多基地声纳系统检测性能分析

李 嶷[1]，孙长瑜[1]，余华兵[1]，曹 涛[2]
(1. 中国科学院声学研究所，北京 100190；2. 海军装备部电子部，北京 100841)

摘要：分析了多基地声纳系统的检测性能。利用检测统计量，推导了在背景噪声为高斯白噪声、信号为高斯随机过程的情况下，主动多基地声纳系统的最优检测接收机。指出主动多基地声纳系统的最优检测接收机为匹配滤波器。然后，提出了一种基于“和检测”原理的简化检测接收机，并分析了它的检测性能及基地选择原则。结果表明：对于这种简化的检测接收机，当一个基地的检测性能远远优于其它基地时，如果再将其它基地融入到处理系统中，系统的检测性能不会得到明显提高，甚至可能会下降；另一方面，当各个基地的输入信噪比接近时，参与检测的基地个数越多，系统的检测性能越好。

关键词：多基地声纳系统；最优检测接收机；检测性能；基地选择
中图分类号：O427 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-3630(2010)-05-0478-06
DOI 编码：10.3969/j.issn1000-3630.2010.05.006

Analysis of the detection performance of multistatic sonar system

LI Yi[1], SUN Chang-yu[1], YU Hua-bing[1], CAO Tao[2]
(1. *Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100190, *China*;
2. *Naval Equipment Department of the Electronics Division, Beijing* 100841, *China*)

Abstract: The detection performance of multistatic sonar systems is analyzed. At first, with the likelihood ratio test, the optimum receivers of active multistatic sonar systems are deduced from a Gaussian random process in the presence of additive white Gaussian noise. The optimum receiver of active multistatic sonar systems is a matched filter. Then a simplified receiver based on the sum detector is put forward and its performance is analyzed. It can be seen that when the detection performance of any static is much better than other statics, the detection performance of the sonar system will not be improved or even degrade when adding more statics to the system. On the other hand, when the signal to noise ratio of the input of each static is in a close range, the detection performance of the sonar system will be improved as adding more statics.

Key words: multistatic sonar system; optimum receiver; detection performance; selection of statics

1 引 言

多基地声纳系统具有隐蔽自身、先敌发现、先敌打击的优点。通过布设多个接收基地，使系统得到的检测信息比单基地声纳系统多。

文献[1]研究了一种离散的多基地检测系统，其检测层次分为两级，本地的检测器将检测结果用比特形式送往数据融合中心，在硬判决条件下，证明了当每个本地检测器所用比特数增多时，系统的检测性能提高。文献[2]讨论了利用接收水声信号的能量累积信息进行多传感器多目标数据关联的方法，此方法计算的判别函数在同源目标和非同源目标间有明显的可分性。文献[3]研究了在非相关累积情况下，分布式探测系统的性能分析方法，并对分布式探测系统的组成单元遭受攻击或自然故障情况下，分布式探测系统的性能变化进行了研究。文献[4]讨论了在检测对象为 Swerling I、II、III、IV 型起伏目标情况下的多基地雷达检测性能，并编制了全系统检测的仿真软件。文献[5]则提出了一种基于贝叶斯准则的融合判决新机制。文献[6-9]讨论了水下多传感器网络的检测性能，其结论也可为多基地声纳系统检测问题提供理论指导。

本文从检测性能方面入手解决多基地声纳系统的基地选择问题。首先利用信号检测理论，得到高斯白噪声背景下，多基地系统检测高斯随机信号的最优检测接收机，然后提出了一种基于“和检测”原理的简化检测接收机。最后对多基地声纳系统的基地选择原则提出了指导性意见。

收稿日期：2009-10-16；**修回日期**：2010-01-14
作者简介：李嶷(1973-)，女，四川人，博士，副研究员，研究方向为水声信号处理。
通讯作者：李嶷，E-mail: liyi_731973@yahoo.com.cn

2　多基地声纳系统检测模型

检测问题可看作为在两种假设 H_0 和 H_1 中进行选择的问题，其中 H_0 表示只有噪声，H_1 表示存在信号。检测性能取决于对这两种假设的辨识，或者等效于对两种概率密度函数的辨识。

对于多基地声纳系统，它有多个接收基地接收信号，因此可以将各基地接收到的信号写在一个数组中，然后用矢量信号检测理论进行分析。另外，由于多基地声纳系统中处理的大多是带通信号，因此考虑信号的复包络比较方便。这样，可将多基地声纳系统的检测问题用下面的模型描述：

$$H_0:\ \tilde{x}_m[n]=\tilde{w}_m[n] \tag{1}$$

$$H_1:\ \tilde{x}_m[n]=\tilde{s}_m[n]+\tilde{w}_m[n] \tag{2}$$

其中 $n=0,1,\cdots,N-1$，$m=0,1,\cdots,M-1$。m 表示多基地系统中第 m 个接收基地，n 表示接收基地接收数据的时刻。$\tilde{s}_m[n]$ 为零均值的复高斯随机过程，$\tilde{w}_m[n]$ 是已知方差 σ^2 的零均值复白高斯随机过程，且与 $\tilde{s}_m[n]$ 相互独立。

将多基地声纳系统的信号按照时域排列，令：

$$\tilde{\boldsymbol{x}}=[\tilde{\boldsymbol{x}}[0]\quad \tilde{\boldsymbol{x}}[1]\quad \cdots\quad \tilde{\boldsymbol{x}}[N-1]]^{\mathrm{T}} \tag{3}$$

$$\tilde{\boldsymbol{s}}=[\tilde{\boldsymbol{s}}[0]\quad \tilde{\boldsymbol{s}}[1]\quad \cdots\quad \tilde{\boldsymbol{s}}[N-1]]^{\mathrm{T}} \tag{4}$$

其中 $\tilde{\boldsymbol{x}}[n]=[\tilde{x}_0[n]\ \tilde{x}_1[n]\cdots\tilde{x}_{M-1}[n]]^{\mathrm{T}}$，$\tilde{\boldsymbol{s}}[n]=[\tilde{s}_0[n]\ \tilde{s}_1[n]\cdots\tilde{s}_{M-1}[n]]^{\mathrm{T}}$。则 $\tilde{\boldsymbol{s}}_m[n]$ 的方差阵为 $\boldsymbol{C}_{\tilde{\mathrm{s}}}=E\left(\tilde{\boldsymbol{s}}\tilde{\boldsymbol{s}}^{\mathrm{H}}\right)$。如果：

$$L(\tilde{\boldsymbol{x}})=\frac{p(\tilde{\boldsymbol{x}};H_1)}{p(\tilde{\boldsymbol{x}};H_0)}>\gamma \tag{5}$$

则似然比检验判 H_1。检测统计量为[10]：

$$T(\tilde{\boldsymbol{x}})=\tilde{\boldsymbol{x}}^{\mathrm{H}}\frac{1}{\sigma^2}\left(\frac{1}{\sigma^2}\boldsymbol{I}+\boldsymbol{C}_{\tilde{\mathrm{s}}}^{-1}\right)^{-1}\tilde{\boldsymbol{x}}=\tilde{\boldsymbol{x}}^{\mathrm{H}}\hat{\tilde{\boldsymbol{s}}} \tag{6}$$

其中：

$$\hat{\tilde{\boldsymbol{s}}}=\frac{1}{\sigma^2}\left(\frac{1}{\sigma^2}\boldsymbol{I}+\boldsymbol{C}_{\tilde{\mathrm{s}}}^{-1}\right)^{-1}\tilde{\boldsymbol{x}} \tag{7}$$

因此，如果：

$$T(\tilde{\boldsymbol{x}})=\tilde{\boldsymbol{x}}^{\mathrm{H}}\hat{\tilde{\boldsymbol{s}}}>\gamma' \tag{8}$$

我们判 H_1，其中：

$$\hat{\tilde{\boldsymbol{s}}}=\boldsymbol{C}_{\tilde{\mathrm{s}}}\left(\boldsymbol{C}_{\tilde{\mathrm{s}}}+\sigma^2\boldsymbol{I}\right)^{-1}\tilde{\boldsymbol{x}} \tag{9}$$

是 $\tilde{\boldsymbol{s}}$ 的复最小均方误差估计量。

3　主动多基地声纳系统检测性能

来自非起伏点目标的主动系统或雷达回波的复包络标准模型为[10]：

$$\tilde{\boldsymbol{s}}_m[n]=\tilde{A}_m\tilde{h}_m[n] \tag{10}$$

其中 $\tilde{h}_m[n]$ 为已知复确定性信号，$\tilde{A}_m$ 为复高斯随机变量，且 $\tilde{A}_m\sim CN\left(0,\sigma_{m\tilde{A}}^2\right)$，假定它与观测噪声 $\tilde{w}_m[n]$ 相互独立。发射信号为 $\tilde{h}_m[n]$，当它被目标反射回来后，接收信号的增益及相位发生改变。未知的增益及相位用 $\tilde{A}_m$ 表示。

为简化分析，假设各接收基地在 0~N–1 时刻内接收到的信号能量基本相等，即每个接收基地接收到的信号均为 $\tilde{\boldsymbol{s}}_m[n]=\tilde{A}\tilde{h}_m[n]$，其中 $\tilde{A}\sim CN\left(0,\sigma_{\tilde{A}}^2\right)$，另假设各接收基地接收的信号来自同一个信号源，那么有[10]：

$$T(\tilde{\boldsymbol{x}})=\tilde{\boldsymbol{x}}^{\mathrm{H}}\hat{\tilde{\boldsymbol{s}}}=\frac{\sigma_{\tilde{A}}^2}{\bar{\varepsilon}+\sigma^2}\left|\tilde{\boldsymbol{h}}^{\mathrm{H}}\tilde{\boldsymbol{x}}\right|^2 \tag{11}$$

其中 $\bar{\varepsilon}=E\left(\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1}\left|\boldsymbol{s}_m(n)\right|^2\right)=\sigma_{\tilde{A}}^2\tilde{\boldsymbol{h}}^{\mathrm{H}}\tilde{\boldsymbol{h}}$ 为接收信号的信号能量的数学期望。如果：

$$T'(\tilde{\boldsymbol{x}})=\left|\sum_{m=0}^{M-1}\sum_{n=0}^{N-1}\tilde{x}_m[n]\tilde{h}^*[n]\right|^2>\gamma'' \tag{12}$$

判 H_1。从上式可看出，在此种假设条件下，主动多基地声纳系统的最优检测接收机为匹配滤波器，虚警概率和检测概率关系如下[10]：

$$P_D=P_{FA}^{\frac{1}{1+\bar{\varepsilon}/\sigma^2}}=P_{FA}^{\frac{1}{1+\bar{\eta}}} \tag{13}$$

其中 $\bar{\eta}=\bar{\varepsilon}/\sigma^2$ 为平均的信号能量噪声比。从上式可看出，在虚警概率一定的情况下，随着 $\bar{\eta}$ 的增大，主动多基地声纳系统的检测概率也增大。

4　一种简化检测接收机的检测性能

对于主动多基地声纳系统，根据第 3 节的分析，可得到如图 1 所示的接收机拓扑结构，它是在中央数据处理中心完成求幅度的运算。

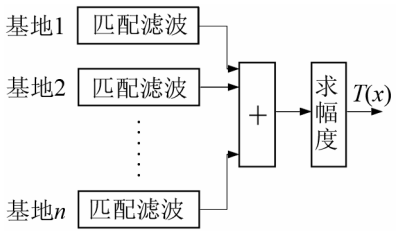

图 1　主动多基地声纳系统最优接收机拓扑结构

Fig.1　The topology of the optimum receiver for the active multistatic sonar system

但是，在实际工作中，人们以前常用的仅是单基地声纳系统。对于单个基地检测信号的情况，通常采用匹配滤波后求幅度的方法。因此，当将单基地联网为多基地后，人们很可能希望在原有检测方式不变的情况下，仅将原来的检测结果进行简单地

数据融合就能得出总的检测结果。这样，既可实现单基地检测，也可实现多基地检测，组合方式灵活多样，且对已有硬件和软件的改动最小。

为此提出一种基于原有单基地声纳检测算法的简化检测接收机。它是一种以“和检测”为机理的检测器，不需对原有单基地声纳的检测算法进行改变。

下面对该检测接收机输出端信噪比进行分析，并根据分析结果对多基地声纳的基地选择原则提出指导意见。

4.1 单基地声纳系统检测性能

假设目标反射信号到达接收基地时的幅度和相位都是随机的，背景噪声为零均值、谱密度 $N_0/2$ 的高斯白噪声。那么，对于主动系统单脉冲情况，其检测统计量为[11]：

$$z_k=|y(kt_s)|^2=\left|\int_0^{kt_s}h(\tau)x(kt_s-\tau)\mathrm{d}\tau\right|^2 \tag{14}$$

式中，t_s 是采样间隔，它等于或小于滤波器输出端包络带宽的倒数，$x(kt_s-\tau)$ 为检测接收机的输入信号，$h(\tau)$ 是与发射波形匹配的信号。

为了提高检测性能，通常主动系统不会只发射单脉冲信号，而是会发射周期性的脉冲串，其检测性能相对单脉冲情况会得到改善。

对于主动系统的多脉冲情况，假设在某给定的距离单元处，主动系统接收到 M 组反射脉冲，且接收到的脉冲信号基本平稳。那么，在此距离上接收到的信号是将形成统计检验的 M 个发射周期内接收到的信号求和。设 $|y_{ik}|^2$ 是第 k 个距离处第 i 个传输周期的平方律包络，那么这个距离处的检测统计量为[11]：

$$z_k=\sum_{i=1}^{M}|y_{ik}|^2 \tag{15}$$

假设在给定距离单元中的噪声在一个传输周期到下一个传输周期是统计独立的，检测接收机输入端信噪比基本平稳，则 z_k 可被看作具有 M 个自由度的 χ^2 变量。那么，对于仅有噪声的情况，z_0 的矩为[11]：

$$E[z_0]=M\sigma_{y0}^2,\quad Var[z_0]=M\sigma_{y0}^4 \tag{16}$$

当信号存在时，z_1 的矩为：

$$E[z_1]=M\sigma_{y0}^2(1+S) \tag{17}$$

其中，S 是与检测接收机输入端信噪比有关的因子。对于信号和噪声统计独立，且噪声是零均值高斯白噪声的情况，有 $S=2E/N_0$，它表明包络检波器输入端信噪比是 T 时间内的信号能量与白噪声谱级 $N_0/2$ 之比。

定义输出信号 z 的信噪比为[11]：

$$SNR(z)=\frac{\{E[z_1]-E[z_0]\}^2}{Var[z_0]} \tag{18}$$

则有：

$$SNR(z)=MS^2 \tag{19}$$

从上式可看出，在某距离单元中，检测接收机输出端信噪比与接收到的脉冲个数呈线性关系。即随着脉冲个数 M 的增多，接收机的检测性能也不断提高。

假设在某距离单元内接收信号基本平稳，并假设该距离单元的长度为 l，目标运动速度为 v，那么发射基地在该距离单元内能发射脉冲的总时间长度为 $t=l/v$。

发射基地在时间 t 内发射的脉冲个数受发射基地-目标-接收基地之间的距离限制，并受到环境的影响，即应保证接收基地在时间 t 内接收到的发射信号与各反射信号之间互不重合，能被有效区分。因此，在实际工作中，在某距离单元内，发射基地发射脉冲的个数 M 不能无限制地增加，否则将无法区分各批次信号。

4.2 多基地声纳系统简化接收机检测性能

从上面的分析可知，既然在时间域上无法增加 M 的个数，那么能否从空间域上增加 M 的个数呢？基于这种考虑，可将单基地声纳系统扩展为多基地声纳系统，得到如图 2 所示的多基地简化检测接收机拓扑结构图。对于这种简化的检测结构，它具有很大的灵活性，可方便地实现各基地之间的任意拆分、组合，同时不需要对原有的单基地信号处理算法进行改动。

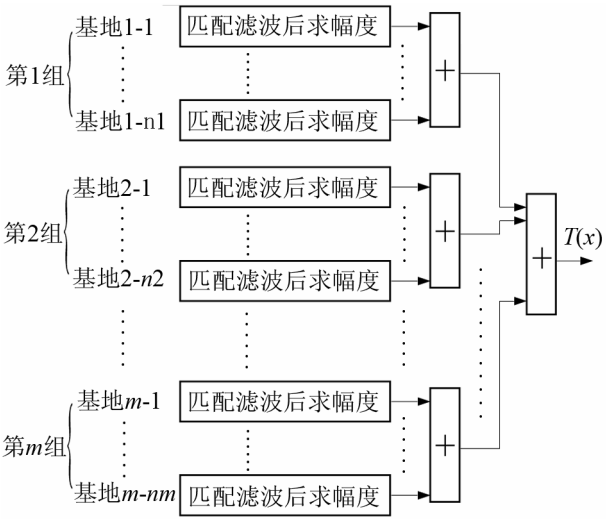

图 2 简化接收机拓扑结构

Fig.2 The topology of the simplified receiver

4.2.1 简化检测接收机输出端信噪比

为简化分析，假设在某距离单元内，发射基地发射脉冲后，多基地系统中的每个接收基地均能接收到目标的所有反射信号。那么，根据单基地声纳系统多脉冲检测接收机的分析，可将其推广到多基地声纳系统，得到检测统计量为：

$$z_k=\sum_{j=1}^{J}\left(a_j\sum_{i=1}^{M}\left|y_{ijk}\right|^2\right) \tag{20}$$

其中，$\left|y_{ijk}\right|^2$ 表示第 k 个距离处第 i 个传输周期第 j 个接收基地的平方律包络，a_j 表示第 j 个接收基地的检测统计量对应的权值，J 为多基地系统中接收基地的总个数。

对于只有噪声的情况，有：

$$E(z_0)=M\sigma_{y0}^2\sum_{j=1}^{J}a_j \tag{21}$$

$$Var[z_0]=M\sigma_{y0}^4\sum_{j=1}^{J}a_j^2 \tag{22}$$

对于信号存在的情况，有：

$$E[z_1]=M\sigma_{y0}^2\sum_{j=1}^{J}\left[a_j\left(1+S_j\right)\right] \tag{23}$$

其中，S_j 表示第 j 个接收基地的检测接收机输入端信噪比。

根据式(18)、(21)、(22)、(23)，可得到多基地声纳系统多脉冲检测的接收机输出端信噪比：

$$SNR(z)=\frac{M^2\sigma_{y0}^4\left[\sum_{j=1}^{J}\left(a_jS_j\right)\right]^2}{M\sigma_{y0}^4\sum_{j=1}^{J}a_j^2}=M\frac{\left[\sum_{j=1}^{J}\left(a_jS_j\right)\right]^2}{\sum_{j=1}^{J}a_j^2} \tag{24}$$

从上式容易得到：

$$SNR(z)\geq M\frac{\left[\sum_{j=1}^{J}\left(a_jS_{\min}\right)\right]^2}{\sum_{j=1}^{J}a_j^2}=MS_{\min}^2\frac{\left(\sum_{j=1}^{J}a_j\right)^2}{\sum_{j=1}^{J}a_j^2} \tag{25}$$

如果 $a_1=a_2=\cdots=a_J$，那么有：

$$SNR(z)\geq MJS_{\min}^2 \tag{26}$$

另外，根据柯西不等式可得：

$$SNR(z)\leq M\frac{\sum_{j=1}^{J}a_j^2\sum_{j=1}^{J}S_j^2}{\sum_{j=1}^{J}a_j^2}=M\sum_{j=1}^{J}S_j^2\leq MJS_{\max}^2 \tag{27}$$

其中，$S_{\min}$、$S_{\max}$ 分别对应检测接收机输入端信噪比最小和最大的接收基地。

4.2.2 简化检测接收机性能分析

假设 $a_1=a_2=\cdots=a_J=1$，那么可得到不同个数接收基地时的多基地声纳系统简化接收机输出端信噪比为：

一个接收基地时：$SNR(z)=MS_1^2$ (28)

两个接收基地时：$SNR(z)=M\frac{\left(S_1+S_2\right)^2}{2}$ (29)

三个接收基地时：$SNR(z)=M\frac{\left(S_1+S_2+S_3\right)^2}{3}$ (30)

$\vdots$

J 个接收基地时：

$$SNR(z)=M\frac{\left(S_1+S_2+\cdots+S_J\right)^2}{J} \tag{31}$$

从上面的公式容易看出，多基地声纳系统的接收基地个数增多后，多基地声纳系统的检测性能不一定会提高。具体来看，对于 S_1 恒定的情况，如果一个接收基地变为了两个接收基地，那么只有当 $S_2\geq 0.414S_1$ 时，多基地声纳系统的检测性能才能提高；如果由两个接收基地变为三个接收基地，那么只有当 $S_3\geq 0.225(S_1+S_2)$ 时，多基地声纳系统检测性能才能提高；依此类推，如果由 $(J-1)$ 个接收基地变为 J 个接收基地，那么只有当 $S_J\geq(S_1+S_2+\cdots+S_{J-1})\cdot\left(\sqrt{J}-\sqrt{J-1}\right)\Big/\sqrt{J-1}$ 时，多基地声纳系统检测性能才能提高；当 J 非常大时，有 $\left(\sqrt{J}-\sqrt{J-1}\right)/\sqrt{J-1}\approx 0$，此时只要增加一个接收基地，多基地声纳系统的检测性能就会提高。

从式(26)可看出，如果每个接收基地的检波器输入端信噪比 S_j 相等，那么每增加一个接收基地，多基地声纳系统的检测性能就必定会提高。但是，这种情况在实际工作中基本不可能遇到。

另外，从式(26)也可看出，可以用多个输入信噪比低的接收基地来构成多基地声纳系统，使它的检测性能与一个输入信噪比高的单基地声纳系统检测性能相当或更好。即通过分置，可降低对多基地声纳系统中各接收基地的输入信噪比要求，这也是多基地声纳系统在实际应用中的一个很大优势。

对于 $a_1=a_2=\cdots=a_J$ 的情况，从式(26)还可知，J 个接收基地构成的多基地声纳系统的检测性能至少比由 J 个输入信噪比最小的接收基地构成的多基地声纳系统的检测性能好。另一方面，从式(27)又可知，J 个接收基地构成的多基地声纳系统的检测性能必定比由 J 个输入信噪比最高的接收基地构成的多基地声纳系统的检测性能差。

实际工作中，由于目标在不断运动，所以通常无法保证单个接收基地接收到的信号信噪比总是非常高，也无法保证所有反射信号均能被每个接收基地接收到。这样，通过布设多个接收基地，有可能使多基地声纳系统的检测性能比单基地声纳系统的检测性能好。

从前面的分析还可知，最好优选输入信噪比最高的几个基地进行信号处理，同时抛弃输入信噪比非常低的基地，而不能错误地认为加入的基地越多，信号检测的效果就会越好。即：当一个基地的检测性能远远优于其它基地时，如果再将其它基地融入到处理系统中，那么系统的检测性能不会得到明显提高，系统的检测性能甚至可能会下降。另一方面，当各个基地的输入信噪比接近时，参与检测的基地个数越多，系统的检测性能越好。

4.2.3 简化检测接收机性能仿真

为了直观地看出这种简化检测接收机的检测性能，可对其进行仿真分析。

假设多基地系统中共有 J 个接收基地，在某距离单元内，每个接收基地接收到的脉冲个数分别为 M_1、M_2、…、M_J，且每个接收基地的检波器输入端信噪比分别为 S_1、S_2、…、S_J。为简化分析，假设 $a_1=a_2=\cdots=a_J=1$，由此得到：

$$SNR(z)=\frac{(M_1S_1+M_2S_2+\cdots+M_JS_J)^2}{M_1+M_2+\cdots+M_J} \tag{32}$$

其仿真结果如图 3 所示。图 3 中共有 5 条曲线，它们的仿真条件如表 1 所列。

根据图 3 的仿真结果可知，曲线 1 和曲线 2 表示当各接收基地的输入信噪比完全一样时，每增加一个接收基地，多基地声纳系统的检测性能就会有一定提高，且当增加的各基地输入信噪比非常高时，多基地声纳系统的检测性能提高得非常快；曲线 3 表示虽然增加的接收基地的输入信噪比在逐渐降低，但多基地声纳系统的总体检测性能仍在缓慢地逐步提高；曲线 4 和 5 表示了一种更随机也更符合实际的情况，说明当各接收基地的输入信噪比和检测脉冲个数不一样时，虽然不能保证每增加一个基地后多基地声纳系统的检测性能就会提高，但是在不断增加基地个数后，多基地声纳系统检测性能的总体变化趋势是逐渐变好的。

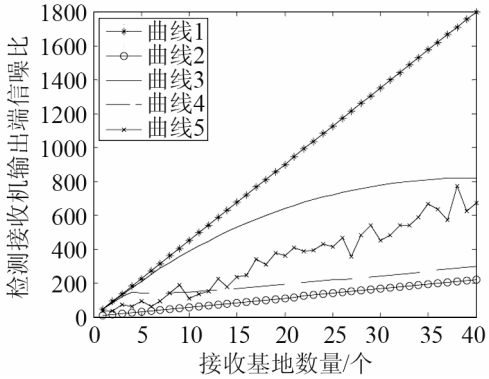

图 3 多基地声纳系统检测性能仿真

Fig.3 The simulation results of the detection performance of the multistatic sonar system

表 1 图 3 中的仿真条件

Table 1 The simulation conditions of Fig.3

	脉冲个数	接收基地的检波器输入端信噪比
曲线 1	$M_1=M_2=\cdots=M_J=M$	$S_1=S_2=\cdots=S_J=S_{\max}$
曲线 2	$M_1=M_2=\cdots=M_J=M$	$S_1=S_2=\cdots=S_J=S_{\min}$
曲线 3	$M_1=M_2=\cdots=M_J=M$	S_1、S_2、…、S_J 依次递减 0.05
曲线 4	$M_1=M_2=\cdots=M_J=M$	S_1、S_2、S_3、S_4 依次递减 0.05；$S_5=S_6=\cdots=S_J=S_{\min}$
曲线 5	M_1、M_2、…、M_J 服从 0 到 M 之间的均匀分布	S_1、S_2、…、S_J 服从 $S_{\max}$ 到 $S_{\min}$ 的均匀分布

另外，从图 3 还可看出，无论多基地声纳系统的接收基地个数如何变化，其检测性能始终无法超越曲线 1 所示的情况，但其检测性能必然优于曲线 2 所示的情况。

5 总 结

通过理论和仿真分析可知，多基地声纳系统检测性能的好坏主要由接收基地的输入端信噪比和某近似平稳的时间段内的接收脉冲个数决定。多基地声纳系统的检测性能不一定优于单基地声纳系统，且三基地不一定优于双基地，四基地也不一定优于三基地……。但是，随着接收基地个数的不断增多，多基地声纳系统检测性能的变化趋势是逐步变好。

实际工作中，由于目标不断运动，无法保证某个接收基地的检波器输入端信噪比始终非常高，也无法保证某个接收基地总能接收到所有的反射信号。在这种情况下，可将单基地声纳系统变为多基地声纳系统。多基地声纳系统能降低对各接收基地的指标要求，且多基地声纳系统的检测性能有可能等于或超过输入信噪比非常高的单基地声纳系统。

参 考 文 献

[1] Lee C C, Chao J J. Optimum local decision space partitioning for

distributed detection[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System, 1989, **25**(4): 536-544.

[2] 吴培荣, 陆佶人, 冷志敏. 基于信号能量累积序列的多传感器水声多目标关联[J]. 声学技术, 2009, **28**(4): 541-544.
WU Peirong, LU Jiren, LENG Zhimin. A correlation approach of multi-sensor underwater acoustic multi-target based on energy trace[J]. Technical Acoustics, 2009, **28**(4): 541-544.

[3] 高宏建, 宋笔锋. 非相关累积情况下的分布式探测系统性能分析方法研究. 西北工业大学学报, 2003, **21**(2): 230-234.
GAO Hongjian, SONG Bifeng. The performance of distributed detection fystems under non-coherent integration[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2003, **21**(2): 230-234.

[4] 王晓锋, 朱荣新, 周杰. 多基地雷达检测性能研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2002, **3**(2): 42-46.
WANG Xiaofeng, ZHU Rongxin, Zhou Jie. Study of the multi-static radar detection performance[J]. Journal of Air Force Engineering University (Natural Science Edition), 2002, **3**(2): 42-46.

[5] CAI Wenyu, LIU Jingbiao, ZHANG Meiyan. Decision fusion mechanism of oceanic sensor networks based on fading acoustic communication channel[C]. ICICIC'08, 18-20 June 2008: 588-692.

[6] Jill K. Nelson, Errol G. Rowe, Clifford Carter. Detection capabilities of randomly-deployed underwater sensors[C]. ICASSP, 31 March 2008: 1493-1496.

[7] Nadjib Aitsaadi, Nadjib Achir, Khaled Boussetta, et al. Differentiated underwater sensor network deployment[C]. OCEANS 2007, 18-21 June 2007: 1-6.

[8] Elisa Shahbazian, Michael J. Deweert, Galina Rogova. Findings of the NATO workshop on data fusion technologies for harbour protection. harbour protection through data fusion technologies[Z]. NATO Science for Peace and Security Series: Environmental Security, 2009, 337-351.

[9] Anshu Saksena, Lotfi Benmohamed, Jeffrey Dunne, et al. Improving system-wide detection performance for sonar buoy networks using in-network fusion[C]. MILCOM 2007 IEEE, 29-31 Oct. 2007: 1-7.

[10] Steven M. Kay. 统计信号处理基础——估计与检测理论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003, 457-859.
Steven M. Kay. Fundamentals of statistical signal processing--Volume I: estimation theory, Volume II: Detection Theory[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003, 457-859.

[11] W. S. 伯迪克. 水声系统分析[M]. 海洋出版社, 1992, 248-250.
Burdic W. S. Underwater Acoustic System Analysis[M]. Oceanpress, 1992, 248-250.

• 简 讯 •

中国科学院声学研究所东海研究站向大威教授举行学术报告会

2010 年 10 月 11 日，作为东海站成立五十周年系列学术活动之一，向大威教授向东海站广大职工、研究生做了题为“组合导航和组合定位”的学术报告，胡长青站长主持了报告会。

向大威教授是我国著名的水声学专家、国家有突出贡献专家，全国和上海市劳动模范。曾任全国人大代表、上海市人大代表和上海市声学学会理事长等职。主要从事水声工程、信号与信息处理研究，在自干扰式通讯方面有创新，在频域自适应预估和自适应声干扰抵消研究方面达到国际先进水平。向大威教授主持、负责的重大科研项目中有 20 余项获国家、省部级奖。著有《水声信号被动检测与参数估计理论》(合著)，发表论文 40 余篇。

作为水下导航必备设备的多普勒计程仪能获得船只对海底或水层的速度，依靠此水声导航系统，并辅以惯导系统，船只就能在茫茫大海中自主地航行。向大威教授对国内自主研制的多普勒计程仪作了详细介绍，同时也介绍了国外 A. Sperry Marine 公司、B.ITT 公司、C. Teledyne 公司、D. LinkQuest 公司等生产的多普勒计程仪产品以及 A. Lockheed Martin 公司、B. IXSEA 公司、C. Kearfott 公司水声导航技术的未来发展方向，介绍了由超短基线定位与卫星定位构成的组合定位系统、由组合定位与组合导航构成的组合式导航系统，有望成为我国水下导航新的发展方向。

会后，向大威教授与参加报告会的职工和研究生就相关问题展开了热烈的讨论。

《声学技术》编辑部