

铁路无缝线路

广钟岩 张泽珪 编著
高慧安 陈岳源

中国铁道出版社

1989年·北京

参加本书编写人员分工：

张泽珪：第一篇第一、三、五章；

陈岳源：第一篇第二章；第二篇第一、二章；

高慧安：第二篇第三、四、五章；

广钟岩：第一篇第四章；第三、四篇。

主编 广钟岩 主审 张泽珪

铁路无缝线路

广钟岩 张泽珪 编著
高慧安 陈岳源

中国铁道出版社出版、发行
各地新华书店经售
北京顺义燕华营印刷厂印

开本: 850×1168 毫米 $\frac{1}{32}$ 印张: 11.125 字数: 291 千

1989年9月第1版第1次印刷
印数: 1—2000册 定价: 5.50元

前 言

无缝线路为本世纪铁路上最大技术改革之一，已成为当今轨道结构现代化的主要标志。它在减少线路维修工作量、延长轨道部件使用寿命、节约能源、降低噪音等方面，均有显著效果，确为铁路内外人员所公认。无缝线路自第二次世界大战后开始正式使用，发展非常迅速，各国铁路纷纷铺设，而且已成为高速、重载铁路必须选用的轨道结构。在发展过程中，不论在焊接、长轨运输、铺设、维修，以及事故的预防和处理等方面，均有新的建树。我国无缝线路自50年代开始铺设以来，深受各铁路局之欢迎，也引起了各方有关人员的注意，各院校师生、现场从业人员，以及科研部门对这项新技术不断钻研改进，取得不少新成就。近年来铁路书刊有关无缝线路的著述很多，本书综合各方成就，除阐述无缝线路技术的基本原理外，还吸收了国内外较成熟的经验。希望有助无缝线路在我国顺利推广。

本书分原理、设计、施工、养护共四篇十四章，可供从事无缝线路的科技人员，以及教学人员的参考。

本书在编写过程中，得到了许多同志的具体帮助，如原武汉铁路局徐贻华、罗清诗工程师，他们提供了来自生产行之有效的经验总结，并承蒙郑州铁路局高级工程师郝育森同志审阅，提出了许多宝贵意见，谨在此一并致以衷心的感谢。本书的编写限于时间和编者的水平，书中难免有差错和疏漏，敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第一篇 基本原理

第一章 概 述	1
第一节 铺设无缝线路的意义	1
第二节 国外无缝线路的发展概况	4
第三节 我国无缝线路发展情况	9
第二章 无缝线路特性参数	11
第一节 钢轨温度	11
第二节 轨道框架刚度	16
第三节 扣件阻力	19
第四节 道床阻力	25
第五节 轨道的原始弯曲和允许变形	34
第六节 锁定轨温	36
第三章 钢轨的温度力与伸缩	41
第一节 钢轨的温度力	41
第二节 其它纵向力的作用	55
第三节 钢轨的伸缩	56
第四章 无缝线路的稳定性计算	60
第一节 概 述	60
第二节 稳定性影响因素	63
第三节 我国无缝线路统一计算公式	66
第四节 米辛柯公式和沼田实公式简介	77
第五节 无缝线路稳定性计算公式的分析	85
第五章 防止胀轨跑道的理论和方法	117

第一节	概 述	117
第二节	稳定性计算公式的应用	118
第三节	无缝线路实际使用状况	124
第四节	对胀轨跑道的认识	125
第五节	防止胀轨跑道的措施	127

第二篇 设 计

第一章	无缝线路设计内容及文件组成	133
第一节	无缝线路对轨道部件及路基的要求	133
第二节	无缝线路设计前的外业调查	137
第三节	无缝线路设计文件内容及组成	138
第二章	普通地段无缝线路设计	139
第一节	强度和稳定性检算方法	139
第二节	无缝线路结构类型的选择	146
第三节	无缝线路结构计算	148
第四节	设计示例	151
第三章	桥上无缝线路设计	162
第一节	概述	162
第二节	中、小跨度桥上无缝线路设计	164
第三节	大跨度桥上无缝线路设计	235
第四节	桥上无缝线路结构设计	261
第五节	桥上铺设无缝线路的展望	264
第四章	小半径曲线、陡坡、隧道、混凝土宽轨枕 无缝线路	269
第一节	小半径曲线无缝线路	269
第二节	陡坡上无缝线路	273
第三节	隧道内无缝线路	274
第四节	宽混凝土轨枕无缝线路	276
第五章	寒冷地区无缝线路	279
第一节	温度应力式	279

第二节	定期放散温度应力式无缝线路	282
第三节	自动放散应力式无缝线路	284

第三篇 施 工

第一章	钢轨焊接	287
第一节	气压焊接法	287
第二节	接触焊接法	298
第三节	铝热焊接法	304
第四节	焊接质量	307
第二章	无缝线路的铺设	312
第一节	基本要求	312
第二节	铺设无缝线路的基本方法	315
第三节	施工质量	319
第四节	无缝线路施工中的特殊问题	321
第五节	国外铺设无缝线路情况简介	326

第四篇 养 护

第一章	无缝线路养护维修原则和季节性作业特点	328
第一节	无缝线路养护维修的原则	328
第二节	无缝线路季节性作业的特点	333
第二章	无缝线路日常工作和故障处理	337
第一节	无缝线路日常工作	337
第二节	无缝线路故障处理	343

第一篇 基本原理

第一章 概 述

第一节 铺设无缝线路的意义

在无缝线路问世之前，普通线路上有许多钢轨接头，它既是轨道结构中一个不可缺少的构造，又是给轨道结构带来麻烦的部位。

线路上钢轨接头的数量，是由钢轨长度决定的。为了钢轨的制造、运输和铺设，以及损坏后更换的方便，钢轨的长度受着限制。但过去钢轨长度主要还是受轨缝大小的控制。人们一致认为，当温度升降时，钢轨接头必须为钢轨提供适度的胀缩量，以减少钢轨内部的温度应力。钢轨长，需要的轨缝大，但为避免车轮经过轨缝时产生剧烈振动，轨缝又不能太大，故钢轨长度也因此不能太长。我国铁路钢轨标准长度，过去为12.5m，后来增长为25m，相应每公里线路上就要有160个或80个接头。

钢轨接头在轨道结构中是一个薄弱环节。为了改善钢轨接头，曾经从结构上、材质上采取过很多措施，如轨枕支承类型，接头夹板断面形状，螺栓个数，轨端淬火等等。但均不能完善地解决接头的缺陷，接头病害仍然存在。实践证明，造成接头病害的原因，主要有以下几个方面：

一、一对接头夹板的刚度，仅为钢轨刚度的30%左右。如国产50kg/m钢轨夹板为钢轨刚度的27.6%；60kg/m钢轨夹板为钢轨刚度的32.6%。且车轮经过钢轨接头时，该处的竖向变位，也比轨节中部的竖向变位大10~15%。

二、在车轮临近和离开轨缝的瞬间，轨端形成台阶。当车轮

与前进方向的钢轨端部接触时,产生撞击现象,在突加的冲击力作用下,轨道发生强迫振动。据铁道科学研究院测试,一般线路上的台阶为0.02cm,竖向变位的挠曲曲线呈折线形,其折角为 4.5×10^{-3} 弧度。

三、由于上述的不平顺现象,钢轨接头处的动力响应特别强烈。日本东海道干线铁路振动测试结果证明:接头轨枕的上下振动加速度值低周波为10g,高周波则超过200g,要比轨节中部大几倍甚至几十倍。轨道振动加速度与列车速度成比例地增加,据我国铁路试验,当人民型机车以每小时80km速度通过状态良好的钢轨接头时,其附加动力要比轨节中部高28%,且往往有冲击发生,冲击力最大可达几十吨。

钢轨接头处这种较大的变位及冲击力作用,酿成一系列病害,主要有:

1. 在捣固不良或翻浆冒泥地段,尤其在這些地段的曲线下股出现低接头。

2. 钢轨端部出现鞍形磨耗,严重者向列车前进方向发展,由慢到快,最后形成波浪磨耗。在列车前进的相反方向,由于在固定轴距范围内,车轮振动,也发生有一小段波浪磨耗。

3. 钢轨破损,轨头表面金属碎裂、剥离、掉块、螺栓孔裂纹,甚至钢轨折断。

4. 夹板发生永久挠曲造成硬弯,甚至使夹板裂纹、折断。

5. 混凝土轨枕损坏、破裂,主要发生在接头前后轨枕的轨下断面处。

6. 道床溜坍、板结,翻浆冒泥。

以上各种病害,互为因果,日趋严重,进一步使竖向变位及冲击力加大,促使了钢轨接头永久变形的发展,从而使机车、车辆的振动加剧,噪音增大,降低舒适度,消耗更多的动力,加速线路、机车及车辆的破损,导致设备使用寿命缩短、修理费用增大等。一般,养护线路接头区所需经费约占养护线路总经费的35%以上。钢轨因轨端损坏而抽换的数量,较因其它部分损坏而抽换

的数量大2~3倍。钢轨的破损60%发生在接头区。

综上所述，线路上钢轨接头，不仅对线路设备、机车和车辆的使用寿命、旅客的舒适度、能源的消耗等有一定的不良影响，而且还直接威胁着铁路行车的安全。

因此，对钢轨接头应有两个基本要求：一个是温度变化时钢轨能伸缩；另一个是接头处要坚固稳定。这两个要求是互相对立的，能够伸缩，就不容易稳固，否则必须有较复杂的结构。过去很多人在改善夹板或其它连接扣件方面下过功夫。也曾有人建议把钢轨斜切，构成类似伸缩调节器的构造；还有人尝试改善接头支承方式，加强接头处基础，如采用加宽轨枕或浇注混凝土基础等。但轨端斜切，将削弱钢轨端头，反而缩短了钢轨寿命；改善支承加强基础，将加大建筑费用，并使线路弹性不匀；至于改善连接扣件，虽有相当的效果，但并未全部解决稳固的问题。实践经验表明，只有将钢轨焊接起来，消灭或减少接头，才能彻底消除上述病害。

所谓无缝线路，就是把钢轨焊接起来的线路，所以又称焊接长钢轨线路。我国铁路规定，无缝线路上的钢轨焊接长度至少300m。实际国内多数无缝线路钢轨长度在1km以上。国外钢轨长度也不一致，一般多在1km左右，但也有长数十公里的。

近年来各国铁路对长钢轨温度应力、胀缩、稳定性等理论问题进行了广泛的实验研究，对无缝线路的认识水平和科学管理水平亦有很大提高，加之现代焊接技术的进步，以及长钢轨运输、铺设、维修等主要问题的相继解决，当今已完全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年至1949年间，有些国家在完成长钢轨实验阶段的工作之后，制定了铺设维修等作业规程。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的最好方法之一。

国内外铺设无缝线路的实践与研究证明，无缝线路较之有缝线路在技术经济上有显著的优越性，据一些国家统计，仅从节约

劳力和延长设备使用寿命方面计算,无缝线路比有缝线路可节约线路维修费用30~75%。此外,还可减少机车车辆的修理费和燃料费,使行车平稳、旅客舒适,因而获得了迅速发展。特别是近十余年来,随着无缝线路数量的急剧增长和质量的不断提高,使线路结构进入了一个新阶段,为行驶高速重载列车创造了良好条件。可见,大力发展无缝线路是一项具有重大技术经济意义的现实工作。

第二节 国外无缝线路的发展概况

德国是发展无缝线路最早的国家,1926年在铁路上铺设了120m长的钢轨;1935年即开始铺设了1km长的无缝线路试验段;1945年规定了无缝线路为标准线路。到1961年底,联邦德国无缝线路总长达到了29,000km,1974年底达到53,000km,占线路总延长的79.3%。同时有79%的道岔也进行了焊接。

美国于1930年在隧道内开始铺设无缝线路,于1933年正式铺设于露天的轨道上。1933年至1936年期间,铺设无缝线路大约170km,以后有一段时间时有间断,且发展速度也比较缓慢。从1950年起,随着一些固定焊轨工厂的建立才有了一个新的局面。美国铺设无缝线路的总长:1960年为7,236km;1970年为53,200km;1970年以后每年以8,000km以上的高速度递增,最多时每年铺设达到10,000km。到1979年底全美已有无缝线路120,000余公里,是全世界铺设无缝线路最多的国家。

美国无缝线路多数采用131磅/码(65kg/m)的钢轨,用接触焊及气压焊法焊接,旧轨经整修焊接的也不少。焊接后的长度多数为1,440英尺(440m)。美国无缝线路大量使用木枕、钩头道钉扣件及弹簧防爬器,普通夹板联接。

法国也是发展无缝线路较早、较快的国家。法国的无缝线路多数是使用调节器的温度应力式构造。轨下基础多为双块式混凝土轨枕及双弹性扣件。1948~1949年间进行了大量铺设试验后即推广采用,到1951年为92km,1952年为805km,1956年为3,200

km, 1960年为6,380km, 1970年为12,900km, 并继续以每年约660km的速度发展。

苏联铁路第一段为长约600m的轨条, 于1935年铺于莫斯科近郊的车站上。苏联大部分地区温度变化幅度较大, 最高达 115°C , 所以无缝线路的发展比较缓慢, 到1956年才正式开始铺设。1960年约为1,500km, 1970年为16,000km。近十年来发展比较快些, 至今已有无缝线路50,000余公里, 占营业线的36%, 担负铁路运量的50%。所用钢轨为50、65kg/m, 在工厂用接触焊法直接焊成800m长。长轨之间铺设2~6节缓冲轨, 用普通夹板联接。使用混凝土轨枕或木枕。

只有苏联铁路使用一部分季节性放散应力式无缝线路。这种线路每年春秋两季各放散应力一次。到1979年共铺设这类线路1,100km。苏联无缝线路上还使用了踏面淬火及全断面淬火的钢轨。

英国最大的轨温差仅 67°C , 适宜铺设无缝线路。至1978年底已铺设无缝线路14,565km, 占线路总延长31%左右, 英国的无缝线路为温度应力式, 在长轨两端使用简单的小动程伸缩调节器, 但效果并不理想, 现已逐年拆除, 改用普通夹板螺栓联接。线路上钢轨长为800m, 先是在工厂用接触焊法焊成200~300m, 运至工地再用铝热焊法焊连而成。

英国规定, 使用混凝土轨枕时, 车速高于160km/h, 枕间距为650mm; 车速低于160km/h, 枕间距为700mm。木枕的间距为600mm。曲线半径小于800m时, 碴肩宽度为530~600mm; 大于800m时, 碴肩宽度为460mm。直线上碴肩宽为380mm。所用钢轨大部分为BS113A型(56kg/m)。

日本于50年代开始铺设无缝线路。现已铺无缝线路5,000余公里。最长的长轨条为1,500m, 两端装有伸缩调节器。近年来建成的新干线, 未经有缝线路过渡, 直接铺成无缝线路。日本新干线行车建度均超过200km/h, 用60kg/m的钢轨, 混凝土轨枕。

在近年无缝线路的迅速发展, 各国都取得了一些新经验。

如固定焊轨工厂的新设计；线路上焊接钢轨的新设备；广泛开展焊接旧轨、挖掘旧轨潜力、铺设旧轨无缝线路；研究试验成功了一些无缝线路与有缝线路绝缘连接的新方法；炭素钢与锰钢辙叉的焊接方法等，并摸索了一些在小半径曲线上铺设无缝线路的经验。此外，在养护维修方面，除继续从理论上对稳定性进一步研究外，通过总结实践经验，制定了一些规则或措施。这些都导致减少对无缝线路铺设的限制，使它在更广阔的范围得以发展。

一、钢轨焊接技术的新发展

国外焊接钢轨，早期曾采用电弧焊、气压焊、铝热焊和电接触焊等多种焊接方法。经过实践和对焊头断裂统计资料的分析，当前公认电接触焊质量好、效率高、成本低，是一种焊接过程简单、安全，焊头具有较高疲劳极限强度的焊接方法。铝热焊在联邦德国取得了很好的效果，而有些国家则因焊剂配方不理想等原因，焊轨质量较差。一般地说，铝热焊仍是线路上焊接无缝线路长轨条所常用的焊接方法。至于电弧焊，多认为焊轨质量与焊工技术熟练程度等因素关系至为密切，难以绝对控制。此外，有一些国家仍采用气压焊法。

焊接长轨条有两种方式：一种方式是建立固定焊轨工厂，在工厂中将钢轨焊成一定长度的长轨条，运至线路上再焊成800m以上的长轨条铺成无缝线路；另一种方式是用移动焊轨列车在线路上焊接长轨条。当前这两种方式都有新的发展。

在固定焊轨工厂的新设计布局中，同时考虑了焊接新轨和焊接旧轨，并包括旧轨的检查、鉴定、分类和整修作业等设备，各项作业都是自动流水作业线。这种工厂每天可焊450~600个接头。装卸新旧轨采用磁铁门吊。运送用自动传送带。检查、测定和拣选旧轨备有超声波探伤和自动化、计算机化测量设备。新型焊轨机可在固定钢轨时，自动校正轨头和轨底在轧制或旧轨整修时遗留的弯扭缺陷。

在线路上焊接长轨条的焊轨车，有电接触焊移动焊轨车和气压焊移动焊轨车。美国圣太菲铁路新采用的电接触焊移动焊轨

车，由司机和工人共11人操作。全部作业包括焊接、拆除钢轨和扣件、锯轨、打磨钢轨、刨切焊缝凸出部分、移动和固定钢轨。每天可焊60个接头。该路所用的气压焊移动焊轨车，各项作业由15人操作，每天可焊50~60个接头。这一焊轨车也备有与焊轨有关的各项专门设备。

线路上焊接钢轨可大量节约旧轨入厂往返装卸运输费用，对于焊接旧轨、就地铺设旧轨无缝线路更具有经济意义。此外，对于促进没有建立固定焊轨工厂或现有厂生产能力不能满足需要的铁路，发展新轨无缝线路和旧轨无缝线路也具有现实意义。

联邦德国、法国、美国等国铁路在铺设新轨无缝线路的同时，大量铺设旧轨无缝线路。据美国统计，许多铁路焊接旧轨数量与焊接新轨数量相同或稍多，1970年焊旧轨数超过焊新轨数约30%。圣太菲铁路1972年初铺有旧轨无缝线路835km，占该路全部无缝线路总长3,972km的21%。另据美国统计，旧轨经整修后焊铺成无缝线路，可延长钢轨使用寿命20~30%。

二、与锰钢辙叉焊联的新技术

多年来，无缝线路与锰钢辙叉焊接的绝缘联结的问题未能解决。近年比利时铁路创制一种高摩阻力夹板接头，据称可解决无缝线路与锰钢辙叉的绝缘联结问题。另外，日本研究试验了炭素钢与锰钢辙叉焊接的方法。

高摩阻力夹板是在夹板表面经过高温涂抹尼龙塑料层，塑料层上满布高摩阻力的颗粒；由工厂生产，在线路上组装用高强度螺栓拧紧。据称这种接头使用在长轨条的联接上，比一般工厂制造的胶结接头优越。因胶结接头在工厂制成，用在曲线上不够圆顺。而高摩阻力夹板接头是在线路上组装，组装时，可根据曲线度调正，保证曲线圆顺。另外，线路工人即可胜任组装作业，无需电力设备和加热配合。在组装前，需用喷砂法净化与夹板接触的钢轨面，使之无油污，螺栓孔磨光无刺。轨缝嵌入塑料绝缘片至少低于轨面2mm，以免在钢轨允许磨损范围内与车轮踏面接触。要求螺栓拧紧度达到750N·m。组装后一星期复查螺栓紧度，而

后即可免维修。

日本研究的炭素钢与锰钢辙叉焊接的方法,由于现阶段炭素钢与锰钢直接焊接的质量问题尚未解决,所以焊接是采用在炭素钢钢轨上用奥氏体焊条先堆焊适当厚度的金属层,然后再将堆焊后的炭素钢钢轨与锰钢辙叉焊接。日本铁路试验结果表明。采用铬-镍焊条(直径4mm)效果比较好。实际做法是先将锰钢辙叉在工厂内用上述方法与一段3.5m长的炭素钢钢轨焊接起来,然后在线路上用铝热焊法再与线路上的钢轨焊联。

三、国外曲线上铺设无缝线路的规定

国外铁路对曲线上铺设无缝线路,有不同规定。如允许铺设无缝线路的曲线最小半径,联邦德国和苏联规定为500m;英国为600m;法国在木枕地段为800m,混凝土轨枕地段为500m;奥地利在混凝土轨枕地段为450m。

上述规定,不断为实验研究所突破。据联邦德国通过理论计算,最小曲线半径的临界值,木枕和混凝土轨枕地段为300m;钢枕地段为200m。近来奥地利试铺带耳混凝土轨枕的无缝线路地段,半径为120m。联邦德国已采取加强阻力的措施在300m曲线上铺设。美国1972年调查22条铁路,其允许铺设无缝线路的曲线最小半径,一条铁路为582m(3°),一条铁路为116m(15°),其他铁路为500~218m($3^{\circ}30' \sim 8^{\circ}$)。1974年美国诺福克西方铁路总工程师称,该路通过实践最小曲线半径的限制已从300m(约 6°)改为175m(10°)。实践中未发生问题,并准备将来在半径小于175m的曲线上铺设无缝线路。

综上所述可以看出,随着轨道结构的加强,实践经验的丰富,以及无缝线路稳定性理论的深入研究,各国铁路正在放宽对曲线上铺设无缝线路的限制。

四、国外关于养护维修作业的主要规定

一些国家的实践经验证明,无缝线路地段的养护维修作业,起道、拨道、捣固、换枕等必须有所限制,否则破坏了线路的稳定性会影响行车安全。国外一些有关规定,开始多偏重于作

业时温度的限制，随着实践经验的积累，这些规定也在不断的完善和发展。可归纳为以下几个方面：

（一）当必须在无缝线路地段进行降低无缝线路稳定性的维修作业时，为保证行车安全，必须限制每次起、拨道量。一般规定一次起道高度最大不得超过3cm。

（二）在起道、拨道以前，应卸有足够的道碴，以保证在作业时轨枕盒内填满道碴和道床肩宽合乎标准。联邦德国规定道床肩宽为35~45cm，有的铁路规定肩高与轨枕顶面相平，或轨枕顶端有一定的多余道碴。如线路仍存在不稳定情况，尚须增卸道碴。

（三）在进行降低无缝线路稳定性的维修作业时，应发出列车慢行通知，限制行车速度。有些铁路限速每小时15km，完工后仍需继续徐行，通过列车两次后改为限速每小时50km，再经过24~48小时后才解除慢行。如在24~48小时内通过列车次数少或仍有不稳定情况，需再延长慢行时间。有的铁路规定慢行限制一直持续到道床恢复原规定的阻力时才解除。有的规定应在作业后立即夯实道床。

（四）凡降低无缝线路稳定性或仅松开扣件的经常维修作业，应尽量安排在接近铺设温度或调正温度时进行，超过铺设或调正温度 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 时，禁止起道、拨道和整修。必要时先放散应力，然后作业。

（五）禁止连续更换轨枕，并限制在一根钢轨长度范围内一次换枕根数，限制抽换轨枕的间隔。关于抽换轨枕时对道床、温度和慢行的要求，同前几项的规定大致相同。

第三节 我国无缝线路发展情况

我国铁路于1957年起用电弧焊法焊接钢轨，首先在北京、上海两地试铺无缝线路各1km。1958年有较多路局试铺，总计焊铺无缝线路30余公里。以后改用气压焊和电接触焊法在工厂焊成125~400m的长轨条，运至工地再用铝热焊法焊联成1000~1500m

左右的长轨条，在线路上用普通夹板联接，并在长轨条之间设2~4根缓冲轨，以便调节轨缝和设置绝缘接头。目前全路已建成钢轨焊接工厂10处，京广、京沪、京沈、长大等主要干线几乎全是无缝线路。总延长约1万余公里。过去使用50kg/m钢轨，大部分为混凝土轨枕。近年来已大量铺设60kg/m的焊接钢轨和使用宽混凝土轨枕。

我国铁路为更好地发展无缝线路，科研部门、大专院校和生产单位广泛地开展了无缝线路的理论研究和科学实验。铁道部于1977年颁布了“无缝线路稳定性统一计算办法”，于1983年提出了“寒冷地区铺设无缝线路的技术条件”，“桥上铺设无缝线路的理论和方法”已于1985年正式通过部级鉴定；“长钢轨纵向应力的分布”的研究也取得了较好的成果；铺设和养护方面积累了近30年的经验，都已形成了自己的系统办法；工地焊接联合接头，正逐步由铝热焊接向小型移动式气压焊接过渡。此外，小半径曲线地段、长大坡道区间和隧道内均试铺了无缝线路，并取得了一定的经验。这一切，为我国无缝线路的进一步推广打下了坚实的基础。

无缝线路在技术经济方面的优越性，已为世界各国所公认，全世界铺设的无缝线路估计已超过30万km。我国铁路铺设无缝线路已近30年，无论是理论研究和生产实践，都积累了自己的经验，本书将逐章介绍，供从事这项工作的同志参考。