

ITU-R F.1820建议书

为保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国的固定业务，
提供无线固定接入业务的高空平台电台
在国际边界处的功率通量密度值

(ITU-R 212/9号课题)

(2007年)

范围

为了保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国主管部门的传统固定业务电台，本建议书提供了高空平台电台（HAPS）同信道干扰的功率通量密度（pfd）值。

首字母缩拼词

UAC 城区覆盖

SAC 郊区覆盖

RAC 农村地区覆盖

ITU无线电通信全会，

考虑到

- a) 使用同温层高空平台电台（HAPS）的新技术正在得到开发；
- b) 1997年世界无线电通信大会（WRC-97）设计将47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段用于HAPS部署的同为主要业务的固定业务；
- c) ITU-R F.1500建议书含有在47.2-47.5 GHz和48.2-48.5 GHz频段计划将用于HAPS的固定业务系统的特性；
- d) 尽管部署HAPS的决定可以在国家的基础上做出，但是这种部署可能会影响到邻国主管部门，特别是对小国而言，

做出建议

1 为保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国主管部门的传统固定业务电台不受同信道干扰，根据附近1中所述方法，在47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段工作的HAPS不得在一主管部门边界以外的地表超过以下功率通量密度值，除非受影响的主管部门在通知HAPS时已经提供了明确的同意意见：

在 $0^\circ \leq \theta \leq 3^\circ$ 时，	为	-141	dB(W/(m ² · MHz))
在 $3^\circ < \theta \leq 13^\circ$ 时，	为	$-141 + 2.0(\theta - 3)$	dB(W/(m ² · MHz))
在 $13^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 时，	为	-121	dB(W/(m ² · MHz))

其中 θ 为地球水平面上方的到达角。

附件1

**为保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国的固定业务，
确定提供无线固定接入业务的高空平台电台
在国际边界处的功率通量密度值的方法**

1 引言

本附件描述为保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国主管部门的传统固定业务电台而制定的在国际边界处利用HAPS提供无线固定业务的功率通量密度（pfd）值，同时根据ITU-R F.1500建议书中的特性，描述了国际边界处HAPS的功率通量密度（pfd）值。

2 系统特性**2.1 高空平台系统**

此分析中使用的参数见ITU-R F.1500建议书及下列内容：

表1
HAPS覆盖区

覆盖区域	仰度 (度)	地面距离 (21公里处的平台) (公里)
UAC	90-30	0-36
SAC	30-15	36-76.5
RAC	15-5	76.5-203

表2
平台电台发射机参数

与下述各处的通信	发射机功率 (dBW)	天线增益 (dBi) ⁽¹⁾
UAC	1.3	30
SAC	1.3	30
RAC	3.5	38
(UAC)关口站	0	35
(SAC)关口站	9.7	38

⁽¹⁾ 最大天线增益。

2.2 天线辐射图

平台天线的天线辐射图符合ITU-R S.672建议书。

2.3 大气衰减

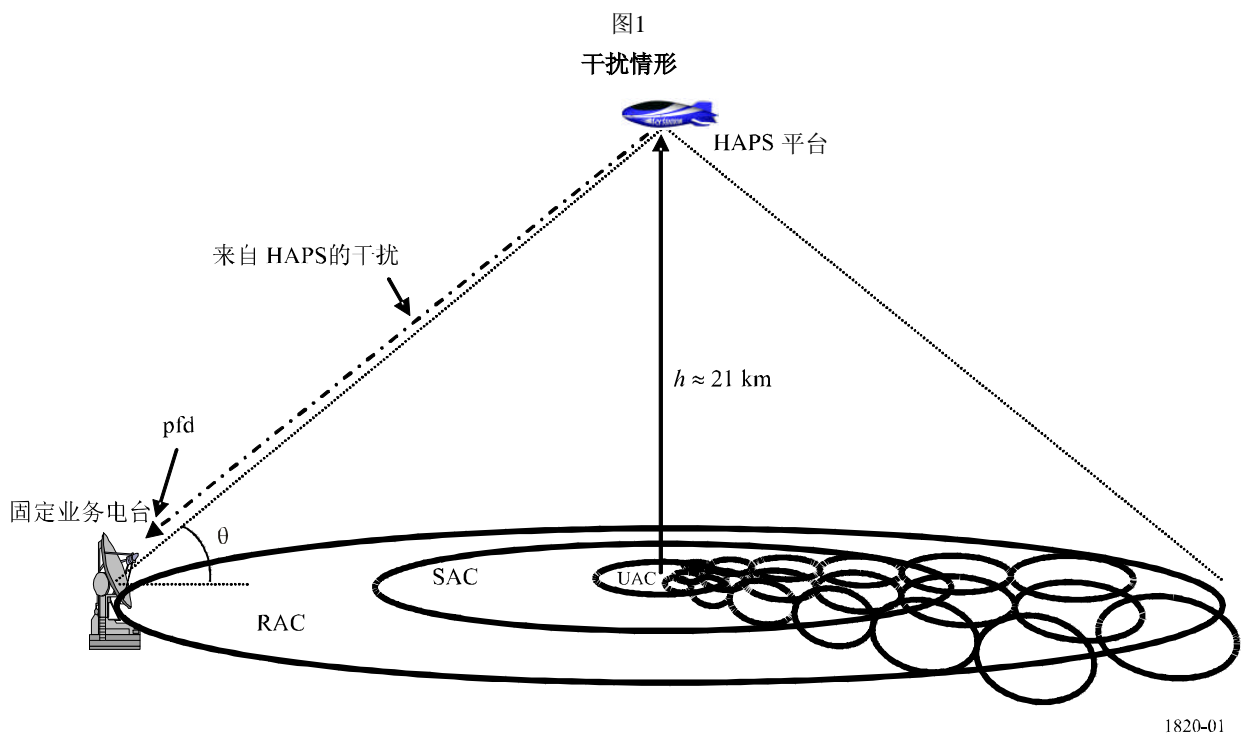
大气衰减公式出自ITU-R F.1501建议书。就干扰分析而言，只有最小衰减公式相关，因此，选择了47.2 GHz高空区域的公式来提供最差情况分析。

$$A_H(h, \theta) = 46.70/[1 + 0.6872\theta + 0.03637\theta^2 - 0.001105\theta^3 + 0.8087 \times 10^{-5}\theta^4 + h(0.2472 + 0.1819\theta) + h^2(0.04858 + 0.03221\theta)] \quad (1)$$

当 θ （度）为地面电台相对于HAPS平台的仰角， h （公里）为海平面上方地面站的高度时，公式对于 $0 \leq h \leq 3 \text{ km}$ 和 $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ 的情形有效。对于 0° 以下的实际仰角而言，应采用 0° 的衰减。

2.4 干扰情形

假设干扰情形如图1所示。在此情况下，接收HAPS发射的干扰信号的一相邻主管部门的固定业务电台位于HAPS覆盖范围内或超出其边缘。对发自HAPS所载的所有发射机的HAPS集总干扰信号都予以计算，以提供一个pfd限制。



UAC、SAC和RAC分别描述了HAPS对城区、郊区和农村地区的覆盖。

预计在地面站接收机处收到的pfd可由ITU-R SF.1481-1建议书中使用的等式(2)计算：

$$fdr = P + G_t - L_f - L_a - L_p - 10 \log B - 10 \log (4\pi d^2) - 60 \text{ dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz})) \quad (2)$$

其中：

- fdr : 为预计接收载波的pfd (dB(W/(m² · MHz)))
 P : 发射输出功率(dBW)
 B : 发射输出带宽(dBMHz)
 G_t : 发射天线增益(dBi)
 L_{tf} : 天线馈线损耗(dB)
 G_r : 接收天线增益(dBi)
 L_a : 一特定仰角的大气吸收(dB)
 L_p : 因其它传播影响造成的衰减(dB)
 λ : 波长(m)
 d : HAPS 与地面接收机之间的距离(km)。

固定业务电台的容许pfd水平可从固定业务电台的典型特性推断出来，如表3所示 (ITU-R F.758-4建议书，表27)：

表3
FS接收机参数

最大天线增益(dBi)	46
天线直径(m)	0.9
接收机噪声系数(dB)	5
调制	256 QAM
频段(GHz)	47.2-50.2
接收机IF带宽(MHz)	50
标称长期干扰(dBW)	-132
推算的干扰标准(dB(W/MHz))	-149

图3中的干扰标准主要反映了接收机温度噪声负10 dB标准，该标准确保对技术等信噪比不得高于0.4 dB。为估算pfd限值起见，应计算拥有同样天线增益的理想天线的有效孔径。将公式用于理想天线：

$$D_{\text{有效}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot 10^{0.05 G_{FS}} \quad (3)$$

其中 D 为理想天线有效孔径的直径， G_{FS} 为最大实际天线增益， λ 为发射的RF的波长。HAPS平台波束中心干扰的pfd限值可确定为：

$$\begin{aligned} PFD_{\text{限值}} &= (\text{干扰}_\text{标准}) - 10 \log \left(\frac{\pi \cdot D_{\text{有效}}^2}{4} \right) \\ &= (\text{干扰}_\text{标准}) - G_{FS} - 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) \\ &= -140.02 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} \end{aligned} \quad (4)$$

为计算HAPS平台的集总干扰水平起见，首先必须计算天线阵排列因数，以便取得公式(5)中的有效发射天线增益 G_t 。

计算天线阵排列因数时，假定HAPS天线的阵排列为半球表面的六角网络，同时考虑到，即使最小仰角为零度，天线阵排列仍不能覆盖整个半球，因此这种计算与pfd限制的上限相符合。一个更为简单的假设为，利用增益更低的SAC天线来取代所有其它RAC天线，除直接朝向受干扰的地面接收机的天线以外。这一假设增加了相邻同信道波束耦合，因为有更低增益的天线有更高的旁瓣。根据ITU-R F.1500建议书，采用了7×频段再使用计划。

图2和图3利用表3中的参数，显示了HAPS平台天线阵排列因数计算之例，但例外情况是，UAC和SAC天线增益被允许不同于以下的10 dB，表3中所列的值可以没有变化。

天线总数显然取决于单个天线的波束宽度；波束越宽数目越小。这一点在图2中有所显示。天线阵排列中的天线数目在计算中由单个天线的波束宽度确定，因为波束之间有-3 dB的波束宽度间隔，以取得最理想的统一覆盖。因此单天线增益越低，天线数目越少。

如果天线阵排列中的所有天线的增益相同，那么大约：

$$\text{天线数} \approx \frac{1 - \sin(\theta_{\text{仰角}})}{1 - \cos\left(\frac{\theta_{\text{波束宽}}}{2}\right)}$$

其中 $\theta_{\text{仰角}}$ 为天线阵排列的最小仰角， $\theta_{\text{波束宽}}$ 为单个天线的-3 dBi波束宽度。可以看到，单个天线增益越大，半波束宽度越小，因此需要更多的天线数目来提供-3 dB覆盖。如果使用的天线较少，则在-3 dBi水平以下时相邻波束将进行截取，从而造成边缘覆盖较差。图2中的数目来自于实际模拟，因此与上述公式略有不同。

在计算图3中的天线阵排列因素时，除了指向固定业务地面电台的天线的波束中心发射量外，将其它天线旁瓣的所有发射量全部相加，之后用波束中心天线的增益去除。使用了天线阵排列因素后，可以通过由天线增益替代单天线增益来计算单天线等式(5)的pfd，再乘以天线阵排列因素得出。

由于计算出的天线阵排列因素约为1.1，这意味着有效单天线增益应约为11 000，或为40.4 dBi。

更具体而言：

$$\text{天线阵排列}_\text{因数} = \frac{\sum G_n(\psi_n)}{G_0(0)} \quad (5)$$

其中， $G_0(0)$ 与直接指向固定业务电台的HAPS天线的波束中心增益相对应，而剩余的 n 覆盖了所有其它同信道天线。同信道天线的天线增益在适当角度为旁瓣增益。

图2

天线数量与单天线增益

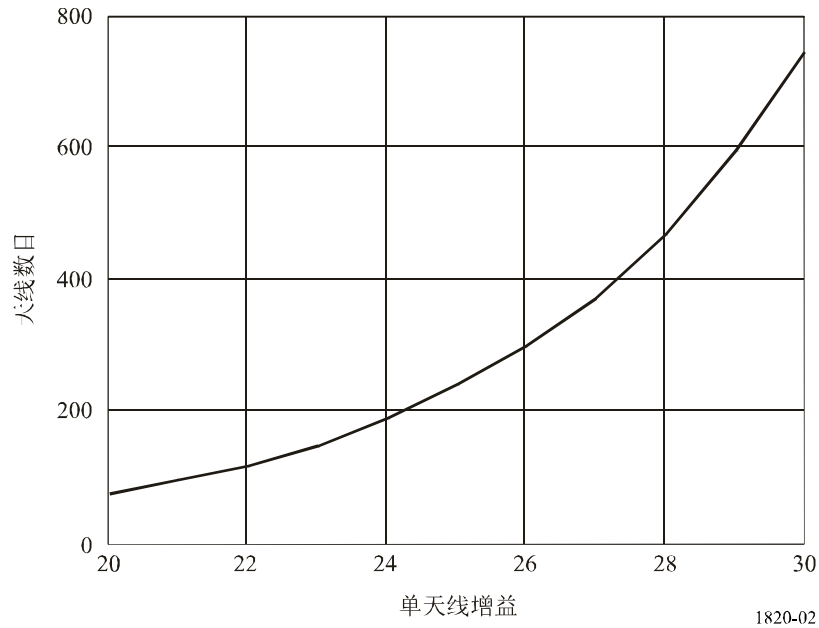


图3

天线阵排列因数与单天线增益

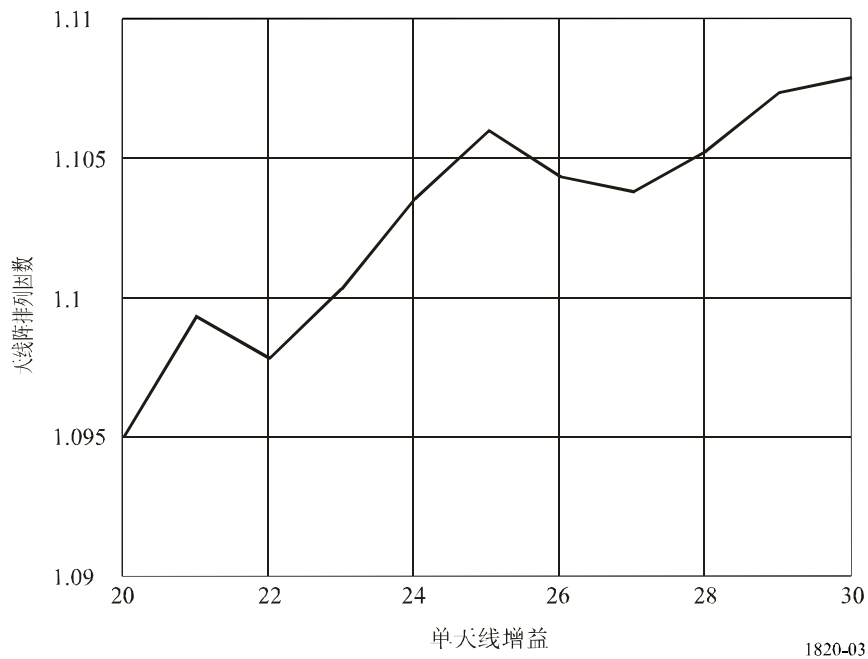
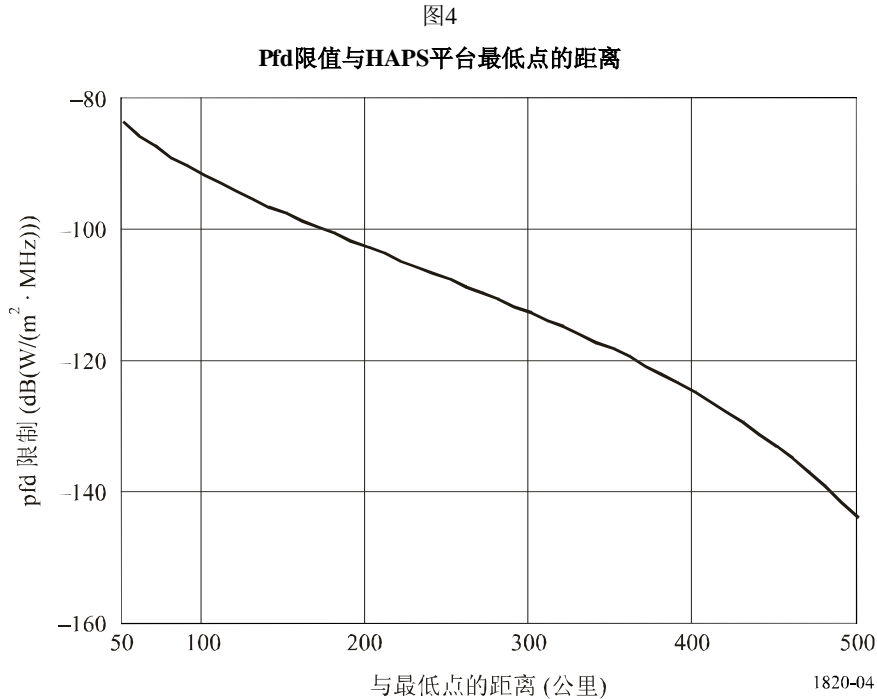


图2反映出这样一个事实，随着UAC/SAC天线增益的增加，其波束宽度减少，因此波束总数亦相应增加，平台网络能力随之提高。

在图3中，计算出的天线阵排列因素均群集在1.1周围，无论单天线增益如何。这是合理的，因为天线阵排列的7:1频率再使用安排减少了来自相邻同信道天线的同信道干扰。在等式(5)中，天线阵排列因数将发射天线增益增加了0.4 dB。

计算出的pfd限制见图4。该pfd限制主要从等式(5)得出，方法为，用1中描述的有效单天线增益取代单天线增益 G_t 。HAPS 天线与固定业务地面电台之间的距离利用适当的球面几何从最低点远距离确定。



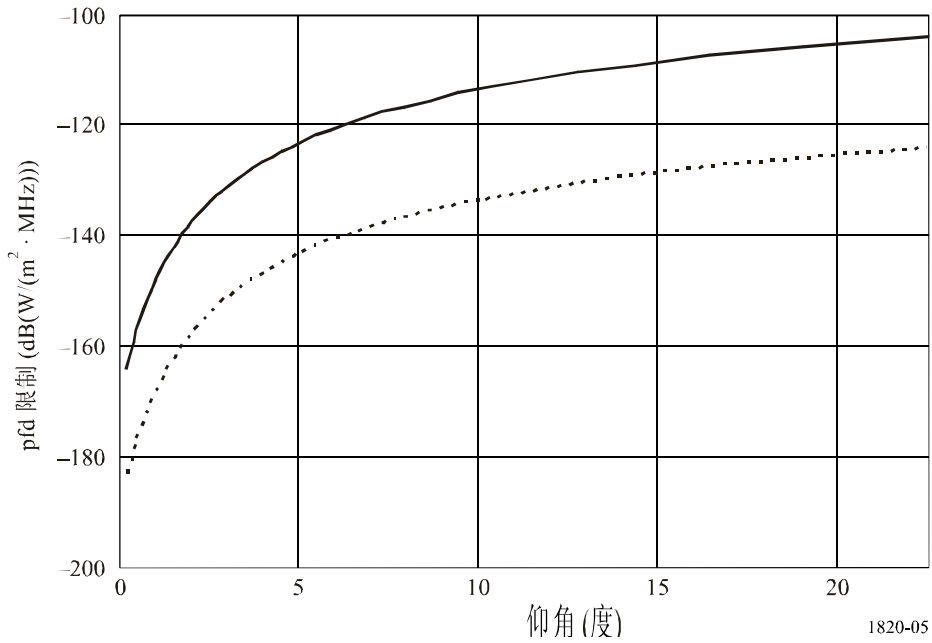
在上述计算中，假设有一个11 MHz的发射带宽和5dB的组合电缆/馈线损耗。对于距最低点 50 公里至 500 公里的距离而言，计算出的 pfd 在 $-84 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ 和 $-144.2 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ 的范围内，较大的数字与距最低点50公里的距离相对应。当HAPS RAC覆盖的最大范围大于470公里时，pfd限制就低于固定业务的pfd干扰限制。当距离大于200公里时，pfd急剧减少，表明大气衰减迅速增加。与200公里距离相对应的最低点仰角约为 5° 。上述计算的基础为以下假设，即，受到干扰的固定业务地面电台处于水平面。由于大气衰减的缘故，水平面以上的固定业务地面电台收到的干扰将更高。

计划用于RAC的HAPS包括一个20 dB的雨致衰减余量；因此可以通过在晴空条件下减少20 dB发射功率的方法来使用自动下行链路功率控制，以减少波束中心对固定业务电台的干扰，同时假设固定业务电台指向HAPS平台。通过关闭直接指向固定业务电台的RAC波束，可以减少对波束中心另10 dB的干扰水平。这仍然要求固定业务电台至HAPS平台最低点的距离大于260公里。固定业务电台亦可通过指向远离HAPS平台来减少来自该平台的干扰。如果固定业务电台天线波束宽度极小($> 1^\circ$)，这可以实现，虽然HAPS平台的平台保持往往比GSO卫星的平台保持要宽松一些，如果固定业务天线指向与HAPS的标称位置太近的话。但是，一固定业务天线通常水平地指向另一远处的固定业务天线，而HAPS平台天线的最小仰角约为 4° ，因此进行干扰的HAPS天线仰角和固定业务天线仰角之间的差本身就可至少减少25 dB的干扰信号。对固定业务天线的环境屏蔽亦可帮助进一步减少偏离波束中心的干扰。

图5中的实心曲线描述了计算出的pfd限制，这是从固定业务电台角度看到的HAPS平台的仰角的函数。虚线曲线显示减去20 dB雨致衰减余量后的相同限制。请注意，计算出的pfd限制(20 dB)对于13°以上的角度而言相对平缓，而在对3°以下的仰角会突然减少。

图5

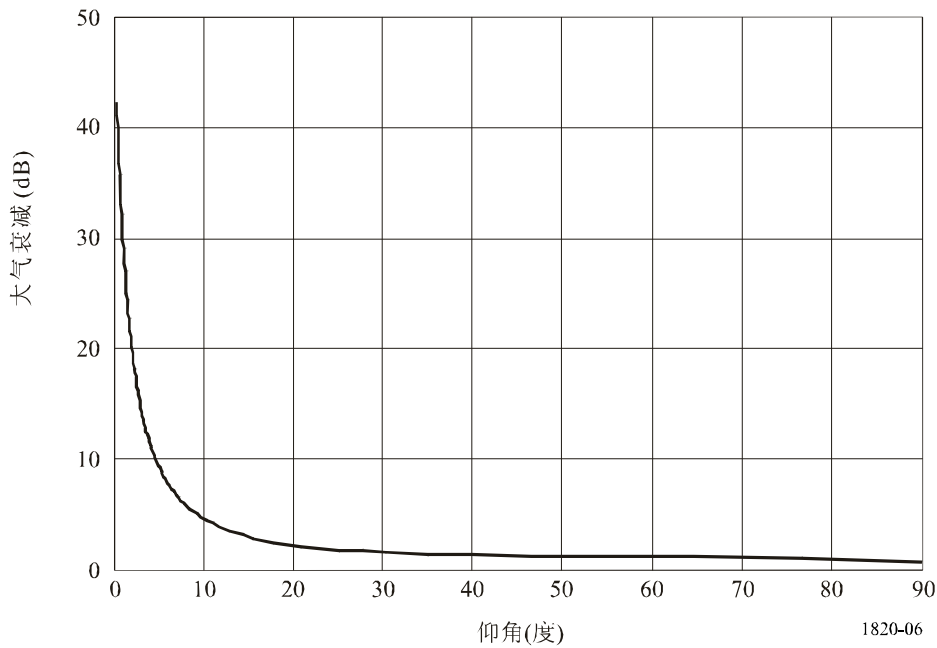
Pfd限值与仰角



1820-05

图6

大气衰减与仰角



1820-06

图6描述了因47.2-48.2 GHz频段的大气气体而造成的最低传播衰减差别，根据ITU-R F.1501建议书，这是从固定业务电台看到的HAPS平台的仰角的函数。这说明，大气衰减仍然不大（90°时为0.57 dB，22.5°时为1.9 dB或最低点处为~50公里），直至仰角降至13°以下（衰减=3.4 dB，距最低点的距离为~90公里），在此时，衰减几乎呈指数增加，在0.154°处达到42.2 dB的值（距最低点的距离约为500公里）。在3°处（距最低点的距离为~280公里），大气衰减为13.9 dB。请注意，随地面电台高度的增加，大气衰减迅速减少。在高度10公里以上时，在（距最低点）76公里至200公里处，大气衰减的差别从0.47 dB至1.22 dB不等。

3 为保护固定业务而提出的国际边界HAPS pfd限值

在此项研究的基础上，特提出建议：为保护47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段邻国主管部门的传统固定业务电台不受同信道干扰起见，在47.2-47.5 GHz和47.9-48.2 GHz频段工作的HAPS不得在一主管部门边界以外的地表超过以下功率通量密度值，除非受影响的主管部门在通知HAPS时已经提供了明确的同意意见；

在 $0^\circ \leq \theta \leq 3^\circ$ 时，	为	-141	dB(W/(m ² · MHz))
在 $3^\circ < \theta \leq 13^\circ$ 时，	为	$-141 + 2.0(\theta - 3)$	dB(W/(m ² · MHz))
在 $13^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 时，	为	-121	dB(W/(m ² · MHz))

其中 θ 为地球水平面上方的到达角。

选择到达范围角度低于3°的原理是，非常可能固定业务天线从一HAPS平台接收到的波束中心或近距离波束中心干扰有可能增加，因此需要全部保护。对于13°或以上的到达角，不太可能出现波束中心干扰，因此假设减少20 dB的固定业务天线增益就可以降低针对HAPS的pfd保护要求。