

铁路职工岗位培训教材

铁路探伤工 (机务探伤)

TIELU TANSHANGONG
(JIWU TANSHANG)

铁路职工岗位培训教材
编审委员会

铁路职工岗位培训教材

铁路探伤工

(机务探伤)

铁路职工岗位培训教材编审委员会

中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书为铁路探伤工(机务探伤)培训教材。全书分理论知识与实操技能两部分。理论知识部分主要介绍了基础知识、专业知识、基本技能等内容。实操技能部分为车轴磁粉探伤、车轮磁粉探伤、机车配件磁粉探伤、车轴超声波探伤、车轮超声波探伤、机车配件超声波探伤。

本书针对铁路职工岗位培训、职业技能鉴定进行编写,是各单位组织职工进行岗位培训、技能鉴定的必备用书,对各类职业学校师生也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

铁路探伤工. 机务探伤/铁路职工岗位培训教材编
审委员会编. —北京:中国铁道出版社,2014. 9
铁路职工岗位培训教材
ISBN 978-7-113-19067-5

I. ①铁… II. ①铁… III. ①轨道(铁路)—探伤—
岗位培训—教材 IV. ①U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 186814 号

书 名: 铁路职工岗位培训教材
铁路探伤工(机务探伤)
作 者: 铁路职工岗位培训教材编审委员会

责任编辑:侯跃文 编辑部电话:010-51873421

电子信箱:tdpress@126.com

封面设计:薛小卉 王镜夷

责任校对:龚长江

责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:化学工业出版社印刷厂

版 次:2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

开 本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:17.25 字数:429千

书 号:ISBN 978-7-113-19067-5

定 价:43.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

铁路职工岗位培训教材

编审委员会

主任委员:彭开宙

副主任委员:何华武

委员:(按姓氏笔画排序)

王保国 王 培 田京芬 申瑞源

刘卫国 刘朝英 庄 河 张志农

张重天 陈伯施 郑建东 赵春雷

郭玉华 康高亮 程先东



前 言

党的十六大以来,铁路事业蓬勃发展,大规模铁路建设全面展开,技术装备现代化实现重大跨越,尤其在高原铁路、机车车辆装备、客运专线、既有线提速和重载运输技术方面达到了世界先进水平。铁路职工队伍素质得到了相应提高,但距离铁路现代化发展的要求还有一定差距,铁路人才队伍建设和职工教育培训工作任重道远。

教材是劳动者终身教育和职业生涯发展的重要学习工具,教材建设是职业教育培训工作的重要组成部分,是提高教育培训质量的关键。加快铁路职工岗位培训教材建设,已成为加强和改进铁路职工教育培训工作的当务之急。为适应铁路现代化发展对技能人才队伍建设的需要,加快铁路职工岗位培训教材建设,中国铁路总公司决定按照铁道行业特有职业(工种)国家职业技能标准,结合铁路现代化发展的实际,组织开发铁路职工岗位培训教材。

本套教材由中国铁路总公司劳动和卫生部、运输局共同牵头组织,相关铁路局分工负责,集中各业务部门的专家和优秀工程技术人员编写及审定,多方合作,共同完成,涵盖了铁路运输(车务、客运、货运、装卸)、机务、车辆、工务、电务部门的80个铁路特有职业。教材坚持继承与创新相结合,充分体现了近几年来铁路新技术、新设备的大量运用及其发展趋势,特别是动车组系列教材填补了教材建设的空白,为动车组司机和机械师等铁路新职业员工提供了岗位培训教材;教材坚持科学性与规范性,依据铁道行业国家职业标准中的基本要求和工作要求编写,力争准确体现国家职业标准和有关作业标准、安全操作等规章、规范的要求;教材坚持实用可行的原则,重点突出实作技能、应急处理和新技术、新设备、新规章、新工艺等四新知识,对职业技能部分按照技能等级分层编写,便于现场职工的培训与自学。



本套教材适用于工人新职、转职(岗)、晋升的岗位资格性培训,也适用于各类岗位适应性培训,同时为职业技能鉴定提供参考。

《铁路探伤工(机务探伤)》一书由南昌铁路局负责主编,主编人员:汪章培,参加编写人员:付培陆、朱建军、李维友。主要审定人员:容长生、杨春燕、黎连修、刘玉龙、王娟、王淑华、祝跃星。本书在编写、审定过程中得到了有关单位的大力支持,在此一并表示感谢。

铁路职工岗位培训教材编审委员会

2014年9月



目 录

理 论 知 识

第一章 基础知识	3
第一节 铁道知识	3
第二节 常用法定计量单位	9
第三节 电工、电子技术	14
第四节 机械制图	30
第五节 金属工艺学	38
复习思考题	52
第二章 专业知识	53
第一节 无损检测一般知识	53
第二节 磁粉探伤	55
第三节 超声波探伤	94
第四节 渗透探伤	147
第五节 涡流探伤	165
第六节 轮(车)轴制造、加工基本知识	172
第七节 车轴受力和裂损关系	179
复习思考题	182
第三章 基本技能	183
第一节 专用检测器具、工具、量具、材料使用与维护	183
第二节 常用工具、量具、仪器的名称、规格、用途、使用维护保养	188
第三节 微型计算机知识	193
复习思考题	196

实 作 技 能

第四章 车轴磁粉探伤	199
第一节 探伤作业准备	199



第二节 探伤作业·····	200
第三节 探后处理·····	202
复习思考题·····	203
第五章 车轮磁粉探伤·····	204
第一节 探伤作业准备·····	204
第二节 探伤作业·····	205
第三节 探后处理·····	207
复习思考题·····	208
第六章 机车配件磁粉探伤·····	209
第一节 探伤作业准备·····	209
第二节 探伤作业·····	210
第三节 探后处理·····	212
复习思考题·····	213
第七章 车轴超声波探伤·····	214
第一节 探伤作业准备·····	214
第二节 探伤作业·····	219
第三节 探后处理·····	227
复习思考题·····	228
第八章 车轮超声波探伤·····	230
第一节 探伤准备·····	230
第二节 探伤作业·····	239
第三节 探后处理·····	244
复习思考题·····	247
第九章 机车配件超声波探伤·····	248
第一节 探伤作业准备·····	248
第二节 探伤作业·····	254
第三节 探后处理·····	262
复习思考题·····	265



理
论
知
识

第一章 基础知识

铁路机务探伤工是铁道机务行业的主要工种,具有专业强,知识面广等特点。作为铁路机务探伤工必须了解、熟悉、掌握本章与专业相关的基础知识。

第一节 铁道知识

一、铁路发展史

从1825年英国修建了世界上第一条蒸汽机车牵引的铁路——斯托克顿至达林顿铁路以来,至今已有180多年的历史了。铁路的兴起和发展与科学技术和社会的进步密不可分,反之,铁路的技术进步和现代化进程,又在深刻影响着整个世界经济的发展,推动着人类社会的文明进步。16世纪中叶,英国为了将煤炭和矿石方便运送到港口,采取铺设两根平行的木材作为轨道,以提高运输效率;17世纪逐步将木轨换成角铁形的板轨,角铁的一个边起导向作用,提高轨道强度和防止车轮脱轨,经过多年的不断改进,逐渐形成今日的钢轨。因为钢轨是从铁轨演变而来的,所以世界各国都习惯地把它叫做“铁路”。

(一)世界铁路概况

世界上第一条铁路建成运营后,标志着铁路运输业的开端,使陆上交通运输迈入了以蒸汽机为动力的新纪元。铁路具有迅速、便利、经济等优点,深受人们的重视,除了在英国全面展开铁路的铺设工程外,其他国家也相继开始兴建铁路。20世纪20年代,由于飞机和汽车的发展,使铁路受到了冲击,一度处于停顿状态。1973年波及世界各国的能源危机,使公路和航空运输发展受到了限制,加之在运行过程中排放的废气及产生的噪声等对生态环境的污染,与其他交通运输工具相比,铁路则占有一定的优势,特别是高速铁路的出现,更使人们重新认识到铁路在国家经济和社会生产发展中,具有不可忽视的重要地位和作用,因此,世界各国铁路建设又正在进入新的兴盛时期。

截至2012年底,世界铁路总长度约为120万km,其中美国22.7万km,中国9.9万km,俄罗斯8.5万km,印度6.3万km,德国4.8万km。从地理分布上看,美洲铁路约占全世界铁路总长的 $\frac{2}{5}$,欧洲约占 $\frac{1}{3}$,而非洲、澳洲和亚洲的总和还不到 $\frac{1}{3}$,这些数据充分说明,世界铁路的发展和分布情况是极不平衡的。

(二)中国铁路的发展

1840年英国侵略者发动鸦片战争之后,各资本主义列强相继侵略我国,我国的铁路运输就是在这种历史背景下产生和发展的,是和帝国主义对我国的侵略过程联系在一起的。他们在我国大肆争夺筑路权、贷款权、经营权,其目的不仅可从铁路本身获得巨额利润和经济优惠,更重要的是通过对铁路的控制,向我国内地推销商品,掠夺原料,使我国在经济上长期地依赖于帝国主义并实现瓜分中国的野心。

中华人民共和国成立以前,中国平均每年只修建铁路约300km。中华人民共和国成立以



后,国家对铁路的修建有了统筹规划,修建铁路的速度达到约平均每年 800 km。

1. 旧中国时期的铁路建设

旧中国铁路建设具有浓厚的半封建半殖民地色彩。不仅铁路的分布极不均衡极不合理,而且技术设备陈旧落后,主要表现为少、偏、低三大特点。

少——铁路修建的里程太少,从 1876 年至 1949 年 70 多年来,总共只有铁路约 2.1 万 km (不包括台湾省铁路);机车不过 1700 多台,车辆也只有 3 万多辆。

偏——铁路分布不均衡,不合理。当时,约占全国土地面积 15% 的东北和华北地区,铁路长度却占全国铁路总长的 65%;而占全国土地面积 60% 的西南和西北地区,只占全国铁路总长度的 5.5%,有些省份甚至没有铁路。

低——线路和技术装备的质量差、标准低。设备种类繁多,规格紊乱、机车类型有 120 多种,钢轨类型 130 多种;线路质量差,路基病害严重;约有 1/3 的车站没有信号机;自动闭塞的线路长度不到 2%,复线也只占 6%。

2. 新中国的铁路建设

新中国成立后,党和政府十分重视铁路建设,称誉铁路是国民经济的大动脉、先行官。对全国铁路实行统一管理,组建勘测设计和施工专业队伍,集中力量,建设新线,改造旧线,大力发展铁路。特别是进入 21 世纪,我国铁路建设取得了举世瞩目的大发展,为经济建设作出了重要贡献。

2003 年,中国政府从落实科学发展观、实现国民经济又好又快发展的战略全局出发,做出了加快发展铁路的重要决策,中国铁路进入加快推进现代化的历史阶段。

2004 年 1 月中国国务院常务会议讨论并原则通过了《中长期铁路网规划》。《中长期铁路网规划》提出,到 2020 年,全国铁路营业里程达到 10 万 km,主要繁忙干线实现客货分线,建设高速铁路 1.2 万 km 以上。首次提出了中国高速铁路的发展规划。

根据《中长期铁路网规划》,中国高速铁路发展以“四纵四横”为重点,构建快速客运网的主要骨架,形成快速、便捷、大能力的铁路客运通道,逐步实现客货分线运输。

2004 年 4 月,中国国务院召开专题会议,研究铁路机车车辆装备问题,形成了《研究铁路机车车辆有关问题的会议纪要》,提出加快我国铁路机车车辆装备现代化总体要求“引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌”,其中引进速度 200 km/h 以上高速动车组技术就是其中的主要内容。中国发展高速铁路的帷幕就此拉开。

2005 年 6 月 11 日,石家庄至太原铁路高速铁路开工,设计速度 250 km/h,这是《中长期铁路网规划》中第一条开工建设的高速铁路。

2005 年 6 月 23 日,设计速度 350 km/h 的武汉至广州高速铁路开工建设,这是中国第一条长大干线的高速铁路。

2005 年 7 月 4 日,北京至天津城际铁路开工,这是中国第一条城际高速铁路。

2007 年 4 月 18 日,第六次大提速正式实施,在京哈、京沪、京广、陇海、沪昆、胶济、广深等既有繁忙干线大量开行具有自主知识产权的速度 200~250 km/h“和谐号”高速动车组列车。这标志着中国铁路一举进入高速时代。

2008 年,中国政府根据我国综合交通体系建设的需要,对《中长期铁路网规划》进行了调整,确定到 2020 年,全国铁路营业里程达到 12 万 km 以上,建设高速铁路 1.6 万 km 以上。

在对既有铁路干线实施提速的同时,从 2008 年开始,一大批新建的高速铁路陆续投入运营。速度为 350 km/h 的高速铁路如北京至天津、武汉至广州、郑州至西安、上海至南京、上海

至杭州;速度为 250 km/h 的高速铁路,如合肥至南京、青岛至济南、合肥至武汉、石家庄至太原、宁波至台州至温州、温州至福州、福州至厦门、南昌至九江、成都至都江堰等。中国铁路提速后,运输效率和服务水平大幅度提高。统计资料显示,2009 年,全国铁路客运量、货运量、总换算周转量分别达到 15.25 亿人、33.2 亿 t、33118 亿换算吨公里,比 2002 年分别增长 44.4%、62.6%、60.6%。

目前,中国是全世界高速铁路运营里程最长的国家。运营状况总体很好。高速铁路为人民群众创造了美好生活的新时代。

二、铁路机务行车设备

铁路是一个综合性的庞大工业交通企业,为了完成客、货运输任务,必须拥有各种运输设备。

1. 铁路线路及沿线的各类车站。铁路线路是机车车辆和列车运行的基础,而各类车站则是办理旅客运输和货物运输的生产基地。

2. 机车及各种类型的车辆。机车是牵引列车的基本动力,各种类型的车辆是运送旅客或货物的工具。

3. 铁路信号及通信设备。如同铁路运输的耳目,是保证列车运行安全和提高运输效率的重要手段。

铁路运输设备是铁路完成运输任务的物质基础。为了确保运输工作的顺利进行,运输设备不仅要有一定的数量和完好的质量,并应经常保持良好的状态。为了进行设备的养护和检修工作,铁路沿线还设有各种专业性质不同的修理工厂、业务段和检修所等。

三、主型机车结构原理及配件基本知识

机车是铁路运输的牵引动力,为满足牵引要求应具有的特征可靠性高、牵引性能良好、数量足够、定期的维护与维修、机车组织运用合理。

(一)机车的分类

1. 按所用动力分:

内燃机车:由柴油机通过传动装置驱动的机车。

电力机车:非自给式机车,受电弓获得电能,由牵引电动机通过传动装置驱动。

2. 按机车用途分:

货运机车、客运机车和调车机车。

3. 按动力配置分:

动力集中型:东风系列、韶山系列、和谐系列。

动力分散型:将部分动力设备安装在带动力的车辆上,带动力的叫动车,不带动力的叫拖车,主要指动车组。

(二)内燃机车的结构

内燃机车有三种传动方式:机械传动、液力传动、电力传动。

内燃机车由柴油机、传动装置、辅助装置、车体走行部(包括车架、车体、转向架等)、制动装置和控制设备等组成,如图 1-1 所示。

1. 内燃机车工作原理

燃料在气缸内燃烧,所产生的高温高压气体在气缸内膨胀,推动活塞往复运动,连杆带动

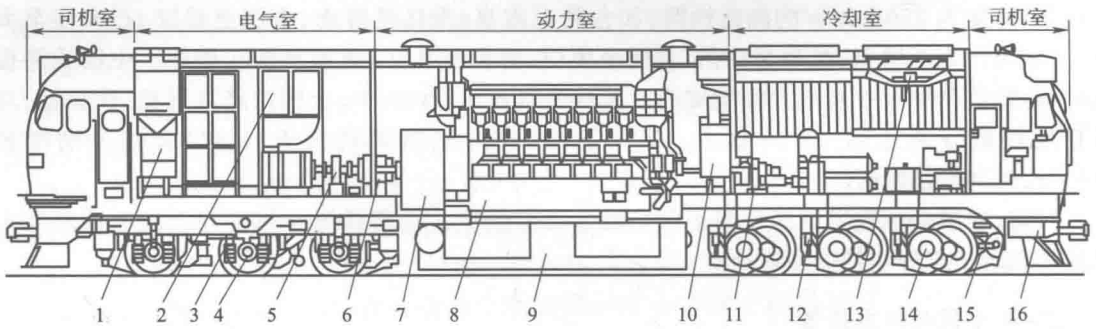


图 1-1 内燃机车结构示意图

- 1—电阻制动装置;2—硅整流柜;3—牵引装置;4—走行部;5—启动变速箱;
 6—励磁机;7—主发电机;8—柴油机;9—燃油箱;10—预热锅炉;11—静液压变速箱;
 12—电机悬挂系统;13—冷却风扇;14—牵引电动机;15—基础制动装置;16—车钩缓冲装置

曲轴旋转对外做功,燃料的热能转化为机械功。柴油机发出的动力传输给传动装置,通过对柴油机、传动装置的控制和调节,将适应机车运行工况的输出转速和转矩送到每个车轴齿轮箱驱动动轮,动轮产生的轮周牵引力传递到车架,由车架端部的车钩变为挽钩牵引力来拖动或推送车辆。

2. 内燃机车柴油机

内燃机车的动力装置,又称压燃式内燃机。主要结构特点包括气缸数、气缸排列形式、气缸直径、活塞冲程、增压与否等。

现代机车用的柴油机都配装废气涡轮增压器,以利用柴油机废气推动涡轮压气机,把提高了压力的空气经中间冷却器冷却后送入柴油机进气管,从而大幅度提高了柴油机功率和热效率。

柴油机工作有四冲程和二冲程两种方式,大部分采用四冲程。

从转速来看,分为高速机(1 500 r/min 左右)、中速机(1 000 r/min)和低速机(中速机转速以下)。图 1-2 为 DF₄型内燃机车柴油机外观图。

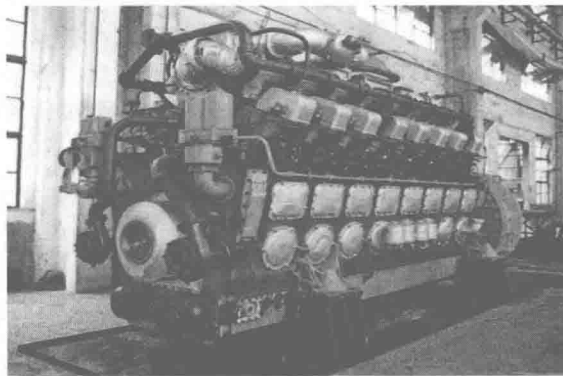


图 1-2 DF₄型内燃机车柴油机外观图

3. 传动装置

为使柴油机的功率传到动轴上能符合机车牵引要求而在两者之间设置的媒介装置。柴油机扭矩—转速特性和机车牵引力—速度特性完全不同,不能用柴油机来直接驱动机车动轮:柴油机有一个最低转速,低于这个转速就不能工作,柴油机因此无法启动机车;柴油机功率基本

上与转速成正比,只有在最高转速下才能达到最大功率值,而机车运行的速度经常变化,使柴油机功率得不到充分利用;柴油机不能逆转,机车也就无法换向。所以,内燃机车必须加装传动装置来满足机车牵引要求。

常用的传动方式有机械传动、液力传动和电力传动。

(1)机械传动装置是由离合器、齿轮变速箱、轴减速箱等组成的。因其功率受到限制,在铁路用内燃机车中不再采用。

(2)液力传动装置主要由液力传动箱、车轴齿轮箱、万向轴等组成。液力变扭器(又称变矩器)是液力传动机车最重要的传动元件,由泵轮、涡轮、导向轮组成。泵轮和柴油机曲轴相连,泵轮叶片带动工作液体使其获得能量,并在涡轮叶片流道内流动中将能量传给涡轮叶片,由涡轮轴输出机械能做功,通过万向轴、车轴齿轮箱将柴油机功率传给机车动轮;工作液体从涡轮叶片流出后,经导向轮叶片的引导,又重新返回泵轮。液力传动机车操纵简单、可靠,特别适用于多风沙和多雨的地带。液力变扭器结构示意图如图 1-3 所示。

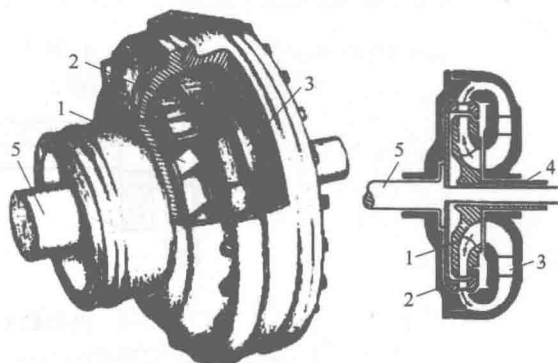


图 1-3 液力变扭器结构示意图

1—泵轮;2—涡轮;3—导向轮;4—泵轮轴;5—涡轮轴

(3)电力传动分为三种:

①直流电力传动装置。牵引发电机和牵引电动机均为直流电机,柴油机带动直流牵引发电机,将直流电直接供各直流牵引电动机驱动机车动轮。



图 1-4 三相交流牵引电动机

②交一直流电力传动装置。柴油机带动三相交流同步发电机,发出的三相交流电经过大功率半导体整流装置变为直流电,供给直流牵引电动机驱动机车动轮。

③变一直一交流电力传动装置。柴油机带动三相同步交流牵引发电机,发出的直流通过整流器到达直流中间回路,中间回路中恒定的直流电压通过逆变器调节其振幅和频率,再将直流电逆变成三相变频调压交流电压,并供给三相异步牵引电动机驱动机车动轮。电力传动机车的应用最为广泛。三相交流牵引电动机外形图如图 1-4 所示。

4. 车体走行部

包括车架、车体、转向架等基础部件。

车架是机车的骨干,是安装牵引电动机、车体、弹簧装置的基础。车架为矩形钢结构,由中梁、侧梁、枕梁、横梁等主要部分组成,上面安装有柴油机、传动装置、辅助装置和车体(包括司机室),下面由两个转向架支撑并与车架相连,车架中梁前后两端的中下部装设车钩、缓冲装置。车架承受荷载最大,并传递牵引力使列车运行,因此,车架必须有足够的强度和刚度。

车体是车架上部的外壳,起保护机车上的人员和机器设备不受风沙、雨雪的侵袭和防寒作

用。按其承受载荷情况,分为整体承载式和非整体承载式车体;按其外形分为单式和棚式车体。

转向架是机车的走行装置,又称台车。由构架、旁承、轴箱、轮对、车轴齿轮箱(电力传动时包括牵引电机)、弹簧、减振器、均衡梁,以及同车架的连接装置、基础制动装置等主要部件组成。其作用是承载车架及其上面装置的重量,传递牵引力,帮助机车平衡运行和顺利通过曲线。内燃机车一般为具有两个2轴或3轴的转向架。内燃机车轮对结构示意图如图1-5所示。

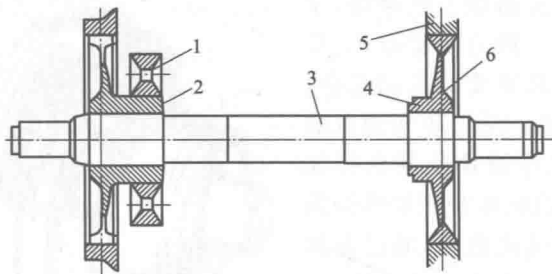


图 1-5 内燃机车轮对结构示意图

1—从动齿轮;2—长毂轮芯;3—车轴;4—短毂轮芯;5—轮箍;6—螺栓

5. 辅助装置

用来保证柴油机、传动装置、走行部、制动装置和控制调节设备等正常工作的装置。主要设备包括:

燃油系统:保证给柴油机供应燃油的设备及管路系统。

冷却系统:保证柴油机和液力传动装置能够正常工作的冷却设备和管路系统。

机油管路系统:给柴油机正常润滑的设备及管路系统。

空气滤清器:过滤空气中灰尘等脏物的装置。

压缩空气系统:供给列车的空气制动装置、砂箱、空气笛及其他设备压缩空气的系统。

辅助电气设备:蓄电池组、直流辅助发电机、柴油机启动电机等。

6. 控制设备

控制机车速度、行驶方向和停车的设备。主要有机车速度控制器、换向控制器、自动控制阀和辅助制动阀。操纵台上的监视表和警告信号装置有:空气、水、油等压力表,主要部位温度表、电流表、电压表,主要部位超温、超压或压力不足等音响和显示警告信号。为了保证安全、便于操作,内燃机车上还装设有机车信号和自动停车装置。

(三) 电力机车

电力机车是从接触网上获取电能的,接触网供给电力机车的电流有直流和交流两种。由于电流制不同,电力机车也不一样,基本上可以分为直一直流电力机车、交一直流电力机车、交一直一交流电力机车三类。

电力机车主要由机械、电气和空气管路系统三大部分组成。机械部分包括转向架和车体两部分,如SS₉型电力机车有两台转向架,每台转向架有三根车轴,每根车轴由一台牵引电机驱动。转向架在运行中起承重、传力和转向的作用,车体是安装机车设备和乘务员工作的场所,车体一方面承受设备重量,一方面将牵引力或制动力传递给车钩以牵引或制动列车。电气部分主要包括受电弓、主断路器、变流整流装置和牵引电动机等。而空气管路系统主要负责提供通风、冷却和制动所需的压缩空气。电力机车结构图如图1-6所示。

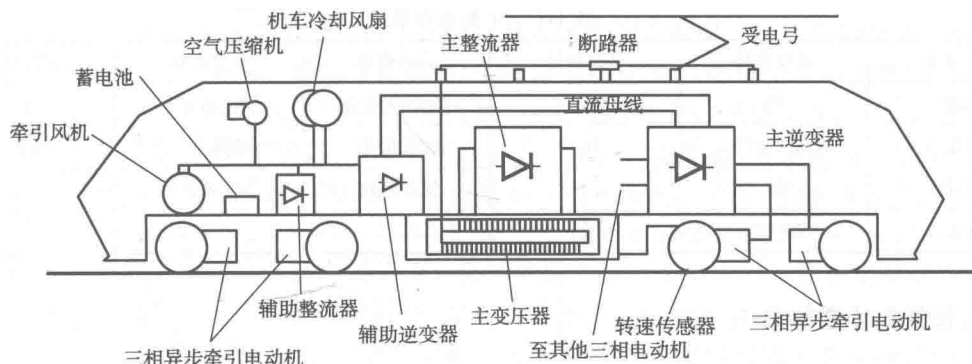


图 1-6 电力机车结构图

思考题

1. 简述世界铁路的发展历史。
2. 旧中国铁路有何特点？
3. 我国铁路当前存在的问题是什么？
4. 铁路运输的主要设备有哪些？
5. 简述内燃机车和电力机车分类及结构。

第二节 常用法定计量单位

法定计量单位就是由国家法律承认、具有法定地位的计量单位。凡属法定计量单位，在一个国家的任何地区、任何部门、任何机构和任何人，都必须毫无例外地采用。

以法令形式规定计量单位，是古今中外的普遍做法。两千多年前秦始皇以诏书形式颁布的“度、量、衡”的单位，就是当时的法定计量单位，并且是在我国历史上出现较早，影响深远的计量单位。新中国成立后，国务院于 1984 年 2 月 27 日颁布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》所规定的《中华人民共和国法定计量单位》，第一次明确使用了“法定计量单位”这个名称。

我国的《计量法》规定：“国家采用国际单位制。国际单位制的计量单位和国家选定的其他计量单位，为国家法定计量单位。”由此可知，国际单位制是我国法定计量单位的主体，而国家选定的作为法定计量单位的非国际单位制，是我国法定计量单位的重要组成部分。国际单位制具有统一性、简明性、实用性、合理性和继承性等特点。

国际单位制是在米制的基础上发展起来的一种单位制，其国际通用符为“SI”。它是由 SI 基本单位（7 个）、SI 导出单位（21 个，含专门名称与组合形式两部分）以及 SI 单位的倍数单位（其词头符号 20 个）构成；国家选定的非 SI 计量单位（16 个）。国际单位制的计量单位和国家选定的其他计量单位，以及他们构成的组合形式的单位，成为我国法定计量单位。SI 基本单位如表 1-1 所示。