

1962.11.15

一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(35)

關於軌道檢查車 幾個問題的探討

人民鐵道出版社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师们几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整理工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京和唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向、和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，并无主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经作过九次学术报告，我们已将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步地改进。

铁道部技术局

1957年2月

一九五七年 十月廿 刊

關於軌道檢查車的幾個問題的探討

陳 寶 奇

軌道——綫路的上部建築——是由鋼軌、枕木、道床及連結零件等材料組成的結構；它在自然條件下互相緊密地連接著，並保持着一定的位置，以使機車車輛能在鋼軌上沿着一定的方向運行，並將其壓力均勻地傳佈到地面上。

列車的巨大軸重及沖擊，時刻給軌道以大量的影響，使軌道發生大量的變形。自然條件也同樣給軌道以很大的影響，例如寒冷的空氣使土層及道床凍結，並發生不均勻的變形；空氣的潮濕使鋼軌銹蝕，枕木腐朽等。這些都給軌道帶來了大量的破壞作用。

因此軌道的狀態時刻在發生着不同程度的變化，形成了軌道上的病害，而造成對列車運行上的不利。綫路經常維修的目的就在於消滅已經形成的病害及足以導致病害的現象及原因，使彈性的變形尽可能地減小並且均勻，在使永久變形的積累尽可能緩慢；以保證列車能在平穩的狀態中安全運行。因此必須對病害尽可能早地加以消滅或防止。所以經常嚴密地檢查軌道的狀態，進行仔細地分析，發現軌道上的病害及足以導致病害的各種現象，乃是十分必要的。

永久變形給軌道帶來了永久的病害，這些病害永久顯露在軌道上，在平常沒有列車通過的時候隨時都可以用簡單的工具進行檢查。但大部分彈性變形只發生在車輪的下面，用一般的方法是不能檢查出來的。

軌道檢查車是一種具有特殊機構的車輛，它能在運行的時候測量該車實有軸重及沖擊下的軌道狀態，並且自動地把檢查結果記錄在一條紙帶上。所以與其他檢查工具比較起來，軌道檢查車具有下列的特點：

1. 具有高的效率，它可以用每小時數十公里甚至 100 公里以上的速度連續地檢查軌道的各個狀態；

2. 檢查的結果是在該車實有軸重及沖擊下測量的，全面地包括了永久變形及彈性變形，這是他種方法所不能做到的；

3. 可以把檢查結果自動地有系統地記錄下來，供作研究分析。

軌道檢查車是在 1887 年發明的，經過多年來的逐步改進，現在在許多國家里都有了比較完善的軌道檢查車。但就各種軌道檢查車的設備上分析，却仍有許多問題是值得討論的。因此各國也在不斷地進行研究，力求改進，以期得到更加完善的結果。

今就軌道檢查車上的幾個主要問題分析如下，供作今後研究的參考。

1. 用重鉈能否測量軌道的水平

在蘇聯及我國的軌道檢查車上都用重鉈（擺）測量軌道的水平（瑞士輕型低速的軌道檢查車上也有這樣的設備）。但不論在理論上或試驗結果上都說明這種方法的應用是值得考慮的；今就下列各點加以說明：

(1) 用重鉈測量軌道的水平是利用其重心至懸點的連線（在重鉈結構對稱的條件下即為鉈桿，以下均簡稱鉈桿）與地面（自然水平面）垂直的特性，如圖 1。而牽動記錄筆進行

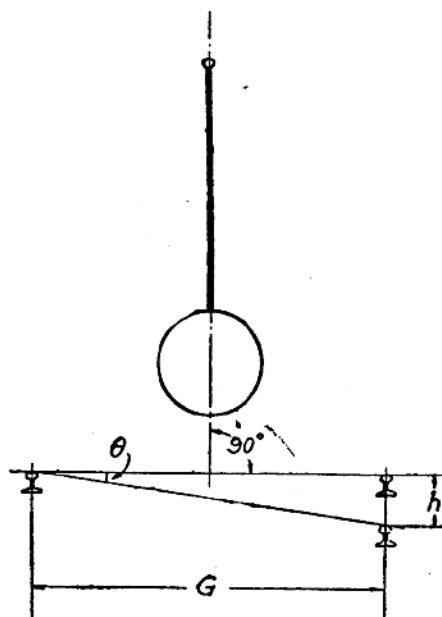


圖 1



圖 2

記錄的力是重鉈的水平分力，如圖 2 中的 f ，設車軸因軌道不平而發生傾斜，傾斜角為 θ ，此時重鉈要求恢復到鉈桿與地面垂直位置的力為 f ，而鉈重為 W ，則

$$f = W \sin \theta \dots \dots (1)$$

如傳導及記錄等裝置的總阻力為 r ，則必須

$$f \geq r$$

方能牽動記錄筆進行記錄，設

$$f = r$$

$$\text{即 } r = W \sin \theta$$

而 (1) 式可寫為

$$\sin \theta = \frac{r}{W} \dots \dots (2)$$

當 θ 角很小時 $\sin \theta$ 可視

為 $\tan \theta$ ，如鋼軌距離為 G ，軌道的水平差為 h ，則

$$h = G \tan \theta = G \frac{r}{W} \dots \dots (3)$$

即一定的 r 及 W 之值決定了 h ，這個 h 是此種設備的最小靜止誤差。而為減小這項誤差必須盡量減小 r 之值並加大 W 之值。如要求最大靜止誤差為 1 公厘，並設 $W = 300$ 公斤， $G = 1500$ 公厘，則由 (3) 式

$$1 = 1500 \frac{r}{300},$$

$$r = 0.2 \text{ 公斤。}$$

事實上將 r 之值減小到 0.2 公斤是十分困難的。而考慮到記錄筆及傳導等機件運動的結果 r 之值將益形增大，根據牛頓定律

$$F = ma \dots \dots (4)$$

式中： m 為記錄筆及傳導機件的總質量， a 為該機件運動的加速度， F 為形成此加速度所需的力。因此 (3) 式內的 r 將代以 $(r + F)$ 。

因此即便不考慮其他因素的影響，此項誤差也不可能是很小的。

(2) 前面所說是考慮重鉈的懸點是靜止的，但事實上這套設備是安裝在車輛上的，因而這個假定也是不成立的。車輛運行時除作沿軌道方向的運動外還參雜着其他種運動。設列車是沿着空間直角座標的 X 軸作直線運動的，如圖 3，則除此種運動以外尚有沿 Y 及 Z 軸的直線運動及圍繞這三個軸的旋轉運動 R_x 、 R_y 及 R_z 。這些運動、特別是 Y 、 R_x 、 R_z 時常

形成重鉈悬点的水平横向运动，即与Y轴平行的运动。

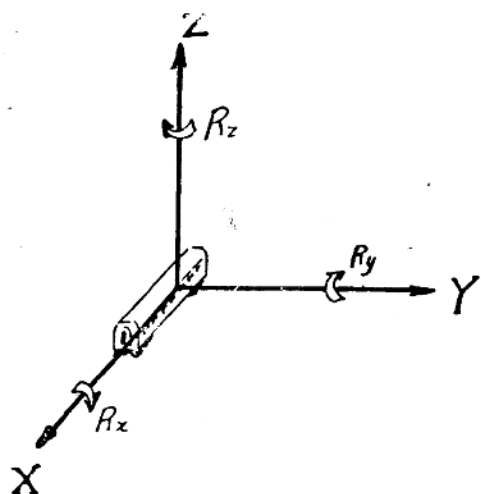


圖 3

因此当上述原因使鉈桿傾斜以后重鉈在复原过程中發生以其自然周期为周期的簡諧运动。重鉈悬点的运动有时因車輛彈簧等影响在短時間內也是簡諧运动。当这两个簡諧运动的周期接近的时候即將發生共震，而益形扩大重鉈的摆幅，形成更大的誤差。

(4) 为減少前述种种現象对重鉈的影响，在此种結構中均裝有与鉈桿联动的緩冲器。緩冲器的構造如圖 4 所示，1 是缸套，缸內裝滿煤油与机油的混合液，2 是浸在油內的活塞，在活塞上有活門 3，活門靠上下兩個彈簧片 4 的压力使它經常保持一个适当的油路，供油液通过；在缸盖及側壁上各裝一个空气筒 5，用以减小油液的冲击。另外在側壁上裝一油管 6。当活塞随重鉈的摆动而上下移动时，一部分油液由活塞上的活門 3 流过，一部分由側壁上的油管 6 流过；油管內通过油量的大小由管上的油門 7 控制。

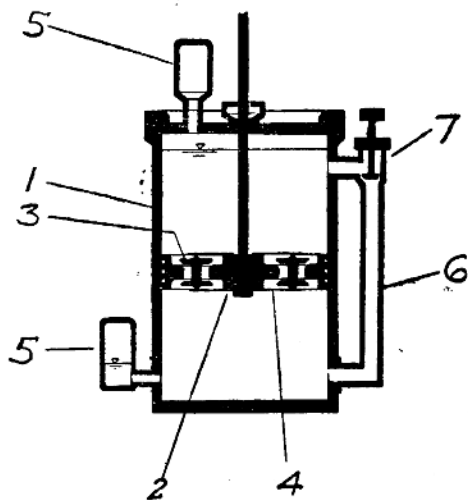


圖 4

油液在活門 3 內流通时其流量受到一定的限制，因而油液对活塞产生了压力，有阻止活塞运动的趋势，同时这压力也压迫活門 3，並减小油路，因此活塞在油缸內运动时阻力的大小与活塞的运动速度正变，而当活塞运动速度达到相当大的程度时活門即完全閉塞，使活塞几陷於完全靜止的状态。这种状态出現的早晚是由油門 7 来控制的。

利用这个作用使緩冲器对重鉈的摆动發生控制作用，而使重鉈的自由摆动迅速衰減。在活塞运动緩慢的时候油液对活塞的压力甚小，不起阻滯的作用。

重鉈悬点的这种横向运动使鉈桿不能保持与自然水平面垂直，因而發生誤差，它的傾斜程度因悬点水平运动的加速度的大小而正变。因此这个誤差的数值是極不稳定的，同时也是不可避免的。往往在同一地段的几次試驗中因行車速度或运行方向的不同而产生几种不同的記錄，主要就是由於这种誤差而形成的。

当然在曲綫地段运行时的离心力也同样使鉈桿不能保持与自然水平面垂直，因而对超高度的观察也是很困难的。虽然根据試驗可以做出某种程度修正上的計算，但这种計算也往往与实际是有很大的出入的。

(3) 重鉈本身也是一个复摆（物理摆），它自己具有一个摆动周期，即摆的自然周期。

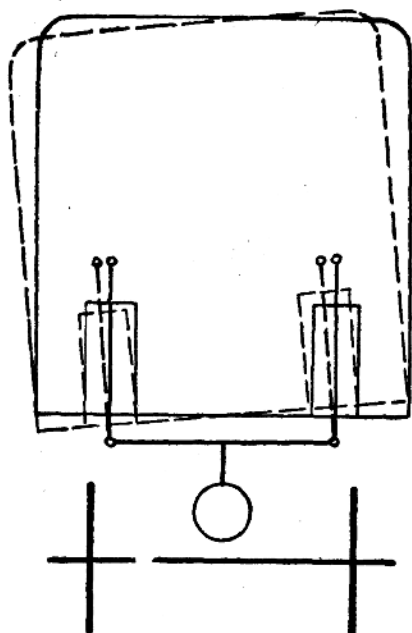


圖 5

式中 T ——摆的自然周期；
 I ——摆对悬点的转动惯量；
 m ——摆的质量；
 l ——悬点至重心的距离。

設重鉈的寬及高各為 a 及 b ，則

(5) 式可寫作

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{12}(a^2 + b^2) + l^2}{gl}} \dots (5')$$

當 T 為最小時

$$\frac{dT}{dl} = 0$$

故

$$l_{\min} = \sqrt{\frac{1}{12}(a^2 + b^2)}$$

而

$$T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{6}(a^2 + b^2)}{g \sqrt{\frac{1}{12}(a^2 + b^2)}}} \dots (6)$$

客車的平均搖擺周期約為 1.2~1.5 秒，而根據 (3) 式的要求及 (6) 式的計算，

緩衝器是裝在車廂上的，當車廂發生搖擺的時候它也必然隨車廂的傾斜而傾斜，如圖 5 所示，這將同樣使活塞在油缸內上下移動，而在活塞上產生壓力，這個壓力最後將傳達到重鉈上，使鉈桿發生傾斜。

因此對緩衝器的要求是要它不受車體動盪的影響，而對重鉈的自由擺動起良好的控制作用。重鉈或車廂的搖擺的瞬時速度却與其周期倒變，亦即周期越大瞬時速度越小（假定擺幅不大且擺角不變），周期越小瞬時速度越大。因此要求重鉈的自由擺動周期 T_1 要大於車廂的搖擺周期 T_2 ，而上述活門閉塞現象的出現在這兩者之間，如圖 6。

已如 (3) 式指出，重鉈的重量 W 是愈大愈好的，在這個基礎上重鉈的擺動自然周期將受到一定的限制。根據復擺公式

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}} \dots (5)$$

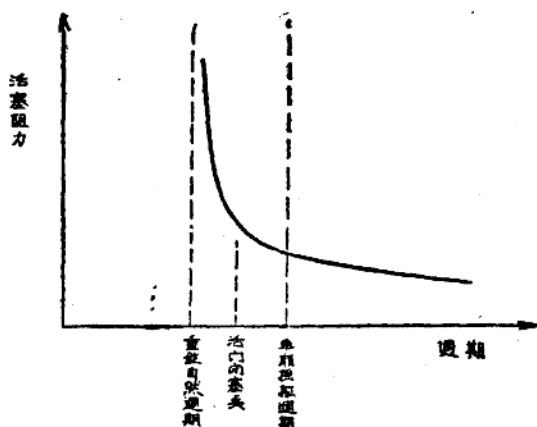


圖 6

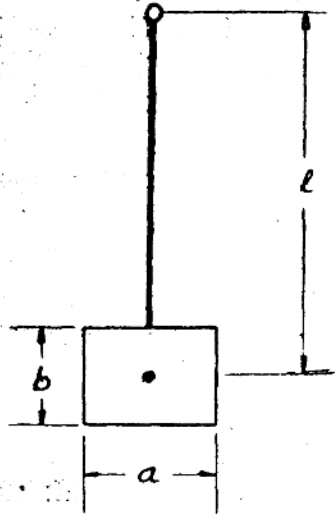


圖 7

重鉈的自然周期往往是大於这个周期的，因此對於滿足圖 6 的要求，亦即在防止重鉈與車廂搖擺的共振這一點上緩衝器非但不能起扼止的作用，却往往相反地助長了它的擴展。

从上面各点的分析看来用重鉈測量水平的設備有着不可控制的缺点，因而用重鉈測量軌道水平也不可能得到完滿的結果。

近年来各科学先进的国家均利用陀螺測量軌道水平。陀螺在高速旋轉的时候它的旋轉軸將因其慣性对空間保持一定的位置，利用这个原理可以在車上获得一个『人工水平』。当陀螺的重心与其支点一致的时候，这个『人工水平』將不受前述水平力的影响。但因地球的自轉及保持陀螺旋轉軸与自然水平面垂直等原因，陀螺的重心必須稍低於其支点，因此水平力及記錄筆的阻力等仍將使陀螺受到影响，發生攝動。如圖 8 所示，設在陀螺的旋轉軸上加一力偶 PP ，則在該軸上产生一与此

力偶成 90° 角的力偶 $P'P'$ ，並使陀螺軸沿 $P'P'$ 方向旋轉而傾斜。当外力 PP 消失以后又因重力的影响使陀螺軸發生迴轉，並沿一螺旋綫逐漸回復到原位，如圖 9。在这个影响下記錄筆將記錄出一个連續並逐漸衰減的波形，这个波形与軌道水平記錄混合后就往往不能分辨。

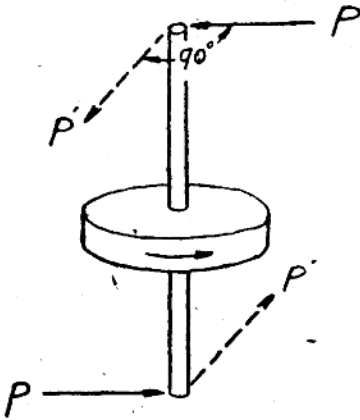


圖 8

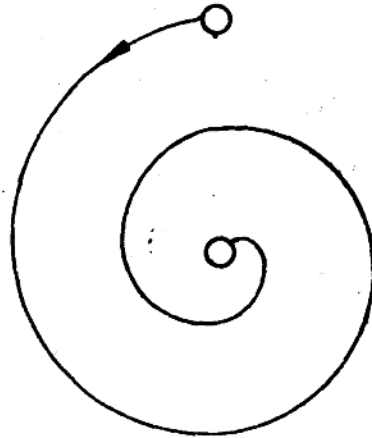


圖 9

德国曾在这种機構上制造一种人工的水平推力，这推力与前述的外力 PP 平行而方向相反，力的大小因外力的大小而正变，因此在水平外力發生的时候就自动地取得了平衡。用这种機構所得的記錄是实际水平差的 $\frac{1}{16}$ 。

法国用另外一种測量相对水平的办法代替了前述水平的測量，如圖 10 設 $A-A$ 与 $B-B$ 二軸的車輪与鋼軌的接触点为 a, b, c, d 四点，这四个点中的任意三点都形成一个平面，而測量另外一点与此平面的垂直距离。这种測量的結果是一点与另外三点所定平面的垂直距

离，所以叫作『三角坑』。^{*}

这种测量方法的特点是不需要与自然水平平行的『人工水平』的机构，因而就给大量

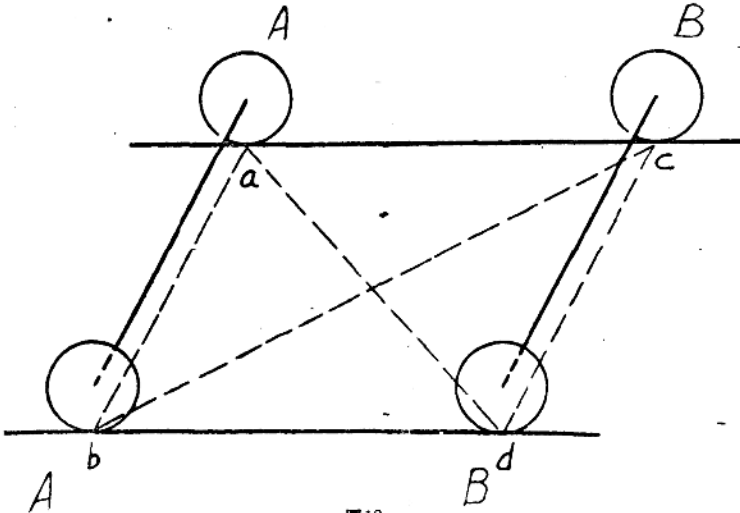


圖10

減少誤差提供了可能。我国轨道检查车也仿照此原理安装了这样的设备，经过试验结果良好。但这种设备不能测量出与自然水平比较的结果，这是它的缺点。

2. 前后高低的记录比例问题

前后高低（钢轨纵向的标高差）的测量是以比较一根钢轨上三个车轮的标高差为基础的，这三个车轮的位置的选择各国轨道检查车不完全一致，在采用三轴转向架的轨道检查车上多利用同一转向架上的三个车轮，如图11(甲)；而在采用二轴转向架的轨道检查车上则在两个转向架上选择合适的三个车轮，如图11(乙)。前者的基线长度较小，测量结果突出地表现了钢轨接头的下

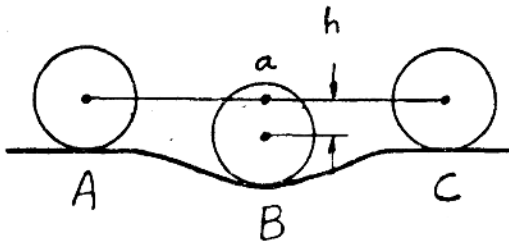


圖11 (甲)

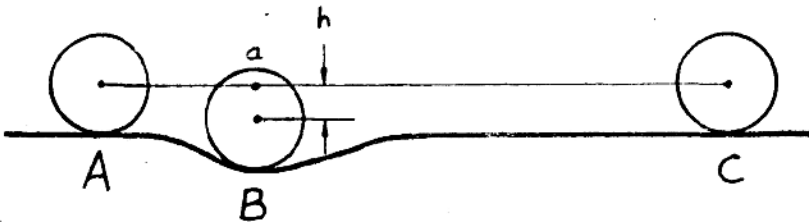


圖11 (乙)

^{*}此处“三角坑”与一般养路工作上所说的“三角坑”的定义略有出入，一般所说的“三角坑”是指轨道上两处水平分别向两侧倾斜而言，而此处所说“三角坑”则不受此限制。

沉；後者的基綫較長，能表現較長距離內的高低不平，但對鋼軌接头下沉的表現不如前者明顯。我國軌道檢查車是採用前種結構的。

設A、C兩車軸中心聯綫的點為a，另外一側為b，則a及b兩點的位置應在鋼軌的

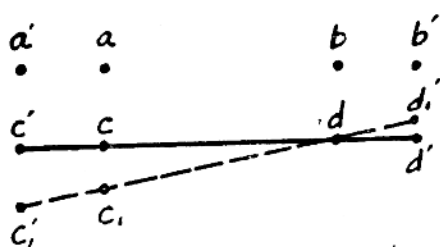


圖12

c'移到c₁'；d'移到d₁'。而

$$\frac{c'e'_1}{cc_1} = \frac{a'b'}{2G} + 1 \dots\dots\dots (7)$$

式中 G為鋼軌距離，1500公厘。a'b'的距离一般为2200~2700公厘，因此

$$\frac{c'e'_1}{cc_1} = 1.23 \sim 1.40,$$

即c'e₁'將比cc₁大23~40%

因此項記錄的最大誤差可能是40%，這樣的誤差對軌道的測量來說顯然是過大的，應該做適當的削減，而削減這種誤差的方法是需作進一步研究的。

3. 我國軌道檢查車應該包括哪些檢查項目

各國軌道檢查車的檢查設備各有不同，歸納起來可以分為兩大類，即：

(1) 對軌道結構尺寸的檢查：

- 1) 軌距——兩股鋼軌頭部內側的距離；
- 2) 水平——兩股鋼軌頂面的標高差；
- 3) 軌向——一股鋼軌內側三點的相互位置（正矢）；
- 4) 前後高低——鋼軌縱向的高低差；
- 5) 三角坑——比較兩處水平的相互差。

(2) 對車體運動狀態及車廂與車軸的相對關係的檢查：

- 1) 車輛繞與地面垂直的軸的旋轉（曲綫半徑）；
- 2) 車輛繞與車軸平行的軸的旋轉（坡度）；
- 3) 水平震動——車廂地板與車軸交角的变化；
- 4) 垂直震動——車廂地板與車軸垂直距離的变化。

另外還附帶記錄下列項目：

- 1) 行車速度的記錄；
- 2) 時間的記錄；
- 3) 里程的記錄。

第一類檢查的結果是軌道結構的各項尺寸，它可以具體指出軌道的狀態，作為養路人

員工作上的依据；第二类檢查的結果是車体的运动状态，表現着軌道状态对列車运行的綜合效果，不論对綫路的維修方法或列車运行的稳定及安全的分析上都具有重要的指导意义。但相反地前者不能說明軌道状态对列車运行的綜合效果，而后者不能表示出軌道上的具体缺点是什么。因此兩者各有短長不能偏廢。根据各种檢查項目的意义、構造的繁簡以及各国具体情况的不同而各国軌道檢查車的檢查項目頗不一致。因而在設計軌道檢查車的时候对檢查項目的选择乃是一件十分重要的工作，必須取長補短，互相調整，始能發揮事半功倍的效果。

我国的铁路运输工作正随着社会主义建設事業的不斷發展而日益繁忙，並在許多主要綫上达到了飽和状态，这就形成了运输工作与檢查工作的尖銳矛盾，即越是运输繁忙的区段越需要經常严密进行檢查，而相反的却没有檢查的条件。因此对軌道檢查車的要求必然是不断地提高它的工作速度，而最后达到能編組在列車一起进行工作的目的。就經濟意义上說提高工作速度也將是一个很大的节约。我国軌道檢查車目前的工作速度是35公里/时，而經常用專用機車牵引工作。一般是每季檢查一次，如能改进为随列車附掛进行檢查工作則可在原有基础上增加为每月檢查一次，这样就相当於节省了現有軌道檢查車数量兩倍的基本建設投資，和工作人員並可以减少最少30,000个機車工作小时。这还没有考虑到因軌道檢查車的运行而减少的货运車次在內。

当然提高工作速度的基础必然是充份地考虑到檢查結果的准确与工作上的安全，並且对各个檢查項目作适当地取舍，这是我們所要解决的具体問題。

在前述的基础上我国的軌道檢查車的檢查設備將是下列各項：

(1) 軌距——这是一个不可缺少的项目，因此各国軌道檢查車都有这项設備。但在測量机件与鋼軌的接触方式上則各有不同，歸納起来有兩类：一类是用各种不同型式的小輪与鋼軌接触，我国、苏联、日本、美国等国的軌道檢查車都曾用过这种方式；一类是用橢型滑板与鋼軌接触，民主德国、捷克斯洛伐克、瑞士及意大利等国都用过这种方法。前者構造較為复杂且往往因而限制工作速度，后者構造簡單，有可能高速运行，这种結構也是我国軌道檢查車發展的方向。

(2) 水平——这是一个很重要的项目，但目前各国还没有十分完善的設備能充份滿足工作上的需要。一般陀螺的記錄比尺还只是实际的 $\frac{1}{2}$ ，这种比尺用来观察曲綫超高度是可以的，但用来分析水平的差誤还嫌不足。三角坑檢查設備可以精确地显示出兩处水平的相互差，这一点对列車运行的安全及旅客的舒适感上都有重要的意义，但它不能表示出与自然水平比較的結果。因此在軌道檢查車上應該兼备这两种設備，即用陀螺观察曲綫超高度，而用三角坑檢查設備观察兩处水平的相互差。

(3) 軌向——鋼軌不直或曲綫上的正矢不勻是造成車輛蛇行的主要原因，也是直接影响行車安全的重要因素，因此亟有詳細檢查的必要。檢查时有測量鋼軌上三点位置互相比較而計量其正矢的，也有測量鋼軌兩点位置而与車廂縱中心綫比較求得鋼軌的曲直的。对檢查結果來說当然以測量三点位置最好，但因此往往使檢查車增加許多复杂的機構，甚至因此限制了整个檢查車的工作速度；測量鋼軌兩点位置的办法可以减少这些缺点，但这种方法沒有考虑到車輪輪緣与鋼軌間的游間問題。

(4) 前后高低——这项設備比較簡單。为求对低接头有明显的显示以利用三軸轉向架为宜。

(5) 水平震动与垂直震动——这两項檢查結果表現着車廂与車軸的相对关系，也說明着車廂的运动状态，是研究軌道对列車运行綜合效果的有力資料，而这两項设备的机构也很簡單。

(6) 車輛橫移动及在曲綫上对离心力的观察——如第1节所述，重鉈虽不能正确地檢查出軌道的水平，但对車廂橫移动及在曲綫上的离心力特別敏感，因此用这項设备来观察車輛的蛇行，或曲綫实际超高度是否与列車实际运行速度配合等是有一定的价值的。

(7) 其他——記錄里程及速度的设备是十分必要的。時間的記錄实际上也是为了計算行車速度，因此在有完善的速度記錄的条件下可以不設時間的記錄设备。另外为便於对綫路外觀檢查人員的記錄应設有專門的記号記錄裝置，以便檢查人員能及时而准确地記錄紙上記出關於綫路外觀的記錄。



一九五六年全國鐵道科學工作會議
論文報告叢刊

(35)

關於軌道檢查車幾個問題的探討

一九五六年全國鐵道科學工作會議論文編審委員會編

人民鐵道出版社出版

(北京市廣公府17號)

北京市書刊出版營業許可証出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七裏店)

書號326 開本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 $\frac{11}{8}$ 字數15千

1957年9月第1版

1957年9月第1版第1次印刷

印數800冊

統一書號: 15043·383 定價(9)0.40