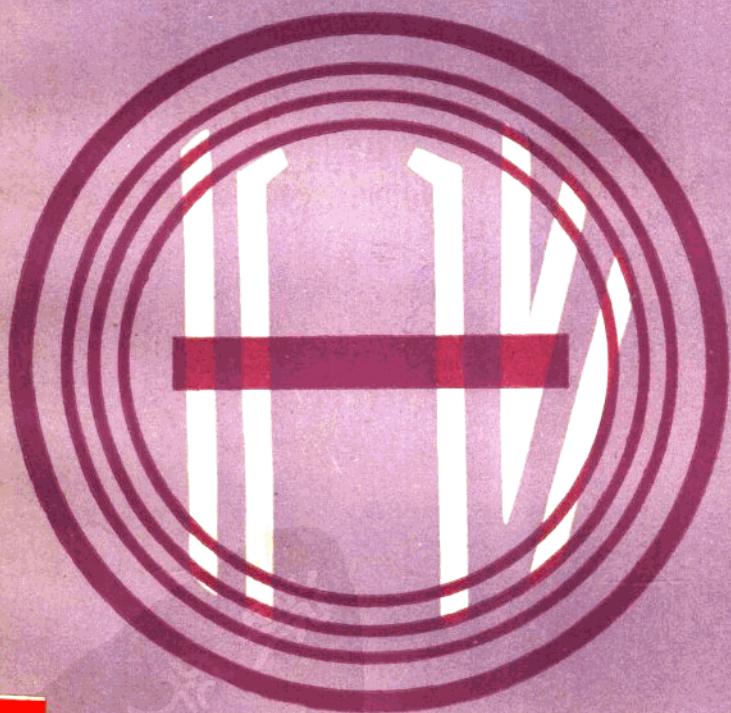


轨道检测技术

GUIDAO

陈宝奇

JIANCE JISHU



中国铁道出版社

内 容 简 介

本书比较系统地介绍了轨道的现代检测技术，同时也简要说明了轨道检测技术的历史发展。全书共分三章：第一章介绍轨道检测基本知识；第二章介绍轨道静态检测；第三章介绍轨道动态检测。

本书可供铁路工务部门工人和技术人员参考。

目 录

第一章 轨道检测基本知识	1
一、轨道和轨道检查	1
1. 轨道的静态与动态	1
2. 钢轨工作面的检测	3
第二章 轨道静态检测	9
一、静态重点检测工具	9
1. 道 尺	9
2. 万能道尺	16
3. 前后高低及轨向的测量	18
4. 轨缝及钢轨爬行的测量	23
二、静态连续检测工具	25
1. 游动道尺	25
2. 轨距水平检查小车	27
三、轨距水平校验台及标准轨距尺	39
第三章 轨道动态检测	42
一、重点动态检测工具	42
1. 钢轨下沉测定器	42
2. 钢轨旁移测定器	43
二、动态连续检测工具——轨道检查车	45
1. 概 述	45
2. 轨距的检测	49
3. 前后高低和接头震动的检测	56
4. 水平的检测	60

5. 轨顶高程的测量.....	65
6. 水平三角坑的检测.....	66
7. 轨向的检测.....	70
8. 震动和摇晃的测量.....	71
9. 轴重和轮缘对钢轨的侧压力.....	74
10. 轨道检查车的鉴定 试验.....	75
11. 轨道检查车记录的应用.....	82

第一章 轨道检测基本知识

一、轨道和轨道检查

轨道检测工作在养路工作中占有十分重要的地位，因为不了解轨道状态的好坏，就不能保证列车运行的平稳、安全和应有的速度，也无法有针对性地进行线路维修。所以在近代铁路上，轨道检测工作越来越受到重视，对轨道检测技术的研究也越来越深入，现已逐渐发展成为一门专门的科学技术，成为近代铁路技术的一个重要组成部分。目前许多国家都设有专门机构，进行着轨道检测技术的研究工作，并由于近代科学技术的迅速发展，使这项研究工作进步很快。

轨道状态的检测技术在近年来得到了迅速的发展，许多先进技术，诸如激光、遥测、陀螺、电子计算机等，都首先引进在轨道检测工作之中。现代的轨道检测技术，已经远远超越了使用道尺、线绳等简单工具的手工检查时代。

铁路轨道是一种特殊的建筑物，与一般建筑物相比，有很大差别。首先是轨道零件之间的联结比较“松散”，刚度较小。钢轨与轨枕之间隔着胶垫，用弹性扣件联结着，轨枕几乎是浮放在道床上，而道床又无任何基础结构，直接铺在路基面上，对道床的捣固、夯实，也不过是使石碴间的空隙，尽量小些而已。同时轨道还完全处于自然条件下，任凭风吹雨打，没有任何保护。这些情况，在一般建筑物上，都是少见的。一般建筑物，不但有坚固的基础工程，而且常用混凝土浇筑或钢铁铆焊，十分牢固。

轨道的结构虽然“松散”，却承受着巨大的荷载，列车

轴重常达20~30吨，运行时速常在100公里以上。巨大的轴重和冲击，给轨道带来了很大的弹性变形，车轮下的轨面，时常可以下沉10~20毫米。这种情况，在一般建筑物上，也是少见的。更值得注意的是，各处轨道的具体条件，千差万别，所以它的变形也大小不一，使变形后的轨面更不规则，而列车却正是在这种不规则的轨道上高速奔驰。

因为轨道有这些特殊情况，迫使养路工作者，不得不经常不断地认真检查轨道的状态，监视它的变化。

1. 轨道的静态与动态

轨道的变形，大部分是在弹性变形范围之内，列车过后，它又恢复了原状；然而有时变形过大，超过了轨道结构的弹性限度，就会发生一部分残余变形（或称永久变形），留在轨道表面，列车过后不能完全恢复原状。车轮的不断摩擦，也会使轨道因磨损而失去原有的状态。

无论是轨道的残余变形，还是磨损变形，都留在轨道上，随时可见，人们称之为轨道的静止状态，简称静态；而把车轮底下的、带有弹性变形的轨道状态，相对地称之为动态。

动态和静态之间，有一定的关系，在理论上也可以计算这种关系。然而这个计算，必须借助于一系列客观存在的数据，如钢轨的磨损情况、道床系数、轨道的静态，以及当时的车辆轴重、列车运行速度……等，而这些实际数据，千变万化，每个地点都有所不同。所以要想根据这些数据，全面推算出轨道上各点的动态，显然是不可能的；而一切企图找出静态与动态之间常数关系的设想，也都是不切实际的，尤其是具体到各个检测项目上，情况就更为复杂。例如，枕木上削出的轨底坡不对，车轮压上后，钢轨会向内倾斜，使轨

距变小，钢轨也可能向外倾斜，使轨距变大。又如拱腰钢轨，静态和动态都会显示它前后高低失常，但在拱腰处如有空、吊板，则过车时反而会将钢轨压平，使动态显示正常。所以轨道的动态，必须使用专门的工具，直接进行测量。这也是各国均在积极研制动态检查工具的原因所在。

2. 钢轨工作面的检测

钢轨是支承在轨枕上的一个连续梁，它把由车轮传来的压力，传给轨枕、道床，直至路基。钢轨的顶面又是车轮的“路面”，而其内侧面，则是控制车轮走向的导向装置，这两个面是钢轨的直接工作面。全部轨道检测技术，就是检查这两个工作面的位置是否正确，和它对车辆运行状态的影响如何。（只有钢轨内伤的探测，是不属于这个范畴的。）

轨道上的许多几何尺寸，都是由钢轨工作面的位置派生出来的。它们的相互关系，如表1所列。从表内可以看出，钢轨工作面位置的基本数据，以及一些初级的派生项目，都不是养路部门直接需要的，养路部门所需要的（画黑框的项目）是第二次派生项目的特定形式，即在特定距离内钢轨工作面的相互关系。例如，养路部门并不需要经常检查轨面的高程（不论是海拔高程，或是其他相对高程），然而比较左右两轨顶的高程，却可以得出轨道的横向水平，这却是一个十分重要的数据。在长距离内，横向水平有普遍的少量误差，对列车运行的影响也并不太大，有时还规定在若干长度内，允许一股钢轨比另一股普遍高几毫米。可是水平的变化，却造成轨道的平面性不好，使轨面扭曲，车辆通过时左右摇摆，影响乘车舒适度和行车安全。这个水平的变化量称为三角坑，并在一些规章里规定，在特定的距离内（如3米、5米、18米……），不准有三角坑。

表 1

钢轨工作面	基本数据	第一次派生项目	第二次派生项目	第二次派生项目的特定形式
左轨顶面	左轨面标高	左轨面坡度	左轨顶纵面 (坡度的变化)	左前后高低/10m 三角坑/3m 三角坑/15.24m 左前后高低/3.4m
右轨顶面	右轨面标高	横向水平 右轨面坡度	平面性 (水平的变化) 右轨顶纵面 (坡度的变化)	右前后高低/10m 右前后高低/3.4m
左轨内侧面	左轨平面位置	左轨走向	左轨曲率	左正矢/20m 左正矢/10m
右轨内侧面	右轨平面位置	轨·距 右轨走向	轨距变化率 右轨曲率	轨距变化量/1m 右正矢/20m 右正矢/10m

同样，从轨顶高程可以得出甲、乙两点的轨面高差，这个高差除以两点间的距离，可以得到轨面的纵向坡度，即高程的变化量。对养路工作者来说，也并不需要经常检查轨面的纵向坡度，一方面因为轨面坡度平常变化不大，另一方面，养路部门对改变较大的坡度，也无能为力。然而坡度变化量的频繁出现，却形成轨面前后高低不平，车辆运行时上下颠簸。这个高程的二次变化量，称之为前后高低。在线路维修工作中，常规定用10米长的弦线测量，这就是它的特定形式。

值得注意的是，许多高次派生项目，倒容易直接测量，长久以来，人们一直在直接测量这些项目的数据，而对它们的初始基本数据，反而不加注意。例如，轨侧工作面在地面上的坐标位置是很难测得的，而直线方向和曲线正矢则可以直接测量。轨向不良就会引起行车摇摆，在线路维修工作中规定了用10米长的弦线测量直线方向，用20米弦线测量曲线正矢。

不久以前，我们还没有有效办法来测量钢轨工作面的空间位置。但近年来，由于遥感、电算……等技术的发展，已经不难测出钢轨工作面在空间的位置了。虽然这种测量的结果并没有什么直接用途，但它却使我们有可能进行更全面地分析轨道状态，得出更多的轨道几何尺寸。钢轨空间位置的数据储存，也等于是把轨道工作面“放在”储存器里了，可以随时在室内提取进行“再检查”。从此，对轨道状态的概念，已经由轨距、水平、前后高低、方向……上升为钢轨工作面的平面和纵面的形态了。

轨道几何尺寸的允许误差是比较大的，这首先因为车轮与钢轨之间的关系，是一种特殊的机械配合关系。作为钢轨基础的轨枕、道床、路基，都有较大的弹性，而作为荷重的

车轮，又都经过弹簧支承着车重。因此钢轨面的上下两方，都没有一般机械零件那样的刚度，所以在轮轨的配合面上，必须有足够的允许误差范围。

轮轨之间配合的另一个特点，是配合的对象不是固定的。轨道上每天要驶过成千上万不同的车轮，而每个车轮又奔跑在不同的轨道上。在这种复杂情况下，也必须对轨道和车轮，都规定较大的误差允许范围。

对轨道状态的要求和允许误差的太小，各国规定不一。我国现行轨道维修标准，如表2及表3所列。道岔的构造比轨道复杂，要求检测的内容也多，一般都另有专门的规定。

这些维修标准规定的内容，都比较复杂，显然这是针对手工检查所作的规定。但是，因为长久以来，一直是用简单工具进行手工检查的，所以对这些繁琐的规定，并不感到有甚么不便。

线路维修标准

表 2

项 目	正线及到发线	站线及专用线	附 注
轨 距	+6 - 2 (mm)	+6, - 2 (mm)	
轨距变化率	2%	3%	
水 平	±4 (mm)	±6 (mm)	
水平三角坑	±4 (mm)	±6 (mm)	18米距离以内
直线方向	±4 (mm)	±6 (mm)	用10米弦测量
前后高低	4 (mm)	6 (mm)	用10米弦测量

大约在十九世纪末，铁路上开始出现了能连续检查轨道静态的工具，象各种检查轨距、水平、轨向的小车等。这种工具检查的结果全面，具有一定的优越性，但美中不足的是，各种小车不是太重，就是精度不高，使用起来都不理想。

现在各国都还不断地研究着这类小车，减轻其重量，并提高其工作精度。

曲线正矢标准

表 8

曲线半径 (米)	缓和曲线实测正矢与计算正矢差 (mm)		圆曲线正矢连续差 (mm)		圆曲线最大最小正矢差(mm)		附注
	正线及到发线	其他线	正线及到发线	其他线	正线及到发线	其他线	
250及以下	7	8	14	16	21	24	缓和曲线与直线间无反弯
251~350	6	7	12	14	18	21	
351~450	5	6	10	12	15	18	
451~650	4	5	8	10	12	15	
651及以下	3	4	6	8	9	12	

几乎与此同时，有人开始研究，从车体的运动状态上，分析轨道的动态，研制了许多种测量和记录车体震动的仪器。我国也在本世纪初，引进了哈拉德式线路震动试验仪，后来又引进了KK式、梅北式等不同式样的线路震动试验仪，进行线路震动试验。但是车体的不规则动荡，虽然是轨道动态影响的最终结果，却不容易找到它们之间的直接关系；根据车体的震动记录，养路工作者还须在地面进一步分析轨道状态，才能找到造成车体震动的具体原因，从而增加了这项工作的复杂性。

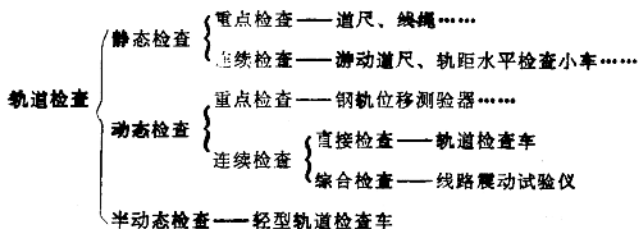
约从本世纪初开始，许多国家就相继研究能直接检测轨道动态的轨道检查车了。初期的轨道检查车，检查的项目很少，机构简单，工作速度很低，有的工作时速只有20公里左右。

近代以来，列车速度提高很快，时速200公里以上的技术速度，已不罕见，最高试车速度已经达到380公里/小时。这就对轨道的技术状态，提出了更高的要求，并且更迫切需要

知道轨道的动态了。所以近几十年来，轨道检查车得到了迅速的发展，许多国家都有专门的机构和人员，引用尖端技术，不断地研究改进其技术设备，提高其工作性能。解放后，我国也开始了这项研究工作，并于五十年代初，制成了轨道检查车，分别交各铁路局使用，其后又经过了多次研究改进，性能又有了进一步提高。

现代轨道检查车的构造复杂，造价昂贵，对一些铁路较少的国家或地区，不能充分发挥它的效能，使用效率低。因此，有的地方又制造了一种轻型的轨道检查车，把一部分检查设备，安装在轨道车上，代替大型轨道检查车使用。这种轻型的轨道检查车，由于设备简单，造价低廉，使用方便，在世界上得到了一定的发展。但终因其轴重太轻，检测得的结果，远远不是轨道的动态，只能说它是“半动态”。有时为了尽量增加它的轴重，工作时临时装载压重石碴，但效果还是有限的，最大能把轴重增加为1.5吨，只有大型轨道检查车轴重的1/10。我国因为有足够的轨道检查车使用，所以各局均未配备轻型轨道检查车。

综上所述，轨道检查工具可分类如下：



第二章 轨道静态检测

一、静态重点检测工具

1. 道 尺

这类工具已经有很长的使用历史，是修建和维修轨道的基本检测工具。今天普遍使用的道尺，原是一件工具，检查轨距的叫轨距尺，检查水平用的叫水平尺。

轨距尺一般都用木制尺身，两头各镶一块铁板，一头是固定的，一头可以滑动。铁板的下方，都伸出有16毫米长的卡铁，滑动铁板的上面还附有刻度，能显示出轨距的大小。早期使用的还曾有过固定轨距尺，用小型角铁做尺身，两头均焊有固定的卡铁，这种轨距尺当轨距小的时候不能量，用起来很不方便，已早被淘汰。

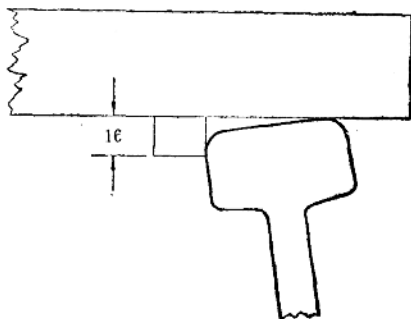


图 1

轨距是钢轨内侧工作面之间的距离，而以“轨面”下16毫米处，作为钢轨内侧工作面的位置。由于钢轨是向内侧倾

斜的，所以这个“轨面”不是钢轨断面的正上方，而是左右两股钢轨上面最高点的连线，如图 1 所示。在轨底坡为 $1/20$ 时，对于新轨，轨距尺卡板与钢轨内侧的切点，约在尺下 15 毫米处；对于磨损了的旧轨，则因为钢轨肩部已失去了规则的弧形，卡板与钢轨的接触已不是相切关系。对于新轨与新轮箍，则两者之接触点，约在尺下 10 毫米处。因此，将轨距尺卡板长度设计为 16 毫米，是能充分保证轮轨之间有正常接触关系的。

测量水平原来使用的也不是专用水平尺，而是在轨面上横向放置一块木板，称作水平板，再将通用的水平尺，放在水平板上，测量水平板的水平度。如图 2，水平板的一端有梯形台步，每步高差 10 毫米；中间并有一个空口，作为提手。

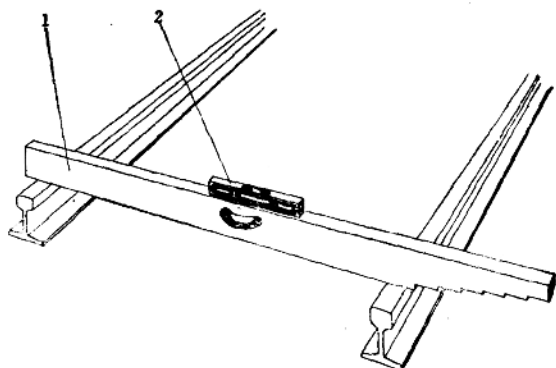


图 2
1 —— 水平板； 2 —— 水平尺。

测量水平时，如水平尺显示不平，则在低端的轨面上垫以木片（通常以 2 毫米厚的木折尺代用），使水平尺的气泡回到中央。此时所垫的垫片厚度，便是两根钢轨的轨面高

差。如果这个高差大于10毫米，就把水平板的台阶放下一步，或几步，用来代替更高的垫板。

轨距和水平时常是同时检查的，因此必须同时携带好几件工具，很不方便。后来就把这些工具合併在一个尺上，使其既能检查轨距，又能检查水平，称之为道尺。而单独使用的那种轨距尺和水平尺，就渐渐被淘汰了。

道尺的构造如图3。尺身也多为木制，因为木材轻，料源广泛，容易加工，且在有轨道电路的地方，不必另加绝缘。两端的卡板一般均为铁制，而指示轨距的刻度标尺，则用铜板制造，以防锈蚀。

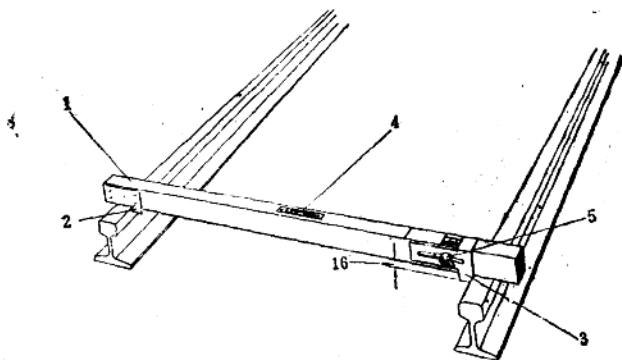


图 3

- 1 —— 尺身；2 —— 固定卡铁；3 —— 滑动卡铁；4 —— 水准泡；
5 —— 滑动卡铁固定螺丝。

测量轨距时，必须保持道尺与轨道中心线垂直，才能测得正确的轨距。为此，常将固定卡板顶在钢轨内侧，而将滑动卡板推向另一股钢轨内侧，然后将道尺围绕固定卡板，轻轻划弧，如图4所示，读取标尺上的最小读数，即为真实的轨距。

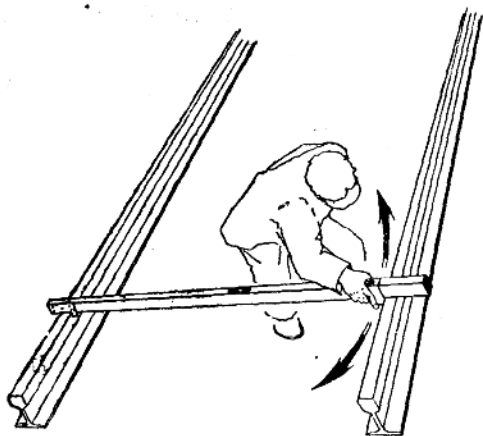


图 4

为满足检查道岔的需要，卡板的宽度及标尺的刻度，常按照道岔的构造，作特别设计，用以检查辙叉部位护轨与心轨的查照间隔（1391）和护背距离（1348）的尺寸，如图 5 所示。

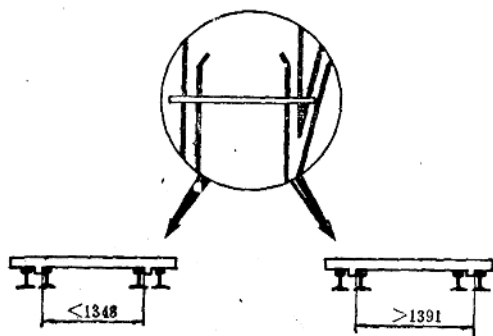


图 5

道尺端部没有水平板那样的台阶，检查曲线水平的时候，需另加垫块，或在道尺端部安装能支起道尺的铁件，如图 6。

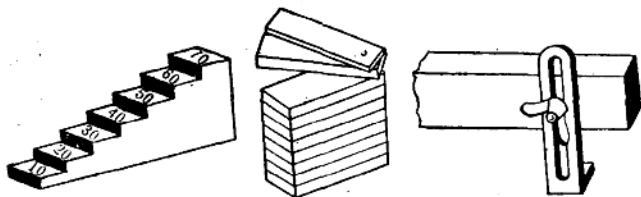


图 6

水准管是测量水平的重要零件，它的灵敏度关系着水平测量的精度。

市售长形水准管的制造方法有二种：一是用细玻璃管，加热后弯成圆弧状，如图 7 (a)，一是用较粗玻璃管，将其内壁磨成弧面，如图 7 (b)，经过灌装液体物质、封口、刻度等工序最后制成。前者体积较小，灵敏度较差，多用在通用的水平尺上，供建筑安装等工程用，因为它的气泡较小，观测比较困难，道尺上多不用此种。内壁磨弧的水准管，体积稍大，灵敏度高，气泡大，便于观察，多用在测量仪器上，道尺上使用的也多为此种。



图 7

水准管内灌装的液体，冬季在室外使用时须不发生冻