

# 快速重载轨道技术手册

李光明 编著

王其昌 主审

中 国 铁 道 出 版 社

1999年·北京

# (京)新登字 063 号

## 内 容 简 介

本书较全面地叙述了轨道在快速和重载条件下的变化,列举了许多现场测试结果,为轨道养护和大中修设计提出了较充分的参考依据。本书为铁路工务、工程技术人员常备用书,亦可作为铁道工程专业研究生、本科生参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

快速重载轨道技术手册/李光明编著. —北京:中国铁道出版社,1999

ISBN 7-113-03294-X

. 快... . 李... . 高速铁路:重载铁路-轨道(铁路)  
. U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14215 号

书 名:快速重载轨道技术手册

著作责任者:李光明

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:傅希刚

封面设计:李艳阳

印 刷:北京市燕山印刷厂

开 本:787×1092 1/32 印张:5.375 字数:119千

版 本:1999年9月第1版 1999年9月第1次印刷

印 数:1~ 册

书 号:ISBN 7-113-03294-X TU·597

定 价:13.80元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

# 序

快速重载与舒适安全是当代世界铁路技术发展的总方向,也是我国铁路科技长期发展纲要的总目标。

近 10 余年来,我国铁路技术体系已初步形成,正处于采用高新技术实现从传统产业向现代化产业转变的重要时期。

重载货运方面,已建成货运专线,主要繁忙干线开行 5 000 t 重载列车,普遍提高了列车牵引重量。

快速客运方面,京沪高速铁路正在筹建中,广深准高速线已经建成,主要繁忙干线普遍提速。

速度意识和重载意识促进了我国铁路从传统技术向高新技术的迅速发展。由于列车速度和列车重量等运营条件的改变,势必促成铁路轨道的重大变革,以期达到列车与线路能相互适应和相互协调。从这一意义上讲,轨道在铁路运输中的作用与地位是毋庸置疑的。

这样,轨道设备的更新与强化,轨道技术的进步与发展,应先行于客运快速、货运重载的开行运营。

本书恰好是在这种历史趋势和时代背景的呼唤下问世。在这变革时期内,轨道设备不断更新、轨道技术迅速发展,铁路工务科研人员和从业人员为此做出了宝贵贡献。

作者不失时机的以严肃认真的态度,综合各方面成就,并结合自己长期从事工务工作积累的实践经验,将其汇辑成《快速重载轨道技术手册》。这确实是为读者做了一件很有意义并值得称道的事情。

本手册包含有实践知识和理论知识两方面的资料和数

据。手册着眼于国内,兼顾有国外;既有历史回顾,又有未来发展;内容广泛,取材适当,成果引用强调技术含量;重点突出方便读者查用。

我特向现在和未来的铁路工务科技工作者推荐这本手册。希望它能为读者提供铁路轨道学科领域的专业知识和读书乐趣,成为读者手中的顺手工具。

王其昌

1998年12月于四川成都

# 目 录

第一章 钢 轨.....	1
§ 1—1 我国 60 kg/ m 钢轨的特点和试验性能 .....	1
§ 1—2 钢轨钢的化学成分.....	7
§ 1—3 钢轨钢的机械性能 .....	11
§ 1—4 全长淬火钢轨 .....	14
§ 1—5 钢轨各类伤损 .....	18
§ 1—6 钢轨侧面磨耗 .....	29
§ 1—7 钢轨波浪磨耗 .....	36
第二章 预应力钢筋混凝土轨枕 .....	41
§ 2—1 我国混凝土轨枕应用与发展 .....	41
§ 2—2 2.6 m 重型轨枕 .....	45
§ 2—3 宽混凝土轨枕 .....	48
第三章 缓和曲线 .....	51
§ 3—1 直线型外轨超高顺坡缓和曲线 .....	51
§ 3—2 曲线型外轨超高顺坡缓和曲线 .....	54
§ 3—3 国内试铺曲线型缓线的情况 .....	56
§ 3—4 试铺曲线的数学表达式 .....	59
§ 3—5 曲线型外轨超高顺坡缓和曲线的特征 .....	62
第四章 曲线外轨超高 .....	66
§ 4—1 超高计算与超高设置 .....	66
§ 4—2 欠 超 高 .....	68
§ 4—3 过 超 高 .....	73
§ 4—4 最大允许超高 .....	75

§ 4—5	超高顺坡 .....	76
第五章	道    岔 .....	80
§ 5—1	50 kg/ m 钢轨“ 75 ”型 12 号道岔 .....	80
§ 5—2	60 kg/ m 钢轨 12 号单开道岔 (60AT 可弯式曲线尖轨) .....	83
§ 5—3	60 kg/ m 钢轨 12 号可动心轨辙叉单开道岔 (高锰钢铸造翼轨式与钢轨组合式) .....	91
§ 5—4	几种最新型式道岔 .....	93
第六章	无缝线路 .....	96
§ 6—1	无缝线路的温度 .....	96
§ 6—2	无缝线路稳定性试验 .....	100
§ 6—3	超长无缝线路 .....	104
第七章	道    床 .....	108
§ 7—1	评定道床状态的参数 .....	108
§ 7—2	道床下沉 .....	113
§ 7—3	道床脏污 .....	115
第八章	机车车辆与轨道的关系 .....	118
§ 8—1	轴重与轨道 .....	118
§ 8—2	脱    轨 .....	122
§ 8—3	轨道竖向荷载 .....	130
§ 8—4	轨道横向荷载 .....	136
§ 8—5	轮轨接触应力 .....	140
§ 8—6	轨道振动 .....	143
附录	全路工务段一览表 .....	146
	名词索引 .....	159
	后    记 .....	161

# Contents

<b>Chapter 1 Rails</b> .....	1
1—1 Characteristics and test performances of the 60 kg/ m rails in China .....	1
1—2 Chemical composition of the rail .....	7
1—3 Mechanical properties of the rail .....	11
1—4 Head quenched rail .....	14
1—5 Different types of rail defects .....	18
1—6 Side wear of the rail .....	29
1—7 Rail corrugation .....	36
<b>Chapter 2 Concrete sleepers</b> .....	41
2—1 Application and developments of the concrete sleepers in China .....	41
2—2 2.6 m heavy duty sleepers .....	45
2—3 Broad sleepers .....	48
<b>Chapter 3 Transition curves</b> .....	51
3—1 Transition curves with straight super elevation run-in .....	51
3—2 Transition curves with curved super elevation run-in .....	54
3—3 Trial laying of the transition curves with curved super elevation run-in .....	56

3—4	Mathematical formula for the trial transition curve	59
3—5	Characteristics of the transition curves with super elevation run-in	62
<b>Chapter 4 Super elevation on transition curves</b>		66
4—1	Calculation and setting of the super elevation	66
4—2	Deficient super elevation	68
4—3	Excess super elevation	73
4—4	Maximum limit of the super elevation	75
4—5	Super elevation run-in	76
<b>Chapter 5 Turnouts</b>		80
5—1	50 kg/ m rail, model ' 75 ", No .12 turnout	80
5—2	60 kg/ m rail, NO .12 simple turnout with 60 AT curved switch rail	83
5—3	60 kg/ m rail, No .12 simple turnout with high manganese steel movable rail	91
5—4	Several new model turnouts	93
<b>Chapter 6 Continuously welded rail (CWR) track</b>		96
6—1	Temperature of the CWR track	96
6—2	Straight test of the CWR track	100
6—3	Extra long CWR track	104
<b>Chapter 7 Ballast</b>		108
7—1	Parameters for the evaluation of the ballast status	108
7—2	Ballast settlement	113

7—3	Ballast contamination .....	115
<b>Chapter 8</b>	<b>Mutual relations between the rolling stocks</b>	
	<b>and track .....</b>	<b>118</b>
8—1	Axle load and track .....	118
8—2	Derailment .....	122
8—3	Longitudinal load on the track .....	130
8—4	Horizontal load on the track .....	136
8—5	Contact stress between wheel and rail .....	140
8—6	Track vibration .....	143
<b>Appendix</b>	<b>List of Permanent way maintenance section in</b>	
	<b>China .....</b>	<b>146</b>
<b>Index for terms used</b>	<b>.....</b>	<b>159</b>
<b>Postscript</b>	<b>.....</b>	<b>161</b>

# 第一章 钢 轨

世界各国铁路都较早地在运输繁忙的干线上换铺了重型钢轨。原联邦德国在 1970 年开始使用 UIC60 钢轨,到 1974 年已铺设 2 400 km;英国铁路自 1960 年在干线上采用 BS113A(56 kg/ m) 作为标准钢轨;法国铁路 1970 年采用 UIC60 钢轨,不久又开始使用 UIC71 钢轨。

前苏联 1951 年起铺设 65 kg/ m 钢轨,1958 年起开始铺 75 kg/ m 轨,1962 年起停止铺设 43 kg/ m 轨,至 1979 年初 65、75 kg/ m 轨的铺设长度已占正线总长的 48.5%。65 kg/ m 较 50 kg/ m 轨用钢量增加 30%,而列车通过总重可增加 80%,维修费用可减少 70%。

据原联邦德国统计,采用 UIC60 取代 S49 钢轨,轨道大修周期可延长 6 年。美国铁路统计,钢轨每米增加 1 kg,轨道维修工作量可减少 1.3%。

与各国铁路相比,我国铺设 60 kg/ m 钢轨的时间较晚。

## § 1—1 我国 60 kg/ m 钢轨的特点和试验性能

1976 年 12 月由包头钢铁公司首次试轧 60 kg/ m 钢轨(以下简称 60 轨)获得成功。首批试轧轨由北京局于 1978 年 5 月试铺在京广线窦店—琉璃河间。从国产第一根 60 轨上道算起,至今已过去 20 年了,截止 1997 年底,共铺设 60 轨 38 779 正线延长公里,占正线总延长公里 49.6%。

### 1—1—1 断面型式的特点

我国 60 轨的高度为 176 mm, 高于同重量的国外钢轨(见图 1—1—1、1—1—2、1—1—3、1—1—4、1—1—5 和表 1—1—1), 所以, 我国 60 轨的惯性矩及断面系数均较大。在同样

图 1—1—1 中国 60 轨(单位: mm)

图 1—1—2 日本 60 轨(单位:mm)

图 1—1—3 UIC60 轨(单位:mm)

(a)前苏联 65 轨

(b)前苏联 75 轨

图 1—1—4(单位:mm)

图 1—1—5 美国 CF& I119 轨(单位:mm)

轮载作用下所产生的弯曲应力亦较小。

轨顶面采用较凸的复曲线型,此种型式与磨耗后的车轮踏面相似,可以改善轮轨相互作用,有利于减轻钢轨磨耗。

轨头、轨腰、轨底之间,相互连接的圆弧半径较大,使连接处得以加强,降低了应力集中,减少连接部位的伤损。

60 kg/m 钢轨比较表

表 1—1—1

型 号		中 国 60 轨	日 本 60 轨	美 国 CF & I119 轨	UIC 60 轨
轨 重 (kg/m)		60.64	60.8	59.03	60.34
断面积 (mm <sup>2</sup> )		7 745	7 750	7 516	7 686
断 面 尺 寸  (mm)	轨高	176	174	173	172
	底宽	150	145	140	150
	头宽	73	65	67	74.3
	腰厚	16.5	16.5	16	16.5
惯 性 矩 (cm <sup>4</sup> )	$I_x$	3 217	3 090	2 972	3 055
	$I_y$	524	512		513
断 面 系 数 (cm <sup>3</sup> )	$W_{上}$	339			336
	$W_{下}$	396	397		377
轨高/底宽		1.17	1.20	1.24	1.15

### 1—1—2 应力试验特点

静载作用下钢轨的应力试验,在轨底轨腰连接圆弧处 60 轨稍大于 50 轨,其他均小于 50 轨(图 1—1—6 和图 1—

1—7)。

图 1—1—6 中心荷载作用下横向  
压缩时应力集中区

图 1—1—7 偏心荷载作用下横向  
压缩时应力集中区

在试验室进行的光弹试验亦说明了连接部分的局部应力最大(图 1—1—8)。

钢轨螺栓孔周边应力测定表明,每个螺栓孔的最大应力均发生在与水平轴成  $45^\circ$  角的方向上,机车作用下的最大值为  $290.28 \text{ MPa}$ ,车辆作用下的最大值为  $260.1 \text{ MPa}$ 。

疲劳试验表明,钢轨断裂后的疲劳源位置与实验的最小、最大荷载之比有关,8 个断裂中有 5 个在轨头、3 个在轨底。

### 1—1—3 残余应力

钢轨的残余应力与其脆性断裂有关,而脆性断裂对行车安全威胁极大。因此,钢轨生产过程中,尽量减少残余应力是至关重要的。经试验测定:

包钢 60 轨轨底残余拉应力为 79.9 ~ 172.6 MPa。

包钢 60 轨残余应力 245.5 MPa(1978 年的折断轨)。

攀钢 60 轨残余应力为 170.2 ~ 203.3 MPa。

前苏联轨残余应力为 200 MPa 左右。

图 1—1—8 光弹试验

## § 1—2 钢轨钢的化学成分

质量优良的钢轨应该具有足够的抗压强度,良好的耐磨性,高的抗剥离能力,抗疲劳性能和良好的可焊性。

要使钢轨具备上述性能,除断面设计必须合理外,主要通过调整钢的化学成分和提高钢材的纯净度及冶炼质量来实现。

### 1—2—1 国产钢轨的化学成分

钢轨钢中除了含铁(Fe)以外,尚含碳(C)、锰(Mn)、硅(Si)、磷(P)、硫(S)等。此外,由于我国不同的冶炼原料中常伴生有其他一些元素,冶炼时不能完全脱除,钢中留有残余量,如武钢用的矿石中含有铜(Cu)、攀钢用的矿石中含有钒

(V)、钛(Ti)和包钢用的矿石中含有铌(Nb)等。

国产钢轨的化学成分见表 1—2—1。

国产钢轨的化学成分\* (%) 表 1—2—1

钢号**	碳 C	硅 Si	锰 Mn	铜 Cu	磷 P	硫 S
U71	0.64 ~ 0.77	0.13 ~ 0.28	0.60 ~ 0.90		0.04	0.05
U74	0.67 ~ 0.80	0.13 ~ 0.28	0.70 ~ 1.00		0.04	0.05
U71Cu	0.65 ~ 0.77	0.15 ~ 0.30	0.70 ~ 1.00	1.10 ~ 0.40	0.04	0.05
U71Mn	0.65 ~ 0.77	0.15 ~ 0.35	1.10 ~ 1.50		0.04	0.04
U70MnSi	0.65 ~ 0.75	0.85 ~ 1.15	0.85 ~ 1.15		0.04	0.04
U71MnSiCu	0.65 ~ 0.77	0.70 ~ 1.10	0.80 ~ 1.20	0.10 ~ 0.40	0.04	0.04

\* 据国家标准 GB2585—81。

\*\* “U”代表钢轨钢号,后面数字为平均含碳量。

## 1—2—2 几个国家或国际组织钢轨的化学成分(表 1—2—2)

### 1—2—3 碳在钢中的作用

碳是钢轨钢中的主要强化元素,且含碳量相当高,达 0.64% ~ 0.80%。高的含碳量使钢轨有较高的强度和硬度,比较耐磨,但降低钢材的塑性和韧性,在钢轨中最高含碳量不能超过 0.82%。含碳量接近 0.82% 以后,钢的强度极限及耐磨性已不再显著增加,且明显变脆。

### 1—2—4 锰在钢中的作用

锰是钢中重要元素,是冶炼时,随加入的锰铁脱氧而残留在钢中的。锰与硫生成 MnS,能消除钢中硫的有害作用,提高钢的强度和硬度。一般钢中也都要含有一定量的锰,约不超过 0.8%。我国鞍钢生产的 U71Mn 钢轨,就是含锰量为