

家用及类似用途之电器—电磁场—评价与量测方法

Household and similar electrical appliances – Electromagnetic fields – Methods for evaluation and measurement

简介

本标准旨在建立合适的评价方法以决定家用和类似用途的电器其周围空间之电磁场，并定义标准化之操作条件与量测距离。

注 1.应考虑家用和类似用途的电器其周围空间的电磁场系为非均匀场。对于家用电器而言，磁通密度在电器的表面最高，随着与电器表面距离 r 增加，至少会以 $1/r$ 之关系而衰减。

以强度依 $1/r$ 之关系而衰减来评价磁通密度的风险性，系考虑最不利之条件。磁通密度以下列关系式得到：

$$B(r) = \frac{c}{r + r_0}$$

其中

$B(r)$ ：磁通密度

c ：常数

r ：与电器表面的距离

r_0 ：场源与电器表面间的距离

注 2.所建议的参考位准系基于均匀场且为全身曝露于大的场源下，例如高压输电线，对于家用电器周围的磁场则限制在身体的一小部分，如手及四肢。本标准系假设委由具有合适资格与相当经验的人士执行本标准中的规定。

1. 适用范围

本标准所讨论的范围为电磁场(electromagnetic fields), 并明定评价电器周围频率300GHz 以下之电场与磁场的量测方法。

本标准亦适用于非一般家庭使用, 但可能在公众场所使用的电器, 例如欲在商店、小型工厂、农场等处, 由非专业人员使用者。

注: 本标准不适用于比较不同电器间之电磁场。

2. 引用标准

本标准包含其它已公告之有标注日期或未标注日期的参考标准与相关技术规范。所引用之技术文件散见于技术本文中, 其公告的名称列举如下。对于有标注日期者, 当参考文件已融入增订或修订部分时, 本标准仅适用其后续所有公告之增订或修订部分。对于未标注日期者, 则适用于公告之最新版本(包含增订部分)。

IEC 60335 家用及类似用途电器的安全系列标准。

3. 名词定义

为达成本标准之目的, 下列名词适用。

3.1 基本限制(basic restriction)

基于对人体健康的影响, 曝露于时变之电场及磁场的限制条件。

3.2 参考位准(reference level)

系均匀场(homogeneous fields)的磁场强度之均方根值, 此值以符合基本限制为前提, 即人体可曝露于磁场之强度下而不致有不利的影晌。

3.3 量测距离(measuring distance)

电器表面至传感器(sensor)表面上之最接近点间的距离。

3.4 操作者距离(operator distance)

电器表面至操作者之头或躯干(torso)上之最接近点间的距离。

3.5 热点(hot spot)

因磁场分布不规则(irregularities)所产生高磁场区域的位置。

3.6 耦合因子(coupling factor)

考虑电器周围磁场与人体尺度的不规则性之因子。

4. 量测方法

4.1 电场

一般而言, 不须对家用电器周围之电场进行评价。对大多数的电器而言, 电场强度视为符合参考位准而不须测试, 若察觉与电场有关, 则可制定试验方法。

4.2 磁场

4.2.1 频率范围

考虑之频率范围在 10Hz 至 400kHz 之间。

注: 频率范围在 0Hz 至 10Hz 之量测方法尚在研议中。

所评价之频率范围应涵盖电器所产生的磁场之所有频率, 包含足够的谐波个数

(harmonics)。若有一个量测值不合理，应加上每个量测范围频率的加权值 (weighted results)。

频率范围大于 400kHz 者，电器视为符合规定，不须加以测试。

注：微波炉之工作频率，规定于 IEC 60335-2-25-25 及 IEC 60335-2-90 中。

4.2.2 量测距离、传感器之位置与操作条件

量测距离、传感器之位置与操作条件于附录 A 中规定。

4.2.3 磁场传感器

磁通密度(magnetic flux density)之量测值系对 100cm^2 区域内的每个方向所量得之值平均得出。参考传感器(reference sensor)由具有量测面积 $100\text{cm}^2 \pm 5\text{cm}^2$ 的 3 个互相垂直的同心圆线圈所构成，可达到等向性之灵敏度。参考线圈的外径不超过 13cm。

以附录 C 之规定决定耦合因子，使用量测面积 $3\text{cm}^2 \pm 0.3\text{cm}^2$ 之等向性传感器 (isotropic sensor)。

注：磁通密度之终值系为每个方向量测值之向量和(vector addition)，以确保量测值与磁场方向无关。

4.2.4 磁场的量测程序

电器具有至少一个独立的磁场源，每个磁场源产生一基频(fundamental frequency)并可能产生谐波。

依第 4.2.4.1 节所述之程序量测磁通密度。对于只产生线频谱(line spectra)的电器，可以第 4.2.4.2 节所述之程序替代。第 4.2.4.3 节之简化程序可适用仅于主频(mains frequency)及其谐波频率产生磁场之电器。

使用合适的仪器来量测磁通密度。若有疑义时可使用第 4.2.3 节规定之参考传感器。

由开关切换(switching)所产生之瞬时磁场，其持续时间在 200ms 以下者可予以忽略。若在量测期间有开关切换的动作时，应重复进行量测。

量测设备具有最大噪声位准(maximum noise level)为限制值的 5% 时，任何低于最大噪声位准的量测值可予忽略。

背景位准(background level)应小于限制值的 5%。

量测设备到达终值 90% 的响应时间，不超过 2 秒。

以 1 秒的平均时间来测定磁通密度。

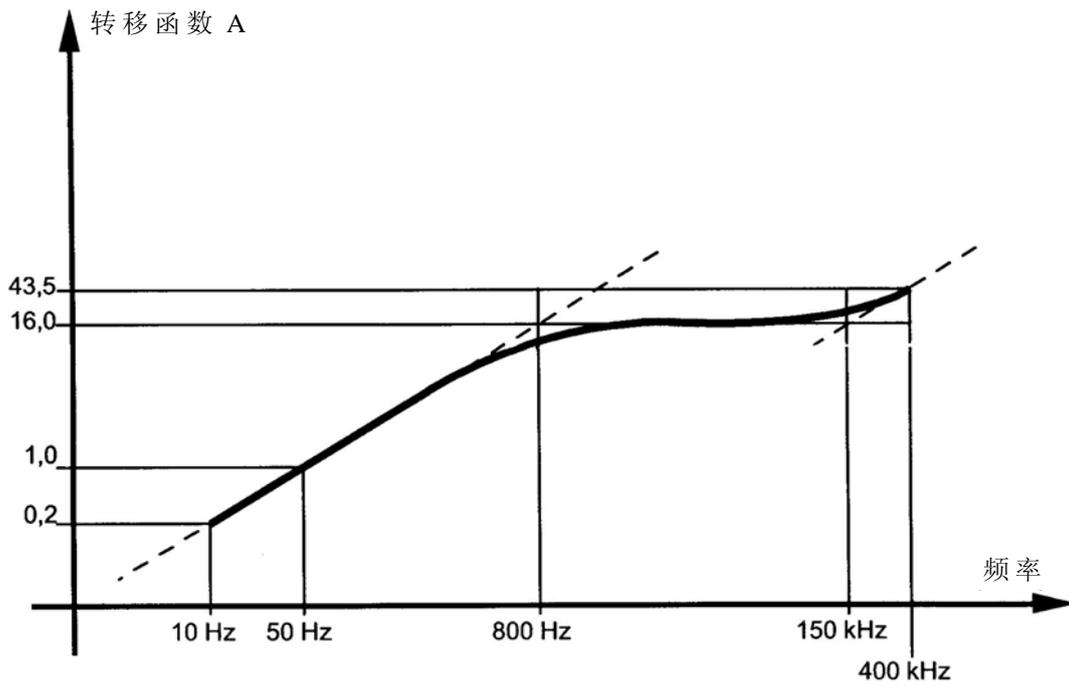
4.2.4.1 时域评价

有疑义时采用本节之参考方法。

与讯号的型式无关时，可进行磁通密度时域值之测量。具有多种频率的场，其转移函数的频率特性应纳入参考位准之频率相依性。

使用一阶滤波器建立转移函数，并应具备图 1 所示之特性。

图 1 转移函数



注：纵坐标与横坐标均为对数刻度。

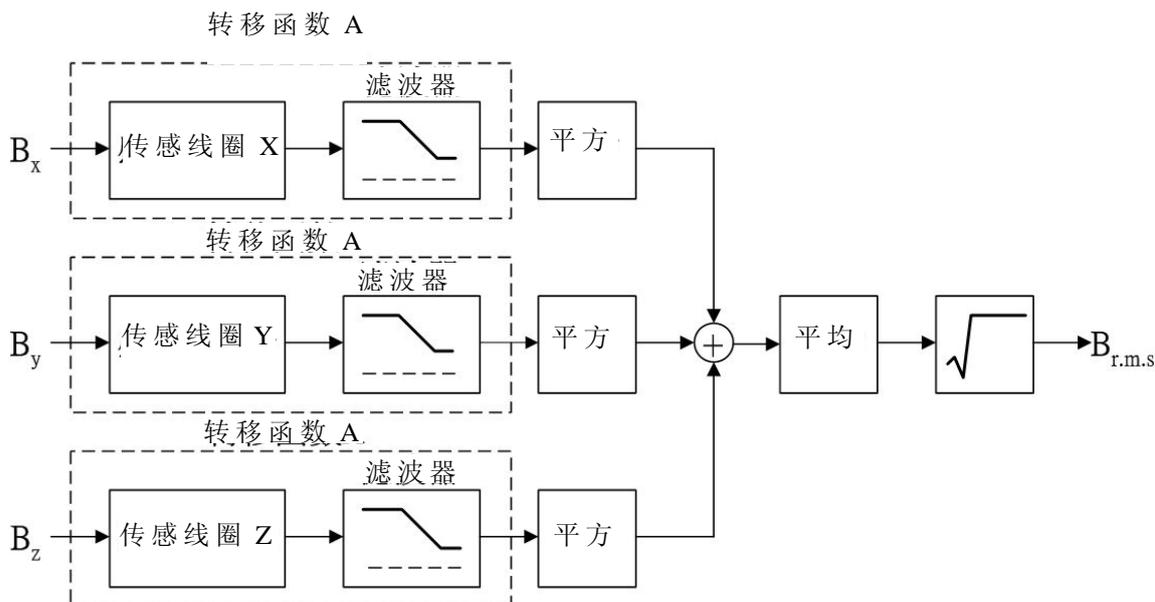
依下列顺序进行量测：

- 每个线圈个别量测讯号；
- 以转移函数对讯号加权；
- 将讯号值平方；
- 将讯号平方值加总；
- 对加总之讯号平方值取平均值；
- 得出均方根值。

其结果为磁通密度之均方根值。

整个程序之概要如图 2 所示。

图 2 参考方法之概要图



量测值应不超过 50Hz 下之磁通密度的参考位准。然而，若超过参考位准时，量测值应考虑附录 A 所规定之耦合因子 $a_c(r_1)$ ，重新加以计算。

加权值以下列方程式计算得出：

$$W = \frac{a_c(r_1)B_{r.m.s.}}{B_{RL}}$$

其中

W ：加权值

$B_{r.m.s.}$ ：磁通密度之均方根值

B_{RL} ：频率 50Hz 时磁通密度的参考位准

$a_c(r_1)$ ：耦合因子

W 之值不应超过 1。

4.2.4.2 线谱评价

本方法可用于只有线谱的情况下，例如，具有 50Hz 基频与部分谐波的磁场。在各相关频率下量测磁通密度。可记录磁通密度的时间讯号并以傅立叶转换 (Fourier transformation) 估算频谱分量。

以下列顺序来进行量测：

- 每个线圈个别量测讯号；
- 对每个线圈讯号进行傅利叶转换以得到估计的频谱；
- 计算每一离散频率所有 3 种频谱之向量和。

注：若傅立叶转换的频率间距 (frequency steps) 很大，例如，在 10% 的等级内，则离散谱线须额外加以计算。

磁通密度 B_f 以下式计算得出：

$$B_f = \sqrt{B_{xf}^2 + B_{yf}^2 + B_{zf}^2}$$

其中

B_f ：频率 f 之磁通密度

B_{xf} 、 B_{yf} 与 B_{zf} 为在任一频率下 3 组线圈个别的磁通密度

加权值由各频率分量之和，以下式计算得出：

$$W = \sqrt{\sum_1^n \left(\frac{B_f}{B_{RLf}} \right)^2}$$

其中

W ：加权值

B_{RLf} ：在频率 f 下，由附录 B 获得之磁通密度的参考位准；

n ：相对频率(谐波)之数目；

W 值应不超过 1。然而，若此值大于 1，加权值应乘以附录 A 所给定之相对应的耦合因子 $a_c(r_1)$ ，结果应不超过 1。

4.2.4.3 简化的试验方法

仅能在主频及其谐波下产生磁场的电器，只须于 2kHz 以下之频率范围进行试验。当满足下列所有条件时，电器视为符合本标准之要求：

- 产生磁场的电流(包含谐波电流)已知；
- 波幅在主频波幅 10% 以上之所有谐波电流，连续递减至超过频率范围；
- 主频下量得之磁通密度，在特定主频参考位准的 50% 以下；
- 在展频(broadband)量测时所量得之磁通密度超过频率范围时，抑制(suppressing)主频使磁通密度在特定主频参考位准的 15% 以下。

注：主动式带斥滤波器(active notch filter)为抑制主频之适当方法。

在主频支配下仅产生很微弱电磁场的电器，当满足下列条件时，视为符合本标准之规定：

- 产生磁场的电流(包含谐波电流)已知；
- 波幅在主频波幅 10% 以上之所有谐波电流，连续递减至超过频率范围；
- 在整个频率范围内量得之磁通密度，在特定主频参考位准的 30% 以下。

4.3 量测之不确定度

4.3.1 不够精确之量测将使磁通密度与加权结果的计算值产生误差。最终结果之总误差不应超过 25%。

注：总量测不确定度包含传感器之位置、操作条件、背景噪声或信号超过量测的动态范围等因素。

4.3.2 当结果须与限制值比较时，量测之不确定度依下列所述进行处理：

— 无论电器产生之电磁场是否低于限制值，量测之不确定度须和计算值相加，且其总额应与限制值比较。

注：本项要求适用于制造厂商所进行之量测。

— 无论电器产生之电磁场是否超过限制值，量测之不确定度须和计算值相减，其差值与限制值比较。

注：本项要求适用于市场查核机构所进行之量测。

5. 试验报告

试验报告中至少应包含下列项目：

— 电器的类别(identification)；

— 电器的额定电压；

— 量测方法；

— 除了附录 A 所规定者以外之量测距离、传感器位置与操作条件；

— 若有需要时应注明以耦合因子加权之最大磁通密度。

6. 符合性准则

若未超过参考位准，则电器视为符合基本限制(参考附录 B)。

若数值超过参考位准，可将耦合因子列入考虑以符合基本限制。耦合因子已决定出涵盖相同型式电器最不利之情况。

若有需要，耦合因子可依附录 C 重新计算，应对未列入表 A.1 中的电器进行此程序。附录 D 中提供决定耦合因子的范例。

若此值仍超过参考位准，不代表一定超过基本限制。计算方法可用于验证是否满足基本限制(参考附录 F，尚在研议中)。

附录 A

(规定)

磁通密度量测之试验条件

A.1 一般规定

A.1.1 电器置于正常使用之位置，在表 A.1 规定之条件进行量测。未列于表 A.1 中之电器，在电器于 IEC 60335 系列标准中所规定之正常操作条件下进行量测。磁通密度在使用者操作距离内，在电器周围进行量测。

A.1.2 操作时间不加以规定，但在试验前，电器应操作足够长的时间以确保其操作条件与正常使用时一致。

A.1.3 电器在额定电压及额定频率下供电，并在正常使用条件下操作，若电器额定频率亦包括 50Hz 时，以 50Hz 进行试验。

具有二种以上额定电压之电器，以最高额定电压进行试验。若电压范围包括 230V，则以 230V 进行试验。对于可以多相电源供电的电器，以 230V/380V 进行试验。

A.1.4 除非表 A.1 另有规定，否则将控制器调整至最高设定值。然而，预先设定之控制器调整至预期之设定点，在电器通电下进行量测。

A.1.5 在周温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下进行试验。

A.2 对特定电器之操作条件

A.2.1 含配件(accessories)之电器

具有配件之电器，装上配件进行试验，使试验负载最大。

A.2.2 以电池为电源之电器

电器以充电完成之电池供电来进行试验。

表 A.1 量测距离、传感器位置、操作条件与耦合因子

电器的型式	量测距离 $r_1(\text{cm})$	传感器位置 ^a	操作条件	耦合因子 a_c
未列于本表中之电器	操作者距离	所有表面	依 IEC 60335 第 2 部之相关规定	见附录 C
空气清洁机	50	所有表面	连续操作	0.17
空气调节机	50	电器周围	在最低温度设定下连续操作	0.18
电池充电器	50	所有表面	装入制造厂商所规定最大电量之已放电电池	0.17
电毯	0	顶部	摊开并平铺于隔热板上	0.12
调理机(blender)	50	电器周围	在无载下连续操作	0.17
榨柳丁汁机(citrus presses)	50	电器周围	在无载下连续操作	0.17
电钟	50	电器周围	连续操作	0.17
咖啡壶(coffee makers)	50	电器周围	依 IEC 60335-2-15 第 3.1.9 节之规定	0.17
咖啡研磨机(coffee mills)	50	所有表面	依 IEC 60335-2-14 第 3.1.9.108 节之规定	0.17
对流式加热器	50	电器周围	在最大输出下操作	0.17
油炸锅	50	电器周围	依 IEC 60335-2-13 第 3.1.9 节之规定	0.17
口腔卫生电器	0	所有表面	依 IEC 60335-2-52 第 3.1.9 节之规定	0.12
除毛机(depilators)	0	靠在刀片上	在无载下连续操作	0.12
洗碗机	30	顶部、前端	不放入碗盘,在设定为洗净与烘干之模式下操作	0.18
煮蛋锅(egg boiler)	50	电器周围	依 IEC 60335-2-15 第 3.1.9 节之规定	0.17
蒸脸机(facial sauna appliances)	10	顶部	连续操作	0.12
电扇	50	前端	连续操作	0.17

风扇式加热器 (fan heaters)	50	前端	在最高温度设定下连续操作	0.17
地板打腊机 (floor polisher)	50	所有表面	打腊刷 (polishing brushes) 在无任何机械负载下连续操作	0.18
食物处理机 (food processors)	50	电器周围	在无载及最高转速设定下连续操作	0.17
食物保温柜 (food warming cabinets)	50	前端	在无载及最高温度设定下连续操作	0.17
电暖足器	50	顶部	在无载及最高温度设定下连续操作	0.17
瓦斯点火器 (gas ignitors)	50	所有表面	连续操作	0.17
烤架 (grills)	50	电器周围	在无载及最高温度设定下连续操作	0.18
剪发器 (hair clippers)	0	靠在刀片上	在无载下连续操作	0.12
吹风机 (hairdryers)	10	所有表面	在最高加热功率设定下连续操作	0.12
以手引导之工具 (hand-guided tools)	30	除非朝向使用者的部位均为同一侧, 否则置于电器周围	在无载及最高转速设定下操作	0.16
手持式工具	30	除非朝向使用者的部位均为同一侧, 否则置于电器周围	在无载及最高转速设定下操作。设计为非用于连续操作的工具 (例如电动订书机): 在其最大性能设定下操作	0.14
热泵 (heat pumps)	50	电器周围	在最高温度设定下连续操作	0.18
电热毯 (heating mats)	50	顶部	摊开并平铺于隔热板上	0.17
电热垫 (heating pads)	0	顶部	摊开并平铺于隔热板上	0.12

电炉架(hobs)	30	顶部、前端	依 IEC 60335-2-6 第 3.1.9 节之规定，惟于最高温度设定下对每个加热组件个别进行操作	0.18
电炉(hotplates)	30	电器周围	依 IEC 60335-2-9 第 3.1.9 节之规定，惟于最高温度设定下对每个加热组件个别进行操作	0.18
冰淇淋制造机 (icecream makers)	50	电器周围	在无载及最低温度设定下连续操作	0.17
浸入式加热器	50	电器周围	在加热组件完全浸没下操作	0.17
感应式炉具(电磁 炉具) (induction hobs and hotplates)			见第 A.4 节	
电熨斗	50	所有表面	依 IEC 60335-2-3 第 3.1.9 节之规定	0.17
熨烫机(ironing machines)	50	所有表面	依 IEC 60335-2-44 第 3.1.9 节之规定	0.18
果菜榨汁机(juice extractors)	50	电器周围	在无载下连续操作	0.17
电壶(kettles)	50	电器周围	容器内装入一半的水	0.17
厨房用电秤 (kitchen scales)	50	电器周围	在无载下连续操作	0.17
电动刀具(knives)	50	所有表面	在无载下连续操作	0.17
按摩电器	0	靠在按摩头(振 动部)上	在无载及最高转速设定下连续操作	0.12
微波炉	30	顶部、前端	设定在最高微波功率输出下连续操作。若有一般加热组件，同时在最高设定值下操作。以 1ℓ 的自来水作为加热负载置于托盘	0.16

			中央，装水容器以不具导电性的材料制成，如玻璃或塑料	
搅拌机(mixers)	50	所有表面	在无载及最高转速设定下连续操作	0.17
注油式辐射加热器(oil filled radiators)	50	电器周围	在无载及最高温度设定下连续操作	0.18
电烤炉(ovens)	30	顶部、前端	炉内不放任何物品并关上炉门，恒温器调整至最高设定值。亦在使用说明书所述之清洁模式(若有时)下操作	0.18
电灶(ranges)	30	顶部、前端	对每项功能个别进行操作	0.18
排油烟机	30	底部、前端	控制器调整至最高设定值	0.18
冷冻冷藏器具	30	顶部、前端	在箱门关闭下连续操作，恒温器调整至最低设定值。冷冻冷藏室中不放任何物品。除所有正在冷却中的冷冻冷藏室外，在已达到稳定条件后进行量测	0.18
电饭锅(rice cookers)	50	电器周围	容器内装入一半的水，不关上盖子并在最高设定值下操作	0.17
电胡刀	0	靠在刀片上	在无载下连续操作	0.12
切片机(slicing machines)	50	所有表面	在无载及最高转速设定下连续操作	0.18
太阳灯(solaria)				
— 触及身体的部件	0	电器周围	在最高设定值下连续操作	0.12
— 其它部件	30	电器周围	在最高设定值下连续	0.17

			操作	
脱水机	30	顶部、前端	在无载下连续操作	0.16
储热式加热器 (storage heaters)	50	电器周围	在最高温度设定下连续操作	0.18
电茶壶(tea makers)	50	电器周围	在无载下连续操作	0.17
烤面包机(toasters)	50	电器周围	在无载及最高温度设定下操作	0.17
具有加热组件之工具 (tools with heating elements)	30	除非朝向使用者的部位均为同一侧, 否则置于电器周围	将熔胶棒(glue stick)装入热熔枪(glue guns)中, 于最高温度设定下操作	0.14
便移工具 (transportable tools)	30	顶部及朝向使用者侧边之部位	在无载及最高转速设定下连续操作	0.16
滚筒式干衣机	30	顶部、前端	以尺寸大约 0.7m×0.7m 且干燥时重量在 140g/m ² 至 175g/m ² 间的可水洗双面缝制之棉质试验布, 在烘干模式下操作	0.18
手持式真空吸尘器	50	所有表面	依 IEC 60335-2-2 第 3.1.9 节之规定	0.18
肩挂式真空吸尘器 (vacuum cleaners body sling)	0	所有表面	依 IEC 60335-2-2 第 3.1.9 节之规定	0.12
其它型式之真空吸尘器	50	电器周围	依 IEC 60335-2-2 第 3.1.9 节之规定	0.18
洗衣机及干衣机	30	顶部、前端	不放入衣物, 在最高转速之脱水模式下操作	0.18
水床加热器	10	顶部	摊开并平铺于隔热板上	0.12
水加热器	50	电器周围	若有需要, 让水保持流动, 控制器调整在最高设定值下操作	0.17

漩涡式浴具				
— 内部	0	电器周围	连续操作	0.12
— 外部	30	电器周围	连续操作	0.17
^a 传感器在电器外侧之特定距离移动。传感器移过涵盖所规定电器表面的区域。当传感器之位置规定为在电器周围时，传感器在电器周围具代表性高度的平面上移动。				

注：已定义之量测距离系保障能防止对头部之中枢神经系统组织及躯干的影响。

A.3 感应式炉具之试验条件

A.3.1 量测距离

对每一个烹煮区域，沿距离电器边缘 30cm 的 4 条垂直线上(A、B、C、D)进行量测(参考图 A.1)。在烹煮区域上方 1m 以下之处与在烹煮区域下方 0.5m 之处进行量测，若电器置于靠墙的位置并欲在该处使用时，则不在电器的后方进行量测。

A.3.2 操作模式

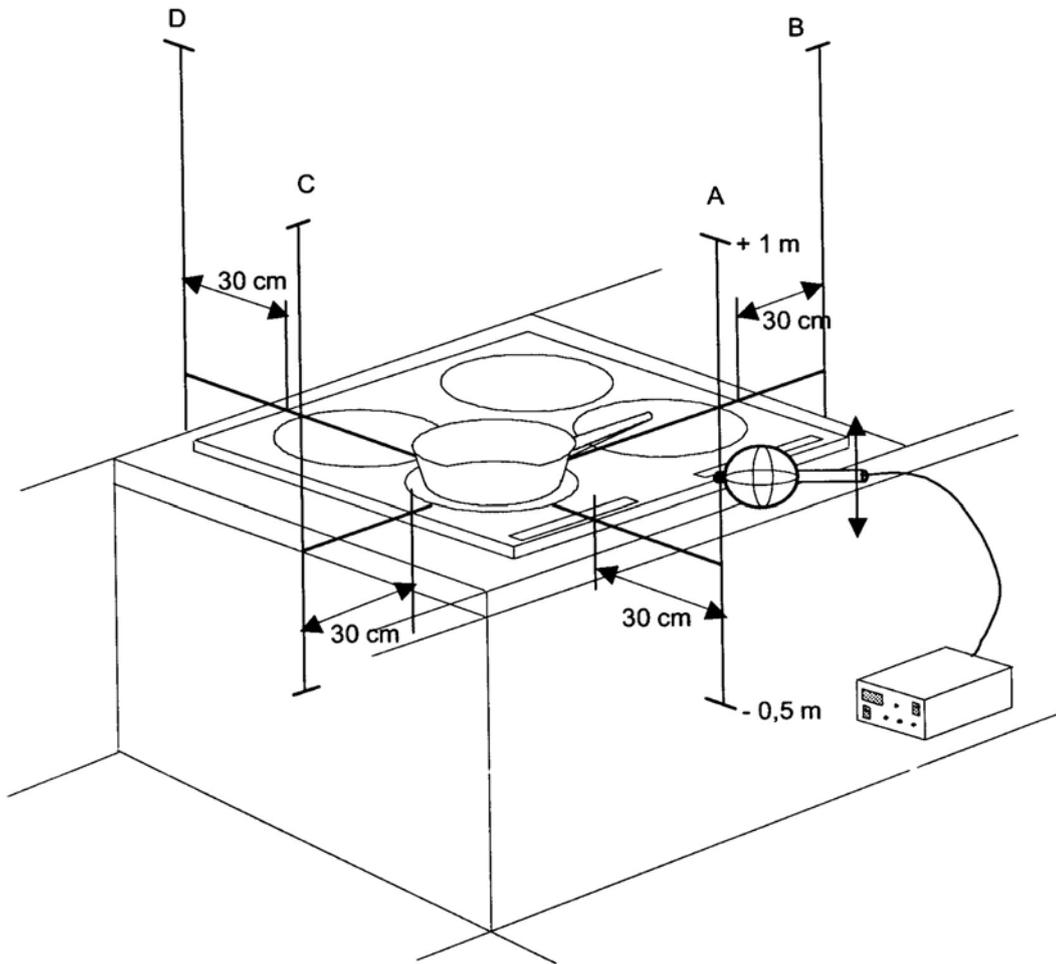
将外镀珐琅之钢制容器(enameled steel vessel)注入其容量 50%的水，并轮流置于每一烹煮区上。

采用使用说明书上所建议之最小容器，若无建议的容器，则采用足以覆盖所标示之烹煮区域之最小标准容器。标准规格的烹煮容器其底部之直径为 110mm、145mm、180mm、210mm 及 300mm。

感应式加热组件轮流在最大消耗功率下操作，尚未接受试验的烹煮区域不可覆盖。

在水已沸腾下进行量测。若水未沸腾，在加热组件已通电 1 分钟后进行量测。

图 A.1 感应式炉具之量测距离



线段 A、B、C、D 指出量测位置。

本图所示为具有 4 个烹煮区域之感应式炉具，对左前方正在操作的感应式加热组件进行量测。

附录 B

(参考)

基本限制与参考位准

表 B.1 电场、磁场及电磁场之基本限制(0Hz 至 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 (头及躯干) W/kg	局部 SAR (四肢) W/kg	功率密度 S W/m ²
0Hz	40					
小于 0-1Hz		8				
1-4Hz		8/f				
4-1000Hz		2				
1000Hz-100kHz		f/500				
100kHz-10MHz		f/500	0.08	2	4	
10MHz-10GHz			0.08	2	4	
10-300GHz						10

f 系单位为 Hz 之频率。

表 B.2 电场、磁场及电磁场之参考位准(0Hz 至 300GHz, 不受干扰之 r.m.s.值)

频率范围	电场强度 V/m	磁场强度 A/m	磁通密度场 μ T	等效平面波功率密度 S eq W/m ²
0Hz-1Hz	—	3.2×10^4	4×10^4	—
1Hz-8Hz	10000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8Hz-25Hz	10000	4000/f	5000/f	—
0.025kHz-0.8kHz	250/f	4/f	5/f	—
0.8kHz-3kHz	250/f	5	6.25	—
3kHz-150kHz	87	5	6.25	—
0.15MHz-1MHz	87	0.73/f	0.92/f	—
1MHz-10MHz	$87/f^{1/2}$	0.73/f	0.92/f	—
10MHz-400MHz	28	0.073	0.092	2
400MHz-2000MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	f/200
2GHz-300GHz	61	0.16	0.20	10

f 如频率范围栏所示之值。

注：上述限制数值不适用于保护曝露于电磁场中之工作者。

附录 C

(规定)

决定耦合因子

简介

参考位准 B_{RL} 系对均匀场加以定义，本标准中电器周围极度不均匀的磁场以附录 A 所列之 $a_c(r_1)$ 因子加以考虑。对于在场中的身体部位之尺寸亦充分考虑。

与参考位准 B_{RL} 比较之量测校正值 $B_{mc}(r_1)$ 由量测值 B_m 以下列关系式得到：

$$B_{mc}(r_1) = a_c(r_1) B_m$$

C.1 以计算法决定耦合因子

以 4 个步骤决定耦合因子 $a_c(r_1)$ 。

步骤 1 评价热点范围

由热点 $r_0=0$ 处开始，沿最小梯度与切于表面的切线量测磁通密度 $B_m(r_0)$ 。

量测终点止于 $r_0=Xm$ 处，此处之磁通密度为热点处最大值的 10%，如图 C.1、C.2 所示。

量测点间的距离在 5mm 至 10mm 范围内。

图 C.1 热点

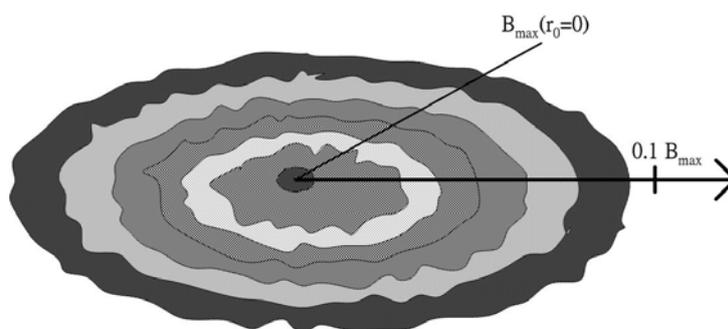
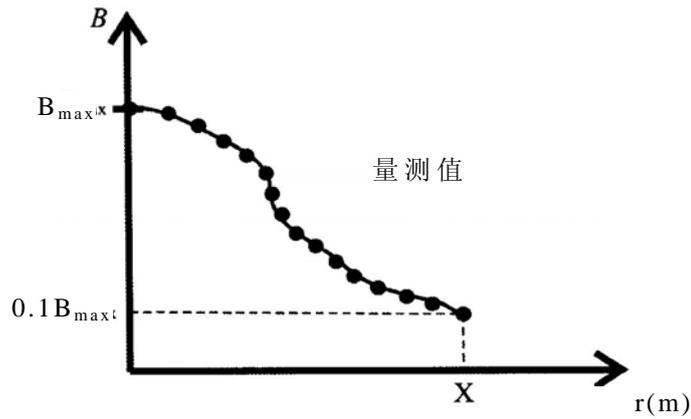


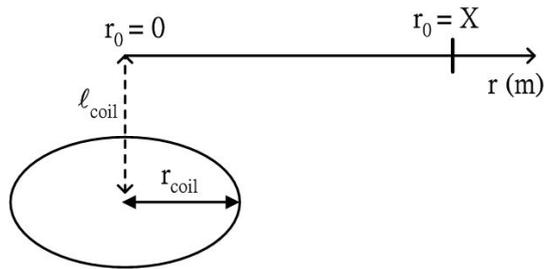
图 C.2 磁通密度之梯度



步骤 2 决定等效线圈(equivalent coil)

步骤 1 的量测结果系用以决定能提供相似场梯度之等效线圈的半径。此线圈置于距热点 ℓ_{coil} 距离之处，对应于电器内部磁场源的位置(见图 C.3)。

图 C.3 等效线圈之位置



对已正规化(normalized)量测磁通密度值积分可得到单一的 G 值，此值可用以决定等效线圈的半径 r_{coil} (见表 C.1)。在 r_{coil} 不超过 ℓ_{coil} 下可采用线性内插法来得到 r_{coil} 值。

G 值以下列方程式计算得出。

$$G(r_{coil}, \ell_{coil}) = \int_{r_0=0}^{r_0=X} \frac{B_m(r_0)}{B_m(r_0=0m)} dr_0$$

注：对于小型电器，磁场源假设位在电器的中央，对大型电器，每个磁场源的位置系由检查电器来决定。

表 C.1 不同线圈之 G 值

ℓ_{coil} 距离 mm	半径 r_{coil} mm						
	5	10	20	30	50	70	100
	5	0.00680					
10	0.00927	0.01354					
15	0.01258	0.01562					
20	0.01614	0.01848	0.02703				
25	0.01980	0.02168	0.02880				
30	0.02351	0.02511	0.03117	0.04051			
35	0.02726	0.02861	0.03390	0.04217			
40	0.03102	0.03222	0.03689	0.04429			
50	0.03858	0.03955	0.04334	0.04941	0.06750		
70	0.05378	0.05448	0.05718	0.06164	0.07535	0.09444	
100	0.07660	0.07711	0.07905	0.08219	0.09213	0.10644	0.13493
200	0.15294	0.15317	0.15415	0.15573	0.16085	0.16845	0.18420
300	0.22930	0.22953	0.23012	0.23119	0.23461	0.23971	0.25054

步骤 3 决定因子 k

因子 k 代表等效线圈与人体间之关系，以下列方程式得出：

$$k(r, r_{coil}, f, \sigma) = \frac{f}{50\text{Hz}} \cdot \frac{\sigma}{0.1 \frac{\text{S}}{\text{m}}} \cdot \frac{J_{\max}(r, r_{coil})}{B_{\max, \text{sensor}}(r, r_{coil}, A_{\text{sensor}})}$$

其中

r ：等效线圈与人体间之距离，以 mm 为单位

J_{\max} ：人体组织电流密度，以 A/cm² 为单位

A_{sensor} ：传感器的面积，以 cm² 为单位

$B_{\max, \text{sensor}}$ ：传感器所感测之最大磁场密度，以 T 为单位

σ ：人体均匀模型(homogeneous model of human)的电导率，以 S/m 为单位

注：对于非均匀场，场内最高的值发生在人体表面，人体表面之电导率为 0.1S/m。

距离 r 由下列方程式得出，式中 r_1 为表 A.1 中所规定之量测距离，以 mm 表示。

$$r = r_1 + \ell_{coil}$$

对整个人体而言，频率 50Hz 下因子 k 之值在表 C.2 中规定，这些值系以附录 E 所述的人体与磁场模型之下建立，且当使用第 4.2.3 节所述之参考传感器时，将量测值与由表中所得之值加以比较。

表 C.2 频率 50Hz 下对整个人体之因子 k 值

距离 r mm	半径 r_{coil} mm						
	5	10	20	30	50	70	100
100	2.27321	2.33138	2.28502	2.24822	2.22367	2.16136	2.12668
200	2.26414	2.33535	2.28748	2.26364	2.28081	2.28315	2.35054
300	2.53336	2.65796	2.56552	2.52681	2.53192	2.51592	2.56771
400	2.78004	2.93119	2.81814	2.77068	2.77599	2.75117	2.79575
500	3.01108	3.17358	3.05715	2.99782	2.99069	2.94871	2.99195
600		3.36043		3.07484			
700		3.54133		3.19345			
1000		3.99764		3.52202			

步骤 4 计算耦合因子

耦合因子 $a_c(r)$ 以下列方程式决定：

$$a_c(r) = k \cdot \frac{B_{RL}(f)}{J_{BR}(f)}$$

其中

B_{RL} ：频率 f 下之参考位准

J_{BR} ：相同频率下之基本限制

参考位准与基本限制间之关系如表 C.3 所示。

表 C.3 在不同频率下参考位准与基本限制间之关系

频率范围	$\frac{B_{RL}(f)}{J_{BR}(f)} \left[\frac{T}{\frac{A}{m^2}} \right]$
大于 0Hz-1Hz	5
1Hz-4Hz	$5/f$
4Hz-8Hz	$20/f^2$
8Hz-25Hz	$2.5/f$
0.025kHz-0.8kHz	$2.5/f$
0.8kHz-1kHz	3.175×10^{-3}
1kHz-100kHz	$3.175/f$
注：频率 f 之单位为 Hz。	

若以 50Hz 之频率作为评价之基准(例如使用依第 4.2.4.1 节或第 4.2.4.2 节之量测

程序)耦合因子 $a_c(r)$ 可由下列方程式计算得出:

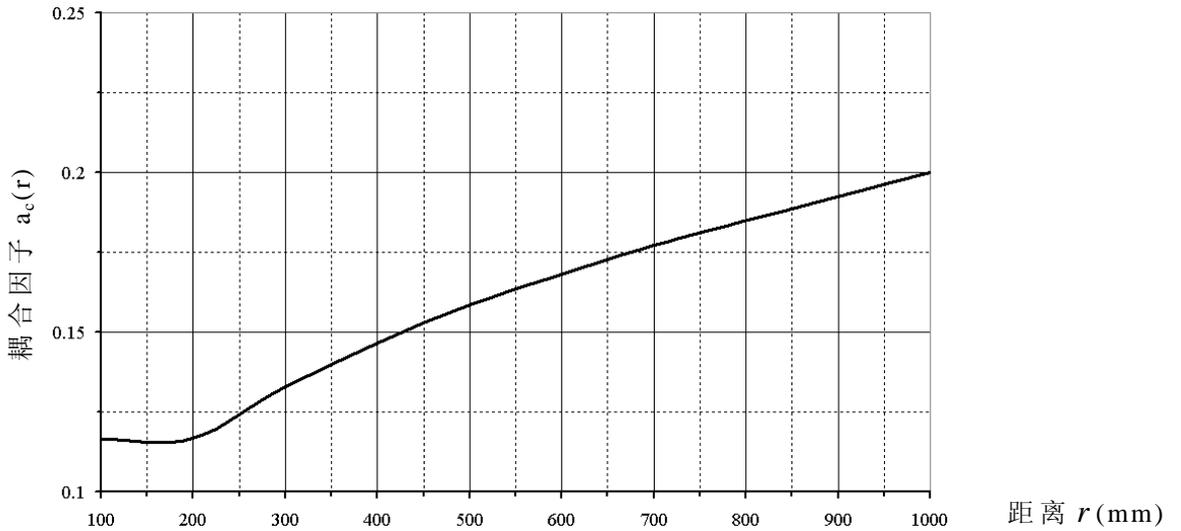
$$a_c(r) = k \cdot 50 \times 10^{-3} \frac{T}{A/m^2}$$

C.2 以曲线图评价耦合因子

耦合因子可由图 C.4 决定。此方法系假设等效线圈半径为 10mm 之最不利的条件下, 得出耦合因子之近似值。

注: 表 A.1 中的耦合因子系用此方法来决定。

图 C.4 不同距离下之耦合因子



距离 $r = r_1 + \ell_{coil}$, r_1 为表 A.1 中所规定之量测距离, 以 mm 表示。

附录 D

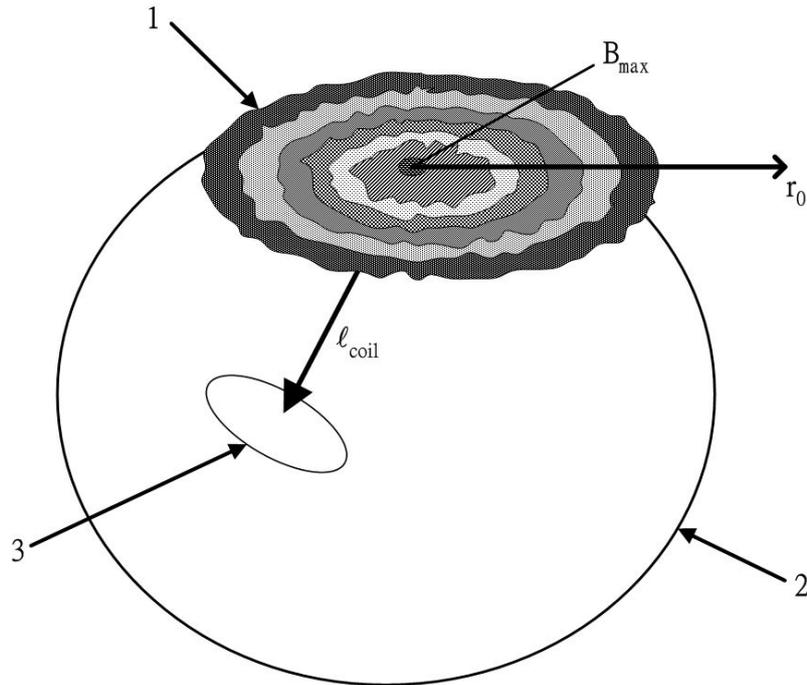
(参考)

计算耦合因子之范例

如第 C.1 节所述，以 4 个步骤决定耦合因子 $a_c(r)$ 。

步骤 1 评价热点之范围

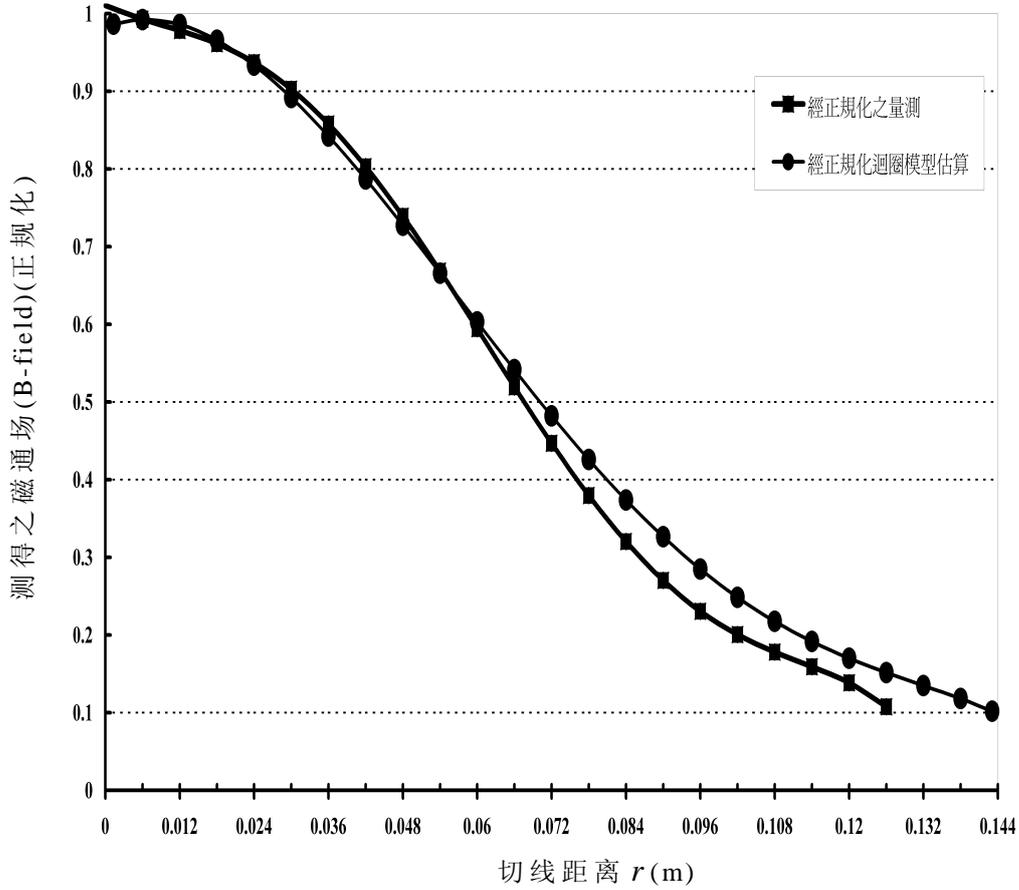
图 D.1 磁通密度量测之示意图



- 1 在热点周围的切平面处测量
- 2 家用电器的模型如图中所示的球面
- 3 线圈

步骤 2 决定等效线圈

图 D.2 沿切线距离 r 的正规化场分布



对正规化磁通密度积分得到之 G 值为 $0.07166(m)$ 。

步骤 3 决定因子 k

G 值已知时，可决定出等效线圈半径 r_{coil} (见表 C.1)。例如， l_{coil} 假设为 $70mm$ ，在表 C.1 中， $l_{coil}=70mm$ 时，与步骤 2 计算得出之值最接近之 G 值为 $0.07535m$ ，可得到 $r_{coil}=50mm$ 。线圈以图 D.2 中正规化循环模型(normalized loop model)的曲线来表示，由图中可看出其良好的趋近特性。

此时可得到全身之因子 k 值。在表 C.2 中， $r=100mm$ (如前例所决定者，此值最接近 $70mm$) 且 $r_{coil}=50mm$ 时，可得到因子 $k=2.22367$ 。

步骤 4 计算耦合因子

例如，依第 4.2.4.1 节之程序进行量测，耦合因子 $a_c(r)$ 为：

$$a_c(r) = k \cdot 50 \times 10^{-3} \frac{T}{A/m^2}$$

$$\text{故 } a_c(r) = 2.22367 \times 50 \times 10^{-3} = 0.11183$$

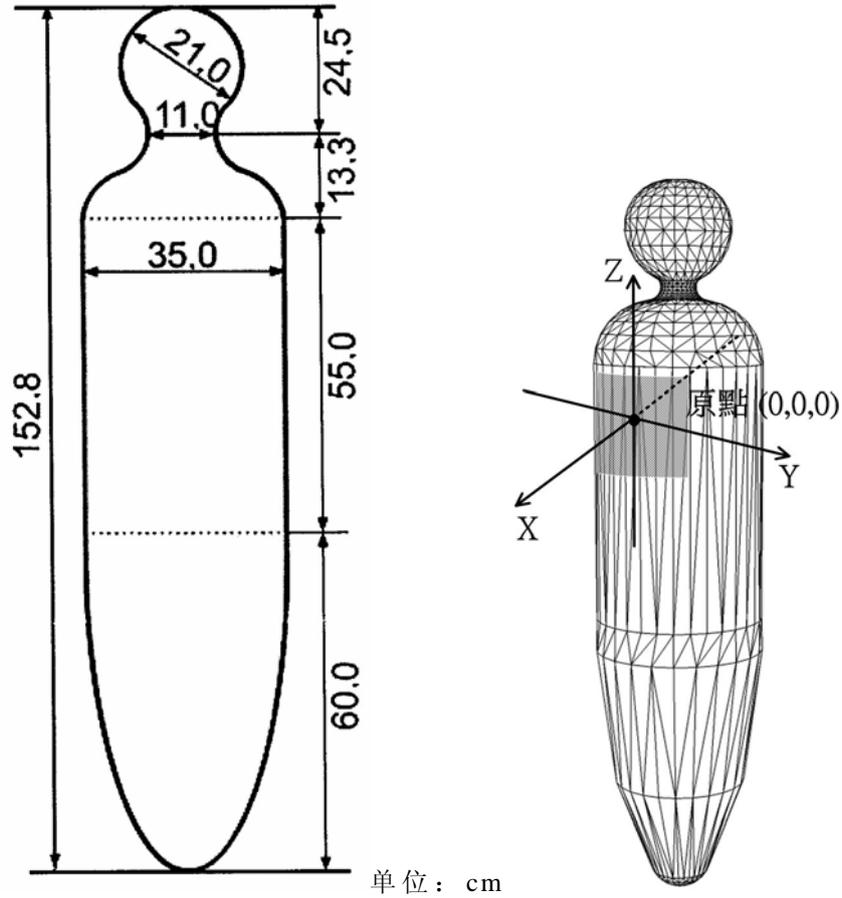
附录 E

(参考)

人体与磁场间关系之表示

图 E.1 显示人体均匀模型的尺寸，依此模型来得到附录 C 中的数值。此三维模型显示出计算之原点。

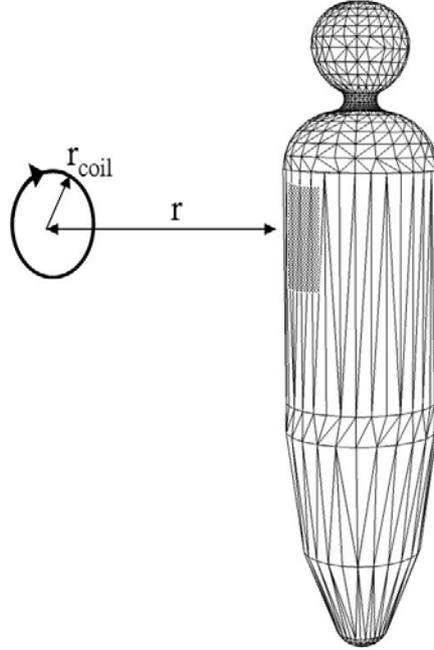
图 E.1 人体的数值模型



磁场并非均匀，且可由附录 C 所计算之相关数值以电流循环(circular current loop)来表示。

具有不同直径的电流循环置于与数值模型距离为 r 且最不利的位置，如图 E.2 所示。

图 E.2 模型与磁场源位置之关系



附录 C 的因子 k 提供人体数值模型内之最大感应电流密度 J_{max} 与在同一处量得之最大磁通密度两者间的关系。

附录 F

(参考)

与基本限制比较之电流密度之计算方法

完整的计算方法尚在研议中。

参考文献

1. Council Recommendation 1999/519/EC of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)
2. EN 60335-2-25, Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-25: Particular requirements for microwave ovens and combination microwave ovens
3. EN 60335-2-90, Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-90: Particular requirements for commercial microwave ovens
4. H. O. Ruoss, W. Spreitzer, S. Nishizawa, S. Messy and M. Klar, "Efficient determination of current densities induced in the human body from measured low-frequency inhomogeneous magnetic fields", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 29, no. 4, pp. 211-213, May 20, 2001.
5. W. Spreitzer, S. Nishizawa, H.-O. Ruoss, S. Messy and F. Landstorfer, "Equivalent source model for household appliance emitted low frequency magnetic field", *IEEE Transaction on MTT*, 2000 (Submitted)
6. U. Kampet and W. Hiller, "Measurement of magnetic flux densities in the space around household appliances", in: *Proceedings of NIR 99, Nichtionisierende Strahlung, 31. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Köln*, vol. II, pp. 885-891, 1999
7. C.M. Furse and O.P. Gandhi, "Calculation of electric fields and currents induced in a millimeter-resolution human model at 60Hz using the FDTD method", *Bioelectromagnetics*, vol. 19, pp. 293-299, 1998
8. U. Jakobus, "Erweiterte Momentenmethode zur Behandlung kompliziert aufgebauter und elektrisch grosser elektromagnetischer Streuprobleme", *Fortschrittsberichte VDI, Reihe 21, Nr.171*, VDI Verlag, Duesseldorf, 1995
9. Programm EMPIRE, <http://www.imst.de>
10. J.R. Shewchuck, "An introduction to the conjugate gradient method without the agonizing pain", School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1994
11. H.-O. Ruoli and U. Kampet "Numerical calculation of current densities induced in the human body caused by low frequency inhomogeneous magnetic sources", *Kleinheubacher Berichte 2001, Band 144*, pp. 155-162, 2001
12. IROE-CNR, <http://sparc10.iroe.fi.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.htmfatsfaq> Florence (Italy), 1997-2000
FEKO: EM Software & System, www.feko.co.za
13. ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)", *Health Phys.*, vol. 41, no. 4, pp. 449-522, 1998