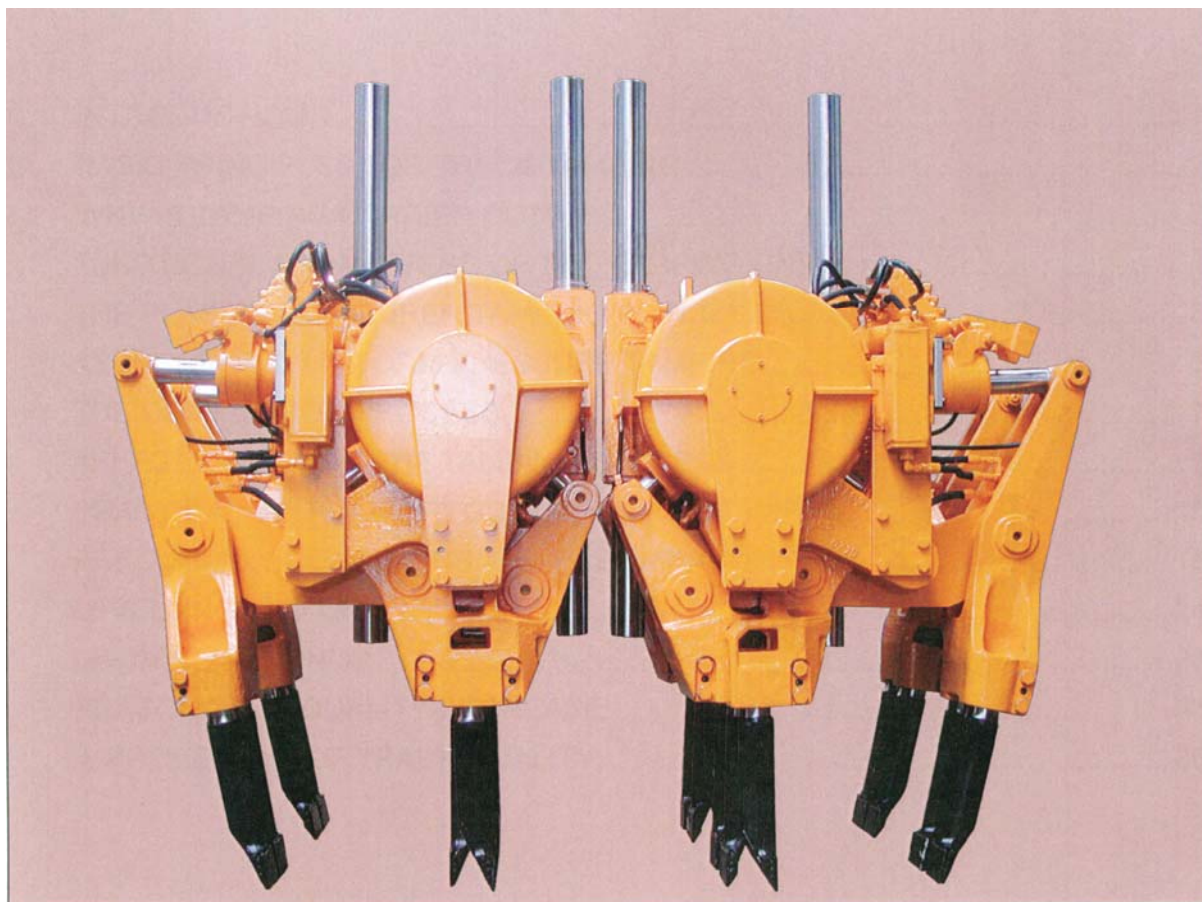




# 捣 固 技 术



线路捣固基本原理

捣固作业的实践知识与规则

昆明中铁集团有限公司





## 目 录

1. 概述.....	1
2. 线路捣固的基本原理 .....	2
2.1 捣固概念的提出.....	2
2.2 捣固装置的功能参数 .....	4
3. PLASSER 公司的捣固原理 .....	5
3.1 异步均匀夹捣固.....	5
3.2 夹持过程.....	7
3.3 起道对捣固过程的影响.....	9
4. 捣固的实践提示和规则.....	15
4.1 预备条件和准备工作.....	15
4.2 机器的准备.....	22
5. 抄平和起道.....	24
6. 机器设定.....	28
7. 捣固质量下降的原因.....	33
8. 提高线路质量的方法.....	36





## 1. 概述



- 用线路抄平起拨道整形捣固机建设或修复恶化的线路系统时，为确保完成工作，必须具备预备条件和遵守相关规定。
- 不同的线路设计和地形的不同，不可能为每一个应用情况列出一个适用的细节。我们因此只能为捣固普通线路和道岔列出重要的基本规则和指导方针，适用于适当的线路建设和工作步骤。
- 所有必须的安全防范，预备工作和作业进程，只准予经过适当培训的、取得资格的和已经批准过的人员，在正确的操作和判断下，在严格遵守线路作业总则和指导下进行。
- 我们要求您特别注意下列有关提示和忠告，以保证所有与此项作业有关的人员予以注意并遵照执行。
- 否则，不但将导致工程质量不合格和缩短线路寿命，而且将使机器过早磨损和损坏，最终将影响经济效益和运营。



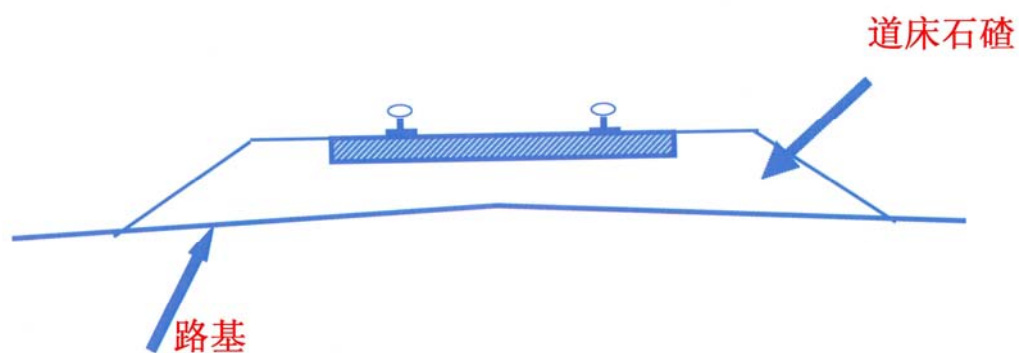
## 2. 线路捣固的基本原理

### 2.1 捣固概念的提出

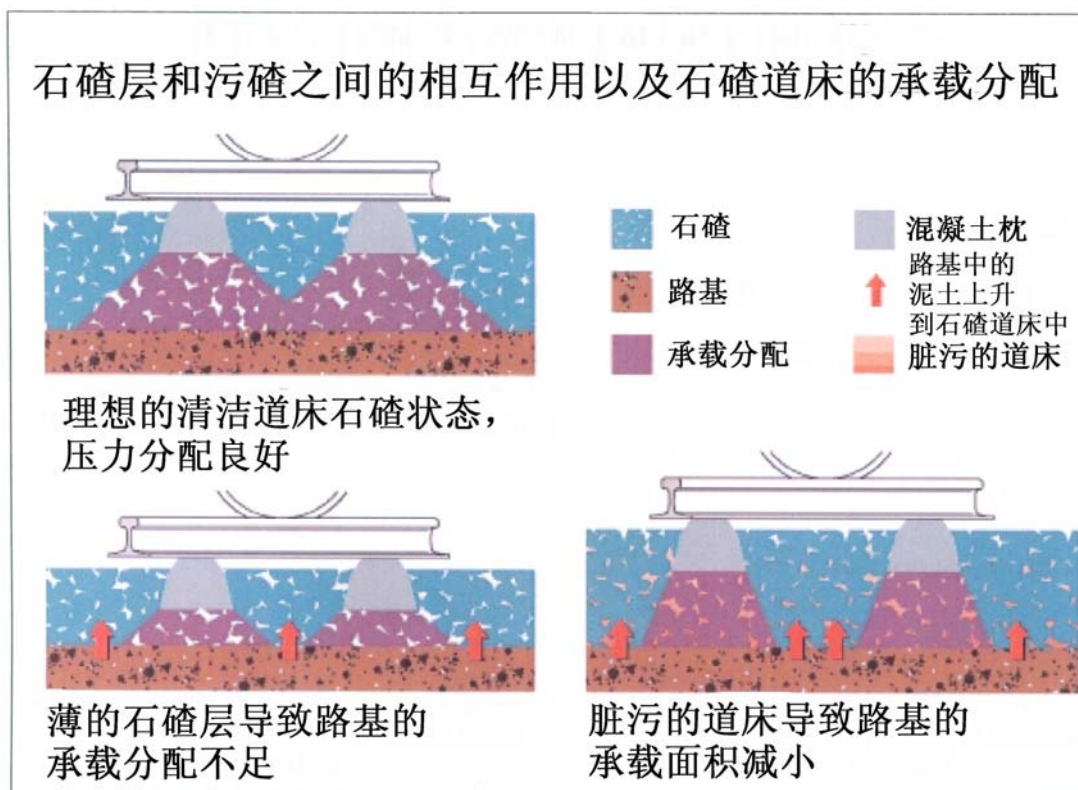
最重要的原因是：

- 使轨道达到所要求的高度，即消除异位，保证轨道系统各项指标均能达到满足。

示意图



- 捣固将使枕木承重方向均匀密实，在几根枕木上更好地分配负荷。（如图）



- 为重建轨道持久稳定性，避免线路质量发生不可避免的快速下降。





## 2.2 捣固装置的功能参数

普拉塞陶依尔公司捣固技术的实现依靠以下功能参数的相互匹配。

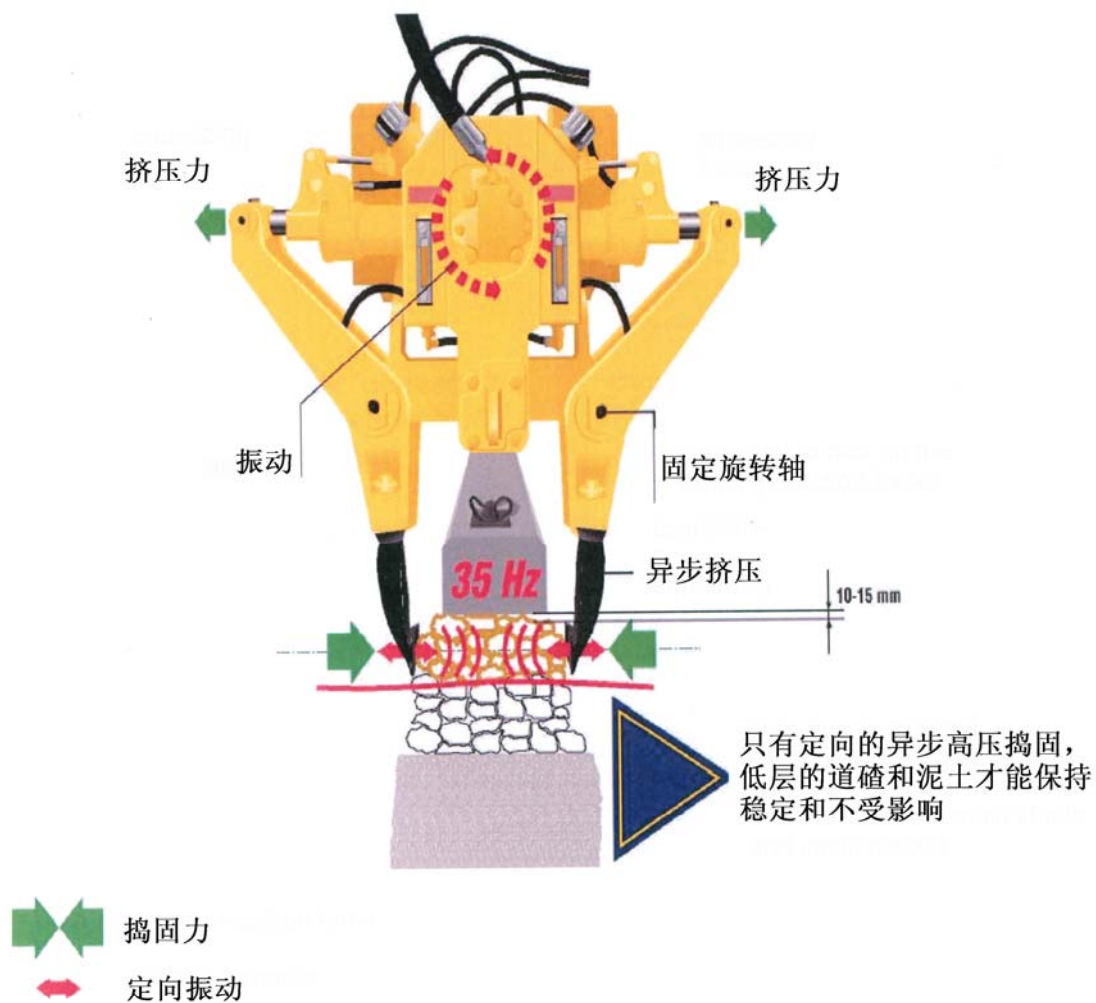
- 振动频率
- 镐尖振幅
- 挤压方式
- 捣固压力
- 挤压时间
- 捣固深度
- 起道



### 3. PLASSER 公司的捣固原理

#### 3.1 异步均匀夹持捣固

捣固振动压力采用异步均匀夹持原理。所有的捣镐用同样的压力作用于道碴，捣镐在道床中运动不受约束。意味着相同压力作用于所有捣镐表面，捣镐在道床中自由运动，受到相同的阻力。



## Doumatic 搗固裝置

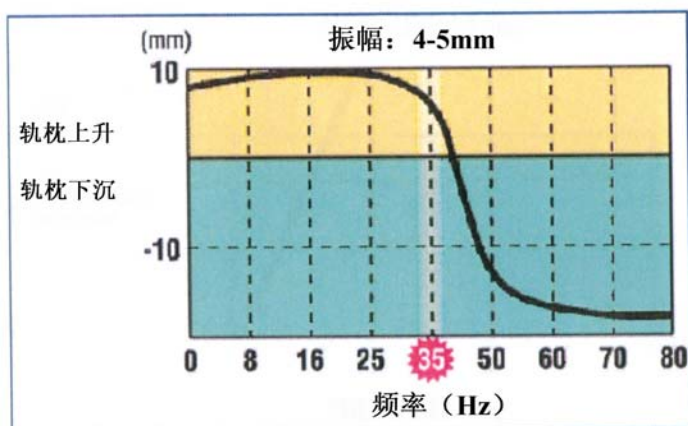
## 3.2 夹持过程

使钢轨的稳定高度依靠捣固频率。  
资料来源：格拉茨技术大学

- 捣固装置插到石碴里对轨枕下的石碴进行夹持，产生一个填平凹陷使轨枕下部石碴成型的摆动动作。压紧运动的频率、振幅，产生的速度和夹持力量决定了道碴的稳定质量。

- 实际的研究证明频率和振幅的叠加对道碴的压实有实质的影响。

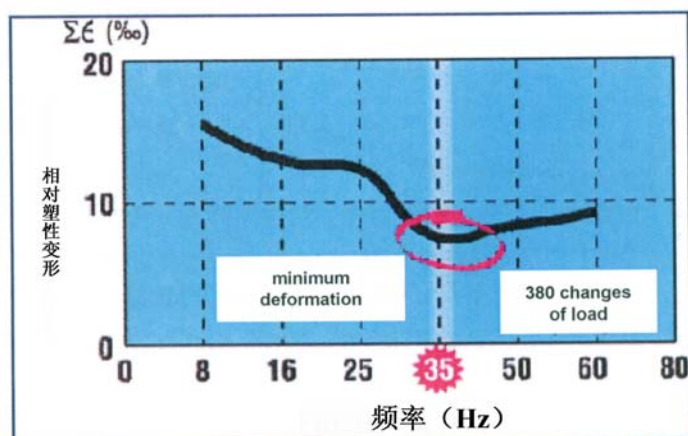
- 图表显示当频率为 35Hz，振幅为 5mm 将产生一个均匀有力的举升动作。



线路高度稳定性依赖捣固频率

资料来源：格拉茨技术大学，  
菲舍尔-约翰博士：频率和振幅堆碎石道床稳定性的影响，1983年。

- 另外一个因素源自捣固装置在服役期间对其动载荷的研究。
- 频率在 35Hz 时可以达到持久的提升，道碴变形最小，可以使线路纵向稳定性达到最高。另外，低频振动未必阻止捣镐插入道床。



动载荷下道床的变形

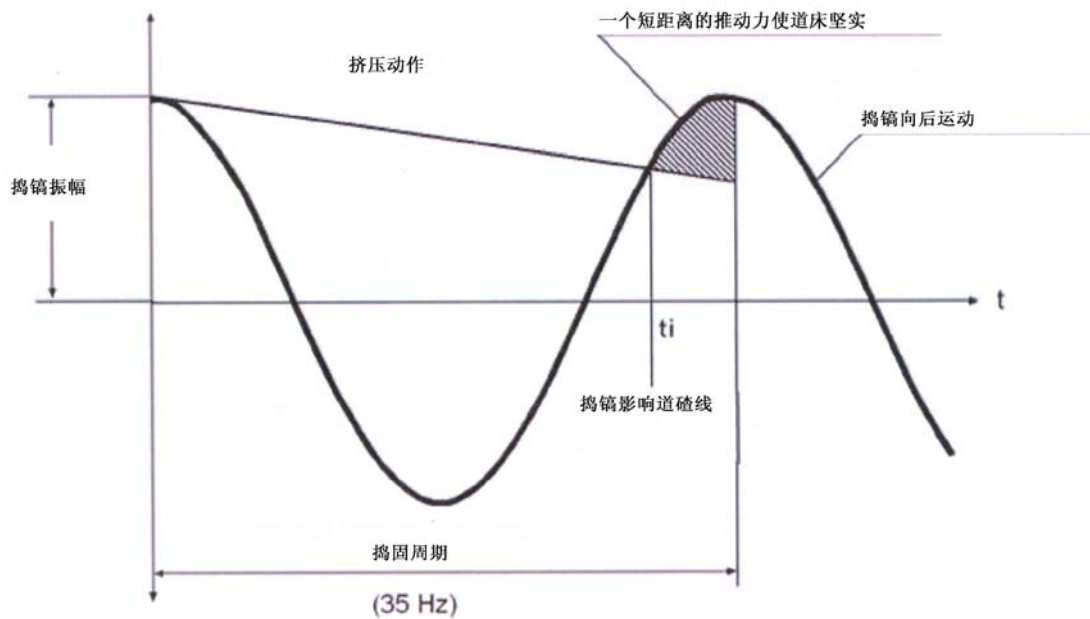
资料来源：格拉茨技术大学，  
菲舍尔-约翰博士：频率和振幅堆碎石道床稳定性的影响，1983年。

**结论：最适合的捣固频率为 35Hz**

普拉塞和陶依尔公司的捣固装置工作在这个频率下。



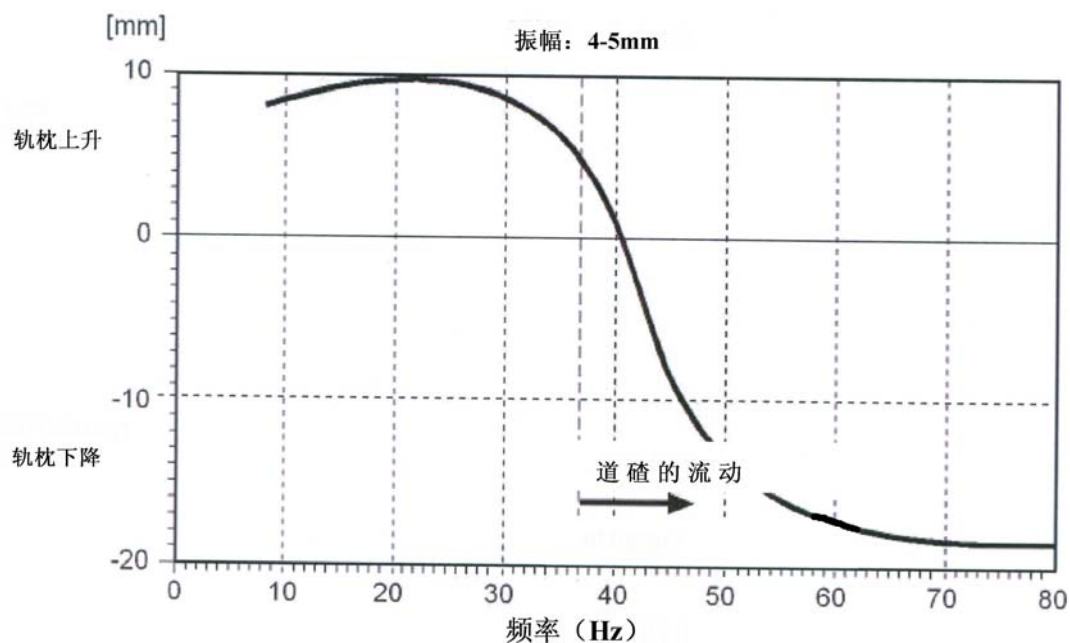
道床的坚实依靠挤压速度和振幅产生的推动力。



- 道床结构的重整和成形要求适当的压力和时间。压紧的能量通过捣固过程中，在捣镐移动很短的相位内实现，一个短时间能量爆发产生在坐标轴正半轴最高处（见上图）。
- 捣固深度，挤压时间和挤压压力都是影响工作的重要参数，这些参数的匹配对线路捣固过程非常重要。

### 3.4 起道对捣固过程的影响

- 另外一个非常重要的因素是捣固前的起道。起道在枕木下产生一个空间重建道床结构。



- 没有起道或者起道量不足，会阻碍良好道床结构的生成，同时不能有效重新分布道碴，使轨枕敷设不平整紧密，甚至产生令人担忧的“中部弹跳轨枕”。

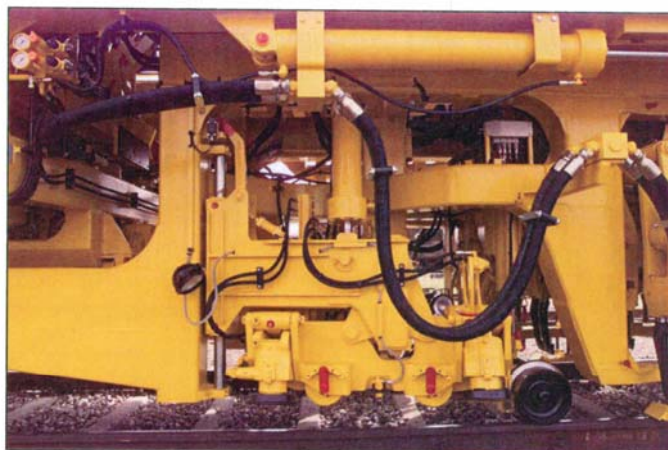






- 太大的起道量不能产生均匀的压实（即使反复捣固）和良好的承载方向的道碴结构，这主要受捣固设备作业区域的限制。（看下一页图）

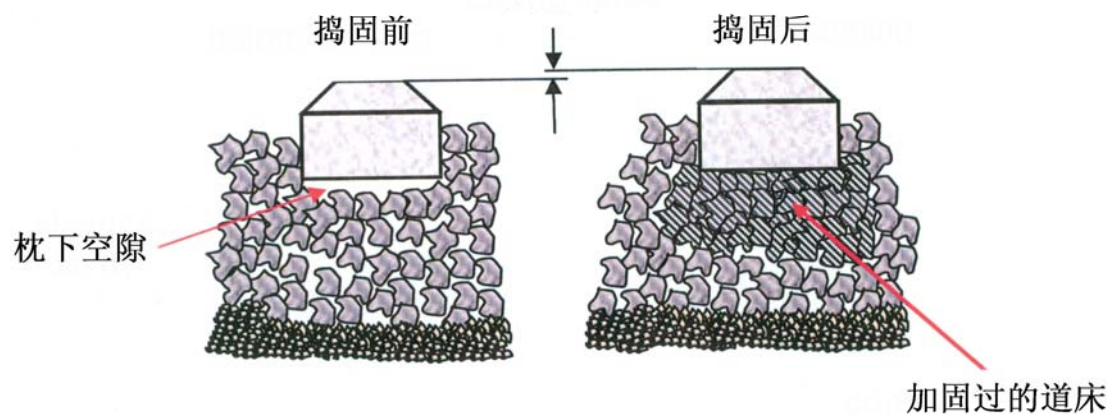
起拨道整形装置



附加的道岔三点起道转换装置



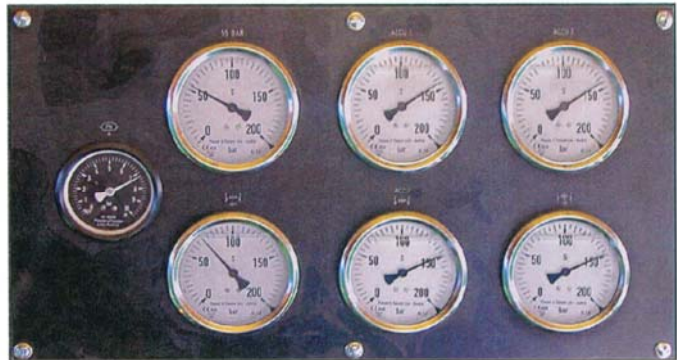
在此情况下，多次起道和捣固并补充新碴是建立多层道碴，使道碴达到必须高度的前提



## 捣固压力

- 当使用异步压力振动捣固方法时，捣固过程只有当达到调定捣固压力（夹持力）才会停止（捣固压力=道碴前方的捣固压力值=捣实）。最佳捣固压力值在 115-125 bar 之间。

捣固压力表



- 普拉塞陶伊尔的捣固装置允许根据不同石碴状况调节捣固压力。

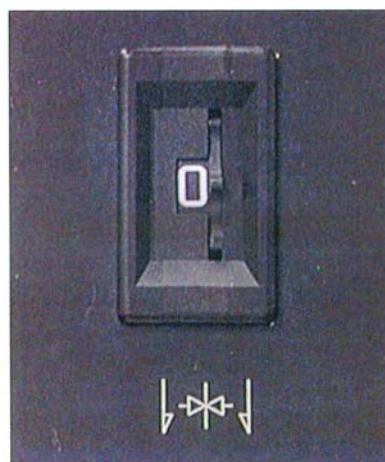
捣固压力设定旋钮



## 捣夹持时间

- 要达到所需的捣固压力，必须满足最小捣固时间。最佳的捣固时间视道碴情况而定，介于 0.8 至 1.2 秒。夹持时间可在普拉塞陶伊尔的机器上预设定并输入控制系统。均匀的捣固周期将产生均匀的密实度。

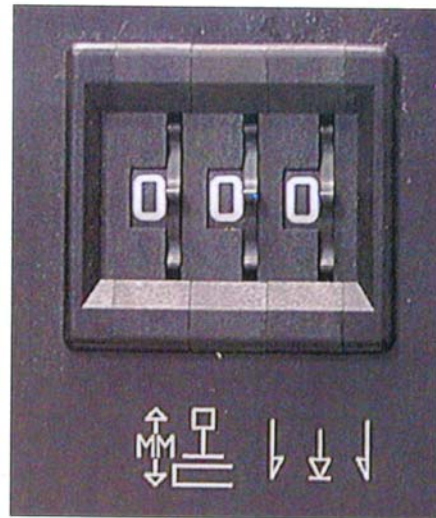
夹持时间设定旋钮





## 捣固深度

- 捣固深度对枕下道碴的密实度有很大影响。太浅的捣固深度将使捣镐挤压轨枕侧面，而达不到压实效果，还将损坏轨枕和捣镐。太深的捣固将导致不平整和不密实。最佳深度取决于石碴大小，一般镐掌上方与轨枕底面有15-20mm 空间。
- 普拉塞陶伊尔公司对捣固深度的规定可根据工务系统的设计进行调节，通过输入结构高度并由深度显示读数控制。





## 起 道

- 起道不仅影响线路位置，而且还影响轨枕支承表面的密实度。
- 因此只有捣固没有起道，线路质量得不到提高，同时线路稳定性也得不到提高。
- 捣固车装备了比例抄平和起道控制装置，工作中的各个细节都得到周详考虑。



## 4. 捣固的实践知识与规则

### 4.1 预备条件和准备工作

#### 排除故障

- 在机器工作前移除线路上所有的损坏元件，例如：
- 更换旧的或损坏的扣件并使铁轨恢复扣紧状态。



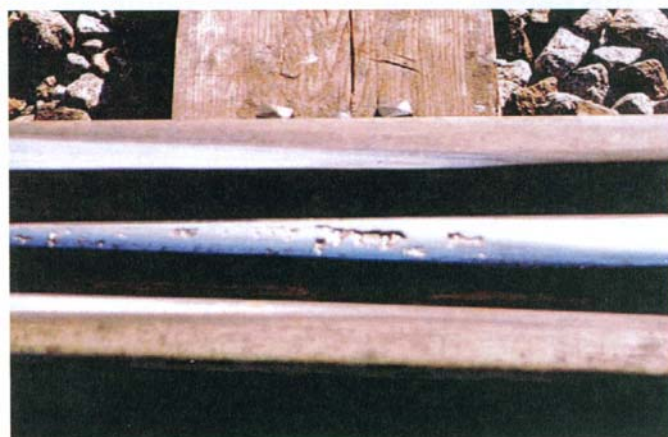
校准轨距。



➤ 预处理钢轨接头处



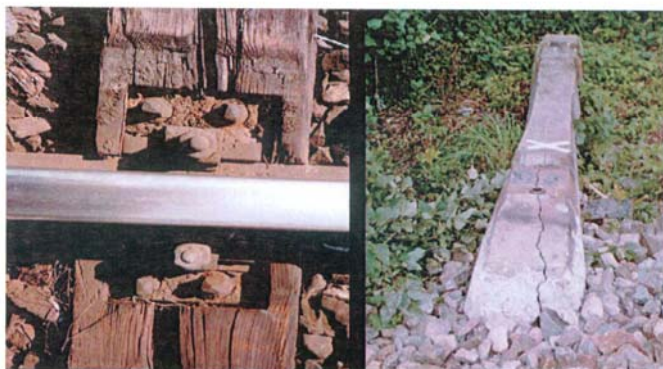
➤ 焊接、打磨处理损坏的钢轨、接头、道岔轨缘塌陷等等。







➤ 更换损坏轨枕

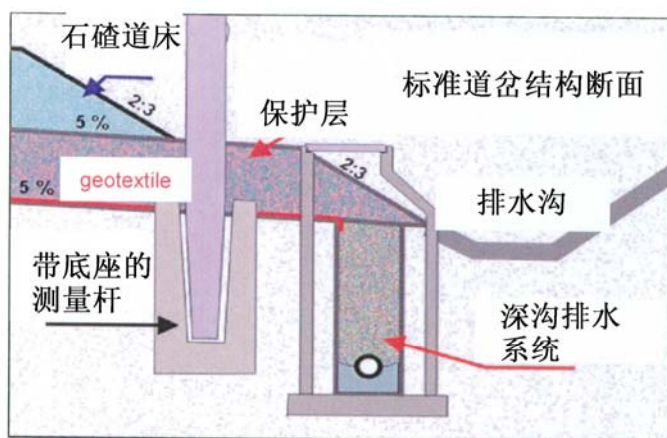


➤ 清洁排水沟渠





➤ 排除路基和道床的故障

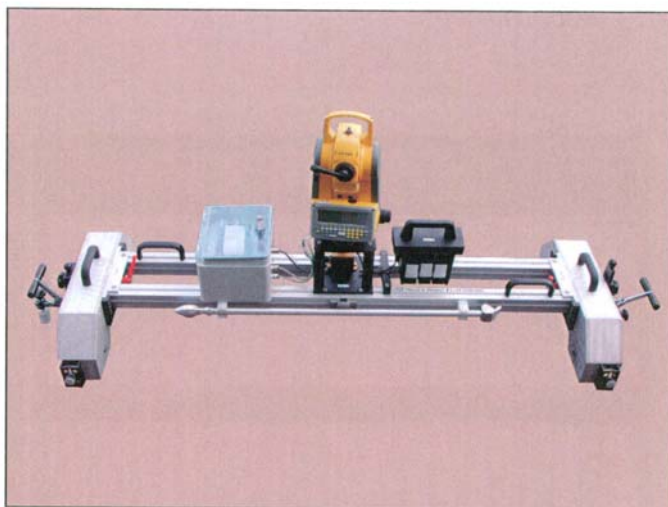




## 预先测量

- 预先测定轨面高度和起道量。

比如：修复激光小车

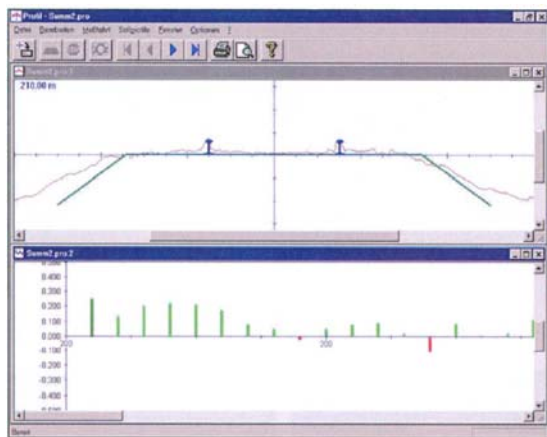




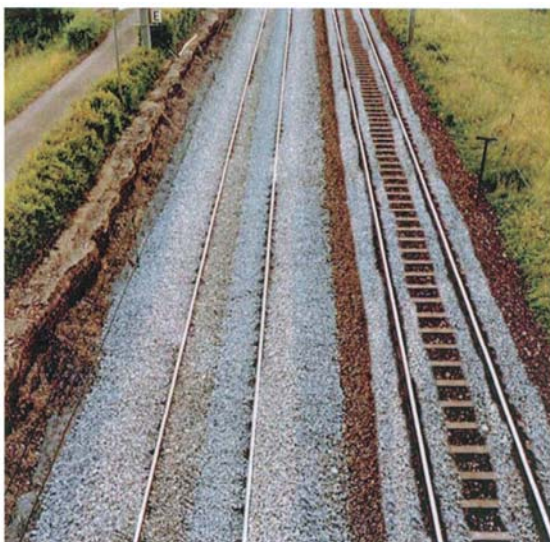


## 必备的石碴

- 进行起道作业时应对需要补充的石碴做出计算。根据情况补碴或配碴。



用激光道床外形测量系统  
可以精确测算石碴量。







## 清除障碍物

工作前，清除有碍捣固作业的东西，比如：

- 轨枕区域内的电气/钢轨接触。
- 磁性轨道联结设备。
- 车轮传感器
- 磁性停车感应器
- 过热传感器
- 平交道口设备等等。
- 不能移除的障碍件必须明确标示以免意外损坏。





## 4.2 机器的准备

确定机械的完好无损。以下条件特别重要：

- 磨损的捣镐应更换。



(覆盖着保护层的镐掌)

- 磨损和破裂的镐掌不得超过最大规定（最多为原尺寸的20%）
- 捣固头的振幅绝对不能因轴承的磨损而减少。

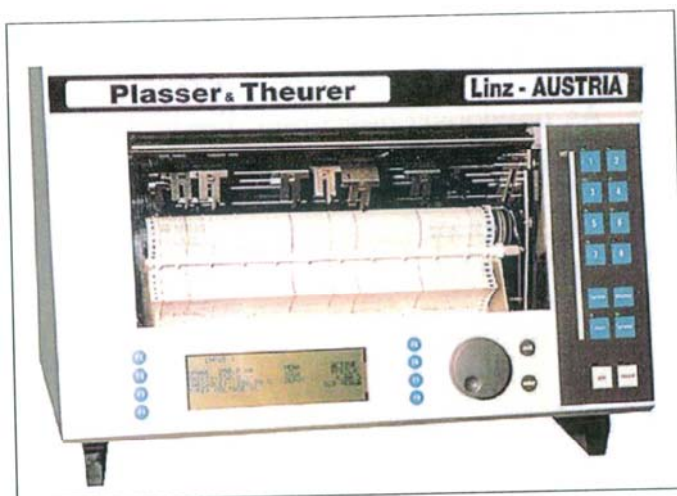


- 两侧捣固压力应相等。



- 捣固深度的调节：应使两侧的插入点相同。

- 测量系统和记录系统应该清零和校准。



- 机器绝对不能泄露（环境污染的危险）。
- 所有安全装置必须完好和功能正常。



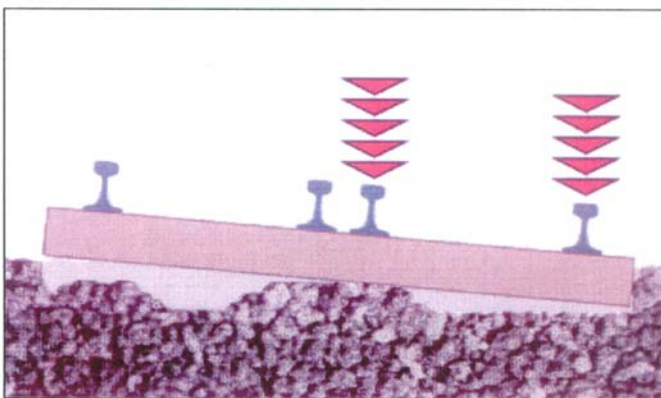


## 5. 抄平和起道

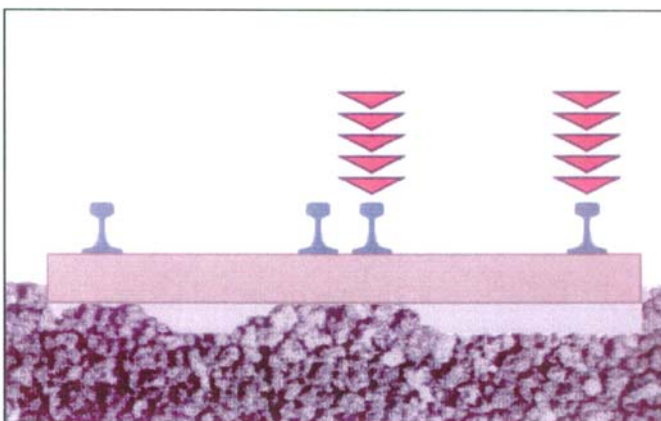
- 如前所述，起道对改善的道床结构、提高捣固质量和道床稳定性有很大的影响。
- 只有当达到以下地面条件时才能得到满意的作业效果：

### 总体轨顶面水平：

- 当设定抄平单元时，必须记住充分的起道将使轨道最高点平顺，达到最佳的轨面顶部位置。相关的轨道顶部测量错误，特别是决定最高点的时候，需要特别考虑。
- 当测量基准钢轨对面的钢轨过高时，这个额外的高度将被相加到需要的总起道量中，相邻钢轨这样的起道点也同样处理。
- 当决定基本起道量时，应记住考虑轨枕的全长。轨枕向一边倾斜的状况将被消除。



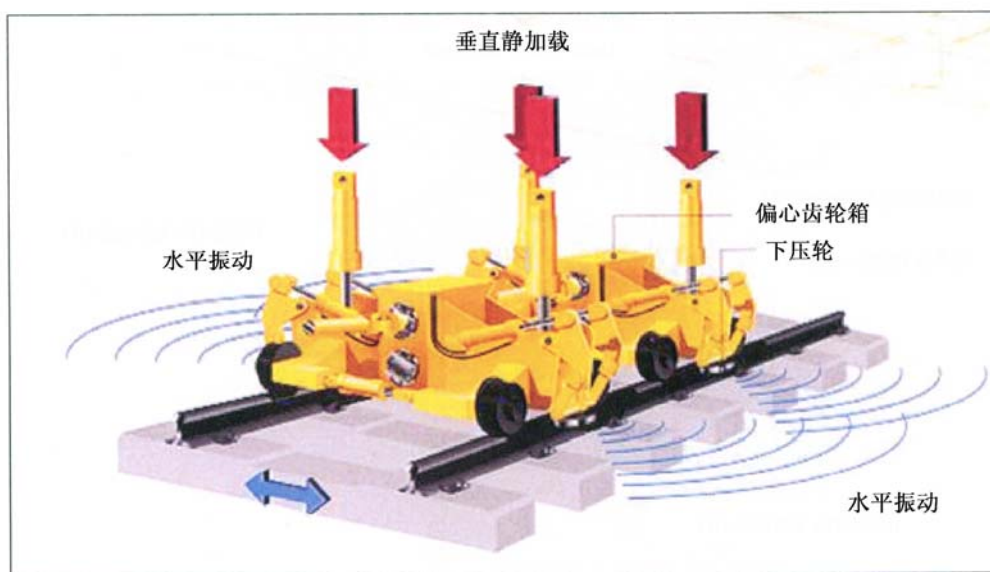
起道前倾斜的轨枕



起道后的状态变化

- 必须确定有足够的空间以重建轨枕中部石碴结构，起道是为了消除“中部弹跳轨枕”和防止轨枕将来隆起。
- 更长远的考虑，捣固过的轨道将在承载后下沉，也就是可以用动力轨道稳定车使轨道下沉在处于可控制状态下，来提高轨道的横向稳定性！

动力稳定的工作原理





## 基本起道量

- 在检测起道区域内，以最高点为基准，需要统一增加一个至少 10mm 起道量。根据测量点的起道高度加上基本起道量，就可以确定标志点的起道量。



- 实际操作证明，采用这个测量方法可以得到良好的轨道几何参数和持久的捣固质量。



## 坡道

- 现有轨道和新建线路轨顶面，或其他线路的连接，要尽量建造平顺（至少 1:1000）。

## 驶入坡道

- 起道的调整应从零开始并根据其水平在整个坡度的全长进行起道。在坡道端头建设斜面过渡（通过设定斜坡的适当延长线）一般不需要。随着连续调整斜坡端头的实际起道量，斜坡端头将自动消除。下面这种情况除外：指导线路斜坡端头被保留作为固定点。

## 驶出坡道

- 为达到以上相同效果，在旧有的铁路系统联结点减少起道量，将使驶出坡道处没有起道量（减量调节）。

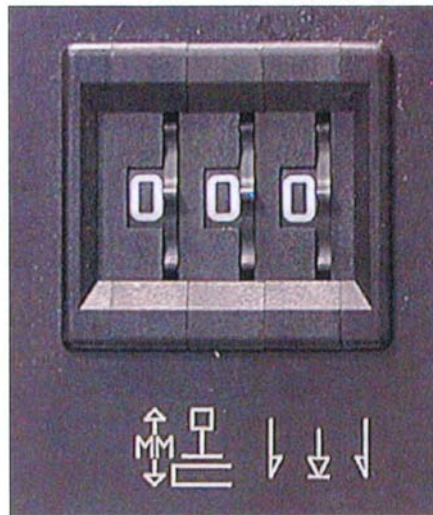




## 6. 机器设定

### 捣固深度

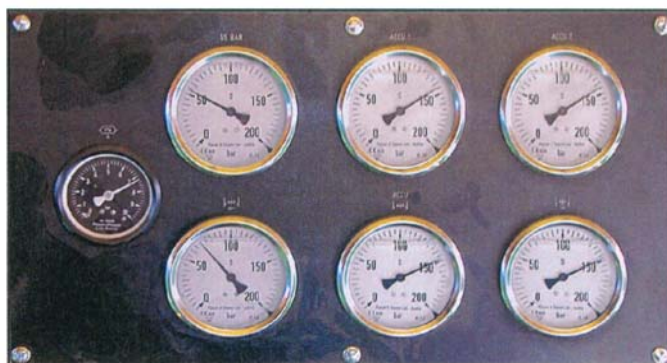
- 捣固头下插后，镐掌最上端和轨枕下底面的距离在 15-20mm 之间。两侧的捣固深度应相等。控制机构被设定完毕后，那么在到达捣固深度之前至少有 10-20mm 的石碴对轨枕的支撑将起作用。



### 捣固压力

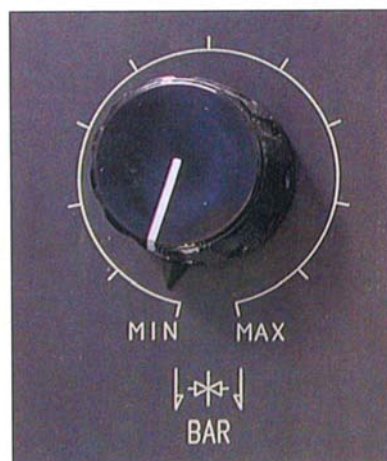
为使各种地表情况下达到正确的捣固压力值，用以下方法处理：

- 观察捣固头的捣固运动和捣固过程的效果。
- 如果捣镐与轨枕持续接触，那么就表示捣固压力或者捣固时间设定过高了。





- 如果在挤压运动中轨枕端道碴的流动可被明显的看到，捣固压力也太高。
- 如果没有看到挤压运动，或者只看到轻微的运动，那么捣固压力太低。
- 确定正确的捣固压力的不能在同一根枕木上做实验得到，重复的捣固将导致错误的结果。必须确保两侧相同的捣固压力值。检查捣固压力表。
- 对于均匀的、较好的石碴，捣固压力在 115-125bar 之间能得到最好捣固效果。若是初次捣固，压力将减少至 95-110 bar 之间。





## 夹持时间

- 正常情况下设定每次捣固时间为 1.2s。初次捣固（道碴松散）时间可以短些，但别低于 0.8s。

## 进行作业

### 工作速度

作业周期中的个别情况根据现场具体情况调整。下面情形将被考虑：

- 机器的加速和减速依靠车轮和钢轨间的摩擦力，而这又取决于钢轨表面类型。潮湿、生锈或者油滑的钢轨会引起钢轨打滑，还会导致制动时抱闸。加速和刹车都涉及静液压控制，都会产生影响。
- 加速度的调整可通过截流阀调整，避免轮子打滑，否则轮子将会严重擦伤。
- 制动压力应调整到避免轮子抱闸，以免车轮擦伤和留下刹车痕迹。



作业周期控制如下：

- 只有当机器完全停止向前运动时，捣固装置才能下插入石碴中（如 09 系列的工作小车）。



- 捣固装置插入石碴时应尽可能对中。

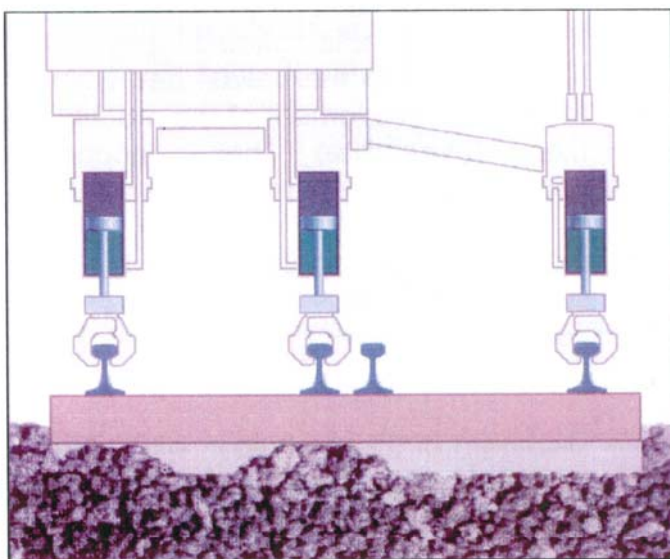


- 忽视上述规则将导致对钢轨和机械的负面影响（比如轨枕错位或损坏，捣固不足，损坏捣镐，捣固头和其他线路原件的损坏，等等。）。



## 道岔捣固

- 道岔的最高位置一般由常用线路钢轨的总体高度决定（干线）。常用线路将首先捣固。起道量的决定，特别是在长枕区域将是至关重要的。以下是应用实例：



- 在干线上的长枕区域可以同时提3轨进行起道。在这种线路上重枕的精确起道和整形是质量的保证。



- 在极端的条件下（比如双交叉道岔等等。），多功能设备（比如 08/09-4S）可以用上，捣固可以运行到另外一边。

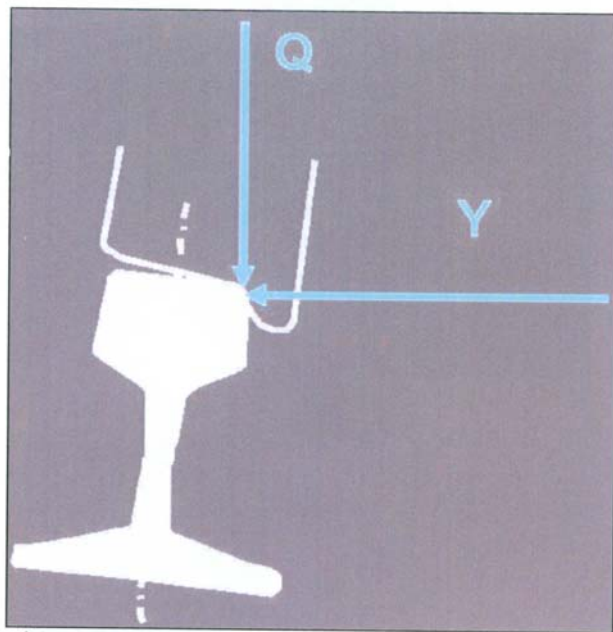


## 7. 捣固质量下降的原因

- 越来越多的钢轨发生几何形状变形，通常原因有很多。也可能是一种或是多种因素一起出现。

举例来说：

- 动态的和静态的操作（垂直和水平的力、不同的车轮压力、各类机具在钢轨上的运行等等）。



- 轨道的几何参数超差；短波磨耗和严重变形的损坏。

- 轨枕下空洞和倾斜轨枕。



- 道碴不足。





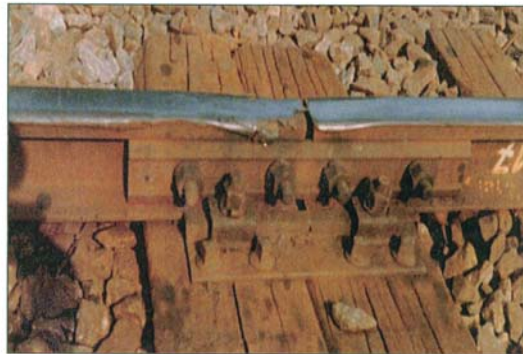
- 有缺陷的钢轨和金属扣件（钢轨变形、波浪形钢轨、制动擦伤、有高差的接头处、倾斜钢轨、松动的接头和扣件等等。）



picture 11

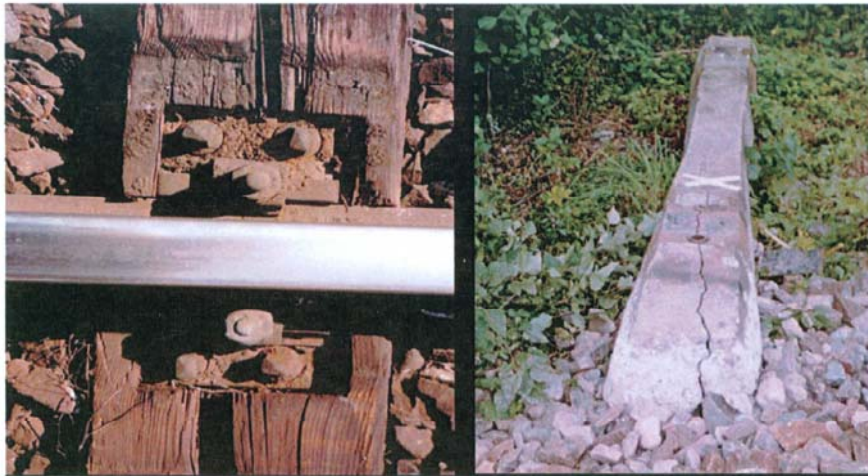


picture 9



picture 10

- 有缺陷的轨枕（腐烂的木枕、断裂或破碎的混凝土枕、锈穿或倾斜的钢枕等等。）



picture 13

- 低质的道碴（质软的石块、不适当的石块尺寸、松散的石碴、混合石碴等等。）
- 污染的道床（磨损的石碴颗粒、积水、淤积、板结等等。）
- 基础的缺陷（有缺陷的路基、沉陷、凸起、水浸泡、排水不畅、冻结等等。）



## 8. 提高线路质量的方法

抄平、起道、整形和捣固机械（以下图示）只可以有效修复以上提及的原因产生的影响，但将来会遇到更多的情况。

所有其它缺陷都需要在捣固车作业前修复，否则将得不到满意的捣固质量和持久的稳定性。



三枕捣固机械：09-3X型捣固车



09-3X型捣固车捣固作业中



09-3X型捣固车外观