

# 第一章 动车组总体及主要技术参数

高速动车组是当今诸多高新技术应用的综合体现，它涉及系统集成技术、新型车体技术、高速转向架技术、复合制动技术、交-直-交牵引传动技术、列车自动控制技术、网络与信息技术等，是高速铁路的标志性装备。

本章主要介绍高速动车组的基本概念、技术特点与发展历程，选取 CRH 系列动车组为范例，具体介绍动车组的标志、编号、编组形式、室内外重点设备布置和主要技术参数等。

## 第一节 高速动车组的发展历程

动车组，亦称多动力单元列车，是铁路旅客列车的一种。它自带动力、固定编组、两端均可操作驾驶，是为适应城际间高密度、短编组、公交化的客运要求而产生的一种新型轨道交通运输工具。高速动车组是指运行速度大于等于 200 km/h 的动车组，与普通旅客列车和城市轨道交通动车组相比，其突出特点如下：

(1) 高速动车组车体外形流线化，内在结构坚固与轻量化的统一。

(2) 与高速相适应的高性能转向架、车钩缓冲装置。

(3) 动力强大、高度智能化、协调化一的牵引与制动技术。

(4) 覆盖驾驶、检修、服务等各种动车组运用模式，基于计算机网络技术组成的列车与车辆控制网络信息系统，实现了地对车、车对地、车与车之间的实时通信与控制。

从 20 世纪初开始，德国、法国、日本等国便开始进行大量的有关高速列车的理论研究、试验和运营工作。在世界各国的铁路客运系统中，目前使用动车组比例最大的为日本，约占 87%；荷兰、英国次之，分别占 83%和 61%；而法国、德国分别占 22%和 12%。

### 一、世界高速动车组

德国是最早制造和运用动车组的国家，其制造技术长期领先。图 1.1 所示为德国 ICE 高速动车组。

1903 年 10 月 28 日，西门子公司制造的三相交流电动车组进行了高速试验，首创时速 210.2 km 的历史性记录。1988 年，德国制造的高速列车达到 406 km/h 的试验速度。2010 年 8 月 1 日，德国第三代动力分散型高速列车正式投入法兰克福—科隆高速铁路的商业运营，最高时速 300 km。

法国是动车技术储备非常雄厚的国家。图 1.2 所示为法国 TGV 高速动车组。

1955 年 3 月 28 日，法国用两台电力机车牵引三辆客车，试验速度达到 331 km/h，刷新了当时的世界高速铁路速度记录。1990 年法国大西洋新干线（巴黎—勒芒、图尔）正式通车，

最高运行时速为 300 km。2007 年 4 月 3 日，法国 TGV 高速列车在试验中创下了瞬间时速 574.8 km 的轮轨列车行驶速度世界纪录。



图 1.1 德国 ICE 高速动车组



图 1.2 法国 TGV 高速动车组

日本是高速铁路技术应用最为广泛的国家。图 1.3 所示为日本磁悬浮高速动车组。

1964 年 10 月，日本开通了世界第一条高速铁路新干线（东京—大阪），全长 515 km，最高运行时速为 210 km。目前，日本高速列车的最快运行时速为 320 km。与此同时，日本还致力于超导型磁悬浮高速铁路研究，2006 年 2 月 28 日，它的试验车创造了时速 581 km 的纪录。



图 1.3 日本磁悬浮高速动车组

我国自 2004 年 10 月以来,分别引进了法国阿尔斯通 Pendolino、日本川崎重工 E2—1000、加拿大庞巴迪 REGINA 和德国西门子 VELARO-E 动车组技术,生产出具有自主知识产权的 CRH (China Railway High-speed) 系列动车组,实现了时速 200 km 及以上动车组的国产化,形成集高速动车组制造、检修和运营的配套能力,标志着中国铁路以此为起点,进入了全新的高速列车时代。在随后的 14 年里中国高铁奋勇向前,截至 2017 年 11 月 1 日我国高速铁路的运营里程为 26 329 km,占世界的 60%以上,整体技术包括高速动车组技术逐渐跃居世界领先地位。

## 二、中国高速动车组

截至 2018 年,中国高速动车组沿着“引进——消化——吸收——再创新”的发展路线,在十多年的时间内,完成了三次飞跃。前期,通过引进 CRH1/2/3/5 系列动车组让中国铁路第一次真正认识并理解了高速动车组整个技术体系;中期,基于 CRH1/2/3/5 系列动车组的各种开发、改造出来的 CRH380 系列动车组,则是对前期引进的各方优秀技术消化吸收的成果;2017 年 6 月正式亮相的中国标准动车组 CR400 系列(复兴号),标志着我国动车组进入第三阶段,即自主研发、自建平台的“再创新”阶段。

### (一) CRH1\2\3\5 型动车组

由于我国幅员辽阔,南北气候差异大,东西部经济发展水平不均衡,路网规模大,长途与短途需求各异等原因,在动车组发展之初,确定了两个速度级的动车组:时速 200~250 km——CRH1、CRH2、CRH5;时速 300~350 km——CRH2-300、CRH3(各型动车组技术特征参数见表 1.1)。

表 1.1 CRH1/2/3/5 型动车组技术特征参数

	CRH1	CRH2 CRH2-300	CRH3	CRH5
制造商	四方庞巴迪	四方股份	唐车	长客
知识产权	外方技术, 合资生产	引进国外技术、联合设计生产		
投入运营时间	2007 年 2 月	2007 年 1 月	2008 年 8 月	2007 年 4 月
编组形式	8 辆编组, 可两编组连挂运行			
动力配置	(M+T+M)+(M+T) +(M+T+M)	(T+2M+T)+(T+2M+T) (T+3M)+(3M+T)	(M+T+M+T) +(T+M+T+M)	(2M+T)+(M+T) +(T+2M)
车种	一等车、二等车、酒吧座车合造车			
定员/人	670/611	610	556+1	622/586
运营速度/(km/h)	200	250/300 ~ 350	350	250
牵引电机功率/kW	265	300/342	562	550
牵引功率/kW	5 500	4 800/8 200	8 800	5 500
车体形式	不锈钢车体	大型中空型材铝合金车体		
转向架	H 型无摇枕、转臂式定位、空气弹簧			
轴重/t	16	14	17	17 (动)/16 (拖)
牵引供电制式	AC 25 kV/50 Hz			
辅助供电制式	3 相 AC 380 V/50 Hz DC 110 V	AC 400 V, 3 相 AC 400 V/50 Hz, DC 100 V	3 相 AC 440 V/60 Hz, DC 110 V	3 相 AC 400 V/50 Hz, DC 24 V
制动方式	直通式电空制动+再生制动			
动车组网络	车载分布式计算机网络系统			

CRH1 型动车组主要配属广铁集团公司范围内, 用于城际间的中短途运输。

CRH2 型动车组主要配属在北京以南地区, 郑州、济南、上海、南昌铁路局集团有限公司和广铁集团公司范围内, 用于京广线、京沪线和杭州—宁波—深圳间的沿海客运专线, 辐射陇海线。

CRH3 型动车组主要配属于时速 300 km 城际铁路和客运专线, 如 2008 年 8 月 1 日开通运营的我国第一条高速城际铁路——京津城际铁路上。

CRH5 型动车组适用于短途与中长途运输且为高寒适应型, 主要配属在北方地区, 北京、沈阳和哈尔滨铁路局集团有限公司范围内, 用于京哈线, 也可部分开行至济南和郑州、武昌方向。

## (二) CRH380 系列动车组

新一代高速列车“和谐号”CRH380 系列动车组原计划分为 4 种型号, 分别是 CRH380A、CRH380B、CRH380C、CRH380D。四方股份的 CRH380A 型动车组是由 CRH2 改进而成, 联合川崎重工设计生产, 师从日本技术。唐车和长客的 CRH380B/C 型动车组是由 CRH3 改进

而成，联合西门子设计生产，师从德国技术。BST 的 CRH380D 型动车组基于庞巴迪新一代 ZEFIRO 型高速列车技术研发而成，采用了高效节能的庞巴迪 MITRAC 牵引控制系统。

四方股份于 2010 年 4 月 12 日，通过新一代高速列车新头型发布会；2010 年 4 月底完成首列试验车下线，并于 4 月 26 日开始进入环线试验；2010 年 6 月 7 日开始正式高速试验，8 月首批下线，9 月试运营，10 月四方股份制造的全部 CRH380A 型动车组在沪杭高铁正式投入运营。

2010 年 5 月 27 日，长客股份高速车制造基地制造的首列 CRH380 型动车组下线。

CRH380 型系列动车组技术特征参数如表 1.2 所示。

表 1.2 CRH380 系列动车组技术特征参数

	CRH380A	CRH380B	CRH380C	CRH380D
制造商	四方股份	唐车	长客	四方庞巴迪
知识产权	自主研发	自主研发	自主研发	外方技术，合资生产
投入运营时间	2010 年 9 月	2011 年 1 月	2013 年 4 月	2014 年 4 月
编组形式	8 辆编组，可两编组连挂运行			
动力配置	(T+2M)+(M+M) +(2M+T)	(M+T+M+T) +(T+M+T+M)	(M+T+M+T) +(T+M+T+M)	(M+T+M+T) +(T+M+T+M)
车种	一等座包间、一等座车、二等座车、餐车、观光区等			
定员/人	480	510	502	565
运营速度/(km/h)	350/380	350/380	350/380	350/380
牵引电机功率/kW	400	600	600	625
牵引功率/kW	9 600	9 200	9 200	10 000
车体形式	大型中空型材铝合金车体			不锈钢车体
转向架	无摇枕空气弹簧转向架			
轴重/t	15	16	16	16
牵引供电制式	AC 25 kV/50 Hz			
辅助供电制式	3 相 AC 400 V , AC 400 V/50 Hz , DC 100 V	3 相 AC 440 V/60 Hz , DC 110 V	3 相 AC 440 V/60 Hz DC 110 V	3 相 AC 380 V/50 Hz , DC 110 V
制动方式	直通式电空制动+再生制动			
动车组网络	分布式两级计算机通信网络			

CRH380 系列动车组创造了新的世界运营速度最快纪录，持续运营时速达到 350 km，最高运行时速为 380 km，最高设计时速达 420 km 以上。它能够满足大众化和高、中端不同层次乘客旅行、餐饮、娱乐、休闲、观光、会议、办公等个性化的需求；综合舒适度好，能够平稳低噪运行，自动车内压力控制；更加节能环保，可实现低阻力，轻量化，再生制动，绿色动力；更安全可靠，故障自动导向安全，强度等级高，实现了高安全低磨损复合制动和控制诊断监视智能化。



### （三）CR400 系列动车组

2017 年 6 月 26 日 11 时 05 分，“复兴号”CR400 型动车组在京沪高铁两端的北京南站和上海虹桥站双向首发，一个形似“飞龙”，一个神似“金凤”，分别担当 G123 次和 G124 次高速列车。图 1.4 为中国 CR400AF 高速动车组——“飞龙”，图 1.5 为中国 CR400BF 高速动车组——“金凤”。



图 1.4 中国 CR400AF 高速动车组



图 1.5 中国 CR400BF 高速动车组

“复兴号”CR400 系列中国标准动车组是由中国国家铁路集团有限公司主导，中国铁道科学研究院技术牵头，中国中车旗下四方股份、长车股份、唐车公司及相关企业设计制造，西南交大、北京交大、中国科学院等高校科研单位技术支持，针对中国高铁运营特点，历时 3 年研制出的具有完全自主知识产权、达到世界先进水平的中国标准动车组。从“和谐号”到“复兴号”，中国高铁驶入了完全自主知识产权的时代。“复兴号”的中国标准占了 84%，整体设计、车体、转向架、牵引、制动、网络等关键技术均为我国自主研发。

CR400 级中国标准动车组具有以下优点特色：

#### 1. “寿命”更长

中国标准动车组在降低全寿命周期成本、进一步提高安全冗余等方面加大了创新力度。

为适应中国地域广阔、温度横跨正负  $\pm 40^{\circ}\text{C}$ 、长距离、高强度等运行需求，“复兴号”进行了 60 万千米运行考核，比欧洲标准还多 20 万千米。最终，整车性能指标实现较大提升，“复兴号”的设计寿命达到了 30 年（“和谐号”是 20 年）。

## 2. “身材”更好

采用全新低阻力流线型车头和车体平顺化设计，列车看起来线条更优雅，跑起来也更节能。坐过“和谐号”的朋友都会发现，动车组车顶有个“鼓包”，那其实是受电弓和空调系统。“复兴号”把这个“鼓包”下沉到了车顶下的风道系统中，使列车不仅看起来更美，列车阻力比既有 CRH380 系列动车组降低 7.5%~12.3%。列车在 350 km 时速下运行时，人均百千米能耗下降 17%左右。

## 3. “容量”更大

从外面看“复兴号”身材更好了，登车后，旅客还会惊异于列车内部空间更大、座位间距更宽，因为列车高度从 3 700 mm 增高到了 4 050 mm。虽然断面增加、空间增大，但按时速 350 km 试验运行时，列车运行阻力、人均百千米能耗和车内噪声都明显下降。

## 4. 舒适度更高

“复兴号”空调系统充分考虑减小车外压力波的影响，通过隧道或交会时减小耳部不适感；列车设有多种照明控制模式，可根据旅客需求提供不同的光线环境；另外车厢内实现了 WiFi 网络全覆盖。

## 5. “警惕性”更高

“复兴号”设置智能化感知系统，建立强大的安全监测系统，全车部署了 2 500 余个监测点，比以往监测点最多的车型还多出约 500 个，能够对走行部状态、轴承温度、冷却系统温度、制动系统状态、客室环境进行全方位实时监测，采集各种车辆状态信息 1 500 余项，为全方位、多维度故障诊断、维修提供支持。列车出现异常时，可自动报警或预警，并能根据安全策略自动采取限速或停车措施。在车头部和车厢连接处，还增设碰撞吸能装置，在低速运行中出现意外碰撞时，可通过装置变形，提高动车组被动防护能力。CR400 系列动车组技术特征参数如表 1.3 所示。

表 1.3 CR400 系列动车组技术特征参数

	CR400AF	CR400BF
制造商	中车四方股份	中车长客股份、唐车公司
知识产权	中国标准，完全自主知识产权	中国标准，完全自主知识产权
投入运营时间	2017 年 6 月	2017 年 6 月
编组形式	8 辆编组，4 动 4 拖	
动力配置	(T+M+T+M)+(M+T+M+T)	(M+T+M+T)+(T+M+T+M)
座席（含服务设施）	商务座 10 席，一等座 28 席，二等座 518 席。车内设施得到提升：如无线 WiFi 覆盖；座椅间距增大，二等座椅间距 1 020 mm，一等座椅间距 1 160 mm	
定员/人	576	576