

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.2013 建议书
(01/2012)

**在1 GHz附近运行的非国际民航组织
航空无线电导航系统的
技术特性和保护标准**

M系列
移动、无线电测定、业务无线电
以及相关卫星业务

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
2012年，日内瓦

© ITU 2012

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.2013 建议书

在1 GHz附近运行的非国际民航组织航空无线电导航系统的
技术特性和保护标准

(2012年)

范围

本建议书描述了在1 GHz附近运行的用于兼容性研究的非国际民用航空组织（国际民航组织，ICAO）的航空无线电导航业务（ARNS）系统。本建议书研究《无线电规则》第5.312款提及的那些国家运行的非国际民航组织ARNS系统，亦研究TACAN系统。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 战术空中导航系统（TACAN）是在960-1 215 MHz频段内运行的全国性航空无线电导航系统；
- b) TACAN系统既可用于民用航空器，也可用于公务航空器；
- c) 用于民用航空时，TACAN的功能相当于国际民航组织的标准化测距设备（DME）；
- d) TACAN系统可以在DME功能之外提供其他功能，即获得方位信息；
- e) 这种其他功能会导致它具备有别于DME的技术特性，未来兼容性研究可能会要求格外重视这些技术特性；
- f) TACAN的使用还包括船载和空对空应用，

注意到

- a) 根据第417号决议（WRC-07），必须优先考虑在960-1 164 MHz频段内运行的ARNS；
- b) ITU-R的有关研究表明，将航空移动（航线内）业务（AM(R)S）引入960-1 164 MHz频段之后，需要进行TACAN和AM(R)S两个系统之间更为深入的具体位置的兼容性研究，

建议

兼容性研究应采用各附件中的技术特性和保护标准。

附件1

战术空中导航系统

战术空中导航系统（TACAN）是一种在960-1 215 MHz频段内运行的全国性空中导航系统。TACAN系统包括一个机载询问器和一个答复询问的信标。在大多数情况下，TACAN信标是安装在地面的固定设备，但也有水上移动信标和航空移动信标。根据产生的有效全向辐射功率（e.i.r.p.）和询问器的设计，斜距可长达400海里（740千米），但在实际使用中，这个距离限于最大无线电视距（RLOS）。航空器单元向地面设备（信标）发射规则的脉冲对（“询问脉冲对”）。TACAN脉冲在半幅度点的脉冲宽度是3.5 μs 。询问脉冲对的脉冲之间的时间间隔是12 μs （X信道）或36 μs （Y信道）。地面电台接收到询问器脉冲对之后，就会测量脉冲的形状和间隔。如果这两方面的数据在可接受限值内，那么地面电台就会在一个固定延迟后做出反应，以偏离于询问频率 ± 63 MHz的频率发射一个应答，频偏取决于根据脉冲编码选择的信道。信标应答脉冲之间的时间间隔是12 μs （X信道）和30 μs （Y信道）。接收到应答之后，询问器就会计算发射询问脉冲对和接收到应答脉冲对的时间间隔里航空器到信标的瞬间斜距。

信标会接收到来自很多航空器的询问，因此会发射很多应答。每个询问器都可以创造一种独特的询问发射方式，其途径是：在一定的限值内，通过改变两次脉冲对发射之间的间隔，避免产生多个询问的同时应答。通过这种办法，每个平台都能够从所有脉冲对中识别针对自己的询问器的询问发来的应答。

除了识别的目的，TACAN信标会发射莫尔斯身份识别码。机载询问器使用独特的扫频声来验证距离读数是否来自正确的信标。除了脉冲应答之外，正确接收识别身份的扫频声也是TACAN询问器正常运行的一个重要条件。

除了测距之外，TACAN还能提供方位信息。我们通过对地面信标发射的脉冲进行调幅处理获得方位信息。这种脉幅调制（PAM）可以通过对信标天线进行机械扫描或电子扫描两种方式进行。在最大可允许调制指数（55%）的条件下，15 Hz和135 Hz天线瓣的方位方向图的变化会降低应答脉冲的信号电平，与没有进行PAM的情况相比，最高e.i.r.p.脉冲电平的降幅可达10.7 dB。为了便于询问器从PAM译解天线方向图相对于北向的方位，信标将另外发射包括指北参考脉冲群（NRPG）和精细参考脉冲群（RPG）在内的900个脉冲对。为了能获得准确的方位信息，并能够至少回答100个航空器的询问，并且应答效率达到70%，必须固定地至少发射3 600个脉冲对。

TACAN系统既可用于公务航空器，也可用于民用航空器。用于民用航空时，TACAN设备的功能相当于国际民航组织（ICAO）的标准化测距设备（DME）。TACAN的技术特性如表1.1所示。

表 1

TACAN电台的典型技术特性

用途	单位	无线电空中导航系统 (960-1 215 MHz)				
		地对空	空对地	地对空 水上	空对地 水上	空对空
无线电发射方向		地对空	空对地	地对空 水上	空对地 水上	空对空
运行的频率范围	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
工作范围 (限于无线电视距)	(Km)	≤ 600	≤ 600	≤ 600	≤ 600	≤ 740
发射的信息		距离和方位应答 信号, 识别信息	距离和方位请求信号	距离和方位应答 信号, 识别信号	距离和方位请求信号	距离和方位应答 信号, 识别信息
发射器技术特性						
电台名称		信标	询问器	信标	询问器	信标
距地面高度	(m)	3 (10 英尺)	≤18 288 (60 000 英尺)	3 (10 英尺)	≤18 288 (60 000 英尺)	≤18 288 (60 000 英尺)
信号类型		脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式
信道间隔	(MHz)	1	1	1	1	1
调制类型		脉冲波形和 脉冲对间隔	脉冲波形和 脉冲对间隔	脉冲波形和 脉冲对间隔	脉冲波形和 脉冲对间隔	脉冲波形和 脉冲对间隔
发射器功率 (脉冲式)	(dBW)	39 (最大)	33 (最大)	39 (最大)	33 (最大)	33 (最大)
脉冲宽度	(μs)	3.5 ± 0.5 (振幅的50%)	3.5 ± 0.5 (振幅的50%)	3.5 ± 0.5 (振幅的50%)	3.5 ± 0.5 (振幅的50%)	3.5 ± 0.5 (振幅的50%)
典型占空因数	(%)	2.52	0.105	2.52	0.105	0.735
天线类型		环形阵列	全向式	环形阵列	全向式	环形阵列
典型天线增益	dBi	6	0	6	0	6

表 1 (完)

用途	单位	无线电空中导航系统 (960-1 215 MHz)				
接收器技术特性						
接收电台		机载电台	机场和航线沿途 地面电台	机载电台	水上电台	机载电台
运行的频率范围	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
距地面高度	(m)	≤ 20 880 (60 000 英尺)	3 (10 英尺)	≤ 20 880 (60 000 英尺)	3 (10 英尺)	≤ 20 880 (60 000 英尺)
接收器3 dB带宽	(MHz)	2	2-4.5	2	2-4.5	2-4.5
最大/最小天线增益	(dBi)	5.4 / 0	9.1/4.1	5.4/0	9.1/4.1	5.4/0
极化方式		垂直极化	垂直极化	垂直极化	垂直极化	垂直极化
接收器灵敏度	(dBW)	-122	-122	-122	-122	-122
取决于接收功率的最 大可接受干扰电平	(dBW)	-129	-130	-129	-130	-129

注 - 表1.1给出的保护率是针对非脉冲信号的。对于脉冲式信号来说，尚需更为深入的研究。在这方面，脉冲宽度超过 50 μs的信号被认为是非脉冲信号或连续信号。

注 - 这一机载天线增益来自ITU-R M.1642-1建议书。

注 - 一些TACAN设备的测量数据表明，对于TACAN询问器接收器来说，TACAN在距离和角度测量方面的灵敏度只相差3 dB（距离测量的数字是 -90 dBm，角度测量的数字 -87 dBm）。

各国主管部门都有一个包括地面电台（信标）和机载电台（询问器）的庞大的TACAN设备安装信息库。各种TACAN设备的实际技术特性有所不同。决定干扰情况的一个重要因素是接收器选择性曲线。图1表明了5种TACAN询问器设备的接收器选择性曲线。从图中可以看出，不同类型的TACAN接收器选择性相差很大。在兼容性研究中，应该将所有类型的TACAN询问器都考虑在内，为的是保证这种航空无线电导航业务（ARNS）的应用（包括距离测定和方位测定功能）获得充分的保护。

图1.2展示的是一个典型TACAN信标的接收器选择性曲线。这一TACAN信标的选择性要逊色于TACAN询问器接收器的选择性。

图 1

机载电台（询问器）接收器射频选择性曲线

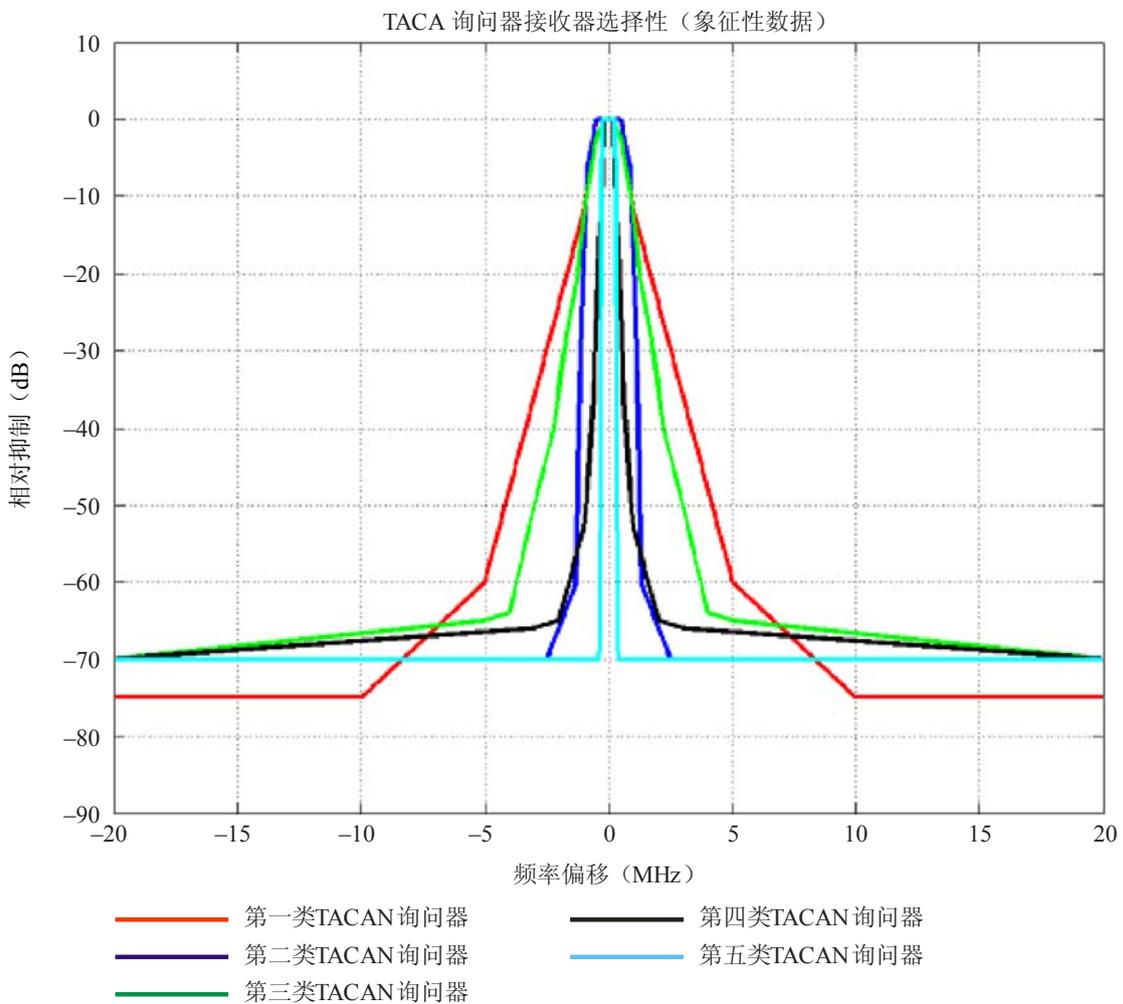
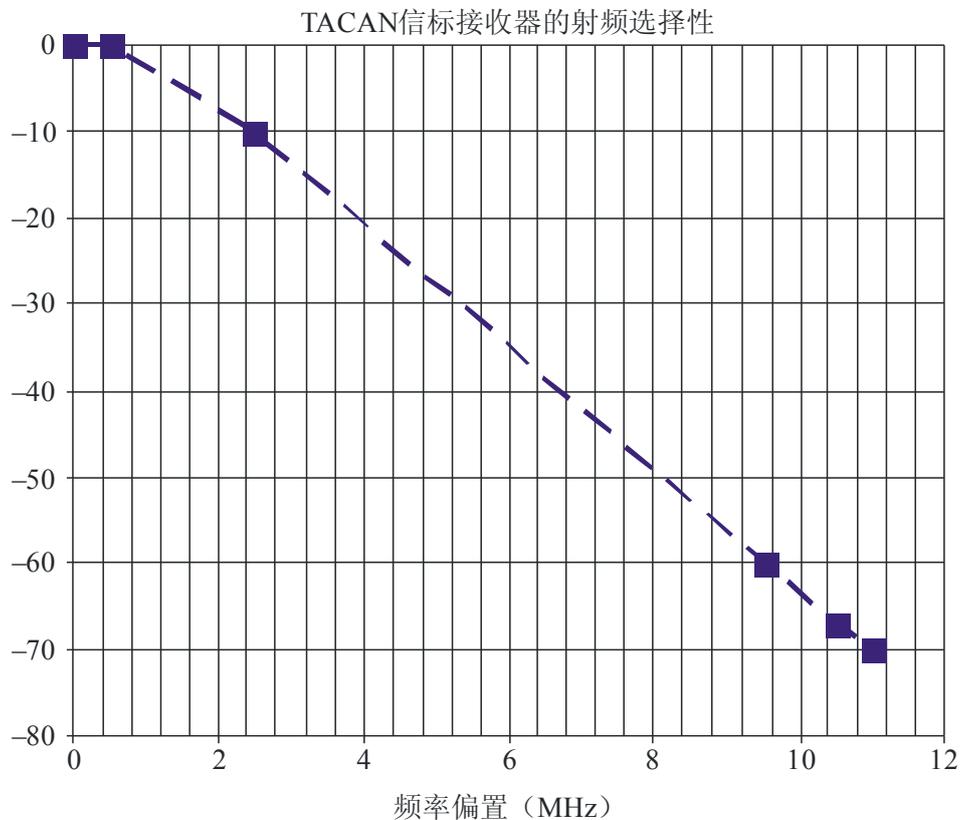


图 2

地面电台（信标）接收器的射频选择性曲线



F.5-1007-02

附件2

《无线电规则》第5.312款中提及的相关国家目前运行的 非国际民航组织航空无线电导航系统

具体而言，《无线电规则》第5.312款提到的国家运行着下列三种类型的航空无线电导航系统：

- 第一类：第一类ARNS系统指的是测向和测距系统。这类系统的目的是发现航空器的方位角和斜距，进行地区监控、航空器之间导航。这类系统由机载电台和地面电台组成。机载电台发出请求信号，该信号通过全向天线发射，ARNS地面电台也用全向模式接收信号。地面电台生成和发射由方位/距离信息组成的响应信号。这些信号由ARNS机载电台进行接收和译解。第一类ARNS电台使用960-1 164 MHz频段之外的频率发射用于请求方位角/距离的数据。ARNS地面电台在收到请求信号之后，仅用960-1 164 MHz频段发射距离数据，供ARNS机载电台接

收。因此第一类ARNS系统仅在地对空方向使用960-1 164 MHz发射信号。第一类ARNS系统的最大工作范围是400千米。据估计，《无线电规则》第5.312款提及的一些国家有望停止使用上述第一类ARNS系统。

- 第二类：第二类ARNS测向和测距系统的目的和第一类ARNS相同。第二类系统与第一类系统的主要不同之处是，机载电台发射请求信号所使用的频段与地面电台发射响应信号所使用的频段相同。另外，第二类系统中的地面ARNS电台既可以在定向模式，也可以在全向模式下运行。定向模式为ARNS电台提供的可运行信道的数量逐渐增加。第一类ARNS系统的最大工作范围是400千米。计划将划分给ARNS的整个960-1 164 MHz频段都利用起来，以增加第二类ARNS系统运行的灵活性。ARNS接收器前端的宽带调谐滤波器是第二类ARNS系统设计上的独特之处，这种设计是因为有时需要同时接收多个信道上的信号。这个滤波器的3 dB带宽是22 MHz，可以同时接收带宽重叠的30个信道中的5个信道，每个频道带宽为4.3 MHz。同时使用宽带滤波器和相关器有助于提升航空器方位数据测量的准确性和接收器前端的载噪比。《无线电规则》第5.312款中提及的有限几个国家在运行着第二类ARNS系统。
- 第三类：第三类ARNS系统用于在飞行的进场和降落阶段使用。这种系统可以在航空器进场和降落时控制航空器的航向、航程和下滑道。第三类ARNS地面电台采用定向和全向两种模式运行。第三类ARNS系统的工作范围不超过60千米。960-1 164 MHz频段用于机载电台和地面ARNS电台之间用于控制下滑道和航程的信道。《无线电规则》第5.312款中提及的有限几个国家在运行着第二类ARNS系统。

下面的表2.1简要列出了三类ARNS电台的技术说明。

因此，非国际民航组织系统的电台使用空对地和地对空链路运行，并由地面和机载接收器和发射器组成。

表 2

《无线电规则》第5.312款提及的国家运行的ARNS电台的典型技术特性

ARNS系统技术特性		第一类	第二类		第三类	
用途	单位	无线电近距导航系统	无线电近距导航系统		无线电进场和降落导航系统	
频率范围		960-1 000.5	960-1 164			
射电频谱线方向	(MHz)	“地对空”	“地对空”	“空对地”	“地对空”	“空对地”
信号传输距离		≤ 400	≤ 400	≤ 400	≤ 45	≤ 45
发射的信息	(km)	发射方位信号、距离响应信号、指示要求信号	发射方位信号、距离响应信号、指示要求信号	发射距离要求信号、指示响应信号	发射下滑道信号、航向信道和距离响应信号	发射距离请求信号
发射器技术特性						
电台名称		机场和航线沿途地面电台	机场和航线沿途地面电台	机载电台	机场地面电台	机载电台
发射类别		700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X; 4M30P1N	700KP0X; 4M30P1N
信道间隔	(MHz)	0.7	0.7	0.7	0.7	2
调制类型		脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式	脉冲式
发射器功率 (脉冲式)	(dBW)	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
占空因数	(%)	0.018; 0.066	0.064 - 0.3	0.00765	0.04; 0.025	0.009
平均输出功率 (最小/最大)	(dBW)	7.6/13.2	7.1/13.8	-8.2	-4/-6	-7.5
脉冲长度	(μs)	1.5; 5.5	1.25; 1.5; 5.5	1.5	1.7	1.7
天线类型		全向式	阵列式	全向式	阵列式	全向式
最大/最小天线增益	(dBi)	6/0	15.6	3/-10	10/0	1.5/-3
距地面高度	(m)	10	10	≤ 12 000	10	≤ 12 000

表 2 (完)

ARNS系统技术特性		第一类	第二类			第三类
用途	单位	无线电近距导航系统	无线电近距导航系统			无线电进场和降落导航系统
接收器技术特性						
接收电台		机载电台	机载电台	机场和中途地面电台	机载电台	机场地面电台
距地面高度	(m)	≤ 12 000	≤ 12 000	10	≤ 12 000	10
接收器3 dB带宽	(MHz)	1.5	22	22	7	7
接收器噪声温度K	(K)	400	1 060	550	400	400
最大/最小天线增益	(dBi)	1.5/-3	3/-10	14	1.5/-3	10/0
极化方式		水平极化	水平极化	水平极化	水平极化	水平极化
接收器灵敏度	(dBW)	-120	-118	-125	-110...-120	-113
保护率C/I	(dB)	25	17	20	25	25

注 – 表2.1给出的保护率是针对非脉冲信号的。对于脉冲式信号来说，尚需更为深入的研究。在这方面，脉冲宽度超过50 μs的信号被认为是非脉冲信号或连续信号。