

中国科学院国际合作局对外合作重点项目（GJHZ1729）：“气候变化对澜沧江-湄公河流域旱涝事件的影响及适应对策”资助

澜沧江 中上游流域 强降水特征与天气成因

LANCANG JIANG ZHONG-SHANGYOU LIUYU

QIANG JIANGSHUI TEZHENG YU TIANQI CHENGYIN

段 玮 林 芸 刘阳容◎著

 气象出版社
China Meteorological Press

非
外
借

澜沧江中上游流域 强降水特征与天气成因

段 玮 林 芸 刘阳容 著

内 容 简 介

本书主要是对澜沧江中上游未来将迎来的大规模水电开发的气象背景中的降水进行分析。本书共分5章。第1章介绍了澜沧江全流域及中上游流域的自然地理、水资源等背景情况;第2章介绍了澜沧江中上游流域有关降水的气候背景,包括年降水、四季降水以及水汽输送;第3章介绍了澜沧江中上游流域降水特性,包括面雨量技术的比选、基于面雨量的降水三性(量、频次和强度)分析和极端降水事件变化特征;第4章介绍了澜沧江中上游流域强降水过程的主要天气形势与典型个例;第5章介绍了澜沧江中上游流域雨洪特性,包括单峰型洪水、双峰型洪水。本书兼顾丰富性与实用性,对于开展澜沧江-湄公河流域的气象服务有着重要的应用价值和参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

澜沧江中上游流域强降水特征与天气成因/段玮,

林芸,刘阳容著. —北京:气象出版社,2017.9

ISBN 978-7-5029-6633-1

I. ①澜… II. ①段… ②林… ③刘… III. ①澜沧江
-流域-强降水-研究 IV. ①P426.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 235160 号

Lancang Jiang Zhong-Shangyou Liuyu Qiang Jiangshui Tezheng yu Tianqi Chengyin
澜沧江中上游流域强降水特征与天气成因

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号 邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址:<http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:颜娇琬 邵 华

终 审:张 斌

责任校对:王丽梅

责任技编:赵相宇

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京建宏印刷有限公司

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

印 张:7.625

字 数:104千字

版 次:2017年9月第1版

印 次:2017年9月第1次印刷

定 价:48.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

《澜沧江中上游流域强降水特征与天气成因》

编写组

组 长:段 玮

成 员:林 芸 刘阳容 肖子牛

谢屹然 周 泓 钟爱华

序

2015年1月,习近平总书记考察云南时,殷切希望云南“主动服务和融入国家发展战略,闯出一条跨越式发展的路子来,努力成为我国民族团结进步示范区,生态文明建设排头兵,面向南亚、东南亚辐射中心,谱写好中国梦的云南篇章”。

澜沧江-湄公河流经中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南6国,是中国连接东南亚的天然纽带。2016年,《澜沧江-湄公河合作首次领导人会议三亚宣言》提出,澜沧江-湄公河流域国家要加强自然灾害等非传统安全威胁的合作,共同应对气候变化。

澜沧江-湄公河流域地处季风活跃区,台风、暴雨、洪涝、干旱、滑坡、泥石流等气象及衍生灾害频发,现实和潜在的气象灾害风险对流域国家可持续发展构成严重威胁。开展澜沧江-湄公河流域气象灾害相关科学研究,是云南省气象部门服务国家战略的一项重要举措。

澜沧江-湄公河属于降水补给季风型河流,在中国境内河道长2161 km,其中云南境内1247 km,其跨境径流量主要受云南区域降水的影响。开展澜沧江流域强降水特征的分析研究,是在全球气候变暖背景下,提升澜沧江-湄公河流域应对极端干旱和局地强降水生态承载力的一项重要工作。《澜沧江中上游流域强降水特征与天气成因》正是这样一部涉及澜沧江中上游流域的自然地理、降水气候背景介绍,降水特性(量、频次和强度)和极端降水事件变化特征,典型强降水

天气形势与个例分析,澜沧江中上游雨洪特性归纳的基础性气象科研著作。

从本书的内容可见,气象研究人员侧重于澜沧江中上游流域强降水的研究,但不仅仅限于强降水,而是对流域降水气候学、雨洪特性等也进行了扩展。这些研究工作使得本书在重点明确、特色鲜明的基础上,还兼顾了丰富性与实用性,对于加深针对澜沧江-湄公河流域的气象灾害认知是及时和必要的,对于开展澜沧江-湄公河流域的气象服务有着重要的应用价值和参考价值。

澜沧江-湄公河流域气象综合防灾减灾是一项长期艰巨、意义重大的工作。我衷心希望云南广大气象科技工作者围绕服务“一带一路”国家战略以及云南省建成面向南亚、东南亚辐射中心的目标定位,深入研究大气的变化规律,并运用新的观测信息和技术手段,不断提升监测、预报、预警灾害性天气的能力,为谱写好中国梦的云南篇章做出气象部门应有的贡献。

云南省气象局局长

程建刚

前 言

澜沧江流域是中国云南和东南亚的能源宝库,澜沧江干流水电基地是“中国十三大水电基地规划”之一。流域内蕴藏着极其丰富的航运、灌溉、发电等资源。由于地处偏僻,交通条件差,澜沧江流域的开发利用无法与黄河、长江相比。流域开发利用的前提是对流域自然、人文各方面属性的科学认识,其中对流域气象背景的认识是基础性、前置性的工作。目前专门针对澜沧江流域中上游的研究成果不多而且散乱,因此有必要开展相关分析研究工作。澜沧江中上游未来将迎来大规模的水电开发。降水-径流规律是水电开发的核心问题,因此气象背景中降水的分析是最为迫切的内容,这是本书工作的出发点。

本书共分5章。第1章介绍了澜沧江全流域及中上游流域的自然地理、水资源等背景情况;第2章介绍了澜沧江中上游流域有关降水的气候背景,包括年降水、四季降水以及水汽输送;第3章介绍了澜沧江中上游流域降水特性,包括面雨量插值技术的比选、基于面雨量的降水三性(量、频次和强度)分析和极端降水事件变化特征;第4章介绍了澜沧江中上游流域强降水过程的主要天气形势与典型个例;第5章介绍了澜沧江中上游流域雨洪特性,包括单峰型洪水、双峰型洪水。

由于降水发生条件、演变较为复杂,虽然本书进行了有意义的分析工作,一定程度上揭示了澜沧江中上游流域降水的特征和变化,但

对于全面认识还存在很大差距。在以后的工作中,仍需要继续研究和探索。此外,鉴于作者能力和认识水平有限,书中难免有不当或错误之处,敬请读者批评指正。

在研究和撰稿过程中,得到了中国水电水利规划设计总院杨百银教授级高级工程师,中国电建集团昆明勘测设计研究院李廷华教授级高级工程师、张建华教授级高级工程师、夏建荣教授级高级工程师、周驰高级工程师,中国气象局气象宣传与科普中心刘波高级工程师,中国气象局华风气象传媒集团有限责任公司李强高级工程师,西藏自治区气象局林志强高级工程师,云南省气象局段旭研究员级高级工程师、孙绩华研究员级高级工程师、晏红明研究员、梁红丽高级工程师以及程建刚局长等的大力支持,在此一并表示感谢。

作 者

2017年3月 昆明

目 录

序

前言

第 1 章 澜沧江中上游流域自然地理与水资源	1
1.1 澜沧江-湄公河流域总体概况	1
1.2 澜沧江中上游流域的地理概况	3
1.3 澜沧江-湄公河流域的水资源	7
第 2 章 澜沧江中上游流域降水的气候背景	11
2.1 流域天气气候概况	11
2.2 降水特征	15
2.3 中雨以上和大雨以上降水特征	21
2.4 流域水汽特征	24
第 3 章 澜沧江中上游流域降水特性	32
3.1 流域降水过程的面雨量计算与评估	32
3.2 基于面雨量出发的流域降水特性	46
3.3 极端降水事件变化特征	55
第 4 章 澜沧江中上游流域强降水过程的主要天气形势与典型 个例	60
4.1 高原低涡强降水过程	60

4.2	高原切变强降水过程	72
4.3	高原低槽强降水过程	85
第5章 澜沧江中上游流域雨洪特性		99
5.1	洪水概况	99
5.2	单峰型洪水的特性	102
5.3	双峰(多峰)型洪水的特性	103
参考文献		106

澜沧江中上游流域自然地理与水资源

1.1 澜沧江-湄公河流域总体概况

澜沧江-湄公河是世界第6长河,亚洲第4长河,东南亚第1长河,其流域面积位居世界大河的第14位,其入海口平均水流量居世界大河的第7位。在国际河流中,澜沧江-湄公河长度仅次于尼罗河和亚马孙河,位居世界国际河流第3位,流域面积居国际河流第11位。由于澜沧江-湄公河流经中国、缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南6国(图1.1),因此是亚洲最重要的国际河流之一,素有“东方的多瑙河”之称(唐建军,2006;黄勇,1999;李少娟等,2006)。

澜沧江-湄公河流域是全球气候多样性、地貌多样性、生物多样性最丰富的地区之一。流域经向范围为 $94.09^{\circ}\sim 110.11^{\circ}\text{E}$,跨越了16个经度;纬向范围 $7.24^{\circ}\sim 34.37^{\circ}\text{N}$,跨越了27个纬度。流域地质构造复杂,是多个板块的结合部,因此地理条件复杂,矿产资源丰富。空间的大跨度以及地理、地貌、海拔的复杂变化,使得流域内存在着除沙漠气候区和极地苔原气候区以外的所有气候区。同时由于流域中段山高谷深,在流域同一地区又存在着极为典型的立体气候。独特的地理、地貌与气候背景,使得澜沧江-湄公河流域生物资源特别丰富(何

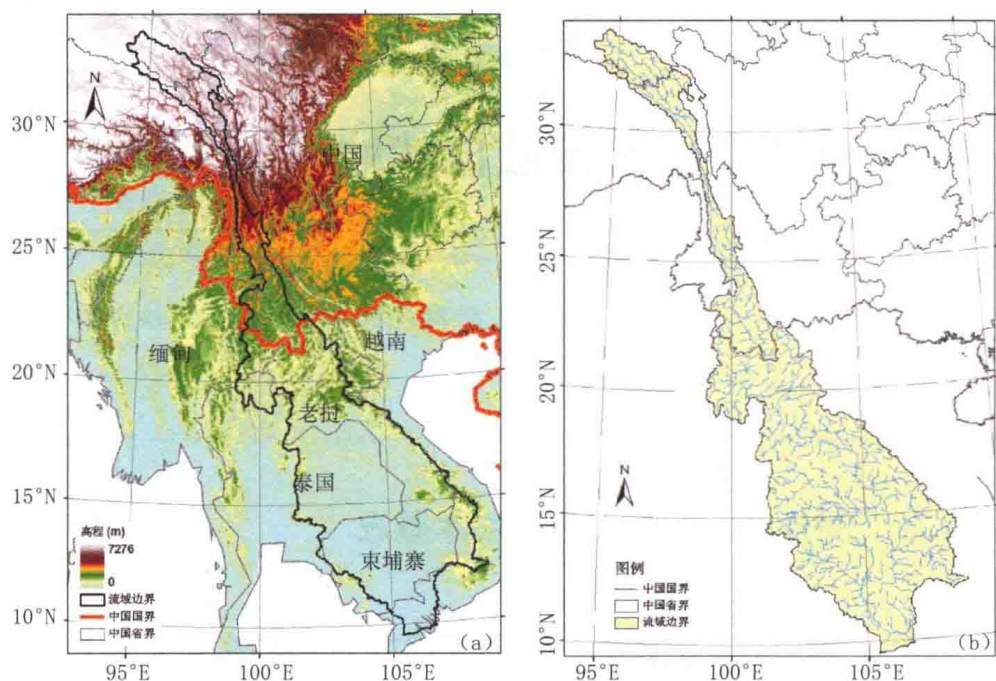


图 1.1 澜沧江-湄公河流域图(a)和水系图(b)

大明等,2009;李少娟,2008;邹宁等,2008;王舒,2012)。

在澜沧江-湄公河流域自然属性的多样性影响下,流域多民族聚居。中国境内的澜沧江流域现居住着藏、汉、白、傣、景颇、回、彝等 10 余个民族,境外流域亦有 100 余个民族。单老挝就有老龙、老听、老松等 60 多个民族,越南也有京族(越族)、岱依族、高棉族、芒族、依族、华族(汉族)等 50 多个民族。由于历史上的多民族长期共处,交融发展,形成了多民族和多种文化共存的流域文化特色,这在世界各大河流域中是少见的。

澜沧江-湄公河干流全长 4880 km,流域面积 81.1 万 km^2 ,澜沧江是澜沧江-湄公河上游中国境内河段的名称。中国境内澜沧江段全长 2130 km,其中青海境内长 448 km,西藏境内长 465 km,云南境内长 1217 km;国内澜沧江段流域面积为 16.14 万 km^2 。河流发源于青海

省唐古拉山的北麓采莫赛东部拉赛贡马山(又名寨错山)海拔 5167 m 处一个面积仅 0.4 km^2 的小冰川,源头至青海杂多河段称为扎曲河,向东南流至昌都后进入横断山脉,奔流于他念他翁山—怒山和宁静山—云岭之间。从河源至昌都的河段为河流上游,此河段为青藏高原东部。在昌都附近扎曲与昂曲汇合后称澜沧江。从昌都到云南功果桥的河段为河流中游,此河段为高山深谷,水面宽仅 $70 \sim 100 \text{ m}$,河底坡降大,水流湍急,多用溜索(筒)过江,故澜沧江在当地也称溜筒江。功果桥以下为河流下游,两岸地势降低,河谷宽窄相间,常有大的险滩分布。下游段有澜沧江最大的支流——漾濞江。漾濞江切割大雪山南行,到大理附近接纳高原湖泊洱海,然后注入澜沧江。漾濞江注入口以下,澜沧江笔直南下,穿过西双版纳傣族自治州从勐腊县南腊河口 244 号界桩(在关累口岸附近)处出境后称湄公河,最后从越南南部西贡湄公河三角洲注入南海。

本书研究区域主要为溜筒江以上流域,包括了澜沧江中游与上游,为方便描述统称为澜沧江中上游流域。

1.2 澜沧江中上游流域的地理概况

流域地理位置与大气环流的配置关系直接影响着这一地区天气气候的能量、物质平衡方式并决定其特征,是决定一个地区天气气候特征的控制性因素(Qian, 2017)。

图 1.2 给出了澜沧江中上游流域与周边大地形的位置关系。青藏高原是东亚地区最为显著的大地形,地域包括中国西藏自治区全境和青海省、新疆维吾尔自治区、甘肃省、四川省、云南省的部分地区,不丹、尼泊尔、印度、巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦的部分地区或全境,总面积 250 万 km^2 。青藏高原是亚洲众多大河的发源地,除了澜沧江外,还有黄河、长江(金沙江)、怒江(萨尔温江)、雅鲁藏

布江(布拉马普特拉河)、恒河、印度河、塔里木河(车尔臣河)等。由图 1.2 可见,海拔“高”是青藏高原地形上最主要的特征之一。青藏高原主体海拔在 4000 m 以上,高原内许多高山名列世界前 20 位,其中珠穆朗玛峰是世界上最高的山峰,因此青藏高原有“世界屋脊”和“第三极”之称(马耀明等,2009)。澜沧江中上游流域大部分处于海拔 4000 m 以上的青藏高原腹地东部,仅有南部部分区域海拔 3000 m 左右。

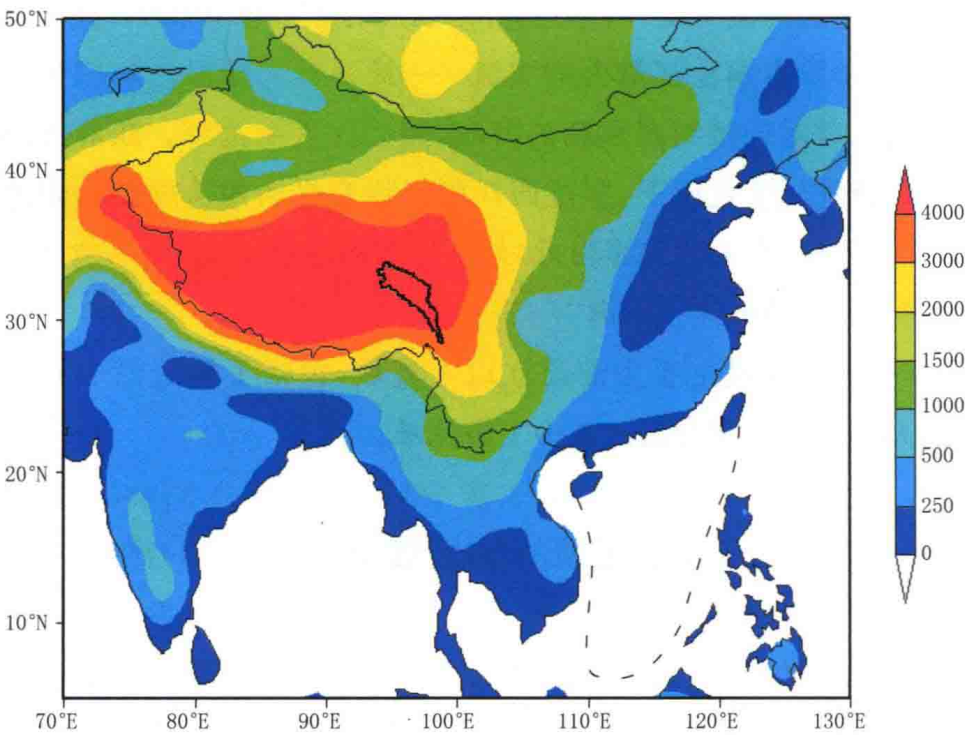


图 1.2 澜沧江中上游流域与周边大地形的位置关系
(单位:m,其中黑粗线为流域边界,黑细线为国界和海陆分界线)

图 1.3 给出了澜沧江上游流域及其周边地区 90 m 分辨率下的地形地貌。由图 1.3 可见,流域地形总体呈现由西北向东南倾斜,地貌为高山峡谷。澜沧江上游流域及周边地区地形地貌变化复杂(何彬仙等,2013;明庆忠,2007;甘淑等,2002)。流域北部和中部的

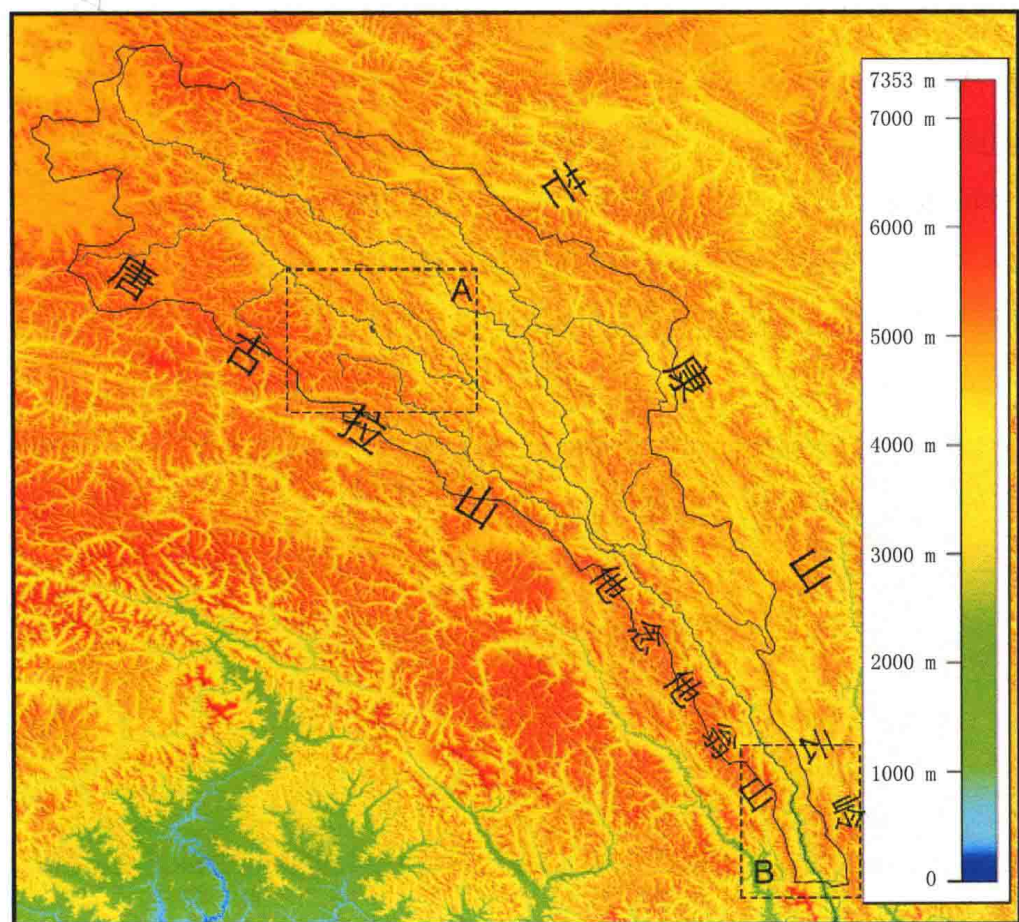


图 1.3 澜沧江中上游流域及周边地区高分辨率地形地貌 (90 m 分辨率)

西面为唐古拉山,东北面为芒康山;流域下部西面为他念他翁山,东面为云岭,系著名的横断山脉的一部分。河源地区是少量的开阔高原地貌,为低山、丘陵和宽谷盆地的共同组合体;河流离开河源地区后流域迅速进入了藏东南高山峡谷区。沿河南下地貌由西北—东南走向高山山谷逐渐转为南—北走向的高山深谷。流域北部与南部存在明显的地形地貌差异。

图 1.4a 为图 1.3 中虚线框 A 的放大图,代表流域中上部的高山山谷地形地貌,其中高山中唐古拉山和芒康山均为 5000 m 高原上耸

起来的山脉,海拔可超 6000 m,其山顶多为地势平缓的准平原,山脊已在常年雪线以上(常年雪线为 5300 m)。受冰川运动影响,刃脊、角峰、冰川地形地貌普遍。分析可以发现,在流域中上部山谷的海拔高度在 3700~4000 m,河道位于山谷底部,山谷内海拔变化相对平缓并且蜿蜒曲折,因此此段河道坡降较缓、变化相对均匀。流域中上部高山与高山之间通常能形成河流的大型支流,因此河流大型支流较多是流域中上部的显著特征之一。

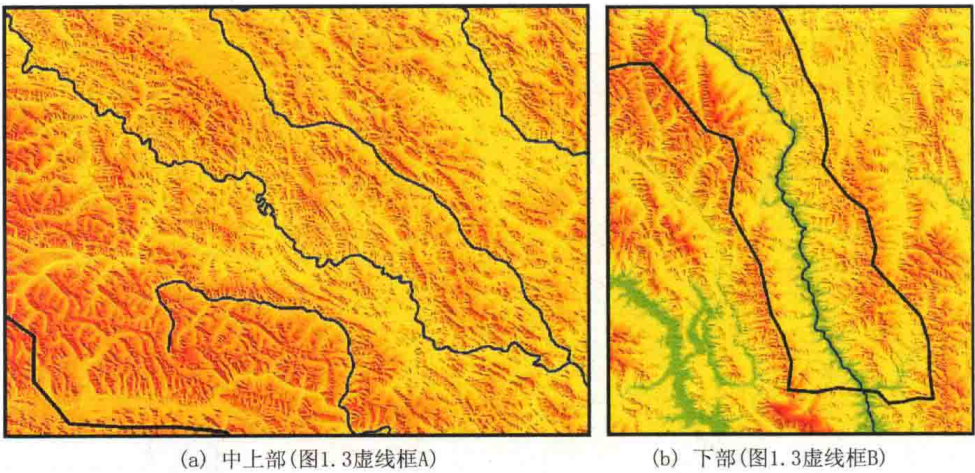


图 1.4 流域典型地区地形地貌

图 1.4b 为图 1.3 中虚线框 B 的放大图,为流域进入下部横断山纵向岭谷地区的高山深谷地形地貌。流域下部高山海拔虽有所降低,但仍在 5000 m 以上;但流域下部深谷特征相当明显,谷底海拔已经在 3000 m 以下。河道虽也位于谷底,但由于地形陡急,因此河道也多陡坡,变化十分剧烈。由于此段河流两侧即为纵列的高山,因此在流域下部已经没有较大支流汇入河流,这与流域中上部存在明显差异。

1.3 澜沧江-湄公河流域的水资源

在我国西南地区的国际河流中,澜沧江-湄公河的地位最为突出,其原因之一是流域蕴藏着巨大的水资源(邹宁等,2008;陈丽晖等,2001)。图 1.5 和图 1.6 分别给出了湄公河委员会计算的澜沧江-湄公河流域 6 国流域面积和产水量数据,其中:中国境内流域面积 16.7 万 km^2 (占全流域面积的 21%),产水量 2410 m^3/s (占全流域产水量的 16%);缅甸境内流域面积 2.1 万 km^2 (占全流域面积的 3%),产水量 300 m^3/s (占全流域产水量的 2%);老挝境内流域面积为 21.5 万 km^2 (占全流域面积的 26%),产水量 5270 m^3/s (占全流域产水量的 35%);泰国境内流域面积为 18.2 万 km^2 (占全流域面积的 22%),产水量 2560 m^3/s (占全流域产水量的 17%);柬埔寨境内流域面积 16.1 万 km^2 (占全流域面积的 20%),产水量 2860 m^3/s (占全流域产水量的 19%);越南境内流域面积为 6.5 万 km^2 (占全流域面积的 8%),产水量 1660 m^3/s (占全流域产水量的 11%)。6 国中老挝拥有流域面积最大和产水量最大,而缅甸是这两个指标最小的国家。

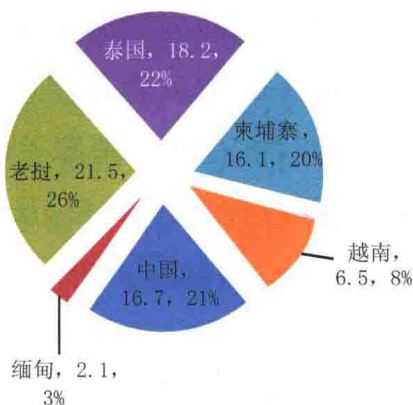


图 1.5 澜沧江-湄公河流域 6 国流域面积(单位:万 km^2)及占比