



上海磁悬浮列车。图据视觉中国

列车贴地“飞”起来

高速飞车，是“超高速低真空管道磁浮交通系统”的简称，它是基于超导电动悬浮与低真空管道两大技术原理而设计的新一代交通工具。

高速飞车利用磁悬浮技术，使列车脱离轨道悬浮在空中运行，从而让车体“飞”起来。它借助真空管道技术，隔绝外界环境影响，使车体运行时的空气阻力大幅减小，列车行驶时既能达到飞机的飞行速度，又能保持平稳，实现列车超高速近地“飞行”。

自20世纪20年代以来，已有多个国家研究各种形式的磁悬浮列车。根据不同的技术路线，磁悬浮列车可以分为高温超导钉扎悬浮车、电磁悬浮车与电动悬浮车等。上述几种磁悬浮列车，在工作原理、结构形式、系统组成上各具特色，均能大幅度提高列车运行速度。

其中，钉扎悬浮车的基本原理是利用高温超导的磁通钉扎特性，实现稳定悬浮。磁通钉扎特性是指处于超导态的高温超导体内存在一些缺陷，外界磁场以“磁通量子束”形式通过这些位置时，会被牢牢地束缚在缺陷中心，从而达到稳定悬浮状态的特性。

电磁悬浮车是利用不同磁极相吸的原理实现磁体悬浮的。在轨道与车身上分别布置线圈与电磁铁，通电后，导体产生巨大的磁场，利用磁场的吸力实现车体悬浮，再利用高精度的电控反馈系统，实时调整电磁铁中的电流，控制车体与轨道之间的间隙及运行速度。

根据不同的运行速度，电磁悬浮车的发展又可以分为高速磁悬浮列车、中低速磁悬浮列车等。目前，电磁悬浮的技术已较为成熟，并建设完成了多条中

低速电磁悬浮的商业运行线路。

电动悬浮车的基本工作原理为电磁感应，它利用超导体产生的强磁场与线圈相互作用实现悬浮。在列车及轨道两侧分别布置超导磁体与线圈，利用直线电机产生的电磁力牵引列车高速向前运行。在车载超导体高速前进时，地面线圈被磁感线切割，从而产生感应电流，上下两部分产生方向相反的磁场，使车体抬升并最终实现稳定悬浮。

相较于其他两种技术路线，电动磁悬浮的技术相对成熟，并且具有悬浮稳定、悬浮间隙大的优点，悬浮性能和安全性更高，更适合高速运行的场景，也是未来高速飞车的主要研究方向。

随着技术的发展，人们对更高速、便捷的交通运输工具需求越来越高，中低速磁悬浮列车已逐渐进入城市轨道交通系统。自德国工程师赫尔曼·肯佩尔于1922年提出电磁悬浮原理之后，美国、日本、德国、韩国等国家相继开始了磁悬浮运输系统的研发。

20世纪60年代，日本率先开展了中低速电磁悬浮列车、电动悬浮列车的研究。2005年，日本开通了电磁悬浮示范线，实现了世界上第一条中低速磁悬浮列车的通车与运营。2015年，由日本JR东海铁路公司研制的电动悬浮列车，在中央新干线上完成了运行试验，使日本在新型交通运输方式上的技术达到新水平。

我国是世界上第三个拥有中低速磁悬浮技术的国家。2003年在上海建成了磁浮示范线。

由此可见，中低速磁悬浮交通技术已经逐渐成熟并得到成功推广使用。磁悬浮交通技术的创新发展，不断刷新着人类地面交通速度的纪录。作为一种新型的交通工具，磁悬浮列车正在逐步

从马车、蒸汽火车到高铁、飞机，每一次交通工具的变革，都伴随着旅行速度的飞跃。如今，人们对于速度的要求进一步提高，下一代交通工具会是什么样？高速飞车，或许就是答案。

2013年美国太空探索技术公司创始人埃隆·马斯克提出，将磁悬浮技术和真空管道技术相结合，研制新一代交通工具——超级高铁，即高速飞车。这种列车不仅可以大幅缩短出行时间，提高旅行舒适度，还具有更高的环境适应性，运行不再受天气影响。

高速飞车通过管道连接实现无缝接驳，可在城市里运行。其发车间隔可达到与地铁相似水平，旅客进站后能即上即下，节省换乘等候时间。理想状态下，高速飞车的应急运行能力强，车辆设备磨损小、运行阻力低，其维护成本及能耗成本也更低，因而更经济环保。

的确，作为一种新型轨道交通工具，高速飞车快捷、安全、舒适、经济、环保，是很有潜力的未来出行方式。在这方面，我国也在发力。

贴地“飞行”的高速飞车

展现其强大的生命力和广阔的应用前景。

中国高速飞车进行时

高速飞车日益受到瞩目。目前，在全球范围内，有多家企业、研究单位聚焦发展新型地面快速轨道交通工具，竞相布局高速飞车的研发。

日本在2019年开始基于超导电动磁悬浮列车，进行低真空管(隧)道高速列车技术研究。

美国自2013年提出超级高铁的概念后，便开始进行流体力学、建筑设计和真空管道方面的技术研究。2017年，美国一家公司首次在真空管道中进行了磁悬浮列车运行测试。2020年，美国维珍公司的超级高铁项目已经完成了首次载人试验，测试使用500米真空管道，车体仅用十几秒就到达了终点。

我国也有多家科研单位、高校开展相关的技术研发工作。2017年，中国航天科工集团有限公司启动高速飞车研发项目。该项目将超导电动悬浮技术与低真空管道技术相结合，计划研制具有世界先进水平的新一代交通工具，希望借助航天领域的新技术、新装备、新产品，促进我国交通科技的进步，与高铁、民航等多种交通工具一起，共同构建我国综合立体交通网，建立我国城市群“一小时经济圈”，推动经济快速发展。

中国航天科工集团有限公司目前

正同国内多家科研单位、相关企业、高等院校广泛进行技术合作，持续开展超高速、超导、低真空技术研究，以快速提升我国高速飞车的整体技术水平。

2021年9月，中国航天科工集团有限公司与山西省人民政府开展合作，共同建设了高速飞车全尺寸试验线(一期)示范项目，并于2022年4月正式开工建设。为加快项目建设进度，该项目采取“边建设、边集成、边试验”的模式，在不到一年的时间里，完成了试验基地和首期试验线基础建设，进行了首段设备集成调试，并成功完成了永磁、超导航行试验。

2023年1月，项目团队在山西省大同市高速飞车试验基地，完成了高速飞车全尺寸试验线(一期)首次超导航行试验。本次试验是国内首次全尺寸超导航行试验，初步验证了高速飞车系统总体方案的正确性和各系统的协调匹配性，为后续进一步开展相关研发工作奠定了坚实的技术基础。

可以预见，在不久的将来，更加高速、便捷、安全、舒适的高速飞车将进入现实生活，进而改变人们的出行方式，提高出行效率。

据光明日报

2.52亿年前的海洋生物“统治之争”

约2.52亿年前，地球上发生了一次最大规模的生命灭绝事件，此后海洋中古生代典型的生物被现代型生物所取代，其中双壳类贝壳动物取代腕足类，全面接管了海洋生物群落。

这两类生物的“统治之争”缘何发生？中国地质大学(武汉)陈中强教授团队联合国内外合作者，利用高性能计算机进行古生态模拟分析，发现大灭绝事件与环境因素是导致这两类生物在海洋生物群落的统治地位上发生取代的根本原因，相关研究成果近日发表于国际学术期刊《自然·通讯》。

“化石记录显示，腕足类是古生代海洋中最常见的底栖生物，无处不在，双壳类在古生代海洋中则为边缘成员。大灭绝之后，两者的地位发生了对调。更为神奇的是，这两类生物的取代事件与大灭绝同时，似乎发生在‘一夜



腕足类化石(左)与双壳类贝壳(右)。图据科技日报

之间’。”陈中强说，早在一个多世纪前科学家就关注此现象，但关于生物取代的驱动力一直悬而未决。

研究团队利用高性能计算机，对近5亿年来的近33万条化石记录进行了贝叶斯模拟分析，计算出这两类生物的长

时间尺度的新生与灭绝速率。结果表明，两者在侏罗纪之前具有彼此相似的多样性速率演化趋势，证明两者均受到主要环境事件的影响。

此外，研究团队还利用多变量生灭模型，模拟不同生物与非生物因素对

两者多样性演化速率的相关程度，发现大灭绝后整个海洋生物多样性的锐减促进了两者新生率上升，而双壳类与腕足类并不存在显著的竞争关系。值得注意的是，在转折的关键时期，即大灭绝后，急剧升高的海水温度限制了腕足动物的生存与复苏，但双壳类没有受到影响。

研究结果表明，2.52亿年前的大灭绝事件对腕足类造成了灾难性打击，从而导致两类动物多样性的转换；双壳与腕足对外界环境耐受程度上的差异进一步加速了这一转变的发生。

“此研究强调了环境因素对生物演化历史的塑造作用，面对如今全球快速变化的气候环境，如何进行生物保护，避免腕足类悲剧的发生是迫切需要考虑的问题。”文章第一作者郭镇说。

据新华社