



# 南水北调中线工程水源区 汉江水文水资源分析关键技术 研究与应用

王俊 郭生练 编著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

# 南水北调中线工程水源区 汉江水文水资源分析关键技术 研究与应用

王俊 郭生练 编著



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书以南水北调中线工程规划设计和决策实施的生产与科研任务为基础,首次针对中线工程水源区汉江可调水量、调水影响和调水安全等水文水资源关键技术问题,开展了全面系统的创新性研究。本书资料翔实,数据准确可靠,分析科学合理,定性定量准确,具有较强的科学性、实用性和权威性。

本书适合于经济社会、跨流域调水、水文气象、规划设计、防洪减灾等领域的技术、科研人员及政府决策人员阅读;对流域水利规划、设计、跨流域调水、工程建设、防洪减灾以及国民经济发展具有较高的研究、分析、参考、保留价值和重要的使用价值。

## 图书在版编目(CIP)数据

南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术研究与应用 / 王俊, 郭生练编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010. 12  
ISBN 978-7-5084-8272-9

I. ①南… II. ①王… ②郭… III. ①南水北调—水利工程—汉水—流域—水文分析—研究②南水北调—水利工程—汉水—流域—水资源—分析—研究 IV. ①TV68

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第262943号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术研究与应用                                                                                                  |
| 作 者  | 王俊 郭生练 编著                                                                                                                      |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                            |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                |
| 印 刷  | 北京市兴怀印刷厂                                                                                                                       |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 16.75印张 397千字                                                                                                 |
| 版 次  | 2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷                                                                                                      |
| 版 数  | 0001—1500册                                                                                                                     |
| 定 价  | 68.00元                                                                                                                         |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 序

水是生命之源、生产之要、生态之基，水利是现代农业生产建设不可或缺的首要条件，是经济社会发展不可替代的基础支撑，是生态环境改善不可分割的保障系统，具有很强的公益性、基础性、战略性。因此，水利关系到经济安全，生态安全、国家安全。我国水资源具有“水资源总量丰富，人均水资源贫乏；南方水多、北方水少；径流量年际变化大、年内分配不均”的显著特点，与生产力布局不相适应。北方地区特别是华北平原地区水资源开发利用程度已超出当地水资源和环境的承载能力范围，生态环境已受到明显影响；南方地区水资源尚有富余，受经济社会发展布局及生产力条件限制，每年有相当部分珍贵的水资源没有得到充分利用。

南水北调中线工程是我国水资源优化配置，解决北方地区缺水问题的一项战略性基础设施工程，具有极大的社会效益和经济效益。自1952年以来，长江水利委员会几代科技人员始终不渝地坚持开展中线工程的勘探、测量、规划与设计工作。相继提出了《南水北调中线工程规划报告》、《南水北调中线工程可行性研究报告》、《南水北调中线工程环境影响报告书》；1995~1998年，水利部和国家计划委员会分别组织专家对南水北调工程进行了论证和审查。21世纪之初，根据我国经济、社会、生态环境以及水资源的变化，长江水利委员会以科学、严谨、求实的态度，广泛征求各方面的意见，再一次对中线工程规划进行了修订。

汉江流域作为南水北调中线工程的水源地，承担着南北水资源调配的重要任务，除承载本流域对水资源的需求外，还面临人类活动加剧、气候变化对未来水资源情势演变的影响等问题。如何科学、合理地优化水源区和受水区水资源配置，确保水源区和受水区可持续协调发展，是南水北调中线工程成功的关键，系统深入地研究并总结南水北调中线工程中汉江水文水资源关键技术，对这项伟大的水资源配置工程具有重要的理论和现实意义。

长江水利委员会水文局和武汉大学合作，充分贯彻资源水利、民生水利和新时期治江战略，自20世纪90年代起，历时十余年，围绕南水北调中线工程可调水量、调水安全和调水影响，开展了广泛深入的分析研究工作，先后

参与完成了“南水北调中线工程规划（2001年修订）”、“可调水量专题”、“南水北调中线一期工程可行性研究”等工作；完成了“南水北调水源区和受水区南北水资源丰枯遭遇分析研究”、“气候变化对水资源及南水北调可调水量影响及适应对策研究”、“汉江中下游防洪风险研究”、“汉江中下游水资源承载能力研究”、“汉江流域水资源可利用量研究”、“汉江流域水资源预测与配置模型”、“气候变化对汉江流域水文水资源影响及评估方法研究”等重大科研专项。特别是在南北丰枯遭遇、水资源可利用量、水资源承载能力、防洪风险分析、气候变化对水资源影响等领域取得了开拓性研究成果。《南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术研究与应用》是上述研究的集中总结，成果获2010年湖北省科学技术进步奖一等奖。该项成果经专家鉴定，总体上达到了国际先进水平，其中在调水工程水源区与受水区水资源丰枯遭遇分析和气候变化对水资源影响研究的应用等方面处于国际领先水平。

本书所列成果已在南水北调中线工程的论证、规划和设计中得到了广泛应用，对中线工程可调水量、调水影响和调水安全等问题的解决起到了重要的支撑作用，为确保南水北调中线工程顺利实施，推动水文水资源研究技术进步具有重要的理论与实践意义。对长江流域乃至全国推广都有推广应用的积极作用。



2010年11月

# 前言

我国水资源具有“水资源总量丰富，人均水资源贫乏；南方水多、北方水少；径流量年际、年内分布极不均匀”的显著特点，与生产力布局不相适应。

黄河流域、淮河流域、海河流域经济社会的持续、稳定发展，尤其是京、津现代化城市建设，对全国总体发展目标的实现具有重大意义。然而，华北平原缺水由来已久，目前这一地区的地表水已被过度开发利用，地下水严重超采，造成生态环境的持续恶化。随着经济社会进一步发展，缺水形势将会越来越严峻，水资源的有效供给成为保证华北地区经济社会可持续发展的基本支撑。

南水北调中线工程是解决北方缺水问题的重大战略工程，是一项宏伟而紧迫的任务。该工程以解决沿线 100 多个城市生活和工业用水为主要供水对象，兼顾农业及其他用水，建成以后经济效益和社会效益显著。通过南北水资源配置，将极大地改善北方地区的生态和环境，增加水资源承载能力；通过改善水资源条件来促使潜在生产力形成现实的经济增长，逐步改善黄淮海地区的生态环境状况；可改善当地饮水的质量，提高人们的生活质量；促进当地城市化进程。

水利部长江水利委员会同有关单位于 1987 年完成了《南水北调中线工程规划报告》，2001 年在我国水资源配置“四横三纵”体系总体规划基础上完成了南水北调中线工程规划修订工作，通过水源工程建设方案的前期论证比较，得出了“先引汉、后引江”的结论，以汉江流域为水源区，推荐近期实施丹江口水库大坝加高、中线一期工程调水 95 亿  $\text{m}^3$  方案。汉江流域作为南水北调中线工程的水源地，有水资源量相对丰富、水资源质量较好的优势，但也存在一些需要科学论证、妥善解决的问题。

(1) 汉江沿江两岸分布有汉中、安康、十堰、襄樊、武汉等大中型城市，工、农业具备一定的基础与规模；流域中下游江汉平原是著名的“鱼米之乡”，是我国主要的商品粮生产基地之一，流域内经济社会的发展对水资源有较高的要求。同时，汉江中下游平原防洪形势严峻，是长江中下游防洪重点

区域。因此，在确保南水北调效益的同时，必须首先确保调水不影响汉江中下游经济社会可持续发展对流域水资源的要求。

(2) 南水北调中线工程总干渠线路长，跨越几个气候区，水源区与供水区受气候和流域水文特性及人类活动等影响，流域水文特性存在随机性和准周期性等多种变化，降水、径流特征亦表现为丰枯交替变化，降水、径流年际变化都较大。若水源区与受水区出现同为枯水年的遭遇情形，则对中线工程可调水量和调水效益产生不利影响。

(3) 汉江流域 20 世纪 90 年代发生连续枯水年，不仅引起关心南水北调中线工程的相关专家和各级领导的重视，也引起了社会的广泛关注。如果这种现象延续，将对南水北调中线工程的正常运行和汉江流域经济社会发展产生不利影响。

(4) 全球气候变化将导致流域水文循环的改变，从而引起水资源在时空上的重新分配，并对降水、蒸发、径流、土壤湿度造成直接影响。考虑汉江流域自身经济社会发展及中线工程调水需求，再加上未来气候变化或异常的影响，水源区和受水区未来水资源的供需矛盾及汉江流域水文情势的演变亦是人们关注的焦点。

可见，汉江流域作为南水北调中线工程的水源地，除承担南北水资源调配的任务外，还要承载本流域对水资源的需求，面临人类活动加剧、气候变化或异常等问题。合理确定中线工程的可调水量，科学论证调水影响与调水安全，对于实现中线工程水源区和受水区经济社会可持续和协调发展，并确保充分发挥中线工程调水的经济和社会效益具有重要的理论和现实意义。

围绕南水北调中线工程可调水量、调水安全和调水影响，长江水利委员会水文局（以下简称水文局）先后参与完成了“南水北调中线工程规划（2001 年修订）”、“可调水量专题”、“南水北调中线一期工程可行性研究”等工作；完成了“南水北调水源区和受水区南北水资源丰枯遭遇分析研究”、“气候变化对水资源及南水北调可调水量影响及适应对策研究”、“中长期旱涝趋势预测研究”、“汉江中下游防洪风险研究”等大量的水文水资源分析研究工作。

近年来，充分贯彻资源水利、民生水利精神和健康长江科学治水思路，水文局采取产、学、研相结合的方式，与武汉大学等高校开展了广泛合作，就南水北调水源区水文水资源分析关键技术问题作了大量深入的研究工作，先后完成了“汉江中下游水资源承载能力研究”、“汉江流域水资源可利用量研究”、“汉江流域水资源预测与配置模型”、“气候变化对汉江流域水文水资

源影响及评估方法研究”等重大科研专项。

上述各项专题研究所收集并采用的水文、气象资料翔实可靠，并引用国内外领先的理论方法开展研究，在水资源可利用量、水资源承载能力、防洪风险分析、分布式水文模型、GCMs 模型输出尺度降解以及气候变化对水资源影响等领域取得了开拓性研究成果。研究成果总体上达到了国际先进水平，其中在调水工程水源区与受水区水资源丰枯遭遇分析和气候变化对水资源影响研究的应用等方面处于国际领先水平。

通过对南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术的研究，取得了如下关键性结论：汉江流域水资源量丰富，其水资源可利用量可满足调水和中下游需水要求，配合中下游四项补偿措施，可不影响流域水资源承载能力；丹江口水库大坝加高调水可降低汉江中下游防洪风险，提高其防洪标准；首次利用南北降水和 500 年历史旱涝资料系统地探讨了水源区与受水区水资源量丰枯遭遇特性及规律，揭示了水源区与受水区丰枯变化多数情况下互补，调水水源可靠性较高，经济社会效益显著；丹江口水库入库水资源量变化趋势分析表明，丹江口水库长系列天然入库径流无明显减少趋势，汉江流域 20 世纪 90 年代连续枯水年，是其径流丰枯周期变化中的枯水期，主要是由于降水减少所致，水源区水资源系列无明显的趋势性变化规律；气候变化条件下，2010~2100 年间，南水北调中线工程水源地丹江口水库天然入库径流量总体上呈增加趋势，评估结论认为不会对南水北调中线工程调水安全产生影响。上述关键性结论，清晰地回答了社会各界所关注的南水北调中线工程在水资源方面的敏感问题，成为南水北调中线工程科学决策的强有力支撑。

上述研究成果已广泛应用于南水北调中线工程的论证、规划和设计中，对中线工程可调水量、调水影响和调水安全等问题起到了重要的支撑与指导作用，达到了优质服务于工程的目的，产生了显著的社会效益和经济效益。

南水北调中线工程水源区汉江水文水资源分析关键技术研究，对于确保南水北调中线工程合理规划、优化设计和顺利实施，推动水文水资源研究技术进步具有重要的理论与实践意义，对长江流域乃至全国都有推广应用的积极作用，具有广泛的发展前景和潜在效益。

本书由王俊、郭生练编著，参与编写工作的还有郭海晋、陈剑池、张明波、张洪刚、陈华、李明新、王政祥、朱勇华、张翔、徐长江、吕孙云、徐高洪、范可旭等。

陈晖、徐德龙、熊明、黄艳、肖天国、丁志立、郭希望、邹宁、蒋鸣、沙志贵、张晶、郭靖、闫宝伟、熊莹、张俊、张新田、李中平、边玮、陈楚天、

沈燕舟、陈桂亚、胡安焱、林凯荣、李超群、袁雄燕、肖志远、邴建平、戴明龙、贾建伟、黄燕、秦智伟、刘其发、刘冬英、丁胜祥、郭富强、庞博、雒征、陈炯宏、陈璐、刘彩云、陈晓丹、李娟等参与了本书的研究工作。借此机会，向他们致以衷心的感谢。

本研究时间跨度大，涉及学科广泛，在研究过程中，水文局老一辈领导和专家为指导研究工作同样付出了辛勤劳动，特别是水文局原局长季学武、原总工程师郭一兵和罗钟毓，水文水资源处原处长金蓉玲、原副总工程师余开金等，在此对他们深表感谢。

作者

2010年9月  
于武汉

# 目 录

## 序

## 前言

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....                      | 1  |
| 1.1 南水北调中线工程 .....                  | 1  |
| 1.2 汉江流域概况 .....                    | 2  |
| 1.3 研究的总体思路 .....                   | 7  |
| 1.4 研究的内容 .....                     | 9  |
| 1.5 研究的创新点 .....                    | 11 |
| 第 2 章 南水北调中线工程水源区与受水区降水丰枯遭遇分析 ..... | 13 |
| 2.1 选用的资料和方法 .....                  | 14 |
| 2.2 水源区与受水区降水的气候特点 .....            | 15 |
| 2.3 降水丰枯遭遇分析 .....                  | 17 |
| 2.4 连续枯水年遭遇分析 .....                 | 21 |
| 2.5 历史旱涝情况的分析 .....                 | 21 |
| 2.6 小结 .....                        | 29 |
| 第 3 章 汉江流域水资源可利用量研究 .....           | 30 |
| 3.1 水资源可利用量的概念 .....                | 30 |
| 3.2 水资源可利用量的计算方法 .....              | 34 |
| 3.3 基于扣损法的汉江流域地表水资源可利用量 .....       | 36 |
| 3.4 基于 WAM 模型的汉江流域地表水资源可利用量 .....   | 43 |
| 3.5 汉江流域水资源外调能力的分析 .....            | 50 |
| 3.6 小结 .....                        | 51 |
| 第 4 章 汉江流域水资源配置模型研究 .....           | 52 |
| 4.1 水资源配置模型研究进展 .....               | 52 |
| 4.2 汉江流域水资源配置模型 .....               | 56 |
| 4.3 小结 .....                        | 69 |
| 第 5 章 汉江流域水资源及其对中线可调水量影响分析 .....    | 70 |
| 5.1 汉江流域水资源 .....                   | 70 |
| 5.2 丹江口天然入库水量及其代表性分析 .....          | 73 |

|        |                               |     |
|--------|-------------------------------|-----|
| 5.3    | 不同水文系列的中线可调水量分析 .....         | 76  |
| 5.4    | 水文系列延长对可调水量的影响分析 .....        | 77  |
| 5.5    | 小结 .....                      | 78  |
| 第 6 章  | 汉江流域水资源承载能力研究 .....           | 80  |
| 6.1    | 面向可持续发展的水资源承载能力理论 .....       | 80  |
| 6.2    | 汉江流域及水资源开发利用概况 .....          | 87  |
| 6.3    | 研究方法 .....                    | 94  |
| 6.4    | 汉江流域水资源承载能力研究 .....           | 96  |
| 6.5    | 小结 .....                      | 107 |
| 第 7 章  | 汉江中下游防洪风险分析研究 .....           | 109 |
| 7.1    | 洪水风险分析的研究方法 .....             | 109 |
| 7.2    | 汉江中下游防洪规划 .....               | 111 |
| 7.3    | 汉江中下游防洪控制点洪水序列及其统计分析 .....    | 115 |
| 7.4    | 汉江中下游防洪体系的水文风险分析 .....        | 122 |
| 7.5    | 汉江中下游防洪体系的工程可靠性分析 .....       | 131 |
| 7.6    | 汉江中下游洪水风险的经济分析 .....          | 136 |
| 7.7    | 小结 .....                      | 138 |
| 第 8 章  | 丹江口水库入库水资源演变趋势分析 .....        | 140 |
| 8.1    | 汉江流域降水和气温变化趋势分析 .....         | 140 |
| 8.2    | 汉江流域蒸发量变化趋势分析 .....           | 155 |
| 8.3    | 丹江口水库入库径流变化趋势分析 .....         | 160 |
| 8.4    | 丹江口水库径流和降水跳跃成分的分析检验 .....     | 170 |
| 8.5    | 小结 .....                      | 173 |
| 第 9 章  | 气候变化对汉江流域水文水资源影响及评估方法研究 ..... | 175 |
| 9.1    | 研究方法与研究内容 .....               | 175 |
| 9.2    | 统计降尺度方法与应用研究 .....            | 181 |
| 9.3    | 汉江流域分布式水文模型研制 .....           | 204 |
| 9.4    | 汉江流域未来径流变化预测研究 .....          | 232 |
| 9.5    | 小结 .....                      | 244 |
| 第 10 章 | 结论 .....                      | 246 |
| 10.1   | 可调水量 .....                    | 246 |
| 10.2   | 调水影响 .....                    | 248 |
| 10.3   | 调水安全 .....                    | 249 |
| 10.4   | 主要认识 .....                    | 250 |
| 参考文献   | .....                         | 251 |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 南水北调中线工程

### 1.1.1 南水北调中线是华北平原可持续发展的支撑工程

黄河流域、淮河流域、海河流域经济社会的持续、稳定发展，尤其是京津现代化城市建设，对全国总体发展目标的实现，具有重大意义。经济的高速发展，势必对水资源的有效供给提出更多、更高的要求，这将加剧日益紧张的水资源供需矛盾，也对该区域水资源的高效利用和节水工作提出了新的挑战。

华北平原缺水由来已久，目前这一地区的地表水已被过度开发利用，地下水严重超采，造成生态环境的持续恶化。针对水资源严重短缺的局面，各地采取了加强水资源管理、狠抓节水、污水回用、限制高耗水工业发展等一系列措施，取得了一定的成效，但由于该地区属于资源性缺水，水资源供需矛盾突出，一些地方已经出现了供水难以为继的局面。随着经济社会进一步发展，城市化进程加快，人民生活质量逐步提高，缺水形势将会越来越严峻，而水资源的有效供给将成为保证经济社会可持续发展的基本支撑。

南水北调中线工程，可补充华北平原地区的水资源供应量，通过调水实现水资源的合理配置，将南方的水资源优势转化为经济优势，支撑华北平原国民经济与社会的可持续发展。

建设南水北调中线工程，可向华北平原城市提供优质水源，有效改善用水条件，提高人民生活质量，为工业生产增加新的活力。通过水资源的优化配置和污水处理回用，不再继续挤占农业用水，甚至可将原来挤占的农业用水还给农业，并可向农业供水，以改善农业生产条件；还可改善生态环境，控制地下水超采，并有望恢复部分湿地。

### 1.1.2 南水北调中线工程基本方案

早在 1952 年，毛泽东主席就提出了南水北调的宏伟设想。1958 年编制的《汉江流域规划报告节要》中明确汉江流域的水利任务远景考虑引汉济黄济淮。

水利部长江水利委员会（以下简称长江委）1959 年编制的《长江流域综合利用规划简要报告》和 1990 年编制的《长江流域综合利用规划简要报告》（1990 年修订）中将南水北调作为主要任务之一，并提出了从长江上、中、下游（即现西、中、东线）向北方引水的线路及三条线路的主要供水范围。

1993 年编制的《汉江夹河以下干流河段综合利用规划报告》明确夹河以下干流河段的主要开发任务是：“满足中、下游防洪要求，减免洪水灾害，在满足本流域用水要求前提下，初步实现南水北调中线引水任务”。南水北调中线工程调水规模主要是调水 145 亿  $\text{m}^3$  方案。

南水北调中线工程工作已持续了半个世纪，长江委会同有关单位开展了大量前期工作，积累了丰富的勘测、科研和规划设计成果。国务院批复了《南水北调中线工程规划报

告》(2001年修订),构成了我国水资源配置“四横三纵”总体布局。《南水北调中线工程规划修订报告》提出的水源方案分两类:从长江引水的引江类与从丹江口水库引水的引汉类。通过水源工程建设方案的前期论证比较,得出了“先引汉、后引江”的结论。

2005年9月24~29日,水利部水利水电规划设计总院在北京召开会议,对《南水北调中线一期工程可行性研究总报告》进行了审查。根据审查意见,中线一期工程以2010年为规划水平年,供水目标以北京、天津和河北、河南等主要城市生活、工业供水为主,兼顾生态和农业用水。经城市水资源配置规划,一期工程多年平均调水95亿 $\text{m}^3$ ,相应渠首引水规模为350~420 $\text{m}^3/\text{s}$ ,可解决受水区城市2010水平年的缺水问题。中线一期主体工程由水源工程、输水工程和汉江中下游治理工程(引江济汉工程、兴隆水利枢纽、部分闸站改造和局部航道整治)组成。

根据《南水北调中线工程规划报告》(2001年修订)成果,在南水北调中线一期工程基础上,通过增加总干渠渠道输水能力,2030年水平年,陶岔渠首设计流量630 $\text{m}^3/\text{s}$ ,加大流量800 $\text{m}^3/\text{s}$ 情况下,水库可调水量为121.09亿 $\text{m}^3$ ,其中陶岔109.98亿 $\text{m}^3$ 。

## 1.2 汉江流域概况

### 1.2.1 流域的自然地理特征

汉江是长江中游最大的支流,发源于秦岭南麓,汉江干流流经陕西、湖北两省,于武汉市注入长江,干流全长1577km。襄樊以上流向总体向东,襄樊以下转向东南,支流延展于甘肃、四川、河南、重庆四省(直辖市)。

汉江流域面积约15.9万 $\text{km}^2$ ,北部以秦岭、外方山与黄河流域分界,东北以伏牛山、桐柏山构成与淮河流域的分水岭,西南以大巴山、荆山与嘉陵江、沮漳河为界,东南为江汉平原、与长江无明显分水界限。流域地势西高东低,由西部的中低山区向东逐渐降至丘陵平原区,西部秦巴山地高程为1000~3000m,中部南襄盆地及周缘丘陵高程为100~300m,东部江汉平原高程一般为23~40m左右。干流总落差1964m。

汉江流域山地约占55%,主要分布在西部,为中低山区;丘陵占21%,主要分布于南襄盆地和江汉平原周缘;平原区占23%,主要为南襄盆地、江汉平原及汉江河谷阶地;湖泊约占1%,主要分布于江汉平原。

汉江流域水系发育,集水面积大于1000 $\text{km}^2$ 的一级支流共有19条,其中1万 $\text{km}^2$ 以上的有唐白河与堵河,(0.5~1)万 $\text{km}^2$ 之间的有旬河、丹江、夹河和南河;(0.1~0.5)万 $\text{km}^2$ 的有襄河、涑水河、酉水河、子午河、池河、天河、月河、玉带河、任河、岚河、牧马河、北河及蛮河等。

汉江干流丹江口以上为上游,长925km,占汉江总长的59%,控制流域面积9.52万 $\text{km}^2$ ,落差占汉江总落差的90%;丹江口至钟祥为中游,长270km,平均比降0.19‰,区间流域面积4.68万 $\text{km}^2$ ;钟祥以下为下游,长382km,河床平均比降为0.06‰,集水面积1.7万 $\text{km}^2$ 。

汉江流域水系及主要水利工程布设情况如图1.1所示。

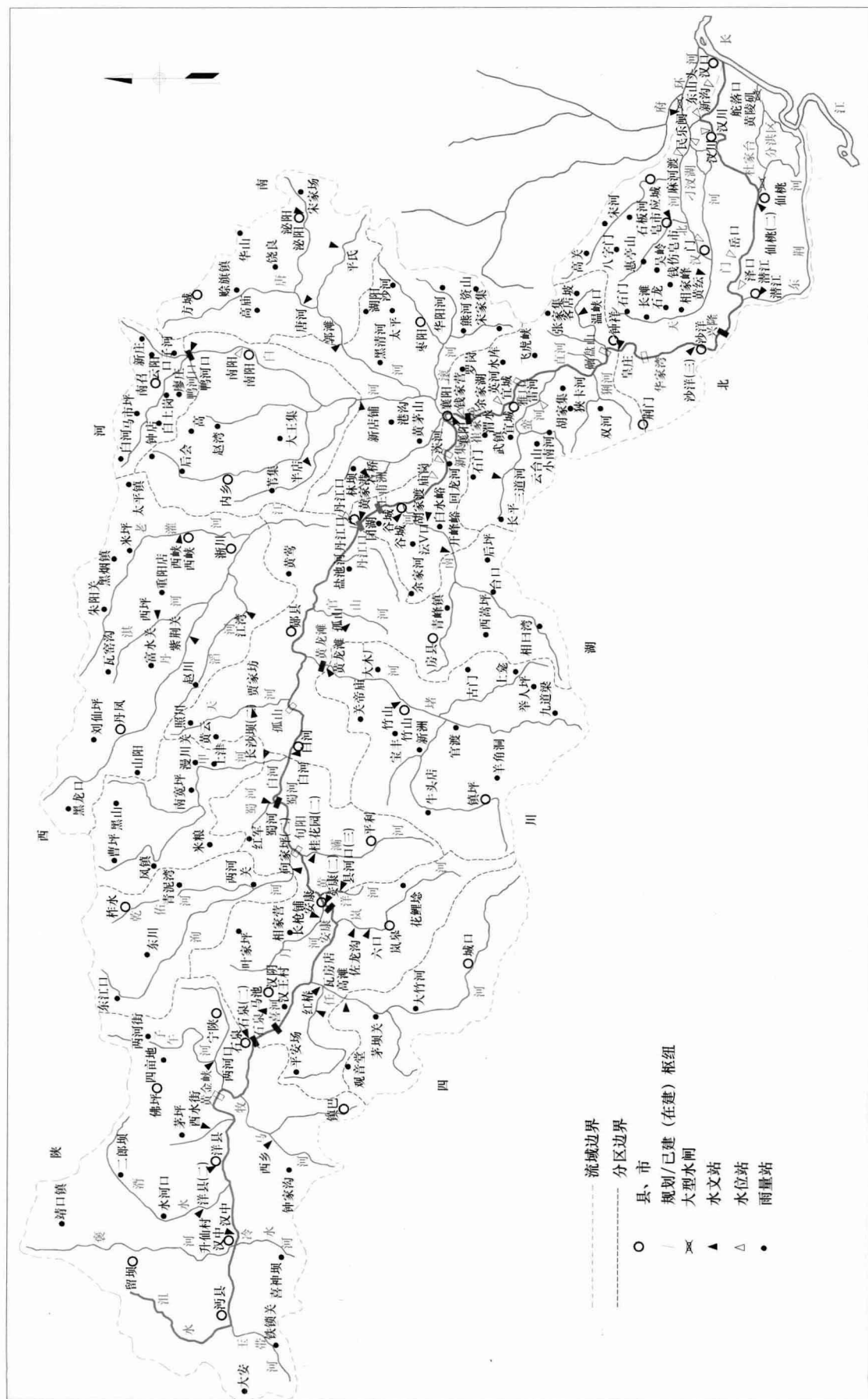


图 1.1 汉江流域水系及主要水利工程布局情况

## 1.2.2 流域的水文气象特征

### 1. 气候特性

汉江流域属亚热带季风气候区,气候较温和湿润。流域内多年平均气温  $12\sim 16^{\circ}\text{C}$ ,由上游向下游递增。月平均最高气温发生在7月,为  $24\sim 29^{\circ}\text{C}$ ;月平均最低气温发生于1月,为  $0\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温为  $42.7^{\circ}\text{C}$  (发生于湖北省郢县 1966 年 7 月 19 日);极端最低气温为  $-17.6^{\circ}\text{C}$  (发生于湖北省房县 1977 年 1 月 30 日)。

流域多年平均降水量在  $700\sim 1800\text{mm}$  之间,年降水量呈现南岸大于北岸,上、下游大,中游小的地区分布规律。汉江上游年内降水有三个集中时段:4月下旬至5月下旬为春汛;6月下旬至7月下旬为夏汛;8月下旬至10月为秋汛;其中夏汛时段雨量最大,秋汛次之,但遇降雨天气有异时,秋汛雨量也会超过夏汛。汉江下游地区春汛、秋汛主峰不如上游明显。降水年内分配不均匀,5~10月降水占全年的  $70\%\sim 80\%$ ,7月、8月、9月三个月降水量占年降水量的  $40\%\sim 60\%$ 。年降水量系列  $C_v$  值上游地区为 0.20,中、下游地区为 0.25。

全流域 E601 水面蒸发变化在  $700\sim 1100\text{mm}$  之间,流域内水面蒸发在时间上的变化不大,而在空间的变化较显著,其地区分布大致与降水相反,分布趋势大致由西南向东北递增。水面蒸发的年内分配,以1月或12月最小。流域内陆地蒸发在  $400\sim 700\text{mm}$  之间,呈现山区小,河谷平原区大的分布规律。

汉江流域多年平均风速为  $1.0\sim 3.0\text{m/s}$ ,各季节平均风速变幅不大。风向具有明显的季风特点,冬季以东北风为主,夏季以东南风为主。各站 10min 平均最大风速在  $17\sim 24\text{m/s}$  之间。最大风速为陕西省安康市的  $24.3\text{m/s}$  (SSW) 和湖北省枣阳市的  $24.0\text{m/s}$  (S)。

### 2. 径流

流域内河川径流的水源补给主要来自大气降水,地表水资源的分布规律与降水分布基本一致。由于陆地蒸发的地区分布与降水量相反,使得年径流深的地区分布不均匀。流域内径流深在  $300\sim 900\text{mm}$  之间。秦岭山地和米仓山、大巴山一带均在  $400\text{mm}$  以上,其中米仓山、大巴山高值区分别为  $1400\text{mm}$  和  $1000\text{mm}$ ;流域东南部及东部降水高值带由于陆地蒸发量大,年径流深和其余大部分地区一样为  $300\sim 400\text{mm}$ ;径流深小于  $200\text{mm}$  的低值区位于丹江上游商、丹盆地及东部的南襄盆地一带。

汉江流域多年平均连续最大4个月径流占全年径流的  $60\%\sim 65\%$ ,白河上游为  $60\%$ ,白河下游为  $60\%\sim 65\%$ 。出现时间由东向西推迟。大致在襄阳以下为4~7月或5~8月,襄阳以上为7~10月。汛期径流占年径流的  $72\%\sim 77\%$ ,由于流域的调蓄作用,径流的集中程度略次于降水。

汉江径流年际变化很大,根据沿江主要测站现有实测资料统计,其最大、最小径流量相差大都在3倍以上,年径流变差系数  $C_v$  在  $0.3\sim 0.6$  之间,其分布趋势由西向东递增。在降水变率较大以及区内植被破坏较严重的环境条件下,河川洪枯流量年内、年际变化显著是必然的,这是一些地区旱涝灾害频繁发生的较直接原因。

丹江口水库初期规模于1967年11月下闸蓄水,1973年全部建成,由于其具有 102

亿  $\text{m}^3$  的调节库容, 受其调蓄影响, 下游径流年内分配呈现出枯季径流量增加、汛期径流量减少。以皇庄水文站为例, 该站枯季 (11 月至次年 4 月) 径流量百分比由建库前的 22.7% 增至建库后的 31.9%; 而汛期 (5~10 月) 径流量百分比由建库前的 77.3% 减少至建库后的 68.1%。可见丹江口水库对汉江中下游径流年内再分配起了有益的作用。

### 3. 暴雨洪水

汉江流域暴雨多发生在 7~9 月, 具有前后期暴雨显著特点。夏季暴雨主要发生于陕西省白河县以下的堵河、南河和唐白河; 秋季暴雨多发生在白河以上的米仓山、大巴山一带。汉江洪水由暴雨产生, 洪水的时空分布与暴雨一致, 且具有较明显的前后期洪水特点。1933~2000 年历年最大洪水发生在各月的频次统计结果表明, 年最大洪水发生在 7 月和 9 月的频次最高。

从洪水的地区组成上看, 夏汛洪水的主要暴雨区在白河以下的堵河、南河、唐白河流域, 洪水历时较短, 洪峰较大, 且常与长江洪水遭遇, 如“35.7”洪水, 丹江口坝址和碾盘山水文站洪峰流量分别为  $50000\text{m}^3/\text{s}$  和  $57900\text{m}^3/\text{s}$ ; 秋汛洪水则以白河以上为主要产流区, 白河以上又以安康以上的任河来水量最大, 并且秋季洪水常常是连续数个洪峰, 其洪量也较大, 历时较长, 如“64.10”洪水、“83.10”洪水, 丹江口坝址洪峰流量分别为  $26000\text{m}^3/\text{s}$  和  $31900\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 1.2.3 汉江上游的主要水利工程

### 1. 丹江口水利工程

丹江口水利枢纽位于湖北省丹江口市, 汉江与丹江汇口下游 0.8km 处, 水库主要特征指标见表 1.1。

表 1.1 丹江口水利枢纽主要特征值表 高程: 资用吴淞, m

| 名 称                    | 单 位             | 丹 江 口 水 库 |        |
|------------------------|-----------------|-----------|--------|
|                        |                 | 初期规模      | 后期规模   |
| 全流域面积                  | 万 $\text{km}^2$ | 15.9      |        |
| 坝址以上流域面积               | 万 $\text{km}^2$ | 9.52      |        |
| 坝顶高程                   | m               | 162       | 176.6  |
| 最大坝高                   | m               | 97        | 117    |
| 坝轴线总长                  | m               | 1141      |        |
| 坝型                     |                 | 混凝土重力坝    |        |
| 建筑物抗震设计标准              | 度               | Ⅷ         |        |
| 设计洪水位 ( $P=0.1\%$ )    | m               | 157       | 172.2  |
| 设计洪水位库容                | 亿 $\text{m}^3$  | 174.5     | 314.72 |
| 校核洪水位 (PMF)            | m               | —         | 174.35 |
| 校核库水位库容 (PMF)          | 亿 $\text{m}^3$  | —         | 339.1  |
| 校核洪水位 ( $P=0.01\%$ )   | m               | 161.4     | —      |
| 校核库水位库容 ( $P=0.01\%$ ) | 亿 $\text{m}^3$  | 209.68    | —      |

续表

| 名 称     | 单 位               | 丹 江 口 水 库            |             |
|---------|-------------------|----------------------|-------------|
|         |                   | 初期规模                 | 后期规模        |
| 正常蓄水位   | m                 | 157                  | 170         |
| 正常蓄水位库容 | 亿 m <sup>3</sup>  | 174.5                | 290.5       |
| 死水位     | m                 | 139~140              | 145~150     |
| 死库容     | 亿 m <sup>3</sup>  | 72.3~76.5            | 100~126.9   |
| 防洪限制水位  | m                 | 149 (夏) ~152.5 (秋)   | 160~163.5   |
| 防洪库容    | 亿 m <sup>3</sup>  | 88.68 (夏) ~66.48 (秋) | 111.1~140.9 |
| 设计标准    |                   | 1000 年一遇             | 1000 年一遇    |
| 设计流量    | m <sup>3</sup> /s | 79000                | 79000       |
| 校核标准    |                   | 1000 年一遇             | PMF         |
| 校核流量    | m <sup>3</sup> /s | 98400                | 118000      |

丹江口水利枢纽 1968 年第一台机组发电, 1973 年初期规模全部建成。初期规模正常蓄水位 157m (资用吴淞), 相应库容 174.5 亿 m<sup>3</sup>, 防洪限制水位 149m (资用吴淞), 相应防洪库容 88.68 亿 m<sup>3</sup>。

丹江口水库作为南水北调中线工程水源地, 为满足供水、防洪等要求, 于 2005 年开始大坝加高工程, 2010 年汛前大坝加高后, 正常蓄水位 170m (资用吴淞), 相应库容 290.5 亿 m<sup>3</sup>, 防洪限制水位 160m (资用吴淞), 相应防洪库容 111.1 亿 m<sup>3</sup>。拦河大坝为混凝土重力坝, 坝顶高程 176.6m (资用吴淞), 大坝轴线长度 1141m, 最大坝高 117m。泄洪坝段居河床中部, 左岸为厂房坝段。电站总装机容量 90 万 kW, 年发电量 33.78 亿 kW·h。

## 2. 其他水利工程

丹江口水利枢纽以上流域已建的水利工程较多, 其中规模较大的分别是陕西省的石门、石泉、安康水利枢纽和湖北省的黄龙滩水利枢纽, 石门水利枢纽位于汉江上游支流褒河上; 石泉和安康水利枢纽均位于汉江干流上; 黄龙滩水利枢纽位于汉江上游支流堵河上。上述水利枢纽规模参数见表 1.2。

表 1.2 汉江丹江口以上流域水利枢纽工程特性表

| 项 目     | 单位                | 枢 纽 名 称 |       |       |       |
|---------|-------------------|---------|-------|-------|-------|
|         |                   | 石门      | 石泉    | 安康    | 黄龙滩   |
| 集水面积    | km <sup>2</sup>   | 3860    | 23400 | 35700 | 11140 |
| 多年平均流量  | m <sup>3</sup> /s | 43.6    | 342   | 608   | 191   |
| 多年平均径流量 | 亿 m <sup>3</sup>  | 13.8    | 108   | 198   | 60.2  |
| 设计洪峰    | m <sup>3</sup> /s | 3700    | 21520 | 35700 | 13300 |
| 校核洪峰流量  | m <sup>3</sup> /s | 5200    | 26400 | 48000 | 16600 |
| 水库总库容   | 亿 m <sup>3</sup>  | 1.103   | 5.55  | 33.4  | 12.28 |