

Image Fusion *Theories, Techniques and Applications*

chap12 基于多源数据融合的机场跑道异物检测系统及关键技术研究

汇报人：肖刚副教授

电子邮件：xiaogang@sjtu.edu.cn

联系电话：021-34206192 13918459696



上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University

汇报提纲

1. 需求分析
2. 国外系统分析
3. 系统总体方案
4. 关键技术与研究
5. 初步研究成果



1.需求分析



中国“辽宁号”航母

2016-12-16



What are they doing ?

1.需求分析

- **FOD (Foreign Object Debris)**，即可能损伤航空器或系统的某种外来物质，如金属碎块，水泥碎屑或橡胶碎片。
- **FOD (Foreign Object Damage)**，即任何由外来物引起的损伤，即可以是物理上的损伤也可以是经济上的损失。
- 常所说的**FOD**指外来物。根据上述的定义，航空器的外来物种类相当多，如螺栓、跑道碎块、轮胎碎片、动物等。



1.需求分析

- FOD危害



协和空难造成飞机完全解体，共有**113**人遇难，法航向遇难家属赔偿约**1.3**亿美元。

由于协和飞机机翼的底面与油箱之间的连结装置有安全隐患，后来为改善协和飞机的安全性能耗费了约**2400**万美元。



1.需求分析

- FOD 带来的危害不仅是损坏航空器和夺去宝贵的生命，而且还伴随着巨大的**经济损失**。非计划的拆换发动机本身就是昂贵的花费，更不用说旅客延误和航班取消带来的损失
- 很多时候**FOD** 造成的损失都以百万美元计。据保守估计，每年全球因**FOD**造成的损失至少**30-40 亿美元**



1.需求分析

- 随着世界民用航空业的迅猛发展，民用客机数量大幅增加，机场航班的起降频率更加频繁，机场跑道异物越来越对机场安全造成威胁，飞机损伤，飞行事故，航班晚点等事件的发生频率不断上升，破坏程度不断加大，对民用航空业带来了巨大的影响和损失。
- 目前，国内外跑道监察工作主要是靠道面巡查人员完成，民航组织规定每天对道面进行四次步行检查。在巡查跑道时将关闭跑道，这使得航班通行能力大大降低。在实时监控技术和计算机视觉目标识别技术日益发展的今天开发一种全天时，全天候，全自动，高检测率的机场跑道异物检测系统已经成为必然。



1.需求分析



2.国外系统分析



美国的FODfinder



英国的Tarsier Radar



以色列的FODetect



新加坡的iFerro

2016-12-16

机场跑道异物检测系统及关键技术



上海交通大学

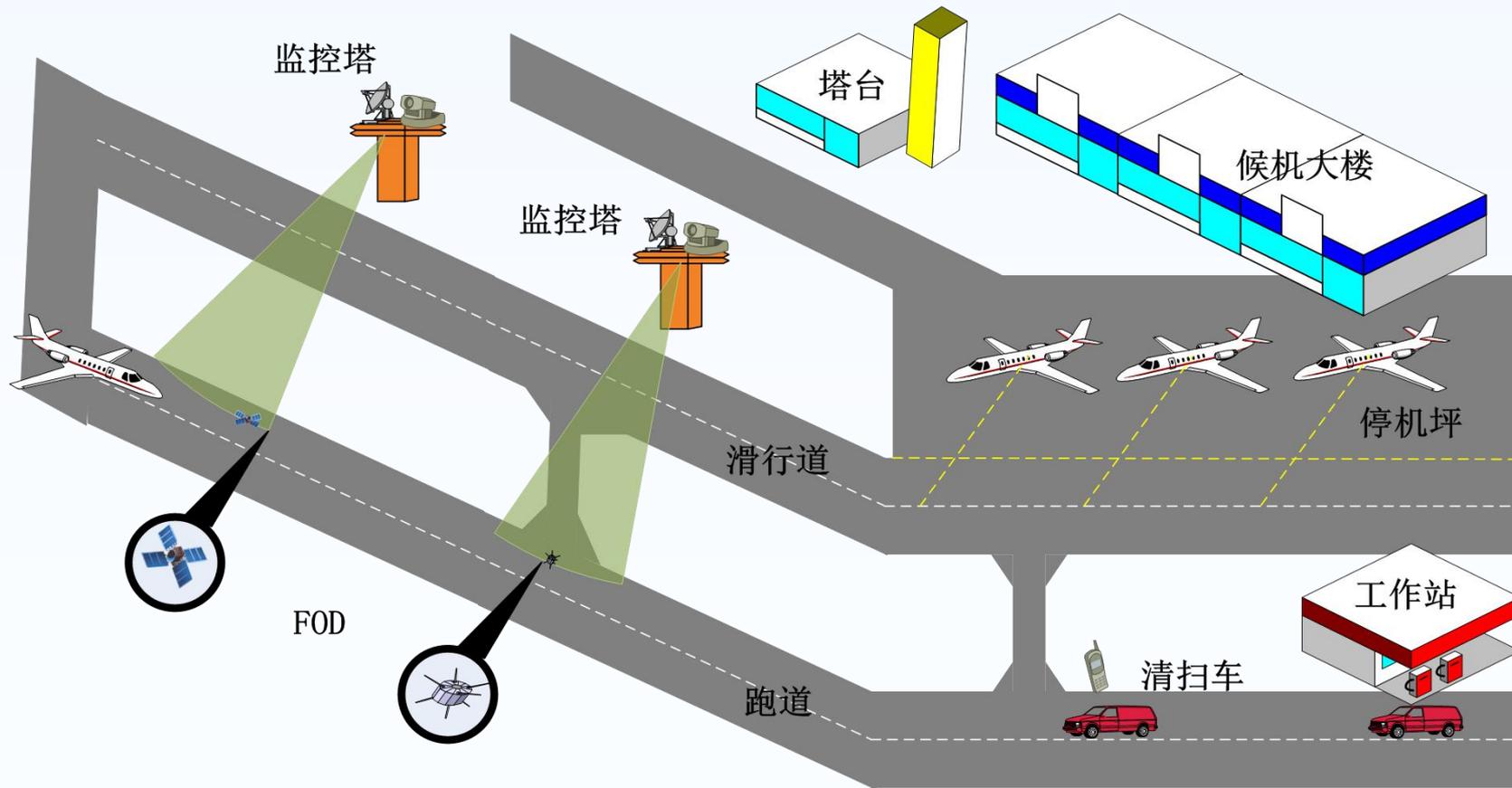
2.国外系统分析

	FODFinder	FODetect	iFerret	Tarsier Radar
国家	美国	以色列	新加坡	英国
探测设备	毫米波雷达 可见光相机 红外灯	毫米波雷达 可见光相机 红外灯	可见光相机	毫米波雷达 可见光相机 红外灯
检测方法	雷达与视频 综合检测	雷达与视频 综合验证	智能图像处理	雷达扫描 视频验证
人工验证	需要	需要	不需要	需要
安装位置	车载	跑道边灯	塔架	塔架
主要优点	可探测机场 所有区域	不受跑道 边灯影像	无需雷达 成本较低	技术成熟 应用较多
主要缺点	依然处在半自 动检测模式 探测距离受限	系统规模庞大 开发维护成本 较高	受光照天气条件 影响较大	依然处在半自动 检测模式



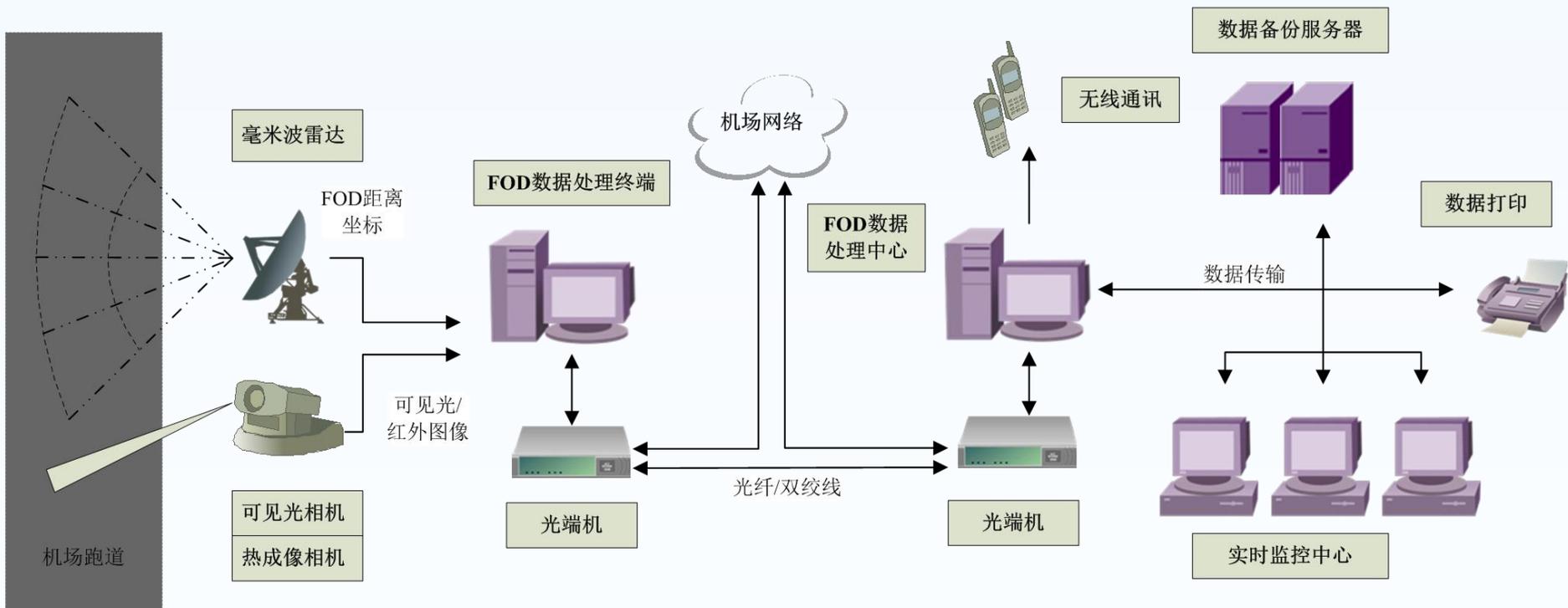
3.系统方案设计

- 系统物理分布 塔架模式



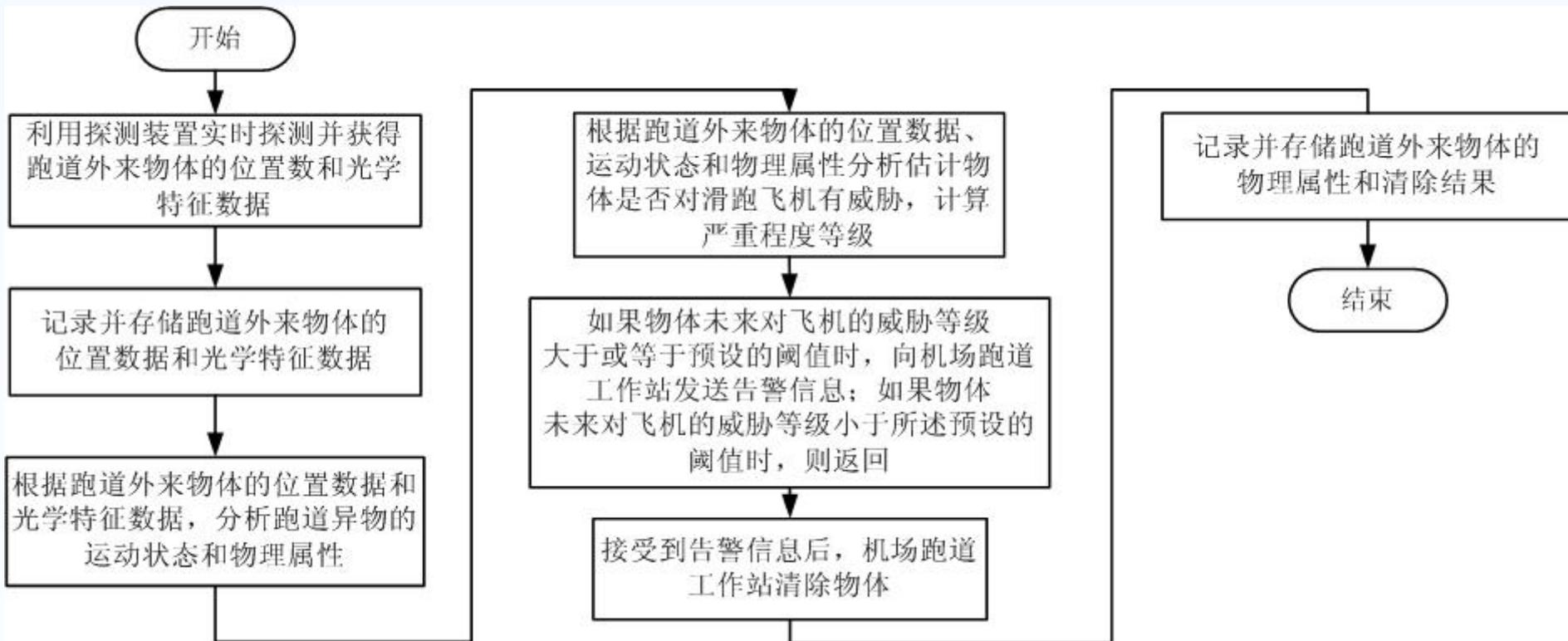
3.系统方案设计

- 系统网络拓扑
- 塔架探测器终端 与 监控中心



3.系统方案设计

- 系统工作流程



3.系统方案设计

- 探测系统
 - 毫米波雷达：FOD目标的检测
 - 可见光与红外摄像机：FOD目标图像数据采集



96Hz 毫米波雷达



球形复合式可见光/红外相机

3.系统方案设计

- 数据处理系统：
 - 图像预处理模块
 - 目标区域分割与FOD目标检测算法
 - 目标运动状态分析模块
 - FOD目标运动状态分析算法
 - 物体物理属性分析模块
 - FOD目标图像特征提取算法与物理属性分析方法
 - FOD特征数据库



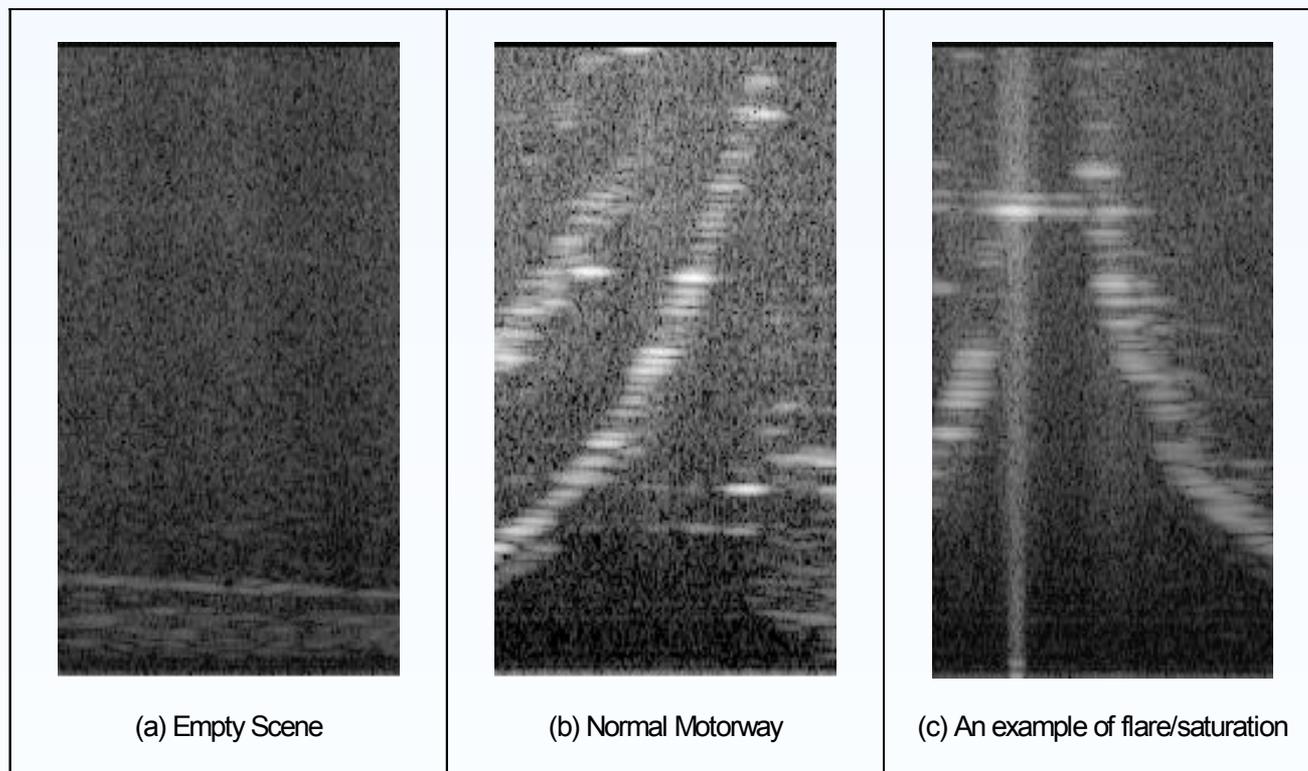
3.系统方案设计

- 监视告警系统：
 - FOD数据库
 - 远程监控系统
 - 告警模块



4. 关键技术研究

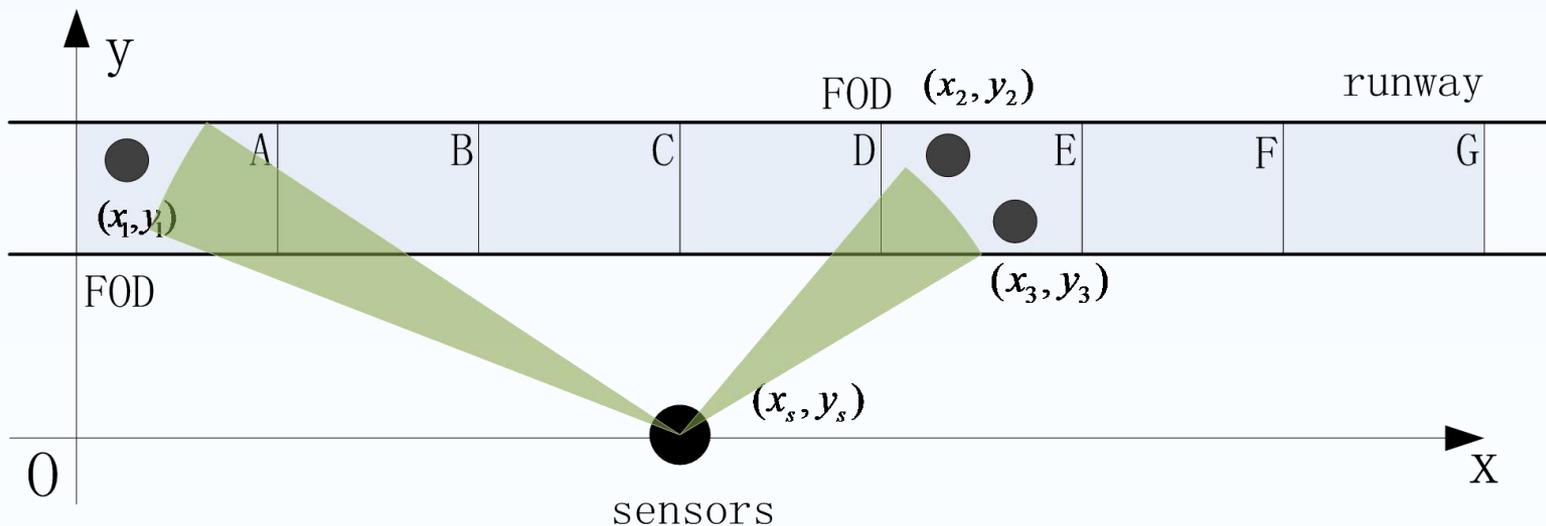
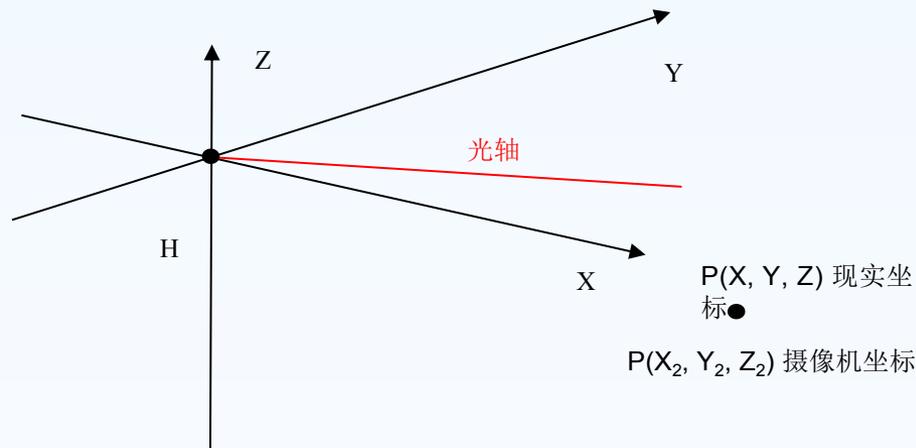
- 毫米波雷达



毫米波雷达图像（以运动车辆为例）

4. 关键技术研究

- 红外与可见光相机
 - 相机标定
 - 机场区域划分



4. 关键技术研究

- 红外与可见光原始实验数据



金属FOD 目标



橡皮FOD 目标

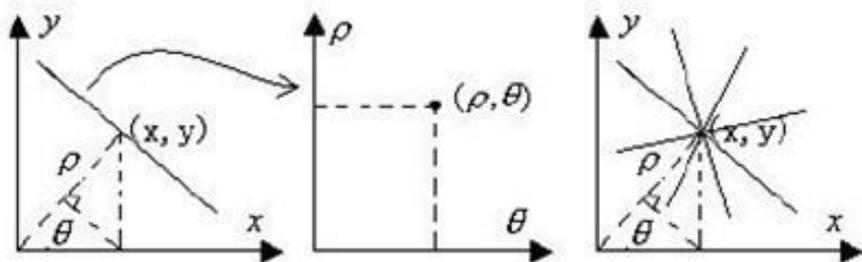
4. 关键技术研究

- 图像预处理算法
 - 图像分割算法
 - 基于Hough变换的机场跑道区域分割



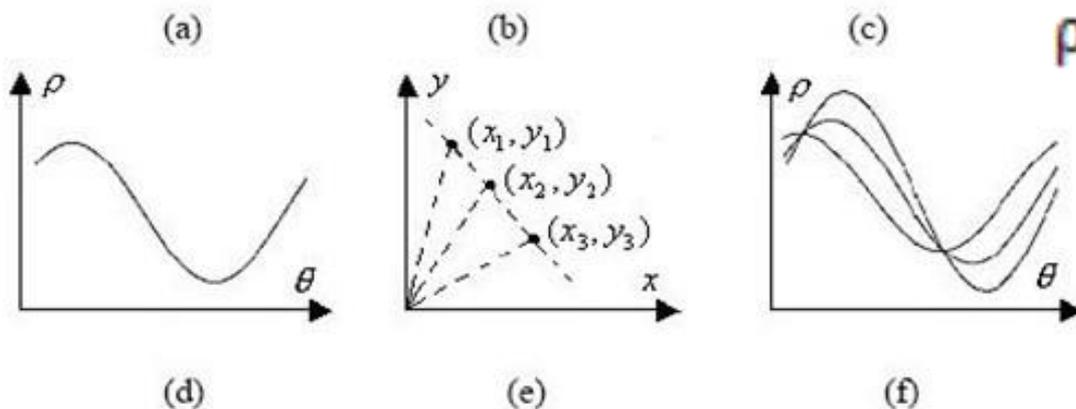
4. 关键技术研究

- 图像预处理算法
 - 基于Hough变换的机场跑道区域分割



$$y = k * x + b$$

$$\rho = x * \cos(\theta) + y * \sin(\theta)$$



4. 关键技术研究

- 红外图像中FOD目标检测实验结果



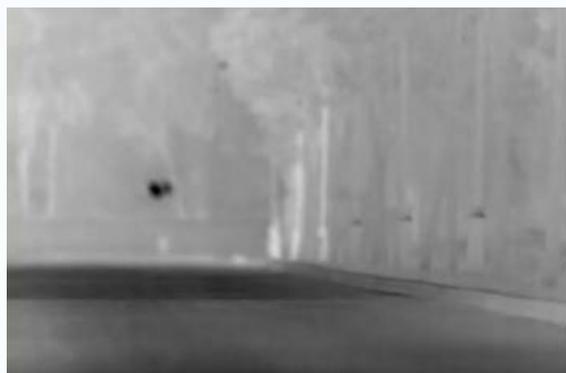
Original image



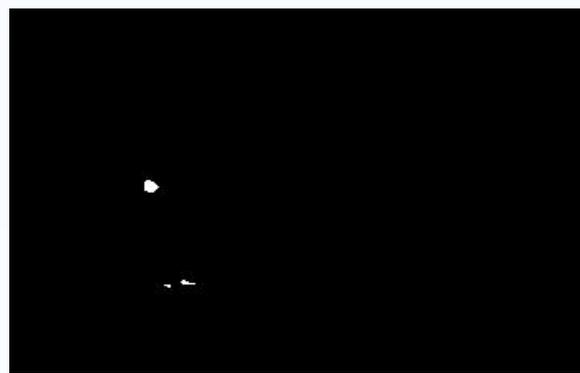
Edge detection



Runway Region



Background image



Subtraction & Binary image



Final Result image

4. 关键技术研究

- 红外图像FOD识别（金属与非金属）
- FOD目标在红外图像中的特征
 - 温度特性 热辐射特性

FOD 目标在入侵机场跑道的短时间内，金属物体一般温度低于跑道温度，非金属物体一般温度高于跑道温度。在红外图像中金属物体灰度值低于跑道区域灰度值，非金属物体灰度值高于跑道区域灰度值。

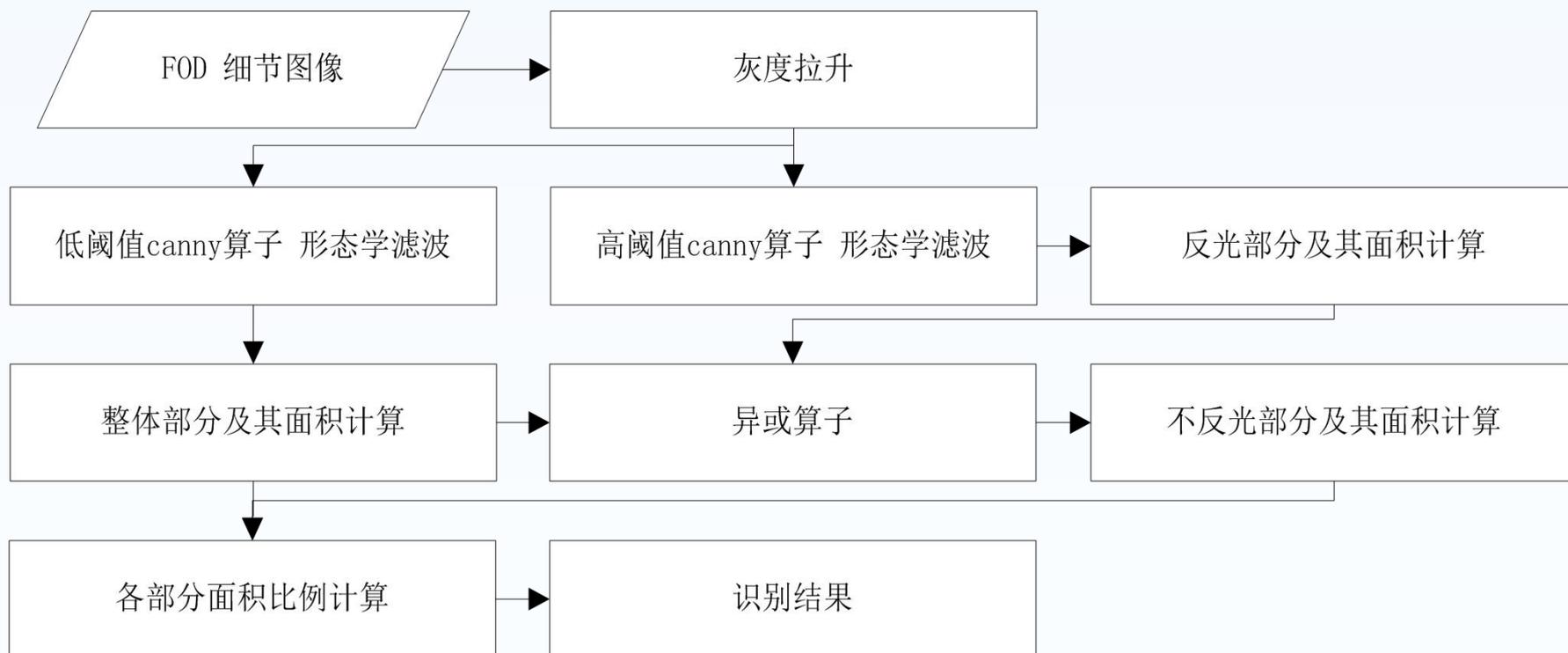
- 反光特性 光照影响特性

金属目标在强光条件下由于自身反光特性导致局部反光强烈，使得红外图像中金属物体灰度分布不均。



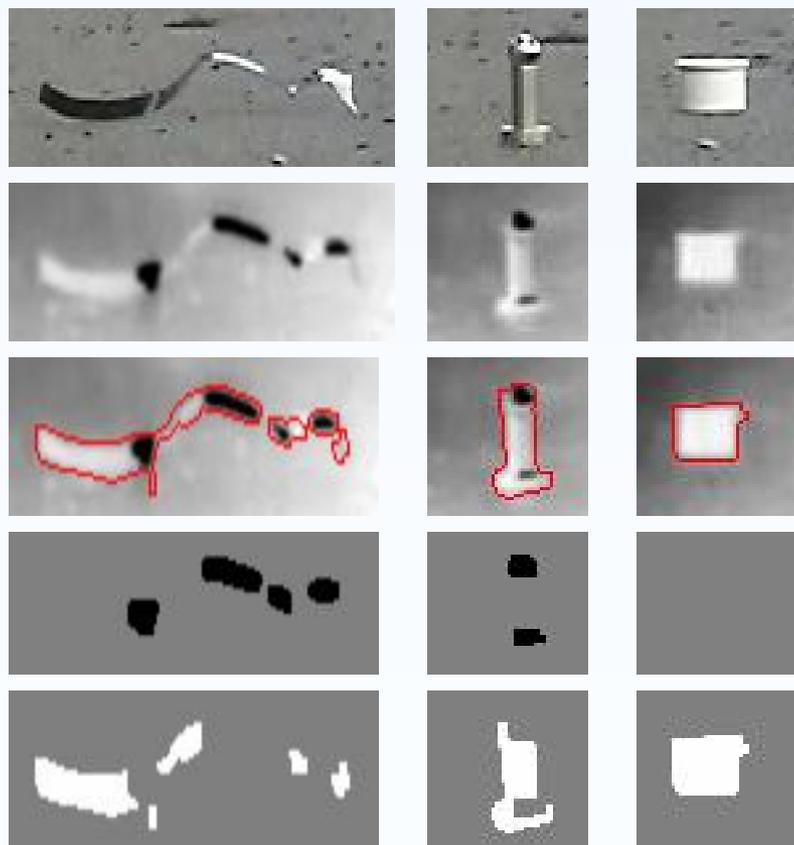
4. 关键技术研究

- 红外图像FOD识别（夜间）
- 算法流程



4. 关键技术研究

- 红外图像FOD目标识别



从左到右依次为：

金属条状FOD

金属圆柱状FOD

非金属圆柱状FOD

	金属FOD	非金属FOD
识别率	90%	77.1%
虚警率	22.9%	10%

4. 关键技术研究

- 可见光图像FOD目标特征
 - 统计特征
 - 灰度值 熵值
 - 形状特征
 - 轮廓 边缘
 - 几何特征
 - 面积 周长
 - 纹理特征
 - 纹理



4. 关键技术研究

- 可见光图像FOD目标特征提取算法
- FOD目标威胁等级估计方法
 - 普通加权系数算法
 - 基于监督学习机制的神经网络算法
- FOD目标威胁等级模型

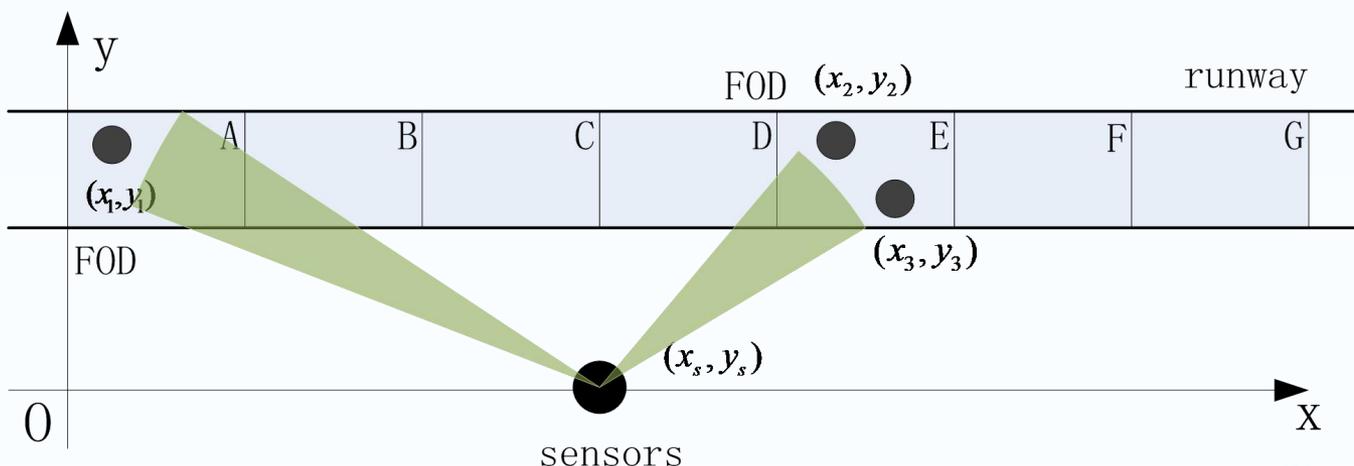


4. 关键技术研究

- FOD 目标威胁等级模型

属性	金属	塑料	纸质	橡胶	碎石	动植物
位置等级	零件	制品	品	制品	块	物
跑道中部	高	高	中	低	中	低
跑道两端	中	中	低	低	低	低

目标位置威胁等级示意图

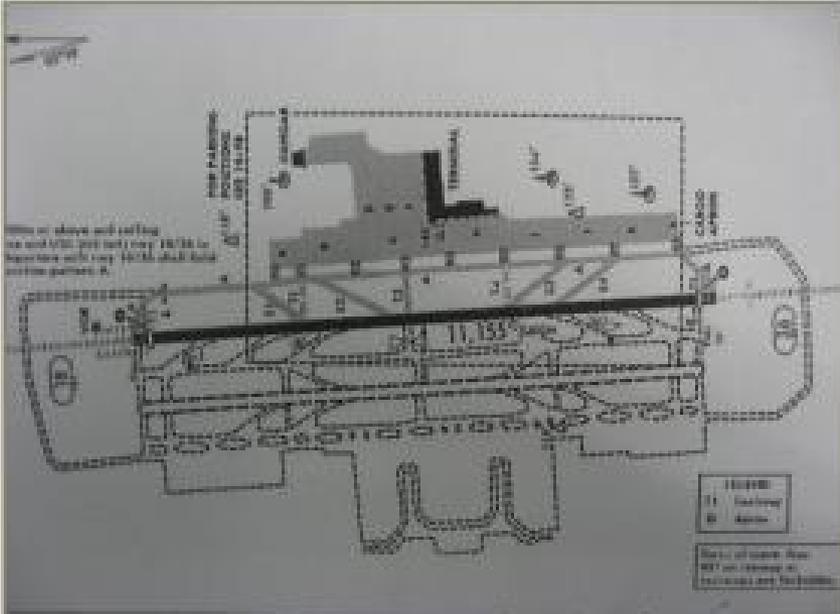


4.关键技术研究

机场跑道异物检测系统界面

文件(F) 远程设备(O) 图像处理(I) 帮助(H)

机场平面图



FOD图像



序号	FOD编号	雷达编号	区域	位置	报警时间	检测类别	报警级别	是否已处理
1	FOD20061221FTL1	2号雷达	4区	X:24.980000 Y:38.450000	2006年12月21日14:12:08	杂物!	低威胁!	已处理!
2	FOD200605143010	2号雷达	1区	X:7.000000 Y:8.430000	2006年05月14日13:30:05	杂物!	低威胁!	未处理!
3	FOD201211121FTM2	1号雷达	3区	X:41.112999 Y:11.210000	2012年11月21日22:11:45	未知!	忽略!	已处理!
4	FOD100607MPC1	1号雷达	4区	X:7.370000 Y:9.190000	2010年06月07日08:08:53	肥料!	高威胁!	未处理!
5	FOD20130324MML2	2号雷达	4区	X:24.120001 Y:211.210007	2013年03月24日15:03:45	未知!	低威胁!	已处理!
6	FOD20110825FRM2	2号雷达	4区	X:24.120001 Y:16.430000	2011年08月25日09:08:06	铁弹!	高威胁!	未处理!

4. 关键技术研究

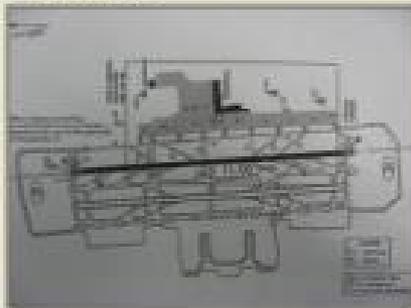
视频监控软件

初始化 摄像头 测试

实时影像



当日FOD信息



FOD编号	位置	时间	类别	级别
FOD20100524ATL1	X:21.45 Y:145.67	23:02:12	动物	低威胁
FOD20100912MTH1	X:75.34 Y:32.98	05:41:23	动物	低威胁
FOD20100301STM1	X:53.71 Y:43.50	08:15:49	石块	中威胁
FOD20061221PTL1	X:23.21 Y:46.56	13:45:09	植物	低威胁

上 Auto 缩放调节 + - 光圈调节 + - 模式1 拍照 自动追踪

左 下 右 焦距调节 + - 对比度调节 + - 模式2 录像 自动对焦

机场跑道异物检测系统

谢谢！

Questions?

