

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2344.1—2020

代替 TB/T 2344—2012, TB/T 3276—2011, TB/T 2635—2004, TB/T 1354—1979

钢轨 第1部分: 43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨

Rails—Part 1: 43 kg/m ~ 75 kg/m rails

2020-12-21 发布

2021-07-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分级	2
5 订货所需信息	2
6 几何尺寸及规格	2
6.1 型式尺寸及极限偏差	2
6.2 平直度和扭曲	3
6.3 螺栓孔	5
6.4 轨端倒棱	5
6.5 长度及质量	5
7 技术要求	6
7.1 制造方法	6
7.2 牌号和化学成分	6
7.3 拉伸性能	7
7.4 硬度	7
7.5 显微组织	8
7.6 脱碳层	8
7.7 非金属夹杂物	9
7.8 低倍	10
7.9 表面质量	10
7.10 超声波探伤	11
7.11 轨底残余应力	11
7.12 断裂韧性	11
7.13 疲劳裂纹扩展速率	11
7.14 试样疲劳	11
7.15 轨端热处理	11
8 检验方法	11
8.1 检验项目、检验频次、取样部位及检验方法	11
8.2 氢含量	13
8.3 总氧含量和氮含量	13
8.4 硬度	13
8.5 显微组织	13
8.6 超声波探伤	13
8.7 轨底残余应力	16
8.8 断裂韧性	16
8.9 疲劳裂纹扩展速率	16

8.10 疲劳	17
9 检验规则	18
9.1 监督	18
9.2 型式检验	18
9.3 出厂检验	18
9.4 复验与判定	18
10 标志	19
11 质量证明书	20
附录 A(规范性) 钢轨的型式尺寸	21
附录 B(规范性) 钢轨几何尺寸检查样板示意图	31
附录 C(规范性) 钢轨横向酸浸试片上不允许的缺陷	40
附录 D(规范性) 钢轨平面应变断裂韧性 K_{Ic} 试验方法	47
附录 E(规范性) 钢轨端部热处理技术条件	50
附录 F(规范性) 轨底面纵向残余应力测定方法	53
附录 G(资料性) 钢轨实物弯曲疲劳试验方法	54
参考文献	56

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和编写》的规定起草。

本标准是 TB/T 2344《钢轨》的第1部分。TB/T 2344 已经发布了以下部分:

- 第1部分:43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨;
- 第2部分:道岔用非对称断面钢轨;
- 第3部分:异型钢轨。

本标准代替 TB/T 2344—2012《43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨订货技术条件》、TB/T 3276—2011《高速铁路用钢轨》、TB/T 2635—2004《热处理钢轨技术条件》、TB/T 1354—1979《钢轨实物弯曲疲劳试验方法》。本标准以 TB/T 2344—2012 为主,整合了 TB/T 3276—2011、TB/T 2635—2004 及 TB/T 1354—1979 的内容。与 TB/T 2344—2012 相比,除结构调整和编辑性改动外,本标准主要技术变化如下:

- a) 更改了标准适用范围(见第1章,2012年版的第1章);
- b) 增加了分级(见第4章);
- c) 删除了落锤技术要求及试验方法(见2012年版的6.9和7.6);
- d) 增加了60N和75N钢轨(见附录A);
- e) 更改了钢种牌号(见7.2,2012年版的6.2、6.3和6.4);
- f) 增加了单颗粒球状类(DS)夹杂物技术要求(见7.7);
- g) 增加了热处理钢轨全长硬度波动技术要求及试验方法(见7.4.1和8.4.3);
- h) 增加了钢轨实物弯曲疲劳试验方法(见8.10和附录G);
- i) 更改了钢轨型式尺寸,将43 kg/m、50 kg/m、60 kg/m 轨头侧下颚圆弧由 R2 改为 R5(见图 A.1、图 A.3 和图 A.5,2012年版的图 A.1、图 A.3 和图 A.5);
- j) 更改了轨冠饱满度、螺栓孔样板(见图 B.5、图 B.11,2012年版的图 B.5、图 B.11);
- k) 删除了质量保证相关内容(见2012年版的第10章)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所归口。

本标准起草单位:中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所、攀钢集团有限公司、鞍山钢铁集团有限公司、包头钢铁(集团)有限责任公司、武汉钢铁有限公司、邯郸钢铁集团有限责任公司、中铁物总技术有限公司。

本标准主要起草人:张银花、周清跃、王树青、高俊莉、刘丰收、俞喆、高东海、邹明、冯伟、金纪勇、涛雅、吕学斌、张旭峰、董华利。

本标准及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1993年首次发布了 TB/T 2344—1993《43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨供货技术要求》;
- 2003年第一次修订时,并入了 TB/T 2341.1—1993《43 kg/m 钢轨型式尺寸》、TB/T 2341.2—1993《50 kg/m 钢轨型式尺寸》、TB/T 2341.3—1993《60 kg/m 钢轨型式尺寸》和 TB/T 2341.4—1993《75 kg/m 钢轨型式尺寸》的内容(1993年首次发布 TB/T 2341.1 ~ TB/T 2341.4—1993);
- 2012年第二次修订时,并入了 TB/T 2635—2004《热处理钢轨技术条件》的部分内容;
- 本次第三次修订时,并入了 TB/T 3276—2011《高速铁路用钢轨》(2011年首次发布)、TB/T 1354—1979《钢轨实物弯曲疲劳试验方法》(1979年首次发布)和 TB/T 2635—2004 的全部内容(TB/T 2635—2004 的历次版本发布情况为:1995年首次发布为 TB/T 2635—1995《全长淬火钢轨技术条件》,2004年为第一次修订)。

钢轨 第1部分:43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨

1 范围

本标准规定了 43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨的术语和定义、分级、订货所需信息、几何尺寸及规格、技术要求、检验方法、检验规则、标志和质量证明书。

本标准适用于铁路用热轧和在线热处理钢轨。其他轨道交通用钢轨可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量
- GB/T 223.49 钢铁及合金化学分析方法 萃取分离-偶氮氯膦 mA 分光光度法测定稀土总量
- GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量
- GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
- GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 223.82 钢铁 氢含量的测定 惰性气体熔融-热导或红外法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 3075 金属材料 疲劳试验 轴向力控制方法
- GB/T 4161 金属材料 平面应变断裂韧度 K_{Ic} 试验方法
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 6398 金属材料 疲劳试验 疲劳裂纹扩展方法
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定—标准评级图显微检验法
- GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热情气熔融-红外线吸收法
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)
- GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法
- YB/T 951 钢轨超声波探伤方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

炉号 heat

一炉钢水浇铸的所有铸坯,但不包括下一炉钢水进入中间包浇铸成的第一支铸坯。

3.2

连浇 sequence

在中间包中连续浇铸同一牌号的不同炉号的钢水。

3.3

过渡区域 transition area

由两炉钢水混合浇铸的部分。

3.4

在线热处理 on-line heat treatment

利用轧制余热直接加速冷却,得到细片状珠光体组织的热处理。

4 分级

按照运行速度大于或等于 200 km/h 和小于 200 km/h 对几何尺寸极限偏差、平直度和扭曲、钢中铝和氧含量、非金属夹杂物、表面质量分级。

5 订货所需信息

用户订货时应提供以下基本信息:

- a) 产品名称;
- b) 产品标准号;
- c) 轨型;
- d) 速度等级;
- e) 钢牌号;
- f) 无孔或有孔钢轨(一端或两端钻孔个数);
- g) 长度、数量和短尺率;
- h) 其他要求。

6 几何尺寸及规格

6.1 型式尺寸及极限偏差

6.1.1 钢轨断面型式尺寸应符合附录 A 的规定,钢轨轨型包括 43 kg/m、50 kg/m、60 kg/m(60、60N)、75 kg/m(75、75N)。

6.1.2 钢轨的断面、端面、长度及螺栓孔尺寸的极限偏差应符合表 1 的规定。

表1 尺寸极限偏差

单位为毫米

项 目			极 限 偏 差		样板图号 ^a
			≥200 km/h	<200 km/h	
钢轨高度(H)			±0.6	±0.6	图 B.3
轨头宽度(WH)			±0.5	±0.5	图 B.4
轨冠饱满度 ^b (C)			+0.6 -0.3	+0.6 -0.5	图 B.5
断面不对称 ^c (As)			±1.2	±1.2	图 B.6
接头夹板安装面高度(HF)			+0.6 -0.5	+0.6 -0.5	图 B.7
轨腰厚度(WT)			+1.0 -0.5	+1.0 -0.5	图 B.8
轨底宽度(WF)			±1.0	+1.0 -1.5	图 B.9
轨底边缘厚度 ^d (TF)			+0.75 -0.5	+0.75 -0.5	图 B.10
轨底凹入			≤0.3	≤0.4	—
端面斜度(垂直、水平方向)			≤0.6	≤0.8	—
螺栓孔直径			±0.7	±0.8	图 B.11
螺栓孔位置			±0.7	±0.8	图 B.12
螺栓孔直径和位置的综合偏差(T_{d0})			2.0	2.0	—
长度(环境温度 20℃时)	无孔钢轨	≤25 m 钢轨	±10		—
		>25 m 钢轨	±30		
	有孔钢轨	≤25 m 钢轨	±6		—
^a 钢轨几何尺寸检查样板应符合附录 B。 ^b 43 kg/m、50 kg/m 钢轨轨冠饱满度不作要求。 ^c 43 kg/m 钢轨的断面不对称极限偏差为 ±1.5 mm。 ^d 43 kg/m 钢轨轨底边缘厚度不作要求。					

6.2 平直度和扭曲

钢轨平直度和扭曲应符合表2的规定。

表2 平直度和扭曲

部 位	项 目		公 差	
			≥200 km/h	<200 km/h
轨端 0~1.5 m	平直度 ^a	垂直方向 ^{b,c} (向上)	0~1 m: ≤0.3 mm/1 m 0~1.5 m: ≤0.35 mm/1.5 m	≤0.6 mm/1.5 m
		垂直方向 ^{b,c} (向下) ^d	≤0.2 mm	≤0.2 mm
		水平方向 ^{b,c}	0~1 m: ≤0.4 mm/1 m 0~1.5 m: ≤0.5 mm/1.5 m	≤0.7 mm/1.5 m

表 2 平直度和扭曲(续)

部 位	项 目		公 差	
			≥200 km/h	<200 km/h
距轨端 1 m ~ 2.5 m	平直度 ^a	垂直方向	≤0.3 mm/1.5 m	≤0.5 mm/1.5 m
		水平方向	≤0.5 mm/1.5 m	≤0.7 mm/1.5 m
轨 身 ^a	平直度	垂直方向	≤0.3 mm/3 m 和 ≤0.2 mm/1 m	≤0.4 mm/3 m 和 ≤0.3 mm/1 m
		水平方向	≤0.45 mm/1.5 m	≤0.6 mm/1.5 m
钢轨全长	上弯曲和下弯曲 ^f		≤10 mm	≤10 mm
	扭曲	全长 ^g	≤2.5 mm	≤2.5 mm
		轨端 ^{h,i,j}	≤0.45 mm/1 m	≤0.6 mm/1 m

^a 平直度测量应避免开修磨处。

^b 钢轨平直度测量示意图见图 1, 图中 L 为测量尺长, d 、 e 为允许公差。

^c 垂直方向平直度测量位置在轨头踏面中心; 水平方向平直度测量位置在轨头侧面圆弧以下 5 mm ~ 10 mm 处。

^d 出现低头部分的长度(F)不应小于 0.6 m, 见图 1。

^e 轨身为除去轨端 0 ~ 1.5 m 的其他部分; 轨身平直度采用在线激光自动检测设备进行检测。

^f 当钢轨正立在检测台上时, 端部的上翘不应超过 10 mm。

^g 当钢轨轨头向上立在检测台上能看见明显的扭曲时, 用塞尺测量钢轨端部轨底面与检测台面的间隙, 不应超过 2.5 mm。

^h 以轨端断面为测量基准, 用特制量规(扭曲尺, 长 1 m)对轨底下面面的触点进行测量, 触点中心与轨底边缘的距离为 10 mm, 触点接触表面面积为 $150\text{ mm}^2 \sim 250\text{ mm}^2$, 按图 2 进行测量。

ⁱ 有孔钢轨不要求检测轨端扭曲。

^j 43 kg/m 钢轨不要求检测轨端扭曲。

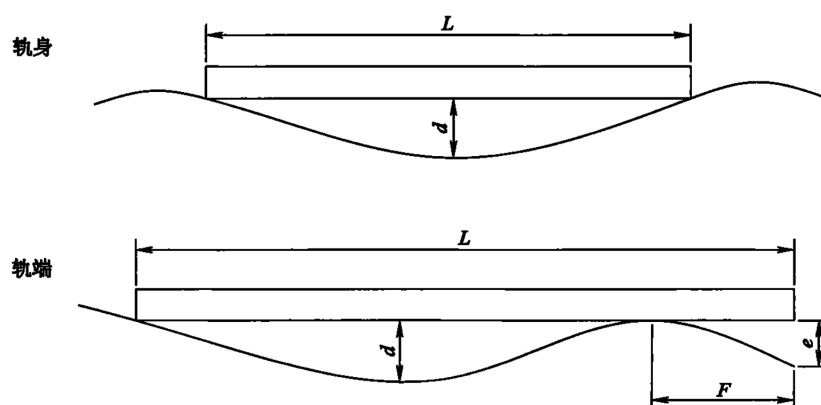
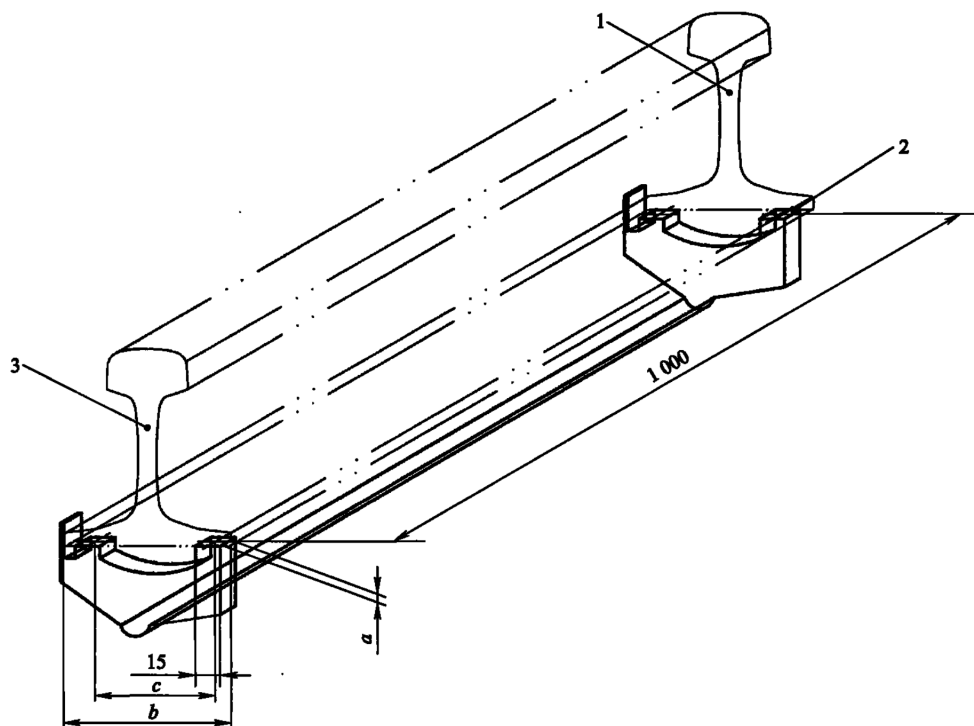


图 1 钢轨平直度测量示意图



标引序号说明:

1——距离钢轨端面 1 m 的横断面;

2——量规(扭曲尺);

3——轨端横断面。

当 $b \geq 150 \text{ mm}$ 时, $c = 130 \text{ mm}$; 当 $130 \text{ mm} \leq b < 150 \text{ mm}$ 时, $c = 110 \text{ mm}$ 。

图 2 钢轨端部扭曲测量示意图

6.3 螺栓孔

钢轨螺栓孔边缘应予倒棱, 尺寸为 $0.8 \text{ mm} \sim 1.5 \text{ mm}$, 角度为 45° 。

6.4 轨端倒棱

有孔钢轨轨端轨头至下圆角应按附录 A 的规定予以倒棱。

6.5 长度及质量

6.5.1 标准轨定尺长度为:

- a) 43 kg/m 钢轨: 12.5 m、25 m;
- b) 50 kg/m、60 kg/m 钢轨: 12.5 m、25 m、100 m;
- c) 75 kg/m 钢轨: 25 m、75 m、100 m。

6.5.2 曲线缩短轨长度为:

- a) 12.5 m 钢轨: 12.46 m、12.42 m、12.38 m;
- b) 25 m 钢轨: 24.96 m、24.92 m、24.84 m。

6.5.3 短尺轨长度为:

- a) 12.5 m 钢轨: 9 m、9.5 m、11 m、11.5 m、12 m;

b) 25 m 钢轨;21 m、22 m、23 m、24 m、24.5 m;

c) 75 m 钢轨;71 m、72 m、73 m、74 m;

d) 100 m 钢轨;95 m、96 m 和 99 m。

6.5.4 定尺长度为 75 m 和 100 m 钢轨的曲线缩短轨、其他定尺轨及短尺轨长度由供需双方协商,并在合同中注明。

6.5.5 短尺轨的搭配数量由供需双方协商并在合同中注明,但运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨不应大于一批订货总量的 5%;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨不应大于一批订货总量的 10%。有孔钢轨原则上不应有短尺轨,供需双方协商后短尺轨也可钻孔。

6.5.6 钢轨按理论质量交货。钢的密度为 7.85 g/cm^3 。钢轨的理论质量见附录 A。

7 技术要求

7.1 制造方法

7.1.1 钢轨钢应采用碱性氧气转炉或电弧炉冶炼,并经炉外精炼和真空脱气处理。

7.1.2 钢轨应采用连铸坯制造。

7.1.3 钢轨在轧制过程中应采用多级高压喷射除鳞,以有效除去氧化皮。

7.1.4 钢轨的轧制压缩比不应小于 9:1。

7.1.5 钢轨应采用二段辊式矫直机对其断面的水平轴 X-X 和垂直轴 Y-Y 方向分别进行矫直,只允许辊矫一次。端头或局部不平直可以用四面压力机补充矫直。对钻孔轨应先补矫,后钻孔。

7.1.6 焊接轨不进行轨端热处理。U71Mn 热轧钻孔轨应进行轨端热处理,不需要轨端热处理时,应在合同中注明;其他钢牌号热轧钻孔轨不进行轨端热处理。

7.2 牌号和化学成分

7.2.1 钢的牌号和化学成分及残余元素(熔炼分析)应符合表 3 及表 4 的规定。

表 3 钢牌号及化学成分(熔炼分析)

钢牌号	化学成分(质量分数) %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Al ^b
U71Mn U71MnH	0.65 ~ 0.80	0.15 ~ 0.58	0.70 ~ 1.20	≤0.025	≤0.025	—	—	≤0.004
U75V U75VH	0.71 ~ 0.80	0.50 ~ 0.80	0.75 ~ 1.05	≤0.025	≤0.025	—	0.04 ~ 0.12	≤0.004
U77MnCr U77MnCrH	0.72 ~ 0.82	0.10 ~ 0.50	0.80 ~ 1.10	≤0.025	≤0.025	0.25 ~ 0.40	—	≤0.004
U78CrV U78CrVH	0.72 ~ 0.82	0.50 ~ 0.80	0.70 ~ 1.05	≤0.025	≤0.025	0.30 ~ 0.50	0.04 ~ 0.12	≤0.004
U76CrRE U76CrREH ^a	0.71 ~ 0.81	0.50 ~ 0.80	0.80 ~ 1.10	≤0.025	≤0.025	0.25 ~ 0.35	0.04 ~ 0.08	≤0.004
^a U76CrRE 和 U76CrREH 中的 RE 加入量大于 0.020%。								
^b 运行速度小于 200 km/h 的钢轨,Al≤0.010%。								

表 4 残余元素上限

钢牌号	化学成分(质量分数) %											
	Cr	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	V	Cu + 10Sn	Cr + Mo + Ni + Cu	Ni + Cu
U71Mn U71MnH	0.15	0.02	0.10	0.15	0.030	0.020	0.025	0.01	0.030	0.35	0.35	—
U75V U75VH	0.15	0.02	0.10	0.15	0.030	0.020	0.025	0.01	—	0.35	0.35	—
U77MnCr U77MnCrH	—	0.02	0.10	0.15	0.030	0.020	0.025	0.01	0.030	0.35	—	0.20
U78CrV U78CrVH	—	0.02	0.10	0.15	0.030	0.020	0.025	0.01	—	0.35	—	0.20
U76CrRE U76CrREH	—	0.02	0.10	0.15	0.030	0.020	0.025	0.01	—	0.35	—	0.20

7.2.2 需方要求对钢轨化学成分和残余元素进行验证分析时,与表 3 规定成分范围的允许偏差为:
C: $\pm 0.02\%$; Si: $\pm 0.02\%$; Mn: $\pm 0.05\%$; P: $+ 0.005\%$; S: $+ 0.005\%$; Al: $+ 0.003\%$; V: $\pm 0.01\%$;
Cr: $\pm 0.03\%$ 。其他元素允许偏差应符合相关规定。

7.2.3 钢水氢含量不应大于 0.000 25%。当钢水氢含量大于 0.000 25%,应进行连铸坯缓冷,并检验钢轨的氢含量,钢轨的氢含量不应大于 0.000 20%。

7.2.4 运行速度大于或等于 200 km/h 的钢轨,钢水或钢轨总氧含量不应大于 0.002 0%;运行速度小于 200 km/h 的钢轨,钢水或钢轨总氧含量不应大于 0.003 0%。

7.2.5 钢水或钢轨氮含量不应大于 0.008 0%。

7.3 拉伸性能

钢轨的抗拉强度和断后伸长率应符合表 5、表 6 的规定。

7.4 硬度

7.4.1 轨顶面硬度

钢轨轨头顶面中心线上的表面硬度值应符合表 5、表 6 的规定。同一支钢轨轨头顶面中心线上的硬度变化范围不应大于 30 HBW。

表 5 热轧钢轨抗拉强度、断后伸长率和轨头顶面硬度

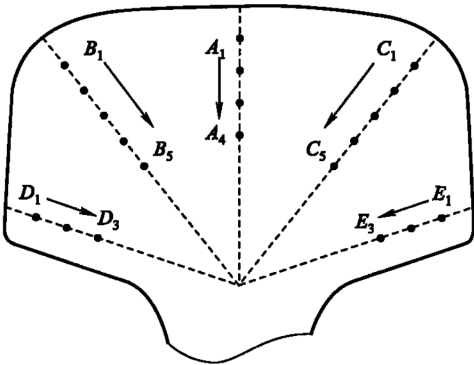
钢 牌 号	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A	轨头顶面中心线硬度 HBW10/3000
U71Mn	≥ 880	$\geq 10\%$	260 ~ 300
U75V	≥ 980	$\geq 10\%$	280 ~ 320
U77MnCr	≥ 980	$\geq 9\%$	290 ~ 330
U78CrV	$\geq 1\ 080$	$\geq 9\%$	310 ~ 360
U76CrRE	$\geq 1\ 080$	$\geq 9\%$	310 ~ 360
热锯取样检验时,允许断后伸长率比规定值降低 1 个百分点。			

表 6 热处理钢轨抗拉强度、断后伸长率和轨头顶面硬度

代 号	钢 牌 号	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A	轨头顶面中心线硬度 HBW10/3000
H320	U71MnH	$\geq 1\ 080$	$\geq 10\%$	320 ~ 380
H340	U75VH	$\geq 1\ 180$	$\geq 10\%$	340 ~ 400
H350	U77MnCrH	$\geq 1\ 180$	$\geq 10\%$	350 ~ 410
H370	U78CrVH、U76CrREH	$\geq 1\ 280$	$\geq 10\%$	370 ~ 420
出现争议时,在进行拉伸试验前,先将试样在 200 ℃下保温 6 h。				

7.4.2 横断面硬度

按图 3 测点位置示意图进行热处理钢轨横断面硬度检测,轨头横断面硬化层的硬度应符合表 7 的规定。



第 1 点距表面 5 mm,其余点间距均为 5 mm; D、E 线与下颏距离为 5 mm; B、C 线为 A、D 和 A、E 线的角平分线。

图 3 横断面硬度测点位置示意图

表 7 轨头横断面硬化层硬度

代 号	钢 牌 号	轨头横断面硬化层硬度 HRC	
		A_1, B_1, C_1, D_1, E_1	A_4, B_5, C_5, D_3, E_3
H320	U71MnH	34.0 ~ 40.0	≥ 32.0
H340	U75VH	36.0 ~ 42.0	≥ 34.0
H350	U77MnCrH	36.0 ~ 42.0	≥ 35.0
H370	U78CrVH、U76CrREH	37.0 ~ 44.0	≥ 36.0

7.5 显微组织

钢轨全断面的显微组织应为珠光体组织,允许有少量的铁素体,不应有马氏体、贝氏体及晶界渗碳体。

7.6 脱碳层

轨头表面脱碳层深度检验范围按图 4 所示。从表面至连续、封闭铁素体网处的深度不应超过 0.5 mm,见图 5。

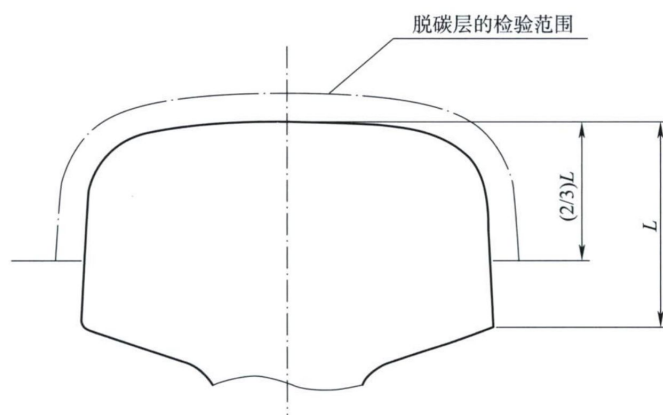


图4 轨头表面脱碳层检验范围

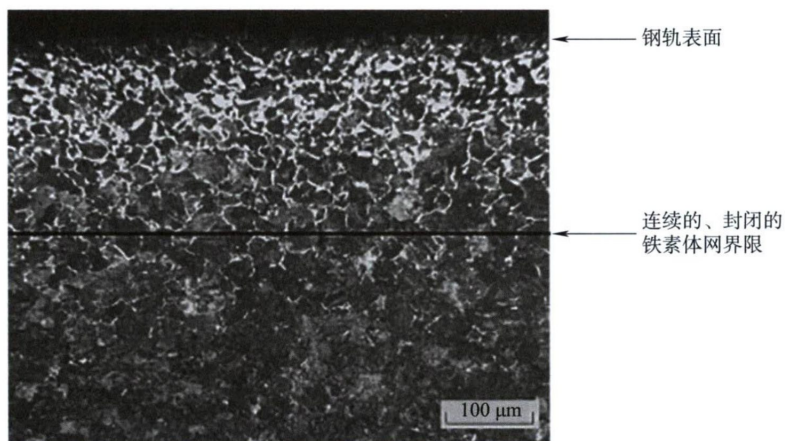


图5 轨头表面允许的脱碳层深度金相图(100×)

7.7 非金属夹杂物

按 GB/T 10561—2005 中 A 法对钢轨的非金属夹杂物进行评定,非金属夹杂物级别应符合表 8 的规定。

表8 非金属夹杂物级别

夹杂物类型	非金属夹杂物级别			
	级			
	≥ 200 km/h		< 200 km/h	
	粗系	细系	粗系	细系
A(硫化物类)	≤ 2	≤ 2	≤ 2.5	≤ 2.5
B(氧化铝类)	≤ 1	≤ 1	≤ 1.5	≤ 1.5
C(硅酸盐类)	≤ 1	≤ 1	≤ 1.5	≤ 1.5
D(球状氧化物类)	≤ 1	≤ 1	≤ 1.5	≤ 1.5
DS(单颗粒球状类)	≤ 1		≤ 1.5	

7.8 低倍

钢轨横断面酸蚀试片的低倍应符合附录 C 的规定。

7.9 表面质量

7.9.1 钢轨表面不应有裂纹。钢轨不应有 1 m 以上的高空坠落。

7.9.2 钢轨走行面(即轨冠部位)、轨底下表面及距轨端 1 m 内影响接头夹板安装的所有凸出部分(热轧标识除外)都应修磨掉。

7.9.3 在热状态下形成的钢轨磨痕、热刮伤、纵向线纹、折叠、氧化皮压入、轧痕等的最大允许深度:

- a) 钢轨走行面:运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 0.35 mm;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨 0.5 mm。
- b) 钢轨其他部位:运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 0.5 mm;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨 0.6 mm。

在钢轨长度方向的钢轨走行面、轨底下表面,纵向导卫板刮伤最多只允许有 2 处,深度不应超过规定。沿同一轴线重复发生导卫板刮伤可作为 1 处认可。

允许导卫板刮伤的最大宽度为 4 mm,宽度与深度之比大于或等于 3:1。

轧辊产生的周期性热轧痕可作为 1 处认可,并且可以修磨。

7.9.4 在冷状态下形成的钢轨纵向及横向划痕等缺陷最大允许深度:

- a) 钢轨走行面和轨底下表面(轨底下表面不应有横向划痕):运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 0.3 mm;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨 0.4 mm。
- b) 钢轨其他部位:0.5 mm。

7.9.5 钢轨表面不应存在马氏体或白相组织的损伤,如有应予以消除。

7.9.6 表面缺陷检测和修磨:表面缺陷深度应采用深度探测器进行检测,深度无法测量时,应通过试验进行确认。对表面缺陷进行修磨时,修磨面轮廓应圆滑,且应保证修磨后钢轨的显微组织不受影响。

最大允许修磨深度为:

- a) 钢轨走行面:运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 0.35 mm;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨 0.5 mm;
- b) 钢轨其他部位:运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 0.5 mm;运行速度小于 200 km/h 等级钢轨 0.6 mm。

运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨 10 m 长范围内表面缺陷不应多于 3 处,每 10 m 可修磨 1 处。钢轨轨冠部位周期性热轧痕的修磨处数每 50 m 不应多于 3 处。修磨后钢轨的几何尺寸偏差应符合表 1 的规定。

焊接钢轨距轨端 1 m 范围内,钢轨走行面和轨头侧面,除凸出部位外,不应修磨。

钢轨断面尺寸、平直度不合格,除凸出部位外,不应采用修磨方式处理。

钢轨的热伤、冷伤满足 7.9.3 和(或)7.9.4 规定且对钢轨使用无害时,可不修磨。

7.9.7 钢轨端面和螺栓孔表面边缘上的毛刺应予清除。

7.9.8 应沿钢轨全长对轨底面进行自动检测。所用设备应能检测到表 9 规定的人工缺陷尺寸。人工缺陷尺寸的公差为 ± 0.1 mm。用轨底自动检测技术检测时,检测范围至少超过轨底中央 60 mm 宽。每隔 8 h 用有人工缺陷的测试轨标定一次。当自动检测设备不能正常使用时,应采用人工检查。

表 9 人工缺陷的尺寸

单位为毫米

缺陷深度	缺陷长度	缺陷宽度
1.0	20	0.5
1.5	10	0.5

7.10 超声波探伤

钢轨全长应连续进行超声波探伤检查,并应满足 8.6 的要求。

7.11 轨底残余应力

钢轨轨底的最大纵向残余拉应力应小于或等于 250 MPa。

7.12 断裂韧性

在温度 -20 ℃ 下测得断裂韧性 K_{Ic} 的最小值及平均值应符合表 10 的规定。

表 10 断裂韧性 K_{Ic}

钢 种	K_{Ic} 单个最小值 MPa · m ^{1/2}	K_{Ic} 最小平均值 MPa · m ^{1/2}
U71MnH	30	32
其他	26	29
在某些情况下, K_Q 值可用于计算 K_{Ic} 平均值,应符合附录 D。		

7.13 疲劳裂纹扩展速率

疲劳裂纹扩展速率 da/dN 应符合表 11 的规定。

表 11 疲劳裂纹扩展速率 da/dN

应力强度因子范围 ΔK	疲劳裂纹扩展速率 da/dN
$\Delta K = 10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$	$da/dN \leq 17 \text{ m/Gc}$
$\Delta K = 13.5 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$	$da/dN \leq 55 \text{ m/Gc}$

7.14 试样疲劳

总应变幅为 0.001 35 时,每个试样的疲劳寿命(即试样完全断裂时的循环次数)应大于 5×10^6 次。

7.15 轨端热处理

钢轨需要轨端热处理时,其技术要求应符合附录 E 的规定。

8 检验方法

8.1 检验项目、检验频次、取样部位及检验方法

检验项目、检验频次、取样部位及检验方法应符合表 12 的规定。应避免在过渡区域取样。

表 12 检验项目、检验频次、取样部位及检验方法

序 号	检验项目	检验频次	取 样 部 位	检 验 方 法
1	化学成分*	每炉 1 次	熔炼分析按 GB/T 20066 取样, 成品分析在图 7 拉伸试样部位 取样	GB/T 223. 14; GB/T 223. 49; GB/T 223. 60; GB/T 223. 62; GB/T 223. 63; GB/T 223. 68; GB/T 223. 71; GB/T 20123 或 GB/T 4336; GB/T 20125

表 12 检验项目、检验频次、取样部位及检验方法(续)

序 号	检验项目	检验频次	取 样 部 位	检 验 方 法
2	残余元素	每炉 1 次 ^b	熔炼分析按 GB/T 20066 取样, 成品分析在图 7 拉伸试样部位取样	GB/T 4336
3	氢含量	每炉 1 次(每个连浇中第一炉为 2 次)	见 8.2	见 8.2
4	总氧含量	每个连浇 1 次	熔炼分析按 GB/T 20066 取样, 成品分析按图 6 取样	GB/T 11261
5	氮含量	每个连浇 1 次	熔炼分析按 GB/T 20066 取样, 成品分析按图 6 取样	GB/T 20124
6	拉伸	每炉 1 次	见图 7	GB/T 228.1; 试样 $d_0 = 10 \text{ mm}$; $l_0 = 5d_0$
7	轨顶面硬度	每炉 1 次	见 8.4.1	GB/T 231.1
	热处理钢轨横断面硬度		见 8.4.2	GB/T 230.1
8	显微组织	热轧钢轨每个连浇 1 次, 热处理钢轨每炉 1 次	见图 7	GB/T 13298
9	脱碳层	不超过 1 000 t 或每个连浇 2 次	见图 4	见 7.6
10	非金属夹杂物	每个连浇 1 次	在钢轨头部距轨顶面 10 mm 部位纵向切取, 检查面应平行于轨顶面且居中, 面积不小于 200 mm ²	GB/T 10561—2005 中 A 法
11	低倍	每炉 1 次	随机取样 1 个	GB/T 226
12	超声波探伤	逐根	全长	见 8.6
13	尺寸	逐根	全长范围任意一处	附录 B 样板或激光自动检测设备
14	平直度和扭曲	逐根	见 6.2	钢轨生产厂应采用在线激光自动检测设备对钢轨全长平直度进行检测; 轨端平直度应采用直尺及塞尺测量; 轨端扭曲应采用扭曲尺测量
15	表面质量	逐根	全长所有表面	肉眼、轨底自动检测
16	轨底残余应力	每 5 年 1 次	在至少距轨端 3 m 处切取	见 8.7
17	断裂韧性	每 5 年 1 次	在至少距轨端 3 m 处按图 D.1 切取	见 8.8
18	疲劳裂纹扩展速率	每 5 年 1 次	在至少距轨端 3 m 处按图 12 切取	见 8.9
19	试样疲劳	每 5 年 1 次	在至少距轨端 3 m 处按图 13 切取	见 8.10
20	热处理钢轨全长硬度波动	每 5 年 1 次	在钢轨一端以及每隔 20 m ~ 25 m 切取	见 8.4.3
43 kg/m 热轧钢轨可不作 8、9、10 项检验; 43 kg/m 热处理钢轨可不作 9、10 项检验。				
^a 当化学成分出现异议时, 应以化学分析法为准; ^b 若供方保证, 可不作残余元素检验。				

8.2 氢含量

8.2.1 钢水的氢含量按氢在钢中的分压量值确定,用在线浸入式探头系统进行测量。在新中间包浇铸的任何连浇第一炉钢水中至少测取 2 个试样,其余炉中每炉测取 1 个试样。一个连浇中第一炉的第一个试样应在氢含量最高的时候从中间包中测取。当钢水氢含量不大于 0.000 25%,可不检验钢轨的氢含量;当钢水氢含量大于 0.000 25%,应进行连铸坯缓冷,并应检验钢轨的氢含量。

8.2.2 钢轨氢含量测定在热锯处随机取样。但对于一个连浇中的第一炉,应从相当于任一铸流第一个钢坯的最后部分切取。试样应在轨头中心制取,按图 6 所示在定氢仪上测定。试验方法按 GB/T 223.82 执行。

8.2.3 钢水及钢轨氢含量测定也可按供需双方协议的试验方法进行。

8.3 总氧含量和氮含量

总氧含量和氮含量测定在钢水中取样并使之凝固,或在钢轨头部取样,取样位置如图 6 所示。试验方法按 GB/T 11261 和 GB/T 20124 执行。

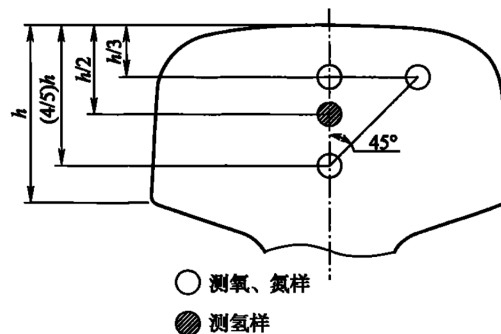


图 6 测定总氧、氮含量和氢含量试样的取样位置

8.4 硬度

8.4.1 轨顶面硬度:在钢轨上随机取样,试样长度不应小于 100 mm,轨头顶面磨去 0.5 mm,测试点不应少于 5 个,进行布氏硬度测试,试验方法按 GB/T 231.1 执行。

8.4.2 横断面硬度:从每炉热处理钢轨中,随机抽取一支,在钢轨的头部或尾部切取 1 块轨头试样,按图 3 测点位置进行横断面硬度测试,试验方法按 GB/T 230.1 执行。

8.4.3 热处理钢轨全长硬度波动:从钢轨的一端以及每隔 20 m ~ 25 m 分别取 200 mm 长的钢轨试样,轨头顶面磨去 0.5 mm,测试点不应少于 10 个,进行布氏硬度测试,试验方法按 GB/T 231.1 执行。

8.5 显微组织

显微组织观察在轨头部位取样,取样位置按图 7 所示。在金相显微镜下放大 500 倍观察,试验方法按 GB/T 13298 执行。

8.6 超声波探伤

8.6.1 所用方法应确保被检验的最小横断面面积为:

- a) 轨头部分不小于 70%;
- b) 轨腰部分不小于 60%;
- c) 轨底部分见图 8。

上述面积根据探头发射声影确定。钢轨头部应从两个侧面和踏面进行检测。

单位为毫米

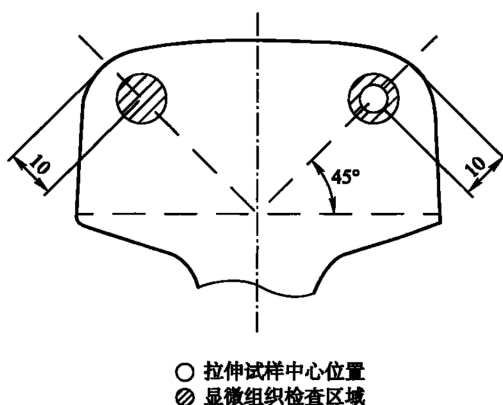


图7 拉伸试样及显微组织检验试样的取样位置

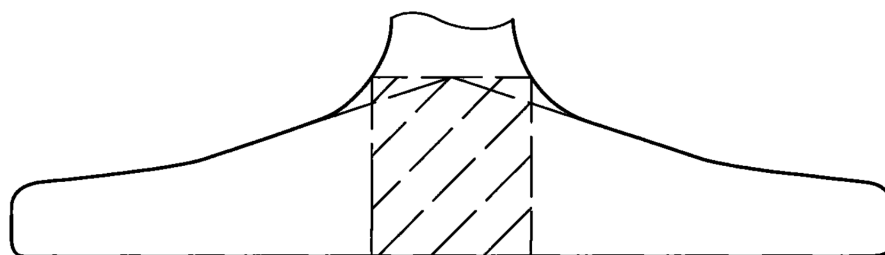


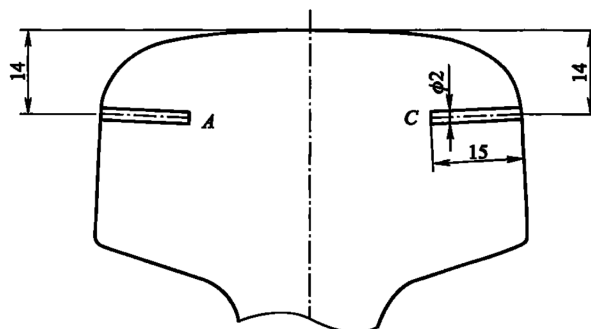
图8 钢轨轨底超声波探伤区域(阴影部分)

8.6.2 探头频率为 2.25 MHz ~ 5 MHz。

8.6.3 所采用的自动探伤设备的检测灵敏度应比检测 8.6.4 规定的人工缺陷所要求的灵敏度至少高 4 dB。当出现可能是缺陷的反射波时,应以比检测 8.6.4 规定的人工缺陷所要求的灵敏度高 6 dB 为检测灵敏度,重新进行超声波检测。当重新进行超声波检测而钢轨的缺陷信号仍超过阈值时,此钢轨应报废或将有缺陷部分切除。超声波检测系统应有对界面或背面回波信号的连续监视功能。

8.6.4 钢轨进行超声波检测时应备有一段标定轨。60 kg/m 钢轨标定轨的轨头、轨腰、轨底的人工缺陷位置分别按图 9、图 10、图 11 所示。其他断面钢轨的人工缺陷标定轨应参考 60 kg/m 钢轨的标定轨制备,并应将详图提供给需方。也可以使用其他标定方法,但这些方法应与上述方法的检测灵敏度值等同。

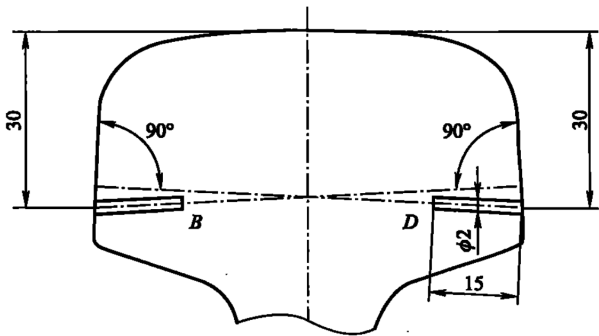
单位为毫米



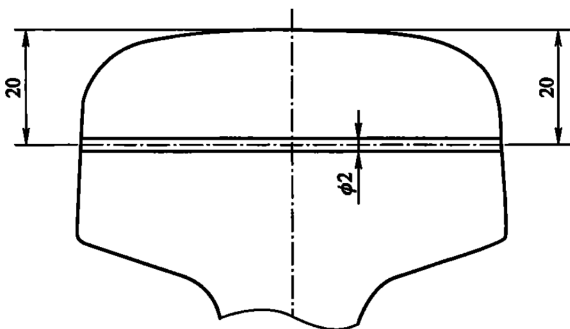
a) 钢轨轨头人工缺陷位置 1

图9 60 kg/m 钢轨轨头人工缺陷的位置及尺寸

单位为毫米



b) 钢轨轨头人工缺陷位置 2

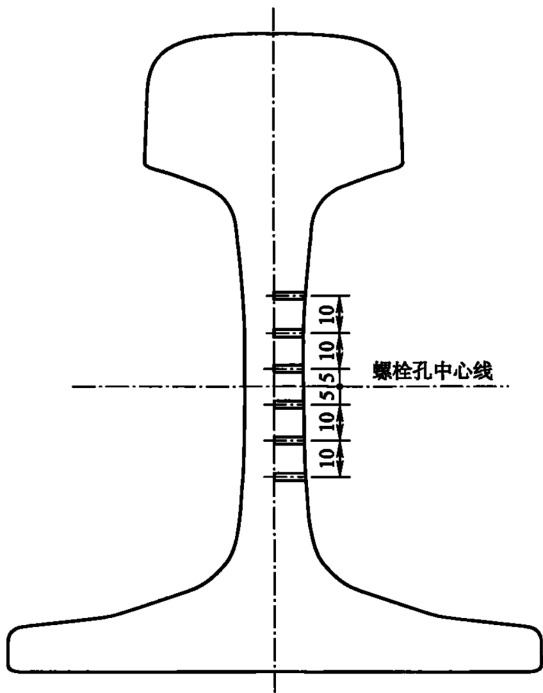


c) 钢轨轨头人工缺陷位置 3

平底孔:A 和 C 与 B 和 D 成 $8^\circ \pm 1^\circ$ 的角。

图 9 60 kg/m 钢轨轨头人工缺陷的位置及尺寸(续)

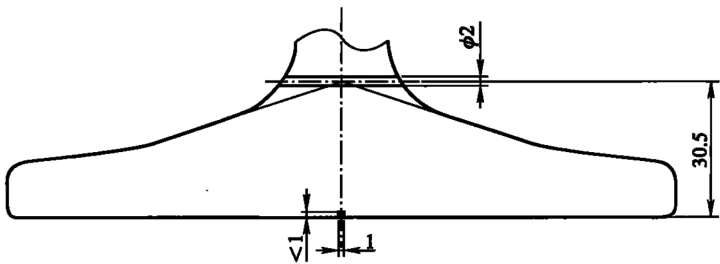
单位为毫米



$\phi 2$ mm 的平底孔钻至轨腰中心线;允许有与水平线成 $\pm 1^\circ$ 角的偏差。

图 10 60 kg/m 钢轨轨腰人工缺陷的位置及尺寸

单位为毫米



轨底下表面人工缺陷通长 $100\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ 。

图 11 60 kg/m 钢轨轨底人工缺陷的位置及尺寸

8.6.5 每班作业前,进行一次超声波探伤标定轨标定。每班作业期间,标定间隔不应大于 8 h。

8.6.6 其他要求按 YB/T 951 规定执行。

8.7 轨底残余应力

轨底残余应力测定按附录 F 规定的方法进行。

8.8 断裂韧性

断裂韧性试验按附录 D 规定的方法进行。

8.9 疲劳裂纹扩展速率

采用三点弯曲、单边缺口试样进行疲劳裂纹扩展速率试验,取样部位及试样尺寸如图 12 所示。在每根样轨上至少取 3 个试样,在下述条件下进行试验:

- a) 试验温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 最小循环荷载/最大循环荷载: 0.5;
- c) 三点弯曲试样加载跨距为 $4W$ (按图 12 所示);
- d) 循环加载频率: $15\text{ Hz} \sim 40\text{ Hz}$;
- e) 试验环境: 试验室内大气环境。

其他有关规定应符合 GB/T 6398。

单位为毫米

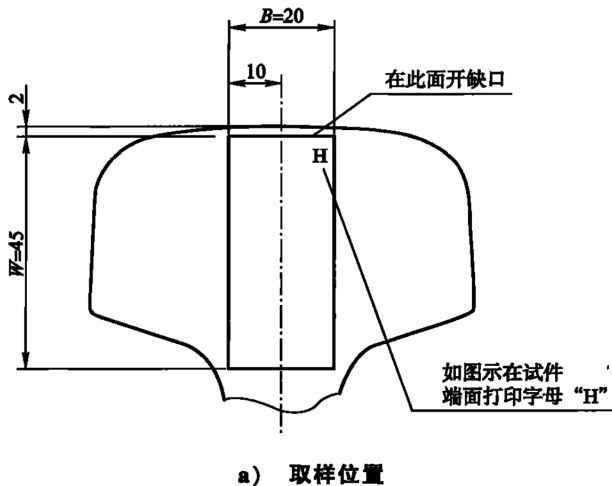


图 12 疲劳裂纹扩展速率试样取样位置及尺寸

- a) 试验温度:15℃~25℃;
- b) 控制变量应为轴向应变幅;
- c) 应变循环应对称于初始零应变。

8.10.2 实物弯曲疲劳

钢轨型式检验和出厂检验不做实物弯曲疲劳试验。其他情况下需要进行实物弯曲疲劳试验时,可参见附录 G 规定的方法进行。

9 检验规则

9.1 监督

需方有权监督钢轨生产的各个工序和各种检验,并有权检查这些检验结果。

9.2 型式检验

9.2.1 符合下列情况之一时,供方应做型式检验:

- a) 新钢种首次生产;
- b) 生产工艺、生产设备等发生重大变化;
- c) 正常生产每隔 5 年;
- d) 停产 6 个月以上。

9.2.2 供方应提供给需方型式检验最终结果所依据的所有检验记录、标定和计算值。

9.2.3 型式检验包括表 12 中的所有项目。序号 12~序号 20 项检验的试样应从经过矫直的钢轨中切取,并且不再对这些试样做任何机械或热的处理。断裂韧性、疲劳裂纹扩展速率和疲劳试样应从 3 个样轨上切取,样轨应分别取自不同的炉号和不同的连铸流号。残余应力试验应选取 6 根样轨。热处理钢轨全长硬度波动试验应在同一支定尺钢轨中取样。各项检验的取样部位和检验方法应符合表 12。

9.2.4 同一牌号钢轨,大断面钢轨型式检验可替代小断面钢轨型式检验。同一轨型钢轨,运行速度高的可替代运行速度低的钢轨,热处理钢轨可替代热轧钢轨。

9.3 出厂检验

9.3.1 组批规则:每批由同一牌号、同一轨型的若干炉钢水连续浇铸的钢坯轧制的钢轨组成。

9.3.2 钢轨的出厂检验由供方质量检验部门进行。必要时需方有权进行抽检,具体项目由供需双方在订货时另行商定。

9.3.3 出厂检验包括表 12 中序号 1~序号 15 的所有项目,其检验项目、检验频次、取样部位和检验方法应符合表 12。

9.4 复验与判定

9.4.1 化学成分

化学成分及钢轨成品氢不合格时不应复验。钢中氧、氮含量检验不合格时,应对该批每炉(包括不合格炉)钢轨进行检验,不合格炉的钢轨不应验收。

9.4.2 拉伸及硬度

当初验结果不合格时,应在同一炉另两支钢轨上各取一块复验试样进行复验。其中一块复验试样应取自与初验试样同一铸流轧制的钢轨,另一块复验试样在其他铸流轧制的钢轨上制取。两块复验试

样的检验结果均符合本部分规定时,该炉钢轨应予验收。

如两块复验试样的检验结果均不符合本部分规定,则应取样再验。同一铸流钢轨两次检验结果均不合格时,则该铸流钢轨不应验收。如果一块复验试样检验不合格,则应对不合格钢轨所在铸流和其他铸流钢轨继续取样检验,直至两个试样同时合格。

9.4.3 非金属夹杂物

当初验结果不合格时,应在同一批另两支钢轨上各取一块复验试样进行复验。其中一块复验试样应在同一铸流轧制的钢轨上制取,另一块复验试样应在同一批的其他铸流轧制的钢轨上制取。两块复验试样的检验结果均符合本部分规定时,该批钢轨应予验收。

如果其中一块复验试样的检验结果不符合本部分规定,则应对不合格铸流和其他铸流轧制的钢轨继续取样再验,直至两个试样同时合格。同一铸流钢轨两次检验结果均不合格时,则该铸流钢轨不应验收。

9.4.4 低倍

9.4.4.1 钢轨白点不应复验。

9.4.4.2 当低倍初验不符合本部分规定时,应在同一铸流初验取样部位的前后两侧,各取一个试样进行复验。这两个复验试样中,至少有一个取自与初验样同一铸坯的钢轨上,两个复验试样之间的钢轨不应验收。如果两个复验试样的复验结果都符合要求,则该批其余的钢轨可以验收。如果有一个复验试样不合格,可继续取样再验,直至两个试样同时合格。

9.4.4.3 当低倍缺陷难以辨认时,可在更高的放大倍率下作进一步检查。

9.4.5 脱碳层

当初验结果不合格时,应在同一批相邻的两支钢轨上取样复验。如果两个复验样的复验结果都符合要求,则该批其余的钢轨可以验收。如果复验试样不合格,可继续在相邻侧钢轨上取样再验,直至两个试样同时合格。两个复验试样之间的钢轨不应验收。

9.4.6 显微组织

当初验结果不合格时,应在同一批相邻的两支钢轨上取样复验。如果两个复验样的复验结果都符合要求,则该批其余的钢轨可以验收。如果复验试样不合格,可继续在相邻侧钢轨上取样再验,直至两个试样同时合格。两个复验试样之间的钢轨不应验收。


10 标志

10.1 在每根钢轨一侧的轨腰上,每4 m间隔内应轧制下列清晰、凸起的标志:

- a) 制造厂标志;
- b) 轨型;
- c) 钢牌号;
- d) 速度等级,运行速度大于或等于200 km/h等级钢轨用G表示,运行速度小于200 km/h等级钢轨不作标记;
- e) 制造年(轧制年份末两位数)、月(用罗马数字表示)。


字符高20 mm~28 mm,凸起0.3 mm~1.5 mm。

示例1:

 60N U71Mn G 15 IV


攀钢生产的轨型为 60N 且运行速度大于或等于 200 km/h 的 U71Mn 热轧钢轨,生产日期 2015 年 4 月

示例 2:

 60N U71MnH G 15 IV

攀钢生产的轨型为 60N 且运行速度大于或等于 200 km/h 的 U71Mn 在线热处理钢轨,生产日期 2015 年 4 月

示例 3:

 60N U71MnH 15 IV

攀钢生产的轨型为 60N 且运行速度小于 200 km/h 的 U71Mn 在线热处理钢轨,生产日期 2015 年 4 月

10.2 未达到运行速度大于或等于 200 km/h 等级钢轨要求但满足运行速度小于 200 km/h 等级钢轨要求可降为运行速度小于 200 km/h 等级钢轨使用,但应把钢轨两端各一处热轧标志“G”修磨去除。

10.3 在每根钢轨另一侧轨腰上,距轨端不小于 0.6 m、间隔不大于 15 m,采用热压印机(不应冷压印)按顺序压上下列清晰的标志,压印的字符应具有平直或圆弧形表面,字符高 10 mm~16 mm,深 0.3 mm~1.5 mm,宽 1 mm~1.5 mm,侧面应倾斜,字母和数字应与竖直方向成 10°角且具有圆弧拐角,热压印标志由以下 13 位数字和字母组成:

第 1 位,钢厂特征符号(由 1 位英文大写字母组成:如 P—攀钢;A—鞍钢;B—包钢;W—武钢;H—邯钢);

第 2~3 位,表示炼钢年份(由 2 位阿拉伯数字组成:如 09 代表 2009 年;10 代表 2010 年,依次类推);

第 4~9 位,表示转炉流水号(由 6 位阿拉伯数字组成,由钢厂自编);

第 10 位,表示连铸流号(由 1 位阿拉伯数字组成,5 流连铸机为 1~5,6 流连铸机为 1~6);

第 11~12 位,表示连铸坯号(由 2 位阿拉伯数字组成);

第 13 位,钢轨顺序号(由 1 位英文大写字母组成:A、B、C、D)。

10.4 若热压印标志漏打或有变动,则应在轨腰上喷标,小于或等于 25 m 钢轨至少 2 处,100 m 钢轨每 25 m 至少 1 处。

10.5 钢轨精整后,在钢轨一个端面头部贴上标签,标签中所填写的内容应包括标准号、轨型、钢牌号、速度等级、炉号、长度等。标签条码应包含钢轨热压印标志的完整信息。

10.6 无标志或标志不清无法辨认时,不应出厂。

10.7 同一钢轨生产厂家采用不同万能线生产的钢轨,应能通过不同的热轧标志或热压印标志进行区分。

11 质量证明书

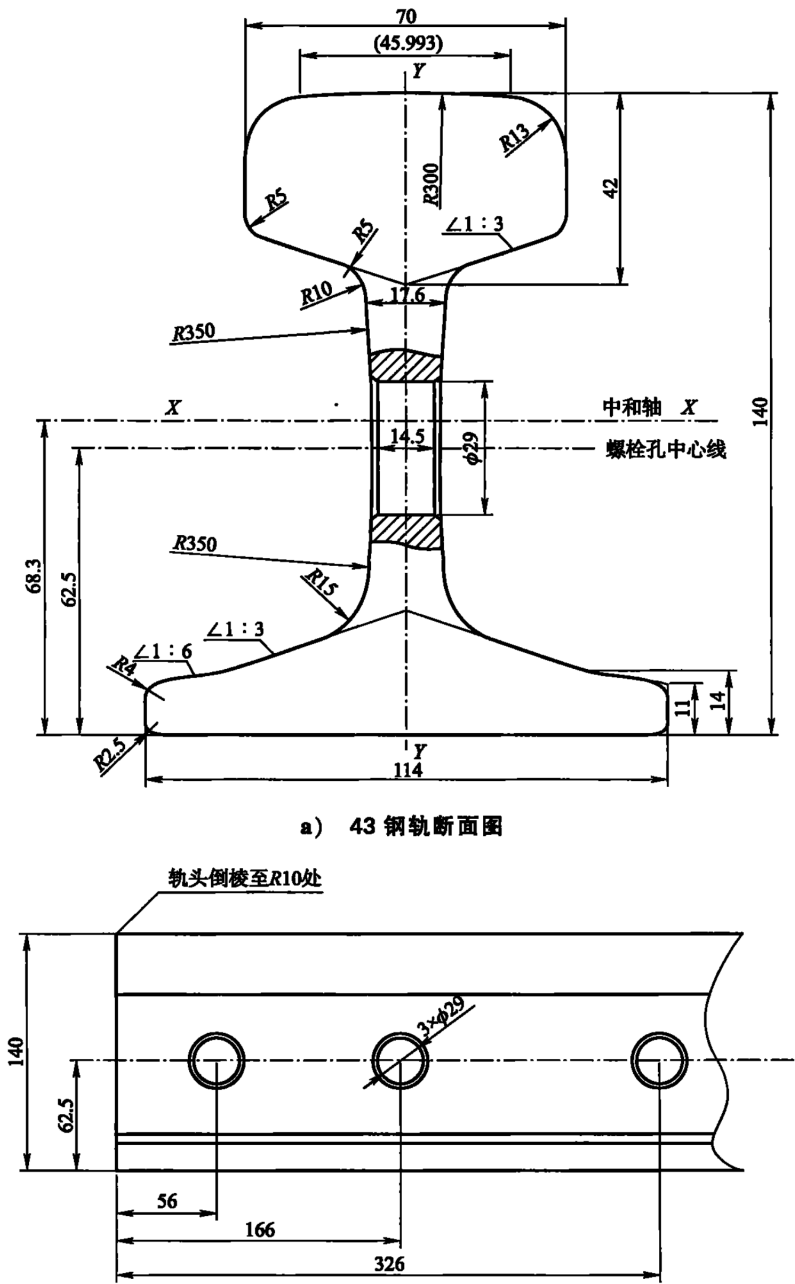
交货钢轨应附有制造厂质量检验部门开具的质量证明书,内容包括:

- a) 制造厂名称;
- b) 需方名称;
- c) 轨型(包括无孔或有孔钢轨);
- d) 合同号;
- e) 标准号;
- f) 钢牌号;
- g) 速度等级;
- h) 数量和长度(定尺、短尺);
- i) 炉号;
- j) 本部分表 12 中规定的序号 1~序号 15 检验结果;
- k) 出厂日期。

附录 A
(规范性)
钢轨的型式尺寸

43 kg/m、50 kg/m、60 kg/m(60、60N)、75 kg/m(75、75N)钢轨简称 43、50、60(60N)、75(75N)钢轨。
43、50、60、60N、75、75N 钢轨的型式尺寸及断面的过渡尺寸分别应符合图 A.1 ~ 图 A.12 的规定。
钢轨计算数据应符合表 A.1,钢轨的理论质量和金属分配应符合表 A.2。

单位为毫米

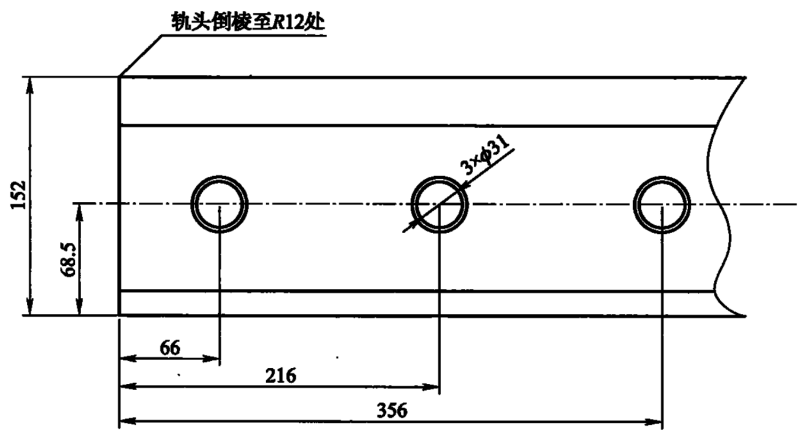


a) 43 钢轨断面图

b) 43 钢轨螺栓孔布置图

图 A.1 43 钢轨型式尺寸

单位为毫米



b) 50 钢轨螺栓孔布置图
图 A.3 50 钢轨型式尺寸(续)

单位为毫米

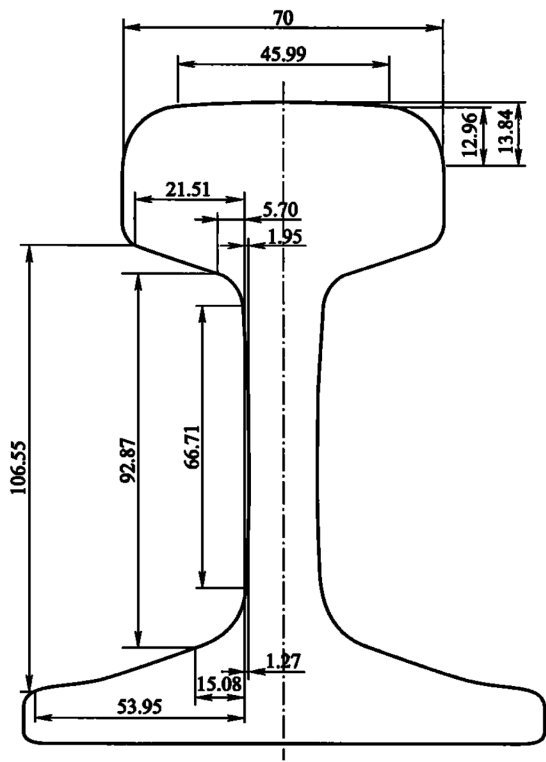
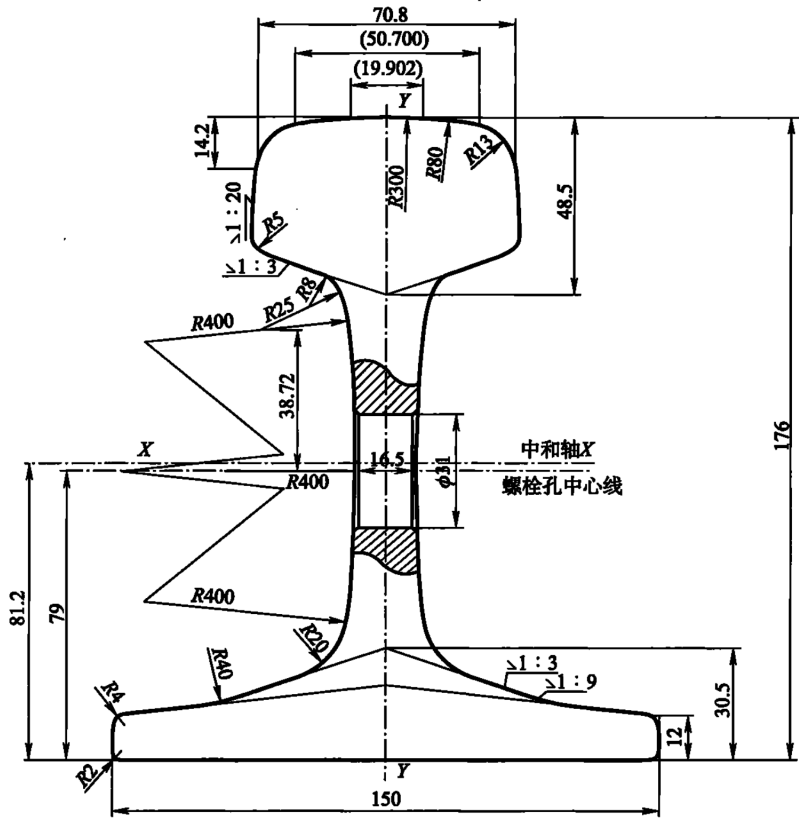
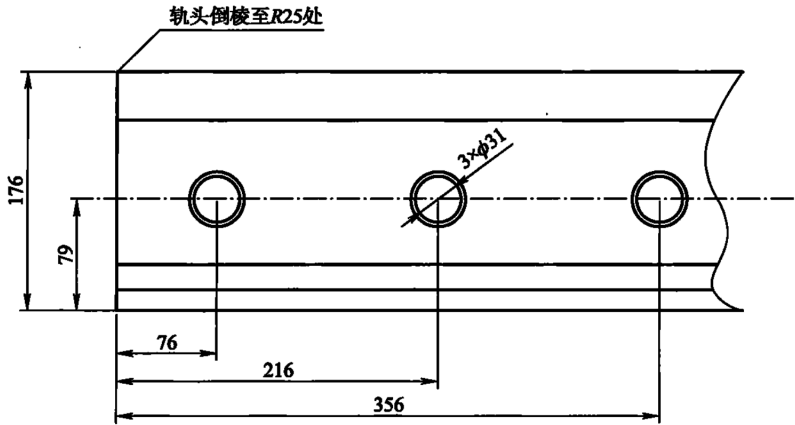


图 A.4 50 钢轨断面过渡尺寸

单位为毫米



a) 60 钢轨断面图



b) 60 钢轨螺栓孔布置图

图 A.5 60 钢轨型式尺寸

单位为毫米

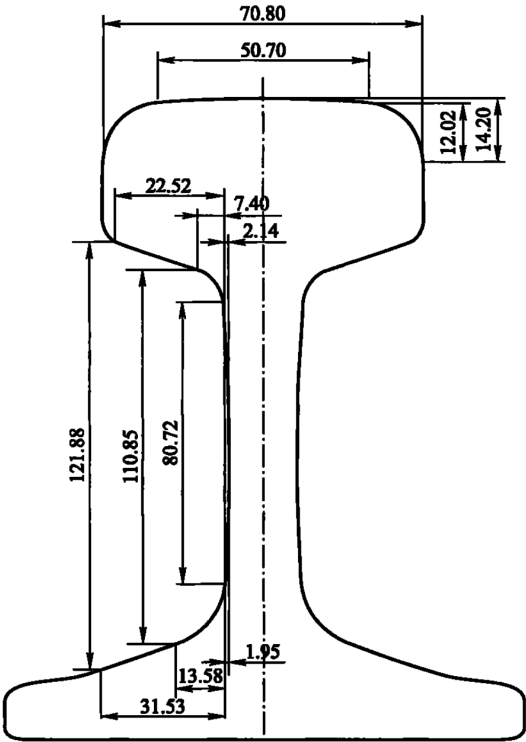
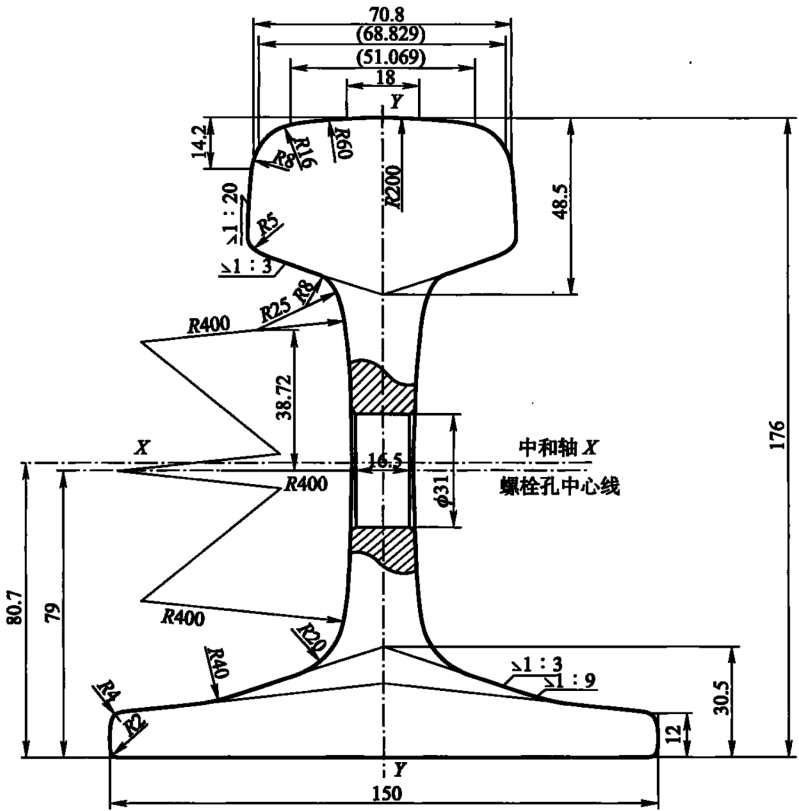


图 A.6 60 钢轨断面过渡尺寸

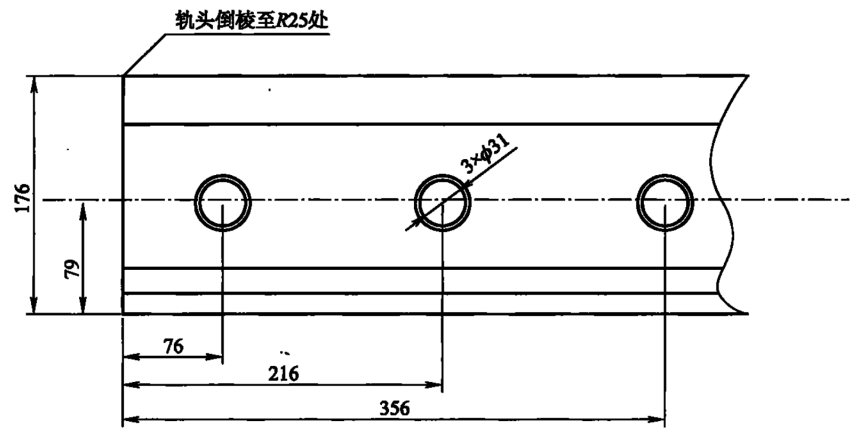
单位为毫米



a) 60N 钢轨断面图

图 A.7 60N 钢轨型式尺寸

单位为毫米



b) 60N 钢轨螺栓孔布置图

图 A.7 60N 钢轨型式尺寸(续)

单位为毫米

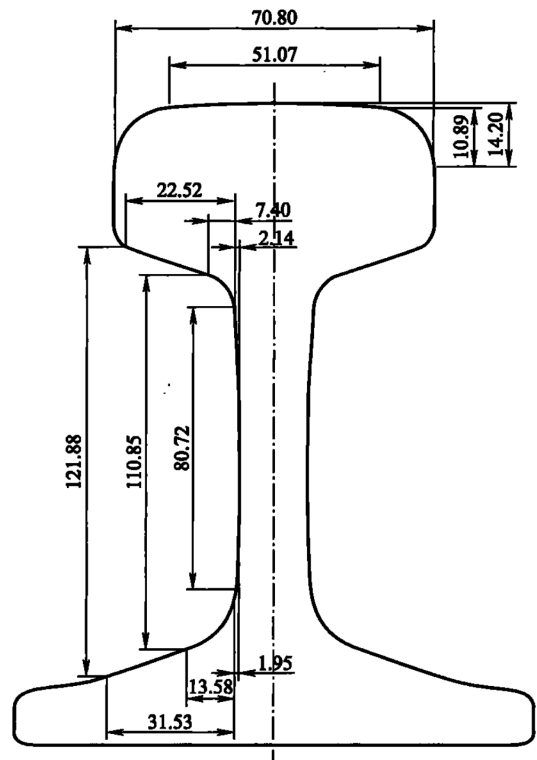
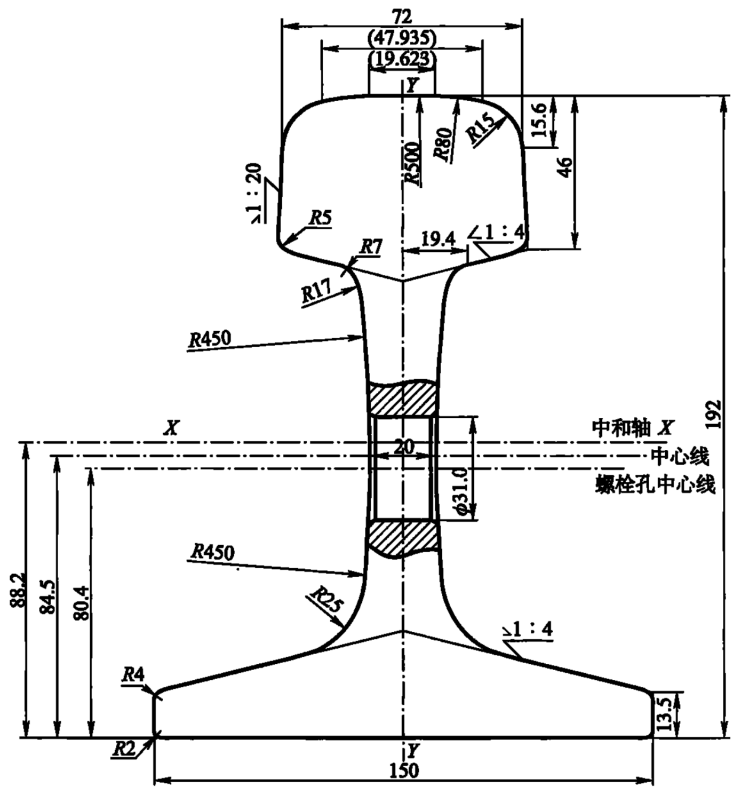
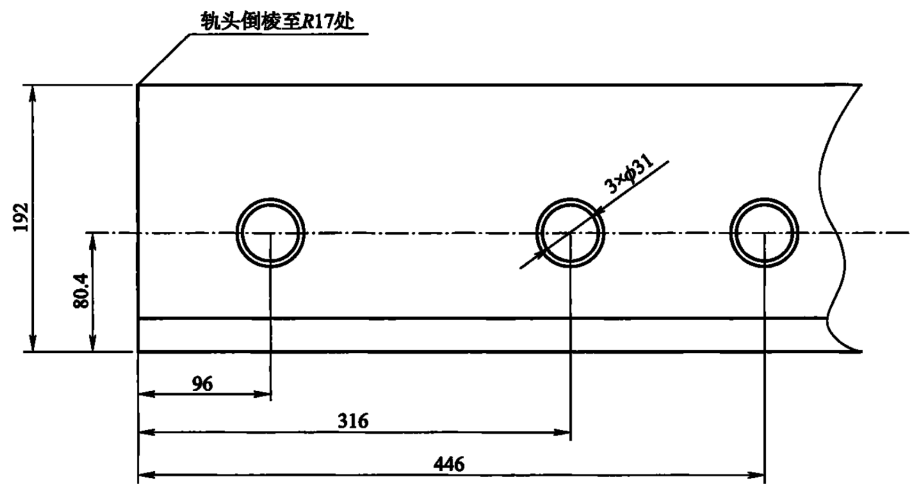


图 A.8 60N 钢轨断面过渡尺寸

单位为毫米



a) 75 钢轨断面图



b) 75 钢轨螺栓孔布置图

图 A.9 75 钢轨型式尺寸

单位为毫米

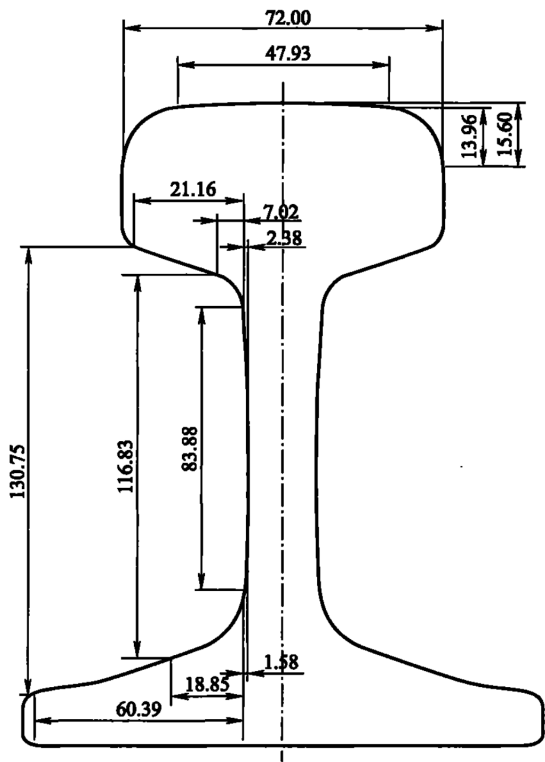
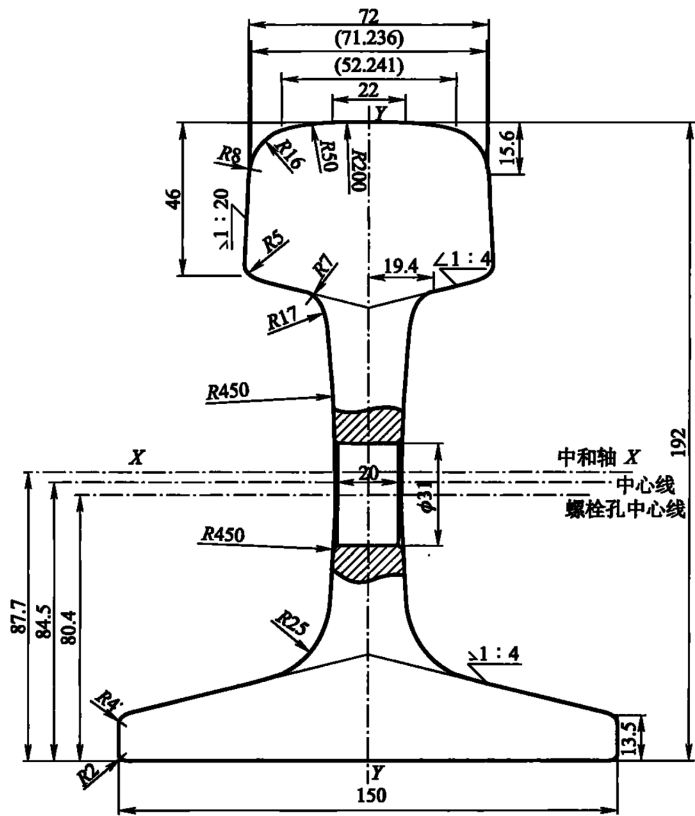


图 A.10 75 钢轨断面过渡尺寸

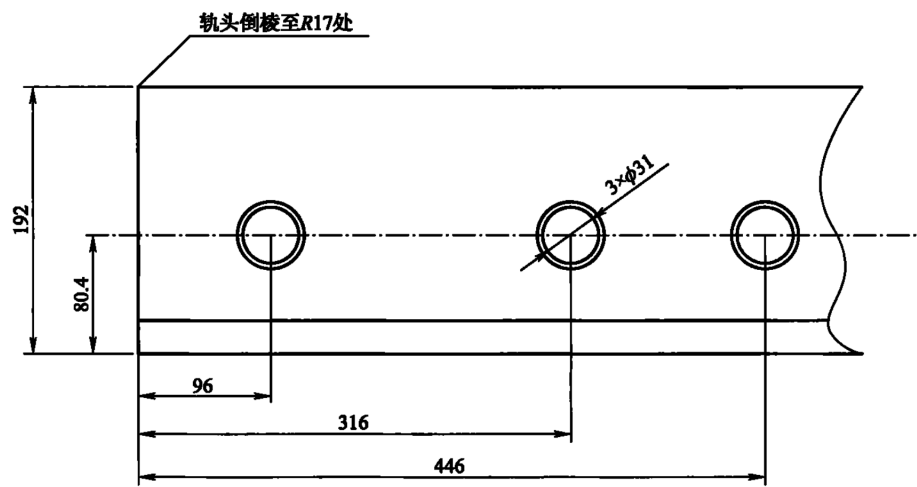
单位为毫米



a) 75N 钢轨断面图

图 A.11 75N 钢轨型式尺寸

单位为毫米



b) 75N 钢轨螺栓孔布置图

图 A.11 75N 钢轨型式尺寸(续)

单位为毫米

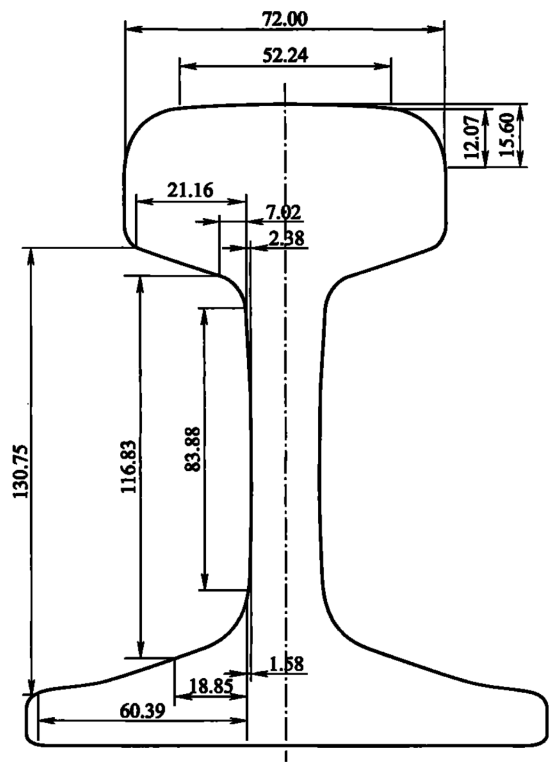


图 A.12 75N 钢轨断面过渡尺寸

表 A.1 钢轨计算数据

项 目	钢 轨 断 面					
	43	50	60	60N	75	75N
横断面积 cm^2	56.77	65.55	77.40	77.01	95.04	94.58
重心距轨底距离 cm	6.83	7.07	8.12	8.07	8.82	8.77
重心距轨头距离 cm	7.17	8.13	9.48	9.53	10.38	10.43
对水平轴线的惯性力矩 cm^4	1 479.6	2 025.4	3 215.2	3 182.6	4 489.0	4 449.0
对垂直轴线的惯性力矩 cm^4	257.2	374.2	523.5	520.6	665.0	661.4
下部断面系数 cm^3	216.6	286.5	396.0	394.2	509.0	507.4
上部断面系数 cm^3	206.4	249.1	339.1	334.1	432.0	426.5
底侧边断面系数 cm^3	45.1	56.7	69.8	69.4	89.0	88.2

表 A.2 钢轨的理论质量及金属分配

项 目		钢 轨 断 面					
		43	50	60	60N	75	75N
每米理论质量 kg/m		44.56	51.46	60.76	60.45	74.60	74.25
钢轨的金属分配(各部分 占总面积的百分比)	轨头	42.65%	38.48%	37.43%	37.11%	37.42%	37.16%
	轨腰	21.38%	23.83%	25.31%	25.44%	26.54%	26.61%
	轨底	35.97%	37.69%	37.26%	37.45%	36.04%	36.23%
钢轨理论质量按钢的密度为 7.85 g/cm^3 计算。							

附 录 B
(规范性)

钢轨几何尺寸检查样板示意图

钢轨几何尺寸检查样板参照钢轨几何尺寸公差数据基准点设计。钢轨几何尺寸公差数据基准点按图 B.1 所示。样板判定数据基准按图 B.2 所示。钢轨几何尺寸检查样板示意图按图 B.3 ~ 图 B.12 所示,样板示意图明细见表 B.1。

表 B.1 样板图明细

图 号	样板图名称
图 B.1	几何尺寸公差数据基准点
图 B.2	样板判定数据基准
图 B.3	钢轨轨高
图 B.4	轨头宽度
图 B.5	轨冠饱满度
图 B.6	断面不对称
图 B.7	接头夹板安装面高度
图 B.8	轨腰厚度
图 B.9	轨底宽度
图 B.10	轨底边缘厚度
图 B.11	螺栓孔到轨端之间的距离及螺栓孔的直径
图 B.12	螺栓孔与轨底之间的距离

单位为毫米

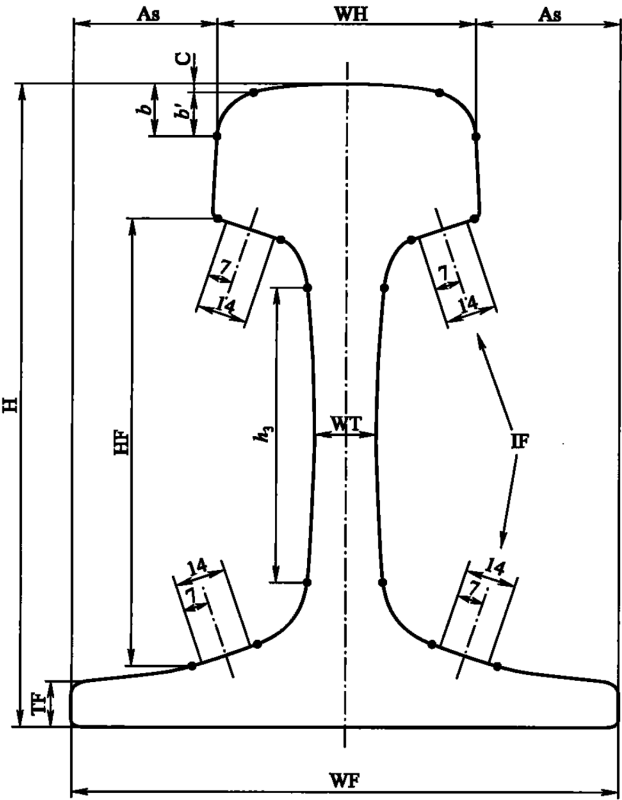


图 B.1 钢轨几何尺寸公差数据基准点

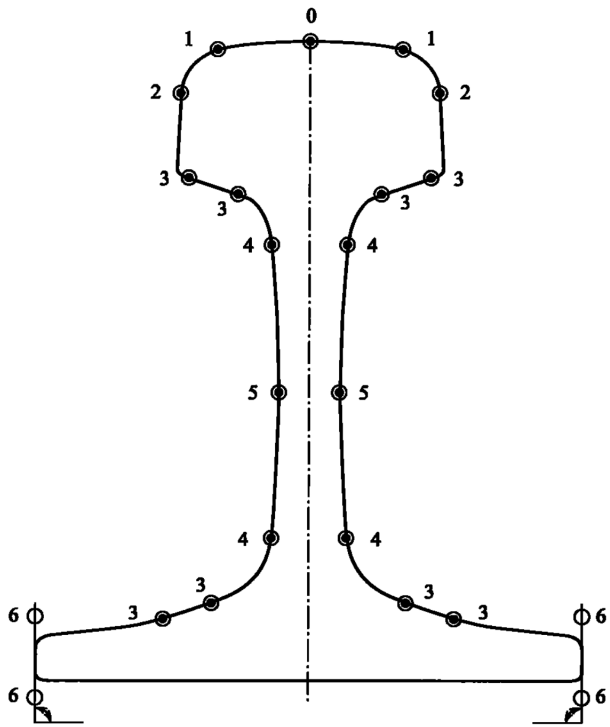


图 B.2 样板判定数据基准

基 准	判 定	图 号
0	高度,负(不通过),正(通过)	B. 3
1	轨头宽度,负(不触及),正(应触及)	B. 4
0	轨冠饱满度,负(楔块通过),正(不通过)	B. 5
2	钢轨不对称,负(不触及),正(应触及)	B. 6
3	接头夹板安装面斜度	B. 7
4	接头夹板高度,负(应触及),正(不触及)	B. 7
5	轨腰厚度,负(不通过),正(通过)	B. 8
6	轨底宽度,负(不通过),正(通过)	B. 9
4,5	轨底边缘厚度,负(不得触及轨腰),正(应触及轨腰)	B. 10

图 B.2 样板判定数据基准(续)

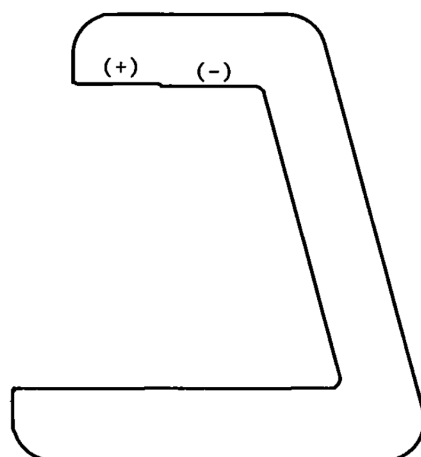


图 B.3 钢轨轨高(轨高判定以样板为准)

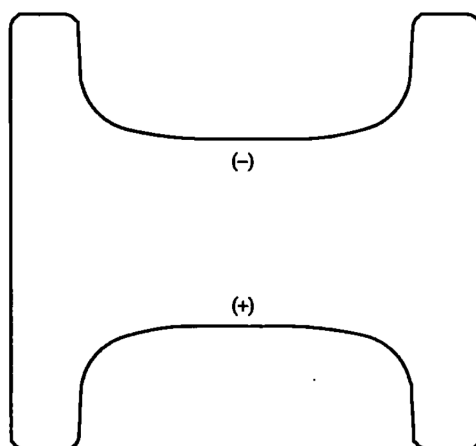
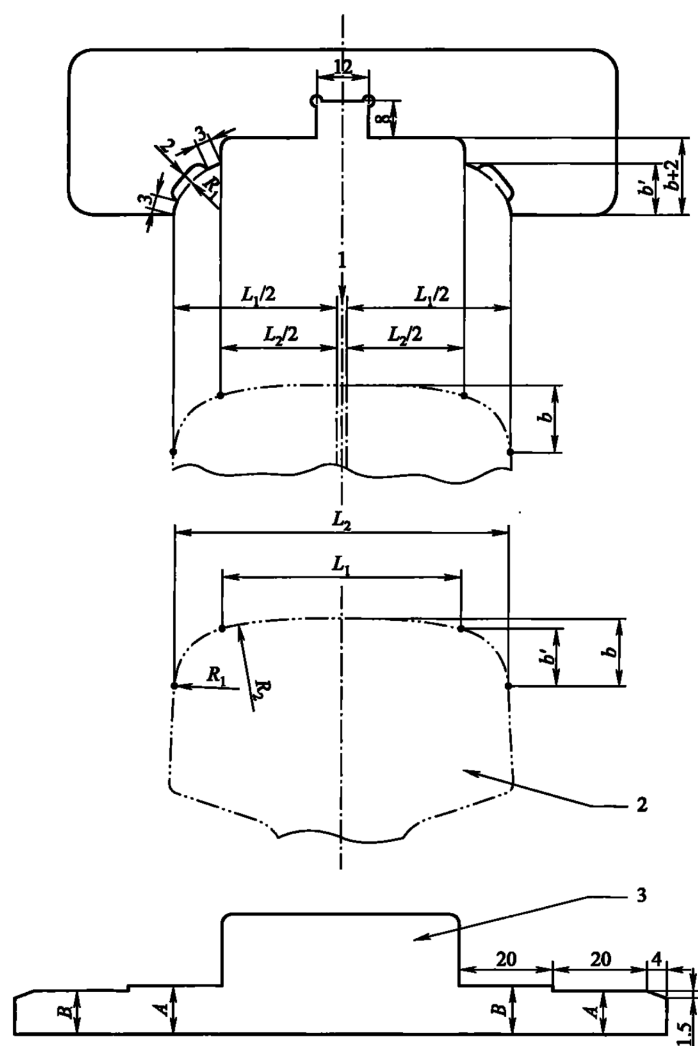


图 B.4 轨头宽度



说明:

1——轨头宽度正公差值;

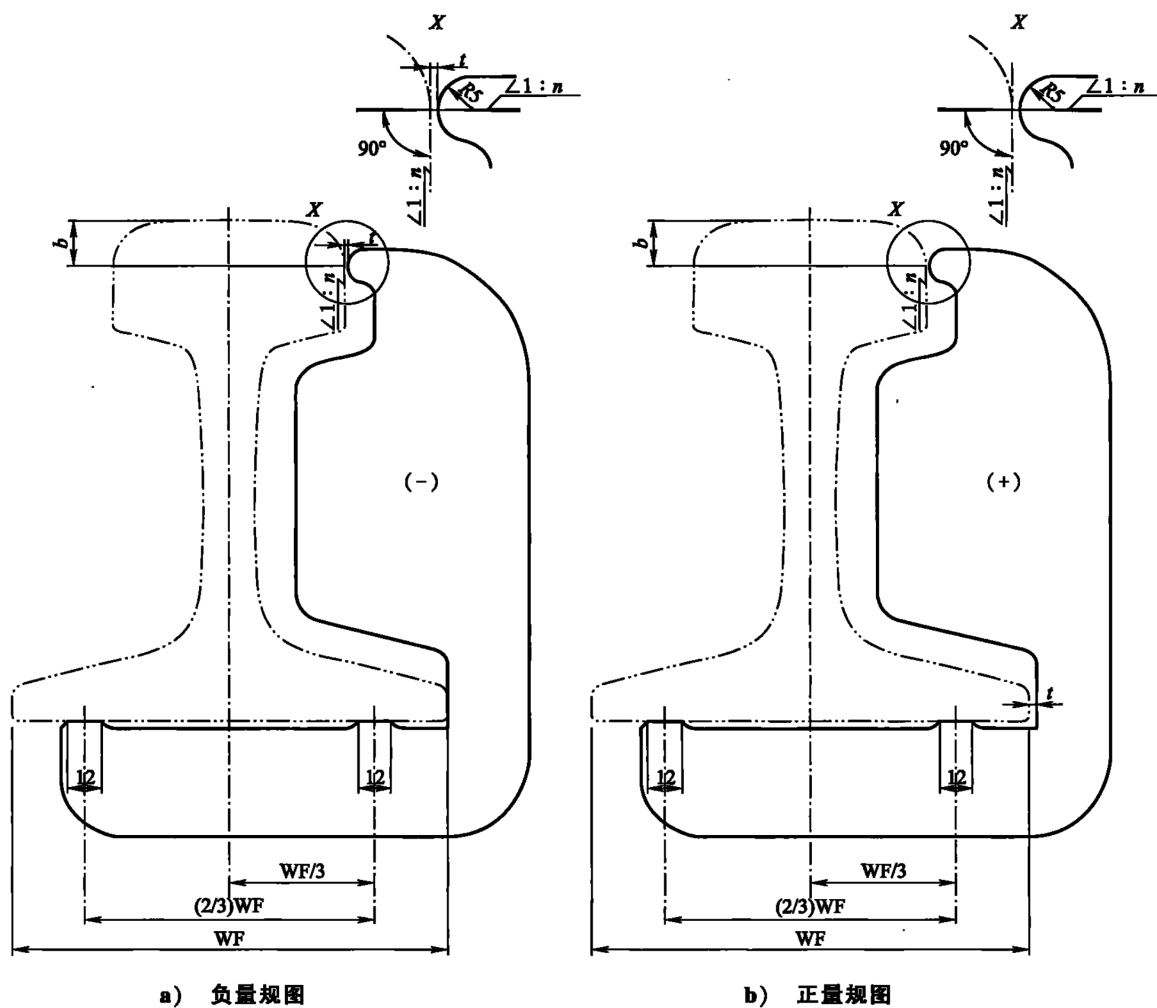
2——轨头理论廓面;

3——楔块厚度 10 mm。

运行速度大于或等于 200 km/h 时, A 为 9.4 mm, B 为 10.3 mm; 运行速度小于 200 km/h 时, A 为 9.4 mm, B 为 10.5 mm。

图 B.5 轨冠饱满度

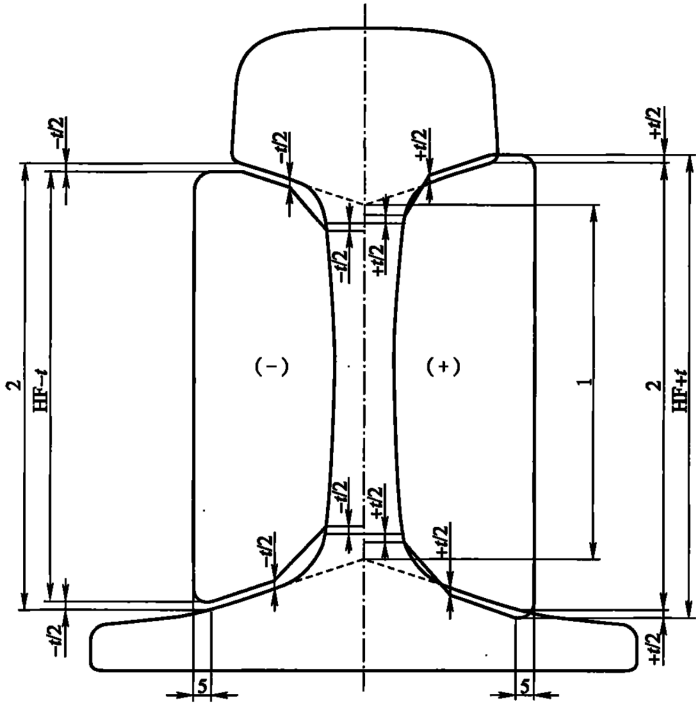
单位为毫米



贴着轨底使用的负量规,从侧面朝着钢轨推进,负量规终止点不应接触轨头;
 贴着轨底使用的正量规,从侧面朝着钢轨推进,正量规终止点应与轨头接触。

图 B.6 钢轨断面不对称

单位为毫米



说明：
1——轨头、轨底延长线之间的距离；
2——腰腹高度；
HF——理论高度。

图 B.7 接头夹板安装面高度

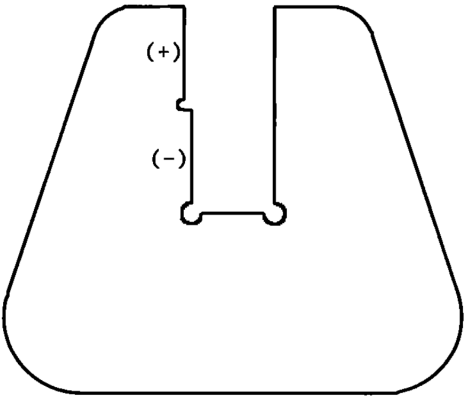


图 B.8 轨腰厚度

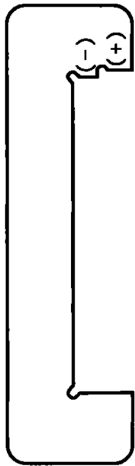


图 B.9 轨底宽度

单位为毫米

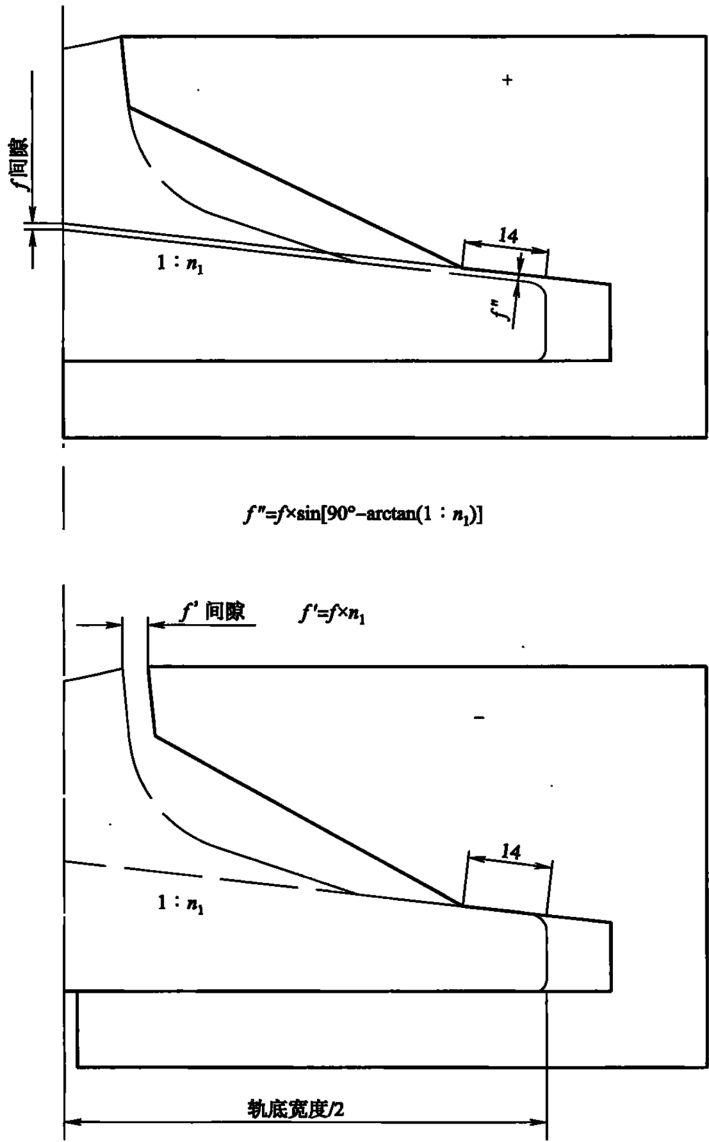
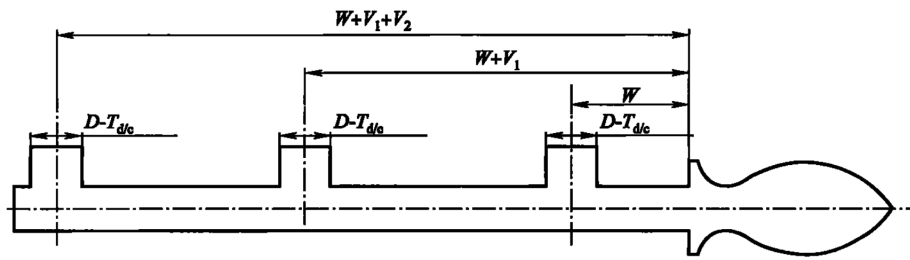
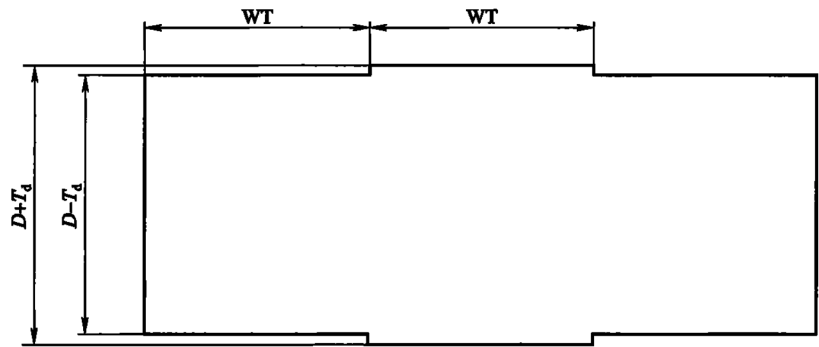


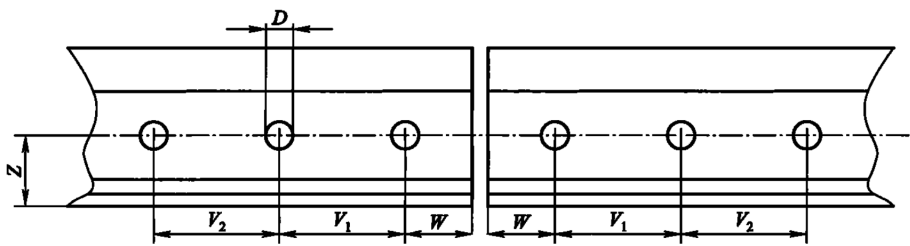
图 B.10 轨底边缘厚度



a) 螺栓孔孔距检查样板



b) 螺栓孔孔径检查样板



c) 螺栓孔布置示意图

说明:

WT——轨腰厚度;

T_d ——螺栓孔直径允许偏差;

Z ——螺栓孔中心与轨底面之间的距离;

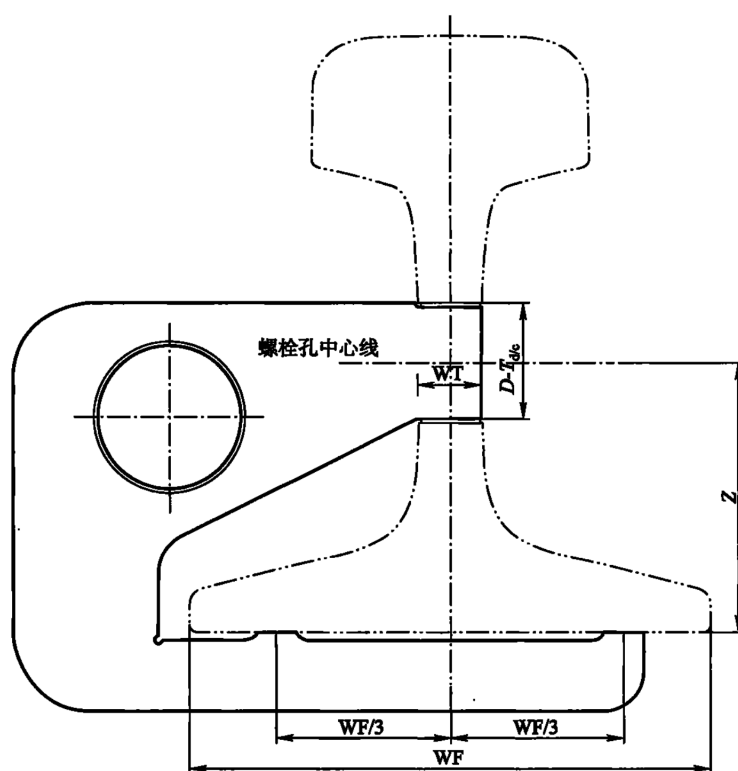
$T_{d/c}$ ——螺栓孔直径和位置的综合允许偏差;

W ——第一个螺栓孔中心线与轨端的距离;

V_1 ——第一和第二个螺栓孔中心线之间的距离;

V_2 ——第二和第三个螺栓孔中心线之间的距离。

图 B.11 螺栓孔到轨端的距离及螺栓孔的直径



说明：

WT——轨腰厚度；

Z——螺栓孔中心与轨底面之间的距离；

D——螺栓孔直径；

T_{ds} ——螺栓孔直径和位置的综合允许偏差。

图 B.12 螺栓孔与轨底之间的距离

附 录 C

(规范性)

钢轨横向酸浸试片上不允许的缺陷

为了准确评定钢轨横断面上的低倍缺陷,将钢轨横断面定义成轨头、轨腰和轨底三部分,见图 C.1。低倍不合格钢轨的照片见图 C.2 ~ 图 C.12。钢轨低倍不合格条件按表 C.1 的规定。

表 C.1 低倍组织不合格钢轨

图 号	不 合 格 条 件
图 C.2	白点
图 C.3	任何尺寸的缩孔
图 C.4	延伸至轨头的中心轨腰条纹
图 C.5	延伸至轨底的中心轨腰条纹
图 C.6	长度超过 64 mm 的条纹
图 C.7	从轨腰延伸到轨头和轨底的分散分布的中心轨腰条纹
图 C.8	延伸至轨头或轨底超过 25 mm 的分散分布的偏析
图 C.9	皮下气孔
图 C.10	宽度大于 6 mm 并延伸到轨头或轨底内 13 mm 以上的正或负偏析
图 C.11	由放射状条纹、裂纹、中间裂纹以及转折裂纹发展的在轨头大于 3 mm 的条纹
图 C.12	引起钢轨早期失效的其他缺陷(如炉渣、耐火材料)

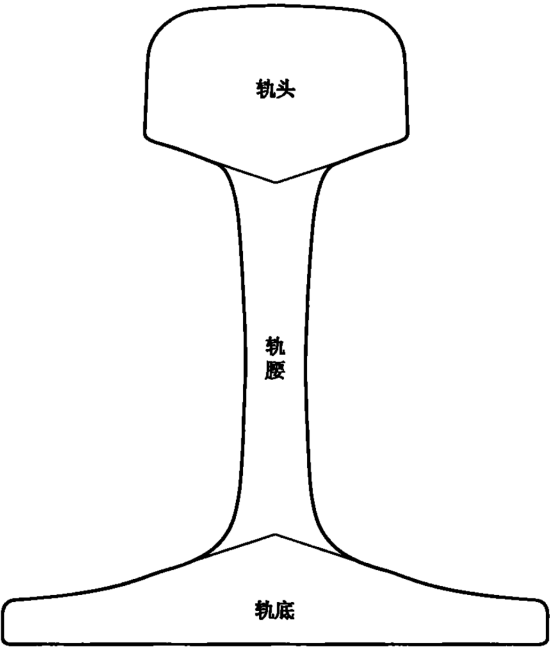


图 C.1 钢轨横断面分区定义



图 C.2 白点



图 C.3 任何尺寸的缩孔



图 C.4 延伸至轨头的中心轨腰条纹



图 C.5 延伸至轨底的中心轨腰条纹



图 C.6 长度超过 64 mm 的条纹



图 C.7 从轨腰延伸到轨头和轨底的分散分布的中心轨腰条纹



图 C.8 延伸至轨头或轨底超过 25 mm 的分散分布的偏析

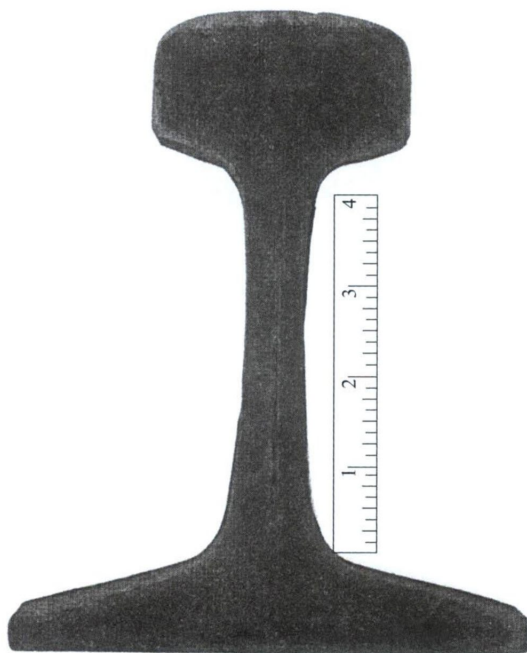


图 C.9 皮下气孔



图 C.10 宽度大于 6 mm 并延伸到轨头或轨底内 13 mm 以上的正偏析或负偏析

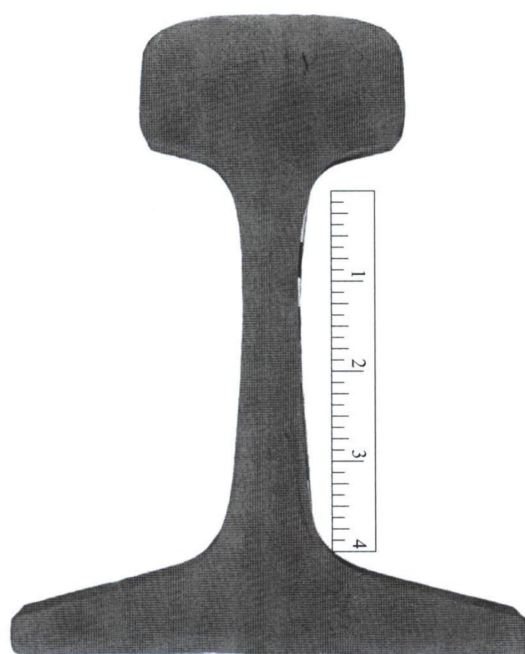


图 C.11 由放射状条纹、裂纹、中间裂纹以及转折裂纹发展的轨头内大于 3 mm 的条纹

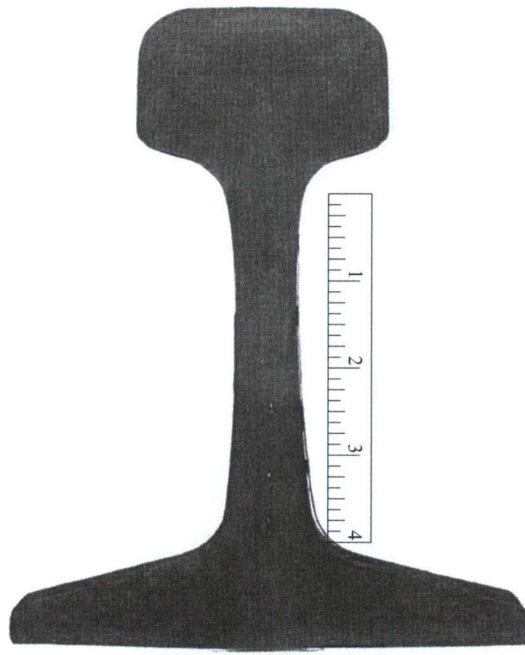


图 C.12 引起钢轨早期失效的其他缺陷(如炉渣、耐火材料)

附录 D
(规范性)
钢轨平面应变断裂韧性 K_{Ic} 试验方法

D.1 试验方法

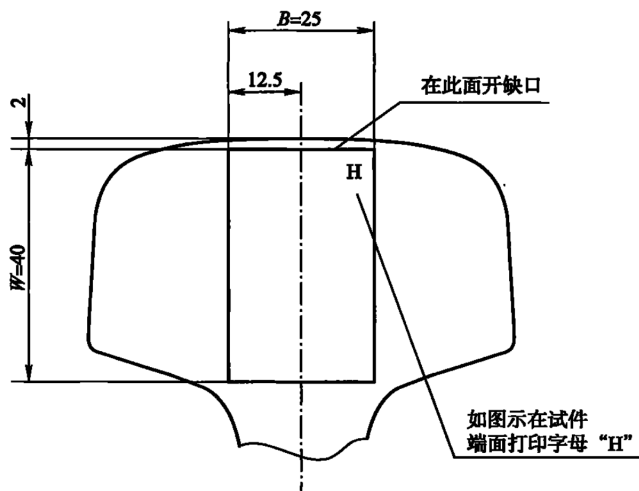
除本部分中的规定外,该项试验的其余内容均应按 GB/T 4161 执行。

D.2 试样

D.2.1 试样取自钢轨横断面,其位置按图 D.1 所示。

D.2.2 试样的厚度 $B=25\text{ mm}$,宽度 $W=40\text{ mm}$ 。

单位为毫米



试样所有其他尺寸应符合 GB/T 4161 的规定。

图 D.1 断裂韧性试样的取样部位

D.3 试验数量

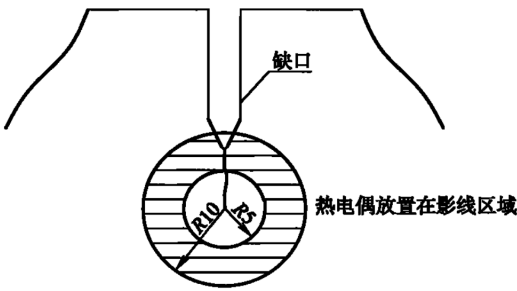
对每个样轨至少取 5 个试样进行试验。

D.4 试验条件

D.4.1 在温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,应力比大于 0,小于 +0.1,载荷频率范围为 $15\text{ Hz} \sim 120\text{ Hz}$ 的条件下预制疲劳裂纹。预制裂纹最终长度与试样宽度比为 $0.45 \sim 0.55$,裂纹在扩展到最终 1.25 mm 时的最大应力强度因子(K_{max})应在 $18\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2} \sim 22\text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 范围内。

D.4.2 用控制位移方式对单边缺口三点弯曲试样加载,三点弯曲试样的加载跨距(S)为试样宽度(W)的 4 倍。

D.4.3 试验温度为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,可用点焊到试样上的非珠形热电偶测量试样温度,位置按图 D.2 所示。为避免裂纹前部弯曲,建议采用 GB/T 4161 中规定的人字缺口。



D.2 热电偶在断裂韧性样上的放置位置

D.5 试验数据分析

D.5.1 K_Q 值按 GB/T 4161 中的规定进行计算。除 D.5.2 ~ D.5.6 的要求外,应按 GB/T 4161 确定 K_{Ic} 是否有效。

D.5.2 在与 95% 的割线相交以前未发生 pop-in 时, P_{max}/P_Q 应小于 1.10。对其他类型的曲线不规定 P_{max}/P_Q 的标准。

D.5.3 载荷—裂纹张开曲线 I a、I b、II a、III 型(图 D.3)的线性度按下述方法检验:

在恒定载荷 $0.8 P_Q$ 作用下测切线 OA 与载荷—裂纹张开曲线之间的距离(V_1),在恒定载荷 P_Q 作用下,测切线 OA 与载荷—裂纹张开曲线之间的距离 V ,当 $V_1 \leq 0.25V$ 时试验结果有效。

D.5.4 载荷—裂纹张开曲线 II b、II c(图 D.3)的线性度按下述方法检验:

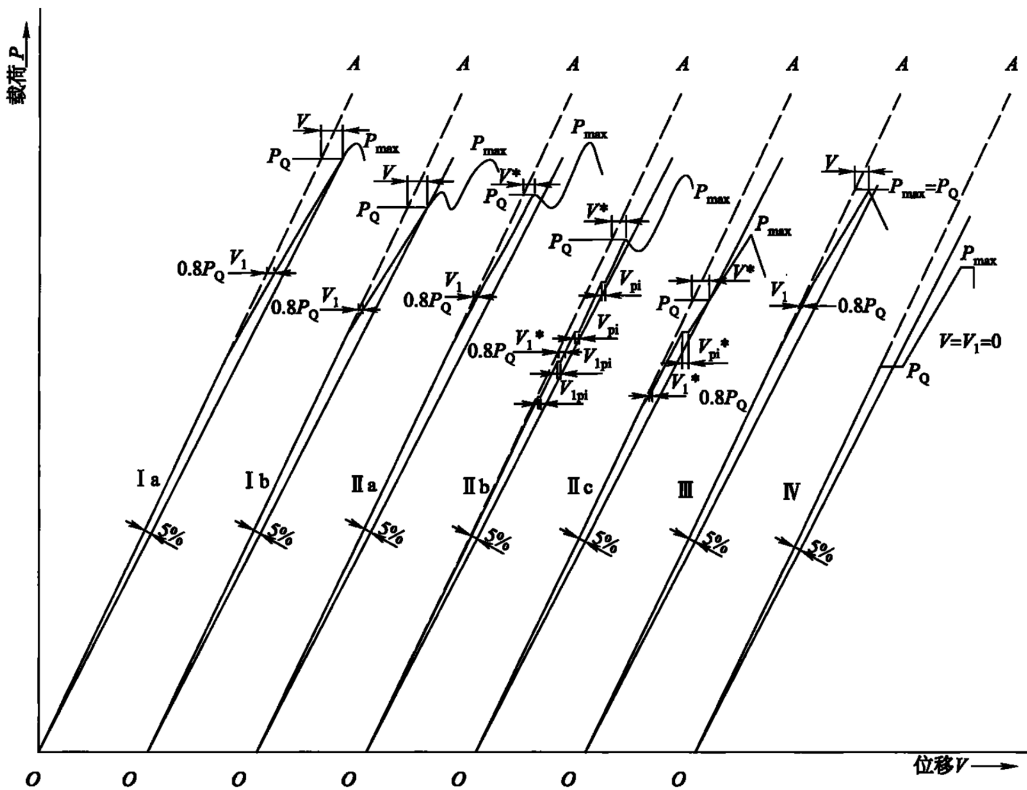


图 D.3 载荷—裂纹张开曲线

在恒定载荷 $0.8 P_Q$ 和 P_Q 的作用下,分别测切线 OA 与荷载—裂纹张开曲线之间的距离,并分别记

作 V_1^* 和 V^* 。

测量由载荷达到 P_Q 时出现的各次 pop-in 引起的裂纹张开值,通过测量每次 pop-in 开始与结束之间沿裂纹张开轴扩展的水平距离获得。将 $0.8 P_Q$ 以下曲线发生 pop-in 的值和 $0.8 P_Q$ 与 P_Q 之间曲线发生 pop-in 的值累加起来,并分别记为 $\sum V_{1pi}$ 和 $\sum V_{pi}$ 。

当 $[V_1^* - \sum V_{1pi}] \leq 0.25[V^* - (\sum V_{pi} + \sum V_{1pi})]$ 时,试验结果有效。

D.5.5 线性度判据不适用于Ⅳ型载荷—裂纹张开曲线。

D.5.6 对所有载荷—裂纹张开曲线都应进行 K_Q 值的有效验证,即试样厚度(B)和裂纹长度(a)应等于或大于 $2.5 (K_Q/R_{p0.2})^2$,这里的 $R_{p0.2}$ 是在断裂试验温度为 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时的屈服强度。

D.6 试验报告

D.6.1 计算试验结果和说明试验过程中规定的条件时所需要的所有测量值都应加以记录。

D.6.2 应报告所有试验结果,包括 K_{Ic} 或者 K_Q^* 或者 K_Q 。这里 K_Q^* 是那些仅仅不能满足下列条件之一或以上的 K_Q 值:

- a) $P_{max}/P_Q > 1.1$;
- b) 超过 $2.5 (K_Q/R_{p0.2})^2$ 的判据;
- c) 不符合裂纹张开位移与载荷的关系。

D.6.3 K_{Ic} 及 K_Q^* 的平均值和标准偏差均应按表 D.1 规定的内容进行记录。

表 D.1 K_{Ic} 及 K_Q^* 的平均值和标准偏差记录表

钢轨钢 牌号	$R_{p0.2}(-20\text{ }^\circ\text{C})$ MPa	K_{Ic} 平均值 MPa·m ^{1/2}	K_{Ic} 测量 次数	试样标准偏差 MPa·m ^{1/2}	K_Q 平均值 MPa·m ^{1/2}	K_Q 测量 次数	试样标准偏差 MPa·m ^{1/2}

D.6.4 用于验收的应是最少五个 K_{Ic} 的平均值。当不能获得 5 个 K_{Ic} 值时,作为验收用的 K_{Ic} 平均值应包括 K_Q^* ,在这些结果中试验数量不应少于 10 个。所有 K_{Ic} 或 K_Q^* 值应满足表 10 的规定。

附录 E
(规范性)
钢轨端部热处理技术条件

E.1 硬化层形状和尺寸

钢轨横断面及纵断面的硬化层形状、尺寸按图 E.1 所示。

单位为毫米

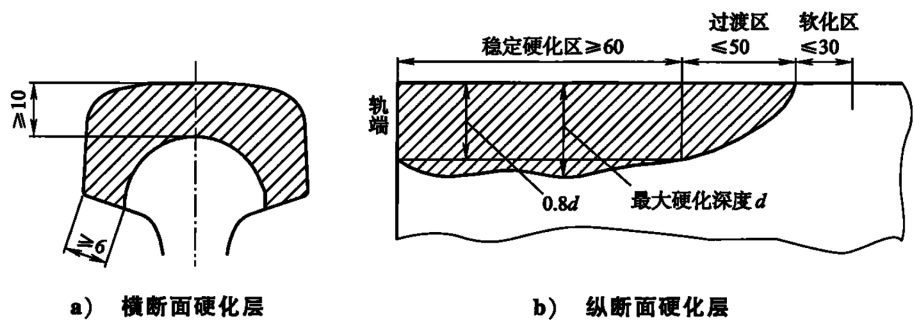


图 E.1 硬化层形状及尺寸

E.2 硬化层硬度

E.2.1 踏面硬度

U71Mn 钢轨踏面稳定硬化区(即硬化层深度大致相同的部分)的表面硬度为 HBW302 ~ HBW388 (HRC 32.5 ~ HRC 42.0)。

E.2.2 硬化层硬度

钢轨稳定硬化区内距踏面中心深 7 mm 处的硬度值应大于或等于 HV 280。

E.2.3 钢轨横断面及纵断面硬化层硬度分布

稳定硬化区的硬度应由钢轨表面向内部缓慢降低,不应有急剧的变化;过渡区(硬化深度及硬度递减部分)的硬度应随硬化层深度的减小而缓慢降低。

E.3 硬化层显微组织

硬化层显微组织应为细片状珠光体,允许有少量的铁素体,不应有马氏体、贝氏体等组织。

E.4 外观

钢轨不应有淬火裂纹、过烧等。

E.5 试验

E.5.1 踏面硬度试验

在距轨端约 50 mm 处,磨去钢轨顶面脱碳层,进行布氏硬度或洛氏硬度试验,每台淬火机床每班至

少抽查两根钢轨。按 GB/T 231.1 和 GB/T 230.1 规定的方法进行。

E.5.2 硬化层形状试验

E.5.2.1 试验用轨

每年取一根长度为 500 mm 的钢轨,在同一条件下进行轨端热处理,作为试验用轨。

E.5.2.2 试样

试样按下列规定制作:

- 横断面试样:在试验用轨上距轨端部 20 mm 处锯切横断面试样并将锯切面研磨制成;
- 纵断面试样:将切取横断面试样后的剩余试验用轨头部沿中心线纵向剖开,取其中任一块的纵断面研磨后制成。

E.5.2.3 试验方法

经研磨的试样用 5% 硝酸酒精溶液浸蚀,显示硬化层形状。

E.5.3 硬化层的硬度及分布试验

E.5.3.1 试验用轨及试样

按 E.5.2.1 和 E.5.2.2 的规定。

E.5.3.2 试验方法

按 GB/T 4340.1 的规定进行。

E.5.3.3 试验位置

按图 E.2 中“•”标记所示位置。

单位为毫米

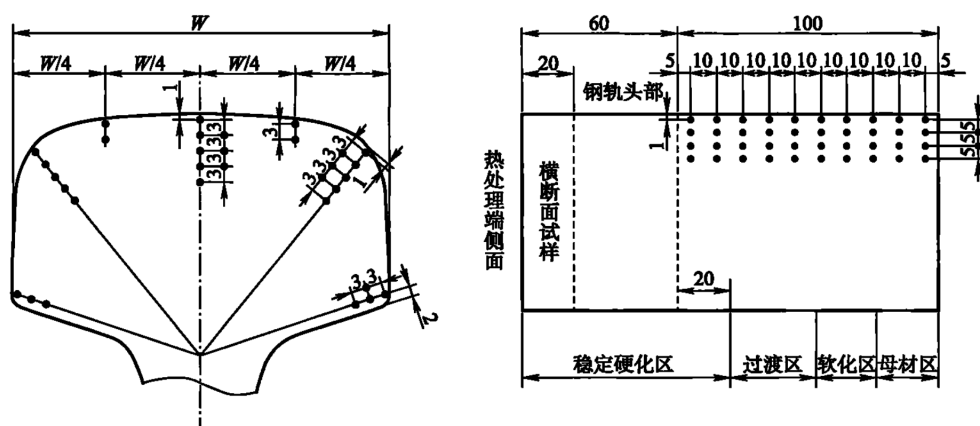


图 E.2 钢轨横断面及纵断面硬化层硬度分布测定位置

E.6 显微组织

在纵断面试样上的稳定硬化区及过渡区部位,分别取样进行显微组织检查。

E.7 淬火装置

钢轨淬火前应保证淬火装置工作正常。生产过程中如发现淬火装置出现异常现象,应立即调整淬火装置,同时取纵横断面试样进行检查,直至检验结果合格为止。

E.8 记录

生产厂应按 E.5 的规定进行试验并将结果提供给需方。

E.9 重新热处理

轨端热处理不合格的钢轨可进行重新热处理,但不应超过两次。出现淬火裂纹的钢轨不应重新热处理。

附录 F
(规范性)
轨底面纵向残余应力测定方法

F.1 引言

残余应力的评定方法为：首先把电阻应变片贴在轨底表面，然后将贴有应变片的部分与钢轨逐渐切割隔离，用释放的应变值来评定原始残余应力。

F.2 应变片及其粘贴位置

所用的电阻应变片应为封闭型，长 3 mm，灵敏度因子优于 $\pm 1\%$ 。

为了测定按图 F.1 所示位置的纵向应变，应将应变片粘贴到轨底表面。粘贴应变片的轨底表面的处理和应变片使用方法均应符合应变片制造者的建议（任何表面处理都不应导致轨底残余应力的变化）。应变片应贴在 1 m 长样轨的中心。

在样轨的中心贴片区，锯切 30 mm 厚的样块（按图 F.2 所示），测量锯切前后释放的应变值（锯切时应进行适当冷却）。残余应力值由锯切前后的应变差再乘以 2.07×10^5 MPa 计算而得。

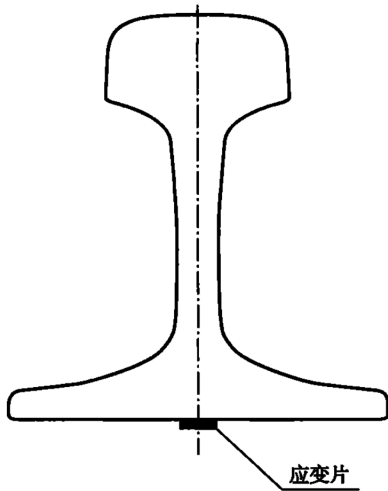


图 F.1 用于测定轨底表面纵向残余应力的应变片粘贴位置

单位为毫米

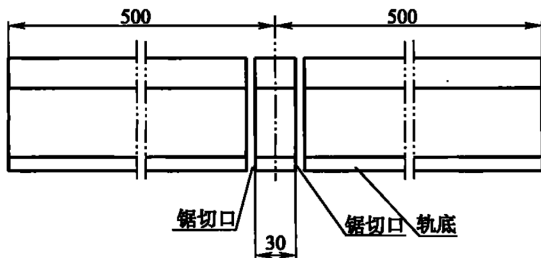


图 F.2 测定轨底表面纵向残余应力锯切部位

附录 G
(资料性)
钢轨实物弯曲疲劳试验方法

G.1 适用范围和试验目的

- G.1.1** 钢轨及道岔钢轨件需要进行实物弯曲疲劳试验时,采用本试验方法。
G.1.2 本方法适用于各种轨型和钢种的实物钢轨在弯曲负荷作用下的疲劳试验。
G.1.3 钢轨弯曲疲劳试验在于取得交变应力作用下钢轨的疲劳曲线及疲劳极限。

G.2 试验条件

- G.2.1** 试验时钢轨简支于两支座上,支距为 1 000 mm,轨头向上,集中荷载施加于跨距中点。
G.2.2 施加载荷的压头踏面曲线半径为 420 mm ± 5 mm,踏面宽度(垂直于钢轨长度方向)应大于轨头宽度。压头硬度为 HRC 50 ~ HRC 60,表面粗糙度为 MRR Ra 3.2。
G.2.3 钢轨应力按公式(G.1)进行计算。

$$\sigma_{\text{头}} = \frac{Pl}{4W_{\text{头}}} \dots\dots\dots (\text{G.1})$$

式中:

- P ——施加在钢轨上的负荷,单位为千克(kg);
 l ——钢轨支距(本方法为 1 000 mm),单位为毫米(mm);
 $W_{\text{头}}$ ——上部断面系数,单位为立方毫米(mm³)(见表 A.1)。

- G.2.4** 施加在钢轨上的载荷为交变荷载,应力对称循环系数 $r = -1$,即 $r = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ 。
G.2.5 试验钢轨断裂时荷载的循环次数应从达到要求负荷时算起。

G.3 试样

- G.3.1** 所有试样应取自同一钢轨,每组不少于 10 根。
G.3.2 试样长度不小于 1 150 mm。
G.3.3 试样表面不应有任何缺陷。

G.4 试验机

- G.4.1** 疲劳试验机应由国家计量部门定期检定。以静力法检查时,试验机表盘示值允许偏差不大于 ±1%。
G.4.2 疲劳试验机动荷载应进行标定。

G.5 试验及结果

- G.5.1** 最高应力值到疲劳极限试验应力值不少于 6 级。
G.5.2 第一根试样应力值取钢轨钢的抗拉强度的 0.2 ~ 0.4 倍,以后的应力应根据前一应力引起试样断裂时的循环次数进行应力降低或增加,其幅度不超过 30 MPa,最后的两个应力差(即接近疲劳极限时),不应大于 10 MPa。
G.5.3 以 2×10^6 次基数确定钢轨疲劳极限。
G.5.4 不应利用曾经做过试验但未断裂的试样在另一种应力下重新进行试验。
G.5.5 试验时因故中途停歇试验的试样,其试验数据仅作参考之用,在图中以适当符号表示之。
G.5.6 试验结果应采用试验机标定校正后的数值。试验资料以最小二乘法进行整理,并绘制以直角

坐标表示的疲劳曲线图,图中的纵坐标轴表示应力(单位为兆帕),横坐标轴表示循环次数 N 的对数值 ($\lg N$),根据疲劳曲线图或疲劳曲线方程式求出疲劳极限值。

G.5.7 试验过程中试验原始资料及试验结果填入钢轨疲劳试验记录表及钢轨疲劳试验报告单内。

参 考 文 献

- [1] AREMA;2010 Manual for Railway Engineering Section 2 Specification For Steel Rails
[2] EN 13674-1;2011 Railway application—Track—Rail—Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above
-