

国 际 电 信 联 盟

# ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.628-5 建议书  
(03/2012)

## 搜寻和救援雷达转发器 的技术特性

M 系列  
移动、无线电测定、业余  
和相关卫星业务

150  
1869-2015



国际电信联盟

## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R 系列建议书

（也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>）

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	<b>移动、无线电定位、业余和相关卫星业务</b>
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

**说明：** 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R M.628-5 建议书<sup>1</sup>

## 搜寻和救援雷达转发器的技术特性

(1986-1990-1992-1994-2006-2012年)

## 范围

本建议书涉及搜寻和救援雷达转发器（SART）的技术特性。SART用于海上遇险船只或救生艇中的定位。

海上船只或救生艇可以使用一个SART说明其已遇险。在9 200-9 500MHz频段工作的雷达能够探测到SART。

国际电联无线电通信全会，

## 考虑到

- a) 需要对在海洋中遇险的船只和它的救生艇进行定位；
- b) 可通过全球海上遇险安全系统部分满足上述需要；
- c) 如携带雷达转发器则可改善对海上遇险船只和它的救生艇的定位；
- d) 如果雷达转发器符合国际认可的技术和操作特性，则定位系统将更加有效；
- e) 国际海事组织（IMO）已经采用了在搜寻和救援工作中使用的救生艇雷达转发器性能标准的建议书，

## 认识到

《国际海上生命安全公约》（SOLAS）要求携带一个或多个在9 200-9 500MHz频段运行的雷达转发器，

## 建议

- 1 工作在9 200-9 500 MHz频段的搜寻和救援雷达转发器（SART）的技术特性应符合附件1；
- 2 对于具有附件1所列技术特性的SART，应结合附件2给出的理论方法使用其测量技术特性，对符合IMO最新相关决议规定的雷达可探测到的最大范围进行评估；
- 3 注1和注2应被视为是本建议书的一部分。

注1 – 救生艇及其乘客造成发出的SART信号的传播损耗在附件3中说明。

注2 – SART圆极化的技术特性在附件4中说明。

---

<sup>1</sup> 要求无线电通信局主任提请国际海事组织（IMO）、国际民用航空组织（ICAO）、国际电工技术委员会（IEC）和国际灯塔管理当局协会（IALA）注意本建议书。

## 附件 1

在9 200-9 500 MHz频段工作的搜索和救援  
雷达转发器的技术特性

- 1 频率：9 200-9 500 MHz。
- 2 极化：水平或圆。
- 3 扫描速度：标称值，每200 MHz 5  $\mu$ s。
- 4 响应信号应该包括12次扫描。
- 5 扫描波形：锯齿波，前扫时间：7.5  $\mu$ s  $\pm$  1  $\mu$ s，  
回扫时间：0.4  $\mu$ s  $\pm$  0.1  $\mu$ s。  
响应应从回扫开始。
- 6 脉冲发射：正常，100  $\mu$ s。
- 7 e.i.r.p.：不小于400 mW（等效于+26 dBm）。
- 8 接收机有效灵敏度：优于-50 dBm（等效于0.1 mW/m<sup>2</sup>）（见注1）。
- 9 工作持续时间：在96 h的备用状态后，当用1 kHz的脉冲重复频率被连续询问时，转发器发射8 h。
- 10 温度范围：环境：-20°C到+55，  
储存：-30°C到+65°C。
- 11 激发后的恢复时间：10  $\mu$ s或更小。
- 12 天线的有效高度： $\geq$ 1 m（见注2）。
- 13 在雷达信号接收和开始发射之间的延迟：0.5  $\mu$ s或更小。
- 14 天线垂直波束宽度：相对于雷达转发器的水平面，至少 $\pm$  12.5°。
- 15 天线方位波束宽度：全方位在2 dB内。

注1 – 接收机有效灵敏度包括天线增益。

- 为询问 $>$  400 ns的（中等的和长的）雷达脉冲提供优于-50 dBm的接收机有效灵敏度。
- 为询问 $\leq$  100 ns的（短的）雷达脉冲提供优于-37 dBm的接收机有效灵敏度。
- 当接收机在任何 $>$  20 m的距离受到符合IMO第MSC.192（79）号决议的船载雷达发射产生的辐射场（28 dB（W/m<sup>2</sup>）干扰时，接收机应具有修正的能力。

注2 – 这一天线有效高度可用于1974年SOLAS公约的1988修正案的III/6.2.2和IV/7.1.3规则要求的设备。

## 附件 2

当采用符合IMO第MSC.192 (79)号决议规则的雷达时,可以使用图1估算给出或测量出e.i.r.p.和有效接收机灵敏度的SART的最大探测范围。

雷达的基本参数是:

- 发射机功率25 kW,
- 天线增益30 dBi,
- 天线高度15 m,
- 接收机灵敏度-94 dBm。

据图1所示,在完全平静无浪的海(浪高0.3 m)上,高度为0.5 m、1 m和1.5 m的SART的传播曲线。对于波涛汹涌的大海,根据大气折射,反射系数被降低并且传播曲线移回到自由空间线。对于1 m高的SART,其最大探测范围至少为5 NM。

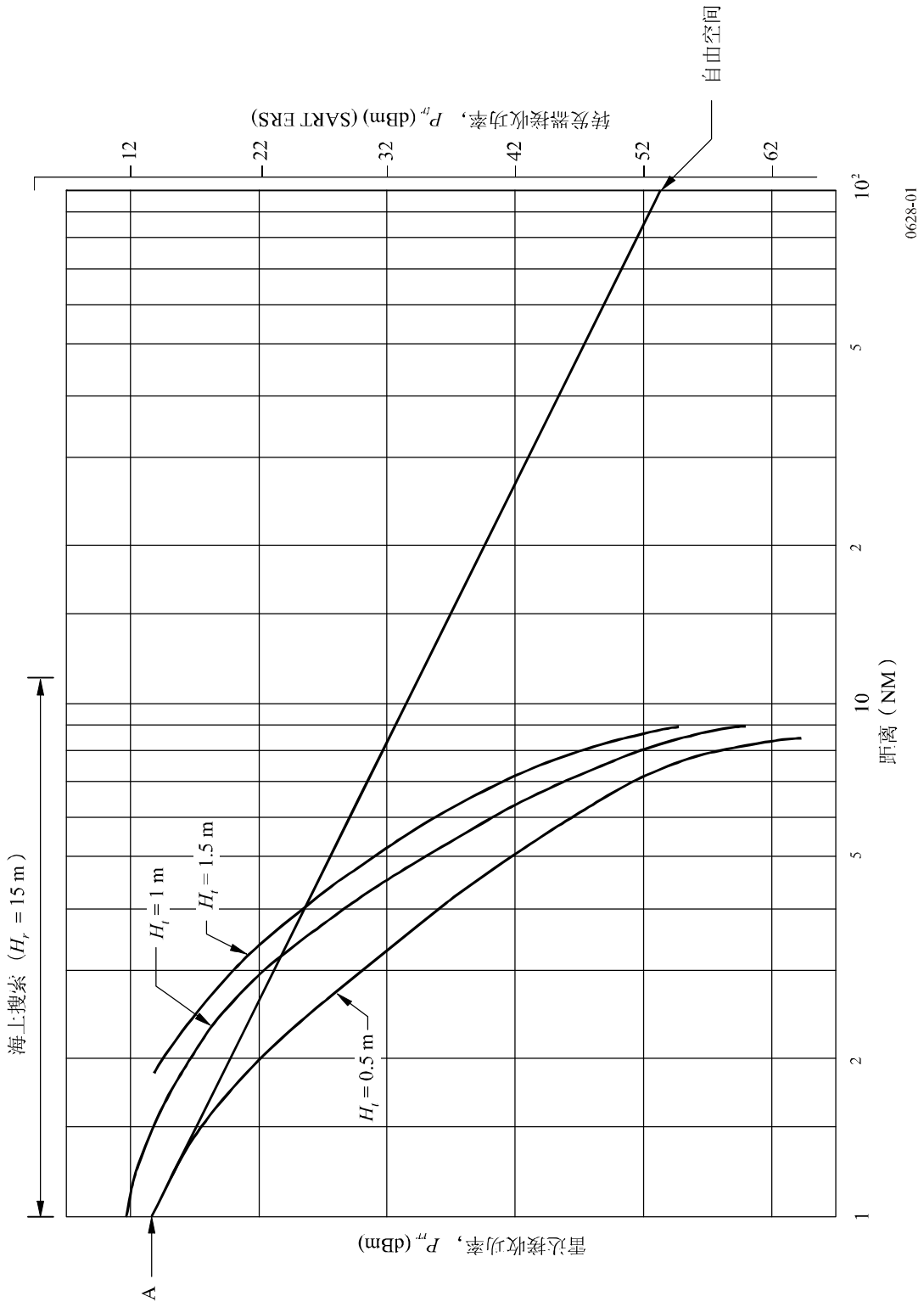
以下是使用图1的方法:

- 使用公式计算在1 NM范围内雷达接收的功率( $P_r$ ):  
$$P_r = \text{SART e.i.r.p.} \times \text{雷达天线增益} \times (\lambda/4\pi R)^2$$
它是 $P_r(\text{dBm}) = \text{SART e.i.r.p.}(\text{dBm}) - 87 \text{ dB}$ ;
- 在雷达接收功率刻度尺上把计算的 $P_r$ 与A点比较,并且完成刻度尺调整(每刻度10 dB);
- 在转发器接收功率刻度尺上调出SART的有效接收灵敏度(ERS),用合适的传播曲线在这个电平下读截取的值,以获得雷达对SART的最大探测范围;
- 在雷达接收功率刻度尺上调出-94 dBm电平,用合适的传播曲线在这个电平下读截取的值,以获得SART对雷达的最大探测范围。

如此获得两个最大探测范围中较小的一个是估算的SART的最大探测范围要求,根据IMO第A.802 (19)号决议规则的要求,它至少应是5 NM。



图1  
测量SART最大的探测范围的传播曲线



## 附件 3

### 天线高度和救生艇及其乘客妨碍信号通道中 对SART的探测范围的影响

#### 1 引言

本附件讨论了SART天线在海平面以上的高度由救生艇上物资和乘客造成的衰减对SART信号传播路径的影响。

#### 2 SART天线高度对探测范围的影响

本建议书要求安装的SART天线的高度最少距海面不得少于1 m，以获得IMO第A.802（19）号决议要求的5海里的探测范围。实际测试已证实此项性能。对不同厂商制造的6个SART的抽样测试（天线高度为1 m）表明，探测范围在8.2 NM和9.2 NM之间。

**2.1** 测试也表明SART天线高度至少保持在1 m的重要性。以下是用救生艇上的SART获得的结果：

- SART平放在甲板上：                    范围是1.8 NM
- SART垂直安置在甲板上：              范围是2.5 NM
- SART在水中漂浮：                      范围是2.0 NM

#### 3 救生艇对SART信号的影响

用安装在救生艇上天线高度为1 m的SART做测试，以确定救生艇本身及其乘客是否可能造成妨碍。

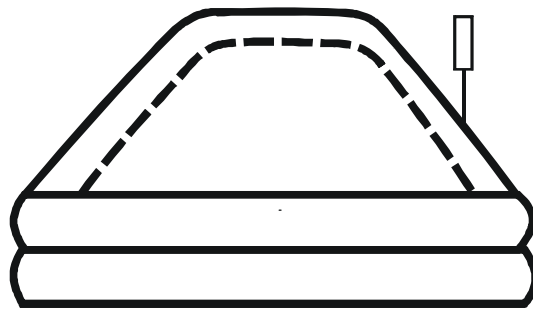
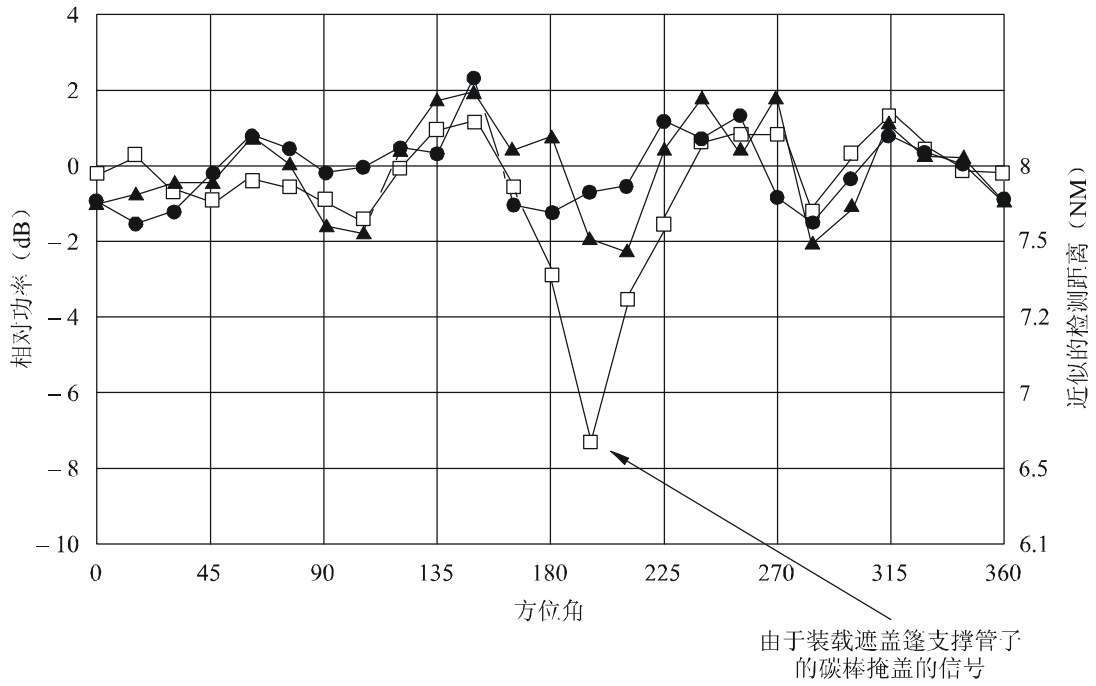
**3.1** 测试以两个不同的8人SOLAS救生筏模型进行，图2-4给出了这些测试的结果。在每种情况中，SART被安置在开阔场地的转盘中心，并且用脉冲雷达信号触发。把情形分为有救生筏和“生还者”和没有救生筏和“生还者”两种情况进行测量，SART始终放置在转盘的中心。

**3.2** 图2表明从SART获得的结果，SART安装在适于安装救生筏天线的可伸缩杆上。在这种情况下，SART天线与遮盖篷支撑管一样高。救生筏中的一只对SART信号几乎没有影响，而另一只（有支撑管材料的遮盖篷的救生筏）产生了大约30°角的信号下降。

**3.3** 图3表明采用同样的救生筏获得的结果，但是SART悬挂在救生筏遮盖篷里面的支撑管上。当信号只是通过垂直部分时，记录了由于碳填充管子而产生的信号较小的损耗。然而，也记录了由于在救生筏遮盖篷的外面存在回射带产生的信号下降。在一条救生筏上，由于在救生筏遮盖篷上为了点亮救生筏上的定位电灯而安装的锂电池包的靠近，在一个非常小的角上，存在信号的严重减小。

**3.4** 图4表明由生还者以一臂之远手持SART产生的模糊效果。然而在这种情况下SART的高度只有0.5 m。

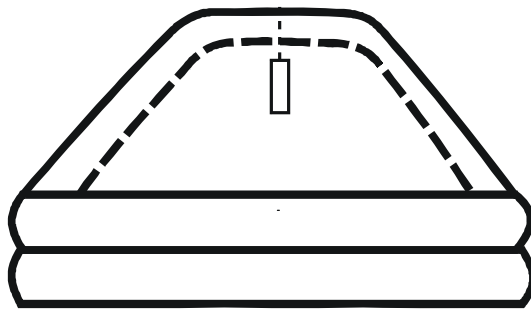
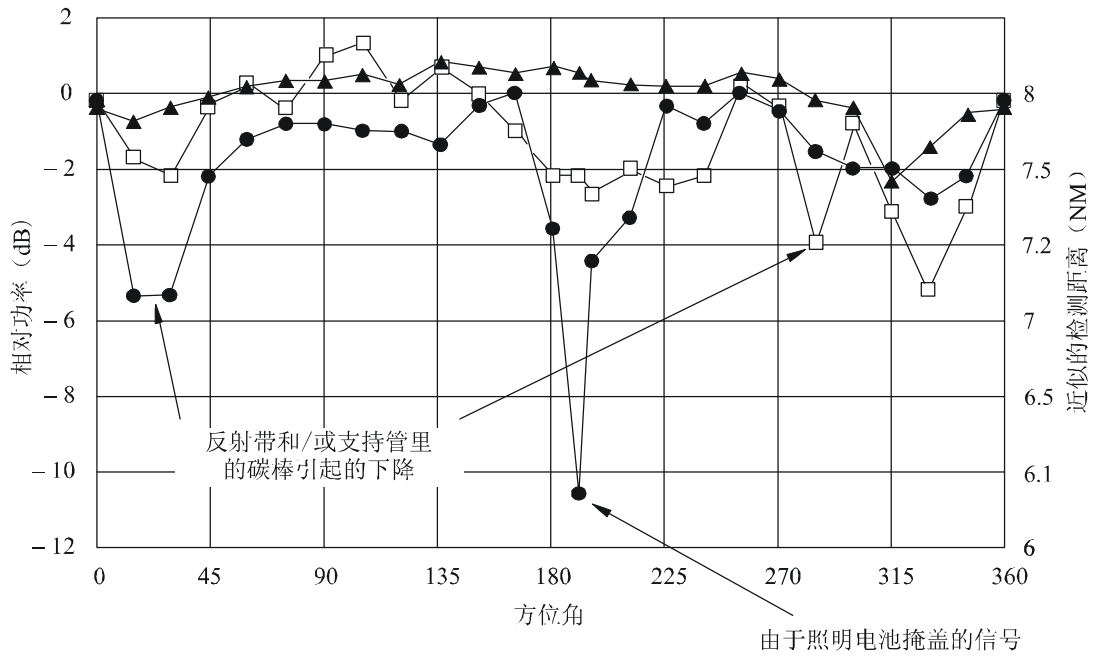
图2  
SART安装在杆上



- ▲— 只有SART
- 安装在筏1上
- 安装在筏2上

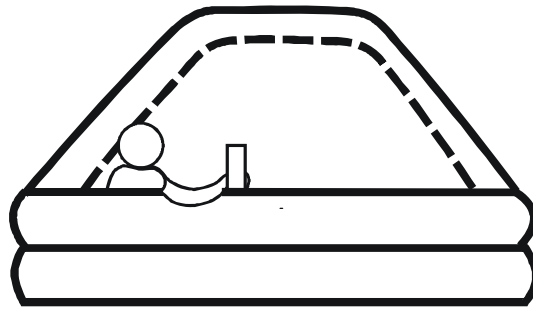
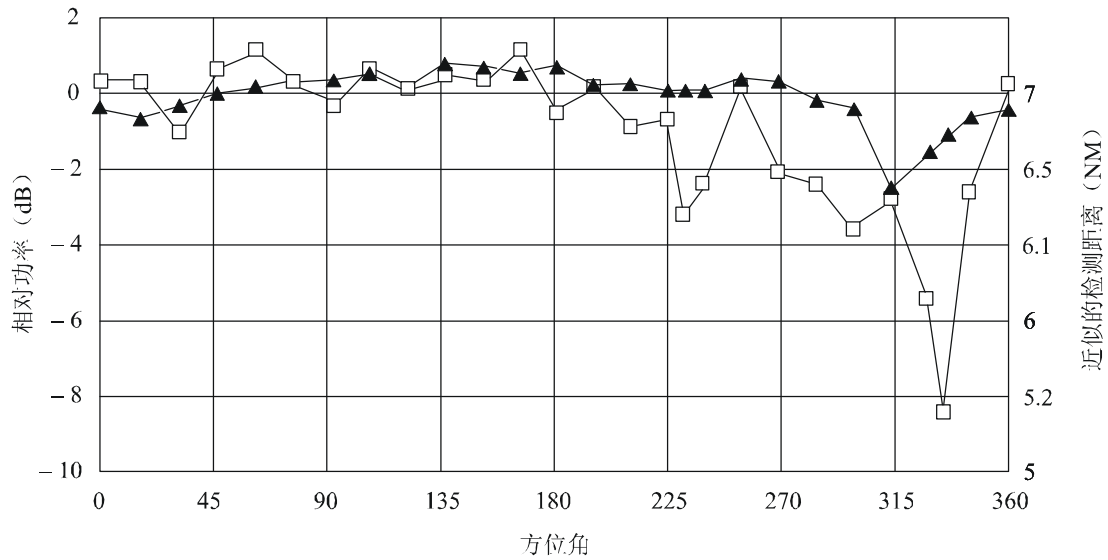


图3  
在筏内吊挂SART



- ▲— 只有SART
- 安装在筏1上
- 安装在筏2上

图4  
手持SART



—▲— 只有SART  
—□— 在筏1中手持

0628-04

**3.5** 每张图均给出了大约的探测范围。这是假设1 m高度的SART探测范围为8 NM和0.5 m高度的SART探测范围为7 NM时，得出的理论值。

**3.6** 从图可以看出，安装在杆上的SART可获得最好的性能，救生筏造成的探测范围缩减一般不超过0.5 NM。在所有的情况中，在1.5-2.0 NM的窄扇区上性能下降，但是根据救生筏在海上移动的实际情况，这不是严重的工作问题。图4中表示的下降是由人引起的，实际上当人坐在救生筏中高度低于1 m时，由人引起的降低是不重要的。

**3.7** 用与在测试场地一样干燥的救生筏获得了以上的结果。许多不同厂家的救生筏使用遮盖篷和空气管篷衣，表1给出了它们的传播损耗。最后列入的两个给出了当材料被海水喷射时的损耗。可以看出在最坏的情况中，湿材料的附加损耗是3.35 dB，它等效于把探测范围进一步缩小大约0.5 NM。

表 1

通过救生筏遮盖篷的传输损耗（测试结果）

测试	取样	厚度 (mm)	重量 (kg/m <sup>2</sup> )	通过倾斜遮盖篷的传输损耗 (dB)			
				倾斜			
				$\theta = 0^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 60^\circ$
1	A公司的遮盖篷衣	0.18	0.22	0	-0.1	-0.2	0
2	A公司的空气管篷衣	0.53	0.7	-0.05	-0.05	-0.3	-0.2
3	B公司的遮盖篷衣	0.25	0.27	0	-0.1	-0.15	-0.05
4	B公司的空气管篷衣	0.57	0.67	0	-0.4	-0.4	-0.45
5	C公司的遮盖篷衣	0.26	0.3	-0.2	-0.5	-0.3	-0.4
6	C公司的空气管篷衣	0.54	0.67	-0.6	-1.4	-1.9	-2.4
7	把“1”喷盐水 (4.8% NaCl)	-	-	-0.35	-0.55	-0.95	-1.1
8	把“3”喷盐水 (4.8% NaCl)	-	-	-1.3	-1.9	-2.6	-3.4

测量频率：9.4 GHz

取样面积：600 × 800 mm

## 4 结论

测试表明安装适当的SART会达到IMO要求的探测范围，甚至允许救生筏的篷盖影响。在完成安装中，没有必要安装高于海平面1 m以上的SART，特别是超出的高度容易给生还者造成安装困难，但是为得到更大的覆盖范围，进一步改进天线安装可能是可行的。

**4.1** 测试没有考虑雷达反射体的SART性能影响，但是可预期这些会严重地降低SART响应。劝告生还者不要在同一救生筏上安设一个SART和一个雷达反射体，因为雷达反射体会使SART模糊不清。

## 附件 4

## 圆极化SART的性能

## 前言

水平极化曾被用作SART的极化方法。日本最近所做的研究表明，圆极化也适用于SART。为进行测试，专门定制了一个带有螺旋天线并使用圆极化的SART，然后用其进行了水箱实验和海上测试。测试结果证明了SART使用圆极化的优越性，并得出圆极化可以缩减SART的尺寸的结论。

## 1 水箱试验中SART的信号特性

日本的一家科研实验室在人造波动水箱中测量SART信号接收功率并观察了雷达脉冲位置指示器（PPI）上的信号可见度。实验结果表明：对于SART来说，圆极化优于水平极化。

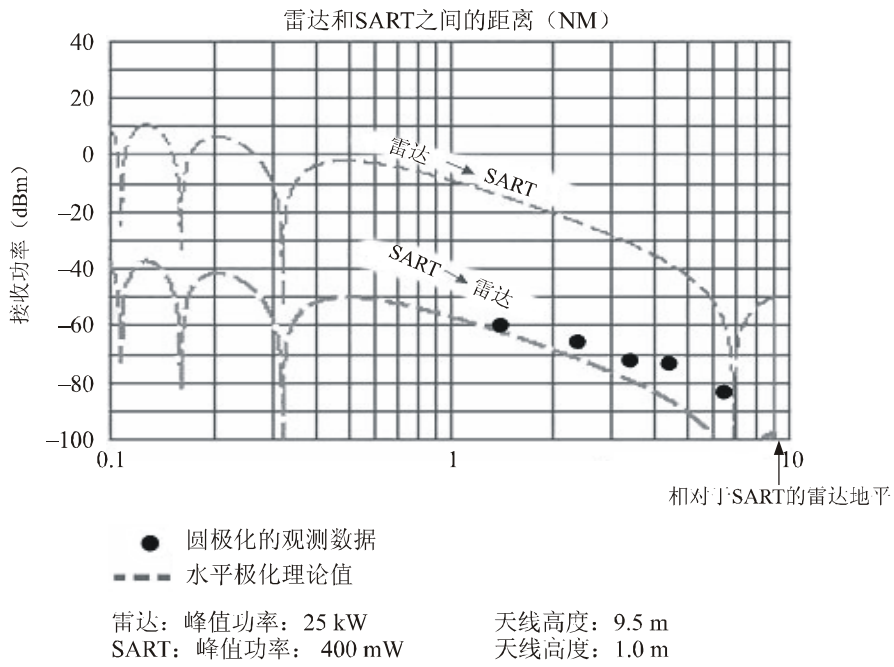
## 2 海上测试的SART信号特性

该实验于2000年进行，日本海事主管部门派出驻相模湾的船只和飞行器予以配合。实验内容是观察船载和机载雷达的SART信号可见度。同时，SART信号的接收功率由一个陆基雷达测量。试验得出以下结果：

- a) 对于机载雷达，圆极化SART信号的最大可见距离为37 NM，而水平极化则是30 NM。这一点证实了圆极化的优越性。
- b) 对于船用雷达，圆极化SART信号的最大可见距离为14 NM，而水平极化则是11.5 NM。这些结果证实了圆极化的优越性。
- c) 对于陆基船用雷达，得出如图5所示的结果。由小型护卫舰将圆极化SART运载到海上。雷达和SART之间的距离发生了改变。SART的接收功率由陆基船用雷达测量。图5中的黑点显示的是实际测得的圆极化SART信号，而虚线表示水平极化SART信号的理论值。测得的数据总是位于“SART到雷达”的理论值曲线上方。雷达PPI上的圆极化SART信号较之水平极化信号更强且更清晰。这些结果证实了圆极化的优越性。原因如下：由于电气场不断旋转，圆极化被分解成水平极化部分和垂直极化部分。对于这两个组成部分，海平面反射特性各不相同。因此直达波和海平面反射波形成干扰时的接收强度曲线随距离变化而变化。这一现象导致圆极化SART的可测距离比水平极化SART高出30%以上。

图 5

圆极化SART信号观测数据和水平极化理论值



由于水平极化SART的观测数据和理论值十分对应，因此在本图中省略该数据。

0628-05

此后日本的一家科研实验室于2004年使用船用雷达在恶劣天气条件下测量了SART信号的接收功率。结果证实了一个圆极化的SART较之水平极化毫不逊色。