

第8讲 无线能量传输技术

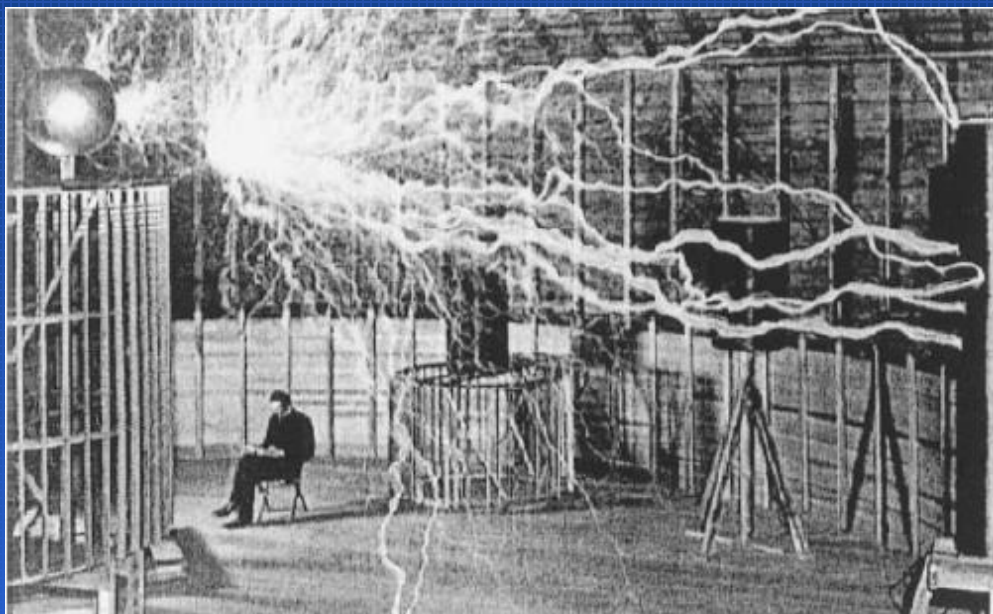
- 无线能量传输综述
- 无线能量传输实现方式
- 主要应用领域及前景展望
- 当前存在问题



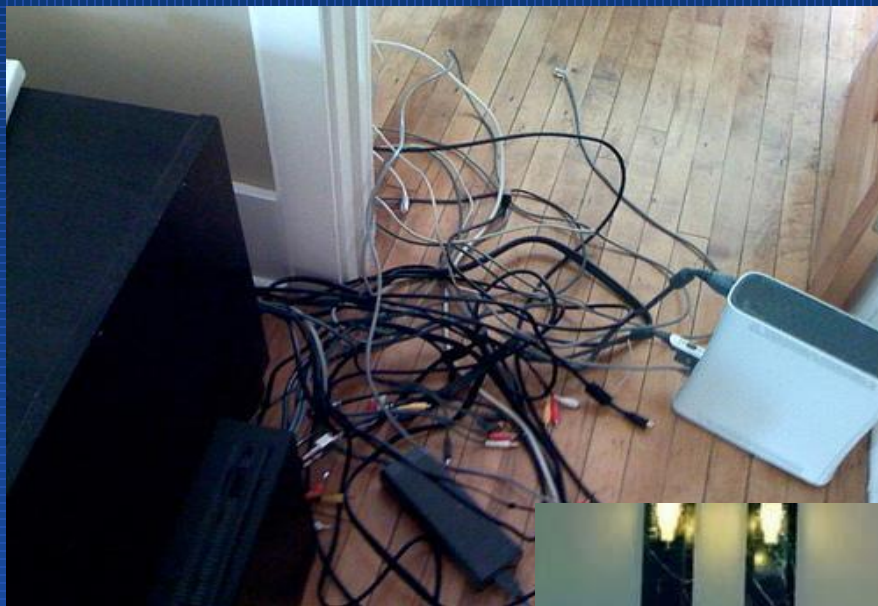
无线能量传输综述

- 无线能量传输技术（WPT），又称无接触能量传输（Contactless Power Transmission, CPT）技术，顾名思义，即以非接触的无线方式实现电源与用电设备之间的能量传输。早在1890年，由著名电气工程师（物理学家）尼古拉·特斯拉(Nikola Tesla) 提出。

为什么要研究
无线能量传输



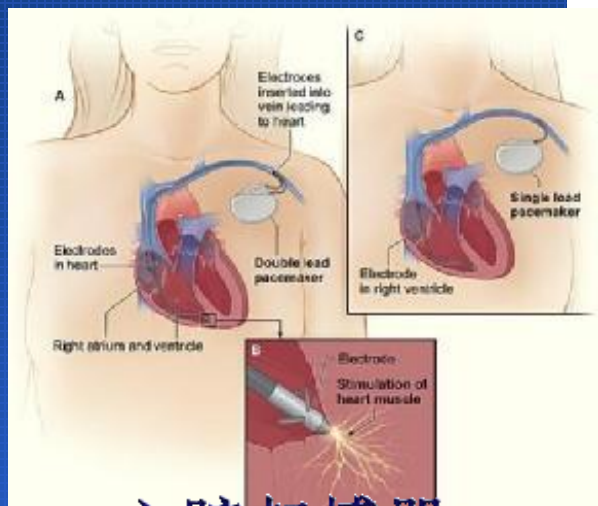
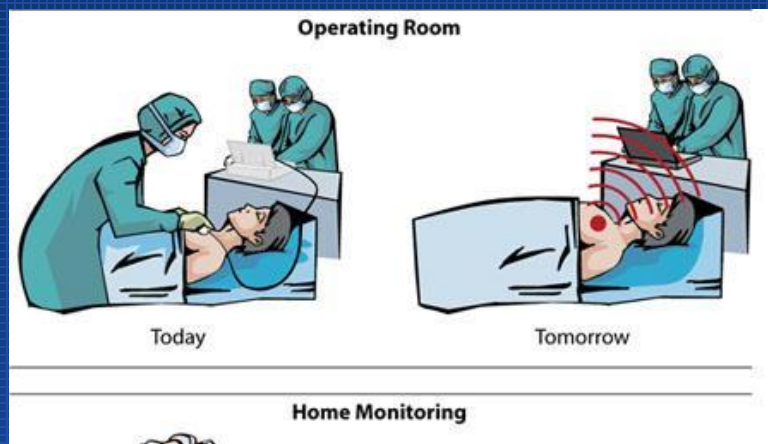
无线能量传输综述



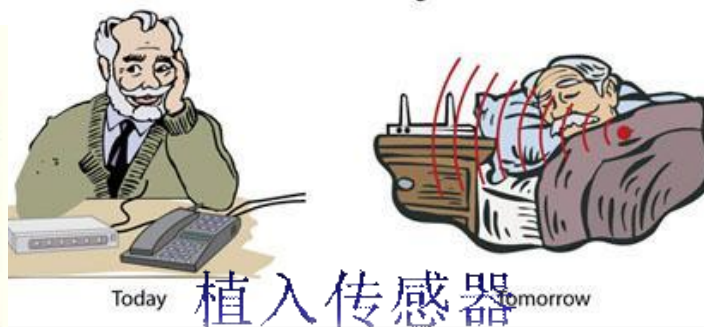
太多的电线插座
给人们的生活带来不便



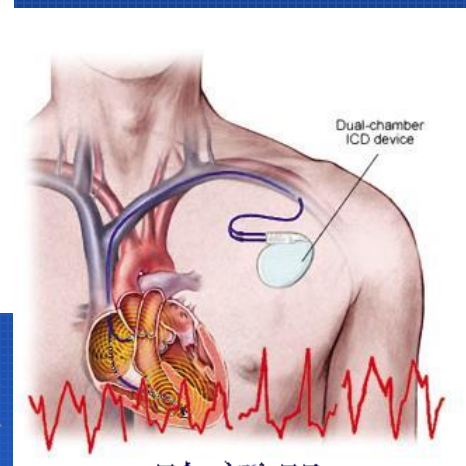
无线能量传输综述



心脏起搏器

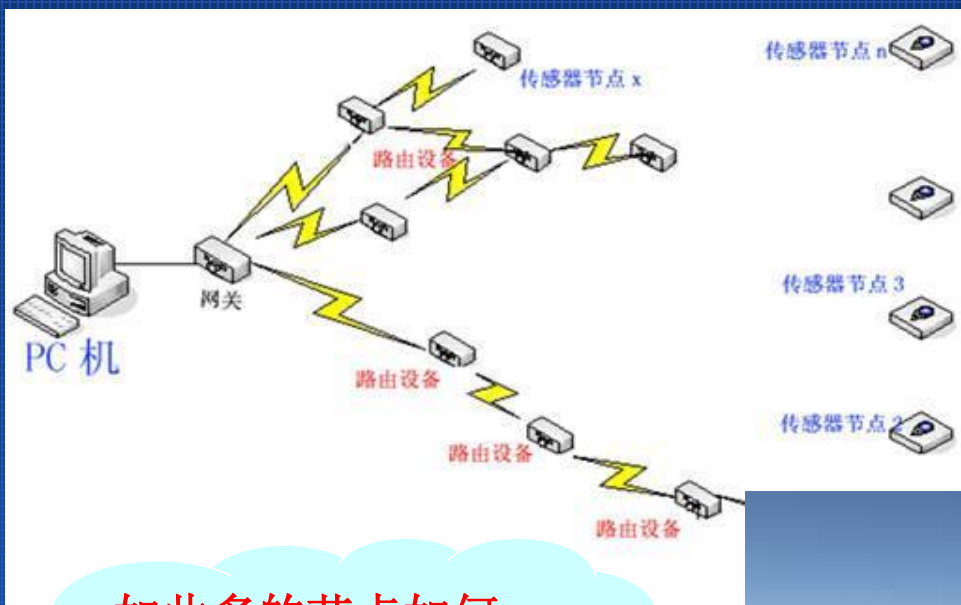


植入体内的医疗设备如何长期供电？

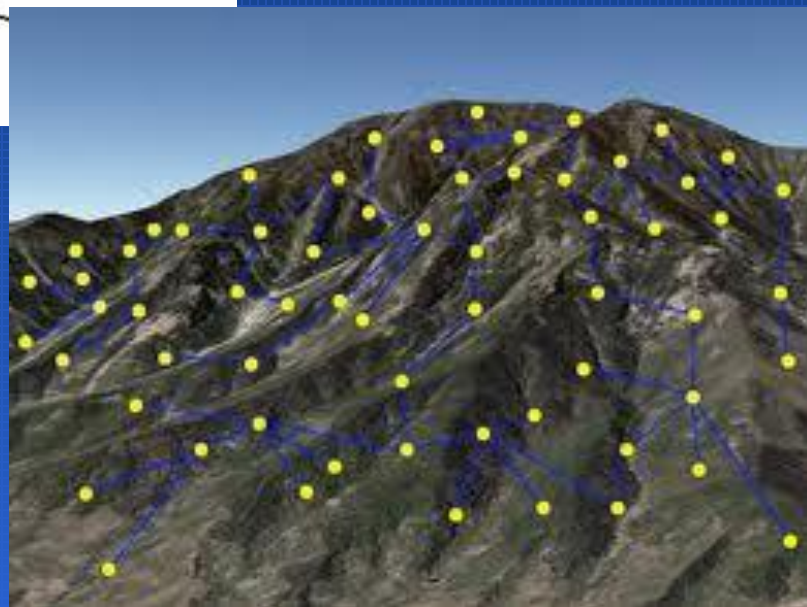


除颤器

无线能量传输综述



如此多的节点如何
解决电池问题？



无线能量传输技术发展史

- 1831年，迈克尔·法拉第发现，周围磁场的变化将在电线中产生电流。
- 1890年，尼古拉·特斯拉提出无线电力传输的构想。
- 20世纪60年代初期雷声公司(Raytheon)的布朗(W. C. Brown)做了大量的无线电能传输研究工作,从而奠定了无线电能传输的实验基础,使这一概念变成了现实。

无线能量传输技术发展史

- 2007年，美国麻省理工学院的马林·索尔贾希克（Marin Soljacic）等人在无线电能传输方面取得了新进展，他们用两米外的一个电源，“隔空”点亮了一盏60瓦的灯泡。



MIT小组隔空点亮灯泡



无线充电联盟

- 2008年12月17日成立无线充电联盟（Wireless Power Consortium），2010年8月31日，无线充电联盟在北京正式将Qi无线充电技术引入中国

无线能量传输技术发展史

- 最近，多家公司已经生产出无线充电的手机、mp3、便携式电脑、电动汽车。



2009年，TI和FultoneCoupled技术公司合作开发电源芯片用于控制非接触式充电

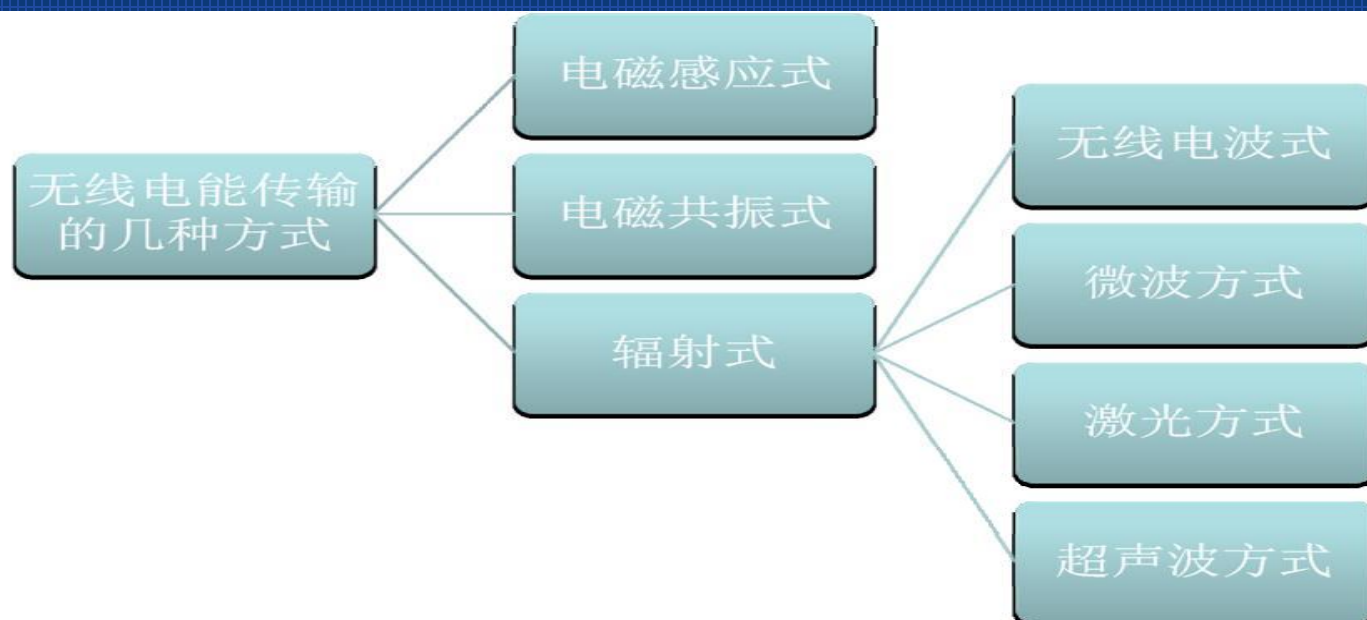
2010年1月，在美国CES展览会上，海尔公司推出了“无尾电视”



Powermat公司展示了为不同电子产品进行无线充电的设备



无线能量传输实现方式



(a) 电场耦合方式
(村田制作所/日立麦克赛尔)



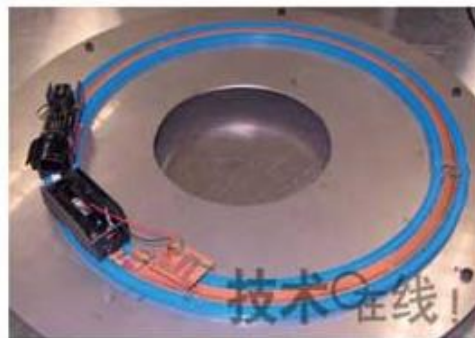
(b) 磁共振方式
(TDK)



(c) 磁共振方式
(胜美达集团)

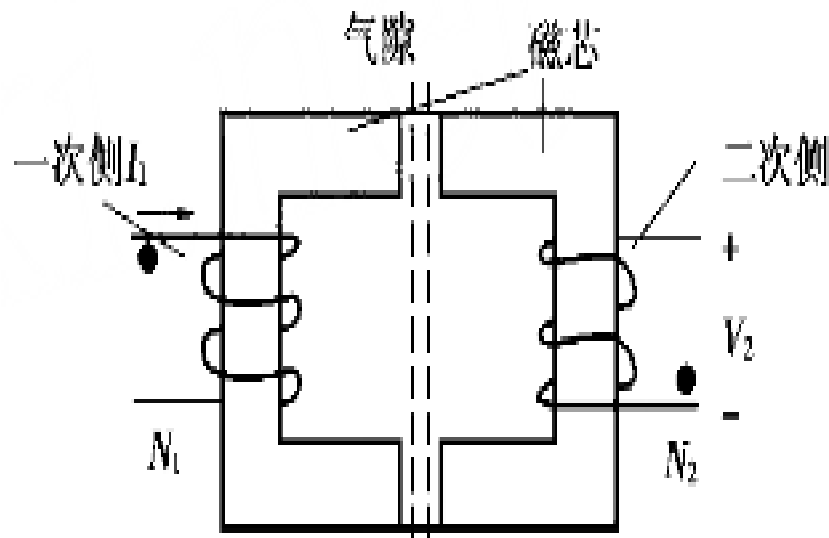
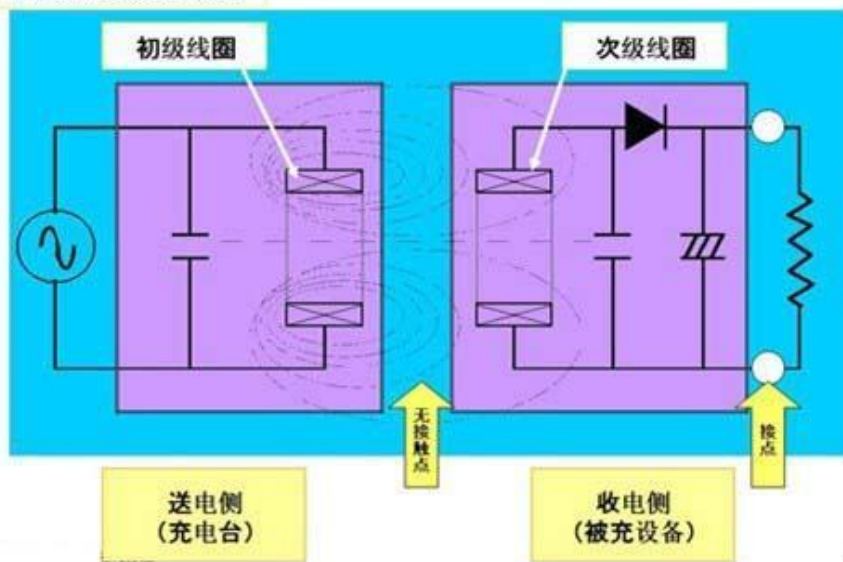


(d) 电路/共振器耦合方式
(龙谷大学/RyuTech)



无线能量传输实现方式

电磁感应式无线充电原理：



电磁感应式（非接触感应式）电能传输电路的基本特征就是 原副边电路分离。原边电路与副边电路之间有一段空隙，通过磁场耦合感应相联系。

无线能量传输实现方式

- 根据无接触变压器初、次级之间所处的相对运动状态，新型无接触能量传输系统可分为：分离式、移动式和旋转式，分别给相对于初级绕组保持静止、移动和旋转的电气设备供电。



日本三洋推出的任天堂官方授权产品——“Wii遥控器专用非接触式充电套件”。



无线能量传输实现方式



日产魔方电动车

- **电动车**采用电磁感应方式充电.即将一个受电线圈装置安装在汽车的底盘上,将另一个供电线圈装置安装在地面,当电动汽车驶到供电线圈装置上,受电线圈即可接受到供电线圈的电流,从而对电池进行充电。目前,这套装置的额定输出功率为10kW,一般的电动汽车可在7-8小时内完成充电。

无线能量传输实现方式

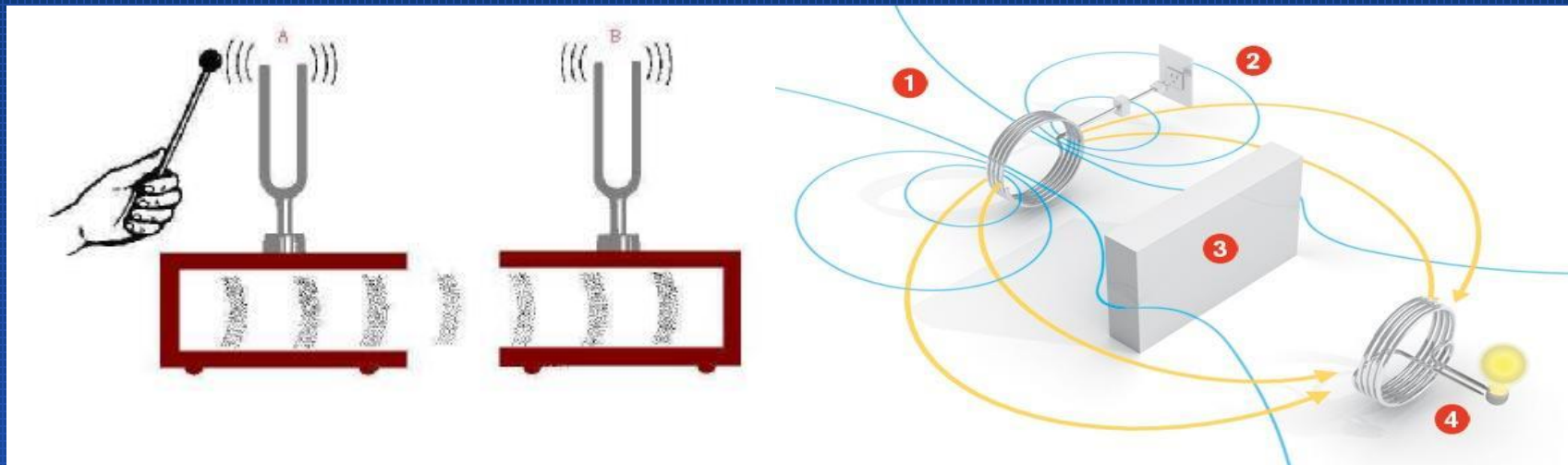
特点:

- 较大气隙存在，使得原副边无电接触，弥补了传统接触式电能的固有缺陷；较大气隙的存在使得系统构成的耦合关系属于松耦合，使得漏磁与激磁相当，甚至比激磁高；
- 传输距离较短，实用上多在mm级。

缺点:

- 电磁感应方式传输控制不好，在其范围内的金属都会产生电磁感应消耗电源能量，另外还会使设备的线路感应发热，严重时损坏设备。

无线能量传输实现方式



谐振耦合方式（又称WiTricity技术）是由麻省理工学院（MIT）物理系、电子工程、计算机科学系，以及军事奈米技术研究所（**Institute for Soldier Nanotechnologies**）的研究人员提出的。系统采用两个相同频率的谐振物体产生很强的相互耦合，能量在两物体间交互，利用线圈及放置两端的平板电容器，共同组成谐振电路，实现能量的无线传输。

无线能量传输实现方式



MIT无线传能实验中发射谐振器和接收谐振器是半径为3mm的铜线缠绕5.25圈、线圈半径300mm、高度200mm，具备分布式电感和电容特性的线圈型谐振器，实验测得其谐振频率为9.90MHz。在谐振器距离2m传输时传输效率约为40%，距离为1m时传输效率可高达90%。



2008年8月，Intel西雅图实验室的Joshua R. Smith研究小组基于磁谐振耦合无线能量传输技术开发出可为小型电器充电的无线传能装置能够实现在1m距离内给60W灯泡提供电能，效率可达75%。

无线能量传输实现方式

特点:

- 利用磁场通过近场传输，辐射小，具有方向性。中等距离传输，传输效率较高。能量传输不受空间障碍物（非磁性）影响。
- 传输效果与频率及天线尺寸关系密切。

缺点:

- 谐振耦合方式安全实现问题比较严重，要想更好的实现谐振耦合，需要传输频率在几兆到几百兆赫兹之间，而这一段频率又是产生谐振最困难的波段。

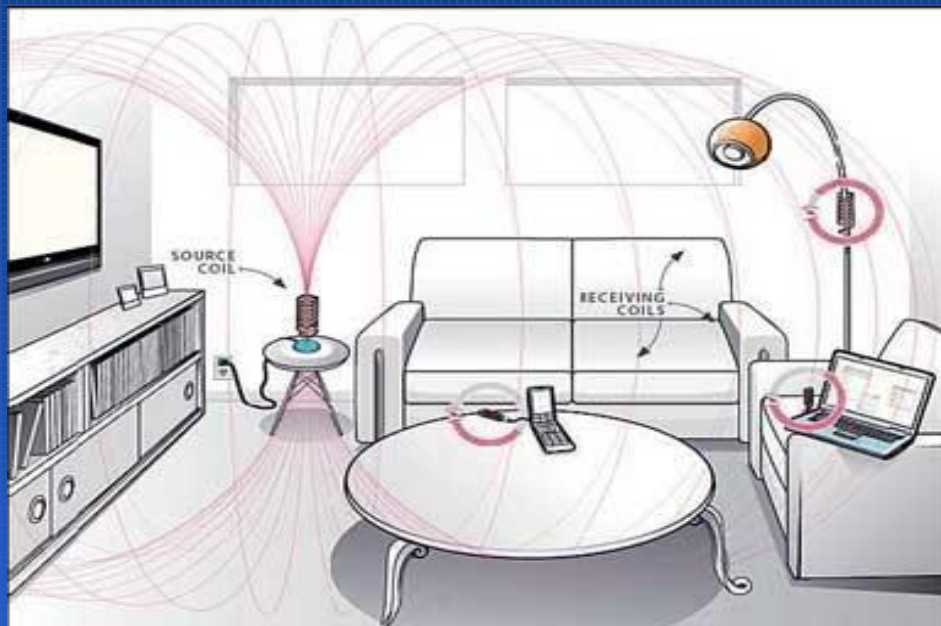


无线能量传输实现方式

- 无线电波式(辐射式)
- 基本原理——类似于早期使用的矿石收音机，主要由微波发射装置和微波接收装置组成，接收电路可以捕捉到从墙壁弹回的无线电波能量，在随负载作出调整的同时保持稳定的直流电压。

无线能量传输实现方式

- Powercast公司研制出
- 可以将无线电波转化成直流电的接收装置，可在约1米
- 范围内为不同电子装置的电池充电。



无线能量传输实现方式

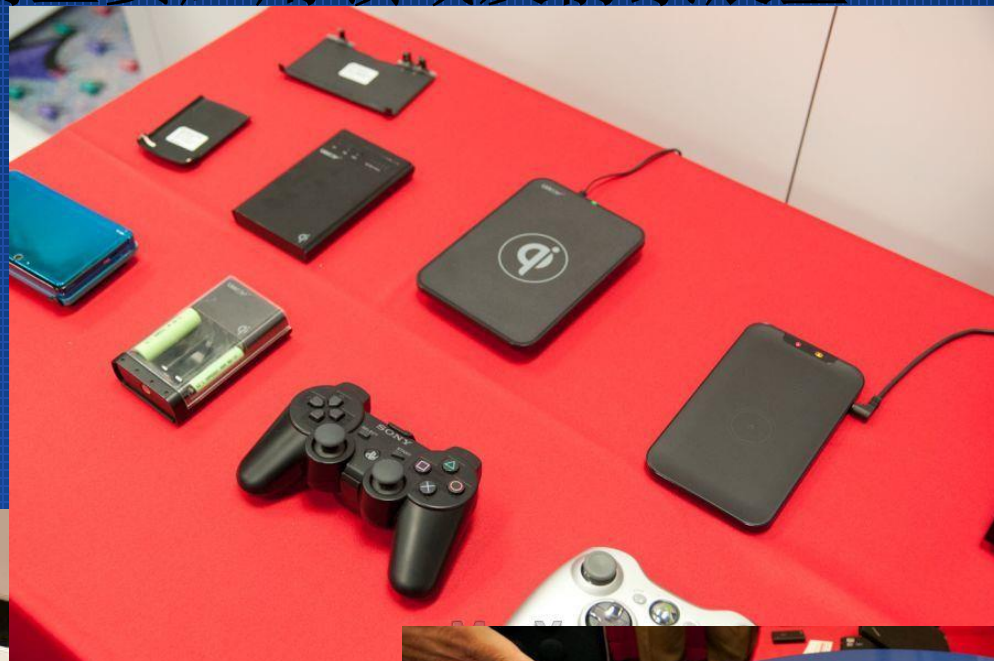
- 微波和激光的无线能量传输技术
- 微波无线能量传输技术目前尚处于研发阶段，其技术优点是成本较低，技术瓶颈是效率太低，而且容易发热，损坏设备。
- 2009年，Lasermotive使用激光二极管，在数百米的距离传输了1千瓦以上的功率，打破了多项世界纪录，并赢得了美国航空航天局（NASA）的大奖。

- 无线电方式问题主要在于其在能量传输过程中能量损耗太大，传输效率太低。
- 如果辐射是全方向性的,则能量传输效率会十分的低;如果是定向辐射,也要求具有不间断可视的方位和十分复杂的追踪仪器设备

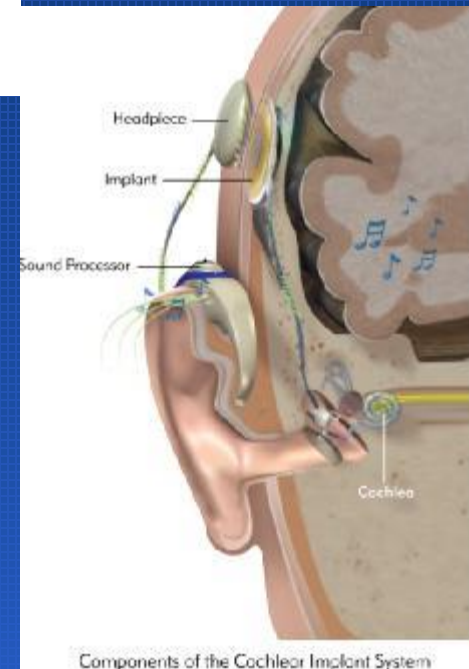
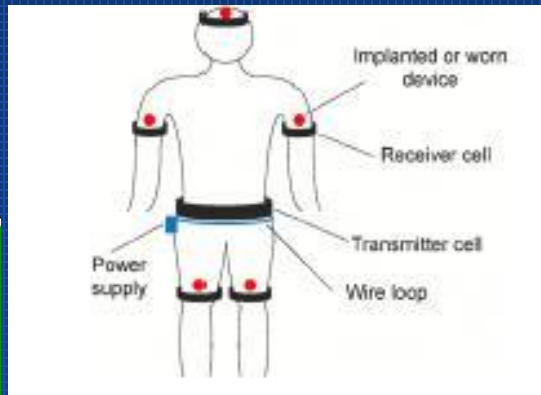
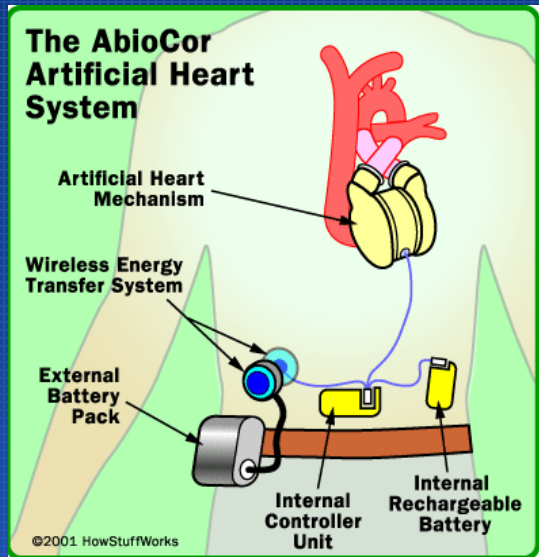
三种无线能量传输方式比较

	电磁感应	无线电	谐振耦合
输出能量	几瓦至几百千瓦	几十毫瓦	最大几千瓦
有效距离	$\leq 1\text{cm}$	几米范围	几米范围
控制水平	实现和控制都很简单	实现困难控制简单	实现和控制都很困难
安全系数	取决于环境条件和技术手段		
便利性	可接受水平	最为便利	一般水平

无线能量传输主要应用领域及前景展望



无线能量传输主要应用领域及前景展望



无线能量传输主要应用领域及前景展望



同时充电的汽车数目有限

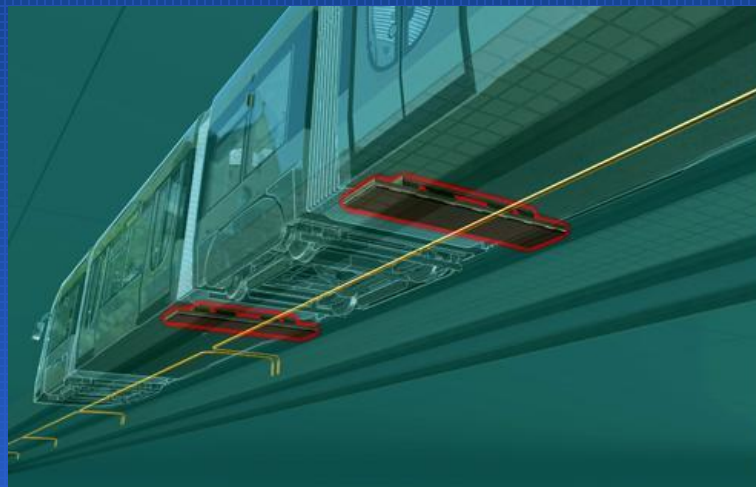
户外有线充电桩易受到侵害

建专用充电站占用大量用地

采用无线充电形式

无线能量传输主要应用领域及前景展望

- 随着低碳经济的到来，轨道交通将主导未来运输的发展趋势。目前，采用无线方式
为轨道交通供电也是目前的研究热点之一



无线能量传输主要应用领域及前景展望

- 特种设备
- 物联网(无线传感网)
- 微波飞机
- 空间电力输送
-

当前需要解决的问题

- 电磁辐射安全问题
- 电磁兼容问题
- 系统整体性能有待提高
- 产品推广中的标准统一

当前需要解决的问题

电磁辐射安全问题

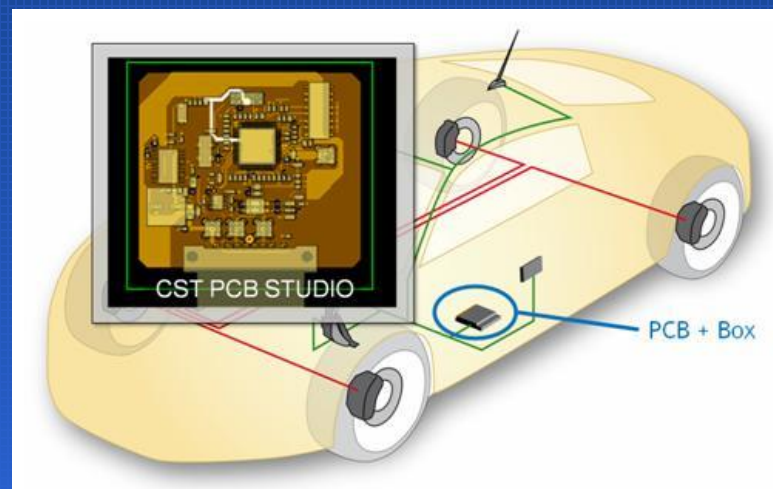
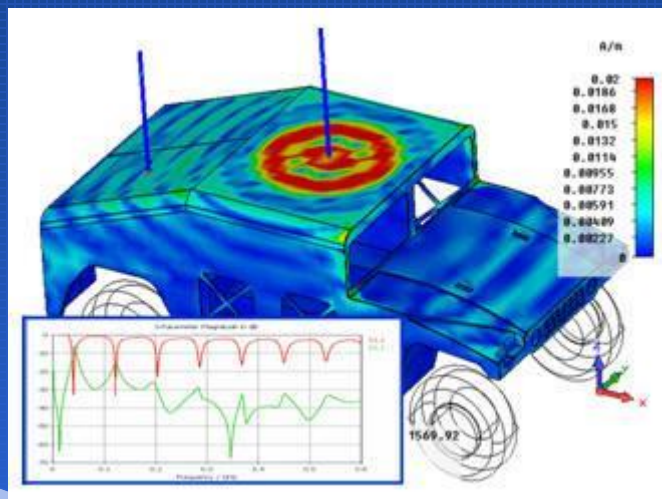
- 对人身安全和周围环境的影响需要解决。
- 由于无线能量的传输既不像传统的供电方式那样可以在传输路径上得到很好的控制也不像无线通讯那样传送微小的功率。
- 高能量的能量密度势必会对人身安全及健康带来影响。
- 对激光则在功率密度小于 $2.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 才能保证对人体无伤害。所以采用无线输电时要考虑避免对人身体的伤害。



当前需要解决的问题

电磁兼容性

- 无线能量传输系统在工作时周围空间会存在高频电磁场，这就要求系统本身具有较高的电磁兼容指标。系统要发生电磁兼容性问题，必须存在三个因素，即电磁骚扰源、耦合途径、敏感设备。所以，在遇到电磁兼容问题时，要从这三个因素入手，对症下药，消除其中某一个因素，就能解决电磁兼容问题。因此采取有效的抗干扰措施、屏蔽技术、合理使用电磁波不同的频段、避免交叉，重叠等造成不必要的电磁干扰。



当前需要解决的问题

系统整体性能有待提高

- 传输效率普遍不高。
- 目前无线能量传输技术整体上传输的效率不高，主要的原因是能量的控制比较困难，无法真正实现能量点对点的传送在传输的过程中会散射等损耗一部分能量，能量转换器的效率不高也是影响整个系统效率的关键因素。
- 当然随着电子技术的不断进步，传输的效率也会逐渐提高。



当前需要解决的问题

传输距离、效率、功率、装置体积之间的关系

- 对于无线能量传输技术中几个关键性的指标：传输距离、传输效率、传输功率、装置体积等。一般情况下，传输距离越近、装置体积越大、传输效率就越高、传输功率就越大。
- 如何尽可能地减小装置体积、提高传输距离、效率和功率是无线输电技术重点研究的方向之一。也是小功率设备实现无线输电的前提。

未来无线能量传输系统构想

