

Biodiversity and Water Environment Security in
Key Regions of Water Sources of
the Qinling Mountains



秦岭重要水源涵养区 生物多样性变化与水环境安全

周 杰 等◎著



科学出版社

秦岭重要水源涵养区生物多样性 变化与水环境安全

周 杰 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以秦岭最重要的两大水源地黑河流域、丹江流域为研究区域,开展生物多样性调查、监测和研究。在此基础上,结合不同环境因子、遥感信息及社会经济统计数据等多源数据,建立生物多样性与生态安全评价模型,水资源水环境系统耦合模型,流域管理、生态补偿与社会经济发展评价模型,开展秦岭水源地生物多样性与生态系统耦合研究,自然环境变化影响评价和社会经济活动影响评价,模拟在自然状况与社会经济活动等环境变化条件下,秦岭水源涵养区生物多样性与水环境的相互作用、响应机制,并预测其变化趋势,为秦岭水资源健康可持续利用与生物多样性协同发展提供科技支撑及决策服务。

本书可供从事生物、地理、地质、气候和环境相关专业,以及资源开发、环境保护、区域规划的科研、生产、教学和管理的工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

秦岭重要水源涵养区生物多样性变化与水环境安全/周杰等著. —北京:科学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-03-055801-5

I. ①秦… II. ①周… III. ①秦岭-生物多样性-研究 ②秦岭-区域水环境-环境保护-研究 IV. ①X176 ②X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 300422 号

责任编辑:岳漫宇 赵小林 / 责任校对:郑金红

责任印制:吴兆东 / 封面设计:刘新新

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>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年6月第一次印刷 印张:25 1/2

字数:605 000

定价:398.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Biodiversity and Water Environment Security in Key Regions of Water Sources of the Qinling Mountains

Authors: Jie ZHOU *et al.*



Science Press
Beijing

前 言

秦岭，与欧洲的阿尔卑斯山及北美的落基山并称为地球的“三姐妹”，不仅仅是因为它的秀丽，更是因为它在地质、地理、气候、生物、水文乃至文化领域的特殊地位。秦岭作为全球 25 个生物多样性热点区域、中国 14 个生物多样性关键地区之一，以及中国自然生态体系的核心功能区之一，其生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性在我国乃至全球都具有重要战略意义。同时秦岭也是我国中部最重要的生态安全屏障，其涵养水源、维护生态平衡、调节气候及水土保持的重要生态服务功能无可替代。

需要强调的是，作为我国黄河水系和长江水系两大水系的分水岭，秦岭的水资源在我国占有举足轻重的地位。秦岭水资源量达 222 亿 m^3 ，约占黄河水量的 1/3、陕西水资源总量的 50%，是陕西省最重要的水源涵养区。其中，秦岭南坡水资源量为 182 亿 m^3 ，约占陕南水资源量的 58%，是嘉陵江、汉江、丹江的源头区，每年可向北京、天津等地供水 120 亿~140 亿 m^3 ，是南水北调中线工程的重要水源涵养区。秦岭北坡水资源量约为 40 亿 m^3 ，约占关中地表水资源总量的 51%，是渭河的主要补给水源地，也是西安市等地的主要水源区。

但是，气候变化与人类社会经济活动的加强，使秦岭水源涵养地生物多样性和生态安全问题日益突出。

首先，生态服务功能面临诸多威胁，水源涵养能力下降。由于气候变化、面源污染、栖息地丧失、外来物种影响和人类活动的加剧等，秦岭天然植被大面积减少，覆盖率由 64% 下降到 46%，森林下限上升到海拔 300~500 m，一些生物物种处于濒危状态甚至灭绝。水土流失加剧，秦岭水土流失面积已占总面积的 50% 左右，年流失量达 0.84 亿 t，自 20 世纪 70 年代后，秦岭北坡 80% 的河流成为间歇河，其中黑河的年径流量减少了 2.44 亿 t。

其次，生态系统遭到破坏，环境污染严重。与秦岭地区丰富的生物多样性相对应的是较为落后的经济发展水平和资源依赖型的产业结构，生态保护和农村经济发展矛盾突出；耕地资源的稀缺性、森林资源利用方式的粗放性、旅游资源的无序和过度开发成为水源地及其生态安全的重要威胁，土壤和水环境污染日益严峻。水资源不合理利用、矿产资源大规模开发的负面影响也已凸显。



无疑,从流域生态学角度系统研究秦岭生物多样性及生态系统要素的时空格局变化,探讨自然环境变化与社会经济活动影响下秦岭水源涵养区的生态可持续性,正确评估秦岭地区生态系统的健康状况和发展趋势,提出科学对策,对于科学保护秦岭生物多样性和生态环境,维系健康的水源生态服务功能和生态安全具有重要意义,对于保证南水北调中线工程水质水量和关中地区生产生活用水至关重要。

为此,本书围绕保障秦岭水环境安全这一战略目标,以秦岭最重要的两大水源地黑河流域、丹江流域为研究区域,开展生物多样性调查、监测和研究。在此基础上,结合不同环境因子、遥感信息及社会经济统计数据等多源数据,建立生物多样性与生态安全评价模型,水资源水环境耦合模型,流域管理、生态补偿与社会经济发展评价模型,开展秦岭水源地生物多样性与生态系统耦合研究,自然环境变化影响评价和社会经济活动影响评价,模拟在自然状况与社会经济活动等环境变化条件下,秦岭水源涵养区生物多样性和水环境的相互作用、响应机制及变化趋势,为秦岭水资源健康可持续利用与生物多样性协同发展提供科技支撑及决策服务。

本书的研究内容总体上由两大部分组成。本书前半部分主要为流域生物多样性调查与分析结果,包括5个方面。

(1)水生生物多样性。查明丹江流域和黑河流域鱼类、浮游植物、浮游动物、底栖动物的种类和群落结构、数量及其时空动态,揭示流域内鱼类、浮游植物、浮游动物、底栖动物与水环境生态要素之间的关系,探讨它们对环境的指示作用。

(2)植物多样性。查明丹江流域和黑河流域植物物种多样性与群落多样性,揭示河岸缓冲带植物群落、森林植物群落等不同群落类型的种类组成、生物多样性指数、层次结构、生境条件等,研究植物多样性与水源涵养能力之间的关系,以及植物多样性及主要环境因子对水源涵养功能发挥的作用机制和关键过程,分析该区域生态系统中驱动水源涵养功能变化的主要生态因子。

(3)鸟类多样性。对秦岭主峰太白山、秦岭北坡的黑河流域、秦岭南坡的丹江流域进行鸟类物种多样性调查,应用遥感和地理信息系统技术监测丹江流域和黑河流域的湿地与水环境变化,从鸟类多样性的角度对水源地湿地生态系统的服务功能和生物多样性价值进行评估。

(4)蝴蝶多样性。对丹江流域和黑河流域的蝶类组成进行全面系统的调查,监测蝶类物种组成、种群数量变动、群落结构与区系构成。对蝶类垂直分布及其季节性变化规律进行研究。同时通过与历史资料的比较,分析研究不同时期蝶类多样性和区系的变化特征与发展趋势。

(5)大型真菌生物多样性。调查黑河流域和丹江流域大型真菌资源,结合生态与区系分析结果,得出水源涵养区大型真菌多样性调查结论。研究大型真菌生物多样性的分布格局,群落与生态系统的结构功能特征,进而揭示生态群落、生态系统的结构功能在不同发展阶段与水环境的关系及对水环境的指示意义。

本书后半部分的内容主要是在两大流域生物多样性调查、监测和研究的基础上,建立生物多样性与生态环境数据处理及分析系统,建立相关数学模型,进行生物多样性与水环境的系统耦合研究,并开展两个方面的评价:一是以生物多样性与生态安全为核心

的自然环境变化影响评价；二是以流域管理、生态补偿为核心的社会经济活动影响评价。其包括3个方面。

(1) 基于自然环境变化影响的生物多样性与生态安全评价。从理论基础、评价指标体系、评价方法等入手,提出基于秦岭水源涵养区环境特征的生物多样性评价指标体系、生态安全评价指标体系,并建立相应的评价模型,分析生物多样性、生态安全对自然环境变化的响应,研究两大流域生物多样性与生态安全的状态和变化。

(2) 水资源水环境系统耦合研究。基于模型模拟的方法,建立物质循环与能量流动的基本模式,研究不同情景下径流、泥沙、暴雨、洪水及非点源污染等要素变化过程,揭示环境变化对流域水文状况的影响,进而对流域水环境和土壤生态环境进行评价。

(3) 围绕流域管理、生态补偿进行社会经济影响评价。提出流域管理评价指标体系,建立基于SSCP模型的流域管理制度模型,模拟不同流域管理制度对水资源水环境保护的效用;建立基于SSCP模型的生态补偿评价模型,通过模型模拟不同生态补偿制度对水资源水环境保护的效用,探讨以生态补偿为基础的社会经济发展对水环境变化的影响。

本书各章研究内容及撰写人分别为:前言和第一章,周杰;第二章,王开锋、靳铁治、张建禄、苟妮娜、杨斌、边坤;第三章,黎斌、王宇超、李阳;第四章,高学斌、罗磊、赵洪峰、索丽娟、韩宁;第五章,房丽君;第六章,李峻志、祁鹏、戴璐、张黎光、刘愚、李安利、吴小杰、霍文严、乔婷;第七章,何洪鸣、赵宏飞、周杰;第八章,何洪鸣、逯亚杰、周杰;第九章,吴永娇、周杰。周杰完成各章节的统稿和总编撰工作。

本书由陕西省科学院牵头组织,陕西省动物研究所、陕西省西安植物园、陕西省微生物研究所、中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学水土保持研究所共同参与完成。

研究工作得到国家财政部和陕西省科技厅经费资助。

Preface

The Qinling Mountains, with the European Alps and the Rocky Mountains of North America, are known as the “three sisters” of the Earth. Not only because of beautiful scenic views of the Qinling Mountains, but also their special status in geology, geography, climate, biology, hydrology and even culture. The Qinling Mountains are one of the 25 biodiversity hotspots in the world, one of the 14 key biodiversity areas in China, and one of the core functional areas of China’s natural ecosystems. Therefore, the ecosystem diversity, species diversity and genetic diversity of the Qinling Mountains have important strategic significance in China and the world. Meanwhile, the Qinling Mountains are also the most important ecological security barrier in central China, and that important ecological service functions of conserving water source, maintaining ecological balance, regulating climate and soil and water conservation are irreplaceable.

It should be emphasized that as the key parts of the two major river systems of the Yellow River and the Changjiang River, their water resources and the water resources play an important role in China. It is the most important water conservation area in Shaanxi Province, while with water volume of $22.2 \times 10^9 \text{ m}^3$, that’s 50% of the Shaanxi Province total water resources, and one-third of the Yellow River. Among them, the water resources on the southern slope of the Qinling Mountains are $18.2 \times 10^9 \text{ m}^3$, accounting for 58% of the water resources in southern Shaanxi. It is the source area of Jialing River, Hanjiang River and Danjiang River. It can supply $12 \times 10^9 \text{ m}^3$ to $14 \times 10^9 \text{ m}^3$ of water to Beijing and Tianjin every year. It is also an important water source conservation area for the Middle Route of the South-to-North Water Diversion Project. The water resources on the northern slope of the Qinling Mountains are about $4 \times 10^9 \text{ m}^3$, accounting for 51% of the total surface water resources in Guanzhong Area. It is the main water source for the Weihe River and Xi’an city.

However, it has been becoming increasingly urgent issues of biodiversity protection and ecological security due to enhanced socioeconomic activities in the water conservation areas of the Qinling Mountains in recent decades. Firstly, the ecological service function is seriously



threatened with big decrease of water conservation capacity. Due to environmental changes, including climate change and improper human activities (e.g., non-point source pollution), the natural vegetation coverage of the Qinling Mountains has been reduced by from 64% to 46%, and the lower forest line has risen to an altitude of 300-500 m, leading to habitat loss, invasion of alien species, species endangerment or extinction. Soil erosion has intensified and resulted in difficulties of water conservation. For example, soil erosion reached about 50% of the total area in the Qinling Mountains, with an annual soil loss of 8.4×10^8 tons. Since the 1970s, about 80% of the rivers on the northern slope of the Qinling Mountains have become intermittent rivers, and the annual runoff of the Heihe River has decreased by 2.44×10^8 tons. Secondly, the ecosystem is greatly destroyed with severe eco-environment pollution. While the Qinling Mountains are abundant in biodiversity, and resource-dependent economic activities are relatively at low level. This contradiction is obviously observed between ecological protection and rural economic development. While it was increasingly polluted in soil and water quality, the scarcity of cultivated land resources, the extensive use of forest resources, the disorder and over-exploitation of tourism resources have been dangerous threats to protection of water sources and ecological security. The negative impacts of irrational use of water resources and large-scale development of mineral resources have also been highlighted.

Undoubtedly, a thorough investigation on spatiotemporal patterns of biodiversity and ecosystem in perspectives of watershed ecology, an actively exploring of the ecological sustainability in water conservation area under the influence of natural environment changes and social economic activities, and an effectively evaluating ecosystem status and future trend and presenting scientific countermeasures in the Qinling Mountains are of great significance for protection of its ecological environment, biodiversity, security, and service, are also essential to ensuring the abundant and high-quality water resources of the Middle Route of the South-to-North Water Diversion Project and the Guanzhong region.

This book presents our newly research achievements in environment change, biodiversity protection, ecological security in water sources region of the Qinling Mountains, which is in accordance with national strategies at multiple levels. To meet the requirements of this research work, we selected two river basins including the Heihe River Basin and the Danjiang River Basin as case study areas to carry out biodiversity surveys, observations and investigations. We implemented investigation on changes of environment, biodiversity and ecosystems through field experiments observation, laboratory analysis, and model simulation approaches, which includes biodiversity and ecological security assessment model, water resources and quality model, river basin management model from acquisition of multiple datasets such as observations of environmental parameters and biodiversity, remote sensing of ecosystem and land cover use, statistical socioeconomic activities, and model simulation data. We further discussed and projected the changing patterns and dynamic mechanism between biodiversity and wetland environment influenced by physical process and economic activities.

We hope our research findings are able to provide as solid basis for decision making in regulating management of water resources and protection of biodiversity.

This book is organized as two parts. The first part presents observation and experiment results of biodiversity, including aquatic, floral, bird, butterfly and fungi. Aquatic species, community structure, quantity and temporal and spatial dynamics of fish, phytoplankton, zooplankton and benthic animals were identified in the Danjiang River Basin and the Heihe River Basin. The relationship between fish, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos and water environment parameters were further illustrated. Plant species composition, biodiversity index, hierarchical structure, and plant community habitats were examined both in the Danjiang River and the Heihe River basin as to illustrate relationships between the plant diversity and water conservation capacity, as well as to discover key processes of environmental change and mechanisms of plant diversity. Bird species and population dynamic changes were investigated in the Taibai Mountain, the Heihe River Basin and the Danjiang River Basin. Integrated with remote sensing and GIS techniques, the bird ecological service values in wetland ecosystems were further addressed. Butterfly diversity investigation was conducted to examine changes of species composition, population, community structure and fauna composition in the Danjiang River Basin and the Heihe River Basin. Spatial variations at different altitudes and temporal changes in different seasons were studied. Meanwhile, butterfly diversity and fauna in different time periods over the past decades were further analyzed. Large fungi diversity dynamics in water conservation areas was obtained through combined analysis of ecological and floristic changes. Distribution pattern, structure and function and their relationships with its habitats changes at community and ecosystem levels were further addressed.

The second part concentrates on evaluating dynamics of ecosystem and biodiversity which were influenced by climate change and human activities through model simulation approaches, as to provide backgrounds for river basin management, biodiversity protection and water security. The core issues were illustrated in two aspects, that's, biodiversity and ecological security influenced by natural environmental change, and ecological compensation and river basin management caused by human activities. Firstly, biodiversity and ecological security assessments were based on our recognition of natural environment changes. After reviewing previous research progress in theoretical basis, evaluation system, and methodology, we developed effective evaluation system of biodiversity and ecological security in water source areas of the Qinling Mountains. Biodiversity and ecological security were evaluated in the Danjiang River and the Heihe River basins, and the status and changes of biodiversity and ecological security of these two major basins were discussed. Secondly, mass (water, sediment and chemical elements) transportation and energy flow model were established to simulate changes of runoff, sediment, heavy rain, flood and non-point source pollution water resources, and water quality and water environment system in different



scenarios. Future changes were projected in designed scenarios in connection with environmental change and river basin management. Thirdly, socioeconomic impact on biodiversity, and water resources use, river basin management, and water security in perspective of ecological compensation were explored and discussed through our developed sustainable supply chain practices (SSCP) model. The ecological compensation evaluation model which was based on SSCP model was employed to investigate different ecological compensation systems impacts on regional socioeconomic activities and sustainability. The utility of water environmental protection was further explored.

The contributions that are included in the chapters of the book range from methodology and model calibration to the actual application of systems and studies of recent policy implementation and evaluation. The contributors originate from academic and applied research institutes thus offer a mix of theoretical and practical perspectives in different case study contexts. This book is an indispensable guide for researchers and practitioners interested in its background and its application. Contributors of each chapter are as follows. Preface and Chapter 1, Jie Zhou. Chapter 2, Kaifeng Wang, Tiezhi Jin, Jianlu Zhang, Nina Gou, Bin Yang, Kun Bian. Chapter 3, Bin Li, Yuchao Wang, Yang Li. Chapter 4, Xuebin Gao, Lei Luo, Hongfeng Zhao, Lijuan Suo, Ning Han. Chapter 5, Lijun Fang. Chapter 6, Junzhi Li, Peng Qi, Lu Dai, Liguang Zhang, Yu Liu, Anli Li, Xiaojie Wu, Wenyan Huo, Ting Qiao. Chapter 7, Hongming He, Hongfei Zhao, Jie Zhou. Chapter 8, Hongming He, Yajie Lu, Jie Zhou. Chapter 9, Yongjiao Wu, Jie Zhou. Jie Zhou completed the general editing of each chapter.

This book is a summary of our research on biodiversity and water environment security in key regions of water sources of the Qinling Mountains which was participated by the Shaanxi Academy of Sciences, and Shaanxi Institute of Zoology, Shaanxi Xi'an Botanical Garden, Microbiology Institute of Shaanxi, and Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University. The research work was jointed funded by the Ministry of Finance, and the Shaanxi Provincial Department of Science and Technology.

目 录

前言	
Preface	
第一章 研究区自然环境概况	1
第一节 丹江流域	3
第二节 黑河流域	6
参考文献	9
第二章 水生生物多样性	11
第一节 水生生物多样性的分布格局	12
第二节 丹江流域与黑河流域水生生物多样性的分布格局比较	52
第三节 主要环境因子和水生生物群落与生态系统	56
第四节 鱼类群落空间分布与环境因素关系	69
参考文献	74
附录一 丹江流域鱼类名录	77
附录二 黑河流域鱼类名录	80
第三章 植物多样性	83
第一节 植物多样性监测技术方案	84
第二节 秦岭重要水源涵养区植物物种多样性及其分布	88
第三节 秦岭水源涵养区主要植物群落的类型、结构、功能及其与环境因子的关系	103
第四节 秦岭重要水源涵养区的典型植被类型	107
第五节 秦岭水源涵养区重要植物物种对水环境的指示	111
参考文献	115
附录一 黑河流域的维管植物名录	117
附录二 丹江流域(陕西段)的维管植物名录	145

第四章 鸟类多样性	173
第一节 样区选择	174
第二节 研究方法	176
第三节 鸟类的物种多样性	178
第四节 秦岭水源涵养区鸟类的指示物种	214
第五节 丹江湿地生态系统服务功能价值评估	217
参考文献	223
第五章 蝴蝶多样性	225
第一节 秦岭重要水源涵养区蝴蝶群落结构及其多样性	227
第二节 秦岭重要水源涵养区蝴蝶多样性分布格局	240
参考文献	250
第六章 大型真菌多样性	253
第一节 大型真菌多样性分布调查	254
第二节 大型真菌多样性的分布格局	263
第三节 秦岭重要水源地大型真菌区系多样性研究	267
第四节 土壤重金属污染的评价及与大型真菌富集效应的关系	272
参考文献	278
第七章 生物多样性与生态安全	281
第一节 生物多样性与生态安全评价指标体系及评价方法	282
第二节 秦岭南北坡及典型流域的生物多样性评价	293
第三节 秦岭南北及典型流域生态安全评价	305
参考文献	313
第八章 水资源水环境系统耦合分析	317
第一节 流域水资源水环境模型与模拟	318
第二节 环境变化对陕西省黑河流域水文状况的影响	330
第三节 流域土壤生态环境的评价	345
参考文献	359
附录一	364
附录二	366
附录三	368
第九章 流域管理、生态补偿与社会经济发展	369
第一节 流域管理绩效评价模式构建	370
第二节 生态补偿评价指标体系	380
第三节 对黑河流域产业布局的建议	390
参考文献	391



第一章 | 研究区自然环境概况



秦岭的自然地理环境包括地貌、气候、生态、水文等的形成，离不开长期的地质构造运动和地貌演化这一核心驱动力。因此，认识秦岭的自然环境及其特点，首先必须了解秦岭自身的形成和演变过程。

根据目前普遍认可的研究结果（张国伟等，2001），秦岭地区真正意义上从海洋完全上升为陆地，是在距今 2 亿年前的中生代早期。由于全面的陆-陆碰撞，最终形成板块碰撞造山带，介于华北地块和扬子地块之间。在晚侏罗纪至白垩纪，受印支-燕山运动的影响，秦岭山脉不断隆升，发生垂直分异和断陷作用。在中生代和新生代时期，许多盆地如汾渭盆地、洛南盆地、安康盆地、汉中盆地等相继发育，从而奠定了褶皱断块山地和盆地的基本格架。从新生代早期开始，由于喜马拉雅运动的影响，秦岭发生断块式垂直隆升，渭河盆地断陷，接受巨厚的沉积充填。

距今 360 万~260 万年的上新世末至更新世初，秦岭又发生强烈的垂直升降运动，渭河地堑大范围沉降。在更新世时期，发源于秦岭的河流如汉江、嘉陵江等间歇性下切，河流普遍发育 3~4 级阶地。至此，由高耸的山脉、深切的峡谷和断陷盆地组成的秦岭现代地貌格局完全形成。由于北仰南倾的断块构造，秦岭南坡平缓，长达 100~120 km，群山毗连，台地和盆地相间，地形以丘陵为主；而北坡险峻，总坡长不到 40 km，断层高悬，山势陡峻，形成千崖竞秀的壁立山峰。

长期的区域地质演化尤其是构造隆升，使高峻的秦岭东西横亘于中国大陆，造成了我国自然地理上的南北分界。在气候上，形成一道天然屏障，使得秦岭北侧为暖温带半湿润气候，南侧为北亚热带湿润气候。在水文上，成为黄河流域和长江流域的分水岭。北坡河流较少，南坡则水系密布。在植物上，秦岭北坡以温带落叶阔叶林和针阔叶混交林为主，南坡以常绿阔叶林为主，并成为华北植物区系和华南植物区系的交汇处，不仅生物多样性丰富，植被垂直分带分布也十分明显。在动物上，秦岭将动物区系分割为古北界和东洋界，两类差异颇大的动物在这里交会、融合。

丹江流域和黑河流域是秦岭在长期的区域地质演化过程中，于南北坡形成的极其重要的两大水源地，它们既是秦岭南北水系的代表，源源不断地为汉江和渭河注入干净的水流（图 1-1），同时也是秦岭构造变迁的缩影，分别记录着秦岭南北坡地质、气候、生物演化的历史过程。



图 1-1 丹江流域和黑河流域位置示意图

第一节 丹江流域

一、地理位置

丹江，位于北纬 $32^{\circ}30'$ ~ $34^{\circ}10'$ ，东经 $109^{\circ}30'$ ~ $112^{\circ}00'$ ，是长江中游北侧汉江最长的一条支流。其发源于秦岭山脉的凤凰山南麓（陕西省商洛市西北部），流经商洛市商州区、丹凤县、商南县，于商南县荆紫关镇附近出陕西进入河南省淅川县，向南在湖北省注入丹江口水库（图 1-2）。全长 443 km，总流域面积 $16\ 812\ \text{km}^2$ 。

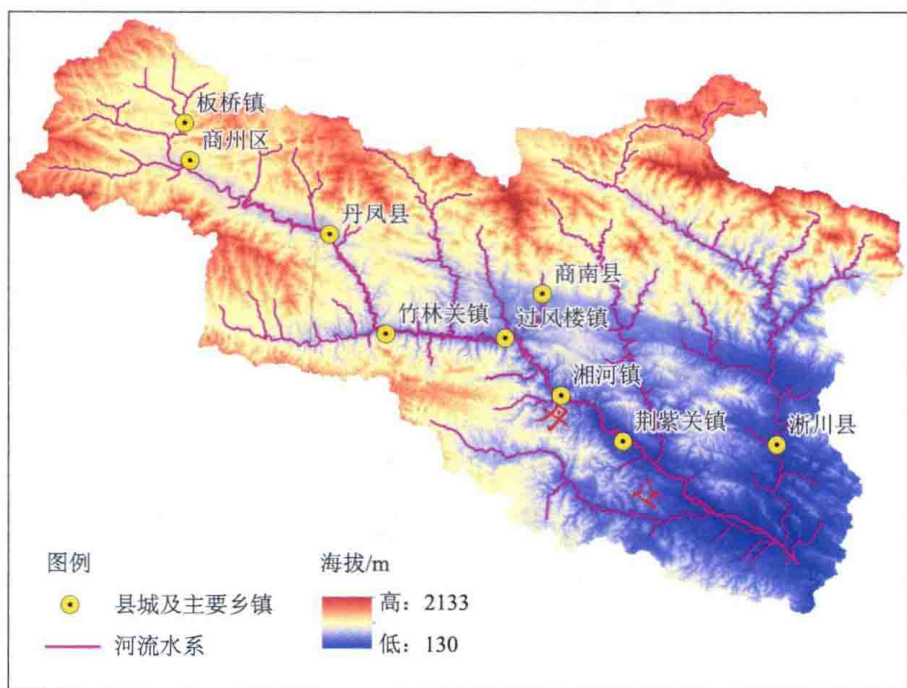


图 1-2 丹江流域图

二、地质地貌

丹江流域位于秦岭东南段，区域构造上属东秦岭褶皱系。地跨两大地质构造单元：以铁炉子向东至马角一线为界，北部属华北准地台南缘的商渭台缘褶皱带，南部属秦祁地槽东秦岭褶皱系的加里东和华里西褶皱带。区域地层出露比较完整，包含了从太古界至新生界各个时期的地层。岩性主要有变质岩、碎屑岩、碳酸岩、混合岩及第四纪堆积物。北部以古生代变质片岩、碳酸盐岩和岩浆岩为主。中部主要分布沉积岩、变质岩。在丹江以南仍以石灰岩为主，在丹江沿岸，荆关—大石桥—马蹬，属淅川县狭长的红色盆地区，主要是红色泥砂岩、页岩、砾岩（张国伟等，1988）。流域最高处为丹江源头凤凰山，海拔 1964.70 m，最低为丹江干流河谷出境处，海拔 210 m。因受区域地质及地貌影响，经过长期发展变化，干流两岸支流密布、犬牙交错，构成了典型的网状水系。流域主要的地貌类型为河谷盆地、低山丘陵和中低山 3 个单元。

根据地貌发育的特征，丹江主要由 4 个河段构成。

1. 商县二龙山以上, 是以峡谷为主的河段

海拔为 730~1500m, 比降一般为 0.5%~1%。铁炉子以上为典型的“V”形谷, 河槽窄狭, 谷坡陡峭。铁炉子以下, 河谷逐步开阔, 在曲流处分布着一些不对称的曲流阶地。板桥河口至程家坡河口, 河谷又缩窄为峡谷。河床为沙、砾石。两岸山大坡陡, 河谷宽度一般为 100~200 m, 麻街附近稍宽, 约有 300 m, 秦岭峡口、关隘仅宽 6 m 左右。

2. 商州程家坡与丹凤日月滩之间, 地处商丹盆地, 属于宽谷河段

河床海拔为 540~730 m, 比降为 3.3‰。河谷宽度为 1000~3000 m。两岸谷地开阔, 阶地十分发育。由河床向两侧, 依次是滩地、丘陵和低山。河谷地势平坦, 河道迂回曲折, 形成开阔的曲流形谷地。其间有两个峡口, 即东龙山和马鞍岭。两岸有大片的河滩地, 农田连片, 俗称“百里州川”。

由于川塬周围的土石丘陵和低山水土流失比较严重, 支流含沙量比较大, 特别是在洪水季节, 挟带大量的泥沙, 当流出丘陵或低山以后, 随着沟床坡度的减小, 流速变缓, 把挟带的泥沙和砾石等堆积在丹江两岸的低阶地上, 在沟床逐年淤积抬高的情况下, 造成高悬在阶地面以上的地上沟床经常洪水泛滥(夏、秋两季)。

3. 丹凤日月滩至竹林关之间, 以峡谷为主

河床海拔为 400~540 m, 比降为 2‰~3.3‰。河床多细砂、砾石, 山地多由变质岩和砂岩组成, 河谷窄狭, 陡峭, 谷坡多为 30°~70°, 水流湍急。峡谷地段耕地稀少, 仅在日月滩和竹林关以上的孤山坪等处有部分农田分布。

4. 竹林关至商南县月亮湾之间, 属于典型的宽谷与峡谷相间的串珠状河段

河床海拔为 200~400 m, 比降为 2‰。滩地较多, 如梁家湾、华家湾、柳树湾。在河流曲流的凸岸多有塬地, 如焦家塬、张塬等。河床为沙、砾石。河谷比较开阔, 多曲流, 水流较缓, 如黄洲奎、龙脖子、湘河街、梳洗楼等都是著名的河湾段。湘河、竹林关、柳树湾、过风楼等地河谷宽达 200~600 m。过风楼到湘河, 有一段长达 10 余千米的峡谷, 通称湘河峡谷, 两岸山高、坡陡, 坡度大都为 30°~60°, 水流湍急。

三、气候与水文

丹江流域具有北亚热带气候和暖温带气候特点。冬季寒冷少雪, 春季干旱多风, 夏季炎热, 局地暴雨较多, 秋季阴雨连绵。年平均气温由北向南、由西向东递增。多年平均气温为 11~14℃, 年极端最高温度为 40.5℃, 年极端最低温度为-12℃。

丹江流域降水量受气候和地形的影响, 降水分布极不均匀。年降水量随地形高度增大而增加, 因而山地为多雨区, 且暴雨较多, 中上游为暴雨多发区, 河谷及附近川道为少雨区。流域年平均降水量为 743.5 mm, 最大降水量为 1072.3 mm, 最小降水量为 445.7 mm, 最大降水量是最小降水量的 2.4 倍。年内分配极不均匀, 每年 7~9 月降水量为 332.9 mm, 占年降水量的 44.8%, 12 月至次年 2 月的降水量为 28.3 mm, 仅占年降水量的 3%~4%, 即 7~9 月降水量为 12 月至次年 2 月的 10~12 倍。

丹江流域年水面蒸发量为 1298.3 mm。丹江上游为高山区, 年水面蒸发量小, 为