

# ITU-R S.2158-0建议书

(09/2023)

S系列：卫星固定业务

审查在**27.5-29.5 GHz**频段内与卫星固定业务中的对地静止空间电台进行通信的航空动中通地球站是否符合一套预先确定的地球表面pfd限值的方法



## 前言

无线电通信部门的职责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，在不受频率范围限制的情况下开展研究，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研究组支持的世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会来执行。

## 知识产权政策（IPR）

无线电通信部门（ITU-R）的知识产权政策在ITU-R第1号决议所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC通用专利政策》中进行描述。专利持有者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/zh>处获取，在此还可获取《ITUT/ITUR/ISO/IEC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/zh>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	录制制作、存档和播出；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、无线电测定、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文学
RS	遥感系统
<b>S</b>	<b>卫星固定业务</b>
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定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	词汇和相关科目

**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。

电子出版物  
2024年，日内瓦

© 国际电联 2024

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 S.2158-0建议书

**审查在27.5-29.5 GHz频段内与卫星固定  
业务中的对地静止空间电台进行通信的航空动中通  
地球站是否符合一套预先确定的地球表面pfd限值的方法**

(2023年)

**范围**

本建议书提供了国际电联无线电通信局用来审查与对地静止卫星网络一起操作的航空动中通地球站（A-ESIM）的特性是否符合《无线电规则》第169号决议（WRC-19）附件3第II部分规定的功率通量密度限值的方法。

**关键词**

航空ESIM、A-ESIM、GSO、pfd、方法

**缩写词/词汇表**

A-ESIM 航空动中通地球站

GSO 对地静止轨道

**相关的国际电联建议书、报告**

ITU-R P.676建议书 – 大气气体衰减和相关影响

ITU-R M.2221号报告 – 在特定频段内MSS操作的可行性

国际电联无线电通信全会，

**考虑到**

- a) WRC-19在《无线电规则》第169号决议（WRC-19）中通过了适用于在27.5-29.5 GHz频率范围内与卫星固定业务（FSS）系统中的对地静止空间电台进行通信的航空动中通地球站（A-ESIM）的功率通量密度（pfd）限值，以确保对地面业务的保护；
- b) 根据第169号决议（WRC-19）做出决议1.2.5，无线电通信局须审查与GSO FSS卫星进行通信的A-ESIM的特性是否符合第169号决议（WRC-19）附件3第II部分规定的地球表面的pfd限值，并在BR IFIC中公布该审查结果；
- c) 在缺乏适当方法的情况下，无线电通信局无法审查是否符合考虑到b)中规定的要求；
- d) 在第169号决议（WRC-19）中，WRC-19邀请ITU-R开展相关研究，以确定有关考虑到b)中提及之审查的方法，

**认识到**

第169号决议（WRC-19）做出决议1.2.4规定“本决议的条款，包括附件3，确定了保护地面业务不受邻国27.5-29.5 GHz频段内航空和水上ESIM所造成不可接受干扰影响的条件；然而，不得对已在该频段划分并按照《无线电规则》操作的地面业务造成不可接受的干扰亦不得要求地面业务提供保护的要求依然有效”，

## 建议

1 应考虑使用附件中规定的方法来计算在地球表面与GSO FSS卫星进行通信的A-ESIM的发射产生的pfd，并评估是否符合第169号决议（WRC-19）附件3第II部分规定的pfd限值；

2 下列注释应被视为本建议书的一部分。

注1 – 在实施本建议书时，应考虑到上述认识到a)。

注2 – 对于发射带宽小于参考带宽的操作，只要通知主管部门确认A-ESIM在参考带宽内仅操作一个发射，则本方法适用。如果没有这样的确认，则本方法不适用。

注3 – 审查结果应按照附件中规定的输出格式予以公布。

## 附件

### 审查与GSO FSS卫星进行通信的A-ESIM发射产生的地球表面pfd及是否符合预先确定的pfd限值的方法

#### 1 概述

以下方法是如何对与GSO卫星网络一起操作的A-ESIM及其是否符合第169号决议（WRC-19）附件3第II部分规定的功率通量密度限值（pfd）进行审查的功能描述。

#### 2 审查需要的A-ESIM参数

为了对A-ESIM及其是否符合pfd限值进行相关审查，需要以下参数：

- 卫星网络名称
- GSO卫星经度
- GSO业务区纬度界限
- GSO业务区经度界限
- A-ESIM天线峰值增益
- A-ESIM功率密度和带宽，如表1所示
- 根据ITU-R报告或ITU-R建议书，用A-ESIM地平线以下角度的函数表示的机身衰减掩模。

#### 3 审查方法

##### 3.1 引言

A-ESIM可工作于由纬度、经度和高度界定的不同位置上。该方法用于确定与GSO FSS卫星网络进行通信的A-ESIM发射机允许的最大功率 $P_j$ ，从而确保符合预先确定的pfd限值，以在一组已定义的高度范围内保护所有位置上的地面业务。该方法在推导 $P_j$ 时考虑到了所考虑几何构形中的相关损耗和衰减。

然后，该方法将计算得到的 $P_j$ 与A-ESIM发射的通知功率范围进行比较。A-ESIM的最小发射功率值 $P_{\min\_emission,j}$ 和最大发射功率值 $P_{\max\_emission,j}$ 是根据附录4中A-ESIM与之通信的GSO卫星网络的通知信息中包括的数据以及根据A-ESIM的特性计算得到的。

A-ESIM是在多个预先定义的高度范围内估算得到的，以便确定多个 $P_j$ 电平。

无线电通信局的审查应在定义的高度范围应用此方法，以确定在某一给定GSO卫星网络下操作的A-ESIM是否符合为保护地面业务而预先确定的pfd限值。

### 3.2 参数和几何构形

针对一个假设的GSO FSS网络，下表1提供了一个发射示例，这些发射包含在27.5-29.5 GHz频段上发射的、与“UO”类地球站相关的一个组内。表2至表4提供了更多的假设，图1说明了审查中涉及的几何构形。

表1

一组A-ESIM发射示例  
(参考相关《无线电规则》附录4数据字段)

发射序号	C7a 发射标识	$BW_{emission}$ (MHz)	C8c3 最小功率密度 (dB(W/Hz))	C8a2/C8b2 最大功率密度 (dB(W/Hz))
1	6M00G7W--	6.0	-69.7	-66.0
2	6M00G7W--	6.0	-64.7	-61.0
3	6M00G7W--	6.0	-59.7	-56.0

表2

更多示例假设

编号	参数	标记符号	数值	单位
1	频率指配	$f$	29.5	GHz
2	pfd掩模的参考带宽	$BW_{Ref}$	1.0或14.0，取决于审查的高度	MHz
3	GSO卫星经度	$GSO_{lon}$	13.0	度E
4	GSO业务区纬度界限	$GSO_{srVLat}$	(23.55, 63.55)	度N
5	GSO业务区经度界限	$GSO_{srVLon}$	(-9.72, 30.28)	度E
6	A-ESIM天线峰值增益	$G_{max}$	37.5	dBi
7	A-ESIM天线增益方向图	-	根据ITU-R S.580建议书 (见C.10.d.5.a)	

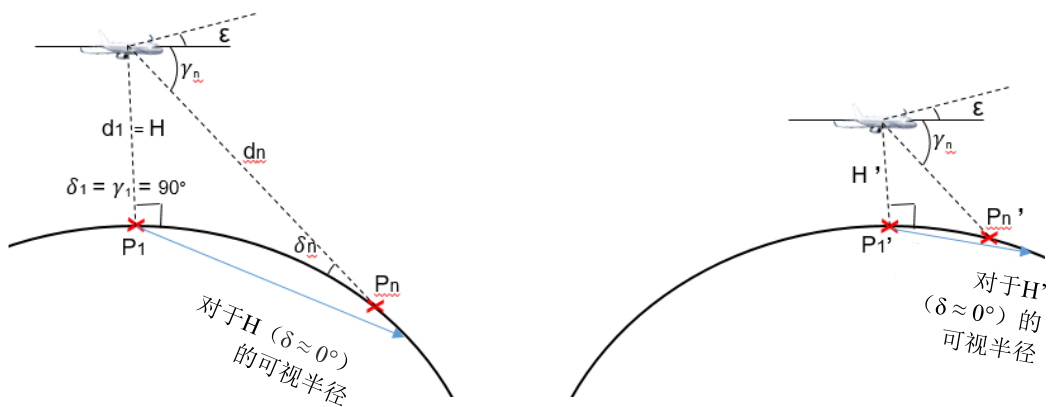
表3  
方法中定义的更多假设

编号	参数	标记符号	数值	单位
8	A-ESIM与GSO卫星的最小仰角	$\varepsilon$	10	度
9	大气衰减	$L_{atm}$	依据ITU-R P.676建议书进行计算 (见下面注释)	dB
10	入射波到达地球表面的角度	$\delta$	由预先确定的PFD限值集来指定, 范围从0°到90°	度
11	最小审查高度	$H_{min}$	0.01	km
12	最大审查高度	$H_{max}$	15.0	km
13	审查高度的间隔 <sup>1</sup>	$H_{step}$	1.0	km
14	机身衰减	$L_f$	依据ITU-R报告或建议书进行计算 (见表4)	dB

注：大气衰减根据ITU-R P.676建议书以及ITU-R P.835建议书中定义的全局参考大气年平均值进行计算。

图1

对两种不同A-ESIM高度的合规性进行审查的几何构形



S.2158-01

<sup>1</sup> 根据该 $H_{step}$ 计算得到的第四个高度值 ( $H_4$ ) 调整为2.99公里, 以便于审查是否符合表5和表6中所示的两组预先定义的pfd值。

表4  
机身衰减模型

$L_{fuse}(\gamma) = 3.5 + 0.25 \cdot \gamma$	dB	对于	$0^\circ \leq \gamma \leq 10^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = -2 + 0.79 \cdot \gamma$	dB	对于	$10^\circ < \gamma \leq 34^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = 3.75 + 0.625 \cdot \gamma$	dB	对于	$34^\circ < \gamma \leq 50^\circ$
$L_{fuse}(\gamma) = 35$	dB	对于	$50^\circ < \gamma \leq 90^\circ$

注:

- 该机身衰减模型基于在14.2 GHz上所做的测量（见ITU-R M.2221报告中的图3.6-14）。
- 表5和表6来自第169号决议（WRC-19）附件3第II部分。表5和表6中所载pfd限值集的参考带宽分别为1 MHz和14 MHz。

表5  
对3千米以下高度要求符合的pfd掩模

$\text{pfd}(\delta) = -136.2$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 1 MHz)))	对于 $0^\circ \leq \delta \leq 0.01^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -132.4 + 1.9 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 1 MHz)))	对于 $0.01^\circ < \delta \leq 0.3^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -127.7 + 11 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 1 MHz)))	对于 $0.3^\circ < \delta \leq 1^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -127.7 + 18 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 1 MHz)))	对于 $1^\circ < \delta \leq 12.4^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -108$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 1 MHz)))	对于 $12.4^\circ < \delta \leq 90^\circ$

表6  
对3千米以上高度要求符合的pfd掩模

$\text{pfd}(\delta) = -124.7$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $0^\circ \leq \delta \leq 0.01^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -120.9 + 1.9 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $0.01^\circ < \delta \leq 0.3^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -116.2 + 11 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $0.3^\circ < \delta \leq 1^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -116.2 + 18 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $1^\circ < \delta \leq 2^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -117.9 + 23.7 \cdot \log \delta$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $2^\circ < \delta \leq 8^\circ$
$\text{pfd}(\delta) = -96.5$	(dB(W/(m <sup>2</sup> · 14 MHz)))	对于 $8^\circ < \delta \leq 90.0^\circ$

### 3.3 计算算法

本节包括如何实施该审查方法的分步说明。

## 开始

- i) 对于每个A-ESIM高度，有必要根据需求产生多个 $\delta_n$ 角（入射波的到达角），以便测试是否完全符合适用的一组pfd限值。 $N$ 个 $\delta_n$ 角都必须介于 $0^\circ$ 和 $90^\circ$ 之间，并且具有与预先确定的pfd限值粒度相兼容的分辨率。每个 $\delta_n$ 角都将对应于地面上的 $N$ 个点。
- ii) 对于每个高度 $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$ :
- 设置A-ESIM高度为 $H_j$ 。
  - 对于i)中产生的 $N$ 个 $\delta_n$ 角中的每一个角，使用以下公式来计算从A-ESIM视角看水平线以下的角度 $\gamma_{j,n}$ :

$$\gamma_{j,n} = \arccos \left( \frac{R_e \cdot \cos(\delta_n)}{R_e + H_j} \right) \quad (1)$$

其中， $R_e$ 是平均地球半径。

- c) 对于 $n = 1, \dots, N$ ，计算A-ESIM与地面测试点之间的距离 $D_{j,n}$ （以公里为单位）：

$$D_{j,n} = \sqrt{R_e^2 + (R_e + H_j)^2 - 2 R_e (R_e + H_j) \cos(\gamma_n - \delta_n)} \quad (2)$$

- 计算适用于上述b)中计算得到的每个角度 $\gamma_{j,n}$ 的机身损耗 $L_{f,j,n}$  (dB)，其中， $n = 1, \dots, N$ 。
  - 使用ITU-R P.676建议书中的适用章节，计算适用于上述c)中计算得到的每个距离 $D_{j,n}$ 的大气吸收 $L_{atm,j,n}$  (dB)，其中， $n = 1, \dots, N$ 。
- iii)
- 对于每个高度 $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$ 和水平线以下的每个角度 $\gamma_{j,n}$ ，使用以下算法来计算参考带宽中满足pfd限值的最大发射功率 $P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n})$ :

$$P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n}) = pfd(\delta_n) + 10 \log_{10}(4\pi(D_{j,n} \cdot 1000)^2) + L_{f,j,n} + L_{atm,j,n} - Gtx(\gamma_{j,n} + \varepsilon)$$

其中， $Gtx(\gamma_{j,n} + \varepsilon)$ 为相对于视轴离轴角度的发射天线增益，由角度 $\gamma_{j,n}$ 和 $10^\circ$ 的最小仰角 $\varepsilon$ 之和组成，如表3所定义。

- 计算上一步中计算得到的所有值的最小 $P_j$ ,

$$P_j = \text{Min} (P_{j,n}(\delta_n, \gamma_{j,n}))$$

这一步的输出结果为可由A-ESIM使用的参考带宽的最大功率，以确保其符合表5或表6中所示的pfd限值（对于高度 $H_j$ 上的所有角度 $\delta_n$ ，如适用）以及表3中所示的仰角。对所考虑的每个高度 $H_j$ 都将有一个 $P_j$ 。



步骤b)的输出结果总结在表7中。

表7  
计算得到的 $P_j$ 值

$H_j$ (高度) (公里)	$P_j$ (参考带宽中可在最小仰 角上使用的最大功率) (dB(W/BW))
0.01	待定
1.0	待定
2.0	待定
2.99	待定
4.0	待定
5.0	待定
6.0	待定
7.0	待定
8.0	待定
9.0	待定
10.0	待定
11.0	待定
12.0	待定
13.0	待定
14.0	待定
15.0	待定

- c) 对于每个高度 $H_j = H_{min}, H_{min} + H_{step}, \dots, H_{max}$ 和受审查发射组中的每个发射，计算参考带宽中发射的最小功率和最大功率：

$$P_{\min\_emission,j} = \text{Minimum Power density}(Emission, dBW/Hz) + 10 * \log_{10}(BW)$$

$$P_{\max\_emission,j} = \text{Maximum Power density}(Emission, dBW/Hz) + 10 * \log_{10}(BW)$$

BW（以Hz为单位）如下所示：

若 $BW_{Ref} = 1 \text{ MHz}$ ，则 $BW_{Ref}$

若 $BW_{Ref} = 14 \text{ MHz}$ 和 $BW_{emission} \geq BW_{Ref}$ ，则 $BW_{Ref}$

若 $BW_{Ref} = 14 \text{ MHz}$ 和 $BW_{emission} < BW_{Ref}$ ，则 $BW_{emission}$

- d) 对于受审查发射组中的每个发射，检查是否至少有一个符合下列条件的高度 $H_j$ ：

$$P_{\max\_emission,j} > P_j > P_{\min\_emission,j}$$

该检查结果如表8所示。

表8

$P_j$ 和 ( $P_{\min\_emission,j}$ ;  $P_{\max\_emission,j}$ ) 示例对比

发射序号	C7a 发射标识	BW <sub>emission</sub> MHz	C8c3 最小功率密度 dB(W/Hz)	C8a2/C8b2 最大功率密度 dB(W/Hz)	最低高度 $H_j$ (公里), 其中 $P_{\max\_emission,j} > P_j > P_{\min\_emission,j}$
1	6M00G7W--	6.0	-69.7	-66.0	待定
2	6M00G7W--	6.0	-64.7	-61.0	待定
3	6M00G7W--	6.0	-59.7	-56.0	待定

e) 基于上文iii) d)中详述的适用于受审查组所有发射的测试, 在去除未通过审查的发射后, 无线电通信局对该组的审查得出了合格的结果, 否则是不合格的 (即所有发射均未通过审查)。

iv) 该方法的输出结果应至少包括:

- 如表7所包含的那些结果参数;
- 各组的审查结果;
- 对于一些发射成功通过审查而另一些没有通过审查的情况, 产生的新组的审查结果只包括那些成功通过审查的发射。