

# 1. 轨道的功能和基本要求

---

## 1. 功能：

- 引导机车车辆的车轮前进，承受车轮的巨大压力，并将所承受的何在传布于轨枕、道床及路基
- 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路段，兼做轨道电路之用

## 2. 基本要求

- 具有足够的**刚度**，抵抗由动荷载引起的弹性挠曲变形
- 具有一定的**韧性**，以防止在动荷载作用下，发生折断或损坏
- 具有足够的**硬度**，以防止车轮压陷或磨耗太快
- 其顶面具有一定的**粗糙度**，以利实现机车的黏着牵引力和制动力

## 3. 结构

工字形，由轨头、轨腰和轨底三个部分组成

- 轨头与车轮直接接触，应有抵抗压溃和耐磨的能力
- 轨腰使得钢轨具有较大的承载能力和抗弯能力
- 钢轨底部直接支撑在轨枕顶面上，保持钢轨的稳定

# 2. 钢轨的长度及接头

---

这部分内容适用于“有缝线路”，之所以有轨缝，是因为适应钢轨热胀冷缩的需要，高铁常采用无缝线路

钢轨与钢轨之间用夹板和螺栓连接，称为钢轨接头；我国一般采用相对悬空式，即两股钢轨接头左右对齐，同时位于两接头轨枕之间。

预留轨缝应满足当轨温最高，轨缝大于等于0（以防温度应力太大而胀轨跑道）；最低不能超过构造轨缝（以防接头螺栓拉弯或拉断）。

《修规》规定了普通线路预留轨缝的计算公式。

# 3. 钢轨伤损

---

**侧面磨耗**发生在小半径曲线的外股钢轨上，是曲线上伤损的主要类型之一，轮轨的摩擦与滑动是造成外轨侧磨的根本原因。

**波形磨耗**是指钢轨顶面出现波状不均匀磨耗或者压溃，这会引起很高的轮轨动力作用。

**疲劳伤损**是指在长期使用过程中，钢轨由于承受反复的动载荷作用，发生接触疲劳和裂纹的累积，逐渐导致钢轨结构的失效。会造成轨头剥离和轨头核伤。

# 4. 钢轨合理使用

---

## 钢轨分级使用：

- 二次或多次使用（在繁忙线路上运营的钢轨经过整修后，可以再铺设到运量较小的铁路上）
- 倒换使用（曲线上下股钢轨或直线与曲线钢轨进行倒换使用）；

钢轨整修技术：磨修、焊修；

钢轨打磨：修理性打磨、预防性打磨、断面打磨；

## 5. 轨枕

轨枕是轨道结构的重要组成部分，横向铺设在道床上，承受来自钢轨的压力，并传递给道床，维持轨道的几何形状（轨距、轨向）。

轨枕应具备坚固性、弹性、耐久性，并能固定钢轨，抵抗纵向和横向的位移。

### 木枕：

优点：弹性好、易加工、运输及铺设方便、绝缘性能好。

缺点：易腐朽、磨损，使用寿命短，强度和弹性不一致，会导致轨道不平顺，增加轮轨动力作用。

木枕的失效主要源于腐朽、机械磨损和开裂。这三者相互影响。

### 混凝土枕：

混凝土枕具有稳定性高、寿命长、抗腐朽的优点，预应力混凝土枕具有较好的抗裂性能和较少的用钢量。我国主要使用预应力混凝土枕（PC枕）。

支撑条件有中间不支承、中间部分支承、全支承三种情况。不同支承条件下受力情况不同。

轨枕形状：顶面的承轨槽用于固定钢轨，并通过斜面设计来适应轨道系统的几何形状（如轨底坡）。底面的花纹和凹槽设计能够增强与道床的摩擦阻力，从而提高轨枕的稳定性。

为适应高速、重载的需要，国外向增加轨枕长度的方向发展，在主要干线上普遍采用长度2.6米的轨枕。

三型混凝土轨枕更适应高速、重载铁路。

## 6. 有砟道床

### 功能：

- 承受来自轨枕的压力，并均匀地传递到路基面上。
- 提供轨道的纵横向阻力，保持轨道稳定。
- 提供轨道弹性，减缓和吸收轮轨的冲击和震动。
- 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
- 便于轨道的养护维修，校正线路平纵断面

### 材质要求：

通过其物理性能和质量参数来进行划分不同级别的道砟，高速铁路如使用道砟，选用特级道砟。（根据表1-17，客运专线也可采用碎石道砟，也可以使用板式轨道、双块式轨道。）

级配要求是希望大小颗粒相互配合以及道砟颗粒之间的填满，使得道砟有更好的强度和稳定性，有利于道床作业。一级道砟宽级配，特级道砟窄级配。

道砟颗粒形状要求是要有较高的抗破碎、抗变形、抗粉化的能力。并且，控制有害的土团和粉末。

### 道床断面：

道床厚度很关键，影响路基面应力，形成凹形滞水槽，道床粉碎、脏污加速（日常维修工作量和清筛周期）；

顶面宽度保持道床稳定并提供一定的横向阻力。

边坡与道砟材料的内摩擦角和粘聚力有关。保持稳定，采用1：1.75（单位竖向高度的水平距离）。

道床下沉分为初期急剧下沉和后期缓慢下沉，初期急剧下沉阶段是道床密实阶段，道床在列车荷载作用下首先产生压实。后期缓慢下沉阶段即道床正常工作阶段，是衡量道床稳定性高低的指标，也是确定道床养护维修的重要依据

## 无砟轨道：

无砟轨道具有**高平顺、高稳定**和**少维修**的优点，主要结构形式包括现浇整体式无砟轨道、板式轨道、有枕式无砟轨道。

以混凝土代替散体道砟的轨道结构。

### 现浇整体式：

无预制结构，在保持轨距、轨底坡和钢轨位置方面，一般通过螺栓位置解决——对道床的基础要求较高，轨道的各种调整只依靠扣件完成，且一旦出现病害，难以整治和修复。

钢轨埋入式连续支撑钢轨而不是点支撑。相当于整个混凝土板在受力。

### 板式轨道：

在现浇混凝土基础上以乳化沥青水泥砂浆层支撑**预制轨道板**的无砟轨道结构形式，是日本、德国等国采用得较多的无砟轨道结构形式之一。

CA砂浆垫层的作用是使轨道有足够的强度和一定的弹性，发辫施工中的误差调整。

日本板式轨道有一个凸起圆形柱，其目的一是辅助限制轨道板的横纵向位移，二是作为板式轨道铺设和整正时的测量基准点。

博格板式轨道在吸收了日本板式轨道施工和制作方便的基础上，继承了轨枕埋入式无砟轨道整体性好的优点。其尺寸精度较高，主要原因是采用数控磨床打磨。

### 有枕式无砟轨道：

根据其支撑轨枕可以分为支撑式，嵌入式，埋入式

支撑式：将预制好的轨枕直接“放置在”混凝土或沥青道床版上的一种结构形式。弱连接。

嵌入式：在双块式轨枕的下部及周围设橡胶或其他弹性复合材料套靴，轨枕块与套靴间底部设橡胶弹性垫层，在套靴下灌注混凝土而成型。

埋入式：将预制好的整体或双块式轨枕，在现场通过浇筑混凝土将轨枕买入到混凝土道床板中或将轨枕“振入”到混凝土道床板中，使轨枕和混凝土道床板形成一个整体。

## 我国高速铁路主型无砟轨道

CRTS 1板式：

在日本板式轨道的基础上经技术经济优化形成。采用比较坚实的混凝土基础，减少轨道半的设计强度。通过CA砂浆调整层调整轨道板的定位，但对于CA砂浆流动性、传力能力的要求较高。凸性挡台是主要的传力结构，必须采取保护措施。这种轨道可修性好，施工进度快，弹性好，通用性强。但轨道在铺设好之后的调整工作量大，材料（CA砂浆、填充树脂等）生产、施工的专业性强。

为预制单元板式轨道结构

CRTS 2板式：

承自博格版轨道。优点加工精确，定位精确；采用纵连结构，保证轨道结构连续性；预制轨道板结构形式与路基、隧道内统一。设置滑动层可以减小桥梁温度伸缩对于无砟轨道的影响。

## 为纵连结构

CRTS 1双块式：

承自德国Rheda，是一种轨枕埋入式无砟轨道，以**现场浇筑混凝土**的方式将轨枕浇入将混凝土浇入均匀连续的钢筋混凝土道床内。

CRTS 2双块式：

承自德国Zublin型（轨枕埋入式），通过**机械振动法嵌入**现场浇注的均匀连续的钢筋混凝土道床内形成整体。

CRTS 3:

我国结合了1和2型板式轨道的优点，自主研发的一种板式轨道，采用预制轨道板铺设在现场摊铺的混凝土支撑层或现场浇筑的钢筋混凝土底座上。使用自密实混凝土取代了CA砂浆，轨道板与自密实混凝土支箭设置连接钢筋，底座上设置两个凸台传递水平力及限位。

有以下优点：

- 降低配筋率
- 优化凸形挡台结构，施工方便，降低造价
- 取消CA砂浆填充层，简化施工工艺，减少对环境的污染，降低工程投资
- 使用自密实混凝土作为填充层，研究出了新型复合式轨道结构
- 与扣件系统配套，有较好的应用性

在桥梁地区采用单元板式，在路基地段采用纵连板式或单元板式

## 轨道结构的合理配套：

行车速度与轨道的关系：

1. 由于动力作用，车轮传来的垂向压力要比静止时的重力大，其增长幅度随具体情况而异：平顺的时候影响不大，但当存在局部不平顺的时候，压力会大幅增加。需要通过经常维修将不可避免的不平顺限制在容许范围之内。（导致道床下沉）
2. 增加振动加速度，在不平顺的地方振动频率也会增加，导致道床的下沉。
3. 增加横向水平力，提高脱轨等的风险。

轴重与轨道的关系：

1. 轴重过大会导致各应力水平增加，尤其是疲劳循环荷载下的应力水平提高，降低了钢轨的使用寿命
2. 钢轨头部伤损几乎全是疲劳伤损，且都是由超载引起的
3. 重载对于轨道的破坏大于高速对于轨道的影响
4. 使用轴载与车轮直径的比值 $P/D$ 来衡量轮轨接触应力的水平，将其控制在一个适当的范围之内（245kN/m）

运量与轨道的关系：

1. 运量是反应荷载作用次数的指标。
2. 钢轨的使用寿命或线路大修周期常用累计通过总质量表示。
3. 轨枕的使用寿命也与通过运量直接有关。
4. 道床沉陷正比于荷载循环次数的对数。

轨道类型：

1. 先确定钢轨类型，然后从技术经济观点出发，确定其他部分，形成一个等强度的整体结构，充分发挥各部分的作用。
2. 考虑经济型：以使用年限内大修、投资成本和维修养护成本的费用合计最小作为依据。
3. 我国铁路正线分为特重型、重型、次重型、重型和轻型，选型应按照**由轻到重、逐步加强**的原则，根据近期调查的运量及旅客最高行车速度等运营条件按照表中规定采用。