

高等学校专修科试用教材

铁路轨道

● 北方交通大学 陈岳源 主编

● 中国铁道出版社

113.2
3



6.2
03

高等学校专修科试用教材

铁路轨道

北方交通大学 陈岳源 主编
西南交通大学 万复光 主审

中国铁道出版社
1998年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本教材是根据 1991 年铁道部高等学校铁道工程、桥隧专业教学指导委员会会议决定编写的, 主要内容包括: 轨道的结构; 直线轨道的几何形位及曲线轨道几何形位的特征; 轨道强度的静力、动力计算及机车车辆与轨道相互作用给轨道带来的影响; 无缝线路的基本原理及强度、稳定性计算, 以及结构设计; 道岔的构造、几何形位及轨道的连接; 新线铺轨、铺道岔及铺碴整道; 既有线路大修设计及施工; 既有线养护维修技术及工务管理等。

本教材除供铁道工程专业大学专修科教学用书外, 也可供相关专业及现场技术人员学习参考。

高等学校专修科试用教材

铁 路 轨 道

北方交通大学 陈岳源 主编

中国铁道出版社出版发行

(100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑 刘桂华 封面设计 赵敬宇

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 字数: 426 千

1994 年 9 月 第 1 版 1998 年 7 月第 2 次印刷

印数: 5001—9000 册

ISBN7-113-01729-0/TU·373 定价: 19.80 元

前 言

近年来,我国铁路高校专修科铁道工程专业教育有很大发展,为铁路工程、工务部门培养了大批高校专修科毕业生。

“铁路轨道”是铁道工程专业的一门重要专业课,至今还没有一本统编的高校专修科教材,多年来各高校一直采用自编教材或本科教材代用。在1990年12月召开的“铁路轨道”专业课教学工作会议上,在交流本课程教学经验和自编教材情况时,一致认为全路需要一本统编的高校专修科教材。为此,会议决定向专业教学指导委员会申报编写本教材。经1991年铁道部高等院校铁道工程、桥隧专业教学指导委员会会议研究决定,推荐由北方交通大学陈岳源主编,西南交通大学万复光主审“铁路轨道”高校专修科教材,1992年经部教育司批准,列入出版计划。1992年5月《铁路轨道》初稿完成后,聘请有关人员对初稿进行了审查,根据审稿意见,对初稿再次进行修改,于1992年底定稿。

“铁路轨道”专修科教材,遵照专修科培养的目标,突出实用性,考虑适应我国国情的先进性。在教材内容上,除了应确保基本概念、基本原理、基本知识等内容外,还兼顾了新线的施工、既有线的大修及工务技术管理的内容,扩大了教材覆盖面,使之也能适应相关专业及现场对技术人员培训的需要。因此,各校可根据学员对象,适当选择一些章节讲课。本教材授课时数约80学时。

在编写过程中,承蒙各兄弟院校老师提供了许多宝贵意见,使教材的内容得到了充实和提高,为此,谨向他们表示衷心感谢。但限于学术水平、教学经验和写作能力,书中难免有不足和错误,敬请批评指正。

参加本书编写的有北方交通大学陈岳源(第一、三、四章),兰州铁道学院钟延禧(第二、七章),上海铁道学院戴月辉(第五章),石家庄铁道学院周民望(第六章),铁道部工务局卢祖文(第八章);本书由陈岳源担任主编,西南交通大学万复光任主审。

编 者

一九九三年八月

目 录

第一章 轨道结构	1
第一节 钢 轨	1
第二节 轨 枕	9
第三节 联接零件	19
第四节 道 床	32
第五节 线路防爬及曲线加强	37
第二章 轨道几何形位	40
第一节 机车车辆走行部分	40
第二节 轨道几何形位及特征	42
第三节 曲线轨道外轨超高	45
第四节 曲线轨道轨距加宽	54
第五节 缓和曲线	60
第六节 缩 短 轨	66
第七节 曲线整正	70
第三章 轨道结构力学分析	85
第一节 概 述	85
第二节 轨道强度计算	86
第三节 机车车辆与轨道的相互作用	102
第四章 无缝线路	108
第一节 概 述	108
第二节 各种线路阻力	109
第三节 温度力与锁定轨温	116
第四节 钢轨温度力与轨端伸缩量计算	119
第五节 无缝线路稳定性计算	124
第六节 路基上无缝线路的设计	131
第七节 特殊地段的无缝线路	136
第五章 道 岔	142
第一节 道岔的种类	142
第二节 道岔的构造	143

第三节	道岔的几何形位·····	150
第四节	道岔的总布置图·····	154
第五节	过岔速度和提高过岔速度的措施·····	162
第六节	特种道岔·····	168
第七节	轨道连接·····	171
第六章	轨道铺设 ·····	176
第一节	铺轨·····	176
第二节	道岔的铺设·····	188
第三节	铺碴整道·····	192
第七章	线路设备大修 ·····	210
第一节	线路设备大修的工作范围·····	210
第二节	线路大修测量与调查·····	213
第三节	线路大修平面设计·····	216
第四节	线路大中修纵断面设计·····	223
第五节	线路换轨大修施工·····	228
第六节	线路中修·····	234
第七节	无缝线路的焊接、运输与铺设·····	235
第八章	线路维修及工务组织管理 ·····	238
第一节	线路维修工作的原则和内容·····	238
第二节	轨道不平顺的管理工作·····	242
第三节	线路维修基本作业·····	245
第四节	无缝线路养护维修·····	247
第五节	道岔更换与养护维修·····	253
第六节	曲线养护维修·····	257
第七节	钢轨及接头的养护维修·····	259
第八节	工务技术管理·····	263

第一章 轨道结构

铁路轨道由钢轨、轨枕、道床、联结零件、防爬设备和道岔等部件组成。

轨道是列车行驶的基础,能引导列车运行,并直接承受车轮的动压力,然后传到路基上。

铁路运营条件以行车速度、轴重和运量三个参数来反映。行车速度增加,动压力增大,加上车轮和轨道的不平顺,动压力可增大 1.5~2.5 倍,加速了对轨道的破坏;轴重的增加也是一样,特别是对钢轨能产生更大的不良影响;运量的增长,列车荷载作用次数增多,使轨道部件疲劳损伤和永久变形积累加速。

因此,根据不同的运营条件,要求有不同等级的轨道标准,使之有相应的强度和稳定性,以确保列车按规定速度,平稳、安全和不间断地运行。

为此,我国《标准铁路设计规范》规定我国新线和改建的铁路正线的轨道标准如表 1—1 所示。

对于既有线,《铁路设备大修规则》对轨道标准做了一些修改,主要是轨枕配置,不分木枕或混凝土枕,一律按表 1—1 中“木枕”栏内的配置。

正线轨道类型

表 1—1

条件	项 目		单 位	特重型	重 型	次重型	中 型	轻 型	
运营 条件	年通过总重密度		Mt · km/km	>60	60~30	30~15	15~8	<8	
	最高行车速度		km/h	≥120	≥120	120	100	80	
轨道 结构	钢 轨		kg/m	≥70	60	50	43	43~38	
	轨枕 根数	混凝土枕	根/km	1840~1760	1760	1760~1680	1680~1600	1600~1520	
		木 枕		1840	1840	1840~1760	1760~1600	1600	
	道床 厚度	非渗水 土路基	面层	cm	30	30	25	20	20
			底层	cm	20	20	20	20	15
		岩石、渗水土路基		cm	35	35	30	30	25

注:1. 计算年通过总重,应包括净重、机车和车辆的质量,并将旅客列车质量计算在内。单线应按往复总重计算,双线应按每一条线通过的总重计算。

2. 重型及以上轨道宜采用混凝土宽枕,按 1760 根/km 配置。

3. 非渗水土路基宜采用双层道床,只有在垫层材料供应困难,且不致造成路基病害的情况下,方可采用单层道床,其厚度比照岩石路基加 5cm。

第一节 钢 轨

一、钢轨的功用、性能和断面

钢轨是铁路轨道的主要部件,它用于引导机车车辆车轮前进,承受车轮巨大压力并传递到

钢轨断面尺寸及特性

表 1-2

项 目	类 型 (kg/m)			
	75	60	50	43
每米质量 m (kg)	74.414	60.64	51.514	44.653
断面面积 F (cm ²)	95.037	77.45	65.8	57
重心距轨底面的距离 y_1 (mm)	88	81	71	69
对水平轴的惯性矩 J_x (cm ⁴)	4490	3217	2037	1489
对竖直轴的惯性矩 J_y (cm ⁴)	665	524	377	260
底部断面系数 W_1 (cm ³)	509	396	287	217
头部断面系数 W_2 (cm ³)	432	339	251	208
轨底横向挠曲断面系数 W_y (cm ³)	89	70	57	46
轨头所占面积 A_h (%)	37.42	37.47	38.68	42.83
轨腰所占面积 A_w (%)	26.54	25.29	23.77	21.31
轨底所占面积 A_b (%)	36.54	37.24	37.55	35.86
钢轨高度 H (mm)	192	176	152	140
钢轨底宽 B (mm)	150	150	132	114
轨头高度 h (mm)	55.3	48.5	42	42
轨头宽度 b (mm)	75	73	70	70
轨腰厚度 l (mm)	20	16.5	15.5	14.5

二、钢轨长度及轨缝

我国标准轨长度有 25m 和 12.5m 两种。对于 75kg/m 钢轨,只有 25m 一种。在曲线上还需要使用缩短轨,即比标准轨短的钢轨。对于 25m 标准轨系列选用的缩短轨有短 40、80、160mm 的三种;对于 12.5m 的标准轨有短 40、80、120mm 三种。

普通线路上用的钢轨端部有三个圆形螺栓孔,以便上夹板用,各螺栓孔的距离如表 1-3 所示。

轨端螺栓孔位置及直径(mm)

表 1-3

轨型 kg/m	轨高 H	一孔中心至轨端 L_1	一、二孔中心距 L_2	二、三孔中心距 L_3	螺栓孔直径 d
75	192	96	220	130	31
60	176	76	140	140	31
50	152	66	150	140	31
43	140	56	110	160	29

钢轨与钢轨之间留有一定的缝隙(称为轨缝),通过夹板和接头螺栓将钢轨夹紧而连接起

来。随着轨温变化,钢轨要伸缩,这个伸缩量是由钢轨螺栓孔、夹板螺栓孔与螺杆之间的间隙来提供的,我们把它们之间在构造上能实现的轨端最大缝隙称为构造轨缝。在铺轨施工时,也需要预留一定的轨缝,称为预留轨缝。预留轨缝要适当,能保证冬天不超过构造轨缝,以防止拉弯接头螺栓及增大车轮冲击;使夏天轨缝不挤严,以防温度压力太大而胀轨跑道。《铁路线路维修规则》规定普通线路预留轨缝计算公式为:

$$a_0 = \alpha L(t_z - t_0) + \frac{1}{2} a_g \quad (1-1)$$

式中 a_0 ——换轨或调整轨缝时的预留轨缝(mm);
 α ——钢轨钢线膨胀系数 $\alpha = 0.0118(\text{mm}/\text{m}^\circ\text{C})$;
 L ——钢轨长度(m);
 t_z ——当地中间轨温($^\circ\text{C}$);
 $t_z = \frac{1}{2}(T_{\max} + T_{\min})$;
 T_{\max}, T_{\min} ——当地历史最高、最低轨温($^\circ\text{C}$)(见表 4—10);
 t_0 ——换轨或调整轨缝时的轨温;
 a_g ——构造轨缝(mm)。

对于 43、50、60kg/m 钢轨, $a_g = 18\text{mm}$
 对于 75kg/m 钢轨, $a_g = 20\text{mm}$

从理论上讲,用式 1—1 计算得到的预留轨缝值预留时,到冬天 T_{\min} 时,轨缝仍小于构造轨缝;夏天 T_{\max} 时轨缝仍不是零。当然,它的前提条件是,接头螺栓必须拧紧,经常保持表 1—4 所示的扭矩。对于南方,年轨温差小于 85°C 的地区,为了减少冬天的轨缝,预留轨缝可以按式 1—1 计算得到的结果再减小 1~2mm。

接头螺栓扭矩

表 1—4

项目	单位	25m 钢 轨						12.5m 钢轨	
		最高、最低轨温差 $>85^\circ\text{C}$			最高、最低轨温差 $\leq 85^\circ\text{C}$				
轨 型	kg/m	60	50	43	60	50	43	50	43
螺栓等级		10.9	10.9	8.8	10.9	8.8	8.8	8.8	8.8
扭 矩	N·m	700	600	600	500	400	400	400	400
C 值	mm	6			4			2	

注:1. C 值为接头阻力及基础阻力限制钢轨自由伸缩的数量
 2. 小于 43kg/m 的钢轨,比照 43kg/m 钢轨办理。

由于构造轨缝 a_g 的限制,以及接头和基础阻力的限制——C 值关系,不是所有地区都能铺设 25m 长的钢轨。根据轨温—轨缝变化规律,在确定的 a_g 和 C 值情况下,以 T_{\max} 时轨缝 $a_{\min} = 0$, T_{\min} 时轨缝 $a_{\max} = a_g$ 为条件,可以得到允许铺轨的年轨温差为 $[\Delta T]$ 的地区:

$$[\Delta T] = \frac{a_g + 2C}{\alpha L} \quad (1-2)$$

式中 $[\Delta T]$ ——允许铺轨年轨温差($^\circ\text{C}$);
 C——接头阻力和基础阻力限制钢轨伸缩量(表 1—4)(mm)。

由式 1—2 计算可知,对于 12.5m 钢轨,在我国任何地区都可铺设;对于 25m 钢轨, $[\Delta T]$

=101.7℃, 近似地只能在年轨温差 100℃ 以下地区铺设。

在允许铺轨的最大年温差 $[\Delta T]$ 范围内, 并不是在所有的轨温下都能铺设, 在年轨温差 ΔT 大的地区, 当接近 T_{\max} (或 T_{\min}) 的轨温下铺轨后, 轨温达到 T_{\min} (或 T_{\max}) 时, 轨缝就不能满足 $a_{\max} \leq a_g$ (或 $a_{\min} \geq 0$), 因此必须限制其铺轨温度, 另外, 用式 1-1 中 a_0 做为预留轨缝, 并在铺轨后为检查轨缝计算方便, 将铺轨轨温上、下限定为:

$$\left. \begin{aligned} \text{允许铺轨轨温上限 } [t_{os}] &= t_z + \frac{a_g}{2\alpha L} \\ \text{允许铺轨轨温下限 } [t_{oz}] &= t_z - \frac{a_g}{2\alpha L} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

对于 60kg/m 钢轨以下的 25m 长的普通线路, $a_g = 18\text{mm}$, 可以求得 $a_g/2\alpha L = 30.5^\circ\text{C}$, 因此, 《铁路线路维修规则》规定, 应当在 $(t_z - 30^\circ\text{C}) \sim (t_z + 30^\circ\text{C})$ 范围内铺轨或调整轨缝。

三、钢轨的材质及机械性能

为了使钢轨具有足够的强度和韧性, 以及有良好的耐磨性和硬度, 坚固耐用, 除了与钢轨断面形式有关外, 在很大程度上与钢材、生产工艺和热处理质量等有关。

钢轨的主要成份为铁 Fe, 其次是碳 C, 含碳量增加, 抗拉强度、耐磨性及硬度都增加, 但是含碳量愈多, 使延伸率、冲击韧性反而下降, 脆性增加, 此外, 还影响钢材的质量, 所以含碳量一般不得超过 0.82%。其他成份还有锰 Mn、硅 Si、磷 P、硫 S 等。锰可以提高强度和韧性, 一般低碳钢含锰为 0.6~1.0%, 对含锰量超过 1.2% 的钢称为中锰钢, 属于低合金钢。一般碳素钢的含硅量在 0.15~0.3% 之间, 磷、硫为有害元素, 均应严格控制。

我国钢轨的化学成份、机械性能及使用范围如表 1-5 所示。

钢轨的化学成份、机械性能及使用范围

表 1-5

序号	钢号	化学成份 (%)						抗拉强度 σ_b (MPa)	延伸率 δ_5 (%)	使用范围 (钢轨类型)
		C	Si	Mn	Cu	P	S			
1	U71	0.64~0.77	0.13~0.28	0.60~0.90		≤ 0.04	≤ 0.05	785	10	50
2	U74	0.67~0.80	0.13~0.28	0.70~1.00		≤ 0.04	≤ 0.05	785	9	50、60、75
3	U71Cu	0.65~0.77	0.15~0.30	0.70~1.00	0.10~0.40	≤ 0.04	≤ 0.05	785	9	50
4	U71Mn	0.65~0.77	0.15~0.35	1.10~1.50		≤ 0.04	≤ 0.04	883	8	50、60、75
5	U71MnSi	0.65~0.75	0.85~1.15	0.85~1.15		≤ 0.04	≤ 0.04	883	8	小半径曲线 50
6	U71MnSiCu	0.65~0.77	0.70~1.10	0.80~1.20	0.10~0.40	≤ 0.04	≤ 0.04	883	8	50

在表内钢号为 U71、U74 中的 U 表示钢轨的符号, 71、74 表示钢轨含碳量为 0.71%、0.74%, 其他 Cu、Mn、Si 都表示这种钢轨的合金成分。序号 1~3 为普通碳素轨, 4~6 为低合金轨, U71Mn 为中锰轨, 它提高了钢轨质量, 延长了寿命; U71MnSi 为高硅轨, 其耐磨性为碳素轨的 2~4 倍。

为了加强钢轨接头抗磨性, 在钢轨两端 30~70mm 范围内进行轨顶淬火, 淬火深度达 8~12mm。

我国近年来推广的全长淬火钢轨, 这种钢轨是将普通碳轨通过热处理方法, 在钢轨轨头表

面全长感应淬火,以局部改变轨头钢的组织,从而提高钢轨的强度和韧性。铁道部要求攀钢淬火轨抗拉强度 $\sigma_b \geq 1176\text{MPa}$, 屈服强度 $\sigma_s \geq 802\text{MPa}$, 延伸率 $\delta_5 \geq 12\%$, 断面收缩率 $\varphi \geq 33\%$, 顶面淬火深度 $h > 15\text{mm}$, 侧向淬火深度 $b > 10\text{mm}$ 。随着轴重从 20t 提高到 25t 的情况,用在小半径曲线上的淬火轨应当采用超高强度的合金淬火轨。

四、钢轨伤损及允许磨损限度

(一) 钢轨伤损

钢轨伤损是指钢轨在使用过程中发生裂纹、折断及其他影响和限制钢轨使用性能的危害。

钢轨伤损是轨道上存在的一个大问题,它直接影响行车安全。我国将钢轨伤损根据其在钢轨断面上的位置、伤损外貌及伤损原因等分为九类 32 种伤损,用两位数编号分类,十位数表示伤损的部位和状态,个位数表示造成伤损的原因。这里只介绍常见的几种伤损。

1. 轨腰螺栓孔裂纹

钢轨端部轨腰钻孔后,强度削弱,螺栓孔周围产生较高的局部应力,在列车冲击荷载作用下,螺栓孔裂纹开始产生和发展,并出现疲劳伤损。

螺栓孔裂纹主要来自钻孔时产生的微小裂纹,加上养护不当或基础弹性不够,在接头处产生很大的瞬时冲击力(一般称为 P_1 力)以及以钢轨长度中部(又称为大腰处)的所有低频准静态力(称为 P_2 力)。研究表明: P_1 、 P_2 的组合控制着轨端第一个螺栓孔的应力水平,第二个螺栓孔则由 P_2 控制。因此,往往在 1、2 螺栓孔之间出现与主拉应力方向相垂直的裂纹(一般与水平线成 45° 左右)。道床板结、轨端低塌,高低、左右错牙及鞍形磨耗等线路不良状态,更促进 P_2 轨的增大,裂纹的发展。一些运煤干线,由于线路标准低,道床厚度不够,加上运输环境恶劣,轨端螺栓孔裂纹几乎占 30% 以上。

防止和减缓螺栓孔裂纹的产生和发展,现场一般采取下列措施:

- (1) 加强接头养护,预防出现错牙、鞍磨、低塌及板结,以减少 P_2 、 P_1 力;
- (2) 螺栓孔周边倒棱,防止周边应力集中,延长裂纹萌生期;
- (3) 增加接头弹性,接头处铺设枕下大胶垫或枕上高弹性胶垫等措施来减少 P_1 、 P_2 力,也曾试验过,加大第一螺栓孔至轨端的距离,减少螺栓孔的直径,可以减少螺栓孔应力的 30%。

2. 轨头核伤

轨头内部存在有微小裂纹或缺陷,在重复动荷载作用下,小裂纹成核,然后向四周发展,核伤扩大,削弱了钢轨断面,降低了抵抗折断的能力,在毫无预兆的情况下,猝然折断,严重影响了行车安全。核伤的形成是钢轨内部材质的缺陷,核伤的发展速度主要是重复荷载的次数,也就是运量,当然加强线路和机车车辆养护,可以起到一些减缓核伤发展的作用,但不是决定性的。根据前苏联统计,运量与核伤的关系如下:

$$\beta = S_0 e^{kT}$$

式中 T ——通过核伤钢轨的总重;

β ——核伤钢轨通过重 T 后核伤的发展面积,以占轨头面积%表示;

S_0 ——核伤的初始面积,以占轨头面积的%表示(法国取 $S_0 = 3\%$);

k ——核伤的发展速度系数,随轨型、材质、轴重而定,(法国取 $k = 0.12$)。

此外,大轴重和高行车速度也影响核伤的发展,尤其是核伤后期,前苏联试验表明,在直线地段,轴重从 122.5kN 增加到 188.2kN 时,在行车速度为 70~80km/h 时,通过总重减少 30~

50%。接头的冲击荷载也影响核伤的发展,前苏联试验表明,距轨端1~3.5m处,核伤的发展速度要比大腰快1.8~2.0倍。

防止和减缓核伤的产生和发展,其措施主要有:

- (1)提高钢轨材质,防止出现气孔及夹渣等不良现象;
- (2)改善线路质量,提高弹性,减少动力冲击。

3. 钢轨磨耗

在我国,直线及大半径曲线线路,换轨主要控制因素是核伤,而小半径曲线,则主要是钢轨的磨耗。钢轨磨耗主要有侧面磨耗、垂直磨耗、鞍形磨耗和波浪形磨耗等。

鞍形磨耗是指钢轨接头处,由于轨端淬火后硬度提高,而其交界处轨顶面硬度较低,在列车冲击荷载下造成淬火表面交界处坑洼,而淬火端几乎没有磨耗,形成了马鞍形状的顶面,称为鞍形磨耗,这可以通过焊补而修复。

垂直磨耗是指钢轨轨面高度上的磨耗。一般情况是正常的,随着通过总重的增加而增大,在曲线上,是由于超高设置得不合理而引起。里股垂直磨耗表现为轨头压溃、轨头压偏、宽度增加,可以通过适当调整轨道几何尺寸而解决。

当前曲线线路上主要是侧磨和波磨。

(1)侧面磨耗

侧面磨耗发生在小半径曲线的外股钢轨,一些小半径曲线,其侧磨达1.5~2.0cm,半年就要换轨。磨耗的速度与下列因素有关:

- ① 钢轨材质。硬度较大的高硬稀土轨、淬火轨,耐磨性好,高硬稀土轨是普通轨的2倍左右,淬火轨为一倍以上。
- ② 机车车辆条件。车辆通过曲线时有导向力和冲角。轮轨磨耗与轮轨之间的摩擦做功有关,摩擦功主要与导向力和冲角有关。导向力大小与固定轴距、车轮踏面有效横向粘着状态以及未被平衡的离心力有关。
- ③ 轨道的几何尺寸及状态。合理的轨距、超高,良好的方向,可以改善机车车辆通过的条件,它是减少侧磨的有效途径。普遍认为轨距小一点,超高比按平均速度设置的要再小10%左右,可以改善车辆的通过条件。

从工务系统来讲,减少侧磨的途径有:

- ① 采用耐磨轨(高硅轨、淬火轨等);
- ② 加强养护维修,设置合理超高、轨距,保持良好的轨底坡和方向,增加线路的弹性;
- ③ 曲线涂油。曲线涂油有两种方法:一种是在车上涂油,即在车尾放置涂油器,遇曲线则喷油,还有的在机车上装有涂油装置来喷油;另一种是地面涂油,即在曲线头上安装固定涂油器,列车通过车轮压在装有轨头侧面的油咀而喷出浓度较大的粘状油质,由车轮带给曲线钢轨侧面而达到涂油目的。两种涂油方式都能收到良好地效果,可以延长寿命一倍以上。

(2)波浪形磨耗

波浪形磨耗是指轨顶出现波浪状的不均匀磨耗,实质上是波浪压溃,它使列车振动加剧,旅客不舒,产生很大的轮轨相互作用力,加速机车车辆及轨道部件的损坏,增加养护维修费用。列车的急烈振动,也威胁行车安全。在我国一些货运干线上,出现了严重的波磨,波磨发展的速度比侧磨还快,有时不得不因波磨严重而换轨。

波磨随波长不同而分为两种:一种为波纹磨耗,其波长为30~80mm,多发生在大半径曲线,甚至是直线上;一种为波浪磨耗,波长为80~600mm,甚至长达2m左右,多发生在小半径

曲线上,在我国以货运为主的丰沙、石太线上,以波浪形磨耗为主。

解决波磨问题,至今还没有有效的办法,主要靠机械打磨。我国已进口一辆钢轨打磨列车,在丰沙、石太线及京包线上使用。

(二)允许磨耗限度

钢轨允许磨耗限度,由下列条件决定:

- (1)当钢轨磨耗达到允许限度时,还能保证钢轨具有足够的强度和抗弯刚度;
- (2)当钢轨达到允许磨耗限度时,应保证轮缘在最不利情况下不致接触到接头夹板;
- (3)波磨钢轨的波谷深度达到允许限度时,不应引起机车车辆与轨道部件有强烈振动。

根据这三个条件,确定磨耗达到限度的重伤钢轨如表 1—6 所示。达到重伤程度的钢轨应立即更换。50kg/m 级以上的钢轨,经过探伤和轨头整修后,可按轻一级钢轨使用。

达到表 1—7 所示的磨耗程度为轻伤钢轨,还可以继续使用,但需观察其磨耗发展趋势及其他伤损类型的相伴发生。

根据打磨、换轨及其他费用综合分析,对于我国出现的波浪形磨耗达到 0.2~0.3mm(在丰沙线相当于通过总重 40~60Mt),就应当用打磨列车打磨,如果波磨达到 2mm,说明已对轨道或机车车辆造成较大振动,必须予以更换,如果没有其他伤损,可以经修理作为再用轨,用于次一级线路上。

重伤钢轨磨耗限度

表 1—6

钢 轨 重 量 (kg/m)	垂 直 磨 耗 (mm)	侧 面 磨 耗 (mm)
60 及以上	11	19
50	10	17
50 以下~43	9	15
43 以下~38	9	13
38 以下	8	10

轻伤钢轨磨耗限度(mm)

表 1—7

钢 轨 重 量 (kg/m)	总 磨 耗		垂 直 磨 耗		侧 面 磨 耗	
	正线、到发线	其他站线	正线、到发线	其他站线	正线、到发线	其他站线
60 及以上	14		9	虽超过左列限度,但短期内不致影响行车安全	14	虽超过左列限度,但短期内不致影响行车安全
50	12	14	8		12	
50 以下~43	10	14	7		10	
43 以下~38	9	14	7		9	
38 以下	7	12	7		7	

注:1. 总磨耗=垂磨+ $\frac{1}{2}$ 侧磨

2. 垂磨在轨顶距标准断面作用边 1/3 处测量,侧磨在钢轨标准断面下 14mm 处测量。

第二节 轨 枕

轨枕的功用是保持钢轨位置、方向和轨距,并将它承受的力均匀地分布到道床上。因此,要求轨枕有一定的坚固性、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。

我国的轨枕有木枕、混凝土枕、钢枕。此外,为了减少养护维修工作,提高轨道的整体性,适应高速行车,还有许多新型轨下基础,如混凝土整体道床、沥青整体道床、板式轨道等等。钢枕在我国已经被淘汰,只有在云南一些窄轨铁路及个别站线上还零星可见。

一、木 枕

木枕即为木制轨枕,又称为枕木。木枕富于弹性,便于加工、运输和维修;有较好的电绝缘性能;此外,还与道碴之间有较大的摩擦系数,以保证轨道稳定。但是,从我们国家来说,木材缺乏,价格很贵,而且易腐朽、磨损,使用寿命短,不同种类木材的木枕弹性也不一致,因此,在我国逐渐地被混凝土枕所代替。

木枕分普通木枕、道岔木枕及桥梁木枕。其基本断面形状如图 1—2 所示。普通木枕和岔枕尺寸如表 1—8 所示,桥枕如表 1—9 所示。

木枕失效原因很多,其中主要是腐朽、机械磨损及裂缝。三者互为因果,相互促进。对付腐朽的办法,是将木枕进行防腐处理。防腐剂很多,主要有油类和水溶性防腐剂两大类,其中以油类防腐剂为主要型,适用于大工厂浸注木枕。我国木材防腐工厂多采用防腐油与煤焦油混合的油剂(简称混合油),煤焦油含煤沥青,可以防止木枕开裂,也可以起到防水作用。

在一些运量大的线路中,往往机械磨损控制木枕的使用寿命。减少机械磨损的途径:

1. 扩大垫板面积或在铁垫板下加胶垫,降低木枕表面单位面积的压力;
2. 道钉孔应预先钻好,孔径需经防腐处理;
3. 最好采用分开式扣件。

对付木枕劈裂的措施,是在开裂处打入 C 钉或 S 钉(其形状象 C、S)。最近发展有“组钉板”,它是比木枕断面稍小的钢板,冲出许多尖钉,使用时,将钉板钉在开裂处(或预防开裂表面),起到更有效的预防开裂作用。

为了节省木材、废物利用,将失效木枕中完好部分胶接拼合在一起,在次要线上使用。

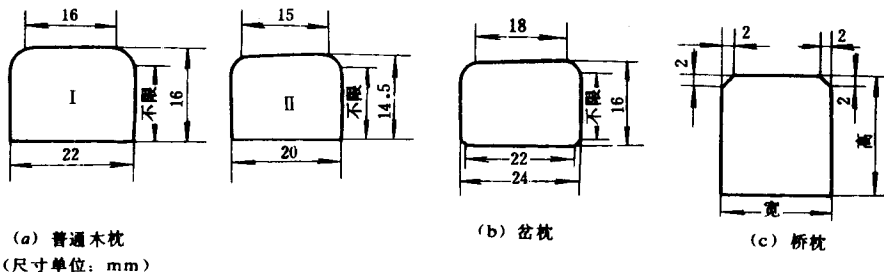


图 1—2

普通木枕、道岔木枕尺寸(cm)

表 1—8

类别	类型	长度	厚度	底宽	顶宽
普通木枕	I	250	16	22	16
	II	250	14.5	20	15
道岔木枕		260~485	16	24	18

桥梁木枕尺寸(cm)

表 1—9

类别	长(cm) 宽 高(cm)	300		320		340		420、480	
		宽	高	宽	高	宽	高	宽	高
桥梁木枕	20	22	22	28	24	30	20	22	
	20	24	24	30			20	24	
	22	26					22	26	
							22	28	
							24	30	

二、混凝土轨枕

(一)混凝土轨枕分类

混凝土枕全称应当是预应力钢筋混凝土轨枕。混凝土枕按其用途分为普通混凝土枕、混凝土岔枕、混凝土桥枕等三种。这里主要介绍普通混凝土枕。

混凝土枕从结构上来分：有整体式混凝土枕、组合式混凝土枕及半枕。整体式混凝土枕具有整体性强、制造容易、稳定性好，目前包括我国在内的各国普遍采用。双铰式组合枕由于弹性垫层(双铰)容易损坏而失效，已被淘汰；钢杆式组合枕由于用钢量大，而且混凝土块与钢杆连接处的抗冲击性差容易损坏；半枕的整体性差，需要整体枕或轨距拉杆配合作用，一般只能用在运量少、速度低的次要线路。

按混凝土枕配筋方式来分，有普通钢筋混凝土枕和预应力钢筋混凝土枕两种，前者抗裂性差，且用钢量也大，但制造容易，我国 1954 年开始生产的就是这种普通混凝土枕。这种混凝土枕很快被预应力混凝土枕所替代，它具有抗裂性能好，用钢量少的优点。1955 年开始试制预应力混凝土枕，1958 年先后在津浦等线试铺一万根，证明技术上是可行的，从此大量推广，截止到 1990 年，我国已经铺设了 14000 多万根。在主要干线上，基本用这类轨枕。

预应力混凝土枕，就其预应力方式不同，分为先张法、后张法和连续配筋法等几种型式。

先张法预应力混凝土枕，是灌注混凝土前先张拉钢丝(或钢筋)，然后灌注混凝土，待硬化达到一定强度后放松钢丝(或钢筋)，使预拉力传给混凝土，则混凝土受到持久压应力。当配筋为钢丝时，称为先张法预应力钢丝混凝土枕，配筋为钢筋的称为先张法预应力钢筋混凝土枕。先张法工艺简单，操作方便，我国当前均生产这两种配筋的轨枕，下面简称为“混凝土枕”。

后张法预应力混凝土枕与前者不同之处，就是先灌注混凝土，并留有预留放置钢筋的孔道，待混凝土硬化达到一定强度后，装配钢筋或钢丝束，进行张拉，钢筋的预拉力使混凝土受到预压应力。这种方法工艺设备简单，但制造工艺比较繁琐，在一些国家仍然使用。

我国线路上铺设使用的轨枕型号有弦Ⅱ—61A、筋63、筋69、弦69、丝79、丝81、筋81、S—1、J—1、J—2、S—2等。这里的“弦”、“S”都是表示配筋为钢弦，“筋”、“J”表示配筋为钢筋；61、63、69、79、81是表示设计的年代；“Ⅱ”是指设计中采用Ⅱ级荷载（即解放型蒸汽机车、85km/h速度、1840根/km轨枕的非接头处轨枕所受荷载）；“A”表示钢弦的编号。“1、2”表示轨枕型号产生先后顺序及轨枕强度等级，是铁道部1984年为了统一轨枕名称制订的统一编号。S—1型就是原来的“丝79”，S—2型为“丝81”，J—2型为“筋81”，此外还准备生产与75kg/m钢轨配套使用的钢弦混凝土枕“S—3”型。

在1985年以前我国线路上混凝土枕基本上都是“筋69”、“弦69”型，现在已经停止生产，大量生产和铺设S—1、S—2、J—2型轨枕。2型轨枕强度比1型高，用于干线。S—1型轨枕从结构、配筋上与“弦69”基本一样，只是在外型上把枕端的斜坡改为平台。图1—3、4分别为69型、J—2（或S—2）型轨枕外形。

（二）轨枕外形尺寸

混凝土枕断面为梯形，上窄下宽，底面宽一些是为了保证有足够的支承面，以减少对道床的压力，为了线路维修时捣固和制造时脱模方便，底边切成45°的斜角。轨枕顶面支承钢轨这部分称为承轨槽（也称为承轨台），为适应轨底坡要求，承轨槽是1:40的斜面。轨枕底面支承在道床上，在两端轨下部分，直接传递枕上压力，要求宽一些，以增加支承面积，减少道床压力。中间部分则可窄一些，其尺寸如表1—10所示，为了增加轨枕与道床之间的相互接触，提高轨枕下道床阻力，在底面制成凹形花纹。

混凝土枕、宽枕尺寸及重量

表1—10

轨枕类型	轨下断面(mm)		枕中断面(mm)		重量(kg)
	高度	底宽	高度	底宽	
混凝土宽枕	170/170	550/553	150/155	550/553	520/572
69型	203	280	155	250	233
S—2、J—2型	203	280	165	250	249

注：表中分子代表76型宽枕，分母为82型宽枕

混凝土枕受力状况与道床支承条件有密切关系，轨枕支承情况主要有三种：全支承、中间部分不支承和中间部分支承。在不同支承情况下出现的轨枕承受弯矩情况也不同（图1—5）。

计算表明长轨枕可以减少中间负弯矩，但轨下截面上正弯矩增大，这是不利的。一般以轨下截面正弯矩与枕中截面负弯矩保持一定比例来确定合理长度。另外，长轨枕可以加大枕底接触面积，以减少道床压力，保持其稳定，减少线路维修工作。一般对于标准轨距轨道的轨枕长为2.3~2.7m，我国一直用2.5m长的轨枕，最近为特重型轨道设计并试铺了2.6m长的轨枕。

从轨枕的高度上，根据其承受弯矩的情况也有不同，轨下部分高，中间部分矮。轨枕的配筋是直配筋，并且各截面配筋一样，为了使对混凝土施加预压应力后，形成一个有利的偏心距，以达到混凝土的拉应力不超过允许限度，防止裂纹产生和扩展，因此，在轨下截面高度较高的情况下，配筋线应当比截面形心低，使预压应力能抵消枕底正弯矩产生的拉应力；对于中间截面，配筋线在形心之上，可以防止负弯矩产生中部顶面裂纹。

69型及S—2（或J—2）型轨枕截面如图1—3、4所示。69型轨枕在我国已有20多年历史，随着轴重增加、行车速度提高和运量的增加，69型轨枕已不能满足需要，此外，在结构上也有