

一种新型的轨道交通:磁悬浮列车

王克诚

杨发文

(中山大学附中 广州 510275) (高邮师范学院 江苏 225600)

据最近报道,上海市磁悬浮列车工程正式启动,这是上海市政府为解决快捷运送人流,改善城市交通做出的重大举措。报道说:“第一列磁悬浮列车将在2003年初在上海出现,这是一个从德国引进的合作项目。磁悬浮列车运行将从浦东地铁二号线一端的龙阳路到浦东国际机场,全长33千米,双线行驶,设计最大时速为450千米,单向运行时间8分钟。”那么,什么是磁悬浮(简称磁浮)列车呢?它是根据

什么原理运行的?它与传统列车有什么区别呢?

一、磁浮原理

磁浮有3个基本原理。第一个原理是当靠近金属的磁场改变,金属上的电子会移动,并且产生电流。第二个原理就是电流的磁效应。当电流在电线或一块金属中流动时,会产生磁场。通电的线圈就成了一块磁铁。磁浮的第三个原理我们就再熟悉不过了,磁铁间会彼此作用,同极性相斥,异性相吸。

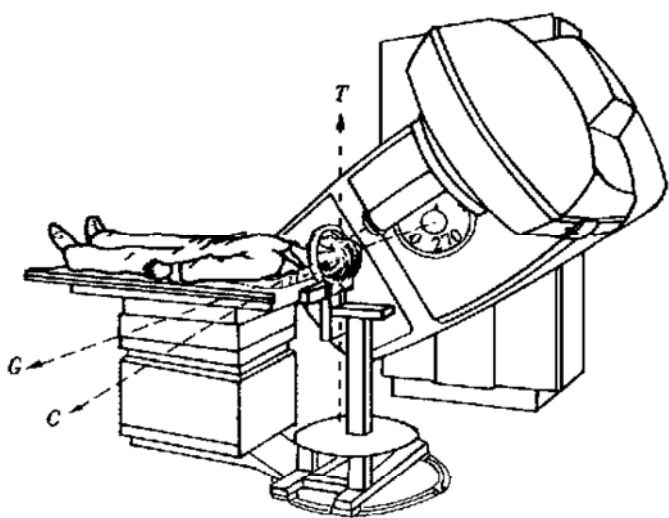


图4 治疗示意图

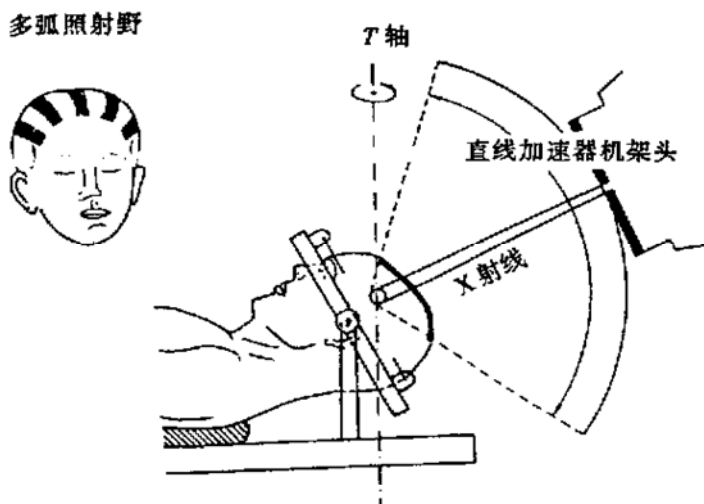


图5 等中心直线加速器用于放射神经外科的原理

后,才有突飞猛进的发展。 γ 刀与X刀要求靶点误差不能超过0.1mm,如果靶点聚焦于语言中枢上,照射后患者就不会说话,如果靶点聚焦于运动中枢上,照射后患者就会瘫痪。因此, γ 刀与X刀的定位系统相当精确,这一切通过计算机来完成。

X刀靶点范围大,可在4mm~50mm之间调节,而 γ 刀的靶点可在5mm~18mm范围调节。X刀造价比 γ 刀便宜。 γ 刀需处理核废料(^{60}Co 的半衰期为5.27年),且需建造屏蔽治疗室。X刀不限于颅内病灶治疗。

X刀与 γ 刀的适应症为所有的脑内良性、恶性肿瘤:脑膜瘤、垂体瘤、三叉神经瘤、听神经瘤等;脑动脉畸形、脑血管病;五官的肿瘤:鼻咽癌、眼球后肿瘤等;功能性神经疾病:三叉神经疼、帕金森氏病、癫痫等。

γ 刀与X刀的临床应用,给过去难以治疗或手术危险很大的病人带来了福音。X刀与 γ 刀是当今世界上脑外科领域最先进、最高科技的手术设备。现在人们正着手研究质子刀、中子刀及重离子刀,这些技术的应用,必将医学技术推向新的高度。

现在看看磁浮是如何作用的: 磁铁从一块金属的上方经过, 金属上的电子因磁场改变而开始移动(原理一)。电子形成回路, 所以接着也产生了本身的磁场(原理二)。图 1 以最简单的方式来表达这个过程, 移动中的磁铁, 使金属中出现一块假想的磁铁。这块假想磁铁具有方向性, 因是同极性相对, 因此会对原有的磁铁产生斥力。也就是说, 如果原有的磁铁是北极在下, 假想磁铁则是北极在上。反之亦然。

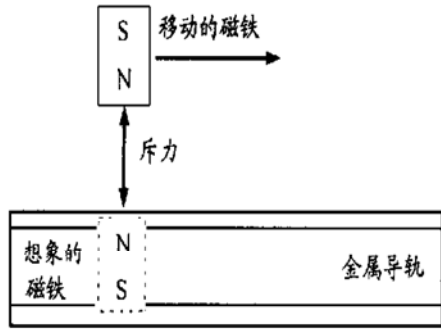


图 1 磁浮原理

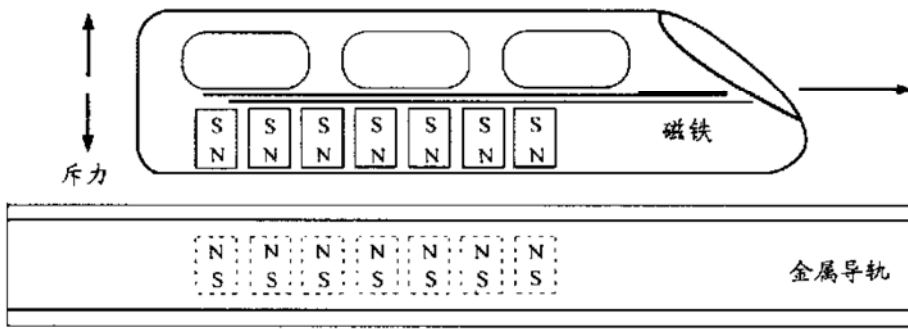


图 2 磁浮列车

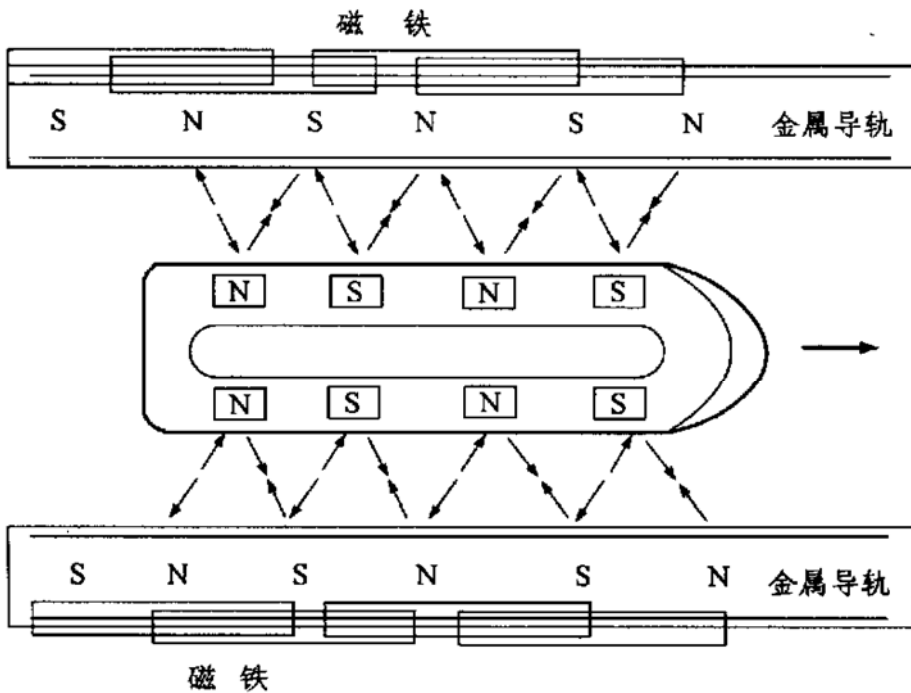


图 3 磁浮列车周围的磁波

因为磁铁的同极相斥(原理三), 让磁铁在一块金属上方移动, 结果会对移动中的磁铁产生一股往上推动的力量。如果磁铁移动得足够快, 这个力量会大得足以克服向下的重力, 举起移动中的磁铁。所以当磁铁移动时, 会使得自己浮在金属上方, 并靠着本身电子移动产生的力量, 保持浮力。这个过程就是所谓的磁浮。

这个原理可以适用在列车上, 如图 2, 如果在列车的地板上安装一些磁铁, 列车一开动(例如, 可以收起的充气胎), 就可产生向上的力量。这个时候, 列车就像飞机在跑道上加速准备起飞。当向上的力量足够时, 就可使得列车离开地面, 浮在金属导轨之上。事实上, 列车经过特别的设计, 使得车厢在离地面 10mm 到 150mm 处。这样列车就可以飞速前进了。

从以上的讨论, 我们可以发现磁浮列车的第一个优点。因为没有轮子和铁轨, 它就没有轮轨间的摩擦力所造成的能量损失。如此一来, 就少了一个传统列车的主要能量损耗来源。理论上, 就只剩下风阻会影响列车的行车速度了。

如果观察一下列车是怎样行进的, 就可以发现磁浮列车的第二个优点。虽然同极性会相斥(用以产生浮力), 但异性可以相吸。磁浮列车就是运用这个原理前进的。

当列车下方导轨因电子运动而产生浮力的同时, 两侧导轨的线路开始通电, 产生另一组比列车稍前的磁铁。经过特殊安排, 导轨上的南极, 会靠近列车上的磁北极。由于这股吸力, 列车得以往前移动。导轨两侧的电流, 通过调整, 得以让这股吸引磁力恰好落在列车前方。事实上, 列车是陷在所谓的磁波或磁场之中。我们可以想象导轨两侧移动的磁铁产生一股波浪, 列车就像骑在这浪头的冲浪者一样(图 3)

二、超导磁铁

列车内部的磁铁显然是磁浮列车的关键技术。虽然未来仍会有不断改进的可能, 但目前磁铁的制造问题, 大部分已经解决了。它们不是一块块的铁(像我们用在冰箱上压着便条纸的磁

铁), 而是以电力驱动的电磁铁。

德国捷运(Trans Rapid)系统的普通铜线制作电磁铁,运用的电源同于列车前进所用的电源。这是可行的。但是新一代磁浮列车更可能使用的,则是以超导线制作的电磁铁(就像现有日本的磁浮原型机)。具有超导特性的物质在常温下表现平常,可是在低温下,特性却会突然改变,在超导状态下,可以毫无耗损地传导电流。一旦电流在超导线圈中流动,就会永远流动下去,即使最初的电源已经中断也依然如此。

在普通的铜线中,构成电流的移动电子经常会碰撞铜原子,这时电子会失去能量,铜原子则振动加快。铜线从电流中获得能量,并使本身的温度上升——这就是大家熟知的所谓电流的热效应。

超导体的现象则远为复杂,一个电子快速通过金属离子之间,产生一股力量把离子拉向自己。由于电子的移动很快,可在原子反应之前就已离开。结果,第一个电子通过后,两个金属原子会比原来电子更为靠近。这样一来,反而会吸引另一个电子,跟着第一个电子的路径移动。通过金属的两个电子,就像公路上两个竞赛的自行车手——第一个选手通过的路径,会使第二位选手跑起来更容易。如果温度足够低,使得振动不会影响上述过程的平衡,所有的电子就会成对地运动。此外,所有的电子对会互相缠绕,使得所有的电子连结在一起。如果假想两个电子是一根面条的两端,则所有电子就像一碗纠缠在一起的面条。

结果电子就会畅通无阻地通过金属,不会消耗任何能量在碰撞上,因为如果要分开一个电子,就得分开所有的电子。由于金属中没有任何东西可以加以阻挡,电子会保持不断地移动。只要一直保持低温,金属原子就不至于振动太大,电子就可不断地运行。

将超导线圈与电池连接,通电后再拿掉电池,就可完成一个超导磁铁。如果温度一直保持在临界点之下,电流就会持续流动,并产生磁场。磁浮列车的超导磁铁就是如此。一旦超导体浸在低温中,并且启动之后,适时加入液态氮就可以维持运作。

三、磁浮列车

早在20世纪60年代,美国物理学家丹比(Gordon Danby)和鲍威尔(James Powell)就已经提出磁浮理论。1971年第一个磁浮列车原型机在日本启

用,此后数年,日本、法国都不断实验多种原型机。此后我国也加入实验原型机的行列。1989年横滨博览会期间,试乘人次高达150万人!

轨道维修是传统高速铁路的问题,但对磁浮列车来说就不是什么问题。法国原型机从80年代至今一直使用相同的轨道,只需要偶尔维修。美国第一个商用磁浮列车系统从1995年开始,连接佛罗里达奥艺多国际机场到迪斯尼乐园的就是磁浮列车。到目前为止,绝大多数原型机和展示列车都是用高架系统,高架系统有一个很重要的优点,就是不占用地面道路。

其次,火车是不善于转弯的,尤其是高速时,因为火车质量太大了,转弯有翻覆的危险。所以日本第一次兴建子弹列车,必须设法建一条新而直的道路。但磁浮列车是可以走弯道的。因为它本身就可以弯曲。有人把导轨上的磁浮列车比作坡道上的雪橇。所以时速400多千米的磁浮列车可以应付时速为100千米的传统列车的弯道。如此一来,磁浮列车就有能力穿梭在都市的各个角落。在这一点上,磁浮列车胜过了传统列车。

再次,磁浮列车最大的好处,还在于不用火车头。所有的动力都来自该节车厢的磁铁以及线圈上的电流。列车的每一节车厢都可以独自前进,而不需要其他的车厢。所以,磁浮列车进入一个大都市,看起来就像是一条进城的高速公路似的:可能有快车道在中间,而慢车道在两侧。列车一靠近都市,列车可能会断开,每一节车厢(或几节车厢)在不同地点转进慢车道,以便抵达数个小站。所以每位旅客只会在接近其目的地的时候停几次而已,对于远程乘客来说,列车也不必把能量耗费在重复加速上面。换句话说,磁浮列车可以从很远的地方带一群人进城,并且把他们分别送往各地,而不是像传统铁路那样,只能让他们在市中心下车。有些规划者甚至主张建设可开往每一购物中心的磁浮系统。因为磁浮列车确实可以轻快地把乘客分送到各个重要的办公中心,不论是在市中心、都市各区域或是郊区。

最后还需说明一点,磁浮系统还能避开许多传统火车的危险。举例来说,两列磁浮列车就绝不会追撞。由于每一列车都罩在自己的磁波之下,如果两列列车相互靠近,磁波就会相互作用,使较快的那一列列车慢下来,直到两列列车的速度一致,一起前进。完全是自动调整的。