

# 我们何时坐上时速600公里高速磁悬浮?



正在调试线上进行试验验证的我国时速600公里高速磁悬浮交通系统 中车四方供图

## 深瞳工作室出品

采写:本报记者 矫阳  
策划:刘莉

人间四月,草长莺飞。

中车青岛四方机车车辆股份有限公司(以下简称中车四方)厂内调试线上,高速磁悬浮项目技术总师、中车四方副总工程师丁叁叁与团队人员一起,按试验计划,对时速600公里高速磁悬浮交通系统进行全系统动态调试和验证优化工作。

一列5节编组的磁悬浮列车在调试轨道上稳稳起跑,流线型车头、蓝灰相间的车身,科技感十足。试验人员正通过一项项精准调试,让整套磁悬浮系统的性能指标达到最佳状态。

600公里磁悬浮项目推动情况如何?我们何时能坐上时速600公里磁悬浮列车?

### 一种新兴的高速远距离交通模式

自工业革命起,人们远距离出行的交通方式逐渐发展为轮轨铁路、现代航空、高速公路与航空,并持续至今。

还有没有新的交通模式?

“在安全前提下,人类对以速度换空间的交通技术的追求永无止境。”国家重点研发计划“先进轨道交通”重点专项总体专家组组长、北京交通大学教授贾利民说。

1922年,德国工程师赫尔曼·肯佩尔从列车受到的很大阻力来自车轮与轨摩擦这一原理中得到启发,想到:若列车悬浮于轨道之上,不就跑得更快吗?1934年,赫尔曼获得世界第一项磁悬浮技术专利。

磁悬浮利用的基本原理是“同性相斥、异性相吸”电磁悬浮原理,以磁铁对抗地心引力,使车辆悬浮,再利用电磁力引导,推动列车前行。

“自20世纪60年代始,德国、日本等主要发达国家开展大规模磁悬浮交通研究,技术路线分别是常导和超导。”中国科学院院士钱清泉说,前者利用电磁吸力,后者利用电动斥力,实现列车悬浮于轨道。

德国先后研发出9代TR系列磁悬浮列车,1999年其研制出的TR08列车,完成了时速450公里高速试验,达到工程化应用水平。

21世纪初,中国开始把眼光瞄向这个交通新模式。

2002年12月31日,由中德联合建设、采用常导技术建成的上海高速磁悬浮示范线通车,全长30公里,最高运行时速430公里,最高试验时速501公里,并于2006年4月正式运营。这也是世界首条商业化运营的磁悬浮示范线。

“列车竟然没轮子,而是悬浮在轨道上面,太魔幻了!”第一次乘坐这条磁悬浮线时产生的震撼,至今令上海市民徐岩记忆犹新。

“基于这条示范线,我国开展了常导技术的长期自主创新和技术积累,基本消化吸收了常导高速磁悬浮的技术理论问题。”钱清泉说。

自主创新随即开启。

2016年10月21日,科技部启动了国家重点研发计划先进轨道交通重点专项——时速600公里高速磁悬浮交通系统关键技术研究项目。项目获批中央财政资金3.63亿元,总投入资金超过30亿元,是“十三五”国家重点研发计划投入最大的一个重点专项。

“项目采用常导技术路线,瞄准工程化产业化应用问题,研发具有完全自主知识产权的时速600公里高速

磁悬浮交通系统。项目由中国中车组织、中车四方牵头承担,汇集了国内磁悬浮、高铁领域的‘国家队’,30多家行业优势高校、科研院所和企业‘产学研用’联合参与。”丁叁叁说。

与此同时,德、日两国磁悬浮研究也在加速进行。

“日本于2015年在山梨磁悬浮试验线创载人运行时速603公里世界纪录,计划于2027年开通磁悬浮中央新干线;德国已于2009年完成新型磁悬浮列车测试,最高时速550公里。”钱清泉说。

作为高精尖技术集大成者,高速磁悬浮是一项复杂的超级工程,需要跨一道道难度极高的技术门槛。

仅一项悬浮导向,就需要突破大量关键核心技术。

列车悬浮轨道上的间隙,需稳定在10毫米左右,而对于超高速行驶,空气扰动和线路不平等因素的扰动给悬浮导向等系统带来极严苛的挑战。让130多米长、300多吨重、5节编组的磁悬浮列车悬浮于轨道上,并以时速600公里“贴地飞行”,将是轨道交通技术的划时代创新。

为了让列车“浮得稳”,研发团队进行了封闭式攻关。在长达13个月的时间里,团队成员吃住住现场,平均每天工作14个小时,前后试验4000多次,终于拨云见日,研发出了完全自主化的高精度、高稳定性悬

浮导向系统。

实现时速600公里高速磁悬浮工程化应用,需挑战磁悬浮跨江穿山高速行驶、气动设计、高强度车体、牵引制动、低延时通信、长途多分区多车辆全自动追踪、任意点停车、减震降噪等一系列技术难题。

以气动设计为例,当磁悬浮列车时速达到600公里,车体受到的气动压力急剧攀升,是目前时速350公里高速列车的10倍,同时气动噪声的攀升呈6—7次方增长,设计难度挑战极大。历经5年,通过1680余项仿真计算、4250余项地面台架试验和500余项线路试验,研发团队啃下了一块又一块“硬骨头”。

梅花香自苦寒来。一份具有国际先进水平的优秀答卷脱颖而出。

悬浮系统响应时间达到毫秒级,间隙波动控制在±4毫米范围内,气动阻力降低17%,气动噪声降低4分贝、车体强度提高2倍、厘米级高精度停车、毫秒级低延时车地通信……

2018年,时速600公里高速磁悬浮交通系统技术方案通过专家评审;2019年,试验样车下线;2020年,试验样车在上海同济大学试验线上成功试跑,完成7大类204项功能试验,安全性、稳定性等各项指标均满足设计要求;2021年1月,研制出成套系统并开始联调联试。2021年7月20日,时速600公里高速磁悬浮交通系统正式在青岛下线。

“经过近20年的持续研究和技术积累,我国基本实现了高速磁悬浮全系统的自主研制能力,形成了成套工程化技术,实现了自主可控的产业配套能力。”中国科学院副院长、中国科协副主席何华武表示,我国高速磁悬浮已从研发阶段进入高速线路试验阶段,将逐步过渡到示范运营、产业化发展阶段。

## 高速磁悬浮是超复杂大型系统工程。2021年7月20日,时速600公里高速磁悬浮交通系统正式在青岛下线。按照项目推进计划,目前亟须建设一条工程试验线,以完成达速试验,尽快实现工程化落地。广东、浙江、成渝、安徽……我国首条高速磁悬浮线会花落何地?



国际性综合交通枢纽城市,80个全国性综合交通枢纽城市和一大批国际性枢纽港口、全国性枢纽港口。

“依实际旅行时间计算,在1500公里行程范围内,高速磁悬浮是最快的交通方式,能大幅缩短旅行时间,重塑时空观念。”丁叁叁说。

以北京至上海为例,搭乘时速600公里的高速磁悬浮列车,加上旅途准备时间,两地通行仅需3.5小时左右。京津冀、长三角、珠三角、成渝、长江中游城市群“五极”经济圈之间,2000公里范围,4小时内通达。

以时速600公里高速行驶,磁悬浮列车的安全性、能耗及舒适度如何?

“列车和轨道间采用‘车抱轨’结构,磁悬浮系统不存在脱轨问题。”贾利民说,而磁悬浮系统的电磁相互作用,决定了其不可能产生对人有伤害的电磁泄漏。经严格测试和评估,它产生的辐射甚至不如一个微波炉。

由于无轮轨接触,当磁悬浮列车以时速600公里运行时,车外100米处的噪声满足居民住宅区的限值要求;车内噪声值等同客机巡航时客舱中部噪声。

采用电磁悬浮,耗电量是否更高?“恰恰相反,高速磁悬浮能耗与大多数人想的不一样,其系统综合效率与高铁相当,全系统耗电量并不高,是一种绿色环保的交通工具。”中国科学院院士乐嘉陵说,据有关专家测算,在350公里速度等级下,高速磁悬浮人均百公里能耗3.5度电,与复兴号高铁相当。当高速磁悬浮以时速600公里运行时,人均百公里能耗约为航空的二分之一。

### 工程化落地尚需“临门一脚”

高速磁悬浮是超复杂大型系统工程,必须遵循“基础理论研究、原理样机研制、系统工程技术研究、工程样机研制、线路工程试验验证、示范应用系统考核、商业运营推广”的研发流程。

“按照项目推进计划,目前亟须建设一条工程试验线,以完成达速试验。”丁叁叁说。

已有的上海磁悬浮线能做600公里磁悬浮试验线吗?

“这条线路一是距离短,仅30公里,达不到进行

时速600公里试验条件;二是线路工况简单,无江河山川环境,仅为点对点的短途运输。”国家磁悬浮交通工程技术研究中心副主任、同济大学教授黄靖宇解释。

“上海线使用的牵引控等核心技术非国产,而600公里磁悬浮试验线还需要对我国自主研发的牵引供电、运控通信系统进行验证。”中国工程院院士吴光辉补充说。

针对建设试验线初期投资大的问题,丁叁叁从技术角度阐释了自己的观点。

“悬浮式交通系统初期投资可能会比轮轨方式高,但悬浮式交通系统没有接触,没有摩擦,没有磨损,它属于模块化设计,本身维护量很少,所需维护人员仅为轮轨方式的1/10左右。”丁叁叁认为,上海磁悬浮示范线已运行20年,至今没经历一次大修。从全生命周期角度来看,高速磁悬浮的经济性很显著,而且线路成网后,运价也会降下来。

事实上,中国的高铁建设投融资模式,或可为未来高速磁悬浮的发展提供借鉴。

中国高铁建设历经由财政拨款、银行贷款至投资多元化的融资阶段。面对高铁对经济的强大拉动作用,多方投资意愿逐渐强劲。2020年7月,为加快推进交通基础设施高质量发展,国家发改委等多部门联合印发了《关于支持民营企业参与交通基础设施建设发展的实施意见》。

2022年1月8日,我国首条民营控股高铁——杭台高铁通车运营。这个线路长269公里,总投资449亿元的高铁项目,民营占股51%,其通车运营被认为是中国铁路改革里程碑式的事件。

### 首条高速磁悬浮线将花落何地

近年来,国家接连发布多个重大规划,擘画发展蓝图,各地交通布局随即加快“落子”,新兴的交通模式——高速磁悬浮成为热门选项。

2018年4月,中共中央、国务院发布《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》,提出建设中国(海南)自由贸易试验区。借此东风,海南省很快研究了海口到三亚新建轨道交通的必要性和可行性,时速600公里高速磁悬浮列车被列入备选方案。

作为中国最早开启改革开放的热土,南粤大地步子迈得似乎更大。

自2019年2月18日中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》后,粤港澳大湾区在建设“轨道上的大湾区”的路上加速奔跑。当年2月,广东省自然资源厅公布了《广东国土空间规划(2020—2035年)》,除传统的地铁、轻轨、高铁,首次提出预留建设(深)广高速磁悬浮交通线。

实际上,粤港澳大湾区规划建设磁悬浮交通早已开始。“中国工程院作为牵头组织相关方,正在开展《管(隧)道磁悬浮交通发展战略研究》《大湾区高速磁悬浮铁路预研》等重大课题研究,并对粤港澳大湾区广深港通道建设高速磁悬浮铁路先行路段,开展工程预可行性研究。”何华武透露。

作为中国经济最强的区域,上海、杭州对新技术的追逐更胜一筹。2019年12月,中共中央国务院发布《长三角区域一体化发展纲要》,其中交通项目部分表示“长三角将积极审慎地开展沪杭磁悬浮项目规划研究”。随即,浙江省于2021年4月17日正式对外宣布,将在上海至杭州间建设磁悬浮超级高铁。

随着《国家综合立体交通网规划纲要》的发布,地处内陆的成渝地区双城经济圈,首次与京津冀、长三角、粤港澳大湾区一起,并列“四极”。加快两地交通建设,成为当之无愧的引擎。2019年,成都出台《东部新城综合交通规划》,提出将预留成渝600—800公里/小时超高速磁悬浮建设通道。

除以上热门区域,尝到高铁强劲拉动甜头的安徽省,也将目光瞄上了高速磁悬浮。

G60科创走廊,为上海、嘉兴、杭州、金华、苏州、湖州、宣城、芜湖、合肥9个城市形成的区域发展带。2021年4月,安徽省印发《安徽省贯彻落实长三角交通更高质量发展一体化发展规划实施方案》,提出研究G60科创走廊高速磁悬浮交通系统,实现区间内1小时通达。该方案给出了建设高速磁悬浮的具体时间表,计划在“十四五”期间实施。

面对全国各地的积极规划,首条线路将落地何处?贾利民认为,尽管各地都在积极规划布局,但要实现时速600公里高速磁悬浮的真正落地,国家层面出台具体的线路规划可能是最重要的。尽快规划出一条适合的试验线,进行达速和运营实验,将有助于使高速磁悬浮尽快进入商业化运营阶段。

### 立体交通和城市发展的新角色

在蓬勃兴起的新一轮技术革命中,高速磁悬浮或将占据一个重要角色。这项代表当今世界轨道交通建设最高水平的技术,已进入国家发展战略。

2019年9月,中共中央、国务院发布的《交通强国建



2019年5月23日,参观人员在山东青岛登上时速600公里高速磁悬浮试验样车参观。新华社记者 李紫恒摄