



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

高速铁路轨道

有碴轨道结构

主讲：严战友

目录



在线开放课程

- 1. 钢轨
- 2. 轨枕
- 3. 扣件
- 4. 道床



一、钢轨

1) 技术性能

强度、韧性、强韧匹配、耐磨性、焊接性能、稳定性和平顺性；

2) 道岔的可焊性、强度和韧性

①采用的钢轨应尽量与区间相同。

②强韧性 \geq 区间轨，合金轨或全长淬火轨。

3) 经济方面：养护维修少、周期长。

抗疲劳性能、磨耗、强韧性等。

4) 现状：从成熟钢种中选取；



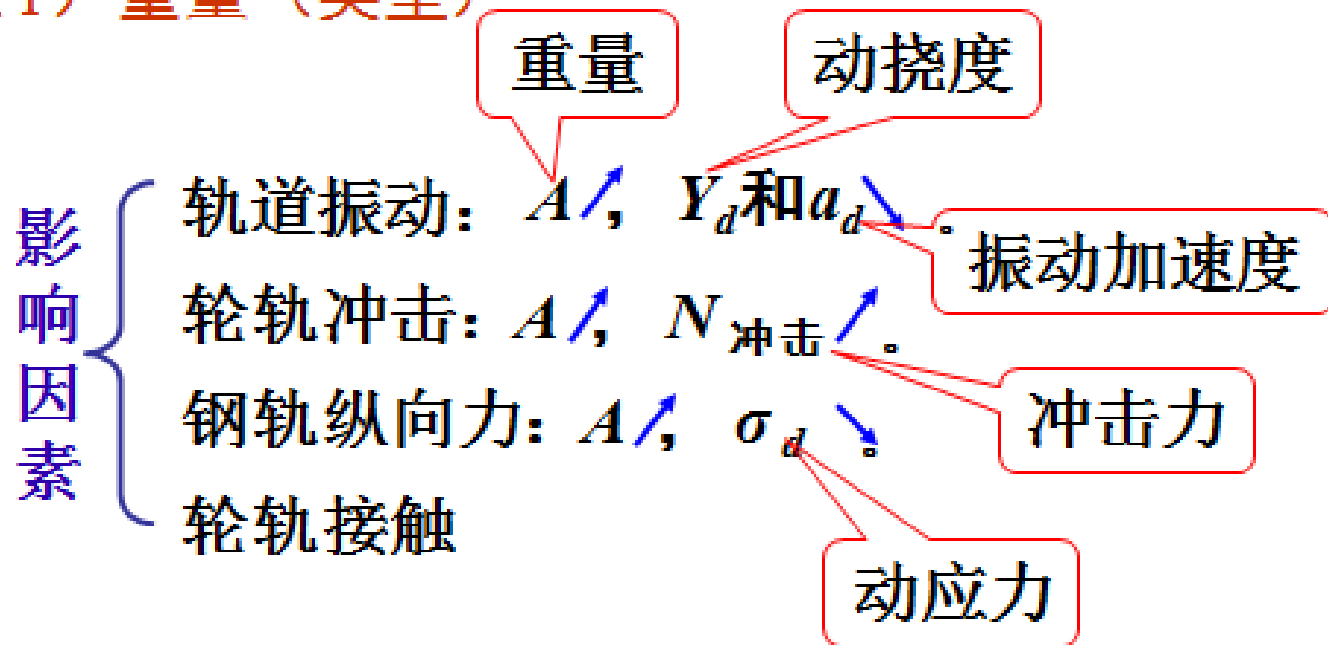
1.1 重量和断面

(1) 重量 (类型)



1.1 重量和断面

(1) 重量 (类型)



选择: 60kg/m钢轨。

(2) 断面

合理分配材料在轨头、轨腰、轨底的比例，主要考虑钢轨的刚度、稳定性、耐磨度和轮轨关系。

原则：

- ①适当增加钢轨高度；
- ②轨底宽度尽量宽一些；
- ③合适的轨头断面。

• 轨头断面设计原则

➤ 轨顶踏面圆弧

尽量符合车轮踏面（磨耗后）的几何形状。

➤ 轨头与轨腰过渡区

复曲线，减少应力集中，避免形成裂缝，增加接头夹板与钢轨间的摩擦阻力。

➤ 轨腰与轨底过渡区

复曲线，轨腰曲线与轨底斜面平滑连接。

➤ 轨底底部：平底，提高稳定性。

(3) 选择

- A. 在既有铁路使用成熟的钢轨中选择。
- B. 管理方便。

✓ 国外：UIC60kg/m轨，我国：60kg/m钢轨。

研究表明：采用UIC60轨和我国60轨对轮轨几何接触、轮轨动力作用、钢轨磨耗、钢轨使用寿命等最具影响的轨头断面形式尺寸的因素而言，两者差异很小。

- ◆ 60kg/m钢轨；
- ◆ 焊接用轨采用60kg/m无螺栓孔新轨；
- ◆ 质量符合“时速350公里客运专线60kg/m钢轨”的有关规定。



钢轨尺寸允许偏差及平直度要求



在线开放课程

- 高速铁路的轨道结构区别于普通线路的最重要的特点是对轨道不平顺的严格控制，体现在钢轨上则是对其表面尺寸质量、平直度、表面平整度和扭曲的严格要求。钢轨尺寸的精确和外形的平直是轨道平顺的基本保证之一。

表 4-10 各标准钢轨主要部位尺寸允许偏差 (mm) †



在线开放课程



项目 †	京沪技术条件 †	UIC860 †	JISE1011 †	TGV †	EN (A) †	EN (B) †	GB2585 †	TB/T2344 †	
钢轨高度 †	± 0.5 †	± 0.6 †	$+1.0$ -0.5 †	± 0.5 †	± 0.6 †	± 0.6 †	$+0.8$ -0.5 †	± 0.5 †	
轨头宽度 †	± 0.5 †	± 0.5 †	$+0.8$ -0.5 †	± 0.5 †	± 0.5 †	± 0.5 †	± 0.5 †	± 0.5 †	
踏面轮廓 †	$+0.6$ -0.3 †	†	†	†	$+0.6$ -0.3 †	± 0.6 †	†	†	
轨腰厚度 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	$+1.0$ -0.5 †	
轨底宽度 †	± 1.0 †	$+1.0$ -0.5 †	± 0.8 †	± 0.8 †	± 1.0 †	± 1.0 †	$+1.0$ -2.0 †	$+1.0$ -2.0 †	
鱼尾板 支撑表面 †	± 0.35 †	$+1.0$ -0.5 †	间隙 †	外侧 ≤ 1.5 †	$+1.0$ -0.5 †	± 0.35 †	± 0.35 †	腰高 †	腰高 †
鱼尾板 安装高度 †	± 0.6 †	± 0.6 †		内侧 ≤ 0.5 †	± 0.6 †	± 0.6 †	± 0.6 †	± 0.5 †	± 0.5 †
轨底边 缘厚度 †	$+0.75$ -0.5 †	†	†	†	$+0.75$ -0.5 †	$+0.75$ -0.5 †	†	†	
轨底平整度 †	凹陷 ≤ 0.3 †	†	不平 ≤ 0.4 †	†	凹陷 ≤ 0.3 †	凹陷 ≤ 0.3 †	凸出 ≤ 0.5 †	凸出 ≤ 0.5 †	
断面不对称 †	头 ≤ 0.5 † 底 ≤ 1.0 †	± 1.5 †	头对底偏移 ≤ 0.5 †	± 1.5 †	± 1.2 †	± 1.2 †	头 ≤ 0.5 † 底 ≤ 1.0 †	头 ≤ 0.5 † 底 ≤ 1.0 †	
轨距底边缘 20mm 处厚度 †	± 0.5 †	†	†	†	†	†	†	†	
端面 垂直度 †	≤ 0.6 †	≤ 0.6 †	≤ 0.5 †	≤ 0.6 †	≤ 0.6 †	≤ 0.6 †	≤ 1.0 †	≤ 1.0 †	

表 4-11 平直度、表面平整度和扭曲允许偏差 (mm/m)



在线开放课程

部位	项 目	京沪技术 条件	UIC860	JISE1011	TGV	EN (A)	EN (B)	GB2585	TB/T2344
轨端	垂直平直度 (向上)	0.4/2 0.3/1	0.7/1.5	1.7/1.5	0.4/2 0.3/1	0.4/2 0.3/1	0.5/1.5	0.8/1	0.5/1
	垂直平直度 (向下)	0.2/2	0	0	0.2/2	0.2/2	0.2/1.5	0.2/1	0.2/1
	水平平直度	0.5/2 0.4/1	0.7/1.5	0.5/1.5	0.5/2 0.4/1	0.6/2 0.4/1	0.7/1.5	0.8/1	0.5/1
轨身	水平平直度	0.45/1.5			0.45/1.5	0.45/1.5	0.6/1.5		
重叠 部位	垂直平直度	0.3/2				0.3/2	0.4/1.5		
	水平平直度	0.6/2				0.6/2	0.6/1.5		
全长	上弯曲和下弯曲	≤5mm		10/10	≤5mm	≤5mm	≤5mm	0.5‰	0.5‰
	侧弯曲	R>1500m		10/10	R>1000m	R>1500m	R>1500m		
端部	扭曲	0.455/1	0.4/1			0.455/1	0.455/1		
全长	扭曲	2.5mm		1.0mm		2.5mm	2.5mm	0.1‰	0.1‰

影响力学性能、焊接性能等使用性能的基本因素，钢轨材质纯净度的重要指标。

- 钢轨内部夹杂、缺陷所引起的疲劳折损是高速铁路钢轨的主要质量问题。
- 提高措施：提高钢轨材质的纯净度。
 - 在化学成分上对P、S、Al、H、O等有害元素的含量进行严格的限制。

表 4-12 高速铁路用钢轨化学成分 (%)

项 目	C	Si	Mn	P	S	V	Al	O(10^{-4})	H(10^{-4})
EN260	0.65 - 0.75	0.10 - 0.50	0.80 - 1.30	≤ 0.025	0.008 - 0.025	≤ 0.03	≤ 0.004		
U75V	0.70 - 0.78	0.50 - 0.70	0.75 - 1.05	≤ 0.025	0.008 - 0.025	0.04 - 0.08	≤ 0.004		
U ₇₁ Mn	0.65 - 0.77	0.15 - 0.35	0.10 - 0.15	≤ 0.04	≤ 0.04				
UTC860 900A	0.60 - 0.80	0.10 - 0.50	0.80 - 1.30	≤ 0.040	≤ 0.040				
TGV	0.60 - 0.80	0.10 - 0.50	0.80 - 1.30	≤ 0.035	≤ 0.030	≤ 0.004			
EN 规定									
(液)	0.62 - 0.80	0.15 - 0.58	0.70 - 1.20	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.004		≤ 20	≤ 2.5
(固)	0.60 - 0.82	0.13 - 0.60	0.65 - 1.25	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.004		≤ 20	≤ 2.5
JISE1101	0.63 - 0.75	0.15 - 0.30	0.70 - 1.10	≤ 0.030	≤ 0.025				

表 4-13 钢轨残留元素上限 (%)

项 目	Cr	Mo	Ni	Cu	Sn	Sb	Ti	Nb	Cu + 10Sn	Cr + Mo + Ni + Cu
EN260 U75V	0.15	0.02	0.10	0.15	0.040	0.020	0.025	0.01	0.35	0.35
TGV 平均值	0.028	0.004	0.036	0.026	0.011	微量	微量	微量		0.35
偏 差	0.010	0.002	0.005	0.010	0.007					
FN	0.15	0.02	0.10	0.15	0.04	0.02	0.025	0.01	0.35	0.35

钢轨的力学性能

钢轨
力学
性能

抗拉强度

疲劳强度

延伸率

断裂韧性

裂纹扩展速率

残余应力

踏面硬度

落锤性能

表 4-14 钢轨的力学指标⁽¹⁾

参数	σ_f/MPa	$\delta_f/\%$	硬度/ HB	疲劳寿命/次 ($r=1$, 应变幅 $1.350 \mu\text{m}$)	$K_{IC}/\text{MPa}\cdot\text{m}^{\frac{1}{2}}$		$da \cdot dN^{-1}/\text{m}\cdot\text{GC}^{-1}$		残余应力 /MPa	落锤 (1 t, 高 9.1 m)
							$\Delta K/\text{MPa}\cdot\text{m}^{\frac{1}{2}}$			
					最小值	平均值	10	13.5		
EN260	≥ 880	≥ 10	260 ~ 300	5×10^6	26	29	≤ 17	≤ 55	≤ 250	1次
U75V	≥ 980	≥ 10	280 ~ 320	5×10^6	26	29	≤ 17	≤ 55	≤ 250	1次

- 钢轨焊接接头平直度

- 钢轨焊接接头处是易产生轨面不平直的部位。随着行车速度的提高对其平直度提出了更高的要求。

表 4-15 焊接接头平直度标准 (mm/m) ¹⁾

部 位	项 目	京沪技术条件	TGV	日本新干线	TB/T1632-91
顶 面	接触焊	+0.2/1 -0/1	+0.2/1 -0/1	+0.3/1 -0/1	+0.3/1 -0/1
	铝热焊 气压焊	+0.2/1 -0/1	+0.2/1 -0/1	+0.3/1 -0/1	+0.5/1 -0/1
内 侧 工作 面	接触焊	+0.2/1 -0/1	+0.2/1 -0/1	+0.3/1 -0/1	+0.3/1 -0/1
	铝热焊 气压焊	±0.3/1	±0.3/1	±0.3/1	±0.5/1

二、轨枕

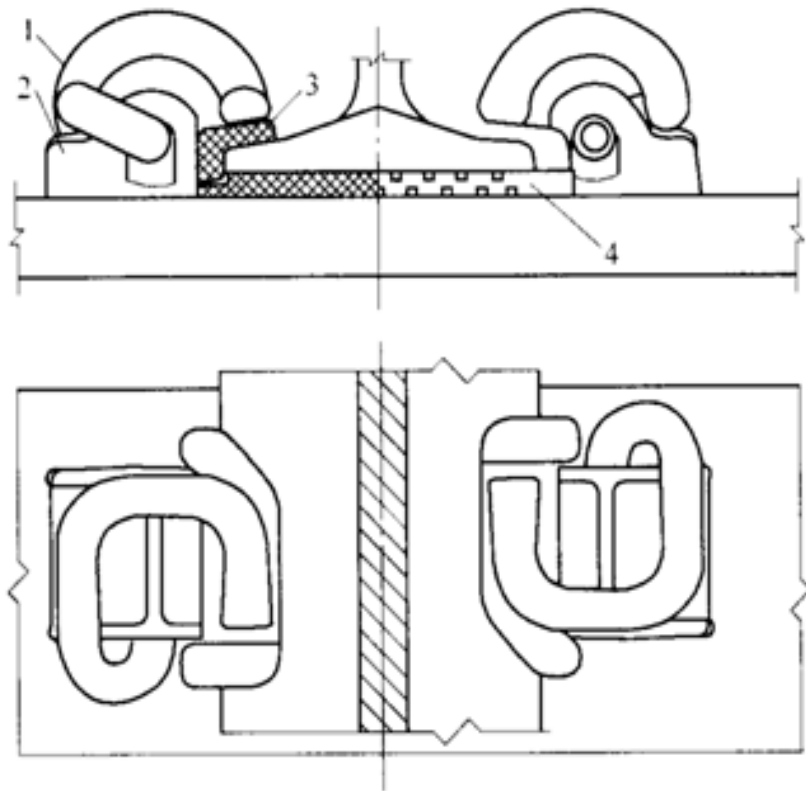


III型混凝土轨枕

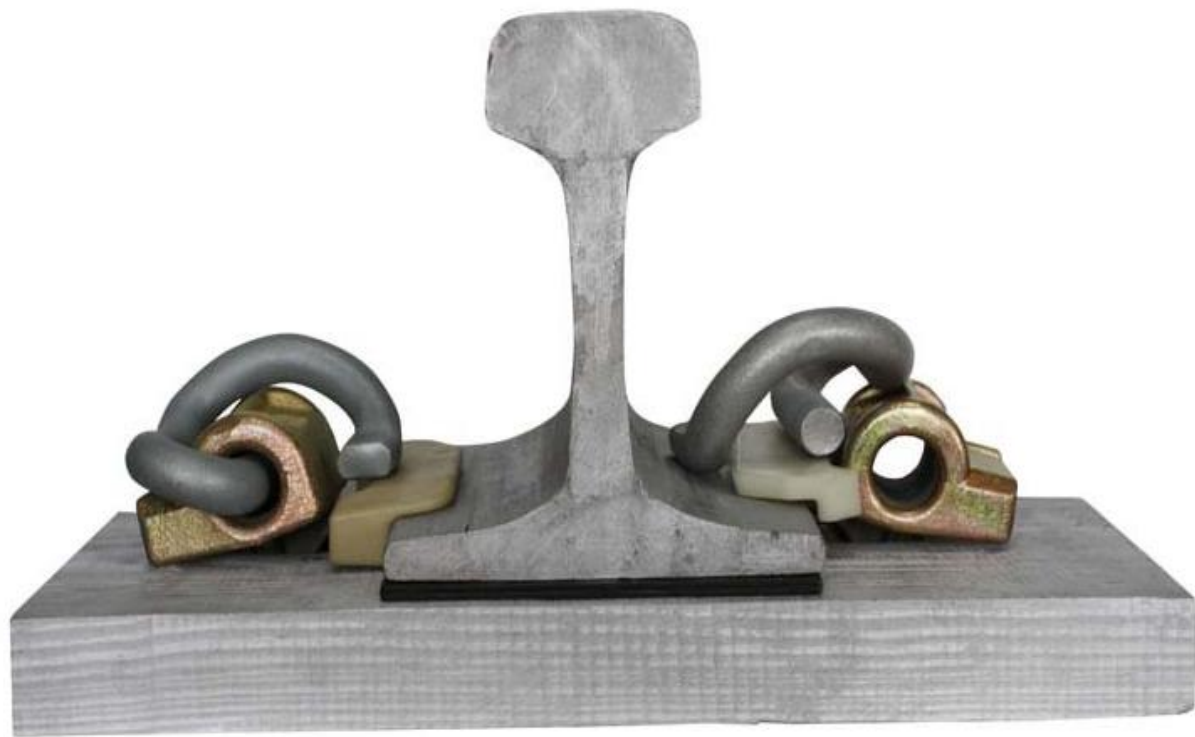




三、扣件



弹条III型扣件



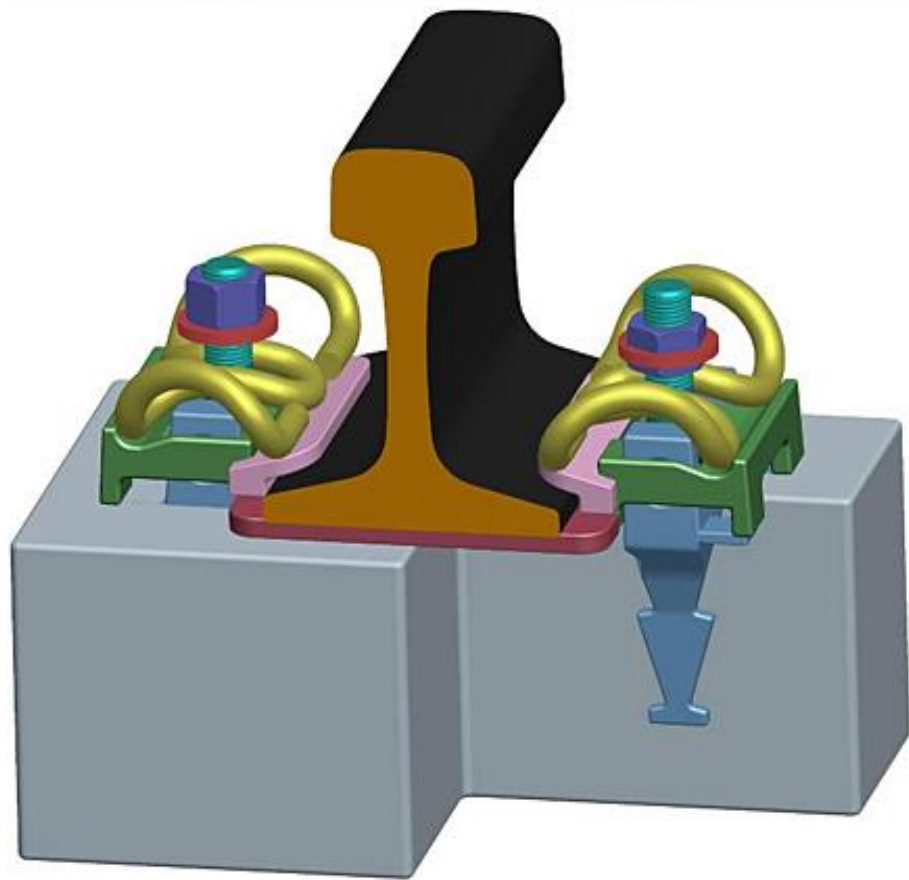
钢轨扣件直观图





弹条扣件/钢轨弹性夹

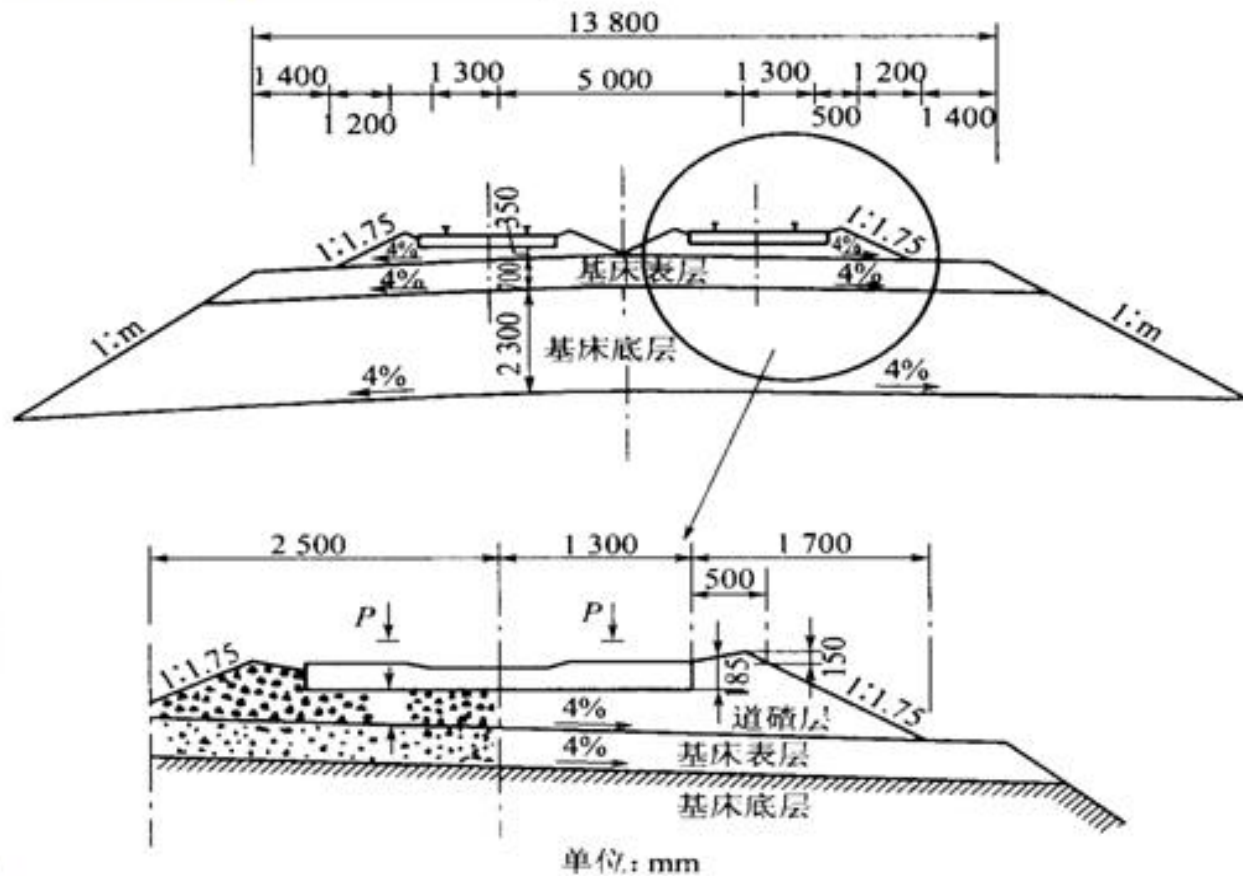






四、道床

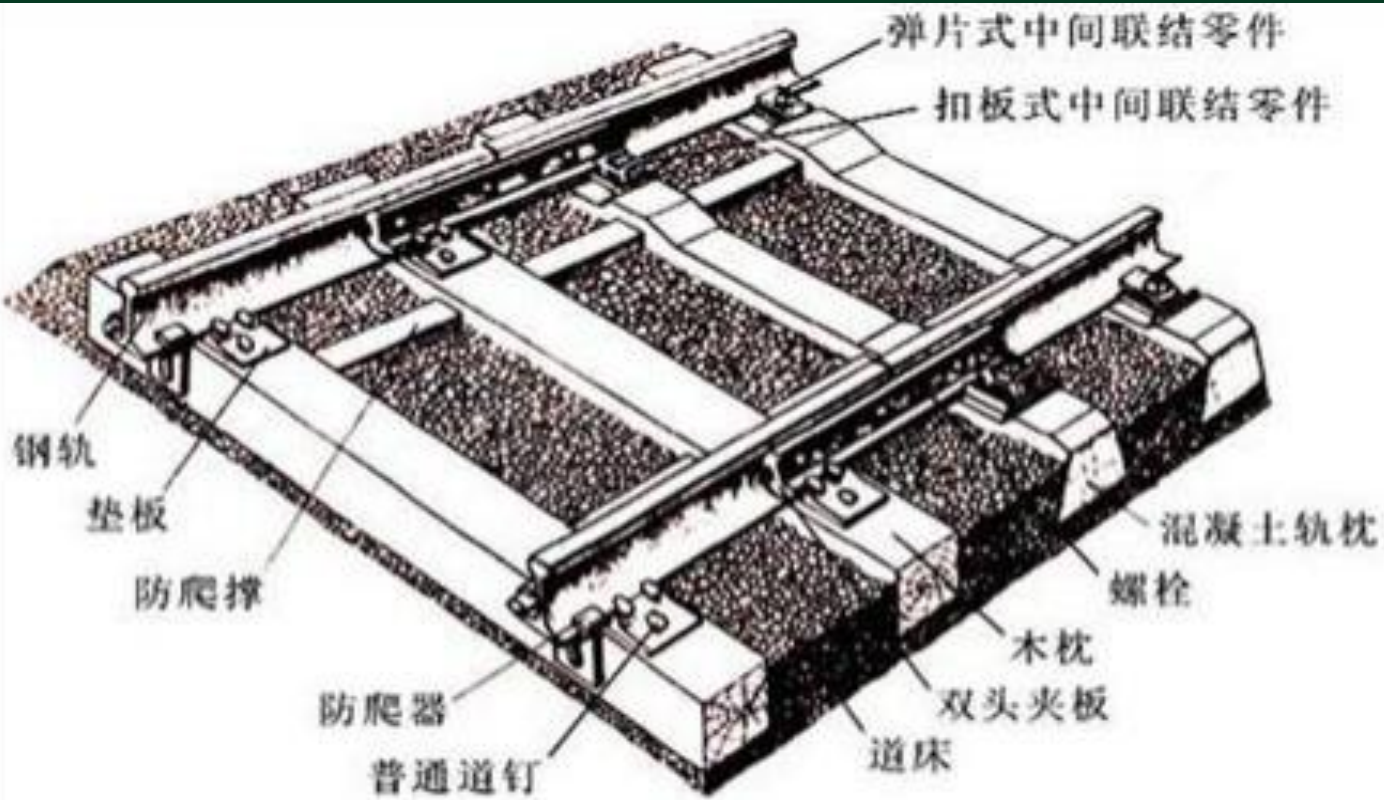
在线开放课程



- 道床是轨道的重要组成部分，是轨道框架的基础。道床通常指的是铁路轨枕下面，路基面上铺设的石碴(道碴)垫层。主要作用是支撑轨枕，把轨枕上部的巨大压力均匀地传递给路基面，并固定轨枕的位置，阻止轨枕纵向或横向移动，大大减少路基变形的同时还缓和了机车车辆轮对对钢轨的冲击，便于排水。

作用

- (1) 承受**来自轨枕的压力并均匀**地传递到路基面上；
- (2) 提供轨道的**横向阻力**，保持轨道的稳定；
- (3) 提供**轨道弹性**，**减缓和吸收轮轨**的冲击和振动；
- (4) 提供良好的**排水性能**，以提高路基的承载能力及减少基床病害；
- (5) 便于轨道**养护维修作业**，校正线路的平纵断面。



轨道的基本组成



有砟道床



无砟道床



地铁无砟道床



- 1990年5月18日**法国**再次刷新了自己的纪录，法国TGV-A型高速列车把试验速度提高到515.3 km/h。
- 2007年4月3日进行超高速列车（TGV）最新型“V150”列车的行驶试验，时速达到**574.8**公里，打破了17年前由法国超高速列车创下的时速515.3公里的有轨铁路行驶世界纪录。

• 中国：最高试验速度先后达到了：

- 321.5 km/h (2002年12月13日, 秦沈客运专线, 2M+3T)
- 394.3km/h (2008年6月24日, 京津城际铁路, CRH3)
- 394.2km/h (2009年12月9日, 武广客运专线, CRH3)
- 416.6km/h (2010年9月28日, 沪杭城际铁路, CRH380A)
- 486.1km/h (2010年12月3日, 京沪高速铁路, CRH380A)

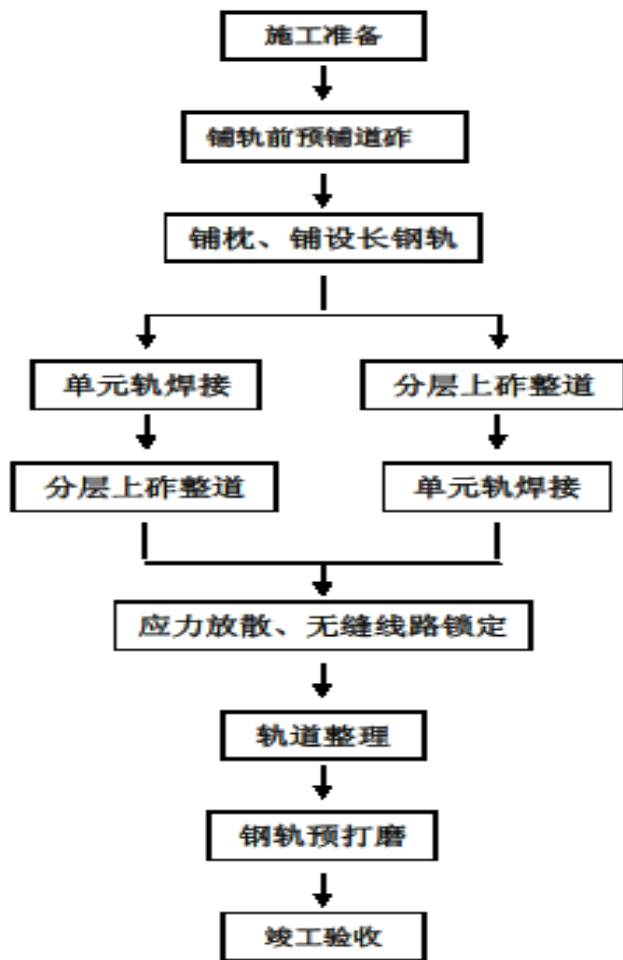


难点一：铺设500m长钢轨技术难度大，对设备和工艺有新要求

- (1) 厂制标准轨长100米；
- (2) 工厂焊接并铺设500米长轨；
- (3) 现场采用移动闪光焊工艺。

难点二：严格控制铺轨的初始不平顺，保证精度达到高平顺性的要求

- (1) 采用单枕连续铺设法；
- (2) 大型养路机械作业；
- (3) 对钢轨精确打磨。



有砟轨道施工基本工艺流程图



















路 High-speed Railway



石家庄铁道大学
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程



小结

- 1. 钢轨
- 2. 轨枕
- 3. 扣件
- 4. 道床



在线开放课程

