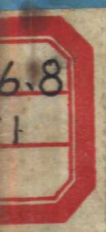


北方交通大学铁道建筑系
北 京 铁 路 局 编

无缝线路铺设与养护



人 民 铁 道 出 版 社

无缝线路铺设与养护

北方交通大学铁道建筑系 编
北 京 铁 路 局

人 民 铁 道 出 版 社

1976年·北京

内 容 简 介

本书阐述无缝线路基本原理,介绍我国无缝线路焊接、铺设、设计和维修方法,并简单介绍特殊地段无缝线路的特点。

本书可供铁路工务部门工人和技术人员以及技术学校学员学习和参考用。

无缝线路铺设与养护

北方交通大学铁道建筑系 编

北 京 铁 路 局

人民铁道出版社出版

(北京市东单三条14号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 5.75 字数: 127 千

1976年10月 第1版

1976年10月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—10,000册 定价(科二): 0.40元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

阶级斗争是纲，其余都是目。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

前 言

随着我国社会主义建设的飞速发展，铁路运输任务日益繁重。广大铁路职工，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，大搞技术革新，广泛采用新技术，在各方面都取得了许多新成就，推动了我国铁路事业的蓬勃发展。

无缝线路是铁路轨道的一项重要技术革新，它对于改善行车条件、减少设备维修、延长设备使用寿命等都具有重要的意义。无产阶级文化大革命推动了无缝线路的迅速发展。现在，在全国主要干线上正大力铺设无缝线路，不论在设计、铺设或维修方面都积累了许多宝贵经验。为了进一步普及无缝线路技术，交流经验，提高无缝线路质量，在广大养路工人、技术人员和领导干部的支持和帮助下，北方交通大学铁道建筑系线路教研室和北京铁路局工电处、科研所、工电大修总段及有关工务段、焊轨队共同编写了这本书，供现场同志参考。

考虑到目前我国已铺设的无缝线路绝大部分是温度应力式的，因此本书主要介绍这种型式无缝线路的有关知识。

在编写过程中，北京铁路局曾组织有经验的工人、技术人员座谈、讨论。我们也收集了其他铁路局的一些宝贵资料。铁道部工电局和铁道部科学研究院有关同志帮助审阅，提供了许多宝贵的意见，在此一并致谢。

由于我们思想水平和业务水平有限，书中缺点错误在所难免，欢迎同志们批评指正。

编者

1976年3月

目 录

第一章 无缝线路的基本原理	1
第一节 温度应力及温度力.....	2
第二节 钢轨温度与锁定轨温.....	3
第三节 线路阻力及轨道框架刚度.....	6
一、纵向阻力.....	6
二、道床横向阻力.....	9
三、道床竖向阻力.....	12
四、轨道框架刚度.....	12
第四节 温度力图.....	13
第五节 无缝线路预留轨缝计算.....	16
第二章 无缝线路的焊接与铺设	25
第一节 无缝线路的焊接.....	25
一、气压焊.....	25
二、接触焊.....	28
三、铝热焊.....	32
四、电弧焊.....	37
第二节 长钢轨的运输与装卸.....	38
一、长轨的装车.....	39
二、长轨的运输.....	40
三、长轨的卸车.....	42
第三节 无缝线路的铺设.....	43
一、铺轨准备作业.....	43
二、铺轨基本作业.....	47

三、整理作业	48
四、施工注意事项	48
第三章 无缝线路强度及稳定性	50
第一节 轨道强度计算原理	50
一、概述	50
二、基本假设	50
三、静力计算	51
四、动力计算	58
五、钢轨应力计算	68
第二节 无缝线路稳定性原理	74
一、概述	74
二、无缝线路稳定性计算公式	77
三、稳定性计算中几个问题的讨论	83
第四章 无缝线路设计	91
第一节 外业调查	91
第二节 无缝线路对轨道各组成部分的要求	92
第三节 无缝线路设计中应注意的问题	94
第四节 无缝线路设计步骤	95
第五节 无缝线路的设计算例	100
第五章 无缝线路胀轨跑道及钢轨折断	109
第一节 胀轨跑道的原因及防止措施	109
一、胀轨跑道的原因	109
二、防止胀轨跑道的措施	116
三、胀轨跑道的处理	121
第二节 钢轨折断及其防止措施	122
一、钢轨折断的原因	122
二、防止钢轨折断的措施	123
三、焊缝折断后的处理	124

第六章 无缝线路的应力放散与调整	127
第一节 无缝线路的应力放散.....	127
一、需要进行应力放散的几种情况.....	127
二、应力放散的方法.....	129
三、应力放散计算.....	133
四、应力放散的施工步骤.....	138
五、进行应力放散时的注意事项.....	140
第二节 无缝线路的应力调整.....	141
第七章 无缝线路的养护维修	143
第一节 无缝线路铺设前后的整修工作.....	143
一、铺设无缝线路前的线路整修工作.....	143
二、铺设无缝线路后的整修工作.....	144
第二节 无缝线路养护维修的原则.....	144
第三节 无缝线路养护维修的一般要求.....	145
第四节 无缝线路养护维修作业规定.....	146
第五节 无缝线路季节性养护维修工作.....	148
一、无缝线路养护维修的计划安排.....	148
二、无缝线路的养护维修方法.....	149
三、无缝线路季节性养护工作.....	150
第六节 无缝线路主要单项作业方法.....	151
第七节 无缝线路养护维修的工作制度.....	153
第八章 特殊地段无缝线路	157
第一节 桥上无缝线路.....	157
一、中跨度桥上无缝线路.....	157
二、大跨度桥上无缝线路.....	162
三、桥上无缝线路的铺设、养护与维修.....	164
第二节 小半径曲线上无缝线路.....	166
第三节 隧道内无缝线路.....	170

第四节	大坡道上无缝线路·····	171
第五节	整体道床上无缝线路·····	172

第一章 无縫线路的基本原理

无縫线路是由许多根标准长度的钢轨焊接成为一定长度的长钢轨线路。它与普通线路比较，在相当长的一段线路上消灭了钢轨接头，因而具有行车平稳、旅客舒适、节省接头材料、降低维修费用、延长线路设备和机车车辆的使用寿命等优点，并且适应高速行车的要求，因此它是铁路轨道发展方向之一。但事物总是一分为二的，由于钢轨焊接成很长的轨条，从而给无縫线路的铺设与钢轨的运输带来一定的困难；接头焊接的质量对无縫线路影响很大；钢轨接头焊接后，钢轨不能自由伸缩，因而钢轨额外承受了巨大的温度力，致使线路需要采取各种加强措施和与普通线路不同的养护维修方法，以保行车安全。运营实践证明，带来的这些新问题，是能够通过各种措施予以解决的。

无縫线路分为温度应力式和放散温度应力式两种。

温度应力式无縫线路是由一根长钢轨及两端 2 ~ 4 根标准轨组成。两端接头采用鱼尾板接头型式。在无縫线路铺设、锁定后，钢轨不能因温度变化而自由伸缩，因而在钢轨内部产生温度力，温度力的大小随轨温变化而不同。一般并不放散其钢轨的温度力。这种型式的无縫线路结构简单，不需要特殊设备，铺设、维修方便，在温差不大的地区，钢轨承受的温度力也不会太大，是一种比较好的结构型式。各国广泛采用温度应力式无縫线路。

放散温度应力式无縫线路又分为自动放散式和定期放散式两种。一般在温差较大地区和特大桥上，为了消除和减少钢轨内的温度力和尽量消除桥梁伸缩附加力的影响而采用放

散溫度应力式无缝线路。

路基上自动放散式无缝线路，是在长轨条两端设置类似桥梁溫度调节器的钢轨伸缩接头，并使用特制的中间扣件，不设防爬器，使钢轨在垫板上能随轨溫变化自由伸缩，以自动放散应力。另外还设有消除列车作用下引起爬行的弹簧复原装置。由于其设备复杂、缺点很多，这种型式的无缝线路已趋于淘汰。

定期放散式无缝线路的结构型式与溫度应力式相同。在每年一定季节（春、秋）的适当溫度下用更换缓冲区中不同长度调节轨的办法，来减少和控制钢轨的溫度应力。

本书主要介绍溫度应力式无缝线路的有关知识。

第一节 溫度应力及溫度力

一根不受任何限制而自由伸缩的钢轨，当轨溫变化时，其伸缩量为：

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t \quad (1-1)$$

式中： α ——钢的线膨胀系数。 $\alpha = 0.0000118 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$ ，即每米

长钢轨，当轨溫变化 1°C 时，钢轨伸缩 0.0000118 米；

l ——钢轨长度（米）；

Δt ——轨溫变化度数（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

无缝线路钢轨，中间接头被焊接，钢轨两端被扣件及防爬设备扣紧、锁定，不能自由伸缩。轨溫变化时，因无缝线路中部的钢轨无法伸缩，于是在钢轨內产生应力。根据虎克定律，钢轨內的应力为：

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

∴

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t$$

$$\text{则 } \sigma = E \cdot \frac{\alpha \cdot l \cdot \Delta t}{l} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \text{ (公斤/厘米}^2\text{)} \quad (1-2)$$

式中: E ——钢的弹性模量, $E = 2.1 \times 10^8$ 公斤/厘米²;

其他符号意义同前。

把 $\alpha \cdot E$ 值代入上式, 则:

$$\sigma = 2.1 \times 10^8 \times 0.0000118 \times \Delta t \approx 25 \Delta t \text{ (公斤/厘米}^2\text{)} \quad (1-3)$$

也就是说, 两端固定的钢轨, 当轨温升高或降低 1°C 时, 钢轨内每平方厘米的断面积上产生 25 公斤的压应力或拉应力。由于这个应力是由轨温变化引起的, 所以叫它为“温度应力”。而整个钢轨断面承受的由轨温变化引起的拉力或压力称为“温度力”。

一根钢轨承受的温度力为:

$$P_t = \sigma \cdot F = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \cdot F = 25 \Delta t \cdot F \text{ (公斤)} \quad (1-4)$$

式中: F ——钢轨的断面积。对于 50、43 和 38 公斤标准钢轨, 其断面积分别为 65.8、57.0 和 49.5 厘米²。

以 50 公斤钢轨为例, 当轨温变化时, 两端固定的钢轨, 承受的温度力为:

$$P_t = 25 \times \Delta t \times 65.8 = 1645 \Delta t$$

即, 轨温变化 1°C 时, 一股钢轨要承受 1645 公斤的拉力或压力。所以, 无缝线路中的钢轨, 随轨温变化, 要承受巨大的温度力, 这是无缝线路非常重要的一个特点, 也是无缝线路设计、施工及维修养护工作中必须考虑的一个特殊问题。

第二节 钢轨温度与锁定轨温

由公式 (1-2)、(1-4) 可知, 无缝线路中钢轨的温度应力与温度力的大小, 与轨温变化有直接关系。所

以，钢轨温度就成为设计、铺设和维修无缝线路的重要技术资料。

影响轨温的因素比较复杂，它不但受天气变化、风力大小、日照程度影响，而且还受地形、线路方向与测量部位和条件影响。为了弄清轨温与气温之间的关系，多年来，我国许多部门做了大量的工作。根据调查观测资料分析，一般认为最高轨温比当地最高气温高 20°C ，最低轨温与当地最低气温相同。

在现场实地量测轨温时，目前多用半导体点温计和普通温度计测量轨温。用半导体点温计量测轨温前，应对点温计加以校正并熟悉其使用方法，在点温计接触钢轨后即可读取轨温数值。当用普通温度计测量轨温时，应把温度计置于轨顶上，使水银球与轨顶面接触，并用砂子埋盖，过10分钟后再量取轨温数值（因轨温与砂子的质量关系很大，此法量得的数值不太准确）。此外，也可用短轨和普通水银温度计做成的专用轨温计来测量轨温。

如前所述，无缝线路钢轨的温度力和温度应力大小与轨温变化度数有关。所谓“轨温变化度数”是指在计算温度力时的轨温与无缝线路两端固定（也叫无缝线路锁定）时的轨温差数。无缝线路的锁定是通过拧紧无缝线路两端扣件和打紧按设计安置的防爬设备实现的，在锁定时的轨温，我们就叫做“锁定轨温”。很显然，锁定轨温的高低直接影响无缝线路钢轨温度力的大小，因此，必须十分重视。

正确、合理地选择无缝线路的锁定轨温是一件很重要的工作。设计无缝线路时采用的设计锁定轨温，通常是在保证无缝线路的强度与稳定的条件下由计算确定的，即这样的锁定轨温要保证无缝线路冬天钢轨不被拉断，夏天不发生胀轨跑道事故。考虑到施工的困难，在保证无缝线路强度与稳定的

条件下，允许实际锁定轨温在设计锁定轨温 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内变化。一般算得的设计锁定轨温比最高、最低轨温的平均值（中间轨温）要略高一些。例如北京地区，最高轨温 62.6°C ，最低轨温 -22.8°C 。其中间轨温 t_c 为：

$$t_c = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} = \frac{62.6 + (-22.8)}{2} = 19.9^{\circ}\text{C}$$

根据无缝线路强度与稳定性计算结果，北京地区设计锁定轨温采用 24°C ，允许实际锁定轨温范围为 $19^{\circ}\text{C} \sim 29^{\circ}\text{C}$ 。

为减少无缝线路胀轨跑道的危险性，在不影响线路强度的条件下，也可适当提高锁定轨温的数值。

不但在设计时要正确、合理地确定锁定轨温，而且在铺设与维修无缝线路时也要注意准确地确定和保持锁定轨温。

就目前采用的铺设无缝线路的施工方法和机具的情况来看，若钢轨落槽拧紧接头螺栓后，在未打防爬器前钢轨没有伸缩变形，可用两端钢轨落槽拧紧接头螺栓时轨温的平均值或较低值作为锁定轨温。若在合龙门时进行了撞轨，应把人为伸缩的长度，折算成轨温来修正锁定轨温数值。例如1000米长钢轨，在铺轨合龙门时，撞轨压缩了120毫米的长度，

则相当于降低锁定轨温 Δt ，而 $\Delta t = \frac{120}{0.0118 \times 1000} \approx 10^{\circ}\text{C}$ 。

即锁定轨温降低 10°C 。

由于维修养护无缝线路时，也是在锁定轨温的基础上，根据轨温变化情况安排工作，因此，必须注意不要随意改动原来合理的锁定轨温。

由式（1—2）、（1—4）可以看出，钢轨内的温度应力和温度力的大小与钢轨长度无关，这是无缝线路可以铺设的理论根据。也就是说，从理论上讲，无缝线路可以无限长，但考虑到施工方便及在道岔、大型桥隧设备和自动闭塞

区段必须断开钢轨的要求，我国铺设的无缝线路一般长1000~2000米（也有800~1000米的）。

第三节 线路阻力及轨道框架刚度

线路阻力是指阻止钢轨及轨道框架（钢轨、轨枕钉联在一起，称为轨道框架）移动的纵向阻力、横向阻力和竖向阻力。

一、纵向阻力

纵向阻力包括接头阻力、道床纵向阻力和扣件阻力。

（一）接头阻力

无缝线路两端接头阻止钢轨纵向位移的阻力叫接头阻力。在受拉情况下接头最大阻力可以看成由钢轨与鱼尾板之间的摩擦力和鱼尾螺栓的抗弯力或抗剪力组成。但根据试验，直径22毫米和24毫米的三级鱼尾螺栓，当受横向力而不变形时，其最大的抗弯力也不过4~5吨。所以，为安全计，无缝线路的接头阻力只考虑钢轨与鱼尾板间的摩阻力。

鱼尾螺栓拧紧后，鱼尾螺栓承受拉力，同时使鱼尾板与钢轨间发生很大的摩擦力。参看图1—1，假定鱼尾螺栓的拉力为20吨，鱼尾板与钢轨接触面的坡度为1:4，钢的摩擦系数一般在0.2~0.33之间，选定为0.25；图中 R 为螺栓受拉后钢轨作用于鱼尾板头表面上的合力， N 为垂直于鱼尾板头部每个顶面的分力。则：

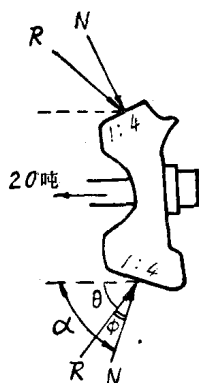


图 1—1

$$\theta = \alpha - \varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{4}{1} - \operatorname{tg}^{-1} 0.25$$

$$=75^{\circ}58' - 14^{\circ}02' = 61^{\circ}56'$$

若鱼尾螺栓承受20吨拉力，则：

$$R = \frac{10}{\cos \theta} = \frac{10}{\cos 61^{\circ}58'} = 21.25 \text{ 吨}$$

$$N = R \cdot \cos \varphi = R \cdot \cos 14^{\circ}02' = 20.6 \text{ 吨}$$

一根螺栓造成的鱼尾板与钢轨间的摩阻力为

$$S = 4N \cdot f = 4 \times 20.6 \times 0.25 = 20.6 \text{ 吨}$$

因此，钢轨与鱼尾板间的纵向摩阻力就与螺栓拉力大体相等。试验也证明这一点。

目前我国采用的一、二、三级鱼尾螺栓（在螺栓帽上分别有○、◎、光面的标记），其屈服强度分别为70、50、28公斤/毫米²，则24毫米直径的各级鱼尾螺栓能够承受的拉力分别为22、16、9吨，22毫米直径的分别为19、14和8吨。因此，直径22毫米的三级螺栓四孔鱼尾板的接头阻力为 $P_H = 2 \times 8 = 16$ 吨，六孔鱼尾板的接头阻力为 $P_H = 3 \times 8 = 24$ 吨；直径24毫米一级及二级螺栓六孔鱼尾板的接头阻力为60及40吨（适当考虑安全系数）。

根据上面的分析，接头阻力的大小，与鱼尾螺栓材质、个数及其拧紧程度和鱼尾板类型有关。若采用的鱼尾板接头类型确定后，螺栓拧紧程度就成为保持接头阻力的关键措施。为使螺栓拉力达到应有数值，必须把螺帽拧紧到一定程度。拧紧螺帽的扭力矩与螺栓拉力关系的经验公式如下：

$$T = K D P \quad (1-5)$$

式中： T ——拧紧螺帽所需的扭力矩（公斤-米）；

K ——系数，约等于0.2；

P ——螺栓拉力（吨）；

D ——螺栓直径（毫米）。

所以，为保证必要的接头阻力，一级螺栓的扭力矩不应

低于90公斤-米,二级螺栓70公斤-米,三级螺栓40公斤-米。计算和试验证明,只要达到要求的扭力矩,在北京及其他一些地区,即使采用二级鱼尾螺栓,也能满足锁定无缝线路的要求。

(二) 道床纵向阻力

若钢轨与轨枕牢固相联,在纵向外力作用下,整个轨道框架将沿道床作纵向移动,也就是说轨枕沿线路方向移动。则道床抵抗轨枕沿线路方向移动的阻力称为道床纵向阻力。

道床纵向阻力与道碴材料、粒径及道床断面、捣实程度,轨道框架(或轨枕)重量及道床脏污程度等有关。图1—2为实测的道床纵向阻力曲线。由图中可以看出,道床纵向阻力随位移的增加而增长。若轨枕间隔较大,位移达到一定值时,阻力即不再增加。为方便使用,采用位移2毫米时的阻力值作为常量,进行有关计算。表1—1为设计时常用的道床纵向阻力值。但必须指出,不同线路的道床纵向阻力值互不一样,如必要,应采用实测值进行有关计算。

(三) 扣件阻力

扣件阻力是指各种中间扣件和防爬设备抵抗钢轨纵向位移的阻力,一般情况下不同扣件的阻力列于表1—2,可供参考。

当然,有许多因素影响扣件阻力值,如必要,也应采用实测值进行有关计算。

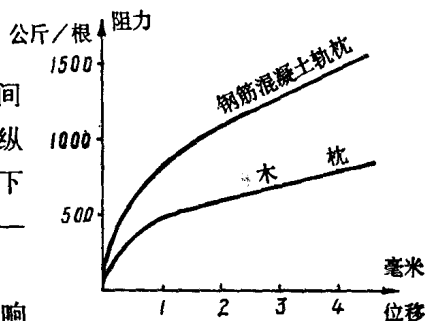


图1—2 道床纵向阻力——位移曲线

当线路扣件阻力大于道床纵向阻力时,线路只能沿道床位移。否则,钢轨将沿垫板移动。为加强线路,减少钢轨伸