

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2015.03.019

引用格式:杨森,潘冀,曾昱祺,等. 1668 ~ 1675 MHz 卫星移动系统与无线电探空系统间的共存研究[J]. 电讯技术,2015,55(3):340-346.  
[ YANG Miao, PAN Ji, ZENG Yuqi, et al. Study on Coexistence between Mobile Satellite System and Radiosonde System in 1668 ~ 1675 MHz [J]. Telecommunication Engineering, 2015, 55(3):340-346. ]

## 1668 ~ 1675 MHz 卫星移动系统与 无线电探空系统间的共存研究\*

杨 森\*\*, 潘 冀, 曾昱祺, 李 伟

(国家无线电监测中心, 北京 100037)

**摘要:**为分析在 1668 ~ 1675 MHz 频段引入卫星移动系统的可行性, 对该频段卫星移动系统与无线电探空系统间的兼容共存问题进行了深入分析。介绍了两个无线系统的基本特征和主要参数, 讨论了两系统间潜在的干扰链路。针对卫星移动业务终端对二次测风雷达的干扰以及二次测风雷达对卫星空间电台的干扰两条主要干扰链路, 采用计算机静态建模和蒙特卡洛仿真方法, 对干扰情况进行了计算仿真。仿真结果表明, 在卫星终端密度在 50 个/km<sup>2</sup> 时, 二次测风雷达所需的保护距离为 60 ~ 80 km, 而单个二次测风雷达主瓣方向发射二次测风雷达的功率高于空间卫星国际保护标准达 60 dB。该研究结果可为我国无线电管理部门对该频段的重新规划提供支撑。

**关键词:**卫星移动系统; 无线电探空仪; 电磁兼容; L 频段; 频谱管理

**中图分类号:** TN92    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1001-893X(2015)03-0340-07

## Study on Coexistence between Mobile Satellite System and Radiosonde System in 1668 ~ 1675 MHz

YANG Miao, PAN Ji, ZENG Yuqi, LI Wei

(The State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China)

**Abstract:** In order to analyze the feasibility of introducing mobile satellite system in 1668 ~ 1675 MHz band, compatibility and coexistence analysis between mobile satellite system and radiosonde system are given in detail. The basic characters and main parameters of these two radio systems are introduced, then the potential interference paths between these two systems are discussed. For two interference paths of satellite terminals to secondary wind-finding radar and secondary wind-finding radar to satellite, simulation and calculation are carried out by adapting computer static modelling method and Monte Carlo method. Simulation results show that there must be 60 ~ 80 km protection distance to secondary wind-finding radar when satellite terminal density is 50/km<sup>2</sup> and the power from main lobe of the radar to satellite exceeds the international standard more than 60 dB. The conclusion can be used to support frequency replanning by national radio management department.

**Key words:** mobile satellite system; radiosonde system; electro magnetic compatibility; L band; spectrum management

\* 收稿日期: 2014-11-04; 修回日期: 2015-01-27    Received date: 2014-11-04; Revised date: 2015-01-27

基金项目: 国家科技重大专项(2013ZX03003016)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project( 2013ZX03003016)

\*\* 通讯作者: yangmiao@srrc.org.cn    Corresponding author: yangmiao@srrc.org.cn

## 1 引言

2003 年,世界无线电大会在 1518 ~ 1525 MHz/1668 ~ 1675 MHz 频段增加了卫星移动业务 (Mobile Satellite Service, MSS) 为主要业务的划分。由于我国在 1668 ~ 1675 MHz 频段部署了卫星气象和气象辅助业务,最终在《无线电规则》中以 5.379E 脚注的形式来进行保护,而没有进行详细的兼容共存分析。而在《中华人民共和国无线电频率划分规定》中将上述两个频段的卫星移动业务作为次要业务在中国内地地区进行了划分<sup>[1-2]</sup>。

随着世界上各国空间业务的不断发展,国际卫星频率及空间轨位资源竞争加剧,我国能确保优先地位并且适合建立全球性移动通信系统的频率少之又少,而我国还没有自建的卫星移动通信系统,在海上应用、灾难应急、野外勘探等领域,只能过度依赖国外的卫星移动通信系统。因此,研究在新划分的卫星移动业务的 L 频段引入我国自主的卫星移动通信系统十分重要<sup>[3]</sup>。

在我国内地地区的 1668 ~ 1675 MHz 频段中,除了卫星移动业务(地对空)为次要业务之外,固定业务、移动业务、卫星气象业务(空对地)、气象辅助业务、空间研究和射电天文业务均为主要业务,其中存在实际系统的主要是卫星气象和气象辅助业务。

我国依据国际卫星气象业务使用趋势,基本已将卫星气象业务移至 1683 ~ 1700 MHz 高频段中使用,而在 1683 ~ 1700 MHz 频段卫星气象与卫星移动业务的共存研究早在 2003 年世界无线电大会上就给出了不同环境下对卫星气象地球站的隔离距离<sup>[4-7]</sup>。文献[4-5]研究了卫星移动业务与射电天文业务的共存情况,在 1660 ~ 1670 MHz 频段中,卫星移动业务电台需与射电天文业务电台保持 20 ~ 58 km 的隔离距离。文献[6]对 1668.4 ~ 1675 MHz 移动业务与卫星移动业务(地对空)的共存进行了研究,对于该频段内的可搬移式无线电接力系统对地静止轨道方向的等效全向辐射功率(EIRP)不得超过 -27 dBW/4 kHz。文献[7]对 1 ~ 3 GHz 内卫星移动业务与固定业务进行过前瞻性的研究,并得出使用 L 频段通用技术可实现两种业务共存。文献[1] 9.11A 款给出了移动地球站和空间研究(无源)电台在 1668 ~ 1668.4 MHz 频段的协调程序。

虽然上述文献围绕 1668 ~ 1675 MHz 频段卫星移动业务与其他业务之间的共存进行了研究,但在该频段针对卫星移动业务与我国主要的气象辅助业

务无线电探空仪系统之间的共存,在国内外仍未见文献报道。因此,本文针对 1668 ~ 1675 MHz 频段的卫星移动业务与我国气象辅助业务的无线电探空仪系统进行共存研究,以期为我国无线电管理部门对该频段的规划提供理论支撑。

## 2 主要的无线电系统

### 2.1 无线电探空仪系统

目前,我国在 1668.4 ~ 1683 MHz 频段的气象辅助业务主要为无线电探空仪系统,该系统采用二次测风雷达(GFE(L)1型)与无线电探空仪(GTS1型)配合工作<sup>[9]</sup>。工作原理为:探空仪通过地面基值测定后由气球携带升空,雷达不断发出询问脉冲信号,随时根据探空仪的频率变化改变自身的接收和发射频率,自动跟踪探空仪。根据系统设计的不同,适于无线电探空仪接收的最大范围为 200 ~ 350 km。无线电探空仪升空速度约为 5 m/s,其轨道取决于当时的风力条件。在测量的末段时,无线电探空仪系统通信链路最差,这是因为当无线电探空仪处于距地最高点时探空仪与二次测风雷达之间的倾距最大<sup>[8]</sup>。本文共存研究采用的二次测风雷达和无线电探空仪的参数如表 1 和表 2 所示。

表 1 我国二次测风雷达参数(GFE(L)1型)

Table 1 Parameters of the secondary wind-finding radar in China(GFE(L)1)

参数	值
频率范围/MHz	1675±6
3 dB 波束宽度/(°)	≤6°
天线增益/dBi	≥26
旁瓣增益/dBi	-18
接收灵敏度/dBm	-107
峰值发射功率/kW	15
方位角/(°)	0 ~ 360
俯仰角/(°)	-6 ~ 92
调制方式	PAM
极化方式	垂直线性极化

表 2 我国无线电探空仪性能参数(GTS1型)

Table 2 Parameters of radiosonde in China(GTS1)

参数	值
调谐范围/MHz	1675±6
飞行中的频率漂移/MHz	±3
额定输出功率/dBm	≥26
天线增益/dBi	1
调制方式	PAM
占用带宽/MHz	19.4(GTS1-1)

## 2.2 卫星移动系统

目前存在的卫星移动系统主要包括国际移动卫星系统 Inmarsat、亚洲蜂窝卫星系统、Thuraya 系统等对地静止轨道(GeoStationary Orbit, GSO)卫星系统和铱星系统、全球星系统、Orbcomm 系统等非静止轨道卫星系统。中国尚无自建的商用卫星移动通信系统,现使用的都是外商建设的卫星移动通信系统,因此本文结合国际电信联盟建议书中给出的几种 L 频段典型卫星移动通信系统参数(见表 3 和表 4)进行兼容性研究<sup>[6,10]</sup>。

表 3 L 频段 GSO 卫星空间电台典型参数

Table 3 Parameters of GSO satellite space station in L band

参数	值
轨道	GSO
峰值天线增益/dBi	41
极化	圆极化
卫星接收机噪声温度/K	501
调制方式	QPSK
制式	FDMA
双工方式	FDD

表 4 L 频段卫星移动系统终端参数

Table 4 Parameters of mobile satellite terminal in L band

参数	值			
	类型 A	类型 B	类型 C	类型 D
天线峰值增益/dBi	7.5	16.5	0.0	3.0
极化方式	圆形极化	圆形极化	圆形极化	圆形极化
EIRP/dBW	9.0	21.0	3.5	5.0
信道带宽/kHz	100.00	200.00	31.25	31.25
天线端频率谱密度/(dBW/4 kHz)	-11.5	-11.5	-5.4	-6.9
天线端总功率/dBW	1.5	4.5	3.5	2.0

## 3 潜在干扰分析

卫星移动系统在 1668 ~ 1675 MHz 频段为地对空频段,即卫星上行链路,而无线电探空仪系统在该频段是双向通信,即二次测风雷达和无线电探空仪都要收发信息。因此,干扰链路主要集中在:卫星移动终端对二次测风雷达接收的干扰;卫星移动终端对探空气球的干扰;二次测风雷达发射对卫星的干扰;探空气球发射对卫星的干扰。由于二次测风雷

达的等效全向辐射功率要远远高于无线电探空仪的等效全向辐射功率,以及二次测风雷达接收信号的强度要低于无线电探空仪的接收信号强度,因此主要分析二次测风雷达发射对卫星的干扰和卫星移动终端对二次测风雷达接收的干扰这两个干扰链路,如图 1 所示。

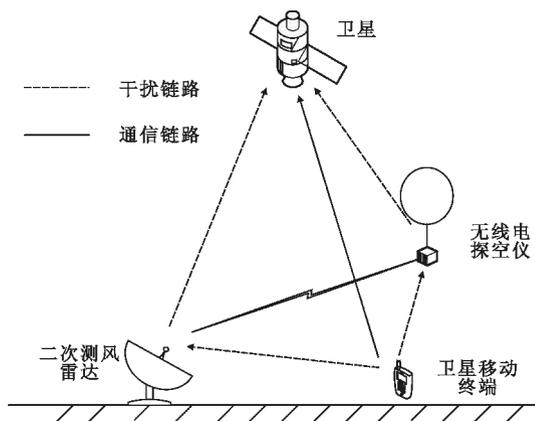


图 1 潜在干扰分析示意图

Fig. 1 Sketch map for potential interference analysis

根据 ITU-R P 系列建议书,对于雷达到卫星的干扰路径,选择自由空间传播模型进行计算;对于卫星移动终端到雷达的传播路径,选择绕射传播模型进行分析计算<sup>[11-12]</sup>。

对卫星的保护标准采用建议书 ITU-R M. 1799 中给出的“长期”共用标准,即  $\Delta T/T=6\%$  或  $I/N=-12$  dB。对气象辅助业务地面接收的保护标准采用建议书 ITU-R RS. 1263-1 《在 400.15 ~ 406 MHz 和 1668.4 ~ 1700 MHz 频段工作的气象辅助业务的干扰标准》进行计算<sup>[13]</sup>。

## 4 算法与仿真分析

### 4.1 卫星移动终端对二次测风雷达的干扰

#### 4.1.1 算法描述

单个卫星移动终端在二次测风雷达接收站处产生的干扰功率如下:

$$I = EIRP + G_r - L_p \quad (1)$$

式中,  $I$  是卫星移动终端在雷达接收处产生的干扰功率(dBm);  $EIRP$  是卫星移动终端的等效全向辐射功率(dBm),这里假定没有功率控制;  $G_r$  是雷达接收天线在卫星移动终端发射方向上的增益(dBi);  $L_p$  是卫星移动终端到雷达的路径损耗(dB)。

多个卫星移动终端对二次测风雷达的总干扰为

$$I_t = 10 \lg(\sum_i I_i) \quad (2)$$

式中,  $I_t$  是雷达接收到的总干扰功率 (dBm);  $I_i$  是第  $i$  个卫星移动终端在雷达接收站处产生的干扰功率 (mW); 需要注意的是, 这里的干扰功率需要换算成以 mW 为单位的数值。

根据以上公式, 按下述流程对保护距离进行计算:

- (1) 设定求解保护距离的初值  $d = d_{\max} - d_{\text{step}}$ ;
- (2) 依据卫星移动终端密度, 计算卫星移动终端个数, 在  $d_{\max}$  和  $d$  之间的环形区域内的卫星移动终端进行随机分布, 计算单个卫星移动终端干扰功率, 进一步计算总干扰功率;
- (3) 对步骤 2 的过程重复 1000 次, 并统计总干扰功率  $P_i$  大于门限  $I$  的概率;
- (4) 若干扰概率大于 20%, 则  $d = d - d_{\text{step}}$  即为所求的保护距离; 若干扰概率小于 20%, 则  $d = d + d_{\text{step}}$ , 接着跳转到步骤 2 执行下一次循环。

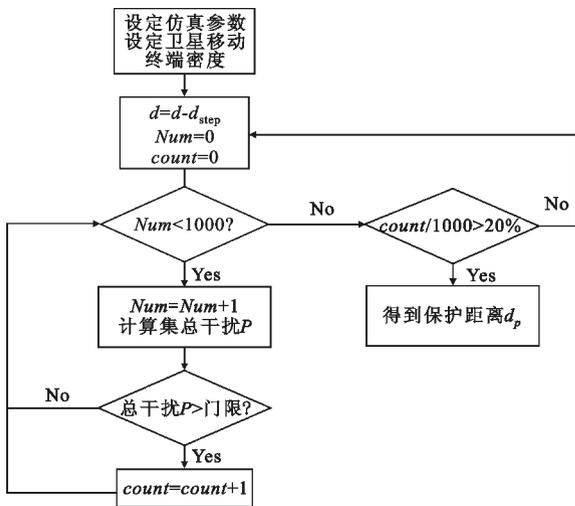


图 2 算法流程图  
Fig. 2 Flow chart of algorithm

### 4.1.2 仿真场景及结果

假设在二次测风雷达为中心的圆形区域内考虑无线电探空仪的工作范围, 设定半径为 250 km, 卫星终端在此区域内随机分布, 同时随机生成干扰链路, 如图 3 所示。采用 Monte Carlo 仿真方法, 将整个仿真过程采样为若干个时刻, 在每个时刻假定路径损耗和发射功率都保持不变, 计算所有时刻的总干扰, 用统计方法加以分析, 最终得到卫星移动终端对二次测风雷达的保护距离<sup>[14]</sup>。这里采用 ITU-R RS. 1263 中给出的长时保护准则进行计算, 即认为有 20% 的统计概率的情况下的总干扰功率小于门限 -155.2 dBW/Hz 时, 认为卫星移动终端对二次测风雷达接收站不构成有害干扰。

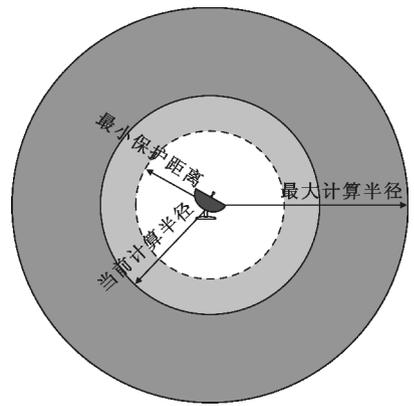


图 3 卫星移动终端对二次测风雷达干扰场景  
Fig. 3 The scene of interference from mobile satellite terminal to radar

对不同密度的卫星移动终端分布分别统计 1000 次随机分布的情况下的总干扰。根据建议书 ITU-R M. 1316, 卫星移动终端到二次测风雷达的传播模型选择 ITU-R P. 526 给出的绕射模型, 雷达天线高度为 10 m, 卫星移动终端高度为 1.5 m, 仿真结果如图 4 ~ 7 所示。

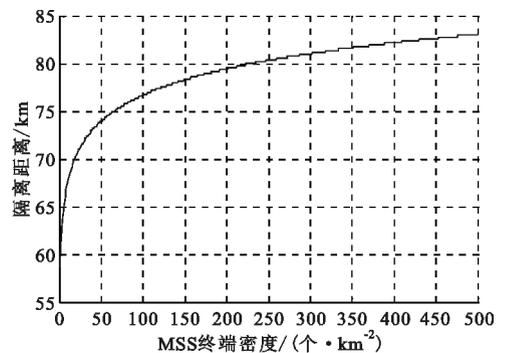


图 4 对二次测风雷达的保护距离随卫星移动终端(类型 A)密度变化曲线

Fig. 4 Curve of protection distance to secondary wind-finding radar varying with density of mobile satellite terminal (Type A)

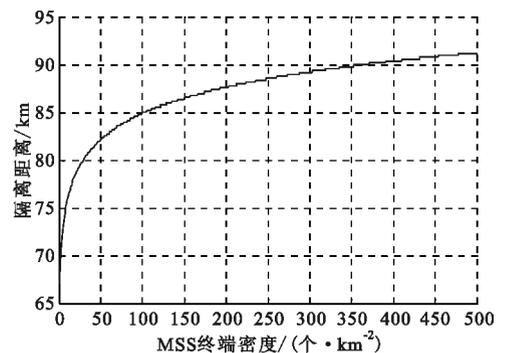


图 5 对二次测风雷达的保护距离随卫星移动终端(类型 B)密度变化曲线

Fig. 5 Curve of protection distance to secondary wind-finding radar varying with density of mobile satellite terminal (Type B)

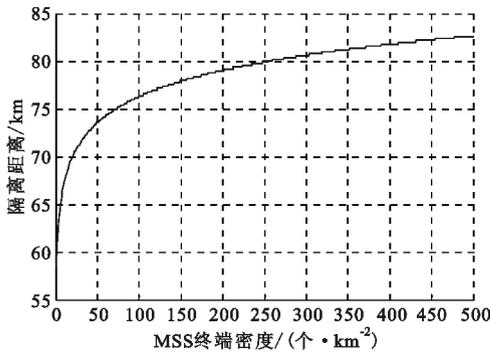


图6 对二次测风雷达的保护距离随卫星移动终端(类型C)密度变化曲线

Fig.6 Curve of protection distance to secondary wind-finding radar varying with density of mobile satellite terminal(Type C)

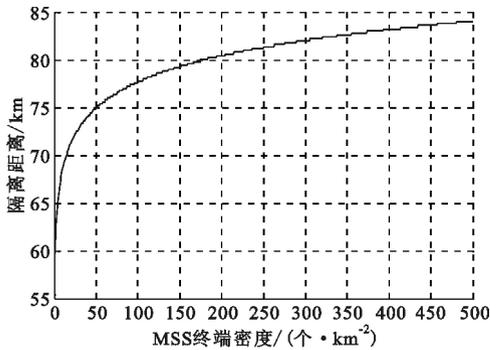


图7 对二次测风雷达的保护距离随卫星移动终端(类型D)密度变化曲线

Fig.7 Curve of protection distance to secondary wind-finding radar varying with density of mobile satellite terminal(Type D)

图4~7仿真了不同类型的卫星移动终端对二次测风雷达干扰的情况,从图中可以看出随着终端密度的增加,对二次测风雷达的保护距离逐渐增加。以B类型终端为例,按照每平方千米1个终端计算,二次测风雷达与卫星移动终端需要65 km以上的保护距离。若考虑突发事件终端密度急剧增加的情况,假设终端密度为50个/km<sup>2</sup>计算,二次测风雷达与卫星移动终端需要80 km以上的保护距离才能实现两系统的共存。目前,我国在全国范围内部署了120多个民用的二次测风雷达系统,因此很难实现两者同频的兼容共存。

## 4.2 二次测风雷达对空间卫星的干扰

### 4.2.1 算法描述

计算中采用4 kHz为基准带宽,根据 $I/N = -12$  dB的保护准则<sup>[15]</sup>,由卫星热噪声推导基准带宽内允许地面发射的最大等效全向辐射功率(dB)为

$$EIRP_0 = KTB_s + \left(\frac{I}{N}\right) - G_s + L_p + D. \quad (3)$$

式中, $K$ 为玻尔兹曼常数, $T$ 为卫星接收机噪声温

度, $B_s$ 为卫星基准带宽, $G_s$ 为卫星空间电台的天线增益, $L_p$ 为从地面到卫星空间电台的自由空间传播损耗, $D$ 为极化差异。 $L_p$ (dB)计算公式如下:

$$L_p = 32.4 + 20\lg(f) + 20\lg(d). \quad (4)$$

二次测风雷达的实际发射的 $EIRP$ (dB)为

$$EIRP_r = P_r - L_w + G_r - 10\lg\left(\frac{B_r}{B_s}\right). \quad (5)$$

式中, $P_r$ 为雷达发射功率, $L_w$ 为线损, $G_r$ 为雷达在卫星方向上的天线增益, $B_r$ 为雷达信号带宽。

计算干扰超出值(dB)为

$$E = EIRP_r - EIRP_0. \quad (6)$$

### 4.2.2 仿真场景及结果

如图8所示,假设卫星移动系统空间电台位于GSO轨道,计算单个二次测风雷达对空间卫星的干扰情况。该场景是点对点单链路,因此采用确定性计算方法,分别计算二次测风雷达天线主瓣和旁瓣正对卫星空间电台的情况下对其产生的单链路干扰。雷达发射到卫星接收的电波传播模型采用自由空间传播损耗进行计算。雷达发射参数参考表1,发射功率为15 kW,发射带宽为10.5 MHz,天线主瓣和旁瓣增益分别为26 dBi和18 dBi。卫星参数见表3,卫星接收机噪声温度为501 K,基准带宽为4 kHz, $I/N = -12$  dB,天线增益为41 dBi,极化差异为3 dB。

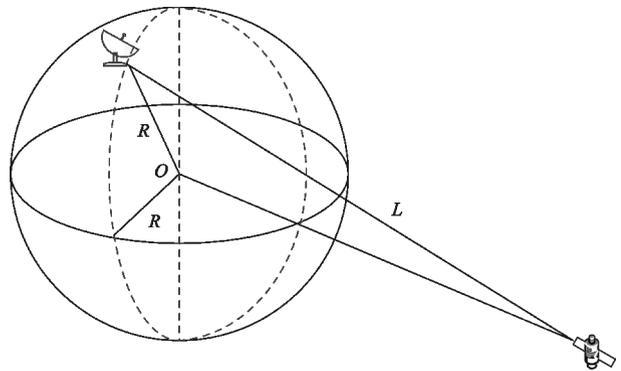


图8 二次测风雷达干扰空间卫星链路场景

Fig.8 The scene of interference from secondary wind-finding radar to space satellite

表5分别计算了雷达天线仰角为30°和40°时二次测风雷达对卫星空间电台的干扰,二次测风雷达的最大等效全向辐射功率为41.8 + 26 = 67.8 dBW。二次测风雷达与卫星移动系统在1668~1675 MHz频段共存时,雷达发射对卫星空间电台造成了干扰,天线主瓣方向正对卫星时干扰超出保护限值约60 dB,天线旁瓣方向正对卫星时干扰超出保护限值约16 dB。因此,当卫星移动系统在1668

~ 1675 MHz 频段工作时,二次测风雷达会对卫星空间电台产生较为严重的干扰。

表 5 二次测风雷达发射对卫星空间电台的干扰计算结果  
Table 5 Calculation result of interference from secondary wind-finding radar to satellite space station

参数	值			
	情况 1		情况 2	
频率/MHz	1672		1672	
雷达天线仰角/(°)	30		40	
雷达与卫星的距离/km	38 552		37 690	
自由空间损耗/dB	188.6		188.4	
基准带宽最大 I/dBW	-177.6		-177.6	
基准带宽最大 EIRP/dBW	-27.0		-27.2	
二次测风雷达	主瓣方向		旁瓣方向	
基准带宽内的 EIRP <sub>i</sub> /dBW	33.6	33.6	-10.4	-10.4
雷达天线仰角/(°)	30	40	30	40
干扰超出值 E/dB	60.6	60.8	16.6	16.8

## 5 结束语

本文针对我国 L 频段 1668 ~ 1675 MHz 气象辅助业务无线电探空仪系统和卫星移动系统进行了兼容共存分析。根据仿真结果可知,当卫星移动终端密度为 50 个/km<sup>2</sup> 时,二次测风雷达所需的保护距离达 60 ~ 80 km,而二次测风雷达对同频卫星系统干扰过大,主瓣方向超过国际保护标准达 60 dB。因此,我国现有的无线电探空仪系统与卫星移动系统在 1668 ~ 1675 MHz 频段难以实现兼容共存。需要注意的是,本文仿真研究基于系统抽象模型,只分析了链路级的仿真计算,并没有考虑到系统级和实际环境等因素。当考虑环境因素和系统级参数时,实际所需的保护距离会稍有减小。

目前,我国频率划分中明确划分给气象辅助业务系统的频率范围是 1668.4 ~ 1683 MHz 频段,而由于无线电探空仪系统存在很大的频率漂移,实际工作频率已经超出了这个范围。我国要在 1668 ~ 1675 MHz 频段引入卫星移动业务系统,可考虑将无线电探空仪系统的工作频段上移到 1675 ~ 1683 MHz,同时通过技术改进来减小频漂,并保证其带外辐射功率不超过 -27.2 dBW/4kHz,即有可能实现邻频共存。此外,采用基于“北斗”的新型气象辅助探空系统也可以从根本上解决以上问题。以上两个解决方案都值得进一步研究。

不论采用哪种方案解决共存问题,不仅要考虑到技术的可行性,还要考虑到系统升级改造成本以

及时间代价等方面的问题。本文的研究结果具有一定的参考性和实用性,可支撑我国无线电管理部门对该频段业务的再次划分。

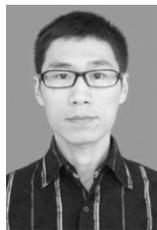
## 参考文献:

- [1] International telecommunication Union. Radio Regulations (vol. I) [M]. Geneva, Switzerland: ITU, 2012.
- [2] 工业和信息化部无线电管理局(国家无线电办公室). 中华人民共和国无线电频率划分规定(2014 版) [M]. 北京:人民邮电出版社,2013. Radio Regulation Bureau of Ministry of Industry and Information Technology. Regulations on the radio frequency allocation of People's Republic of China (2014 edition) [M]. Beijing: The People's Posts and Telecommunications Press, 2013. (in Chinese)
- [3] 程建军. 卫星频率与轨位资源的国际争夺 [J]. 卫星与网络, 2006(10): 29-34. CHENG Jianjun. international competition of Satellite frequency and orbital resources [J]. Satellite&Networks, 2006(10): 29-34. (in Chinese)
- [4] Recommendation ITU-R RA. 769-2, Protection criteria used for radio astronomical measurements [S].
- [5] Recommendation ITU-R RA. 1513-1, Levels of data loss to radio astronomy observations and percentage-of-time criteria resulting from degradation by interference for frequency bands allocated to the radio astronomy on a primary basis [S].
- [6] Recommendation ITU-R M. 1799-0, Sharing between the mobile service and the mobile-satellite service in the band 1 668.4-1 675 MHz [S].
- [7] Recommendation ITU-R M. 1142-2, sharing in the 1-3 GHz frequency range between geostationary space stations operating in the mobile satellite service and stations in the fixed service [S].
- [8] Recommendation ITU-R RS. 1165-2, Technical characteristics and performance criteria for systems in the meteorological aids service in the 403 MHz and 1680 MHz bands [S].
- [9] 黄增兴. L 波段二次测风雷达的系统设计 [J]. 现代雷达, 2000, 22(2): 11-14. HUANG Zengxing. The system design of L band secondary wind finding radar [J]. Modern Radar, 2000, 22(2): 11-14. (in Chinese)
- [10] ITU-R M. 2124-0, Interference calculations to assess sharing between the mobile-satellite service and space research (passive) service in the band 1668-1668.4 MHz [S].
- [11] Recommendation ITU-R P. 526-13, Propagation by diffraction [S].
- [12] 李伟, 杨森, 戴慧玲. 热带电波传播研究进展及核心影响因素分析 [J]. 电讯技术, 2014, 54(9): 1314-1320. LI Wei, YANG Miao, DAI Huiling. Research Progress

and Core Factor Analysis of Tropical Radio Wave Propagation [J]. Telecommunication Engineering, 2014, 54 (9):1314-1320. (in Chinese)

- [13] Recommendation ITU-R RS. 1263-1, Interference criteria for meteorological aids operated in the 400.15-406 MHz and 1668.4-1700 MHz bands[S].
- [14] 赵延安,刘艳洁,吴松伟. 40-50GHz 固定无线接入系统干扰共存分析[J]. 电讯技术,2014,54(9):1226-1230. ZHAO Yanan, LIU Yanjie, WU Songwei. Interference Co-existence Analysis of Fixed Wireless Access System [J]. Telecommunication Engineering, 2014, 54 (9): 1226-1230. (in Chinese)
- [15] Recommendation ITU-R M. 1184-2, Technical characteristics of mobile satellite systems in the frequency bands below 3 GHz for use in developing criteria for sharing between the mobile-satellite service (MSS) and other services[S].

### 作者简介:



杨淼(1984—),男,北京人,2012 年于北京理工大学信息与电子学院获博士学位,现为国家无线电监测中心工程师,主要从事无线电波传播、电磁兼容分析、无线电频谱资源管理、认知无线电技术等方面的研究工作;

YANG Miao was born in Beijing, in 1984. He received the Ph. D. degree from Beijing Institute of Technology in 2013. He is now an engineer. His research concerns radio wave propagation, electromagnetic compatibility analysis, spectrum management technique and cognitive radio technique.

Email: yangmiao@ srcc. org. cn

潘冀(1963—),女,河北廊坊人,1984 年于北京邮电学院无线电工程系获学士学位,现为国家无线电监测中心高级工程师,主要研究方向为电磁兼容分析、无线电频谱与卫星轨道资源管理、频谱工程等;

PAN Ji was born in Langfang, Hebei Province, in 1963. She received the B. S. degree from Beijing University of Posts and Telecommunications in 1984. She is now a senior engineer. Her research concerns electromagnetic compatibility analysis, radio spectrum and satellite orbit resources management, spectrum engineering.

曾昱祺(1987—),男,广东蕉岭人,2013 年于英国莱斯特大学获硕士学位,现为国家无线电监测中心助理工程师,主要从事研究于卫星频率协调、兼容共存等方面的研究工作;

ZENG Yuqi was born in Jiaoling, Guangdong Province, in 1987. He received the M. S. degree from University of Leicester, UK, in 2013. He is now an assistant engineer. His research concerns satellite frequency coordination and electromagnetic compatibility analysis.

李伟(1984—),男,湖北黄冈人,2013 年于北京邮电大学信息与通信工程学院获博士学位,现为国家无线电监测中心工程师,主要从事无线电波传播、无线电新技术、无线电频谱资源管理等方面的研究工作。

LI Wei was born in Huanggang, Hubei Province, in 1984. He received the Ph. D. degree from Beijing University of Posts and Telecommunications in 2013. He is now an engineer. His research concerns radio wave propagation, wireless channel measurement and modelling, spectrum management technique, heterogeneous wireless network technique.