

关于VTS助航服务能力的探讨

LOGO

梁 宇

中国交通运输协会信息专业委员会

2015年3月30日 台北

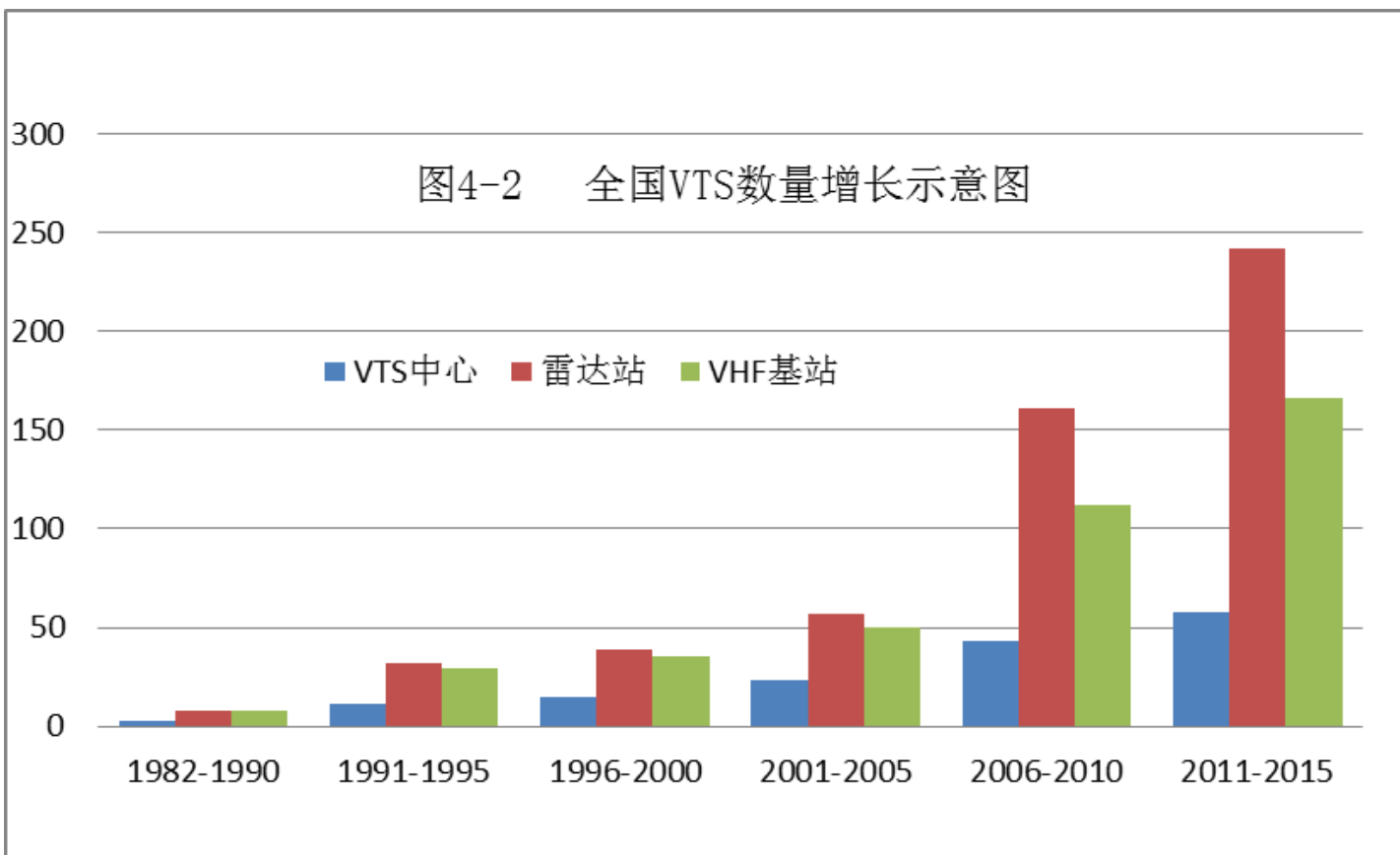




- **VTs的数量**
- 中国大陆VTs从1982年建成宁波港北仑第一个VTs开始，经过32年的发展，截止2014年底，已经建成的VTs 50个，雷达站242座，VHF基站167座，基本覆盖了沿海90%以上的重要港口和长江干线的重要航段，形成了纵贯南北和横贯东西的“T”型布局。见图1。
- **VTs的规模**
- 按每个**VTs**中心拥有的雷达站的数量进行分级：
- 一级规模的**VTs** 15个（雷达站1~2个）
- 二级规模的**VTs** 8个（雷达站3~4个）
- 三级规模的**VTs** 27个（雷达站5个及以上）



图4-2 全国VTS数量增长示意图





VTs的运行情况

2014年，中国大陆沿海**VTs**覆盖区域**49803.28Km²**，内河**VTs**覆盖区域**586Km**；**2009至2013年**，平均每年港口吞吐量**69.06**亿吨，船舶交通流量**799.06745**万艘次；**VTs**提供的各种服务平均每年为：

- 接受船舶报告：**636.26**万次/年；
- 跟踪监视船舶：**470.78**万艘次/年；
- 纠正船舶违章：**24895**件/年；
- 信息服务**2845**：万艘次/年；
- 助航服务：**10.86**万艘次/年；
- 交通组织服务：**93**万艘次/年；
- 支持联合行动：**1.21**万次/年。

1990年以后，船舶交通事故逐年下降，其中应有**VTs**的贡献。



图4-8 三项水上交通安全指标趋势

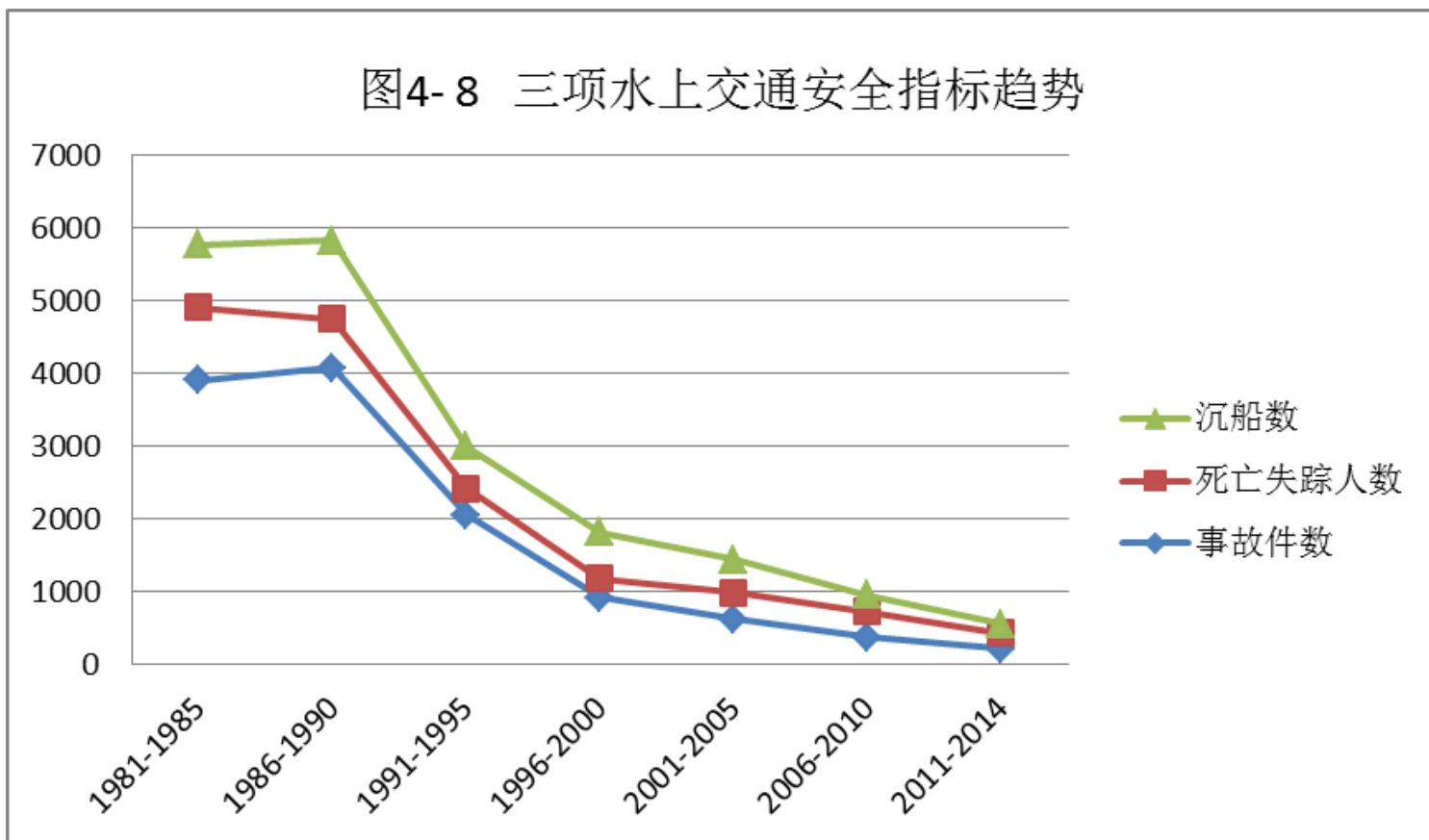




图 3-6 大连黄白咀雷达站



图3-11 天津（东突堤）VTS中心



图3-13 成山头VTS雷达站和VTS中心



图4-5 改建以后的上海吴淞VTS中心



- 1 问题的提出
- 2 VTS的助航服务功能
- 3 助航服务能力的计算
- 4 观测实例



- IMO:《VTS指南》(1997年, IMO A. 857(20)决议案通过)
- 助航服务在困难的航行或气象条件下或船舶出现故障时是非常重要的。……
该服务通常是在应船舶请求或VTS认为必要时提供”。
- IALA:V-128- VTS设备工作和性能要求 (2013年)

表1 小型目标的距离分隔建议 (m)

雷达技术 性能 VTS操作员观测	基本		标准		高级	
	-6dbd点	点 迹 分 隔	-6dbd点	点迹分隔	-6dbd点	点 迹 分 隔
<5NM测量范围	25	40	20	30	15	25
5~20NM测量范围	75	100	60	75	50	60
>20NM测量范围	N/A	N/A	100	125	80	100

1 问题的提出



■ 表2 小型目标的方位分隔建议

雷达技术性能 项目	X波段雷达						S波段雷达			
	基本		标准		高级		标准		高级	
	-6dbd点	点迹分隔	-6dbd点	点迹分隔	-6dbd点	点迹分隔	-6db点	点迹分隔	-6db点	点迹分隔
方位分离角度 (°)	1.0	2.0	0.6	1.2	0.5	1.0	2.4	4.8	1.5	2.9
或者距离，以较大者为准 (m)	25	40	20	30	15	25	20	30	15	25
天线水平波束宽度 (°)	0.7		0.45		0.4		2.0		1.25	

- 问题：1、VTS的三个等级和指标是什么关系？
- 2、什么样的指标才能满足助航服务功能的要求



助航服务信息的主要内容

1、使船舶保持
正确的航速
和航线

2、提供相对于航
道中心线、导
航特征点和或
转向点的位置

3、接近航行危险
区域的位置





助航服务信息的特点

1、信息的连续性
VTS操作员从开始连续跟踪到过程的结束为止。

2、信息的精确性
VTS操作员提供的信息的分辨力和精度能保证船舶航行安全。

3、信息的实时性
VTS操作员能及时提醒船长或引航员快速作出反应。

4、信息的可靠性
VTS操作员提供的建议和/或指令不受环境条件的干扰或设备故障的影响。





助航服务服务的条件

1、法律规章的
授权

2、VTS系统的
技术性能

3、VTS操作员的
资历和经验





■ 3.1 安全间隔

■ 1、船舶领域法

- 日本学者藤井观测统计的日本沿海水域船舶交通，
- 被追越船舶的领域尺寸为**8倍船长（长轴）**和**3.2倍**
- 船长（短轴），在需要减速的港口内和狭窄的海峡
- 时，船舶的领域尺寸减小到**6L**和**1.6L**，见图3-1。

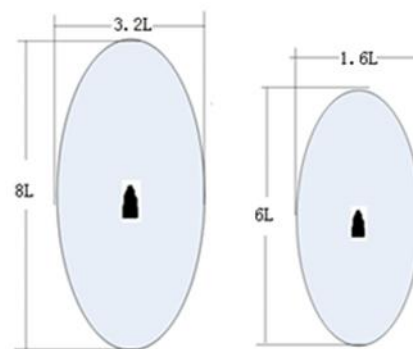


图3-1 日本海水道的船舶领域模型

■ 2、航道设计法

- 交通部《海港总平面设计规范》
- （**JTJ211-99**），航道有效宽度
- 由三部分组成：航迹带宽度（**A**）、
- 船舶间富余宽度（**b**）、船舶与航道
- 底边间的富余宽度（**C**），见图3-2。

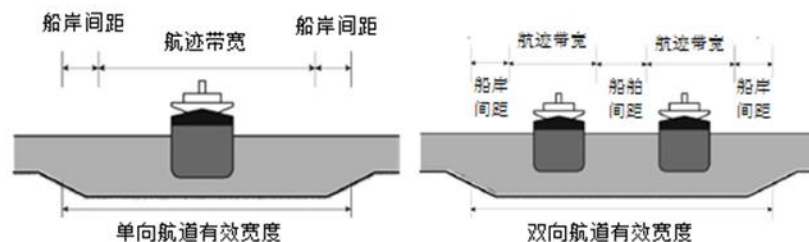


图3-2 航道有效宽度构成



■ 3、航道宽度计算公式

(1) 单向航道宽度 $W=A+2C$

(2) 双向航道宽度 $W=2A+b+2C$

航迹带宽 $A=n(\sin\gamma+B)$

式中：

W—— 航道有效宽度 (m)；

A—— 航迹带宽度(m)；

N—— 船舶漂移倍数，采用表3中的数据；

Y—— 风、流压偏角 (°)；

b—— 船舶间富余宽度，取设计船型的宽度**B** (m)；

C—— 船舶与航道底边间的富余宽度 (m)。

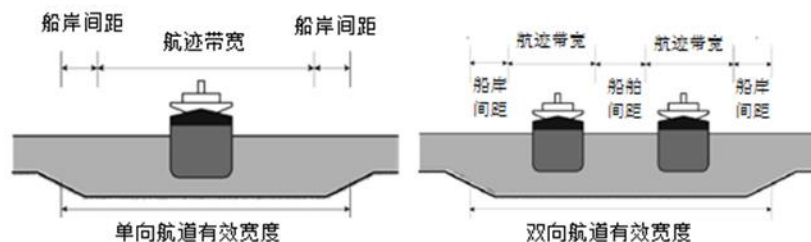


图3-2 航道有效宽度构成



- **(3) 单向航道的安全间隔 $D_{\text{单}}$**

因航道设计方法的安全间隔严于船舶领域方法，故以航道设计方法为准，单向航道的安全间隔为航道有效宽度的二分之一。

$$D_{\text{单}} = \frac{1}{2} W_{\text{单}}$$

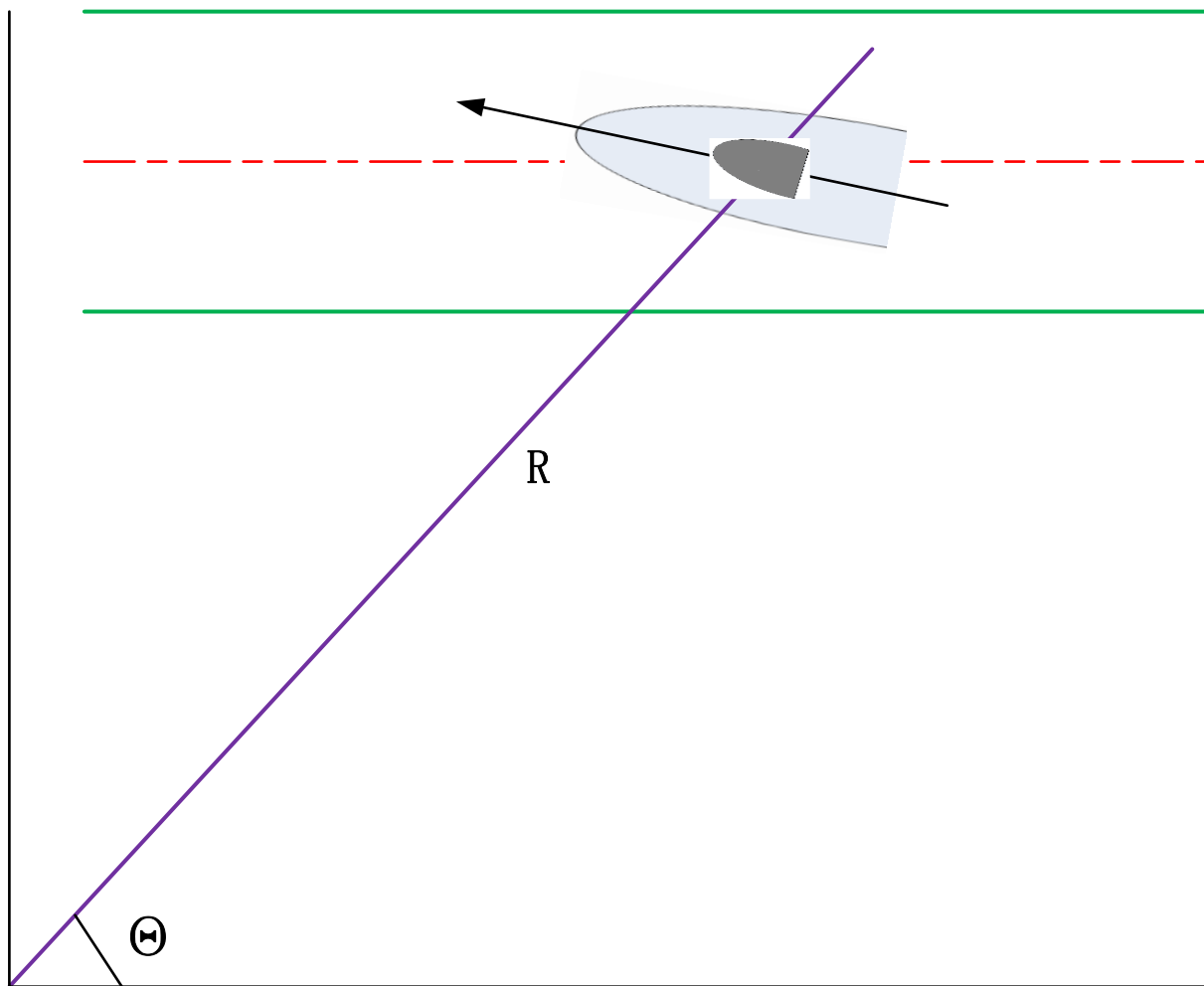
- **(4) 双向航道的安全间隔 $D_{\text{双}}$**

- 船舶领域方法略严于航道设计法。从工程实际考虑，与单向航道安全间隔一致，以航道设计方法为准，即：双向航道的安全间隔为**1**个航迹带宽加上**1**个船舶间距的宽度。

- $D_{\text{双}} = A + b$

3 助航能力的计算

中国交通运输协会信息专业委员会





3.2 监视能力的计算

1、点目标的监视能力

(1) 单向航道

- 定义：在一段单向直线航道内，点目标监视能力是点目标在**VTS**雷达显示器上的分辨力等于或优于单向航道的安全间隔。即： $D_j \leq \frac{1}{2} W_{\text{单}}$

式中：

$$D_j = \Delta R_{\min} \sin \theta + R \Delta \alpha_{\min} \cos \theta$$

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

R —— 雷达天线至目标的距离 (m)

$\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

$W_{\text{单}}$ —— 单向航道的有效宽度 (m)



- **1、点目标的监视能力**
- **(2) 双向航道**
- 定义：在一段直线双向航道内，点目标监视能力是点目标在**VTS**雷达显示器上的分辨力等于或优于双向航道的安全间隔。即： $D_j \leq D_{\text{双}}$

- 式中：

$$D_j = \Delta R_{\min} \sin \theta + R \Delta \alpha_{\min} \cos \theta$$

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

R —— 雷达天线至目标的距离 (m)

$\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

$D_{\text{双}}$ —— 双向航道的有效宽度 (m)， $D_{\text{双}} = A + b$

A ——航迹带宽度(m)， b ——船舶间距，取船舶宽度**B** (m)



■ 2、非点目标的监视能力

■ (1) 单向航道

- 定义：在一段直线单向航道内，非点目标监视能力是非点目标回波在单向航道中心线的投影等于或小于单向航道的有效宽度。即： $D_j \leq W_{\text{单}}$

式中：

$$D_j = K [R \Delta \alpha_{\min} \cos(\theta - \gamma) + B] + \Delta R_{\min} \times \sin(\theta - \gamma)$$

K —— 雷达回波的反射系数， $K=1.0 \sim 1.8$

R —— 雷达天线至目标船的距离 (m)

$\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 ($^{\circ}$)

γ —— 船舶的流压角 ($^{\circ}$)

B —— 设计船型宽度 (m)

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

$W_{\text{单}}$ —— 单向航道有效宽度



2、非点目标的监视能力

（2）双向航道

定义：在一段直线双向航道内，非点目标监视能力是非点目标回波在航道中心线的投影等于或小于双向航道有效宽度的二分之一。即： $D_j \leq \frac{1}{2} W_{\text{双}}$

式中：

$$D_j = K [R \Delta a_{\min} \cos(\theta - \gamma) + B] + \Delta R_{\min} \times \sin(\theta - \gamma)$$

K —— 雷达回波的反射系数， $K=1.0 \sim 1.8$

R —— 雷达天线至目标船的距离（m）

$\Delta a_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力（弧度）

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角（°）

γ —— 船舶的流压角（°）

B —— 设计船型宽度（m）

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力（m）

$W_{\text{双}}$ —— 双向航道的有效宽度（m）



3.3 导航能力的计算

1、点目标的导航能力

(1) 单向航道

- 定义：在一段直线单向航道内，点目标的导航能力是点目标分辨力在航道中心线的投影和定位精度之和等于或小于航道的有效宽度。即： $D_N \leq W_{\text{单}}$

- 式中： $D_N = \Delta R_{\min} \sin \theta + R \Delta \alpha_{\min} \cos \theta + \sqrt{(R \Delta \alpha \cos \theta)^2 + B(\Delta R \sin \theta)^2}$

- $\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

- $\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

- θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

- R —— 雷达天线至目标船的距离 (m)

- $\Delta \alpha$ —— 雷达测方位误差 (弧度)； ΔR —— 雷达测距误差 (m)

- B —— 设计船型宽度 (m)； $W_{\text{单}}$ —— 单向航道有效宽度 (m)



1、点目标的导航能力

(2) 双向航道

定义：在一段直线双向航道内，点目标的导航能力是点目标分辨力在航道中心线的投影和定位精度之和等于或小于航道有效宽度的二分之一。即：

$$D_N \leq \frac{1}{2} W_{\text{双}}$$

式中： $D_N = \Delta R_{\min} \sin \theta + R \Delta \alpha_{\min} \cos \theta + \sqrt{(R \Delta \alpha \cos \theta)^2 + B(\Delta R \sin \theta)^2}$

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

$\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

R —— 雷达天线至目标船的距离 (m)

$\Delta \alpha$ —— 雷达测方位误差 (弧度)； ΔR —— 雷达测距误差 (m)

B —— 设计船型宽度 (m)； $W_{\text{双}}$ —— 单向航道有效宽度 (m)



2、非点目标的导航能力

(1) 单向航道

❖ 定义：在一段直线单向航道内，非点目标的导航能力是非点目标回波在航道中心线的投影和定位误差之和等于或小于航道的有效宽度。即： $D_N \leq W_{\text{单}}$

❖ 式中：

$$D_N = K (R \Delta \alpha_{\min} \cos(\theta - \gamma) + B) + \Delta R_{\min} \times \sin(\theta - \gamma + \sqrt{(R \Delta \alpha \cos \theta)^2 + B(\Delta R \sin \theta)^2})$$

❖ K —— 雷达回波的反射系数， $K=1.0 \sim 1.8$

❖ R —— 雷达天线至目标船的距离 (m)

❖ $\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

❖ $\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

❖ θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

❖ γ —— 船舶的流压角 (°)； B —— 设计船型宽度 (m)

❖ $\Delta \alpha$ —— 雷达测方位误差 (弧度)； ΔR —— 雷达测距误差 (m)



2、非点目标的导航能力

(2) 双向航道

定义：在一段直线双向航道内，非点目标的导航能力是非点目标回波在航道中心线的投影和定位误差之和等于或小于航道有效宽度的二分之一。即： $D_N \leq \frac{1}{2} W_{\text{双}}$

式中：

$$D_N = K (R \Delta \alpha_{\min} \cos(\theta - \gamma) + B) + \Delta R_{\min} \times \sin(\theta - \gamma + \sqrt{(R \Delta \alpha \cos \theta)^2 + B(\Delta R \sin \theta)^2})$$

K —— 雷达回波的反射系数， $K=1.0 \sim 1.8$

R —— 雷达天线至目标船的距离 (m)

$\Delta \alpha_{\min}$ —— 雷达的方位分辨力 (弧度)

$\Delta R_{\min}$ —— 雷达的距离分辨力 (m)

θ —— 雷达天线至航道中心线连线与航道中心线的夹角 (°)

γ —— 船舶的流压角 (°)； B —— 设计船型宽度 (m)

$\Delta \alpha$ —— 雷达测方位误差 (弧度)； ΔR —— 雷达测距误差 (m)



■ 4.1 雷达参数

天线口径：**21ft**、水平波束宽度：**0.36°**（**-3dB**点）；

雷达发射功率：**25KW**、脉冲宽度：**250ns**；

雷达显示器：**24**英寸、像素**1920 x 1200**；

天线方位量化单元：**8192**；

距离分辨力：**11.5m**（最小脉宽/**3**海里量程）；

雷达数据处理器：采样频率 **75MHz** 、幅度量化**8bit**、方位量化单元 **8192**

处理范围**≥30n mile**。

■ 4.2 观测条件

雷达显示器量程：**6**海里、偏心显示；

航道条件：秦皇岛港主航道，航道底宽**205m**；

航道与雷达站夹角：**160°**；

观测船舶：“连兴湖”号油轮、船长：**228.6m**，船宽：**32.26m**，出港航行；

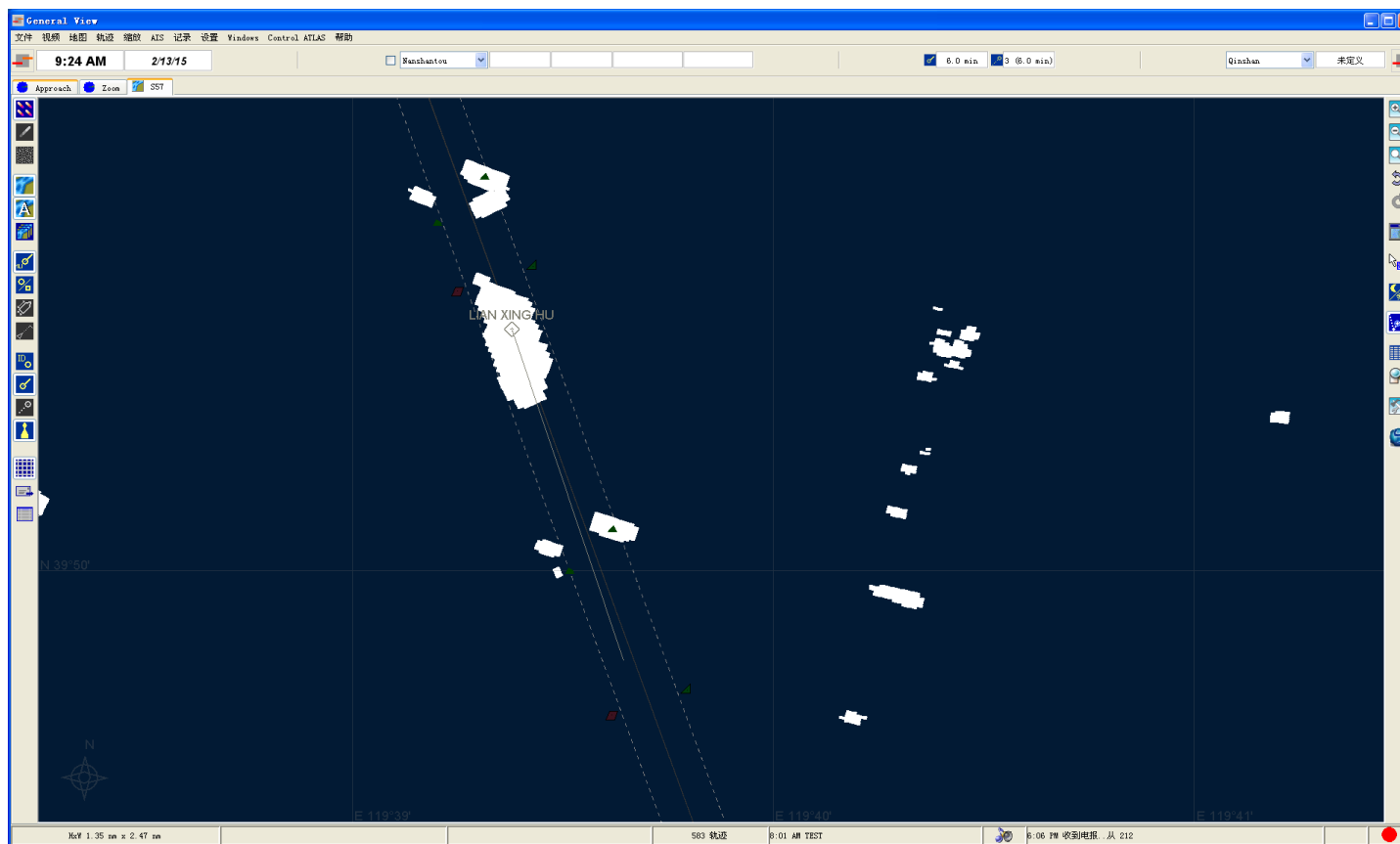
船舶与雷达站距离：在**4~6**海里范围变化。

4 观测实例

中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 1、数字化雷达视频

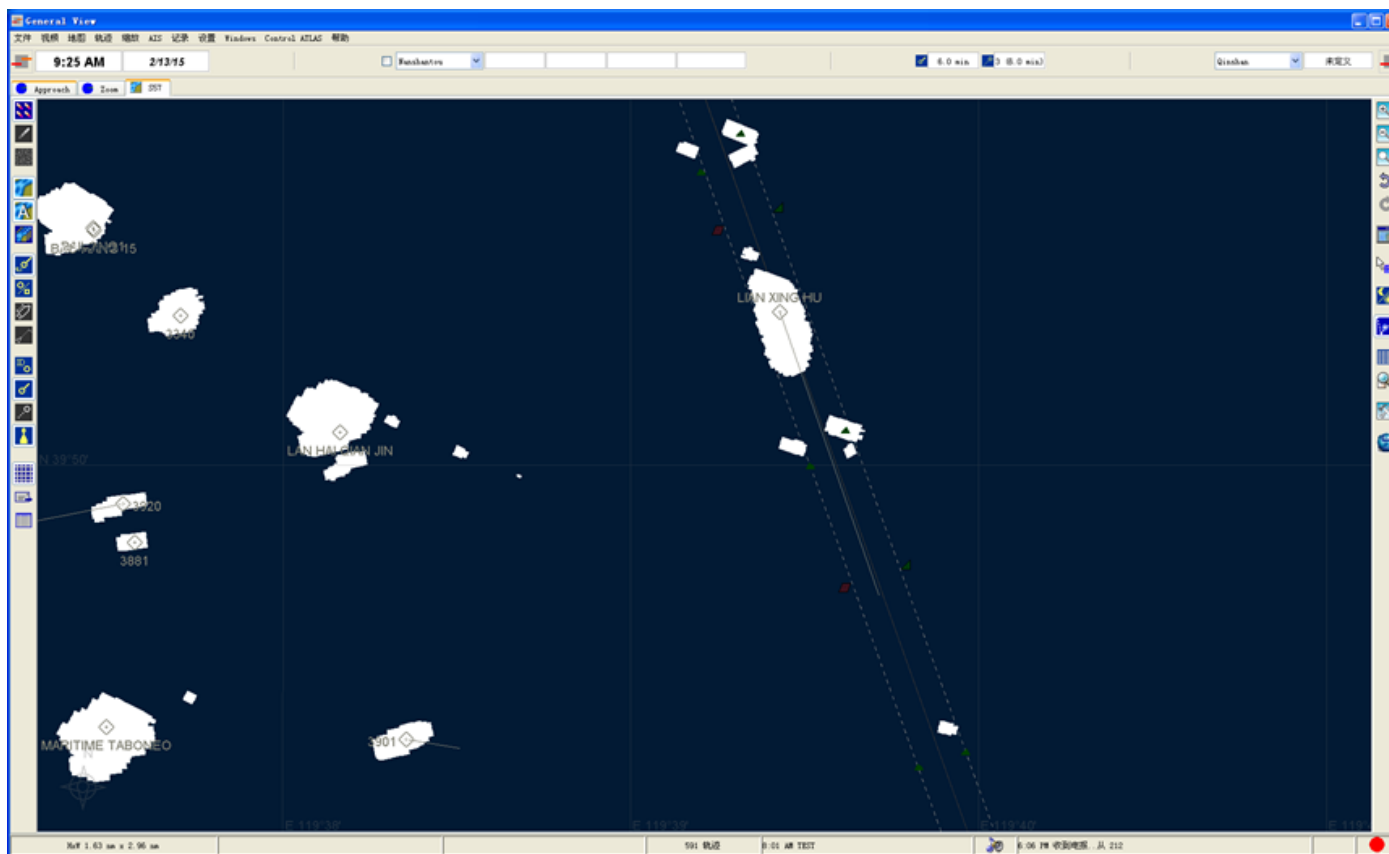


4 观测实例

中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 1、数字化雷达视频

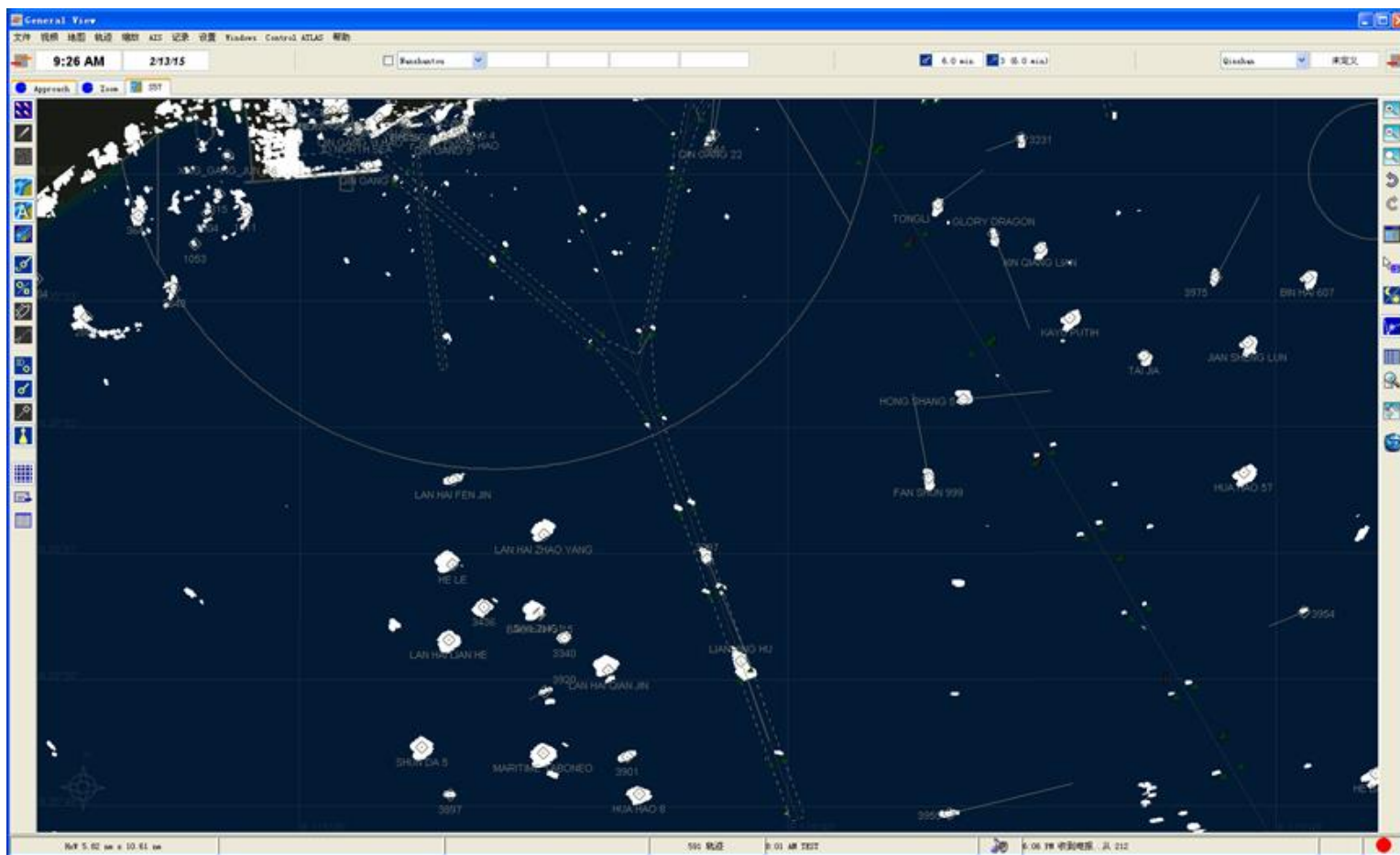


4 观测实例

中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 1、数字化雷达视频

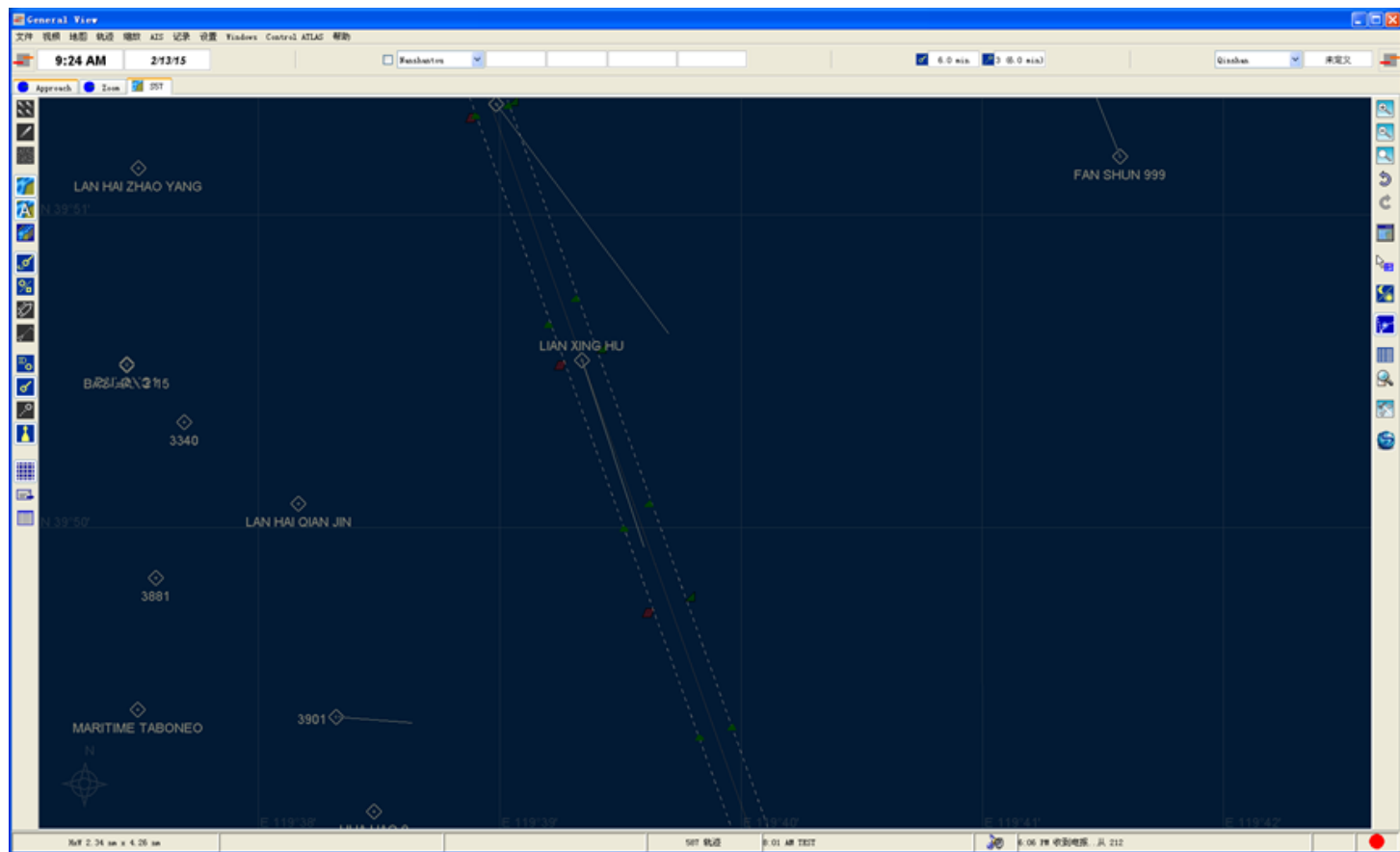


4 观测实例

中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 2、跟踪点迹

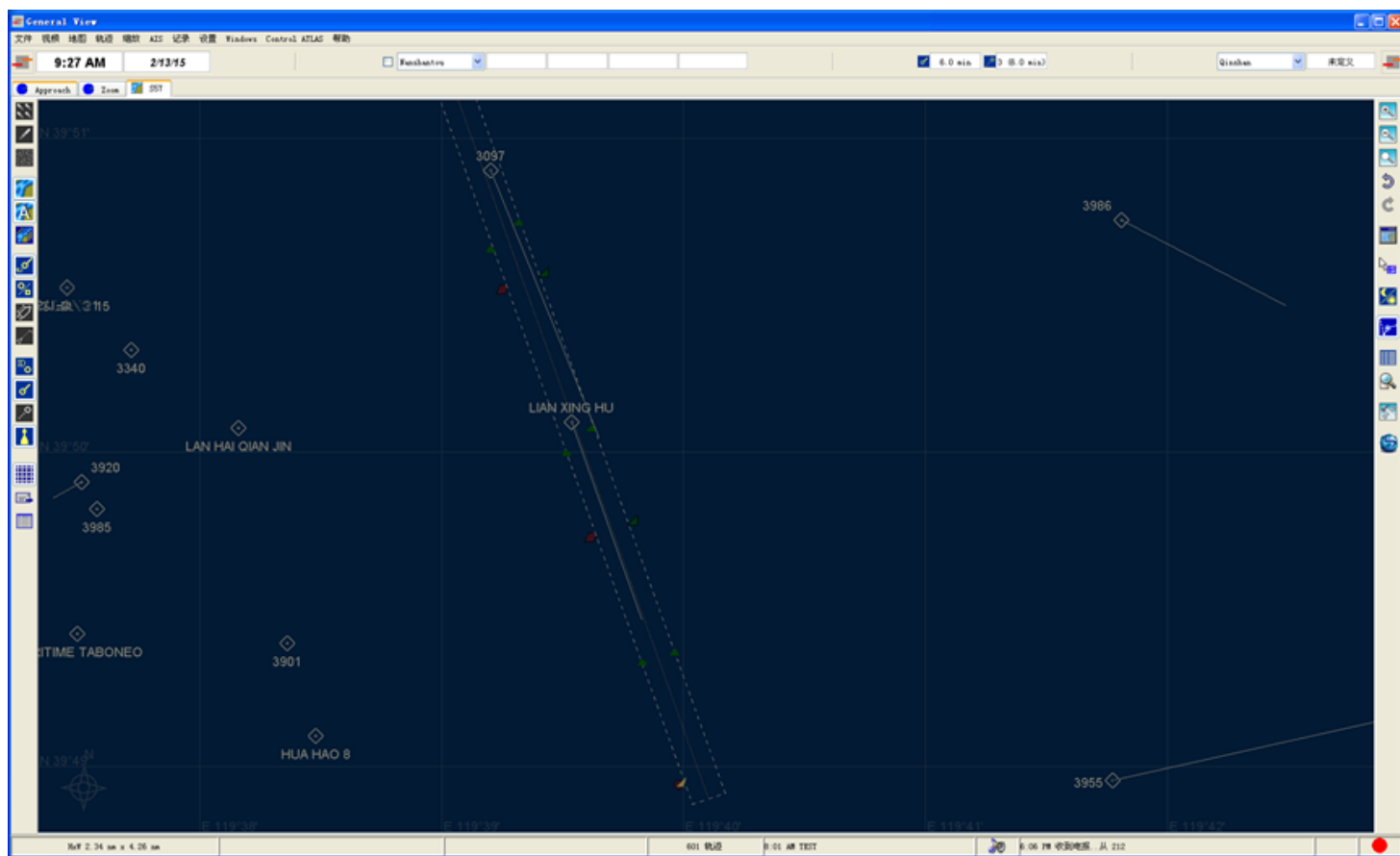


4 观测实例

中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 2、跟踪点迹

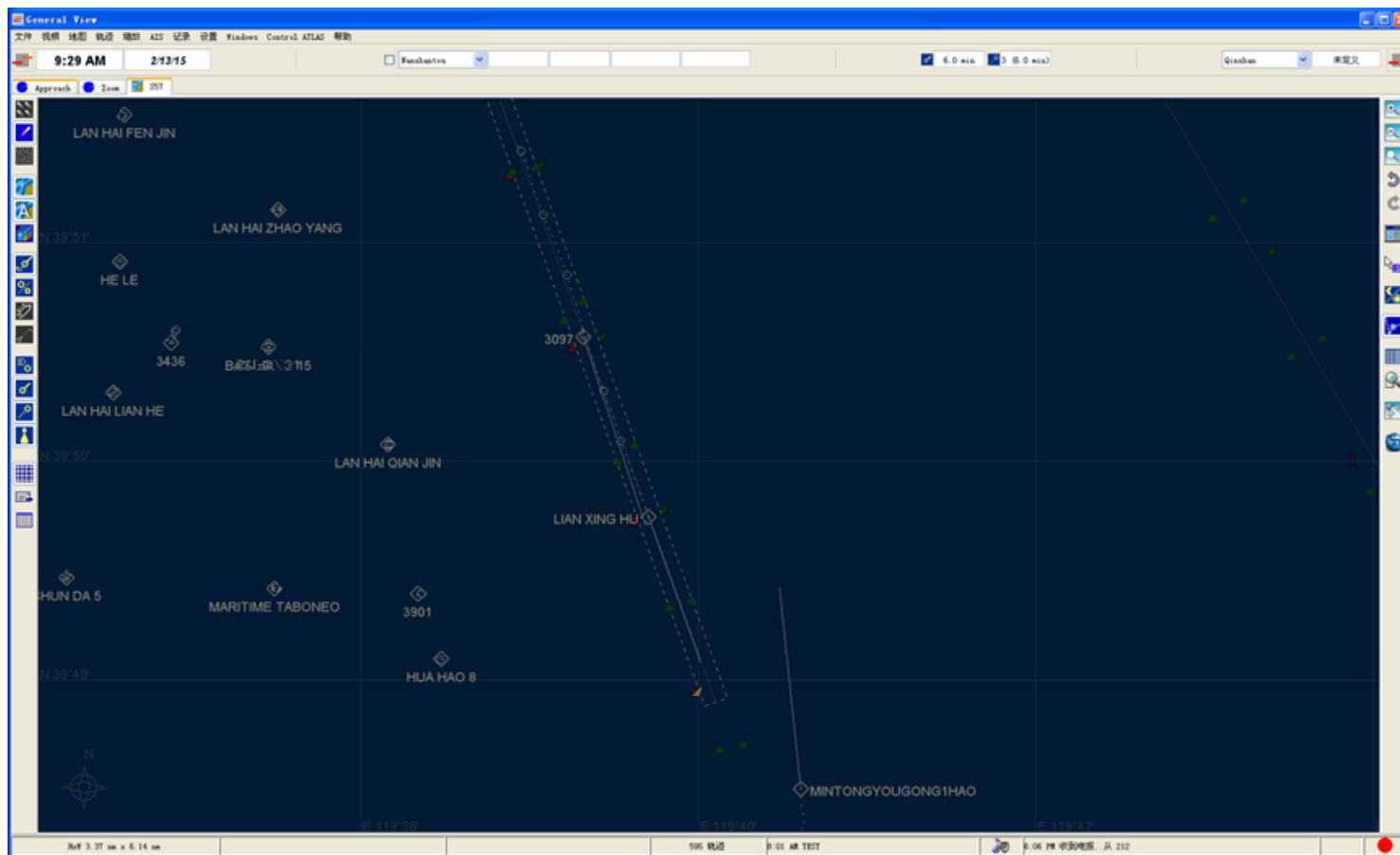


4 观测实例

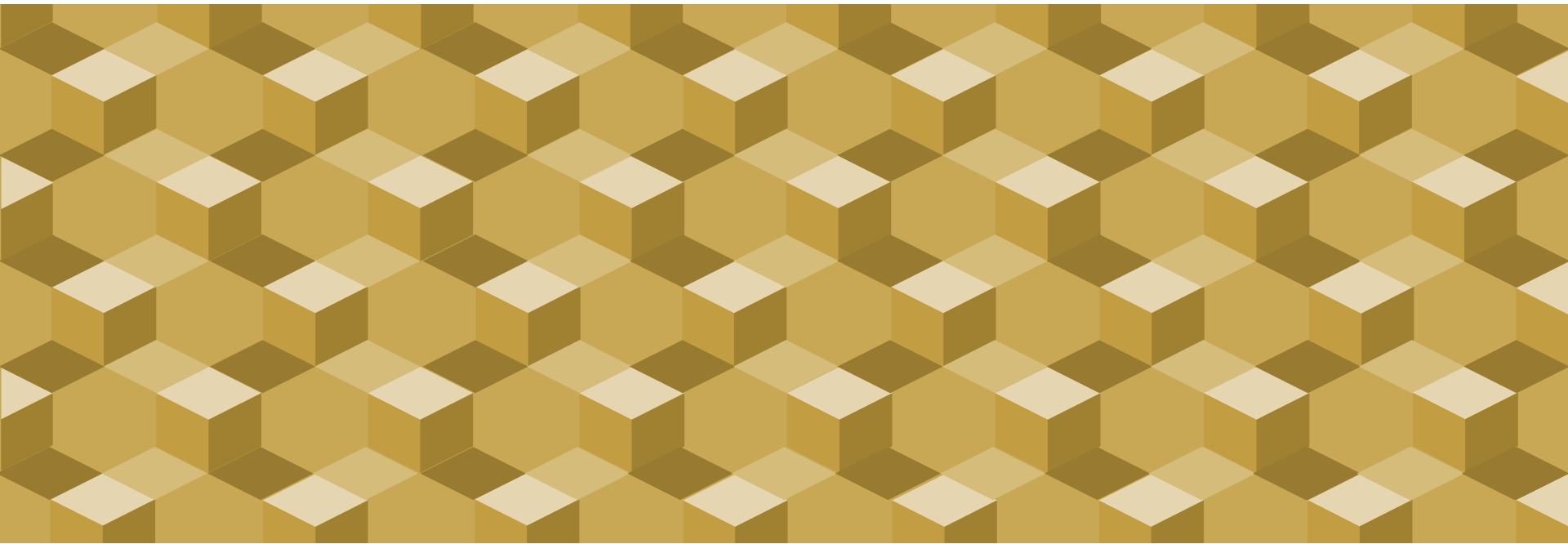
中国交通运输协会信息专业委员会



- 4.3 雷达图像
- 2、跟踪点迹



Thank you!





Sub Text

Text 1

Text 2

Text 3

Click to edit title



Sub Text

**Your
Text
Here**

**Your
Text
Here**

**Your
Text
Here**

**Your
Text
Here**



Click to edit title



Text 1

Text 2

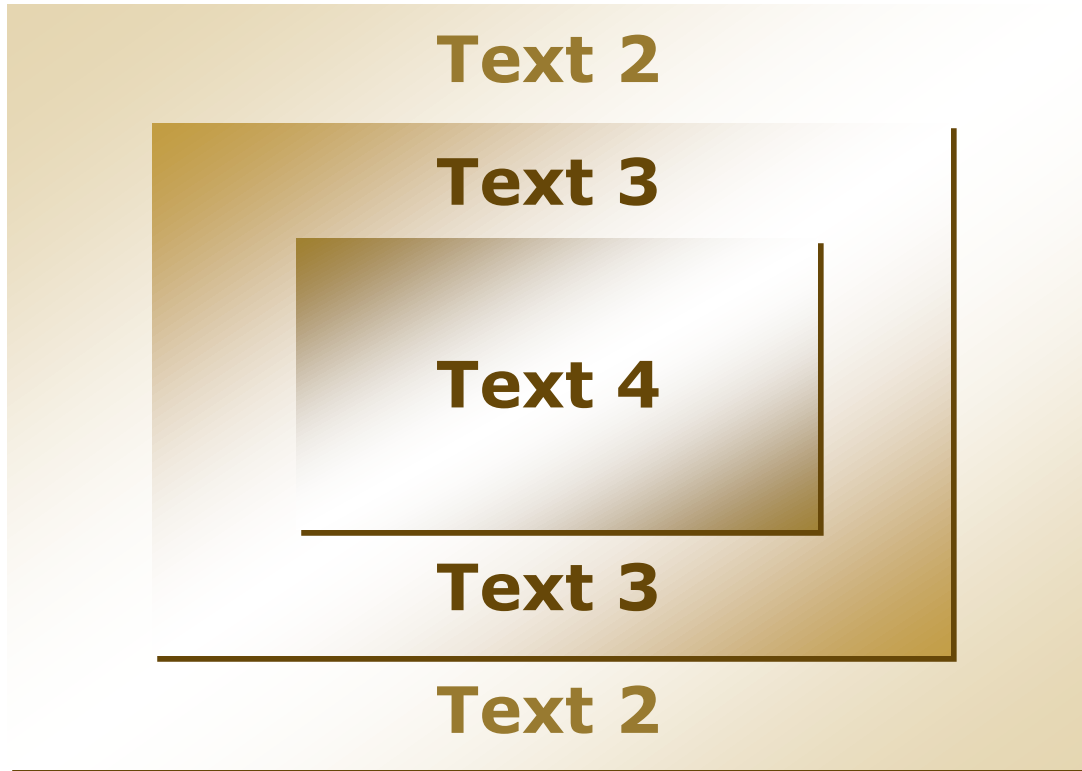
Text 3

Text 4

Text 3

Text 2

Text 1



Click to edit title



Sub Text

	1	2	3	4

Chart Documents

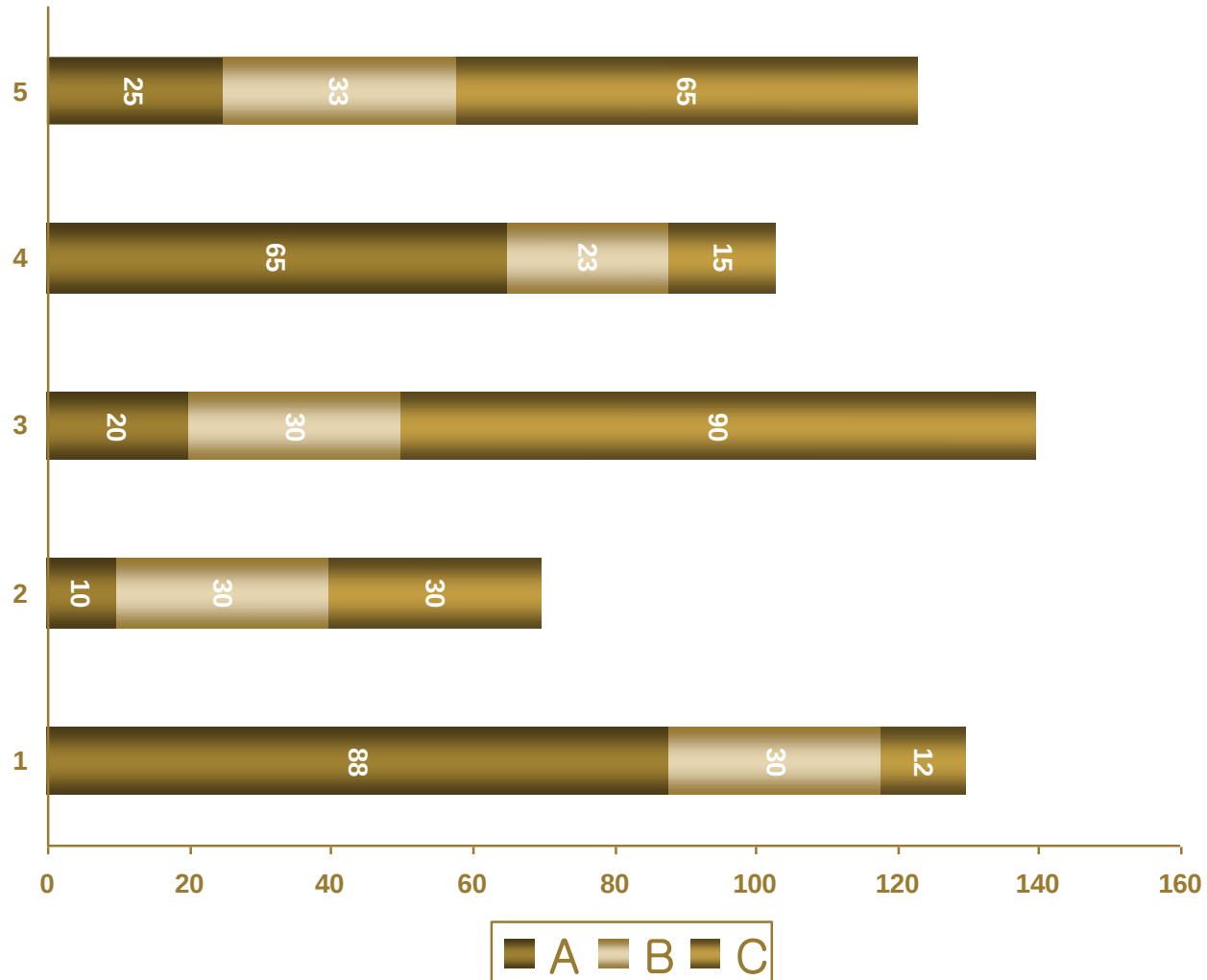
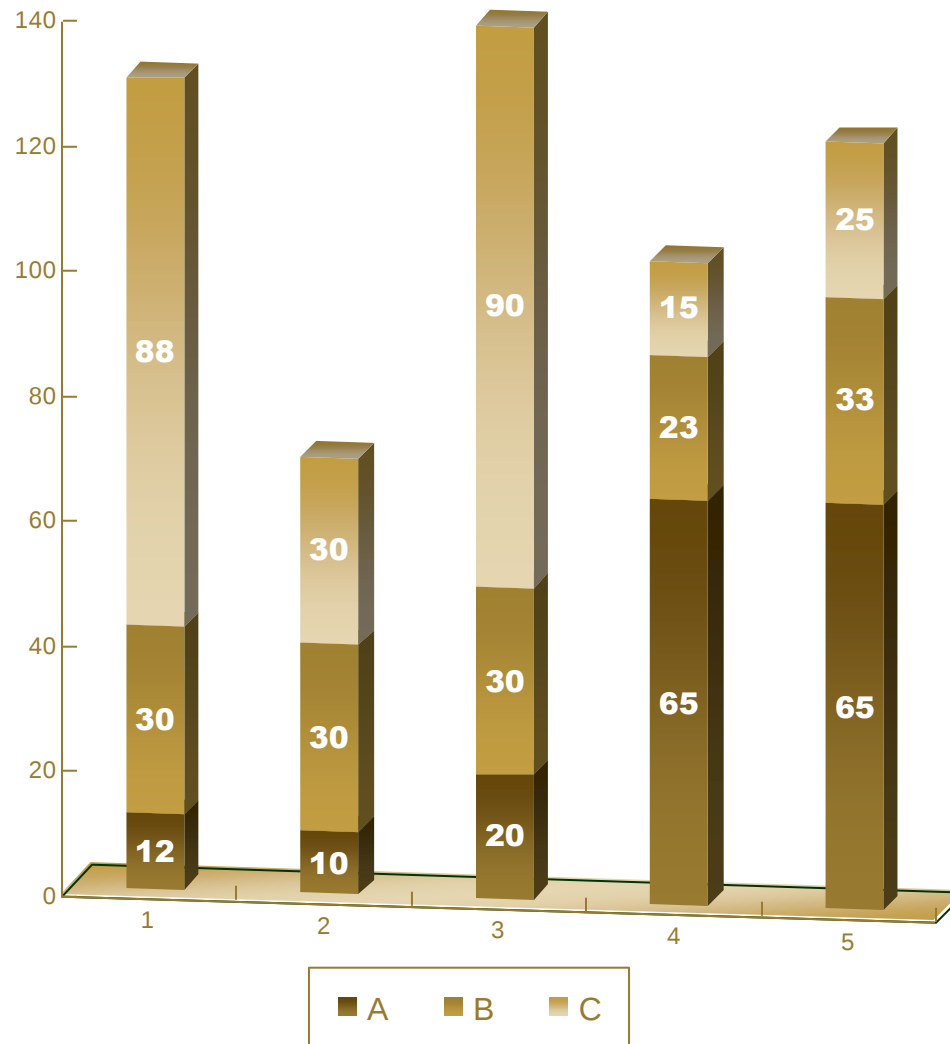
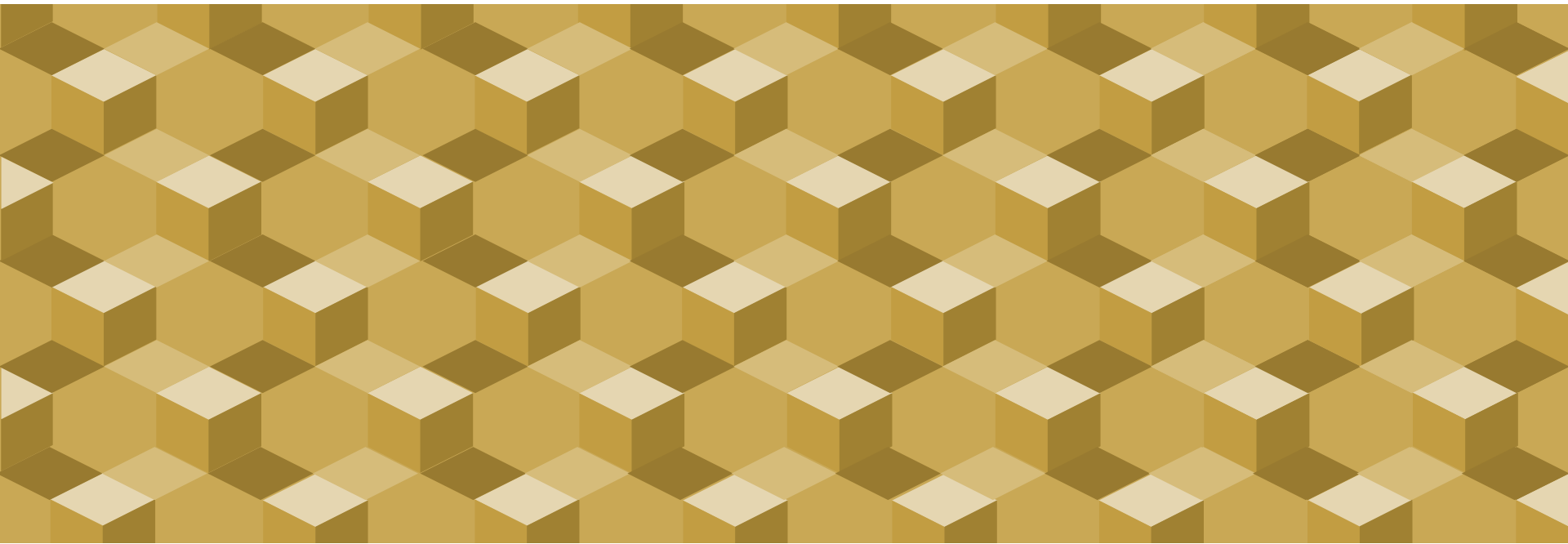


Chart Documents



Thank you!



LOGO
your site here