

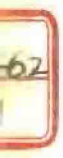
机 修 手 册

(试 用 本)

机床修理精度检查方法及检查工具

北 京 机 床 配 件 厂 编

机 械 工 业 出 版 社



毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

转摘自《周恩来总理在第三届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告》，一九六四年十二月三十一日《人民日报》

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

《人的正确思想是从那里来的？》（一九六三年五月）

我们必须学会全面地看问题，不但要看到事物的正面，也要看到它的反面。在一定的条件下，坏的东西可以引出好的结果，好的东西也可以引出坏的结果。

《关于正确处理人民内部矛盾的问题》（一九五七年二月二十日）

本手册共分五篇。第一篇：修理技术准备；第二篇：修理工艺；第三篇：设备的安装与保养；第四篇：动力设备的修理；第五篇：电气设备的修理。

本分册是第二篇的第五章。全篇共分：修理技术及其应用，机床修理工作中的拆卸、装配和调整，金属切削机床的修理工艺，锻压、铸造和起重运输设备的修理，机床修理精度检查方法及检查工具等章。

本分册内容包括：导轨表面形状精度和位置精度的检查方法，机床部件位置精度的检查方法，机床精度检查用工具和仪器等。可供设备维修工人和技术人员参考。

机床修理精度检查方法及检查工具

北京机床配件厂编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

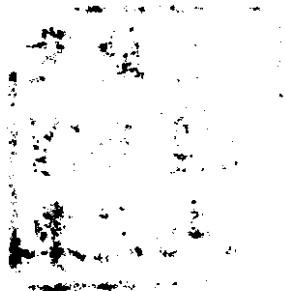
开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{5}{16}$ · 字数 148 千字

1972年4月北京第一版·1972年4月北京第一次印刷

印数 000,001—134,000 · 定价 0.45 元

*

统一书号：15033·4156



目次

一、导轨表面形状精度和位置精度的检查方法	1
(一) 导轨不直度的检查方法	1
1. 研点法	1
2. 平尺、千分表检查法	2
(1) 水平面内不直度的检查方法	3
(2) 垂直面内不直度的检查方法	3
3. 垫塞法	3
4. 钢丝和读数显微镜检查法	4
5. 水平仪检查法	5
(1) 水平仪的结构及工作原理	5
(2) 水平仪的读数方法	7
(3) 用水平仪检查导轨时, 导轨不直度曲线图的画法	7
(4) 用水平仪检查导轨不直度的误差计算	8
(5) 用水平仪检查导轨不直度时的注意事项	12
6. 准直仪和自动准直仪检查法	12
(1) 用准直仪检查导轨不直度的原理	12
(2) 用准直仪检查导轨不直度的操作方法	13
(3) 用自动准直仪检查导轨不直度的工作原理	13
(4) 用自动准直仪检查导轨不直度的操作方法和误差计算	15
7. 单导轨表面扭曲度的检查方法	17
(二) 导轨不平行度的检查方法	18
1. 水平仪及检验桥检查法	18
(1) 角度值表示法	23
(2) 线值表示法	24
2. 千分表及专用垫板检查法	25
3. 千分尺检查法	25
4. 两个角度垫板、千分表检查法	26
二、机床部件位置精度的检查方法	26
(一) 移动部件移动时不直度和倾斜度的检查方法	27
1. 溜板和工作台移动在垂直面内不直度的检查方法	27
(1) 溜板移动在垂直面内不直度的检查方法	27
(2) 工作台移动在垂直面内不直度的检查方法	28

IV

2. 溜板和工作台移动在水平面内不直度的检查方法	29
(1) 用长圆柱检验棒检查	29
(2) 用平尺、千分表检查	30
3. 溜板、立柱、工作台移动时倾斜度的检查方法	31
(1) 溜板移动时倾斜度的检查方法	31
(2) 立柱移动时倾斜度的检查方法	31
(3) 工作台移动时倾斜度的检查方法	32
(4) 横梁移动时倾斜度的检查方法	32
(二) 部件之间不平行度的检查方法	33
1. 平尺、千分表、垫块检查法	33
(1) 工作台台面对工作台纵向移动不平行度的检查方法	33
(2) 工作台台面对工作台横向移动不平行度的检查方法	34
(3) 工作台纵向移动对中央T形槽不平行度的检查方法	34
(4) 工作台纵向移动对侧基准面不平行度的检查方法	35
(5) 主轴箱沿横梁移动对工作台面不平行度的检查方法	35
2. 千分表、检验棒检查法	36
(1) 主轴锥孔中心线对床身导轨不平行度的检查方法	36
(2) 小刀架移动对主轴中心线不平行度的检查方法	36
(3) 床头主轴锥孔中心线对工作台移动不平行度的检查方法	37
(4) 顶尖套移动对顶尖套锥孔中心线不平行度的检查方法	37
(5) 砂轮主轴中心线对工作台移动不平行度的检查方法	38
(6) 主轴套筒移动对主轴中心线不平行度的检查方法	39
(7) 主轴锥孔与顶尖套锥孔的中心连线对床身导轨 不平行度的检查方法	39
(8) 悬梁导轨对主轴中心线不平行度的检查方法	40
3. 检验轴套、千分表、专用垫板检查法	41
(1) 托架定位槽导向面对砂轮轴中心线不平行度的检查方法	41
(2) 托架定位槽导向面对导轨轴中心线不平行度的检查方法	41
4. 回转法	42
5. 其他方法	43
(1) 尾座移动对溜板移动不平行度的检查方法	43
(2) 车床光杠两轴承孔中心连线对床身导轨不平行度的检查方法	43
(三) 工作台台面不平度的检查方法	44
1. 垫塞检查法	45
2. 平尺、千分表检查法	46
3. 水平仪检查法	46

(四) 部件之间不垂直度的检查方法	47
1. 水平仪检查法	47
(1) 工作台的侧基准面对工作台台面不垂直度的检查方法	47
(2) 立柱导轨对底座工作面不垂直度的检查方法	47
(3) 立柱对底座工作面不垂直度的检查方法	48
2. 角尺(或方尺)、千分表检查法	49
(1) 牛头刨床溜板前工作面对滑枕移动不垂直度的检查方法	49
(2) 工作台横向移动对纵向移动不垂直度的检查方法	49
(3) 车床中溜板上导轨与床身导轨不垂直度的检查方法	50
(4) 磨床砂轮架移动方向对工作台移动方向不垂直度的检查方法	51
(5) 主轴套筒移动对工作台台面不垂直度的检查方法	51
3. 回转法	52
(1) 主轴回转中心线对工作台台面不垂直度的检查方法	52
(2) 圆导轨面对支承孔中心线不垂直度的检查方法	53
(3) 砂轮主轴中心线对床头和尾座两顶尖中心连线 不垂直度的检查方法	54
(4) 龙门铣床水平铣头主轴中心线对工作台移动不 垂直度的检查方法	54
4. 利用专用工具检查	55
(1) 卧式镗床工作台在 0° 和 180° 位置时, 中央T形 槽对主轴中心线不垂直度的检查方法	55
(2) 卧轴矩台面平面磨床工作台横向移动对工作台 中央T形槽不垂直度的检查方法	55
(3) 卧轴矩台面平面磨床砂轮轴中心线对工作台中 央T形槽不垂直度的检查方法	56
(4) 内圆磨床端面磨头移动对床头主轴中心线不垂 直度的检查方法	57
(5) 无心磨床导轮架移动对砂轮轴中心线不垂直度的检查方法	57
(6) 外圆磨床磨头移动对床头和尾座两顶尖中心连 线不垂直度的检查方法	57
(五) 径向跳动和端面跳动的检查方法	58
1. 径向跳动的检查方法	59
(1) 主轴(或圆转台)锥孔中心线径向跳动的检查方法	59
(2) 主轴装弹簧夹头的孔中心线径向跳动的检查方法	60
(3) 内圆磨头主轴锥孔径向跳动的检查方法	60
(4) 主轴定心轴颈径向跳动的检查方法	61

(5) 主軸外錐中心綫徑向跳動的檢查方法	61
(6) 砂輪主軸定心錐面徑向跳動的檢查方法	61
(7) 工作台檢驗面徑向跳動的檢查方法	62
(8) 工作台定心孔徑向跳動的檢查方法	62
(9) 單軸縱切自動車床分配軸裝凸輪的軸頸徑向跳動的檢查方法	62
2. 端面跳動的檢查方法	63
(1) 裝配後主軸軸肩支承面端面跳動的檢查方法	63
(2) 工作台台面端面跳動的檢查方法	63
(六) 軸向竄動的檢查方法	63
(1) 不帶錐孔的主軸軸向竄動的檢查方法	63
(2) 帶錐孔的主軸軸向竄動的檢查方法	64
(3) 絲杠軸向竄動的檢查方法	64
(七) 不同軸度的檢查方法	65
1. 回轉法	65
2. 堵塞法	65
(八) 軸綫不相交度的檢查方法	66
(1) 工作台回轉中心綫與砂輪軸中心綫不相交度的檢查方法	66
(2) 刀架回轉中心綫與工作台回轉中心綫不相交度的檢查方法	67
(九) 定位精度和分度精度的檢查方法	67
1. 定位精度的檢查方法	67
2. 分度精度的檢查方法	69
(1) 分度頭分度精度的檢查方法	69
(2) 回轉工作台分度精度的檢查方法	73
(3) 座標鏜床水平轉台和萬能轉台分度精度的檢查方法	73
(4) 滾齒機分度鏈分度精度的檢查方法	77
三、機床精度檢查用工具和儀器	78
(一) 平尺	78
1. 橋形平尺	78
2. 平行平尺	82
3. 角度平尺	82
4. 平尺的主要技術要求	83
(二) 平板	84
1. 平板結構尺寸	84
2. 平板的主要技術要求	84
(三) 方尺和直角尺	88
1. 方尺	89

2. 平角尺	89
3. 寬底座角尺	90
4. 直角平尺	90
5. 方尺和直角尺的技术要求	92
(四) 垫鉄	92
1. 角度面为 90° 的垫鉄	92
2. 角度面为 55° 的垫鉄	94
3. 几种垫鉄的实例	95
(五) 检验棒	96
1. 带莫氏錐柄检验棒	97
(1) 莫氏錐柄长检验棒	98
(2) 莫氏錐柄短检验棒	100
2. 圓柱检验棒	101
3. 几种专用检验棒	103
(1) T 4163座标镗床主軸用检验棒	103
(2) T 4163座标镗床主軸軸向窜动检验棒	104
(3) 磨头主軸軸向窜动检验工具	104
(六) 床身检验桥	107
1. 可調式床身检验桥板	107
2. 检验桥架	114
(七) 測量用仪表	115
1. 百分表	115
2. 杠杆百分表	117
3. 千分表	117
4. 杠杆千分表	117
5. 比较仪	119
(1) 扭簧比较仪	119
(2) 小型扭簧比较仪	119
(3) 杠杆齿輪比较仪	119
6. 外径百分尺	120
7. 杠杆千分尺	121
(八) 水平仪	121
1. 条形水平仪	121
2. 框式水平仪	121
3. 光学合象水平仪	123
4. 水平仪讀数誤差产生原因及調整方法	123

(九) 光学仪器	123
1. 读数显微镜	124
2. 光学平直仪	124
3. 平行光管	124
4. 经纬仪	125
(1) 经纬仪在水平面内水平精度的调整方法	125
(2) 望远镜管水平状态的调整方法	126
(十) 其他测量工具	127
1. 精密刻线尺	127
2. 等高垫块	127
3. 塞尺	128
4. 万能千分表架	129
5. 磁力千分表架	129
附表 常用测量仪器、仪表性能综合表	130

一、导轨表面形状精度和位置精度的检查方法

伟大领袖毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”床身导轨是机床的基础部件之一，在机床上各运动部件移动时的不直度和扭曲度都会直接影响被加工零件的表面形状精度和位置精度。由于各运动部件是在基础零件（床身、横梁、立柱、滑座等）的导轨上移动的，而事物的性质，主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的，因此这些部件运动的精度，主要取决于基础零件导轨表面的加工精度和装配精度。

所谓导轨的表面形状精度和位置精度，就是指导轨的不直度、扭曲度和不平行度，即导轨在水平面内的不直度，导轨在垂直面内的不直度，单导轨的扭曲度，以及导轨面间的不平行度。下面分别介绍它们的检查方法。这些方法有普通常用的，也有一些先进的，同志们在选择的时候，应根据本单位的具体情况和机床说明书中规定的精度要求，本着因地制宜、土洋并举的方针，合理进行选择。

（一）导轨不直度的检查方法

1. 研点法

这种方法需要一根标准平尺，所用平尺的长度一般应等于或大于被检导轨的长度，其精度则根据被检导轨的精度要求来选择，一般不低于2级。研点法主要适用于检验较短的导轨，因平尺超过2米时，制造较困难，而且在使用过程中容易产生变形，影响测量精度。

检验时在被检导轨上均匀涂上一层很薄的红丹粉，平尺在适当的压力下，在被检查的导轨上作短距离的往复运动（见图1），然后取下平尺，观察被检导轨面上研点的数量和分布的情况。若研点在导轨全长上均匀分布，则表示导轨的不直度已达到所用平尺的相应精度。用研点法检查时，通常对于研点的数量也同时有一定的要求，如一般机床导轨要求在任意25平方毫米面积内显点15~20个。

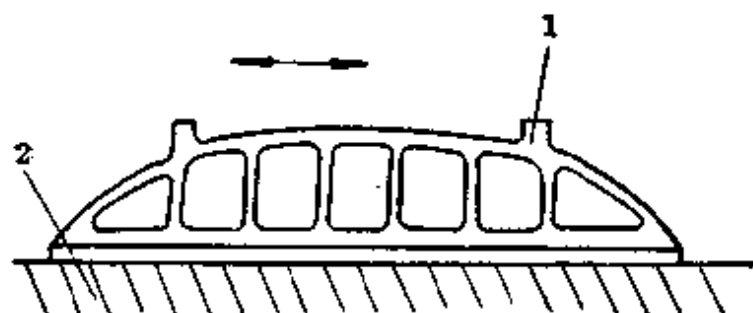


图 1

1—平尺；2—被检查导轨。

用研点法测量导轨不直度时，由于它测量精度不高，以及不能测量出导轨误差的绝对值，因而不宜用来测量精度要求很高的导轨（例如不直度精度要求在0.005毫米/米以下的导轨）。但是应当指出，在缺乏测量仪器（水平仪、光学平直仪等）的条件下，用检验平尺研点可以解决一般中小型机床的导轨不直度测量问题。而检验平尺则可用三根平尺互研法就地自力更生加以解决。

2. 平尺、千分表检查法

这种方法通常用来检查V形导轨在垂直面内和水平面内的不直度。检查方法如图2所示，以一根标准平尺的工作面为基准，在沿导轨移动的V形垫铁上固定一个千分表，使其测头触及平尺工作面进行测量。为了提高测量的稳定性，V形垫铁的长度一般不应短于200毫米，而且V形垫铁与被检V形导轨应进行配刮，使其接触良好，否则就会影响测量数值的准确性。使用这种方法只限于被检查导轨的长度小于标准平尺的长度，一般用于2米以内的短导轨。

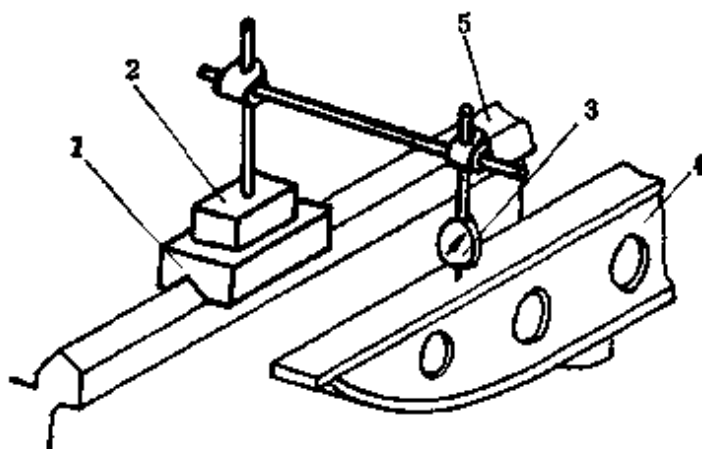


图 2

1—V形垫铁；2—磁力千分表架；3—千分表；4—平尺；
5—被检查导轨。

(1) 水平面内不直度的检查方法 如图 3 所示, 将一个标准平尺的工作面放在被检查 V 形导轨的旁边, 在沿 V 形导轨移动的 V 形垫铁上, 用千分表架固定一千分表, 并使其测头先后触及平尺两端表面, 调整平尺使之在 V 形导轨两端时千分表读数相等。然后移动 V 形垫铁, 每隔 200 毫米千分表读数一次, 千分表读数的最大差值即为导轨的不直度误差。在测量时, 为了使读数准确, 可以在千分表测头与平尺之间用手塞入一块块规进行测量。

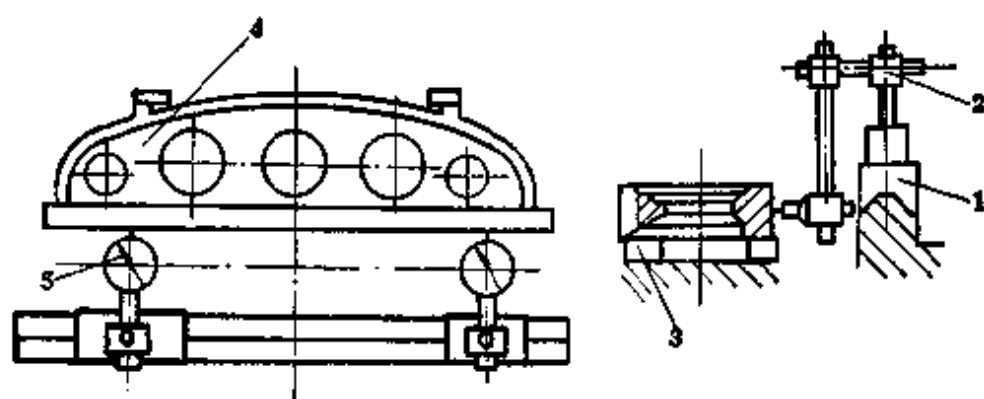


图 3

1—V 形垫铁; 2—千分表架; 3—等高垫块; 4—平尺; 5—千分表。

(2) 垂直面内不直度的检查方法 如图 2 所示, 将平尺工作面放水平, 放在被检查 V 形导轨的旁边, 距离愈近愈好, 这是为了减少 V 形导轨扭曲对测量精度的影响。V 形导轨上放置一个 V 形垫铁, 将千分表架固定于 V 形垫铁上, 使千分表测头先后触及平尺两端表面, 调整平尺, 使千分表移至 V 形导轨两端位置时, 读数相等。然后移动 V 形垫铁, 每隔 200 毫米读千分表数值一次, 千分表各读数的最大差值即为导轨的不直度误差。在测量时, 为了消除刮点的影响, 使千分表读数准确, 最好在千分表测头下面垫一块块规。

3. 垫塞法

这种方法适用于检查经过研磨的光洁度较高的平面导轨。如图 4 所示, 在被检查的平面导轨上, 安放一标准平尺, 在离平尺二端各为 $\frac{2}{9}L$ 距离处, 用两个等高垫块支承在平尺下面。用块规和塞尺检查平尺工作面 and 被测导轨面的间隙。如普通车床导轨不直度的允差为 $\frac{0.02}{1000}$, 用 0.02 毫米塞尺在导轨上相距一米长度的任何地方均不能塞进去, 就为合格。

这种方法, 适用于在没有水平仪的情况下和粗刮研中。

当测量精密机床的导轨时, 应按图 5 所示进行。在平尺下面, 用精密块规塞入平尺工作面和被检查导轨面之间, 测量出各处的距离 H_1 、 H_2 、……值, 测出的 H 值的最大差值, 即为导轨不直度误差。

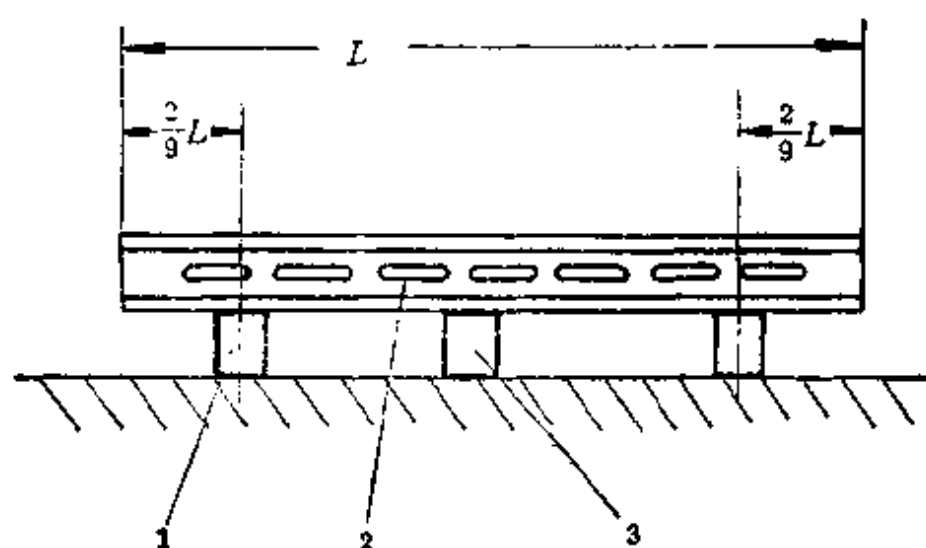


图 4

1—等高垫块；2—平尺；3—块规。

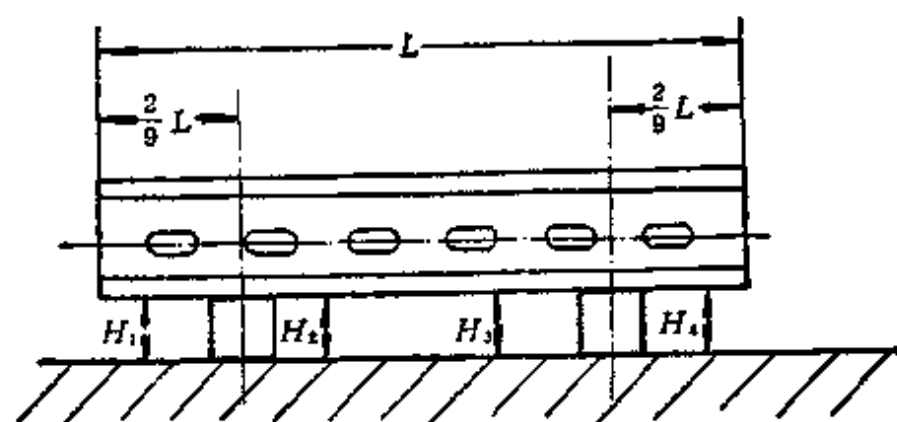


图 5

4. 钢丝和读数显微镜检查法

这种方法可以检查V形导轨在水平面内的不直度。如图6所示，在床身V形导轨上放一个长度等于500毫米的V形垫铁，垫铁上安装一个带有刻度的读数显微镜，读数显微镜的镜头应垂直放置。在V形导轨两端，各固定一个小滑轮，用一根直径等于或小于0.3毫米的钢丝，一端固定在小滑轮上，另一端用重锤吊着，然后调整钢丝两端，使读数显微镜在钢丝两端时的刻线相重合。

移动V形垫铁，每隔500（或小于500）毫米记录一次读数。在导轨全部长度上检验。把读数显微镜的读数依次排列在坐标纸上，画出垫铁的运动曲线图（曲线图的画法见第7页第（8）小节）。

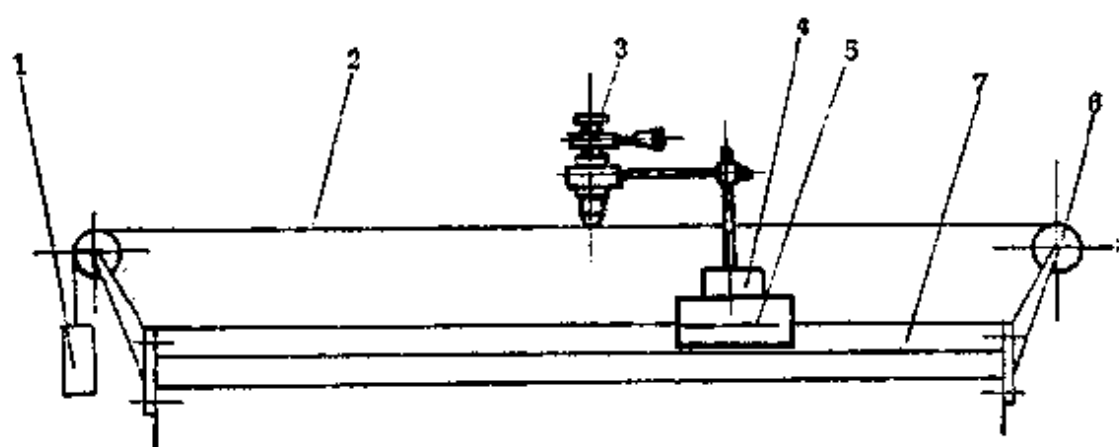


图 6

1—重锤；2—鋼絲；3—讀數显微鏡頭；4—显微鏡支架；5—V形墊鉄；
6—滑輪及支架；7—被檢查導軌。

5. 水平仪检查法

由于水平仪测量精度较高，使用方便，因此是导轨不直度测量中最广泛采用的一种检查方法。但是这种方法只能用来检查机床导轨在垂直面内的不直度。

(1) 水平仪的结构及工作原理 如图7所示，水平仪是一种测角仪器，其主要工作部分是水准器，水准器是一个封闭的玻璃管，内装液体并留有一定长度的气泡，管子内壁磨成一定的曲率半径，玻璃管上刻有与内壁曲率半

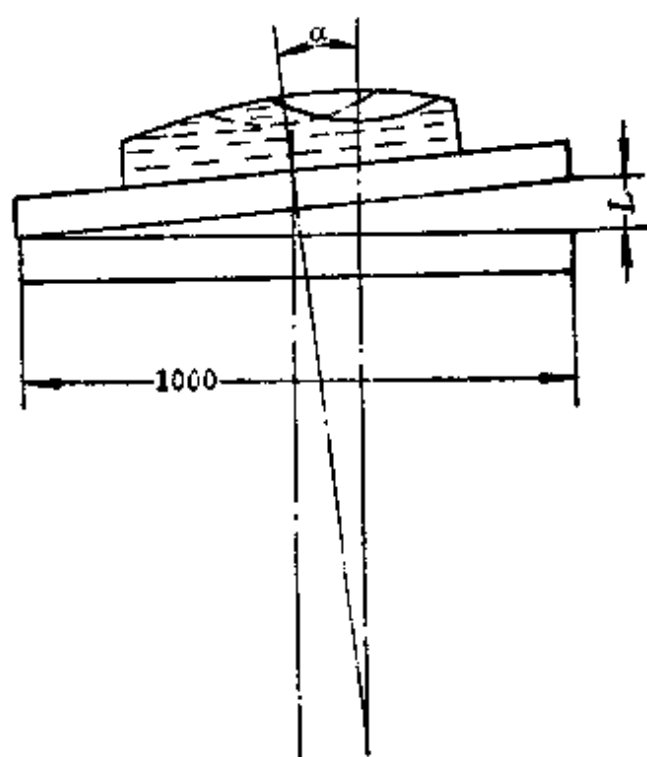


图 7

径相应的间距（约为 2 毫米）的刻线（见图 8）。当水平仪倾斜至任一角度位置后，气泡就产生移动，因水准器内的液面始终要保持在水平位置。

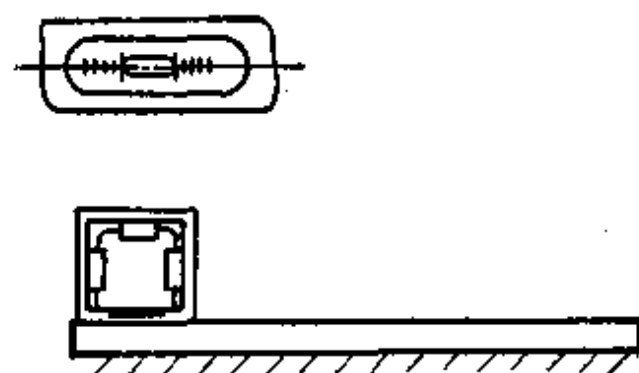


图 8

若将一读数精度为 $\frac{0.02}{1000}$ 的水平仪按置在一米长的平尺表面上，在右端垫起 0.02 毫米高度，平尺便倾斜一个角度 α ，此时，水准器气泡的移动距离正好为一个刻度（见图 9）。

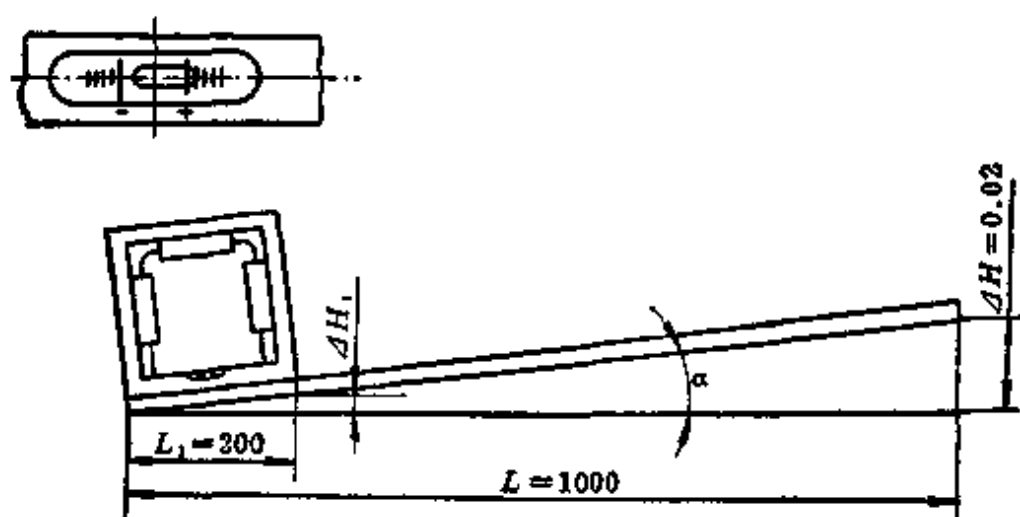


图 9

水平仪连同平尺的倾斜角 α 的大小，可以从下式求出，

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \alpha &= \frac{\Delta H}{L} = \frac{0.02}{1000} = 0.00002 \\ \alpha &= 4''\end{aligned}$$

从上式可知， $\frac{0.02}{1000}$ 的水平仪的气泡每移动一个刻度，其倾斜角度等于 4 秒。这时在离左端 200 毫米（相当于水平仪垫铁的长度 200 毫米）处的平尺下面的高度变化量 ΔH_1 可从下式求出，

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H_1}{L_1} = 0.00002$$

$$\Delta H_1 = L_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 200 \times 0.00002 = 0.004 (\text{毫米})$$

由上式可知,水平仪的实际变化值与所使用的水平仪垫铁支点间距离 L_1 有关。

在用水准仪测量导轨不直度时,为了较精确地测量出导轨的实际形状,应将水平仪放在专用垫铁(如图10所示)上进行测量。垫铁底面的两个支承面间的距离,一般在150~500毫米范围内选择,距离过小会引起测量次数的增多,浪费时间;距离过大会因测量次数减少而降低测量精度。为了测量方便,一般测量长度在2米以内的导轨时,所用的水平仪垫铁,其底面两支承面间距离为200毫米;测量超过2米的长导轨时,如测量龙门刨床的导轨,所用的水平仪垫铁,其底面两支承面间距离为500毫米。

应用水平仪垫铁还可防止水平仪工作平面的磨损,保持水平仪的精度,达到延长使用寿命的目的。

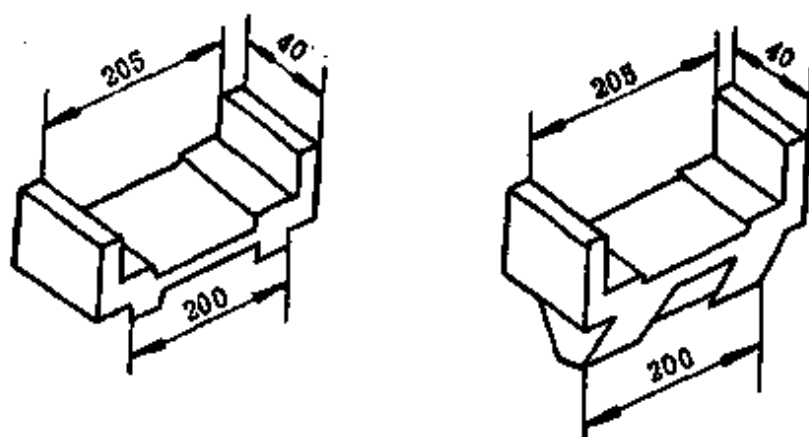


图 10

(2) 水平仪的读数方法 在测量时,一般总是将水平仪在起端位置时的读数作为零位,然后,依次移动水平仪垫铁,记下每一位置的读数(图11)。根据水准器中的气泡移动方向与水平仪的移动方向来评定被检查导轨平面的倾斜方向,如方向一致,一般读为正值,它表示导轨平面向上倾斜,如方向相反,则读为负值,表示导轨平面向下倾斜。

(3) 用水平仪检查导轨时,导轨不直度曲线图的画法 如图12所示,在测量时,依次移动水平仪垫铁,使每次测量位置互相衔接,这样才能测绘出与导轨面不直度实际形状相接近的连续曲线。通常将导轨面在全长上划分为若干段,水平仪依次由一段移动至另一段,来测量各段导轨对1、2两点

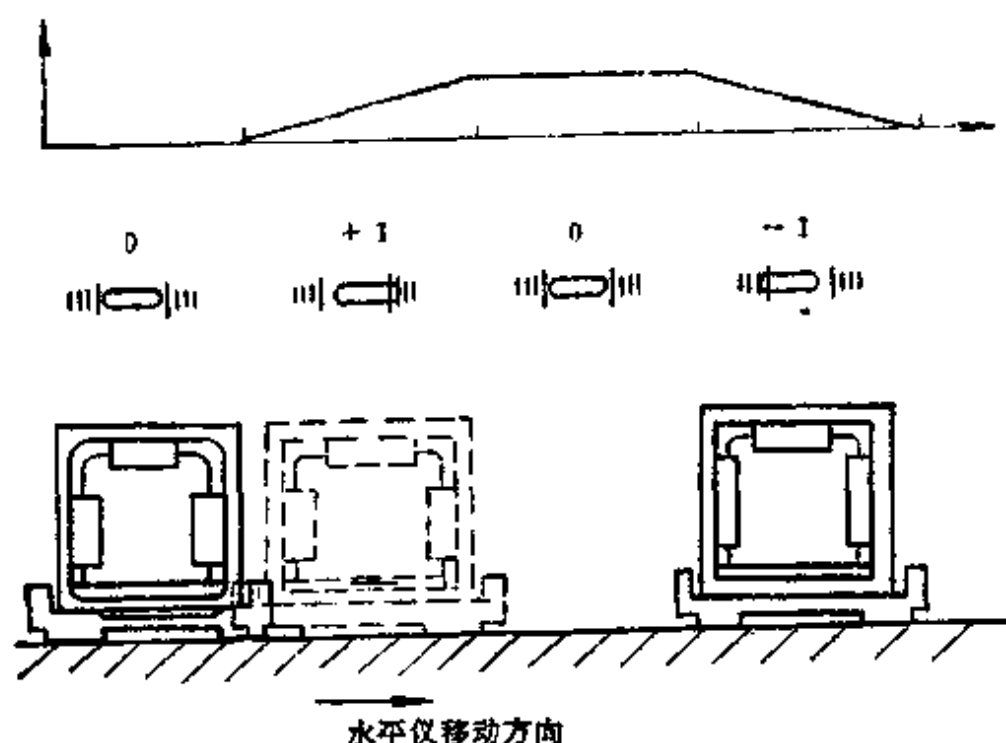


图 11

连线的延长线的角度误差。

例如测量某一导轨时，所用的水平仪的读数精度为 $\frac{0.02}{1000}$ ，水平仪垫铁长度为 200 毫米。把水平仪放在导轨面 1—2 段时的读数为零，当水平仪依次向前移动至导轨面上 2—3 段时，水准器中气泡向前移动了一格，为正值，表示 2—3 段导轨面是向上倾斜了 0.004 毫米；当水平仪移至导轨面 3—4 段时，如水平仪气泡往后移动并回复到零位，这表示 3—4 段导轨面与 1—2 段导轨面平行。由于 2—3 段导轨面向上倾斜，故 1—2 与 3—4 两段导轨面虽平行，但却不在同一平面内。就好像人走路一样，开始走了一段平路（如 1—2 段），上了一个坡（如 2—3 段）后，又走平路（如 3—4 段）；当水平仪移至导轨面上 4—5 段时，水平仪的水准器中气泡向后移动一格，即表示为负值，表示 4—5 段导轨平面是向下倾斜了，即为 -0.004 毫米。就好像人下了一个坡。这样继续测量下去直至全导轨测量完为止，由各线段所组成的曲线就叫做导轨不直度曲线图（见图 12）。

（4）用水平仪检查导轨不直度的误差计算 根据用水平仪读数测得的数据，便可绘制出导轨形状曲线图，从而得知导轨不直度误差。例如用 $\frac{0.02}{1000}$ 精度的水平仪放在 200 毫米长的垫铁上，测量三条 1 米长的导轨，其水平仪读数分别列于表 1。