

生态学的时空尺度 及其应用

张新时
中国科学院植物研究所

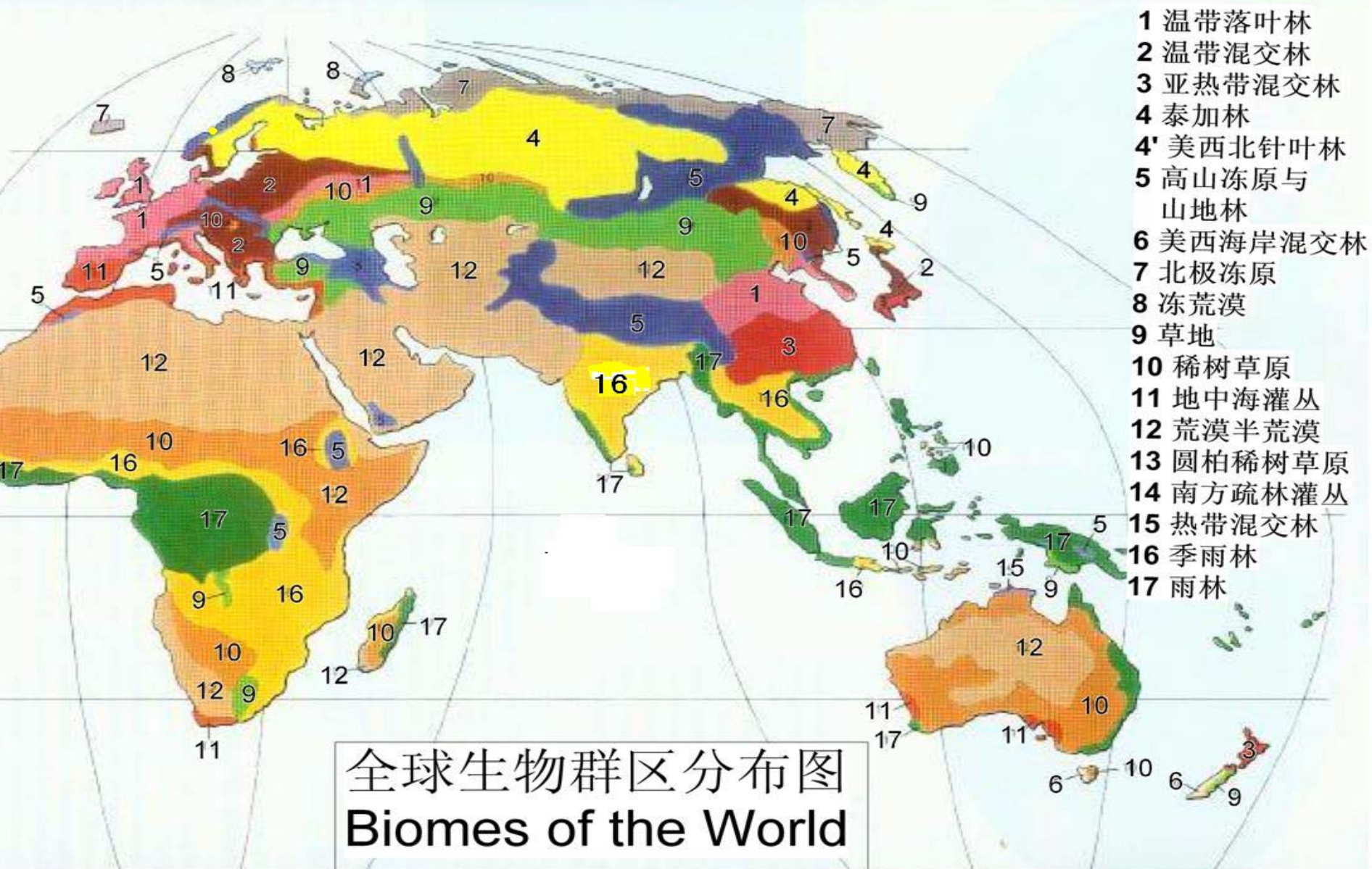
2009.12.21 北京

生态学的四维空间

- 生态学的**空间属性**是指生态系统据有一定的地理空间分布范畴，包括其经纬度和高程范围的气候带和自然地理地带属性及其与相邻生态系统的关系和位置；
- 生态学又同时具有时间属性，指生态系统在其动态（进化、演替、生长发育等）过程中的时间尺度。
- 上述即生态学的四维空间。二者决定了生态系统在地球上的空间定位及其过程的时间范畴。因此生态学中的**时间和空间尺度**至关重要。

生物群区 (BIOME)

- 与地球气候带相对应的生态系统通常占有较广阔的地理地带位置，被称为“生物群区”(biome)，即生物气候带 (Bio-climatic zone)
- 地球陆地主要的生物群区如下图所示：





地球的生命系统如下：

地球系统

— 生物圈（岩石圈、水圈、大气圈和人文圈）

- 生物群区

- 景观

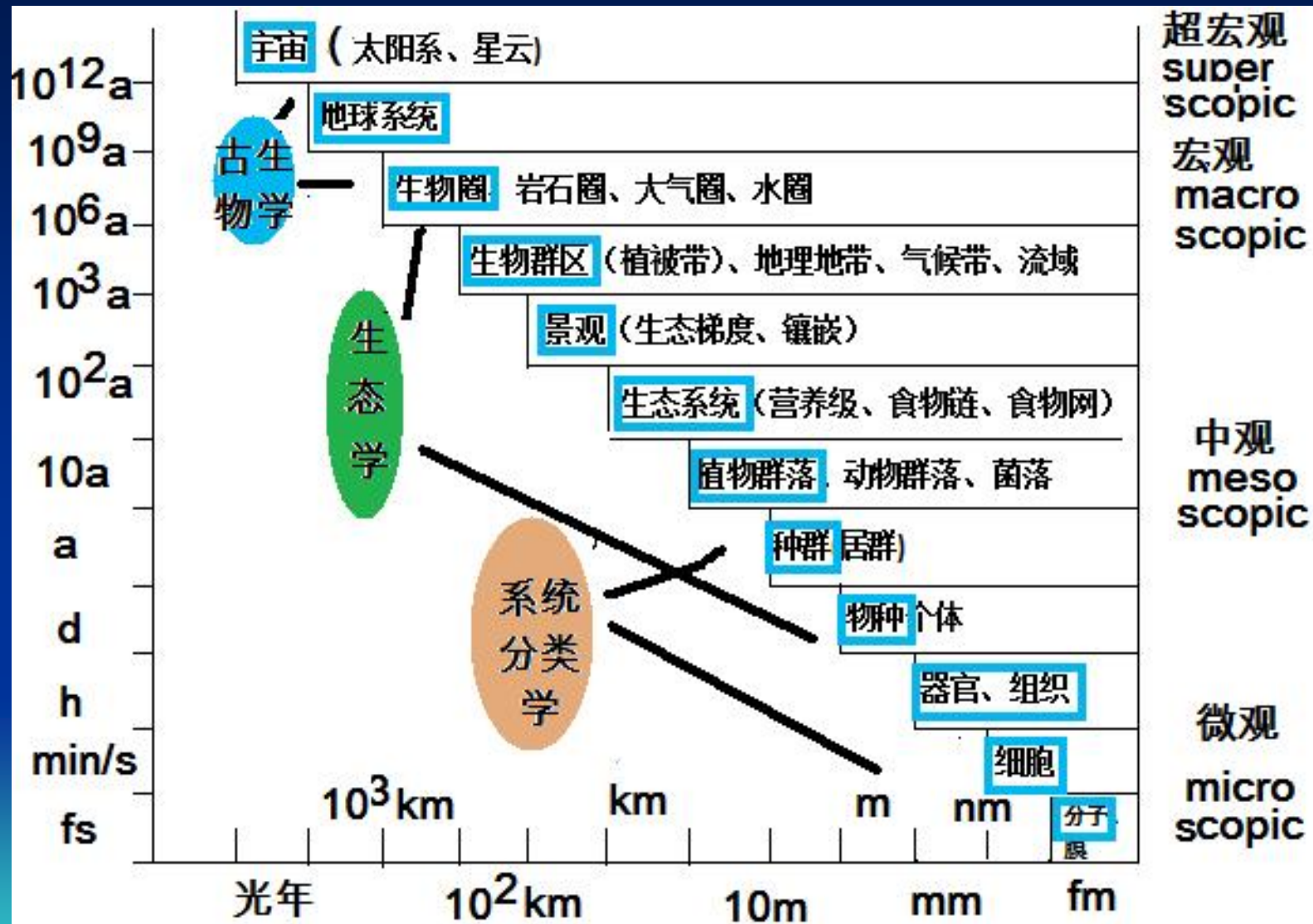
- 生态系统

- 群落（植物群落、动物群落、微生物群落）

- 种群

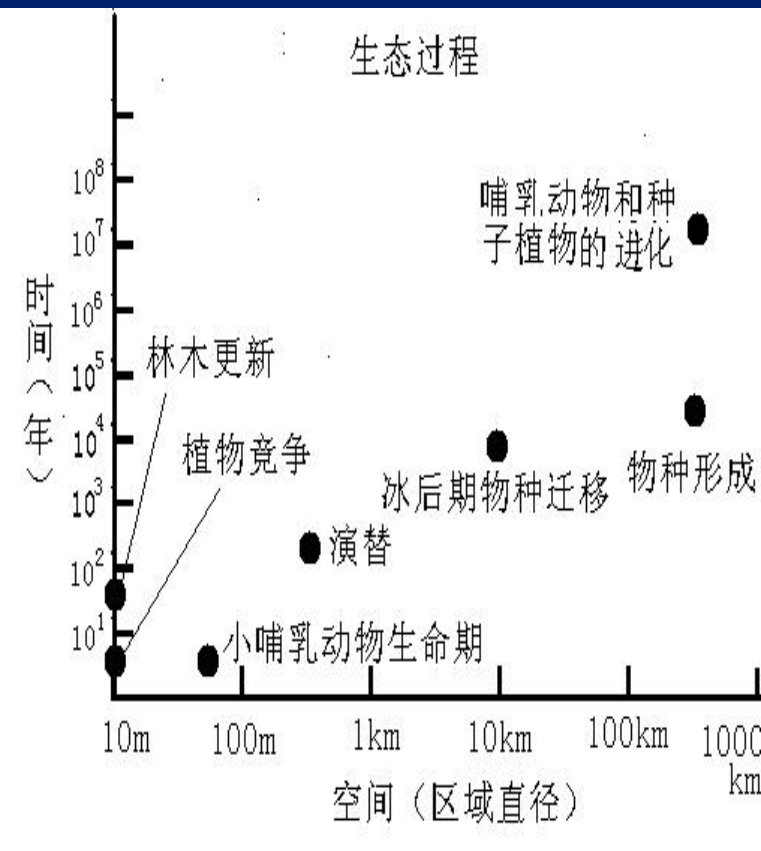
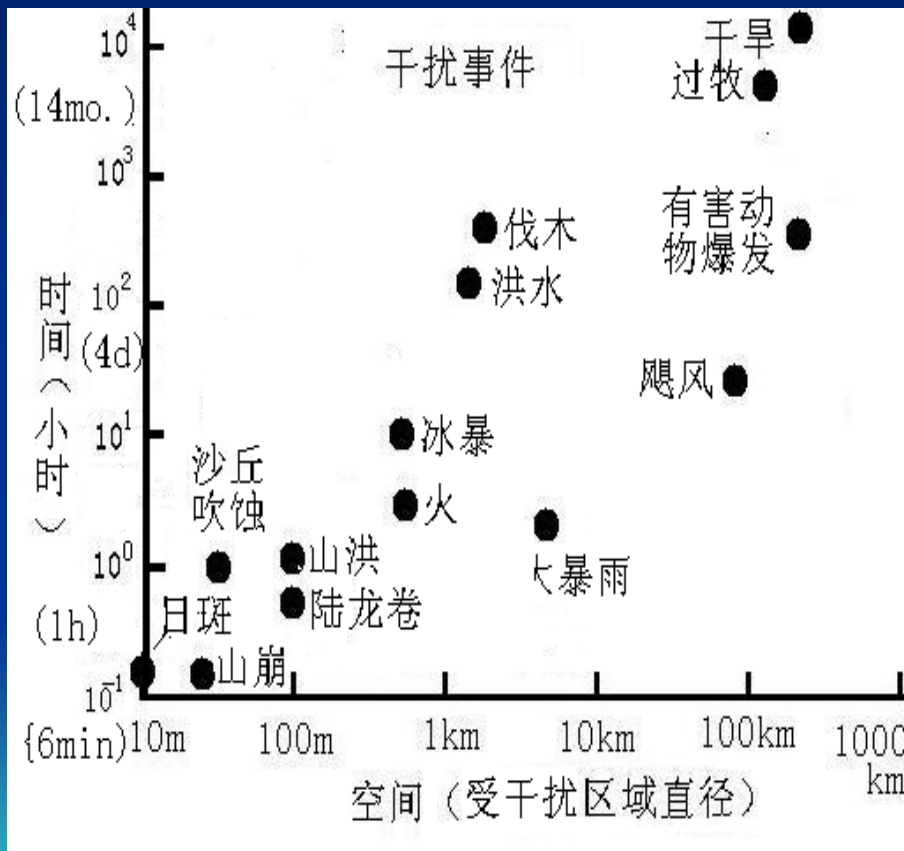
- 个体（种）

- 器官—组织—细胞—膜—分子



环境与生物变化的时空尺度图解

修改自 Forman, R.t.t. 1995



生态学的时间尺度

生态系统的时间尺度大致可分为四类：

- ①地质过程（岩石圈和生物圈，土壤形成和恢复、生物进化）的时间尺度为：
 10^3 、 10^4 、 10^6 、 10^7 年
- ②生态系统世代交替和演替的时间尺度为：
 10^1 、 10^2 、 10^3 、 10^4 年
- ③生态建设和人类活动的时间尺度为：
5、10、50、100年
- ④自然和人类干扰的时间尺度为：
 10^0 、 10^1 、 10^2 （4d）、 10^3 （1mo）、 10^4 （1a）小时

国民经济和社会发展第十一个 五年规划纲要

- 第二十三章 保护修复自然生态

生态保护和建设的重点要从事后治理向事前保护转变，从人工建设为主向自然恢复为主转变，从源头上扭转生态恶化趋势。

自然恢复 V s 生态建设

- 在经济落后、民不聊生的年代，生态退化、环境破坏，国家无力大量投入生态建设和环境治理，能够“封山育林”已属不易，依赖自然恢复实属无奈之举。
- 改革开放、经济腾飞、国力大增、国家领导空前重视环保和生态文明之际，却提出“**从生态建设转向主要依靠自然恢复**”的消极生态方针，这种懒汉逻辑势必使我国的生态形势陷入“**拖、慢、等**”的困境！

PPP环保公理

- “谁污染、谁治理，
- 谁破坏、谁赔偿，
- 谁享用、谁埋单。”
- 或“Polluter Pays Principle:PPP”是全球环保和生态重建的法则。人类造成了生态环境的退化和破坏，理当投入能量、物质、财力、技术和智慧进行生态重建，辅助自然加速恢复，或建立符合社会需求、与自然和谐的新的生态系统。

不能超尺度地依赖自然恢复能力

- 人类不能超尺度地依赖自然恢复能力，自然与人为时间尺度的不匹配是自然恢复难以满足人类社会生态需求的根本原因。
- 作者质疑“以自然恢复为主”和“从人工建设转向自然恢复为主的转变”提法。认为把生态重建的责任推诿给自然去旷日持久地恢复，是不负责任和不作为的逻辑，有悖“PPP”的全球环保公理和生态伦理观念。

恢复生态系统整体性的时间尺度

- 自然恢复的时间尺度是在百年--千年--万年以上，甚至是数十--百万年的数量级。尤其是要恢复生态系统的整体性：即包括其结构与功能的完全恢复所需时间比仅仅出现一些先锋性的植物要长得多，一旦生态系统的整个结构（包括土壤）遭到破坏，则其自然恢复通常在 10^4 年— 10^6 年以上。

自然恢复时间尺度实例

- 东北红松林的自然更新至少需要300-400年。
- 北京西山的次生灌丛大致已有2000年以上的历史，在土壤完全被冲刷流失殆尽，露出基岩的情况下，则永远不能恢复。
- 山东沂蒙山区的花岗岩与石灰岩山地，从春秋战国至今已有2000余年的破坏史，童山濯濯、裸岩纍纍，其自然恢复遥遥无期。
- 内蒙古草原的恢复：四大沙地在台地上需要>50—100年，在流动沙丘情况下,可能要500—1000年以上，黑钙土草甸草原地带1m厚黑土层的形成需10000年。
- 极端的情况是岩溶（喀斯特）石灰岩上形成1cm的残积土层要 10^6 年,20-30cm要 $2-3 \times 10^7$ 年。

对生态重建理念的严重缺失！

- 美国西北的天然红杉林和花旗松林采伐后，法律规定必须在两年内人工植苗更新，45年后即可成林再伐；如靠天然下种更新，至少需要200—300年以上。
- 我国大部天然森林的自然更新条件远不及北美，却在发展纲要中明令以“自然恢复”取代人工建设！？如果我国仍处于经济十分贫困落后、民不聊生的状况下，就只能实行“封山育林”，旷日持久地消极等待自然恢复，是可以理解的无奈之举；
- 但我国目前经济发展已具有一定实力；在中央领导决心改变我国自然环境和生态系统严重退化的状态，大力发展生态建设之际 却提出如此消极的生态战略，可谓是对生态重建理念的严重缺失。

中央强调生态建设

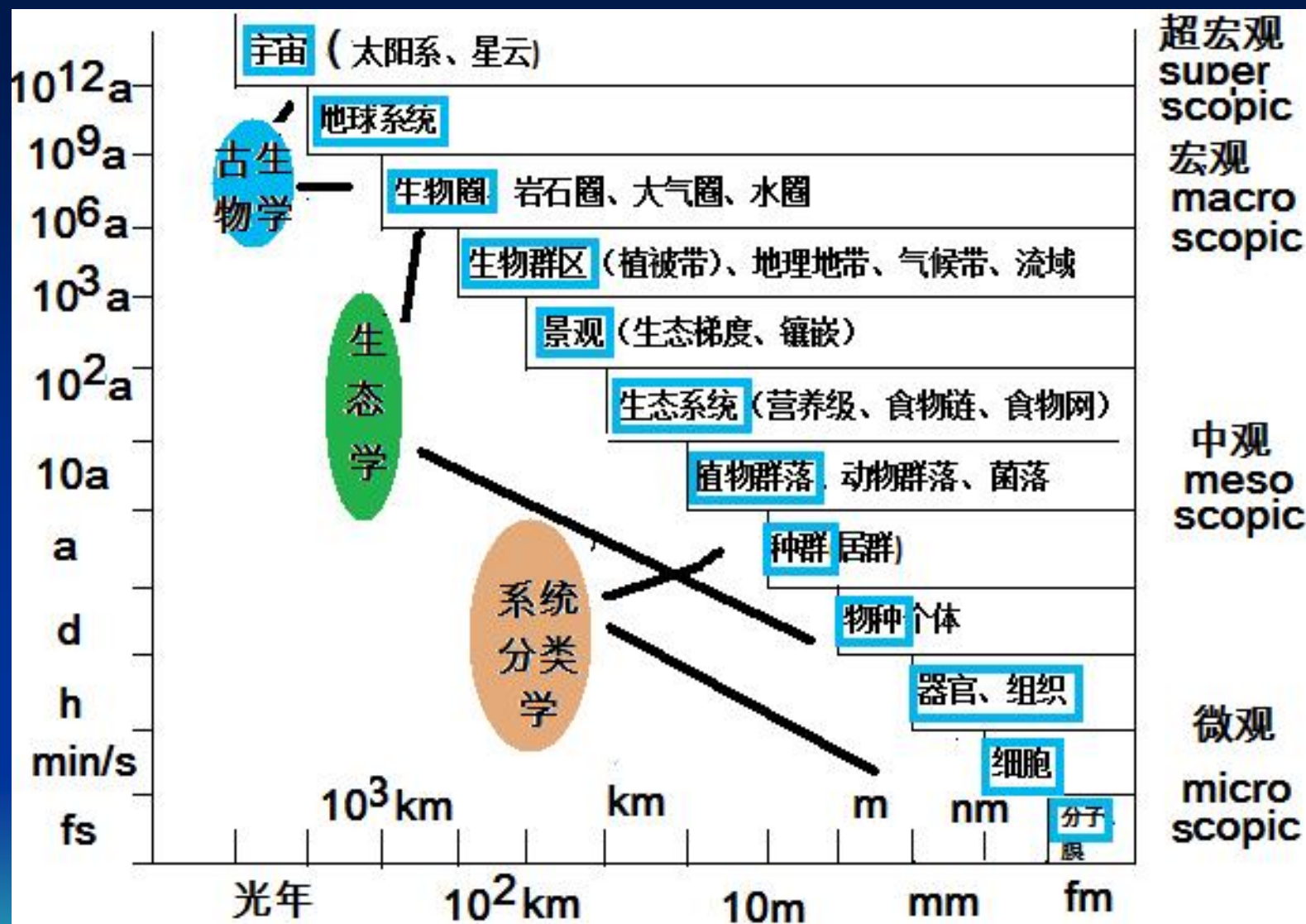
- 胡锦涛主席在党的十七大报告（2007）中，多次强调生态文明和加强生态建设：“加强水利、林业、草原建设，加强荒漠化石漠化治理，促进生态修复。加强应对气候变化能力建设，为保护全球气候做出新贡献。”
- “温家宝总理在2009年的政府工作报告中，充分地落实了国家今后的生态建设任务。这是中央领导从科学发展观出发，把生态建设作为建设和谐社会的重要组成部分和核心内容，是对生态重建的肯定和极大重视。也是对“从人工建设为主向自然恢复为主转变”的消极生态战略方针的否定。

生态学空间尺度的研究系统

生态学空间尺度的研究系统包括：

区域—样带—样方—植株—细胞—分子

区域：在GCM(全球大气环流模型) 尺度上研究全球或大洲、大洋的土地类型或生物群区与大气、洋流相互作用对气候因子（温度T、降水P）或生物特征(植被类型分布、NPP、碳收支等) 的影响。其基本空间尺度单位是5-10个经度X5-10个纬度。

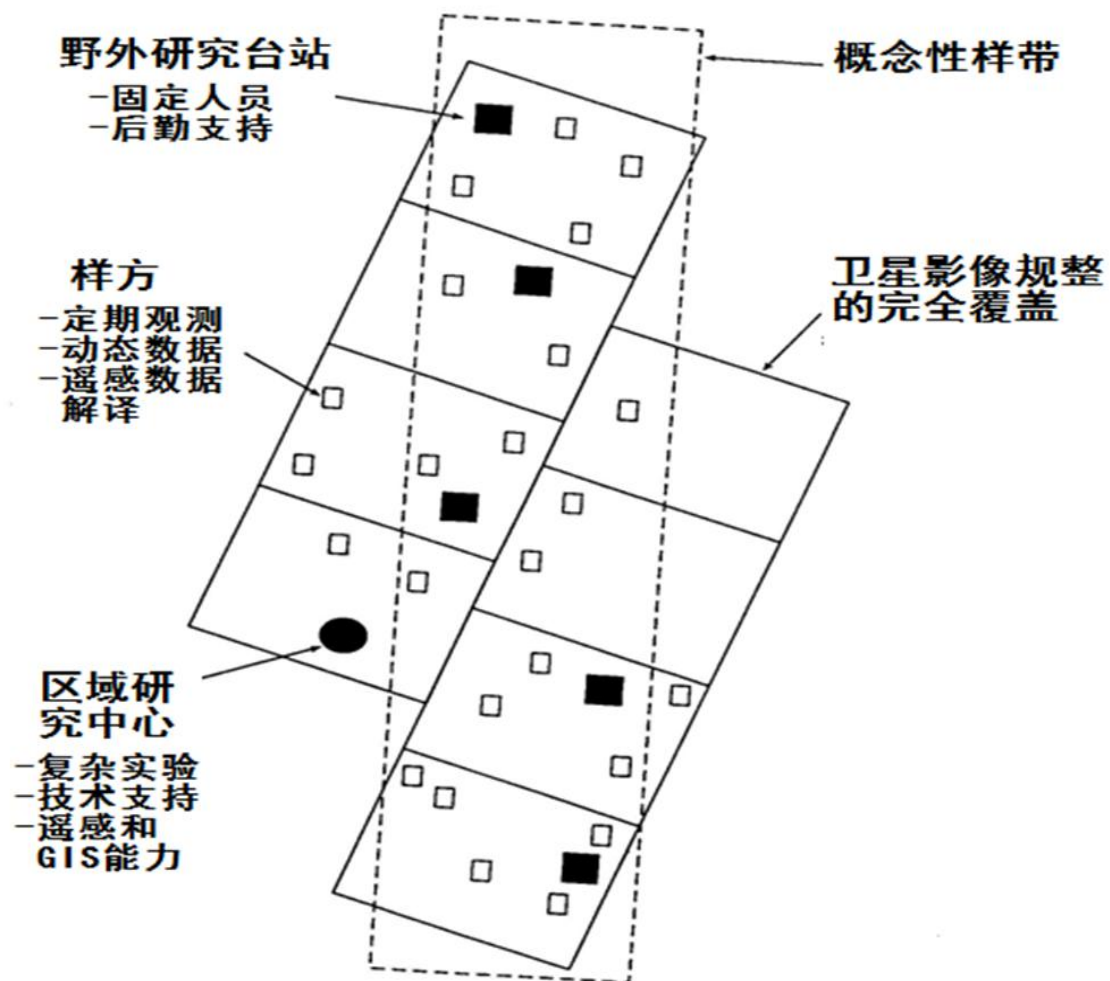


生态学空间尺度的研究系统

- 由于样带研究的优点，IGBP在全球不同代表性地区选择设置了十余个国际陆地生态样带，其中我国有两条样带：
- 中国东北森林-草原样带（NECT）
- 中国东部南北森林样带（）
- 此外还有古全球变化（PAGES）的PEP样带

样带的功能

- 建设一个良好协调的高分陆地生态样带网的研究数据和信息框架系统，具有不可估量的重要科学意义与实践作用。
- 样带网的研究和业务化系统包括：样带资料汇编工作，包括现有生态、环境和社会经济数据资料整理，来自空间卫星和航空观测数据，以及地面测定的新数据的收集；



陆地样带研究设计图

(概念性样带约长1000km, 宽数百km)

样带的选择标准

- ①代表着一个主要（影响生态的）环境因子的一系列有明确递变的样点；
- ②跨越一个足够宽阔的梯度，穿过一系列有代表性的优势生活型和植被类型，或过渡带（ecotone），如森林/草原，或草原/荒漠过渡带；
- ③可为不同学科、不同项目（全球变化、生物多样性、生态评价、遥感地面校验等）提供有用的资源；
- ④具有已形成或按计划发展的研究队伍，要有明确的样带联络点或研究中心和样带的首席科学家（PI）。

生态学空间尺度的研究系统

- 样带:在一个大区域内沿着主要控制因子的梯度设置几条样带间隔地对一系列生态和环境因子观测取样,以代替在整个区域观测取样。大尺度陆地样带的合理性:
 - ① 基于对一个环境因子的明确界定和连续递变的比较可更能获得对该因素控制生态系统功能的洞察;
 - ② 沿着一个环境梯度重复研究可对其它环境变量与生态系统之间相互关系有更确切的了解;
 - ③ 沿梯度进行研究和建模可加强对全球变化和生态系统动态演替前景的了解;
 - ④ 样带可推动不同学科科学家在同一地点上的协作;
 - ⑤ 样带可促进从较小尺度过程的研究外延到区域性和全球研究范畴。

样带的空间外推和建模a

1. 在整个样带（500-1000km）范围内进行地面的长期的定位实验和观测是不可行的。
2. 沿样带所进行的许多测定和观测多是调查式的测定，如对植物群落类型、地上生物量、净第一性生产力(NPP)、气候、土壤类型、土壤有机质含量、pH值等的测定。
3. 更细致的过程研究将在沿样带的少数地点进行。

样带的空间外推和建模b

- 样带测定，尤其是细致过程研究需要外推到景观和区域尺度的研究，涉及到一个观测系统，如遥感数据、观测塔、航测和建模。
- 建模将为实验和观测研究及将来土地覆盖变化结果提供一个综合框架，为每个过程建立从斑块到区域尺度的模型，及其尺度间转换的方法。

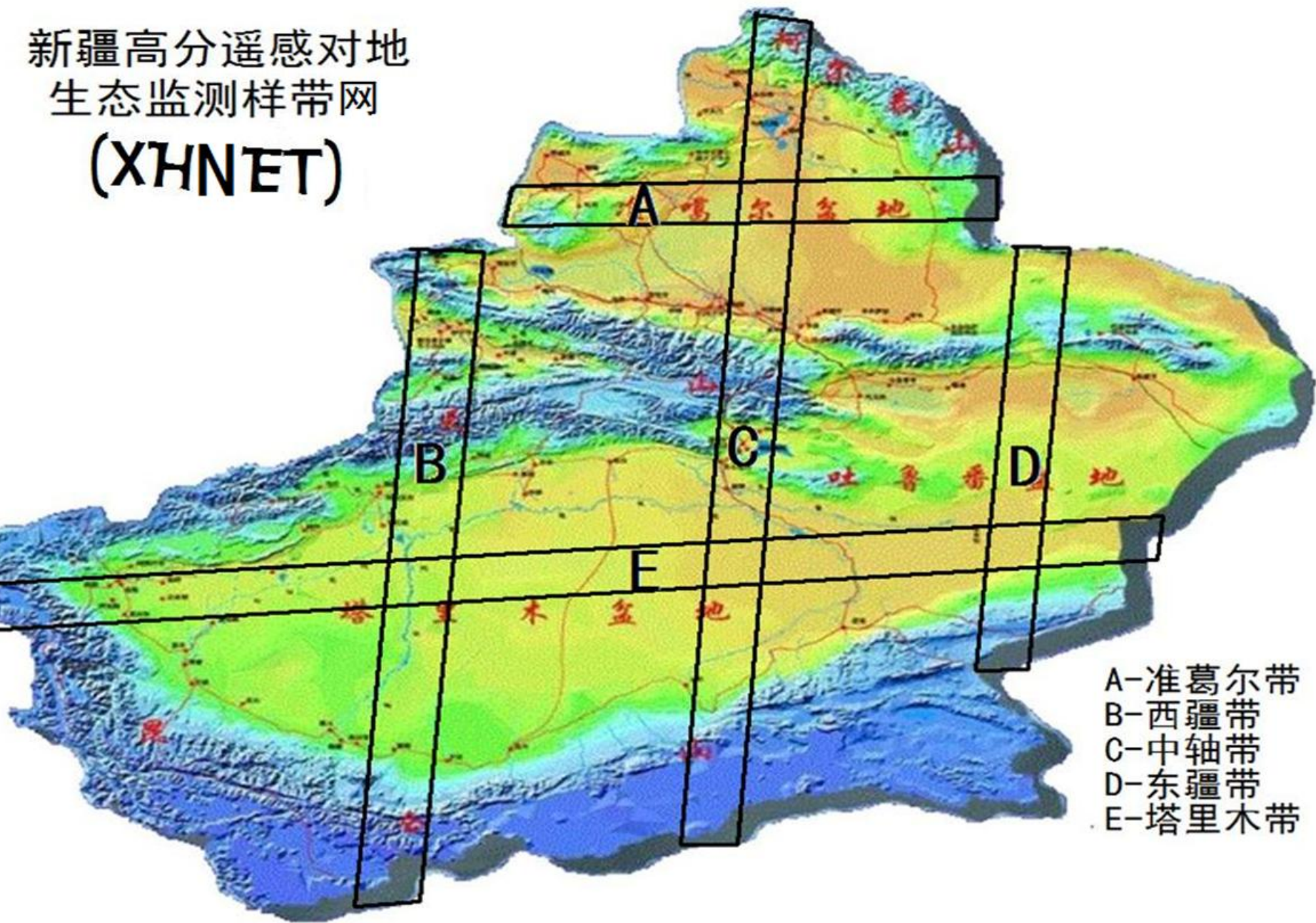
样带的空间外推和建模c

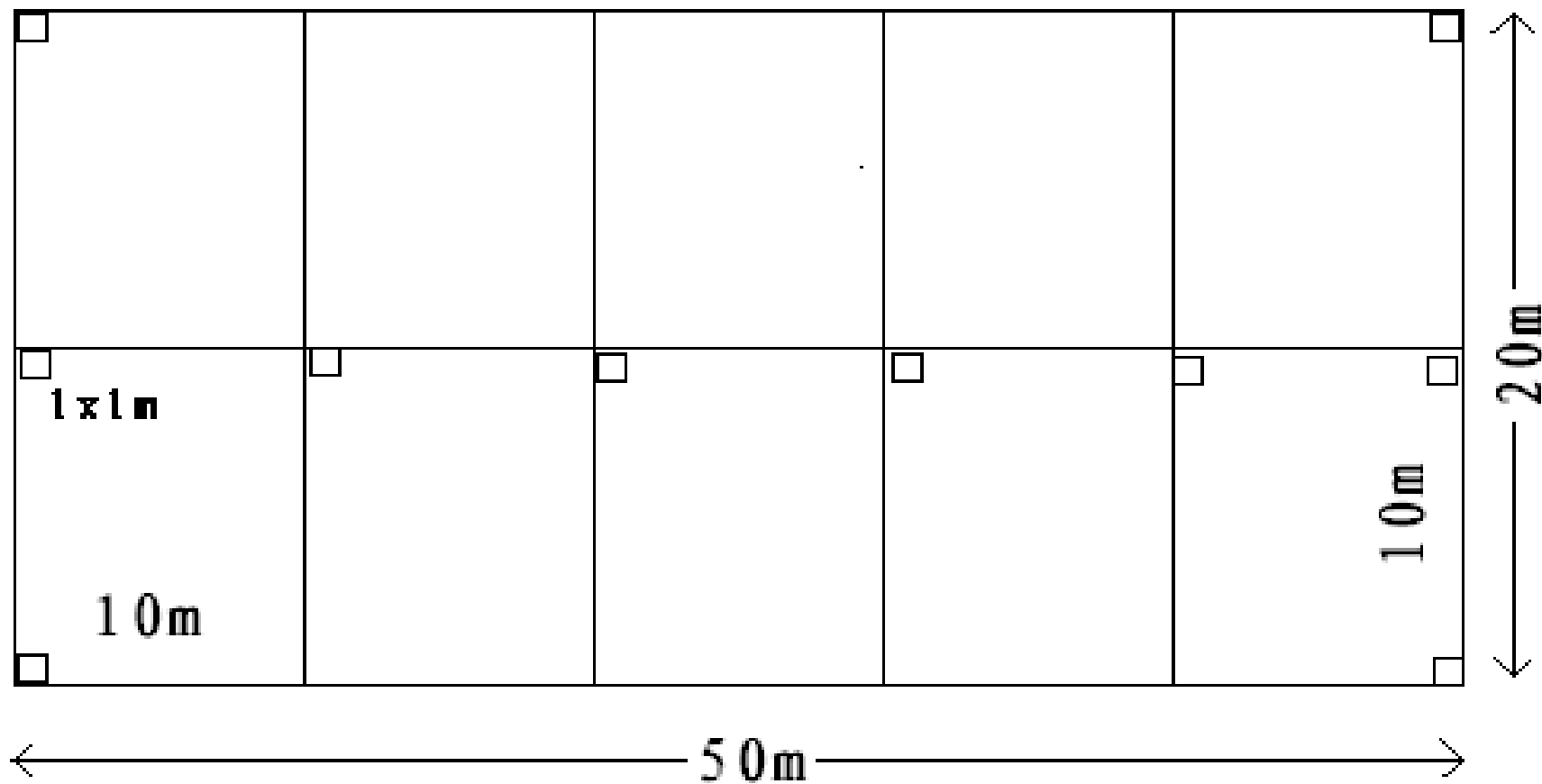
- 空间外推需通过连接主要驱动变量，如气候、土壤等地理数据库，将生态系统的生物地球化学循环和地表层流通量过程模型CENTURY,TEM,CASA,SVATs,BIOME,BGC扩展到景观和区域尺度。
- 其步骤如下：
 - 获得生态系统功能过程水平及其与某个环境变量相互关系的知识；
 - 发展解释过程水平知识的仿真模型；
 - 将模型应用于地理参数数据库，模拟区域性的生态系统结构和功能反应界面；
 - 从卫星和其他观测中得到的区域数据的验证和相互参照；预测未来植被分布和人类驱动变化及关联生物地球化学循环的土地覆盖变化模型；
 - 该模型体系尚可供大气传输和化学模型以检测全球变化对陆地生态系统影响对大气圈的反馈。
 - 样带应用的一个例子是确定NPP及其控制因子，作为比较模拟NPP的全球模型的试验台。

样带的结构

- 样带结构包括：
 - **观测样方**，定期观测、提供动态数据，解译遥感数据；
 - **野外台站**，由研究院所、大学和地方支持，有固定观测和管理人员，流动的研究人员和必要的后勤支持；
 - **区域研究中心**，具技术支持，遥感和GIS能力，综合集成样方和台站数据和信息，进行区域生态评价，通告或发布生态预警。

新疆高分遥感对地 生态监测样带网 (XHNET)





惠塔克十分之一公顷样方

Whittaker 0.1ha Plot

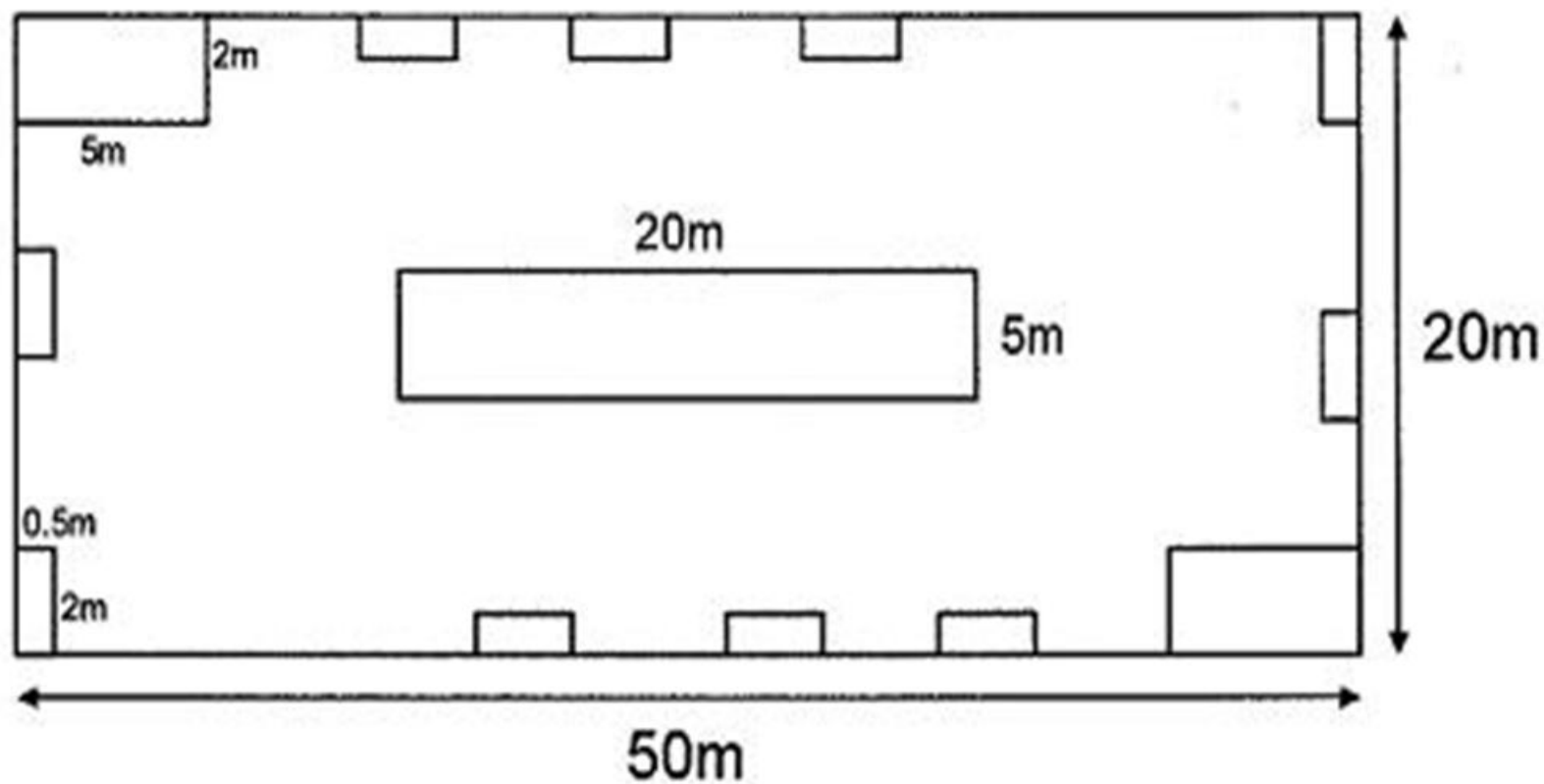


图1 嵌套式植物群落物种调查样方MWP 示意图

(引自 Stohlgren *et al.*, 1997)

MWP样方的的优点在于:

- 可适用于不同的植被类型:森林和荒漠可用20X50M (10个10X10m); 灌丛用5X20m; 草原可用2X5m或1x2m; 草甸用2X0.5m。
- 适用于不同载荷的卫星, 例如: 分辨率为10-20m的用20X50M; 分辨率5-10m的用5X20m; 分辨率为1-5m的用2X5m或1X2m; 分辨率高于1m的用1X1m或2X0.5m。

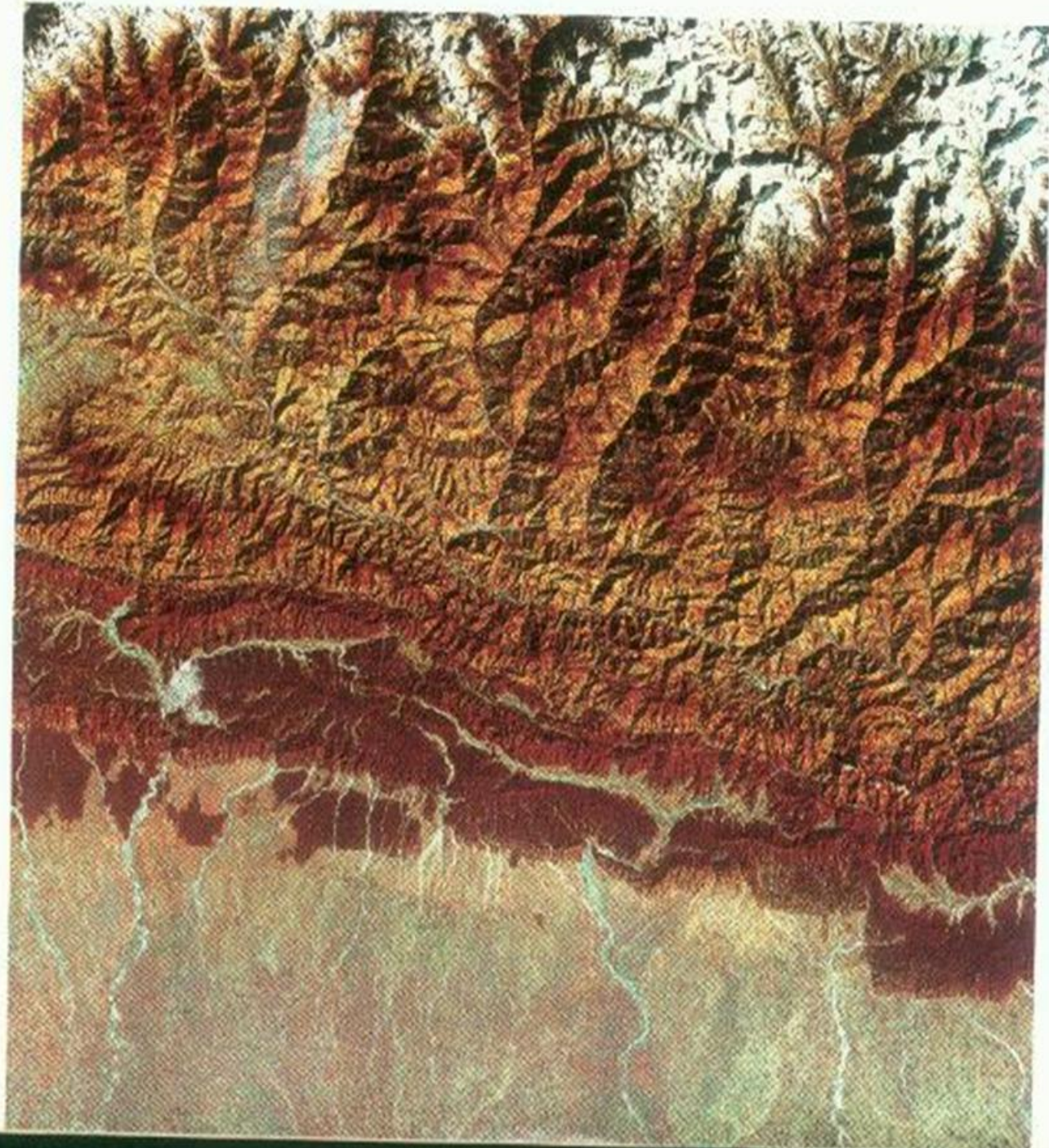


FIGURE 9-6 The topographic gradient from the low-lying Ganges Plain (bottom) to the main ranges of the Himalayas (top) is one of the earth's most dramatic. This gigantic mountain barrier blocks the onshore wind-flow of the summer monsoon, steering it westward onto the Gangetic lowland where its torrential rains nourish one of humankind's largest and most heavily populated agricultural regions.

山地垂直分带



== 分水岭
二级山脊

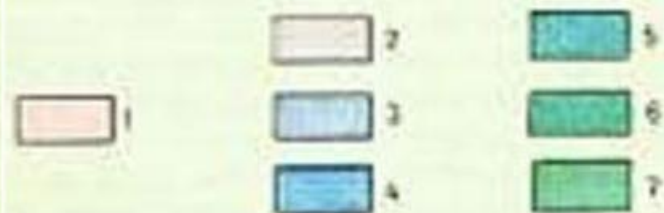
ГРАНИЦЫ

..... 垂直带

----- 亚带

A.B.B 垂直带号

П О Я С А



СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ



山地垂直带的尺度

- 配合以适当比例尺和等高距的地形图或GPS测定的海拔高度数据，可从卫片上确定植被垂直带和亚带的界限，雪线、冰川下线、山脊分水线和二级山脊，以及坡度、坡向等，十分有利于判断与确定山地植被的类型和界限，以及土壤的厚度和类型。

遥感和模型将是未来生态观测和研究
最主要的高新技术利器！！！！

适当的**时空尺度**及其转换
是其中的关键！！！！