



中国主要**粮食**基地 地下水保障能力与 评价理论方法

张光辉 严明疆 田言亮 王金哲 等 **著**



科学出版社

中国主要粮食基地地下水保障能力 与评价理论方法

张光辉 严明疆 田言亮 王金哲 等 著

国家重点研发项目 (2017YFC0406106)

国土资源科技领军人才开发与培养计划 (首批) 资助出版

国家自然科学基金项目

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书围绕国家粮食安全战略实施的需求,介绍了我国主要粮食基地自然与经济社会概况、粮食主产区分布范围及农业种植概况、地下水开发利用情势、农业灌溉对地下水依赖程度和地下水资源状况,重点阐述了适宜我国粮食主产区的地下水保障能力评价基本理念、理论方法和指标体系以及分布在黄淮海平原的5个国家级粮食主产(省)区应用情况,包括地下水保障能力、面临主要问题和地下水合理开发对策。

本书可作为水文水资源、地下水与水文地质、灌溉农业、农田水利和生态环保领域的科研、教学、规划、管理工作者和研究生参考使用。

审图号:GS(2018)3781号

图书在版编目(CIP)数据

中国主要粮食基地地下水保障能力与评价理论方法 / 张光辉等著. —北京:科学出版社,2018.8

ISBN 978-7-03-058492-2

I. ①中… II. ①张… III. ①粮食基地-地下水资源-水资源管理-研究-中国 ②粮食基地-地下水资源-资源评价-研究-中国 IV. ①P641.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第181857号

责任编辑:韦沁 / 责任校对:张小霞

责任印制:肖兴 / 封面设计:北京东方人华科技有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京汇瑞嘉合文化发展有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年8月第一次印刷 印张:30 1/2

字数:723 000

定价:358.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者名单

张光辉	严明疆	田言亮	王金哲	聂振龙
费宇红	申建梅	王 茜	崔浩浩	包锡麟
王 威	朱吉祥	张希雨	刘春华	王电龙
刘中培	杨丽芝	冯慧敏	李慧娣	郝明亮
连英立	周在明	卢辉雄	董双发	程思思
章新益	薛 庆	孙永彬	汪 冰	李名松

前言

我国粮食安全已上升为国家安全战略,“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”已成为确保国家粮食安全的战略指针。保障国家粮食安全是关我国经济发展、社会稳定和国家自立的基础,是治国安邦的头等大事。随着人口增加,我国粮食消费呈刚性增长,同时,城镇化、工业化进程加快,水土资源、气候等制约因素使粮食持续增产的难度加大,利用国际市场调剂余缺的空间越来越小,立足国内实现粮食基本自给已成为国家粮食安全战略。

我国黄淮海区、东北区和长江流域中下游区3个主要粮食基地的13个粮食主产区粮食产量占全国总量75%,外销原粮量占全国外销原粮总量的88%,其中河北、河南、山东、黑龙江、吉林、江苏、安徽、江西和内蒙古9个主产省区净调出原粮量占全国净调出原粮总量的96%。同时,新增粮食产能占全国新增总产能1000亿斤(1斤=0.5kg)的74.2%。灌溉农业离不开水,地下水已成为许多粮食主产区农业生产的重要保障条件,在我国13个粮食主产区中7个主产区位于水资源紧缺的北方地区,包括河北、河南、山东、黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古等粮食主产(省)区,地下水供给量在这些主产区农业灌溉用水中所占比率越来越高,有些主产区地下水超采情势日趋严重,严重影响着地下水对灌溉农业用水保障能力,与国家粮食安全战略实施密切相关。

地下水合理开发是我国北方粮食主产区农业安全生产的重要条件。这不仅需要了解 and 掌握我国粮食主产区水文地质条件、地下水资源和农业生产状况、地下水开发利用与灌溉农业用水对地下水依赖状况,还需要了解和掌握主产区灌溉需用水底量、农业开采量与降水量和农作物布局结构之间关系以及地下水可开采资源量分布特征。唯有解答了上述问题,才能进一步提高我国主要粮食基地的地下水保障能力,同时,促进粮食主产区地下水资源合理开发水平。

本书依托国家重点研发项目“生态脆弱区地下水合理开发与生态保护的监控-预警和对策综合研究”(2017YFC0406106,2017~2020年)、“国土资源科技领军人才开发与培养计划”(首批,2013~2017年)、国家科技支撑项目“华北平原农作物布局结构与区域水资源适应性研究”(2007~2011年)、国家973课题“海河流域二元水循环模式与水资源演变机理”(2006~2010年)、国家自然科学基金项目“人类活动对干旱区地下水循环变异影响识别”(2005~2007年)和“降水变化驱动地下水变幅与灌溉用水强度互动识别”(2012~2015年)创新研究成果,以及国土资源调查项目“全国地下水资源及其环境问题战略研究——我国粮食主产区地下水资源保障程度论证研究”(2012~2014年)和“中国主要粮食基地地下水资源综合评价与合理开发研究”(2014~2015年)地质调查成果的支撑而撰写。

本书首先介绍了我国应用遥感解译的3个主要粮食基地不同农作物播种分布范围与特征、农作物布局结构和井渠分布状况,包括小麦、玉米、水稻、大豆、蔬菜和果园等。然

后,翔实阐述了3个主要粮食基地及13个粮食主产区水文地质条件、农业生产概况和地下水开发利用状况。从第7章开始以黄淮海区主要粮食基地作为重点研究区,首先阐述了各粮食主产区灌溉需用水的底量、灌溉用水对地下水依赖程度及其空间分布特征和面临主要问题,揭示了农业用水主导地下水超采的内在因素和动力条件;然后,介绍了黄河以南及以北平原区岩溶水、裂隙水和第四系孔隙地下水资源状况,阐明了各粮食主产区地下水的天然资源量、可采资源量和可用于农业灌溉的地下水可开采资源状况和分布特征。

书中还详尽阐述了黄河以北灌溉农业区地下水超采与降水量变化和农业灌溉用水量之间关系、不同降水年型组合下地下水位变化特征和特大暴雨对地下水补给减缓超采状况与机制的最新研究成果,以及基于灌溉农业用水对地下水依赖需求的现实与地下水资源的自然承载能力之间均衡关系角度创建的“灌溉农业区地下水保障能力”的评价理念、方法和指标体系。该理论方法具备客观展现各粮食主产区灌溉农业用水对地下水依赖状况和地下水保障能力,同时,还便于全国各个粮食主产区灌溉农业用水对地下水依赖程度和地下水保障能力状况对比,反映区域之间分布特征差异的成因和性状的特点。书中通过介绍理论方法在黄淮海区主要粮食基地的5个粮食主产(省)区实际应用结果,展现了该理论方法在基于水文地质专业、从多元角度如何界定和评价我国粮食主产区地下水对灌溉农业保障能力的实效特征,彰显了“灌溉农业的地下水保障能力”是我国北方地区粮食主产区地下水资源合理开发对策研究的基础、支撑和基石的内涵,突显了“地下水合理开发”时代性的“动态理念”、“动态过程”和“以供定需”刚性原则。

最后,本书叙述了我国粮食主产区地下水如何开发利用,才能确保农业灌溉用水的地下水保障能力永续利用。提出“地下水资源合理开发”是指顺应自然规律和社会发展规划,合理开发、优化配置、全面节约、有效保护地下水可开采资源,充分体现人与自然和谐发展理念,随着人类社会的科技发展和文明进步而呈现“效益—教训—反省”的螺旋式上升完善过程,强调了人与自然之间和谐关系不是永恒的,人类在索取、利用自然界的同时,也在干扰自然,使自然界的局域呈现人化自然,伴随引发非正常的自然灾害、环境劣变等对人类影响和反作用,且不同时期的矛盾性状或特征不断演变的理念。同时,强调了地下水合理开发需要人与自然和谐发展的前瞻科学统筹,充分利用水权市场的价格杠杆反映地下水资源与环境真实成本,早日实现水资源消耗速率的“零增长”指导思想,既强调目前需要,又考虑长期需要的概念,在不同时空尺度、多重变化的四维环境之中,不断完善和调整人与自然和谐发展的关系,指望已严重超采的区域地下水系统在短时期内恢复它们的原始状态是非理性的。

张光辉、费宇红完成本书的总体设计、提纲拟定,前言、第1章、第7~12章主要内容编写和全书统编及审定;严明疆、田言亮、王金哲和聂振龙等完成第2~6章主要内容编写;申建梅、王茜、崔浩浩、包锡麟、张希雨、刘春华、王威等参加第2~6章的部分内容编写、制表和制图等;朱吉祥、王电龙、刘中培、杨丽芝、冯慧敏、李慧娣、郝明亮、连英立和周在明等参加第7~11章的部分内容编写、制表和制图等;卢辉雄、董双发、程思思、章新益、薛庆、孙永彬、汪冰和李名松等完成第3~5章实物调查及数据分析工作,参加了相关内容编写。严明疆、王金哲和王茜等为本书中图件编绘付出了辛勤工作。

在本书研究开展过程中,得到国家科技部、国土资源部、水利部和国家自然科学基金委的大力支持,同时得到中国地质调查局水环部和水文地质环境地质研究所、我国粮食主产区所在区域的国土、水利、农业、气象和水文等部门的大力支持,确保了本研究成果的资料翔实和高质量完成。值此成果出版发行之际,对支持和帮助本研究的专家、各级领导和参加本项研究的各位同仁表示衷心的感谢;本成果出版过程中得到了科学出版社的鼎力相助,在此一并致以诚挚的感谢。

作 者

2017年10月2日于北京

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 立题背景	1
1.2 工作区范围与研究基础	3
1.3 面临主要问题与挑战	10
1.4 国内外研究现状	11
第2章 主要粮食基地自然与经济社会概况	17
2.1 黄淮海区主要粮食基地自然与经济社会概况	17
2.2 东北区主要粮食基地自然与经济社会概况	29
2.3 长江流域主要粮食基地自然与经济社会概况	34
2.4 小结	39
第3章 黄淮海区主要粮食基地作物布局结构特征与遥感解译方法	41
3.1 基础资料来源与解译方法	41
3.2 自然条件对农作物布局结构影响	47
3.3 黄淮海区主要粮食基地农作物布局结构特征	53
3.4 小结	117
第4章 东北区主要粮食基地农作物布局结构特征	119
4.1 粮食基地农作物播种概况	119
4.2 东北区主要粮食基地（一）、（二）分区特征	119
4.3 东北区主要粮食基地（三）分区特征	151
4.4 东北区主要粮食基地（四）分区特征	168
4.5 小结	180
第5章 长江流域主要粮食基地农作物布局结构特征	181
5.1 粮食基地农作物播种概况	181
5.2 长江流域主要粮食基地（一）分区特征	181
5.3 长江流域主要粮食基地（二）分区特征	204
5.4 长江流域主要粮食基地（三）分区特征	230
5.5 小结	245
第6章 主要粮食基地农业种植及地下水开发利用概况	247
6.1 粮食主产区概况	247

6.2	黄淮海区主要粮食基地农业种植及地下水开发利用概况	253
6.3	东北区主要粮食基地农业种植及地下水开发利用概况	268
6.4	长江流域主要粮食基地农业种植及地下水开发利用概况	274
6.5	小结	278
第7章	黄淮海区主要粮食基地灌溉农业对地下水依赖程度	280
7.1	基本概况	280
7.2	河北粮食主产区农业灌溉用水对地下水依赖程度	282
7.3	河南粮食主产区农业灌溉用水对地下水依赖程度	299
7.4	山东粮食主产区农业灌溉用水对地下水依赖程度	307
7.5	安徽粮食主产区农业灌溉用水对地下水依赖程度	313
7.6	江苏粮食主产区农业灌溉用水对地下水依赖程度	319
7.7	小结	323
第8章	黄淮海区主要粮食基地地下水资源特征	325
8.1	资料来源及评价方法	325
8.2	黄淮海地区地下水资源特征	326
8.3	河北粮食主产区地下水资源特征	330
8.4	河南粮食主产区地下水资源特征	341
8.5	山东粮食主产区地下水资源特征	348
8.6	安徽粮食主产区地下水资源特征	355
8.7	江苏粮食主产区地下水资源特征	363
8.8	小结	366
第9章	黄淮海区地下水超采与气候变化和农灌用水关系	368
9.1	农业开采量变化动因及其对地下水影响特征	368
9.2	山前小麦主产区地下水位下降与灌溉农业关系	389
9.3	农业区浅层地下水位对降水量变化响应特征	395
9.4	暴雨泛洪补给是缓解地下水超采重要途径	413
9.5	小结	420
第10章	黄淮海区主要粮食基地地下水保障能力	422
10.1	研究理念与方法	422
10.2	黄淮海区地下水保障能力总体特征	429
10.3	河北粮食主产区地下水保障能力	431
10.4	河南粮食主产区地下水保障能力	434
10.5	山东粮食主产区地下水保障能力	437
10.6	安徽粮食主产区地下水保障能力	439
10.7	江苏粮食主产区地下水保障能力	442

10.8 小结	444
第 11 章 粮食主产区地下水合理开发理论与精要——以黄淮海区主要粮食基地为例	445
11.1 地下水合理开发理念与理论基础	445
11.2 地下水合理开发依据与原则	449
11.3 不同粮食主产区地下水合理开发对策	452
11.4 小结	457
第 12 章 结论与建议	459
参考文献	465

第1章 绪 论

本章从立题背景切入，明晰支撑撰著的学术成果源，介绍研究区范围、调查和综合研究基础，阐明为何而著，重点何在，意在何方，包括面临主要问题与挑战和国内外研究现状。

1.1 立 题 背 景

到2050年，世界人口预计将达到90亿，这意味着需求更多的粮食。但是，水资源紧缺不断加剧，正在对粮食生产造成日益严重的制约。目前，农业耗用了全球淡水和地下水供给量的70%，同时，不断增长的人口及其对粮食需求给水资源供给带来更大的压力。急需生产足够的粮食，养活迅速增长的世界人口，因此，实现世界上有限水资源的可持续利用，包括减缓地下水严重超采已刻不容缓。

我国粮食安全已上升为国家安全战略。2013年12月10~13日的中央经济工作会议、2013年12月23~24日的中央农村工作会议和2014年“中央一号”文件，都阐明了“以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑”的国家粮食安全战略。我们已认识到，粮食是关系国计民生的重要商品和关系经济发展、社会稳定和国家自立的基础，保障国家粮食安全是治国安邦的前提。随着人口数量不断增加，我国粮食消费总量呈刚性增长，同时，城镇化、工业化进程加快，水土资源和气候等因素制约，使粮食持续增产的难度加大，利用国际市场调剂余缺的空间越来越小。因此，唯有立足国内实现粮食基本自给，切实提高粮食综合产能，才能确保国家粮食安全。

《全国新增1000亿斤^①粮食生产能力规划》（2009~2020年）（简称“规划”，下同）提出，到2020年增加1000亿斤粮食产能，确保国家粮食安全战略实现。粮食播种面积是粮食产量的关键因素，灌溉供水保障能力是粮食高产稳产重要条件。《规划》指出：我国现有耕地中，低中产田约占2/3，农田有效灌溉面积所占比例不足47%，抗御自然灾害的能力差，未从根本上摆脱靠天吃饭的局面。因此，到2020年，完成改造低中产田3亿亩^②，力争使粮食生产核心区和产粮大县的低中产田面积减少50%以上，逐步把粮食生产核心区和产粮大县的中产田建成旱涝保收的高产田、把低产田改造成产量稳定的中产田，形成一批北方地区80万亩以上、南方地区50万亩以上的区域化、规模化、集中连片的商品粮生产基地。

为保障国家粮食安全的新增产能1000亿斤目标实现，《规划》中确立了黄淮海区、东北区和长江流域中下游区的3个国家主要粮食基地（核心区），即黑龙江、吉林、辽宁、

① 1斤=500g。

② 1亩≈666.67m²。

内蒙古、河北、河南、山东、安徽、江苏、湖南、湖北、江西和四川 13 个国家粮食主产区(省),包括 680 个粮食生产大县(市、区),同时,实施了“国家粮食丰产科技工程”和“国家粮食增产工程”,突出小麦、玉米和水稻“三大作物”产能安全保障。13 个主产区粮食产量占全国总量 75%,外销原粮量占全国外销原粮总量的 88%,净调出原粮量占全国净调出原粮总量的 96%。上述 3 个主要粮食基地、13 个粮食主产区的新增粮食产能占全国新增总产能的 74.21%。

在我国 13 个粮食主产区中,河北、河南、山东、黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古 7 个主产区地处水资源紧缺的我国北方地区,地下水已成为这些主产区粮食生产灌溉用水的不可缺少供给水源,年用水量 1460 亿 m^3 以上,占 13 个粮食主产区总用水量的 42.59%,其中地下水供水量达 725.9 亿 m^3 ,占 13 个粮食主产区地下水总供水量的 88.01%,占全国地下水总供水量的 65.45%;农业用水量达 993.5 亿 m^3 ,占 13 个粮食主产区农业总用水量的 47.42%,占全国农业总用水量的 26.54%。

目前,我国北方的粮食产量已远高于南方地区,地下水作为农业灌溉用水供给水源已成为我国北方粮食生产中重要基础条件,而且,地下水供给量在农业灌溉用水中所占比率不断提高,尤其黄淮海区主要粮食基地农业主导的地下水超采情势越趋严峻,加之,干旱气候频发,加剧了我国北方粮食主产区农田灌溉用水对地下水开采的依赖程度。到 2020 年,我国要实现比现有粮食产能增加 1000 亿斤的目标,离不开地下水供给保障。这急需了解和掌握我国主要粮食基地对地下水资源需求和依赖状况、现状地下水开发利用和超采程度、未来地下水可开采资源对国家主要粮食基地农业用水保障能力、可持续利用性和合理开发对策。唯有解答上述问题,才能明确和进一步提高 13 个国家粮食主产区地下水保障能力,促进粮食主产区地下水合理开发利用水平。

因此,本书内容依托国家重点研发项目“生态脆弱区地下水合理开发与生态保护的监控-预警和对策综合研究”(2017YFC0406106,2017~2020 年),在完成国家科技支撑项目“华北平原农作物布局结构与区域水资源适应性研究”(2007~2011 年)、国家 973 课题“海河流域二元水循环模式与水资源演变机理”(2006~2010 年)、国家自然科学基金项目“人类活动对干旱区地下水循环变异影响阈识别”(2005~2007 年)和“降水变化驱动地下水变幅与灌溉用水强度互动阈识别”(2012~2015 年)基础上,基于“国土资源科技领军人才开发与培养计划”(首批,2013~2017 年)、国土资源调查项目“全国地下水资源及其环境问题战略研究——我国粮食主产区地下水资源保障程度论证研究”(2012~2013 年)和“中国主要粮食基地地下水资源综合评价与合理开发研究”(2014~2015 年)大量调查数据、资料和综合研究成果,围绕“中国主要粮食基地地下水保障能力与评价理论方法”主题,深层次破解区域、流域和粮食主产区灌溉农业用水强度与降水量、地下水位和开采量之间互动规律,揭示了我国典型粮食主产区地下水超采机制、主导因素和不同气候下超采模式,创建和发展了“灌溉农业对地下水依赖程度和地下水保障能力评价理论方法”,首次阐明了我国粮食主产区灌溉农业对地下水依赖程度和保障能力状况,指明了黄淮海区国家主要粮食基地耗水农作物种植应重点优化调整范围、程度和减缓灌溉农业超采地下水对策,为国家粮食安全战略实施提供重要科学依据。上述理论方法,通过国家重点研发项目“我国西部特殊地貌区地下水开发利用与生态功能保护”(2017YFC0406100)正

在我国西北干旱、半干旱的灌溉农业区试点应用,将进一步拓展和发展,有关成果将于项目(2017YFC0406106)完成之后出版。

1.2 工作区范围与研究基础

1.2.1 工作区范围

本书研究的主要工作区域是我国3个主要粮食基地(核心区),即13个粮食主产(省)区分布范围。《全国新增1000亿斤粮食生产能力规划》(2009~2020年)确定的国家粮食生产核心区(主要粮食基地),分别为黄淮海区、东北区和长江流域中下游区,它们由黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山东、江苏、安徽、湖北、湖南、江西省和四川13个粮食主产(省)区组成(图1.1),地处位置及分布范围如图1.2所示。这里的粮食主产区如《规划》指出,是指能够为国家粮食供给提供重要和稳定的产量保障的独立经济区域,即区域粮食产量能够稳定的维持占全国粮食总产量一定比例以上的粮食主产省份。

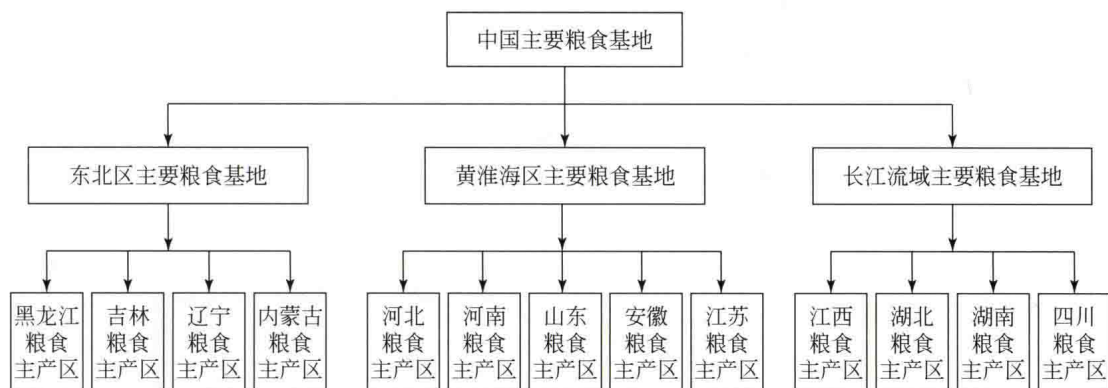


图 1.1 我国主要粮食基地及其组成

国务院发布的《全国新增1000亿斤粮食生产能力规划》(2009~2020年)

黄淮海区主要粮食基地的面积28.32万 km^2 ,地处黄河、淮河和海河流域的平原区(图1.2),位于东经 $113^{\circ}00' \sim 121^{\circ}30'$ 、北纬 $32^{\circ}00' \sim 40^{\circ}30'$,包括河北、山东、河南、安徽和江苏5个粮食主产区(图1.1),由300个粮食生产大县(市、区)组成,耕地面积3.22亿亩,粮食播种面积4.88亿亩,占全国粮食总播面积的28.69%。

东北区主要粮食基地的面积约32万 km^2 ,包括松嫩平原、辽河平原和三江平原(图1.2),其中松嫩平原位于东经 $121^{\circ}21' \sim 128^{\circ}18'$ 、北纬 $43^{\circ}36' \sim 49^{\circ}26'$;辽河平原位于东经 $119^{\circ}04' \sim 125^{\circ}01'$ 、北纬 $41^{\circ}59' \sim 45^{\circ}01'$;三江平原位于东经 $129^{\circ}46' \sim 135^{\circ}05'$ 、北纬 $46^{\circ}06' \sim 48^{\circ}28'$,涉及黑龙江、吉林、辽宁省和内蒙古自治区4个粮食主产区(图1.1),由209个粮食生产大县(市、区、场)组成,耕地面积3.90亿亩,粮食播种面积3.88亿亩,占全国粮食总播面积的22.82%。

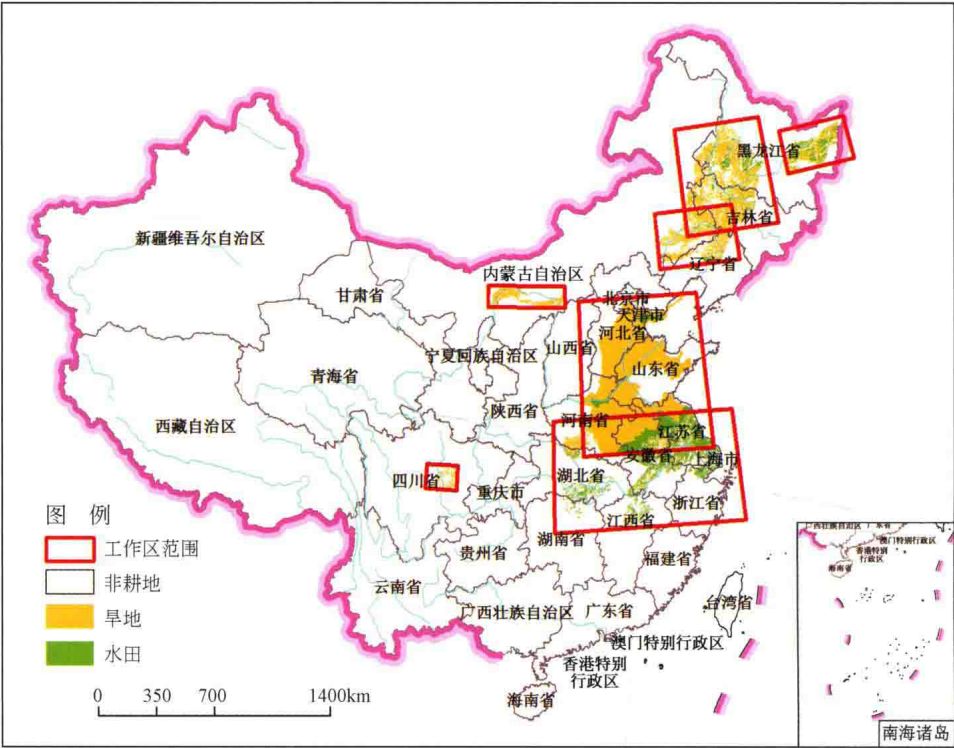


图 1.2 工作区位置及分布范围

长江流域中下游主要粮食基地的面积约 20 万 km^2 ，地处长江流域中下游平原区（图 1.2），包括成都平原、江汉平原和两湖平原，位于东经 $102^{\circ}54' \sim 104^{\circ}53'$ 、北纬 $30^{\circ}05' \sim 31^{\circ}26'$ 和东经 $111^{\circ}05' \sim 122^{\circ}57'$ 、北纬 $27^{\circ}50' \sim 33^{\circ}58'$ ，涉及江西、湖北、湖南、四川 4 省的 171 个县（市、区）（图 1.1），耕地面积 1.51 亿亩，粮食播种面积 2.94 亿亩，占全国粮食总播面积的 17.27%。

1.2.2 研究基础

1. 关键问题基础研究

在 2005 ~ 2011 年期间，依托国家 973 课题“海河流域二元水循环模式与水资源演变机理”、国家科技支撑项目“华北平原农作物布局结构与区域水资源适应性研究”和国家自然科学基金项目“人类活动对干旱区地下水循环变异影响阈识别”，开展了黄河以北的平原区在气候变化和人类活动影响下地下水演变及其与农作物布局结构之间关系研究，侧重了人类活动对农业区地下水循环变异影响阈识别方法与响应特征研究，完成了华北平原全区（13.92 万 km^2 ）0.49 km^2 单元精度的农作物布局结构与区域水资源承载力之间适应性状况评价，建立了相关基础数据库。期间，深入研究了地下水补给与开采量对降水变化响应特征、农田区地下水开采量对降水变化响应规律，包气带厚度变化对降水入渗补给地下水影响，降水量与农业开采量变化、农灌引水与开采、灌溉粮田增产对地下水位变化影

响,以及灌溉农田节水增产对地下水开采量影响和人类活动对浅层地下水干扰程度定量评价方法,揭示了华北平原地下水演化地史特征与时空差异性、地下水可持续开采量与地下水功能评价的关系和华北平原地下水的资源功能、生态功能和地质环境功能区划特征,创建了区域地下水功能可持续利用性评价理论方法。

2012年以来,在上述研究基础上,围绕国家粮食安全战略实施的需求,以灌溉农业用水主导的太行山前平原浅层地下水超采区为重点区,采用小时级智控地下水位动态监测技术与日、周、月降水量动态数据相结合,深入开展了不同类型农业区非雨季农业主灌期浅层地下水位强降、雨季非灌溉期地下水位弱升特征及其形成机制研究,包括预警指示超采状况的标识特征和评价理论方法研究,突出了“降水变化”驱动、“农业超采”主导的二元水循环演化基本理念,侧重破解“降水变化”与“农业超采”耦合形成的地下水位衰变标识特征或规律研究,聚焦于粮食主产区浅层地下水超采状态如何及时预警,发现了年内非雨季的农业主灌期浅层地下水位强降(急剧大幅下降)、雨季非灌溉期地下水位弱升(缓慢小幅上升)标识特征,建立粮食主产区对地下水依赖程度和地下水保障能力的识别与评价理论方法。

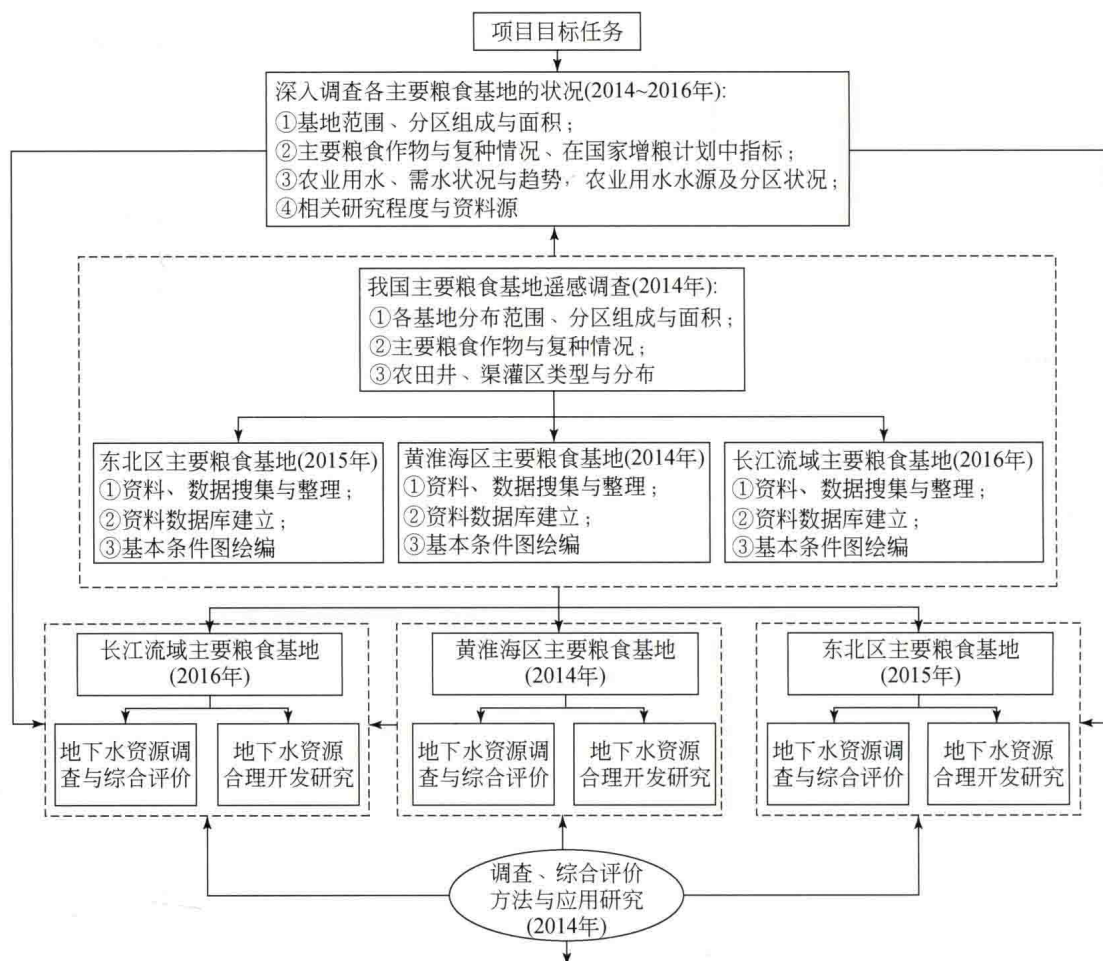
在非雨季农业主灌期、雨季非灌溉期地下水位变化强度的标识特征研究中,以年为研究系列的基本时段,以日的某一个时刻(非农业开采干扰影响最小时段)监测数据作为基础数据,识别和确定非雨季的农业主灌期、雨季非灌溉期的分布和变化规律。为了识别出非农业活动对研究区地下水位变化干扰最弱时段,结合研究区农业开采特点和相关调查,通过对1:00、4:00、7:00、10:00、13:00、16:00、19:00和22:00监测的8个监测数据系列的对比研究,探查非农业开采干扰最弱的时段、非雨季农业主灌期浅层地下水位下降强度(单位时间、单位开采量条件下水位降幅)的标识特征,包括农业开采对地下水位影响的程度、强度变化特征和趋势性规律研究,重视滤定和剥离非农业开采对研究区地下水位变化的明显影响,还开展了雨季非灌溉期地下水位回升强度的标识特征研究,包括非农业开采对地下水位影响规律研究以及不同水文年型(降水)条件下粮食主产区浅层地下水位年变幅与非雨季农业主灌期、雨季非灌溉期地下水位变化强度之间关系、标识特征研究。

在粮食主产区浅层地下水位强降-弱升特征形成机制研究中,开展了:①每年春灌期地下水位持续下降的幅度、日均强度(记作D)以及其与降水变化、农作物布局结构、农业开采强度和地下水埋藏状况之间关系研究。②主灌溉期形成的最低水位至年内最高水位时段,浅层地下水位上升特征(记作R)与机制研究,包括它与降水情势、包气带厚度与渗透性、农作物布局结构之间关系研究。③D、R之间耦合关系及其对当年地下水超采状态(S)影响的关联度研究,包括降水年际变化以及秋、冬和春季年内降水变化影响,重点研究了它们的耦合时间节点、耦合对地下水影响强度变化特征、不同降水情势下年际变化规律和程式表达,避免将局域或个别现象视为区域性规律的一孔之见。④地下水位强降-弱升特征与上游山区的地下水位埋深、降水量变化之间关系研究,侧重上游山区地下水位埋深、降水量变化对研究区浅层地下水侧向流入补给影响的研究。⑤粮食主产区地下水位强降-弱升的尺度效应研究,以多年平均的地下水位变幅作为基值,包括灌溉期水位降幅(D)、灌溉期之后雨季非灌溉期水位升幅(R)和年内的年初-年终地下水位差(S,也是超采状态)的基值,开展不同水文年型(降水)条件下D和R影响S状态(加剧、

稳定或减缓)的标识特征研究,揭示D、R和S三者与研究区当年地下水超采状态(加剧、稳定或减缓)之间程式关系,研发具有预警指示作用的灌溉农业对地下水依赖程度和地下水保障能力评价理论方法。

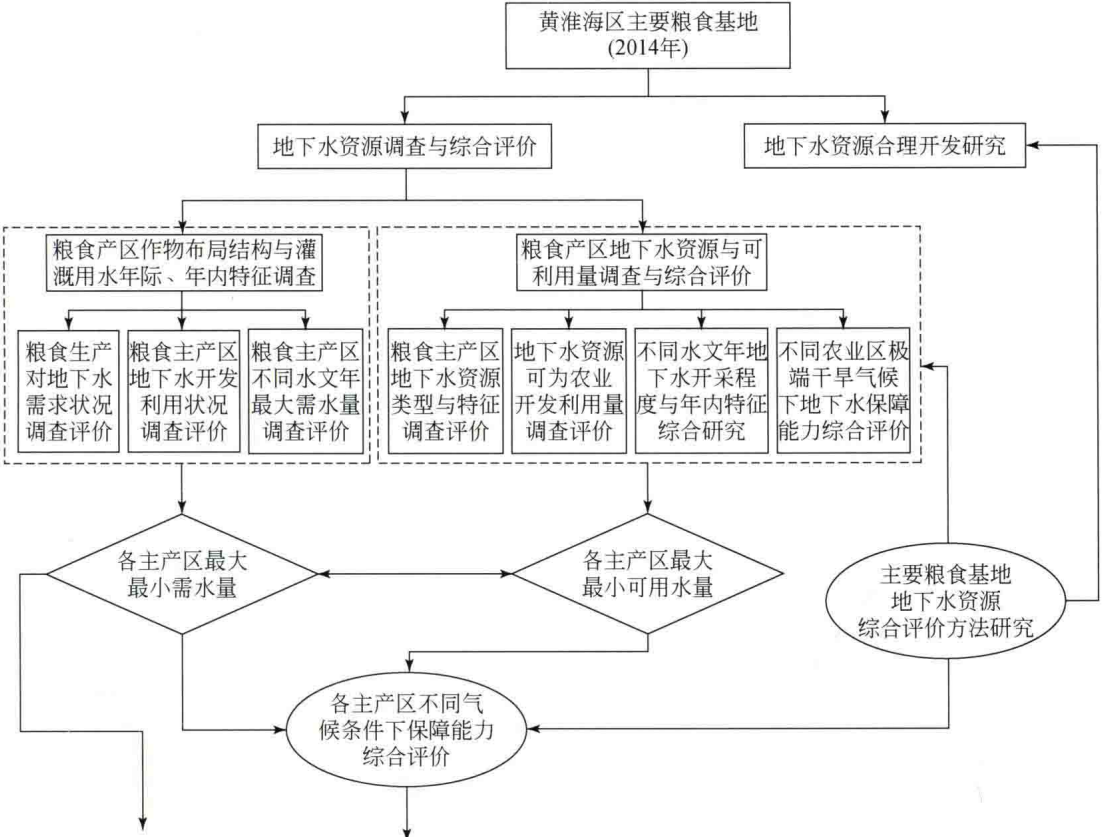
2. 区域问题调查与综合研究

依托“国土资源科技领军人才开发与培养计划”(首批,2013~2017年)支持,通过开展国土资源调查项目“全国地下水资源及其环境问题战略研究——我国粮食主产区地下水资源保障程度论证研究”(2012~2013年)及“中国主要粮食基地地下水资源综合评价与合理开发研究”(2014~2015年),采用遥感技术,创新农田区井渠遥感识别解译关键技术,开展了我国主要粮食基地的分布范围及其主产区范围、农作物布局结构与区位特征和渠系基本情况调查。充分收集前期成果和资料,并结合各主要粮食基地和主产区特点,开展相关资料综合分析,并以各主产区作为基本单元,进行了数据、资料归类立档建库(图1.3)。

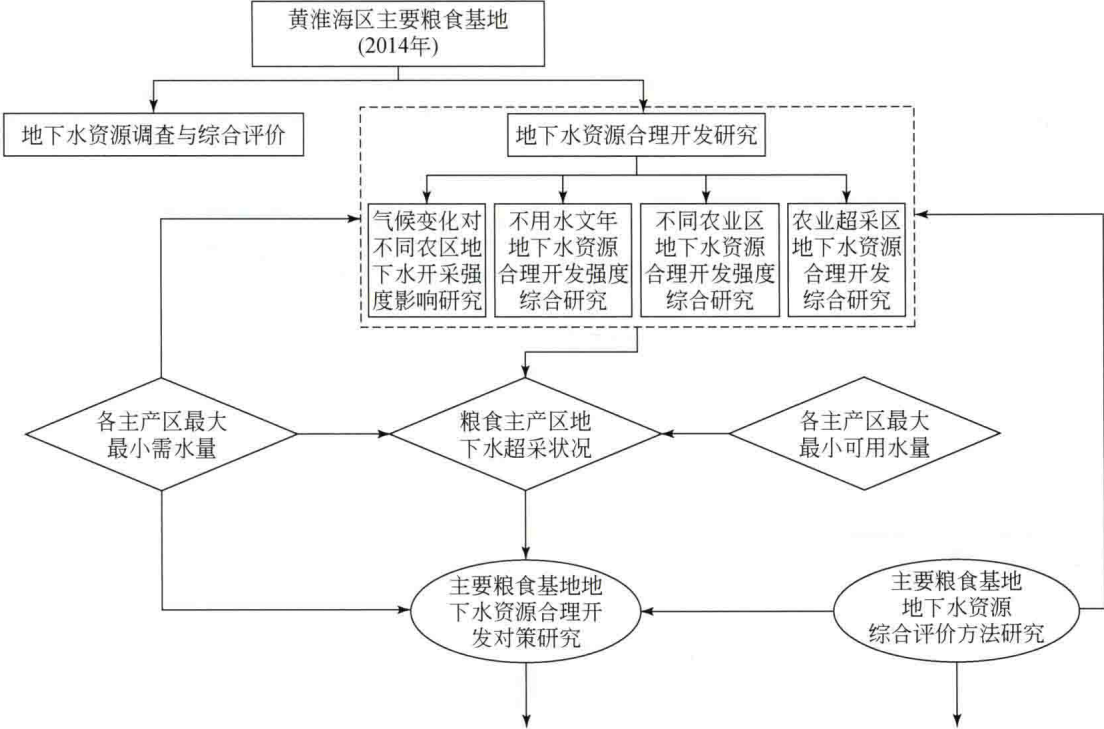


(a) 背景条件调查及年度工作分解

图 1.3 调查与综合研究主要流程



(b) 综合评价工作分解, 以黄淮海区主要粮食基地为例



(c) 综合评价工作分解

图 1.3 调查与综合研究主要流程 (续)