

## 6.4 电磁场生物效应的实例



- ❖ 6.4.1 电磁在生物学中的应用
- ❖ 6.4.2 电磁场在其他方面的应用
- ❖ 6.4.3 电磁辐射的保护

## 6.4.1 电磁在生物医学中的应用

### ● 治疗方面

- ① 医学上的“**电疗**”，是对人体某些部位加上适当的电压，将电流引入人体产生某些治疗作用。
- ② 医学上用“**磁疗**”治病，即是给人体加上一个“外磁场”，使人体的分子电流磁矩产生“取向运动”，使分子电流流向一致，加强电流强度，达到磁疗的目的。



- ③ 在热疗中，毫米波(频率为**30GHz~300GHz**，波长从**10mm~1mm**)也是一个重要的应用范畴，一般使用的功率密度是，经过国内大量临床应用表明，对非特异性免疫力和抵抗力都很有效。
- ④ 癌症的高温治疗是目前的一个重要应用，当将肿瘤温度提高到**43℃~50℃**时，可将癌细胞杀死，只要将辐射器的能量进行聚焦则可点杀癌细胞而保护肿瘤周围的正常细胞。
- ⑤ 另外将微波辐射与针灸技术结合起来，可组成一种新型的微波针灸仪。



- ⑥ 将手术刀与微波辐射器相结合组成一种新的手术刀，它具有**加温**和**凝血**的作用，在一定程度上具有灭菌的作用，这种手术刀特别适用于血管很密的人体组织，例如眼睛和肝脏的手术过程。



## ● 诊断方面的应用

### 1) 电磁波诊断的依据

电磁波诊断主要基于下列**3**点：

- 根据人体组织介电特性的变化进行测量。
- 根据热辐射特性。
- 根据运动物体的多普勒频移，这一方法可检测出心脏及动脉血管的有关信息。

## 2) 微波医学成像的原理及特点

- 微波医学成像的原理是利用不同生物组织对电磁波的吸收，反射和透射特性的不同，从它们对电磁波的散射场中获取介质电磁参数的分布信息，由于不同组织具有不同的电磁参量，因此通过电磁参数的分布图像可获取组织边界，**血流量及温度分布**等有用信息。
- 传统的电离辐射成像，**X射线**成像，核磁共振成像，超声成像。
- 微波医学成像具有如下特点：**安全可靠**(非电离辐射)，而且使用低功率密度，能**分辨低密度组织**(优于**X射线**)，能**分辨大的不连续性区域**(优于超声)，经济(优于核磁共振)，根据探测器的不同形状，可分为平板式和圆柱式两种微波医学成像系统。

### 3) 微波的医学应用

- 生物体受到微波照射，微波与生物体相互作用后所产生的各种生理病理反应，称之为微波生物医学效应或微波生物学效应。
- 生物组织受到微波局部加热时，组织温度升高会引起许多生理反应。包括加热对组织的直接作用和受热后导致血管扩张引起血流、毛细血管压力和细胞膜通透性的增加，使局部白细胞和抗体浓度提高，加快毒素、细菌和代谢废物排出体外，使局部肌肉痉挛缓解和疼痛消除。正因为如此，微波照射生物组织后可以获得良好的医疗效果。

## 4) 脉冲电磁场的医学应用

### ● 电穿孔(electroporation)

在细胞外施加短时强脉冲作用时，能在细胞膜上形成微孔，引起生物膜通透性的改变，这种作用称为电穿孔，电穿孔又可称作电导入、电转染。电穿孔技术在将外源基因导入细胞内的实验研究中得到广泛应用，并为癌症、艾滋病的治疗提供了依据。

### ● 电融合(electrofusion)

电融合技术早在 70 年代末就已经建立，首次电融合技术是在植物原生质体上实现的。电融合是指在电场作用下，细胞膜上产生小孔，从而使得两个或几个互相比靠近的细胞融合在一起，是细胞生物学、体细胞遗传学研究的崭新手段。



# 磁场在理疗学上的应用

磁疗的治疗作用主要有以下几个方面：

- **(1) 止痛作用**

- 磁疗的止痛作用机制可能是多方面的。首先，磁疗能改善血液循环和组织营养，因而可纠正由缺血、缺氧、水肿、致痛物质聚集等所导致的疼痛；其次，磁场能提高致痛物质水解酶的活性，使缓激肽、组胺等致痛物质水解或转化，从而达到止痛目的。

- **(2) 镇静作用**

- 磁疗后可改善睡眠状态，延长睡眠时间、可缓解肌肉痉挛和减轻瘙痒等。这可能与磁疗对经络和神经的调节作用有关。

### (3)消炎作用

- 大量实验研究及临床观察表明磁疗有消炎作用。由于血液循环加强，组织通透性增加，从而使炎症产物得以及时排除，水肿减轻，组织酸中毒改善，一些酶(组胺酶、缓激肽酶等)的活性提高。此外，磁场对机体免疫力的提高，**PH**值增加等也对炎症的消散起一定作用。

### (4)消肿作用

- 在临床与实验中均得到证实。慢性炎症和软组织损伤引起的组织局部水肿，磁疗后均能很快减轻或消失。其原因主要是因为磁疗后，局部微血管扩张，血流加快，促使渗出的吸收和消散。

## (5) 降压作用

- 因磁疗对经络和植物神经有调节作用，故磁疗后可使动静脉毛细血管管径扩大，血液循环的外周阻力降低，微循环功能改善，从而导致血压下降。此外，磁疗后睡眠好转，高级中枢神经的调节功能得到改善也是血压下降的有利因素。

## (6) 对肿瘤的作用

- 磁疗对良性和恶性肿瘤均有一定的影响。可使良性肿瘤如纤维瘤、脂肪瘤、粉瘤、淋巴瘤和腱鞘囊肿等缩小或消失，对恶性肿瘤，如消化道腺癌、淋巴瘤、肝癌和纤维肉瘤等亦能缩小肿块及改善症状。

## 6.4.2 电磁场在其他方面的应用

### 1. 磁场对动植物的作用及应用

- 电磁辐射不仅对人体有影响，而且对动、植物也有影响。高频电磁场特别是微波波段，对动物的影响很大。
- 微波杀菌的技术在国内外应用已经很普遍，如微波加热器在中药灭菌中的应用获得很好的效益。
- 电磁辐射对植物的影响主要着重于静电生物效应。研究表明，静电场对淀粉酶、过氧化物酶、脱氢酶、果酸酶和蛋白酶等的活性都有影响。不同(强度和方向)的静电场对酶的活性影响不同。

- 对植物种子进行静电处理，能提高种子活化能和种子内多种酶的活性，对种子有消毒杀菌作用，可提高种子的发芽势、出苗率、幼苗长势和抗病虫害能力，改善植株品质。

## 2. 磁场对物质的作用及应用

- 加拿大科学家**Richard Gedye**通过大量的实验和对微波作用机理的深入研究发现：微波电磁场可以加速许多化学反应，其中包括许多有机和无机化合物的合成反应，在一定条件下，许多化学反应速度比常规方法可加速一千多倍。

### 3. 磁场在军事中的应用

- 通常认为核武器的杀伤因素有4个，即早期核辐射、烧伤、冲击伤以及放射性落下灰损伤。
- 核爆时可使空气发生电离，从而产生了巨大的磁场，电压可达千伏、万伏、几十万或上百万伏。这个磁场波谱非常广泛，几乎占据了电磁频谱所有波段。
- 强电磁辐射在军事上的破坏力很久以前已为人们所重视，空中军事目标、地面设施、C4I系统(指挥、通信、调控、计算机和情报系统)和地下固定设施等均可受到影响。
- 民用设施，如广播电台、通讯系统和电力控制系统等均可受到攻击，造成严重干扰、瘫痪，甚至破坏，人员亦可受到伤害，神经系统、心血管系统均可受到影响。

- 电磁场还在仿生学，如研究信鸽导航、鳗鱼回游、蜗牛定向等与地磁场的关系；航空航天技术，如在宇宙舱体内极弱磁场环境下人的生存问题；
- 环境保护，自然电磁干扰和人为电磁干扰对人体的危害及其防护；以及工农业生产、医药卫生、军事等领域都有着极为广泛的应用，且日益产生极其重要的影响与作用。

## 6.4.3 电磁辐射的保护

- 1.手机的电磁辐射保护
- 人体内**SAR**分布及其幅度与手机使用的频率和功率、手机与人体的相对放置位置、天线类型及馈电位置等因素有关；人体头部对电磁能的吸收较大，尤其是眼部；手机对人体产生有害的生态效应的可能性很大，吸收的电磁能导致的温升现象对特别敏感的眼睛水晶体及头部的某些部位进行局部加热，可能导致一些病变。



- 众多厂商近年来纷纷研制推出了多种电磁辐射防护方法和用品。
- 日本学者指出合理使用防护材料可以减少手机表面电流，从而降低人脑的吸收比率。
- 防护帽：由几个微米粗细的不锈钢纤维与化学合成纤维混纺布制成；外观与普通帽子相仿，但由于金属纤维混纺织物对电磁波的屏蔽作用，能明显减少打电话时手机辐射对头部的照射剂量。

- **L型天线：**普通手机天线是由顶部伸出的一小段棒状天线。电磁辐射方向图好似一个“面包圈”套在天线上。打电话时，辐射最强的方向正好对着头部。如果换用L型天线，辐射方向图基本不变，但打电话时，却近似于天线辐射的“盲区”对着头部，能减少电磁波对头部的照射。

## 2. 计算机的电磁辐射保护

### ● 对计算机辐射的保护

计算机的信息泄漏，可通过两种途径：一是通过辐射向外泄漏，称为辐射发射，辐射发射是指通过空间传播的有用的或不希望有的电磁能量；二是传导泄漏，也称为传导发射，传导发射是指信息通过电源线、控制线、信号线、电线向外传导造成的泄漏。

## ● 计算机电磁辐射的抑制方法主要有：

### • 屏蔽法

屏蔽是抑制近场感应和远场辐射、中断电磁辐射传播途径的有效方法。从使用看就是将计算机置于电磁屏蔽室内，使电磁辐射泄漏不出去而达到保护计算机信息安全的目的。

### • 干扰法

这种方法适宜对分散使用的微机的信息保护。根据电子对抗原理，利用干扰机产生电磁噪声与计算机设备产生的信息辐射一起向外辐射。将计算机的辐射信号和干扰信号在空间混合后形成一种复合信号，破坏了计算机辐射信号形态，从而达到了保护信息的目的。

- 降低辐射电平法

为了减低计算机的辐射电平，首先要减少辐射源。在电路设计上，要减少数字电路环路面积，使相互引线尽可能短，使用线路滤波器，保持良好接地。在结构设计上，要解决因通风，散热、操作和显示等的需要而留的空洞缝隙问题。

- **TEMPEST**技术

**TEMPEST**技术即低辐射技术，发展至今已有近**40**年的历史，它是在电磁兼容(**EMC**)领域发展起来的一个新的研究方向。

- 屏蔽服

在日本，屏蔽服式的电磁波辐射防护服目前已完全成为商业化的产品，并已走入家庭。屏蔽服在防护X射线方面早有成功的应用。

## 对计算机干扰的保护

- 计算机的电磁兼容问题具有一般电子设备的共性，又有其突出的特点。它既是一个干扰源又是一个敏感设备。
- 当干扰信号超过干扰容限时会对计算机系统造成如下危害：**D/A**放大器误动作，这可能导致计算机产生误码或者死机；**MOS**开关电路出现错误。

- 这可导致计算机在处理任务或进行计算时出现错误或者死机；对于**RAM**、**ROM**来讲干扰信号会使存储器产生误码，使**RAM**、**ROM**中的内容改变或消失，导致计算机无法正常工作。
- 提高计算机系统的抗干扰能力的措施概括起来有几个方面。首先，从硬件、软件设计着手提高系统自身的抗干扰能力。
- 在硬件设计中要进行**EMC**设计，综合采取各种抗干扰措施；
- 在软件设计中，冗余技术、容错技术、标志技术和数字滤波技术等都是有效方法；逻辑电路技术与软件技术的巧妙结合，可以用来作为抑制噪声的有力工具。其次，屏蔽和接地是提高计算机抗干扰能力的有力措施。

### 3. 电磁辐射对其他设备的作用及防护

#### ● 燃油设备的电磁防护

进行电磁辐射对燃油危害的防护应采取的防护措施有如下几项：

- 消除射频电弧
- 消除射频火花
- 制定加油规程

## 医疗设备的电磁辐射防护

- 强化医务人员对微波的物理概念和生物效应以及自我保护的认识。
- 对于有既往中枢神经系统疾病、神经衰弱、癔病、癫痫、精神病史；心脏或血管质性病史、血压异常；血液系统或造血功能障碍；白内障、视神经疾病者均不宜从事微波工作；对从事微波照射的医务人员，做到每年一次预防性体检。
- 检查白细胞、血小板、脑电图、心电图、眼球晶状体、眼疾、视力，血压等如已发现微波引起的早期症状，应及时治疗；并应对微波的辐射强度和个人防护予以调整。要特别注意大剂量或大强度时，要穿戴微波防护服、围裙、罩衫、头盔、眼镜、手套、鞋和袜等，并尽量不要连续**5、6**小时工作。



## 家用电器的电磁辐射防护

- 影响家庭电磁环境的一个重要原因，是静电干扰造成的污染和危害。静电放电的传递途径一般有两种：在电子控制设备的信号线或地线上直接放电；在电子控制设备金属外壳上直接放电。后者是最常见的静电放电现象。
- 静电对家用电器产品的危害可以总结为以下几个方面：
  - 造成器件击穿和性能劣化
  - 高压静电放电可能造成严重事故
  - 使信息出错、逻辑电路误动作
  - 静电电荷易附尘埃微粒，污染印制电路板，使其耐压降低。

- 静电放电危害家用电器的途径有电磁感应、静电感应、传导耦合和放电辐射。
- 避免产生静电，住宅装修时，应采用抗静电的材料，如地板装修时尽可能不用绝缘性能高的材料，如化纤地毯等；家庭所用的窗帘尽可能不用布料制品；这些材料一经磨擦就会产生静电且不易释放；
- 应保持家庭环境湿度在**45%**以上等，尽可能减少尘埃，尘埃离子通常附着电荷；

- 同时要保证各种家用电器可靠接地。提高家用电器表面的绝缘能力，如电器外壳覆盖绝缘物质，开关与电器外壳应留有隔离间隙，使放电难以形成。为了抑制静电感应，电源线用屏蔽线或对绞线。

## 电磁辐射对军用器械的影响及防护

- 在现代飞机、导弹、坦克和军舰上有许多电引爆装置，它已成为军械系统必不可少的设备。
- 大量试验表明，雷达使火箭发射、调幅广播电台使雷管爆炸、双通电台使电引爆器引燃都是由于电磁干扰能量所致。
- 在军用飞机上电引爆器应用多达几十枚，必须高度重视电磁干扰可能造成的危害。
- 在军工装备的军械系统工程设计中，明确规定了安全距离和安全系数的要求，以便控制电磁干扰能量可能造成的危害。



- **GJB786**中规定，电引爆器导线上的电磁干扰感应电流和电压必须小于最大不发火电流和电压的**15%**，即：

$$I_e < 0.15I_{\text{MNFC}}$$

$$U_e < 0.15U_{\text{MNFC}}$$

其中， $I_e$ 为引爆器电路导线上的感应电流；  
 $U_e$ 为引爆器电路导线上的感应电压；  
 $I_{\text{MNFC}}$ 为最大不发火电流；  
 $U_{\text{MNFC}}$ 为最大不发火电压。

用分贝表示， $I_{\text{MNFCdB}} - I_{\text{edB}} > -20\lg 0.15 = 16.5\text{dB}$ ，即安全系数为**16.5**。

## 超高压线路对人的影响及防护

- 医学的研究已经证明，强度大的电场对人体组织是有危险的。
- 电压为**33，50及75**万伏以上的高压线会产生这种电场。在上述电压的高压线导线下面(或在其附近)的人员将受电场影响，并根据此电场所形成的容性电流通过人体的持续时间**对人体的心血管及中枢神经系统产生功能性的破坏**。



- 随着微波通信事业的蓬勃发展和微波设备的日益增多，世界各国对微波电磁设备环境保护问题越来越重视，为了防止微波辐射对环境空间的污染，保护人体的健康，美国、英国、加拿大以及前苏联等国早已制定了各自的电磁辐射防护标准。





- 我国也制定出了适合我国国情的作业场所微波辐射卫生标准(**GB10436—89**)、电磁辐射防护规定(**GB8702—88**)和微波通信设备辐射安全标准(**GB12638—90**)，标准的限值为：
- 连续波：1天8h暴露的平均功率密度为**50  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$** ，小于或大于8h暴露的平均功率密度按下式计算： **$P_d = 400/t$** ， **$P_d$** 为容许辐射平均功率密度( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )；**t**为受辐射事件(**h**)；

- 脉冲波(固定辐射):1天8h平均功率密度为  $25\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，小于或大于8h暴露的平均功率密度按下式计算： $P_d=200/t$ 。
- 这个限值介于美国和前苏联的限值中间，是比较保守的，取得了较大的安全系数，以确保从事微波工作人员不产生任何生物学上的危害。





❖ 谢谢！

登高必自卑，行远必自迩