

## 轨道交通装备

改革开放30年来，通过引进、消化、吸收和再创新，我国轨道交通装备制造业获得了健康发展，特别是1997年以来铁路连续六次大面积提速，极大推动了该产业技术水平的提升。

随着近10年来动车组和大功率机车的批量运营，中国的轨道交通进入“高速、重载”时代。以中国北方机车车辆工业集团公司（以下简称中国北车）、中国南车集团公司（以下简称中国南车）为两大领军企业的中国轨道交通装备产业，已掌握了动车组、大功率内燃机车、大功率电力机车、城轨车辆等产品设计、制造技术；整车集成技术、高原客车和重载货车的设计、制造达到世界领先水平，关键零部件的研发也取得了可喜的成绩。在此基础上，我国轨道交通装备产业创造了京沪高铁第一速、大秦铁路第一运量等多项“世界第一”，国际地位显著提高；机车、动车组和城轨车辆实现了出口，“十一五”期间销售产值年平均增长率约为31.9%。



## 一、动车组及客运列车

### 1. 动车组

(1) 我国轨道交通装备企业在引进、消化吸收先进技术的过程中，掌握了200~250 km/h动车组的设计、制造和试验检测技术，完成了60列CRH2A型200~250km/h动车组项目的生产任务，2006年，首列国产化CRH2A型动车组下线（见图1）；通过对编组形式、动力配置、车型设置、旅客界面、减振降噪等方面的创新，成功制造出CRH2B型250km/h长编组动车组（见图2）和CRH2E型卧铺动车组（见图3）。



图1 首列国产化CRH2A型动车组下线



图3 CRH2E型卧铺动车组内饰



图2 CRH2B型250km/h长编组动车组



在掌握200~250km/h动车组技术的基础上，我国突破了制约速度提升的关键技术，将动车组的运营速度提升到350km/h，于2007年12月22日成功研制出CRH2C型300~350km/h动车组（见图4），标志着中国高速列车的技术达到世界先进水平。

（2）2008年8月1日，CRH3型动车组在京津

城际铁路正式投入运营，最高运营速度350km/h，为当时世界之最（见图5）；2009年12月26日，CRH3型动车组在武广高铁再次刷新了世界纪录，创造了394.3km/h、394.2km/h的两车重联情况下当时世界高速铁路最高速度。2013年，我国还成功研制了CRH3A、CRH3G系列动车组（见图6、图7）。



图4 CRH2C型动车组飞驰在京津城际高铁杨村特大桥



图5 CRH3型动车组运行在京津高铁





图6 CRH3A型250km/h动车组



图7 CRH3G型动车组



(3) 我国以350km/h动车组技术平台为基础,研制了代表世界领先水平的CRH380A型动车组(见图8),于2010年12月3日在京沪线上创造了486.1km/h的世界铁路运营试验最高速度。2011年12月23日,500km/h更高速试验列车在青岛落成(见图9),标志着

我国高速列车前瞻性研究取得了阶段性重大成果,对于完善中国高速列车技术体系,推动世界高速列车技术的发展有着重要意义。该列车在2012年4月18日创造了605 km/h国内实验室最高试验速度,标志着世界高速列车技术发展到新水平。



图8 CRH380A型动车组





图9 500km/h高速试验列车

2010年9月20日，我国自主创新研制的国产新一代CRH380BL动车组（见图10）首列车下线。2011年1月9日，该车在京沪高速铁路徐州至蚌埠先导段的运行试验中，创出487.3km/h的新速度，刷新了当时世界铁路运营试验的最高速度。

2011年，我国还成功研制了CRH380B、CRH380C、CRH380CL等



图10 我国自主创新研制的国产新一代CRH380BL动车组



系列动车组（见图11、图12）。其中CRH380B型高寒动车组设计速度为350km/h，最高可达380km/h，适应环境温度-40~40℃，是目前世

界上首先在实际温差达到70℃环境中运用的动车组，也是唯一可以在不同气候带连续运营的动车组。



图11 CRH380B型高寒动车组在哈大高铁客运专线上试运行



图12 我国拥有自主知识产权的CRH380C动车组



(4) 2007年4月18日，CRH5动车组（见图13）首列车下线。CRH5型动车组经受住了高寒、长距离高速运营等严峻考验，是200km/h速度等级中性能优秀的装备。

(5) CRH6型城际动车组是为满足区域经济快速发展和城镇化需要而研制的全新型车，适用于城市间、市区和郊区间短途通勤客运，满足载客量大、快速乘降、快启快停的运营要求。CRH6型动车组分为不同等级，运营速度分别为250 km/h、200km/h、160km/h、140km/h等。2012年11月，首列200km/h和谐号CRH6A型城际动车组下线（见图14）。2013年7月，首列公交化160km/h CRH6F型城际动车组下线。



图13 CRH5动车组穿山越岭



图14 城际动车组CRH6A正在环线运行



## 2. 高原铁路客车

青藏铁路是世界上海拔最高、里程最长的高原铁路，当地的特殊气候环境对青藏铁路客车提出了相当苛刻的要求。我国轨道交通装备企业在25T型客车基础上，根据青藏高原环境特点，在客车供氧、空调、防紫外线和环保等方面采用多项新技术，通过改进设计，自主研发并制造出了青藏25T型客车（见图15），其系列包括硬座车、硬卧车、软卧车、餐车和高原专业发电车等。青藏高原列车于2007年7月1日正式投入运行，填补了世界高原铁路客车技术的空白。



图15 青藏铁路25T型高原客车



## 二、重载及快捷货运列车

与当今世界铁路货运技术快捷和重载的发展方向相比，我国铁路货运装备技术不仅集重载和快捷于一体，而且突出表现了速度、密度和重载并重的特点，其相关技术已达到世界先进水平。

(1) 我国主导设计、制造了载重由60t级向70~80t级、速度由70~80km/h向120km/h升级换代的全部标志性产品。70t级车从2004年11月开始研发，2005年3月，首辆70t级C70通用新型敞车研制成功，并生产下线。此外，80t级系列新型重载货车满足了开行2万t重载列车的运输需要（见图16~图19）。



图16 80t煤炭漏斗车



图17 80t石砟漏斗车



图18 C80B型不锈钢运煤专用敞车



图19 C80型铝合金运煤专用敞车



(2) 从2005年6月立项开始设计，2006年7月28日，我国开发设计的特种货车代表产品450t落下孔车生产完成，这是我国最大载重量的特种货车，其载重量亚洲第一、世界第二（见图20）。

(3) 自2006年至今，我国研制了轴重35.7t、37.5t和40t铁矿石车并持续出口海外。2008年2月出口澳大利亚的FMG型40t轴重矿石敞车是目前世界上轴重最大、自重系数最低的铁路货车（见图21）。



图20 450t落下孔车



图21 FMG型40t轴重矿石敞车



(4) 2011年，我国与法国签订了罐车出口合同，这是中国铁路货车整车产品首次打入欧洲发达国家市场，代表着世界铁路重载技术的先进水平（见图22）。

(5) 2012年7月，具有世界领先水平的中国第一台铁路货车整车疲劳与振动试验台建成。铁路货车只要在这个试验台上试验20天，便可取得在线路上运行25年才能得到的各种数据，是铁路重载运输技术研究的标志性装备，是推

动中国从世界铁路货车大国向世界铁路货车强国迈进的重要手段之一。

(6) 2012年11月，我国提出了“智慧车”的概念，出口阿联酋的硫磺漏斗车是世界上自动化程度领先的铁路货车（见图23）。该车采用电控制动、轴温监测和脱轨监测等先进技术，实现了操作智能化，安全可靠性能显著提高，成为目前世界上技术最先进的铁路货车之一。



图22 我国研制并出口法国的罐车



图23 出口阿联酋的硫磺漏斗车



### 三、大功率内燃机车

在消化吸收先进技术的基础上，2008年11月，我国研制的首台深度国产化HXN5型4413kW(6000马力)大功率交流传动内燃货运机车（见图24）下线。该机车是中国铁路干线内燃货运机车重载提速的技术升级产品，代表了国际大功率交流传动内燃机车的领先水平，对解决中国铁路货运能力瓶颈具有重要意义。

为满足中国铁路第五次大提速所需的长距离连续运行并能向客车供电的机车的需要，我国在东风11型机车的基础上自主研发了满足大提速要求的东风11G型双机重联客运内燃机车（见图25），该车荣获了铁道部2004~2006年铁路重大科技成果一等奖，国家级高新技术产品称号，是具有国际先进、国内领先水平的准高速客运内燃机车。



图24 HXN5型大功率交流传动内燃货运机车运行在兴安岭

图25 东风11G双机重联客运内燃机车



为满足北京奥运会期间广大国内外旅客出行的需要，我国还自主研制出了NDJ3 型“和谐长城号”内燃动车组（见图26），该动车组荣获2009年度中国铁道学会科学技术奖一等奖。



图26 NDJ3型“和谐长城号”内燃动车组



#### 四、大功率电力机车

我国研制的和谐型系列大功率机车，在经济性、牵引性能和节能环保等方面都处于世界先进水平，成为中国铁路货运主型机车。

(1) 我国在引进先进技术的同时，坚持关

键技术国产化，自主研发了和谐1型系列大功率交流传动电力机车，为大秦铁路创造年运量4亿吨的世界奇迹提供了装备支持。2006年11月，HXD1型大功率交流传动9600kW八轴电力机车（见图27）下线；2009年1月，HXD1B型大功



图27 HXD1型大功率交流传动八轴9600kW大功率电力机车通过王家湾大桥



率交流传动9600kW六轴电力机车（见图28）竣工；2009年6月，HXD1C型大功率交流传动7200kW电力机车落成（见图29）。这表明我国在电力机车领域已掌握世界最大功率交流传动技术。



图28 HXD1B型大功率交流传动六轴9600kW大功率电力机车



图29 HXD1C型大功率交流传动六轴7200kW电力机车



(2) 图30是2007年5月研制的HXD2型电力机车，这是国内功率领先的电力机车（功率为10000kW），与我国研制的重载货车一道，在大秦铁路的运输量达到4亿t/年，创造了世界铁路重载运输的奇迹。

(3) 2006年12月研制的HXD3型电力机车

是目前中国铁路生产量和投入运用最多的交流传动机车（见图31），机车功率7200kW，在铁路一级线路上单机可牵引质量5000t，最高速度可达120km/h，是国内现有11种和谐型大功率机车中覆盖面广、保有量大、应用里程长的车型。该项目荣获国家科技进步一等奖。



图30 HXD2型电力机车



图31 HXD3型电力机车



(4) 2008年12月研制的HXD3B型电力机车（见图32），机车功率9600kW，是目前世界上单机功率大、性能指标先进的交流传动电力机车，代表着世界电力机车技术的领先水平和发展方向。

(5) 2008年7月研制的HXN3型大功率交流传动内燃机车（见图33）采用大功率、低排放、电喷柴油机，采用交流传动系统、车载微机网络控制系统以及集成化气路的空气制动系统等11项国际先进、成熟的新技术，并具备三机重联功能。机车功率为4413kW（6000马力），在平直线路上可实现牵引质量5000t，最高速度可达到120km/h。

此外，我国轨道交通装备企业自主开发的牵引和网络控制系统，应用于7200kW和9600kW大功率交流传动电力机车，标志着我国对关键核心技术的掌握进入了历史新阶段。



图32 HXD3B型电力机车



图33 HXN3型大功率交流传动内燃机车



## 五、城市轨道交通装备

截至2012年末，我国已有17个城市70条城市轨道交通线路建成运营，总里程达2077km，其中包括地铁、轻轨、有轨电车和磁浮列车。至2012年底国家已批复36个城市的线网规划和建设规划，批准28个城市可研，总里程超过

4000km，投资额超过6000亿元。我国轨道交通装备企业生产的地铁车辆已广泛应用于北京、上海、南京、广州和深圳等大中城市，并出口到10多个国家和地区。

我国在引进国外先进设计、制造技术的同时，坚持走消化吸收和再创新的发展道路，取得了不菲的成绩。

(1) 2002年，研制出上海地铁4号线和广州地铁3号线列车，其A型车产品（见图34、图35）不断丰富，技术平台日趋成熟，B型车设计平台也已成功搭建；自主研发出武汉1号线和印度古尔冈地铁等10余种城轨车辆，覆盖80~120km/h速度等级。

(2) 在2003年自主研发并制造北京八通地铁的基础上，2005年研制出了广州直线电机（4号线、5号线、6号线）地铁列车。

(3) 研制的上海3号线地铁首列车于2004年7月下线，随后为上海地铁2号线研制和生产了168辆地铁车辆；自主研发和生产的南京1号线



图34 首列A型地铁列车，用于上海4号线地铁线



图35 A型地铁列车，用于广州地铁3号线



四列铆接A型车（见图36），性能完全达到了国际同类先进产品的水平。

（4）国内轨道交通装备企业为香港特别行政区研制的港铁西港岛线项目高端城市轨道交通车

辆在车体强度、寿命、噪音控制和防火性能等方面均采用了国际最高标准，填补了国内A型高档不锈钢地铁列车的空白，并于2011年4月成功交车（见图37）。2012年12月，该车型已被在



图36 铆接A型地铁列车在南京地铁1号线



图37 A型高档不锈钢地铁列车在香港港铁西港岛线





图38 我国A型不锈钢地铁列车在北京地铁14号线



图39 出口巴西里约的EMU（电动车组）

建中的北京地铁14号线采用（见图38）。

（5）2011年6月7日，巴西里约EMU（电动车组）首列车下线（见图39），这是“中国制造”电动车组首次成功进入南美市场。该车组采用A型不锈钢车辆，每列4辆编组，最高速度为100 km/h，车体强度首次采用美国AAR标准设计。



## 六、牵引传动与控制系统

我国通过引进消化吸收和自主创新相结合、已构建完成了在轨道交通装备牵引传动与控制系统领域的自主创新研发平台，拥有电气系统集成、变流及其控制、车载控制与诊断、电力电子器件、高分子复合材料工程化应用、列车运行控制、风力发电装备集成及关键部件、电动汽车整车集成及关键部件、工程机械

及其电气控制、通信与信息化应用等十大核心技术，并同步实现设计、制造与试验平台的完整打造。

从20世纪60年代开始打造的双极平板型器件（晶闸管、整流管等），以及从2004年开始研发的IGCT和IGBT等系列产品（见图40、图41）广泛应用于轨道交通、电力系统、电能质量控制和冶金等领域。



图40 晶闸管

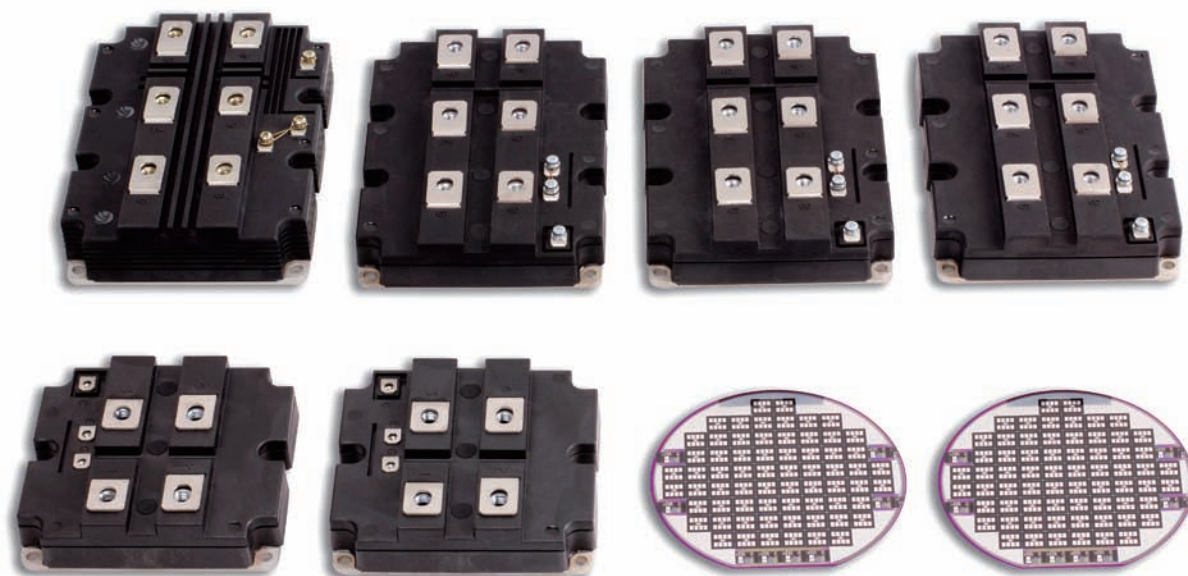


图41 IGBT产品



## 七、铁路大型养路机械装备

我国通过引进技术、消化吸收和再创新，积累了一批大型养路机械的自有技术和核心技术，创立了符合国情的发展模式和技术体系，开发了一批具有自主知识产权的新产品，取得了不菲的成绩。大型养路机械的广泛应用，结束了我国铁路人工养护的历史，大大提高了线路维修作业质量和作业效率，在铁路提速扩能、保障运输安全、加速技术进步、推进工务修程修制改革、青藏铁路和高速铁路建设等方面发挥了不可替代的作用。2007年，“大型养路机械成套装备技术与应用”项目荣获国家科

学技术进步二等奖。图42是大型养路机械机组在进行线路大修作业，图43是大型养路机械在青藏铁路作业。

(1) 我国研制的DWL—48连续走行捣固稳定车（见图44）能够实现连续式三枕捣固作业，并同时线路进行动力稳定。其作业效率比连续式双枕捣固车提高将近30%~40%，是当今世界作业精度和作业效率高、性能先进的铁路线路捣固机械。由于增加了该复合控制的动力稳定小车，使作业后的线路既可获得很高的精度，又能获得足够的稳定性能，从而保证了线路的高速满负荷运行。



图42 大型养路机械机组在进行线路大修作业





图43 大型养路机械在青藏铁路作业



图44 DWL—48连续走行捣固稳定车



(2) 我国研制的QS—650全断面道砟清筛机（见图45）可在不拆除轨排的情况下，通过挖掘链运动将轨排下的道砟挖出；使用振动筛对挖出的道砟进行筛分；由污土输送带将污土抛到该机前方线路的两侧或物料运输车内；清洁道砟可直接回填到道心内，也可由回填输送带回填到挖掘链后方钢轨两侧的道床内；道砟在线路的整个断面内均匀回填，可减小捣固作业线路的作业量。



图45 QS—650全断面道砟清筛机



(3) 我国研制的GCX—1000轨道除雪车（见图46）用于清扫线路轨道表面积雪，保证铁路列车尤其是高速列车正常运行。该车关键技术拥有完全自主知识产权，突破了复杂表面、应答器位置处的吹雪技术、低温冷启动关键技术，解决了提高轨道除雪车的利用效率和牵引能力问题。



图46 GCX—1000轨道除雪车



(4) 我国研制的TX—65铁路道床吸污车（见图47）用于清洁铁路道床，尤其是客运专线无砟轨道的道床，吸收正线、桥梁及隧道道床表面沉积的粉尘、泥土颗粒、砂子颗粒、微小石子及钢轨打磨磨铁粉等污物，防止列车高速运行时将污物卷起，损坏列车外置精密传感器，保证列车高速运行的安全性。其关键技术拥有完全自主知识产权，突破了吹吸风量匹配、吹吸装置摆动控制、作业系统高度集成和整车结构优化等多项关键技术难题，使吹吸风能利用效率达到国外同类产品的2倍以上。



图47 TX—65铁路道床吸污车



(5) 我国研制的XM—1800钢轨铣磨车（见图48）采用圆周铣削技术，通过计算机数字控制系统，对钢轨进行仿形铣磨，一遍通过即可达到要求的作业效果。其作用是：在完全清除轨面各种缺陷的前提下，提高钢轨使用寿命；提高钢轨纵向平顺性和横断面轮廓质量；降低钢轨维修成本和再利用成本；降低运行噪音；提高路网运行安全和运营效率；具有作业精度高、作业效果好、作业限制少、整備时间短、环境影响小和作业成本低等特点。



图48 XM—1800钢轨铣磨车