·综合研究·

中国粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局现状

刘东，封志明※，杨艳昭，游　珍
（中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101）

摘　要：首先分析了 1949－2008 年中国粮食生产发展过程特点，随后以粮食为判据，基于人口与粮食关系，建立土地资源承载力模型和土地资源承载指数模型，从分县尺度对中国土地资源承载力空间格局现状进行了分析。结果表明：1949－2008 年中国粮食生产呈台阶式上升特征，且伴随周期性波动，具有明显的不稳定性；人口增幅小于粮食产量增幅，人均粮食占有量从建国初期的不足 209 kg，增长至 21 世纪初期的 400 kg，呈稳步提升态势；2007 年我国分县土地资源承载力主要以人口超载、粮食短缺为主要特征。东北平原、华北平原、长江中下游、河西走廊、河套地区及四川盆地等主要粮食生产区表现为粮食盈余，而人口压力较大的东南沿海以及粮食生产水平较低的西北干旱半干旱地区则表现为人口超载。国家尺度上，中国粮食尚处于盈余状态，因此粮食短缺地区需通过贸易、调配来满足超载人口的粮食需求。东、中部城市密集地区人粮关系尤为紧张，随着城市化进程不断加快，这些地区人粮矛盾会进一步加剧，粮食贸易和调配趋势也会越来越明显。该研究可为国家粮食安全与区域可持续发展提供科学依据和决策支持。

关键词：粮食，生产，中国，土地资源承载力，人口，空间格局
doi：10.3969/j.issn.1002-6819.2011.07.001
中图分类号：F062.1　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1002-6819(2011)-07-0001-06

刘　东，封志明，杨艳昭，等. 中国粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局现状[J]. 农业工程学报，2011，27(7)：1－6.
Liu Dong, Feng Zhiming, Yang Yanzhao, et al. Characteristics of grain production and spatial pattern of land carrying capacity of China[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(7): 1－6. (in Chinese with English abstract)

0　引　言

粮食是人类赖以生存的重要物质基础，粮食问题是关系国计民生的大事。长期以来，世界各国都把保证粮食生产作为维护社会稳定、促进经济发展的首要任务[1]。中国是人口大国，政府始终把发展粮食和农业生产放在重中之重。自 1949 年新中国成立以来，中国的粮食生产取得了举世瞩目的成就，用世界 7%的土地，养活了占世界 22%的人口，为世界人类做出了巨大贡献。与此同时，高达十几亿人口的中国由于对粮食的巨大需求历来是国际社会舆论关注的焦点，中国的粮食安全问题也始终是国内外学者的研究热点，主要包括粮食生产安全[2-6]、粮食生产潜力[7-9]，以及农业土地的支撑及持续利用能力[10-11]等方面的研究。其中，基于粮食与耕地、以确定区域人口最大规模为核心的土地资源承载力的理论[12-14]与实证[15-21]研究是重要领域之一。

然而，对中国粮食生产近 60 a 发展及基于小尺度的土地资源承载力空间格局研究未见有较深入分析。基于此，本文首先探讨了 1949－2008 年中国粮食生产发展过程的特点，随后以人口与粮食关系为基础，建立土地资源承载力（land carrying capacity, LCC）模型和土地资源承载指数（land carrying capacity index, LCCI）模型，对中国分县土地资源承载力空间格局现状进行了分析，以期为国家粮食安全与区域可持续发展提供科学依据和决策支持。

1　概念的界定

土地资源承载力一般是指一定地区的土地所能持续供养的人口数量，即土地资源人口载量，其实质是研究人口消费与食物生产、人类需求与资源供给间的平衡关系问题[13]。本文以地区内耕地生产的粮食为判据，从人口与粮食关系入手，即通过对理论人口承载数量与现实人口数量进行对比，来衡量中国土地资源承载力状况。

粮食一般是各种主食食料的总称，一般有两种含义：广义是指食用作物，狭义则专指谷类作物。根据《中国统计年鉴》的范畴，本文所述的粮食主要包括稻谷、小麦、玉米、高粱、谷子、其他杂粮、豆类和薯类。

2　研究方法与数据来源

2.1　研究方法

2.1.1　粮食生产波动及波动指数（GYFI）

从长时间序列来看，粮食产量并不是稳定的变化过程，而是具有一定的起伏性。为了便于表达这种起伏性，本文将年际粮食产量的实际变化偏离正常的趋势产量的

收稿日期：2010-09-21　　修订日期：2011-06-29
基金项目：国家自然科学基金（40801223）和国家人口计生委流动人口司研究项目（2010-11）
作者简介：刘东（1982－），男，山东泰安人，博士，主要从事资源开发与区域发展方面的研究。北京 中国科学院地理科学与资源研究，100101。Email: liud.07b@igsnrr.ac.cn
※通讯作者：封志明（1963－），男，河北平山人，研究员，博导，主要从事国土资源优化配置与区域可持续发展综合研究，旁及资源科学理论探讨。北京 中国科学院地理科学与资源研究，100101。Email: fengzm@igsnrr.ac.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

起伏变动定义为粮食生产波动，并用波动指数（Grain yield fluctuation index, GYFI）[22]来体现。公式如下

$$GYFI_i = Y_i - Y_i' / Y_i' \quad (1)$$

式中，$GYFI_i$ 为第 i 年粮食产量的波动指数；Y_i 代表第 i 年实际粮食产量，万 t；Y_i' 为趋势粮食产量（通过粮食产量趋势拟合方程得到），万 t。

2.1.2 土地资源承载力（LCC）模型

土地资源承载力反映的是区域人口与粮食的关系，根据土地资源承载力的涵义，可以用一定粮食消费水平下，区域粮食生产力（总产量）所能供养的人口最大规模来度量，公式[21]如下

$$LCC = G / G_{PC} \quad (2)$$

式中，LCC 为土地资源承载力，人；G 为地区粮食总产量，kg；G_{pc} 为人均粮食消费标准，kg/人。在满足基本营养安全标准的条件下，人均粮食消费标准会因不同国家、不同人种的差异有所不同。根据联合国粮农组织公布的最低人均日食热值水平为 9.63×10^6 J，相对舒适水平为 10.89×10^6 J 的人均营养热值标准，我国卫生部门推荐每人日食热值水平为 10.05×10^6 J，同时还日食 70 g 蛋白质和 65 g 脂肪，便可基本满足我国成人正常生存需要的营养。基于此，国内众多专家结合中国国情计算得出中国人均粮食消费 400 kg 即可达到营养安全的要求[23-24]，因此本文把人均粮食消费 400 kg 作为我国营养安全的标准。

2.1.3 土地资源承载力指数（LCCI）

为揭示区域现实人口数量与土地资源承载力之间的关系，本文构建土地资源承载指数（LCCI）来表征中国分县实际人口与理论人口承载能力的相互关系，相关计算公式[21]如下

$$LCCI = P_a / LCC \quad (3)$$

$$R_p = (P_a - LCC) / LCC \times 100\% = (LCCI - 1) \times 100\% \quad (4)$$

$$R_g = (LCC - P_a) / LCC \times 100\% = (1 - LCCI) \times 100\% \quad (5)$$

式中，$LCCI$ 为土地资源承载指数；P_a 为现实人口数量，人；R_p 为人口超载率，%；R_g 为粮食盈余率，%。

当 LCC 大于 P_a 时，区域粮食总产量所能供养的人口大于现实人口数，表现为粮食盈余；当 LCC 小于 P_a 时，区域粮食总产量所能供养的人口小于现实人口数，表现为人口超载，粮食短缺；当 LCC 等于 P_a 时，区域粮食总产量所能供养的人口恰好与现实人口数相当，表现为人口与粮食关系均衡。因此，根据 $LCCI$ 的大小可以将不同地区的土地资源承载力划分为粮食盈余、人粮平衡和人口超载 3 种类型区：①粮食盈余地区，土地资源承载指数（LCCI）低于 0.875，粮食平衡有余，人粮关系较好；②人粮平衡地区，土地资源承载指数（LCCI）介于 0.875～1.125，人粮关系基本平衡；③人口超载地区，土地资源承载指数（LCCI）高于 1.125，粮食缺口较大，人口超载严重。根据盈余或超载的程度差异，可以将土地资源承载力进一步续分为 8 个级别分级依据，分级评价标准如表 1 所示[21]。

表 1 基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准

Table 1 Evaluation criteria of land carrying capacity based on LCCI

土地资源承载力分级		土地资源承载力指数 $LCCI$	R_g 或 R_p	人均粮食占有量/kg
类型	级别			
粮食盈余	富富有余	$LCCI\leqslant0.5$	$R_g\geqslant50\%$	≥800
	富裕	$0.5<LCCI\leqslant0.75$	$25\%\leqslant R_g<50\%$	533～800
	盈余	$0.75<LCCI\leqslant0.875$	$12.5\%\leqslant R_g<25\%$	457～533
人粮平衡	平衡有余	$0.875<LCCI\leqslant1$	$0\leqslant R_g<12.5\%$	400～457
	临界超载	$1<LCCI\leqslant1.125$	$0<R_p\leqslant12.5\%$	356～400
人口超载	超载	$1.125<LCCI\leqslant1.25$	$12.5\%<R_p\leqslant25\%$	320～356
	过载	$1.25<LCCI\leqslant1.5$	$25\%<R_p\leqslant50\%$	267～320
	严重超载	$LCCI>1.5$	$R_p>50\%$	<267

注：表中数据来源于文献[21]；R_p 为人口超载率；R_g 为粮食盈余率。

2.2 数据来源

本文应用的数据主要包括 1949－2008 年全国粮食产量、年末总人口等数据，来源于《中国统计年鉴》；在对分县土地资源承载力研究时，考虑到粮食生产受自然和气候因素影响较大，为避免短期内偶然性因素带来的粮食生产年际波动所产生的影响，本文对粮食总产量进行了 3 a 为周期的移动平均处理，如采用 2006－2008 年分县粮食产量平均值来代替 2007 年数据，原始数据来自中国科学院地理科学与资源研究所资源环境科学数据中心。

文中所需的中国县域行政区划图来源于中国科学院资源环境科学数据中心，由于中国行政区划的变动，首先将区划图进行了处理，即通过必要的整合，具体将中国划分为 2326 个县域（除港澳台）单元进行研究。

3 结果与分析

3.1 1949－2008 年中国粮食生产发展的特征与态势分析

3.1.1 中国粮食生产呈台阶式上升特征，且伴随周期性波动，具有明显的不稳定性

自 1949 年以来，中国粮食生产整体呈现台阶式上升的特征。如图 1 所示，1950 年代初全国粮食产量只有 1.64 亿 t，1958 年突破 2 亿 t，1959－1961 年，由于“三年自然灾害”，粮食产量进入缓慢的恢复时期，直到 1967 年再次达到 2.18 亿 t；1971 年突破 2.50 亿 t。改革开放以后粮食产量快速增长，1978 年突破 3 亿 t，1982 年和 1984 年分别跨过 3.5 亿 t 和 4 亿 t。之后粮食产量连年徘徊，直到 1989 年才恢复到 4 亿 t 水平；1993 年和 1996 年分别达到 4.5 亿 t 和 5 亿 t，随后经过连年起伏，2008 年粮食产量达 5.2 亿 t，创历史新高。事实证明，中国粮食产量已经跨越 2、2.5、3、3.5、4 和 4.5 亿 t 6 个台阶，并进入了 5 亿 t 新台阶。

1949－2008 年粮食产量时间序列结果表明（图 1），中国粮食生产波动较大、且具有明显的周期性：波动周期 4～10 a，长短不一；粮食产量可以在较短时间内突然

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

滑坡，而再次复苏则需要较长时间。诸如 1959－1960－1966 的 2 亿 t 波动和 1984－1985－1990 的 4 亿 t 波动，恢复生产都需要 6～7 a。近期更是从 1998 年的 51 230 万 t 跌到 2003 年的 43 070 万 t，直到 2008 年，才恢复生产达 52 871 万 t，创历史新高，但恢复期也历时 10 a 之久。

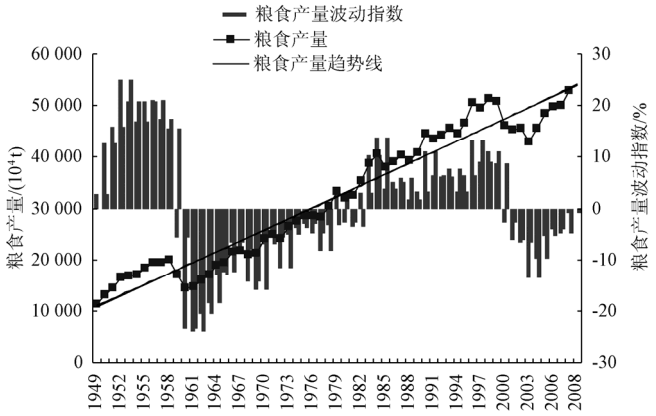

图 1　1949－2008 年中国粮食产量的波动情况

Fig.1　Grain production fluctuation of China during 1949－2008

根据 1949－2008 年时间序列资料，运用 SPSS 软件，得到粮食产量趋势线拟合方程：Y_i=7.1874t+100.76（R^2=0.95）。式中，Y_i为趋势粮食产量，10^6t；t 为年份序列（如 1949 年为 1，1950 年为 2，…）。通过此拟合方程和公式（1），得到历年粮食生产的波动指数（图 1）。结果表明，1949－1965 年中国粮食产量波动指数较大，最高可达 25%；1965－2008 年粮食产量波动指数则较小，基本维持在 10%以内，只有少数年份波动指数稍大，处于 10%～15%之间。

3.1.2　人口增幅小于粮食产量增幅，人均粮食占有量呈稳步提升态势

人均粮食占有量是衡量一国人均粮食占有水平的重要指标[6]。图 2 是 1949－2008 年粮食总产、人口增长以及人均粮食占有量变化趋势图。从图 2 可看出，建国初期 1949 年我国人均粮食占有量仅为 209 kg，1958 年增长至 300 kg；由于 1959－1961 年“三年自然灾害”，1961 年人均粮食占有量下降至历史最低的 207 kg；随后，粮食生产进入恢复期，人均粮食占有量逐年增加，1974 年再次超过 300 kg；改革开放以后粮食产量快速增长，人均粮食占有量也有了进一步增加，1983 年人均占有量达到 375 kg，温饱问题基本解决，之后便一直维持在 350－390 kg，直到 1996 年人均占有量首次达到 400 kg 的水平；进入 2000 年，受粮食总产下降的影响，人均粮食占有量有所下滑，2003 年仅为 333 kg，但 2004－2008 年我国粮食产量连续 4 年持续增产，人均粮食占有量又逐渐增至 400 kg 的水平。

1949－2008 年，中国人口从 542 万人增长到 1328 万人，增幅为 145%，而粮食产量从 1.13 亿 t 增加到 5.29 亿 t，增幅达 367%。从整体上看，从 1949 年以来，我国人口增幅小于粮食产量增幅，人均粮食占有量从建国初期的不足 250 kg，增长至 21 世纪初期的 400 kg 的水平，呈现稳步提升的态势。

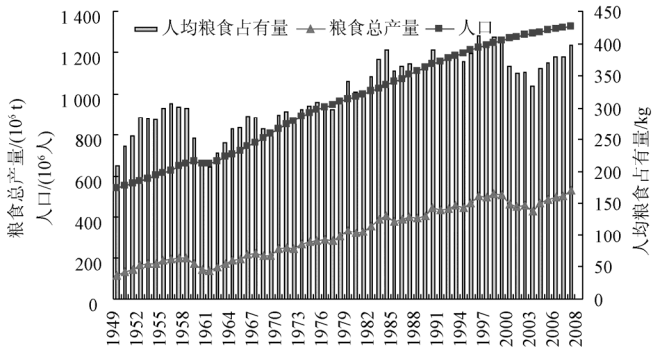

图 2　1949－2008 年中国粮食总产量、人口增长及人均粮食占有量的变化

Fig.2　Changes of grain yield, population and grain yield per capita in China during 1949-2008

3.2　中国基于人粮关系的分县土地资源承载力分析

根据土地资源承载力（LCC）和土地资源承载力指数（LCCI）模型，系统评估了 2007 年中国分县土地资源承载力。结果见表 2、图 3。

表 2　2007 年中国分县土地资源承载力评价

Table 2　Land carrying capacity at county level of China in 2007

类型	土地承载状况	分县		土地		人口		粮食盈余或亏缺
		数量/个	比例/%	面积/(10^4km^2)	比例/%	数量/万人	比例/%	数量/(10^4t)
粮食盈余	富富有余	232	10.0	106.6	11.2	10 658.0	8.2	8 894.4
	富裕	379	16.3	131.9	13.8	21 717.3	16.6	5 299.9
	盈余	220	9.5	84.9	8.9	13 337.5	10.2	1 249.3
	小计	831	35.7	323.4	33.9	45 712.8	35.0	15 443.6
人粮平衡	平衡有余	235	10.1	68.3	7.2	12 546.5	9.6	355.5
	临界超载	201	8.6	56.8	6.0	10 044.5	7.7	-219.1
	小计	436	18.7	125.1	13.1	22 591.0	17.3	136.4
人口超载	超载	182	7.8	65.3	6.8	9 496.6	7.3	-596.3
	过载	253	10.9	80.2	8.4	12 435.5	9.5	-1 310.8
	严重超载	624	26.8	359.2	37.7	40 236.7	30.8	-10 735.3
	小计	1 059	45.5	504.6	52.9	62 168.8	47.6	-12 642.5
	总计	2 326	100	953.2	100	130 472.8	100	2 937.6

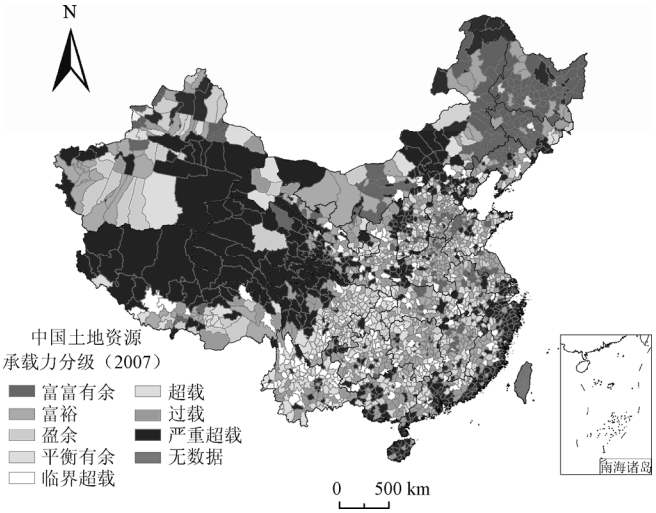

图 3　2007 年中国分县土地资源承载力空间格局

Fig.3　Spatial patterns of land carrying capacity at county level in China in 2007

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

从表 2、图 3 可以看出，我国土地资源承载力主要以人口超载、粮食短缺为主要特征。全国约 45%的县域处于不同程度的粮食亏缺状态，约 35%和不足 20%的县域则分别处于粮食盈余和人粮关系基本平衡的状态。具体而言：

1）粮食盈余地区：主要表现为人粮关系好，粮食尚有盈余。共包括 831 个县域，人口、土地面积分别约占全国总人口、国土总面积的 35.7%和 33.9%。主要分布在东北平原、河套平原、河西走廊、黄淮海平原、江淮地区、太湖平原、鄱阳湖平原、洞庭湖平原、江汉平原、成都平原以及天山南北麓等粮食主产区。其中，粮食富裕地区最多，其次是富富有余地区，粮食盈余地区最少。

2）人口超载地区：主要表现为人粮关系较突出，人口处于超载状态。共包括 1 059 个县域，人口、土地面积分别约占全国总人口、国土总面积的 47.6%和 52.9%。主要分布在西北干旱区、青藏高原、黄土高原、云贵高原和华北山地等自然条件禀赋较差，粮食生产水平较低的地区；此外，东部地区的京津冀都市圈、辽中南、济南都市圈、山东半岛，以及东南部的从长江三角洲、闽南沿海、直至珠江三角洲连接形成的浙闽粤“沿海走廊”等城市地区，也处于人口超载地区，受人口集聚效应的影响，这些地区人粮关系较为紧张，粮食亏缺严重，需大量区外调配。

3）人粮平衡地区：主要表现为人粮关系较好，粮食平衡有余或临界超载，人口与粮食发展较为均衡。主要包括 436 个县域，人口、土地面积分别约占全国总人口、国土总面积的 17.3%和 13.1%。空间分布上表现较分散，主要插花分布在人口超载地区和粮食盈余地区之间。相对而言，东南部地区较为集中。

总体来讲，我国土地资源承载力空间分布呈现较为明显的不平衡性。东北平原、华北平原、长江中下游、河西走廊以及河套地区等主要粮食生产区表现为粮食盈余，而人口压力较大的东南沿海、粮食生产水平较低的西北干旱半干旱地区则表现为粮食亏缺、人口超载。由表 2 可知，2007 年粮食盈余和人粮平衡地区分别盈余粮食 15 443.6、136.4 万 t，人口超载地区粮食亏缺 12 642.5 万 t。从全国整体水平上看，2007 年中国粮食产量处于盈余状态，盈余达 2 937.6 万 t，以人均 400 kg 粮食需求来计算，尚可以支持 7 344 万人的粮食需求，而处于粮食短缺状态地区则需要通过区外贸易、调配来满足超载人口粮食需求。

需要指出的是，由表 2 所示的 8 类地区的县域个数、土地面积以及人口数所占比重来看，严重超载区比例均最大，分别约占全国县域总数、国土面积及总人口的 26.8%、37.7%和 30.8%。按东、中、西部对严重超载区进行统计，得出土地资源承载力严重超载区在东、中、西部分布的百分比堆积柱状图（图 4），横坐标为土地面积、人口、县域个数，纵坐标为累积百分数，从土地面积、人口数、县域个数来衡量东、中、西部土地资源承载力严重超载区的分布比重，反映其空间分布状况。从图 4 可看出，东、中部总的严重超载区县域个数、人口数总和分别约占严重超载区总数的 60%和 80%，反映了严重超载区主要分布于东、中部的格局。同时，结合土地资源承载力空间分布格局（图 3），可以进一步发现土地资源承载力严重超载区主要集中于京津冀都市圈、辽中南、济南都市圈、山东半岛、长江三角洲、珠江三角洲及浙闽粤“沿海走廊”、武汉城市群、长株潭城市群等城市密集地区，这些地区流动人口较集中，人口集聚效应明显，受此影响，人粮关系表现更为紧张。随着城市化进程的不断加快，近期内这种人口流动的趋势不会有大的改变，照此发展，这些地区土地资源承载力势必会更加超载，造成人粮关系的进一步紧张。解决这一矛盾的主要途径是地区之间粮食贸易和调配，这种趋势也会将越来越明显。因此，在制定人口流动与人口空间发展规划政策，满足经济社会发展的同时，需要从人口与粮食之间的关系出发，充分考虑土地资源承载力问题，将作为决策制定与实施的重要依据；同时还需适时制定、调整地区间粮食贸易政策，为不同地区间粮食供需平衡，尤其是城市地区粮食供应，及未来我国粮食安全提供重要保障。

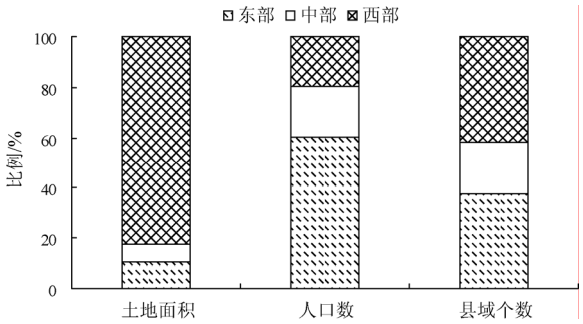

图 4 土地资源承载力严重超载地区东、中、西部分布

Fig.4 Distribution of seriously people overloading area of LCC in East, West and Central China

4 结论与讨论

粮食安全问题是关系中华民族生存与发展的根本性问题，以粮食与人口为核心的土地资源承载力研究始终是国内外研究的热点。本文首先分析了 1949－2008 年中国粮食生产发展过程特点，随后以人粮关系为基础，以土地资源承载力（LCC）模型和土地资源承载指数（LCCI），从分县尺度分类分级分析了中国土地资源承载力空间格局。结果表明：

1）1949－2008 年中国粮食生产呈台阶式上升特征，且伴随周期性波动，具有明显的不稳定性。1958、1978、1984、1996 年中国粮食产量先后跨越 2、3、4 和 5 亿 t 台阶，2008 年达 5.2 亿 t，创历史新高；1949－1965 年中国粮食产量波动指数较大，最高可达 25%；1965－2008 年粮食产量波动指数则较小，基本维持在 10%以内，少数年份处于 10%～15%之间；1949－2008 年我国人口增加 145%，粮食产量增幅达 367%，人口增幅小于粮食产量增幅，人均粮食占有量从建国初期的不足 250 kg，增

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

长至21世纪初期的400 kg的水平，呈现稳步提升的态势。

2）2007 年我国分县土地资源承载力主要以人口超载、粮食短缺为主要特征。东北平原、华北平原、长江中下游、河西走廊以及河套地区等主要粮食生产区表现为粮食盈余，而人口压力较大的东南沿海、粮食生产水平较低的西北干旱半干旱地区则表现为粮食亏缺、人口超载。2007 年中国粮食产量处于盈余状态，处于粮食短缺状态的地区需要通过区外贸易、调配来满足超载人口粮食需求。东、中部的城市密集地区人粮关系尤为紧张，随着城市化进程不断加快，这些地区人粮矛盾会进一步加剧，粮食贸易和调配趋势也会越来越明显。

本文基于人口与粮食的关系，以粮食为判据，在土地资源承载力（LCC)模型和土地资源承载指数（LCCI)的基础上，实证分析表明其能够较好地刻画中国土地资源承载力的空间格局与地域特征，具有一定的实用性。研究结果显示，根据中国人均粮食消费 400 kg 的营养安全要求，全国尺度上中国粮食生产处于盈余状态，不存在粮食短缺现象。而将研究尺度缩小，由于地域生产差异、人口分布不均衡等原因，分县土地资源承载力则出现了不同程度的粮食短缺现象，一定程度体现了潜在的粮食安全隐患；此外，本文所指的粮食仅包括稻谷、小麦、玉米、高粱、谷子、其他杂粮、豆类和薯类，而非广义的粮食。因此在一定程度上掩盖了其他食物（如肉、蛋、奶等）对土地资源承载力的贡献，也即可能有所夸大某些地区（尤其是牧区、半牧区县）的粮食亏缺。因此，以后研究可以通过原粮当量折算，由粮食扩展为食物，在广义的粮食概念下讨论不同地区基于人口与粮食关系的土地资源承载力问题，以使土地资源承载力研究更细致、深化。另外，本文只是从耕地产出的粮食入手，通过理论人口承载数量与现实人口数量关系，来判定地区土地资源承载力状况。由于尚无法获取最新分县耕地面积数据，及受篇幅所限，本文未对我国耕地利用状况与时间变化态势，以及耕地、粮食生产能力及人口的耦合关系进行分析，这在一定程度上限制了研究的深度。今后研究将对其进行补充探讨。

[参　考　文　献]

[1] 孙振远.世界粮食问题概论[M]. 北京：农业出版社，1986.

[2] Brown L R. Who will feed China? Wake-up call for a small planet [M]. New York: Norton, 1995: 9－10.

[3] Brown L. 地球不堪重负——水位下降、气温上升时代的食物安全挑战[M]. 北京：东方出版社，2004.

[4] 卢良恕. 中国农业新发展与食物安全[J]. 中国食物与营养，2003(11)：11－14.
Lu Liangshu. Agricultural development and food security in China[J]. Food and Nutrition in China, 2003(11): 11－14. (in Chinese with English abstract)

[5] Yin Peihong, Fang Xiuqi, Yun Yaru. Regional differences of vulnerability of food security in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(5): 532－544.

[6] 封志明. 中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J]. 人口研究，2007，31(2)：15－29.
Feng Zhiming. Future food security and arable land guarantee for development in China[J]. Population research, 2007, 31(2): 15－29. (in Chinese with English abstract)

[7] 冷疏影. 地理信息系统支持下的中国农业生产潜力研究[J]. 自然资源学报，1992，7(1)：71－79.
Leng Shuying. Research on the potential agricultural productivity of China with the help of GIS[J]. Journal of Natural Resources, 1992, 7(1): 1－79. (in Chinese with English abstract)

[8] 陈锡康，郭菊娥. 中国粮食生产发展预测及其保证程度分析[J]. 自然资源学报，1996，11(3)：197－202.
Chen Xikang, Guo Ju'e. Forecast of China's grain production development and its guarantee degree analysis[J]. Journal of Natural Resources, 1996, 11(3): 197－202. (in Chinese with English abstract)

[9] 谢俊奇，蔡玉梅，郑振源，等. 基于改进的农业生态区法的中国耕地粮食生产潜力评价[J]. 中国土地科学，2004，18(4)：31－37.
Xie Junqi, Cai Yumei, Zheng Zhenyuan, et al. AEZ-based assessment for food productivity potential of cultivated land in China[J]. China Land Science, 2004, 18(4): 31－37. (in Chinese with English abstract)

[10] 张红富，周生路，吴绍华，等. 基于农业可持续发展需求的江苏土地资源支撑能力评价. 农业工程学报，2009，25(9)：289－294.
Zhang Hongfu, Zhou Shenglu, Wu Shaohua, et al. Evaluation of land resources support capacity based on sustainable agriculture development needs in Jiangsu Province[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 289－294. (in Chinese with English abstract)

[11] 于伯华，吕昌河. 基于 DPSIR 模型的农业土地资源持续利用评价[J]. 农业工程学报，2008，24(9)：53－58.
Yu Bohua, Lü Changhe. Assessment of sustainable use of agricultural land resources based on DPSIR framework[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(9): 53－58. (in Chinese with English abstract)

[12] 申元村. 土地人口承载力研究理论与方法探讨[J]. 资源科学，1990，12(1)：21－26.
Shen Yuancun. Theory and method of population carrying capacity of land resources[J]. Resources Science, 1990, 12(1): 21－26. (in Chinese with English abstract)

[13] 封志明. 土地承载力研究的过去、现在与未来[J]. 中国土地科学，1994，8(3)：1－9.
Feng Zhiming. The past, present and the future of the studies on land carrying capacity[J]. China Land Science, 1994, 8(3): 1－9. (in Chinese with English abstract)

[14] 陈百明. 中国农业资源综合生产能力与人口承载能力[M]. 北京：气象出版社，2001：1－49.

[15] 石玉林，陈百明. 中国土地资源生产能力及人口承载量研究[M]. 北京：中国人民大学出版社，1991：4－20.

[16] 郑振源. 中国土地的人口承载潜力研究[J]. 中国土地科学，1996，10(4)：33－38.
Zheng Zhenyuan. China's land resources and population bearing capacity[J]. China Land Science, 1996, 10(4): 33－38.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(in Chinese with English abstract)

[17] 党安荣，阎守邕，吴宏岐，等. 基于 GIS 的中国土地生产潜力研究[J]. 生态学报，2000，20(6)：910－915.
Dang Anrong, Yan Shouyi, Wu Hongqi, et al. A GIS based study on the potential land productivity of China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(6): 910－915. (in Chinese with English abstract)

[18] 陈百明.“中国土地资源生产能力及人口承载量”项目研究方法论概述[J]. 自然资源学报，1991，6(3)：197－205.
Chen Baiming. An outline of the research method of the project “the productivity and population carrying capacity of the land resource in China”[J]. Journal of Natural Resources, 1991, 6(3) : 197－205. (in Chinese with English abstract)

[19] 石玉林. 中国土地资源的人口承载能力研究[M]. 北京：中国科学技术出版社，1992.

[20] 谢俊奇. 中国土地资源的食物生产潜力和人口承载潜力研究[J]. 浙江学刊，1997(2)：41－44.
Xie Junqi. The food productivity potential and population carrying capacity of the land resource in China[J]. Zhejiang Academic Journal, 1997(2): 41－44. (in Chinese with English abstract)

[21] 封志明，杨艳昭，张晶. 中国基于人粮关系的土地资源承载力研究：从分县到全国[J]. 自然资源学报，2008，23(5)：865－875.
Feng Zhiming, Yang Yanzhao, Zhang Jing. The land carrying capacity of China based on man-grain relationship[J]. Journal of natural Resources, 2008, 23(5): 865－875. (in Chinese with English abstract)

[22] 张勇，曾澜，吴炳方. 区域粮食安全预警指标体系的研究[J]. 农业工程学报，2004，20(3)：192－196.
Zhang Yong, Zeng Lan, Wu Bingfang. Index system for regional food security early warning[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 192－196. (in Chinese with English abstract)

[23] 梅方权. 21 世纪前期中国粮食发展分析[J]. 中国软科学，1995(11)：99－101.
Mei Fangquan. Analysis of grain development at early stage of 21st century in China[J]. China Soft Science, 1995(11): 99－101. (in Chinese with English abstract)

[24] 卢良恕，刘志澄. 中国中长期食物发展战略[M]. 北京：农业出版社，1993.

Characteristics of grain production and spatial pattern of land carrying capacity of China

Liu Dong, Feng Zhiming※, Yang Yanzhao, You Zhen

(*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100101, *China*)

Abstract: China has made great achievements in grain production during the recent 60 years. However, still considered one of the largest developing countries with a fast population growth in the world, China’s food security has always been a global concern and an important topic in the world, in which land carry capacity based on grain and population is one of the important fields. In this study the characteristics of China’s grain production was analyzed and summarized firstly, and then, land carrying capacity (LCC) and land carrying capacity index (LCCI) models were developed from the point of man-grain relationship. Finally, the LCCI was calculated for each county of China in 2007 and systematically evaluated towards the land carrying capacity and its spatial pattern. The results showed that: from 1949 to 2008, with a periodic fluctuation, the grain production of China showed an upward tendency from 200 million to 500 million tons. The population growth rate (an increase of 145%) was less than that of grain yield (an increase of 367%), and the grain yield per capita rose steadily from 209 kg in 1949 to 400 kg in the early 21st century; food deficits and population overloading remained the primary characteristics of China's LCC at a county scale in 2007. The grain surplus counties located in the major grain-producing areas so that the population was less than the regional LCC, such as Northeast Plain, North China Plain, the middle reaches of the Yangtze River, Hexi Corridor, Hetao Plain and Sichuan Basin. While, those counties located in southeast coastal regions of China with a high population density, and regions with critical natural environment and low grain production, such as the arid region of Northwest China, the Tibetan Plateau, the Loess Plateau, the Yunnan-Guizhou Plateau and the Mountain of North China, had a man-grain conflict and appeared to be population overloading. China had a large net grain surplus at a national scale in 2007, thus for counties with a deficit in grain production, large amount of grain should be traded and transported from other China’s regions in order to meet people’s demands. It should be remarked that city-clustered regions located in eastern and central part of China, such as Beijing, Tianjin and Hebei region, the Yangtze River Delta, the Pearl River Delta and Wuhan Metropolitan Area and so on, had a tenser man-grain conflict than others. Along with the rapid development and urbanization trends in China, the man-grain conflict in these regions will become more and more severe, and the trade and transportation of grain will also appeared to be even more important.

Key words: grain, production, China, land carrying capacity, population, spatial pattern

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

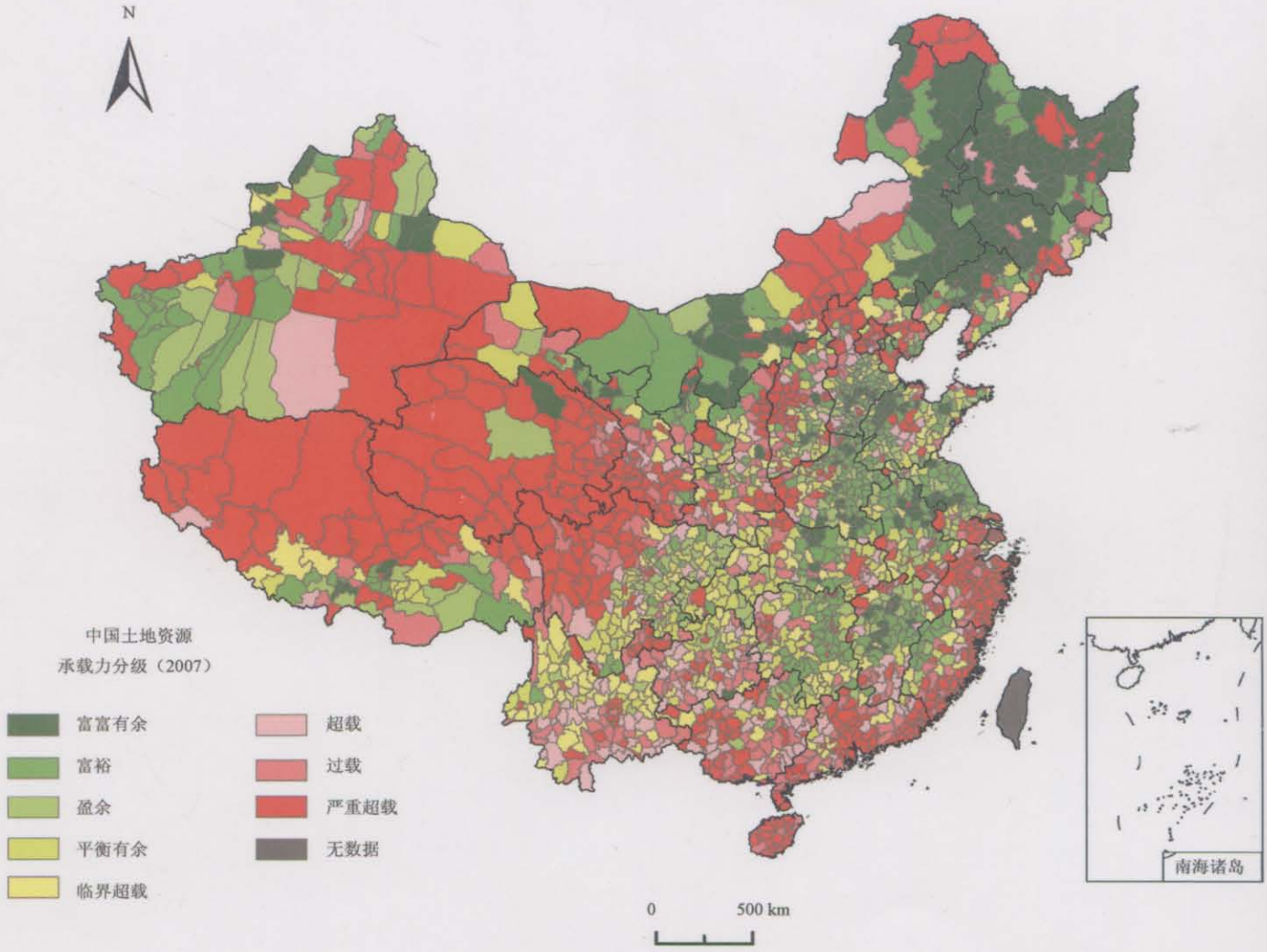

图3 2007年中国分县土地资源承载力空间格局

Fig.3 Spatial patterns of land carrying capacity at county level in China in 2007

中国标准连续出版物号：ISSN 1002-6819 CN11-2047/S　　邮发代号：18-57　　国内定价：50元

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net