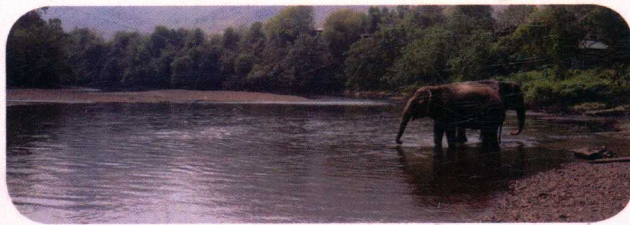
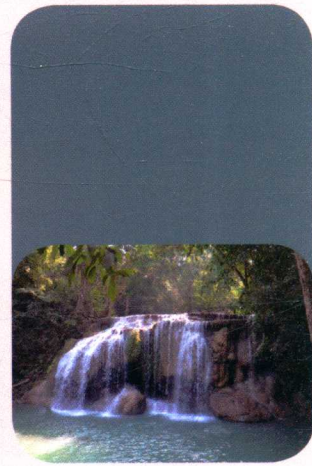
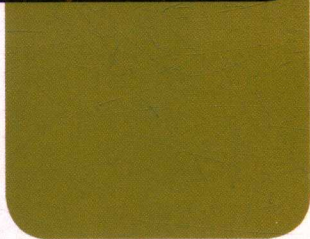
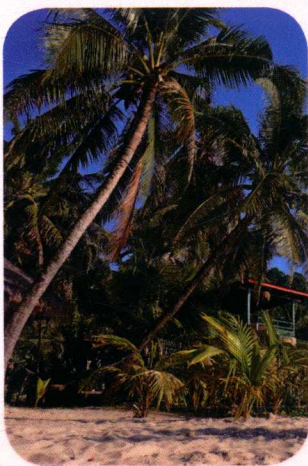
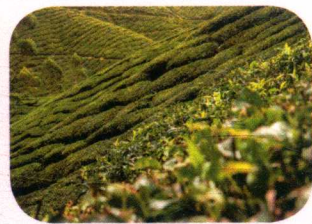


“一带一路”生态环境遥感监测丛书

“一带一路”东南亚区 生态环境遥感监测

柳钦火 吴俊君 仲波 李静 辛晓洲 贾立等 著



 科学出版社

“一带一路”生态环境遥感监测丛书

“一带一路”
东南亚区生态环境遥感监测

柳钦火 吴俊君 仲波 李静 辛晓洲 贾立等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对东南亚区域土地覆盖/土地利用状况、光温水气候条件、主要生态资源分布与主要生态环境约束因素等进行了分析;从重要节点城市内部结构与周边环境出发,利用城市建成区不透水层遥感数据、10km缓冲区土地覆盖产品和城市夜间灯光数据变化,对城市宜居水平和扩展潜力进行了分析,对“一带一路”重要节点城市现状和未来发展进行了评价;以经济走廊100km缓冲区为监测区域,分析廊道内部生态环境状况、主要生态资源分布和廊道节点城市发展状况,对廊道各段存在的地形、气候、灾害、保护区等约束因素进行统计评估,可为廊道基础设施建设过程提供决策依据。

本书可供从事生态环境研究和遥感应用研究的科研人员,以及“一带一路”倡议实施政府工作人员参考。

审图号:GS(2018)5795号

图书在版编目(CIP)数据

“一带一路”东南亚区生态环境遥感监测/柳钦火等著. —北京:科学出版社,2019.4

(“一带一路”生态环境遥感监测丛书)

ISBN 978-7-03-051283-3

I. ①—… II. ①柳… III. ①区域生态环境—环境遥感—环境监测—东南亚 IV. ①X87

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第320026号

责任编辑:朱丽 朱海燕 籍利平/责任校对:何艳萍

责任印制:吴兆东/封面设计:图阅社

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>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年4月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年4月第一次印刷 印张:6 1/4

字数:180 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“一带一路”生态环境遥感监测丛书

编委会

主 任 李加洪 刘纪远

委 员 张松梅 张镱锂 林明森 刘 慧 柳钦火
牛 铮 高志海 宫 鹏 包安明 葛岳静
徐新良 何贤强 侯西勇 张 景 张 瑞
欧阳晓莹 李 晗 彭焕华

作者名单

编写人员名单

柳钦火 吴俊君 赵 静 张海龙 贾 立 宋 涛
郑超磊 胡光成 李 丽 彭菁菁 等

数据产品生产制作参与人员名单

数据收集与处理：仲 波 李国庆 吴善龙 唐勇 等

植被产品：李 静 赵 静 高 帅 李增元 刘青旺 等

辐射产品：辛晓洲 张海龙 李 丽 余珊珊 等

水文产品：贾 立 郑超磊 卢 静 等

地表覆盖产品：吴俊君 俞 乐 徐新良 王 聪 刘 超 等

丛书出版说明

2013年9月和10月，习近平主席在出访中亚和东南亚国家期间，先后提出了共建“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”（简称“一带一路”）的重大倡议。2015年3月28日，国家发展和改革委员会、外交部和商务部联合发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》（简称《愿景与行动》），“一带一路”倡议开始全面推进和实施。

“一带一路”陆域和海域空间范围广阔，生态环境的区域差异大，时空变化特征明显。全面协调“一带一路”建设与生态环境保护之间的关系，实现相关区域的绿色发展，亟须利用遥感技术手段快速获取宏观、动态的“一带一路”区域多要素地表信息，开展生态环境遥感监测。通过获取“一带一路”区域生态环境背景信息，厘清生态脆弱区、环境质量退化区、重点生态保护区等，可为科学认知区域生态环境本底状况提供数据基础；同时，通过遥感技术快速获取“一带一路”陆域和海域生态环境要素动态变化，发现其生态环境时空变化特点和规律，可为科学评价“一带一路”建设的生态环境影响提供科技支撑；此外，重要廊道和节点城市高分辨率遥感信息的获取，还将为开展“一带一路”建设项目投资前期、中期、后期生态环境监测与评估，分析其生态环境特征、发展潜力及可能存在的生态环境风险提供重要保障。

在此背景下，国家遥感中心联合遥感科学国家重点实验室于2016年6月6日发布了《全球生态环境遥感监测2015年度报告》，首次针对“一带一路”开展生态环境遥感监测工作。年报秉承“一带一路”倡议提出的可持续发展和合作共赢理念，针对“一带一路”沿线国家和地区，利用长时间序列的国内外卫星遥感数据，系统生成了监测区域现势性较强的土地覆盖、植被生长状态、农情、海洋环境等生态环境遥感专题数据产品，对“一带一路”陆域和海域生态环境、典型经济合作走廊与交通运输通道、重要节点城市和港口开展了遥感综合分析，取得了系列监测结果。因年度报告篇幅有限，特出版《“一带一路”生态环境遥感监测丛书》作为补充。

丛书基于“一带一路”国际合作框架，以及“一带一路”所穿越的主要区域的地理位置、自然地理环境、社会经济发展特征、与中国交流合作的密切程度、陆域和海域特点等，分为蒙俄区（蒙古和俄罗斯区）、东南亚区、南亚区、中亚区、西亚区、欧洲区、非洲东北部区、海域、海港城市共9个部分，覆盖100多个国家和地区，针对陆域7大区域、

6个经济走廊及26个重要节点城市的生态环境基本特征、土地利用程度、约束性因素等，以及12个海区、13个近海海域和25个港口城市的生态环境状况进行了系统分析。

丛书选取2002～2015年的FY、HY、HJ、GF和Landsat、Terra/Aqua等共11种卫星、16个传感器的多源、多时空尺度遥感数据，通过数据标准化处理和模型运算生成31种遥感产品，在“一带一路”沿线区域开展土地覆盖、植被生长状态与生物量、辐射收支与水热通量、农情、海岸线、海表温度和盐分、海水浑浊度、浮游植物生物量和初级生产力等要素的专题分析。在上述工作中，通过一系列关键技术协同攻关，实现了“一带一路”陆域和海域上的遥感全覆盖和长时间序列的监测，实现了国产卫星与国外卫星数据的综合应用与联合反演多种遥感产品；实现了遥感数据、地表参数产品与辅助分析决策的无缝链接，体现了我国遥感科学界在突破大尺度、长时序生态环境遥感监测关键技术方面取得的创新性成就。

丛书由来自中国科学院遥感与数字地球研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、国家海洋局第二海洋研究所、中国林业科学研究院资源信息研究所、北京师范大学、清华大学、中国科学院烟台海岸带研究所、中国科学院新疆生态与地理研究所等8家单位的9个研究团队共50余位专家编写。丛书凝聚了国家高技术研究发展计划（863计划）等科技计划研发成果，构建了“一带一路”倡议启动期的区域生态环境基线，展示了这一热点领域的最新研究成果和技术突破。

丛书的出版有助于推动国际间相关领域信息的开放共享，使相关国家、机构和人员全面掌握“一带一路”生态环境现状和时空变化规律；有助于中国遥感事业为“一带一路”沿线各国不断提供生态环境监测服务，支持合作框架内有关国家开展生态环境遥感合作研究，共同促进这一区域的可持续发展。

中国作为地球观测组织(GEO)的创始国和联合主席国，通过GEO合作平台，有意愿和责任向世界开放共享其全球地球观测数据，并努力提供相关的信息产品和服务。丛书的出版将有助于GEO中国秘书处加强在“一带一路”生态环境遥感监测方面的工作，为各国政府、研究机构和国际组织研究环境问题和制定环境政策提供及时准确的科学信息，进而加深国际社会和广大公众对“一带一路”生态建设与环境保护的认识和理解。

李加洪 刘纪远
2016年11月30日

前言

“一带一路”东南亚区陆域途经区域范围广阔，自然环境复杂多样，既有高原、山地，又有富饶的平原、三角洲和雨量丰沛的热带雨林。东南亚受季风的强烈影响，地震、洪涝、泥石流等自然灾害频发，生态环境要素异动频繁，全面协调“一带一路”建设与生态环境可持续发展，亟须利用遥感技术手段快速获取宏观、动态的全球及区域多要素地表信息，开展生态环境遥感监测。通过获取“一带一路”东南亚区域生态环境背景信息，厘清生态脆弱区、环境质量退化区、重点生态保护区等，可为科学认知区域生态环境本底状况提供数据基础；同时，通过遥感技术快速获取生态环境要素动态变化，发现其生态环境时空变化特点和规律，可为科学评价“一带一路”建设的生态环境影响提供科技支撑；此外，重要廊道和节点城市高分辨率遥感信息的获取，还将为开展“一带一路”建设项目投资前期、中期、后期生态环境监测与评估，分析其生态环境特征、发展潜力及可能存在的生态环境风险提供重要保障。相关成果不仅可为“一带一路”倡议的实施规划方案制定提供现势性和基础性的生态环境信息，而且可作为“一带一路”倡议实施过程中的生态环境动态监测评估的基准。数据产品将无偿与相关国家和国际组织共享，共同促进区域可持续发展。

本书从东南亚区域范围到经济走廊再到重要节点城市生态环境状况监测，实现了面一线一点的层层递进分析。秉承“一带一路”倡议提出的可持续发展和合作共赢理念，本书针对“一带一路”东南亚沿线区域，利用土地覆盖、植被生长状态、农情、环境等方面的生态环境遥感专题数据产品分析东南亚区、中国—中南半岛经济走廊及8个重要节点城市的生态环境基本特征、土地利用程度、约束性因素等进行了系统分析，取得了系列且非常有意义的监测结果。

全书共分为五章。第1章介绍东南亚生态环境特点与社会经济发展背景，由柳钦火、宋涛、吴俊君、张海龙、辛晓洲等编写；第2章介绍东南亚主要生态资源分布与生态环境限制，由柳钦火、吴俊君、赵静、胡光成、张海龙、郑超磊、李静、辛晓洲、贾立等编写；第3章介绍东南亚区“一带一路”重要节点城市生态环境状况，由吴俊君、宋涛、柳钦火、李静等编写；第4章介绍东南亚区典型经济合作走廊和交通运输通道，由吴俊君、张海龙、胡光成、赵静、柳钦火、宋涛、郑超磊、李静、辛晓洲、贾立等编写；第5章为全书的重要结论，由柳钦火、吴俊君、彭菁菁等编写。全书由柳钦火、吴俊君统合定稿。

中国科学院地理科学与资源研究所的张镱锂研究员、中国科学院遥感与数字地球研究所的牛铮研究员和中国林业科学研究院资源信息研究所的高志海研究员审阅了全文，并提出了宝贵的修改意见和建议。参与项目的其他老师和同学为本书的出版也作出了极大的贡献，在此一并表示衷心的感谢。

本书出版得到国家高技术研究发展计划（863计划）“星机地综合定量遥感系统与应用示范”项目和团队的支持。感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研究所等参与产品验证；感谢国家卫星气象中心、中国资源卫星应用中心、生态环境部卫星环境应用中心等提供卫星遥感观测数据；感谢中国科学院计算机网络信息中心提供产品生产的计算资源；感谢国家基础地理信息中心提供报告的基础地理底图。

由于作者水平有限，加上“一带一路”及全球生态环境监测与评价是国家政策和科学研究的热点领域，知识更新速度快，书中难免有疏漏和不足，敬请读者和同行专家批评指正。

柳钦火

2018年11月11日

目 录

丛书出版说明

前言

第 1 章	东南亚生态环境特点与社会经济发展背景	1
1.1	区位特征	1
1.1.1	东南亚是“一带一路”的先行区和关键枢纽	1
1.1.2	“中国－中南半岛经济走廊”是“一带一路”的重要廊道	2
1.2	自然环境特征	2
1.2.1	地形地貌	2
1.2.2	气候	2
1.2.3	水文	3
1.2.4	植被	5
1.3	社会经济发展现状	5
1.3.1	人口、民族与宗教简况	5
1.3.2	社会经济状况	6
1.3.3	城市发展状况	7
1.4	小结	9
第 2 章	主要生态资源分布与生态环境限制	10
2.1	土地覆盖与土地开发状况	10
2.1.1	土地覆盖	10
2.1.2	土地开发强度	13
2.2	气候资源分布	14
2.2.1	光合有效辐射	14
2.2.2	区域水分分布格局	16

2.3 主要生态资源分布 21

2.3.1 农田生态系统 21

2.3.2 森林生态系统 24

2.4 “一带一路”开发活动的主要生态环境限制 28

2.4.1 自然环境限制 28

2.4.2 保护区需求 28

2.5 小结 30

第 3 章 重要节点城市分析..... 32

3.1 曼德勒 33

3.1.1 概况 33

3.1.2 典型生态环境特征 33

3.1.3 城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估 35

3.2 河内 37

3.2.1 概况 37

3.2.2 典型生态环境特征 37

3.2.3 城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估 40

3.3 万象 41

3.3.1 概况 41

3.3.2 典型生态环境特征 41

3.3.3 城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估 44

3.4 吉隆坡 45

3.4.1 概况 45

3.4.2 典型生态环境特征 45

3.4.3 城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估 47

3.5 西哈努克市 49

3.5.1 概况 49

3.5.2 典型生态环境特征 49

3.5.3 城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估 50

3.6 雅加达 52

3.6.1 概况 52

3.6.2 典型生态环境特征 52

3.6.3	城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估	54
3.7	关丹	56
3.7.1	概况	56
3.7.2	典型生态环境特征	56
3.7.3	城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估	57
3.8	马六甲	59
3.8.1	概况	59
3.8.2	典型生态环境特征	59
3.8.3	城市空间分布现状、扩展趋势与潜力评估	61
3.9	小结	63

第 4 章 典型经济合作走廊和交通运输通道分析 65

4.1	廊道概况	65
4.2	生态环境特征	66
4.2.1	光温条件	66
4.2.2	区域水分分布格局	66
4.2.3	土地覆盖和土地开发强度	69
4.2.4	农田	72
4.2.5	森林	73
4.2.6	廊道城市建设及发展状况	75
4.3	廊道主要生态环境限制	76
4.3.1	地形	76
4.3.2	自然灾害	77
4.3.3	保护区需求	77
4.4	廊道建设的潜在影响	78
4.5	小结	80

第 5 章 结论 81

参考文献 83

第 1 章 东南亚生态环境特点与社会经济发展背景

东南亚位于亚洲东南部,包括中南半岛和马来群岛两大部分(图 1-1),包括越南、老挝、柬埔寨、泰国、缅甸、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾和东帝汶 11 国。中国和东南亚“山水相连,血脉相通”,是“一带一路”文化相融的核心区域。

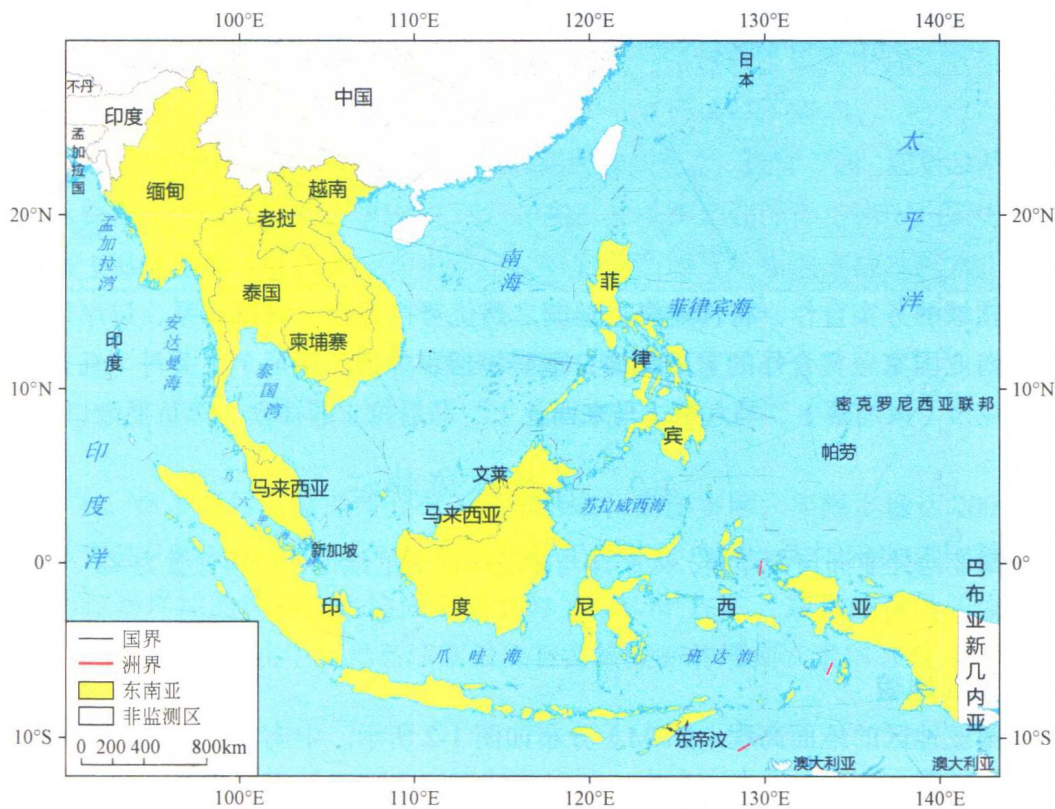


图 1-1 东南亚区域位置示意图

1.1 区位特征

1.1.1 东南亚是“一带一路”的先行区和关键枢纽

东南亚是“一带一路”的重要投资贸易区域,是中国发展“21 世纪海上丝绸之路”合作伙伴关系的重要区域和关键枢纽。大湄公河次区域经济合作加强了各成员国间的经

济联系，促进了次区域的经济和社会发展。目前中国是东盟第一大贸易伙伴，东盟是中国第三大贸易伙伴。随着中国－东盟“10+1”自由贸易区的建设、东盟各国的双多边合作机制和平台对接、亚洲基础设施投资银行（简称亚投行）投资日益加大、丝路基金的顺利启动，中国与东南亚的地缘合作在“一带一路”倡议下将不断加深。未来中国和东盟围绕政策沟通、设施联通、贸易畅通、资金融通、民心相通，将持续推进基础设施、自贸区升级版、海洋经济、人文交流、安全反恐等多方面合作，展现出“一带一路”倡议的广阔前景。

1.1.2 “中国－中南半岛经济走廊”是“一带一路”的重要廊道

“一带一路”倡议在东南亚将重点建设“中国－中南半岛经济走廊”，以中国的南宁和昆明为起点，纵贯中南半岛的越南、老挝、柬埔寨、泰国和马来西亚等国家，以新加坡为终点，其中万象（老挝）、河内（越南）、曼德勒（缅甸）、曼谷（泰国）、金边（柬埔寨）、吉隆坡（马来西亚）等为重要的节点城市。该经济走廊以“泛亚铁路”等交通基础设施、能源管道、通信设施为突破口，是中国与东南亚国家海陆统筹的大动脉。

“中国－中南半岛经济走廊”也是建设“21 世纪海上丝绸之路”的重要组成部分。围绕海上丝绸之路重要港口开展产业合作、港口物流金融创新、跨境旅游、海洋资源和人文等领域的务实合作，将构建海上丝绸之路优势产业群、城镇体系、口岸体系，是中国与东南亚国家经贸合作的重要载体，主要包括雅加达（印尼）、关丹（马来西亚）、西哈努克市（柬埔寨）、马六甲（马来西亚）、马尼拉（菲律宾）等重要港口城市。

1.2 自然环境特征

东南亚地处亚洲与大洋洲、太平洋与印度洋的交汇地带，地理位置为 $92^{\circ} \sim 140^{\circ} \text{ E}$ ， $10^{\circ} \text{ S} \sim 28.5^{\circ} \text{ N}$ 。

1.2.1 地形地貌

东南亚地区的地面高程（DEM）分布如图 1-2 所示。中南半岛地势北高南低，北端与中国的青藏高原与云贵高原相连，多山地和高原，海拔高达 3000m 以上；南部为平原三角洲，地势较为平坦，平均海拔约为 100m。马来群岛多数岛屿地势崎岖，是全球最易遭到自然灾害的地区之一，洪涝、台风、地震、泥石流等自然灾害对区域经济建设构成一定的威胁。

1.2.2 气候

东南亚气候类型以热带季风气候、热带干湿季气候和热带雨林气候为主（图 1-3）。热带季风气候和热带干湿季气候主要分布于中南半岛，分旱季和雨季，年降水量

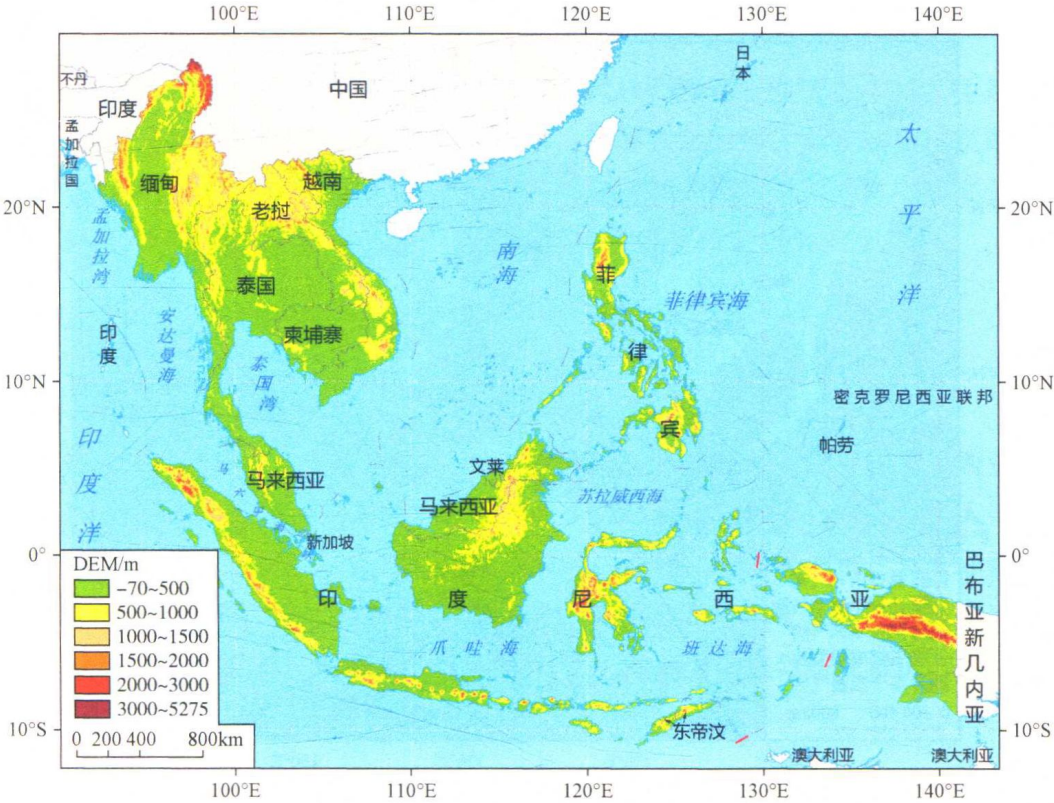


图 1-2 东南亚高程空间分布

1500mm 以上。热带雨林气候主要分布于马来群岛，高温多雨，年降水量达 2000mm 以上，年蒸散量达 1000mm 以上。东南亚地区处于低纬度地区，太阳辐射总体呈现出由东北向西南逐渐增加的趋势，年均太阳辐射为 100W/m^2 左右，最高值与最低值相差大约 20W/m^2 ，极高值分布在中南半岛纬度较低且海拔较高的缅甸、泰国等地区。

1.2.3 水文

东南亚中南半岛的河流多发源于中国西南地区，水资源丰富，河流下游河道变宽，形成广阔的冲积平原和三角洲，形成东南亚重要的农业区。东南亚的河流主要有湄公河、伊洛瓦底江、萨尔温江、湄南河和红河（图 1-4）。湄公河是连接中国和东南亚地区的重要国际河流，也是东南亚最长的河流，总长约 4908km，流域总面积 81.1 万 km^2 ，年径流量 4750 亿 m^3 ；伊洛瓦底江是缅甸最大的河流，全长 2741km，流域面积 41 万 km^2 ；萨尔温江在东南亚境内长约 1660km，穿越缅甸和泰国境内，流域面积 20.5 万 km^2 ；湄南河位于泰国境内，向南注入曼谷湾，全长 1352km，流域面积 17 万 km^2 ；红河是越南北部的的主要河流，越南境内长约 508km，全年径流量不稳定，流域面积约 7.5 万 km^2 。

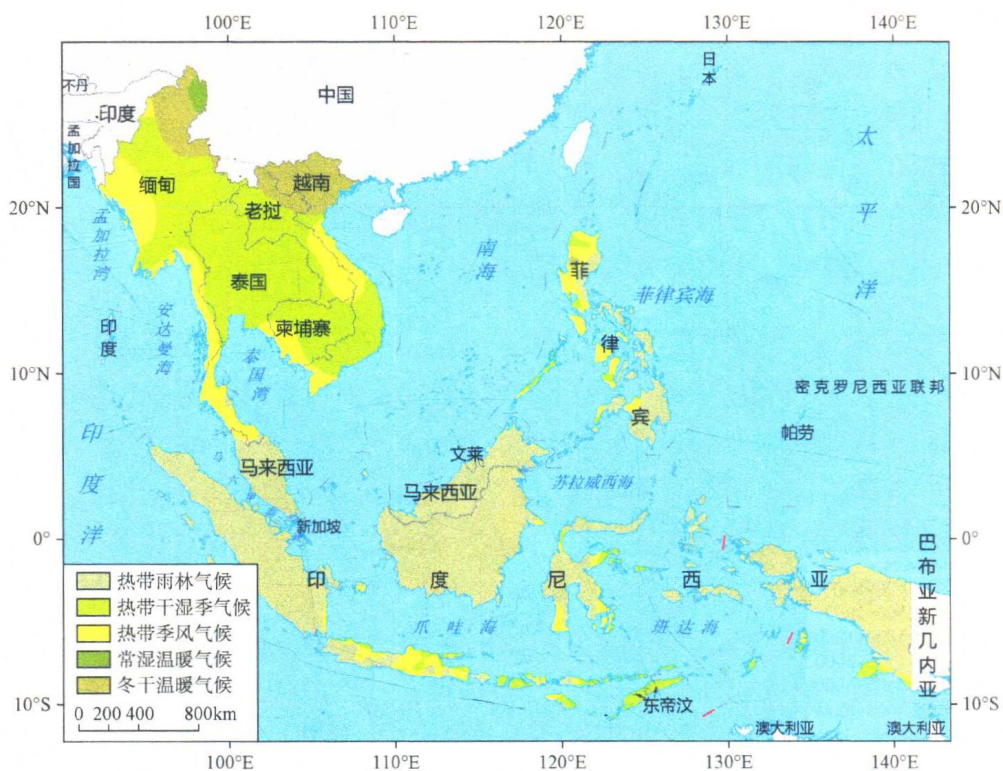


图 1-3 东南亚气候类型空间分布

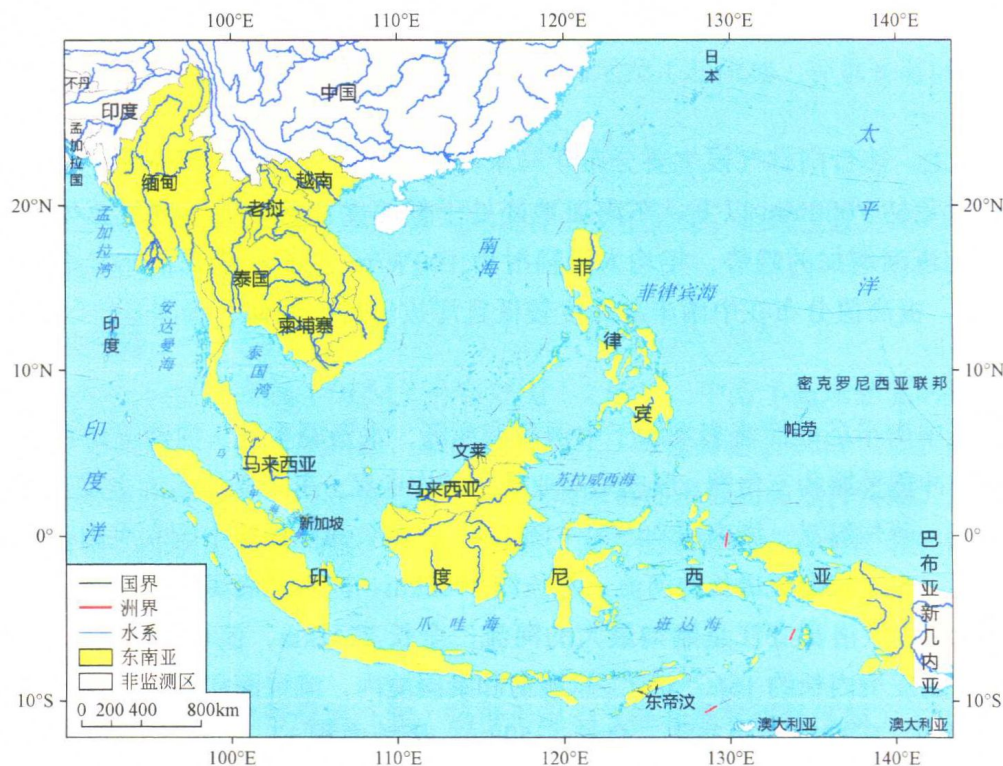


图 1-4 东南亚水系分布

1.2.4 植被

东南亚地区生态类型多样、生物多样性丰富，森林资源和农业资源丰富，生态环境具有区域分异特征。东南亚森林以热带雨林居多，其固碳能力强，对全球碳汇贡献高。热带雨林主要分布在马来半岛南部和马来群岛大部分区域，热带季风雨林则主要分布在中南半岛和菲律宾群岛北部，热带雨林区的植被覆盖度普遍高于 90%。

1.3 社会经济发展现状

1.3.1 人口、民族与宗教简况

东南亚是人口高度集聚的地域之一，2014 年总人口约 6.24 亿。其中印度尼西亚国土面积 190 万 km²，人口 2.5 亿，是东南亚面积最大、人口最多的国家，也是世界人口第四大国。东南亚人口 5000 万以上的国家还包括菲律宾、越南、泰国和缅甸，其中菲律宾人口已接近 1.0 亿。印度尼西亚、菲律宾、越南、马来西亚是人口增长最快的国家。人口密度最大的国家是新加坡，达 8170 人 /km²。老挝是东南亚地区人口密度最低的国家，仅 48 人 /km²（表 1-1、图 1-5）。

表 1-1 2014 年东南亚国家人口经济概况（数据来源：世界银行）

国 家	人口 / 万人	GDP（现价美元，亿美元）	首 都
新加坡	546.97	3078.72	新加坡
文莱	41.74	172.57	斯里巴加湾
泰国	6772.6	3738.04	曼谷
马来西亚	2990.2	3269.33	吉隆坡
印度尼西亚	25445.48	8885.38	雅加达
菲律宾	9913.87	2845.82	马尼拉
越南	9073	1862.05	河内
柬埔寨	1532.81	167.09	金边
老挝	668.93	117.72	万象
缅甸	5343.72	643.3	内比都
东帝汶	109.3	15.52	帝力
总计	62438.62	24795.54	—

东南亚各国民族众多，长期受印度文化、阿拉伯文化、中国文化和欧美文化等共同影响，形成了多元化的文化体系。其中缅甸、老挝、泰国、柬埔寨、越南以佛教为主，印度尼西亚、马来西亚和文莱以伊斯兰教为主，菲律宾和东帝汶以天主教为主。