

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**  
国际电联无线电通信部门

**ITU-R M.1478-2 建议书**  
(01/2012)

**406-406.1 MHz频带内对  
Cospas-Sarsat搜救仪器  
的保护指南**

**M 系列**  
**移动、无线电定位、业余  
和相关卫星业务**

## 前言

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

## 知识产权政策 (IPR)

ITU-R的知识产权政策在ITU-R第1号决议附件1引用的“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策”中做了说明。专利持有者提交专利和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，该网址也提供了“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策实施指南”以及ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R 建议书系列

(可同时在以下网址获得：<http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传输
<b>BR</b>	用于制作、存档和播放的记录；用于电视的胶片
<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、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务</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>	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
<b>SM</b>	频谱管理
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和标准频率发射
<b>V</b>	词汇和相关课题

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版物  
2012年，日内瓦

© 国际电联 2012

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

## ITU-R M.1478-2 建议书

**406-406.1 MHz频带内对Cospas-Sarsat  
搜救仪器的保护指南**

(2000-2004-2011)

**范围**

本建议书为设置在地球静止、中地球和低地球轨道 (LEO) 卫星上的Cospas-Sarsat 搜救仪器, 以及从无线电紧急定位信标(EPIRB)和其他工作在406-406.1 MHz频带的遇险信标收到的信号提供保护指南。

国际电联无线电通信大会,

考虑到

- a) 406-406.1 MHz频带唯一分配给基于全球卫星的Cospas-Sarsat 搜救系统运行;
- b) 附件1所提供的分析涉及Sarsat搜救仪器(SARP)为防止宽带带外发射和由Sarsat接收到的与MSS传输相关的多普勒漂移上限所要求的最大允许频谱功率通量密度(spfd);
- c) 附件2所提供的分析涉及Sarsat SARP为防止窄带杂散发射所要求的最大允许功率通量密度(pfd);
- d) 附件3提供了为Sarsat SARP仪器(星上卫星设备)在406-406.1 MHz频带所采用的保护要求的指南;
- e) 附件4为分配在406-406.1 MHz频带的系统(C-S 系统)提供了防止来自406 MHz 以下非GSO MSS下行链路的发射的指南;
- f) 附件5、6和7分别提供关于保护在406-406.1 MHz 频带的Sarsat LEO 卫星, 地球静止轨道业务和环境卫星 (GOES) 和第二代气象卫星 (MSG) 卫星上的搜救转发器 (SARR) 的指南;
- g) 附件8和9分别提供关于保护在406-406.1 MHz 频带的地球静止卫星 (Electro) 和航海卫星 (GLONASS)上的搜救转发器 (SARR) 的指南,

建议

- 1 确定采用相邻频带的系统对Sarsat SARP 仪器产生影响的分析是基于 $-198.6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Sarsat 天线的最大可接受spfd;
- 2 确定来自窄带杂散发射(例如谐波发射、寄生发射、互调产物和频率变化产物)对Sarsat SARP仪器产生影响的分析是基于在Sarsat天线以19 Hz分辨率带宽的 $-166.2 \text{ dB(W/m}^2)$ 的最大 pfd;
- 3 确定采用相邻频带的系统对Cospas SARP 仪器产生影响的分析是基于 $-198.6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Cospas天线的最大可接受spfd;

- 4 确定来自窄带杂散发射(例如谐波发射、寄生发射、互调产物和频率变化产物)对 Cospas SARP 仪器产生影响的分析是基于在 Cospas 天线以 40 Hz 分辨率带宽的  $-170.6$  dB(W/m<sup>2</sup>) 的最大 pfd;
- 5 确定采用 405-406 MHz 频带计划中的 MSS 系统对 Cospas-Sarsat 非 GSO 仪器产生影响的分析应采用 20 kHz 上限多普勒漂移;
- 6 确定利用相邻频带的系统对 Sarsat LEO 转发器产生影响的分析是基于  $-181.3$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 Sarsat 天线的最大可接受 spfd;
- 7 确定利用相邻频带的系统对 GOES GEO 转发器产生影响的分析是基于  $-201.1$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 Sarsat 天线的最大可接受 spfd;
- 8 确定利用相邻频带的系统对 MSG GEO 转发器产生影响的分析是基于  $-206.4$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 Sarsat 天线的最大可接受 spfd;
- 9 确定利用相邻频带的系统对 Electro GEO 转发器产生影响的分析是基于  $-198.7$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 Cospas 天线的最大可接受 spfd;
- 10 确定利用相邻频带的系统对 GLONASS MEO 转发器产生影响的分析是基于  $-205.2$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 Cospas 天线的最大可接受 spfd。

## 附件 1

### 406-406.1 MHz 频带内 Cospas-Sarsat 防止带外宽带发射的保护指南

#### 1 引言

本附件提供了 C-S 系统相关的其他信息和涉及它的防止来自带外的宽带发射的保护要求。

#### 2 背景

其他 ITU 文本提供有关下列几项的基本信息:

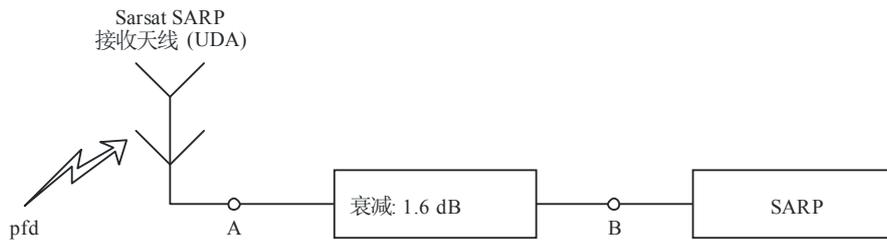
- 若干非 GSO MSS 网络的参数;
- 干扰的 pfd 门限电平;
- 采用频谱成型或滤波技术的搜救(SAR)保护。

### 3 干扰的spfd门限电平

对Sarsat SARP的宽带噪声的增加将会提高对系统比特差错率(BER)的影响, 由此对其性能产生不利的影响。在ITU-R研究中已确定对Sarsat SARP的最大可接受上行链路BER不得超过 $5 \times 10^{-5}$ 。以该要求为基础; 本附件分析确定了Sarsat SARP上行链路信道中对应宽带噪声的最大可接受pfd。本次未对同样对SARP的性能产生不利影响的窄带发射(例如谱线)的影响做分析, 也未涉及对所有C-S仪器(例如Sarsat搜救转发器、Cospas SARP)的保护要求。

图1表示NOAA卫星(以及未来的METOP 卫星)的星上主要硬件部分的组成。

图 1  
星上硬件设备



M.1478-01

UDA天线增益图的技术要求是根据表 1 中的天底角表示的:

表 1

SARP 接收天线(UDA)增益图

卫星天底角	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
RHCP增益	3.85	3.54	2.62	1.24	-0.17	-1.33	-2.24	-3.08	-3.80	-3.96
LHCP增益	-5.69	-6.23	-7.52	-9.39	-11.39	-13.12	-14.52	-15.77	-17.17	-18.00
轴比	6.02	5.85	5.59	5.26	4.90	4.57	4.31	4.11	3.78	3.49

表1规定的数用于SARP, 及可能用于NOAA和METOP卫星在406 MHz的Sarsat接收天线图。

Sarsat的典型值为: 噪声系数=2.5 dB(C-S SARP 输入参数)、标称背景噪声温度=1 000 K(C-S 输入参数)、天线和SARP接收机之间的衰减=1.6 dB。由此, SARP接收机输入口(图1中的B点)的系统噪声温度等于1 010 K, 且这样则噪声谱密度 $N_0 = -198.6$  dB(W/Hz)。

最坏情况的技术要求表明SARP设计成接收机的输入口接收信号 $C = -161$  dBW(接收信号的最低电平)仍能正确操作, 如果我们计入信标波形和各种损耗接收机仍提供SARP比特检测器的有效  $E_b/N_0 = 9.1$  dB。这样, 相应的BER等于 $2.6 \times 10^{-5}$ 。

由此，为了达到 $5 \times 10^{-5}$ 的BER(大约是上面BER的两倍)，最大可接受恶化为0.3 dB。在 $E_b/N_0=8.8$  dB时，BER等于 $4.8 \times 10^{-5}$ 。

下文中，计算了相应于0.3 dB恶化的附加噪声的 $C/N_0$ 。

令 $I_0$ 表示来自非GSO MSS干扰的附加噪声功率密度。

原始噪声 $N_0$ 成为 $N_0 + I_0$ 。

信噪比 $C/N_0$ 成为 $C/(N_0 + I_0)$ 。

恶化为0.3 dB= $10 \log((C/N_0)/(C/(N_0+I_0)))$ 时，比SARP接收机输入口的系统噪声温度增高7%对应70.8 K温度，因此 $I_0/N_0=-11.5$  dB 而 $I_0=-210.1$  dB(W/Hz)。

这样最大可接受的噪声密度电平为 $I_0=-210.1$  dB(W/Hz)(对图1中的B点计算)。

正如图1所示；噪声密度 $I_0$ 计入了衰减和天线增益。如所要求的是spfd，需要将该值转换成单位为dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。具有增益为 $G$ 的天线等效表面积 $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ 。因此，考虑最高卫星天底角，相应的spfd等于 $-210 + 1.6(\text{损耗}) - 10 \log_{10} S = -198.6$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。

为保护Sarsat SARP仪器，406-406.1 MHz 频带中宽带噪声干扰的最大电平应不超过 $-198.6$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。

#### 4 多普勒漂移上限

任何建议的保护带宽还应考虑多普勒漂移。多普勒漂移的最大值必须仔细地研究。当Sarsat和非GSO MSS卫星位于相同轨道而反向运行时发生最坏情况。这种情况，运用下述分析。

非GSO MSS信号来自A点。Sarsat卫星以B点代表。Sarsat卫星以速度 $V_B$ 移动。如果非GSO MSS卫星不移动，B点的接收频率最坏情况为 $F_B = F_A (1 + \frac{V_B}{c})$ 。换言之，如果Sarsat卫星不移动，而非GSO MSS卫星移动，则B点的接收频率与前面的相同。如果卫星高度等于850 km，其速度则为7 426 km/s。

当两颗卫星以相反方向移动时，多普勒漂移上限等于：

$$2F_A (V_B/c) = 20 \text{ kHz}$$

这是最坏情况的情形，不必用于所有建议的MSS系统。

#### 5 结论和建议

根据上述计算，关于来自相邻频带发射对Sarsat SARP的影响的结论和建议书是：

- 为保护Sarsat SARP仪器，在406-406.1 MHz频带中宽带噪声干扰的最大电平应不得超过 $-198.6$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))；
- 多普勒漂移上限为20 kHz；

- 建议为指导确定来自405-406 MHz频带、采用 $-198.6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的spfd的MSS对C-S的影响应做进一步的分析，进一步关注适当的多普勒漂移和与整个MSS星座相关的最坏情况的情形。

## 附件 2

### 406-406.1 MHz频带中 C-S 系统 防止窄带发射的保护标准

#### 1 引言

本附件提供了与C-S系统相关的信息和防止来自窄带杂散发射的保护要求。

#### 2 背景

附件1包含的对406-406.1 MHz频带中Sarsat SARP的保护标准作为分析来自带外发射干扰的基础。本附件为Sarsat SARP仪器提供涉及来自窄带杂散发射(谐波发射、寄生发射、互调产物和频率变化产物)干扰的保护要求。

本附件采用的技术是从ITU-R SM.328号建议书 — 发射频谱和带宽以及ITU-R SM.329号建议书 — 杂散有害发射中引入的。

本附件所关注的保护标准仅针对Sarsat SARP仪器，不必作为所有Cospas-Sarsat仪器的保护指南。

#### 3 针对窄带杂散发射的保护要求

图1表示Sarsat SARP主要硬件部分的组成。

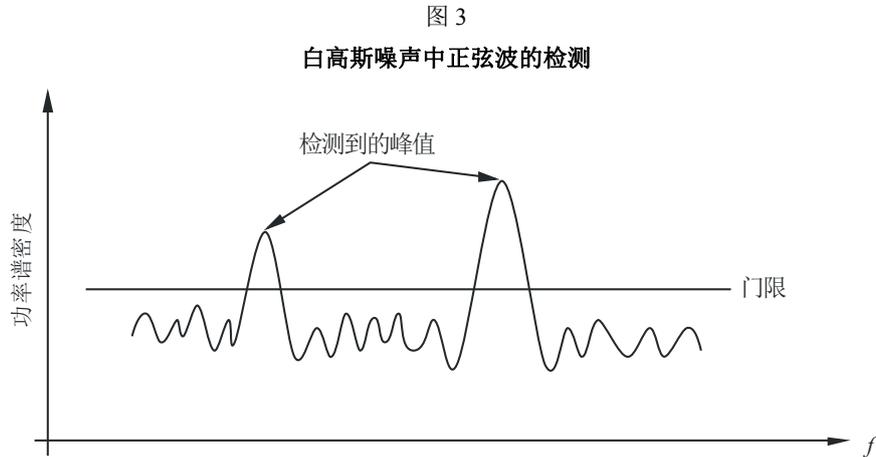
为了更好地理解本技术要求的理论基础；有必要简要回顾SARP仪器的功用。

采用未调制载波160 ms的Sarsat遇险信标发射使锁相环在载波上更易锁定。图2示出C-S的消息格式。

图2  
C-S的消息格式

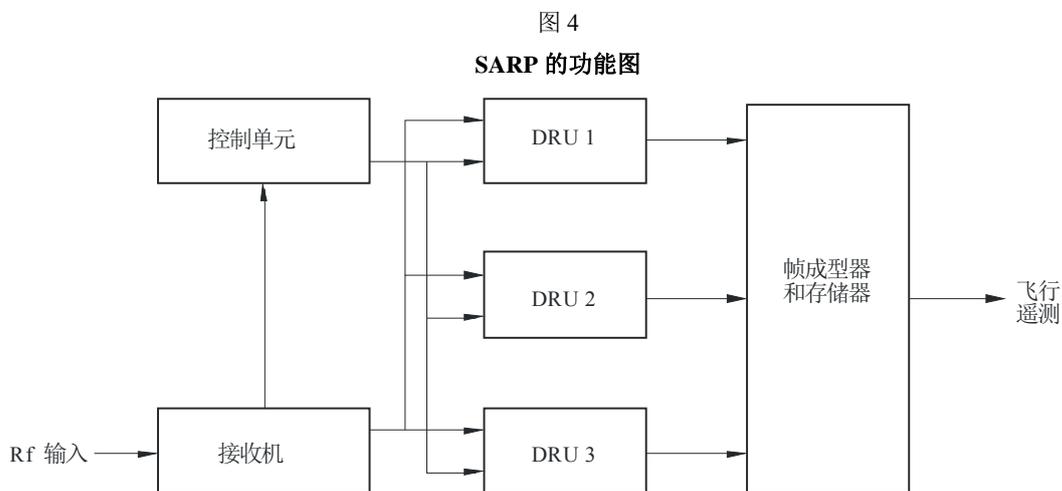


SARP仪器中的频谱分析仪连续监测整个覆盖带宽以搜寻遇险信标发射的纯载波部分。一旦频谱分析仪检测到这样一条谱线时，它将这条谱线作为C-S消息的开始。这一理论基于在白噪声、附加噪声和高斯噪声环境对纯载波波形(正弦波)的检测。接收信号(纯载波 + 噪声)的功率谱密度采用快速傅立叶变换技术计算且系统门限以上的各信号按照遇险信标来处理(见图3)。



M.1478-03

门限电平以上的信号分配至一个星上数据恢复单元(DRU)做进一步处理之用，且通过飞行遥测信道发送给地球(见图 4)。



M.1478-04

为了在低功率遇险信标时也满足SAR性能要求，已将Sarsat SARP 仪器设计成可检测和极弱信号。它的性能是当任何信号 $C_{min}$ ，只要超过本机噪声密度电平21 dB(Hz)( $C_{min}/N_0 > 21$  dB(Hz))就会指配 DRU用于附加的处理。因此，遇到这一判据的窄带干扰信号会指配给它DRU。导致的结果就是SARP的性能，在容量方面(例如可同时处理事故消息的数量)会严重下降。

Sarsat的典型值为: 噪声系数= 2.5 dB(C-S SARP典型值)、标称背景噪声温度 = 1 000 K(C-S 输入参数)、天线和SARP接收机之间的衰减 = 1.6 dB。由此, SARP接收机输入口(图1中的B点)的系统噪声温度等于1 010 K 且这样则噪声谱密度 $N_0 = -198.6$  dB(W/Hz)。

当 $C_{min}/N_0=21$  dB(Hz)、 $C_{min} = -177.6$  dBW, 由此在SARP的输入口(图1中的B点)任何窄带杂散发射大于 $-177.6$  dBW时, 则会导致系统容量下降。

那么需要计算在Sarsat天线输入口这一谱线的最大允许电平。

Sarsat SARP接收天线增益图的技术要求是根据表2中的天底角表示的。

表 2

SARP SARP接收天线(UDA)增益图

卫星天底角	62	59	54	47	39	31	22	13	5	0
RHCP增益	3.85	3.54	2.62	1.24	-0.17	-1.33	-2.24	-3.08	-3.80	-3.96
LHCP增益	-5.69	-6.23	-7.52	-9.39	-11.39	-13.12	-14.52	-15.77	-17.17	-18.00
轴比	6.02	5.85	5.59	5.26	4.90	4.57	4.31	4.11	3.78	3.49

由此, 计入了最高卫星天底角, 图 1中A点的最大允许功率等于 $-177.6 + 1.6$ (损耗) =  $-176$  dBW。当要求的是pfd 时, 需要将这一数值转换成单位为dB(W/m<sup>2</sup>)。对应最大卫星天底角, 具有增益为G的天线等效表面积 $s = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0.105$  m<sup>2</sup>。因此, 相应的pfd等于 $-176 - 10\log_{10} S = -166.2$  dB(W/m<sup>2</sup>)。

所需要的保护电平为: 任何Sarsat SARP卫星天线输入口的窄带杂散发射不得高于 $-166.2$  dB dB(W/m<sup>2</sup>)。

#### 4 结论

根据上述计算, 窄带杂散发射对Sarsat SARP的影响的结论和建议是在任何Sarsat SARP 天线输入口不得超过 $-166.2$  dB(W/m<sup>2</sup>)。

## 附件 3

406-406.1 MHz频带 (C-S 系统)  
采用的保护要求的指南**1 发射特性的定义****1.1 带外发射**

由调制处理引起的直接在必要带宽以外频率上的发射，但不包括杂散发射。

**1.2 杂散发射**

在必要带宽以外的频率上且电平可减至对相应的信息传输不产生影响的发射。杂散发射包括谐波发射、寄生发射、互调产物和频率变换产物，但不包括带外发射。

**1.3 有害发射**

由杂散发射和带外发射组成。

**1.4 必要带宽**

对于给定的发射等级，频带宽度刚好足以保证在规定的条件下传输的信息符合所要求的速率和质量。

**2 与 Sarsat SARP相关的有害发射电平计算的步骤****2.1 带外发射**

有害带外发射的单位是 $\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz}))(\text{spfd})$ 。总的spfd 实际上定义为由来自所有有害带外发射的潜在源的所有spfd的求和得到的集合spfd。

**2.2 杂散发射**

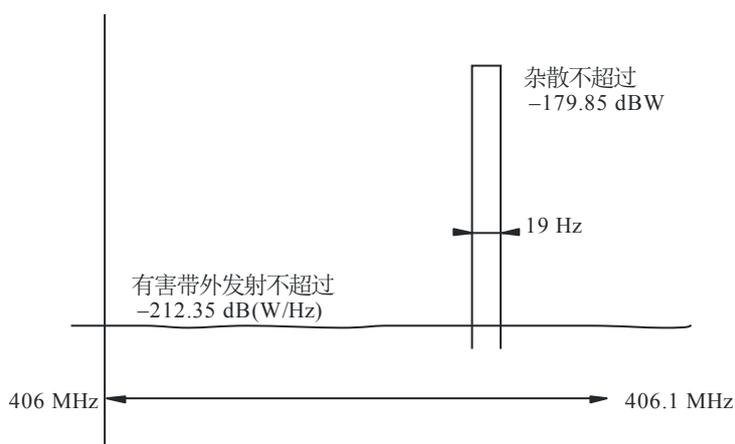
C-S接收机的处理器设计成检测离散谱分量(未调制信标载波)。保护要求以pfd项表示，杂散发射的单位是 $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2)(\text{pfd})$ 。

Sarsat SARP 仪器的接收机的分辨率带宽为19 Hz。这意味着可检测出的Sarsat SARP接收机谱线之间的最小频率间隔(也称为频谱分析的分辨力)等于19 Hz。从而杂散发射电平应在19 Hz参考带宽内计算。

**2.3 有害发射限制**

图 5概括了有害发射限制的数值。

图 5  
有害发射电平



M.1478.05

任何Sarsat SARP天线输入口的有害带外发射不得超过 $-198.6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ ，该数值也可转换成频谱功率密度( $\text{dB(W/Hz)}$ ):

$$\begin{aligned} & -210.1 \text{ dB(W/Hz)}(\text{SARP 仪器的输入口}) + 1.6(\text{损耗}) - 3.85(\text{天线增益}) = \\ & -212.35 \text{ dB(W/Hz)} \text{ 在任何 Sarsat SARP 天线输入口。} \end{aligned}$$

任何Sarsat卫星天线输入口的窄带杂散发射不得超过  $-166.2 \text{ dB(W/m}^2)$ ，该数值也可转换成功率电平( $\text{dBW}$ ):

$$-177.6 \text{ dBW}(\text{SARP 仪器的输入口}) + 1.6(\text{损耗}) - 3.85(\text{天线增益}) = -179.85 \text{ dBW} \text{ 在任何 Sarsat SARP 天线输入口。}$$

所有上述值在任何Sarsat SARP天线输入口都是有效的。

## 附件 4

### 分配在406-406.1 MHz频带(C-S 系统)上的基本 安全业务对来自非GSO MSS低于 406 MHz的下行链路发射的防护

#### 1 引言

国际C-S系统自从1985年开始运行，已为世界范围拯救数千生命做出贡献，因此其妥善运行是十分必要的。

## 2 背景

其他ITU文本提供有关下列几项的基本信息:

- 若干非GSO MSS 网络的参数;
- 干扰的pfd 门限电平; 以及
- 采用频谱成型或滤波技术的SAR保护。

附件1为406-406.1 MHz频带中的Sarsat SARP提供了保护指南。该附件也提供了有关Cospas SARP接收机保护要求的附加信息。

## 3 406-406.1 MHz 频带中的Cospas SARP 对带外宽带发射的保护标准

SARP的性能以其BER表示且直接与信号对噪声密度比 $C/N_0$ (dB(Hz))有关。

Cospas 接收机噪声温度为300 K。标称背景噪声温度从南极洲的300 K至高人口密度区域的1 000 K变化。由于遇险信标信号会从地球上的任何一点发出且对该信号的解码不应受到来自MSS卫星干扰的损伤, 大多数干扰敏感情况都发生在最低背景噪声温度即300 K。

天线和Cospas SARP 接收机之间的衰减为1.6 dB。电缆噪声温度为300 K。这样在SARP接收机输入口的系统噪声温度等于600 K, 而噪声谱密度 $N_0$ 为-200.82 dB(W/Hz)。

规定 Cospas SARP的BER低于 $1 \times 10^{-5}$ 。根据 BPSK 调制性能理论, 与之相应的SARP比特检测器的  $E_b/N_0=9.6$  dB。

正如ITU-R研究确定的Cospas-Sarsat上行链路的最大可接受BER应不得超过 $5 \times 10^{-5}$ , 当  $E_b/N_0 = 8.8$  dB时可达到此值。

由此,  $E_b/N_0$ 的最大可接受恶化为0.8 dB, 对应噪声温度增加 $N_0=200.02$  dB(W/Hz)。

如果来自非GSO MSS干扰引起的附加噪声功率密度为 $I$ , 那么噪声密度值变为  $N_0 + I$ , 则比特能量与噪声密度之比变为 $E_b/(N_0 + I)$ 。

可接受的恶化为0.8 dB =  $10 \log ((E_b/N_0)/(E_b/(N_0 + I)))$ 。因此对应120.23 K的噪声温度增加值(Cospas SARP 接收机输入口的系统噪声温度增加20%),  $I/N_0 = -6.94$  dB和 $I = -207.8$  dB(W/Hz)。

卫星接收机输入口的最大允许噪声密度电平 $I$ 为-207.8 dB(W/Hz)。

噪声密度 $I$ 计入了衰减和天线增益。以spfd表示数值, 需要将该值转换成dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))单位。具有增益为 $G$ 的天线等效表面积  $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ 。当安装在Cospas空间飞行器上的螺旋锥形天线的最大增益为 6 dB时, 则 $S=0.174$  m<sup>2</sup>。这样相应的spfd等于-207.8 +1.6(损耗)-10 log<sub>10</sub>  $S = -198.6$  dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。

为了给Cospas SARP仪器提供适当的保护, 406-406.1 MHz频带内宽带噪声干扰的最大电平应不得超过 -198.6 dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。

#### 4 406-406.1 MHz频带中的Cospas SARP 防止窄带杂散发射的保护标准

Cospas SARP连续地扫描406-406.1 MHz 频带(一次扫描时长为 60 ms)以搜寻超过SARP检测门限的信标信号。在检测到信号后SARP DRU锁定该信号频率至少520 ms。来自406-406.1 MHz频带内MSS卫星的单个干扰信号也会捕捉星上的DRU至使Cospas卫星无法对真正的遇险信标信号进行处理。

为了在低功率遇险信标时满足SAR性能要求, 已将Sarsat SARP仪器设计成可检测和处理极弱信号。其性能是当任何信号 $C_{min}$ , 只要超过功率噪声密度电平21 dB( $C_{min}/N_0 > 21$  dB(Hz))就会指配 DRU用于附加的处理。因此, 406-406.1 MHz处理带宽内的任何干扰信号遇到这一标准会指配给它 DRU。由此, 如果窄带干扰信号不直接影响信标信号, 信道消息甚至会丢失。

噪声谱密度 $N_0$ 计算出为-200.82 dB(W/Hz)。

当 $C_{min}/N_0 = 21$  dB(Hz)、 $C_{min} = -179.82$  dBW, 在SARP输入口的任何窄带杂散大于-179.82 dBW 都将降低Cospas SARP 信标处理容量。

Cospas SARP 接收天线最大增益为 6 dB。这样天线输入口的最大允许功率等于-179.82+1.6(损耗)= -178.22 dBW。当要求pfd, 则需该值转换为dB(W/m<sup>2</sup>)单位。具有增益 $G = 6$  dB 的天线等效表面积为 $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0.174$  m<sup>2</sup>。因此, 相应的通量密度等于-178.2-10 log<sub>10</sub> S= -170.6 dB(W/m<sup>2</sup>)。

为了给Cospas SARP 仪器提供适当的保护, Cospas SARP卫星天线输入口的窄带杂散发射最大电平应不得超过-170.6 dB(W/m<sup>2</sup>)。

C-S 接收机的处理器设计成检测离散谱分量(未调制信标载波)。因此, 保护要求不以功率谱密度而以功率谱表示, 杂散发射的单位是dB(W/m<sup>2</sup>)(pfd)。Cospas SARP 仪器接收机的分辨率带宽为 40 Hz。这样可检测出的Cospas SARP接收机谱线之间的最小频率间隔(也称为频谱分析的分辨力)等于40 Hz。从而杂散发射电平应在40 Hz参考带宽内计算。

#### 5 Cospas接收机的去敏和前端烧毁

Cospas 卫星采用带有宽带低噪声放大器(LNA)的高灵敏度接收机, 且能经受过载或最坏情况的来自非GSO MSS发射导致前端烧毁。

当缺少RF滤波时引起LNA前级饱和, 一般看到阻塞或去敏, 此时增益下降、接收机灵敏度下降。结合上述现象的还有其它影响诸如干扰信号与LNA相位噪声的混合。作为通常的观察, 经验表明当窄带发射机操作在接近宽带接收机时, 阻塞或去敏常是导致干扰问题的主要原因。

Cospas 406 MHz 接收机的LNA能经受-60 dBW(前端烧毁)和-100 dBW(去敏)的信号。非GSO MSS 卫星功率能高达24 dBW，如果不通过频率分段来预防的话，明显地Cospas卫星接收机会发生烧毁。

Cospas接收机入口的非GSO MSS信号的功率电平取决于许多因素，最重要的就是非GSO MSS与Cospas卫星之间的距离，对于一些计划中的非GSO MSS卫星星座从理论上它可以小到为零。从Cospas 接收机前端烧毁的灾难性后果来看，非GSO MSS载波频率应选择保证它们声明的带宽不能延伸到406 MHz以上。表3给出了计算防止来自非GSO MSS 卫星发射使Cospas接收机烧毁的最小保护频带的关键因素。

表 3

规定的多普勒漂移	20 kHz $2 \times 406\ 000 \times (7.4/300\ 000)$
该频带空间站的 Tx 稳定度	8.12 kHz $20 \times 10^{-6} \times 406\ 000$
SARP 接收机的年稳定度 (假设卫星的寿命为 12 年) (Sarsat-3 于 1986年发射)	2.45 kHz
非GSO MSS 声明的带宽/2	1.2-500 kHz $(2.4-1\ 000)/2$
保护频带	31.8-530.6 kHz

表3中的结果表明；如果405-406 MHz频带分配给非GSO MSS，则所需的最小保护频带为32 kHz (405.968-406 MHz)。

## 附件 5

### 406-406.1 MHz频带中对 Sarsat SARR 仪器的保护标准

#### 1 NOAA卫星中406 MHz SARR信道的最低可接受的性能

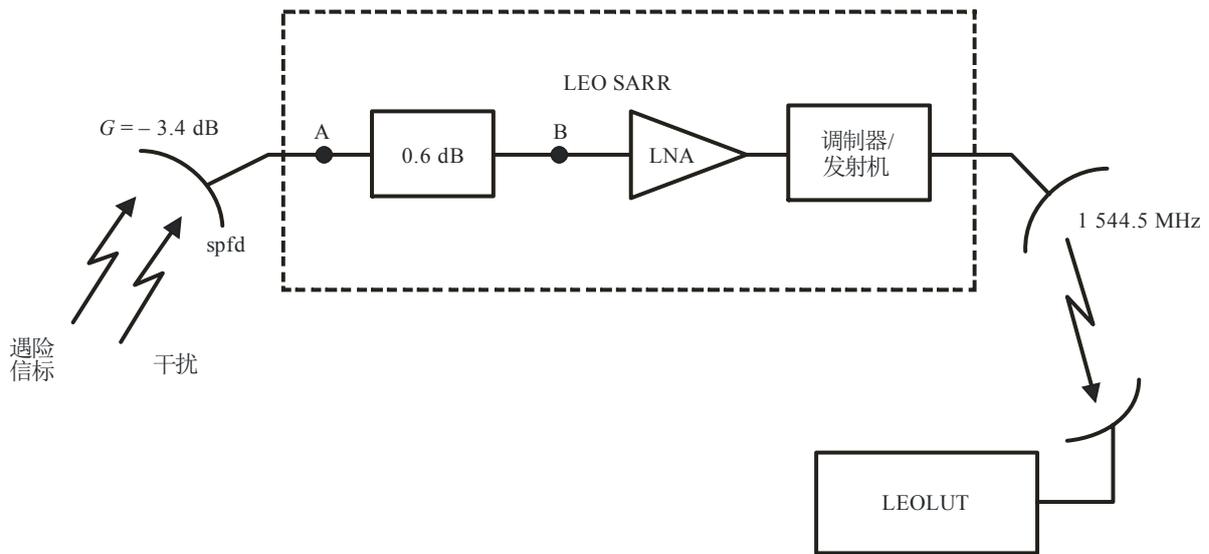
为可靠地检测采用Sarsat LEO 406 MHz 卫星转发器的406 MHz遇险信标，信道的BER不得超过  $5 \times 10^{-5}$ 。

#### 2 对产生干扰spfd的分析

通信信道的BER由每个数据比特中包含的能量  $E_b$  与噪声密度之比得出，噪声密度包括由Cospas-Sarsat设备导致的噪声  $N_0$ 和其他系统干扰引起的噪音  $I_0$ 。图 6描绘了受上行链路干扰的LEO的SARR 406 MHz信道。

图 6

受上行链路干扰的SARR 406 MHz 转发器



M.1478-06

为达到BER为 $5 \times 10^{-5}$ ，在LEOLUT解调器的每比特的能量与噪声加干扰密度 $E_b/(N_0 + I_0)$ 之比必须等于或超过8.8 dB。本文分析确定：对于不降低整体链路 $E_b/(N_0 + I_0)$ 而可容纳的Sarsat LEO 406 MHz 卫星天线输入，规定为spfd的宽带噪声类干扰最大值低于8.8 dB。

如图6所述，406 MHz 遇险信标信号由LEO 搜救转发器接收，并且在用于检测的1544.5 MHz下行链路载波上调制相位，由LEOLUT进行处理。卫星转发器的天线增益和系统噪声温度在B点为-4 dB和1000 K(图6)。

该分析假设，在406-406.1 MHz频带内，3种有源信标同时以3种不同频率发射。所需的信标相对于航天器有 $5^\circ$ 仰角。分析中包含其他两个信标，因为它们共享有效的卫星转发器功率。

当没有外部干扰源存在时，总 $C/N_0$ 为38.8 dB(Hz)，相当于 $E_b/N_0$ 为12.8 dB。计及实施和信标数据解调损失， $E_b/N_0$ 的有效比率为10.8 dB。因为信道要求总 $E_b/(N_0 + I_0)$ 至少为8.8 dB才能可靠满足性能要求。无法容纳宽带上行链路干扰的积累降低总载波噪声加干扰密度比超过2 dB。

因为在没有干扰时总 $C/N_0$ 等于38.8 dB(Hz)，上行链路上的宽带噪声类干扰使整个链路降质2 dB，导致 $(C/N_0)_{\text{总}}$ 为：

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{总有干扰}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{总}} - 2 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 38.8 \text{ dB(Hz)} - 2 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 36.8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (1)$$

$(C/N_0)_{OI}$  可以从上行链路和下行链路上的载波噪声加干扰密度比计算得出，如下所述：

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)^{-1}_{\text{上行有干扰}} + (C/N_0)^{-1}_{\text{下行有干扰}})^{-1} \quad (\text{数字}) \quad (2)$$

由于这一分析涉及上行链路上的干扰，方程式 (2) 中的  $(C/N_0)_{\text{上行(有干扰)}}$  变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_{\uparrow}/(N_0 + I_0)) \quad (\text{数字}) \quad (3)$$

该干扰也影响到下行链路载波噪声密度比， $(C/N_0)_{\downarrow}$ ，通过增加 SAR 带宽内共享的总功率实现。增加的总功率降低了功率共享损耗并影响  $(C/N_0)_{\downarrow}$  如下：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N_0)_{\downarrow} \times (Lps_i/Lps) \quad (\text{数字}) \quad (4)$$

其中， $Lps$  为没有干扰的功率共享损耗， $Lps_i$  是有干扰的功率共享损耗。 $Lps_i$  计算如下：

$$Lps_i = C_{\uparrow}/C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B \quad (\text{数字}) \quad (5)$$

其中， $C_2$  是 LEOSAR 转发器从同时收到的两个其他信标之一的功率电平。

将方程式 (5) 代入方程式 (4)，并将方程式 (3) 和 (4) 代入方程式 (2)，求解  $I_0$ ，得出下面的公式：

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + Lps(C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{数字}) \quad (6)$$

$(C/N_0)_{OI}$  为 36.8 dB(Hz) (见方程式 (1))， $C_{\uparrow}$  为 -157.3 dB， $(C/N_0)_{\downarrow}$  为 42.5 dB(Hz)， $N_{0\uparrow}$  为 -198.6， $Lps$  为 -15.3， $(C/N)_{\downarrow}$  为 42.5 dB(Hz) - 10 log(80 k) 或 -6.5 dB。将这些数值代入到方程式 (6)，得出：

$$I_0 = -198.9 \text{ dB(W/Hz)}$$

对于卫星 406 MHz 接收天线的输入，应该以 dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 的 spfd 干扰门限方面规定保护标准。具有增益  $G$  的天线的有效孔径  $A_e$ ， $A_e = G \lambda^2 / 4\pi$ 。对于增益 -3.4 dB 的 LEO 接收天线，有效孔径为 0.02 m<sup>2</sup>。因此，可接受的最大总干扰规定为 spfd：

$$spfd = I_0 - L_{Line} - A_e$$

假设线路损耗为 0.6 dB (见图 6)：

$$spfd = -198.9 + 0.6 - 10 \log(0.02) = -181.3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在 LEO 卫星天线上，406-406.1 MHz 频带中测得的宽带噪声类干扰的最高电平不得超过 -181.3 dB(W/m<sup>2</sup>·Hz)。

### 3 计算对 406 MHz LEOSAR 转发器信道干扰电平的程序

对 Cospas-Sarsat 的干扰，最常见的是从相邻或附近频带的业务的带外发射的结果。

必须检查发射带宽，以确定是否能量在406-406.1 MHz频带发送。在分析移动通信系统(如非地球静止卫星和机载发射机)的影响时，必须特别考虑到由于运动所产生的多普勒效应漂移。

在卫星天线上，计算在406-406.1 MHz内发送能量的所有源所产生的干扰电平表示为spfd。此范围内的任何地方所有干扰源的总电平不得超过 $-181.3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 。

## 附件 6

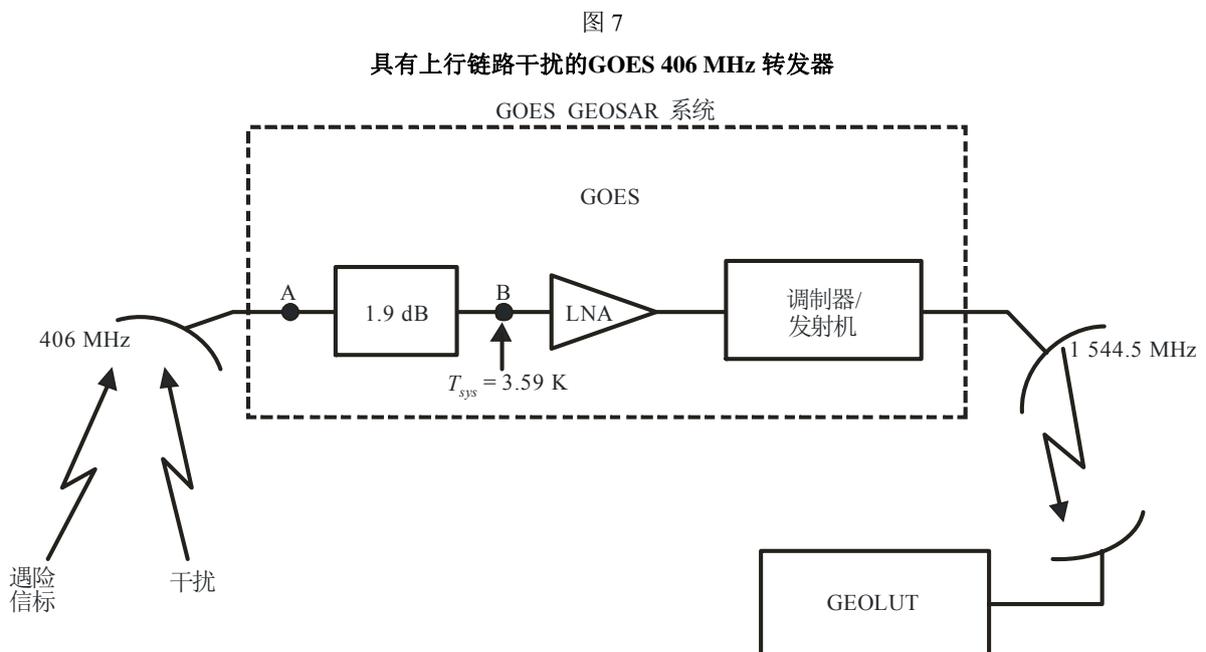
### 在 406-406.1 MHz 频带对 GOES GEOSAR 业务的保护标准

#### 1 检测通过GOES 406 MHz SARR 信道转发的EPIRB 信号的最低可接受的性能

为可靠地检测采用 GOES 406 MHz 卫星转发器的406 MHz 遇险信标，信道的BER 不得超过 $5 \times 10^{-5}$ 。

#### 2 造成干扰的spfd分析

从每个数据比特中所含的能量  $E_b$  与噪声密度之比导出通信信道的BER。噪声密度包含 Cospas-Sarsat 设备产生的噪声  $N_0$  和其他系统干扰引起的噪音  $I_0$ 。图 7 描述具有上行链路上的干扰的GOES 406 MHz SARR 信道。



为实现 BER 为  $5 \times 10^{-5}$ ，在 GEOLUT 解调器上，每比特的能量与噪声加干扰密度之比  $E_b/(N_0 + I_0)$  必须等于或超过 8.8 dB。本文分析确定：对于不降低整体链路  $E_b/(N_0 + I_0)$  而可容纳的 GOES 406 MHz 卫星天线输入，规定为 spfd 的宽带噪声类干扰最大值低于 8.8 dB。

如图 7 所示，406 MHz 遇险信标信号 GOES 搜救转发器接收，并且在用于检测的 1544.5 MHz 下行链路载波上调制相位，由 GEOLUT 处理。卫星转发器的天线增益和系统噪声温度在 B 点为 7.05 dB 和 359 K (图 7)。通过使用先进的数字信号处理和突发集成技术，在没有干扰时，总载波噪声密度比  $C/N_0$  等于 31.1 dB(Hz)。

该分析假设在 406-406.1 MHz 频带内，3 种有源信标同时以 3 种不同频率发射，以表示一个现实的运营环境。所需的信标相对于航天器有  $5^\circ$  仰角。分析中包含其他两个信标，因为它们共享有效的卫星转发器功率。

当没有外部干扰源存在时，总  $C/N_0$  为 31.1 dB(Hz)，相当于  $E_b/N_0$  为 5.1 dB。计及实施和信标数据解调损失和处理增益，有效比率  $E_b/N_0$  为 10.1 dB。因为信道要求总  $E_b/(N_0 + I_0)$  至少为 8.8 dB 才能有效工作，无法容纳宽带上行链路干扰的积累降低总载波噪声加干扰密度比超过 1.3 dB。

因为在没有干扰时，总  $C/N_0$  等于 31.1 dB(Hz)，上行链路上的宽带噪声类干扰使整个链路降质 1.3 dB，导致  $(C/N_0)_{\text{总有干扰}}$  为：

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{总有干扰}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{总}} - 1.3 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 31.1 \text{ dB(Hz)} - 1.3 \text{ dB} \\ (C/N_0)_{OI} &= 29.8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (7)$$

$(C/N_0)_{OI}$  从上行链路和下行链路的载波噪声加干扰密度比计算得出，如下所示：

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{上行有干扰}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{下行有干扰}}^{-1})^{-1} \quad (\text{数字}) \quad (8)$$

由于这一分析涉及上行链路上的干扰，方程式 (8) 中  $(C/N_0)_{\text{上行(有干扰)}}$  变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_i / (N_{0i} + I_0)) \quad (\text{数字}) \quad (9)$$

通过增加 SAR 带宽内共享的总功率，该干扰也影响到下行链路载波噪声密度比  $(C/N_0)_\downarrow$ ，增加的总功率降低了功率共享损耗并影响  $(C/N_0)_\downarrow$ ，如下：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N_0)_\downarrow \times (L_{psi}/L_{ps}) \quad (\text{数字}) \quad (10)$$

其中,  $Lps$  是没有干扰的功率共享损耗,  $Lpsi$  是有干扰的功率共享损耗。  $Lpsi$  计算如下:

$$Lpsi = C_{\uparrow} / (C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) \quad (\text{数字}) \quad (11)$$

其中,  $C_2$  是由 GOES SARR 同时收到的两个其他信标之一的功率电平,  $B$  是 GOES 接收器的带宽。

将方程式 (11) 代入方程式 (10) 并将方程式 (9) 和 (10) 代入方程式 (8), 求解  $I_0$  得出下面的公式:

$$I_0 = (C_{\uparrow} ((C/N_0)_{0\uparrow}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + Lps (C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{数字}) \quad (12)$$

$(C/N_0)_{0\uparrow}$  为 29.8 dB(Hz) (见方程式 (7)),  $C_{\uparrow}$  为 -171.7 dBW,  $(C/N_0)_{\downarrow}$  为 43.8 dB(Hz),  $N_{0\uparrow} = -203$  dB(W/Hz),  $Lps$  为 -18.3 dB,  $(C/N)_{\downarrow}$  为 43.8 dB(Hz) - 10 log(80 k) 或 -5.2 dB。将这些数值代入到方程式 (12), 得出:

$$I_0 = (10^{-171.7/10} (10^{-29.8/10} - 10^{-43.8/10}) - 10^{-203/10}) / (1 + 10^{-18.3/10} \times 10^{5.2/10})$$

或:

$$I_0 = -207.7 \text{ dB(W/Hz)}$$

对于卫星 406 MHz 接收天线的输入, 应该以 dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz)) 规定的 spfd 干扰门限方面规定保护标准。具有增益  $G$  的天线的有效孔径  $A_e$ ,  $A_e = G \lambda^2 / 4\pi$ 。对于增益 8.95 dB 的 GOES 接收天线, 有效孔径为 0.341 m<sup>2</sup>。因此, 可接受的最大总干扰规定为 spfd:

$$spfd = I_0 - L_{line} - A_e$$

假设线路损耗 1.9 dB (见图 7):

$$spfd = -207.7 + 1.9 - 10 \log(0.341) = -201.1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在 406-406.1 MHz 频带中, GOES 卫星天线上测出的宽带噪声类干扰的最大电平不得超过 -201.1 dB(W/(m<sup>2</sup>·Hz))。

### 3 计算对 GOES 406 MHz SARR 信道的干扰电平的程序

对 Cospas-Sarsat 的干扰, 最常见的是相邻或附近频带中的业务的带外发射结果。

必须检查发射带宽, 以确定是否能量在 406-406.1 MHz 频带中传输。当分析移动通信系统(例如, 非地球静止卫星机载发射机)的影响时, 必须特别当心, 要考虑到他们的运动产生的多普勒漂移的影响。

计算来自在频带内传输能量的所有源的干扰电平，在卫星天线上表示为spfd 电平。在此范围内的任何地方所有干扰源的总电平不得超过 $-201.1 \text{ dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz}))$ 。

## 附件 7

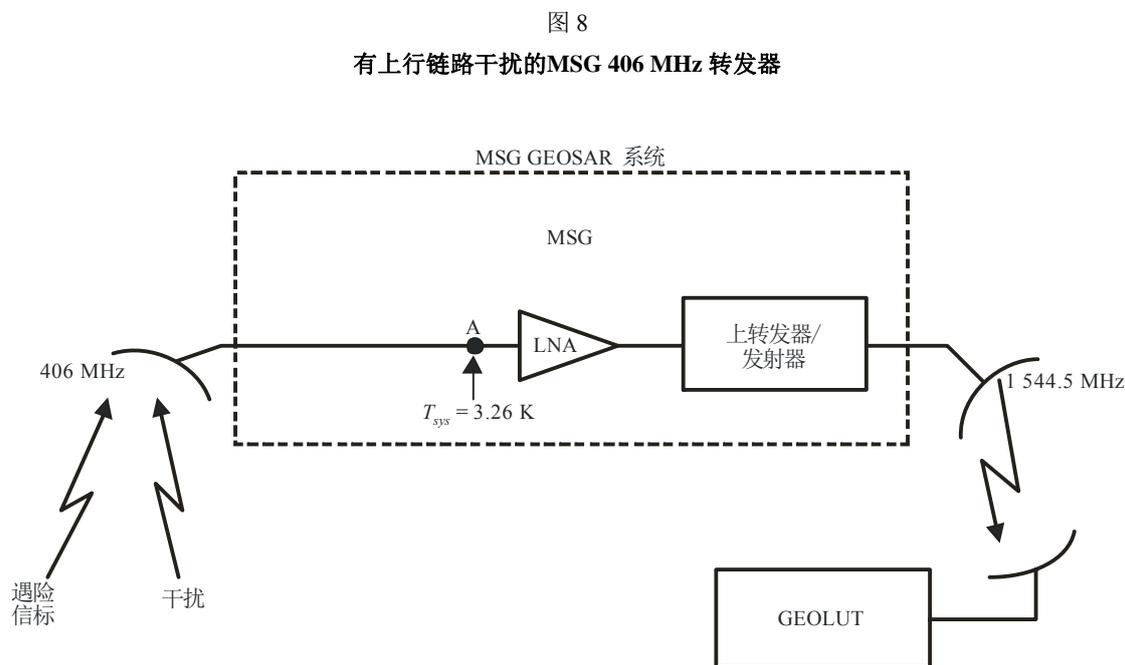
### 在 406-406.1 MHz 频带中对 MSG GEOSAR 业务的保护指南

#### 1 检测通过 MSG 406 MHz SARR 信道转发的 EPIRB 信号的最低可接受性能

为可靠地检测使用 MSG 406 MHz 卫星转发器的 406 MHz 遇险信标，信道的 BER 不得超过  $5 \times 10^{-5}$ 。

#### 2 分析造成干扰的 spfd

通信信道的 BER 由每个数据比特中包含的能量  $E_b$ ，与噪声密度之比导出。噪声密度由 Cospas-Sarsat 设备产生的噪声  $N_0$ ，和其他系统干扰引起的噪音  $I_0$  组成。图 8 描述有上行链路干扰的 MSG 406 MHz SARR 信道。



为实现 BER 为  $5 \times 10^{-5}$ ，在 GEOLUT 解调器上，每比特能量与噪声加干扰密度之比  $E_b/(N_0 + I_0)$  必须等于或超过 8.8 dB。这种分析确定，不降低总链路的  $E_b/(N_0 + I_0)$ ，可以容纳的对 MSG 406 MHz 卫星天线的输入的规定为 spfd 的宽带噪声类干扰最大值低于 8.8 dB。

如图 8 所示，用于 MSG 搜救转发器接收 406 MHz 遇险信标信号，并在 1544.5 MHz 下行链路载波上调制相位检测，由 GEOLUT 处理。在 A 点，卫星转发器的天线增益和系统噪声温度为 3 dB 和 326 K (见图 8)。通过使用先进的数字信号处理和突发集成技术，在没有干扰时，总载波噪声密度比  $C/N_0$  等于 27.4 dB(Hz)。

该分析假设在 406-406.1 MHz 频带内，3 种有源信标同时以 3 种不同频率发射，以表示一个现实的运营环境。所需的信标相对于航天器有  $5^\circ$  仰角。分析中包含其他两个信标，因为它们共享有效的卫星转发器功率。

当没有外部干扰源存在时，总  $C/N_0$  为 27.4 dB(Hz)，相当于  $E_b/N_0$  为 1.4 dB。计及实施和信标数据解调损失和处理增益，有效比率  $E_b/N_0$  为 8.9 dB。因为信道要求总  $E_b/(N_0 + I_0)$  至少为 8.8 dB 才能有效工作。无法容纳宽带上行链路干扰的积累，降低总载波噪声加干扰密度比超过 0.1 dB

在没有干扰的情况下，由于总  $C/N_0$  等于 27.4 dB(Hz)，上行链路上的宽带噪声类干扰使整个链路降质 0.1 dB，导致  $(C/N_0)_{\text{总有干扰}}$  为：

$$(C/N_0)_{\text{总有干扰}} = (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{总}} - 0.1 \text{ dB}$$

$$(C/N_0)_{OI} = 27.4 \text{ dB(Hz)} - 0.1 \text{ dB}$$

$$(C/N_0)_{OI} = 27.3 \text{ dB(Hz)}$$

从上行链路和下行链路的载波噪声加干扰密度比可以计算出总载波噪声加干扰密度比，如下所示：

$$(C/N_0 + I_0)_{\text{总}} = ((C/N_0 + I_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/N_0 + I_0)^{-1}_{\downarrow})^{-1}$$

由于这种分析只涉及上行链路上的干扰，它被认为没有下行链路上的干扰，方程式简化为：

$$(C/N_0 + I_0)_{\text{总}} = ((C/N_0 + I_0)^{-1}_{\uparrow} + (C/N_0)^{-1}_{\downarrow})^{-1}$$

代入值  $(C/N_0 + I_0)_{\text{总}}$  (27.3 dB(Hz)) 和  $(C/N_0)_{\downarrow}$  (35.5 dB(Hz))，可接受最坏情况载波噪声加干扰密度比  $((C/N_0 + I_0)_{\uparrow})$  为 28 dB(Hz)：

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = ((C/N_0 + I_0)_{\text{总}}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1})^{-1}$$

或：

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = 10 \log((10^{-27.3/10} - 10^{-35.5/10})^{-1})$$

然后:

$$C/(N_0 + I_0)_{\uparrow} = 28 \text{ dB(Hz)}$$

求解  $I_0$  产生:

$$I_0 = 10 \log(10^{(C_{\uparrow} - (C/(N_0 + I_0)_{\uparrow})/10)} - 10^{(N_0(\uparrow)/10)})$$

在A没有干涉的上行链路的噪声功率谱密度  $N_0 = kT$ , 其中,  $k$ 为玻尔兹曼常数,  $T$ 是点A的转发器噪声温度, 因此,  $N_{0\uparrow} = -228.6 + 25.1 = -203.5 \text{ dB(W/Hz)}$ 。上行链路载波功率为  $C_{\uparrow} = -175.7 \text{ dBW}$ 。因此, 上行链路  $(I_0)_{\uparrow}$  可接受的噪声密度最大值为:

$$(I_0)_{\uparrow} = 10 \log(10^{(-175.7 - 28)/10} - 10^{(-203.5/10)})$$

或:

$$(I_0)_{\uparrow} = -217 \text{ dB(W/Hz)}$$

对于卫星 406 MHz 接收天线的输入, 应该在  $\text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  规定的 *spfd* 干扰门限方面规定保护标准。天线的有效孔径  $A_e$ , 增益  $G$  为  $A_e = G \lambda^2 / 4\pi$ 。对于增益为 3 dB 的MSG 接收天线, 有效孔径为  $0.087 \text{ m}^2$ 。因此, 可接受的最大总干扰规定为 *spfd* :

$$spfd = I_0(\text{max}) - A_e$$

$$spfd = -217 - 10 \log(0.087) = -206.4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在 MSG 卫星天线上测出, 406-406.1 MHz 频带内宽带噪声类干扰的最大电平不得超过  $-206.4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 。

### 3 计算对MSG 406 MHz SARR 信道干扰电平的程序

对Cospas-Sarsat的干扰最常见的是相邻或附近频带的业务带外发射的结果。

发射带宽必须检查, 以确定是否能量在 406-406.1 MHz 频带传输。当分析移动通信系统(例如, 非地球静止卫星机载发射机)的影响时, 必须特别注意, 要考虑到他们的运动产生的多普勒漂移的影响。

计算来自在频带内传输能量的所有源的干扰电平, 在卫星天线上表示为 *spfd* 电平。在此范围内的任何地方所有干扰源的总电平不得超过  $-201.1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 。

## 附件 8

### 406-406.1 MHz频带内对Cospas-Sarsat搜索 和救援仪器的保护标准 (SAR/Electro 卫星)

#### 1 引言

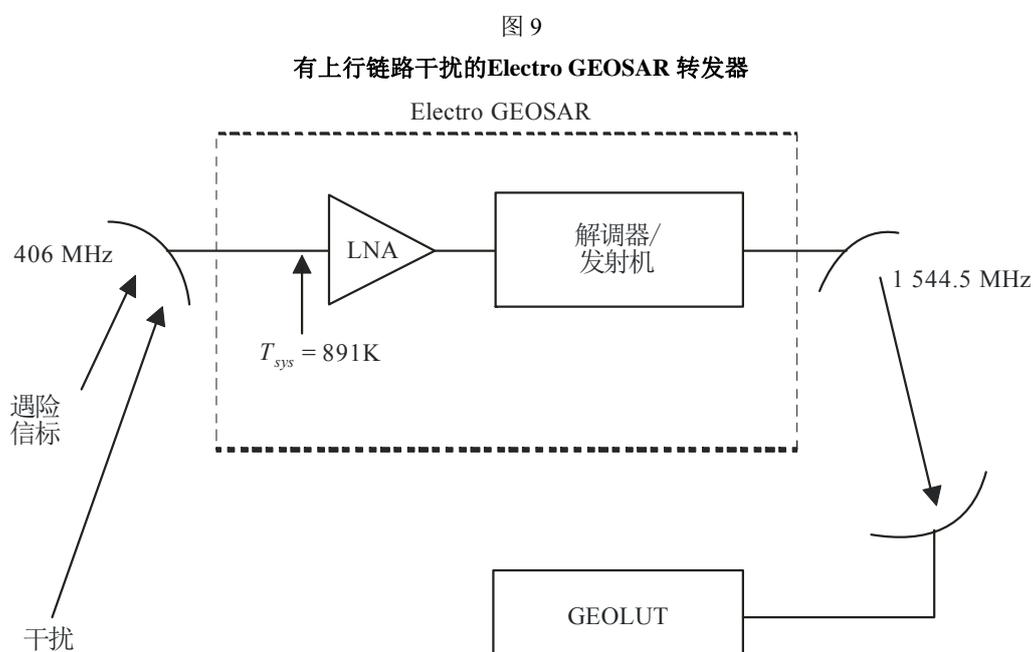
在Electro卫星上的Cospas-Sarsat 搜救转发器从 406 MHz 遇险信标接收信号，并在 1 544-1 545 MHz 频带中，以下行链路频率将信号转发到 Cospas-Sarsat GEOLUT。本附件中提供的分析，建立406.0-406.1 MHz频带内对Electro GEOSAR业务的干扰保护指南。

#### 2 检测通过Electro 卫星转发的406 MHz 遇险信标需要的最低可接受性能

为可靠地检测采用 Electro 406 MHz 卫星转发器的 406 MHz 遇险信标，该信道的 BER 不得超过  $5 \times 10^{-5}$ 。

#### 3 Spfd的干扰分析

通信信道的BER 由每数据比特包含的能量  $E_b$ 与噪声密度之比得出。总噪声密度包括 Cospas-Sarsat 设备产生的噪声  $N_0$ ，和其他系统的干扰引起的噪声  $I_0$ 。图 9 描述了有上行链路干扰的Electro 406 MHz SAR 有效载荷信道。



为实现 BER 为  $5 \times 10^{-5}$ ，在 GEOLUT 解调器上每比特能量与噪声加干扰密度之比 ( $E_b/(N_0 + I_0)$ ) 必须等于或超过 8.8 dB。这种分析确定，可以接受的不降低总链路的  $E_b/(N_0 + I_0)$ ，Electro 406 MHz 卫星天线输入，规定为 spfd 的最大宽带噪声类干扰低于 8.8 dB。

该分析假设在 406-406.1 MHz 频带内，3 种有源信标同时以 3 种不同频率同时发射，“低电平”信标，从分析角度，相对于航天器有  $5^\circ$  仰角。其他两个信标以“标称电平”发射，相对于航天器有  $40^\circ$  的仰角。分析两个以“标称电平”发射的信标，因为它们共享可用的卫星转发器功率，并因此影响链路预算。

如图 9 所示，Electro SAR 接收 406 MHz 遇险信标。在 1544.5 MHz 的下行链路上发送和相位调制的有效载荷相位检测，由 GEOLUT 和处理。卫星转发器的天线增益和系统噪声温度分别为 12 dBi 和 891 K (29.5 dB-K)。相应  $G/T$  为 -17.5 dB/K。

3 dBW e.i.r.p. 的信标信号相对于航天器有  $5^\circ$  仰角。当没有外部干扰源存在时，总  $C/N_0$  为 32.2 dB-Hz，400 bit/s 等于  $E_b/N_0$  为 6.2 dB (32.2 dB-Hz - 26 dB/s)。计及在 GEOLUT 上的实施损耗 (1.0 dB)，信标数据解调损耗 (1.0 dB) 和处理增益 (7.0 dB)，有效比率  $E_b/N_0$  为 11.2 dB。因为信道要求总  $E_b/(N_0 + I_0)$  至少为 8.8 dB 才能可靠地满足最低性能，无法容纳宽带上行链路干扰的积累降低总载波比噪声加干扰密度超过 2.4 dB。

在没有干扰的情况下，由于总  $C/N_0$  等于 32.2 dB-Hz，上行链路上的宽带噪声类干扰使整个链路降质 2.4 dB，导致  $(C/N_0)_{\text{总有干扰}}$  为：

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{总有干扰}} &= (C/N_0)_{OI} = (C/N_0)_{\text{总}} - 2.4 \text{ dB} \\ &= 32.2 \text{ dB-Hz} - 2.4 \text{ dB} = 29.8 \text{ dB-Hz} \\ (C/N_0)_{OI} &= 29.8 \text{ dB-Hz} \end{aligned} \quad (1)$$

如下所示，上行链路和下行链路的载波与噪声加干扰密度比可计算出  $(C/N_0)_{OI}$ ：

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{上行有干扰}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{下行有干扰}}^{-1})^{-1} \text{ (数字)} \quad (2)$$

由于这种分析只涉及上行链路上的干扰，方程式 (2)  $(C/N_0)_{\text{上行有干扰}}$  变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_{\uparrow}/(N_{0\uparrow} + I_0)) \text{ (数字)} \quad (3)$$

通过增加 SAR 带宽内共享的总功率，该干扰也影响到下行链路的载波与噪声密度比  $(C/N)_{\downarrow}$ ，增加的总功率降低了功率共享损耗并影响  $(C/N)_{\downarrow}$  如下：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N)_{\downarrow} \times (L_{psi}/L_{ps}) \text{ (数字)} \quad (4)$$

其中， $L_{ps}$  是没有干扰的功率共享损耗， $L_{psi}$  是有干扰的功率共享损耗。 $L_{psi}$  计算如下：

$$L_{psi} = C_{\uparrow}/(C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0B) \text{ (数字)} \quad (5)$$

其中， $C_2$ 是来自Electro SARR同时收到的其他两个信标之一的功率电平， $B$ 是 Electro 接收器的带宽。

方程式 (5) 代入方程式 (4)，方程式(3) 和 (4) 代入方程式 (2)，求解  $I_0$  得出下面的公式:

$$I_0 = (C_{\uparrow} ((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + L_{ps} (C/N)_{\downarrow}^{-1}) \quad (\text{数字}) \quad (6)$$

$C_2$ 为-161.1 dBW， $B$ 为80 kHz， $(C/N_0)_{OI}$ 为29.8 dB(Hz)， $C_{\uparrow}$ 为-166.8 dBW， $(C/N_0)_{\downarrow}$ 为48.5 dB(Hz)， $N_{0\uparrow}$ 为-199.1 dB(W/Hz)， $L_{ps}$ 为-17.4 dB， $(C/N)_{\downarrow}$ 为48.5 dB(Hz) - 10 log(80k) 或 -0.53 dB。将这些数值代入到方程式 (6) 产生:

$$I_0 = (10^{-166.8/10} (10^{-29.8/10} - 10^{-48.5/10}) - 10^{-199.1/10}) / (1 + 10^{-17.4/10} \times 10^{0.53/10})$$

$$I_0 = -200.3 \text{ dB(W/Hz)}$$

应该在卫星 406 MHz天线输入上，以dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))规定的spfd 干扰门限方面规定保护指南。天线的有效孔径 $A_e$ ，增益  $G$ 为 $A_e = G\lambda^2/4\pi$ 。Electro天线增益为 12 dBi，因此，有效孔径为0.7 m<sup>2</sup>。可接受的最大总干扰规定为 spfd :

$$spfd = I_0 - L_{Line} - A_e$$

如果  $L_{Line} = 0$ :

$$spfd = -200.3 - 0 - 10 \log (0.7)$$

$$spfd = -198.7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在 406-406.1 MHz频带内，在 Electro 卫星天线输入上测出的最大宽带噪声类干扰电平不得超过 -198.7 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))。

#### 4 计算对 406 MHz SAR/Electro 信道干扰电平的程序

对Cospas-Sarsat的干扰最常见的是从相邻或附近频带的业务带外发射的结果。发射带宽必须检查，以确定是否能量在406-406.1 MHz频带内传输。必须注意，当分析移动通信系统(例如，非地球静止卫星机载发射机)的影响时，要考虑到他们的运动产生的多普勒漂移的影响。

在406-406.1 MHz频带内计算来自传输能量的所有源的干扰电平，在卫星天线上表示为 spfd 电平。在此范围内的任何地方所有干扰源的总电平不得超过-201.1 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))。

## 附件 9

## 406-406.1 MHz频带内Cospas-Sarsat 搜救信息仪器的保护标准 (SAR/GLONASS)

## 1 引言

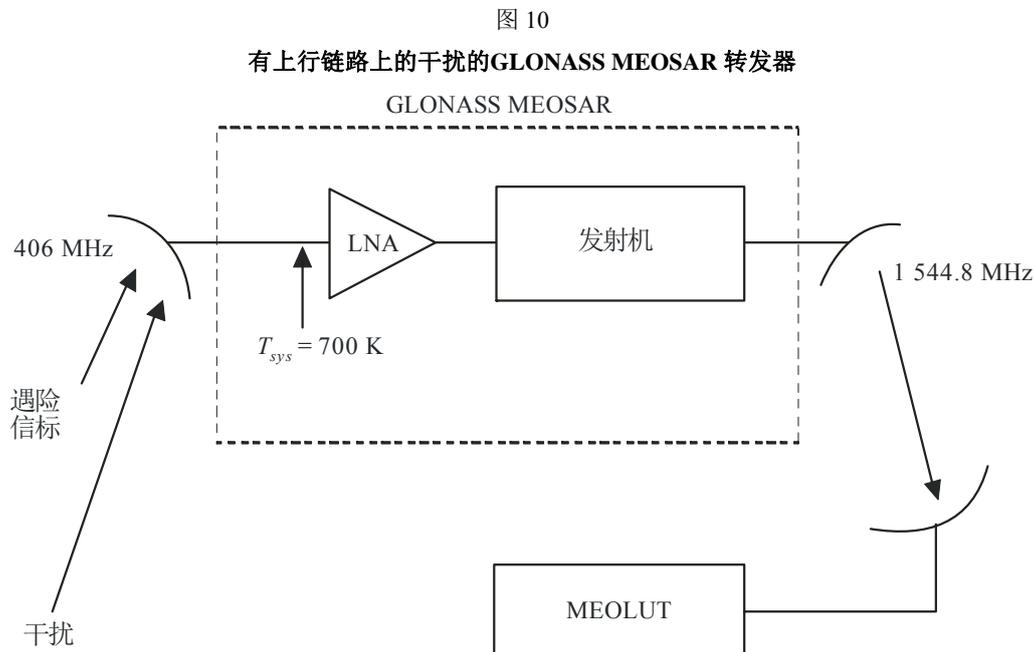
在GLONASS卫星上的Cospas-Sarsat 搜救转发器从 406 MHz 遇险信标接收信号，并在 1 544-1 545 MHz 频带中，以下行链路频率将信号转发到 Cospas-Sarsat MEOLUT。本附件提供406.0-406.1 MHz频带内对GLONASS MEOSAR业务的干扰保护标准。

## 2 为检测通过 GLONASS 卫星转发的406 MHz 遇险信标需要的最低可接受性能

为可靠地检测采用 GLONASS 406 MHz 卫星转发器的406 MHz 遇险信标，该信道的BER 不得超过  $5 \times 10^{-5}$ 。

## 3 Spfd的干扰分析

通信信道的BER 由每数据比特包含的能量  $E_b$ 与噪声密度之比得出。总噪声密度包括Cospas-Sarsat 设备产生的噪声  $N_0$ ，和其他系统的干扰引起的噪声  $I_0$ 。图 10描述了有上行链路上的干扰的GLONASS 406 MHz SAR 有效载荷信道。



M.1478-10

为实现 BER 为  $5 \times 10^{-5}$ ，在MEOLUT解调器上每比特能量与噪声加干扰密度之比 ( $E_b/(N_0 + I_0)$ )必须等于或超过 8.8 dB。这种分析确定，到GLONASS 406 MHz 卫星天线输入，可以接受的不降低总链路的  $E_b/(N_0 + I_0)$ ，规定为spfd的最大宽带噪声类干扰低于 8.8 dB。

该分析假设在406-406.1 MHz频带内，3种有源信标同时以3种不同频率同时发射，“低电平”信标，从分析角度，相对于航天器有5°仰角。其他两个信标以“标称电平”发射，相对于航天器有40°的仰角。分析两个以“标称电平”发射的信标，因为它们共享可用的卫星转发器功率，并因此影响链路预算。

如图 10所示，GLONASS SAR 有效载荷接收406 MHz 遇险信标，在 1544.5 MHz 的下行链路上发送并由MEOLUT 检测和处理。卫星转发器的天线增益和系统噪声温度分别为 11.5 dB和 700 K (28.5 dB-K)。相应  $G/T$ 为-17.5 dB/K。

信标信号相对于航天器有5°仰角。当没有外部干扰源存在时，总  $C/N_0$ 为35.5 dB-Hz，400 bit/s 等于  $E_b/N_0$  为 9.5 dB (35.5 dB-Hz - 26 dB/s)。计及在MEOLUT上的实施损耗 (1.0 dB)，信标数据调制损耗(1.0 dB) 和处理增益 (2.0 dB)，有效比率 $E_b/N_0$  为9.5 dB。因为信道要求总  $E_b/(N_0 + I_0)$ 至少为 8.8 dB才能可靠地满足最低性能，无法容纳宽带上行链路干扰的积累降低总载波比噪声加干扰密度超过0.7 dB。

在没有干扰的情况下，由于总  $C/N_0$  等于 35.5 dB-Hz，上行链路上的宽带噪声类干扰使整个链路降质0.7 dB，导致总载波噪声加干扰密度比  $(C/(N_0+I_0))_{\text{总}}$ 为：

$$\begin{aligned} (C/(N_0+I_0))_{\text{总}} &= (C/N_0)_{\text{总}} - 0.7 \text{ dB} \\ &= 35.5 \text{ dB-Hz} - 0.7 \text{ dB} \\ &= 34.8 \text{ dB-Hz} \end{aligned} \quad (1)$$

如下所示，上行链路和下行链路的载波与噪声加干扰密度比可计算出 $(C/N_0)_{\text{or}}$ ：

$$(C/N_0)_{\text{or}} = ((C/N_0)_{\text{上行有干扰}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{下行有干扰}}^{-1})^{-1} \text{ (数字)} \quad (2)$$

由于这种分析只涉及上行链路上的干扰，方程式 (2) 中的 $(C/N_0)_{\text{上行 (有干扰)}}$  变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_{\uparrow}/(N_{0\uparrow} + I_0)) \text{ (数字)} \quad (3)$$

该干扰也影响到下行链路载波噪声密度比  $(C/N)_{\downarrow}$ ，通过增加 SAR 带宽内共享的总功率。增加的总功率降低了功率共享损耗并影响 $(C/N)_{\downarrow}$  如下：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N)_{\downarrow} \times (L_{\text{psi}}/L_{\text{ps}}) \text{ (数字)} \quad (4)$$

其中， $L_{\text{ps}}$ 是没有干扰的功率共享损耗， $L_{\text{psi}}$ 是有干扰的功率共享损耗。 $L_{\text{psi}}$  计算如下：

$$L_{\text{psi}} = C_{\uparrow}/(C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0B) \text{ (数字)} \quad (5)$$

其中， $C_2$ 是GLONASS SARR同时接收的两个其他信标之一的功率电平， $B$ 是GLONASS 接收器的带宽。

将方程式 (5) 代入方程式 (4)，方程式 (3) 和 (4) 代入方程式 (2) 并求解  $I_0$  得出下面的公式：

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{\text{or}}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + L_{\text{ps}}(C/N)_{\downarrow}^{-1}) \text{ (数字)} \quad (6)$$

$C_2$ 为-158.5 dBW,  $B$ 为80 kHz,  $(C/N_0)_{OI}$ 为34.8 dB(Hz),  $C_{\uparrow}$ 为-164.3 dBW,  $(C/N_0)_{\downarrow}$ 为47.6 dB(Hz),  $N_{0\uparrow} = -200.2$  dB(W/Hz),  $L_{ps}$ 为-14.7 dB,  $(C/N)_{\downarrow}$ 为47.6 dB(Hz) - 10 log(80k) 或 -1.4 dB。将这些数值代入到方程式 (6) 产生:

$$I_0 = (10^{-164.3/10} (10^{-34.8/10} - 10^{-47.6/10}) - 10^{-200.2/10}) / (1 + 10^{-14.7/10} \times 10^{1.4/10})$$

$$I_0 = -207.3 \text{ dB(W/Hz)}$$

在406 MHz卫星天线输入上, 应该以dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))规定 spfd 干扰门限方面规定保护标准。天线的有效孔径 $A_e$ , 增益 $G$ 为 $A_e = G\lambda^2/4\pi$ 。GLONASS 接收天线增益为11.5 dBi, 因此, 有效孔径为0.61 m<sup>2</sup>。可接受的最大总干扰规定为 spfd :

$$spfd = I_0 - L_{LINE} - A_e$$

如果  $L_{LINE} = 0$ :

$$spfd = -207.3 - 0 - 10 \log (0.61)$$

$$spfd = -205.2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在 GLONASS 卫星天线上测量, 406-406.1 MHz频带内最大宽带噪声类干扰电平不得超过 -205.2 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))。

#### 4 406 MHz SAR/GLONASS 信道干扰电平的计算程序

对Cospas-Sarsat的干扰最常见的是从相邻或附近频带的业务带外发射的结果。

发射带宽必须检查, 以确定是否能量传输在 406-406.1 MHz频带。必须采取注意, 当分析移动通信系统(例如, 非地球静止卫星机载发射机)的影响时, 要考虑到他们的运动产生的多普勒漂移的影响。

计算来自在406-406.1 MHz频带内传输能量的所有源的干扰电平, 在卫星天线上表示为 spfd 电平。在此范围内的任何地方所有干扰源的总电平不得超过-205.2 dB(W/(m<sup>2</sup> · Hz))。

---