

# 时间处理的实际限制

R. B. Gilchrist

(美国海军舰船系统指挥部)

## 一、导 言

在新型声纳系统的研制工作中，为了进行实际的全面设计，必须做大量的折衷选择。这些设计中的折衷选择大部分将造成系统性能的下降，并能显著地影响系统参数的合理选择和对系统工作性能的估计。不幸，在过去，这些性能下降往往被忽略了。本文的目的是通过一个例子指出，在对一个水听器阵的数据进行时间处理时，在设计中所做的主要折衷选择，并列出了它们所造成的每一项性能的下降的典型值。

## 二、声纳系统举例

图1是一个窄带检测系统的方框图。它将作为下面讨论的基础。它可以代表主动式多卜勒检测系统的接收机的一部分，或者代表被动式线谱检测系统。

基阵由32个水听器组成。水听器长度为 $L$ ，围绕在一个直径为 $D$ 的圆周上：

$$L = 3\lambda_0/2, \quad D = 5\lambda_0, \quad \lambda_0 = C/f_0$$

其中 $C$ 是声速， $f_0$ 是系统设计频率的上限。基阵产生的自然的垂直波束宽度约 $34^\circ$ ，自然的水平波束宽度约 $10^\circ$ 。

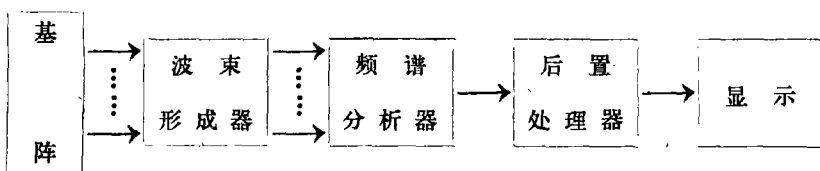


图1. 例子中的系统方框图

波束形成器为一个通常的时间延迟及求和型，能同时形成多个波束。为了减少对干扰的敏感性，基阵在水平面内进行束控，以降低旁瓣高度，这使水平波束增宽至 $15^\circ$ 。共形成24个波束，间隔 $15^\circ$ 。

频谱分析器是一个FFT。每次变换有1024个实数输入点，512个输出频率点。采样频率约 $6f_0$ 。每一次采样被量化为4比特。FFT的输入也被加权，以减小滤波器旁瓣对干扰的灵敏度。结果是在0.0赫至 $f_0$ 赫频带内得到170个等间隔放置的滤波器，其带宽为 $B = 0.009f$ 。

两个相邻滤波器在 $-1.5$ 分贝处相交。每隔 $\Delta T$ 时间产生一次新的频谱估计值。

$$\Delta T = 170/f_0 \text{秒}$$

后置处理器的组成包括在每一个频率单元上放置一个全波整流—检波器及在其后接上一个指数型积分器。其时间常数为

$$\tau = 10\Delta T$$

在积分器的输出，每一个频率的结果通过减去邻近16个频率输出之平均值来归一化。然后再量化成6比特二进制码。

显示部分是一个示波管。它有12条A型扫描轨迹，显示波束输出功率和频率的关系。每一条轨迹有170个分辨单元宽，64个分辨单元高，如图2所示。每两个相邻的波束被交替显示，这样就把24个波束合并在这12条轨迹上。



图2. 显示形式

### 三、系统的性能下降

表1给出在这个例子中由于设计中的折衷选择所造成的主要的性能下降。如果设备制造得不合理或没有保持工作在最好的性能上，则损失还要大。总的性能下降9—15分贝将显著地造成检测距离的非常大的损失。此外，如果不对所有的损失作总的考虑，就可能做出不合理的设计选择。例如，增加（变窄）波束能有助于减小波束扇面和增加指向性系数。但是，因显示增加的波束而带来的附加数据，将会导致交替显示损失、显示分辨损失和操作人员损失的增加，这就可能会使上述改进的大部分丧失掉。因此，增加设备的复杂性和价格不能得到多少改进。

### 四、结 论

系统的设计者和分析者不可避免地要合理地考虑所有的系统性能下降（相对于理想值而言）。为了在设计中保证作出合理的折衷选择，这点是必须的。它也能防止当系统交付舰队

使用时因出现没预料到的低性能而陷入窘境。

表 1

性能下降	估计损失 (分贝)	附注	参考文献
1. 波束控制	1.5	指向性系数损失	
2. 波束扇面	1.0	目标在方位上的随机性	
3. 量化	0.1—3.0	均匀谱—在最坏的频率上20分贝的不均匀谱	
4. 抗混淆 (aliasing)	0.0	假设使用好的抗混淆滤波器	
5. 滤波器旁瓣控制	0.2	检测阈损失	1
6. 滤波器扇面	0.5	目标频率的随机性	1
7. 检波器	0.2	用线性代替平方律	
8. 积分器采样	1.6	取输入至FFT的数据50%重叠能减少至0.25分贝 <sup>1</sup>	1
9. 有限检测时间	0.5	指数代替严格的积分器	1
10. 归一化	0.1		
11. 偏置限制	?	与干扰噪声比及旁瓣电平有关	2
12. 交替显示	0.2	如果归一化不好会更坏	
13. 显示分辨率	0.4	假定在一个频率单元上有5个显示点	
14. 操作人员	3.0—6.0	散射、超载和注意力分散	3, 4
总计	9.3—15.2		

### 参 考 文 献

1. Pryor, C. N. "Calculation of the Minimum Detectable Signal for Practical Spectrum Analyzers", Naval Ordnance Laboratory Technical Report 71-92. (1971).
2. Cox, H. "Performance Prediction for Passive Sonar", (1970), (未发表)。
3. Buckner, D. N., Harabedian, A. and Mcgrath, J. J. "A Study of Individual Differences in Vigilance Performance", Human Factors Research, Inc. Technical Report №2. (1960).
4. Skolnik, M. I. "Introduction to Radar Systems", McGraw-Hill, New York. (1962).

### 讨 论

D. Nairn: 你在这里计算了性能下降, 这是基于假设如果每一件事都是对的, 你会获得全部的系统增益。我认为情况不是这样的。以束控损失1.5分贝为例, 这将假设如果你不搞束控, 你将有全部的系统增益。但是, 由于有随机相位误差, 要得到这些, 在实际上是困难的。你会发现当你加上束控时, 基阵对随机相位误差将不那么敏感。同样, 你也不能把归一化损失由限幅损失中分出来。我所说的意思是, 在计算这些损失中存在有危险性, 因为它假设如果你没有这些损失, 你就会获得全部的系统增益。

答: 我与你并不矛盾。你必须计算一个完整的系统设计所包括的全部损失。如果你改变系统的一部分, 你将影响其他部分, 因此你必须重新计算整个系统的损失。例如, 在存在强的平面波干扰时, 旁瓣可能是不相等的。你能帮助做的一件事是设计波束指向性图, 使它具

有低的均匀旁瓣或至少是平滑变化的旁瓣。你能做的另一件事是找出某种消除干扰的办法。

H. Cox: 为了使没有接触过这方面问题的听众有一个清楚的了解, 我希望在不久的将来大家能看到关于这一主题的文章。如果这里有一些专门的问题, 我乐于以后回答它们。

C. Van Schooneveld: 当你讨论这些损失时, 你暗含地把它们和零损失情况进行了比较。有一点我不清楚, 即这一情况是仅有噪声还是包括混响。

答: 我使用的这一例子是只有噪声的情况。在有混响时, 损失将不同, 而且计算更困难。

H. Cox: 我愿意作一个简单的评论。我们做性能预测是基于理想的和简单的模型。在实际系统不能符合这一模型时, 我们必须做一些调整。我宁愿用“调整”这个词而不用“损失”这个词, 因为“损失”意味着有某些不利的事发生了。在很多情况下, 调整是合理的设计选择带来的结果。例如, 增加对各向均匀噪声的灵敏度和用束控减小旁瓣灵敏度是一个聪明的值得做的事。

D. Nairn: 请你说明一下, 以分贝形式说明一个系统时的适用范围。人们的印象是, 一开始注意的是增强功率。到后来, 特别是用到计算机系统时要自动提取数据, 就几乎不管功率, 而注意的是特征识别。这时最好不用数据的匹配滤波器, 而是用一个宽带滤波器, 为的是允许回音中更多的特征进来, 以便能在后一级中加强特征识别。

答: 我同意不能单纯用分贝形式来说明一个系统的性能。我试图说明的是, 如 Cox 所说, 当进行性能预测时, 我们必须用真实的增益和损失。为了对承包人说明系统的性能, 当然用分贝表示是不够的。

E. J. Risness: 用分贝形式说明损失, 其准确程度和损失产生的原因有关。以操作人员损失为例: 这是一个主要的损失。如果它部分是由于操作人员仅有75%的时间在监视萤光屏, 则无论你有什么分贝, 你都不能得到超过90%的检测概率。换句话说, 你有损失, 但不能以分贝形式表示。

(侯自强译 孙允恭校)