

铁路线路胀轨跑道 及其防治

广钟岩 编著

42
中国铁道出版社

铁 路 线 路 胀 轨 跑 道 及 其 防 治

广钟岩 编著

中 国 铁 道 出 版 社

1992年·北京

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书针对当前铁路无缝线路和25米准轨线路的胀轨跑道问题,进行了有益的探讨,对行之有效的管理方法和防治措施,作了分析性的概括总结。

书中主要阐述了锁定轨温的正确定义和准确设定与检验的重要性,提出了采用平均低轨温加二倍均方差作为中和轨温的合理性;介绍了25米准轨合理预留轨缝的理论、计算,及轨缝控制的要点;总结了有关无缝线路的铺设、应力放散、低温长轨拉伸,以及零应力轨温的测定等经验。

全书内容翔实、有考证、有分析见解、有结论,对现场具有一定的指导意义和实用参考价值。可供铁路工务系统技术人员、管理干部、工长、领工员和大专院校师生参用。

铁路线路胀轨跑道及其防治

广钟岩 编著

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 陈健 封面设计 翟达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 4.875 字数: 110千

1992年12月 第1版 第1次印刷

印数: 1—8000册

ISBN7-113-01366-X/TU·295 定价: 3.10元

序 言

无缝线路是本世纪铁路上的一项重要革新成果，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、降低噪声等方面，均有显著效果，已为世人所公认。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，迄今已铺设40余万公里，我国铁路也已铺设一万四千余公里。已成为高速、重载铁路必须选用的轨道结构。我国铁路在发展无缝线路过程中，不论在理论研究，还是实际运用，诸如设计、焊接、装运、铺设、养护等方面，均有新的建树。无缝线路在管理方面，根据无缝线路的特性，主要是夏要防胀、冬要防断。无缝线路钢轨之折断，多属焊道，而准轨线路则有夹板之折断，两者相比，无缝线路并不突出。无缝线路的突出问题，是胀轨跑道，此问题如获较好解决，无缝线路之优越性将更得以充分发挥。有鉴于此，笔者综合了各方面的科研成就和实践经验，编写了此“铁路线路胀轨跑道及其防治”，供同业参考。

近年来准轨线路胀轨跑道也时有发生。书名定为铁路线路胀轨跑道及其防治，意在无缝线路与准轨线路之共鉴。本书关于轨缝计算一章，旨在说明准轨线路之防胀关键在于控制轨缝，并提出其控制方法。胀轨跑道之防治为一系统工程，故本书以防治胀轨跑道为中心，较系统地讨论了胀轨跑道的机理、设计、铺设和养护。同时，强调了胀轨跑道之防治应起步于大修，落实于养护。并以抓胀轨跑道之防治来推

动大修开创优质工程、维修多出优质线路，突出安全第一、质量第一，实现以安全带质量、以质量保安全的目的。

“锁定轨温要准确”，既是大修施工的落脚点，又是维修养护的出发点，它贯穿大维修的全过程。因此，本书着重阐明了锁定轨温之正确定义和准确设定与检验的重要性。同时，本书关于铺设轨温、应力放散、低温长轨拉伸、零应力轨温的测定等章节，都是为“锁定轨温要准确”服务的。

本书原稿承蒙郑局工务处长杨应环、总工程师刘世泽和兰院教授许实儒精心审核校对，对误谬之处多有纠正，沈相宙高工和吴细水工程师都对本书提出过指导意见，谨就此书问世之机，敬致谢意。但限于笔者技术理论和实践经验之不足，疏漏差错仍难免残留，恳请读者批评指正。

编 者

一九九二年元月

目 录

第一章 绪 论	1
一、无缝线路	1
二、准轨线路	6
第二章 基本概念	9
一、胀轨跑道过程	9
二、基本原理	11
三、计算参数	14
四、锁定轨温	24
五、钢轨温度力的分布——温度力峰概念	25
第三章 铺设轨温	38
一、无缝线路	38
二、准轨线路	43
第四章 轨缝计算	45
一、准轨线路轨缝的计算	45
二、无缝线路缓冲区轨缝的计算	60
三、准轨防胀控制轨缝的要点	66
第五章 铺设与养护管理	70
一、铺设管理	70
二、养护管理	74

第六章 应力放散与调整	93
一、基本要求	93
二、放散方法	94
三、放散量计算	98
四、应力放散注意事项	99
五、应力调整	99
第七章 零应力轨温的测定	101
一、标定轨长法原理	101
二、误差分析	103
三、标定轨长工艺	114
四、新的构想	116
第八章 低温铺设长轨的拉伸	119
一、功能和原理	119
二、基本要求	121
三、拉伸器	123
四、作业要求	126
第九章 防胀基本措施及控制要素	128
一、防胀基本措施	128
二、防胀控制要素	132

第一章 绪 论

防治铁路线路胀轨跑道是工务部门夏季保证行车安全的重要内容。在铁路线路中无缝线路管理不当，容易发生胀轨跑道已为人们所公认，而准轨线路，特别是轨长25m的准轨线路，如管理不当，同样容易发生胀轨跑道，似乎尚未引起足够的重视。为此，本书对铁路线路的胀轨跑道问题，将从无缝线路和准轨线路两个方面进行讨论。

一、无 缝 线 路

(一) 概 述

铺设无缝线路较多的铁路局，对本局发生过的胀轨跑道故障，都曾进行过较全面地调查研究和分析，普遍认为，只要正确掌握无缝线路的特性，认真总结胀轨跑道故障的经验和教训，探索发生胀轨跑道故障的规律性，并从中提取防治胀轨跑道的对策，实行科学管理，以防治胀轨跑道为主线，精心设计、施工和养护，无缝线路的胀轨跑道是完全可以避免的。

郑州局几个无缝线路管理较好的工务段，他们一致认为，防治无缝线路胀轨跑道，应做好以下各项：

1. 锁定轨温要准确；
2. 各项管理要严格；
3. 规章制度要恪守；
4. 作业方法要得当；
5. 方向阻力要控制。

上述五个方面，锁定轨温要准确是根本。“准”有双重含义，一是一个地区所规定的锁定轨温要科学合理，另一是大修队交给工务段的某段长钢轨的锁定轨温要正确无误。而大修队又怎样才能做到锁定轨温准确呢？就郑州局而言，我们认为大修队应做好以下各项：

1. 规章制度要恪守；
2. 轨长标定要仔细；
3. 钢轨合龙要规范；
4. 长轨拉伸要均匀；
5. 锁定轨温要准确。

防治胀轨跑道是一系统工程，应从设计开始直至施工、养护，实行以防治为中心的优化组合。例如，防治胀轨跑道的关键环节“锁定轨温要准”，就要在设计中，合理选定中和轨温，科学设计锁定轨温范围；焊接长轨时，焊轨厂要认真执行标定轨长工艺，按规定设标；大修队要按设计规定锁定线路，并按标定轨长法所设测标换算实际锁定轨温；工务段日常养护作业要按大修队移交的锁定轨温，或按放散后依据测标重新核定的锁定轨温，遵照“工规规定的作业轨温条件进行养路，确保轨道状态稳定。防治胀轨跑道工作既是一个系统，其防治之对策，必须系统地加以考虑，并精心地实施，使各个环节无一疏漏，才能避免胀轨跑道之发生，确保行车安全。

（二）历史经验

我国铁路自1957年于北京铁路局京门支线铺设第一段无缝线路以来，至今无缝线路已遍及全路各主要干线，累计一万四千余公里。历时三十余年，我们的经验是多方面的，回顾历史经验，对指导未来大有裨益。

铺设初期，1957~1965年，经验不足，但管理十分严格

谨慎，技术人员深入现场，研究处理生产中疑难问题，维修作业按章办事。因此这一期间很少发生胀轨跑道故障，更没有发生因胀轨跑道而颠覆列车的重大事故。

60年代中期之后，社会动乱、管理松弛、技术荒废，无缝线路胀轨跑道故障日渐增多，几乎每一个铁路局都发生过胀轨跑道故障。据了解，全路迄今累计发生胀轨跑道故障400余起，其中80%以上影响了行车。导致列车颠覆，给运输生产造成重大损失的重大事故，也发生了十余起，有的中断行车20余小时。事故多数为货物列车，也曾发生一起客车脱线车辆倾斜的重大事故。主要情况介绍如下，以资共同思考与防范。

郑局1986年发生胀轨跑道故障20起，因大修施工不当11件，因维修作业不当9件。大修施工不当发生的胀轨跑道，多数是清筛作业违章造成的。如武汉大修队施工中发生的6件胀轨故障，有5件在清筛前没有放散应力，或虽作应力放散，但放散不彻底、不均匀，以致发生胀轨跑道。也有因钢轨焊接质量不良、铺设作业不规范造成的。如郑州大修队在某线铺设60kg/m钢轨的无缝线路时，焊接联合接头之前，轨端未予调直，焊后钢轨呈“S”形弯曲，造成线路原始方向不良，且扣件未按标准紧固，锁定轨温也偏低，又未及时放散，结果该处于当年6月上旬连续发生两次胀轨跑道，恢复后尚有方向偏差7mm，错牙3mm等等。因工务段管理不当而发生的胀轨跑道，多数属于违章作业造成的。因超温作业发生2件，如新乡工务段，在轨温57℃的情况下，方枕木、挖翻浆，作业长度达80m，班后发生了胀轨跑道，开封工务段在高出锁定轨温24℃情况下进行维修，作业中发生了胀轨。因整治病害作业不当发生4件，如武昌工务段对管内无缝线路方向不良处所，未在适当季节及时拨正，扣件也不

够紧固，结果发生4起胀轨跑道故障。广水工务段管内，某段无缝线路 0°C 铺设，未及时放散，在铺土工布作业中发生了胀轨跑道。

京局于1973年对管内无缝线路进行了全面调查。据悉京局自1964年至1972年共发生胀轨跑道故障35起，在这35起故障中有8起造成行车事故，其中三次属重大行车事故。足见胀轨跑道对行车安全影响之大。京局的调查表明，胀轨跑道发生在春季气温上升季节者居多；受压温幅较高处所发生跑道的机率高；线路维修作业不当，胀轨跑道发生在作业之中，或之后一、二日内者较多。京局1973年以前发生的35次胀轨跑道中，有33次是在作业中或作业后不久发生的，多数是违章作业造成的。如1968年某段维修作业处锁定轨温 17°C ，作业时轨温已高达 50°C ，工长忽视工规有关规定，竟连续扒开道床100m全起全捣，结果在作业中发生了胀轨跑道。另有13次胀轨跑道发生在容易形成压力峰的处所。也有因轨向不良而胀轨的，如京广线下行 $207\text{k}+600\text{m}$ 处，一节铁内有两处硬弯，1971年4月19日维修，作业后轨温上升到 52°C 时，硬弯处发生了胀轨。起拨道作业不当对轨道稳定性的影响也十分显著，如京广线某段，在拨道作业中因两台压机作业配合不当，使线路方向由10mm扩大到70mm；又如某处线路紧急补修，中午作业结束时发现线路方向不良，试图拨道但拨不动，于是想把碎弯拨成慢弯，不料顺着弯曲方向一拨就跑道了。

沈阳铁路局至1989年累计铺设无缝线路2430多公里，先后发生胀轨跑道故障74起，其中有54起影响了行车，有3起酿成了颠覆列车的重大事故。从几起重大事故发生的原因看，几乎百分之百是违章作业的结果。

上海局于1987年对防胀工作提出了“争0控3”的防胀

奋斗目标（“争0”，胀轨跑道一次也不发生，“控3”，若发生胀轨，控制不超过3次），当年措施得当，管理严格，奋斗目标实现了。

从上述历史情况看，可以得出如下认识：

1. 无缝线路设专人负责，制定措施，严格管理，遵章守制，精心养护，胀轨跑道故障是完全可以防止的；

2. 在温度压力出现峰值、作业方法不当（或违章作业）、道床阻力下降或方向不良等情况下，最容易发生胀轨跑道。

（三）一般规律

无缝线路的胀轨跑道，就以往发生的故障事例来看，它的发生是有一定规律的。

其规律可归纳为：

1. 线路质量状态不良。如线路轨平、轨向不良、钢轨锁定不牢、道床断面不足尺、石碴不密实等等，或养护维修方法不当，违章作业等，都容易诱发胀轨跑道。

2. 温度压力偏高部位容易发生胀轨跑道。理论分析表明，温度压力偏高，道床阻力偏低，两者失去平衡，轨道就要失稳。运营中的实际情况也是如此，胀轨跑道故障，绝大多数发生在固定区或固定区与伸缩区交界处等温度压力偏高的处所。

冬季维修作业解开钢轨接头，或冬季清筛道床，因钢轨接头阻力和道床纵向阻力将大幅度下降，从而引起钢轨异常收缩或不均匀爬行，其结果导致线路锁定轨温下降，夏季钢轨温度压力将过高。另据温度应力放散资料的分析，及长钢轨温度力纵向分布的观测与实验，在行车方向的道口前方，固定区终端、曲线头部、桥头等处容易产生压力峰。从胀轨跑道的实例来看，多数故障也是发生在这些处所。

3. 温度突然上升季节, 容易发生胀轨跑道。据统计, 山海关以内每年三、四月份, 东北地区每年四、五月份为气温突然上升季节, 这一季节胀轨跑道故障的发生率高于高温季节, 是为胀轨跑道故障多发季节。

4. 低温季节铺设无缝线路时, 线路的锁定轨温若低于设计锁定轨温范围之下限, 或在此情况下虽经拉伸, 但拉伸不到位、不均匀, 致使拉伸端锁定轨温偏高, 而另一端锁定轨温仍然低于设计锁定轨温之下限。此外, 冬季无缝线路固定区钢轨发生折断时, 若在低温下进行永久性的修复, 则钢轨断口前后的线路锁定轨温将下降到修复断口时的轨温。例如, 修复钢轨断口时的轨温为 6°C , 则修复之后, 修复处及其前后的线路锁定轨温将下降到 6°C , 自然也低于设计锁定轨温之下限。这些处所, 一到高温季节, 因钢轨温度压力偏高, 就容易造成轨道因失稳而膨胀。

总之, 无缝线路的胀轨跑道故障, 是有一定规律性的, 不是不可捉摸的, 只要我们认真吸取胀轨跑道故障的经验教训, 尊重科学, 按科学规律办事, 无缝线路的稳定性是有保证的。

二、准轨线路

准轨线路轨缝被挤严, 形成连续瞎缝时, 同样会发生胀轨跑道。因此, 线路的养护维修工作, 历来都十分重视轨缝的调正, 保持夏季轨缝不挤死, 冬季轨缝不大于构造轨缝。夏季轨缝过早挤严, 准轨线路将承受额外温度力, 加上接头阻力和道床纵向阻力的作用, 准轨线路所承受的温度力总合将不亚于无缝线路。但因准轨线路之道床标准低于无缝线路, 养护维修之作业又循常规, 在此情况下, 准轨线路的胀轨跑道自然难以避免。据郑州局近年情况反映, 准轨线路胀

轨跑道的故障次数竟超出无缝线路。1989年发生4次, 1990年发生6次。

按铁路线路维修规则规定, 准轨线路接头螺栓扭矩应达到表1—1的规定值,

表 1—1

项 目	单 位	25 m 钢轨						12.5 m 钢轨	
		最高轨温 + 温差 ≤ 85℃			最高轨温 温差 ≤ 85℃				
轨重	kg/m	60	50	43	60	50	43	50	43
螺栓等级		10.9	10.9	8.8	10.9	8.8	8.8	8.8	8.8
扭矩	N·m	700	603	600	500	490	400	400	400

对照上表规定, 可换算出不同类型钢轨的相应接头阻力及相当温差, 见1—2表:

表 1—2

接头阻力 (kN)	接头阻力换算温度 ℃		道床纵向 阻力 (N/m)	道床纵向阻力换算 温差		相当温差℃	
	50 kg/m 钢	60 kg/m 钢		50 kg/m 钢	60 kg/m 钢	50 kg/m 钢	60 kg/m 钢
200	13	11	63	2.5	2	15.5	13
300	19	16	63	2.5	2	21.5	18
400	25	21	63	2.5	2	27.5	23
500	31	27	63	2.5	2	33.5	29
600	38	32	63	2.5	2	40.5	34

注: 相当温差为温升过程中因接头阻力与道床阻力的作用而引起的钢轨轴向压力的换算值。

据计算, 当接头螺栓扭力矩为600~700N·m时, 接头阻力可达40t, 此时, 50kg/m和60kg/m钢轨的相当温差分别为27.5℃和23℃; 当接头螺栓扭力矩为900N·m时, 50kg/m和60kg/m钢轨的相当温差分别为40.5℃和34℃。按铁路线路

设备大修规则附录二铺设无缝线路的容许温差表,50kg/m和60kg/m钢轨的容许温升,当轨枕配置根数为1840根/公里时,直线均为50℃。在此情况下,若最高轨温为60℃,则当接头螺栓扭矩为600N·m时,50kg/m和60kg/m钢轨的轨缝,分别在轨温低于37.5℃和33℃挤严;当接头螺栓扭矩为900N·m时,50kg/m和60kg/m钢轨的轨缝,分别在轨温低于50.5℃和44℃挤严,于是当轨温达到最高时,其相当温升值都将超过容许限度。也就是说,若准轨线路的轨缝,在轨温上升到最高轨温之前已经挤严,则线路钢轨承受温度力的情况与无缝线路钢轨承受温度力的情况完全一致,即同样存在温度压力下的稳定性问题。

综上所述,准轨线路若管理不当,轨缝失控,过早挤严,同样具有无缝线路受力的特性,因此,胀轨跑道之防治,不单是无缝线路的问题,而是无缝线路与准轨线路的共同问题。

第二章 基本概念

一、胀轨跑道过程

了解胀轨跑道的物理过程，是处理胀轨跑道问题的理论依据。研究胀轨跑道之防治，必须认真研究这一过程，以利区别对待，合理处置。无缝线路轨道，在自然温度环境下，钢轨会因温度变化而产生温度力，此温度力为压力时，达到一定量值之后，轨道将产生横向变形。据大量试验研究得知，这一变形的发生与发展过程是有一定规律的，基本上可分为三个阶段：一是保持稳定阶段（不变形阶段），二是胀轨阶段（渐渐变形阶段），三是跑道阶段（突然变形阶段）。

为说明问题方便计，现将轨道稳定性试验的全过程，示于图 2—1。图中 $p_t - f$ 曲线为有一定初始弯曲的轨道进行试验时，使钢轨持续温升，三个阶段一气呵成，钢轨温度压力 (P_t) 与轨道横向变形 (f) 之间的关系曲线。

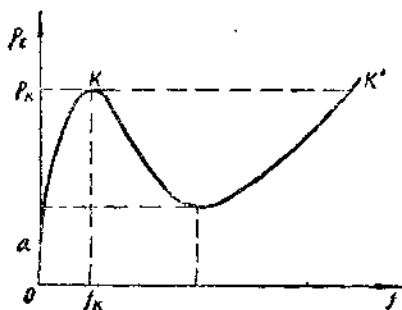


图 2—1

钢轨中的温度压力，随轨温相对锁定轨温的升高而逐渐增大。其承受温度压力的初始阶段，轨道的几何形态不受影响而保持原状，为稳定阶段，如图中 $P_t - f$ 曲线之 oa 段。此阶段钢轨温度力完全以弹性势能的形态贮存于钢轨中。如钢轨为理想的直线。此状态可能在很高的温度压力下保持，直到轨道经受某种外部干扰时，才会突然臌曲。然而，实际上钢轨不可能是理想的直线，总有某种程度的初始弯曲。因此，保持稳定阶段的钢轨温度压力，是有一定限度的，钢轨温度压力一经超过这一限度，轨道即产生弯曲变形。钢轨的受力与变形的关系，随即进入第二阶段。

第二阶段为胀轨阶段。此阶段 P_t 与 f 之间的关系，如图中 aK 所示。胀轨阶段一开始，轨道便随钢轨温度压力的升高而产生微许的横向变形，变形趋势目视不甚明显，但随温度压力的继续升高，变形将逐渐明显，且变形曲线的线形趋于稳定，温度压力继续升高只是变形的加速和矢度的扩大。当温度压力达到某一限值时，轨道变形的增大，将迫使道碴挤压错动。相应产生音响，它预示轨道的受力与变形已接近临界状态。之后，轨道的变形将进入第三阶段。

第三阶段为跑道阶段，或称破坏阶段，如图中之 KK' 线段。当钢轨温度压力上升到 P_K 、轨道横向弯曲变形矢度扩大到 f_K 时，轨道的稳定性处于临界状态，即胀轨阶段之结束、跑道阶段之伊始。在此状态下，钢轨温度压力再稍有增加，或受到来自外部的干扰，轨道的弯曲变形矢度就会突然扩大，并伴随巨大声响而臌曲，即所谓跑道的现象发生了。其弯曲变形的最大矢度可达几十厘米，从而轨道的结构受到了破坏。变形曲线的线形与胀轨过程的线形全然不同，贮存于钢轨中的弹性势能急剧释放，线路跑道之后又重新稳定下来。