

ICS 33.100

M 04



中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2347-2011

家用以及类似环境下各类电子产品 电磁照射评估和测量方法

Measurement methods for electromagnetic fields of household
appliances and similar apparatus with regard to human exposure

(IEC 62233: 2008, IDT)

2011-12-20 发布

2011-12-20 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目次

前 言.....II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语、术语和定义.....2

 3.1 物理量和单位.....2

 3.2 术语和定义.....2

4 测量方法的选择.....3

5 测量方法.....4

 5.1 电场.....4

 5.2 频率范围.....4

 5.3 测量距离、位置和工作模式.....4

 5.4 磁场传感器.....4

 5.5 磁场测量步骤.....4

 5.6 测量不确定度.....7

 5.7 测试报告.....7

6 符合性评定.....8

附录A（规范性附录） 磁通密度测量的测试条件.....9

附录B（资料性附录） 基本限值和参考限值.....14

附录C（规范性附录） 确定耦合因子.....16

附录D（资料性附录） 使用附录B限值的示例.....20

前 言

本标准运用翻译法等同采用IEC 62233: 2008《人体暴露于家用电器及相似电器电磁场的测量方法》。

本标准做了下列编辑性修改：

调整原标准的图和表的编号；

调整原标准的公式编号。

本标准是一项关于家用电器及类似电器的低频电磁场的测量方法的标准，而不是安全限值的标准。

附录B提供的限值仅用作参考。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：工业和信息化部电信研究院。

本标准主要起草人：齐殿元、孙 倩。

家用以及类似环境下各类电子产品电磁照射评估和测量方法

1 范围

本标准针对上至300GHz的电磁场,定义了家用电器及相似电器周围的电场强度和磁通量密度的评估方法,包括测试条件、距离以及位置。

电器可以包含马达、加热元件或其组合,也可以包含电力或电子电路,并且可以由电力主干线、电池或其他电源供电。

电器包括家用电器、电动工具和电子玩具,还包括那些不是作为正规家用但是公众或非专业人员又可能会常用到的电器。

本标准不适用于:

- 仅用于重工业的仪器;
- 建筑物固定电气装置某一部分的设备(如保险丝、断路器、线缆和开关);
- 无线电和电视信号接收器、音视频设备和电子音乐乐器;
- 医疗电子设备;
- 个人电脑和其他类似设备;
- 无线发射器;
- 交通专用的电子设备。

对于多功能设备,同时满足本标准和/或其他标准不同章节要求的场的评估方法,应该根据其相应的功能参照各标准各章节的条款予以评估。

对设备的异常操作不做任何考虑。

本标准包含用于评估人体照射的特定要素:

- 传感器的定义;
- 测量方法的定义;
- 待测设备工作模式的定义;
- 测试距离和位置的定义。

本标准中的测量方法适用于10Hz~400kHz。对于适用于本标准的设备,其频率高于400kHz和低于10Hz的部分无需测量,除非IEC 60335系列标准中有特殊要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB4706 系列 家用及类似用途电器安全

IEC 61786 与人体照射相关的低频电场和磁场的测量—测量仪器和指导的特殊要求

IEC 62311 与人体照射相关的电子和电气设备电磁场的评估(0Hz~300GHz)

CISPR 14-1 电磁兼容—家用电器、电子工具和相似设备的要求——第一部分:辐射

3 符号、术语和定义

下列符号、术语和定义适用于本文件。

3.1 物理量和单位

物理量	符 号	单 位	单位表示
导电率	σ	西门子每米	S/m
电流密度	J	安培每平方米	A/m ²
电场强度	E	伏特每米	V/m
频率	f	赫兹	Hz
磁场强度	H	安培每米	A/m
磁通量密度	B	特斯拉	T(Wb/m ² 或Vs/m ²)

3.2 术语和定义

3.2.1

基本限值 Basic Restriction

基于已确立的生物影响并包含一定的安全因子的暴露于时变电场、磁场和电磁场的限制条件。电流密度的基本限值条件是 J_{BR} ，内部电场强度的基本限制条件是 E_{BR} 。

3.2.2

参考限值 Reference Level

由基本限值得到的人体暴露时无不良反应的均匀场的磁场强度的均方根值。

3.2.3

测量距离 Measuring Distance

电器表面和传感器表面最近点之间的距离。

3.2.4

操作距离 Operator Distance

电器表面与操作者头部或躯干的最近点之间的距离。

3.2.5

热点 Hot Spot

由于场的不规则分布而导致的磁场高度局部化。

3.2.6

耦合因子 Coupling Factor

考虑到电器周围磁场的不规则分布和人体局部尺寸的因子。

3.2.7

响应时间 Response Time

场测量仪器放置在待测场中，其值达到最终值的某一明确百分比所用的时间。

3.2.8

加权结果W Weighted Result

考虑了频率相关参考限值的最终测量结果。

4 测量方法的选择

对于所有的设备（不受设备所产生场的频谱的影响），5.5.2中的测试步骤均适用。如遇争议，可采用这个参考方法。

5.5.3中的方法可适用于产生线状谱（由基频和谐波所组成）的设备。

对于只在工频和其谐波产生有效场的设备，可采用5.5.4中的方法。

工作周期少于1s的设备可以参照IEC 62311测量脉冲场，但是其操作条件、测量距离和耦合因子均应符合本标准。

图1是按照从简到繁的顺序选择测量方法的流程。

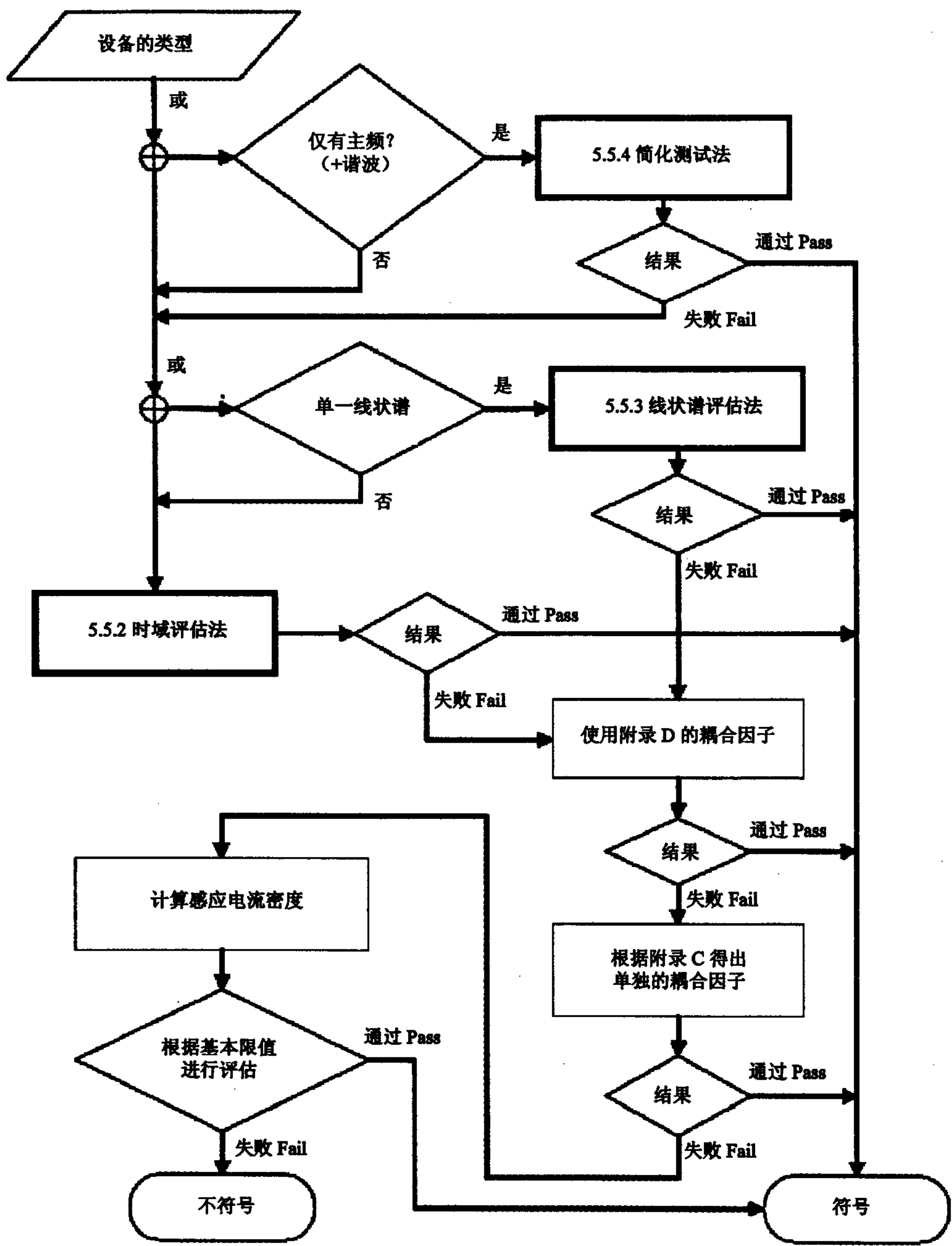


图1 测试方法的选择

5 测量方法

5.1 电场

测试方法待定。

如果电器的内部变压器或电路的工作电压低于 1000V, 那么可以认为电场是符合要求的, 不需要测试。

5.2 频率范围

频率范围从 10Hz 到 400kHz。

如果在一次测量当中不能覆盖上述频率范围, 应对每个测量频段的加权结果进行叠加。

5.3 测量距离、位置和工作模式

附录 A 规定了测量距离、传感器位置和工作条件。

在测试报告中应指明测试的配置和工作模式。

5.4 磁场传感器

在每个方向上, 磁通密度的测量值是 100cm^2 面积上的平均值。参考传感器由 3 个相互正交的同轴线圈组成, 其测量面积是 $100\text{cm}^2 \pm 5\text{cm}^2$, 并具有各向同性的灵敏度。参考传感器的外部直径不应超过 13cm。

如附录 C 所示, 使用测量面积为 $3\text{cm}^2 \pm 0.3\text{cm}^2$ 的各向同性传感器确定耦合因子。

注1: 也可以使用单一方向传感器(不是各向同性传感器), 并使用适当的叠加方法。

注2: 磁通密度的最终值是各方向测量值的矢量和, 这就确保了测量值与磁场矢量方向的无关性。

5.5 磁场测量步骤

5.5.1 概述

测试信号应根据频率进行评估。

忽略持续时间小于 200ms 的瞬时磁场, 例如开关瞬间。

如果在测量过程中有开关动作, 需重复进行测量。

测量仪器的最大噪声等级应该是限值的 5%。低于最大噪声等级的测量值都要忽略。

背景噪声等级要小于限值的 5%。

测量仪器达到最终值的 90% 的响应时间不能超过 1s。

通过使用 1s 的平均时间来确定磁通密度。

对于 10Hz~400kHz 的信号, 如果持续时间超过 1s, 可采用更短的采样周期。

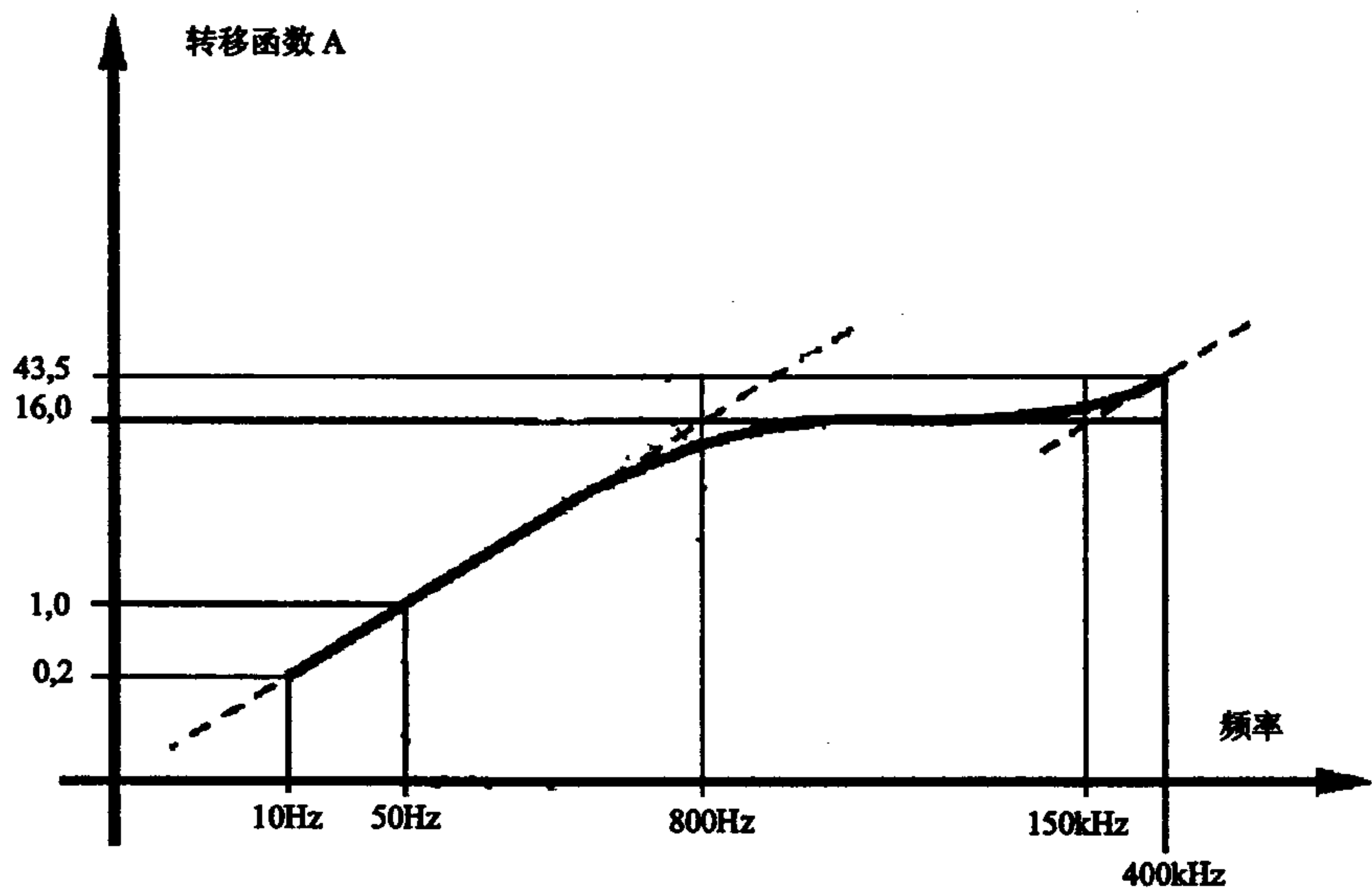
在最终的测试中, 传感器要保持固定不动。

5.5.2 时域评估法

时域评估法是在遇有质疑时的参考测试方法。

由于不受信号类型的影响, 所以可以进行磁通密度值的时域测量。对于具有许多频率分量的场, 就要考虑到与参考限值的频率相关性, 并以与参考限值成反比且表示为频率的函数的转移函数 A 来表示。

转移函数是通过一阶滤波器确立的, 其特性如图 2 所示。



注：两个轴都是对数坐标。

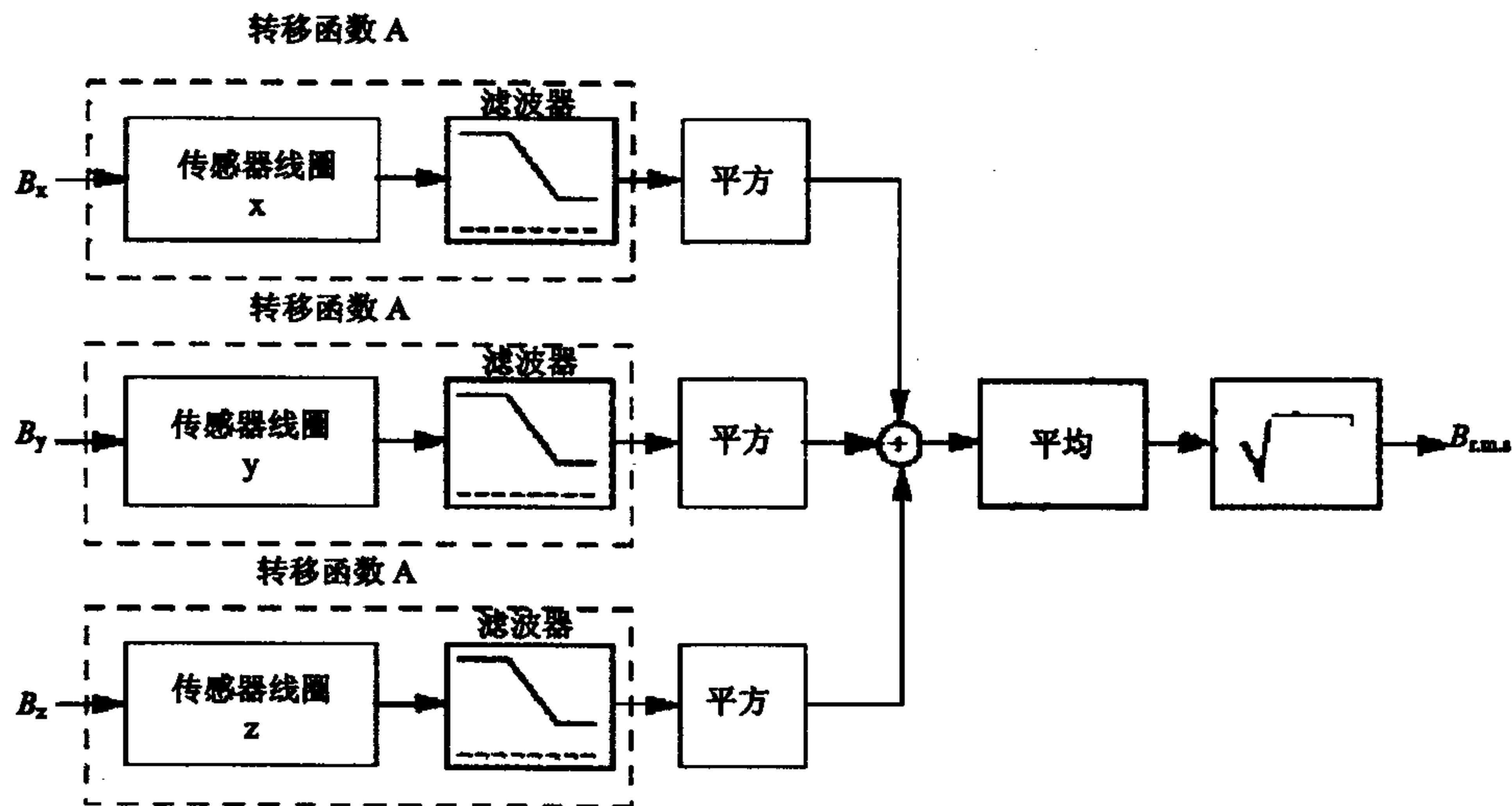
图2 转移函数

测量中要进行下列各项：

- 单独测量每个线圈信号；
- 通过转移函数对每个信号加权；
- 将加权信号平方；
- 将平方后的加权信号相加；
- 求得平均值；
- 求得平均值的平方根。

最后的结果就是磁通密度的加权均方根值。

测试步骤如图3所示。



注：转移函数可以不同的方式应用于时域信号，包括电路中的模拟滤波器、预编程的DSP芯片、信号分析仪、带有数据包的数字计算机运算、用户自定义编程。

图3 参考方法的图示

实际测量值应直接与 50Hz 处的磁通密度参考限值 B_{RL} 相比较。如果超出了参考限值，就要用附录 C 中耦合因子 $a_c(r_1)$ 进行重新计算。

可通过下式得到加权值：

$$W_n = \frac{B_{r.m.s}}{B_{RL}} \quad (1)$$

或者使用耦合因子 $a_c(r_1)$

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (2)$$

式中：

W_n 是测量的加权结果；

$B_{r.m.s}$ 是磁通密度的均方根；

B_{RL} 是 50Hz 处的磁通密度参考限值；

$a_c(r_1)$ 是根据附录 C 或表 D.3 确定的耦合因子；

W_{nc} 是考虑了非均匀场耦合的影响后对测试值应用耦合因子 $a_c(r_1)$ 得到的加权结果。

W 的值不能超过 1。

5.5.3 线性频谱评估法

此法适用于仅有线性频谱的情况，例如具有 50Hz 基础频率和一些谐波的磁场。

可以通过记录磁通密度的时间信号和利用傅立叶变换评估频谱的成分来在每一个相关频率下测量磁通密度。

测量步骤如下：

——单独测量每个线圈信号 (x, y, z) ；

——将信号积分求得与 $B(t)$ 成正比的值；

——对每个线圈信号进行离散傅立叶变换来得到估计的离散幅值谱 $B(i)$ ，表征在离散频率 $f(i) = i/T0$ ($T0$ = 观察时间) 处的 r.m.s 值；

——通过在频率 $f(j)$ 处内插离散谱 $B(i)$ 得出 $B(j)$ 的局部最大值；

——对每个离散谱线 $B(j)$ 进行三个方向的矢量加法。

$$B(j) = \sqrt{B_x^2(j) + B_y^2(j) + B_z^2(j)} \quad (3)$$

注：上述算法的最后两步可用 $B(i)$ 替换的 $B(j)$ 来使用式(3)

为了将测量值与限值进行比较，应使用参考等级 $B_{RL}(j)$ 。对于具有高度局域场的设备，可以使用附录 C 中耦合因子 $a_c(r_1)$ 。对于具有不同频率比例的场，很有必要进行频率加权求和的计算。

通过下式可得到加权值：

$$W_n = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\frac{B(j)}{B_{RL}(j)} \right)^2} \quad (4)$$

或者使用耦合因子 $a_c(r_1)$ ：

$$W_{nc} = a_c(r_1) \cdot W_n \quad (5)$$

注：耦合因子可以与频率无关，参见附录 C。

式中：

W_n 是一次测量的加权结果；

W_{nc} 是使用耦合因子 $a_c(r_1)$ 将非均匀场耦合考虑在内的一次测量的加权结果；

$B(j)$ 是待测频谱 j 次阶频线的磁通密度；

$B_{RL}(j)$ 是 j 次阶频率的磁通密度参考等级；

$a_c(r_1)$ 是根据附录C或表D.3的耦合因子；

n 是相关（谐波）频率的数目。

W 的值不能超过1。

注：纯粹的求和计算往往会导致暴露的过分评估，对于由更高频率的谐波分量或噪声组成宽频场来说，基于求和公式的局限性就显得非常保守，这是因为幅值并不在同一相位上。采用大多数的设备都是无法测量相对相位的（如使用频谱分析仪），但是频率分量的rms和值还是可以保障的。这样通常会比完全忽略相位而得出更现实的结果。

5.5.4 简化测试法

对设计时仅在工频及其谐波上产生磁场的电器可仅在低于 2kHz 的频率范围内测量。

满足下列条件的电器可认为满足这一要求：

——电流（包括谐波电流）产生的磁场是已知的；

——所有高于工频幅值 10% 的谐波电流在整个频率范围内是递减的；

——在工频处测得的磁通密度小于工频参考限值的 50%；

——磁通密度是在频率范围内的宽带测量过程中测得的（工频是压缩的），且其值小于工频参考限值的 15%。

注：压缩主频的一个较为适当的方法是使用有源陷波滤波器。如果条件不满足的话，可以根据推荐的参考方法采用其他的测量方法。

对设计时以工频为主，且仅产生微弱磁场的电器，当下列条件都满足时可认为其符合本标准的要求：

——电流（包括谐波电流）产生的场是已知的；

——所有高于工频幅值 10% 的谐波电流在频率范围内是递减的；

——在整个频率范围内测得的磁通密度小于工频参考限值的 30%。

5.6 测量不确定度

整体测量不确定度的最大值不应超过限值的25%，可参照IEC61786对不确定度进行评估。

注：整体的测量不确定度一般包括以下各方面：传感器位置、操作条件、背景噪声或超过测量仪器动态范围的信号。

当测试结果有必要与限值进行比较时，测量不确定度要按照下列要求实施：

——为确定设备是否产生低于限值的场，要将测试结果加上测量不确定度之后的和值与限值相比；

——为确定设备是否产生高于限值的场，要将测试结果减去测量不确定度之后的差值与限值相比。

注：适用于以市场监管为目的的监管机构。

5.7 测试报告

测试报告应该至少包括下列各项：

——电器的产品标识；

——测量仪器的规格；

——工作模式、测量位置和测量距离（附录 A 中已有明确规定的除外）；

——额定电压和频率；

- 测量方法；
- 测量最大值，带有耦合因子的加权值（如果适用的话）；
- 测量不确定度（如果测量结果高于限值 75%）。

6 符合性评定

满足下列要求时即可认为满足本标准的要求：

- 考虑了不确定度（见 5.6）的测量值没有超过参考限值；或
- 测量值超过了参考限值，但引入耦合因子后满足基本限值（可参照附录 C 确定特定设备的相应耦合因子 $a_c(r_1)$ ）；或
- 引入耦合因子后，测量值仍然超过了参考限值，但这时未必超出基本限值，要通过计算方法来判断是否满足基本限值。

注：对于计算方法可参见IEC 62226。

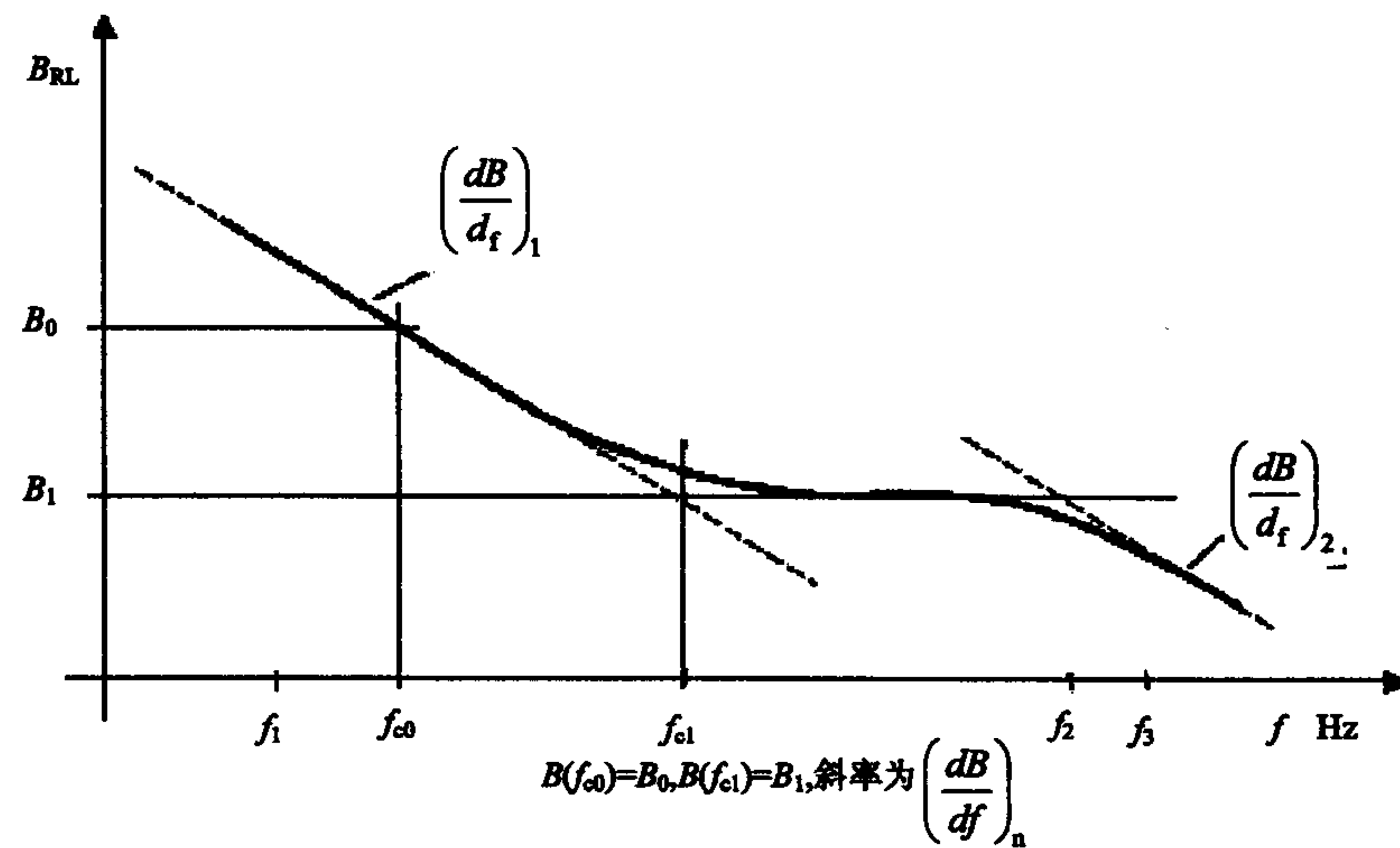
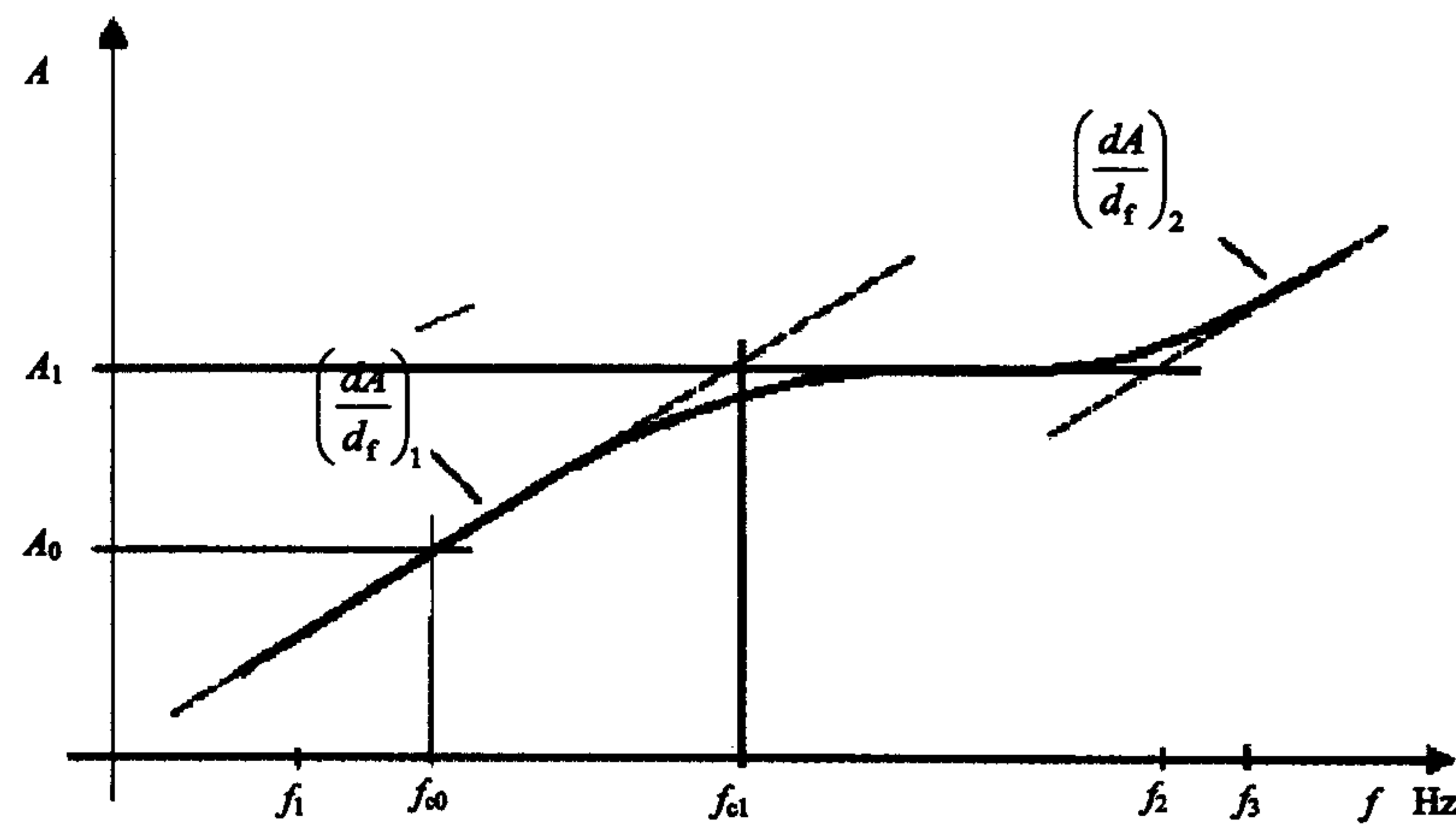


图4 取决于频率的参考限值的示例（带有平滑边缘）



$$A(f_{c0})=A_0=\left(\frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_0}\right)=1; A(f_{c1})=A_1=\left(\frac{B_{RL}(f_{c0})}{B_1}\right)\left(\frac{dA}{df}\right)_n=\left[\left(\frac{dB}{df}\right)_n\right]^{-1}$$

图5 相应于图 4 参考等级的转换方程 A 的示例

附录 A

(规范性附录)

磁通密度测量的测试条件

A.1 概述

将待测设备根据正常使用时的状态进行定位，根据表 A.1 中的测试条件进行测量。

A.1.1 工作条件（如果在表A.1中没有明确给出的）

a) 设定最大值；

b) 根据 CISPR 14-1 系列标准中的工作条件执行，如果可能的话不加负载。

应考虑到制造商的关于短时操作的说明书。

在测试之前，对设备的试运行时间虽然不做规定，但是设备宜运行足够长的时间以确保其处于正常使用过程中的典型工作条件。

设备应按照其正常使用时的状态进行操作，供电电源的额定电压和额定频率变化范围不超过 $\pm 2\%$ 。

如果电压和/或频率给出的是一个范围，那么电源的电压和/或频率应是其所使用国家和地区的标准电压和/或频率。

将设备的控制条件设置为最高配置，但是还要在预期使用的位置进行预置，待设备通电后进行测量。

测试时的环境温度应为 $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

A.1.2 测量距离（如果在表A.1中没有明确给出的）

a) 被测设备与人体相关部位接触时：0cm。

b) 其他设备：30cm。

A.1.3 传感器定位（如果在表A.1中没有明确给出的）

a) 被测设备与人体相关部位接触时：（接触面）面向使用者。

b) 不可移动的大型设备：（操作面）朝前并且使用者可以接触其他面（见图 A.1）。

c) 其他设备：在周围（见图 A.2）。

A.2 特定电器的测量距离、传感器定位和操作条件

A.2.1 多功能设备

同时满足本标准不同章节要求的多功能设备，在不需要对设备进行内部修改的前提下，应在其每种功能状态下进行单独测量。

对于不能单独测量其每种功能的设备，或者某一特殊功能会导致设备不能执行其最主要功能的设备，在测试过程中设备应工作在最少数量的功能下。

A.2.2 电池供电的设备

如果电器可以外接电源，那么应测量其每种可能的状态。当使用电池供电时，测试之前应将电池充满电。

A.2.3 测量距离和传感器定位

表 A.1 中的测量距离是基于正常操作过程中使用者所期望的位置而定义的，以保护人体头部的中枢神经系统组织和躯干。

表 1 测试距离、传感器定位、操作条件和耦合因子

电器类型	测试距离 r_1 (cm)	传感器定位	工作条件	耦合因子 $a_c(r_1)$ $\sigma=0.1\text{S/m}$ 8Hz~800Hz ^a
表中未涉及的电器	操作距离	所有表面	按照 EN55014-1 相关部分的要求	见附录 C
空气清洁器	30	所有表面	连续	0.17
空调	30	周围	连续。制冷时设置为最低温度，加热时设置为最高温度	0.18
电池充电器	30	所有表面	给未充电的电池充电，且电池要具备制造商规定的最大容量	0.15
电热毯	0	上表面	展开并平置于热绝缘板上	0.19
搅拌机	30	周围	连续，无负载	0.16
柑橘压榨机	30	周围	连续，无负载	0.15
钟表	30	周围	连续	0.15
咖啡机	30	周围	参照 EN 60335-2-15 的 3.1.9 的要求	0.16
咖啡研磨机	30	所有表面	参 EN60335-2-14 的 3.1.9.108 的要求	0.15
对流式暖气	30	周围	最大输出	0.20
深油炸锅	30	周围	参照 EN60335-2-13 的 3.1.9 的要求	0.16
电动洗牙器	0	所有表面	参照 EN60335-2-52 的 3.1.9 的要求	0.19
脱毛机	0	逆着刀具面	连续，无负载	0.30
洗碗机	30	上表面，前表面	在清洗和干燥模式下无碗盘	0.18
蒸蛋器	30	周围	参照 EN60335-2-15 的 3.1.9 的要求	0.15
轨道装置中的电力电子控制装置	30	所有表面	连续	0.17
面部桑拿器	10	上表面	连续	0.12
电风扇	30	前表面	连续	0.16
鼓风式暖气	30	前表面	连续，最高加热状态	0.16
地板磨光机	30	所有表面	连续，且磨光刷上无任何机械负载	0.19
食品处理机	30	周围	连续无负载，最高速度	0.17
食品加热柜	30	前表面	连续无负载，最高速度	0.15
暖脚器	30	上表面	连续无负载，最高加热状态	0.15
壁挂式煤气加热设备	30	前表面、左侧面、右侧面	连续，使用泵操作的最高加热状态	0.16
地面直立式煤气加热设备	30	前表面、左侧面、右侧面	连续，使用泵操作的最高加热状态	0.20
煤气点火器	30	所有表面	连续	0.15
烤架	30	周围	连续无负载，最高加热状态	0.16
理发电推子	0	逆着刀具面	连续无负载	0.30
吹风机	10	所有表面	连续，最高加热状态	0.12
加热泵	30	周围	连续，制冷时设置为最低温度，加热时设置为最高温度	0.17
电热垫	30	上表面	展开并置于绝热板上	0.15
电热毯	0	上表面	展开并置于绝热板上	0.14
滚刀	30	上表面，前表面	参照 EN60335-2-6 的 3.1.9 的要求，但是要在最高配置下且每一个加热单元要单独加热	0.18

表 1（续）

电器类型	测试距离 r_1 (cm)	传感器定位	工作条件	耦合因子 $a_c(r_1)$ $\sigma=0.1\text{S/m}$ 8Hz~800Hz ^a
扁平烤盘	30	周围	参照 EN60335-2-9 的 3.1.9 的要求，但是在最高配置下且每一个加热单元要单独加热	0.17
冰激凌机	30	周围	连续无负载，最低温度设置	0.18
浸没式加热器	30	周围	加热部分完全浸入	0.16
感应滚刀和扁平烤盘	参见 A.3.1	参见 A.3.1	参见 A.3.2	
电熨斗	30	所有表面	参照 EN60335-2-3 的 3.1.9 的要求	0.15
熨平器	30	所有表面	参照 EN60335-2-44 的 3.1.9 的要求	0.19
榨汁机	30	周围	连续无负载	0.17
电水壶	30	周围	装入半壶水	0.17
厨房量具	30	周围	连续无负载	0.14
刀具	30	所有表面	连续无负载	0.16
按摩器	0	逆着按摩头的方向	连续无负载，最高速度	0.21
微波炉	30	上表面，前表面	最高微波功率下连续。如果可以的话，常用的加热部件要在最高设置下同时加热。负载是放置在架子中央的 1 升自来水。盛水的容器由玻璃或塑料等非导电材料制成	0.17
搅拌机	30	所有表面	连续无负载，最高速度	0.16
电热油汀	30	周围	连续，最高加热状态	0.20
烤箱	30	上表面，前表面	烤箱内空置且关闭烤箱门，调温装置在最高设置下，同时还要设置为使用说明书中的清洁模式（如果有的话）	0.20
多功能炉灶	30	上表面，前表面	每个功能分开操作	0.20
抽油烟机	30	底面，前表面	在最高设置下	0.19
冰箱	30	上表面，前面	连续，且关闭冰箱门。调温装置调至最低温度状态。冰箱空置。测量应在刚稳定，但所有间隔箱内都已制冷的状态下进行	0.18
电饭锅	30	周围	盛入半锅水，不盖锅盖，最大加热状态	0.16
剃须刀	0	逆着刀具面	连续无负载	0.30
切片机	30	所有面	连续无负载，最高速度	0.17
日光浴室				
—接触身体的部分	0	周围	连续，最高设置	0.18
—其他的部分	30	周围	连续，最高设置	0.20
打孔机	30	上表面，前表面	连续无负载	0.18
电蓄热器	30	周围	连续，最大加热状态	0.20
沏茶机	30	周围	连续无负载	0.16
烤面包机	30	周围	无负载，最大加热状态	0.16
手动式工具	30	周围，除非相同的一边总是朝向使用者	无负载，最高速度	0.15
手持式工具	30	周围，除非相同的一边总是朝向使用者	无负载，最高速度。非连续操作的工具（如：电动钉书机）：以具有最大影响的状态进行操作	0.15
带有加热部件的工具	30	周围，除非有同一边总是朝向使用者	最温度状态。胶棒要放在胶枪的工作位置	0.15

表 1 (续)

电器类型	测试距离 r_1 (cm)	传感器定位	工作条件	耦合因子 $a_c(r_1)$ $\sigma=0.1\text{S/m}$ $8\text{Hz}\sim 800\text{Hz}^a$
便携式工具	30	上表面和朝向使用者的一边	无负载, 最高速度	0.16
滚筒式烘干机	30	上表面, 前表面	滚筒内装入纺织物, 保持烘干状态 50%负载。所装入得纺织物为预先清洗过的镶双边干燥棉质床单, 且尺寸为 $0.7\text{m}\times 0.7\text{m}$, 质量在 140g/cm^2 和 175g/cm^2 之间。将纺织物的 60% 浸湿	0.18
吸尘器 (手持式)	30	所有面	参照 EN60335-2-2 的 3.1.9 的要求	0.16
吸尘器 (托拽式)	0	所有面	参照 EN60335-2-2 的 3.1.9 的要求	0.13
吸尘器 (其它类)	30	周围	按照 EN60335-2-2 的 3.1.9	0.16
可烘干式洗衣机	30	上表面, 前表面	没有纺织物, 但在盛放纺织物的最高速状态	0.18
水浴式加热器	10	上表面	展开并置于绝热板上	0.14
热水器	30	周围	在最高配置下进行控制, 有必要的话水应是流动的	0.17
涡流式浴缸				
—内部	0	周围	连续	0.18
—外部	30	周围	连续	0.20

^a 最坏情况的耦合因子已经计算到上至 800Hz, 对于基本操作频率高于 800Hz 和低于 150Hz 的设备, 耦合因子是 $a_c(r_1) \times 1.25$

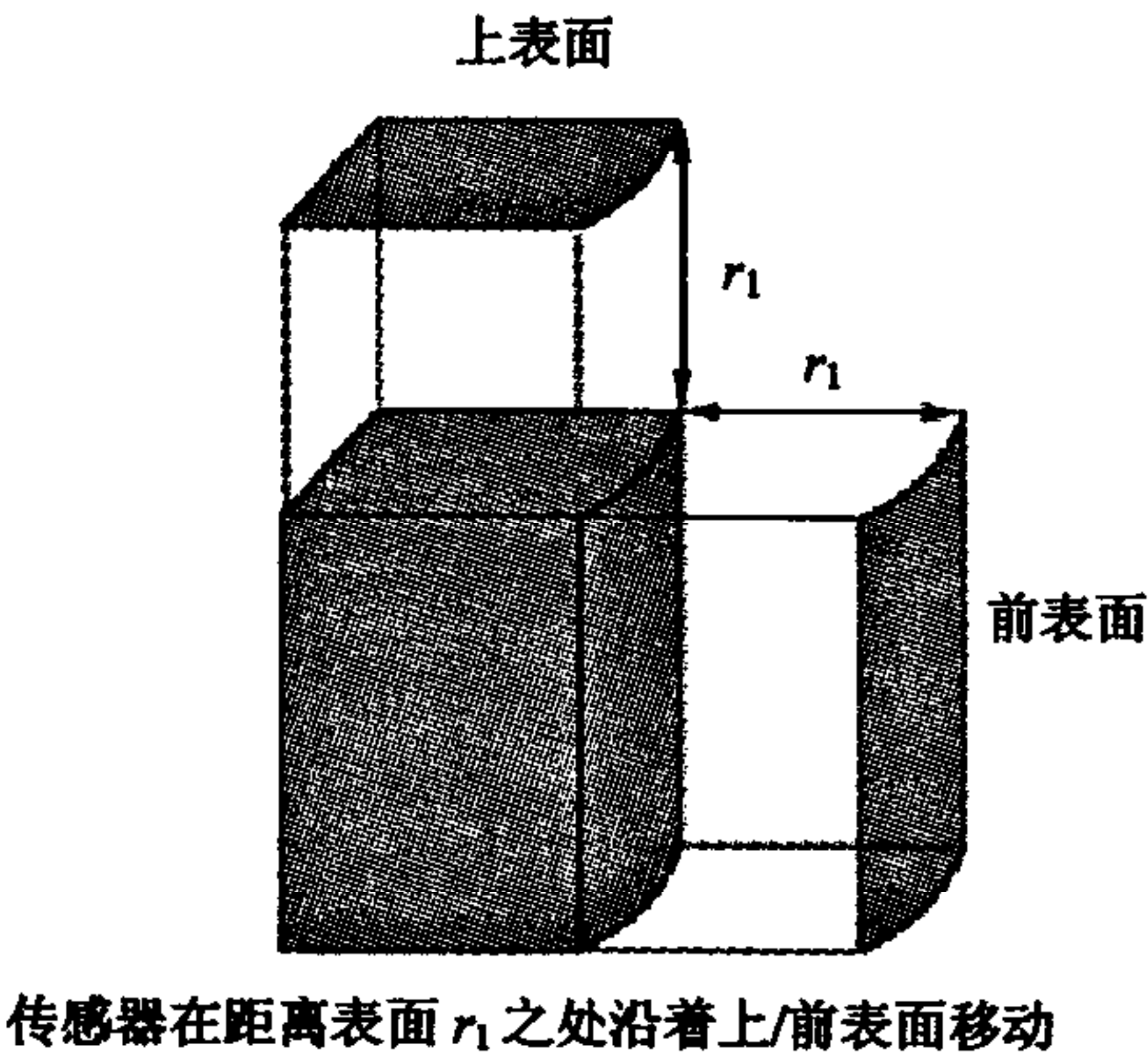


图 A.1 测量位置：上表面/前表面

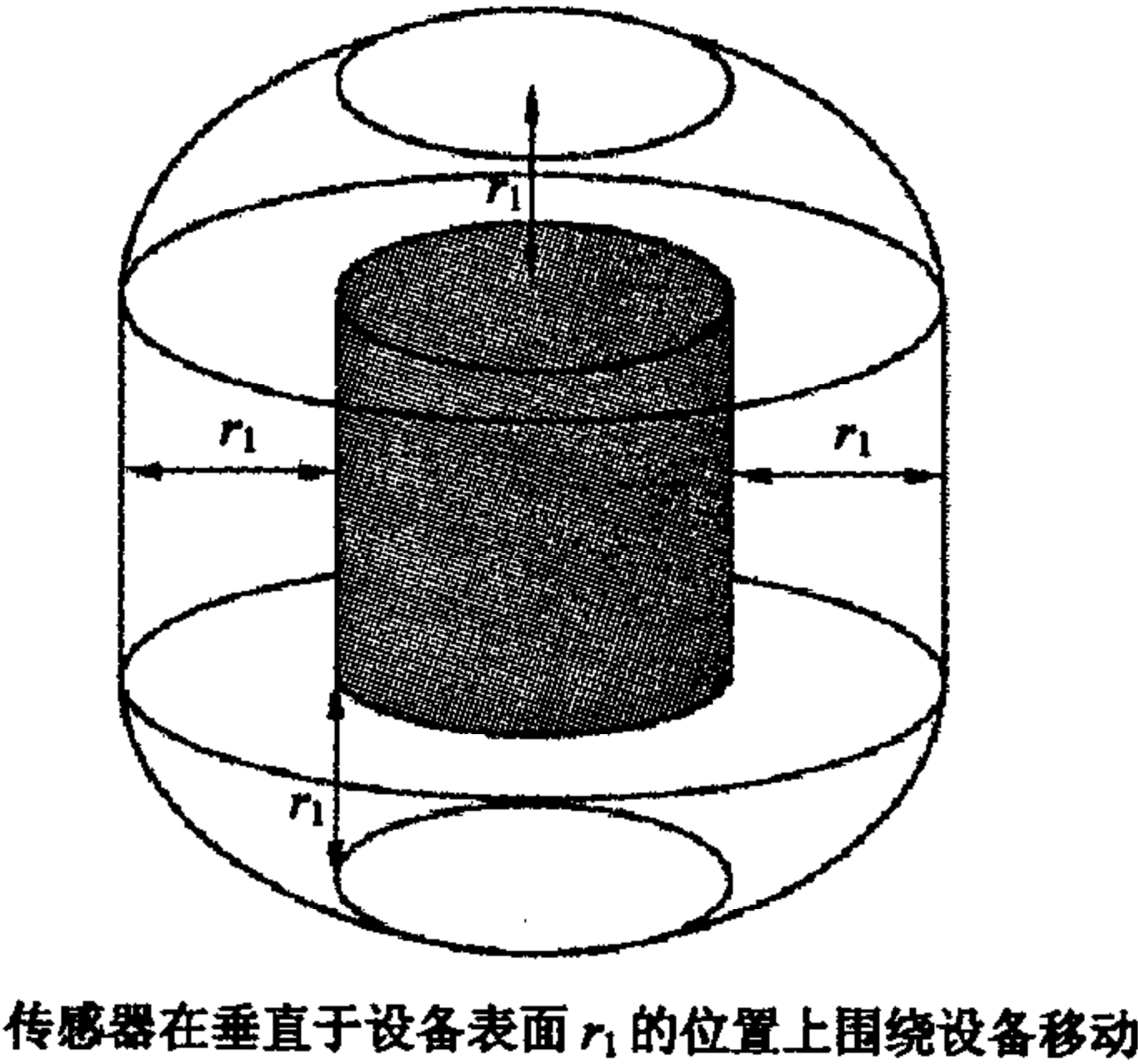


图 A.2 测量位置：周围

A.3 感应炉架和烤盘的测试条件

A.3.1 测试距离

在炉灶区域内，传感器要沿着距离其边缘30cm处的4条垂线(线A,B,C,D)进行测试(见图A.3)。测试距离最大值是超过炉灶区域1m，最小值是小于炉灶区域0.5m。不要在电器后面(线D)进行测试，除非电器是在靠墙放置时使用的。

A.3.2 操作条件

在漆包钢制器皿中盛入 50%容积的自来水，并放置于待测加热区域的中心。

所用的最小器皿是使用说明中所推荐的。如果没有提供任何推荐，那么所用的最小标准器皿就应该能够覆盖整个炉灶区域，其底部直径可以是 110mm、145mm、180mm、210mm 和 300mm。

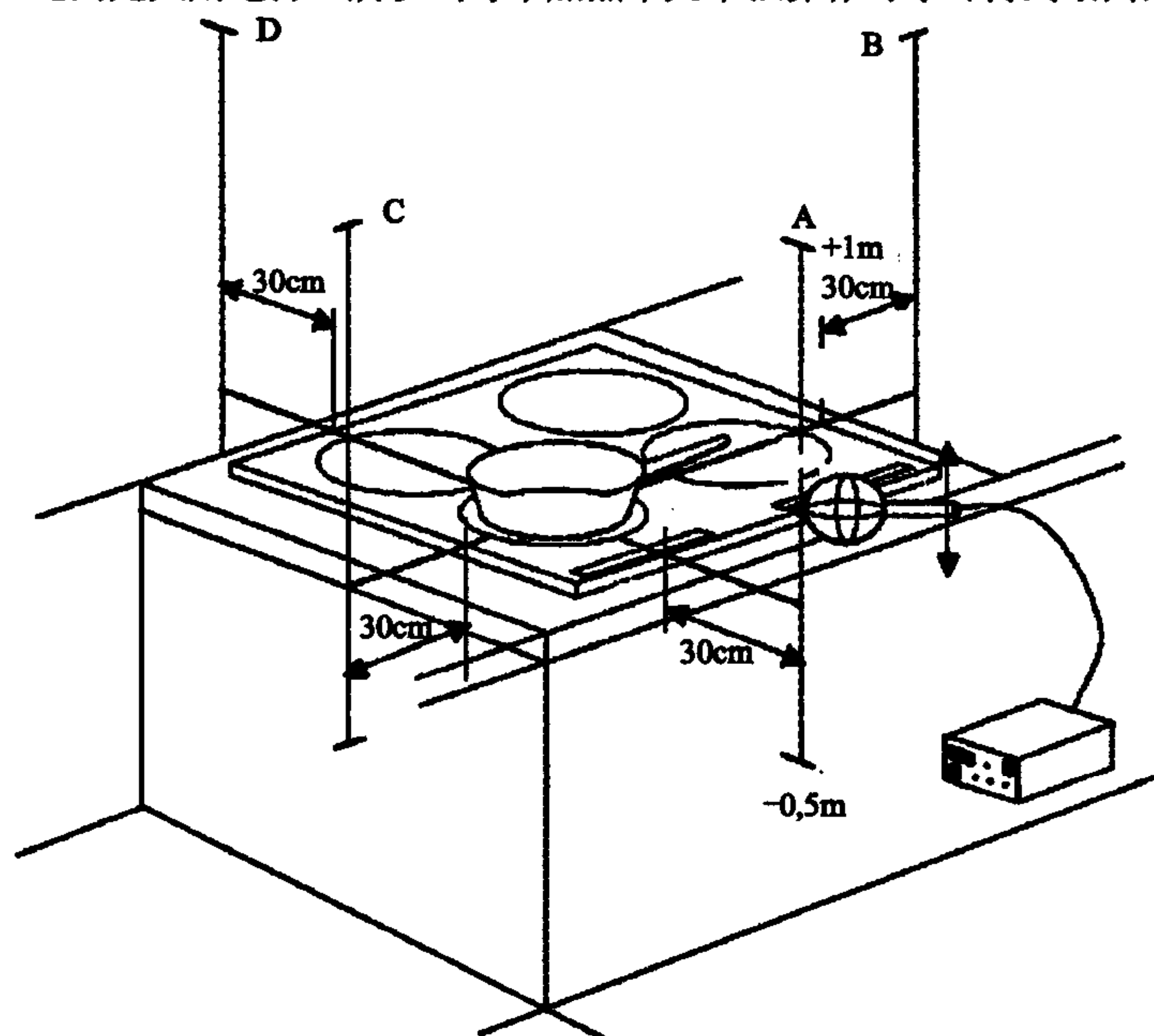
需在最大功率下依次使用每个感应加热单元，不要涵盖其它的炉灶区域。将能量控制器设为最大状态。

待操作状态稳定后方可进行测量。

注：稳定状态为水烧开以后并且磁场或电源也是稳定的时候。

如果不能达到稳定状态，那么就要明确变动场源到达最大值的适当观察时间(如 30s)。

注：由于感应加热单元之间是共用电源，所以当每个加热单元单独操作时才可得最高的且连续的磁场。



注1：线 A,B,C,D 表征了测量的位置。

注2：图中表示出了一个使用过程中的 4 区域炉架的左手方感应加热部件的前端。

图 A.3 感应炉架和烤盘的测量距离

附录 B
(资料性附录)
基本限值和参考限值

B.1 1999/519/EC所用到的基本限值和参考限值

表 B.1 电场、磁场和电磁场的基本限值 (0Hz~300GHz)

频率范围	磁通密度 mT	电流密度 mA/m ² r.m.s	全身平均 SAR W/Kg	局部 SAR (头部和躯干) W/Kg	局部 SAR (四肢) W/Kg	功率密度 S W/m ²
0Hz	40					
>0~1Hz		8				
1Hz~4Hz		8/f				
4Hz~1000Hz		2				
1000Hz~100kHz		f/500				
100kHz~10MHz		f/500	0.08	2	4	
10MHz~10GHz			0.08	2	4	
10~300GHz						10
f为以Hz为单位的频率						

表 B.2 电场、磁场和电磁场的参考限值 (0Hz~300GHz, 无扰 r.m.s 值)

频率范围	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	磁通密度 μT	等效平面波功率密度 S _{eq} W/m ²
0 Hz~1 Hz	-	3.2×10 ⁴	4×10 ⁴	-
1 Hz~8 Hz	10000	3.2×10 ⁴ /f ²	4×10 ⁴ /f ²	-
8 Hz~25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-
0.025 kHz~0.8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0.8 kHz~3 kHz	250/f	5	6.25	-
3 kHz~150 kHz	87	5	6.25	-
0.15MHz~1 MHz	87	0.73/f	0.92/f	-
1 MHz~10 MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	0.92/f	-
10 MHz~400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 MHz~2000 MHz	1375f ^{1/2}	0.0037f ^{1/2}	0.0046f ^{1/2}	f/200
2 GHz~300 GHz	61	0.16	0.20	10
注: f单位为相应频率栏中的单位				
注: 对暴露于电磁场中的工作者进行保护时不可使用上面的限值				

B.2 IEEE C95.6-2002 限值

表 B.3 适用于上至 3kHz，人体不同部位的普通公众暴露基本限值

暴露组织	f_c Hz	E_o V/m-r.m.s
头部	20	5.89×10^{-3}
心脏	167	0.943
手、手腕、脚、脚踝	3350	2.10
其他组织	3350	0.701
$E_i = E_o (f \leq f_c)$ $E_i = E_o (f/f_c) (f \geq f_c)$ 除了所列出的限值之外，头部和躯干暴露于10Hz以下的磁场时，对于普通公众来说限值为167mT的峰值，对于可控环境来说为500mT		

表 B.4 普通公众头部和躯干的磁场暴露限值

频率范围 Hz	B mT-r.m.s	H A/m-r.m.s
<0.153	118	9.39×10^4
0.153~20	$18.1/f$	$1.44 \times 10^{4/f}$
20~759	0.904	719
759~3000	$687/f$	$5.47 \times 10^{5/f}$
3000~100kHz		164
3kHz以上的限值与3kHz以上的IEEE标准一致（IEEE，1991）		

附录 C
(规范性附录)
确定耦合因子

C.1 通过计算确定耦合因子

附录B中给出的参考限值 B_{RL} 适用于均匀场。电器周围磁场的强非均匀性，根据本标准可以考虑引入耦合因子 $a_c(r_1)$ ，其已经考虑了磁场中人体不同部位的尺寸。

下列步骤仅适用于集中的场源，距离热点的从 B_{max} 到 $0.1B_{max}$ 场分布应是连续的。

与参考限值 B_{RL} 相比较的修正后的测量值 $B_{mc}(r_1)$ 可通过测量值 B_m 得到：

$$B_{mc}(r_1)=a_c(r_1)B_m \text{ 和 } W_{nc}=a_c(r_1)W_n \tag{C.1}$$

要通过以下4步来得到耦合因子 $a_c(r_1)$ 。

第一步 热点范围的评估

测量磁通密度 $B(r_0)$ ，沿着始于热点 $r_0=0$ 处的最低梯度线的切线方向向表面移动。在 $r_0=X$ 处停止测量，也就是磁通密度降低至热点最大值的10%的地方，如图C.1和C.2所示。

测量点之间的距离范围是5mm~10mm。

注1：耦合因子的评估可以针对窄带，如：仅在操作频率范围内。

注2：建议使用小的传感器，比如 3cm^2 测量面积的传感器（见 5.4）。

$$\frac{B(r_0=X)}{B(r_0=0)}=0.1 \tag{C.2}$$

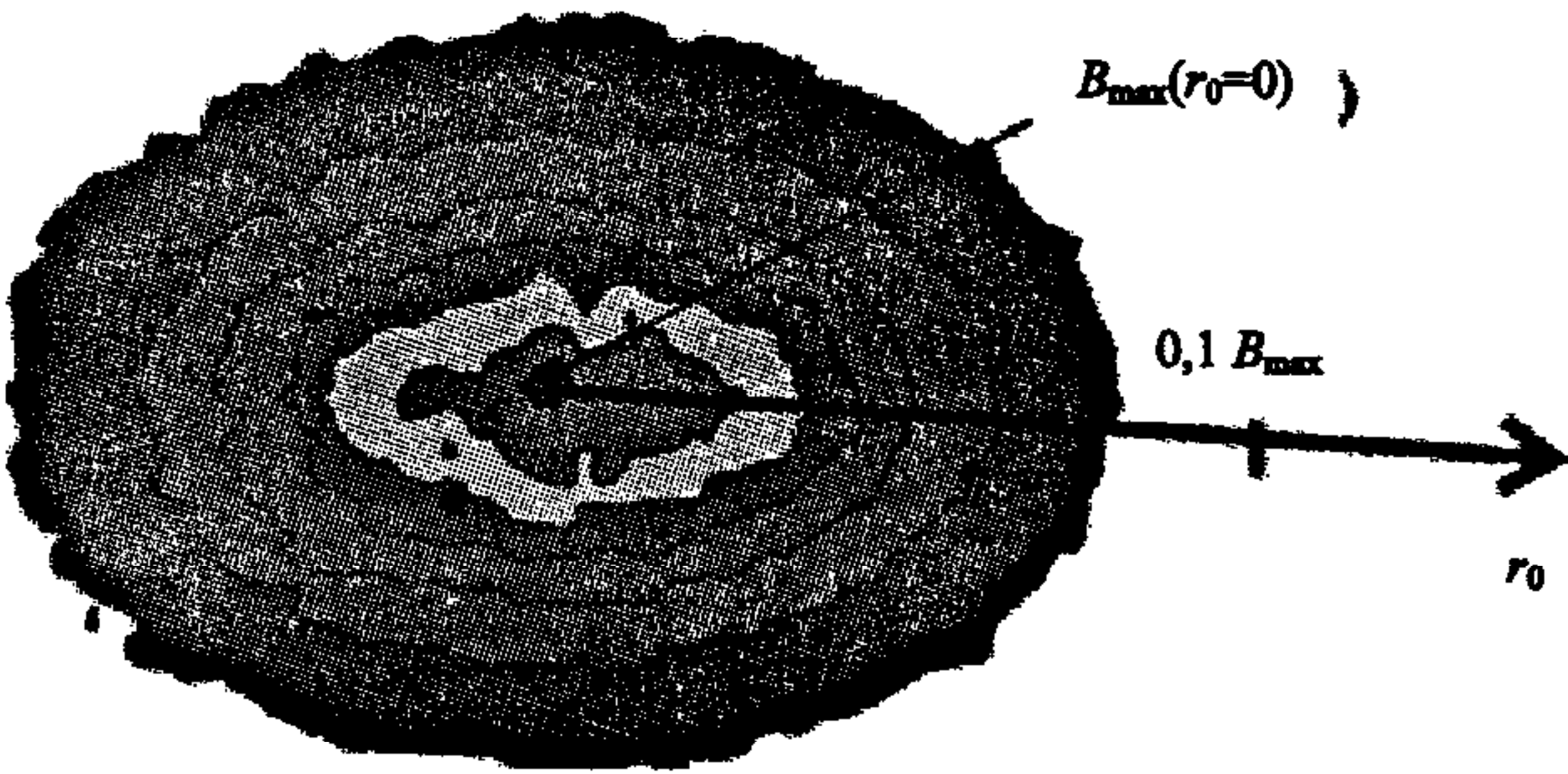


图 C.1 热点

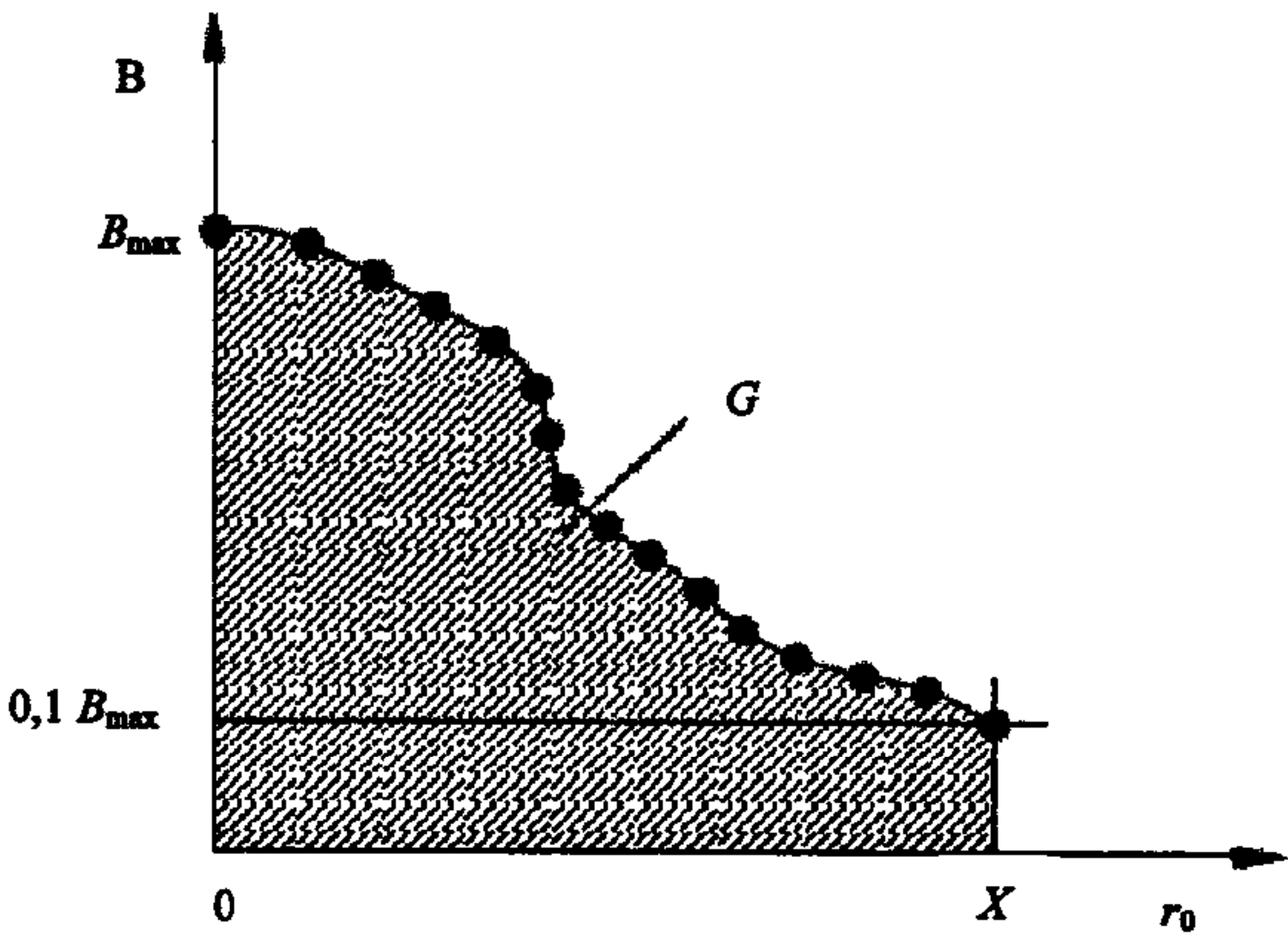


图 C.2 磁通密度的梯度和积分 G

第二步 等效线圈的确定

用第一步所得的测量结果可得到相似场梯度的等效线圈的半径。假设线圈置于相应于电器内部磁场源位置处的距离热点 I_{coil} 的地方（见图C.3）。

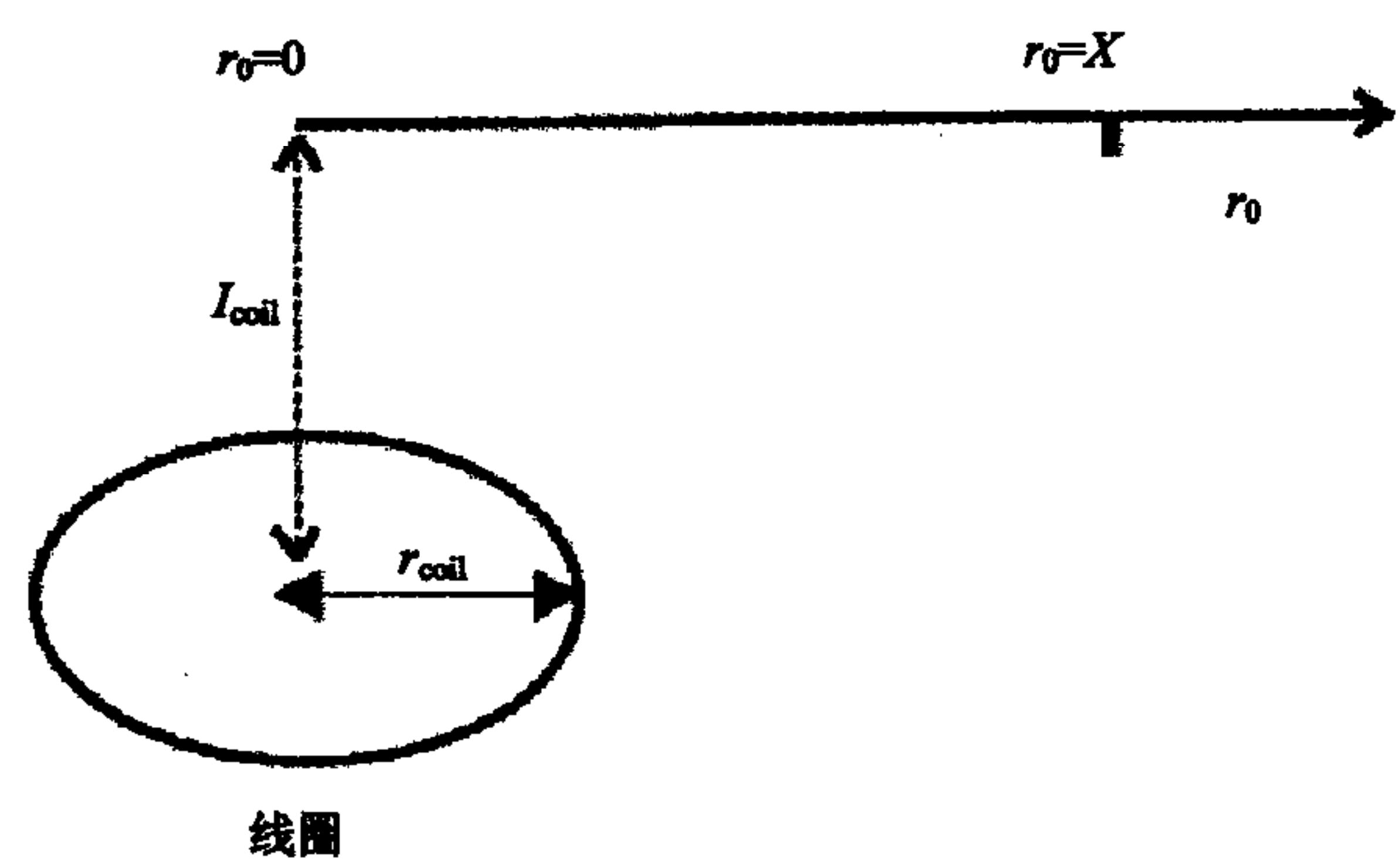


图 C.3 等效线圈的位置

归一化测量的磁通密度的积分是一个单独的值 G ，它是用来确定等效线圈的半径 r_{coil} 的（见表C.1）。可采用线性内插来得到半径 r_{coil} 的其他值，但是不应超过 I_{coil} 。

注1：对于小电器来说，假设磁场源在电器中央；对于大一点的电器来说，要通过对电器的检测来确定每一个磁场源的位置。

注2：仅适用于集中的场源，距离热点从 B_{max} 到 $0.1B_{max}$ 场的分布应该是连续的。

G 值是根据下式计算得到的：

$$G(r_{coil}, I_{coil}) = \int_{r_0=0}^{r_0=X} \frac{B(r_0)}{B(r_0=0)} dr_0$$

(C.3)

表 C.1 不同线圈的 G 值 (m)

距离 I_{coil} (mm)	半径 r_{coil} (mm)					
	10	20	30	50	70	100
10	0.01354					
15	0.01562					
20	0.01848	0.02703				
25	0.02168	0.02880				
30	0.02511	0.03117	0.04051			
35	0.02861	0.03390	0.04217			
40	0.03222	0.03689	0.04429			
50	0.03955	0.04334	0.04941	0.06750		
70	0.05448	0.05718	0.06164	0.07535	0.09444	
100	0.07711	0.07905	0.08219	0.09213	0.10644	0.13493
200	0.15317	0.15415	0.15573	0.16085	0.16845	0.18420
300	0.22953	0.23012	0.23119	0.23461	0.23971	0.25054
为了得到能够覆盖最坏条件的线圈，应该选择所给 G 值的最小线圈半径						

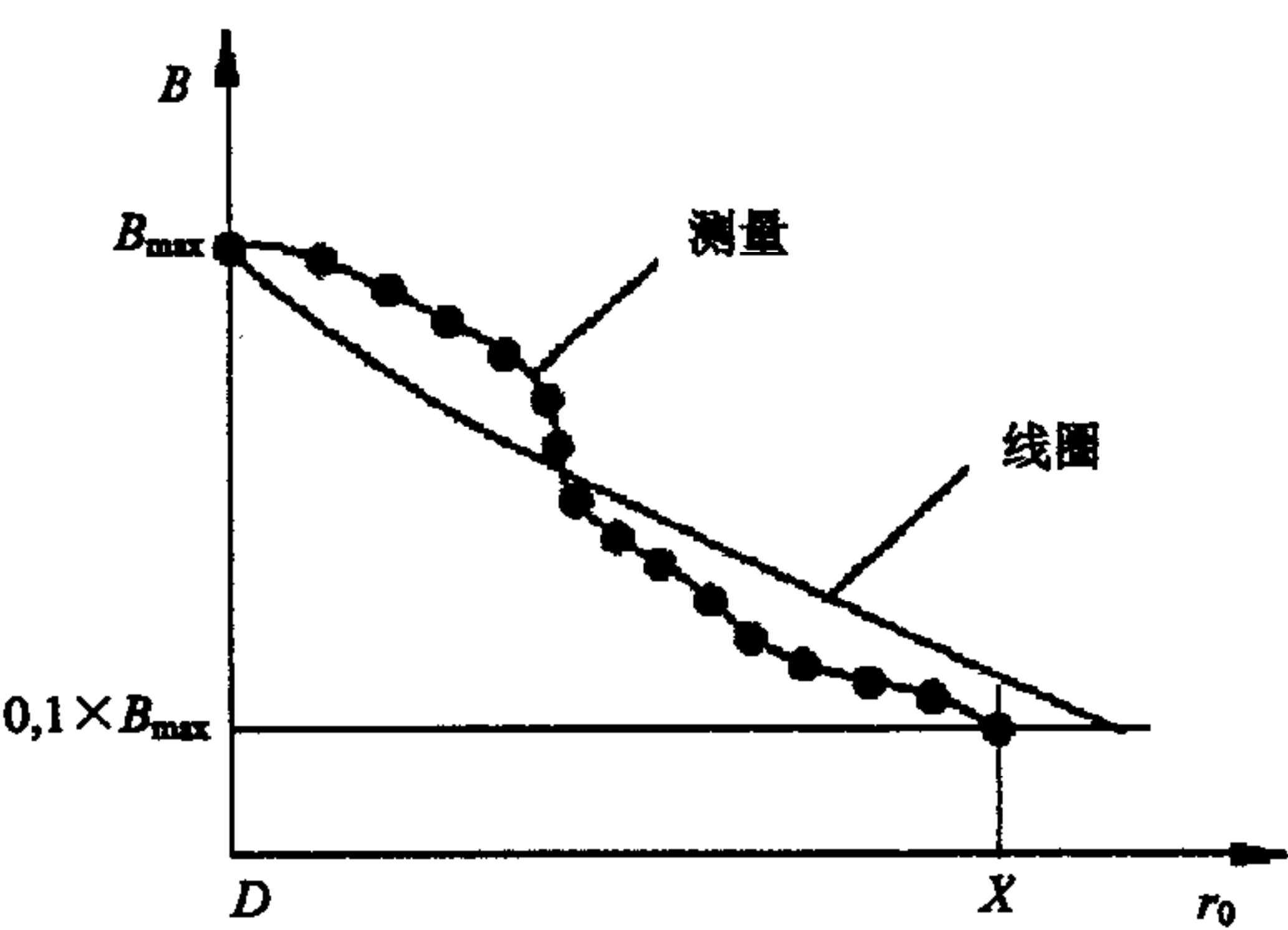


图 C.4 磁通密度和线圈的梯度

第三步 因子 k 的确定

线圈半径 r_{coil} 可用于在等效场源（线圈）和人体之间距离为 r 处确定 $k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)$ 。

$$r = r_1 + l_{\text{coil}} \tag{C.4}$$

式中： r_1 是测量距离；

l_{coil} 是等效线圈到表面的内部距离；

$$k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = \frac{J_{\text{max}}(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma)}{B_{\text{max, sensor}}(r, r_{\text{coil}}, A_{\text{sensor}})} \tag{C.5}$$

式中： J_{max} 是人体的最大电流密度，单位是 A/m^2 ；

A_{sensor} 是传感器的测量面积。

因子 k 与频率无关，而与线圈和人体之间的距离、人体均匀模型的导电率 σ 以及传感器的大小有关。 k 与频率的关系可以通过按比例缩放至参考限值（而不是基本限值）的方法进行补偿（参见第四步）。

对于非均匀场，最大值出现在人体表面，所以 σ 是 $0.1\text{S}/\text{m}$ (见D.2.2)。下面的计算是基于 $\sigma=0.1\text{S}/\text{m}$ 并使用5.4中所介绍的参考传感器。表C.2列出了整个人体的 k 因子。

表 C.2 50Hz 全身的 k 因子 $\left(\frac{\text{A}/\text{m}^2}{\text{T}}\right)$

距离 r mm	半径 $r_{\text{coil}}(\text{mm})$					
	10	20	30	50	70	100
1	21.354	15.326	8.929	5.060	3.760	3.523
5	4.1724	3.937	3.696	3.180	2.858	2.546
10	2.791	2.735	2.696	2.660	2.534	2.411
20	2.456	2.374	2.369	2.404	2.398	2.488
30	2.801	2.735	2.714	2.778	2.687	2.744
40	3.070	2.969	2.933	3.042	2.865	2.916
50	3.271	3.137	3.086	3.251	2.989	3.040
60	3.437	3.271	3.206	3.429	3.079	3.134
70	3.588	3.388	3.311	3.595	3.156	3.216
100	3.940	3.659	3.601	4.022	3.570	3.604

注 1：通过将线圈作为场源并对人体使用适当的数学模型（见 D.2）就可以确定 k 因子。这仅适用于靠近场源的区域而不是均匀场。

注 2：当半径 r_{coil} 比 r 大很多时，不可以按照附录 C 的步骤确定 r_{coil}

其他频率 f 和导电率 σ 的 k 因子可以根据下式使用表 C.2 的值进行计算:

$$k(r, r_{\text{coil}}) = \frac{f}{50\text{Hz}} \cdot \frac{\sigma}{0.1 \frac{\text{S}}{\text{m}}} \cdot k \quad (\text{C.6})$$

第四步 耦合因子的计算

耦合因子 $a_c(r_1)$ 是 k 因子再次缩放后的结果, 可由下式计算得到:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f)}{J_{\text{BR}}(f)} \quad (\text{C.7})$$

注1: 从 8Hz 到 800Hz 和从 1kHz 到 100kHz, $B_{\text{RL}}(f)/J_{\text{BR}}(f)$ 都与 $1/f$ 成正比, 因此, k 因子 $a_c(r_1)$ 与这些范围内的频率无关 (见图 C.5)。

如果根据 5.5.2 和 5.5.3 进行测量, 就要用到 f_{c0} 当量, 因此耦合因子 $a_c(r_1)$ 可按照下式计算:

$$a_c(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) = k(r, r_{\text{coil}}, f, \sigma) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f_{c0})}{J_{\text{BR}}(f_{c0})} \quad (\text{C.8})$$

注2: 耦合因子 $a_c(r_1)$ 可根据图 C.5 由式 C.4 计算得出。

在 $f=50\text{Hz}$, $\sigma=0.1\text{S/m}$, 且线圈半径 $r_{\text{coil}}=10\text{mm}$, 距离 $r=50\text{cm}$ 时, 对于整个人体采用 1999/519/EC 的基本限值和参考限值, 可求得耦合因子为:

$$\begin{aligned} a_c(r=50\text{cm}, r_{\text{coil}}=10\text{mm}, f=50\text{Hz}, \sigma=0.1\text{S/m}) \\ &= k(r=50\text{cm}, r_{\text{coil}}=10\text{mm}, f=50\text{Hz}, \sigma=0.1\text{S/m}) \cdot \frac{B_{\text{RL}}(f=50\text{Hz})}{J_{\text{BR}}(f=50\text{Hz})} \\ &= 3.271 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}} \cdot \frac{100\mu\text{T}}{2\text{mA/m}^2} \\ &= 0.1635 \end{aligned}$$

C.2 耦合因子的图示化评估

耦合因子可根据图 C.5 由式 C.4 确定, 通过图示化评估方法可以得出不同等效线圈半径 (r_{coil}) 下的耦合因子的值。

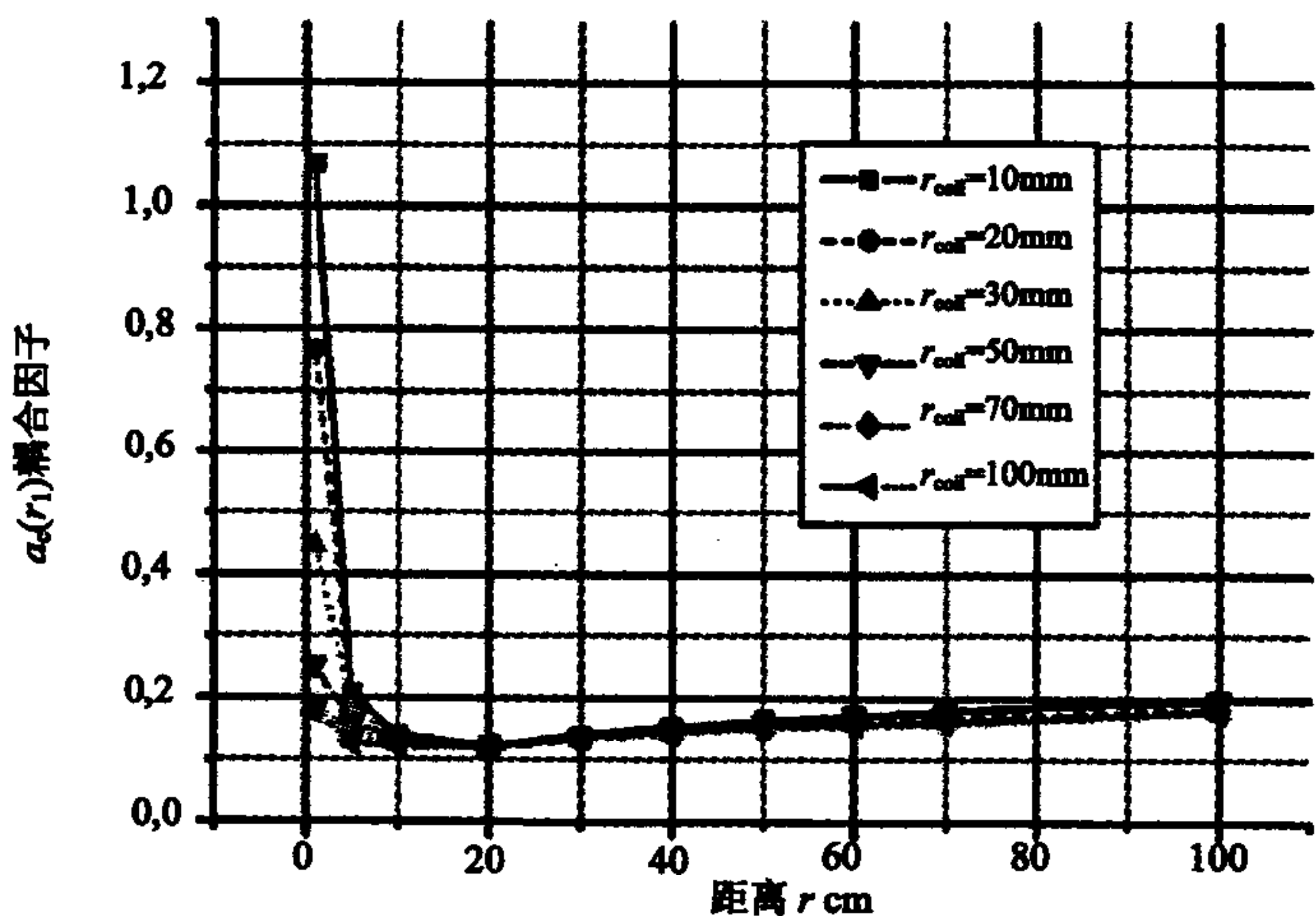


图 C.5 $\sigma=0.1\text{S/m}$, $A_{\text{sensor}}=100\text{cm}^2$ 时整个人体的耦合因子 $a_c(r_1)$ (使用 ICNIRP 限值的再次缩放)
距离 $r=r_1+I_{\text{coil}}$, 其中 r_1 是表 A.1 中的测量距离, 单位是 cm。

附录 D
(资料性附录)
使用附录 B 限值的示例

D.1 转移函数

使用ICNIRP的普通公众暴露参考限值 $B_{RL}(f)$ 计算转移函数的示例如下（50Hz归一化点的示例）：

表 D.1 针对 ICNIRP 普通公众暴露的转移函数计算

$(f_1=10\text{Hz}) \leq f \leq (f_{c1}=800\text{Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 50\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50\mu\text{T}}{5000/f\mu\text{T}} = \frac{f}{50\text{Hz}}$
$(f_{c1}=800\text{Hz}) \leq f \leq (f_2=150\text{kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 50\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50\mu\text{T}}{6.25/f\mu\text{T}} = 16$
$(f_2=150\text{kHz}) \leq f \leq (f_{n=3}=400\text{kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 50\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{5000/50\mu\text{T}}{920000/f\mu\text{T}} = \frac{f}{9.2\text{Hz}}$

IEEE的普通公众（头部和躯干部）磁场最大暴露限值 $B_{RL}(f)$ 计算转移函数的示例如下（60Hz归一化点的示例）：

表 D.2 针对 IEEE 普通公众暴露的转移函数计算

$(f_1=10\text{Hz}) \leq f \leq (f_{c1}=20\text{Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 60\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0.904\text{mT}}{18.1/f\mu\text{T}} = \frac{f}{20\text{Hz}}$
$(f_{c1}=20\text{Hz}) \leq f \leq (f_2=759\text{Hz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 60\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0.904\text{mT}}{0.904\text{mT}} = 1$
$(f_2=759\text{Hz}) \leq f \leq (f_3=3.35\text{kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 60\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0.904\text{mT}}{687/f\mu\text{T}} = \frac{f}{759\text{Hz}}$
$(f_3=3.35\text{kHz}) \leq f \leq (f_4=100\text{kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 60\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0.904\text{mT}}{0.205\text{mT}} = 4.41$
$(f_4=100\text{kHz}) \leq f \leq (f_{n=5}=400\text{kHz})$	$A(f) = \frac{B_{RL}(f_{c0} = 60\text{Hz})}{B_{RL}(f)} = \frac{0.904\text{mT}}{205/f\mu\text{T}} = \frac{f}{22.68\text{Hz}}$
f 的单位为Hz	

D.2 耦合因子

表 D.3 耦合因子 $a_c(r_1)$

设备类型	测量距离 r_1 cm	耦合因子 $a_c(r_1)$ I_{CNIRP}	耦合因子 $a_c(r_1)$ IEEE (60Hz)
小型 ^a	0	1.00	0.330
大型 ^b	0	0.15	0.048
小型	10	0.14	0.043
大型	10	0.16	0.051
小型	30	0.14	0.043
大型	30	0.18	0.056

表D.3 (续)

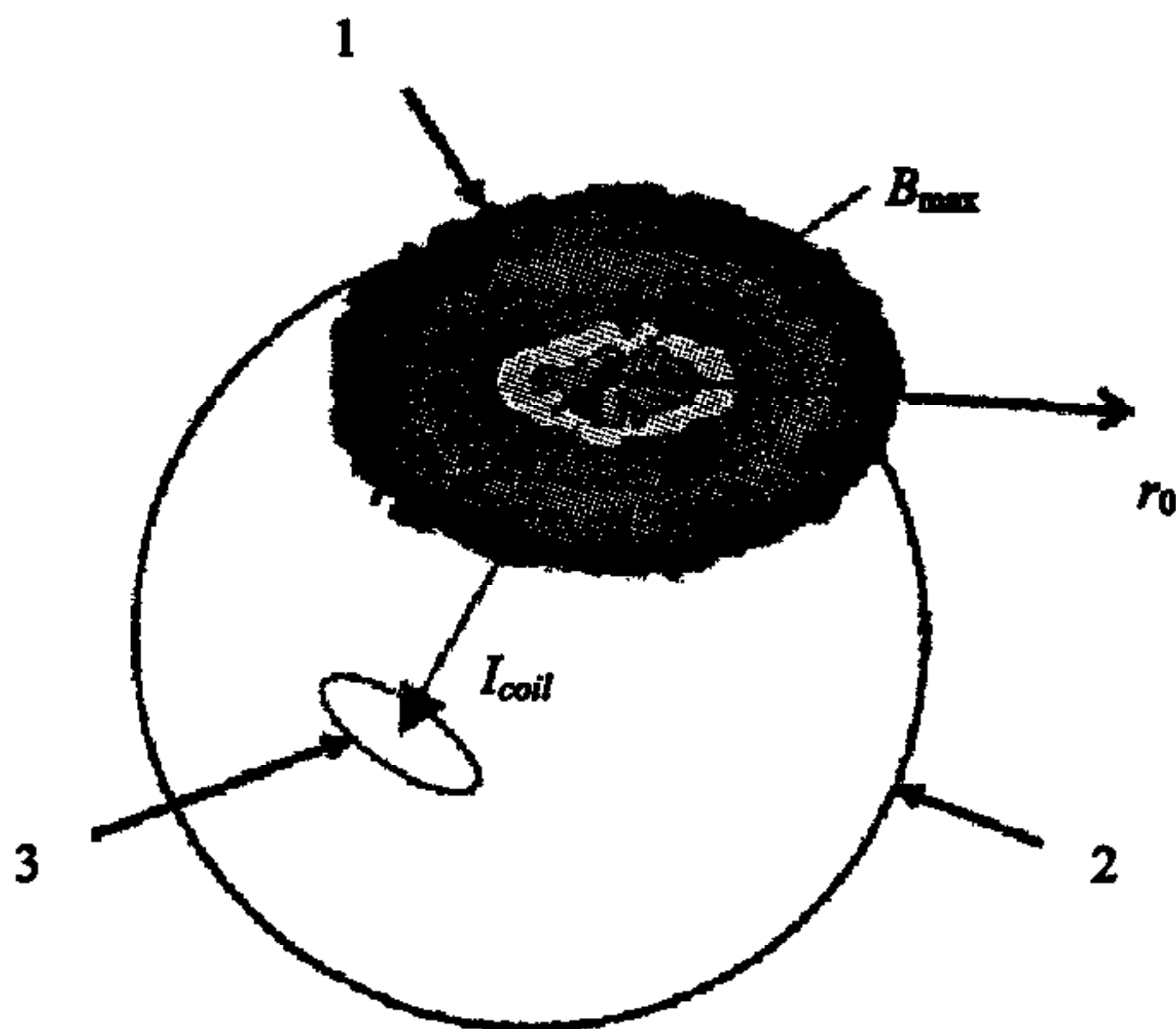
设备类型	测量距离 r_1 cm	耦合因子 $a_c(r_1)$ ICNIRP	耦合因子 $a_c(r_1)$ IEEE (60Hz)
• 小型设备：场源直接位于设备外壳下方。 • 大型设备：场源距离设备外壳 10cm~40cm。 注1：最坏情况假设，对于整个人体使用式 C.7。 注2：使用 IEEE 的参考等级虽然比使用 ICNIRP 时的高将近 10 倍，但是使用 IEEE 时所得出较小的耦合因子对于其他组织来说是有可能高于基本限值 35 倍的。计算步骤可以追溯到基本限值上			

D.3 耦合因子的计算示例

如附录C中所述，耦合因子 $a_c(r)$ 是通过4步确定的。

第一步 热点范围的评估

图 D.1 表示了测量的步骤，图 D.2 给出了测量的结果。



1 热点周围正切面的测量；2 家用电器的球体模型；3 作为等效场源的线圈

图 D.1 磁通密度的测量

第二步 等效线圈的确定

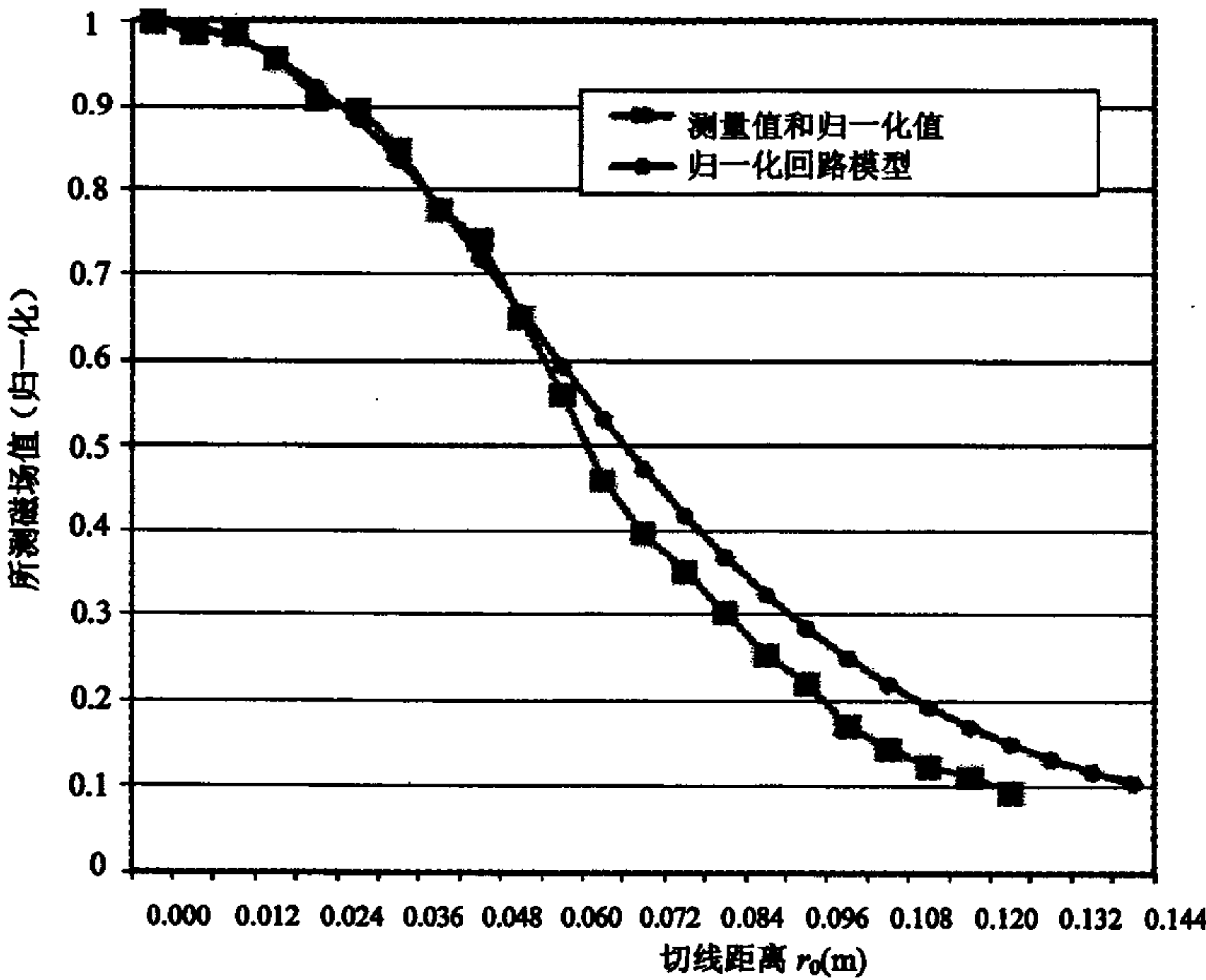


图 D.2 沿切线距离 r_0 的归一化场分布

所测得的归一化磁通密度的积分得出的结果是 $G=0.07166$ (m)。

第三步 因子 k 的确定

根据第二步求得的 G 值，等效线圈的半径 r_{coil} 就可以确定了（见表C.1）。在本步骤中 I_{coil} 的选取很重要，它取决于待测设备的尺寸大小，可以假设 $I_{\text{coil}}=70\text{mm}$ 。查表C.1，对于 $I_{\text{coil}}=70\text{mm}$ ， $G=0.07535$ （接近于第二步中所得到的 G 值 0.07166 ），此时 $r_{\text{coil}}=50\text{mm}$ 。该线圈可由图D.2中的带有圆圈的曲线来进行非常近似的表示。

下面就可以确定因子 k 了。例如：对于 $r_1=0$ ，查表C.2知，在 $r=7\text{cm}$ 时， $r_{\text{coil}}=50\text{mm}$ ，对于整个身体来说，最接近的值就是 $r=5\text{cm}$ 时， $k=3.180$ （ $\sigma=0.1\text{S/m}$ ， $A_{\text{sensor}}=100\text{cm}^2$ ）。

第四步 耦合因子的计算

根据5.5.2和5.5.3，取 $f=50\text{Hz}$ 可得到适当的评估，因此对于 $\sigma=0.1$ 时耦合因子 $a_c(r)$ 为：

$$a_c(r, \sigma) = k(r, f = 50\text{Hz}) \cdot 50 \times 10^{-3} \frac{\text{T}}{\text{A/m}^2} \quad (\text{D.1})$$

可以求得，对于整个身体来说 $a_c(r)=0.159$ 。

如果对于 $\sigma \neq 0.1$ 时，耦合因子还必须通过乘以 $\frac{\sigma}{0.1 \frac{\text{S}}{\text{m}}}$ 来求得，下面举例当 $\sigma=0.3\text{S/m}$ 时，整个身体的耦合因子为：

$$a_c(r)_{\sigma=0.3\text{S/m}} = 0.159 \cdot \frac{0.3 \frac{\text{S}}{\text{m}}}{0.1 \frac{\text{S}}{\text{m}}} = 0.477$$

D.4 关于确定耦合因子的附加解释

D.4.1 均匀人体的数学模型

图D.3中给出了用于计算耦合因子的均匀人体的数学模型。底部部分是半个椭圆，最低的拐点位于胫骨处且其轴为 $350\text{mm}/1200\text{mm}$ ，中间部分为一个直径为 350mm 的圆柱体。图D.4中详细给出了头部和肩部的数据。

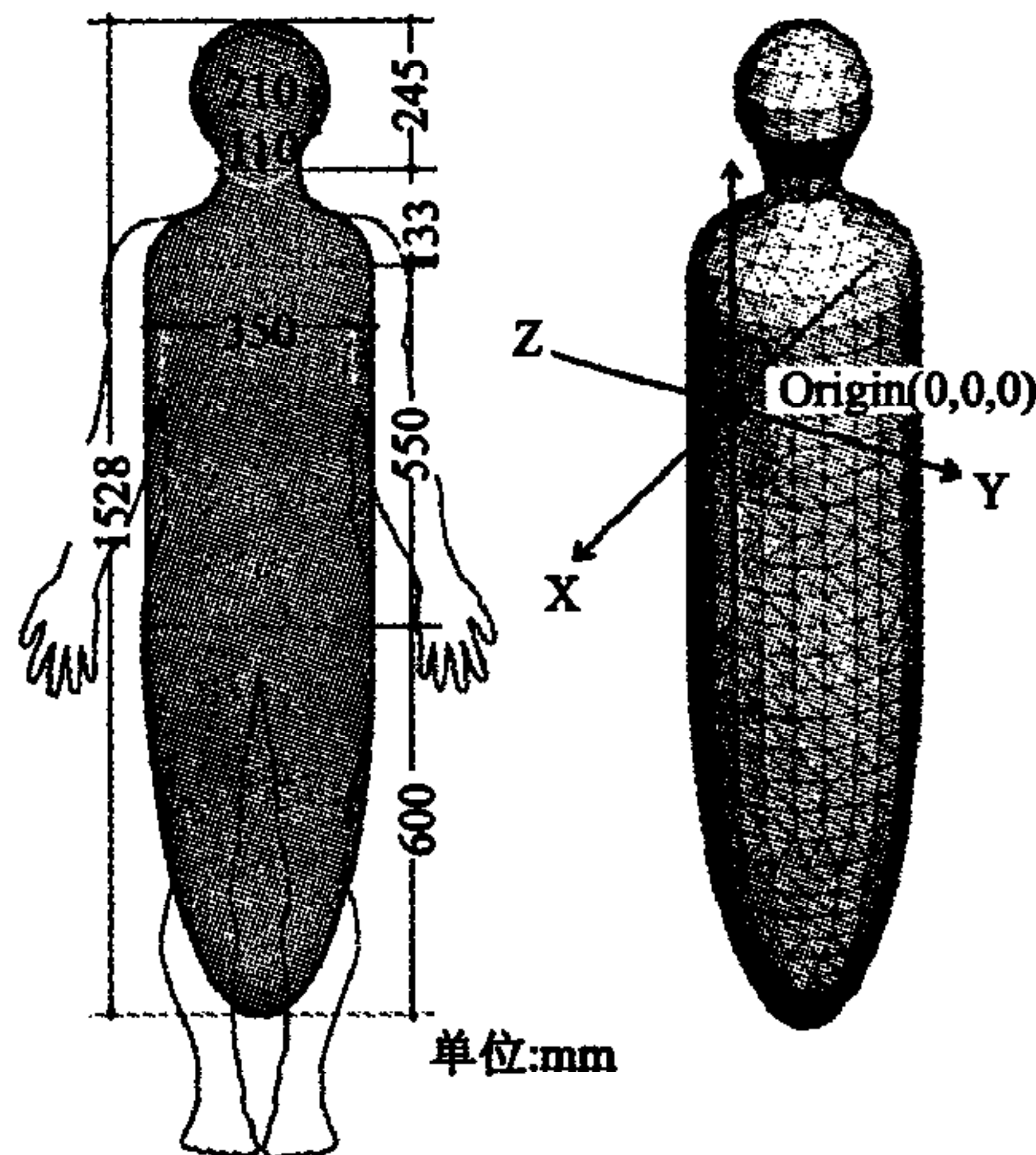


图 D.3 均匀人体的数学模型

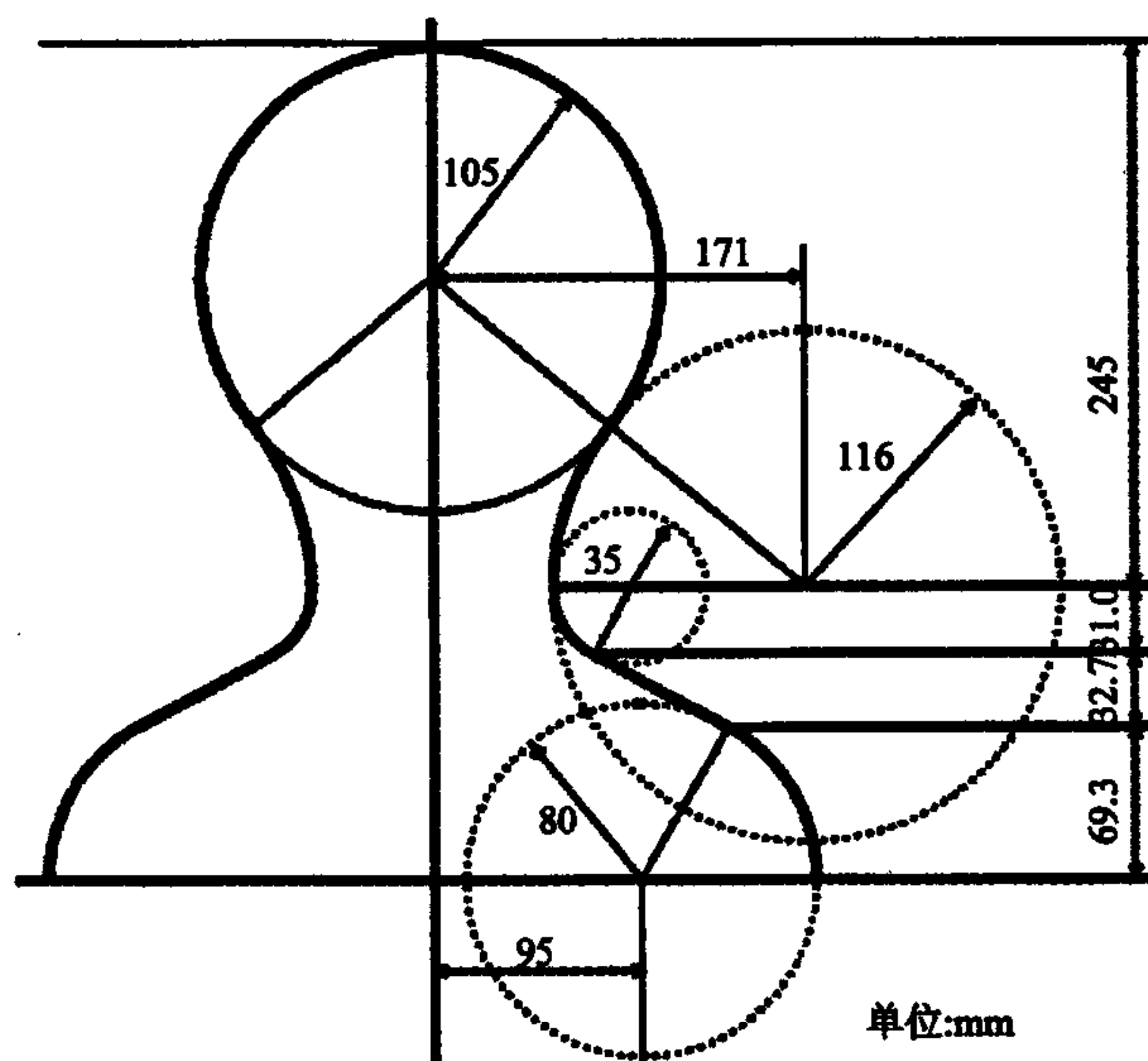


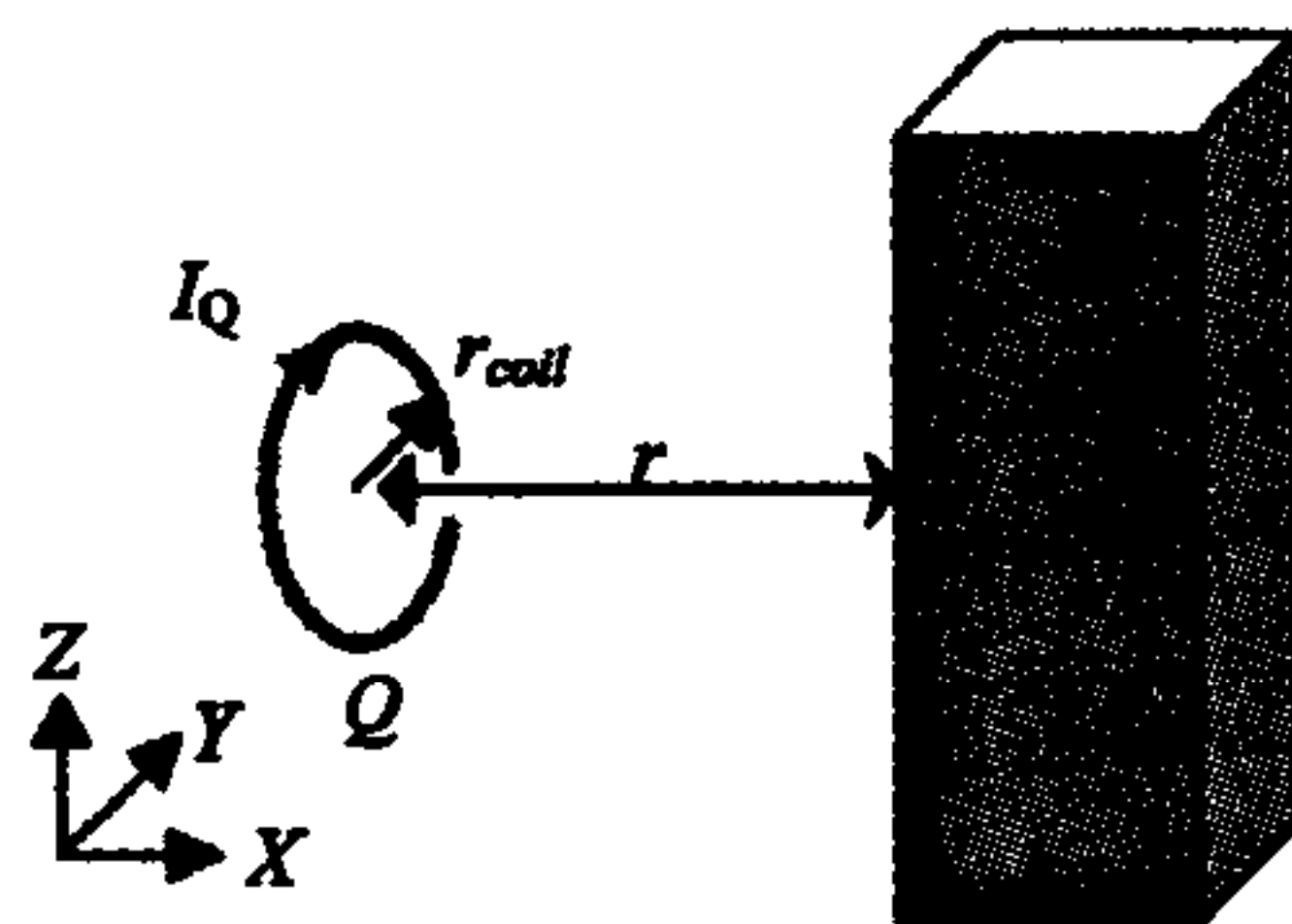
图 D.4 头部和肩部的详细结构

D.4.2 非均匀磁场的不同源和因子 k 的计算

以下是非均匀磁场的源的不完全统计：

- 圆形电流回路；
- 矩形电流回路；
- 单一直线电流；
- 圆形电流线圈；
- 基本偶极子。

虽然只有圆形电流回路被用作计算耦合因子的源，但是具有不同直径的电流回路定位在了朝向数学模型的最坏情况的位置上，可参见图D.5。

图 D.5 源 Q 的位置与模型 k

对于数学计算来说，应考虑到与频率 f 有关的人体组织导电率 $\sigma(f)$ ，通过应用欧姆定律可以得出人体模型内部的电流密度 J 为：

$$J(r, f, \sigma) = \sigma(f) \cdot E_1(r, f) \quad (\text{D.2})$$

因子 k 给出了数学模型内部的最大感应电流密度 $J_{\max}(r)$ 和模型相同位置处的最大磁通密度之间的关系。可以任意选取源电流 I_Q ，但是其对于 $J_{\max}$ 和 $B_{\max, \text{sensor}}$ 的计算必须是等效的。因子 k 的评估取决于所用的传感器，对于任意传感器的面积 A_{sensor} ，必须计算通过其的平均磁通密度。选用最大的 $B_{\max, \text{sensor}}$ 。由于频率 f 和导电率 σ 与因子 k 线性相关，因此其可按照下式进行计算：

$$k(r, f, \sigma) = \frac{J_{\max}(r, f, \sigma)}{B_{\max, \text{sensor}}(r, A_{\text{sensor}})} = \frac{\sigma E_{i, \max}(r, f)}{B_{\max, \text{sensor}}(r, A_{\text{sensor}})} \quad (\text{D.3})$$

可以认为位于均匀场中的均匀人体模型的导电率 $\sigma=0.2\text{S/m}$ ，但是电器附近的场分布的强非均匀性会导致一定量的人体渗透，因此也可以使用 $\sigma=0.1\text{S/m}$ 。

靠近人体表面的导电率 $\sigma=0.1\text{S/m}$ 是根据人体导电率的混合计算出来的。

可采用瞬时法 (MoM) 作为数学计算方法来确定附录 C 中的因子 k 。

示例 1:

圆形线圈半径 $r_{\text{coil}}=20\text{mm}$ ，与源的距离 $r=10\text{cm}$ ，源电流 $I_0=100\text{A}$ ，人体模型 ($\sigma=0.1\text{S/m}$ 且 $f=50\text{Hz}$) 的感应电流密度 $J_{\text{max}}=14.956\mu\text{A/m}^2$ 。对于 100cm^2 的传感器的平均磁通密度的计算结果为 $B_{\text{max,sensor}=100\text{cm}^2}=5.46935\mu\text{T}$ 。因子 k 可按照下式计算得到:

$$k(r=10\text{cm}, f=50\text{Hz}, \sigma=0.1\text{S/m}) = \frac{14.956\mu\text{A/m}^2}{5.4683\mu\text{T}} = 2.735 \frac{\text{A/m}^2}{\text{T}} \quad (\text{D.5})$$

(参见表 C.2, $r=10\text{cm}$, $r_{\text{coil}}=20\text{mm}$)

D.4.3 感应电流密度的计算

可以采用适合模型和 D.2.1、D.2.2 所描述的步骤的任何数学方法和任何场计算软件包。总体说来，可以选用的方法如下:

- BEM (边界元法);
- FDFD (频域有限差分法);
- FDTD (时域有限差分法);
- FEM (有限元法);
- FIT (有限积分法);
- MoM (矩量法);
- SPFD (标量势有限差分法);
- IP (阻抗法)。

如果使用 RF 软件码，就可以应用频率调整法：对于任一磁场源，可在较高频 $f' (\leq 0.5\text{MHz})$ ，以保证场的准稳定特性) 处进行计算。对于这种计算，人体组织的导电率 $\sigma(f)$ 与频率 f 有关 (注意，不是 f')。可根据下式来调整电场强度:

$$\vec{E}(\vec{r}) = f/f' \cdot \vec{E}'(\vec{r}) \quad (\text{D.6})$$

最终，通过欧姆定律可以得到电流密度为:

$$\vec{J}(\vec{r}) = \sigma(f) \cdot \vec{E}(\vec{r}) \quad (\text{D.7})$$

中 华 人 民 共 和 国
通 信 行 业 标 准
家用以及类似环境下各类电子产品电磁照射评估和测量方法
YD/T 2347-2011

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮政编码：100061
宝隆元（北京）印刷技术有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2012 年 1 月第 1 版
印张：2 2012 年 1 月北京第 1 次印刷
字数：50 千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 2484 / 12 - 62

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)67114922