

zhì liào

知了

如果说从北京到上海,1200公里路程坐火车两小时就能直达,听起来是不是难以置信?但在不久的将来,这或许会成为现实。

近日,我国自主研发的首套高温超导电动悬浮全要素试验系统,在长春完成首次悬浮运行,标志着我国在“高温超导电动悬浮”领域实现重要技术突破。那么,什么是“高温超导电动悬浮”?会给我们未来的出行带来哪些改变?

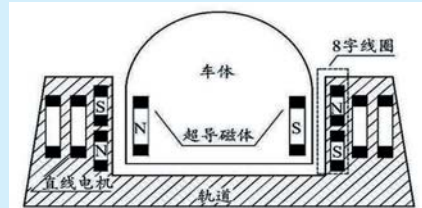
记者 于梅君



国内首套高温超导电动悬浮全要素试验系统完成首次悬浮运行。图据央视



▲悬浮列车的几种原理



▲感应线圈电动悬浮结构

# 首次电动悬浮,时速可达600公里

## 中国高温超导电动悬浮列车离我们越来越近了

### 1 持续4秒钟的电动悬浮

3月31日,在长春展示的高温超导电动悬浮系统,采用被动悬浮方式,无需主动控制。

试验过程中,试验车在行驶68米后进入悬浮区,此时被加速至时速50公里,车辆支撑轮脱离走行面,成功进入电动悬浮阶段,持续4秒钟,试验取得圆满成功。

虽然悬浮只有短短的4秒钟,却让“高温超导电动悬浮列车”离我们近了一大步。

据中车长客副总工程师兼磁浮研究所所长于青松介绍,超导体

动磁浮交通系统,适用于高速、超高速和低真空管道等运用场景,列车运行时速,很轻松就能达到600公里以上,加上真空管之后,时速可达1000公里以上。

那么,什么是“电动悬浮”?专家介绍,简单来说就是“动生电”,运动之后产生悬浮。

列车必须先以其他方式启动,启动之后才能产生感应电流与磁场,车辆才能悬浮,所以电动悬浮列车有车轮,在“起飞”和“降落”阶段使用,当时速达到40千米以上

时,车辆就可以进入悬浮状态,车轮就可以收起了。

电动悬浮主要用到的是磁场“同性相斥”原理。

列车装有超导磁体,开动后,列车上的磁体就会产生移动磁场,与轨道上的“8”字形悬浮线圈产生感应电流,电流再产生磁场,因为两者的磁场方向相同,就会因“同性相斥”而产生互斥力,列车也因此会悬浮。

高温超导电动技术具有“自悬浮、自导向、自稳定”功能,还不会脱轨,应用该原理的“超导电动磁悬浮”技术,也被认为是当前世界轨道交通技术的“制高点”之一。

温超导体。

高温超导材料可在液氮温度(-196℃)以上转变为超导态,直流电阻率降为零,可以承载更大电流,从而产生超强磁场。

“低温超导”需要用液氮冷却,也就是把氮气冷却至沸点(4K)以下,成本较高。

而高温超导氧化物只需液氮冷却(其沸点在77K),制取成本低,使得磁悬浮列车研发成本大大降低。

现靠磁力支撑、导向、驱动的非接触运输方式。

于青松介绍,中车长客股份公司从上世纪90年代初开始,就进行磁悬浮列车的研制,目前已掌握中低速、常导高速、超导高速等不同速度等级、不同运用场景的磁悬浮列车系统集成技术。研制的时速120公里中低速磁悬浮列车,已应用于国内首条磁浮旅游专线——清远磁浮线,“十一五”期间研制的高速磁浮国产化样车,已在上海磁浮示范线开展商业运营。

不会突然就没了电流,这样一来,车辆行驶状态不会发生突然改变,也就保障了安全性。

我们啥时才能乘坐高温超导电动悬浮列车,真正体验时速600公里的“贴地飞行”?

邵南表示,我国已具备了设计工程样车的能力。下一步的重点,是围绕高速悬浮工程样车开展方案设计,预计今年底就能完成一些部件的制造。

未来希望高温超导电动悬浮列车,能够填补高铁和飞机之间的速度空白,缩短人们的出行时间,提高出行效率。

知多一点

既然中国已经有了磁悬浮列车,为什么这次还在试验“高温超导电动悬浮”?专家介绍,这是因为我国在磁悬浮列车方面走了3条技术路线,分别是:常导技术(中车四方)、高温超导技术(西南交大)、高温超导电动技术(中车长客、航天科工)。

上海的磁悬浮列车是“常导磁悬浮”,成都的磁悬浮列车是“高温超导”技术(试验线),最近这次在长春试验的是“高温超导电动”技术。

#### 2019年:我国首款高速磁悬浮列车样车下线

2019年,中车四方牵头研制的时速600公里样车下线,成为世界上首套设计时速达600公里的高速磁浮交通系统。2021年7月20日,其整车在青岛下线,标志着我国掌握了高速磁浮成套技术和工程化能力。

据介绍,该系统采用常导技术,利用电磁吸力使列车悬浮于轨道,实现无接触运行。无轮轨摩擦将会减少维护量,延长大修周期。

#### 2021年:我国第二款高速磁悬浮列车下线

2021年1月13日,由西南交通大学研发的高速磁悬浮工程样车在成都下线,这是中国研发的第二款高速磁悬浮列车,也是世界上首款采用高温超导技术的1:1磁浮工程样车。

高温超导系统最大的特点是无源自稳定,即不用通电,列车也可悬浮在轨道上方,导向也不需要主动控制。该工程化试验段悬浮高度为10-20毫米,每米悬浮能力设计为2吨,每米最大承载能力为3吨,车辆长度为21米。

因为列车不与轨道直接接触,所以平常火车行进时需要对抗的摩擦力也就消失了。在这台列车的启动仪式上,工作人员用手推一下列车,结果这个重达12吨的庞然大物,就开始行进了。

据介绍,虽然这台高温超导磁悬浮列车足有12吨重,但只相当于现阶段相同规模高铁的50%。这是因为,绝大部分车身都是用碳纤维打造的,虽然看起来很大,其实属于“轻量级”列车。如果在低真空状态下,时速甚至能达到1000公里。

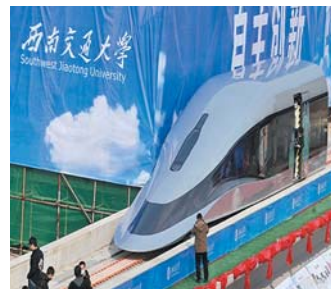
#### 2023年:国内首次“高温超导电动悬浮”试验成功

2023年3月31日,由中车长客自主研发的国内首套“高温超导电动悬浮”全要素试验系统,完成首次悬浮运行,该系统同样可以实现自悬浮、自导向、自稳定。速度越快,形成的悬浮力越大,因此电动悬浮一般在较高速下进行。

中车长客的“高温超导电动技术”和西南交大的“高温超导技术”有何区别?据了解,前者在运动状态下列车才会浮起来,后者在静止时列车也可悬浮。另据了解,航天科工正在研制的高速磁浮列车,采用的同样是超导电动技术。



中车四方常导高速磁浮。



西南交大高温超导磁浮列车。

用手推一下,磁悬浮列车就能跑

我国高速磁浮三条技术路线齐头并进

### 2 接近零下200℃的“超导高温”

那么,什么是高温超导?“高温”究竟是指多高的温度?

所谓超导,是指在极低温度下,某些材料的电阻消失,也就是零电阻现象,很多物质要在零下250℃以下才能实现超导。

而能够在液氮的温度,也就是在零下196℃以上实现超导状态,就算高温超导了。因此,高温超导电动

磁悬浮系统中的“高温”,不是数百数千摄氏度的温度,而是相对低温超导而言,也就是接近零下200℃。

1986年前,科学家发现的超导材料最高临界温度是-249.95℃。1986年,瑞士科学家在铜氧化物材料中发现超导现象,合成了临界温度大于-196℃的超导材料——钇钡铜氧,这类临界温度就被称为高

### 3 我国已掌握磁浮列车系统集成技术

知道了高温与超导两大特性,我们再了解一下磁悬浮技术——即利用磁力克服重力,使物体悬浮的技术。

早在1922年,德国工程师就提出了电磁悬浮原理,并于1934年申请了磁悬浮列车专利。20世纪70年代后,德国、日本等国相继开始对磁悬浮运输系统进行开发。我国第一辆磁悬浮列车于2003年在上海开

始运营,标志着我国成为世界上少数几个掌握磁悬浮技术的国家。

相比普通列车,高温超导电动悬浮列车有哪些特点?

专家介绍,这是一种将“高温超导”和“磁悬浮”技术相结合的新型交通工具。它利用了高温超导材料的零电阻特性,可以通入大电流,产生强磁场,再通过车载超导磁体与地面线圈磁场相互作用,实

### 4 高温超导电动悬浮列车安全吗

时速可达600公里以上,还是悬浮在轨道之上,这完全是在“贴地飞行”。速度这么快,乘高温超导电动悬浮列车,安全有保障吗?

专家介绍,相比其他交通工具轨道,高温超导悬浮列车需要运行在U形半包围的轨道之内,不会存在脱轨问题。

车辆的悬浮导向,是通过车载磁体与地面线圈之间的电磁感应实现的,是被动自稳定悬浮,不需主动控制,高速运行时可靠性高。

中车长客磁浮研究所系统技术室副主任邵南介绍,由于使用了高温超导线圈,即便车辆突然断电,高温超导线圈也可保持一两个小时,磁场不大幅衰减,这样车辆就有足够时间行驶到救援或疏散便利的区域,并且能够可靠制动、平稳停车。

不仅如此,高温超导线圈的绕制也有独特之处。即使在使用过程中,某一部分发生故障或损伤,里面的电流也是在数小时内缓慢下降,