

对接焊缝的超声频波探伤

A. K. 古尔维契 著

建筑工程出版社

內容提要 本小冊子詳細敘述了用超声頻波檢驗对接焊縫的方法和儀器的制造。利用這種方法，焊件的基本金屬壓延表面不需予先作機械加工，焊縫的“加強”部分不需削平，便能發現对接焊縫所隱藏的缺陷。此書可供焊接工程技術人員參考之用。

原本說明

書名 УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ
СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ ШВОВ

作者 Ивж. А. К. Гурвич

出版者 Ленинградский дом научно-технической
пропаганды

**出版地点
及年份** Ленинград-1955 г.

对接焊縫的超声頻波探伤

叶恒健 譯

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外柳樹士路）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第052號）

建筑工程出版社印刷廠印刷·新華書店發

書號679 9千 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 $\frac{5}{8}$ 插頁

1957年9月第1版 1957年9月第1次出

印數：1-959册

*

統一書號：15040·679

定價(11)0.15元

进一步改良檢驗焊縫的方法和仪器是提高焊接結構制造質量的重要条件之一。

因此桥梁科学研究所曾經进行了研究工作，其目的在于掌握超声頻波探伤方法，这种方法是苏联学者科学院通訊院士 С.Я. 索柯洛夫創立的，用来檢驗跨間結構的焊縫質量。在研究过程中确定了跨間結構焊縫的超声頻波探伤原則上的可能性，对仪器提出了要求，并設計和制造了在生产条件下檢驗对接焊縫的超声頻波探伤器試品(УЗД-НИИМ-2)^①。

在这項工作中，桥梁科学研究所得到了中央机器制造与工艺科学研究所超声頻波試驗室全体人員的大力协助。

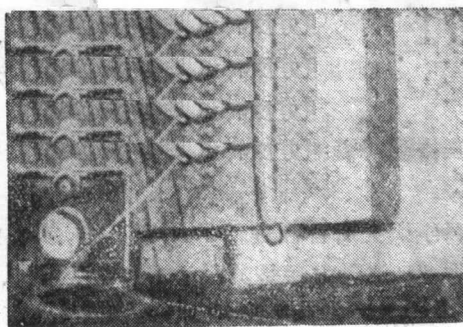
焊縫的超声頻波探傷法

超声頻波探伤法能发现对接焊縫所隱藏的缺陷，焊件的基金属压延表面不需预先作机械加工，焊縫的“加强”部分亦不需削平(图1)。

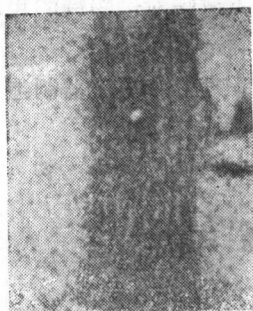
焊縫的傳声

焊縫的“加强”部分使超声頻波的能量不能直接地輸入焊着金属，因为粗糙而不平的“加强”部分表面和探头之間实际上很难达到满意的声学上的接触，因而焊縫傳声的实现应借助于棱柱形探头通过基金属，將超声頻波束綫傾斜輸入(图2)。

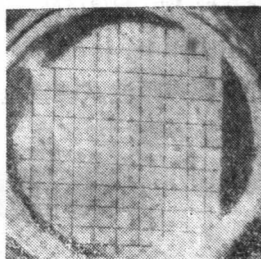
① УЗД-НИИМ-2是А.К.古爾維契、А.С.庫克利、И.А.塔拉士孟維設計的。



a)



b)



c)

圖 1 焊縫的超声頻波探傷

a—用棱柱形探頭的超聲頻波探傷器發現厚40公厘焊縫中的氣孔；
b—x射線照片；c—示波器圖形

圖2表示焊縫一半厚度的傳聲法；剩余部分可从反面用焊縫傳聲來檢驗(圖3, a)或从同一面以反射束綫傳聲檢驗(圖3, b)。

当用棱柱形探頭檢驗时，在多数情况下沒有“回轉脉冲”(从焊件反面反射而來)；但若焊縫反面不平时完全有可能出現“回轉脉冲”。为了要区别“回轉脉冲”和由于缺陷反射回来的脉冲，必需能够測出反射表面的埋藏深度，这样就需要在探傷器綫路图中引

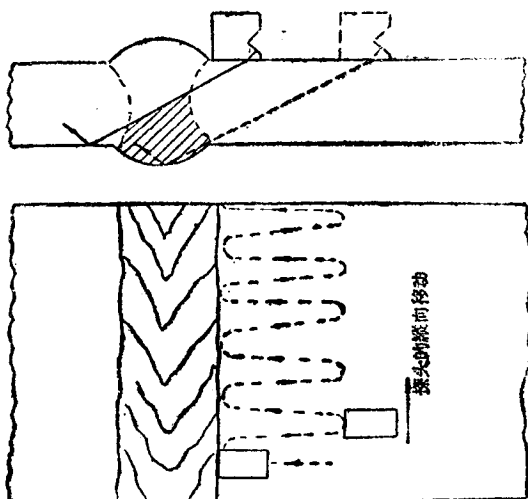


圖 2 焊缝傳声时探头的移动

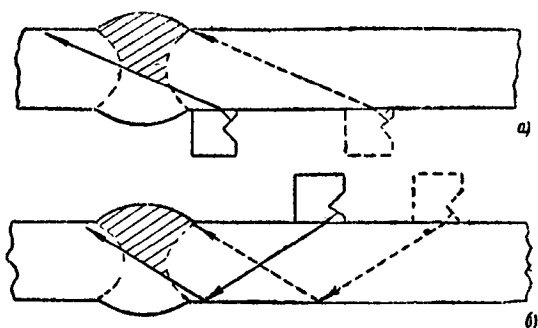


圖 3 焊缝上部傳声时探头的位置

用特殊的深度計。

儀器的深度計也能測定缺陷的座标，这样在修补 焊缝时就容易凿去缺陷区域。

反射表面埋藏深度的測定

当焊件傾斜傳声时，反射面（缺陷）埋藏深度 h 是根据金屬中脉冲所通过的路徑長度 l 来确定的，然后按已知束綫輸入角度 α 来計算出缺陷埋藏深度 h 。

反射面埋藏深度按下列方程式确定(图 4)。

$$h = \frac{l}{\cos \alpha} = \frac{C(T - 2t_m)}{2 \cos \alpha};$$

式中： C ——在所試驗的金屬中横波的傳播速度，

T ——探测脉冲輻射瞬間与它反射所接收瞬間之間的时间間隔，

t_m ——脉冲通过探头的時間。

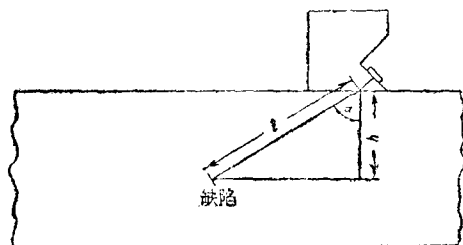


圖 4 缺陷埋藏深度的確定

当 C, t_m, α 为已知值时，缺陷埋藏深度便由探测脉冲輻射瞬間与它反射所接受瞬間之間的时间間隔 T 来决定，这样便要采用特殊的裝置。

反射面(缺陷)埋藏深度可按探伤器深度計的刻度盤上的刻度直接讀出；因为在生产中必然牽涉到某种的金屬和探头的材料，因而深度計分度弧上的刻度盤数目，应与所采用的 具有不同束綫輸入角的探头数目相适应，焊接鋼板厚度从10到50公厘时，探头的数

目不超过四个。

檢驗对接焊缝时束綫輸入的角度

桥梁科学研究所采用中央机器制造与工艺科学研究所制造的棱柱形探头,因为超声頻波斜向穿过焊缝时可以得到很好的結果。

图 5 表示用中央机器制造与工艺科学研究所的棱柱形探头画的焊缝傳声簡图。

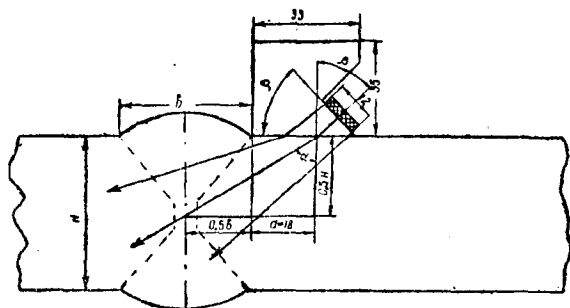


圖 5 当用中央机器制造与工艺科学研究所的探头檢驗焊缝时最适宜的束綫輸入角 α 的確定

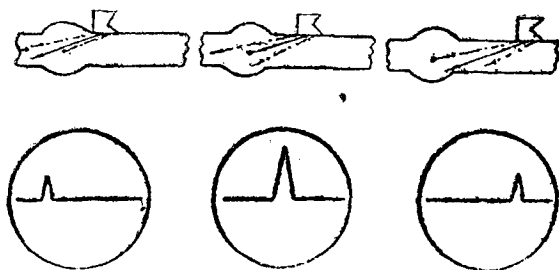


圖 6 超声頻波束綫軸通过所发现的缺陷时的 探头位置,該位置与从这缺陷反射回来的脉冲最大值相适应

因为超声頻波束綫在軸綫上强度最大(图6),而按深度計上的刻度盤計算缺陷埋藏的深度,应当在这个缺陷位于束綫軸上时进行,因而为了保証完滿地檢查全部焊着的金屬,必須这样来选择束綫入射角,使束綫軸与厚度为 H 的 X 形焊縫的对称軸相交于深 $0.5H$ 处(图5)。

束綫輸入角的价值可由下式确定(图5):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0.5\sigma + d}{0.5H} = \frac{\sigma}{H} + \frac{2d}{H};$$

式中: d ——从探头輻射的中心到其前边界的距离。

当已知欲檢查的金屬和探头材料时,束綫輸入角 α 可由超声頻波入射角 β 确定;两个角度之間的关系可用下式等式表示:

$$\sin \alpha = \frac{C_M}{C_m} \sin \beta;$$

式中: C_m ——探头材料中縱波傳播速度,

C_M ——欲檢查的金屬中橫波傳播速度。

当然,棱柱形探头是用超声頻波束綫入射角 β 来表示的,其数值通常刻在探头的棱晶上。

为了容易选择檢驗 X 形对接焊縫的探头的类型(β 角),故根据本节所給出的公式繪出了綫解图(图7)。

例:当測量必須檢驗的 X 形焊縫时,如: $H=40$ 公厘; $\sigma=60$ 公厘;則比值:

$$\frac{\sigma}{H} = 1.5。$$

檢驗該焊縫所必需的棱柱形探头角度 β 值根据縱座标(由适应于 $H=40$ 公厘的垂直綫与曲綫的交点而形成的)来决定;当 $\frac{\sigma}{H}=1.5$ 时, β 值为 51° 。

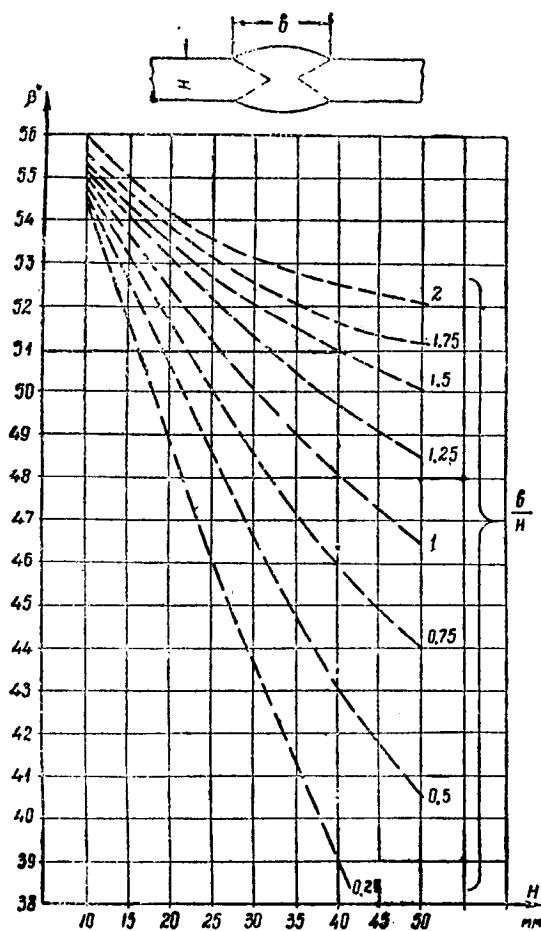


圖 7 檢查 X 形对接焊縫時選擇探頭類型(β°)的錢解圖

生產上檢驗焊縫質量的超声頻波探傷器

探傷器的性能

探傷器可以檢查焊接接头中的裂縫,夾渣,氣孔,未焊透等缺陷,而不需要削平焊縫“加強”部分和不需要在壓延表面預先機械加工。

超声頻波振動頻率為2.5兆周。

探傷器的靈敏度可以發現2平方公厘當量面積(與傳聲方向相垂直的平面中的缺陷面積)的內部缺陷。

探傷器可以發現埋藏在表面下2到50公厘深的缺陷。增加電容器 C_{15} 的電容可以增大檢驗的深度。

在採用不同束綫輸入角度的棱柱形探頭時可以從探傷器的電子深度計的刻度盤上直接讀出缺陷埋藏深度。

探傷器備有缺陷指示器:

- 1) 可見的(陰極射綫管);
- 2) 可聽的(耳機)。

沒有缺陷時,在УЗД-НИИМ-2視覺指示器屏上只看見掃描的水平綫,沒有任何垂直的尖頭訊號。

在探傷器屏上可以立即觀察到檢驗焊件(焊縫)的全部厚度和我們所選擇的各個區域的情況;區域的大小是在10到50公厘之內。

由於裝有專門的級聯繼電器,當發現缺陷時,繼電器會動作,所以探傷器在檢驗過程中能自動工作(輸送器停止,焊件中缺陷地方做出記號等)。

當應用特殊的自動移動探頭的附件時,探傷器能得到檢驗證明文件——超声頻波記錄表。

探伤器是由中央机器制造与工艺科学研究所設計的全套探头裝配成的。联接探头的柔軟可弯電纜其本身是隔离綫；電纜長1.5公尺，探伤器裝置有“小型”电子管和小型阴极射綫管；探伤器尺寸为 $340 \times 230 \times 200$ 公厘(图8)。

探伤器重6公斤。

探伤器的电源由整流器供給，整流器用15公尺長的電纜与探伤器相联，需要功率120瓦特、电源电压127, 220伏特。

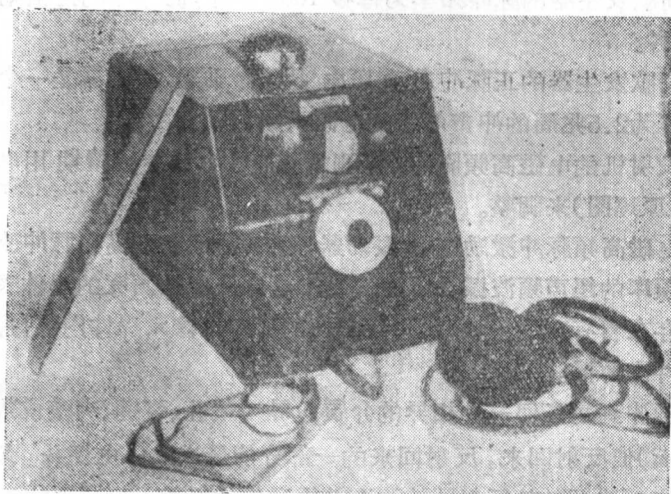


圖 8 桥梁科学研究所的超聲頻波探伤器

探伤器的工作示意图

图9表示探伤器的方框图。从图可知探伤器由七个主要部分組成：

- 1) 給定的間歇发生器；
- 2) 压电晶体的激励器；
- 3) 接收系統；

- 4) 指示器系統;
- 5) 深度計;
- 6) 電源供給系統;
- 7) 壓電尋覓器。

給定的間歇發生器在自激狀態下工作，其本身就決定了欲檢驗的焊件中超声頻波脈沖的發送頻率，並與探傷器所有各級同步地工作（兩者間協調）。

間歇發生器的脈沖頻率為每秒 1000 脈沖，而脈沖的持續期為 2.5 微秒。

間歇發生器的正脈沖啟動壓電晶体激勵器，激勵器是一個具有頻率為 2.5 兆周的衝擊電路的电磁高頻振蕩發生器。

發射机的电磁高頻脈沖（探測的脈沖）功率和持續期用電位器 R_1 （原理圖）來調整。

电磁高頻脈沖激勵壓電振動器，振動器把电磁高頻脈沖改變為同頻率的超声頻波振動脈沖。當壓電探頭和欲研究的焊件表面之間存在着有聲的接觸時，彈性振動的脈沖便輸入焊件內部，並且在焊件內傳播。

脈沖到達任何一種相異的介質邊界（氣孔、裂縫、夾渣或焊件的反面）便反射回來。反射回來的一部分能量進入壓電探頭。最後把超声頻波振動的反射脈沖改變為电磁振蕩脈沖，此振蕩脈沖被送到接收器的輸入處。

按單探頭綫路的探傷器工作時，在接收系統輸入處既進入探測脈沖又進入反射脈沖。

接收系統包括：

- 1) 高頻三級調諧放大器;
- 2) 晶体視頻檢波器;
- 3) 視頻放大器;

4) 同級——視頻放大器。

在接收器輸出處聯有下列三種類型的指示器：

- 1) 可見的——陰極射綫管；
- 2) 可听的——耳机；
- 3) 機械的——繼電器。

可見的指示器是確定缺陷埋藏深度所必須的。

可听的指示器(耳机)是輔助的；有了可听指示器只要一個操作員就能用探傷器進行檢驗；耳机中出現的訊號即為發現缺陷的標志。

機械指示器(當發現缺陷時繼電器的接觸點短路)可以自動進行檢驗。

為了使可听指示器和機械指示器不給出假指示，當檢驗區中沒有缺陷時在射綫管屏上僅看見一直綫(掃描)，必須使接收器輸出處僅能輸入從檢驗區缺陷而來的脈沖，而不是探測脈沖和由於探測脈沖在檢驗物體上多次反射所引起的脈沖。

為此，進入接收器輸入處的時間選擇出現在探傷器內，即接收器平常是“關閉”的，只有在預料到有由於可能的缺陷(埋藏在較厚的欲檢驗之焊件內)而反射回來的脈沖時，接收器才“開啟”。

時間選擇是發生在視頻放大器(同級)輸出級處。用同一電子管把進入級聯輸入處的脈沖放大，並且只在時間上與該級中的選通脈沖相重合的脈沖才能投射在指示器上。掃描發生器中的明亮的放大脈沖就是選通脈沖(圖9)。

從上面所述可知，選通脈沖的持續期就決定了被檢驗區的厚度，而探測脈沖的輻射瞬間與選通脈沖開始瞬間之間的時間間隔決定了該區埋藏的深度。

當檢驗焊件整個厚度時，先從表面開始，在其上放置探頭，不

直接从間歇发生器来启动扫描发生器，而是通过延迟时间的延迟线路（图9，轉換开关 II_1 在“粗略”位置），延迟时间等于脉冲通过探头的時間；用轉动“檢驗深度”的旋鈕可得到由扫描发生器中的选通脉冲持續期所确定的檢驗深度。

探伤器能沿着各区域来檢驗焊件，能像用“电放大鏡”一样，在屏上观察到焊件的各个区域。

为了接入“电放大鏡”，把轉換开关 II_1 放在“精确”位置；这时用从深度計线路輸出处所发出的脉冲来启动扫描发生器。深度計是用来測量缺陷埋藏深度的。

檢驗区的厚度以选通脉冲的持續期决定，并轉动“檢驗深度”的旋鈕而得到，而这个区域的埋藏深度則由探测脉冲輻射瞬間与选通脉冲开始瞬間之間的时间間隔来决定；轉动“缺陷座标”的旋鈕可确定选通脉冲的延迟时间；与这旋鈕相連的刻度盤直接以公厘校正深度。

这样，把轉換开关轉到“精确”位置，且用“檢驗深度”的旋鈕規定在屏上观察所选区域的厚度，轉动“缺陷座标”的旋鈕，可以順序地按区域檢查整个厚度。

如果轉动“缺陷座标”的旋鈕，使由于缺陷而来的脉冲伸延到扫描开始的地方，則它本身就能确定該缺陷的埋藏深度，只要由“缺陷座标”刻度盤上讀出就行了。

当檢驗焊件整个焊件厚度时（轉換开关 II_1 在“粗略”位置），缺陷埋藏深度的决定也可用可变延迟线路进行；这个线路的輸出的脉冲輸至示波管上（图9），这样在扫描綫上显出明亮的斑点（标志的斑点）。

轉动“缺陷座标”的旋鈕来改变标志脉冲的延迟数值，这样使标志斑点和从缺陷来的脉冲前沿相結合，我們就可在“缺陷座标”的刻度盤上讀出缺陷埋藏深度。

电子深度計是按照保証“缺陷座标”电位計軸綫轉角与标志脉冲的延迟時間之間严格成直綫关系的綫路图来裝置的;因此“缺陷座标”刻度盤是均匀等分的。

檢查埋藏很淺的缺陷由于下述原因而造成了二个困难:

- 1) 探测脉冲持續期較長;
- 2) 在探测脉冲形成时接收器輸入处电压較高。

閘流管发生器的探测脉冲的持續期超过了脉冲通过中央机器制造与工艺科学研究所設計的探头材料的時間。閘流管有冲击电路,冲击电路上联有鈦酸鋇压电薄片的电容。显然,利用同样持續期的探测脉冲,而不用特殊办法,就会在耳机和繼电器中产生假的訊号,并且会造成“盲区”,在該区内无法檢查出缺陷。

在探测脉冲形成时,放大器輸入处电压較高,这会使放大器負載过大,这样就使它在某些時間內丧失了灵敏度;因而“盲区”被拉長到放大器灵敏度恢复时轉換持續期所决定的大小。

当檢驗焊件时,为了消除“盲区”,在探伤器中按高频进行自动放大調节^①,并且限制檢波訊号使其最小。

改变电子管簾棚极的电压可放大調节。

放大自动調节仅联接在“粗略”状态。

繼电器启动級是一个多諧振荡器,用来增加通过繼电器綫圈的电流有效值;当发现缺陷时,脉冲从視頻級輸出处启动多諧振荡器,多諧振荡器的阳极电路与繼电器的綫圈相連;多諧振荡器脉冲的持續期要这样来選擇,即保証繼电器的接触系統稳定协作。

在方框图中电源部分配有整流器:

- 1) 整流器电压300伏特;电流100毫安;
- 2) 稳压整流器电压105伏特;电流25毫安;

① 該自動放大調节綫路是由中央机器制造與工藝科学研究所工作人員設計的。

3) 整流器电压1000伏特;电流 1 毫安。

探伤器适用于中央机器制造 与工艺科学 研究所设计的探头。

图10表示探伤器的线路图。

探伤器的构造

探伤器的底座与外壳都是用硬铝制造。其正面薄板上装有下列控制器:

- 1) 工作时的转换开关——“粗略”,“精确”;
- 2) “检验深度”旋钮;
- 3) “缺陷座标”旋钮;
- 4) “放大”旋钮;
- 5) “比例尺”旋钮;

以及用以联接探头和耳机插孔的接头。

探伤器的后面薄板上装有下列:

- 1) 联接电源电缆的插头;
- 2) 联接探伤器的起倒开关;
- 3) 水平线上移动图形的旋钮;
- 4) 联接自动检验器的插座。

5J10-38 型阴极射线管的屏用保证同时关闭屏不受强光作用的门扇来保护,使其免受机械损坏,强光会降低图形黑白的对比。

沿着射线管的两面装置着一些电子管:右边是接收系统的电子管 $J_8 \div J_{14}$, 而左边是电子管 $J_1 \div J_7$; 压电晶体激励器同步的和指示的部分装在嵌入的配电盘上。

为了消除偶合和降低布线电容,接收器级联地安装在固定于电子管座上的各个屏蔽支柱上。

电源被划分成一个单独的部分,该部分用15公尺长的隔离电缆与探伤器相连。

探伤器的操作

無論是手动的或机械的(自动)探头沿欲檢驗物体移动时都可用探伤器来檢驗焊件、金屬及焊缝的質量。

探伤器有兩種工作规范：

1) 在一定深度內檢查焊件的规范，檢驗深度从放置探头的表面开始計算(“粗略”规范)。

2) 檢查物体厚度的一定部分的规范，該部分在裝置探头表面一定深度下(大于10~20公厘)(“精确”规范)。

工作规范和探头类型根据檢驗焊件的方法来选择。

为了准备好探伤器使用，在接通探伤器后必須：

用“粗略”规范时：

1) 为了确定必需的檢驗深度，用“檢驗深度”旋鈕調節扫描時間，使得当“缺陷座标”电位計在与檢查深度和所用探头类型相适应的位置时，标志斑点便出現在扫描綫端部。

2) 旋轉“比例尺”的旋鈕使图形展开在整个屏上。

3) 旋轉“放大”旋鈕使屏上沒有脉冲，并且耳机也沒有声音(当接入探头时)。

用“粗略”规范时所发现的缺陷埋藏深度按調整在最終位置上的“缺陷座标”的电位計上刻度盤确定。此时标志斑点与我們欲檢驗缺陷反射来的脉冲前沿相重合。

用“精确”规范时：

1) 确定欲檢驗区域的必要深度与在“粗略”规范时确定檢驗深度相类似；

2) 安置該区域在我們欲檢驗的深度中，为此，需轉动起倒开关在“精确”位置，使“缺陷座标”的电位器与該深度相适应；

3) 轉动“比例尺”的旋鈕使图形展开在整个屏上；