



中华人民共和国国家军用标准

FL 0122

GJB 3622-99

通信和指挥自动化地面设施对高空 核电磁脉冲的防护要求

High - altitude nuclear electromagnetic pulse protection
requirements for ground - based communication and
command automation facilities

1999-03-24 发布

1999-09-01 实施

中国人民解放军总装备部 批准

目 次

1 主题内容与适用范围	(1)
2 引用标准	(1)
3 术语	(1)
4 一般要求	(4)
4.1 HEMP 防护概述	(4)
4.2 屏蔽效能(SE)	(4)
4.3 加固项目管理	(5)
4.4 HEMP 加固设计	(5)
4.5 HEMP 试验	(6)
5 详细要求	(6)
5.1 HEMP 防护系统结构	(6)
5.2 设施接地	(7)
5.3 设施的 HEMP 屏蔽体	(7)
5.4 建筑引入点	(9)
5.5 机械引入点	(11)
5.6 结构引入点	(13)
5.7 电气引入点	(13)
5.8 特殊防护措施	(21)
5.9 可靠性和维修性	(24)
5.10 安全和人机工程	(24)
5.11 可测试性	(24)
5.12 腐蚀控制	(25)
5.13 配置管理	(25)
5.14 验证试验	(25)
附录 A 屏蔽效能试验规程(补充件)	(27)
附录 B 脉冲电流注入试验程序(补充件)	(35)
附录 C 连续波浸没试验程序(补充件)	(51)
附录 D 高空核电磁脉冲(参考件)	(59)

通信和指挥自动化地面设施对高空 核电磁脉冲的防护要求

High - altitude nuclear electromagnetic pulse protection requirements for
ground - based communication and command automation facilities

1 主题内容与适用范围

本标准规定了通信和指挥自动化关键固定地面设施对高空核电磁脉冲(HEMP)加固的最低限度要求和设计目标;规定了加固效果验证试验和加固工程验收试验的最低测试要求。

本标准适用于对 HEMP 威胁环境有加固要求的通信和指挥自动化关键网络节点中的固定地面设施的设计、工程、制造、安装、试验;也适用于对电磁脉冲防护有严格要求的其它电子设施。

2 引用标准

GJB 467-88 工程质量控制要求

GJB 481-88 焊接质量控制要求

GJB/Z 16-91 军工产品质量管理要求与评定导则

3 术语

3.1 高空核电磁脉冲 (HEMP) high - altitude nuclear electromagnetic pulse

指当核爆炸高度在 30km 以上时产生的电磁脉冲。

3.2 电磁屏障 electromagnetic barrier

能防止或限制电磁场与传导的瞬态场引入的一个密闭空间的封闭层,包括设施的 HEMP 屏蔽体和引入点的处理,它封闭着防护体积。

3.3 穿入导体 penetrating conductor

穿过电磁屏障的电线、电缆或其它导体(如金属杆)等。又称传导引入点。

3.4 引入点 point - of - entry

电磁屏障上的一个部位。除非有适当的引入点防护装置,否则 HEMP 能量可以通过这个部位进入防护体积。按照引入类型,引入点可分为孔缝形引入点、穿入导体;从建筑工程原理上,引入点又可分为建筑引入点、机械引入点、结构引入点和电气引入点。

3.5 引入区 penetration entry area

指长的穿入导体和管线引入点在电磁屏障上汇聚的区域。

3.6 电磁应力 electromagnetic stress

作用在设备上的电压、电流、电荷和电磁场。

3.7 残余内应力 residual internal stress

电磁屏障外的电磁场经电磁屏障各要素的衰减之后,透入防护体积内的电磁场、电压、电流或电荷。

3.8 防护体积 protected volume

被电磁屏障封闭的三维空间。

3.9 高空核电磁脉冲防护分系统 high - altitude nuclear electromagnetic pulse protection subsystem

用于加固基本任务设备防止其受 HEMP 环境影响的电磁屏障和所有特殊防护措施。

3.10 高空核电磁脉冲加固 high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardness

使暴露在 HEMP 环境中的设施提高抗功能紊乱或抗损毁的能力的措施。屏蔽效能、引入点处理和特殊防护措施的性能是决定 HEMP 加固的要素。

3.11 低风险高空核电磁脉冲加固 low - risk high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardening

一种具有最少引入点并对引入点进行防护的高质量电磁屏蔽的技术措施。

3.12 高空核电磁脉冲加固的改进 high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardening retrofit

为现役设施或装备安装 HEMP 防护分系统或明显提高其 HEMP 防护分系统性能的工作。

3.13 高空核电磁脉冲加固的关键项 high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardness critical item

指对 HEMP 防护系统性能起决定作用的要素。

3.14 高空核电磁脉冲加固的关键过程 high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardness critical process

为确保加固的关键项达到所要求的性能必须严格遵守的规范或程序。

3.15 高空核电磁脉冲加固的维护和监视 high - altitude nuclear electromagnetic pulse hardness maintenance and hardness surveillance

为保障 HEMP 的加固能在整个系统寿命周期内满足要求,对有 HEMP 防护的作战设施实施保护性综合保养、修理、检查和测试工作。

3.16 高空核电磁脉冲验收试验 high - altitude nuclear electromagnetic pulse acceptance test

为保证抗 HEMP 防护系统、分系统或部件满足规定的性能特性要求进行的检验试验。HEMP 验收试验在加固工程的建设或安装合同接近完成时进行,其目的是表明 HEMP 防护分系统在甲方接收之前,已达到最低性能要求。

3.17 毁伤阈值 vulnerability threshold

造成一种设备某种确定的毁坏的最低电磁应力水平。本标准文本内,毁伤阈值是造成设备损毁或功能紊乱的最小电磁应力。

3.18 脉冲电流注入 pulsed current injection

一种测量穿入导体上引入点防护装置性能的试验方法。该方法是将一个具有 HEMP 威胁级的瞬态电流从电磁屏障外的一个点注入到穿入导体上,在电磁屏障内测量瞬态残余内应力。

3.19 设施的高空核电磁脉冲屏蔽体 facility high-altitude nuclear electromagnetic pulse shield

一种能十分有效地降低 HEMP 的电场和磁场对防护体积耦合的连续的金属罩。它是 HEMP 电磁屏障的一部分。

3.20 基本任务设备 mission-essential equipment

基本任务设备包括执行特定任务所需的全部通信和指挥自动化电子设备和支援设备。在本标准的文本内,基本任务设备是指需要加固以防止 HEMP 环境影响的特定任务设备。

3.21 特殊防护措施 special protective measures

附加于电磁屏障上的所有的 HEMP 加固措施。在电磁屏障外的基本任务设备、在电磁屏障内验证试验过程中受到损坏或发生功能紊乱的基本任务设备、在需要特殊防护体积的场合均需要加特殊防护措施。

3.22 特殊防护体积 special protective volume

特殊电磁屏障内的一个封闭空间(见图 6)。

3.23 引入点防护装置或引入点处理 point-of-entry protective device or point-of-entry treatment

用来防止或限制 HEMP 能量在引入点进入防护体积的防护措施。常用的引入点防护装置包括用于孔缝形引入点的下截止波导和密封板、用于穿入导体的滤波器和电涌抑制器。

3.24 下截止波导 waveguide-below-cutoff

用来衰减低于截止频率的所有频率的电磁波的一种金属波导。截止频率由波导的横向尺寸和几何构形及波导内电介质物质特性确定。

3.25 下截止波导阵 waveguide-below-cutoff array

一束平行的下截止波导的组合,其相邻的波导管常共用管壁(见图 3b)。若所需屏蔽体孔径面积大于单个下截止波导允许的口径面积时,就用下截止波导阵。

3.26 标称 norms

这里标称是表征一种复杂波形特性的标量。在脉冲电流注入试验剩余内应力时,通过/失败准则使用的标称有峰值电流、峰值上升率、整流脉冲和根运算等。

3.27 峰值电流 peak current

脉冲电流注入驱动脉冲时间自 $t=0$ 到 $t=5 \times 10^{-3}s$ 内,电流波形 $I(t)$ 标称的最大绝对值,单位为 A。

3.28 峰值上升率 peak rate of rise

脉冲电流注入驱动脉冲时间自 $t=0$ 到 $t=5 \times 10^{-3}s$ 内,电流波形 $I(t)$ 的峰值上升率标称的最大绝对值,单位为 A/s。

3.29 整流脉冲 rectified impulse

电流波形 $I(t)$ 的整流脉冲标称值(单位为 As), 定义如下:

$$\text{整流脉冲} = \int_0^{5 \times 10^{-3}} |I(t)| dt \dots\dots\dots (1)$$

式中 $t=0$ 是脉冲电流注入驱动脉冲开始时间。

3.30 根运算 root action

电流波形 $I(t)$ 的根运算标称值(单位为 $A \cdot s^{1/2}$), 定义为:

$$\text{根运算} = \sqrt{\int_0^{5 \times 10^{-3}} I^2(t) dt} \dots\dots\dots (2)$$

式中 $t=0$ 是脉冲电流注入驱动脉冲开始时间。

3.31 照射场 illuminating field

相对于发射天线某个位置的包括地面影响在内的总电磁场。因为照射场不包括待测设备的反射, 故应在待测设备或系统不存在的地点进行测量。

3.32 照射场的主分量 principal component of the illuminating field

受天线几何效应和地面影响增至最大的磁场或电场分量。例如, 方位磁场和垂直电场是地面上垂直单极子天线的照射场的主分量。

3.33 参考场 reference field

监视发射天线输出的测量场为连续波浸没试验中的参考场。参考传感器可放置在相对于天线和设备的任何位置, 在这一位置测量的结果与感兴趣的各个频率的照射场应有已知的关系。该要求暗示待测设备反射到参考传感器上的场是可以忽略的。当对设备反射和相对天线的位置作校正后, 用测量参考场获得照射场数据。

4 一般要求

4.1 HEMP 防护概述

凡要求暴露在 HEMP 威胁环境[见附录 D(参考件)]过程中及威胁后均能正常运行的固定地面网络设施, 需要进行统一有效的加固、验证、加固维护和加固监视。在执行关键的紧急任务时, 设备的损毁或某种短暂的功能紊乱即可导致任务的失败。加固要求包括严格的屏蔽、引入点防护及特殊防护措施。鉴于正常的工作历程不可能表明 HEMP 防护分系统的状况, 故在交付使用之后还需要进行验证试验、加固维护和加固监视。HEMP 加固措施应综合电磁干扰、电磁兼容、雷电防护、电磁泄漏以及其它加固要求处理所使用的电磁原则。

4.2 屏蔽效能(SE)

本程序用的是测试区上的屏蔽效能。它是在试验标准配置下(无屏蔽体存在)电磁辐射照射接收天线时的接收信号与试验装置配置下通过电磁屏障的接收信号之比, 用 dB 表示。假设检测的是天线电压, 则

$$SE = 20\text{Log}\left(\frac{V_c}{V_m}\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中: V_c 是频率和发射天线极化相同条件下的校准信号; V_m 是试验区上的测量信号。屏蔽效能值是和测试方法相关的,若用时域或其它频域测量技术,可能得到不同的值。

4.3 加固项目管理

按照本标准进行 HEMP 加固的固定地面设施的加固项目管理应执行 GJB/Z 16 的规定。对设计、工程、制造、安装及试验应加以管理,以达到下列目标:

- a. 基于可验证的性能规范提供 HEMP 防护设施的设计;
- b. 通过费效测试和分析程序,验证加固等级;
- c. 在采购过程中,制定维护和监视计划,以保持 HEMP 加固能力在寿命周期的使用阶段保持不变。

4.4 HEMP 加固设计

处于 HEMP 威胁环境下的设施对 HEMP 的防护,通过电磁屏障与使用附加的特殊防护措施来实现。电磁屏障应由设施的 HEMP 屏蔽体和全部引入点的防护装置组成。为了加固屏障外的基本任务设备以及为了满足其它待确定场合的需要,必须加装特殊防护措施。在 HEMP 防护分系统的设计时,应包括可靠性、维修性、可测试性和人机工程,以及安全与腐蚀控制。

4.4.1 设施的屏蔽体

设施的 HEMP 屏蔽体是一连续电气焊接或锌铜合金焊接的金属封闭体,它应满足 5.3.1 规定的屏蔽效能要求。

4.4.2 引入点

所有引入点应使用满足 5.4~5.7 规定的性能要求的引入点防护装置进行 HEMP 防护,屏蔽体上引入点的数量应限制在最低范围内。

4.4.3 基本任务设备

执行任务所必需的一切设备,都属基本任务设备。它包含通信电子设备、数据处理分系统、指挥和控制设备,加固的互连线缆¹⁾的本地部分,关键的支援系统(如后备电源、电源分配系统)。

注:1)尽管加固的互连线缆没有包括在本文件范围内,但与网络中其它加固设施连接时如因完成任务之必要,必须提供有 HEMP 加固的互连线缆和抗毁的长途通信电路。

4.4.3.1 电磁屏障内的基本任务设备

在设计和选择置于电磁屏障内的基本任务设备时,无单独的 HEMP 性能特性要求。

4.4.3.2 电磁屏障外的基本任务设备

必须置于电磁屏障外的基本任务设备,如天线,一定要具有 5.8 规定的特殊防护措施,以确保在 HEMP 威胁环境中对 HEMP 的防护能力。

4.4.3.3 HEMP 加固电源

设施必须提供 HEMP 防护加固的后备电源及对其分配的能力,以免在执行关键紧急任

务时依靠市电源。

4.4.4 特殊防护措施

凡是仅用电磁屏障不能达到 HEMP 加固要求的特殊之处,应实施特殊加固措施。如有必要,应提供附加屏蔽、瞬态抑制/衰减装置和设备级防护,以达到 HEMP 加固能力。下列三个范畴需要特殊防护措施:

- a. 按 5.8.1 规定的必须置于电磁屏障之外,因而得不到屏障保护的基本任务设备;
- b. 尽管电磁屏障各要素完全满足各项性能要求,但在验证试验过程中,封闭在屏障之内而遭到可致任务失败的损毁和功能紊乱的(见 5.8.2 规定);
- c. 可设备在无干扰情况下运行,引入点防护装置不能满足电磁屏障的要求时,则应提供 5.8.3 规定的特殊防护体积和防护屏障。

4.5 HEMP 试验

通过 HEMP 试验程序应表明所需的 HEMP 加固已经完成,其性能指标满足本标准规定的要求。这一程序应包括设施建造和设备安装过程中的质量保障试验、电磁屏障和特殊防护措施的验收试验及建成和运转后设施的验证试验。

4.5.1 质量保障程序

在设施建造和安装过程中,应按照执行 GJB 467 有关规定,以表明 HEMP 防护分系统的材料和部件符合本标准的性能要求。质量保障试验程序和测量结果应建档加以保存,以作为加固维护和加固监视的基础资料 and 性能数据。

4.5.2 验收试验

HEMP 防护分系统的验收应在表明加固性能符合本标准规定的要求基础上进行。电磁屏障和特殊措施的 HEMP 验收试验,应在有关的建设工程完成之后进行。验收试验程序和测量结果应建档加以保存,以作为基础资料 and 性能数据。

4.5.3 验证试验

在 HEMP 防护分系统完工和安装并对设施设备的运行检验之后,应通过试验程序和技术保障的分析对设施的 HEMP 加固进行验证。验证程序应给出关于设施在试验过程中完成关键紧急任务能力的 HEMP 加固的明确评价。验证试验程序和测试结果应建档加以保存,以作为基础资料 and 性能数据。

5 详细要求

5.1 HEMP 防护分系统结构

5.1.1 电磁屏障结构要求

由设施的 HEMP 屏蔽体和引入点防护装置组成的电磁屏障,应满足如下技术要求:

- a. 除放置在防护体积内不能正常发挥功能的设备外,如天线或外部安全敏感器之类的装置,全部基本任务设备都应封闭;
- b. 最大限度地减少引入点的数量;
- c. 应避免在电磁屏障内部增加特殊防护措施;
- d. 应便于 HEMP 的验收试验和验证试验;

e. 应最大限度减少日常定期加固维护要求。

5.1.2 引入区

作为设计目标,除连接短于 10cm 长的外导体的电气引入点外,所有的管线和电气引入点,在电磁屏障上应只有一个引入区。引入区在设施地板允许的情况下应尽可能远离正常的和紧急的人员和设备入口及通风引入点。

5.2 设施接地

5.2.1 等势地面

固定的地面设施应用等势地面方法进行接地。设施的 HEMP 屏蔽体应成为等势地面的一个主要部分。

5.2.2 设施的接地连接

封闭在防护体积内的设备和建筑上的接地,包括利用突起的地板结构,应以最短可行路线电性地密接于屏蔽体的内表面。置于电磁屏障外的设备和建筑上的接地,应电性地密接于屏蔽体的外接地表面或连接于地电极分系统。用于将设施屏蔽体(等势地面)连接到电极分系统的电缆,应电性的连接于屏蔽体外表面,并且应至少有一个这样的接地电缆设置在引入区。所有连接于设施的 HEMP 屏蔽体上的接地连接,不得新建引入点。

5.3 设施的 HEMP 屏蔽体

5.3.1 屏蔽效能

设施的 HEMP 屏蔽体及安装的所有引入点防护装置,应提供图 1 所示的最低屏蔽效能要求。

5.3.2 屏蔽体建造

设施的屏蔽体(其引入点除外)应是连续的钢或铜封闭室,其所有的墙面、天花板面和地板面要密焊成一个整体。相邻板面间的缝和结合部均用电焊、气焊(对钢屏蔽体)或锌铜合金焊(对铜屏蔽体)连续焊死。

5.3.3 屏蔽体监视能力

屏蔽体应满足 5.11 规定的定性测试的监视要求。

5.3.4 屏蔽体建造质量保障

5.3.4.1 施工过程中焊缝的检查

施工过程中按 GJB 481 焊接质量控制要求规定的对电焊、气焊和锌铜合金焊的焊缝及结合部的检查,应连续地与屏蔽体制造和组装工作并行。所有焊缝和结合部,包括为安装引入点防护装置而造成的缝和结合点,应通过目视和磁粒子检验、染料渗透试验进行质量监视。

5.3.4.2 屏蔽效能测量

在屏蔽体密封之后及内部设备安装和整体修整之前,应使用平面波屏蔽效能试验对屏蔽效能实施测量。测量中发现的屏蔽缺陷,必须进行检修并重新测试,以表明在内部设备安装和整体修整之前具备了所要求的性能。

5.3.5 屏蔽体验收试验

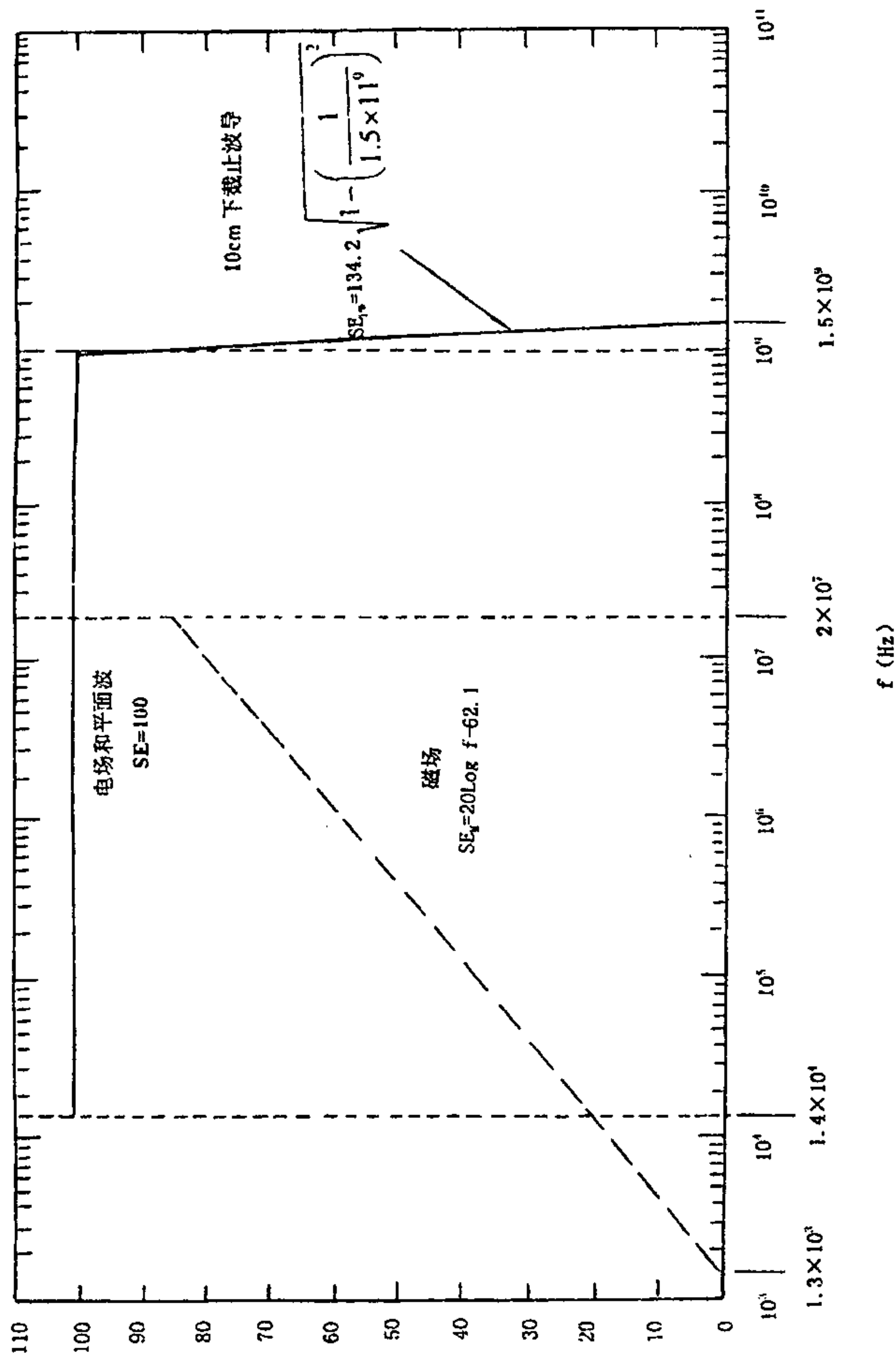


图 1 最低 HEMP 屏蔽效能(按附录 A(补充件)所规定的程序试验)

在屏蔽体完工并安装好引入点防护装置、内部设备及按建造合同要求完成整修工程之后,应进行屏蔽体验收试验,以确定设施屏蔽体是否符合图 1 所规定的最低要求。验收试验应按附录 A(补充件)所规定的屏蔽效能试验程序,连同引入点及其防护装置在正常运行配置下进行。在验收试验中发现的屏蔽缺陷必须进行检修并重新测试,以表明在通信和指挥自动化电子设备安装之前具备了所要求的屏蔽性能。

5.3.5.1 设施屏蔽体的修改

验收之后如果又增加了引入点,或设施的屏蔽体出现破裂现象应予以修复;若在影响区,则要重做验收试验。

5.4 建筑引入点

5.4.1 建筑引入点的 HEMP 防护

对建筑引入点,包括穿越设施屏蔽体的人员通道和设备入口,应使用电磁屏蔽罩、下截止波导技术或两者的结合实施其 HEMP 防护。

5.4.1.1 建筑引入点防护装置的质量保障

安装建筑引入点防护装置所造成的焊缝和结合部,应依据 5.3.4 规定的施工过程中焊缝和结合部的检查程序加以监视。应对屏蔽门和其他的密封罩或入口密封盖进行电磁的和机械的质量保障试验,以表明其性能达到了验收要求。

5.4.1.2 建筑引入点防护装置的验收试验

建筑引入点防护装置的验收试验应按照附录 A(补充件)规定的屏蔽效能试验程序进行。

5.4.2 人员进出通道和出入口

所有正常的和紧急的人员进出通道和出入口,应使用双门屏蔽下截止波导通道或双门屏蔽过道(见图 2)进行 HEMP 防护。作为设计目标,人员进出通道和出入口的数量应减少到最低限度,且主要的人员通道应是下截止波导。

5.4.2.1 波导通道的尺寸

当使用下截止波导通道时,波导的高和宽都不得超过 2.44m,且沿着其最短路径的(波导)长度至少为其截面对角线长的 5 倍。作为设计目标,在波导通道内应无纵向铺设的电线、管线或其它导体。当线必须经过通道时,应使用金属导管。波导通道中所有的导管和其它可接地的导体,如管道和扶栏等,要电性的密接于通道屏蔽体上,密接间距要小于 1m。

5.4.2.2 通道屏蔽体

对通道屏蔽体的要求与对 5.3 规定的设施的 HEMP 屏蔽体的要求相同。对 5.5~5.7 规定的所有通道上的所有引入点的要求与对其它穿过电磁屏障的引入点的要求相同。

5.4.2.3 通道的屏蔽门

通道屏蔽门的框架应焊接在通道屏蔽体上。安装后,通道屏蔽门应至少提供图 1 所示的最低限度屏蔽效能;波导通道屏蔽门应至少提供图 1 所示的最低限度电场及平面波的屏蔽效能,但不要求其满足磁屏蔽效能标准。为保护外屏蔽门不受腐蚀或风尘等自然因素的侵害,应提供具有控制适当环境的气候密封室。

5.4.2.4 通道的扣锁和告警

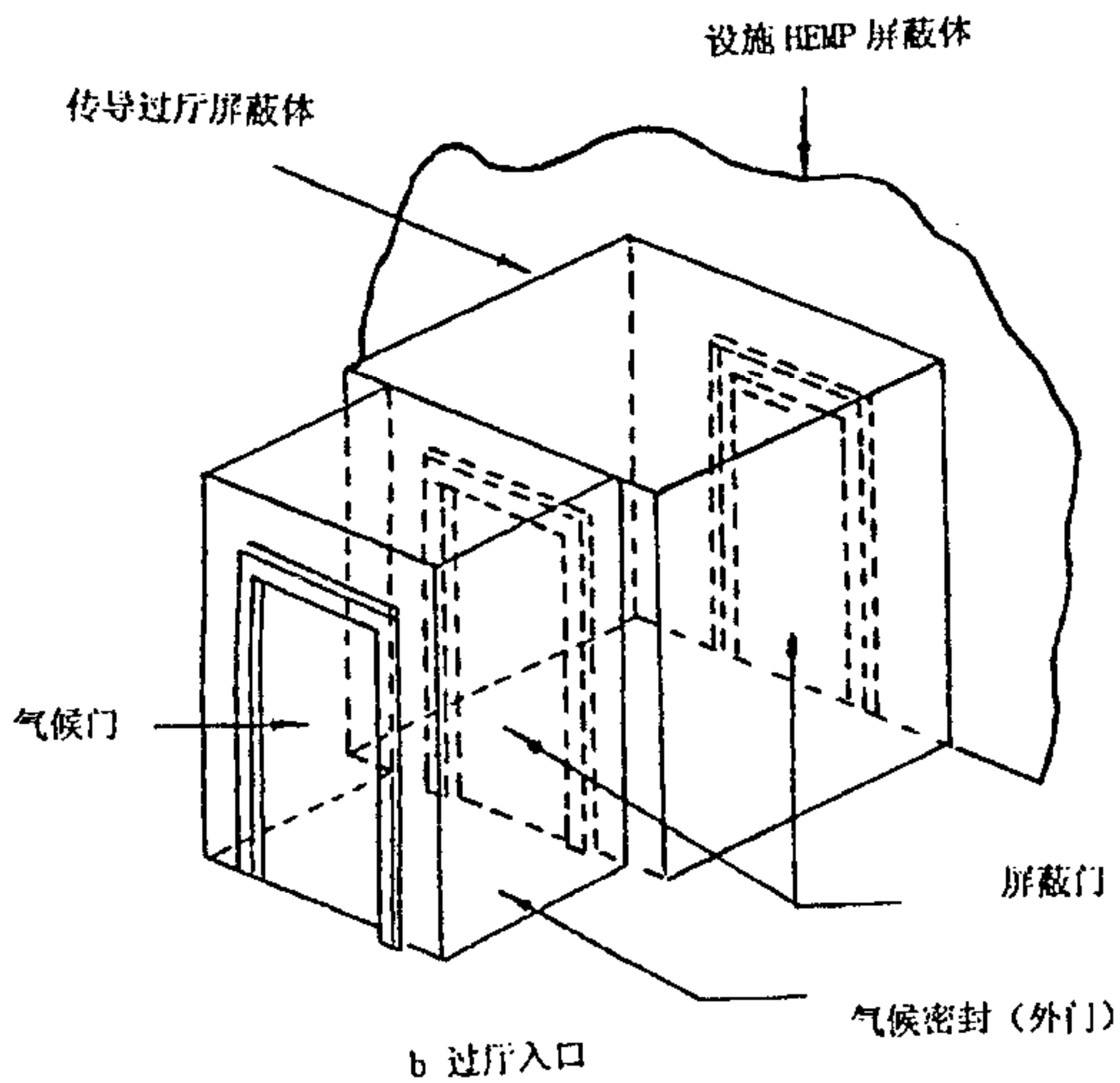
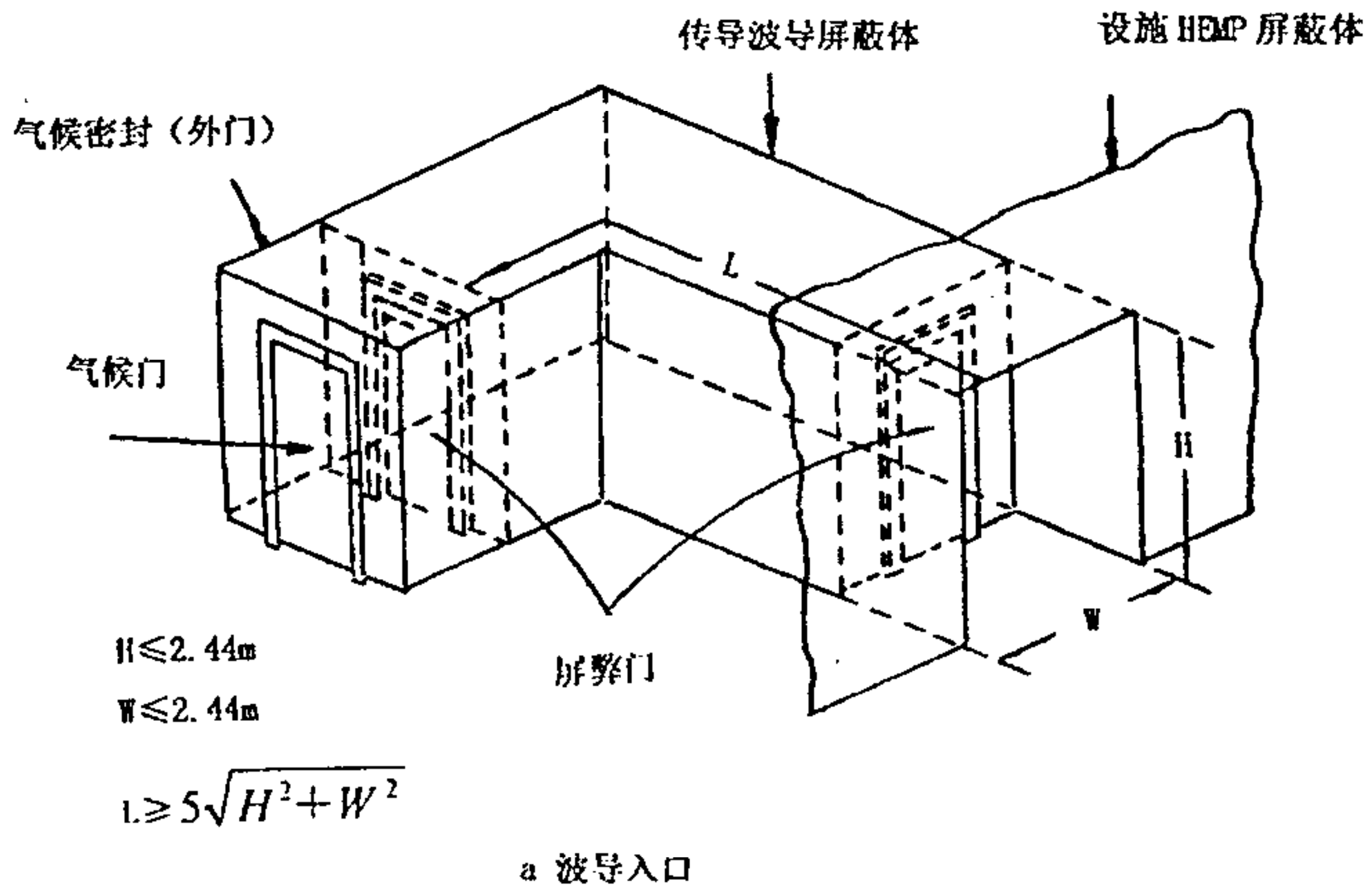


图 2 典型波导和过厅入口

通道屏蔽门应具有扣锁,以保证除紧急疏散外至少有一个屏蔽门是紧闭的。通道屏蔽门应安装告警器,以便指示扣锁未合上或两个屏蔽门都开着。

5.4.3 设备入口

当设备通过人员通道进出确实不可行时,才设置具有防护的设备入口引入点。穿越设施 HEMP 屏蔽体的设备入口,应使用电磁屏蔽罩进行 HEMP 防护。如果预料的破损每三年内发生一次,则金属入口盖应采取现场连续焊的方法焊接;若预料的破损经常发生,则金属盖应使用密合结构进行射频密封防护。设备入口盖密闭以后,其最低屏蔽效能至少要满足图 1 所示的要求。还应有一个气候密封室,以保护外密封入口盖不受腐蚀或风尘等自然因素的侵害。

5.5 机械引入点

5.5.1 机械引入点的 HEMP 防护

对机械引入点,包括穿过设施 HEMP 屏蔽体的管线和通风道,应使用下截止波导技术进行 HEMP 防护。作为设计目标,管线引入点的数量应限制在 20 个以下,风道引入点的数量应限制在 10 个以下。

5.5.1.1 机械引入点防护装置的质量保障

安装机械引入点防护装置包括管线和风道的防护装置所造成的焊缝和结合部,应依据 5.3.4.1 规定的施工过程中焊缝和结合部的检查程序加以监测。

5.5.1.2 机械引入点防护装置的验收试验

对机械引入点防护装置(包括管线和风道的防护装置),应按附录 A(补充件)规定的屏蔽效能试验程序进行验收试验。

5.5.2 金属管道引入点

金属管道应以单个下截止波导或下截止波导阵的管截面穿过设施的 HEMP 屏蔽体(见图 3)。在穿过屏蔽体前,介质套或管应转换成金属管。不能因管道引入点的存在,使设施的 HEMP 屏蔽体的屏蔽效能降低于图 1 所示的最低要求。

5.5.2.1 金属管道波导尺寸

除非在需要建立 5.8.3.1 规定的特殊防护体积之处,单个下截止波导的内直径和下截止波导阵每个波导元的横向尺寸不得超过 10cm。单个下截止波导的长度至少是其内直径的 5 倍,下截止波导阵的长度应至少是波导元横截面的对角线长度的 5 倍。

5.5.2.2 金属管道波导建造

波导截面上所有连接点和耦合点应环周焊接,且在整个下截止波导引入点环周地焊于设施的 HEMP 屏蔽体上。下截止波导阵波导元的壁应是金属的,而且在所有的交接面处和波导元壁和波导壁之间应是连续的电性密接。在波导面内不允许铺设介质(如玻璃、塑料等)管线。内外管线应在波导截面终点连接,对连接耦合无特殊的 HEMP 要求。

5.5.3 通风引入点

通风管道应以其下截止波导阵面的金属管截面穿过设施的 HEMP 屏蔽体(见图 4)。不得因加有防护的通风引入点,而将设施的 HEMP 屏蔽体的屏蔽效能降到图 1 所示的最低要求之下。

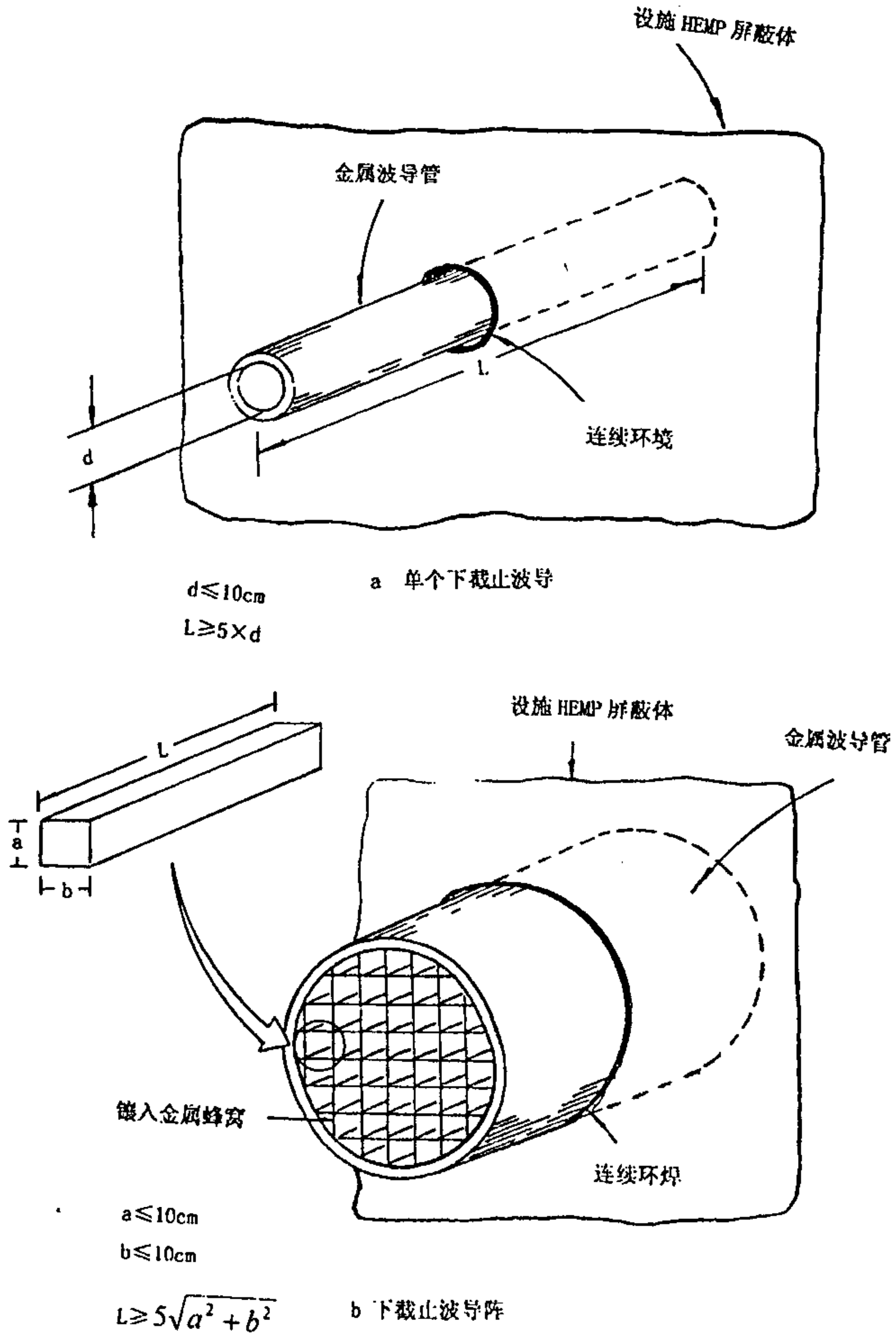


图 3 典型下截止波导管引入点防护装置

5.5.3.1 波导阵尺寸

下截止波导阵中每个波导元的横向尺寸不得超过 10cm。波导的长度至少是波导元横向对角线长度的 5 倍(见图 4)。

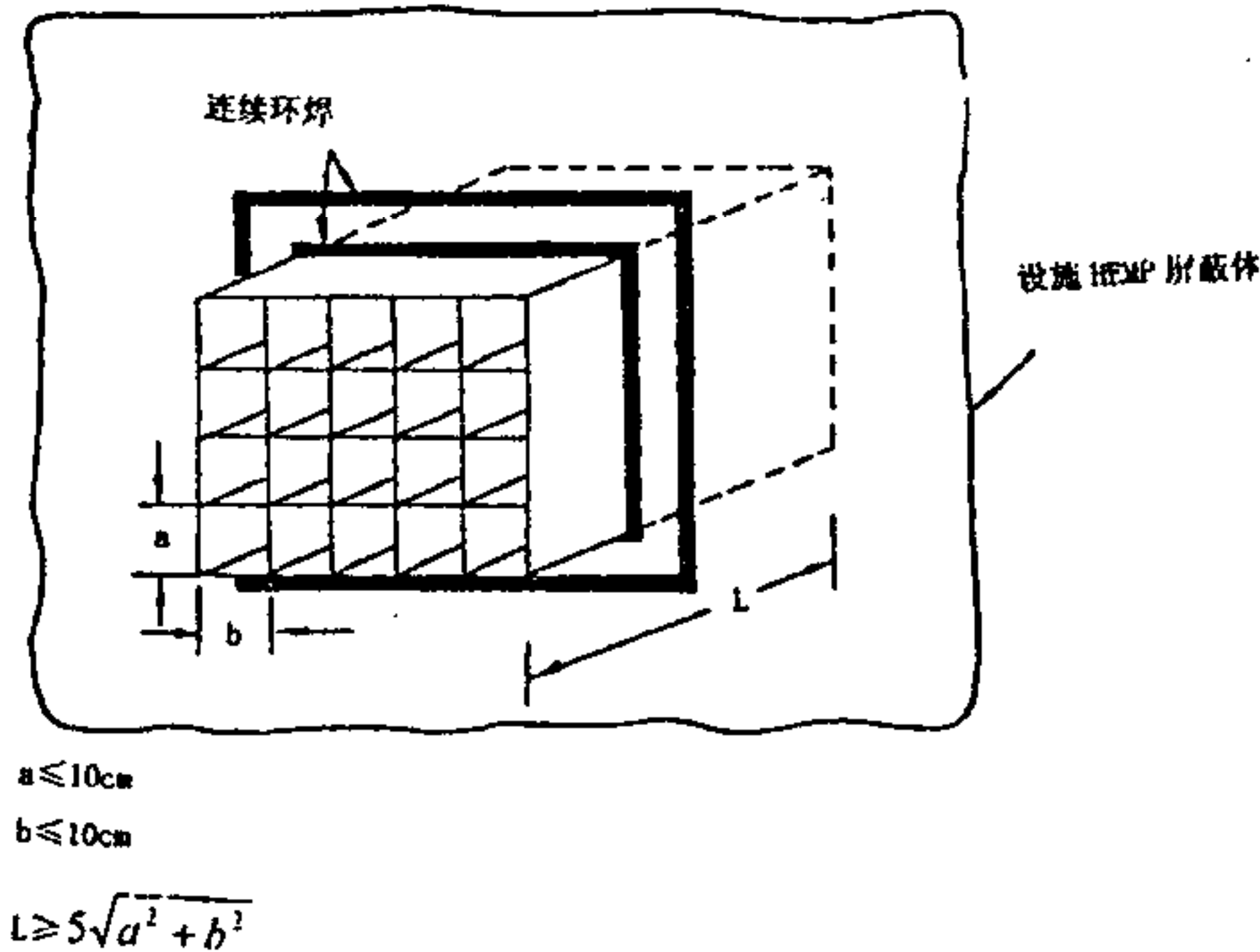


图 4 典型下截止波导阵通风引入点防护装置

5.5.3.2 波导阵建造

下截止波导阵面板框架应在引入点处环周地焊接于设施的 HEMP 屏蔽体上。波导元壁应是金属的,在所有的交接面处和波导元壁和导管壁之间要作连续的电性密接,且不得有导体通过波导。

5.6 结构引入点

5.6.1 结构引入点的 HEMP 防护

对结构引入点,包括梁、柱和其它必须穿过电磁屏障的金属结构件,应使用连续焊接的方法将穿过结构件焊在设施的屏蔽体上进行 HEMP 防护。作为设计目标,设施应布局得能最大限度减少需要穿过电磁屏障的金属结构件的数量。非金属结构件不得穿过电磁屏障。

5.6.2 结构引入点防护处理的质量保障

所有因结构引入点防护处理造成的焊缝和结合部应按 5.3.4.1 规定的施工过程中焊缝的检查程序加以监视。

5.6.3 结构引入点防护处理的验收试验

结构引入点防护处理的验收试验应依照附录 A(补充件)规定的屏蔽效能试验程序进行。

5.7 电气引入点

5.7.1 电气引入点的 HEMP 防护

电气引入点,包括有、无屏蔽层的电源和通信及控制线的穿入导体,除 5.7.9 确定的情况外,应使用瞬态抑制/衰减装置进行 HEMP 防护。

5.7.1.1 电气引入点防护装置要求

一个瞬态抑制/衰减装置,应由一个电涌抑制器和视需要而定的附加线性或非线性元件组成。 1mA 直流下的变阻器电压(对金属氧化物变阻器),或直流击穿电压(对火花隙)应是线路上峰值工作电压的 $(150\sim 250)\%$ 。当在外端注入规定的脉冲时(见表1),防护装置对各类电气引入点的瞬态残余内应力的限制,要达到规定的最大值。防护装置应能经受2000次所规定的峰值注入电流的短脉冲的冲击,而不造成附录B(补充件)试验程序所定义的损毁或性能下降。

5.7.1.2 电气引入点防护装置安装

电气引入点防护装置应依照图5所示的配置进行安装。内外导管和小室的盖子不作为电磁屏障的一部分而要达到屏蔽的要求,但作为5.8规定的特殊防护措施或要满足其它电磁要求时,应进行屏蔽。不得因加了有防护的电气引入点,而将设施的HEMP屏蔽体的屏蔽效能降低到低于图1所规定的最低要求。

5.7.2 电气引入点防护装置的质量保障

安装电气引入点防护装置所造成的焊缝和结合部,要按5.3.4.1规定的施工过程中焊缝的检查程序加以监视。应对瞬态抑制/衰减装置进行电气的和机械的质量保障试验,以表明其达到了验收性能。

5.7.3 电气引入点防护装置的验收试验

电气引入点防护装置的验收试验应依照附录B(补充件)规定的脉冲电流注入程序进行。

5.7.4 市电电源馈线引入点

市电电源馈线引入点的每个穿入导体应安装瞬态抑制/衰减装置。刚露出电磁屏障外面的市电电源馈线就应埋入地下,且埋长至少为 15.2m 。作为设计目标,最多只允许两条市电馈线穿过设施的HEMP屏蔽体。

5.7.4.1 市电电源引入点防护装置要求

在引入点防护装置外端点穿入导体上,加上升时间为 10ns 、半宽度为 500ns 的 4000A 脉冲,瞬态残余内应力不应超过 10A ,且不引起装置的损毁或性能下降¹⁾。加在引入点防护装置外端上升时间为 $1\mu\text{s}$ 、半宽度为 5ms 的 500A 脉冲和上升时间为 0.5s 、半宽度为 100s 的 200A 脉冲,不引起装置的损毁或性能下降¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足瞬态残余内应力的限制而干扰了必须通过的工作信号,则应按5.8.3.2规定的安置特殊防护体积。作为设计目标,每条市电电源馈线应具有在HEMP事件发生时或人为告警试验时的自动与来路断开的装置。

注:1)共模脉冲冲击承受要求、注入脉冲的详细波形、瞬态残余内应力的限制及电路测试配置信息均包含在附录B(补充件)的脉冲电流注入试验程序中。

5.7.5 其它电源馈线引入点

为电磁屏障外的设备供电的内电源引出线引入点的每个穿入导体,应安装瞬态抑制/衰减装置。作为设计目标,内电源应只给电磁屏障外的基本任务设备供电。电磁屏障外的非基本任务设备的电由外电源供给。

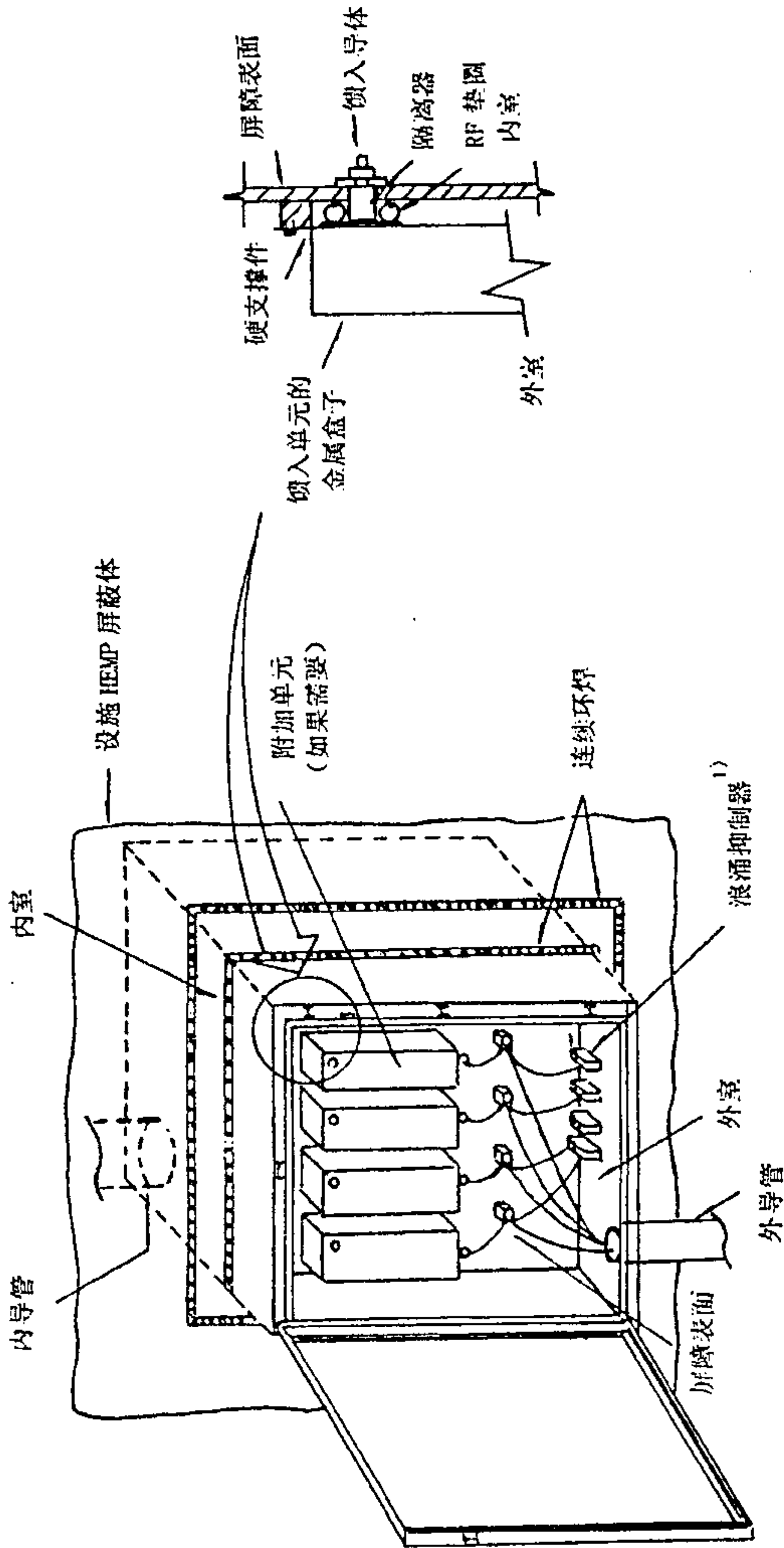


图 5 典型电气引入点防护装置

注:1)用短的电导体将浪涌抑制器补充接地(外密封室)

表 1 各类电气引入点的残余内应力限制和注入脉冲特性
a. 双指数波形注入

电气进入点的类型		残余内应力限制 ¹⁾			脉冲电流注入要求 ¹⁾			
		测量类型	峰值响应电流 A	峰值上升率 A/s	注入类型	注入电流峰值 A	上升时间 S	脉冲半宽度 S
场地之间市电源线	短脉冲	体电流	10	1×10 ⁶	共模	8000	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
	短脉冲	线电流	10	1×10 ⁶	线对地	4000	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
	中脉冲	无损毁或性能降低			共模	500	≤1×10 ⁻⁶	≥5×10 ⁻³
	中脉冲				线对地	500	≤1×10 ⁻⁶	≥5×10 ⁻³
	长脉冲				共模	200	≤0.5	≥100
	长脉冲				线对地	200	≤0.5	≥100
场地之间其它电源线	短脉冲	体电流	10	1×10 ⁶	共模	8000	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
	短脉冲	体电流	10	1×10 ⁶	线对地	4000	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
	短脉冲	体电流	0.1	1×10 ⁶	共模	8000	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
场地之间音频线/数据线	短脉冲	线电流	0.1	1×10 ⁶	线对地	8000/√N 或 5000 ³⁾	≤1×10 ⁻⁸²⁾	5×10 ⁻⁷ —5.5×10 ⁻⁷
	中脉冲	无损毁或性能降低			共模	500	≤1×10 ⁻⁶	≥5×10 ⁻³
	中脉冲				线对地	500	≤1×10 ⁻⁶	≥5×10 ⁻³
	长脉冲				共模	200	≤0.5	≥100
	长脉冲				线对地	200	≤0.5	≥100

续表 1 各类电气引入点的残余内应力限制和注入脉冲特性
a. 双指数波形注入

电气进入点的类型		残余内应力限制 ¹⁾			脉冲电流注入要求 ¹⁾			
		测量类型	峰值响应电流 A	峰值上升率 A/s	注入类型	注入电流峰值 A	上升时间 S	脉冲半宽度 S
场地之间控制线/信号线	短脉冲	体电流	1 或 0.1 ⁴⁾	1 × 10 ⁸⁾	共模	8000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
	短脉冲	线电流	1 或 0.1 ⁴⁾	1 × 10 ⁸⁾	线对地	38000 √N ³⁾ 或 5000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
RF 天线馈线—信号导体 f ≤ 2MHz ⁵⁾		线电流	1 或 0.1 ⁸⁾		线对地	8000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
RF 天线馈线—屏蔽体	埋地 ⁷⁾	屏蔽体电流	0.1	1 × 10 ⁸⁾	屏蔽体对地	1000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
	非埋地 ⁷⁾	屏蔽体电流	0.1	1 × 10 ⁸⁾	屏蔽体对地	8000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
导管屏蔽体	埋地 ⁷⁾	体电流	10、1.0 或 0.1 ⁸⁾	1 × 10 ⁸⁾	导管对地	1000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷
	非埋地	体电流	10、1.0 或 0.1 ⁸⁾	1 × 10 ⁸⁾	导管对地	8000	≤ 1 × 10 ⁻⁸²⁾	5 × 10 ⁻⁷ —5.5 × 10 ⁻⁷

表 1 各类电气引入点的残余内应力限制和注入脉冲特性
b. 双指数波形注入

电气引入点的类型		残余内应力限制 ¹⁾		脉冲电流注入要求 ¹⁾			
		测量类型	峰值响应 电流 A	注入类型	注入电流 峰值 A	中心频率 MHz	衰减因子
RF 天信 线号 馈导 线体	$2\text{MHz} < f \leq 30\text{MHz}^{5)}$	线电流	1 或 0.1 ⁶⁾	线对屏蔽体	2500 ²⁾	$2 + 10\%^{2)}$	$10 \pm 3^{2)}$
	$30\text{MHz} < f \leq 200\text{MHz}^{5)}$	线电流	1 或 0.1 ⁶⁾	线对屏蔽体	900 ²⁾	$30 + 10\%^{2)}$	$10 \pm 3^{2)}$
	$200\text{MHz} < f^{5)}$	线电流	1 或 0.1 ⁶⁾	线对屏蔽体	250 ²⁾	$200 + 10\%^{2)}$	$10 \pm 3^{2)}$

注：1)对残余内应力的限制、其它的通过/失败准则、注入脉冲波形的细节及电路试验配置的补充要求,都包含在附录 B(补充件)的脉冲电流注入试验程序中。

2)注入电流脉冲的这些参数是设计目标。最低限度注入要求列在附录 B(补充件)中。

3)N 是注入电缆中的导体数量,以根数多的为准。

4)当控制/信号线的最大工作电压 $\geq 90\text{V}$ 时,1A 为上限;当控制/信号线的最大工作电压 $< 90\text{V}$ 时,0.1A 为上限。

5) $f = 600/L \text{ MHz}$,其中 L 是有关天线的最大尺寸,单位是为 m。

6)对于发送或收发天线信号导体,1A 是上限。对于只接收天线信号导体,0.1A 是上限。

7)天线屏蔽体,当它与埋地天线端接而没有被大地或水泥体掩埋的段长小于 1m 时,就被认为是埋地的一个导管,当它与两个防护体积连接而没有被大地或水泥体掩埋的段长小于 1m 时,就被认为是非埋地的。

8)当电源线的最大工作电流 $\geq 10\text{A}$,10A 为上限;当电源线的最大工作电流为 1~10A 时,1A 为上限;当控制/信号线和电源线的最大工作电流 $\leq 1\text{A}$,0.1A 为上限。

5.7.5.1 电源引入点防护装置要求

在引入点防护装置外端的穿入导体上,加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 4000A 脉冲,所产生的瞬态残余内应力不应超过 10A,且不引起装置的损毁或性能下降¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足对瞬态残余内应力的限制,而干扰了必须通过的工作信号,则应按 5.8.3.2 规定的安置特殊防护体积。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.6 音频线和数据线引入点

5.7.6.1 标准音频线和数据线

无论是屏蔽或未屏蔽的所有标准的音频线和数据线,均应在电磁屏障外转换成光纤,并应以全介质光缆穿入设施的 HEMP 屏蔽体。电磁屏障外的光电设备,如其有关的音频线和数据线是属基本任务性质的,应按 5.8.1 使用特殊防护措施加以防护。光缆穿入处应

使用下截止波导防护装置进行防护。

5.7.6.1.1 光纤波导尺寸

光纤下截止波导的内直径不得超过 10cm。波导的长度应至少是下截止波导内直径的 5 倍。

5.7.6.1.2 光纤波导建造

波导内的所有连接点和耦合点都应环周焊接,整个下截止波导应在引入点处环周焊接于设施的 HEMP 屏蔽体上。任何导体不得路经波导;波导应加以堵塞或将其末端加盖,以防不慎而插入导体。

5.7.6.2 非标准音频线和数据线

对不能转换成光纤的屏蔽或未屏蔽的非标准音频线和数据线的每个穿入导体,均应安装瞬态抑制/衰减装置。作为设计目标,最多只允许 20 条这样的非标准音频线和数据线穿入设施的 HEMP 屏蔽体中。

5.7.6.2.1 非标准音频线和数据线引入点防护装置要求

在引入点防护装置外端点的穿入导体上,加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 $8000/\sqrt{N}$ 安培或 500A (N 是音频或数据电缆内导体的数量,选较大的 N 值) 的脉冲,所产生瞬态残余内应力不得大于 0.1A,并且不应引起装置的损毁或性能下降¹⁾。在引入点防护装置的外端点,加上升时间为 1μs、半宽为 5ms 的 500A 脉冲和上升时间为 0.5s、半宽度为 100s 的 200A 脉冲,不应引起装置损毁和性能下降¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足对瞬态残余内应力的限制而干扰了必须通过的工作信号,则应按 5.8.3.2 规定的安置特殊防护体积。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.7 电气控制和信号线引入点

对屏蔽的或未屏蔽的电气控制线和信号线的所有穿入导体,应安装瞬态抑制/衰减装置。作为设计目标,应选择最好的控制技术将穿入设施的 HEMP 屏蔽体的控制线和信号线数量降到最低限度。

5.7.7.1 工作在 90V 以下的控制线和信号线引入点防护装置要求

在引入点防护装置外端点穿入导体上,加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 $8000/\sqrt{N}$ 安培或 500A (N 为控制或信号电缆中导体的数量,选较大的 N 值) 的脉冲,所产生的瞬态残余内应力不得超过 0.1A,且不引起装置的损毁或性能下降¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足对瞬态残余内应力的限制而干扰了必须通过的工作信号,则应按 5.8.3.2 规定的安置特殊防护体积。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.7.2 工作在 90V 和 90V 以上的控制和信号线引入点防护装置要求

在引入点防护装置外端点穿入导体上,加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 $8000/\sqrt{N}$ A (N 为控制或信号电缆中导体的数量,选较大的 N 值) 的脉冲,所产生的瞬态残余内应力不得超过 1A,且不引起装置的损毁或性能下降。如果引入点防护装置的设计不能满足瞬态残余内应力的限制而干扰了必须通过的工作信号,则应按 5.8.3.2 的规定安置特殊防

护体积。

5.7.8 射频天线引线引入点

对穿入的射频天线引线的载信导体,应安装瞬态抑制/衰减装置。天线电缆屏蔽体应在引入点环周地焊接于设施的 HEMP 屏蔽体上。

5.7.8.1 天线引线引入点防护装置要求

5.7.8.1.1 只接收天线信号导线注入

在只接收天线引线引入点防护装置外端点载信导线上,加上规定波形和幅度的脉冲,在载信导线及其屏蔽体上所产生的瞬态残余内应力不得超过 0.1A,且不引起防护装置的损毁或性能下降¹⁾。脉冲波形和幅度由最低特征响应频率 f 决定,它等于 $600/L$ MHz (L 是有关天线的最大尺寸,以 m 为单位)。所规定的波形是上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 8000A 双指数形脉冲,其最低特征响应频率低于 2MHz¹⁾。所规定的脉冲是峰值为 2500A 的 2MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率是 2MHz 到 30MHz¹⁾。所规定的脉冲是峰值为 900A 的 30MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率是 30MHz 到 200MHz。所规定的脉冲是峰值为 250A 的 200MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率大于 200MHz¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足瞬态残余内应力的限制,而干扰了必须传输的工作信号,则应按 5.8.3.2 规定的安置特殊防护体积。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.8.1.2 发射天线信号导线注入

仅在发射天线或发射接收天线引入点防护装置外端点载信导线上,加上规定波形和幅度的脉冲,在载信导体上所产生的瞬态残余内应力不得超过 1A,在屏蔽体上不得超过 0.1A,且不引起装置的损毁或性能下降¹⁾。脉冲的波形和幅度由最低特征响应频率 f 决定,它等于 $600/L$ MHz (L 是有关天线的最大尺寸,以 m 为单位)。所规定的脉冲为上升时间 10ns、半宽度 500ns 的 8000A 双指数形脉冲,其最低特征响应频率低于 2MHz¹⁾。所规定的脉冲是峰值为 2500A 的 2MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率是 2MHz 到 30MHz。所规定的脉冲是峰值为 900A 的 30MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率是 30MHz 到 200MHz,所规定的脉冲是峰值 250A 的 200MHz 衰减正弦波形脉冲,其最低响应频率大于 200MHz¹⁾。如果引入点防护装置的设计不能满足瞬态残余内应力限制,而干扰了必须传输的工作信号,则应按 5.8.3.2 规定的安置特殊防护体积。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.8.1.3 屏蔽体注入

在电磁屏障外某点埋地天线电缆屏蔽体上,加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 1000A 脉冲,在载信导体和屏蔽体上所产生的瞬态残余内应力不得超过 0.1A,且不致防护装置的损毁或性能下降¹⁾。对于非埋地天线电缆,在电磁屏障外某点屏蔽体上加上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 8000A 脉冲,在载信导线和屏蔽体上产生的瞬态残余内应力不得超过 0.1A,且不引起引入点防护装置的损毁或性能下降¹⁾。一条端接于埋地天线的天线电缆,当其未被大地或水泥体覆盖的段长小于 1m 时,则被认为是埋地的;当其未被大地或水泥体复盖的段长等于或大于 1m 时,即被认为是非埋地的。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.7.9 导管屏蔽

5.7.9.1 埋地的控制线和信号线导管

当两个防护体积间的控制和信号电缆的长度小于 25m 时,可用埋地金属导管进行 HEMP 防护。包含一条(或多条)控制线或信号线,或一条(或多条)最大工作电流在 1.0A 以下的电源线的电缆被认为是控制和信号电缆。一条导管当未被大地或水泥体掩埋的段长小于 1m 时,即被认为是埋地的。在这种条件下,不需要在穿入导体上加装瞬态抑制/衰减装置。

5.7.9.2 非埋地的控制线和信号线导管

当两个防护体积间的控制和信号电缆的长度小于 3.1m 时,可以用非埋地金属导管进行 HEMP 防护。一条导管当未被大地或水泥体掩埋的段长等于或大于 1m 时,即被认为是非埋地的。在这种条件下,不需要在穿入导体上加装瞬态抑制/衰减装置。

5.7.9.3 电源线导管

当两个防护体积间只含工作在 10A 以上电流的电源电缆,其在防护体积间走线长度小于 2500m 时,可以用埋地金属导管进行 HEMP 防护。当两个防护体积间只含工作在 10A 以上的电源电缆,其在防护体积间走线长度小于 312m 时,可用非埋地金属导管进行 HEMP 防护。对于工作电流在 1A 和 10A 之间的电源电缆走线,相应的埋地导管最大管长为 250m,非埋地导管最大管长为 32.1m。在这些条件下,不需要在穿入导体上加装瞬态抑制/衰减装置。

5.7.9.4 导管要求

HEMP 防护导管应是硬金属管,在所有的结合部和耦合点应用环周焊接,并在引入点的两个末端环周焊于设施的 HEMP 屏蔽体上。导管走线各处的分线盒应是全焊的金属盒,且应与焊接的盖子或射频密封盖和栓盖电磁性连接。上升时间为 10ns、半宽度为 500ns 的 1000A 脉冲加在埋地的控制线和信号线导管上,同样时间特征的 8000A 脉冲加在非埋地控制线和信号线导管上,在管内线束上产生的瞬态残余内应力不应大于 $0.1A^{1/2}$ 。同样的脉冲加在电源线导管的外表面上,当导管内线束中额定值最低的导体工作电流大于 10A 时,所产生的瞬态残余内应力不应超过 10A,而工作电流在 1A 和 $10A^{1/2}$ 之间时,则不应超过 1A。

注:1)同 5.7.4.1 注。

5.8 特殊防护措施

在仅用按 4.3.4 规定的电磁屏障不能达到 HEMP 加固的特殊场合,应采用特殊防护措施。特殊防护措施不得代替已达到本标准性能要求的电磁屏障。

5.8.1 电磁屏障外的基本任务设备

按 5.1.1 规定放置在电磁屏障之外的基本任务设备,应使用特殊防护措施进行 HEMP 加固。对于在电磁屏障外的基本任务设备,特殊防护措施可以包括:

- a. 电缆、导管和局部体积的屏蔽;
- b. 线性的和非线性的瞬态抑制/衰减装置;
- c. 设备级加固(减小耦合截面,信号和电源传输的介质方法,使用已加固的部件,旁路

泄漏设计,多回路保护装置);

- d. 置于防护体积内的遥控电路;
- e. 任务时间限度允许下的自动循环特性或操作员干预体制;
- f. 对 HEMP 的回避措施;
- g. 适用于要保护的特别设备的其它加固措施。

对特殊防护措施的性能要求应是:在设备级,HEMP 感应的时域峰值电流应力至少低于设备毁伤阈值 20dB。

5.8.2 电磁屏障内的基本任务设备

置于电磁屏障内的基本任务设备,在验证试验过程中遭到了导致任务失败的损毁或功能紊乱,则应使用特殊防护措施进行 HEMP 加固。对于电磁屏障内的基本任务设备,特殊防护措施包括:电缆、导管和防护体积的屏蔽,瞬态抑制/衰减装置设备级加固,自动循环,操作员干预特性和其它适用于要保护的特别设备的措施。对特殊防护措施的性能要求应是:在设备级 HEMP 感应的时域峰值电流应力至少应低于设备毁伤阈值的 20dB。

5.8.3 特殊防护体积

5.8.3.1 管线引入点的特殊防护体积

为保证合适的流体流动,管线引入点下截止波导必须大于 10cm,但又不能嵌入一个下截止波导阵时,则应在电磁屏障内建立特殊防护体积(见图 6)。

5.8.3.1.1 特殊波导要求

必须大于 10cm 的下截止波导应依照其功能要求最大限度地降低内直径。波导的长度应至少是其内直径的 5 倍。波导管内的所有结合部和耦合点应采取环周焊,整个波导应在引入点环周焊于设施的 HEMP 屏蔽体上。在波导中不允许有介质线存在。

5.8.3.1.2 管线引入点特殊防护护障

在引入点用内直径大于 10cm 的下截止波导防护的管线时,应使用特殊的防护护障完全封闭起来。特殊防护护障可以是具有穿入防护的独立的屏蔽体,也可以用管线系统自身的金属壁实现。对特殊防护护障的要求应是:通过主电磁屏障和特殊防护护障测量的总屏蔽效能,应至少满足图 1 所示的最低要求。

5.8.3.2 电气引入点特殊防护体积

当一个电气引入点 防护装置的设计不能达到按 5.7 规定的电气引入点级瞬态抑制/衰减性能,而干扰了必须通过的工作信号时,应在电磁屏障内安置特殊防护体积(见图 6)。

5.8.3.2.1 电气引入点特殊防护装置要求

电气引入点防护装置不能达到规定的瞬态抑制/衰减性能的,应根据自己的要求将其功能设计成能达到最大的瞬态抑制/衰减的水平。当为电气引入点级规定的脉冲加在外端点时,引入点防护装置应能达到设计目标且不应损毁或功能下降。

5.8.3.2.2 电气引入点特殊防护护障

对直接连接到不能达到按 5.7 规定的瞬态抑制/衰减性能的电气引入点防护装置上的

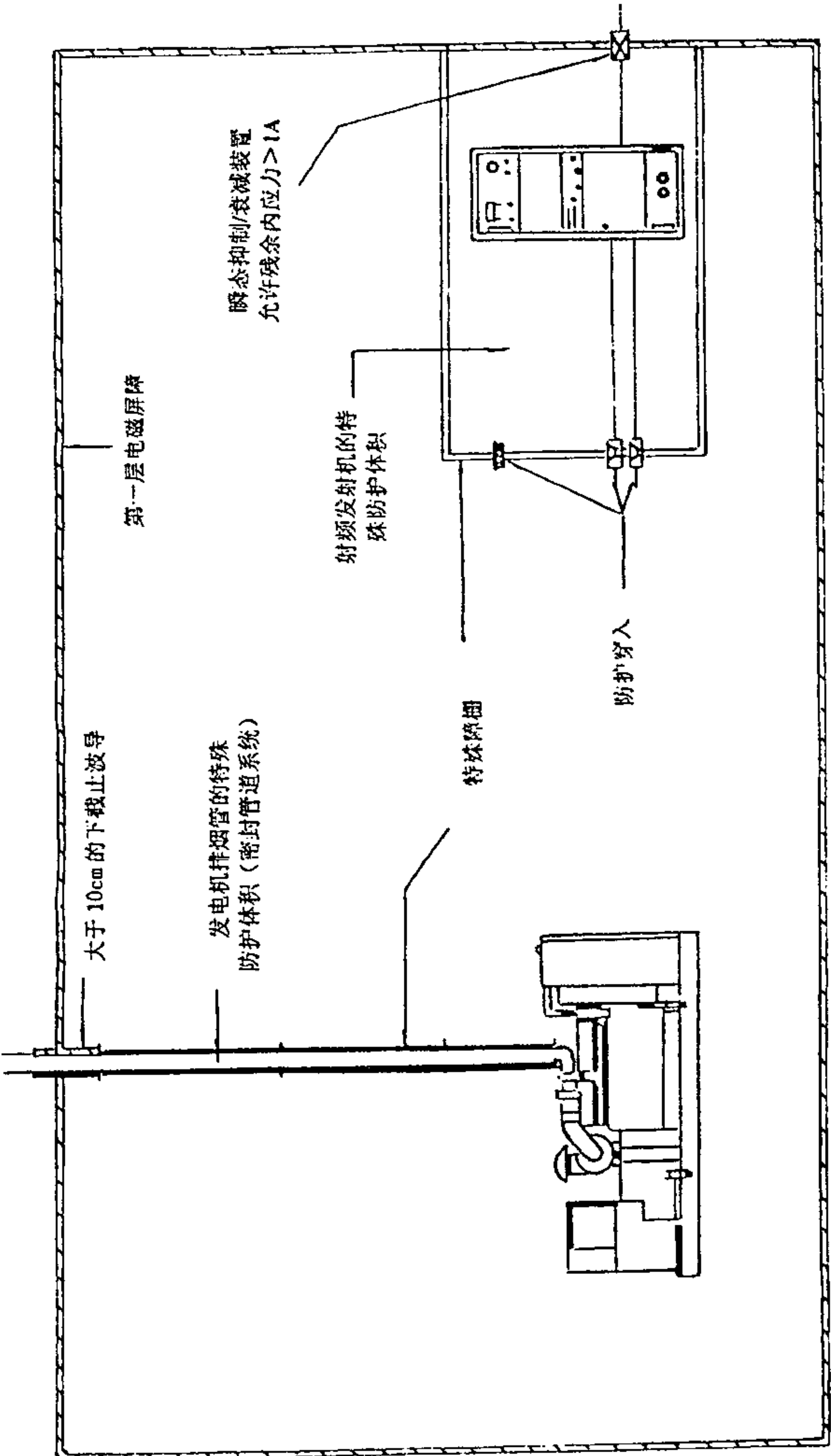


图 6 典型特殊防护体积

导线和设备,应使用特殊防护护障将其完全封闭起来。特殊防护护障可以是一个具有防护的穿入独立屏蔽体,也可用电缆、导管屏蔽体和设备机壳。特殊防护护障的性能要满足如下要求:

- a. 通过主电磁屏障和特殊防护护障测量的总屏蔽效能应满足图 1 所示的最低要求;
- b. 通过主电磁屏障和特殊防护护障测量的总瞬态抑制/衰减至少满足按 5.7 节规定的最低要求。

5.8.3.2.3 特殊防护体积内的基本任务设备

当在特殊防护体积内产生较强的感应信号时,为确保特殊防护体积内基本任务设备的安全,需对其采取特殊防护措施。这些措施可以包括电缆屏蔽、导管屏蔽、体积屏蔽、瞬态抑制/衰减装置、设备级屏蔽、遥控电路、自动循环、操作员干预特性及其它适用于要保护的特别设备的加固措施。对特殊防护措施的性能要求是确保在设备级上 HEMP 感应的时域峰值电流应力至少要低于设备毁伤域值 20dB。

5.8.4 特殊防护措施的质量保障

为确保特殊防护措施符合特定用途的性能要求,要进行质量保障试验。

5.8.5 特殊防护措施的验收试验

5.8.5.1 基本任务设备的特殊防护措施

依照 5.8.1、5.8.2 和 5.8.3.2.3 的要求,安装在基本任务设备上的设备级特殊防护措施不需要作验收试验。其提供的 HEMP 加固性能应在验证试验程序中证明。

5.8.5.2 特殊防护护障

对全部特殊防护护障,要依照附录 A(补充件)规定的屏蔽效能试验程序进行验收试验。此外,一个电气引入点防护装置所需要的全部特殊防护护障的验收试验,应包括符合附录 B(补充件)试验程序的脉冲电流注入。

5.9 可靠性和维修性

HEMP 防护分系统要设计和建造得坚固、可靠和便于维护。在设施采购规范中要包括可靠性和维修性任务及要求,以保证在选择部件时就考虑了可靠性,并减少因设计不当而造成频繁、复杂和高价的维修。在规范中应规定提供加固关键项的备件和维修工具及供应渠道。

5.10 安全和人机工程

在设计、选择和安装 HEMP 防护分系统各要素时,应加入安全和人机工程准则、原则及实践。通道应设计得适合预计的人员通行,屏蔽门应设计得既满足屏蔽性能要求又要坚固和操作简便。检查盖应设计得安全和容易移动及良好的复原性。电气引入点防护装置要有失效安全保护,如电容放电阻尼器。以保护人员在安装、操作、维护和修理过程中的安全。

5.11 可测试性

HEMP 防护分系统应设计和建造得便于实施质量保障、验收和验证试验及加固维护、加固监视。设施屏蔽体的所有引入点应建造得便于目视检查。除地板的地板屏蔽层和埋地设施外,其它应提供定期屏蔽效能测量的入口。在常设的大环、屏蔽体注入系统,或检测电磁屏障性能重大变化的其它激励器和敏感元件上,自身应有屏蔽监视能力。在电气引入点

防护装置上应设置电流注入驱动点和测量点。

5.12 腐蚀控制

在设计和建造 HEMP 防护分系统时,应包括腐蚀防护措施。设施的屏蔽体和引入点防护装置应使用耐腐蚀的金属材料制造,金属应加涂层或做冶金处理以抗腐蚀。要避免有能积水和蒸汽的坑、穴。在天花板上应留有空隙以便检测顶屏蔽层的泄漏。埋地导管和电缆应使用沥青、塑料套或其它耐腐蚀材料复盖并提供检测泄漏的方法。应避免不相同金属的连接,如有必要,应加防腐措施。凡环境条件需要之处,应提供阴极防腐法。

5.13 配置管理

在设计和建造 HEMP 防护分系统过程中,应实施加固配置管理程序。加固的关键项和加固的关键过程应加以区别,所安装的加固关键项应明确标出。在批准之前,应针对潜在的 HEMP 加固的影响,设施设计和安装的变更进行评估。当验收试验之后配置发生变更时,应对防护分系统受影响的部位进行重新测试。

5.14 验证试验

在 HEMP 防护系统验收完毕且设施设备安装和运行之后,应实施验证试验程序。作为最低要求,验证试验应包括电磁屏障的连续波浸没试验、电气引入点的脉冲电流注入试验和表示特殊防护措施效能所需要的补充现场特殊试验。验证试验程序所鉴别出来的缺陷应加以修理并重新测试,以表明达到了所要求的加固能力。

5.14.1 连续波浸没试验

连续波浸没试验应依照附录 C(补充件)规定的程序进行。在测量的动态范围超过图 1 所要求的衰减的那些频率上,照射场强对内部场测量值的比应等于或大于最低屏蔽效能要求。内部场测量值应低于仪器噪声或低于频带内的工作信号电平,在该频带内,测量动态范围小于图 1 上给的衰减要求。内部电流测量值,当用附录 C(补充件)定义的方程外推至威胁环境时,内部电流测量值应低于 0.1A,不得干扰通信和指挥自动化电子设备或支援设备。

在验证测验主管机构批准之下,依照附录 A(补充件)规定的程序进行彻底的屏蔽效能试验,可以取代连续波浸没试验。

5.14.2 脉冲电流注入验证试验

脉冲电流注入验证试验应依照附录 B(补充件)规定的程序进行。瞬态残余内应力测量值不应超过应用级电气引入点的最大限制。引入点防护装置不应被脉冲电流注入激励损毁或功能下降。不引起基本任务设备损毁或功能紊乱¹⁾。

注:1)确定观察到的某种中断或功能紊乱是否会导致任务失败,由设施的使用主管部门决定。

5.14.3 特殊防护措施的验证

验证特殊防护措施的现场特殊试验程序应在 5.14.3.1 和 5.14.3.2 方法的基础上展开。验证试验应表明设施暴露在 HEMP 场强的威胁环境中造成的 HEMP 感应电磁应力,不会引起基本任务设备的损毁或功能紊乱¹⁾。

注:1)同 5.14.2 注。

5.14.3.1 基本任务设备特殊防护措施的验证

用特殊防护措施加固的基本任务设备的验证试验,一般应包括耦合测量和脉冲电流注入程序。耦合试验应是威胁等级的照射、威胁等级的趋肤电流注入或与威胁相关的试验,如连续波浸没试验,见附录 C(补充件)。应当测量基本任务设备的电缆电流,如有必要,应将其外推到威胁环境。

连接到基本任务设备上并直接暴露于 HEMP 环境中的长导线,应按附录 B(补充件)规定的幅度和波形的注入脉冲进行脉冲电流注入试验。

连接到基本任务设备或从内接到基本任务设备而未直接暴露于 HEMP 环境中的电缆,也应进行脉冲电流注入试验。注入脉冲的特性符合下面两点之一即可:

- a. 幅度等于 10 倍的(测量的或外推的)威胁响应,波形类似于测量的威胁数据;
- b. 对于应用级电路,幅度和波形应符合附录 B(补充件)的规定。

这些验证试验激励应不引起基本任务设备的损毁或功能紊乱¹⁾。

注:1)同 5.14.2 注。

5.14.3.2 特殊防护护障的验证

特殊防护护障的验证,应包括对从防护体积外部穿入特殊防护体积的全部电气引入点进行的脉冲电流注入试验。注入脉冲的幅度和波形应符合附录 B(补充件)的规定。除 5.14.3.1 要求的功能观察和测量外,应对从特殊防护体积穿入防护体积内的导体上的残余内应力进行测量。在防护体积内测试点测到的响应不得超过最大允许界限,且试验激励不应引起基本任务设备的损毁或功能紊乱¹⁾。

注:1)同 5.14.2 注。

附录 A
屏蔽效能试验规程
(补充件)

A1 概述

本 HEMP 屏蔽效能试验方法是将发射天线置于电磁屏障一侧的每个测试区的中心,接收天线置于电磁屏障相反一侧的测试区的中心,以获得稳定的测试。此外,接收天线应在整个测试区进行扫描并转动方向,以测量最大接收信号场强。测试区、测试频率和发射天线极化的选择,本附录已作规定。

本规程明确了使用的屏蔽效能。测量目的是为得到符合本标准确定的设施屏蔽体和孔缝形引入点处理性能要求的屏蔽效能数据。

A2 HEMP 防护分系统试验配置

设施屏蔽体应组装完毕,所有引入点及其防护装置应安装完毕并处于正常运行状态,按规定对导电的引入点防护装置的内外引线应置放到位并连接好,按规定把穿入的光缆应安装好,按合同规定的内部设备安装和整修工程应当完工,安装的设备运行否均可。在上述条件满足情况下,建造合同接近完成时应进行屏蔽效能验收试验。在开始测量之前,应进行屏蔽体的目视检查,以保证配置要求已得到满足。

当屏蔽效能测量作为验证试验程序的一部分时,设施应处于正常运行配置状态并应执行真实的或模拟的任务功能,但不得触动 HEMP 防护分系统。

A3 分析要求

对于这些程序,不要求测试前或测试后分析。

A4 测试设备要求

屏蔽效能测量所需设备列于表 A1。

A5 作业影响分析和风险

因为在屏蔽效能测量流程中绝不允许触动电磁屏障,并限制使用电气噪声设备,故建造和非经常的作业(设施改造、维护)可能受到影响。虽辐射信号电平低不会对设备造成危害,但可能需要调整频率,以避免自我干扰或干扰附近的设备。应注意通常的电气安全事项。

A6 试验计划和程序

应拟定屏蔽效能试验计划和详细试验程序。两者可以综合成一个文件也可分成两个不同的文件。作为最低要求,文件应包含如下内容:

- a. 试验目的叙述;
- b. 设施类型和描述;

c. 平面波测试区分割——电磁屏障的所有表面(当屏蔽体内、外都可安装测试设备时,应包括地板),应分成如图 A1 所示的不大于 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 的平面区域并编号。在每个区域的中心放置平面波发射天线。引入点包含在测试区内;

d. 低频磁场测试区分割——包含一个引入点的 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 平面波测试区,应指定为磁场测试区。应选择补充的磁场测试区,以监视截面小于 $7.5\text{m} \times 7.5\text{m}$ 的整个电磁屏障表面。在每个测试区的中心安置磁场测试天线;

e. 测试频率划分;

f. 测试频率认证;

g. 测试设备生产厂家、型号和序列号;

h. 与本附录规定要求的区别;

i. 因失败而标记、修复和重测的程序;

j. 数据管理——包括校准和测量数据质量控制程序、数据验收准则、数据记录的保存、通过/失败准则;

k. 安全;

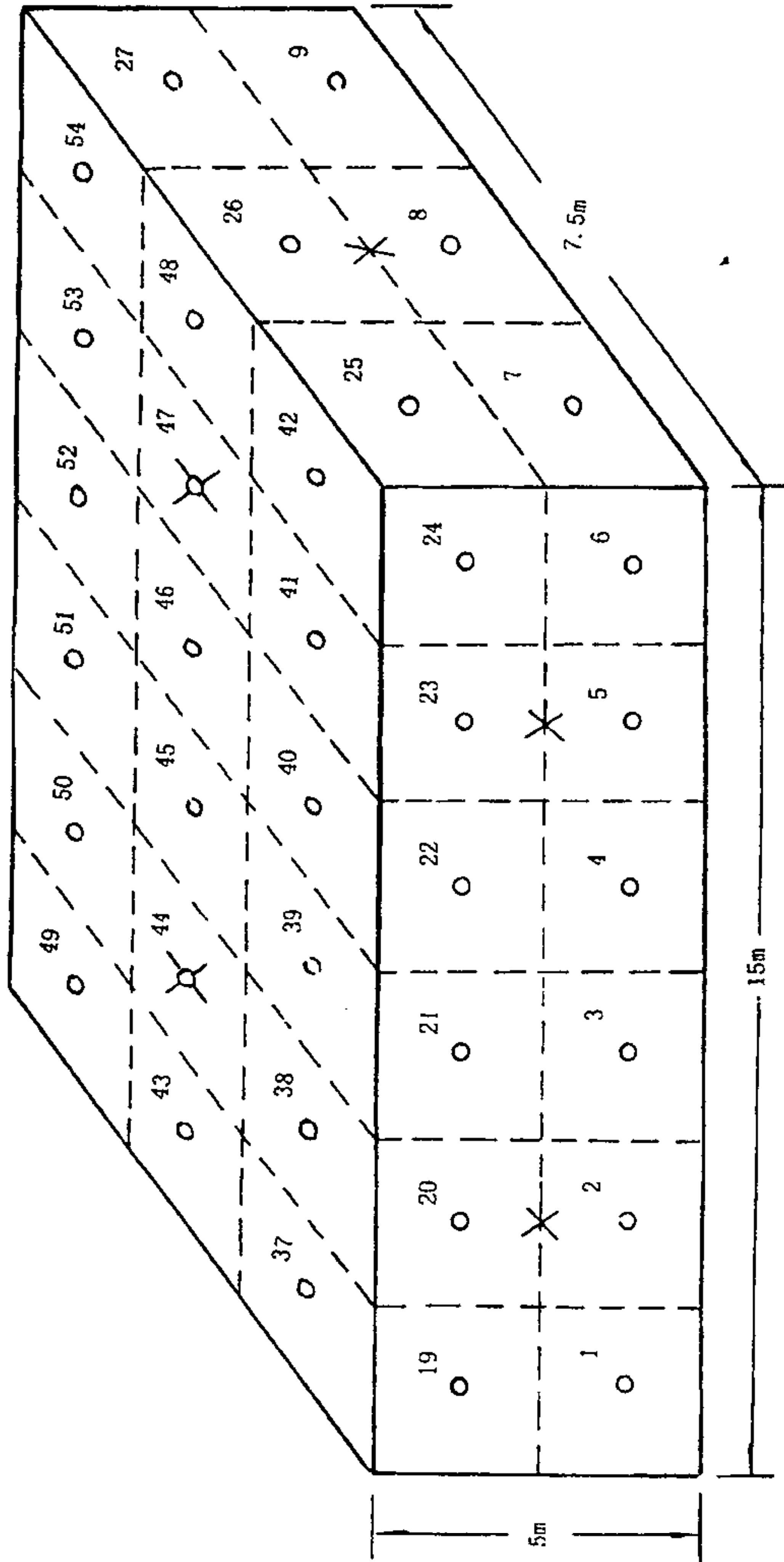
l. 保密;

m. 试验步骤——包括优先级测量顺序。

表 A1 屏蔽效能试验设备要求

设 备	特 性
振荡器	15~30kHz、300~500kHz、1~2MHz、 100~400MHz、900~1000MHz
功率放大器	15~30kHz、300~500kHz、1~2MHz、 100~400MHz、900~1000MHz 按动态范围要求输出功率
前置放大器	15~30kHz、300~500kHz、1~2MHz、 100~400MHz、900~1000MHz 按动态范围要求设定放大倍数和噪声系数
接收机/ 频谱分析仪	15~30kHz、300~500kHz、1~2MHz、 100~400MHz、900~1000MHz
天线附件 ¹⁾	15~30kHz、300~500kHz、1~2MHz、 100~400MHz、900~1000MHz
多种电缆 和衰减器	按需要

注:1)按规定的频率发射且场强动态范围符合要求的任何天线都可使用。本规程是假设使用偶极子天线或孔径天线进行平面波测量、使用环形天线进行磁场测量而制定的。



"O".....平面波发射天线位置

"X".....磁场发射天线位置

图 A1 典型试验区编区号

A7 试验报告要求

应书写屏蔽效能试验报告。该报告至少应包含如下内容:

- a. 设施认证和试验计划;
- b. 对本附录规定测试计划和测试要求区别的讨论;
- c. 测试校准和测量数据——图 A2 给出了典型的数据记录表;
- d. 通过/失败结论。

A8 平面波屏蔽效能测量

A8.1 平面波数据要求

在 A7C 每个平面波测试区内,应进行 8 次屏蔽效能测量。固定和扫描测量,应在两个频率和两种发射天线极化下进行:

- a. 频率。一个频率在 100~400MHz 范围内,另一个频率在 900~1000MHz 范围内;
- b. 天线极化。偶极子(或天线孔径)应平行于测试区表面并以 90°相差取两个方向,且应平行于屏蔽体的焊缝。

A8.2 平面波校准过程

对每个频率和每种发射天线极化,应按照图 A3 方式进行平面波校正。发射和接收偶极子应彼此平行(或孔径天线孔径互相平行)。在动态范围限制下,天线间距离应尽可能大,至少为 2.5m。接收天线的位置相对正常位置变化 $\pm 30\text{cm}$,以保证不落入方向图的最小区域。测试设备的动态范围,应至少超过测试频率屏蔽性能要求的 20dB。

在校准过程中,测量点至设备或其它电磁反射体(地面除外)的距离,要大于 3 倍其至天线的距离。天线到地面距离至少为 2m。

每个频率和每种发射天线极化下的接收信号场强,应作为给定配置下的校准信号(V_c)记录下来。

A8.3 平面波测量过程

在每个测试区,对每个要求频率和每种发射天线极化下的平面波屏蔽效能测试,应按图 A3 方式进行。校准和测量过程中,应使用相同的设备、天线、电缆和设备置定(衰减器置定除外)。

在正常情况下,发射天线应置于电磁屏障外的测试区中心。发射天线偶极子轴线(或孔径天线孔径)应平行于测试区表面,并与两条主焊缝中之一的方向相平行。发射天线到测试区表面的距离应比校准状态下的间距小 30cm。

在正常情况下,接收天线应置于电磁屏障内。为了得到固定状态下的测量结果,接收天线应置于测试区中心,其偶极子轴线(或孔径天线孔径)应平行于发射天线偶极子轴线(或孔径天线孔径)。接收天线到测试区表面的距离应为 30cm。接收信号场强应作为给定测试区、频率和发射天线极化状态下的固定测量信号(V_m)记录下来。

为了进行扫描测量,接收天线应该在整个测试区进行扫描,扫描距离从测试区表面算起,大约为 5cm 至 60cm,而且应转动天线方向直至接收到最大信号为止。最大接收信号场

强应作为给定测试区、频率和发射天线极化状态下的固定测量信号(Vm)记录下来¹⁾。

典型屏蔽效能数据值

设施- - - - -
试验时间- - - - -
督查员- - - - -

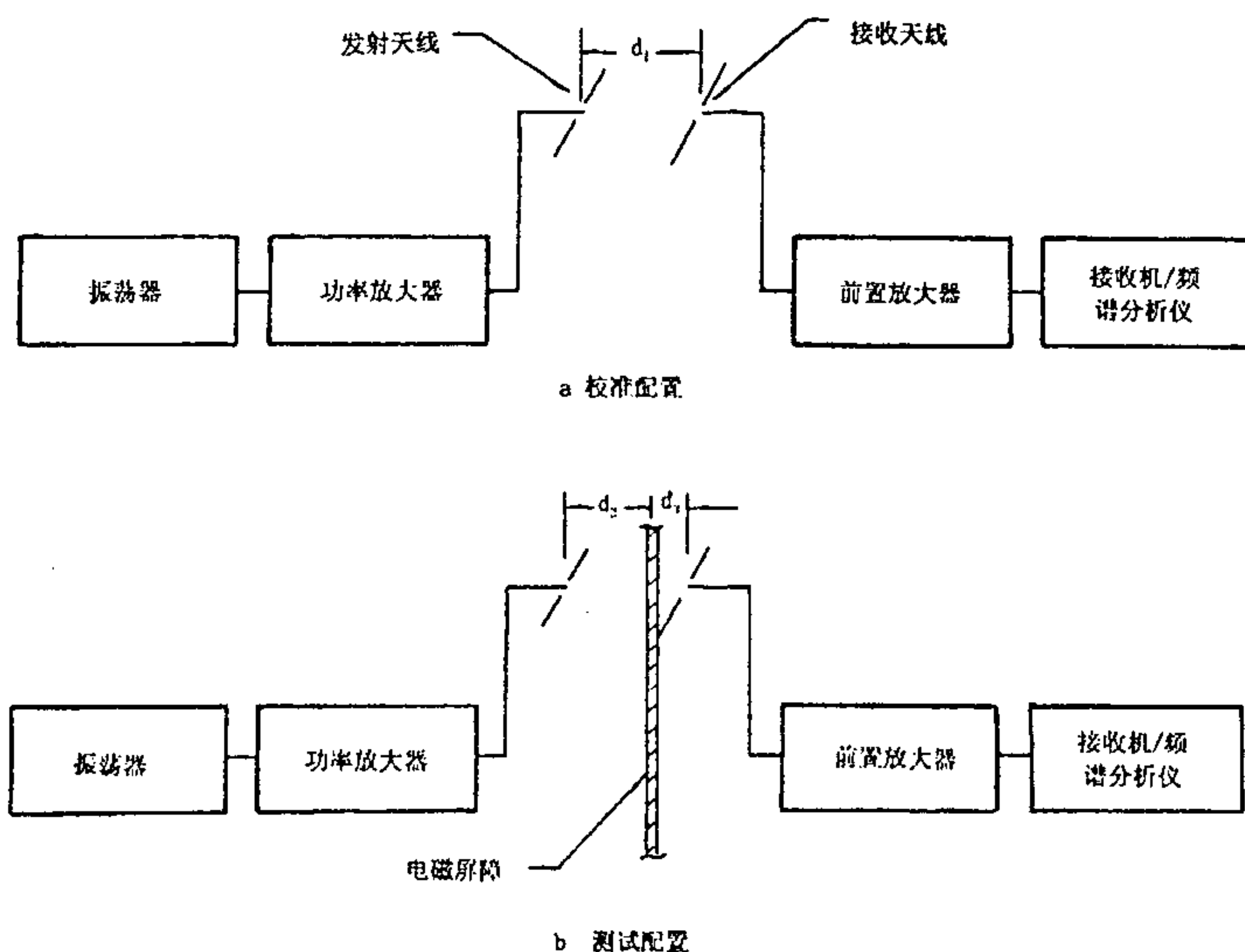
测试 区编 号	试验类型 (平面波 或磁场)	频率	极化	测试类型 (固定或 扫动)	校准 信号 (Vc) dBV	测量 信号 (Vm) dBVm	屏蔽效能 20long (Vc/Vm)	屏蔽效 能要求 (dB)	通过/ 失败

评述

签名

职称和单位

图 A2 典型屏蔽效能数据表



d_2 在动态范围限制下应尽可能大, 至少为 2.5m

$d_2 = d_1 - 30\text{cm}$

$d_3 = 30\text{cm}$ (固定点测量)

$d_3 = 5 \sim 60\text{cm}$ (扫动)

图 A3 平面波试验装置

注: 1) 当测试区包含一个孔口或需要在电磁屏障内设置特殊防护体积的导体引入点时, 接收天线还应在整个的防护屏障的外表面进行扫描和旋转方向, 扫描的距离从屏障的表面算起, 大约为 5cm 至 60cm。读数的通过/失败准则和其它屏蔽效能测量的通过/失败准则相同。

A8.4 平面波通过/失败准则

平面波屏蔽效能通过/失败准则为图 1 所示的频率函数。

A9 低频磁场屏蔽效能测量

A9.1 磁场数据要求

对于A7d每个 $2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm}$ 磁场测试区,应进行12次屏蔽效能测量。固定和扫描测量应在3个频率和2种发射天线极化状态下进行:

a. 频率:15~30KHz、300~500KHz、1~20MHz 中各一个;

b. 天线极化:环形天线面垂直于测试区表面,并取相差 90° 的两个方向,且平行于屏蔽体的主焊缝。

对于每个 $7.5\text{m} \times 7.5\text{m}$ 的磁场测试区,应进行6次屏蔽效能测量。固定测量应在上述的三个频率和两种发射天线极化状态下进行。

A9.2 磁场校准过程

对每个频率和每种发射天线极化状态下的磁场校准,应按照图A4的方式进行。发射和接收天线的环应处于同一个平面。在限定动态范围内,天线间的距离应尽可能的大,至少应是两个环的直径或至少为1.25m。接收天线的位置相对正常位置变化为 $\pm 30\text{cm}$,以保证不落入辐射方向图的最小区域。测试设备动态范围至少要超过测试频率屏蔽效能要求的20dB。

在校准过程中,测量点至设备或其它电磁反射体(地面除外)的距离,要大于3倍其至天线的距离。天线至地面的距离至少为2m。

每个频率和每种极化状态下的接收信号场强,应作为给定配置下的校准信号(V_c)记录下来。

A9.3 磁场测量过程

在每个测试区,对每个要求的频率和发射天线极化状态下的磁场屏蔽效能的测量应按照图A4的方式进行。在校准和测量过程中,应使用相同的设备、天线、电缆和设备置定(衰减器置定除外)。

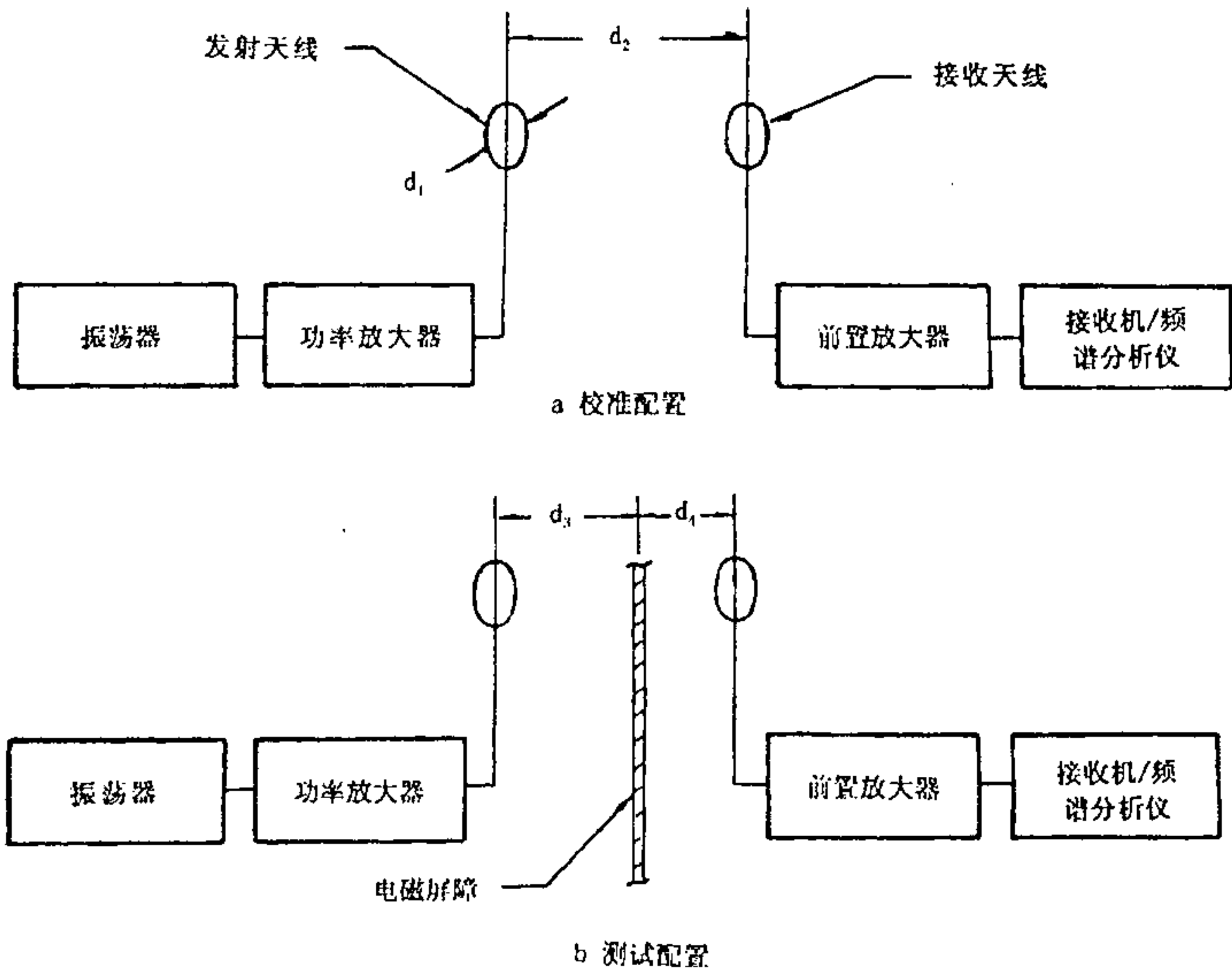
在正常情况下,发射天线应置于电磁屏障的测试区中心。发射环形天线的面应垂直于测试区表面并与两条主焊缝之一的方向平行。发射天线到测试区表面的距离,应比校准状态下的天线间隔至少小30cm。

在正常情况下,接收天线应置于电磁屏障内。为了得到固定状态下的测量结果,接收天线应置于测试区的中心且其环应与发射天线的环在同一平面上。接收天线到测试区表面的距离应为30cm。接收信号场强应作为给定测试区、频率和发射天线极化状态下的固定测试信号(V_m)记录下来。

如有必要,则应进行扫描测量,在此情况下,接收天线应在整个测试区进行扫描,扫描距离从测试区表面算起,大约为5cm至60cm,而且要转动天线方向,直至接收到最大信号为止。最大接收信号场强应作为给定测试区、频率和发射天线极化状态下的扫描测量信号(V_m)记录下来。

A9.4 磁场通过/失败准则

磁场屏蔽效能通过/失败准则为图1所示的频率函数。



d_1 ——环直径
 d_2 ——在动态范围限制下应尽可能大，至少应为 $2 \times d_1$ 或 1.25m，取较大值
 $d_3 = d_2 - 30\text{cm}$
 $d_4 = 30\text{cm}$ （固定点测量）
 $d_4 = 5 \sim 60\text{cm}$ （扫动）

图 A4 磁场试验配置

附录 B
脉冲电流注入试验程序
(补充件)

B1 目的

B1.1 脉冲电流注入试验程序验收试验的目的

作为验收试验程序的一部分,脉冲电流注入的验收试验目的如下:

- a. 测量已安装的导体引入点防护装置的性能;
- b. 通过注入测试、电涌抑制器性能校验和响应数据分析,验证防护装置未被有威胁性瞬态应力损毁或导致功能下降;
- c. 鉴别失效的装置或安装的缺陷,以便进行修复或更换。

B1.2 脉冲电流注入试验程序验证试验目的

作为验证试验程序的一部分,脉冲电流注入的试验目的如下:

- a. 测量穿入导体防护装置在运行系统配置下的性能;
- b. 通过试验后的检查、电涌抑制器性能的校验和响应数据的分析,验证防护装置未被有威胁性瞬态应力损毁或导致功能下降;
- c. 鉴别失效的装置或安装的缺陷,以便进行修复或更换;
- d. 表征瞬态残余内应力;
- e. 验证瞬态残余内应力没有引起基本任务设备在各种状态下可致任务失败的损毁或功能紊乱;
- f. 提供设施的 HEMP 加固评价数据和加固维护/加固监视计划的基础数据。

B2 HEMP 防护分系统试验配置

B2.1 验收试验设施配置

脉冲电流注入试验是将引入点防护装置安装在设施内以后进行。该试验不要求电磁屏障必需建成,但应注意,屏障未建成可引起引入点防护装置性能的降低和仪表的信噪比下降。在测试引入点防护装置时,对设施内在电气上与防护装置连接的设备不要求安装或加电。

B2.2 验证试验设施配置

当进行脉冲电流注入验证试验时,设施应处于正常运行状态并应执行真实的或模拟的任务,但不得触动 HEMP 防护分系统。除非本程序另有规定,与待测引入点防护装置电气连接的设备应加电运行。

B3 测试前分析要求

对脉冲电流注入验证试验要作测试前分析,以确定在脉冲电流注入试验中进行测试的基本任务设备的运行状态。当状态的转换产生明显不同的残余内应力的传播路径、设备毁伤阈值的时显变化或任务功能的明显变化时,就要对设备进行多种状态下的测试。例如,对

基本任务设备发射接收机至少要进行发射和接收两种状态的测试,对数字接口要进行高、低两种信号状态下的测试。

B4 试验设备要求

脉冲电流注入试验所用试验设备列于表 B1。

B5 作业影响分析和风险

B5.1 验收试验影响

当作为验收试验程序进行脉冲电流注入试验时,不得触动电磁屏障,以免引入点防护装置的性能和仪表的信噪比降低太多;必须限制使用电气噪声设备,以便获得所需要的测量灵敏度。因此,建造工作可能受到影响。

B5.2 验证试验影响

在脉冲电流注入验证试验过程中,不得触动电磁屏障,并限制使用非现场正常设备系统部分的电气噪声设备。因此,非经常性的工作(设施改造、维护)可能受到影响。下述情况除外,任务可以照常进行:

a. 待测电路的引入点防护装置可能不适于正常使用,可能需要断开与屏障外无防护设备的连接,电路可能是周期性的断电;

b. 可能需要一特殊工作程序,以便电路和设施能在各自多种运行状态下得到测试。

B5.3 风险

脉冲电流注入试验需要使用高电压和大电流,故应特别注意高压电气安全。因为注入电平很高,引入点防护装置和设备损坏的危险难以完全避免。但是本程序力求最大限度地减少这种危险。

B6 试验计划和程序

B6.1 验收试验计划

应编写内容广泛特定场合专用的脉冲电流注入验收试验计划和详细试验程序。两者可综合成一个文件或分成两个独立的文件。文件至少包含如下内容:

a. 试验目的叙述;

b. 设施的认证和描述。包括屏蔽体积的总设计图、平面布置图、屏蔽体引入点表和 HEMP 分系统描述;

c. 待测电路和引入点防护装置认证。包括电路功能、制造厂家数据单及防护装置规范;

d. 测试点和注入电平认证(见表 B2);

e. HEMP 模拟和数据采集设备描述。包括制造厂家、型号、序列号、特性、详细的校准过程;

f. 与本附录要求的所有不同点;

g. 数据管理。包括数据质量控制过程、数据验收准则、数据处理要求、数据记录的标记

和保存、通过/失败准则；

h. 安全；

i. 保密；

j. 试验步骤。包括测量的先后次序。

表 B1 对脉冲电流注入试验设备的要求

设 备	特 性		
	短脉冲 ¹⁾	中脉冲 ¹⁾	长脉冲 ¹⁾
脉冲发生器 ²⁾	最大到 8000A, 双指数波形和 衰减正弦波形	最大到 500A, 双指数波形	最大到 200A, 双指数波形
电流传感器 (瞬态注入)	10kHz~750MHz, 0~8000A	d.c~10MHz 0~500A	d.c~10kHz 0~200A
电流传感器 (瞬态残余内 应力)	100Hz~750MHz 0~100A 按测量灵敏度要 求设定转移阻抗	d.c~10MHz 0~500A	d.c~10kHz 0~200A
示波器或瞬态 数字仪 ³⁾	100Hz~750MHz 按测量灵敏度要求 设定的最低灵敏度	d.c~10MHz	d.c~10kHz
数据记录器 ³⁾	0~5ms	0~5ms	0~100s
前置放大器	100Hz~750MHz 按测量灵敏度要求设定 放大倍数和噪声系数		
测试设备屏蔽体 和电源	当需要与脉冲 发生器隔离时	当需要与脉冲 发生器隔离时	当需要与脉冲 发生器隔离时
多种电缆、衰减 器、假负载电阻	按需要	按需要	按需要

注:1)短、中和长脉冲特性参数见 B11.1。

2)对脉冲发生器电流输出要求,要用加到引入点防护装置外侧端的电流来表述。这里没有规定把脉冲发生器的输出耦合到穿入导体上的方法及脉冲发生器源阻抗。但是,脉冲发生器对待测电路的连接不得干扰电路的正常工作,且脉冲发生器的源阻抗必须远大于有效负载阻抗;

3)推荐使用具有 IEEE—488 通用接口总线的微机,来控制仪表和在磁盘上储存测试数据。

表B2 脉冲电流注入幅度和波形
a. 双指数波形注入(图B1)

电气引入 点类型	注入类型	峰值电流 A	上升时间 τ_R s	半宽度 s	验收试验负载阻抗 Ω
场地之间 市电源线	短脉冲	8000	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	不用 ¹⁾
	短脉冲	4000	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2或 $V_{\text{额定}}/I_{\text{额定}}$ ⁴⁾
	中脉冲	500	$<1 \times 10^{-6}$	$>5 \times 10^{-8}$	不用 ¹⁾
	中脉冲	500	$<1 \times 10^{-6}$	$>5 \times 10^{-8}$	50
	长脉冲	200	<0.5	>100	不用 ¹⁾
	长脉冲	200	<0.5	>100	50
场地之间 其它电源线	短脉冲	8000	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	不用 ¹⁾
	短脉冲	4000	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2或 $V_{\text{额定}}/I_{\text{额定}}$ ⁴⁾
	短脉冲	8000	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	不用 ¹⁾
	短脉冲	$8000/\sqrt{N}$ 或500 s	$<1 \times 10^{-6}$ s	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50
场地之间 音频线、 数据线	中脉冲	500	$<1 \times 10^{-6}$	$>5 \times 10^{-8}$	不用 ¹⁾
	中脉冲	500	$<1 \times 10^{-6}$	$>5 \times 10^{-8}$	50
	长脉冲	200	<0.5	>100	不用 ¹⁾
	长脉冲	200	<0.5	>100	50

续表 B2 a

电气引入 点类型		注入类型	峰值电流 I A	上升时间 τ_R s	半宽度 s	验收试验负载阻抗 Ω
场地之间 控制线/ 信号线	短脉冲	共模 ¹⁾	8000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	不用 ¹⁾
	短脉冲	线对地 ³⁾	8000/ $\sqrt{N}$ 或 500 ⁵⁾	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 或 $V_{\text{额定}}/I_{\text{额定}}^4)$
RF 天线馈线 —信号导体 $f \leq 2 \text{ MHz}$ ⁷⁾		线对屏蔽体	8000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50 ⁸⁾
RF 天线馈 线—屏蔽体	埋地 ⁹⁾	屏蔽体对地 ¹⁰⁾	1000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50 ⁸⁾
	非埋地		8000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	
导管屏蔽体	埋地 ⁹⁾	导管对地 ¹¹⁾	1000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 ¹²⁾
	非埋地		8000	$\leq 1 \times 10^{-8} \text{ s}$ ²⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	

表 B2 b. 衰减正弦波形(图 B2)

电气引入点类型	注入类型	峰值电流 I A	中心频率 f _c (MHz)	衰减因子 Q	验收试验 负载阻抗 Ω
RF 天线馈线—信号导体 2MHz<f≤30MHz ⁷⁾	线对屏蔽体	2500	2±10 % ¹³⁾	10±3 ¹³⁾	50 ⁸⁾
30MHz<f≤200MHz ⁷⁾		900 ¹³⁾	30±10 % ¹³⁾	10±3 ¹³⁾	
200MHz<f ⁷⁾		250 ¹³⁾	200±10 % ¹³⁾	10±3 ¹³⁾	

- 注:1)共模试验,即将电缆中的全部芯线导体同时对地激励。地为设施 HEMP 屏蔽体上引入点防护装置附近的一个点。验证试验要求共模试验,验收试验不要求共模试验;
- 2) $\tau_R \leq 1 \times 10^{-8} \text{s}$ 是设计目标,最低要求为 $\tau_R \leq 5 \times 10^{-8} \text{s}$;
- 3)线对地试验,即对电缆中的每条芯线导体分别对地激励。地为设施 HEMP 屏蔽体上引入点防护装置附近的一个点;
- 4) $V_{\text{额定}}$ 和 $I_{\text{额定}}$ 中较小的一个是引入点防护装置的最大额定电流或者电压;
- 5)取电缆芯线导体数量 N 最大的一个;
- 6)音频/数据线的中、长脉冲线对地试验仅为验收试验所要求,验证试验不要求;
- 7) $f = 600/L \text{ MHz}$, L 是有关天线的最大尺寸,单位是 m。若 $f \leq 2 \text{ MHz}$,要求用双指数脉冲波形;若 $f \geq 2 \text{ MHz}$,要求用衰减正弦波形;
- 8)信号导体用 50Ω 端接于屏蔽体,屏蔽导体与设施的 HEMP 屏蔽体电气上密接;
- 9)一个天线屏蔽体,当其端接于一个埋地天线并且未被地或水泥体掩埋的段长小于 1m 时,则被认为是埋地的;一个导管,当其连接两个防护体积并且未被地或水泥体掩埋的段长小于 1m 时,则被认为是埋地的;
- 10)屏蔽体对地试验是将天线馈线屏蔽体的最大实用长度段对地激励。地是设施 HEMP 屏蔽体上引入点防护装置附近的一个点;
- 11)导管对地试验是将导管的最大实用长度对地激励。地是设施 HEMP 屏蔽体上引入点防护装置附近的一个点;
- 12)在屏蔽体内,对导管的连线应端接在已安装的设备上(如果设备存在的话)。其它的内部连线应捆在一起,并在每根导体的终端接上共用的 2Ω 电阻。导管的两端都应焊接在 HEMP 屏蔽体上;
- 13)设计目标是衰减正弦波形。最低要求是注入在 50Ω 校准负载上的电流波形是非限定的,脉冲电流注入电流源的电流输出为 $I(t)$:

a. $\int_0^{\tau} I(t) dt \geq \frac{0.3f}{f_c}$

b. $|I(t)| \leq K_{IX} I_{\text{max}} e^{-\frac{\sigma_c t}{10}} \quad t > \tau$

式中 t 是时间(单位 s); $I_{\max}$ 是所要求的峰值电流(单位 A); f_c 是所要求的中心频率;
 K_{DS} 是标量常数(见图 B2); τ 是第一个交零时间或为 $1/f_c$, 取小值。

B6.2 验证试验计划

应制定内容全面而规范的脉冲电流注入验证试验计划和详细的试验程序。两者可综合成一个文件或分成两个独立的文件。文件至少包含如下内容:

- a. 试验目的叙述;
- b. 设施的认证和描述。包括屏蔽体积的总设计图、平面布置图、屏蔽体引入点表、电磁屏障内外的基本设备表、HEMP 分系统描述;
- c. 待测电路和引入点防护装置认证。包括电路功能、制造厂家数据单及防护装置规范;
- d. 测试点认证;
- e. HEMP 模拟和数据采集设备描述。包括制造厂家、型号、序列号、特性、详细的校准过程;
- f. 详细试验程序。包括设施和电路的配置要求、设备运行状态、数据采集系统图表、注入电平(见表 B2)、数据要求、一步一步的试验程序;
- g. 数据管理。包括数据质量控制过程、数据验收准则、数据处理要求、数据记录的标记和保存、通过/失败准则;
- h. 安全;
- i. 保密;
- j. 试验步骤。包括测量的先后次序。

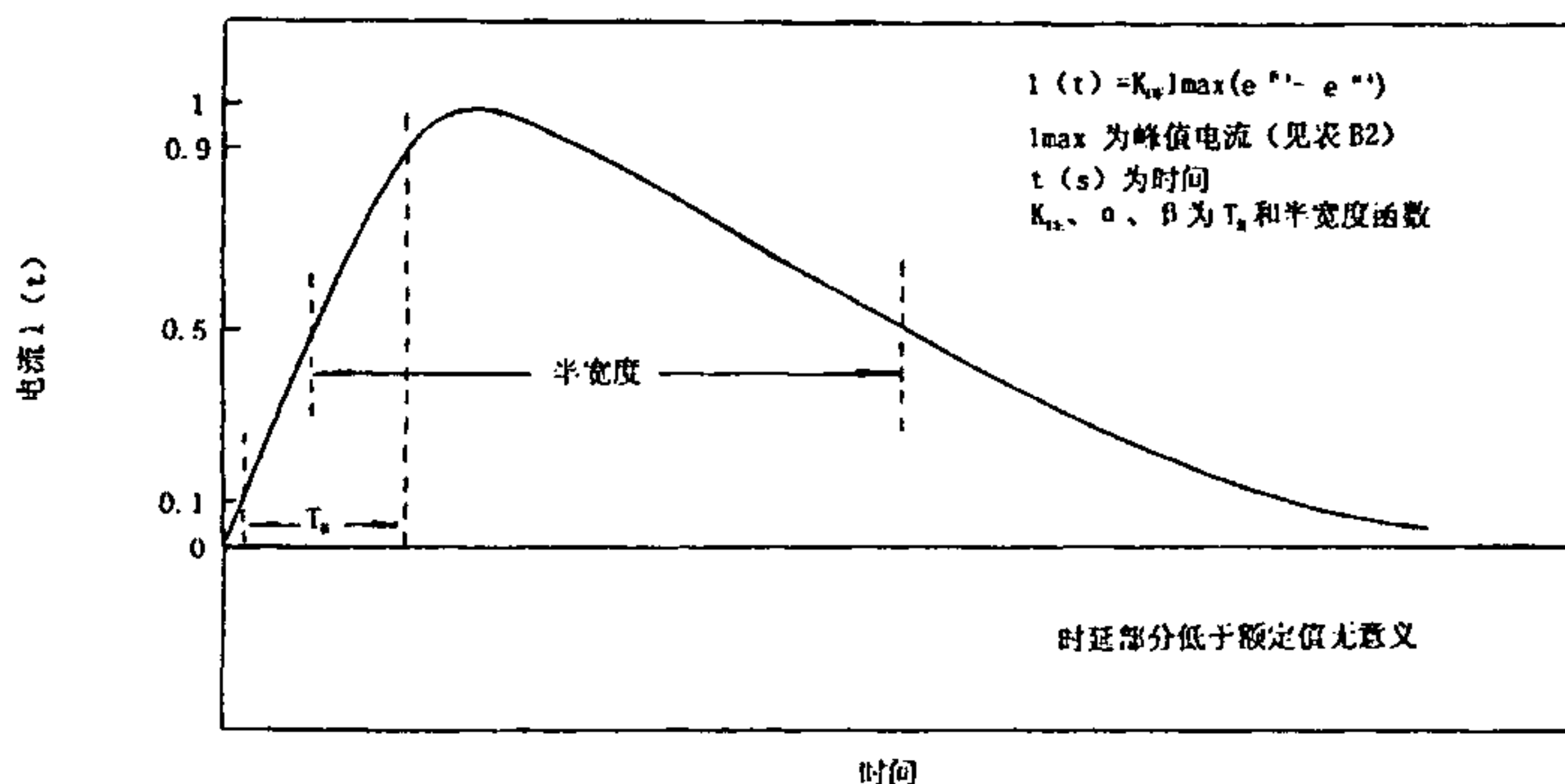


图 B1 双指数波形

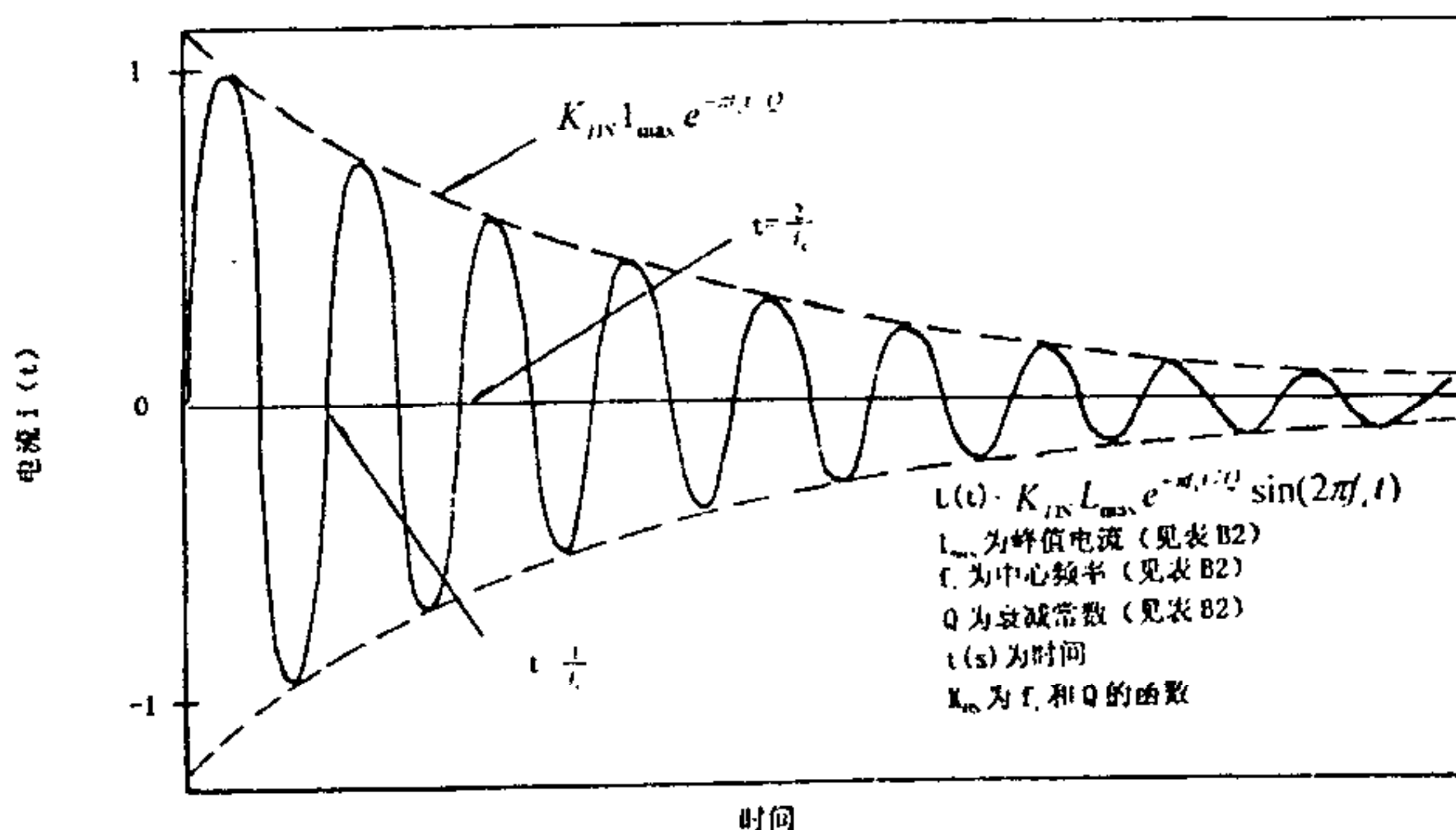


图 B2 衰减正弦波形

B7 试验报告要求

B7.1 验收试验报告

应编写脉冲电流注入验收试验报告。报告至少包括如下内容：

- 设施认证和参照的试验计划；
- 对与本附录规定的试验计划和要求所有不相符的讨论；
- 测量数据拷贝，转换测量数据为工程单位所需的传感器校准和仪表置定的数据；
- 测得的内响应标称和与最大可允许残余内响应特性(见表 B3)的综合比较表；
- 通过/失败结论。

B7.2 验证试验报告

应编写脉冲电流注入验证试验报告。报告至少包括如下内容：

- 设施认证和参照的试验计划；
- 对与本附录规定的试验计划和要求所有不相符的讨论；
- 测量数据拷贝，转换测量数据为工程单位所需的传感器校准和仪表置定的数据；
- 测得的内响应标称和与最大可允许残余内响应特性(见表 B3)的综合比较表；
- 试验结论。包括根据连续波浸没(见附录 C(补充件))和脉冲电流注入试验结果及其分析所作出的关于任务功能 HEMP 加固明确的评价；
- 试验大事记。包括事件序列、损毁和功能紊乱或观测到的干扰、事件发生的条件。

B8 试验后分析要求

B8.1 验收试验数据分析

必须对验收测量数据进行试验后分析，以便针对探测器和仪表响应特性作数据校正和

将测量结果转换成工程测量单位规范。

B8.2 验证试验数据分析

必须对脉冲电流注入验证试验测量数据进行试验后分析,以便针对探测器和仪表响应特性作数据校正和将测量结果转换成工程测量单位规范。应对测量数据进行补充分析,以便帮助拟定关于设施的 HEMP 加固的肯定的评价。试验主管单位应对脉冲电流注入验证试验结果拟定试验后分析的详细要求。该要求一般应包括由连续波浸没和脉冲电流注入试验数据计算的威胁响应,验证试验正确性分析,加固的拟定;如有必要,还应包括对修改工作的建议。

B9 不同的试验方法

只要主管单位批准,可以用电缆屏蔽体注入来代替共模脉冲电流注入要求对屏蔽的内场控制和信号线做验证试验,电缆屏蔽体注入要求的最大电流幅度和规定波形列于表 B4。应在电缆全长上驱动内场电缆屏蔽体,其方法是沿电缆走线方向移动中间地和其他对地的低阻抗通路。在整个电缆上进行内响应测量,并使用表 B3 的通过/失败准则。

B10 试验配置

典型的脉冲电流注入试验配置示于图 B3,典型的数据记录系统示于图 B4。脉冲发生器的输出可以直接与待测电路耦合,也可以作电容性或电感性耦合。全部注入电流幅度和波形要求,都以外电流传感器上观测到的信号为准。外电流传感器置于距引入点防护装置外端点 15cm 以内,并且在传感器位置和外端点之间不得有走线分岔。内电流传感器置于距引入点防护装置的内端点 15cm 以内,并且在传感器位置和内端点之间不得有走线分岔。

B10.1 验收试验配置

作验收试验脉冲电流注入时,外负载应是一个开路端,内负载应按 B11.3 规定是一个假负载电阻。

表 B3 电气引入点的最大允许残余内应力响应特性

电气引入点类型		注入类型	测量类型	峰值电流 A	峰值上升率 A/s	整流脉冲 As	根运算 $As^{1/2}$
场地之间 市电源线	短脉冲	共模	体电流	10	1×10^8	1×10^{-2}	1.6×10^{-1}
	短脉冲	线对地	线电流	10	1×10^8	1×10^{-2}	1.6×10^{-1}
	中脉冲	共模	体电流	无损毁或性能降低 ¹⁾			
	中脉冲	线对地	线电流				
	长脉冲	共模	体电流				
	长脉冲	线对地	线电流				
场地之间 其它电源线	短脉冲	共模	体电流	10	1×10^8	1×10^{-2}	1.6×10^{-1}
	短脉冲	线对地	线电流	10	1×10^8	1×10^{-2}	1.6×10^{-1}
场地之间 音频线/ 数据线	短脉冲	共模	体电流	0.1	1×10^8	1×10^{-4}	1.6×10^{-1}
	短脉冲	线对地	线电流	0.1	1×10^8	1×10^{-4}	1.6×10^{-1}
	中脉冲	共模	体电流	无损毁或性能降低 ¹⁾			
	中脉冲	线对地	线电流				
	长脉冲	共模	体电流				
	长脉冲	线对地	线电流				
场地之间 控制线/ 信号线	低压线 ²⁾	共模	体电流	0.1	1×10^8	1×10^{-4}	1.6×10^{-1}
	短脉冲	线对地	线电流	0.1	1×10^8	1×10^{-4}	1.6×10^{-1}
	高压线 ²⁾	共模	体电流	1.0	1×10^8	1×10^{-3}	1.6×10^{-1}
	短脉冲	线对地	线电流	1.0	1×10^8	1×10^{-3}	1.6×10^{-1}

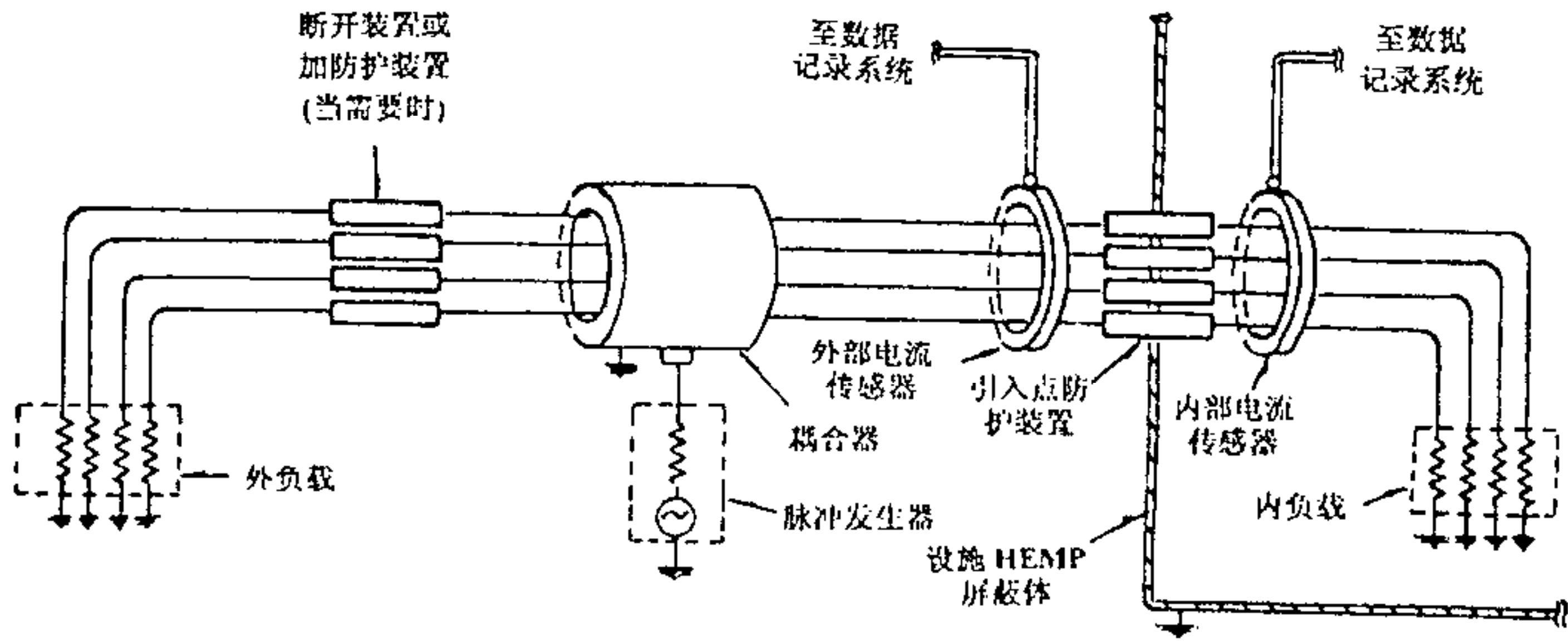
续表 B3

电气引入 点类型	注入类型	测量类型	峰值电流 A	峰值上升率 A/s	整流脉冲 As	根运算 $As^{1/2}$
RF 只接收 天线馈线 信号导体激励	线对屏 蔽体	线电流	0.1	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^8	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^{-4}	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1.6×10^{-3}
		屏蔽体电流	0.1			
只接收 屏蔽体激励	屏蔽体 对地	线电流	0.1	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^8	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^{-4}	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1.6×10^{-3}
		屏蔽体电流	0.1			
发射和收发 信号导体激励	线对屏 蔽体	线电流	1.0	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^8	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^{-4}	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1.6×10^{-3}
		屏蔽体电流	0.1			
发射和收发 屏蔽体激励	屏蔽体 对地	线电流	0.1	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^8	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1×10^{-4}	无损毁或 性能降低 ¹⁾ 1.6×10^{-3}
		屏蔽体电流	0.1			
导管屏蔽体 信号和低电流 功率源 ²⁾ 埋地或非埋地	导管对地	体电流	0.1	1×10^8	1×10^{-4}	1.6×10^{-3}
中电流功率源 ²⁾ 埋地或非埋地	导管对地	体电流	1.0	1×10^8	1×10^{-3}	1.6×10^{-2}
高电流功率源 ²⁾ 埋地或非埋地	导管对地	体电流	10	1×10^8	1×10^{-2}	1.6×10^{-1}

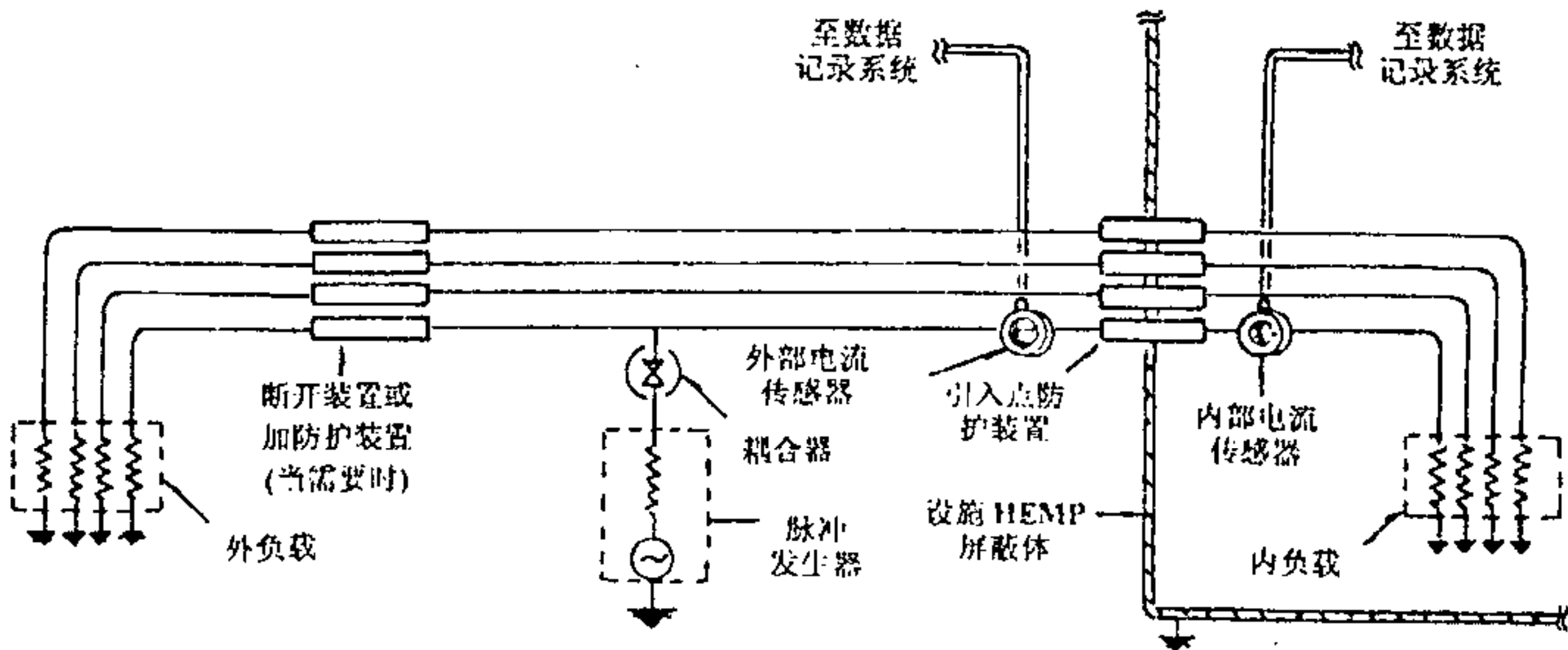
注：1)这里没有规定中、长脉冲电流注入试验程序内响应波形标称通过/失败准则，也没有规定 RF 天线传输线信号导体上峰值上升率、整流脉冲、根运算标称的通过/失败准则。在表中无本附注的地方，无引入点防护装置损毁或性能降低的通过/失败准则，也适用于脉冲电流注入试验程序。

2)最大工作电压 < 90V 的线称低压控制/信号线；最大工作电压 ≥ 90V 的线称高压控制/信号线。

3)最大工作电流 ≤ 1A 的线称低电流电源线，最大工作电流在 1A 和 10A 之间的线称中电流电源线，最大工作电流 ≥ 10A 的线称大电流电源线。



a 共模注入试验配置



b 线对地试验配置

图 B3 典型脉冲电流注入试验配置

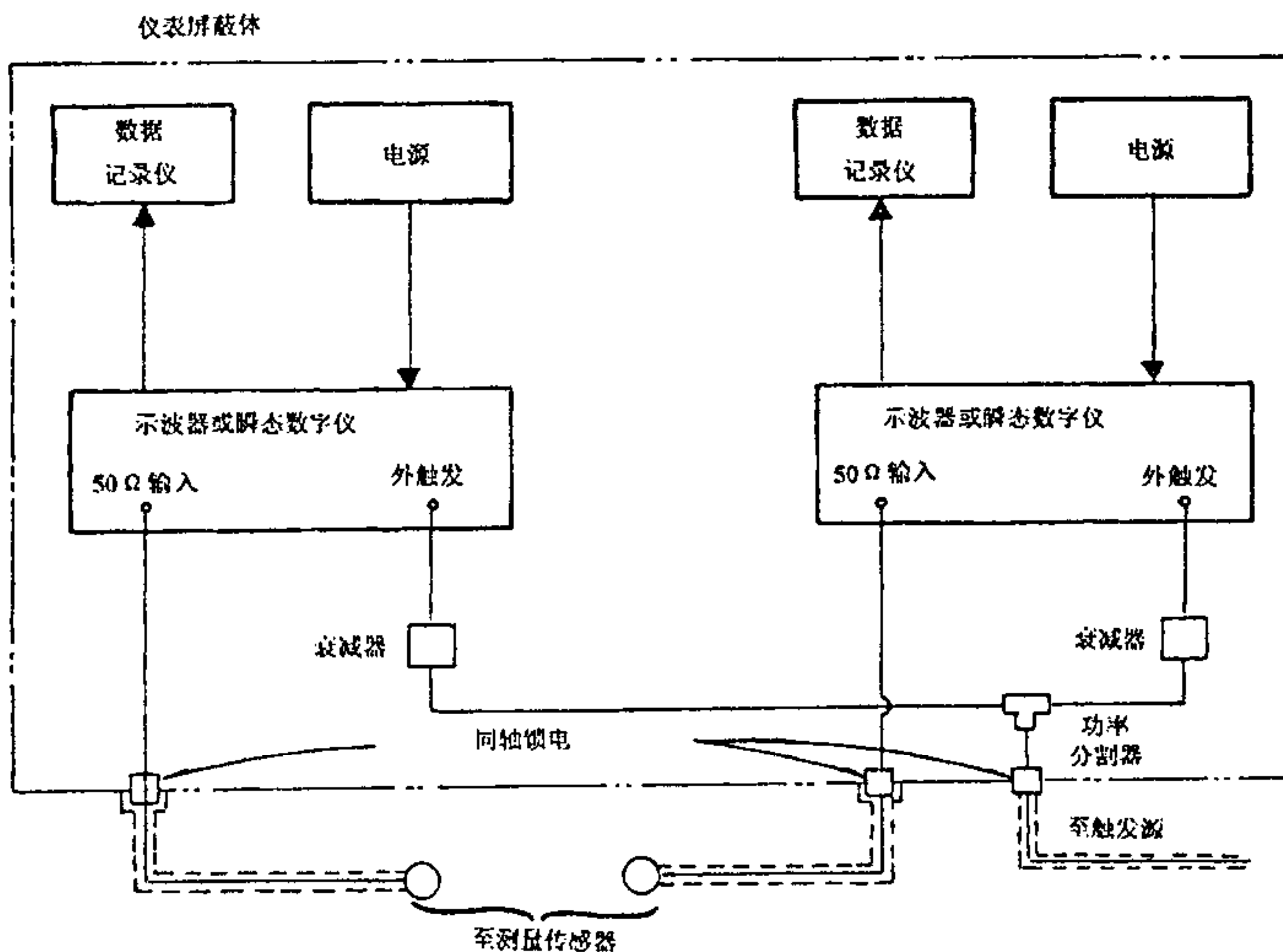


图 B4 典型脉冲电流注入数据记录系统

B10.2 验证试验配置

在脉冲电流注入验证试验时,外负载是应安装的设备或一个等效的假负载阻抗¹⁾,它允许给待测电路加电并执行真实的或模拟的任务功能。脉冲电流注入验证试验的内负载是应安装的设备,设备应当加电²⁾并执行真实的或模拟的任务功能。

注:1)当外设备设计得经不起试验瞬态应力时,应加临时的防护措施或使用一个假负载来代替外设备。

2)当待测电路工作在交流 600V 或直流 600V 以上电压,且加电后不能安全进行试验时,可以在非加电状态下进行脉冲电流注入验证试验。开关、继电器触点和其它断路器应处于工作状态,以模拟加电状态。

表 B4 电缆屏蔽层脉冲电流注入幅度和波形

电气引入点类型	双指数波形(见图 B1)		
	峰值电流(I) A	上升时间(τ_R) s	半宽度 s
控制/信号线(场地内)	8000	$\leq 1 \times 10^{-8}$ ¹⁾	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$

注:1) $\tau_R \leq 1 \times 10^{-8}$ s 是设计目标。最低要求是 $\tau \leq 5 \times 10^{-8}$ s。

B11 电流注入要求

B11.1 最大注入电平

对各类电气引入点进行验收与验证脉冲电流注入所要求的最大电流幅度和规定的电流波形列于表 B2 及示于图 B1、图 B2 中。这些要求适用于图 B3 所示的外电流传感器上观测到的信号。注意,仅验证试验要求共模脉冲电流注入验收试验时,要求在场地间音频和数据线路上进行中、长脉冲线对地试验。

B11.2 试验程序

为最大限度降低引入点防护装置或设备损毁的可能性,应以下列方式注入幅度逐渐增大的一系列脉冲:

- 脉冲发生器最低可用电流输出电平上的脉冲:该电平应小于表 B2 所列最大幅度的 10 % 或小于能激活引入点防护装置中任一非线性部件的脉冲幅度,以上两者应取最大者;
- 脉冲系列,幅度每步上升 2 倍;当试验具有相同引入点防护装置的几个电路时,中脉冲系列可以在头两个电路试完后省略之;
- 待测电路要求的最大幅度电平的脉冲,峰值电流应不超过表 B2 所列电平的 110 % 。这一程序对验收和验证试验均适用。

注意:电气引入点防护装置中的电涌抑制器只能经受有限个脉冲的冲击。加到每个装置上的试验脉冲的个数应加以记录,以便以后登记到维修记录中去。如果以前加到装置上的脉冲总个数超过了额定寿命的 90 % ,在重新开始试验之前,应更换电涌抑制器。

B11.3 验收试验负载电阻

各类电气引入点之脉冲电流注入验收试验内负载电阻的欧姆值列于表 B2。对于线对地测试,只有待测的穿入导体要求按规定端接。对于导管屏蔽体的测试,若正常的设备存在,则内部走线应端接设备,而其它导线应捆在一起,并在每个端点接一共用的 2 欧姆电阻。接在引入点防护装置内端点和密封屏蔽体之间负载电阻上的连线长应小于 30cm。

B12 测量和功能观察

B12.1 数据要求

对验收和验证试验程序的每一步,都要将外、内脉冲幅度和波形记录下来¹⁾。内脉冲波形应从脉冲电流注入短驱动脉冲开始时间记录到 5ms,记录仪表扫描速度应能分辨早、中、

晚的时间响应。

注:1)当引入点防护装置在电磁屏障内有特殊防护体积时,还要在通过特殊防护护障到防护体积的全部电气引入点上记录脉冲幅度和波形。测量应在防护体积内进行。这些数据的通过/失败准则同其它内响应测量的通过/失败准则。

B12.2 验证试验功能观察

在脉冲加上的即刻和加上的全过程,均应监视设施的基本任务设备的运行,以观察损毁或功能紊乱的情况。对任何不正常的现象都要给以详细记录说明,并列入试验大事记。

B13 测量步骤

验收和验证试验的脉冲电流注入测量步骤如下:

- a. 将脉冲产生器和数据采集设备设置成希望的配置并进行校准;
- b. 对于验收试验或出于安全考虑,将待测电路断电,并安装传感器。在传感器安装完毕后,电路重新加电(仅对验证试验);
- c. 对数据记录系统作噪声校验,以保证满意的信噪比;
- d. 确定所要求的装置、设备状态和试验配置;
- e. 向待测电路注入 B11.2 规定的脉冲发生器最低可用电流输出电平的脉冲;
- f. 记录测量点的响应;
- g. 记录基本任务设备功能监视的结果(仅对验证试验);
- h. 将测量和观察结果与 B14 规定的通过/失败准则进行比较(见 B.5),如果结果不令人满意,则中止试验,修复或更换引入点防护装置。在完成更换工作后,重复脉冲电流注入试验步骤;
- i. 增加注入电平,则重复 e 到 h 步骤,直到注入最大要求瞬态应力;
- j. 继续要测试的下一个状态,并重复 d 到 i 步(仅对验证试验);
- k. 如有必要,断掉待测电路电源,断开传感器脉冲发生器输出的连接;
- l. 断开电涌抑制器与电路的连接,测量金属氧化物变阻器 1A 直流上的电压或直流火花隙击穿电压。将测量结果与装置规范作比较。如果结果不令人满意,实施修复或更换引入点防护装置。在完成更换工作后,重复脉冲电流注入试验步骤;
- m. 重新连接电涌抑制器,恢复电路到工作配置状态;
- n. 继续下一个待测电路,并重复 b 到 m 步骤。

B14 通过/失败准则

B14.1 内响应通过/失败准则

如果满足下面两条准则,则认为引入点防护装置是合格的:

- a. 对全部短脉冲注入电平,就给定的电气引入点¹⁾类型而言,测得的内响应波形标称不超过表 B3 上的最大标称值。如果脉冲电流注入验证试验得到的内响应不能与电路工作和噪声信号区别开来,应在断电配置(仅对验收试验)下重作试验。因此内响应标称的通过/失败判决应使用所测到的断电配置数据做出;

注:1)当引入点防护装置的防护一侧包含在一个特殊防护体积内时,测得的内响应标称必需超过该特殊防护体积的设计值。

b.通过对引入点防护装置的试验后物理检查 1A 直流(在金属氧化物变阻器上)的电涌抑制器电压测量或直流击穿(火花隙)电压测量和响应数据分析表明,装置未被试验脉冲损毁或造成功能下降。

该内响应通过/失败准则适用于验收和验证试验。

B14.2 验证试验功能通过/失败准则

如果满足下面两条准则,则认为电磁屏障内设备的加固是合格的;

a.在脉冲电流注入验证试验过程中,未发生基本任务设备的损毁;

b.在脉冲电流注入验证试验过程中¹⁾,未因主要任务功能中断或基本任务设备紊乱而致任务夭折。

注:1)如何断定所观察到的中断和紊乱是可导致任务失败的原因,是设施的使用单位的责任。

B14.3 试验失败

未能满足内响应或功能成功准则的任何失败,则被视为具有 HEMP 易毁性。应对可能的易毁性的原因加以研究。如果可能,应改变这种状况,并重复脉冲电流注入验证试验步骤。

附录 C
连续波浸没试验程序
(补充件)

C1 概述

连续波浸没试验程序是验证试验的一要素,当 HEMP 防护设施完工并运行后就应该进行试验。其方法是用发射的连续波场照射电磁屏障的外表面,并监视内部防护体积,以鉴别屏蔽体的缺陷和防护不当的孔形引入点,以提供加固评估数据。因为连续波浸没对穿入导体暴露在外的部分可能无效,故它对于评估导体引入点的防护只起有限作用。所以穿入导体的防护也用脉冲电流注入试验进行评估(见附录 B(补充件))。

C2 目的

连续波浸没试验的目的:

- a. 测量电磁屏障上线性元件对 HEMP 频段电磁场的衰减;
- b. 鉴别 HEMP 屏蔽体和孔形引入点防护装置的缺陷、安装不合格和疏漏掉的引入点,以便实施修复;
- c. 在线性和二维的假设下,通过试验后分析来表征内残余场和传导的电磁应力;
- d. 观察在干扰骚扰下设备的运行(低电平连续波激发结果发生的干扰,可能表示某个电路特别容易受到 HEMP 的损伤);
- e. 为设备的 HEMP 加固提供评估的数据,为加固维护和加固监视计划提供基础数据。

C3 HEMP 防护分系统试验配置

在进行连续波浸没试验过程中,不得触动 HEMP 防护分系统,设备应处于正常运行配置状态,并应执行真实或模拟的任务功能。

C4 试验前分析要求

应进行试验前分析,以选择发射天线位置、参考传感器位置和测量点。发射天线的位置应选择在能获得所要求的照射场强,并能有效地耦合到电磁屏障面上各个区域的地方。参考传感器的位置应选择在能监视发射天线的输出和确定照射场的地方。测量点应选择在能提供防护体积和特殊防护体积内有代表性的场响应图和内电缆上电流响应图的地方。

C5 试验设备要求

连续波浸没试验所需试验设备列于表 C1 中。

表 C1 连续波浸没试验设备要求

设 备	特 性
网络分析仪表 ¹⁾	100 kHz~1 GHz 依据测试灵敏度需要设定最低灵敏度
功率放大器	100 kHz~1 GHz 依据测试灵敏度需要设定放大倍数
天线	100 kHz~1 GHz
传感器	自由场、面电流(或电荷)密度、电流、电压 100 kHz~1 GHz
前置放大器	100 kHz~1 GHz 依据测试灵敏度需要设定放大倍数和噪声系数
数字记录仪	双通道
光纤链路	100 kHz~1 GHz 可长达几百 m
多种电缆和衰减器	按需要

注:1)这里推荐使用 IEEE—488 通用接口总线(GPIB)微机来控制测量仪表和用磁盘储存试验数据。

C6 作业影响分析和风险

因为在进行连续波浸没试验过程中不允许触动电磁屏障,并限制使用不属于场内常规设备部分的电气噪声设备,故非经常性的作业(设备更改、维护)可能受到影响。除非需要进行特定程序的试验,任务作业可以正常进行,故设备可以在各种运行状态(发射、只接收等)下进行试验。低电平辐射信号也不应损坏设备,但可能要有必须要抑制其发射的频率间隙和频带,以避免自干扰和干扰邻近设备。应该注意正常的电气安全要求。

C7 试验计划和程序

应编写内容广泛的特定场合专用的连续波浸没试验计划和详细试验程序。可以将其作为一个文件,也可以分写成两个文件。该试验文件至少应包含如下内容:

- a. 试验目的描述;
- b. 设施认证和描述。包括屏蔽体总设计图、平面布置图、屏蔽体引入点表、电磁屏障内外的基本任务设备表、HEMP 防护分系统的描述;
- c. 发射天线位置、参考传感器位置和希望的照射系统及测试系统的测量灵敏度;
- d. 连续波照射和数据采集设备认证。包括制造厂家、型号和序列号、性能特征、详细的校准过程;
- e. 详细试验程序。包括装置配置要求、设备运行状态、试验配置图、一步一步的试验程序、测量点位置;
- f. 数据处理。包括数据质量控制程序、数据验收准则、数据处理要求、数据记录的标记和保存、通过/失败准则;
- g. 安全;

- h. 保密;
- i. 试验步骤。包括测量优先顺序安排。

C8 试验报告要求

应书写连续波浸没试验报告。试验报告至少要包含如下内容:

- a. 设施认证和参照的试验计划;
- b. 对与本附录规定的试验计划和要求不相符的讨论;
- c. 测量结果拷贝,把数据转换为工程单位所需要的传感器校准和仪表置定的数据;
- d. 试验结果和结论。基于连续波浸没和脉冲电流注入试验结果及分析,给出 HEMP 加固任务功能的最终报告;
- e. 试验大事记。包括事件序列和观察到的失效、功能紊乱或干扰的认证及发生的条件。

C9 试验后分析要求

应该进行测量结果的试验后分析,以帮助拟定关于设施的 HEMP 加固的终结报告。由试验主管部门对验证试验结果拟定试验后分析的详细要求。该要求一般包括由连续波浸没试验和脉冲电流注入试验数据计算的威胁响应、验证试验正确性分析、加固结论的拟定,如有必要,还应包括对更改工作的建议。

只要主管单位批准,完整的屏蔽效能测量程序见附录 A(补充件)监视可用来代替连续波浸没试验做验证试验。

C10 试验配置

连续波浸没试验配置示于图 C1。网络分析器源产生的扫描式或步进式连续波激励通过硬线或光纤链路传到发射天线位置。信号被放大后,由天线(垂直单极子、水平偶极子、对数周期、菱形或其他天线)辐射并照射设施。用置于一个干净区域(在该地点测量场与照射设施的总场有已知的关系)的参考传感器监视源的输出,用自由场、面电流或电荷密度、电流和电压传感器监视电磁屏障内(也可以是屏障外)测量点处的响应。如果需要,也可以在测量通道中使用前置放大器和光纤链路。在网络分析器上监视参考点和测量点数据并加以记录,其中在两个通道都利用了相同的磁感应场时间变化率传感器,而参考通道是直接测量的照射场。

C11 发射天线位置

发射天线位置应选择在能用辐射场激励照射电磁屏障表面所有的区域。通常环绕设施的周围需要 3 到 4 个位置。在物理上和测量灵敏度的限制下¹⁾,天线应尽可能的远离设施。

注:1)当 $R > \lambda_{\text{MAX}}$ 和 $R > 2D^2/\lambda_{\text{MIN}}$, (其中 R 是天线到屏障的距离, λ_{MAX} 是最低辐射频率的波长, λ_{MIN} 是最高频率的波长, D 是天线特征长度或是垂直于照射场传播方向的最大磁屏障尺寸),可用平面波响应来解释测量结果。当上述不等式不能满足

时,波的近效应和波弯曲效应可能是严重的。

C12 测量位置

当设施的屏蔽地板面积小于 900cm^2 时,每个天线发射位置,对整个屏蔽体积至少应选 5 个($\times 3$ 个分量)自由电场或磁场测量位置,3 个($\times 2$ 个分量)面电流和或电荷密度测量位置和 20 个电流测量位置。对于较大的设施,应与总的屏蔽地板面积成比例地增加测量位置的数目。

对于每个发射天线位置,测量点应集中在 40% 到 50% 的防护体积内和在物理上最靠近被照射的电磁屏障表面的特殊防护体积内。

内部自由场测点应选择在能提供代表性的电磁屏障内响应图处(见图 C2)。自由场的测量是在对设备来说相当干净的地方进行。记录 3 个垂直分量的场响应。通常应着重进行内部自由磁场的测量。

内面电流或电荷密度测量,原则上应在电磁屏障引入区进行。要着重进行内面电流密度测量。在进行面电流密度测量时,应记录两个垂直分量的响应。

内电流测量点应选择在能提供内部电缆代表性的电流响应图处。如接近引入点防护装置的选定穿入电缆上、有长的内部走线或具有能产生足够强耦合的布线方式的选定电缆上、基本任务设备的选定输入电缆上进行。

对每个发射天线位置上的连续波激励所作的内部电磁监视,应能确定最大响应区域的位置,要特别注意屏障穿入区域。选择补充的自由场和电流测试点,以便在监视过程中能找到最大信号检测位置。

C13 试验频率

试验数据应在 100kHz 到 1GHz 的频率范围内取。通常有必要将频率范围划为几个频段,并在不同的频段选择不同的天线来达到最大辐射效果。

C14 测量程序

连续波浸没试验测量程序如下:

- a. 置数据采集设备于所希望的位置并校准。数据采集系统的最低灵敏度不得高于 -147dBm ;

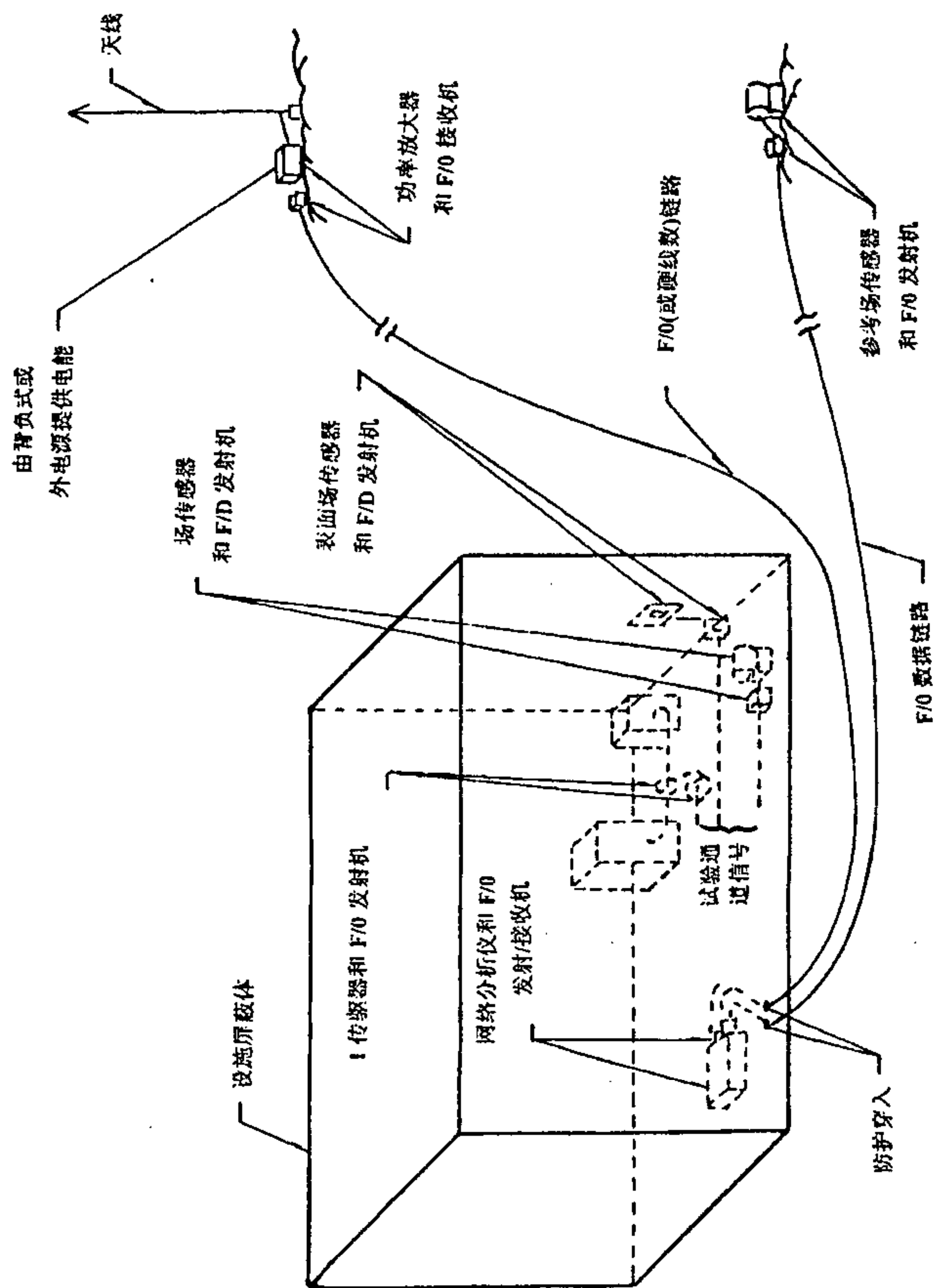


图 C1 连续波浸没试验

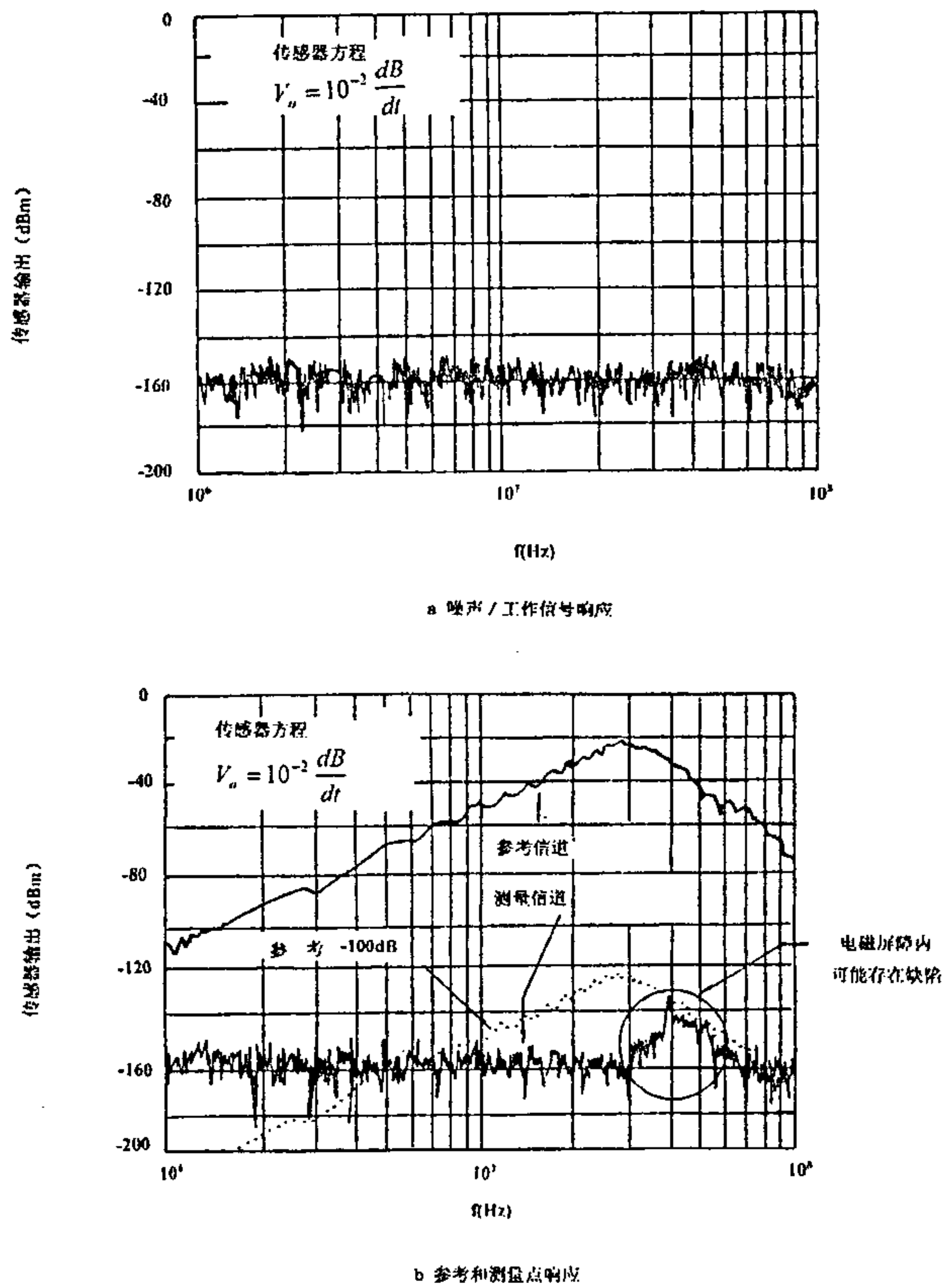


图 C2 连续波浸没试验记录

b. 置定天线并绘其场图。照射场的主分量为: 光速(C)磁感应场 $B_{照射}$ 或最接近发射天线的电磁屏障上某点的电场 $E_{照射}$ 。从 1MHz 到 50MHz, 应至少为 1V/m; 从 50MHz 到 100MHz, 应至少为 0.1V/m。作为设计目标, 照射场的主分量从 100kHz 到 1MHz 应至少为 0.1V/m; 从 100MHz 到 1GHz 应至少为 0.01V/m。应选好参考传感器的位置;

- c. 校验每个数据采集通道,以验证链路噪声的抑制能力。断开传感器,在传感器电缆上端接其特性阻抗。辐射源加电,记录作为频率函数的接收信号场强;
- d. 用辐射源监测要监视的区域,并选择补充测量位置;
- e. 安置传感器,还可用前置放大器获得所希望的测量灵敏度;
- f. 使用正常配置的辐射源和数据采集设备,要关掉功放,记录作为频率函数的测量点上的噪声和工作信号响应。需要使用窄带滤波器并将网络分析器置于长时间扫描位置;
- g. 打开功放,使用与噪声和工作信号测量相同的滤波器和扫描时间,记录作为频率函数的参考和测量点响应;
- h. 进行数据质量控制,对数据记录作注释,并保存数据;
- i. 记下在连续波浸没试验中观察到的任一对设施设备运行干扰的现象,同时,记下干扰发生时存在的试验和工作条件;
- j. 继续进行下一个测量位置的测量,重复 e 到 i 步;
- k. 当完成了一个发射天线位置的测量后,继续下一个发射天线位置的测量,重复 b 到 j 步。

C15 通过/失败准则

本通过/失败准则适用于在屏蔽体积内所做的一切测量。特殊防护体积内测量的响应不得超过该特殊防护体积的设计值。

C15.1 内场测量

在测量动态范围低于所需衰减的频段内,当在噪声和工作信号电平之上没有看到明显的试验点响应时,应认为内连续波浸没自由场和面电流或电荷密度测量结果满足了要求。

在测量的动态范围大于所需衰减的频段内(从 5MHz 到 100MHz 最理想),当试验点的响应至少以所需衰减量低于照射场的主分量时,应该认为内连续波浸没场测量结果满足了要求。该通过准则可用式 C1~C4 表示。

C15.1.1 内磁感应场测量

$$B_{\text{内}} \begin{cases} \leq \frac{8000}{\omega} \times B_{\text{照射}} & \omega < 8 \times 10^8 \\ \leq 10^{-5} \times B_{\text{照射}} & \omega \geq 8 \times 10^8 \end{cases} \dots\dots\dots (C1)$$

式中: $B_{\text{内}}$ —在电磁屏障内的试验点测到的磁感应场分量, Wb/m^2 ;

$B_{\text{照射}}$ —为在最接近发射天线的电磁屏障上的点的照射磁感应场主分量, Wb/m^2 ;

ω —为角频率, s^{-1} 。

C15.1.2 内电场测量

$$E_{\text{内}} \leq 10^{-5} E_{\text{照射}} \dots\dots\dots (C2)$$

式中: $E_{\text{内}}$ —为在电磁屏障内的测试点测到的电场分量, V/m;

$E_{\text{照射}}$ —为在最接近发射天线的电磁屏障上点的照射电场主分量, V/m。

C15.1.3 内面电流密度测量

$$J_{\text{内}} \begin{cases} \leq \frac{6.4 \times 10^9}{\omega} B_{\text{照射}} & \omega < 8 \times 10^8 \\ \leq 8 \times B_{\text{照射}} & \omega \geq 8 \times 10^8 \end{cases} \dots\dots\dots (C3)$$

式中: $J_{\text{内}}$ —为在电磁屏障内的试验点上测到的面电流密度分量, A/m。

C15.1.4 对内电荷密度测量

$$Q_{\text{内}} \leq 8.9 \times 10^{-17} \times E_{\text{照射}} \dots\dots\dots (C4)$$

式中: $Q_{\text{内}}$ —为在电磁屏障内的试验点上测到的面电荷密度, C/m²。

C15.2 内电流测量

当将威胁外推电流峰值响应转换成时域表示不超 0.1A 时, 应认为内连续波浸没电流测量结果是满足要求的。该通过准则用下述方程表示:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{2\pi f_1}^{2\pi f_2} [I_{\text{威胁}}(\omega)e^{-i\omega t} + I_{\text{威胁}}^*(\omega)e^{i\omega t}] d\omega \leq 0.1, \text{对全部时间} \dots\dots\dots (C5)$$

式中: f_1 —为最低连续波浸没试验频率, Hz;

f_2 —为最高连续波浸没试验频率, Hz;

$$I_{\text{威胁}}(\omega) = \frac{I_{\text{内}}(\omega)}{[C \times B_{\text{照射}}(\omega)] \text{ 或 } E_{\text{照射}}} \times E_{\text{威胁}}(\omega),$$

式中: $I_{\text{内}}(\omega)$ —为在电磁屏障内的试验点上测到的电流, A;

$E_{\text{威胁}}(\omega)$ —为在给定频段内的早期威胁 HEMP 场, V/m-Hz;

$I_{\text{威胁}}^*(\omega)$ —为 $I_{\text{威胁}}(\omega)$ 的复共轭。

C15.3 干扰

当没有观察到对基本任务通信及指挥自动化电子设备或支授设备有干扰时, 则认为设施运行的功能监视是满足要求的。

C15.4 试验失败

未满足内场测试、内电流测试或干扰通过准则的任何失败应被认为具有 HEMP 易损性。应研究造成这种易损性的原因。如有可能, 应修改并重复连续波浸没试验程序。

附录 D

高空核电磁脉冲 (参考件)

D1 核电磁脉冲概述

核爆炸释放出大量的 γ 射线、X 射线、中子和其它放射性粒子。当这种 γ 射线和 X 射线以光速向外辐射时,与大气中的分子或其它介质相互作用产生的康普顿电流,激励出向外辐射的电磁脉冲,即核电磁脉冲。在本标准中所述的高空核电磁脉冲(HEMP),是指当爆炸高度在 30Km 以上时产生的核电磁脉冲。它除具有场强高、频带宽外,还具有作用范围广的特点。它对现代电子设施的威胁破坏作用应受到特别重视。

D2 典型高空核爆炸地面附近及地下电磁脉冲环境

D2.1 典型高空核爆炸地面附近电磁脉冲环境

HEMP 在地面附近可作平面波处理,其电场强度 $E(t)$ 和磁场强度 $H(t)$ 只差一个常数,即 $H(t) = E(t)/377 \text{ A/m}$ 。图 D1 给出了典型 $E(t)$ 、 $H(t)$ 峰值归一化波形。

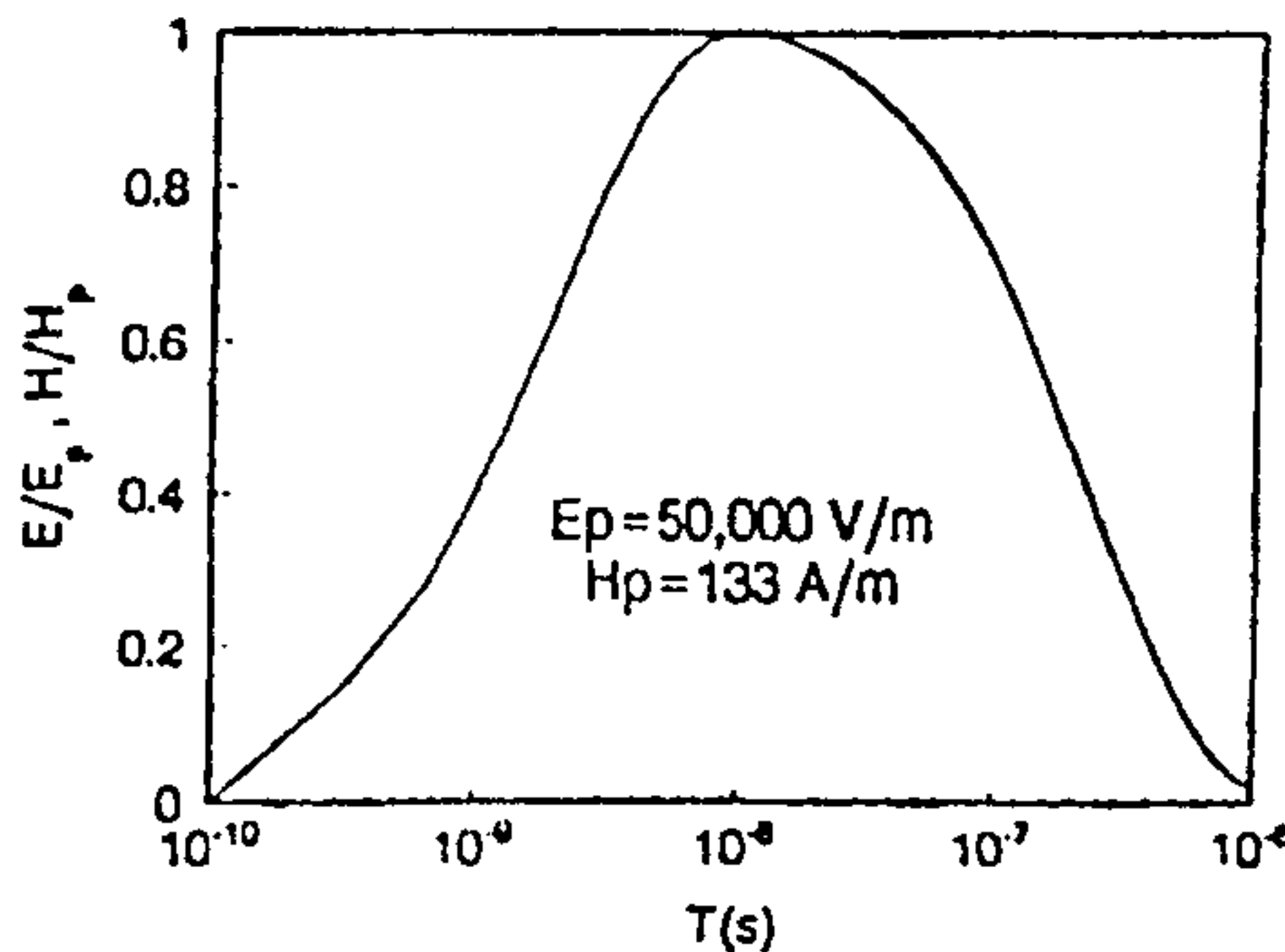


图 D1 典型 HEMP 归一化波形

图 D1 HEMP 归一化波形的电场表达式为:

$$E(t) = E_0 [e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}] (\text{V/m}) \dots\dots\dots (\text{D1})$$

式中: E_0 —电场常数(取值为 5.25×10^4), V/m;

α —衰减常数(取值为 4.0×10^6), 1/s;

β —衰减常数(取值为 4.76×10^8), 1/s;

注: α 取值 1.5~4, 1/s; β 取值 2.6~4.74, 1/s。

对图 D1 所示的 HEMP 波形作频谱分析, 得出的归一化频谱图, 见图 D2 所示。各频段占总能量的百分比见表 D1 及图 D3。

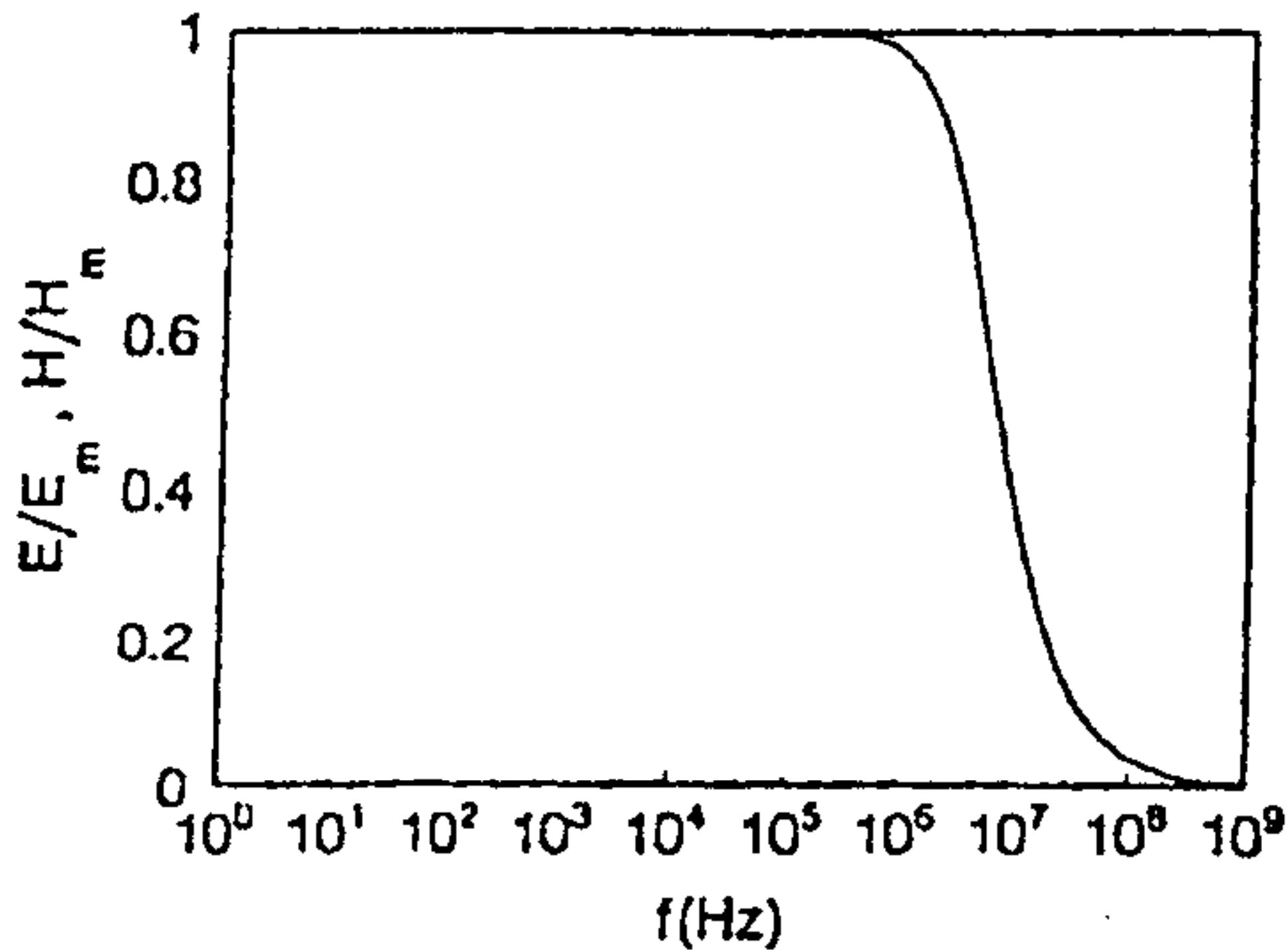


图 D2 HEMP 归一化频谱图

表 D1 HEMP 能量谱分布

频率 Hz	1~10	10~10 ²	10 ² ~10 ³	10 ³ ~10 ⁴	10 ⁴ ~10 ⁵
占总能量的 %	9.07×10^{-4}	9.07×10^{-3}	9.07×10^{-2}	9.07×10^{-1}	8.99
频率 Hz	10 ⁵ ~10 ⁶	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁷ ~10 ⁸	10 ⁸ ~10 ⁹	10 ⁹ ~10 ¹⁰
占总能量的 %	54.4	32.3	3.26	6.00×10^{-2}	8.07×10^{-5}

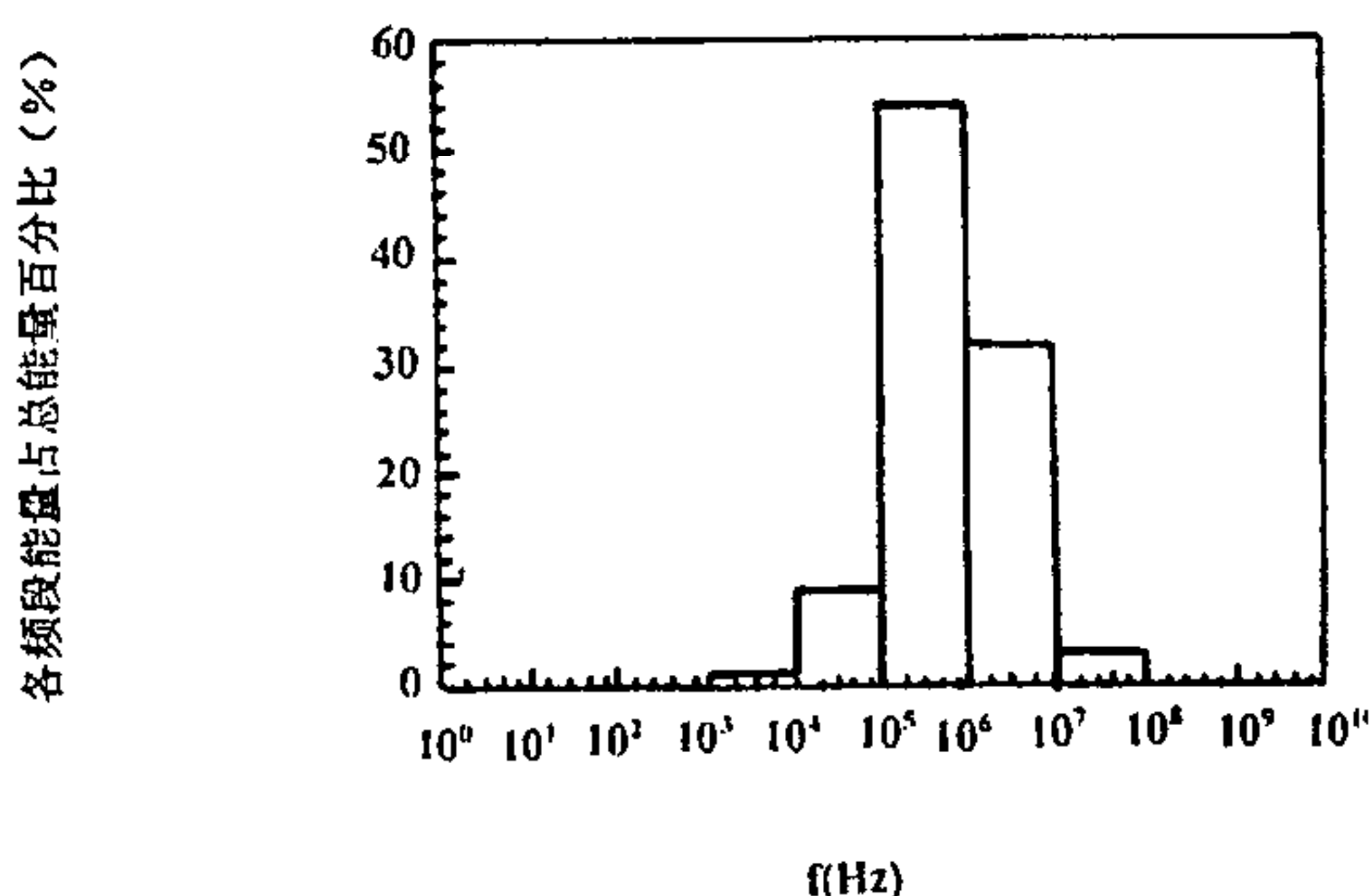


图 D3 HEMP 频谱中各频段能量比例图

D2.2 典型高空核爆炸地下电磁脉冲环境

通过对式 D1 进行 FFT 大量计算及对 HEMP 在地下的传播规律研究表明,当电磁脉冲从地面上方垂直入射时,各场量的峰值随深度的衰减量与斜入射相比要小些。所谓垂直入射,即电磁脉冲的入射方向与大地法线方向之间的夹角 $\theta=0^\circ$ 。参见图 D4。

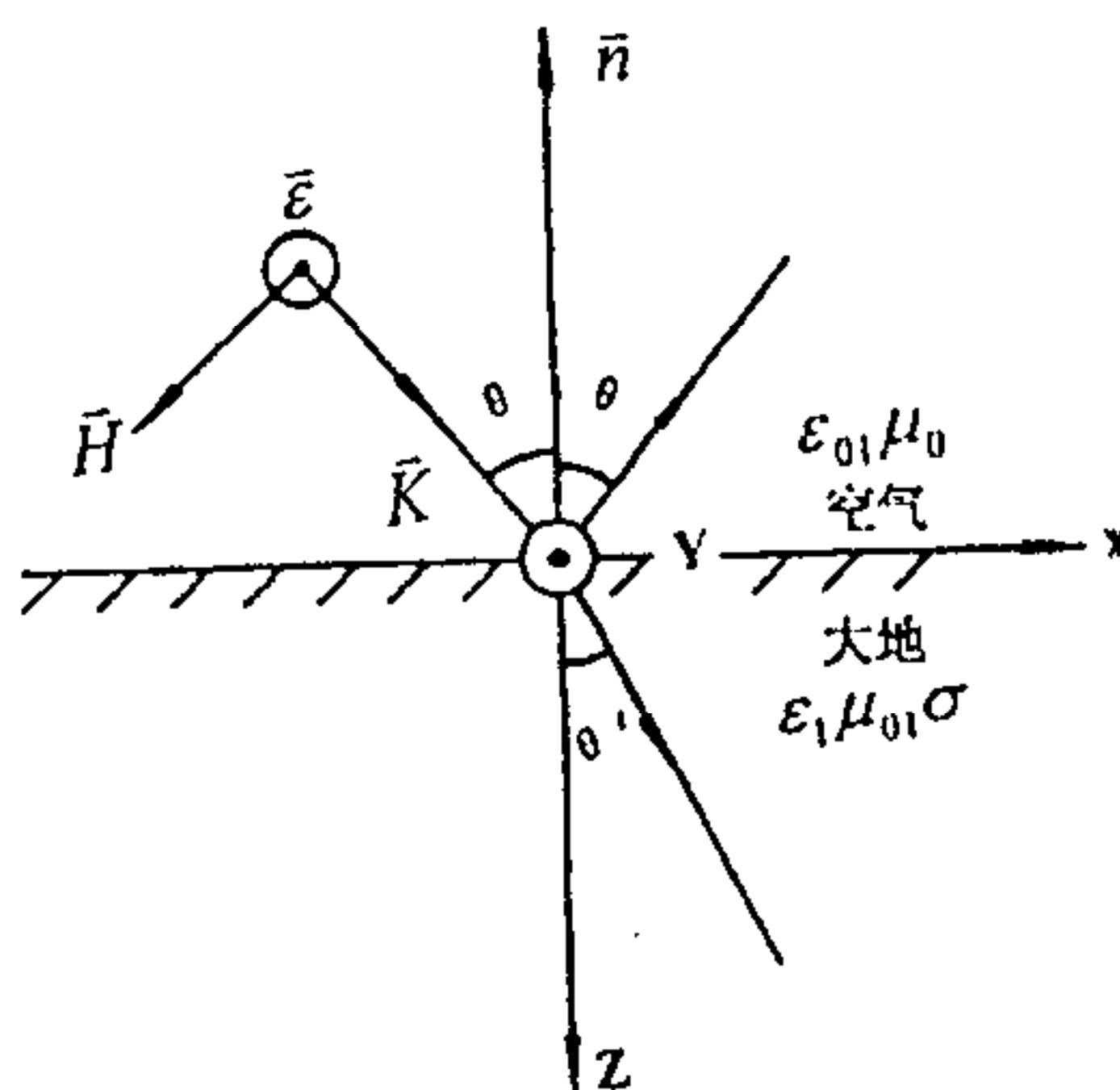


图 D4 平面波向地面斜入射

在进行对 HEMP 防护工程设计时,可按电磁波对沙质干土($\epsilon_r=5, \delta=10^{-3}\text{S/m}$)垂直入射时在地下的衰减规律来考虑。该条件下地下不同深度处的时域波形如图 D5、D6。电场

E'_y 和磁场 H'_x 的峰值、峰时及 90 % 以上的能量集中的频段随深度的变化情况列于表 D2、D3。这些图表中 E_{pk} 、 H_{pk} 为入射电场强度与磁场强度的峰值。

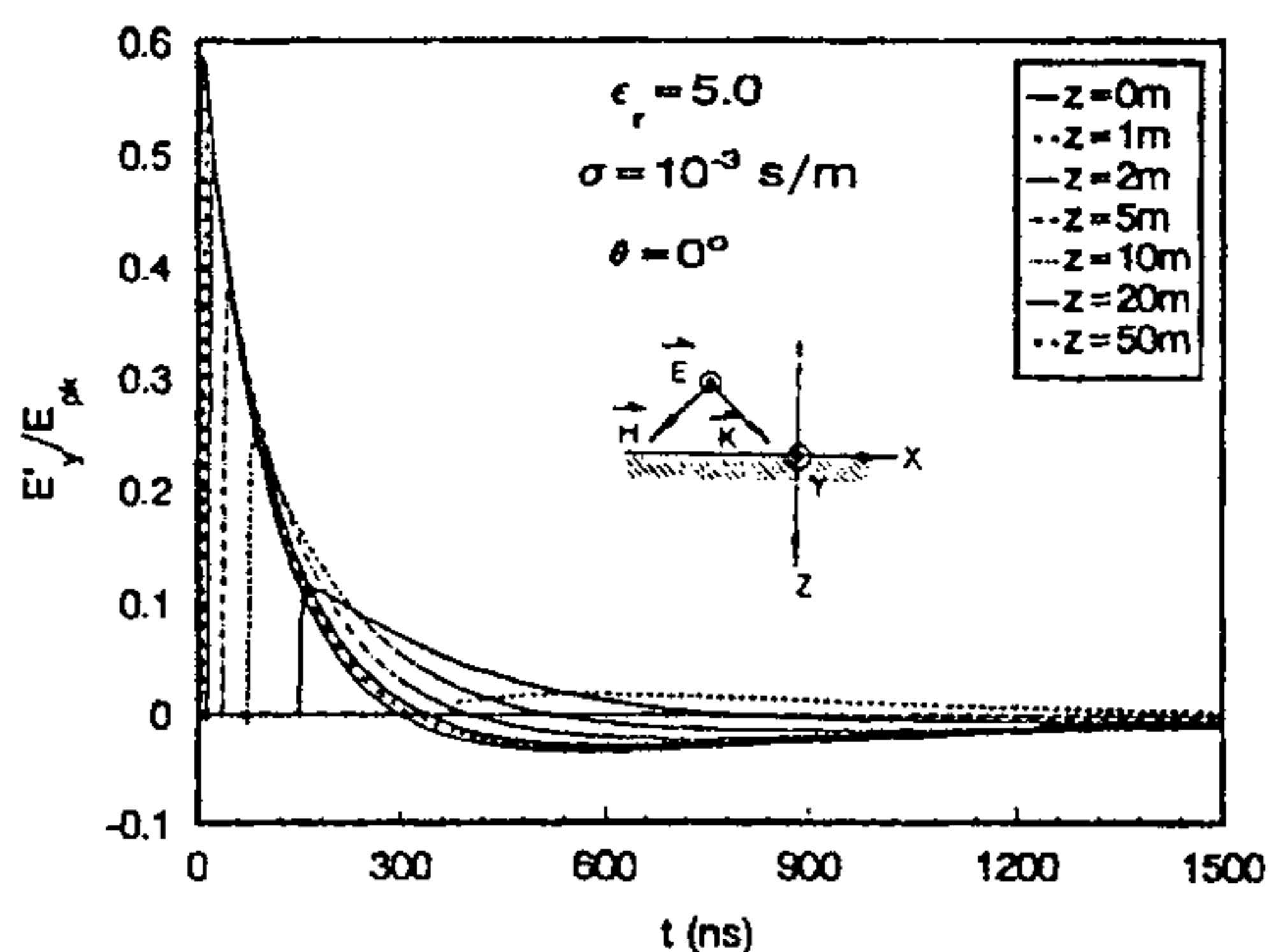


图 D5 HEMP 对沙质干土垂直入射时地下不同深度处 E'_y 的时域波形

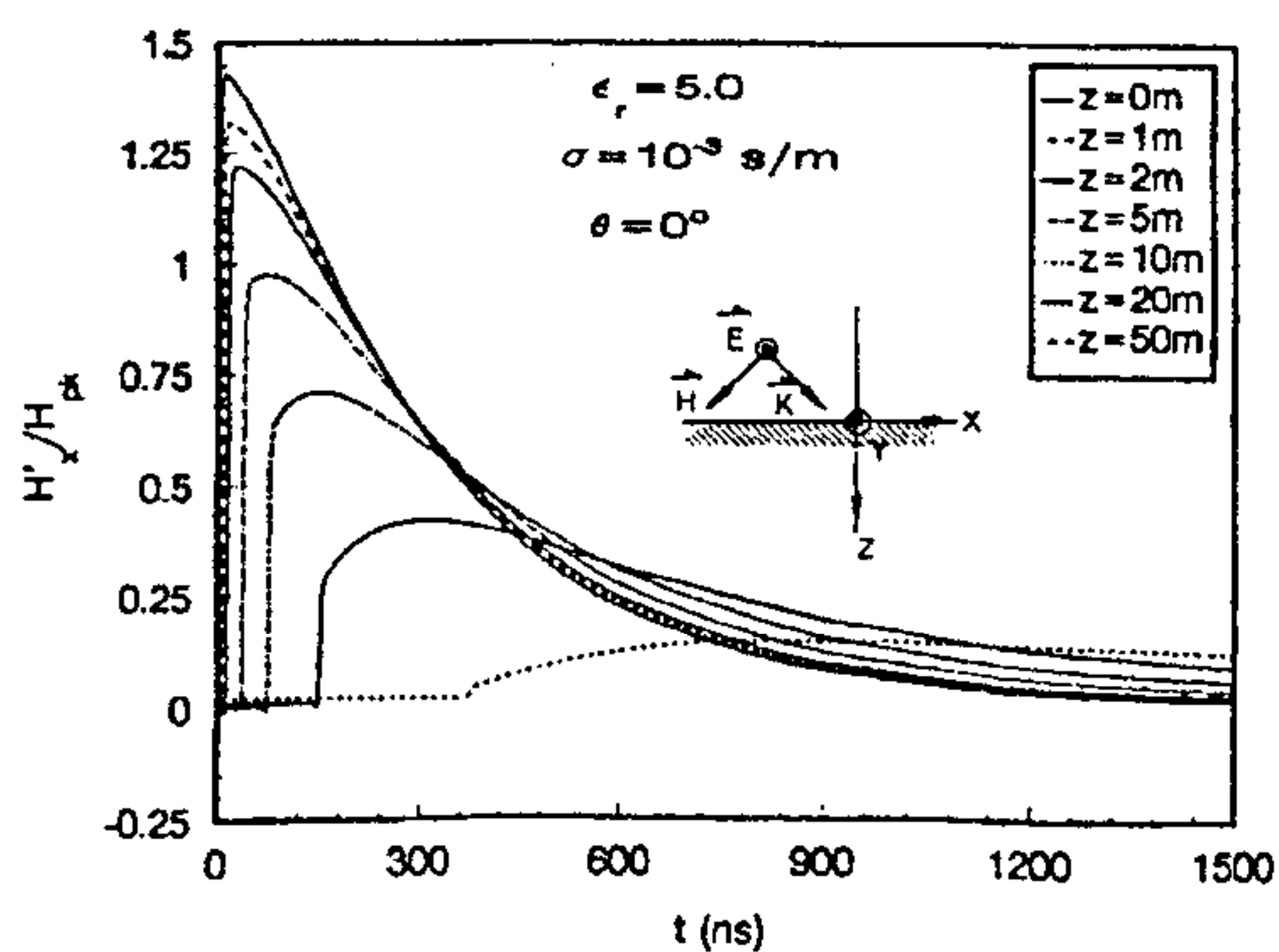


图 D6 HEMP 对沙质干土垂直入射时地下不同深度处 H'_x 的时域波形

表 D2 HEMP 对沙质干土($\epsilon_r=5, \delta=10^{-3}\text{S/m}$)垂直入射时
地下不同深度处各场量的峰值峰时

深度 m	Ey			Hx		
	峰值比		峰 时 ns	峰值比		峰 时 ns
	E'y/Epk	dB		H'x/Hpk	dB	
0	0.5854	-4.7	7.32	1.4280	3.1	12.20
1	0.5379	-5.4	14.64	1.3170	2.4	24.40
2	0.4957	-6.1	24.40	1.2190	1.7	29.28
5	0.3912	-8.2	46.36	0.9768	-0.2	75.64
10	0.2618	-11.6	82.96	0.7097	-3.0	151.30
20	0.1151	-18.8	161.04	0.4227	-7.5	317.20
50	0.0172	-35.3	570.96	0.1495	-16.5	897.92
100	2.408×10^{-3}	-52.4	1539.64	0.0706	-23.0	2361.92

表 D3 HEMP 对沙质干土($\epsilon_r=5, \delta=10^{-3}\text{S/m}$)垂直入射时
地下不同深度处 90 % 以上能量集中的频段

深度 m	90 % 以上电场能量 集中的频段 Hz	90 % 以上磁场能量 集中的频段 Hz	90 % 以上电磁场能量 集中的频段 Hz
0	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^7$
1	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^7$
2	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^7$
5	$10^6 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^7$
10	$10^6 \sim 10^7$	$10^4 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$
20	$10^5 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$
50	$10^4 \sim 10^6$	$10^3 \sim 10^5$	$10^3 \sim 10^5$
100	$10^4 \sim 10^6$	$10^3 \sim 10^5$	$10^3 \sim 10^5$

附加说明:

本标准由中国人民解放军总参谋部通信部提出。

本标准由中国人民解放军总参谋部第六十一研究所、工程兵工程学院、国防科工委、二十一基地研究所起草。

本标准主要起草人:苗俊岳、吴雷、王文祯、张嘉祥、周壁华、程开甲、陈雨生等。

中 华 人 民 共 和 国
国家军用标准
通信和指挥自动化地面设施对高空
核电磁脉冲的防护要求
GJB 3622-99

*

中国人民解放军总装备部军标出版发行部出版
版权专用 不得翻印

*

开本 787×1092 1/16 印张 $4\frac{1}{4}$ 字数 72.3 千字

1999 年 9 月第一版 1999 年 9 月第一次印刷

印数 1-300

*