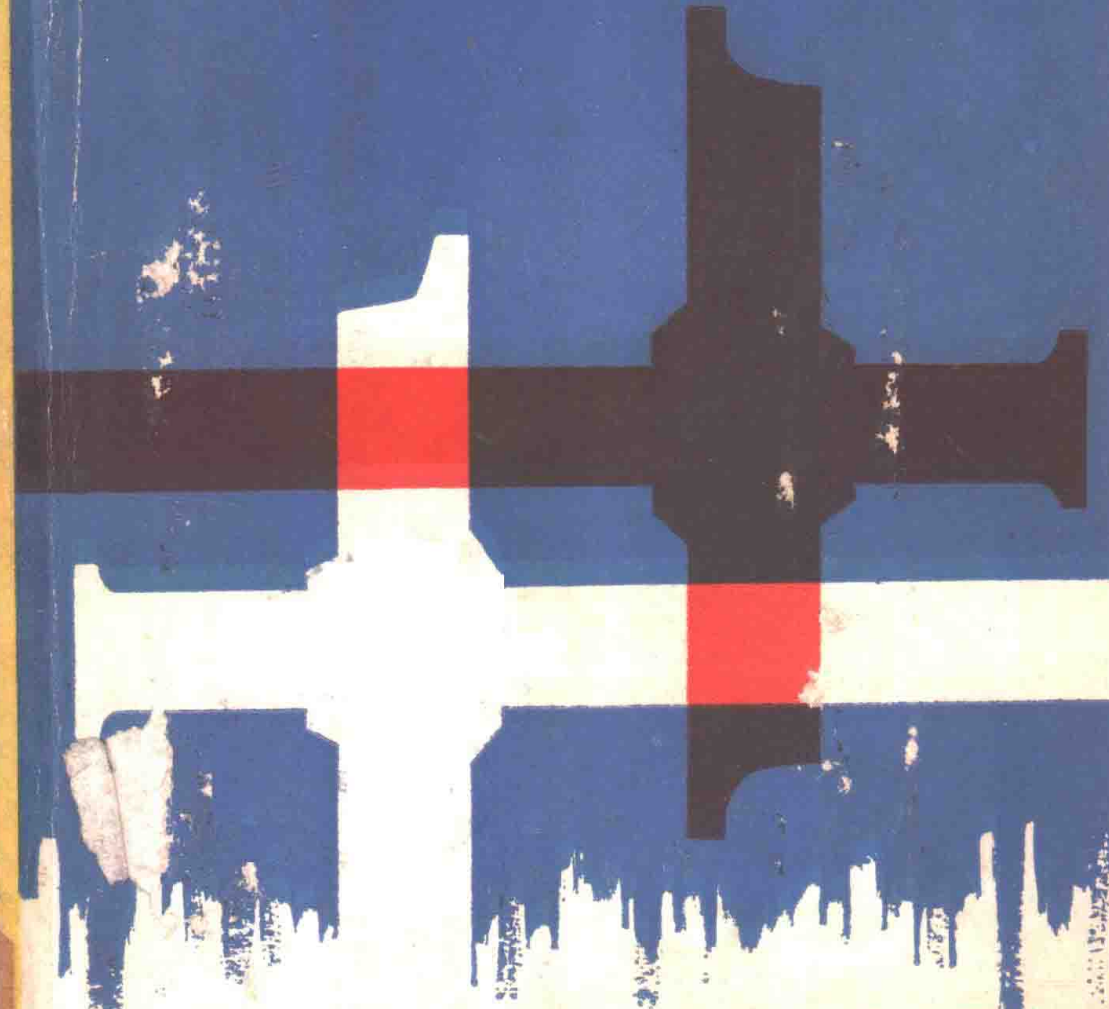


87.1823
567
298057

[日] 廣重巖著

俞展猷译 焦守恭校

铁路机车车辆轮对



中国铁道出版社

铁路机车车辆轮对

〔日〕廣重巖著

俞展猷译

焦守恭校。

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

内 容 简 介

《铁路机车车辆轮对》是一本较为全面、系统地介绍铁路机车车辆轮对的书籍。书中，除介绍了轮对的结构、材质、强度计算和轮对的制造、组装、使用外，还介绍了轮对在检修运用中出现的各种问题，并且对车轮脱轨、踏面磨损和轮对运用产生的各种缺陷等做了比较详细的分析，还附有許多轮对破坏的实例照片；同时，对于如何防止上述各项缺陷的产生，在使用中如何进行检查及测试等技术也做了介绍。本书在各项论述中，不仅搜集了日本的研究成果和现场积累的实践经验，也搜集了许多欧美、苏联等国有关轮对方面的研究成果和数据。本书在说明日本轮对设计、制造、使用、检查等有关规定条款时，从技术理论上讲明了道理；在叙述基础理论时，还介绍了大量的运用和试验数据及最新的科研成果；在叙述有关轮对的制造工艺、提高疲劳强度以及延长使用寿命的各种强化措施时，都具体介绍了有关工艺及其作用原理，并附有简图和表格。这些不仅对读者在提高理论水平方面将有所帮助，而且在实际工作中还可供借鉴。

本书可供铁路机车车辆部门中从事轮对设计、制造、检查维修和使用管理的技术人员、工人阅读，也可供科研部门和大、中专院校教学参考。

〔轮轴〕

交友社

1971年11月25日初版发行

1979年5月25日修正第2版发行

铁路机车车辆轮对

〔日〕廣重巖著

俞展猷译 熊守森校

中国铁道出版社出版

责任编辑 庄大圻

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张：17.75 字数：431千

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

印数：0001—2,500册 定价：2.20元

推荐者的话

轮对是机车车辆的重要部件，从专业角度来看，其结构似很简单，但实际上它涉及到多种学科的理论和技术。因此，很早以前就有许多科技人员对轮对进行了大量的研究。

本书作者把曾在日本国铁总社工作局任职期间从事有关轮对业务时所积累的知识和经验作为素材，又收集和整理了大量有关轮对的文献，用丰富的现场资料，总结了关于轮对设计、制造、使用和检查等各方面的研究成果和技术数据作为本书的内容。

我确信，本书将对铁路有关科研和技术人员提供重要的技术资料，因此，在这里向读者们推荐此书。

一九七九年五月

日本国有铁道副总工程师

京谷好泰

目 录

第一章 轮对的强度

1.1 轮对的构造	1
1.2 车轮踏面的强度	1
1.2.1 车轮与钢轨接触压力的计算式	1
1.2.2 车轮与钢轨的接触压力	4
1.2.3 接触面的应力状态	8
1.2.4 车轮踏面的强度	11
1.2.5 最大剪切应力与踏面裂纹的产生	11
1.2.6 产生转动疲劳的主要原因	13
1.2.7 轴重与车轮直径	18
1.3 车轮直径的限制	19
1.4 车轮承载时的应力	24
1.4.1 带箍车轮	24
1.4.2 整体车轮	27
1.5 车轮运行速度的限制	32
1.6 车轴的强度	34
1.6.1 车轴疲劳安全系数的基准值	35
1.6.2 车轴的疲劳安全系数（永岛——中村的公式）	41
1.6.3 疲劳安全系数计算公式的分析	52
1.6.4 疲劳寿命的推测	55
1.7 特殊轮对	71
1.7.1 可变车轮内侧距的轮对	71

第二章 材质和制造

2.1 轮箍	77
2.1.1 轮箍的材质	77
2.1.2 轮箍的制造	84
2.1.3 特殊轮箍	99

2.1.3.1	热处理轮箍	99
2.1.3.2	铬钢轮箍	100
2.2	整体车轮	101
2.2.1	辗钢车轮	101
2.2.1.1	辗钢车轮的种类和材质	101
2.2.1.2	辗钢车轮的制造	102
2.2.2	特殊钢车轮	106
2.2.2.1	铬钼钢辗钢车轮	106
2.2.2.2	钒钢辗钢车轮	109
2.2.3	波浪形辐板车轮	109
2.2.4	铸钢车轮	112
2.3	轮心	113
2.3.1	铸钢轮心	113
2.3.2	辗钢轮心	114
2.4	车轴	115
2.4.1	车轴的材质	115
2.4.2	车轴的制造	116
2.4.3	方框型偏桥与强度	117
2.4.4	高频淬火	121
2.5	轻型轮对	125
第三章 踏面的尺寸和外形		
3.1	踏面的基本尺寸	131
3.2	踏面外形	135
3.2.1	踏面外形的演变	135
3.2.2	各种踏面外形	144
3.3	踏面外形的测量	151
3.4	钢轨断面	157
第四章 轮对的组装和分解		
4.1	轮箍与轮心	160
4.1.1	轮箍与轮心的组装法	160
4.1.2	紧余量比	162
4.1.3	装配面的加工	166
4.1.4	垫片	171

4.1.5 扣环的紧固	172
4.1.6 装配限度	173
4.1.7 刻印	176
4.2 车轮与车轴的组装	177
4.2.1 压入法	177
4.2.1.1 过盈量比	177
4.2.1.2 压装面的加工	182
4.2.1.3 压装	185
4.2.1.4 紧固力	186
4.2.2 热装法	190
4.2.3 冷装法	192
4.2.4 合成法	196
4.2.5 油压法	196
4.2.6 缓和压入端部应力集中的方法	197
4.3 组装应力	200
4.3.1 整体车轮压装时的应力	200
4.3.2 车轴压装部的组装应力	200
4.3.3 轮对的组装应力	202
4.4 刻印	206
4.4.1 组装刻印	206
4.4.2 标示刻印	208
4.5 轮对的限度、基准	209
4.5.1 组装时的限度	209
4.5.2 旋削时的限度、基准	219
4.5.3 基准	225
4.5.4 车轮不平衡量的限度	229
4.5.5 轮对的电阻	233
4.6 轮对的分解	238
4.6.1 压出法	238
4.6.2 油压法	240
4.6.3 加热退轴法	246

第五章 使用

5.1 轮对的组装限度	251
-------------------	-----

5.2 轮对使用的限制	254
5.3 轮对的使用限度和基准	272
5.3.1 车轮的限度和基准	272
5.3.2 车轴的限度和基准	282

第六章 脱轨

6.1 脱轨的分类	293
6.2 脱轨系数	294
6.2.1 脱轨系数的定义	294
6.2.2 脱轨系数的容许限度	297
6.3 轮重减载的容许限度	310
6.4 车轮对钢轨冲击速度的容许限度	312

第七章 踏面磨耗

7.1 轮箍与钢轨的磨耗	316
7.1.1 轮箍与钢轨磨耗的研究	316
7.1.2 货车车轮的磨耗	322
7.2 垂直磨耗的限度	325
7.3 防止垂直磨耗的措施	332
7.4 轮缘淬火	333
7.4.1 淬火位置	334
7.4.2 淬火装置	335
7.4.3 淬火组织	335
7.4.4 淬火深度	338
7.4.5 淬火作业	343
7.5 轮缘堆焊	346
7.6 接触面间的涂油	350
7.6.1 轮缘涂油器	350
7.6.2 钢轨涂油器	351

第八章 轮对上产生的缺陷和防止措施

8.1 在车轮上产生的故障、缺陷和防止措施	355
8.1.1 踏面因制动产生的温升	355
8.1.2 车轮内侧面距离的变化	361
8.1.3 热裂纹	363
8.1.4 网眼状热裂纹	364

8.1.5	片状剥离	365
8.1.6	疲劳剥离	366
8.1.7	月牙形裂纹	367
8.1.8	擦伤	368
8.1.9	擦伤剥离	369
8.1.10	重皮	370
8.1.11	粘着	370
8.1.12	擦伤部的限度和软化	370
8.1.12.1	擦伤限度	370
8.1.12.2	擦伤部的软化	374
8.1.13	防止整体车轮裂纹扩展的方法	378
8.2	车轴上产生的缺陷	382
8.2.1	擦伤腐蚀和擦伤疲劳	382
8.3	在车轮上产生的缺陷实例	390
8.3.1	车轮的横裂纹、纵裂纹	390
8.3.2	踏面的裂纹、擦伤和剥离	396
8.3.3	踏面部的剥离、缺损	409
8.3.4	踏面内部的缺陷	412
8.3.5	轮箍烧装面的缺陷	415
8.3.6	车轮辐板部的裂纹	417
8.4	轮心缺陷实例	418
8.5	车轴上产生的缺陷	419
8.5.1	轮座部的缺陷	419
8.5.2	轴身中部的缺陷	422
8.5.3	轴承部的缺陷	422
第九章 非破坏性检查		
9.1	车轴的检查	429
9.1.1	实行检查以来的过程	429
9.1.2	检查基准	432
9.1.3	车轴超声波探伤要点	435
9.1.4	车轴的电磁探伤	445
9.1.5	轴承部的非破坏性检查	452
9.2	轮箍的检查	454

第十章 负荷及应力的测量

- 10.1 残余应力的测量457
 - 10.1.1 用电阻丝应变片测量残余应力的要点457
 - 10.1.2 用萨克斯法测量残余应力的要点460
 - 10.1.3 整体车轮应力测量要点462
 - 10.1.4 整体车轮残余应力的简易测量法466
- 10.2 负荷及应力的测量467
 - 10.2.1 轮对的负荷及应力的测量要点467

第十一章 轮对的刻印

- 11.1 车轴的刻印474
- 11.2 轮箍的刻印种类486
- 11.3 辗钢车轮的刻印490
- 11.4 轮心的刻印491

第十二章 参考资料

- 12.1 轮箍的形状和尺寸494
- 12.2 轮对一览表496
- 12.3 国铁标准中有关轮对的规格520
- 12.4 轮对限制使用的记号523
- 轮对检查基准及限度条文索引525
- 索引547

第一章 轮对的强度

1.1 轮对的构造

机车车辆是利用轮对的转动使之在钢轨上运行的一种铁路运输工具。因此，轮对是机车车辆所有零部件中最基本的部件。

车轴镶入车轮后的组合件称为轮对。轮对中有仅承受重量在钢轨上转动的从动轮对和因受动力而旋转并利用轮轨间的粘着力而产生牵引力的主动轮对。

车轮分为在轮心上镶有轮箍的带箍车轮和从一开始两者就做成一体的整体车轮。整体车轮又分为用高碳钢辗压的辗钢车轮和以铸钢为材质的铸钢车轮。铸钢车轮在美国、加拿大等国使用较多，特别是美国，约占车轮总数的50%，而日本只在工厂厂区内运行的机车车辆上使用，日本国有铁道过去也只是在一些货车上试用过。

轮对的组成如图1.1所示。

轮对各部的名称如图1.2所示。

1.2 车轮踏面的强度

1.2.1 车轮与钢轨接触压力的计算式

车轮与钢轨之间的最大接触压力是相当大的，甚至于超过了弹性极限，因此在接触表面层产生塑性变形，但是在这里作为弹性接触来考虑。关于弹性接触时的接触压力，1881年由赫兹(Hertz)研究过。

轮箍与钢轨的接触是以两个不同半径构成的曲面形成的，故这个接触压力，即赫兹压力的计算，可用惠特莫尔(Whittemore)²⁾式。

最大接触压力 P_{max} 由下式来求。

$$P_{max} = \frac{1.5W}{\pi \cdot a \cdot b}$$

式中 W —— 轮重 (公斤) ;

a —— 接触椭圆的长半径 $= \alpha \sqrt[3]{\frac{W \cdot \delta}{K}}$ (毫米) ;

b —— 接触椭圆的短半径 $= \beta \sqrt[3]{\frac{W \cdot \delta}{K}}$ (毫米) ;

$$\delta = \frac{4}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R'_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R'_2}}$$

$$K = \frac{4}{3} \left(\frac{E}{1 - m^2} \right)$$

(按制造分类)

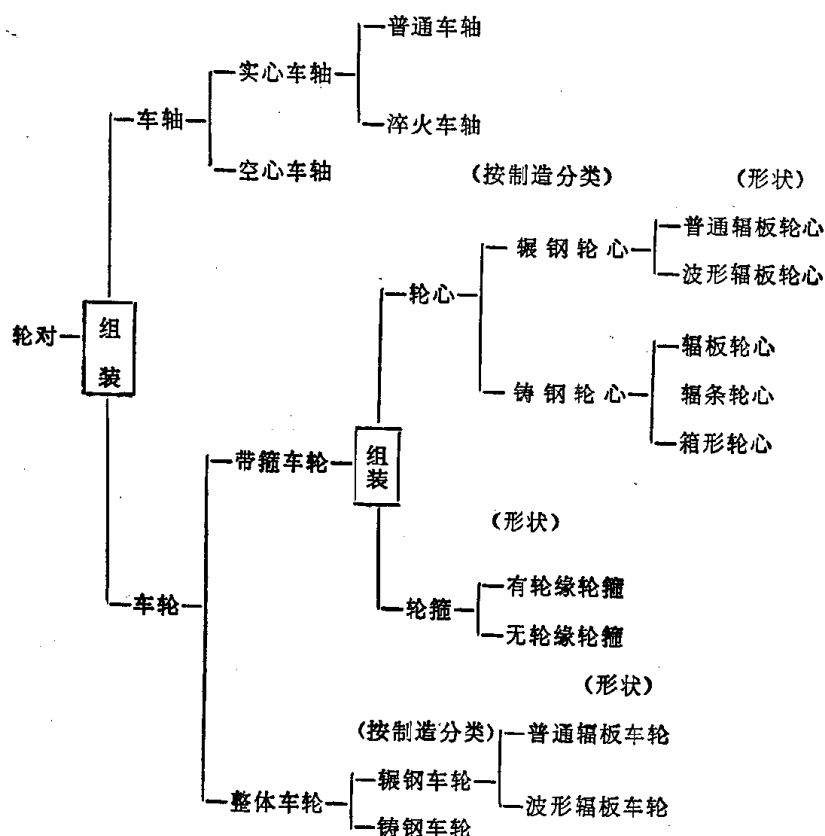


图1.1 轮对的组成

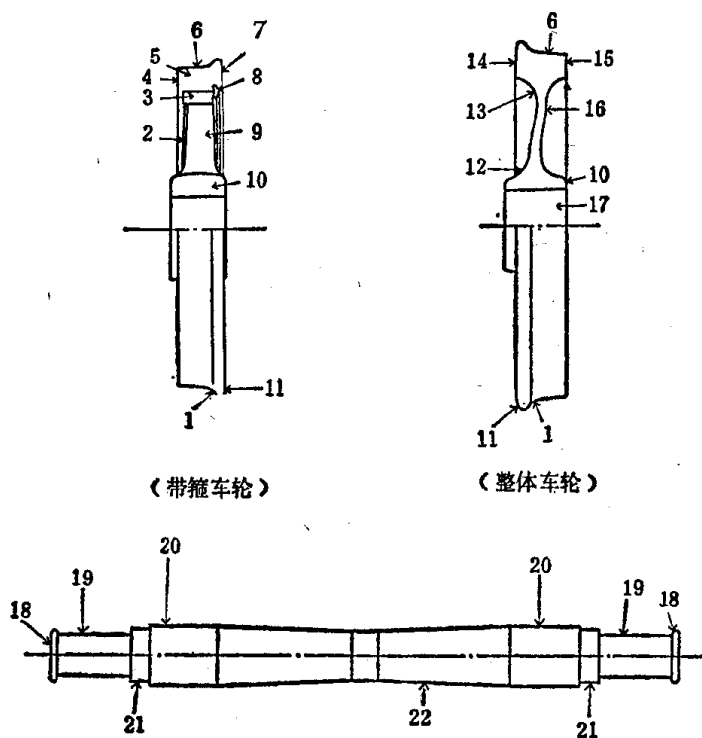


图1.2 轮对的名称¹⁾

1 — 轮缘根部, 2 — 轮心, 3 — 轮周, 4 — 外侧面, 5 — 轮箍,
6 — 踏面, 7 — 内侧面, 8 — 扣环, 9 — 轮辐, 10 — 轮毂,
11 — 轮缘, 12 — 轮毂背面圆弧, 13 — 轮辋背面圆弧, 14 — 轮辋背面,
15 — 轮辋正面, 16 — 辐板或辐条, 17 — 毂孔, 18 — 轴颈, 19 — 轴
颈, 20 — 轮座, 21 — 防尘板座, 22 — 轴身。

E — 弹性模数;

m — 泊松比;

R_1, R'_1 — 接触物体 (I) 曲面最小和最大半径
(毫米);

R_2, R'_2 — 接触物体 (II) 曲面最小和最大半径
(毫米);

α, β — 与 θ 有关的常数, 见表1.1。

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\delta}{4} \sqrt{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R'_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R'_2}\right)^2}$$

$$+ 2 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R'_1} \right) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R'_2} \right) \cos 2\phi$$

ϕ : 物体 (I) 包含 R_1 的平面与物体 (II) 包含 R_2 的平面的夹角 (图1.3)。

θ 表

表1.1

θ°	0	10	20	30	35	40	45	50	55
α	∞	6.612	3.778	2.731	2.397	2.136	1.926	1.754	1.611
β	0	0.319	0.408	0.493	0.530	0.567	0.604	0.641	0.678
λ	-	0.851	1.220	1.453	1.550	1.637	1.709	1.772	1.828
θ°	0	60	65	70	75	80	85	90	
α	∞	1.486	1.378	1.284	1.202	1.128	1.061	1.000	
β	0	0.717	0.759	0.802	0.846	0.893	0.944	1.000	
λ	-	1.875	1.912	1.944	1.967	1.985	1.996	2.000	

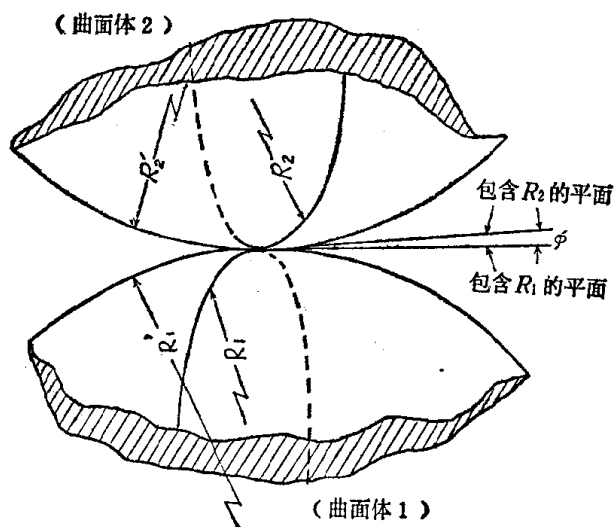


图1.3 曲面的接触

1.2.2 车轮与钢轨的接触压力

车轮与钢轨间的接触压力，若两者的形状尺寸已定，则可用上述的惠特莫尔式计算。

由于车轮和钢轨在运用过程中产生磨耗，所以它们的形状要发生变化。此外，钢轨的挠曲也影响接触压力。

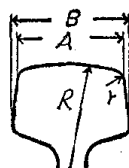
以下是考虑了车轮直径、车轮踏面的变形、钢轨轨头顶面的变形和钢轨挠曲的影响而算出接触压力的结果³⁾。

(1) 设计原形车轮与钢轨之间的接触压力

车轮用表1.3所示的三种，钢轨用表1.2所示的三种，以这些为对象的计算结果如表1.3所示。

钢轨的尺寸 表1.2

种 类	A	B	r	R
30	60.3	60.3	7.9	304.8
37	62.7	62.7	7.9	304.8
50	68.5	67.9	11.1	254.0



若轴重已定，则可从表 1.3 计算出最大接触压力。车轮直径的不同会使接触椭圆的长短半径和最大接触压力发生变化，如图 1.4 所示。

(2) 仅轮箍形状变化时的接触压力

车轮踏面中部磨耗成凹陷的形状，在设计原形的钢轨上转动时，其接触压力计算结果如表1.4所示。车轮直径取1400毫米。

由表 1.4 结果可知，踏面稍有凹陷时还不会对接触压力有过大的影响，但当踏面中部凹陷的曲率半径与钢轨轨头顶面的曲率半径相近时，则接触面积急剧增加，使接触压力下降。

(3) 仅钢轨形状变化时的接触压力

钢轨轨头顶面磨耗后，曲率半径增大，在这种情况下接触压力的计算结果如表1.5所示。车轮直径取设计原形尺寸，为1400毫米。

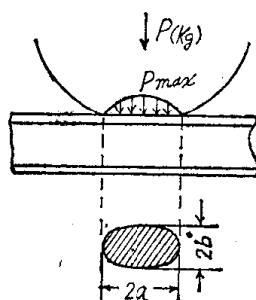
由表1.5结果可知，钢轨轨头顶面成扁平状时，接触压力显著

设计原形车轮与设计原形钢轨之间的接触压力 表1.3

钢轨种类		30、37公斤钢轨			
代 号	直 径 (毫米)	a (毫米)	b (毫米)	P_{max} (公斤/毫米 ²)	b/a
T159	1,750	$0.454\sqrt[3]{P}$	$0.224\sqrt[3]{P}$	$4.70\sqrt[3]{P}$	0.494
T124	1,400	$0.405\sqrt[3]{P}$	$0.233\sqrt[3]{P}$	$5.03\sqrt[3]{P}$	0.575
TW	860	$0.322\sqrt[3]{P}$	$0.255\sqrt[3]{P}$	$5.82\sqrt[3]{P}$	0.792

钢轨种类		50公斤钢轨			
代 号	直 径 (毫米)	a (毫米)	b (毫米)	P_{max} (公斤/毫米 ²)	b/a
T159	1,750	$0.464\sqrt[3]{P}$	$0.204\sqrt[3]{P}$	$5.06\sqrt[3]{P}$	0.440
T124	1,400	$0.415\sqrt[3]{P}$	$0.213\sqrt[3]{P}$	$5.40\sqrt[3]{P}$	0.514
TW	860	$0.328\sqrt[3]{P}$	$0.232\sqrt[3]{P}$	$6.27\sqrt[3]{P}$	0.707

表1.3注



下降。

(4) 钢轨向下挠曲变形（凹陷变形）时的接触压力

由于钢轨本身具有弹性，所以当它通过轨枕放在道床上、再受到轮重作用时，会使钢轨向下挠曲变形（凹陷变形），在这种情况下与车轮接触时，就使接触面积增加，从而使接触压力下

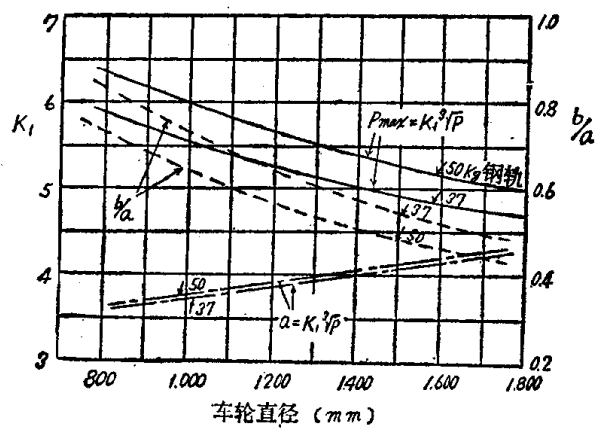


图1.4 车轮直径与最大接触压力

中部凹陷磨损的车轮——设计原形钢轨的接触压力 表1.4

钢 轨 种 类		30、37 公 斤 钢 轨		
中部凹陷的曲率半径 (毫米)	a (毫米)	b (毫米)	P_{max} (公斤/毫米 ²)	b/a
10,000	$0.400\sqrt[3]{P}$	$0.239\sqrt[3]{P}$	$5.00\sqrt[3]{P}$	0.598
5,000	$0.400\sqrt[3]{P}$	$0.242\sqrt[3]{P}$	$4.90\sqrt[3]{P}$	0.605
2,000	$0.395\sqrt[3]{P}$	$0.256\sqrt[3]{P}$	$4.73\sqrt[3]{P}$	0.648
1,000	$0.385\sqrt[3]{P}$	$0.282\sqrt[3]{P}$	$4.40\sqrt[3]{P}$	0.733
钢 轨 种 类		50 公 斤 钢 轨		
中部凹陷的曲率半径 (毫米)	a (毫米)	b (毫米)	P_{max} (公斤/毫米 ²)	b/a
10,000	$0.408\sqrt[3]{P}$	$0.218\sqrt[3]{P}$	$5.38\sqrt[3]{P}$	0.535
5,000	$0.408\sqrt[3]{P}$	$0.224\sqrt[3]{P}$	$5.24\sqrt[3]{P}$	0.549
2,000	$0.405\sqrt[3]{P}$	$0.231\sqrt[3]{P}$	$5.12\sqrt[3]{P}$	0.571
1,000	$0.397\sqrt[3]{P}$	$0.248\sqrt[3]{P}$	$4.85\sqrt[3]{P}$	0.625

降。表1.6为计算结果。

车轮直径取1400毫米，钢轨取50公斤规格的，都是按设计原