

87.1551
ZZG

111285

无縫綫路

張澤珪 广钟岩 編著
黄长綏 高宗荣

新型綫路上部建筑技术丛书



人民铁道出版社

新型綫路上部建筑技术丛书

无 縫 綫 路

张泽珪 广钟岩 编著
黄长綏 高宗荣

人 民 鉄 道 出 版 社

1963年·北京

本书阐述国内外无缝线路焊接、设计、铺设和维修诸问题，并对国外数种无缝线路稳定性计算方法作了详细介绍。

本书可供铁路工务部门工程技术人员，科学研究人员和高等院校师生参考用。

新型线路上部建筑技术丛书

无 缝 线 路

张泽珪 广钟岩 编著

黄长綏 高宗荣

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店北京发行所发行

人民铁道出版社印刷厂印

书号 1921 开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $7 \frac{3}{8}$ 插页1 字数190千

1963年12月第1版

1963年12月第1版第1次印刷

印数 0,001—1,500 册 定价(9) 1.15 元

前 言

无缝线路是铁路线路上部建筑的一项重要技术改革。世界上铁路发达的国家，干线上铺设无缝线路的里程正逐年增多，有的甚至有将全部重要干线改铺为无缝线路的趋势。这主要是由于铺了无缝线路以后，可以改善列车的运行条件，减少设备维修工作量和费用，其优越性非一般有缝线路所能比拟的。我国从1957年开始铺设无缝线路以后，引起了广大铁路线路工作者和教学、科学研究人员的极大注意。本书作者，近年来都参加了我国铁路无缝线路的设计、铺设、科学研究和教学工作，在工作中积累了一些资料，经整理编写成这本书，企图比较系统地介绍无缝线路这项新技术，借以从设计计算理论到实际使用方面给读者一个比较全面的了解。

全书分八章，第一、三、四、七、八章所述系国内外无缝线路的焊接、设计、铺设和维修方面的实用经验，第二章介绍各种型式的无缝线路。其中所介绍的温度应力式无缝线路，为无缝线路的基本型式，目前除苏联外，各国几乎一致采用，而即使是苏联国内，最近对定期放散应力及自动放散应力两种线路也颇多异议，由于放散应力时工作量大，构造复杂，可能将不再使用。冻结接头线路，据广州铁路局试铺情况来看，较有成效，但尚须继续试验。目前美国亦在进行试验。高强度螺栓我国首先在温度应力式无缝线路上作为连接长轨条之用，试用效果非常满意。在冻结接头线路这一节内谈了高强度螺栓的制造、使用方法以及螺栓拉力与钢轨和鱼尾钣间摩擦力的关系等。第五章所谈线路强度仅为钢轨的强度，在无缝线路上的路基、道床、轨枕等强度计算方法是与普通线路相同的。钢轨强度包括温度应力及动弯应力的计算。动弯应力计算仍采用了苏联1940年及1954年所颁布的《线路强度计算规程》。关于规程内的公式来源及演算过程，因有关教

科书上均有详细说明，本书不再赘述。第六章线路稳定性是无缝线路特有的重要理论，详述了各国的稳定性理论和计算方法等。本章偏重于理论商讨。现场有关人员可重点阅读§6-2、§6-6两节，作为工作参考。各章节中有关计算问题均附有实例，并附有图表。

在这里需要作特别声明的是无缝线路虽已在各国推广使用，但毕竟使用年限尚短，在技术方面可以改进的地方还很多。本书所介绍的一些技术问题的意见，也并非都是充分成熟、可以一成不变地应用的，而仍需要大家继续研究改进，让无缝线路这项新技术更臻于完善，俾能早日在国内大量推广使用。

本书第二、五章承铁道部第三设计院勘测处马植杰总工程师审阅，第四章承长沙铁道学院赵方民教授审阅，第六章承郑州铁路局科学技术研究所朱先泽所长审阅，全书又承铁道科学研究院铁道建筑研究所许鉴所长及冯先需主任等审阅，在此并致谢意。

编著者

1963年元旦

目 录

緒論	1
第一章 无縫线路的焊接	5
§1-1 钢軌焊接技术概况	5
§1-2 各种焊接方法	12
§1-3 焊接前后的整备工作	17
第二章 无縫线路的分类及其结构	20
§2-1 无縫线路的分类	20
§2-2 溫度应力式无縫线路	22
§2-3 定期放散溫度应力式无縫线路	32
§2-4 冻结接头线路	40
第三章 各种場合下鋪設无縫线路	46
§3-1 无碴大桥上鋪設无縫线路	46
§3-2 隧道内鋪設无縫线路	61
§3-3 钢筋混凝土軌枕上鋪設无縫线路	66
§3-4 曲线上鋪設无縫线路	74
§3-5 驼峰调车場鋪設无縫线路	76
§3-6 道岔的焊接	77
§3-7 在线路上焊接无縫线路	78
第四章 无縫线路的设计及设计資料	80
§4-1 概述	80
§4-2 钢軌溫度	82
§4-3 軌道构架刚度	85
§4-4 道床抵抗軌枕移动的阻力	89
§4-5 线路的平顺性	96
§4-6 无縫线路的爬行及防爬设备	97
§4-7 鱼尾鋸接头阻力	100

第五章 无缝线路强度计算	104
§5-1 概述.....	104
§5-2 线路强度计算的参数.....	105
§5-3 钢轨动弯应力的计算.....	108
§5-4 长轨条的强度计算.....	125
第六章 线路稳定性计算	130
§6-1 概述.....	130
§6-2 苏联米辛柯法.....	133
§6-3 日本沼田实法.....	148
§6-4 苏联别尔申法.....	162
§6-5 德国拉阿卜法.....	168
§6-6 匈牙利念米兹基法.....	178
§6-7 英国图拉法.....	188
§6-8 德国爱地文法.....	196
第七章 长轨条的运输和铺设	207
§7-1 长轨条的装卸车和运输.....	207
§7-2 铺轨作业.....	210
第八章 无缝线路的养护与观测统计	215
§8-1 无缝线路的养护工作.....	215
§8-2 钢轨破损后的修理.....	218
§8-3 线路臃曲后的处理方法.....	220
§8-4 观测与统计.....	221
参考文献	226

緒 論

一、鋪設無縫線路的意義

普通鐵路線路上有許多鋼軌接头。線路上接头的數量是由鋼軌的長度來決定的。為了鋼軌製造、運輸、鋪設以及損壞後更換的方便，鋼軌長度受著限制。但過去鋼軌長度主要還是由軌縫大小所控制。大家一直認為必須讓線路上鋼軌能隨溫度的升降而伸縮，鋼軌長，需要軌縫大，但為避免列車經過軌縫時產生過分震動，軌縫又不能太大，鋼軌因此不能太長。我國鋼軌標準長度為12.5米，每公里線路上有160個接头。這些接头在新鋪的線路上來說，並沒有顯著的不平順，但使用稍久後，就發生種種病害。當車輪越過軌縫時，鋼軌一端下垂，在接头處形成階梯，而車輪則沉重地打擊另一軌端，軌端逐漸壓潰或基礎發生永久變形，造成低接头。接头愈低則打擊愈重，相互為因，造成很難處理的病害。接头處車輛在軌枕上的冲击力約三倍於非接头處的冲击力。由於振動過大，如路基排水不良，容易造成翻漿冒泥，以及縮短軌枕及联接扣件的使用壽命。如使用混凝土軌下基礎，混凝土容易被擊碎或發生裂紋。由於留有軌縫，鋼軌容易伸縮，爬行也較容易。這些病害大大增加了線路的養護工作和養護費用。一般，養護線路接头區所花的經費要占養護線路全部經費的35~50%。鋼軌由於軌端損壞而抽換的數量較其他部份損壞而抽換的數量大2~3倍。根據德意志民主共和國的統計，鋼軌破損60%是發生在接头區。此外，線路上的鋼軌接头，不僅威脅鐵路運營工作的安全，對機車車輛的使用壽命、維修周期都有影響。當車輪經過鋼軌接头發生強烈振動時，車上旅客感到不舒服，有些貨物也容易損壞。

對鋼軌接头，有兩個主要的要求：一個是使鋼軌在溫度變化

时能伸缩；另一个是接头处须要坚固稳定得象整体的钢轨一样。这两个要求是相互对立的，要能伸缩就不容易稳固，否则必须要有较复杂的结构。过去很多人除了在改善鱼尾钣或其他联接扣件方面设法外，还曾建议把钢轨端部斜切，或使用尖轨，类似伸缩调节器的构造。也曾建议加强接头处的基础，如浇注混凝土或打基础桩等。但轨端斜切，削弱了钢轨端头，反而缩短了钢轨的寿命，加强基础使建筑费用大大增加并造成线路的弹性不均匀；至于改善联接扣件，虽有相当的效果，但并未全部解决稳固的问题。综合以上的情况，可见只有将钢轨接头焊接，使用无缝线路，才能彻底消灭线路上钢轨接头及由于接头带来的一系列的病害。

由于现代焊接技术的进步以及对钢轨的温度应力、胀缩、稳定性进行了实验研究，对它们有了进一步的理解和得出了相应的处理办法。对于长钢轨的运输、铺设、更换、维修等主要问题也相继得到了解决，具备了广泛运用无缝线路的可能性。在第二次世界大战期间，虽曾暂时阻碍了无缝线路的推广使用，但在战后，于1946~1949年期间，有些国家完成了长钢轨实验阶段的工作，制定了铺设作业规程。从1950年起，在世界各国随处都可看到愈来愈广泛地采用无缝线路，并认为这是线路上部建筑技术改造最好的方法之一。

据统计，目前我国铁路的线路上部建筑约占铁路全部生产用固定资产的一半，为保持线路良好状态所需的劳动力约有20万人。对于线路上部建筑进行技术改造以节约人力物力是非常必要的。如能大量铺设无缝线路当有其重大意义。

二、各国铺设无缝线路的情况

20世纪初期（1915年），欧洲在电车轨道上已使用了焊接钢轨。因为电车轨道是埋在路面下的，钢轨受温度影响较小，且两边是固定的，无胀曲的危险，钢轨长度约100~200米。1926年德国在普通线路上铺设长120米的钢轨，1935年正式铺设无缝线

路。目前西德是铺设无缝线路最多的国家。到1961年底，在线路上已有无缝线路约29,000公里，现已将无缝线路作为标准线路。

苏联第一根长约600米的轨条，在1935年铺于加里宁铁路的莫斯科近郊车站上。由于苏联铁路处于严酷的大陆性气候影响下，钢轨温度一年内变化幅度极大，达 113°C ，钢轨产生很大的温度应力。所以，无缝线路的发展比较迟缓，到1957年底止还不满100公里，从1960年起才开始大量铺设。到1961年底已铺设约1500公里。

1930年美国在隧道里开始铺设无缝线路，因为隧道内钢轨不受太阳直接照射，轨温变化幅度较小。1933年正式铺于露天的轨道上，此后逐年增铺。

表1 为美国历年铺设无缝线路数量表。

表 1

鋪 設 年 代	鋪 設 长 度 (公里)	鋪 設 年 代	鋪 設 长 度 (公里)
1933	0.25	1950	80.50
1934	1.52	1951	59.50
1935	6.50	1952	64.00
1936	2.43	1953	128.00
1937	50.00	1954	139.20
1939	9.70	1955	425.40
1942	8.76	1956	738.29
1943	10.10	1957	880.19
1944	20.60	1958	736.38
1945	7.70	1959	1712.91
1946	6.26	1960	2016.79
1947	29.90	1961	1633.01
1948	47.50	共計 8869.59	
1949	52.90		

从上表可以看出，美国从1955年开始大量铺设，在1960年一年内铺设了2000公里的无缝线路。有几个铁路公司规定新换的钢轨一律焊接，并把焊轨设备附设于制造钢轨的公司内。近年来

对无缝线路的研究工作也极为重视，铁路工程学会特别设立了无缝线路委员会专门研究有关该方面的问题。

法国也是铺设无缝线路较多的国家。近年来发展迅速，在1960年铺设了779公里。到1960年底共铺设无缝线路6440公里。

捷克斯洛伐克自1954年开始铺设无缝线路，1958年末已有无缝线路640公里。1960年计划铺设800公里，1960年到1965年计划至少铺设5,000公里。

其他如德意志民主共和国、波兰、匈牙利、日本、英国、印度、印度尼西亚等国近年来对无缝线路的推广工作均不遗余力，发展很快。

我国于1957年底开始铺设无缝线路，在京沪两地各铺了1公里；1958年铺了30余公里；1959年铺设较少；1960年铺了65公里；1961年铺了50余公里。到1961年底止全国有无缝线路约150余公里。目前仍在继续铺设中。由于党及铁道部的重视和现场工作同志们的努力，无缝线路的发展速度在现有条件下，已不算慢了。三年多来，无缝线路从铺设在支线上发展到运输繁忙的国际干线上，行车速度达到100公里/小时以上。有些线路在整个区间铺设了无缝线路。在钢筋混凝土轨枕上、新型轨下基础上、曲线上以及桥上也都铺有无缝线路。其中严守操作规程进行焊接铺设的线路使用情况良好。据现场同志反映，认为无缝线路确能节省大量维修工作，行车较前平稳，对解决钢轨爬行、钢轨接头处翻浆冒泥和混凝土轨枕在道床内不稳定的问题起了良好的作用。

我国使用的焊接方法目前主要的是铸焊法（铝热焊）。电弧焊法前几年使用较多，日前在干线上已不使用。气压焊法从1959年开始使用，效果良好，所焊的钢轨在运营中极少发生断裂。接触焊法尚在筹组设备、准备试验阶段，还未能应用。在铺设方面，多数是人工操作，很少使用机械。要使无缝线路在我国迅速推广，各方面都待努力改进。

各国无缝线路铺设情况如表2。

第一章 无縫綫路的焊接

§1-1 鋼軌焊接技术概况

接触焊、气压焊、铝热焊、电弧焊是目前各国常用的几种焊接方法。其中以接触焊、气压焊法质量较高，不论极限强度、屈伏点或疲劳强度均能达到钢轨母材的90%以上。苏联、德意志民主共和国、西德、英、法等国都以使用接触焊法为主；美日两国接触焊、气压焊法并用。我国接触焊法刚开始研究，气压焊法已在现场使用。这两种焊接方法都有机器设备，一般都在工厂或基地把钢轨焊成百余米或数百米长度运至铺设地点用铝热焊法联成更长的钢轨，再行铺设。近年来接触焊机和气压焊机都有改进，移动轻便，能把焊机设在铺轨地点或装在车上焊接。

铝热焊（铸焊）法首先采用于德意志民主共和国和西德。所用焊剂的成份与各国略有不同，焊接质量比其他各国所用的铝热焊质最为高。铝热焊极限强度只及钢轨母材的70%左右，屈伏点约与接触焊法相近。但疲劳强度很差，只及原钢轨的45~60%。

电弧焊法在社会主义国家中过去以捷克斯洛伐克使用最多，极限强度、屈伏点约为原钢轨的70%，疲劳强度约为50%左右。此法是用手工操作，人为的影响甚大，如操作不良，质量可能非常低劣。在社会主义国家技术合作组织第九专门会议中曾建议这种焊接方法只能使用于次要线路，不得在干线上使用。

西德铁路曾统计各种焊接方法在线路上的破损率，接触焊法为1.5~3/100,000；铝热焊为1~1.8/10,000；电弧焊为1.07/100。

关于焊接费用，据德意志民主共和国资料，如以接触焊成本为1，则铝热焊为1.5；电弧焊为2.0。据日本资料，气压焊的成本和接触焊相近。据1960年美国圣太非铁路的统计，每个接触焊接头的费用为5.0379美元。我国于1959年曾粗略统计电弧焊法每个接头所需的费用为18.2元；使用国产焊剂的铝热焊接头需22.4

元；进口焊剂的铝热焊接头为34.9元；气压焊每个接头为24.1元。据国外统计，由于焊接费用逐年降低，焊接一个接头费用已低于一套接头扣件的费用。美国最近将焊轨厂设于钢轨制造厂内以节省搬运费。接触焊法改用双线操作，增加一线操作只需增加人力25%，而生产量可增加一倍。

采用接触焊或气压焊法一般都在基地焊接，必需先选定适用的基地。一般在选择基地时应考虑下列一些条件：

- (1) 与原有的存放轨料场地相近，轨料取送方便；
- (2) 要有专用铁路、公路、存放轨料的场地以及运输设备；
- (3) 有足够长度的场地，以便存放焊接后的长轨；
- (4) 有水电供应，如用气压焊法要氧气供应；
- (5) 运轨列车进出方便。

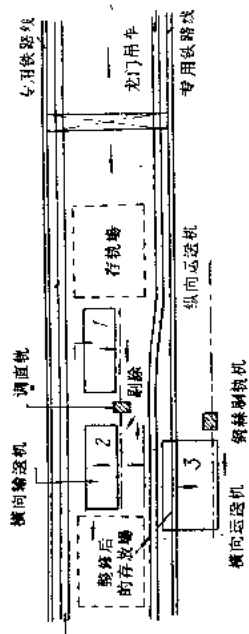
场地的布置一般如图1—1，主要作业过程简述如下：

首先把钢轨列车停放于龙门吊车下的铁路线上，用龙门吊车把钢轨卸下，按长度与类型分别堆放。根据焊轨计划把需要的钢轨分批放在横向传送机上，传送至校直机上校直。校直机垂直面内的校直能力为150吨，水平方向为100吨。要有足够力量把轨头校直。校直后的钢轨经第二横向传送机存于堆放场备用，一部份疵轨则需剔除整修或退厂。当开始焊接时，把存轨经第三传送机运至钢丝刷轨机刷除锈斑。一根钢轨前端和另一根钢轨后端可同时刷洗。刷清后的钢轨就可送到焊机焊接。焊好的钢轨趁红热时用焊瘤刮除机（或用风铲）刮平，再用打磨机作较精细的打磨。如有弯曲再经过校直机校正后即可送至高站台上存放。高站台两边均能装车，然后运送至铺轨地点。

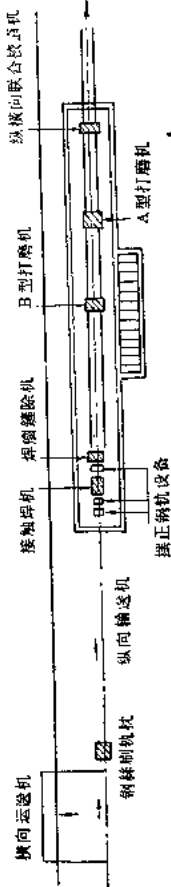
采用电弧焊法，如果没有移动式发电站，也可在基地焊接。然后运至铺设地点。但一般用电弧焊法和用铝热焊法，均系在铺设地点焊接。

在无缝线路铺设地段焊接也可分两种方式。第一种是在预定铺设地点路基两旁焊接。这种焊接不受长度的限制，可以焊成任

焊接前新轨的整理



长钢轨的生产



长轨装车



图 1—1

表 1-1

各种焊接方法焊接钢轨质量的比较 (%)

项	目	接 触 焊	气 压 焊	铸 焊	电 弧 焊	螺栓接头
疲劳强度	未经热处理	90	95	70	—	25
	经热处理后	>100	100	—	70	35
冷 弯	破坏负荷	85~90	90	70	70	—
	挠 度	60~70	略高 接触焊	15	30	—

1958年美国铁路工程协会所公布的各种焊接钢轨强度试验如表 1—2。

美国各种焊轨滚动式疲劳试验

试件号	化 学 分 析			钢 轨 类 型	屈 伏 点 0.2%变形 (公斤/厘米 ²)	抗 张 力 (公斤/厘米 ²)
	碳	锰	硅			
A-2	0.75	0.85	0.90	133磅 特高硅轨	5300	10810
A-22	0.77	0.80	0.60	133磅 高硅轨	4870	9810
A-30	0.73	0.95	0.74	133磅 中高硅轨	5300	10300
A-1	标 准 C 轨			132磅 标准碳轨	5370	9900
E-4	0.80	0.81	0.64	136磅 焰切高硅轨	6260	10800
E-5	0.80	0.81	0.64	136磅 锯切高硅轨	5870	10300
E-17	0.80	0.81	0.64	136磅 锯切高硅轨	6230	10500
E-18	0.80	0.81	0.64	136磅 焰切高硅轨	6340	11150
T-1	标 准 C 轨			136磅 法国焊新轨	—	—
T-5	标 准 C 轨			112磅 法国焊无孔旧轨	—	—
T-9	标 准 C 轨			112磅 法国焊带孔旧轨	—	—
T-8	标 准 C 轨			112磅 法国焊无孔旧轨	6300	8170

附注：A—气压焊，E—接触焊，T—铸焊，A-22因疲劳试验折断，

何长度，不需运输工具。但路基两旁要有一定宽度才能施工，遇有桥梁则需搭便桥把钢轨渡过才能焊接。如使用电弧焊法则需要较多的带有动力的电焊机和其他动力设备（如砂轮机，发电机等），并且这些设备每天都要随时移动，需要很多人力和时间。

第二种方式就是在线路上把已铺好的钢轨连续焊接起来。这种焊接方式需要把线路封锁，在运输繁忙的线路上就难以施工。它的优点是不需要拆铺钢轨，可以节省很多铺轨费用。

各种焊接钢轨的质量，根据实验资料，以未焊接的钢轨为100%，其比较如表1—1。

表 1-2

及机械试验的部分资料

5 厘米内 伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	冲击试验 未开槽 (公斤/米)	疲劳强度 (公斤/厘米 ²)	轮 重 (公斤)	滚动次数 破坏情况
8.7	147	4.71	3735	27300	2,028,000 (未断)
6.9	10.0	12.33	3770	27300	1,959,200 (断裂)
8.0	12.7	9.43	3630	27300	2,020,000 (未断)
3.9	6.5	6.38	3280	27300	2,035,700 (未断)
6.0	3.3	7.76	4470	27300	2,002,000 (未断)
110	13.5	4.57	4260	27300	2,012,000 (未断)
4.8	9.9	12.48	4180	27300	2,009,900 (未断)
6.3	12.3	9.29	3770	27300	2,035,000 (未断)
—	—	—	—	27300	910,700 (从渣滓处断)
—	—	—	—	21800	442,400 (从渣滓处断)
—	—	—	—	21800	250,300 (从渣滓处断)
2.0	1.6	1.72	—	—	试件仅做机械试验

机械试验系用 A—34 代替。

我国使用无缝线路历史较短,关于焊接钢轨的强度试验,仅铁道科学研究院公布了一些试验资料。摘录于下,如表1—3、1—4、1—5,但这些资料,因试验次数均太少,仅可作为参考。

表 1-3

P43型鋼軌电弧焊試驗結果

项 目			电 弧 焊 接 头	未 焊 的 鋼 軌	焊 接 軌 未 焊 軌 100%
弯	負 荷 (吨)	最 大	77		74
		最 小	67	104 *	64
		平 均	72		69
曲	挠 度 (毫米)	最 大	56.9		52
		最 小	32.5	110 *	30
		平 均	42.9		39
弯曲疲劳限界公斤/毫米 ² 2,000,000次为准			18.9	34.9 *	54
落 錘 試 驗			一吨重錘 2.3 米 落程,第一錘产 生 21.5 毫米挠 度,未发生裂紋, 第二錘折断, 挠 度为22毫米	标准为 5.5 米落 程, 1吨重錘, 打击一次不断	—
焊縫金屬的拉力 (公斤/毫米 ²)			55.5	标 准 72.0 試 驗 83.5	77 66
焊縫金屬的硬度(布氏)			159	213	75
焊縫金屬的冲击韧性 (公斤—米/厘米 ²)			14.0	2.6	—

注: * 为新43公斤鋼軌 (P44.6型), 其余为老43公斤鋼軌。