

无缝线路施工

徐庚华 编

中国铁道出版社

1987年1月北京

前 言

随着铁道运输技术的发展，作为现代化轨道结构标志之一的无缝线路，在全国各主要干线上正在大力推广使用，铺设范围，日益广泛，并在运营中显示了它的优越性。多年来，各铁路局在设计、铺设及养护维修等方面，都积累了不少宝贵的经验，为提高线路的质量、改善行车条件、保障行车安全，开创了新的局面。

在铺设无缝线路的施工过程中，有许多较为复杂的技术问题，稍不注意就会直接影响无缝线路的质量，不但无缝线路的优越性不能充分地显示，而且还会因施工方法不当，给无缝线路埋下胀轨跑道等隐患，危及行车的安全。为促进轨道现代化技术的发展，加速无缝线路施工的进程，和为提高无缝线路施工的质量，以及为配合无缝线路扩大铺设范围的需要，根据多年来的施工实践，并吸取各局在施工中的先进经验编成此书。书中对在各种不同条件下的无缝线路施工特点、要求、施工组织及作业方法，尽可能作出较详细的阐述，供从事无缝线路的广大职工参考。但由于本人知识水平有限，书中难免有不当和错误之处，敬请广大读者批评指正。

本书在编写过程中，承蒙郑州铁路局武汉科研所广钟岩同志对本书内容进行了详细审阅，在此特表示感谢。

编 者

1983年6月30日

无缝线路施工

徐庚华 编

中国铁道出版社出版、发行

责任编辑 陈 健 封面设计 翟 达

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米 印张: 6 字数: 134 千

1984年12月 第1版 1987年7月第2次印刷

印数: 2,301—4,800册 定价: 1.20 元

目 录

概 述	1
第一章 铺设前的准备	6
第一节 工厂焊接钢轨的准备	6
第二节 工地焊接钢轨的准备	37
第三节 铺设前的线路整修	65
第二章 换轨施工	70
第一节 换轨前的准备工作	70
第二节 合理选择施工时间	76
第三节 封锁线路前的准备	87
第四节 封锁线路换轨施工	92
第五节 施工质量安全注意事项	101
第六节 旧轨回收作业	108
第三章 特殊条件下的施工	114
第一节 特殊平纵断面地段的施工	114
第二节 大中桥上无缝线路的铺设	120
第三节 隧道内无缝线路的铺设	127
第四节 更换既有无缝线路上长钢轨的施工	129
第五节 旧轨的焊接与铺设	132
第六节 宽轨枕线路上无缝线路的铺设	137
第七节 无缝线路的清筛作业	139
第八节 寒冷地区无缝线路的铺设	143
第九节 无缝线路轨下建筑物的施工	147
第十节 无缝线路上增设或改移绝缘接头	151

第十一节 其他特殊的作业	153
第四章 铺设后的整修与交验	155
第一节 线路整修作业	155
第二节 无缝线路应力放散	160
第三节 无缝线路整修作业的施工安全	171
第四节 技术资料及备品	176
第五节 工程交验	179

概 述

无缝线路是轨道结构现代化的标志。在运营中，无缝线路与普通线路相比，由于消除了大量钢轨接头，因而消除了接头冲击力，减少了线路病害养护维修工作量，节省了钢轨连接零件的材料，提高了轨道电路的可靠性和导电性，列车运行也更加平稳。特别在高速铁路上，其优点格外明显。

无缝线路是由许多标准长度的钢轨焊接成长钢轨铺设而成的，并通过扣件把钢轨与轨枕、轨枕与道床紧固在一起，使钢轨在温度变化时，不致发生明显的变化。从外观看，除钢轨接头外，虽与普通线路没有什么差别，而实际上，当轨温发生变化时，由于钢轨不能自由伸长或缩短，所以在钢轨的内部就产生了很大的温度应力。当钢轨温度高于铺设轨温时，钢轨由于不能自由伸长，即在钢轨内部产生温度压力，相反情况，即产生温度拉力。如果线路的技术状态不符合无缝线路的有关规定时，在较高轨温下，将会发生胀轨跑道，或使长钢轨端部承受较大的压力，甚者可使钢轨发生揭顶的病害。如果是在较低轨温下，则会使轨缝拉大，接头螺栓拉断，甚至导致钢轨折断。因此，无缝线路的铺设同温度变化的幅度密切相关。

随着各地区温度变化幅度大小的差异，无缝线路的铺设具有不同的结构型式，可分为温度应力式和放散温度应力式两大类。一般都采用温度应力式，只是在温差特大的地区和特殊设计的大桥上才采用放散应力式，目的在于减少和控制钢轨的温度应力及对桥梁的附加纵向力。

放散应力式无缝线路又分为自动放散应力式和定期放散

应力式两种。自动放散应力式无缝线路，是在长钢轨的两端设有钢轨伸缩接头，采用特制的中间扣件，使钢轨随轨温变化而自由伸缩；定期放散应力式无缝线路，其结构型式则与温度应力式无缝线路相同，但是每年春秋两季，要在设计的轨温下进行钢轨内部应力的放散，并更换缓冲区的钢轨。

铺设温度应力式无缝线路时，要按照设计轨温将长钢轨锁定，使钢轨因温度变化而产生的温度力不致影响轨道的强度和稳定。其铺设形式是在长钢轨的两端，连接2~4根标准长度的钢轨组成缓冲区，接头采用普通夹板高强度螺栓连接。长钢轨铺设后，当轨温发生变化时，除两端伸缩区约100m范围内有正常的伸缩外，其余为固定区，不因轨温变化而伸缩。

在固定区钢轨内部产生的温度应力是按下式计算的。即

$$\sigma = E \cdot \frac{\Delta l}{l} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t \approx 25 \Delta t \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (1)$$

式中 E ——钢的弹性模量 ($E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)，

α ——钢的线膨胀系数，其值为0.0000118，即每米长钢轨，当轨温变化 1°C 时，钢轨伸缩0.0000118m；

Δt ——轨温变化度数 ($^\circ\text{C}$)，即计算时的轨温与锁定轨温之差；

σ ——钢轨温度应力，正值为拉应力，负值为压应力。

钢轨整个断面承受的温度力为 P_t 。

$$P_t = \sigma \cdot F = 25 \cdot \Delta t \cdot F \text{ (kg)} \quad (2)$$

式中 F ——钢轨的横断面积。

以50kg钢轨为例，如按上式计算，当轨温变化 1°C 时，无缝线路上的每股钢轨将承受1645kg的温度拉力或压力；若

轨温变化 40°C ，则每股钢轨就会承受 65.8t 的温度力。而且这样大的温度力，是不易被人们觉察到的。

因此，铺设无缝线路必需做到精心施工，避免使长钢轨承受额外的作用力，以保障运营和维修作业的安全。

在施工时，由于种种客观因素的限制，如采用撞轨法来克服铺设曲线上钢轨因内外股钢轨长度差而造成的换轨小车走行不顺的现象；钢轨尚未全部落地，过早地在起点端部安装并拧紧扣件；当换轨小车走行受阻，强制钢轨落槽等等，都使锁定后的钢轨长度产生人为的变动，同时不可避免地增加了附加纵向力，这样，就无形地改变了钢轨的锁定轨温。此种现象通常没有引起重视，实际上它给维修作业安全埋下了隐患。

由于温度力是看不见也摸不到的，加之平时养成了进行普通线路施工的习惯，在思想上缺乏温度应力与钢轨长度变化密切相关的概念。所以在铺设无缝线路时，易按普通线路施工的习惯来判定有无问题，容易认为只要钢轨合龙，施工就算顺利，这就违背了无缝线路施工的原则。因此，对于施工人员来说，必须弄清无缝线路的特点，掌握施工原则，力求做到精心施工。

为了比较准确地分析长钢轨内部积聚的应力和纵向力的变化情况，设计中规定，在无缝线路地段要埋设一定数量的位移观测桩，这些观测桩应在钢轨锁定的同时做好，并建立观测记录制度。其观测标记的零点是表示锁定时的钢轨基本处于自由状态，即内部没有积聚应力。以后观测钢轨的位移时，就以这个零点为基准进行对比分析，判断钢轨在温度变化时所产生的位移是否正常。

从无缝线路的结构型式上看，虽然消灭了大量钢轨接头，但在两根长钢轨的连接处，仍设有 $2\sim 4$ 根由标准钢轨

组成的缓冲区，因此也要预留好轨缝，否则会同样产生病害。

钢轨焊接不平顺，也会产生一系列的问题，引起附加的动力作用，迫使线路质量下降，增加线路的不稳定因素。

无缝线路上长钢轨的锁定，是通过接头连接部件和轨枕扣件的紧固，以及道床的密实和饱满来实现的。无缝线路的各种阻力也是靠它来加强的。这些阻力包括阻止钢轨及轨道框架（钢轨与轨枕联结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等。施工中如放松对夹板螺栓及轨枕扣件的拧紧工作，或对道床没有做到密实饱满，都会降低无缝线路的质量。

由此可见，施工质量的好坏关系重大。怎样来衡量无缝线路铺设施工质量的优劣，归纳起来有以下几点：

一、锁定时的长钢轨应处于自由状态，即钢轨内部不得积聚有温度力。

二、应在正确锁定钢轨的同时，建立起牢固可靠的位移观测桩、观测标记、及准确的观测记录。以便通过观测记录的分析，求得附加应力的的大小，来调整锁定轨温。

三、按照设计、预留好缓冲区每个接头的轨缝。

四、做好焊缝外形的整修及调直工作，使长钢轨无硬弯，焊缝平直无超限。

五、钢轨铺设后，反复拧紧接头夹板螺栓及轨枕扣件螺栓，并用扭力扳手检查其扭力矩是否达到规定。

六、道床断面外型尺寸及道床密实程度应符合设计要求。

为达到上述要求，必须使施工人员改变按普通线路施工和养护的习惯，建立起无缝线路施工养护的新概念。所谓新概念概括起来有以下几点：

一、锁定后的长钢轨当轨温发生变化时，钢轨内部即积聚有一定的温度力，该力的大小与钢轨断面及轨温变化的大小有关。当轨温相对锁定温度上升时，产生压力；下降时，产生拉力。

二、锁定的长钢轨当其固定区长度发生变化时，钢轨内部的温度力也随之发生变化，尤其是锁定轨温也相应地发生变化。测量时若长度增长，则其实际锁定轨温已升高；反之，则其实际锁定轨温已降低，并且内部温度力也都随之发生变化。其锁定轨温变化的大小与长度或温度力变化的大小成正比。

三、自由状态的长钢轨，其长度应随轨温变化而自由伸缩，故其内部是不积聚温度力的。但由于钢轨支承条件的不同，轨底面与支承面间存在着一定的摩擦阻力，所以在此情况下，轨温变化时，仍有一部分应力保留在钢轨内部，其大小与支承面的条件及构造有关。

四、轨枕扣件及接头连接零件的构造、材质、数量及拧紧程度，以及道床的断面型式、密实程度与线路阻力有着密切的联系，因此要提高线路的阻力，必须改进轨枕扣件及接头连接零件的构造、材质，按规定数量设置和拧紧，提高道床的密实程度，改善道床的断面型式。

在施工作业中，只有正确运用这些观点指导工作，才能达到精心施工的目的，使无缝线路的优越性得到充分发挥。

第一章 铺设前的准备

目前我国无缝线路的铺设，主要是在运营的线路上进行。因此，必然要涉及到各个部门的相互配合，而且对施工的干扰因素也很多。为此，铺设之前必须做好各项准备工作。在准备工作中，要根据现场具体条件、施工季节、施工时的运输情况，远期规划、施工队伍劳力与机具设备条件等因素，做好各种预想，把可能发生的问题，尽可能地解决在封锁施工之前，确保优质、高效、安全、正点地完成铺设任务。

第一节 工厂焊接钢轨的准备

无缝线路是用各种焊接方法，将无孔、不淬火的标准长度的钢轨焊接成长钢轨而铺成的线路。由于工厂的场地及运送工具的限制，一般焊轨工厂是采用气压焊或接触焊法，将25m轨焊成200~250m左右的长钢轨（有条件的工厂还可焊的更长），然后利用运送长轨的专用列车运送到工地，再用铝热焊或其它工地焊接的方法，焊接成设计的长度。

一、配轨设计及配轨挑选

钢轨的焊接，是按照配轨设计长度进行的。配轨设计是焊接钢轨准备工作的重要环节，它是无缝线路设计文件的主要组成部分。

（一）配轨设计的外业工作

在配轨设计前，必须细致地作好外业调查。调查的主要内容是：

1. 准确丈量既有线路两股钢轨的长度及通过地段内的桥梁墩台、道岔头尾、警冲标、信号机、绝缘接头、道口、变坡点、曲线始终点、隧道进出洞口等有关设备的准确里程。丈量时，要求丈量人员固定，前后拉链用力均匀，左右两股轨按先后次序逐链丈量，也可丈量一股钢轨，再按有关平面资料计算另一股钢轨的长度。

2. 既有线路设备技术状态。如道床断面尺寸及厚度、每公里轨枕配置数及失效根数、每公里大小胶垫损坏数和缺少数及其材质、每公里轨枕扣件类型及缺损数、既有钢轨及连接零件的技术状态与类型、路基技术状态、防爬设备等。

3. 桥梁的技术状态。如类型、孔数、跨长、高度，必要时调查墩台和基础情况等。

4. 道口铺面宽度、铺面类型和技术状态，以及道口自动报警设备等。

5. 绝缘接头的位置、类型及技术状态，

6. 制动地段的线路爬行情况及防爬设备状态。

7. 曲线钢轨使用情况，及钢轨磨耗的历史资料。

8. 隧道内的轨温变化情况，及其线路技术状态。

9. 有无超限建筑限界的处所。

10. 当地历史最高及最低气温。

11. 近期机车类型、行车速度及自动闭塞或调度集中等信号设备的改造规划。

12. 有无惯性钢轨擦伤地段、波及范围及擦伤情况。

(二) 配轨设计的原则

各种技术计算确定后，即可进行配轨设计。配轨设计除应符合《铁路工务规则》有关规定外，尚须考虑以下具体条件：

1. 工厂焊接钢轨的标准设计长度。由于焊接时钢轨要

消耗一定数量的顶锻量，使钢轨的长度有一些损失，因此工厂焊接钢轨的标准设计长度应为：

$$L_{\text{标}} = n \cdot l - (n - 1) \cdot d \quad (1 - 1)$$

式中 $L_{\text{标}}$ ——工厂焊接钢轨的标准设计长度 (m)；

n ——标准钢轨的根数；

l ——标准钢轨的长度 (m)；

d ——焊接工艺中规定的顶锻钢轨消耗量 (m/根)。

除此之外，焊接好的钢轨长度，应考虑不得超过工厂内长钢轨承轨台的长度。

2. 缓冲区长度。当缓冲区设有绝缘接头时，一般采用 4 根标准钢轨的长度，绝缘接头居中。若未设绝缘接头，可采用 2 ~ 4 根标准钢轨的长度。缓冲区若在曲线上，内侧钢轨应按规定配置标准缩短钢轨。缓冲区长度的计算应包括预留轨缝。绝缘接头轨缝的预留量，应符合《铁路工务规则》的规定。在计算时，左右两股应分别计算，其长度为：

$$L_{\text{缓}} = n_{\text{标}} \cdot l_{\text{标}} + n_{\text{曲}} \cdot l_{\text{曲}} + 2 \cdot \lambda_1 + 2 \cdot \lambda_2 + \lambda_3 \quad (1 - 2)$$

式中 $L_{\text{缓}}$ ——缓冲区设计长度 (m)；

$n_{\text{标}}$ ——缓冲区配置标准钢轨根数 (根)；

$l_{\text{标}}$ ——缓冲区配置标准钢轨的长度 (m/根)；

$n_{\text{曲}}$ ——缓冲区配置曲线标准缩短钢轨的根数 (根)；

$l_{\text{曲}}$ ——缓冲区配置曲线标准缩短钢轨的长度 (m/根)；

λ_1 ——长钢轨与标准轨之间预留轨缝值 (m)；

λ_2 ——两标准钢轨之间预留轨缝值 (m)；

λ_3 ——绝缘接头预留轨缝值 (m)。

例如：某缓冲区采用四根 25m 标准钢轨，右股为曲线内侧，根据平面资料计算的结果，应配置一根 24.96m 标准缩短钢轨；长钢轨与标准钢轨之间，设计预留轨缝为 6 mm；两标

准钢轨之间，设计预留轨缝为 8 mm；绝缘接头设计预留轨缝为 10 mm。则左右缓冲区设计长度为：

$$L_{\text{缓左}} = 4 \times 25 + 2 \times 0.006 + 2 \times 0.008 + 0.010 \\ \approx 100.04 \text{ m}$$

$$L_{\text{缓右}} = 3 \times 25 + 24.96 \times 1 + 2 \times 0.006 + 2 \times 0.008 \\ + 0.010 \approx 100 \text{ m}$$

3. 每段无缝线路的长钢轨设计长度

每段无缝线路，通常是以自动闭塞信号的一个自动闭塞区间作为一段设计长度，故每段无缝线路的长钢轨设计长度应为：

$$L_{\text{长}} = L_{\text{闭}} - \frac{1}{2} \cdot L_{\text{前缓}} - \frac{1}{2} \cdot L_{\text{后缓}} \quad (1-3)$$

式中 $L_{\text{长}}$ ——每段无缝线路的长钢轨设计长度 (m)；

$L_{\text{闭}}$ ——自动闭塞信号的闭塞区间长度，或两信号绝缘接头之间的距离 (m)；

$L_{\text{前缓}}$ ——无缝线路前端缓冲区长度 (m)；

$L_{\text{后缓}}$ ——无缝线路后端缓冲区长度 (m)。

在设计时，尚应根据以下情况，酌情缩短其设计长度，但根据《铁路工务规则》的规定，最短不得少于 300 m。

(1) 铺设时封锁点与施工劳力不适应，而延长封锁时间又不可能时，应根据施工劳力的情况将长度缩短，以保证在规定的封锁时间内安全、正点、质量良好地完成铺设任务。

(2) 对曲线上钢轨磨损较快，或有惯性的钢轨擦伤地段，为便于将来更换损伤钢轨，解决好钢轨使用周期不同的问题，可以分别作设计。

(3) 闭塞区间内的隧道或应特殊设计的桥梁。

(4) 闭塞区间内连续几个曲线，或曲线两股钢轨总缩

量较大，铺设没有困难，会影响施工封锁时间，不能确保正点开通线路。

在每段无缝线路长钢轨配轨设计中，两根由工厂焊接的长钢轨之间，应预留工地铝热焊缝的尺寸，一般为 0.01m。

例一、某段无缝线路，其自动闭塞信号的两绝缘接头间的距离为 1735.75m，设计前端缓冲区长度为 100.04m，后端缓冲区长度为 100.02m，求该段无缝线路长钢轨的设计长度。

$$\begin{aligned} L_{\text{长}} &= L_{\text{闭}} - \frac{1}{2} \cdot L_{\text{前缓}} - \frac{1}{2} \cdot L_{\text{后缓}} \\ &= 1735.75 - \frac{1}{2} \times 100.04 - \frac{1}{2} \times 100.02 \\ &= 1635.72\text{m} \end{aligned}$$

(注：此长度为顺线路中心的长度)

例二、根据调查资料，以上无缝线路地段内，有一段曲线磨耗较快，其长度为 459.62m，平均五年左右即需换轨，为了便于将来更换，设计时将此段长钢轨分为两段，其中曲线钢轨磨耗严重的一段长钢轨为 472.54m，其前端缓冲区长为 100.04m，后端缓冲区长为 50.02m，采用两根 25m 标准钢轨，而第二段长钢轨的后端缓冲区长度为 100.04m，求第二段长钢轨顺线路中心的长度。

第一段无缝线路长度为：

$$472.54 + \frac{1}{2} \times 100.04 + \frac{1}{2} \times 50.02$$

$$= 547.57\text{m}$$

第二段无缝线路长度为：

$$1735.75 - 547.57 = 1188.18\text{m}$$

第二段长钢轨顺线路中心的设计长度为：

$$L_{\text{长}} = 1188.18 - \frac{1}{2} \times 100.04 - \frac{1}{2} \times 50.02 \\ = 1113.15\text{m}$$

4. 为了解决丈量中的误差和由于工地焊接质量不良而切除重焊所造成的长度损失, 以及因选定锁定轨温与焊轨时轨温不同而造成的长度差值等, 最后须将工厂非标准长度的焊接轨增加一段长度, 以弥补由于上述原因所造成的钢轨的长度不足。根据经验, 这段增加的长度一般为无缝线路长钢轨设计长度的0.3~0.6‰。因此非标准长度的焊接轨增长后的设计长度应为:

$$L' = L_{\text{长}} - \Sigma L + K \cdot L_{\text{长}} \quad (1-4)$$

式中 L' —— 工厂焊接的非标准长度的焊接轨, 加长后的设计长度 (m);

ΣL —— 整根长轨中标准长度的焊接轨、曲线缩短焊接长度的长钢轨, 及各非标准长度的焊接钢轨 (包括铝热焊预留轨缝在内) 的总长度 (m);

K —— 非标准长度的焊接轨的增长率, 一般为 0.3~0.6‰;

$L_{\text{长}}$ —— 此段无缝线路中长钢轨的设计长度 (m)。

例如: 某段无缝线路, 左股长钢轨设计长度为 1742.63 m, 按配轨设计, 其中配置三根标准焊接长度的焊接轨, 两根 249.47m 曲线缩短的焊接轨, 一根 249.60m 曲线缩短焊接轨, 求增长后工厂非标准长度的焊接轨的设计长度。

$$L' = 1742.63 - 3 \times (249.73 + 0.01) - 2 \\ \times (249.47 + 0.01) - (249.60 + 0.01) \\ + 0.6\text{‰} \times 1742.63 \\ = 1742.63 - 749.22 - 498.96 - 249.61 + 1.05$$

$$= 245.89\text{m}$$

为了尽可能减少钢轨的损耗，应加强钢轨的丈量工作，并考虑温差影响的因素，提高铝热焊接技术，使增长率减小到0.3%左右为好。

5. 在外业调查时，原有线路虽然没有自动闭塞信号设备，但近期有规划改造原有的信号设备，在此情况下，应事先联系电务部门给出预计的自动闭塞绝缘接头的位置，在配轨设计中作出预留。若电务部门尚未做初步设计，提供不了上述资料，则配轨设计不必考虑预留问题。

(三) 配轨设计图

配轨设计图目前尚无统一的图式，在设计时，可按需要自定制图的内容及图式。一般的图式可参考图 1—1。

该图共分三个部分：下部为线路的平面状况，标明里程、长短链、车站平面示意、道口及桥隧的位置与概况、曲线位置及要素等；中部为坡度示意，必要时可增加线路设备概况；上部为配轨设计示意，标有信号绝缘里程、车站端部及缓冲区的长度（若位于曲线位置，应将两股长度分别注明）、该段长钢轨的顺序号、两股长钢轨的设计长度。焊接长钢轨的标准设计长度不在图上注明，可在技术说明中加以注明。工厂非标准长度的焊接长轨的增长值不在此图上注明，只需在技术说明书中注明其增长率，由工厂自行掌握。

图 1—1 中“5”，表明无缝线路段的顺序号，也就是该段长钢轨是该设计区间的第五段。工厂焊接长钢轨的顺序号也是按该区间的先后次序统一编号，以顺列车运行方向为序。顺里程方向的左侧为单号，右侧为双号。图中所有里程均以线路中心为准。在制图时，可以通过检算里程，来复核各焊接长钢轨的设计长度是否准确。

如图中东股长钢轨设计长度为 1325.81m，按里程计算