

# 机车总体及走行部

主 编 潘永军 何安琪

副主编 邓文华 付 翔

主 审 张明思

西南交通大学出版社  
· 成 都 ·

### 内容简介

本书结合中国铁路机车现场运用实际,对目前我国铁路主型交直流电力机车和内燃机车作了重点介绍。全书共分为8个项目,重点介绍了HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>3</sub>、SS<sub>4改</sub>、HXN<sub>3B</sub>、DF<sub>4B</sub>五种型号机车总体及走行部知识,并对中国铁路当前在线主力运用的交直流电力机车和内燃机车总体布置及转向架各部件组成、构造、原理和性能等作了分析,探讨了机车总体设计等有关问题。

本书可作为高等职业院校铁道机车专业教材,也可作为从事铁道机车工作及相关技术人员的参考资料,同时还可作为铁路培训教材使用。

---

#### 图书在版编目(CIP)数据

机车总体及走行部 / 潘永军, 何安琪主编. —成都:  
西南交通大学出版社, 2023.2  
ISBN 978-7-5643-9182-9

I. ①机… II. ①潘… ②何… III. ①电力机车—高等职业教育—教材 IV. ①U264

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 031679 号

---

Jiche Zongti ji Zouxingbu

机车总体及走行部

主 编 / 潘永军 何安琪      责任编辑 / 李 伟  
封面设计 / 吴 兵

西南交通大学出版社出版发行  
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)  
发行部电话: 028-87600564      028-87600533  
网址: <http://www.xnjdcbs.com>  
印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm  
印张 21.5      字数 537 千  
版次 2023 年 2 月第 1 版  
印次 2023 年 2 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-9182-9  
定价 59.00 元

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

# 前 言

随着中国铁路的飞速发展，当前中国铁路机车发展正处在新的历史阶段。自 21 世纪初，“和谐型”大功率交流传动机车 HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>2</sub>、HXD<sub>3</sub>、HXN<sub>3B</sub> 等机型成功设计与生产，并投入运用，标志着我国铁路机车行业成功实现了由交-直传动向交-直-交传动的转化，铁路机车技术平台达到了世界先进水平。

在这种新的形势下，为了能更好地应用新型铁路机车交直流传动技术，使学生了解和熟悉目前国产交直流传动各型机车的技术特点，编者特编写了这本《机车总体及走行部》，对目前我国铁路主型交直流电力机车和内燃机车作了重点介绍。全书共分为 8 个项目，深入浅出地介绍了 HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>3</sub>、SS<sub>4改</sub>、HXN<sub>3B</sub>、DF<sub>4B</sub> 五种型号铁路机车总体及走行部相关内容，并对目前中国铁路在线主力运用的交直流电力机车和交直流内燃机车总体布置及转向架各部件组成、构造、原理和性能等作了分析，同时补充强化了机车总体及走行部课程实训任务的设计和 execution。

本书由武汉铁路职业技术学院潘永军、何安琪担任主编，武汉铁路职业技术学院邓文华、付翔担任副主编，武汉铁路职业技术学院张明思教授担任主审。具体编写分工如下：项目一由何安琪编写，项目二、项目四由潘永军编写，项目三由邓文华、黄欢编写，项目五由付翔、邓文华编写，项目六由石青、张宏林编写，项目七由彭俏、郑莎莎编写，项目八由中国铁路武汉局集团公司江岸机务段教科董运鹏及武汉铁路职业技术学院齐笑笑编写。全书由潘永军统稿和组织编写，中国铁路武汉局集团公司襄阳机务段教科高级技师黄斌，武昌南机务段技术科工程师郑玉虎，武昌南机务段动车运用车间高级技师孙辉，江岸机务段高级技师梁耀辉、夏瑀，武汉动车段工程师陆俊帅等提供了资料并参与部分内容的编写及审定。

由于编写时间仓促，铁路科技变化更新速度较快，加之编者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2022 年 4 月



# 目 录

项目一 铁道机车总体认知 .....	1
任务一 铁路在国民经济中的作用和地位 .....	1
任务二 铁道机车的发展概况 .....	7
任务三 铁道机车构成及主要参数 .....	17
实训一 铁道机车认知 .....	23
项目二 机车车体和设备布置 .....	27
任务一 机车车体结构认知 .....	27
实训二 铁道机车车体结构认知 .....	59
任务二 机车司机室设备布置 .....	63
实训三 HXD <sub>3</sub> 型电力机车司机室设备认知 .....	73
任务三 机车机械室设备布置 .....	77
实训四 HXD <sub>3</sub> 型电力机车机械室设备认知 .....	88
任务四 机车车顶设备布置 .....	92
实训五 HXD <sub>3</sub> 型电力机车车顶设备认知 .....	98
项目三 机车转向架 .....	102
任务一 机车转向架认知 .....	102
任务二 轮对、齿轮传动及电机悬挂装置 .....	119
任务三 轴箱装置 .....	140
实训六 铁道机车转向架轴箱认知 .....	152
任务四 一系、二系悬挂装置 .....	156
实训七 铁道机车一系、二系悬挂装置认知 .....	169
任务五 基础制动装置 .....	173
实训八 铁道机车基础制动装置认知 .....	183
项目四 车钩缓冲装置 .....	187
任务一 车钩的作用和结构 .....	187
任务二 缓冲装置 .....	197
实训九 HXD <sub>3</sub> 型电力机车车钩拆装与检修 .....	204

项目五 车体与转向架连接装置 .....	208
任务一 车体与转向架连接装置的分类 .....	208
任务二 车体与转向架连接装置的结构 .....	210
实训十 HXD <sub>3</sub> 型电力机车车体与转向架连接装置认知 .....	220
项目六 通风冷却系统 .....	223
任务一 通风冷却系统概述 .....	223
任务二 通风冷却系统的工作原理 .....	226
实训十一 HXD <sub>3</sub> 型电力机车通风冷却系统认知 .....	242
项目七 空气管路系统 .....	246
任务一 HXD <sub>3</sub> 型电力机车空气管路系统 .....	246
任务二 HXD <sub>1</sub> 型电力机车空气管路系统 .....	253
任务三 SS <sub>4改</sub> 型电力机车空气管路系统 .....	261
任务四 HXN <sub>3B</sub> 型内燃机车风源管路系统 .....	267
任务五 DF <sub>4B</sub> 型内燃机车风源管路系统 .....	279
实训十二 HXD <sub>3</sub> 型电力机车空气管路系统认知 .....	283
项目八 机车检查作业 .....	287
任务一 机车检查作业前的准备工作 .....	287
任务二 机车检查作业 .....	291
实训十三 HXD <sub>3</sub> 型电力机车走行部检查 .....	334
参考文献 .....	338





## 项目一 铁道机车总体认知

铁路是我国重要的交通设施，铁路运输企业是交通运输系统的骨干企业，是关系国民经济发展的重要因素。铁路交通运输方式具有速度快、运量大、全天候、成本低、运距远、安全可靠、节能环保、适应性强等优点，在国民经济中拥有举足轻重的作用和地位。铁路机车作为铁路运输的火车头，一直牵引着国民经济，不断向更好更快的方向发展。

### 任务一 铁路在国民经济中的作用和地位

#### 知识目标

- (1) 了解铁路运输在运输生产、铁路建设、节能减排和沿线绿化等方面的趋势及发展。
- (2) 熟悉铁道机车在铁路运输中的地位。
- (3) 了解电力机车和内燃机车的优劣势。

#### 能力目标

- (1) 了解铁路运输在国民经济中的作用。
- (2) 了解铁道机车在现代轨道交通运输中的地位。

#### 素质目标

- (1) 培养学生爱岗敬业、忠于职守、团结合作的精神。
- (2) 使学生具备从事机车运用和检修岗位所必需的基本知识和专业技能。

#### 工具设备

多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。

#### 教学环境

多媒体教室、铁道机车模拟驾驶实训室。

### 一、铁路运输在国民经济中的作用

中国重要的基础工业之一就是铁路工业，铁路运输是综合运输体系的主要部分。铁路是国家重要的交通设施，是交通运输系统的骨干企业，是关系国民经济发展的重要因素。其对国家的政治领域、经济领域、文化领域及国防建设与发展都起着重要作用。与水路交通运输方式、公路交通运输方式、航空交通运输方式及管道交通运输方式相比，铁路交通运输方式

具有速度快、运量大、全天候、成本低、运距远、安全可靠、节能环保、适应性强等优点。

现阶段，我国国民经济发展的关键物资的运输，主要靠铁路运输来承担；在国民经济中，铁路交通运输行业有力地发挥着其特有的作用。

## (一) 运输生产

### 1. 旅客运输

2018年，国家铁路旅客发送量完成33.17亿人次，比上年增长2.79亿人次，增长9.2%；国家铁路旅客周转量完成14 063.99亿人千米，比上年增长667.03亿人千米，增长5.0%，如图1-1所示。

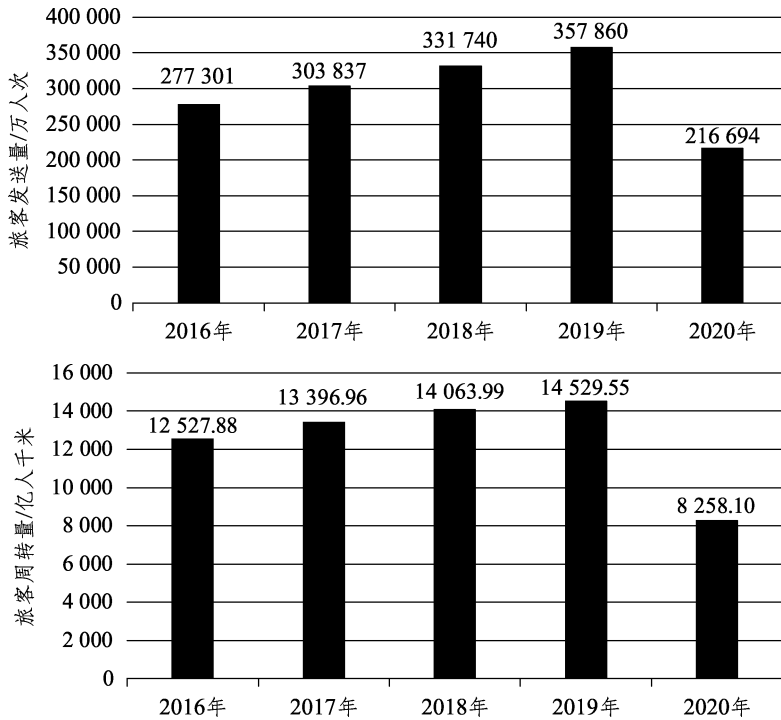


图 1-1 国家铁路旅客发送量和周转量

### 2. 货物运输

2018年，国家铁路货运总发送量完成31.91亿吨，比上年增长2.72亿吨，增长9.3%。其中，集装箱、商品汽车、散货快运发送量比上年分别增长44.6%、25.1%和2.3%。国家铁路货运总周转量完成25 800.96亿吨千米，比上年增长1 709.26亿千米，增长7.1%，如图1-2所示。

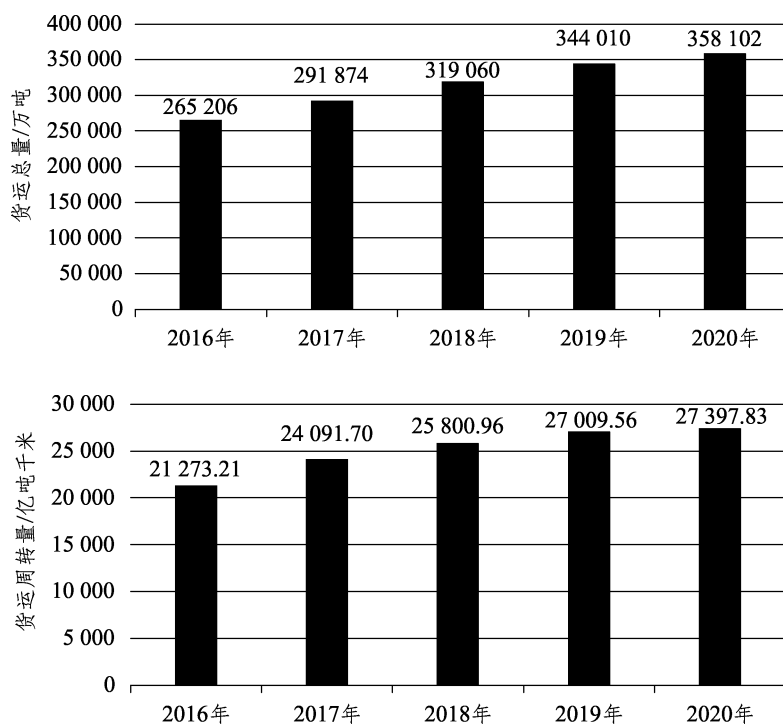


图 1-2 国家铁路货运总量和货运总周转量

### 3. 总换算周转量

2018年，国家铁路总换算周转量完成 39 864.95 亿吨千米，比上年增长 2 376.29 亿吨千米，增长 6.3%，如图 1-3 所示。

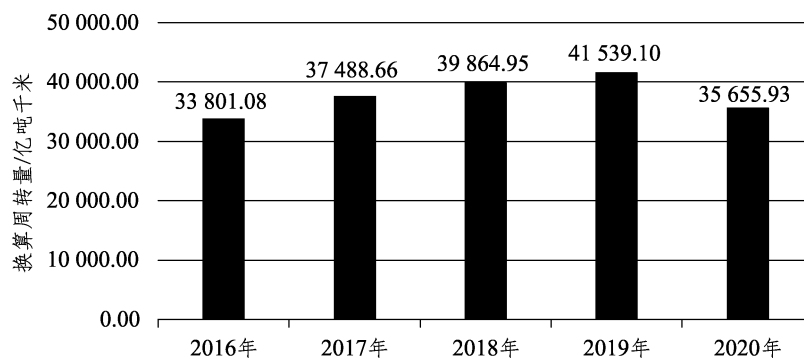


图 1-3 国家铁路总换算周转量

### 4. 运输安全

2018年，全年未发生特别重大、重大铁路交通事故，铁路交通事故死亡人数比上年下降 4.4%。

## (二) 铁路建设

2018年，全国铁路固定资产投资完成8028亿元，投产新线4683km，其中高速铁路4100km。

### 1. 路网规模

2018年年底，全国铁路营业里程达13.1万千米；全国铁路路网密度136.9千米/万千米<sup>2</sup>。其中，复线里程7.6万千米，复线率为58.0%；电气化里程9.2万千米，电化率为70.0%。西部地区铁路营业里程5.3万千米。2016—2021年间全国铁路营业里程如图1-4所示。

2018年，国家铁路营业里程12.1万千米。其中，复线里程7.3万千米，复线率为60.6%；电气化里程8.7万千米，电化率为72.3%。

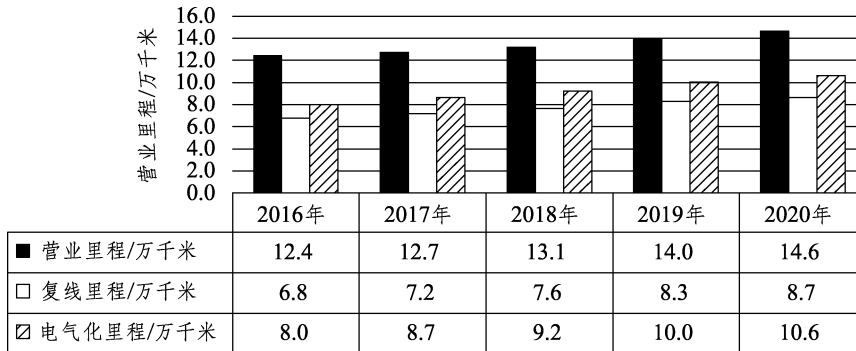


图 1-4 全国铁路营业里程

### 2. 移动装备

2018年，全国铁路机车拥有量为2.1万台。其中，内燃机车0.81万台，占38.6%；电力机车1.29万台，占61.3%。全国铁路客车拥有量为7.2万辆。其中，动车组3256标准组、26048辆。全国铁路货车拥有量为83.0万辆。

## (三) 节能减排

### 1. 综合能耗

2018年，国家铁路能源消耗折算标准煤1624.21万吨，比上年减少2.57万吨，下降0.2%；单位运输工作量综合能耗4.11吨标准煤/百万换算吨千米，比上年减少0.23吨标准煤/百万换算吨千米，下降5.3%；单位运输工作量主营综合能耗3.90吨标准煤/百万换算吨千米，比上年减少0.08吨标准煤/百万换算吨千米，下降2.0%。2016—2020年综合能耗如图1-5所示。

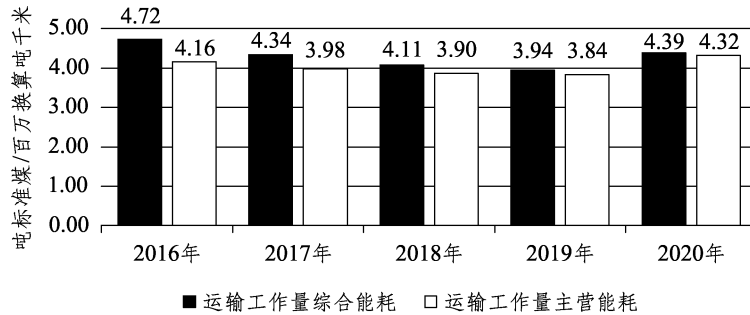


图 1-5 国家铁路运输工作量综合能耗、主营能耗

## 2. 主要污染物排放量

2018年，国家铁路化学需氧量排放量1878 t，比上年减排14 t，降低0.7%；二氧化硫排放量0.98万吨，比上年减排0.65万吨，降低39.7%，如图1-6所示。

### (四) 沿线绿化

2018年，国家铁路绿化里程4.83万千米，比上年增加0.13万千米，增长2.8%。

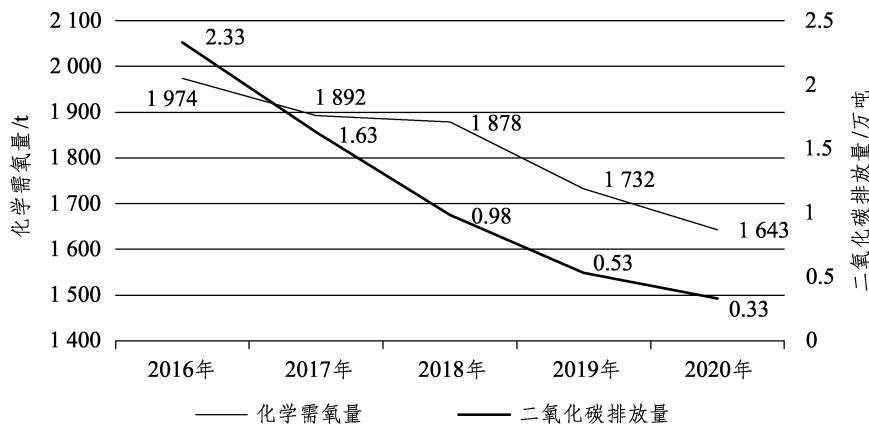


图 1-6 国家铁路化学需氧量、二氧化碳排放量

## 二、铁道机车在现代轨道交通运输中的地位

铁道机车包括电力机车和内燃机车（一般还包括蒸汽机车），是通过外部接触网（或轨道）或燃料燃烧供给机车动能的现代化牵引动力。它无论在当前铁路运输中，还是在城市轨道交通运输中都具有不可替代的重要地位。

### (一) 电力机车

从对国家铁路机车的统计结果可知：电力机车拥有量占机车总量的比例已经超过60%，这主要得益于电力机车所具有的不可比拟的优势。

机车总体及走行部

### 1. 功率大、速度快

机车的功率大小决定了它的牵引力和运行速度。内燃机车由于受结构的限制，功率受到影响，而电力机车的功率相对较大，加之现代电网容量超过机车功率好多倍，使现代电力机车向重载、高速方向发展成为现实。

### 2. 热效率高、成本低

电力机车的平均热效率为 26%，高于内燃机车，同时无非生产性消耗，运输成本低，经济效益好。

### 3. 综合利用资源、降低能源消耗

我国有丰富的水利资源可供发电。另外，火力发电厂也可利用一些劣质燃料发电，做到资源综合利用，从而节约大量的优质燃料。

### 4. 清洁无污染

电力机车的动力来自电能，无任何有害排放物和污染，作为铁路运输的主要牵引动力是十分理想的绿色交通工具。

### 5. 维修便利、成本低

电力机车上主要是一些电气设备，因此具有保养容易、维修量小、定修周期短等特点。

### 6. 工作条件舒适

电力机车乘务员的工作条件在劳动强度、工作环境、噪声、采光、振动等方面都有很大的改善，且优于内燃机车。

## (二) 内燃机车

内燃机车与电力机车相比也有其优点。

### 1. 热效率高、能耗低

内燃机车的热效率可达 30% ~ 35.5%。DF<sub>4B</sub> 型内燃机车的热效率为 33.9%。而向电力机车供电的火力发电站的热效率在我国则只有 18.4% ~ 19.3%。

机车柴油机的耗油总量占全国内燃机耗油总量的 4% 左右。汽车的单位能耗比内燃机车高出 20 倍，内燃机车经济地利用了石油资源。

### 2. 投资少

电力牵引必须修建牵引供电系统，使电力牵引总的投资比内燃牵引高 1.45 ~ 2.55 倍，而且内燃牵引适应能力强，机动灵活性好。

### 3. 具有可靠的电阻制动或液力制动

内燃机车可以采用电阻制动（电传动内燃机车）或液力制动（液力传动内燃机车），不仅有利于提高列车的下坡速度，而且还由于使用电阻制动或液力制动，车辆轮对踏面及闸瓦减少了磨耗，延长了轮对踏面的运行里程，减少了闸瓦更换的工作量和消耗量。

#### 4. 牵引性能好

内燃机车的牵引特性曲线较接近于等功率曲线，低速时的牵引力较大。例如，DF<sub>4B</sub>型机车在6‰的坡道上能牵引4 100 t的货物。

#### 5. 起动加速快，降低运输成本

内燃机车起动加速快、整备时间短、运行里程长、便于多机牵引，为延长机车交路、减少运用机车台数、降低运输成本、提高线路通过能力创造了条件。

#### 6. 内燃机车新技术运用前景广阔

内燃机车在新技术运用方面有着广阔的前景，如机车交流传动、径向转向架、柴油机节能与强化代用燃料、微机控制、运行安全保障系统、检测与维修技术等。

内燃机车的缺点是结构复杂，制造修理工艺水平高和运用保养要求较高，对高温、高海拔和长大隧道的适应能力较差，排出的废气对环境会造成污染等。

因此，尽管我国电气化铁路电力机车由于其自身的优势，正在逐步取代内燃机车，占据越来越大的市场份额，但考虑到内燃机车具有使用范围广、铁路线路一次性投资少、无须电气化铁路、性能相对稳定、故障率较少、受外部环境影响较小、维修相对简单、使用成本低等优点，在一些经济不发达、气候条件恶劣或矿产自然资源集中区，如蒙内铁路、“一带一路”沿线、青藏铁路或煤矿等矿产资源丰富地区一般使用内燃机车牵引，因此内燃机车仍有其特定的应用环境。

## 任务二 铁道机车的发展概况

### 知识目标

- (1) 了解铁路牵引力概述。
- (2) 了解铁道机车的发展历史和不同阶段铁道机车的技术特性。
- (3) 掌握电力机车牵引制式。
- (4) 了解蒸汽机车发展概况。
- (5) 了解内燃机车发展概况。
- (6) 了解电力机车发展概况。

### 能力目标

- (1) 了解铁路运输和牵引力概述。
- (2) 了解电力机车发展概况。

### 素质目标

- (1) 培养学生爱岗敬业、忠于职守、团结合作的精神。
- (2) 使学生具备从事机车运用和检修岗位所必需的基本知识和专业技能。

### 工具设备

多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。

### 教学环境

多媒体教室、铁道机车模拟驾驶实训室。

## 一、铁路运输和牵引力概述

### (一) 铁路运输概述

1825年9月27日，英国人乔治·斯蒂芬森亲自驾驶“旅行者号”蒸汽机车在新铺设的世界上第一条铁路——英国的斯托克顿—达林顿铁路上试车，并获得成功。蒸汽机在交通运输业中的首次应用，使人类迈入了“火车时代”，为人类交通运输业揭开了新的篇章。铁路运输迄今虽已有近200年的历史，但经过不断更新改造，现代化铁路仍是世界各国重要的运输工具。铁路运输具有运量大、运程长、成本低、受气候条件影响小等优点。

铁路运输并不创造新的物质产品，而只改变旅客或货物的位置。铁路运输的生产过程是分布在全国漫长的铁路线上进行的，具有点多、线长、连续性强等特点，且铁路又是运输、机务、车辆、工务、电务、材料供应、基本建设等许多业务部门配合在一起的综合性企业，因此，铁路运输必须实行高度集中、统一指挥。从铁路运输组织工作的角度看，铁路运输形



式的特点是铁道及列车，铁路的主要运输设备也是根据运输要求设置的。

### 1. 铁路线路及各种类型的车站

铁路线路是铁路列车运行的基础，由轨道、路基、桥涵、隧道等组成；车站则是办理旅客和货物运输、编组、解体列车以及有关技术作业的基地。车站又有旅客站、货物站、编组站、区段站和中间站之分。

### 2. 机车车辆及其修理与整备设备

机车是牵引列车运行的基本动力，各类型的车辆是载运旅客和货物的工具，而修理与整备设备则是机车车辆经常处于完好状态和正常运行的基本保证。

### 3. 通信信号设备

通信信号设备是保证行车安全和提高行车效率的重要设备，犹如铁路运输的耳目。铁路运输的生产过程就是利用铁路线路、车站、机车车辆及通信信号等技术设备，将旅客与货物从起点运送到终点的过程。

随着社会生产和现代科学技术的进步，世界各国的铁路运输都在广泛采用计算机技术和自动控制技术，以促使铁路运输逐步向自动化、信息化和数字化方向发展。铁路运输自动化不但是现代交通运输向着高速、安全方向发展的需要，而且能使复杂的运输管理更加科学与合理，从而极大地提高运输效率和劳动生产率，更好地完成日益繁重的运输任务。

## （二）铁路牵引动力的基本形式

机车是铁路运输的基本动力。由于铁路车辆大都不具备动力装置，列车的运行和车辆在车站内有目的地移动均需机车牵引或推送。因此，机车的保有数量、牵引性能、保养和检验质量以及正确的组织，对机车的运用，对铁路能否完成和超额完成国家运输任务有很大的影响。

（1）机车按原动力分为蒸汽机车、内燃机车和电力机车。

（2）机车按运用分为客运机车、货运机车和调车机车。客运机车要求速度快，货运机车需要功率大，调车机车要有机动灵活的特点。

## 二、蒸汽机车发展概况

蒸汽机车是利用蒸汽机把燃料（一般用煤）的化学能变成热能，再变成机械能，从而使机车运行的一种铁道机车。它的优点是结构简单、成本低，缺点是热效率低、体型笨重。

1804年，英国工程师特里维西克研制出一台单缸蒸汽机车。因为当时使用木材烧火作燃料，所以叫“火车”，“火车”这个名字在今天已经流传到全世界，而蒸汽机车被叫作“火车头”。

英国人乔治·斯蒂芬森研制了世界上第一台真正意义上的蒸汽机车。1814年7月25日，他研制的第一台蒸汽机车“旅行者号”试运行成功，它可以拉着8节矿车，载重30t，以6.4km/h的速度前进。

由斯蒂芬森主导设计的蒸汽机车和铁路工程不仅彻底改变了英国面貌，也极大地推动了

社会进步，改变了整个世界的历史进程。

在“铁路之父”斯蒂芬森的百年诞辰之际，1881年6月9日（光绪七年），中国第一条官办铁路“唐胥铁路”（唐山—胥各庄）开始建设铺轨，1881年11月8日，唐胥铁路正式通车。

中国第一台蒸汽机车——“龙号”，诞生于1881年，是利用煤矿起重锅炉和竖井架的槽铁等旧材料试制而成的。1952年7月，新中国制造的第一台蒸汽机车出厂，命名为“解放型”，现用代号JF，之后又陆续试制出“前进型”“工农型”“建设型”等蒸汽机车。

### 三、内燃机车发展概况

内燃机车是以内燃机作为原动力，通过传动装置驱动车轮的机车。我国铁路采用的内燃机绝大多数是柴油机。内燃机车的优点是起动迅速、功率大、热效率较高；缺点是构造复杂、制造维修费用大、造成的污染大。

1958年9月9日，中国第一台内燃机车“巨龙”号于原北京长辛店机车车辆厂研制成功，自重60 t，机车牵引力为441 kW，最高速度为85 km/h。

#### （一）我国第一代内燃机车设计生产的5年（1964—1968年）

代表产品：DF、DF<sub>2</sub>、DF<sub>3</sub>、DF<sub>2增</sub>、DF<sub>增</sub>、DFH<sub>1</sub>等机型。

#### （二）第二代内燃机车开发生产的20年（1968—1988年）

代表产品：DF<sub>4A</sub>、DF<sub>4B</sub>、DF<sub>4C</sub>、DF<sub>5</sub>、DFH<sub>3</sub>、北京型等（北京型和东方红型都是液力传动内燃机车，目前已经逐步淘汰）。DF<sub>4B</sub>型机车共生产了40 000台左右，最大运行速度为120 km/h，柴油机装车功率为2 430 kW，于1999年停产。

#### （三）我国第三代内燃机车开发生产的10年（1989—1998年）

技术特征：中速柴油机匹配交直流电传动；采用微机控制；准高速机车采用牵引电动机架悬式转向架。

代表产品：DF<sub>6</sub>、DF<sub>11</sub>、DF<sub>8B</sub>、DF<sub>4D</sub>、DF<sub>10F</sub>等。其中，DF<sub>4D</sub>是为满足1997年4月1日开始的铁路提速的迫切需要，1996年12月大连机车车辆厂成功开发出的提速客运内燃机车，机车最高运行速度为145 km/h，后来提高到170 km/h。

#### （四）我国第四代内燃机车开发生产的起步（1999年至今）

技术特征：

- （1）采用交-直-交电传动（直接采用第三代逆变器IGBT）；
- （2）辅机交流电传动；
- （3）机车微机控制；
- （4）柴油机电子喷射（喷油量和时间由微机控制）；
- （5）客运机车牵引电动机架悬、货运机车径向转向架。

代表产品：捷力号（日本三菱公司IPM）、DF<sub>8CJ</sub>、DF<sub>8DJ</sub>（西门子IGBT功率模块）、HXN<sub>5</sub>

(戚墅堰机车厂通过从美国通用电气公司技术转移方式进行国产化,如图 1-7 所示)、HXN<sub>3</sub> (大连机车厂及美国 EMD 公司共同研制,如图 1-8 所示),以及出口澳大利亚内燃机车 (SDA<sub>1</sub>) 和 4400HP 机车等。



图 1-7 HXN<sub>5</sub> 型内燃机车



图 1-8 HXN<sub>3</sub> 型内燃机车

## 四、电力机车发展概况

电力机车是非自带能源式机车,以电能作为动力,电能通过高压线从发电厂获得。电力机车的热效率较高,具有功率大、过载能力强、牵引力大、速度快、整备作业时间短、维修量少、运营费用低、便于实现多机牵引、能采用再生制动以及节约能量等优点,而且不会造成空气污染、噪声小。

### (一) 电力机车牵引制式

目前主要存在三种形式的电力机车,即直流电力机车、低频单相交流电力机车和工频单相交流电力机车。此外,尚有一定数量的多电流制机车(即上述三种机车的组合型),用于不同供电制衔接区段的牵引。

#### 1. 直流电力机车

直流牵引制是电力牵引早期采用的牵引制,目前在电力牵引中还占有一定比例,尤其是城市电车、地下铁道以及大型工矿企业运输中,直流牵引制仍占据着主导地位。直流牵引通常是由电力系统供给三相交流电,在牵引变电所中变压器降低电压,再用整流装置将交流电变为直流电,最后以直流的形式经馈电线输送给接触网,供直流电力机车取用。采用直流牵引制的机车为直流电力机车。直流电力机车的基本特点是:结构简单、工作可靠、调速方便、造价低廉、牵引性能好(因为机车上采用的是具有最佳牵引性能的直流串励牵引电动机)。直流牵引制由于受牵引电动机端电压的限制,接触网电压低,牵引电流大,接触网的有效截面也很大,有时竟高达 600~800 mm<sup>2</sup>。为了节省有色金属和保证牵引网的电压水平,不得不缩小牵引变电所的距离(一般只达到 20~30 km),因此,牵引变电所的数量也随之增多。所以直流电气化铁道的建设投资和运营费用都较高,而且也限制了机车功率的进一步提高,降低了直流牵引制的供电效率。另外,直流牵引还有一个严重的问题,就是泄漏电流对沿线地下金属设施的腐蚀比较严重,需采取特殊的防护措施。

近年来,直流电力机车的发展出现了两种方向,即采用晶闸管直流斩波器调速和将接触

网电压提高至 60 kV。直流电力机车传统的起动、调速方法是在电源与牵引电动机之间串联可变电阻器。这种调速方法的缺点较多。而晶闸管直流斩波器的应用，不仅可以取消上述电阻，而且能对牵引电动机的端电压进行连续、平滑地调节。这样既可节省大量的电能，又给机车牵引带来一系列的好处，如充分利用黏着，改善机车的起动性能等。

## 2. 低频单相交流电力机车

低频单相交流牵引制出现于 20 世纪初期。许多西欧国家如奥地利、挪威、瑞典和德国等都采用这种电流制。不过当初采用的单相低频交流制有很多种，如 15 Hz、 $16\frac{2}{3}$  Hz 和 25 Hz 等，其电压也不一样，有 3.3 kV、6.5 kV、11 kV 和 15 kV，后来才逐渐统一成了 15 kV、 $16\frac{2}{3}$  Hz 的单相低频交流制。采用单相低频交流制的主要原因：一是由于直流牵引制接触网电压太低，不经济；二是限于当地的技术条件，由于当时尚造不出工频单相交流牵引电动机，只能采用低频单相交流牵引电动机，单相整流子式牵引电动机在低频条件下易保持整流的稳定性，具有与直流牵引电动机相似的牵引特性；另外，在电力机车上还可以比较容易地将接触网的高压降低到牵引电动机所需的电压。在这种情况下，只好降低接触网的供电频率。

采用单相交流牵引制，可以大幅度提高接触网电压，节省有色金属的消耗量，同时可以增大牵引变电所之间的距离，从而减少牵引变电所数量。此外，接触网电压提高后，还可满足机车功率不断增加的需要。

低频单相交流牵引制采用的机车为低频单相交流电力机车。这种机车的传动形式是采用单相整流子电动机作为牵引电动机，其特点是在牵引电动机供电回路中设有整流环节。通常又把这种机车称为单相整流子电动机电力机车。单相整流子牵引电动机工作中最突出又最严重的问题就是整流问题。为了保证良好的整流质量，必须使电机整流元件（即电机的换向绕组）中的变压器电势不超过一定数值。要做到这一点，只有采用较低的供电频率才行。因此，在早期电气化铁路上采用的单相整流子牵引电动机均为低频的单相整流子电动机。

目前，单相低频交流牵引制采用三种供电方式：一是建立完全独立的电力牵引专用的低频供电系统，由发电厂发出单相低频电流，经高压输电线输送到牵引变电所；二是在牵引变电所获得电能，将电压降低到 16.5 kV 或 12.1 kV，然后再馈送到接触网，在专设的变频变电所内将三相电变为单相电，将工频转换为电气化铁路所需要的低频，再从这些变频变电所经高压输电线送给各牵引变电所；三是由三相工频交流电力系统供电，在各个牵引变电所进行降压、变频和变相，这比直流变电所既变压又整流设备更为复杂。

当采用单相低频交流牵引时，需要建立专门的低频发电厂（不能向非牵引用户供电），或者是设置变频装置，这使得电气化铁路一次投资增大以及变电所的运行管理复杂化。因此，低频单相交流牵引制在发展上受到一定的限制。

## 3. 工频单相交流电力机车

工频单相交流牵引制具有一系列直流牵引制或低频单相交流牵引制所无法比拟的优点：供电设备简单、经济、可靠。它的一次供电系统与直流制相同，但牵引变电所的设备大为简化，不需要像直流制那样在变电所内设置复杂的整流装置，也不需要像低频单相交流牵引制一样建设专用的发电设施，或在变电所内安设变频机组；工频单相交流制的牵引变电所还可

以方便地向地区负荷供电，可以大幅度提高牵引网的电压，从而增大牵引变电所的距离，减少变电所的数量，缩小接触网的有效截面，简化接触网结构，降低接触网中的功率损失，这样不仅可以减少电气化铁路的一次建设投资，而且也可以降低电气化铁路的运营费用。另外，采用工频单相交流牵引制还可以改进电力机车的黏着性能和牵引性能。由于交流电力机车采用变压器变压，因而牵引电动机全部并联工作，可以防止轮对空转，大大提高了电力机车的黏着系数。由于整流器式电力机车仍采用直流电动机，因此具有较好的调速和牵引性能。正是因为具有这些突出的优点，所以自 20 世纪 50 年代以来，工频单相交流牵引制发展得很快。凡是新开始实行电气化铁路的国家，大多采用工频单相交流牵引制。

工频单相交流牵引制采用的机车为工频单相交流电力机车。工频单相交流电力机车可以采用直流（脉流）串励电动机、工频单相整流子电动机以及无整流子交流电动机（包括同步型和异步型），其中最具有代表性且应用最普遍的则是直流（脉流）串励电动机，机车上装有变压器和整流器，其功能是将接触网送来的高压单相交流电在机车上经变压器降压，再经整流器整流，然后供给牵引电动机。

近几十年来，整流器式电力机车在技术上的重大突破集中地表现在整流器上。在 20 世纪 50 年代，这种机车是以水银整流器（即引燃管）作为整流装置的；进入 60 年代后，由于大功率半导体技术的迅速发展，水银整流器迅速被硅整流器所取代。硅整流器的突出优点是结构简单、工作可靠、维修工作量小。大功率可控硅（即晶闸管）的出现及其在电力机车上的应用，不仅使整流器式电力机车的整流装置发生了质的变化，由不可控整流变为可控整流，并使整流、调压、逆变三者融为一体，同时也为发展工频单相交流电力机车采用交流无整流子牵引电动机提供了新的技术途径。采用可控硅（晶闸管）相控调压，可以使机车实现平滑调速，也可以实现各种闭环控制，使机车自动按照一定的要求运行，从而提高了电力机车控制的自动化程度；此外，还可以取代机车主电路中一些有触点电器，如调压开关等。目前，我国电气化铁路上运用的电力机车主要是工频单相交流硅整流器式电力机车。

现在，交流传动技术正趋于成熟，各种交流传动系统已进入电气传动的各个领域，三相交流牵引电动机随着现代大功率变频技术的迅速发展而发展起来，除工业应用外，现已被成功地应用于铁道干线机车和高速动车上。

由于交流牵引电动机没有换向器工作面圆周速度的限制，因此可以选用高的转速和大的传动比，这样能显著减小电机的质量，以获得较大的单位质量功率。另外，交流电动机充分利用了原直流电机换向器所占的空间，热量能沿定子圆周均匀散发，改善了电机的冷却效果，明显地增长了电机的寿命。交流电机的优越性可在表 1-1 所示的两种电机参数比较中得到证实。

表 1-1 两种不同类型牵引电动机参数比较

电机种类	脉流电动机	三相异步电动机
型号	BAG4843	UZ116·64K
安装机车型号	BR120	181.2
功率/kW	1 400	1 360 (5 min)
持续功率/kW	1 400	810
电机电压/V	2 200	1 050

机车总体及走行部

持续电流/A	360 (相)	830
最大转速/(r/min)	3 600	1 860
转子直径/mm	930	950
质量/kg	2 380	3 630
单位质量功率/(kW/kg)	0.588	0.375

如表 1-2 所示，对于中小型容量的电机，在质量和外形尺寸大致相同的情况下，交流牵引电动机的功率一般比直流电动机的功率大 30%。

表 1-2 中小容量交直流电机参数比较

电机种类	直流牵引电动机	交流异步电动机
型号	TDK6200-A	TDK8270-A
功率/kW	165	130
电机转速/(r/min)	1 565	1 450
绝缘等级	C	C
质量/kg	776	770
机座外径/mm	570	570
单位质量功率/(kW/kg)	0.168	0.214
单位质量转矩/(N·m/kg)	1.1	1.316

## (二) 电力机车发展概要

1890 年，英国伦敦首先用电力机车在 5.6 km 长的一段地下铁道上牵引车辆，这是世界上第一辆电力机车。英国作为第一次工业革命的主要发生地，在蒸汽机车和电力机车的研发过程中都有着至关重要的地位。

我国电气化铁路从 1958 年开始筹建，1961 年 8 月，我国第一条电气化铁路宝（鸡）成（都）铁路的宝凤（州）段（91 km）开通，采用工频交流 25 kV 牵引供电制式，跨越了直流牵引供电制式，奠定了我国铁道电力牵引现代化的基础。电力机车的研究与铁道电气化同步，也是始于 1958 年。1958 年 12 月，我国第一台干线电力机车研制成功，定名 6Y1 型（6 轴，引燃管整流），采用交直传动技术。经历 60 多年的不懈努力，我国的电气化铁路得到迅速发展，电力机车的研究也从最初的韶山型系列电力机车，到最新的复兴号动力集中动车组（俗称绿巨人）。

我国电力机车的发展大体经历了四个阶段：

第一阶段是从 1958 年至 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初期。第一台交流电力机车由湘潭电机厂（负责电器和总装）、株洲机车车辆厂（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。从此，我国电力机车从无到有并经过三次大的技术改造，生产出了性能稳定、运行可靠的 SS<sub>1</sub> 型电力机车（见图 1-9），作为客货牵引动力的主型干线机车，到 1988 年止，

共生产 SS<sub>1</sub> 型电力机车 828 台。

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。这一时期的代表机型是 SS<sub>3</sub> 型和 SS<sub>4</sub> 型电力机车。

SS<sub>3</sub> 型电力机车（见图 1-10）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。这种调压方式避免了调压开关无故断开的情况，从而提高了工作可靠性，既保证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质量的优点。如改装后的 SS<sub>1</sub> 型 031 号电力机车，采用级间平滑调压试验结果表明，与原来有级调压相比，起动牵引力提高 13%~18%，坡停起动时机车功率提高 2~4 倍。但由于该调压方式仍采用调压开关作为级间转换，主电路结构较复杂。后期通过引进技术已将 SS<sub>3</sub> 型电力机车改成了全相控方式（即 SS<sub>3B</sub> 型）。改进的项目主要包括：8 级间平滑调压改为三段不等分相控调压、机车特性控制；两级电阻制动改为加馈电阻制动；中心销牵引装置改为低位平拉杆牵引装置等。



图 1-9 SS<sub>1</sub> 型电力机车



图 1-10 SS<sub>3</sub> 型客货两用电力机车

SS<sub>4</sub> 型电力机车（见图 1-11）是我国自行研制的第一代重载货运、全相控调压、B<sub>0</sub> 转向架机车。该车由相同的两节车组成，每一节只有一台劈相机，用一台通风机作先导机，当劈相机故障时，代替劈相机作为辅助机组提供三相电流。该车从性能指标上已达到我国货运主型机车的要求。由于该车从 20 世纪 80 年代初开始研制，当时的技术水平仍属于 70 年代开发研究的层次，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 台车仍留有某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 SS<sub>4</sub> 型机车进行了重大技术改进，俗称 SS<sub>4</sub> 改进型（SS<sub>4G</sub> 或 SS<sub>4改</sub>）。改进的主要项目有：经济四段桥相控改为不等分三段桥相控；加装功率因数补偿装置；两级电阻制动改为加馈电阻制动；恒流恒压控制改为恒流准恒速特性控制；加装空转（滑行）保护装置、轴重转移补偿装置；Z 形低位斜杆牵引装置改为推挽式低位斜杆牵引装置等。



图 1-11 SS<sub>4</sub> 型重载货运电力机车

第三阶段始于 20 世纪 90 年代。这是国产电力机车技术创新进化阶段，国产电力机车推

进“绿色智能”技术，完成了交-直主传动向交-直-交异步主传动技术进化；客运普速向高速技术进化；货运普载牵引向重载万吨列车牵引技术进化，轨道交通方式逐渐向虚拟智能交通方式技术进化。通过消化吸收 6K、8K 等国外电力机车的先进技术，我国电力机车的研制水平有了长足的进步。所采用的新技术主要有：8K 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、预布线和预布管工艺、单边刚性齿轮传动及滚动抱轴承结构；6K 机车的 3B<sub>0</sub>转向架；SS<sub>6B</sub> 机车的 ZD114 型牵引电动机；8G 机车的牵引装置等。结合我国传统的牵引电动机并联主电路形式，应用新技术相继研制或改进了 SS<sub>5</sub>、SS<sub>8</sub>、SS<sub>9</sub>、SS<sub>3B</sub>、SS<sub>6B</sub>、SS<sub>7</sub>、SS<sub>7B</sub>、SS<sub>7C</sub>、SS<sub>7D</sub>、SS<sub>7E</sub>、SS<sub>4B</sub> 等型电力机车和 AC4000 型交-直-交传动原型电力机车（见图 1-12）、DJ（熊猫）型交-直客运电力机车、DJ<sub>1</sub>（蓝箭）动力集中型交-直-交动车组、DJ<sub>E</sub>（先锋）动力分散型交-直-交动车组、DF<sub>1</sub>（中原之星）动力分散型交-直-交动车组、DJ<sub>2</sub>（奥星）客运交-直-交电力机车（见图 1-13）。



图 1-12 AC4000 型交-直-交传动电力机车



图 1-13 “奥星”客运交-直-交电力机车

第四阶段是 21 世纪初至今。2003 年 11 月，原铁道部与原中国南车、北车集团及其重点企业共同制定了《加快铁路机车车辆装备现代化实施纲要》，并选择了 6 家机车制造企业作为引进先进技术和自主创新依托的主体。2004 年 1 月，国务院常务会议通过了《中长期铁路网规划》；2004 年 4 月，国务院常务会议研究通过的铁路机车车辆装备现代化实施方案明确指出，“加快我国铁路运输装备现代化，要按照引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌的总体要求，力争在较短时间内，使我国机车车辆生产能力达到世界先进水平”。根据国务院确立的上述方针，国家发改委与原铁道部于 2004 年 7 月联合下达了《大功率交流传动电力机车技术引进与国产化实施方案》，正式开始了新型交流传动电力机车的采购过程，并拉开了铁路装备的跨越式发展，由此产生了和谐型系列动车组，主要代表车型有 HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>2</sub>、HXD<sub>3</sub> 等系列车型。

HXD<sub>1</sub> 型电力机车（见图 1-14）是中国铁路电力机车车型之一，由西门子公司和原南车株洲电力机车有限公司联合研制，是在西门子“欧洲短跑手”（EuroSprinter）机车平台上，以 ES64F4 型电力机车为原型车，结合 DJ<sub>1</sub> 型电力机车在大秦铁路的运用经验而开发研制的干线货运八轴大功率交流传动电力机车，持续功率为 9 600 kW，最高运行速度为 120 km/h，后期又通过技术创新相继开发出 HXD<sub>1B</sub>、HXD<sub>1C</sub>、HXD<sub>1D</sub>、HXD<sub>1G</sub> 等系列车型。HXD<sub>1G</sub>（现已更名为 FXD<sub>1</sub>）型电力机车是我国 2015 年在既有“和谐”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。

HXD<sub>2</sub>型电力机车（见图 1-15）是中国铁路电力机车车型之一，由法国阿尔斯通交通运输股份有限公司和原北车大同电力机车有限责任公司联合研制，是在阿尔斯通“Prima”机车技术平台上，以法国国铁 BB27000 型电力机车为原型车，开发研制的干线货运八轴大功率交流传动电力机车，最大功率为 10 000 kW，最高运行速度为 120 km/h，后期又相继开发出 HXD<sub>2B</sub>、HXD<sub>2C</sub>、HXD<sub>2F</sub> 等系列车型。



图 1-14 HXD<sub>1</sub>型电力机车



图 1-15 HXD<sub>2</sub>型电力机车

HXD<sub>3</sub>型电力机车，早期被称为 SSS<sub>3</sub>型、DJ<sub>3</sub>型和神龙 1 型，是中国铁路电力机车车型之一，由原北车大连机车车辆有限公司和日本东芝公司联合开发研制。该型机车是为满足中国铁路客货需要而研发的大功率交流传动干线客货两用六轴电力机车，采用交-直-交流电传动，持续功率为 7 200 kW，最高运行速度为 120 km/h，后期又通过技术创新相继开发出 HXD<sub>3B</sub>、HXD<sub>3C</sub>、HXD<sub>3D</sub>、HXD<sub>3G</sub> 等系列车型。HXD<sub>3G</sub>（现已更名为 FXD<sub>3</sub>）型电力机车基于既有和谐型电力机车成熟技术，充分考虑了高速客运机车的技术特点，采用了轻量化、简统化、模块化的设计理念，可满足速度 200 km/h 机车的运用要求。

2006 年，和谐型交流传动电力机车全面担当全国铁路快速客运、重载货运牵引任务。为了能够适应中国高速铁路运营环境和条件，满足更为复杂多样、长距离、长时间、连续高速运行等需求，打造适合中国国情、路情的高速动车组的设计、制造平台，实现高速动车组技术全面的自主化，从 2012 年开始，在原中国铁路总公司的主导下，集合国内有关企业、高校、科研单位等优势力量，开展了中国标准动车组的研制工作。与此同时，国内主机制造企业也在积极推进机车的统型工作，CR160J 动力集中动车组是根据原中国铁路总公司运输和经营发展需求、提高既有铁路运输服务品质、充分利用既有铁路的运输资源和机车检修资源、依托 FXD<sub>1</sub> 与 FXD<sub>3</sub> 八轴快速客运电力机车和既有 25T 型客车技术平台而研制的，用于既有线或新线客货铁路推广使用动车组旅客列车，加快普速铁路的捷运化升级。CR160J 动力集中动车组作为中国标准动车组的一种，设计理念基于不同供应商配件，可以实现对等替换，不同厂商生产的动力车、拖车、通信标准和接口相同，可以进行互联互通互操作。

“绿巨人”指速度 160 km/h 的动力集中复兴号动车组（型号 CR200J，见图 1-16），采用流线型外形，内部服务设施设备与既有动车组基本一致，适用于所有普速电气化铁路，其动力集中在列车头部或列车首尾端。该动车组有短编组和长编组两种型号，其中短编组为 9 节车厢，定员 720 人，长编组为 11 节到 20 节车厢不等，最高定员 1 102 人。与传统机车牵引客车相比，该车型司机操作更加方便快捷，旅客乘坐更加安全舒适，运输组织更加高效，可充分利用既有检修资源，减少基础投入和设备的维护成本。该车于 2019 年 1 月 5 日陆续投入

机车总体及走行部

运营，一些普速线路进入动车时代。



图 1-16 复兴号动力集中动车组（俗称绿巨人）

## 任务三 铁道机车构成及主要参数

### 知识目标

- (1) 掌握铁道机车的构成、分类及主要功能。
- (2) 了解主型铁道机车的技术参数。

### 能力目标

- (1) 掌握铁道机车的构成及功能。
- (2) 了解机车的主要技术参数。

### 素质目标

- (1) 培养学生爱岗敬业、忠于职守、团结合作的精神。
- (2) 使学生具备从事机车运用和检修岗位所必需的基本知识和专业技能。

### 工具设备

多媒体设备课件、图片、示教板、计算机多媒体设备等。

### 教学环境

多媒体教室、铁道机车模拟驾驶实训室。

## 一、铁道机车构成及功能

目前,我国现有的铁道机车主要有电力机车和内燃机车两大类,由于电力机车市场占有率已超过60%,且逐渐替代内燃机车。下面将以电力机车为主、内燃机车为辅,重点介绍铁道机车的构成、分类和各系统的功能。

### (一) 机车构成及分类

#### 1. 电力机车

电力机车由电气部分、机械部分和空气管路系统三大部分组成。

电气部分包括牵引电动机、牵引变压器、整流硅机组、各类电器等。通过它们把来自接触网的电能转变为机械能,同时实现对机车的控制。

机械部分包括车体、转向架、车体与转向架的连接装置及牵引缓冲装置等。

空气管路系统包括风源系统、制动机管路系统、控制管路系统和辅助管路系统等。

## 机车总体及走行部

电力机车的分类方式如下：

(1) 按使用场合可分为工矿电力机车和干线电力机车两类。工矿电力机车多采用直流制，功率和速度一般比干线电力机车小，习惯上按机车的黏着质量分级，如 150 t、100 t、85 t、70 t、60 t、50 t 和更轻的等级。较大吨位机车用于标准轨距线路，较轻型机车多用于各种窄轨距线路。干线电力机车按用途可分为客运电力机车、货运电力机车、客货两用电力机车和调车电力机车四种。

(2) 按传动形式分为：① 具有个别传动的电力机车，电力机车每一轮对都由单独的牵引电动机驱动，这些轮对称为动轮或动轴；② 具有组合传动的电力机车，电力机车上某几个轮对互相连接成组，然后由一台牵引电动机驱动。

(3) 按供电电流制-传动形式分为：① 直流供电，直流牵引电动机驱动的直-直型电力机车；② 交流供电，直（脉）流牵引电动机驱动的交流-直-交型电力机车；③ 交流供电-变流器环节，三相交流异步电动机驱动的交流-直-交型电力机车；④ 交流供电-变频器环节，三相交流同步电动机驱动的交流-交型电力机车。

## 2. 内燃机车

内燃机车由柴油机（机车动力装置）、传动装置（电传动或液力传动）、车体及走行部（包括机车车架、车体、转向架等）、辅助和控制装置（包括机车燃油系统、机油系统、冷却系统、预热系统、制动系统、辅助传动装置）等组成。

内燃机车的分类方式有如下几种。

### 1) 按工作性能不同分

(1) 干线机车（包括货运机车和客运机车）：主要用于铁路干线上牵引客、货列车，主要型号有 DF<sub>4B</sub>、DF<sub>4D</sub>、DF<sub>11</sub>、ND<sub>5</sub>、DF<sub>5</sub>。

(2) 调车机车：主要用于调车场进行列车编组、解体作业及站段内调车或兼作短途小运转牵引作业，此外也可用于工矿企业内部，担任场内运输任务。调车机车有 DF<sub>2</sub>、DF<sub>7</sub> 和 DFH<sub>1</sub> 型等。

(3) 内燃动车组：具有内燃机动力装置的动车（其列车两端为具有动力装置的动车，并且车头造型和车厢是配套设计的）和客车编成的车组，一般适宜于市郊或邻近城市间的短途客运，如“长城号”动车组、“新曙光号”准高速双层内燃机车等。

### 2) 按传动方式不同分

(1) 机械传动内燃机车。其特点是结构简单、传动效率高，但功率利用系数低，换挡时功率中断，易引起冲动，仅适用于工矿专用的小功率内燃机车上。

(2) 电力传动内燃机车。其特点是牵引特性好、效率高、运用可靠，缺点是质量大、电机耗铜多。电力传动内燃机车可分为直-直流电传动和交-直流电传动两种。

(3) 液力传动内燃机车。其特点是质量小、电机耗铜少、牵引性能好，但也存在整个运用范围内平均效率较低、制造工艺要求较高等缺点。

我国铁路运用的内燃机车有电力传动和液力传动两种。

## (二) 机车机械部分的功能

### 1. 车 体

车体是电力机车上部车厢部分,由车厢体和底架组成,就其功能可分为司机室和机器间。

(1) 司机室:乘务人员操纵机车的工作场所。现代干线运输电力机车设置两端司机室,可以双向行驶,无须调头。

(2) 机器间:用于安装各种电气和机械设备,一般分为若干个室,各类设备根据不同用途分室安装。

### 2. 转向架

转向架即机车走行部分,它是机械部分最重要的组成部分,主要包括:

(1) 构架:转向架的基础受力体,也是各种部件的安装基础。

(2) 轮对:机车在线路上的行驶部件,由车轴、车轮及传动大齿轮组成。

(3) 轴箱:用于固定轴距,保持轮对位置正确、安装轴承等。

(4) 弹簧悬挂装置:也称一系弹簧,用于缓冲轴箱以上部件的振动,以减轻运行中的动作用力。

(5) 齿轮传动装置:通过降低转速、增大转矩,将牵引电动机的功率传给轮对。

(6) 牵引电动机:将电能变成机械能转矩,并传给轮对。

(7) 基础制动装置:机车制动机执行制动力的部分,主要由制动缸、传动装置、制动夹钳、制动盘和制动闸片(或闸瓦装置)等组成。

### 3. 牵引缓冲装置

牵引装置即指车钩,它是机车与列车的连接装置。为了缓和连挂和运行中的冲击,设置有缓冲器。

### 4. 车体与转向架的连接装置

车体与转向架的连接装置也称二系弹簧悬挂装置,设置在车体和转向架之间。它是转向架和车体之间的连接装置,又是活动关节,同时承担各个方向力的传递以及减振作用。

## 二、有关机车参数的概念

### (一) 机车型号说明

#### 1. 机车车型的构成

机车车型由基本型号和辅助型号两部分组成。

(1) 基本型号。我国制造的机车基本型号由基本名称或基本代号表示,也可同时使用。

① 基本名称用汉字表示,如东风、韶山、和谐、复兴等。

② 基本代号用车型名称每个汉字拼音的第一个大写字母表示,如DF、SS、HX、FX等。

国外进口机车的基本型号采用基本代号表示,内燃机车和电力机车的基本代号分别用下列方法表示:

a. 内燃机车的基本代号由动力类别和传动方式的两个大写汉语拼音字母组成。如ND表

示电力传动内燃机车；NY 表示液力传动内燃机车。其中，N 表示内燃机车；D 表示电力传动；Y 表示液力传动。

b. 电力机车的基本代号由机车车轴数量和代表电源整流方式汉语拼音的大写字母组成。如 6G 表示六轴硅半导体整流的电力机车；8K 表示八轴可控硅整流的电力机车；6Y 表示六轴引燃管整流的电力机车。其中，G 表示硅半导体整流方式；K 表示可控硅整流方式；Y 表示引燃管整流方式。

(2) 辅助型号。机车的辅助型号由车型顺序号和车型变型号组成。

车型顺序号用阿拉伯数字表示，车型变型号用大写的拉丁字母表示，由 A 起顺序排列，字母 I、O 不使用。车型变型号位于车型顺序号之后，两者均写在基本型号的右下角。

车型顺序号按该型机车设计或从国外进口的顺序依次排列。

车型变型号按该型机车变型的顺序排列，如 DF<sub>4B</sub>、SS<sub>3B</sub>。

## 2. 机车车号的编定

我国制造的机车车号编码数字码，用四位阿拉伯数字表示。在按一台机车编定车号的多节机车，应分别在每节机车车号后缀以节号，节号分别用大写拉丁字母表示，由 A 起顺序排列。

示例：HXD<sub>1</sub> 0096A, HXD<sub>1</sub> 0096B。

机车车型和机车车号的组合实现了机车车型车号的唯一性。

## (二) 轴列式

所谓轴列式，是指用数字或字母表示机车走行部结构特点的一种简单方法。它可以用数字表示，也可以用字母表示。用数字表示的称为数字表示法，用字母表示的称为字母表示法。

### 1. 数字表示法

数字表示每台转向架的动轴数，注脚“0”表示每一动轴为单独驱动。无注脚表示每台转向架的动轴为成组驱动。数字之间的“-”表示转向架无直接的机械连接。例如，SS<sub>1</sub>型电力机车的轴列式为 3<sub>0</sub>-3<sub>0</sub>，表示机车为两台三轴转向架，动轴为单独驱动。SS<sub>4</sub>型电力机车的轴列式为 2(2<sub>0</sub>-2<sub>0</sub>)，表示为两节机车，每节为两台两轴转向架，动轴为单独驱动。

### 2. 字母表示法

即用英文字母表示每台转向架的动轴数。英文字母 A、B、C…分别对应数字 1、2、3…，其他含义与数字法相同。例如，3<sub>0</sub>-3<sub>0</sub>可表示为 C<sub>0</sub>-C<sub>0</sub>；2(2<sub>0</sub>-2<sub>0</sub>)可表示为 2(B<sub>0</sub>-B<sub>0</sub>)。

为了区别无动力转向架与有动力转向架，常在表示轴的数字或英文字母的右上角加“'”号，如 3'<sub>0</sub>-3'<sub>0</sub>、C'<sub>0</sub>-C'<sub>0</sub>和 2(B'<sub>0</sub>-B'<sub>0</sub>)等。上角加“'”号，表示具有动力的转向架。但机车转向架都是有动力转向架，常常将角标省略不写。

## (三) 轴 重

轴重是指机车在静止状态下，每个轮对作用在钢轨上的重量。轴重越大，机车每根轴所能发挥的黏着牵引力也越大。然而轴重越大，机车运行中对线路的影响和破坏性也越大。同样重量的机车，轴数多则轴重小，轴数少则轴重大；线路质量好，运行速度低，轴重可以加

大；反之，线路质量差，运行速度高，轴重必须减小。

世界各国对轴重并无统一规定，视具体情况而定。一般速度低于 100 ~ 120 km/h 的机车，轴重限制为 22 ~ 23 t；结构速度为 160 ~ 200 km/h 的机车，轴重限制为 19 ~ 21 t；结构速度为 200 ~ 250 km/h 的机车，轴重限制为 16 ~ 17 t。如果不符合这个限制，则需改变机车轮轴的配置。

美国铁路在 20 世纪 80 年代前，偏重发展重载牵引，所以轴重较大。那时制造的 GM108 型电力机车，轴重达 29.7 t。

我国铁道机车轴重大多数在 25 t 以下。HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>2</sub>、HXD<sub>3</sub> 型电力机车轴重：无配重（空车）为 23 t，加配重（满载）为 25 t。DF<sub>4</sub> 型内燃机车轴重：无配重（空车）为 23 t，加配重（满载）为 25 t。

#### （四）单轴功率

单轴功率是指机车每根轮轴所能发挥的功率。单轴功率反映了机车牵引电动机和转向架的制造水平。在相同轴重下，单轴功率越大，机车所能达到的运行速度越高。单轴功率应根据运行速度和牵引力的设计要求而定。欧洲各国发展的结构速度大于 200 km/h 的机车，其单轴功率普遍大于 1 000 kW；结构速度达到 160 km/h 的机车，其单轴功率一般大于 800 kW；德国 E120 型电力机车，其小时制单轴功率达 1 400 kW。我国电力机车单轴功率也在不断提高，SS<sub>4改</sub>型电力机车单轴功率为 800 kW，HXD<sub>3</sub> 型电力机车单轴功率为 1 200 kW。

#### （五）构造速度（结构速度）

机车构造速度（结构速度）是指转向架在结构上所允许的机车最大运行速度。构造速度也是反映机车和转向架设计制造水平的重要参数。在高速下运行的机车，同样必须保证运行的平稳性和各零部件的正常使用寿命，这就对转向架的结构、工艺等方面提出了更高的要求。

我国铁路的发展方向也是重载、高速，随着铁路的大提速，对机车速度的要求越来越高，SS<sub>4改</sub>型电力机车的结构速度为 100 km/h，SS<sub>9</sub> 型电力机车的结构速度为 170 km/h，HXD<sub>1</sub>/HXD<sub>3</sub> 型电力机车的结构速度为 120 km/h；运行速度 160 km/h 的动力集中动车组（FXD<sub>1</sub>/FXD<sub>3</sub> 型）于 2019 年 1 月已正式上线运营。

追求高速是世界各国普遍的趋势，德国 ICE 高速列车于 1988 年 5 月达到 406.9 km/h 的试验高速纪录，法国 TGV 高速列车于 2007 年 4 月 3 日创造了 574.8 km/h 的当时世界高速纪录。

### 三、机车主要技术参数

机车主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 几种铁道机车机械部分的主要技术参数

机车总体及走行部

车 型	HXD <sub>1</sub>	HXD <sub>1C</sub>	HXD <sub>3</sub>	FXD <sub>1</sub>	DF <sub>4D</sub>
制造年代	2007	2007	2007	2018	1996
轴列式	2 ( B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> )	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>	B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub>
机车总质量/t	200	138	138	78	138

续表

车 型	HXD <sub>1</sub>	HXD <sub>1C</sub>	HXD <sub>3</sub>	FXD <sub>1</sub>	DF <sub>4D</sub>	
轴重/t	25	23	23	19.5	23	
机车宽度/mm	3 100	3 100	3 100	3 105	3 100	
机车落弓高度/mm	4 103	4 745	4 770	4 030	4 750 ( 最大 )	
车钩中心线距/mm	35 222	22 670	20 846	19 336	21 100	
车钩中心线高度/mm	880 ± 10	880 ± 10	880 ± 10	880 ± 10	880 ± 10	
固定轴距/mm	2 800	2 250 + 2 000	2 250 + 2 000	2 900	1 800 + 1 800	
轴距/mm	2 800	2 250 + 2 000	2 250 + 2 000	2 900	1 800 + 1 800	
转向架中心距/mm	9 000	11 760	20 846	9 000	15 900	
牵引点高度/mm	240	240	240	230	725	
车轮直径/mm	1 250	1 250	1 250	1 250	1 050	
机车功率 ( 持续制 ) /kW	9 600	7 200	7 200	5 600	3 240 ( 机车标称功率 )	
机车牵引力 /kN	持续制	532	370	370	212	341.15 ( 货运 )
	起动牵引力	760	520	520	240	480.48 ( 货运 )
机车速度 / ( km/h )	持续制	65	70	70	95	24.5 ( 货运 )
	最大	120	120	120	160	100 ( 货运 )
传动方式	单侧斜齿、 六连杆空心轴、 弹性传动	单侧斜齿、 六连杆空心轴、 弹性传动	单侧直齿、 六连杆空心轴、 弹性传动	单侧斜齿、 六连杆空 心轴、 弹性传动	单侧齿轮传动	
牵引电机悬挂方式	滚动轴承、 抱轴式半悬挂	滚动轴承、 抱轴式半悬挂	滚动轴承、 抱轴式半悬挂	架悬式	滚动轴承、 抱轴式半悬挂	
齿轮传动比	6.235	6.235	4.81	4.435	4.5 ( 货运 ) 2.83 ( 客运 )	
一系弹簧悬挂静挠度/mm	38	39.5	49	46	123	



二系弹簧悬挂静挠度/mm	104	122	91.7	125	16
牵引方式	低位斜拉杆推挽式牵引拉杆	低位推挽式双杆牵引	中央低位推挽式牵引拉杆	中央低位推挽单牵引杆	低位平行四杆牵引拉杆
基础制动装置	轮装式盘形制动	轮装式盘形制动	轮装式盘形制动	轮装式盘形制动	独立作用式闸瓦踏面制动

操作运用案例

## 实训一 铁道机车认知

### 1. 实训项目教师工作活页

实训项目学生学习活页

NO:

实训项目	铁道机车认知		
学时	2	班 级	
实训场所	铁道机车模拟驾驶实训室		
工具设备	铁道机车模拟控制台、多媒体设备课件、图片、计算机多媒体设备等		
教学目标	专业能力	(1) 能说出我国电力机车的发展和分类； (2) 能叙述机车各机械部分的名称； (3) 能叙述机车各机械部分的功能； (4) 能说明轴列式概念； (5) 能正确认识机车轴列式； (6) 能正确认识机车构造速度； (7) 能正确理解机车单轴轴重； (8) 能正确计算单轴功率	
	方法能力	(1) 能综合运用专业知识，通过利用专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息； (2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案，从中学会表达及展示活动过程和成果	
	社会能力	(1) 能在实习训练活动中保持积极向上的学习态度； (2) 能与小组成员和教师就学习中遇到的问题进行交流和沟通； (3) 能与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神	
教学评价	学生活动：① 以 5~7 人为单位小组开展实训活动，根据本组同学在实训过程中的能力表现及结果进行自评、组内互评；② 根据其他小组同学在成果展示活动中的表现及结果进行互评。 教师活动：① 教师组织学生开展评价活动和总结；② 对学生本实训项目单元成绩做出综合评价		
指导教师		教学时间	年 月 日

2. 实训项目学生学习活页

实训项目学生学习活页

NO:

实训一 铁道机车认知

班级：                      姓名：                      学号：                      时间：

一、实训目标

1. 专业能力目标

- (1) 能说出我国电力机车的发展和分类；
- (2) 能叙述机车各机械部分的名称；
- (3) 能叙述机车各机械部分的功能；
- (4) 能说明轴列式概念；
- (5) 能正确认识机车轴列式；
- (6) 能正确认识机车构造速度；
- (7) 能正确理解机车单轴轴重；
- (8) 能正确计算单轴功率。

2. 方法能力目标

- (1) 能综合运用专业知识，通过利用专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息；
- (2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案，从中学会表达及展示活动过程和成果。

3. 社会能力目标

- (1) 能在实习训练活动中保持积极向上的学习态度；
- (2) 能与小组成员和教师就学习中遇到的问题进行交流和沟通；
- (3) 能与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神。

二、知识总结

- (1) 简述我国电力机车的分类。

- (2) 简述机车车体的作用。

- (3) 简述轴列式概念。

(4) 简述机车轴列式的分类。

(5) 简述机车构造速度的定义。

(6) 简述机车单轴轴重的定义。

### 三、操作运用

(1) 在铁道机车模拟驾驶实训室控制台微机屏上对电力机车机械部分各部件进行指认。

(2) 在铁道机车模拟驾驶实训室控制台微机屏上对电力机车走行部部件的相关参数进行讲述。

## 四、实训小结

## 五、成绩评定

## 1. 学生评价

评价等级	A (优)	B (良)	C (中)	D (及格)	E (不及格)
学生自评					
组内互评					
他组互评					

## 2. 教师评价

评价等级	A (优)	B (良)	C (中)	D (及格)	E (不及格)
专业能力					
方法能力					
社会能力					

## 3. 综合评价

评价等级	A (优)	B (良)	C (中)	D (及格)	E (不及格)
评价结果					

注：按照学生自评占 10%、组内互评占 10%、他组互评占 20%、教师评价占 60%的比例计分。其中，A 为 100 分，B 为 85 分，C 为 75 分，D 为 60 分，E 为 50 分。

## 4. 评价量规

等级	行为表现描述
A	能圆满高效地完成实训任务的全部内容
B	能顺利完成实训任务的全部内容
C	能完成实训任务的全部内容，但需要一些帮助和指导
D	自己只能完成实训任务的部分内容，但在现场的指导下，已经能完成任务的全部内容
E	不能完成实训任务的全部内容

机车总体及走行部