


地表定量遥感反演研究简介



李小文

北京师范大学
遥感科学国家重点实验室



我们所指的**遥感就是从卫星观测地球表面**，是20世纪末发展最为迅速的科技领域之一，其**优势**在于能够频繁持久地提供地表的**面状信息**，具有**宏观、动态、精确**地监测地表环境的变化特点。由于人类的**信息需求有80%与地理空间位置有关**，而**我国**正面临着**日益严重的资源环境问题**，遥感在**国民经济、社会发展和国防安全**中起着越来越重要的作用：

水既是资源，又影响环境，可以说是我们遥感最重要的应用舞台之一

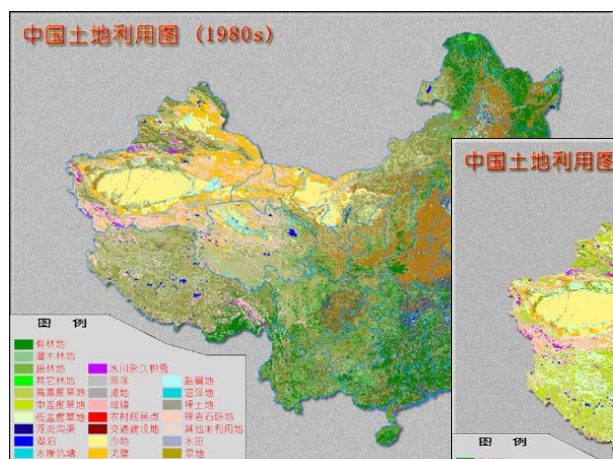


遥感的重要应用

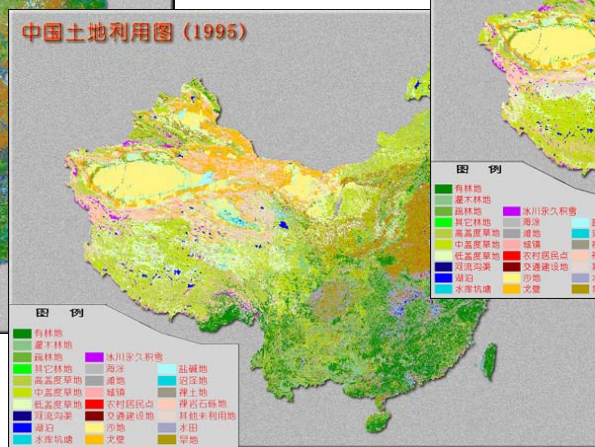
- ★ 为国民经济持续稳定发展提供动态基础数据和科学决策依据
- ★ 为国家重大自然灾害提供及时准确的监测评估数据及图件，在这次汶川地震救灾中发挥了不可替代的作用。(guihua?)
- ★ 持续不断地开展可再生资源的监测、预测和评估
- ★ 地质矿产资源调查与大型工程评价
- ★ 天气预报和气候预测
- ★ 海洋监测和海洋开发

应用—动态基础数据和科学决策依据

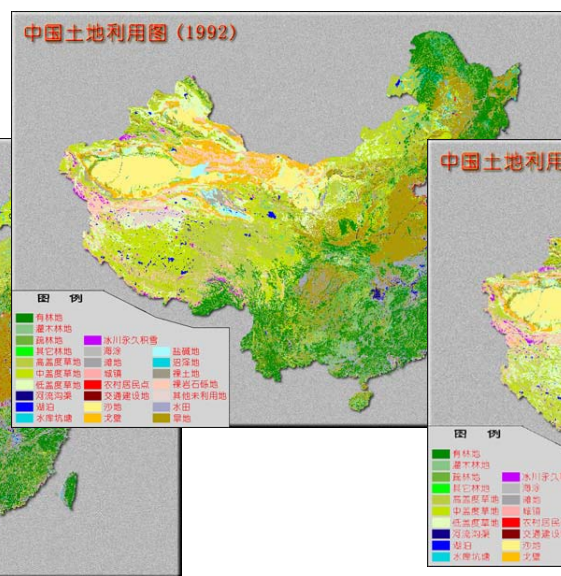
- 利用遥感和地理信息系统技术恢复重建了我国20世纪80年代末期的土地利用状况，全面掌握了近10余年来全国土地利用的变化特点，构成了完整的多期全国1:10万比例尺土地利用时空数据库。



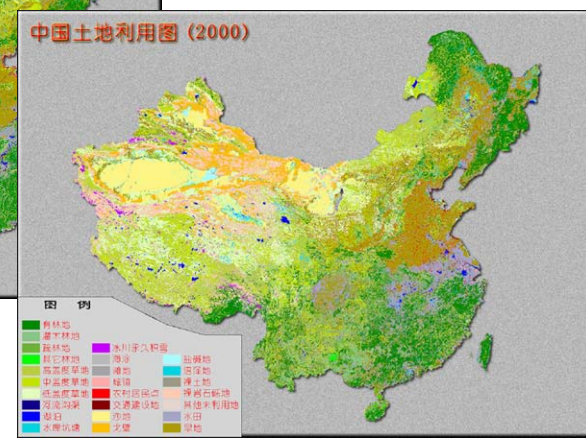
1990



1992

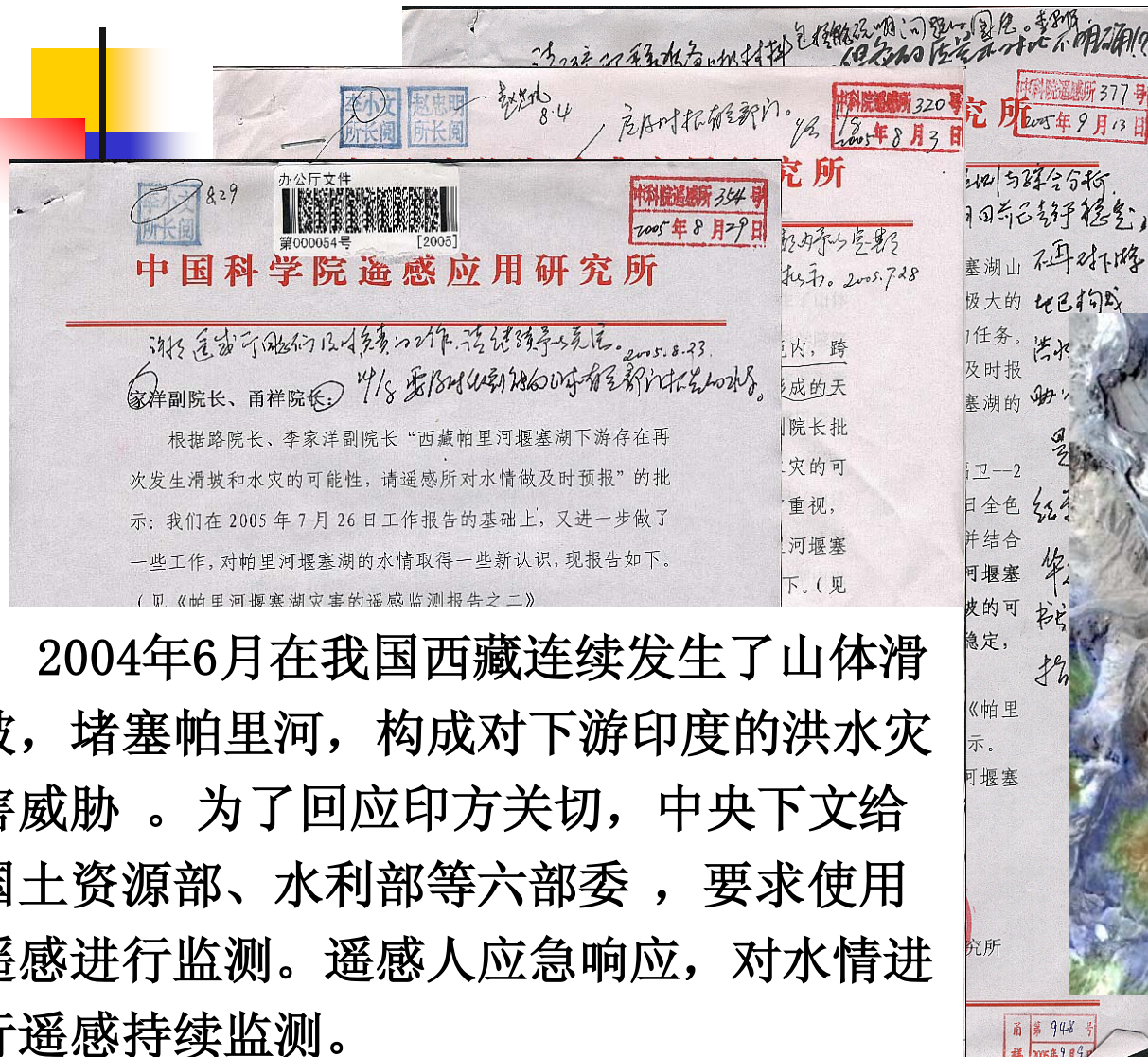


1995



2000

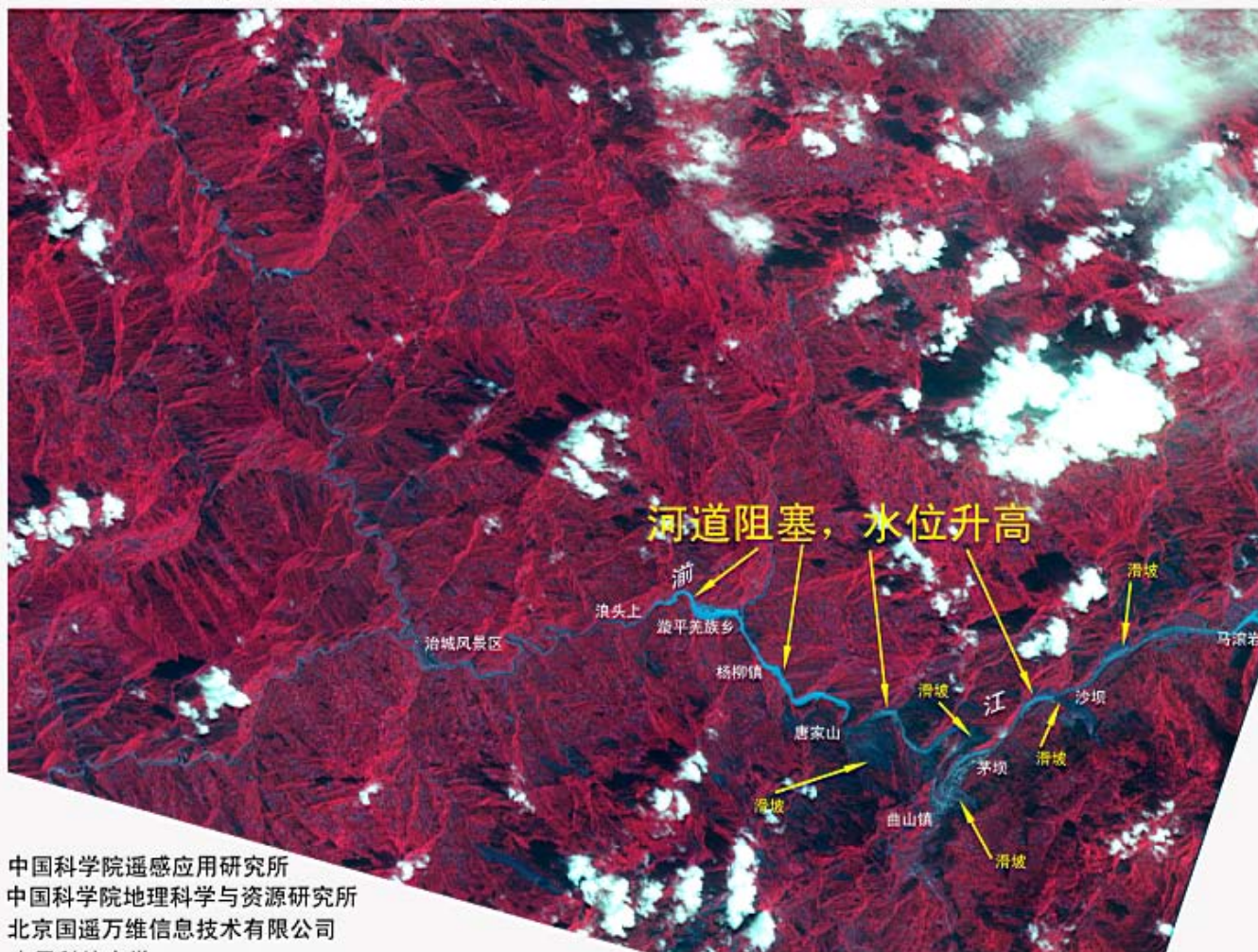
应用—灾害监测（洪灾监测）



2004年6月在我国西藏连续发生了山体滑坡，堵塞帕里河，构成对下游印度的洪水灾害威胁。为了回应印方关切，中央下文给国土资源部、水利部等六部委，要求使用遥感进行监测。遥感人应急响应，对水情进行遥感持续监测。

应用—灾害监测（地震次生灾害监测）

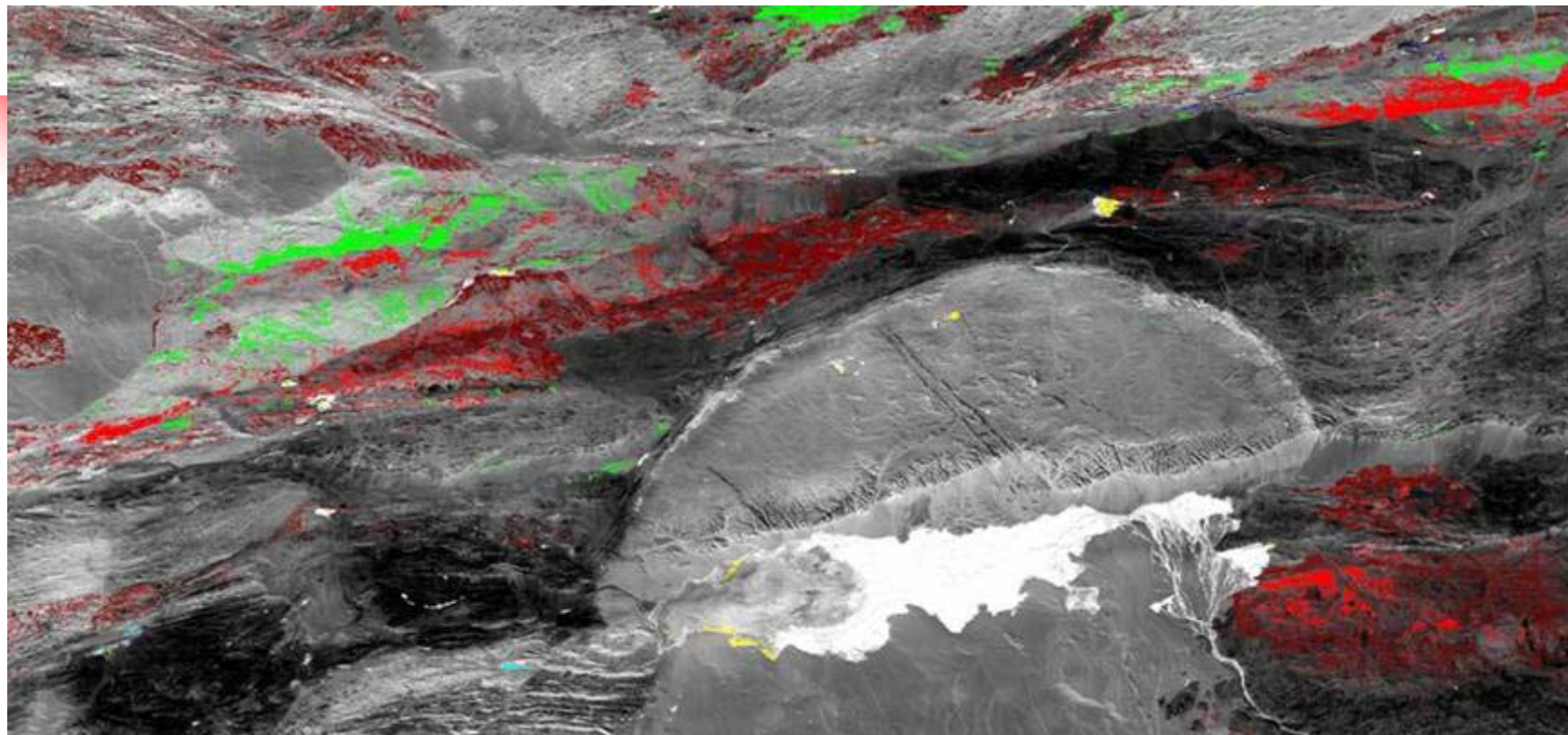
四川省北川县湔江沿岸5.12地震引发的大型滑坡分布图







中国科学院遥感应用研究所
中国科学院地理科学与资源研究所
北京国遥万维信息技术有限公司
电子科技大学

根据2008年5月14日遥感图象制作

应用—地质矿产资源调查



新疆哈密地区
1: 5万
岩矿填图结果

	绿帘石		硫酸盐（方解石）
	绿泥石		蒙脱石
	云母		盐碱

形成“成像机理——光谱特性——岩矿库——识别模型”整套流程和方法！



遥感进一步发展亟待解决的问题

- 国家科技国家科技发展中长期规划中，“高分辨率对地观测系统”已列为十六个**重大专项**之一，据悉国家财政投入计划**160**个亿，加上部门匹配估计投入**300**亿以上。
- 在十一五规划中863计划已将地球观测与导航技术单独列为**领域**，十一五总投入估计**14**亿。
- 亟待解决的问题：

王希季院士（高分系统首席）说：国家投几百亿，无非就是六个字：（**遥感数据**）好用、会用、用好。

“我们淹没在数据的海洋中，渴求着信息的淡水”

EOS 2000G / 天
(2×10^{12} Bytes/天)

海量遥感数据

办法1: 多发卫星
提高分辨率(1m),
2nm 高光谱、600波段

这个办法, 我们
暂时没有优势:
牵涉到大量的经
费和相当的工作
积累

供需矛盾

新应用需要的有效信息
匮乏

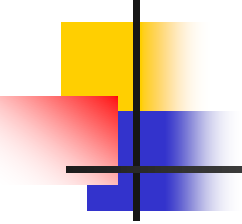
办法

遥感数据的
地学理解、
定性到定量

多学科交
叉

目前遥感的基础理论
很不成熟, 缺乏对遥
感数据的地学理解

从这里突破
我们有优势

- 
- 面对先进的对地观测技术为我们提供的各种各样的丰富数据资料，如何才能对其充分应用，使其社会造福，满足国家需求？
 - 怎样才能将这些海量数据转变成理解环境变化、提高环境变化预测精度的信息呢？



高新技术驱动科学发展

- 望远镜的发明，推动了一系列重大的天文和物理发现，从而推动了工业革命。
- 但望远镜在明末传到中国以后，应用则仅限于**军事**（徐光启集）甚至**玩物**（李渔《夏宜楼》）。除了徐光启，没有一个人中国人去试图了解望远镜的机理，更没有一个人想到用望远镜去观察天体。因而，望远镜的使用没有象在西方那样引起天文学、物理学的革命，和随之而来的工业革命，使明代中国错失良机、一失四百年。以至今天很多人不相信明代我们已经有了这门信息获取的高新技术。



高新技术驱动科学发展

- 二十年前，美国地学界爆发了一场“路线斗争”。当时的美国地理学会会长著文批评一批较年青的地理学家以计算机和遥感为技术手段，打着科学的旗号，篡改地理学作为一种描述性艺术的实质。以加州大学圣巴巴拉分校（**UCSB**）为首的一批地理学家，如 **Simonett, Estes, Strahler, Dozier** 等数十人联名著文反驳，一时非常热闹。
- 二十年来的事实证明，凡是没有抓住遥感这一机遇的地理系，纷纷走向衰亡。



遥感科学发展趋势


遥感科学的发展由**技术驱动**、**需求牵引**，提出定量遥感**基础研究**的科学问题。

■ 技术驱动

随着人类对遥感技术的逐渐认识，观测技术的进步和社会需求的增加，遥感正经历着技术不断完善、能力不断增强、应用领域不断扩大的发展过程。

■ 需求牵引

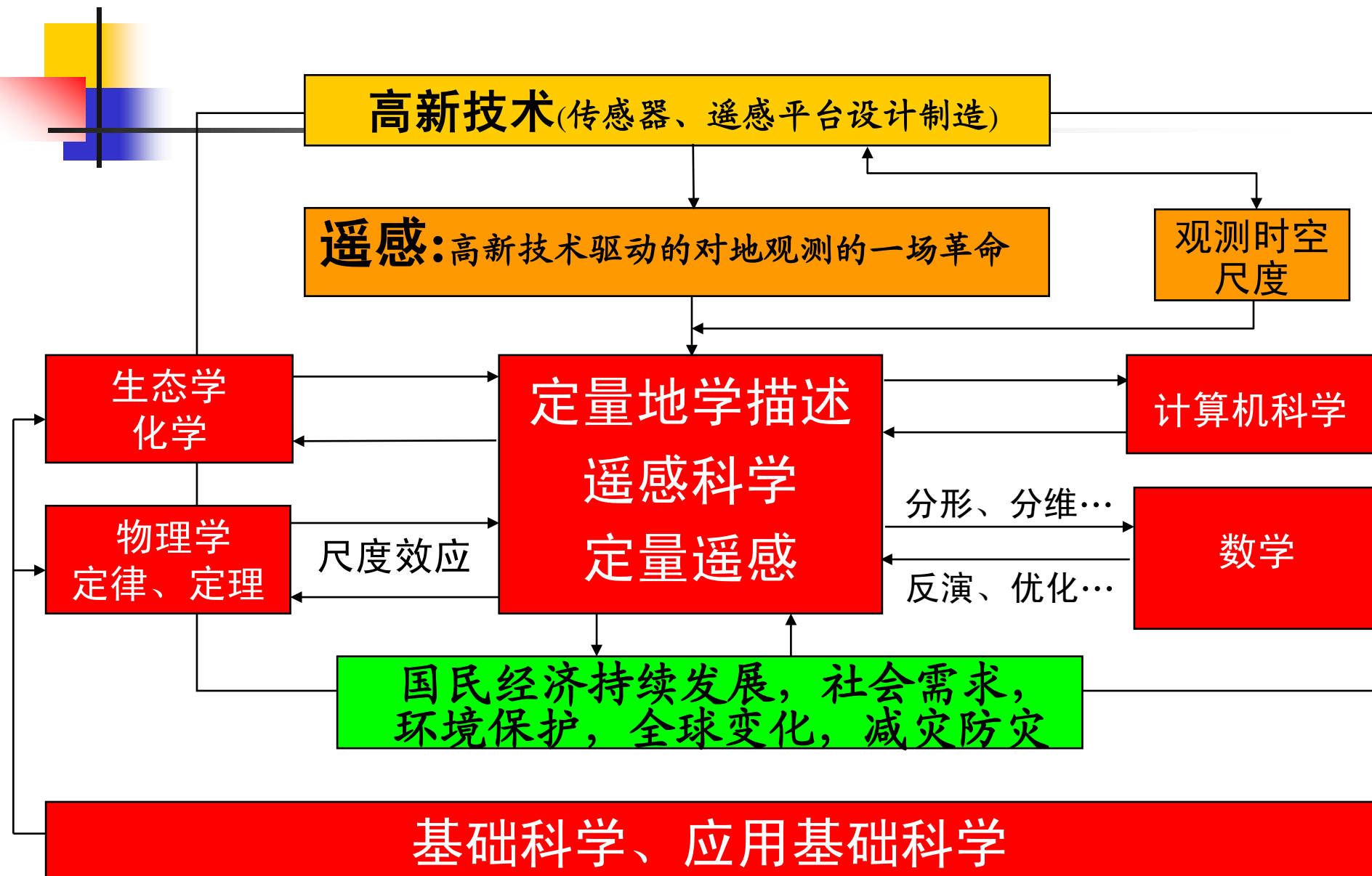
全球变化需要一个全球的视野。地球科学研究目的是获得更深入的对地球系统的组分、它们的相互作用以及对生命的影响变化的科学理解。



目前在国际上，越来越多的学者们认识到遥感科学在地学从传统**定点观测**数据到不同**空间范围**多尺度空间转换和地球系统科学研究中的不可替代作用。而遥感科学能够在**多源数据综合集成**及**地学应用**方面对地球系统科学研究发挥决定性作用。

然而，相对快速发展的遥感技术而言，定量遥感的基础研究仍严重不足。这对全世界遥感科学界都是一个挑战，对我们来说则更多的是一种跨越发展的机遇。

遥感在多学科交叉中的定位





遥感的发展已从定性到定量，从技术到科学

美国**1980**年代就设立了遥感科学计划

我们也在**2004**年建立了遥感科学国家重点实验室

- 遥感建模的尺度问题
- 遥感的病态反演问题
- 海量遥感数据自动转化为有用信息 一协同反演


遥感建模的尺度问题

“尺度效应”问题的提出

为什么我们跑那么大老远到卫星上观察地球表面，反而比我们在地上“眼见为实”竟然还有优势呢？这里牵涉到一个尺度问题。

不同的自然现象有不同的最佳观测距离和尺度，并不一定是距离越近越好，观测越细微越好，而是需要适当的距离和比例尺，才能有效、完整地观察。

遥感具有多种不同的分辨率，遥感与应用学科（如农业、大气、水文等）的尺度往往是有差异的，这已成为制约定量遥感发展的重要因素之一。



古人早就意识到登高望远的重要性，所以孔子说
“登东山而小鲁，登泰山而小天下”

这还只是空间尺度上的，发展到

“不识庐山真面目，只缘身在此山中”

这方面的认识，算到了顶。

陈子昂则从另一方面更进一步，还想从高处观察大地和人间的时空过程。可惜幽州台不够高、上面又没有农家乐，前不见古人，后不见来者，坚持不下去，只好

“念天地之悠悠，独沧然而涕下”



“尺度效应”研究示例

- 物理定律、原理用在遥感像元尺度时是否需要修正、如何修正

例如：

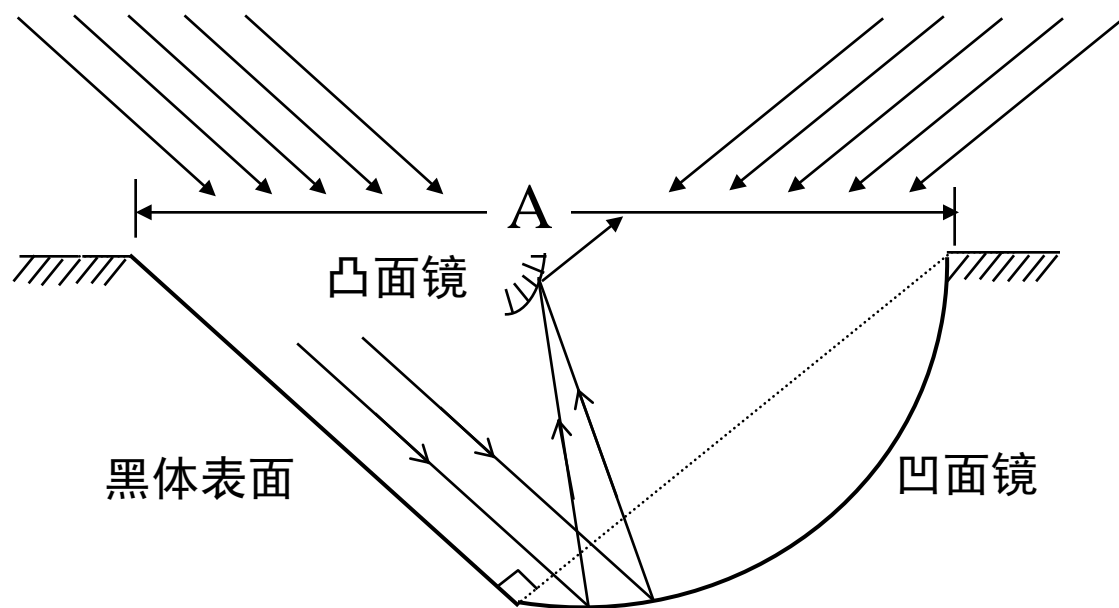
地表非朗伯特征 - 几何光学模型解释微观处处朗伯，而具有3维结构像元反射整体上可能非朗伯。（过去工作基础）

互易原理 - 当空间均匀的入照因像元内的多次散射造成空间不均一的反射时，互易原理在像元尺度上可能失效。（延续到2000年后）

普朗克定律 - 适用于同温黑体表面的公式用在具有3维结构的非同温像元表面时需要尺度纠正。（延续到2000年后）

“尺度效应”研究示例

- **互易原理**是电磁学、光学的基本假设之一，曾被物理学家当作检验遥感数据质量的标准，受到地学测量界的强烈反对。我们给出了象元尺度上互易原理失效的条件：**在象元尺度上，空间均匀的入照产生空间不均匀的反射，且明暗两区之间串线不对称，则互易原理在象元尺度上失效。**



我们用一个简单几何光学模型说明上述条件，基本上解决了地理学家和物理学家长达20年的争论，说明了学科交叉的必要性。



学术意义和影响

尺度效应不是一个新的概念，但**定量地学描述**是地学与其它学科交叉的基础，是遥感科学的关键。我们用**几何光学模型**来解释不同尺度上量的内涵的变化、量的性质的改变、以及物理定律的适用性，这些都是**原创性**的。

从“973”项目尺度效应、尺度转换及建模验证的角度，我们发现：波谱测量的同时必须测量地物的结构、环境等配套参数，波谱数据才能更好地用于不同观测尺度的地面目标。**从模型反演地表参数，需要积累大量的背景测量数据的支持。**这是后来在国家863计划中立项建立的“我国典型地物标准波谱数据库”。



定量遥感的病态反演问题

定量遥感的反演问题，就是根据观测信息和前向物理模型，求解或推算描述地面实况的应用参数(或目标参数)。

困难在于应用参数往往**不是**控制遥感信息的**主导因子**，或者说**是非敏感参数**，只能为遥感信息提供**弱信号**。

国际上坚持“定量遥感反演的必要条件是独立观测的个数大于未知数的个数”(简称“**第三公设**”)。

地表是一个复杂的开放的巨系统，未知的参数几乎是无穷的，而遥感数据总是有限的，并且这几个参数往往**不包括**应用所需的**时空多变要素**，导致了定量遥感与应用需求之间**巨大的缺口**。



病态反演需要知识

夕阳正照桃花坞，

-- 入照光谱

柳絮飞来片片红。

-- 下垫面反射光谱、
气溶胶散射光谱。



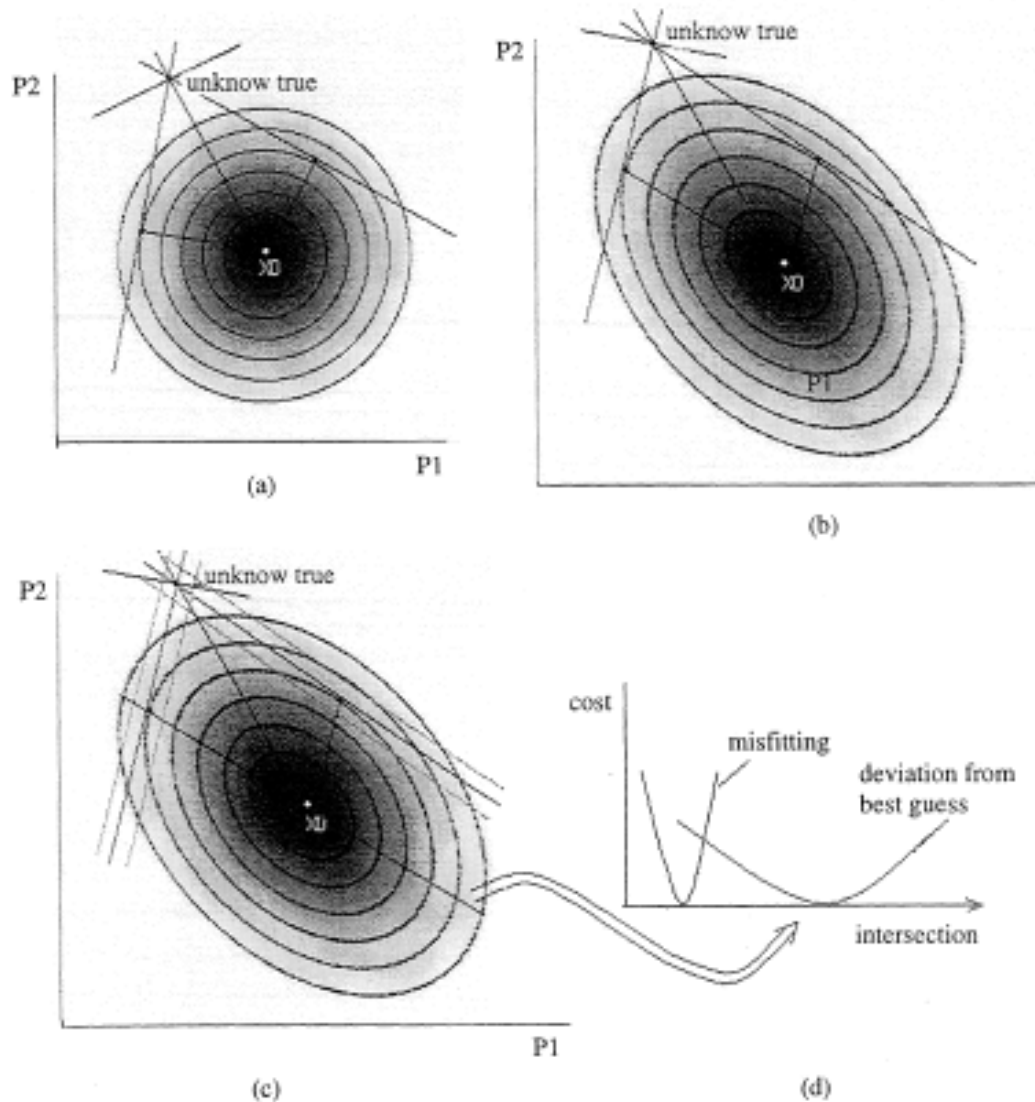
提出基于先验知识的遥感定量反演理论

哲学：“知之为知之，不知为不知，是知也。”

-- Our knowledge consists of two parts: what we know, and what we know we do not know. (Li, et al. JGR, 2001.)

针对遥感信息量的有限性，我们明确提出了对地遥感反演必须基于先验知识的积累这一思想，发展了并验证了解决病态反演问题的方法。将**Bayes**定理用于反演：

$$P(S | d_{obs}) = \frac{P_D(d_{obs} | S)P_s(S)}{P_D(d_{obs})}$$



单一方向观测条件下，先验知识支持提高参数反演信息量。



病态反演需要知识

定量遥感反演必须基于先验知识，很自然就会开始知识库的建设。

我们在863支持下开始建设“地物波谱知识库”。但新东西要在夹缝中发芽，也不容易。评审专家们强烈要求用“数据库”；我们也让步了。但还是加进了测量条件、一点尺度的知识，一点地表过程的知识。

国外几乎同步也在开始建设知识库。



遥感反演知识库

遥感反演知识库中必须包含至少下列子库：

波谱知识库；

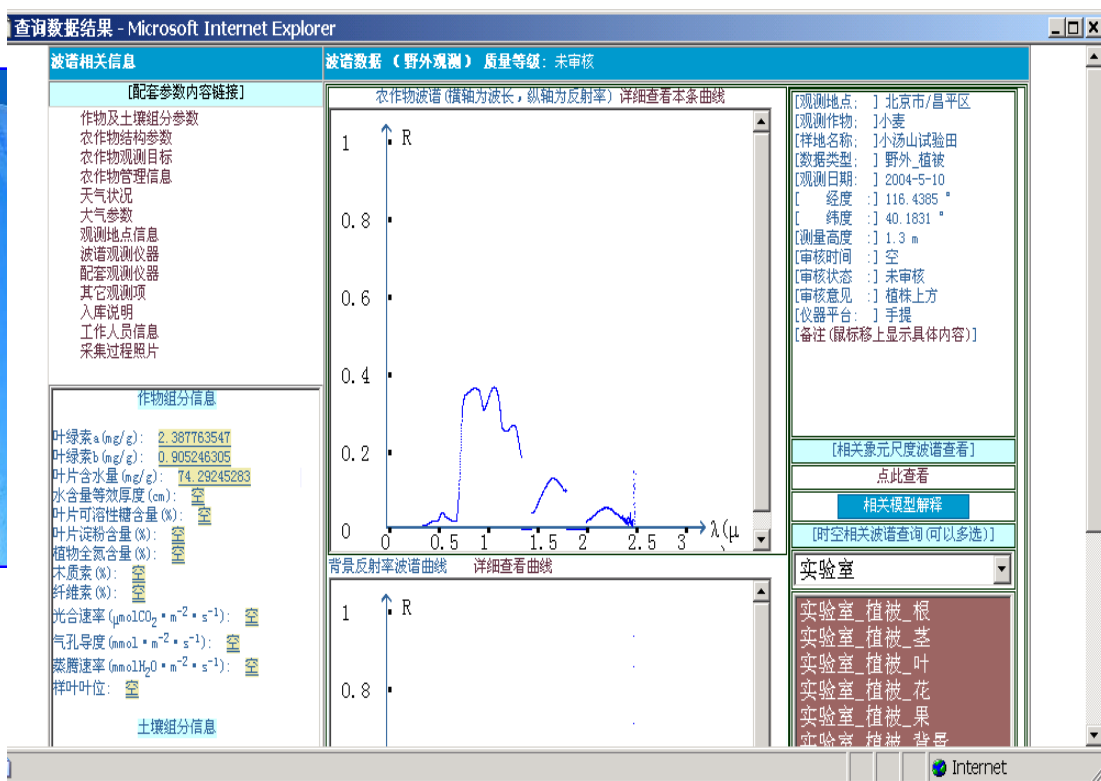
遥感机理模型库；

尺度效应知识库；

.....

才能支持定量遥感的病态反演。

首次系统地建立了我国典型地物波谱知识库
集波谱数据库、模型库、图像库和先验知识库于一体；
收集典型地物波谱30000余条及配套参数；
在新疆棉花监测、岩矿识别中得到成功应用。





多源数据的同化

前述先验知识库可以用于某次遥感图像的反演。

为了充分利用时间序列遥感数据，我们可以一次一次地反演，早些数据反演的结果作为先验知识用于晚些数据的反演。但这样误差会积累。

解决的办法是同化。就是把所有的，不同时空尺度，不同来源的数据都利用起来，估计待求参数的最合理的值（序列值）



多源数据的协同反演

十多年来，国际遥感界经常出现synergy这个词。可惜这个词没有较好的中译，常译作“协同”，不能很好反映其“分别用两种药都不行；得同时用”。即1加1大于2”的本意。

协同遥感反演研究进展主要体现在建立各类遥感机理模型及其地学描述中的尺度问题、参数反演理论与方法、反演结果的真实性检验等方面。

太阳

被动遥感

主动遥感

可见光反射
近红外反射

热红外辐射
被动微波辐射

合成孔径雷达(SAR)
干涉SAR (InSAR)
极化SAR (POL-SAR)
极化干涉SAR (POL-InSAR)

激光雷达 (LIDAR)

.....

主被动遥感协同反演

多源数据的协同反演（例）

若干年前，辽河大水，遥感估算的受灾面积只有民政部门上报数的十分之一，中央采信了遥感估算面积。去年参加了环境减灾卫星（HJ）减灾地面系统的初步设计，才知道减灾委的同志迄今不服：

（1）按受灾面积发放的救灾款还是老标准，老百姓苦，都骂遥感“乱摇笔杆”（这不能怪遥感）。

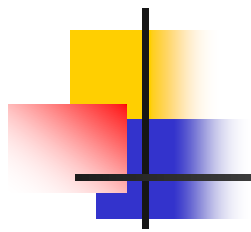
（2）遥感图像是洪峰以后获取的，洪峰时过水面积更大，图像上反映不出来。

如果有洪峰前后的多时相主被动遥感数据结合，加上数字高程模型、洪水淹没过程模型、地面水文数据，估算最大过水面积，淹没深度和淹没时间，就可以得到更准确的灾情评估信息，这就是要从瞬间到过程，从二维到四维。



多源数据的协同反演（续）

但是我们搞遥感科学的，不大可能又去搞水文模型、物理气候模型，只能在同化系统中调用成熟的过程模型。这就需要学科交叉，大家一道搞。成果共享，互利共赢。希望今后得到水科院各位专家领导的大力支持。



谢谢!