

129646

56.177
H.K.K.
K·H·米辛柯著

铁路部图书馆
图书 0 4145

图书馆

无缝线路



人民铁道出版社

無 接 縫 鐵 路

K·H·米 辛 柯 著

广 靈 岩 譯

沈 智 揚 校

人 民 鐵 道 出 版 社

一 九 五 八 年 · 北 京

本書分析了無接縫鐵路的受力狀況，批判地總結了世界各國過去關於無接縫鐵路的各種計算方法，精湛地闡明了作者所推薦的能量計算法。同時，也列舉出無接縫鐵路結構應具備的一些特征。

本書可供鐵路工程師和科學研究工作人員參考和研究之用。

無 接 縫 鐵 路

БЕССТЫКОВЫЙ РЕЛЬСОВЫЙ ПУТЬ

蘇聯 К.Н.МИЩЕНКО 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社（一九五〇年莫斯科俄文版）

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 1950

丁鍾岩譯 沈智揚校

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府17號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

○ 新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七壽廟）

書號911 開本 $850 \times 1168_{\frac{1}{2}}$ 印張3 字數76千

1958年3月第1版

1958年3月第1版第1次印刷

印數0,001—1,000冊 定價(10) 0.55元

目 录

緒言	2
1. 高溫下軌道的挤起	3
2. 挤起力及其阻力	5
3. 道碴对軌枕位移的阻力	9
4. 無接縫綫路的計算	12
5. 無接縫綫路計算的进一步發展	26
6. 無接縫綫路的强度及稳定性計算公式的应用实例	46
7. 無接縫綫路的近似計算公式	53
8. 用微分方程法研究無接縫綫路的稳定性	60
9. 無接縫綫路的强度計算	70
10. 低溫时鋼軌折断后軌縫的計算	74
11. 列車的動力影响及無接縫綫路的稳定性	77
12. 彈性的道碴阻力下無接縫綫路稳定性的計算	78
13. 軌道挤起时鋼軌中的应力	83
14. 人工建筑上的無接縫綫路	86
15. 無接縫綫路的結構	88

緒 言

無接縫綫路較普通結構的綫路具有更大的优越性。普通綫路的主要缺点如下：

1. 接头冲击對於綫路，尤其是对於車輛，起着破坏作用可以正确地肯定这样一个事实，即：車輛修理費不仅決定於它通过的綫路的情形，而且还決定於它通过的接头的数目；

2. 接头扣件的安裝和維修，耗費大量的資金、劳动力和金屬；

3. 接头处軌枕不可避免地要位置得很接近，这样就形成了剛性結点，从而破坏了綫路的均匀性，以及运行的平順性；

4. 接縫的存在为鋼軌与軌枕的縱向爬行創造了条件，为了消灭爬行，要消耗巨額資金和大量金屬及劳动力；

5. 在自动閉塞裝置和电气化的情形下，由於接縫的存在，須有附加設備，使电流得以沿着鋼軌通过。

綫路的这些缺点，一俟改为無接縫綫路后，將都被消灭，此时車輛对綫路的动力作用將大为減少，这使得列車运行速度进一步提高成为可能。現代軌道的災難（縱向爬行），由於鋼軌無处可爬而將被消灭。綫路对列車运行的阻力將大大地減少，运营費將急剧下降。

上述优点說明了人們对無接縫綫路問題所以热烈感到兴趣的原因，这种無接縫綫路过去在我国鉄路上曾經看到过，現在也会看到的。

綫路的穩定性和强度的計算，在研究無接縫綫路問題中，起着絕對重要的作用。

上述問題的解決，應該根據抵抗軌枕在道床中橫向和縱向位移的阻力的一些實驗資料，以及有關穩定性破壞時軌道的彎曲形狀的實驗資料。從上面的敘述中可以看出所提出的問題的極端複雜性和困難性。為了可能即使是近似地加以解決，就必須用更簡單的方法來分析這一問題，並在計算中採用簡略的計算圖。

在下面的探討中，不企圖全面地和徹底地來解決上述難題，而只擬根據已經進行過的一些分析對現有的各計算方法作出評價，說明它們的缺點，並導出計算無接縫綫路穩定性的能量法的新的計算公式，這種公式將更符合於無接縫綫路的實際工作情況。所推薦的計算方法，曾經用以研究我們所提出的在我國情況下最自然的那種無接縫綫路構造的計算工作。此種結構是將普通綫路加強，並不增添使綫路修理工作困難的新構件；這種構造曾於1939年按照綫路與建築科學研究院的提議，在我們的領導下，由莫斯科鐵道學院大學生科學研究小組擬定，並曾規定了進行實驗的步驟。但是，由於戰爭的爆發，阻止了這一有意義的實驗的實現，這些實驗在我們的情況下，毫無疑意地將會給予一系列的有助於實際解決無接縫綫路問題的指示。

將會引起讀者注意的這一本著作，同時也是一本相當完善的專門論文，它闡明了無接縫綫路的計算方法的發展問題。

1. 高溫下軌道的擠起

在具有接頭的普通軌道中，如無接縫，則在夏季炎熱時，軌道穩定性常突然遭到破壞並發生向一側擠出的現象。這種突然變形是有預兆的。在砂道碴的情況下，預兆是：順着軌枕縱向的側邊或靠近它的兩端，道碴在一個方面局部散落，這表明軌道開始沿綫路移動和橫向位移。在軌條的垂直平面內與水平平面內，出現局部彎曲的現象，而且這種彎曲段的長度和矢度是隨着溫度升高而增長的。擠起過程最初在彎曲處附近發展着，而只要一開始擠

起，就猛烈地而且在刹那间形成。

軌道挤起終止后，一般在水平平面內，在一定的長度上形成弯曲的形狀。

弯曲的形狀是各种各样的，圖1表示鋪在莫斯科附近加里宁铁路車站上的無接縫綫路在进行穩定試驗时野外測得的一些形狀

在曲綫段上軌道一般是向外挤出，因为当軌道受到压力时，曲綫上即出現沿半徑方向向着曲綫外側的附加推移力，这样就削弱了軌枕在这一方向抵抗位移的阻力，但在那些由於某些当地的阻碍物使得軌道不易向外側挤出的場合，則也曾出現过軌道向內側挤动的現象。

由圖1所示的一些弯曲形狀可以看出，在一般情況下，弯曲段具有逐漸衰減的波浪式的線，由偶数的或奇数的半波所組成，同时半波的長度和矢度向着曲綫兩端逐漸減小（蛇形）。

半波的数目随着阻力以及軌道挤起时的温度力的增加而增多。个别半波的長度，由極小的尺寸到30公尺及以上。半波的矢度与其長度之比由 $1/500$ 到 $1/25$ ，並且这一比例是随着波長的增加而增大的。

曲綫的最大曲率出現在半波的頂点，曾經看到过的最小曲率半徑为 $10 \sim 8$ 公尺。这样大的曲率証明挤起

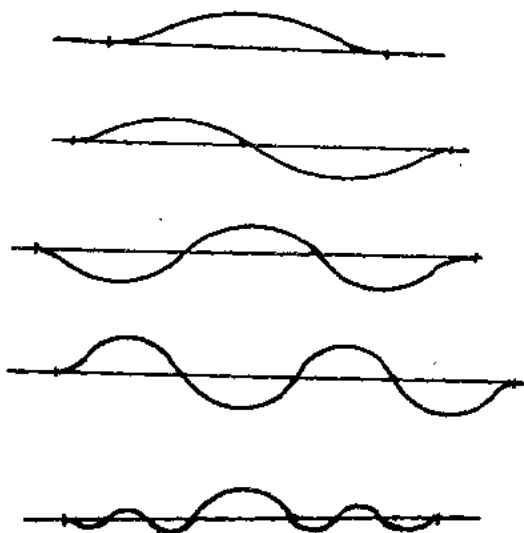


圖 1

过程的最后阶段是在鋼軌中应力很大，超出軌鋼的彈性極限時进行的。

所述的变形不仅限於軌道的弯曲部份。与弯曲部份兩端接連的直綫部份同样也發生变形。这种变形表現在：这些直綫段的各橫断面向着弯曲部份末端移动。离开弯曲部份兩端一定距离处，上述的縱向位移就消失了。

在無接縫綫路已出現变形的部份，变形开始以前鋼軌中原有的压力就会下降。在弯曲部份下降最多，离开弯曲部份兩端，压力开始增長，直至离开末端一定距离以后，又重新回复到变形以前鋼軌中原有的应力。由此可見，所述的变形對於整个無接縫綫路來說是一种局部現象，其範圍仅包括几十公尺的綫路而已。

軌道挤起以后，弯曲部份的实际外形不会具有如圖 1 所示那样規律的几何形狀，原因是由於道碴和軌枕搗固的不均匀性，以及道釘的压紧和卡住等等。

2. 挤起力及其阻力

軌道挤起現象在阻力最小的这一平面中出現。在垂直面中抵抗挤起的因素是：上部建筑的全部重量，鋼軌在这一平面中的大的剛度以及枕木与道碴的結合力。軌道在水平面內抵抗挤起的阻力，往往小於軌道在垂直面內抵抗挤起的阻力，因此，軌道在垂直面內挤起的現象，只可能在人工加大前一种阻力的条件下出現，或者在鋼軌枕木框架在水平面內的剛度很大的条件下出現。

一般情况下，只是在挤起开始时，軌道会向上举起。此时，由於軌枕在垂直面內有一点移动，道碴抵抗軌道橫向位移的阻力就下降，於是挤起过程仍將在水平面內进一步发展。

当軌道具有这样强的框架能保証变形时鋼軌与軌枕軸綫交叉处的直角不变，則当軌道弯曲时，軌枕軸綫將弯成 S 形的曲綫

(圖 2)、这样变形时,由於节点的剛度而引起的局部弯矩,將在鋼軌和軌枕扣結处由軌枕傳給鋼軌。

如鋼軌軌枕框架的剛度,在一定限度內允許軌枕相互移动,則鋼軌撓曲时將对軌枕作相对轉动,軌枕軸綫如观察所証明一样,在变形之后仍保持相互平行

(这一种情形一般是在鋼軌与垫板以道釘联結时出現的)

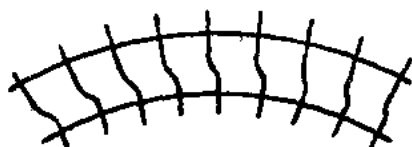


圖 2

關於曲綫上軌道挤起的情形,應該注意到:若是軌枕不遭到任何抵抗橫向位移的阻力,則即或框架的剛度很小时,在曲綫上也不会發生突然挤起的現象。溫度升高时,鋼軌中不能积聚压力,因为在这种情况下曲綫由於不断的伸長,將向軌道外側移动。

至於有道碴阻力时,积聚在軌中的溫度压力,可能引起平衡状态的突然破坏,此后,軌道的弯曲部份將形成新的穩定平衡形狀。

为了計算無接縫綫路,必須首先弄清引起軌道挤起的力及抵抗挤起的阻力的大小。

屬於挤起力的是溫度力和列車对綫路的作用力;屬於阻力的是:上部建筑的單位重量,鋼軌和軌枕框架的剛度的阻力,抵抗鋼軌順着綫路和橫向沿軌枕移动的阻力,抵抗軌枕在道碴中順着綫路和橫移动的阻力,以及道碴抵抗軌枕由道床向上移动的阻力等。

現列举一些有关上述的外力及阻力的資料於下。

溫度力

無接縫綫路的鋼軌中發展着压力或拉力,其值由下式确定之:

$$X = E\alpha\omega_1 t,$$

式中 E ——鋼軌鋼材的彈性模量，在我們的計算中採用 2.1×10^6 公斤/公分²；

α ——若是完全沒有抵抗鋼軌位移的阻力，當溫度變化 1°C 時鋼軌的相對伸長和縮短，在我們實際計算中，規定 $\alpha = 1.2 \times 10^{-6}$ ，相應地 $E\alpha = 25$ 公斤/公分²，這一數值可用以將溫度應力折成以公斤/公分² 表示的應力；

ω_1 ——鋼軌橫截面；

t ——對於無接縫線路的鋪設溫度（中和溫度）的增長溫度或下降溫度。

溫度由 0°C 上升和下降的最大可能值的總和叫作溫度幅度，它與地理條件和氣候條件有關，蘇聯各區域的溫度幅度由鐵路建築科學研究院1932年出版的等溫圖確定之。

鋼軌溫度不同於其周圍的大氣溫度。在日光的作用下，最炎熱時，鋼軌溫度高出大氣溫度約 20°C 。若是冬天鋼軌兩側為雪覆蓋，鋼軌溫度也比大氣溫度高出若干度。

由溫度力公式 $X = E\alpha\omega_1 t$ 看出：隨著 ω_1 的增大（即鋼軌能力的增大），溫度力也增長（溫度力為降低穩定性的因素），但同時鋼軌的剛度也增大（剛度是提高穩定性的因素），並且慣性矩的增長僅稍微比 ω_1 的增長快一些。

然若根據所述作出了這樣的結論，即提高鋼軌重量對提高穩定性的影響不大，這是不正確的。重軌受到較小的爬行力，此外，由於它具有富裕的抵抗力矩，機車車輛作用下的應力也就小，因而就允許取溫度幅度的大部份作為鋼軌在低溫下抵抗拉力的區域（譯者註：簡稱拉力區）。由於上述情形，就有可能提高無接縫線路的鋪設溫度，從而減小了壓力的數值，這樣也就提高了線路對擠起的穩定性。

列車傳給無接縫線路的力

除垂直壓力外，列車還傳給線路縱向的和橫向的兩種水平力。

在一定的条件下縱向力引起了綫路爬行的現象，這一現象到現在為止還研究得不够。這種情形阻碍了無接縫綫路合理設計問題得到全面的闡明。

無論爬行力多大，都不允許由於爬行力而使鋼軌的壓縮和拉伸有所增加，這是因為溫度力已如此之大，以致於甚至在沒有爬行力的情況下，要完全保證無接縫綫路的強度和穩定性已是很困難的問題，因此設計無接縫綫路時，一般是當作爬行現象已完全消除。

如果鋼軌在全部長度上都被連續地堅固扣着在固定的基礎上，則鋼軌中就不會產生縱向力，因為這些力已經過鋼軌的每一斷面傳到固定的基礎上去了。

由於上述原因，設計無接縫綫路時，總力求將軌枕佈置得稠密，同時也力求採用那樣的中間联接扣件，使能確實保證鋼軌沒有可能在綫路縱向和橫向沿着軌枕發生相對位移。

列車的橫向力對無接縫綫路的穩定性的影響問題，同樣也研究得不够。問題的複雜性在於：在機車車輛發生側向力的同時，它本身的重量也大大地增加了軌枕在道碴中抵抗縱向和橫向位移的阻力。從計算觀點出發，我們感到興趣的只是：所述的這些因素對軌枕阻力的影響，在最後的計算中是如何地反映出來。

列車作用對綫路的影響還表現在：在車架的第一軸之前及最後一軸之後，以及寬軸距的中間，出現鋼軌彈性綫的反波，它們減輕了軌枕的載荷，從而減少了抵抗軌枕位移的阻力，這種地點無疑地將減弱綫路的穩定性。但是，不應夸大反波的影響，因為反波的最大縱座標並不大。實際的在現代的重型綫路上，最重的軸下的沉陷不會超過5~6公厘。因此反波的最大縱座標的 y 值將等於： $y = 6e^{-kx} (\cos kx + \sin kx)$ ，其中 $x = \frac{\pi}{k}$ ， $y = -6e^{-\pi} \approx 0.26$ 公厘。

若是考慮了上部構造的重量，實際這個值將更小。

3. 道碴对軌枕位移的阻力

鋼軌軌枕框架的剛度对綫路穩定性的影响

外国很多科学家們曾經从事於确定道碴阻力这一特征的工作，然而外国刊物中所發表的有关这方面的实验資料都很不完备，而且是互相矛盾的。

要能正确的評定上述資料的价值，必須知道：1) 这些資料是平均值还是最大值；2) 它們与軌枕位移量的关系；3) 軌枕类型和綫路單位長度上的軌枕数；4) 道碴的类型和状态（新鋪的还是早鋪的）；5) 道碴稜体的尺寸及其他。在国外，类似的特征大多是沒有或者是不完备的。

上述特征的研究工作，我国曾經在1935年由綫路与建筑科学研究院組織，並於莫斯科近郊的加里宁铁路的車站上进行了上述特征的試驗工作。

实验方法曾經由М·Т·Членов工程师很詳細地拟定，实验結果曾登載在他的有名的《長軌》一書中。所进行的实验對於無接縫綫路的穩定性問題提供了很多可貴的指示。

实验証明：無論在砂道碴中或是在碎石道碴中，道碴对軌枕位移的阻力是隨着位移增大而增長的，但是增長並不是按照直綫規律。

同样的一些实验証明：在移去了那些引起軌枕位移的荷載以后，曾經出現这种情况，即：軌枕在砂道碴中有时作为量很小的反向位移（以公厘的十分之几計），而在碎石道碴中常常作尺寸頗大的反向位移。实际上可以認為砂道碴的阻力是純粹塑性的，而碎石道碴的阻力在某種程度上（虽然很小）是彈性的。碎石道碴阻力的彈性現象，主要是由於个别小碎石移动时楔住所致。在新鋪的碎石道碴中，几乎不出現这种現象，而在早鋪的道碴中則甚为显著。

为了简化綫路稳定性的計算，通常用軌道的單位延長阻力来代替那些阻止單根軌枕在道碴中位移的阻力，即將單根軌枕在道碴中位移的阻力換算为隣枕間距的單位長度上的阻力。这样的代替並不致於破坏計算的精确度，因为軌枕彼此間距离很近。

在現今無接縫綫路的穩定計算中，單位延長阻力在很多情況下採用常值，这样極便於計算工作。此外，也曾有过一些企圖，要作更精确的計算，即考慮到上面所述的單根軌枕的阻力隨位移而增加的现象，也就是單位延長阻力隨位移而增加的现象，同时也考慮阻力的彈性。我們將在以后再討論这些企圖，現在我們只舉出一些用以規定固定的單位延長阻力的計算資料。

實驗毫無疑義地証明了下列計算穩定性的重要原則：在任何一種軌枕位移的情況下，早鋪的道碴的阻力比新鋪的道碴的阻力大得多。

對於綫路穩定性最有決定性作用的是抵抗軌枕橫向移動的阻力，這一阻力，根據上述的實驗，對於早鋪的砂道碴規定為480公斤/公尺，對於新鋪的碎石道碴則規定為700公斤/公尺。

如以金屬圓釘釘於軌枕兩端，則抵抗軌枕橫向移動的阻力將顯著增加。根據某些實驗資料，在一根軌枕上可達到1500~2000公斤。

抵抗軌枕向上移動的阻力，只在蘇聯研究過，並得出了數據。在早鋪的碎石道碴中，一根軌枕上的阻力為150~160公斤。

在軌枕頂面撒佈道碴的作用

提高軌枕阻力的方法之一是在路基上將道碴鋪到鋼軌頭的高度，經實驗証明：抵抗軌枕向上移動的阻力，在這種情況下增加到115%。

注意到了由機車車輛傳來的水平力和振動對綫路的影響，在計算中，對於早鋪的碎石道碴每根軌枕的橫向阻力不得採用大於350公斤，縱向阻力不得大於700公斤。至於抵抗軌枕向上移動的阻力，由於考慮到上面所述的試驗結果僅是位移開始的情況，隨後

这些数值將迅速下降，因此我們認為每根軌枕的阻力不得採用大於40~50公斤。

鋼軌軌枕框架的剛度

有關鋼軌的剛度和扣件的結構對綫路穩定性的影響，前面已經敘述過了，因之現只擬詳細論述框架的剛度問題，框架剛度是保證綫路在水平面內穩定的重要因素。

如前所述，只有那樣的綫路結構才能具有最大的框架剛度，即那種結構在軌道撓曲以後能確實保證鋼軌與軌枕軸綫交點保持直角。上述結構是這樣一種軌道，例如：把鋼軌鉚到金屬軌枕上，或者把鋼軌的軌底鉚合在墊板^{*}上，而墊板則鉚於金屬軌枕上。

在這種情況下，可以假設框架的剛度等於

$$I = 2 \frac{\omega_1 S^2}{4},$$

式中 ω_1 ——鋼軌橫斷面的面積；

S ——兩軌軸綫間的距离。

50公斤/公尺的鋼軌的 $\omega_1 = 64$ 公分² *，這樣框架剛度將為

$$I = 2 \frac{64 \times 160^2}{4} = 819,200 \text{ 公分}^4。$$

這是相當大的剛度，致使軌道將不可能在水平面內擠起。剛度這樣大的結構，當採用木枕時，即使將軌底鉚在墊板中也不可能實現，因為墊板與軌枕間不可能具有相應的剛性联接。

在彎曲力矩作用下，固定於墊板的道釘或螺旋道釘可能輕微鬆動，發生變形或磨蝕軌枕中它們周圍較軟的木質，無論所述變形如何小，變形仍然使鋼軌與軌枕有可能相對轉動。

我國工程師М.Т.Членов曾對具有分開式扣件的鋼軌軌枕框架的撓曲情況進行了細致的試驗，並証明了：框架的剛度不會超出兩根鋼軌在水平面中的慣性力矩的兩倍，因此，在50公斤/公尺

* 此處及以後，50公斤/公尺鋼軌的特徵都採自這種鋼軌的原形設計。

的鋼軌時，

$$I = 2 \times 2 \times 341 = 1360 \text{ 公分}^4。$$

同样的那些試驗也証明了：只用螺旋道釘或鈎頭道釘把鋼軌扣着在軌枕上的聯結方式，當軌道撓曲時，幾乎不妨害鋼軌和軌枕的自由轉動，而框架的剛度將不超過一根鋼軌在水平面中的慣性力矩的兩倍，即對於50公斤/公尺的鋼軌，

$$I = 2 \times 341 = 682 \text{ 公分}^4。$$

由上述可見：鋼軌軌枕框架的剛度對於軌道的側向穩定性起着何等重要的作用，所以，設計無接縫綫路時，應尽可能竭力設法加強軌框的剛度。

4. 無接縫綫路的計算

計算方法簡評

還在不久以前，在外国的一些上部構造專家們之間，曾流行着不正確的看法，他們認為，在一定的條件下，積聚在鋼軌中的溫度力的作用是難以抵抗的，而與之作鬥爭的途徑只可能是被動地採用短軌，彼此用足夠大的接縫分開，以保證鋼軌能自由地伸縮，從而消除鋼軌中溫度力積聚的危險。

在1913年，刊物上發表了Брокман所寫的無接縫綫路的穩定性的研究，他論証了採用相應加強普通綫路上部建築的結構的辦法，就有可能主動地與溫度力作鬥爭，這一研究動搖了過去那些反對延長綫路中鋼軌長度的學說。

1927年，Амман和Грюнивальдат曾在Мюнхенский工程學院組織了關於研究無接縫綫路的工作條件的一些試驗。試驗是在長60公尺的軌道上，用強有力的水力千斤頂，由兩端進行人工加壓，來確定引起軌道彎曲的那些壓力與綫路上部構造各部份的阻力它們之間的關係。

一直进行到1935年的一些試驗結果，曾經連同無接縫綫路穩定性的原理和計算方法一起發表过，这些原理和計算方法是一些著名学者根据所得到的實驗資料創造出来的。

Амман和Грюнвальдат，無論在實驗方面，或者在所擬訂的計算方法方面，都是很不完备的。軌道的机械壓縮情形，与其說是表达出溫度力对綫路的作用的真实情况，毋宁說是歪曲了它，至於計算方法則含有严重的不准确性和錯誤。

有关無接縫綫路的精細的試驗研究工作，是由我国綫路及建筑科学研究院，於1933年在莫斯科近郊的加里宁斯基鉄路的車站上，組織进行的。

还在这以前，1932年，在Н·Т·Митюшин教授领导下並有作者参加，曾在實驗室的条件用模型进行了無接縫綫路的試驗。

由於这些已經进行的工作，現時已有足够的資料，可以用来正确地解决無接縫綫路穩定性的許多問題，但是还不能認為一切問題的最后研究工作已經完善。一些个别問題需要更进一步研究，特别是需要規定出与下列方面有关的一些指标，例如：阻止軌枕在道碴中移动的阻力，鋼軌軌枕框架的剛度，以及各种类型扣件的阻力等数值。

不等到無接縫綫路和長鋼軌的計算方法得到完全改善以前，这种結構就已經出現於实际中了。近10~15年以来，在綫路中，主要在站場方面，已經鋪設过25公尺長的鋼軌以及更長的鋼軌节。

現場正在更加謹慎地趋向於过渡到無接縫綫路，暫時还只限於鋪設一些在正常运营条件下工作的實驗区段。这样一些区段，到現在为止，都表現出十分稳定，並且將接头連續鉚接这一办法，對於运营也並沒有引起任何困难。

無接縫綫路穩定性計算方案和計算方法

軌道弯曲时，綫路上部構造各部份出現各种变形，而要考慮

到这些变形，無接縫綫路的穩定計算就將極其复杂。因此，为了便於計算起見，以梁来代替軌道，这种梁的單位延長重量等於軌道重量，同时梁在水平面內和垂直面內的剛度則分別等於实际結構在相应平面內的剛度。实际上这一結構是由鋼軌(弦)和軌枕(豎桿)所組成的框架，該框架的节点視扣件类型的不同，而有不同程度的剛度。节点剛度改变，弯矩的大小亦因之改变。当鋼軌在垂直面中弯曲时，以簡單梁来代替这样結構是完全自然的，然而当軌道在水平面中弯曲时，这一方案当然不能反映出真正結構在弯曲情况下的一切工作条件，但是，为了避免过分繁杂的計算起見，这种不完善的方案暂时还必须採用。

当所採用的計算梁在垂直面內弯曲时，梁的重量是假設沿着弯曲部份的水平投影均匀分佈的，並且就是阻止梁弯曲的荷重。同样当梁在水平面中弯曲时，道碴的横向阻力也假設均匀分佈在弯曲部份在直綫段的綫路中綫的投影上。

前面曾經指出：挤出过程的終結阶段是發生在軌中应力超出鋼軌鋼料的彈性極限时，因之，虎克定律为基础的計算公式，將不能用以計算。但这种情况，在計算中仍可不予考虑，这是由於确定临界力时，並不按照最終阶段的变形，而是按照某一中間阶段的变形，这一中間变形相应於結構系統的瞬間不稳定的平衡情形，此时它的应力不会超出彈性極限。

應該指出：關於無接縫綫路穩定性的計算，計有兩種基本靜力計算方法，一为平衡微分方程法，另一为能量法。

所述方法的第一种，最初系用以研究無重量直桿在軸向压力下的穩定性，並首先应用於無接縫綫路穩定性的研究中。然而用所述方法徹底解决所提的課題是不能令人滿意的，这是由於在这一方法中不易包括綫路挤出的真实情况，即：压桿在挤出过程的伸長，以及弯曲部份兩端的直綫段参与挤出过程这些情况。

能量法，對於解决所提出的課題，是較為有效的。

能量法首先由俄国著名学者 Жуковский 和 Ляпунов 教授进行