



2024年12月29日拍摄的CR450AF动车组样车。新华社发

2024年12月29日，全球时速最快的动车组样车CR450首次亮相北京国家铁道试验中心。此前，搭载CR450动车组新技术部件的试验列车在福厦高铁湄洲湾跨海大桥以单列时速453公里、相对交会时速891公里运行，惊艳了世界。如何让高铁更快、更轻、更智能，CR450动车组技术牵头单位、铁科院集团公司首席研究员赵红卫讲述背后的故事。

试验时速可达453公里，CR450动车组设计师讲述背后故事

高铁如何更快更轻更智能

确定四大顶层指标 列车减重是首个目标

作为中国铁道科学研究院集团有限公司首席研究员，赵红卫全程参与了复兴号动车组的研发过程，带领团队开发了具有完全自主知识产权的动车组大脑列车网络控制系统。2018年，再次提升高铁运行速度的计划进入科研和决策的事业中。其实，时速350公里的高铁列车已经是世界的标杆。面对记者“为什么一定要去突破这个速度”的采访，赵红卫称，2018年做过一些统计，当时时速350公里的线路大概有1万公里，如果在线路条件不做太大变动的情况下，通过装备的提升来进一步提速，它带来的收益无疑是最大的。

“这一次我们要实现时速400公里，其实难度是非常之大的。”赵红卫称，中国国家铁路集团有限公司从2018年开始研究时速400公里运行条件下的高铁基础理论和关键技术，最终确定下CR450动车组的四大顶层指标：第一是速度指标，试验时速450公里，运营时速400公里；第二是安全指标，停车时，时速从400公里到0，紧急制动距离不超过6500米，这一要求与运营中的CR400动车组在时速350公里下的紧急制动距离一致；第三是能耗指标，CR450动车在时速400公里的情况下，其能耗要与运营中的CR400动车组一致，以保证商业运营的经济性；第四是噪声指标，在速度提升、噪声呈指数型增长的背景下，车内噪声指标仍然要求与运营中的CR400一致。

“当时有人认为这些目标根本无法实现。”赵红卫说，从2018年研究订立这四个技术指标，到2021年创新工程启动，这些指标到底能不能实现，始终打着问号。但是既然确定了，就要迎头干。2021年，中国国家铁路集团有限公司正式启动CR450科技创新工程。给列车减重，是研发团队确立的首要目标。轻量化能够带来很多好处，列车轻量化以后，轮轨作用力会减小，对于轨道的冲击就会减小，这样可以在既有时速350公里的路况条件下开行时速400公里。为了减重，CR450动车组样车部分采用了碳纤维复合材料、镁合金等新型材料，动车组整车较以往减重10%以上。

列车运行还要减阻 确立“火箭”“鹰隼”车头

减重对实现能耗指标有帮助



2024年12月29日拍摄的CR450BF动车组样车车厢商务座。新华社发

助，但仅有减重并不足够。列车运行过程中还要减阻。高速飞驰的列车，气动阻力随速度的增加也会快速增长，当CR450提速至时速400公里，相对于350公里的时速，阻力会增加30%。可以说，牵引电机产生的能量大部分都消耗在与空气的“对抗”中。

“我们的目标是减阻22%。”如何减阻？赵红卫说，首先列车的头型发生了变化，头车长度从原来的12.5米提升到15米，长细比也做了一定调整。另外，虽然列车客室的高度没有变化，但是从外面看，列车高度整体下降了20厘米，这样可以减小整个车体的断面。为了提高列车舒适性，内部空间并没有减小，那么这降低的20厘米去了哪里？赵红卫说，首先是空调系统的体积要缩小。另外，车上方整个风道的设计做了很多调整，还有一些部件，我们通过采用智能化的手段放到车下，这样车内空间还增加了5%。

在车头设计上，技术团队基于仿生学设计了百余种方案，通过数百次的模拟仿真和风洞试验，最终确定了“火箭”“鹰隼”两种头型方案。以火箭和鹰隼命名，核心表达是速度。目前，我国高铁列车的最快商业运营速度为时速350公里，由复兴号CR400在2017年实现，至今仍是世界范围内运营速度最快的高铁，而未来CR450的运营时速是400公里。

CR450动车组还首次采用转向架裙底板一体化全包覆结构。“这样的设计，主要是为了减小运行阻力。”赵红卫说。转向架不仅承载着列车的重量，还负责提供列车行驶时的牵引、制动和减振功能，部件结构复杂，包覆后内部气动流场更为复杂，需要十分精细的仿真计算。

跑得快更要停得稳 对制动系统有更高要求

在四大顶层设计中，有些指标本身就是相互矛盾或相互掣肘的。

比如，理论计算显示，时速提升50公里，通常会给列车增加2至3分贝的噪声。但四大顶层设计的另一项指标是要求CR450动车组在时速400公里行驶的情况下，噪声水平与既有动车组时速350公里运行时相当。那么如何解决这种自相矛盾的问题呢？赵红卫告诉记者：“我们要把噪声水平降下来，就要采用吸声、隔声的一些技术手段，比如地板下面为了隔声、吸声，就要采用一定的增重材料，而这和减重的目标是矛盾的。既要减重，又要保证降噪措施的实施，这样的话就要‘斤斤计较’，给每一个部件供应商都要规定，既要瘦身，还要满足相应技术指标的要求。”

速度提升，核心是动力。CR450动车牵引系统采用了永磁电机，这也是永磁电机第一次应用在我国商业运营的高铁列车上，其转换效率较运营中的CR400异步牵引电机提升3%以上。

“速度增加了，乘客最关心的自然是安全，这也是我们作为设计师最关心的。”赵红卫说，如何在提速的同时保证安全性，我们也做了很多工作。首先是制动系统，我们的要求是在时速400公里的条件下，制动距离要达到6500米，这和CR400，在时速350公里时，制动距离是一样的。

列车跑得快，更要停得住、停得稳、停得准。根据CR450动车组设计要求，列车要在6500米的距离内实现从最高400km每小时到零的制动，需要的时间大概在112秒。据计算，在这不到两分钟的时间里所产生的能量，相当于把6.8吨的水从冰点加热到沸点。“这对制动系统提出了更高的要求。需要从很多技术方向上开展工作。比如制动盘、闸片的材料，要提高能量耗散的性能。另外，制动系统的控制要更加精准，我们在实验室做了1:1台架的试验，经过反复验证，是可以实现6500米制动距离的。另外，制动的响应时间也从原来的2.3秒提升到1.7秒，响应速度更快。在

多方面努力下，制动能力提升了20%。”赵红卫说。

除了制动系统，列车上还有健康管理系统，可以对很多系统进行故障分析、建模，也可以实时进行故障的预警和报警。

样车发布只是第一步 投入运营还要一年时间

一列动车组列车，从研发、制造到运维服务，设计生产动车组零部件的主要企业超过100家，参与企业超过2100家。为实现这些不可逾越的顶层目标，很多时候都需要上下游反复沟通。“有时候，一个技术已经比较成熟了，可能不愿意去改变。但是这个车需要更高的技术指标要求，就必须采用新的技术。这样必须得突破，必须得创新。因为没有国外成熟的经验可以借鉴。”赵红卫说。

从“复兴号”开始，中国人开始了真正的正向研发。所谓正向研发，就是首先要考虑我们有什么样的需求，而不是一味复制国外成熟的技术路径和标准。按照这条道路研发出来的动车组，拥有完全自主知识产权，而且还要以此为基础建立“中国标准”。

赵红卫告诉记者，最初研发高铁时，我们在核心技术上有一部分是借用了先进技术的一些经验，但是在研发CR400时已经具有完全自主知识产权。因此，研发CR450过程中，整个科研研发体系和试验体系已经非常完善了，所以我们才有实力有底气，开展更高速动车组的研究。

2022年4月和2023年6月，试验团队先后在郑渝高铁、济郑高铁，以及福建湄洲湾跨海大桥、福建海尾隧道等地成功完成对CR450动车组新技术部件等各项性能的检验，其中在福建湄洲湾跨海大桥实现了单列453公里、相对交会速度891公里的交会试验。

“CR450动车组样车发布，意味着我们拿下了第一局，但是真正在这场比赛中拿下制胜的一局，大概还需要一年的时间。”赵红卫称，动车组以时速400公里运营，不光是车的问题，还有线路的问题，还有接触网、信号系统等等，后期还会在成渝中线做一些试验，能够让这个动车组和基础设施找到最佳匹配的参数和条件，然后才能投入运营。

科技创新，让高铁越跑越快。中国高铁依靠自主创新，一步一个台阶，经历了时速200公里、250公里、300公里、350公里，而未来将开启时速400公里的新时代。

综合央视、新华社