

# 遥感生态测量及其应用： 从定点测量到地表参数卫星遥感反演

遥感科学国家重点实验室  
宫鹏

[gong@irsa.ac.cn](mailto:gong@irsa.ac.cn)

2009年12月21日 北京

# 自我介绍

## 2004年回国后“重新做人”

- 无线传感器网络环境监测技术
- 激光雷达森林测量
- 大范围制图 - 全国湿地制图、全南极洲土地覆盖制图、全球地表覆盖制图
- 环境与健康 - 血吸虫病、禽流感、疟疾流行传播模型及防控策略评价

5年来通过各种合作，完成SCI论文70余篇，  
2008年获得美国地理学会遥感杰出贡献奖

# 今天的报告内容

- 无线传感器网络地面监测新技术
- 遥感生态测量学
- 流行病模拟与防控 - 以血吸虫病为例
- 地球观测台，或地文台建设设想

# 致 谢

这里报告的内容是本人在遥感所和北师大领导的生态遥感小组部分成员辛苦努力的结果。

特别感谢梁璐、应清、沈少青、李秀红、胡海棠、黄华兵、王琳、牛振国、陈炎磊、俞靓、夏金川、程晓、李雪艳、廖吉善、王雷、杨军、支剑元等展示的内容还来自遥感科学国家重点实验室孙国清研究员和夏威夷大学陈奇教授



# 两个定义

**生态测量学 (Ecometrics)** : 精确测量生态参数的科学与技术.

**遥感生态测量学 (Photo-Ecometrics)**: 运用遥感精确获取生态参数的科学与技术.

**生态参数**: 温度、湿度、光照、压力、风速、风向  
类型、郁闭度、高度、体积、叶面积指数、生物量、结构  
化学组成、生物化学成分等等

# 无线传感器网络技术 是遥感技术的一部分

第 11 卷 第 4 期

2007 年 7 月

遥 感 学 报

JOURNAL OF REMOTE SENSING

Vol. 11, No. 4

July, 2007

文章编号: 1007-4619(2007)04-0545-07

## 环境监测中无线传感器网络地面遥感新技术



官 鹏

(中国科学院 遥感应用研究所, 北京师范大学 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

**摘 要:** 最近国际上蓬勃发展起来一个新交叉科学领域——无线传感器网络技术。本文首先介绍了无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)技术,它是遥感技术的拓展而且两者互为支撑。然后介绍了无线传感器网络技术的潜在应用领域及其在地学应用中的国际发展趋势,提出了无线传感器网络技术应用到环境领域的基本问题,建议在地球观测领域发展无线传感器网络技术。最后介绍了无线传感器网络技术在环境监测中的几个设想。

**关键词:** 无线传感器网络

中图分类号: TP732

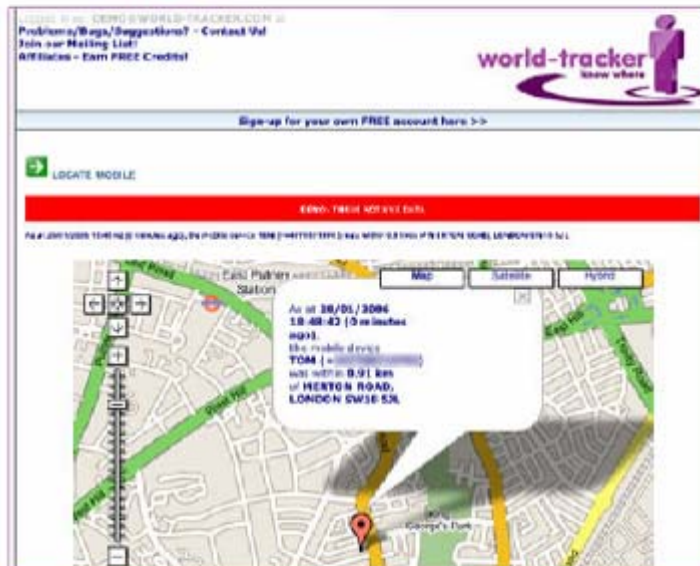
文献标识码: A

# 无线通讯、微型传感器和网络技术

## World Tracker turns anyone into a cellphone spy

Posted Jan 20th 2006 3:10PM by [Marc Perton](#)

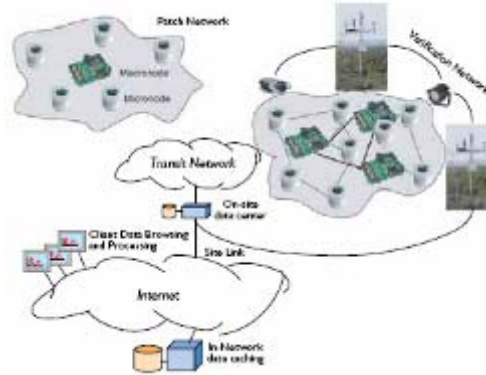
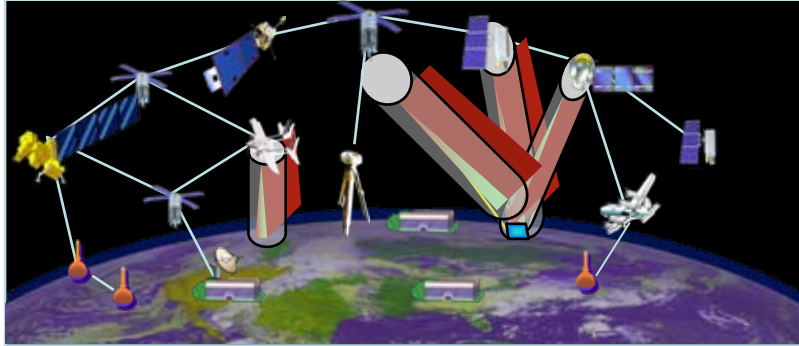
Filed under: [Cellphones](#)



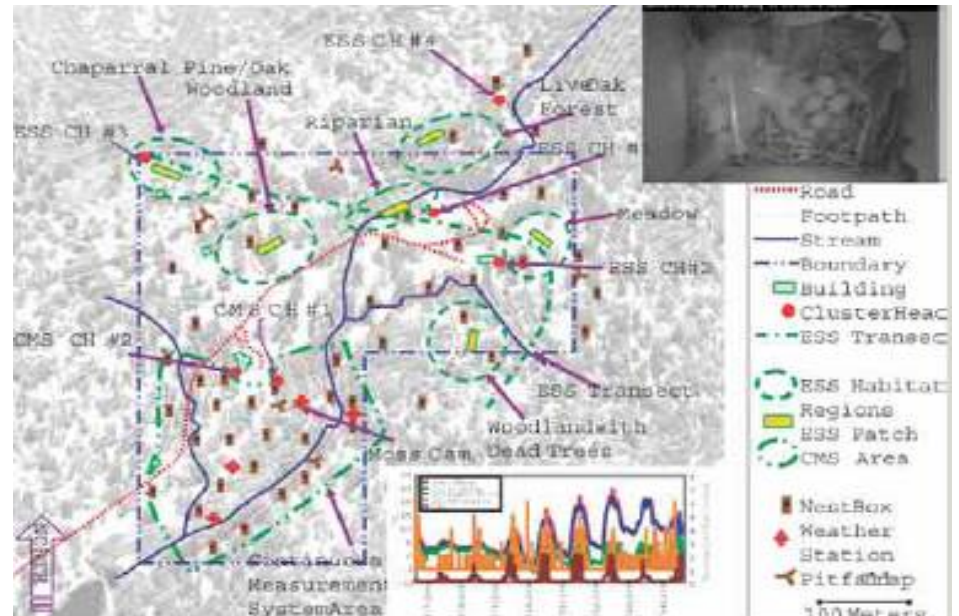
Forget those piddly wiretaps. The next frontier in warrant-free surveillance is upon us, and it's open to everyone. A UK service called World Tracker apparently uses cell tower data (or GPS, when available) to track the location of just about any GSM cellphone. Just enter the number you want to track into the service's handy Google Maps-based interface, and you'll be able to zoom in on the device's



# 优先发展无线传感器网络技术



作为信息获取与应用的重要手段，与遥感技术、地球空间信息系统技术、导航定位技术、空间探测技术共同构成了地球观测与导航技术的信息平台。



- 真正实现天-地一体化
- 真实性检验的重要手段



# 美国联邦地质调查局2006年规划的 今后10年的6大重点科学发展方向

生态系统科学

环境与健康

水普查

自然灾害科学

气候模拟

能源与矿产资源

特别提出必须采纳  
的3大技术

纳米技术

地球微生物学

环境感知

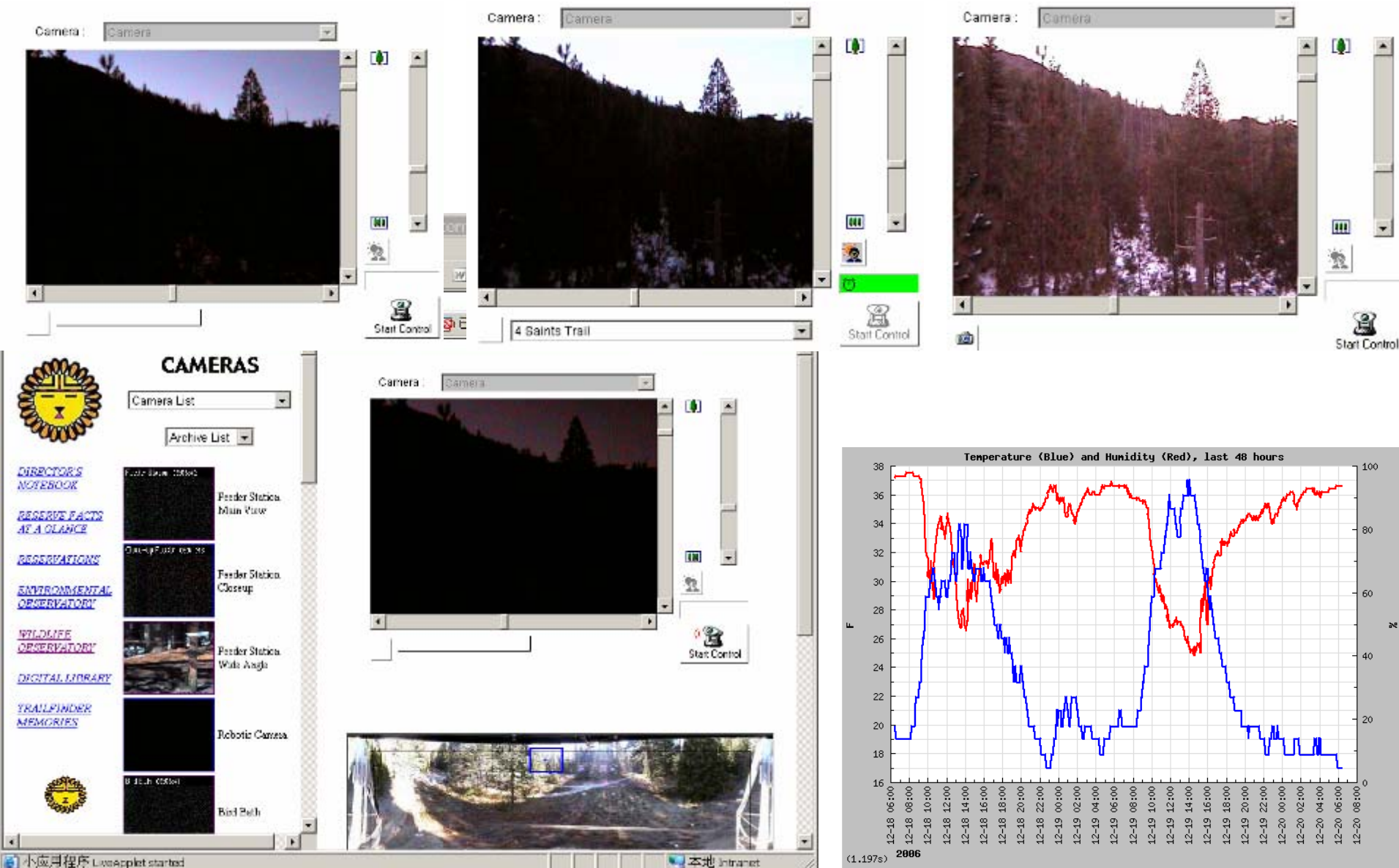
RS

Sensor web

Facing Tomorrow's Challenges:  
USGS Science in the Coming Decade



# 加州大学生态实验站的传感器网络观测 James Reserve Environmental Observatory



# 无线传感器网络 (WSN) 技术发展

- 发声目标探测与分析 - 鸟声分析
- 可视目标探测与分析 - 飞鸟跟踪
- WSN技术支持下的声象一体化动物活动监测技术
- WSN技术支持下的环境监测技术及其应用

# 鸟声分析

- “哪类鸟在什么地方？”是保护鸟类必须解决的第一个问题。
- 为了不干扰鸟类自然活动，鸟声分析是真正行之有效的手段之一。
- 什么种类的鸟，这是**鸟声识别**
- 在什么地方，这是**鸟声定位**
- 为此，我们特别制作了一套**野外录音设备**和**生物音频分析软件**来回答这个问题



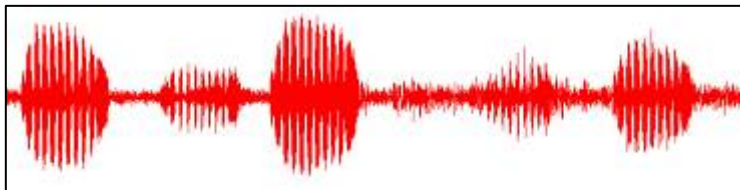
# 野外录音设备



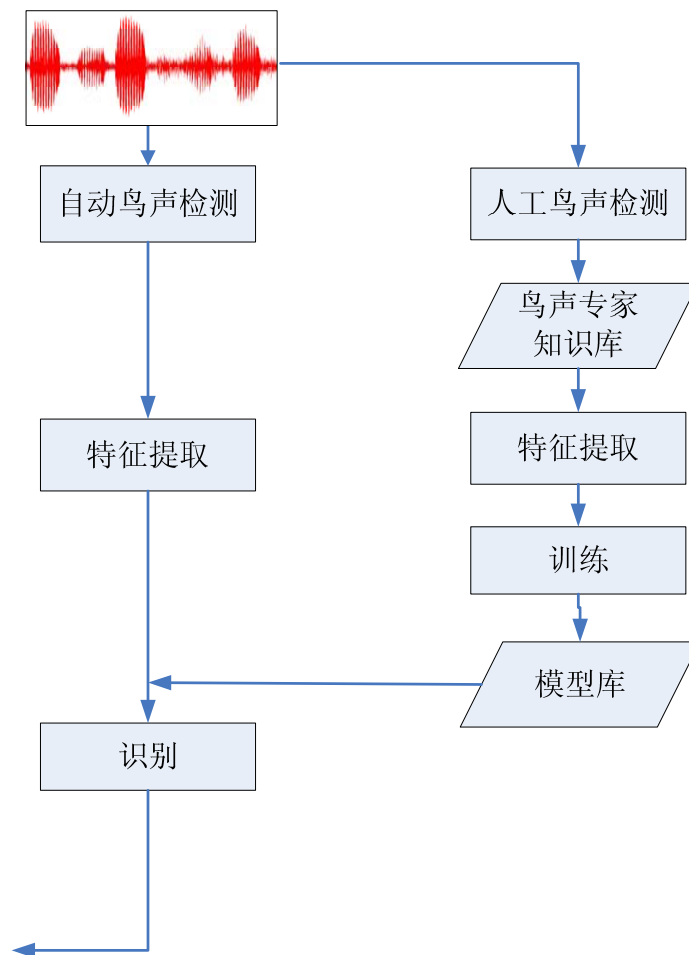
# 开辟监测生物多样性的新方法

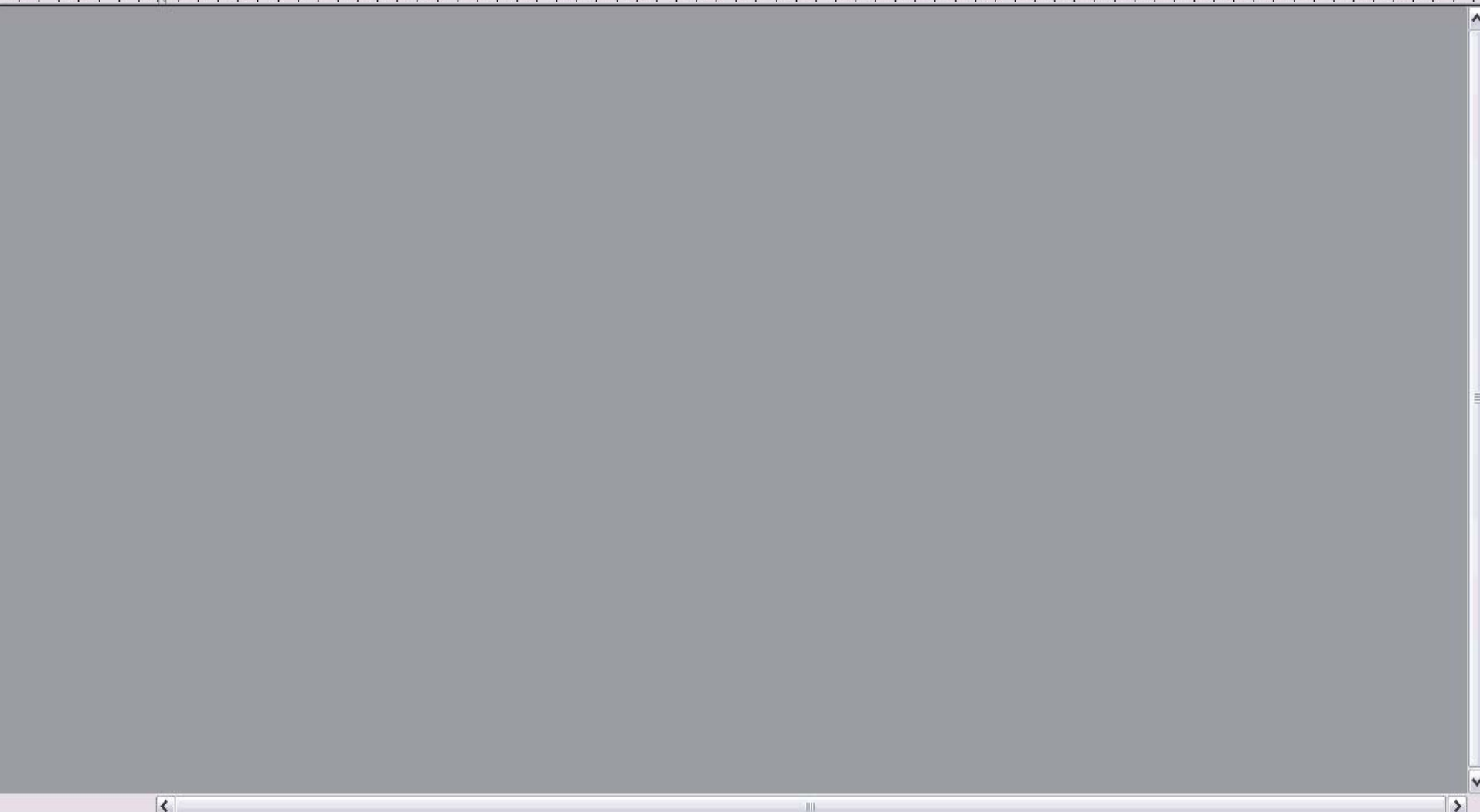
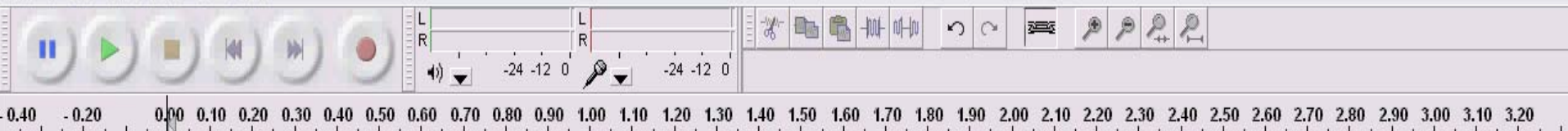


# 鸟声识别



白鹤，亦称  
西伯利亚鹤，  
世界珍稀鸟类  
濒临灭绝

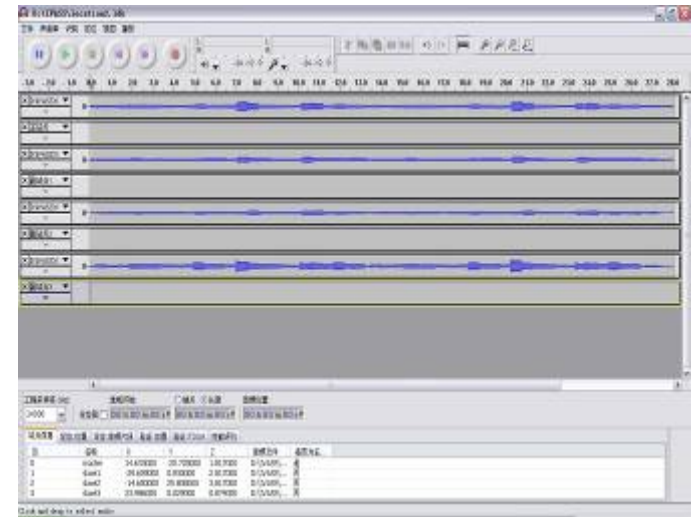






# 鸟声定位

嘿嘿！我是录音机。  
虽然我长得像一棵树

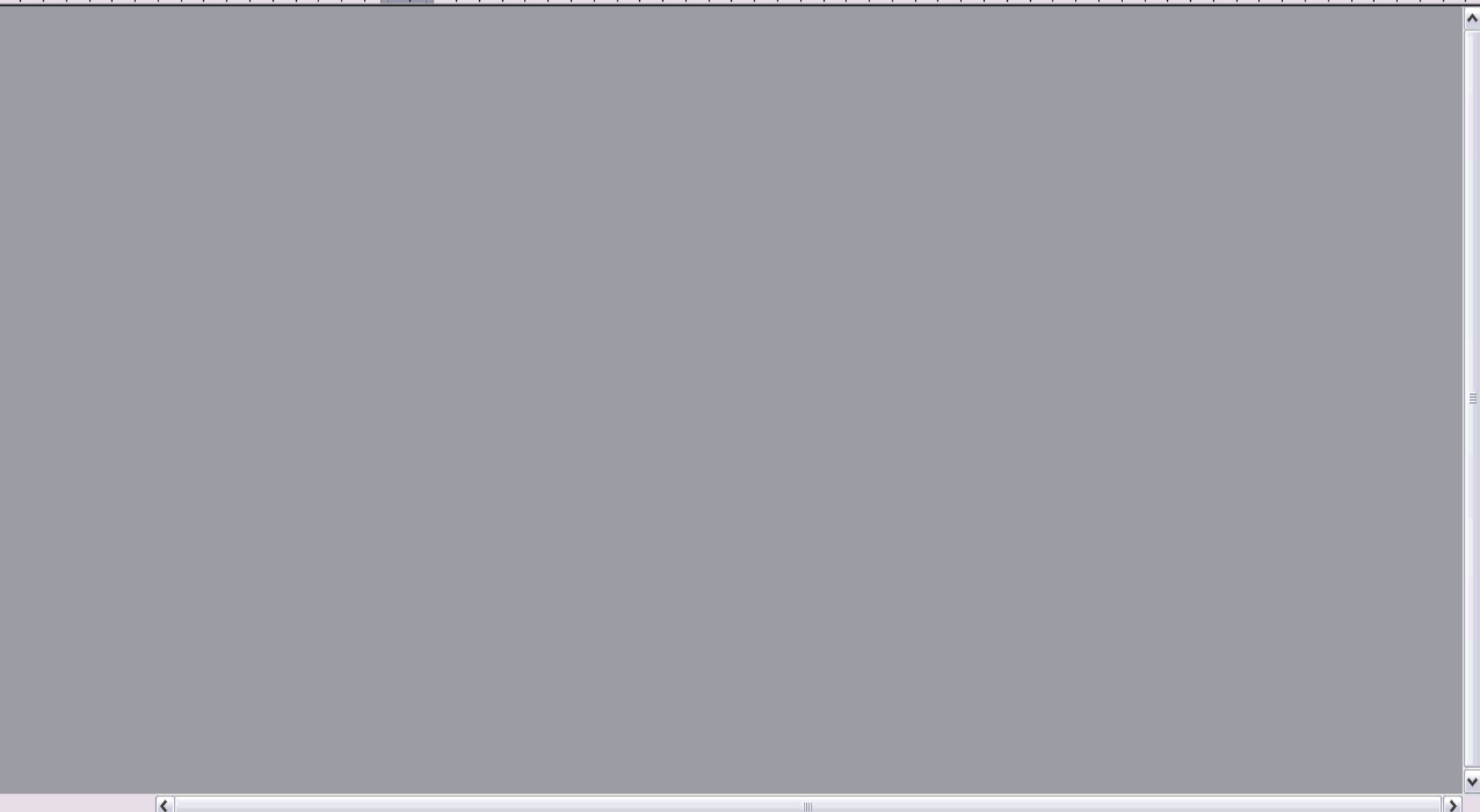
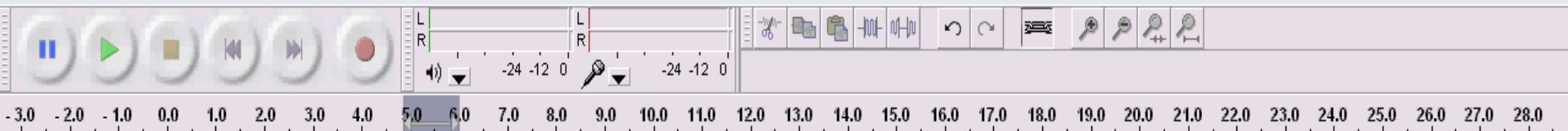


哈哈，我知道你们在哪里了！

在三维空间中，要定位一个声源，我们只要用**不少于4个**的录音机同步录音，利用声音信号到达各个录音机的到达时间差，就可以准确地估算出声源的位置。



为了保证录音机是同步录音，我们采用**无线远程控制系统**，这样不但能够保证同步，还不会干扰鸟类活动

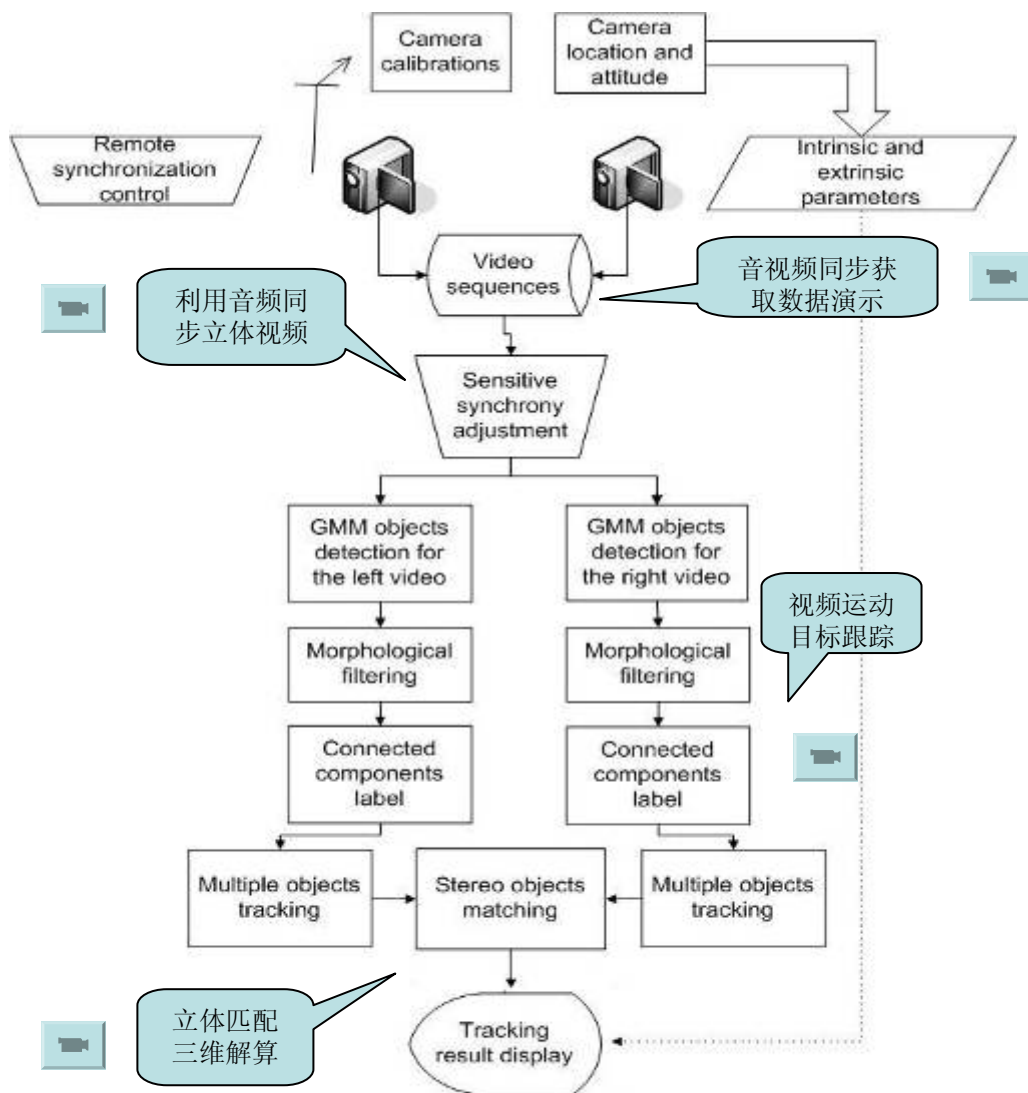


工程采样率 (Hz): 24000

选域开始: ☐ 端点 ☒ 长度

音频位置: 定位到 ☐ 00 h 00 m 04 s 00 h 00 m 01 s 00 h 00 m 00 s

# 运动水鸟立体视频测量流程



- 预处理：用平面黑白格对双摄像机进行标定
- 同步获取立体视频数据
- 用音频特征精确获取时间同步视频数据对
- 运动目标检测、跟踪、匹配
- 运动目标重心三维位置解算

# 音视频同步获取数据演示

MDIDemo - integrated.avi

文件(E) 视频时间同步(I) 视频目标检测(O) 目标匹配 视图(V) 帮助(H)

文件路径列表

文件信息列表

D:\integrated.avi

音视频无线传感网络监测系统 V1.0

功能模块(M) 帮助(H)

IVASS

视频测量

音频分析

生物量提取

Integrated Video and Audio Sensor-network System

D:\integrated.wav

文件 声音库 识别 定位 视图 播放

Project Rate (Hz): 48000

Selection Start: 00 h 00 m 00.00 s

End: 00 h 00 m 00.00 s

Length: 00 h 00 m 00.00 s

Audio Position: 00 h 00 m 00.00 s

Click and drag to select audio

Actual Rate: 48000

序号	视频名称	视频大小	帧数	视频宽度	视频高度	视频格式
4	integrated.avi	176240 KB	292 帧	640 Pixel	480 Pixel	

像素信息

x: 625(像素) X: 0.0000

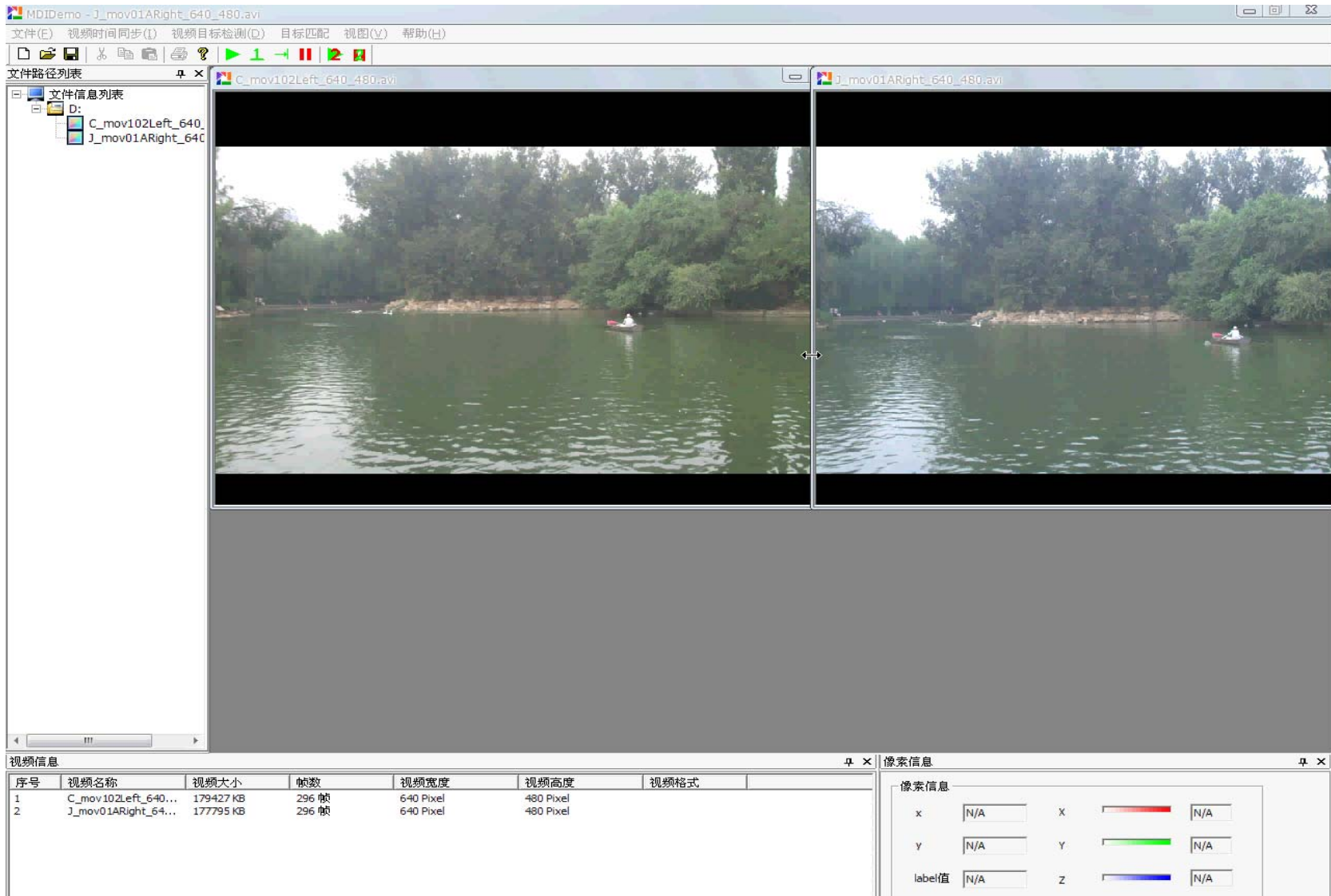
y: 244(像素) Y: 0.0000

label值: 0 Z: 0.0000





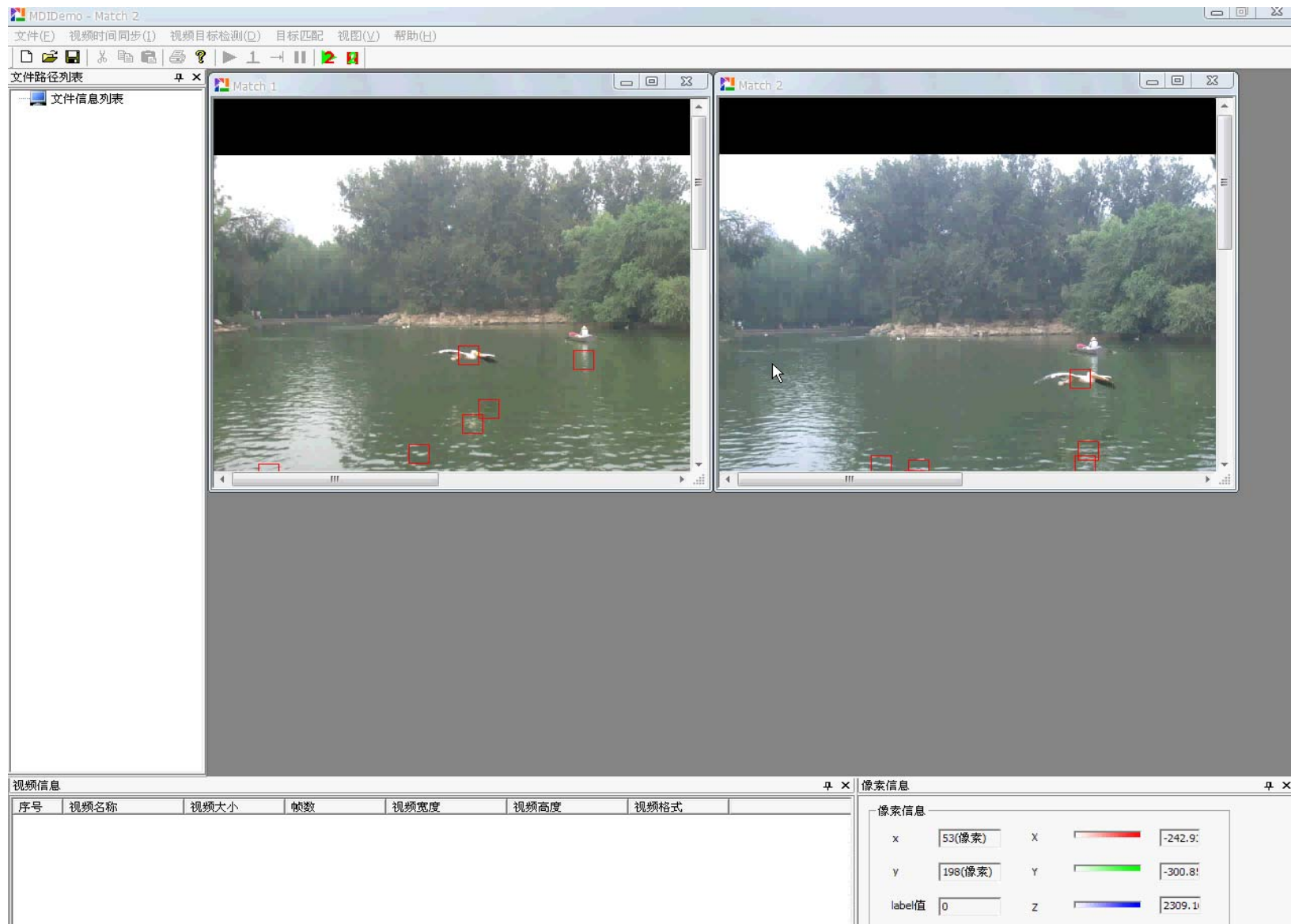
# 利用音频同步立体视频演示



# 视频运动目标跟踪演示



# 立体匹配三维解算演示

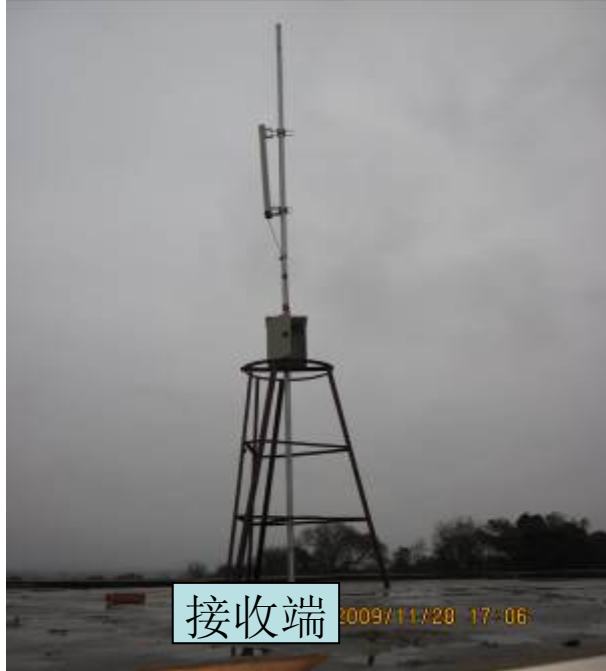


# 声像一体化监测系统



✦支持实时多媒体传输；

✦能够实现多路无线传输音视频数据。





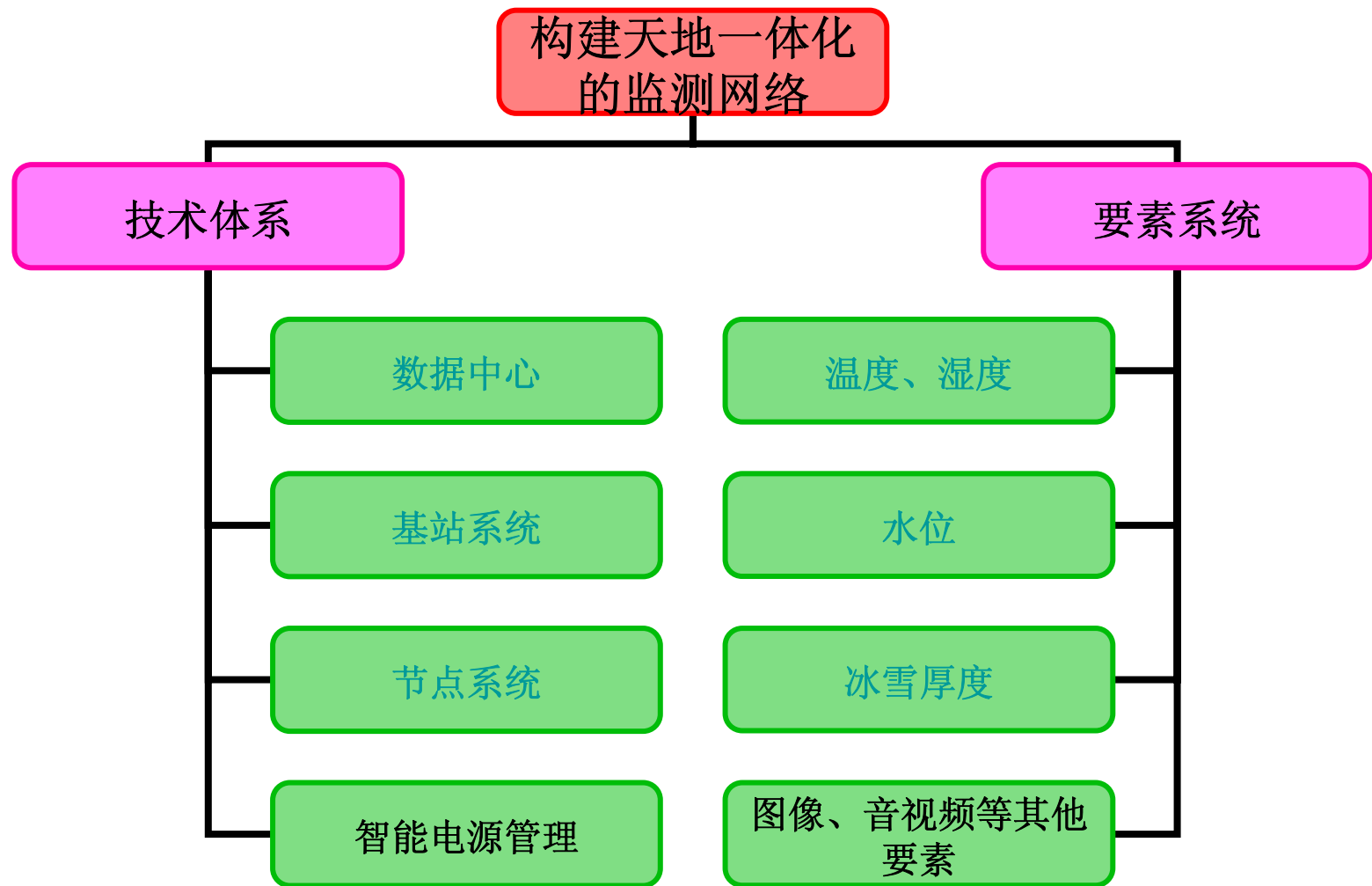
- 设备
- 鸡牛5102HC
- 通道01
- 通道02
- 鸡牛5102HF
- 通道01
- 通道02
- 鸡牛5102HC
- 通道01
- 通道02
- 鸡牛5102HC
- 通道01
- 通道02



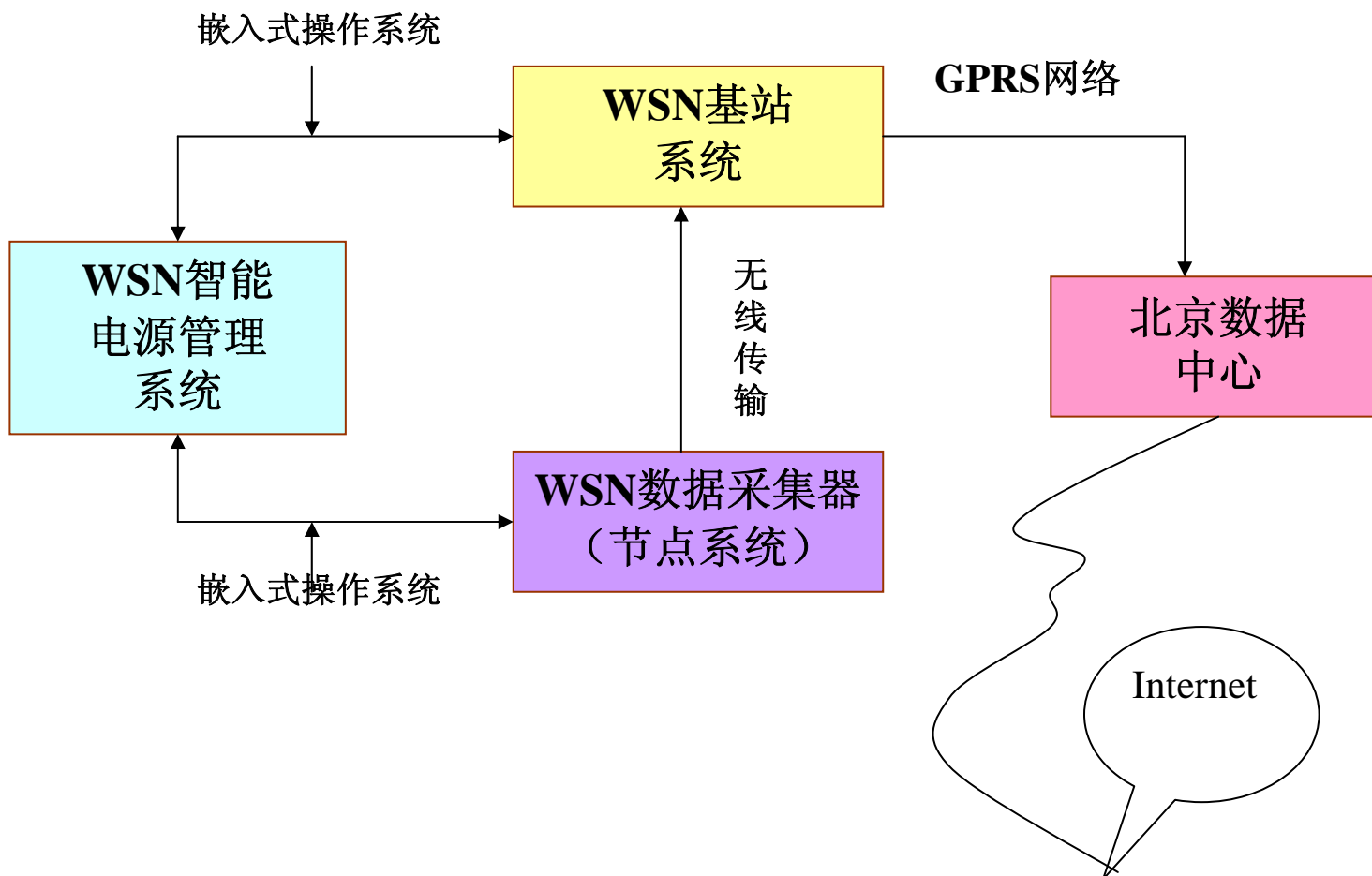
3D 定位 灯光 辅助



# 无线传感器网络技术体系

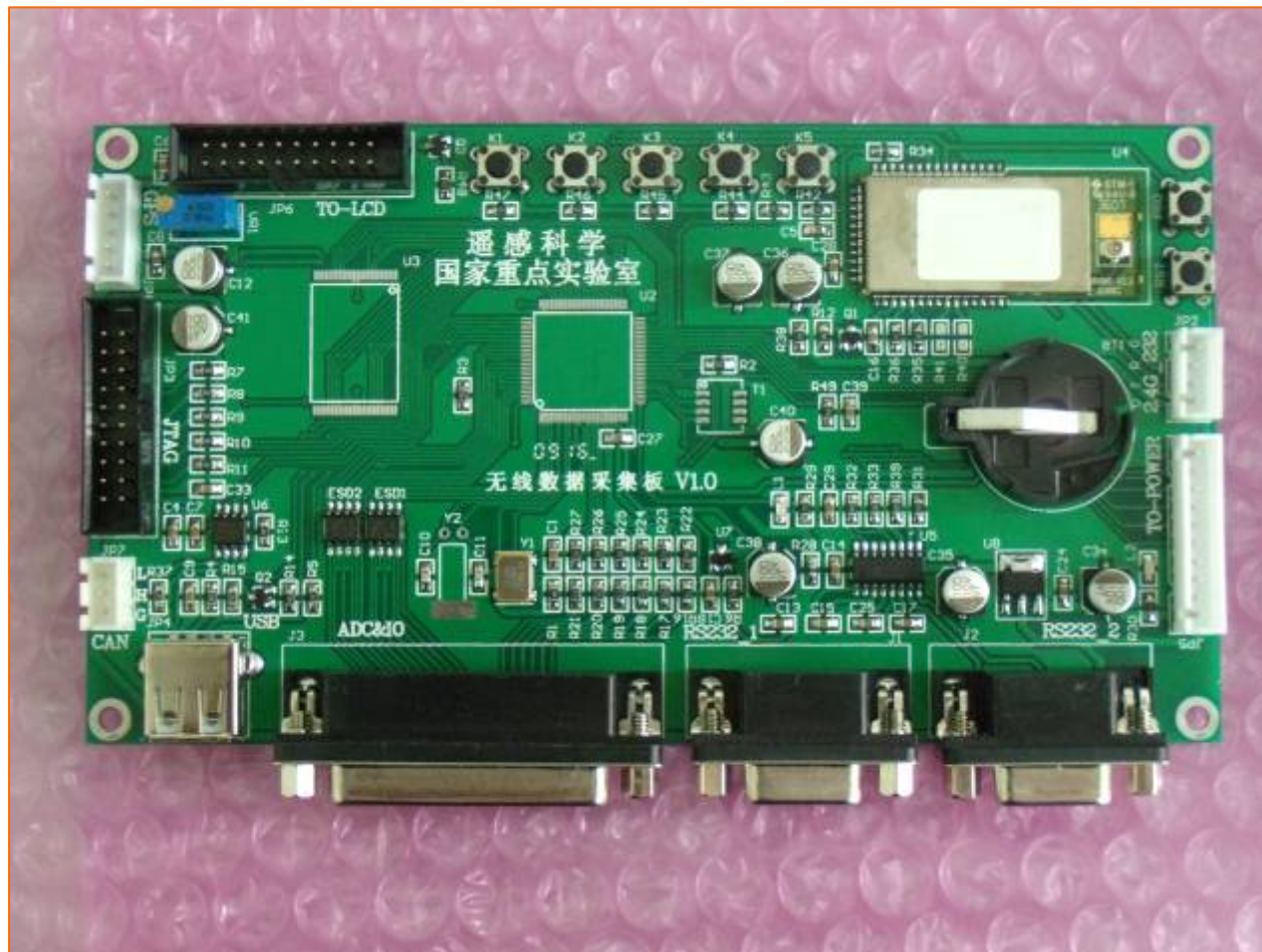


# WSN四大基础平台间关系

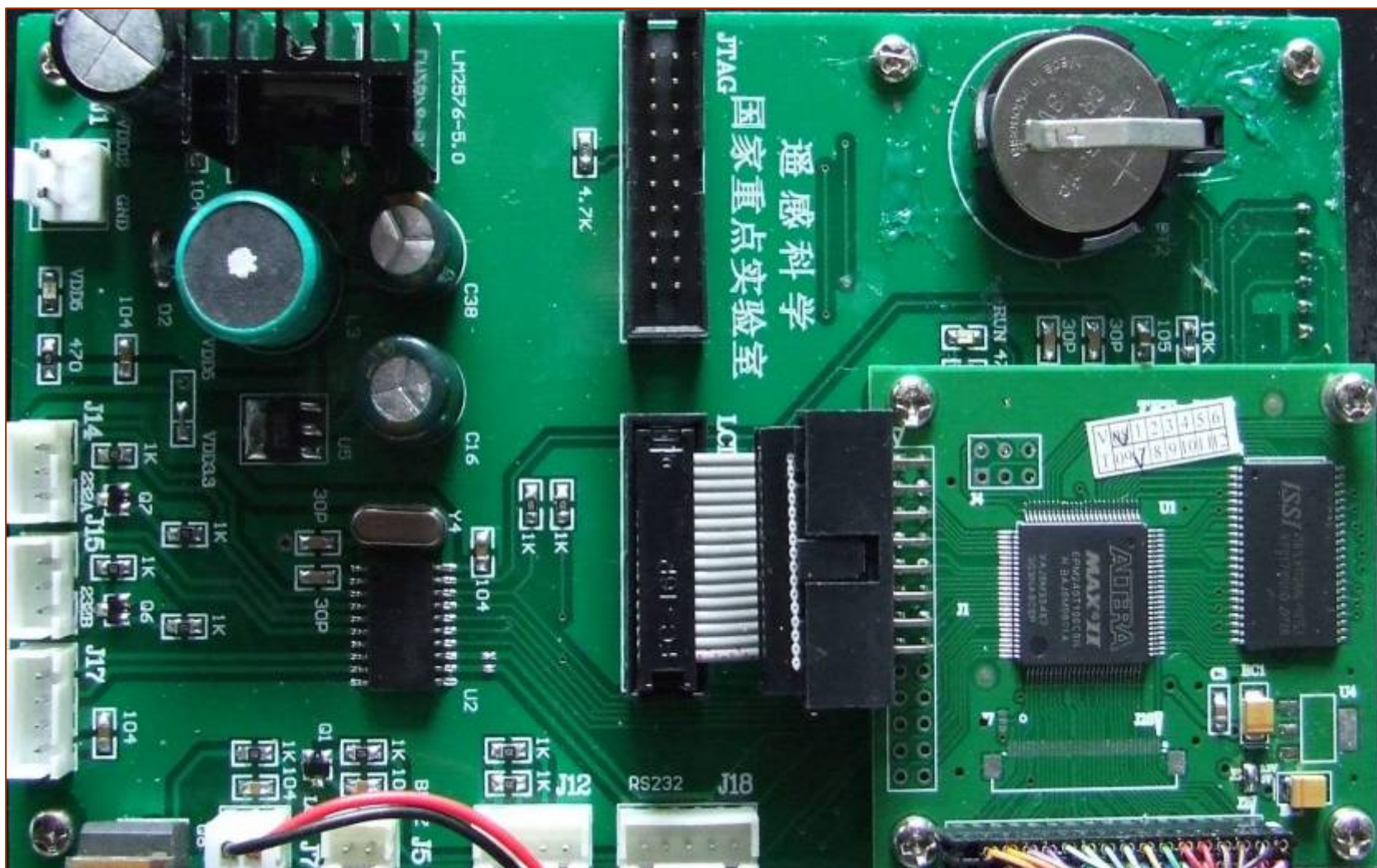




# 四大基础平台原型系统

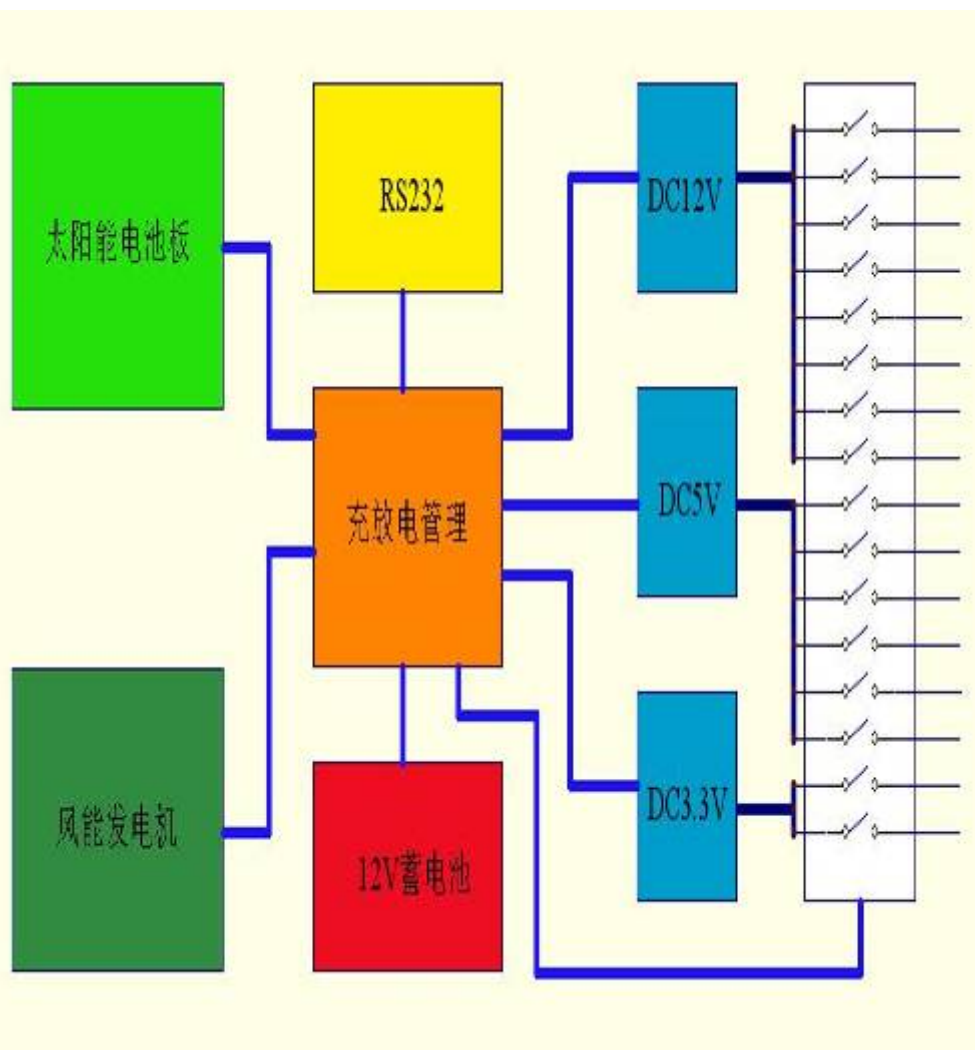


## 一、无线数据采集板（节点系统）

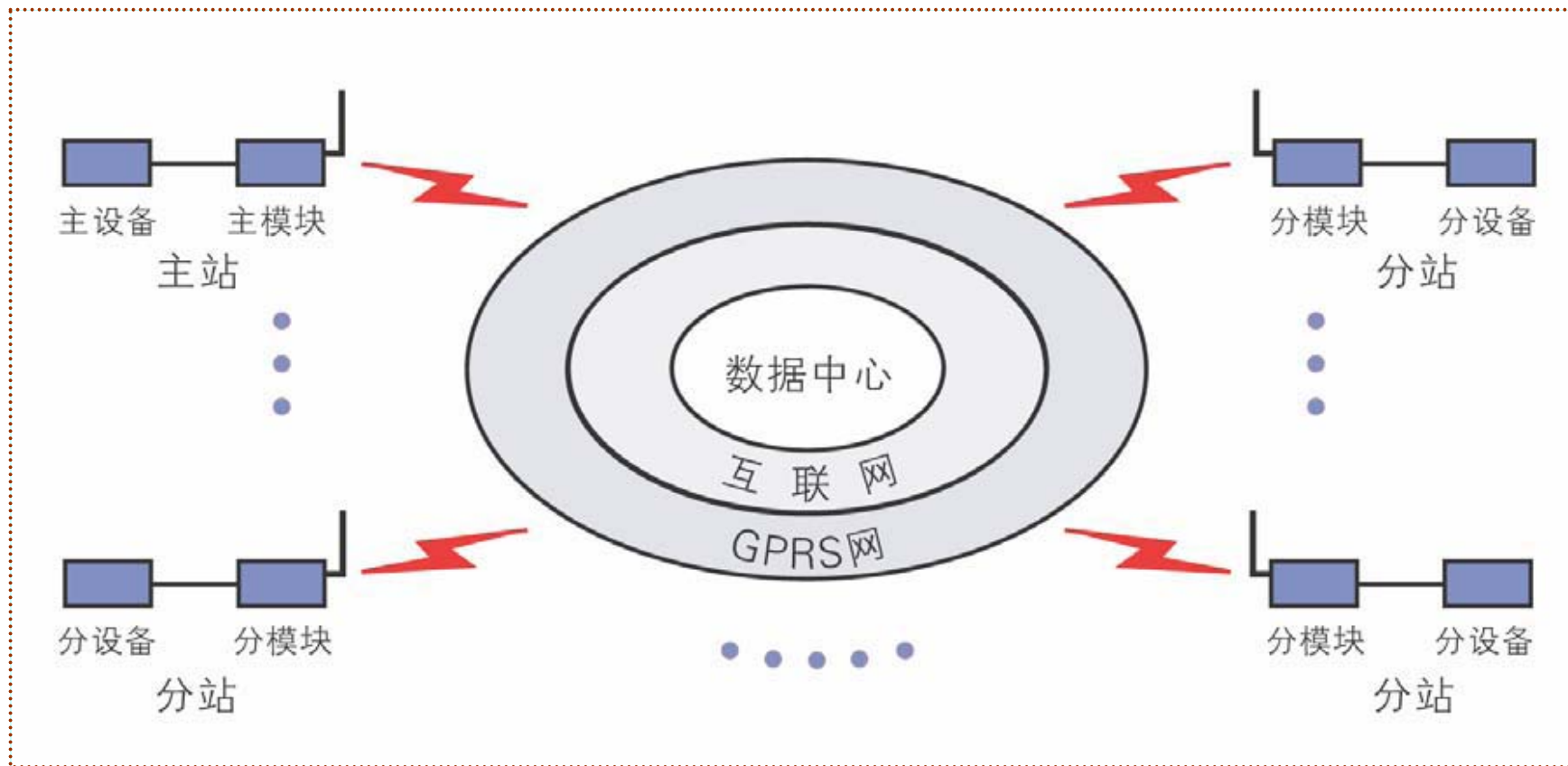


# 无线传感器网络基站系统





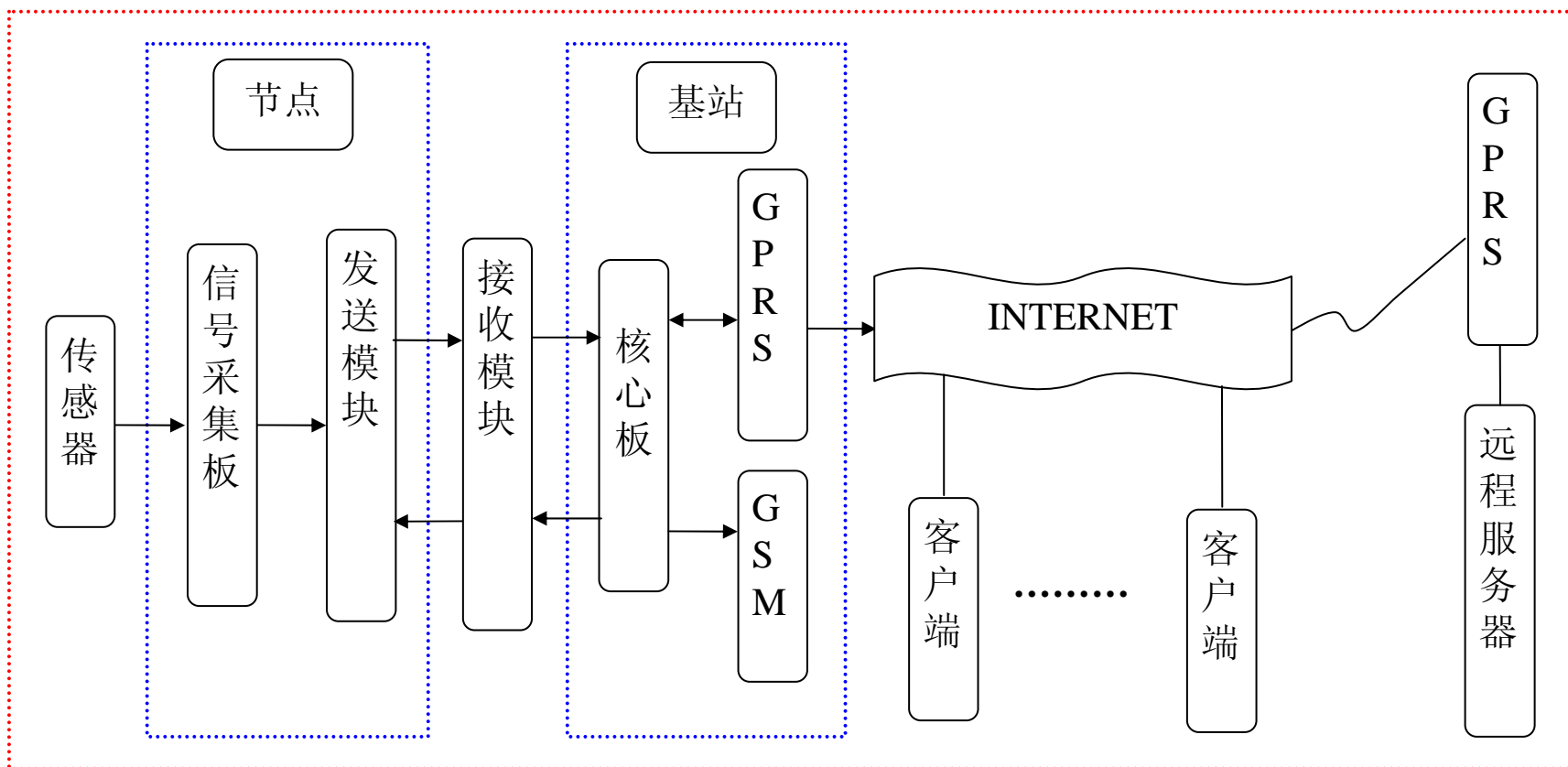
智能电源管理系统结构图及其硬件

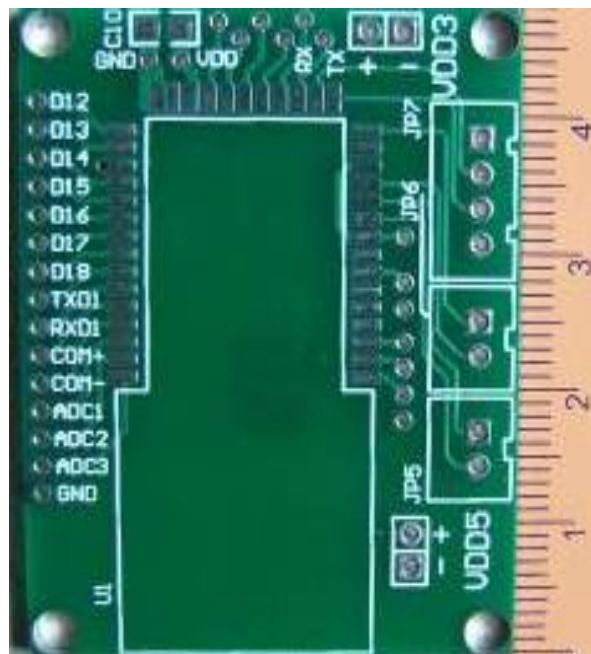


数据中心在无线传感器网络中的中心地位

# 典型应用

## 一、蔬菜大棚监测系统





蔬菜  
大棚  
节点  
图片



蔬菜  
大棚  
基站  
图片





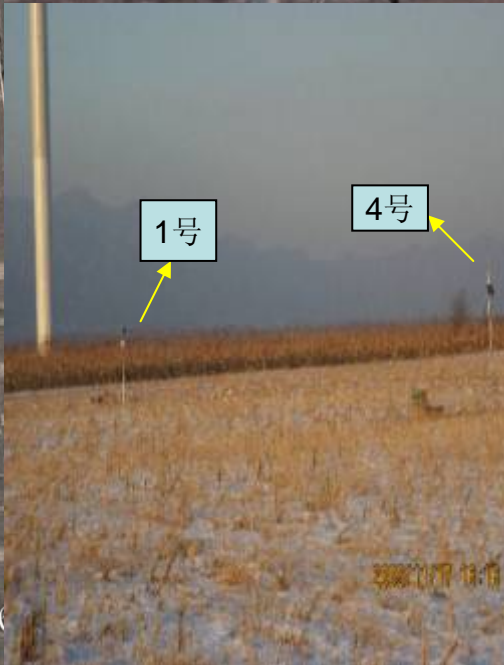
## 二、无线水位远程监测系统





### 三、怀来实验场遥感地面验证





# 小 结

- 借助于无线通讯技术和微型计算机技术，可以构建能够连接并驱动多种多样的传感器
- 获得的数据可以无人职守、不分昼夜地实时或近实时地通过无线电话网或因特网传输到接收与控制中心
- 随着这类系统的低能耗化、智能化、小型化，这类技术可以大大弥补人工野外测量的不足

# 遥感生态测量学进展

# 过去森林制图 依赖野外调查 和航空相片判 读

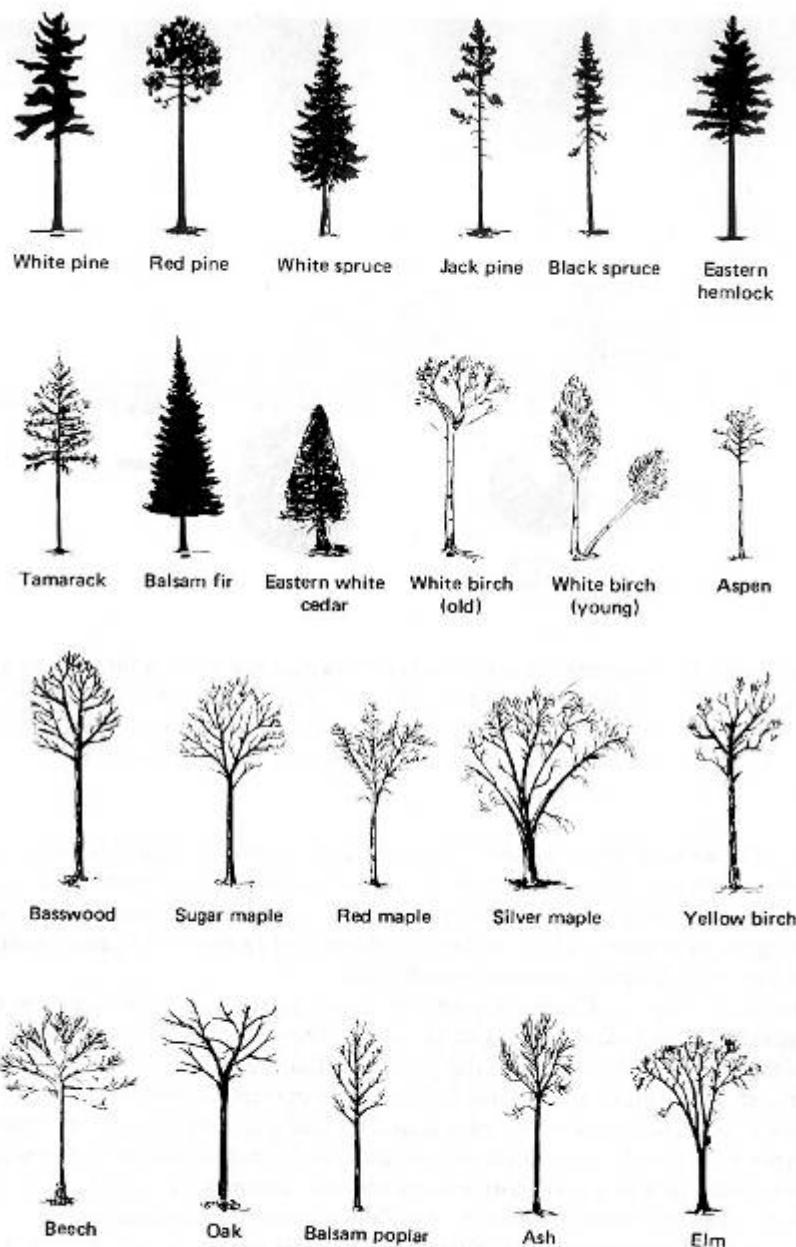
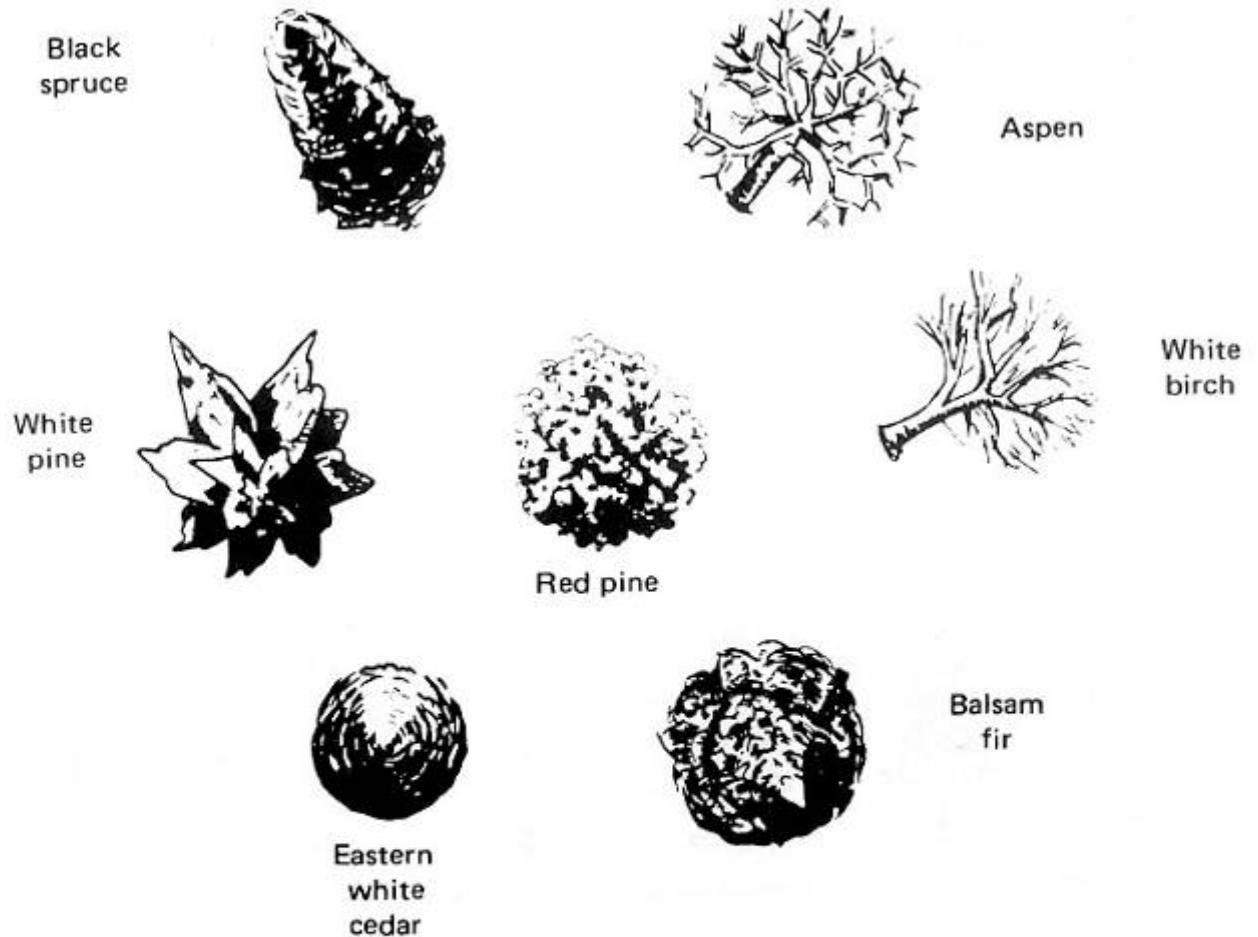


Figure 17.2. Typical silhouettes of forest trees as they might be seen from shadows or on the edges of large-scale aerial photos. (From L. Sayn-Wittgenstein, 1961, copyright 1961, *Photogrammetric Engineering*, Vol. 27, No. 5, published by the American Society of Photogrammetry.)



# Forest species Interpre- tation based on canopy shape



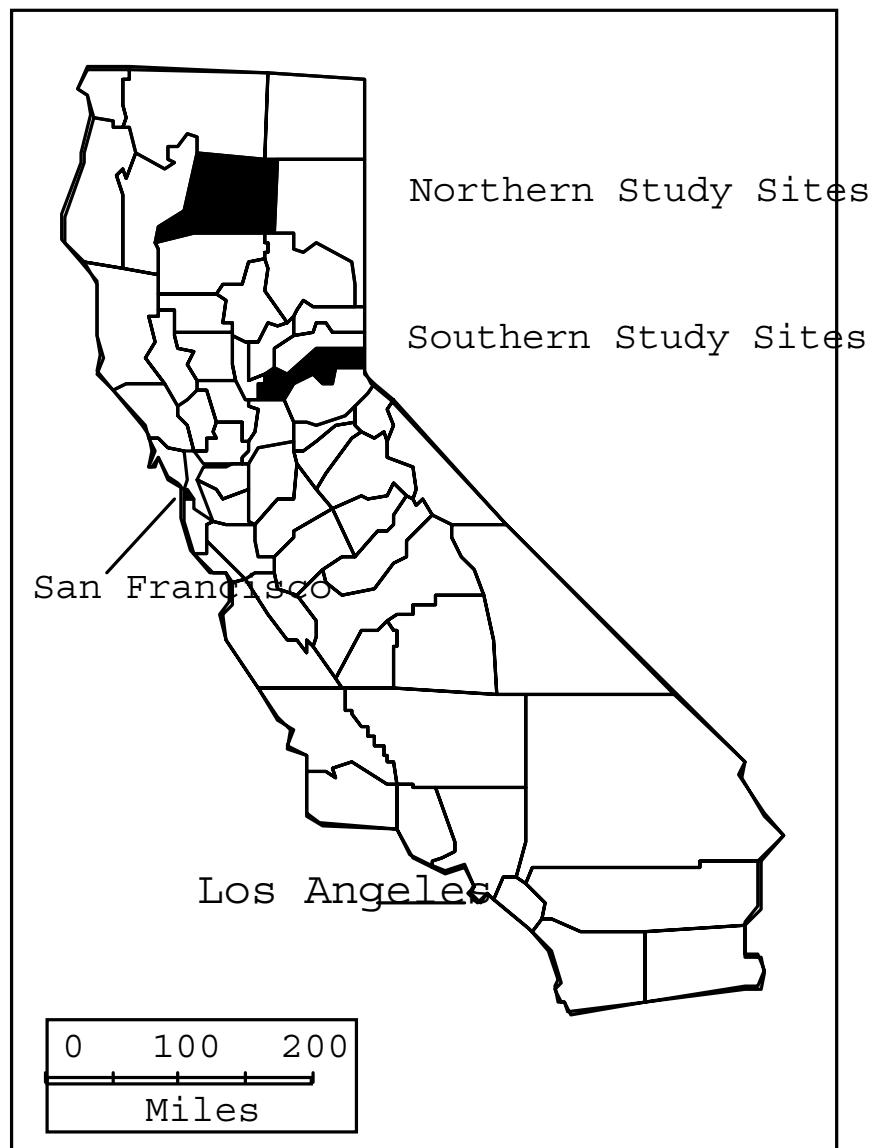
*Figure 17.3.* Drawings of aerial perspectives of forest trees as they would appear on large scale aerial photos. (From L. Sayn-Wittgenstein, 1961, copyright 1961, *Photogrammetric Engineering*, Vol. 27. No. 5, published by the American Society of Photogrammetry.)

# Forest measure ment with photogra mmetry



*Figure 20.5.* Large-scale (PSR = 1364) 70 mm stereogram used for individual tree measurement and species identification in British Columbia. Maximum heights are 150 ft for western hemlock at *H* and 190 ft for amabilis fir at *A*. (From E. H. Lyons, 1966, copyright 1966, by the Canadian Institute of Forestry, Quebec, Canada, reproduced with permission, photos courtesy E. H. Lyons.)

# California



Factor A - forest type (based upon species composition)

树种类型

level a1 - True-fir forest

a2 - Douglas-fir forest

a3 - Mixed Conifer

a4 - Ponderosa pine/Douglas fir mix

a5 - Ponderosa pine

a6 - Knobcone pine

Factor B - size class

胸径大小

level b1 - trees with diameters between 0-6 in (0 -15 cm)

b2 - trees with diameter between 6-12 inches (15-30 cm)

b3 - trees with diameters between 12-24 inches (30-60 cm)

b4 - trees with diameters greater than 24 inches (>60 cm)

Factor C - density

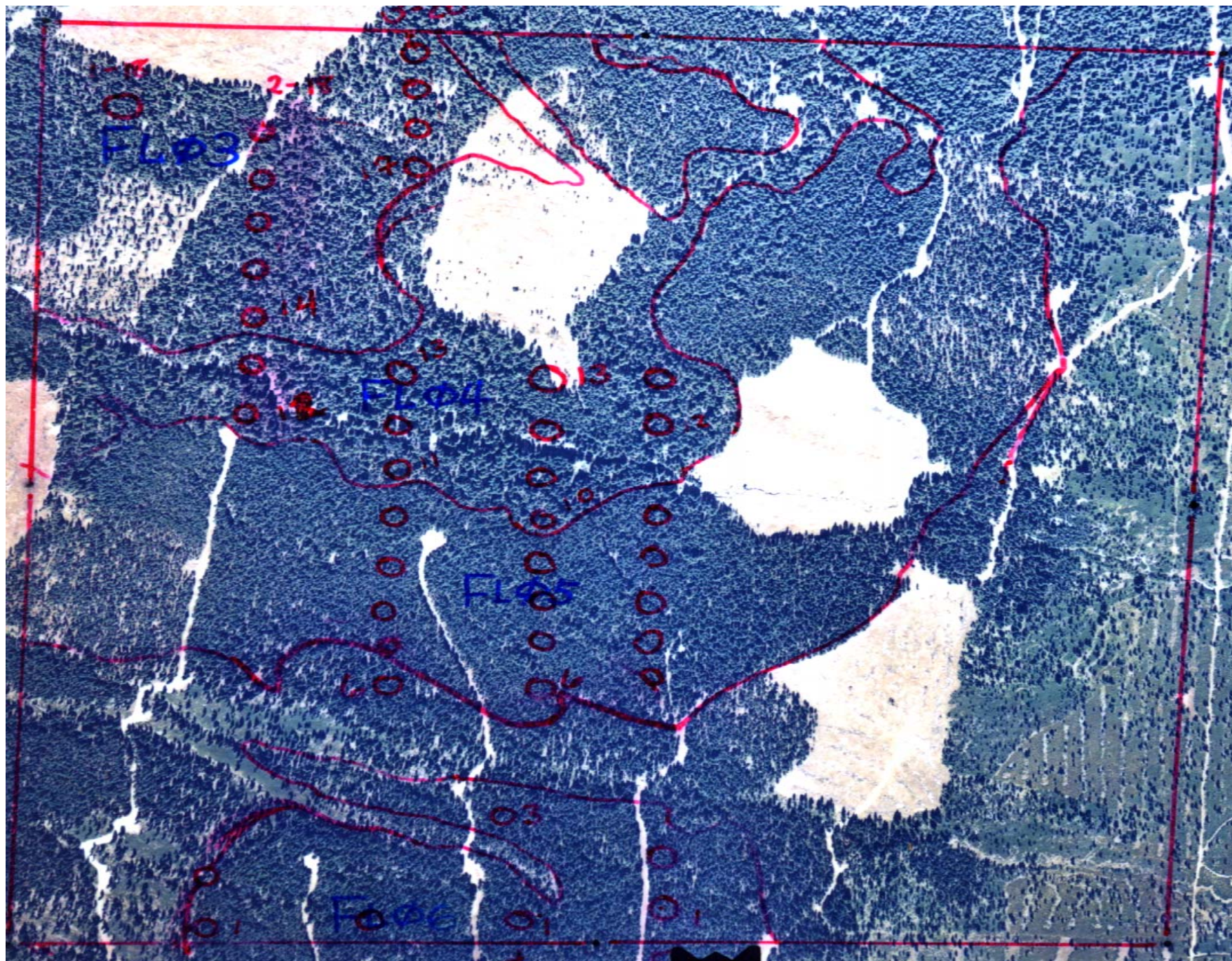
level c1 - crown closure between 0-20%

c2 - crown closure between 20-40%

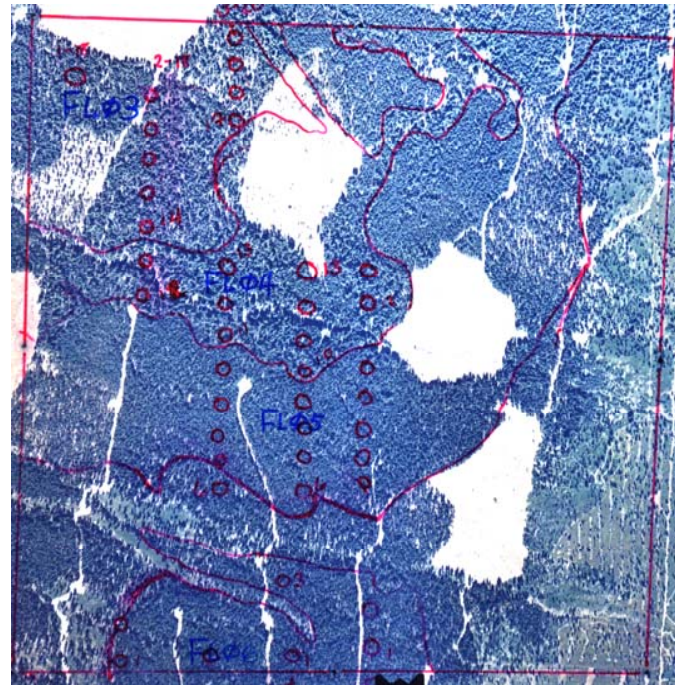
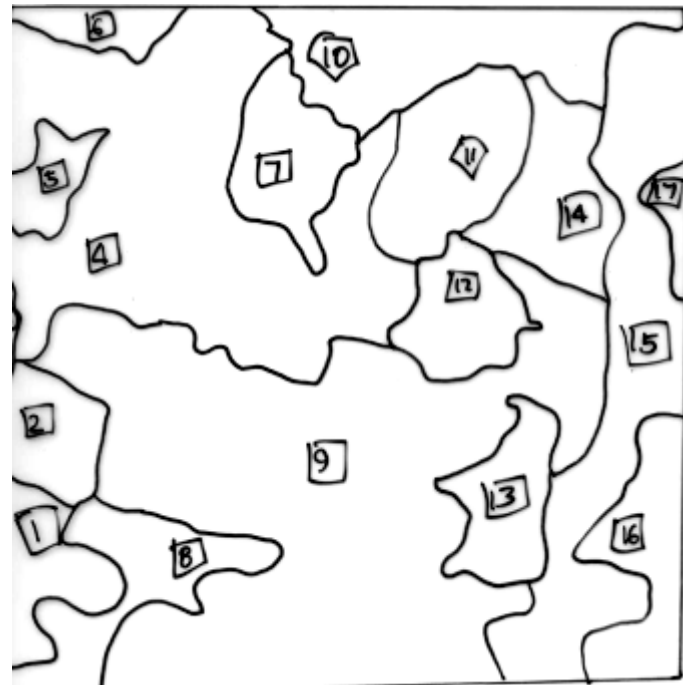
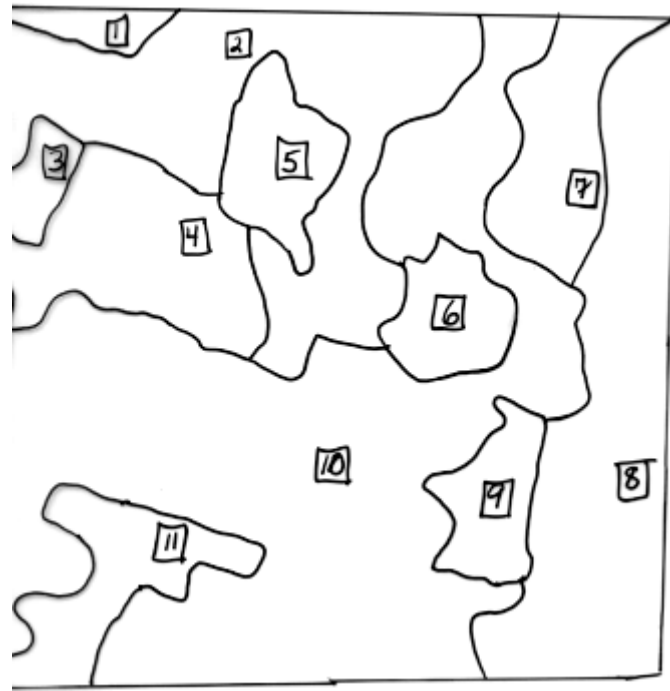
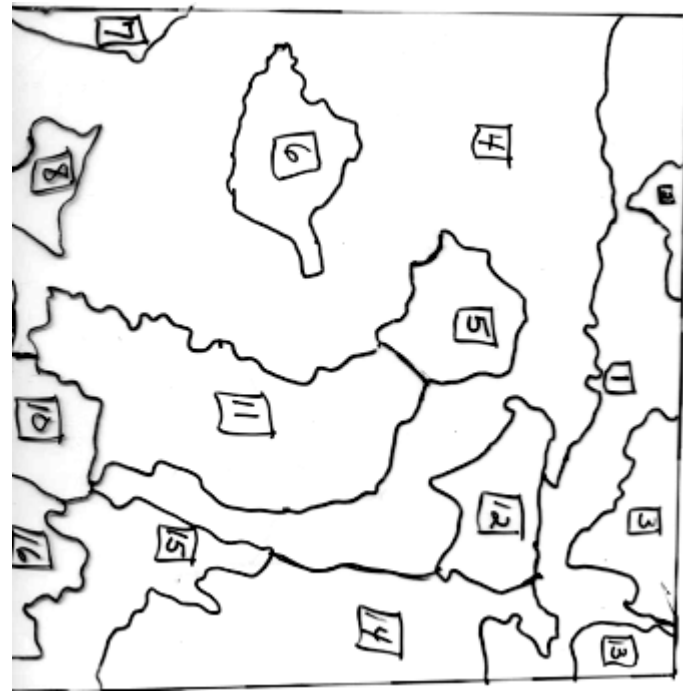
c4 - crown closure greater than 70%

植株密度









*Where are the boundaries?*

## INTERPRETER #1

		ground reference				
		F	D	M	P	K
i n t e r p r e t a t i o n	F	29	0	0	0	0
	D	0	4	3	0	0
	M	1	1	25	0	0
	P	0	0	5	0	0
	K	0	0	0	0	1

### Species Type Categories

F = True fir

D = Douglas fir

M = Mixed conifer

P = Ponderosa Pine

K = Knobcone Pine

OVERALL ACCURACY =  
59/78 = 76%

← 树种识别解译精度

## INTERPRETER #1

		Ground Reference			Size Classes
		2	3	4	
Photo Interpretation	2	0	1	0	2 = 6 - 12 inch dbh
	3	2	46	6	3 = 12 - 24 inch dbh
	4	1	9	13	4 = 24 - 48 inch dbh

OVERALL ACCURACY =  
 $59/78 = 76\%$

← 胸径大小解译精度

## INTERPRETER #1

		Ground Reference			
		O	L	M	D
Photo Interpretation	O	22	1	0	0
	L	25	9	0	0
	M	8	6	0	0
	D	2	4	1	0

Density Classes

---

O = Open

L = Low

M = Medium

D = Dense

OVERALL ACCURACY =  
 $31/78 = 40\%$  ←

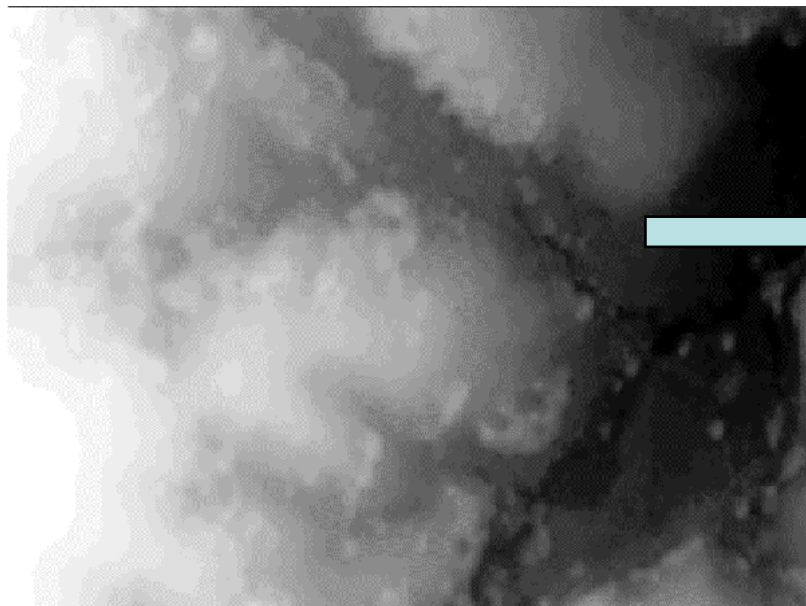
植株密度解译精度

# 小 结

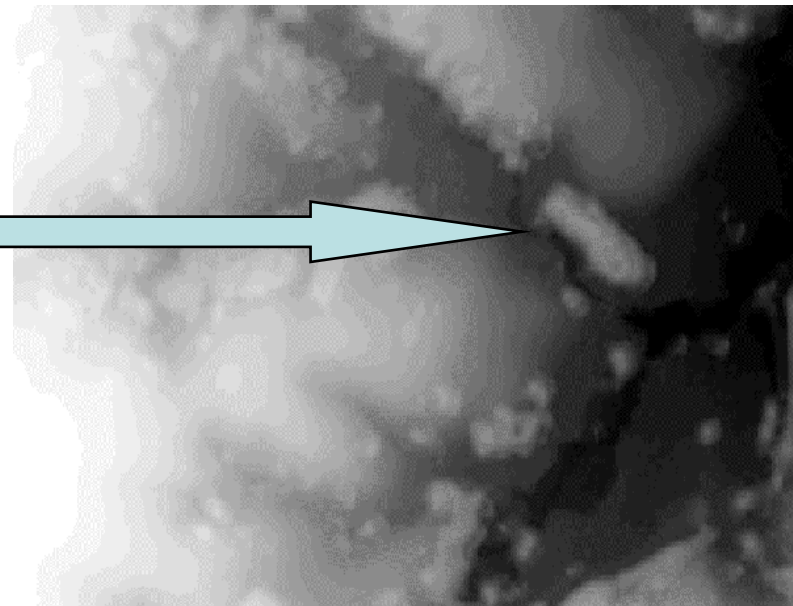
- 图像解译主观性较强
- 野外采样费时费力
- 图像解译边界不确定性高



# 遥感生态测量学

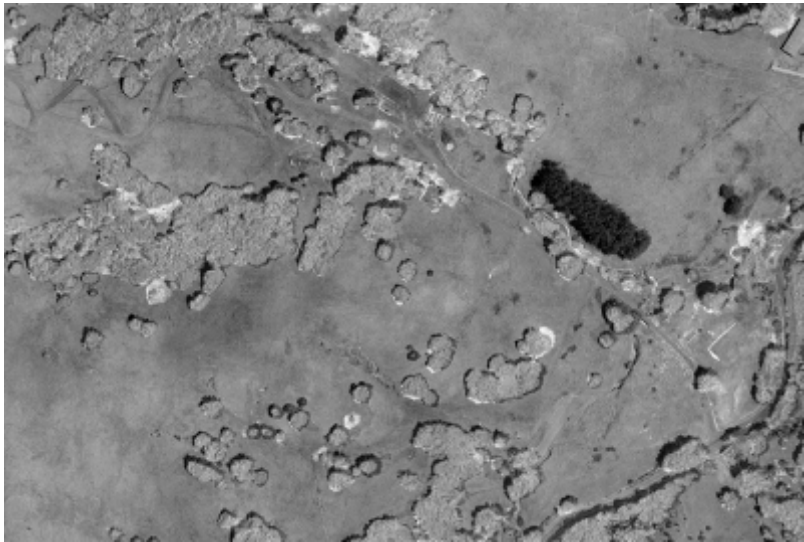


**1970年数字表面模型**

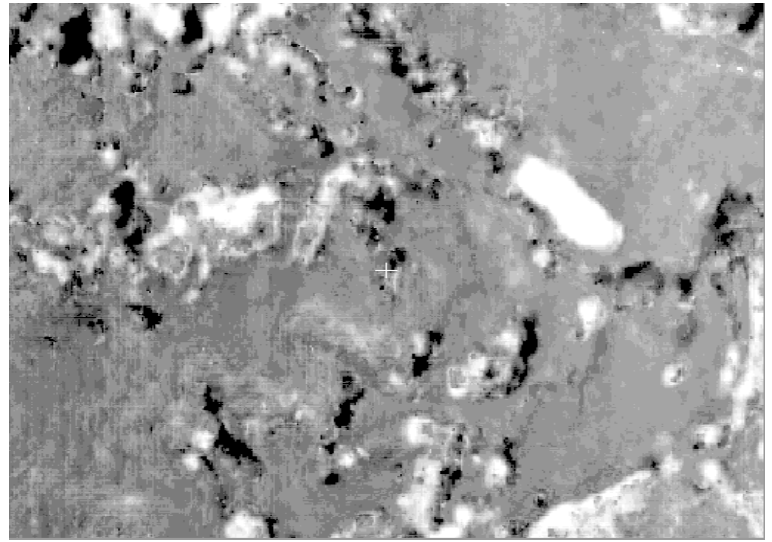


**1995年数字表面模型**

# 遥感生态测量—变化监测

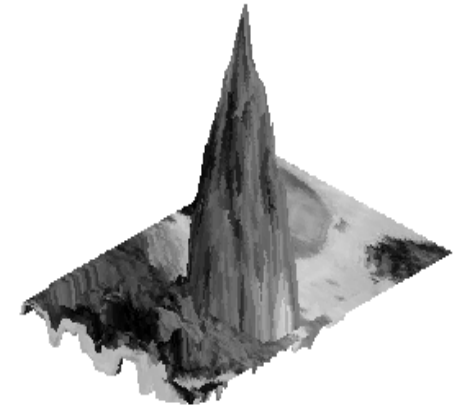


**Difference Orthoimage  
Between 1970 and 1995**



**Difference DSM Betw.  
1970 and 1995  
(Enhanced View)**

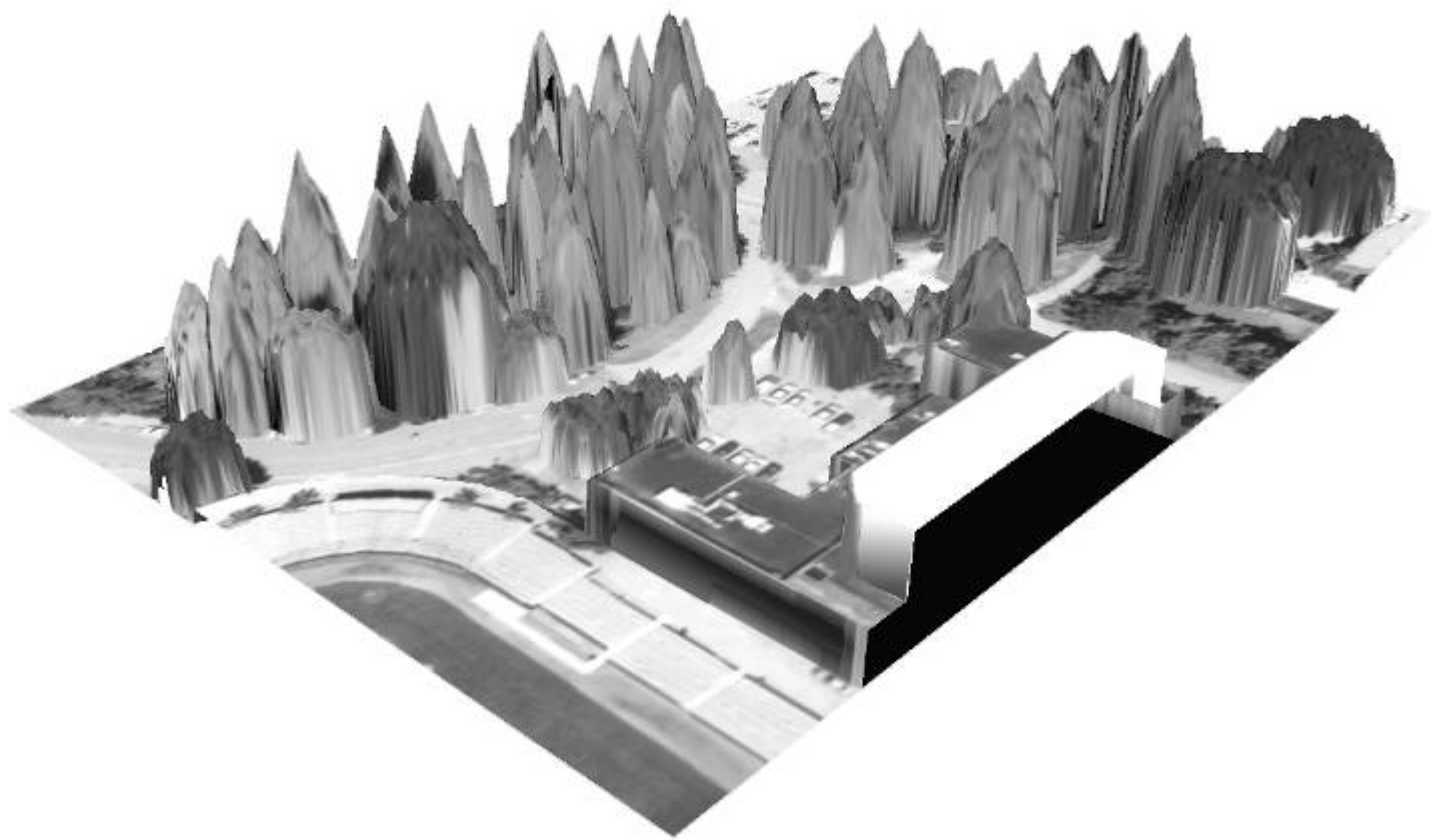
# 树冠制图



# 树种识别

Transform	G site 10/95		F site 10/95		G site 6/96		F site 6/96		G site 11/96		F site 11/96		Average		
types	Sunlit	Shade	Sunlit	Shade	Sunlit	Shade	Sunlit	Shade	Sunlit	Shade	Sunlit	Shade	Sunli	Shade	Overall
R	70.8	59.2	58.3	35.0	75.8	65.3	81.9	90.3	74.2	60.8	75.0	73.3	72.7	64.0	68.3
D(R)	85.0	95.8	65.0	45.0	90.8	81.7	93.1	89.6	95.8	97.6	94.2	90.0	87.3	83.3	85.3
LOG(R)	60.8	55.8	50.8	41.7	78.3	60.0	77.8	89.6	60.1	65.7	60.8	70.8	64.8	63.9	64.4
N(R)	65.8	64.2	51.7	42.5	72.5	66.7	84.0	91.7	79.8	78.4	76.7	80.8	71.8	70.7	71.2
D(LOG(R))	91.7	94.2	79.2	64.2	93.3	92.5	97.2	97.9	96.6	99.2	93.3	96.7	91.9	90.8	91.3
LOG(N(R))	63.3	60.0	48.3	43.3	71.7	65.0	85.4	93.8	76.5	71.8	75.0	79.2	70.0	68.8	69.4
D(N(R))	93.3	93.3	80.8	56.7	91.7	85.0	95.1	95.1	98.3	97.6	97.5	96.7	92.8	87.4	90.1

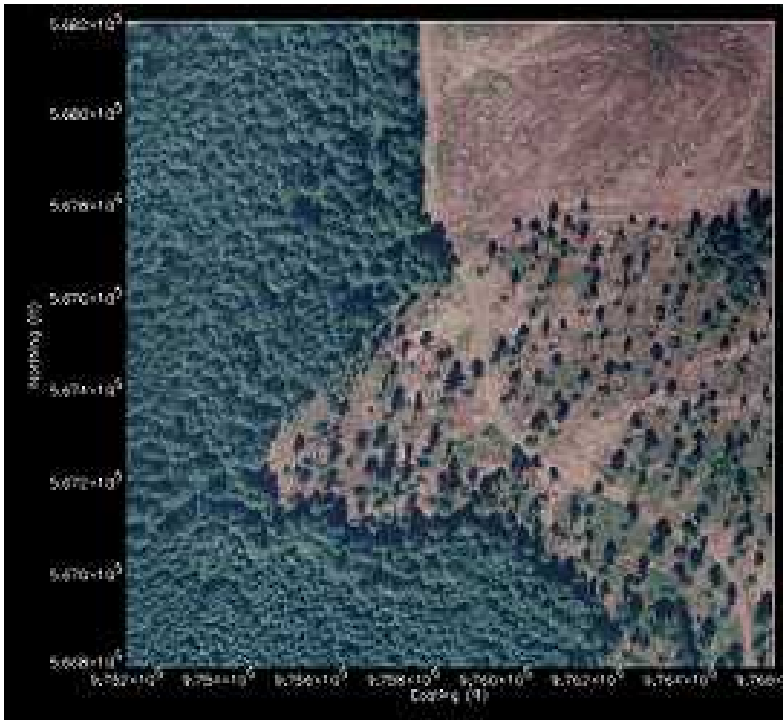
# 从单株树到丛林



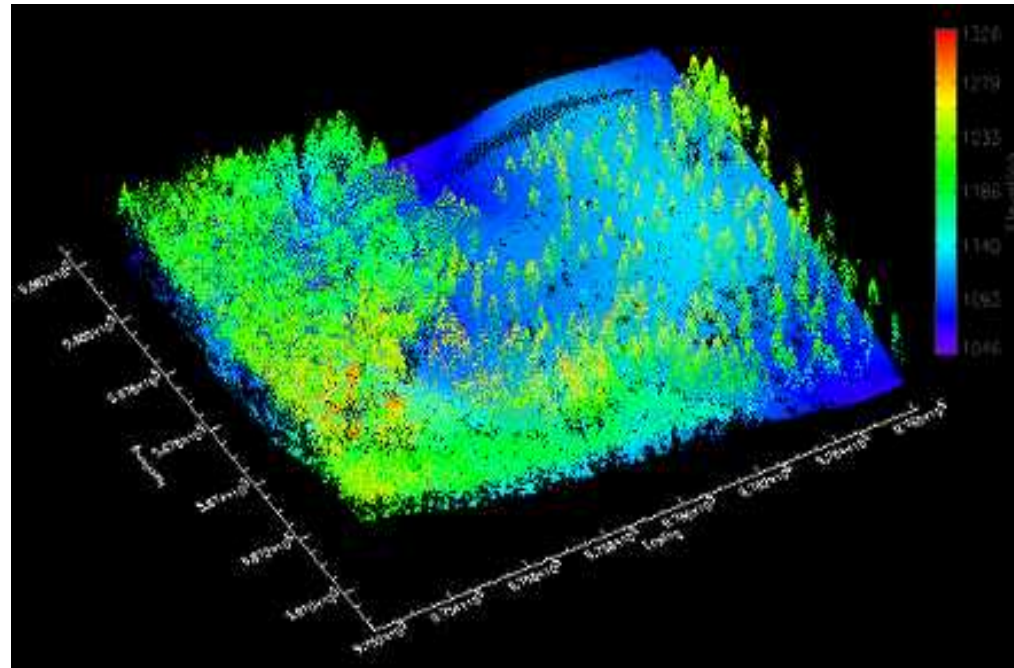
这部分工作受到国际上的重视，受到美国、英国、德国、瑞士、日本、芬兰、巴西等国学者称赞或邀请讲学

# 激光雷达遥感 — 从 2 维 到 3 维

LIDAR: **L**ight **D**etection **A**nd **R**anging



Aerial Photo  
(2-Dimension)



LIDAR  
(3-Dimension)



## ◆ 森林测量与调查

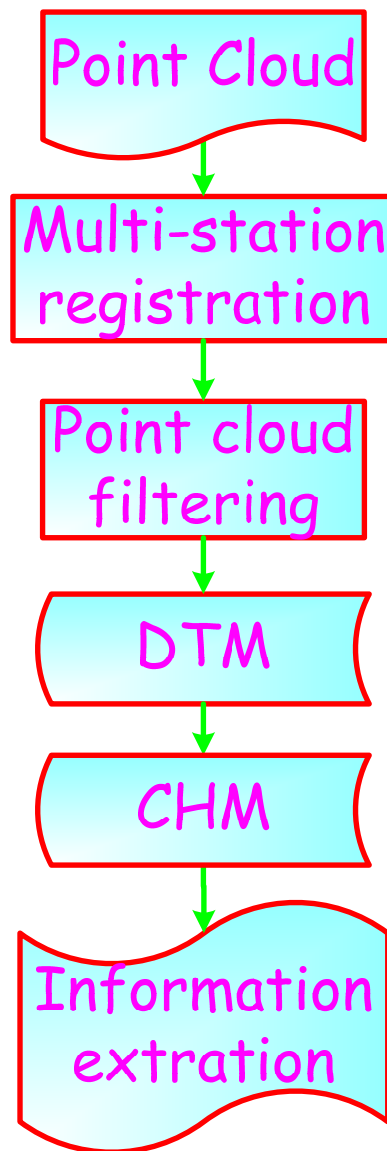
- 
- 森林
- 灾害评估
- 其他

# 地面激光雷达试验研究

## 仪器介绍

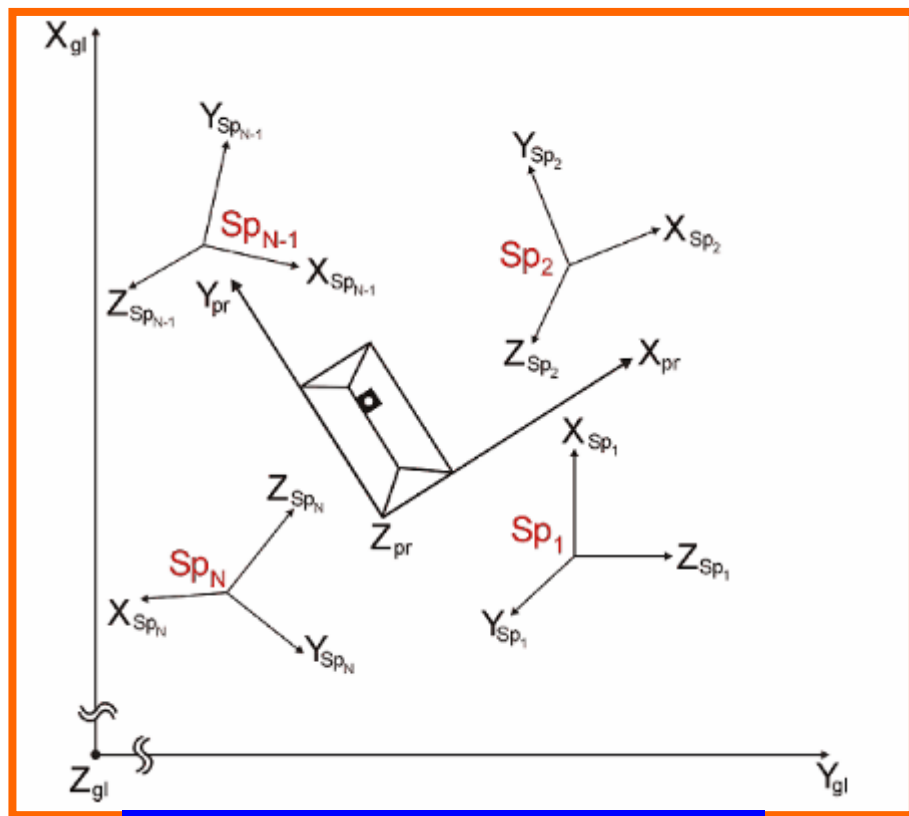


激光安全等级	1级
测距方式	时间差测距
视场角	$360^{\circ} \times 90^{\circ}$
测量范围	1~200m
测量分辨率	5mm
测量精度	6mm
扫描频率	24,000Hz
波长	900nm
发散角	$\leq 2\text{mrad}$
重量	13kg

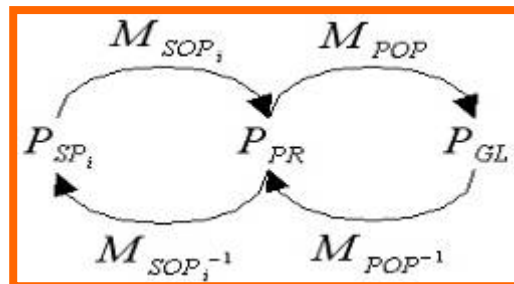


# 地面激光雷达试验研究

## 仪器介绍



三种坐标系统的相互关系



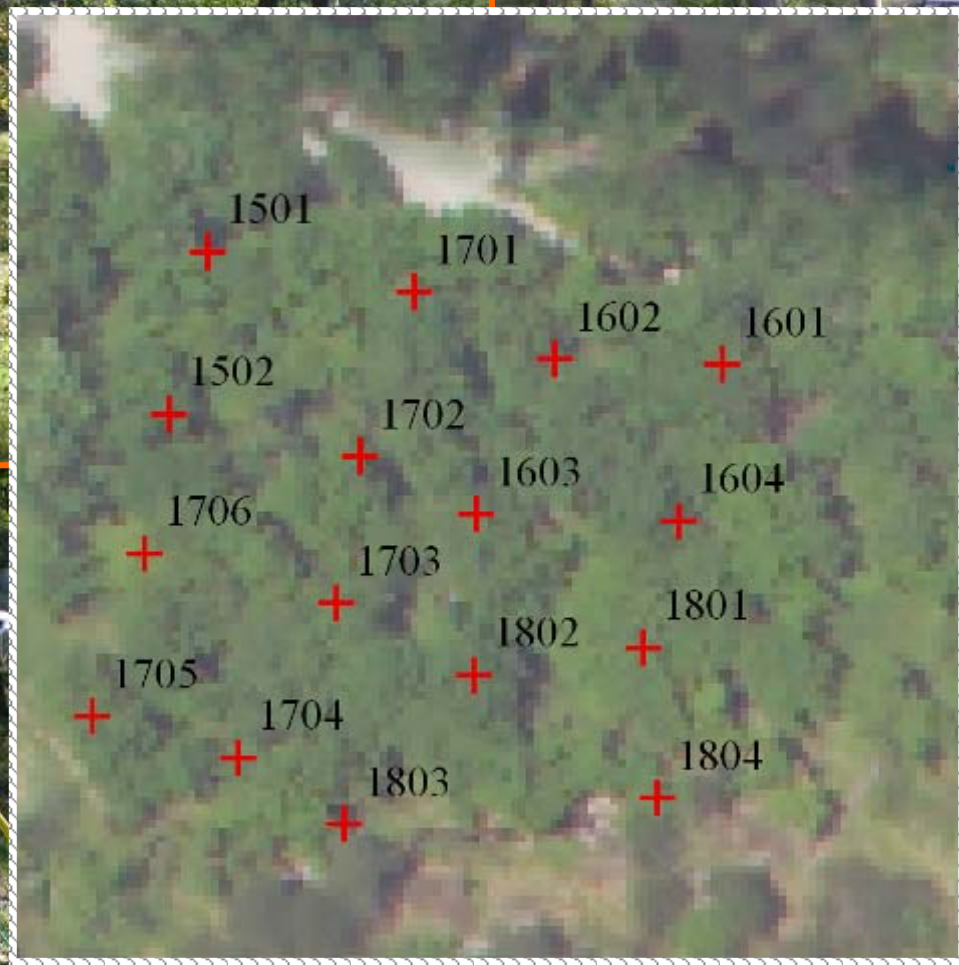
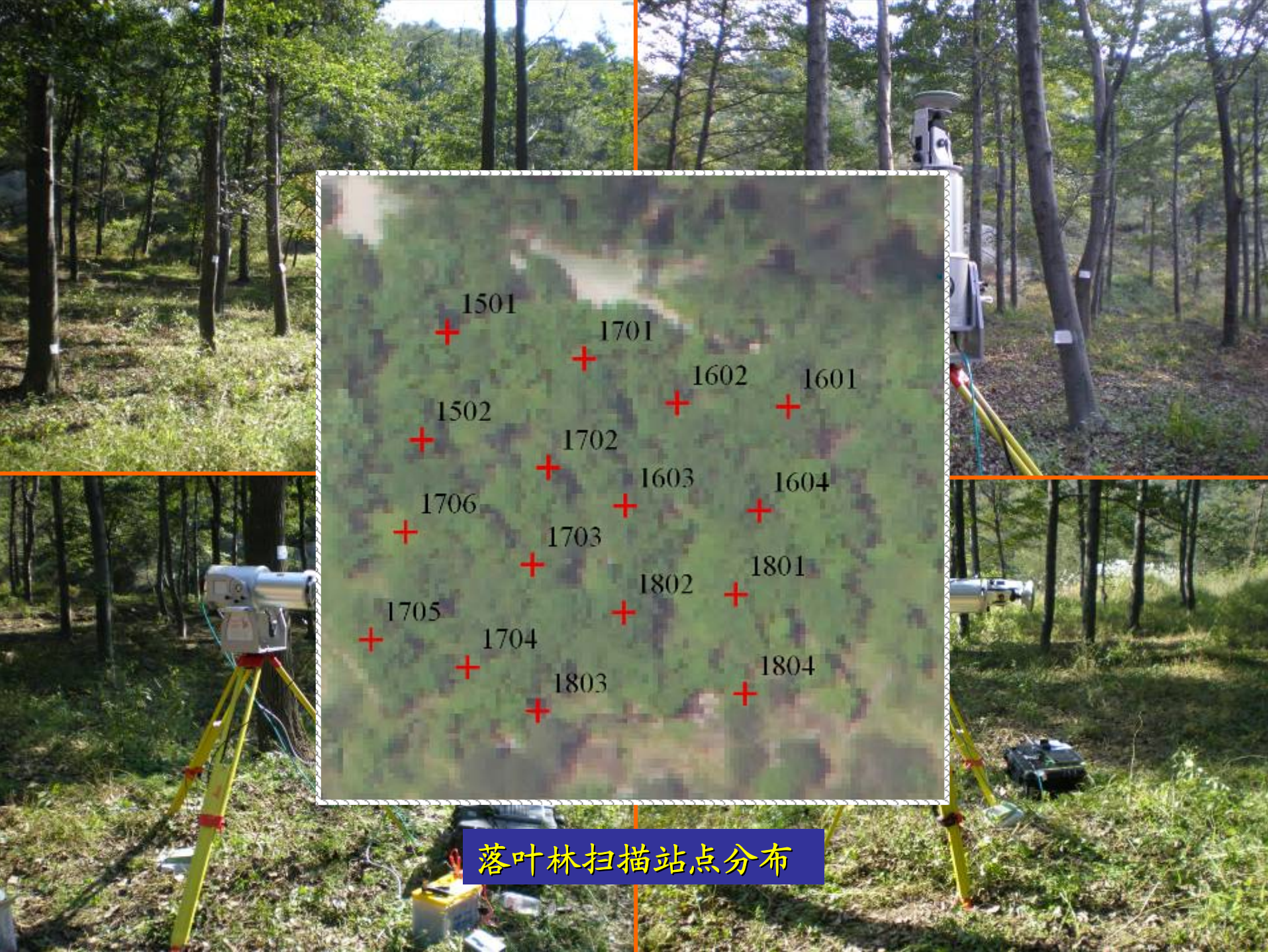
$$M_{SOP} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_{mount} = \begin{pmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_{camera} = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 & 0 \\ \sin \phi & -\cos \phi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

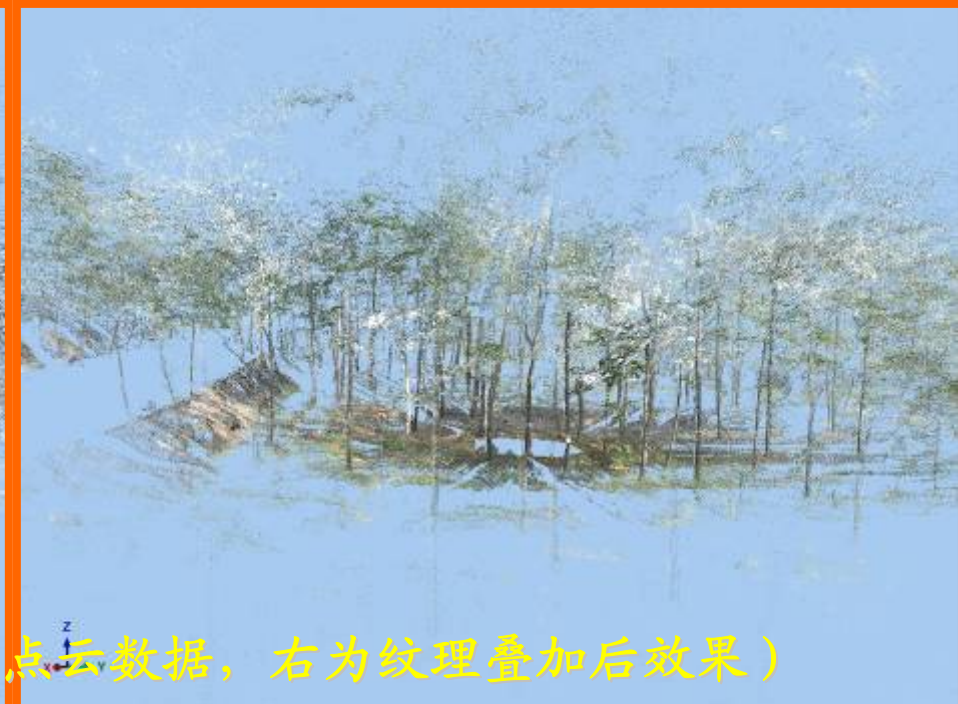
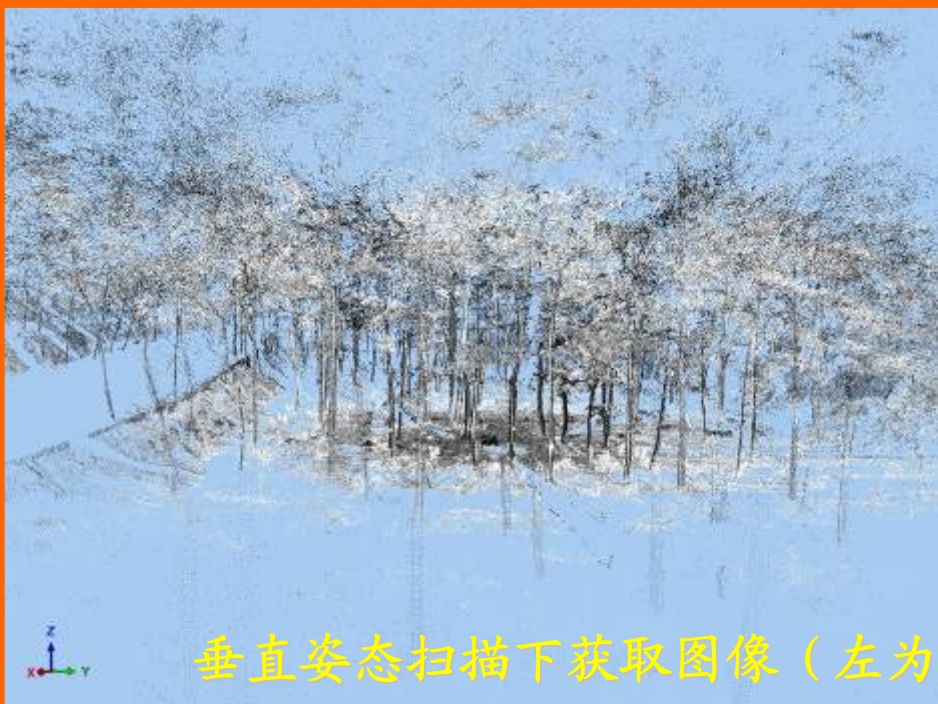
$$C_c = M_{mount} \cdot M_{camera}^{-1} \cdot C_s$$



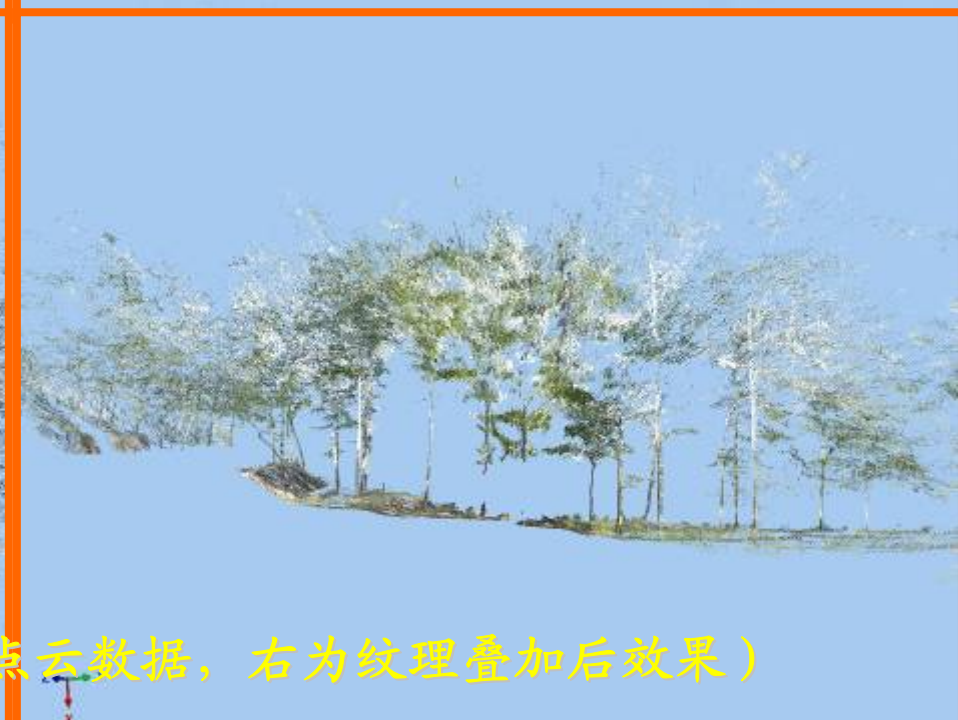
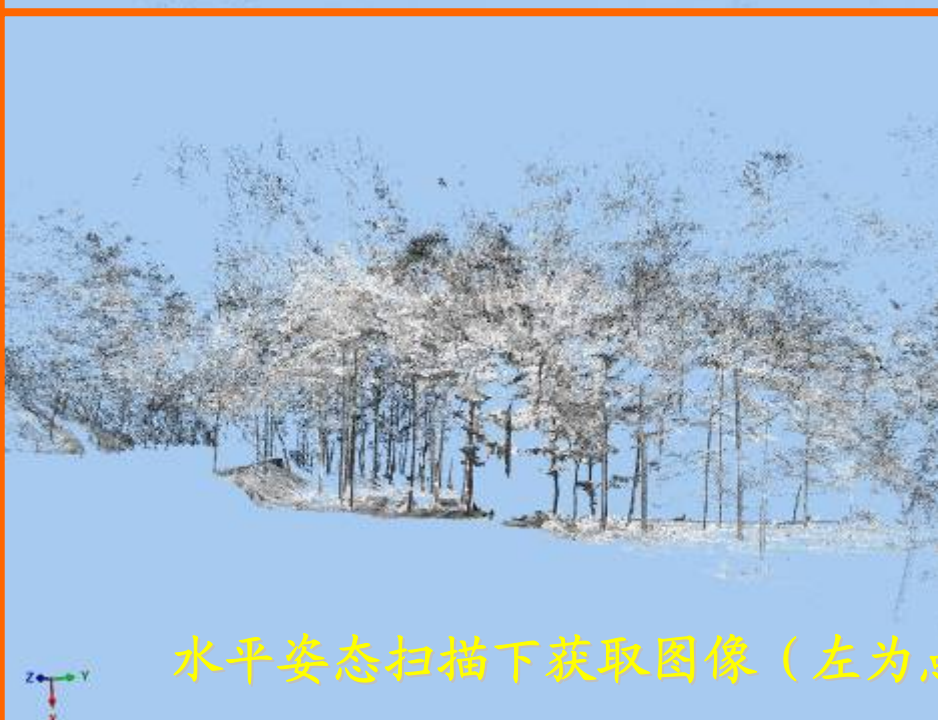


落叶林扫描站点分布





垂直姿态扫描下获取图像（左为点云数据，右为纹理叠加后效果）

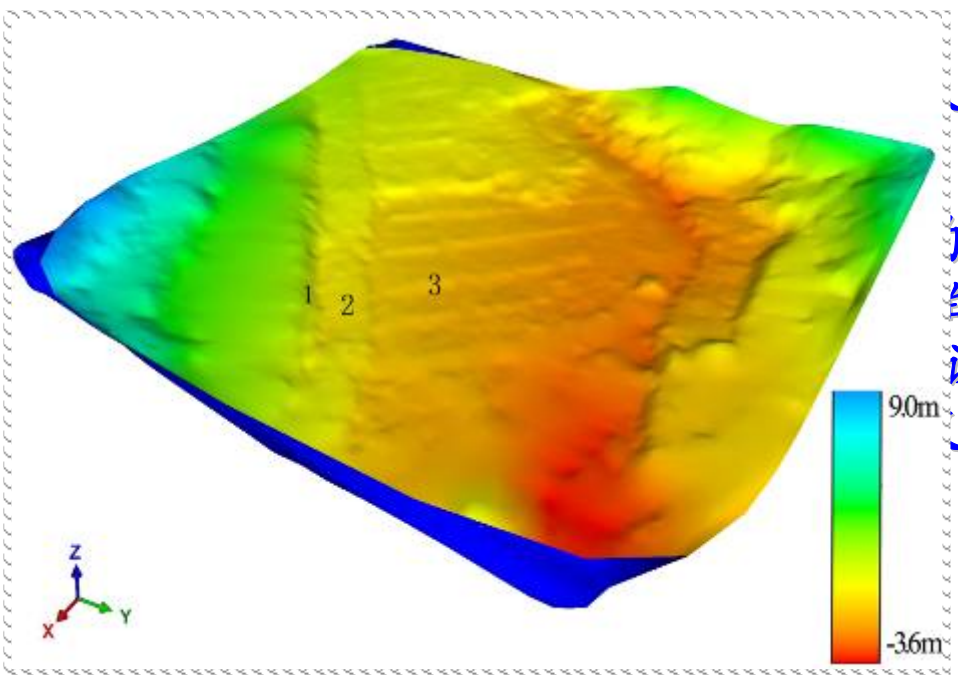


水平姿态扫描下获取图像（左为点云数据，右为纹理叠加后效果）



# 地面激光雷达试验研究

## 激光点云滤波及DEM生成



滤波生成高精度DEM



实地的微地貌特征

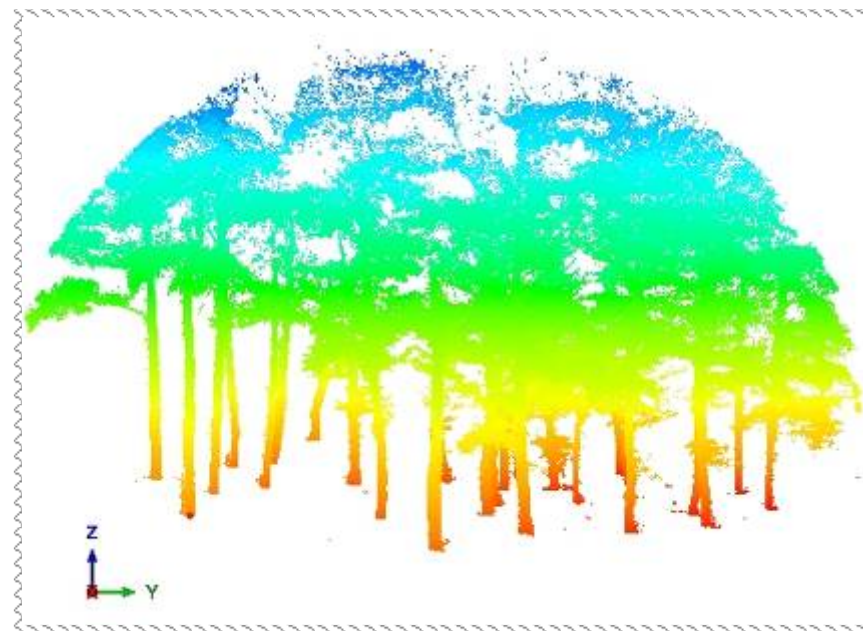
# 地面激光雷达试验研究

## 单木树高与胸径提取

1. 树干识别：利用点云的分布特征

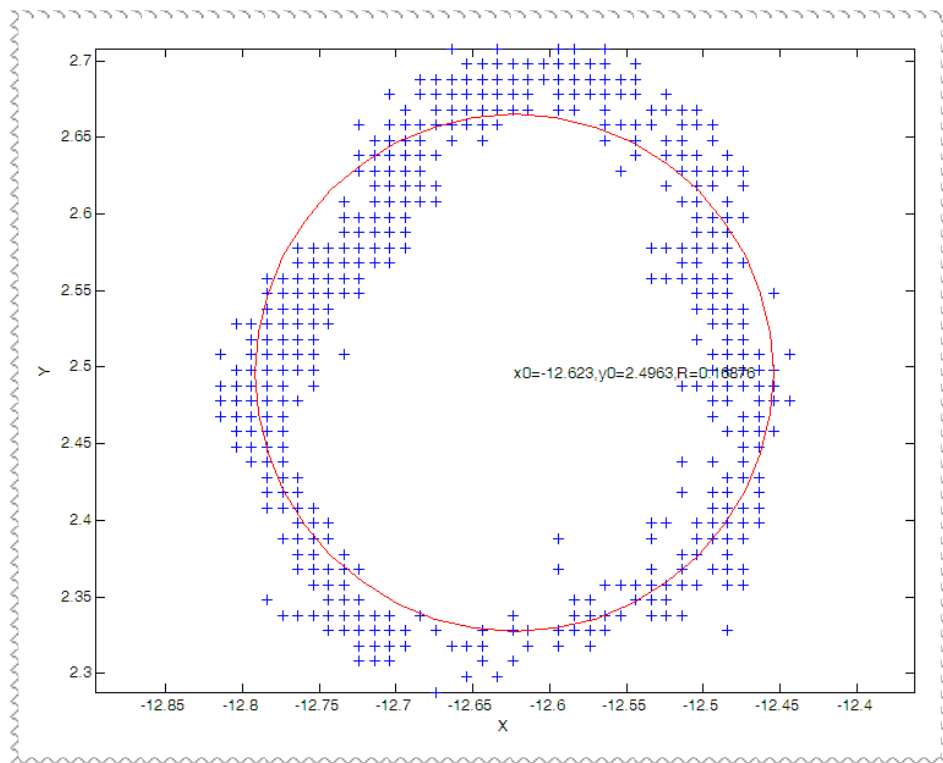
2. 胸径提取：取1.3m处切面栅格化后拟合

3. 树高提取：Voxel中最高点与最低点之差

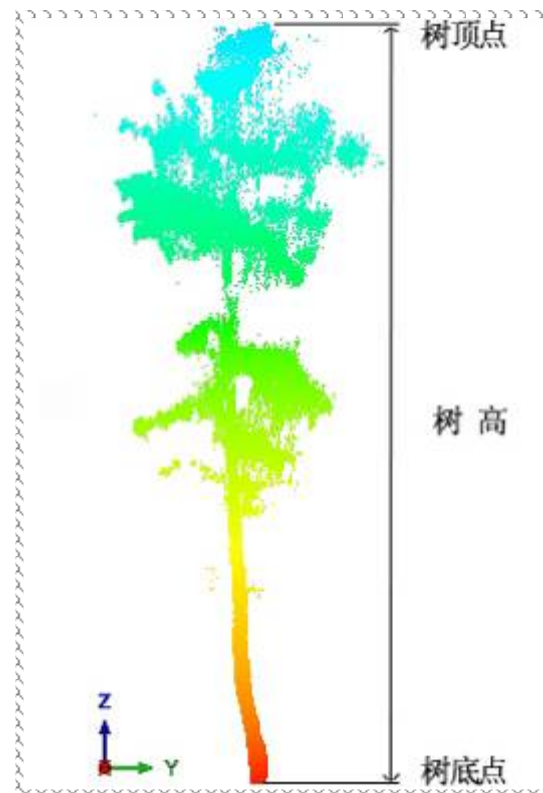


去除地面信息后的点云分布图

# 地面激光雷达试验研究



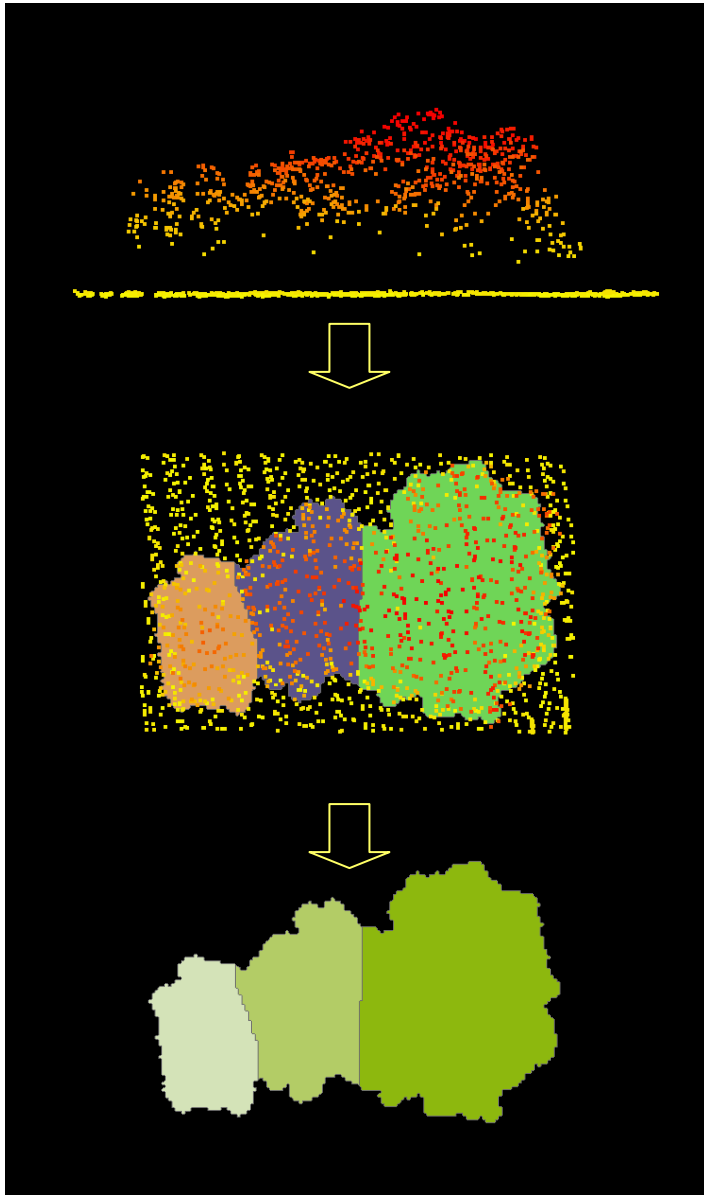
树冠胸径圆拟合图



树高提取示意图

中心点坐标	胸径(m)	树高(m)
$(-12.62, 2.50)$	0.34	15.99

# 用激光雷达测量森林结构



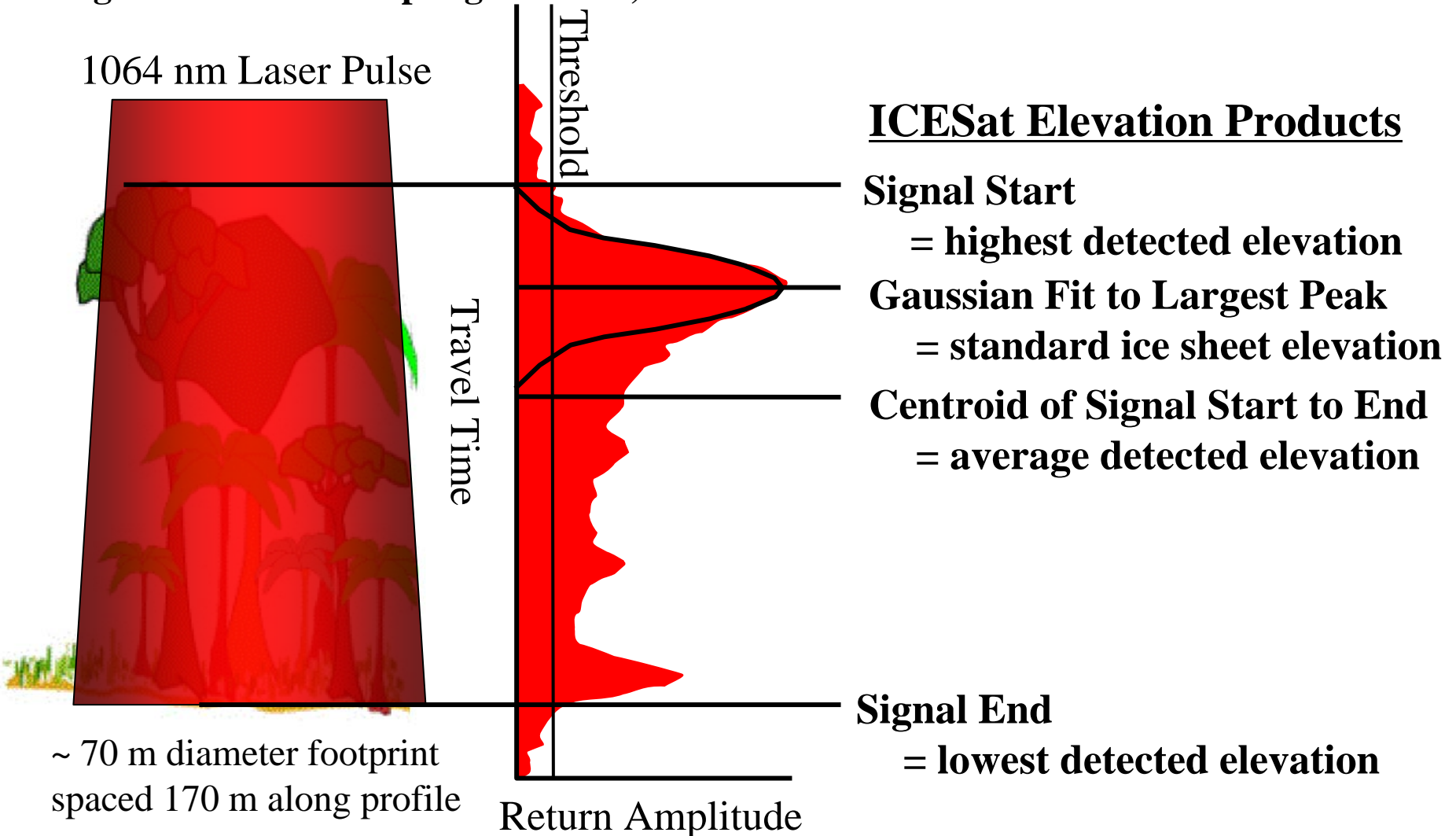
- **Step 1: Laser Pulses Classification**
  - Classify canopy and ground returns
- **Step 2: Tree Isolation**
  - Delineate individual tree crowns
  - Calculate crown area, tree Height
- **Step 3: Canopy Parameter Extraction**
  - Estimate basal area, stem volume, etc



# Vegetated Landscape ICESat Waveform

## Height Distribution of Reflected Laser Energy

Digitizer vertical sampling = 0.15 m, Pulse width + receiver vertical resolution ~ 1.5 m

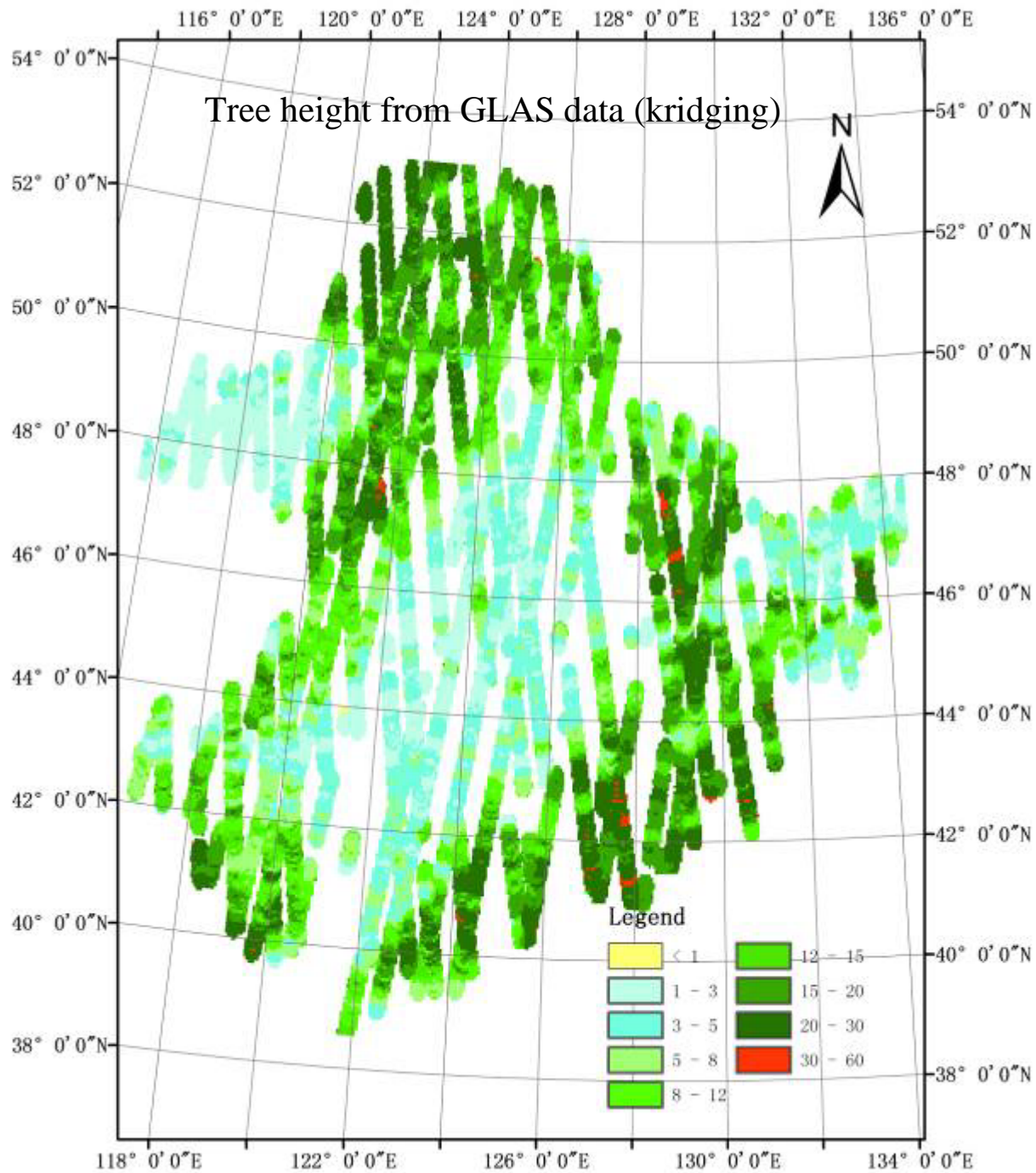




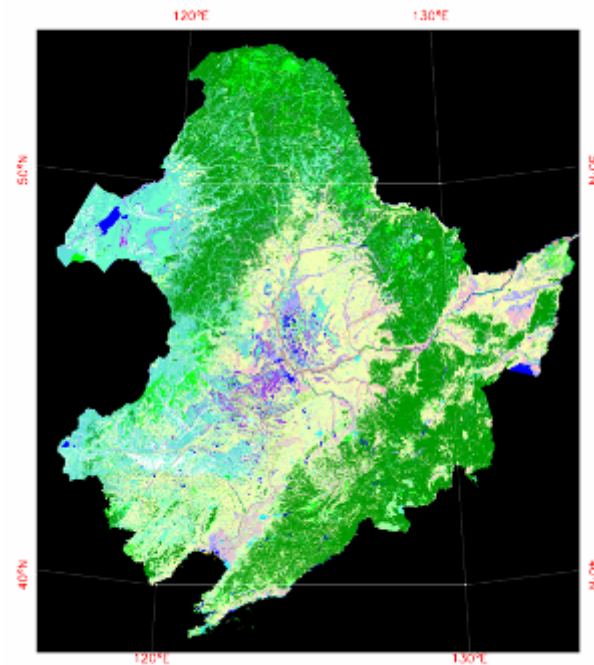
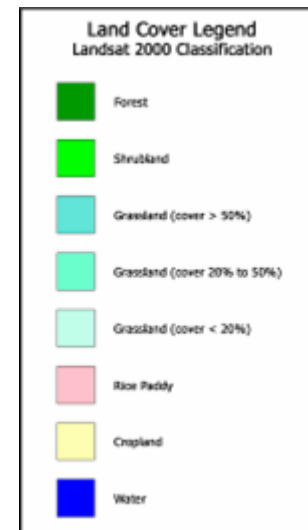
# ICESat Land Applications







Land use map from L-7  
ETM+ imagery in 2000

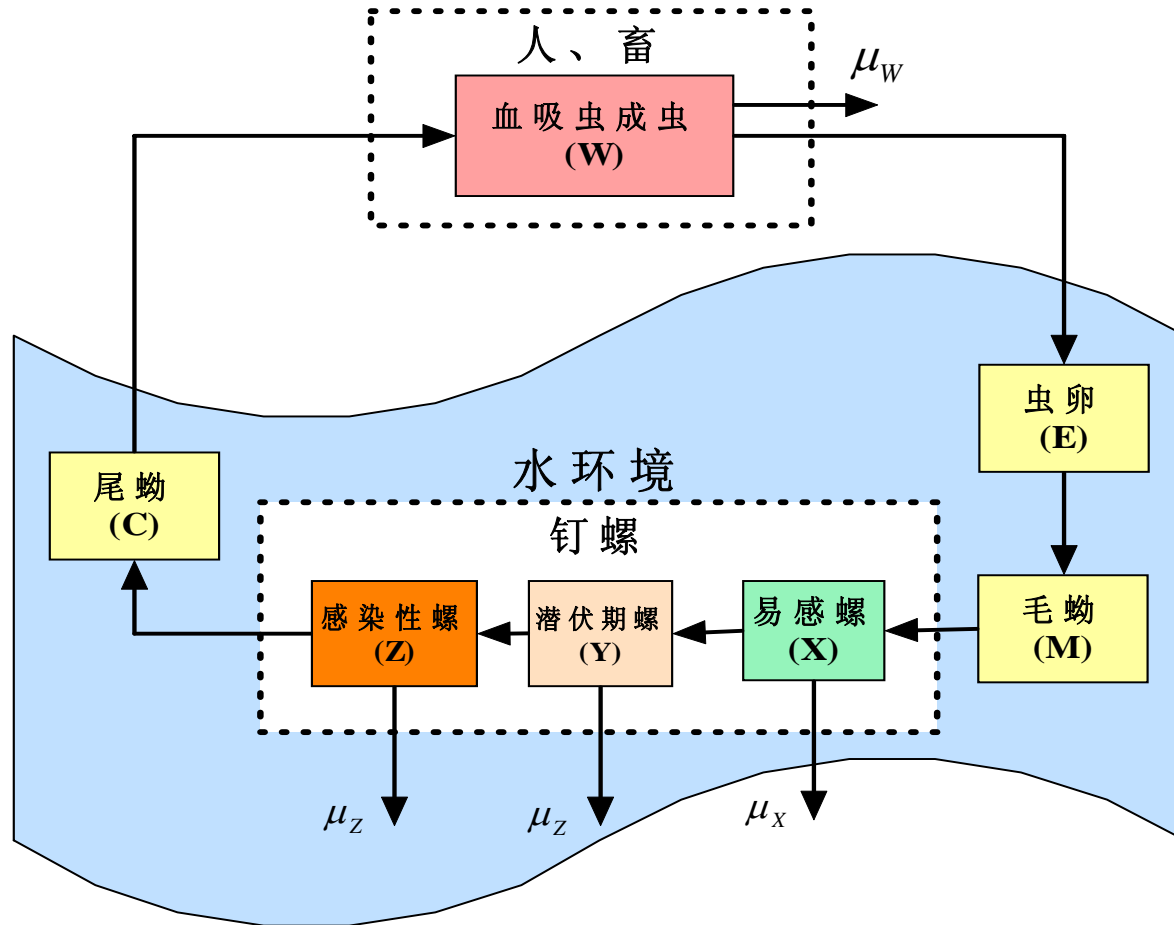


# 环境与健康研究进展

- 血吸虫病时空传播过程模型的拓展
- 中国血吸虫病适宜性地区随气候变化的空间格局变化
- 全球居住区、候鸟时空分布范围、湿地数据库建设
- 基于时空统计和系统发生学分析探索禽流感传播途径



# 血吸虫病传播过程



# 基于村组的血吸虫病时空传播动力学模型

血吸虫病动态传播的时间序列模型（梁松 等. 2002）

血吸虫病时空动态传播模型（徐冰 等, 2004）

$$\frac{dx}{dt} = e^{-\mu_x \tau_x} B(t - \tau_x, T_2, P) x(t - \tau_x) - \mu_x x(t)$$

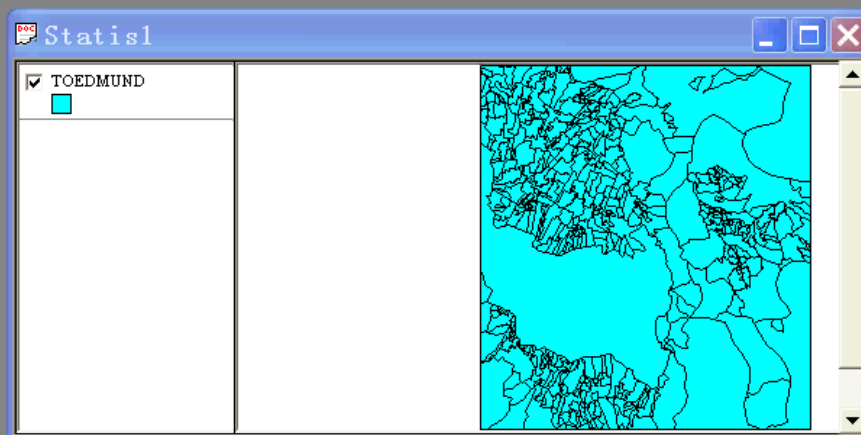
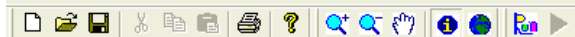
$$\frac{dz}{dt} = \rho m x - \varepsilon Z$$

$$C = I_c \sigma r_c(P) \frac{A_h}{A_s} Z$$

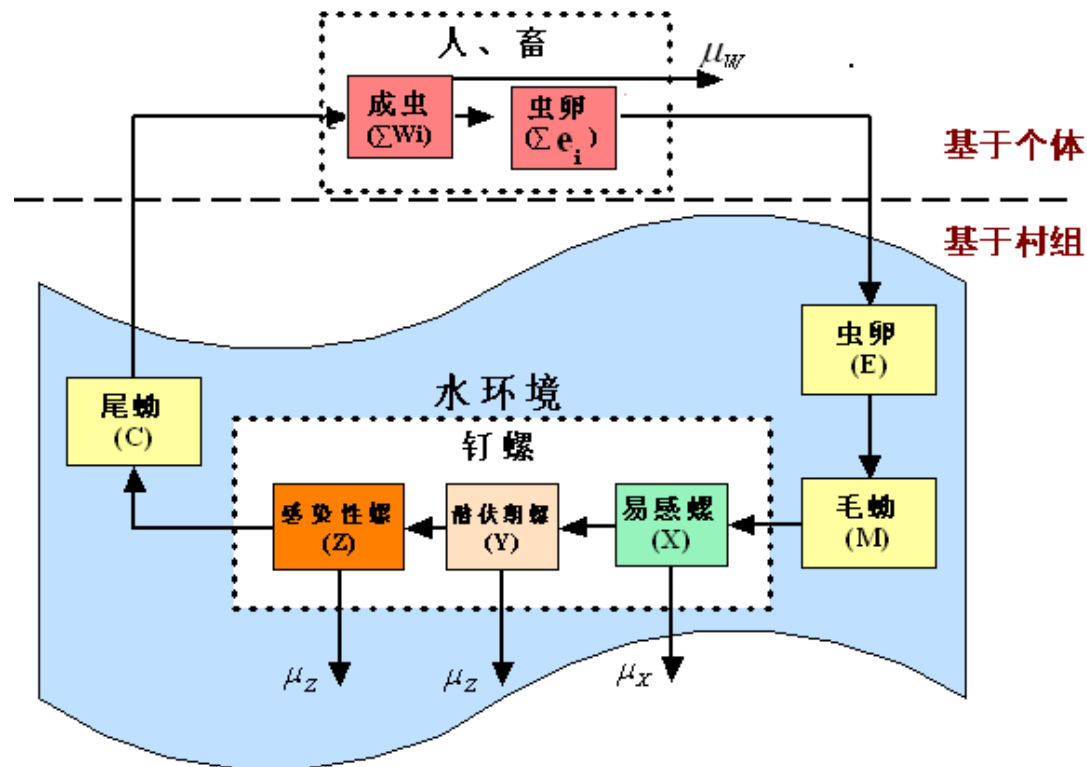
$$\frac{dw_i}{dt} = \alpha e^{\mu_w \tau_w} S_i \gamma_i c_i(t - \tau_w) - \mu_w w_i$$

$$E = \frac{1}{2} \sum h g n_i w_i \phi$$

$$M = r_e(P, \beta) I_m \frac{E}{A_s}$$

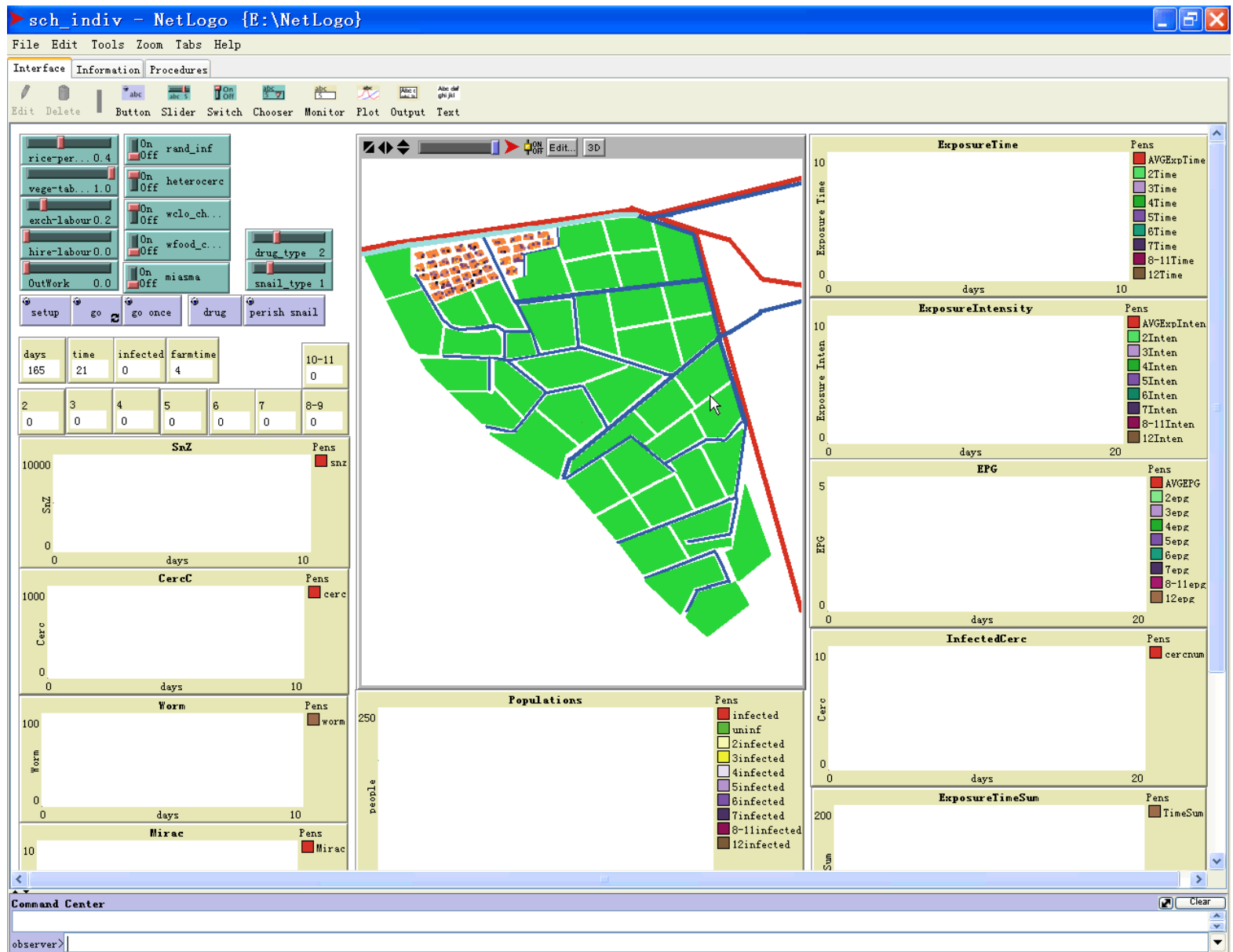


# 基于个体与基于村组集成的 智能体传播模型



活化环境、加入社会经济要素、将模型中宿主按个体计算  
这大大增加了工作量,但是也使模型更灵活

# 基于个体的模型的系统实现



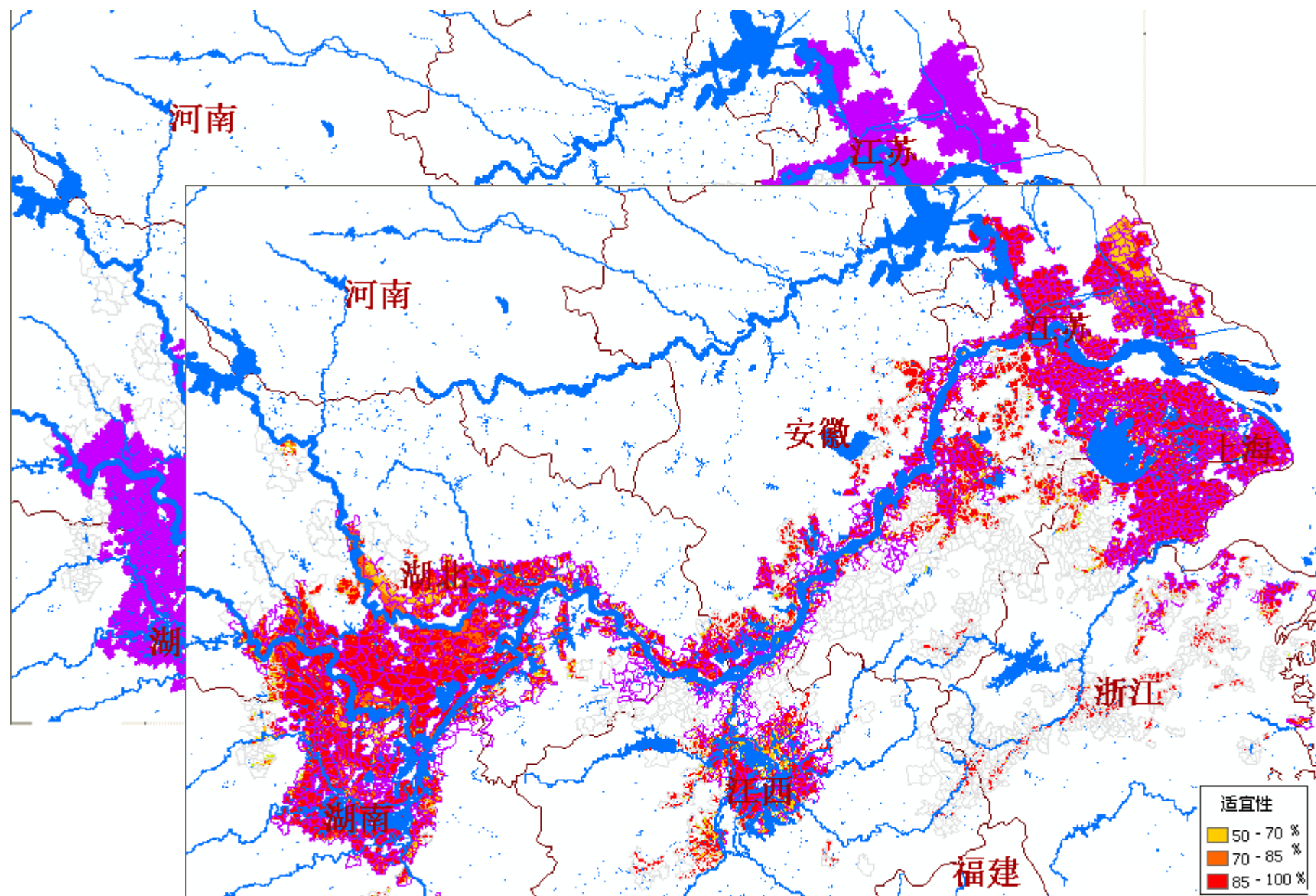


# 1980年代乡镇血吸虫病地图集

## 数据建库



已经在Google Earth上建立该数据库的查询  
显示能力



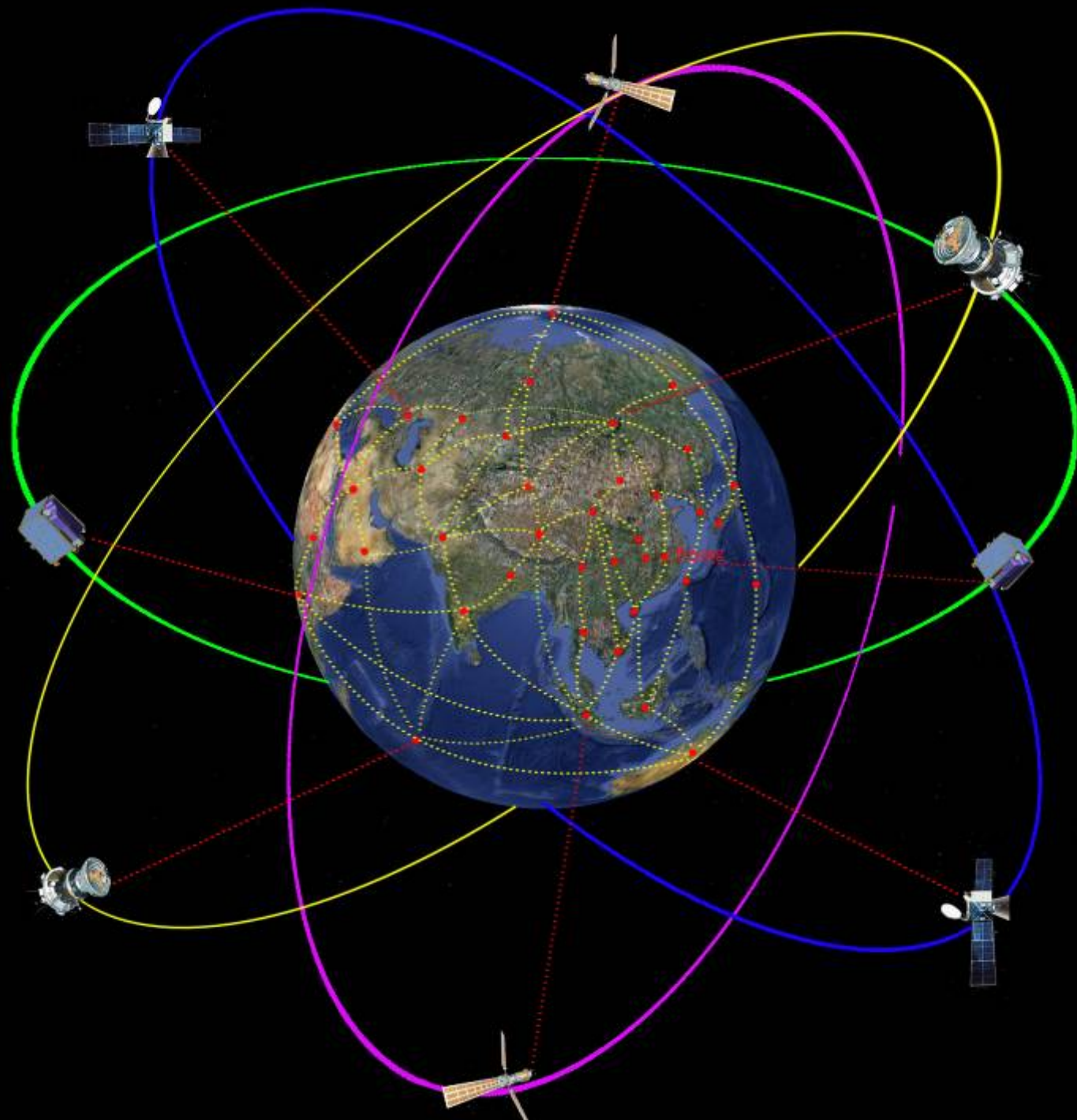
水网湖泊型流行区分布\_预测图

# 小 结

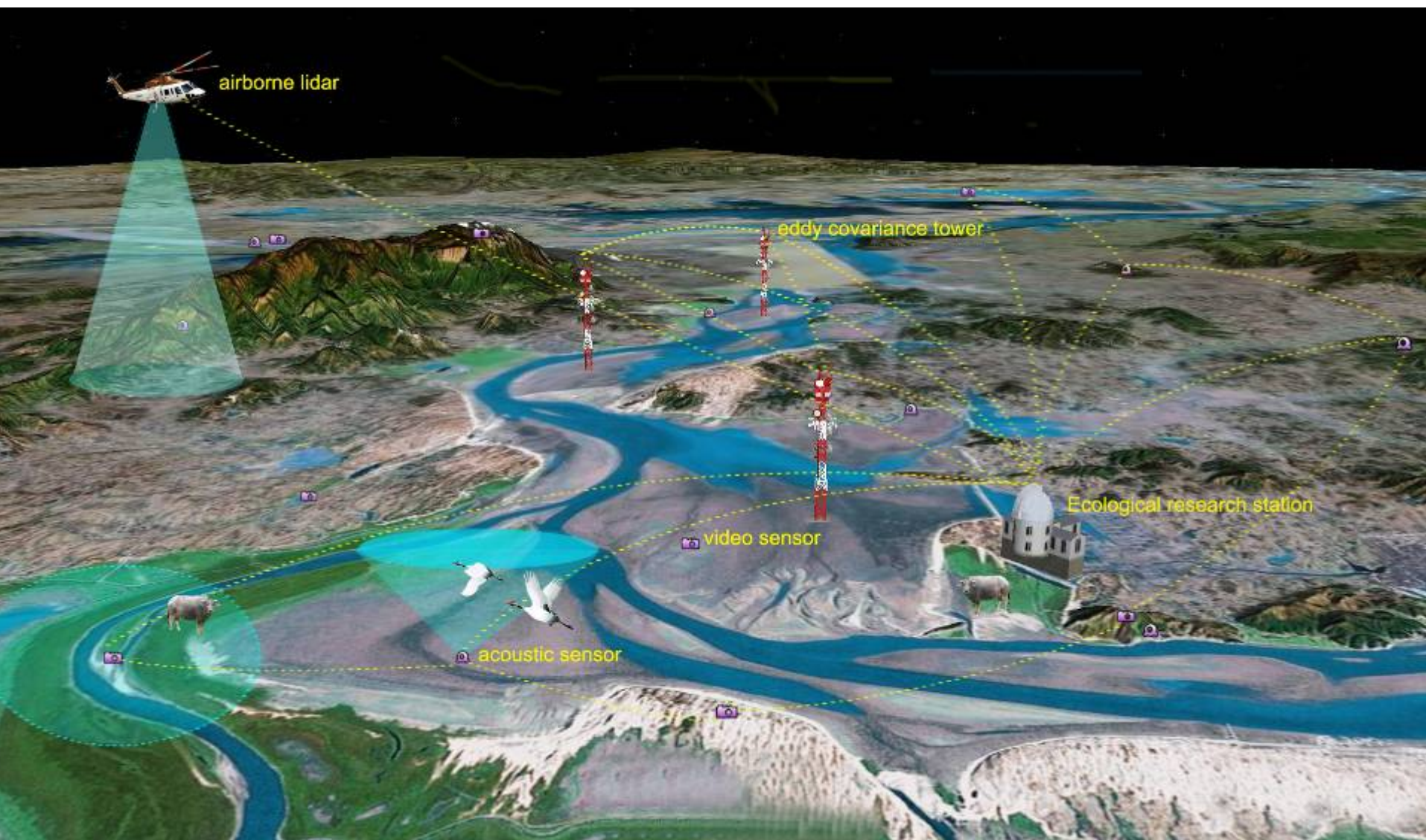
- 湿地、居民点、迁徙鸟类栖息地数据是研究血吸虫病、禽流感及其他与环境有关的传染病的重要信息
- 大尺度分析还很难做 - 原因是大尺度数据不够统一、一致、相容
- 遥感是大尺度数据建库的唯一可行手段
- 因此我们推动遥感制图和地表参数反演做为我国全球变化研究领域的重点投入，现在已经有四项863重点项目做全球数据制作和模式建设工作
- 全球变化研究以及环境与健康的研究是大跨度学科交叉的研究，需要多学科交叉

# 地球观测台或地文台 (Earth Observatory) 的设想



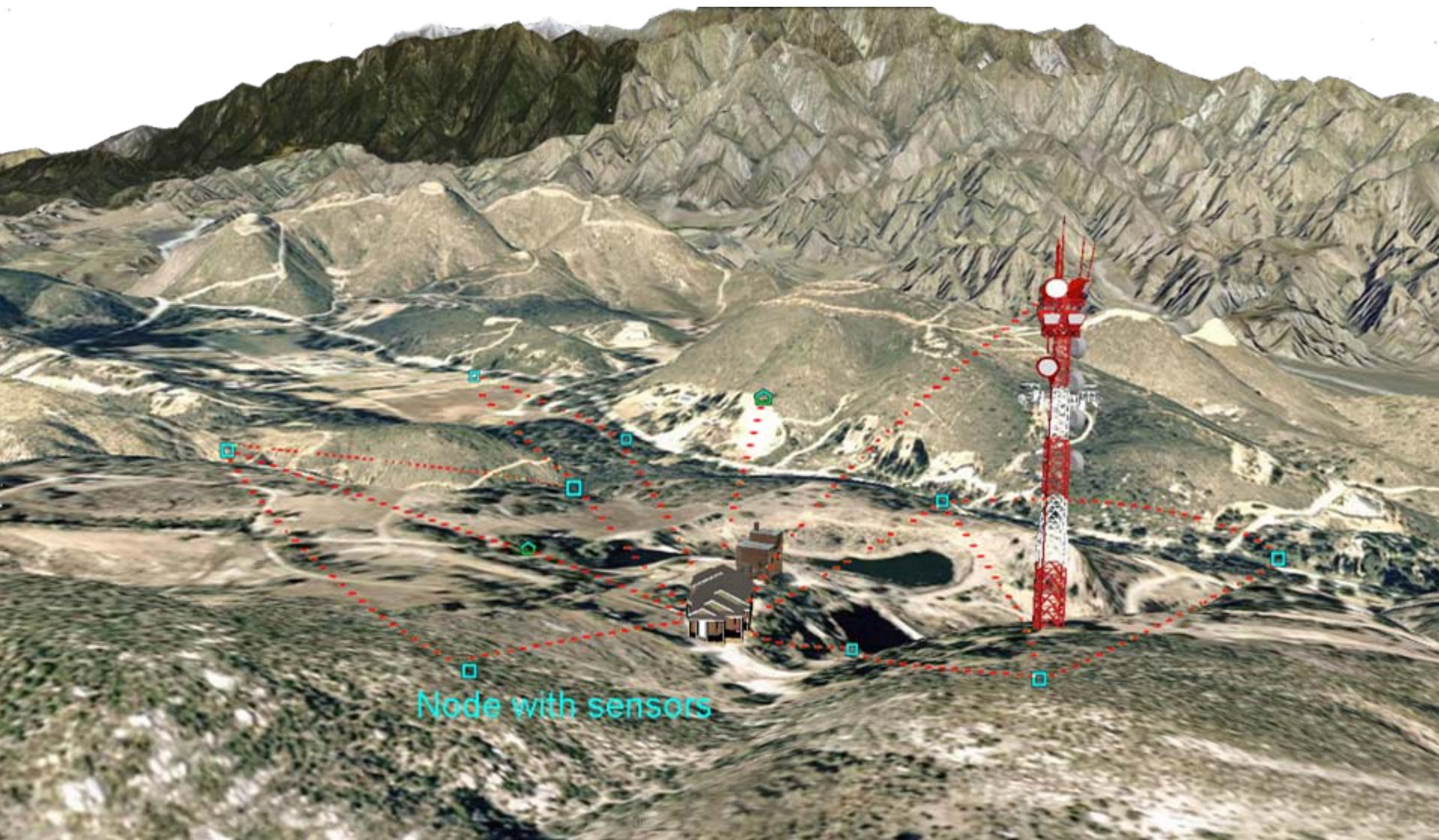


# 地文台链接所有给予权限实时获取数据的监测站点





# 地文台链接所有给予权限实时获取 数据的监测站点





# 中国观鸟数据库 (2003-2008)

Global Analyst (Beta) - Microsoft Internet Explorer

文件(F) 编辑(E) 查看(V) 收藏(A) 工具(T) 帮助(H)

后退 前进 刷新 搜索 收藏夹 打印 地址 http://www.globalanalyst.cn/ga/index.html 转到 链接

Global Analyst

文件 编辑 设置 扩展

系统功能 | 主题数据

创建新主题 添加内容

由我创建

☐ 0964 非公开

☒ all 非公开

协作 编辑 保存 完成

标题

all

说明

共享设置

☐ 公开 - 共享给所有人。此地图将在搜索结果与共享平台信息中公开发布。

☒ 非公开

[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]

1 / 186

下页 尾页

顶点编辑

发送 链接

属性

查询设置

名称 = 确定 清除 关闭

属性信息 点 字段计算器 字段验证

all的属性表

INDEX	ORDER	FAMILY	CHINESE	ENG	LATIN
0985.1	Passeriformes	Sylviidae	淡黄腰柳莺	Sichuan Leaf Warbler	Phylloscopus
0985.1	Passeriformes	Sylviidae	淡黄腰柳莺	Sichuan Leaf Warbler	Phylloscopus
0985.1	Passeriformes	Sylviidae	淡黄腰柳莺	Sichuan Leaf Warbler	Phylloscopus

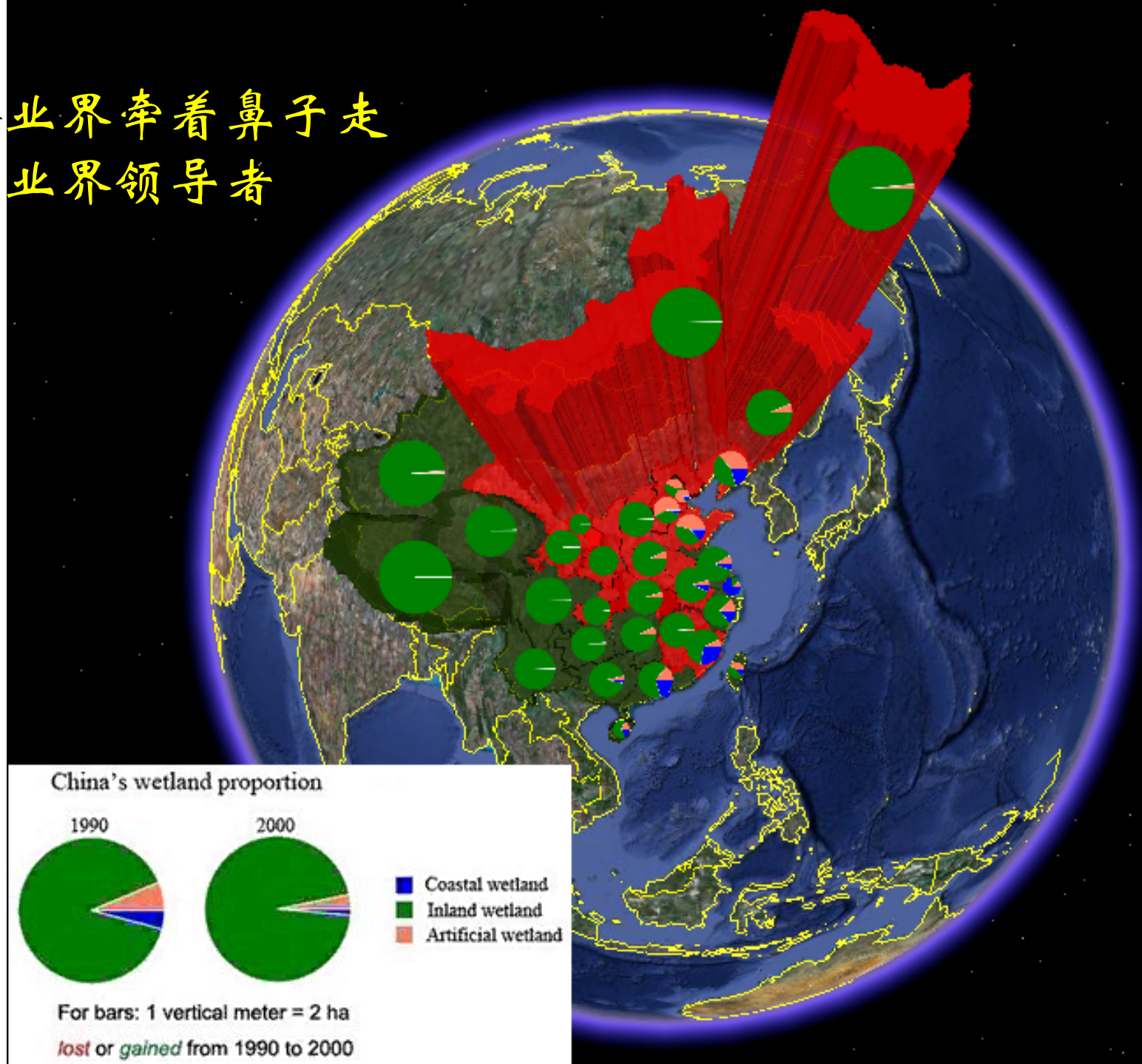
1 / 363

下页 尾页 详细数据表 详细数据不显示 下载选中图形(KML) 下载选中图形(SHAPE)

完毕 Internet



不能被企业界牵着鼻子走  
要成为工业界领导者



# 总 结

- 必须立足于自己的科研需求和成果
  - 引领科学发展
  - 引领产业发展
  - 开发科研工具：软件和硬件技术
- 必须依靠专业的队伍做擅长的事

- 创新取决于是否持续地具备从一个前沿跨到另一个前沿的自由。

— 比尔盖兹

谢谢各位！