

# 它不用电,只用“土”,低成本、安全、高效、环保 悬挂式“红轨” 刷新磁悬浮技术新高度

8月9日上午9点,由中铁六院集团作为项目设计、采购、施工一体化总承包联合体牵头单位完成的国内首条永磁磁悬浮空轨试验线——“红轨”,在江西赣州兴国县顺利竣工。由此,我国已成为世界上第三个掌握空轨技术的国家。同时,中国也是世界上磁悬浮专利占比最多的国家。

你或许想不到,这趟永磁磁悬浮列车的建设成本每公里便接近亿元人民币,却始终无法替代普通地铁,成为大规模、大流量的交通运输工具。但我们更需要了解的是,这是一种新制式轨道交通,将进一步完善综合交通网络,也将大大降低环境污染和地球上的碳排放。



“红轨”试验线列车悬浮在蓝色轨道下方行驶。

## 稀土合金降低成本 新制式轨道交通意义重大

“红轨”试验线处于革命老区“将军县”兴国县,因此被誉为“红轨”。磁浮列车则命名为“兴国号”,车身由红白相间的颜色组成,两侧车头标有56颗星星,寓意为向“将军县”兴国县拥有的56位开国将军致敬。

“红轨”试验线南起永丰站(高铁兴国西站)北至静调库。正线全长约800米,均为钢构高架线。该磁悬浮列车采用两车编组,载客能力为座席32个、定员88人,目前最高设计运行速度为每小时80公里。

其实中国的第一辆磁悬浮列车(买自德国)早在2003年1月已开始在长沙磁浮线运行,到2015年10月才有了首条具有完全自主知识产权的国产磁悬浮线路——长沙磁浮线,2016年5月6日已开始商业试运营,该线路也是世界上最长的中低速磁浮运营线。本次顺利发车的“红轨”试验线,最特别之处则是,它实现了全世界首次将稀土永磁磁悬浮技术与空轨技术结合,建成一套中低速、中低运量的新制式轨道交通系统。

这套“磁浮+空轨”技术由江西理工大学于2014年首次提出并牵头研发,2021年由中铁六院、中铁工业等企业承接该技术成果的落地转化建设工程,我国具有完全自主知识产权。

目前全球现有的悬挂式导向运输系统都采用胶轮进行承载和导向,之前上海悬浮交通、日本超导磁悬浮列车等则都是采用电磁悬浮,要靠复杂的一套控制技术来实现悬浮,一断电就失去悬浮能力,不仅技术和运维难度都较大,耗能也大,属于不稳定悬浮。这次的“红轨”则完全采用稀土永磁材料实现悬浮和导向,攻克了电磁悬浮存在的难题。最特别的是,它采用的永磁体是钕铁硼合金,是一种适用于磁浮交通系统的稀土永磁合金材料,具有磁性强、磁性稳定、磁能分布合理等特点,且稀土元素钕、硼自然储量丰富,因而大大降低了成本。江西赣州号称“稀土王国”,是我国三大稀土生产基地之一,年产出全球70%的中重稀土资源,因此



磁悬浮新概念汽车

这列稀土永磁磁悬浮列车选在江西首发自有道理。而稀土永磁磁悬浮列车的应用,将对我国稀土产业的应用模式市场推广具有重要意义。

## 集多项智能于一身 将出轨率、追尾率降为零

根据磁悬浮原理,一般将主要磁悬浮技术分为永磁悬浮、电磁悬浮、电动悬浮和超导钉扎悬浮。其中电磁悬浮和电动悬浮技术应用已达到较高的成熟度;高温超导钉扎悬浮起步较晚,目前仍处于实验室研究和工程化样车研发阶段;而“红轨”所用到的永磁悬浮技术正是当下的研究重点。

“红轨”试验线无需用电即能将列车悬浮,相当节能、环保。其制造材料也在材料领域有新突破,不仅可以实现循环利用,还制造出体积小、磁能密度大、有足够悬浮力且经济性好的永磁体。因此该永磁磁悬浮空轨项目探索了一种能够适应复杂地形的中低运量、个性化、智能化交通运输方式。

很多人第一眼看到“红轨”都有点心惊胆战,因为与之前我们所看到的悬浮列车不同,“红轨”的车厢是倒挂在浮轨之下的,就好像我们在游乐园里坐的“过山车”。实际上,基于成熟的空轨体系的“红轨”安全又环保,它采用独创的列车走行系统,将走行结构包裹在轨道梁内,克服了缺少硬约束和永磁体悬浮力不可控的难题,实现了列车行走过程中悬浮导向的平稳协同控制,行驶较之前的设计更安全,甚至号称“将出轨率、追尾率降为零”。

它同时还配备了多项智能技术,不仅开拓了独立于常导悬浮

和超导悬浮之外的磁悬浮技术新体系系统,还应用了无人驾驶、北斗定位、5G通信、传感融合、多目标智能规划等新兴信息技术,实现无人驾驶的同时也可以给乘客提供丰富的在途信息服务。种种优势都显示,它势必将引领我国新制式、接入级轨道交通翻开崭新的一页。

## 永磁悬浮空轨 并不能完全取代地铁

目前,永磁悬浮空轨工程验证已成功完成,在进一步优化“车—轨道—磁轨”的匹配,以及耦合关系研究后,即可大规模应用。而且此次稀土永磁磁悬浮试验线的成本优势明显——和地铁、城际铁路及其他悬挂式系统相比,稀土永磁磁悬浮列车的成本仅为轻轨的1/2左右,每公里建设成本小于1亿元,是如今中高速磁浮交通系统成本的1/3,未来如果规模化,其成本应该还会更低。

但部分专家认为,它仍不会取代地铁等基础公共交通运输工具,而只是与地铁、轻轨互为补充——毕竟地铁仍是大运量轨道交通,能最大化地保证主干交通网的大客流量运输;而永磁磁悬浮空轨目前仍属于中小运量交通模式,因此目前只可作为地铁的补充,进一步完善综合交通网络。

那为什么我们还要大力研发磁悬浮技术呢?这主要是因为磁浮交通系统与传统的轮轨列车系统相比,具有一些非常显著的优势。比如磁悬浮列车与轨道之间没有接触,减少摩擦损耗,意味着更低的环境污染和碳排放,同时可减少维护成本;另外,磁悬浮列车没有车轮,且齿轮、联轴器、车轴、轴承等机械传动结构与传统轮轨列车相比更少,所以质量较

轻,增加了有效质量比,也降低对轨道和桥梁的强度要求;而且磁悬浮列车相对来说爬坡能力更强,具有更好的地形适应性。

## 未来的磁悬浮 形式可能会更多样

将磁悬浮运用在交通运输上,的确大大地提升现有的运输速度与能力,而研究者们显然并不满足于这些。

2013年,美国人提出了一种Hyperloop概念,旨在设计一种时速可达1200公里的超高速、远距离并具有真空管道特征的交通运输系统。这种超高速磁悬浮真空管道运输引起了全球的“超级高铁”的研究热,据知,中国、美国、德国、荷兰、加拿大、西班牙、韩国等国已纷纷加入这场速度竞赛。磁悬浮技术已经可以消除所有机械接触,即消除了摩擦力,如果再通过真空管道将空气阻力也减到最小,或许将这种交通工具的速度更进一步提升也不无可能——从理论上讲,在这样的环境条件下,一辆列车的速度甚至可以达到亚音速,甚至是超音速。目前,我国便有一个由西南交通大学牵头的“多态耦合轨道交通动态试验平台”项目已启动,计划于2023年建成一个1620米长、最高试验速度达每小时1500公里的多态耦合轨道交通动态试验平台,其试验结果值得期待。

或许你还在身边发现过一些磁悬浮技术带来的神奇:上网就能买到的磁悬浮鼠标垫,像飞碟一样悬浮在空中的磁悬浮HiFi音响、磁悬浮书架……最近,还有人换上了一颗磁悬浮心脏——一款Corheart 6植入式左心室辅助装置,作为目前全球尺寸最小、重量最轻的磁悬浮离心式人工心脏,在装置可靠性、血液相容性、感染风险防控等性能上都表现出色,已达到临床应用要求,开始救助那些有需要的病患。

早前,一名90后天才少女蔡雨晨还设计了一款命名为“浮舟”的磁悬浮汽车,靠底盘的电磁力行驶,能360°无死角旋转,还能实现无人驾驶,在国际新概念汽车设计大赛上一举夺冠。

磁悬浮技术还将带来无限想象空间,期待我们去发现。

## 相关链接

### 磁悬浮的“前世今生”

丹麦物理学家、化学家和文学家汉斯·克里斯蒂安·奥斯特首先发现了载流导线的电流会产生作用于磁针,使磁针改变方向。正是这个发现引发了众多科学家对电磁现象的研究,从而推动了电磁学革命。后人为纪念他,将磁场强度的单位命名为“奥斯特”。

1820年7月21日,奥斯特发表了《关于磁体周围电冲突的实验》一文,认为在通电导线周围发生一种“电流冲击”,磁性粒子会被带动,并发生偏转,指出存在一种电磁关系。该论文发表后,促进了安培对电磁力的研究,并导致了毕奥-萨伐尔定理的发现及一系列与磁关系的发现和电磁铁的问世。再后来,法拉第的研究终于发现推动世界的电磁感应。

电磁感应的研究成果在1831年才顺利公布于世,10年后的1842年,英国物理学家塞缪尔·恩绍便提出了磁悬浮的概念。

而目前我们所研究的磁悬浮技术,主要指利用磁力克服重力使物体悬浮的技术,其实现形式有多种,但现在世界上还只有三种类型被投入使用,即日本的超导电动磁悬浮、德国的常导电磁悬浮和中国的永磁悬浮。

据《羊城晚报》、《科技日报》、《人民日报》、新华社客户端