

# Analysis and Evaluation of Water Resources Carrying Capacity in Huanggang City

Qiong Huang, Huijin Lv\*, Lingzi Zhu

College of Geography and Environmental Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua  
Email: [987427226@qq.com](mailto:987427226@qq.com), [huangq016@126.com](mailto:huangq016@126.com), [lhj@ZJnu.cn](mailto:lhj@ZJnu.cn)

Received: Sep. 4<sup>th</sup>, 2014; revised: Sep. 12<sup>th</sup>, 2014; accepted: Sep. 19<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

The sustainable use of water resources is an important strategy to achieve sustainable development. The regional water resources carrying capacity is an integrated index which can reflect the socio-economic indicators of carrying capacity of water resources. The ability of water resources carrying capacity of an area is related to the local socio-economic development, utilization of water resources and protecting the environment. It's also becoming an important indicator of regional sustainable development increasingly. In this paper, by using the principal component analysis with the aid of SPSS (Statistical Package for Social Science) statistical software, we analyze and process the relevant data from 2003 to 2010 in Huanggang. The results show that the main factors are GDP, resident population and regional levels of consumption price. We get a comprehensive evaluation of water resources from it. We also make suggestions from three aspects to the water resources utilization in Huanggang: increasing people's awareness, strengthening the management of water resources and improving the utilization efficiency of water resources. They can promote the healthy, rapid and sustainable development of the social economy in Huanggang.

## Keywords

Principal Component Analysis, Water Resources Carrying Capacity, Huanggang

# 黄冈市水资源承载力的分析与评价

黄琼, 吕惠进\*, 朱灵子

作者简介: 黄琼(1990-01), 女, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 主要研究方向资源与环境评价。  
\*通讯作者。

浙江师范大学地理与环境科学学院, 金华

Email: [987427226@qq.com](mailto:987427226@qq.com), [huangq016@126.com](mailto:huangq016@126.com), [lhj@Zjnu.cn](mailto:lhj@Zjnu.cn)

收稿日期: 2014年9月4日; 修回日期: 2014年9月12日; 录用日期: 2014年9月19日

## 摘要

水资源的可持续利用是实现地区可持续发展的重要战略之一。区域水资源承载力是能够反映区域水资源对其社会经济的承载能力的综合性指标, 一个地区水资源承载力的大小与当地的社会经济的发展、水资源的开发利用、生态环境的保护息息相关, 水资源承载力日益成为衡量区域可持续发展的重要指标之一。本文采用主成分分析法借助SPSS (Statistical Package for Social Science) 统计分析软件对黄冈市2003年至2010年水资源相关数据进行分析处理, 分析结果表明影响黄冈市水资源承载力的主要因子为人口数量、地区生产总值和居民消费价格水平; 根据主成分分析结果对分析所得的因子进行综合性评价, 针对评价结果从提高水资源意识, 加强水资源管理, 提高水资源利用效率三个方面对黄冈市水资源利用提出相关建议, 以促进黄冈地区社会经济的健康、快速的可持续发展。

## 关键词

主成分分析, 水资源承载力, 黄冈

## 1. 引言

“承载力”最先应用于物理力学的研究上, 是指物体在不产生明显损坏时的极限荷载。随着人类社会经济的迅速发展, 环境污染、资源短缺等一系列问题的日益显现, 承载力的概念逐渐被延伸到自然界各个不同的研究领域, 人们用承载力来描述外部环境变化对区域发展的影响以及区域的最大可承受程度。水资源作为一种特殊性的资源, 是其他如土地、森林和草原等自然资源的保证性资源, 它的承载力作为自然资源承载力的重要组成部有着其特殊性。水资源承载能力的定义专家学者从不同的角度给出了不同的描述, 比较有代表性的是指在特定的某区域内, 在某一阶段不破坏社会和其他生态系统的情况下, 区域内的水资源最大可承载(容纳)其工农业、城市发展规模和人口数量以及人口质量的能力, 是一个随着社会、经济、科学技术发展变化而不断变化的综合性指标[1] [2]。

黄冈市位于湖北省东部, 大别山南麓, 长江中游北岸, 地跨  $114^{\circ}24'E\sim 116^{\circ}07'E$ 、 $29^{\circ}45'N\sim 30^{\circ}40'N$ , 东西宽 165 km, 南北长 203 km。总面积为 17,414 平方公里, 总人口 730.06 万人。黄冈境内河流纵横、水系发达。市内主要的六大河流均发源于大别山脉南麓, 由北向南汇入长江, 构成以长江为轴的向心水系。黄冈市属亚热带季风气候区, 雨水比较丰沛, 多年平均降雨 1280 mm, 是黄冈水资源的主要来源。

近几年来, 黄冈市经济发展迅速、人口的增长幅度也不断增大, 工业化、城市化进程也在快速推进, 黄冈市对水资源的需求量不断加剧, 其供需矛盾也日益尖锐。黄冈市虽然属于水资源丰沛区, 但近年来水资源利用上的短缺也逐渐成为制约其社会经济可持续发展的重要因素。区域水资源承载力与当地的社会经济的发展、水资源的开发利用、生态环境的保护息息相关, 且水资源承载力也日益成为衡量区域可持续发展的重要指标之一[3]。因此, 本文运用主成分分析的方法, 对黄冈市区域水资源的承载力进行综合性评价, 并对如何利用水资源提出评价性建议, 以促进黄冈地区社会经济的健康、快速的可持续发展。

## 2. 主成分分析法概述

### 2.1. 主成分分析法[4]-[6]

主成分分析法是运用数学统计方法寻求影响系统发展的主要因素及其同其他因素之间的关系的一种分析方法, 它是对原始数据分析的一个简化过程。在原始数据信息部分丢失的情况下, 通过对高维变量空间进行降维处理, 对原始数据进行线性变换, 权衡各变量所占比例, 适当舍弃部分信息, 用少量的综合性变量取代原有的多维变量, 抓住主要影响因子, 简化系统分析工作。

设原始变量为  $x_1, x_2, \dots, x_p$ , 主成分分析是将原始变量  $x_1, x_2, \dots, x_p$  的线性组合 ( $m < p$ ) 成新的变量  $z_1, z_2, \dots, z_m$  构成的坐标系在原坐标系经平移和正交旋转后, 可以得到的新的综合变量为  $z_1, z_2, \dots, z_m$ , 也可称  $z_1, z_2, \dots, z_m$  空间为  $m$  维主超平面。在主超平面上, 第一主成分  $z_1$  与数据变异(贡献率  $e_1$ ) 最大的方向是对应关系, 对应的  $z_2, \dots, z_m$ , 依次是  $e_2 \geq \dots \geq e_m$ 。由此可见,  $z_1$  是携带原始数据信息量最多的一维变量, 而  $m$  维主超平面则成为保留原始数据信量最大的  $m$  维子空间。

### 2.2. 步骤

主成分分析法的步骤如下:

为了消除数量级和量纲不同带来的影响, 首先对原始数据进行无量纲化转换:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X_j}}{S_j} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, p; j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

公式(1)中  $X_{ij}$  是指第  $i$  个指标第  $j$  个分区的原始数据;  $\overline{X_j}$  则为第  $i$  个指标的样本均值;  $S_j$  为标准差。

根据标准化数据, 计算相关系数矩阵。

计算  $R$  的特征值  $k_1, k_2, k_3, \dots, k_j$  和特征向量  $U_1, U_2, U_3, \dots, U_j$ 。

计算贡献率  $e_k$  和累计贡献率  $E_k$ , 一般取  $E_k > 80\%$  时  $m$  最小值为最佳。

贡献率计算公式:

$$e_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^p k_i} \quad (2)$$

累积贡献率的计算公式:

$$E_m = \frac{\sum_{j=1}^m k_j}{\sum_{i=1}^p k_i} \quad (3)$$

主成分计算公式:

$$Z_m = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^p U_{ij} X_{ij}^* \quad (4)$$

综合分析, 通过寻求一个  $m$  维主超平面最大精度来近似代替原始变量系统尽可能多的保留原始数据所要保留的信息。我们可以通过获取的累计贡献率  $E_m$  来作为评判依据。一般取  $E_m > 80\%$  的最小  $m$  ( $m < p$ ) 值, 则可获得主超平面的维数  $m$ , 从而对  $m$  个主成分进行综合分析。

随着多元统计方法如主成分分析法、模糊综合评判法、灰色关联分析法、物元分析法等的普及和应用, 主成分分析法作为其中的一种, 它有着其他分析方法不同的原理和特性。相对于其他数学分析方法

中需要指标数量多, 评价工作量大, 且有些方法中的评价指标需要人为确定指标权数, 使其分析结果带有主观性。主成分分析法能够在最大限度保留原始信息的基础上, 综合简化高维变量, 并且能够客观的确定各个指标的权数, 相对于其他的分析方法, 避免其分析结果主观性, 其分析结果更具有客观性。因此, 本文中采用主成分分析方法对黄冈市水资源承载力进行综合性评价分析。

### 3. 数据来源

本文的数据主要来源于《黄冈市统计年鉴 2010》、《黄冈市水资源公报 2008~2010》、《湖北省水资源公报 2003~2007》。根据选取水资源可持续承载能力指标的原则, 并借鉴中国水资源供需分析中的指标体系以及水资源承载能力的影响因素[7]-[9]。本文筛选 12 个驱动力影响因子用来反映黄冈市水资源承载力的状况, 其中  $X_1$  为全市总人口量(万人)、 $X_2$  为地区生产总值(亿元)、 $X_3$  为居民消费价格指数(元)、 $X_4$  为固定资产投资(万元)、 $X_5$  为农业用水(亿  $m^3$ )、 $X_6$  为单位农业灌溉用水( $m^3$ )、 $X_7$  为工业用水(亿  $m^3$ )、 $X_8$  为生活用水(亿  $m^3$ )、 $X_9$  为水资源总量(亿  $m^3$ )、 $X_{10}$  为供水量(亿  $m^3$ )、 $X_{11}$  为耗水量(亿  $m^3$ )、 $X_{12}$  为产水模数。

2003~2010 年黄冈市水资源各指标原始数据表, 如表 1 所示。

### 4. 数据的处理

SPSS (Statistical Package for Social Science)全称为社会科学统计软件, 作为一种能够进行专业统计分析方法的分析软件, 它具有先进成熟的统计方法, 且操作简便, 分析出来的数据结果可读性强, 容易导出, 便于应用保存。本文借助 spss17.0 对文中数据进行统计分析。

#### 4.1. 数据的标准化处理

利用 SPSS 分析软件对黄冈市 2003 年到 2010 年 8 年的 12 个指标数据进行预处理即标准化处理, 得到标准化的数据。详见(表 2)。

#### 4.2. 计算特征值

通过相关系数矩阵计算其特征值, 及主成分的贡献率和累计贡献率, 见表 3。

从表 3 中可以看出, 前三个因子的累积贡献率已经达到  $E = 83.898\%$ , 为  $>80\%$ , 因各个地区的水资源状况不同, 本文中的黄冈市的水资源利用状况并没有达到主成分分析的最佳标准, 但符合因子分析的一般结果, 贡献率大于  $80\%$ 。说明前三个因子基本代表黄冈市水资源承载力的状况。为保证计算结

Table 1. The raw date of water resource during 2003-2010 of Huanggang

表 1. 2003~2010 年黄冈市水资源各指标原始数据表

年份	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$
2003	724.7	248.8	101.2	106.66	16.39	1750	4.96	2.53	152.5	23.9	14.15	87.4
2004	726.3	322.83	106.3	130.12	20.43	523	5.22	2.02	101.0	27.9	14.78	57.9
2005	726.3	348.56	103.4	158.56	16.84	1804	3.19	1.98	86.2	22.5	12.01	49.4
2006	728.9	408.55	102.2	192.89	3.50	1096	17.64	1.99	52.3	23.64	12.3	30.0
2007	731.0	494.05	104.3	258.50	19.26	1635	4.49	1.98	78.0	26.37	13.53	44.7
2008	735.1	626.22	106.4	370.85	20.06	1957	4.84	2.62	98.95	28.70	15.3	50.5
2009	739.6	730.7	101.2	553.29	19.15	573	5.16	2.72	88.03	27.04	14.0	56.7
2010	742.4	862.3	103.5	736.06	15.46	528	6.68	2.92	165.09	29.06	14.8	94.7

**Table 2. Correlation matrix**  
**表 2. 相关系数矩阵**

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>
X <sub>1</sub>	1	0.996	-0.039	0.984	0.133	-0.454	-0.039	0.758	0.255	0.689	0.433	0.284
X <sub>2</sub>	0.996	1	0.014	0.981	0.137	-0.420	-0.050	0.726	0.241	0.700	0.414	0.262
X <sub>3</sub>	-0.039	0.014	1	-0.091	0.440	0.099	-0.267	-0.213	-0.091	0.539	0.451	-0.195
X <sub>4</sub>	0.984	0.981	-0.091	1	0.122	-0.491	-0.070	0.788	0.378	0.661	0.413	0.412
X <sub>5</sub>	0.133	0.137	0.440	0.122	1	0.075	-0.936	0.235	0.310	0.494	0.590	0.302
X <sub>6</sub>	-0.454	-0.420	0.099	-0.491	0.075	1	-0.227	-0.235	-0.136	-0.442	-0.229	-0.227
X <sub>7</sub>	-0.039	-0.05	-0.267	-0.070	-0.936	-0.227	1	-0.217	-0.407	-0.251	-0.385	-0.403
X <sub>8</sub>	0.758	0.726	-0.213	0.788	0.235	-0.253	-0.217	1	0.692	0.567	0.642	0.703
X <sub>9</sub>	0.255	0.241	-0.091	0.378	0.310	0.310	-0.407	0.692	1	0.341	0.569	0.988
X <sub>10</sub>	0.698	0.700	0.539	0.661	0.494	0.494	-0.251	0.567	0.341	1	0.870	0.314
X <sub>11</sub>	0.433	0.414	0.451	0.413	0.590	0.590	-0.385	0.642	0.569	0.870	1	0.525
X <sub>12</sub>	0.284	0.262	-0.195	0.412	0.302	0.302	-0.403	0.703	0.988	0.314	0.525	1

**Table 3. Total variance explained**  
**表 3. 总方差值**

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	5.663	47.191	47.191	5.663	47.191	47.191
2	2.570	21.419	68.610	2.570	21.419	68.610
3	1.835	15.288	83.898	1.835	15.288	83.898

果的准确性，根据选取的 3 个主成份因子，求取主成份的载荷矩阵。

### 4.3. 求特征向量

对上文中的特征值分别求出特征向量，再求出各因子变量在主成分  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$  上的因子载荷矩阵，见表 4。

从表 4 中可以得出，第一主成分与固定资产投资、供水量、生活用水呈现正相关的关系，而与农业用水和工业用水呈现负相关关系。第二主成分主要与农业用水、居民消费价格指数呈现正相关关系，与工业用水呈现负相关的关系。第三主成分主要与居民消费价格指数呈现正相关关系，与水资源总量和产水模数呈现较大的负相关。由此可见，黄冈市水资源主要还只是用于人们基本生产生活上，对该区工农业的发展贡献率较低，以上相互关系说明黄冈市的水资源目前仍处于开发利用初期，在促进该地区经济可持续发展的道路上，水资源的可持续开发利用还有待进一步提高。

### 4.4. 水资源承载力的综合评价

通过主成分分析法对黄冈市水资源承载力的分析，进一步对黄冈市水资源承载力的综合评价，通过对 2003 年到 2008 年黄冈市水资源承载力的综合排序，得出表 5。

**Table 4. Component matrix**  
**表 4. 主成分载荷矩阵**

	主成份		
	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>
X <sub>1</sub>	0.834	-0.444	0.208
X <sub>2</sub>	0.821	-0.426	0.242
X <sub>3</sub>	0.128	0.540	0.708
X <sub>4</sub>	0.860	-0.437	0.079
X <sub>5</sub>	0.471	0.776	0.157
X <sub>6</sub>	-0.435	0.450	-0.121
X <sub>7</sub>	-0.376	-0.784	0.098
X <sub>8</sub>	0.878	-0.153	-0.305
X <sub>9</sub>	0.662	0.262	-0.629
X <sub>10</sub>	0.843	0.109	0.466
X <sub>11</sub>	0.785	0.382	0.151
X <sub>12</sub>	0.670	0.198	-0.669

**Table 5. The comprehensive ranking of water resources bearing capacity**  
**表 5. 水资源承载力的综合排名**

年份	综合得分	综合排名
2003	-1.34	8
2004	-0.50	6
2005	-1.18	7
2006	-0.04	4
2007	-0.26	5
2008	0.42	3
2009	1.03	2
2010	1.86	1

由表 5 可知，黄冈市水资源承载力的综合评价得分有正有负，有高有低，但整体呈现逐年提升的趋势。随着黄冈市人口量的增加，地区生产总值的逐年增加，固定资产的投资以及人均消费水平的逐渐提升，黄冈市水资源的承载能力也在逐年上升。综合得分越高，水资源承载能力越强，不同时间段的得分则反映不同时间段内水资源承载能力的起伏变化。上表中的综合得分可以看出，黄冈市水资源承载能力综合评分虽是逐年增长，但增长幅度较为缓慢，且得分都较低，结合黄冈市水资源的现状，其开发利用有较大的提升空间，在经济发展过程中，应提高水资源的综合利用，促进经济全面的发展。

## 5. 结论与建议

本文利用 SPSS 软件通过对黄冈市 2003 年至 2010 年的水资源的利用和开发数据进行主成分分析，并对其进行综合性评价。

综合文中对黄冈市水资源承载力的主成分分析,一方面,在主成分分析中影响三个主成分变化率的主要因子有农业用水、生活用水和居民消费价格指数。黄冈市是经济欠发达的传统农业大市,在农业发展过程中,农业用水占用水资源比例较大,耗水农业的发展,农业用水过程中的水资源污染、浪费现象严重,使得黄冈市农业用水的缺口日益增大。近几年黄冈市人口在湖北省中长期保持在10%左右的增长水平,人口的增长所带来的生活用水量的增加,加上人们对水资源保护的意识不强,水资源短缺、水资源污染、浪费等带来的矛盾也日益突出,说明人口的增长对黄冈市水资源承载力也造成一定的压力。另一方面,通过综合性评价分析,从2003年到2010年黄冈市水资源承载力虽然有所提高,但是整体偏低,不能有效保障其国民经济的发展对水资源的要求。随着黄冈市经济的发展,工农业用水、居民生活用水的需求越大,黄冈市水资源总量虽然充沛,但水资源分布不均,加上不合理利用、管理不善等给黄冈市水资源利用带来一系列问题。

本文分析结果显示黄冈市目前的经济发展水平、人口资源总量以及对固定资产的投资都对黄冈市水资源的承载力具有较大的影响。说明人口的增长、经济的发展对其水资源承载力有一定的压力,对本文所选取的12个因子在主成分中的得分可以看出,目前黄冈市水资源仍处于开发利用的初期阶段,黄冈市经济发展较为缓慢,在水资源的开发利用强度上有待进一步提高。因此本文对黄冈市水资源利用提出如下建议[10][11]:

1) 改变水资源大市的传统观念,提高认识,促进人水和谐发展。黄冈市水资源丰富,其经济处于快速发展阶段,工农业用水需求较大,全民节水观念并未深入人心,人们对于水资源的利用不当,造成黄冈市水资源的污染浪费严重。

2) 增强水资源管理,优化水资源配置体系,调整水资源使用结构。黄冈市水资源分布不均匀,各个地区水资源利用现状不一,政府当结合当地发展实际情况,加强管理,调整水资源使用结构,完善水资源管理体制,强化城市水质意识,保护水环境,以促进黄冈市水资源的可持续利用。

3) 加大对水资源利用上的科技投入,提高其效率。黄冈市经济健康可持续的发展,其重点就是加大科技投入,并在水利工程上的建设,水资源的充分利用上加大投入。通过科技方面的投入、重点支撑,带动技术、管理上的创新,提高水资源的在工业和生活上的利用率。

## 参考文献 (References)

- [1] 夏军. 水资源安全的度量——水资源承载力的研究与挑战[J]. 海河水利, 2002, 2: 5-7.  
XIA Jun. Water security measure—The bearing capacity of water resources research and challenges. Haihe Water Resources, 2002, 2: 5-7. (in Chinese)
- [2] 施雅风, 曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 94-111.  
SHI Yafeng, QU Yaoguang. The carrying capacity of water resources and its reasonable use of Urumqi river. Beijing: Science Press, 1992: 94-111. (in Chinese)
- [3] 邵金花, 刘贤赵. 区域水资源承载力的主成分分析——以陕西省西安市为例[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(19): 5017-5018.  
SHAO Jinhua, LIU Xianzhao. The regional water resources carrying capacity of principal component analysis, in Xi'an of Shaanxi province, for example. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(19): 5017-5018. (in Chinese)
- [4] 冯利华, 赵培兴, 瞿有甜. 灾害等级的综合评价[J]. 灾害学, 2002, 17(4): 16-20.  
FENG Lihua, ZHAO Peixing and QU Youtian. The comprehensive evaluation of disaster grade. Journal of Catastrophology, 2002, 17(4): 16-20. (in Chinese)
- [5] 徐建华, 现代地理学中的数学方法(第二版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.  
XU Jianhua. Modern mathematic method in geography (second edition). Beijing: Chemical Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [6] 王春娟, 冯利华, 陆小强. 鄂尔多斯市水资源承载力的主成分分析[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(1): 77-80.

- WANG Chunjuan, FENG Lihua and LU Xiaoqiang. Ordos city water resources carrying capacity of principal component analysis. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2012, 23(1): 77-80. (in Chinese)
- [7] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄强等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. *水土保持通报*, 2001, 21(1): 30-33.  
HUI Yanghe, JIANG Xiaohui, HUANG Qiang, et al. Water resources carrying capacity evaluation index system. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(1): 30-33. (in Chinese)
- [8] 水利电力部水文局. 中国水资源评价[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987: 78-103.  
Water Conservancy Bureau of Hydrology. Water resources ministry of china evaluation. Beijing: China Water Power Press, 1987: 78-103. (in Chinese)
- [9] 朱玉仙, 黄义星, 王丽杰. 水资源可持续开发利用综合评价方法[M]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2002, 32(1): 55-57.  
ZHU Yuxian, HUANG Yixing and WANG Lijie. Sustainable water resources development and utilization of comprehensive evaluation methods. *Jilin University (Earth Science)*, 2002, 32(1): 55-57. (in Chinese)
- [10] 谢晓妍. 湖北省水资源承载力研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.  
XIE Xiaoyan. Capacity of water resources in Hubei Province. Wuhan: Huazhong Normal University, 2012. (in Chinese)
- [11] 刘瑜, 杜江, 张俊飏. 湖北省农业水资源利用效率评价[J]. *中国人口 - 资源与环境*, 2007, 6(17): 60-65.  
LIU Yu, DU Jiang and ZHANG Junbiao. The evaluation agricultural water use efficiency of Hubei Province. *Chinese population-Resources and Environment*, 2007, 6(17): 60-65. (in Chinese)