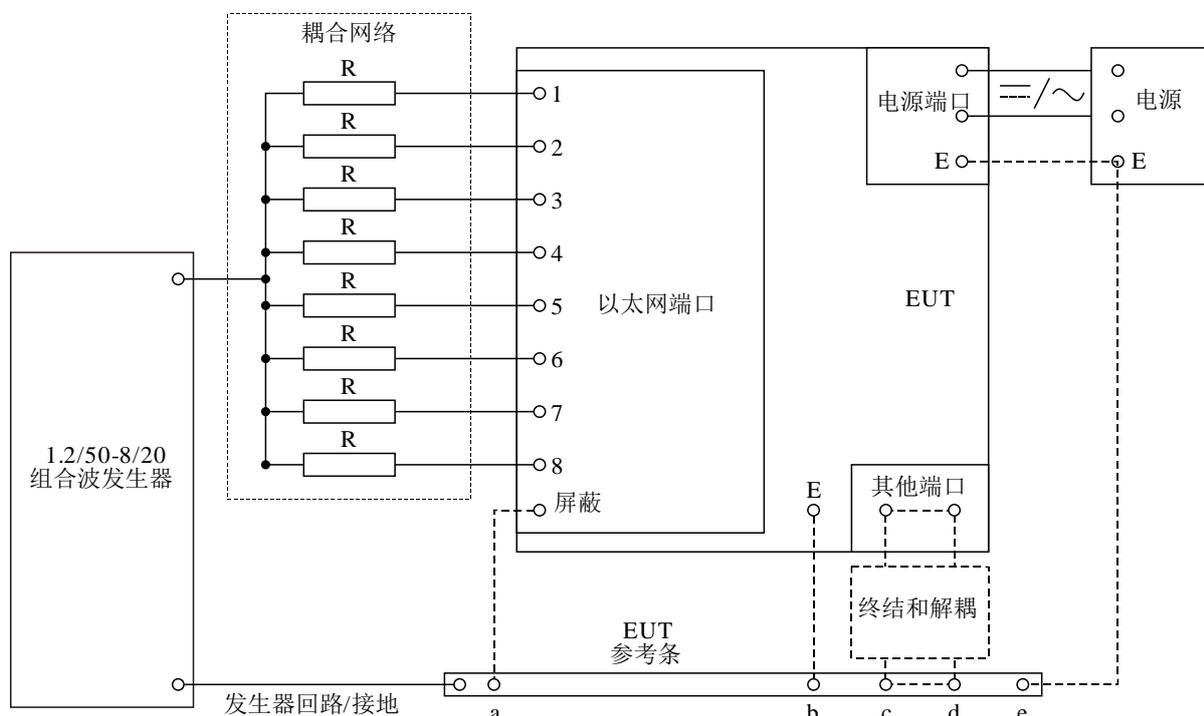
图A.6.7-3 – 以太网端口直流电绝缘电阻试验电路



1、2、3、4、5、6、7和8是以太网RJ45的引脚号
a = 用于STP_c连接的RJ45屏蔽电缆连接
b = EUT保护性或功能性的接地连接
c 至 d = 所有其他信号端口的终端

K.44(17)_FA. 6.7-3a

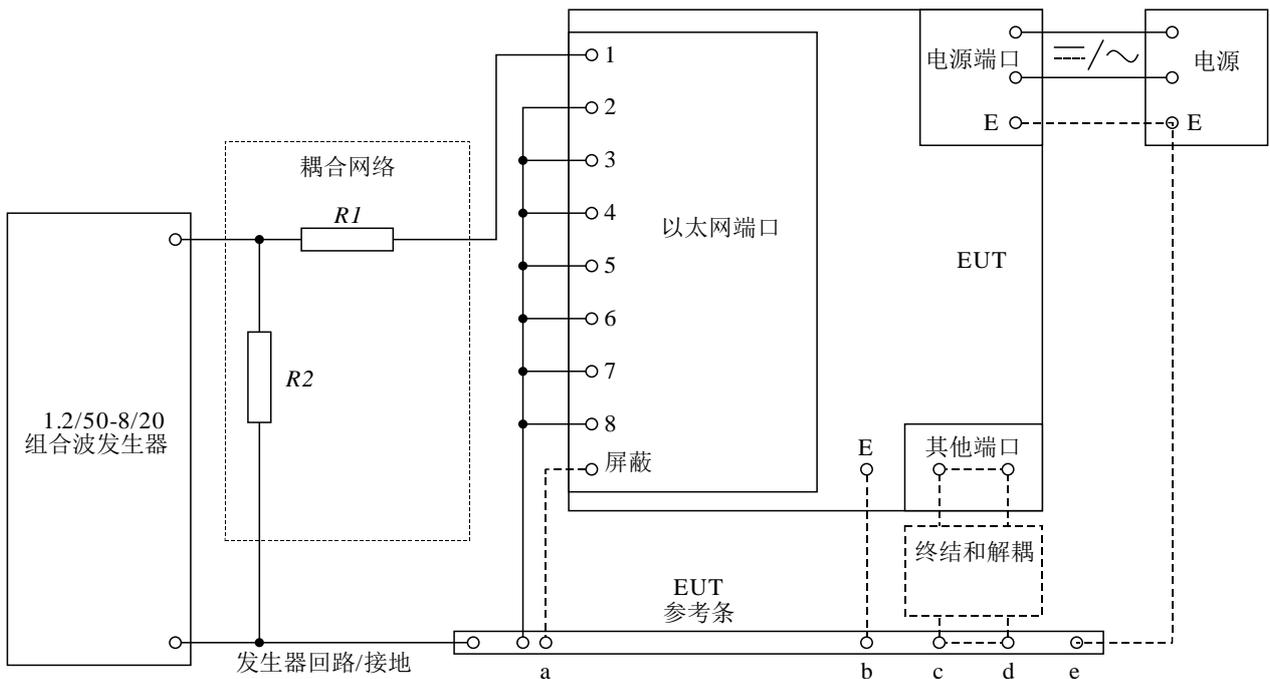
图A.6.7-3a – 以太网端口纵向/共模耐受试验电路



1、2、3、4、5、6、7和8是以太网RJ45的引脚号
a = 用于STP_c连接的RJ45屏蔽电缆连接
b = EUT保护性或功能性的接地连接
c 至 d = 所有其他信号端口的终端

K.44(17)_FA. 6.7-4

图A.6.7-4 – 以太网端口纵向/共模电涌试验电路

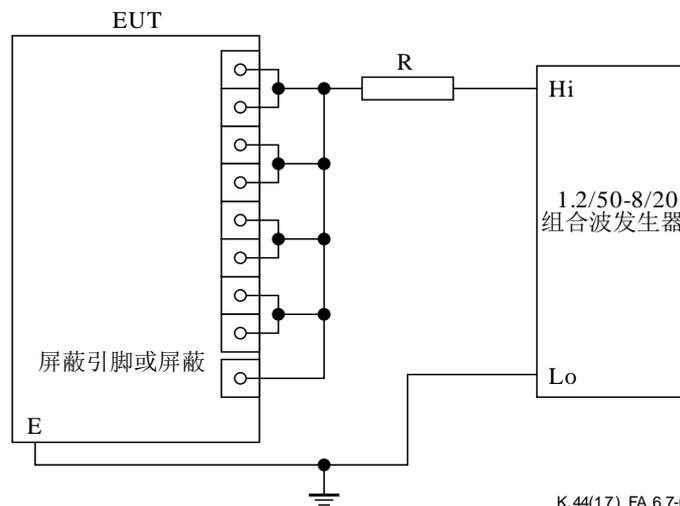


1、2、3、4、5、6、7和8是以太网RJ45的引脚号
a = 用于STP_E连接的RJ45屏蔽电缆连接
b = EUT 保护性或功能性的接地连接
c至d = 所有其他信号端口的终端

K.44(17)_FA.6.7-5

注 - 该试验是对各线对（1、3、4和7）的每个终端进行的，各线对分别与发生器连接，一次一对，所有其他终端连接到EUT参考条。

图A.6.7-5 - 以太网端口横向/差分电涌试验电路



K.44(17) FA.6.7-6

图A.6.7-6 - 屏蔽双绞线以太网 (STP_E) 试验

附录I

试验条件的说明

(此附录非本建议书不可分割的组成部分)

I.1 试验

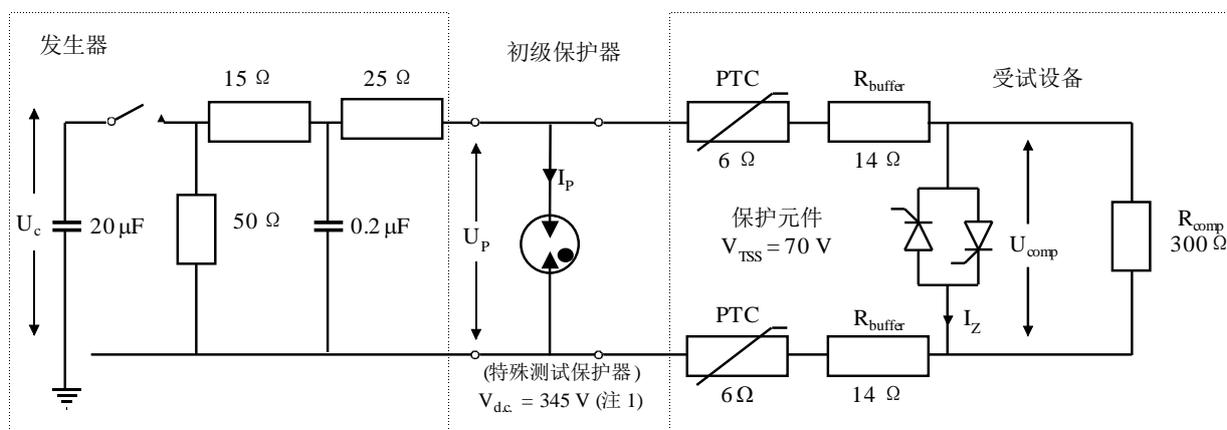
I.1.1 概述

为了检查设备对于直至最高试验等级的所有电压和电流电平都能满足规定的合格性能判据，需要在从0到规定最大等级之间进行大范围的试验电压/电流试验或进行“智能试验”。在I.1.2-I.1.4节中提供了智能试验的信息，以便既能使试验电平的数量最小，又可保证进行充分的试验。

I.1.2 雷击电涌试验

为了检查设备内部没有损坏的窗口存在，需要在特定的电压下进行试验。这些特定的试验电压由相关元件在设备内部的工作点，如初级保护器（GDT或SSA）和开关保护装置来决定的。这些试验电压的例子采用一个带6 Ω PTC和14 Ω电阻（串联，共20 Ω）的线卡和一个分路开关型固有保护器作为例子来说明。这个例举的线卡和试验发生器及初级保护器如图I.1-1所示。与试验发生器分开的所有电路布局和所选择的元件值仅仅是用于说明，并不能期望用于实践。

在充电电压 U_c 逐渐上升的情况下，不同的组件适用于不同的电压、电流和能量。



注1 - 特殊试验保护器代替230 V的初级保护器。

注2 - 实用时， $R_{buffer} + PTC$ 的总阻抗在10-100 Ω之间变化， R_{comp} 也可能取不同的数值。

图I.1-1 - 具有指定的电压和电流的线卡示例

以上电路是在固有保护作用时的具有低输入阻抗的线卡的例子。设备通常是位于暴露地区，由MDF上的SSA或GDT来实现保护。电路在假定具有230 V GDT保护下进行试验，初级保护器已经由GDT取代，这个GDT具有如第8.4.1节中所述的345 V d.c启动电压（即： $300 V_{demx}$ 乘以1.15）。所示电路为横向/差分试验，见图A.6.1-1a。为简化电路，没有示出耦合单元或解耦元件或相关元件。图中所示仅为正极性电涌。300 Ω电阻 R_{comp} 代表被保护的组件的横向/差分阻抗。

R_{buffer} 是附加电阻。 $R_{\text{buffer}}+\text{PTC}$ 的总阻抗在实际中可以在10到100 Ω 之间变化。这个电阻与PTC结合，在初级保护与固有保护之间作为缓和阻抗起到协调一致的作用。当固有保护打开时，EUT的输入阻抗（电阻）为 $2 \times (6 + 14)$ 。在一些应用中，PTC和电阻 R_p 可能将在具有初级保护的MDF上。注意，在MDF上安装PTC和电阻 R_p 不是推荐的实用方法，因为有些运营商具有的MDF可能与系列阻抗不匹配。同样，对PTC处于与线卡相同的温度更好。然而对某些环境，PTC或其他类型的过电流保护需要安装在MDF上（指南可见[b-ITU-T K.82]）。

R_{comp} 是电路阻抗。它的值可以随着电流和频率的变化而变化。通常流过 R_{comp} 的最大电流小于0.2 A。这与导致固有保护作用的电流相比是微不足道的。

固有保护是一种半导体闸流管类型的设备。

为彻底试验设备的抗力，需要在若干不同的 U_c 值上对设备进行试验。

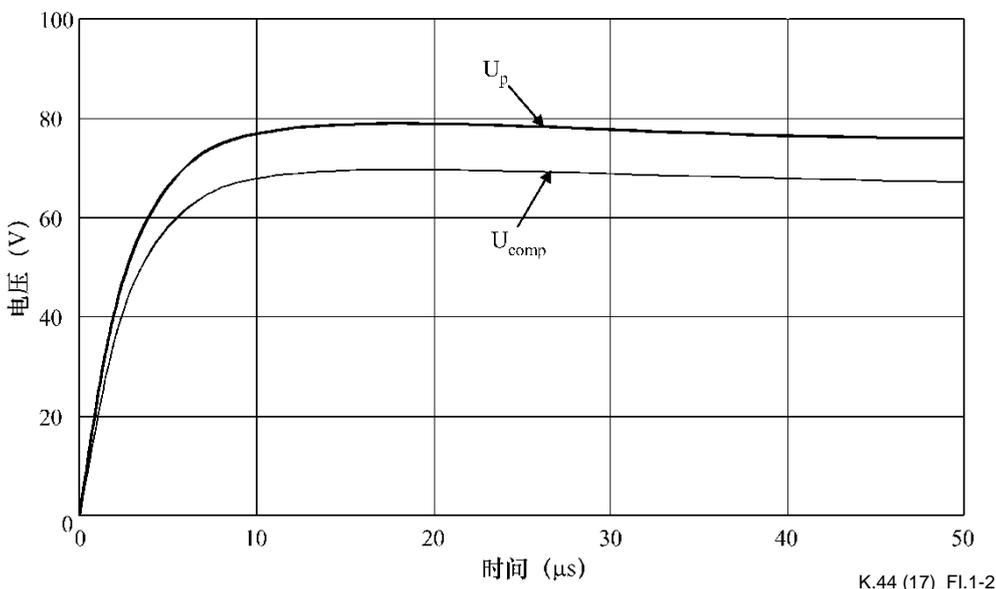
I.1.2.1 固有试验

U_c 的值在产品建议书中提供。设置发射器，以应用所需的电涌。

I.1.2.2 二级保护器协调试验

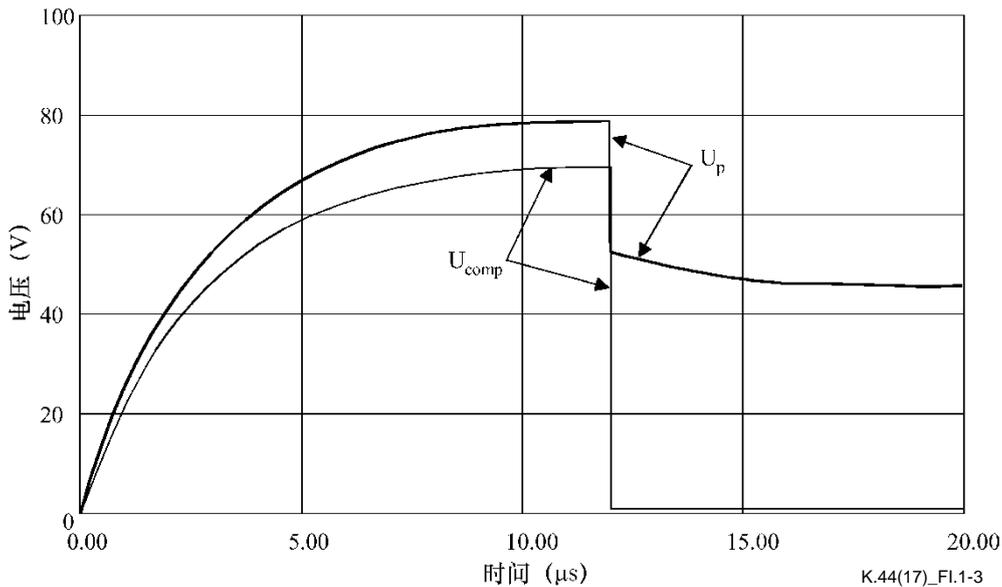
如果设备包含启动型固有保护器，例如，半导体闸流管，则对 U_c 的值进行调整，以产生一个刚好小于以下值的电涌，即它将启动开关型保护器。在线卡例子中，如果跨它的电压超过其开关电压，则半导体闸流管将开启，通常约为70 V。那么半导体闸流管将开启。在半导体闸流管开启后，电压降仅仅只有1或2 V。

90 V的 U_c 将跨 U_{comp} 产生69 V，在半导体闸流管中没有电流流动，见图I.1-2。这是对元件最坏的情况，应施加10个交替极性的电涌。



图I.1-2 – U_{comp} 为69 V时的电压 U_c

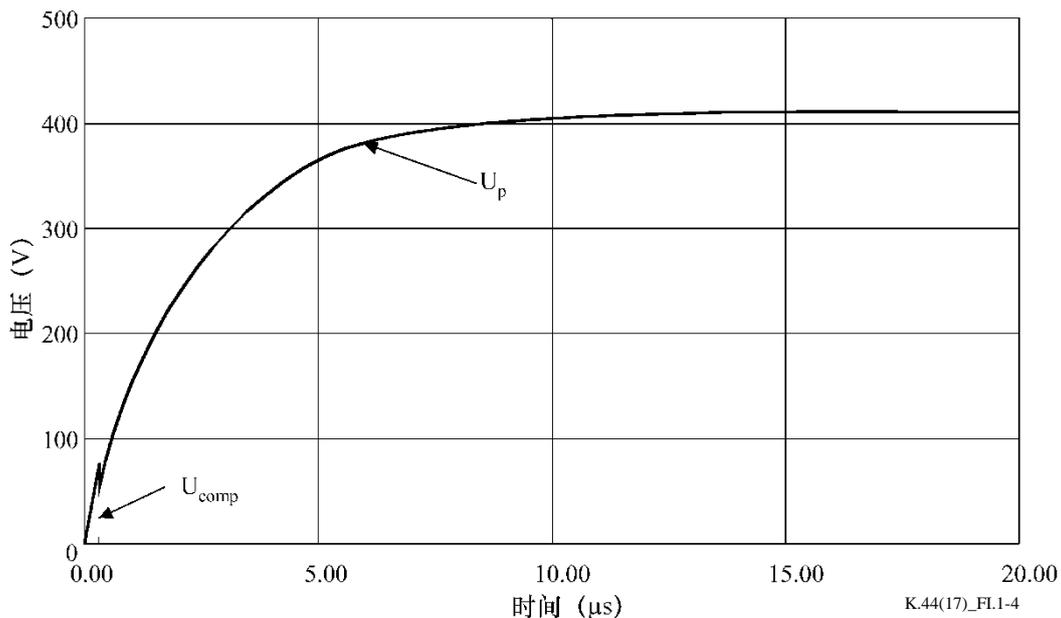
当 $U_c = 92\text{ V}$ ，跨 R_{comp} 的电压超过 70 V 时，固有保护作用而且电流通过PTC和 $14\ \Omega$ 电阻传导，见图I.1-3。这将限制被保护组件两端的电压达到 70 V 。



图I.1-3 – U_{comp} 为 70 V 时的电压 U_c

I.1.2.3 初级保护器协调试验

如果设备将受启动型初级保护器保护，例如，GDT，则对 U_c 的值进行调整，以产生一个刚好小于以下值的电涌，即它将启动开关型保护器。通过提高充电电压 U_c ，跨PTC和 $14\ \Omega$ 电阻的电压、流经PTC和电阻的电流将提高，直至充电电压刚好低于初级保护器的激活等级，见图I.1-4。在线卡例子中， 843 V 的充电电压 U_c 将是PTC和 $14\ \Omega$ 电阻的最大压力点，应施加10个交替极性的电涌。图I.1-4显示了出现于设备输入处的最大全波形 $10/700\ \mu\text{s}$ 电压。

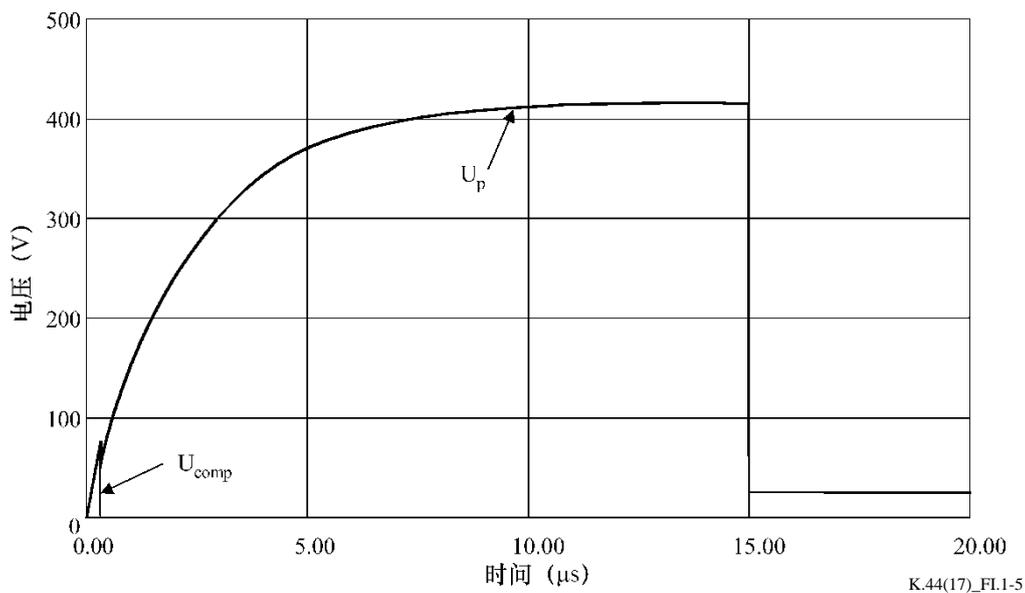


图I.1-4 – 将电压 U_c 置于引起 U_p 正好低于GDT的启动电压

U_c 为855 V时，初级保护器激活，电压 U_p 降至一个较低值（典型地约为25 V）。流入设备的电流 I_z 下降到一个非常低的值，而且变得实际上独立于 U_c 。

图I.1-5显示在初级保护器两端测量的电压 U_p 和在PTC以及14 Ω 电阻器两端的855 V充电电压 U_c 和一个具有345 V直流击穿电压的GDT。当约定的初级保护器是一个230 V的GDT时，特殊试验保护器执行启动电压动作。从电压能算出不同的电流。在15 μ s后，所使用的初级保护器被启动，而且通过GDT两端最大的电压是420 V。

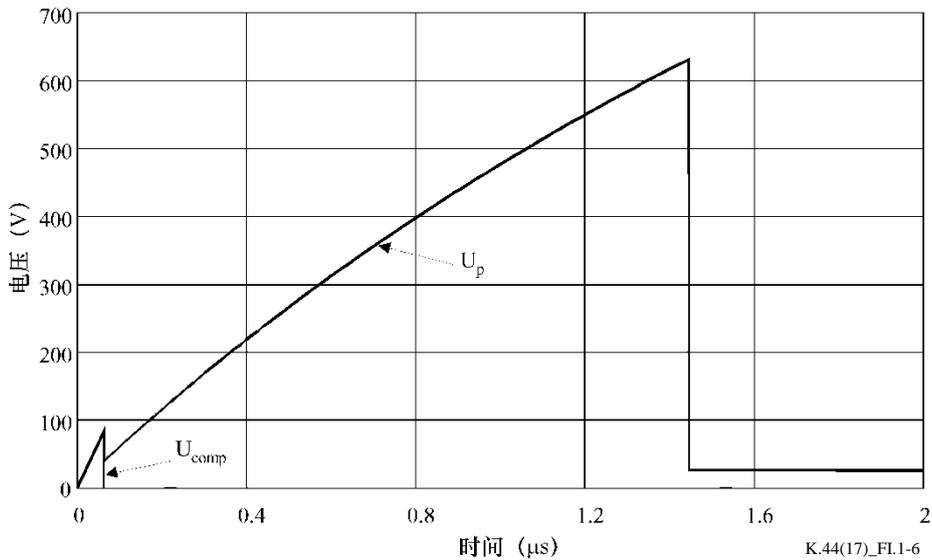
应注意到：如果在上升沿时间初级保护器没有启动，那么在衰减期仍旧可能激活。因为在衰减期的开始阶段，残留电压几乎是不变的。当GDT在衰减期被启动时，击穿电压很低而且接近直流击穿电压。



图I.1-5 – 对855V的充电电压 U_c ，特殊试验保护器两端的电压 U_p

I.1.2.4 $U_{c(max)}$ 试验

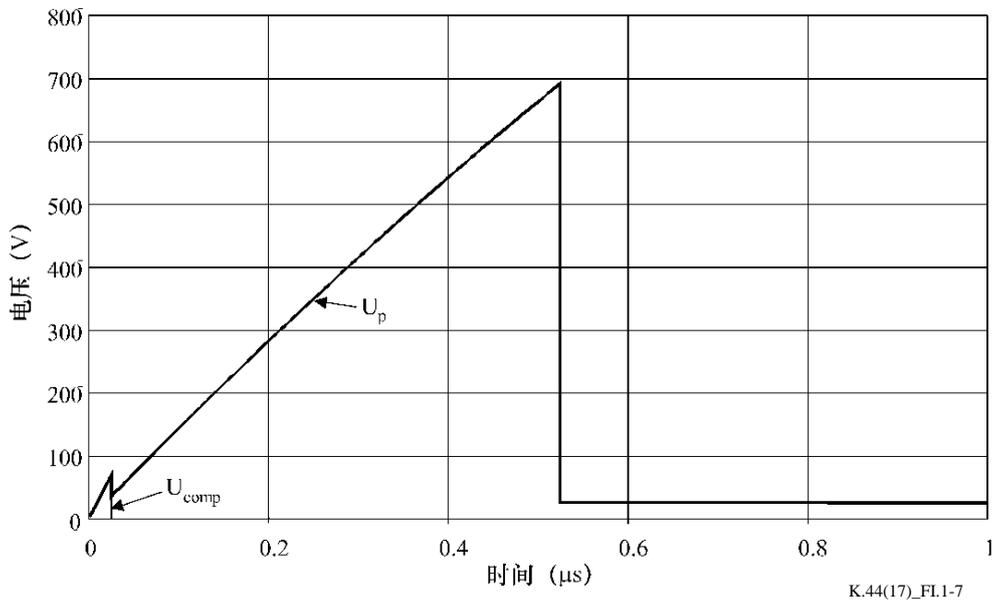
图I.1-6显示在初级保护器两端测量的电压 U_p 和在14 Ω 电阻器两端的4 kV充电电压 U_c 。在1.0 μ s后，所使用的初级保护器被激活，而且通过GDT两端最大的电压是632 V。尽管电压较高，但是通过设备的电涌压力等级较低。



图I.1-6 – 对4 kV的充电电压 U_c ，特殊试验保护器两端的电压 U_p

I.1.2.5 大于 $U_{c(max)}$ 的效果

图I.1-7显示在初级保护器两端测量的电压 U_p 和在PTC和14 Ω 电阻两端的10 kV充电电压 U_c 。在0.5 μs 后，所使用的初级保护器被激活，而且通过GDT两端最大的电压是690 V。尽管电压很高，但是通过设备的电涌压力等级较低。



图I.1-7 – 对10kV的充电电压 U_c ，特殊试验保护器两端的电压 U_p

6个不同充电电压的例子表明了了解初级保护器特性和为正确协调初级保护与固有保护以及固有保护与设备之间的固有保护的重要性。

I.1.3 电力线感应

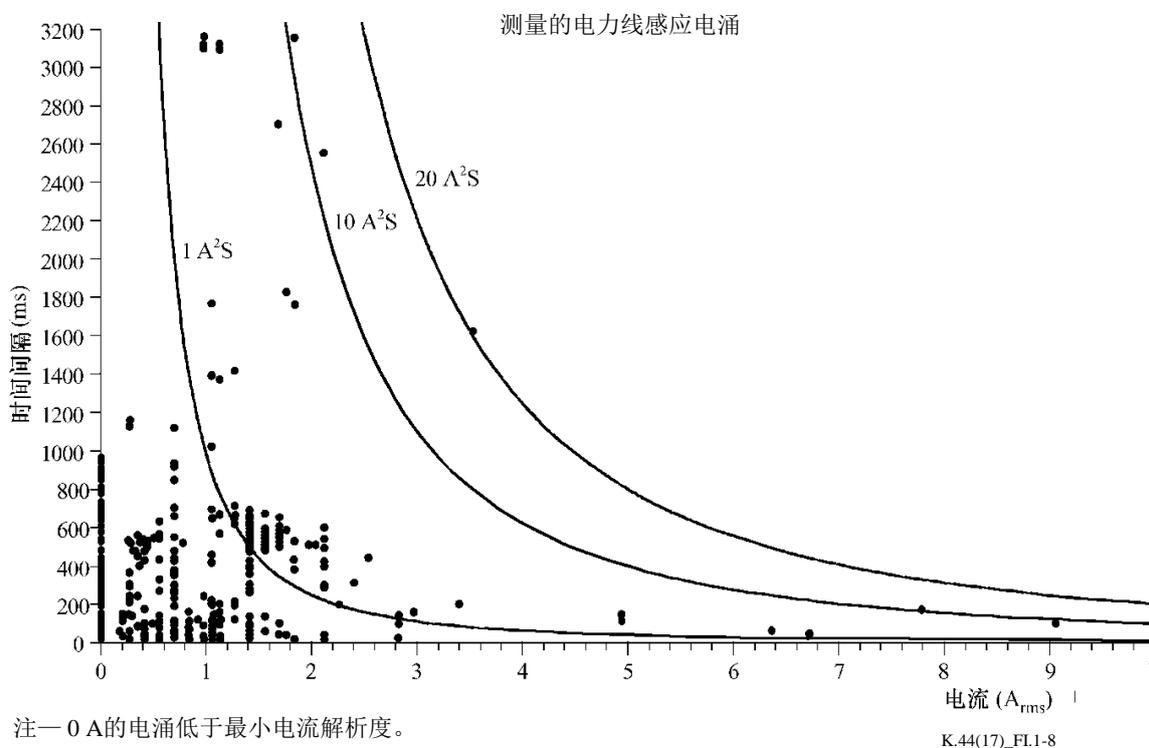
感应电压更多地出现在长线上。在通常情况下，用户线对地阻抗不会很低，因此感应电压 E 被认为是具有由600 Ω 线阻抗组成的高源阻抗和1个0.33 μF 线对地电容串联，如图I.1-9所示。电话机用1个100 Ω 电阻和叉簧开关来表示。图I.1-9所示的GDT仅适用于暴露区域的线路

上。然而，因为对CPE放宽范围，这样的保护器也可以出现在暴露较少的线上。在短时电力线感应情况、电话短路和线路电容，这些GDT在用户线末端启动。因此图A.3-6的试验电路仅由感应电压 $E = U_{ac}$ 和线路阻抗 R 组成。

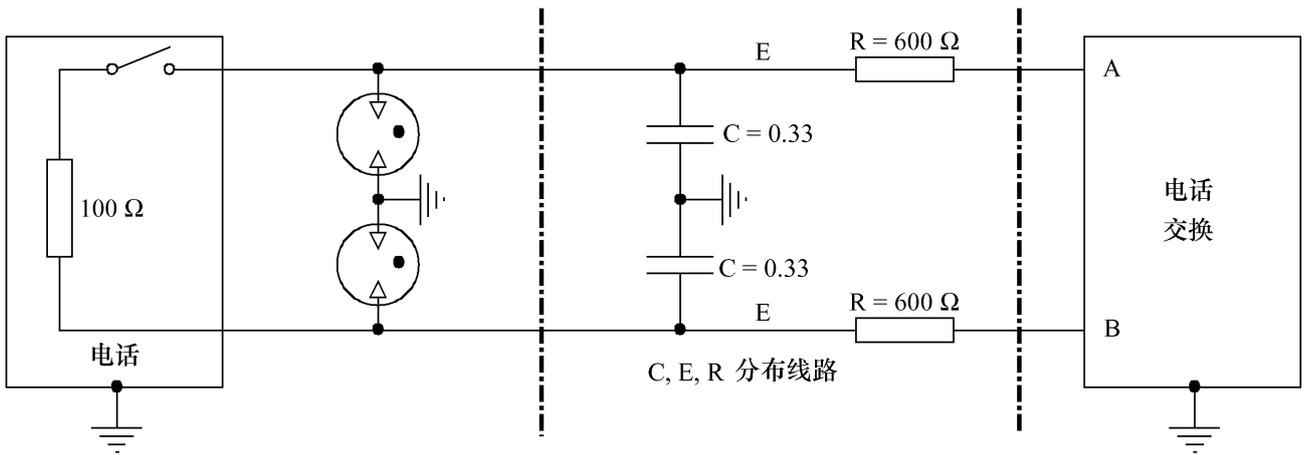
现场经验表明：在一些交汇区域的大量线卡因雷暴天气下的电力线感应而毁坏。这些损坏仅仅发生在暴露的郊区。测量了一些情况下的线路感应电流和线卡损坏的原因，如图4和图6 A所示值，驻留时间在200到500 ms，即 I^2t 值最高为10-20 A^2s 。图I.1-8显示澳大利亚的电力线感应试验结果。

这些具有高 I^2t 的过电流的评估是非常难得的。因此同意具有约定的初级保护器的感应试验应当在基本要求中模拟具有1 A^2s 的 I^2t 过电流和在加强要求中采用10 A^2s 特殊能量的过电流。

考虑到大多数的试验实验室仅仅具有最高电压为600 V的试验电路，因此决定对于基本要求的感应试验，定义最大电压值为 $U_{ac. (max)} = 600 V$ 并且增加试验驻留时间到1 s。



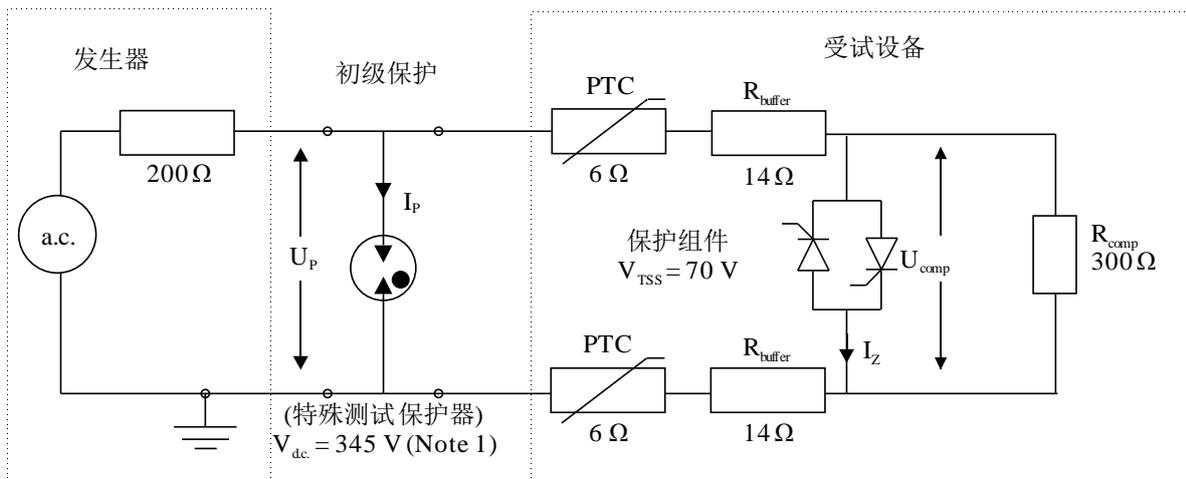
图I.1-8 – 在澳大利亚测量的电力线感应过电流



K.44(17)_FL1-9

图I.1-9 – 在电力线感应时通信线路的等效电路

在雷击电涌试验中，当进行电力线感应试验时，需要考虑特殊电压等级的试验。利用PTC和开关保护器的线卡电路的例子如图I.1-10所示。在试验期间，应当监控以下值： U_p 、 I_g 和 I_z ，以说明不同组件的作用。设备内部的监控可以帮助设计人员和试验人员明白在设备试验中的考虑因素。在型号审批试验中不需要进行设备内部监控。



K.44(17)_FL1-10

注1 – 特殊试验保护器代替230 V初级保护器。

注2 – 实用时，总阻抗 $R_{buffer} + PTC$ 可能在10-100Ω之间变化，

R_{comp} 也可能有不同的值。

图I.1-10 – 实例电路

在雷击电涌试验中，需要在特定的试验等级上进行电力线感应试验。

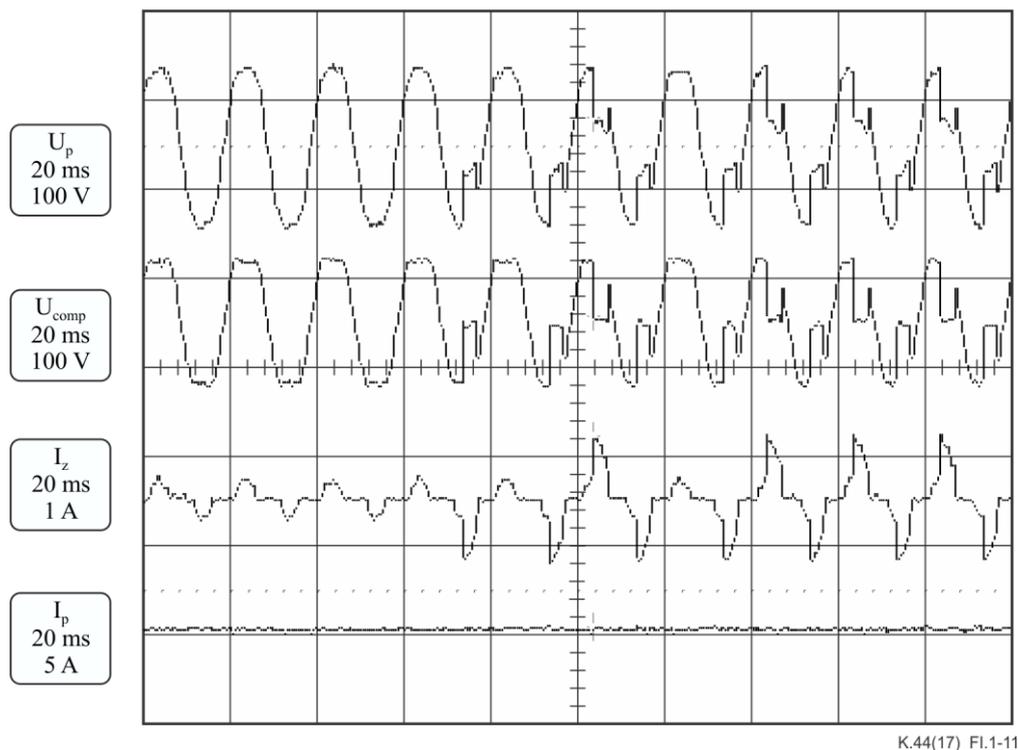
I.1.3.1 固有试验

$U_{a.c.}$ 的值和持续时间在产品建议书中提供。设置发生器以施加所需的电涌。

I.1.3.2 二级保护器协调试验

如果设备包含开关型固有保护器，例如，半导体闸流管，则对 $U_{a.c.}$ 的值进行调整，以产生一个刚好小于以下值的电涌，即它将启动开关型保护器。当试验电压从0 V增加时，注意

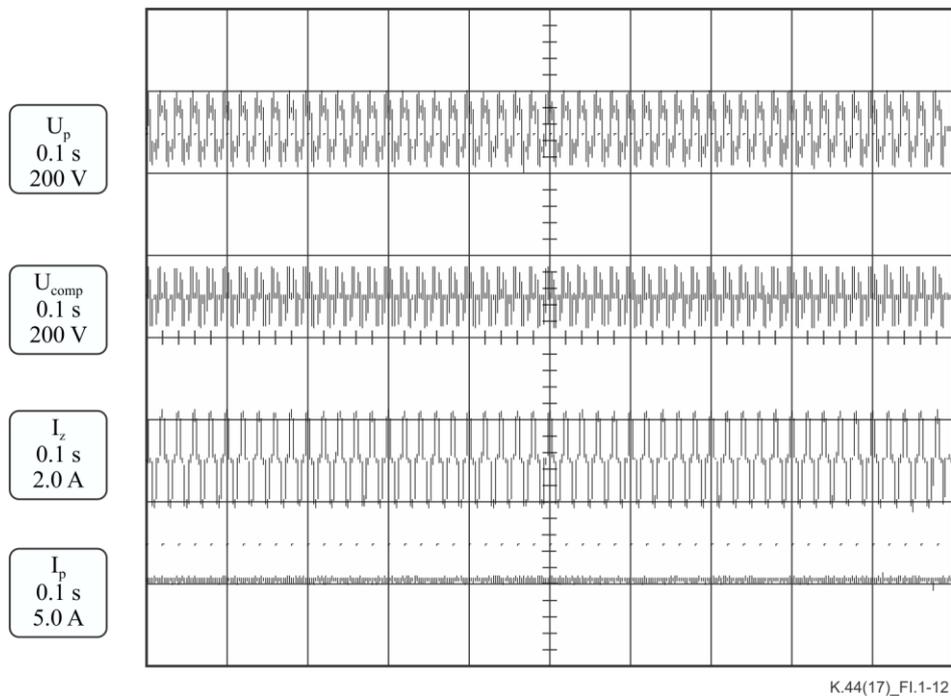
到开关设备在电压峰值开始作用，见图I.1-11。这可能源于发生器电压的边缘增加。发生器电压仅低于固有保护启动电压，开关型和返送型固有保护是对要保护组件的最大电压应力。应施加5个电涌，发生器电压仅低于保护启动电压。



图I.1-11 – $U_{a.c.} = 127 V_{rms}$ ，开关型固有保护器开始工作

I.1.3.3 二级保护器运行试验

如果电压进一步增加，则注意到开关设备在整个试验期间在起作用，但预热不足以引起PTC作用，见图I.1-12。以该发生器电压施加5个电涌。不论是否存在PTC，该试验均施加。

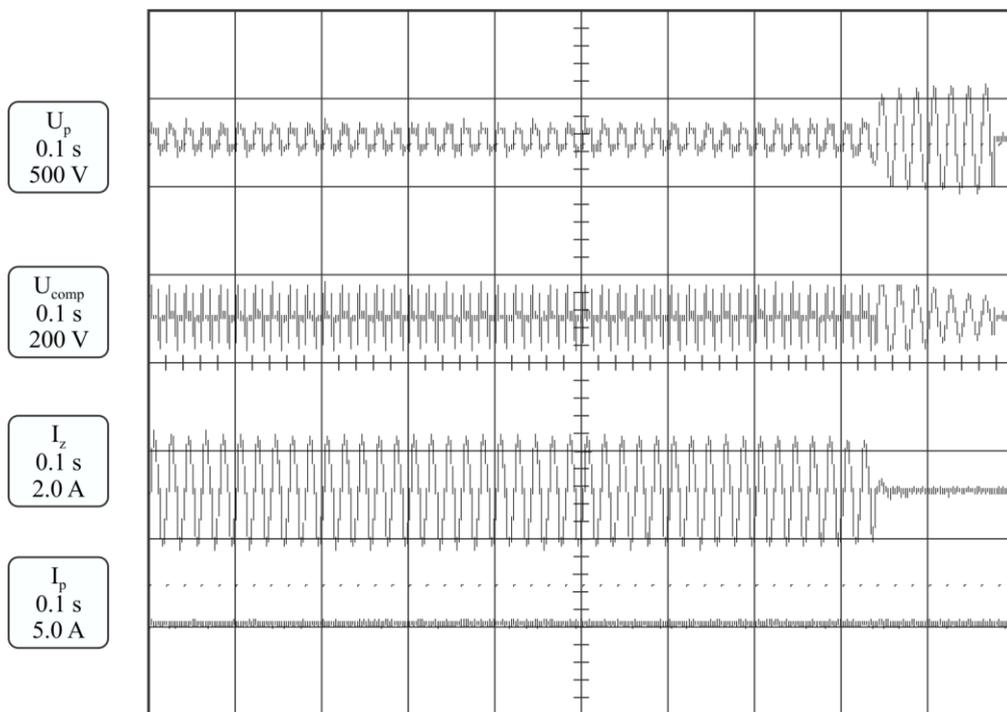


K.44(17)_Fl.1-12

图I.1-12 – $U_{a.c.} = 200 V_{rms}$ ，非PTC的开关型固有保护器开始工作

I.1.3.4 运行PTC的最低能量

该试验仅施加于有PTC的设备。随着 $U_{a.c.}$ 的进一步增加，在试验持续时间的末期，引起PTC作用。在某些情况下， $U_{a.c.}$ 的可能不够高，以引起特殊试验保护器作用，见图I.1-13。应为该发生器电压施加5个电涌。



K.44(17)_Fl.1-13

图I.1-13 – $U_{a.c.} = 220 V_{rms}$ ，在试验结束时（2s）PTC开始工作，
低于特殊试验保护器的启动电压

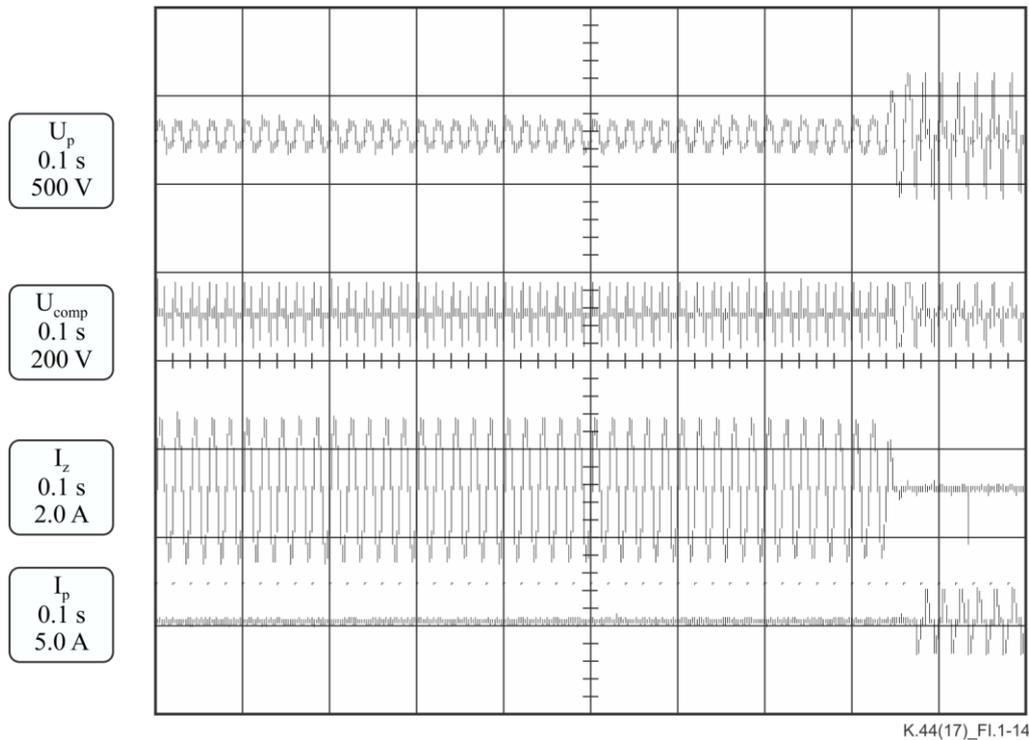
I.1.3.5 初级保护器协调试验

I.1.3.5.1 无PTC之设备的初级保护器协调试验

随着 $U_{a.c.}$ 的进一步增加，特殊试验保护器将开始起作用。 $U_{a.c.}$ 减少最小量，直至特殊试验保护器不起作用为止，应施加5个电涌。

I.1.3.5.2 有PTC之设备的初级保护器协调试验

随着 $U_{a.c.}$ 的进一步增加，特殊试验保护器将在试验周期结束时开始起作用，见图I.1-14。应为该发生器电压施加5个电涌。



图I.1-14 - $U_{a.c.} = 280 V_{rms}$ ，特殊试验保护器工作

I.1.3.6 $U_{a.c.(max)}$ 试验

当发生器设置为 $U_{a.c.(max)}$ 时，也需要施加5个电涌，这对PTC而言是最大电流压力点。

在所有PTC工作的情况下，每个电涌之间可能需要等待约15分钟，以允许PTC冷却。

I.1.4 主电源接触

主电源接触电涌能达到干线电压的幅度。最大电压通常是 $240 V_{rms}$ 。可认为源与设备之间的阻抗在任何地方都是 10Ω - $1\ 000 \Omega$ 。

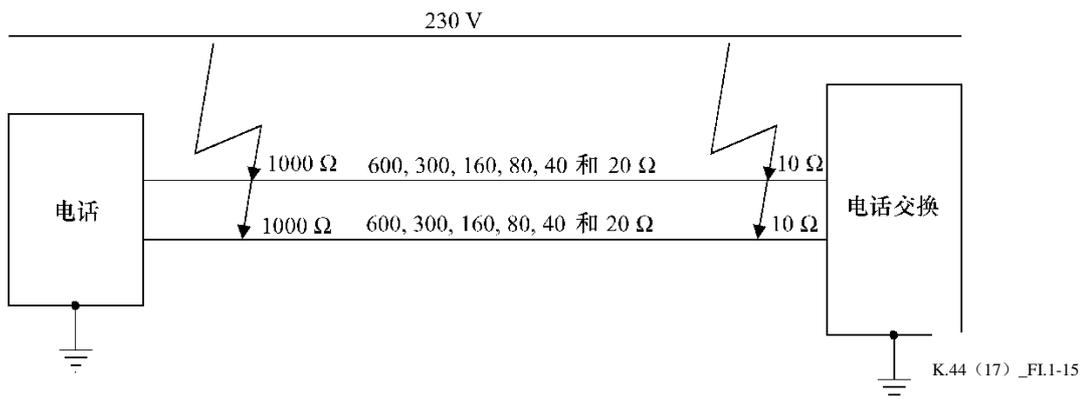
可能由于网络线路或电缆的故障或有缺陷、未经批准的CPE或其他情况造成直接与电力线接触。接触不会导致电力系统电路的断路。由直接接触引起的交流电流可能会影响施加有效保护的困难度和经济性。那些情况是罕见的，设备不需要抵抗由直接接触引起的过电压或过电流，但可以发生可接受的失效。

以下是设备可能发生的特殊危险：

- 在电缆电路和终端设备的联合阻抗较低的地方搭接会造成大电流的产生。这种条件由图I.1-15中阻抗为 10Ω 的试验来模拟。根据各国家标准可以限制试验电流的大小。

- 在电缆电路和终端设备的联合阻抗较高且离设备最远的地方接触会造成小电流的产生，但它具有持续危害性。这种情况由1 000 Ω阻抗来模拟。
- 经验表明，实际上，在10到1000 Ω之间，设备最容易受到损害和产生电路过热着火的风险。

主电源接触总的来说其源电压等于本地电力电压。源与线卡之间的阻抗由线路阻抗和错误搭接阻抗构成。经验表明：最坏的情况可能发生在较窄的阻抗范围内。为了确保检查到最坏的情况，应使用以下试验阻抗：10 Ω、20 Ω、40 Ω、80 Ω、160 Ω、300 Ω、600 Ω和1000 Ω。



图I.1-15 – 主电源接触机制

一致同意在本研究期内进行这8个阻抗的试验是采用英国电信经验的结果。然而，电力线接触试验的持续时间是15分钟，因此对所有8个阻抗进行试验太繁重了，试验员在试验当中可以选择其中的几个进行。同时也在讨论在不影响试验效果的情况下减少试验时间。在这种情况下，需要制定选择试验阻抗和试验持续时间的导则。

已经有三种已知的方法适用于电源接触试验，它们是：采用电子限流器（ECL）、采用正温度系数（PTC）热敏电阻，或者采用与线路电流串联的可熔链路。对于熔丝链路和PTC，从电路角度来看，最差的情况是试验电阻导致电路中能量的最大转换。这是由试验中的所有阻抗值决定的，通过示波器测量电路输入端口的电压和流入电路的电流，并对电压、电流进行时间积分决定最大能量。

- 可熔链接或电阻设计为过热就会中断电流流入设备。当进行最小限度试验时，试验应当采用能使电路能量得到最大消耗的10 Ω电阻和实验电阻。电阻应当在冷却后不收缩并与电路重新连接。在电流停止后，试验应当可以被中断。

- b) PTC设计为当多余电流经过时变得“高阻抗”。对于PTC而言，最坏情况下的电流是阻抗最低的时候，即最高峰值电流。当进行最小限度试验时，试验应当采用能使电路能量得到最大消耗的电阻和10 Ω阻抗。

总的来说，一旦PTC启动，电流就会被限制到较低的值而且不会对其余的试验造成影响。然而，曾经有示例表明：在持续时间结束时，PTC的击穿能造成过热和火灾的情况。同样也有示例表明 PTC会在长时间内成为轻微振荡器。然而，当验证PTC在试验时间内不会失效或没有其他因素改变试验结果，一旦电流稳定在较低的值就可以停止试验以防止过热的情况。

如果不能找出最坏情况下的阻抗值，试验应当在所有阻抗值下进行。

I.1.5 试验条件的基本原理

I.1.5.1 端到端和端对地试验

正确试验设备是一项复杂的任务。有许多类型的设备构成作法、设备位置、对地和连接作法。

设备通常可分为对地的或浮动的（未接地的）。

设备可以安装在对地电阻可能 $\leq 2 \Omega$ 的电信中心，或者安装在对地电阻可能高达30 Ω的接地或干线网络中，或者安装在对地电阻可能高达300 Ω的用户驻地。

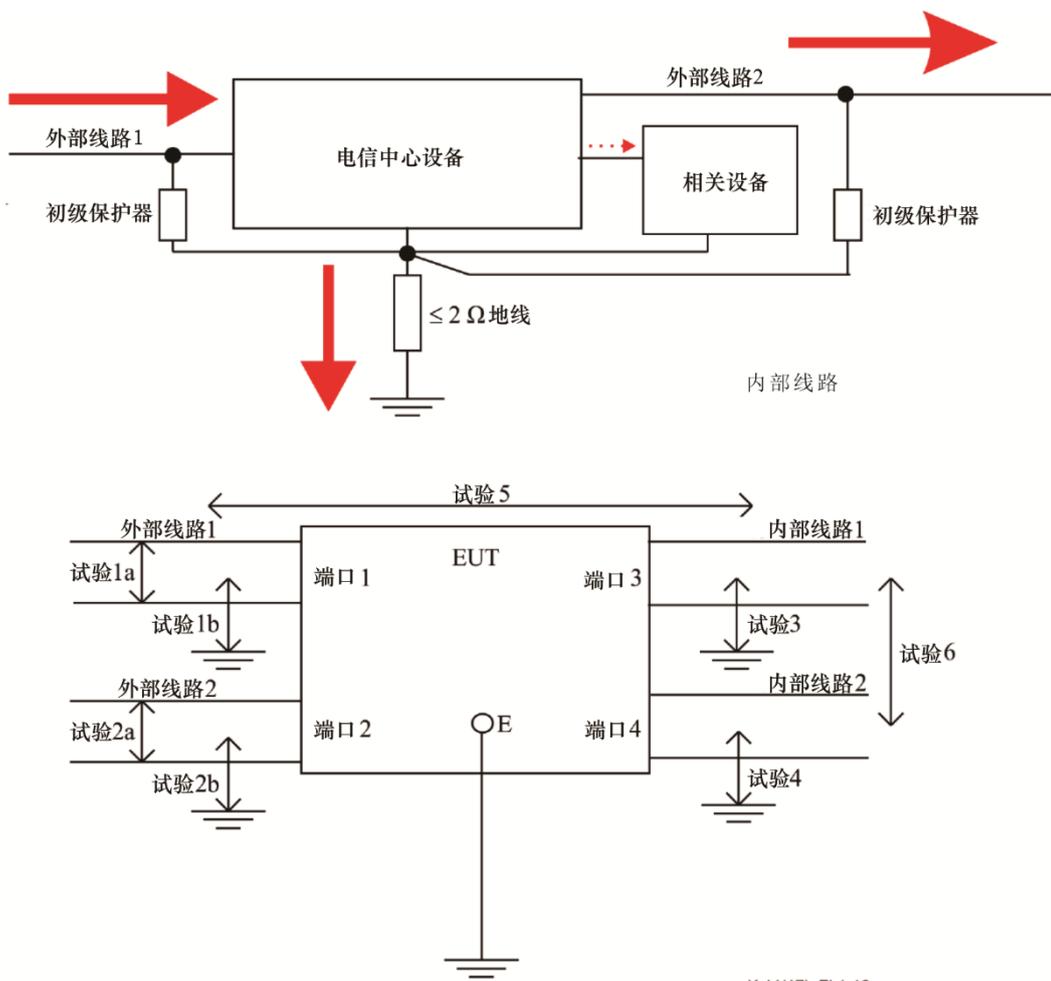
在一些国家，可以使用IT或TT配电系统。在这些情况下，电力网络不与用户驻地接地系统连接。这有时被称为分离的接地系统。

无论设备是否接地，设备的接地电阻都会影响输入电涌电流的分布。这种电涌电流的分布决定了所需的试验方法，见图I.1-16至图I.1-18。

在图I.1-16中，电信中心的接地电阻为 $\leq 2 \Omega$ ；可以看出，大部分电涌电流将通过外部端口传导到地。因此，只需要对设备的外部端口进行线对线和端口对地试验。请注意，第7.2节外部端口到内部端口试验包含在外部端口接地试验中。对于内部端口，只需要试验内部端口对地。请注意，第7.2节的内部端口到内部端口试验包含在内部端口接地试验中。

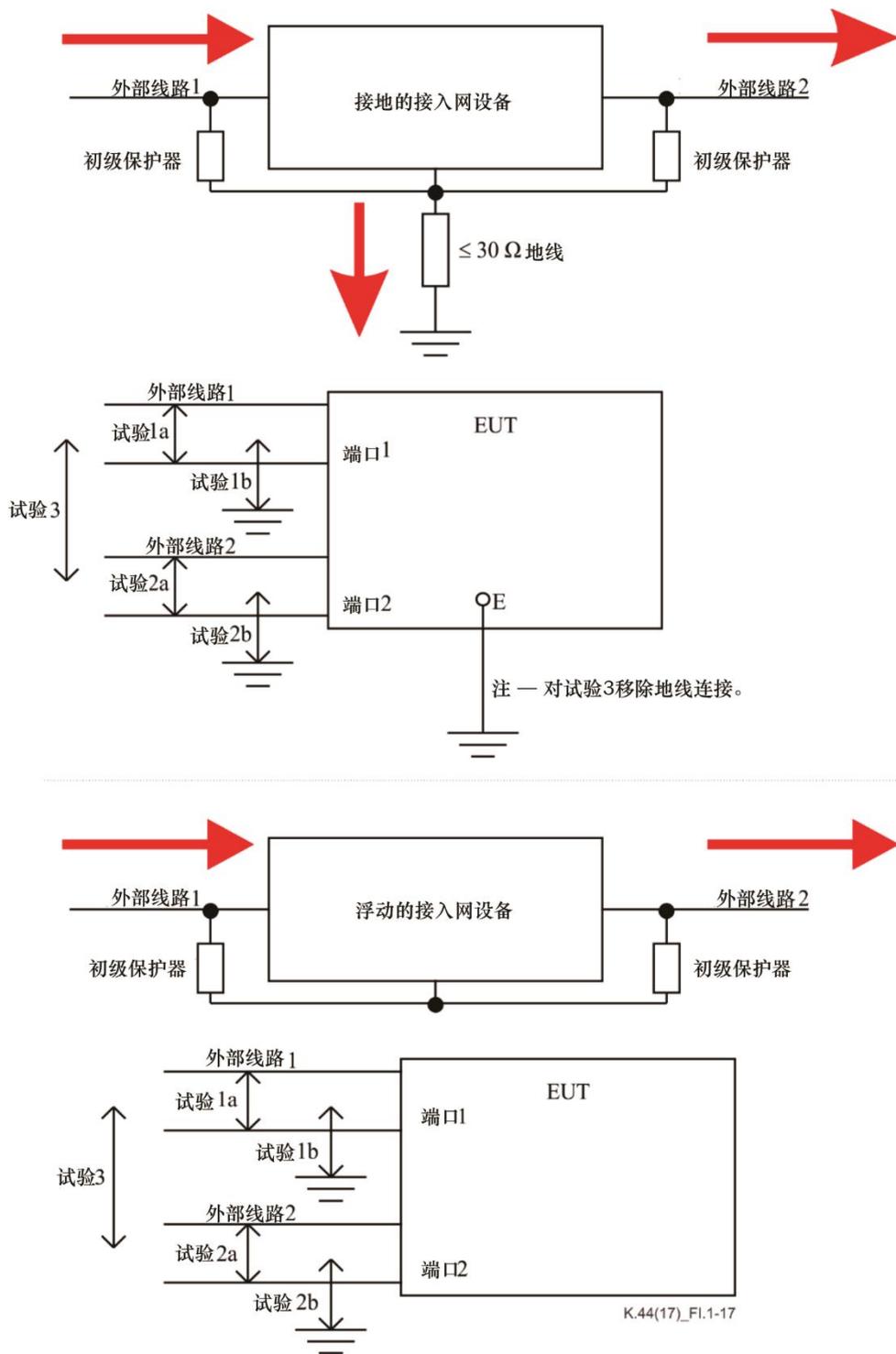
在图I.1-17中，可以看出，对于接地的接入网设备，可以从端口对地和端口到端口传导大电流。因此，有必要执行线到线、端口对地和端口到端口的试验。对于浮动接入网设备，虽然大电流仅在设备的外部端口上进行端口到端口传导，但为了检查电容电流效应，仍需执行端口对地试验。

在图I.1-18中，可以看出，对于接地的用户设备，可以从端口对地和端口到端口传导大电流。因此，有必要执行线到线，端口对地和端口到端口的试验。对于浮动客户设备，虽然大量电流仅在设备的外部端口上进行端口到端口传导，但为了检查电容电流效应，仍需进行端口对地试验。

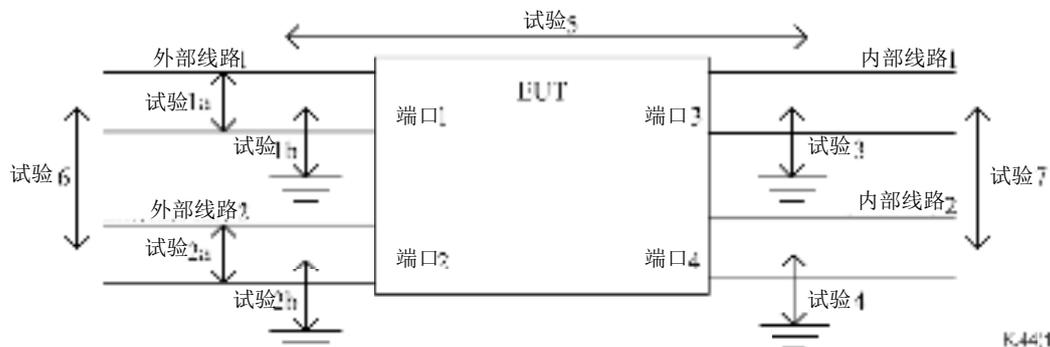
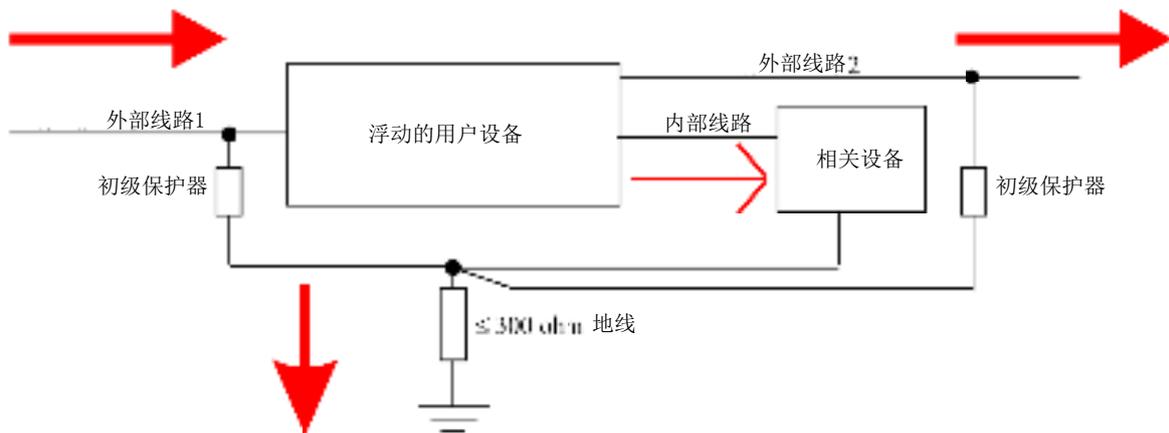
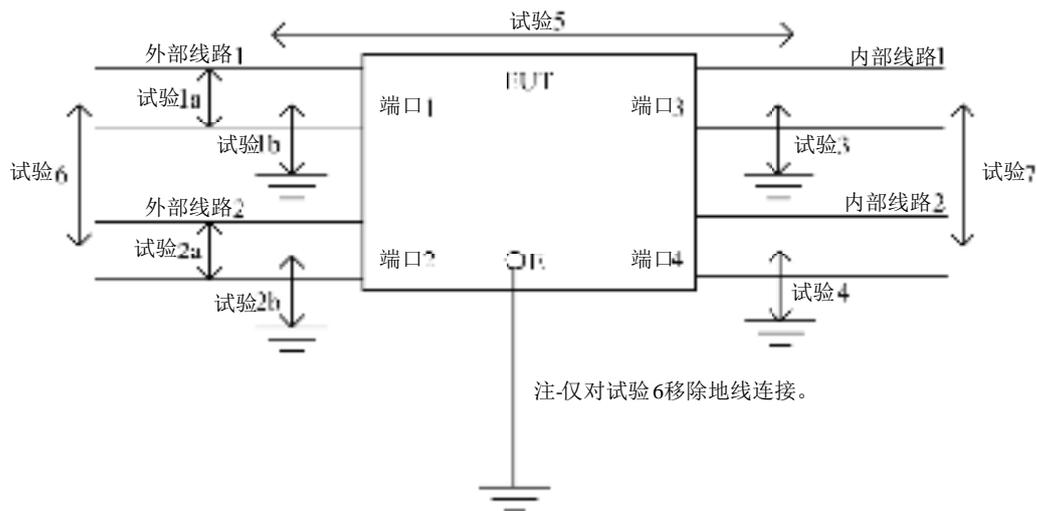
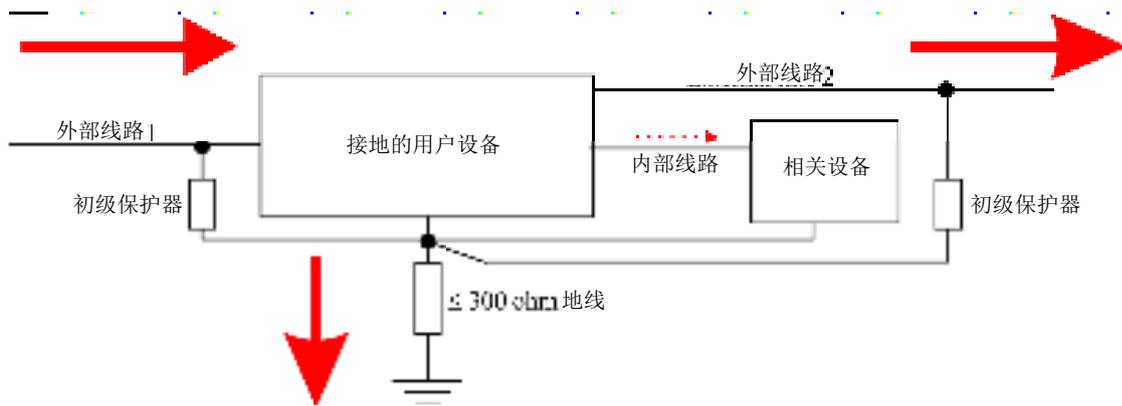


K.44(17)_Fl.1-16

图I.1-16 – 电信中心设备的试验条件



图I.1-17 – 户外设备的情形



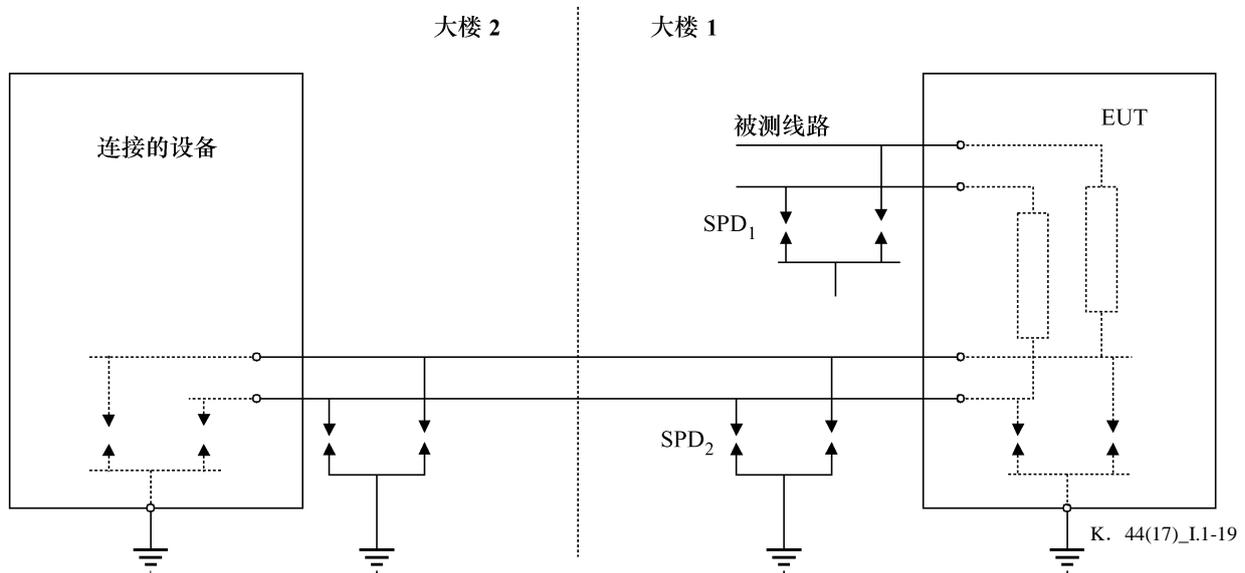
K.44;17_LF1:-18

图I.1-18 – 用户设备的情形

I.1.5.2 未测端口上的终结和SPD

一个复合设备的可能端口例子如图A.2-1所示。

设备具有外部和内部端口，应当考虑试验对这些端口的影响。EUT可能经过内部电缆连接到同一大楼内的辅助设备，或经过外部电缆连接到另一大楼内的设备上。SPD可能会被用于这两种类型的端口，见图I.1-19。



图I.1-19 – 终结和设备上的SPD

在试验期间，端口需要被终结到辅助设备或阻抗或电阻上，并依次通过耦合元件对地连接。有必要考虑外部端口和内部端口的差异。内部端口考虑为是连接到与受试设备具有相同的地参考电位的设备端口。另一方面，外部端口是可被连接到与受试设备具有不同的地参考电位，例如在另一大楼内的设备端口。这意味着电流可以传入一个外部端口并传出另一个外部端口。

当终结设备或端口对地时，需要考虑以下问题：

- 1) 当试验时，如果在未测端口与受试端口之间有可能存在低阻抗路径时，应当首要考虑未测端口保护器动作的可能性。可以在受试端口增加特殊的试验保护器，并且在未测端口增加具有最小直流启动电压的保护器。
- 2) 当有多种类型的未测端口时，每次仅仅一种类型的未测端口应当终结或增加SPD。理由是：一种类型的未测端口的低阻抗路径就能防止电流流向其他类型的未测端口。
- 3) 当一个端口在内部与另一个端口相连时，例如：在某些运行条件下或电源失效情况下，这个端口应当在其他端口终结或被保护的情况下进行试验。

- 4) 当设备具有大电流输送保护元件时，可以不需要初级保护器。必须将受试端口的GDT拿掉，而代之以第8.2节、第8.3节和第8.4节中所述的试验保护器。这是为了确保获得一致性。在当前端口试验时，需要去掉现场未测端口的积分保护器。如果这个元件不可移除，所有的试验都应当在具有保护器的情况下进行，而且设备制造商必须提供试验报告以确保在设计期间进行了具有特殊保护器下的固有和协调试验。
- 5) 试验可能需要用未测端口的以下3种终结和对地耦合的组合来进行，即：
 - a) 无终结和无对地耦合；
 - b) 无对地耦合，增加终结；
 - c) 对地耦合和终结。

必需在外部端口到端口试验时考虑将以下作为第2端口：

- 1) 其他线路/受试端口的线对；
- 2) 线路/其他类端口的线对。

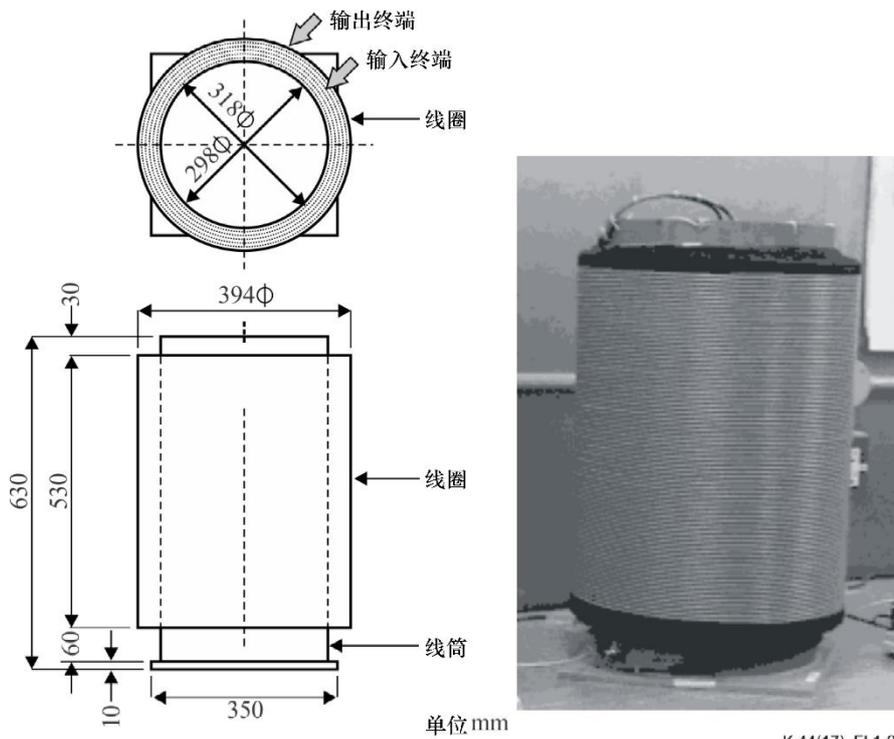
I.1.6 解耦网络

I.1.6.1 解耦电感

以下是20 mH共模电感的信息，可用于解耦对称线对端口，如[IEC 61000-4-5]所建议的。电阻也可用于实现解耦，并且是优选的方法。

由于解耦元件的电阻、电容和电感，解耦元件影响高速网络中的传输。本节描述了一种共模扼流圈，其值为20 mH，在[IEC 61000-4-5]中有所描述，可用作电感。不过，虽然电感的特性取决于其配置，但[IEC 61000-4-5]中未描述电感的细节。

图I.1-20显示了所述线圈的配置和尺寸。表I.1-1总结了线圈元件的规格。为了避免电感饱和并使杂散电容更小，线圈是空心型。共模阻抗频率特性如图I.1-21所示。阻抗从10 kHz到200 kHz大于1 k Ω 。正常模式阻抗如图I.1-22所示。阻抗约为120 Ω 。电感和传输损耗的频率特性分别如图I.1-23和图I.1-24所示。谐振发生在约46 kHz上，但传输损耗在1 MHz下小于5 dB。

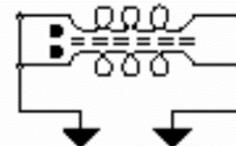
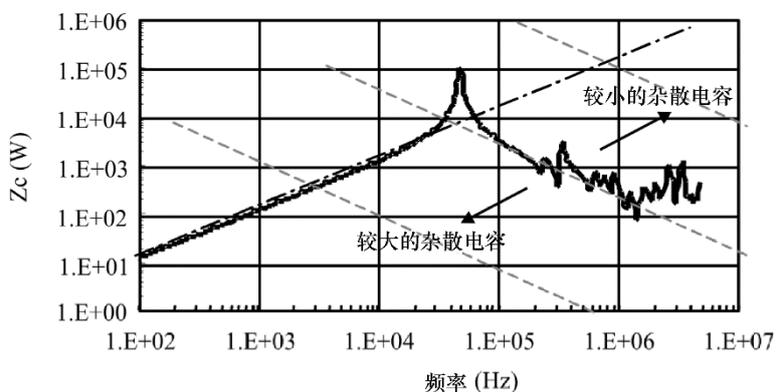


K.44(17)_Fl.1-20

图I.1-20 – 20 mH线圈的配置、尺寸和概述

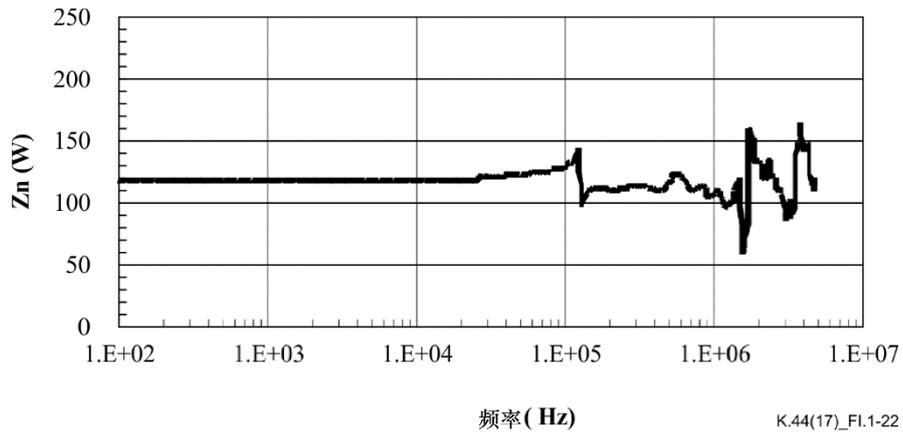
表I.1-1 – 线圈的规格

项目		规格
线	材质	铜
	截面积	2 mm ²
如何拧		一对线拧在一起
拧的圈数		48圈 × 7层
电感		20 mH (共模)

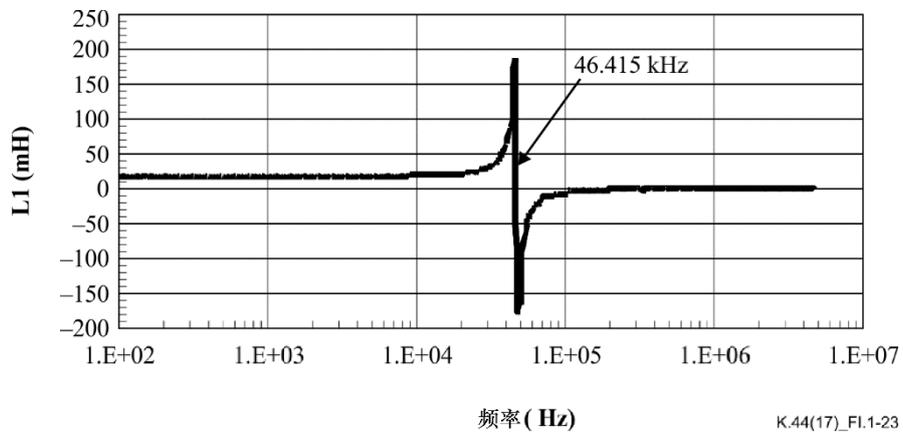


K.44(17)_Fl.1-21

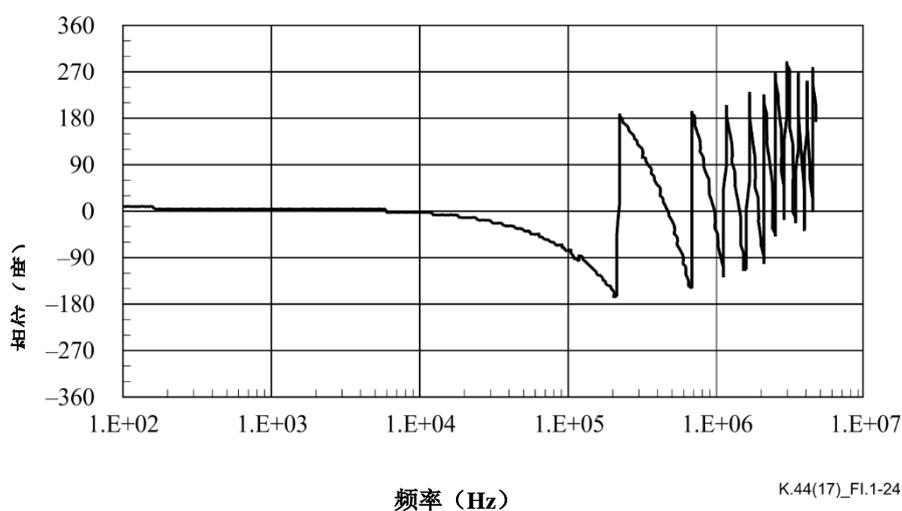
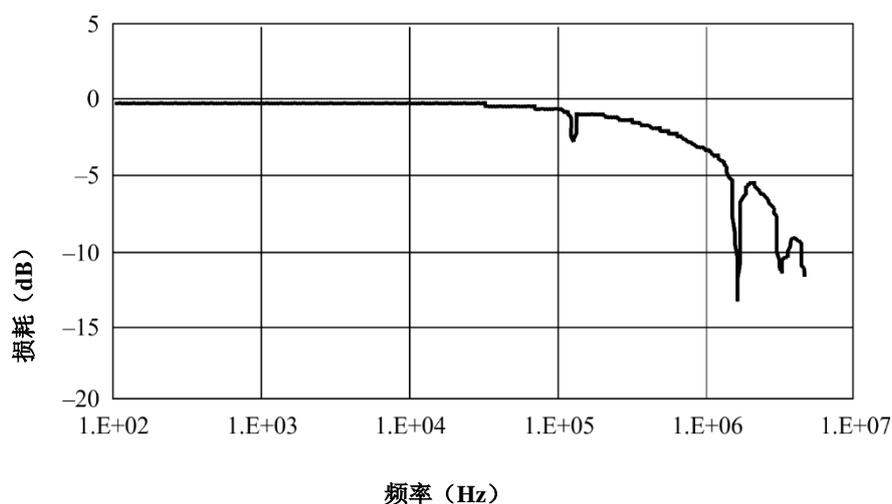
图I.1-21 – 共模阻抗



图I.1-22 – 正常模式阻抗



图I.1-23 – 电感的频率特性



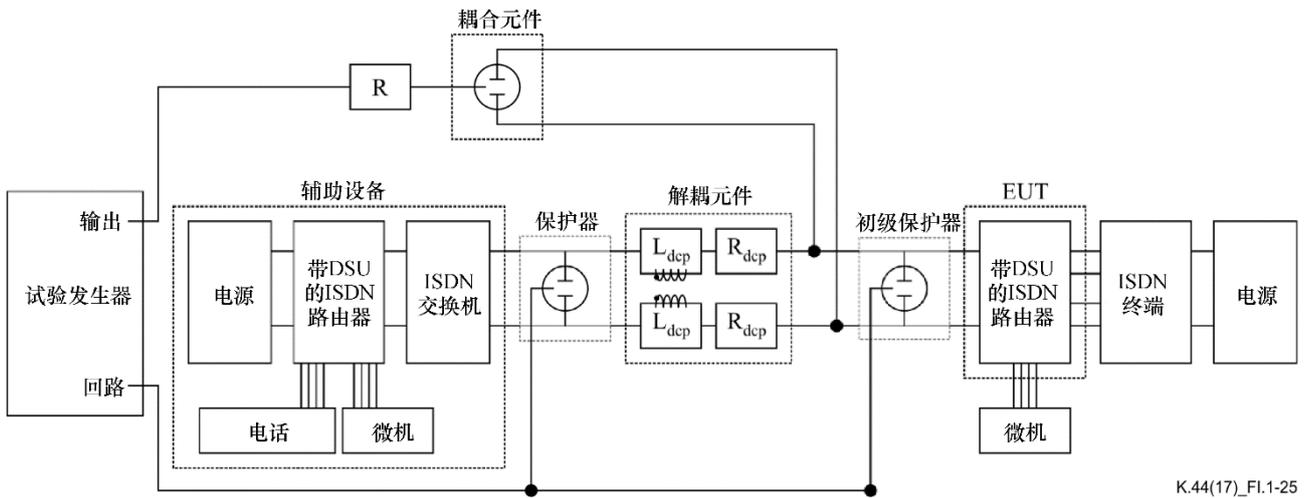
K.44(17)_Fl.1-24

图I.1-24 – 传输损耗的频率特性

I.1.6.2 电感和电阻解耦元件对数字电路的影响

使用ISDN路由器和VDSL调制解调器测量传输特性。ISDN的试验设置如图I.1-25所示。该设置用于端口对地的电涌试验，它基于图A.5-1。本试验中使用的设备如表I.1-2所示。 L_{dcp} 和 R_{dcp} 的试验组合以及结果汇总在表I.1-3中。在所有情况下，数字电话和微机连接。

VDSL的试验设置如图I.1-26和图I.1-27所示。表I.1-4汇总了试验的VDSL调制解调器的规格。不同解耦方法的结果见表I.1-5。可以看出，对于解耦方法4和方法5，吞吐量略微降低。在第6行中，没有使用解耦元件，只有2 m长的Cat-5电缆，以显示正常情况下的吞吐量。



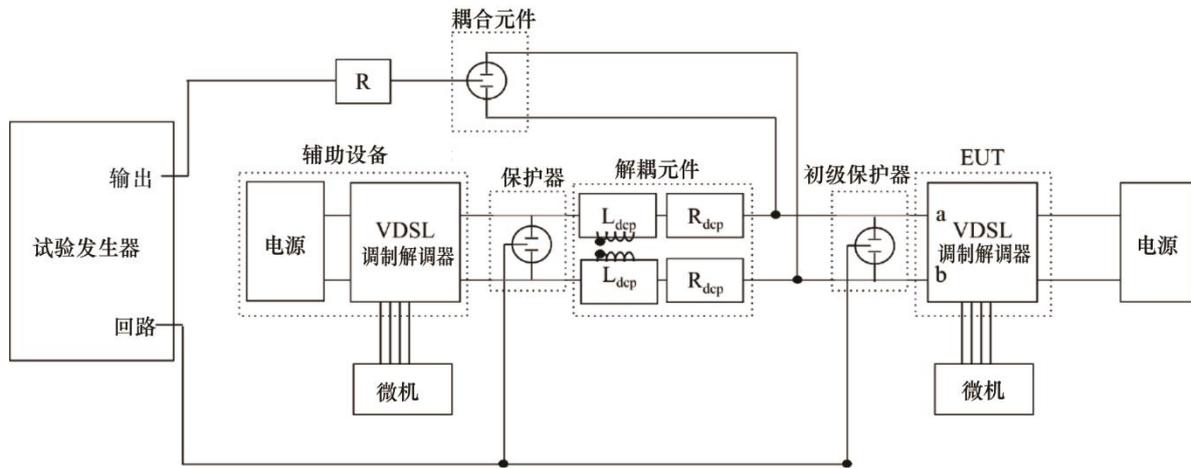
图I.1-25 – ISDN设备的试验设置

表I.1-2 – ISDN设备

项目	设备
数字电话 (EUT侧)	S-1000 (NTT)
数字电话 (AUX侧)	DC-R2100 (NTT)
ISDN路由器 (EUT)	MN128-SOHO (NTT-ME)
ISDN路由器 (AUX侧)	MN128-SOHO (NTT-ME)
ISDN交换机	I64-4LINES 和 iNet-U2-LINES
试验发生器	PSURGE 4.1 (HAEFELY)

表I.1-3 – 解耦元件和结果

试验情况	L _{dcp} (mH)	R _{dcp} (Ω)	结果
1	—	50	好
2	—	100	好
3	—	200	好
4	20	—	好
5	20	200	好



K.44(17)F1.1-26

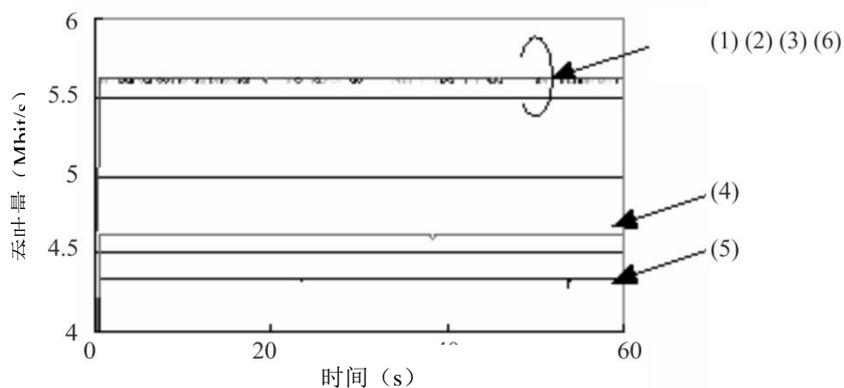
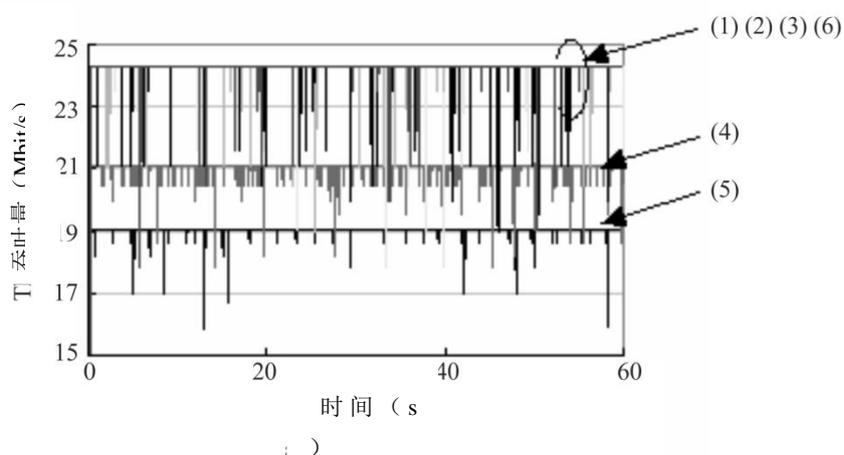
图I.1-26 – VDSL设备的试验设置

表I.1-4 – VDSL调制解调器的规则

项目	VDSL
调制	DMT
通信	全双工 (TDD)
数据率	28.8 Mbit/s 51.2 Mbit/s/6.4 Mbit/s
频段分配	1.5 Mbit/s或更小, 64 kbit/s单位 1.5 Mbit/s或更大, 1 Mbit/s单位
传输距离	300 m (28.8 Mbit/s) 300 m (51.2 Mbit/s/6.4 Mbit/s) 1 km (13 Mbit/s)
错误修正	针对脉冲噪音的错误修正等
分路器	需要

表I.1-5 – 解耦元件和结果

试验情况	L_{dcp} (mH)	R_{dcp} (Ω)	平均吞吐量 (Mbit/s)	
			主侧	从侧
1	–	50	24	5.6
2	–	100	24	5.6
3	–	200	24	5.6
4	20	–	21	4.6
5	20	200	19	4.3
6	–	–	24	5.6



b) 从侧

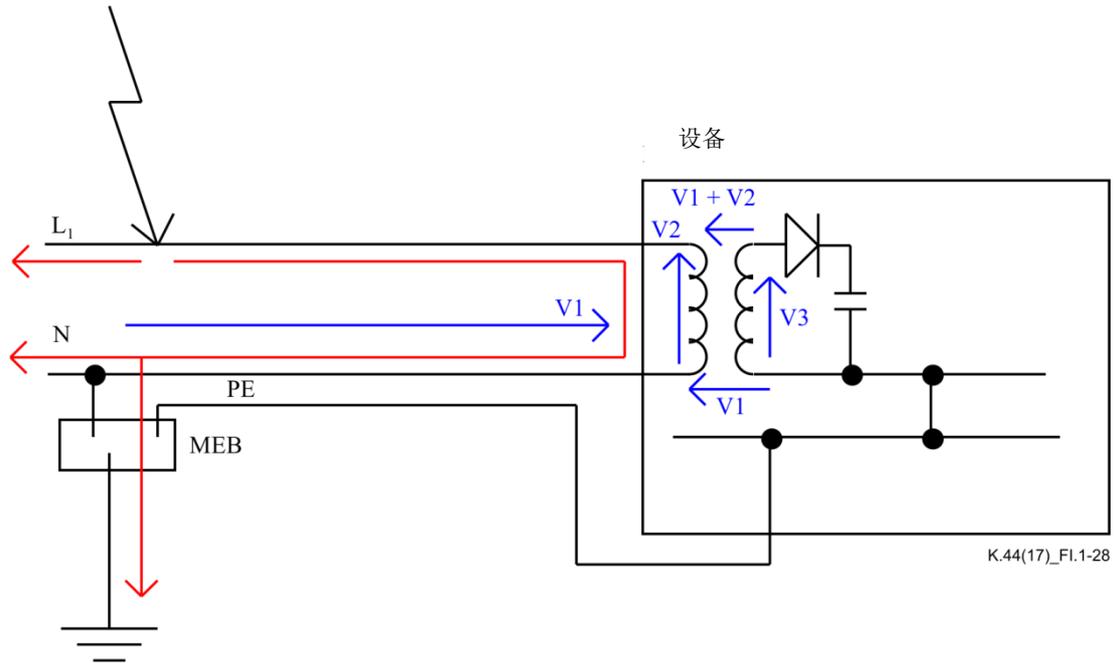
K.44(17)_F1.1-27

图I.1-27 – 吞吐量的测量结果

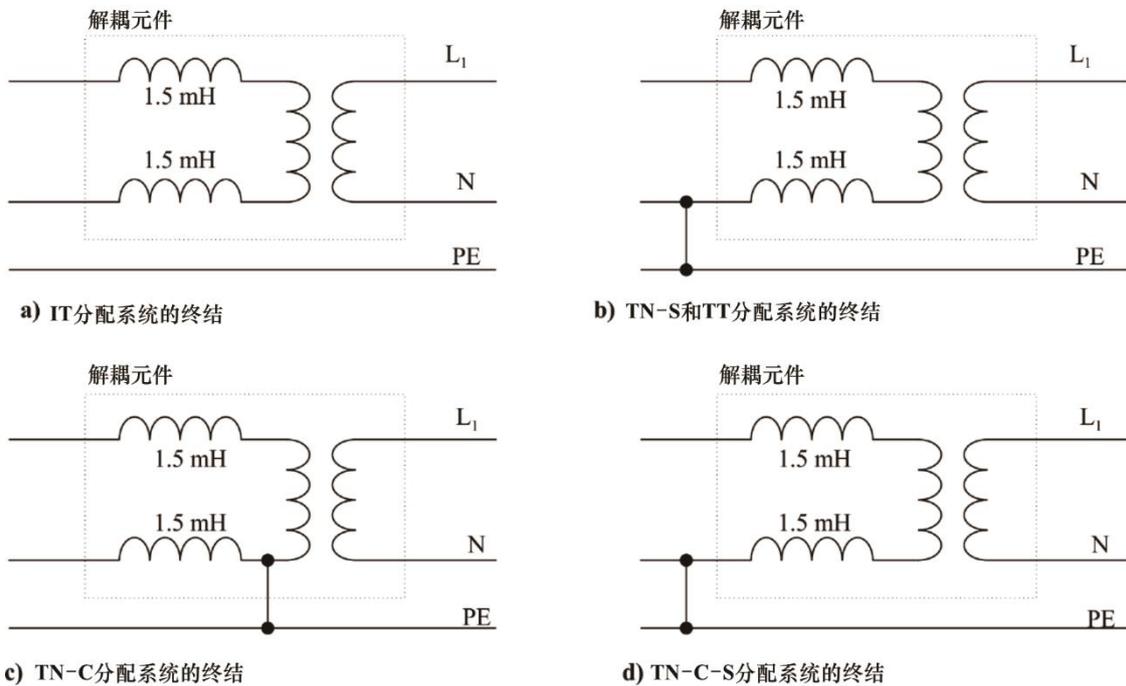
I.1.7 电源端口试验

对各种各样系统，需要进行哪些试验有时会发生混淆，即A到N和A/N到E。在中线于用户驻地接地的配电系统中，可能认为没有必要进行A/N接地试验。在中线未接地的系统中，可以认为应该在发生器浮动的情况下进行A到N试验。这两种情况都在图I.1-28中予以说明。在这两种情况下，A到N电涌都会导致有关EUT及其次级电路的横向/差分端口对地电

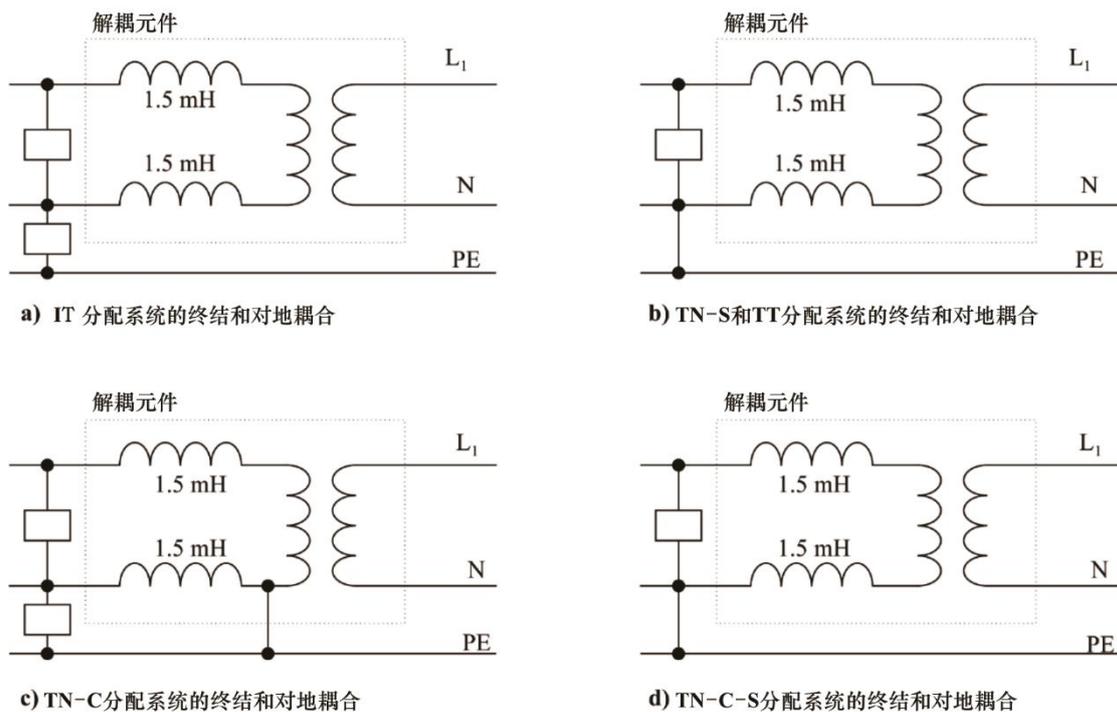
涌。为了重复性并对不同的电力系统进行相同的试验，最好在没有任何端口对地电涌的情况下执行横向/差分试验，以及没有横向/差分电涌的情况下进行端口对地试验。这通过使用图A.6.4-1（横向/差分电涌）、图A.6.4-2（端口对地电涌）和图A.6.4-3（端口到端口电涌）中给出的试验电路来实现。



图I.1-28 – 设备上A到N电涌的影响



图I.1-29 – 电源端口的终结



K.44(17)_Fl.1-30

图I.1-30 – 电源端口的终结和对地耦合

为了全局试验，建议将图I.1-29a用作未测的电源端口的终结，并用图I.1-30b将未测的电源端口对地耦合。

I.2 雷击和电力线感应的试验等级范围

I.2.1 雷击

I.2.1.1 固有试验等级

在产品标准中适用于固有抗力要求的试验电压范围可能从1.0 kV到5.0 kV。传统上，1.0 kV试验电压用于大型电信大楼内。这是因为多数的电涌低于1.0 kV，而且当需要的时候，在MDF上可以容易地安装可靠的初级保护器。图示的5.0 kV等级考虑应用在非可控的偏远环境和安装GDT困难的环境。

I.2.1.2 协调试验等级

传统上协调试验最大等级是4.0 kV。然而，近来的测量显示超过7.0 kV的电涌电平也会发生。允许采可选的试验电平达到10.0 kV。更高的试验等级具有更高的 dU/dt 。这导致初级保护器的高激发电压和设备的更高的电容性充电电流。

I.2.2 电力线感应试验等级

I.2.2.1 固有试验等级

传统上在电信中心和CPE中的固有试验等级曾经是 $0.2 \text{ A}^2\text{s}$ 。随着用户驻地的放开，初级保护器的使用更加不确定。CPE的固有试验等级需要更高，例如 $1.0 \text{ A}^2\text{s}$ 。

I.2.2.2 固有/协调试验等级

具有初级保护器的传统试验等级是 $1.0 \text{ A}^2\text{s}$ 。 $10 \text{ A}^2\text{s}$ 加强试验等级已经在那些有更高电力线感应等级、最大电平的电力线感应进入短线路（ 200Ω ）或改变规定要求以适应高等级业务的国家中使用。

设备指定的要求可以是不同的。[ITU-T K.20]规定 $U_{c(\max)}$ 为 600 V ，通过 600Ω 持续1秒。测量显示故障电流的流动时间从0到3.2秒，而且在通信电路中的电流能从0到 9 A_{rms} 变化，见图I.1-8。在电阻上的试验表明在不变的 I^2t 下增加电流，其 I^2t 额定能量会下降。这表明固有/协调试验不得不在最大电流的情况下试验。

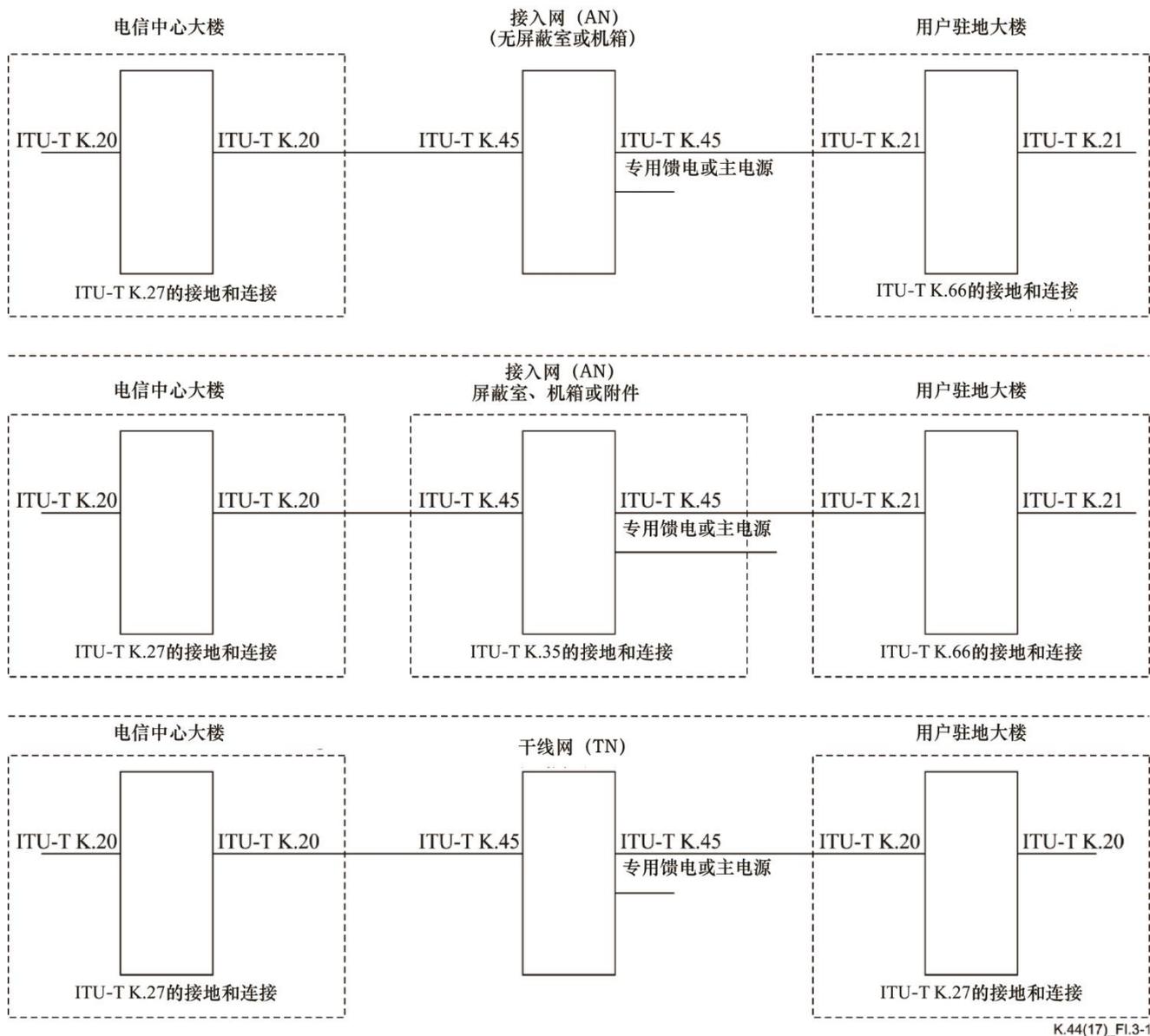
I.3 本建议书与其他产品/系列产品建议书之间的关系

[ITU-T K.20]适用于安装在电信中心使用的设备。那里有符合[ITU-T K.27]的适当的接地系统和金属结构，因此不是处于太暴露的环境。然而，由于大量的电信电缆，流向建筑物的总电流会非常大。

[ITU-T K.21]适用于安装在用户驻地的设备。它假定已依据[b-ITU-T K.66]做了良好接地和搭接。如果电信业务与电源业务之间尚未实现连接，那么可能会对电信设备造成破坏。如果出现损坏，则应依据第5节和第II.6节实施解决方案。

[ITU-T K.45]适用于安装在电信中心和用户驻地大楼之间的设备。接地系统没有电信中心的好，但是系统在运营商的控制之下。它优点在于在小型建筑物内可以进行等电位搭接。

图I.3-1显示了设备的位置和所适用的建议书示例。如果设备用于多个地点，则必须根据其他所有相关建议书进行试验。



图I.3-1 – 电信中心、接入/干线网和用户驻地之间边界的电信网布置示例

附录II

提供给制造商和运营商的补充信息

(此附录非本建议书不可分割的组成部分。)

II.1 引言

以下信息正由ITU-T研究，并在本附录中提供给制造商和运营商，以促进这些课题的讨论。

II.2 初级保护器协调

初级保护器的作用在[ITU-T K.11]中描述。

为了确保保护组件与设备的协调一致，需要检查：

- 1) 设备在最坏电压情况下不会损坏。最坏情况电压可以出现在输入端口之间和输入端口与设备的接地参考之间。
- 2) 在整个电涌电压范围，设备不会由于初级保护器作用引起干扰和损坏。

具有开关特性的初级保护器作用有2个方面：

- 它限制了适用于设备的最大电压。因此，取决于设备的固有阻抗和设备必需限制的最大电流。
- 它造成了非常快速的电压和电流变化，这是由电感或电容影响的，可使得设备的敏感部分不是明显暴露在线路电压下。

II.2.1 初级保护器失效

当对于电涌电压而初级保护器没有激活的情况，应注意可能流入内部电缆网络的电流值。内部电缆网络中的大电流可能骚扰其他设备。[ITU-T K.27]描述了在电信大楼内的接地和连接，[ITU-T K.11]阐述了与电子保护设备的协调一致。

II.2.2 初级保护器有效

雷击电涌的模拟需要对以下特别注意：

- GDT工作电压的变化和额定电压的升高；
- 保护结构发展的潜在差别和任何可能造成大电流流动的接地配线；
- 由GDT作用引起的快速 dU/dt ，这可能会造成敏感组件的损坏或造成误操作（设备锁住或存储器中数据丢失）。

为了检查与初级保护器之间的协调性，务必注意GDT的操作准则。首先，GDT的10/700 μs 启动电流是高于直流启动电流，但是总的低于1 kV/ μs 启动电压，如图I.1-4所示。其次，对同样的保护类型直流启动电压和10/700 μs 启动电压变化很大。例如230 V GDT的直流启动电压允许在180 V到300 V范围变化[ITU-T K.12]。

由于这些原因，初级保护器协调性可以通过用特殊试验保护器来代替初级保护器来检查。特殊试验保护器的直流启动电压等于约定的初级保护器特定最大直流启动电压的1.15倍。启动电压的容限为 $\pm 5\%$ 。对于230 V初级保护器的特殊试验保护器的启动电压为 $345\text{ V} \pm 17\text{ V}$ 。这种试验保护器用于雷击、电力线感应和电力线接触试验。特殊试验保护器应当与协调初级保护器具有类似的特性。

II.2.3 协调原则

[ITU-T K.11]中规定：

- 没有能够理想抑制所有电压或电流骚扰的器件。
- 有时候需要多种保护设备。

在快速上升时，一些保护器有较高的通过电压。在这种情况下，需要使用多阶梯保护电路来一步一步地减小对设备有害的电涌压力。

图II.2-1a显示了由阶梯电路保护的准则。

初级保护器适用于边界（例如在EUT外部的MDF上）。在这一点上将大部分电涌电流旁路对地。固有保护器是在EUT的内部，而且能转移初级保护器的通过电流。它也可以是在EUT内部属于黑盒子的第三级保护器。

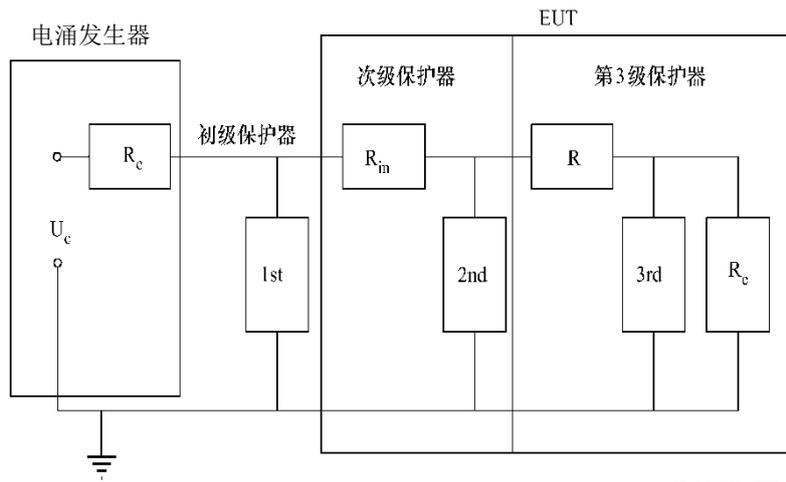
保护器之间使用电阻相连是非常重要的。这样保护器不会是直接相连，而且电路像是一个阶梯型电路。考虑到初级和固有保护器之间的协调性，这应当是阻抗 R_{in} 。当一个PNPN器件或二极管作为固有保护器并连接 R_{in} 对地时， R_{in} 事实上与EUT的输入阻抗相同。图II.2-1b显示了当固有保护器导通时的等效电路。如果在初级和固有保护器之间没有阻抗，只有那些具有低导通电压的保护器将起作用。在这种情况下，仅仅只有固有保护器作用而阻碍了初级保护器的作用，结果没有获得协调。 R_{in} 对增加初级保护器上的电压而引起其作用是必需的。

还有一点是固有保护器通常在MDF上比初级保护器低的电压上导通。首先，电压流入黑盒子并在固有保护器上产生电压和导通。于是，电流流入 R_{in} 并且固有保护器在初级保护器两端产生电压。

因此，固有保护器不是一个辅助设备而是非常必需的，因为它通常比初级保护器作用早而且保护下列组件。协调阻抗的电压降取决于流入固有保护器的电流，初级保护器的作用是将主要的电涌能量旁路对地。

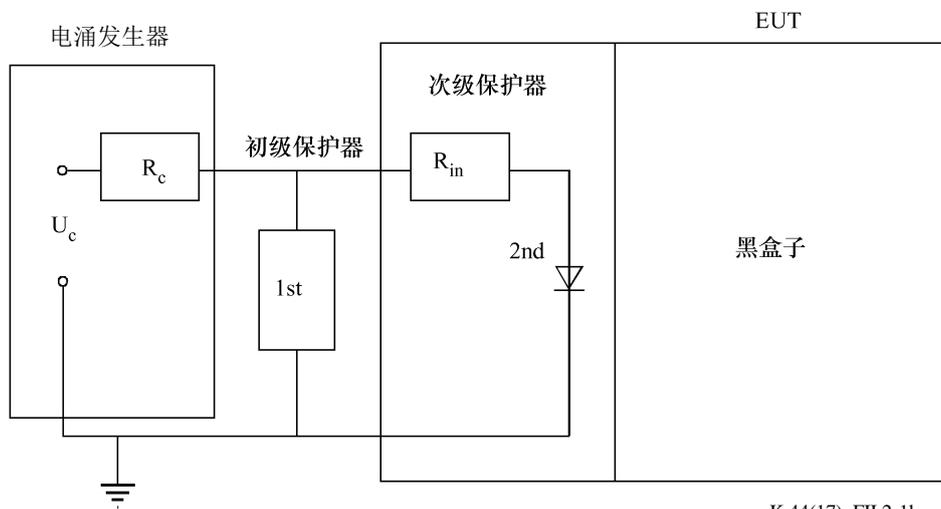
在传统的电路中EUT内部使用了大体积的变压器或线圈，没有固有保护器是可能的。阻抗的总和是 R_{in} 加上 R_e ，阻抗足够高可让初级保护器导通而没有更多的电流流入EUT。图II.2-1c显示了等效电路。

如果在EUT内有诸如SPD的固有保护器，通常比在MDF上的初级保护器工作快速。如果在初级保护器和固有保护器之间没有阻抗，固有保护器的作用就打乱了初级保护器的工作。在保护器之间使用阻抗就能取得协调一致，阻抗上的压降允许初级保护器正常工作。当协调一致设计正确时，EUT就不会在最大试验等级下损坏。超过以上最大试验等级，初级保护器务必在雷击电涌时工作。



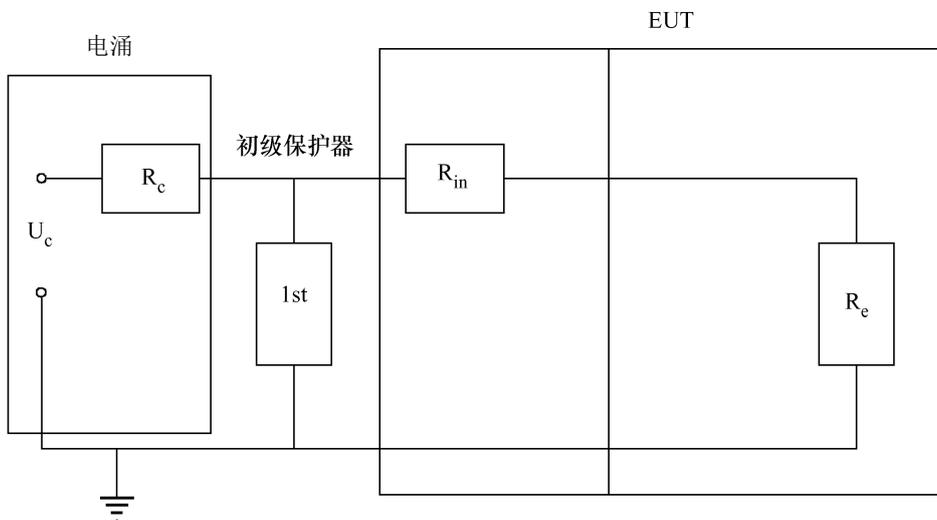
K.44(17)_FII.2-1a

图II.2-1a – 阶梯电路的保护原理



K.44(17)_FII.2-1b

图II.2-1b – 次级保护器作用的等效电路



K.44(17)_FII.2-1c

图II.2-1c – 无次级保护器的Robust电路

II.2.4 开关型和箝位型SPD的协调试验

[b-IEC 62305-4]提供了协调理论的信息。以下是需要进行协调确认的特定的试验。

SPD有4种结合方式，如图II.2-2所示。

图II.2-2a: 按照图II.2-2a进行SPD的协调试验，有必要进行以下试验：

- 1) 将 U_c 设置为产生的波形刚好低于初级保护器的启动电压（进入固有保护器的最大电涌压力）；
- 2) 将 U_c 设置为 $U_{c(max)}$ （最差的 dV/dt 和进入固有保护器的最大峰值电流）。

图II.2-2b: 按照图II.2-2b进行SPD的协调试验，必需进行以下试验：

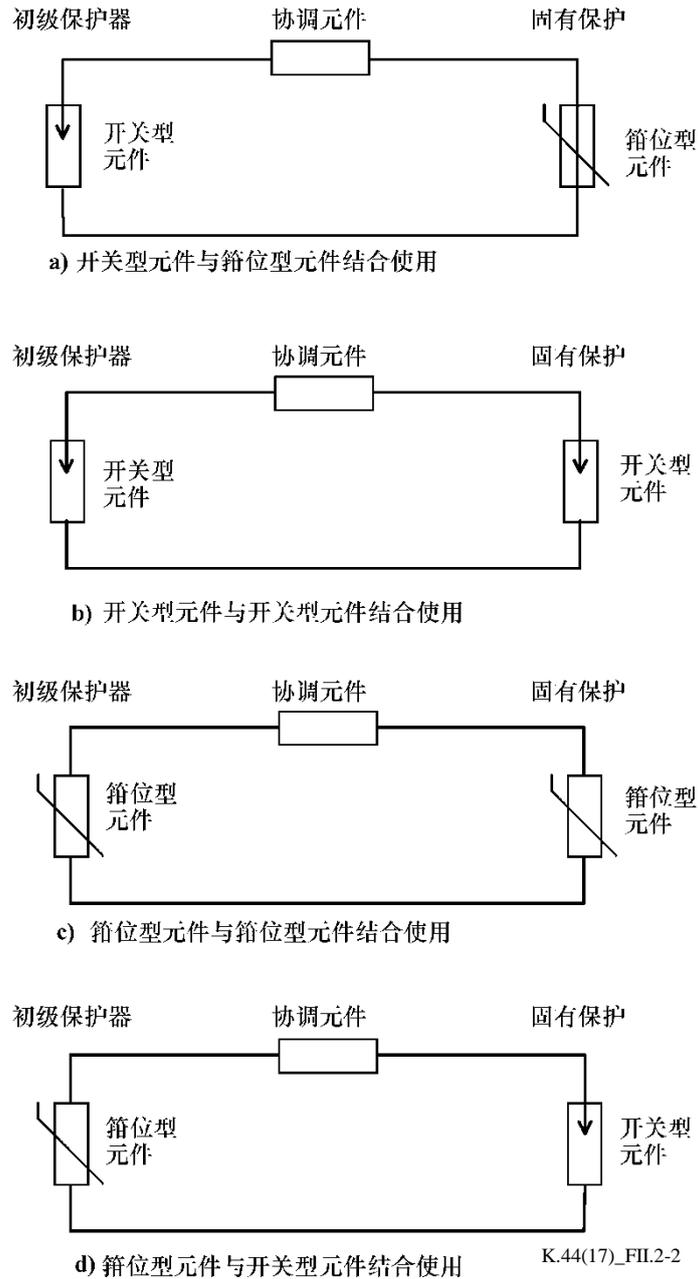
- 1) 将 U_c 设置为产生的波形刚好低于固有保护器的启动电压（进入固有保护电路组件下行流的最大电涌压力）；
- 2) 将 U_c 设置为产生的波形刚好低于初级保护器的启动电压（进入固有保护器的最大电涌压力）；
- 3) 将 U_c 设置为 $U_{c(max)}$ （最差的 dV/dt 和进入固有保护器的最大峰值电流）。

图II.2-2c: 按照图II.2-2c进行SPD的协调试验，必需进行以下试验：

- 1) 将 U_c 设置为 $U_{c(max)}$ （最差的 dV/dt 和进入固有保护器的最大峰值电流）。

图II.2-2d: 按照图II.2-2d进行SPD的协调试验，必需进行以下试验：

- 1) 将 U_c 设置为产生的波形刚好低于固有保护的启动电压（进入固有保护电路组件下行流的最大电涌压力）；
- 2) 将 U_c 设置为 $U_{c(max)}$ （最差的 dV/dt 和进入固有保护器的最大峰值电流）。



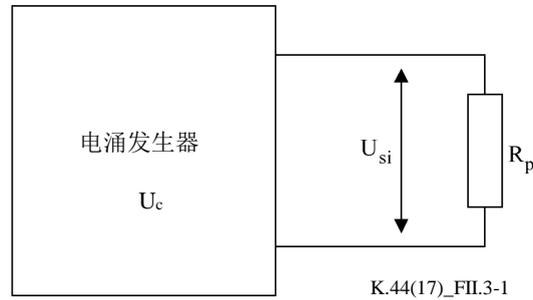
图II.2-2 – SPD的组合

II.3 在设备输入端口上的MDF电压

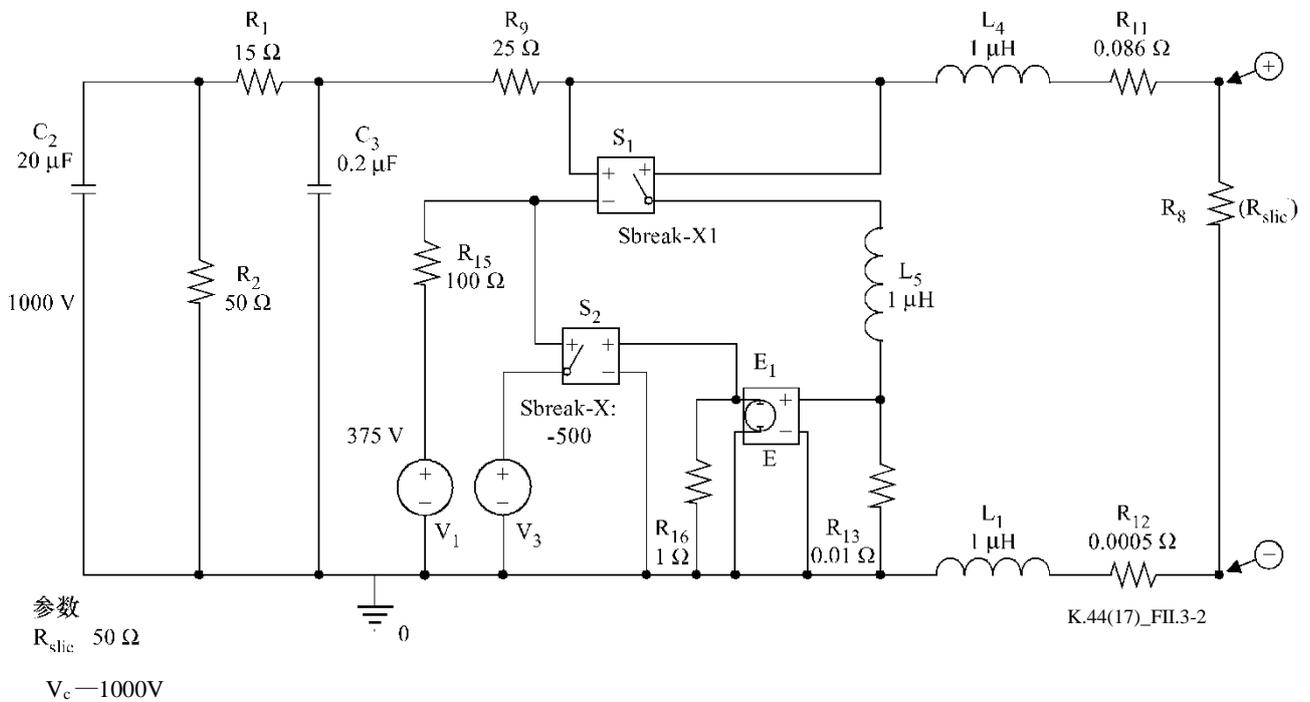
II.3.1 概述

GDT的启动电压取决于 dU/dt 。如果 R_p 已知， U_{si} 的 dU/dt 能够通过Spice瞬态模拟来计算。利用在GDT数据表中与启动电压相对应的 dU/dt 信息，就可以模拟出每种条件下的实际启动电压。图II.3-3显示了GDT之间、GDT与设备之间有1 m MDF电缆的模拟结果。它表明GDT在 U_c 高值时，短时间工作在高电压。如果 U_c 是低值时，GDT长时间工作在低电压。

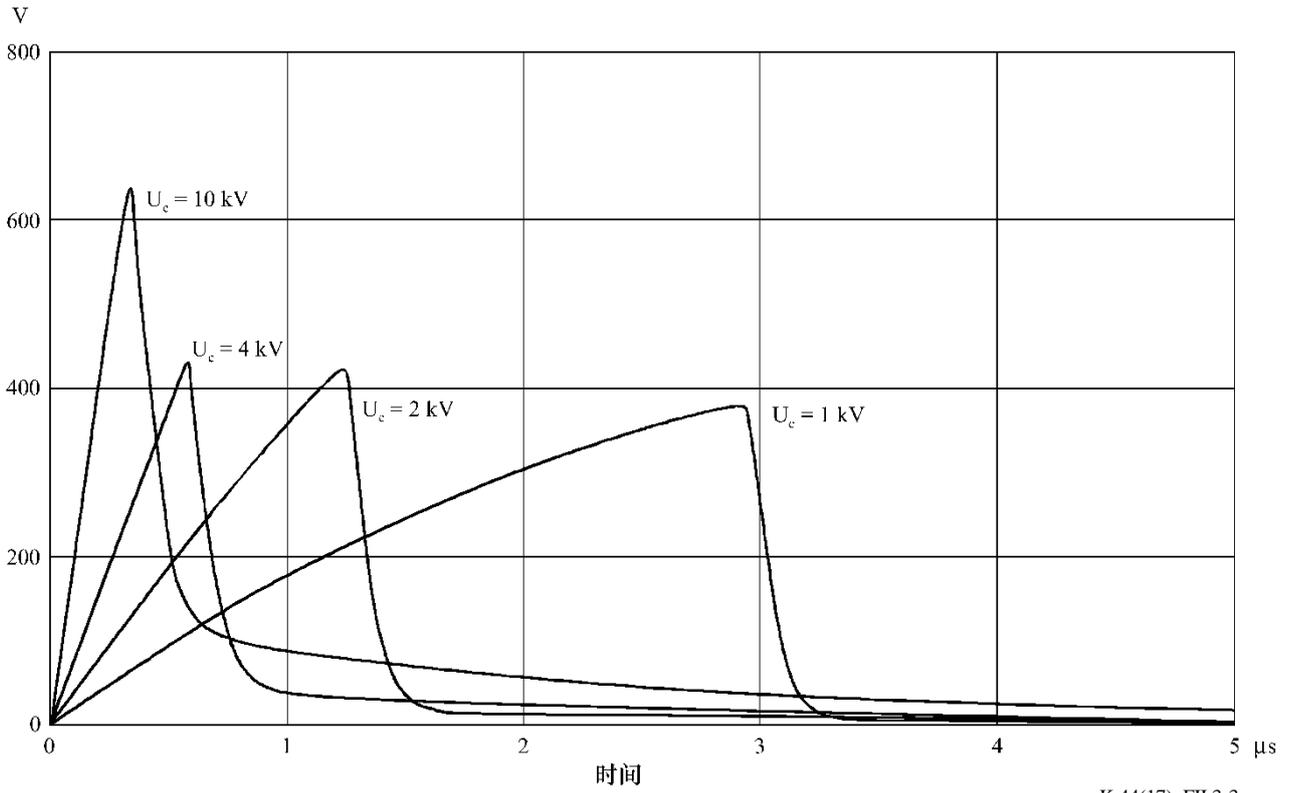
图II.3-4显示了同样的模拟，但是GDT之间、GDT与设备之间的MDF电缆为10 m，接地MDF电缆也为10 m。10 m MDF电缆的典型电感为10 μH 。整个20 μH 的电感对于由GDT工作引起的高速残余电压来说是一个有效低通滤波器。MDF电缆抑制了由GDT工作而引起的高 dU/dt 电涌。这个模拟表明电涌发生器与EUT之间的试验电缆应尽可能短，例如短于2 m。



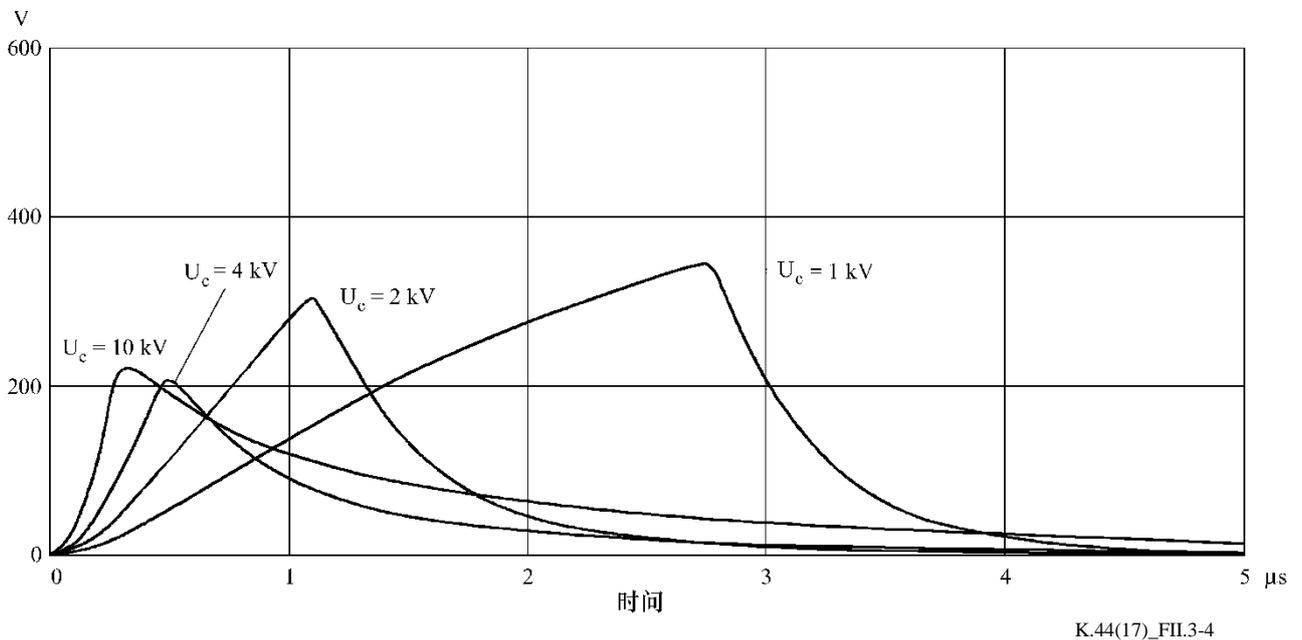
图II.3-1 – 计算 U_{si} 的 dU/dt 的模型



图II.3-2 – 为计算由于MDF电缆的阻抗在设备输入端的电压降使用的Spice模型



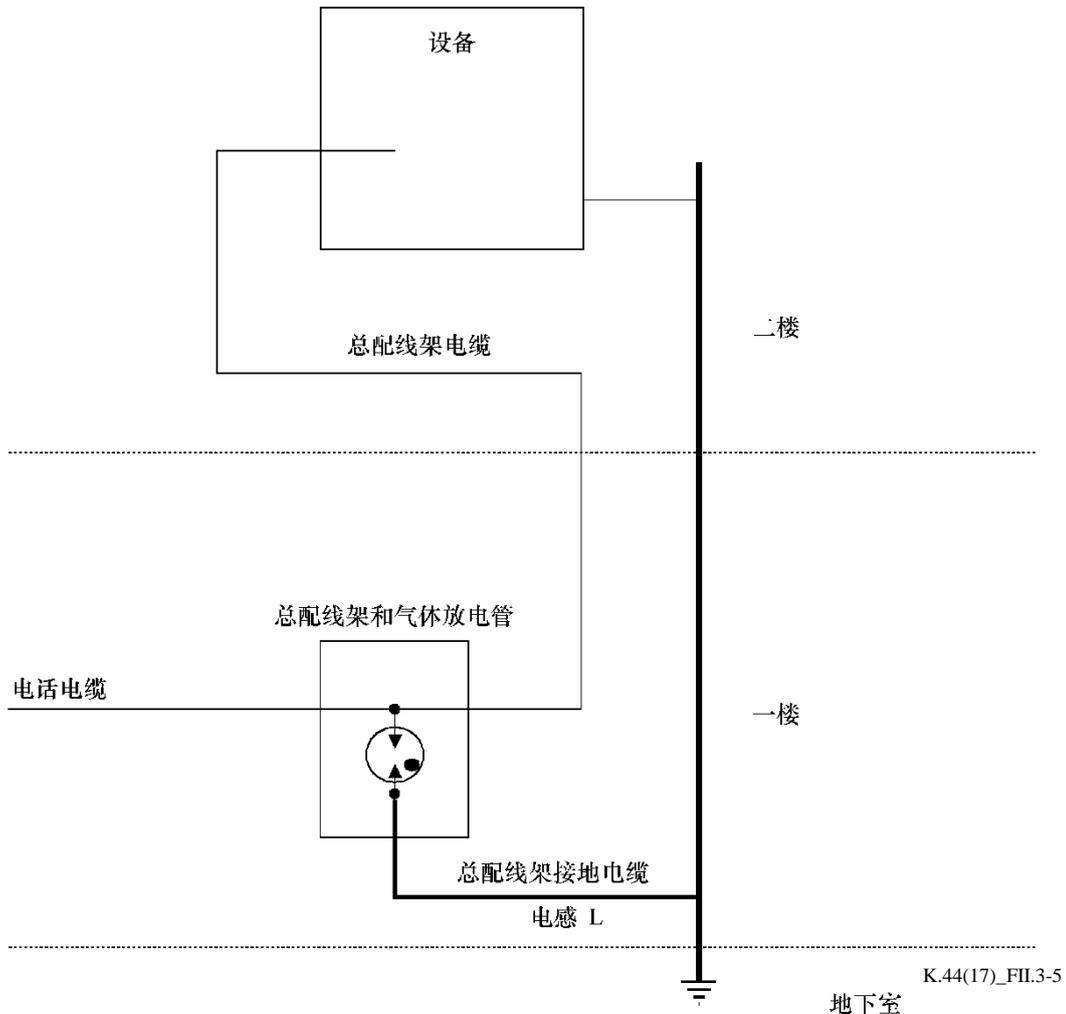
图II.3-3 – MDF电缆为1 m



图II.3-4 – MDF电缆为10 m

II.3.2 MDF地线电压降

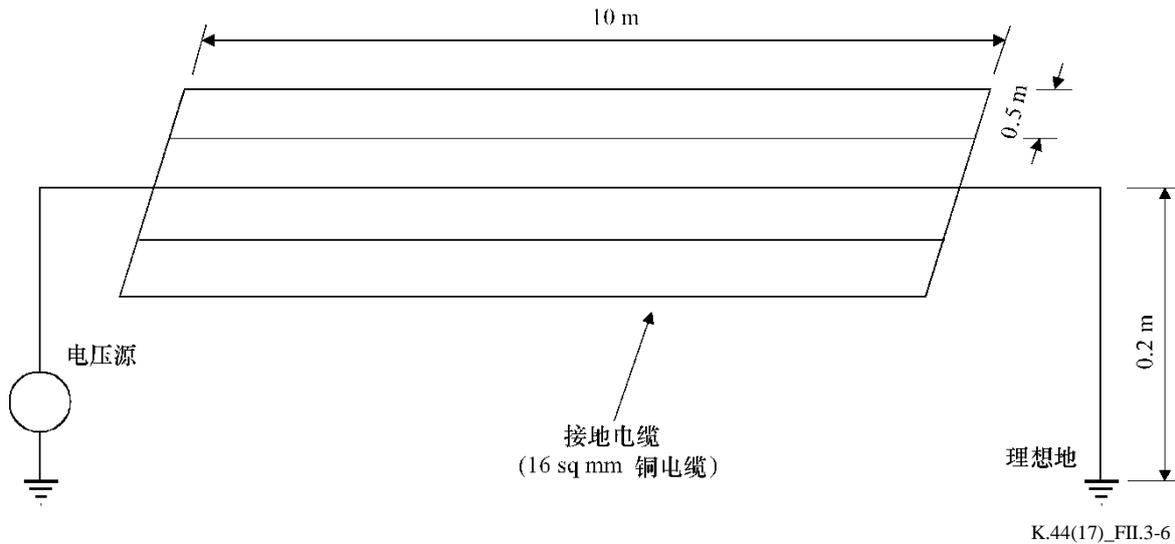
在初级保护器和EUT之间的MDF电缆的电感对高 dU/dt 电涌有良好的效果，但是也有负面影响。这尤其表现在当考虑来自所有工作GDT的电流流入MDF接地电缆。电感取决于电缆的长度，而直径的改变不会有太大的影响。MDF接地电缆的长度不可能是0，所有总会有感应存在。由MDF接地电缆引起的电压降是因为GDT作用后的电涌流过而产生的。MDF接地电缆引起的电压降表现在设备的输入端口，所以需要最小可能的电感和阻抗的搭接结构。图II.3-5显示了MDF接地电缆存在的电感。



图II.3-5 – 总配线架（MDF）接地电缆的电感

当如图II.3-5所示，MDF接地电缆明显较长时，需要采用复合电缆或网孔结构。

复合电缆不系在一起，但是分别连接以减少将近 $1/N$ 的电感（ N 是电缆的数量），如图II.3-6所示。



图II.3-6 – 使用多个地线减少电感

使用ACCUFIELD模拟的电感计算见表II.3-1。

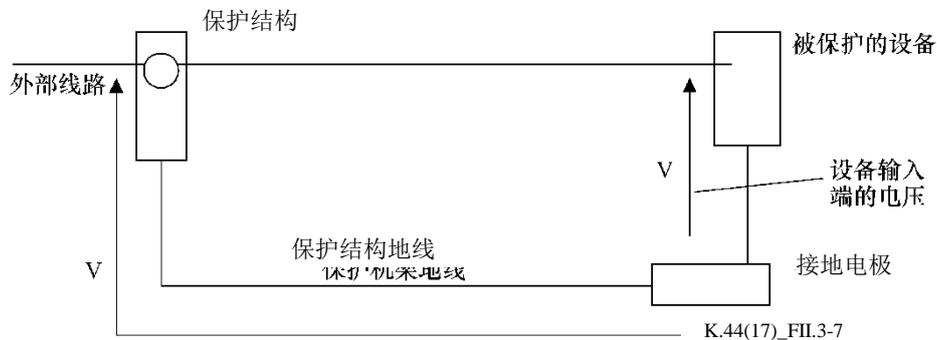
表 II.3-1 – 相对导体数量的电感

N (导体数量)	总的电感
1	10.89 μH
2	6.16 μH
3	4.39 μH
5	3.05 μH

II.3.3 接地电压降试验

当存在外部保护结构和/或地线于接地电极相连时，流入保护结构或地线的大电流将造成设备的输入端口的电压降，如图II.3-7所示。

英国和澳大利亚已经观察了地线电压降造成的危害。



电涌条件下保护结构和地线上的电压降

图II.3-7 – 地线电压降

II.3.3.1 英国关于地线电压降问题的举例

用户驻地的一些小型用户交换机系统因为由保护地搭接线和交换设备造成的潜在电位的不同而损坏。保护搭接典型的路由时间接与主接地端相连。设备保护地连接到供电系统的配线地和主接地端。因为阻抗不同，在设备线路终端与保护地之间存在着巨大的电位差。结果是从电路向设备火花放电造成设备损坏。解决方法是在越靠近设备的地方尽可能使用适当的直流启动电压保护器以便即使电力线故障进入设备接地也不会传到电路上。在设备接地非常好的情况下经历了另一个问题，即看起来与公共接地点的短连接，即与数千个其他装置没有区别，并且从MDF到MET的直流接地电阻非常低。即使安装了保护器，雷击也会对设备造成损坏。更深入的调查表明，从MDF块到接地提升管的连接是地线的短“尾部”，将对电涌电流产生高阻抗，因此在地线中将产生高的电压降。纠正接地连接后，问题就解决了。任何大于约20 Ω 阻抗的东西都可能引起此问题，因此即使很小的电感也会引起问题。

II.3.3.2 澳大利亚在用户驻地的地线电压降的举例

因为在通信线路和主电源上存在的电位差，澳大利亚已经遭受了大量的小型用户交换系统的雷击损坏，电位差是由在保护结构和主接地端子之间连接线的长度决定的。在不可能将连接线长度减少到几米的地方，在设备上不得不安装通信和电源端口联合保护单元。这些保护单元非常昂贵，成本以10对（通信线路）150美元为单位增长。单对装置的成本可低至15美元。请注意，此保护装置必须在电信端口保护与电源线保护之间具有完全连接的地线。并非所有装置都有此等电位连接。

II.3.3.3 澳大利亚在电信中心的地线电压降的举例

澳大利亚电信（Telstra）经历过安装在电信中心具有初级保护的设备发生损坏。问题的调查显示击穿出现在MDF的配线与设备的底盘之间，击穿电压大约是1.5 kV，波形为10/700 μs 。这证明最后地线电压降为1.5 kV而且在实际中可能更大。与其改变交换设备的地线配线，不如使用不同的设备完成功能。交换机按照[ITU-T K.27]接地，而且设备处在1个IBN中。需要在安装实践、设备的抗力要求和增加外部保护之间寻求平衡。

II.3.3.4 对地线电压降抗力的可能试验

如第II.3.2节所示，当一个单独的地线用来连接保护结构和接地电极时，产生最大的电压。因为保护结构中的平行向下的导体，所以保护结构两端的地线电压降将产生较少的问题。同样在保护结构与接地电极之间采用多路接地线，问题也比较少。

如果出现以下任何一种情况，那么试验不适用：

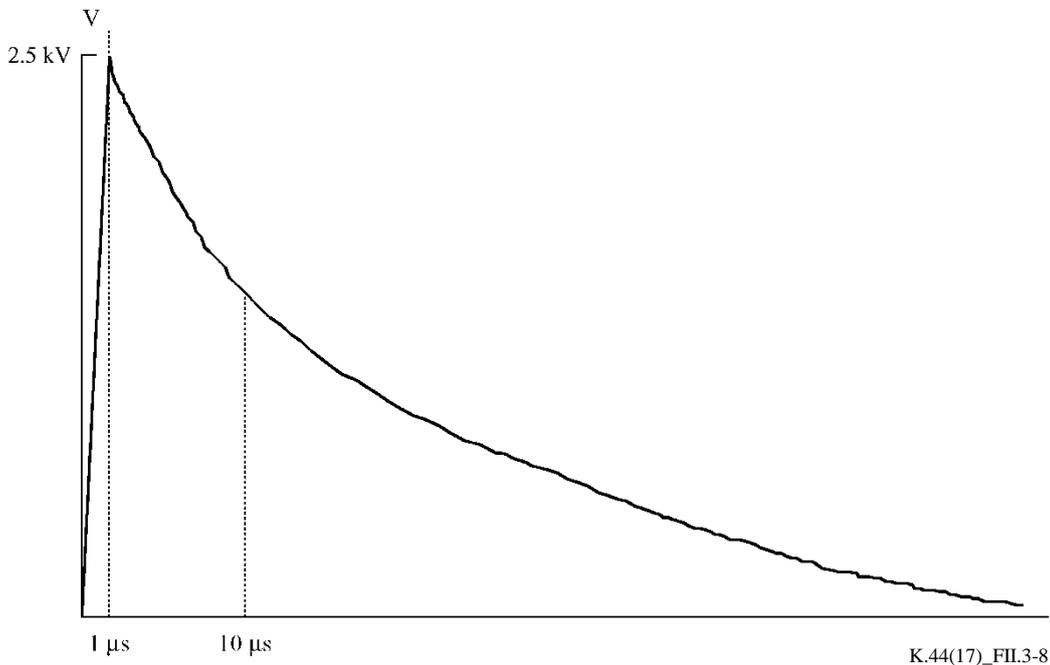
- 设备的参考接地导体没有连接到保护结构的基座上。
- 在保护结构与设备之间使用屏蔽电缆。
- 使用网状的BN接地系统。
- 保护结构直接通过短导体 (< 1 m) 连接到CBN上。

表II.3-2和图II.3-9中的试验发生器是基于表4-2和[b-GR-1089]第4.6.6节中规定的试验电涌4。Telcordia试验广泛应用于北美，其最大峰值开路电压幅度为2.5 kV。

表II.3-2 – 试验电压

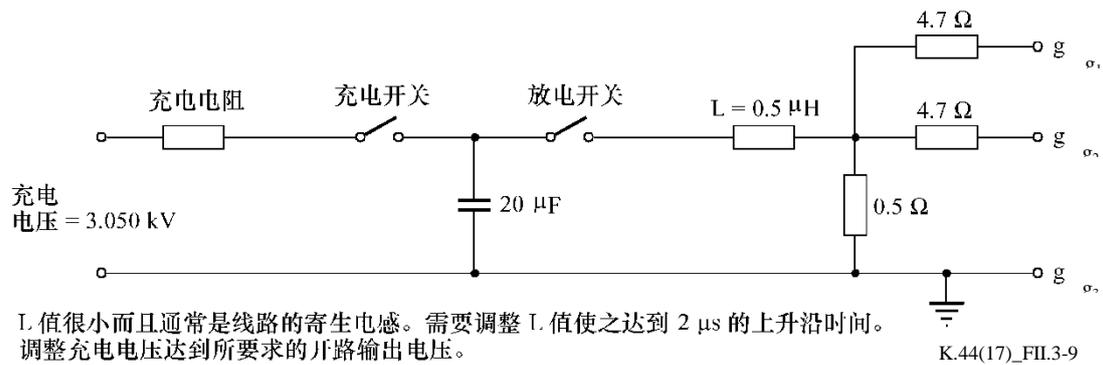
描述	Uc (max)
大型的外部结构；在建筑物或大型屏蔽室有少量的纵向导体或长接地线 (< 10 m)	2.5 kV
外部结构在机壳内并具有中等长度的单个接地导线 (< 3 m)。	1.5 kV
小型外部结构并具有短接地线 (< 0.5 m)。	不需要试验。设备输入端口的电压假设小于适用抗力建议书（如[ITU-T K.20]、[ITU-T K.21]或 [ITU-T K.45]）表2a中试验2.1和试验2.2发生的电压。

由连接中传导的电涌电流产生的大约的电涌电压如图II.3-8所示。



图II.3-8 – 地线电压降

图II.3-9中的电路产生2/10 μs 波形可以用于重复产生这种效果。可能产生的电压的大约幅度见表II.3-3。



图II.3-9 – 2/10 μs电流电涌发生器

表 II.3-3 – 地线电压降试验

试验编号	试验描述	试验电路	试验等级	试验次数	约定的初级保护	验收准则	备注
1.1	地线电压降	图II.3-9 和 A.5-1	见表II.3-2	5	每个极性5次	A	仅适用于具有大型保护结构与/或在初级保护器和共模接地点之间的单个接地导线的设备。

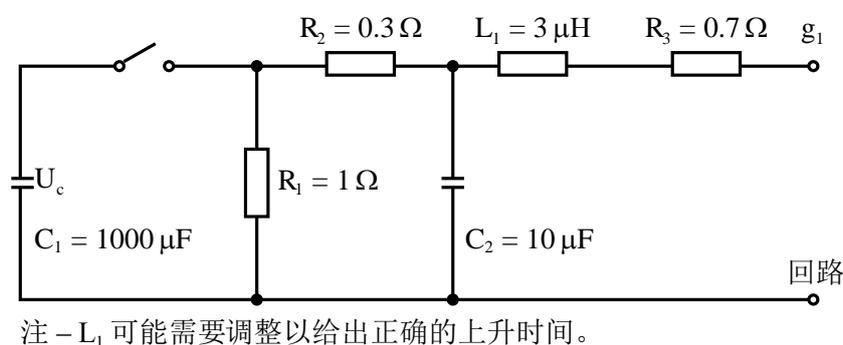
II.4 在电源端口上的电流试验

当雷电直击电信设备所在的建筑物或屏蔽室时，它的电流波形比传统受试电源端口的 8/20 μs 波形要长。近来，德国的研究表明直击雷的电流波形达到 350 μs 时 1/2 的值。[b-ITU-T 手册]中的一个例子表明：主电源线电涌有长尾。开关模式供电的试验表明，350 μs 的尾随能导致损坏，反之 20 μs 的尾随不导致损坏。没有任何文件记录该损耗。因此建议采用 10/350 μs 来检查受试设备初级保护器的协调性。尽管 ITU-T 已经在议此事，但还未对此试验达成一致意见。试验仍在研究中。在产品建议书中协调试验要求采用 8/20 μs 波形。

推荐试验见表 II.4-1。

表 II.4-1 – 为模拟建筑物或屏蔽室遭受直击雷而在电源端口上的协调试验

试验编号	试验描述	试验电路	试验等级	试验次数	约定的初级保护器	验收准则
1.x.a	L-N协调 直接雷击电源端口	图II.4-1和 A.6.4-1	$I_{(max)} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \Omega$	每个极性 5次	约定的初级保护器（电源）	A 注意：开关型保护器必须工作在 $I_{(max)}$
1.x.b	L+N-E协调 直接雷击电源端口	图II.4-1和 A.6.4-2	$I_{(max(L+N))} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \Omega$	每个极性 5次	约定的初级保护器（电源）	A 注意：开关型保护器必须工作在 $I_{(max)}$



K.44(17)_FII.4-1

图II.4-1 – 10/350 μs电流电涌发生器

II.5 地线和中线电位升高

II.5.1 背景

取决于低压公共配电网的设计，一些危险诸如中线电位升高和雷击电涌转移可能在低电压电力设备上产生。

II.5.2 解释

地线和中线电位的升高主要发生在中压/低压变压器绝缘击穿或为防止由于雷电感应或对线路的直接雷击变压器损坏火花间隙工作时。1个大的50 Hz电流流过，并且地线电位升高。

II.5.2.1 地线电位升高

首先理解当电力设备发生故障时的限制地线电位升高（EPR）的方法。见图II.5-1。



图II.5-1 – 影响故障电流的因素

最坏情况的故障电流 I_f 发生在忽略HV线路阻抗和在变压器金属部分地与其他接地系统如中线地耦合的情况下。

$$I_f = U / \sqrt{3 \cdot (Z + R_t)}$$

其中，U是介于中压激活导体间的电压。

在MV/LV变压器上地线电位的升高是 $EPR = R_t \cdot I_f$ （注意LV =低电压）。

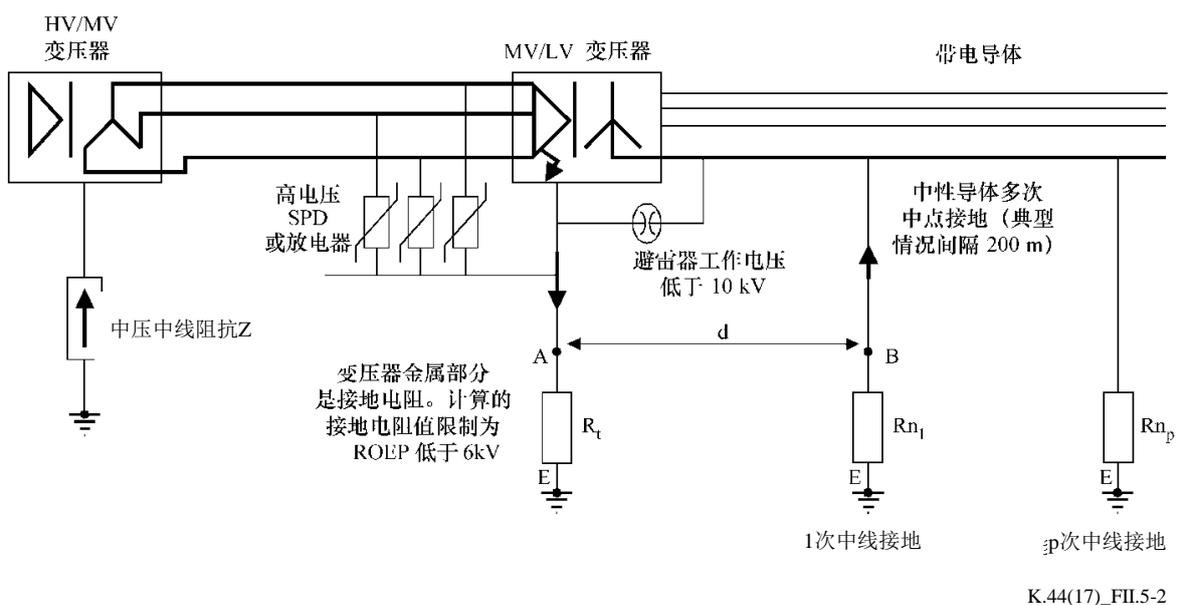
在法国，EPR值限制到6 kV。

II.5.2.2 中线电位升高

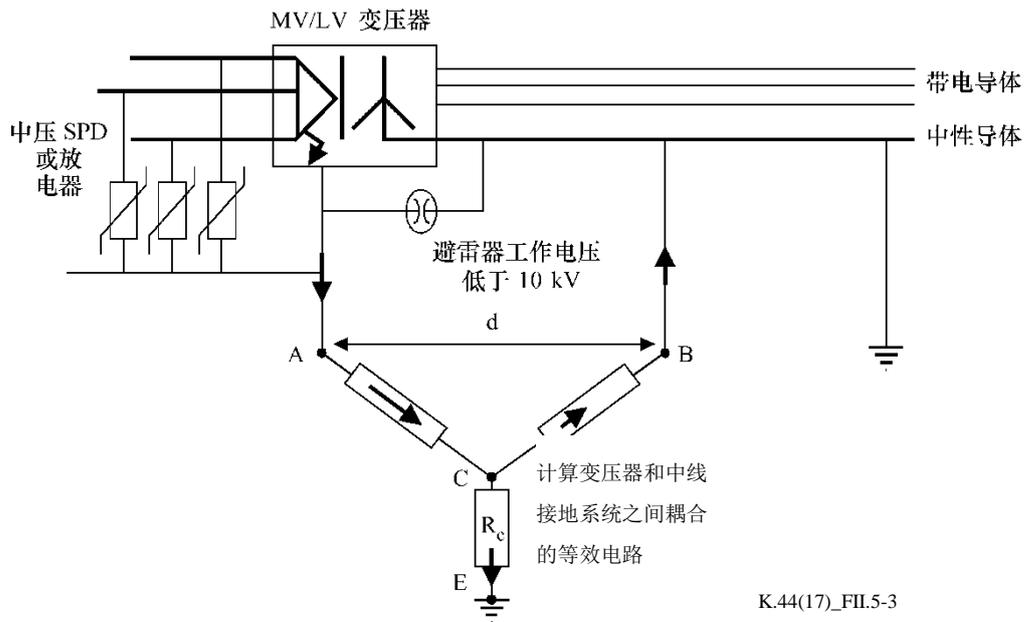
II.5.2.2.1 变压器与中线接地系统之间的耦合

因为中线接地的设计，当中压偶然连接对地时，通过传导耦合中线电位升高。

国家规范可以限定中线电位升高的最大限值（例如在法国是1500 V）。见图II.5-2和II.5-3。



图II.5-2 – 进入低压中线的耦合



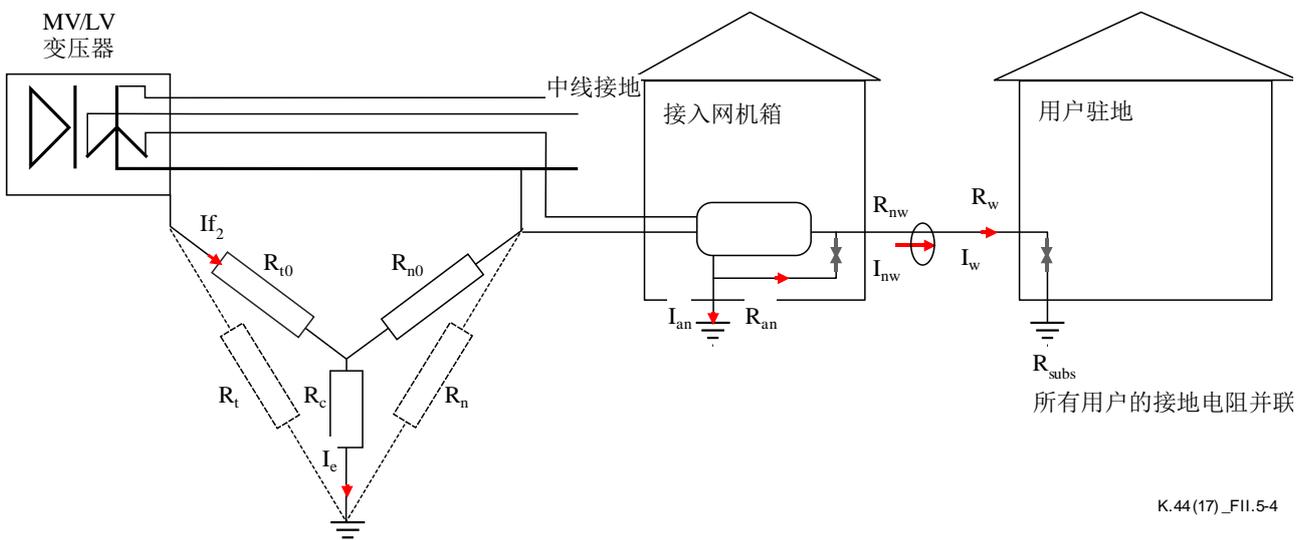
图II.5-3 – 通过设计接地方式来限制ERP

耦合阻抗 $R_c = \rho \cdot I / 2 \cdot \pi \cdot d$ 可以通过变化 d 来调整以获得在故障发生时，中线电位升高低于1500 V或耦合率（ V_{AE} / V_{BE} ）低于15%。

当土壤的电阻率高时，阻抗值不能通过计算得到，地线电位有可能高于1500 V。

II.5.2.3 可能流入设备的电流

见图II.5.4。



图II.5-4 – 流过设备的电流机制

根据以下的假设获得计算结果：

- 28个用户连接到同一个对称线对上（长度5 km，线缆直径0.4 mm）；
- 所有并行接地系统中的等效阻抗是2 Ω；

- 接入网机箱的接地电阻是 $50\ \Omega$;
- 电力系统特性是 $Z=j40\ \Omega$ 、 $R_t=30\ \Omega$ 、 $R_n=15\ \Omega$ 、 $d=8\ \text{m}$;
- 土壤阻抗率是 $300\ \Omega\cdot\text{m}$;

显示出流入接入网机箱接地系统的设备（在电源端口和设备接地间的击穿放电）的电流是几十安培。

电流可以直接注入通信线路上的SPD（如果安装了SPD而且处于电源端口和设备接地间的击穿放电情况）或通过设备（电源和电信外部端口间的击穿放电）到用户驻地（ I_w 大约为 $1\ \text{A}$ ）。

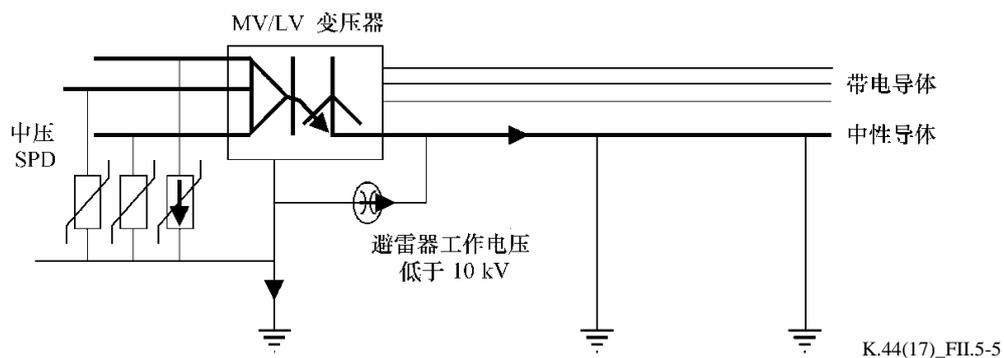
注意当使用电信中心或用户驻地接入网机箱来替代图II.5-4的用户驻地时的计算原则是一样的。

II.5.2.4 电涌转移

雷击感应或直击雷电涌从中压转移到低压可能发生，主要是因为：

- 1) 为避免变压器绝缘击穿采用从避雷器旁路。
- 2) 在中压和低压线圈之间的变压器绝缘被击穿。

见图II.5-5。



图II.5-5 – 到中线的过电压转移

如果在情况1中使用火花隙，将会伴随显著的50 Hz 电涌电流。在情况2中也一样。

II.6 特殊的抗力要求

第5.3节规定了何时需要特殊的抗力要求。

表II.6-1提供了在无法连接的情况下用于确保安全和抗力的特殊要求。

这些特殊要求是对增强型ITU-T K.21或ITU-T K.45试验的补充，适用于具有接地SPD和无接地SPD的设备。

为了确保无适当接地和连接的用户的安全，设备需包含表II.6-1中给出的端口到端口的绝缘。为确保接地SPD的安全，需要进行适当的接地和连接。

表II.6-1a – 对连接至外部对称线对电缆之端口的特殊雷击试验条件

试验编号	试验描述	试验电路和波形 (见附件A中的图)	特殊试验等级 (也可见第5节和第7节)	试验次数	初级保护器	验收准则	备注
2.1.2a	单端口、 雷击、 协调、 横向	A.3-1和A.6.1-1 (a和b) 10/700 μ s	$U_{c(max)} = 4$ kV $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$	每个极性5 次	特殊试验保护器， 见第8.4/K.44节	A 当使用 $U_c = U_{c(max)}$ 进行试验时，必 须运行特殊试验 保护器。当然， 它也可以在 $U_c <$ $U_{c(max)}$ 电压下工 作。	当设备包含高载流组件而无 需初级保护器时，请参见第 10.1.1节。 以太网端口试验正在研 究中。
2.1.2b	单端口、 雷击、 协调、 端口对地	A.3-1和A.6.1-2 10/700 μ s	$U_{c(max)} = 13$ kV $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				
2.1.2c	单端口、 雷击、 协调、 端口到外部端 口	A.3-1和A.6.1-3 10/700 μ s	$U_{c(max)} = 13$ kV $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				

表II.6-1b – 对主电源端口的特殊雷击试验条件

试验编号	试验描述	试验电路和波形 (见附件A中的图)	特殊试验等级 (也可见第5节和第7节)	试验次数	初级保护器	验收准则	备注
5.1.1a	雷击、固有、横向	A.3-5和A.6.4-1 组合波	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$	每个极性 5次	无 在执行外部端口到对称线对端口试验时，还要在未测端口上添加STP/初级保护器。对于未测端口， $R1 = 100 \Omega$ 。	A	
5.1.1b	雷击、固有、端口对地	A.3-5和A.6.4-2 组合波	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				
5.1.1c	雷击、固有、端口到外部端口	A.3-5和A.6.4-3 组合波	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				

表II.6-1c – 对连接至内部电缆之端口的特殊雷击试验条件

试验编号	试验描述	试验电路和波形 (见附件A中的图)	特殊试验等级 (也可见第5节和第7节)	试验次数	初级保护器	验收准则	备注
7.1	未屏蔽电缆	内部POTS线横向/差分 图A.3-5和 A.6.6-1 (a和b) 组合波 $R = 2 \Omega$	$U_{c(max)} = 4 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$ 或 $U_{c(max)} = 8 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$	每个极性5次	无	A	仅适用于POTS端口
		图A.3-1和 A.6.6-1 (a和b) 10/700 μs $R = 25 \Omega$	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$ 与 $U_{c(max)} = 13 \text{ kV}$				
7.2	屏蔽电缆端口 (包括同轴电 缆端口)	图A.3-5 (1.2/50-8/20 CWG)和 A.6.5-2 $R = 0\Omega$	$U_{c(max)} = 10 \text{ kV}$	交替±5次电涌 (连续电涌之 间60秒)	无	A	(还需要进行较低电压等级试 验 – 见[ITU T K.44]第7.3 节。)

注 – 对于没有接地连接的设备, 将设备包裹在箔片中并将箔片连接至发生器回路。

II.7 符合ITU-T K.21建议书之要求的设备中的设备火灾

网络运营商遇到了符合[ITU-T K.21]的设备发生火灾的问题。通过对已经过电源感应试验的样品进行电源接触试验，能够再现该问题。随后发现，电源感应试验损坏PTC，但不足以显示在功能试验中。

为了试验这种影响，建议使用20 Ω 试验电阻，将[ITU-T K.21]的试验2.3.1a（4.3.1a）施加于先前经过电源感应固有试验的端口。

II.8 以太网

II.8.1 绝缘

通过使其绝缘电压承受高于预期的系统瞬变来保护许多设备。非电信示例是电机绕组到其金属转子或定子的耐受电压。绝缘提供在不同电位下两个导电部件之间的分离。绝缘由三个部分组成：

- 绝缘：介于两个导电部件之间的绝缘材料。
- 爬电距离：介于两个导电部件之间沿绝缘材料表面的最短距离。
- 间隙：介于两个导电部件之间的最短间隔距离。

设定间隙距离，使最大预期电压差不会破坏间隙。设置爬电距离，使得最大预期电压差和污染程度不会导致绝缘表面的溢出或击穿（跟踪）。

设置固体绝缘厚度，使得最大预期电压差不会导致击穿。在变压器中，固体绝缘将两个或更多个绕组分开。变压器可用于端口接口电路，以提供隔离或阻抗匹配或两者兼而有之。最常见的变压器隔离信号端口是以太网端口。

绝缘协调是使绝缘电压高于分离电路之间预期电压差的设计过程。对于变压器，额定绝缘电压通常表示为交流RMS电压。对于遭受雷击电涌的设备端口，使用额定脉冲电压更合适。用于试验的标准脉冲具有1.2/50 μs 波形。1.2/50-8/20组合波发生器可用于绝缘试验。

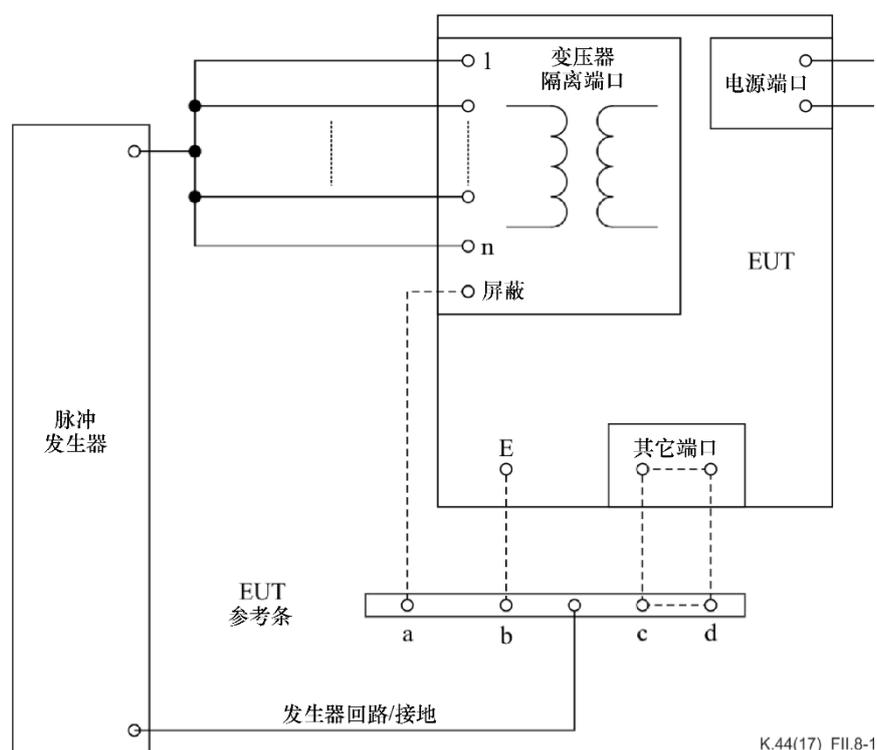
试验后，测量端口绝缘电阻（[b-IEC 60950-1]、[b-IEEE 802.3]）。标准要求的500 V直流绝缘电阻 $> 2 \text{ M}\Omega$ 。制造商与购买者之间可以商定不同的试验电压值。

II.8.2 以太网端口

有关以太网端口的IEEE标准[b-IEEE 802.3]使用1.5 kV RMS、2.25 kV直流和2.4 kV 1.2/50 μs 脉冲的绝缘电压。这些电压等级适用于IEEE标准[b-IEEE 802.3]环境A。环境A是指LAN或LAN网段及其所有相关的互连设备完全包含在单个低压配电系统内和单个建筑物内。在许多国家，一个建筑物中有两个低压电源，因此可以在两个电源之间连接高功率电器。IEEE标准[b-IEEE 802.3]认为这样一种方案仍然是一种单个低压配电系统。

根据IEEE标准[b-IEEE 802.3]，基本绝缘试验等级脉冲电压应为2.4 kV、1.2/50。ITU-T建议书的最大试验等级通常为6 kV。为了在6 kV瞬变电压下实现绝缘协调，绝缘屏障需要约8 kV的增强型额定脉冲电压。

绝缘电气强度试验可以利用无动力的设备来实施，因为它不会对绝缘耐受性产生任何大的差异。需要进行后续试验，以检查绝缘电阻值，并确保设备仍符合其操作规范。验证以太网端口的额定脉冲电压相对简单。脉冲施加于用于信号和电源的以太网端口。发生器回路连接到设备的可接近电隔离部件。这些部件可以是以太网电缆保护屏障、功能性或保护性接地终端、所有其他信号端口终端和电源端口终端。图II.8-1显示了这种试验方案。具有用于UTP_E电缆的单个端口的PoE供电设备没有合适的参考接地终端，并应利用金属箔包裹来进行试验。



图II.8-1 – 验证以太网端口额定脉冲电压的基本电路

II.8.3 以太网过电压

以太网LAN连接是直接的，从一台设备到另一台设备，限制于100 m。

II.8.3.1 雷击

雷击电涌可能通过电感、地电位上升和通过一系列绝缘屏障引入。这些电涌本质上是纵向/共模的。通过试验电路A.6.7-4检查纵向/共模电涌耐受性。横向/差动电涌通常是电压限制器操作转换电涌的结果，见第II.8.4节。制造商通常不会声明使用SPC来桥接以太网端口绝缘屏障，并且通常会添加外部SPD，因为人们通常认为它们会保护端口。为了满足因这些未知因素而引起的横向/差分电涌，制造商可以在以太网端口上包括横向/差分电涌保护，仅依靠绝缘配合来实现纵向/共模电涌保护。必须检查以太网供电（PoE）设备的内部供电线对电涌，如试验电路A.6.7-2所示。

II.8.3.2 电源故障

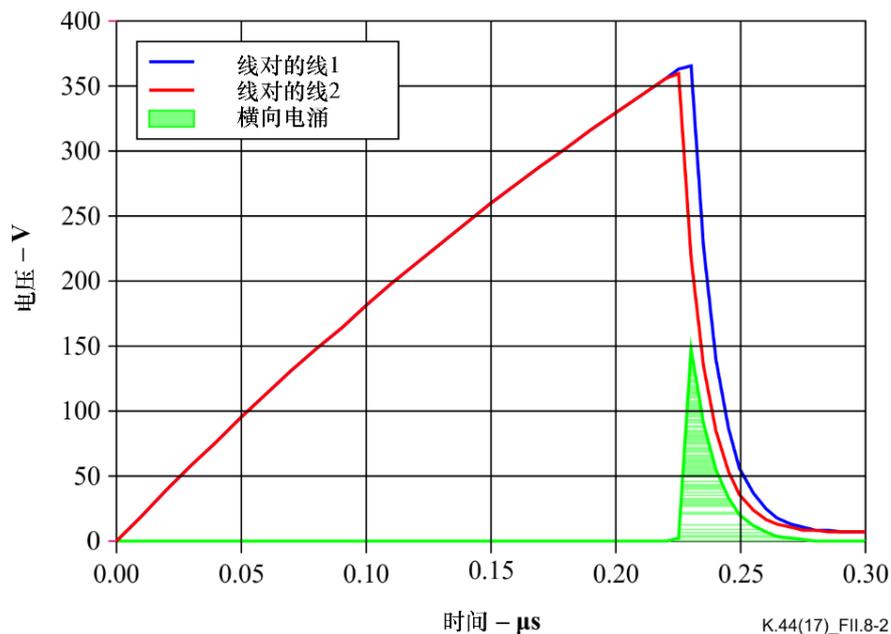
LAN电缆的长度短意味着来自交流电故障的交流电感应电压可能很低。直接接触建筑物交流供电可能通过直接连接或电源绝缘屏障故障来实现。如果端口满足所需的绝缘电阻值，且试验电压大于本地交流电主电源的峰值电压，则不进行交叉试验。

II.8.3.3 非屏蔽双绞线以太网（UTP_E）和屏蔽双绞线以太网（STP_E）电缆

本节中使用的试验方法假定使用UTP_E电缆。对提供电缆屏蔽连接的以太网端口进行试验，以确定屏蔽终端与其他终端之间可能的绝缘击穿。如果要求使用STP_E电缆，则连接的以太网端口具有屏蔽连接且任何连接的SPD保持屏蔽连续性，则可以将这种方案作为屏蔽电缆外壳来进行试验。

II.8.4 SPC和SPD

一些设计包括SPC，以保护绝缘屏障免受过度纵向/共模电压瞬变影响以及信号和电源线对免受横向/差分瞬变影响。固有的横向/差分瞬变将由桥接绝缘屏障的SPC的异步操作引起。图II.8-2显示了该操作。红线1上的切换SPC首先在上升沿电压上切换。蓝线2上的切换SPC稍后切换，因为它具有更高的限制电压。该异步切换在导线1与导线2之间产生150 V的横向/差分瞬变，它为绿色阴影区域。



图II.8-2 – 由SPC的异步操作引起的横向/差分瞬态

由于耦合，对双绞线对，波形更复杂，但仍会在导线1与导线2之间产生横向/差分瞬变。

电线之间的SPC（不桥接绝缘屏障）不应与绝缘试验相互作用。桥接绝缘屏障的SPC将在超过其电压阈值时汲取电流。为了在绝缘试验期间允许SPC操作，需要将电流限制和共享电阻添加到发生器输出端。对于仅使用两对双绞线的端口，电阻数量将为4，对于使用四对双绞线的端口，电阻数量将为8。外部SPD可以与端口SPC具有相同的效果。图A.6.7-1至图A.6.7-4显示了这些电阻的位置和值。

II.8.5 系列绝缘屏障

当一台设备配备II类供电适配器时，应对设备和适配器的完整组合进行试验。需要进行组合试验，因为所得到的绝缘电压可能低于以太网端口和适配器电源端口绝缘电压值的简单和。由于动态和静态电压分布，串联的两个绝缘屏障上的电压共享可能难以预测，因此应进行测量。

当SPC运行时，包含桥接绝缘屏障的SPC的以太网端口可以有效地将所有试验电压转移到适配器绝缘屏障上。如果发生这种情况，那么适配器绝缘屏障的额定值应为总的端口间电压。同样，如果仅依靠绝缘的以太网端口连接到一个具有桥接绝缘屏障的SPC的端口，则所有感应电压将出现在依赖于绝缘的以太网端口上。如果发生这种情况，则依赖于绝缘的以太网端口的额定值应为总的端口间电压。混合以太网端口情况的进一步复杂性是SPC端口产生的横向/差分瞬变可能损坏另一个端口。连接到本地地线而非次级电路参考节点的外部SPD可能因本地EPR电压而将电涌引入设备端口。

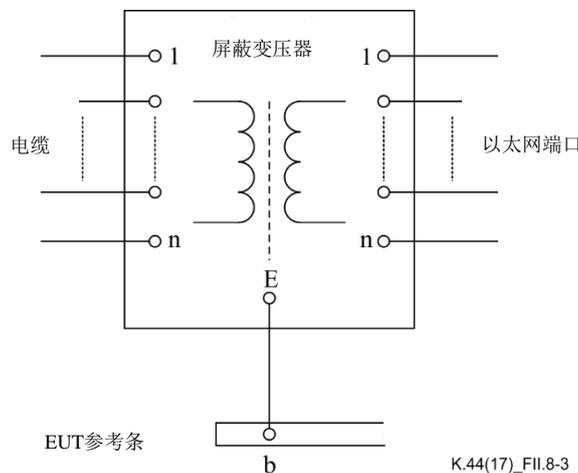
总之，具有SPC或适用SPD的以太网端口可以增加相关电源适配器和以太网端口上的压力水平。将绝缘屏障电压提升至总的端口间电压可以阻止可能的绝缘击穿。对于以太网端口，包括一对线之间的SPC和PoE线对将减轻所产生的任何横向/差分瞬变影响。

II.8.6 增加额定脉冲电压

增加电压有两种常用技术：串联高压绝缘屏障或专门设计的以太网SPD。

II.8.6.1 串联高压绝缘屏障

该解决方案使用额定电压高于设备以太网端口的串联隔离变压器。这又是两个串联的隔离屏障。为了避免电压分布问题，可以在绕组之间用一个屏障来制作串联变压器，以便将设备以太网端口电容性地予以分离。图II.8-3显示了基本的设计方法。

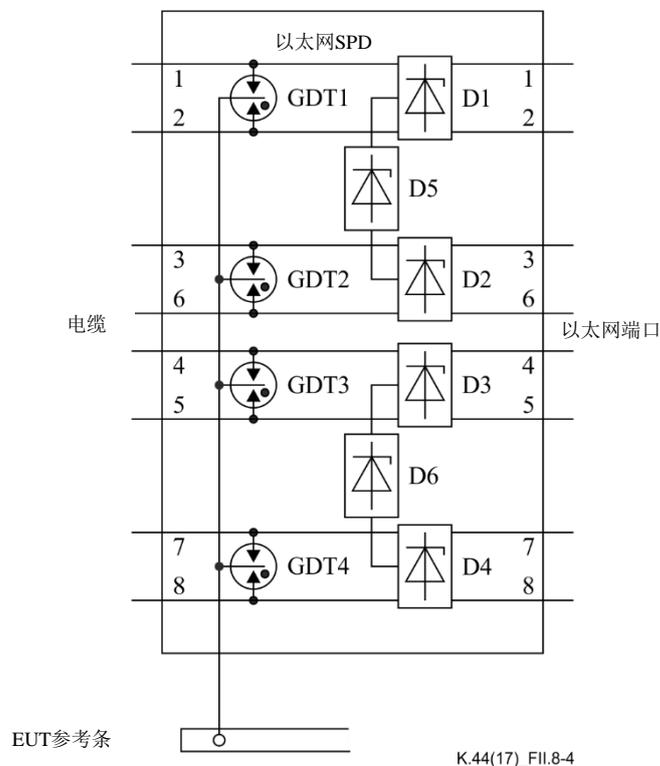


图II.8-3 – 串联屏蔽变压器隔离

也可以在以太网端口侧使用SPC来限制最大纵向/共模电压。

II.8.6.2 以太网SPD

一个精心设计的SPD可以克服切换SPC操作所带来的问题。图II.8-4显示了这种方案的框图。



图II.8-4 – 以太网SPD框图

GDT SPC、GDT1、GDT2、GDT3和GDT4桥接绝缘。单室三电极GDT用于最小化每对双绞线上的横向/差分瞬变产生量。更复杂的GDT方案可以减少PoE供电线对之间的瞬变，但是在该图中，保护网络D5和D6限制了这些瞬变。双绞线对的导线之间的瞬变受到保护网络D1至D4的限制。如果在交流电接触条件期间出现GDT传导，则串联输入过电流保护应在GDT之前。

传统的POTS初级保护器设计技术通常不适合以太网使用，出于第II.8.3节和此处所述的原因。

参考书目

- [b-ITU-T K.46] ITU-T K.46建议书（2012年），使用金属对称导体保护电信线路免受雷击感应电涌的影响。
- [b-ITU-T K.50] ITU-T K.50建议书（2016年），网络供电之电信系统的工作电压和电流的安全限值。
- [b-ITU-T K.66] ITU-T K.66建议书（2011年），用户驻地的过电压保护。
- [b-ITU-T K.82] ITU-T K.82建议书（2010年），用于保护电信装置的固态、自恢复过电流保护器的特性和评级。
- [b-ITU-T K.98] ITU-T K.98建议书（2014年），用户驻地安装的电信设备的过电压保护指南。
- [b-ITU-T手册] ITU-T手册（2004年），电信装置的减扰措施，国际电联，日内瓦。
<<http://www.itu.int/publ/T-HDB-EMC.6-2004/en>>
- [b-GR-1089] Telcordia Technologies GR-1089-CORE (2011), *Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety – Generic Criteria for Network Telecommunications Equipment*.
<<http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/newcust.pl?page=idosearch&docnum=GR-1089&>>
- [b-IEC 60050-151] IEC 60050-151 Amd. 1 (2012), *Amendment 1 – International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*.
<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/9999912210?OpenDocument>
- [b-IEC 60950-1] IEC 60950-1 (2005), *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*.
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035320>>
- [b-IEC 61643-21] IEC 61643-21 (2000), *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*.
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026430>>
- [b-IEC 62305-4] IEC 62305-4 (2010), *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*.
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf>>
- [b-IEEE 802.3] IEEE Std 802.3TM-2015, *IEEE Standard for Ethernet*
<<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>>

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	资费和结算原则以及国际电信/信息通信技术（ICT）经济 and 政策问题
E系列	综合网络运营、电话业务、业务运营和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线电视网络以及电视、声音节目和其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与 ICT、气候变化、电子废物、节能；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备规范
P系列	电话传输质量、电话安装、本地线路网络
Q系列	交换和信令以及相关的测量和试验
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题