

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.1478-3 建议书
(09/2014)

406-406.1 MHz频段内对 Cospas-Sarsat搜救仪器 的保护准则

M 系列
移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务

150
1861-2015



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
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	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.1478-3 建议书

**406-406.1 MHz频段内对Cospas-Sarsat
搜救仪器的保护准则**

(2000-2004-2011-2014)

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)和其他工作于406-406.1 MHz频段上的遇险信标接收信号提供保护准则。

关键字

Cospas-Sarsat； 保护准则； 搜救仪器； 406-406.1 MHz。

缩略语/词汇表

EPIRB — 无线电紧急定位信标

DRU — 数据恢复单元

GOES — 地球静止轨道业务和环境卫星

MSG — 第二代气象卫星

SARP — 搜救处理器

SARR — 搜救转发器

相关的国际电联建议书、报告

ITU-R M.1731-2建议书 1 544-1 545 MHz频段内对Cospas-Sarsat本地用户终端的保护准则

ITU-R M.1787-2建议书 对无线电导航卫星业务（空对地和空对空）的系统和网络以及对工作于1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段的空间发射站技术特性的描述

国际电联无线电通信大会，

考虑到

- a) 406-406.1 MHz频段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(spdf)；
- 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频段所采用的保护要求的指南；

- e) 附件4为分配在406-406.1 MHz频段的系统（C-S系统）提供了防止来自406 MHz以下非GSO移动卫星业务(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频段的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频段的地球静止卫星(Electro)和航海卫星(GLONASS)上的搜救转发器(SARR)的指南；
- h) 附件10提供关于保护在406-406.1 MHz频段的导航卫星(Galileo)上的搜救转发器(SARR)的指南；
- i) 附件11提供关于各种类型LEO、MEO或GSO轨道卫星的当前和未来所有星上仪器的特性综述，

建议

- 1 确定采用相邻频段的系统对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 确定采用相邻频段的系统对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 $-170.6 \text{ dB(W/m}^2)$ 的最大pfd；
- 5 确定采用405-406 MHz频段计划中的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 确定利用相邻频段的系统对Sarsat LEO转发器产生影响的分析是基于 $-181.3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Sarsat天线的最大可接受spfd；
- 7 确定利用相邻频段的系统对GOES GEO转发器产生影响的分析是基于 $-201.1 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Sarsat天线的最大可接受spfd；
- 8 确定利用相邻频段的系统对MSG GEO转发器产生影响的分析是基于 $-206.4 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Sarsat天线的最大可接受spfd；
- 9 确定利用相邻频段的系统对Electro GEO转发器产生影响的分析是基于 $-198.7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 的Cospas天线的最大可接受spfd；

10 确定利用相邻频段的系统对GLONASS MEO转发器产生影响的分析是基于 -205.2 dB(W/(m²·Hz))的Cospas天线的最大可接受spfd;

11 确定利用相邻频段的系统对Galileo MEO转发器产生影响的分析是基于 -206.1 dB(W/(m²·Hz))的Cospas天线的最大可接受spfd;

12 确定窄带杂散发射对Galileo MEO转发器产生影响的分析是基于天线处 -166.2 dB(W/m²)的最大pfd。

附件 1

406-406.1 MHz频段中Cospas-Sarsat 防止带外宽带发射的保护准则

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:

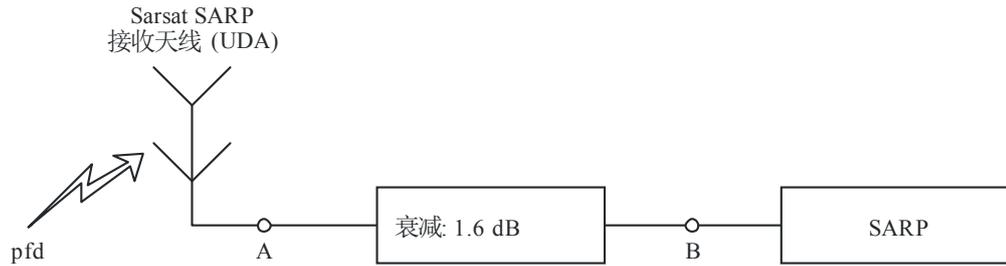
- 若干非GSO MSS 网络的参数;
- 干扰的pfd 门限电平;
- 采用频谱成型或滤波技术的搜救(SAR)保护。

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晌。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 5×10^{-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 2.6×10^{-5} 。

由此, 为了达到 5×10^{-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 4.8×10^{-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/(m²·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 $-210 + 1.6$ （损耗） $- 10 \log_{10} S = -198.6$ dB(W/(m²·Hz))。

为保护Sarsat SARP仪器，406-406.1 MHz 频段中宽带噪声干扰的最大电平应不超过 -198.6 dB(W/(m²·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7426 m/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，关于来自相邻频段发射对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频段中宽带噪声干扰的最大电平应不得超过 -198.6 dB(W/(m²·Hz))；
- 多普勒漂移上限为20kHz；
- 建议为指导确定来自405-406 MHz频段、采用 -198.6 dB(W/(m²·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频段中 C-S 系统
防止窄带杂散发射的保护准则

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频段中Sarsat SARP的保护准则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准则仅针对Sarsat SARP仪器，不必作为所有Cospas-Sarsat仪器的保护准则。

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。

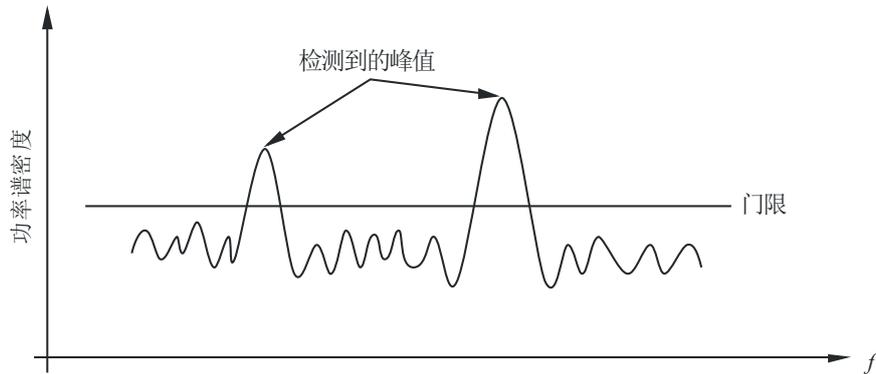
图2
C-S的消息格式



M.1478-02

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）。

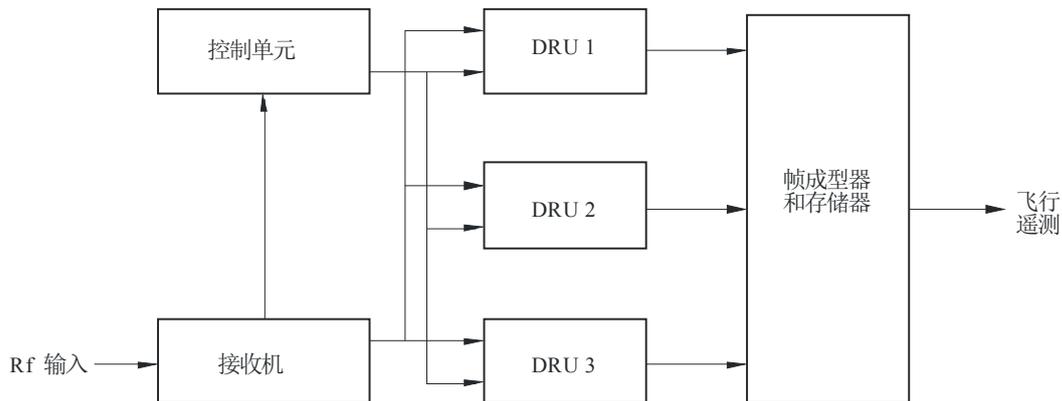
图 3
白高斯噪声中正弦波的检测



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）。

图 4
SARP 的功能图



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 处理极弱信号。它的性能是当任何信号 C_{min} ，只要超过本机噪声密度电平 21dB(Hz)($C_{min}/N_0 > 21$ dB(Hz))就会指配DRU用于附加的处理。因此，遇到这些准则的窄带干 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 = 1000 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1010 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/m²)。对应最大卫星天底角，具有增益为G的天线等效表面积 $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0.105$ m²。因此，相应的pfd等于 $-176 - 10\log_{10}S = -166.2$ dB(W/m²)。

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/m²)。

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/m²)。

附件 3

406-406.1 MHz频段（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，频段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 $\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2)(\text{pfd})$ 。

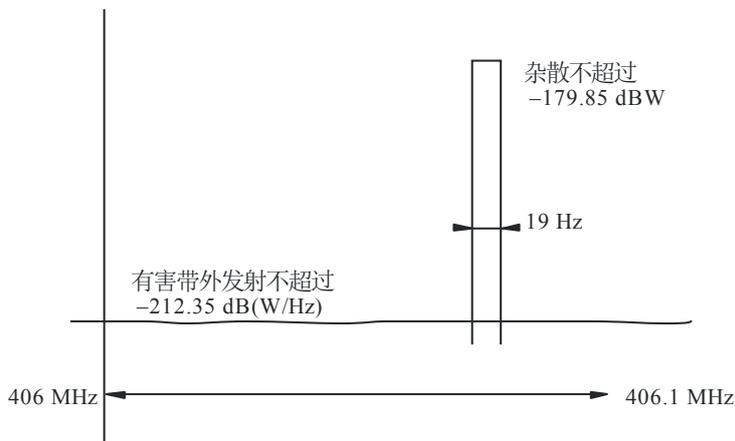
Sarsat SARP 仪器的接收机的分辨率带宽为19 Hz。这意味着可检测出的Sarsat SARP接收机谱线之间的最小频率间隔（也称为频谱分析的分辨力）等于19 Hz。从而杂散发射电平应在19Hz参考带宽内计算。

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(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(dBW):

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

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频段（C-S 系统）上的基本安全业务 对来自非GSO MSS低于406 MHz的 下行链路发射的保护

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频段中的Sarsat SARP提供了保护准则。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 频段中的Cospas SARP 对带外宽带发射的保护准则

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1000 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300K。

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-200.82dB(W/Hz)。

规定 Cospas SARP的BER低于 1×10^{-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 5×10^{-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/(m²·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 dBi时，则 $S=0.174$ m²。这样相应的spfd等于-207.8 +1.6(损耗)-10 log₁₀ $S=-198.6$ dB(W/(m²·Hz))。

为了给Cospas SARP仪器提供适当的保护，406-406.1 MHz频段内宽带噪声干扰的最大电平应不得超过-198.6 dB(W/(m²·Hz))。

4 406-406.1 MHz频段中的Cospas SARP 防止窄带杂散发射的保护准则

Cospas SARP连续地扫描406-406.1 MHz 频段（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频段内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些准则会指配给它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 dBi。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/m²)单位。具有增益 $G = 6$ dBi的天线等效表面积为 $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi} = 0.174$ m²。因此，相应的通量密度等于-178.2-10 log₁₀S= -170.6 dB(W/m²)。

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/m²)。

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/m²)(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段的关键因素。

表 3

规定的多普勒漂移	20 kHz $2 \times 406\ 000 \times (7.4/300\ 000)$
该频段空间站的 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 $(2.4-1\ 000)/2$
保护频段	31.8-530.6 kHz

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

附件 5

406-406.1 MHz频段中对 Sarsat SARR 仪器的保护准则

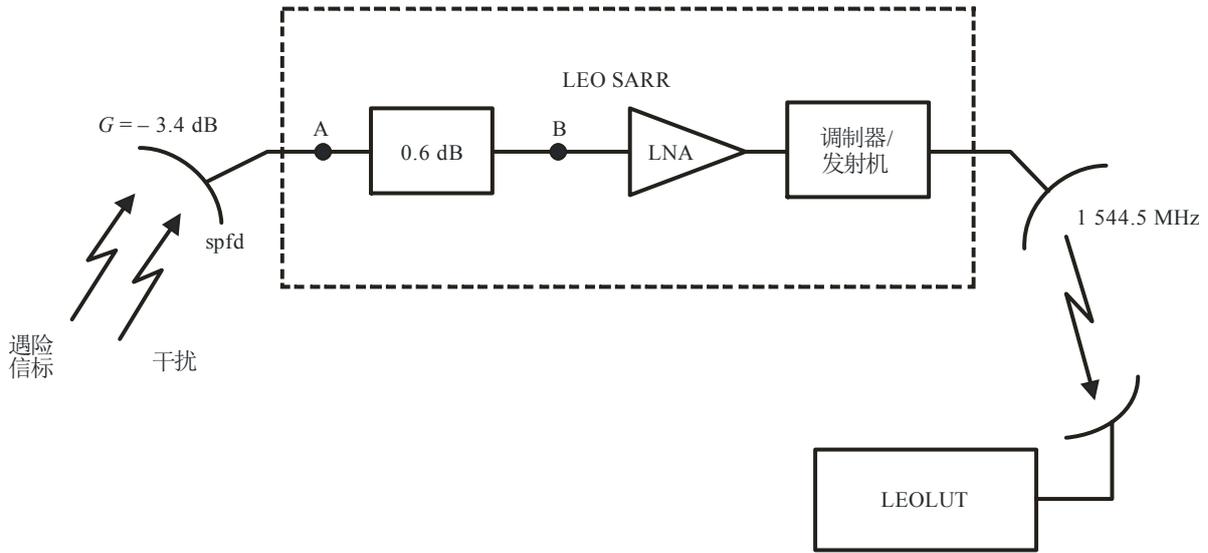
1 NOAA卫星中406 MHz SARR信道的最低可接受的性能

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 5×10^{-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SARR406 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 5×10^{-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 dBi和 1000 K（图 6）。

该分析假设，在406-406.1 MHz频段内，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° 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：

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

$(C/N_0)_{OI}$ 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：

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

其中， L_{ps} 为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：

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

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：

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

$(C/N_0)_{OI}$ 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_{\uparrow} 为 -198.6， L_{ps} 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/(m²·Hz)) 的 spfd 干扰门限方面规定保护准则。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 dBi 的 LEO 接收天线，有效孔径为 0.02 m²。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 频段中测得的宽带噪声类干扰的最高电平不得超过 -181.3 dB(W/m²·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段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 频段发送。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

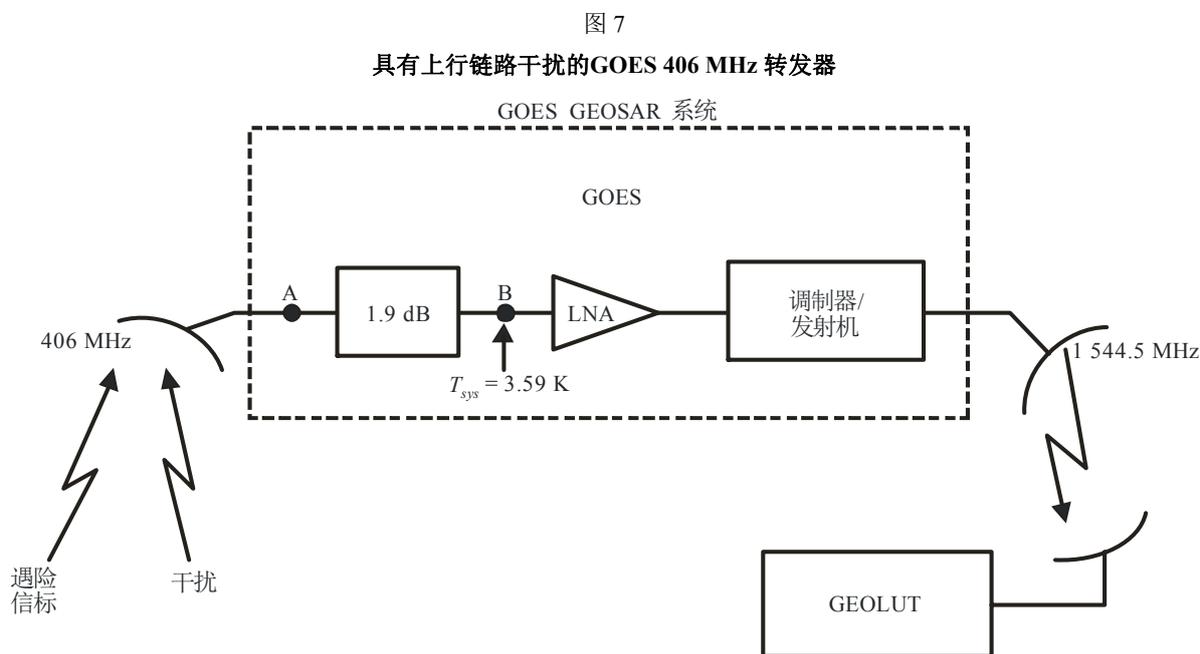
406-406.1 MHz频段中对 GOES GEOSAR业务 和GOES-R系列的保护准则

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 5×10^{-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 5×10^{-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，GOES 搜救转发器接收的 406 MHz 遇险信标信号和相位调制到用于 GEOLUT 检测和处理的 1544.5 MHz 下行链路载波上。卫星转发器的天线增益和系统噪声温度在 B 点为 10.1 dBi 和 359 K（图 7）。对 GOES-R 系列，天线增益将为 12.4 dBi，系统噪声温度为 531 K。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，总的载波噪声密度比 C/N_0 等于 31.1 dB(Hz)。

该分析假设在 406-406.1 MHz 频段内，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° 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：

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

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:

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

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

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

或者:

$$I_0(GOES) = -207.62 \text{ dB(W/Hz)}$$

或者:

$$I_0(GOES - R) = -205.92 \text{ dB(W/Hz)}$$

对于卫星 406 MHz 接收天线的输入, 应该以dB(W/(m²·Hz))规定的spfd 干扰门限方面规定保护准则。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12 dBi的GOES接收天线, 有效孔径为0.689 m²。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1.9 dB (见图 7):

$$spfd = -207.7 + 1.9 - 10 \log(0.689) = -204.2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

对GOES-R系列, 接收天线增益为14.3 dBi, 有效孔径为1.617 m²。可接受的最大总干扰规定为spfd:

$$spfd = -205.9 + 1.9 - 10 \log(1.617) = -204.67 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$$

在406-406.1 MHz频段中, GOES 卫星天线上测得的宽带噪声类干扰的最大电平, 对当前GOES卫星, 不得超过 -204.2 dB(W/(m²·Hz)), 对GOES-R系列, 不得超过 -204.7 dB(W/(m²·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段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频段中传输。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。

计算来自在频段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，对较老的GOES系统，不得超过-204.2 dB(W/(m²·Hz))，对GOES-R系列，不得超过-204.7 dB(W/(m²·Hz))。

附件 7

406-406.1 MHz频段中对MSG GEOSAR 业务的保护准则

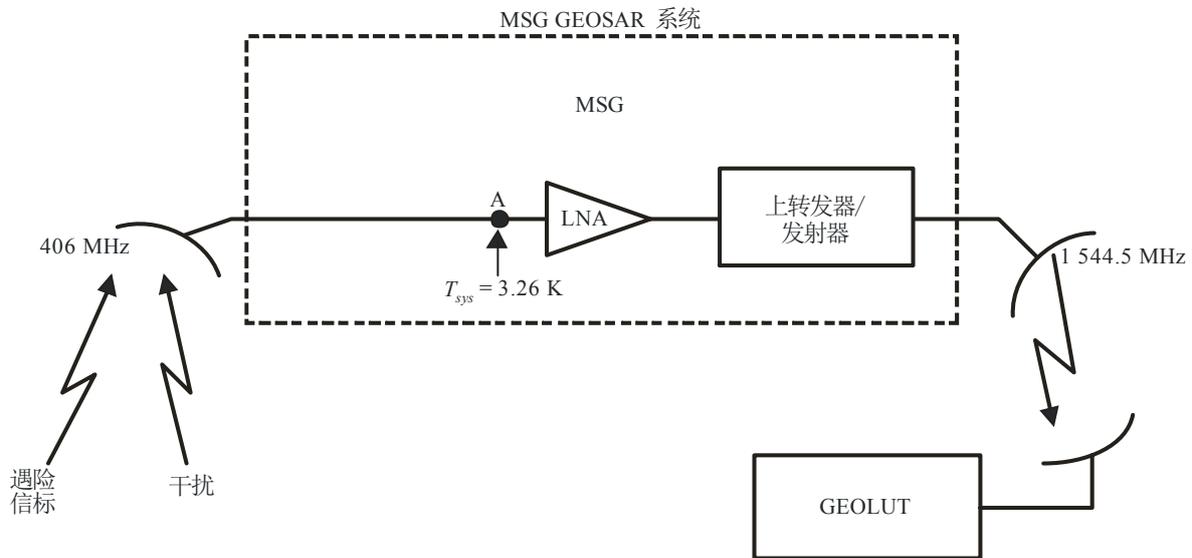
1 检测通过 MSG 406 MHz SARR 信道转发的EPIRB 信号的最低可接受性能

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 5×10^{-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。

图 8
有上行链路干扰的MSG 406 MHz 转发器



M.1478-08

为实现 BER 为 5×10^{-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 dBi 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 频段内，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° 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)：

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

或者：

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

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：

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

或者：

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

对于卫星 406 MHz 接收天线的输入，应该在dB(W/(m²·Hz))规定的spfd 干扰门限方面规定保护准则。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 dBi的MSG 接收天线，有效孔径为0.087 m²。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频段内宽带噪声类干扰的最大电平不得超过-206.4 dB(W/(m²·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段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频段传输。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。

计算来自在频段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 8

406-406.1 MHz频段中对Cospas-Sarsat 搜救仪器的保护准则 (SAR/Electro卫星)

1 引言

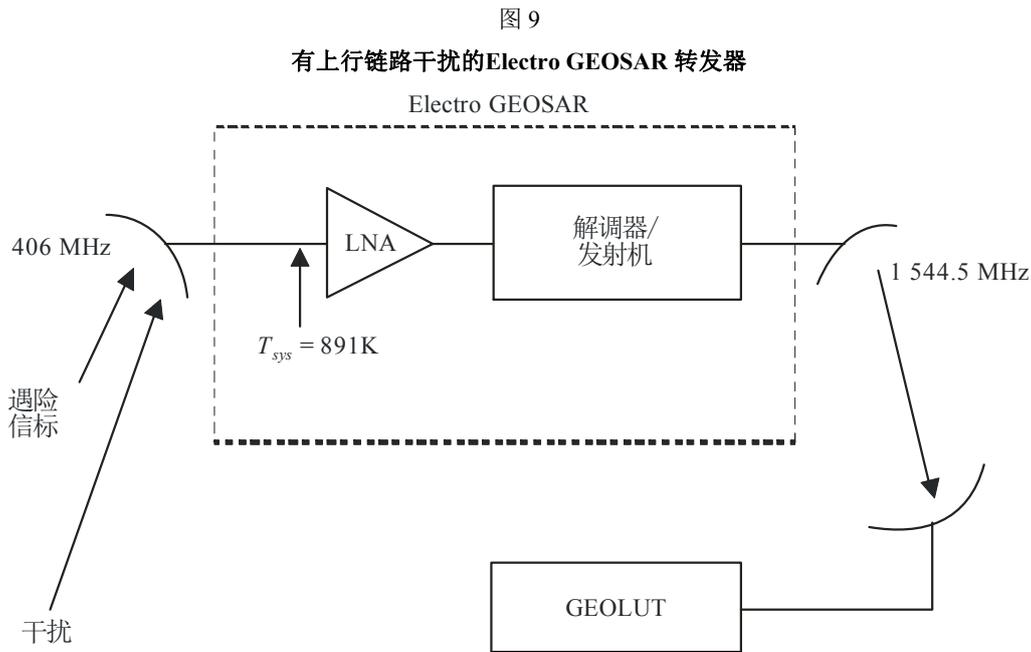
在Electro卫星上的Cospas-Sarsat 搜救转发器从 406 MHz 遇险信标接收信号，并在 1 544-1 545 MHz 频段中，以下行链路频率将信号转发到 Cospas-Sarsat GEOLUT。本附件中提供的分析，建立406.0-406.1 MHz频段内对Electro GEOSAR业务的干扰保护准则。

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 5×10^{-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。



M.1478-09

为实现 BER 为 5×10^{-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 频段内，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 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° 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：

$$\begin{aligned} (C/N_0)_{\text{总有干扰}} &= (C/N_0)_{\text{OI}} = (C/N_0)_{\text{总}} - 2.4 \text{ dB} \\ &= 32.2 \text{ dB-Hz} - 2.4 \text{ dB} = 29.8 \text{ dB-Hz} \end{aligned} \quad (13)$$

$$(C/N_0)_{OI} = 29.8 \text{ dB-Hz}$$

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 $(C/N_0)_{OI}$ ：

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{上行有干扰}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{下行有干扰}}^{-1})^{-1} (\text{数字}) \quad (14)$$

由于这种分析只涉及上行链路上的干扰，方程式 (14) $(C/N_0)_{\text{上行有干扰}}$ 变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_{\uparrow} / (N_{0\uparrow} + I_0)) (\text{数字}) \quad (15)$$

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：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N)_{\downarrow} \times (L_{psi} / L_{ps}) (\text{数字}) \quad (16)$$

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：

$$L_{psi} = C_{\uparrow} / (C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) (\text{数字}) \quad (17)$$

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 (17) 代入方程式 (16)，方程式 (15) 和 (16) 代入方程式 (14)，求解 I_0 得出下面的公式：

$$I_0 = (C_{\uparrow} ((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_{0\uparrow}) / (1 + L_{ps} (C/N)_{\downarrow}^{-1}) (\text{数字}) \quad (18)$$

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 $48.5 \text{ dB(Hz)} - 10 \log(80\text{k})$ 或 -0.53 dB 。将这些数值代入到方程式 (18) 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 $\text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 规定的 spfd 干扰门限方面规定保护准则。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^2 。可接受的最大总干扰规定为 spfd：

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

如果 $L_{Line} = 0$ ：

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

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

在 $406\text{-}406.1 \text{ MHz}$ 频段内，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 $-198.7 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 。

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段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频段内传输。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频段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 $-198.7 \text{ dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz}))$ 。

附件 9

406-406.1 MHz频段中对Cospas-Sarsat 搜救仪器的 保护准则（SAR/GLONASS）

1 引言

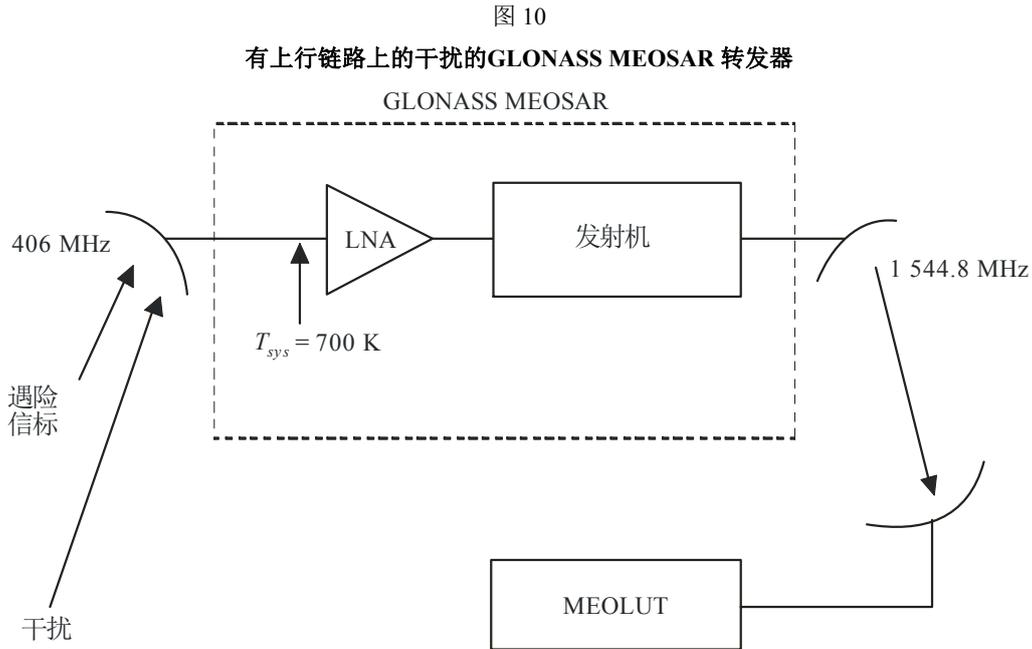
在GLONASS卫星上的Cospas-Sarsat 搜救转发器从 406 MHz 遇险信标接收信号，并在 1 544-1 545 MHz 频段中，以下行链路频率将信号转发到 Cospas-Sarsat MEOLUT。本附件提供406.0-406.1 MHz频段内对GLONASS MEOSAR业务的干扰保护准则。

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 5×10^{-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 5×10^{-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频段内，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 dBi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：

$$\begin{aligned} (C/(N_0+I_0))_{\text{总}} &= (C/N_0)_{\text{总}} - 0.7 \text{ dB} \\ &= 35.5 \text{ dB(Hz)} - 0.7 \text{ dB} \\ &= 34.8 \text{ dB(Hz)} \end{aligned} \quad (19)$$

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 $(C/N_0)_{OI}$ ：

$$(C/N_0)_{OI} = ((C/N_0)_{\text{上行有干扰}}^{-1} + (C/(N_0))_{\text{下行有干扰}}^{-1})^{-1} \text{ (数字)} \quad (20)$$

由于这种分析只涉及上行链路上的干扰，方程式 (20) 中的 $(C/N_0)_{\text{上行 (有干扰)}}$ 变为：

$$(C/N_0)_{\text{上行有干扰}} = (C_{\uparrow}/(N_0_{\uparrow} + I_0)) \text{ (数字)} \quad (21)$$

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：

$$(C/N_0)_{\text{下行有干扰}} = (C/N)_{\downarrow} \times (L_{psi}/L_{ps}) \text{ (数字)} \quad (22)$$

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：

$$L_{psi} = C_{\uparrow}/(C_{\uparrow} + 2 \times C_2 + N_{\uparrow} + I_0 B) \text{ (数字)} \quad (23)$$

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 (23) 代入方程式 (22)，方程式 (21) 和 (22) 代入方程式 (20) 并求解 I_0 得出下面的公式：

$$I_0 = (C_{\uparrow}((C/N_0)_{OI}^{-1} - (C/N_0)_{\downarrow}^{-1}) - N_0_{\uparrow}) / (1 + L_{ps}(C/N)_{\downarrow}^{-1}) \text{ (数字)} \quad (24)$$

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} 为-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 (24) 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/(m² · Hz))规定spfd 干扰门限方面规定保护准则。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 m²。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频段内最大宽带噪声类干扰电平不得超过-205.2 dB(W/(m² · 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段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频段。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频段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 $-205.2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$ 。

附件10

406-406.1 MHz频段中对Cospas-Sarsat 搜救仪器的保护准则（SAR/Galileo）

1 引言

在Galileo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 频段中，以下行链路频率将信号转发到 Cospas-Sarsat MEOLUT。本附件中提供的分析结果为接收406 MHz 遇险信标上行链路信号的Galileo卫星建立了干扰保护准则。

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

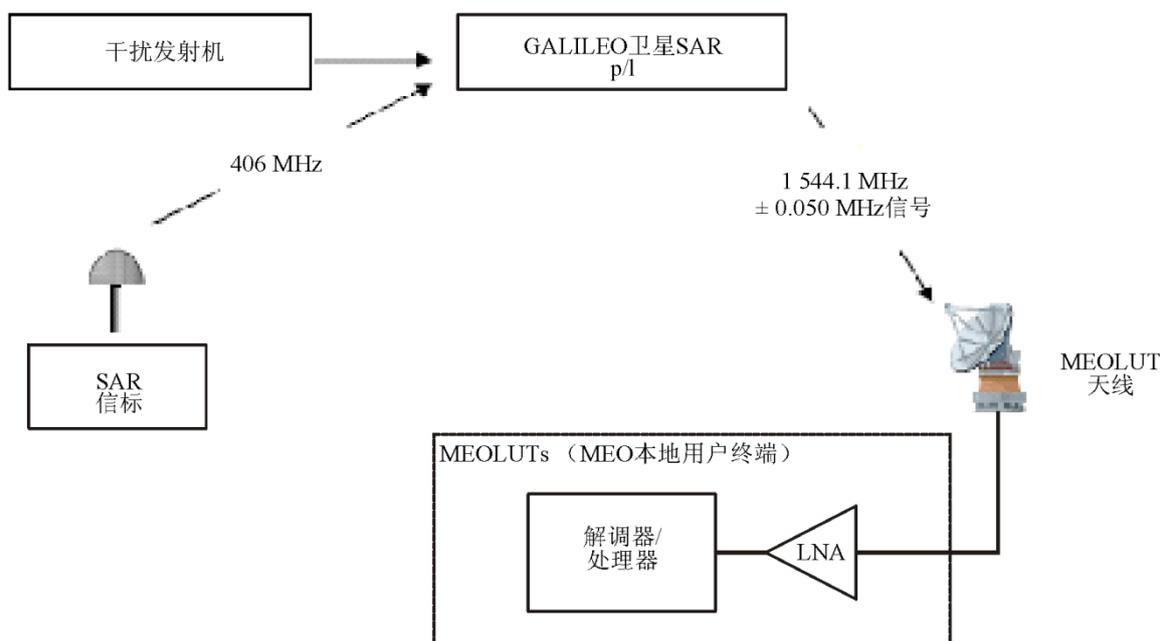
为了评估宽带发射的最大可接受电平，需要考虑的性能参数为允许的最小BER：为可靠检测采用Galileo 406 MHz 卫星转发器的406 MHz 遇险信标，该信道的 BER不得超过 5×10^{-5} 。此外，由于上行链路在端对端链路中占主导地位（依据 C/N_0 ），因此需要考虑的 C/N_0 为上行链路的 C/N_0 。

3 Spfd的干扰分析

可能出现在SAR UHF频段中的干扰如图11所述。

图 11

SAR/Galileo MEOSAR转发器在UHF频段的非有意干扰



M.1478-11

3.1 宽带干扰

增加Galileo Sarsat SARP负载的宽带噪声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影响。在ITU-R研究中已确定, 对Galileo SAR系统的最大可接受上行链路BER不得超过 5×10^{-5} 。以该要求为基础; 本附件分析确定了Galileo Sarsat上行链路信道中对应宽带噪声的最大可接受功率通量密度(pfd)。SAR负载接收机输入口处Galileo Sarsat负载系统噪声温度等于600 K (= 27.7 dBK)。

因此, 噪声频谱密度等于:

$$N_0 = -228.6 + 27.7 = -200.9 \text{ dB(W/Hz)} \quad (25)$$

最坏情况下的技术要求表明, Galileo SAR MLT设计成当最小接收信号功率为 $C = -165.2 \text{ dBW}$ 时仍能正确操作; 这是对应接收机输入口处 35.7 dB(Hz) 的最小上行链路 C/N_0 的接收信号值, 它可在SAR负载的比特检测器处提供有效的 $E_b/N_0 = 9.7 \text{ dB}$ (考虑 400 bit/s (26 dB)的信息数据率)。对应的BER等于 8×10^{-6} 。

因此, 为了达到 5×10^{-5} 的BER, 最大可接受恶化为 0.9 dB 。在 $E_b/N_0 = 8.8 \text{ dB}$ 时, BER等于 5×10^{-5} 。

下文中, 计算了对应 0.9 dB 恶化的附加噪声的 C/N_0 。令 I_0 表示来自干扰的附加噪声功率密度。

原始噪声 N_0 成为 $N_0 + I_0$ 。载波噪声比 C/N_0 成为 $C/(N_0 + I_0)$ 。

恶化为:

$$0.9 \text{ dB} = 10 \log ((C/N_0)/(C/(N_0 + I_0))) \quad (26)$$

因此 $I_0/N_0 = -6.38 \text{ dB}$ 和 $I_0 = -207.28 \text{ dB(W/Hz)}$ 。

这样, 最大可接受噪声密度电平为 $I_0 = -207.28 \text{ dB(W/Hz)}$ (在SAR PL接收机输入口处计算得到)。

噪声密度 I_0 考虑到了衰减和天线增益。由于要求卫星功率通量频谱密度，因此需要将此数字转换为dB(W/(m² Hz))单位形式。

增益为 G 的天线其等效表面积为 $S = G \frac{\lambda^2}{4\pi}$ 。 G 在11.6 - 13 dBi之间。

$S = -0.6$ dB(m²)（假定效率为0.7%，最大增益为13 dBi）。

因此，考虑最高卫星天底角，相应的卫星功率通量频谱密度等于：

$$\text{spfd} = -207.28 + 0.51 \text{ (损耗)} - (-0.6) = -206.1 \text{ dB(W/(m}^2 \text{ Hz))} \quad (27)$$

为保护Galileo SAR MLT，在卫星输入口处，406-406.1 MHz频段中宽带噪声干扰的最大电平不得超过-206.1 dB(W/(m² Hz))。

3.2 窄带干扰

当Galileo SAR负载透明时，406-406.1 MHz频段中的窄带干扰将直接被1 544-1 595 MHz频段中的SART予以转换；在MLT层面，该干扰信号可被接收机检测为一个真正的SAR遇险信号。

因此，确定最大允许窄带干扰的性能参数将为MeoLUT获取门限，认为它等于34.8 dB(Hz)。

MLT天线处的干扰信号功率表示为 I ；如果干扰电平 I/N_0 高于MLT获取门限，那么MLT将检测干扰。

考虑§ 3.1中计算得到的系统噪声电平为 $N_0 = -200.9$ dB(W/Hz)，干扰信号功率（在SART层面）等于： $I = I/N_0 + N_0 = -166.1$ dBW。

考虑最高卫星天底角，为了获得SAR PL天线处的功率通量密度，需要考虑天线的等效面积；继续§ 3.1中的论述，功率通量密度可按以下公式计算：

$$\text{pfd} = -166.1 + 0.51 \text{ (losses)} - (-0.6) = -166.2 \text{ dB(W/m}^2 \text{)} \quad (28)$$

为确保正确检测信号，在卫星输入口处，406-406.1 MHz频段中窄带噪声干扰的最大电平不得超过-166.2 dB(W/m²)。

附件 11

所有仪器总的特性综述

表 4 对各类型Cospas-Sarsat仪器总的特性做了综述。

表4

Cospas-Sarsat仪器特性综述

仪器类型	轨道特性, 待部署卫星数	对航天器处理器或LNA输入口处窄带杂散发射的保护准则	对宽带发射的保护准则
LEO Sarsat卫星的SARP仪器	830 km的圆轨道, 98°的倾角	-147.6 dBm	-198.6 dB(W/(m ² · Hz))
LEO Cospas卫星的SARP仪器	830 km的圆轨道, 98°的倾角	-147.6 dBm	-198.6 dB(W/(m ² · Hz))
LEO卫星的Sarsat SARR仪器	830 km的圆轨道, 98°的倾角	-147.6 dBm	-204.7 dB (W/(m ² · Hz))
GOES卫星上的转发器	地球静止轨道	-140.9 dBm	-201.1 dB (W/(m ² · Hz))
GOES卫星上的转发器	地球静止轨道	-147 dBm	-206.4 dB (W/(m ² · Hz))
MSG卫星上的转发器	地球静止轨道	-139.8 dBm	-198.7 dB (W/(m ² · Hz))
Galileo卫星上的转发器	使用的中地球轨道卫星: 27颗卫星, 其圆轨道高度为23 225 km、倾角为56° (关于Galileo系统轨道特性的详细描述, 参见ITU-R M.1787建议书)	-136.8 dBm	-206.1 dB (W/(m ² · Hz))
GLONASS卫星上的转发器	使用的中地球轨道卫星: 24颗卫星, 其圆轨道高度为19 100 km、倾角为64.8° (关于GLONASS系统轨道特性的详细描述, 参见ITU-R M.1787建议书)	-147.1 dBm	-205.2 dB (W/(m ² · Hz))