

重载轨道与宽轨枕

第三勘测设计院 王永清

一、重载运输与重载轨道

众所周知,重载运输的特点是运量大,轴重大,列车牵引重量大,对轨道的破坏性加剧,面对这些矛盾,在轨道结构上必须加强,即采用重载轨道结构。重载运输的行车密度大,主要问题是大修周期短,经常养护维修工作量太大。国内几条主要干线都达到8分钟时间间隔,以至无法安排大中维修作业,为在技术上保证轨道处于经常良好工作状态,给列车提供安全,平顺的轨道,研究重载轨道的破坏规律,在轨道上采取一系列地加强措施,已成为当务之急。

二、重载轨道的钢轨

重载运输对钢轨的磨耗加剧,特别是小半径线路上的钢轨,因此在小半径的线路上应尽量采用耐磨钢轨或淬火钢轨,近来国外在轨道上涂润滑剂,不仅可以减轻轮轨磨损,而且还可节约牵引能量,这种措施也有参考价值。钢轨的疲劳破坏是各种应力的组合形成的,其中以轨头的接触剪应力为主要疲劳源。因此在钢轨材料上应逐步采用高强度材料,国外都采用含铬锰钼的合金钢,我国应创造条件逐步推广使用之。根据现场统计资料,线路通过Q亿吨后出现的情况是接头部位折损根数多于非接头折损根数,为了转变以上情况以及为了减少轮轨冲击对道床振动加剧,大力推行无缝线路也是很为必要的。

三、道床下沉量与重载轨道的轨下基础

道床的不均匀下沉而造成的轨道几何形状和尺寸的变化是重载轨道的主要破坏形式,研究道床的残余变形规律,千方百计控制道床下沉量,可以延缓轨道的破坏,减少轨道经常养护工作量。道床的几何尺寸是依靠道床的抗剪强度来维持的。道床的抗剪强度 $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$ 式中 c ——道床颗粒间咬合嵌制力。

ϕ ——道床颗粒间内摩擦力。

而 c 、 ϕ 随动荷载对道床振动加速度的增加而下降,设法减少对道床振动加速度的措施一是消灭钢轨接头,采用无缝线路,二是采用宽轨枕,增加轨下基础参与振动的质量,可以比普通混凝土轨枕减少振动加速度一半,从而保证道床抗剪强度不致下降。

据现场测量资料,一股钢轨不同测点的下沉量的平均值与标准偏差(下沉的不均匀性),大体上成正比,若采用宽轨枕,其下沉的不均匀性比混凝土枕下沉的不均匀性小得多,因此其

下沉的平均值也小得多。

道床下沉的规律, 据日本试验曲线的数字表达式为 $y = r(1 - l^{aT}) + \beta T$ 式的第一部分 $r(1 - l^{aT})$ 为道床压密阶段, 一般在轨道铺设后通过数百万吨运量以后即告完成; 式的第二部分 βT 为道床下沉的主要阶段, β 为道床稳定性能的下沉系数, β 值愈小, 道床愈稳定, 沉陷愈慢, 即完成一定运量下需要维修工作量愈小, 因此我们要千方百计地加强轨下基础, 降低 β 值, β 值与许多因素有关, 可以用下式表达

$$\beta = K \cdot \sigma_z \cdot \lambda \cdot N \cdot v \cdot \frac{u_1}{EI \cdot u \cdot m}$$

式中 K —— 比例系数

σ_z —— 道床顶面动应力

λ —— 车辆参数

N —— 轨道状态

EI —— 钢轨的抗弯刚度

m —— 参与振动的轨下基础质量 m

u_1 —— 垫板的弹簧刚度

u —— 钢轨基础的弹性系数

v —— 列车运行速度

现在就轨下基础采用宽轨枕和采用混凝土枕, 以它们的 β 值进行对比。

$$\mu_{\text{宽}} = 800 \text{ kg/cm}^2 \quad \mu_{\text{混}} = 600 \text{ kg/cm}^2$$

现采用 50 kg 轨, 轴重 22 T, 列车运行速度为 80 km/小时, 据计算作用在轨枕上的动压力为 6700 kg

$$\text{则} \quad \text{宽} \sigma_z = \frac{6700}{54.2 \times 95} \times 1.4 = 1.83 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{混} \sigma_z = \frac{6700}{27 \times 95} \times 1.6 = 4.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$m_{\text{宽}} = \frac{533}{2 \times 55g} = 0.00494 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{cm}^2$$

$$m_{\text{混}} = \frac{260}{2 \times 55g} = 0.00241 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{cm}^2$$

$$\beta_{\text{宽}} = K \times 1.83 \times \lambda \times N \times v \frac{\mu_1}{EI \times 800 \times 0.00494} = 0.4623 K \lambda N v \frac{\mu_1}{EI}$$

$$\beta_{\text{混}} = K \times 4.18 \times \lambda \times N \times v \frac{\mu_1}{EI \times 600 \times 0.00241} = 2.8907 K \lambda N v \frac{\mu_1}{EI}$$

$$\beta_{\text{宽}} / \beta_{\text{混}} = 0.4623 / 2.8907 = 0.16$$

设 $\beta_{\text{混}} = 1 \text{ cm/百万吨}$ (实际上此值偏大)

则宽轨枕的 $\beta_{\text{宽}} = 1 \times 0.16 = 0.16 \text{ cm/百万吨}$ 也就是宽轨枕的下沉量只相当于混凝土枕的下沉量的 16%, 其下沉曲线接近于水平线 (在通过运量时, 没有什么下沉), 实际上宽轨枕在铺设二至三年经过几年的运营后, 趋于稳定, 不再下沉; 我国铁路干线养护维修工作量, 据统计宽轨枕仅相当于混凝土枕的 13% 左右。

一般讲,现场的 β 值不易测定,可以用间接方法得到;若某一铁路线的道床稳定性下沉系数为 $\beta_{\text{标}}$ (此值也可采用国外资料),其混凝土枕的钢轨基础弹性系数为 $\mu_{\text{标}}$,则某一铁路干线的混凝土枕的钢轨基础弹性系数为 $\mu_{\text{混}}$,拆换成宽轨枕的钢轨基础弹性系数为 $\mu_{\text{宽}}$,此干线的混凝土枕的道床稳定性下沉系数及宽轨枕的道床稳定性下沉系数分别以下式计算之。

$$\beta_{\text{混}} = \frac{\mu_{\text{标}}}{\mu_{\text{混}}} \cdot \beta_{\text{标}}$$

$$\beta_{\text{宽}} = 0.21357 \times \frac{\mu_{\text{混}}}{\mu_{\text{宽}}} \times \beta_{\text{标}}$$

下面列出五组数据,以供参考

D kg/cm	28500	34200	39900	43200	48600	54000	59400	64800
$\mu_{\text{混}}$ kg/cm ²	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$\mu_{\text{宽}}$ kg/cm ²	700	800	900	1000	1100	1300	1400	1500

设混凝土枕 $\mu_{\text{混}}=600$, $\beta=1$ 时

$\beta_{\text{混}}$	1.2	1.0	0.86	0.75	0.67	0.6	0.55	0.5
$\beta_{\text{宽}}$	0.15	0.16	0.166	0.171	0.175	0.164	0.168	0.171

四、结 论

铺设宽轨枕可以大幅度减少经常养护维修工作量,延长线路大修周期,效果是明显的,当然铺设宽轨枕线路的造价比铺设混凝土枕线路的造价每公里多7万多元。我国各铁路干线可以根据其运量增长情况订出拆换规划,但对目前已达到每年4~5千万吨以上运量的干线,建议在近几年有必要拆换之。