

机械工人活叶学习材料 365

垂直度的簡易測定法

胡青釗編著



机械工业出版社

內容提要 本書主要是介紹各種工件的垂直度
法，這些方法都比較簡單容易，並附有實例；在文字敘述方
面也較通俗易懂，一般都符合工人的口語。

本書可供三、四級工人閱讀。



編著者：胡青釗

NO. 2637

1959年2月第一版 1959年2月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字數 22 千字 印張 1¹/₁₆ 0,001—13,100 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第008號

統一書號 T15033·1561

定 價 (9) 0.10 元

一 前言

要說明一个零件質量的好坏，从而来确定整部机器的使用性能，在很多情況下，除了必須指出零件中每个單獨尺寸的精确度和工作表面的光潔度外，還須要說明这个零件在几何形状方面是否已达到了技术条件中所要求的精确度。例如，对于一只銅軸襯來說，它的內外圓的尺寸都在尺寸公差以內；它的內外表面的光潔度，也都已达到了要求的程度，但是如果它的內外圓的同心度和橢圓度都不符合技术条件中的要求，那末，这个零件的使用質量仍然会是十分不良的。

零件的几何形状的精确度，也同零件單獨尺寸的精确度一样，是根据实际需要，規定有一定的允許誤差的範圍。一般就把这类規定注明在被加工零件的圖紙上。工人和檢查員必須严格地遵照規定的要求来进行加工和檢驗。

所有这一类几何形状的偏差，統称之为 [整形偏差]。

整形偏差的基本型式可分为下列几項：

1. 圓柱体的橢圓度、母綫平直度、圓錐度、稜面度、同心度以及徑向跳动等。

2. 零件平面的平直度和直綫度。

3. 平面、孔、軸中心綫互相之間的平行度和垂直度。

4. 零件孔、槽、凸緣的位置偏差。

要測定出零件是否已达到了技术条件中所規定的上述整形偏差的要求，就不是像測定一个單獨尺寸的公差来得那样容易。整形偏差的測定往往是借助于一系列的輔助工具、專用夹具、刀具

和仪器等共同配合来进行的。

現在，我們在这里要講到的只是关于整形偏差中的一个型式——垂直度偏差的測定方法。

二 垂直度偏差的注法和讀法

垂直度偏差的表示法有二种。

(一) 符号注入法 注入的形式基本上可用下面几个实例来说明：

圖 1 a 是表示在長度 100 公厘內，其水平表面 A 对于垂直表面 B 的垂直度偏差不得大于 0.02 公厘。如果我們把 B 表面平放在檢查平台上，則 A 面在 100 公厘的高度上，其垂直度偏差应不超过 0.02 公厘。

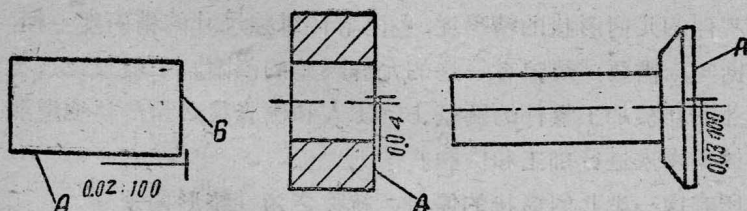


圖 1 a 二平面垂直度

的表示法。

圖 1 b 端面对孔中心綫

偏摆度的表示法。

圖 1 c 端面对軸綫偏摆度

的表示法。

圖 1 b 是表示端面 A 对于孔中心綫的垂直度偏差。根据已注上的允許偏差值知道：在整个 A 端面的界限內，对于孔中心綫的最大偏摆度（即不垂直度）均不得超过 0.04 公厘。

圖 1 c 与上述圖 1 b 的注法有点不同，它是表示端面 A 在离开軸中心綫 100 公厘的長度上，对于軸綫的偏摆度不得超过 0.03 公厘。倘若零件的端面离开軸綫的最大距离（即半徑）不到 100 公厘，或只有 50 公厘，那末，根据圖上的要求，在 A 端面的最外

一圈上，对于軸中心綫的允許偏摆度就只能是 0.015 公厘了。

圖 1 是表示孔中心綫 $I-I$ 对于孔中心綫 $II-II$ 的垂直度的極限偏差。倘若我們以孔中心綫 $II-II$ 为測刃的基準綫，那末孔中心綫 $I-I$ 在每 100 公厘的長度上对于孔中心綫 $II-II$ 的不垂直的程度就不得超过 0.04 公厘。

(二) 文字說明法 垂直度偏差的文字說明，是注在加工圖紙右下方的技術条件（或称檢驗

规范）中的。在用文字說明时，一般都先在圖中的被說明的面或綫上注上代表标号，然后就用所注代号來說明零件各面、綫之間的垂直度要求。

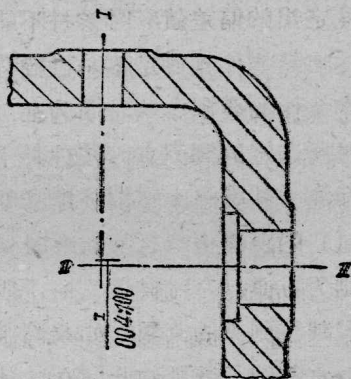
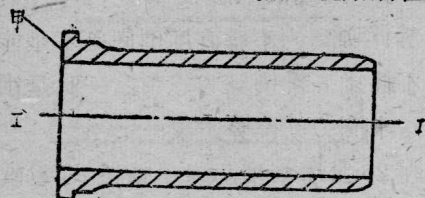


圖 1 二中心綫垂直度的表示法。



甲面对 $I-I$ 中心綫最大垂直度的偏差不得超过 0.05 公厘。

以圖 2 为例，要注明頂面甲对于孔中心綫 $I-I$ 有精确的垂直度，当用文字來說明时，即为：甲面对于 $I-I$ 中心綫的最大垂直度

圖 2 用代号說明零件垂直度誤差的例圖。 偏差不得超过 0.05 公厘。

但有时候零件也有直接就用面或綫的名称來說明它們的规范的。如对于略圖 3 所示零件的要求，可以作这样的說明：高压油泵孔中心綫（即垂直于地面的那条中心綫）对于凸輪軸軸承孔中心綫的垂直度偏差在每 100 公厘的長度上不得超过 0.07 公厘。

当然，这样的說明只能够在零件各部分的特征已为众所周知的时候才宜使用。

當我們在測定零件的垂直度時，測定出的偏差值有時候并不能直接確定出該零件到底是不是已經符合了技術條件的要求。這是因為在測定零件時所選定的測刃點，往往并不就在離開測刃基準一個單位長度（如 100 公厘）的距離上。這一點有時候是為了測刃方便，有時候則是由於零件本身限制了測刃的範圍，如前面說過的圖

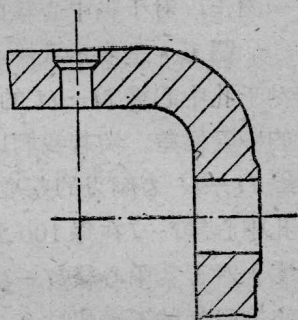


圖 3 用名稱說明零件垂直度誤差的例圖。

1 6 的例子就是如此。在這種情況下，我們就須要通過一番正比例的換算方法來求得真正的可以同规范要求相比較的偏差值。

就以圖 1 6 為例吧，假如我們在測定該零件時，是從離軸綫為 25 公厘 A 端面上得出 A 端面對於軸綫的偏擺度為 0.02 公厘，現在讓我們來判斷一下，這個零件實際的不垂直度到底是不是能符合规范的要求？的確，如果不經過一番換算和思考，一時是很難回答這個問題的。下面就是這個測刃的換算步驟：

根據測定的情況，端面 A 在 25 公厘長度上對於軸綫的垂直度偏差是 0.02 公厘。由此，依照正比例增大的原理在 100 公厘長度上，端面 A 對於軸綫的垂直度偏差就可以從下式求得。

$$25:0.02=100:x,$$

$$x=\frac{0.02 \times 100}{25}=0.08 \text{ 公厘}。$$

把從上式算出的偏差值，再來同圖 1 6 中的规范（0.03 公厘）相比較，就很明顯了，零件端面 A 對於軸綫的實際偏擺度，在 100 公厘長度上比规范超過了 0.05 公厘。

三 測定量具及儀器設備

(一) 檢查平台 圖 4 a 是由高級灰鑄鐵制成的檢查平台，其工作表面須經過刮削或研磨加工。工作表面精確度的檢查方法，是以表面上每一單位面積內接觸斑點的數量來決定的，一般較精確的平台，應是在每邊為 25 公厘的面積內，其接觸斑點不宜少於 20 個，而且這些接觸斑點應該均勻地分布在整個平面上。

(二) 方箱 方箱（圖 4 b）是一個六個面（或四個面）互相垂直的鑄鐵方箱子，它的每一單獨平面的精度要求，也同上面講過的對平台表面的要求一樣。在方箱的幾個工作面上可以開出幾條長槽或孔道，以方便於在上面固定要測定的零件。



圖 4 a 檢查平台。

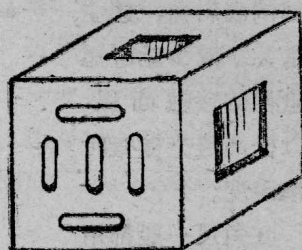
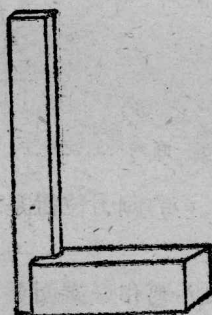


圖 4 b 方箱。



寬边角尺



狹边角尺

圖 5 直角尺。

(三) 直角尺

直角尺有二种(圖5):

一种是宽边直角尺, 它的平行边一般約为直边的四、五倍, 用处就是可以使直角尺在平台上放置 穩当; 另一种是狭边直角尺, 它的直、横二边的厚度是一样的, 而且一般其垂直边的二面都倒成斜角, 这主要是为了减少垂直边与量件的接触面积, 用以提高透光檢查时的精确度。

直角尺一般都用優質碳素鋼制成。在使用直角尺时, 应注意直角尺放在平台上的位置, 务必使直角尺的水平边尽可能的

垂直于量件的被测定平面。下面圖 6 a 的測刃位置是不正确的; 圖 6b 則是正确的。

(四) 圓柱 圓柱(圖 7 a)的外圓和底端面要求有很高的光潔度, 并且应相互垂直。圓柱的上端有一半圓环圈, 以便于用

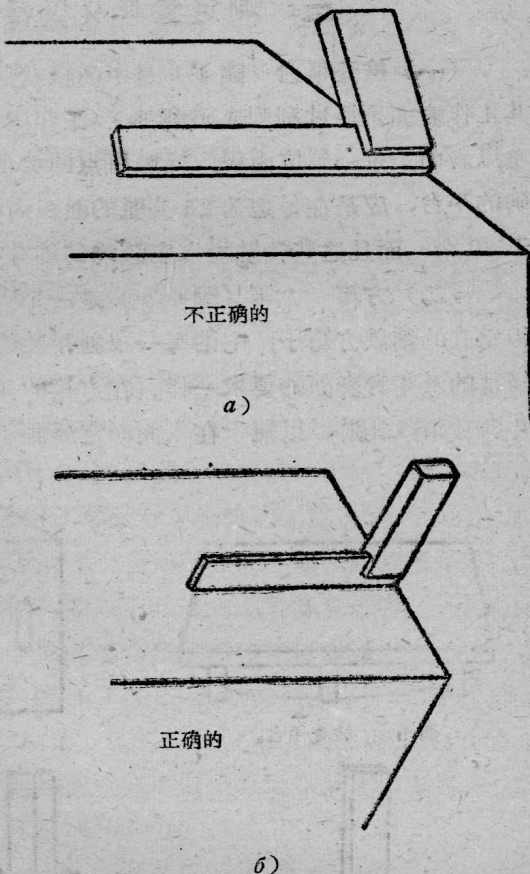


圖 6 直角尺的使用法。



圖 7 a 圓柱。

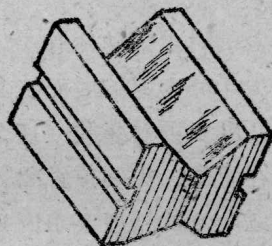


圖 7 b V形鉄。

手提携。用圓柱代替直角尺进行垂直面的透光檢查，效果很好。它的特点下面还要詳細談。

(五) V形鉄 V形鉄（圖 7 b）一般都用鑄鉄制成，它的上下二平面都开有不同寬度的V形槽。槽是由二个互成直角的平面所构成，其工作表面要有很高的精度。

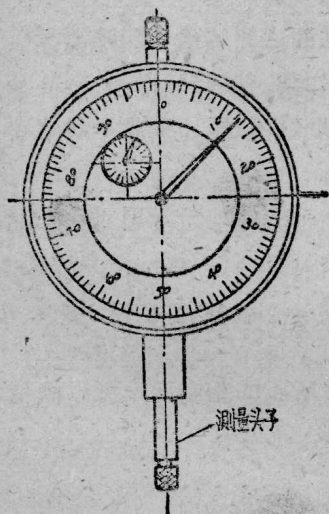


圖 8 a 千分表。

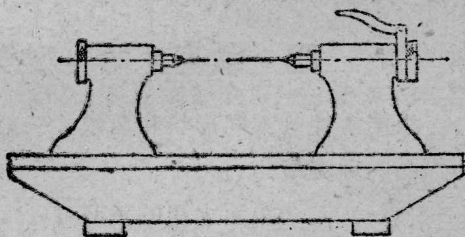


圖 8 b 臥式頂針裝置。

(六) 千分表 千分表（圖 8 a）是在測定零件几何形状和相互位置偏差中一种应用較广的重要仪器，它的測量精度达0.01

公厘。另外，更有一种称做微分表，它的测量精度可以精确到 0.002 公厘。

千分表的附設輔助件有：千分表座和可以調節千分表上下位置的直杆。千分表座的底面，其平面偏差不得超过 0.005 公厘。

(七) 臥式頂針裝置 这个裝置（圖 8 6）的用处是用来把量件支持在它的二头的頂針間，使量件能环绕着一条迴轉中心綫旋轉，所以对它的精度要求应为：二个頂針中心綫必須保持在同一条軸綫上，且应与下面底座平面相平行。

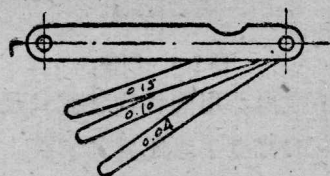


圖 9 塞尺（千分墊）。

(八) 塞尺 塞尺（圖 9）用于測定二接觸面之間間隙距離，其厚薄尺寸可由 0.02~2 公厘。使

用塞尺时，不能直接測量出零件与基准面之間的确切間隙讀数，而只能确定出間隙的二个界限数值。如某一間隙可以用 0.04 公厘的薄片塞入，但用 0.07 公厘的薄片則通不过，那就是說这个間隙尺寸是介乎 0.04~0.07 公厘之間。

其他，尙有好几种的輔助測定工具，如角鉄、千斤頂、量棒等，这些工具都可根据測定的須要随时增添。这里就不再一一介紹了。

四 垂直度的类型及其測定法

根据零件的不同形状和要求，一般所說的垂直度，可以概括为下面四种类型：

- (一) 二个平面之間的垂直度；
- (二) 軸（孔）中心綫之間的垂直度；
- (三) 孔中心綫与平面的垂直度；
- (四) 軸中心綫与平面的垂直度。

下面我們就分別來談談各類垂直度的測定方法：

(一) 二平面垂直度的測定法 由於所要求垂直的二個平面所处的相對位置各有不同，所以必須根據不同情況，採取最適宜的方法進行測定。圖 10 明顯地示出了兩平面垂直度的情形。

零件的二個垂直平面 A 、 B 的特点是，它們都是零件表面的最外包圍面，而沒有另外凸緣突出在這兩個平面以外。因此當測定這兩個面的垂直度時，就可以採用直接接觸的方法。

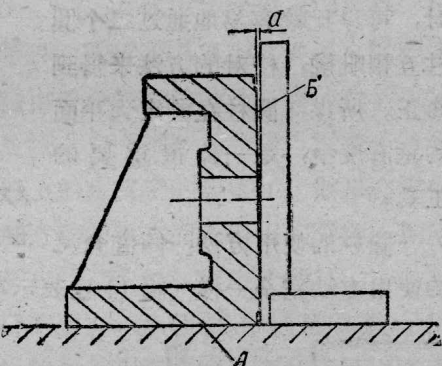


圖 10 用直角尺測定二平面間的垂直度。

第一步，先把零件待測定的二個垂直平面的任意一面（圖 10 為 A 面）平放在檢查平台上，以後就可用下面幾種方法來進行測定。

a. 最簡易的方法，就是圖 10 所表示的，取一把直角尺放在平台上，把角尺的直邊移近並接觸 B 面，看直角尺與 B 面的接觸綫上下是否有光綫透過，如果有光綫透過就取塞尺插入接觸綫的光亮處，測刃其離縫程度 a 。

把測量所得的 a 數值，依照上面已講過的方法，換算成為在測定單位高度（如 100 公厘）上的偏差數值，就得出量件 A 與 B 兩平面的垂直度誤差了。

6. 再一種方法是用圓柱來代替直角尺，如圖 11。

圓柱比之于直角尺其主要優點有：1. 它能够在磨床上進行精密加工，容易達到很高的精確度；2. 由於能在磨床上加工對於優質碳素工具鋼的圓柱，就可以大大提高其工作表面的硬度，因而

也就提高了工具的耐用程度；3. 在使用圓柱时，比直角尺来得稳当，也不須要考虑它在测定时所摆的位置；当圓柱本身發生偏差时，可以比較容易地通过二个圓柱互相毗触，校对的方法来得到修正。所以，圓柱在测定大平面的垂直度中，是一种很重要的工具。

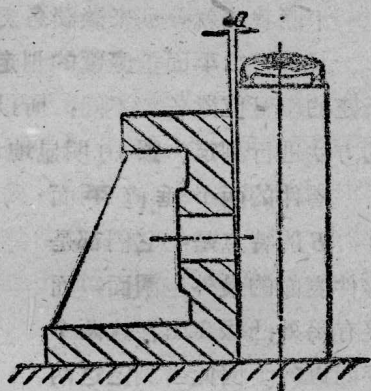


圖11 用圓柱测定二平面間的垂直度。
圓柱的使用方法，同直角尺的使用方法完全一样（圖11已表示得十分明显）。

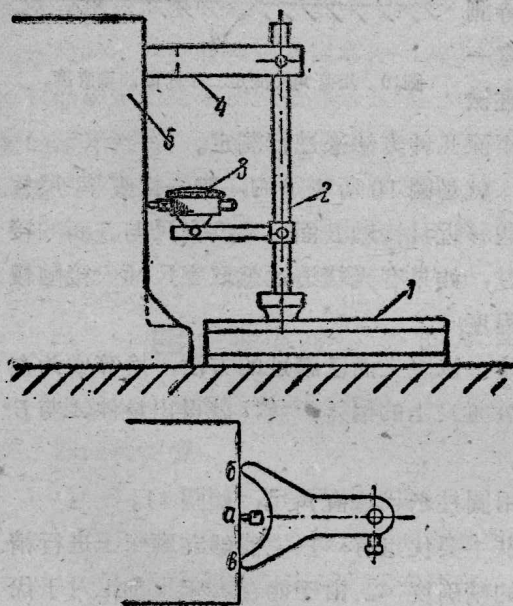


圖12 垂直度的三點測定法。

B. 另有一种方法，是用三点构成一个平面的原理来测定，称之为三点测定法。用这种方法可以直接从千分表上讀出被测定面的垂直度的差值。

圖12所示，1为千分表座2为直杆，3为千分表4为叉脚，5为量件。千分表3和叉脚4可以在直杆2上上下下移动。

測定以前，首先

将在千分表座的直杆上的千分表和叉脚移开一定距离，最好是即等于为测定的单位长度（如 100 公厘）。将方箱（或方柱）安放在检查平台上，然后把千分表座也放到平台上。

拿千分表座移近方箱，使千分表测刃头 a 点和叉脚 b 、 c 二点一起接触到方箱的垂直平面，读出并记下千分表上的读数。以后，把千分表座移向被测定零件，同样将其 a 、 b 、 c 三点接触于要测定零件的垂直面上，再读出千分表上的读数，将此前后二次从千分表上所得的读数加以比较，二个读数的差值，即表示了零件二测定平面在 100 公厘长度上的垂直度的误差了。如果在零件垂直面上所测出的读数大于从方箱的垂直面上得出的读数，则零件的二平面的垂直度就是小于 90° ，反之，则大于 90° 。

这一种测定方法的一个好的地方，从图 12 中已足以显示出来：它不仅可以测定一般简单的两平面垂直度，而且还可以用来测定非直角尺和圆柱所能测定的二平面的垂直度，图 12 中量件下部有法蓝边突出于垂直平面，直角尺和圆柱对于这样的零件已经是完全无能为力了。而对于三点测定法来说却是十分胜任的。

应用上述方法测定时，如果感到第一次所选择的三个接触点，还不能完全代表整个要测定的平面的话，则可以移动这三点的位置（三点的相对距离仍可保持不变）再行测定、校对，这样所测定出的二平面的垂直度的误差与实际误差就可更趋精确了。

4. 上面所介绍的几种测定方法，都可在比较通用的零件上应用。有时候，遇到所测定大型零件时，如机床床身之类，而其所要测定的两相互垂直的导向面又不便于置于平台上进行测定，此时，最为简单的方法就是用按着色法（或者透光法）测定，如下图 13 a 、 b 所示。在检查床身平导轨的垂直度时，用一特制标准直角规（或平铁）即图中用 A 所表示的，紧贴在导向面上；以

此來測定出二導向面與直角規之間的縫隙間隙。把這一間隙值換算成為單位長度上的垂直度偏差值後，即可得出測定結果。

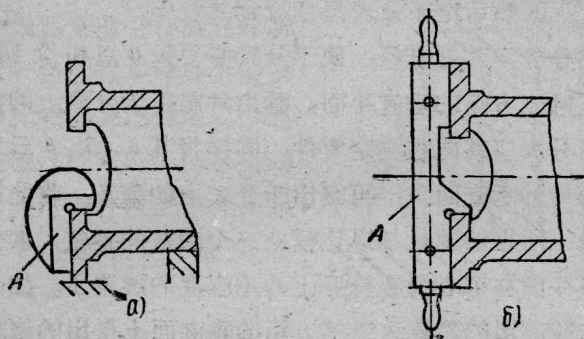


圖13 用角規或平鉄檢查平導向面的垂直度。

由於上法的測定基面的輪廓尺寸較大，所以測定的精度一般是比較高的。

當然，我們在实际工作中所碰到的二个要求垂直的平面的位置、形狀，並不都像上面所說的那樣，比較容易測定。當我們遇到其他狀況時，首先，必須仔細地觀察這二个平面的位置特點，然後因物制宜地來選擇最合宜的方法。

總的說來，在其他許多測定方法中，基本上都有一個共同的原理，那就是利用了已經具有二个非常垂直面的輔助工具來進行測定。

通常應用到的輔助工具有方箱，方柱和T形圓柱等幾種，下面分別來說明它們的使用方法。

a. 首先，我們取圖14中量件為例，量件中A和B為要測定垂直度的二个面。先把方箱（或方柱）安放在檢查平台上，用弓形夾子（俗稱軋藍姆）或用螺栓將被測定的零件固定在方箱的垂直面上（圖14a），使千分表測刀頭子接觸於A面，取適當墊片

垫入零件和方箱之間，
用以調整 A 面使与檢查
平台达到完全平行。

然后，再将方箱連
同零件旋轉 90° ，按圖
146 位置，再安放在檢
查平台上。

将千分表測头去接
触零件的 B 面，并在 B
面上左右移动，讀出千
分表上的差动值。依此，
即可以确定出零件在一
定長度上 B 面对于 A 面
的不垂直度的誤差值。

6. 如果，在上述
量件的 B 面上有凸緣，
或者量件很笨重，不能
将它固定在方箱上时，
则可取用 $[T]$ 形圓柱
来解决。

先将量件平放在平
台上，用千分表校平其
 A 面，使与檢查平台相

平行（校平方法同前面說过的 a 法一样，即取垫片垫到零件底面
和平台之間），取弓形夹子夹紧 T 形圓柱于 B 面（圖 15），然后用
千分表測刃头子在 T 形圓柱杆部上水平移动，零件 A 、 B 二平面

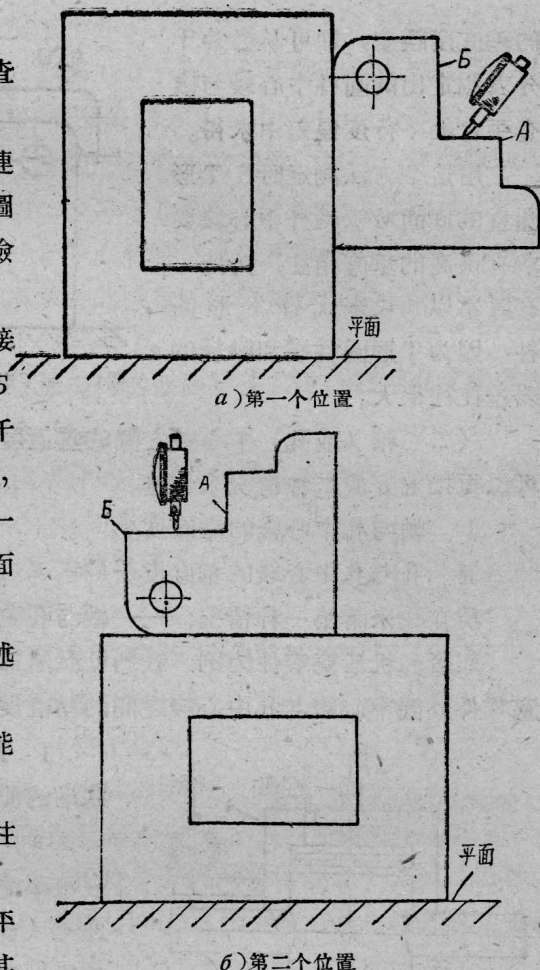


圖14 通过方箱测定二平面的垂直度。

的垂直度誤差，即可从已为千分表測定出的圓柱中心綫与檢查平台的平行度偏差中求得。

用这个方法測定时，T形圓柱的底面对于軸杆中心綫要求有很高的垂直精度，为此，有时常以角尺来代替T形圓柱，因为T形圓柱端和軸綫的誤差往往很大。

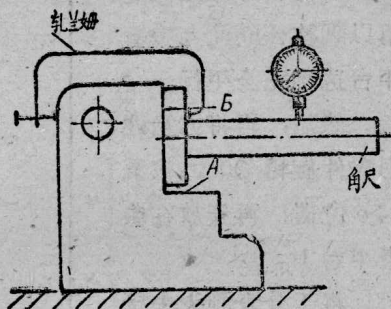


圖15 用T形軸測定二平面的垂直度。

(二) 軸(或孔)中心綫之間的垂直度 这一类型的垂直度可以再把它分成二种情况来叙述。

I. 軸与孔中心綫的垂直度。

II. 孔与孔中心綫的垂直度。

現在先来講第一种情况：——軸与孔中心綫的垂直度。

取發动机活塞零件为例：我們可以从二个角度出發来測定活塞零件外圓中心綫与孔中心綫之間的垂直度的誤差。

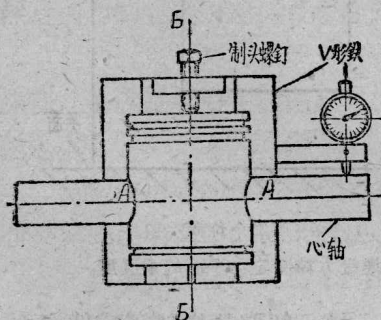


圖16 把零件安放在V形鉄的專用夹具上測定孔对軸綫的垂直度。

1. 以零件外圓中心綫为基準的測定法。

a. 安入法, (圖16) 先将一根事先准备好的心軸, 紧密地塞入到A—A孔內; 把零件安置在V形鉄上。V形鉄的一端装着一只制头螺钉, 使零件頂面中心恰能抵住螺钉头。V形鉄的边面伸出一根橫干, 干

上装有千分表, 把千分表測刃头子与A—A軸上的一头相接触;

讀出并記下在這一狀況下千分表上的讀數。然後，提起零件，將零件連同 $A-A$ 心軸，旋轉 180° ，再同樣使零件頂面抵住螺釘頭安置在 V 形鐵上，這樣，千分表測刀頭子就與 $A-A$ 心軸的另一頭相接觸了，再次讀出這時的千分表上的讀數，比較二次讀數的差值，如果 $A-A$ 軸上的二個與千分表測頭的接觸點的距離，恰為 $A-A$ 中心綫對於 $B-B$ 中心綫垂直度要求中的單位長度（如 100 公厘），那末，所求得讀數的差值就可等於二條中心綫在 100 公厘長度上垂直度的誤差了。

以上是在測定活塞或類似活塞的零件二中心綫垂直度誤差中比較普遍採用的一種方法。

6. 如果類似上述零件的二端面保留有中心綫，或者能夠附上中心孔輔件時，則採取如圖 17 所示的頂針法，就顯得更為簡單了。

同樣，先將心軸塞入 $A-A$ 孔內，把零件連同心軸頂住在頂針上，校正外圓（即 $B-B$ 中心綫），將千分表座移近量件，并使千分表測刀頭子接觸 $A-A$ 軸，然後旋轉零件至 180° ，千分表測頭就與 $A-A$

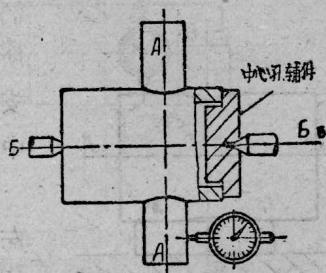


圖 17 在頂針間測定孔對於軸綫的垂直度。

A 軸上另一頭相接觸了。比較千分表測頭接觸 $A-A$ 軸二相對點時的讀數，即可以同樣求得 $A-A$ 與 $B-B$ 二中心綫之間的垂直度誤差。

2. 以孔中心綫為基準的測定法：

根據不同須要也可以有下面兩種方法：

a. 放在頂針上進行測定。

先將心軸塞入到零件的 $A-A$ 孔內，心軸應為一根制成大小