

澜沧江流域与大香格里拉地区
科学考察丛书



澜沧江流域 水资源与水环境研究

李丽娟 李九一 等●著



科学出版社

澜沧江流域与大香格里拉地区科学考察丛书

澜沧江流域 水资源与水环境研究

李丽娟 李九一 等 著

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书为2008~2013年对澜沧江流域水文水资源考察研究的成果报告。主要内容包括澜沧江流域概况、澜沧江流域水文过程及其时空变化、澜沧江流域降水卫星数据分析、澜沧江流域水资源及其开发利用、澜沧江流域水环境变化分析。书中依据台站观测数据和遥感卫星数据,从澜沧江自然条件概况、水文变化特征、水资源安全状况对澜沧江流域水资源与水环境问题进行了深入探讨。既兼顾了澜沧江流域水文过程及其变化的基本特征,又针对气候变化背景下澜沧江流域最突出的水资源安全问题——旱涝灾害时空变化的情况进行了研究,全面综合地对澜沧江流域水资源与水环境问题进行了一次重要的考察和研究。

本书可供地理学、自然资源学、环境科学、水文学等相关学科科研工作者参考,也可作为相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

澜沧江流域水资源与水环境研究 / 李丽娟等著. —北京: 科学出版社, 2016. 1

(澜沧江流域与大香格里拉地区科学考察丛书)

ISBN 978-7-03-045783-7

I. ①澜… II. ①李… III. ①澜沧江-流域-水资源管理-研究 ②澜沧江-流域-水环境-研究 IV. ①TV213.4 ②X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 225161 号

责任编辑: 李 敏 王 倩 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 李姗姗

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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2016年1月第一次印刷 印张: 13 3/4 插页: 2

字数: 400 000

定价: 158.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

科学技术部科技基础性工作专项
“澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察”
(2008FY110300)
第一课题
(2008FY110301)

科技基础性工作专项项目

结题验收专家组意见表

项目编号	2008FY110300	负责人	成升魁
项目名称	澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察		
2015 年 2 月 5 日, 科技部基础司在北京组织召开了由中国科学院地理科学与资源研究所主持完成的国家科技基础性工作专项重点项目“澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察(2008FY110300)”(以下简称《考察》) 结题验收会。与会专家听取项目负责人的汇报并进行了质询, 查阅了相关技术文件, 经讨论, 形成验收意见如下: 1. 项目提交的验收材料齐全, 符合国家科技基础性工作专项验收的要求。 2. 在流域尺度上开展的多学科、多尺度、大范围的综合科学考察, 通过点、线、面结合, 遥感监测、实地调查与样点分析相结合, 对考察区水资源与水环境、土地利用与土地覆被、生物资源及生物多样性, 生态系统本底与生态服务功能、山地地质灾害、人居环境、民族文化等开展了实地考察, 获取了项目区内包括水、土地覆被、森林、灌丛、草地等 300 多个样方数据以及植物、动物和菌物等样品和标本 5 万多份(号), 收集了大量的地图和数据文献资料, 构建了数据库(集) 6 个, 编制了图集 3 部, 计划出版考察专著 8 部。发表论文 120 余篇, 形成咨询报告 14 份以及博士、硕士学位论文 50 篇, 推进建立遗产地			

2 处。

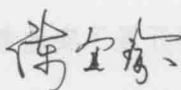
3. 在综合多源科学数据的基础上,科学评估了气候变化及水电开发、产业发展等人类活动对区域水土资源、生态环境、生态系统服务功能、人居环境的影响以及山地灾害的敏感性;《考察》成果为我国今后开展中国西南周边国家及相关地区科学研究工作积累了基础科学数据,并提出了相关政策建议。

4. 开辟了中国-湄公河次区域国家开展资源环境国际合作研究的渠道,建立了密切合作关系,签署了5项国际合作备忘录,建立了一支老中青结合的跨国综合科学考察人才队伍。

该项目整体设计思路清晰,采用的技术路线合理,组织管理和经费使用规范,完成了项目任务书规定的考核指标,待数据汇交通过后同意该项目通过验收。

验收等级: ☒优秀 ☐良好 ☐一般 ☐差

验收专家组组长签字:



2015年2月5日

《澜沧江流域与大香格里拉地区科学考察丛书》

编 委 会

专家顾问组

主 编 成升魁

编 委 (按姓氏拼音顺序排列)

包维楷 陈 进 成升魁 崔明昆

邓 伟 封志明 黄 翀 姜鲁光

李九一 李丽娟 刘高焕 刘立涛

闵庆文 沈 镭 韦方强 谢高地

徐增让 张昌顺 张 玲

参 与 单 位

负责单位 中国科学院地理科学与资源研究所

协作单位 中国科学院西双版纳热带植物园

中国科学院成都山地灾害与环境研究所

中国科学院成都生物研究所

中国科学院动物研究所

中国科学院昆明动物研究所

中国科学院昆明植物研究所

云南大学

云南师范大学

云南省环境科学研究所

《计算机组成原理》课程教材编写组

本书编写组

主 笔 李丽娟

副主笔 李九一

成 员 (按姓氏拼音顺序排列)

陈异晖 孔德平 李 斌 梁丽乔

刘佳旭 王瑞波 王志勇 曾红伟

张 凯

编委委员：田仕丹 □良好 □一般 □差

教材编写组组长签字：

2016年2月5日

“澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察”

项 目 组

专家顾问组

- 组长** 王克林 研究员 中国科学院亚热带农业生态研究所
- 成员** 孙鸿烈 中国科学院院士 中国科学院地理科学与资源研究所
- 李文华 中国工程院院士 中国科学院地理科学与资源研究所
- 孙九林 中国工程院院士 中国科学院地理科学与资源研究所
- 梅旭荣 研究员 中国农科院农业环境与可持续发展研究所
- 黄鼎成 研究员 中国科学院地质与地球物理研究所
- 尹绍亭 教授 云南大学
- 邱华盛 研究员 中国科学院国际合作局
- 王仰麟 教授 北京大学

参 与 单 位

负责单位 中国科学院地理科学与资源研究所

协作单位 中国科学院西双版纳热带植物园

中国科学院成都山地灾害与环境研究所

中国科学院成都生物研究所

中国科学院动物研究所

中国科学院昆明动物研究所

中国科学院昆明植物研究所

云南大学

云南师范大学

云南省环境科学研究院

项 目 组

项目负责人 成升魁

课题负责人

课题1 水资源与水环境科学考察 李丽娟

课题2 土地利用与土地覆被变化综合考察 封志明

课题3 生物多样性与重要生物类群变化考察 陈 进

课题4 生态系统本底与生态系统功能考察 谢高地

课题5 自然遗产与民族生态文化多样性考察 闵庆文

课题6 人居环境变化与山地灾害考察 沈 镭

课题7 综合科学考察数据集成与共享 刘高焕

课题8 综合考察研究 成升魁

野外考察队长 沈 镭

学 术 秘 书 徐增让 刘立涛

总 序

新中国成立后,鉴于我国广大地区特别是边远地区缺乏完整的自然条件与自然资源科学资料的状况,国务院于1956年决定由中国科学院组建“中国科学院自然资源综合考察委员会”(简称“综考会”),负责综合考察的组织协调与研究。之后四十多年间,综考会在全国范围内组织了34个考察队、13个专题考察项目、6个科学试验站的考察、研究工作,取得了丰硕的成果,培养了一支科学考察队伍,为国家经济社会建设、生态与环境保护以及资源科学的发展,做出了重要的贡献。

2000年后,科学技术部为了进一步支持基础科学数据、资料与相关信息的收集、分类、整理、综合分析和数据共享等工作,特别设立了包括大规模科学考察在内的科技基础性工作专项。2008年,科学技术部批准了由中国科学院地理科学与资源研究所等单位承担的“澜沧江中下游与大香格里拉地区综合科学考察”项目。项目重点考察研究了水资源与水环境、土地利用与土地覆被变化、生物多样性与生态系统功能、自然遗产与民族文化多样性、人居环境与山地灾害、资源环境信息系统开发与共享等方面。经过5年的不懈努力,初步揭示了该地区的资源环境状况及其变化规律,评估了人类活动对区域生态环境的影响。这些考察成果将为保障澜沧江流域与大香格里拉地区资源环境安全提供基础图件和科学数据支撑。同时,通过这次考察推进了多学科综合科学考察队伍的建设,培养和锻炼了一批中青年野外科学工作者。

该丛书是上述考察成果的总结和提炼。希望通过丛书的出版与发行,将进一步推动澜沧江流域和大香格里拉地区的深入研究,以求取得更多高水平的成果。



2013年10月

总 前 言

科学技术部于2008年批准了科技基础性工作专项“澜沧江中下游与大香格里拉地区综合科学考察”项目,中国科学院地理科学与资源研究所作为项目承担单位,联合了中国科学院下属的西双版纳植物园、昆明植物研究所、昆明动物研究所、成都山地灾害与环境研究所、成都生物研究所、动物研究所,以及云南大学、云南师范大学、云南环境科学研究院等9家科研院所,对该地区进行了历时5年的大规模综合科学考察。

从地理空间看,澜沧江-湄公河流域和大香格里拉地区连接在一起,形成了一个世界上生物多样性最为丰富、水资源水环境功能极为重要、地形地貌极为复杂的独特地域。该地区从世界屋脊的河源到太平洋西岸的河口,涵盖了寒带、寒温带、温带、暖温带、亚热带、热带的干冷、干热和湿热等多种气候;跨越高山峡谷、中低山宽谷、冲积平原等各种地貌类型;包括草甸、草原、灌丛、森林、湿地、农田等多种生态系统,也是世界上能矿资源、旅游资源和生物多样性最丰富的地区之一。毋庸置疑,开展这一地区的多学科综合考察,对研究流域生态系统、资源环境梯度变化规律和促进学科交叉发展具有重大的科学价值。

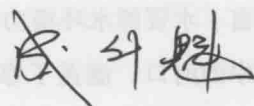
本项目负责人为成升魁研究员,野外考察队长为沈镭研究员。项目下设7个课题组,分别围绕水资源与水环境、土地利用与土地覆被变化、生物多样性、生态系统功能、自然遗产与民族文化多样性、人居环境与山地灾害、资源环境信息系统开发与共享等,对澜沧江中下游与大香格里拉地区展开综合科学考察和研究。各课题负责人分别是李丽娟研究员、封志明研究员、陈进研究员、谢高地研究员、闵庆文研究员、沈镭研究员和刘高焕研究员。该项目的目的是摸清该地区的本底数据、基础资料及其变化规律,为评估区域关键资源开发、人居环境变化与人类活动对生态环境的影响,保障国家与地区资源环境安全提供基础图件和科学数据,为我国科学基础数据共享平台建设提供支持,以期进一步提高跨领域科学家的协同考察能力,推进多学科综合科学考察队伍建设,造就一批优秀的野外科学工作者。

5年来,项目共组织了4次大规模的野外考察与调研,累计行程为17 600km,历时共90天,其中:第一次野外考察于2009年8月16日至9月8日完成,重点考察了大香格里拉地区,行程涵盖四川、云南2省9县近3600km,历时23天;第二次野外科学考察于2010年11月3日至11月28日完成,行程覆盖澜沧江中下游地区的云南省从西双版纳到保山市4市13县,行程4000余千米,历时26天;第三次考察于2011年9月10日至9月27日完成,考察重点是澜沧江上游及其源头地区,行程近5000km,历时18天;第四次野外考察于2013年2月24日至3月17日在境外湄公河段进行,从云南省西双版纳州的景洪市磨憨口岸出发,沿老挝、柬埔寨至越南,3月4日至6日在胡志明市参加“湄公河环境国际研讨会”之际考察了湄公河三角洲地区的胡志明市和茶荣省,3月8日自胡志明市、柬埔寨、泰国,再回到磨憨口

岸，行程近 5000km，历时 23 天。

5 年来，整个项目组累计投入 4200 多人次，完成了 4 国、40 多个县（市、区）的座谈与调研，走访了 10 多个民族、40 多家农户，完成了 2800 多份资料和 15 000 多张照片的采集，完成了 8000 条数据、3000 多张照片的编录与整理，完成了近 1000 多个定点观测、70 篇考察日志和流域内 45 个县（市、区）的县情撰写。在完成野外考察和调研的基础上，已经撰写和发表学术论文 30 多篇，培养了博士和硕士研究生共 30 多名。

在完成了上述 4 次大规模的野外考察和资料收集的基础上，项目组又完成了大量的室内分析、数据整理和报告的撰写，先后召开了 20 多次座谈会。以此为基础，各课题先后汇编成系列考察报告并陆续出版。我们希望并深信，该考察报告的出版，无论是在为今后开展本地区的深入科学研究还是在为区域社会经济发展提供基础性科技支持方面，都将是十分难得的宝贵资料和具有重要参考价值的文献。



2013 年 10 月

前 言

湄公河流经中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨、越南 6 个国家，全长 4880km，流域面积 81 万 km²，是东南亚地区最重要的国际河流。湄公河在中国境内称为澜沧江，流经青海、西藏和云南 3 省（自治区），干流长 2161km，流域面积 16.74 万 km²，是中国西南地区的重要河流。

新中国成立以来，我国曾多次组织澜沧江流域科学考察活动，分别积累了气象、水文、水资源、水环境等多方面数据，为区域社会经济发展决策、水利建设与管理提供了数据基础，发挥了重要作用。但是，由于澜沧江流域气象、水文观测站点稀少，是一个典型的缺资料地区。近年来，澜沧江-湄公河流域水资源情势发生了重大变化，亟须对区域水资源与水环境数据进行更新，主要表现在以下三个方面。

第一，气候变化影响显著。受全球气候变化影响，澜沧江流域气温、降水要素发生了显著变化，导致区域旱涝灾害频发。一方面，澜沧江流域多为山区，“人高水低”现象突出，干旱导致大量居民饮水困难、农作物受灾；另一方面，暴雨增多，导致滑坡、泥石流灾害增加，威胁到人民群众的生命财产安全。基于这些因素，需要开展气候变化对澜沧江流域水文、水资源影响的研究工作。

第二，人类开发活动扰动增加。随着社会经济的发展，区域开发活动不可避免地对流域水文、水资源造成一定影响。近年来，矿产开发、道路等基础设施建设、橡胶林种植等造成区内水土流失加剧；流域梯级水电开发改变了河流自然状态，导致河流水文、水环境与水生态系统发生变化。因此，迫切需要调查澜沧江流域水资源与水环境现状，积累本底数据。

第三，逐步成为跨境合作敏感区域。澜沧江-湄公河流经 6 个国家，逐步成为受东南亚国家以及全球关注的热点区域与敏感区域。中国地处流域上游，区域开发活动如何与下游国家进行协调，进而实现国际河流整体合作开发和协调管理，是需要面对的一大难题。这也要求我们进一步完善流域水文、水资源、水环境数据，客观评估流域开发对水资源的影响，为大湄公河次区域国际合作提供科学支撑。在这样的背景下，科学技术部 2008 年年底批准并于 2009 年开始实施的科技基础性工作专项“澜沧江中下游与大香格里拉地区科学考察（项目编号：2008FY110300）”项目，下设 7 个课题和 1 个综合课题。“水资源与水环境科学考察”是专项的第一课题，承担单位为中国科学院地理科学与资源研究所，参加单位有云南省环境科学研究院、云南大学。课题组成员参加了 4 次专项组织的大规模科学考察活动，并多次组织小规模调研，收集了大量第一手材料。通过资料汇编与数据分析，建立了澜沧江流域水资源与水环境数据集，包括流域气象、水文、水资源、水资源利用、水电开发、水环境等多个方面，圆满完成了课题任务。参加野外调研与室内研究的人员包括：中国科学院地理科学与资源研究所的李丽娟、李九一、李斌、曾红伟、张凯、王志勇、刘佳旭、梁丽乔，云南省环境科学研究院的陈异晖、孔德平、王瑞波，云南大学的胡金明、柳江、何大明、李运刚、傅开道、刘新有、钟荣华、陆颖、罗永钦、朱春灵、康斌、赵明、丁城志、苏巍。

本书是在“水资源与水环境科学考察”课题成果基础上编写而成的。其中，第 1 章介绍了澜沧江流域的自然地理概况、水系特征与主要支流状况；第 2 章分析了气候变化背景下的澜沧江流域水文过程，包括降水时空协变性、极端降水事件、蒸散发时空变化规律等；第 3 章验证了 TMPA 遥感降水产品在澜沧江

流域的适用性，并基于VIC模型进行了径流模拟，弥补了监测站点稀少引发的数据精度问题；第4章分析了澜沧江流域水资源与生产力的空间差异性，揭示了流域水资源适宜性格局，并研究了流域旱情时空格局与趋势；第5章分析了澜沧江流域水环境现状、特征，以及澜沧江干流点源污染与面源污染状况以及水电开发对水环境的影响。

本书前言由李丽娟、李九一撰写，第1章作者为李丽娟、刘佳旭；第2章作者为李斌、李丽娟、梁丽乔；第3章作者为曾红伟、李丽娟；第4章作者为李九一、王志勇、曾红伟；第5章作者为陈异晖、孔德平、王瑞波。全书由李丽娟、李九一负责组织和审阅，张凯负责文字编辑排版等工作。

在资料收集与图书编写过程中，得到了云南大学、云南省环境科学研究院、云南省水利厅等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢。

作者

2015年6月

第1章 目 录 流域概况

总序	1
总前言	2
前言	3
第1章 澜沧江流域概况	1
1.1 澜沧江流域自然概况	2
1.2 澜沧江流域水文概况	5
1.3 澜沧江上、中游重要支流	7
1.4 澜沧江下游重要支流	15
第2章 澜沧江流域水文过程及其时空变化	31
2.1 50年来澜沧江源区的气候变化	31
2.2 澜沧江流域降水变化与极端降水	33
2.3 澜沧江流域蒸散发的时空变化	43
2.4 澜沧江流域径流的时空变化	68
第3章 澜沧江流域降水卫星数据分析	79
3.1 热带降水测量卫星	79
3.2 TMPA 日尺度数据精度分析	81
3.3 TMPA 月尺度数据精度分析	98
3.4 基于 VIC 模型的 TMPA 降水数据径流模拟	114
第4章 澜沧江流域水资源及其开发利用	127
4.1 水资源与水资源利用概况	127
4.2 水资源分布与生产力格局	139
4.3 区域发展的水资源适宜性	148
4.4 澜沧江流域旱情时空分析	157
第5章 澜沧江流域水环境变化分析	184
5.1 澜沧江流域水环境现状与成因分析	184
5.2 澜沧江流域点源污染现状及分析	188
5.3 澜沧江流域面源污染现状及分析	189
5.4 澜沧江水电梯级开发对水质的影响	191
参考文献	198

第 1 章 澜沧江流域概况

湄公河是亚洲第一大国际河流，也是东南亚文明历史发源的摇篮，其在中国境内的河段称为澜沧江。澜沧江位于 $94^{\circ}\text{E} \sim 102^{\circ}\text{E}$ ， $21^{\circ}\text{N} \sim 34^{\circ}\text{N}$ ，流域面积约为 16.74 万 km^2 。澜沧江地形起伏很大，自上而下分为上、中、下游三段。昌都以上为上游，山势一般较平缓，河谷平浅。昌都至功果桥为中游，主要为深切峡谷区，河床坡降很大。功果桥以下为下游，山势渐低，地形趋缓（图 1-1）。

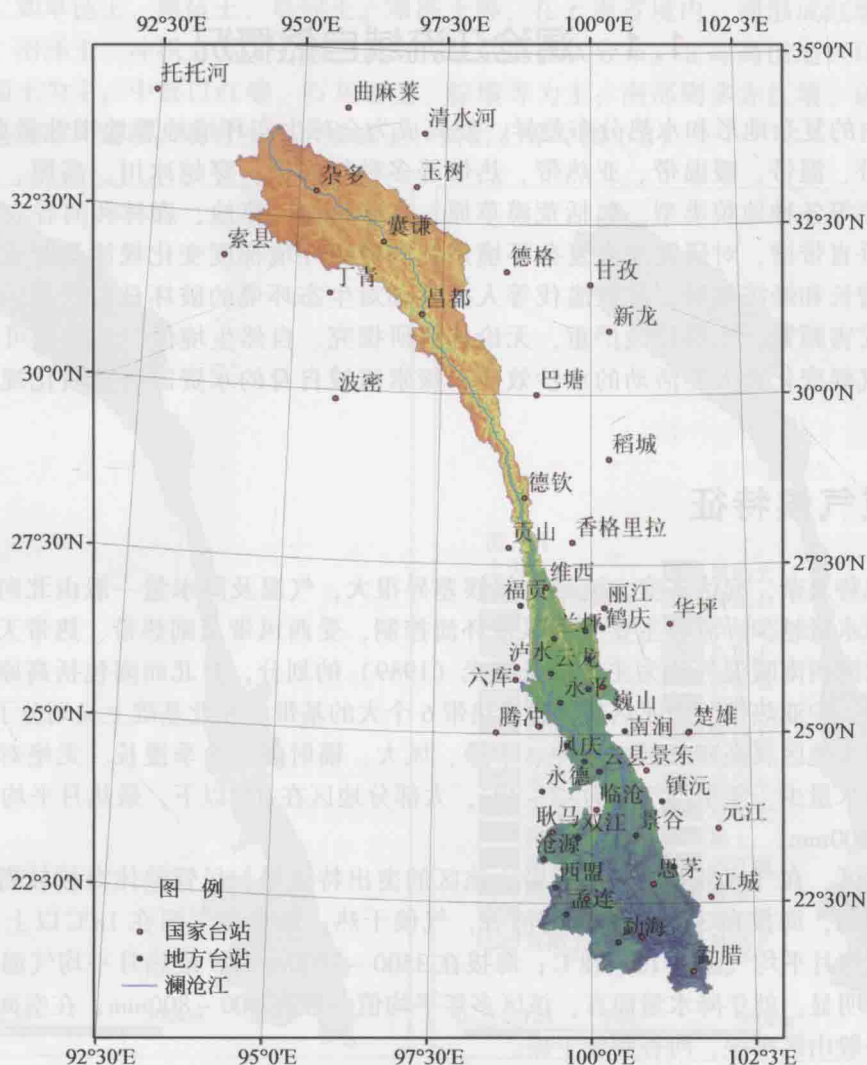


图 1-1 澜沧江流域地理位置

何大明研究表明澜沧江地形具有“南北通道”、“东西阻隔”的特征，对区域降水产生了双重影响，既有对水汽的阻挡作用，也有因地形抬升的加强作用；纵向岭谷区冬季温度和夏季降水呈经向分布，而冬季降水和夏季温度呈纬向分布；山脉—河谷走向对降水空间分布起着重要的控制作用，顺应河谷方向上降水的空间自相关距离大；而在河道垂直方向上降水的空间自相关距离小（何大明，2007）。