

“十二五”国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

青藏高原土地退化 整治技术与模式

吕昌河 于伯华 编著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

青藏高原土地退化 整治技术与模式

吕昌河 于伯华 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书采用 NDVI 数据和 GIS 技术,分析了青藏高原的植被变化及其影响因素,并对生态系统的脆弱性及其空间差异进行了评估;利用文献资料,阐述了青藏高原存在的主要生态和土地退化问题,筛选了适合高寒脆弱生态系统保育、退化土地恢复和土地高效利用的关键技术与模式,提出了青藏高原生态系统保护和整治及区域土地可持续利用对策。

本书可作为草业、国土整治、生态环境建设、环境修复与环境保护等专业的科研教学人员及农业技术人员、政府相关管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

青藏高原土地退化整治技术与模式 / 吕昌河, 于伯华编著.

—北京: 科学出版社, 2011

(典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-031379-9

I. 青… II. ①吕…②于… III. 青藏高原—土地退化—综合治理—研究
IV. F323.211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 104854 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 李娅婷 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 6 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2011 年 6 月第一次印刷 印张: 12 1/4 插页: 6

印数: 1—1 200 字数: 300 000

定价: 58.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》

编 委 会

主 编 傅伯杰 欧阳志云

副 主 编 蔡运龙 王 磊 李秀彬

委 员 (以姓氏笔画为序)

于洪波 王开运 王顺兵 方江平

吕昌河 刘刚才 刘国华 刘晓冰

李生宝 吴 宁 张 健 张书军

张巧显 陆兆华 陈亚宁 金昌杰

郑 华 赵同谦 赵新全 高吉喜

蒋忠诚 谢世友 熊康宁

总 序

我国是世界上生态环境比较脆弱的国家之一，由于气候、地貌等地理条件的影响，形成了西北干旱荒漠区、青藏高原高寒区、黄土高原区、西南岩溶区、西南山地区、西南干热河谷区、北方农牧交错区等不同类型的生态脆弱区。在长期高强度的人类活动影响下，这些区域的生态系统破坏和退化十分严重，导致水土流失、草地沙化、石漠化、泥石流等一系列生态问题，人与自然的矛盾非常突出，许多地区形成了生态退化与经济贫困化的恶性循环，严重制约了区域经济和社会发展，威胁国家生态安全与社会和谐发展。因此，在对我国生态脆弱区基本特征以及生态系统退化机理进行研究的基础上，系统研发生态脆弱区退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式，不仅是我国目前正在实施的天然林保护、退耕还林还草、退牧还草、京津风沙源治理、三江源区综合整治以及石漠化地区综合整治等重大生态工程的需要，更是保障我国广大生态脆弱地区社会经济发展和全国生态安全的迫切需要。

面向国家重大战略需求，科学技术部自“十五”以来组织有关科研单位和高校科研人员，开展了我国典型生态脆弱区退化生态系统恢复重建及生态综合治理研究，开发了生态脆弱区退化生态系统恢复重建与生态综合治理的关键技术和模式，筛选集成了典型退化生态系统类型综合整治技术体系和生态系统可持续管理方法，建立了我国生态脆弱区退化生态系统综合整治的技术应用和推广机制，旨在为促进区域经济开发与生态环境保护的协调发展、提高退化生态系统综合整治成效、推进退化生态系统的恢复和生态脆弱区的生态综合治理提供系统的技术支撑和科学基础。

在过去 10 年中，参与项目的科研人员针对我国青藏高寒区、西南岩溶地区、黄土高原区、干旱荒漠区、干热河谷区、西南山地区、北方沙化草地区、典型海岸带区等生态脆弱区退化生态系统恢复和生态综合治理的关键技术、整治模式与产业化机制，开展试验示范，重点开展了以下三个方面的研究。

一是退化生态系统恢复的关键技术与示范。重点针对我国典型生态脆弱区的退化生态系统，开展退化生态系统恢复重建的关键技术研究。主要包括：耐寒/耐高温、耐旱、耐

盐、耐瘠薄植物资源调查、引进、评价、培育和改良技术,极端环境条件下植被恢复关键技术,低效人工林改造技术、外来入侵物种防治技术、虫鼠害及毒杂草生物防治技术,多层次立体植被种植技术和林农果木等多形式配置经营模式、坡地农林复合经营技术,以及受损生态系统的自然修复和人工加速恢复技术。

二是典型生态脆弱区的生态综合治理集成技术与示范。在广泛收集现有生态综合治理技术、进行筛选评价的基础上,针对不同生态脆弱区退化生态系统特征和恢复重建目标以及存在的区域生态问题,研究典型脆弱区的生态综合治理技术集成与模式,并开展试验示范。主要包括:黄土高原地区水土流失防治集成技术,干旱半干旱地区沙漠化防治集成技术,石漠化综合治理集成技术,东北盐碱地综合改良技术,内陆河流域水资源调控机制和水资源高效综合利用技术等。

三是生态脆弱区生态系统管理模式与示范。生态环境脆弱、经济社会发展落后、管理方法不合理是造成我国生态脆弱区生态系统退化的根本原因,生态系统管理方法不当已经或正在导致脆弱生态系统的持续退化。根据生态系统演化规律,结合不同地区社会经济发展特点,开展了生态脆弱区典型生态系统综合管理模式研究与示范。主要包括:高寒草地和典型草原可持续管理模式,可持续农—林—牧系统调控模式,新农村建设与农村生态环境管理模式,生态重建与扶贫式开发模式,全民参与退化生态系统综合整治模式,生态移民与生态环境保护模式。

围绕上述研究目标与内容,在“十五”和“十一五”期间,典型生态脆弱区的生态综合治理和退化生态系统恢复重建研究项目分别设置了11个和15个研究课题,项目研究单位81个,参加研究人员463人。经过科研人员10年的努力,项目取得了一系列原创性成果:开发了一系列关键技术、技术体系和模式;揭示了我国生态脆弱区的空间格局与形成机制,完成了全国生态脆弱区区划,分析了不同生态脆弱区面临的生态环境问题,提出了生态恢复的目标与策略;评价了具有应用潜力的植物物种500多种,开发关键技术数百项,集成了生态恢复技术体系100多项,试验和示范了生态恢复模式近百个,建立了39个典型退化生态系统恢复与综合整治试验示范区。同时,通过本项目的实施,培养和锻炼了一大批生态环境治理的科技人员,建立了一批生态恢复研究试验示范基地。

为了系统总结项目研究成果,服务于国家与地方生态恢复技术需求,项目专家组组织编撰了《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》。本丛书共16卷,包括《中国生态脆弱特征及生态恢复对策》、《中国生态区划研究》、《三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理》、《中国半干旱草原的恢复治理与可持续利用》、《半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术与模式》、《黄土丘陵沟壑区生态综合整治技术与模式》、《贵州喀斯特高原山区土地变化研究》、《喀斯特高原石漠化综合治理模式与技术集成》、《广西

岩溶山区石漠化及其综合治理研究》、《重庆岩溶环境与石漠化综合治理研究》、《西南山地退化生态系统评估与恢复重建技术》、《干热河谷退化生态系统典型恢复模式的生态响应与评价》、《基于生态承载力的空间决策支持系统开发与应用：上海市崇明岛案例》、《黄河三角洲退化湿地生态恢复——理论、方法与实践》、《青藏高原土地退化整治技术与模式》、《世界自然遗产地——九寨与黄龙的生态环境与可持续发展》。内容涵盖了我国三江源地区、黄土高原区、青藏高寒区、西南岩溶石漠化区、内蒙古退化草原区、黄河河口退化湿地等典型生态脆弱区退化生态系统的特征、变化趋势、生态恢复目标、关键技术和模式。我们希望通过本丛书的出版全面反映我国在退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式方面的最新成果与进展。

典型生态脆弱区的生态综合治理和典型脆弱区退化生态系统恢复重建研究得到“十五”和“十一五”国家科技支撑计划重点项目的支持。科学技术部中国 21 世纪议程管理中心负责项目的组织和管理，对本项目的顺利执行和一系列创新成果的取得发挥了重要作用。在项目组织和执行过程中，中国科学院资源环境科学与技术局、青海、新疆、宁夏、甘肃、四川、广西、贵州、云南、上海、重庆、山东、内蒙古、黑龙江、西藏等省、自治区和直辖市科技厅做了大量卓有成效的协调工作。在本丛书出版之际，一并表示衷心的感谢。

科学出版社李敏、张菊编辑在本丛书的组织、编辑等方面做了大量工作，对本丛书的顺利出版发挥了关键作用，借此表示衷心的感谢。

由于本丛书涉及范围广、专业技术领域多，难免存在问题和错误，希望读者不吝指教，以共同促进我国的生态恢复与科技创新。

丛书编委会

2011 年 5 月

前 言

青藏高原地域辽阔, 涵盖西藏和青海, 以及四川、云南、甘肃和新疆部分地区, 介于 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 和 $74^{\circ} \sim 104^{\circ}\text{E}$, 土地总面积约 257.24 万 km^2 。青藏高原地势高亢, 分布着世界上最大的高山草地生态系统, 是我国仅次于内蒙古高原的重要牧区, 宜牧草地约占全国草地总面积的 40%。受地形和气候的影响, 高原生态系统非常脆弱, 对人类活动的干扰极为敏感, 是我国面积最大的高寒脆弱区。

青藏高原生态结构简单、生产力低。由于长期受超载过牧、鼠虫危害及人为破坏等因素的影响, 青藏地区土地退化和生态问题突出, 主要表现为草地退化和沙化、湿地萎缩及生物多样性损失等。本书作为《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》之一, 在系统收集和分析有关文献及实验示范资料的基础上, 编辑整理了适合青藏高原退化生态系统恢复重建的技术与模式, 并编辑整理了草畜可持续管理和作物高效种植技术与模式, 进一步提出了区域退化土地整治和土地可持续利用对策。全书内容共分 4 篇 12 章。

第一篇介绍了青藏高原植被变化、生态脆弱度评价与土地退化问题, 包括第 1~5 章。第 1 章简要描述区域自然和社会经济概况; 第 2 章利用 NDVI 遥感影像数据, 分析了青藏高原地区的植被时空变化特点与趋势; 第 3 章在第 2 章的基础上利用 GIS 空间统计方法, 分析了区域植被变化与气候等自然因素、人类活动等社会经济因素的相关性; 第 4 章利用指标权重法和 GIS 技术, 对青藏高原区的生态系统进行了脆弱度评价; 第 5 章以文献综述的方式, 总结提炼了青藏高原存在的主要生态和土地退化问题。

第二篇介绍了青藏高原退化土地整治技术与模式, 筛选编辑了包括退化草地整治、鼠害灭除、人工草地建植和植树造林等数十项退化土地整治技术和模式, 包括第 6~9 章。第 6 章针对退化和沙化草地, 介绍了退化草地改良与重建技术、沙化草地防风固沙技术、“黑土滩”和沙化草地综合治理模式等; 第 7 章针对严重的草原鼠害, 编辑整理了物理、化学、生物灭鼠和生态控鼠技术, 以及鼠害综合防治模式; 第 8 章收集整理了人工草地建植与管理技术、常见牧草的人工种植技术, 以及人工草地的建植模式; 第 9 章详细介绍了常用的植树造林技术与坡地退耕还林还草模式。

第三篇介绍了青藏高原草畜管理和作物高产种植技术与模式, 包括第 10 章和第 11 章。第 10 章介绍了畜牧养殖技术与草畜可持续管理模式; 第 11 章收集整理了粮食作物的高产种植技术与模式、大棚蔬菜和瓜果的高产种植技术。

第四篇介绍了青藏高原土地退化防治和区域可持续发展对策,包括第12章。该章针对高原区独特的自然环境和土地退化问题,提出了生态保护和综合防治、土地可持续利用和区域发展对策。

本书由吕昌河和于伯华撰稿编辑。在编写过程中,博士研究生王涛、杜习乐、范兰、李旺君在资料收集方面做了大量工作,在此表示衷心的感谢!感谢李秀彬研究员、欧阳志云研究员在本书撰写过程中所给予的支持与帮助。本书的第2章和第3章主要基于于伯华的博士后出站报告编辑而成,在此对合作导师刘闯研究员,以及吕婷婷博士、杨阿强博士、刘林山博士、丁明军博士、陶波博士在博士后出站报告撰写过程中所给予的帮助表示衷心感谢。本书的第3篇和第4篇主要基于已发表的100多篇文献资料编辑而成,在此编著者对所有这些文献资料的作者表示诚挚的感谢!

吕昌河 于伯华

2011年1月25日

目 录

总序

前言

第一篇 青藏高原植被变化、生态脆弱度评价与土地退化问题

第 1 章 青藏高原自然和社会经济概况	3
1.1 自然条件概况	3
1.2 土地利用现状	14
1.3 社会经济概况	17
第 2 章 青藏高原植被变化	20
2.1 青藏高原植被变化的研究进展	21
2.2 基于 NDVI 的青藏高原植被变化特点	28
2.3 小结	37
第 3 章 青藏高原植被变化的影响因素	39
3.1 植被变化与自然因子的关系	39
3.2 植被变化与人类活动的关系	46
3.3 小结	53
第 4 章 青藏高原生态脆弱性的成因及脆弱度评价	54
4.1 青藏高原脆弱生态系统的形成机制	55
4.2 生态脆弱性评价方法与指标	58
4.3 生态脆弱性的空间分布	63
4.4 小结	66
第 5 章 青藏高原土地退化现状、成因与整治重点	67
5.1 土地退化现状	67
5.2 土地退化的原因	73
5.3 退化土地的生态整治原则与重点	76

第二篇 青藏高原退化土地整治技术与模式

第6章 青藏高原退化草地恢复技术与模式	81
6.1 退化草地改良与恢复技术	81
6.2 “黑土滩”草地综合整治模式	84
6.3 沙化草地综合治理模式	86
第7章 青藏高原草原鼠害防治技术与模式	90
7.1 高原鼠害防治和灭除技术	90
7.2 高寒草地鼠害综合防治模式	94
第8章 青藏高原人工草地建植技术与模式	98
8.1 人工草地建植与管理技术	98
8.2 常用牧草种植技术	105
8.3 人工草地建植模式	108
第9章 青藏高原植树造林技术与退耕模式	113
9.1 植树造林技术	113
9.2 退耕还林还草模式	121
9.3 绿洲防护林体系建设	124

第三篇 青藏高原草畜管理和作物高产种植技术与模式

第10章 青藏高原畜牧养殖技术与草畜管理模式	129
10.1 畜牧养殖技术	129
10.2 草畜可持续管理模式	132
第11章 青藏高原作物高产种植技术与模式	137
11.1 作物高产种植技术	137
11.2 作物套、复种技术与模式	145
11.3 大棚温室蔬菜种植技术与模式	147
11.4 温室瓜果类作物种植技术与模式	154

第四篇 青藏高原土地退化防治和区域可持续发展对策

第12章 青藏高原土地退化防治与可持续利用对策	161
12.1 加强生态保护	161

12.2 加强退化土地的恢复重建	163
12.3 改善土地利用方式,提高农牧业的生产效率	165
12.4 加强扶贫和城镇化建设,促进经济发展	167
参考文献	169
附件:青藏高原高寒脆弱区退化生态系统恢复与重建技术导则(草案)	177
彩图	185

**第一篇 青藏高原植被变化、生态
脆弱度评价与土地退化问题**

第 1 章 青藏高原自然和社会经济概况

青藏高原地处我国西南部，北起昆仑山、阿尔金山和祁连山北麓，南至喜马拉雅山，西迄喀喇昆仑山，东至横断山，介于 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 和 $74^{\circ} \sim 104^{\circ}\text{E}$ （图 1-1），东西横跨 31 个经度、长约 2700 km，南北纵贯约 16 个纬度、宽达 1400 km（郑度等，1985）。行政范围包括西藏自治区和青海省全部，以及新疆维吾尔自治区、甘肃省、四川省、云南省的部分地区，总面积约 257.24 万 km^2 （张镱锂等，2002）。青藏高原是世界上最高的高原，平均海拔约 4500 m，地势高、气候寒冷，有“世界屋脊”和“世界第三极”之称，被称为“高寒区”。青藏高原地广人稀，人口密度小于 5 人/ km^2 。

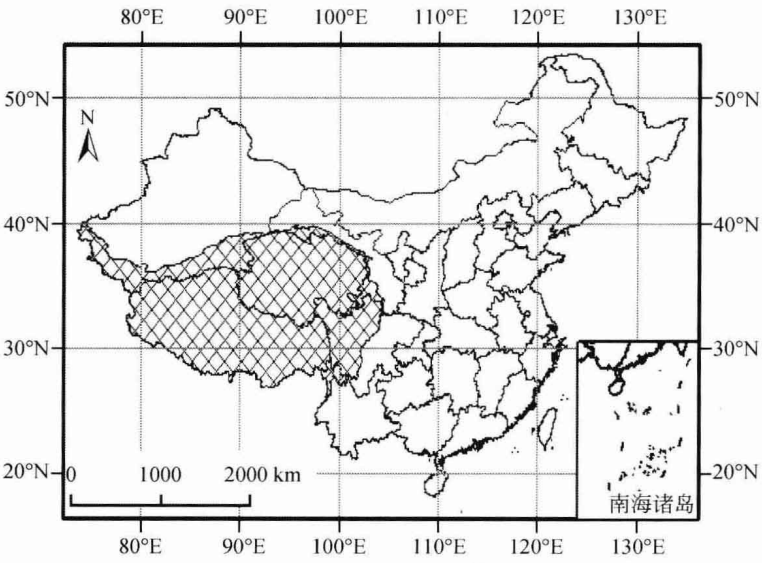


图 1-1 青藏高原在全国的位置

1.1 自然条件概况

1.1.1 地貌

青藏高原是我国“三级”地势台阶中最高的一级，其上山地纵横，分布着多个东西和西北—东南走向的著名山脉，自北而南有阿尔金山、祁连山、昆仑山、巴颜喀拉山、唐古拉山、冈底斯山、念青唐古拉山和喜马拉雅山，构成了青藏高原的基本“骨架”；在山地之间，分布着地势平坦的高原、湖泊和盆地，形成了山原、河谷相间，地形绵延起伏的地

貌格局（图 1-2、图 1-3）。

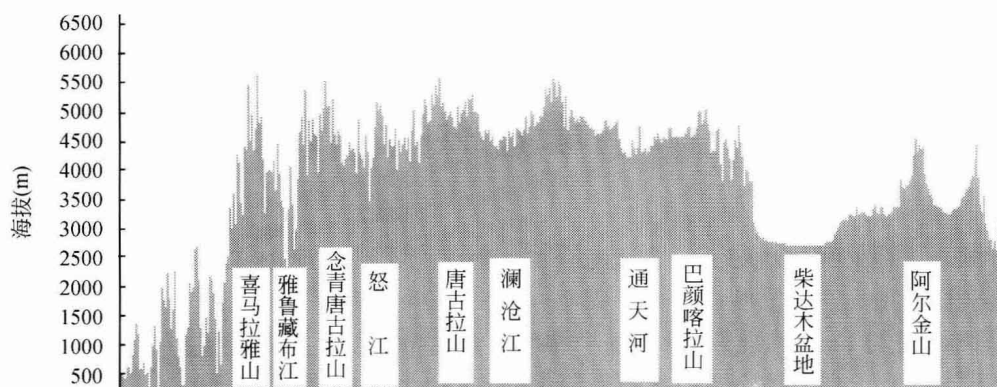


图 1-2 青藏高原 95°E 纵剖面图

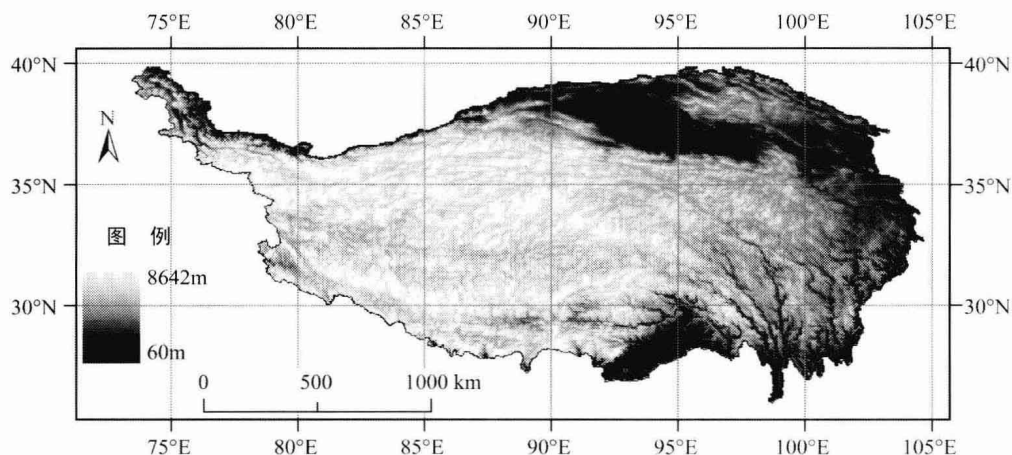


图 1-3 青藏高原数字高程图

青藏高原地势高亢，超过 80% 的面积海拔在 4000 m 以上。地貌类型以山地为主，其面积占区域总面积的 67.18%。其中，相对高差超过 1000 m 的高起伏山地，面积 98 万 km²，占区域总面积的 38.10%；中起伏山地面积 46.38 万 km²，占 18.03%；小起伏山地面积 28.43 万 km²，占 11.05%。其余约 1/3 的区域为地势相对平坦的高平原、湖盆、河谷和丘陵地貌，主要分布在藏北高原、柴达木盆地和藏南河谷地区（图 1-4，见彩图）。

1.1.2 气候

受地形的影响，青藏高原具有与同纬度地区和周边地区显著不同的气候特征：日照时间长，辐射强；气温较低，日较差大，年较差小；干湿分明，多夜雨；冬春干燥，多大风。由于青藏高原海拔较高，空气稀薄且干净，年均太阳总辐射高达 130 ~ 190 kcal^①/cm²，比同纬

① $1\text{cal}_{\text{mean}}$ （平均卡）= 4.1900J； 1cal_{th} （热化学卡）= 4.184J。

度低海拔地区高 50% ~ 100%，因此在全国气候区划中，它被单独划分为青藏高原气候区（郑度等，1985）。然而，由于地势和海拔及距海远近的不同，青藏高原境内的气候状况区域差异明显，总体呈现西北干寒、东南温暖湿润的特点（图 1-5），并呈现出由东南向西北递变的带状分布特征，即亚热带—温带—亚寒带—寒带、湿润—半湿润—半干旱—干旱。

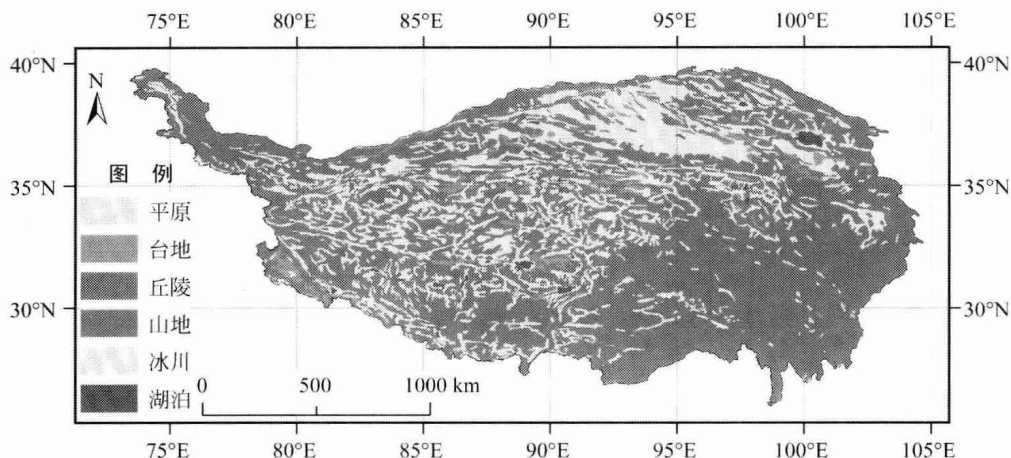


图 1-4 青藏高原地貌图

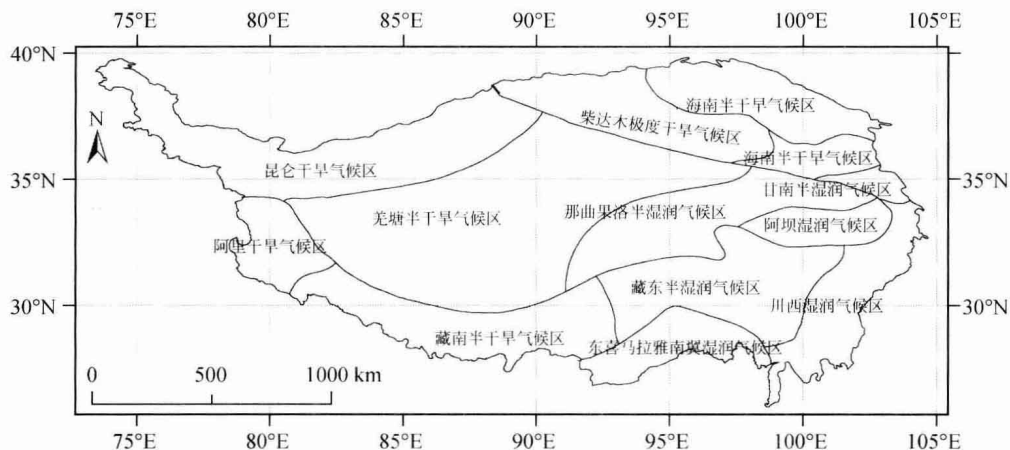


图 1-5 青藏高原气候区划图

数据来源：地球系统科学数据共享网 (<http://www.geodata.cn/>)

1. 以高寒气候为主，气温区域差异明显

青藏高原大部分地区多年平均气温为 0 ~ 10℃。藏北高原地势高亢，大部分地区年均气温低于 0℃；雅鲁藏布江河谷区、藏东南和横断山区气温较高，年均气温在 10℃ 左右，有的地方达 20℃（图 1-6，见彩图）。

1 月是青藏高原的最冷月，平均气温为 -20 ~ -10℃（图 1-7，见彩图），南北气温相差近 30℃。春季（4 月），青藏高原气温整体回升，大部分地区气温在 5℃ 以上，只有高原中部呈东西向分布的带状区域气温在 0℃ 以下（图 1-7）。7 月平均气温大多在 10℃ 以