

磁悬浮列车



什么是磁悬浮列车

磁悬浮列车是一种采用无接触的电磁悬浮、导向和驱动系统的磁悬浮高速列车系统。它的时速可达到500公里以上，是当今世界最快的地面客运交通工具，有速度快、爬坡能力强、能耗低运营时噪音小、安全舒适、不燃油，污染少等优点。而且它采用采用高架方式，占用的耕地极少。磁悬浮列车意味着这些火车利用磁的基本原理悬浮在导轨上来代替旧的钢轮和轨道列车。磁悬浮技术利用电磁力将整个列车车厢托起，摆脱了讨厌的摩擦力和令人不快的锵锵声，实现与地面无接触、无燃料的快速“飞行”。





磁悬浮列车是将来主要的新型交通工具,它没有轮子,具有迅速,无冲击振动,无噪声,运营安全,检修量小等特点。本展品向观众简介这种列车的特点并体验感受。

Magnetic suspension trains are an important and new type of transportation tool for the future. Characteristics of magnetic suspension trains include their high speed, freedom from shock and vibration, freedom from noise, a good operation safety record and few repairs. This exhibit introduces visitors to the characteristics of this type of train.

要以最快的速度從一個地方去到數百公里，甚至數千公里以外的地方，一般人都會選擇乘搭飛機。可是，在不久的將來，一種新的交通工具將會帶領人們以高速於城市之間穿梭。

目前為止，一般的子彈火車能以 200 km/h 的速度前進。由於火車與路軌之間的摩擦力限制了火車的最高速度，所以人們便開始研究能懸浮於路軌之上的火車，於是便有磁浮火車的出現了。

顧名思義，磁浮火車是利用磁力使火車懸浮於路軌之上。磁浮火車經常被稱為 **MagLev**，即 **Magnetically Levitated train** 的簡寫。但是，利用一般的磁鐵並不能把火車穩定地浮起。要是你將兩塊磁鐵的北極相對，你會發現無法使一塊磁鐵穩定地浮在另一塊上 (圖一)。所以，要把火車浮起並不如想像中般簡單。

真正磁浮火車是怎樣浮起來的？目前，磁浮火車還在試驗階段。德國科學家設計了一個名為 **Transrapid** 的系統，利用了「電磁力懸浮法」(EMS) 把火車浮起 (圖二)。在這個系統中，火車的底部包著一條導軌，在火車底部起落架的電磁鐵向著導軌，磁力使火車懸浮在導軌之上約一厘米，雖然在靜止的時候，火車依然保持浮起。其他導引磁鐵則能使火車在行使時保持穩定。

嗎？當磁鐵在導體附近移動，導體內的磁場會因而改變(圖三)，並感應出電流。感應電流又能產生磁場，根據楞次定律，這樣產生出來的磁場總是傾向於抗拒引起這個感應的改變。「電動力懸浮法」應用了電磁感應的原理。圖四(a)顯示了這種磁浮火車的原理。火車在導槽內行走，槽的兩邊安有一系列"8"字形的線圈。當一輛列車迅速駛過時，車兩邊的超導磁鐵便會在線圈上感應出電流。巧妙的是，超導磁鐵在"8"字形的線圈中心下列經過，所以"8"字形線圈下半部的磁通量改變比上半部大，感應出如圖四(b)所示的電流，產生磁力。"8"字形線圈下半部的磁極與超導磁鐵的磁極相同，上半部則與之相反，結果是這兩部分的線圈對超導磁鐵產生的磁力，都有一個向上的分力，把列車懸浮起來。由於"8"字形線圈只有在超導磁鐵運動時才感應出電流並產生磁性，所以當火車靜止的時候，便不能浮起。所以，火車在啟動時會首先靠輪子來滑行，直到產生的磁力足以承托火車的重量，才將輪子收起來，就好像飛機起飛一樣。

那麼，磁浮火車是怎樣被推動的？它的基本原理很簡單。以日本的磁浮火車為例。移動的列車帶同超導磁鐵在導槽兩邊的線圈感應出電流，根據這些訊息，系統便會把交流電輸入導槽兩邊的推進線圈，產生南北梅花間竹的磁極(圖五)，對超導磁鐵造成拉力和推力，使列車加速。

磁浮火車能懸浮在路軌上行駛，免除了火車與路軌之間的磨擦力，故能以高速飛馳。估計未來的磁浮火車能以高達 500 km/h 的速度行駛，比現在最快的火車速度要高一倍。另外，磁浮火車非常寧靜。德國農民在磁浮火車路軌附近工作，幾乎察覺不到有火車經過呢！但磁浮火車有一個缺點，就是建造導軌的費用昂貴。磁浮火車只能在這些導軌上走，大大限制了它的發展。估計未來的鐵路發展，仍會以傳統火車為主。

值得中國人民興奮的是，世界上第一條商用的磁浮鐵路將於 2023 年於中國面世。這個計劃耗資 26 億元人民幣。到時 Transrapid 磁浮火車將會帶領人們以 200 km/h 的高速穿梭

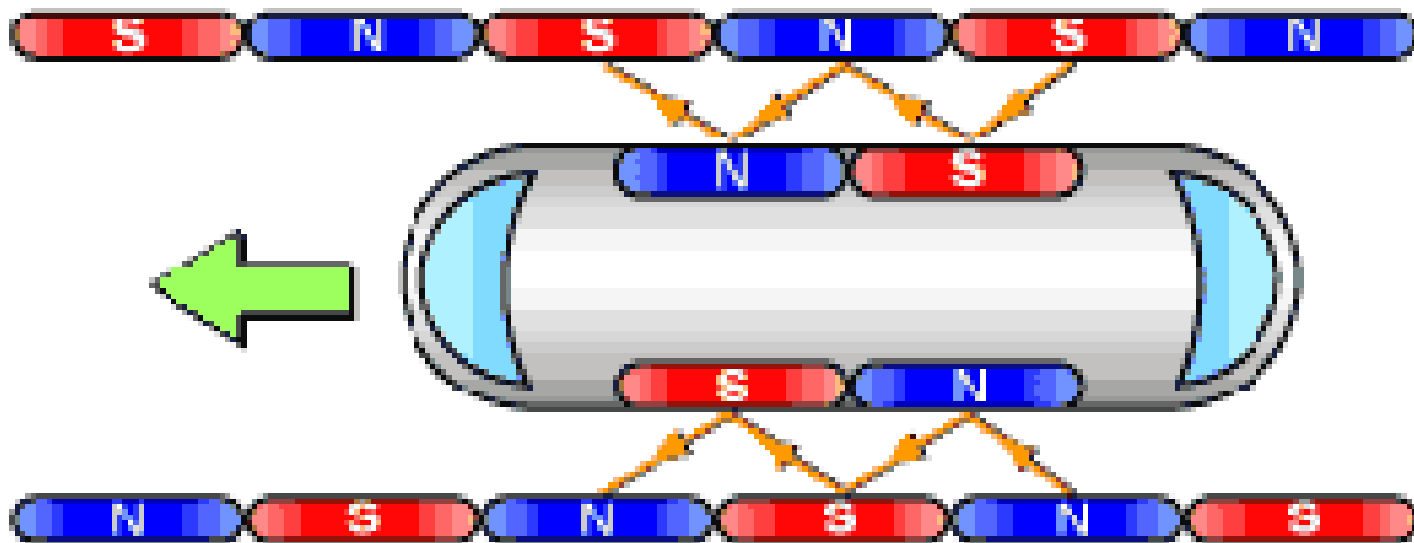
圖一 我們無法使一塊磁鐵穩定地浮在另一塊磁鐵上。

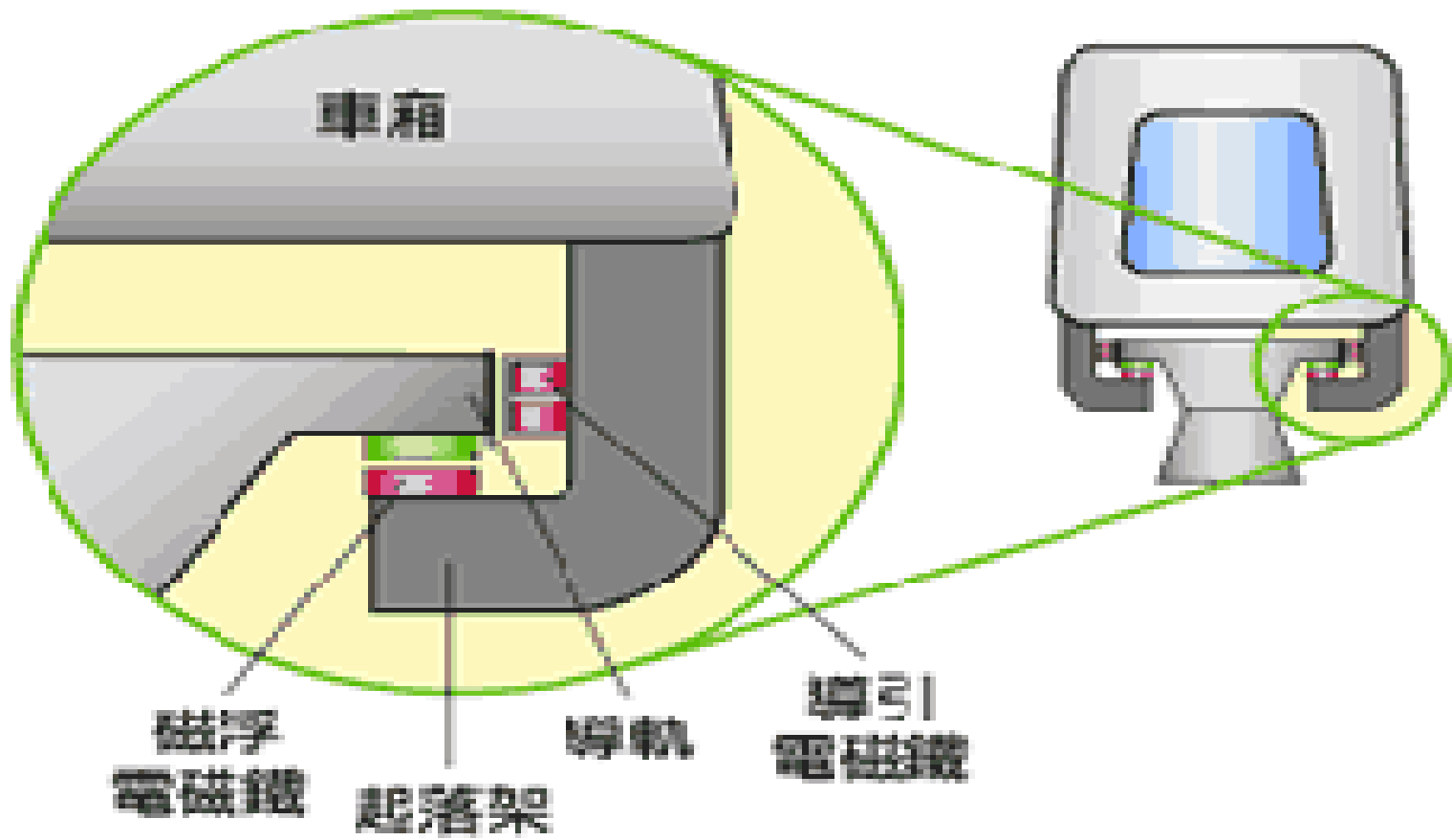
圖二 Transrapid 系統的原理。

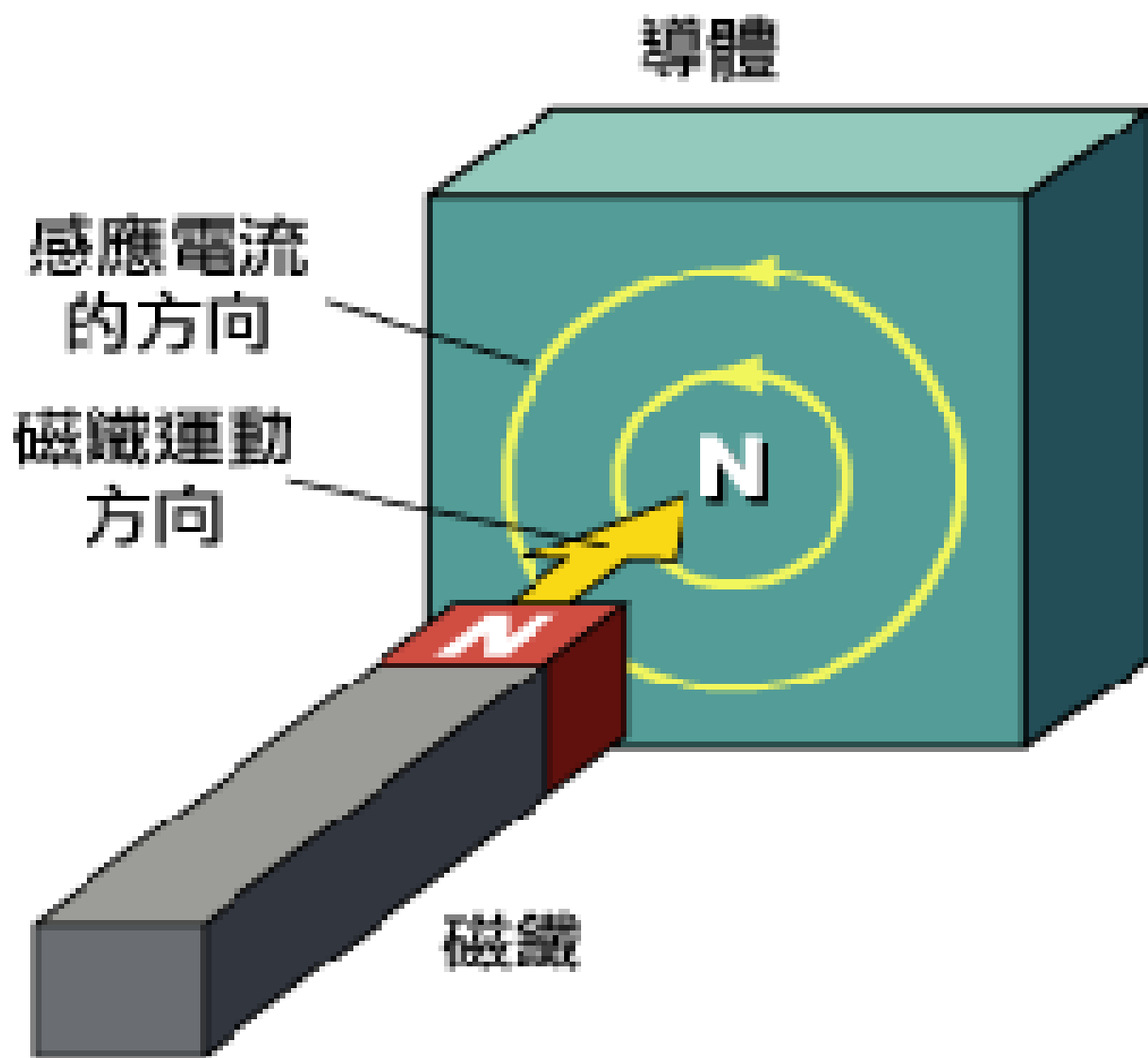
圖三 磁鐵在導體附近移，便會感應出電流。

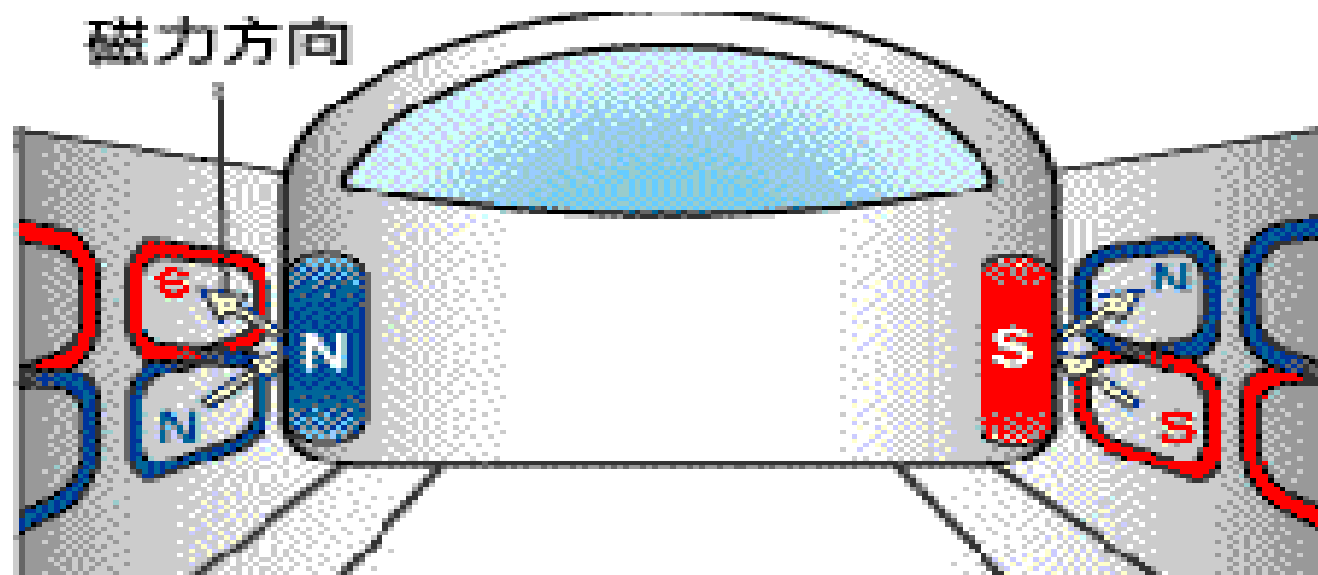
圖四 電動力懸浮法的技術。

圖五 怎樣推動磁浮火車？

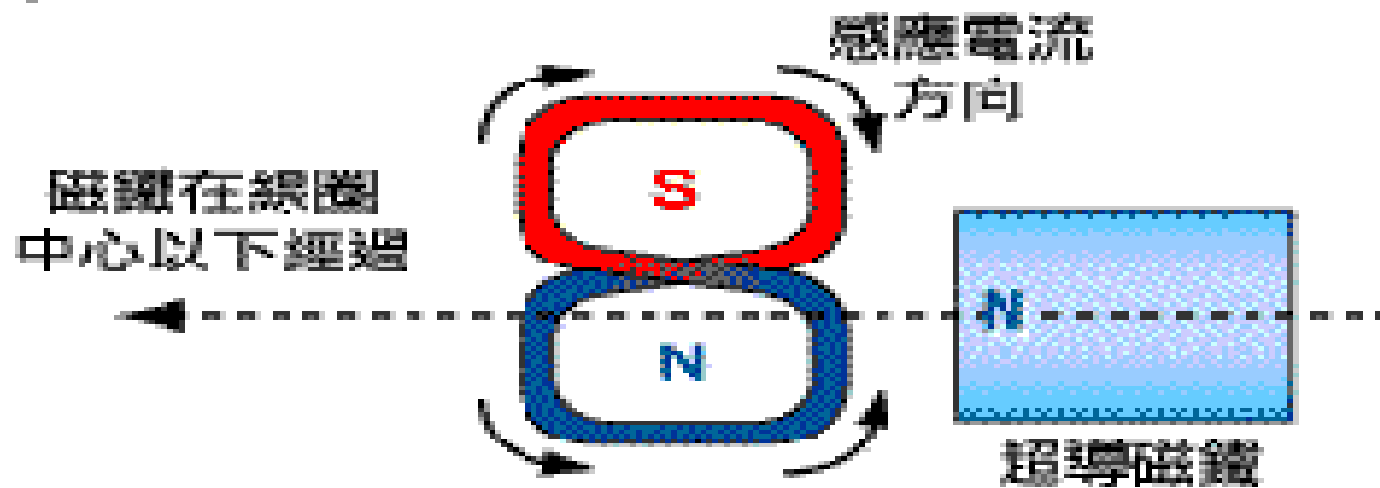




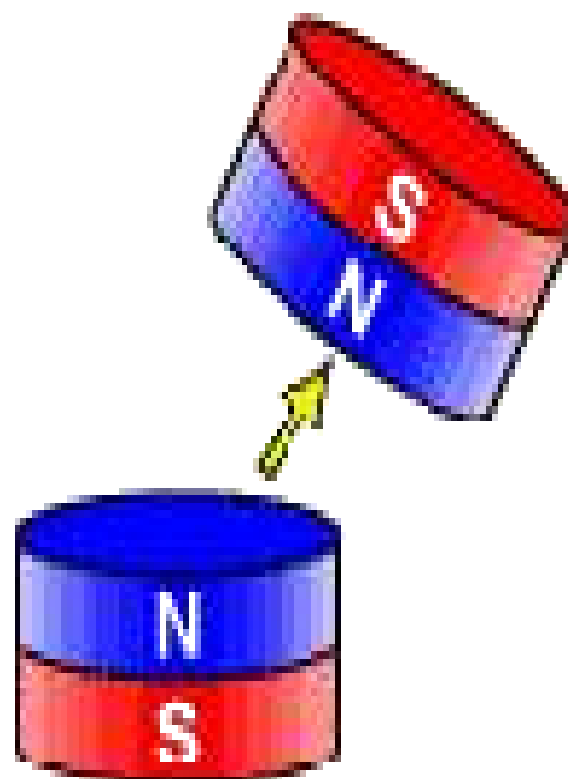
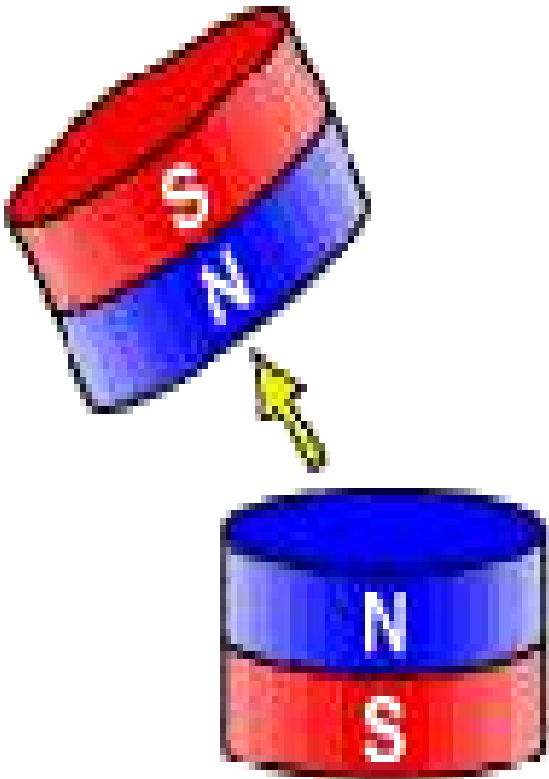




(a)

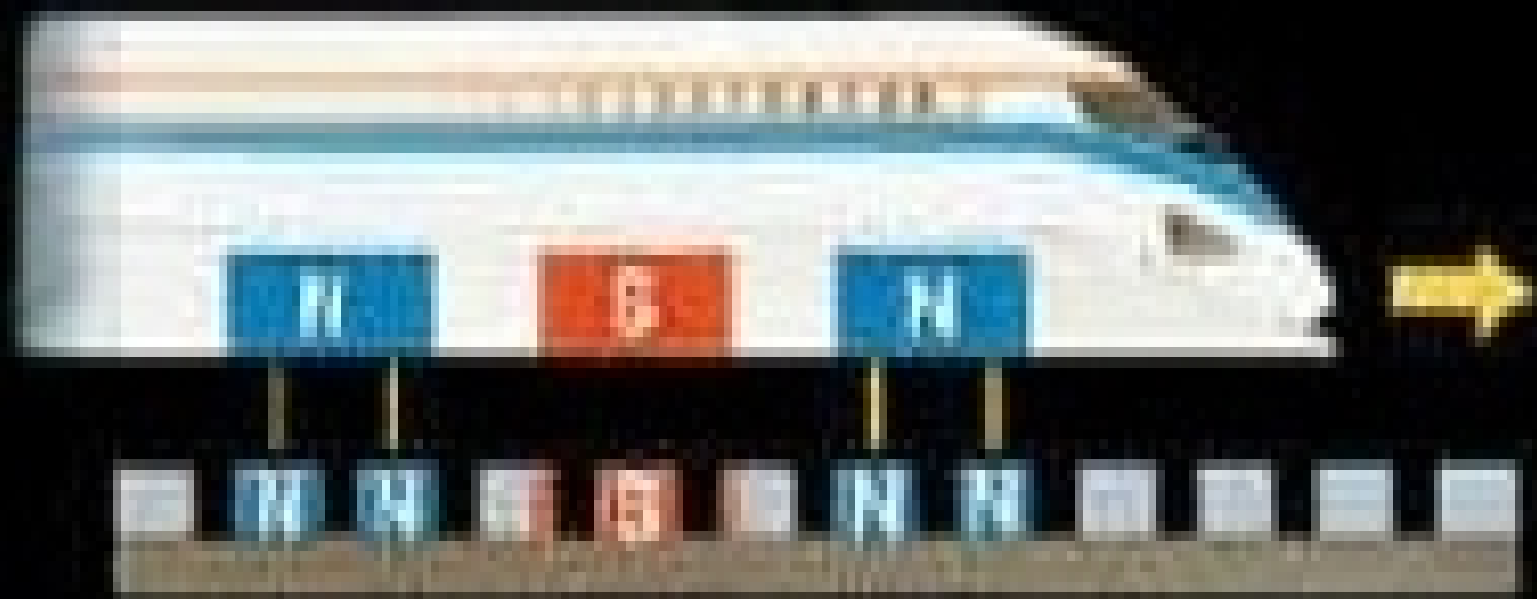


(b)



磁悬浮列车的悬浮原理

磁悬浮列车究竟是怎样“浮”起来并向前推动的呢？让我们首先来看一下它的上浮原理。磁悬浮列车的底部装有悬浮电磁铁，它是由电动机中的转子部件充当的，而在导轨上也相应的固定着电磁导轨（由磁铁材料制造）。向导轨通电后，因为电磁感应现象，在线圈里产生电流（图1），地面上线圈产生的磁场极性与列车上的电磁体极性总是保持相同，这么在线圈和电磁体之间就会一直存在排斥力，车体受到吸引力与重力的共同作用而保持平衡。当然自然界的电磁感应现象有两种——同名磁极相互排斥和异名磁极相互吸引，而我们这儿利用的为吸引作用。在电磁导轨的吸引作用下，车体逐渐抬升，便与导轨间产生了空隙。但是车体也不能抬升得过分，不然就要与导轨相撞了，所以我们便要经过控制悬浮磁铁中的电流大小来控制吸引力不能过大。一样，在侧面装有侧向电磁体（车体上）与侧向导轨（路轨上），它们之间的磁极极性相反，故相互吸引，使车体不至于与导轨碰撞，并使列车行驶时保持稳定不翻车。以上便是磁悬浮列车能够不与导轨接触而产生阻力的原因了。



根据磁悬浮列车上电磁铁的使用方式，磁悬浮铁路的基本制式可分为两大类，即：常导磁吸式（ELECTRO MAGNETIC SUSPENSION），简称EMS型；和超导磁斥式（ELECTRO DYNAMIC SUSPENSION），简称EDS型。两种制式的基本构造和工作原理各有不同。

1、常导磁吸式（EMS型），是利用装在车辆两侧转向架上的常导电磁铁（悬浮电磁铁），和铺设在线路导向轨上的磁铁，在磁场的作用下产生吸引力使车辆浮起，车辆和轨面之间的间隙与吸引力的大小成反比。为了确保这种悬浮的可靠性和列车运营的平稳性以及使直线电机有较高的功率，必须精确地控制电磁铁中的电流，才干使磁场保持稳定的强度和悬浮力，使车体与导向轨之间保持10-15mm的间隙。一般采用测量间隙用的气隙传感器来进行系统的反馈控制。此种悬浮方式不需设置专用的着地支撑装置和辅助的着地轮，对控制系统的要求也能够稍低某些。

2、超导磁斥式（EDS型），此种型式在车辆底部安装超导磁体（放在液态氮储存槽内），在轨道两侧铺设一系列铝环线圈。列车运营时，给车上线圈（超导磁体）通电流，产生强磁场，地上线圈（铝环）与之相切割，在铝环内产生感应电流。感应电流产生的磁场与车辆上超导磁体的磁场方向相反，两个磁场产生排斥力。当排斥力不小于车辆重量时，车辆浮起。所以，超导磁斥式就是利用置于车辆上的超导磁体，与铺设在轨道上的无源线圈之间的相对运动来产生悬浮力，将车体抬起的。

因为车体内装有处于低温下的强大超导磁体，导向轨导体中的磁通伴随车辆的向前运动而变化，从而感应出强大的电流。因为超导磁体的电阻为零，在运营中几乎不消耗能量，而磁场强度很大。在超导体和导轨之间产生的强大排斥力，可使车辆浮起100-150mm，并能使列车运营保持平稳。当车辆向下位移时，超导磁体与悬浮线圈的间距减小，电流增大，使浮力增长，又使车辆自动恢复到原来的悬浮高度。这个间隙与速度的大小有关，一般起始升举速度为50km/h。低于这个速度，即列车在低速运营或停车开启时，悬浮力大大减弱以至消失。所以，必须在车辆上装设机械辅助支承装置，如辅助支持轮及相应的弹簧支承，以确保列车安全可靠地运营。控制系统应能实现开启和停车的精确控制。

日本新建的山梨磁悬浮铁路，变化了在地面装设线圈、“垂直悬浮”的宫崎方式，而采用“侧壁悬浮”方式。即在U型导轨的侧面装设“8”字型线圈。这种方式的优点是阻力小，悬浮效果好。

什么是磁悬浮铁路？

磁悬浮铁路是一种新型的交通运送系统，它与老式铁路有着截然不同的特点。在老式铁路上运营的列车，是靠机车作为牵引动力，以钢轨和轮缘作为运营导向设备，由铁路线路承受压力，借助车轮与钢轨之间的摩擦力滚动迈进的。而在磁悬浮铁路上运营的列车，是利用电磁系统产生的吸引力或排斥力将车辆托起，使整个列车悬浮在导轨上，并利用电磁力进行导向、利用直线电机将电能直接转换成推动力来推动列车迈进的。

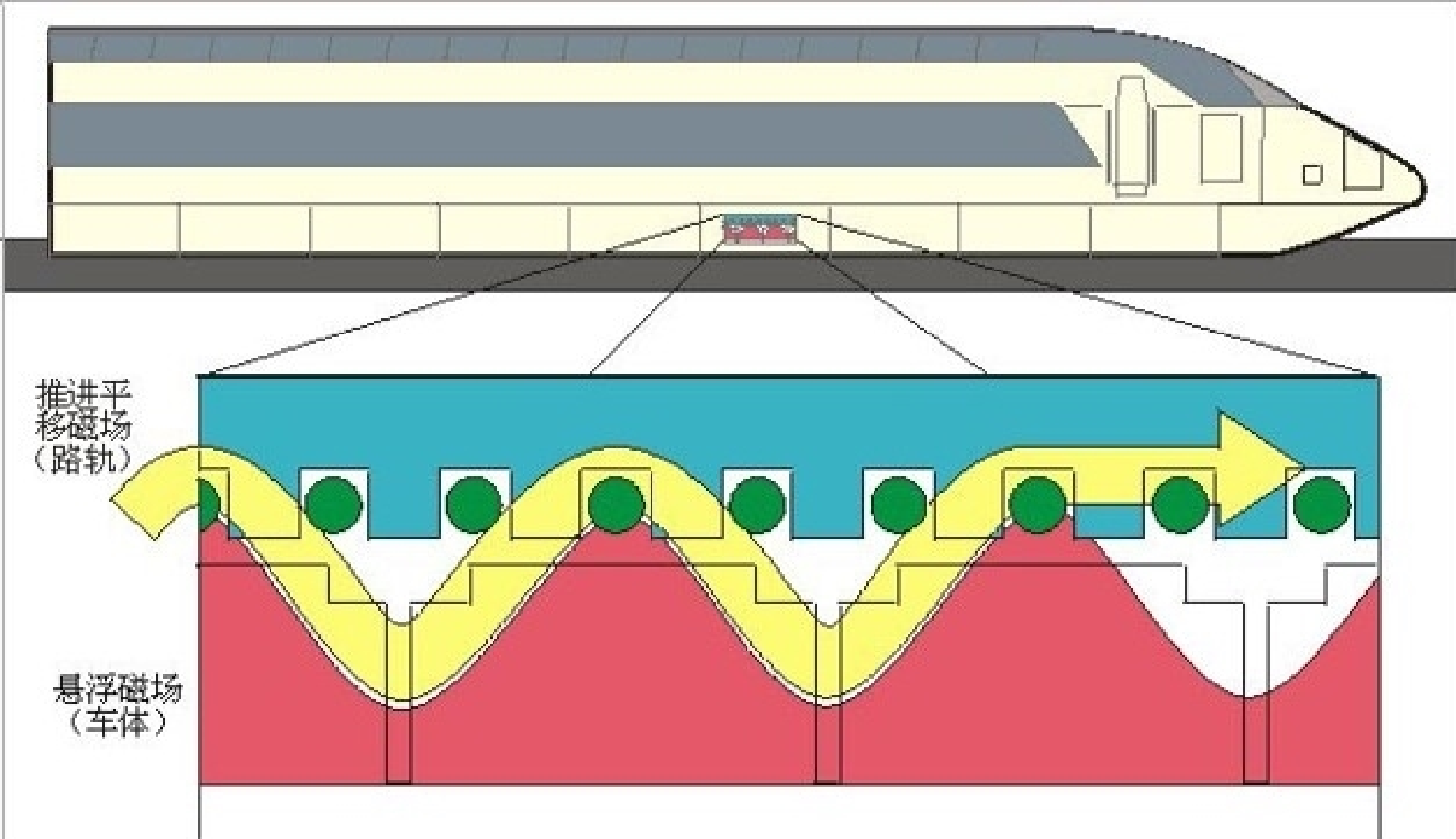


图2 磁浮列车推进原理示意。以德国 TR 系列为例。它采用长定子直线感应电机方式驱动，带有三相绕组的定子沿路轨铺设(参见图 1)，相当于旋转电机转子的电磁铁(由悬浮电磁铁充当)装在车体上。长定子的三相绕组通电后，产生平移磁场，它与悬浮电磁铁产生的稳定磁场间形成电磁推力，推动车体与平移磁场同步前进，即使车体以同步速度运行。

与老式铁路相比，磁悬浮铁路因为消除了轮轨之间的接触，因而无摩擦阻力；线路垂直负荷小，适于高速运营，时速可达500公里以上；无机械振动和噪音，无废气排出和污染，有利于环境保护；能充分利用能源，取得较高的运送效率；列车运营平稳，能提升旅客的舒适度；因为磁悬浮系统采用导轨构造，不会发生脱轨和颠覆事故，提升了列车运营的安全性和可靠性；磁悬浮列车因为没有钢轨、车轮、接触导线等摩擦部件，能够省去大量的维修工作和维修费用。另外，磁悬浮列车能够实现全盘自动化控制，所以，磁悬浮铁路将成为将来最具有竞争力的一种交通工具。

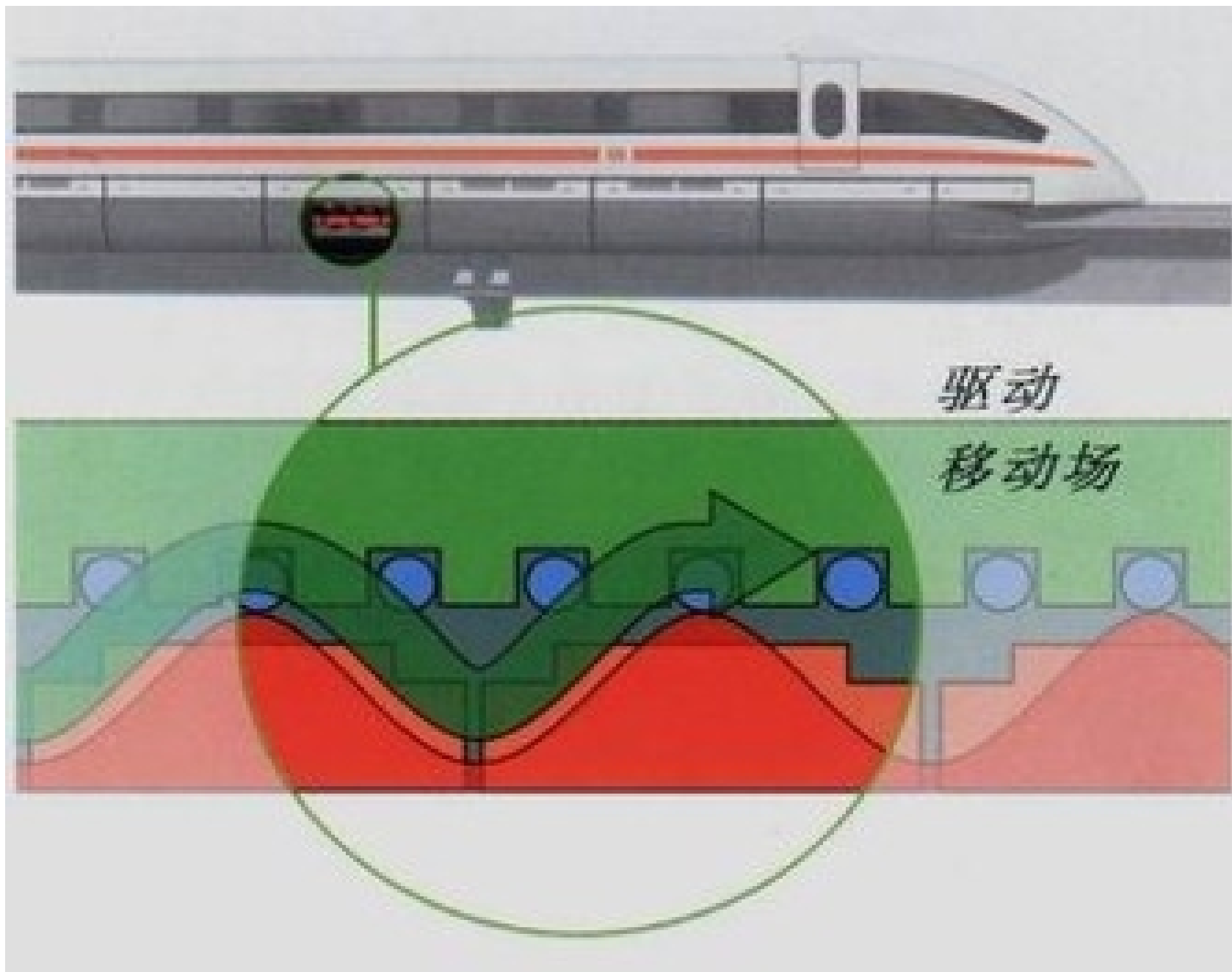
驱动系统

磁悬浮运捷快车的同步长定子线性电动机，既是驱动装置同步也是制动装置。这个无接触的驱动和制动系统是从旋转的电动机作用方式里推导出来的。它的定子被切开并在轨道下面两边向前延伸。它产生的不再是旋转磁场，而是移动磁场。列车上的支撑磁铁相当于电动机的转子（励磁部分）

与老式铁路不同的事，磁悬浮运捷快车的初级驱动部分即具有三相移动磁场绕组的定子，不是安装在列车里，而是安装在轨道里。

在三相电动机绕组里，经过三相电流馈电产生电磁移动场，列车经过自己的作为励磁部分产生作用的支撑磁铁被移动磁场向前牵引。速度能够经过变化三相电流的频率从停车状态到运营速度进行无级调整。变化移动磁场的力量方向的时候，电动机变成发电机，无任何接触地把列车刹住。刹车能量能够反馈到电网里去。

轨道里面的长定子线性发动机是分为一段一段的，所以它们当中只要有列车所在的一段被供电。 配电分站之间的距离及其装机功率视不同驱动要求而定。在需要巨大推力的路段（如上坡、加速度或者制动阶段），分站的设计装机功率比匀速行驶的平缓路段更大。因为驱动装置的初级驱动部分被安装在轨道里，所以磁悬浮列车就不必象其他交通工具那样总是携带着最大荷载所需的全部电动机功率。支撑和导向系统是无接触地经过安装在支撑磁铁里的线性发电机供电的。磁悬浮列车不需要架空线。在电源中断的情况下有车上的蓄电池供电，这些蓄电池在运营过程中经过线性发电机供电。



磁悬浮列车制动与导向原理

磁悬浮列车的制动与导向原理

同推动原理相同，当列车需要减速时，就在相当于定子的悬浮电磁铁中通入反相交变电流这么产生的与列车行进方向相反磁场就会给列车一制动力，使得列车减速。此时加速与减速所用时间相等。

另外，如不通入反向电流而仅停止供电，一样能得到减速刹车的效果，只是加速度较小。



一般铁路列车的导向是靠车轮轮缘与钢轨之间的相互作用实现的，而磁悬浮列车是利用电磁力的作用进行导向的。现按磁吸式和磁斥式两种情况简述如下：

1、常导磁吸式的导向系统，是在车辆侧面安装一组专门用于导向的电磁铁。当车辆运营发生左右偏移时，车上的导向电磁铁与导向轨的侧面相互作用，产生一种排斥力，使车辆恢复到正常位置，和导轨侧面之间保持一定的间隙。当车辆的运营状态发生变化时，例如运营在曲线或坡道上时，控制系统经过对导向磁铁中的电流进行控制，来保持这一侧向间隙，从而到达控制列车运营方向的目的。德国就采用这种方式。

2、超导磁斥式的导向系统，一般采用下列三种方式：

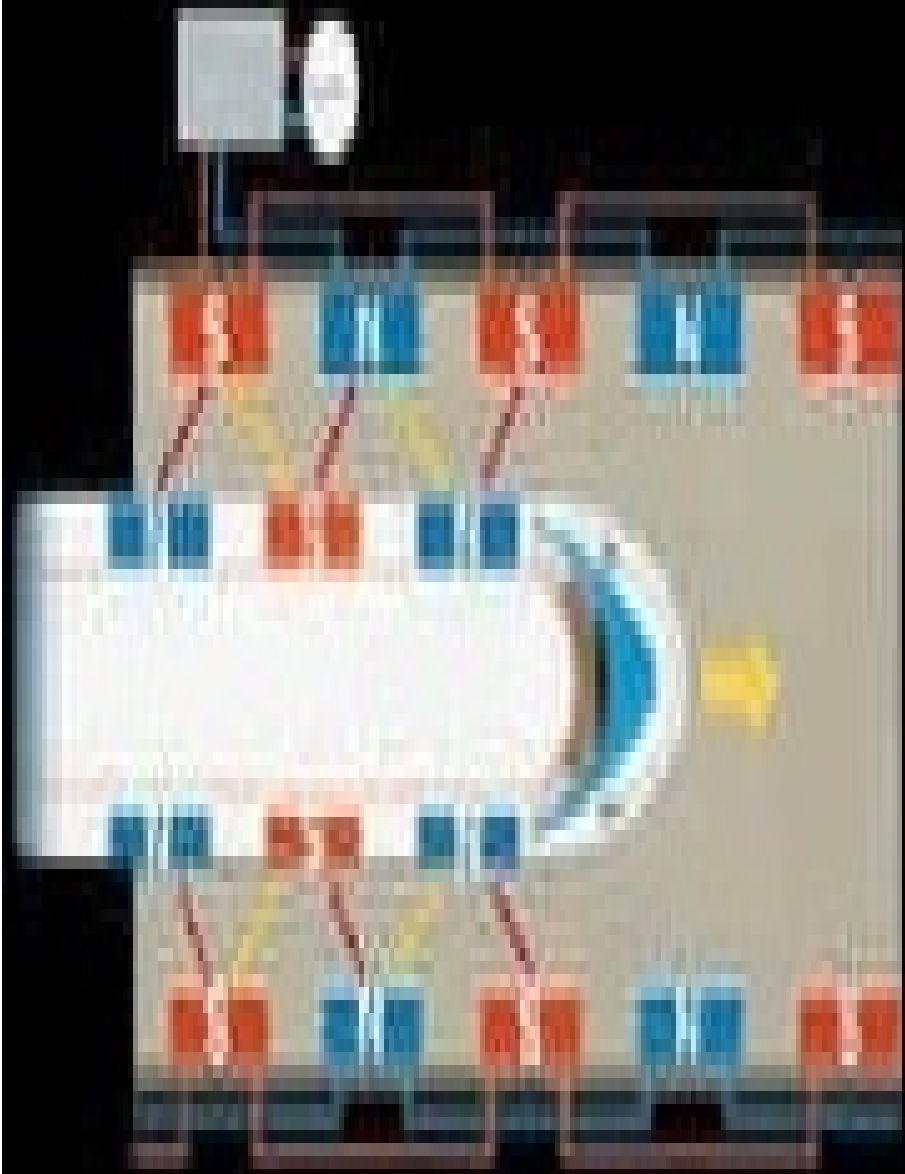
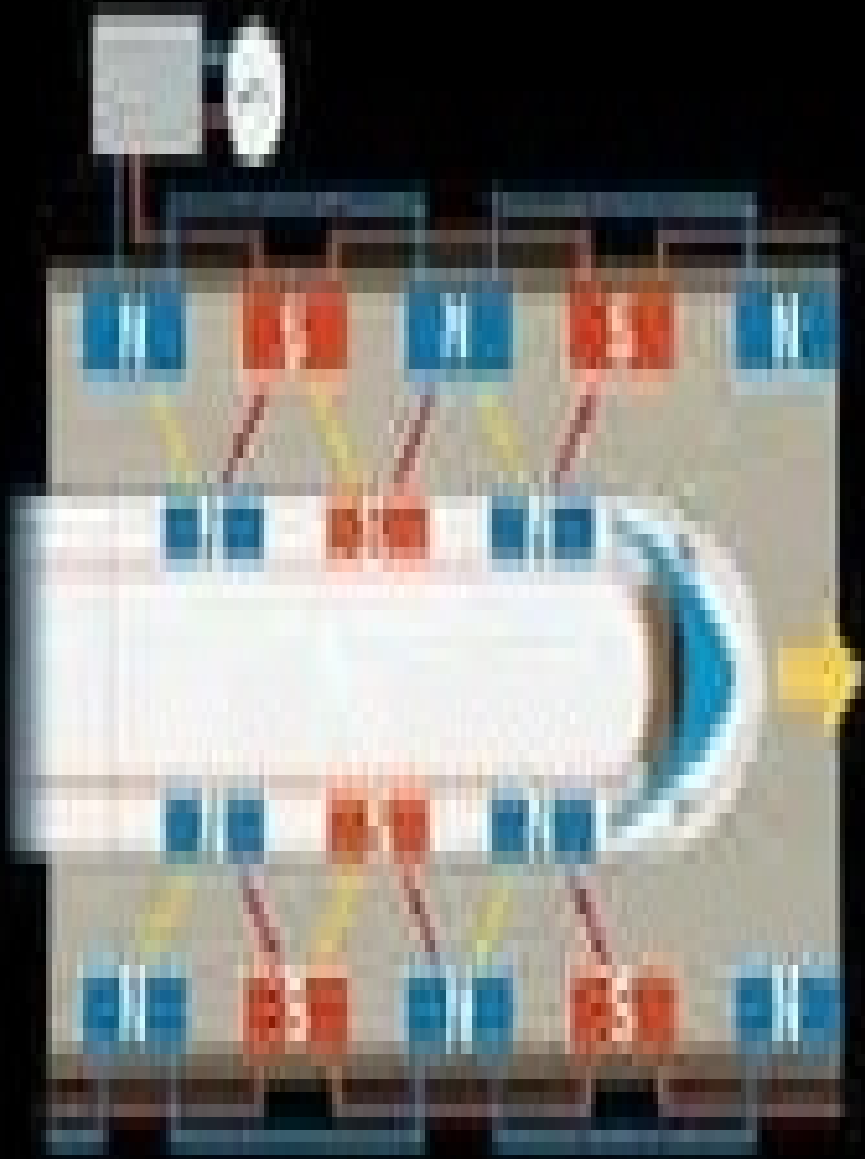
（1）、在车辆上安装机械导向装置实现列车导向。这种装置一般采用车辆上的侧向导向导辅助轮，使之与导轨侧面相互作用（滚动摩擦）以产生复原力，这个力与列车沿曲线运营时产生的侧向力相平衡，从而使列车沿导轨中心线运营。

（2）、在车辆上安装专用的导向超导磁铁，使之与导轨侧向的地面线圈或金属带产生磁斥力，该力与列车的侧向作用力相平衡，使列车保持正确的运营方向。这种导向方式防止了机械摩擦，只要控制侧向地面导向线圈中的电流，就能够使列车保持一定的侧向间隙。

磁悬浮列车的推动原理

在位于轨道两侧的线圈里流动的交流电，能将线圈变为电磁体。因为它与列车上的超导电磁体的相互作用，就使列车开动起来。正如图2所显示的，列车迈进是因为列车头部的电磁体（**N极**）被安装在靠前一点的轨道上的电磁体（**S极**）所吸引，而且同步又被安装在轨道上稍后一点的电磁体（**N极**）所排斥。当列车到达图3所标的位置时，在线圈里流动的电流流向就反转过来了。其成果就是原来那个**S极**线圈，目前变为**N极**线圈了，反之亦然。这么，列车因为电磁极性的转换而得以连续向前飞驰。

根据车速，经过电能转换器调整在线圈里流动的交流电的频率和电压。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/897201043013006164>