

分类号_____

密级_____

UDC _____

编号_____

中国科学院研究生院

硕士学位论文

农村水资源短缺的状况及其对农业生产的影响

李 玉 敏

指导教师王金霞 副研究员

中国科学院地理科学与资源研究所

申请学位级别硕士 学科专业名称农业经济管理

论文提交日期2008年3月 论文答辩日期2008年5月

培养单位中国科学院地理科学与资源研究所

学位授予单位中国科学院研究生院

答辩委员会主席_____

Classification NO. _____

Confidential _____

UDC _____

NO. _____

Graduate University of Chinese Academy of Sciences

Master Thesis

Water Shortage and Its Impacts on Agricultural Production in the Rural Areas

Li Yumin

Advisor Jinxia Wang Associate Professor

Institute of Geographical Sciences and Natural

Resources Research, CAS

Application Degree Master Major Agricultural Economics

Submitted Date Mar, 2008 Defence Date May, 2008

Education Unit Institute of Geographical Sciences and Natural

Resources Research, CAS

Degree Awarding Unit Graduate University of Chinese Academy Sciences

Chairman of Committee _____

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中国科学院或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：

时间： 年 月 日

关于论文使用授权的声明

本人完全了解中国科学院有关保留、使用学位论文的规定，即：中国科学院有权保留送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同意中国科学院可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

(保密的学位论文在解密后应遵守此协议)

研究生签名：

时间： 年 月 日

导师签名：

时间： 年 月 日

摘 要

水是人类生存的基本条件和生产活动最重要的物质基础，也是 21 世纪中国社会经济乃至全球经济持续发展的重要制约因素。我国人均拥有的水资源量不足世界平均水平的 1/3，而且时空分布的差异十分显著。我国不仅目前存在较严重的水资源短缺，未来的形势更不容乐观。

无论是在中国还是在世界上其它国家，关于水资源短缺状况及其影响的研究大多数是基于面上或者个别点上的资料开展的定性分析，很少有基于大规模实地调查基础上开展的定量研究。而基于点上的定性分析很难对水资源短缺的整体状况、趋势及其影响有较为系统的、深入的了解。那么，中国（尤其是农村地区）水资源短缺的状况和趋势究竟如何？水资源短缺给农业生产造成了什么样的影响？本论文就试图对这些问题做一回答。

本论文的研究目标是从各个角度综合了解我国农村水资源短缺的现状、趋势及地区差异，探讨水资源短缺对农业生产（主要是作物单产和种植结构）的影响，为政策制定者提供制定政策的理论和实证依据。本论文所用的数据来源于我们中心开展的三次大规模实地调查。调查覆盖了全国 10 个省的 538 个村，包括了两年（1995 和 2005 年）有关水资源短缺的状况和趋势、农业生产和社会经济等方面的情况。根据调查资料，我们从水资源短缺的各个角度（包括主观判断的水资源是否短缺、灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性以及地下水位趋势）对水资源短缺的状况及影响进行了系统地定量分析。

研究结果表明：（1）无论是对水资源短缺进行总体判断，还是从灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性和地下水位变动趋势等其它方面进行分析，水资源短缺状况都不容忽视，而且这一趋势在加重；另外，水资源短缺呈现出显著的地区差异；（2）水资源越短缺，农民就越倾向于种植对灌溉依赖程度低、需水量小的作物；（3）水资源短缺已经影响到作物单产；（4）某些作物单产的提高和农民生活的改善是以地下水的下降为代价的。

根据研究结论，主要提出如下几点政策建议：（1）针对水资源短缺的不同方面，积极运用各种有效的财政、管理制度、经济政策和工程技术等措施来缓解水资源短缺的状况，降低水资源短缺的负面影响；（2）在制定和实施有效措施前，要认真考虑到地区之间的差异性，切忌以一概全；（3）重视农民用水者对水资源短缺可能做出的一些反应（诸如调整作物种植结构），合理有效地运用农民的反应来缓解我们面临的水资源短缺问题；（4）除了重视水资源短缺对社会经济的影响外，还应该关注对环境的影响；应该尽量避免长期以环境为代价来促进社会经济的发展。

关键词：水资源短缺 作物种植结构 作物单产

Abstract

Water is the human being's basic conditions and important material foundations for production activities. Water is also one of important constraint factors for sustainable development of socio-economy in China and the World. Per capita water availability in China is less than 1/3 of the World's average level, and space-time distribution of water resources is obviously uneven. In China, water is not only short at present, the future situation is more serious.

Either in China or other countries in the world, most researches about the situation of water shortage and its impacts are based on qualitative analysis using the data from some specific locations or some point data. There are seldom quantitative researches using the data from large field surveys. However, based on some point data, it is hard to have better and systematic understanding on the overall situation and trend of water shortage and its impacts. So, what are the facts on the situation and trend of water shortage in China (especially in the rural China)? What are the impacts of water shortage on agricultural production? This thesis is trying to answer these questions.

The overall goal of this thesis is to have some comprehensive understanding on the situation, trend and regional differences of water shortages, identify the impacts of water shortage on agricultural production (mainly on crop yield and cropping patterns), and to provide theoretical and empirical evidences for policy makers. The data for the thesis come from three large field survey conducted by our center. The survey covered 538 villages in 10 provinces, including two years' data (1995 and 2005) on the situation and trend of water shortage, agricultural production and the characteristics of socio-economy. Based on the survey data, from different aspects of water shortage (subjective judgement on the water shortage, irrigation conditions, irrigation sources, water supply reliability and trend of groundwater table change), the thesis has quantitatively analyzed the situation and impacts of water shortage.

Research results show that: (1) Either based on overall judgement, or from the aspects of irrigation condition, irrigation sources, water supply reliability and the changes of groundwater table, water shortage cannot be ignored and it tends to sharpen; in addition, water shortage presents obvious regional differences; (2) With increasing water shortage, farmers tends to plant those crops that have less intensive irrigation requirement; (3) Water shortage has influenced the crop yields; (4) Increase of crop yields and improvement of farmers' livelihood is at the cost of decline of groundwater table.

Based on research results, we have proposed the following four policy suggestions:

(1) Considering the different aspects of water shortage, government should positively apply effective

financial, management, insitution, economic polices and technical measures to deal with it; (2)Before designing and implementing these effective measures, it is necessary to carefully consider the regional differences and aviod applying the uniform policies; (3)The government should emphasize the response of farmers to water shortage (such as changing of cropping patterns), rationally and effectively utilizing the farmers' response to mitigate the issues of water shortage; (4) In addition to the socio-economic impacts of water shortage, we also need to address its envirnontal impacts; we need try to avoide the socio-economic development is at the cost of environment.

Keywords: water shortage; cropping pattern; cropping yield

目录

第 1 章 引言	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 灌溉在我国农业中的重要性.....	1
1.1.2 我国水资源形势.....	2
1.2 问题的提出.....	3
1.3 研究目标和内容.....	3
1.4 论文结构.....	4
第 2 章 文献综述	5
2.1 水资源的供求状况及趋势	5
2.1.1 中国水资源的供给状况及趋势.....	5
2.1.2 水资源需求量状况及趋势.....	5
2.2 水资源短缺的定义及衡量.....	6
2.2.1 水资源短缺的定义.....	6
2.2.2 水资源短缺的衡量.....	7
2.3 水资源短缺对农业生产的影响.....	8
2.3.1 水资源短缺对农业生产的影响.....	8
2.3.2 水资源短缺对农业经济的影响.....	9
2.4 相关文献的总结性评论及本论文的创新点.....	10
第 3 章 研究框架、模型设定及数据来源	12
3.1 研究框架	12
3.2 模型设定与变量说明.....	13
3.2.1 模型设定	13
3.2.2 变量说明	13
3.3 数据来源.....	16
3.3.1 实地调查数据.....	16
3.3.2 二手资料	18
第 4 章 农村水资源短缺的现状与趋势	19
4.1 主观判断的水资源是否短缺.....	19
4.1.1 水资源短缺的总体判断	19
4.1.2 水资源短缺的地区差异.....	19
4.2 灌溉条件.....	20
4.2.1 灌溉条件的总体判断	20

4.2.2 灌溉条件的地区差异.....	20
4.3 灌溉水源.....	21
4.3.1 灌溉水源的总体判断.....	21
4.3.2 灌溉水源的地区差异.....	21
4.4 供水可靠性.....	22
4.4.1 供水可靠性的总体判断.....	22
4.4.2 供水可靠性的地区差异.....	23
4.5 地下水位变动趋势.....	23
4.5.1 地下水位变动趋势的总体判断.....	24
4.5.2 地下水位变动趋势的地区差异.....	24
第5章 水资源短缺对农业生产影响的定性分析.....	26
5.1 主观判断的水资源短缺与农业生产的关系.....	26
5.1.1 主观判断的水资源短缺与作物单产的关系.....	26
5.1.2 主观判断的水资源短缺与作物种植结构的关系.....	26
5.2 灌溉条件与农业生产的关系.....	27
5.2.1 灌溉条件与作物单产的关系.....	27
5.2.2 灌溉条件与作物种植结构的关系.....	27
5.2 灌溉水源与农业生产的关系.....	28
5.3.1 灌溉水源与作物单产的关系.....	28
5.3.2 灌溉水源与作物种植结构的关系.....	28
5.3 供水可靠性与农业生产的关系.....	28
5.4.1 地表水供水可靠性与作物单产的关系.....	29
5.4.2 地表水供水可靠性与作物种植结构的关系.....	29
5.4 地下水位变动趋势与农业生产的关系.....	29
5.5.1 地下水位变动趋势与作物单产的关系.....	29
5.5.2 地下水位变动趋势与作物种植结构的关系.....	30
第6章 水资源短缺对农业生产影响的定量分析.....	31
6.1 主观判断的水资源短缺对农业生产影响的计量分析.....	31
6.1.1 主观判断的水资源短缺对作物单产的影响.....	31
6.1.2 主观判断的水资源短缺对作物种植结构的影响.....	32
6.2 灌溉条件对农业生产影响的计量分析.....	33
6.2.1 灌溉条件对作物单产的影响.....	33
6.2.2 灌溉条件对作物种植结构的影响.....	35
6.3 灌溉水源对农业生产影响的计量分析.....	36
6.3.1 灌溉水源对作物单产的影响.....	36
6.3.2 灌溉水源对作物种植结构的影响.....	37

6.4 地下水位变动趋势对农业生产影响的计量分析.....	39
6.4.1 地下水位变动趋势对作物单产的影响.....	39
6.4.2 地下水位变动趋势对作物种植结构的影响.....	40
第7章 结论与政策建议	42
7.1 本文的主要结论.....	42
7.2 政策涵义.....	43
7.3 创新点和下一步研究的方向.....	44
7.3.1 论文的创新之处.....	44
7.3.2 研究不足与进一步研究的方向.....	44
参考文献	45
致谢	48
作者简介	50

图目录

图 1.1 中国南北方水资源占有量分布.....	2
图 2.1 世界水短缺分布.....	7
图 3.1 理论框架图.....	12
图 3.2 样本省份的分布.....	17

表目录

表 2.1 中国不同时期的用水量及用水结构变化.....	6
表 3.1 影响作物单产、种植结构的因素及其预期作用方向.....	14
表 3.2 调查数据来源汇总.....	17
表 4.1 农村水资源短缺状况的主观判断.....	19
表 4.2 各流域水资源短缺状况的主观判断.....	19
表 4.3 灌溉条件的总体状况.....	20
表 4.4 各流域灌溉条件差异.....	20
表 4.5 样本村的灌溉水源状况.....	21
表 4.6 各流域灌溉水源差异.....	22
表 4.7 各种水源灌溉面积比在各流域的差异.....	22
表 4.8 供水可靠性总体状况.....	22
表 4.9 各流域供水可靠性状况.....	23
表 4.10 地下水位变动趋势状况.....	24
表 4.11 各流域地下水位变动趋势.....	24
表 5.1 主观判断的水资源短缺与作物单产.....	26
表 5.2 主观判断的水资源短缺与作物种植结构.....	26
表 5.3 灌溉条件与作物单产.....	27
表 5.4 灌溉条件与作物种植结构.....	27
表 5.5 灌溉水源与作物单产.....	28
表 5.6 灌溉水源与作物种植结构.....	28
表 5.7 供水可靠性与作物单产.....	29
表 5.8 地表水供水可靠性与作物种植结构.....	29
表 5.9 地下水位变动趋势与作物单产.....	29

表 5.10 地下水位变动趋势与作物种植结构.....	30
表 6.1 主观判断的水资源短缺对作物单产影响的计量估计结果.....	32
表 6.2 主观判断的水资源短缺对作物种植结构影响的计量估计结果.....	33
表 6.3 灌溉条件对作物单产影响的计量估计结果.....	34
表 6.4 灌溉条件对作物种植结构影响的计量估计结果.....	35
表 6.5 灌溉水源对作物单产影响的计量估计结果.....	37
表 6.6 灌溉水源对作物种植结构影响的计量估计结果.....	38
表 6.7 地下水位变化趋势对作物单产影响的计量估计结果.....	39
表 6.8 地下水位趋势对作物种植结构影响的计量估计结果.....	40

第1章 引言

1.1 研究背景

水是人类生存的基本条件 and 生产活动最重要的物质基础,它也是21世纪中国社会经济乃至全球经济持续发展的重要因素。虽然水是地球上分布最广的资源,但地球上的水只有2.53%是淡水,而其余的都是咸水,且88%左右的淡水位于永久冰层下或被永久冰雪所覆盖,在剩余12%的淡水资源中,地下水占了绝大部分,可供人类直接利用的淡水资源只占全球水资源总量的0.014%。且水资源在全球的分布并不均匀,全世界每年约65%的水资源集中在不到10个国家里,而占世界总人口的40%的80个国家却严重缺水。随着经济的发展和人口的增加,水资源正日益成为制约人类社会可持续发展的瓶颈因素。

1.1.1 灌溉在我国农业中的重要性

随着人口的增长(中国人口已超过13亿),中国更为关注粮食安全问题。中国的粮食安全必将对世界的粮食安全产生举足轻重的影响。到2030年,中国的粮食需求量可能比现在提高50%,畜产品的需求量也将可能比现在提高2.5倍,然而耕地面积的拓展范围却非常有限(黄季焜和Rozzelle, 1998)。我国人口的快速膨胀要求农业生产保持同步增长,而农业生产的增长与灌溉面积的增加是息息相关的(黄季焜等, 1995)。我国拥有世界上最庞大的灌溉系统,灌溉在农业生产中发挥着至关重要的作用。全国2/3以上的耕地分布在降雨量小于1000毫米的常年灌溉带和不稳定灌溉带,耕地灌溉比例约50%,居世界首位(国家统计局, 2005)。大约有65%的粮食作物,75%的经济作物和90%的蔬菜作物都生产在灌田上(国家统计局, 2005)。

从粮食安全的角度出发,由于我国农业生产对灌溉的依赖性极强,未来农业灌溉需求将面临很大的压力。灌溉在我国北方地区尤其重要。中科院农业政策研究中心的调查数据显示中国北方主要粮食作物都是灌溉作物,大约96%的大米和80%的小麦生产在灌田上,远远高于国家平均水平(王金霞等, 2007)。

曾经撰文声称“中国会饥饿中国”的美国世界观察研究所所长莱斯特·布朗也撰文指出,威胁中国粮食安全的最主要因素是农业灌溉用水日益被其它用途挤占和地下水的流失枯竭,中国的水资源短缺将影响世界粮食安全,美国国家情报委员会开始以当年关注前苏联军备情况的态度来监测中国水资源的短缺状况(Brown和Brian, 1998)。根据约翰斯·霍普金斯大学公共健康小组发表的题为“一个缺水世界的解决办法”的报告,“1998年饱受水灾蹂躏的中国25年后将面临水荒”。美国著名学者莱斯特·布朗(Lester, Brown)也曾预言,中国将面临新的威胁——水的短缺,从而对

进口粮食的需求将大大增加，为对付水资源的匮乏，中国将是头一个被迫重新调整经济发展战略的国家。在缺水的背后不仅存在着粮食、土地或能源之争，而且已成为邻国之间和同一民族的不同地区直接发生争执，甚至爆发战争的根源（顾浩，1998）。

1.1.2 我国水资源形势

中国存在着严重的水资源短缺问题。2006年全国水资源总量（地表水资源量与不重复量之和）为2.5万亿 m^3 ，位居世界第6位，但是人均拥有的水资源量仅为1945 m^3 ，不足世界人均水平的1/3。中国的海河流域的人均水资源占有量跟以色列是几乎相同的，不到400立方米（水利部，2007；中国节水报告，2008）。

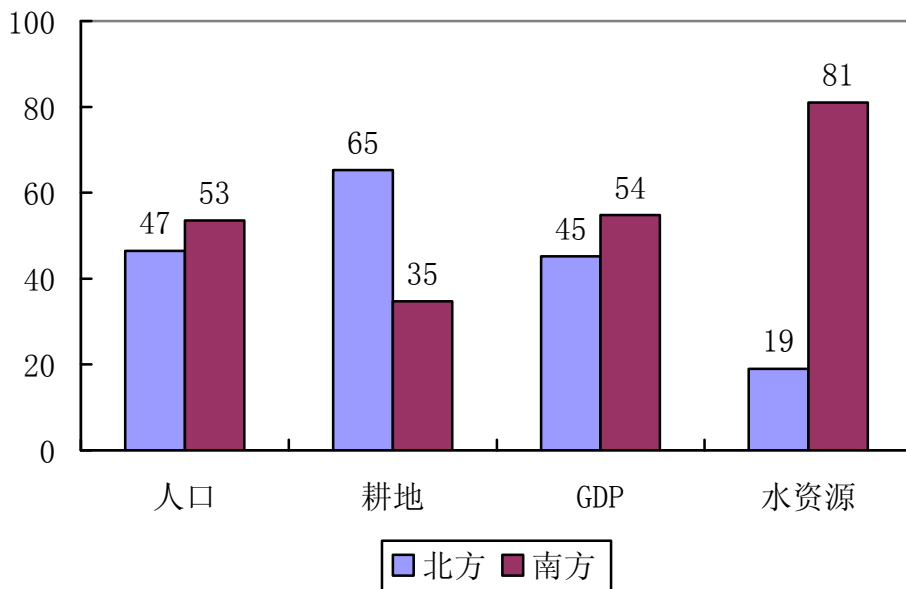


图 1.1 中国南北方水资源占有量分布

我国地处东亚季风区，季风年际变化很大，降水时空变化也很大，大范围的旱涝等气候灾害经常发生。黄河、淮河、海河和辽河流域内耕地占全国42%，而水资源只占全国的9%。由于降雨的时空分布和年内分配的差异，我国水资源在地区上的分布极不均匀。根据2004年资料统计，北方人口占全国总人口的46.5%，耕地占全国的65.3%，GDP占全国的45.2%，但水资源只占全国的19%；南方人口占全国的53.5%，耕地占全国的34.7%，GDP占全国的54.8%，而水资源占有量却占全国的81%（如图1.1）。北方人均水资源占有量为1127 m^3 ，仅为南方人均占有量的1/3。北方地区，河流断流，地下水严重超采，大面积地下水位下降现象日趋严重（水利部和国家计委，1999）。

我国不仅目前存在着严重的水资源短缺问题，未来的形势更不容乐观。有学者认为，按照当前人口增长趋势，到2025年世界60%的人口将会面临水短缺的问题（Qadir, M. 等，2007）。据预测，到2030年前后我国人口将达到16亿，人均水资源占有量比现

在还将减少1/4，仅约为1750m³，按国际标准，全国将处于严重缺水状况（水利部和国家计委，1999）。

水资源污染和严重浪费造成水资源更加短缺。我国水资源浪费严重也是导致水资源短缺的一个重要原因（朱雪宁，2005）。目前全国46.5%的河流不同程度受到污染，其中10.6%受到严重污染已不能利用。如果水污染状况得不到改善，可供农业用水量就会减少（李新，2003），而水污染问题同时又导致可用水量的减少，更加加剧了水资源问题的严峻性。20世纪80年代以来，工业和城市用水量成倍增长，所以废污水的排入量也随之急剧增加，2004年全国废污水排放总量693亿吨（不包括火电直流冷却水排放量和矿坑排水量），其中工业废水占2/3，第三产业和城镇居民生活污水占1/3（水利部，2005）。2005年国家环境监测网（简称国控网）七大水系的411个地表水监测断面中，I~III类、IV~V类和劣V类水质的断面比例分别为41%、32%和27%。其中，珠江、长江水质较好，辽河、淮河、黄河、松花江水质较差，海河污染严重（国家统计局，2006）。

1.2 问题的提出

正是根据以上种种迹象，很多人认为中国存在水危机，并且必将影响中国乃至世界的粮食安全。但是，也有一部分人（包括我们自己），对此不敢确定。因为我们所知道的仅仅是部分点上的资料，对于整个事实并不是很清楚。目前为止，无论是在中国还是在世界上其它国家，关于水资源短缺状况及其影响的研究大多数是基于面上或者个别点上的资料开展的定性分析，很少有基于大规模实地调查基础上开展的定量研究。而基于点上的定性分析很难对水资源短缺的整体状况、趋势及其影响有较为系统的、深入的了解。那么，中国（尤其是农村地区）水资源短缺的状况和趋势究竟如何？水资源短缺给农业生产造成了什么样的影响？本论文就试图对这些问题做一回答。

1.3 研究目标和内容

本论文的研究目标是从各个角度综合了解我国农村水资源短缺的现状、趋势及地区差异，探讨水资源短缺对农业生产（主要是作物单产和种植结构）的影响，为政策制定者提供制定政策的理论和实证依据。本论文所用的数据来源于我们中心开展的三次大规模实地调查。调查覆盖了全国10个省的538个村，包括了两年（1995和2004年）有关水资源短缺的状况和趋势、农业生产和社会经济等方面的情况。根据调查资料，我们从水资源短缺的各个角度（包括主观判断的水资源是否短缺、灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性以及地下水位趋势）对水资源短缺的状况及影响进行了系统地定量分析。

为了达到这一总目标，本研究的内容主要包括如下几个方面：

- 1 综合了解我国水资源短缺现状、趋势及地区差异；
- 2 分析我国水资源短缺对农业生产（作物单产和作物种植结构）的影响；
- 3 根据研究结论，结合当前的实际，提出缓解我国农业水资源短缺、促进农业生产、提高农民收入的政策建议和措施。

1.4 论文结构

根据本文的研究目标和研究内容，论文共分为如下七章：

第一章 引言。本章主要包括研究背景，问题提出，研究目标和内容及论文结构。

第二章 文献综述。综述我国水资源的供求状况及趋势，水资源短缺的衡量指标，以及水资源短缺对农业生产和农业经济的影响。

第三章 研究框架、模型设定及数据来源。包括研究框架和模型的设定，数据来源，及样本选取、调查内容等。

第四章 农村水资源短缺的现状与趋势。用五个不同的指标描述水资源短缺现状、趋势及地区差异。

第五章 水资源短缺对农业生产影响的定性分析。从五个不同的角度对水资源短缺与作物单产、作物种植结构的可能关系进行定性分析。

第六章 水资源短缺对农业生产影响的定量分析。运用计量模型的方法，从五个角度分析水资源短缺对作物单产、种植结构的影响。

第七章 结论与政策建议。包括本研究的主要结论、相应的政策建议，研究的创新点以及下一步的研究方向

第2章 文献综述

2.1 水资源的供求状况及趋势

2.1.1 中国水资源的供给状况及趋势

尽管灌溉对我国农业至关重要,但灌溉农业的持续发展却日益受到水资源短缺的威胁。水资源短缺不仅表现在供给的减少方面,而且也表现在需求量的增加。从供给的减少方面,首先反映在地表水供给的减少以及导致的河流闭合的问题。研究表明,过去20多年,海河、黄河、淮河和辽河的地表径流分别减少了41%,15%,15%和9%,径流的减少使得部分河流从开放向闭合转变(国家发展改革委等,2007;王金霞和黃季焜,2004)。

另外,由于地表水供给的减少,农民开始大规模开采地下水,但地下水的大量开采又导致了地下水位降低、水质恶化等环境问题(Wang等,2007)。随着社会经济的快速发展,水资源的短缺导致地下水和雨水的过度开采(夏军,2005)。地下水资源量持续下降,2004年全国矿化度小于或等于2克/升的地下水资源量为7436亿 m^3 ,比常年值减少7.8%(水利部,2005)。地下水的过度采伐导致了地下水水质恶化及地层下陷,2005年,全国地下水降落漏斗188个。在具备系统统计数据的171个地下水降落漏斗中,漏斗面积扩大的有65个(面积扩大了6736平方公里)、漏斗面积缩小的有57个(面积缩小了2175平方公里)、漏斗面积保持稳定的有49个。华北平原区域受长期过量开采地下水的影响,地下水降落漏斗仍在继续发展,尤其是沧州-德州-衡水地区,深层地下水降落漏斗面积继续扩大,深度继续加深。河北沧州第III承压含水层降落漏斗扩大了2089平方公里,最大水位埋深达到101米(国家环境保护总局,2005;国家环境保护总局,2006)。

2.1.2 水资源需求量状况及趋势

由于人口增长、城市和工业的扩张对水资源需求造成的巨大压力,导致了水资源短缺问题的日益突出。随着地表水供给的减少和地下水位的下降,部门间用水的竞争程度也在日益加剧。新中国建立以来,水资源需求的增长十分迅猛。自从解放以来,我国全社会用水总量和人均用水量都迅速扩张,从1949-2004年,总用水量增长了4.4倍,人均用水量增长了1.3倍。随着用水总量的增长,各业用水量也在迅速增长,但各业用水量的增长幅度和增长速度都有所不同。建国初期,我国农业部门的用水比例高达97%,而到了2006年,农业用水的比例仅为63%,非农部门的用水比例已经达到36%,农业部门用水面临的压力越来越大(水利部,2007)。

表 2.1 中国不同时期的用水量及用水结构变化

年份	人均用水量(立方米/人)	用水量(亿立方米)				用水结构(%)			
		合计	农业	工业	生活及其它	合计	农业	工业	生活及其它
1949	192	1031	1000	20	11	100	97	2	1
1978	498	4767	4195	524	48	100	88	11	1
1993	443	5250	4095	919	236	100	77	18	5
2006	442	5795	3651	1333	811	100	63	23	14

数据来源：1949、1978和1993年的数据整理自1994年的《中国水利年鉴》；2006年的数据来源于2007年的《中国水资源公报》

世界对更多食物的需求意味着对更多农业用水的需求(SIWI)。水资源作为一种经济物品,必然会从机会成本较大的农业向非农业转移,以追求更大的水资源利用价值。目前OECD(经济合作与发展组织)发达国家水需求的大致比例,是65%用于工业用水,这里面包括44%用于能源生产,21%是其他工业用水,农业用水占30%。而整个世界范围的情况大致是农业用水占到69%,其次则是工业用水占23%(彭春燕,2004)。在我国的许多地区,工业的快速发展与伴随着收入快速增长的城镇人口膨胀已经与农民在有限的水资源上形成了激烈的竞争。2006年全国总用水量5795亿 m^3 ,其中生活用水占12.0%,工业用水占23.2%,农业用水占63.2%,生态用水(仅包括人为措施供给的城镇环境用水和部分河湖、湿地补水)占1.6%(水利部,2007)。由表2.1可以看出,农业虽然始终是用水大户,但农业用水的比例已从1949年的97%降低到了2006年的63.2%,而工业用水所占的比例却从1949年的2%提高到2004年的23.2%,生活和其它用水所占的比例也从1%提高到13.6%。由此可见,水资源短缺对农业用水造成的威胁更大。因而一些国外学者认为,中国政府现在和未来面临的挑战是:如何在不威胁中国和世界粮食安全的前提下,尽可能地满足其急剧膨胀的城市和工业部门的用水需求。

2.2 水资源短缺的定义及衡量

2.2.1 水资源短缺的定义

至今为止,国内外仍然没有一个关于水资源短缺的统一定义(IWMI,2004)。国际上有代表性的是按人均水资源量来定义的水资源短缺,即人均水资源量为1700 m^3 时,构成“水压力”;低于1000 m^3 时,形成“水短缺”;低于500 m^3 时,构成“水危机”(Falkenmark et al.,1989)。另一种常见的“水资源短缺”的定义是利用水安全问题来定义的水资源短缺。水安全的定义为“水的存在方式(量与质、物理与化学特性等)及水事活动(政府行政管理、卫生、供水、减灾、环境保护等)对人类社会的稳定与发展是无威胁的,或者说存在某种程度的威胁,但是可以将其后果控制到人们可以承受的范围之内”(张翔等,2005)。如果水的存在方式中的量的问题受到威胁,水资源就是短缺的。水资源短缺是人为造成的暂时的水资源不平衡,包括地下水和地表水的过度开采,水质下降,而且一般伴随着土地使用紊乱,生态系统功能改变(Luis

S. Pereira lan Cordery., 2002)。

一个地区的水资源是否短缺取决于人类的需求是如何定义的—以及环境的需求—自然界的水是否考虑在内。很难从物理意义上衡量水资源是否真的短缺，即为一个供给的问题；也很难确定水资源是否可利用但是应该更好的利用，即是一个需求的问题（IWMI, 2004）。

2.2.2 水资源短缺的衡量

目前为止，已经有很多关于水资源短缺的衡量指标的研究。Ohlsson使用UNDP的人类发展指数（Human Development Index）作为Falkenmark人均水资源量的权重来定义水资源短缺（社会水压力指数）。按照水资源短缺的起因，水短缺可以分为资源性缺水、水质性缺水和经济型缺水。其中三者的关系是这样的，资源性缺水会导致水质性缺水状况加剧；而经济性缺水可以视为导致水质性缺水的重要原因之一（吴超超等，2002）。按照更细的起因分类，则可以分为资源性缺水、工程性缺水、结构性缺水、水质性缺水和政策性缺水（朱照宇等，2003）。还有分为资源性缺水、工程性缺水、污染性缺水、浪费性缺水和配置性缺水（刘平贵、刘小敏，2002）。

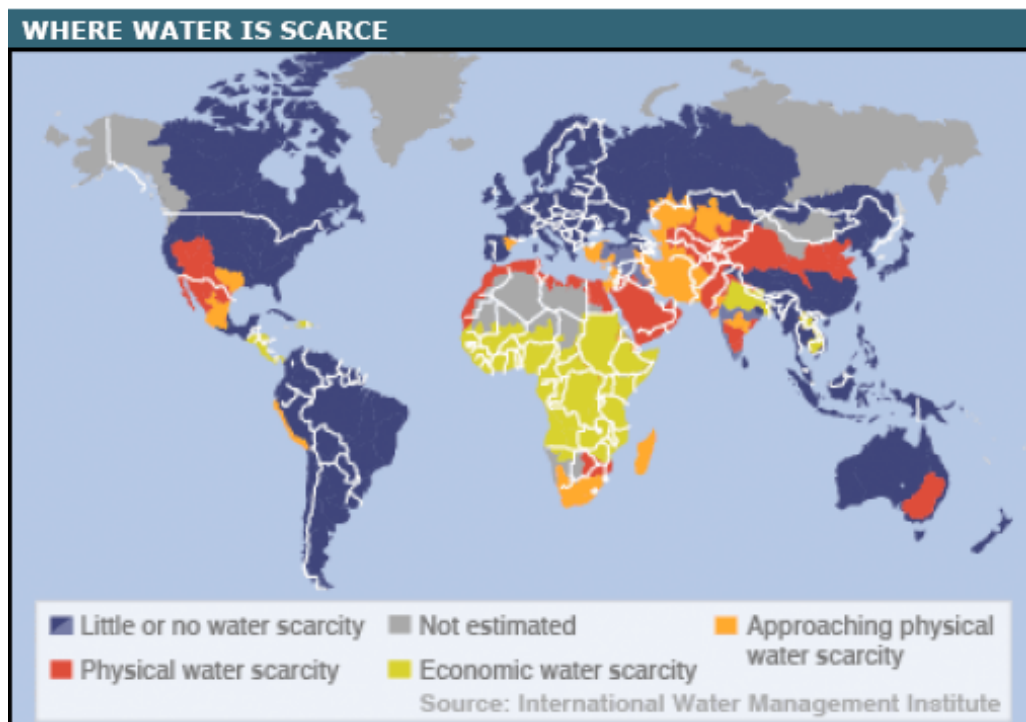


图 2.1 世界水短缺分布

IWMI认为水资源短缺可以分为四个层次：物理水短缺（Physical water scarcity）、近似物理水短缺（Approaching physical water scarcity）、经济水短缺（Economic water scarcity）和很少或者没有水短缺（Little or no water scarcity）。世界各地的短缺分布大致如图2.1所示。

Raskin et al. (1997) 定义每年水资源摄取总量 (withdrawals) 占水资源总量的比例作为水资源脆弱指数 (Water Resources Vulnerability Index), 当一个国家的该比例在20-40%之间的时候, 被视为缺水, 当超过40%时, 被视为极度缺水。Alcamo et al. (1997, 2000) 也用了该定义描述水资源使用关键比例 (criticality ratio) ——人类使用所摄取水资源量与可更新水资源总量的比例, 运用世界水缺口模型 (Water Gap Model) 计算该比例, 用来分析世界水资源短缺 (Frank R. Rijsberman, 2006)。

用各省、自治区、直辖市的人均水资源量、单位面积土地水资源占有量、人均供水量、和万元GDP水资源量全面衡量一个地区的缺水程度 (王晓青, 2001)。还有很多传统的评估水资源短缺的指标, 如年均地下水位, 年均地下水位越低, 水资源的短缺程度越高 (张丽娟等, 2005; 韩青、谭向勇, 2004); 水资源短缺严重程度虚变量, 1表示严重缺水, 0表示缺水不严重 (王金霞等, 2005) 等。

2.3 水资源短缺对农业生产的影响

我国水资源比较贫乏的华北和西北干旱、半干旱区, 大多数是生态系统比较脆弱的地带, 由于人口增长、经济发展, 致使这些地区水资源进一步短缺, 因而带来一系列生态、环境恶化的问题: 如草原退化, 沙漠面积不断扩展, 河流、湖泊、水库等水体面积日益缩小等。各部门面对水资源的日益短缺, 转而依赖于兴建水库及抽取地下水以满足日益新增的需求。水资源的短缺导致河流干涸、湖泊缩小、沙漠化、水污染和干旱 (李新, 2003)。

2.3.1 水资源短缺对农业生产的影响

从北方粮食生产结构与布局变化趋势分析结果看, 受市场对北方优质稻需求的拉动作用, 在全国水稻总面积呈下降趋势的情况下, 北方水稻种植面积呈扩大之势。1990~1997年间, 北方水稻种植面积扩大了4.6%, 其中缺水问题最突出的海滦河流域水稻面积扩大了9.4%。水稻和小麦面积扩大与水资源短缺之间形成矛盾。水稻和小麦均属高耗水作物, 从水资源短缺状况考虑, 水稻和小麦面积应该受到压缩。但从社会需求与北方的光、热条件考虑, 水稻和小麦面积应得到扩大 (陈印军, 2002)。水资源短缺程度对经济作物灌溉技术选择有显著影响 (韩青、谭向勇, 2004)。

进入90年代, 黄淮海平原持续干旱, 近几年种植业的发展很大程度上是靠过量开采地下水来维持的。地下水的严重超采, 造成漏斗面积不断扩大, 地下水位持续下降, 同时还带来了地面沉降、海水入浸等严重的生态问题。如天津市漏斗面积已达7300km², 地面最大沉降量已达2.46m; 山东省莱州湾地区, 由于多年大量超采, 海水浸染面积435km², 造成5472眼机井因水质变咸而报废, 3.35万hm²耕地和49万人用水困

难，农业产量大幅度下降（陈印军，2002）。

未来粮食安全更可能是区域粮食不安全问题，主要因素在于区域的水土资源禀赋差异，北方灌溉水资源潜力的不足会成为今后区域粮食不安全的最可能诱因。2020年，海河流域片的人均粮食占有量只在300公斤左右，是一个既缺水又缺粮的地区（廖永松，2003）。

农业生产缺水问题也越来越突出，有的乡村旱情不断加重，灌溉用水供不应求，全国因干旱减产的粮食每年约为100—200亿公斤（陈东琪，2002）。中国的耕地面积有一半以上处于干旱、半干旱地区，灌溉对粮食生产影响很大（汪恕诚，2008）。灌溉水源是干旱地区发展农业的决定性条件，只要有灌溉条件，还是可以发展农业生产的。2006年我国旱灾直接经济损失986.0亿元。全国作物因旱受灾面积为20737.91千公顷，其中成灾13411.34千公顷，绝收2295.40千公顷。全国因旱粮食损失416.5亿公斤，经济作物损失316.2亿元。作物因旱成灾面积所占比例较高，比例为64.7%（水利部，2008）。全国范围特别是北方地区旱情影响到农业生产，可以说干旱缺水已成为制约农业发展的重要因素。2007年入冬以来，东北地区、华北东部降水偏少，特别是1月以来降水量偏少5成以上，东北地区西南部、内蒙古东南部、华北东部地表长期无积雪覆盖，土壤不断失墒，截至2008年1月底出现不同程度旱情。华北东部冬小麦也受到干旱影响，部分地区出现死苗现象。但春季降水偏少，旱情将呈发展态势，春播生产形势不容乐观（中国气象局，2008）。

2.3.2 水资源短缺对农业经济的影响

中国是一个灌溉大国，21世纪中国粮食安全最可能的影响因素是水资源的不足。中国人多地少，粮食安全对灌溉存在很大的依赖性。受水资源短缺的约束，灌溉水面临严重危机（廖永松、黄季焜，2004）。《世界观察》曾载文指出，如果不采取强有力的新措施，任何一个威胁中国粮食自给的重要因素都很可能推动世界粮食市场价格的上扬。世界观察员美国的Brown甚至认为中国的水资源会动摇世界粮食安全。中国70%的粮食产自需灌溉的土地，而农业灌溉水供给面临三个方面的威胁：城市用水对农业用水的挤占、地下水的枯竭和快速工业化对水资源造成日益严重的污染（Brown和Brian，1998）。

如果中国农业用水的短缺持续下去，那么它将面临一个不断扩大的粮食缺口：一方面是需求的快速增加；另一方面是农民扩大生产的能力受限。美国国家情报委员会预测，2025年中国将需要进口1.75亿吨粮食（莱斯特·布朗，1998）。

水资源的短缺正不断削弱我们为缓解贫困所付出的努力，并正成为滋生环境问题的重要因素之一（World Bank，1993）。由于我国农村灌溉率的提高使灌溉的边际成本不断上升，加之政府财政的制约，进一步通过增加灌溉投资，扩大灌溉面积来促进

农业生产增长，缓解农村贫困的潜力已经相当有限（王金霞等，2005）。水短缺已经导致农业产出每年降低190亿美元（Andy Rothman, 2006）。我国耕地有效灌溉面积不断扩大，并与粮食产量一致保持高的关联度，是影响粮食单产的一个主导因素（赵俊晔等，2006）。很多地区由于地下水位下降，水井抽空吊泵，抽水设备需要不断更新，农民对灌溉的投入急剧增加，从而变相地降低了农民收入（张蔚榛和张瑜芳，2003）。

黄季焜则认为，虽然未来粮食自给率将有所下降，到2020年还能保持在90%左右。其中，大米自给有余（106%），对今后需进口大量大米的担心是多余的；小麦自给率也可达96%；中国的口粮基本能够自给。对中国未来粮食总量供给的最主要决定因素是农业科技投入和更有效地利用水资源（黄季焜，2004）。水资源的短缺迫使人们使用节水技术，节水灌溉面积在持续快速增加，从2000年的1638.9万公顷增加到2004年的2034.6万公顷，年均增长比率为6%（国家统计局，2005）。

年均地下水位越低，水资源越短缺，卖水机井的比例可能越大，地下水市场发育广度可能越高。水资源短缺对地下水市场发育广度的描述性分析表明，随着年均地下水位的下降，村卖水机井所占的比例提高了。地下水位越低，地下水市场发育的深度可能也越高。水资源短缺程度对地下水市场发育深度的描述性统计分析表明，随着年均地下水位的下降，机井的卖水比例提高了（张丽娟，2005）。

中科院农业政策研究中心（CCAP）曾经运用计量模型的实证研究方法分析了水资源短缺对农作物单产，农民收入和贫困的影响。把水资源短缺严重程度虚变量（1=严重短缺，0=不严重短缺）作为村级控制变量分析对作物单产、农民收入和贫困的影响。研究表明，水资源短缺严重程度对小麦，玉米和水稻的单产都有负面作用，对农民人均纯收入有明显的负面影响（系数145.0，t统计值为0.66），对贫困的影响倒不明显（王金霞等，2005）。

2.4 相关文献的总结性评论及本论文的创新点

综合上述文献中的研究结果可以看出，对我国水资源短缺状况的研究从上个世纪九十年代就已经开始了，而我国水资源短缺的严峻形势越来越受广大学者的关注，对水资源短缺涵义的界定也层出不穷。有关水资源短缺的影响更是涉及多个方面，有关于生态、环境恶化的，有关于地面沉降、海水入侵的。

目前我国乃至国外对水资源短缺的定量分析仍然处于初始阶段，即便在世界上其它国家，水资源短缺状况和影响的研究基本上也还是定性的，或者基于面上的资料或者个别点上的资料，没有大规模实地调查的资料。中科院农业政策研究中心（CCAP）曾经运用计量模型的实证研究方法分析了水资源短缺对农作物单产，农民收入和贫困的影响。把水资源短缺严重程度虚变量作为村级控制变量分析对作物单产、农民收入

和贫困的影响，结果表明，水资源短缺严重程度对小麦，玉米和水稻的单产都有负面作用。但这一研究也主要局限在黄河流域的宁夏和河南省的四个大型灌区。

那么中国水资源短缺的现状、地区分布以及趋势究竟如何，对农业生产会产生什么样的影响？本论文试图运用 3 次大规模调查得来的全国 10 个省、538 个村 2 年的数据，对我国水资源短缺的现状、趋势、地区分布及其对农业生产的影响展开深入的研究。

本文的创新点在于研究视角的创新（从水资源短缺的多个方面）、研究数据的创新（基于大规模的实地调查，而且是运用了 2 年的面板数据）和研究方法的创新（描述性统计分析和计量模型相结合的实证分析）。

第3章 研究框架、模型设定及数据来源

3.1 研究框架

水资源短缺已经影响到人们生活的方方面面,解决水资源短缺问题已经迫在眉睫。水资源短缺造成的影响也触及农业生产社会各个方面,本论文就主要围绕水资源短缺的现状、水资源短缺有何变化趋势以及水资源短缺对农业生产的影响展开研究,包括单位面积产量、作物种植结构等方面。

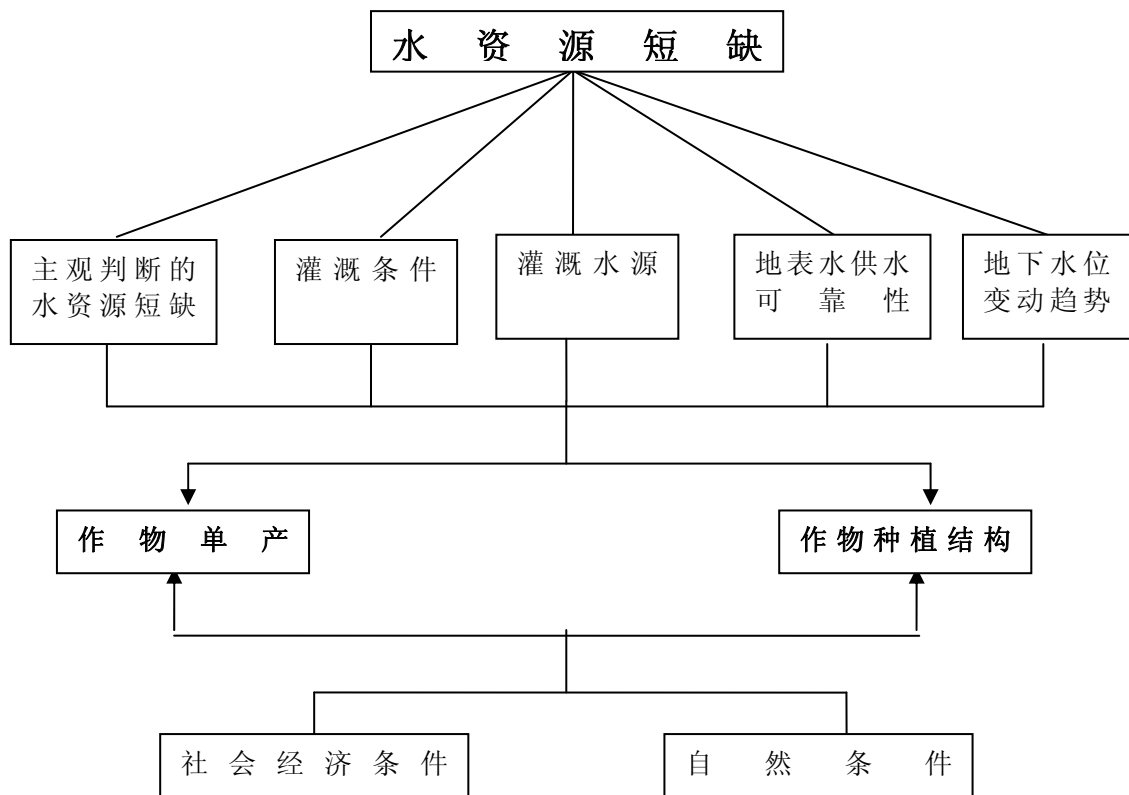


图 3.1 理论框架图

图3.1概括了本文研究的基本脉络。对我国农业水资源短缺的现状、变化趋势及地区差异做描述性的统计分析,对我国农业水资源短缺与农业生产关系的定性分析以及水资源短缺对农业生产影响的定量分析是本论文研究的三个主要内容。

第一,用涵盖全国十个省、538个村2年的数据对我国水资源短缺的现状、变化趋势以及地区间的差异做一描述性的统计分析,了解我国目前水资源短缺的大概状况。

第二,在了解了我国水资源短缺状况以后,用定性分析的方法描述反映水资源短缺的五个指标与作物(小麦、玉米、棉花)单产和作物种植结构之间可能存在的关系,

为进一步做计量模型分析做铺垫。

第三，单因素的定性分析还不足以完全反映水资源短缺的影响，因此我们综合考虑了村的社会经济条件、自然条件等多种因素，运行计量模型分析我国水资源短缺对作物单产和作物种植结构的影响。

3.2 模型设定与变量说明

3.2.1 模型设定

本文对水资源短缺影响的分析采取如下的思路和步骤。首先对水资源短缺的5个指标进行描述和定性分析，大致了解水资源短缺的现状、趋势以及对作物种植结构、作物单产的影响。其次，运用计量经济学的方法对水资源短缺的影响进行定量的分析，探讨水资源短缺对农业生产究竟有什么样的影响。为此根据研究框架图（图3.1），设定了如下的理论模型：

$$\text{作物单产} = f(\text{水资源短缺指标}, \text{社会经济条件}, \text{自然条件}) \quad (3.1)$$

$$\text{作物种植结构} = f(\text{水资源短缺指标}, \text{社会经济条件}, \text{自然条件}) \quad (3.2)$$

3.2.2 变量说明

为了便于以后的分析，我们先对模型中将要使用到的变量进行简单的说明。被解释变量中的作物单产，用小麦、玉米和棉花的亩产量表示；作物种植结构用几种代表性作物的播种面积占除了豆类作物、薯类作物和粗粮以外等基本不需要灌溉的作物的播种面积之和的比例表示。解释变量分为三类：水资源短缺指标、社会经济条件和自然条件。

1 被解释变量

(1) 作物单产。我们选择几种典型的作物（粮食作物中的小麦、玉米，和经济作物的棉花）的亩产量作为反映作物单产的代表。为了构成规范的面板数据，我们在模型中使用了702个种植小麦的样本村、932个种植玉米的样本村、164个种植棉花的样本村。

(2) 作物种植结构。为了更好的分析水资源短缺对作物种植结构的影响，我们此处使用作物种植结构的参照系并不是所有的作物播种面积，而是扣除掉基本不需要灌溉的薯类作物、豆类作物以及粗粮以外的所有其他作物的播种面积。小麦、玉米、水稻和棉花的播种面积占该播种面积的百分比代表作物种植结构。

表 3.1 影响作物单产、种植结构的因素及其预期作用方向

		玉米单产	玉米播种面积比例
水资源短缺指标			
主观判断的水资源短缺			
	水资源是否短缺	-	+
灌溉条件			
	是否灌溉	+	-
	灌溉面积比例	+	-
灌溉水源			
	地表水灌溉	-	-
	地下水灌溉	+	+
	联合灌溉*		
供水可靠性			
	地表水供水是否可靠	-	-
地下水位变动趋势			
	越来越低	-	+
	越来越高或者不变		
社会经济条件			
	非农就业劳动力比例	+	-
	小学以上文化水平比例	+	-
	村委到县政府的距离	+	-
	人均耕地面积	+	+
	户均人口	+	+
自然条件			
	坡度	-	-
	壤土土壤比例	+/-	+/-
	粘土土壤比例	+/-	+/-

数据来源：中科院农业政策研究中心总结

2 水资源短缺指标

本研究中，为了从多个方面更好的反映水资源短缺状况，我们选择主观判断的水资源是否短缺、灌溉条件、灌溉水源、地表水可靠性以及地下水位变动趋势等多个指标综合反映水资源短缺状况。

(1) 主观判断的水资源是否短缺来自于当地村领导和农民对调查当年水资源是否短缺的主观判断。调查当年，假如村领导和农民认为村里水资源不短缺，或者短期内不会有问题，但是长期来看会有问题，则定义为主观判断的水资源不短缺；否则，定义为主观判断的水资源不短缺。其中，如果村领导和农民认为水资源短缺已经严重影响了当地群众的生产和生活，则定义为水资源严重短缺。

(2) 灌溉条件由两个指标来体现，是否灌溉虚变量和灌溉面积比例。是否灌溉虚变量用于对作物单产、作物种植结构的描述性统计分析，如果村里当年有灌溉条件则赋值为1，否则为0；灌溉面积比例则由村里实际灌溉面积与耕地面积的比例计算得

来，其值位于0-1之间。

(3) 灌溉水源是指有灌溉条件的村使用何种水源灌溉。灌溉水源有3种可能值，即地表水灌溉、地下水灌溉和联合灌溉。我们在运行模型的时候，以联合灌溉为参照，使用地表水灌溉虚变量和地下水灌溉虚变量两个变量。

(4) 供水可靠性是指，如果调查所问的时间段内（如5年期间）有一年地表水（地下水）不够用，则定义为地表水（地下水）供水不可靠；反之，涉及的年份内都够用，则定义为地表水（地下水）供水可靠。在对水资源短缺状况的描述中，我们使用了地表水和地下水可靠性两个指标。因为地下水可靠性观察值分布的有偏性（90%左右的村均反映地下水可靠），所以在运行回归模型的时候，我们只考虑了地表水的可靠性指标。

(5) 地下水位变动趋势是指，使用地下水灌溉的村，调查所问时间段内（如1992-1995年期间），地下水位变动的趋势。地下水位变动趋势有3种可能的取值，即越来越低、没变化及越来越高。根据我们的研究内容和目标，地下水位变动趋势为越来越高和没变化都反映水资源不短缺，因此在运行模型的时候，我们以这两种情形为参照，考虑地下水位越来越低的影响。

3 社会经济条件

为了更好的分析作物单产、作物种植结构的决定因素，我们还需要考虑社会经济条件。我们选择农户规模、人均耕地、非农就业劳动力比例、以及教育水平、市场发育状况等作为反映社会经济状况的主要指标。农户规模是指户均人口，由总人口数除以总户数所得。人均耕地面积由村耕地面积除以总人口所得。非农就业劳动力比例是由非农就业人口数除以总劳动力数，其中的非农就业劳动力包括到外地打工、在本村打工以及到外存打工的总人数。教育水平由中学及以上文化程度劳动力占劳动力总数的百分比代表，该百分比越高，表明村的教育水平越高。我们用村委会到县政府的距离来代表市场发育状况，村委会到县政府距离越近，代表该村的市场条件越好。

4 自然条件

自然条件主要包括坡度和土壤类型。因为所涉及的样本村中，沙土的百分比全为0，所以，我们以粘土（clay）为参照，使用壤土土壤（silt）百分比和粘壤土土壤（silclay）百分比表示土壤类型。

综合上面的分析说明，我们在表3-2中对可能影响作物种植结构（以玉米播种面积比例代表）、作物单产（以玉米单产为代表）以及农民人均纯收入的因素以及预期的作用方向做出总结。

3.3 数据来源

根据研究目标和研究方法，本文数据来源主要由两部分构成。一部分是实地调查数据，另一部分是从气象部门得来的二手资料。

3.3.1 实地调查数据

我们的实地调查数据来自三次调查。一共涉及2004年的478个样本村，和2005年的60个样本村，为了方便期间，把2005年的数据近似作为2004年处理（因为时间比较近就差一年），共计538个样本村（表3.2）。

第一次，中国水权制度和管理(CWIM)面板数据调查。这次调查分为两个阶段：第一个阶段为2001年对河南、河北和宁夏共计3个省份的调查，调查时段为1990、1995和2001。第二个阶段分2004年9月份对河南和河北的追踪调查，以及2005年8月份对宁夏的追踪调查，追踪的都是同样的村。调查人员调查了村领导，地下水管理者，地表水灌溉管理者和部分用水户。因为宁夏不用地下水灌溉，所以在宁夏的调查中不涉及地下水管理者。样本村的选取主要依据地理位置特征以及水资源的稀缺程度。河北的抽样按照水资源的稀缺程度，最缺水主要用地下水灌溉、中等缺水主要用联合灌溉和水源丰富主要用地表水灌溉，分别选择献县、唐县和磁县为样本县。每个县选4个乡，每个乡随机选2个村。河南选样按地表水渠系，选择上游（原阳和获嘉）、中游（新乡和延津）、下游（卫辉和开封）共计6个县21个村作为样本村。宁夏选样按水资源稀缺程度，选择青铜峡灌区的上游（中卫和中宁）、中游（青铜峡市）下游（贺兰和平罗）共计5个县32个村。其中两个县（中卫和中宁）每个县选4个村，另三个县（青铜峡、贺兰和平罗）每个选8个村，共32个村。第一次调查共计样本：3省14县77村。

第二次，2004年12月份中国北方水资源调查(NCWRS)，共计6个调查省份：河南、河北、陕西、山西、内蒙古和辽宁。这次虽然再一次调查了河南和河北，但不是原来的村。调查时段为1995年和2004年。为了使研究更有代表性，我们采用随机分层抽样的方法抽取了代表中国北部的样本村，我们首先在每个样本省份选区县，然后把这些县按照灌溉面积的比例分成4类：严重缺水，部分缺水，正常地区和绝对缺水地区（山区和沙漠地区）。在每个县，我们随机的选择两个乡，每个乡随机选择4个村。共计：6个省、50个县、100个乡、401个村。

第三次，2006年7月份，WUA（Water Users Association）项目调查共计3个调查省份：甘肃、湖北和湖南。本次调查的主要目的是想要比较世界银行的WUA和非世行的WUA绩效如何。调查时段为1995年和2005年。选取世行给指定的7个县作为样本县。包括甘肃的2个县（安西和靖远）、4个乡（南岔、西湖、刘川和北滩）的20个村，湖北东风灌区的3个县（夷陵、当阳和枝江）、7个乡（分乡、雅鹊岭、王店、庙前、玉

泉办事处、坝陵和问安)的20个村,以及湖南铁山灌区的2个县(岳阳 岳阳)、7个乡(茈口、杨林、甘田、鹿角、康王、长塘、和桃林)的20个村。共计:7个县、18个乡、60个村。

表 3.2 调查数据来源汇总

样本省	样本县的数目(个)	样本乡的数目(个)	样本村的数目(个)
河北	10	26	80
河南	13	26	77
陕西	9	18	72
山西	9	18	73
内蒙古	9	18	72
辽宁	9	18	72
宁夏	1	5	32
甘肃	2	4	20
湖北	3	7	20
湖南	2	7	20
总计	67	165	538

数据来源:中科院农业政策研究中心计算



图 3.2 样本省份的分布

3.3.2 二手资料

我们的二手资料，包括县级的坡度和土壤类型。其中的坡度数据来自于中国科学院农业政策研究中心数据库。土壤类型数据来自于联合国粮食及农业组织（FAO），根据调查所涉及到县的地理坐标，运用GIS定位，挑选出我们调查所涉及到村的数据。因为坡度和土壤类型在短时期内是没有变化的，1995年和2004年2年的数据是一样的，只在非面板数据的模型中使用，所以在运行固定效应模型的时候就不需要放置自然条件变量。

第4章 农村水资源短缺的现状与趋势

为了研究农村水资源短缺的状况,我们从主观判断的水资源是否短缺、灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性和地下水位变动趋势等5个方面进行分析。

4.1 主观判断的水资源是否短缺

4.1.1 水资源短缺的总体判断

表 4.1 农村水资源短缺状况的主观判断

是否短缺	样本村的比例 (%)	
	1995	2004
不短缺	35	30
短缺:	65	70
其中严重短缺	13	15

数据来源: 中科院农业政策研究中心调查

调查表明,我国的水资源短缺状况目前已经不容乐观(表4.1)。2004年不存在水资源短缺的村的比例仅为30%,短缺村的比例高达70%,也就是说大部分村的农民已经感觉到了水资源短缺。另外,在水资源短缺的村中,有15%的村报道说他们已经面临十分严重的水资源短缺问题。由此可见,我国大部分地区存在着水资源短缺问题,部分地区的水资源短缺还十分严重。

我国水资源短缺状况还在加重(表4.1)。2004年与1995年相比,短缺村的比例增加了5个百分点,其中严重短缺村的比例增加了2个百分点。

4.1.2 水资源短缺的地区差异

表 4.2 各流域水资源短缺状况的主观判断

短缺程度	样本村的比例 (%)							
	海河		黄河		长江		松辽	
	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004
不短缺	25	24	36	30	68	48	28	22
短缺:	75	76	64	70	33	53	72	78
其中严重短缺	10	11	16	18	0	5	7	13

数据来源: 中科院农业政策研究中心调查

水资源短缺状况在南北方流域之间差异显著(表4.2)。总体来看,北方流域(如海河、黄河和松辽河流域)的水资源短缺比南方流域(如长江流域)的水资源短缺更为严重。2004年,北方流域水资源短缺的村都高于70%,甚至接近80%;而南方流域大约一半的村存在水资源短缺。另外,与其它流域相比,黄河流域水资源严重短缺村

的比例较高，为 18%。尽管南方长江流域水资源的短缺状况没有北方的流域严重，但长江流域水资源短缺的状况发展较快。2004 年与 1995 年相比，长江流域水资源短缺村的比例增长了 20 个百分点，而黄河和松辽河流域仅增长了 6 个百分点，海河流域仅增长了 1 个百分点。这说明，不仅是北方流域，南方流域的水资源短缺也应该引起我们的足够重视。

4.2 灌溉条件

灌溉条件从一定程度上反映水资源短缺状况。一般来说，在水资源越是短缺的地区，农民越是需要用灌溉来缓解水资源短缺的影响。

4.2.1 灌溉条件的总体判断

调查表明，我国绝大部分地区都在采用灌溉，而且灌溉的村所占比例有逐渐增多的趋势（表 4.3）。在所调查的四大流域、538 个村中，2004 年灌溉村的比例高达 89%，不灌溉的村的比例仅为 11%。2004 年与 1995 年相比，灌溉村的比例增加了 2 个百分点。

表 4.3 灌溉条件的总体状况

是否灌溉	样本村的比例 (%)		
	1995	2004	合计
不灌溉	13	11	12
灌溉	87	89	88
合计	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

4.2.2 灌溉条件的地区差异

表 4.4 各流域灌溉条件差异

灌溉条件	样本村的比例 (%)							
	海河		黄河		长江		松辽	
	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004
灌溉	98	99	84	85	100	100	83	96
不灌溉	3	1	16	15	0	0	17	4
合计	100	100	100	100	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

调查表明，灌溉条件在南北方存在差异（表 4.4）。总体来看，长江流域和海河流域有灌溉条件的村所占比例更大。可能是因为长江流域水资源丰富的原因，具有充足的灌溉条件，无论是 1995 年还是 2004 年，长江流域 100% 的样本村都有灌溉条件。而海河流域则有可能是因为大规模使用地下水灌溉的原因，2004 年，99% 的样本村有灌溉条件，比 1995 年增长了 2 个百分点。松辽流域灌溉条件变化最大，从 1995 年-2004

年间，有灌溉条件的村从 83% 增长到 96%，增加了 13 个百分点，而没有灌溉条件的村相应地减少了 13 个百分点。

4.3 灌溉水源

灌溉水源从一定程度上也反映水资源短缺的状况，一般来说，对地下水灌溉的依赖程度越高，表明该地区水资源就越短缺。

4.3.1 灌溉水源的总体判断

表 4.5 样本村的灌溉水源状况

灌溉水源	样本村的比例 (%)		灌溉面积的比例 (%)	
	1995	2004	1995	2004
只用地表水	40	34	52	45
只用地下水	33	38	37	43
联合灌溉	26	28	11	12
合计	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

调查表明，从现状来看，地表水和地下水在农村灌溉中的重要性差异不明显。2004 年，从灌溉村的比例来看，地下水的灌溉比例比地表水略高一些，高 4 个百分点。但从灌溉面积的比例来看，地表水的灌溉面积比例比地下水高 2 个百分点。由此可见，地下水和地表水对于灌溉具有同等的重要性。

但从过去的十年来看，地下水灌溉越来越重要，这也反映了水资源短缺的趋势(表 4.5)。过去的十年，无论从灌溉村的比例来看，还是从灌溉面积的比例来看，地下水灌溉所占的百分比趋于上升，地表水趋于下降。例如，1995-2004 年间，仅用地表水灌溉的村减少了 6 个百分点，而仅用地下水灌溉的村增长了 5 个百分点，联合灌溉村的比例增长了 2 个百分点。

4.3.2 灌溉水源的地区差异

调研表明，地下水灌溉在各流域的重要性差异较大；但无论是哪个流域，相对于地表水灌溉而言，地下水和联合灌溉都越来越重要（表 4.6 和表 4.7）。2004 年，海河流域对地下水灌溉的依赖性最高，只用地下水灌溉村的比例高达 67%，地下水灌溉面积的比例高达 82%。对于黄河和松辽河流域而言，三种灌溉水源基本具有同样的重要性。但对长江流域而言，地表水仍然是最主要的灌溉水源。

总体来看，无论是北方还是南方流域，地下水和联合灌溉所占的比例都越来越高（表 4.6 和表 4.7）。例如对于松辽流域，地下水灌溉村的比例从 1995 年的 13% 提高到 2004 年的 30%，地下水灌溉面积的比例从 25% 提高到 52%；长江流域联合灌溉的比

例从 1995 年的 3% 提高到 15%，联合灌溉面积的比例从 0 提高到 3%。所有这些现象说明，无论是南方还是北方，水资源都变得越来越短缺。

表 4.6 各流域灌溉水源差异

水源	样本村的比例 (%)							
	海河		黄河		长江		松辽	
	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004
只用地表水灌溉	13	9	36	34	98	85	55	33
只用地下水灌溉	69	67	33	37	0	0	13	30
联合灌溉	18	24	31	29	3	15	32	36
合计	100	100	100	100	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

表 4.7 各种水源灌溉面积比在各流域的差异

水源	水源灌溉面积的比例 (%)							
	海河		黄河		长江		松辽	
	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004
只用地表水灌溉	13	13	48	43	100	97	64	44
只用地下水灌溉	79	82	38	40	0	0	25	52
联合灌溉	7	5	14	16	0	3	10	4
合计	100	100	100	100	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

4.4 供水可靠性

供水可靠性状况也反映水资源短缺状况，可靠性越低，水资源越短缺。如果调查所问的时间段内（如 5 年期间）有一年地表水（地下水）不够用，则定义为地表水（地下水）供水不可靠；反之，涉及的年份内都够用，则定义为地表水（地下水）供水可靠。

4.4.1. 供水可靠性的总体判断

表 4.8 供水可靠性总体状况

供水可靠性	样本村的比例 (%)			
	地表水可靠性		地下水可靠性	
	1991-1995	2001-2004	1991-1995	2001-2004
可靠村的比例 (%)	65	40	91	85
不可靠村的比例 (%)	35	60	9	15
合计	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

调查表明，地表水的可靠性明显低于地下水；但无论是地表水还是地下水，它们的可靠程度都在显著降低（表 4.8）。例如，2004 年，地表水供水可靠村的比例为 40%；

而地下水可靠村的比例却高达 85%。另外，在过去的十多年间，地表水不可靠的村的比例增加了 25 个百分点；而地下水不可靠的村的比例也增加了 6 个百分点。

4.4.2. 供水可靠性的地区差异

无论是地表水还是地下水，各流域间的供水可靠性都有一定差异，相对于其它流域而言，海河流域的供水可靠性最差（表 4.9）。例如，2004 年，海河流域的地表水和地下水的可靠性分别为 27%和 58%，而松辽河流域的可靠性分别为 58%和 100%。长江流域和黄河流域地表水和地下水可靠性均较好，地表水可靠的村的比例分别是 43%和 36%，地下水可靠村的比例分别为 83%和 92%

表 4.9 各流域供水可靠性状况

供水可靠性	海河		黄河		长江		松辽	
	1991-1995	2001-2004	1991-1995	2001-2004	1991-1995	2001-2004	1991-1995	2001-2004
地表水可靠性								
可靠村的比例 (%)	46	27	64	36	75	43	73	58
不可靠村的比例 (%)	54	73	36	64	25	58	27	42
地下水可靠性								
可靠村的比例 (%)	71	58	97	92	100	83	100	100
不可靠村的比例 (%)	29	42	3	8	0	17	0	0

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

总体而言，各个流域地表水和地下水的供水可靠性都在降低（表 4.9）。相对于其它流域，长江流域供水可靠性降幅最大。例如长江流域地表水供水可靠的村的比例从 1995 年的 75%降低到 2004 年的 43%，降低了 32 个百分点，而地下水可靠的村比例也降低了 17 个百分点；而其它流域供水可靠性的降低幅度都低于长江流域。松辽流域降低幅度最小，地表水可靠的村的比例降低了 15 个百分点，而地下水可靠村的比例没有变化，一直是 100%。以上数据表明从供水的可靠性方面来看，水资源短缺状况都在恶化。

4.5 地下水位变动趋势

地下水位的变动趋势也经常是反映水资源短缺状况的一个重要指标。地下水位变动趋势也来自于村领导和农民的主观判断或他们的直观感受。如果水位越来越低，表明水资源越来越短缺。

4.5.1. 地下水位变动趋势的总体判断

调研表明，从 2001-2004 年间，大部分村的地下水位都越来越低（表 4.10）。2001-2004 年期间，地下水位越来越低的村的比例占到了 76%，地下水位不变村的比例为 20%，地下水位升高村的比例仅为 4%。

就地下水位变动趋势的变化来看，从 1991-1995 年间到 2001-2004 年间，地下水位降低的趋势越来越大，地表水位降低的村的比例增长了 10 个百分点，而地下水位不变的村的比例降低了 13 个百分点（表 4.10）。

表 4.10 地下水位变动趋势状况

地下水位变动趋势	样本村的比例 (%)	
	1991-1995	2001-2004
一样	33	20
越来越高	1	4
越来越低	66	76
合计	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

4.5.2. 地下水位变动趋势的地区差异

从各流域来看，地下水位下降的状况都比较严重，尤其是海河和黄河流域（表 4.11）。2002-2004 年间，各流域地下水位越来越低的村的比例都超过了半数。其中，海河流域地下水位越来越低的村的比例最高，达到 86%；黄河流域次之，为 76%；再次是松辽流域，为 63%；长江流域最低，为 57%，但也超过了半数。

从变化趋势来看，各流域地下水位越来越低的村的比例都有不同程度的增加，地下水位一样的村的比例则相反，都在减少（表 4.11）。黄河流域地下水位越来越低的村的比例增幅最大，增长了 15 个百分点，松辽和长江流域次之，都为 7 个百分点，海河为 3 个百分点。

表 4.11 各流域地下水位变动趋势

地下水位变动趋势	海河		黄河		长江		松辽	
	1992-1995	2002-2004	1992-1995	2002-2004	1992-1995	2002-2004	1992-1995	2002-2004
一样	17	10	37	19	50	43	44	35
越来越高	0	4	2	5	0	0	0	2
越来越低	83	86	61	76	50	57	56	63
合计	100	100	100	100	100	100	100	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

小结

本章主要了解我国水资源短缺的现状与趋势。调查结果表明,无论从哪个指标来看,我国的水资源短缺状况都不容乐观,而且这一趋势还在加重。总体而言,北方流域(如海河、黄河和松辽河流域)的水资源短缺比南方的长江流域的更为严重。尽管南方长江流域水资源的短缺状况没有北方的流域严重,但长江流域水资源短缺的状况发展较快。

第5章 水资源短缺对农业生产影响的定性分析

通过调整作物种植结构缓解水资源短缺的影响，不仅仅是农民对水资源短缺的应对措施之一，而且也引起政府和学者越来越多的关注。作物种植结构调整和水资源短缺之间到底有没有联系呢，主要的农作物单产会不会受到水资源短缺的影响，下面我们就利用调查数据从5个方面对这几个问题作一些描述性统计分析。

5.1 主观判断的水资源短缺与农业生产的关系

5.1.1 主观判断的水资源短缺与作物单产的关系

表 5.1 主观判断的水资源短缺与作物单产

水资源是否短缺	小麦		玉米		棉花	
	样本村数	单产 (斤/亩)	样本村数	单产 (斤/亩)	样本村数	单产 (斤/亩)
不短缺	455	572	577	783	135	253
短缺	288	509	394	714	75	237
合计	743	547	971	755	210	347

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

一般来说，对水资源依赖性比较高的作物，单产会随着水资源短缺的加剧而降低，调查结果也反映了这一规律（表 5.1）。主观判断的水资源短缺村的玉米单产为 714 斤/亩，比不存在主观判断的水资源短缺的村低 69 斤/亩，差别最显著；其次是小麦，在主观判断的水资源短缺的村单产是 509 斤/亩，比不存在主观判断的水资源短缺的村低 63 斤/亩。虽然棉花对水资源的依赖性比较低，但是水资源短缺村的棉花单产也低于不存在短缺的村，低 16 斤/亩。该结果表明了水资源短缺状况通常会影响到作物单位面积产量。

5.1.2 主观判断的水资源短缺与作物种植结构的关系

表 5.2 主观判断的水资源短缺与作物种植结构

水资源是否短缺	样本村数	播种面积比例 (%)					合计
		水稻	玉米	小麦	棉花	其他	
不短缺	646	13	35	27	4	34	100
短缺	430	8	38	27	3	32	100
合计	1076	11	36	27	3	34	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

一般来说，水资源越是短缺，农民就越可能倾向于种植对灌溉依赖程度低、需水量小的作物；调研结果也反映了这一基本趋势（表 5.2）。例如，主观判断的水资源短缺的村的水稻播种面积比例为 8%，相比于主观判断的水资源不短缺的村的 13%，低

5 个百分点。玉米和水稻相比，需水量小些。主观判断的水资源不短缺的村的玉米的播种面积比例为 35%，比短缺的村低 3 个百分点。总体来看，在水资源短缺的情况下，经济类（如棉花等）作物的播种面积比例会低 1 个百分点。小麦播种面积比例在主观判断的水资源短缺和不短缺的条件下相等，都是 27%。

5.2 灌溉条件与农业生产的关系

很多研究表明，灌溉对农业生产有正面的积极作用。我们的调查数据也验证出了这一结论，灌溉的村的农作物单产都明显高于不灌溉的村。

5.2.1 灌溉条件与作物单产的关系

表 5.3 灌溉条件与作物单产

是否灌溉	小麦		玉米		棉花	
	样本 村数	单产 (斤/亩)	样本 村数	单产 (斤/亩)	样本 村数	单产 (斤/亩)
不灌溉	82	429	111	559	11	104
灌溉	620	573	821	784	153	261
合计	702	556	932	755	164	250

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

相应作物构成的面板数据描述性结果表明，灌溉地的单产高于雨样地（表 5.4）。无论是玉米、小麦，还是需水量较小的棉花，灌溉地的单产都远远高于雨养地。尤其是棉花，灌溉地的单产（261 斤/亩）是雨养地（104 斤/亩）的 2.5 倍；与没有灌溉条件的村比，有灌溉条件的村的玉米单产多 225 斤/亩。小麦单产差别最小，不过也有 144 斤/亩之多。

5.2.2 灌溉条件与作物种植结构的关系

样本数据显示，灌溉条件与作物种植结构也可能有一定的相关关系（表 5.4）。因为水稻对水的需求量大，没有灌溉条件的村水稻播种面积比例为 0，而灌溉的村的水稻播种面积比例达 13%。没有灌溉条件的村棉播种面积比例也为 0，而灌溉的村的棉花种植面积比例为 4%。玉米则相反，没有灌溉条件的村的播种面积比例比灌溉村要高，分别高 7 个和 4 个百分点。

表 5.4 灌溉条件与作物种植结构

是否灌溉	样本村数	作物播种面积种比例 (%)					合计
		水稻	玉米	小麦	棉花	其他	
不灌溉	126	0	40	33	0	27	100
灌溉	950	13	36	26	4	21	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

5.2 灌溉水源与农业生产的关系

5.3.1 灌溉水源与作物单产的关系

调查表明，联合灌溉对作物单产有积极影响。与用地表水灌溉、地下水灌溉的村相比，联合灌溉的村的几种主要作物的单产都较高（表 5.5）。棉花差别最大，联合灌溉的村的棉花单产为 286 斤/亩，只用地下水灌溉的村的单产为 248 斤/亩，而只用地表水灌溉的村仅为 211 斤/亩，比联合灌溉的村低 75 斤/亩。与联合灌溉的村相比，用地表水灌溉村的小麦单产低 64 斤/亩，地下水灌溉相差不多，只差 2 斤/亩。而玉米则是用地下水灌溉的村产量最高，为 807 斤/亩，比联合灌溉的村高 23 斤/亩，比地表水灌溉的村高 41 斤/亩。

表 5.5 灌溉水源与作物单产

灌溉水源	小麦		玉米		棉花	
	样本村数	单产(斤/亩)	样本村数	单产(斤/亩)	样本村数	单产(斤/亩)
地表水	188	534	274	766	9	211
地下水	248	596	299	807	66	248
联合灌溉	168	598	217	784	73	286

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

5.3.2 灌溉水源与作物种植结构的关系

表 5.6 灌溉水源与作物种植结构

灌溉水源	样本村数	作物播种面积比例 (%)					合计
		水稻	小麦	玉米	棉花	其他	
只用地表水灌溉	351	25	20	28	0	27	100
只用地下水灌溉	339	0	32	44	3	21	100
联合灌溉	260	12	26	36	9	17	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

样本数据显示，灌溉水源与作物种植结构也可能有一定的相关关系（表 5.6）。因为水稻对水的需求量大，只用地下水灌溉的村一般不种水稻，主要是只用地表水灌溉的村种植水稻，播种面积比例为 25%，其次为联合灌溉的村，播种面积比例为 12%。而小麦和玉米主要种在用地下水的村，尤其是玉米，地下水灌溉的村播种面积比例高达 42%。对于棉花而言，联合灌溉的比例更高些，为 9%，只用地表水灌溉的村一般不种植棉花。

5.3 供水可靠性与农业生产的关系

很多研究表明，供水可靠性对农业生产有一定的关系。我们的调查数据也验证出了这一结论，灌溉的村的作物单产都明显高于不灌溉的村。

5.4.1 地表水供水可靠性与作物单产的关系

表 5.7 供水可靠性与作物单产

地表水供水可靠性	小麦		玉米		棉花	
	样本村数	单产 (斤/亩)	样本村数	单产 (斤/亩)	样本村数	单产 (斤/亩)
可靠	164	558	235	764	32	321
不可靠	162	560	215	796	34	276

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

运用两年都使用地表水灌溉而且都种植相应作物的村所构成的面板数据所做的描述统计结果显示，地表水供水可靠与否与作物单产也存在一定的关系（表 5.7）。与供水不可靠的村相比，供水可靠的村的棉花单产高 45 斤/亩。然而小麦和玉米的单产都是地表水供水可靠的村低于不可靠的村，例如，供水可靠的村玉米单产是 764 斤/亩，而不可靠的村的为 796 斤/亩，具体原因有待做进一步的探讨。

5.4.2 地表水供水可靠性与作物种植结构的关系

运用 10 个省份中所有使用地表水灌溉村的样本数据所做的描述统计显示，地表水供水可靠性与作物播种结构也可能有一定的相关关系（表 5.8）。因为水稻对地表水的依赖性比较大，地表水供水可靠的村水稻的播种面积比例为 24%，远高于不可靠的村的 15%，高 9 个百分点。因为小麦对地表水的依赖性不大，地表水可靠与否对小麦的播种面积比例影响不大，可靠的村比不可靠的村仅高 1 个百分点。而玉米和棉花可能是对地表水依赖程度最低的原因，不可靠的村的播种面积反倒比可靠的村高。

表 5.8 地表水供水可靠性与作物种植结构

地表水供水可靠性	样本村数	播种面积比例 (%)					合计
		水稻	玉米	小麦	棉花	其他	
可靠	323	24	29	23	3	3	
不可靠	288	15	34	22	5	5	

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

5.4 地下水位变动趋势与农业生产的关系

5.5.1 地下水位变动趋势与作物单产的关系

表 5.9 地下水位变动趋势与作物单产

地下水位变动趋势	小麦		玉米	
	样本村数	单产 (斤/亩)	样本村数	单产 (斤/亩)
越来越低	276	616	350	798
越来越高或者不变	106	540	124	754

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

地下水位变动趋势与作物单产也表现出一些可能的相关关系（表 5.9）。在地下水位越来越低的村，小麦和玉米的单产明显高于地下水位没有什么变化或者越来越高

的村。例如，地下水位变动趋势为越来越低的 276 个村小麦的单产为 616 斤/亩，比其他 106 个地下水位变的越来越高或者不变的村的 540 斤/亩，高 76 斤/亩。这有可能是因为作物单产的提高是以地下水位下降为代价的。

5.5.2 地下水位变动趋势与作物种植结构的关系

地下水位变动趋势与作物种植结构也表现出一些可能的相关关系（表 5.10）。与地下水位没有什么变化或者越来越高的村相比，在地下水位越来越低的村，农民倾向于种植更多的玉米和棉花，更少的水稻和小麦；而在地下水位不变或者越来越高的村，小麦和水稻播种比例明显增多。地下水位变动趋势为越来越低的 425 个村中，水稻的播种面积比例为 3%，远低于地下水位越来越高或者不变的村的 11%；而玉米在前者情况的播种面积比例为 43%，比后一情况高 7 个百分点。

表 5.10 地下水位变动趋势与作物种植结构

地下水位变动趋势	样本村数	作物播种面积比例 (%)					合计
		水稻	小麦	玉米	棉花	其他	
越来越低	425	3	29	43	6	19	100
越来越高或者不变	167	11	32	36	4	17	100

数据来源：中科院农业政策研究中心调查

小结

调查结果表明，无论从哪个指标来看，我国的水资源短缺状况都不容乐观，而且这一趋势还在加重。总体而言，北方流域（如海河、黄河和松辽河流域）的水资源短缺比南方流域（如长江流域）的更为严重。尽管南方长江流域水资源的短缺状况没有北方的流域严重，但长江流域水资源短缺的状况发展较快。另外，水资源越短缺，农民就越可能倾向于种植对灌溉依赖程度低、需水量小的作物。调查数据还表明，水资源短缺已经在影响我国多种作物的单产。

但是，由于作物单产、作物种植结构不仅受到水资源短缺的影响，还受到市场、价格、政策、土壤状况和气候变化等多方面因素的影响。所以，为了将水资源短缺对作物种植结构的影响单纯分离出来，我们还需要运用计量模型的方法将其它因素的影响控制好，这也是我们下一步的工作重点。

第6章 水资源短缺对农业生产影响的定量分析

我们描述性统计分析得出的所有结果都支持一个事实：水资源短缺与农业生产有一定的关系。但是简单的数据描述分析不能控制其他相关因素的影响，因此我们运用计量分析的方法继续研究水资源短缺对农业生产的影响。

6.1 主观判断的水资源短缺对农业生产影响的计量分析

6.1.1 主观判断的水资源短缺对作物单产的影响

主观判断的水资源短缺对小麦单产影响的村级随机效应模型运行结果良好。为了分析主观判断的水资源短缺对小麦单产的影响，我们选择两年都种植小麦的村（共计 702 个观察值）为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量主观判断的水资源短缺系数为负，且统计检验显著。这与我们对主观判断的水资源短缺与小麦单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了水资源短缺对作物单产的消极作用。另外，其他控制变量结果也良好，例如，自然条件中的坡度为负，且统计检验显著，表明坡度越大，小麦单产越低，二者存在显著的负相关关系。瓦尔德检验（Wald）结果为 116.6，表明我们的多因素模型在统计上是有效的。

主观判断的水资源短缺对玉米单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析主观判断的水资源短缺对玉米单产的影响，我们运行流域固定效应模型，加入流域虚变量。与小麦类似，我们选择两年都种植玉米的村（共计 932 个观察值）为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量主观判断的水资源短缺系数为负（-46.8），且统计检验显著（显著水平为 5%）。这与我们对主观判断的水资源短缺与玉米单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了水资源短缺越短缺，玉米单产越低的预期。另外，其他控制变量结果也良好，例如，社会经济条件中的人均耕地面积系数为正，且统计检验显著，这表明人均耕地面积越大，玉米单产越高，二者存在显著的正相关关系。

在控制其他因素不变的情况下，为了分析主观判断的水资源短缺对棉花单产的影响，我们运行村固定效应模型。类似地，我们选择两年都种植棉花的村（共有 164 个观察值）为样本村构成规范的面板数据。主观判断的水资源短缺对棉花单产影响的计量模型结果中，我们最关心的变量不显著，且系数为正，这与我们之前做的描述性统计分析结果不太一致，有可能是因为样本数量过少以及主观判断的水资源短缺变量本身带有很强的主观色彩所致，具体原因还有待我们进一步做分析研究。

表 6.1 主观判断的水资源短缺对作物单产影响的计量估计结果

	因变量：作物单产		
	小麦	玉米	棉花
	(村级随机效应模型)	(流域固定效应模型)	(村固定效应模型)
水资源是否短缺 (0=否; 1=是)	-38.0 (2.25)**	-46.8 (2.32)**	33.7 (0.97)
人均耕地面积 (亩/人)	1.4 (0.26)	19.8 (2.98)***	11.0 (0.43)
户均人口 (人/户)	-0.330 (0.53)	0.724 (0.75)	-12.6 (0.28)
非农就业劳动力比例	-19.8 (0.20)	-266.1 (2.17)**	210.7 (0.90)
小学以上文化水平比例	0.271 (0.72)	2.4 (5.51)***	0.925 (0.88)
村委到县政府的距离 (km)	-0.371 (0.87)	0.469 (1.12)	-0.562 (0.20)
坡度	-28.7 (4.36)***	-11.5 (1.70)*	
壤土土壤比例	39.6 (0.87)	-62.6 (1.03)	
粘土土壤比例	34.6 (0.71)	68.9 (1.08)	
常数	542.4 (10.78)***	109.8 (3.63)***	186.8 (0.89)
观察值	702	932	164
村数	351		82
R ²	0.17		0.11
调整后的复相关系数 R ²		0.18	
Wald 检验	116.6		
F 检验		17.23	1.33

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平
2. 括号内是 z 统计的绝对值

6.1.2 主观判断的水资源短缺对作物种植结构的影响

主观判断的水资源短缺对作物种植结构影响的计量模型估计结果良好。为了分析主观判断的水资源短缺对作物种植结构的影响，我们使用 538 个村 2 年的数据为样本，运行县固定效应模型。因为县级虚变量不是我们关心的变量，所以县级虚变量的回归结果就没有加入到表格中。最重要的是，我们估计的大部分参数都符合预期。主观判断的水资源短缺虚变量对需水量最大的水稻的播种面积比例影响显著（5%的显著水平），且系数为负，这与我们的描述性统计结果是一致的，进一步验证水资源越是短缺，水稻的播种面积比例越小的预期。对其他 3 种作物的播种面积比例的影响 z 统计检验不显著有可能是因为这 3 种作物对水的依赖性不如水稻那么强。另外，控制变量很多都显著。例如，代表市场发育程度的村委会到县政府的距离对玉米、小麦和水稻的播种面积比例的影响统计检验都显著，表明其对作物种植结构有显著的影响。总体来看，无论是 4 种作物的哪一个作物，代表联合解释能力

的复相关系数 R^2 数均在 0.65-0.85 之间，这对于水资源短缺和作物种植结构的面板资料所做的分析来讲是够高了。

表 6.2 主观判断的水资源短缺对作物种植结构影响的计量估计结果

	作物播种面积比例（县级固定效应模型）			
	小麦	玉米	水稻	棉花
水资源是否短缺 (0=否; 1=是)	-0.669 (0.75)	1.693 (1.64)	-1.39 (2.19)**	-0.069 (0.17)
人均耕地面积（亩/人）	0.231 (0.68)	-1.42 (3.62)***	-0.16 (0.67)	0.253 (1.61)
户均人口（人/户）	0.032 (0.74)	-0.099 (1.97)**	-0.005 (0.15)	0.000 (0.02)
非农就业劳动力比例	-7.7 (1.45)	-6.8 (1.11)	4.3 (1.13)	4.1 (1.67)*
小学以上文化水平比例	-0.056 (2.89)***	-0.019 (0.87)	0.039 (2.84)***	0.010 (1.11)
村委到县政府的距离（km）	0.119 (4.57)***	-0.095 (3.18)***	0.044 (2.38)**	0.007 (0.58)
坡度	-3.5 (4.65)***	-0.803 (0.91)	4.2 (7.72)***	0.311 (0.88)
壤土土壤比例	19.4 (1.93)*	51.1 (4.42)***	-57.8 (8.11)***	-3.5 (0.76)
粘土土壤比例	-4.6 (0.45)	15.1 (1.28)	24.3 (3.36)***	-1.1 (0.24)
常数	7.9 (1.04)	-3.0 (0.34)	44.3 (8.18)***	-0.773 (0.22)
观察值	1076	1076	1076	1076
复相关系数 R^2	0.71	0.83	0.65	0.72

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平
2. 括号内是 z 统计的绝对值

6.2 灌溉条件对农业生产影响的计量分析

与描述性统计不同，计量模型中我们使用灌溉面积占耕地面积的比例变量代表灌溉条件。灌溉面积比例越大，表明该村灌溉条件越好。在上一章中灌溉条件对农业生产的影响定性分析基础上，我们进一步研究在控制了其他因素的条件下，灌溉条件的影响。

6.2.1 灌溉条件对作物单产的影响

灌溉条件对小麦单产影响的计量模型运行结果良好。为了分析灌溉条件对小麦单产的影响，我们选择两年都种植小麦且都灌溉了的村为样本村，构成规范的面板数据，运行村固定效应模型。最重要的是，我们感兴趣的变量灌溉条件系数为正，且 t 统计检验显著。这与我们对灌溉条件与作物单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了灌溉对作物单产的正向推动作用。其他控制变量中，非农就业劳动力比例统计检验显著，且系数为正。其他社会经济因素不显著，有可能是因为我

们调查所涉及到的小麦主要是冬小麦，种植技术含量不高，其单产比较稳定的。三种作物单产的影响计量模型结果中，复相关系数 R^2 均在 0.2-0.3 之间，这对于面板数据的固定效应模型的分析来说够高了。F 检验在 2.7-19.0 之间，拟合优度良好，表明灌溉面积比例联合其他控制变量对作物单产具有良好的解释能力。

表 6.3 灌溉条件对作物单产影响的计量估计结果

	因变量：作物单产		
	小麦	玉米	棉花
	(村固定效应模型)	(村级固定效应模型)	(村级随机效应模型)
灌溉面积比例	175 (2.44)**	188 (2.60)***	176 (3.18)***
人均耕地面积 (亩/人)	2.7 (0.14)	-65.1 (3.27)***	43.9 (2.81)***
户均人口 (人/户)	-0.405 (0.52)	0.211 (0.23)	40.8 (1.62)
非农就业劳动力比例	287 (1.63)***	69.8 (0.39)***	196.0 (1.09)
小学以上文化水平比例	-0.590 (0.76)	1.84 (2.10)**	0.873 (1.41)
村委到县政府的距离 (km)	2.2 (1.02)	-6.3 (1.68)*	-0.857 (0.54)
坡度			26.1 (1.58)
壤土土壤比例			-1,167 (1.80)*
粘土土壤比例			-1,123.4 (1.75)*
常数	308 (3.31)***	747 (6.32)***	914 (1.36)
观察值	578	758	146
样本村数	289	379	73
复相关系数 R^2	0.21	0.25	0.22
F 检验	11.2	18.63	2.72

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平
2. 括号内是 t 统计的绝对值

灌溉条件对玉米单产影响的村固定效应模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析灌溉条件对玉米单产的影响，我们选择两年都种植玉米且都灌溉了的村为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量灌溉条件系数为正，且统计检验显著。这与我们对灌溉条件与玉米单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了灌溉对玉米单产的正向作用。另外，其他控制变量结果也良好，例如，社会经济条件中的人均耕地面积的系数为负，且统计检验显著，这表明人均耕地面积越小，玉米单产越高，二者存在显著的负相关关系。

灌溉条件对棉花单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析灌溉条件对棉花单产的影响，我们选择两年都种植棉花且都灌溉了的村为样本村，构成规范的面板数据，运行村级随机效应模型。最重要的是，我们感兴趣的变量灌溉条件系数为正，且 t 统计检验显著。这与我们对灌溉条件与棉花单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了灌溉对棉花单产的正向作用。另

外，其他控制变量结果也良好，例如，我们关心的人均耕地面积显著水平达到 1%，表现出较强的正相关关系，意味着人均耕地面积越大，棉花单产越高。壤土土壤比例和粘土土壤比例的显著水平为 10%，表现出一定的负相关关系，说明这两种土壤比例越高，棉花单产越低。

6.2.2 灌溉条件对作物种植结构的影响

灌溉条件对作物种植结构影响的计量模型运行结果良好。为了分析灌溉条件对作物种植结构的影响，我们选择所有灌溉的村为样本村，运行县固定效应模型。但是值得欣慰的是，我们感兴趣的变量灌溉条件对水稻播种面积比例的系数为正，且 t 统计检验显著。这与我们对灌溉条件与水稻种植关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了灌溉对水稻种植的促进作用。另外，其他控制变量对水稻播种面积比例影响的结果运行也良好，例如，教育水平及市场发育水平的系数均为正，且统计检验都显著。再者，复相关系数在 0.65-0.85 之间，这对于灌溉条件和作物种植结构的界面资料所做的分析来讲相当搞了。

表 6.4 灌溉条件对作物种植结构影响的计量估计结果

	作物播种面积比例（县固定效应模型）			
	小麦	玉米	水稻	棉花
灌溉面积比例	-7.159 (4.11)***	-3.307 (1.60)	9.628 (6.90)***	2.461 (2.62)***
人均耕地面积（亩/人）	-1.251 (3.54)***	-1.199 (2.86)***	0.365 (1.29)	0.436 (2.29)**
户均人口（人/户）	0.035 (0.89)	-0.081 (1.74)*	-0.013 (0.43)	-0.002 (0.10)
非农就业劳动力比例	-9.82 (1.91)*	-1.254 (0.21)	4.475 (1.09)	5.507 (1.99)**
小学以上文化水平比例	-0.06 (3.23)***	-0.01 (0.46)	0.028 (1.90)*	0.008 (0.82)
村委到县政府的距离（km）	0.105 (4.11)***	-0.107 (3.55)***	0.067 (3.28)***	0.014 (1.01)
坡度	-5.443 (7.44)***	-2.156 (2.40)**	5.247 (8.95)***	0.627 (1.59)
壤土土壤比例	32.121 (3.47)***	63.03 (5.92)***	-61.748 (8.32)***	-5.004 (1.00)
粘土土壤比例	-2.642 (0.29)	18.103 (1.66)*	24.902 (3.38)***	-1.235 (0.25)
常数	16.597 (2.36)**	-2.544 (0.30)	33.903 (6.02)***	-3.533 (0.93)
观察值	950	950	950	950

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平

2. 括号内是 t 统计的绝对值

其他两种作物播种面积比例模型中，关键变量灌溉面积比例统计检验基本显著。在玉米的播种面积比例模型中，灌溉面积比例不显著，可能是因为玉米对灌溉的依赖性不强的原因。在棉花的播种面积比例模型中，灌溉面积比例统计检验显著，系数符号为正，这与前一章的描述性统计分析结果是一致的。在其他因素一样的情况下，灌溉面积比例越大，相对于其他作物而言，棉花播种面积越大，与灌溉面积比例有显著的正相关关系；随着灌溉面积比例的增大，玉米的播种面积比例减少，但是影响不显著。

另外，水稻播种面积比例决定因素模型中，人均耕地面积、市场发育状况以及坡度和土壤类型等因素的统计检验也大多数比较显著。例如，人均耕地面积对小麦和玉米的播种面积比例反方向显著，显著水平达到 1%；村委到县政府的距离对水稻的播种面积比例正向显著，显著水平也都达到 1%。最重要的是，计量估计与描述性统计分析的结果一致。研究结果表明：灌溉对水稻（棉花）种植有显著的正向影响，其他因素一定的条件下，灌溉面积比例越大的村，农民种植越多的水稻（或者棉花）；小麦和玉米则相反。

6.3 灌溉水源对农业生产影响的计量分析

6.3.1 灌溉水源对作物单产的影响

灌溉水源对小麦单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析灌溉水源对小麦单产的影响，我们选择两年都种植小麦且都灌溉了的村为样本村，构成规范的面板数据，运行省固定效应模型。最重要的是，我们感兴趣的变量地表水水源和地下水水源统计检验均显著，且系数均为负。系数为负有可能是因为作为参照系的联合灌溉对小麦的影响是正向的。这与我们对灌溉水源与小麦单产关系的描述性统计结果是一致的（联合灌溉的小麦单产最高）。其他控制变量运行结果也良好，方向与预期一致，且统计检验显著。例如，非农就业劳动力比例统计检验显著，且系数为正；坡度的系数为负，意味着坡度越大，小麦单产越低，这与我们的预期是一致的。

灌溉水源对玉米单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析灌溉水源对玉米单产的影响，我们在模型中控制流域虚变量。与小麦类似，我们选择两年都种植玉米且都灌溉的村为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量地表水水源和地下水水源统计检验均显著，且二者系数符号相反。这与我们对灌溉水源与玉米单产关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了地下水灌溉对玉米单产的积极作用。另外，其他控制变量结果也良好，例如，社会经济条件中的非农就业劳动力比例系数为正，且统计检验显著（10%的显

著水平), 表明非农就业劳动力比例越高, 玉米单产越高, 二者存在显著的正相关关系。

表 6.5 灌溉水源对作物单产影响的计量估计结果

	被解释变量: 作物单产		
	小麦	玉米	棉花
	(省固定效应)	(流域固定效应模型)	(村级随机效应模型)
地表水灌溉 (1=是; 0=否)	-47.4 (2.00)**	-10.1 (0.34)	-25.7 (0.50)
地下水灌溉 (1=是; 0=否)	-58.8 (2.48)**	47.6 (1.67)*	50.4 (1.86)*
人均耕地面积 (亩/人)	-9.1 (1.44)	27.1 (3.36)***	66.9 (5.09)***
户均人口 (人/户)	-0.549 (0.85)	0.711 (0.72)	36.8 (1.40)
非农就业劳动力比例	41 (0.38)***	-233 (1.70)*	114 (0.62)
小学以上文化水平比例	0.320 (0.84)	2.3 (4.85)***	1.2 (1.94)*
村委到县政府的距离 (km)	-1.123 (2.67)***	0.382 (0.82)	-1.2 (0.75)
坡度	-28.4 (3.39)***	-1.8 (0.22)	1.6 (0.10)
壤土土壤比例	48 (0.63)	-5.0 (0.08)	-470 (1.02)
粘土土壤比例	0.224 (0.00)	90.170 (1.28)	-489 (1.05)
常数	682 (7.94)***	423 (5.24)***	346 (0.74)
观察值	604	790	148
样本村数			74
复相关系数 R ²			0.07
调整后的复相关系数 R ²	0.18	0.14	
F 检验	6.90	10.34	
Wald 检验			68.49

注: 1. “*”, “**”和“***”分别代表 10%, 5%和 1%的显著性水平
2. 括号内是 t 统计的绝对值

灌溉水源对棉花单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下, 为了分析灌溉水源对棉花单产的影响, 我们运行随机效应模型。类似地, 我们选择两年都种植棉花且都灌溉了的村为样本村, 构成规范的面板数据, 以便运行随机效应模型。最重要的是, 我们感兴趣的变量地表水水源和地下水水源统计检验均显著, 且二者系数符号相反。这与我们对灌溉水源与棉花单产关系的描述性统计结果是一致的, 进一步验证了地下水灌溉对棉花单产的正向作用。另外, 我们关心的其他一些变量也显著。例如, 人均耕地面积显著水平达到 1%, 表现出较强的正相关关系, 意味着人均耕地面积越大, 棉花单产越高。

6.3.2 灌溉水源对作物种植结构的影响

灌溉水源对作物种植结构影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下, 为了分析灌溉水源对作物种植结构的影响, 我们在模型中控制了省级虚

变量，选择所有灌溉的村为样本村。重要的是，我们估计的大部分参数都符合预期，两种灌溉水源虚变量统计检验基本显著。

小麦播种面积比例的决定因素中，关键变量地表水灌溉显著且系数为正，而另一关键变量地下水灌溉不显著，且系数为负。也就是说，在其他因素一样的情况下，越是使用地表水灌溉，相对于其他作物而言，小麦的播种面积比例越大。与地表水灌溉成正相关关系，而与地下水灌溉则没有显著的关系。另外，其他控制变量运行结果良好，几乎都显著，例如，人均耕地面积系数为负，显著水平达到 1%；村委到县政府的距离系数为正，显著水平也都达到 5%。

表 6.6 灌溉水源对作物种植结构影响的计量估计结果

	作物播种面积比例（省固定效应模型）			
	小麦	玉米	水稻	棉花
地表水灌溉 (1=是; 0=否)	3.0 (2.03)**	-7.6 (4.18)***	3.7 (2.69)***	-6.1 (6.99)***
地下水灌溉 (1=是; 0=否)	-1.9 (1.27)	7.9 (4.25)***	-7.1 (5.10)***	-3.7 (4.14)***
人均耕地面积 (亩/人)	-1.4 (3.74)***	-2.0 (4.47)***	-0.348 (1.03)	1.5 (6.76)***
户均人口 (人/户)	-0.049 (0.95)	-0.018 (0.28)	0.017 (0.35)	-0.047 (1.54)
非农就业劳动力比例	-6.8 (1.06)	6.6 (0.82)	-7.5 (1.25)	4.3 (1.09)
小学以上文化水平比例	-0.072 (3.14)***	0.036 (1.26)	0.036 (1.67)*	0.012 (0.87)
村委到县政府的距离 (km)	0.056 (2.45)**	0.046 (1.60)	0.032 (1.49)	-0.046 (3.35)***
坡度	-7.000 (15.38)***	4.294 (7.52)***	0.418 (0.98)	0.013 (0.05)
壤土土壤比例	0.902 (0.19)	-9.8 (1.61)	2.2 (0.49)	-2.7 (0.92)
粘土土壤比例	-8.566 (1.65)*	-3.405 (0.52)	8.795 (1.81)*	-8.511 (2.71)***
常数	47.7 (8.56)***	38.9 (5.56)***	-1.330 (0.26)	16.6 (4.95)***
观察值	950	950	950	950
复相关系数 R ²	0.56	0.36	0.62	0.37

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平

2. 括号内是 t 统计的绝对值

玉米播种面积比例的决定因素中，关键变量地表水灌溉和地下水灌溉均显著，且符号相反，前者为负，后者为正。在其他因素一样的情况下，越是使用地下水灌溉，相对于其他作物而言，玉米播种面积比例越大，与地下水灌溉成正相关关系，而与地表水灌溉则成反向相关关系。另外，其他控制变量运行结果良好，大多显著，例如，人均耕地面积系数为负，显著水平达到 1%。

水稻播种面积比例的决定因素中，关键变量地表水灌溉和地下水灌溉均显著，且符号相反，前者为正，后者为负。与我们对灌溉水源与水稻种植关系的描述性统计结果是一致的，进一步验证了地表水灌溉对水稻种植的正向作用。另外，其他控制变量对水稻播种面积比例影响的结果运行良好，例如，粘土土壤比例系数为正，

且统计检验显著。

6.4 地下水位变动趋势对农业生产影响的计量分析

6.4.1 地下水位变动趋势对作物单产的影响

地下水位变动趋势对小麦单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了更好的分析地下水位变动趋势对小麦单产的影响，我们在模型中控制流域虚变量。模型选择两年都种植小麦且都使用地下水灌溉的村为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量地下水位越来越低的系数符号为正，且统计检验显著。这与我们对地下水位变动趋势与小麦单产关系的描述性统计结果是一致的。

表 6.7 地下水位变化趋势对作物单产影响的计量估计结果

	作物单产（村固定效应模型）	
	小麦	玉米
地下水位越来越低 (1=是; 0=否)	62.7 (1.80)*	74.2 (1.78)*
人均耕地面积 (亩/人)	10.0 (0.49)	-91.8 (3.17)***
户均人口 (人/户)	-0.455 (0.61)	0.227 (0.25)
非农就业劳动力比例	428 (1.76)*	233 (0.82)
小学以上文化水平比例	1.68 (1.68)*	3.21 (2.73)***
村委到县政府的距离 (km)	1.5 (0.35)	-7.7 (1.51)
常数项	293 (2.64)***	832 (5.83)***
观察值	382	474
村数	191	237
复相关系数 R ²	0.25	0.23
F 检验	8.83	9.57

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平
2. 括号内是 t 统计的绝对值

另外，其他控制变量运行结果良好，方向与预期一致，且统计检验大都显著。例如，非农就业劳动力的比例系数为正，表示非农就业劳动力的比例越高，小麦单产越高。地下水位变动趋势对玉米单产影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析地下水位变动趋势对玉米单产的影响，我们运行固定效应模型。与小麦类似，我们选择两年都种植玉米且都使用地下水灌溉的村为样本村，构成规范的面板数据。最重要的是，我们感兴趣的变量地下水位越来越低的系数符号号为正，且统计检验显著。这与我们对地下水位变动趋势与玉米单产关系的描述性统计结果是一致的。另外，其他控制变量结果也良好，例如，社会经济条件中的非农就业劳动力的比例系数为正，且统计检验显著（1%的显著水平），表明非农

就业劳动力的比例越高，玉米单产越高，二者存在显著的正相关关系。教育水平的显著水平为 1%，表现出较强的正相关关系，意味着小学以上文化水平的劳动力比例越高，玉米单产越高。

6.4.2 地下水位变动趋势对作物种植结构的影响

地下水位变动趋势对作物种植结构影响的计量模型运行结果良好。在控制其他因素不变的情况下，为了分析地下水位变动趋势对作物种植结构的影响，我们在模型中控制了县级虚变量，选择所有使用地下水灌溉的村为样本村。重要的是，我们估计的大部分参数都符合预期，变量地下水位越来越低统计检验都显著。

表 6.8 地下水位趋势对作物种植结构影响的计量估计结果

	作物播种面积比例（县固定效应模型）			
	小麦	玉米	水稻	棉花
地下水位越来越低 (1=是; 0=否)	-3.11 (2.66)***	4.46 (3.17)***	-3.25 (5.00)***	1.39 (1.71)*
人均耕地面积 (亩/人)	0.594 (1.30)	-3.10 (5.65)***	0.210 (0.83)	0.532 (1.68)*
户均人口 (人/户)	0.022 (0.60)	-0.086 (1.91)*	0.001 (0.06)	-0.001 (0.05)
非农就业劳动力比例	-5.6 (0.80)	6.4 (0.76)	5.0 (1.29)	7.1 (1.46)
小学以上文化水平比例	-0.043 (1.95)*	-0.064 (2.38)**	0.034 (2.74)***	0.020 (1.29)
村委到县政府的距离 (km)	0.045 (1.40)	0.007 (0.18)	0.010 (0.56)	0.008 (0.36)
坡度	-12 (7.34)***	-7 (3.74)***	16 (18.01)***	0.399 (0.36)
壤土土壤比例	88 (11.93)***	44.3 (5.00)***	-33.7 (8.25)***	-4.7 (0.93)
粘土土壤比例	20 (3.49)***	57 (8.27)***	35 (10.79)***	-4.1 (1.03)
常数项	0.000	0.000	0.000	0.000
观察值	592	592	592	592
复相关系数 R ²	0.78	0.70	0.86	0.72

注：1. “*”，“**”和“***”分别代表 10%，5%和 1%的显著性水平

2. 括号内是 t 统计的绝对值

小麦播种面积比例的决定因素中，关键变量地下水位越来越低统计检验显著且系数为负。这表明，在其他因素一样的情况下，随着地下水位的降低，小麦播种面积比例会减少，与地下水位变动趋势成正相关关系。另外，其他控制变量运行结果良好，大多显著，例如，坡度系数为负，显著水平达到 1%。

玉米播种面积比例的决定因素中，关键变量地下水位变动趋势统计检验显著，且系数为正。这表明，在其他因素一样的情况下，随着地下水位的降低，玉米播种面积比例增加，与地下水位变动趋势成负相关关系。另外，其他控制变量运行结果良好，大多显著，例如，坡度系数为负，显著水平也达到 1%。

水稻播种面积比例的决定因素中，关键变量地下水位变动趋势统计检验显著且系数为负，与我们对地下水位变动趋势与水稻种植关系的描述性统计结果是一致的。另外，其他控制变量对水稻播种面积比例影响的结果运行良好，例如，小学以上文化水平的劳动力比例系数为正，且统计检验显著。

棉花播种面积比例的决定因素中，关键变量地下水位变动趋势统计检验显著，且系数为正。这表明，在其他因素一样的情况下，随着地下水位的降低，棉花播种面积比例增加。这与我们对地下水位变动趋势与棉花种植关系的描述性统计结果是一致的。另外，其他控制变量也有显著的，例如，人均耕地面积。

小结

本章主要是运用计量分析的方法对水资源短缺对我国农业生产的影响做了详细的定量分析。研究结果显示，不论是主观判断的水资源短缺状况还是灌溉条件等其他水资源短缺指标都证明了水资源短缺已经在严重影响我国农业生产。另外，地下水变动趋势越来越低的村作物单产反而更高，这可能是由于单产的提高是以地下水位的下降为代价的。

第7章 结论与政策建议

基于许多面上的数据，越来越多的学者指出，中国农村水资源的短缺日益严重。为了对水资源短缺的实际状况和变动趋势有较为全面和清楚的了解，我们对3次大规模调查得来的全国四大流域（长江流域、黄河流域、海河流域和松辽流域）、10个省、538个村2年的大规模数据进行深入的分析。通过对调查资料的分析，我们从主观判断的水资源是否短缺、灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性和地下水位变动趋势等五个的指标方面对农村水资源的短缺状况进行了全面的了解，而且分析了水资源短缺的不同指标对农业生产的影响。

7.1 本文的主要结论

调查研究结果表明，无论从哪个指标来看，我国的水资源短缺状况都不容乐观，而且这一趋势还在加重。从总体上看，我们从实证上检验了过去有关水资源短缺状况、灌溉条件、灌溉水源地下水位等决定因素对作物种植结构、作物单产的影响的观点。研究结果显示，水资源越短缺，农民将趋向于种植需水量较小的作物，减少需水量大的作物（如水稻）的种植，从而减轻水资源短缺的冲击；水资源短缺确实在影响作物单产尤其是需水量较大的作物的单产。

具体来讲，本研究得出如下几点结论：

（1）无论是对水资源短缺进行总体判断，还是从灌溉条件、灌溉水源、供水可靠性和地下水位变动等其它方面进行分析，水资源短缺状况都不容忽视，而且这一趋势在加重；另外，水资源短缺呈现出显著的地区差异。

（2）水资源越短缺，农民就越可能倾向于种植对灌溉依赖程度低、需水量小的作物。例如，在我们的调查样本中，存在水资源短缺的村玉米的种植面积比例较大；较之于使用地表水灌溉的村，使用地下水灌溉的村玉米和棉花的播种面积比例较大；地表水供水不可靠的村水稻播种面积比例明显低于可靠的村，而玉米则恰恰相反，地表水供水不可靠的村明显高于可靠的村。

（3）水资源短缺已经严重影响到作物单产。存在水资源短缺的村的小麦、玉米和棉花的单产明显低于不存在短缺的村；而有灌溉条件的村，单产远高于没有灌溉条件的村；与地表水灌溉、地下水灌溉的村相比，联合灌溉的村作物单产要高；地表水供水可靠的村的作物单产高于不可靠的村。

（4）值得一提的是，过去的十年，作物单产的提高是以过量开采地下水为代价的，也就是说地下水位下降的主要影响可能是环境方面的，而对作物单产的负面影响

是不显著的，这一结论与我们实际观察到的现象及相关的研究也是一致的 (Wang,et.al., 2005)。

7.2 政策涵义

根据研究结论，我们主要提出如下几点政策建议：

(1) 针对水资源短缺的不同方面，积极运用各种有效的财政、管理制度、经济政策和工程技术等措施来缓解水资源短缺的状况，降低水资源短缺的负面影响。水资源短缺反映在许多方面，例如灌溉条件的恶化、灌溉水源的单一、供水可靠性的降低及地下水位的下降等。针对不同的方面，我们可以采取相应的政策措施。例如，国家可以积极运用相关的财政政策，如增加投资改善灌溉设施条件，提高供水的可靠程度，并促进各种水源的综合利用；国家还可以利用管理制度（如推进灌溉管理改革）和经济政策（如水价和水权政策）来优化水资源配置，提高水资源利用效率，缓解水资源短缺的状况。另外，在有效管理制度的支持下，国家应该积极促进节水技术的推广来提高水资源的有效利用率。

(2) 在制定和实施有效措施之前，一定要认真考虑地区之间的差异性，切忌以一概全。在不同的地区，水资源短缺的程度是不同的；而且所反映出的水资源短缺的特征也是不同的。因而，我们在制定政策时，一定要考虑到地区的差异性，针对水资源短缺的不同程度及短缺的不同特征（或反映的不同方面，如灌溉条件的恶化、灌溉水源的单一、供水可靠性的降低及地下水位的下降）来出台相应的政策措施。

(3) 重视农民用水者对水资源短缺可能做出的一些反应，合理有效地运用农民的反应来解决我们面临的水资源短缺问题。农民会对水资源短缺做出反映，例如会通过调整作物种植结构来缓解水资源越的短缺。水资源越短缺，农民就越可能倾向于种植对灌溉依赖程度低、需水量小的作物。因而，国家在制定政策措施时，应该考虑到农民的反应，通过趋利避害来合理有效地运用农民的反应来解决我们面临的水资源短缺问题。

(4) 除了重视水资源短缺对社会经济的影响外，还应该关注对环境的影响；应该尽量避免长期以环境为代价来促进社会经济的发展。研究表明，地下水位的下降并没有导致作物单产的降低，但是，地下水位下降所可能导致的环境影响还是不容忽视的。所以，为了从长期来促进资源、环境和社会经济的可持续发展，我们还应该关注水资源短缺对资源、环境所可能造成的负面影响，切忌长期以环境为代价来促进社会经济的发展。出台相关的经济、制度等政策措施来减缓地下水位的下降及可能造成的环境负面影响是急为迫切的。

7.3 创新点和下一步研究的方向

7.3.1 论文的创新之处

对比已有的研究，本文主要创新点如下：

1. 研究内容的创新。虽然国内外对于水资源短缺的影响的研究很多，但是针对农业生产的研究尚不多，能够运用多个水资源短缺指标分析其影响的研究更是寥寥无几。本研究综合反映水资源短缺的多个方面，从水资源短缺主观判断、灌溉条件、灌溉水源、地表水供水可靠性以及地下水位趋势 5 个方面分析水资源短缺对作物种植结构、作物单产 2 个方面的影响。

2. 研究数据方面的创新。运用大规模实地调查得来的面板数据对水资源短缺状况进行分析。全国 10 个省、538 个村两年的面板数据，数据量之大在以往的研究中是前所未有的。虽然以往也有用调查数据对水资源短缺的影响的研究，但是能够运用大样本面板数据的研究为数不多。

3. 研究方法的创新。运用计量模型的方法对水资源短缺对农业生产的影响进行定量分析。在中国农村这个大的背景下，针对研究问题的特殊性，采用描述统计方法阐述我国农村水资源短缺的现状和变化趋势。同时利用计量经济学模型定量分析水资源短缺对农业生产的影响，具有一定的创新性。

7.3.2 研究不足与进一步研究的方向

1. 尽管研究样本来自于全国 10 个省，但是大部分省在中国北部地区，南方只有湖北湖南两个省，在反映全国水资源短缺方面可能会存在一些偏误。因此，下一步要做研究就是增加更多南方的省市作为样本，进行综合的实证研究。

2. 尽管本研究比较全面的分析了多种水资源短缺指标对农业生产的影响，但是在分析作物单产的决定因素时，只控制了村级的数据，没有加入农户级的生产要素投入。因此，今后在进一步农户调查的基础上，还需要运用计量模型的方法将其它因素的影响控制好，这也是我们下一步的工作重点。

参考文献

- 1 Andy Rothman. Thirsty China. Asia-Pacific Markets. 2006
- 2 Brown L, H Brian. China's Water shortage Could Shake World Grain Markets. Washington D.C.:Worldwatch Institute, 1998
- 3 Edward B. Barbier. Water and Economic Growth. Economic Record. 2004 (80) 1-16
- 4 Falkenmark, M., Lundquist, J., Widstrand, C., 1989. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: aspects of vulnerability in semi-arid development. Nat. Resour. Forum 13, 258–267
- 5 Fiona Harvey. Water Scarcity Affects One in Three. Financial Times. August 21 2006
- 6 Frank R. Rijsberman. Water Scarcity: Fact or Fiction?. Agricultural Water Management. 2006
- 7 Huang J, Rosegrant, S Rozzele. Public Investment, Technological Changes and Reform: A Comprehensive Accounting of Agricultural Growth in China. Working Paper, International Food policy Research Institute, Washington D. C., 1995
- 8 IMWI. Revealing the Face of Water Scarcity. 1998
- 9 IWMI. Drought Indices Derived from Hydrometeorological Data. Drought Assessment and Potential for Mitigation in Southwest Asia. <http://www.iwmi.cgiar.org/droughtassessment/index.asp?nc=2&id=843&msid=138>
- 10 IMWI and FAO, 1995
- 11 Jinxia Wang, Jikun Huang, Amelia Blanke, Qiuqiong Huang and Scott Rozelle. The Development, Challenges and Management of Groundwater in Rural China. IWMI, 2007
- 12 John Vidal. Cost of Water Shortage: Civil Unrest, Mass Migration and Economic Collapse. Guardian Unlimited. 2006
- 13 Luis S. Pereira Ian Cordery, Coping with Water Scarcity. International Hydrological Programme. 2002
- 14 Meinzen—Dick, R. , Raju, K. V. , Gulati, A. What Affects Organization and Collective Action for Managing Resources? Evidence from Canal Irrigation Systems in India. World Development. 2002, (30):649—666.
- 15 Qadir, M., Sharma, B. R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R., Karajeh, F.. Agricultural Water Management 87 (1): 2-22 JAN 10 2007
- 16 Sagardoy, J. A. , “Lessons Learned from Irrigation Management Transfer Programmes”, in Johnson, S. . H. , D. L. Vermillion and J. A. Sagardoy(eds.). Irrigation Management Transfer: Selected Papers from the International Conference on Irrigation Management Transfer. 20—24. 1994
- 17 **Wang, Jinxia**, Jikun Huang and Scott Rozelle, 2005. Evolution of Tubewell Ownership and Production in the North China Plain. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 49(2): 177-195.
- 18 World Bank, 1993., Water Resources Management: A World Bank Policy Paper. Washington D.C.

- 19 Xia Jun, & David Chen. Water problems and opportunities in hydrological Sciences in China, Hydrological Science Journal , 2001. 46(6), 907-922 .
- 20 Xia Jun. Water Security and Ground Water Problem to Changing Environment in North China. International Symposium on Groundwater Sustainability(ISGWAS)
- 21 Zhang, Q. S. & Zhang, X. Water Issues and Sustainable Social Development in China. Wat. Int. 1995 (20), 122-128.
- 22 Zhang, Z. Z., Chen, B. X., Chen, Z. K. & Xu, X. Y. Challenges to and opportunities for developments of China's water resources in the 21st century. Water International. 1992(17), 21-27.
- 23 陈印军, 北方地区农业生产中存在的三大难题. 中国水利. 2002. 2002. 3
- 24 陈东琪. 对供水行业发展和宏观管理的几点政策建议. 2002.
<http://www.amr.gov.cn:8080/yjbg.nsf/xszz/820E847FE268387648256DFE0001897C?Opendocument>
- 25 顾浩. 水——跨世纪发展的战略问题——写在第六届“世界水日”和第十一届“中国水周”. 中国水利, 1998(3)
- 26 国家环保总局. 中国环境状况公报. 2005
- 27 国家环保总局. 中国环境状况公报. 2006
- 28 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2005
- 29 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2007
- 30 国家统计局. 2004 年国民经济和社会发展统计公报. 北京: 中国统计出版社. 2005
- 31 韩青、谭向勇, 农户灌溉技术选择的影响因素分析. 中国农村经济. 2004 (1)
- 32 黄季焜和 Rozzelle, 迈向二十一世纪的中国粮食经济. 北京: 中国农业出版社, 1998
- 33 黄季焜. 中国的粮食安全面临巨大的挑战吗. 科技导报. 2004 (9)
- 34 莱斯特. 布朗、布赖恩. 哈勒维. 中国的水资源短缺将影响世界粮食安全. 中国农村经济. 1998 (7)
- 35 廖永松、黄季焜. 21 世纪我国粮食安全保障与灌溉需水预测. 中国水利. 2004 (1)
廖永松. 我国流域尺度上的灌溉水平衡与粮食安全保障. 2003 博士论文
- 36 李新, 中国北方干旱区水量短缺对农业的压力及对策, 2003
- 37 刘平贵. 陕西省缺水成因分析与对策. 水利发展研究. 2002. 2 (7)
- 38 彭春燕. 西方国家的水价政策及借鉴意义. 中国物价. 2004(10) 49-37
- 39 水利部. 水资源公报. 2005
- 40 水利部. 2006 中国水旱灾害公报. 2008
- 41 王金霞, 黄季焜等. 灌溉、管理改革及其效应——黄河流域灌区的实证分析. 中国水利水电出版社. 2005
- 42 王金霞, 黄季焜, Scott Rozelle. 地下水灌溉系统产权制度的创新与理论解释—小型水利工程的实证研究. 经济研究, 2000 (4): 66-74.

-
- 43 王金霞 徐志刚 黄季焜 Scott Rozel. 水资源管理制度改革、农业生产与反贫困. 经济学(季刊), 2005(5): 189-202
- 44 王晓青, 中国水资源短缺地域差异研究, 自然资源学报2001.16(6)
- 45 吴赳赳、黄自勤等. 我国水质性缺水状况及对策. 广西土木建筑. 2002
- 46 央视中国节水报告. 中国财经报道. 2008.
<http://news.sina.com.cn/c/2008-01-23/153814810229.shtml>
- 47 中国水利年鉴编撰委员会. 中国水利年鉴 北京: 水利电力出版社, 1991
- 48 张丽娟、王金霞, 黄季焜, Scott Rozelle. 地下水市场的发育及其决定因素研究. 华南农业大学学报. 2005
- 49 张翔、夏军、贾绍凤, 水安全定义及其评价指数的应用. 资源科学. 2005. 27(3)
- 50 赵俊晔, 李秀峰, 王川. 近年我国粮食产量变化的主要影响因素分析. 中国食物与营养. 2006(9)
- 51 中国气象局. 东北华北旱情对农业生产的影响分析及建议. 2008
<http://www.nmc.gov.cn/news/116108.html>.
- 52 朱雪宁. 我国水资源短缺的原因. 经济研究参考: 2006(61)
- 53 朱照宇、黄宁生等. 可持续发展中水资源压力原因分析. 科技通报. 2003. 19(4)

致谢

今天是2008年5月14日，毕业论文在这一天终于完成了！盼这一天似乎盼了好久，但当毕业真正来临的时候，却又感到无限的留恋和不舍。在这一刻，想说的话太多，想要感谢的人太多，万般思绪涌上心头，却又不知从何说起。

首先，向我最敬爱的导师——王金霞副研究员献上我最诚挚的感谢！本论文是在王老师的悉心指导下完成的。三年的硕士生涯，无论是在研究工作中，还是在学习、生活、做人等方面，导师都对我倾注了大量的心血。我所取得的每一点进步均凝聚着导师辛勤的汗水和谆谆教导。导师严谨的科学态度、渊博的专业知识、忘我的敬业精神、谦虚的做人品格和大度的人格魅力令我深深敬佩和深感荣幸！在此论文脱稿之际，请允许我再次向导师致以崇高的敬意和真诚的感谢，感谢导师三年来对我的无私教诲！今后不管我身在何方，我都一如既往地与您分享我的成功和喜悦！

我要感谢黄季焜研究员，论文修改过程中黄老师在百忙之中抽出宝贵的时间给予我精心的建议和指导。黄老师是国内外著名的经济学家，遥想当年他和张老师留学归国、白手起家创立CCAP，并在短短时间内使CCAP成为享誉国内外的优秀研究团队，我深深为他们的勇气、魄力和才华所折服。CCAP是一个团结、优秀、向上的团队，我为自己能在这个优秀的集体学习和成长而感到骄傲！感谢CCAP！

学识渊博治学认真和为人善良的美国斯坦福大学的Scott Rozelle教授不仅传授了我许多的经济学知识，而且曾多次对我论文提出了许多宝贵的建议，促使我的论文工作得以不断改进。在此，我对于Scott Rozelle教授给予我的一切表示最诚挚的感谢！

CCAP的每一位老师，都是年轻、优秀的学者，学习期间能得到他们的指导和帮助是非常幸运的。衷心感谢张林秀老师、胡瑞法老师、徐晋涛老师、宋一青老师、陶然老师、徐志刚老师、李路平老师、邓祥征老师、仇焕广老师和杨军老师对我学习和生活上的诸多帮助。

感谢我的师姐张丽娟女士和师兄曹建民博士后，与他们的学习和探讨总是令人愉快的。感谢中心这个大家庭的兄弟姐妹，他们是：杨志坚博士、乌云花博士、张海清博士、王子军博士、詹和平博士、马林靖博士、刘宇博士、刘莹博士、易红梅博士、陈瑞剑博士、时宽玉博士、米建伟博士、崔永伟博士、梁勤博士、邓衡山博士、吴伟光博士、续竞秦博士、邓蒙芝博士、刘晓宇先生、智华勇先生、刘永东先生、蔡亚庆女士、杨昆先生、李静松女士、林玉仙女士、王莉女士。还要特别感谢一起学习和奋斗的黄珠容女士、孙昕先生、齐亮女士、成诚先生、何卉女士、袁飞先生，三年来我们相互提携、相互鼓励，共同进步！值此毕业之际，祝愿我们的明天会更好！愿我们

的友谊长存！

感谢研究生部的王凤仙老师、舒小明老师、王淑强老师、陈力老师和储晓红老师，是他们的敬业精神和辛勤劳动，为我们的学习提供了良好、宽松的环境。

感谢同在一个屋檐下住了三年的彭莉莉女士，感谢她对我生活上的帮助和鼓励。感谢曾经在玉泉路一起生活、学习的808全班同学，跟他们一起的快乐日子，让我深深感受到了班级荣誉感和凝聚力。

感谢我的父亲、母亲以及我的姐姐、哥哥，感谢他们一如既往地对我学业和生活上的莫大支持，他们的爱永远激励着我不断前进！感谢我的爷爷、两个可爱的外甥，亲人们的理解和支持是我人生最宝贵的财富！

李玉敏

2008年5月

作者简介

李玉敏，女，1982年12月出生于山东郓城。

攻读硕士期间发表的论文：

《农村水资源短缺：现状、趋势及其对作物种植结构的影响》已被自然资源学报接收，并将在近期刊用。

参加科研工作：

1. 参加了由国家自然科学基金委员会资助的“黄河流域水资源的优化配置”项目
2. 参加了由世界银行资助的“气候变化对农业收入的影响及农民的适应性反应”项目
3. 参加了由墨西哥国际玉米小麦改良中心委托，由中科院农业政策研究中心承担的“黄河流域旱农地区保护性耕作的社会经济分析”项目
4. 参加了由澳大利亚国际开发署捐助的“杭锦灌区用水者协会（WUA）与水资源使用调查”项目。

参加培训情况：

2006年12月，参加中国科学院农业政策研究中心举办的经济学方法论培训。