

模块一 直线轨道

模块	学习内容	参考学时
直线轨道	1.1 轨道组成	
	1.2 钢轨及联结	
	1.3 轨枕及扣件	
	1.4 道砟与道床	
	1.5 轨道几何形位	
	1.6 轨道防爬	

1.1 轨道组成

【学习目标】

- (1) 能准确说出有砟轨道、无砟轨道的组成。
- (2) 能正确区分有砟轨道的各主要组成部件。

1.1.1 轨道的组成

铁路轨道是铁路线路的上部建筑，其作用是引导列车运行，直接承受列车荷载，并传到路基上。目前使用的轨道结构形式主要分为有砟轨道和无砟轨道两种。传统的有砟轨道包括钢轨、轨枕、联结零件、道床、防爬设备和道岔，主要应用于常速铁路，如图 1-1 所示。

无砟轨道是指采用混凝土、沥青混合料等整体基础取代散粒碎石道床的轨道结构，如图 1-2 所示，主要应用于高速铁路客运专线轨道。

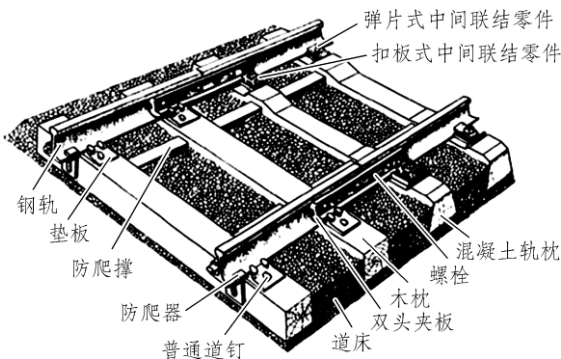


图 1-1 有砟轨道的组成

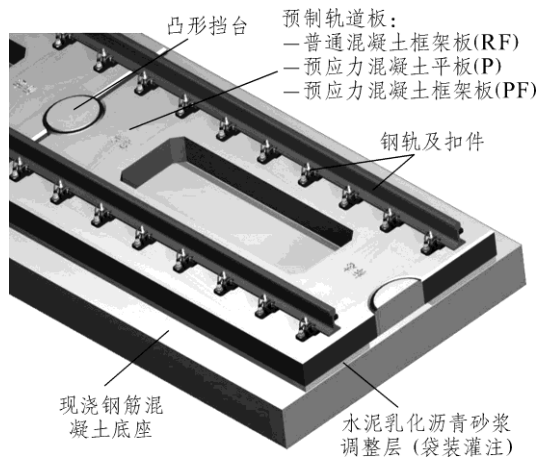


图 1-2 无砟轨道的组成

1.1.2 轨道的类型

根据《铁路轨道设计规范》TB 10082—2005，我国有砟轨道结构按运营条件，将轨道为特重型、重型、次重型、中型和轻型五种类型。但随着高速铁路、城际铁路客运专线有砟轨道结构技术的发展和运用，显然，原来以客货共线铁路为依据的轨道结构分类已不适当当前我国高速铁路、城际铁路、客货共线铁路、重载铁路等有砟轨道结构线路协同发展的实际，所以在新修编的铁路轨道设计规范中，取消了传统的以年通过总质量、线路行车速度和钢轨质量为主要运营条件的有砟轨道结构分类，而是根据线路的不同类型及相关运营条件匹配轨道结构部件，如表 1-1 所示。

我国无砟轨道结构经过十几年的技术引进、吸收、再创新，也已形成完整的具有自主知识产权的技术体系，按结构形式分为预制板式和现浇混凝土式两大类，见表 1-1。

表 1-1 正线轨道结构类型

项 目	单位	高速 铁路	城际铁路				客货共线铁路				重载铁路					
							I级铁路		II级铁路							
年通过总质量	Mt	—	—	—	—					>250	100~250	40~100				
列车轴重 P	t	≤17	≤17	≤17	≤17	≤23	≤25	≤25	≤23	25~30	30	25、27	30	25、27		
旅客列车 设计行车速度 v_K	km/h	≥250	200	160	120	200	160	120	≤120	≤120	≤120	≤120	≤120	≤120		
货物列车 设计行车速度 v_H	km/h	—	—	—	—	≤120	≤120	≤80	≤80	≤90	≤90	≤90	≤90	≤90		
钢轨	kg/m	60	60	60	60	60	60	60	60	75	60		60	60		
扣件	—	弹条 IV或 V型	弹条 II或 III型	弹条 II或 III型	弹条 II或 III型	弹条 II或 III型	弹条 II或 III型	弹条 II或 III型	弹条 II型	与轨枕匹配的弹性扣件						
有砟 轨道	混凝土 土枕	型号	—	III	III	III	III	III	III或 新II	新II	满足设计轴重要求的混凝土轨枕					
	间距	mm	600	600	600	600	600	600	600 或 570	570	600	600	600	600	600	
道床 厚度 及 材质	路基 (双层道 床)	面砟	cm	—	—	30	25	—	30	30	25	35	35	30	35	30
		底砟	cm	—	—	20	20	—	20	20	20	20	20	20	20	20
	路基 (单层道 床)	道砟	cm	35	30	30	30	30	30	30	30	35	35	35	35	30
	硬质岩石 路基、桥 梁、隧道	道砟	cm	35	35	30	30	35	35	35	30	35	35	35	35	35
	道砟 材质	面砟	—	特级	一级	一级	一级	一级	一级	一级	一级	特级	特级	特级/ 一级	特级	特级
无砟 轨道	预制 板式	CRTSI型板式(单元)				道床板厚度/底座厚度 (路基地段) 单位: cm				19/30(桥隧 20)						
		CRTSII型板式(纵连)								20/30(桥隧 20)						
		CRTSIII型板式(单元)								21/28(桥隧 18)						
		道岔区板式								26/18						
	现浇 混凝土 式	CRTSI型双块式								26/30						
		CRTSII型双块式								24/30						
		道岔区轨枕埋入式								40/30						

1.2 钢轨及联结

【学习目标】

- (1) 记住钢轨的分类方法及钢轨的类型。
- (2) 记住钢轨伤损的主要形式及其防治措施。
- (3) 能区分不同的接头类型并描述其特点。
- (4) 能识别接头联结零件并说明其作用。
- (5) 能根据图片或实物辨认钢轨或接头伤损类型并说明产生的原因及整治方法。
- (6) 能熟练进行预留轨缝和轨缝调整的计算。

1.2.1 钢轨的功用与要求

钢轨是铁路轨道的主要组成部件。它的功用在于引导机车车辆的前进，承受车轮的巨大压力，并传递到轨枕上。钢轨必须为车轮提供连续、平顺和阻力最小的滚动表面。在电气化铁道或自动闭塞区段，钢轨还兼做轨道电路之用。

为使列车能够安全、平稳和不间断地运行，钢轨除必须充分发挥上述诸功能外，还应保证在轮载和轨温变化的作用下，应力和变形均不会超过规定的限值。这就要求钢轨具有足够的强度、韧性和耐磨性能。

1.2.2 钢轨的断面及类型

作用于直线轨道钢轨上的力主要是竖直力，其结果是使钢轨挠曲。因此，钢轨采用工字形断面，由轨头、轨腰及轨底三部分组成，具体尺寸如图 1-3 所示，钢轨断面参数见表 1-2。另外根据我国铁路轮轨接触关系存在的问题，并借鉴国外经验，我国铁路近年来也开展了钢轨轨头廓型优化工作，成功研发出具有新轨头廓型的 60 N 和 75 N 钢轨。

表 1-2 钢轨断面尺寸及几何特性

项 目	类型(kg/m)				项 目	类型(kg/m)			
	75	60	50	43		75	60	50	43
每米实际质量 $m(\text{kg})$	74.414	60.64	51.514	44.653	轨头所占面积 $A_h(\%)$	37.42	37.47	38.68	42.83
断面面积 $F(\text{cm}^2)$	95.037	77.45	65.8	57	轨腰所占面积 $A_w(\%)$	26.54	25.29	23.77	21.31
重心距轨底面的距离 $y_1(\text{mm})$	88	81	71	69	轨底所占面积 $A_b(\%)$	36.54	37.24	37.55	35.86
对水平轴的惯性矩 $I_x(\text{cm}^4)$	4 490	3 217	2 037	1 489	钢轨高度 $H(\text{mm})$	192	176	152	140

续表

项 目	类型(kg/m)				项 目	类型(kg/m)			
	75	60	50	43		75	60	50	43
对竖直轴的惯性矩 $I_y(\text{cm}^4)$	665	524	377	260	钢轨底宽 $b'(\text{mm})$	150	150	132	114
底部断面系数 $W_1(\text{cm}^3)$	509	396	287	217	轨头高度 $h(\text{mm})$	55.3	48.5	42	42
头部断面系数 $W_2(\text{cm}^3)$	432	339	251	208	轨头宽度 $b(\text{mm})$	75	73	70	70
轨底横向挠曲断面系 数 $W_y(\text{cm}^3)$	89	70	57	46	轨腰厚度 $t(\text{mm})$	20	16.5	15.5	14.5

钢轨的类型，一般以取整后的每米质量（kg/m）数表示。目前，我国铁路的钢轨类型主要有 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m、43 kg/m、38 kg/m 几种。

我国钢轨标准长度原为 12.5 m 和 25m 两种，根据《43 kg/m ~ 75 kg/m 钢轨订货技术条件》（TBT 2344—2012），我国钢轨的定尺长度现在为 43 kg/m，分 12.5 m 和 25 m 两种；50 kg/m、60 kg/m 钢轨分为 12.5 m、25 m、100 m 三种；75 kg/m 钢轨标准轨定尺长度分为 25 m、75 m、100 m 三种。为减少铁路线路钢轨焊接接头数量，提高线路平顺性，60 kg/m 钢轨应优先采用 100 m 长定尺轨，75 kg/m 钢轨应优先采用 75 m 长定尺轨。

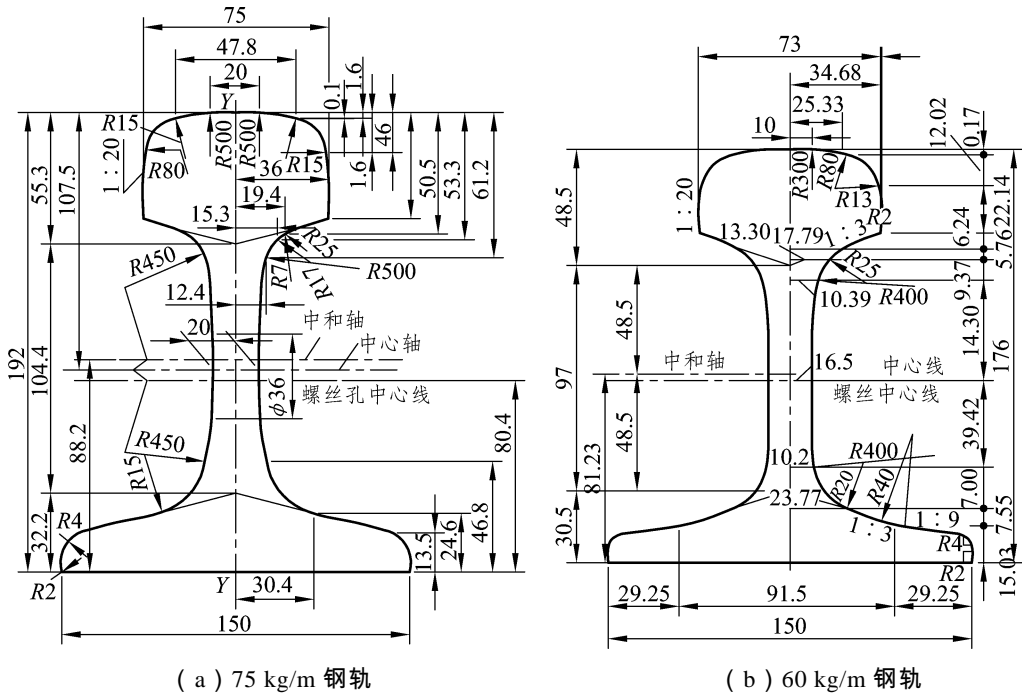


图 1-3 钢轨断面

另外，还有用于曲线内股的标准缩短轨，对于 12.5 m 标准轨系列的缩短轨有短 40 mm、80 mm、120 mm 三种；对于 25 m 标准轨系列的缩短轨有短 40 mm、80 mm、160 mm 三种。

我国早期使用的钢轨为碳素钢轨，强度级别为 780 MPa。随着铁路运输轴重的不断加大，运行速度、密度的不断增高，碳素钢轨的含碳量也逐渐提高，强度不断增大。同时，微合金化在线热处理技术也得到了发展。

钢轨材质从 880 MPa 级到 1300 MPa 级，已形成系列。轨型有 50 kg/m、60 kg/m（包括 60 N）和 75 kg/m（包括 75N），基本满足高速、重载、客货混运等不同的运输条件对钢轨的需求。

根据钢轨的化学成分及其强度级别（最低抗拉强度），可分为碳素钢轨（钢牌号为 U71、U74、U71Cu，强度为 780 MPa、800 MPa）、微合金钢轨（钢牌号为 U71Mn、U71MnSi、U75V、U77MnCr，强度为 880 MPa、980 MPa）、低合金钢轨（钢牌号为 U78CrV、U76CrRE，强度 1 080 MPa）；按交货状态可分为热轧钢轨（碳素钢轨、微合金钢轨、低合金钢轨）和热处理钢轨（热轧钢轨热处理后 1 180 ~ 1 280 MPa）。热处理钢轨依其工艺条件又可分为离线热处理钢轨（钢轨轧制冷却后再进行热处理）及在线热处理钢轨（利用轧制余热对其进行热处理）。一般强度为 1 080 MPa 及以上的钢轨被称为耐磨轨或高强度钢轨。我国铁路常用的钢轨钢牌号及抗拉强度见表 1-3。

表 1-3 我国铁路常用钢轨钢牌号及抗拉强度

钢牌号	U71、 U74	U71Mn U71MnG	U75V U75VG U77MnCr	U78CrV U76CrRE U71MnH	U75VH	U78CrVH
抗拉强度 (N/mm ²)	≥ 780	≥ 880	≥ 980	≥ 1 080	≥ 1 180	≥ 1 280

注：U 表示钢轨符号；后面数字 71、74 等表示钢轨碳含量；各种元素符号表示钢轨所含合金成分；G 表示高铁用钢轨；H 表示热处理钢轨。

《铁路技术管理规程（普速铁路部分）》规定，新建、改建铁路正线采用 60 kg/m 钢轨的跨区间无缝线路，重载铁路正线宜采用 60 kg/m 及以上类型钢轨的无缝线路。钢轨优先采用 100 m（60 kg/m）、75 m（75 kg/m）长定尺轨；《铁路技术管理规程（高速铁路部分）》规定，正线及到发线轨道应采用一次铺设跨区间无缝线路，正线钢轨应采用 100 m 长定尺的 60 kg/m 钢轨。

针对有时需要在线路上插入短轨的情况，《铁路线路修理规则》规定：

线路上个别插入的短轨，在正线上不得短于 6 m，在站线上不得短于 4.5 m，并不得连续插入 2 根及以上。个别插入短轨线路的允许速度不得大于 160 km/h。

在正线上个别插入短轨的长度，是按 12.5 m 标准钢轨长度的一半考虑的，其目的是为能有效地利用钢轨，并留有一定的富余量，故《修理规则》规定正线插入短轨不得短于 6 m，且不得连续插入 2 根及以上。在铺设 25 m 钢轨地段，插入短轨的长度应尽可能更

长一些。

在站线上铺设的旧轨较多，且行车速度不高，个别插入短轨的长度可能更短一些，故规定不得短于 4.5 m，且不得连续插入 2 根及以上。在无缝线路应力放散、重伤或折断处理等需要插入短轨或增加钢轨接头时，应及时焊复。为了保证快速列车运行的安全和平稳，焊复前线路允许速度不得大于 160 km/h。

1.2.3 钢轨接头

1. 钢轨接头组成

普通轨道是通过夹板和螺栓将标准轨端依次连接而成，连接的部位称为钢轨接头，如图 1-4 所示。钢轨接头是轨道的薄弱环节之一，由于钢轨接头处轨面不连续，增加了行车阻力和车轮对轨道的动力冲击作用，容易造成多种接头病害。

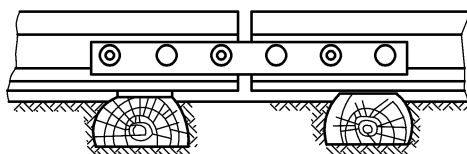


图 1-4 钢轨接头

组成钢轨接头的连接零件包括夹板、螺栓、螺母、垫圈等。它的主要作用是将标准长度的钢轨或短轨顺次连接起来，形成连续的轨线，并传递和承受钢轨的挠曲力、横向力。因此，要求夹板及螺栓有足够的强度并便于安装和拆卸。

接头夹板的作用是夹紧钢轨、保持相邻轨端的正确位置，同时承受弯矩、传递纵向力、阻止钢轨伸缩，因此要求夹板有一定的垂直和水平刚度及足够的强度。夹板的型式很多，我国铁路线路采用的是斜坡支承双头对称型夹板（简称双头式夹板）。此外，还有中华人民共和国成立前遗留下来的平板夹板、角式夹板、裙边夹板等，现已被淘汰。

60kg/m 钢轨双头式夹板断面尺寸如图 1-5 所示，不同钢轨类型对应的夹板长度及孔距不同，如表 1-4 所示。

接头螺栓、螺母是在钢轨接头处用以夹紧夹板和钢轨的配件，使夹板连接牢固，阻止钢轨部分伸缩。接头螺栓外形如图 1-6 所示。

表 1-4 双头夹板尺寸 (mm)

适用钢轨类型 (kg/m)	夹板长度 L_0	L_1	L_2	L	d	R	K
75	1 000	130	210	220	26	13	8
60	820	140	140	160	26	13	8
50	820	140	150	140	26	13	8
43/38	790	160	110	120	24	12	8

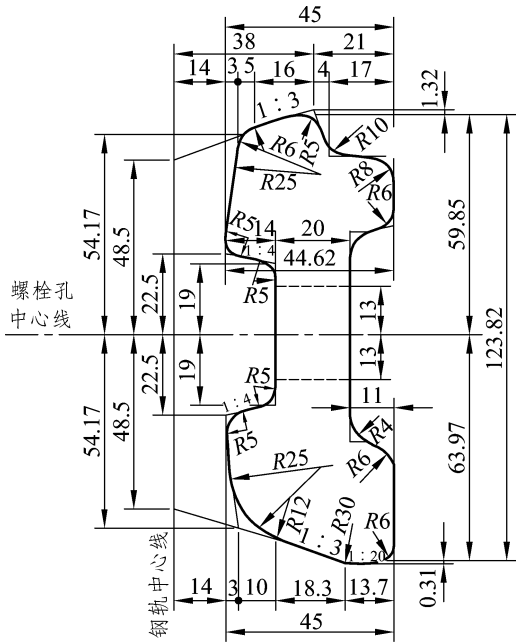


图 1-5 双头式夹板 (mm)

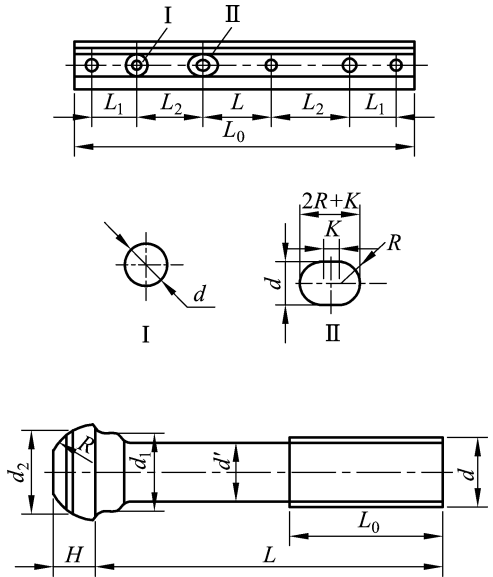


图 1-6 接头螺栓外形和夹板孔距与孔径

2. 钢轨接头类型

钢轨接头按轨枕支承形式分为悬空式 (图 1-4) 和承垫式两种 (图 1-7)。

悬空式即钢轨接头悬于两轨枕之间, 是我国铁路常用的钢轨接头连接形式。

承垫式即钢轨接头置于轨枕之上, 分为单枕承垫式和双枕承垫式两种, 很少采用单枕承垫式, 因为当车轮通过时, 轨枕左右摇动, 不稳定。双枕承垫式可保证稳定性, 但有刚度大、不易捣固的不足。一般为了加强木枕地段钢轨接头, 只在正线绝缘接头处, 采用双枕承垫式。

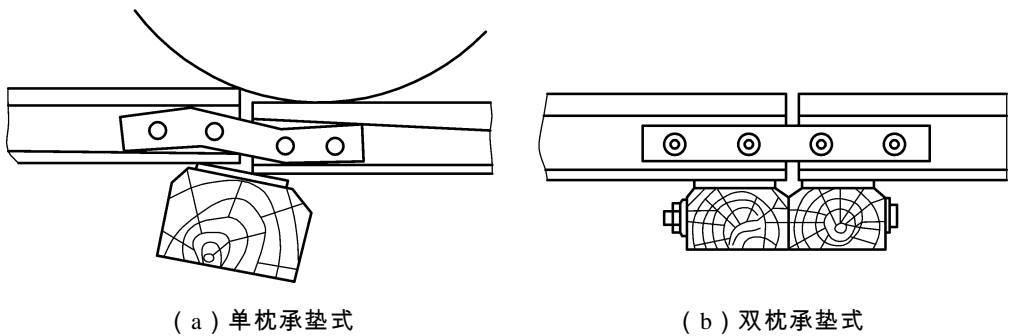
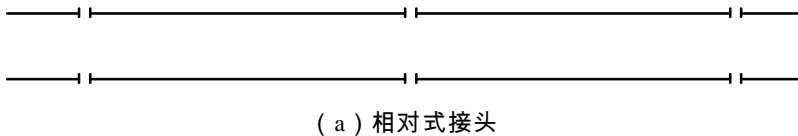
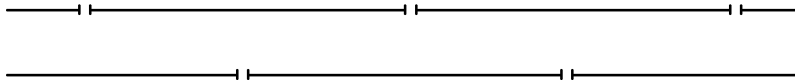


图 1-7 承垫式接头

钢轨接头按其在两股轨线上的相互位置, 分为相对式和相互式两种, 如图 1-8 所示。



(a) 相对式接头



(b) 相互式接头

图 1-8 相对式和相互式接头

我国铁路规定采用相对式接头。这是因为：

(1) 车轮对钢轨接头的冲击次数比相互式少一半。

(2) 相互式的冲击力是偏载，时左时右，并加剧列车横向摇摆，对轨道的破坏作用更大，而相对式产生的冲击力基本对称出现，列车振动摇摆相对小得多，对轨道的破坏作用也相对小一些。

(3) 便于基地组装轨排和采用机械化铺装轨排。

钢轨接头按其用途及工作性质分为以下几种类型：

(1) 普通接头：即同一类型钢轨之间用夹板和螺栓连接的接头，如上述的悬空式接头。

(2) 异形接头（图 1-9）：即不同类型钢轨相互连接的接头。为使不同类型钢轨顶面及轨头内侧面吻合，需使用相应的异形夹板和异形垫板连接。正线出现不同类型钢轨连接时，需使用异形钢轨（图 1-10）。

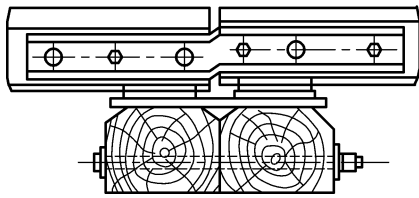


图 1-9 异形接头

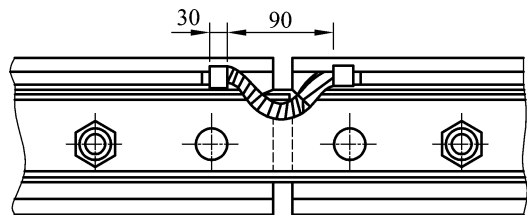


图 1-10 异形钢轨

(3) 导电接头（图 1-11）：轨道电路传导电流或电气化铁路作为牵引电流回路中的钢轨接头，分为塞钉式（图 1-11a）和焊接式（图 1-11b）两种。塞钉式是通过两根直径 5 mm 的镀锌铁丝插于两轨端轨腰的圆孔内组成；焊接式是通过一条断面面积 100 mm² 左右的钢丝索焊接于钢轨头部的钢套中组成。



(a) 塞钉式



(b) 焊接式

图 1-11 导电接头

(4) 绝缘接头（图 1-12）：分为普通绝缘接头和胶接绝缘接头。普通绝缘接头是在钢轨与夹板之间、夹板与螺栓头和螺帽之间、钢轨螺栓孔四周以及两轨端之间，填以绝缘材料，以阻止电流通过，如图 1-12a 所示。

为了提高无缝线路的整体性和稳定性，增强钢轨接头阻力，改善钢轨的绝缘性能，目前，我国铁路广泛使用了钢轨胶接绝缘接头，如图 1-12b 所示。分为厂制胶接绝缘接头和现场胶

接绝缘接头两种。

厂制胶接绝缘接头，是在工厂内采用加温（或常温）、加压的胶接工艺，将两根钢轨与夹板、绝缘槽板（或绝缘布与胶黏剂）、绝缘端板、绝缘套管、高强度螺栓黏结并紧固而成的绝缘接头，使用时，用铺轨列车运至现场，直接焊接在两根钢轨之间。

现场胶接绝缘接头是在施工现场，用胶黏剂将胶接绝缘夹板与钢轨黏结，并采用高强度螺栓紧固的钢轨接头。

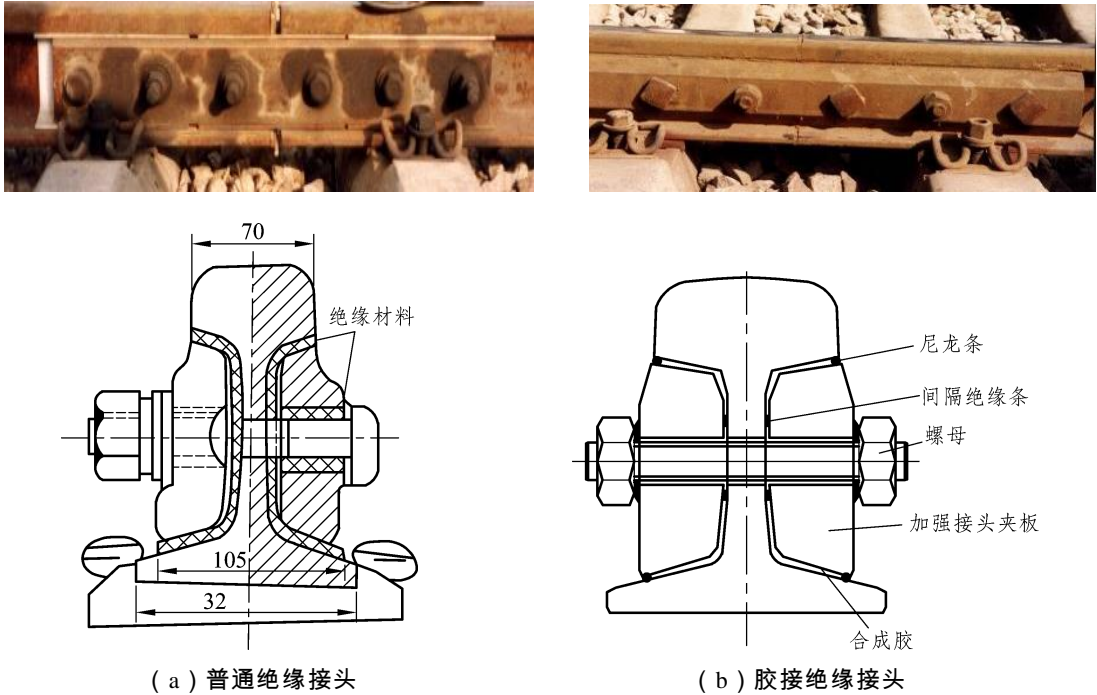


图 1-12 绝缘接头

(5) 焊接接头 (图 1-13): 用电阻焊、小型气压焊或铝热焊等方法将钢轨焊接而形成的接头，多用于无缝线路。



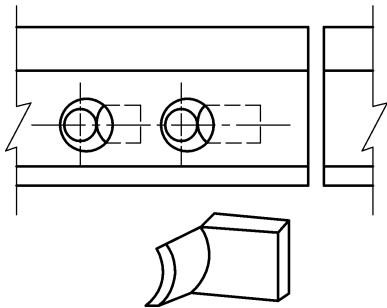
图 1-13 焊接接头

(6) 冻结接头 (图 1-14): 指采用夹板与高强螺栓联结钢轨，使轨端密贴或预留小轨缝，将钢轨锁定阻止其伸缩的一种接头形式。

目前，国内外采用的钢轨接头冻结方式主要有以下两种：

a. 普通冻结接头（图 1-14a）。指采用特制垫片，塞入钢轨螺栓孔空隙中，使钢轨接缝密贴而阻止钢轨自由伸缩的一种钢轨联结方式。

b. 新型冻结接头（图 1-14b）。采用施必牢防松机构、哈克紧固件等联结形式的钢轨接头联结及 MG 接头（由郑州铁路局、郑州科学技术研究所申请专利的一种摩擦固定钢轨接头，由钢轨、鱼尾板、螺栓和垫圈组成，其特征在于对钢轨与鱼尾板的接触面分别或同时进行除锈处理，并用特制的高强螺栓和平垫片固定，能提高钢轨接头阻力，轨温变化时，钢轨不能自由伸缩，轨缝不变，可减少接头病害，减少维修养护工作量）等新型钢轨冻结接头。



(a) 普通冻结接头

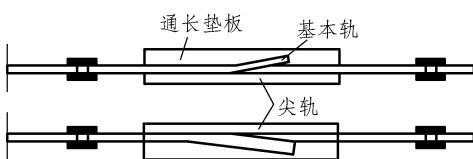


(b) 哈克紧固件

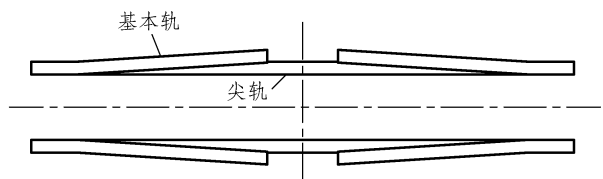
图 1-14 冻结接头

(7) 尖轨接头。

尖轨接头（又称伸缩接头或温度调节器）将接头以尖轨的形式联接（图 1-15a）。尖轨接头应用于一些轨端伸缩量大的线路，如无缝线路长轨节、温度跨度大的桥梁。我国目前在一些铁路的大跨度桥和城市轻轨的高架桥上使用这种接头形式。尖轨接头按构造平面形式的不同，可分为双尖式、斜线型、折线型及曲线型四种，按伸缩方向分为单向（图 1-15a）和双向（图 1-15b）两种。



(a) 单向尖轨接头



(b) 双向尖轨接头

图 1-15 尖轨接头

3. 钢轨接头预留轨缝

(1) 轨缝设置。

普通线路上两相邻钢轨间的缝隙称为轨缝。每节钢轨通过夹板和接头螺栓将其连接起来。随着轨温变化，钢轨将发生伸缩，这个伸缩量由钢轨螺栓孔、夹板螺栓孔与螺栓杆之间的间隙来提供，我们将它们之间在构造上能实现的轨端最大缝隙称为构造轨缝。如果轨缝超过构造轨缝，接头螺栓就要承受剪力。在铺轨施工时，如需要预留一定的轨缝（称为预留轨缝），

预留轨缝大小也必须要适当。预留轨缝的原则是：当轨温达到当地最高轨温 T_{\max} 时，轨缝大于或等于零，即轨缝不顶严，以避免轨端受顶力和过大的温度力引起线路胀轨跑道；当轨温达到当地最低轨温 T_{\min} 时，轨缝不超过构造轨缝，以保证接头螺栓不受剪力，并防止大轨缝造成过大的冲击力的情况出现。

《铁路线路修理规则》(以下简称《修规》)规定，普通线路预留轨缝值为

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

式中 a_0 —— 铺设、更换钢轨或调整轨缝时的预留轨缝值 (mm)。

α —— 钢轨的线膨胀系数， $\alpha = 0.0118 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$ 。

t_0 —— 铺轨或调整轨缝时的轨温 ($^\circ\text{C}$)。

a_g —— 构造轨缝值 (mm)，对于 38、43、50、60、75kg/m 钢轨考虑一定的安全系数后，规定统一采用 $a_g = 18 \text{ mm}$ 。

L —— 标准轨长度 (m)。

t_z —— 当地的中间轨温 ($^\circ\text{C}$)，其值为 $t_z = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$ (T_{\max} 、 T_{\min} —— 当地历史最高和最低轨温 ($^\circ\text{C}$)，各地区 (或区段) 采用的最高、最低轨温由铁路局规定)。

由于构造轨缝 a_g 限制，以及接头和基础阻力 C 值的关系，不是所有地区都能铺设 25 m 长的钢轨。根据轨温和轨缝的变化规律，在确定 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 $[\Delta T]$ 为：

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

式中 $[\Delta T]$ —— 允许铺轨的年轨温差 ($^\circ\text{C}$)。

C —— 接头阻力和基础阻力限制的钢轨伸缩量 (mm)，可参看表 1-5。

表 1-5 接头螺栓扭矩与 C 值的关系

项目	单位	25m 钢轨						12.5m 钢轨	
		最高、高低轨温差 $> 85^\circ\text{C}$			最高、高低轨温差 $\leq 85^\circ\text{C}$				
轨型	kg/m	60 及以上	50	43	60 及以上	50	43	50	43
螺栓等级		10.9	10.9	8.8	10.9	10.9	8.8	10.9	8.8
扭矩	N·m	700	600	600	500	400	400	400	400
C 值	mm	6			4			2	

通过式 (1-2) 计算可知，对于 12.5 m 长的钢轨，在我国任何地区都可铺设；对于 25 m 钢轨， $[\Delta T] = 101.7^\circ\text{C}$ ，只能在年轨温差 100°C 以下地区铺设，大于 100°C 的地区应做个别

设计。

在允许铺设的最大年轨温差 $[\Delta T]$ 范围内,也不是在所有的轨温下都能进行铺设的,在年轨温差 ΔT 大的地区,在接近 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轨温。另外,用式(1-1)中的 a_0 作为预留轨缝,并在铺轨后为检查轨缝计算的方便,可将铺轨时允许铺轨的轨温上、下限定为:

$$\left. \begin{aligned} \text{允许铺轨轨温的上限: } [t_{0s}] &= t_z + \frac{a_g}{2\alpha L} \\ \text{允许铺轨轨温的下限: } [t_{0x}] &= t_z - \frac{a_g}{2\alpha L} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

25 m长的普通线路, $a_g=18$ mm,可以求得 $a_g/2\alpha L=30.5$ °C,因此,《修规》规定:应当在 $(t_z+30$ °C) $\sim(t_z-30$ °C)范围内,铺设或调整轨缝。

(2) 轨缝调整计算。

轨缝应设置均匀,每千米线路轨缝总误差:25 m钢轨地段不得大于80 mm;12.5 m钢轨地段不得大于160 mm。绝缘接头轨缝不得小于6 mm。最大轨缝不得大于构造轨缝。

轨缝的标准尺寸应通过《修规》规定的公式计算确定。轨缝过大,不仅在列车通过时会增加额外的冲击和阻力,加速轨道结构的破坏,而且在温度降低时,还有可能把夹板螺栓拉弯或剪断。轨缝过小,轨温升高时就会形成瞎缝,此时若轨温继续升高,钢轨内部将产生很大的压力,就有可能发生胀轨跑道。

(1) 调整轨缝的条件。

- ① 原设置的轨缝不符合每千米线路轨缝总误差的规定。
- ② 轨缝严重不均匀。
- ③ 线路爬行量超过20 mm。
- ④ 轨温在《修规》规定的更换钢轨或调整轨缝轨温限制范围以内时,出现连续3个及以上瞎缝或轨缝大于构造轨缝。

(2) 调整轨缝作业要求。

① 不拆开接头调整轨缝,只松动接头螺栓,放行列车时,每个接头至少拧紧4个螺栓(每端2个)。

② 拆开接头,成段调整轨缝。

a. 拉开空隙不超过50 mm,放行列车时,应把拉开的尺寸均匀到其他接头内,每个接头至少拧紧4个螺栓(每端2个)。

b. 拉开空隙超过50 mm,放行列车时(限速),插入短轨头(带轨底),配合使用长孔夹板,并垫短枕,每个接头至少拧紧4个螺栓(一端2个,另一端1个,短轨头上1个)。

c. 使用短轨头时,拉开的最大空隙不得超过150 mm。短轨头(带轨底)的长度有50 mm、70 mm、90 mm、110 mm、130 mm五种。

(3) 调查轨缝和接头错差。

利用方尺和楔形轨缝尺测量接头错差和左右股轨缝,并记录在轨缝调整计算表中。一般由始点向终点方向进行测量,以左股为基准,用方尺量右股的接头,向始点错为“+”号,

反之为“-”号。

表 1-6 整正轨缝计算表

轨号	左股				右股				两股串动量	实量接头错差	计算串动后的错差	原有钢轨长度差	左股修正				右股修正				修正忌错差	附注
	实量轨缝	实量轨缝累计	计划轨缝累计	计算串动量	实量轨缝	实量轨缝累计	计划轨缝累计	计算串动量					换轨修正	轨缝修正	修正后串动量	修正愚轨缝	换轨修正	轨缝修正	修正后串动量	修正后轨缝		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
1	1	1	6	-5	1	1	6	-5	0	0	0				-5	6			-5	6	0	
2	2	3	12	-9	8	9	12	-3	-6	+6	0	+2			-9	6			-3	6	0	
3	0	3	18	-15	3	12	18	-6	-9	+7	-2				-15	6			-6	6	-2	
4	3	6	24	-18	7	19	24	-5	-13	+11	-2	+20	-20		-18	6			-5	6	-2	左股抽换-20钢轨
5	4	10	30	-20	8	27	30	-3	-17	-5	-22		+20		0	6			-3	6	-2	
6	2	12	36	-24	3	30	36	-6	-18	-4	-22		+20		-4	6			-6	6	-2	
7	5	17	42	-25	10	40	42	-2	-23	+1	-22		+20		-5	6			-2	6	-2	
8	2	19	48	-29	10	50	48	+2	-31	+5	-26		+20		-9	6			+2	6	-6	
9	0	19	54	-35	11	61	54	+7	-42	+16	-26		+20		-15	6			+7	6	-6	
10	4	23	60	-37	15	76	60	+16	-53	+27	-26	+20	+20		-17	6			+16	6	-6	左股抽换-20钢轨
11	0	23	66	-43	9	85	66	+19	-62	+16	-46		+40		-3	6		-1 =+1	+20	5	-7	
12	3	26	72	-46	9	94	72	+22	-68	+22	-46	+2	+40		-6	6		-1 =+2	+24	5	-8	
13	3	29	78	-49	10	104	78	+26	-75	+27	-48		+40		-9	6		-1 =+3	+29	5	-11	
14	2	31	84	-53	4	108	84	+24	-77	+29	-48	-2	+40		-13	6		-1 =+4	+28	5	-12	
15	1	32	90	-58	3	111	90	+21	-79	+33	-46	+20	±20		-18	6		-1 =-+5	+26	5	-11	左股抽换-20钢轨
16	5	37	96	-59	1	112	96	+16	-75	+9	-66		+60	+1 =-1	0	7		-1 =+6	+22	5	-13	
17	2	39	102	-63	0	112	102	+10	-73	+7	-66		+60	+1 =-2	-5	7		-1 =+7	+17	5	-15	
18	0	39	108	-69	0	112	108	+4	-73	+7	-66		+60	+1 =-3	-12	7		-1 =+8	+12	5	-17	
19	3	42	114	-72	0	112	114	-2	-70	+4	-66		+60	+1 =-4	-16	7			+6	6	-18	左股

																					抽换 -20 钢轨
20	2	44	120	-76	0	112	120	-8	-68	+2	-66	+60		0	6			0	6	2	
合计	44	120 - 44 = 76			112	120 - 112 = 8															

(4) 轨缝调整计算。

【例题】直线地段轨缝调整，实测轨缝、实测直角错差、计划轨缝值如表 1-6 所示，调整轨缝时的轨温为 45 °C，最高轨温为 60 °C，最低轨温为 -10 °C，标准轨长 12.5 m，要求完成轨缝调整计算。

【解】

① 计算计划轨缝。

$$\text{中间轨温: } t_z = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{60 - 10}{2} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{计划轨缝: } \alpha_0 &= \alpha L(t_z - t_0) + \frac{1}{2} \alpha_g \\ &= 0.0118 \times 12.5 \times (25 - 45) + \frac{18}{2} \\ &= 6.05 \text{ mm (取 6 mm)。} \end{aligned}$$

② 编制整正轨缝计算表（表中每一栏的意思见下文）。

第 1 栏：轨号，即钢轨编号，相对应的左右股两根钢轨采用同一编号。

第 2 栏、第 6 栏：实量轨缝，从 1 号钢轨轨端开始量测的现场轨缝值。

第 3 栏、第 7 栏：实量轨缝累计，等于 1 号轨到本号轨各个轨缝值之和，例如到第 4 号钢轨轨端的实量轨缝累计等于“1+2+0+3”=6（mm）。

第 4 栏、第 8 栏：计划轨缝累计，与第三栏计算方法相同，如第 4 号轨，其计划轨缝累计值为“6+6+6+6”=4×6=24（mm）。

第 5 栏、第 9 栏：某号钢轨“计算串动量”=“实量轨缝累计”-“计划轨缝累计”，例如左股第 4 号钢轨，计算串动量=6-24=-18（mm），“-”号表示轨缝不足，钢轨应向终端（大号）方向串动，反之“+”表示向始端方向串动。

第 10 栏：两股串动量差，某号左右股钢轨“两股串动量差”=“左股计算串动量”-“右股计算串动量”，例如第 4 号钢轨，左右股串动量差=-18-(-5)=-13（mm）。

第 11 栏：实量接头错差，即实测直角错差，以左股为基准股，向始点方向错为“+”，向终点方向错为“-”；

第 12 栏：计算串动后的错差，“串动后错差”=“两股串动量差”+“实量接头错差”，例如，第 4 号钢轨串动后错差=-13+11=-2（mm）。

第 13 栏：原有钢轨长度差，某号左右股“钢轨长度差”=“本号左右股钢轨串动后错差”-“后号左右股钢轨串动后错差”，例如第 4 号左右股钢轨“钢轨长度差”=“本号”（-2）-“后号”（-22）=+20 mm。

第 14 栏、第 18 栏：换轨修正，为更换钢轨后对钢轨串动量的影响量，换短轨时影响量

为“+”，反之为“-”，例如将第4号左股调换成-20mm的钢轨，则对本号以后左股各号钢轨串动量的影响量为+20，对本号钢轨没有影响。

第15栏、第19栏：轨缝修正对串动量的影响值，对计划轨缝的修正值，一般为±1mm。

第16栏、第20栏：修正后串动量，“修正后串动量”=“计算串动量”+“换轨修正量”+“轨缝修正量”，例如第17号左股钢轨修正后串动量=-63+60-2=-5(mm)；

第17栏、第21栏：修正后轨缝，即串轨后的实留轨缝，“修正后轨缝”=“计划轨缝”+“修正值”，例如第17号左股钢轨端修正后的轨缝为6+1=7mm，右股轨端修正后的轨缝为6-1=5(mm)。

第22栏：修正后错差，“修正后错差”=“实量接头错差”+“左股修正后串动量”-“右股修正后串动量”，例如第4号钢轨“修正后错差”=+11+(-18)-(-5)=-2(mm)。

第23栏：附注栏，注明换轨位置。

1.2.4 钢轨伤损

钢轨伤损是指钢轨在使用过程中发生裂纹、折断、磨耗及其他影响和限制钢轨使用性能的病害。在复杂的运营条件下，钢轨的伤损是不可避免的。伤损的原因很复杂，既有钢轨生产当中产生的缺陷，又有运输、铺设和使用过程中出现的问题。

为做好钢轨检查、监视、更换和日常管理工作，将钢轨伤损程度划分为轻伤、重伤和折断三类。轻伤钢轨是虽有伤损，但仍具有足够的强度，尚能继续正常使用的钢轨。重伤钢轨是因伤损导致强度大为减弱，不得继续使用的钢轨。

钢轨伤损分为钢轨头部磨耗、轨端或轨顶面剥落掉块、钢轨顶面擦伤、钢轨低头、波浪形磨耗、钢轨表面裂纹、钢轨内部裂纹、钢轨变形、钢轨锈蚀九大类。

1. 钢轨伤损标准

(1) 钢轨轻伤和重伤标准。

钢轨轻伤和重伤标准见表1-7。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。

(2) 钢轨折断标准。

钢轨折断是指发生下列情况之一者：

① 钢轨全截面断裂。

② 裂纹贯通整个轨头截面。

③ 裂纹贯通整个轨底截面。

④ 允许速度不大于160km/h区段钢轨顶面上有长度大于50mm且深度大于10mm的掉块，允许速度大于160km/h区段钢轨顶面上有长度大于30mm且深度大于5mm的掉块。

表 1-7 钢轨轻伤和重伤标准

伤损项目	伤损程度	
	轻伤	重伤

	$v_{max} > 160 \text{ km/h}$	$160 \text{ km/h} \geq v_{max} > 120 \text{ km/h}$	$v_{max} \leq 120 \text{ km/h}$	$v_{max} > 160 \text{ km/h}$	$160 \text{ km/h} \geq v_{max} > 120 \text{ km/h}$	$v_{max} \leq 120 \text{ km/h}$
钢轨头部磨耗	磨耗量超过表 1-7 所列限度之一者			磨耗量超过表 1-8 所列限度之一者		
轨端或轨顶面剥落掉块	长度超过 15 mm 且深度超过 3 mm	长度超过 15 mm 且深度超过 3 mm	长度超过 15 mm 且深度超过 4 mm	长度超过 25 mm 且深度超过 3 mm	长度超过 25 mm 且深度超过 3 mm	长度超过 30 mm 且深度超过 8 mm

续表

伤损项目	伤损程度					
	轻伤			重伤		
	$v_{max} > 160 \text{ km/h}$	$160 \text{ km/h} \geq v_{max} > 120 \text{ km/h}$	$v_{max} \leq 120 \text{ km/h}$	$v_{max} > 160 \text{ km/h}$	$160 \text{ km/h} \geq v_{max} > 120 \text{ km/h}$	$v_{max} \leq 120 \text{ km/h}$
钢轨顶面擦伤	深度超过 0.5 mm	深度超过 0.5 mm	深度超过 1 mm	深度超过 1 mm	深度超过 1 mm	深度超过 2 mm
钢轨低头	超过 1 mm	超过 1.5 mm	超过 3 mm	超过 1.5 mm	超过 2.5 mm	超过 3.5 mm
	用 1m 直尺测量最低处矢度。包括轨端轨顶面压伤和磨耗在内					
波浪形磨耗	谷深超过 0.3 mm	谷深超过 0.3 mm	谷深超过 0.5 mm			
钢轨表面裂纹				有	有	有
	包括螺孔裂纹、轨头下颚水平裂纹（透锈）、轨腰水平裂纹、轨头纵向裂纹、轨底裂纹等（不含轮轨接触疲劳引起轨顶面表面或近表面的鱼鳞裂纹）					
钢轨内部裂纹				有	有	有
	包括核伤（黑核、白核）、钢轨纵向裂纹等					
钢轨变形				有	有	有
	轨头扩大、轨腰扭曲或鼓包等，经判断确认内部有暗裂					
钢轨锈蚀				经除锈后，轨底厚度不足 8 mm 或轨腰厚度不足 14 mm		经除锈后，轨底厚度不足 5 mm 或轨腰厚度不足 8 mm

2. 钢轨伤损分类

(1) 钢轨头部磨耗。

钢轨磨耗后断面积减小，强度和抗弯性能有所减弱。钢轨轻伤标准，允许的磨耗量少一些，其主要原因是考虑还要再用和调边使用。对于钢轨重伤标准，则主要是考虑钢轨发生严重磨耗后，一旦超过此限度，就难以保证车轮通过时不碰撞夹板和保证钢轨应有的强度和抗