

钱正英

水利文选



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

钱正英

水利文选



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国可持续发展水资源战略研究

综 合 报 告

中国工程院《21 世纪中国可持续发展水资源战略研究》项目组

二〇〇〇年七月

图书在版编目 (CIP) 数据

钱正英水利文选 — 北京: 中国水利水电出版社, 2000.7

ISBN 7-5084-0411-4

I. 钱… II. 水利建设-中国-文集 III. F426.9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 64759 号

书 名	钱正英水利文选
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	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	850×1168 毫米 32 开本 18.625 印张 502 千字 5 插页
版 次	2000 年 8 月第一版 2000 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—5700 册
定 价	56.00 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

项目综合组院士、专家名单

- 组 长：**钱正英 中国工程院院士，兼防洪减灾课题组长
- 副 组 长：**张光斗 两院资深院士，清华大学教授、原副校长
- 成 员：**王淀佐 中国工程院咨询委员会主任
- 师昌绪 中国科学院咨询委员会主任
- 徐乾清 中国工程院院士，原水利部副总工程师，防洪减灾课题副组长
- 刘昌明 中国科学院院士，中科院地理科学与资源所研究员，水资源评价和供需发展趋势分析课题组长，兼城市水资源与防污减灾课题副组长
- 陈志恺 原中国水利水电科学院水资源所所长、研究员，水资源评价和供需发展趋势分析课题副组长
- 石玉林 中国工程院院士，中科院地理与资源所研究员，农业需水分析与节水高效农业建设课题组长

- 卢良恕 中国工程院院士、原中国工程院副院长，农业需水分析与节水高效农业建设课题副组长
- 钱 易 中国工程院院士，清华大学教授，城市水资源与防污减灾课题组长
- 潘家铮 两院院士、中国工程院副院长，北方地区水资源配置和南水北调课题组长
- 张泽祯 原中国水利水电科学研究院院长、研究员，北方地区水资源配置和南水北调课题副组长
- 张宗祜 两院院士，中国地质科学研究院研究员，西部地区水资源开发利用（西北）课题组长
- 卢耀如 中国工程院院士，中国地质科学研究院研究员，西部地区水资源开发利用（西南）课题组长
- 沈国舫 中国工程院院士、中国工程院副院长，生态环境建设与水资源开发利用课题组长
- 王礼先 原北京林业大学水土保持学院院长、教授，生态环境建设与水资源开发利用课题副组长

汤鸿霄 中国工程院院士，中科院生态环境研究中心研究员，城市节水专题组长

邵益生 建设部城市水资源中心主任、研究员，城市水资源专题组长

贾大林 中国农业科学院研究员，节水高效农业建设专题组长

常 平 中国工程院秘书长

项目秘书：谢冰玉 中国工程院土木、水利与建筑工程学部办公室主任、高级工程师

王振海 中国工程院土木、水利与建筑工程学部高级工程师

孙雪涛 全国政协秘书、高级工程师

目 录

提要	1
前言	4
1. 我国水资源状况和面临的问题	5
1.1 水资源的自然状况	5
1.1.1 水资源总量和人均水资源量	5
1.1.2 水资源的时间分布极不均衡	5
1.1.3 水资源的空间分布也极不均衡	6
1.1.4 江河高泥沙含量是我国水资源的一个 突出问题	6
1.1.5 气候变化对我国水资源的影响	7
1.2 50 年来的成就和当前面临的问题	7
1.2.1 防洪安全仍缺乏保障	8
1.2.2 水资源的紧缺与用水的浪费并存	9
1.2.3 水土资源过度开发,造成对生态环境的破坏	9
1.2.4 水质污染迅速发展,已到极为严重的程度	9
2. 以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展	10
2.1 人与洪水协调共处的防洪减灾战略	10
2.1.1 对洪水和洪灾的认识	10
2.1.2 防洪减灾的战略转变	11
2.1.3 防洪减灾工作体系的总体目标和主要内容	11
2.2 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	14
2.2.1 16 亿人口所需的农产品和耕地预测	14
2.2.2 水土资源供需平衡的几点结论	15
2.2.3 节水高效农业的建设途径	15

2.3	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	17
2.3.1	节流优先	18
2.3.2	治污为本	18
2.3.3	多渠道开源	19
2.4	以源头控制为主的综合防污减灾战略	19
2.4.1	水污染已成为不亚于洪灾、旱灾甚至更为 严重的灾害	19
2.4.2	从末端治理为主向源头控制为主的 战略转移	20
2.4.3	加强点源、面源和内源污染的综合治理	20
2.4.4	把安全饮用水保障作为水污染防治的重点	21
2.5	保证生态环境用水的水资源配置战略	21
2.5.1	生态环境建设的内容	21
2.5.2	生态环境建设与水资源保护利用的关系	21
2.5.3	合理安排生态环境的用水	23
2.6	以需水管理为基础的水资源供需平衡战略	24
2.6.1	过去对需水量的预测普遍偏高,造成对供水 规划和供水工程在不同程度上的误导	24
2.6.2	我国应要求在人口达到 16 亿后,用水量 逐渐达到零增长	25
2.6.3	加强需水管理的核心是提高用水效率	26
2.7	解决北方水资源短缺的南水北调战略措施	26
2.7.1	南水北调的必要性	26
2.7.2	对南水北调各条线路的初步评价	27
2.7.3	对实施步骤的建议	29
2.8	与生态环境建设相协调的西部地区水资源开发 利用战略	31
2.8.1	西北地区	31
2.8.2	西南地区	33

3. 为实现战略建议所必需的改革措施	35
3.1 改革水资源的管理体制	35
3.2 改革水资源的投资机制	35
3.2.1 水资源建设的投入不足而且极不稳定	35
3.2.2 中央与地方投资的分工不够合理	36
3.2.3 城市供水和污水处理的资金缺口很大	36
3.2.4 水土保持和林草植被建设的资金 缺乏统一管理	36
3.3 改革水价政策	37
结论	38

中国可持续发展水资源战略研究 综合报告

(2000 年 7 月)

提 要

我国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 , 按 1997 年人口统计, 人均水资源量为 2220 m^3 , 预测到 2030 年人口增至 16 亿时, 人均水资源量将降到 1760 m^3 。按国际上一般承认的标准, 人均水资源量少于 1700 m^3 为用水紧张的国家。因此, 我国未来水资源的形势是严峻的。

新中国成立 50 年来, 全国用水总量从 1949 年的 1000 多亿 m^3 增加到 1997 年的 5566 亿 m^3 , 其中农业用水占 75.3%, 工业 20.2%, 城镇生活 4.5%, 人均综合用水量从不足 200 m^3 增加到 458 m^3 。当前面临的问题是: 防洪安全仍缺乏保障; 水资源的紧缺与用水的浪费并存; 水土资源过度开发, 造成对生态环境的破坏; 水环境恶化和水质污染迅速发展, 已到极为严重的程度。

研究后认为, 通过建设节水高效的现代农业, 我国可以基本

本文是由中国工程院组织的《21 世纪中国可持续发展水资源战略研究》咨询项目的综合报告。咨询项目由钱正英和张光斗主持, 两院 43 位院士和近 300 位院外专家参加, 经过一年多的紧张工作完成的, 2000 年 7 月 11 日已向国务院和有关部门作了汇报。项目分七个课题组, 提出 9 个专题报告, 在此基础上, 经过项目综合组反复讨论和修改完成本综合报告。

本文已刊登在《中国水利》2000 年第 8 期, 《中国工程科技》2000 年第 8 期。

立足于现有规模的耕地和灌溉用水量，满足今后 16 亿人口的农产品需要。预测我国用水高峰将在 2030 年前后出现，用水总量为 7000 亿~8000 亿 m^3 /年，人均综合用水量为 400~500 m^3 。经分析，全国实际可能利用的水资源量约为 8000 亿~9500 亿 m^3 ，需水量已接近可能利用水量的极限。因此，必须严格控制人口的继续增长，同时加强需水管理，做到在人口达到零增长后，需水也逐步达到零增长。

我国水资源的总体战略：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：

1. 防洪减灾一要从无序、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。

2. 农业用水一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。

3. 城市和工业用水一要从不重视节水、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。

4. 防污减灾一要从末端治理为主转变为源头控制为主的综合治污战略。

5. 生态环境建设一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。

6. 水资源的供需平衡一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。

7. 北方的水资源问题一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增长。

8. 西部地区的水资源问题一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 3 项改革：

1. 水资源管理体制的改革；
2. 水资源投资机制的改革；
3. 水价政策的改革。

前 言

水资源是基础自然资源，是生态环境的控制性因素之一；同时，又是战略性经济资源，是一个国家综合国力的有机组成部分。展望未来，水资源正日益影响全球的环境与发展，甚至可能导致国家间冲突。探讨 21 世纪水资源的国家战略及其相关科学问题，是世纪之交全球共同关注和各国政府的重点议题之一。

我国人民在历史发展中，贯穿着与频繁水旱灾害的斗争。新中国成立后，进行了大规模的水利建设，取得了兴利除害的重大成就，我国以占全球约 6% 的可更新水资源^①、9% 的耕地^②，支持了占全球 22% 人口的温饱和经济发展。但是，在水资源开发利用的进程中，也出现了一些更为复杂的新情况和新问题。1998 年长江和嫩江的大洪水、90 年代以来黄河断流和北方地区沙尘暴的日趋严重、江河湖海的水污染，引起全国人民甚至世界的关注。面临 21 世纪我国发展的战略目标，我们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？如何解决我国的洪水、缺水和水质污染？针对这些问题，各界人士纷纷建言献策。

为此，在国务院领导和有关部委的大力支持下，中国工程院组织了覆盖地理、地质、气象、水文、农业、林业、水利、土地、水土保持、生态环境、城市建设、环境工程、社会经济等有关学科的 43 位两院院士和近 300 位院外专家，以《21 世纪中国可持续发展水资源战略研究》为总项目，根据 2030 年前后我国人口将达到 16 亿的总形势，分设七个课题组进行研究。经过一

① 全球陆地可更新的水资源量，根据《水利百科全书》、《国际人口行动计划》和《国际水》杂志等不同资料来源，分别为：46.8 万亿 m^3 、41.0 万亿 m^3 和 42.78 万亿 m^3 ，我国占全球水资源的百分比相应是：5.79%、6.61% 和 6.34%。

② 我国耕地按 15 亿亩计算，为全球耕地的 7%；如按国家土地管理局 1996 年调查数 19.51 亿亩计算，为全球的 9%。

年多的紧张工作，提出了 9 个专题报告：

1. 中国防洪减灾对策研究
2. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析
3. 中国农业需水与节水高效农业建设
4. 中国城市水资源可持续利用与保护
5. 中国江河湖海防污减灾对策
6. 中国北方地区水资源的合理配置和南水北调问题
7. 中国西北地区水资源开发利用
8. 中国西南地区水资源开发利用
9. 中国生态环境建设与水资源保护利用

在以上专题报告的基础上，经项目综合组反复研讨和重点考察，提出《中国可持续发展水资源战略研究》综合报告。

1. 我国水资源状况和面临的问题

1.1 水资源的自然状况

水资源的补给来源主要为大气降水，赋存形式为地表水、地下水和土壤水，可通过水循环逐年得到更新。

1.1.1 水资源总量和人均水资源量

根据 80 年代初水利部对全国水资源进行的评价：我国的多年平均降水总量为 6.2 万亿 m^3 ，除通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统外，可通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m^3 。按 1997 年人口统计，我国人均水资源量为 2220 m^3 ，预测到 2030 年我国人口增至 16 亿时，人均水资源量将降到 1760 m^3 。按国际上一般承认的标准，人均水资源量少于 1700 m^3 为用水紧张的国家，因此，我国未来水资源的形势是严峻的。

1.1.2 水资源的时间分布极不均衡

除了人均水资源量紧张外，我国水资源的时间分布很不均衡。由于季风气候影响，各地降水主要发生在夏季。雨热同期，

是农业发展的一个有利条件,使我国在发展灌溉农业的同时,还有条件发展旱地农业。但由于降水季节过分集中,大部分地区每年汛期连续4个月的降水量占全年的60%~80%,不但容易形成春旱夏涝,而且水资源量中大约有2/3左右是洪水径流量,形成江河的汛期洪水和非汛期的枯水。而降水量的年际剧烈变化,更造成江河的特大洪水和严重枯水,甚至发生连续大水年和连续枯水年。

1.1.3 水资源的空间分布也极不均衡

我国的年降水量在东南沿海地区最高,逐渐向西北内陆地区递减。从黑龙江省的呼玛到西藏东南部边界,这条东北-西南走向的斜线,大体与年均降水400mm和年均最大24h降水50mm的暴雨等值线^①一致,这是东南部湿润、半湿润地区和西北部干旱、半干旱地区的分界线。东南部的湿润和半湿润地区也是暴雨洪水的多发区。

水资源的空间分布和我国土地资源的分布不相匹配。黄河、淮河、海河三流域,土地面积占全国的13.4%,耕地占39%,人口占35%,GDP占32%,而水资源量仅占7.7%,人均约500m³,耕地亩均少于400m³,是我国水资源最为紧张的地区。西北内陆河流域,土地面积占全国的35%,耕地占5.6%,人口占2.1%,GDP占1.8%,水资源量占4.8%。该地区虽属干旱区,但因人口稀少,水资源量人均约5200m³,耕地亩均约1600m³,如果在科学指导下,合理开发利用水土资源,并安排相适应的经济结构和控制人口的增长,可以支持发展的需要,但必须十分注意保护包括天然绿洲在内的荒漠生态环境。

1.1.4 江河高泥沙含量是我国水资源的一个突出问题

我国西部地区是长江、黄河、珠江和众多国际河流的发源地,地形高差大,又有大面积的黄土高原和岩溶山地,自然因素

① 按气象部门规定,24h雨量超过50mm称之为暴雨,100~200mm为大暴雨,超过200mm为特大暴雨。

加上长时期人为的破坏,使很多地区水土流失严重,对当地的土地资源和生态环境造成严重危害,也使许多江河挟带大量泥沙,黄河的高含沙量更是世界之最。这些问题增加了我国江河治理的复杂性和生态环境建设的迫切性。从历史的观点看,江河泥沙曾为我们创造了并继续发展着东部和中部总面积达 185 万 km^2 的广大冲积平原和山间盆地。这些地方,地势平坦,土壤肥沃,成为中华民族生存和发展的重要基地,但由于开发利用不当,也带来一系列的水旱灾害和环境问题。

1.1.5 气候变化对我国水资源的影响

根据 1950~1997 年接近 50 年的降水和气温资料分析,我国近 20 年来呈现北旱南涝的局面。80 年代华北地区持续偏旱,京津地区、海滦河流域、山东半岛 10 年平均降水量偏少 10%~15%。进入 90 年代,黄河中上游地区、汉江流域、淮河上游、四川盆地的 8 年平均降水量偏少约 5%~10%,黄河花园口的天然来水量初步估计偏少约 20%,海滦河和淮河的年径流量也都明显偏少。西北内陆地区,80 年代降水量略有减少(2.5%),90 年代略有增加(8.9%)。由于高山地区冰川融水的多年调节作用,各河流出山口的多年平均流量基本持平。少数河流如新疆的阿克苏河等径流量略有增加,个别河流如河西走廊的石羊河径流量偏少。

从全国范围看,在原评价 24 年系列基础上增加最近 18 年的资料,估计对全国水资源总量的影响不大。但北方缺水地区持续枯水年份的出现,以及黄河、淮河、海河与汉江同时遭遇枯水年份等不利因素的影响,加剧了北方水资源供需失衡的矛盾。

据国际方面的有关研究,未来 50 年由于人类活动产生的温室效应,全球年平均气温可能升高,但预测值相差很大。气温升高将使地表蒸发量提高,水资源量将相应减少。具体到我国的各大流域,影响程度如何,还有待探讨。

1.2 50 年来的成就和当前面临的问题

新中国成立 50 年来,党和政府领导广大人民进行了规模空