

J. WATTMANN等著
高宗榮等譯

鐵路无缝线路

人民鐵道出版社

出版者的話

本书包括：[西德] J. 华特曼著“铁道轨道中的纵向力”（Längskräfte im Eisenbahngleis），[西德] F. 毕尔曼著“西德铁路运用无缝线路的经验”（Erfahrungen der Deutschen Bundesbahn mit dem durchgehend geschweißten Gleis），[苏联] B. Я. 舒里格著“钢筋混凝土轨下基础上的无缝线路”（Бесстыковый путь на подрельсовом основании из железобетона）。前两篇是根据苏联铁路运输出版社1959年出版的、B. Д. Никиф и A. М. Шкитика 的俄文译本（Бесстыковый железнодорожный путь）转译的。在 J. 华特曼的文章中，介绍了确定轨条端部的移动量，以及计算铺设轨缝的方法。全面地阐述了确定钢轨中的温度应力与在线路上焊接过程中所产生的应力诸问题。在 F. 别尔曼的一篇中，叙述了西德铁路无缝线路铺设和养护的经验，包括在线路上及在工厂中焊接钢轨的工艺，从计算与观测所得的无缝线路的稳定性与可靠性方面的资料，以及各国推广长钢轨的统计资料。在 B. Я. 舒里格的一篇中，比较全面地介绍了国外无缝线路的发展情况和采用的结构型式，铺设过程等。

在世界各国，无缝线路铺设长度最多的，而且在研究工作中获得的成就比较显著的一些国家，首先是西德、法国和捷克斯洛伐克。在苏联，同样也具有焊接长钢轨的运营经验，和即将大量使用无缝线路。

在我国，铁道科学研究机构和铁路局工务部门，正在广泛地致力于无缝线路的理论研究和铺设试验工作。我国是在1957年开始研究试验的。截至1961年底，已铺设了150余公里。不论是在焊接、铺设、养护等方面，都积累了一些经验。

无缝线路在各国的实际应用，不仅与科学技术发展水平有关，而且决定于各国的运输情况和自然条件。比如在西德，由于铁路上的轴重较轻及有良好的气候条件，因此就有可能采用先在工厂中把钢轨焊成120米长的轨条而后在线路上用中间浇铸的铝热焊法将它们彼此焊接在一起，着重于解决收缩应力的计算与调

整問題，以及確定焊接接头軌縫值等問題；對於綫路穩定以及溫度變化和列車荷重共同作用下的鋼軌強度問題，就不是主要的。同時，在西德、法國等一些國家，鐵路綫路上部建築在開始鋪設無縫綫路以前，都已滿足了無縫綫路的工作特點的基本要求，在貨運強度不太大的條件下，綫路的承載能力比之于列車軸重則足有餘，採用 K 型分開式扣件就足以保證鋼軌牢固地扣緊在軌枕上，因此就有可能鋪設無縫綫路而不需花費巨額投資。

我國的情況較之西德有顯著的不同。我們指出這一點，就是希望我國綫路工作者注意以正確的態度來對待本書所介紹的國外經驗，結合我國現有綫路情況、運輸情況以及自然氣候條件，通過實驗研究，作出適合我國具體情況的無縫綫路結構型式，以及解決鋪設和養護上的一系列具體問題。我們堅信，在黨的領導下，通過科學工作者和技術人員的實踐，將無往而不胜。

目 录

第一部分 铁路无缝线路

緒論.....	1
铁道轨道中的纵向力	
〔西德〕 J. 华特曼 (J. Wattmann)	
第 一 章 无缝线路.....	5
§ 1 电车轨道线路	5
§ 2 温度及弹性伸长	5
§ 3 等量伸长值	6
§ 4 中和温度	7
§ 5 由气候条件所产生的最高应力	8
第 二 章 无约束的长钢轨(无摩阻力).....	8
§ 1 无摩阻力情况下的应力	8
§ 2 铺设轨缝值与应力	9
§ 3 铺设规程	10
§ 4 应力与轨缝图形	11
§ 5 计算	13
第 三 章 有鱼尾钣及轨枕摩阻力时的极限应力.....	14
§ 1 摩阻力的种类	14
§ 2 温度变化时的伸长和应力	15
§ 3 摩阻力引起的极限应力	16
§ 4 摩阻力的数值	17
第 四 章 有摩阻力时钢轨中的应力分配.....	19
§ 1 应力图中各图线的特征	19
§ 2 标准图形	20
§ 3 温度反向进程时的应力	22
§ 4 压缩及拉伸的位移区	23
§ 5 等值温度——相异应力	24
第 五 章 量度伸长的图形面积.....	25

§ 1	量度伸长值的应力图形之面积	25
§ 2	量度应力与温度作用产生的总伸长量之实际 伸长值	26
§ 3	等值温度——相异轨缝	28
§ 4	缩图	29
第六章	在温度直线进程变化的条件下, 有摩阻力时的 钢轨伸长及应力	30
§ 1	温度变化与钢轨伸长	30
§ 2	伸长的抛物线方程	31
§ 3	由伸长图形转化为应力图形	32
§ 4	铺设的标准轨缝	34
§ 5	有鱼尾板摩阻力与单位延长阻力的附加应力	35
§ 6	长钢轨与短钢轨的区别	37
第七章	在温度反向进程变化的条件下, 有摩阻力时的 钢轨应力及伸长	39
§ 1	在温度反向进程变化时的伸长面积	39
§ 2	反向进程的抛物线	41
§ 3	温度反向进程时的伸长环线	42
§ 4	伸长的界限	42
§ 5	应力环线	45
§ 6	应力界限	46
§ 7	道床冻结	49
§ 8	附加应力及最大应力	51
§ 9	伸长与应力图形的计算值	52
§ 10	短钢轨	52
§ 11	特长钢轨	56
§ 12	接头螺栓的应力	57
第八章	铺设无缝线路的先决条件	58
§ 1	问题的提出	58
§ 2	几种可能的铺设方法	59
§ 3	铝热焊	60
§ 4	强制应力与收缩应力	60
§ 5	拉伸器	63
§ 6	钢轨的端部区段	66

§ 7	鋼軌的纵向移动	67
§ 8	活动接头	69
第九章	無强制应力的無縫綫路的鋪設	69
§ 1	方法上的原則性特点	69
§ 2	鋪設軌縫	69
§ 3	区段軌条的焊接	72
§ 4	应力放散和中間区段軌条长度的修正	74
§ 5	松开扣钣螺栓后的残余应力	76
§ 6	焊接好的区段軌条的鎖定	78
§ 7	道床完整断面的建筑	83
§ 8	連續的逐次焊接	84
§ 9	施工程序	91
§ 10	决定綫路纵向移动阻力的方法	92
第十章	具有强制应力的無縫綫路的鋪設	93
§ 1	概述	93
§ 2	結束焊接时的强制应力	94
§ 3	逐次焊接时的强制应力	94
§ 4	加热鋼軌时的强制应力	96
第十一章	在鉄道綫路各部分上鋪設無縫綫路	98
§ 1	运用連續焊接长鋼軌的范围	98
§ 2	綫路曲綫段	99
§ 3	軌条焊接的中断地点	100
§ 4	无縫綫路与有縫綫路的联接	102
結論		105
§ 1	有縫綫路	105
§ 2	无縫綫路	106
§ 3	比較	107

西德铁路运用无縫綫路的經驗

〔西德〕 F. 毕尔曼 (F. Birmanu)

第一章	概論, 經濟意义	111
第二章	施工方法	111
§ 1	通常条件下鋪軌的技术作业过程与施工方法	111
§ 2	人工产生鋼軌中的拉应力	117

§ 3 用加热法使鋼軌伸長	118
§ 4 端部构造及防爬設備, 观测	120
§ 5 无縫綫路的維修工作	122
§ 6 焊接方法	123
第三章 無縫綫路的穩定性及工作的可靠性	124
§ 1 抵抗挤起的穩定性, 綫路曲綫段	124
§ 2 在冬季条件下工作的可靠性, 鋼軌的断裂	131
第四章 無縫綫路的統計資料	132
結束語	136

第二部分 鋼筋混凝土軌下基础上的无縫綫路

[苏联] В. Я. 舒里格 (Шульга)

国外广泛鋪設无縫綫路	137
国外采用的无縫綫路結構	143
鋪設無縫綫路的鋼筋混凝土軌下基础	149
鋼筋混凝土軌枕	149
鋼筋混凝土拼块上的綫路	162
鋼筋混凝土軌下基础上无縫綫路的中間扣件	165
在鋼筋混凝土軌下基础上鋪設無縫綫路时鋼軌絕緣的新方法	175
鋼筋混凝土軌下基础上无縫綫路的道床	178
鋼筋混凝土軌枕上鋪設無縫綫路的新技术	182
苏联铁路在鋼筋混凝土軌枕上鋪設无縫綫路的 技术作业	183
西德铁路在鋼筋混凝土軌枕上鋪設无縫綫路的 技术作业过程	186
法国铁路在鋼筋混凝土軌枕上鋪設无縫綫路的 技术作业过程	190
英国铁路在鋼筋混凝土軌枕上鋪設无縫綫路的 技术过程	193
焊接长軌条的焊接、运输和卸軌的施工作业的現代成就	194
施工組織系統和焊軌方法	194
焊接軌条的装、运和卸	197
鋪設焊接軌条用的一些小型机械工具	202
結語和建議	202

第一部分 鐵路無縫綫路

緒 論

几十年来，鐵道綫路技術人員都認為：鋼軌接头處應設置使鋼軌在溫度可能變化的條件下滿足自由伸長與縮短的軌縫。為了不允許接头軌縫值過大或避免採用結構複雜而又昂貴的溫度調節器，曾將鋼軌長度限制在某種範圍內，我們可把該種綫路看成是短軌綫路。

早在本世紀初葉，當修建電車軌道時，即已放棄鋼軌在溫度變化時自由伸縮的辦法，而隨着採用鋼軌鑄焊方法的發展，開始向連續焊接（無接头）軌條過渡。

鐵路軌道一般鋪設在碎石道床上，這種綫路，較電車軌道所受到氣溫及日光影響的程度要大得多。自然，就不能廣泛和無條件地把電車軌道中採用無縫綫路所被肯定過的經驗，應用到鐵道綫路的實踐中去，而需要較久的時間，直到鐵道上大胆首次試圖打破必須保證鋼軌在溫度變化下自由伸縮的陳舊的傳統見解之後，但在第一次世界大戰前，某些極個別的探討性的試驗，剛一開始就停止進行了。拿德國鐵路來說，只是在尋找更經濟的結構時，在批判鋼軌必須自由伸縮的觀點之後才開始。

但是，並不能冒險立即由短軌轉變到無縫綫路。預先曾有過中間步驟，即大大地增加鋼軌長度，同時採用很大的軌縫值。但這種辦法仍然不能保證鋼軌在溫度變化時全部伸縮的可能性。在這種軌道中（這種軌道合理地稱為長鋼軌的綫路），鋼軌長度可以在一定範圍內變化。顯然，在那種伸長的可能性用完之後，溫度每一次的繼續變化，在鋼軌中就引起了溫度應力。

除了這些應力外，在長鋼軌中產生了由於下列一些外力作用而引起的應力，這些外力是由於鋼軌與軌枕之間的摩擦或軌枕在道床中的摩擦，以及鋼軌與魚尾鉗間的摩擦而出現的。因此，長鋼軌須滿足於另一規律，即承受的縱向力較短鋼軌大得多。迄今為止，人們很少注意鐵道上部建築中的縱向力，而僅隨着長鋼軌及無縫綫路的採用，這一問題及其他有關方面才開始成為一些專家們的研究課題。

实际上，应視 30 米长的鋼軌为长鋼軌，因为要滿足这类鋼軌的自由伸縮，需要留出 30 毫米的軌縫，即軌縫須大到超过运营条件所允許的数值。

长 60 米及 60 米以上的鋼軌称为长鋼軌，因为在温度变化較小的情况下，軌縫就完全拉开。鋼軌愈长，温度降差应愈少，如此軌縫值即保持不变，而在温度进一步升高或降低时，在鋼軌中产生的纵向应力也就愈大。无缝綫路，实际上就是当鋼軌长度为无限长时，温度引起鋼軌伸长一般不可能。因之，每一点温度波动均将导致鋼軌中应力的改变。

在长 120 米及 120 米以上的鋼軌中，中間部分的应力与无缝綫路中鋼軌內的应力几乎没有区别。所以，試鋪 120 米长的鋼軌获得良好效果，特別重要的是在并未发生挤起的情况之后，下一步再由长鋼軌过渡到无缝綫路才算是合理的，而且这种做法是慎重的，不带有冒险性。

虽然采用长鋼軌及无缝綫路是极为合理和安全的，但并不能放松运用这种綫路的实际工作人员的工作，仍有必要对一些規律有深刻的了解，按照这些規律，温度、应力以及伸长三者 in 长鋼軌綫路中是互相影响的。在綫路上連續焊接鋼軌时，这种規律还与鋁热焊的纵向收縮的挤压的影响有关。

自然，只要研究出一种在綫路上施焊的方法，而很快的放棄了在鋼軌焊接工厂中需要复杂设备的焊接方法（电接触焊）。实际工作中，迄今几乎毫无例外地采用着鋁热焊^①，这就是我們研究的焊接方法。

为使所研究的复杂关系尽可能显明些，书中广泛采用着图解及数字例題。

对于多次出現的概念和数值，引用下列統一符号。

“中和温度”（нейтральная температура）——无缝綫路的鋼軌温度，在該温度时，鋼軌中沒有应力。

“間歇温度”（температура перефыва）——在中和温度时，两个工作时期之間の間歇時間內升高或降低的温度。

“中間区段軌条”（промежуточный участок плети）或簡称“区段軌条”（участок плети）——由位于无缝綫路构造的中間段

① 这是对德国铁路而言，至于苏联铁路，在干綫上鋪設的鋼軌，仅仅使用电接触焊，这种情况下，不采用在綫路上焊接的办法——編者註。

落上的标准长度的单根鋼軌焊成的很长的鋼軌。

“区段軌条的焊接”(сварка участка плети)——在无縫綫路构造的中間段落上,对許多标准长度的单根鋼軌进行連續焊接使成区段軌条的工作。

“区段軌条接头”(стыки участка плети)——将个别鋼軌焊成区段軌条时所形成的接头。

“結束焊接”(заключительная сварка)——将事先准备好的区段軌条,焊成更长的无接縫軌条的焊接工作。

“合龙接头”(замыкающие стыки)——对两根区段軌条进行結束焊接所形成的接头。

“自由区段”(свободный участок)——邻近焊接地点能在軌枕上移动的那部分軌条。

“标准接縫”(нормальные зазоры)——接头处的鋪設軌縫,这一軌縫能保証鋼軌无阻碍地溫度伸长。

“計算应力”(расчетное напряжение)——在某一确定的中和溫度下鋪設的无縫綫路中,一定时刻的溫度时鋼軌中存在的应力。

“应力差”(отклонение напряжений)——无縫綫路的鋼軌中实际应力与計算应力之差。

“纵向位移阻力”(сопротивление продольному перемещению)——設有鋼軌扣件时,抵抗鋼軌沿軌枕滑动的阻力。

R (公斤)——因魚尾鋸中存在摩阻力而阻止鋼軌纵向移动的阻力(一般称为接头阻力——譯者)。

r (公斤/厘米)——因鋼軌和軌枕或两者和道床間发生摩擦,而阻止鋼軌纵向移动的阻力。

σ (公斤/厘米²)——应力,“+”号为压力,“-”号为拉力。

σ_a ——有自由伸縮終端的鋼軌中的最大可能应力,它是由于克服了魚尾鋸中的摩阻力而发生的。

σ_m ——有自由伸縮終端的鋼軌中的最大可能应力,它是由于克服了鋼軌基础的摩阻力而发生的。

t ——溫度。

t_a 及 t_m ——对应产生极限应力 σ_a 及 σ_m 的极限溫度。

t_{ok} 及 t_{uk} ——根据气候条件可能的最高及最低溫度。

t_{ov} 及 t_{uv} ——鋪設溫度的上下限。

t_{of} 及 t_{uf} ——軌縫拉開溫度的上下限。

t_0 ——鋪設時，在接头處設軌縫的溫度。

L ——鋼軌全長， l ——鋼軌一部分或一段的長度。

λ ——鋼軌的伸長量及軌縫值。

f ——量度鋼軌伸長的應力圖形面積。

F ——鋼軌的橫斷面積，本書例題中 S 49 型鋼軌採用 62 厘米²。

E ——軌鋼的彈性橫量，等於 2,100,000 公斤/厘米²。

α ——鋼的線膨脹係數，等於 0.0000115/1°C。

鐵道軌道中的縱向力

J. 華 特 曼

第一章 無縫綫路

§ 1 電車軌道綫路

本書首先作無縫綫路的研究，這種無縫綫路是鐵道綫路構造發展的最近階段。而所引起的問題是無縫綫路中產生的應力比有縫綫路更易了解。在普通綫路上，必須考慮在無縫綫路中所沒有的摩擦阻力與鋼軌伸長的變化過程。

但是，已鋪設的無縫綫路中的應力變化過程越簡單，通常要使這樣的綫路在鋪設過程中產生理想的應力狀態，就更加困難了。所以，鐵路無縫綫路一書，將在以下的各章中較詳盡的討論鐵路無縫綫路的鋪設以及與鋪設工作有關將鋼軌焊成軌條的問題。

現在，在建造電車軌道時，是將全部長度上的鋼軌一根接一根的焊接起來，而且不鋪設任何調節接頭或調節器，也不考慮鋪設溫度。因為街道路面兩側阻止了鋼軌的撓曲變形，實際上它的長度固定不變。但是，鋼軌溫度經常變化，因此，鋼軌勢必不斷的伸長或縮短，這是大家共知的物理定律。到目前為止，某些人不只一次地發表過這樣的見解，即，在這種情況下，鋼軌必將遭到破壞。而實際上他們並未測定溫度波動時鋼軌中發生的壓應力與拉應力，而且只有在鋼軌的拉應力和壓應力值達到很高的程度（超過了材料的極限強度時）才發生破壞。所以，首先應當研究溫度波動與鋼軌中應力的相互關係。

§ 2 溫度與彈性伸長

若對某種杆件（例如鐵道上的鋼軌）加熱或冷卻，它將因此

而伸长或缩短。伸长或缩短的数值，与钢轨的长度及其温度变化成正比，总的温度伸长等于：

$$\lambda_t = L\alpha t^* \quad (1)$$

式中 L ——钢轨长度；

t ——温度变化值；

α ——钢轨的线膨胀系数，以当温度升高 1°C 时，杆件单位长度上的伸长表示之。

沿杆件纵轴方向加力后，同样能使杆件的长度发生改变。根据材料力学的原理，杆件受拉引起的伸长量等于：

$$\lambda_\sigma = \frac{L\sigma}{E} \quad (2)$$

式中 σ ——杆件中的应力（公斤/厘米²）；

E ——材料的弹性模量（公斤/厘米²）。

§ 3 等量伸长值

若在同一杆件中，温度变化 t 和应力变化 σ 发生同一伸长值时，则下面的等式就成立。

$$\lambda_t = \lambda_\sigma$$

于是

$$L\alpha t = \frac{L\sigma}{E}$$

由此

$$\sigma = E\alpha t \quad (3)$$

此式中未包含杆件长度的因数，乘积 $E\alpha$ 仅与材料的种类有关。因此，由于温度与应力作用列出的伸方程，与杆件的长度及其横断面积无关，仅随杆件制成的材质而变。

钢轨的弹性模量 $E = 2,100,000$ 公斤/厘米²。线膨胀系数 $\alpha = 0.0000115$ ，故温度每 1°C 时， $E\alpha = 24$ 公斤/厘米^{2**}。

* 此处以及后面，均不采用表示钢轨长度为 L 的伸长量的习惯符号 ΔL ，因为这个符号，往往不能在同一条件下使用。例如，对无缝线路的终点就不适合，表示伸长量的符号选择了字母 λ ，同时也用它表示轨缝值，因为每一个轨缝，可以视为相应的伸长量。

** 在苏联文献和实际计算中，线膨胀系数采用 $\alpha = 0.0000118$ ，所以 $E\alpha \approx 25$ 公斤/厘米²——编者注。

$$\sigma = 24t \quad \text{即} \quad t = \frac{\sigma}{24}$$

由这些公式可知，对任何长度与任何断面积的鋼軌，要使溫度变化引起的伸长等于它的应力状态变化所发生的伸长，是在假定应力的增量将大于溫度增量的 24 倍的情况下发生。

上面假定了鋼軌只有溫度或鋼軌中的应力发生变化。若两者同时发生变化时，則杆件产生的伸长量将等于溫度与应力两者作用引起的伸长量之和（在适当的条件下，有时两种伸长的方向常常不相同，这时总的伸长量，就等于两种伸长量之差）。于是，当溫度与应力二者同时变化时，杆件长度不改变，只有在假定 $\sigma = 24t$ ，且两种伸长的方向相反的条件下才有可能。这一事实，只有在下面的情况时才存在，即：当溫度增高时，同时有压力作用；溫度下降时，同时有拉力作用。其所以必須統一規定应力的符号，因为通常认为溫度升高是正的方向，所以，用正号表示压应力，用負号表示相应的拉应力是合理的。

假設有压应力 $+\sigma$ 或拉应力 $-\sigma$ ，則如上所述，当 $\sigma = 24t$ 时，溫度与应力对伸长的影响是相互平衡的，故可称 t 为补偿应力 σ 的溫度值， σ 为补偿溫度 t 的应力值。

由此可知，溫度变化 1 度，在鋼軌用强有力的扣件扣紧，沒有伸长可能的条件下，鋼軌中产生的应力变化值为 24 公斤/厘米²。

§ 4 中和溫度

軌道經受着多次的和不相等的溫度变化影响。实际上，軌道經常受周期性的溫度波动影响，同样应当发生周期性的伸长变化，而当沒有伸长的可能性时即引起符号相反的应力。因为溫度和与其平衡的应力，总是一同变化，并具有特定的关系 ($\sigma = 24t$)，則当溫度一定时，无缝綫路中产生的应力总是應該一样的。反之，一定的应力仅能在溫度升高到同一值时才会出現。

此原則对鋪設溫度与鋼軌焊接的关系特別重要。有人认为（在实际中亦确实存在）：鋪設期間鋼軌中不存在应力。因之，無論是哪一次，只要鋼軌达到鋪設溫度，它将不承受应力。由这个中和溫度（中和者是因为它既不发生压力，也不发生拉力）来决定当任何其他溫度来到时鋼軌中的应力值。

§ 5 由气候条件所产生的最高应力

鋼軌中最大可能的压应力与拉应力，是根据气候条件之最高温度与最低温度（考虑中和温度）而产生的。在德国，鋼軌被强烈的日光照射时，軌温采用接近于 $+60^{\circ}\text{C}$ ，而最低温度——約 -30°C 。因此，最高和最低的温度差为 90°C ，而平均温度約为 15°C 左右。

大多数的情况下，軌温与气温之間有很大的差别，日照（特别是日光垂直于綫路軸向照射）时，鋼軌温度可以高出大气温度 20°C 。我們在以往的研究工作中仅注意軌温，因此在下面所有的情况下，遇着“温度”一詞，应该理解为鋼軌温度。

假設 t_n 为中和温度，根据气候条件最大的压应力就可以等于 $\sigma_{\max} = 24(60 - t_n)$ ，而最大的拉应力 $-\sigma_{\min} = 24(30 + t_n)$ ，对该气温条件下，两种最大应力之和永远是常数，亦即与中和温度无关。

$$\sigma_{\max} + \sigma_{\min} = 24 \cdot 90 = 2160 \text{ 公斤/厘米}^2.$$

因而，中和温度仅是作为应力的总和 2160 公斤/厘米^2 分別向压应力和拉应力之間分配时所必須遵循的指南。例如，假設采取等值分配时，則中和温度是由 $+60^{\circ}$ 与 -30°C 的平均值来确定，即等于 15°C 。此时，最大的压应力与拉应力均等于 $24 \cdot 45 = 1080 \text{ 公斤/厘米}^2$ 。究竟是否应当将压应力与拉应力等值分配看成是有利的呢？对此尚有爭論。

当軌道綫路遭受很大的危险时（作用着非常高的拉应力或非非常大的压应力），这个問題的解决，应该取决于保証綫路抵抗挤起的稳定的程度。

第二章 无約束的长鋼軌(无摩阻力)

§ 1 無摩阻力情况下的应力

假定，长鋼軌的接头构造是安装着有足够大的活动量的调节器的形式，这种调节器与桥梁温度调节器相似，还假定所采用的扣紧鋼軌于軌枕的扣件的扣着力极小，鋼軌基础上的摩阻力固定是极微的。于是，鋼軌在温度作用下能够自由的伸长与縮短。

实际上，我們現有的綫路上部构造与这种无約束的理想结构

有着本质上的区别；现有的列车荷载与行车速度，迫使轨道的纵向移动阻力的提高。通常，用鱼尾钣连接的钢轨接头有一定的强度，接缝只有在接头处作用有巨大的纵向力时才有拉开的可能，扣件同样把钢轨十分牢固地扣着在轨枕上。由于这些情况，使得钢轨在轨枕上有着非常大的移动阻力，而且轨枕在道碴中也有很大的移动阻力。

这些阻力对钢轨的应力与伸长的影响程度是很严重的，不是轻易地可以查明温度、应力、伸长以及钢轨长度与轨缝数值之间的相互关系的。

所以，在研究普通接头线路的纵向应力时，首先研究假设较简单的情况，即钢轨是铺在完全没有接头及轨枕的摩擦力的情况下，这时纵向阻力之所以产生，可能是由于钢轨接缝顶严，钢轨不能继续伸长，或是因为当温度下降时，接头螺栓接触到鱼尾钣上的螺栓孔即阻碍了钢轨继续缩短。

§ 2 铺设轨缝值与应力

温度变化时，钢轨长度仅可能在构造轨缝值的范围内变化。

达到这种范围的极限之后，尽管钢轨温度达到最高或最低值，钢轨也不可能发生任何伸长。构造轨缝的大小，同样也取决于温度的降差，温度在此范围内波动时，钢轨中就引起拉应力或压应力。

我们以构造轨缝为16毫米、长30米的钢轨作为例子来研究。线膨胀系数 $\alpha = 0.0000115$ ，温度升高 1°C ，钢轨伸长 $1/3$ 毫米，若要它伸长1毫米，温度必须升高 3°C 。所以，要使轨缝变化16毫米，温度就需要变化 $3 \times 16 = 48^{\circ}\text{C}$ 。如果根据气候条件取 $+60$ 和 -30°C 作为极限，即年温度幅度为 90°C ，则温度的降差为 $90 - 48 = 42^{\circ}\text{C}$ ，其产生的应力等于 $42 \times 24 = 1008$ 公斤/厘米²，在钢轨中引起拉力或压力，至于压应力分配若干？拉应力又占多少？需视钢轨的铺设温度及铺设时的轨缝值而定。

例如，假定钢轨在 $+11^{\circ}\text{C}$ 时铺设，同时在接头处留10毫米的轨缝，于是，当温度升高 $10 \times 3 = 30^{\circ}\text{C}$ 时，亦即钢轨温度为 41°C 时，轨缝顶严，如果温度再升高 $60 - 41 = 19^{\circ}\text{C}$ ，此时钢轨中引起的压应力为 $19 \times 24 = 456$ 公斤/厘米²。

钢轨温度从铺设温度下降时，轨缝仅仅能够增大6毫米，这

将发生于温度下降至 $6 \times 3 = 18^\circ\text{C}$ 时，即温度为 -7°C 。当温度继续下降到最低值，即达到 $-30 + 7 = -23^\circ\text{C}$ 时，钢轨中发生的拉应力为 $23 \times 24 = 552$ 公斤/厘米²。在该情况下，最大拉应力与压应力的总和为 $456 + 552 = 1008$ 公斤/厘米²，这与上述的计算相吻合。

无约束的钢轨中，可能的最大应力之总和，在一定的气候条件下，约与无缝线路一样，决定于钢轨长度及构造轨缝的数值。钢轨铺设的特点（温度与轨缝的大小），仅对应力总和在拉应力与压应力之间的分配关系上起作用，无缝线路就是这样的例证。

然而，在这种情况下的应力分配原则与无缝线路比较，出发点应有所不同，被分配的应力总和，完全不一样（在我们举的例子中，它等于 1008 公斤/厘米²，在同样的气候条件下，无缝线路为 2160 公斤/厘米²）；普通接头线路上，钢轨愈短和构造轨缝愈大，应力总和就愈小。但是，由于普通线路有接缝，对于纵向力（拉力或压力）的作用是比较敏感的。最初只能承受很有限的应力值，这是因为接头螺栓仅能传递相当小的力的缘故；从另一方面来看，压应力很大时，必须考虑线路挤起的可能性。一旦发生挤起时，除道碴中的轨枕起作用以外，尚有轨道框架刚度的影响。无缝线路的刚度比普通线路大。由于无缝线路的接头是铰接的，同时由于它的抵抗侧向挠曲的阻力很小，这就可能成为轨道挤起的原点。

若重新回到上面研究过的例题上去，则在横断面积为 62 厘米² 的 S49 型钢轨中，当计算出拉应力为 552 公斤/厘米² 时，必须产生约 34000 公斤的拉力。这样巨大的拉力，能拉弯鱼尾螺栓，随后剪断。为了防止螺栓中之剪应力大于允许值，必须要使鱼尾板与轨腰的接触面上有很大的摩阻力值，为此要求螺栓拧得非常紧。

§ 3 铺设规程

为了明确上述的应力与伸长的变化过程的概念起见，在图 1 中用图解表示。图中左边部分的斜线是轨缝的图形，它表示钢轨伸长、轨缝拉开及温度三者间的关系。在线路上铺设钢轨时，可以按照这条线的关系来设置轨缝，温度的变化（在已知范围内）