

黄土高原流域生态系统恢复与重建 长期观测与试验

刘国彬 许明祥 王国梁 王继军 梁银丽

水土保持研究所





报告提纲

- 一、背景
- 二、监测研究内容
- 三、主要观测与试验成果
- 四、发展设想

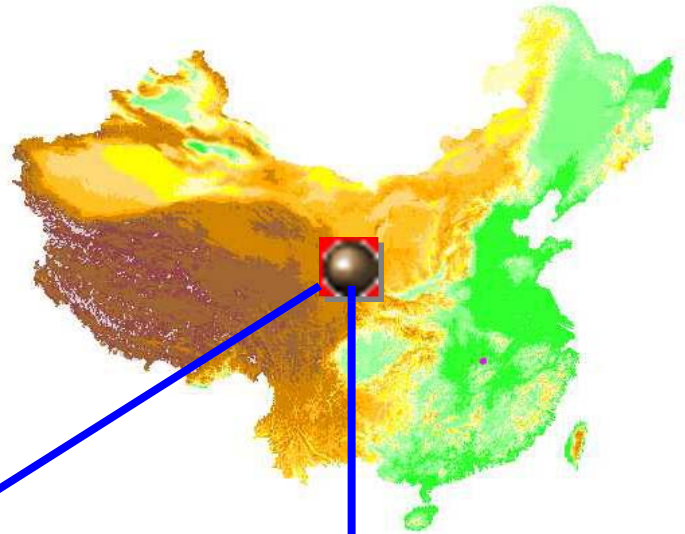
一 背景

区域

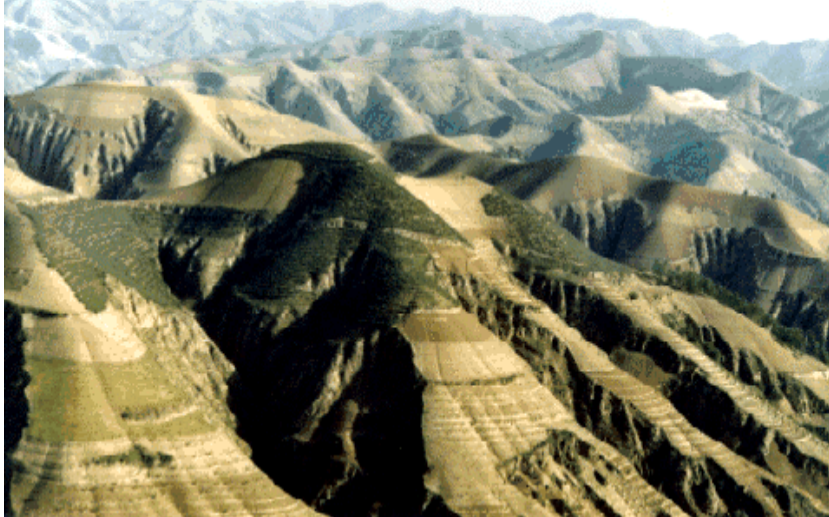
黄土高原腹地

典型黄土丘陵沟壑区

降雨 500mm, 森林草原区



Hilly and gully loess area



Tableland area

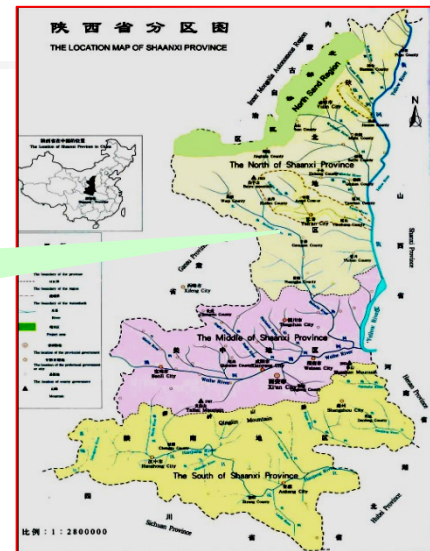


一 背景

主要生态与环境问题

- 土地利用不合理 (1: 0.1: 0.1)
- 植被破坏: (全部坡地被开垦)
- 水土流失严重 ($14000\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)
- 生态系统退化 (产量: $35\text{kg}/\text{亩}$)
- 经济落后 (220元/人)

安塞



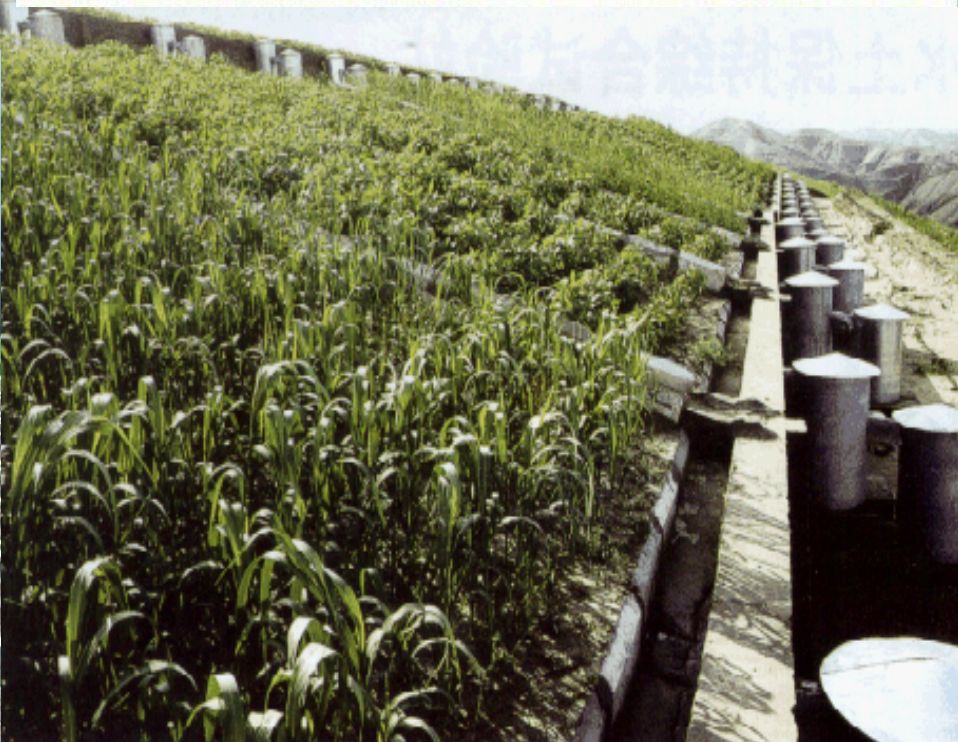


二、监测与研究内容

监测-坡面

- 气象要素
- 坡面水分养分循环与平衡
- 水土流失过程（坡度、坡长、坡型）
- 林草植被水土保持与水文响应







二、监测与研究内容

监测-流域 (纸坊沟, 8.27km²)

- 气象要素 (流域降雨过程)
- 土地利用 (每年一次)
- 水土流失过程 (径流、泥沙、养分, 每次降雨)
- 植被演替过程, 生物生产力 (20样方)
- 土壤水分、入渗; 养分 (M, N、P) 5年1次;
- 能量流动 (农、林、草、流域)
- 流域经济特征 (人口、收入构成, 10%农户)



安塞试验区三维透视图景图

中国科学院水利部水土保持研究所
『4D』课题研究组研制







二、监测与研究内容

研究内容

- 生态恢复策略—演变及驱动力
- 水土流失区流域生态系统结构功能过程
(结构: 土地利用、经济结构, 功能: 水分、养分、生产力)
- 植被恢复机理与过程 (森林草原区)
- 流域生态经济系统管理途径与技术
- 生态恢复评价



二、监测与研究内容

以小流域（4-50km²）为单元的生态经济系统恢复是中国特色。国外流域生态系统研究：

尺度大：美国：Watershed: 50km²以上

澳大利亚：（Catchment）1000km²以上

土地利用结构简单：单一农田或林草地

经济过程少：人口密度小，或以自然生态系统研究为主

生态过程研究深入：重视模拟与模型研究

The Southwest Watershed Research Center –USDA-ARS

--Walnut Gulch Experimental Watershed.

- To understand and model the effects of changing climate, land use, and management practices on the hydrologic cycle, soil erosion processes, and watershed resources;
- To develop remote sensing technology and apply geospatial analysis techniques;
- To develop decision support tools for natural resource management;
- and to develop new technology to assess and predict the condition and sustainability of rangeland watersheds.



- Erosion and sedimentation

- Hydrology

- Decision support systems

- Remote sensing



Walnut Gulch
Experimental
Watershed.



The National Sedimentation Laboratory Mississippi –USDA-ARS



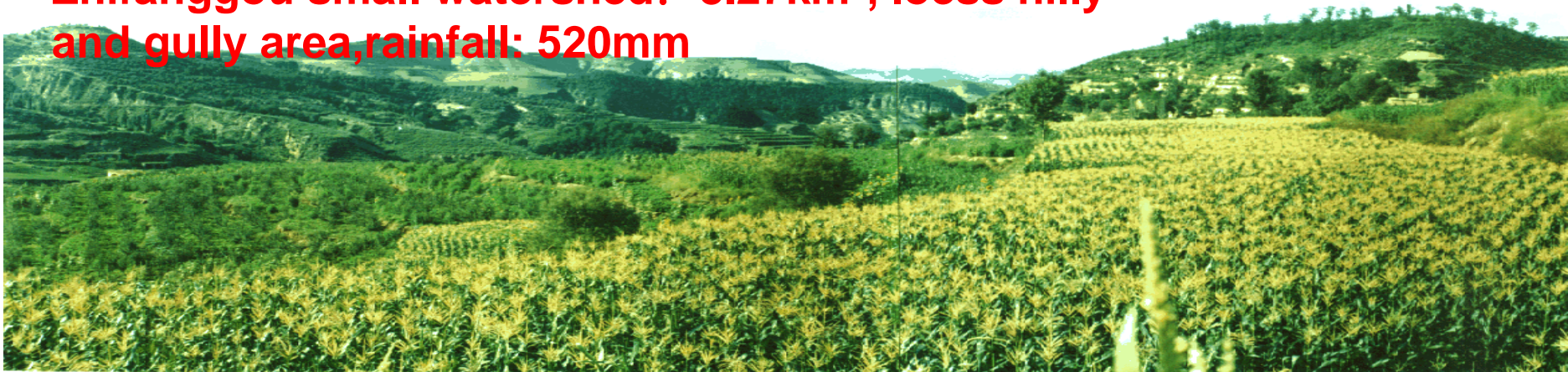
三、主要观测与试验成果

● Manage principle and practices

■ Small watershed management

- Conservational eco-agriculture
- Three phases: Initial restoration period; Stable improvement period and fine development period

Zhifanggou small watershed: 8.27km², loess hilly and gully area, rainfall: 520mm



三、主要观测与试验成果

土地利用格局是生态经济系统演变的驱动因素。黄土高原退化生态系统经过20年连续治理,可以初步恢复,进入量性循环

Vegetation area > 57%

Land use: 1975 1:0.1:0.1

1990 1:0.9:1.2

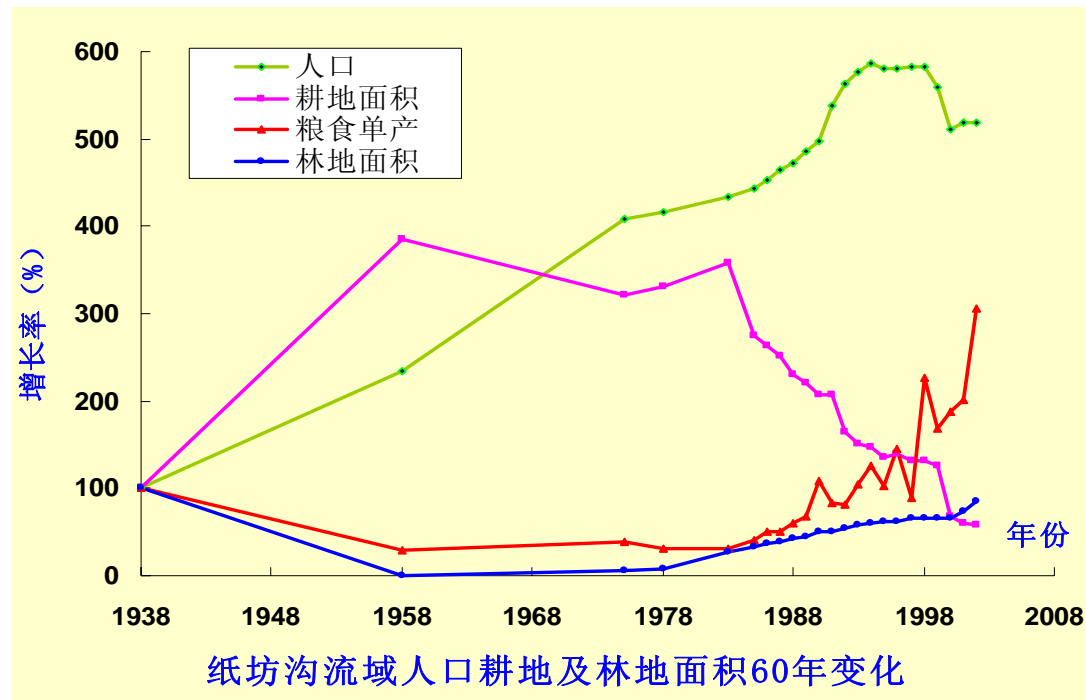
2005 1:4.1:4.7

Soil erosion:

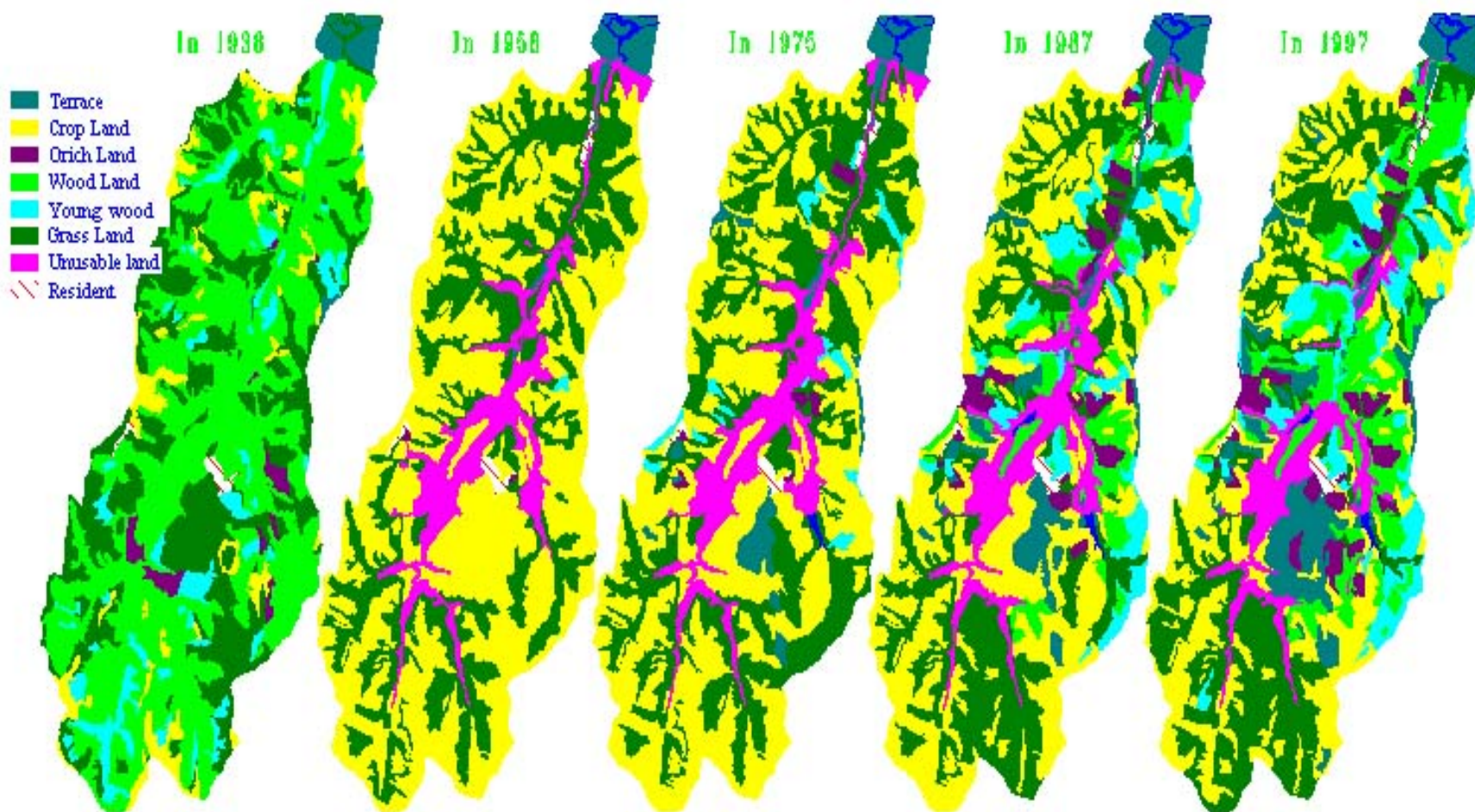
1975: 14000 t.km²a⁻¹

2004: 1153 t.km²a⁻¹

Farmers income: 10 times



The Map of Landuse Change



Ratio of farmland: wood:grassland.

Tested by Anxai Station, Monored by Dept. Reg. Cons. CAS ISWC, 2000.05

PICT 1

1:0.1:0.1 (1975) --1:4.1:4.7(2004)

纸坊沟生态恢复过程中养分携出特征

年份	年平均输沙摸数 (t/km ²)	年N素携出 (t/km ²)	年P ₂ O ₅ 携出 (t/km ²)
1980年以前	14000	20.0	19.0
1981-1985	12500	17.9	17.0
1986-1990	6355.1	9.1	8.6
1991-1995	2593.1	3.7	3.5
1996-1999	2239.2	3.2	3.0

三、主要观测与试验成果

生态恢复的土壤水分效应

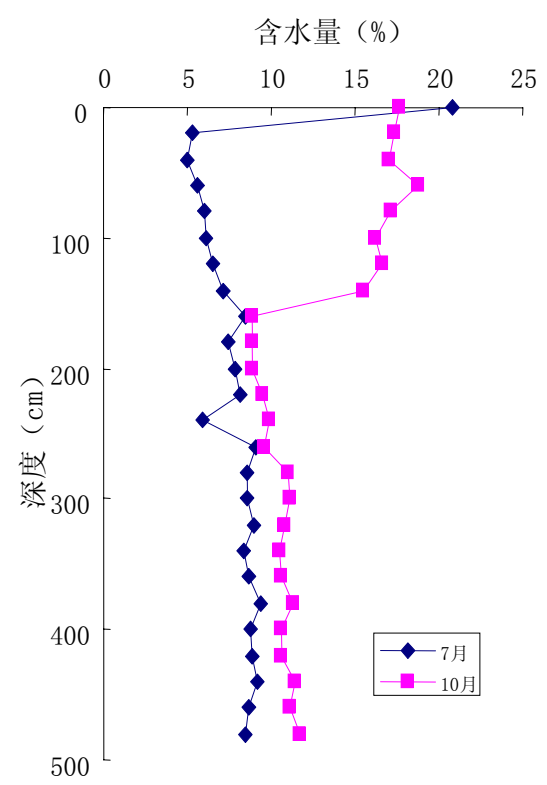
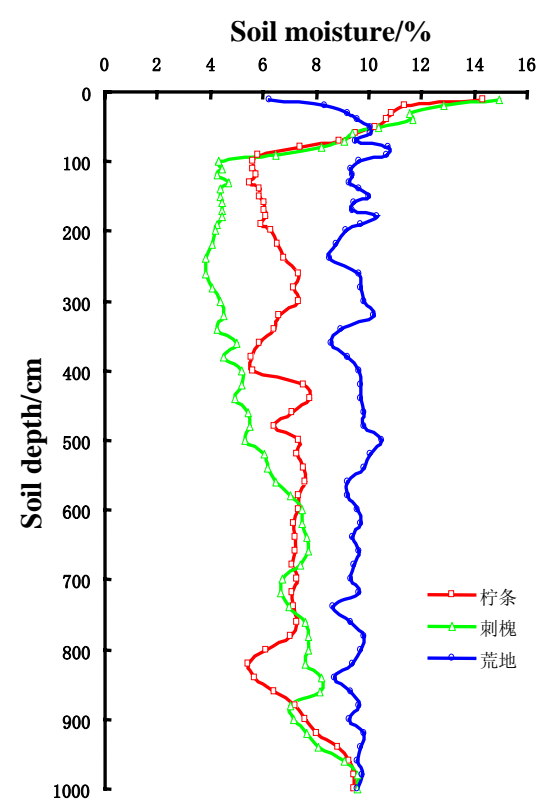
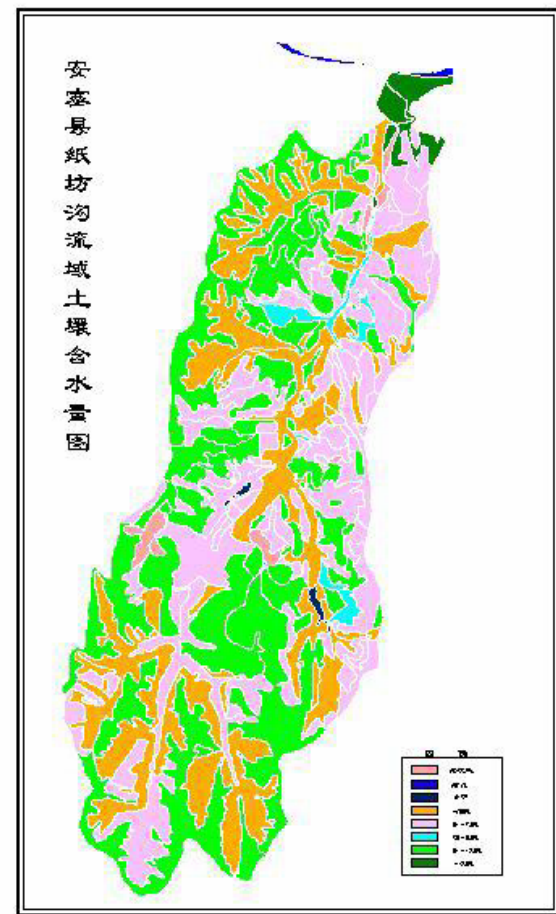


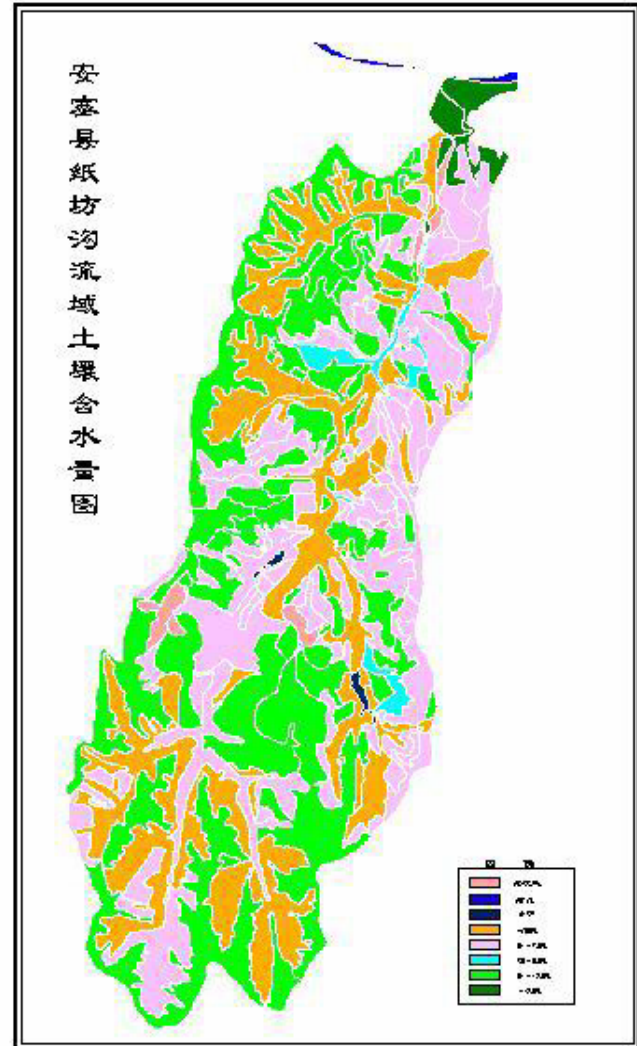
图14辽东栎林地土壤水分



三、主要观测与试验成果

生态恢复的土壤水分效应

人工乔、灌林耗水深度达9米以上，干层对流域区域水循环及生产力的长期影响。



生态恢复过程中土壤质量演变特征

黄土丘陵区侵蚀土壤质量评价指标（300个样地）

有机质、 K_{10} 、土壤抗冲性、

CEC、蔗糖酶、MWD、速效磷、MICMWD

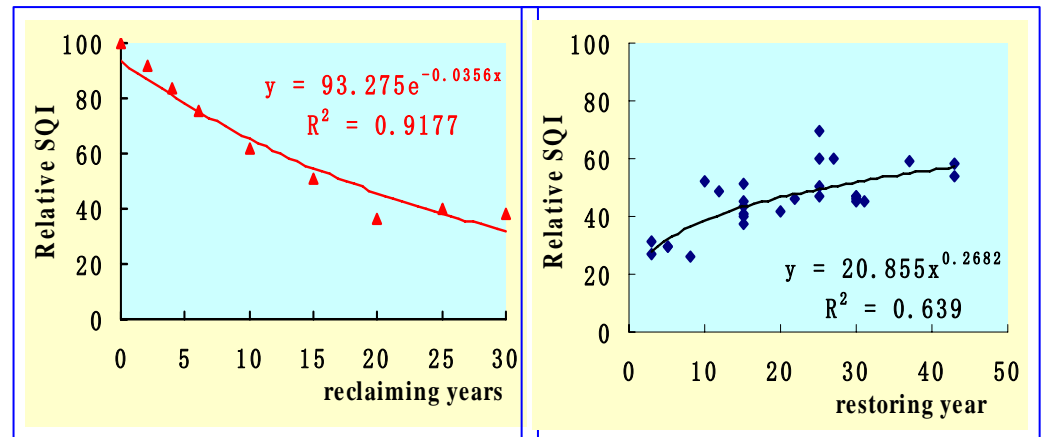
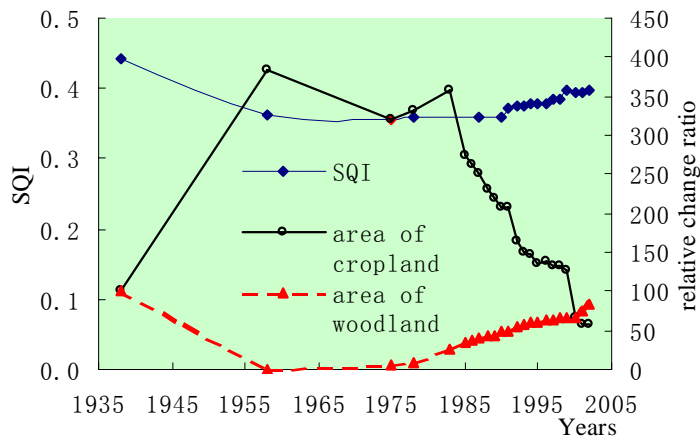
土壤质量综合评价模型

$$SQI = \prod_{i=1}^n (K_i)^{C_i}$$

三、主要观测与试验成果

生态恢复过程中土壤质量演变特征

土地利用格局是流域土壤质量演变的驱动力。土壤植被破坏引起的土壤质量降低速度高于恢复的速度。流域土壤质量恢复滞后期约10年



三、主要观测与试验成果

水土流失预报模型

沟间地坡面土壤侵蚀模型

$$M_s = M_0 H C B$$

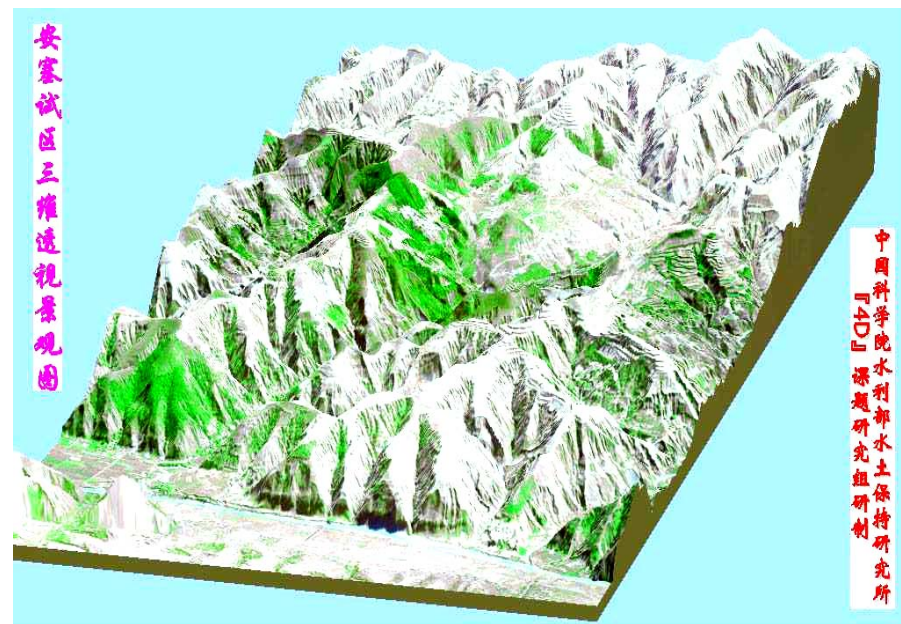
$$M_0 = 5.097 P^{0.999} I_{30}^{2.637} S^{0.880} L^{0.286}$$

沟坡土壤侵蚀模型

$$M_g = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{si} \right) G C_g K$$

小流域分布式水蚀预报模型

$$E = (D_s + D_i + D_r + D_{cf}) G_e G$$



该区退耕坡度应为**15度**，目前先退耕**25度**。

三、主要观测与试验成果


植被恢复的潜力及策略

研究发现黄土丘陵区生态环境破坏没有从根本上破坏植被恢复演替的物种和环境生态基础，可以依靠自然力恢复当地植物群落。——自然恢复为主



36科 90属
107种，
群系28个

30年自然恢复



38科 92属
112种，
群系32个

差别：同类型群落种的多度、生活力；群落面积、盖度、高度、优势种群的物种多样性指数。

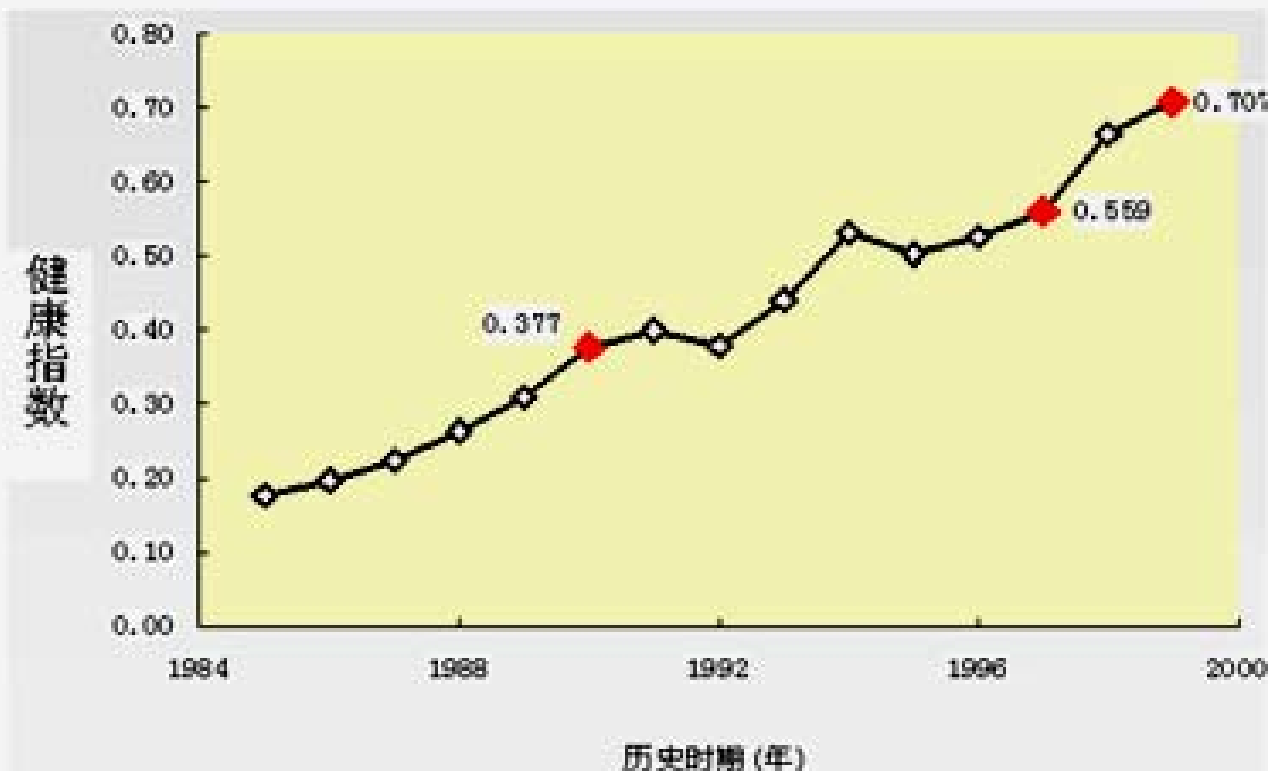
流域能量流动特征

The cropland has higher energy use rate, while woodland and grassland has lower rate. The secondary production needs to be developed to improve energy use rate in the watershed scale.

Time	Crops		Grasses		Trees	
	Available energy	Use rate	Available energy	Use rate	Available energy	Use rate
80-84	3925.09	0.861	3450.61	0.701	5550.73	0.83
85-89	5167.81	0.748	3557.76	0.509	7026.73	0.36
90-94	6868.35	0.549	5092.97	0.311	7923.36	0.39
95-99	8069.06	0.659	6355.98	0.351	11911	0.55
00-01	3299.44	0.622	7549.05	0.091	20251.6	0.1

流域生态经济系统健康评价

指标
生态
经济
综合功能
标准



安塞纸坊沟小流域健康状况演变过程



四、发展设想

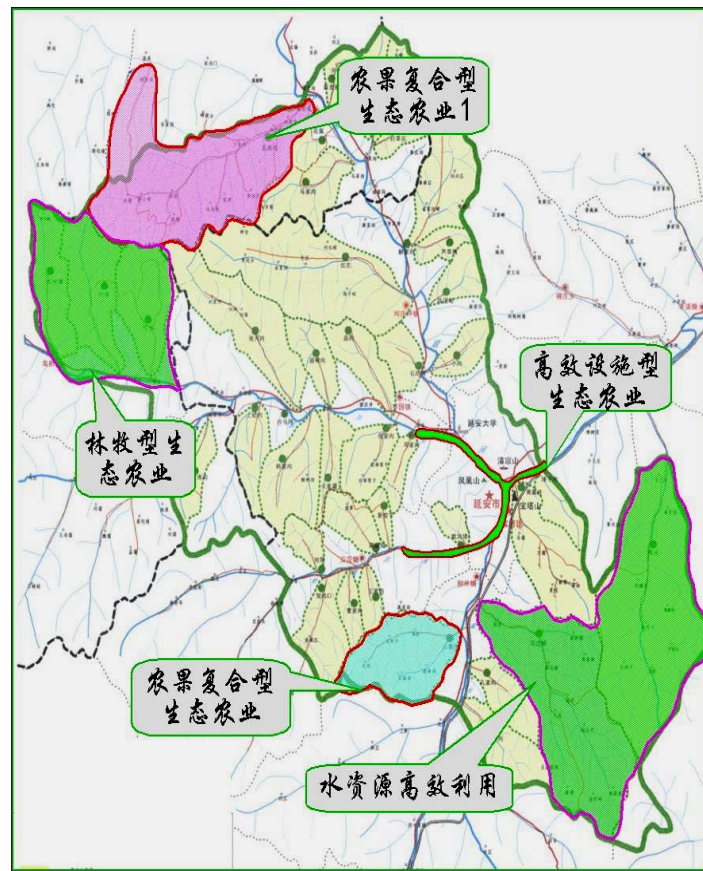
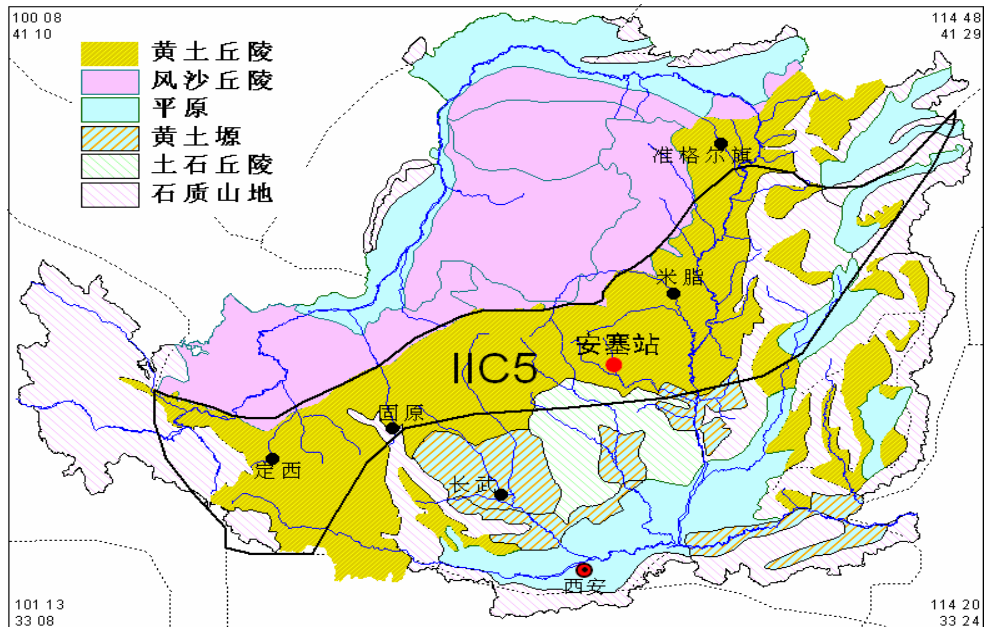
1、研究

- 流域生态经济系统生物多样性与可持续性.
- C循环：生态恢复对有机C的长期影响：
大面积植被恢复对C 的影响：黄土高原：C源？ C汇变化.
- 生态恢复对土壤微生物过程等
- 生态恢复环境响应过程模拟与模型

四、发展设想

建立黄土高原CERN局域网络

不同生态恢复途径的对比





四、发展设想

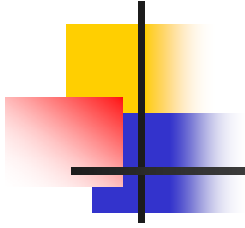
基本思路：监测的规范化：改善监测设备

1、改造项目

定位试验场及流域安装径流泥沙自动监测系统，改造现有1/400流域模型。实现监测自动化。

2、新增监测项目

流域水、碳和能量通量观测；乔、灌光合生产力；
流域水平衡与水循环监测系统；流域小气候测定；人工模拟
自然群落演替过程及适度干扰监测。土壤微生物监测；



Thank you !