

依据经济水平建立的中国国内粮食运输模型

一之濑俊明·王勤学·大坪国顺

〈日本国立环境研究所〉

摘要

本文从中国土地利用现状出发, 根据目前的中国粮食生产, 粮食供需关系和地区经济水平差异等因素, 建立粮食调拨运输模型——计划经济型(非市场原理型: 配给型)和市场原理型(自由购买型)。将这两种模型分别应用到中国华中—华南地区, 讨论中国华中—华南地区的粮食储备变化特点。模拟结果显示: 非市场原理型运输模型中, 粮食分布的区域不平衡只是一种短期现象, 不会长期存在。依据市场原理型运输模型, 内陆地区会出现大范围的粮食短缺现象。这种粮食分布的区域不平衡现象不会在短时间内得到缓解。

关键词 粮食供需、粮食运输、数学模型、市场原理、经济水平差距

1、引言

在过去的40年里, 中国的粮食生产呈阶梯型上升, 粮食的供给能力有了很大提高, 1996年粮食生产总量达到5.04亿t, 创造了人均412kg历史最高水平, 但与发达国家相比, 如美国的人均1371.2kg, 中国仍处于较低水平。

随着中国经济的发展, 人民生活水平的提高, 工业和畜牧业的扩大, 将来粮食供需平衡有可能被破坏。而且中国国土辽阔, 不同地区间的自然条件、经济水平等差异巨大, 在不同地区间粮食供需很不平衡。一般而言, 中国东部地区平原较多, 水热条件较好, 因此土地生产能力较高。而西部地区的山地分布广泛, 尤其是在水资源不足、低温等因素的影响下, 可耕作土地面积较少, 土地生产力低。例如, 1985-1995年粮食增产量多的地区, 多出现在东北平原、河北平原等自然条件丰惠的地区¹⁾; 而且, 东部地区多大城市, 农业物资投入(如农业用电消费量, 机械化程度, 化学肥料使用量, 灌溉面积等)增长很快, 更加剧了这种粮食不均衡的现象。

另外, 从粮食生产的角度来分析中国土地利用的例子已经很多, 80年代以来由于城市化进程, 农用土地减少, 较大地影响了粮食生产的产量, 这样的研究结论已经很明确^{2), 3)}, 同时由于正在发展中的中国物资流动的交通运输网还不够完善⁴⁾, 可以预想到, 不同地区间的粮食供需的不平衡, 会把粮食运输(主要依靠铁路)变成巨大的交通运输网负担。比如, 1993年, 向中国南部5个省级行政区运输的粮食达到了1661万t, 占当年铁路总运输量的25%。再加上80年代以来, 中国开始实行市场经济制度, 一部分粮食作为商品进入市场, 生产者与经营者为了获得最大利益, 将粮食向高价地区运输(主要是东部沿海地区), 中国加入WTO后, 粮食买卖会更加自由, 因而会更加加速这一粮食流动的变化倾向。

根据以上背景, 本研究从中国土地利用与粮食供需关系的现状出发, 预测粮食的流动, 评价粮食储备的脆弱性, 讨论由此带来的对土地利用变化的压力。研究中我们考虑到, 粮食运输问题不仅反映并决定于粮食的供需关系, 也反映了不同地区间的

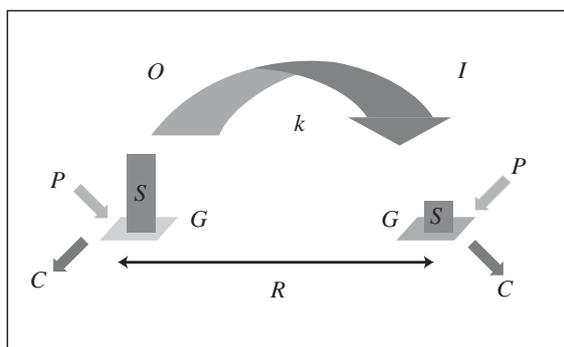


图1 非市场原理型模型的构造

表1 无次元化单位网格 (grid-cell) 的粮食生产需求量 (kg/年)

阶 级	范 围
0	0~40000
1	40000~80000
2	80000~120000
3	120000~160000
4	160000~200000
5	200000~240000
6	240000~280000
7	280000~320000
8	320000~360000
9	360000~

经济水平的差异、运输能源消耗、运输成本等情况。其中，决定运输成本与运输能源消耗的最重要因素是运输距离。为此，我们依据粮食生产、粮食需求、经济水平等因素的分布规律，建立了数学模型，提出了两种粮食调拨运输的模型。

首先，依据各地区间的 GDP 的相对比例，从粮食有余地区到粮食不足地区的网格 (grid-cell) 间的调拨运输模型，建立计划经济型 (非市场原理型：配给型) 模型 (见图 1)。其次，依据网格间的粮食吸引力分布 (由各网格本身 GDP 的购买力比例决定)，建立市场原理型 (自由购买型) 模型。再次，应用以上这两个模型，以中国华中—华南地区为研究对象，对粮食储备量的变化进行预测。模型输入数据为 20km×20km 网格的值⁵⁾，模拟时间从 1995 年左右开始计算。计算时，为保证输出结果的稳定性，对模型进行参数化设置，将输入值划分为 0-9 级，如表 1 所示 (粮食生产与粮食需求是

同比例的)。除此，每一单位代表 20km 的距离 (无次元化)。

2、模型的构造

2.1 非市场原理型模型

依据各地区间 GDP 的相对比例，粮食从有余地区向不足地区运输，模型的基本公式如下：

$$dS_a/dt = P_a - C_a + I_a - O_a \quad (1)$$

$$I_a = \sum_b O_{ba} \quad (2)$$

$$O_a = \sum_b O_{ab} \quad (3)$$

$$O_{ab} = k(G_b/G_a)(S_a - S_b)/R_{ab} \quad (4)$$

式中，

S_a : 网格 a 的粮食储备量

S_b : 网格 b 的粮食储备量

P_a : 网格 a 的年间粮食生产

C_a : 网格 a 的年间粮食需求

I_a : 网格 a 的粮食输入总量

O_a : 网格 a 的粮食输出总量

G_a : 网格 a 的 GDP (GDP 密度)

G_b : 网格 b 的 GDP (GDP 密度)

R_{ab} : 网格 a 与网格 b 之间的距离

O_{ab} : 从网格 a 到网格 b 的粮食输出

设定时间步长 $dt=0.1$

k : 一维速度系数 (粮食运输强度系数: 单位时间粮食运输量)

当 $(S_a - S_b) < 0$ 时, $O_{ab}=0$ (即网格 a 到网格 b 之间不发生粮食运输)。

2.2 市场原理型模型

根据市场原理，定义网格内粮食潜在吸收量与网格内的 GDP 成比例，则很有可能出现粮食从短缺地区向过剩地区运输的现象。为了解决这一不平衡现象，有必要根据粮食产量和粮食消耗量进行调整 (包括人口迁移)。因此，我们认为市场原理型模型更接近中国的现状。市场原理型模型的基本公式大致与非市场原理型模型一致，仅 I_a 与 O_a 的定

义有所不同。

网格 a 的潜在输入量 I_a 由网格 a 的人口 (N_a) 和 GDP 值 (G_a) 决定 (见公式 5)。用密度函数来表示从网格 b 向网格 a 的粮食输入量 I_{ab} (见公式 6)。因此, 网格内的粮食潜在输入量与人口和 GDP 成比例。

$$I_a = pN_a G_a / G_0 \quad (5)$$

$$I_{ab} = I_a f(R_{ab}) / \int_b f(R_{ab}) dR_{ab} \quad (6)$$

式中, p 为单位时间单位人口的粮食潜在吸引力 (粮食吸收系数: 如单位时间单位人口的粮食需

求量)。 G_0 为 GDP 在空间上的平均值, R_{ab} 为网格 a 与网格 b 之间的距离。 G_a/G_0 为相对经济值。单位时间单位网格内的粮食预算和非市场原理型模型一样。假定如果网格 b 的粮食储备量 S_b 非正, 则不发生向 a 的粮食输入 (公式 7)。另一方面, 网格 a 粮食输出量 O_a , 定义为从网格 a 向其他网格的输入量的和 (公式 8)。

$$S_b \leq 0 \rightarrow I_{ab} = 0 \quad (7)$$

$$O_a = \sum_b I_{ba} \quad (8)$$

这里的密度函数 f 与距离 R (二维水平面上的

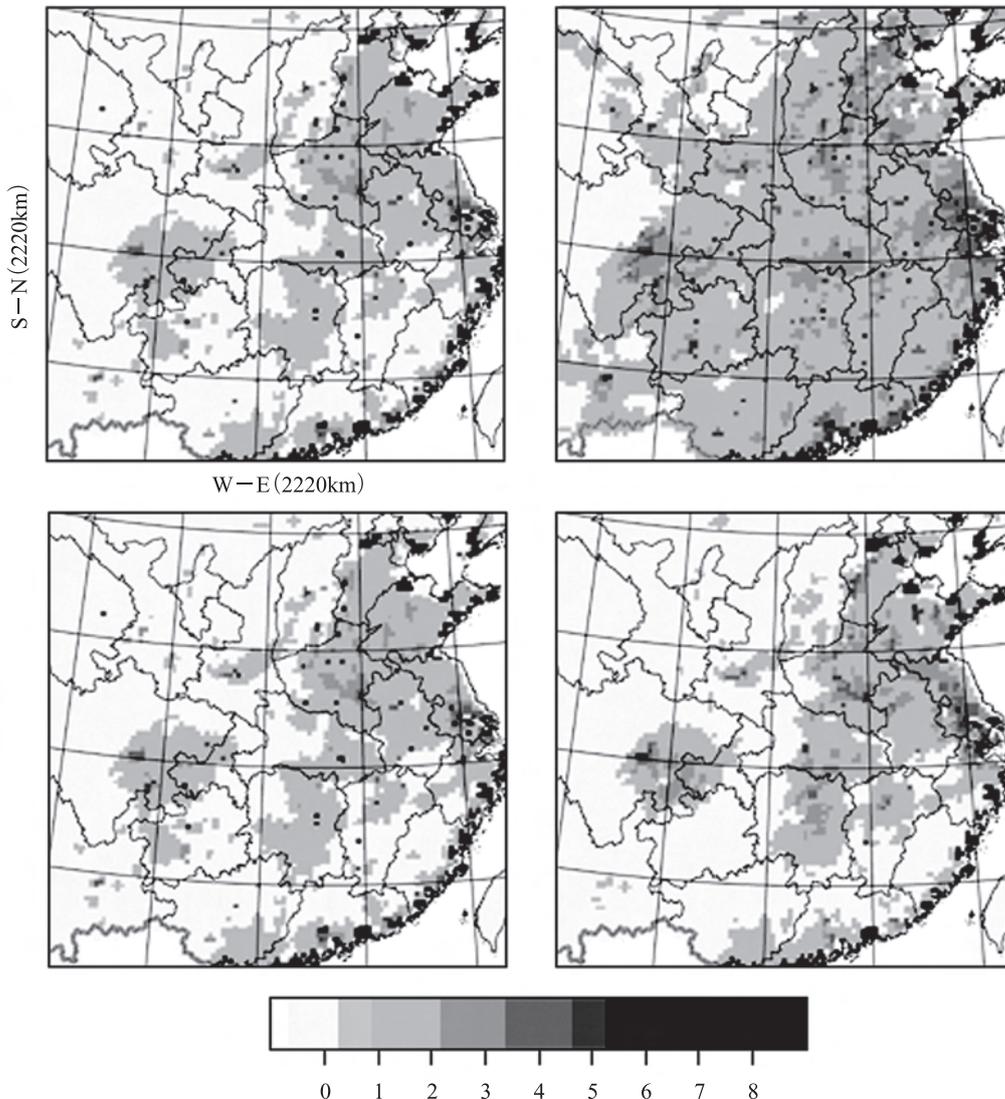


图2 华中—华南的人口密度 (左上), GDP 密度 (右上), 粮食需求量 (左下), 粮食生产量的分布 (右下)

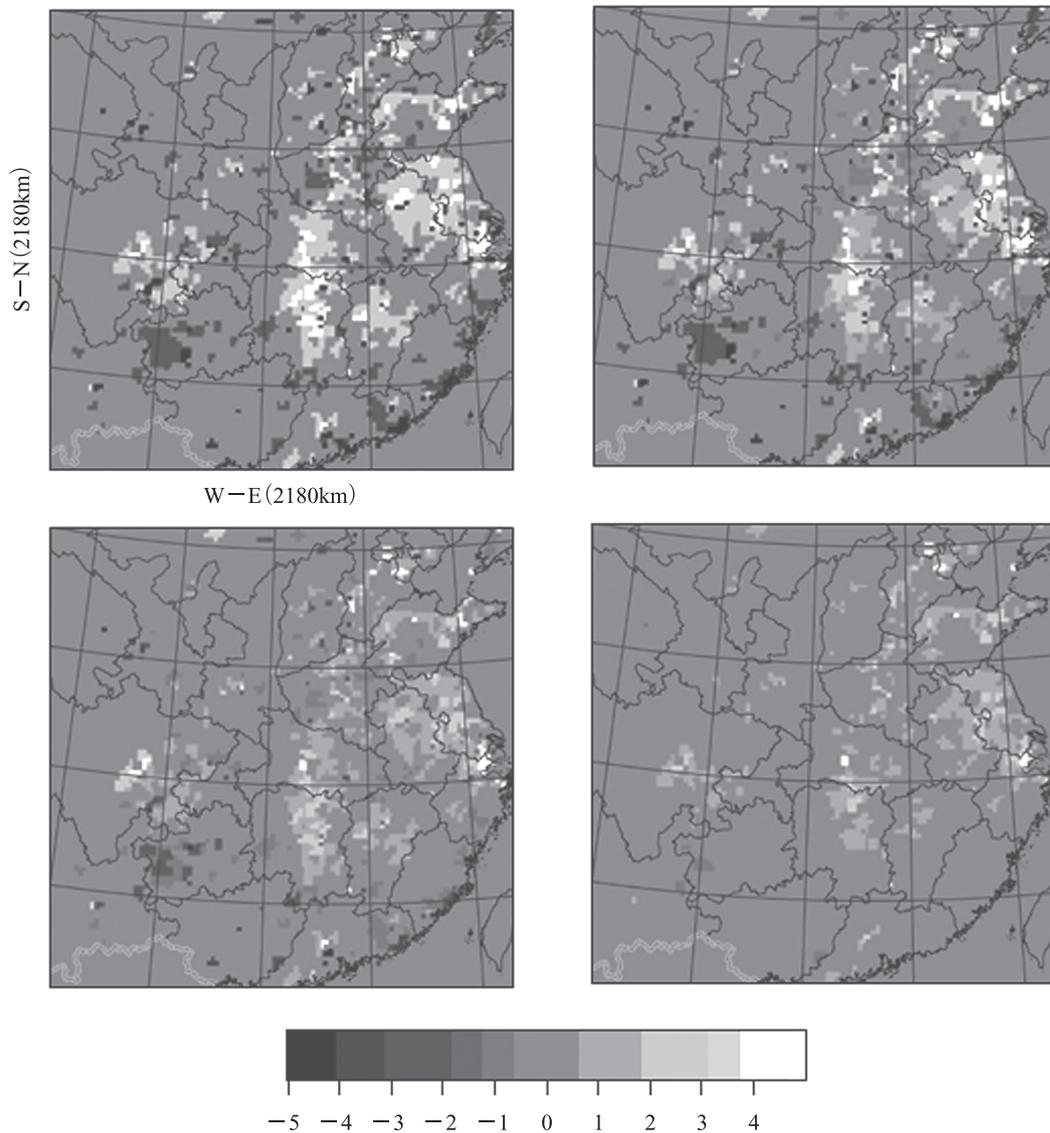


图3 华中—华南的粮食储备量的分布（非市场原理型模型）
 时间长度为25的状态（白色为5以上、黑色为不到-5）。
 （左上）没有运输的情况，（右上）运输强度系数：0.0005，（左下）运输强度系数：0.001，（右下）运输强度系数：0.005。

其他网格到网格 a 之间距离) 之间的关系如下 (公式 9) 所示:

$$f(R) = 1/G_a \exp(-R/G_a) \quad (9)$$

市场原理型模型的密度函数 f 表现出随着从网格 a 出发距离的不断加, 粮食吸引力不断减弱的现象。不同网格其粮食吸引力随距离增加而减弱(对自身网格的粮食吸引力为1.0)。对于 GDP 密度为

1 的网格, 从 2 个网格距离范围内收集粮食, 对于 GDP 为 9 的网格, 可以从 9 个网格的距离内大范围吸收粮食。

3、结果与讨论

3.1 研究对象(华中—华南地区)的基础数据
 以东西方向上从上海起至昆明, 兰州, 南北方

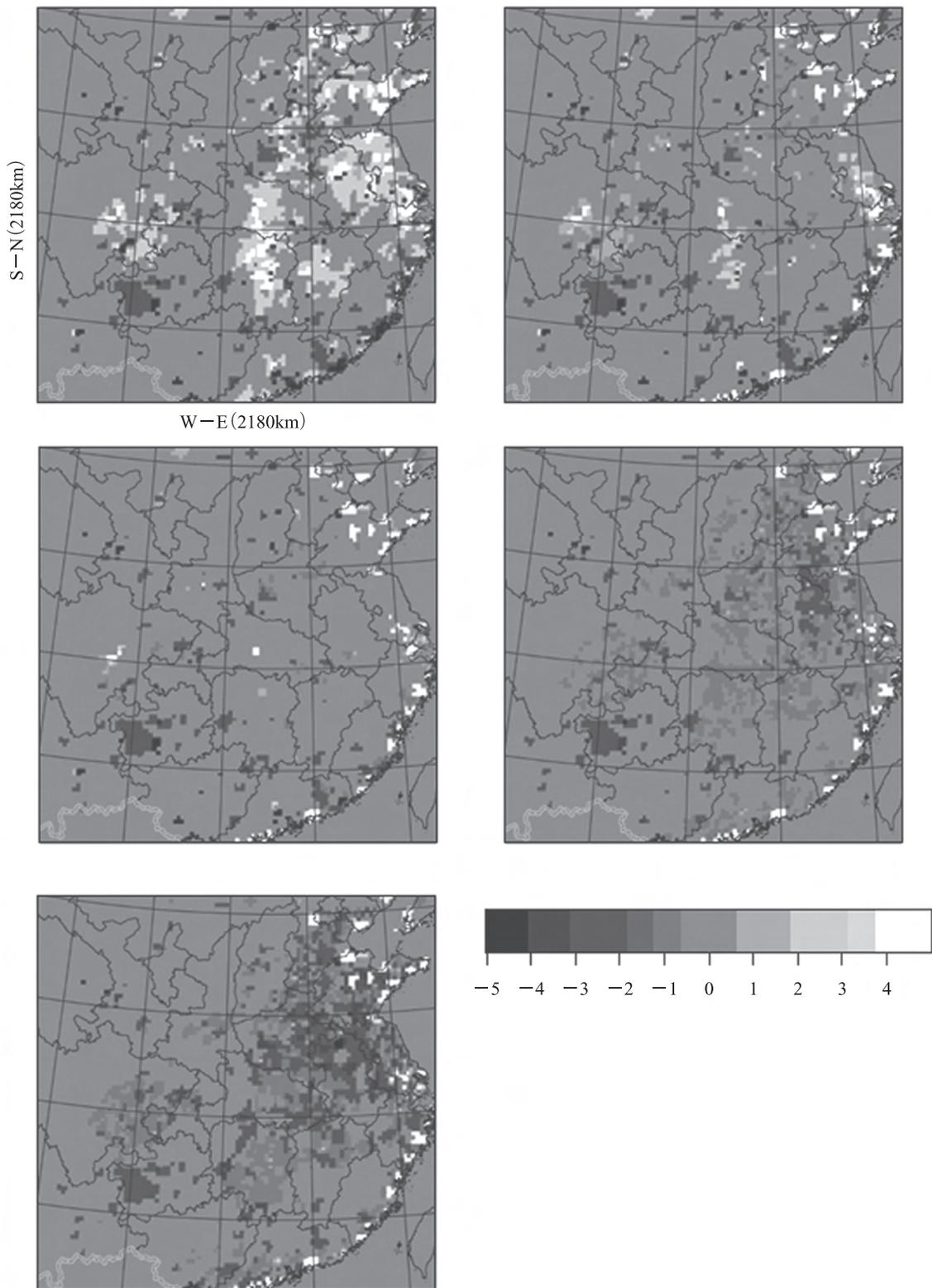


图4 华中—华南的粮食储备量的分布（市场原理型模型）
时间长度为25的状态（白色为5以上、黑色为不到-5）
（左上）粮食吸收系数：0.01,（右上）粮食吸收系数：0.05,（左中）粮食吸收系数：0.1,（右中）
粮食吸收系数：0.5,（左下）粮食吸收系数：1.0.

向上从广州起到北京的2220km×2220km的四方形地域为研究对象,分别适用以上两个模型进行比较,时间步长设为25时。考虑到计算区域的边缘部分受到区域外部的影响,在分析讨论中排除边缘部分。图2中负值部分表示的是海洋及中国以外的区域。假定粮食需求与人口成比例(400kg/人·年),从图中可以看到,人口主要集中在沿海大城市,四川盆地,河北平原,武汉以及西安周围,粮食生产主要集中在大城市周围地区(尤其是华东地区),以及河北平原,四川盆地,武汉—长沙,南昌,西安等周围地区。因此,人口与粮食主要分布在经济水平中等以上(GDP为平均值以上)的广大地区。为了进一步计算,粮食储备量的初始值设定为0。

3.2 非市场原理型模型的模拟结果

依据非市场原理模型,没有粮食运输的情况下,武汉—长沙,四川盆地,南昌,华东地区,山东半岛,河北平原等地区已有粮食储备,而沿海大城市以及重庆、云贵高原等地区会出现粮食短缺现象。随着运输强度系数的增大,这种不平衡现象会逐渐消失。当运输强度系数达到0.005,地区间的不平衡现象几乎消失(见图3)。

3.3 市场原理型模型的模拟结果

模拟结果显示:随着粮食吸收系数的增大,一部分沿海城市急速开始粮食储备,而粮食产区的粮食储备减少,内陆地区出现大范围的粮食危机(见图4)。

4、结论

以上我们建立了非市场原理型与市场原理型两

个模型,并对中国华中—华南地区的粮食储备量的变化,进行了研究。

当没有粮食运输时,城市地区(非粮食生产地区)出现严重的粮食短缺现象。非市场原理型运输模型中,随着粮食运输强度系数的增大,城市地区的粮食不足现象逐步得到缓解;而粮食产地的粮食储量也将相应减少,粮食分布的区域不平衡只是一种短期现象,不会长期存在。依据市场原理型运输模型,随着粮食吸收系数的增大,粮食储备迅速集中到沿海城市,此后粮食生产地区的粮食储备开始减少,内陆地区会出现大范围的粮食短缺现象。这种粮食分布的区域不平衡现象不会在短时间内得到缓解。

参考文献

- 1) 王勤学, 大坪国顺, 一之濑俊明. 关于中国的粮食供需平衡的研究. 见: 大坪国顺. LU/GEC项目报告书VI~中国土地利用变化的机制与其相关影响的研究. 日本: 日本国立环境研究所地球环境研究中心, 2000. 16-21.
- 2) 肖平, 王勤学. 中国1949年以来的粮食生产变化及其重要原因. 地理学评论, 1999, 72A: 589-599.
- 3) Xiao Ping. The Cultivated Land Change and Its Impacts on Grain Production in China. *Annals of the Hokkaido Geographical Society*, 1997, 71: 23-31.
- 4) 中山裕文, 井村秀文. 关于中国将来的煤炭需要及其运输问题的预测. 环境系统研究, 1997, 25: 295-302.
- 5) 见: 大坪国顺. LU/GEC项目报告书V~中国土地利用变化的机制与其相关影响的研究. 日本: 日本国立环境研究所地球环境研究中心, 1999. 1-167.