

长江黄河源区 生态环境变化 综合研究

杨建平

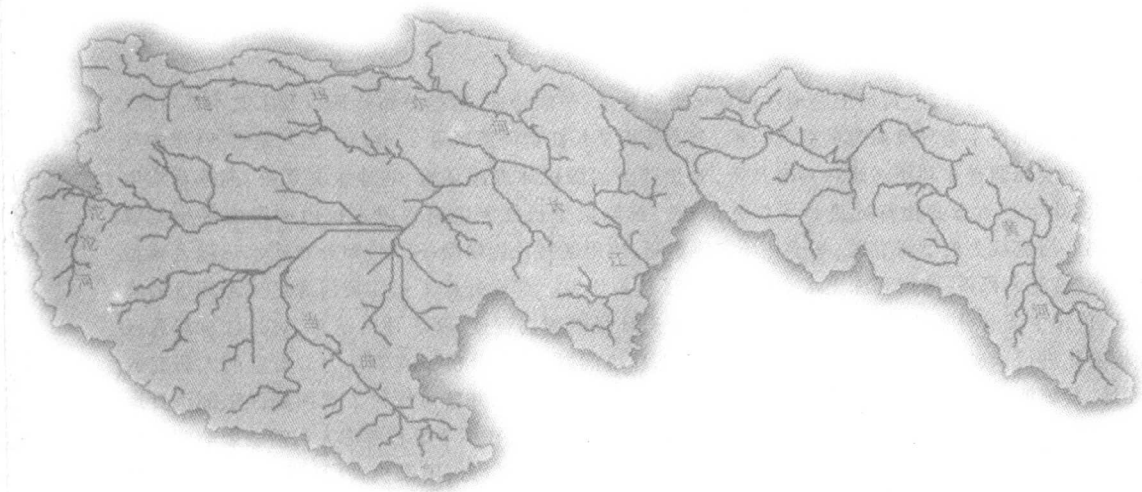
丁永建

陈仁升

刘俊峰

著

气象出版社



杨建平 丁永建 陈仁升 刘俊峰 著

长江黄河源区 生态环境变化 综合研究

气象出版社

内容简介

本书通过科学分析长江、黄河上游地区的地形地貌特征、气候特征、植被分布特征以及水文水系特征,确定了长江黄河源区生态环境研究的源区范围,全面分析了长江黄河源区近 2 000 年,尤其是近 50 年的气候变化。基于实际调查并利用遥感和 GIS 技术,对长江黄河源区冰冻圈环境、陆地水文系统、高寒草地生态系统在近 50 年的动态变化特征进行了深入分析。选取位于长江源区南部唐古拉山中段山区小流域——冬克玛底河流域为典型研究区,基于外场实地观测,使用融雪径流模型(SRM)和分布式水热耦合模型(DWHC),对该流域积雪、冰川和冻土水文过程进行了模拟研究。全面分析了长江黄河源区生态环境的脆弱性特征,使用主成分分析法评估了长江黄河源区生态环境的脆弱程度,基于评估结果,对长江黄河源区生态环境变化进行了成因分区。针对各区存在的生态环境问题,综合分析了其驱动力。借鉴前人研究成果,全面地、系统地分析了近 50 年长江黄河源区生态环境变化的成因,并着重探讨了黄河源区东部达日地区草地退化的原因。从生态系统的角度,以热量和“水”变化为主线,在不考虑和考虑人类活动影响两种情况下,综合分析了长江黄河源区主要生态环境要素的互动机制。本书可供国家机关、科研机构、大专院校等部门从事生态、环境、资源以及经济地理等学科领域的研究人员和师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江黄河源区生态环境变化综合研究/杨建平等著. —北京:气象出版社,2006.11
ISBN 7-5029-4217-3

I. 长… II. 杨… III. 自然保护区-生态环境-研究-青海省 IV. S759.992.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 132486 号

长江黄河源区生态环境变化综合研究

Changjiang Huanghe Yuanqu Shengtai Huanjing Bianhua Zonghe Yanjiu

出版发行:气象出版社

地 址:北京中关村南大街 46 号

邮 编:100081

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

电 话:总编室 010-68407112;发行部 010-62175925

责任编辑:郭彩丽 胡育峰

终 审:纪乃晋

封面设计:王 伟

责任技编:刘祥玉

责任校对:王瑞民

印 刷 者:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.25

插 页:8

字 数:313.6 千字

版 次:2006 年 11 月第 1 版

印 次:2006 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1—1500

定 价:45.00 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

前 言

长江黄河源区位于青藏高原中东部地区,是长江、黄河两大世界级河流的发源地,是孕育中华文明的摇篮。它不仅是我们中华民族的瑰宝,也是世界各地科研工作者理想的天然实验场和探险爱好者的乐园。很早以前,人们就开始对长江和黄河源区不懈探索,但在早期,由于长江黄河源区特殊的地理环境和自然条件,人们的认知非常有限。新中国成立以后,出于大规模经济建设的需要,我国先后组织专家对长江和黄河源区进行了数次大规模的综合考察,以期全面了解长江和黄河源区的基本自然状况以及二者之间的相互关系。由于国家经济建设的阶段性需求,当时在长江黄河源区开展的科研活动仅局限于地理和水文方面的研究,即摸清家底。随着时间的推移,20 世纪 80 年代以来,全球气候和环境发生了显著变化,号称地球“第三极”的青藏高原也未能幸免。自此,母亲河源病态泛出,多数冰川明显退缩,多年冻土变暖,局部退化严重,草地生疮,黑土滩蔓延,水土流失加重,荒漠化肆虐。这些病症不仅危害长江和黄河源区本身,而且也蔓延到周边和中下游地区:黄河下游旱季频繁断流,水资源短缺,水环境恶化,人畜饮水困难;长江洪水灾害频繁,河流输沙量逐年增加,流域水土流失加剧。1998 年长江全流域大洪水敲响了必须保护母亲河源的警钟。

长江黄河源区平均海拔在 4 000 m 以上,高寒缺氧,自古以来就是少数民族(主要是藏族)同胞居住的地方。新中国成立以来,由于长江黄河源区地处偏远,以及国家对少数民族地区实行比较宽松的计划生育政策,源区人口增长很快,从建国后到 20 世纪 80 年代中期是源区人口增长的高峰期。尽管建国以来,长江黄河源区畜牧业发展突飞猛进,取得了辉煌成就,有力地改善了农牧民的经济生活条件,促进了区域经济社会文明的和谐发展。然而,由于长江黄河源区人口急速增长,农牧民脱贫致富的愿望日益强烈,对草地资源的不合理开发也愈演愈烈,长期实施靠天养畜、超载放牧、滥垦乱挖的掠夺式草地利用和粗放经营模式,加之草场围栏、牧畜暖棚、人畜饮水工程等草原建设与保护措施落后,草场基础设施薄弱,牧民可持续利用草原的意识、生态意识、环境意识淡薄,在一定程度上也加速了长江黄河源区天然草地退化和土地沙化,致使鼠虫害泛滥成灾、植被覆盖面积减少、水土流失现象广布,最终制约了区域生态和经济的可持续发展。

长江黄河源区是重要的水源涵养地,其生态环境的优劣与整个长江、黄河流域人类的生存和工农业生产息息相关,并对全国的生态环境产生重要影响。因此,20 世纪 90 年代以来,从全流域、全国生态环境和经济社会可持续发展的战略高度出发,各级政府机构与科研院校加大了对长江黄河源区生态环境变化研究的经费投入,出现了长江黄河源区生态环境变化综合研究的新高潮。其时主要开展了“黄河源区生态环境变化及其对上游地区可持续发展的影响研究”和“西北生态环境保护与建设前期研究”等大型研究项目。这些项目对长江黄河源区的植物生态、综合自然地理、土壤、水文与水资源、冰川和冻土等进行了大规模的野外实地调查,并在野外实地考察的基础上,对长江黄河源区的气候条件、冻土环境、植被分布和演替、土壤特征、生物多样性、水环境、湿地、鼠虫害以及人类活动等现状、特征以及演变

趋势进行了初步的、相对系统的分析,为后续研究奠定了良好的基础。

20 世纪 90 年代末,国家实施西部大开发战略,经济发展重心开始向西部倾斜,在经济发展与生态建设并重的要求下,经济建设对生态环境的影响越来越引起社会各阶层的广泛关注。为了满足国家的需求,为各级政府部门制订发展规划提供科学合理的依据,系统了解长江黄河源区生态环境演化机理及其对现代气候变化的响应机制成为当务之急,有关对长江黄河源区生态环境变化的研究又被提升到一个新的高度。2001 年 7 月 1 日至 8 月 16 日,由中国科学院寒区旱区环境与工程研究所主持的中国科学院知识创新工程重大项目“西部生态环境演变规律与水土资源可持续利用研究”第六课题“近 50 年西部生态环境典型调查及变化过程时空再现”课题组对长江和黄河源区进行了为期 40 多天的综合野外考察。此次野外考察是自 20 世纪 80 年代中期以来规模最大、考察项目最为齐全的一次有关长江黄河源区生态环境状况的考察。考察人员由来自植物学、生态学、土壤学、水文学、环境学、风沙物理学、遥感与地理信息系统(GIS)、树木年轮气候学、冰川学、冻土学、湖泊环境学等学科领域的专家组成,考察人员分为生态遥感和环境两个调查组。生态遥感组主要调查草地退化、土地荒漠化、生物多样性以及水环境等问题,兼顾开展环境变化的驱动因素如人类活动、鼠虫害、气候变化以及冻融侵蚀等的调查。环境组主要考察长江黄河源区冰川、冻土、河流、湖泊的分布现状与变化,并采集相关样品,以揭示长江黄河源区冰川冻土的作用过程和过去 50 年来的气候、水文与环境变化趋势。通过这次考察,对长江黄河源区的生态环境现状、变化及主要影响因子有了更加全面的认识,极大地推动了该地区高层次、高水准生态环境研究的进一步开展。为了进一步了解全球变化背景下长江黄河源区的冰雪冻土作用过程,2004 年国家自然科学基金项目“长江源区冰雪水文过程及对气候变暖的响应研究”又开始启动实施,随后,2005 年中国科学院也启动了知识创新工程重要方向项目“气候变化背景下典型地区冰川冻土变化的水文效应研究”。在这两个项目的联袂资助下,2005 年我们对长江源区南部唐古拉山中部的典型流域——冬克玛底河流域(海拔 5 000~6 104 m)进行了为期 5 个月的综合野外考察与机理观测试验,主要探讨了流域的冰川水文、冻土水文和积雪水文过程及其与高山植被相互作用的关系。在系统整理和参与上述研究工作的基础上,经过 5 年的努力,本书作者杨建平完成了她的博士学位论文《近 50 年长江黄河源区生态环境变化综合研究》。本书在杨建平博士论文的基础上又增加了 2005 年考察研究的一些新成果,可以说是对近十几年来长江黄河源区生态环境变化研究成果的系统总结。书中对构成长江黄河源区生态环境的组成要素——气候、冰川、冻土、积雪、高寒植被、高寒湿地——近 50 年的空间分布、变化特征和变化趋势等进行了系统分析,并使用融雪径流模型(SRM)和分布式水热耦合模型(DWHC)模拟了典型区域的冰雪水文和冻土水文过程。

《长江黄河源区生态环境变化综合研究》一书之所以能够完成,与所有参与研究长江黄河源区生态环境变化人员的长期努力是分不开的,是团队智慧的结晶,属于集体成果。本书吸取了先知们的思想精髓,并使用了他们所获取的大量宝贵的野外考察和观测资料,因此,本书是在前人研究的基础上的进一步的综合和集成。在此,我们要感谢参与长江黄河源区工作的所有人员。特别要感谢刘时银研究员、王根绪教授、叶柏生研究员、赵林研究员、鲁安新研究员、王建研究员、马明国副研究员,上官东辉博士,他们为本书的完成提供了宝贵的资料和良好的建议;感谢 2005 年参加野外工作的王强高级工程师、张世强博士、何晓波博士、韩添丁博士、牛丽博士、吴震硕士以及其他相关人员;我们还要感谢北麓河青藏高原研究基

地和青藏高原综合观测研究站的工作人员;最后感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的所有领导,没有他们的倡导与大力支持,也就没有这部拙作的问世。

鉴于研究区广袤的地理范围和限于研究经费,本书的研究成果仍然是初步的,许多问题还需进一步深入探讨,书中错误与纰漏之处也在所难免。衷心希望本书的出版能够使社会各界对长江黄河源区生态环境的巨大变化关注起来,能够为相关领域的科学工作者进一步探讨长江黄河源区的生态环境问题做一铺垫,为长江黄河源区的可持续发展发挥一定的作用。

作者

2006年7月

目 录

前 言	(i)
第 1 章 长江黄河源区概况及气候演化	(1)
1.1 长江黄河源区生态环境研究范围的界定	(1)
1.2 近 2 000 年气候环境变化	(8)
1.3 近 50 年气候变化	(9)
1.4 长江黄河源区水文和气象因子的周期波动	(19)
1.5 结 语	(23)
参考文献	(24)
第 2 章 长江黄河源区冰冻圈环境变化	(27)
2.1 冰川变化	(27)
2.2 冻土环境变化	(33)
2.3 积雪变化	(38)
2.4 结 语	(59)
参考文献	(60)
第 3 章 长江黄河源区陆地水文系统的变化	(62)
3.1 长江黄河源区主要湿地类型及其分布特征	(62)
3.2 河流和湖泊湿地变化	(63)
3.3 沼泽湿地变化	(67)
3.4 结 语	(68)
参考文献	(69)
第 4 章 长江黄河源区高寒植被变化	(70)
4.1 长江黄河源区植被类型与分布	(70)
4.2 长江黄河源区高寒植被变化的 NDVI 记录	(71)
4.3 结 语	(88)
参考文献	(89)
第 5 章 长江黄河源区典型地区草地生态系统变化	(90)
5.1 冬克玛底河流域概况	(90)
5.2 冬克玛底河流域植被分布特征	(90)

5.3 冬克玛底河流域高寒草甸生态系统变化	(91)
5.4 结 语	(100)
参考文献	(101)
第 6 章 长江黄河源区典型高寒山区流域水文过程观测与模拟研究	(102)
6.1 冬克玛底河流域冰川区积雪融化特征及其对气候因子的响应	(102)
6.2 冬克玛底冰川物质平衡	(109)
6.3 冬克玛底河流域积雪融水径流模拟	(115)
6.4 分布式水热耦合模型(DWHC)在冬克玛底河流域的应用	(123)
6.5 结 语	(149)
参考文献	(150)
第 7 章 长江黄河源区生态环境的脆弱性特征及其评价	(153)
7.1 长江黄河源区生态环境脆弱性特征及其影响因子	(153)
7.2 长江黄河源区生态环境脆弱性评价与分区	(156)
7.3 结 语	(163)
参考文献	(163)
第 8 章 长江黄河源区生态环境变化的驱动力分析	(165)
8.1 长江黄河源区生态环境变化的驱动因素	(165)
8.2 驱动力分析	(166)
8.3 结 语	(170)
参考文献	(170)
第 9 章 长江黄河源区生态环境变化综合分析	(171)
9.1 长江黄河源区生态环境变化成因分析	(171)
9.2 黄河源达日地区草地退化的成因探讨	(175)
9.3 长江黄河源区主要生态环境要素的相互作用机制	(177)
9.4 结 语	(181)
参考文献	(181)

Contents

Foreword	.....	( i)
Chapter 1 General Information and Climate Change in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 1)
1.1 Scientific Definition of the Eco-environmental Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 1)
1.2 Climate Change over the Past 2 000 Years	.....	( 8)
1.3 Climate Change in Recent 50 Years	.....	( 9)
1.4 Periodic Fluctuation of Hydrological and Meteorological Factors in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 19)
1.5 Conclusions	.....	( 23)
References	.....	( 24)
Chapter 2 Cryospheric Environment Change in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 27)
2.1 Glacier Change	.....	( 27)
2.2 Frozen Soil Change	.....	( 33)
2.3 Snow Cover Change	.....	( 38)
2.4 Conclusions	.....	( 59)
References	.....	( 60)
Chapter 3 Terrestrial Hydrological Change in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 62)
3.1 Types of High-cold Wetland and Their Distribution Characteristics	.....	( 62)
3.2 Riverine and Lacustrine Wetland Changes	.....	( 63)
3.3 Palustrine Wetland Change	.....	( 67)
3.4 Conclusions	.....	( 68)
References	.....	( 69)
Chapter 4 High-cold Vegetation Change in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 70)
4.1 Type and Distribution of Vegetation in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 70)
4.2 NDVI Record of High-cold Vegetation Change in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	.....	( 71)
4.3 Conclusions	.....	( 88)

References	(89)
Chapter 5 Changes of the Grassland Ecological System in the Typical Area in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(90)
5.1 Brief Information of the Dongkemadi River Basin	(90)
5.2 Vegetation Distribution Characteristics of the Dongkemadi River Basin	(90)
5.3 Variation of Alpine Meadow Eco-system of the Dongkemadi River Basin	(91)
5.4 Conclusions	(100)
References	(101)
Chapter 6 Measurement and Simulation Research on Hydrological Processes in the Typical High-cold Mountainous Basin in the Source Region of the Changjiang and Huanghe Rivers	(102)
6.1 Character of Snowmelt in Glacierized Area and Its Responses to Climatic Factors in the Dongkemadi River Basin	(102)
6.2 Mass Balance for Dongkemadi Glacier	(109)
6.3 Simulation of Snowmelt Runoff in the Dongkemadi River Basin	(115)
6.4 Distributed Water Heat Coupled Model (DWHC) for Dongkemadi River Basin	(123)
6.5 Conclusions	(149)
References	(150)
Chapter 7 Eco-Environmental Vulnerability Characteristics in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers and its Assessment	(153)
7.1 Eco-environmental Vulnerability Characteristics and Its influencing Factors in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(153)
7.2 Eco-Environmental Vulnerability Assessment and Area Division in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(156)
7.3 Conclusions	(163)
References	(163)
Chapter 8 Driving Force Analysis of Eco-Environmental Changes in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(165)
8.1 The Driving Factors of Eco-Environmental Changes in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(165)
8.2 Analysis of Driving Forces	(166)
8.3 Conclusions	(170)
References	(170)
Chapter 9 Synthetical Analysis of Eco-Environmental Changes in the Source Regions of the Changjiang and Huanghe Rivers	(171)
9.1 Cause Analysis of Eco-Environmental Changes in the Source	

Region of the Changjiang and Huanghe Rivers	(171)
9.2 Discussion on Cause of Grassland Degeneration in Dari Area of the Source Region of the Huanghe River	(175)
9.3 Interactional Mechanism of the Main Eco-Environmental Elements in the Source Region of the Changjiang and Huanghe Rivers	(177)
9.4 Conclusions	(181)
References	(181)

第 1 章 长江黄河源区概况及气候演化

1.1 长江黄河源区生态环境研究范围的界定

长江、黄河发源地的青藏高原是我国气候变化的启动区(冯松等 1998),对气候变化非常敏感。自 20 世纪 80 年代中后期以来,随着高原气候的急剧变暖,黄河上游径流量以每 10 年 $9.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率减少(张国胜等 2000)。长江黄河源(简称为“江河源”,后文同)区生态环境的变化也十分显著,主要表现是冰川退缩、冻土退化、湿地干化、湖泊萎缩,这些环境要素的变化导致土地沙化范围扩大、土壤严重裸土化、草地明显退化。随着青藏铁路的开工建设,以及将来不久南水北调西线工程的上马,人类活动对两河源地区的影响程度也会越来越大。因此,地处青藏高原腹地的江河源头生态修复与环境保护问题已成为全社会关注的焦点。

然而,目前对江河源区的研究由于没有科学、统一的范围界定,对构成江河源生态环境诸要素的确定存在许多认识上的混乱,对这些要素变化的程度存在夸大或缩小的问题,有些甚至将长江与黄河的上游与源区相提并论。鉴于目前对江河源区界线的认识十分混乱,有必要对江河源区的界线作出科学的界定。需要强调的是,本书中长江与黄河源区范围的界定并非指所有周边边界的界定,而是指科学合理地确定长江与黄河流出源区的东界界点及其控制的源区范围,至于其余边界,仍以周边山脉的分水岭为界。

20 世纪 50 年代至 80 年代初期,经过若干次较大规模的综合考察,曾对源区位置作出过地理学与水文学界定(中国科学院地理研究所 1990)。当时的江河源研究主要是通过文献资料与实地考察相结合来确定江源与河源,而且由于自然环境恶劣,研究主要集中于黄河源(黄盛璋 1955,田尚 1981)。80 年代后期至 90 年代末期,江河源研究取得了一定的进展。资料,尤其是气象资料的积累完善了江河源区气候变化分析。但是由于资料的缺乏与研究手段的落后,此阶段研究主要集中于地理与水文方面(汪青春等 1998,邵玉红、张海玲 1998,侯希斌 1998)。90 年代末以来,遥感与地理信息系统(GIS)等研究手段的运用,为江河源综合生态环境研究提供了技术保障,研究全面而又深入地开展起来(李来兴等 1998,李玉方、马海州 1999,王根绪、程国栋 2001,沙占江等 2001)。在这种情况下,出现了江河源区范围含混不清的情况并有向下游扩大之势,为此本书在前人研究与中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 2001 年 7 月 1 日至 8 月 16 日 40 多天实地考察的基础上,综合多种因素,对江河源区的生态环境研究范围作出界定。

1.1.1 概 况

目前,在长江、黄河源头地区的生态环境研究中,对这两大流域的源区范围主要有两种比较典型的观点,一种是以地质构造与地貌特征为基础的以流域干流水文网形成的河源区为范围(景可、尤联元 1982,孙广友、唐邦兴 1995),认为无论是生态环境研究还是自然地理、

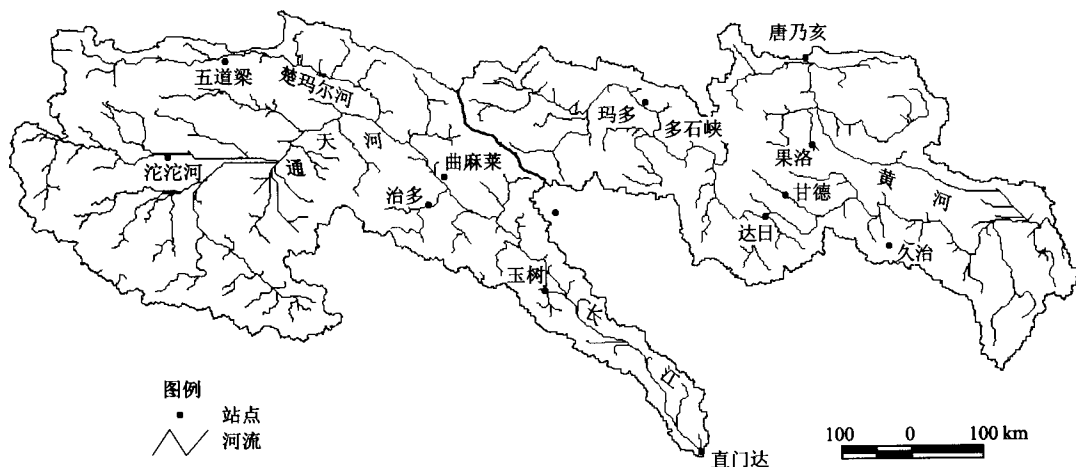


图 1-1 江河源区的水文学与地理学范围

水文方面的研究,均应恪守“源区”的地理限制。持这种观点的人们将多石峡以上的集水范围称为黄河源区,楚玛尔河与通天河交汇口以上的流域称为长江源区,流域面积黄河源为 2.2 万 km^2 ,长江源为 10.2 万 km^2 。另一种以宏观自然区划为基础(刘迎春 1995),认为以唐乃亥水文站为界,以上的区域为黄河源区,但是从便于流域治理和管理的角度考虑,通常将龙羊峡以上流域作为黄河源区;对于长江源区,以直门达水文站为界,这里也是长江出青海的界线(图 1-1)。对于后一种观点,实际上已超出了源区的概念,完全属于上游范畴,这种划分在有关江河源区,尤其是黄河源区生态环境的论著中似乎更多一些,主要是由于这一范围内草场退化、土地荒漠化与水土流失问题异常突出。

1.1.2 长江黄河源区范围界定的科学依据

如何确定生态环境研究的源区范围?我们认为长江黄河源区范围的界定应遵循以下基本原则:

一是行政与地貌单元的完整性。这一原则突出了范围的界定要便于生态环境研究,尽可能使地貌单元与行政区域相对完整。

二是生态环境构成中主成分的趋同性。尤其是宏观气候、地貌及植被等体系不能与源区相差过大。

三是源区对生态环境体系的包容性。包括干流水体对支流水体的环境包容和植被、土壤以及气候条件等环境要素的统一性。

四是地理与水文源区的同一性。确定边界应全面考虑地理、水文等要素,所定界线应体现各要素最主要的特征,应是综合的江河源区的生态环境边界。

气候、植被、地貌、河流与湖泊是构成江河源区生态环境的主要要素。气候是最基本的要素,水热条件的组合决定了植被的种类与分布以及河流的某些水文特征;地形地貌的变化使气候分布出现分异,对河流的水文性质起着决定作用;而河流的水文特征又可以反映气候与地形地貌。由此,界定江河源区生态环境研究范围的主要依据首先是与植物生长及分布

密切有关的温度、水分状况,反映水热组合的植被类型和河流的水文特征,以及与这些因素有紧密联系的地势结构。

根据上述原则与依据,我们对长江黄河源区范围的界定进行如下科学分析。

1.1.3 长江黄河源区界定的科学分析

1.1.3.1 地貌单元的完整性

首先对黄河源区的地貌特征进行分析。在青海省达日以上,黄河流域基本为地质构造所控制的高平原地貌单元,地势高峻,但原面相对完整,河床比降小,平均为 $1.38‰ \sim 2.3‰$ (王根绪、程国栋 1998),并分布着低山宽谷与湖沼地貌。地理概念上的源区,以多石峡为界,属高原湖泊沼泽地貌。但在多石峡以下,同源区具相似地貌特征的区域可延伸到达日县境的特合土附近(科曲与黄河汇口处),沿干流方向地形变化平缓(图 1-2,见彩图)。特合土至达日之间为湖沼地貌向高山峡谷地貌的过渡地带,在达日以下,当流域进入巴颜喀拉山与阿尼玛卿山之间时,河谷缩小,黄河开始其在青藏高原迂回曲折、深切峡谷的径流过程。图 1-3a 是黄河上游干流各控制点控制的流域平均坡度柱状图,在多石峡以上的黄河源头区,流域平均坡度小于 2.2° ;而在多石峡以下,达日水文站控制的流域平均坡度突然增大,这说明达日附近是黄河上游流域地形地貌变化的转折区,在其以上地势较为平缓,由高原面主体所控制;在其以下为高原深切峡谷区,海拔高度开始降低,向高原边缘过渡。从地貌单元的完整性来看,达日以上区域具有统一的地貌单元。

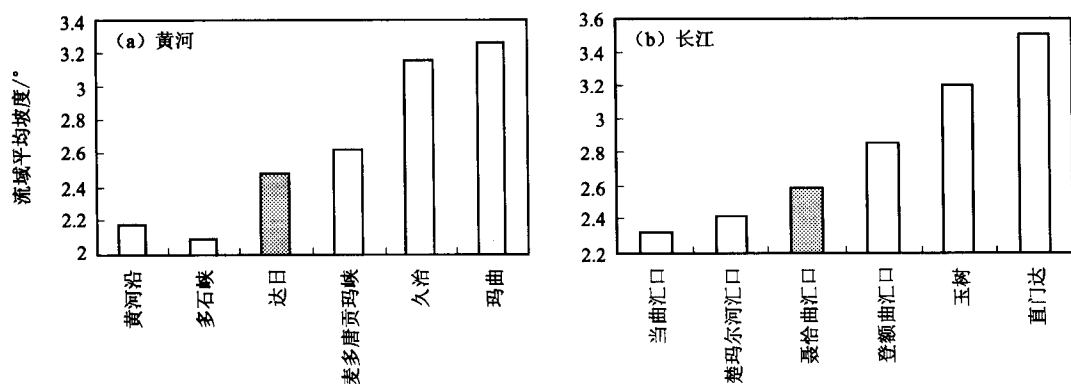


图 1-3 黄河(a)与长江(b)源区流域平均坡度

长江源区是由昆仑山(北)、唐古拉山(南)、巴颜喀拉山(东),以及乌兰多拉山、祖尔肯乌拉山(西)形成的一个巨大的高原盆谷地(沈永平等 1998),在楚玛尔河汇口以上,流域地貌为高平原丘陵区,干流两岸平缓开阔,河道比降平均为 $5.7‰ \sim 1.03‰$ (王根绪、程国栋 1998),在楚玛尔河汇口至聂恰曲汇口以上为高平原丘陵区向高山峡谷区的过渡地带,两岸山顶比高由不足 300 m 增加至 600 m,河源区的地形、地貌由此为界(图 1-2,见彩图)。

长江直门达以上流域各控制点控制的流域平均坡度柱状图(图 1-3b)也显示,在聂恰曲汇口以上,流域平均坡度小于 2.6° ,地形变化和缓,聂恰曲汇口之下,流域平均坡度逐渐增大,流域进入高山峡谷区。

1.1.3.2 生态环境主成分的趋同性

在黄河源头区,大致以巴颜喀拉山主峰(5 266 m)为中心,夏季平均气温形成闭合等温线(图 1-4a),中心温度为 5℃,由此向四周递增。受经度与高度的地带性影响,夏季气温由西北向东南升高,以 12℃ 等温线为界将黄河上游地区分为寒冷的源头区与温凉的东南地区。就年平均相对湿度变化而言,巴颜喀拉山主峰附近最高(56%~58%),由此向四周递减,在达日以东湿度又增高(54%~60%),特合土与达日之间正好形成湿度变化的转折区(图1-5)。在长江源区,受纬度的地带性影响,夏季平均气温由北向南递增(图 1-4a),年平均相对湿度从北向南递减(图 1-5),长江源区的年降水量变化介于 450~200 mm 之间(图 1-4b)。

综合上面的分析并结合青藏高原的自然地带与气候区划(郑度等 1979,林振耀、吴祥定 1981),以达日为界,黄河流域明显区分为半湿润与半干旱区,达日以西至源头地区降水量由 500 mm 降至 250 mm 左右,达日以东至久治县境降水量由 500 mm 增至 800 mm 左右(图 1-4b),由此形成了源区统一的半干旱高寒气候条件。长江源区由于范围广大,气候上属于那曲—果洛半湿润区与羌唐干旱半干旱区,其中南羌唐高寒半干旱区是长江源区的主要气候类型,其东南与藏东半湿润区的分界线位于治多与曲麻莱一线附近(林振耀、吴祥定 1981)。

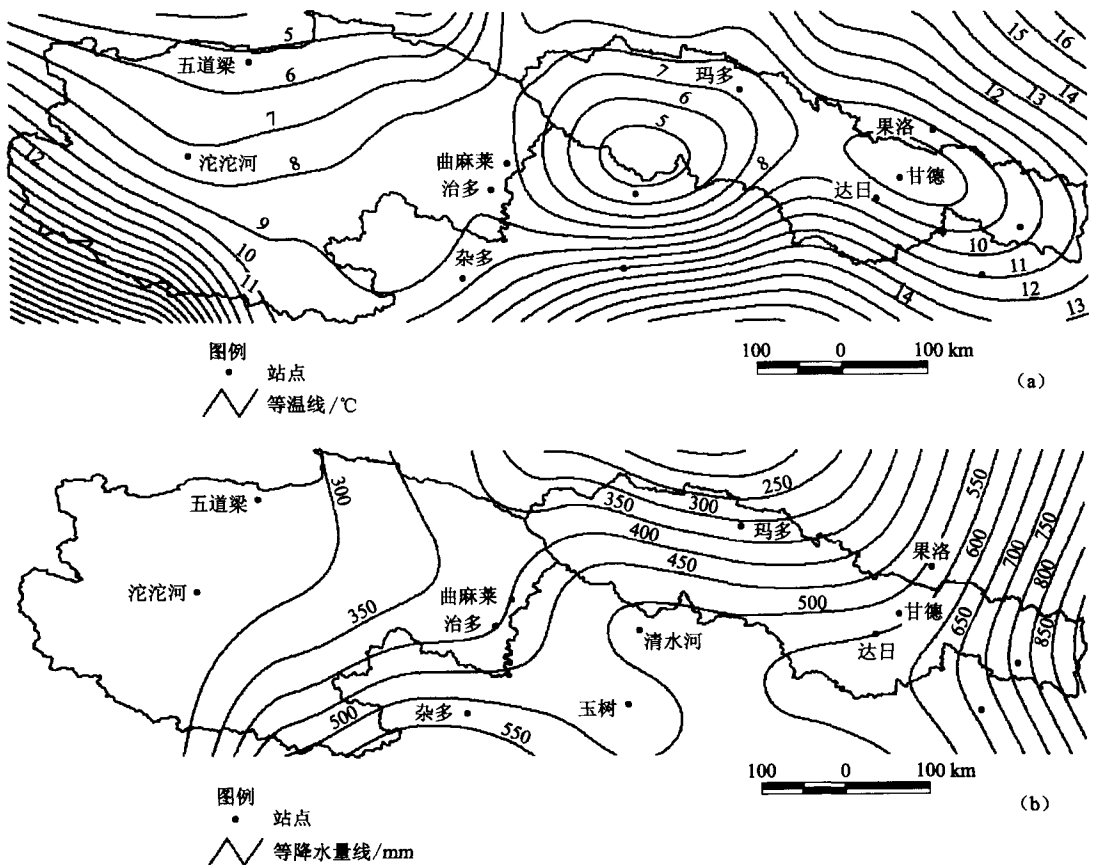


图 1-4 长江黄河源区夏季平均气温(a)与年降水量(b)的分布

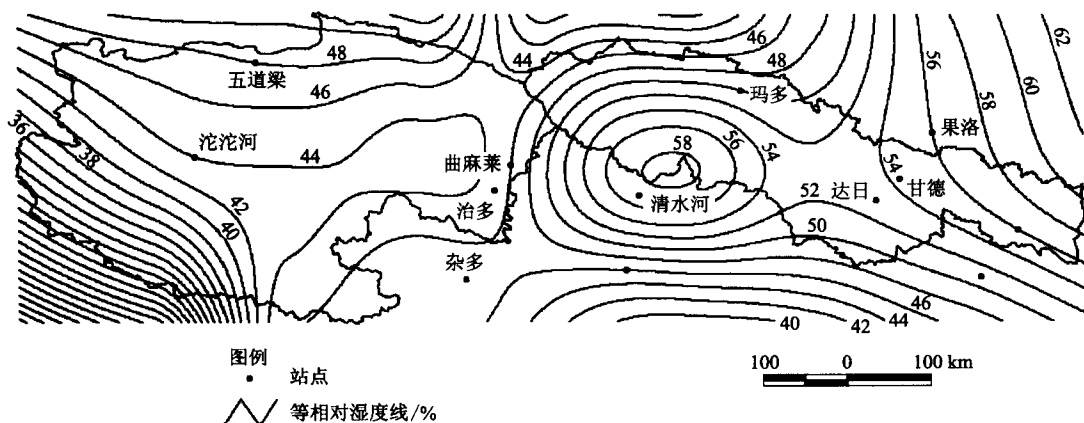


图 1-5 长江黄河源区相对湿度分布

受水热条件控制,植被分布也呈明显的水平分异现象(图 1-6,见彩图)。以达日县为界,向西至玛多源头区,植被由以金露梅、毛枝山居柳、鬼箭锦鸡儿等为主的灌丛和高山嵩草草甸演变为以紫花针茅和高山嵩草异针茅为主的草原化草甸,向东则以灌丛和草甸为主(图 1-6a,见彩图)。长江源区植被分布以高寒草原为主,在源头区分布高寒垫状植被,在通天河、当曲、布曲、杂尔曲一线以南地区为高寒草甸分布区,向流域东南大约以治多县境为界,逐渐过渡为高寒灌丛植被(图 1-6b,见彩图)。

1.1.3.3 地理与水文源区的同一性

在地理概念上认为从多石峡以上的黄河沿开始形成黄河干流,此段黄河年径流量约为 6.02 亿 m^3 ,但在多石峡以下、达日以上,年径流量超出 6.0 亿 m^3 的一级支流还有 3 支:达日河(7.96 亿 m^3)、热曲(6.6 亿 m^3)、科曲(6.1 亿 m^3),其径流总量共计 20.66 亿 m^3 ,占到达日站平均年径流量 32.55 亿 m^3 (扣除源头来水 6.02 亿 m^3) 的 63% 以上(表 1-1)。另一方面,从多石峡至达日,黄河干流长度仅约 140 km ,而黄河沿以上干流长度为 270 km ,一级支流密度在多石峡—达日区段为 $6.0 \text{ 条}/100 \text{ km}^2$,大于多石峡以上区段的密度(仅为 $2.2 \text{ 条}/100 \text{ km}^2$)。黄河沿段河道宽 $30 \sim 40 \text{ m}$,热曲干流 $14 \sim 55 \text{ m}$,达日河干流宽度 40 m (青海省水利志编委会 1995)。由此可见,达日以上的三大支流与黄河沿以上流域具有类似的水文特征。事实上将黄河源区看做由 4 条一级支流构成的水文系统更为合理,因为黄河沿以上流域不具备对同一地貌单元水环境的包容性,而达日以上区段对黄河源区出水量起着显著

表 1-1 黄河源区几大支流的水文特征

流域名称	流域面积/ km^2	年径流量/(亿 m^3)	河宽/ m	干流长度/ km
黄河沿以上	20 930	6.02	$30 \sim 40$	270
黄河沿—达日	24 085	38.57	$30 \sim 50$	140
热曲	6 596	6.6	$14 \sim 55$	314
达日河	3 377	7.96	$30 \sim 40$	413
科曲	2 465	6.1	$30 \sim 60$	339

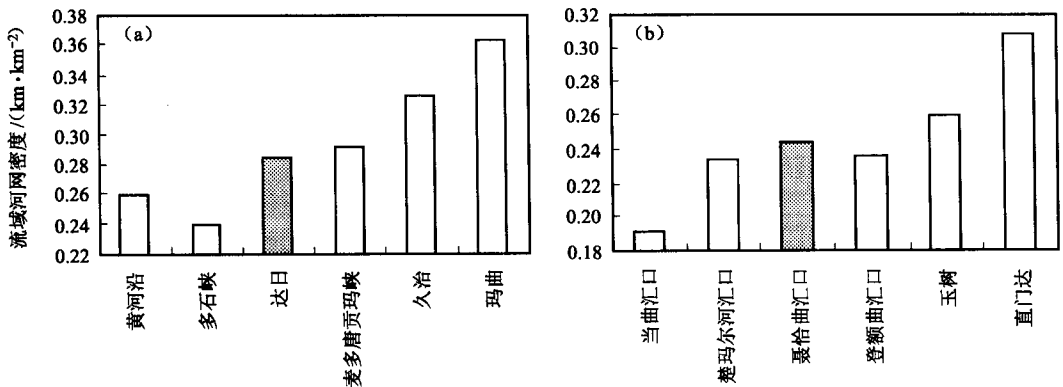


图 1-7 黄河源区(a)与长江源区(b)河网密度的变化

的控制作用。

长江流域上游干流通天河在楚玛尔河汇入后,流域面积 10.27 万 km²,年总径流量约 68.03 亿 m³,多年平均流量 215.73 m³·s⁻¹(青海省计划委员会 1991),已形成对源区范围内任何支流的环境包容能力。

另外,从流域水系特征分析,也可以看出江河源区水系界线也是较清楚的。在黄河上游依次选取黄河沿、多石峡出口、达日、麦多唐贡玛峡入口、久治、玛曲 6 个控制点,分别计算出各控制点控制的流域河网密度(图 1-7a)。达日水文站是黄河上游流域河网密度由小变大的转折点,在达日以西,流域河网密度小于 0.28 km·km⁻²;而在达日以东,各控制点控制的流域河网密度逐渐增大,至玛曲,河网密度已高达 0.36 km·km⁻²。采用同样的方法在长江直门达以上流域,依次选取当曲与通天河的汇口、楚玛尔河汇口、聂恰曲汇口、登额曲汇口、玉树、直门达 6 个控制点,并分别计算各控制点控制的流域河网密度,图 1-7b 是它们各自控制的流域河网密度柱状图,从当曲汇口顺流域而下,各控制点控制的流域河网密度逐渐增大,至聂恰曲汇口为 0.24 km·km⁻²,而在聂恰曲汇口以下,登额曲汇口控制的流域河网密度变小(0.23 km·km⁻²),从登额曲汇口至直门达之间,各控制点控制的流域河网密度又一次增大,表明聂恰曲汇口是长江直门达以上流域河网密度变化的转折点。流域河网密度变化与流域平均坡度变化的一致性说明了地形对流域水文状况的影响是非常显著的,同样,流域河网密度与流域平均坡度的变化也反映了地形的变化。

1.1.4 界定结果与讨论

水文学概念上的黄河源区以唐乃亥水文站为界,这种划分既有利于上游水系状况、水文情势研究,又有利于上游水土流失等生态环境研究,但在唐乃亥水文站以上,地貌、地形、气候、植被等变化不一,不满足文中确定的四条原则,因此唐乃亥水文站不能作为生态环境研究的源区边界。在达日水文站以上,源区有统一的地貌单元、统一的高寒半干旱气候条件、统一的草原化草甸植被,而且达日水文站又是黄河上游流域河网密度与流域平均坡度变化的转折点,对其上的水文状况具有控制作用。因此,综合来看,黄河源区以达日水文站为界更适宜、更科学。

在水文学上,直门达水文站以上的集水面积为长江源区。直门达水文站是长江出青海