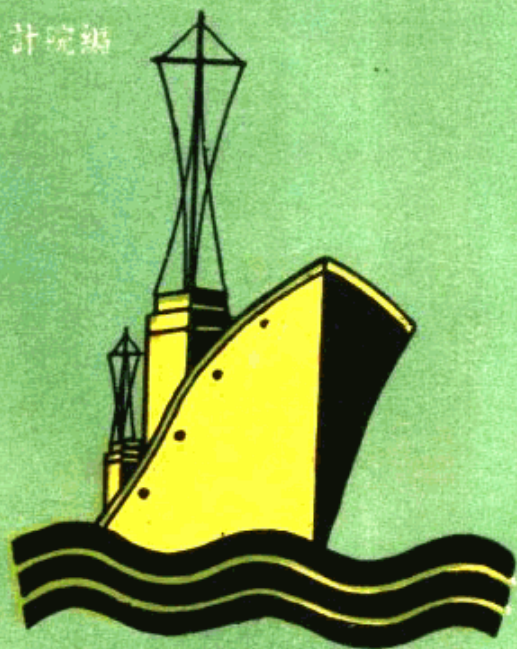


第一机械工业部第九局第九设计院编



第一机械工业部第九局
交通部海河总局

联合主办全国修造船工艺推广交流会

修造船工藝先進經驗汇编

第十册

电工类

机械工业出版社



第一机械工业部第九局 联合主办全国修造船工艺推广交流会
交通部海河总局

修造船工艺先进经验汇编

第十册

电工类

第一机械工业部第九局第九设计院编



机械工业出版社

1959

內 容 簡 介

本汇编系 1958 年 10 月全国修造船工艺推广交流会的专题报告资料及展出的先进工艺资料。全汇编共分 10 册：第一册为船体类（放样、加工、装配）；第二册为焊接类；第三册为轮机制造类；第四册为机械加工类；第五册为钳工装配类；第六册为管子铜工类；第七册为锻工、热处理、电镀类；第八册为铸工类；第九册为木工、热处理、电镀类；第十册为电工类。

本册为电工类，内容主要包括：超音波探伤仪、测厚仪、自动电话交换器、航行灯自动开关、船舶下水用测速仪等。

本书可供修造船企业及其他企业的同类专业工人和技术人员在工作上的参考。

NO.2734

1959 年 3 月第一版 1959 年 3 月第一版第一次印刷
787×1092¹/₃₂ 字数 77 千字 印张 4¹/₄ 0,001—2,050 册
机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可證出字第 008 号 定价(9)0.45 元

目 次

超音波共振法测厚仪(大連造船厂).....	5
超音波测厚仪(上海船舶修造厂).....	14
共振式测厚探伤仪(中华造船厂).....	18
电动发电式舵机介绍(上海船舶修造厂).....	25
自动电话交换机(上海船舶修造厂).....	31
航行灯控制器(上海船舶修造厂).....	35
金属的阳极机械加工(沪东造船厂).....	37
初应力拉力弹簧冷绕(大連造船厂).....	41
钢铁屑分离器(中华造船厂).....	47
我国第一台电子控时测速仪試制成功 (中华造船厂).....	50
电线断芯探测器(大連造船厂).....	52
自动印相机(中华造船厂).....	52
电热切割玻璃(新河船厂).....	54
电气安装部件安装方法的介绍 (蕪湖造船厂).....	55
按平行进度的工艺原則組織电气安装 的体会(沪东造船厂).....	64
利用紧鉤敷設电纜的体会(沪东造船厂).....	71
电纜穿过成組填料函和电纜盒的密封工艺 (沪东造船厂).....	77
电纜填料函工艺安装与优缺点比較	

(江南造船厂).....	88
修船电气安装的准备工作的准备工作(大连造船厂).....	96
电动机保安装置(張华濱船舶修造厂).....	106
电动机星形三角形自动轉換开关(新港船厂).....	107
快速焊鉗(新港船厂).....	108
配电盘匯流条弯曲工具(武昌造船厂).....	108
烘箱温度自动控制器(鴻翔兴船舶修造厂).....	109
盘电綫車(401厂).....	110
打眼鉗(广州造船厂).....	111
刮綫鉗(白蓮徑造船厂).....	112
船塢水泵馬达自动开关(新港船厂).....	112
大車床加装低压开关(鴻翔兴船舶造船厂).....	113
电火花穿孔机(蕪湖造船厂).....	114
面罩通話器(中华造船厂).....	117

超音波共振法測厚儀

——大連造船廠——

I. 一般介紹:

在機械工業中，檢查零件的厚度粗看起來，好像是很簡單，只要用鋼尺和卡尺量一下就可以了，但在有些情況下，就不一樣了，如船體鋼板，鍋爐外殼，管子和油缸等，要測量它們的厚度，唯一的辦法只能在這些部件上鑽一個眼，用鉤尺來測量，然後用絲堵堵眼，為了使它保持水密和氣密還須在絲堵四周，燒電焊和磨光，不但工序多，而且還破壞了金屬的強度，若採用超音波來測厚度時，只要將探頭放在這些部件的外殼上，就能直接測出鋼板的厚度。因此我廠從56年開始由工程技術人員蘇伯陽、桑修仁等同志和工人一起研究，經過几十次的失敗，並且得到江南造船廠吳繩武同志的幫助，終於在今年四月份完全試制成功。

II. 超音波測厚儀的基本工作原理:

1. 什麼是超音波 “超音波”也是音波的一種，它的頻率比較高一些，一般是在 15000 至 10^{10} 次/秒之間，這種音波，人的耳朵是聽不見的，因此我們就把它叫做“超音波”，超音波也和光波一樣在各種介質中有各種不同的傳播速度，並且在兩種不同的介質組成的界面上有所不同，如在固體和空氣組成的界面上超音波的反射率 100% ，鋼和油的界面上為 89% ，鋼和水的界面上為 88% ，在一般情況下，機械部件大部分只與空氣和液體接觸，超音波達到這些界面上，就大部分被反

射回来，因此可以利用超音波的这一个特性，来测量厚度和探测零件的缺陷。

2. 超音波是怎样产生的 超音波是利用石英、钛酸钡等晶体的压电效应而产生的，当我们将交变的电流送到晶片的两面上时，晶片就相应的产生机械振动，在改变交变电流的频率时，晶片发生的机械振动也随之而改变。

3. 共振法测厚仪的原理 当超音波透入金属钢板时，若超音波的半波长正好等于板厚时，那末，超音波就在板内发生共振，假使改变超音波的频率，使金属板的厚度正好等于半波长的两倍时，又再次发生共振，如图 1，因此就得到这



圖 1

样一个规律，凡是金属板的厚度为超音波半波长的整倍数时，在金属内就会发生共振现象，因此我们可以变更超音波的波长，使它在金属内发生共振，根据共振时的波长和频率就可以计算出金属板的厚度。

设 λ 为发生共振时超音波在金属中的波长 d 为工件的厚度，则得

$$d = n \times \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

式中 n 为任何正整数。

但 $\lambda = \frac{C}{f_n}$ C 为超音波的音速， f_n 为 n 次共振时的频率，所以上面的公式就可以改写为

$$d = n \times \frac{C}{2f_n} \quad (2)$$

若在 n 次共振以后再变更超音波的频率等到共振消失以后又复出现共振时，因此已知这时超音波的频率为 f_{n-10} 。

則

$$d = (n - 1) \frac{c}{2f_{n-1}} \quad (3)$$

解 (2) × (3) 式消去 n 則得到

$$d = \frac{c}{2(f_n - f_{n-1})} = \frac{c}{2\Delta f} \quad (4)$$

超音波在各种材料中的音速 c ，可以用标准塊实际测得，因此可以利用相邻两次發生共振时的頻率，就可以計算出金屬板的厚度来，在工件表面，平滑时准确度达到 $\pm 1\%$ 。表面粗糙一些誤差也大一些。

4. 共振法测厚仪的綫路 测厚仪的方块圖如圖 2，由

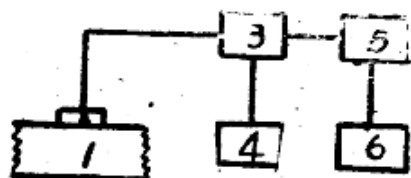


圖 2

1—金屬板；2—石英晶片；3—振蕩器；
4—調頻；5—音頻放大；6—指示部分。

五个部分組成，由振蕩器 3，發出的高頻信号送到石英晶片 2，轉變成超音波投入金屬板 1。在共振时探头接收到了一个强烈的共振时的訊号，經調頻以后送到音頻放大部分 5，最后送到指示部分，通过耳机，电眼表示出来。

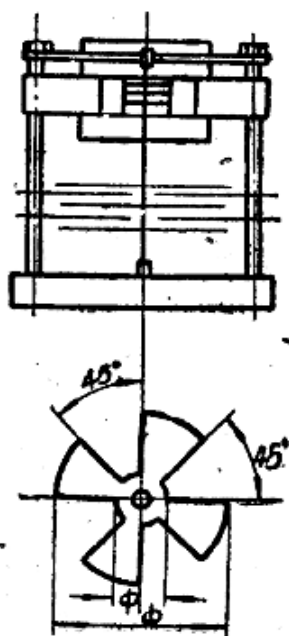


圖 4

其綫路如圖 3，頻率範圍由 1.87 到 2.56 毫秒，分二个波段，調頻器是采用電鐘上用的同步電滾，轉速每分鐘 3000 轉，帶勁一个可变电容来达到的，調制頻率是每秒 200 周，它

的形式如圖 4，在安装中主要的要注意音頻放大部分的阴極电阻 R_7 ， R_{12} ， R_{16} 使每級放大率不过大，否則将会产生許多杂波，以致在使用中真假难分，另外，在电眼 6 E 5 的分压电阻 R_{24} 和阴極电阻 R_{25} 应選擇适当，使阴極上的正压，不过高，否則轉移的訊号就表示不出来了。

III、操作和使用：

为了使超音波的能量能够全部的投入金屬，就要求被测件的表面平整，因此锈蝕严重的鋼板表面，必須用砂輪打磨，我們自己設計了一台磁力風动研磨机，其形式如圖 5，将交流电通过硒整流器，

整流以后送入綫圈，使产生磁力，吸附在鋼板上，然后开动風門，摆动風砂輪，就能很快的磨出一个扇形的平面，效果很好。

在工作时，为了消除摆头与工件間的气隙，在工件表面上，抹一点机油，然后轉动可变电容，

改变超音波的頻率到某一点时，在耳机里發出“翁翁”响声，而电眼也張最大，这点就是共振点，把这点頻率記下来，繼續徐徐轉动可变电容到下一次共振，再把頻率記下来，根据公式 (4) 就能計算出金屬板的厚度。

但是为了使工作人員减少計算和查表的麻煩，因此根据公式 4

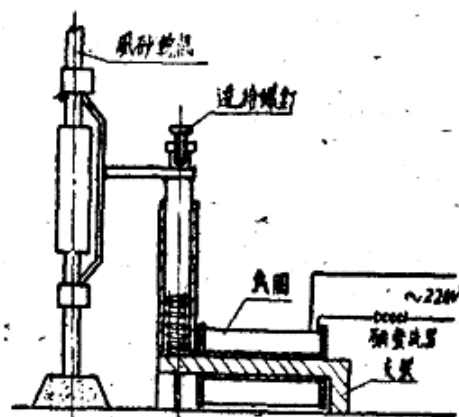
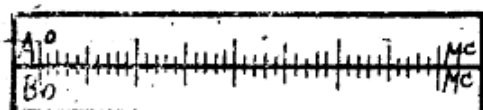


圖 5

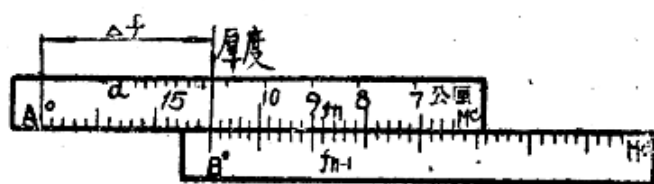
$$d = \frac{c}{2\Delta f}$$



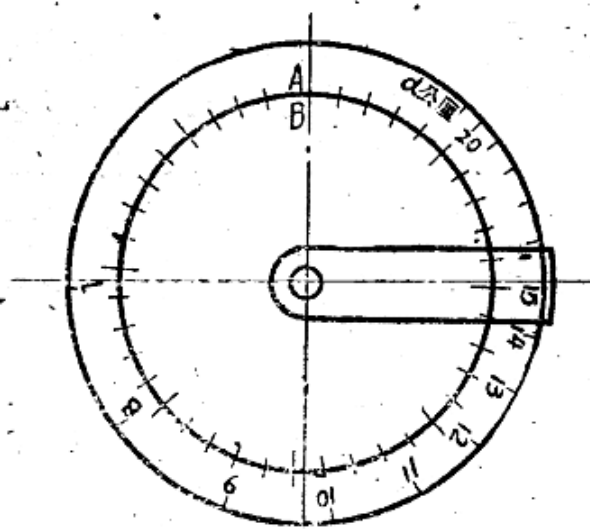
在測量某一種金屬時， C 是已知，那末， d 與 Δf 成反比，根據這個原理，我們做成了一個計算尺，其形式如圖6，在 A 、 B 兩根尺上，以等分格子刻上刻綫，表示頻率。假使某金屬板的相鄰兩次共振的頻率是 f_n 和 f_{n-1} ，那末，在 A 尺上找到 f_n 和 B 尺上的 f_{n-1} ，兩根刻綫對齊以後， A 尺與 B 尺零點之間的距離就是 Δf ，因此在 B 尺零點對在 A 尺上面位置，就相應的刻上厚度的尺碼，這樣在知道任何相鄰兩次共振時的頻率，



(a)



(b)



(c)

圖 6

利用它馬上就能讀出厚度，但是在金屬板厚度增加時， Δf 相應的是在變小，換言之厚度之間刻綫距離在變小，因此在20公厘以上，就顯得很密，為了提高計算尺的精確度，就應該把尺加長，使刻度間隔加寬，但攜帶不方便，因此就改成計算盤，取直徑為180公厘，那末周長就變成540公厘，這樣，刻度就加寬了一倍，準確度提高了一倍，其形式如圖6c。

IV、試驗結果：

1. 在實驗室內用光鋼板測量的結果：

№	超音波測量厚度 (公厘)	實際測得厚度 (公厘)	誤 差 (公厘)	百 分 比
1	19.90	19.97	-0.07	0.35%
2	17.55	17.81	-0.26	1.46%
3	15.56	15.80	-0.24	1.5 %
4	14.00	13.91	+0.09	0.69%
5	11.88	11.98	-0.10	0.9 %
6	9.93	9.84	-0.01	0.1 %
7	7.88	8.00	-0.12	1.5 %

2. 1958年4月26日在“祖國號”船上試驗記錄如下：

A) 甲板上——表面比較平整，只用砂布打光後直接測量。

№	超音波測量厚度 (公厘)	實際測得厚度 (公厘)	誤 差 (公厘)	百 分 比
1	18.07	18.00	+0.07	0.39%
2	18.19	18.25	-0.06	0.33%
3	17.85	18.00	-0.15	0.83%
4	17.96	17.96	0	0
5	17.32	17.50	-0.18	1.03%
6	17.96	17.96	0	0
7	18.45	18.30	+0.15	0.82%
8	17.74	18.00	-0.26	1.45%

B) 二艙二層底——表面打光后測量。

№	超音波測量厚度 (公厘)	实际測得厚度 (公厘)	誤 差 (公厘)	百 分 比
1	10.27	10.50	-0.23	2.2%
2	10.17	10.20	-0.03	0.3%
3	9.77	10.1	-0.13	1.3%
4	10.27	10.00	+0.27	2.7%
5	13.18	13.20	-0.02	0.15%
6	12.88	13.00	-0.12	0.9%
7	12.59	13.00	-0.31	2.38%

B) 二艙肋板 (表面未磨光)。

№	超音波測量厚度 (公厘)	实 际 厚 度 (公厘)	誤 差 (公厘)	百 分 比
1	10.84	11.1	-0.26	2.36%
2	11.37	11.4	-0.03	0.26%
3	10.94	11.30	-0.44	3.9%

經苏联驗船師、訂貨主及工厂等共同鑒定認為誤差甚小效果良好，并且決定在“沙哈林”船上正式試用。

V、測厚儀的使用範圍和經濟價值：

主要可以測量船外殼，二層底甲板，隔壁等鋼板的厚度，而船體水下部分過去必須進塢以後才能進行，檢修須24小時才能決定修理範圍，因此船在進塢以前不能做好生產准备工作。以致使塢修時間延長，現在可以在水上進行了，并且可以在船進塢以前就下料準備。對縮短塢期起了一定作用。并且可以節約大量勞動力和不破壞鋼板的強度。

VI、目前存在的缺點：

銹蝕的鋼板，還需要磨平，這個工作量還是比較大，是否可

以不磨而采用貼合剂来解决表面不平的問題，另外石英探头接近自然頻率一段灵敏度較高，反之就較低，我厂因缺乏少晶体所以2个波段只用一个探头，在頻率低的一段效果較差，因此目前10公厘以上效果較好。采用調頻电机来調制頻率，构造簡單，成本低，但是由于机械轉动，在使用时，不宜振动和發生易碰片等毛病，最好采用电抗管，要比現在形式好一些。

超音波測厚儀

——上海船舶修造厂——

共振式超音波測厚計是超音波測厚計的主要形式，測量1~100公厘厚度準確度可達 $\pm 1.5\%$ ，過去我厂試裝之共振式超音波測厚計由于灵敏度不够；对腐蝕凹凸不平的鋼板不易探測，因此在生產中不能推广，我厂最近在提高灵敏度方面曾經过一系列的試驗，所裝成的測厚計在性能方面有所改进，現介紹如下：

我厂試裝的測厚計共有二种，一种是手动式，一种是目視型，前者設備輕小能适合一般的測試，如工作环境噪音很大工作物凹凸不平則采用目視型測厚計，这两种測厚計均采用高品質因數鈦酸鋇晶体，提高灵敏度縮小探測面积。

1. 手动式超音波測厚計是共振式中最普通的形式。

圖1表示工作的方框圖。

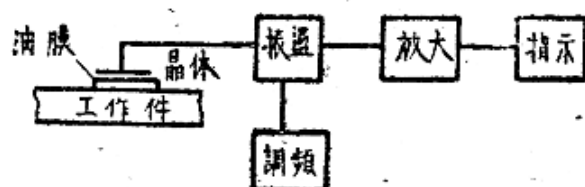


圖 1

振蕩器發射頻率由1~2兆周，由于手动电容器調整，当

电容器旋至某一频率音波后在钢板中发出共振，即

$$f_1 = C / 2t$$

式中 f_1 共振频率； C 音波； t 厚度。

厚度共振不仅发生于基本频率而且还发生于谐波上，即

$$f_2 = 2f_1 \quad f_3 = 3f_1 \quad f_n = nf_1$$

这时振荡器电子管负荷增加，屏流突增，由于屏流增加不多不易观察，因此再用马达带动一小型电容器与主电容器并联，在 $\pm 5 \text{ KC}$ 中调频变成交流信号，再由放大器放大，由指示器指示出来。

当钢板有锈或粗糙不平时，在共振时晶体振动微弱，为了能使这些微弱信号指示出来，应从三方面着手，即提高振荡器线圈的品质因数，减少放大器之杂音与提高压电晶体的压电效应。

我厂采用的振荡线圈是五股蜂房二段绕法线圈，中间插入铁涂氧磁心，效果很好，放大器交连采用变压器与小容量电容器使调频时屏流变动杂音减至最小，便于判断共振点，探头采用低电容量高品质因数钛酸钡，最大频率为2.25兆周，工作频率由1~2.1兆周，探头直径分20公厘与12公厘二种。12公厘直径钛酸钡当探测平滑钢板时灵敏度与25公厘直径石英晶体相同，当探测凹凸钢板时灵敏度较25公厘直径石英晶体为高，共振点也易于判断。

圖2为线路圖。

2. 目視型測厚計 主要优点为灵敏度较高，对凹凸不平钢板容易判断，增加附属装置后厚度不必计算可以直讀，在手动測厚計模糊不清者，在目視型測厚計中能明确的表示出来，圖3是工作方框圖。

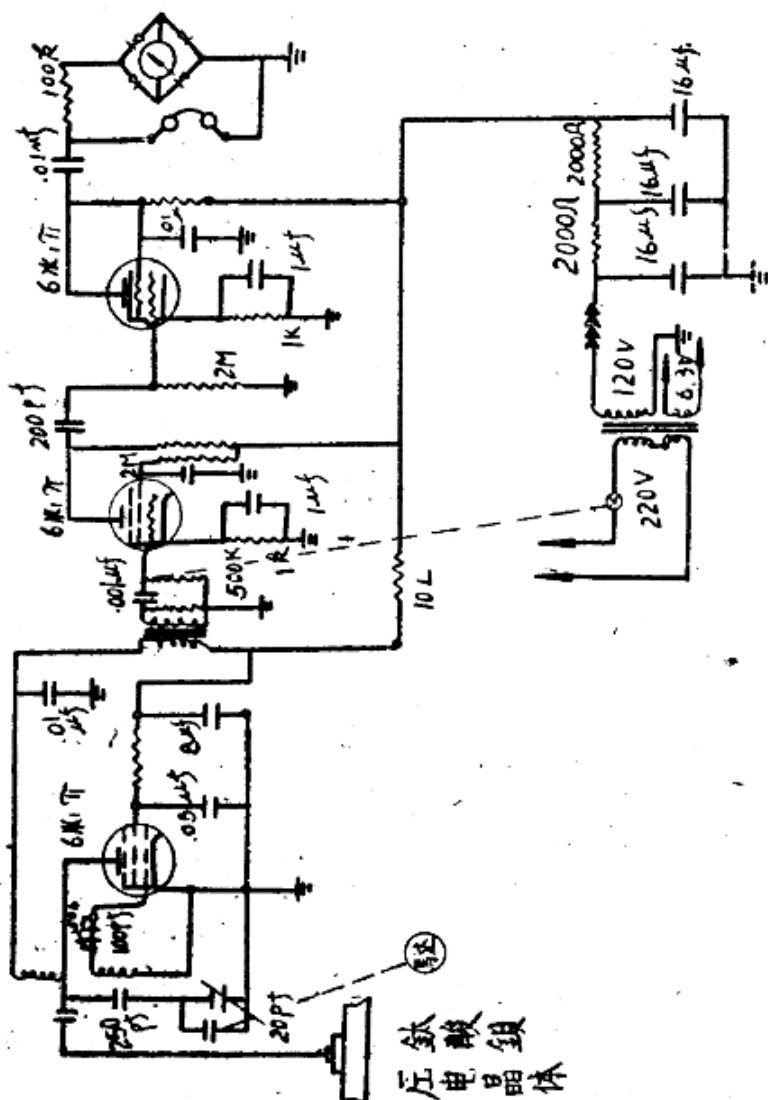


图 2

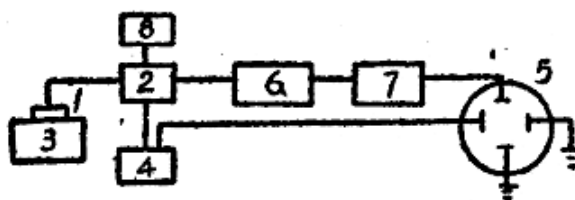


图 3