

天津市高等职业院校

提升办学水平项目建设成果系列教材

城市轨道交通 轨道工程

梁晨 主编
李金良 主审

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
GUIDAO GONGCHENG

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

天津市高等职业院校提升办学水平项目建设成果系列教材

城市轨道交通轨道工程

梁 晨 主 编
李金良 主 审

中国铁道出版社

2016年·北京

内 容 简 介

本书为天津市高等职业技术学院提高办学水平项目建设成果系列教材之一。主要阐述城市轨道交通轨道工程专业领域相关内容的概念、原理和计算。全书共分5个项目,项目1为有砟轨道组成部分,主要介绍钢轨、轨枕、联结零件、碎石道床、防爬设备;项目2为无砟轨道组成部分,主要介绍无砟轨道联结零件、接触轨、无砟轨道结构、轨道几何形位;项目3为曲线轨道设置部分,主要介绍曲线轨道外轨超高设置、小半径曲线轨距加宽设置、缓和曲线设置、曲线轨道缩短轨设置、曲线轨道方向整正;项目4为无缝线路构造部分,主要介绍无缝线路基本原理、无缝线路缓冲区的设置与轨缝计算、无缝线路的稳定性、普通无缝线路的铺设、特殊地段无缝线路、无缝线路应力放散与调整;项目5为普通单开道岔部分,主要介绍道岔的类型、普通单开道岔的构造、普通单开道岔的计算等。

本书是为高等职业技术学院城市轨道交通工程技术专业教学用书,也可供城市轨道交通轨道施工和养护维护人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通轨道工程 / 梁晨主编. —北京:中国铁道出版社,2016.7

天津市高等职业院校提升办学水平项目建设成果系列教材

ISBN 978-7-113-20850-9

I. ①城… II. ①梁… III. ①城市铁路—轨道(铁路)—工程施工—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 189532 号

书 名:城市轨道交通轨道工程

作 者:梁 晨 主编

责任编辑:刘红梅

编辑部电话:010-51873133

电子信箱:mm2015td@126.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:王 杰

责任印制:郭向伟

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:北京九州迅驰传媒文化有限公司

版 次:2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:11.5 字数:280 千

书 号:ISBN 978-7-113-20850-9

定 价:28.00 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

编审委员会

主任：王玉涛

副主任：杨桂林

委员：李立功

毕树林

刘长玲

张红梅

王 强

侯启同

全玉山

王 刚

王永胜

徐万里

曹彦国

张建武

蒋 君

刘 文

田桂丽

张淑霞

梁 晨

李立波

耿幸福

穆中华

郭咏松

张齐坤

张全良

甄东生

张 立

阳 东

王国迎

赵 静

梁信栋

谷邛英

李金良

魏 民

徐 群

秦 武

李文英

贾艳红

金 环

王素倩

田哲涛

许林学

张连忠

李益民

李纪军

陈国峰

李志慧

李爱学

夏春玲

林桂清

鲁志彤

胡国喜

李华新

刘继海

张玉成

靳晓燕

序

为深入贯彻落实《天津市中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和市政府《关于进一步推进职业教育改革创新的意见》(津政发[2010]46号)精神,不断创新高等职业教育办学体制机制,深化教育教学改革,提高人才培养质量和办学水平,全面提升高等职业教育服务经济社会发展能力,加快天津市高水平示范性高等职业院校建设,提升专业服务产业的能力,为天津市经济社会发展和滨海新区开发开放更好的培养高素质高技能人才,天津市政府决定在“十二五”期间,支持我市建设18所高水平示范性高等职业院校(以下简称:示范校)和25个优质特色专业,高等职业院校开展提升办学水平建设。

天津铁道职业技术学院凭借高水平的办学优势和专业定位,被天津市列为18所示范校建设院校之一。学院在示范校建设中各专业依据专业特点和企业要求,深入探索多样化的“工学结合、校企合作、顶岗实习”人才培养模式,形成课程体系,以专业为核心,以课程改革为抓手,以教学条件建设为支撑,全面提升办学水平。

天津铁道职业技术学院按照“学院与铁路局(集团)紧密合作,教学系与站段(公司)紧密对接,教学团队(专业)与工区(项目部)紧密对接,教师与工程技术人员紧密对接”的模式开展多层次、紧密型合作办学。以校企合作机制为保障,开发融入职业道德与岗位工作标准的工学结合核心课程,结合天津市经济社会和行业发展特点,校企共同培育满足企业需求、具有可持续发展能力的高技能型专门人才,为了更加有效地实施人才培养模式,制定了融入行业企业标准及岗位工作需求的21门核心课程的课程标准。教材建设正是体现课程标准的有效方式之一。因此,我院在明确高等职业教育人才培养标准和规格的基础上,为了对人才培养提供智力支持,根据人才培养目标的要求,构筑“校企合作,产学结合”的人才培养模式,积极进行课程开发。为此,在院领导大力支持和企业具有丰富实践经验的专家的参与和指导下,我院与生产企业合作开发编写了突出职业能力、注重实践技能培养的系列教材。

本套教材打破了以往学科体系的束缚,具有以下特点:

(1)以项目为导向。本套教材全部采用项目化教学体系,以实际职业岗位为基本出发点,以工作过程为导向,以现场典型真实任务为主要教学内容,充分突出了技能培养。

(2)体现课证融合特色。在学习任务中融入国家职业资格标准的相关内容。

(3)编写内容和组织方式新颖。学习项目和任务附有与教学内容相关的知识、技能目标及相关的案例,以案例引入教学内容,引起学生的学习兴趣。

(4)一体化教学资源配套。充分利用网络等各种信息技术,建设与教材配套的网络资源,把与课程有关的文献资料、电子教案、教学课件、教学视频,与职业资格考试相关的资料及学生与教师的互动等都放到网上,为学生的自主学习提供便利的环境条件,完善教学资源。

编审委员会
2015年3月

前 言

城市轨道交通的技术复杂、造价昂贵、建设周期长,我国在地铁建设、运营管理的时间还不够长,尤其是城市轨道交通的工务设施的维护活动更有其自身的特点,很多的维护经验不能从国铁照搬,必须从设计、施工和维护活动中不断总结符合自身特点的维修标准,形成自身的维修文化。地铁运营的高密度、不间断、高舒适度的要求意味着对轨道设备必须提供安全、可靠、舒适的保证,这就要求各城市轨道交通设施的维护队伍在维修组织设计、维修标准、应急响应等方面应建立有效地保障;同时更要不断提高工务管理和维护人员的业务水平,建立一个理论扎实、技术过硬、拉得出打得响的维修团队,才能确保地铁的安全可靠运行。

为适应各城市地铁建设的快速发展带来的对地铁轨道施工与维护实用型人才的大量需求,我们组织编写了城市轨道交通轨道施工与维护的这本教材。本书的编写者汇集了学校、施工单位、维护单位的专业人才,旨在从“懂设计、会施工、精维护”的角度为城市轨道交通工务系统的人才培养提供一份学以致用教材。

全书主要介绍了有砟轨道组成、无砟轨道组成、曲线轨道设置、无缝线路构造、普通单开道岔等内容,主要供高等职业教育城市轨道交通工程技术专业使用,也可供城市轨道交通轨道施工和养护维护人员参考。

本教材由天津铁道职业技术学院梁晨主编,天津地铁集团公司李金良主审。具体编写分工如下:梁晨编写项目1、项目5;天津铁道职业技术学院刘江林编写项目2,天津铁道职业技术学院刘小燕编写项目3,天津铁道职业技术学院付小燕编写项目4。

由于编写时间仓促,教材中不足之处在所难免。恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者
2016年2月



目录

项目 1	有砟轨道组成	1
典型工作任务 1	钢轨认知	2
典型工作任务 2	轨枕认知	6
典型工作任务 3	联结零件认知	11
典型工作任务 4	碎石道床认知	16
典型工作任务 5	防爬设备认知	19
	复习思考题	23
项目 2	无砟轨道组成	24
典型工作任务 1	无砟轨道联结零件认知	25
典型工作任务 2	接触轨认知	34
典型工作任务 3	无砟轨道结构认知	46
典型工作任务 4	轨道几何形位认知	53
	复习思考题	60
项目 3	曲线轨道设置	61
典型工作任务 1	曲线轨道外轨超高设置	61
典型工作任务 2	小半径曲线轨距加宽设置	66
典型工作任务 3	缓和曲线设置	69
典型工作任务 4	曲线轨道缩短轨设置	76
典型工作任务 5	曲线轨道方向整正	81
	复习思考题	102
项目 4	无缝线路构造	103
典型工作任务 1	无缝线路认知	103
典型工作任务 2	无缝线路基本原理	105
典型工作任务 3	无缝线路缓冲区的设置与轨缝计算	117
典型工作任务 4	无缝线路的稳定性	120
典型工作任务 5	普通无缝线路的铺设	123
典型工作任务 6	特殊地段无缝线路认知	128
典型工作任务 7	无缝线路应力放散与调整	135
	复习思考题	139

项目 5 普通单开道岔	140
典型工作任务 1 道岔的类型	140
典型工作任务 2 普通单开道岔的构造	142
典型工作任务 3 普通单开道岔的计算	153
复习思考题	173
参考文献	174

项目 1 有砟轨道组成



项目描述

有砟轨道是指轨下基础为石质散粒道床的轨道,通常也称为碎石道床轨道,是轨道结构的主要形式之一。它具有弹性良好、价格低廉、更换与维修方便、吸噪特性好等优点。但相对无砟轨道来说,其也具有线路平面几何形状不易保持,使用寿命短,养护维修工作量大等缺点。

本项目主要介绍有砟轨道组成部分,钢轨、轨枕、联结零件、道床及防爬设备等知识。通过该项目的学习,掌握城市轨道交通有砟轨道的结构组成、类型、作用以及适用范围;防爬设备认知等知识,能够对城市轨道交通有砟轨道组成有深刻的认知。



拟实现的教学目标

1. 能力目标

- (1)能分辨钢轨的类型;
- (2)能掌握各种钢轨的使用场所。

2. 知识目标

- (1)了解钢轨类型;
- (2)了解钢轨的功能和要求;
- (3)掌握钢轨的断面尺寸。

3. 素质目标

- (1)培养独立自主解决问题的能力;
- (2)增强分工协作的意识;
- (3)具备一定的协调组织能力。



相关案例——穗地铁一号线钢轨大修

2014年8月,广州地铁开通运营17年后,一号线完成了第二次钢轨大修。

地铁公司表示,轨道是否需要进行大修,需根据线路老化程度而定,一般当钢轨出现锈蚀和磨耗等伤损连续200 m以上,则需要进行大修。据了解,一号线的钢轨大修已是第二次了,第一次的大修发生在2008年,当时换轨约9 200 m。而本次的大修则规模更大,涉及15个行车区间,更换钢轨956根,更换钢轨达到23 140 m,刷新了广州地铁运营以来的换轨长度纪录。

一号线的换轨主体工程完工后,后续还进行轨料回收、更换零部件等收尾工作,耗时两个月。

典型工作任务 1 钢轨认知

1.1.1 钢轨的功能、要求及类型

城市轨道交通的地面线大多采用有碴轨道。轨道结构是城市轨道交通系统的重要组成部分,作为一个整体性工程结构,轨道铺设在路基之上,起着列车运行的导向作用,直接承受机车车辆及其荷载的巨大压力。在列车运行的动力作用下,它的各个组成部分必须具有足够的强度和稳定性,保证列车按照规定的最高速度,安全、平稳及不间断地运行。

轨道是整体的工程结构,它被称之为线路的上部建筑。它的作用在于引导列车安全、快速、平稳地沿着线路延伸的方向运行,并把列车的重力及列车在运行过程中所产生的冲击力均匀地传递给路基或桥隧建筑物。轨道的组成主要包括钢轨、轨枕、道床、联结零件、防爬设备和道岔,如图 1.1 所示。此图为方便讲解模拟合成,非实际图片。

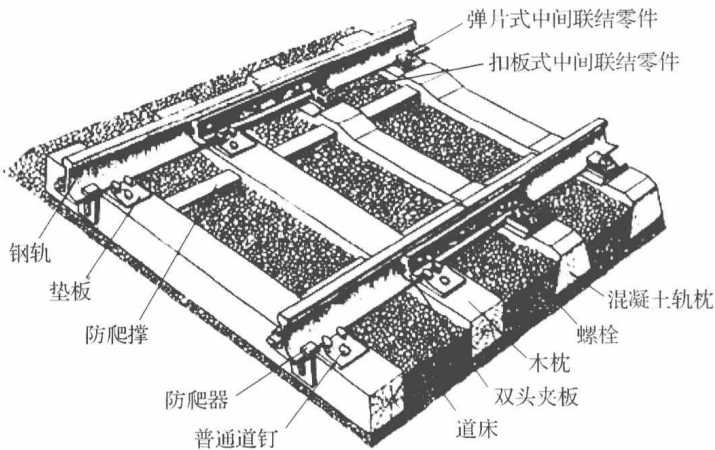


图 1.1 轨道的基本组成

1. 钢轨的功能

钢轨是城市轨道交通最重要的组成部件。钢轨的功用是为车轮提供连续、平顺和阻力最小的滚动表面,引导机车车辆前进;直接承受车轮的巨大压力,并将其分布传递到轨枕;地铁自动闭塞区段,还兼做轨道电路之用。

2. 钢轨的要求

(1)具有足够的强度和耐磨性。钢轨的工作条件十分复杂。车轮施加于钢轨上的作用力其大小、方向和位置都具有很强的随机性。除轮载外,气候及其他因素对钢轨受力也有影响。

钢轨使用寿命与钢轨强度和硬度有密切的关系。钢轨强度和硬度的提高有利于提高钢轨承载能力和使用寿命,但硬度过高,钢轨又容易受冲击而折断,因此又要求钢轨具有一定的韧性。

(2)具有较高的抗疲劳强度和冲击韧性,防止轨头内侧剥离及可能由此引起的钢轨横向断

裂。钢轨长期在列车周期性重复荷载下工作,应有较高的疲劳强度和较好的冲击韧性。

(3)具有足够光滑且有一定粗糙度的顶面。机车依靠其动轮与钢轨顶面的摩擦作用前进,这就要求钢轨顶面粗糙,但对车辆来说,摩阻力太大又会使行车阻力增加,这又要求钢轨有一个光滑的表面。从这一矛盾的主要方面出发,钢轨应首先保证有足够光滑的顶面,必要时,可用向轨面撒砂的方法提高机车动轮与钢轨之间的黏着力。

(4)具有较强的抗不均匀磨耗性能和钢轨全长范围内硬度的均匀性,避免引起波纹、波浪等不均匀磨耗。

(5)具有良好的焊接性能,以便采用无缝线路。

(6)用在道岔上的钢轨应具有良好的道岔机加工性能以获得良好的道岔质量。

(7)化学成分便于进行热处理,以提高钢轨的强韧性。

(8)具有严格的尺寸公差及钢轨工作边的平顺性,以减少轨道周期性不平顺。

3. 钢轨的类型

钢轨类型以每米钢轨大致质量(kg/m)表示。我国现有钢轨类型分为 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m、43 kg/m 四中类型,以适应不同运营条件的使用要求。

钢轨的标准与钢轨类型有关。43 kg/m 钢轨有 12.5 m 及 25 m 两种标准长度;50 kg/m 有 12.5 m、25 m、50 m、100 m 四种;60 kg/m 钢轨标准长度有 25 m、50 m、100 m 三种。75 kg/m 钢轨主要是 25 m 标准长度。正线无缝线路轨道宜采用 25 m 标准长度的钢轨。还有用于曲线内股的缩短轨系列,对于 12.5 m 标准轨系列的缩短轨有缩短量 40 mm、80 mm、120 mm 三种;对于 25 m 标准轨系列有缩短量 40 mm、80 mm、160 mm 三种。

1.1.2 钢轨断面形状和尺寸

在直线地段,钢轨所受的力主要是竖直力,其结果是使钢轨产生挠曲。由于钢轨被视为支承在连续弹性基础上的无限长梁,而梁抵抗挠曲的最佳断面形式为“工”字形。因此,钢轨采用工字形断面,由轨头、轨腰和轨底三部分组成。其断面尺寸应满足下列要求:

1. 钢轨头部设计

钢轨头部是直接和车轮接触的部分,应有抵抗压溃和耐磨的能力,故轨头宜大而厚,并应具有和车轮踏面相适应的外形。钢轨头部是直接和车轮接触的部分,使其为使钢轨有较大的承载能力和抗弯能力。

2. 钢轨腰部设计

钢轨腰部必须有足够的厚度和高度,轨腰的两侧或为直线或为曲线,而以曲线为最常用;轨腰与钢轨头部及底部的连接,必须保证夹板能有足够的支承面。

3. 钢轨底部设计

钢轨底部直接支承在轨枕顶面上,为保持钢轨稳定,轨底应有足够的厚度和宽度,并有必要的刚度和抵抗锈蚀的能力。

钢轨的头部顶面宽(b)、轨腰厚(t)、轨身高(H)及轨底宽(B)是钢轨断面的四个主要参数,它们的面积分配应根据各方面条件综合考虑,选择一个最适当的比例。目前的几种主要钢轨标准断面和轨端侧面尺寸如图 1.2 及表 1.1 所示。

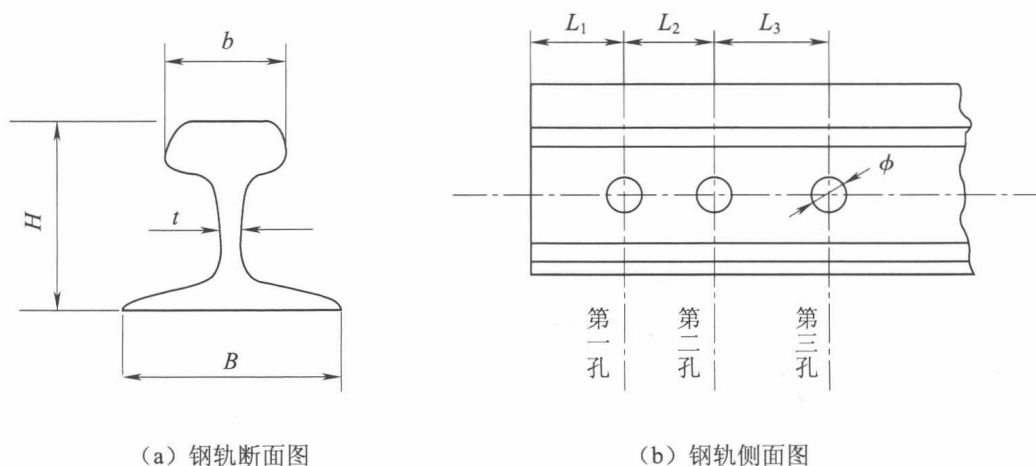


图 1.2 钢轨断面及侧面图

表 1.1 钢轨截面各部尺寸

项 目	钢轨类型(kg/m)			
	43	50	60	75
每米钢轨质量 m (kg)	44.653	51.514	60.64	74.414
钢轨高度 H (mm)	140	152	176	192
轨头宽度 b (mm)	70	70	73	75
轨底宽度 B (mm)	114	132	150	150
轨腹厚度 t (mm)	14.5	15.5	16.5	20
螺栓孔直径 ϕ (mm)	29	31	31	31
轨端至 1 孔中心距 L_1 (mm)	56	66	76	96
1 孔至 2 孔中心距 L_2 (mm)	110	150	140	220
2 孔至 3 孔中心距 L_3 (mm)	160	140	140	130
截面积(cm^2)	57	65.8	77.45	95.04
钢轨长(m)	12.5	12.5	12.5	25
	25	25	25	

60 kg/m 钢轨断面尺寸如图 1.3 所示。

1.1.3 钢轨伤损标准

钢轨伤损是指钢轨在使用过程中发生钢轨折断、钢轨裂纹以及其他影响和限制钢轨使用性能的伤损。钢轨伤损分为轻伤、重伤和折断三类。

1. 钢轨轻伤和重伤标准

钢轨轻伤和重伤标准如表 1.2、表 1.3 所示。探伤人员、线路(检查)工长认为钢轨有伤损时,也可判为轻伤或重伤。

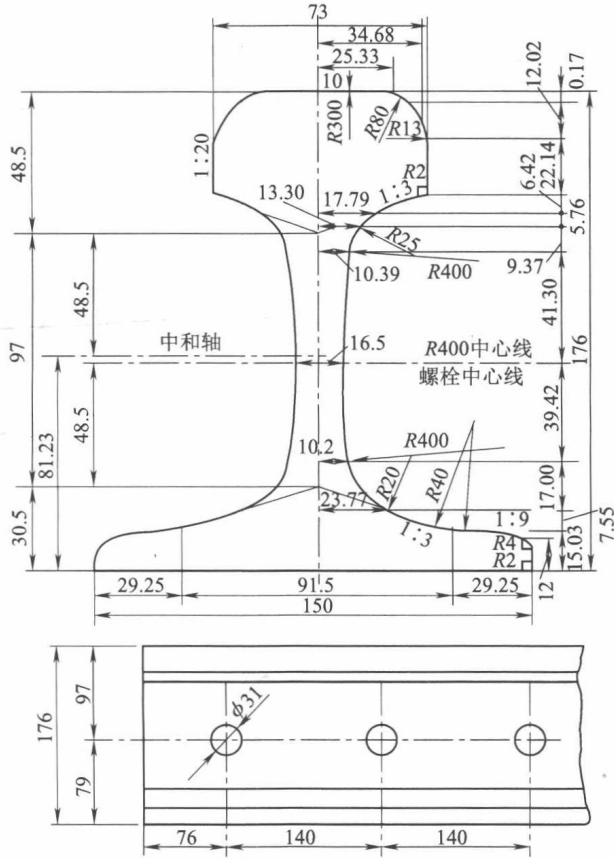


图 1.3 60 kg/m 钢轨断面及侧面图(单位:mm)

表 1.2 钢轨头部磨耗轻伤标准(mm)

钢轨 (kg/m)	总 磨 耗		垂 直 磨 耗		侧 面 磨 耗	
	正线	辅助线、车场线	正线	辅助线、车场线	正线	辅助线、车场线
60	14	16	9	10	14	20
50	12	14	8	9	12	18
43	10	12	7	9	10	16

注:①总磨耗=垂直磨耗+1/2 侧面磨耗。②垂直磨耗在钢轨顶面宽 1/3 处(距标准工作边)测量。③侧面磨耗在钢轨踏面(按标准断面)下 16 mm 处测量。

表 1.3 钢轨头部磨耗重伤标准(mm)

钢轨 (kg/m)	总 磨 耗		垂 直 磨 耗		侧 面 磨 耗	
	正线	辅助线、车场线	正线	辅助线、车场线	正线	辅助线、车场线
60	16	18	11	12	19	21
50	14	16	10	11	17	19
43	12	14	9	10	15	17

更换伤损钢轨,应根据钢轨的伤损程度及其位置而定。重伤钢轨应立即更换,轻伤钢轨应加强检查。

典型工作任务 2 轨枕认知

在轨道结构中,轨枕的功用是承受来自于钢轨上的各种力,且传递至道床,同时轨枕还起着保持钢轨方向、轨距和位置等作用。轨枕应具有必要的坚固性、弹性和耐久性,并能便于固定钢轨,有抵抗纵向和横向位移的能力。

轨枕依其构造及铺设方法可分为横向轨枕、纵向轨枕及短枕等。横向轨枕与钢轨垂直间隔铺设,是一种最常用的轨枕;纵向轨枕一般仅用于特殊需要的地段;短枕是在左右两股钢轨下分开铺设的轨枕,常用于混凝土整体道床。

轨枕按其使用目的分为用于一般区间的普通轨枕,用于道岔上的岔枕,用于无砟桥梁上的桥枕。

轨枕按其材质分为木枕、混凝土枕和钢枕。

1.2.1 混凝土枕特点及规格尺寸

1. 混凝土枕特点

混凝土枕的主要优点是纵、横向阻力较大,提高了线路的稳定性;铺设高弹性垫层可以保证轨道弹性均匀;使用寿命长,可以降低轨道的养修费用;但它容易因发生裂纹而失效,质量大、更换困难、弹性差。

2. 混凝土枕分类

混凝土轨枕按配筋方式分有普通钢筋混凝土枕和预应力钢筋混凝土枕两大类。普通钢筋混凝土枕抗弯能力很差,容易开裂失效,已被淘汰。预应力钢筋混凝土枕因施加一定的预压应力,因而具有抗裂性能好,用钢量少的优点。我国主要采用整体式预应力钢筋混凝土枕,简称混凝土枕(PC枕)。

按照施工方法不同 PC 枕分为先张法和后张法预应力钢筋混凝土枕两类,配筋材料为钢丝或钢筋。我国主要采用先张法混凝土枕。

1) II 型混凝土枕的设计是根据重载线路承受荷载大,重复次数多的特点,采用疲劳可靠性进行设计的。与 I 型轨枕相比,轨下截面正弯矩的计算承载能力提高 13%~25%,中间截面正弯矩提高 8.8%,中间截面负弯矩提高 14%~41%。J-2 型轨枕是采用 4 根直径 10 mm 的高强度钢筋,C60 级混凝土。II 型轨枕是我国线路的主型轨枕。图 1.4 为新 II 型枕的外形、截面尺寸和配筋示意图。

2) III 型混凝土枕

由于 II 型轨枕在重型、次重型轨道上使用时,某些区段出现轨枕中顶面横向裂缝、沿螺栓孔纵向裂缝、枕端龟裂、侧面纵向水平裂缝、挡肩斜裂等病害,轨枕年失效下道率平均 1.2%,难以适应重型和特重型轨道的承载条件,为了适应强轨道结构的要求,又研制了 III 型轨枕。III 型混凝土枕有挡肩和无挡肩两种形式。长度有 2.6 m 和 2.5 m 两种。

III 型枕的主要特点:

(1)结构合理,强化了轨道结构。由于轨枕长度增加到 2.6 m,并适当加宽了枕底,使枕下支承面积约增加了 17%,端侧面积约增加 20%,轨枕质量约增加 31%。因此,可有效提高道床的纵、横向阻力,减缓重载运输所产生的道床累积变形,提高线路的稳定性。

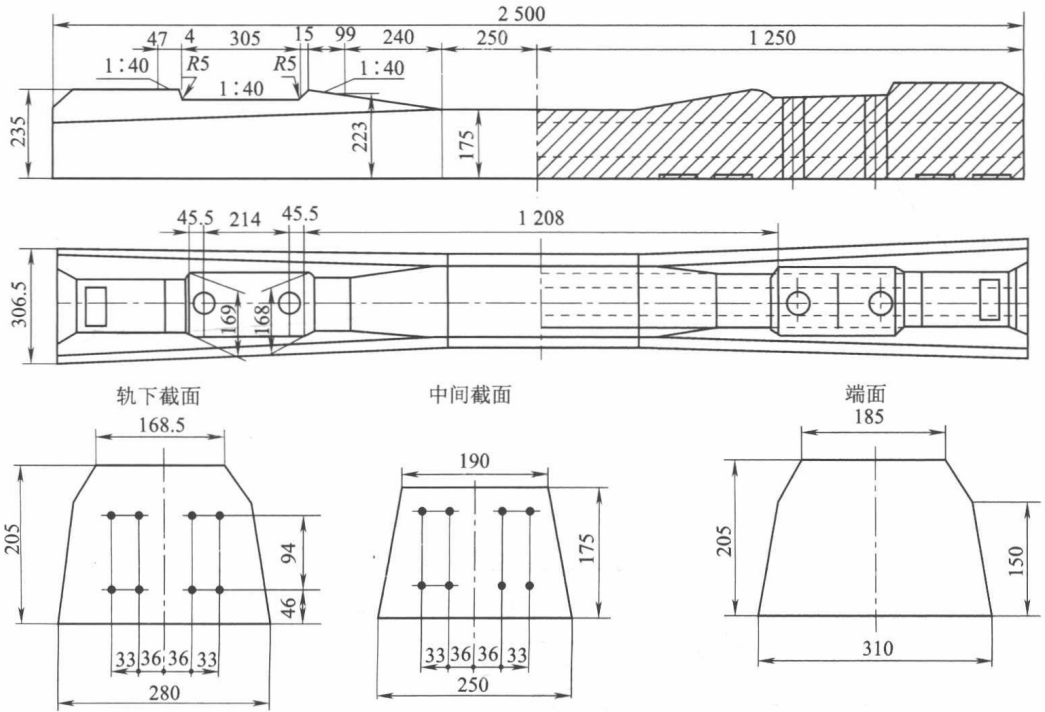


图 1.4 新 II 型混凝土枕(单位:mm)

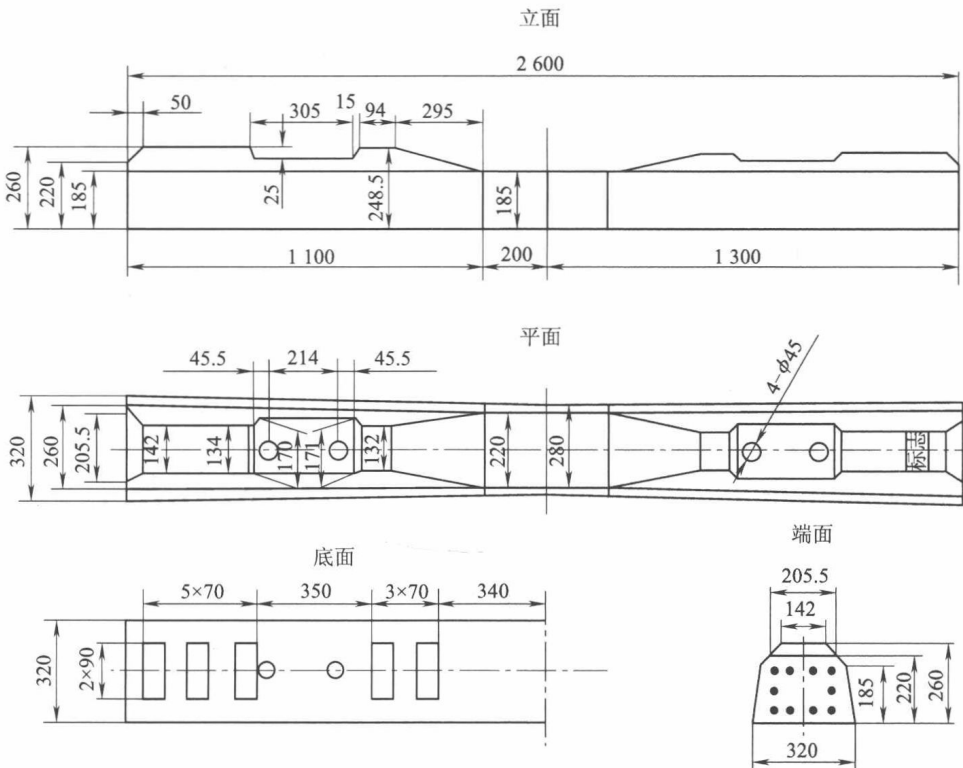


图 1.5 III 型有挡肩混凝土枕(单位:mm)

(2) 轨下和中间截面的设计承载力较 II 型轨枕分别提高了约 43% 和 65%，提高了轨枕的强度。

(3)采用无螺栓扣件的扣压力能保持线路稳定,无纵、横向移动,有利于保持轨道的几何形位,减少养护维修工作量。

3. DT1 型预应力混凝土轨枕

由于地铁大部分采用接触轨受电方式,地面线碎石道床上轨枕不仅安装走行轨,又要安装接触轨,无法直接采用国铁定型混凝土轨枕,所以以前均采用木枕。北京城建设计研究院2000年研制了DT1型预应力混凝土轨枕。

DT1型预应力混凝土轨枕见图1.6。该枕为无挡肩外形,预应力混凝土结构,一般长为2.5m(A型)。为固定接触轨,设计了长为2.55m的B型轨枕,该轨枕采用C60混凝土,工厂预制。轨枕内预埋DTVI3型扣件的4个预埋铁座。根据接触轨的安装要求,A型与B型轨枕数量的比例为5:1(每隔5根A型,铺设一根B型)。

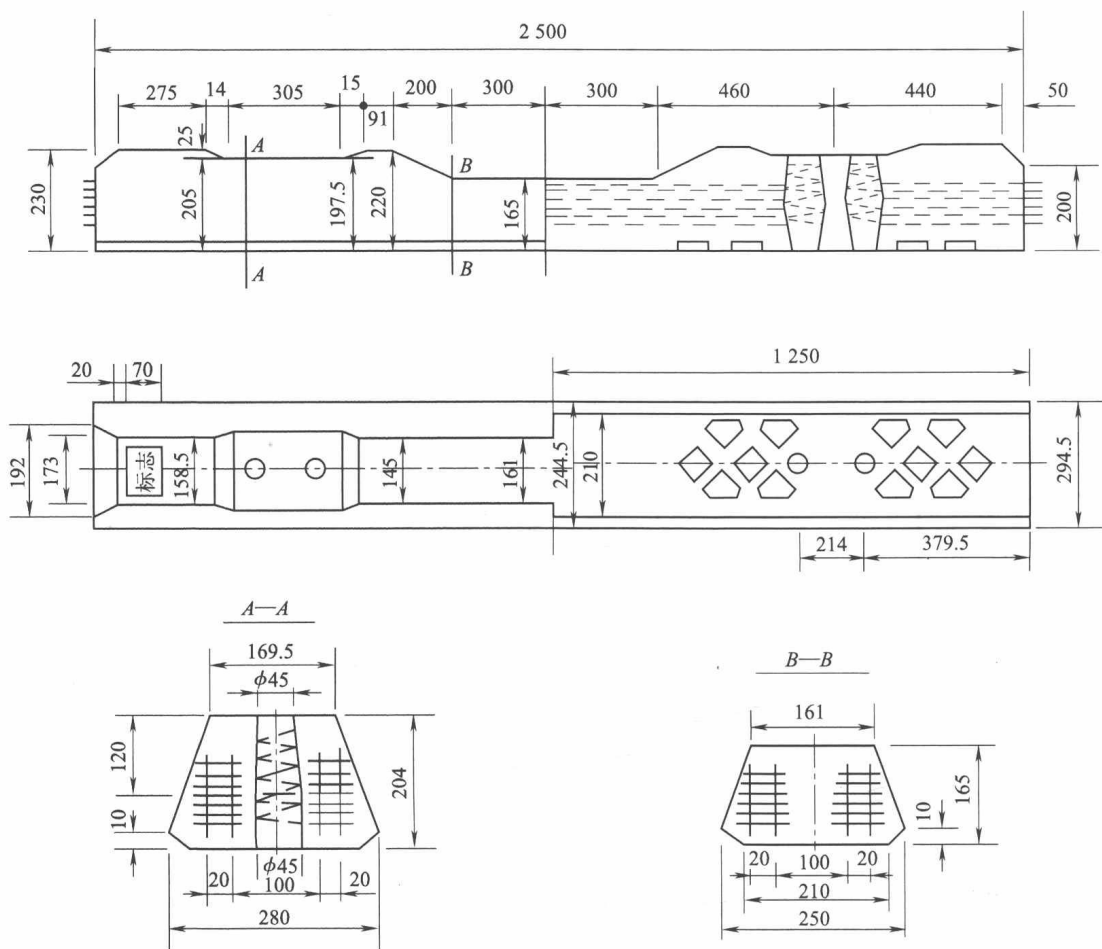


图 1.6 DT1 型预应力混凝土枕(单位:mm)

轨枕的横截面采用目前最新技术:双坡截面,经过外形优化设计,以预应力轨枕可顺利脱模为前提,设计断面的上下坡度分别为1.1:1和8.25:1。轨枕在外形的控制尺寸相同情况下,轨枕有效截面加大,能合理布置结构预应力钢筋、轨枕的纵、横向阻力加大,有利于提高无缝线路的稳定性。

DT1型预应力混凝土轨枕,分两种长度:A型枕长2.5m,只安装走行轨,A型枕的左右完全对称,无预埋尼龙套管;B型枕的长度在A型枕的基础上单侧加长了50mm,预埋