

鞍形的宽频带,水中双峰分别在 8.35 kHz 和 11.85kHz。空腔共振频率略低于估算值。水中半功率点通带超过一个倍频程,达到满意的宽频带要求。

所制作换能器的水平和垂直方向性分别见图 3 和图 4。从 8.5kHz 到 14kHz,测得水平方向性不均匀性很小,均在 $\pm 0.5\text{dB}$ 范围以内。一般的短圆管在垂直定向平面内方向性函数呈横 8 字形,这里由于金属底座的影响,上下略有不对称。又由于上腔口的辐射,致使在液腔的谐振频率附近,腔口方向上的声级凹点得到了补偿。

从图 5 换能器的发射电压响应级可以看到,换能器在 8.5—14kHz 的宽频带内发射电压响应级超过 130dB,起伏不大于 $\pm 1\text{dB}$ (ref. $1\mu\text{Pa}\cdot\text{m}/\text{V}$)。这是较好的宽带发射特性。同时,该换能器还有相当大的功率容量;试验表明,在上述频带内换能器的发射声源级均在 197dB(ref. $1\mu\text{Pa}$) 以上。满足了总机深水大功率宽带发射的要求。

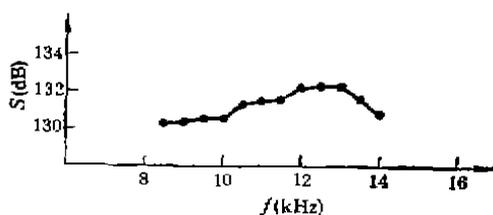


图 5 换能器发射电压响应级

此外,该换能器还可以用于宽带接收。从图 6 给出的接收灵敏度频响可见,在 7—17kHz

频带内灵敏度在 -185 — -197dB 之间 (ref. $1\text{V}/\mu\text{Pa}$)。在 7—14kHz 的一个倍频程范围内,接收灵敏度在 -185 — -189dB ,起伏值仅 $\pm 2\text{dB}$ 。所以这也是相当好的宽带接收换能器。由于换能器带有 40m 长的电缆,加用前放时,接收灵敏度还有较大幅度的提高。

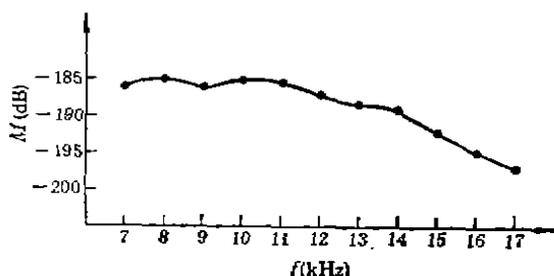


图 6 换能器接收灵敏度响应

该换能器工作于相当深度时,性能几乎没有影响。由于采用了橡胶套结构、环箍密封和电缆头机械密封工艺,换能器具有深水工作可靠性。在压力箱里进行了 4.2MPa 的水压试验,证明水密性能良好。

制作的换能器曾安装于实艇水下 150m 在航速 17 节情况下实际使用,满足了整机对水下高速航行实体测迹的使用要求。

参 考 文 献

- [1] 周福洪,水声换能器及基阵,国防工业出版社,1984年12月,87—90。
- [2] G. W. McMahon, *J. Acoust. Soc. Am.* 36(1964), 528—533.

采用电子聚焦和可变孔径控制电路提高 B 型线阵超声显像仪的分辨率

李援国 张生杰 严碧歌 张军平

(陕西师大应用声学研究所)

1988 年 10 月 28 日收到

本文介绍了影响 B 型超声显像仪分辨率的诸因素,着重描写了采用电子聚焦和可变孔径控制电路

提高 B 型超声显像仪图像的横向和纵向分辨率的具体实施方案,用此方法做成的聚焦控制电路简单,元件少,成本低,焦区分辨率可达 2—3mm。

一、横向分辨率的提高

横向分辨率,主要取决于超声波束的宽窄,波束越窄,横向分辨率就越高,平板型超声换能器发射的超声波束,在近场处与换能器的面积基本相等,至中、远场开始扩散,一般 B 型超声换能器都做成条形,宽 10mm 左右,这么宽的波束远不能满足临床的需要,所以在换能器加工时,在短轴方向上将换能器各振元做成圆弧状,则可得到在其焦点附近变窄的超声波束,如图 1 所示。

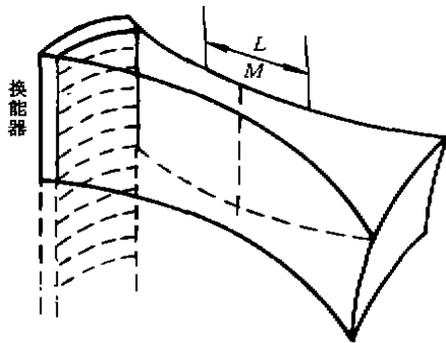


图 1 在短轴方向上将换能器振元做成圆弧状,则可得到焦点为 M 的波束

但在长轴方向上,波束并未改变,若在长轴方向上采用电子聚焦,即可得到如图 2 所示的在长、短轴方向上均被聚焦的超声波束,这样在

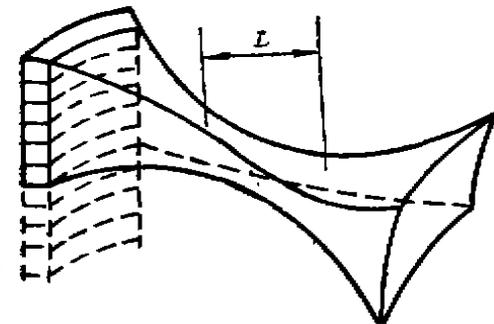
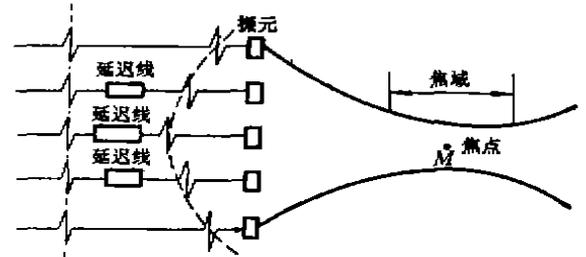


图 2 长轴短轴均聚焦的超声波束

应用声学

焦点附近的横向分辨率就可提高到 4—3mm。

众所周知,电子聚焦原理是采用延迟线将发射脉冲按圆弧状的时差去激励换能器各振元,各振元发出的子波阵面将呈凹面状,使波束聚焦在一点,形成很细的焦域,如图 3 所示。



主控脉冲同时激励,经延迟线延迟后,激励脉冲呈圆弧状分布

图 3 电子聚焦示意图

线阵超声显像仪,每一条扫描线均需要电子聚焦,才能在整个画面上获得全部聚焦后的超声画面,在逐行扫描过程中,在每个振元前面加一个固定延迟线是行不通的,所以合理的设计发射电子聚焦控制电路十分重要,以我们研制的 CCX-1 型线阵超声诊断仪为例,每条扫描线,要同时激励 10 个振元,在扫描方向上振元按前面加 1 个后面减一个的规律顺序激励扫描,仅需要四个超声延迟线,即可保证每条扫描线聚焦中心正好处在被激励的 10 个振元的中心位置上。

以 80 阵元换能器为例^[1],每次顺序同时激励 10 个振元,如顺序激励 1-10, 2-11, 3-12, 4-13……71-80,发射控制电路和聚焦电路如图 4 所示。 IC_1-IC_{10} 为四—十六线译码器,用四个延迟线接在行同步脉冲与译码器片选端之间,由图 4 可看出,在地址信号和行同步脉冲共同作用下将顺序激励 10 个超声脉冲发生器, F_1-F_{10} , F_2-F_{11} , F_3-F_{12} , F_4-F_{13} , F_5-F_{14} , F_6-F_{15} , F_7-F_{15} , F_1, F_8-F_{15} , F_1, F_2 , F_9-F_{15} , F_1, F_2, F_3, \dots 。而聚焦中心均处在发射中心位置上。 F_1-F_{15} 与各振元的连接

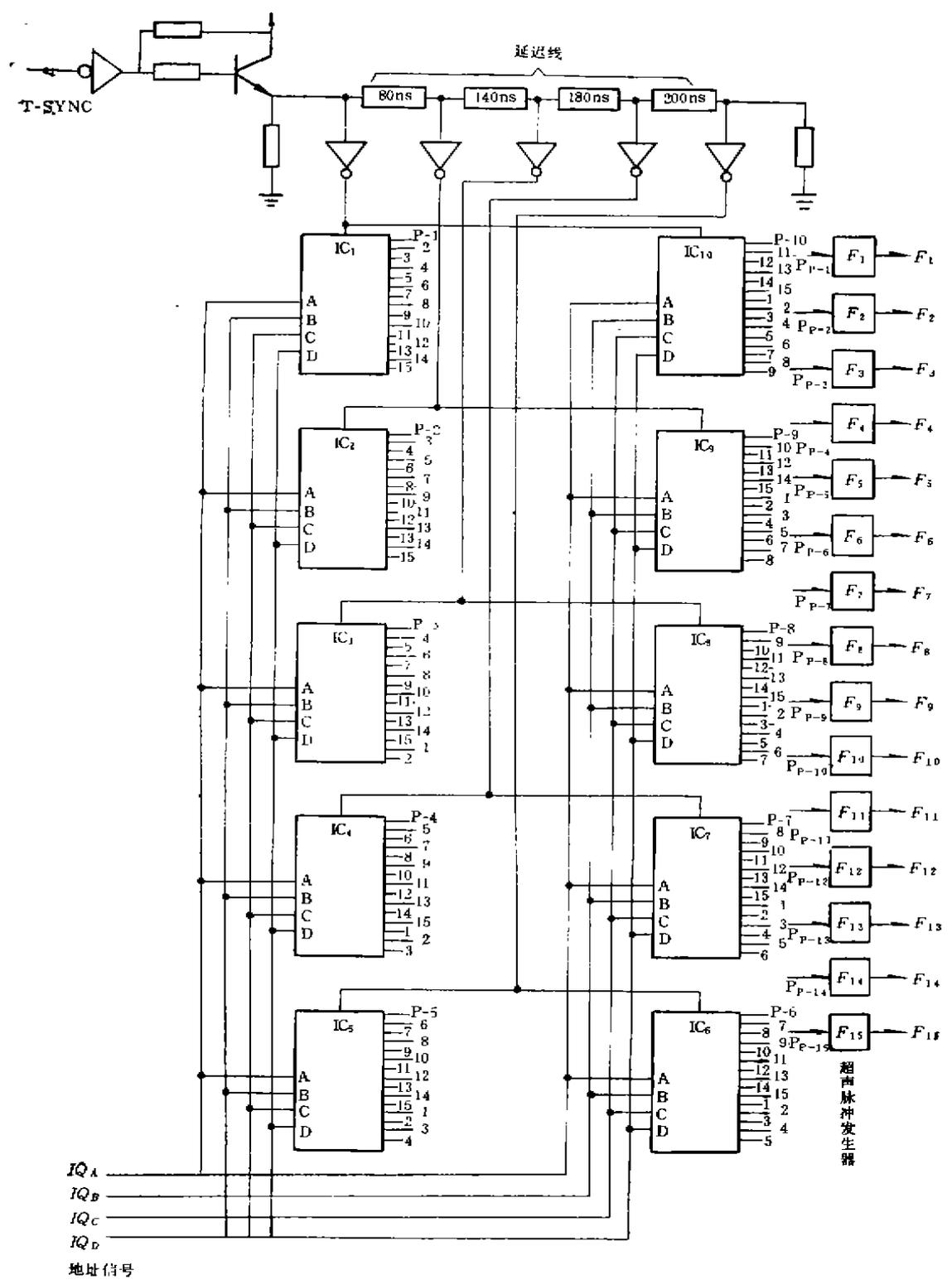


图 4 发射控制和电子聚焦电原理图

方法请参阅参考文献[1]。改变延迟线,即可改变换延迟线的办法,做到近、中、远场不同聚焦的目的,达到不同深度的聚焦目的。

二、纵向分辨率的提高

纵向分辨率，主要取决超声频率和换能器

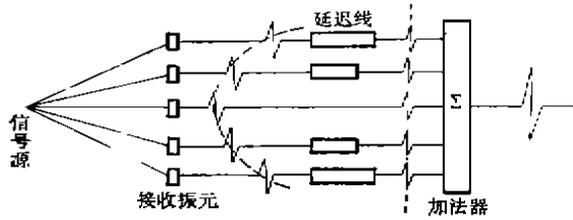


图5 回波电子聚焦示意图

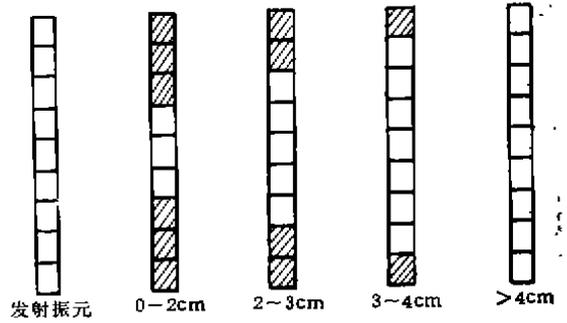


图6 可变孔径示意图

工艺技术，频率越高，纵向分辨也就越高，但在人体中衰减也就越大。所以一般采用折中的方

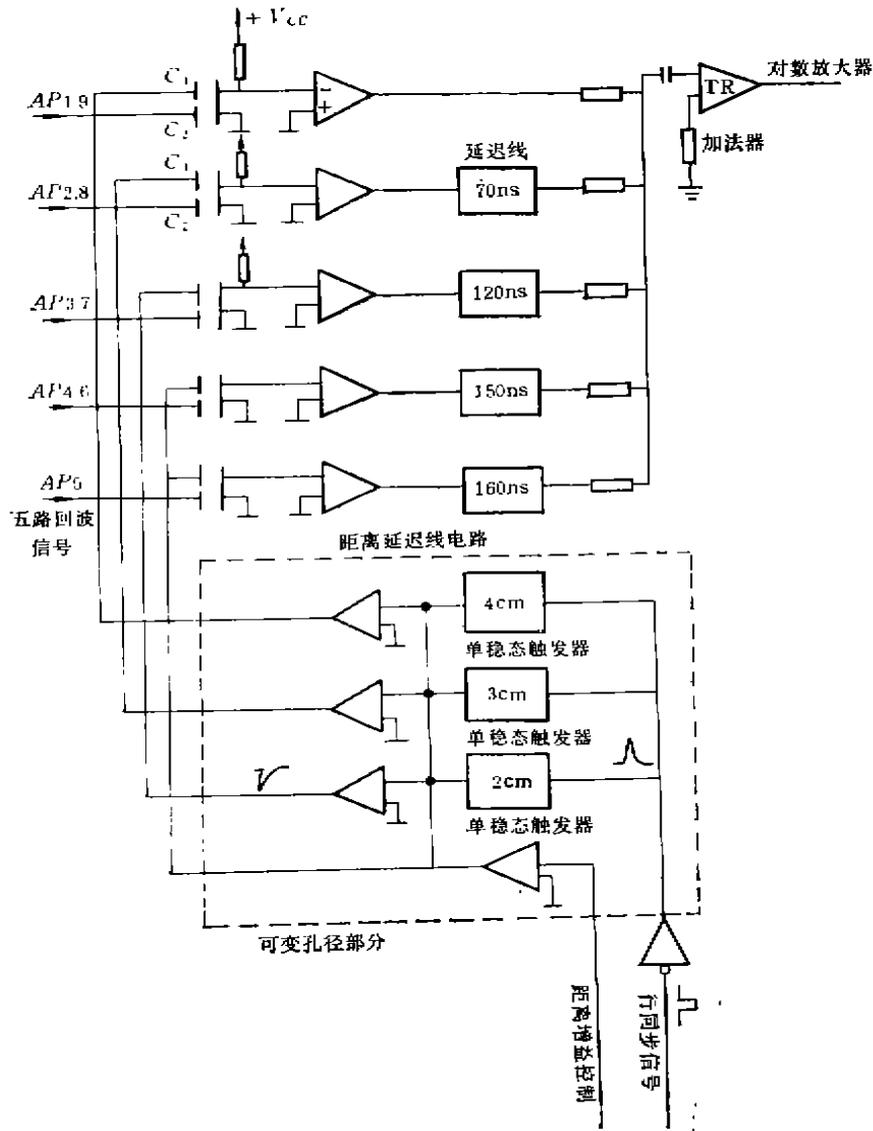


图7 回波聚焦及可变孔径控制电路

案,将 B 型超声换能器的频率控制在 2.5—3 MHz 之间。消除回波余振也是提高纵向分辨率的重要手段,所以在做换能器时给换能器加适当的配槽,消除回波余振。

另外,由于从某一点反射回来的回波信号到达各振元的时间,因距离不一样时间也就不同,所以一个点信号经各振元不同时间接收后,加在一起就变成了一条线,严重的影响了纵向分辨,采用图 5 所示的回波电子聚焦的方法即可克服因时差造成的纵向分辨率的下降。使系统的纵向分辨率在焦域内达到 2mm。

在文献[1]中,我们已将九路回波信号变成了五路回波信号,只要在五路回波信号线上加上不同的延迟线,即可保证每条回波信号的正确聚焦。如图 7 所示,图中四个延迟线即为回波聚焦延迟线。

三、可变孔径控制电路

电子聚焦对提高分辨率是有效的,但焦域不可能做的很长,特别是换能器附近的近场区的分辨率急剧下降,如果将接收回波的振元随着波束前进由少而增多的变化,就好像在回波的道路放置一个孔径可变的档板一样,使越

靠近换能器附近接收宽度越狭窄,这样就进一步提高了换器附近的近场分辨率,如图 6 所示。如接收 0—2CM 范围内回波时,打开 4[#]、5[#]、6[#] 振元,其余关闭,2—3CM 时,打开 3[#]、4[#]、5[#]、6[#]、7[#] 振元,接收 3—4CM 回波信号时,打开 2[#]、3[#]、4[#]、5[#]、6[#]、7[#]、8[#] 振元,4CM 以上时全部开启,这样就相应压缩了近场接收换能器的面积,从而进一步提高了近场分辨力。

我们采用的办法是将孔径控制信号通过双栅场效应管分别加在五路回波信号线上如图 7 所示。

图 7 中采用了五个双栅场效应管。我们将孔径控制信号和距离增益控制信号同时加在双栅场效应管的 G₂ 栅,让其在同步脉冲控制下,按预定的时间关闭和导通达到孔径控制的目的。并受距离增益信号的控制达到距离补偿的要求。

通过测试证明,采用上述方案,在焦点附近横向分辨率可达 3mm,纵向分辨率可达 2mm,近场分辨也相应得到提高。

此项工作是在赵恒元教授指导下进行的。

参 考 文 献

- [1] 李授国等,中国医疗器械杂志,12-5(1988)266—269。



读者来信

对《航空发动机试车台噪声治理》一文的意见

编辑同志:

贵刊在 89 年第四期上刊登了空军第一研究所丁洪志的文章“航空发动机试车台噪声治理”,关于该文谨提出以下意见:

一、空军第一研究所是该工程的使用单位。

二、该工程分两个部份:一部份是室内(试车间和控制室)噪声治理,由空军第一研究所自行设计;主要部份是室外噪声治理,即航空发动机试车台排气消声工程,由清华大学建筑系和土建设计研究院设计。

三、清华大学秦佑国是排气消声工程的设计负责人:①做了向上级机关申报方案的设计、计算和说明;②在方案论证会上作论证报告;③负责该工程的声学设计和计算,有关的声学测量和试验,建筑设计、工程概、预算;④作为该工程的工程主持人在设计图纸上签字;⑤作为设计方代表处理施工过程中的有关问题;⑥在技术鉴定会上作“航空发动机试车台排气消声工程设计总结”报告;⑦在工程验收文件上作为设计方代表签字。

清华大学建筑学院 秦佑国