

机 车 新 技 术

(第四版)

主 编 张中央 李益民

副主编 江利国 何成才 刘敏军

主 审 李 霞

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书共计七章，主要内容包括：①铁道牵引动力技术发展概况及发展动向，我国新型内燃机车、电力机车简介；②高速铁路及重载运输的最新发展情况和关键技术应用，国内外高速动车组简介；③机车走行技术的最新发展情况，高速客运机车、动车组走行部的结构特点，机车转向架的基本结构等；④轨道交通牵引传动与控制技术的最新进展情况和应用；⑤车载计算机控制系统的基本组成、功能与故障应急处理；⑥以我国自行研发装车应用的DK-2型制动机为例，介绍了机车制动新技术；⑦我国铁路机车、动车组最新监控诊断技术和主要新型行车安全装备的组成、特点及应用。

本书可作为职业院校铁道机车专业的教学用书，也可作为铁路部门的职工培训教材及现场工程技术人员的学习资料，还可作为应用型本科相关专业的教学参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

机车新技术 / 张中央，李益民主编. —4 版. —成
都：西南交通大学出版社，2023.1
ISBN 978-7-5643-9141-6

I . ①机… II . ①张… ②李… III . ①机车 - 高技术
IV . ①U26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 255229 号

Jiche Xin Jishu

机 车 新 技 术

(第四版)

主编 张中央 李益民

责任编辑 张华敏
特邀编辑 唐建明 杨开春 陈正余
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031
发行部电话 028-87600564
官网 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 成都勤德印务有限公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 13
字数 326 千
版次 2009 年 6 月第 1 版 2014 年 8 月第 2 版
2017 年 2 月第 3 版 2023 年 1 月第 4 版
印次 2023 年 1 月第 13 次
定价 42.00 元
书号 ISBN 978-7-5643-9141-6

课件咨询电话：028-81435775
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

第四版前言

从 21 世纪初至今这二十几年间，特别是中国特色社会主义进入新时代以来，我国铁路建设取得了令人瞩目的成就：技术装备快速升级换代；牵引动力实现了从交直传动到交流传动的飞跃；运载工具实现了从普通列车到优质空调列车再到高速动车组的飞跃。在“引进先进技术，联合设计生产，打造中国品牌”的发展战略思想指导下，更是带动了铁路牵引动力领域以高速动车组和大功率交流传动机车为引领的铁路牵引动力技术的巨大进步与飞跃，以大功率交流传动技术、计算机网络控制及监控诊断技术、新型行车安全装备、新型制动技术、高速转向架和径向转向架技术、直驱转向架等为代表的牵引动力领域典型新技术，已融入我国铁路技术装备中。

为了让我铁路机务从业人员能方便地学习新知识、新技术，及时掌握和了解铁路新型技术装备的技术特点和应用，提高他们的专业综合素质，以适应铁路行业快速发展的需要，我们于 2009 年编写出版了《机车新技术》一书。《机车新技术》的内容紧跟国内外铁路牵引动力技术发展的最新动态，较好地反映了国内外铁路技术的发展水平及铁路新型牵引动力的技术特点，一经推出便受到好评，影响广泛。随着我国铁路技术的不断发展，为了使本书内容与时俱进，我们在收集牵引动力领域新技术、新知识，并依据读者反馈意见的基础上，分别于 2014 年和 2017 年对《机车新技术》进行了两次修订，推出了第二版和第三版。如今，我国铁路建设全面进入“十四五”新发展阶段，我国已成为当今世界铁路商业运营速度最高的国家，为了让读者及时了解我国铁路技术尤其是牵引动力技术发展的新水平、新趋势，我们再次全面收集了相关技术资料，对《机车新技术》的内容进行第四次修订。

《机车新技术》（第四版）在第三版的基础上，对各个章节的内容进行了更新，如第四章（现代轨道交通牵引传动与控制技术）和第七章（列车监控诊断与新型行车安全设备），增加了我国自主研发拥有自主知识产权的复兴号动车组、复兴型机车的相关新技术内容；同时，对第三版中的“机车柴油机的优化技术”这部分内容不再保

留。全书内容主要包括：①国内外内燃机车及电力机车的技术发展概况，近年来我国自主和引进技术研发的新型内燃、电力机车和动车组；②针对当前我国铁路客运高速、货运重载的发展情况，介绍了国内外高速铁路及重载运输发展的最新进展情况和关键技术应用；③机车走行技术的最新发展情况，高速客运机车、动车组走行部的结构特点、机车径向转向架的基本结构等；④从车载大功率交流牵引传动系统的应用特点出发，介绍了大功率牵引传动系统在实际工程应用中的诸多技术难题和核心技术的最新进展情况；⑤车载计算机控制系统是机车、动车组实现网络信息化控制、监控诊断的基础，本书介绍了其基本原理、结构与故障应急处理；⑥介绍了机车制动新技术及我国自行研发装车应用的DK-2型制动机；⑦介绍了我国铁路机车、动车组最新监控诊断技术和主要新型行车安全装备的组成、特点及应用。

本书可作为职业院校铁路机车专业的教学用书，也可作为铁路职工培训教材，同时可供铁路现场工程技术人员和管理人员学习参考。

本书由郑州铁路职业技术学院张中央、西安铁路职业技术学院李益民任主编，湖南铁路科技职业技术学院江利国、武汉铁路职业技术学院何成才、华东交通大学职业技术学院刘敏军任副主编，特邀请中国铁路郑州局集团有限公司机务部朱军、赵永锋、杨勇加入教材编写团队。具体编写分工如下：张中央编写第一章、第四章；刘敏军、杨勇编写第二章；李益民编写第三章；何成才、朱军编写第五章；郑州铁路职业技术学院马金法编写第六章；江利国、赵永锋编写第七章。全书由张中央统稿，由中国铁路郑州局集团有限公司洛阳机务段教授级高级工程师李霞主审。

在编写本书的过程中，得到了许多铁路院校领导和老师的大力支持与帮助，特此致谢，同时对本书参考文献中的作者也表示感谢。

现代科技发展日新月异，国内外铁路牵引动力在技术上和运用上发展很快，先进技术和工艺、新机型和新装备不断涌现，由于我们掌握资料和信息有限，不能将其全部囊括书中，敬请读者谅解；同时请广大读者提出宝贵意见，以期再次修订时更正与完善。

编 者

2022年10月

目 录

第一章 铁道牵引动力发展概况及趋势	1
第一节 我国内燃机车发展概况及内燃机车发展新动向	1
第二节 我国新型内燃机车简介	8
第三节 我国电力机车发展概述	13
第四节 我国新型电力机车简介	16
第二章 高速铁路及重载运输关键技术	25
第一节 高速铁路概述	25
第二节 高速铁路牵引供电系统新技术	27
第三节 国内外高速动车组简介	31
第四节 磁悬浮列车简介	46
第五节 重载运输概述	50
第六节 重载运输发展概况	53
第七节 重载运输机车、车辆关键技术	55
第三章 高速机车走行部技术	60
第一节 机车走行部的性能指标	60
第二节 机车的悬挂装置	61
第三节 客运机车的牵引电动机全悬挂	64
第四节 新型高速动车组转向架简介	68
第五节 提高蛇行临界速度的研究	73
第六节 机车径向转向架	79
第七节 磨耗形踏面	84
第八节 轮缘磨耗和踏面磨耗	86
第九节 轮缘润滑及钢轨润滑	90

第四章 现代轨道交通牵引传动与控制技术	92
第一节 交流传动的优越性及其发展概况	92
第二节 车载交流传动系统的应用特点	97
第三节 变流技术与变流器产品的应用	99
第四节 轨道交通牵引与控制技术的未来发展	107
第五章 机车计算机控制系统	112
第一节 机车计算机控制系统概述	112
第二节 机车计算机控制系统的工作原理与结构	116
第三节 机车计算机控制系统的输入、输出信号	123
第四节 逻辑控制单元（LCU）在机车上的应用	125
第五节 机车计算机控制系统常见故障的分析及应急处理	135
第六章 机车新型制动系统	144
第一节 DK-2型制动系统概述	144
第二节 DK-2型制动系统的操作说明	153
第三节 DK-2型制动系统的故障处理	159
第七章 列车监控诊断与新型行车安全设备	162
第一节 LKJ-15型列车运行监控记录装置	162
第二节 TAX2型机车安全信息综合检测装置	168
第三节 机车车载安全防护系统	170
第四节 机车远程监测与诊断系统	180
第五节 列车防护报警设备	190
第六节 机车走行部车载监测装置	192
第七节 动车组司机操控信息分析系统	197
参考文献	202

第一章 铁道牵引动力发展概况及趋势

第一节 我国内燃机车发展概况及内燃机车发展新动向

一、我国内燃机车发展概况

1958年9月9日，北京长辛店机车车辆厂制造成功了我国第一台内燃机车，掀开了中国内燃机车发展的新篇章。经过60多年来几代人上下同心协力的艰苦拼搏，我国内燃机车的发展取得了举世瞩目的成就。我国内燃机车工业至今共设计、制造了4代产品，累计生产了17 000多台内燃机车。批量生产的货运内燃机车有DF4B、DF4C、DF4D、DF4E、DF6、DF8、DF8B、DF10等型号，客运内燃机车有DF4D、DF9和DF11等型号。目前，我国已经建立了完整的、实力雄厚的、有很高技术水平的内燃机车工业，能够批量制造内燃机车的主要工厂有5家：大连机车车辆有限公司（原大连机车车辆厂，以下简称大连厂）、二七机车厂有限公司（原二七机车厂，以下简称二七厂）、资阳机车有限公司（原资阳内燃机车厂，以下简称资阳厂）、戚墅堰机车车辆厂（以下简称戚墅堰厂）和四方机车车辆股份有限公司（原四方机车车辆厂，以下简称四方厂）。此外，还有大同电力机车有限责任公司（原大同机车厂，以下简称大同厂）、唐山机车车辆厂、济南机车车辆厂、长春机车车辆厂、成都机车车辆厂和沈阳机车车辆有限责任公司等企业。

回顾我国内燃机车60多年来的发展历程，大体可以分为以下几个阶段。

1. 早期内燃机车样车的试制（试验）阶段（1958—1963年）

我国内燃机车的设计起始于1958年2月。当时，由国家技术委员会、一机部和铁道部等相关单位商讨了试制双节2 940 kW（4 000马力）货运内燃机车的工作，制订了试制技术任务书。从1958年6月至1959年4月，有4家工厂在相关科研院所及高等院校的协助下，利用军用发动机和仿制的国外柴油机，克服了柴油机和传动装置匹配方面的技术难题，在很短的时间内，先后试制出了建设型电传动调车内燃机车、巨龙型电传动货运内燃机车、先行型电传动客货两用干线内燃机车、卫星型液力传动客运内燃机车4种内燃机车和1种DF型液力内燃动车组（当时称为摩托车）。

早期试制的内燃机车的主要特点是：①柴油机基本上仿制国外产品；②采用直流电传动和液力传动；③技术性能和可靠性较差。

2. 第一代内燃机车的仿制阶段（1964—1968年）

(1) DF型直流电传动货运内燃机车。1964年，在巨龙型电传动货运内燃机车的基础上，我国研制出了属于第一代产品的DF型电传动货运内燃机车，并投入了批量生产。该型机车的柴油机经过改进，其装车功率调整为1320kW。至1984年停产时，我国共生产了该型机车706台，运用至2005年全部报废。

(2) DFH₁型液力传动客运内燃机车。1965年，四方厂在对卫星型机车进行大量试验改进的基础上，研制出了比较成熟的DFH₁型液力传动客运内燃机车，并投入了批量生产。该型机车装用了四方厂自制的12V175Z型高速柴油机。至1972年，我国共制造了该型机车106台，运用至1998年全部报废。

作为第一代内燃机车，除了上述有代表性的以外，还有其他机车制造厂批量生产的电传动DF₂型调车机车、DF₃型客运机车、液力传动红星型调车机车以及试制的液力传动飞龙型货运机车等。

第一代内燃机车的特点是：①柴油机基本上是仿制产品，采用自主设计的电传动装置或液力传动装置；②技术性能和可靠性较早期试制的机车有一定提高，可以有效地投入铁路牵引作业。

3. 第二代内燃机车的自主开发阶段（1966—1988年）

1966—1979年，我国先后研制出了5种新型机车柴油机。1966年8月，大连厂首先自主研发出“新中速”柴油机——16V240ZJ型柴油机。此后，二七厂、四方厂和资阳厂分别自主研发出12V240ZJ型中速柴油机、12V180ZJ型和16V200Z型高速柴油机。1979年5月，戚墅堰厂研制出16V280型柴油机。我国铁路工业从此具备了研制国产第二代内燃机车的条件。

(1) DF₄型交直流电传动货运内燃机车。1969年9月，大连厂研制出完全自主设计的2940kW DF₄型交直流电传动内燃机车。该型机车装用了自主开发的“新中速”柴油机——16V240ZJ型中速柴油机。随着实践经验的积累，该型柴油机的装车功率从最初的2940kW，先后调整为2650kW和2430kW。从此，国产内燃机车开始进入第二代产品的开发和生产时期。DF₄型机车及随后研制出的DF_{4B}、DF_{4C}和DF_{4E}型机车，逐渐成为我国铁路内燃牵引的主型机车。之后在DF₄型机车大修时，通过更换柴油机，DF₄型机车都改成了DF_{4B}型机车。

(2) 北京型液力传动客运内燃机车。1971年8月，在已研制出的双机组4410kW北京型6001号机车的基础上，经过改进设计，二七厂研制出2210kW的北京型液力传动客运内燃机车。该型机车装用了该厂自主开发的12V240ZJ型中速柴油机。该型柴油机装车功率后来调整为1985kW。至1994年停产时，二七厂共生产了北京型机车372台，目前仍有142台机车在运用中。

(3) DFH₃型客运内燃机车。1971年11月，在已有的多种DFH型系列援外机车的基础上，四方厂研制出双机组1985kW的DFH₃型客运内燃机车。该型机车装用了2台12V180ZL型高速柴油机。

二七厂研制的北京型机车和四方厂研制的DFH₃型机车是我国铁路第二代主型客运内燃机车。

1977—1981年，资阳厂在四方厂和戚墅堰厂的两种早期DFH4型机车的基础上，通过改进生产出了3台3310kW的DFH4型液力传动内燃机车，这是当时我国功率最大的内燃机车，由于技术政策的原因而未投入批量生产。

(4) DF8型交直流电传动货运内燃机车。1984年10月，戚墅堰厂在自己开发的16V280ZJ型柴油机的基础上，研制出3310kW的DF8型交直流电传动货运内燃机车。该型机车逐渐成为我国铁路重载牵引运输中的主力军。

作为第二代内燃机车，除了上述有代表性的外，另外还有多种用于窄轨铁路和工矿铁路的内燃机车，主要有DF5系列、DF7系列、DFH5系列及GKD系列内燃机车。

第二代内燃机车的特点是：①其柴油机完全是我自主开发的产品，采用自主设计的交直流电传动装置或改进的液力传动装置；②技术性能和可靠性有较大提高。

第二代电传动内燃机车的主要技术参数见表1-1。

表1-1 我国开发和生产的第二代电传动内燃机车的主要技术参数

机车型号	DF4B	DF4C	DF4E 双机	DF5	DF7	DF7B	DF7B 双机	DF7C	DF7D	DF8
制造厂	大连 资阳 大同	四方	四方 大连	二七	二七	二七	二七	二七	二七	戚墅堰
首台生产年份	1984	1985	1994	1984	1982	1990	1993	1991	1995	1984
轨距/mm	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435
装车 功率	/马力	3 300	3 600	2×3 300	1 650	2 000	2 500	2×2 500	2 000	2 500
	/kW	2 426	2 647	2×2 430	1 213	1 470	1 840	2×1 840	1 470	1 840
用途	货/客	货运	货运	调车	调车	调车	货运	调车	货运	货运
轴式	C ₀ -C ₀	C ₀ -C ₀	2(C ₀ -C ₀)	C ₀ -C ₀	C ₀ -C ₀	C ₀ -C ₀	2(C ₀ -C ₀)	C ₀ -C ₀	C ₀ -C ₀	C ₀ -C ₀
整备质量/t	138	138	2×138	135	135	135	2×138	135	138	138
轴重/t	23	23	23	22.5	22.5	22.5	23	22.5	23	23
最高速度 (km/h)	100/120	100	100	80	100	100	100	100	100	100
传动方式	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电	交直电
柴油机型号	16V 240ZJB	16V 240ZJC	16V 240ZJB	8240ZJ	12V 240ZJ1	12V 240ZJ7	12V 240ZJ7	12V 240ZJ6	12V 240ZJ6A	16V 280ZJ
缸径/mm	240	240	240	240	240	240	240	240	240	280
行程/mm	275	275	275	275	260	260	260	275	275	285
转速/(r/min)	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
机车轮 周效率/%	33.9	32.4		31.0	31.5					

4. 第三代内燃机车的发展阶段（1989—1998年）

自1989年起，我国在自主开发和与国外合作生产的16V240ZJD型、16V280ZJA型柴油机的基础上，开始应用计算机控制技术开发出国产第三代内燃机车。

(1) DF6型交直流电传动内燃机车。1989年1月，利用与英国里卡多公司合作开发的新一代的16V240ZJD型柴油机，消化吸收了从美国进口的ND5型机车的技术，采用了与GE公司合作设计制造的计算机控制系统，开发出新一代2940kW的DF6型交直流电传动内燃机车。该型机车虽然只制造了3台，但却代表了我国第三代内燃机车的诞生。

(2) DF11型准高速客运内燃机车。1992年12月，我国利用与奥地利李斯特公司合作开发的新一代的16V280ZJA型柴油机，在DF9型机车的基础上，进一步开发出功率为3680kW、最高速度达170km/h的DF11型准高速客运内燃机车。该型机车的成功开发，为我国1997年4月1日开始的铁路第一次大提速做了准备。随着我国铁路提速的逐步实施，先后又开发出双节DF11Z型和DF11G型提速机车，为我国铁路6次大提速做出了重大贡献。

(3) DF4D型提速客运内燃机车。1996年12月，为满足1997年4月1日开始的铁路提速需要，大连厂专门开发出DF4D型提速客运内燃机车。该型机车最高速度开始为132km/h，后来提高到145km/h和170km/h，并且根据铁路运输需要，利用不同缸数的D型柴油机，先后开发出多种调车机车和货运机车，形成了一个机车系列。目前，DF4D系列机车约有1200多台，同样为铁路提速做出了重大贡献。

(4) DF8B型货运内燃机车。1997年，为满足铁路重载牵引的需要，利用16V280ZJA型柴油机，戚墅堰厂开发出功率为3680kW的DF8B型货运内燃机车。机车轴重首次达25t。目前，这种机车的保有量为800多台。

2002年11月，在DF8B型内燃机车的基础上，戚墅堰厂研制成功了2台可用于青藏铁路格拉段运行的雪域神舟号内燃机车。2006年3月，又有10台青藏铁路用的DF8B型内燃机车交付格尔木机务段运用。

值得指出的是，目前在非国家铁路上运用着大量的第二代和第三代内燃机车，既有各厂开发的多种DF系列和GKD系列交直流电传动内燃机车，也有自1989年起开发的GK系列液力传动内燃机车。

第三代内燃机车的特点是：①柴油机主要是与国外合作开发的新型产品，采用自主设计的交直流电传动装置；②采用计算机控制系统；③技术性能可与国外先进的同类产品媲美，可靠性有很大提高，在我国铁路六次大提速中起到了重要作用。

第三代电传动内燃机车的主要技术参数见表1-2。

表 1-2 我国第三代电传动内燃机车的主要技术参数

机车型号	DF6	DF4D	DF8B	DF11
制造厂	大连	大连	戚墅堰	戚墅堰
首台生产年份/年	1989	1996	1997	1992
轨距/mm	1 435	1 435	1 435	1 435
装车功率	/马力	4 000	4 000	5 000
	/kW	2 940	2 940	3 680
用途	货运	客运	货运	客运
轴式	C ₀ -C ₀			
整备质量/t	138	138	150	138
轴重/t	23	23	25	23
最高速度/(km/h)	118	140	100	160
传动方式	交直电	交直电	交直电	交直电
柴油机型号	16V240ZJD	16V240ZJD	16V280ZJA	16V280ZJA
缸径/mm	240	240	280	280
行程/mm	275	275	285	285
转速/(r/min)	1 000	1 000	1 000	1 000
计算机控制系统	Intel80C186		计算机控制	计算机控制
机车轮周效率/%	35.4		33.93	34.3

5. 第四代内燃机车的发展阶段(1999-2007)

20世纪90年代末，我国立足独立自主、自主研发的发展思路，在内燃机车交流传动技术方面进行了大量探索和实践，成功研制出第一台交流电传动内燃机车，这标志着我国内燃机车进入了交流电传动时代。从此，我国内燃机车发展开始进入第四代。

(1) 1999年9月，四方机车车辆厂利用日本三菱公司的智能功率模块(IPM)，成功研制出了我国第一台交流电传动内燃机车——1 324 kW的NJ1型(捷力号)调车机车。

(2) 2000年6月，大连机车车辆厂利用西门子公司的IGBT功率模块，成功研制出了2台2 940 kW的DF4DJ型客货运交流电传动内燃机车。

(3) 2001年11月，资阳机车车辆厂利用株洲电力机车研究所的GTO功率模块，成功研制出了4 000 kW的DF8BJ型货运交流电传动内燃机车。

(4) 2003年2月，戚墅堰机车车辆厂利用庞巴迪公司的IGBT功率模块，成功研制出了4 410 kW的DF8CJ型货运交流电传动内燃机车。

(6) 2003年10月，二七机车车辆厂利用株洲电力机车研究所的IGBT功率模块，成功研

制出了 2 200 kW 的 DF7J 型交流电传动调车内燃机车。

(7) 2005 年，大连机车车辆厂为马来西亚提供了 20 台 2 580 kW 的 CKD8E 型交流电传动内燃机车。这是我国首批出口的交流电传动内燃机车。

(8) 2006 年，利用美国 Caterpillar 公司的 Cat 3616 型中速柴油机，资阳机车车辆厂成功研制出了 4 780 kW 的 DF8DJ 型交流电传动内燃机车。这是当时世界上功率最大的交流电传动内燃机车。

2008 年以来，我国内燃机车应用 IGBT 变流器技术，实现了交流传动技术国产化。在继承以往成功经验的基础上，不断吸收世界先进内燃机车制造技术，形成了我国第五代大功率交流传功内燃机车自主品牌，相继推出“和谐”系列、“复兴”系列内燃机车，其单机功率、采油机燃油技术、整车网络控制技术、稳定性、安全性、节能环保技术等均达到世界先进水平。

二、我国内燃机车发展展望

目前我国国家铁路以发展电力牵引为主，主要干线要求实现电气化。但是应当看到：许多二级干线、支线铁路、专用线和其他铁路（地方铁路、工矿铁路和合资铁路等），以及大量的调车小运转作业，仍然要大量采用内燃机车，所以，在未来我国铁路机车总保有量中，内燃机车仍会占有较大的比例。另外，由于中车集团公司和各机车制造工厂的努力，我国内燃机车产品在国际市场上已经占有了一席之地，并且有进一步扩大市场份额的趋势。所以，我国内燃机车仍然具有相当大的发展空间，前景看好，内燃机车技术也进入第五代。

2008 年 7 月，由大连机车车辆公司与美国 EMD 内燃机车公司联合设计生产的“和谐内 3”型（HXN3 型）6 000 马力（4660 kW）大功率交流传动内燃机车在大连正式下线；同年 9 月，戚墅堰机车车辆公司与美国 GE 公司联合设计制造的“和谐内 5”型（HXN5 型）6 000 马力大功率交流传动内燃机车也正式下线。近年来，HXN3B、HXN5B、HXN6、HXN3C、HXN5C、FXN3 等内燃机车陆续研发成功投入运用，这是我国在 21 世纪研发生产的新一代具有世界先进水平的大功率交流传动内燃机车。

为响应“双碳”战略目标，我国新近研发了 FXN3 混合动力内燃机车，动力源由动力电池组、柴油发电机组共同组成，优先采用动力电池组提供动力，具有经济、节能、环保等特点，实现了绿色低碳、节能环保的发展目标。

三、内燃机车最新发展动向

美国内燃机车技术发展很快，其技术水平可以代表国外内燃机车的先进水平。20 世纪 90 年代，美国内燃机车技术的发展水平主要体现在机车功率大幅度提高，出现了功率达 4 632 kW 的内燃机车。随着三相交流传动技术在内燃机车上的成功应用，试制生产单发动机大功率内燃机车的条件逐渐成熟，于是美国的内燃机车主要生产厂商 EMD 和 GE 等公司开始成批生产 4 410 kW 等级的大功率内燃机车。进入 21 世纪后，我国也相继研发出代表世界先进水平的大功率交流传动内燃机车系列产品，并陆续投入运用。代表产品有 HXN3、HXN5、HXN3B、HXN5B、FXN3、FXN3C 等，单机功率均达到 6000 马力（4660 kW）。

1. 单机大功率柴油机的发展动向

目前机车柴油机的发展方向和趋势是：① 加大行程缸径比（ S/D ），一般为 $1.1 \sim 1.3$ ；② 活塞平均速度限制在 $11 \sim 12 \text{ m/s}$ ；③ 提高平均有效压力至 $2.0 \sim 2.4 \text{ MPa}$ ；④ 提高压缩比至 $13 \sim 14$ ；⑤ 爆发压力 P_z 至 $15 \sim 18 \text{ MPa}$ ；⑥ 改善工作过程，提高柴油机效率，降低油耗，最低油耗达 $185 \text{ g}/(\text{kW h})$ ；⑦ 采用电子喷射、电子调速等电子控制技术。

美国 GE 公司和德国 DeutzMWM 公司合作研制出的 7HDL 型柴油机，功率为 4632 kW ，装在 AC6000CW 型内燃机车上。美国 EMD 公司研制的四冲程 4632 kW 、16V265H 型柴油机，装在 SD90MAC 型机车上。

2. 内燃机车的交流传动技术和混合动力技术

交流传动技术是近代铁路牵引技术中的重大突破，该技术自 1971 年在原联邦德国问世以来，已取得了很大的发展。20 世纪 90 年代初，世界上最大的两个内燃机车制造公司——美国 EMD 公司和 GE 公司研制和生产了六轴、径向转向架、计算机控制的大功率交流传动内燃机车，使交流传动内燃机车的性能和可靠性有了较大的提高。

20 世纪 90 年代以来，IGBT 的应用逐渐成熟，智能型 IGBT 模块（称为 IPM），也开始在中小功率逆变器中推广采用。随着节能减排环保要求的提高，响应“双碳”战略目标，我国研发了新能源混合动力内燃机车，由“动力电池组+柴油发电机组”组成动力源，优先采用动力电池组提供动力，具有经济、节能、环保等特点。

3. 计算机控制及诊断技术

早在 20 世纪 80 年代，随着计算机技术的发展，计算机控制技术在内燃机车上得到应用。内燃机车车载计算机控制系统的主要功能有：机车控制、柴油机转速与负荷调节、恒功励磁控制、驱动控制、车轮空转和打滑控制、电空制动控制及故障诊断等。

近年来，用于交流传动内燃机车的技术先进、可靠性较高的计算机控制系统有：德国 ABB 公司研制的 MICAS 系统、德国西门子公司研制的 SIBAS-16 系统和 SIBAS-32 系统、美国 GE 公司开发的用于 AC4000 型和 AC6000 型交流传动内燃机车上的计算机控制系统等。

4. 径向转向架的开发

20 世纪 70 年代，第 1 台径向转向架在南非投入使用。美国 GM 公司于 1992 年在 SD60MAC 型大功率交流传动内燃机车上首次采用了新型 HTCR（高牵引力、三轴、径向）径向转向架，以后推广到其各种新型内燃机车上。其后 20 多年来，径向转向架成为各国内燃机车竞相采用的新技术之一。

5. 智能、互联、环保技术的应用

近年来，围绕自主创新、突破核心技术等发展方向，我国新一代内燃机车已经应用人工智能技术在高速柴油机及其配套的高压共轨电子喷射技术、高效高压比增压技术、米勒循环技术、SCR 排气后处理技术等方面开展技术创新，取得许多重要成果，为中国铁路发动机技术进步和产品更新换代奠定了坚实基础。智能、互联、绿色、环保、节能已经成为内燃机车技术新的发展方向。

第二节 我国新型内燃机车简介

一、东风 8B 型（DF8B 型）内燃机车

东风 8B 型内燃机车的代号为 DF8B，它是大功率交直流电传动干线货运内燃机车，装用 16V280ZJA 型柴油机、JF204D 型同步主发电机和 ZD109C 型牵引电动机，装车功率为 3 680 kW，并采用计算机控制系统和具有全功率自负荷试验功能的电阻制动装置等新技术。

1. 机车总体

机车总体布置分上下两部分，上部为车体及安装在其上的设备，下部两端为转向架，中间为可拆式燃油箱。燃油箱的前后两端设置总风缸，左右两侧为蓄电池箱。

机车上部车体以五道间壁将其分隔成六室：第 I 司机室、电气室、动力室、冷却室、辅助室和第 II 司机室。

东风 8B 型内燃机车装用的 16V280ZJA 型柴油机为四冲程、16 缸、V 形 50° 夹角、废气涡轮增压、增压空气中间冷却、直接喷射燃烧室的中速大功率柴油机。该型柴油机已用于东风 11 型准高速客运内燃机车，且已通过 UIC 100 小时性能试验和 UIC 360 小时耐久性试验。该型柴油机用于东风 8B 型内燃机车时，装车功率为 3 680 kW。

DF8B 型内燃机车转向架的基本结构与东风 8 型内燃机车转向架的结构相同，都是由构架、轴箱、轮对、旁承、牵引杆装置、基础制动装置和牵引电动机悬挂装置等组成的三轴转向架。东风 8B 型与东风 8 型内燃机车转向架的最大不同是，其基础制动装置采用了单元制动器。

东风 8B 型转向架的构架是由侧梁、横梁、前后端梁、上下拉杆座、牵引电动机吊座、制动座和减振器等组成的全焊接结构，其外形尺寸与东风 8 型内燃机车的构架基本相同；为适应机车 25 t 轴重的需要，其侧梁主要钢板改用 16Mn 钢。

为防止机车施行紧急制动时，轮箍过热而造成脱箍现象，东风 8B 型内燃机车的轮对在东风 8 型内燃机车轮对的基础上增加了扣环。

旁承采用橡胶堆四点支承，橡胶堆直接采用东风 8 型内燃机车的橡胶堆，不同之处是将橡胶堆的左右间距从东风 8 型内燃机车的 1 920 mm 增大到 2 050 mm。牵引杆装置采用东风 4 型内燃机车的牵引杆装置。

基础制动装置采用了东风 11 型内燃机车用的独立作用式单元制动器，但闸瓦改用粉末冶金瓦。

电动机悬挂装置除牵引电动机采用焊接机座的 ZD109C 型电动机外，其余零部件都与东风 8 型内燃机车的一致。

2. 机车特点

东风 8B 型机车是东风 8 型、东风 11 型机车的系列产品，也是东风 8 型机车的换代产品。设计中充分考虑了产品的通用性和继承性，尽量借用东风 8 型、东风 11 型机车的成熟部件，尤其是东风 11 型机车上先进可靠的新型部件，如具有全功率自负荷试验功能的电阻制动装置、双流道散热器等，同时，为了提高机车的性能，并根据货运机车牵引力大的特点，还采用了新技术、新部件，主要有：

(1) 以东风11型机车的计算机控制系统为基础，开发了适应东风8B型机车需要且更加可靠的计算机控制系统，并采用彩色液晶显示屏。

机车设有以80C186CPU为核心的计算机控制系统，该系统与东风11型内燃机车的计算机控制系统的功能基本相同，具有恒功励磁控制、电阻制动恒流控制、防空转/防滑行控制、机车保护及故障诊断和显示等功能，使机车在牵引、电阻制动等各种工况下都处于最佳工作状态。

(2) 采用功率大、质量小的ZD109C型牵引电动机（焊接机座），这样一方面提高了机车的牵引性能，同时也降低了机车的簧下质量，改善了轮轨动力作用，这对25t轴重的机车尤为重要。

(3) 转向架的结构与东风8型机车转向架的结构基本相同，具有较高的黏着性能和动力学性能。

(4) 机车效率较高。机车最大轮周功率的计算值为3030kW，为柴油机功率的82.3%，这是一个较高的数值。机车最大轮周效率的计算值达33.93%（待机车作牵引热工性能试验后，方能了解有关效率的试验值）。

此外，东风8B型机车还有一个较大的特点，就是轴重为(23+2)t，即通过在车体两侧各加一块大压铁将轴重从23t提高到25t，而这两块铁又是可拆的，这既解决了在车内难以加压铁的一大难题，又可扩大该机车的适用范围，可满足不同线路对大功率重载货运内燃机车轴重的不同要求。

东风8B型内燃机车由于采用了一些新技术、新部件，并充分吸收东风11型机车上先进可靠的新型部件，成为我国目前单机功率最大、电气控制技术先进、动力学性能优良的新一代重载提速货运内燃机车，并成为繁忙干线货运提速较理想的牵引动力。

根据计算，该型机车最大起动牵引力可达532.1kN，持续牵引力可达339.5kN，恒功率最高速度可达92.3km/h。该型机车在限制坡度为4‰的线路上可牵引5000t的重载列车，以87km/h的均衡速度运行。

二、东风11型（DF11型）客运内燃机车

东风11型准高速内燃机车是戚墅堰机车车辆厂在东风9型内燃机车研制成功的基础上开发的新机型。

东风9型客运内燃机车的最高运行速度为140km/h，该型机车于1990年年底研制成功，总共只造了2台，接着就开始研制生产最高运行速度为160km/h的东风11型内燃机车，用来牵引广深线准高速列车。第一台东风11型内燃机车于1992年底研制成功，至1994年，共生产了5台东风11型机车，并于1994年12月起，正式牵引准高速列车在广深线运行，运行情况良好。1996年2月，东风11型机车通过了铁道部的技术鉴定，此后，戚墅堰机车车辆厂又生产了百余台东风11型机车，供广深准高速线及主要干线旅客列车提速之用。

1. 机车总体

东风11型机车装用16V280ZJA型柴油机。该型柴油机是在16V280ZJ型柴油机的基础上强化并改进提高的系列产品，其标定功率由16V280ZJ型柴油机的3680kW提高到3860kW，装车功率由3310kW提高到3610kW，在满足提升功率、降低油耗和提高可靠性、耐久性的前提下，尽量保持与16V280ZJ型柴油机的通用性和互换性。

机车车体采用桁架式承载结构，两端司机室、车体上部用间壁分隔为第I司机室、电气室、动力室、冷却室、辅助室和第II司机室六个部分。

机车转向架采用牵引电动机全悬挂、轮对空心轴、六连杆两级弹性驱动装置，高柔度螺旋弹簧串联瓦片式橡胶垫的二系悬挂装置，配用抗蛇行减振器、轴箱拉杆定位、低位牵引等结构。基础制动装置采用独立作用式单元制动器。该转向架既保留了我国机车转向架中性能优良、结构简单可靠的传统结构，又采用了一些新的结构以满足准高速的要求。该型转向架属国内首次研制，性能优良，结构可靠，并有进一步提高速度的潜力。1994年在北京环行道试验过程中，其最高速度达到186km/h。

该型机车转向架采用架悬式牵引电动机，减轻了簧下质量，且使牵引电动机的垂向加速度大为减小，牵引电动机的故障大幅度下降，这对提高机车速度极为有利。

机车主传动为交直流电传动。采用JF204C型同步主发电机，其额定容量为3600kV·A；ZD106型架悬式牵引电动机，其额定功率为530kW；为了提高温升裕度，这两种电机均采用了H级绝缘。装有大功率电阻制动装置；电气元件采用高、低压柜分开布置，提高了各类电气装置的抗干扰性能和工作可靠性，且便于检查、调试和维修。

机车的计算机控制系统具有恒功率励磁、防空转、防滑行控制及故障诊断和显示功能。机车设有速度监控装置，按线路要求对机车运行速度进行自动监控。

机车设有轴温检测仪，对转向架轴箱、空心轴和牵引电动机及主发电机轴承温度进行监控和报警。

机车冷却系统分高温和低温两个冷却循环系统。V型冷却装置采用48组管带式双流道铜散热器，冷却风扇为组装式铝叶片风扇，由静液压系统驱动，风扇的转速随柴油机转速和冷却水温度变化自动控制。

2. 机车特点

东风11型机车是我国当前单节功率最大、速度最高的客运内燃机车。

2003年11月，担负着铁路第五次大提速任务的跨越号东风11G型内燃机车下线。东风11G型内燃机车的代号为DF11G，是戚墅堰机车车辆厂为完成我国铁路第五次大提速而专门研制的双机重联型准高速客运内燃机车。该机车装配16V280ZJA型牵引用主柴油机、JF204D型同步主发电机、ZD106E型牵引电动机、进口的MTU12V183TB12G型列车供电用辅助柴油机及LSA47.1L11-4P型发电机。机车整体具有以下一些特点：

(1) 机车牵引功率大。柴油机装车功率为 $2 \times 3610 \text{ kW}$, 牵引 20 节客车, 速度为 160 km/h 时仍有 0.0245 m/s^2 的剩余加速度。

(2) 机车具有列车供电功能。机车装有辅助柴油发电机组, 最大供电功率 2400 kW , 供制式为 AC380 V。

(3) 机车技术先进。采用计算机 Lonworks 网络控制新技术, 该系统具有完全的机车逻辑控制、网络重联控制、完善的机车故障诊断功能和远程监控、诊断功能。

(4) 机车技术成熟可靠。充分借鉴 DF11 型、DF11Z 型机车成熟可靠的技术, 其关键部件采用进口部件。

(5) 机车适应性强。为适应特长交路和一个司机操纵的特点, 采用了大容量的承载式油箱、火灾报警灭火装置, 并将常用转换开关集中于司机室内。

(6) 机车设计制造更加精良。吸收和借鉴了提升机车制造水平的所有技术成果, 全面提升了机车设计制造水平。采用流线型车体, 管路规范化。

三、和谐 3 型 (HXN3 型) 大功率交流传动内燃机车

由美国 EMD 内燃机车公司与大连机车车辆公司联合设计制造的首台和谐 3 型大功率交流传动内燃机车于 2008 年 7 月在大连正式下线。这台机车功率为 6000 马力 (4660 kW), 是目前国内外同类产品中技术最先进、功率最大的节能环保型内燃机车。HXN3 型内燃机车的主要技术参数如表 1-3 所示。

表 1-3 HXN3 型内燃机车的主要技术参数

型号	HXN3	最大起动牵引力 (按 1013 mm 轮径)	620 kN
轨距	1435 mm	持续牵引力	598 kN
限界	符合 GB 146.1—2020	恒功率速度范围	23~120 km/h
传动方式	交流主传动, 架控	柴油机型号	16V265H
轴式	C ₀ -C ₀	柴油机装车功率	4660 kW
轮径	1050 mm	主发电机型号	AT20/CA9
轴重	25 t (1±3%)	转向架轴距	(1925+1755) mm
机车重量	150 t (1±3%)	牵引电动机型号	A2938-5
最小摘挂曲线半径	250 m	电机制动功率	(3700±100) kW
最大运行速度	120 km/h	转向架轴距	(1925+1755) mm
持续速度	20 km/h	机车外形尺寸	22250 mm×3370 mm×4705 mm

四、和谐5型（HXN5型）交流传动内燃机车

戚墅堰机车有限公司与美国通用电气（GE）公司合作，研发生产了目前我国功率最大的 HXN5 型交流传动内燃机车。

和谐5型内燃机车的最大亮点是排放低、节能环保，与目前国际同类产品相比，和谐5型机车节省油耗 10%，减少氮氧化物等排放 50%，达到美国 Tier2 标准，是全球最绿色环保的内燃机车，机车上贴有绿色环保标签。

和谐5型机车装用了大功率 IGBT 变流器，额定功率达到 6 000 马力（4 660 kW），最大起动牵引力为 620 kN，最大运行速度和最大恒功率速度为 120 km/h。机车采用模块化设计、外走廊、底架承载结构，机车轴重为 25 t，大大方便了制造组装及规模化生产。HXN5 型机车具有卓越的防空转、防滑行功能，具有轮周效率高、黏着利用率高、起动加速快、动力学性能和制动性能良好的特性。机车的主要技术经济指标均达到国际先进水平。

五、和谐6型（HXN6型）混合动力内燃机车

HXN6 型油电混合动力机车是我国最新研发的一款新能源机车产品，动力源由“动力电池组+柴油发电机组”共同组成，柴油机装车功率为 1 250 kW，动力电池组装车容量为 1 268.6 kW·h，并优先采用动力电池组提供动力，具有经济、节能、环保等特点。与传统内燃机车相比，该机车具有世界先进的节能环保技术，单机每年可减少 30%~40% 的燃油消耗、3~5 t 的污染物排量以及 280.5~467.5 t 的碳排放量，单机调车牵引货物能力超万吨，可全面满足铁路管内调车作业及短距离小运转等工况作业需求。

六、复兴3型（FXN3型）内燃机车

FXN3 型内燃机车装用的是我国中车集团公司自主研制的大功率高速柴油机——D180-16 型柴油机。D180-16 型高速柴油机的装车功率为 3000 kW，标定转速为 1800 r/min，燃油消耗率 193 g/(kW·h)，排放满足 EUIIIB 标准。该型内燃机车在高速柴油机及其配套的高压共轨电子喷射技术、高效高压比增压技术、米勒循环技术、SCR 排气后处理技术等方面汇聚了许多重要的创新成果，为中国铁路发动机技术进步和产品更新换代奠定了坚实基础。

七、复兴3C型（FXN3C型）内燃机车

FXN3C 型内燃机车是中车大连公司在已成熟的和谐系列内燃机车基础上开发的新一代干线货运交流传动内燃机车，具有智能、互联、节能、环保等优点。

FXN3C 型机车采用 12V265C 型中速柴油机，配置了 PHM 健康管理系统，具有远程数据传输、大容量数据存储、故障统计、智能化故障诊断及运用维护管理功能，使机车在智能、绿色、环保等方面得到提升。此外，机车采用了内电统一平台驱动装置，实现了各系统模块化设计。机车设计为底架承载式燃油箱、隔离式双司机室结构，可有效提升司乘人员的舒适度。该机车对提升货物运输能力、提高路局经济效益、促进轨道交通行业快速发展具有重大意义。

第三节 我国电力机车发展概况

我国的电气化铁路从 1958 年开始筹建，1961 年 8 月 15 日，宝鸡—凤州段 91 km 电气化铁路通车。我国电力机车的研究与铁道电气化同步，也始于 1958 年。经历了 60 多年的不懈努力，我国的电气化铁路得到迅速发展，电力机车的研究、生产已成为世界上一支不可忽视的力量。目前我国已形成了 4 轴、6 轴、8 轴的韶山型系列电力机车型谱，拥有 4 轴、6 轴、8 轴交流传动系列客货运车型。已经有 SS1、SS3、SS4（SS4B、SS4 改）、SS6（SS6B）、SS7（SS7B、SS7C、SS7D、SS7E）、SS8、SS9（SS9 改）等交直传动系列干线客货运电力机车在线运营，还有 HXD1、HXD2、HXD3、FJD1、FJD1B、FJD2B 型等交流传动机车也陆续投入运营。和谐型、复兴型大功率交流电力机车的运用，为实现我国铁路重载、高速运输的跨越式发展起到了巨大的推动作用。据 2021 年铁道统计公报显示，全国铁路机车拥有量 2.17 万台。其中，内燃机车 0.78 万台，占 35.9%，电力机车 1.39 万台，占 64.1%。和谐型、复兴型大功率机车 HX 型机车已经达到 12207 台。标志着我国牵引动力的升级换代即将实现。

我国电气化铁路里程于 2001 年末已达到了 1.7 万多 km，跃居亚洲第一、世界第三，铁路电气化率为 24%。2010 年，我国电气化铁路里程已达到了 4.2 万 km。至 2012 年 12 月哈大高铁正式开通时，我国电气化铁路总里程在 54 年里突破至 4.8 万 km，超越了原电气化铁路世界第一的俄罗斯，跃升为世界第一位，铁路电气化率已经接近 50%。据 2021 年铁道统计公报最新资料显示，我国铁路运营里程已达到 15 万 km，其中，高铁营业里程达到 4 万 km，居世界第一位；电气化铁路里程 10.9 万 km，稳居世界第一。

一、我国电力机车发展历程

我国电力机车技术的发展大体经历了以下四个阶段。

1. 第一阶段（1958—1979 年）

第一阶段是从 1958 年到 20 世纪 70 年代末，共 20 多年。这一阶段是我国电力机车发展的起步期。第一台干线交流电力机车由湘潭电机厂（负责电气和总装）、株洲田心机车车辆工厂（负责机械部分）共同研制。1958 年试制成功韶山型引燃管整流器式电力机车，该车参照苏联 H60 型电力机车设计，命名为 6Y1 型电力机车。1969 年，株洲电力机车工厂与株洲电力机车研究所共同研制了一台韶山 2 型（SS2 型）电力机车（试验型）。从此，我国电力机车从无到有，从模仿苏联的技术入手，经过三次大的技术改造，生产出了性能稳定、运行可靠的 SS1 型电力机车，作为客货牵引动力的第一代主型干线电力机车。到 1988 年止，共生产了 SS1 型机车 828 台。

2. 第二阶段（1979—1989 年）

第二阶段是从 20 世纪 70 年代末到 80 年代末。这是我国电力机车发展的成长期。这一阶段发展的主要目标是：研制我国自己的相控机车，提高机车功率和可靠性，充分发挥电力

机车的优越性。这时期的代表机型是 SS3 型和 SS4 型电力机车。

SS3 型电力机车采用调压开关级间平滑调压方式，是调压开关调压向相控调压过渡的方案。这种调压方式实现了调压开关无弧断开，提高了工作可靠性，既保留了调压开关调压功率因数高、整流电压脉动小、对通信干扰小的优点，又具有平滑无级调压、能充分利用机车黏着重量的优点。但由于该调压方式仍采用调压开关作级间转换，主电路结构较复杂，之后利用引进技术已将 SS3 机车改成了全相控方式（即 SS3B 型或 SS34000 型），改进的项目主要包括：① 8 级级间平滑调压改为三段不等分桥相控调压、机车特性控制；② 两级电阻制动改为加馈电机制动；③ 中心销牵引装置改为低位平拉杆牵引装置等。

SS4 型电力机车是我国自行研制的第一代重载货运、全相控调压、 B_0 转向架机车。该型机车由相同的两节车组成，每节车上只有一台劈相机，用一台通风机作先导机，当劈相机故障时该通风机代替劈相机为辅助机组提供三相电源。该型机车从性能指标上已达到我国货运主型电力机车的要求。由于该型机车从 20 世纪 80 年代初开始研制，其技术水平仍属于 20 世纪 70 年代的开发研究层次，且由于运输需要，从样机到大批量生产的过程太短，初期生产的 158 台机车至今仍遗留了一些技术问题没有彻底解决。针对早期存在的质量问题，1993 年对原 SS4 型机车进行了重大改进，俗称 SS4 改进型（SS4 改）。改进的主要项目有：① 经济四段桥相控改为不等分三段桥相控；② 加装功率因数补偿装置；③ 二级电阻制动改为加馈电机制动；④ 恒流、恒压控制改为恒流准恒速特性控制；⑤ 加装空转（滑行）保护装置和轴重转移补偿装置；⑥ Z 形低位斜杆牵引装置改为推挽式低位斜杆牵引装置等。

3. 第三阶段（20 世纪 90 年代中期—21 世纪初）

第三阶段是从 20 世纪 90 年代中期到 21 世纪初，这段时间是我国电力牵引发展的全盛时期。通过消化吸收和应用 6K 型、8K 型等国外电力机车的先进技术，开始自主研发交流传动技术，我国电力机车的研发水平在这一阶段有了长足进步。在这一阶段，电力机车的开发年年出新，机型全面换代，所采用的新技术主要有：① 8K 型机车的电子控制柜、大功率晶闸管及硅机组、受电弓、空气断路器，预布线、预布管工艺，单边刚性齿轮传动及滚动抱轴承结构；② 6K 型机车的 $3B_0$ 转向架；③ SS6B 型机车的 ZD114 型牵引电动机；④ 8G 型机车的牵引装置；⑤ 车载计算机控制系统；⑥ 列车供电技术；⑦ 轮对空心轴高速传动技术；⑧ 逻辑控制单元（LCU）等。

结合我国传统的牵引电动机并联的主电路形式，应用新技术相继研制或改进了 SS5、SS8、SS3B、SS6、SS6B、SS7、SS4 改、SS4B、SS7C、SS7D、SS7E、SS9 型等交直传动电力机车和 AC4000 型交直交传动电力机车，以及 DJ、DJ1、DJ2 型等交流传动电力机车。

4. 第四阶段（2004 年至今）

第四阶段开始于 2004 年，我国“十一五”规划确立了大力发展战略交通的宏伟蓝图，拉开了我国铁路建设飞速发展的序幕，大力扩展我国铁路路网规模和提高机车车辆技术装备水平的发展战略为牵引动力的大发展迎来了又一次飞速发展的黄金时期，使我国牵引动力和运载工具进入了一个升级换代时期。

在这样的背景下，我国提出了“引进先进技术，联合设计生产，打造中国品牌”的发

展思路，积极采用“先进、成熟、经济、适用、可靠”的技术和标准。2004年以来，我国铁路部门与日本、德国、法国等合作，引进了世界一流的大功率交流传动技术和动车组技术，同时进行一些国产化改造工作，进展比较顺利。大连机车车辆有限公司与日本东芝公司、株洲机车车辆有限公司与德国西门子公司、大同机车车辆有限公司与法国阿尔斯通等公司合资研发生产出我国新一代大功率交流传动电力机车，即最大持续功率为9 600~10 000 kW、轴重(23+2)t、牵引定数2万吨、最高速度为120 km/h的大功率交流传动重载电力机车，命名为和谐型(HXD型)，HXD3型为我国大连机车车辆有限公司与日本东芝公司联合设计生产的6轴交流传动机车，HXD1、HXD2为我国株洲机车厂与德国西门子公司、大同机车厂与法国阿尔斯通公司联合设计生产的8轴交流传动机车。

从2006年开始“十二五”末，我国通过引进先进技术战略，形成了具有自主知识产权的大功率机车产品系列，研发生产了HXD1、HXD1B、HXD1C、HXD1D、HXD2、HXD2B、HXD2C、HXD3、HXD3B、HXD3C(货、客)、HXD3D、HXD1F、HXD2F等大功率交流传动系列机车。进入中国特色社会主义新时代，我国铁路发展和牵引动力又迎来了高质量快速发展的重要阶段。近几年通过自主创新又研发了FXD1、FXD1B、FXD2B交流传动准高速客运机车和CR200J动力集中型动车组等一批新型牵引动力。目前，已经有13000多台新型大功率交流传动电力机车上线投入运用，这对我国牵引动力技术的进步和运输能力的快速提高起到了极大的促进作用，实现了我国牵引动力从交直传动到交流传动的升级换代，引发了我国铁路牵引动力和运载工具的巨大变革。

二、我国电力机车技术取得的进步

我国电力机车从1958年以来，经过了60多年的发展历程，机车型号从交直传动的SS1型机车发展到SS9型，交流传动机车从DJ1型发展到功率达10 000 kW以上的“和谐型”、“复兴型”大功率交流机车，我国电力机车技术成功地实现了从有级调速到无级调速、从电子模拟控制到数字计算机网络控制、从交直传动到交流传动的三次技术飞跃，使我国电力牵引技术进入了一个新的时代，达到世界先进水平。

我国电力机车技术的进步主要体现在：

- (1) 取消调压开关，采用相控无级调压。
- (2) 采用功率因数补偿装置。
- (3) 动力制动采用再生制动或加馈制动代替纯电阻制动，增大了低速制动力。
- (4) 采用防空转、防滑行、轴重转移补偿控制技术，使整车黏着系数利用率达95%以上。
- (5) 实现了恒流准恒速特性控制。
- (6) 用计算机网络控制与LCU相结合的现代控制技术取代传统的电子模拟控制、继电器布线逻辑和控制方法。
- (7) 实现了电机滚动抱轴承、单边刚性齿轮传动，架悬式全悬挂、轮对空心轴六连杆弹性传动。
- (8) 采用低位斜杆或低位平杆牵引装置。
- (9) 牵引电动机的绝缘等级从B级上升到F级、H级以至C级，电动机机座从全铸钢发

展到半叠片、全叠片，电机电压等级统一到 1 000 V 左右。

(10) 引进世界先进技术联合设计生产，大力发展战略传动技术，解决了大功率变频调速技术问题，采用了三相异步电动机牵引技术。

(11) 批量应用辅机变流器代替旋转劈相机为机车辅机系统供电。

(12) 批量应用真空主断路器代替空气断路器。

(13) 采用独立通风系统冷却技术替代传统车体通风系统。

(14) 采用集成化气路的空气制动系统，机械制动采用轮盘制动。

(15) 电力机车功率大幅度提高：① 交直传动机车功率从 4 200 kW 增至 6 400 kW，单轴功率从 650 kW 增至货运机车 800 kW、客运机车 900 kW；② 交流传动机车功率达 10 000 kW，轴功率达 1 600 kW。

(16) 机车最高运行速度从 100 km/h 提高到 170 km/h，传动方式从简单的抱轴承半式悬挂发展到电机空心轴和轮对空心轴传动，从双边斜齿发展到单边直齿。

在 20 世纪 90 年代末，我国电力机车型谱已经形成 SS6B 型、SS7 型、SS4B 型、SS3B 型货运电力机车的 6、8、12 轴系列和以 SS8 型为基础以改变传动比方式适应不同速度要求的客运机车系列，货运机车型谱之首的 SS4B 型作为重载货运，SS6B 型作为少曲线的平原次级运量干线货运，SS7 型作为多曲线、小半径的山区货运。随着机车型谱的确立和整车与零部件质量的提高，我国交直流传动机车已步入成熟期，技术水平接近或达到国外先进水平，标志着我国交直流传动机车时代的圆满完结。

20AC4000、DJ1、澳星、九方、天梭号交流传动电力机车的研制，为我国交流传动技术的发展奠定了良好的技术基础，也为后来的技术引进做好了坚实的铺垫。21 世纪初至 2008 年，通过引进国外先进技术，联合设计生产，使我国掌握了大功率交流传动技术。2009 年以来，通过消化吸收，集成再创新，逐步发展与完善了我国交流传动大功率机车研发制造技术。目前，通过自主创新，我国已掌握了当今世界最先进的轨道交通牵引与传动控制核心技术，并拥有自主知识产权，已经研制出国际最先进的 4、6、8 轴的“和谐型”（HX 型）、“复兴型”（FX 型）交流传动机车系列产品，主要发展单轴功率 1 200~1 600 kW 的交流传动货运机车和 1 200~1 400 kW 的交流传动客运机车。这标志着我国牵引动力技术已经走在世界前列。

第四节 我国新型电力机车简介

一、交直传动电力机车

1. SS7D 型与 SS7E 型电力机车

韶山 7D 型（代号 SS7D 型）客运电力机车是由大同机车厂、株洲电力机车研究所、成都机车车辆厂联合研制的适应我国铁路提速需要的新产品，是目前国内技术水平较为先进的交直传动客运电力机车，也是韶山 7 型电力机车系列产品之一。该型机车持续功率为 4 800 kW，最大速度为 170 km/h，车长 20 200 mm，轴式 B₀-B₀-B₀，电流制为单相工频交流。

SS7D型电力机车的主要特点：

- (1) 采用了电动机架承式全悬挂、轮对空心轴连杆传动、优化悬挂刚度等一系列先进技术，使机车既适应小半径曲线又适应直线区段提速需要。
- (2) 采用计算机控制与逻辑控制单元相结合，实现了机车状态显示、故障记忆及显示、应急操作显示、控制系统自检等功能。
- (3) 首次在交直传动机车上采用独立通风结构，降低了车内负压，减少了车内积尘，改善了车内电器的工作环境。
- (4) 采用了B₀-B₀-B₀转向架轴式及单侧制动。
- (5) 采用不等分三段桥相控和他励控制技术，实现机车无级调速和无级磁场削弱。
- (6) 采用恒流准恒速特性控制。
- (7) 具有供列车取暖及空调的电源。
- (8) 具有双管制供风系统。
- (9) 司机室采用了人机工程学原理设计，全包结构，选用先进操作控制设备，提高了机车的美观性及舒适度。

韶山7E型（代号SS7E型）客运电力机车是最新开发的客运机车，是在借鉴SS7D型电力机车部分成熟技术的基础上研制而成的，也是目前我国技术水平最高的交直传动电力机车，它是根据我国客运提速的需要和铁道部铁科技函〔2002〕24号下达的《韶山7E型客运电力机车设计任务书》的要求，在中国北方机车车辆工业集团公司统一组织下，由集团电力牵引研发中心牵头，大同机车厂、大连机车车辆厂和株洲电力机车研究所共同努力、分工协作联合开发出的新型持续功率为4800kW、最高速度为170km/h的干线客运电力机车。机车的设计工作严格遵循简统化、标准化、系列化的原则，力求机车设计的先进性、运用的安全性和可靠性。

SS7E型客运电力机车的主要特点：

- (1) 主电路采用三段不等分桥相控整流、复励电路、无级调速和无级磁场削弱。
- (2) 采用恒流起动及准恒速运行的特性控制方式。
- (3) 采用计算机控制及逻辑控制单元（LCU）。
- (4) 采用电动机架承式全悬挂、轮对空心轴六连杆传动。
- (5) 采用独立通风系统。
- (6) 走行部采用2C₀转向架结构，单侧制动。
- (7) 辅机系统采用辅机变流器供电模式，代替了传统的劈相机供电模式，降低了辅电机总功率，提高了辅机系统供电品质和效率。
- (8) 设有给列车供电及空调供电的电源。
- (9) 采用双管制供风。
- (10) 为满足轴重21t的要求，车体、转向架、变压器等各主要部件均做了轻量化设计。

(11) 采用耐低温设计，机车可以在高寒地区运用。

(12) 机车车体采用流线型设计，司机室内结构按规范化设计，充分应用了人机工程学原理。全新的室内装修并配以先进的操作控制设备，提高了整体的美观性及舒适性。

2. SS9型电力机车

SS9型电力机车是用于牵引160 km/h准高速旅客列车的六轴干线客运电力机车。SS90043号以前的机车是按照铁道部科技研究开发计划项目的要求而研制的。2001年，根据原南车公司科技计划项目的要求，在原SS9型电力机车的基础上进行了重大技术改进，开发出一种新型的独立通风SS9型电力机车（从SS90044型开始）。该型机车是吸收了原SS9型、SS6B型、SS8型机车以及DJ1型机车的成熟经验和技术，并采用了多种先进技术设计而成。目前已进行大批量生产，先后在哈大线、秦沈快速客运专线、京广线投入运营，成为国内160 km/h准高速主型牵引机车，担当铁路提速旅客列车牵引重任。其主要特点有：

(1) 为适应在寒冷地区运用，对机车特别进行了防寒设计，能适应-40 °C的环境温度。

(2) 机车采用中间走廊，独立通风，优化了室内环境。

(3) 采用恒流准恒速特性控制。

(4) 司机室的设备布置在设计上符合造型设计和人机工程，作业范围合适，操作方便。

(5) 机车控制系统采用现代电力电子和微电子技术结合而成的逻辑控制技术，取代了传统的继电器布线逻辑控制，用计算机发出的指令直接控制接触器等外部负载。

(6) 机车设列车供电柜，可向旅客列车提供双路400 kW的DC600 V电源。

(7) 主变压器采用卧式结构，降低了机车重心，提高了机车运行的稳定性。

(8) 机车为C₀-C₀轴式，转向架采用轮对空心轴六连杆驱动装置、牵引电动机架承式全悬挂、新型TDYZ-4单元制动器等。

(9) 机车制动系统以DK-1型电空制动机为基础，增加了常用制动接口装置、列车电空制动、列车平稳操纵、电空联合制动等辅助功能。

(10) 为满足轴重21 t的要求，车体、变压器、转向架等各部件均做了轻量化设计。

(11) 为增加机车的美观性，对机车头形进行了全新设计，并对司机室进行了美化设计及布置。

SS9型电力机车有如下技术创新：

(1) 轮对空心轴六连杆弹性传动系统和牵引电动机架承式全悬挂三轴转向架的研制，可确保机车运行的安全性和平稳性。

(2) 采用8 668 kV·A大容量牵引变压器，实现了六轴电力机车主变压器与平波电抗器及滤波电抗器的一体化。

(3) 采用逻辑控制单元(LCU)及计算机控制系统，使机车控制系统具有控制、诊断、监测功能，并可方便地改变软件以满足机车控制要求，实现了机车牵引、制动的恒流准恒速特性控制，并具备了防空转/滑行保护控制、轴重转移补偿控制、列车安全监控等功能。

- (4) 车体及辅机系统采用轻量化设计，最大限度地减小车体质量。
- (5) 机车头形采用圆弧微流线型设计及侧壁承载式全钢焊接结构，其外形满足空气动力学要求。
- (6) 机车空气制动系统在 DK-1 型电空制动机的基础上，增加了机车电制动与列车制动联合制动的功能以及列车平稳操纵功能及列车电空制动功能；向列车实行双管制供风。
- (7) 采用 DC600 V 列车供电装置。

二、交流传动电力机车

1. 和谐 3 型 (HXD3 型) 交流传动大功率电力机车

和谐型电力机车是我国与国外合作研发生产的新一代大功率交流传动电力机车。该型机车是我国第六次铁路大提速以来的主打货运车型。和谐 3 型电力机车是大连机车车辆有限公司与日本东芝公司合作生产的，采用的是当前最先进的交流传动技术，因采用交流传动、计算机控制和轮盘制动等十多项先进技术，在铁路一级线路上单机即可牵引 5 000 t，最高速度可达到 120 km/h。2007 年 4 月起投入使用，主要用于京沪线、京广线等主要铁路干线和重要的运煤通道上。

HxD3 型机车的主要技术特点如下：

- (1) 轴式为 C₀-C₀，电传动系统为交直交传动，采用 IGBT 水冷变流机组，1 250 kW 大转矩异步牵引电动机，具有起动（持续）牵引力大、恒功率速度范围宽、黏着性能好、功率因数高等特点。
- (2) 辅助电气系统采用 2 组辅助变流器，能分别提供 VVVF（调频调压）和 CVCF（恒压恒频）三相辅助电源，对辅助机组进行分类供电。
- (3) 采用计算机网络控制系统，实现了逻辑控制、自诊断功能，而且实现了机车的网络重联功能。
- (4) 总体设计采用高度集成化、模块化的设计思路，电气屏柜和各种辅助机组斜对称布置在中间走廊的两侧。
- (5) 转向架采用滚动抱轴承半悬挂结构，二系采用高圆螺旋弹簧；采用整体轴箱、推挽式低位牵引杆等技术。
- (6) 采用下悬式安装方式的一体化多绕组（全去耦）变压器，具有高阻抗、质量小等特点，并采用强迫导向油循环风冷技术。
- (7) 采用独立通风冷却技术。
- (8) 空气制动系统采用集成化气路，具有空电制动功能。机械制动采用轮盘制动；采用新型的颗粒式空气干燥器，有利于压缩空气的干燥，减少制动系统阀件的故障率。

HxD3 型机车的主要技术参数如表 1-4 所示。

表 1-4 HXD3 型机车的主要技术参数

电流制	单相交流 25 kV/50 Hz	起动牵引力	23 t 轴重时	≥ 520 kN
电传动方式	交直交传动		25 t 轴重时	≥ 570 kN
机车牵引 / 电制动轮周功率	7 200 / 7 200 kW	持续牵引力	23 t 轴重时	370 kN
轴式	C ₀ -C ₀		25 t 轴重时	400 kN
机车整备重量	138 t / 150 t	动力制动力	370 kN (15 ~ 70 km/h)	
轴重	23 t / 25 t		400 kN (15 ~ 65 km/h)	
机车前后车钩中心距	20 846 mm			
转向架固定轴距	(22 500 + 2 000) mm	紧急制动距离 (120 km/h 制动初速, 平直道)	轴重为 23 t 时	≤ 800 m
车轮直径	1 250 mm (新轮)		轴重为 25 t 时	≤ 900 m
持续速度	23 t 轴重时			
	25 t 轴重时			
	最高速度			

2. 和谐 1、2 型 (HXD1 型、 HXD2 型) 交流传动大功率电力机车

HxD1 型 (和谐 1 型) 电力机车为 8 轴大功率交流传动货运机车, 由株洲电力机车有限责任公司与德国西门子公司联合开发。HxD1 型电力机车是由两节完全相同的 4 轴电力机车通过内重联环节连接组成的 8 轴重载货运电力机车, 每节车设有 1 个司机室, 是一个完整系统。

HxD1 型机车的主要技术特点如下:

- (1) 采用交直交电传动主电路形式, 每节车配装 1 台水冷 IGBT 变流器, 给 4 台三相异步电动机供电, 辅助逆变器集成在主变流器中, 可靠性高, 易于维护。
- (2) 车体采用中央梁承载方式, 便于模块化生产。
- (3) 转向架采用低位牵引杆, 基础制动采用轮盘制动, 有效地提高了机车的可靠性。
- (4) 采用 CCB2 型空气制动系统, 动力制动采用再生制动, 节能环保。
- (5) 机车具有外重联功能, 装有 LOCOTROL 远程重联控制系统, 适合于多机分布式重载牵引。
- (6) 机车具有外重联控制功能, 司机可以在一个司机室对两台重联机车进行控制。
- (7) 控制系统采用西门子 SIBAS32 系列的计算机控制, 列车通信网络 (TCN)。
- (8) 采用独立通风方式。
- (9) 根据用户的需要, 车上装备卫生间、床等必要的生活设施。

HxD1 型机车的主要技术参数如表 1-5 所示。

表 1-5 HXD1 型机车的主要技术参数

电流制	单相交流 25 kV/50 Hz	持续速度	23 t 轴重时	70 km/h
电传动方式	交直交电传动		25 t 轴重时	65 km/h
机车牵引 / 电制动轮周功率	9 600 kW		最高速度	120 km/h
轴式	2(B ₀ -B ₀)	起动牵引力	23 t 轴重时	≥700 kN
轨距	1 435 mm		25 t 轴重时	≥760 kN
机车整备质量	2×92 t (或 100 t)	持续牵引力	23 t 轴重时	494 kN
轴重	23 t / 25 t		25 t 轴重时	532 kN
机车前后车钩中心距	35 222 mm	电制动力	461 kN	
单节机车转向架中心距	9 000 mm	紧急制动距离	轴重为 25 t 时	≤900 m
转向架固定轴距	2 800 mm		轴重为 23 t 时	≤800 m
车轮直径	1 250 mm (新轮)			

HXd2 型 (和谐 2 型) 电力机车为 8 轴大功率交流传动货运机车，是由大同电力机车有限责任公司与法国阿尔斯通交通股份有限公司在阿尔斯通公司的 PRIMABB43700 型电力机车的基础上联合开发的。机车采用计算机网络控制，标准化、模块化设计，具有恒功范围宽、轴功率大、黏着特性好、功率因数高、谐波干扰小、维护率和全寿命运营成本低、适用范围广等优点，是我国铁路装备技术现代化的重要标志产品之一。

HXd2 型电力机车的主要技术特点如下：

- (1) 具备强大的功率及牵引力，可单机牵引 7 000 t 重载列车。
- (2) 机车具备多机无线重联远程同步控制功能，三机重联满足 20 000 t 以上重载列车的牵引要求。
- (3) 机车按 25 t 轴重设计，去掉车内压铁可实现 23 t 轴重。
- (4) 机车在 -40 °C 环境条件下可正常存放，采取加温和防寒措施后可正常运用。

HXd2 型机车的主要技术参数如表 1-6 所示。

表 1-6 HXD2 型机车的主要技术参数

电流制	单相交流 25 kV/50 Hz	通过最小曲线半径	125 m
电传动方式	交直交传动	车钩中心距	2×18 975 mm
轴式	2(B ₀ -B ₀)	机车车体宽度	2 850 mm
轴重	25 t / 23 t	轮周牵引力 (持续制)	10 MW
额定功率	10 000 kW	动力制动功率 (持续制)	10 MW
最高运营速度	120 km/h	起动牵引力 (25 t / 23t)	大于 760 kN / 700 kN

3. 基于 HXD1、HXD2、HXD3 技术的系列交流传动大功率电力机车

随着以 HXD1、HXD2、HXD3 型为代表的新一代大功率交流传动电力机车大规模应用于我国干线铁路货物运输，2006 年以来，原中国南车集团和中国北车集团两大公司又相继研发了 HXD1B、HXD2B、HXD3B、HXD1C、HXD2C、HXD3C、HXD1D、HXD3D、HXD1F、HXD2F 型大功率电力机车，使我国铁路运输装备技术和产品水平得到了极大提高。HXD1B、HXD2B、HXD3B 型电力机车均为 6 轴机车，轴功率达到 1 600 kW，总功率 9 600 kW；HXD1C、HXD2C、HXD3C 型电力机车也是 6 轴机车，轴功率达到 1 200 kW，总功率 7 200 kW，也可用于客车牵引；HXD1D、HXD3D 型机车为 6 轴准高速客运交流传动机车；HXD1F、HXD2F 型机车为国产化 8 轴交流传动、30 t 轴重的重载电力机车；FXD1 是新一代交流传动高速客运机车，FXD2B 是 30 t 轴重重载货运机车。这些机车的变流装置性能和 IGBT 器件技术指标、关键控制技术及方法均达到或超过西门子、庞巴迪、阿尔斯通等公司的技术水平，大部分关键技术产品实现了国产化，为我国牵引动力全面进入交流传动时代奠定了坚实的基础。

4. FXD1 型交流传动大功率客运电力机车

FXD1(复兴电 1)型电力机车是我国 2015 年在既有的和谐型系列机车基础上研制出的八轴交流传动大功率干线准高速电力机车。在充分考虑国内外机车车辆技术情况和目前开通的客运专线的要求后，通过轻量化设计和技术创新，能够满足客运专线及干线快速客运要求。2017 年 5 月，0001 号机车上线试运营，在京广铁路上牵引行包列车（广州—武昌区间）。2017 年 9 月，在兰新铁路通过型式试验，开始批量生产。

5. FXD2B 型交流传动大功率客运电力机车

FXD2B 型电力机车为八轴大功率交流传动货运机车，由中车集团大同电力机车有限责任公司制造，为中国第一代 30 t 轴重交流传动大功率电力机车。机车轴式 2(B₀-B₀)，最高速度 100 km/h，牵引功率 9600 kW (2 × 4800 kW)。起动牵引力为 900~960 kN，持续牵引力为 720 kN (48 km/h) ~640 kN (54 km/h)，牵引能力比现有同功率和谐型电力机车高出大约 20%。

在设计中，大同电力机车有限责任公司采用了机车底架和设备台架一体化等设计方式，增强了机车的承载力，提高了机车对各种线路的适应能力。特别是针对雾霾天气给铁路运行带来的影响，大同电力机车有限责任公司成功开发出两种防雾闪方案，能够保证机车在雾霾天气中安全运用。另外机车还增强了在沙尘、冻雨、高寒和高温等气候条件下运行的稳定性和实用性。

三、国外进口电力机车

在 20 世纪 80 年代中期，由于国产电力机车的产量和技术水平远远满足不了我国电气化铁道和牵引动力发展的需要，于是我国分别从日本和法国批量进口了 6K 型和 8K 型电力机

车，一方面暂时缓解电力机车供应紧张的局面，另一方面通过进口机车学习、借鉴国外先进技术和经验，为国产机车的技术进步和发展奠定了良好基础，之后在 90 年代，我国电力机车顺利进入快速发展期与这两次大规模的引进是分不开的。

1. 6K 型电力机车

6K 型电力机车是从日本引进的 6 轴相控电力机车，客货两用，其使用条件大致与国产 SS1 型 SS3 型、SS4 型和从欧洲引进的 8K 型机车相同，最大特点是采用 B₀-B₀-B₀ 转向架和计算机控制。我国共引进了 85 台，配属在郑州铁路局洛阳机务段，担当陇海线的牵引任务。

6K 型机车的主电路特点是：①采用三段不等分半控桥相控调压；②采用复励牵引电动机，每三台电机的他励绕组串联，用改变电枢绕组的接法实现运行方向和工况的选择；③采用恒制动转矩控制的电阻制动；④采用功率因数补偿装置投切自动控制；⑤可自动过绝缘分相区；⑥采用计算机控制。

6K 型机车牵引 20 位，制动 10 位。恒速挡，每位速度 = 级位数 × 5(km/h)。恒压挡，每位电压 = 55 + (级位数 - 1) × 59(V)，到 16 位电压达 940 V，之后 4 级为磁场削弱级，最深削弱系数为 40%。各级制动力 = 35 + (级位数 - 1) × 11.5 kN。牵引时，若手柄放在恒速挡，上坡自动牵引，达到规定速度后转惰行，下坡时自动转入电阻制动。

计算机控制采用多 CPU 系统，使用了 10 个 CPU。每个控制单元有 2 个 8086CPU 和 2 个 8085CPU。一个主 8086CPU 实现机车特性计算和逻辑控制，一个从 8086CPU 实现采样与执行晶闸管的触发控制；一个 8085CPU 用于故障记忆，另一个 8085CPU 用于故障传送，在司机台上显示。

2. 8K 型电力机车

8K 型电力机车是从欧洲 50 赫兹集团引进的 8 轴交直流电传动大功率电力机车，我国共引进了 150 台，配属在北京铁路局原丰台西和大同西机务段，担当丰台—沙城—大同运煤专线牵引任务。

该型机车代表了 20 世纪 80 年代中期交直传动电力机车的世界先进水平，主要体现在：①解决了再生颠覆问题，能进行比较稳定的再生制动；②采用大容量的功率因数补偿及滤波装置；③灵敏的防空转、防滑行系统；④静止单一三相变流器供辅助电动机变频启动；⑤牵引电动机为 C 级绝缘；⑥无级磁场削弱；⑦滚动抱轴承；⑧大量采用集成电路的电子插件；⑨低位牵引装置配以轴重转移电气补偿，等等。

8K 型机车由完全相同的两节车组成，每节车 4 轴，有重联装置，可实现由 1 节机车集中控制 2 节、3 节或 4 节机车重联运行。机车主电路采用两段桥调压，一段为本控桥，一段为半控桥。牵引与再生两种工况均采用特性控制方式，即恒流准恒速控制。

每台转向架上的两台牵引电动机在电路上为串联连接，可使因两台电动机特性差异和两个轮对的直径差异所引起的牵引力差异减小。

车体布置采用积木式屏柜结构，主电路、辅助电路，控制电路的高、低压电器及电子器件都集中布置在一个中央电器柜内，控制电路导线与电器的连接采用插接式器件，无须检查维修。

8K型机车在技术上有其先进的地方，但由于该型机车是按照合同的技术条件专门为我国设计制造的，有些部件的技术要求不适合我国国情，实际运用中这些部件容易出现故障，问题至今没有解决。

学习借鉴、消化吸收国外机车的先进技术，可促使我国电力机车技术水平的提高，少走弯路，早日掌握并应用当代铁路机车的三大高科技技术：交流传动技术、计算机控制技术和径向可调节转向架技术（径向自导向轮对）。