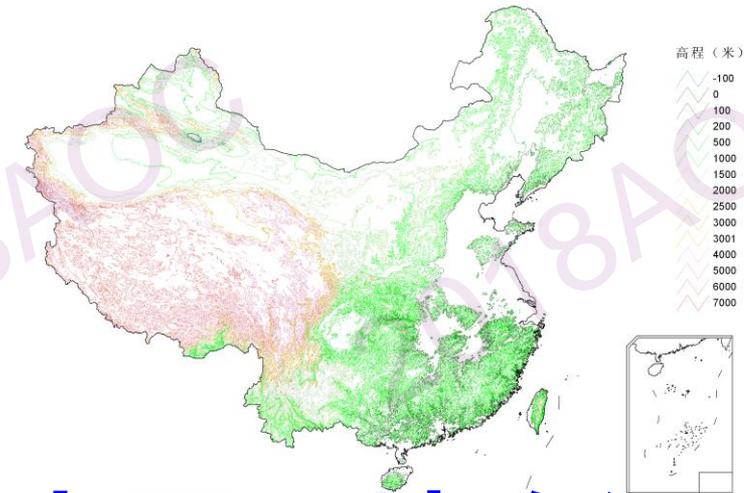


2018中国农业展望大会



# 中国土地资源承载力：回顾与前瞻

## 基于人粮关系的讨论

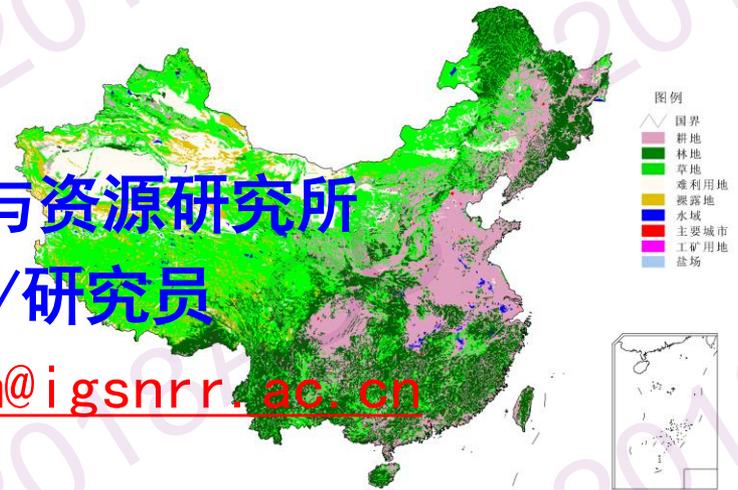
中国科学院地理科学与资源研究所

封志明

博士/研究员

010-64889393,

[fengzm@igsnrr.ac.cn](mailto:fengzm@igsnrr.ac.cn)



# 中国土地资源承载力：回顾与前瞻

## 基于人粮关系的讨论

### 一、背景与方法

### 二、结论与回顾

- 总体水平
- 分省格局
- 分县尺度

### 三、前瞻与讨论

# 一、背景与方法

**“建立资源环境承载力监测预警机制，对水土资源、环境容量源和海洋资源超载地区实行限制性措施”**是2013年十八届三中全会做出的重大决定。

**资源环境承载力**是对资源承载力、环境承载力（容量）、生态承载力等概念与内涵的集成表达。2008年汶川地震重建规划首次采用这一概念，并将资源环境承载能力评价作为总体规划的基础和依据。

目前，**资源环境承载力**的重要性越来越得到社会各界认同，正在中央决策、政府文件和规划编制中得到普遍应用。

# 一、背景与方法

**资源环境承载力**研究事关资源环境“最大负荷”这一基本科学命题。**20世纪初期**，资源环境承载力概念已具雏形，最早可见于：

- 德国1902年弗德勒（Leopold Pfaundler von Hadermur）的“物理观点之世界经济”的**能量承载力**
- 美国1906年农业部年鉴（Yearbook of the United States Department of Agriculture）的**畜牧承载力**。

**土地资源承载力**（Land Carrying Capacity）一般是指一定地区的土地所能持续供养的人口数量，即**土地人口承载量**（Population Supporting Capacity of Land）

# 一、背景与方法

**土地资源承载力**反映的是区域人口与粮食的关系，可以用一定粮食消费水平下，区域粮食生产力所能供养的人口规模来度量。以公式表示为：

$$LCC = G / Gpc$$

式中， $LCC$ 为土地资源承载力，人；

$G$ 为粮食总产量，kg；

$Gpc$ 为人均粮食消费标准，kg/人。

国内众多专家根据联合国粮农组织公布的人均营养热值标准，结合中国国情计算并提出**中国人均粮食消费400kg即可达到营养安全**，因此本文把人均粮食消费400kg作为营养安全的标准。

# 一、背景与方法

为揭示区域现实人口数量与土地资源承载力之间的关系，我们构建了**土地承载力指数 (LCCI)**，以表征全国、分省及分县三个尺度的过去与现在实际人口与承载力的相互关系。LCCI及其相关指标的计算公式如下：

$$LCCI = Pa / LCC$$

$$Rp = (Pa - LCC) / LCC \times 100\% = (LCCI - 1) \times 100\%$$

$$Rg = (LCC - Pa) / LCC \times 100\% = (1 - LCCI) \times 100\%$$

式中，**LCCI**为土地承载力指数；**LCC**为土地资源承载力，人；

**Pa**为现实人口数量，人；**RP**为土地超载率，**Rg**为粮食盈余率。

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类8级**。

## 基于土地承载力指数（LCCI）的土地承载状态评价

类 型	土地承载状态	土地承载力评价指标		
		LCCI	土地超载率	粮食盈余率
粮食盈余地区	富富有余	$\leq 0.5$		$R_g \geq 50\%$
	富裕	$0.5 \sim 0.75$		$25\% \leq R_g < 50\%$
	盈余	$0.75 \sim 0.875$		$12.5\% \leq R_g < 25\%$
人粮平衡地区	平衡有余	$0.875 \sim 1$		$0\% \leq R_g < 12.5\%$
	临界超载	$1 \sim 1.125$	$0\% < RP \leq 12.5\%$	
土地超载地区	超载	$1.125 \sim 1.25$	$12.5\% < RP \leq 25\%$	
	过载	$1.25 \sim 1.5$	$25\% < RP \leq 50\%$	
	严重超载	$> 1.5$	$RP > 50\%$	

- 土地资源承载力（粮食产量/消费标准）： $LCC = G/Gpc$
- 土地承载力指数（人口规模/承载力）： $LCCI = Pa/LCC$
- 土地超载率： $RP = (Pa - LCC) / LCC \times 100\% = (LCCI - 1) \times 100\%$
- 粮食盈余率： $R_g = (LCC - Pa) / LCC \times 100\% = (1 - LCCI) \times 100\%$

# 一、背景与方法

以人粮关系为基础，建立土地承载力指数（Land Carrying Capacity Index, LCCI）模型：

- 从分县、分省到全国三个尺度
- 定量评价中国不同地区土地资源承载力的过去与现在（1949—2015年，2035—2050年）

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。

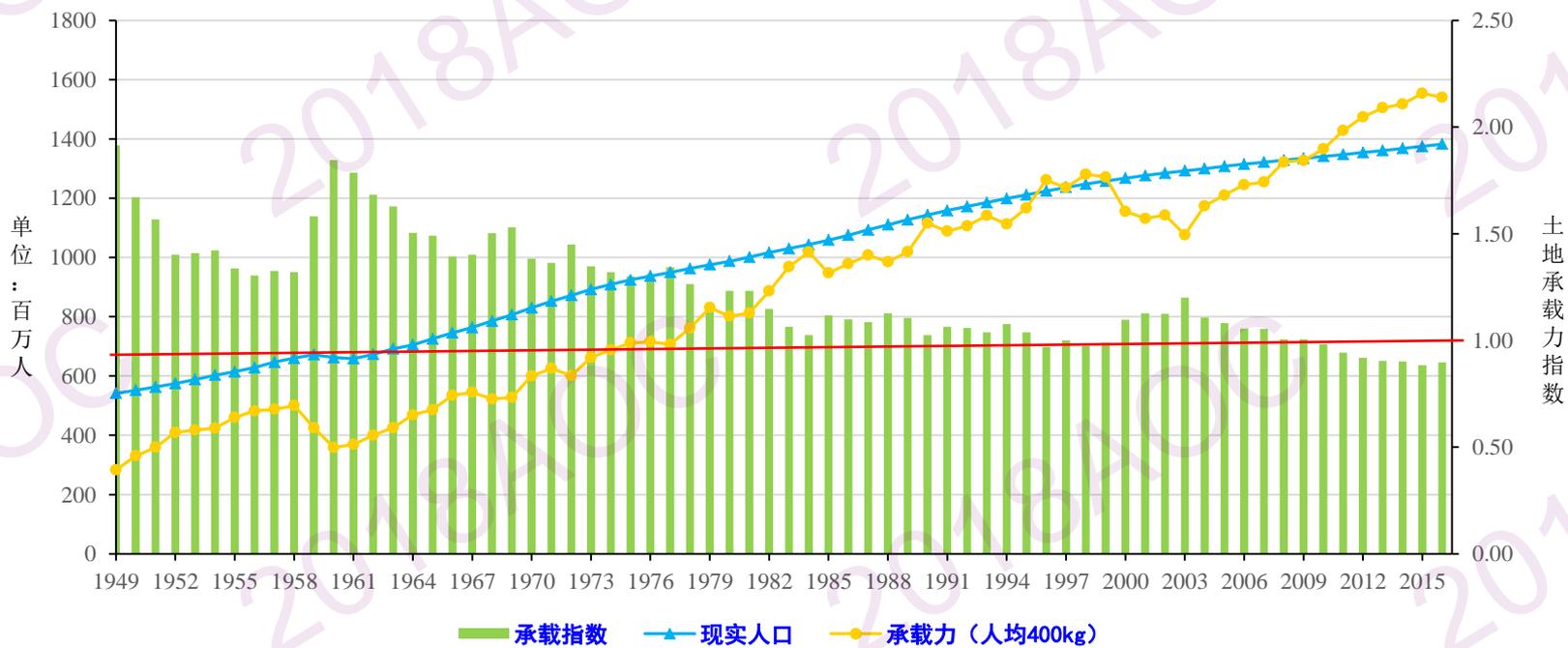
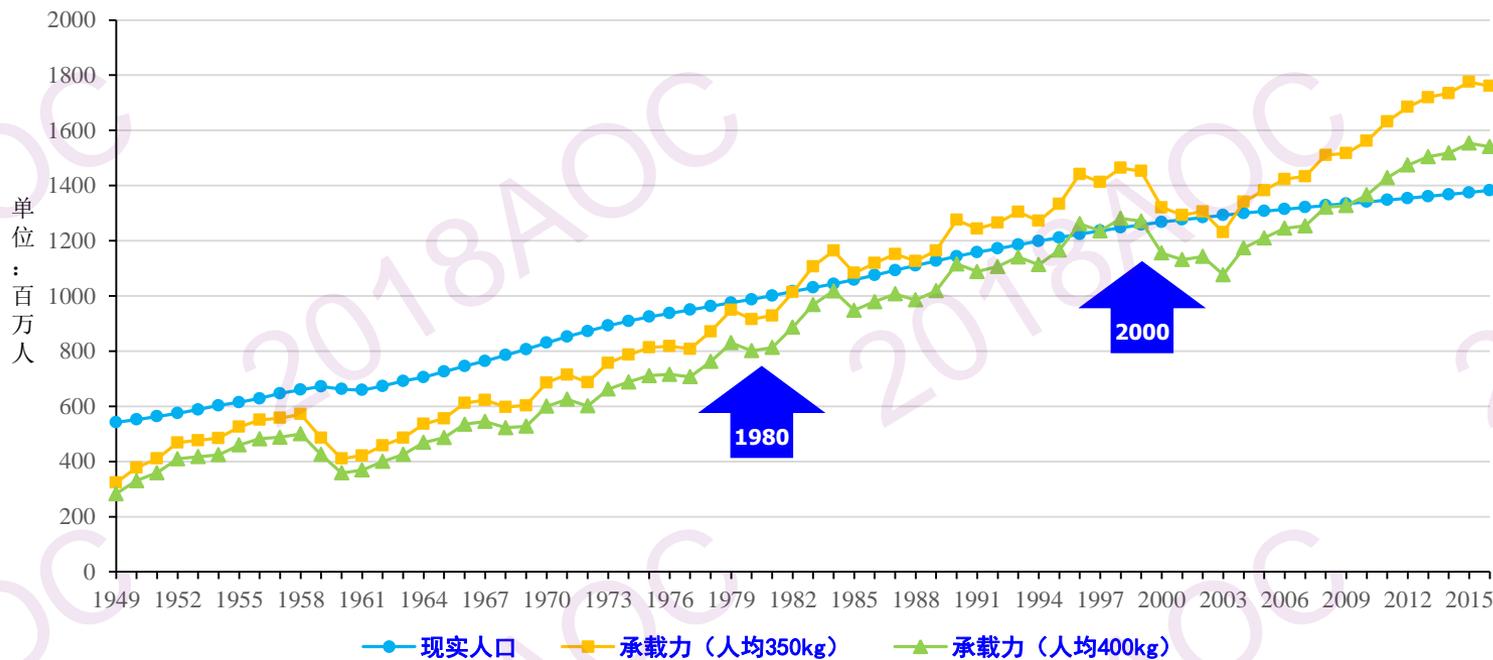
研究仅涉及中国大陆省区，未包括台港澳地区。  
数据来源于政府部门提供的各种统计资料。

## 二、结论与回顾

### (1) 总体水平：中国大陆土地资源承载力逐步增强，人粮关系趋于均衡

以达到营养安全的人均消费粮食400kg计——

- 1949-1980年30年间，中国大陆粮食生产一直低于人口需求，**土地承载力指数 (LCCI) 介于1.85-1.15之间**，土地资源承载力总体表现为粮食短缺、人口超载，人粮关系趋于缓和；
- 1980年以后，随着粮食产量的逐步上升，土地资源承载能力随之提高，**土地承载力指数 (LCCI) 介于1.25-0.88之间**，总体表现为丰年平衡有余，欠年临界超载，人粮关系趋于均衡。



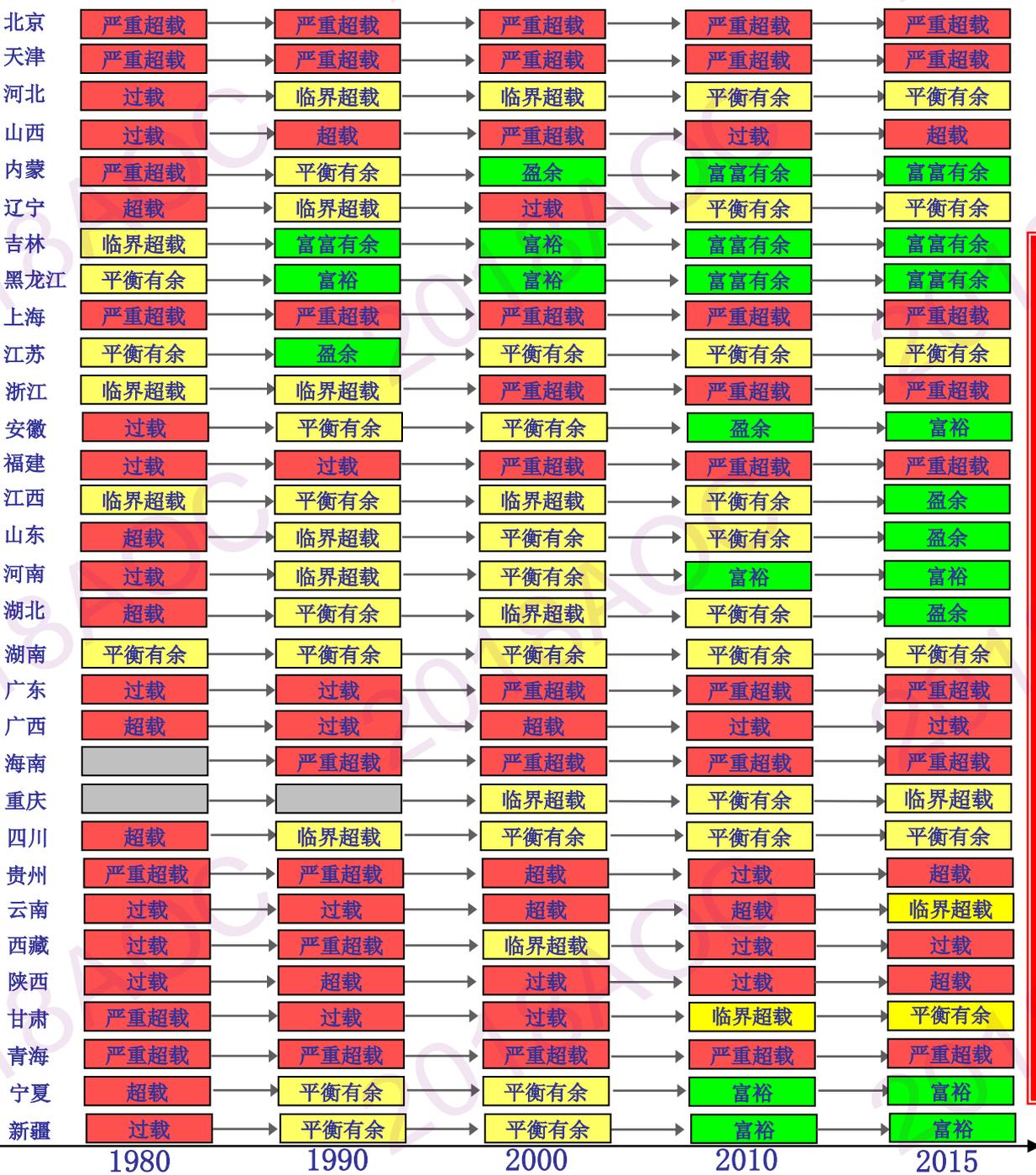
## 二、结论与回顾

### (2) 分省格局：粮食盈余省份增多，人口超载省份减少，人粮关系趋于改善

采用连续3年均值反映大陆各个省份土地资源承载力的历史变化趋势，具体而言，1979-1981、1989-1991、1999-2001和2009-2011、2014-2016年依次代表了1980、1990、2000、2010和2015年的土地资源承载状态。

**结果表明，1980—2015年，粮食盈余省份增多，人口超载省区减少，人粮关系趋于改善。**

# 1980-2015年大陆 分省土地资源承载力



分省土地资源承载力的空间格局表明：

□粮食缺口较大，人口超载严重的省区一是北京、天津、上海和广东等城市化水平较高、人口集聚效应明显的省区，粮食自给能力较弱，粮食需要大量跨区调入；二是贵州、云南、青海和甘肃等省区，粮食生产水平较低，人粮关系也以人口超载为主要特征。

□人粮关系较好、粮食平衡有余，具有一定发展空间的省份主要位于粮食产量较高的吉林、黑龙江、内蒙古和河南、山东、江西、湖北等省。

## 二、结论与回顾

**(3) 分县尺度：粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善**

以分县为基本研究单元，以连续3年的平均值代表1980、1990、2000、2010和2015年，采用土地资源承载力（LCC）模型和土地承载力指数（LCCI）模型，系统评估了大陆分县尺度的土地资源承载状态。

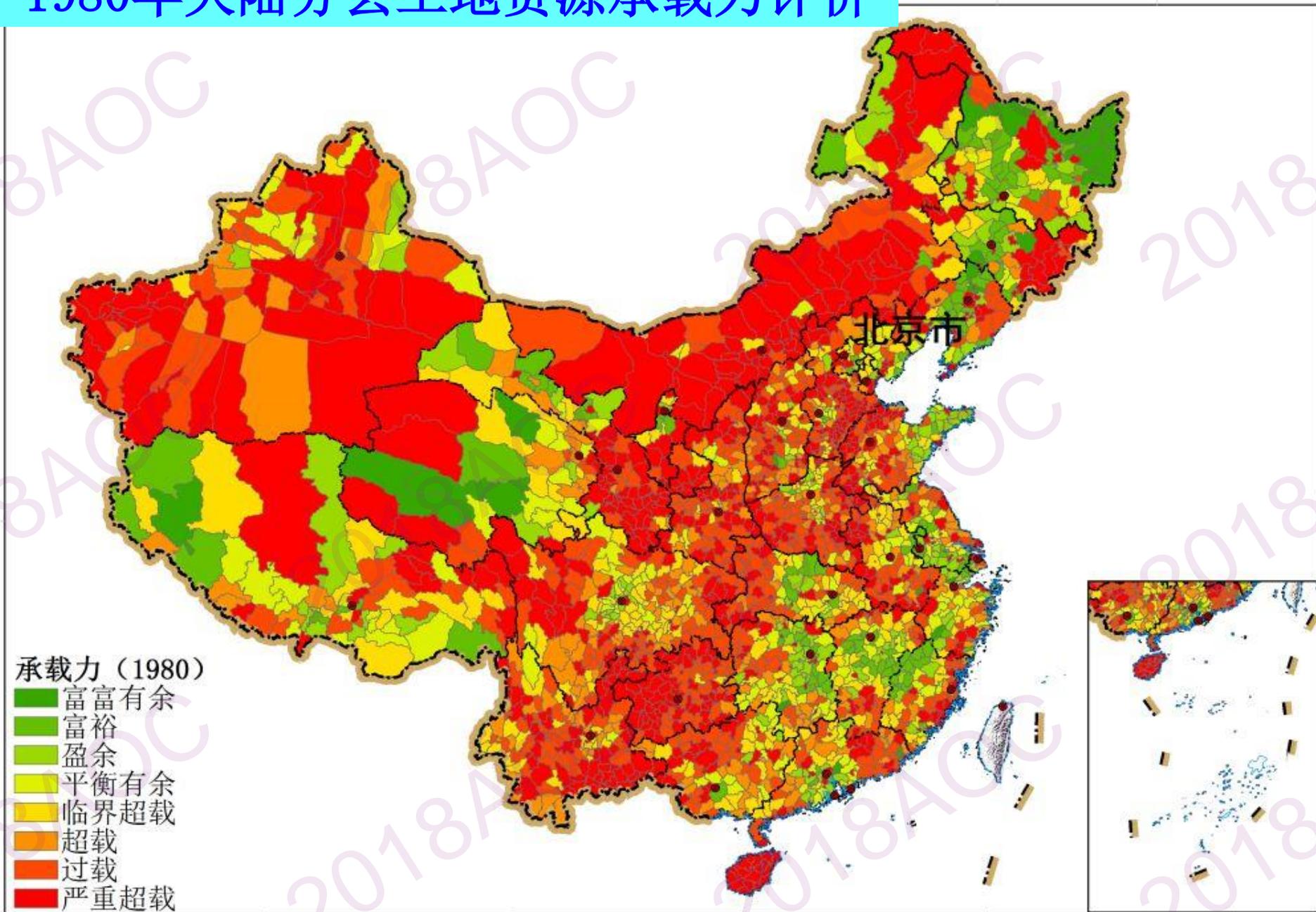
**结果表明，1980—2015年，大陆粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善。**

## 二、结论与回顾

**(3) 分县尺度：粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善**

**1980年，大陆分县土地资源承载力以粮食短缺、人口超载为主要特征：大陆66.1%的人口、68.3%的地区处于不同程度的粮食亏缺状态，其中严重超载的地区占全国的37.3%，相应人口占35.5%；人粮关系基本平衡的地区占19.1%，相应人口占20.8%；粮食盈余的地区只占12.7%，相应人口占13.2%。**

# 1980年大陆分县土地资源承载力评价



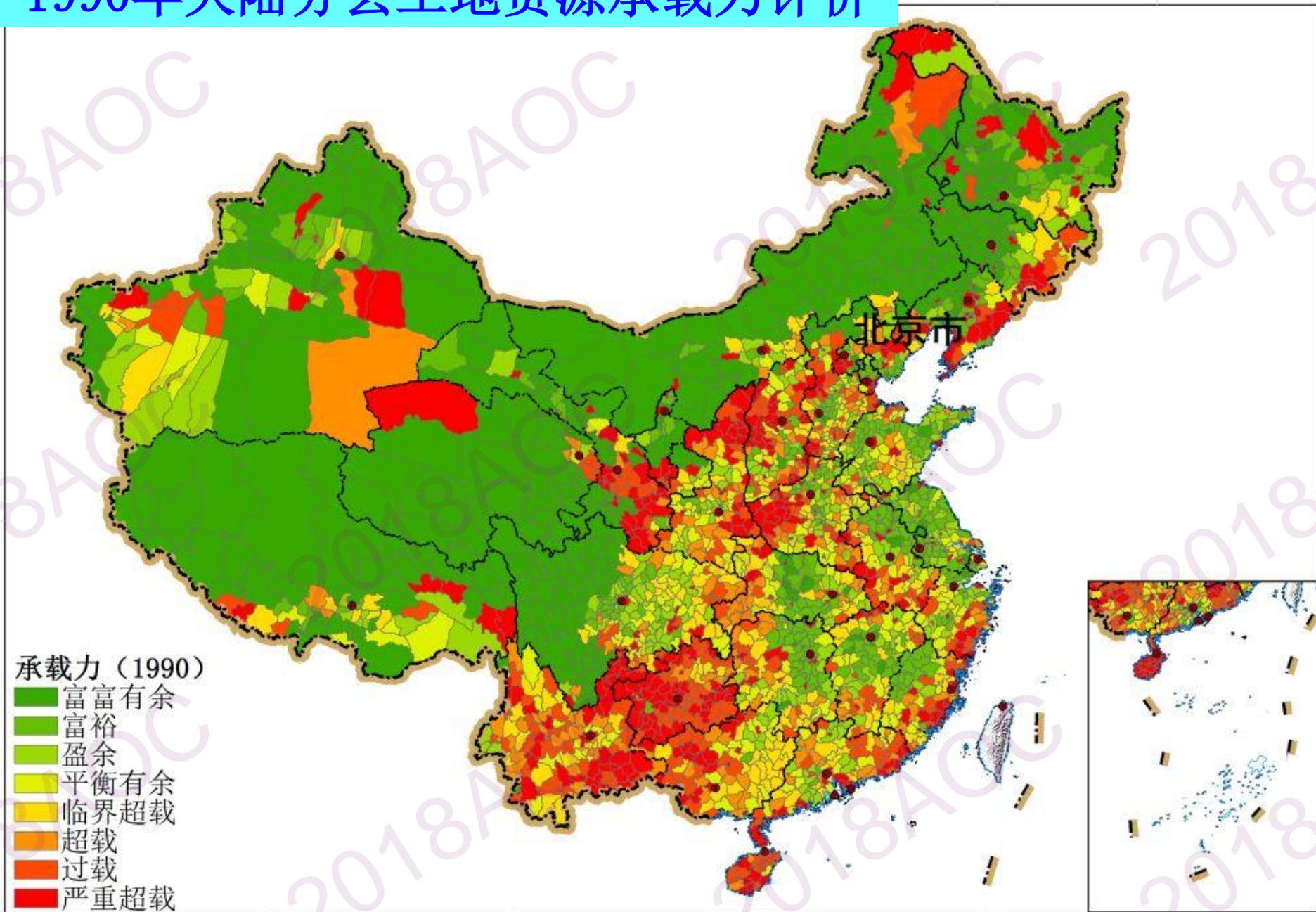
## 二、结论与回顾

(3) 分县尺度：粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善

1990年，大陆分县土地资源承载状况较1980年代显著改善，粮食盈余的地区明显增加，但土地资源承载力仍以人口超载为主要特征。

人口超载、人粮平衡和粮食盈余的地区分别占大陆的45.7%、23.3%和31.1%，相应的人口依次为43.8%、23.2%和33.1%。

# 1990年大陆分县土地资源承载力评价



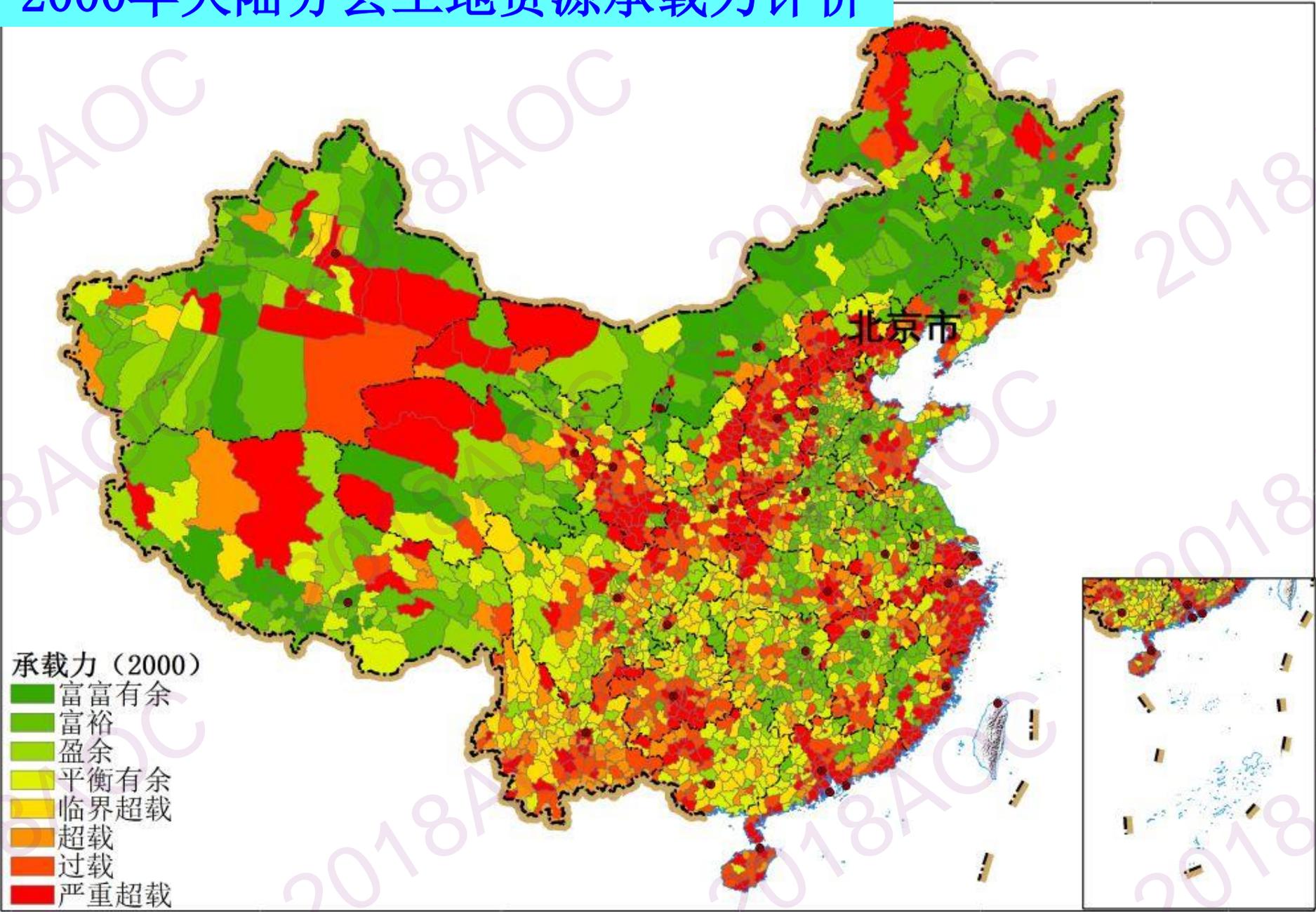
## 二、结论与回顾

(3) 分县尺度：粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善

2000年，受粮食生产的波动性以及人口持续增加的影响，大陆分县人口和粮食的矛盾较1990年略有增加。人口超载、人粮平衡和粮食盈余的县域依次占大陆的48%、22%和30%，人口分别占51.9%、21.1%和27%。



# 2000年大陆分县土地资源承载力评价



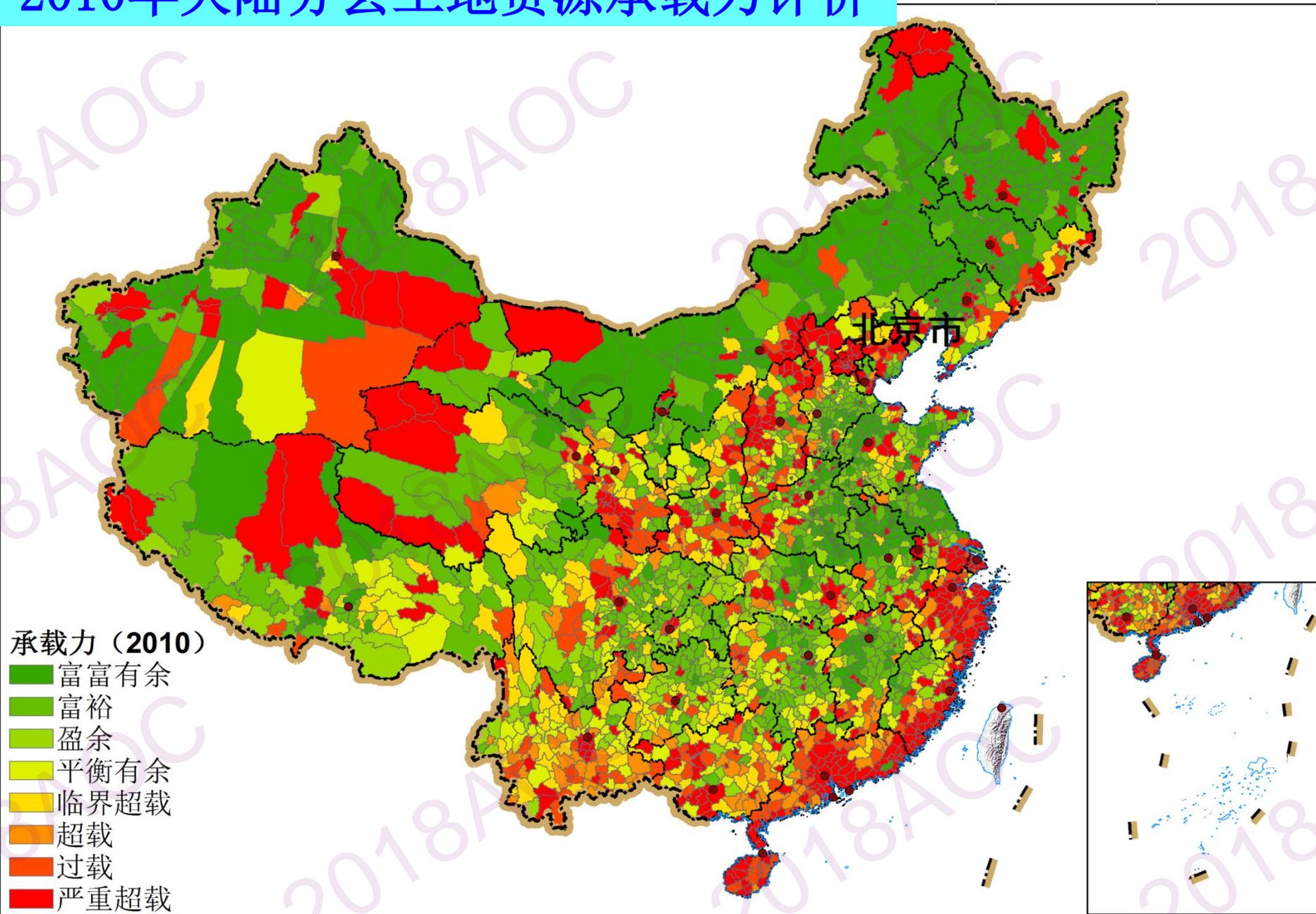
## 二、结论与回顾

(3) 分县尺度：粮食盈余县域在增加，人口超载县域在减少，人粮关系明显改善

2010年，大陆分县土地资源承载状况较2000年有所改善：

- 大陆有1079个分县单元粮食短缺、人口超载，土地面积约占52.4%，相应人口6.9亿，约占大陆的52.0%，粮食缺口高达15662万吨；
- 粮食盈余的分县单元共计1277个，土地面积约占47.6%，相应人口6.37亿，约占大陆的48.0%，粮食盈余25284万吨，尚可支持6.32-7.22亿人口的粮食需求。

# 2010年大陆分县土地资源承载力评价



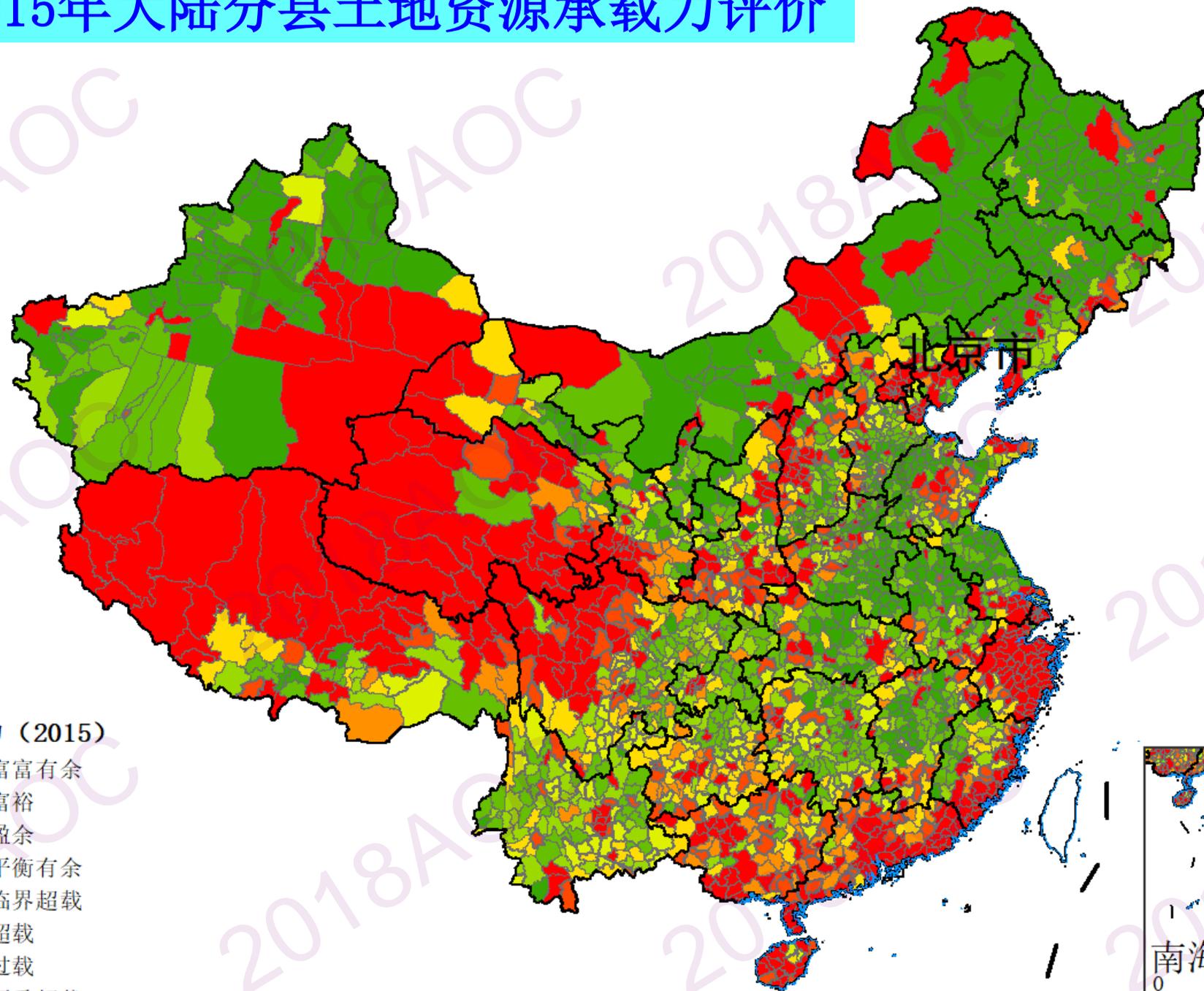
## 二、结论与回顾

(3) 分县尺度：粮食盈余地区在增加，人口超载地区在减少，人粮关系明显改善

2015年，大陆分县土地资源承载状况较2010年有所增强：

- 大陆有1013个分县单元粮食短缺、人口超载，土地面积约占49.0%，相应人口7.3亿，约占53.1%，粮食缺口高达16721万吨；
- 粮食盈余的分县单元共计1275个，土地面积约占51.0%，相应人口6.43亿，约占46.9%，粮食盈余28266万吨，尚可支持7.07-8.76亿人口的粮食需求。

# 2015年大陆分县土地资源承载力评价



# 三、前瞻与讨论

美丽中国2035目标和2050远景已经绘就

2035 → 基本实现社会主义现代化

2050 → 建成富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国

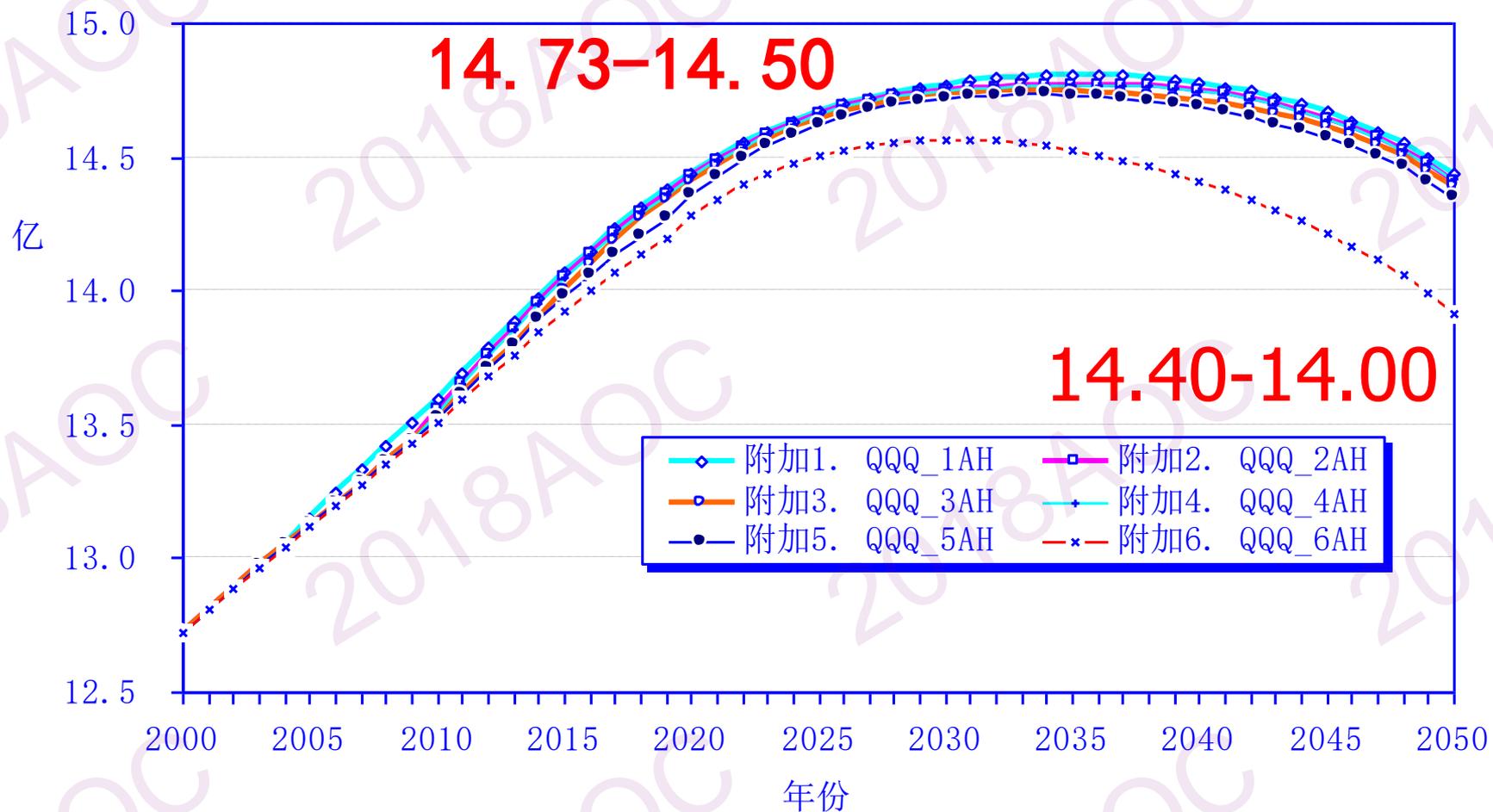
50s, 75-85岁  
60s, 65-75岁  
70s, 55-65岁

2035 →

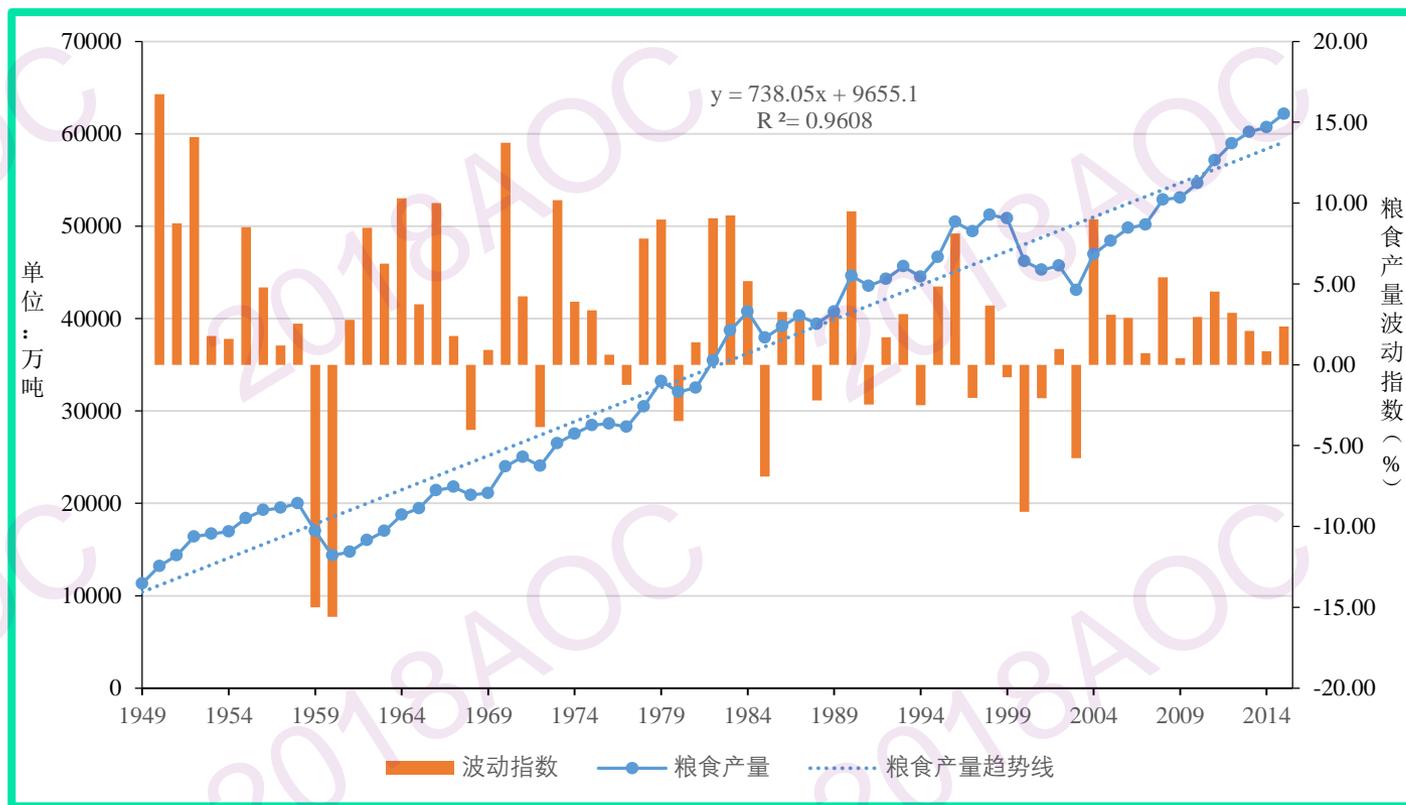
2050 →

80s, 60-70岁  
90s, 50-60岁  
00s, 40-50岁

图1 比较附加方案的总人口趋势



高生育 + 2000年以后无“非农化” + 2005年起城乡同开双独 + 2005年起农村开单独 + 2020年起城市开单独 + 开放二孩递进生育率=0.99



➤ 2003-2015年中国粮食生产连续12年大丰收，年均粮食产量达到5.37亿吨，其中2015年达到创纪录的6.21亿吨。事实表明，中国21世纪初期的粮食综合生产能力已跨过6亿t水平。

➤ 中国粮食生产波动较大且具有明显的周期性，波动周期4-8年长短不一。中国21世纪初期的粮食生产目前正处在6-7亿t的持续增长时期。

# 三、 前瞻与讨论

□ 基于国务院2000年制定的《2001-2010年中国食物与营养发展纲要》和国家食物与营养咨询委员会2003年提出的中国食物发展的阶段性目标，考虑到中国粮食生产与食物消费的现状与趋势\_

(1) 综合推算人均粮食需求2010年应在400-410kg，2020年在420-435kg左右，2030-2040年的人口高峰时期应在450-470kg水平

➤ 据此推测2010年、2020年和2035年中国粮食需求总量将分别达到5.41-5.55亿t、6.03-6.25亿t和6.63-6.92亿t

# 未来人口的食物消费水平与粮食需求预测

项 目		“十一五” 期末 2010年	全面小康社会 2020年	人口高峰时期 2030-2040年
恩格尔系数		40%-49%	<40%	30%-39%
营养素日均摄入量	热量 (kcal)	2500	2600	> 2600
	蛋白质 (g)	77(30%)	80(50%)	> 80(50%)
	脂肪(g)	70	78(35%)	> 78(35%)
口粮(kg)		175	165	150-140

中国近年来的粮食生产能力保持在6.0亿t左右，即使能通过外贸进口解决5%-10%的粮食需求，到2030-2040年的时候，中国至少还要通过自己的国土资源解决6.6-6.9亿t的粮食生产和供给，这比中国目前6亿t的粮食生产能力要高出10-15%，中国农业自然资源仍将面临人口增加与消费扩张的双重压力。

动物性产品年消费量	蛋类(kg)	17	20	20
	奶类(kg)	18	28	40-50
	水产品(kg)	20	25	25-30
年人均粮食需求量(kg)		400-410	420-435	450-470
粮食需求总量 (10 <sup>8</sup> t)		5.41-5.55	6.03-6.25	6.63-6.92

# 三、前瞻与讨论

(2) 多种研究表明，中国未来30年内的粮食产量可以持续增长。

- 比较乐观的估计是2010年、2020年和2030年粮食总产达到5.92亿t、6.75亿t和7.34亿t
- 比较保守的估计是2010年5.7亿t、2020年6.25亿t和2030年6.77亿t

**中国2020-2030年的粮食生产能力可以基本满足中长期人口发展的需求。**

# 中国未来人口发展的粮食生产能力预测

单位：亿t

预测方法	年份				备注
	2010	2020	2030	2050	
农业生态区法 (AEZ)				7.05	中国土地资源的潜在人口支持能力项目组
	5.92		6.77	7.47	中国农业资源综合生产能力与人口承载力研究组
投入占用产出 分析		6.25	6.85		中国科学院国情分析小组
		6.75	7.25		
趋势预测	5.8	6.6	7.34		中国农业发展战略研究课题组
趋势预测	5.7	6.59			本课题组
<b>乐观估计</b>	<b>5.92</b>	<b>6.75</b>	<b>7.34</b>		
<b>保守估计</b>	<b>5.7</b>	<b>6.25</b>	<b>6.77</b>		

对于2020-2030年中国能否满足自己的粮食需求存在不同观点：

- 乐观估计是，如果最大限度挖掘自身粮食生产潜力，2020-2030年中国粮食产量能够满足人均420-430kg的消费需求；
- 保守观点认为，消费水平提高会导致2020-2030年中国粮食生产与消费需求间存有少量缺口。

# 三、 前瞻与讨论

(3) 研究认为，中国粮食最大可能生产能力超过8亿t，2050年的粮食产量预计超过7亿t，可以支持中国未来人口高峰期人均450-470kg的粮食需求。

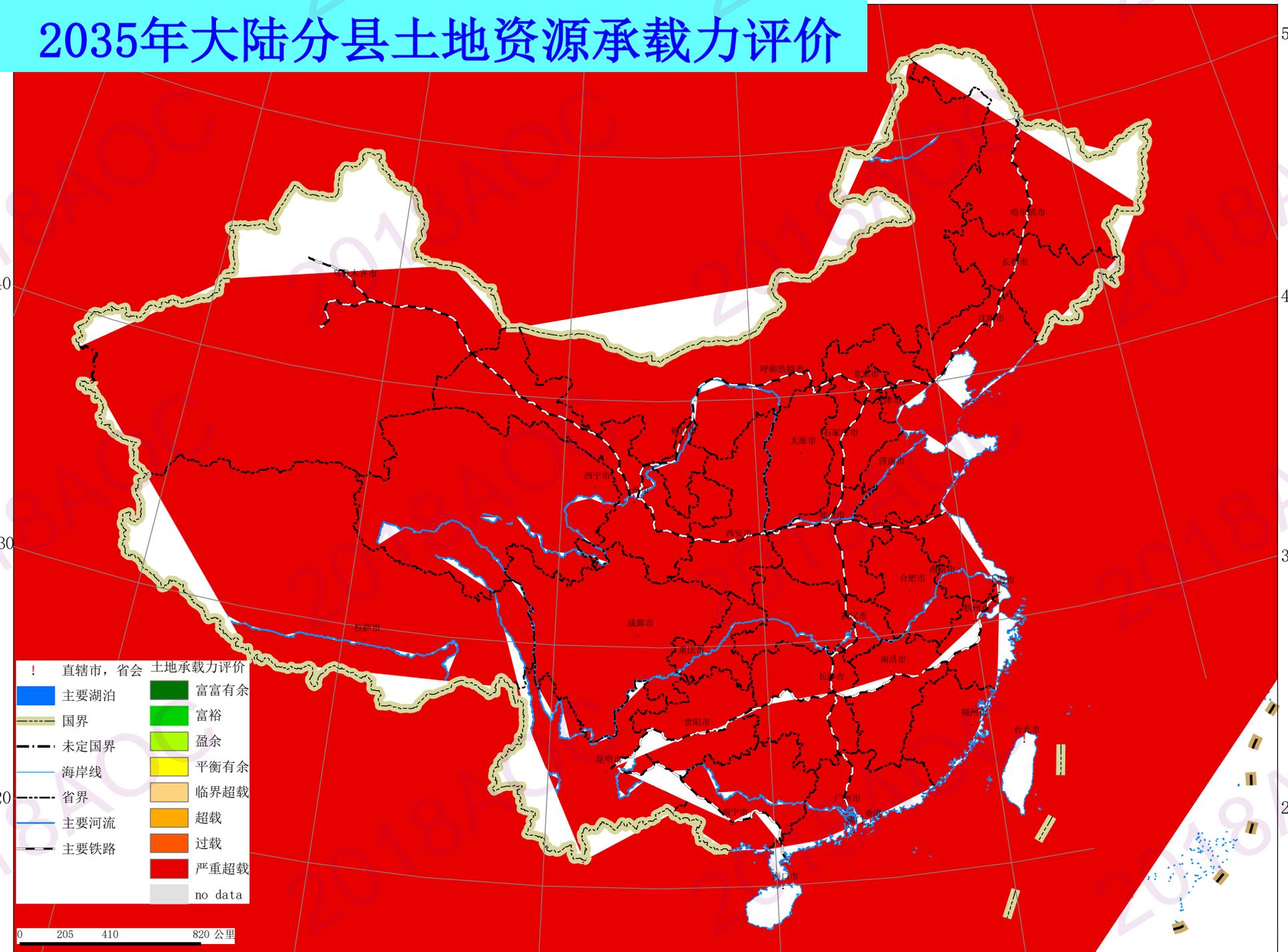
- ✓ 《中国土地资源生产能力与人口承载力》研究认为，保持18.5亿亩耕地规模，灌溉耕地面积达到10亿亩，农作物播种面积保持不变，中国耕地资源的粮食最大可能生产能力超过8亿t；
- ✓ 《中国农业资源综合生产能力与人口承载力》研究认为，耕地资源保持在19亿亩水平，灌溉耕地面积达到10亿亩，灌溉水效率提高到1.9kg/m<sup>3</sup>，中国2050年预期耕地资源的粮食产量可以超过7亿t。

### 三、 前瞻与讨论

由此看来，在确保耕地资源维持在18亿亩水平，中国未来耕地资源的粮食生产能力足以支持中国2030-2040年人口高峰时期人均450-470kg的粮食需求。

(4) 就分县而言，2035年，中国大陆2/5的人口生活在人口超载地区、1/3的人口生活在粮食盈余地区；2030-2040年在生活水平有所提高的情景下，中国土地资源承载力仍将趋于增强。

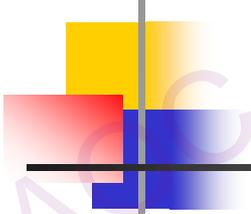
# 2035年大陆分县土地资源承载力评价



# 大陆分县单元的土地承载状态（2035）

项目	县域		人口		粮食		人均粮食
	个数 (个)	比重 (%)	数量 (10 <sup>4</sup> 人)	比重 (%)	总量 (10 <sup>4</sup> t)	比重 (%)	kg
富富有余	224	9.49	9574	6.5	15269	21.03	1595
富余	420	17.79	22799	15.48	16807	23.15	737
盈余	306	12.96	18478	12.54	10765	14.83	583
粮食盈余地区总计	950	40.24	50852	34.52	42841	59.01	842
平衡有余	307	13	18592	12.62	9444	13.01	508
临界超载	224	9.49	14291	9.7	6415	8.84	449
基本平衡地区总计	531	22.49	32883	22.32	15859	21.84	482
超载	173	7.33	10534	7.15	4227	5.82	401
过载	197	8.34	11768	7.99	4114	5.67	350
严重超载	510	21.6	41264	28.01	5561	7.66	135
土地超载地区总计	880	37.27	63566	43.15	13903	19.15	219
全国总计	2361	100	147300	100	72602	100	493

耕地（18亿亩水平）、复种（144%）、粮作（73%）、人口（14.73亿）

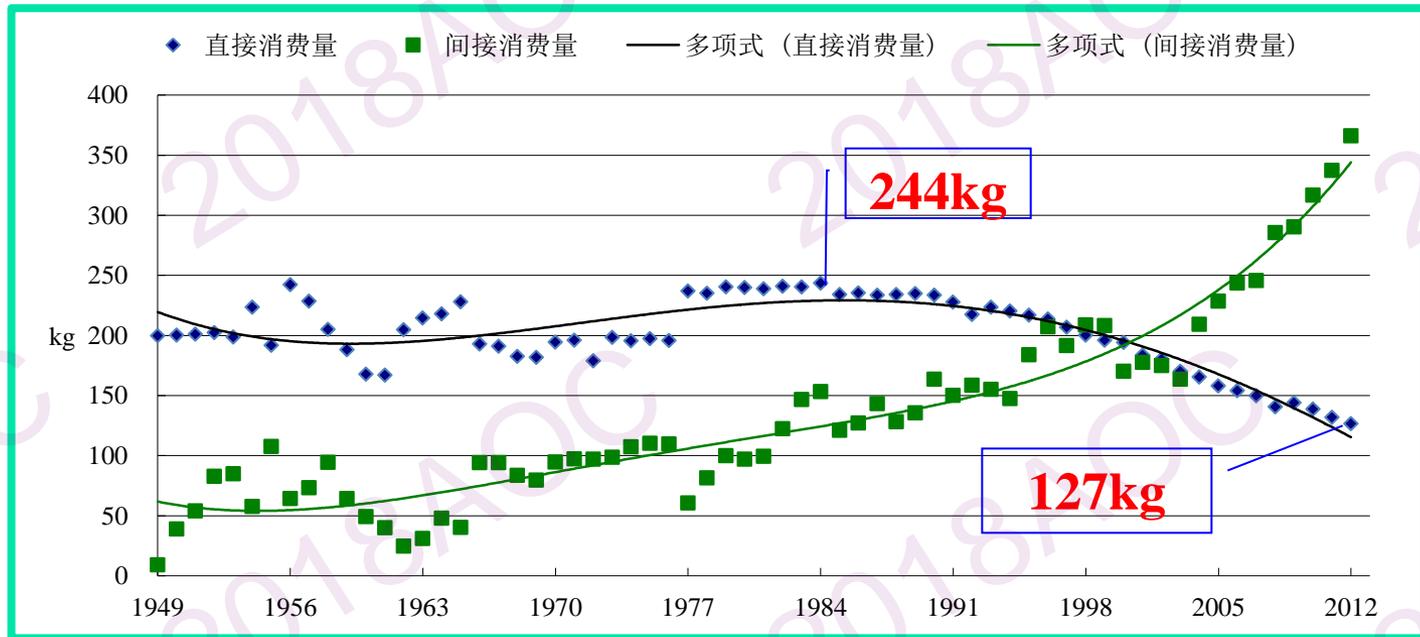


## 三、前瞻与讨论

### 几点讨论：

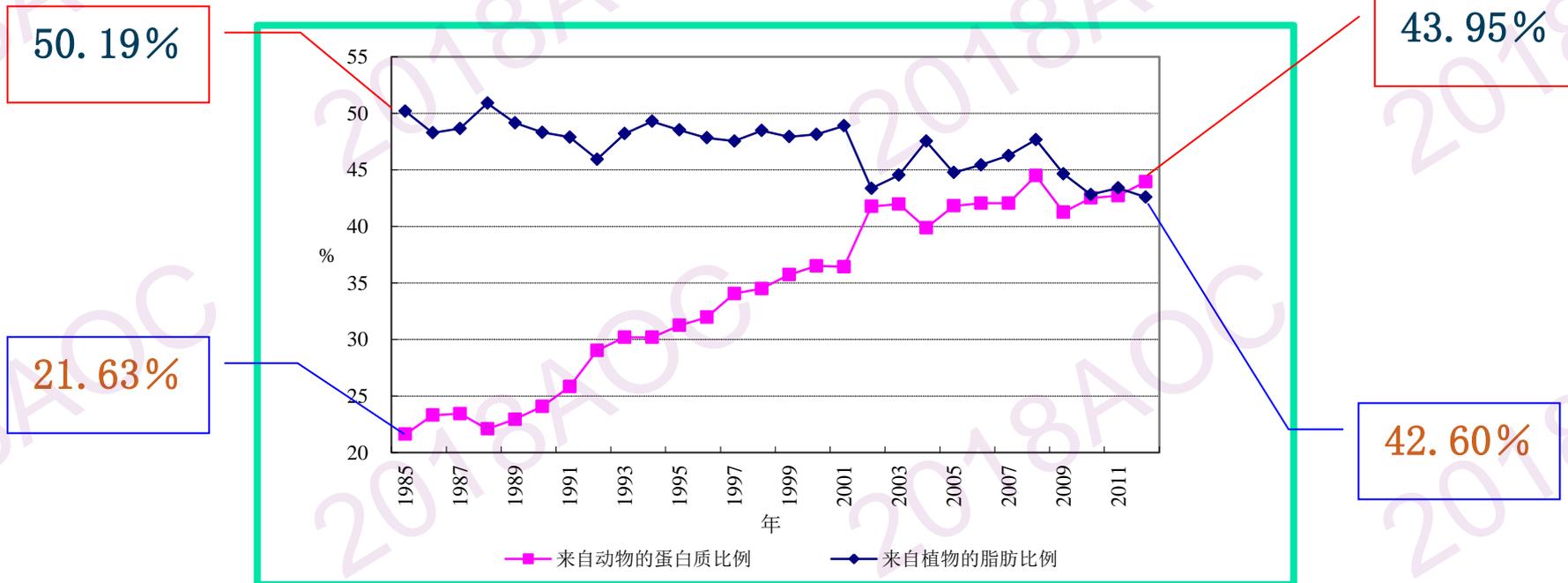
- (1) 人均粮食消费结构变化
- (2) 城镇居民膳食营养结构变化
- (3) 农村居民膳食营养结构变化
- (4) 主要食物产量与人均量变化

## (1) 大陆居民人均粮食消费量变化



大陆人均直接粮食消费，以1984年的244kg为转折点，出现了由不断增加转向缓慢减少的变化，到2012年人均消费127kg。人均粮食直接消费量稳步下降，逐渐为其他多种类的食物所代替；人均间接粮食消费增长了2倍有余，动物性产品比重增加；**食物消费结构趋于均衡合理。**

## (2) 城镇居民摄入营养素来源变化



——来自动物的蛋白质比例增加，表明动物性食品在增加，居民食物消费结构趋向合理；来自植物的脂肪仍在减少，表明城镇居民膳食营养结构正在向动植物并重方向发展。

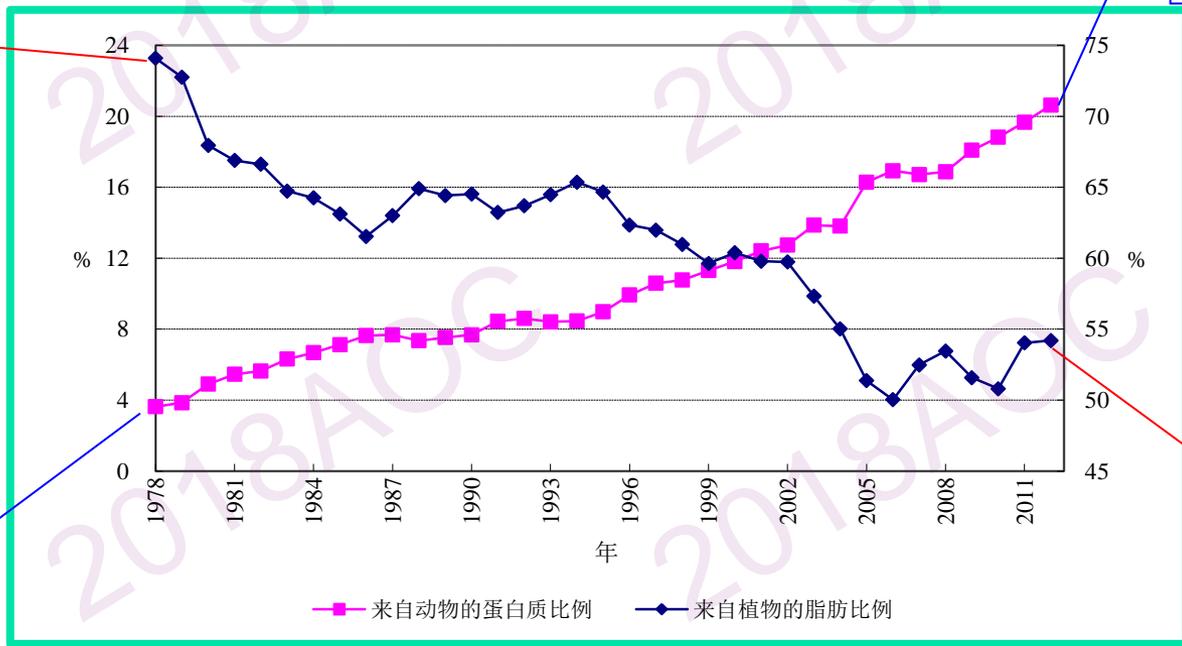
### (3) 农村居民膳食营养素来源变化

74.09%

3.63%

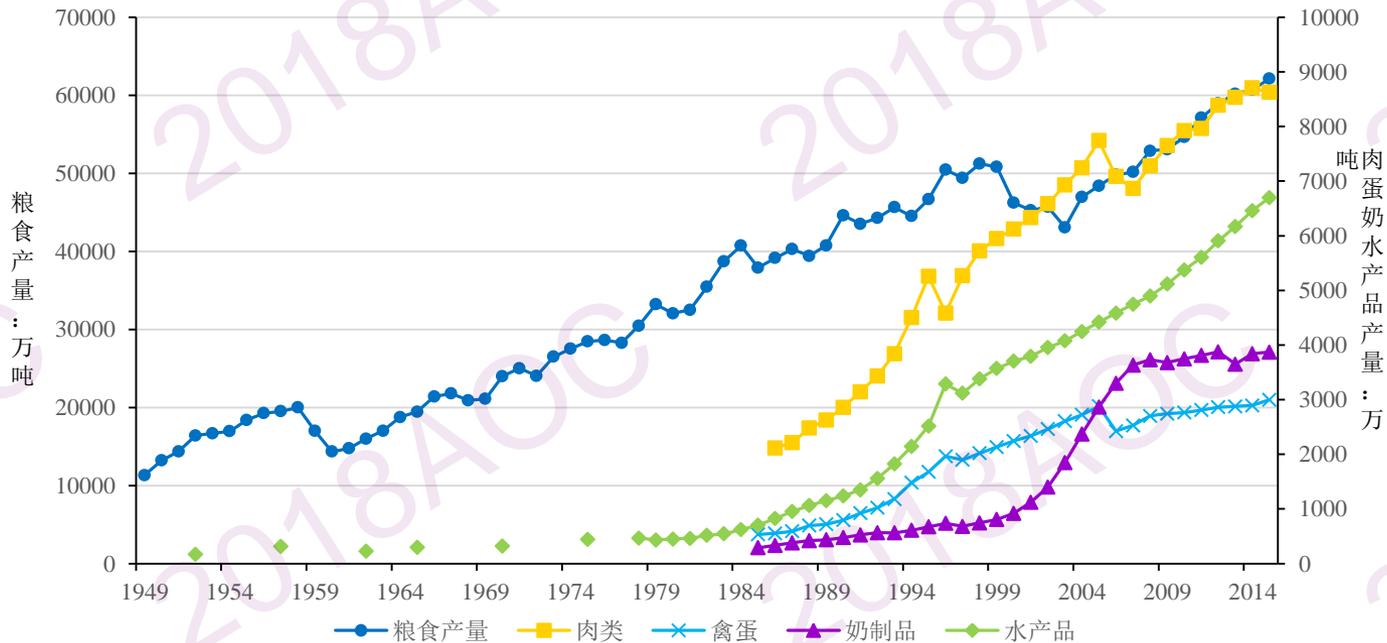
20.62%

54.21%



——相对于城镇居民，农村居民来自动物的蛋白质比例仍然偏低，而来自植物的脂肪比重依然较高，城乡居民的膳食营养水平差距仍然较大。

## (4) 主要食物产量与人均量变化



- **1978-1984年**，粮食产量由3亿t增加到4亿t，人均占有量由1977-1979年的318kg增加到1983-1985年的375kg，温饱问题基本解决；在口粮基本满足需求的情况下，**动物性产品生产快速增长**。
- **1993-2015年**，粮食产量由4.5亿t增加到6.2亿t，人均占有量由1992-1994年的380kg增加到2014-2015年的448kg，基本自给，期间口粮消费持续下降，到2012年只有人均127kg，**动物性产品生产再次加速**。

### 三、 前瞻与讨论

- 大陆人均粮食占有量已由1980年代的人均380kg提高到2010年代的人均470kg的平均水平。
  - 1987年人均肉、蛋、奶和水产品分别达到20.3kg、5.4kg、3.5kg和8.8kg，较1980增加1倍以上；
  - 2010年人均占有量分别达到了28.4kg、7.6kg、8.8kg和10.2kg，与1987年相比再有显著增长，极大地促进了膳食营养结构的改善。
- 事实表明，大陆1978-1987年自动完成了第一次食物生产与消费结构的调整，扩大了动物性产品生产；2005-2015年正在为建立动植物产品并重结构，进行新的食物生产与消费结构的调整。

### 三、 前瞻与讨论

由小康社会走向富裕生活，食物消费结构会逐渐发生变化。一般是口粮下降、粮食消费总量增加，动物性产品消费量增大，膳食营养水平提高。

由于人多地少、粮食紧张，中国土地资源承载力仍将处在丰年平衡有余、欠年临界超载很长一段时间（2020-2040），中国农业自然资源利用仍将面临人口增加与消费扩张的双重压力。

因此，倡导适度消费，走动植物产品并重型的食物发展道路；实施藏粮于土，提高土地资源综合生产能力。应该是中国膳食营养结构改善与土地资源承载力增强的长期战略选择。

2018中国农业展望大会

# 中国土地资源承载力：回顾与前瞻

总体水平/分省格局/分县尺度

中国科学院地理科学与资源研究所

封志明，博士/研究员

010-64889393

[fengzm@igsnr.ac.cn](mailto:fengzm@igsnr.ac.cn)