



国家无线电监测中心
国家无线电频谱管理中心

无线电监测技术发展趋势

国家无线电监测中心

李景春

2017年12月

CONTENTS

01

我国无线电监测现状

02

无线电监测作用和ITU研究热点

03

面临的形势和任务

04

未来发展趋势





■ ■ ■ ■

01

我国无线电监测现状



01.我国无线电监测现状

历史回顾

“九五”
“十五”
从无到有

“十一五”
“十二五”
联网应用

“十三五”
监测覆盖



01.我国无线电监测现状

国家短波监测网

2MHz – 30MHz

ITU 测量

相关干涉仪测向

空间谱估计测向

单站定位

国际短波监测网：北京站



9个固定短波监测站



国家无线电监测中心
The State Radio Monitoring Center

01.我国无线电监测现状

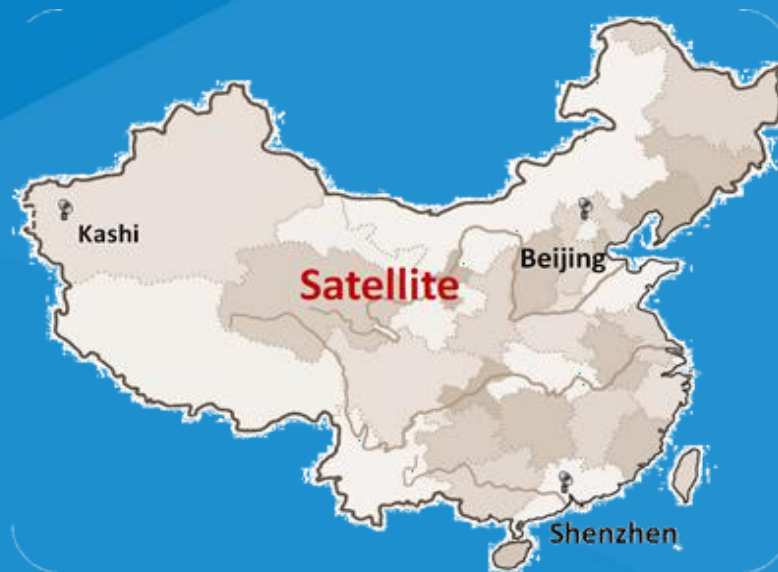
国家卫星监测网

监测：

- L/S/C/X/Ku 频段
- ITU 测量

定位：

- 44°E -180°E GSO
- C/Ku频段
- TDOA/FDOA



3个固定卫星监测站
国际卫星监测网



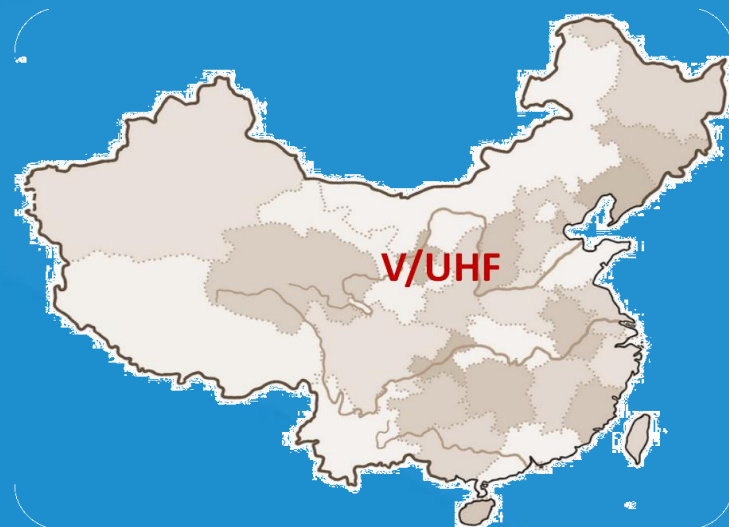
01.我国无线电监测现状

超短波监测

20– 3000/6000MHz

ITU测量

测向定位



01.我国无线电监测现状

2159

2389

90.4%

2017年11月



国家无线电监测中心
The State Radio Monitoring Center

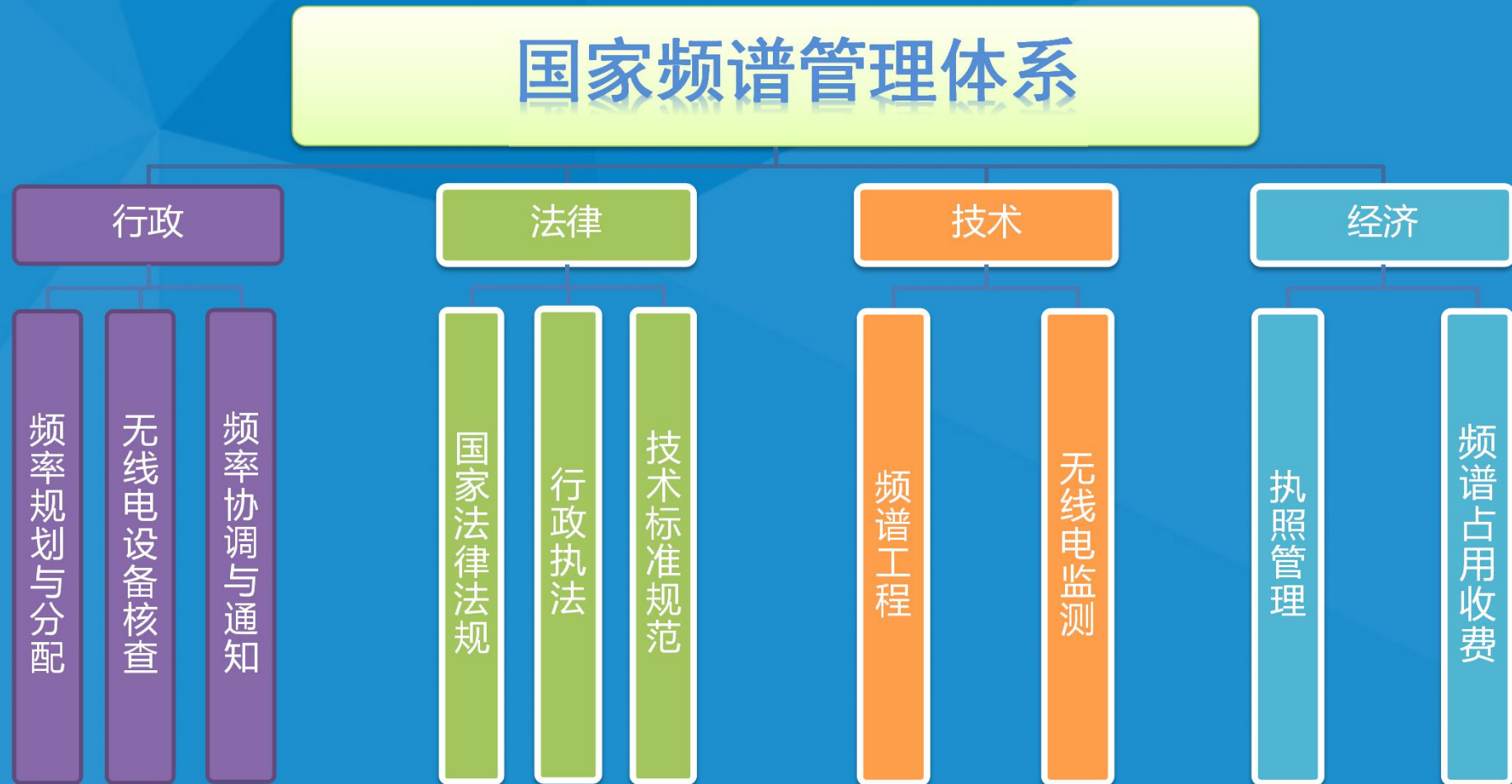


02

无线电监测作用和ITU研究热点



02.无线电监测作用和ITU研究热点



02.无线电监测作用和ITU研究热点

频谱监测在频谱管理过程中扮演着耳目的作用。



02.无线电监测作用和ITU研究热点

2017年ITU会议研究热点

1. 无线电监测测向系统性能评估
2. 发展中国家频谱监测系统基本要求
3. 频谱监测演进
4. I/Q数据存储
5. 卫星监测及其新技术
6. 测量GNSS频段电磁和干扰环境
7. 数字信号识别
8. DVB-T/T2覆盖测量与评估
9. 保护406-406.1MHz卫星移动业务操作



02.无线电监测作用和ITU研究热点

1. 无线电监测测向系统性能评估

- 移动测向系统性能评估

 - 静止状态，视距传播测向

 - 移动状态，模拟实际环境测向

 - 移动状态，实际环境测向定位

- 监测系统场强测量精度测试

- TDOA系统定位精度测试

- ITU建议书

 - SM.2060 - 测量测向系统测向精度的测试程序

 - SM.2061 - 测量测向系统多径传播抗扰度的测试程序

 - SM.2096 – VHF/UHF频率范围内测向系统测向灵敏度的测试程序

 - SM.2097 – 固定测向系统测向精度的现场测试程序



02.无线电监测作用和ITU研究热点

2.发展中国家频谱监测系统基本要求

- 监测网络规划和优化
- 国际监测系统
- TDOA、TDOA/AOA等定位技术

3.频谱监测演进 (ITU-R SM.2039、ITU-R SM.2355)

- 弱信号检测
- 同频信号隔离
- 多模式定位（基于定位技术组合）
AOA、TDOA、FDOA、POA、组合定位模式
- “互联网+” 无线电监管 (ID-Aided)



02.无线电监测作用和ITU研究热点

4. I/Q数据存储

- 存储格式要求
 - 文件格式通用
 - 所用字符少
 - 存储数据有效

统一格式，提高数据通用性

- 存在问题
 - 对厂家影响较大，各方难达成一致

5. 卫星监测及其新技术

- 监测系统
 - 监测对象、频段
 - 监测站类型
 - 监测系统功能
 - 监测数据
- 监测需求
- 监测技术
 - 干扰定位技术
 - 干扰源查找方法



02.无线电监测作用和ITU研究热点

6. 测量GNSS频段电磁和干扰环境

- 评估GNSS频段信号的传播、接收电磁环境
- 存在问题
 - 干扰器位置未知
 - 干扰时间短，不易定位干扰器
 - 公众对干扰不重视

7. 数字信号识别——VSA软件

- I/Q数据记录
- 信号参数识别
 - 频率、带宽、频谱形态、信号时长、频移、调制类型、符号速率等
- 验证信号类型



02.无线电监测作用和ITU研究热点

8. DVB-T/T2覆盖测量与评估

- DVB-T覆盖测试方法
- 测试方法比较
- 对比预测覆盖与实际覆盖情况

9. 保护406-406.1MHz卫星移动业务操作

- 避免干扰
- 识别、定位干扰源
- 处置干扰
- 主管部门参与测量、定位
- BR联络当地主管部门处置





03

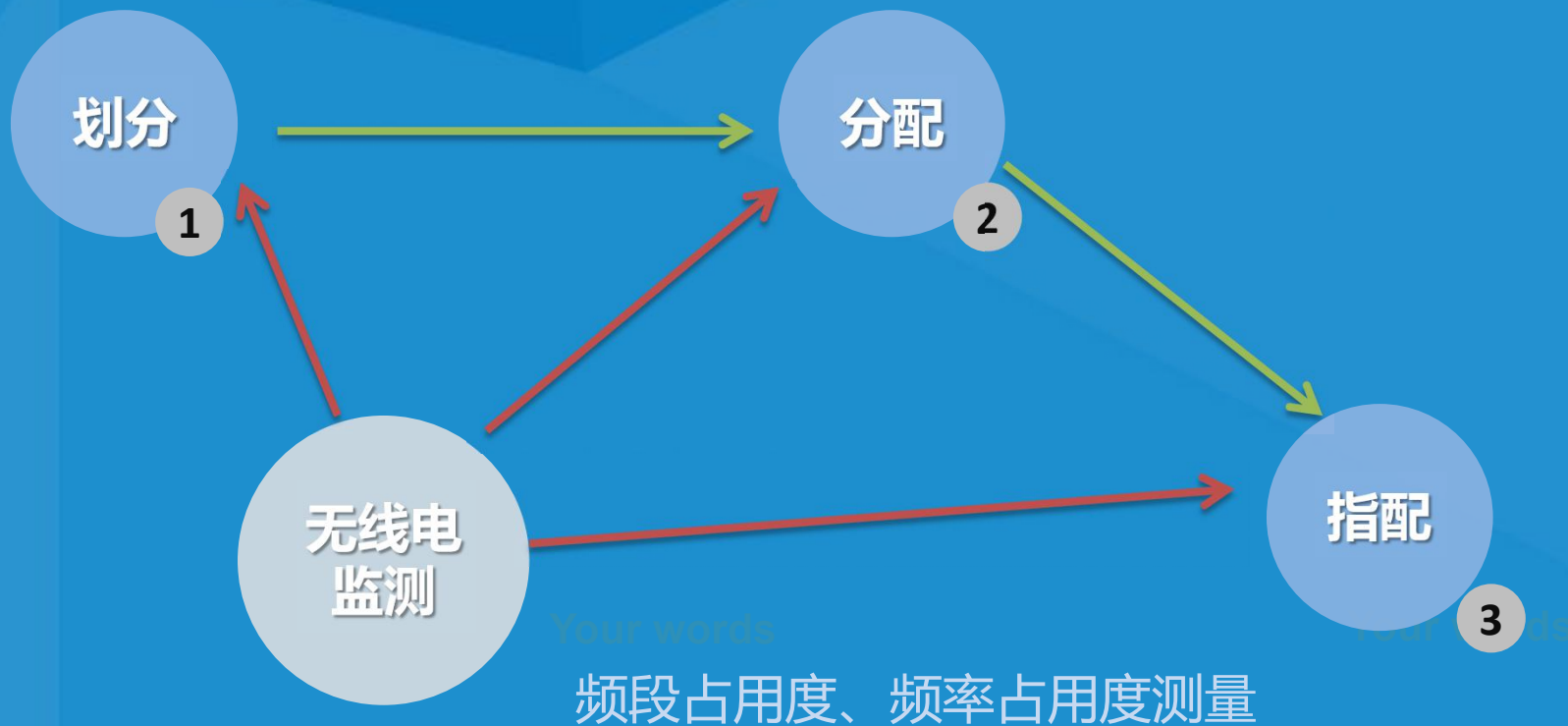
面临的形势和任务



国家无线电监测中心
The State Radio Monitoring Center

03.面临的形势和任务

1. 有限的频谱资源与用频需求矛盾日渐突出



03.面临的形势和任务

2. 无线电安全保障任务繁重

重大事件
重要活动
考试保障

发现、识别、定位、排除、管制



03.面临的形势和任务

3. 军民融合国家战略



03.面临的形势和任务

无线电监测任务

1. 协助解决电磁干扰问题，保证各种无线电业务相互兼容共存
2. 确保各类通信业务的有序进行，保证广播电视等公众业务的接收质量
3. 支撑频谱管理工作，为主管部门频谱管理工作提供有价值的监测数据

频谱使用情况(占用度、出现规律)

发射源技术特性(调制方式、带宽)

发现并识别非法干扰源(地理位置)





■ ■ ■ ■

04

未来发展趋势



04.未来发展趋势

无线电监测面临的问题

1. 监测覆盖范围不足以满足无线电管理需求
2. 系统自动化、智能化程度低，监测任务繁重
设备种类繁多，接口不统一，系统集成难度大
强调对设备的“控”，独占式使用造成效率低下
升级改造受限于原开发厂商，升级=再造，成本巨大
3. 信号深入分析手段欠缺，复杂干扰查处难度大



04.未来发展趋势

- 监测手段多样化
- 监测网络一体化
- 监测系统自动化
- 数据分析智能化
- 信号分析专业化



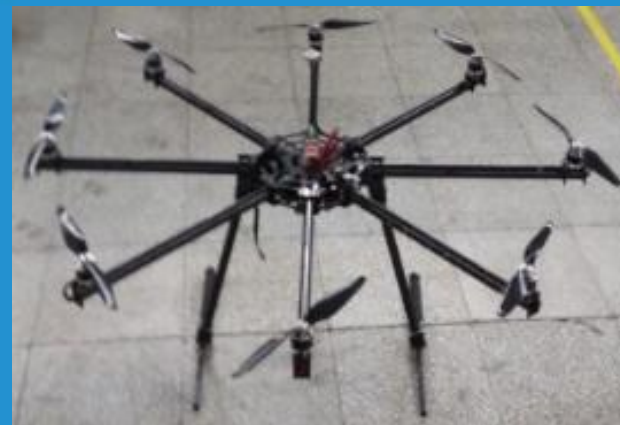
04.未来发展趋势

无线电监测手段多样化

众包监测



无人机监测



卫星监测



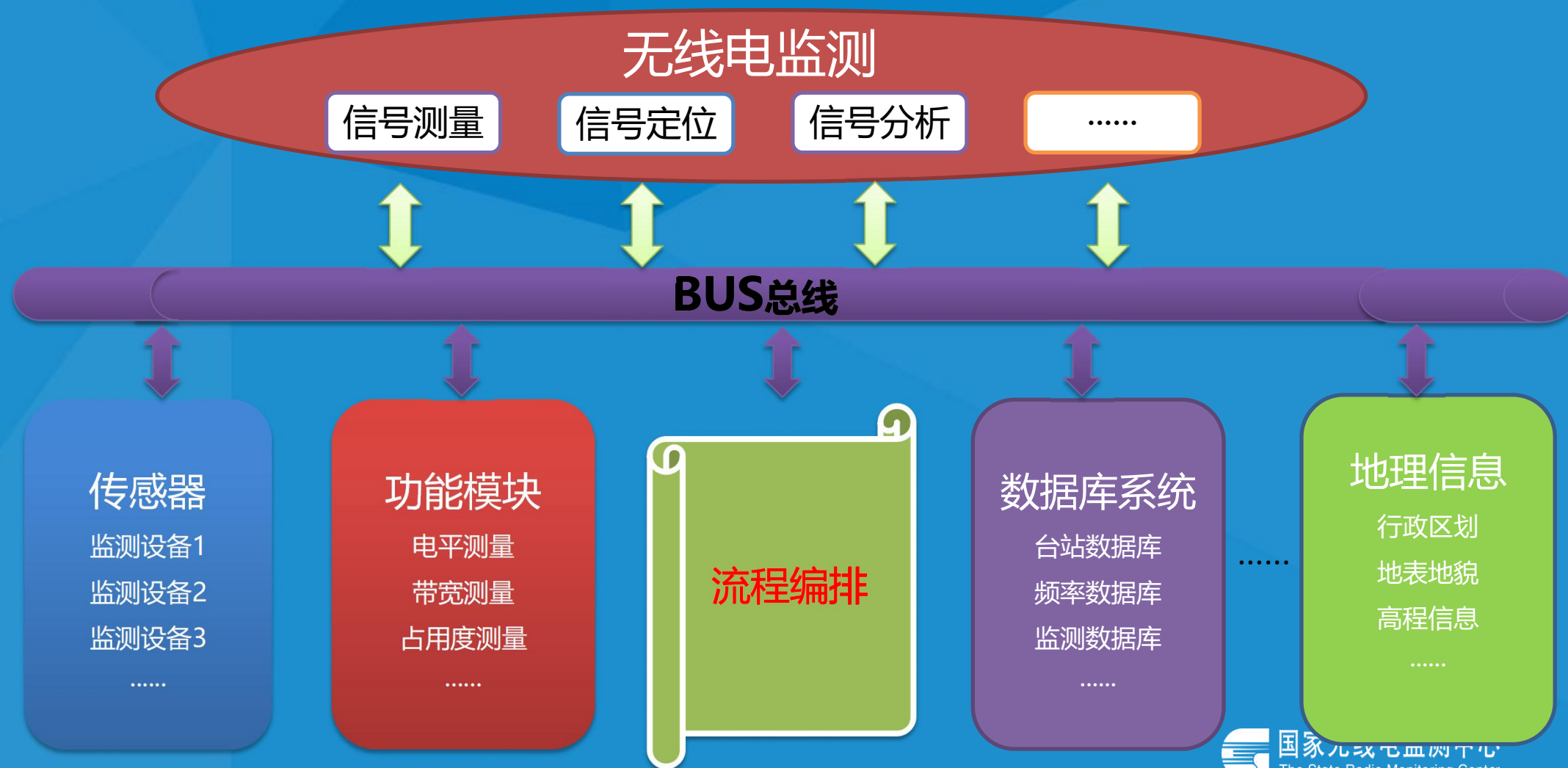
飞艇监测



国家无线电监测中心
The State Radio Monitoring Center

04.未来发展趋势

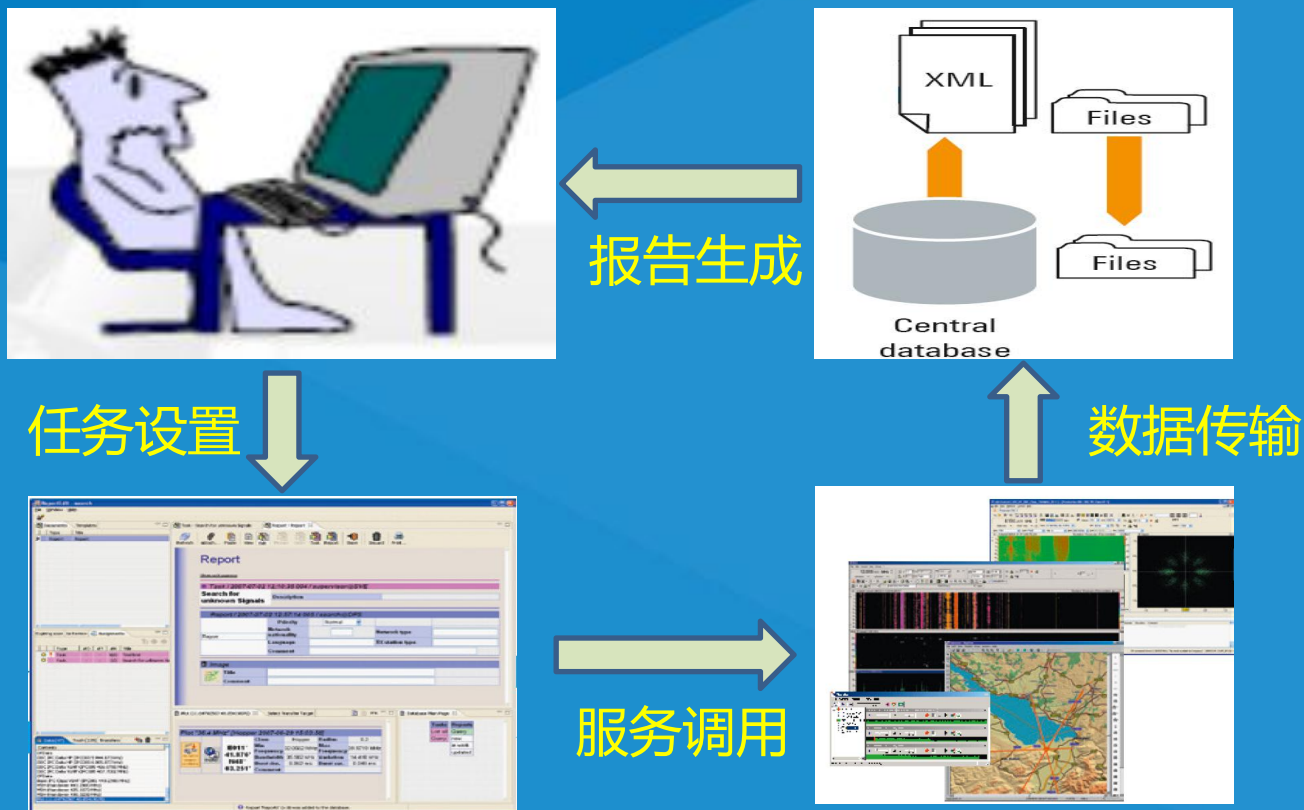
无线电监测一体化



04.未来发展趋势

- 根据业务类型，自动配置系统资源
- 识别实际需求，编排任务自动实现
- 减少重复工作，大幅提高作业效率
- 优化系统配置，充分发挥设施性能

无线电监测自动化



监测流程自动化条件：任务清楚、流程规范、条件明确

04.未来发展趋势

- 根据任务属性，对监测结果自动化整理
- 汇聚海量数据，对监测数据智能化分析
- 减轻工作强度，最大程度发挥设施效能
- 提供决策依据，挖掘频谱资源最大价值

无线电监测智能化



04.未来发展趋势

信号分析专业化

时域（示波器）

信号波形，幅度、周期、频率、上升/下降沿等，

频域（频谱分析仪）

信号的频率分布信息，频率、功率，谐波、杂波、干扰、失真、噪声、信道测试

时频域（实时频谱分析仪）

DPX、瀑布图

调制域（矢量分析仪）

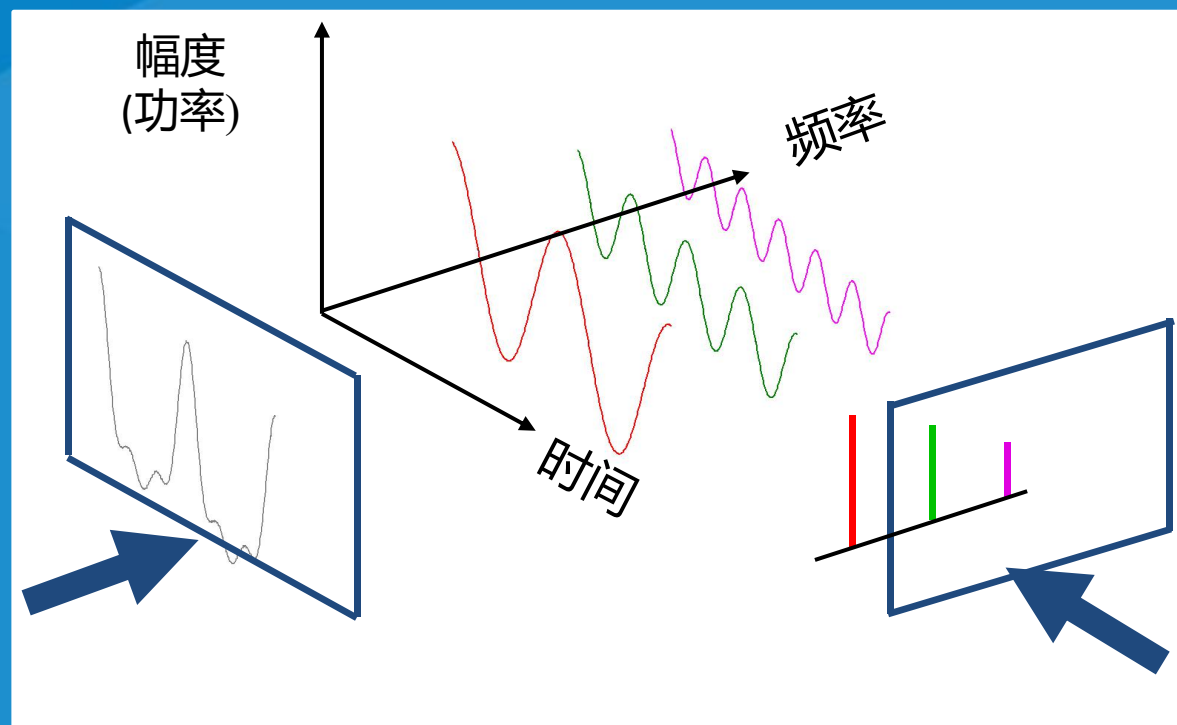
信号的矢量信息，各域瞬态特性、眼图、星座图、矢量图、各种调制质量特性



04.未来发展趋势

信号分析专业化

- 1) 时域：
空间内所有信号能量在时间轴上对应叠加后的振幅总和。
横轴为时间，纵轴为振幅。
- 2) 频域：
不同频率分量按线性分布于频率轴（横轴）上，纵轴代表信号振幅。
- 3) 时域频域关系：
互为傅立叶变换关系



04.未来发展趋势

时域分析

通过脉冲参数识别雷达

脉宽

上升沿、下降沿

脉冲重复周期

扫描周期

.....

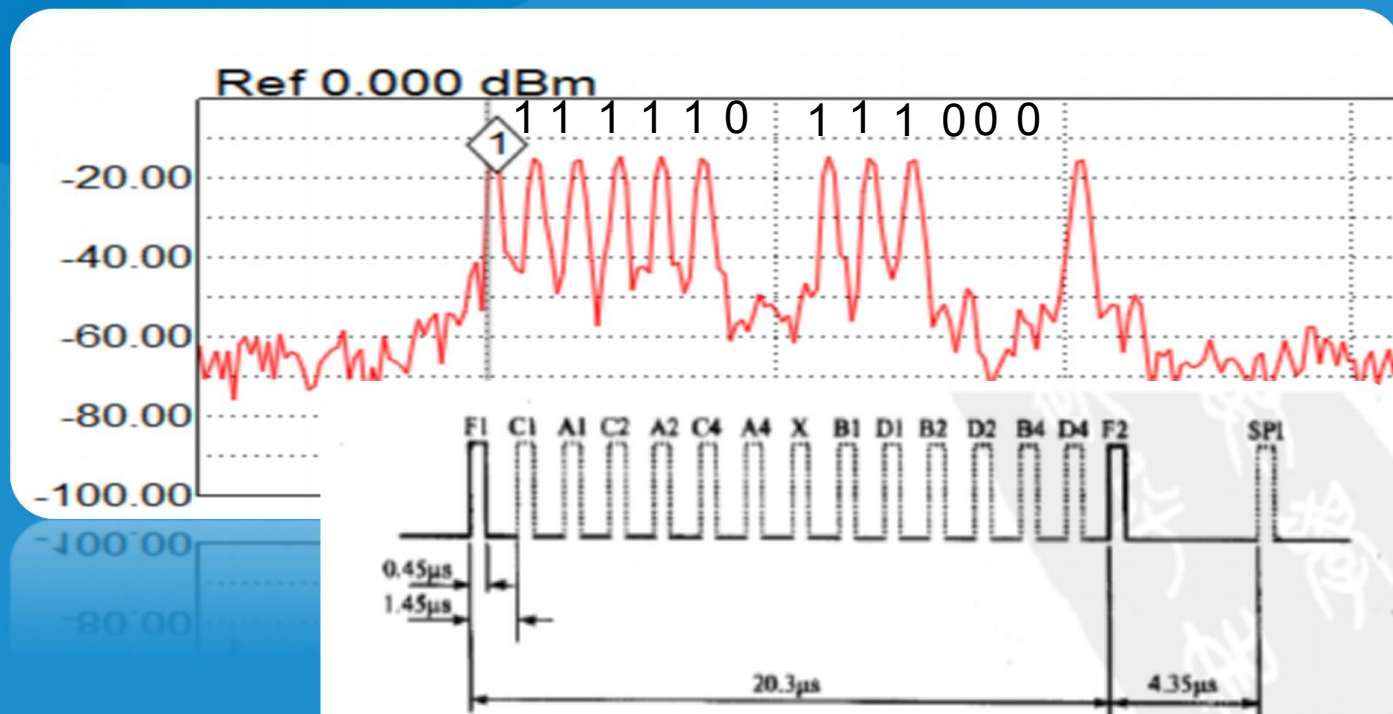
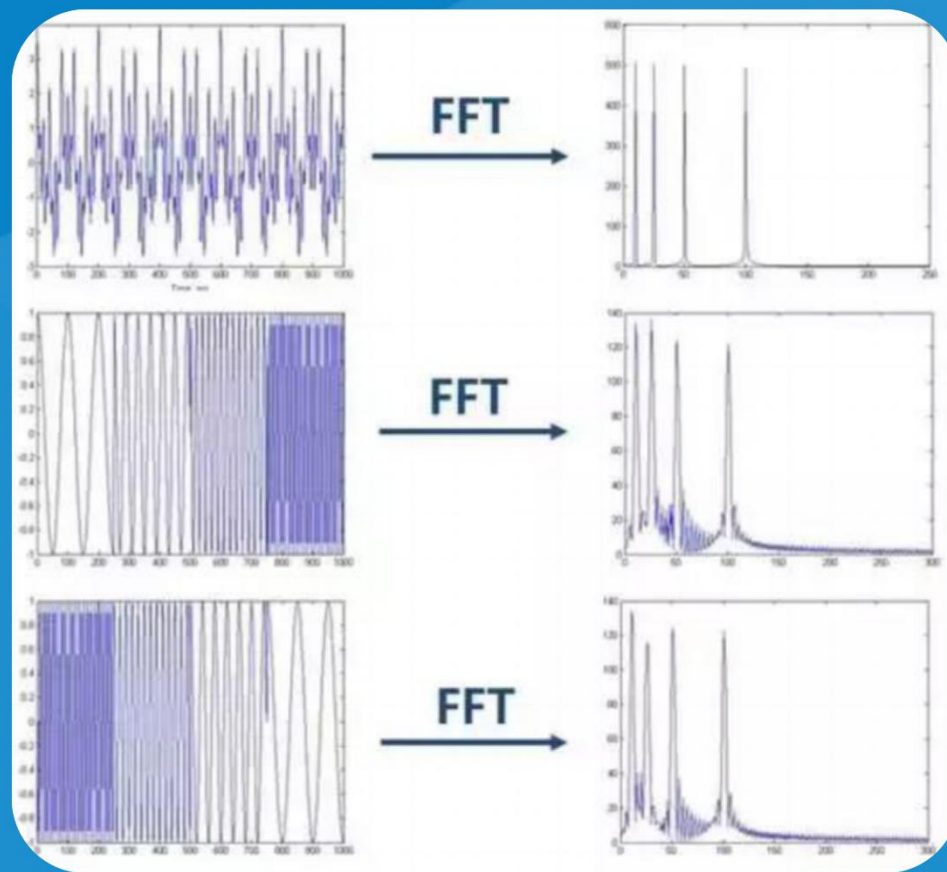


图 2.3.4 应答信号格式

04.未来发展趋势

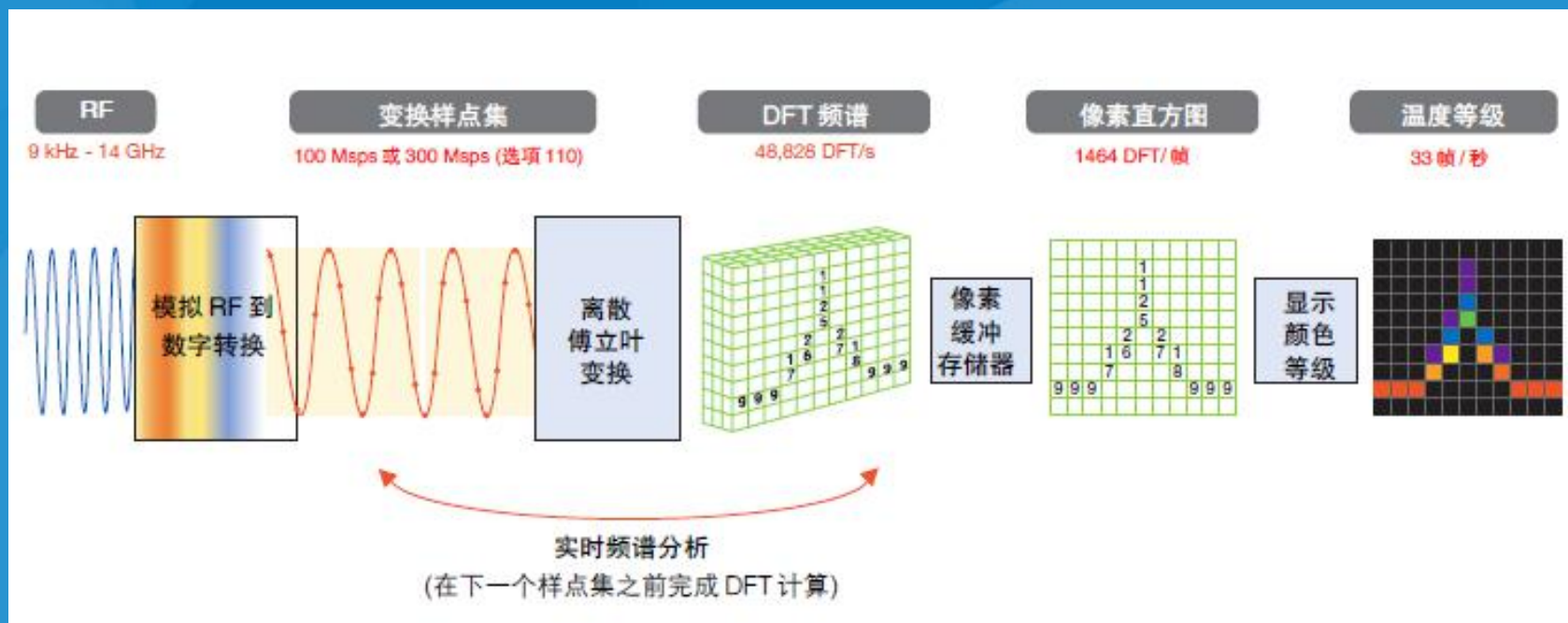
时频域分析

非平稳信号，从频谱上无法区分



04.未来发展趋势

DPX



04.未来发展趋势

DPX

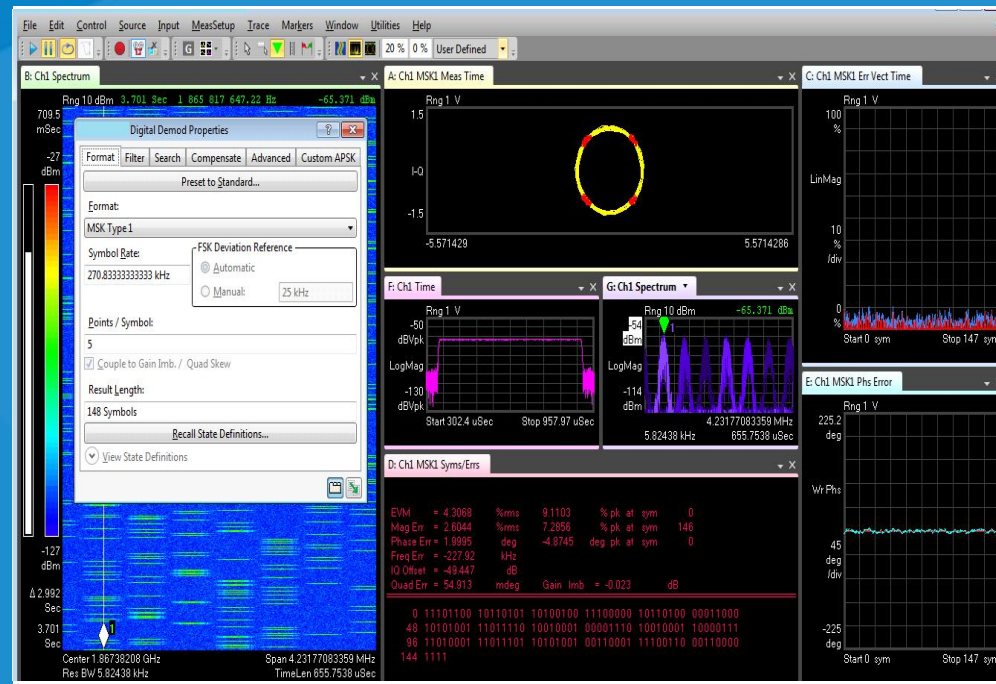


同频多个雷达信号

04.未来发展趋势

- 1) 特点
 - 提供时域、频域、调制域和码域的测量分析
 - 测量、记录和处理矢量数据，即幅度和相位信息
 - 更好的测量动态信号：时变信号、复数调制信号
 - 突发、脉冲或瞬态信号等
 - QAM调制信号等
- 2) 国际标准
 - ITU-R SM.1600建议书《数字信号识别》
 - 2012年发布

矢量信号分析 (VSA)



04.未来发展趋势

1) 信号及系统的识别

调制方式、滤波系数、符号率.....

2) 发现干扰

星座图

眼图

误差矢量幅度 (EVM)、相位误差、频率误差

幅度误差、相位误差、频率误差随时间的变化

幅度误差、相位误差随频率的变化

3) 判断信号是否正常, 区分干扰及设备故障

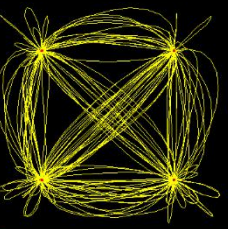
矢量信号分析在监测中的应用

EVM	= 11.817	%rms	13.608	%pk a
Mag Err	= 8.5808	%rms	-13.259	%pk a
Phase Err	= 4.6773	deg	7.1685	deg pk a
Freq Err	= -6.4627	Hz	SNR (MER)	= 18.55
IQ Offset	= -62.778	dB	Rho	= 0.986
Quad Err	= -408.27	mdeg	Gain lmb	= -0.009



有干扰 EVM = 11.8%

EVM	= 0.248	m%rms	831.90	m%pk a
Mag Err	= 95.162	m%rms	278.01	m%pk a
Phase Err	= 132.21	mdeg	-448.62	mdeg pk a
Freq Err	= -5.2786	Hz	SNR (MER)	= 52.05
IQ Offset	= -74.179	dB	Rho	= 0.999
Quad Err	= -4.8692	mdeg	Gain lmb	= 0.001



无干扰 EVM=0.248%



感谢聆听

THANKS

国家无线电监测中心