

中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 18039.6—2005/IEC 61000-2-7:1998

电磁兼容 环境 各种环境中的低频磁场

Electromagnetic compatibility—Environment—
Low frequency magnetic fields in various environments

(IEC 61000-2-7:1998, IDT)

2005-02-06 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前　　言

本标准化指导性技术文件等同采用 IEC 61000-2-7 :1998《电磁兼容　环境　第 2-7 部分:各种环境中的低频磁场》。

本指导性技术文件是《电磁兼容　环境》系列国家标准化文件之一,该系列目前包括以下标准化文件:

GB/Z 18039. 1—2000 电磁兼容　环境　电磁环境的分类(idt IEC 61000-2-5:1996)

GB/Z 18039. 2—2000 电磁兼容　环境　工业设备电源低频传导骚扰发射水平的评估(idt IEC 61000-2-6:1996)

GB/Z 18039. 3—2003 电磁兼容　环境　公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的电磁环境(IEC 61000-2-2:1990, IDT)

GB/T 18039. 4—2003 电磁兼容　环境　工厂低频传导骚扰的兼容水平(IEC 61000-2-4:1994, IDT)

GB/T 18039. 5—2003 电磁兼容　环境　公用低压供电系统低频传导骚扰及信号传输的兼容水平(IEC 61000-2-1:1990, IDT)

GB/Z 18039. 6—2005 电磁兼容　环境　各种环境中的低频磁场(IEC 61000-2-7:1998, IDT)

本指导性技术文件由中国电力企业联合会提出。

本指导性技术文件由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC 246)归口并解释。

本指导性技术文件起草单位:国家电力公司武汉高压研究所。

本指导性技术文件主要起草人:郎维川、张广州、王勤、万保权、杨敬梅、蒋虹。

IEC 引　　言

本部分是 IEC 61000 系列出版物的一部分,该系列出版物构成如下:

第一部分:综述

总的考虑(概述、基本原理)

定义、术语

第二部分:环境

环境的描述

环境的分类

兼容性水平

第三部分:限值

发射限值

抗扰度限值(当它们不属于产品委员会的职责范围时)

第四部分:试验和测量技术

测量技术

试验技术

第五部分:安装和减缓导则

安装导则

减缓方法和装置

第六部分:通用标准

第九部分:其他

每一部分又可分为若干分部分,它们作为国际标准或技术报告出版。

这些标准和技术报告将按编号依年代次序发布。

本部分是第 3 类的技术报告。

电磁兼容 环境 各种环境中的低频磁场

1 范围

近年来,由于注意到磁场可能对人体和动物生理的影响,以及对某些电气设备,特别是对图像显示装置的性能产生有害的影响,从而激发了人们对磁场的关注。本指导性技术文件中给出了根据调查得出的结果,供参考之用。

注 1:欧盟 EMC 指令促进了对磁场的测量,特别是对与供电公司变电所以及与大楼内配电系统相关的商务办公环境中磁场的测量。供电公司主持了大部分的测量工作,其测量结果(用有效值表示)一般在 50 Hz~2 kHz 的频率范围内。为此,有必要掌握一些有关直流磁场以及频率最高到 150 kHz 的磁场的知识,因为这些磁场可能干扰某些类型设备的工作。

注 2:在本指导性技术文件中大多数的磁场数据是与正弦电流源有关的,除非另有说明。假定这些数据是用有效值表示的。

把在 1 000 V 及以下的电压下运行的供电系统称为低压系统,在 1 000 V 以上至 35 kV 的电压下运行的供电系统称为中压系统,而在超过 35 kV 的电压下运行的供电系统称为高压系统。

2 规范性引用文件

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

GB/T 4365 电磁兼容术语(GB/T 4365:2003, IEC 60050(161):1990, IDT)

3 单位

本指导性技术文件中的磁场值既可以用磁场强度的单位:安每米(A/m)来表示,也可以用磁通密度的单位:微特斯拉(μT)来表示。在引用文件中出现旧的磁通密度单位:毫高斯(mGs)时,通过下列关系式转换成以微特斯拉(μT)为单位:

$$1\mu\text{T} = 10 \text{ mGs} \approx 0.796 \text{ A/m}$$

在本指导性技术文件中,采用下列单位:

磁场强度 H : 单位为安培每米(A/m);

磁通密度 B ($B = \mu \times H$): 单位为特斯拉(T)。

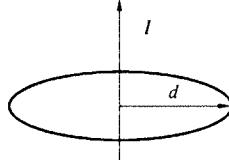
利用磁导率 $\mu = \mu_r \times \mu_0$, $\mu_0 = 1.256 \times 10^{-6}$ (Wb/(Am)), 在空气中相对磁导率 $\mu_r = 1$, 从而 $B(\mu\text{T}) = 1.256 \times H$ (A/m)。

注: $1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 10^4 \text{ Gs}$ 。

示例:单导体的磁场

在与载有电流 I 的单导体距离为 d 处的磁场强度和磁通密度之间的关系由下列表达式给出:

$$H = \frac{I}{2\pi d}, B = 1.256 \times \frac{I}{2\pi d}$$



交变的电流产生交变的磁场。在多相电缆或架空线路的情况下,由各相电流产生的磁场矢量相加得到一个旋转的交变磁场。

一个交变的磁场将使暴露在其中的任何导体内感应出电动势,那些带有探测线圈的仪表利用了这一效应。这些仪表是普通常用的。

另一类测量低频磁场的仪表利用了霍尔效应(Hall effect)。这些仪表在测量场源周围的磁场时不是十分好用,但是,它们在测量空间中某点的磁场和静磁场时是很有用的。

4 自然现象

应考虑三种天然的磁场:

- 地球的磁场(一种静磁场);
- 由雷暴和太阳活动产生的磁场(频率很低的时变磁场);
- 由雷击引起的磁场(脉冲磁场)。

早期的磁场测量和应用是与航行有关的,而对地磁场认真研究的结果是得出了磁场分布图,这方面的例子在图 1 中给出[1]¹⁾。所有未屏蔽的导体在地磁场中移动时,在导体的两端间感生出一个电压,其大小与移动的速度和方向有关。这个电压可能干扰相关联回路内敏感的电子设备。地磁场一般不会对静止的电气设备产生影响。

几乎总是把地球的静磁场作为 0 Hz 的稳态背景磁场加到现场测量值上。在靠近地球两极处的磁通密度高达 $60 \mu\text{T}$,而在赤道处的磁通密度只有 $30 \mu\text{T}$ 。

计算用的正常磁场值假设为 $50 \mu\text{T}$ [1],见图 1。

单位: $\times 10^{-6}$ 特斯拉

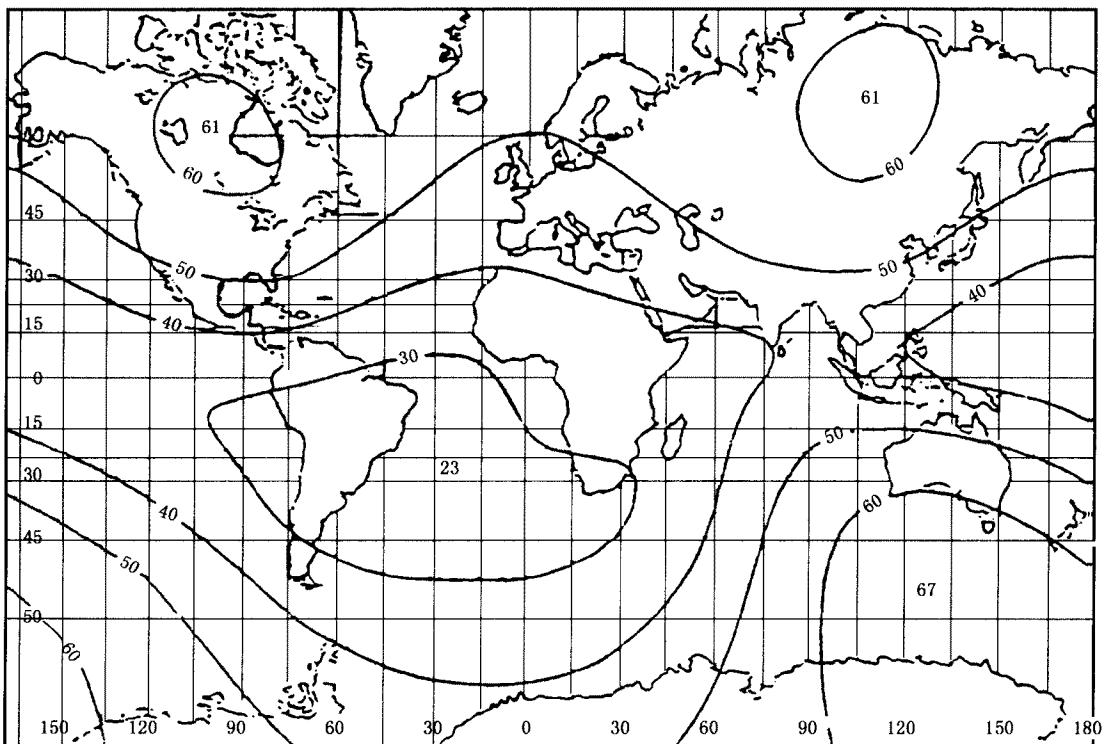
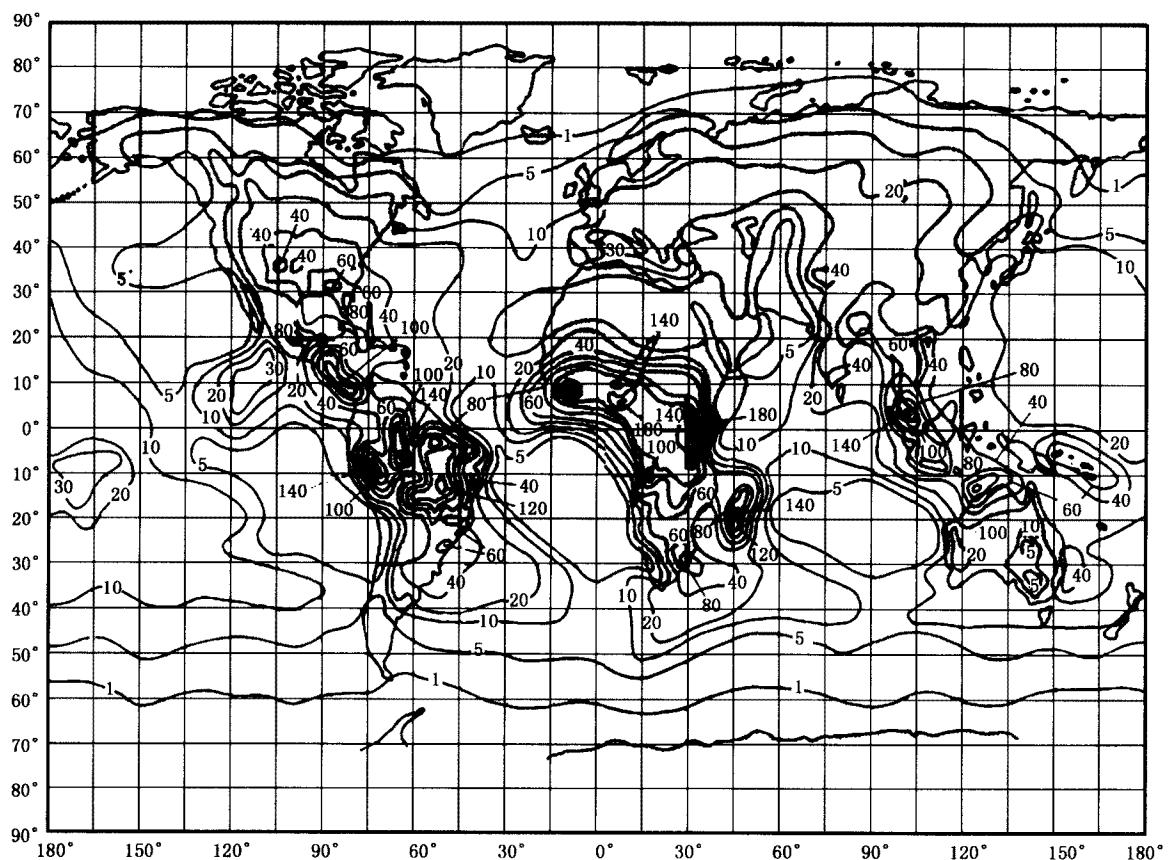


图 1 地球表面总磁场分布图

1) 方括号内的数字是指参考文献的编号。

诸如雷暴和太阳活动这样的自然现象产生超低频的时变磁场,这种磁场的强度是低的,一般不超过 $0.01 \mu\text{T}$ (8 mA/m),即使在强磁暴期间,磁场也只达到 $0.5 \mu\text{T}$ (0.4 A/m)。

很少能得到有关某一特定地区一年中发生雷击的次数的资料。但是图 2[2]中的雷暴日分布图示出了雷电活动的水平和达到最高场强的概率。



注:本图依据 1955 年世界气象组织的资料。

图 2 全世界年雷暴日分布图

下列雷电流累积频率的参考值(见图 3):

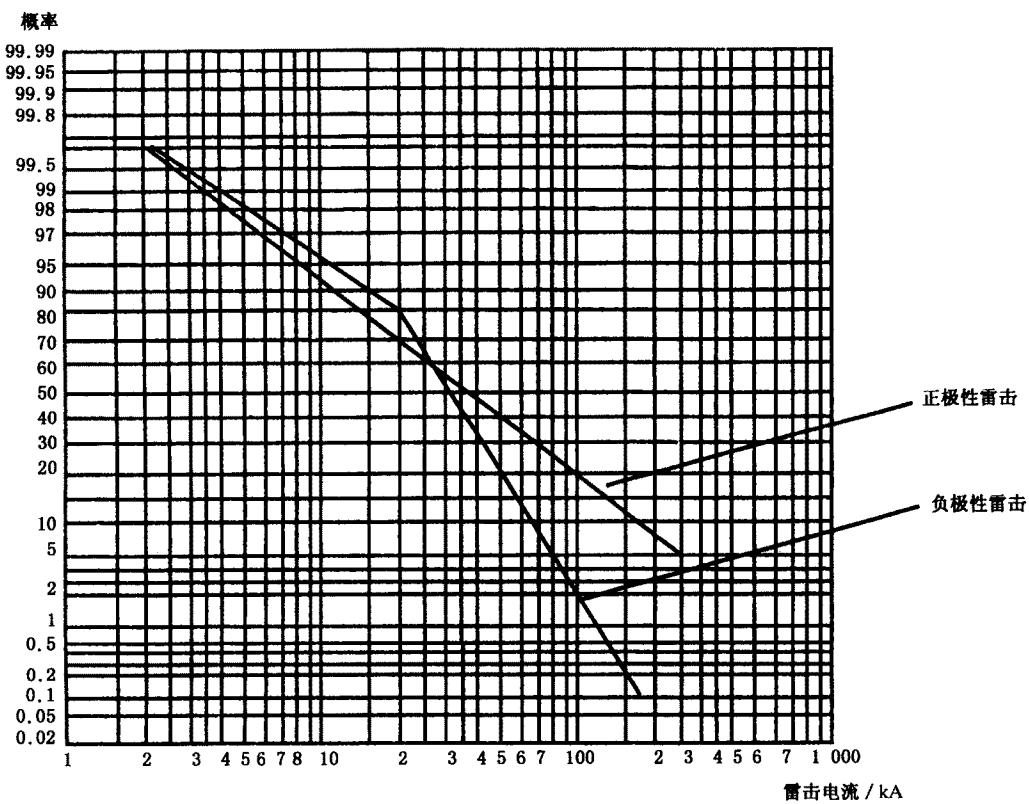
	负极性雷击	正极性雷击
5 %	80 kA	250 kA
50 %	33 kA	35 kA
95 %	7 kA	5 kA

雷击产生的磁场脉冲的上升时间约 $1 \mu\text{s}$,磁场半值持续时间约 $100 \mu\text{s}$ 。

可按下列关系计算产生的磁场:

$$H_{\text{peak}} = \frac{I}{2\pi d}$$

例如,当 $I=200 \text{ kA}$, $d=1 \text{ km}$ 时, $H=32 \text{ A/m}$, $B=40 \mu\text{T}$ 。



(取自 IEC 61024-1-1)

图 3 雷电流的累积频率

5 供电系统环境——工频磁场

和供电系统相关的磁场的值与测量时的负荷电流、系统的电压有关，这些参数决定了架空线路导体的对地高度、地下电缆的埋深和结构。只要有可能，在本指导性技术文件内所说明的值是以系统电压和最大的负荷条件（或以千安（kA）为单位表示的导体的电流）为基准的。

5.1 架空线路

流过架空配电线路的电流产生的磁场原则上受到电流的大小、电气上的相间结构布置以及导体的物理布置的影响。在这样的一条电力线路上的运行电压的影响是显著的，因为它决定了导体的对地高度、相导线之间的间距以及线路结构用的接地金属体。

全世界使用的系统电压、导体电流的等级和结构标准很多，所以不可能对每一种特殊类型的设施都提供磁场的数据。但下面所定义的典型设施和磁场特性有很好的模型。对于其他特定设备的磁场预测将以这些模型为基础。

如果对特定线路要求有详细的磁通密度的值，那么就必须考虑每条线路的情况，诸如导线结构、对地高度和线路电流。在 1 kA 时采用下列的近似公式：

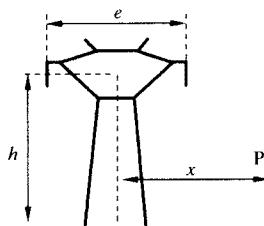
$$H = 140 \times \frac{e}{h^2 + x^2} (\text{A/m})$$

式中：

e ——两边相导线之间的距离；

h ——导线对地高度；

x ——从线路中心至所考虑的点 P 之间的距离。



5.1.1 交流三相线路

因为和电力线路相关的磁通密度与线路电流的关系是线性的,所以容易根据实际的电流值推导出磁通密度。在正常运行条件下,线路的最大电流近似表示如下:

—— 低压线路	0.4 kA
—— 中压线路	0.6 kA
—— 110 kV 和 220 kV 线路	1.0 kA
—— 380 kV 线路	2.0 kA
—— 750 kV 线路	3.0 kA

如有必要,可从供电公司或铁道公司获得更准确的电流值。但是,在故障情况下,诸如单相短路或两相短路时三相导线的磁场是不平衡的,而且其磁场可能要增加 20 倍。这种情况预期在低压和中压网络中可持续几秒钟,而在高压网络中可持续的时间小于 0.2s。

图 4 左侧表示根据 VDE 资料[3]作出的单回高压三相输电线在档距中央距线路中心的距离为 x 的地面上方 1 m 处,每 kA 线路电流产生的最大磁通密度分布的包络线。

图 4 右侧表示根据 VDE 资料[3]作出的分别运行在 20 kV 和 0.4 kV 的单回中压和低压三相配电线路在档距中央距线路中心的距离为 x 的地面上方 1 m 处,每 kA 线路电流产生的最大磁通密度分布的包络线。

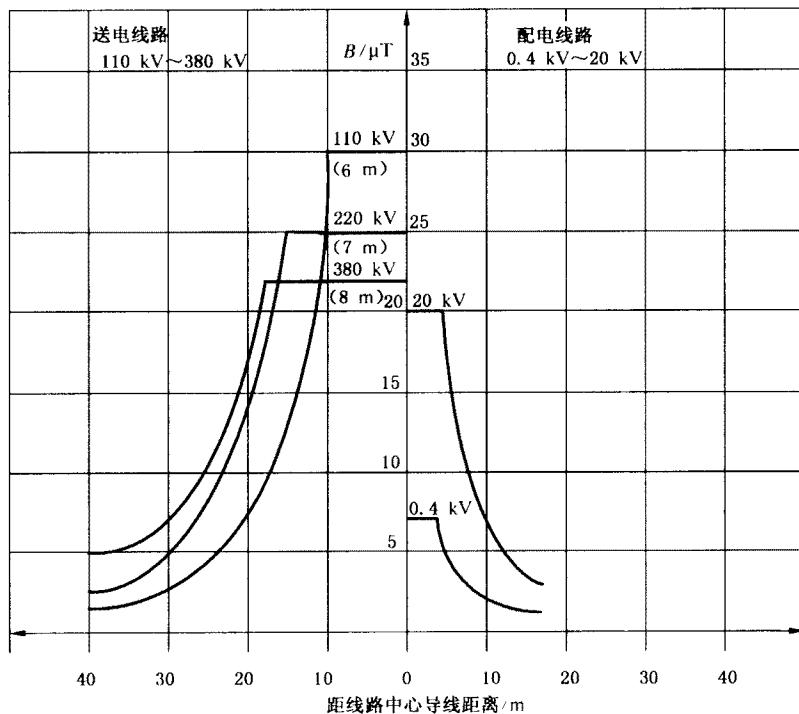


图 4 单回水平排列架空线路档距中央弧垂最大时
在地面上方 1 m 测量的线路中心水平方向最大磁通密度的包络线

从这些分布曲线可以看出：

- 在较高的电压等级下分布曲线较低，因为导线的对地高度较高；
- 在较高的电压等级下分布曲线变得较宽，因为导线之间的距离加大。

实际的磁通密度取决于线路电流。参照图 4 的磁通密度分布包络线和前面给出的线路的最大电流，实际最大磁通密度的范围列于表 1。表中指出的范围为 $3 \mu\text{T}$ 至 $44 \mu\text{T}$ 。

磁通密度分布图也与线路的布置情况有关。图 5[4]给出了实际高压线路的例子（具有“振荡”的最大值）。

表 1 电力线路产生的最大磁通密度的范围

线路电压 / kV	每 kA 最大磁通密度 $B/\mu\text{T}$	最大电流/kA	实际最大磁通密度 $B/\mu\text{T}$
380	22	2	44
220	25	1	25
110	30	1	30
20	20	0.6	12
0.4	7	0.4	3

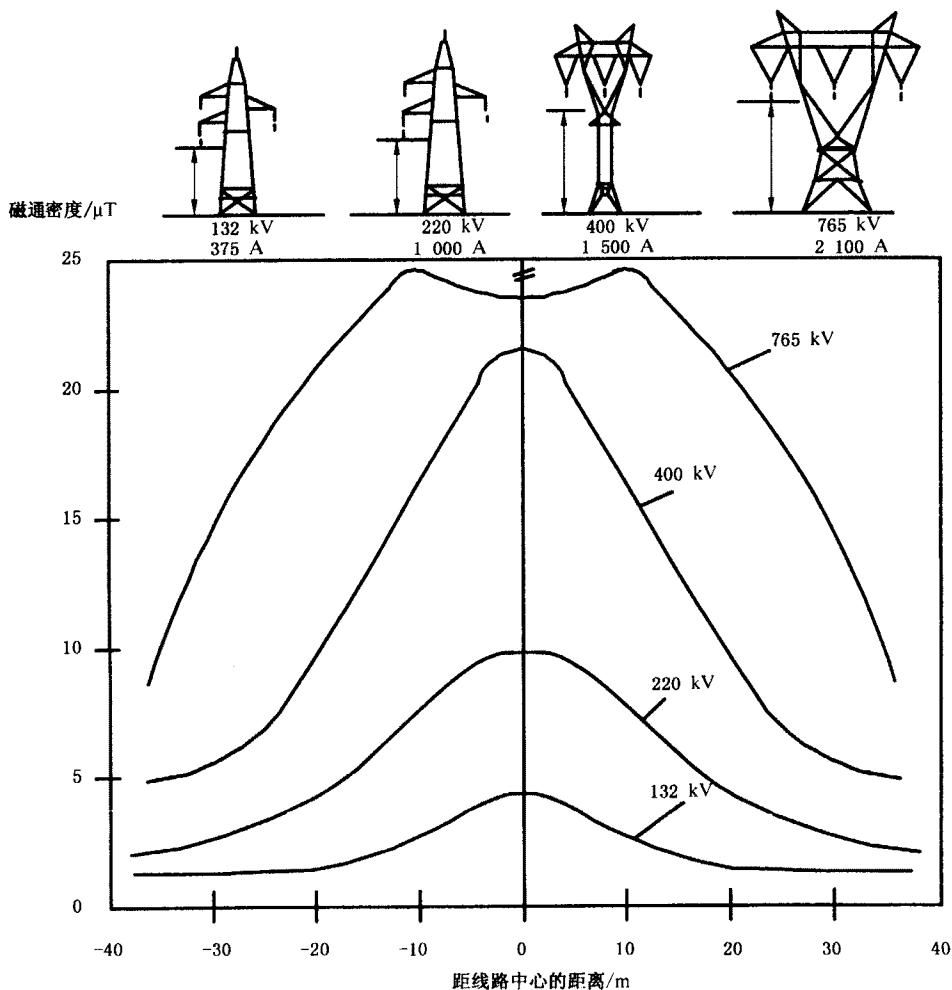
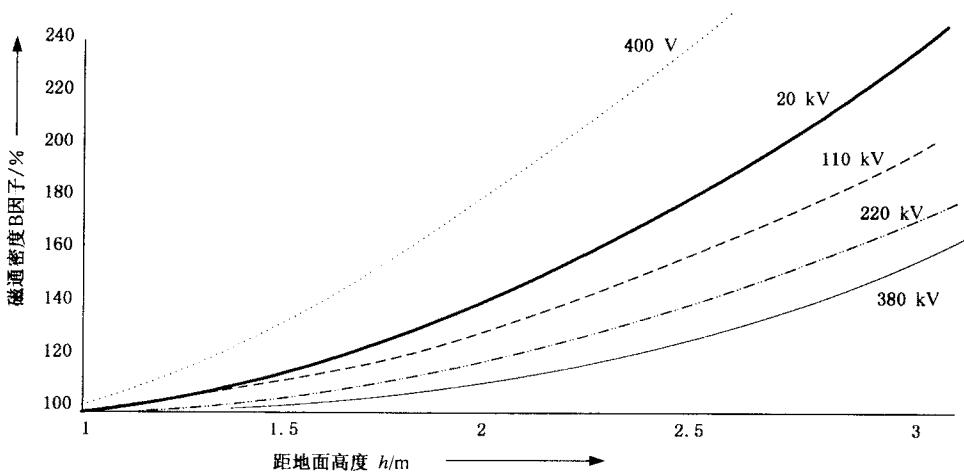


图 5 在平均负荷条件下 HV 线路的地面上方 1 m 处的磁通密度的例子

765 kV 和 400 kV 线路为三相水平排列的结构,而 132 kV 和 220 kV 线路为三角形布置的结构,后面这种布置所产生的磁场的值明显地较低。

图 6[3]表明图 4 所考虑的线路的档距中央的磁通密度与对地高度的依赖关系。可以利用这个关系应用图 4 给出的值推导出对地高度超过 1 m 时的磁通密度。



注:以地面上方 1 m 处的最大磁通密度为基准,仅当相导线水平排列时有效。

图 6 400 V~380 kV 三相线路和 20 kV 电铁接触线在档距中央最大弧垂时的磁通密度与地面上方高度(直到容许的最小距离)的关系

5.1.2 HVDC 线路

图 7[3]给出了典型高压直流架空线路的磁通密度特性。图 6[3]给出了以地面上方高度 h (m) 处为参考点以百分数表示的倍数。所有的直流特性是按以交流线路特性相同的方式来使用的。

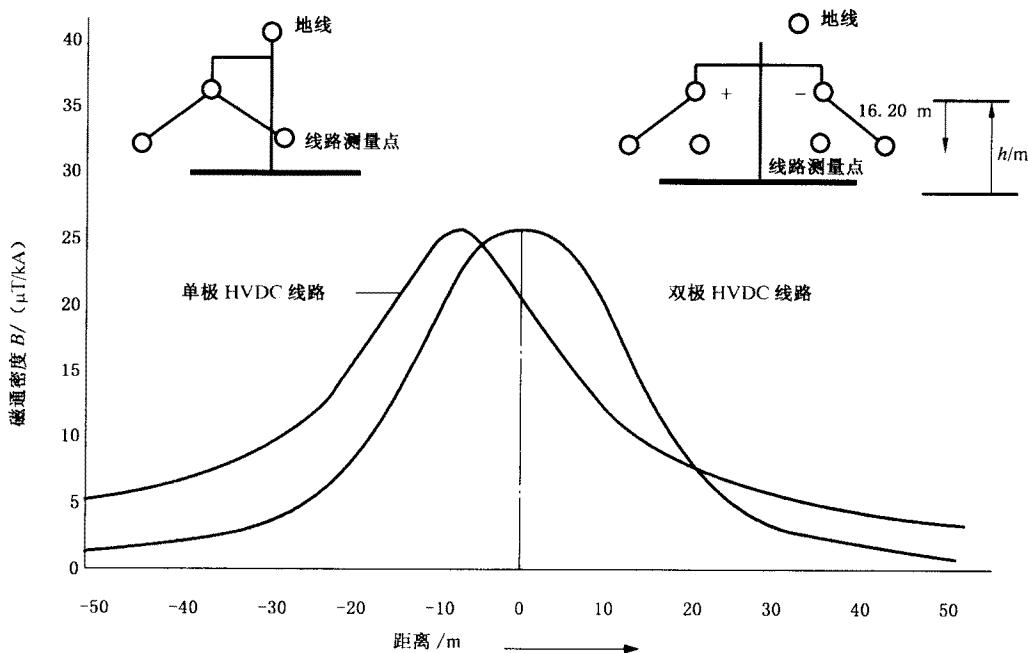


图 7 在运行电压 +450 kV 或 ±450 kV 高压直流架空线路附近地面上方 1 m 处每 kA 运行电流的磁通密度曲线

表 2 高压架空线路在不同线路电压和塔高时,每 kA 运行

电流的磁通密度

单位为 $\times 10^{-6}$ 特斯拉

电压 / kV	高度/m	单极线路			双极线路		
		最大	距离 -10 m	距离 -20 m	最大	距离 ±10 m	距离 ±20 m
250	23	31	25	13	31	15	5
450	30	25	23	14	25	19	8
600	30	21	21	10	21	18	9

5.2 地下电缆

5.2.1 单芯电缆

表 3 给出了带有单芯电缆系统的供电网络周围的磁通密度。

表 3 带有单芯电缆系统的供电网络周围典型的磁通密度

单位为 $\times 10^{-6}$ 特斯拉

		距设施的水平距离			
		0 m	10 m	20 m	30 m
240/415 V	住宅供电	1.3	0.3	<0.1	
66 kV	配电供电	2.1	0.7	0.3	0.1
220 kV	电缆	15.0	0.6	0.2	<0.1
220 kV	架空双回线路	5.0	1.2	0.2	<0.1

表 4 示出了埋深为(h)、相邻电缆之间的间距为(a)的水平排列的电缆(如图 8 所示)在每相工作电流为 500 A,且不考虑电缆护层的屏蔽作用时的典型磁通密度值。其他位置是以距指定的中间电缆为参考点($x = 0$)的距离进行测量的。

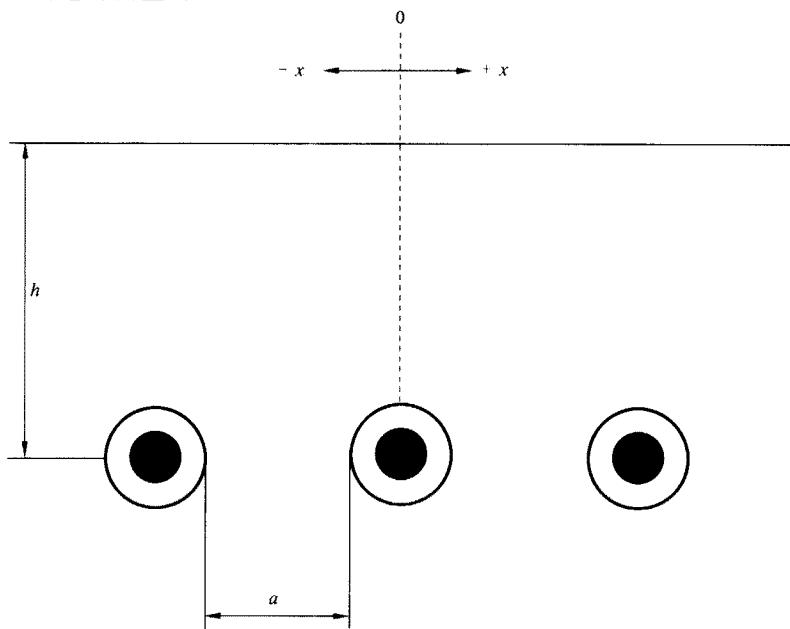


图 8 水平排列的单芯电缆的结构

表 4 水平排列的单芯电缆组成的三相系统在工作电流为 500 A 时的磁通密度
(参见图 8)

电缆直径/m	埋深 h/m	相邻电缆的间隔 a/m	磁通密度/ μT					
			距中相电缆的距离 $+x$ 或 $-x$					
			0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
0.03 (LV MV)	1.0	0.02	8.6	1.7	0.5	0.2	0.1	0.09
	0.7	0.02	17.6	1.9	0.5	0.2	0.1	0.09
	1.0	0.05	13.8	2.8	0.8	0.4	0.2	0.1
	0.7	0.05	28.0	3.1	0.8	0.4	0.2	0.1
	1.0 ^a	0.07 ^a	17.2	3.5	1.0	0.5	0.3	0.2
	0.7	0.07	34.7	3.9	1.1	0.5	0.3	0.2
0.1 (HV)	1.7	0.18	17.5	7.6	2.8	1.3	0.8	0.5
	1.0	0.18	48.5	10.5	3.1	1.4	0.8	0.5

^a 见图 9。

对于连接到中压变压器的安装在建筑物内部的水平排列的低压电缆附近,以及组成用户电气设施是的配线干线电缆的附近产生的磁场与这里确定的磁场相类似。

图 9[3]给出了以表 4 第 5 行的值为基础绘出的磁通密度的定性曲线图,并证明了敷设电缆时,埋深越深和减少间距,常常可以达到减少磁通密度的效果。

磁通密度以曲线 1 的最大值的百分数表示,图 9 中的电缆按表 4 中第 5 行的数据布置。

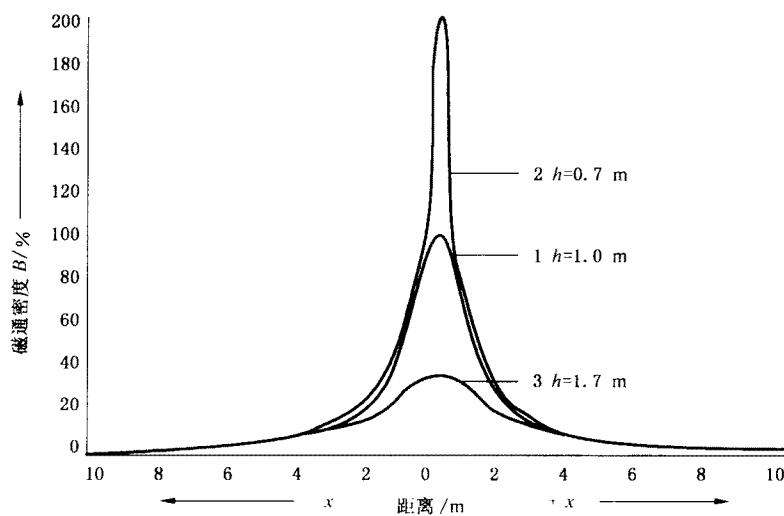


图 9 埋深为 0.7 m(曲线 2)、1.7 m(曲线 3)的单芯电缆和埋深为 1 m 的电缆
(曲线 1)的磁通密度特性曲线的比较

其他运行电流时的磁通密度,可按线性转换得到。

三角形布置的集束单芯电缆,其磁通密度与三相导体组成的多芯电缆近似相等。

5.2.2 多芯电缆

表 5 和表 6[3]分别包含了适于带有平衡负荷和不平衡负荷的三相四线制电缆的磁通密度值。

比较这些表证实了在带有平衡负荷的电缆附近而该处又远离带有不平衡负荷的电缆时的磁场较高。

表 5 埋深为 0.7 m 和 1 m 的多芯低压电缆在对称运行电流每相 500 A 时的磁通密度

埋深 h/m	磁通密度/ μT					
	距中相电缆的距离 +x 或 -x					
	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
1	3.2	0.6	0.19	0.09	0.05	0.04
0.7	6.4	0.7	0.2	0.09	0.05	0.04

表 6 埋深为 0.7 m 和 1 m 的多芯电缆在不对称运行相电流 500 A、450 A、400 A 和中性线电流 90 A 时的磁通密度

埋深 h/m	磁通密度/ μT					
	距中相电缆的距离 +x 或 -x					
	0 m	2 m	4 m	6 m	8 m	10 m
1	2.6	0.66	0.26	0.15	0.10	0.08
0.7	5.4	0.75	0.27	0.15	0.11	0.08

因中性线与各相构成回路, 低压三相电缆的不平衡负荷可能导致三相电缆的电流之和不为零。表 6 给出了低压多芯电缆在不平衡负荷下的磁通密度实例。

5.3 电力公司的中压/高压厂站

只有那些在被覆盖或用围栏围起来的场地之内的最大磁场值以及邻近公众进出的区域的磁场值才有实际的意义。使用居家型设备的人员定期来到这些场地内的区域的典型磁场值低于 $1 \mu\text{T}$ 。

表 7[5]包含了在正常负荷条件下, 与高压厂站内包含的典型设备相关的磁通密度值。

表 7 电力公司高压厂站地面处典型的最大磁通密度水平

位 置		系统电压/ kV	最大磁通密度/ μT	配电设施周围处的磁通密度/ μT
1	枢纽变电站配电装置			
(a)	户外常规配电装置暴露的低压硬母线	500 220 66	20 32 35	5
(b)	户外常规配电装置的高压架空母线	500	16	5
(c)	GIS 封闭母线	500	110	5
2	发电厂			
(a)	开关站户外常规配电装置电缆	500 220 220	25 60 30	5
(b)	GIS	220	20	
(c)	变压器外壳	220 500	240 230	10
(d)	汽轮发电机房 相隔离母线 仪表板 发电机 大型电动机	14 — — — —	100 60 22 88	
(e)	控制室 继电保护室		45 35	

表 7(续)

位 置		系统电压/kV	最大磁通密度/ μT	配电设施周围处的磁通密度/ μT
3	66/11 kV 变电站室内区		13	
	变电站一般区域		25	
	变压器		35	
4	开关设备后面		1 000	50
	特殊设备——静止无功补偿器(在护栏周围)			

注：有关运行人员正常进入区域磁场的值，可能比邻近设备和导体处的值要高一个数量级。

5.4 供电部门的低压配电房

本指导性技术文件中所考虑的低压配电房，是安装有中压开关、变压器和有连接电缆的低压配电屏的变电间。通常这种变电间的室内面积为(12~26) m^2 ，高(3~5) m，用于为低压用户的家居供电。在大型的商业和工业用户的情况下，这些设备经常集中安装在其楼房内。这些变电间产生的工业电磁环境自其物理边界向外延伸约10 m的范围，并可能影响附近的家用或商用设备，见图10。

表8中包括这类环境典型的最大磁场值。使用场线圈测量的结果，受谐波电流的影响相当大，因此，在每一位置均给出两个频率下的数值，一个为50/60 Hz，另一个为0 kHz~2 kHz。

表 8 供电部门低压配电房的典型磁场值

位 置	磁场值/A/m	
	50 Hz	0~2 kHz
中压开关附近	50	60
变压器连接线附近	200	300
变压器上部	15	60
低压电缆附近	20	70
房顶外侧附近	5	30

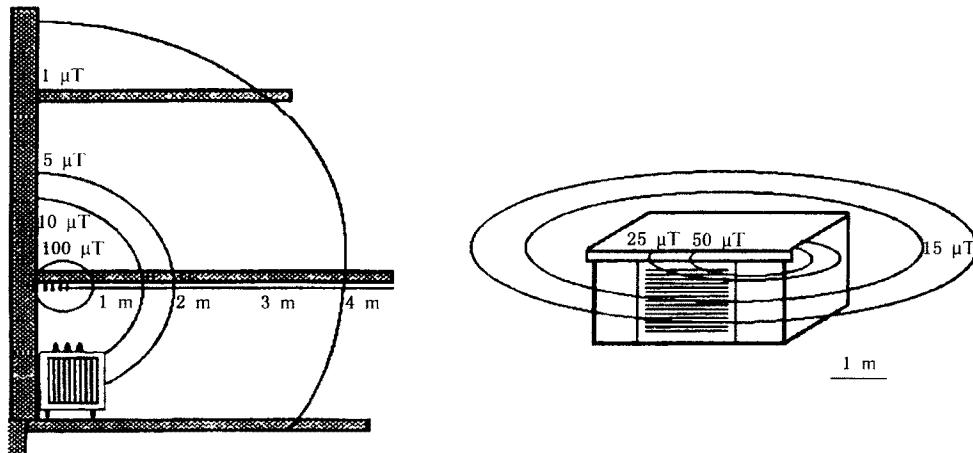


图 10 安装有一台 315 kVA 的 MV/LV 变压器的配电房的磁场分布

6 牵引系统环境

电力牵引系统主要可分为两类：

a) 低压直流系统

由工作电压范围在 500 V~3 000 V 的直流电动机提供牵引动力。电流经馈电轨(第三轨系统)或架空线供给,一部分通过正常的轨道、一部分通过大地返回(见图 11)[3]。系统中压供电网通过三相整流器供电,整流器产生的纹波频率主要为供电网络频率的 6 倍。

直流第三轨系统的磁场值,与以图形方式给出的架空线系统的磁场值相似,如图 11 所示。

b) 中压交流系统

工作电压范围 15 kV~25 kV,供电频率 16 2/3 Hz、50 Hz 和 60 Hz。电流通过架空线供给,返回电流直接或者经过自耦变压器或吸流变压器从轨道引导到架空返回线。这两种供电方式下的磁场值相似,在图 12[3]中给出。

值得注意在任一特定地点,在牵引线上或其附近的磁场,将会随着运动中的牵引机车的位置相对于电力供应点的位置而显著变化。图 11、图 12 中的值是每 kA 牵引电流的最大磁场值。增加同一路线的轨道数量并不增加磁场的磁通密度,因为增加电流路径导致磁场的抵消或减小。

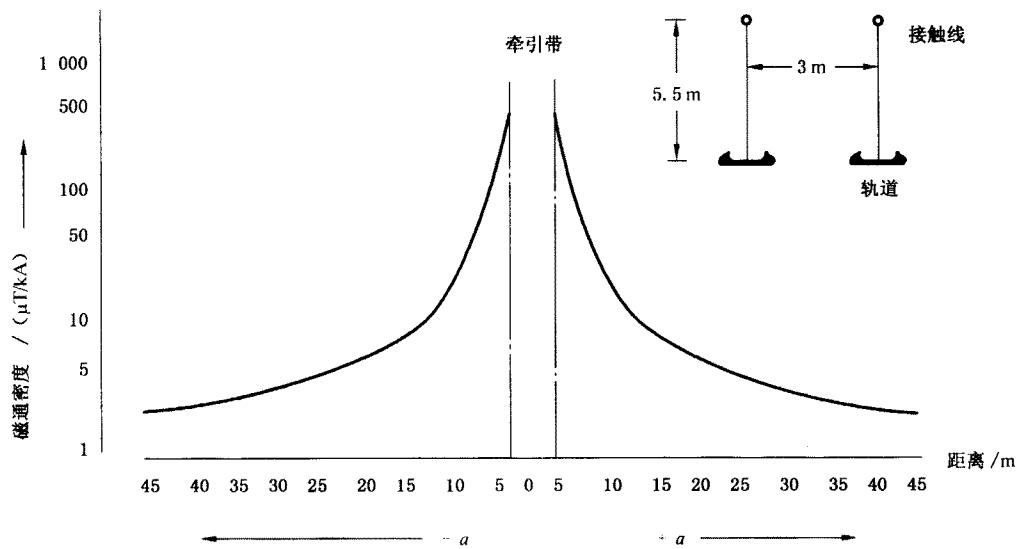
对于其他牵引电流时的磁通密度允许采用线性换算。在正常运行条件下典型的最大牵引电流如下:

单相交流系统:

- 单轨道支线上:最高约 0.5 kA
- 双轨道干线上:最高约 2.0 kA
- 郊区线路上:最高约 2.5 kA(干线与郊区线路并行)

直流系统:

- 架空线:最高约 1 kA
- 地下线:最高约 4 kA

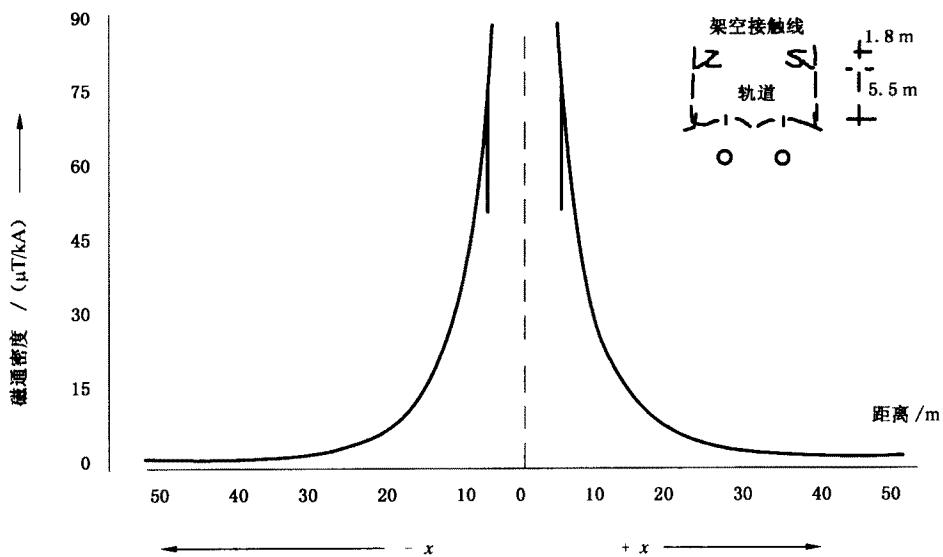


注:按假定 50% 的电流流经馈电轨道的情况进行计算。

图 11 直流架空接触网铁路附近的每 kA 牵引电流的最大磁通密度曲线

对于 $x=0$,接触线在轨道中心的上方,每种情况的地面上方的点在距离(轨道中心) x 、轨道表面上方 1 m 处(轨道外侧)。

在接触轨系统情况下的磁通密度曲线位于图 11 中 1.0 kA 和 0.5 kA 的等值曲线中间,因为馈电轨道与回流轨道的距离很小。



注：磁通密度的数值与曲线的幅值随时间变化，并与距供电变电站的距离，通过馈电轨道和大地电流的比例等有关，在本图中，假定流经馈电轨道的电流为 50%。

图 12 采用交流架空接触网(频率为 16 2/3 Hz 和 50/60 Hz)的铁路附近
每 kA 牵引电流的磁通密度最大值曲线

对于 $x=0$ ，接触线在轨道中心的正上方。每种情况下的地面上的点在距离(轨道中心) x 、且在铁轨表面上方 1 m 处(轨道外侧)。

7 工业环境

工业环境的特征是由大量的单相和三相的波动负荷决定的。它们几乎是全部磁场环境产生的原因。电缆经常采用钢皮或金属线包裹、或钢鞘进行保护。即便如此，仍有一些电缆裸露在外的情形，特别是电镀厂中使用的裸露杆状母线，行车起重机也可能使用裸线作为导线。

某种类型的设备产生的磁场的大小在一定程度上与从电网中取得电流的大小有关。因此，必须将相关磁场的数据与设备的大小联系起来。

在设备操作员位置处测得的关于工业设备的磁场数据在以下章节中给出。

7.1 焊接设备

电弧焊包含了大量的焊接技术。最常用的小件物品的焊接方式是手工金属电弧焊(MMA 焊)。其电流高达 600A，交直流均可。

在埋弧焊中，在连续送入的裸焊条和焊件之间产生电弧。金属粉末填充了焊缝，并覆盖在电弧和液态金属上，因此在焊接过程中它们是看不见的。此类焊接需要相当大的电流(最高达 1 100 A)。

一种特殊形式的电阻焊叫做闪光焊，常用于杆材、异型钢材和成型薄钢板的对焊。它几乎总是使用高达 100 kA 的交流电流。

点焊、缝焊基于与闪光焊相同的原理，只是进行焊接不使用添加剂。

电渣焊是一种自动的块状物焊接方法，最初设计用于焊接非常大的物件。直流焊接设备远比交流设备更常用。

焊接设备通常与重工业环境相联系。表 9[8]中给出不同类型焊接过程产生的代表性的磁场的范围。

表 9 电 焊

磁场源	电流/kA	频率/Hz	与源距离/m	典型磁场范围/ μT
手工焊机	0.24~0.43	0.50	0~0.8	100~500
埋弧焊机	0.65~1.05	0.50	0.1~0.5	500~2 500
闪光焊机	0.13~50	50	0.2~3.0	100~3 000
点焊机	15~106	50	0.2~1.0	200~10 000
缝焊机	12	50	0.4~0.5	3 500~4 000
电渣焊机	1.6~1.7	50	0.2~0.9	400~1 300

注：磁场的测量结果包括基波分量和谐波分量，频率范围在0~10 kHz内。

7.2 炼钢炉

电弧炉内的热量由电极和已熔金属间的电弧产生。

精炼用的钢包炉，经电磁感应搅拌、电弧加热、真空脱气等一系列综合过程，才能得到高等级钢材。

感应炉中的热量由交流电流产生，交流电流在被熔金属中产生涡流。有两类感应炉，分别由电网(50 Hz)供电或高频电源(600 Hz)供电。槽式炉也是感应炉的一种。

感应加热器通常为特殊目的而建造的，其原理是被加热物获得的热量由感应电流产生。其使用的频率高达10 kHz。

高频和强磁场的结合意味着比其他类型的熔炉的磁场中的能量要高。这类设备通常与重型联合工业环境相联系。不同类型熔炉的磁场的典型范围列于表10[8]中。

表 10 电 钢 熔 炉

辐射源	电流/A	频率/Hz	与源距离/m	典型磁场范围/ μT	备注
电弧炉	3×8~3×40	50	2.0	100~1 000	
感应搅拌器	2×0.6	10	2.0	200~300	要求与电弧炉结合时使用
钢包炉	3×13~3×15	50	0.5~1.0	200~8 000	
磁搅拌器	2×0.8	1.6	1.0	100~200	要求与电弧炉结合时使用
感应炉	3×(0.3~0.4)	50	0.6~0.9	100~900	
	3×(0.6~1.2)	600	0.8~2.0		
槽式炉	2×1.2~2×1.5	50	0.6~3.0	100~400	
电渣炉	6	50	1.0~4.0	100~400	
感应加热器	1~4	50~10 000	0.1~1.0	900~70 000	

注：磁场测量值包括基波分量和0~10 kHz频率范围内的谐波分量。

7.3 一般用途的工业设备

下面的表11[9]列出了在各种工业环境中可能碰到的设备及其磁场的代表值。

表 11 不同机械及其他工业设备在其操作人员位置处所测量的磁通密度

源	额定电流/A	额定电流时的磁通密度/ μT
常规焊接机	20~280	5~350
生产线中不同工作周期的焊接机械 (几分之一秒通/数秒断)	7 000~14 500	180~4 100
车床	10.0	0.1

表 11(续)

源	额定电流/A	额定电流时的磁通密度/ μT
铣床	10.0	0.5
磨床	1.4~10.10	2.3~17.3
剪床	6.6	21.0
电腐蚀装置	3.5	1.4
电锯	2.2	0.2
压缩机	1.4	0.3
成形机	5.7	~0
研磨机	9.0	60.0
钢筋机	5.2	0.5~5.9

8 商业办公室环境

单层的小办公室经受的总体磁场水平与住宅区环境的相似。多层办公楼经受的较高水平的磁场背景,是因为其电气装置带有较大的电流且与配电网表现相似;在其中性线上经常有较大的三次谐波电流分量。在城区,配电变电站通常坐落在商业办公室及其周围,在这种实际情况经常在距离变电站不足10 m 的办公室中产生非常高的磁场;见 5.4 及图 10。1 μT 是办公室中心处而不靠近任何电气装置的磁通密度的典型值。

表 12[9]中列出不同设备的磁场的典型值。表 13[12]为住宅区环境的部分磁场值,是对表 12 的补充,但应注意这些磁通密度是在靠非常近的地方而不是在操作员的位置处测量的。

表 12 典型办公设备操作员位置处测量的磁通密度

来 源	测量的磁通密度范围/ μT
电传打字机	3.2
复印机	1.0~1.2
视频终端	1.2~1.4
个人电脑	0.2~0.7
打印机	0.6~1.4

表 13 靠近商用设备附近的磁通密度的典型值

来 源	场强/ μT	距离/cm (凡无说明者为 3 cm)
VGA 监视器 No. 1	7.0	
绿屏监视器	4.4	
VGA 监视器 No. 2	4.4	
视频终端	4.4	
传真机	0.4	
复印机 No. 1	0.4	
复印机 No. 2	7.9	9
CD 播放机	7.9	
排风扇	7.0	
电热壶	7.9	
音频感应环放大器(完整的)	2.0	
音频感应环放大器(顶盖可移动的)	5.7	

表 13(续)

来 源	场强/ μT	距离/cm (凡无说明者为 3 cm)
50W100 V 线性放大器(机壳封闭的)	7.9	9
线性放大器(机壳敞开, PSU 顶部供电)	7.9	
工厂 PA 架	0.8	
EPROM 擦除器	7.9	
双踪示波器 No. 1	7.9	10
双踪示波器 No. 2	7.9	
音频信号发生器 No. 1	7.9	
音频信号发生器 No. 2	5.0	
RF 发生器	7.9	5

9 住宅区环境——家用电器

9.1 住宅楼的内部布线

房屋的内部布线和设备通常不会显著的增加磁场的背景值。然而,在公寓住宅区的环境可能与多层商用楼遇到的情况相似:架设有电网而且变电站靠近住房。

住宅内的磁场的背景值取决于距离附近电源供电网络电缆和架空线的远近以及其负载的大小。磁场的场强通常在 $0.01 \mu\text{T} \sim 10 \mu\text{T}$ 的范围内。在人口密度高的地方,如日本,允许架空线距离多层住宅楼很近,这样磁场可能高达 $100 \mu\text{T}$,见图 13。

在城区,配电变电站坐落于公寓住宅区是很普遍的,这经常在距离变电站不足 10 m 的住宅内产生高值磁场。见图 10。

9.2 住宅设备

并不象供电系统产生的磁场那样,按与源距离的平方衰减,住宅设备产生的磁场按距离的立方衰减。

表 12[9]和表 13、14、15[12]中列出不同住宅设备的磁场的典型值。

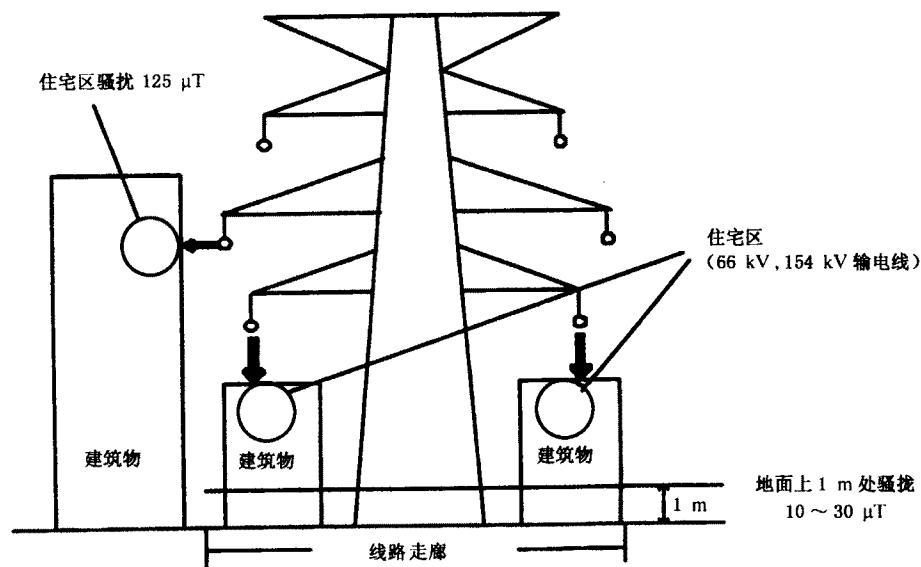


图 13 多层住宅楼附近的 HV 线路产生的磁场
(例如在日本有些住宅楼在 66 kV 或 154 kV 输电线路下)

表 14 60 Hz 各种家用电器附近的磁通密度(3~5 种型号的代表值)

家用电器	距离 z 处的磁通密度/ μT		
	$z=3 \text{ cm}$	$z=30 \text{ cm}$	$z=1 \text{ m}$
搅拌器	25~130	0.6~2	0.03~0.12
开罐器	1 000~2 000	3.5~30	0.07~1
干衣机	0.3~8	0.08~0.3	0.02~0.06
洗衣机	0.8~50	0.15~3	0.01~0.15
咖啡机	1.8~25	0.08~0.15	0.01
瓦罐炊具	1.5~8	0.08~0.15	0.01
洗碗机	3.5~20	0.6~3	0.07~0.3
电钻	400~800	2~3.5	0.08~0.2
电热毯	1		
电烤炉	1~50	0.15~0.5	0.01~0.04
电灶(10kW 以上)	6~200	0.35~4	0.01~0.1
电动剃须刀	15~1 500	0.08~9	0.01~0.3
电风扇和鼓风机	2~30	0.03~4	0.01~0.35
荧光台灯	40~400	0.5~2	0.02~0.25
荧光灯具	15~200	0.2~4	0.01~0.3
垃圾处理器	80~250	1~2	0.3~0.1
烘发器	6~2 000	0.01~7	0.01~0.3
电烫斗	8~30	0.12~0.3	0.01~0.025
微波炉	75~200	4~8	0.25~0.6
搅拌器	60~700	0.6~10	0.02~0.25
便携取暖器	10~180	0.15~5	0.01~0.25
电冰箱	0.5~1.7	0.01~0.25	0.01
电动刀锯和圆锯	250~1 000	1~25	0.01~1
电视机	2.5~50	0.04~2	0.01~0.15
电烤箱	7~18	0.06~0.7	0.01
真空吸尘器	200~800	2~20	0.13~2

表 15 不同距离处测量的几种家用电器的 60 Hz 磁场典型值

(摘自 1995 年 Gauger)

	磁场/ μT (mG)[dB($\mu\text{A}/\text{m}$)]		
	3 cm	30 cm	1 m
微波炉	75~200 (750~2 000) [159.5~168]	4~8 (40~80) [134~140]	0.3~0.8 (3~8) [111.5~120]

表 15(续)

	磁场/ μT (mG)[dB($\mu\text{A}/\text{m}$)]		
	3 cm	30 cm	1 m
洗衣机	0.8~40 (8~400) [120~154]	0.2~3 (2~30) [108~131.5]	0.01~0.2 (0.1~2) [82~102]
电炉	6~200 (60~2 000) [102.5~168]	0.4~4 (4~40) [114~134]	0.01~0.1 (0.1~1) [82~102]
电动剃须刀	15~1 500 (150~15 000) [145.5~185.5]	0.1~9 (1~90) [102~141]	0.04~0.3 (0.4~3) [94~111.5]
荧光灯	40~400 (400~4 000) [154~174]	0.5~2 (5~20) [116~128]	0.01~0.3 (0.1~3) [82~111.5]
干发器	6~2 000 (60~20 000) [102.5~174]	0.1~7 (1~70) [102~139]	0.01~0.3 (0.1~3) [82~111.5]
电视机	2.5~50 (25~500) [130~156]	0.04~2 (0.4~20) [94~128]	0.01~0.2 (0.1~2) [82~108]

10 医院环境

10.1 概述

现代医院中存在着复杂的电磁环境,其中包含有许多诸如磁共振成像设备的大功率发射设备,以及许多敏感的设备。除了构成住宅和商业环境特征的发射设备外,医院通常还有产生脉冲大电流的、如继电器控制的电梯马达和X射线机等大功率的设备。

10.2 病人的治疗

医院中最高的磁场可能与磁共振成像设备有关,最高达2 T的磁场是不常见的。在少数分光系统中使用更强的磁场,这些磁场大多数是直流的。

经常在骨折处使用数周的骨治疗设备产生的磁通密度在 $1\mu\text{T} \sim 30\mu\text{T}$ 范围内,频率在1 Hz~75 Hz范围内。

10.3 病房区域

关于病房中的低频磁场数值所发表的资料很少。磁场强度很大程度上随病房的位置变化。在普通医院的病房中,磁场场强可能不会比住宅室内环境大。然而,医务人员使用的诊断设备可能产生更高的磁场,如10.2中所提到的,表13中包含相关设备的测量数据,如经常在医院病房和治疗中心使用的、并放置在其它电气设备附近的示波器。

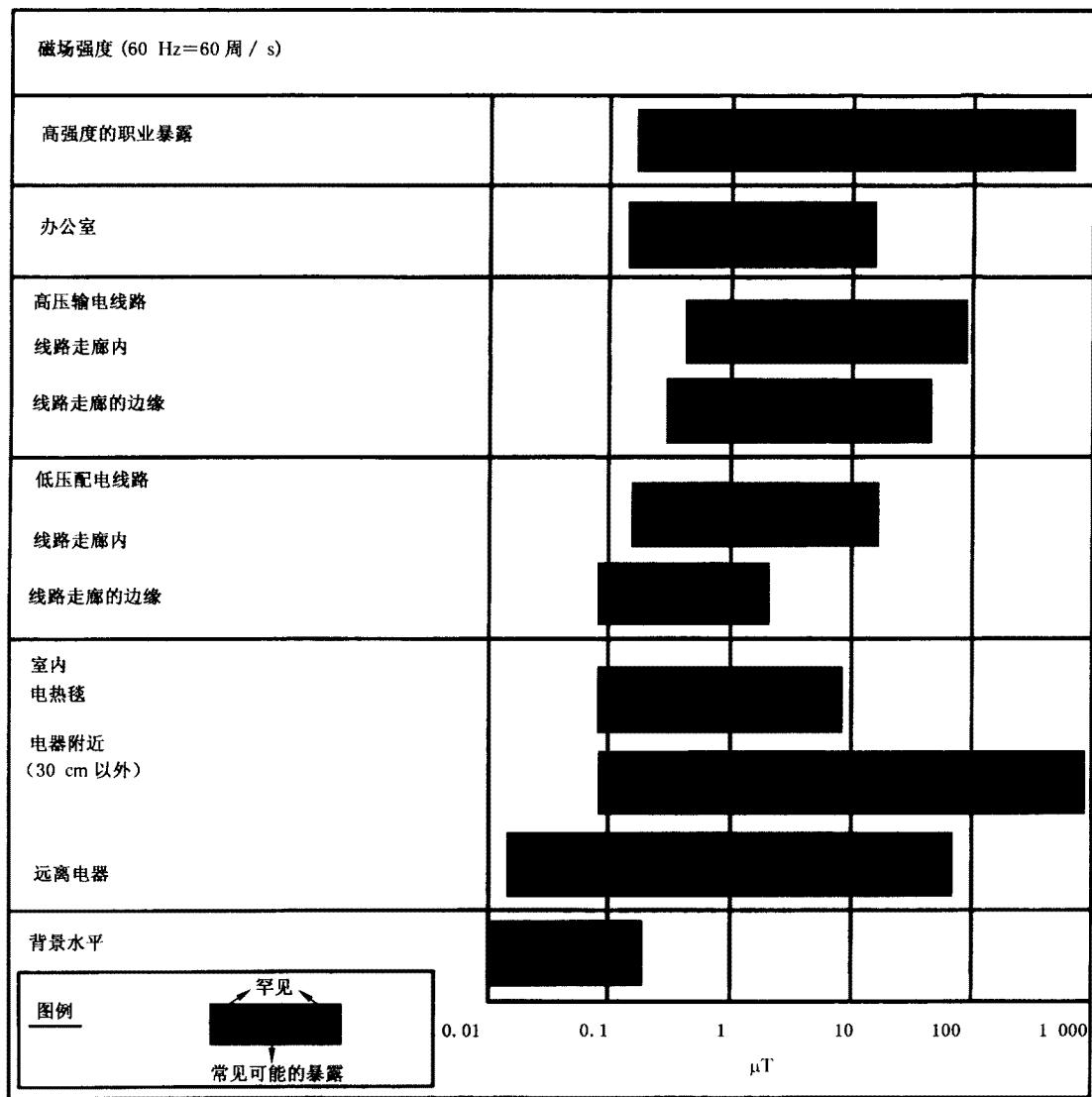
在评估可能的EMC影响时,建议最大磁通密度应假定与7.1、7.2和7.3中阐明的工业环境相

类似。

11 不同源产生的磁场的总结和比较

图 14[7]和图 16[6]给出了与架空线相关的磁通密度范围和家用电器以及办公环境磁通密度范围的比较,很明显在不同环境的磁场水平存在相当的重叠。然而,应该注意,产生高水平磁场的家用电器是间断使用并通常持续很短时间。

图 15 给出了不同类型配电系统的磁场强度的比较。



来源:摘自 West Associates Energy Task Force ET-84 项目,1986 年 7 月 11 日。

图 14 与架空线相关的磁通密度范围和家用电器以及办公环境
磁通密度范围的比较

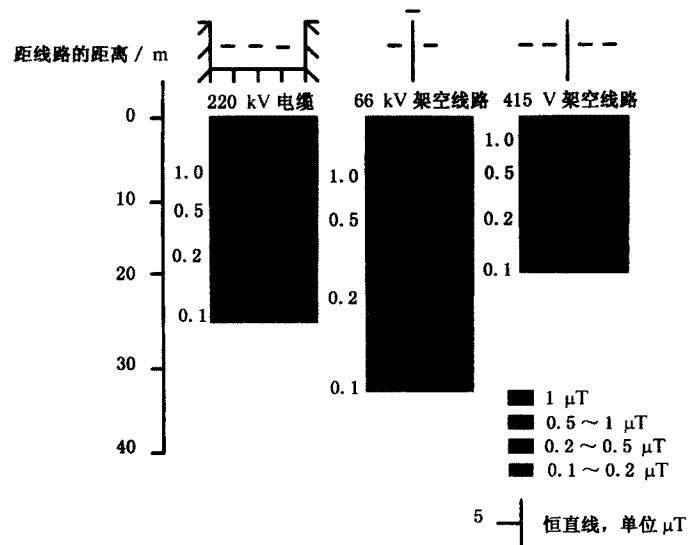


图 15 配电网磁场水平的典型分布

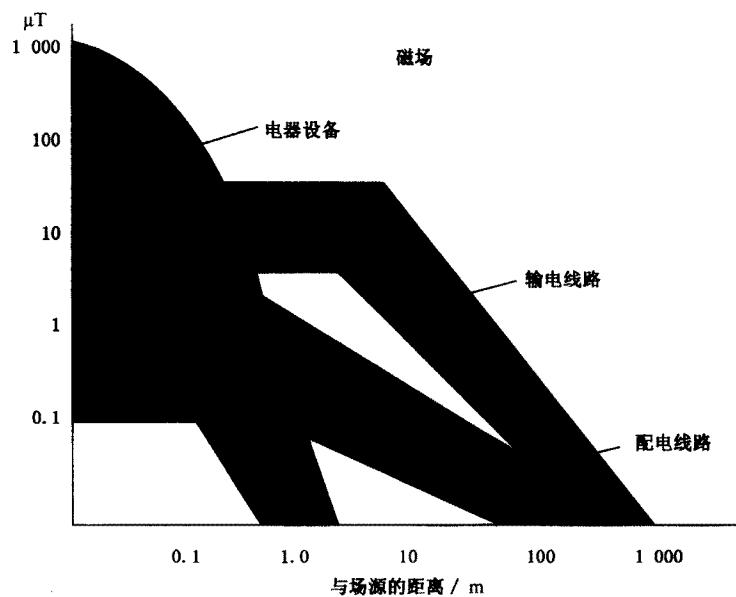


图 16 高压线路的磁通密度实例(地面以上 1 m)

参 考 文 献

- [1] American Geographical Union, 1980
 - [2] World Meteorological Organisation, 1955
 - [3] DIN VDE 0228 Part 6, 1991, *Beeinflussung von Einrichtungen der Informationstechnik*.
 - [4] CIGRE publication No. 74, *Electric power Transmission and the Environment : Fields, Noise and Interference*, 1993.
 - [5] CIGRE Proceedings 1990, 36~103, *Magnetic Field Effects in the Victoria Transmission System*, A. T. Wilson, P. J. Wallace, D. C. Smith.
 - [6] EMC Symposium Zurich 1993, 5A5, *Electrical and Magnetic Fields Around Overhead Transmission Lines*, H. J. Haubrich, T. Seitz.
 - [7] West Associates Energy Task Force Project ET-84, 1986.
 - [8] Radio Science Vol. 17, September 1982, *ELF Magnet Fields in Electrosteel and Welding Industries*, P. Lovsund, P. A. Oberg.
 - [9] CIGRE Proceedings, 1990, 36~107, *Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields around Different Industrial and Household Sources*, D. Armanini, R. Conti, A. Mantini, P. Nicolini.
 - [10] Millbank Electronics, Report to BSI, EEL 32/-/3, *Stray Electromagnetic Field Tests*.
 - [11] Health Physics Vol. 51 No. 2, August 1986, *Human Exposure to Static and Time-Varying Magnetic Fields*, M. A. Stuchly.
 - [12] GAUGER, 1985
-

射 频 和 天 线 设 计 培 训 课 程 推 荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材；旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习，能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程，共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解，并多结合设计实例，由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS，迅速提升个人技术能力，把 ADS 真正应用到实际研发工作中去，成为 ADS 设计专家…



课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



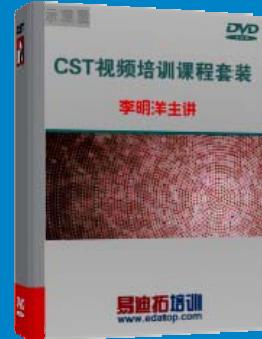
HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出，是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装，所有课程都由经验丰富的专家授课，视频教学，可以帮助您从零开始，全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装，还可超值赠送 3 个月免费学习答疑…



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…



详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验，
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>