

铁路职工岗位培训教材

铁路探伤工 (钢轨探伤)

TIELU TANSHANGGONG
(GANGGUI TANSHANG)

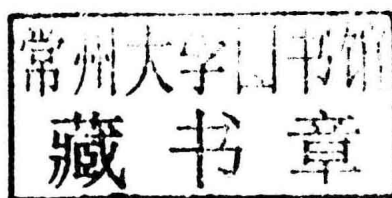
铁路职工岗位培训教材
编审委员会

铁路职工岗位培训教材

铁路探伤工

(钢轨探伤)

铁路职工岗位培训教材编审委员会



中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

本书为铁路探伤工(钢轨探伤)培训教材。全书分理论知识与实作技能两部分。理论知识主要介绍了基础知识和专业知识,实作技能主要介绍了基本技能,钢轨、通用或焊缝探伤仪的使用、检测、检修,钢轨、钢轨焊缝探伤和探伤数据分析。每节列有思考题,每章列有复习参考题。

本书针对铁路职业岗位培训、职业技能鉴定进行编写,是各单位组织职工进行各级各类岗位培训、技能鉴定的必备丛书,对各类职业院校相关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. 钢轨探伤/铁路职工岗位培训教材编审委员会
编著. —北京:中国铁道出版社,2014. 10 (2015. 2 重印)

铁路职工岗位培训教材

ISBN 978-7-113-19031-6

I. ①铁… II. ①铁… III. ①钢轨—探伤—技术培训—教材
IV. ①U213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 180029 号

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

责任编辑:张 婕 编辑部电话:路(021)73141 电子信箱:crph_zj@163.com
封面设计:郑春鹏
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:北京新魏印刷厂

版 次:2014 年 9 月第 1 版 2015 年 2 月第 2 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:24 字数:605 千

书 号:ISBN 978-7-113-19031-6

定 价:60.00 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技能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技能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(钢轨探伤)》一书由南昌铁路局负责主编,主编人员:马跃平。参加编写人员:蔡泽良、张卫斌。主要审定人员:罗国伟、杨春燕、吴付儿、童建明、连军。本书在编写、审定过程中得到了上海铁路局以及一些厂家、设计单位的大力支持,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	20
第三节 电工、电子技术	23
第四节 机械基础	44
第五节 金属工艺学	50
复习思考题	66
第二章 专业知识	68
第一节 无损检测一般知识	68
第二节 钢轨、钢轨伤损	108
第三节 钢轨探伤设备	126
第四节 检测、检修设备	180
第五节 钢轨探伤	188
第六节 钢轨焊缝及缺陷	226
第七节 钢轨焊缝探伤	230
第八节 手工检查	251
第九节 探伤工艺编制知识	255
复习思考题	264

职 业 技 能

第三章 基本技能	269
第一节 钢轨探伤作业防护和应急防护	269
第二节 常用工具、仪表、仪器的操作和使用	271
第三节 计算机应用	279
复习思考题	289
第四章 钢轨、通用或焊缝探伤仪的使用、检测、检修	290
第一节 钢轨探伤仪的使用	290
第二节 钢轨探伤仪性能测试和校正	291

第三节 钢轨探伤仪的保养和检修·····	304
第四节 通用探伤仪性能测试和校正·····	332
第五节 通用探伤仪故障检修·····	341
复习思考题·····	352
第五章 钢轨、钢轨焊缝探伤 ·····	354
第一节 钢轨伤损的判定·····	354
第二节 钢轨伤损的定位定量·····	356
第三节 钢轨焊缝探伤和缺陷定位定量·····	358
第四节 手工检查·····	363
第五节 特殊部位探伤和裂纹定位定量·····	364
复习思考题·····	369
第六章 探伤数据分析 ·····	371
第一节 钢轨探伤仪数据分析·····	371
第二节 钢轨焊缝探伤数据分析·····	372
第三节 钢轨探伤车检测数据分析·····	373
复习思考题·····	374
参考文献 ·····	375

理论 论 知 识



第一章 基础知识

本章主要介绍铁路和钢轨探伤设备的发展、轨道基本组成、常用法定计量单位、电工电子技术、机械基础、金属工艺学等基础知识,为读者掌握相关专业知识和完成职业技能鉴定、拓展相关知识面提供方便。

第一节 铁道知识

通过本节学习,了解铁路和钢轨探伤设备的发展、轨道的基本组成,熟悉钢轨接头、扣件、防爬设备和道岔结构等方面知识,掌握钢轨的受力与伤损关系,为熟悉钢轨探伤工作环境、有利于钢轨伤损分析打好基础。

一、铁路和钢轨探伤设备的发展

(一)铁路的发展

从1825年英国修建世界上第一条蒸汽机车牵引的21 km长的铁路——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”。

1. 世界铁路概况

世界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。

目前,世界铁路总长度约为120余万公里,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五分之二,欧洲约占三分之一,而非洲、澳洲和亚洲的总和还不到三分之一,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。

2. 中国铁路的发展

1840年英国侵略者发动了鸦片战争之后,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300余公里。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平均每年800余公里。

(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2.1万多公里(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)新中国时期的铁路建设

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,为经济建设做出了重要贡献。

2003年,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,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10万公里,主要繁忙干线实现客货分线,建设高速铁路1.2万公里以上。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,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”,其中引进时速200 km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,设计时速250 km,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,设计时速350 km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,这是中国第一条高速城际铁路。

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时速200~250 km“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,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。时速350km的高速铁路如北京至天津城际、武汉至广州、郑州至西安、上海至南京城际、上海至杭州高速铁路;时速250km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、成都至都江堰等高速铁路。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、33.2亿吨、33118亿换算吨公里,比2002年分别增长44.4%、62.6%、60.6%。目前,中国是全世界高铁运营里程最长的国家,运营状况总体很好。

(二)钢轨探伤设备的发展

铁路是国内最早开展无损检测的部门之一,从1950年引进瑞士生产的共振式超声波探伤仪检查钢轨开始,60多年来,钢轨探伤仪电子元件经历了电子管——晶体管——集成电路三个发展阶段,钢轨探伤仪信号处理方式由模拟向数字方式转变,钢轨探伤显示方式由A型显示向B型显示发展,钢轨探伤设备发展过程主要有以下几个阶段:

1. 连续波式的钢轨探伤仪。1950年,铁道部引进瑞士生产的共振式探伤仪,1952年从前苏联引进52型手杖式探伤仪。1960年开始武汉电子仪器厂自行研制、生产电子管共振式手杖探伤仪(图1—1),该探伤仪以调频连续波工作方式进行检测,探头发出经低频调制的连续超声波,超声波频率随时间而作周期性的变化,因而发射波和接收波之间有一频率差,利用拍频效应分离出音频信号,经过放大后,由耳机或喇叭或电表显示出来,当钢轨内部有伤损时,调频后的超声波受到反射和衰减,拍频分离出的音频强度降低,探伤人员可根据听到的音频信号强度变化或电表指示的读数变化来判别钢轨内部伤损。

2. 脉冲波式钢轨探伤仪。1968年4月上海无线电22厂生产出首台晶体管式脉冲反射式钢轨探伤仪(图1—2),该探伤仪以脉冲反射式方式进行检测,探头发出脉冲超声波,当钢轨内部有伤损时,反射波经过放大后,由示波屏显示出来。探伤仪一个发射和接收通道,配两个 30° (入射角)探头、一个 50° (入射角)探头,三个探头共用一个通道进行检测。

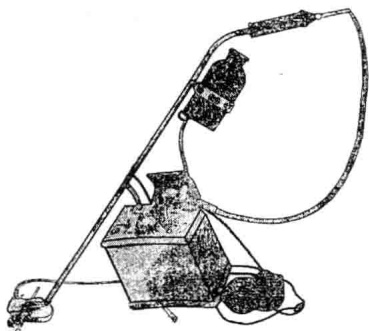


图 1—1 GTC-1 型钢轨探伤仪

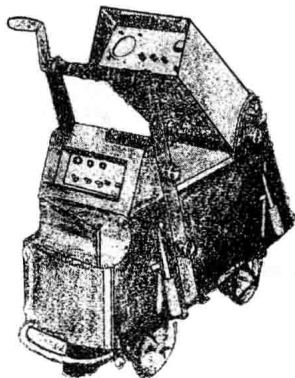


图 1—2 JGT-1 型钢轨探伤仪

3. 两通道钢轨探伤仪。1972年上海超声波仪器厂生产出首台晶体管两通道钢轨探伤仪(图1—3),该探伤仪具有两个独立发射和接收电路,可采用脉冲反射式和穿透两种工作方式进行检测。探伤仪配两个组合探头(两个 35° 探头、 $0^\circ+35^\circ$ 探头)、一个 50° (入射角)探头,

可使用 35° 探头穿透探伤方法检测焊缝缺陷, 0° 探头穿透探伤方法检测轨腰投影范围内纵向裂纹, 使用探伤方法更加完善。

4. 多通道钢轨探伤仪。1983 年 4 月上海超声波仪器厂生产的 JGT-3 多通道集成电路钢轨探伤仪(图 1—4)通过铁道部审定, 1984 年在全路推广使用。该钢轨探伤仪具有四个独立发射通道和一个公共接收通道电路。探伤仪配备四个探头架, 可采取多种组合方式进行钢轨伤损检测, 满足多探头、多角度同时工作的方式, 钢轨伤损检测能力、效率有所提高。其后上海、汕头、邢台等多个探伤仪生产厂分别研制出 JGT-4、JGT-5、JGT-6、GT-1、GCT-1 等不同型号钢轨探伤仪, 满足各铁路局钢轨探伤需要。

5. B 型显示钢轨探伤仪。2007 年广东汕头超声电子股份有限公司仪器分公司生产的 GT-2 型 B 显示钢轨探伤仪(图 1—5), 该探伤仪配备五个探头架, 可同时使用 9 个探头, 采取多种组合方式进行钢轨伤损检测, 可选择使用 A 型显示或 B 型显示方式进行钢轨探伤, 并可存储探伤数据, 为钢轨探伤数据回放分析、提高钢轨探伤工作质量提供条件。其后上海、邢台、成都等多个探伤仪生产厂分别研制出 JGT-10、GCT-8C、STZ-800 等不同型号钢轨探伤仪, 满足各铁路局钢轨探伤和钢轨探伤数据回放分析工作开展的需要。

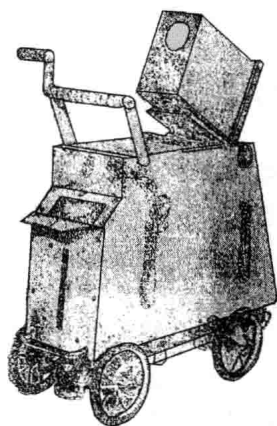


图 1—3 JGT-2 型
钢轨探伤仪

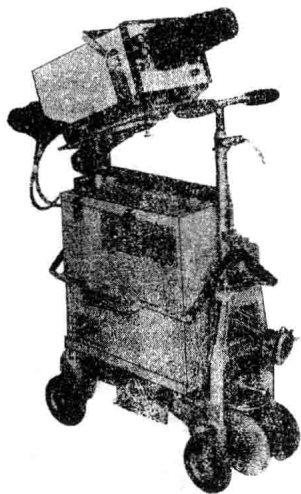


图 1—4 JGT-3 型钢轨探伤仪



图 1—5 GT-2 型钢轨探伤仪

二、轨道的基本组成

轨道是线路设备的重要组成部分, 一般由钢轨、轨枕、联结零件和道床(图 1—6), 以及轨道加强设备和道岔所组成。

(一) 钢 轨

钢轨是轨道最重要的组成部件, 它直接承受列车的荷载, 引导列车运行, 把机车车辆荷载传递给轨枕。由于机车车辆轴重的逐渐增大, 钢轨所承受的荷载也越来越大, 对钢轨的材质和强度有更高的要求。

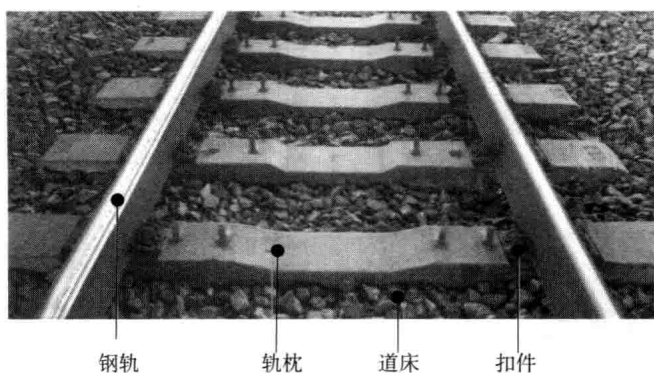


图 1—6 轨道的基本组成

(二) 轨 枕

轨枕的作用是一方面承受钢轨传下来的机车车辆的各种荷载,并把它分布给道床;另一方面是通过扣件把钢轨固定在规定的正确位置上,以保持轨距、轨底坡、曲线超高等,防止钢轨产生位移和爬行。

(三) 联结零件

联结零件分接头联结零件和中间联结零件。

1. 接头联结零件

包括钢轨夹板和螺栓等。用于钢轨和钢轨、钢轨和道岔之间的联结。

2. 中间联结零件(又称扣件)

中间联结零件作用是将钢轨紧扣在轨枕上,以固定钢轨的正确位置,阻止钢轨的纵向爬行和横向位移,防止钢轨倾翻,同时还能提供必要的弹性、绝缘性能等。

(四) 道 床

道床的作用是固定轨枕的位置,防止轨枕纵、横向位移并把轨枕所承受的压力传递给路基,同时道床还起到排水的作用,可防止路基翻浆冒泥和木枕腐朽。

(五) 道 岔

道岔作用主要是引导列车从一条线路转向另一条线路。

三、钢轨接头、扣件

(一) 钢轨接头

在轨道上,钢轨之间的连接部位称为钢轨接头。钢轨接头是线路的薄弱环节之一,由于机车车辆动荷载作用,使接头低塌、道床翻浆、钢轨鞍形磨耗、轨枕断裂,大量增加线路的维修费用。钢轨接头的形式很多,从基本结构分为普通接头和尖轨接头两种。

1. 普通接头

普通接头按其相对于轨枕位置的不同分悬空式和双枕承垫式两种(图 1—7);按两股接头相互位置的不同分为相对式和相错式两种;按其用途的不同可分为普通接头、异形接头、导电接头、绝缘接头(图 1—8)、冻结接头、胶结绝缘接头等。

2. 尖轨接头

又称伸缩接头,是用尖轨和弯折基本轨组成的联结接头(图 1—9),它允许接头处钢轨随轨温变化有较大的伸缩,多用于特大钢桥上无缝线路的连接。

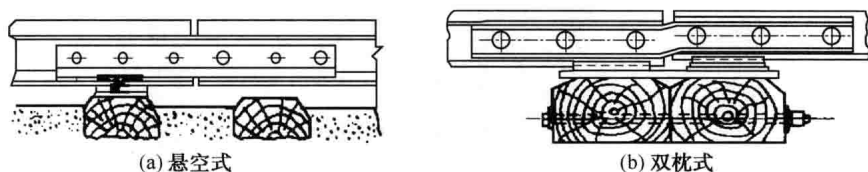


图 1—7 接头形式

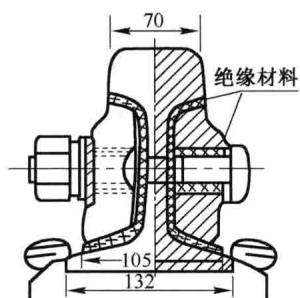


图 1—8 绝缘接头(单位:mm)

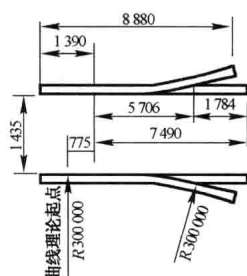


图 1—9 尖轨接头(单位:mm)

3. 联结零件

钢轨接头联结零件包括夹板(鱼尾板)、螺栓、螺母、垫圈等,钢轨接头结构的作用是保持轨线的连续性,并传递和承受弯矩与横向力,部分满足钢轨伸缩要求。

(1)接头夹板:承受弯矩、传递纵向力、阻止钢轨伸缩的重要部件(图 1—10),要求有较好的垂直和水平刚度,并有足够的强度。

我国铁路广泛采用双头夹板,双头夹板的上下头有斜面分别与轨头颞部斜面、轨底上部斜面相接,每块夹板有三个圆孔和三个长圆孔,由于是斜面相接,增加了接头弹性,接触面有一定磨损后,还可以保持良好接触,并具有较大的垂直及水平刚度,适合于行车的需要。

(2)接头紧固件:接头紧固件主要有螺栓(图 1—11)、螺母及垫圈、接头螺栓。螺母是在钢轨接头处用以夹紧夹板及钢轨的配件,并部分阻止钢轨的伸缩;为保证足够的强度,螺栓多用高碳钢制造,并经热处理,在无缝线路上均采用高强度螺栓,垫圈是用以为了防止螺母松动,一般包括弹簧垫圈及平垫圈。

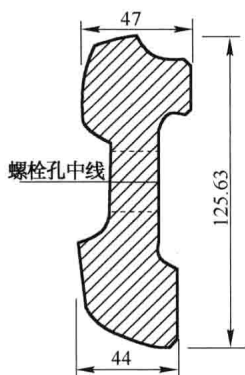


图 1—10 60 kg/m 钢轨夹板(单位:mm)

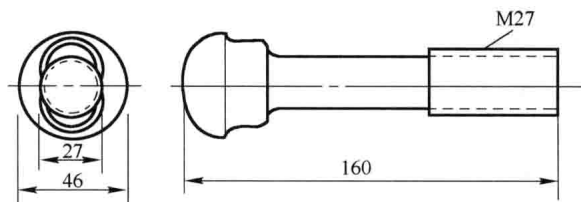


图 1—11 60 kg/m 钢轨夹板螺栓(单位:mm)

(二)扣 件

1. 混凝土枕扣件

常用的有扣板式扣件、I 型弹条扣件。

(1) 扣板式扣件

扣板式扣件的结构形式和安装方式如图 1—12 所示。在用硫磺浆液锚固的螺纹道钉上, 安装一块特制扣板, 一端扣稳钢轨, 另一端则支承在铁座上。铁座主要传递水平力, 并保持轨距。扣板有不同的种类和号码以适应不同类型的钢轨和不同的轨距。

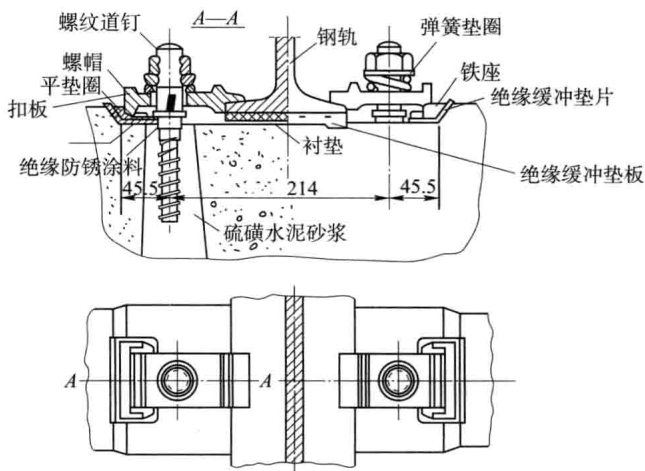


图 1—12 扣板式扣件(单位:mm)

(2) 弹条扣件

为了适应高速重载铁路的发展和提高轨下基础的轨底绝缘缓冲垫板弹性的要求, 目前我国主要干线上都大量使用弹条扣件(图 1—13)。因为弹性扣件具有扣压力大、联结牢固和良好的弹性, 能保持钢轨处于正确位置和稳定状态, 延长轨道各部件使用寿命, 减少线路的养护维修工作量等优点。我国弹条扣件分Ⅰ型和Ⅱ型。弹条Ⅲ型扣件是为高速重载而研制的无螺栓式扣件, 其优点是零件少、装卸方便、养护工作量小。

弹条呈 ω 形, 用 13 mm 直径的弹簧圆钢制成。配合使用 10 mm 厚的橡胶垫板, 使钢轨与轨枕联结牢固。根据不同的钢轨类型和轨距, 采用不同号码的轨距挡板和挡板座。

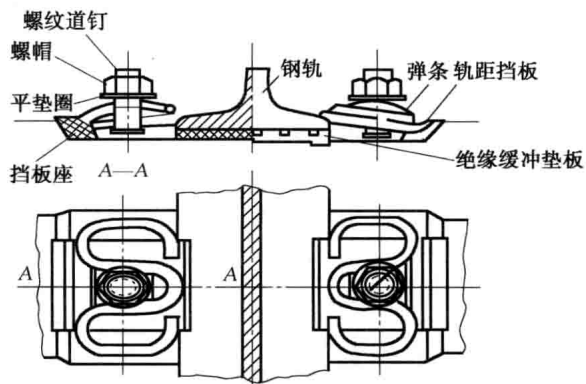


图 1—13 Ⅰ型弹条扣件

2. 木枕扣件

木枕扣件分为分开式和混合式两种。

(1) 分开式

分开式是将垫板分别与轨枕和钢轨单独扣紧, 如图 1—14 所示为 K 型分开式扣件联结情况。其特点是扣压力大, 可以防止线路变形; 但用钢量大, 结构复杂, 更换困难。