

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

SCADE在综合监视系统中的应用

刘心刚

中国航空工业集团公司雷华电子技术研究所



航空工业雷达所简介



综合监视系统介绍



SCADE在综合监视系统中的应用介绍



航空工业雷达所简介

■ 单位基本情况

1970年成立，是我国唯一的机载雷达专业研究所

中国人民解放军第六研究院（通知）

最高指示

认真搞好斗、批、修。

林副主席指示

军队要抓科研工作，要集中力量，要形成拳头。

关于迁建机载雷达研究所

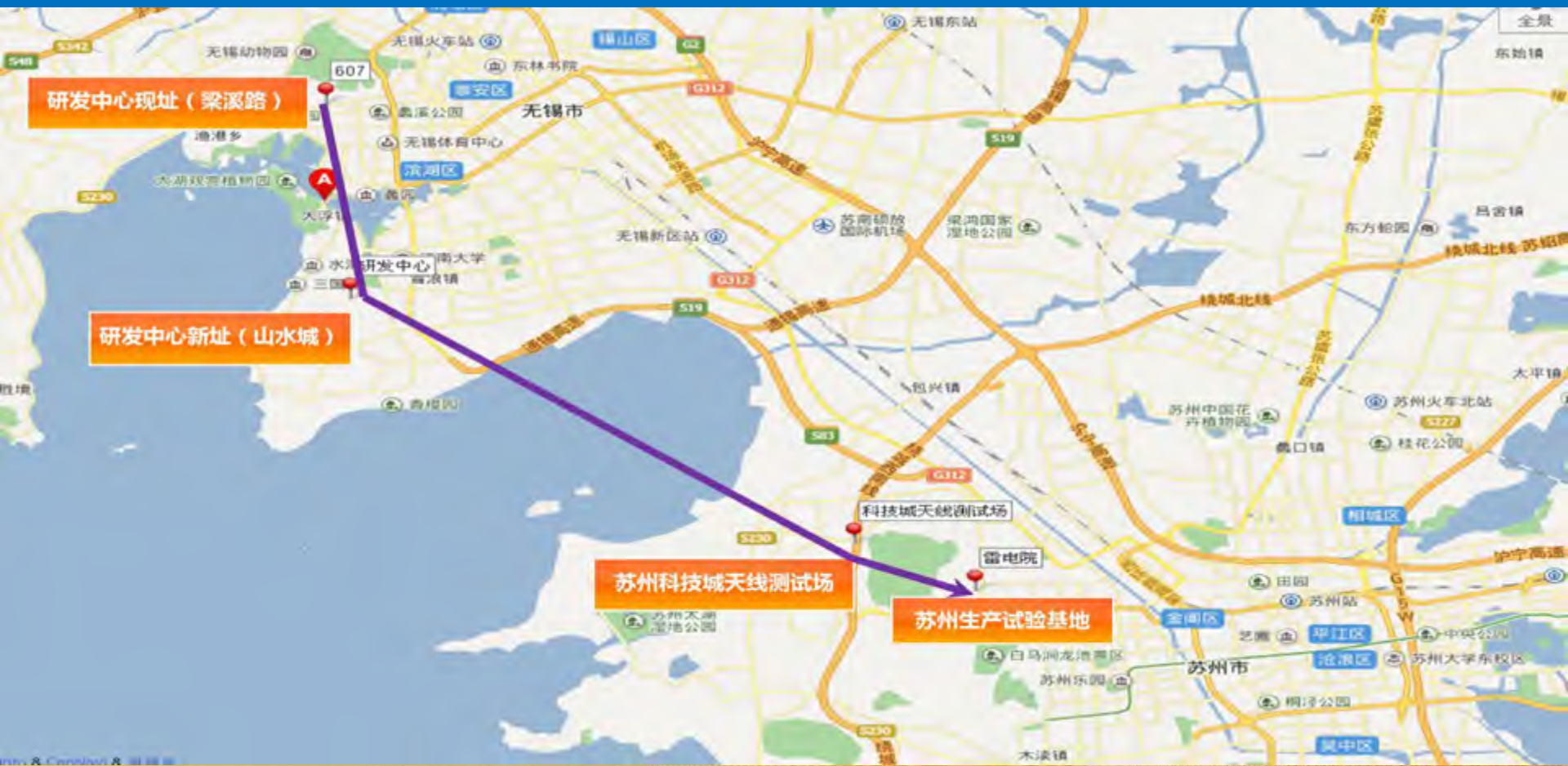
六一二所革委会、驻所工宣队，六〇七所党支部、驻所军宣队：

■ 现有员工1700余人

■ 各类专业技术人才占比
70%

■ 单位基本情况

无锡、苏州、内江三地运行的总体布局



■ 单位基本情况



无锡所区
(梁溪路、山水东路)
产品研发、集成、试验和交付



■ 单位基本情况



内江所区
部分零部件加工

■ 单位基本情况



苏州所区

- ◆ 机械加工
- ◆ 特种器件
- ◆ 初级装配



■ 单位能力情况

■ 研发能力

技术体系

系统类

- ◆ 数字阵列雷达系统
- ◆ 机载分布式相参雷达系统
- ◆ 认知雷达系统
- ◆ 电子战系统技术
- ◆ 飞行环境监视系统
- ◆ 探干侦通一体化射频系统
- ◆ 组网协同探测技术
- ◆ 高能微波杀伤与防护技术

拥有完备的机载雷达技术体系

类

- ◆ 电源专业
- ◆ 工艺专业

基础类

- ◆ 需求分析
- ◆ 系统总体论证技术
- ◆ 基础理论应用研究
- ◆ 测试技术
- ◆ “六性”技术

■ 单位能力情况

■ 研发能力

四大研发平台

- 天线微波系统
- 信号处理系统
- 宽带收发系统
- 电源研发系统

三大实验室

- 微波天线测试实验室
- 射频综合仿真实验室
- 先进机载雷达与射频综合系统实验室

博士后科研工作站

- 信息与通信系统
- 电子科学与技术



■ 单位能力情况

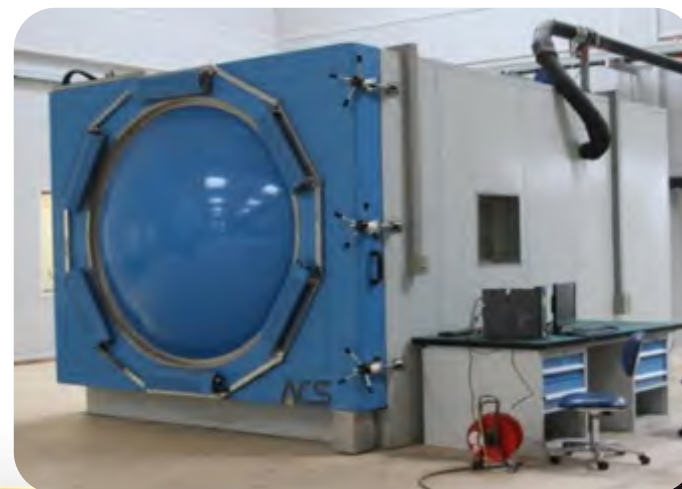
■ 研发能力

测试系统

- 机载雷达微波天线测试场（远场）
- 机载雷达微波天线测试场（近场）

环境试验系统

- 温度、振动、冲击及三综合试验系统
- 湿热、低气压试验系统
- 电磁兼容预测系统



■ 单位能力情况

■ 生产能力

- 先进完备的数控加工设备
- 先进完备焊接设备
- 先进完备的精密检测设备
- 先进的

形成了机载雷达的完整制造链

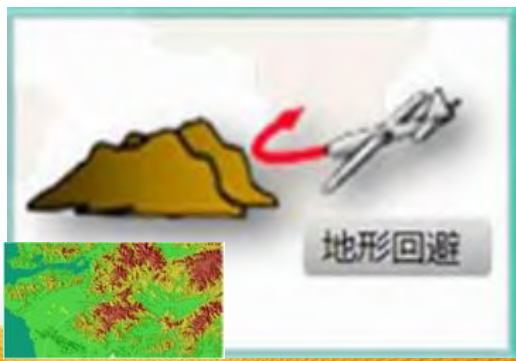
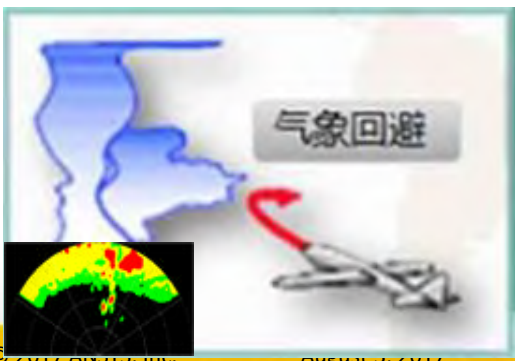
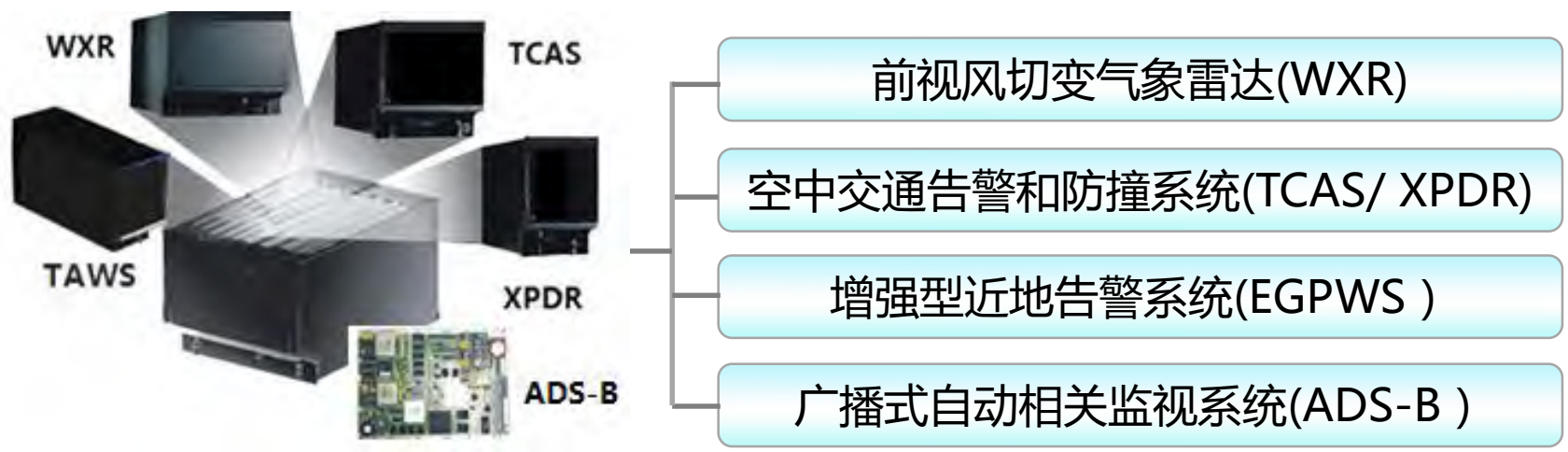




综合监视系统介绍

综合监视系统定义

综合监视系统遵循**ARINC 768**标准，采用**一体化设计**



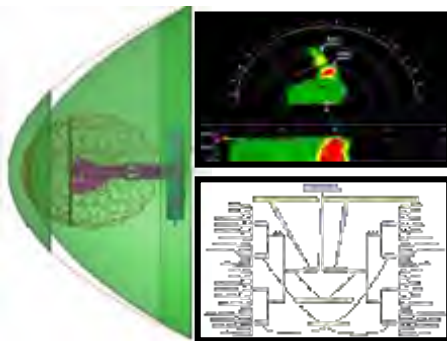
发展现状和趋势

飞行环境安全监视系统从分立式向综合化发展



综合监视系统产品和技术研究

- 综合监视系统国内唯一供应商，全程参与C919项目综合监视系统论证和设计，向商飞提供全套的综合监视系统地面仿真和激励环境

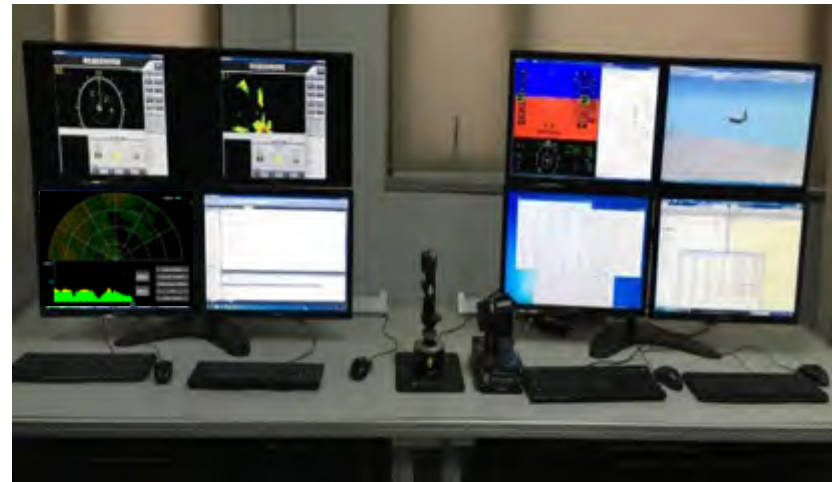
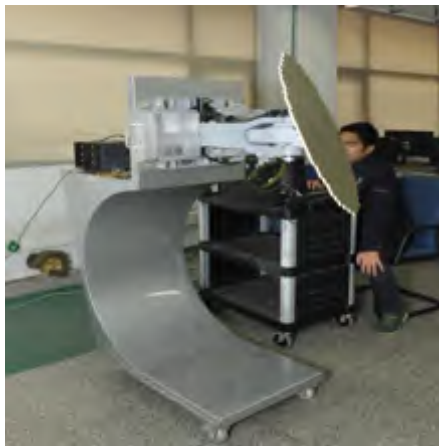


- 与Rockwell Collins国际合作，合作研制综合监视系统【FAA适航取证】



综合监视系统产品和技术研究

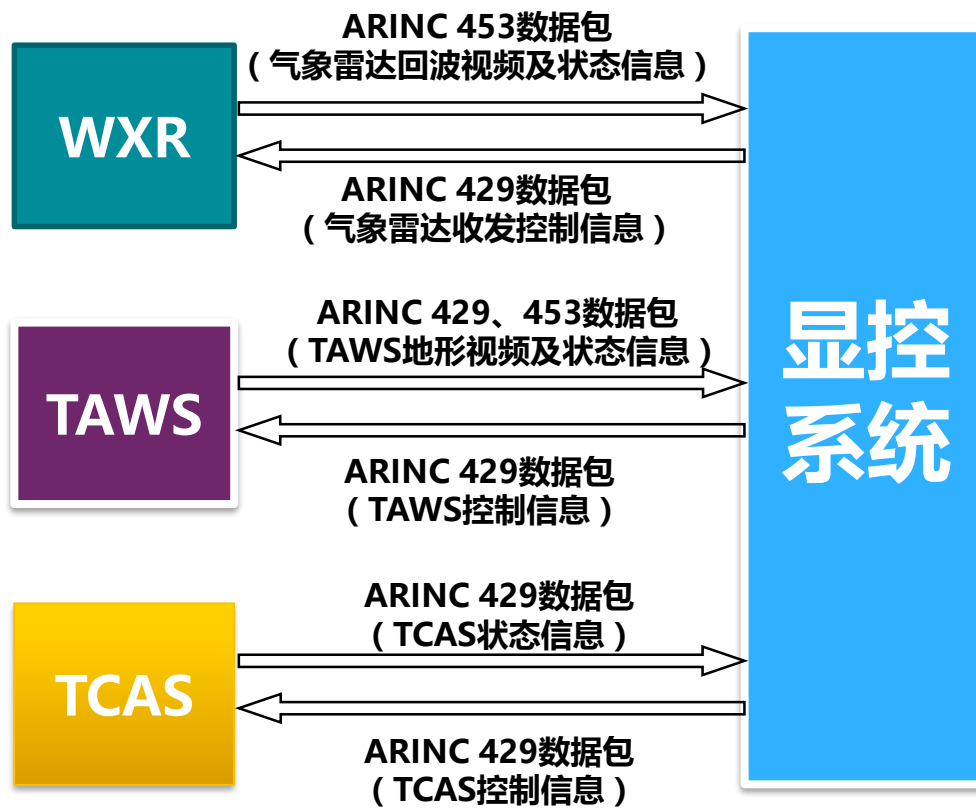
综合监视系统集成测试



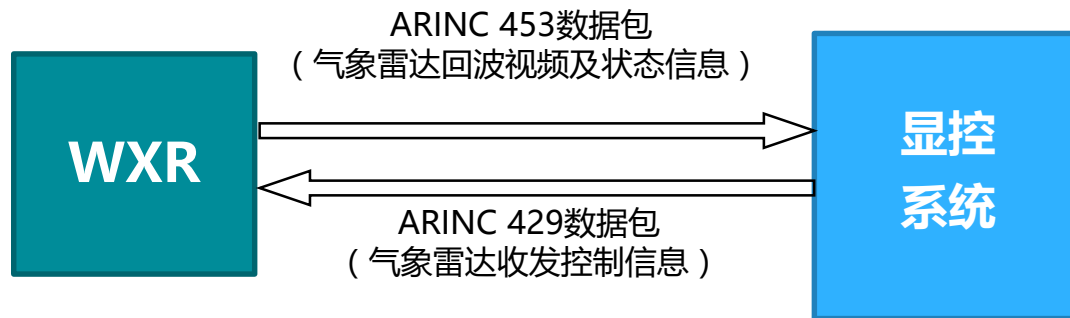


SCADE在综合监视系统（ISS）中的应用

■ 传统显示控制示意图



■ 传统ISS显示控制缺点（以WXR为例）



- 在传统ISS中，**WXR只负责处理气象数据，显示和控制功能均由显控系统实现**，两者之间通过ARINC 453和ARINC 429交换数据包，在实际实践中存在以下问题：

- 在更改ICD时需要和显控**反复沟通**，审批步骤繁琐，会**降低开发效率**，增加沟通成本，从而影响任务进度
- 故障定位工作量大，**责任划分难度高**，需要**双方人员配合排故**

■ ARINC 661主要概念介绍

- ARINC 661标准定义了CDS与UA之间的接口规范和通信协议，分离了画面显示与业务逻辑：

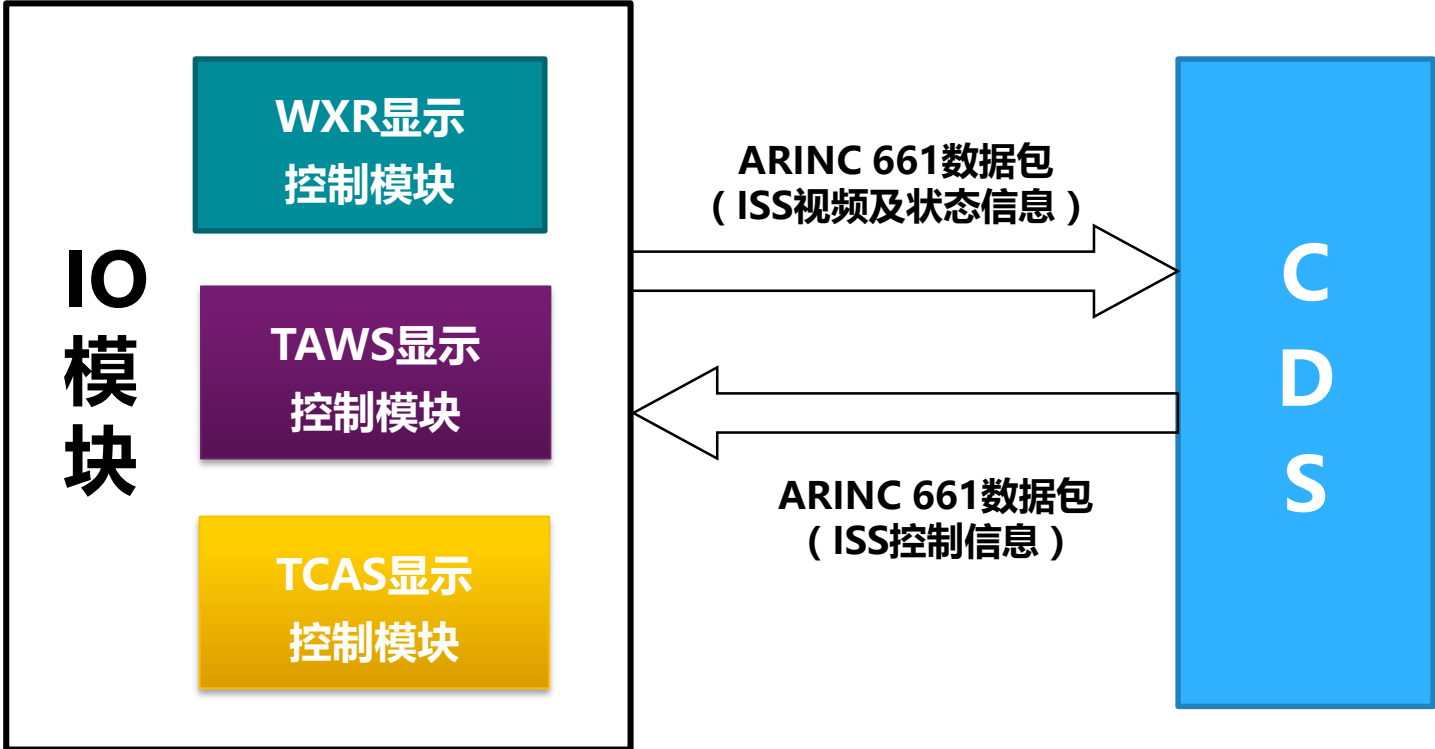
- **CDS(Cockpit Display System, 座舱显示系统)**

CDS内置ARINC 661标准widget库，负责渲染显示画面

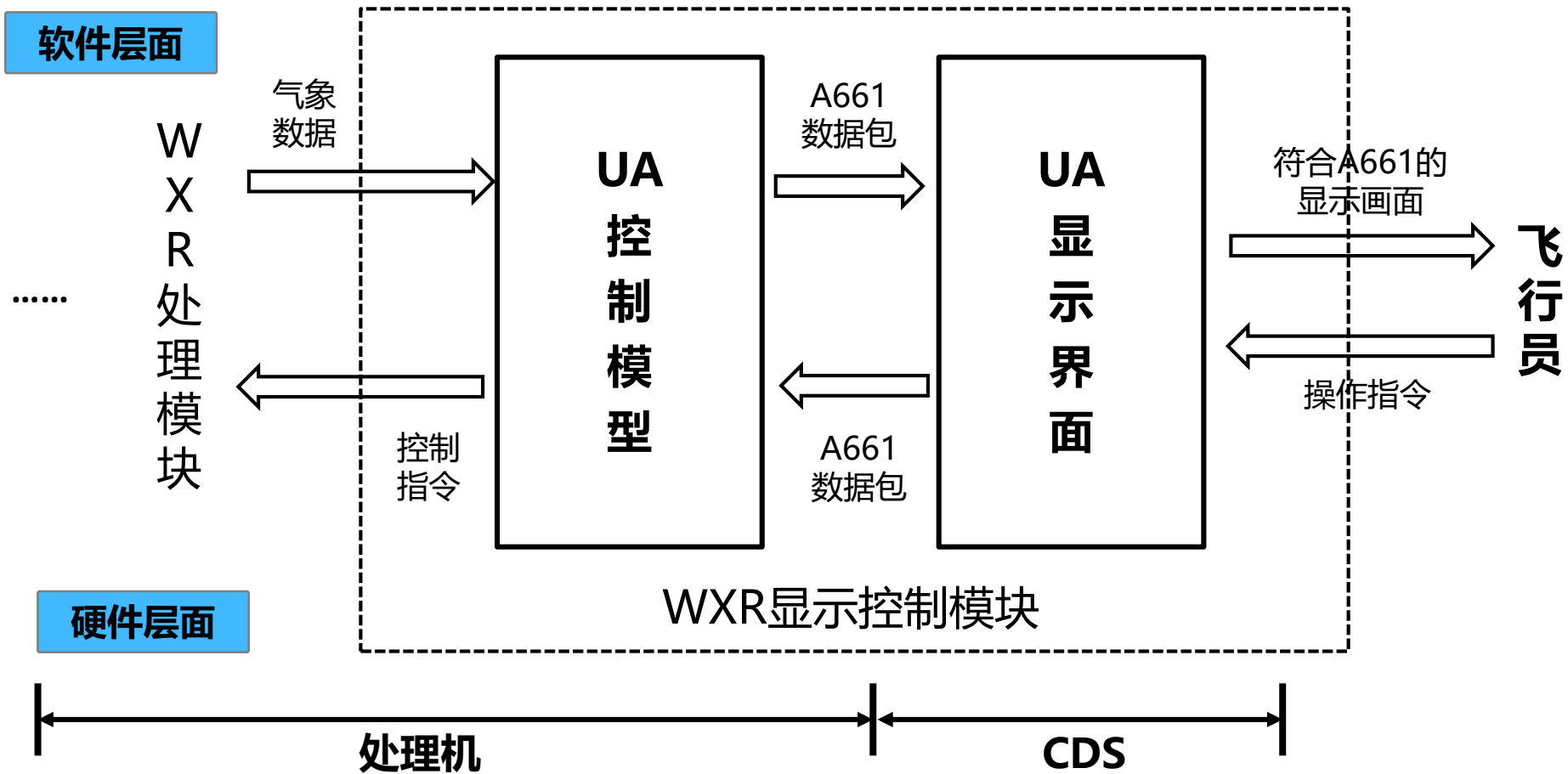
- **UA(User Application, 用户应用)可分为：**

- **UA显示画面**：显示任务中的相关信息，提供人机交互接口；
使用SCADE Display设计，由CDS显示渲染；
- **UA控制模型**：接收发送相关数据，处理业务逻辑；
使用SCADE Suit配合SCADE Display提供的
widget接口搭建，部署在设备商硬件上；

■ 采用ARINC 661标准的ISS显示控制示意图



WXR显示控制模块示意图



■ 采用ARINC 661标准的优势

采用ARINC 661标准设计的WXR显控模块由设备商自主设计，能够**避免部分更改时会遇到的问题**：

- ARINC 661数据包并未强制规定每一位数据代表的含义，按照ARINC 661标准第4.6章即可封装和解析ARINC 661数据包
- 对于设备商，修改显示功能只需单方面修改ICD，减少了沟通环节，降低了沟通成本
- CDS只需重新加载新的DF文件，不需要考虑ICD的具体修改

■ 采用ARINC 661标准的优势

■ 基于设计角度

WXR显控设计和CDS设计分工明确，ARINC 661提供标准化接口，能够降低设计难度

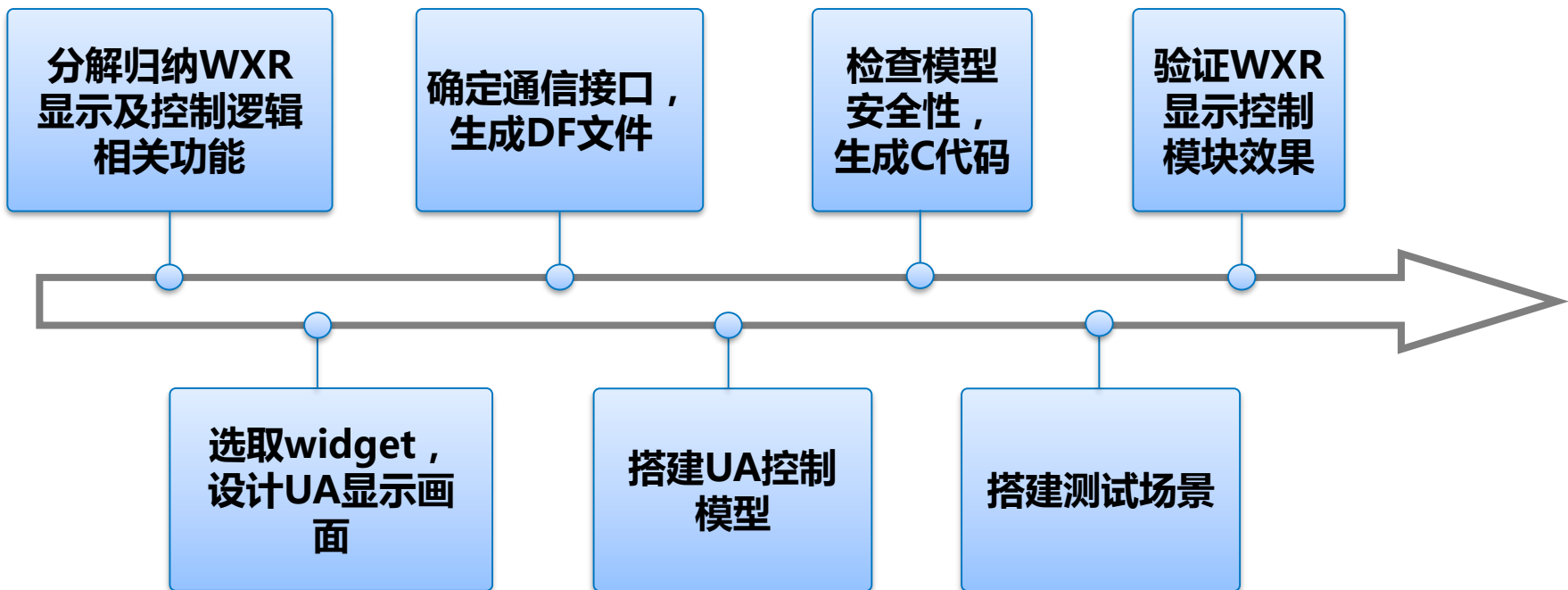
■ 基于测试角度

由于使用标准ARINC 661数据包，能够及时定位故障是出在UA或CDS，从而采取相应的解决措施

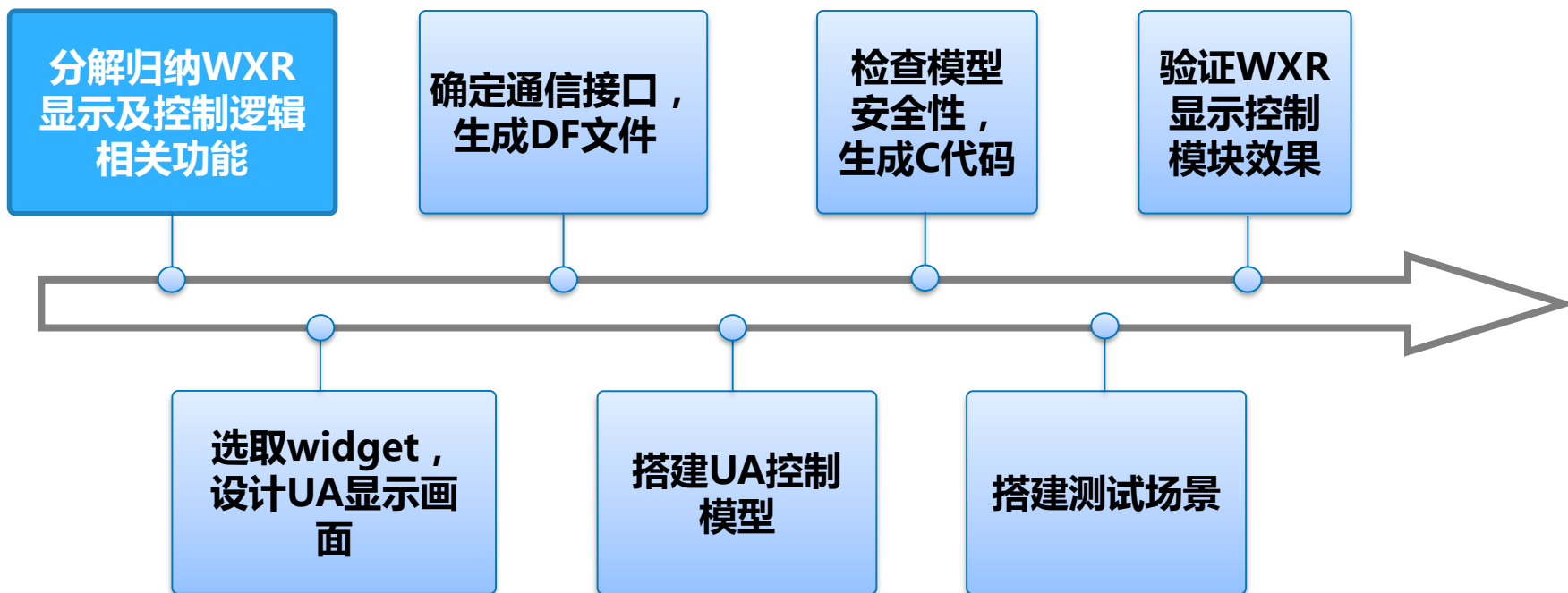
■ 基于使用角度

符合ARINC 661标准的显示画面共性强，用户接受程度高，而且符合ARINC 661标准的硬件扩展性高，能够反复使用，减少资源浪费

WXR显示控制模块开发流程



WXR显示控制模块开发流程



■ WXR显示功能要求

➤ 实时显示回波信号 (雷达图像)

降雨探测回波、湍流回波、风切变回波、地形测绘回波

➤ 实时显示雷达状态参数 (雷达状态)

量程、俯仰、增益、地杂波抑制、工作模式、自动/手动控制

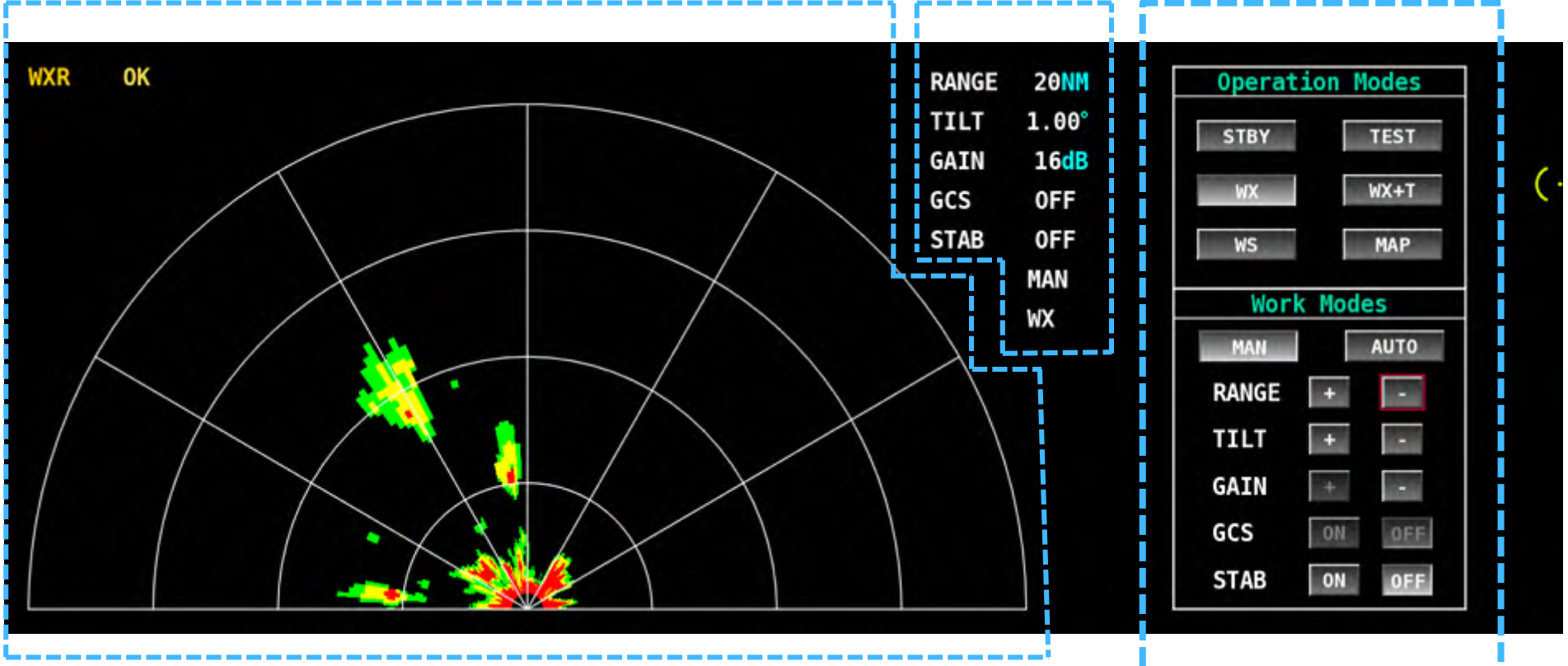
➤ 雷达控制按键 (雷达控制)

六种工作模式按键、自动/手动控制按键、量程调节按键、
俯仰调节按键、增益调节按键、地杂波抑制开关按键、
空域稳定开关按键

■ UA显示画面设计示意图 >>>

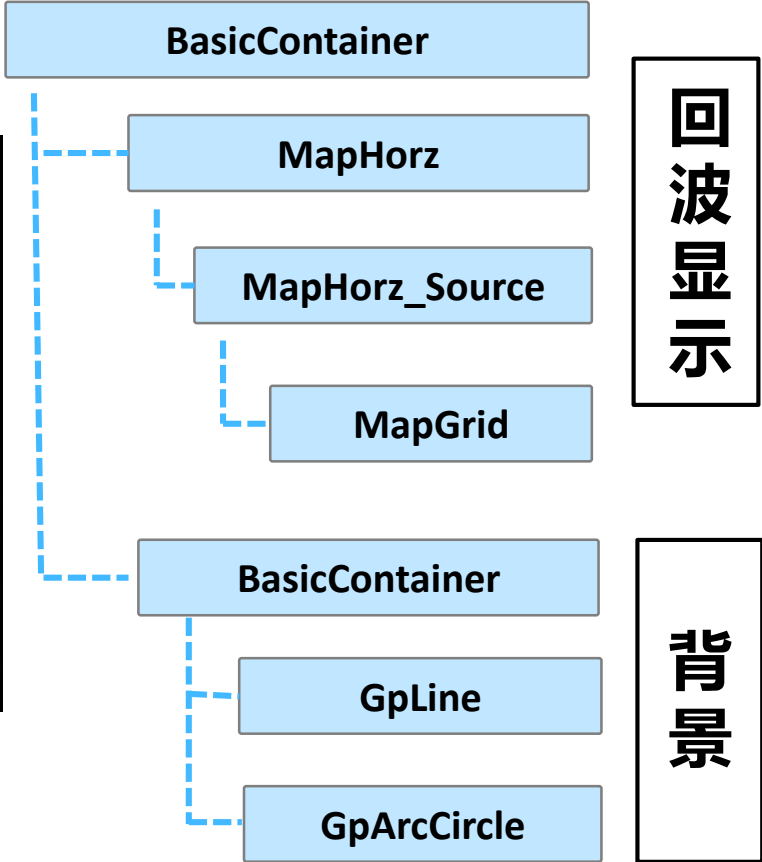
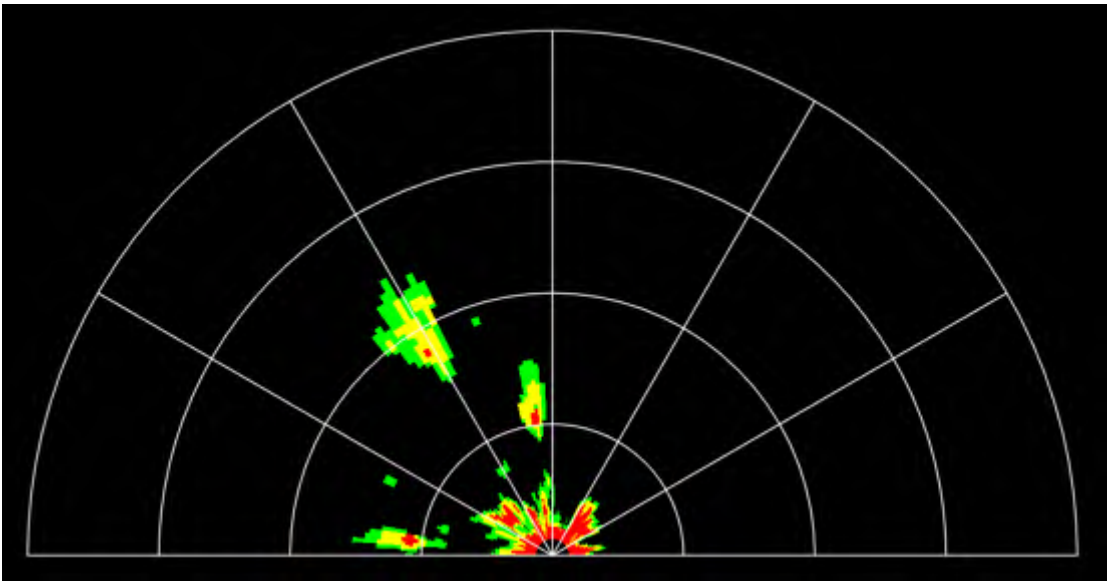
参数信息显示区域

按键区域



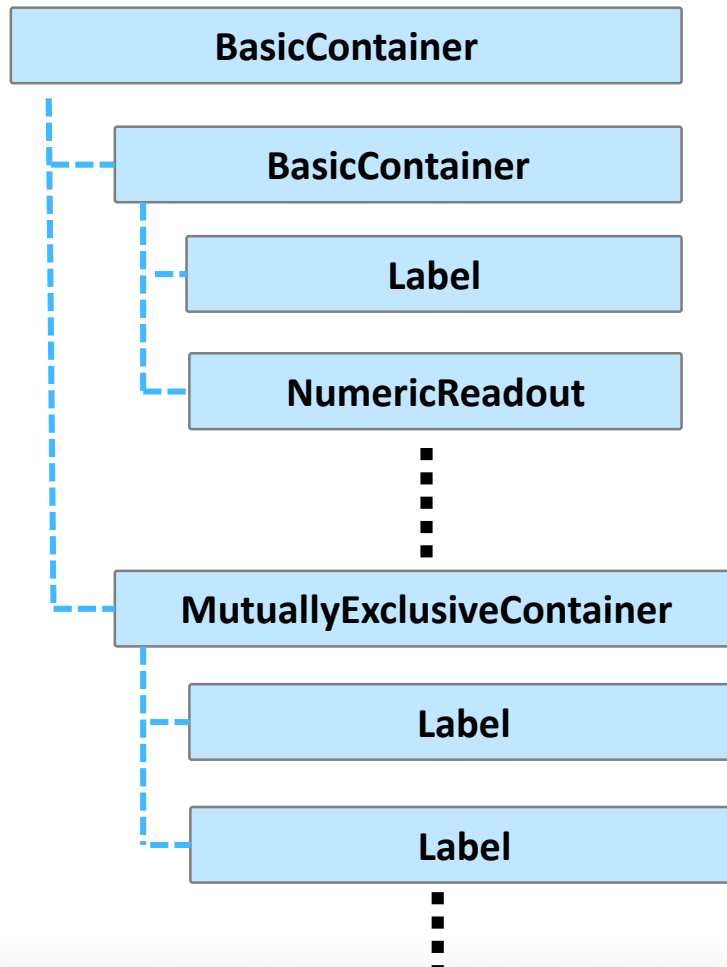
气象图像显示区域

UA显示画面——气象图像显示设计



■ UA显示画面——参数信息显示设计

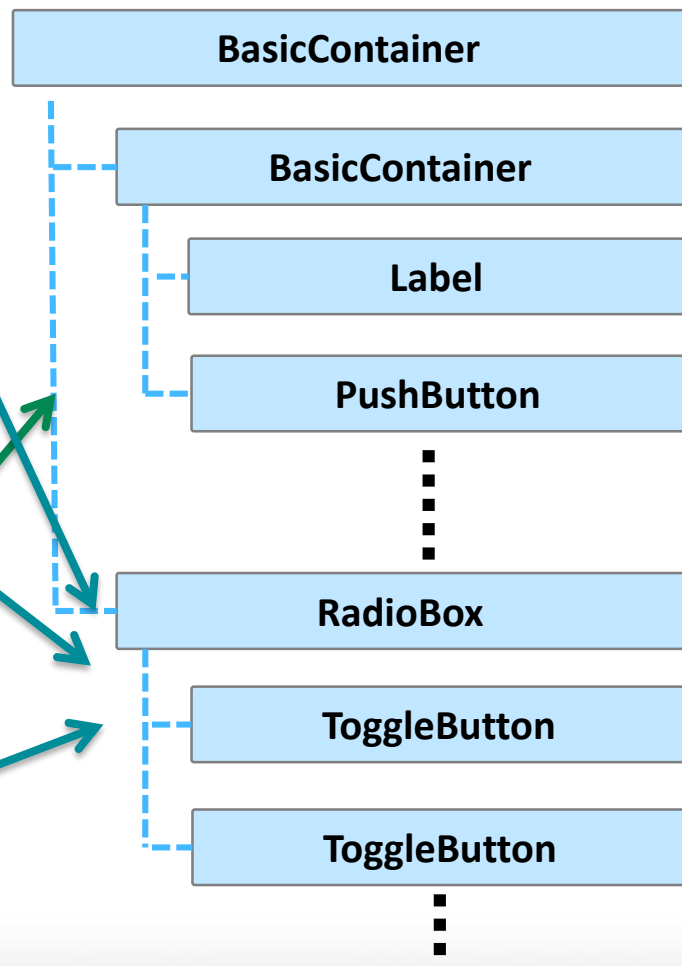
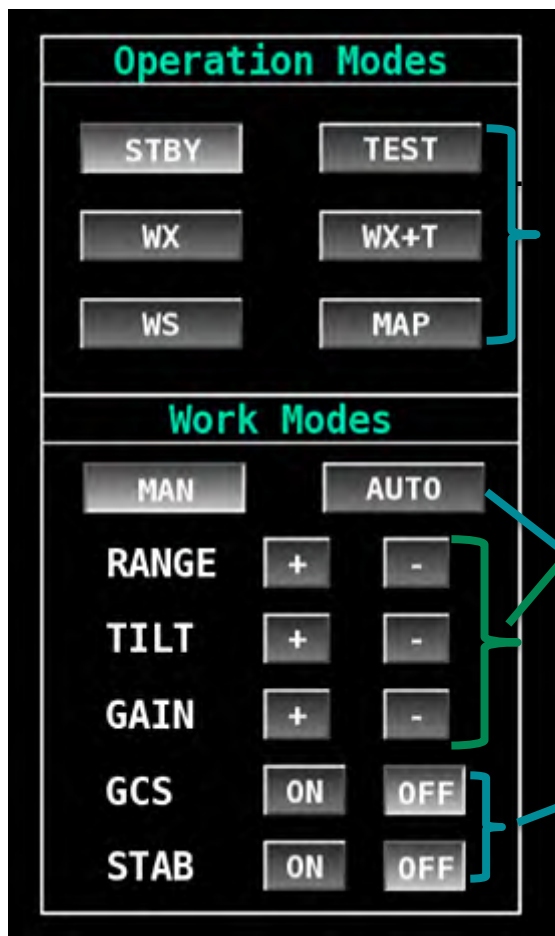
RANGE	80NM
TILT	1.25°
GAIN	1dB
GCS	OFF
STAB	OFF
	MAN
	STBY



参数名
 ,
 数值
 ,
 单位

参数
 名
 互斥
 显示

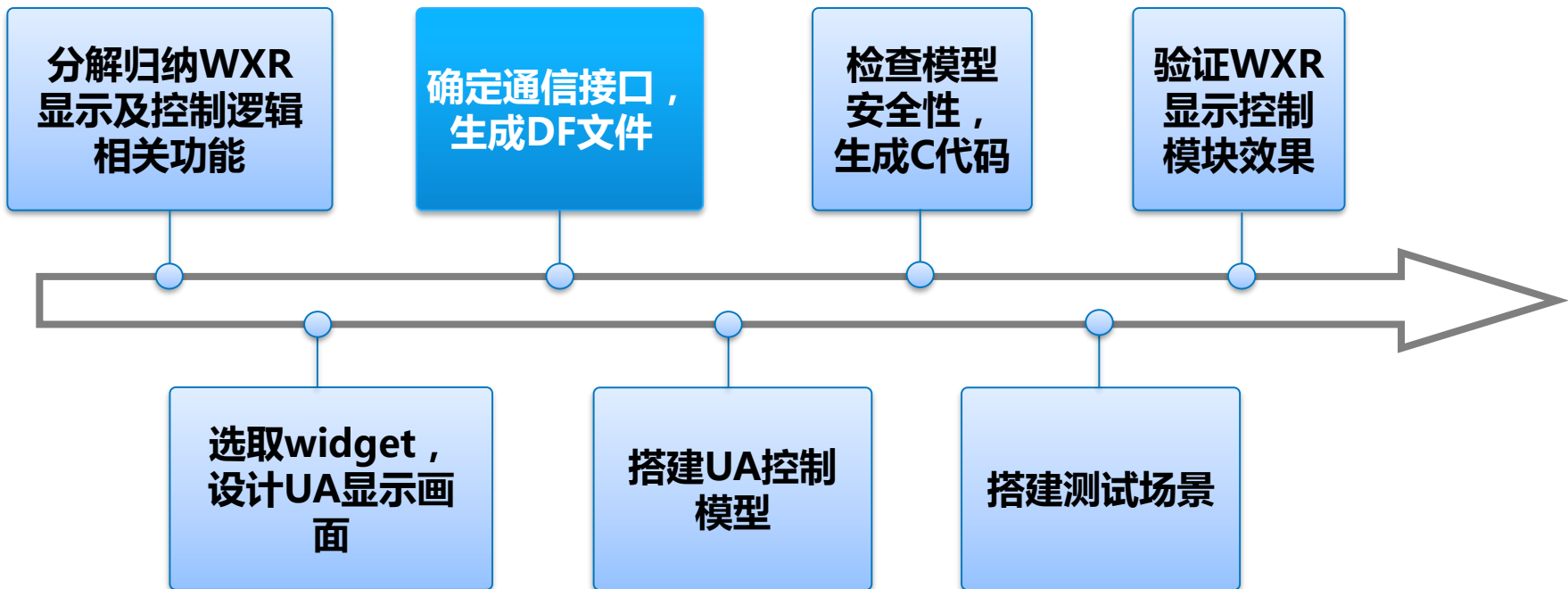
■ UA显示画面——虚拟按键设计 >>>



数值
调节
按键

功能
互斥
按键

WXR显示控制模块开发流程



■ 生成DF文件

- **DF文件 (Definition File) 是ARINC 661标准中一个重要的概念**
 - DF文件是UA画面与UA控制模型之间图形用户的接口文件
 - DF文件详细定义了整个画面中的窗体信息，并提供预编译信息
 - 在加载阶段由CDS内核读取DF文件定义的窗体信息，生成UA画面
 - CDS加载DF文件符合ARINC 615A标准要求
- **DF文件分为XML格式文件和二进制格式文件**
 - XML格式的DF文件面向设计人员，可读性强
 - 二进制格式面向CDS，符合ARINC 665标准要求

XML格式DF文件



对应含义

```

1191 <a661_widget name="ADD" type="A661_PUSH_BUTTON">
1192 <model>
1193 <prop name="WidgetId" value="108" />
1194 <prop name="Enable" value="A661_TRUE" />
1195 <prop name="Visible" value="A661_TRUE" />
1196 <prop name="PosX" value="2000" />
1197 <prop name="PosY" value="0" />
1198 <prop name="SizeX" value="800" />
1199 <prop name="SizeY" value="600" />
1200 <prop name="StyleSet" value="110" />
1201 <prop name="NextFocusedWidget" value="0" />
1202 <prop name="MaxStringLength" value="32" />
1203 <prop name="AutomaticFocusMotion" value="A661_FALSE" />
1204 <prop name="Alignment" value="A661_CENTER" />
1205 <prop name="LabelString" value="+" />
1206 </model>
1207 </a661_widget>
    
```

widget名称、类型

widget属性

- ID
- 是否可用
- 是否可见
- 位置
- 尺寸
- 样式
- 对齐方式
- 标签字符串
-

XML格式DF文件 (RANGE ADD按键)

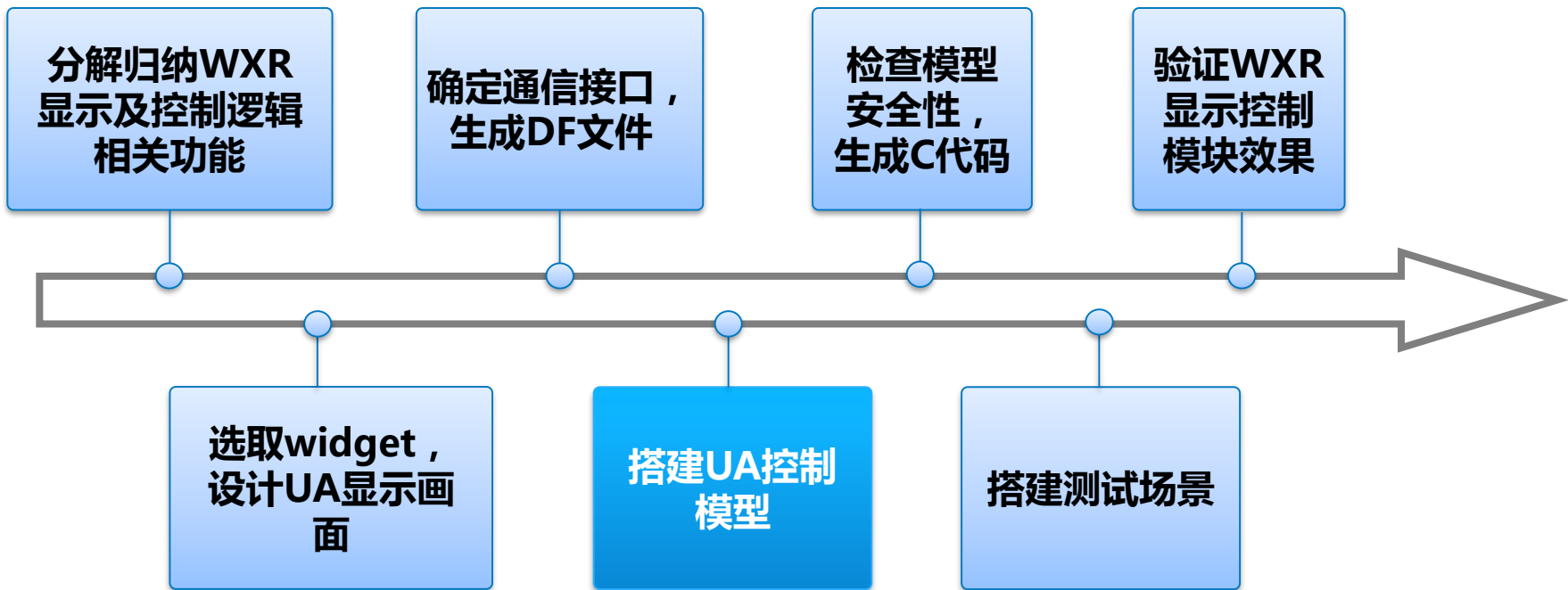
■ 二进制格式DF文件

00000b30	00 00 03 20 00 00 10 04 CA 01 00 30 A1 60 00 6B0.`k
00000b40	00 6A 00 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 05 DC	..j.....
00000b50	00 00 02 58 00 00 00 00 00 01 00 20 01 02 01 13	...X.....
00000b60	52 41 4E 47 45 00 00 00 CA 01 00 28 A2 A0 00 6C	RANGE... (...l
00000b70	00 6A 01 01 00 00 07 D0 00 00 00 00 00 00 03 20	..j.....
00000b80	00 00 02 58 00 6E 00 00 00 20 00 15 28 00 00 00	...X.n... ..+...
00000b90	CA 01 00 28 A2 A0 00 6D 00 6A 01 01 00 00 0D AC	... (...m.j.....
00000ba0	00 00 00 00 00 00 03 20 00 00 02 58 00 6E 00 00X.n..

RANGE ADD按键对应二进制格式DF文件 (以十六进制表示)

十六进制值	ARINC661关键字	对应含义
0xCA01	A661_CMD_CREATE	widget创建关键字
0x0028	command size	命令长度 (40bits)
0xA2A0	A661_PUSH_BUTTON	widget类型关键字
0x006C	widget ident	widget ID
.....

WXR显示控制模块开发流程

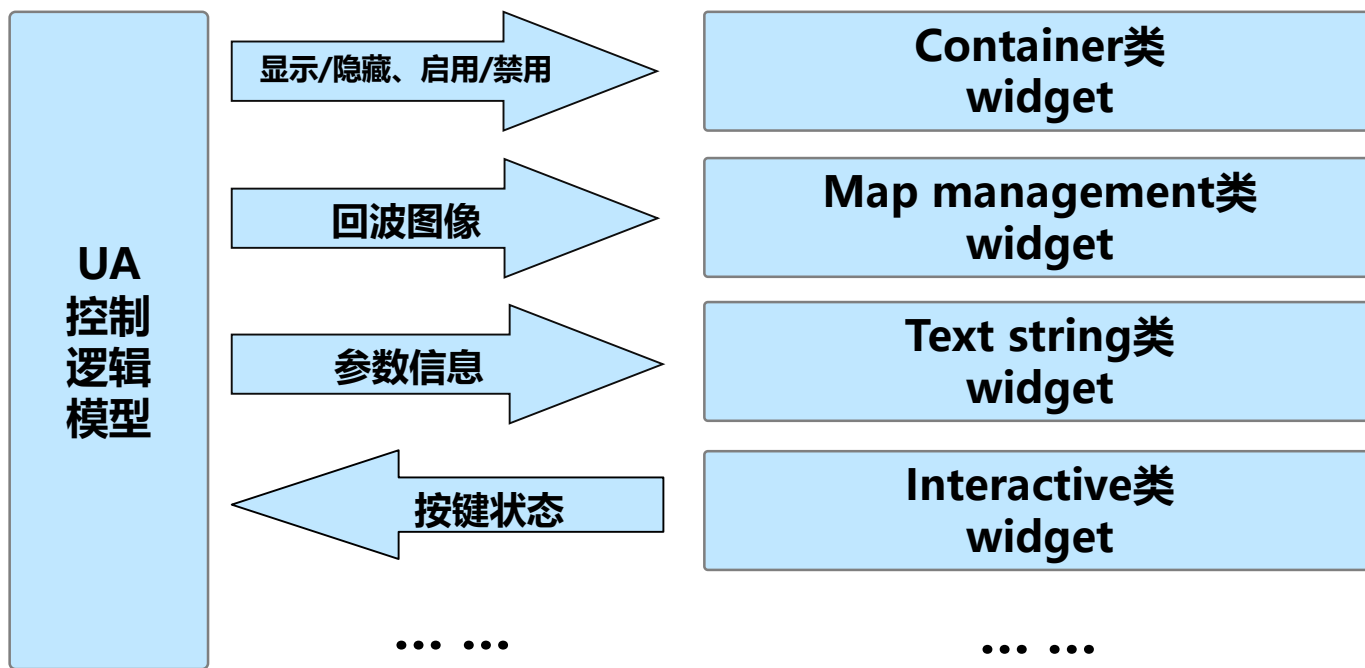


■ UA控制模型要求

- **将来自WXR处理模块的气象数据发送给UA显示画面**
雷达视频、雷达状态信息
- **将来自飞行员的控制指令发送给WXR处理模块**
量程、俯仰、增益、地杂波抑制、空域稳定、工作模式、自动/手动控制状态修改指令
- **控制雷达虚拟按键显示状态**
是否可用、是否显示

■ UA控制模型

- UA控制模型通过DF文件提供的**widget接口**与UA显示画面交换
ARINC 661数据包



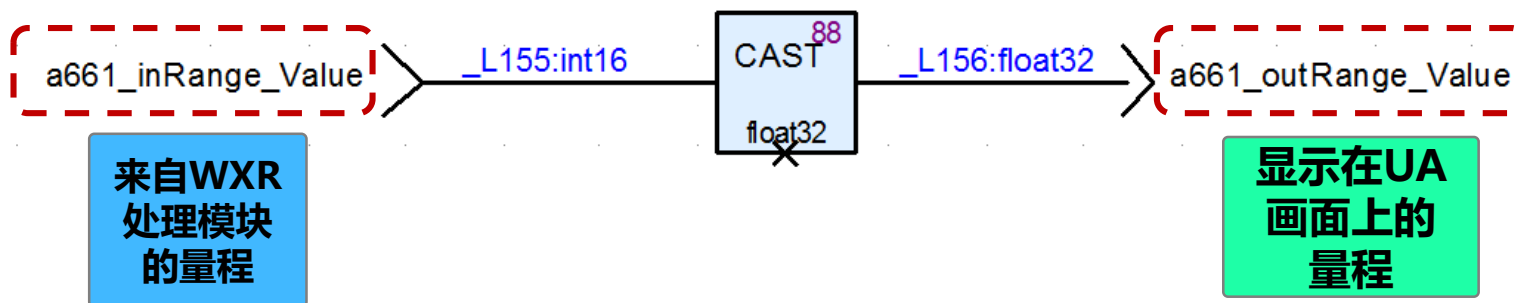
■ UA控制模型

■ UA控制模型包括**数据流** (Data Flows) 和**状态机** (SSM)

- 对于UA控制模型的数据发送功能和响应指令功能，选择**数据流**搭建模型
例如：量程信息的显示、量程修改指令的响应
- **数据流**是基于循环的计算模型，应用在UA控制模型的所有架构中
- 对于雷达虚拟按键显示状态的控制，可以选择**状态机**
例如：量程加减按键的状态改变
- **状态机**控制基于状态的逻辑功能和模型的激活，应用在各种控制架构中

■ UA控制模型——数据流

■ 以量程相关功能为例



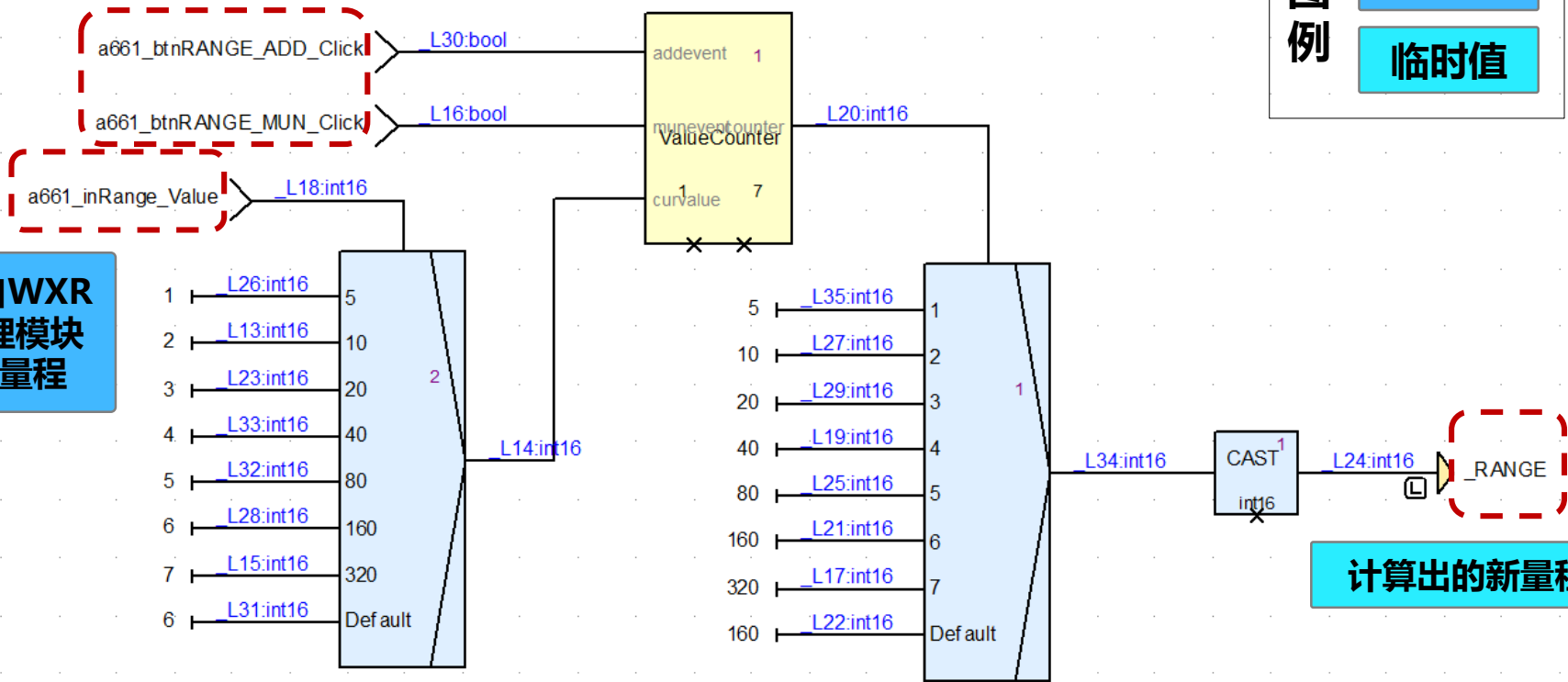
将雷达回波中的量程参数信息显示在UA画面上

■ UA控制模型——数据流

点击量程加减按键

图例
输入值
临时值

来自WXR处理模块的量程

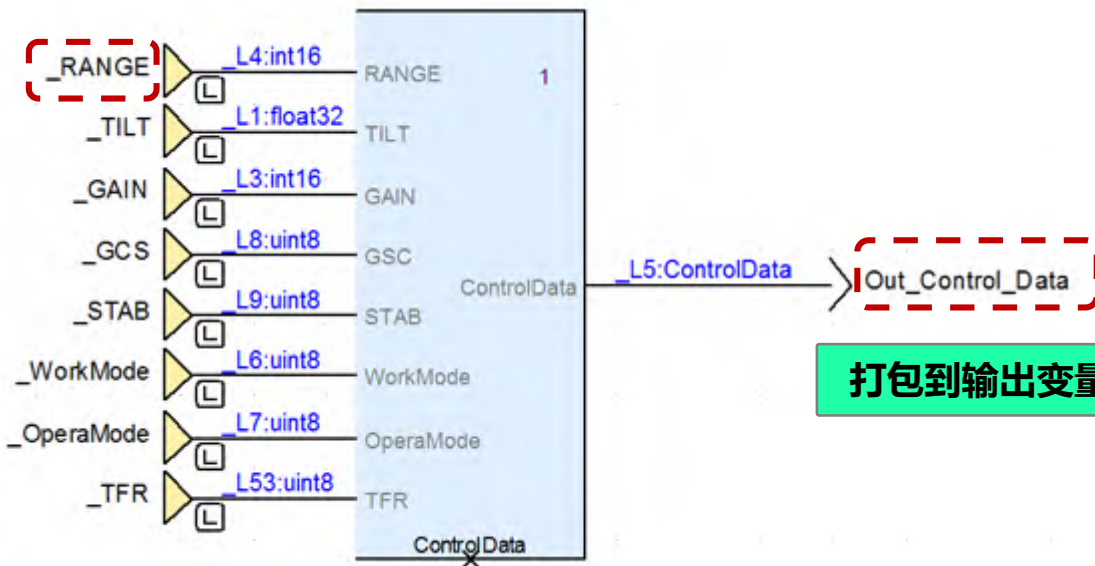


响应操作指令，计算新量程

计算出的新量程

■ UA控制模型——数据流

计算出的新量程

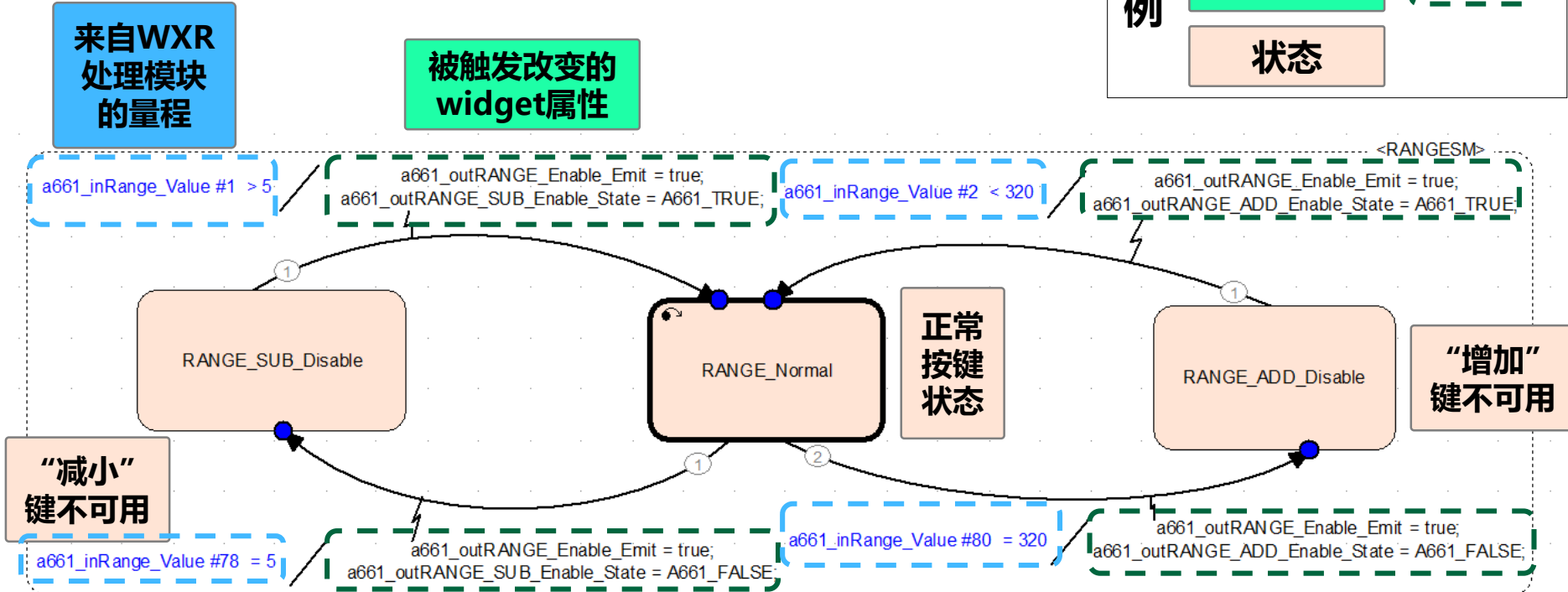
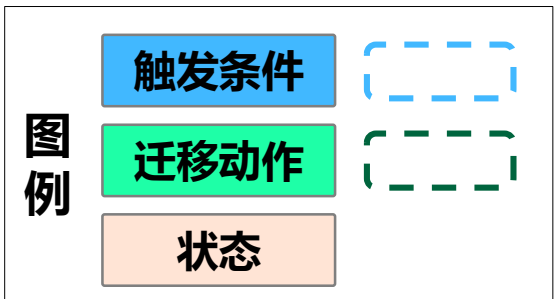


图例

- 临时值 (Temporary Value)
- 输出值 (Output Value)

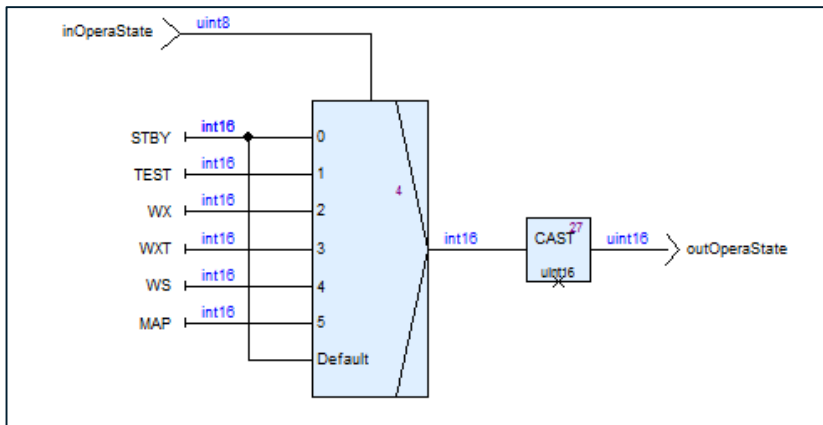
将新量程与其他指令一起打包发送给WXR处理模块

UA控制模型——状态机

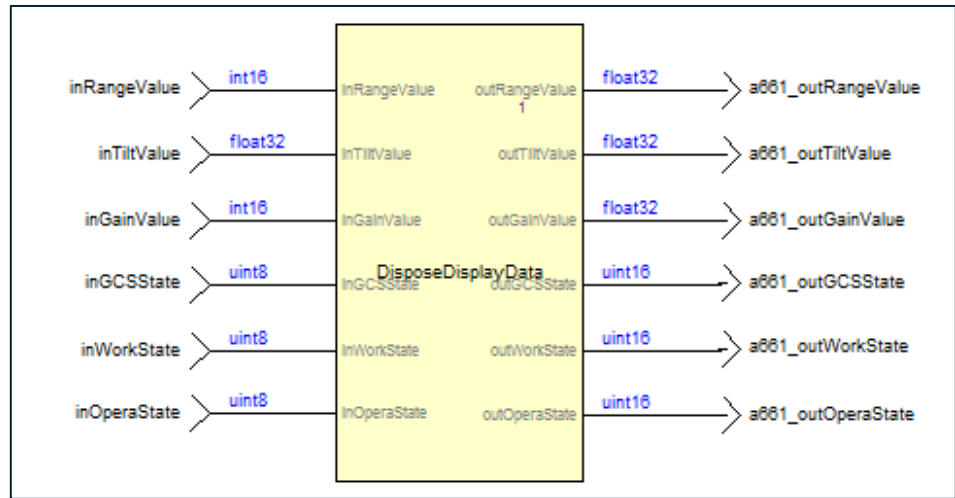


量程加减按键状态机

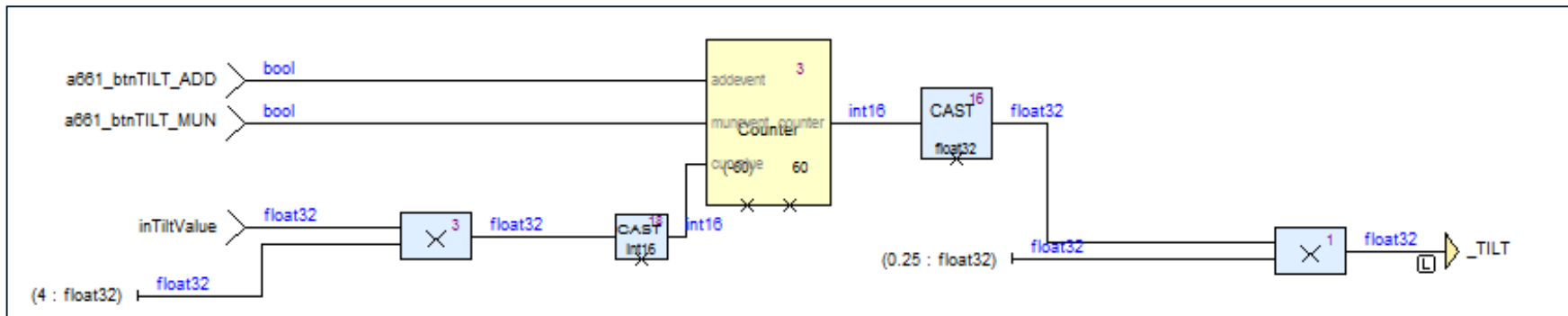
UA控制模型展示 (二)



显示雷达模式信息

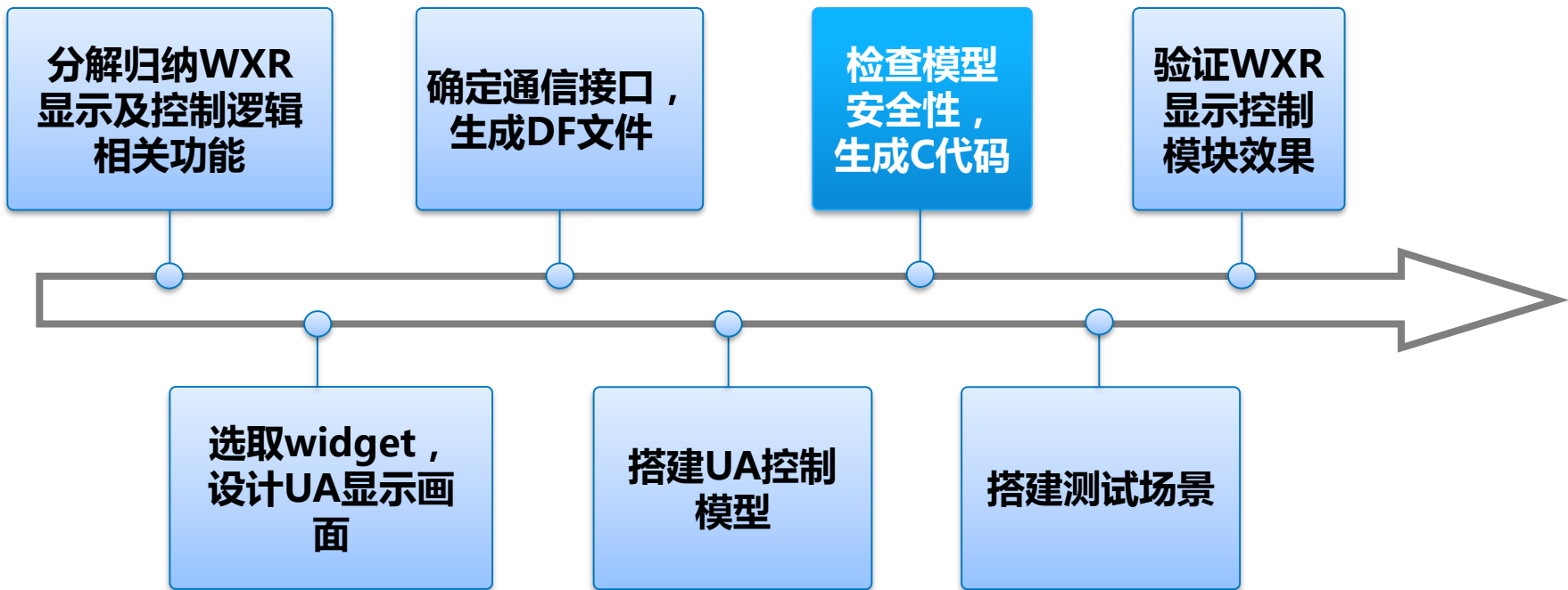


显示雷达状态信息



响应俯仰修改指令

WXR显示控制模块开发流程



生成C代码

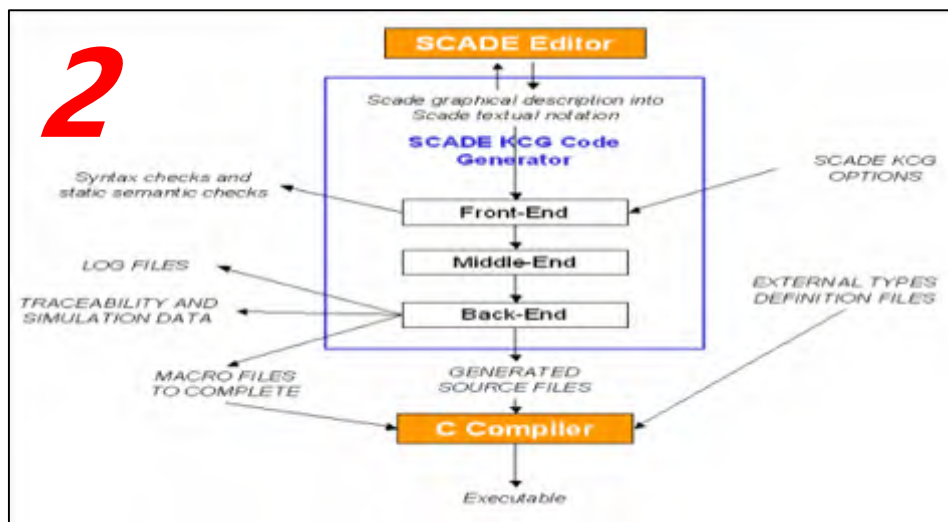
Result of check for operator WXR/ in model WXR_Control

1










No error detected.

End of document.












使用SCADE Suit Checker检查模型



使用SCADE KCG Code Generator生成C代码

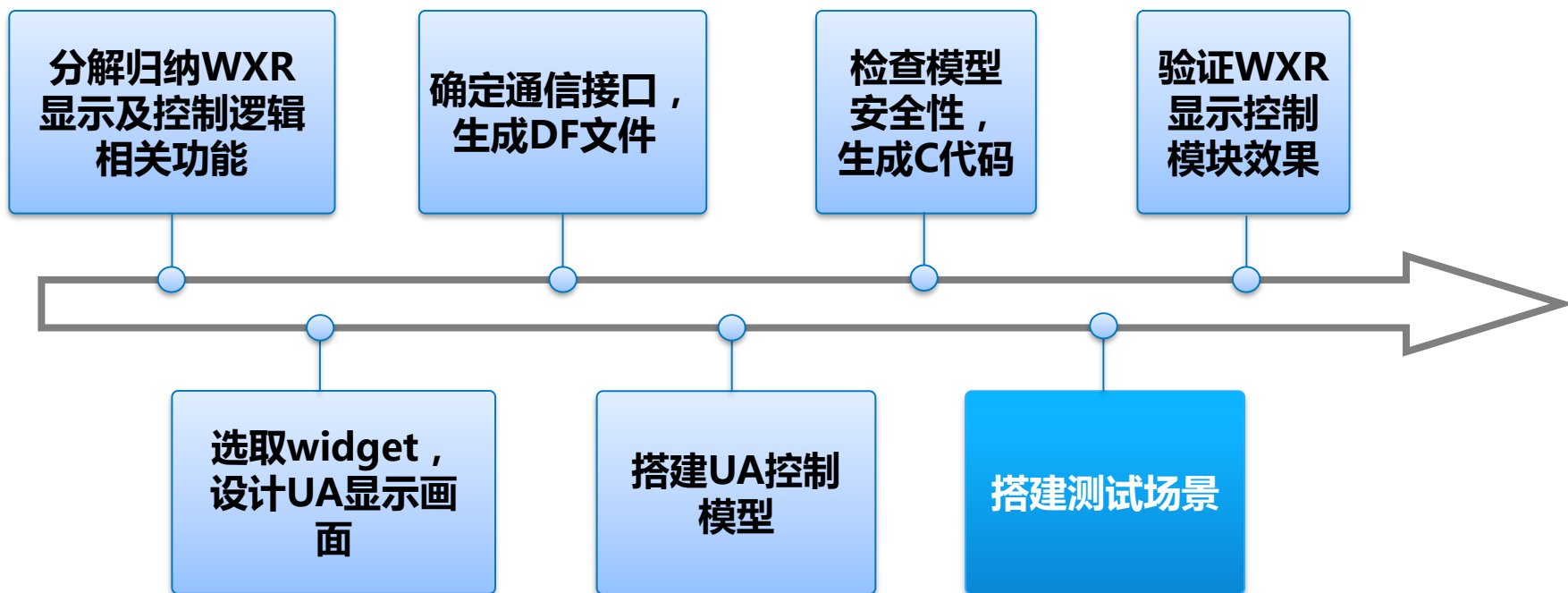
-  A661Cosim.c
-  A661Cosim.h
-  kcg_assign.h
-  WXR_UA_1.c
-  WXR_UA_1.h
-  WXR_UA_1_constants.h
-  WXR_UA_1_LAY_1.c
-  WXR_UA_1_private.c
-  WXR_UA_1_private.h

3

-  kcg_consts.c
-  kcg_consts.h
-  kcg_imported_types.h
-  kcg_sensors.h
-  kcg_types.c
-  kcg_types.h
-  user_macros.h
-  ValueCounter.c
-  ValueCounter.h
-  WXR.c
-  WXR.h

建立工程

WXR显示控制模块开发流程



■ 搭建测试场景



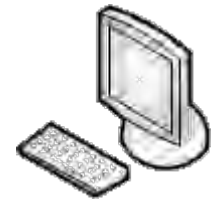
试飞数据
(通过Test port发送)



光纤

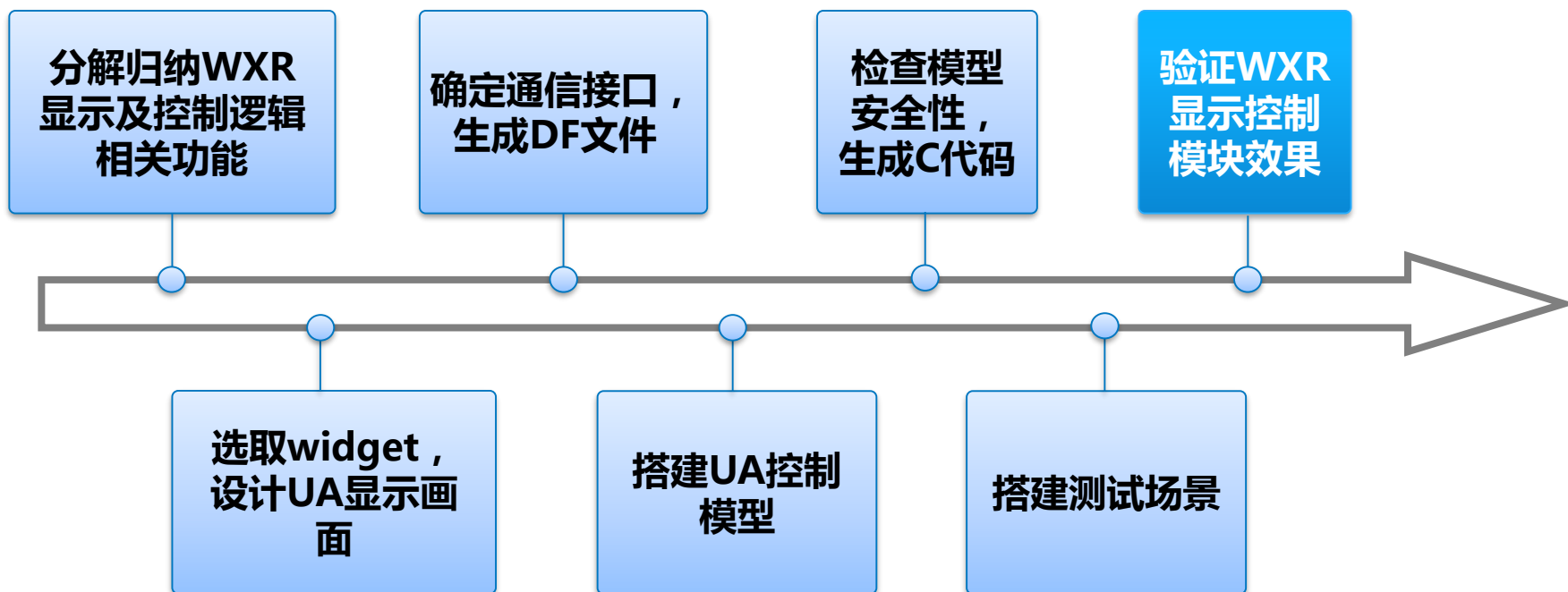


AFDX

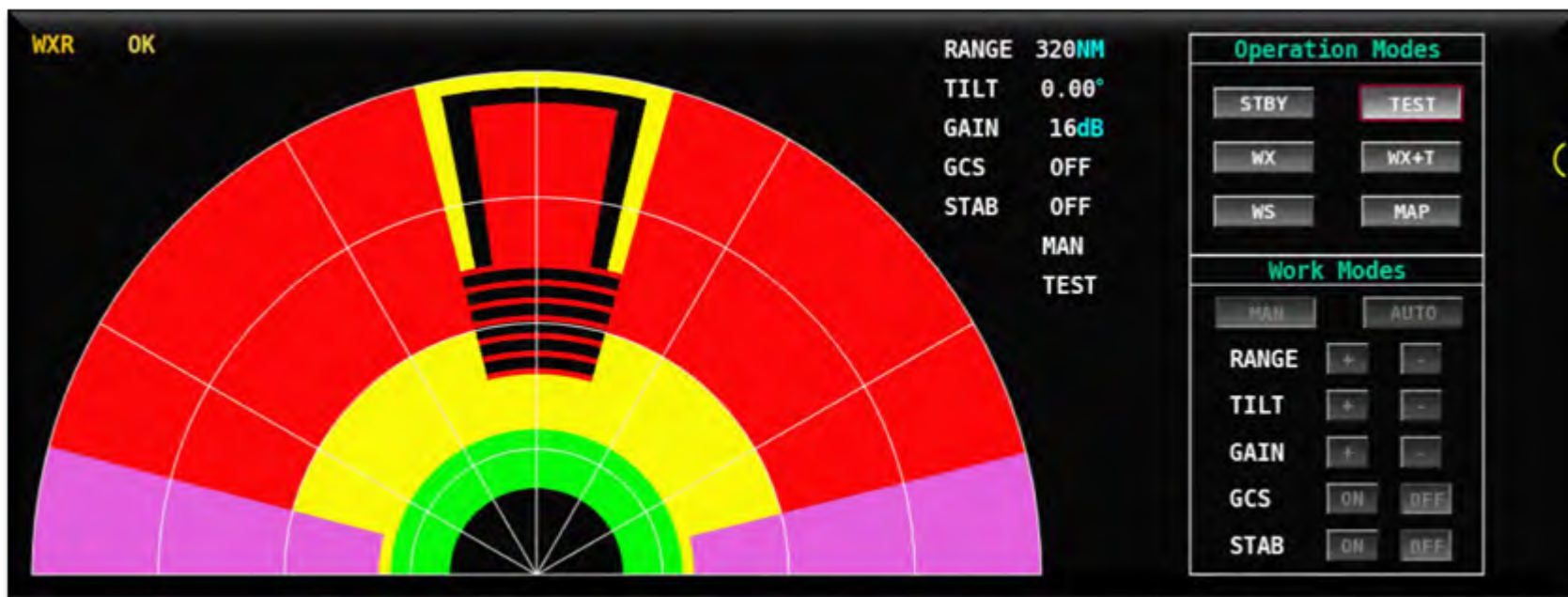


CDS
(SCADE Server)

WXR显示控制模块开发流程

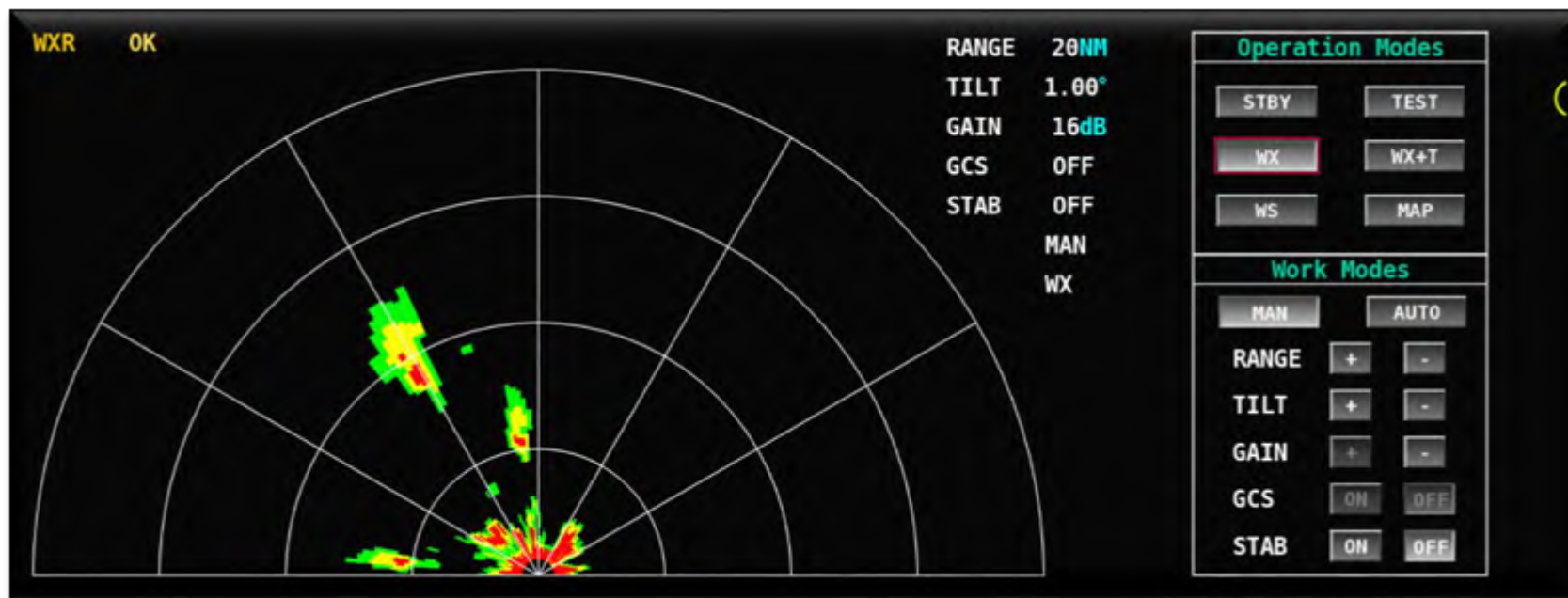


■ 成果展示



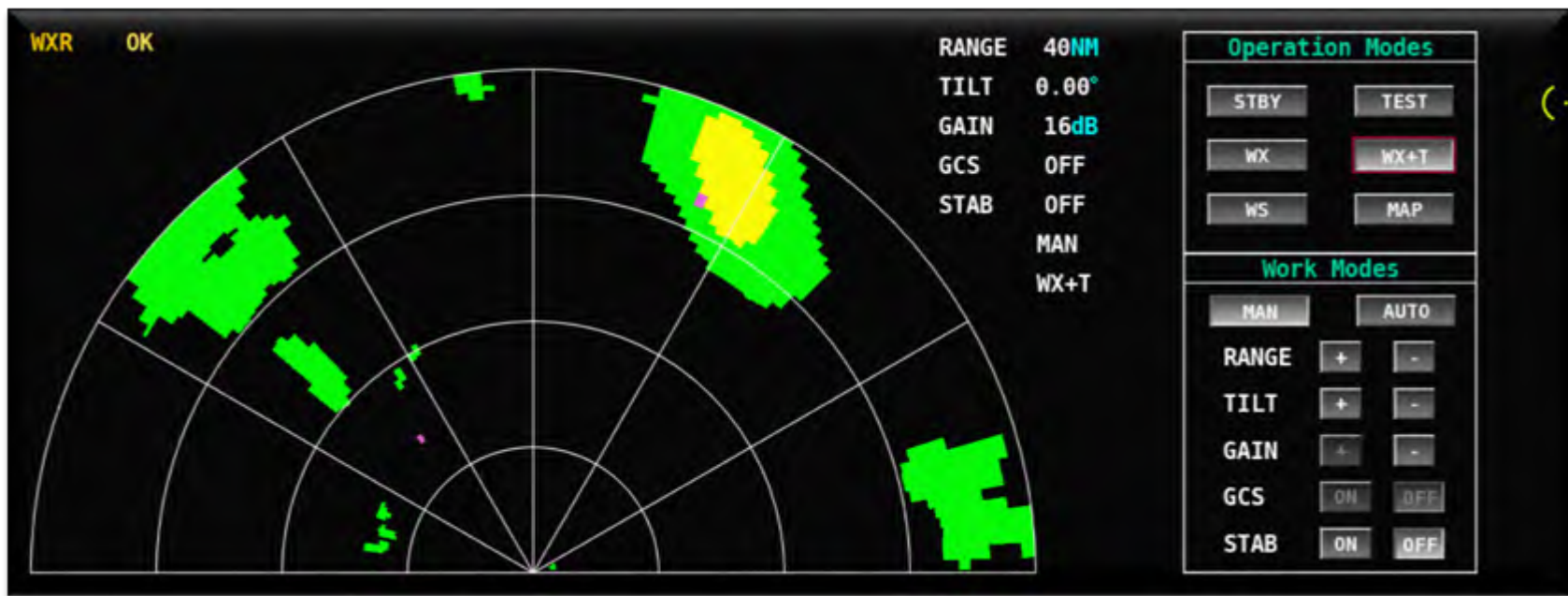
TEST模式

■ 成果展示



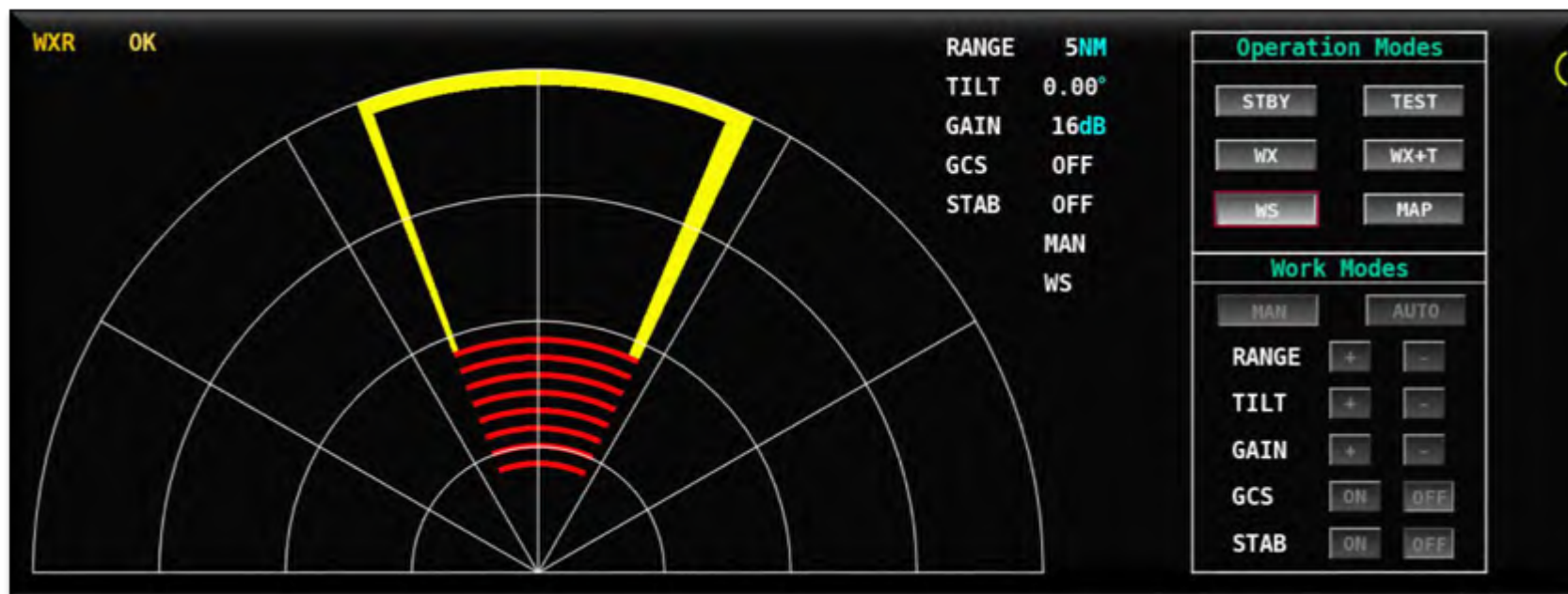
WX模式

■ 成果展示



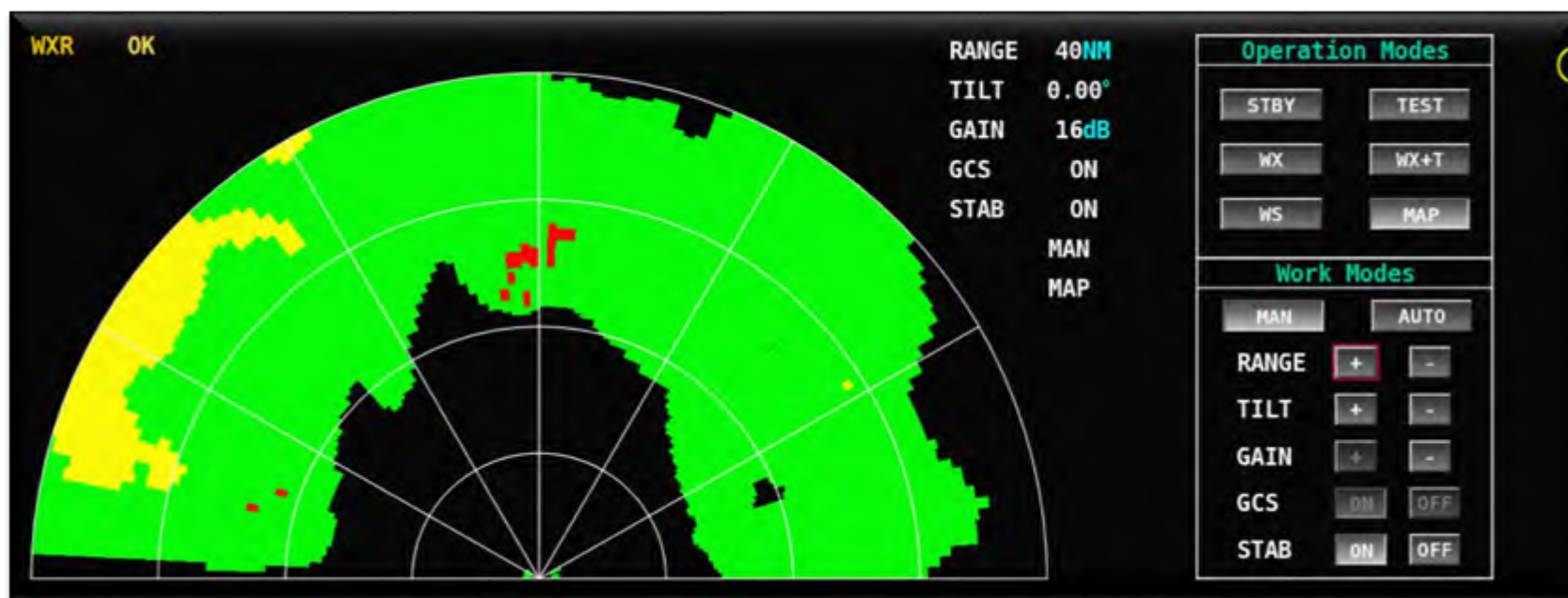
WX+T模式

■ 成果展示



WS模式

■ 成果展示

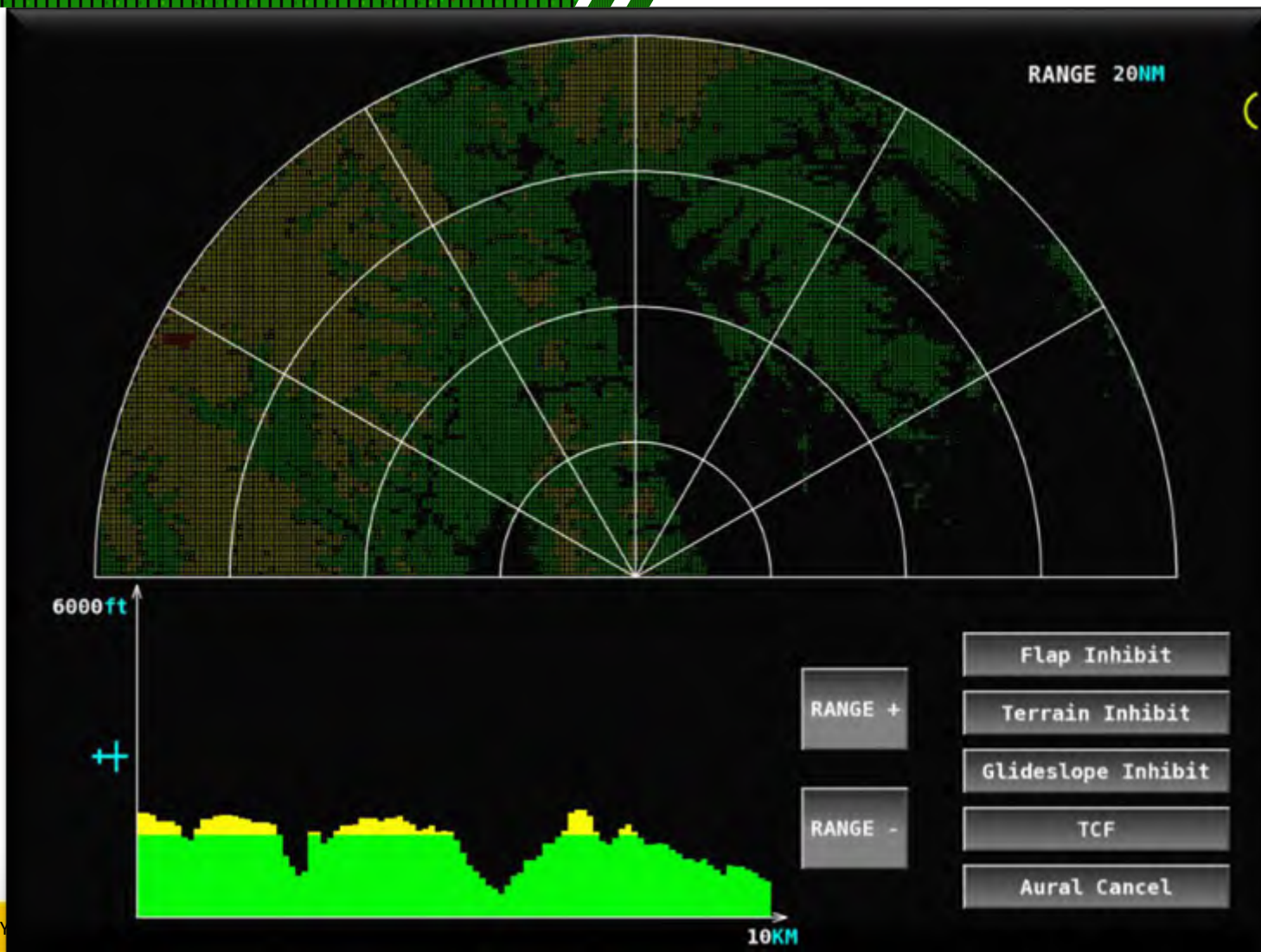


MAP模式

■ 成果展示



其它应用展示——TAWS显控模块



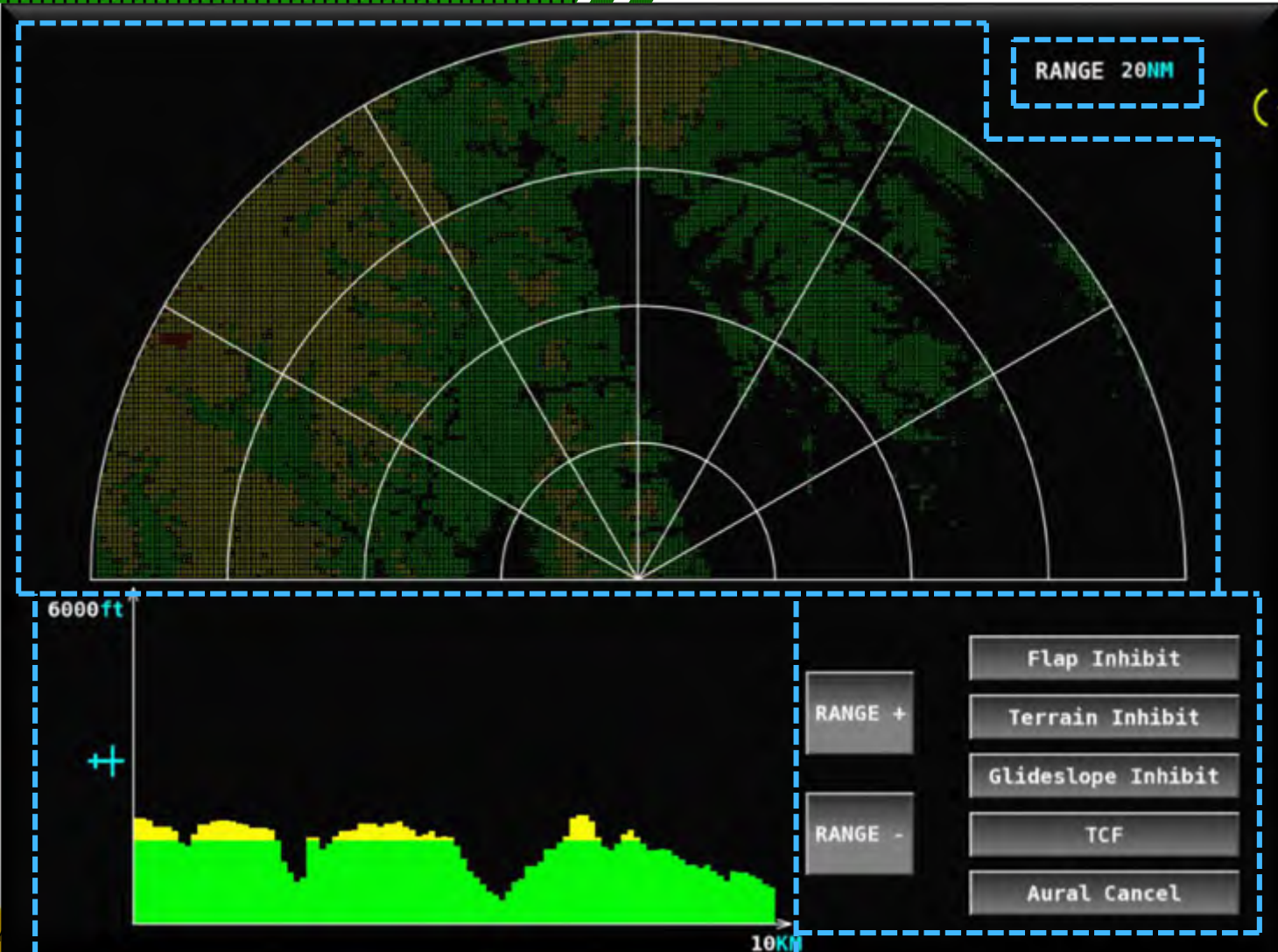
其它应用展示——TAWS显控模块

地形
信息
显示
区域

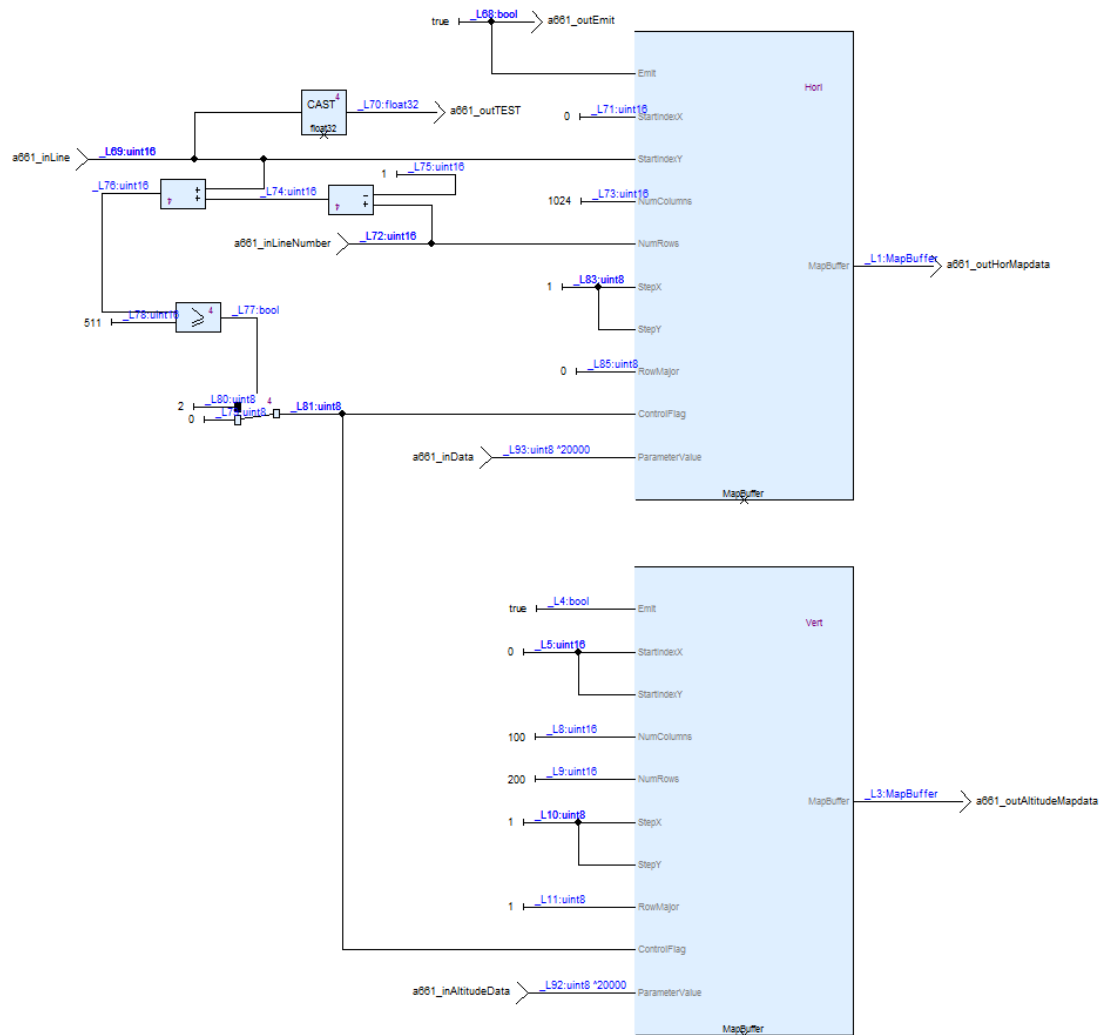
高度
信息
显示
区域

参数
信息
显示
区域

虚拟
按键
区域



其它应用展示——TAWS显控模块



■ 其它应用展示——TCAS显控模块



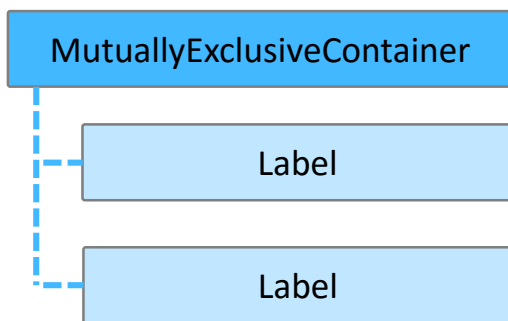
问题与总结 (一)

合理使用Container类widget简化设计

根据不同需求选择不同的Container类widget

互斥
显示
雷达
模式

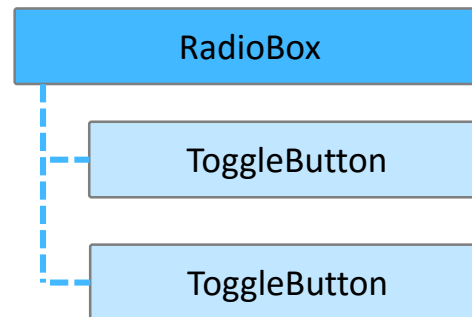
STBY	TEST
WX	WX+T
WS	MAP



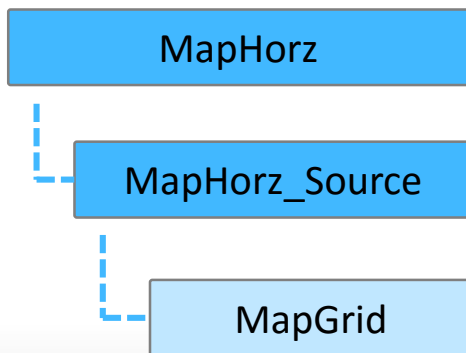
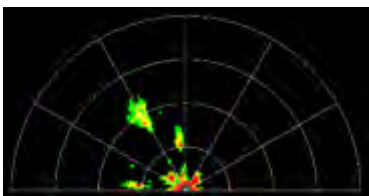
MAN

AUTO

互斥
按键



管理
回波
显示

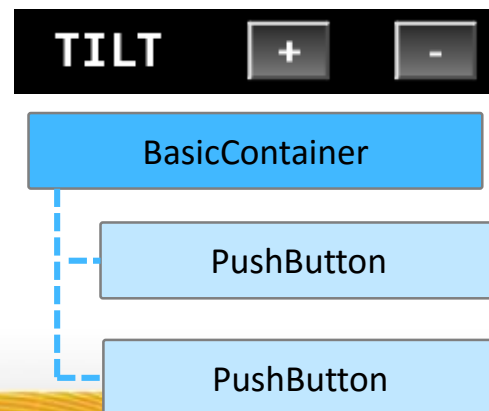


TILT

+

-

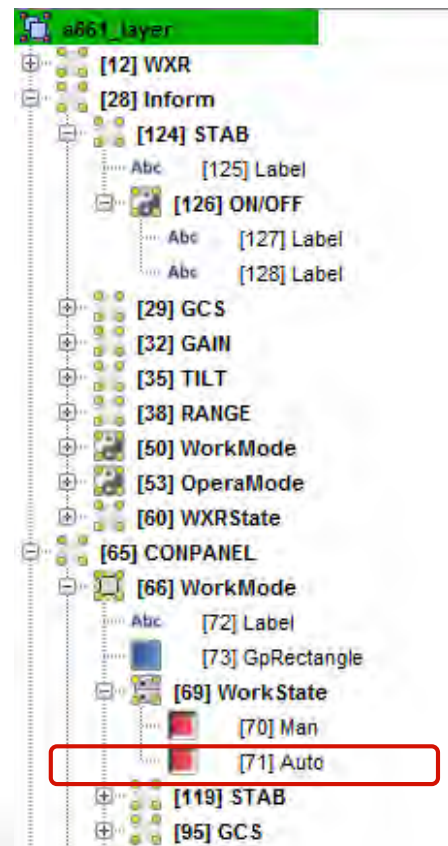
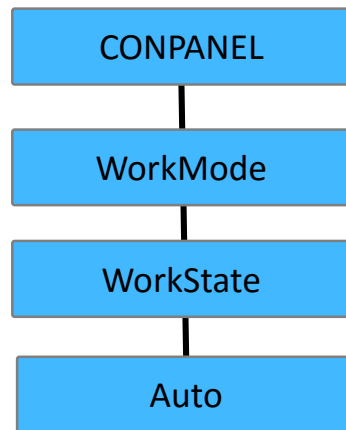
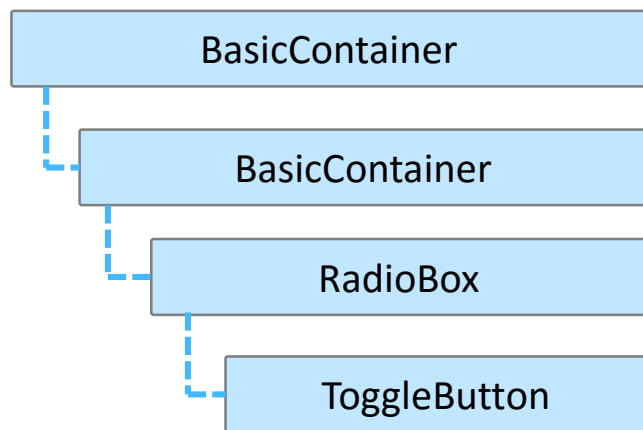
基本
容器



■ 问题与总结 (一)

■ 合理使用Container类widget简化设计

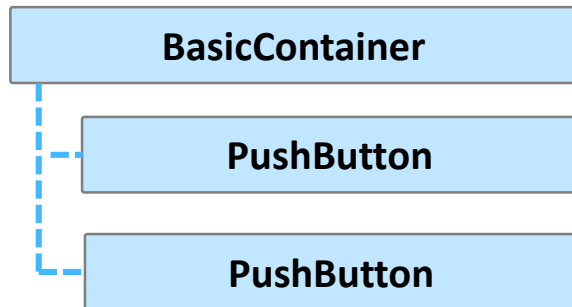
设计合理的widget层次结构，方便管理widget



■ 问题与总结 (一)

■ 合理使用Container类widget简化设计

对Container类widget的操作不会影响子widget的属性值，简化了对子widget同一属性修改的步骤，只需对Container widget操作一次，即可满足要求



■ 例如在AUTO状态下，TILT加减按键不可用

只需将TILT BasicContainer widget修改为disable，TILT加减按键变灰

PushButton widget属性不会随之修改为disable

■ 问题与总结 (二)

■ A661数据解析

使用软件抓取UA控制模型与UA显示画面之间的ARINC 661数据包

```

第55位 →
0040 0c 18 00 0a 00 00 b0 f8 00 00 05 2d 00 00 00 06
0050 02 00 01 01 01 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0060 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0070 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0080 c1 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0090 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00a0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00b0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00c0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00d0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00e0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00f0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0100 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0110 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
    
```

ARINC 661数据包头部

```

0070 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0080 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0090 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00a0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00b0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00c0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00d0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00e0 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ca 02
00f0 00 10 00 22 00 00 b5 20 00 00 00 00 00 00 ca 02
0100 00 10 00 75 00 00 b5 20 00 00 40 a0 00 00 ca 02
0110 00 10 00 28 00 00 b5 20 00 00 11 20 00 00 ca 02
0120 00 0c 00 2f 00 00 b5 40 00 31 ca 02 00 0c 00 32
0130 00 00 b5 40 00 33 ca 02 00 0c 00 35 00 00 b5 40
0140 00 36 d0 00 00 00
    
```

第438位 →

ARINC 661数据包尾部

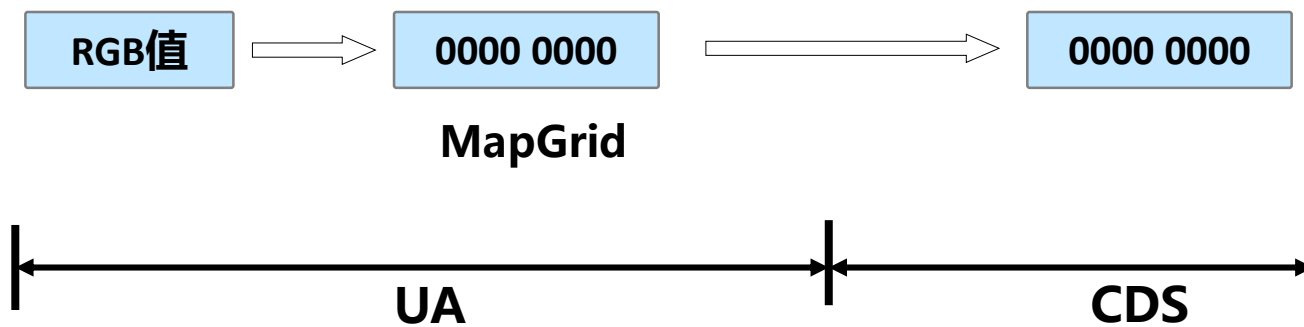
字节	十六进制	ARINC 661指令
55	0xB0	A661_BEGIN_BLOCK
56	0x01	LayerIdent
57-58	0xDEFA	Context Number
59-62	0x0000C78	BlockSize(399 bytes)
63-64	0xCA02	A661_CMD_SET_PARAMETER
65-66	0x0C18	CommandSize(387 bytes)
67-68	0x000A	WidgetID(#10 MapGrid)
69-70	0x0000	UnusedPad
71-72	0xB0F8	A661_BUFFER_OF_FILL_STYLES
.....		
438-439	0xCA02	A661_CMD_SET_PARAMETER
440-441	0x000C	CommandSize(12 bytes)
442-443	0x0035	WidgetID(#53 MutuallyExclusiveContainer)
444-445	0x0000	UnusedPad
446-447	0xB540	A661_VISIBLE_CHILD
448-449	0x0036	WidgetID(#54 Label:STBY)
450	0xD0	A661_END_BLOCK
451-453	0x000000	UnusedPad

ARINC 661数据包解析

■ 问题与总结 (三)

■ 定制MapGrid widget

- MapGrid默认绘制矩形
- MapGrid默认每个颜色占8Bits



A661加报代码
中缺省数据为
NumColumns *
NumRows

■ 问题与总结 (三)

■ 定制MapGrid widget

➤ 回波图像采用极坐标系绘制

扩展RowMajor参数功能

➤ 增加WXR绘图功能

增加MapGrid绘图方式

➤ 由直角坐标转换为极坐标

➤ 回波图像只有Black、Green、Yellow、Red、Magenta五种颜色

定制MapGrid颜色列表

➤ Black 0000 0000

➤ Green 0000 0001

➤ Yellow 0000 0010

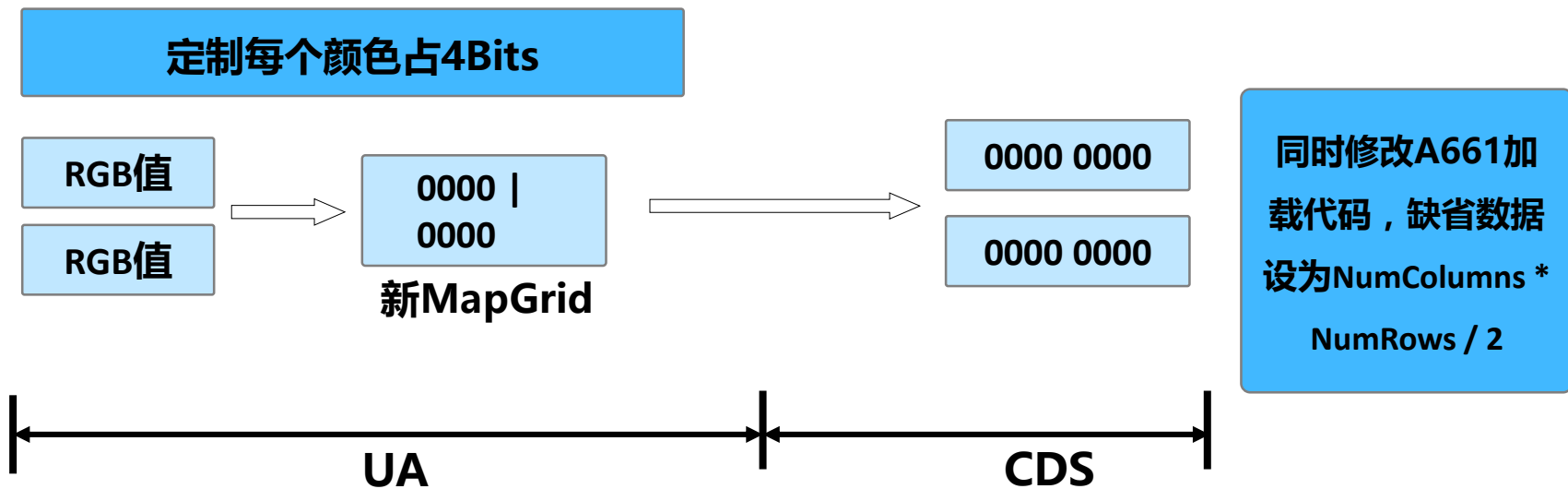
➤ Red 0000 0011

➤ Magenta 0000 0100

■ 问题与总结 (三)

■ 定制MapGrid widget

- 回波图像只有Black、Green、Yellow、Red、Magenta五种颜色
- 考虑到CDS的位操作运算能力有限



■ 经WireShark抓包测试，使用定制的MapGrid，约节省48.3%的带宽

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

感谢聆听



ANSYS-China