

中国工程院重大咨询项目

中国可持续发展
水资源战略研究报告集 第4卷

中国农业需水 与节水高效农业建设

石玉林 卢良恕 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国工程院重大咨询项目
中国可持续发展水资源战略研究报告集
第4卷

中国农业需水 与节水高效农业建设

石玉林 卢良恕 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

中国工程院重大咨询项目《中国可持续发展水资源战略研究》，分设水资源评价和供需平衡分析、防洪减灾对策、农业需水与节水高效农业建设、城市水资源利用保护和水污染防治、生态环境建设与水资源保护利用、北方地区水资源配置和南水北调、西部地区水资源开发利用等7个课题，经过43位两院院士和近300位院外专家近两年的紧张工作，取得了一批重大的研究成果，提出了8个专题报告，并在专题报告的基础上形成了项目综合报告。《中国可持续发展水资源战略研究报告集》（以下称《报告集》）共分9卷，汇集了该项目的系列研究成果。

本书为《报告集》的第4卷，分上、下两篇，共13章。按人口、需求、需水、供水、节水的思路，分2010年与2030年两个时间段，对我国农业用水面临的问题和节水高效农业建设的途径，进行了全面、深入的阐述，提出了我国农业用水与节水高效农业建设的总体战略，其研究成果，对各级政府决策具有重要的参考价值。

《中国可持续发展水资源战略研究》项目的研究工作和《报告集》的出版，得到了国务院领导和有关部委的大力支持。温家宝同志为《报告集》作序。

图书在版编目（CIP）数据

中国农业需水与节水高效农业建设/石玉林，卢良恕主编．—北京：中国水利水电出版社，2001

（中国可持续发展水资源战略研究报告集；第4）

ISBN 7-5084-0709-1

I．中… II．①石…②卢… III．农业工程－节约用水－研究－中国 IV．S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 039500 号

- | | |
|-------|---|
| 书 名 | 中国可持续发展水资源战略研究报告集·第4卷
中国农业需水与节水高效农业建设 |
| 作 者 | 石玉林 卢良恕 主编 |
| 出版、发行 | 中国水利水电出版社（北京市三里河路6号 100044）
网址：www.waterpub.com.cn
E mail: sale@waterpub.com.cn
电话：（010）63202266（总机）、68331835（发行部） |
| 经 售 | 全国各地新华书店 |
| 排 版 | 中国水利水电出版社微机排版中心 |
| 印 刷 | 水利电力出版社印刷厂 |
| 规 格 | 787×1092毫米 16开本 30.75印张 485千字 3插页 |
| 版 次 | 2001年8月第一版 2001年8月北京第一次印刷 |
| 印 数 | 0001—2000册 |
| 定 价 | 98.00元 |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

《中国可持续发展水资源战略研究报告集》

编辑委员会

总编委会

钱正英	张光斗	王淀佐	师昌绪
徐乾清	刘昌明	陈志恺	石玉林
卢良恕	钱易	潘家铮	张泽祯
张宗祜	卢耀如	沈国舫	王礼先
汤鸿霄	邵益生	贾大林	常平

编委会办公室

王国仪	谢冰玉	孙雪涛	王振海
-----	-----	-----	-----

总编辑 汤鑫华 刘凤桐

《中国农业需水与节水高效农业建设》

编委会名单

主 编 石玉林 卢良恕

副 主 编 贾大林 齐文虎

编委会委员 石玉林 卢良恕 张蔚榛 山 仑
贾大林 齐文虎 田 园 薛 松
唐华俊 苏人琼 黄修桥 王立新
王东阳 石竹筠 罗其友 吴永常
姚治君 段爱旺 黄占斌 姜文来
李久生

学 术 秘 书 王立新 王东阳

责 任 编 辑 王照瑜

主要编写人员

综 述 石玉林 卢良恕 等

上篇

第 一 章	王东阳	唐华俊
第 二 章	罗其友	
第 三 章	吴永常	
第 四 章	姚治君	
第 五 章	石竹筠	
第 六 章	王立新	
第 七 章	齐文虎	

下篇

第 八 章	苏人琼			
第 九 章	黄修桥	段爱旺		
第 十 章	黄占斌	山 仑		
第十一章	李久生			
第十二章	姜文来			
第十三章	张蔚榛	石竹筠	黄占斌	田 园
	贾大林	王立新	苏人琼	
附 表	王立新			
附 图	王立新			
英文翻译	齐文虎			

序

中国工程院重大咨询项目《中国可持续发展水资源战略研究》，经过43位两院院士和近300位院外专家近两年的紧张工作，提出了8个专题报告，并在专题报告的基础上形成了项目综合报告，取得了一批重大的研究成果。本报告集汇集了该项目研究的系列成果，内容丰富，观点鲜明，立意高远，是院士们、专家们多年理论研究和实践经验的总结，对各级政府决策具有重要的参考价值。

党中央、国务院十分重视水资源问题，江泽民总书记指出：“水是人类生存的生命线，也是农业和整个经济建设的生命线”。中国工程院紧紧抓住这个关系国计民生的大问题，从民族生存发展和综合国力竞争的高度来研究中国水资源战略，体现了院士们、专家们忧国忧民的责任感和振兴中华的强烈愿望。他们的研究报告深刻分析了我国水资源面临的严峻形势，提出了以水资源的可持续利用支持社会经济可持续发展的总体战略和政策建议，突出强调解决我国水的问题，核心是提高用水效率，建设节水型社会，并概括了节流优先、治污为本、多渠道开源的指导原则。这些研究成果和重要观点，很多已经在国家制定“十五”计划和重大经济决策中得到应用。

中国工程院组织院士、专家对国家重大战略问题开展专题研究，为国家决策直接提供咨询服务，这是实现科学决策、民主决策

的一种好形式。各级领导作重大决策，必须尊重科学，尊重实践，尊重专家，广泛听取意见，多方进行论证，使决策符合实际，减少失误。要深化改革，建立科学决策、民主决策的制度。

谨对院士们、专家们付出的辛勤劳动和心血表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

温家宝
二〇〇一年一月九日

前 言

中国的水问题历来为党中央和国务院以及社会各界共同关注。在 21 世纪开始之际，人们更加关心中国的水资源能否支持将来 16 亿人口的食物供应，能否支持社会经济的可持续发展，如何解决洪水、缺水和水污染，如何实施南水北调工程等，社会上出现了各种观点和见解。

针对以上问题，中国工程院在国务院领导和有关部委的大力支持下，组织了覆盖多学科的 43 位两院院士和近 300 位院外专家，以《中国可持续发展水资源战略研究》为总项目，分设水资源评价和供需平衡分析、防洪减灾对策研究、农业用水与节水高效农业建设、城市水资源利用保护和水污染防治、生态环境建设与水资源保护利用、北方地区水资源配置和南水北调、西部地区水资源开发利用共 7 个课题组，经过一年多的紧张工作，提出了 8 个专题报告。在各专题报告的基础上，提出《中国可持续发展水资源战略研究综合报告》。

项目综合报告分析了当前我国水资源的现状和面临的问题，提出了我国水资源总体战略：必须以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。建议从 8 个方面实行战略性的转变：

——防洪减灾。要从无序、无节制地与洪水争地转变为有序、可持续地与洪水协调共处的战略。为此，要从以建设防洪工程体系为主的战略转变为在防洪工程体系的基础上，建成全面的防洪减灾工作体系。

——农业用水。要从传统的粗放型灌溉农业和旱地雨养农业转变为以建设节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业为目标的农业

用水战略。

——城市和工业用水。要从不重视节水、治污和不注意开发非传统水资源转变为节流优先、治污为本、多渠道开源的城市水资源可持续利用战略。

——防污减灾。要从末端治理为主转变为源头控制为主的综合治污战略。

——生态环境建设。要从不重视生态环境用水转变为保证生态环境用水的水资源配置战略。

——水资源的供需平衡。要从单纯地以需定供转变为在加强需水管理基础上的水资源供需平衡战略。

——北方的水资源问题。要从以超采地下水和利用未经处理的污水维持经济增长转变为在大力节水、治污和合理利用当地水资源的基础上，采取南水北调的战略措施，保证北方地区社会经济的可持续发展。

——西部地区的水资源问题。要从缺乏生态环境意识的低水平开发转变为与生态环境建设相协调的水资源开发利用战略。

为了实现以上战略转变，必须进行三项改革：水资源管理体制的改革；水资源投资机制的改革；水价政策的改革。

综合报告认为：尽管 21 世纪中国水资源的形势十分严峻，但是只要我们调整思路，统一认识，努力实现水资源 8 个方面的战略转变，我国就有条件在人与环境协调共处的基础上，建成节水防污型的社会，实现社会经济的可持续发展。总之，解决中国水问题的核心是提高用水效率。提高用水效率不单纯是水资源本身的问题，而且是一场涉及生产力和生产关系的革命。从某种意义上说，改革才是解决我国水资源问题的根本出路。

2000 年 7 月 11 日，项目综合组在温家宝副总理主持的国务院

会议上作了汇报。会议以后，国务院把项目综合报告作为国务院的参阅文件下发给各省（区、市）和各部委；水利部除了以文件形式在水利系统转发外，还在《中国水利》上刊登，中国工程院也在《中国工程科学》上刊登。

为了更好地向大家介绍中国可持续发展水资源战略研究的成果，项目综合组决定编辑出版《中国可持续发展水资源战略研究报告集》（以下简称《报告集》）。根据课题将《报告集》分为9卷，第1卷内容包含项目综合报告和8个专题的综合报告。第2卷至第9卷分别包含各专题综合报告和研究报告。《报告集》各卷的名称如下：

第1卷《中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告》

第2卷《中国水资源现状评价和供需发展趋势分析》

第3卷《中国防洪减灾对策研究》

第4卷《中国农业需水与节水高效农业建设》

第5卷《中国城市水资源可持续开发利用》

第6卷《中国江河湖海防污减灾对策》

第7卷《中国生态环境建设与水资源保护利用》

第8卷《中国北方地区水资源的合理配置和南水北调问题》

第9卷《中国西部地区水资源开发利用》

本项目是一项跨学科、跨部门的研究成果。在研究过程中，各课题组间对一些问题的认识存在一些差异是正常现象。经过交流沟通、反复研究和共同实地考察，项目综合组在水资源战略上取得了共识，并在此基础上吸收各课题组的有关研究成果，形成综合报告，作为项目研究的“共同纲领”。各课题组在综合报告的总体指导下，对原来的专题报告进行了反复修改，并经项目综合组最后审

定，形成专题综合报告。各专题的子专题研究报告是课题组有关成员的研究成果，是《中国可持续发展水资源战略研究》项目成果的基础。在取得战略方向共识的同时，由于一些统计数据来源不同，对一些问题的研究角度不同，研究的深度不同，各卷之间对现状的描述和观点有一些差别，对未来的预测也不完全一致，有的还有较大的差异。例如，第4卷由于对农产品需求的预测留有余地，将人口达到16亿的时间预测为2030年，而其他各卷均定为2050年。又例如，对城市工业用水和生活用水的现状和预测，第2卷和第5卷有较大差异，这是由于第2卷的工业用水包括工矿和乡镇企业的用水，而第5卷只包括建制城镇的工业用水；第2卷的生活用水包括城市和乡村用水，而第5卷只包括建制城镇的用水。为了尊重各课题组的研究工作，《报告集》未作统一改动，只是在采用时作了解释或说明。由于各课题组的研究方式不同，各卷的编写方式也不尽相同。我们认为这些将有助于全面了解《中国可持续发展水资源战略研究》项目的研究基础，启迪人们对中国水问题更深入的思考。另外，由于资料所限，书中除全国水资源总量、地表水总量和地下水总量以外，其他数据未包含台湾省的相关资料。

由于各种条件的限制，书中的内容和数据可能有错误或不够准确之处，请大家批评指正。

编辑委员会

2001年1月

导 言

干旱缺水是中国水的三大问题之一。21 世纪 20~30 年代中国人口高峰将达到 16 亿，中国的水资源能否支持和如何支持 16 亿人口对粮食和主要农产品的需求，这是人们所关切的问题，也是本课题研究的宗旨。

本课题按人口、需求、需水、供水、节水的思路，分 2010 年与 2030 年两个时间段，以 30 个省（直辖市、自治区）和 10 个地区为单元，进行多方案的农业需水量研究，探寻节水高效农业建设的途径。研究表明，在节水高效利用条件下，我国有限的水土资源基本能保证未来 16 亿人口对粮食和主要农产品的需求。实现这一目标，必须实施从传统粗放灌溉农业和旱地雨养农业，转变为建设节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业的农业用水战略，从而实现水资源的可持续利用。

本报告集分上篇和下篇，共 13 章。上篇为农业需水篇，设人口及主要农产品需求预测，种植业结构优化，主要农作物单产预测，农田灌溉状况与主要农作物灌溉定额，耕地资源与趋势预测，农田灌溉需水分析和农田灌溉需水多方案分析等 7 章；下篇为节水高效农业建设篇，设节水高效农业发展战略，节水灌溉农业建设途径，旱地农业建设途径，高新技术在节水农业中的应用，节水高效农业管理，以及重点区域节水高效农业建设途径等 6 章。在此基础上形成了本课题的综合报告，已列为《中国可持续发展水资源战略研究报告集》第 1 卷的报告三，在第 4 卷中作为综述部分，与第 1 卷报告三基本相同。

本课题是《中国可持续发展水资源战略研究》项目的组成部分。在项目组长钱正英院士与张光斗院士领导下，自上而下和自下而上，多次协调、反复讨论取得共识，形成了“项目”的综合报告。其基本结论、主要观点和基础资料作为整个项目的“共同纲领”。因此，本课题的综合报告或综述，与项目的综合报告是一致的。同样，本课题的综合报告，也是在各专题与子专题的研究基础上多次协调、反复讨论，取得共识基础上形成的，也是作为各专题、子专题报告编写的“共同纲领”。诚然，在求大同存小异的基础上，由于资料来源和科学家的看法也有不一致的地方。本着“百家争鸣”方针，对不同观点也给予保留和阐述，注明资料来源，以实事求是的态度对待科学著作。

参加本课题研究与本报告集编写的科学家有21位，其中有4位院士，来自9个单位的8个专业。在历时1年半的时间里，召开了多次座谈会、咨询会、讨论会，对重点地区还进行了调研、访问。因此可以说，本报告是集体劳动的成果。在研究过程中，还得到中国科学院、中国农业科学院和水利部、农业部等有关单位有力的支持，在此表示感谢。

由于认识水平有限，所涉及的问题不够全面，深度也显得不够，提出观点和建议可能有失偏颇，恳请读者批评指正。

本卷编委会

2001年6月

目 录

序
前 言
导 言

综述	1
----------	---

上篇 农 业 需 水

第一章 人口及主要农产品需求预测	47
第一节 人口现状及预测	47
第二节 农产品消费需求影响因素	54
第三节 主要农产品消费需求预测	61
第二章 种植业结构优化	80
第一节 种植业结构演变趋势	80
第二节 种植业结构优化	84
第三节 种植业结构区域优化	92
第三章 主要农作物单产预测	98
第一节 主要农作物单产的现状分析	98
第二节 不同因素对单产的贡献	105
第三节 主要农作物单产预测方法	108
第四节 主要农作物单产预测结果	117
第四章 农田灌溉状况与主要农作物灌溉定额	122
第一节 农田灌溉用水现状	122
第二节 主要农作物需水量及空间变化	130
第三节 主要农作物灌溉定额	140

第五章 耕地资源与趋势预测	146
第一节 耕地资源	146
第二节 耕地资源发展趋势预测	162
第三节 耕地资源利用途径	171
第六章 农田灌溉需水分析	178
第一节 农田灌溉用水现状分析	178
第二节 农田灌溉需水中长期预测	183
第三节 区域农田灌溉需水基础方案分析	194
第七章 农田灌溉需水多方案分析	216
第一节 农田灌溉需水多方案分析的目标、方法与规划模型	216
第二节 农业灌溉需水方案一——粮食自给方案	220
第三节 农田灌溉需水方案二——农业用水供需平衡方案	226
第四节 农田灌溉需水方案三——部分减少灌溉用水方案	232
第五节 农田灌溉需水方案选择	238

下篇 节水高效农业建设

第八章 节水高效农业发展战略	243
第一节 农业水资源评价	243
第二节 农业水资源利用现状	251
第三节 农业用水面临的严重挑战	255
第四节 节水高效现代农业发展战略	265
第九章 节水灌溉农业建设途径	280
第一节 节水灌溉潜力分析	280
第二节 提高灌溉水利用率的措施与途径	286
第三节 提高水分利用效率的途径与措施	293
第四节 节水灌溉农业发展战略	303
第五节 不同灌溉类型区高效农业建设途径	308
第十章 旱地农业建设途径	314
第一节 旱地农业的战略地位与节水增产潜力	314
第二节 旱地农业的主要特征与发展方向	316

第三节	旱地农业建设的技术途径	322
第四节	旱地农业的分区发展方向与建设技术选择	335
第十一章	高新技术在节水农业中的应用	339
第一节	科技进步对节水农业发展的重要作用	339
第二节	灌溉新技术	344
第三节	信息技术	349
第四节	化学与生物节水技术	351
第五节	加强高新技术在节水农业中应用的对策建议	354
第十二章	节水高效农业管理	357
第一节	农业水资源管理	357
第二节	农业水资源投资政策	362
第三节	农业水资源科技政策	367
第四节	农业水资源水价政策	373
第五节	农业水资源管理体制建设	380
第十三章	重点区域节水高效农业建设途径	388
第一节	华北区	388
第二节	东北区	396
第三节	黄土高原区	403
第四节	宁蒙黄河灌区	411
第五节	新疆区	420
第六节	长江中下游区	425
附表	全国水土与粮食平衡基础方案（附表 1～附表 22）	436
附件一	参加《中国农业需水与节水高效农业建设》课题的院士和 专家名单	458
附件二	《中国农业需水与节水高效农业建设》课题的专题及子专题	459
参考文献		460
参考资料		466
编后语		468
附图	中国农业需水研究分区	