



2012
年度报告

全球生态环境遥感监测

(陆表水域面积分布状况) 中文版

*Annual Report on Remote Sensing Monitoring of
Global Ecosystem and Environment (Land Surface Water)*



中华人民共和国科学技术部国家遥感中心

全球生态环境遥感监测 2012年度报告

（陆表水域面积分布状况）

中华人民共和国科学技术部国家遥感中心

全球生态环境遥感监测2012年度报告工作顾问组

组 长：徐冠华

副组长：童庆禧 郭华东

成 员：（按姓氏笔画排列）

王光谦 田国良 刘纪远 何昌垂 吴国雄 张国成 李纪人 李朋德
陈拂晓 陈镜明 周成虎 孟 伟 武国祥 金亚秋 施建成 唐守正
徐希孺 秦大河 傅伯杰

全球生态环境遥感监测2012年度报告工作专家组

组 长：郭华东

副组长：李加洪 牛 铮

成 员：（按姓氏笔画排列）

于秀波 千怀遂 王 桥 卢乃锰 刘 闯 刘纪平 吴志峰 吴炳方
李增元 陈 军 陈良富 林明森 宫 鹏 唐新明 徐 文 高志海
曹春香 梁顺林 戴尔阜

《陆表水域面积分布状况》报告编写组

组 长：陈 军 宫 鹏

副组长：陈利军 张松梅

成 员：

卢 麾 曹 鑫 田国良 牛 铮 千怀遂 刘 闯 廖安平 陈 晋
孙芳蒂 付 薇 林忠辉 庞治国 李铁建 李 磊 李 阳 何超英
彭 舒 武国祥 于秀波 高志海 宫阿都 吴志峰 戴尔阜 周 翔
文小航 张 景 刘 爽 苏德国



《全球生态环境遥感监测2012年度报告》及其中、英文简本的电子版，
以及相关数据集产品，可在中国空间信息网下载
(<http://www.csi.gov.cn>)

序 言

近代以来，经济和科学技术的迅猛发展，为人类创造了巨大的财富，同时，人类对地球资源的消耗和环境的破坏，导致全球性生态环境问题的日益突出，特别是全球气候变暖、水资源匮乏与污染、生物多样性锐减和土地荒漠化等重大生态环境问题，不仅影响全球经济、社会的可持续发展，而且以越来越快的速度腐蚀着人类生存的基础。

中国政府一贯重视生态环境建设，在科学研究、政策制定和行动落实等层面动员和集聚了大量社会资源致力于中国和全球生态环境的研究和保护。作为技术保障措施之一，中国逐步建立了气象、资源、环境和海洋等地球观测卫星及其应用系统，并在相关学科领域规划了一系列科学研究和技术开发项目，地球观测技术能力有了很大提高，在环境、资源和减灾等的获取和信息提取以及分析方面取得了阶段性成果。同时，通过地球观测组织（Group on Earth Observations, GEO）合作平台，中国与国际社会共享其全球生态环境遥感监测数据和相关的信息产品。

2012年召开的中国共产党第十八次全国代表大会明确指出，生态文明建设是中国特色社会主义理论体系和中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局的重要组成部分。为了保障生态文明和美丽中国的成功建设，满足国际社会共同关注地球家园、积极应对全球变化的需要，科学技术部充分发挥中国参加 GEO 建立的部际协调机制的作用，依托现有项目资源，协同多个研究团队，自 2012 年 2 月启动“全球生态环境遥感监测年报”工作。该工作以服务于生态文明建设为目标，结合需求，发挥遥感技术优势，利用地球观测技术在全球和区域尺度上对生态环境因子进行年度动态监测，编制全球及区域生态环境综合报告和科学技术报告（含数据集），并建立年度报告发布制度，为政府及公众提供稳定的信息服务。

科学技术部国家遥感中心按照“部门协同、内外结合、成果集成、数据共享、国际合作”的基本思路，对生态环境遥感监测工作进行了总体部署，制定了相应的实施计划，每年将选择不同的生态环境因子，开展全球生态环境遥感监测研究，发布年度报告。2012 年度首次开

展全球生态环境遥感监测工作，并发布了《全球生态环境遥感监测 2012 年度报告（陆表水域面积分布状况）》。该报告依托国家高技术研究发展计划（863 计划）地球观测与导航技术领域的相关研究成果，利用 30 m 和 500 m 分辨率的遥感影像数据，形成了全球 2010 年陆表水域数据集和全球典型湖泊 2001~2011 年的连续监测结果。

全球生态环境遥感监测与分析报告是一项长期而艰巨的任务，本次年报仅仅是一个开始。今后将加强对现有数据产品的验证与完善，进一步开展对多个全球生态环境因子遥感监测与更新，致力于为各国政府、研究机构和国际组织的环境问题研究和制定环境政策提供依据，同时也为全世界关注环境问题的团体与个人提供新的全球视角和工具。

目录 CONTENTS

1 引言	01
2 全球陆表水域面积分布状况	04
2.1 总体空间分布状况	04
2.2 各气候区水域分布特征	07
3 各大洲陆表水域面积分布状况	08
3.1 亚洲陆表水域面积分布状况	08
3.2 欧洲陆表水域面积分布状况	11
3.3 非洲陆表水域面积分布状况	14
3.4 北美洲陆表水域面积分布状况	16
3.5 南美洲陆表水域面积分布状况	18
3.6 大洋洲陆表水域面积分布状况	20
4 中国陆表水域面积分布状况	22
5 全球典型湖泊面积动态变化	25
5.1 鄱阳湖（亚洲）	25
5.2 咸海（亚洲）	27
5.3 维多利亚湖（非洲）	29
5.4 维纳恩湖（欧洲）	31
5.5 五大湖（北美洲）	33
5.6 的的喀喀湖（南美洲）	35
5.7 艾尔湖（大洋洲）	37
6 结语	39
致谢	40
附表	41
附图	47
名词解释	54

1 引言

陆表水域是全球水循环主要组成部分之一，常以河流、湖泊、水库和过渡性水域等液态形式存在。陆表水域的空间分布一定程度上反映着陆表水资源的储存、利用状况，而其波动或变化体现着气候变化、地表过程及人类活动对水循环、物质迁移及生态系统变化的影响。陆表水域的时空分布特征及其变化深刻地影响着全球生态、经济和人类福祉。在气候变化背景下，受过量取水、城镇生活污水、工业废水排放和农业面源污染等多重影响，全球陆表水域时空特征发生了一系列重要变化，不仅影响了水域生态系统的服务功能，而且对生态安全构成严重威胁。因此，全面实时掌握陆表水域的空间分布特征、持续监测其动态变化，是推动全球水循环研究、加强水资源管理、应对全球环境变化、实施全球生态环境健康诊断的一项重要基础工作。

就全球尺度而言，陆表水域分布广，季节波动大，区域差异显著。卫星遥感具有覆盖范围广、监测频次高、人力经济成本低等优势，为监测全球陆表水域变化提供先进的技术手段。为此，国家高技术研究发展计划（863 计划）在地球观测与导航技术领域实施了“全球地表覆盖遥感制图与关键技术研究”项目，率先开展了全球地表覆盖高精度遥感制图工作。本报告中所使用的全球陆表水域监测结果即来源于该项目所形成的全球地表覆盖遥感数据产品（Global Land-30）。

本报告中全球陆表水域遥感监测所采用的遥感数据包括：（1）2010 基准年的 30 m 空间分辨率的数据，包括陆地卫星 Landsat 5 专题制图仪（Thematic Mapper, TM）、Landsat 7 增强型专题制图仪（Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+）数据共 9907 景，中国环境减灾卫星（HJ-1）影像数据共 2640 景和局部地区的北京一号小卫星（BJ-1）影像数据。（2）

长时间序列、低空间分辨率的遥感影像：2001~2010 年 Terra/Aqua 卫星中分辨率成像光谱仪 (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) 500 m 空间分辨率 8 天合成反射率产品 (MOD09A1)，2011 年的中国气象卫星风云三号 (FY-3) 中分辨率光谱成像仪 (Medium Resolution Spectral Imager, MERSI) 250 m 空间分辨率逐日反射率数据。

本报告所采用的其它资料还有：(1) 全球基础地理底图数据 (1:100 万)，用于海陆掩膜和分大洲、分国家统计分析。(2) 全球湖泊湿地数据、4 套全球 1 km 地表覆盖产品与 2 套全球 300 m 地表覆盖产品等¹，用于监测成果的验证和误差分析。

监测对象与指标：(1) 监测对象：仅包括河流 (含运河)、湖泊、水库等，不包括冰川、积雪、沼泽、滩涂、水田等。(2) 监测指标：陆表水域平均面积和水域率。水域率定义为单位陆表面积中的陆表水域面积。

数据处理方法：(1) 数据预处理：对 30 m 遥感影像进行了几何纠正、辐射校正、大气校正和地形纠正等预处理。(2) 遥感提取方法：对 30 m 分辨率遥感影像采用基于像元的光谱分类、面向对象的图斑处理和人机交互的数据整合方法提取水域面积，对 MODIS 遥感影像采用 CBEST (Clustering Based on Ensemble and Spectral Technique) 聚类方法提取时间序列的水域面积。(3) 时相订正：所获取 30 m 空间分辨率的遥感影像在同一基准年度难以做到时相统一，而地表水域面积的季节波动性较大，因此，需要通过时相订正获得年平均水域面积，即通过 MODIS 时间序列数据获得年平均水域面积与年内任一时期的水域面积之间的比值，并以此比值为订正系数，从而计算出年平均水域面积。

质量控制与统计方法：(1) 质量控制：根据质量控制的要求，对图斑规格超过 3×3 像元 (面积大于 8100 m^2) 的水域，进行人工交互检查与编辑，以保证大面积水域的提取精度；对分景提取的成果进行接边，并进行接边质量检查。(2) 精度检验：对全球 30 m 水域面积产品，采用高分辨率遥感影像进行抽样检验；对局部地区典型湖泊 2001~2011 年高时间频度的中低分辨率遥感水域面积产品，利用 2010 年 30 m 分辨率遥感影像进行验证。(3) 空间统计：按大洲、国家、气候区等进行了陆表水域面积、水域率及其空间变异的统计分析；为方便在全球尺度上进行时空格局分析，在 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 经纬度格网中统计水域面积，并得到水域率。由于采用全球基础地理底图数据 (1:100 万) 和 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 经纬度格网为基本计算单元，

¹ 4 套 1km 全球地表覆盖数据分别由美国地质调查局、马里兰大学、波士顿大学、欧盟委员会联合研究中心等研究机构开发。欧洲空间局通过全球合作完成了 2005 年和 2009 年 300m 分辨率的全球地表覆盖制图 (GLOBCOVER)。

因此，陆地面积小于 1000 km^2 的国家不计入统计。另外，在统计过程中南极洲的陆地面积没有计入全球陆地面积。

本报告基于全球 2010 年陆表水域面积遥感监测结果，对全球陆表水域 2010 年空间格局进行了分析，揭示了各大洲和中国的陆表水域空间分布特征；基于 2001 ~ 2011 年各大洲和中国的典型湖泊的水域面积动态监测数据，对 7 个典型湖泊 2001 ~ 2011 年时空变化进行分析，揭示了典型湖泊的时空变化趋势。数据和相关报告在中国空间信息网 (<http://www.csi.gov.cn>) 发布。

本报告可为水资源管理、生态系统保护、应对气候变化和政府决策提供数据和科技支撑。



2 全球陆表水域面积分布状况

2.1 总体空间分布状况

2010 年全球陆表水域总面积为 367.67 万 km^2 ，水域面积占全球陆表总面积的 2.73%。

全球陆表水域的空间分布很不均匀（图 2-1）。从纬向看，主要集中于北半球的中高纬度地区和赤道地区。全球水域率较高的地区主要集中于北半球中高纬度地区、赤道地区和南半球中纬度地区（图 2-2）。北半球陆表水域面积占全球的 86.73%，水域率为 3.18%；其中全球陆表水域面积的 79%（北半球水域面积的 91.08%）集中分布于北纬 $30^\circ\sim 75^\circ$ 之间的中高纬度地区，该区域水域率为 4.66%；里海、咸海和北美五大湖区等较大的湖泊分布在北纬 $40^\circ\sim 50^\circ$ 之间。南半球陆表水域面积占全球的 13.27%，水域率为 1.41%；其中占南半球水域面积 59.91% 的水域集中在赤道至南纬 15° 之间的热带区域，该区域水域率为 1.97%。从经向看，东西半球陆表水域面积基本相当，东半球分布相对均匀，西半球主要集中于西经 $60^\circ\sim 140^\circ$ 。全球陆表水域的分布格局是气候、洋流和地形地貌共同作用的结果。

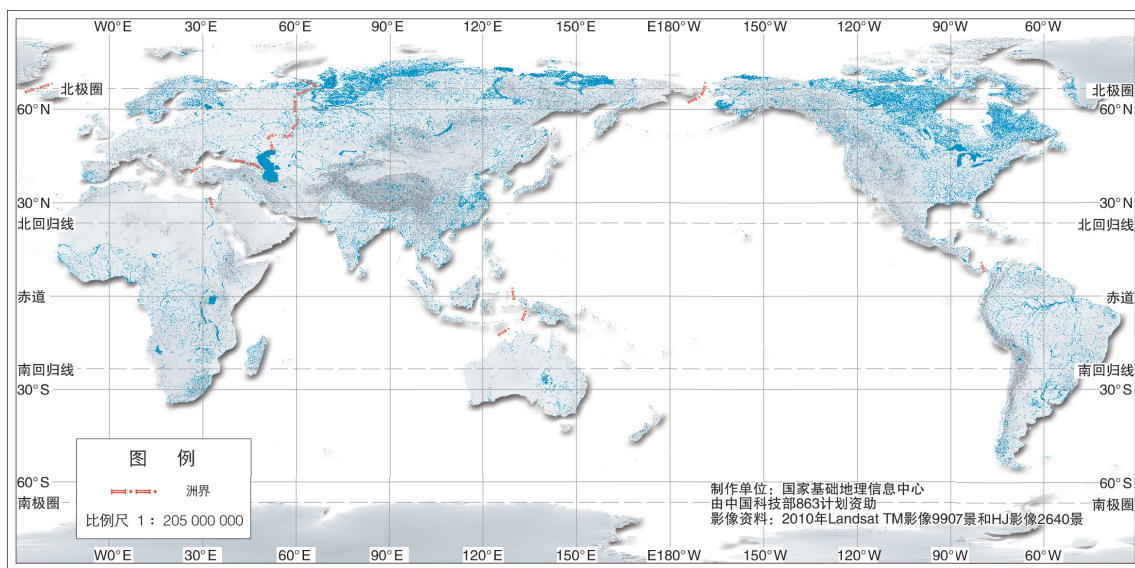


图 2-1 2010 年全球陆表水域分布图

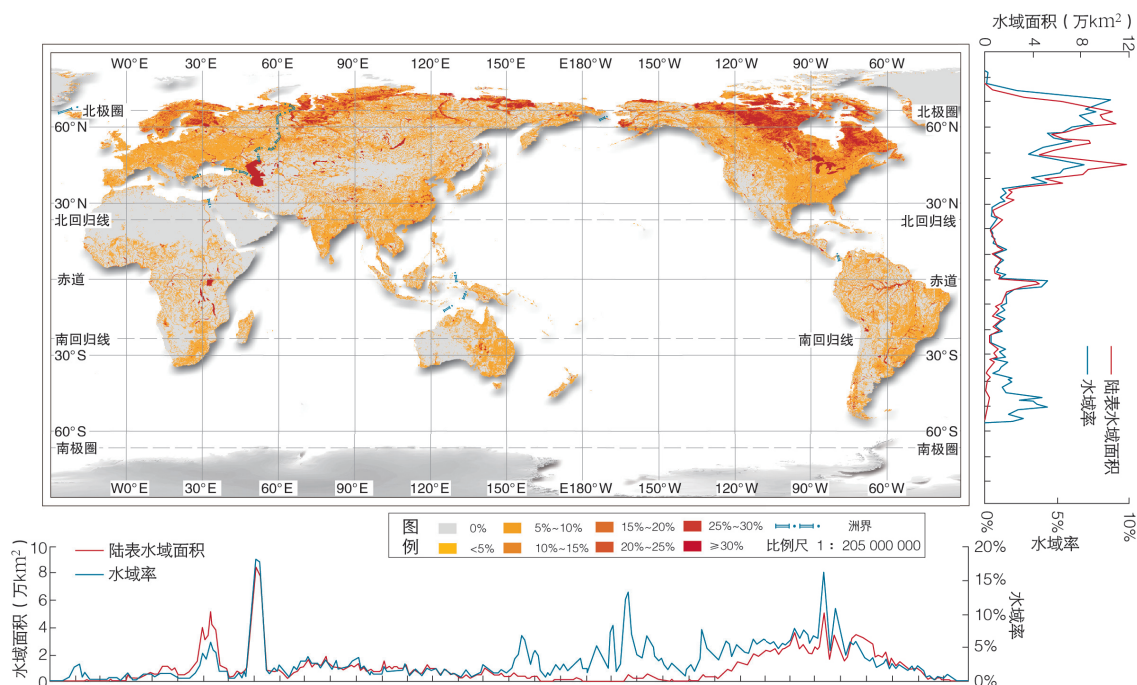


图 2-2 2010 年全球水域率及纬向和经向水域面积分布图

按照大洲统计，2010 年各大洲陆表水域面积占全球陆表水域比例依次为：北美洲（41.62%）、亚洲（33.80%）、欧洲（8.59%）、非洲（7.40%）、南美洲（7.28%）、大洋洲（1.31%）。按照水域率排序，则为北美洲、欧洲、亚洲、南美洲、非洲和大洋洲（表 2-1）。

以水域率的变异系数来表征水域分布的空间非均匀性。按照 0.1° 水域率网格数据统计分析，各大洲水域率变异系数大小排序为：非洲、大洋洲、南美洲、亚洲、欧洲和北美洲（表 2-1），表明北美洲陆表水域空间分布相对均匀，非洲陆表水域空间分布最集中，空间差异最大。陆表水域的空间分布差异对水资源和生态环境有一定的影响。

表 2-1 2010 年全球各大洲陆表水域分布统计表（不包括南极洲）

大洲	水域面积（万 km ² ）	占全球水域总面积的比例（%）	水域率（%）	水域率变异系数
全球	367.67	100.00	2.73	3.42
亚洲	124.28	33.80	2.79	3.71
欧洲	31.59	8.59	3.22	2.90
非洲	27.19	7.40	0.91	8.09
北美洲	153.02	41.62	6.28	2.29
南美洲	26.78	7.28	1.51	4.51
大洋洲	4.82	1.31	0.57	6.64

按照国家统计，2010 年全球陆表水域面积排在前十位的国家和地区是：加拿大、俄罗斯、美国、中国、巴西、哈萨克斯坦、坦桑尼亚、阿根廷、瑞典和芬兰。这十个国家中，加拿大水域率最高，中国和阿根廷水域率最低（图 2-3）。水域率的高低一定程度上反映了该国水资源丰缺程度。

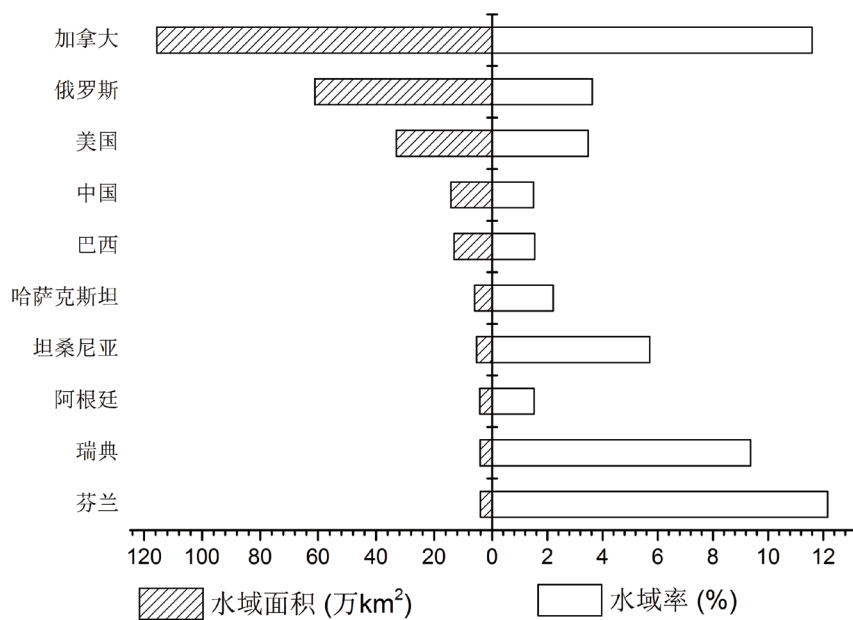


图 2-3 2010 年世界典型国家水域面积和水域率图

2.2 各气候区水域分布特征

根据柯本 - 盖格气候带分区，按 2010 年各气候区陆表水域面积占全球陆表水域面积比例统计，常湿冷温气候区陆表水域面积最大，其次为热带气候区；水域面积较小的区域为夏干冷温气候区和冰原气候区。按照水域率统计，苔原气候区、常湿冷温气候区的水域率较高，而冰原气候区和荒漠气候区的水域率比较低。全球陆表水域主要分布在中高纬度常湿冷温气候区和降水丰沛的低纬度热带气候区。水域率变异系数最大的是冰原气候区和荒漠气候区，其陆表水域分布相对集中，苔原气候区水域率变异系数最小，表明其陆表水域空间分布最为均匀（表 2-2）。

表 2-2 2010 年全球柯本气候带陆表水域分布统计表

气候分区	水域面积 (万 km ²)	占全球水域面积的比例 (%)	水域率 (%)	水域率变异系数
冬干冷温气候	11.43	3.11	1.90	5.00
冬干温暖气候	11.43	3.11	1.55	5.48
冰原气候	0.05	0.01	0.03	31.26
地中海式气候	8.83	2.40	3.19	4.76
夏干冷温气候	6.63	1.80	4.45	3.04
常湿冷温气候	174.06	47.36	6.06	2.29
常湿温暖气候	17.82	4.85	1.91	3.58
荒漠气候	28.68	7.80	1.06	7.89
热带季风气候	10.27	2.79	2.10	4.13
热带干湿季气候	20.35	5.54	1.22	5.77
热带雨林气候	10.24	2.79	1.70	4.70
苔原气候	39.13	10.65	7.96	1.75
草原气候	28.63	7.79	1.66	6.23

3 各大洲陆表水域面积分布状况

3.1 亚洲陆表水域面积分布状况

亚洲陆地面积占全球陆地面积的 33%，居各大洲陆地面积第一位。2010 年遥感监测的亚洲陆表水域面积为 124.28 万 km^2 ，占全球陆表水域面积的 33.80%，居全球各大洲第二位。

亚洲陆表水域分布具有北多南少、空间差异大、呈纬度地带性的特征。北纬 $60^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 的高纬度地区是全洲水域率最高的区域，水域率达 4.96%，水域面积占全洲陆表水域面积的 28.31%；北纬 $35^{\circ}\sim 48^{\circ}$ 之间中纬度地区的水域率次之，平均为 4.72%，陆表水域面积占全洲陆表水域面积的 43.03%；北纬 35° 以南低纬度地区的水域率很低，水域面积占全洲陆表水域面积的 17.31%，水域率仅为 1.18%（图 3-1，图 3-2）。亚洲陆表水域的空间分布格局受中部山脉高原带对大西洋、印度洋和太平洋水汽阻隔作用的影响，也与亚洲中部山脉所形成的中亚干旱区密切相关。

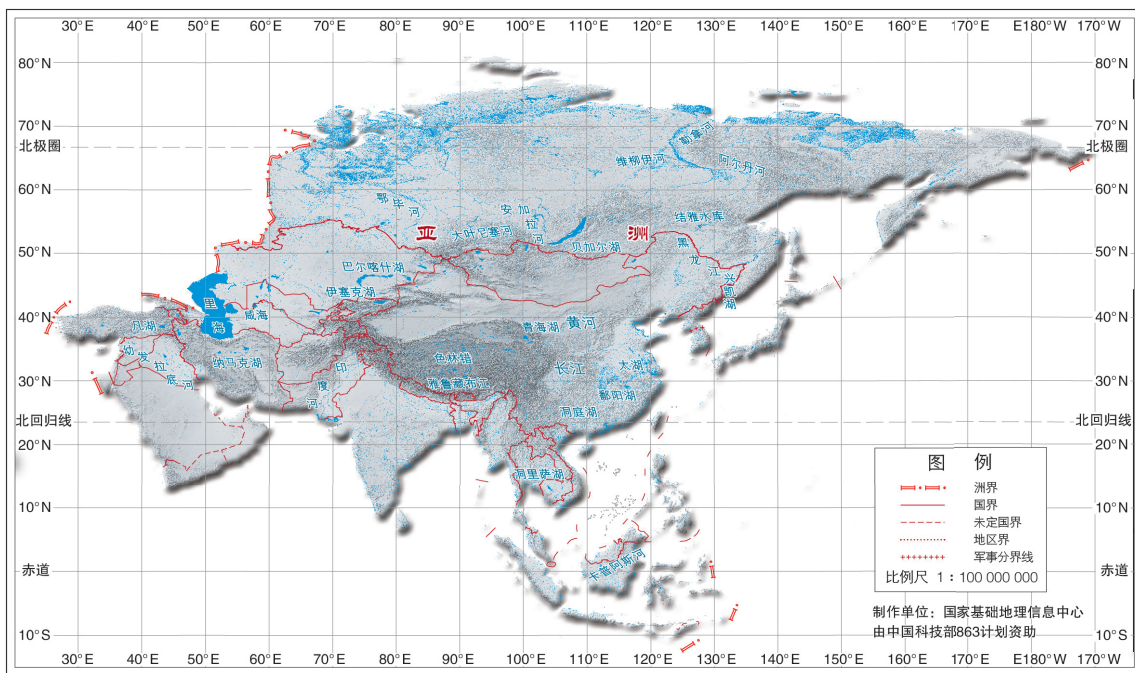


图 3-1 2010 年亚洲陆表水域分布图

按分区统计（表 3-1），水域面积分布从大到小依次为北亚、东亚、中亚、东南亚、南亚和西亚；水域率从大到小依次为北亚、中亚、东亚、东南亚、南亚和西亚。扣除里海的影响，则西亚地区的陆表水域率最低。水域率变异系数最大的是西亚地区，表明西亚水域分布最为集中，空间差异最大。北亚地区水域率变异系数最小，水域空间分布相对均匀，空间差异最小。

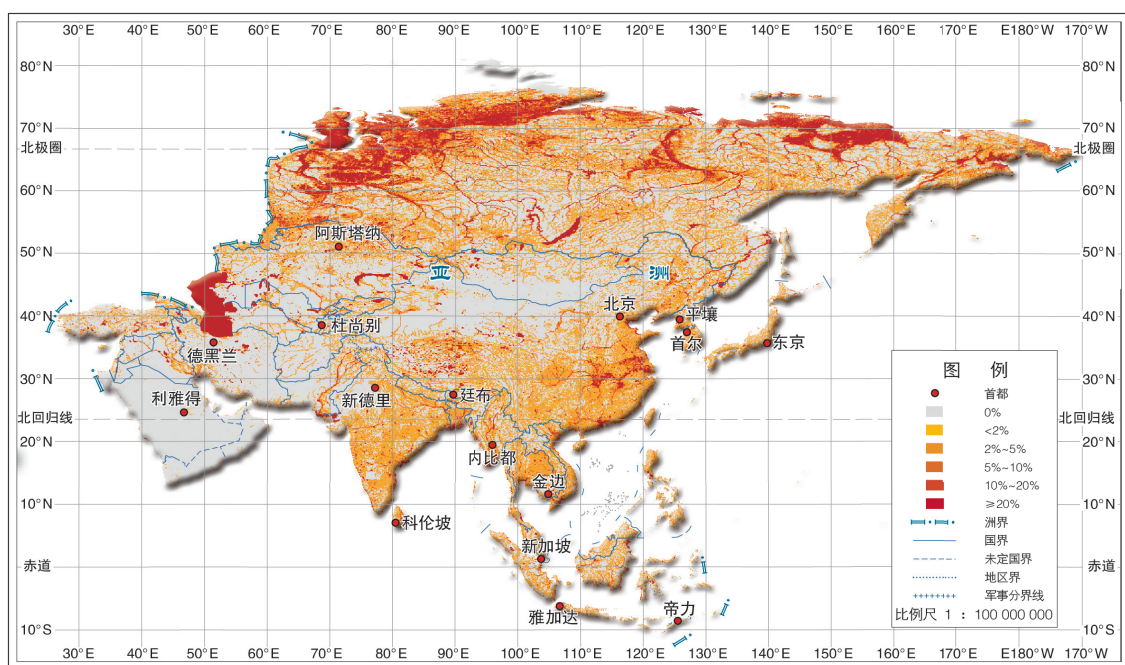


图 3-2 2010 年亚洲水域率分布图

表 3-1 2010 年亚洲各区陆表水域分布统计表

地区	水域面积 (万 km ²)	水域率 (%)	空间变异系数
北亚	46.32	3.59	2.46
东南亚	5.65	1.27	4.03
东亚	16.28	1.40	5.07
南亚	5.05	1.16	4.55
中亚	11.06	2.76	4.82
西亚 (包括里海)	39.92	5.58	3.69
西亚 (不包括里海)	3.76	0.56	8.77

按国家统计 (图 3-3), 2010 年水域面积排在亚洲前十位的国家和地区是: 中国、哈萨克斯坦、印度、土库曼斯坦、印度尼西亚、伊朗、乌兹别克斯坦、蒙古、土耳其和泰国。其中, 土库曼斯坦因包括卡拉博加兹湾 (约占其水域面积的一半), 水域率高达 4.92%, 而蒙古水域率仅为 0.93%。需要说明的是, 里海水域面积 36.15 万 km², 全部计入亚洲, 但未计入哈萨克斯坦、俄罗斯、土库曼斯坦、伊朗和阿塞拜疆等周边国家; 俄罗斯的亚洲部分水域面积很大, 但在按国家的统计中列入欧洲。

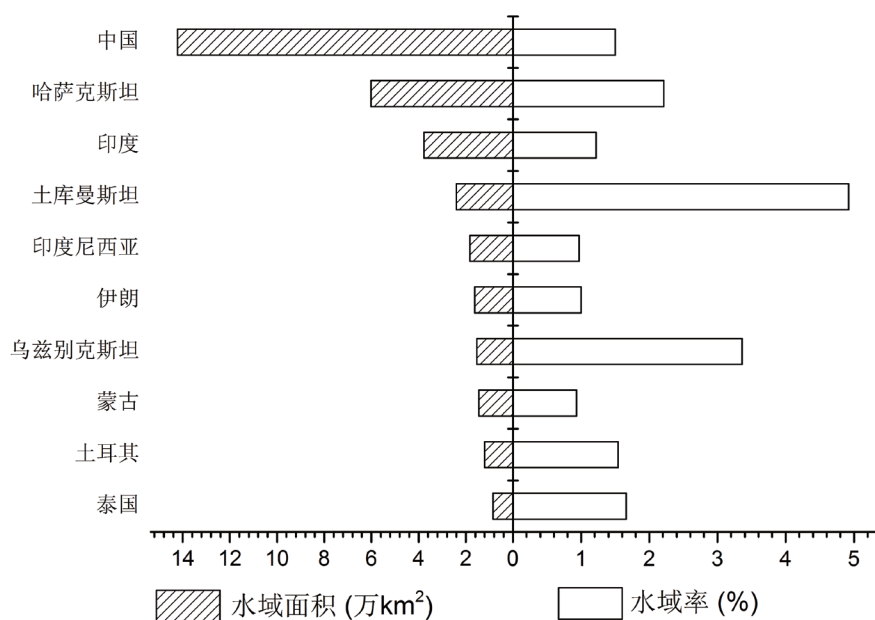


图 3-3 2010 年亚洲典型国家水域面积和水域率图

3.2 欧洲陆表水域面积分布状况

欧洲陆表面积占全球陆地面积的 7.4%，2010 年遥感监测的欧洲陆表水域面积为 31.59 万 km^2 ，水域面积占全球陆表水域面积的 8.59%，水域率为 3.22%，高于全球平均水平。

欧洲水域分布特点为：北多南少，呈纬度地带性分布（图 3-4，图 3-5）。北纬 56° 以北的区域占全洲陆地面积的 40.39%，而水域面积占全洲陆表水域总面积的 72.68%，水域率为 6.11%；而北纬 56° 以南区域水域率仅为 1.40%。水域率大的地区主要集中在北欧和俄罗斯北部，以及乌拉尔山脉西麓至黑海的卡马河 - 伏尔加河和顿河干流沿线、东欧西南部的第聂伯河干流沿线。其中，北欧陆表水域主要为湖泊，包括大型构造湖、冰碛湖和融冻湖等；卡马河 - 伏尔加河、顿河和第聂伯河干流沿线以水库等人工水域为主。

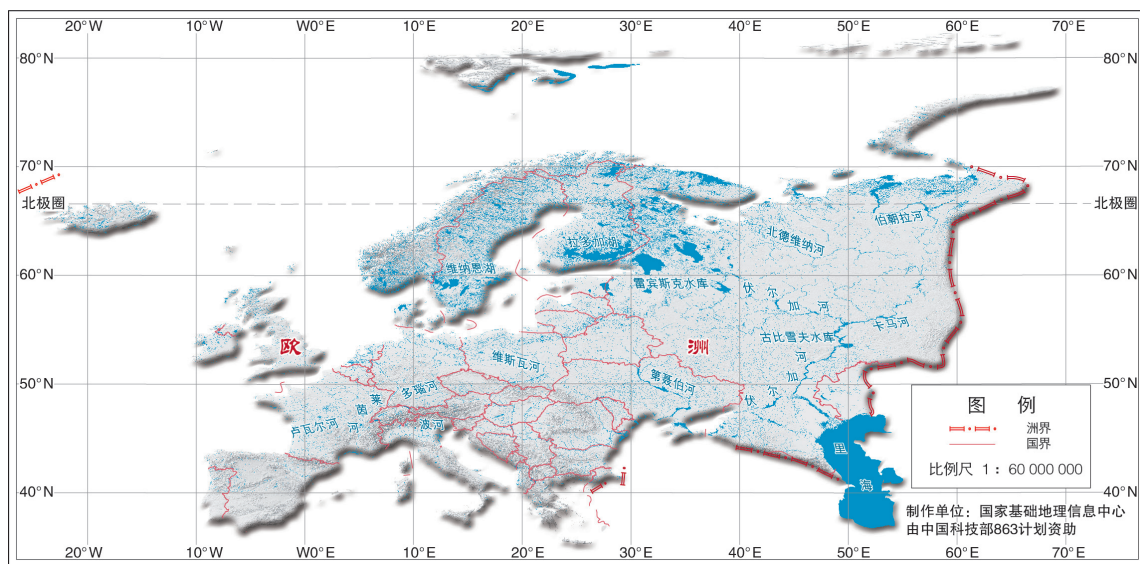


图 3-4 2010 年欧洲陆表水域分布图

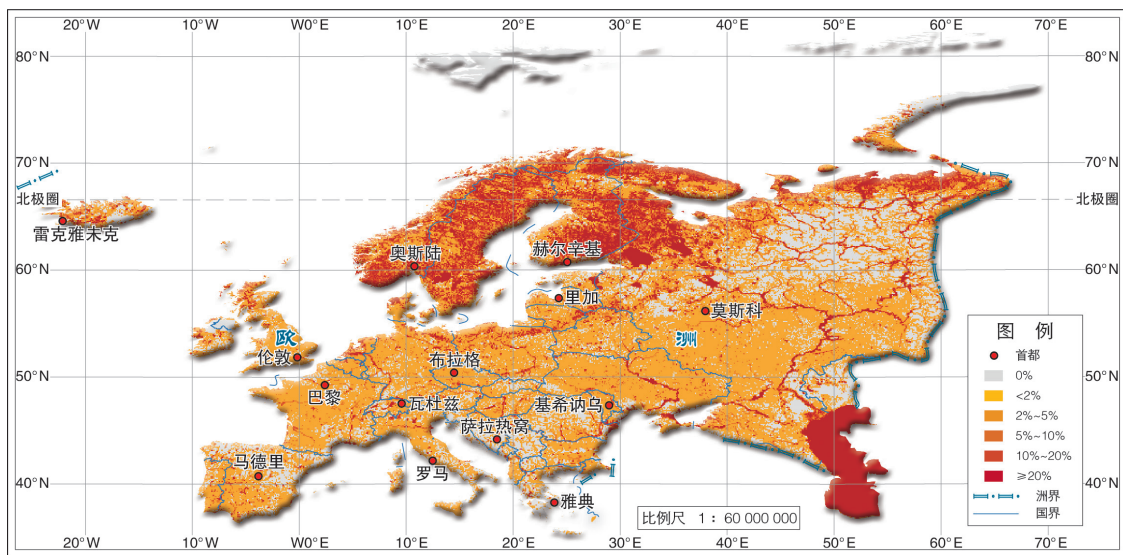


图 3-5 2010 年欧洲水域率分布图

欧洲各部分的水域面积和水域率如表 3-2 所示。按 2010 年水域面积排序，东欧水域面积最大，为 16.74 万 km²，占欧洲水域面积的 53%。各区中，北欧的水域率最大，为 8.20%，是欧洲平均水平的 2.55 倍。

表 3-2 2010 年欧洲各区陆表水域分布统计表

地区	水域面积（万 km ² ）	水域率（%）	空间变异系数
东欧	16.74	3.38	3.20
西欧	0.97	1.04	3.19
南欧	1.59	0.96	4.05
北欧	10.83	8.20	1.67
中欧	1.46	1.44	3.09

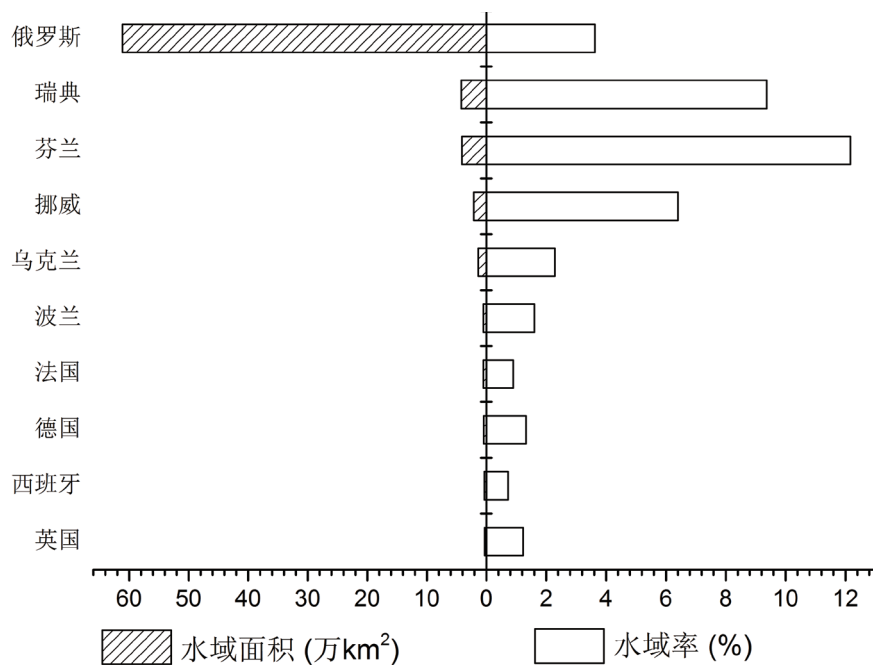


图 3-6 2010 年欧洲典型国家水域面积和水域率图

按国家和地区行政单元统计，2010 年欧洲水域面积较大的国家是：俄罗斯、瑞典、芬兰、挪威、乌克兰、波兰、法国、德国、西班牙和罗马尼亚等。其中，芬兰水域率高达 12.16%，而西班牙仅为 0.72%（图 3-6）。

3.3 非洲陆表水域面积分布状况

非洲陆地面积占全球陆地面积的 20%，为世界第二大洲。2010 年遥感监测的非洲陆表水域面积为 27.19 万 km^2 ，仅占全球陆表水域面积总数的 7.40%，水域率为 0.91%，低于全球平均水平。

非洲水域分布呈现出中部多、南部次之、北部少的特征（图 3-7，图 3-8）。非洲中部的东非大裂谷沿线和赤道两侧水域分布集中，水域面积和水域率均远高于全洲平均水平；而面积约占全洲面积 1/3 的北部亚撒哈拉地区，沙漠广布，降水稀少，水域面积仅占非洲水域总面积的 5.36%，水域率大多小于 0.1%，是全球最缺水的地区。

按分区统计，水域面积从大到小依次为东非、南非、中非、西非和北非。其中，东非地区是非洲水域分布最为丰富的地区，水域分布的空间差异为全洲最小；北非的水域率最低，水域率空间变异系数最大，表明其水域分布最为集中，空间差异最大，导致区域水资源分布差异最大（表 3-3）。

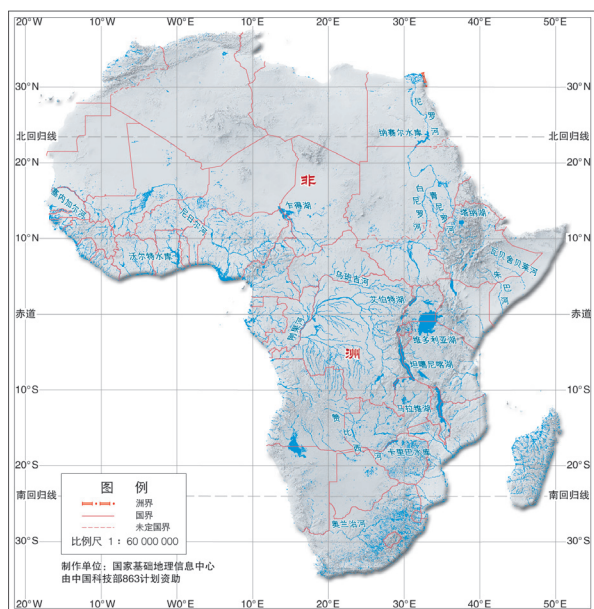


图 3-7 2010 年非洲陆表水域分布图

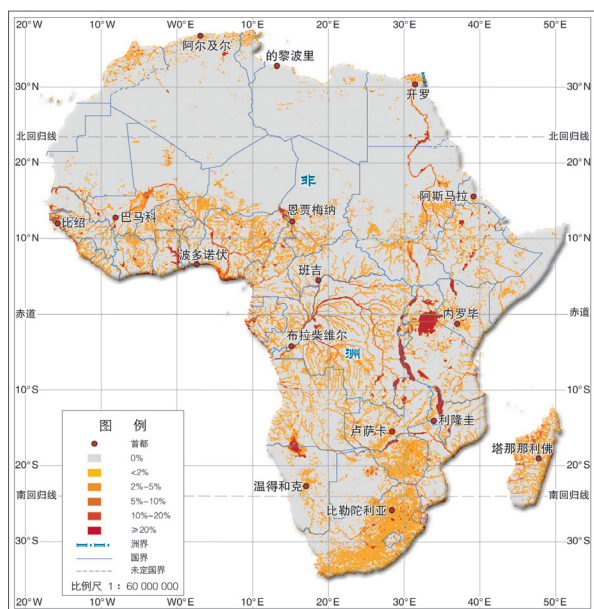


图 3-8 2010 年非洲水域率分布图

表 3-3 2010 年非洲各区陆表水域分布统计表

地区	水域面积（万 km ² ）	水域率（%）	水域率变异系数
北非	1.46	0.18	12.50
东非	11.19	3.01	5.06
南非	6.49	0.99	7.28
西非	2.92	0.46	7.88
中非	5.13	0.96	6.95

按国家和地区行政单元统计,水域面积排在前十位的国家和地区是: 坦桑尼亚、刚果(金)、乌干达、马拉维、赞比亚、肯尼亚、莫桑比克、尼日利亚、加纳和埃塞俄比亚。其中, 马拉维水域率高达 17.89%, 埃塞俄比亚仅为 0.70% (图 3-9)。

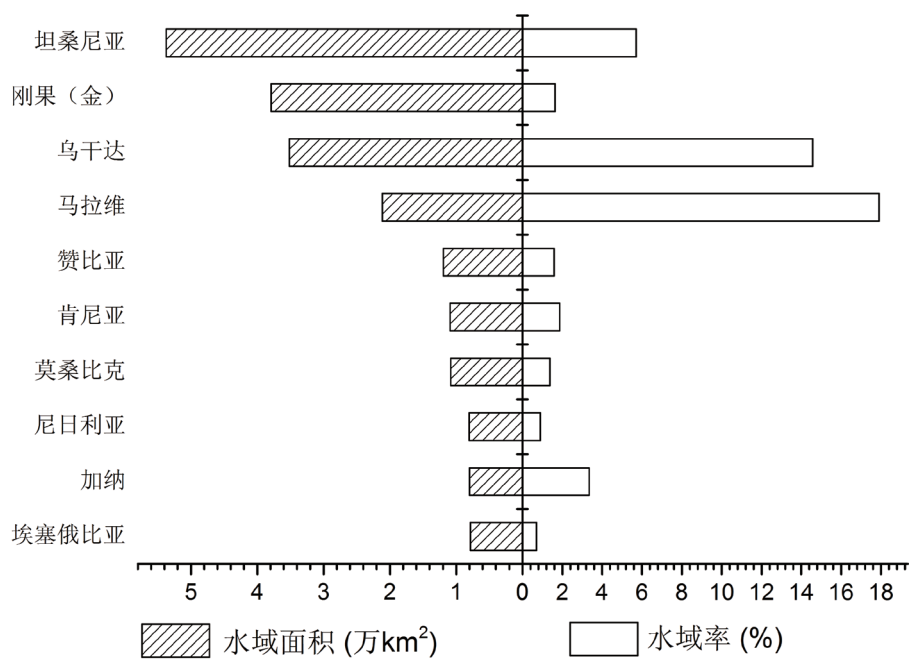


图 3-9 2010 年非洲典型国家水域面积和水域率图

3.4 北美洲陆表水域面积分布状况

北美洲陆地面积占全球陆地面积的 16.5%，为世界第三大洲。2010 年北美洲水域面积为 153.02 万 km^2 ，约占全球陆表水域面积总数的 41.62%，其水域率达到 6.28%，远高于全球平均水平，居全球各大洲之首。

北美洲水域总体特点为面积广、空间差异大。其中，北纬 $40^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 范围内，陆表水域分布集中，约占全洲水域面积总数的 94.23%，水域率达 8.52%，远高于全洲平均水平，其中五大湖区是世界上最大的淡水湖群，水域面积占北美洲水域面积的 14.65%。落基山脉以西的美国西部大盆地及格陵兰岛水域相对较少，水域率值低于 5%（图 3-10，图 3-11）。

根据北美洲陆表水域遥感监测的结果，水域面积排在前十位的国家和地区是：加拿大、美国、墨西哥、格陵兰（丹）、尼加拉瓜、古巴、危地马拉、巴哈马、洪都拉斯和巴拿马。其中，加拿大水域面积最大，水域率高达 11.60%，是世界上水资源最为丰富的国家之一。墨西哥水域率仅为 0.77%，水资源较为短缺（图 3-12）。

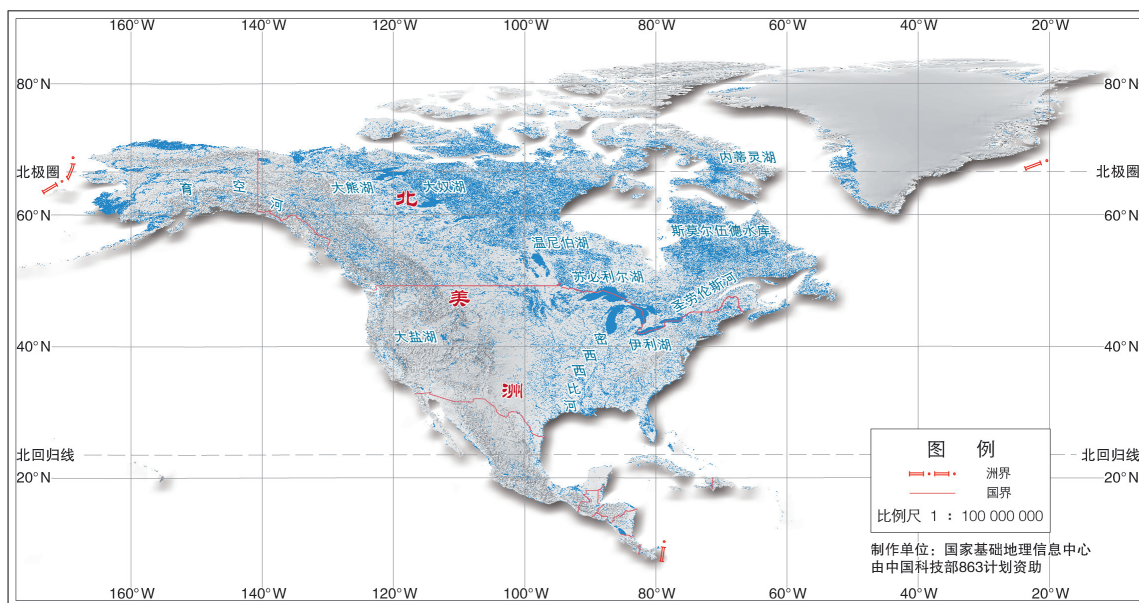


图 3-10 2010 年北美洲陆表水域分布图

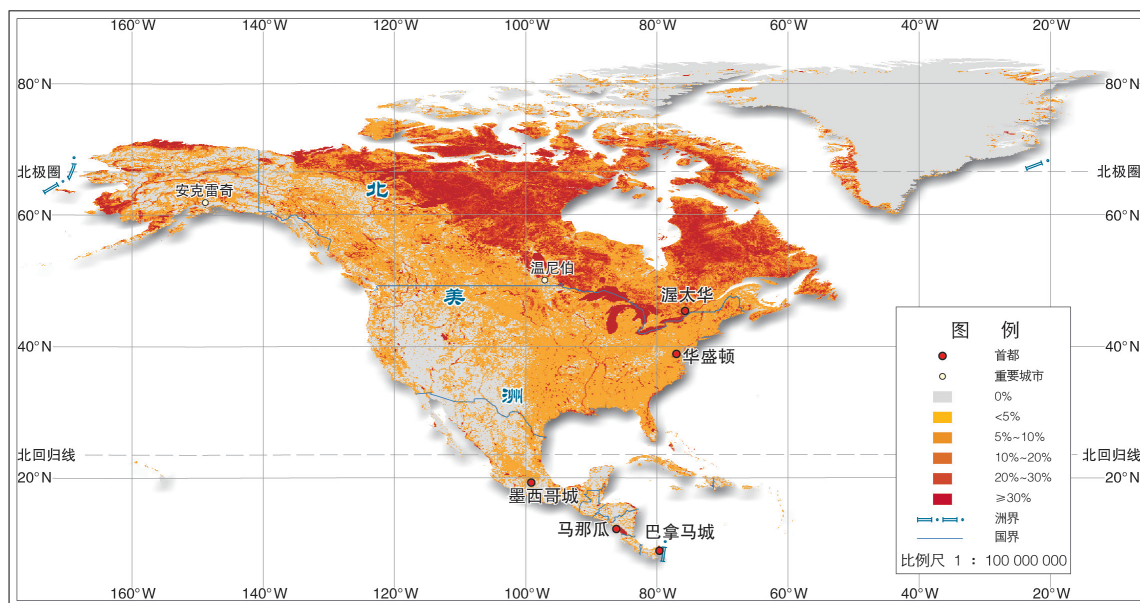


图 3-11 2010 年北美洲水域率分布图

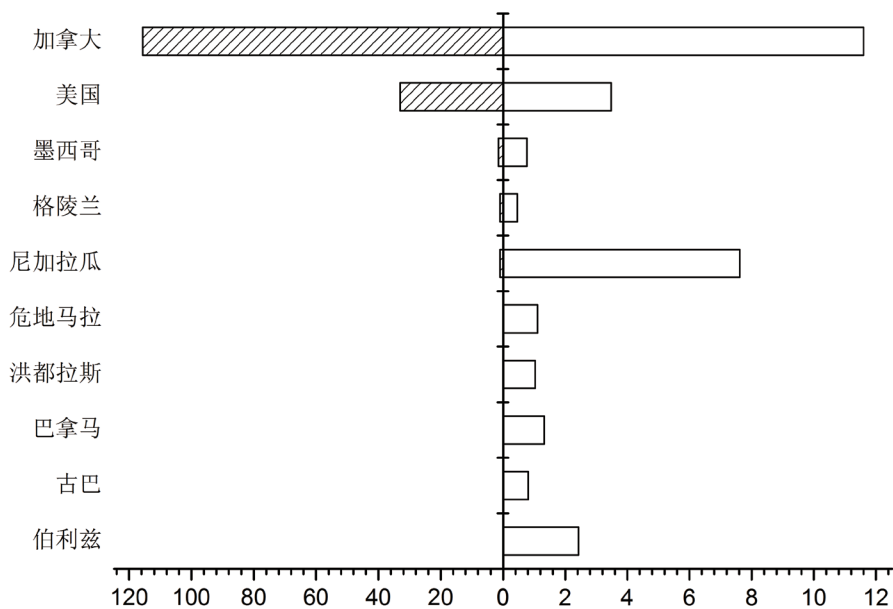


图 3-12 2010 年北美洲典型国家水域面积和水域率图

3.5 南美洲陆表水域面积分布状况

南美洲陆地面积占全球陆地面积的 13%，为世界第四大洲。2010 年南美洲陆表水域面积为 26.78 万 km^2 ，仅占全球陆表水域面积的 7.28%，其水域率为 1.51%，低于全球陆表平均水域率水平。

南美洲水域分布呈现为整体密度较低、空间分布集中的特点（图 3-13，图 3-14）。根据南美洲水域率统计，水域率小于 2% 的区域最广，遍布大洲，占全洲陆地面积的 88.72%，主要分布在安第斯山脉以西及巴西高原等区域。水域率大于 5% 的区域占全洲陆地面积的 6.32%，而其水域面积约占全洲水域总面积的 80%，主要集中在亚马孙河流域、巴拉那 - 拉普拉塔河流域、的的喀喀湖和波波湖区域，以及南端的巴塔哥尼亚高原。其中，亚马孙河流域地处热带雨林及热带季风气候区，降水充沛，河网密集，水域率高；巴拉那 - 拉普拉塔河流域属亚热带湿润气候，其下游地形开阔，水域面积较大；巴塔哥尼亚高原分布有众多冰蚀湖和冰碛湖，构成南美洲重要的湖泊群。

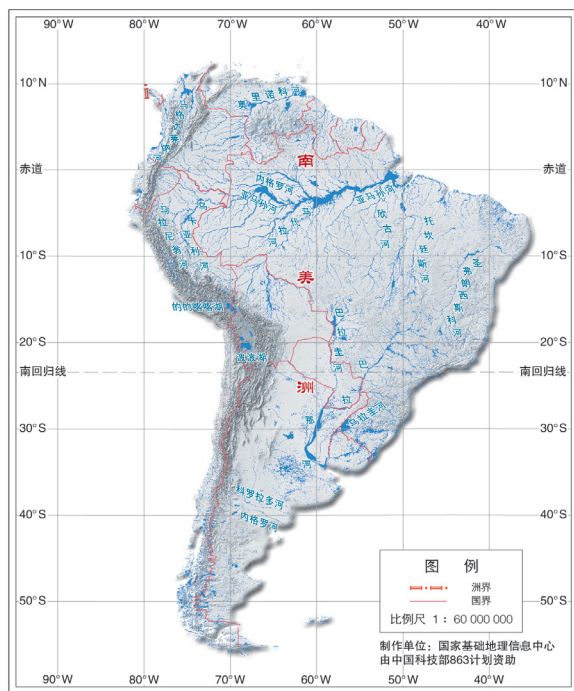


图 3-13 2010 年南美洲陆表水域分布图

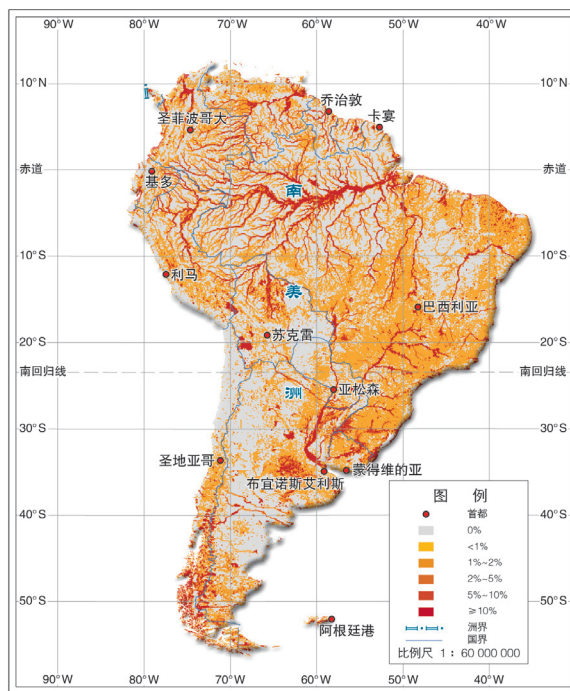


图 3-14 2010 年南美洲水域率分布图

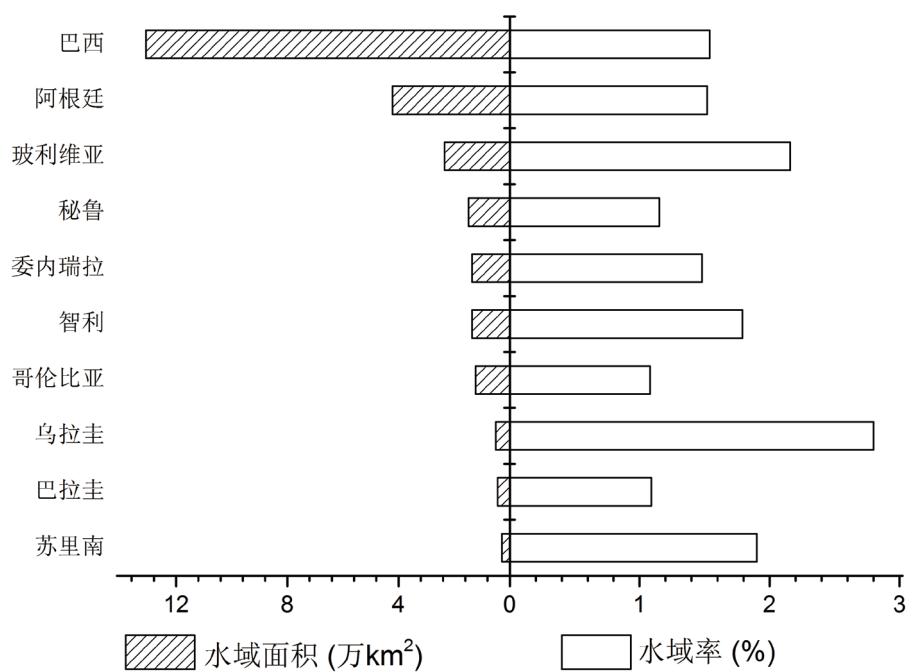


图 3-15 2010 年南美洲典型国家水域面积和水域率图

按国家和地区行政单元统计（图 3-15），南美洲 2010 年水域面积排在前十位的国家和地区是：巴西、阿根廷、玻利维亚、秘鲁、委内瑞拉、智利、哥伦比亚、乌拉圭、巴拉圭和苏里南。巴西是全球水资源最丰富的国家之一，其北部的亚马孙流域水域率较高，而东北部和中西部地区，水域率较低。

3.6 大洋洲陆表水域面积分布状况

大洋洲陆地面积占全球陆地面积的 6%，居各大洲之末。大洋洲陆表水域分布与其他洲相比较稀少，水域率为 0.57%，为全球陆表水域率最低的大洲。

大洋洲陆表水域呈整体较低、东多西少的格局（图 3-16）。沿经向统计水域分布格局，东经 135° 以东的区域占全洲陆地面积的 54.79%，水域面积占全洲水域总面积的 87.45%，平均水域率为 1.12%；而东经 135° 以西的区域平均水域率仅为 0.20%。

根据水域率分布统计(图 3-17)，水域率为 0 的区域，主要分布在澳大利亚中西部荒漠地区，占大洋洲陆表面积的 56.06%。水域率小于 2% 的区域遍布澳大利亚、巴布亚新几内亚及新西兰，占 39.31%。水域率 2%~5% 的区域零星分布于澳大利亚中东部、中西部和东南部，占 2.32%。水域率 5% 以上的区域主要分布在澳大利亚墨累 - 达令河流域、西北部的阿盖尔湖和中东部湖泊群，占 2.31%。

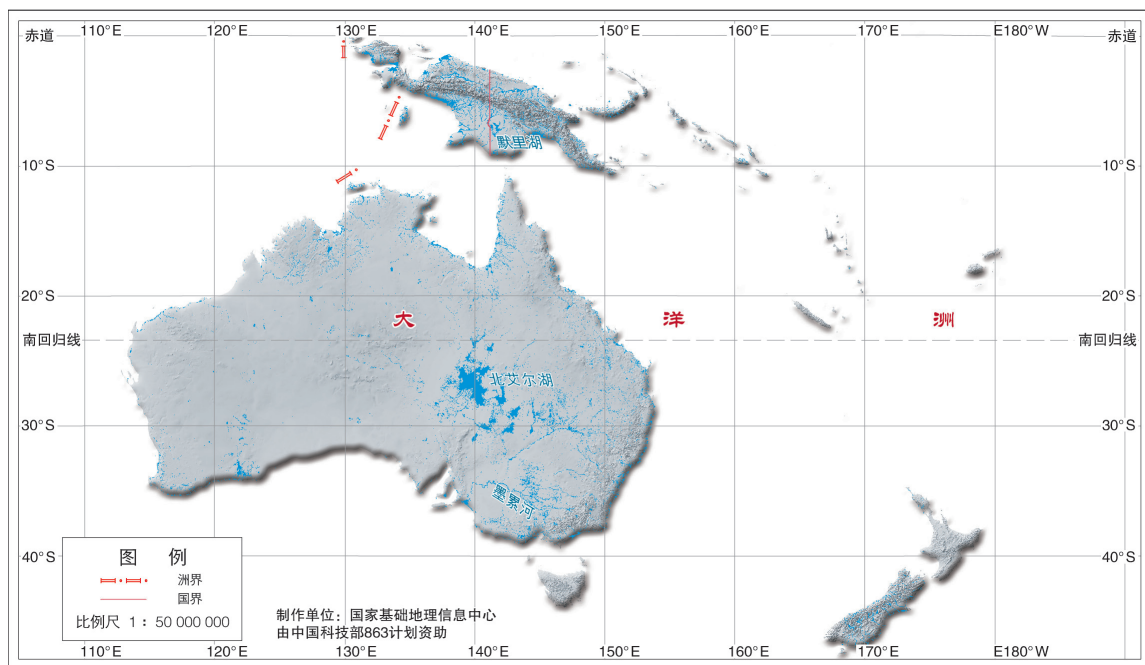


图 3-16 2010 年大洋洲陆表水域分布图

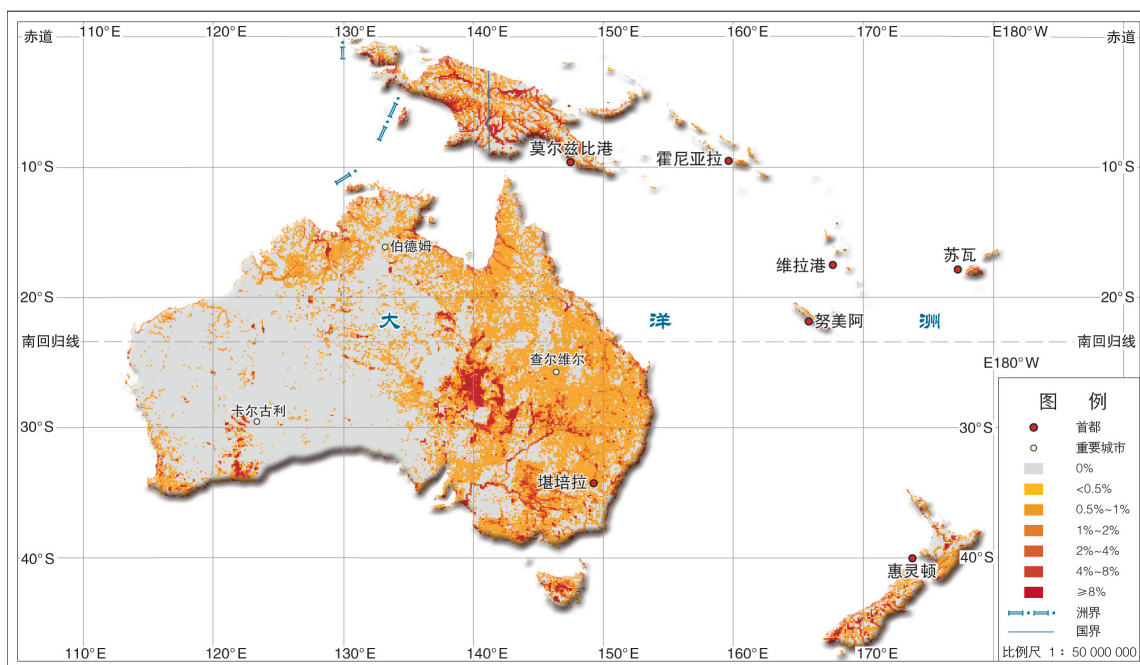


图 3-17 2010 年大洋洲水域率分布图

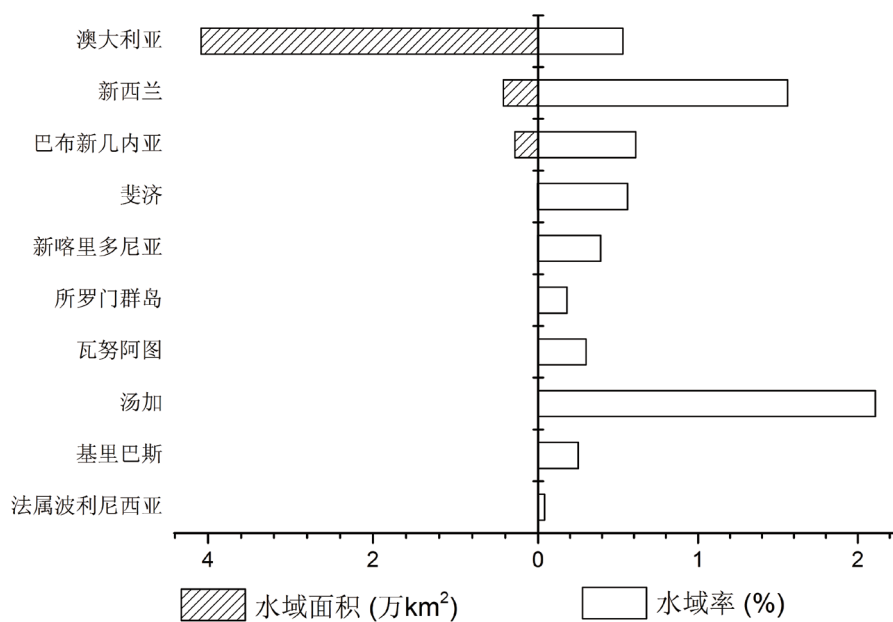


图 3-18 2010 年南美洲典型国家水域面积和水域率图

根据大洋洲水域遥感监测的结果，水域面积前五位的国家和地区是：澳大利亚、新西兰、巴布亚新几内亚、斐济和新喀里多尼亚。澳大利亚虽然有较大的水域面积，但水域率仅为 0.53%（图 3-18）。

4 中国陆表水域面积分布状况

根据表 4-1, 按中国水资源一级分区¹统计的水域面积结果显示, 西北诸河区和长江区分布的水域面积较大, 东南诸河、西南诸河、辽河区和海河区等分布的水域面积较小; 水域率统计结果显示, 淮河区、长江区和珠江区的水域率较高, 而辽河区、黄河区和西南诸河区的水域率则较低。水域率变异系数较大的是西南诸河区、西北诸河区和黄河区等, 水域分布较为集中, 空间差异较大, 是其生态系统类型差异明显的重要成因之一。

中国陆表水域空间分布总体呈现南多北少、东多西少的特点。2010 年全国水域面积约为 14.23 万 km², 水域率约为 1.50%。从图 4-1 可以看出, 基本沿 400 mm 降水量等值线将全国分为两大区域, 等值线以西地区的水域率大多小于 0.4%, 只在伊犁河和呼伦湖等大江大湖的局部地区和青藏高原湖区的水域率值较大; 等值线以东地区的水域率大多大于 1%, 其中, 松花江、长江中下游及珠江口附近的水域率均高于 2%。

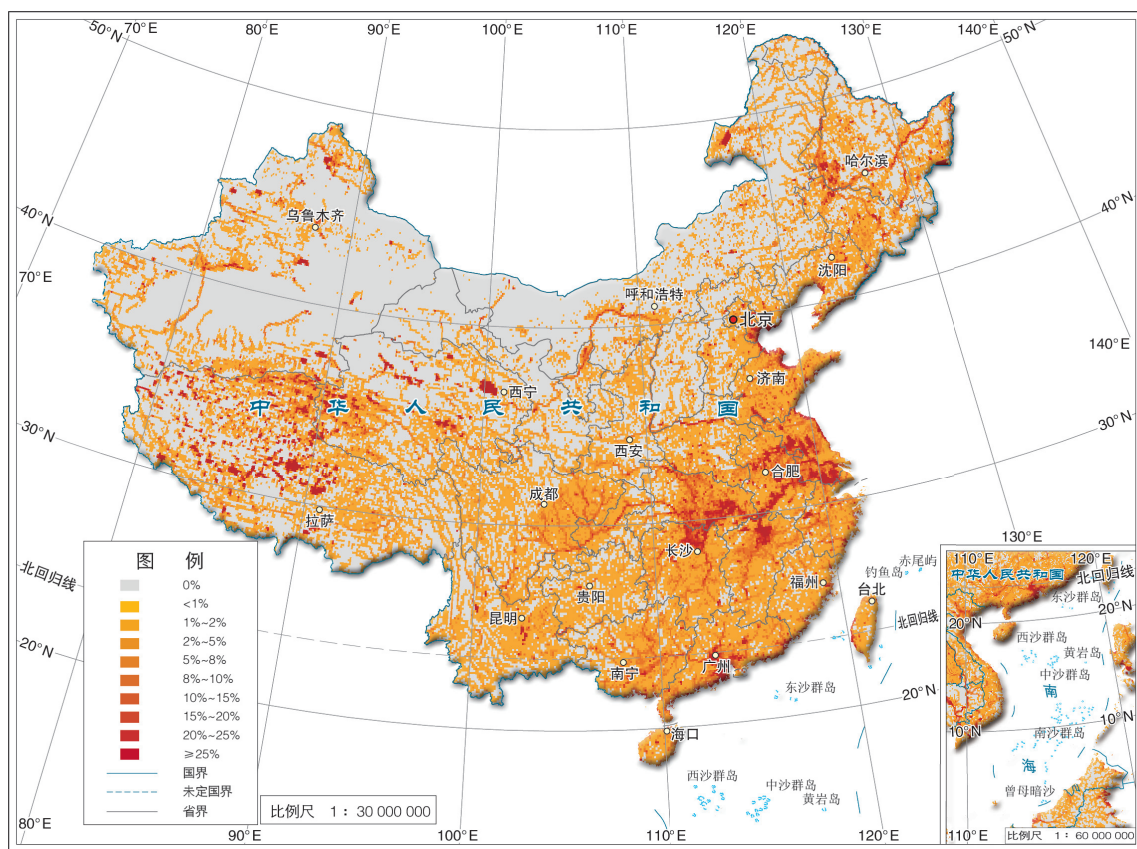


图 4-1 2010 年中国水域率分布图

¹ 该区分数据来自水利部水利水电规划设计总院。

表 4-1 2010 年中国水资源一级分区陆表水域分布统计表

中国水资源一级区划	水域面积 (万 km ²)	水域率 (%)	空间变异系数
东南诸河	0.36	1.51	2.79
松花江区	1.27	1.38	4.72
海河区	0.41	1.29	5.05
淮河区	1.30	3.97	2.82
珠江区	1.07	1.84	2.77
西北诸河区	4.85	1.44	5.75
西南诸河区	0.41	0.49	6.25
辽河区	0.27	0.87	4.14
长江区	3.68	2.07	3.45
黄河区	0.60	0.75	5.58

根据分省（自治区、直辖市）统计，水域面积排在前五位的为西藏、青海、江苏、新疆和湖北；江苏水域率最高，达 12.31%，甘肃最低，仅为 0.20%；水域率空间变异系数内蒙古最大，反映了其水域分布较为集中，空间差异最大（表 4-2）。部分沿海省市（如天津、江苏等）由于围海养殖和盐田等因素，水域率较高。

表 4-2 2010 年中国各省陆表水域分布统计表

省 份	水域面积 (km ²)	水域率 (%)	空间变异系数
北京市	154.39	0.94	3.21
天津市	1134.55	9.83	1.50
河北省	1832.06	0.98	6.04
山西省	439.10	0.28	5.14
内蒙古自治区	4898.44	0.43	9.40
辽宁省	2249.30	1.54	3.31
吉林省	2536.93	1.33	3.57
黑龙江省	7638.03	1.69	3.84
上海市	244.69	3.90	1.98
江苏省	12430.47	12.31	1.72

省 份	水域面积 (km ²)	水域率 (%)	空间变异系数
浙江省	2051.93	2.01	2.59
安徽省	6819.26	4.86	2.17
福建省	1211.22	1.00	2.44
江西省	5513.65	3.30	3.07
山东省	5075.78	3.29	3.14
河南省	1957.58	1.18	3.62
湖北省	8134.60	4.37	1.99
湖南省	4364.95	2.06	2.27
广东省	6570.62	3.71	2.17
广西壮族自治区	2759.22	1.17	2.09
海南省	505.80	1.40	2.01
重庆市	994.37	1.21	2.04
四川省	2868.85	0.59	2.23
贵州省	588.80	0.33	3.50
云南省	2198.59	0.57	5.55
西藏自治区	30040.12	2.50	4.03
陕西省	840.19	0.41	3.12
甘肃省	846.78	0.20	7.22
青海省	15390.64	2.21	4.66
宁夏回族自治区	414.33	0.80	2.57
新疆维吾尔自治区	8938.99	0.55	8.35
台湾省	596.13	1.65	3.70
香港特别行政区	31.74	2.88	1.48
澳门特别行政区	1.51	5.92	0.39
全国	142273.60	1.50	4.68

注：1、澳门空间变异系数为 0.39，因为在 0.1° 格网中，澳门只有 2 个格网，则其标准差很小。变异系数的值与格网的大小有关。

5 全球典型湖泊面积动态变化

本报告选择中国鄱阳湖、中亚咸海、非洲维多利亚湖、欧洲维恩湖、北美五大湖、南美洲的的喀喀湖和大洋洲艾尔湖，利用 MODIS 和风云气象卫星每 8 天合成的数据，全年共监测 46 次（即对于湖泊中的某一位置，每年被水覆盖最多次数为 46 次，最少次数为 1 次），由此获得各湖泊水域面积变化图。通过对各典型湖泊面积的动态监测，反映这些湖泊面积在 2001~2011 年的变化特征，为进一步分析全球各大洲湖泊动态变化及其生态环境变化特征提供科学依据。

5.1 鄱阳湖（亚洲）

鄱阳湖位于中国江西省北部，长江中下游南岸，是中国最大的淡水湖。鄱阳湖除当地降水外，主要承接赣江、抚河、修水、信江和饶河等五河来水。本流域属季风气候区，夏季降水集中，湖盆地势平坦，加之长江洪水期分洪的影响，使得鄱阳湖的水域面积季节及年际变化显著，对鄱阳湖及其周边区域的生态环境和社会经济发展产生重要影响。

通过遥感影像监测，同时采用水位观测数据和面积 - 水位观测曲线进行 30 m 和 500 m 遥感监测结果的误差分析，结果如图 5-1 所示，鄱阳湖年内和年际水域面积具有较大的波动性，年最大面积与年最小面积差异显著，过去 11 年水域总体呈现萎缩趋势。鄱阳湖 2001~2011 年最大水域面积为 3874 km²，平均水域面积为 2191 km²，最小水域面积为 721 km²。鄱阳湖

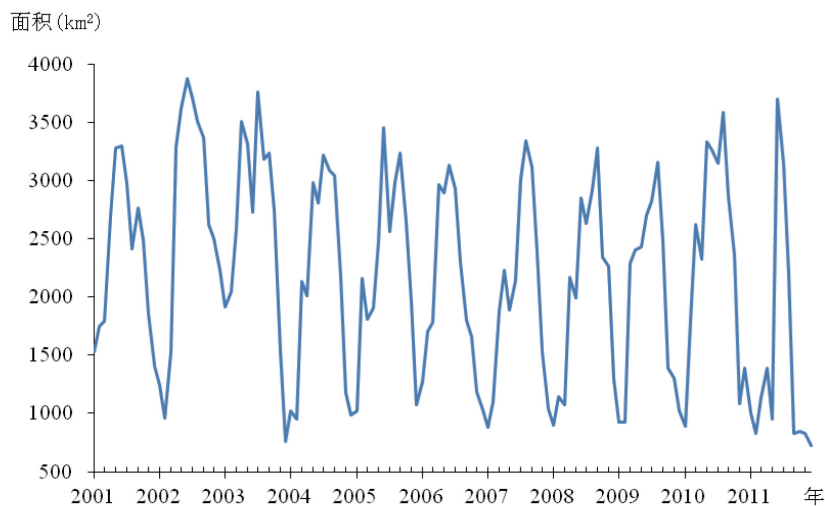


图 5-1 2001~2011 年鄱阳湖月平均面积变化曲线

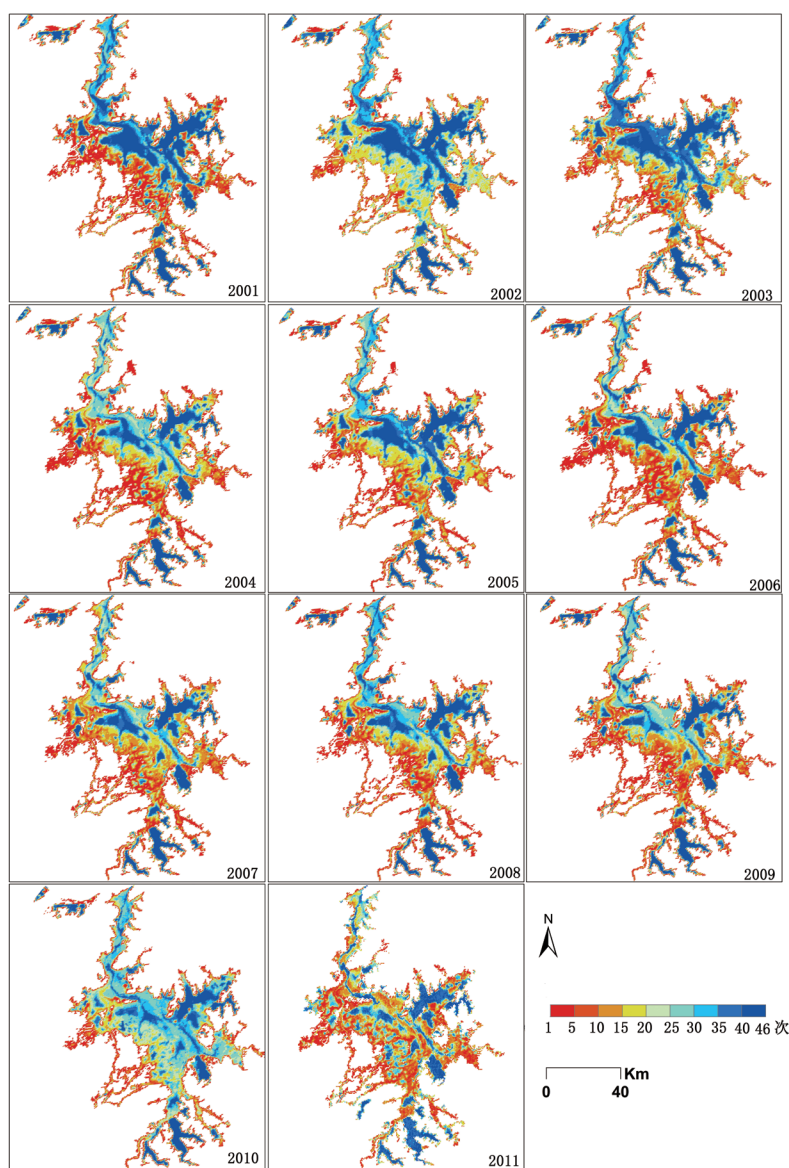


图 5-2 2001~2011 年鄱阳湖水域面积变化图 (图例中数字表示每年被水覆盖的次数, 下同)

的水域面积变化与降水呈现高度一致性，2001~2011 年，丰水期（6~8 月）水域面积平均超过 3000 km²；而少雨的秋冬季，水域面积一般低于 1000 km²。

图 5-2 表明，鄱阳湖在 2001 年面积处于低谷，低覆盖次数面积较大，如图中红色区域所示。2002 年、2003 年面积增加，2001 年的红色区域被黄色替代。随后 2004 年面积降低，红色区域开始增加。随后至 2009 年鄱阳湖波动性萎缩，至 2010 年面积上涨，湖面中红色区域降到最低，被水覆盖状况较好。

2001 年鄱阳湖水域面积波动较小, 2004 年、2009~2011 年鄱阳湖水域面积波动较大。2001 年丰水期与枯水期面积差距最小, 为 1893 km^2 。2002~2004 年丰水期与枯水期面积差距逐年增大, 2004~2009 年波动较大, 丰水期与枯水期面积之差在 $2200\sim 2700 \text{ km}^2$ 之间波动。2010~2011 年丰水期与枯水期面积之差进一步增加, 差值范围达 $2700\sim 3200 \text{ km}^2$ 。

5.2 咸海 (亚洲)

咸海是位于中亚的内流咸水湖, 水源主要依赖阿姆河和锡尔河。咸海曾经是世界上最大的内陆湖之一, 20 世纪后半叶, 由于咸海流域大量水资源用于农业灌溉, 咸海水域开始呈现快速的萎缩趋势。

遥感影像监测结果如图 5-3 所示, 2001~2011 年咸海最大水域面积为 3.08 万 km^2 , 平均水域面积为 2.01 万 km^2 , 最小水域面积为 4348 km^2 。咸海的丰水期集中在每年 3~5 月, 在过去 11 年丰水期平均面积超过 1.90 万 km^2 ; 而每年 1~2 月咸海水域面积较小, 一般低于 1 万 km^2 。2001~2011 年, 咸海总体呈萎缩趋势。2001~2011 年, 咸海在 6 月、2 月、1 月和 10 月水域面积波动范围较大, 接近 3 万 km^2 , 7~9 月份面积波动约 2 万 km^2 , 其余月份波动范围较小。

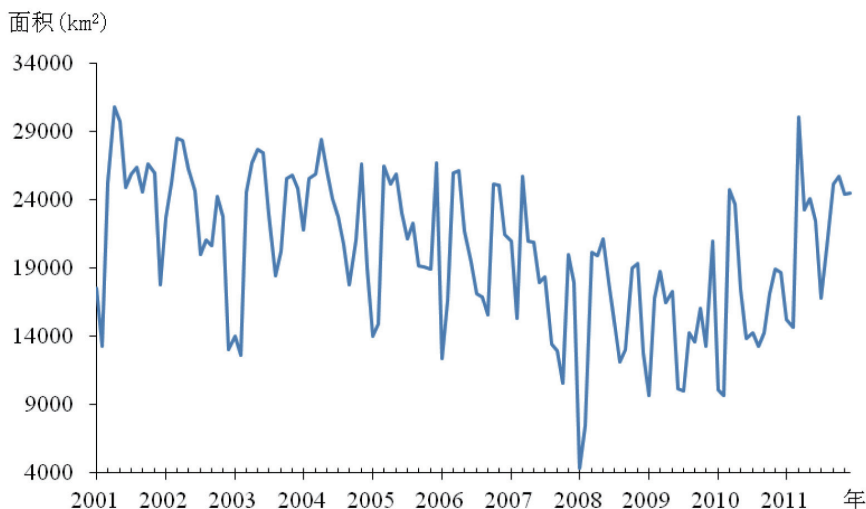


图 5-3 2001~2011 年咸海月平均面积变化曲线

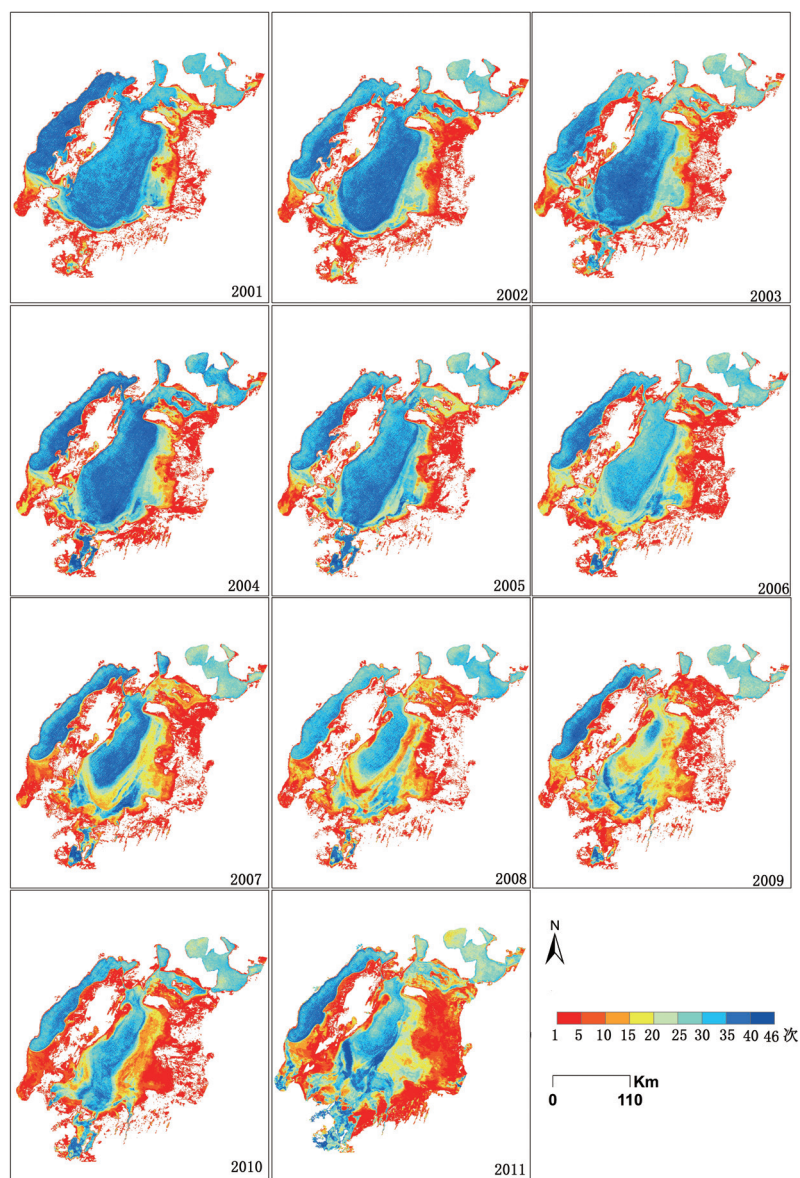


图 5-4 2001~2011 年咸海水域面积变化图

图 5-4 表明，咸海在 2001~2011 年呈现逐渐萎缩趋势。2001~2005 年被水覆盖状况稳定，2006~2009 年咸海北部被水覆盖次数逐年降低，低覆盖次数面积增大，蓝色区域逐渐变为黄色区域或红色区域，2009 年水域面积处于低谷。相对于 2009 年，2010 年、2011 年被水覆盖状况好转，水域面积增加。

5.3 维多利亚湖（非洲）

维多利亚湖位于东非高原，湖泊介于东非大裂谷及其西支之间，居裂谷间浅宽盆地的北部，湖盆是由于地面凹陷而形成的。该湖是非洲最大湖泊，在世界淡水湖中，仅次于北美洲的苏必利尔湖而居世界第二。

遥感影像监测结果如图 5-5 所示，维多利亚湖水域面积相对稳定，2001~2011 年最大为 8.38 万 km^2 ，平均为 7.40 万 km^2 ，最小为 6.03 万 km^2 。维多利亚湖的丰水期集中在每年 4~7 月，在过去 11 年丰水期平均面积超过 7.60 万 km^2 ；而 9~11 月是维多利亚湖的枯水期，过去 11 年湖泊枯水期水域面积减小至约 6 万 km^2 。2001~2011 年维多利亚湖在 1 月、4 月、5 月、6 月和 12 月水域面积波动范围较大，接近 2 万 km^2 ，其余月份面积波动范围较小。

2001~2003 年维多利亚湖波动性扩张，至 2003 年湖泊平均面积达到 7.61 万 km^2 。2006 年湖泊平均面积较低，为 7.26 万 km^2 ，2007~2010 年湖泊面积在 7.4 万 km^2 左右，2011 年面积萎缩为约 7 万 km^2 。

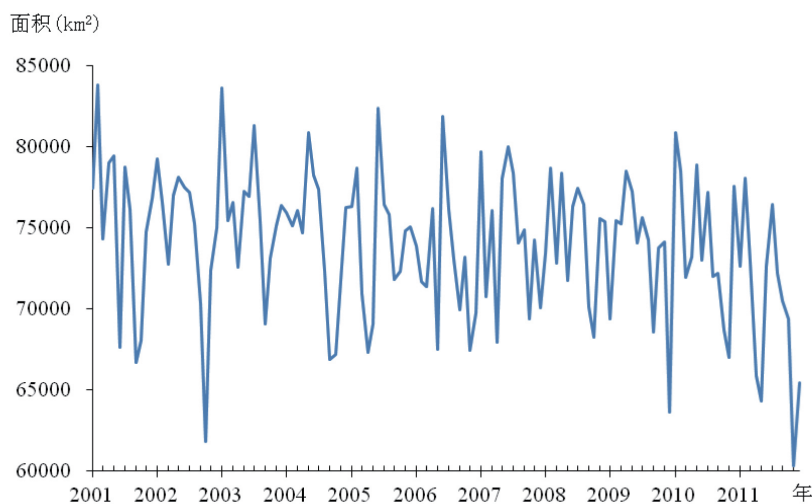


图 5-5 2001~2011 年维多利亚湖月平均面积变化曲线

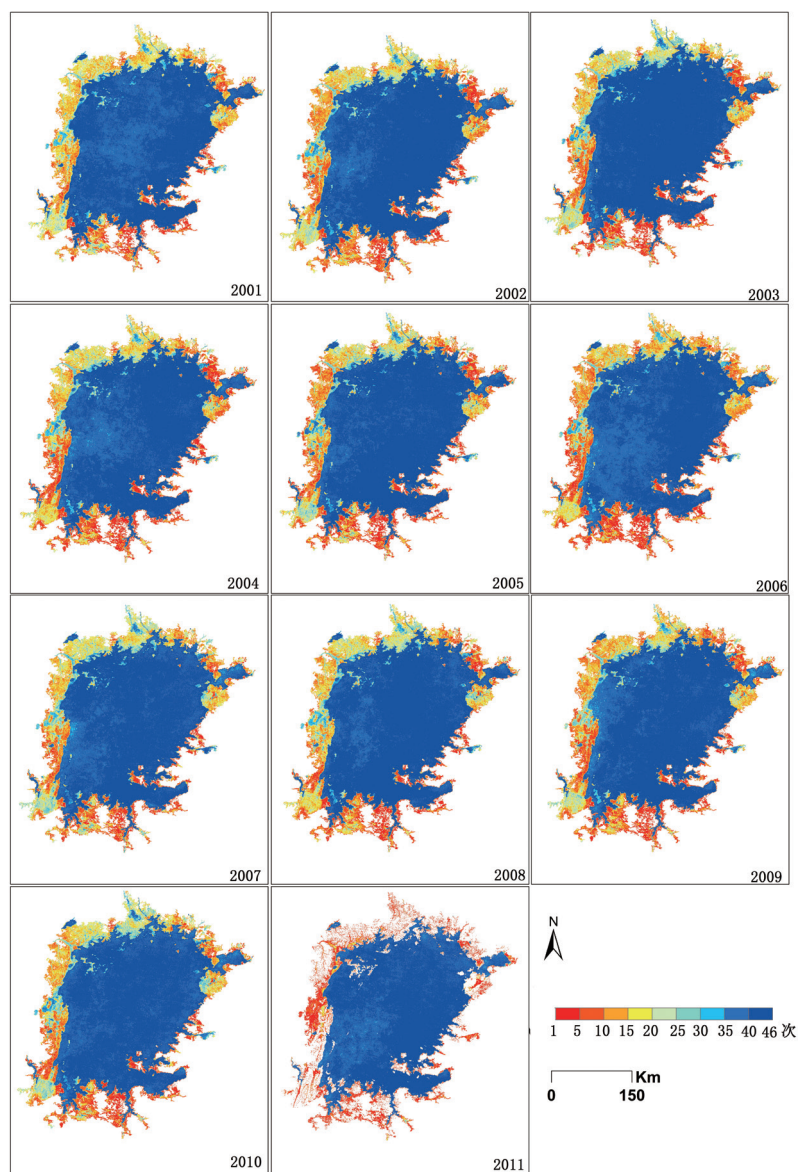


图 5-6 2001~2011 年维多利亚湖水域面积变化图

图 5-6 显示，2001~2011 年维多利亚湖被水覆盖状况呈现一定的波动性。2001~2003 年湖泊覆盖状况变化不大。2004~2006 年湖泊西部被水覆盖状况变差，2006 年表现明显。2007~2010 年没有明显变化。2011 年湖泊覆盖状况变差，很多绿色或黄色区域变为红色。

5.4 维纳恩湖（欧洲）

维纳恩湖位于瑞典约塔兰区，湖水主要经由克拉尔河、卡尔斯塔德河、约塔河和约塔运河，最后汇入维纳恩湖。维纳恩湖为周边城镇提供了经济支持，包括渔业和方便的运输。

遥感影像监测结果如图 5-7 所示，2001~2011 年维纳恩湖最大水域面积为 5736 km^2 ，平均水域面积为 4573 km^2 ，最小水域面积为 1332 km^2 。维纳恩湖的丰水期集中在每年 4 月、5 月和 10 月，在过去 11 年丰水期平均面积超过 5000 km^2 ；而 1~2 月是维纳恩湖的枯水期。2001~2011 年维纳恩湖在 2~3 月份水域面积波动范围较大，达到 1000 km^2 ，其余月份波动范围较小。按照年最大面积和平均面积统计，维纳恩湖在过去 11 年面积变化趋势不明显。

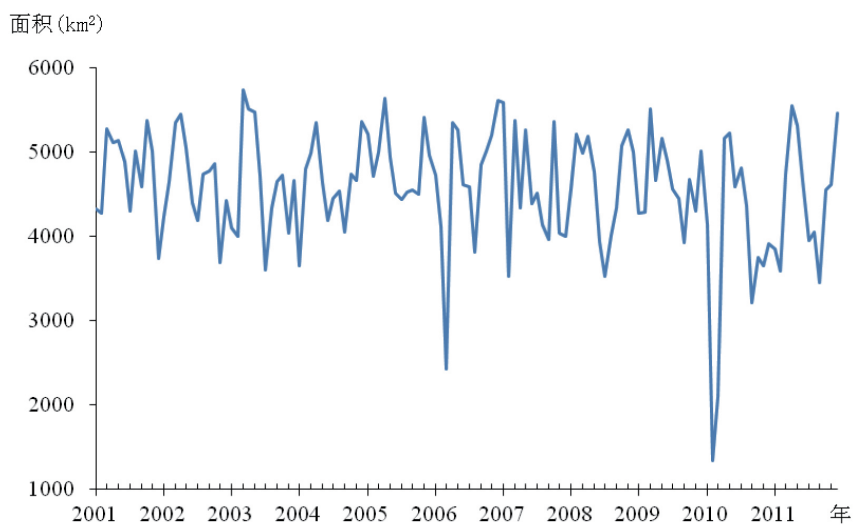


图 5-7 2001~2011 年维纳恩湖月平均面积变化曲线

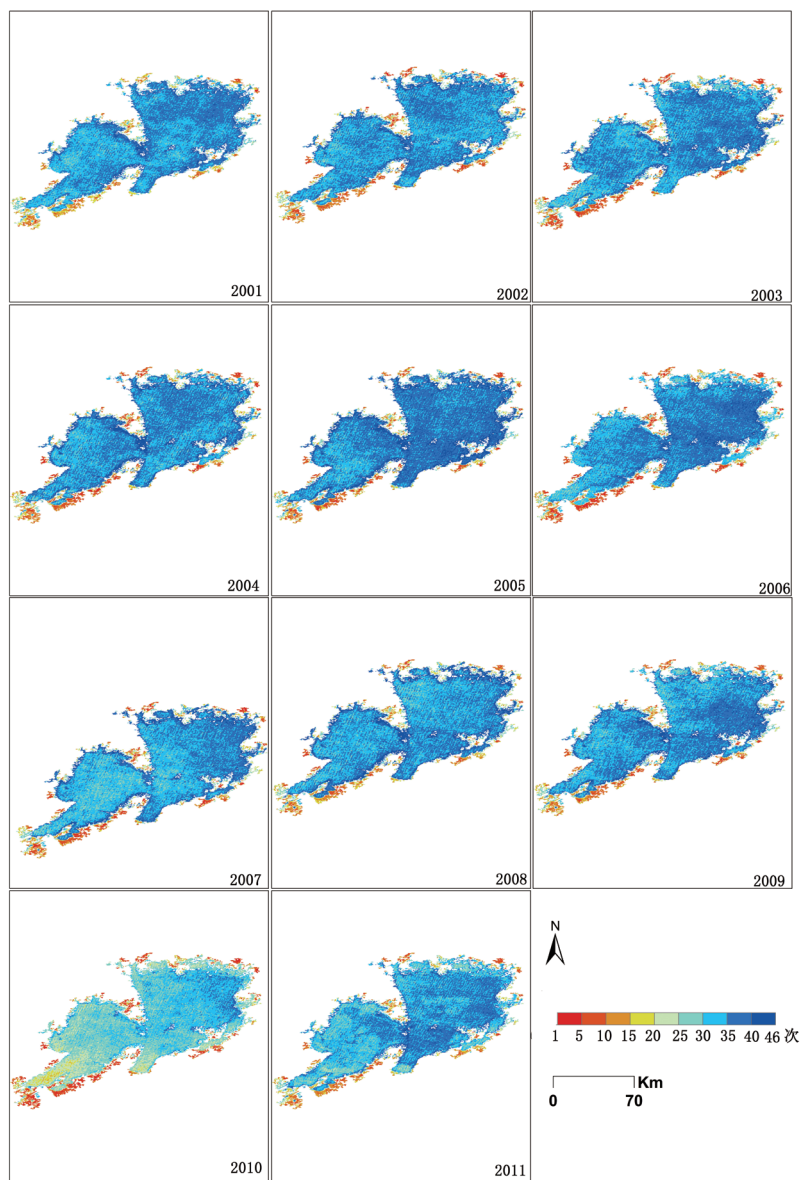


图 5-8 2001~2011 年维纳恩湖水域面积变化图

图 5-8 显示，2001~2011 年维纳恩湖被水覆盖状况呈现波动性变化，2005 年被水覆盖状况较好，深蓝色区域面积较大。2006~2011 年被水覆盖状况逐渐变差，2007 年、2011 年被水覆盖次数较低，尤其是西南部变化明显，被水覆盖状况较差，低覆盖次数面积增加。

5.5 五大湖（北美洲）

北美五大湖是位于加拿大与美国交界处的 5 座大型淡水湖泊，按面积从大到小依次为：苏必利尔湖、休伦湖、密歇根湖、伊利湖和安大略湖。除密歇根湖全属于美国之外，其它 4 湖为加拿大和美国共有。其中苏必利尔湖是世界上最大的淡水湖，是世界上第二大湖泊。

遥感影像监测结果如图 5-9 所示，2001~2011 年五大湖最大水域面积为 28.01 万 km^2 ，平均水域面积为 23.75 万 km^2 ，最小水域面积为 16.21 万 km^2 。五大湖的丰水期集中在每年的 4~6 月，在过去 11 年中，丰水期平均面积超过 22.50 万 km^2 ；而每年 12 月及次年 1~2 月是五大湖的枯水期，过去 11 年湖泊枯水期水域面积减小至 17~21 万 km^2 。总体来说，2001~2011 年五大湖在 1 月、2 月、3 月和 12 月水域面积波动范围达 2.3 万 km^2 ，其余月份面积波动较小。年平均值的逐年变化显示，五大湖的水域面积总体呈现萎缩趋势。

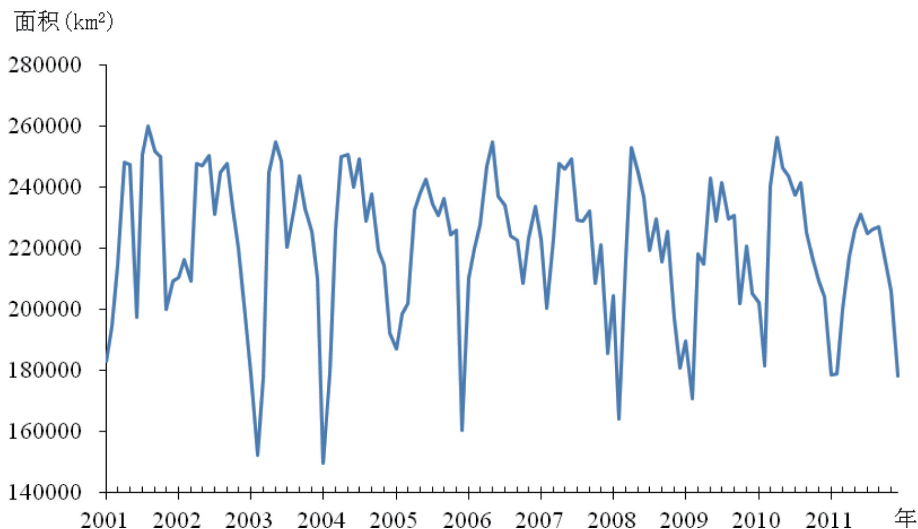


图 5-9 2001~2011 年五大湖月平均面积变化曲线

图 5-10 显示，在 2001~2011 年五大湖被水覆盖状况稳定，没有显著变化。2003 年、2005 年处于局部低谷，休伦湖东部的乔治亚湾及伊利湖北缘被水覆盖状况比 2001 年、2002 年差，蓝色向黄色区域过渡；2006~2007 年被水覆盖状况好转，2008 年、2009 年苏比利尔湖南部、密歇根湖西北部、休伦湖西部和伊利湖东部覆盖频次降低；2010 年五大湖被水覆盖状况好转。

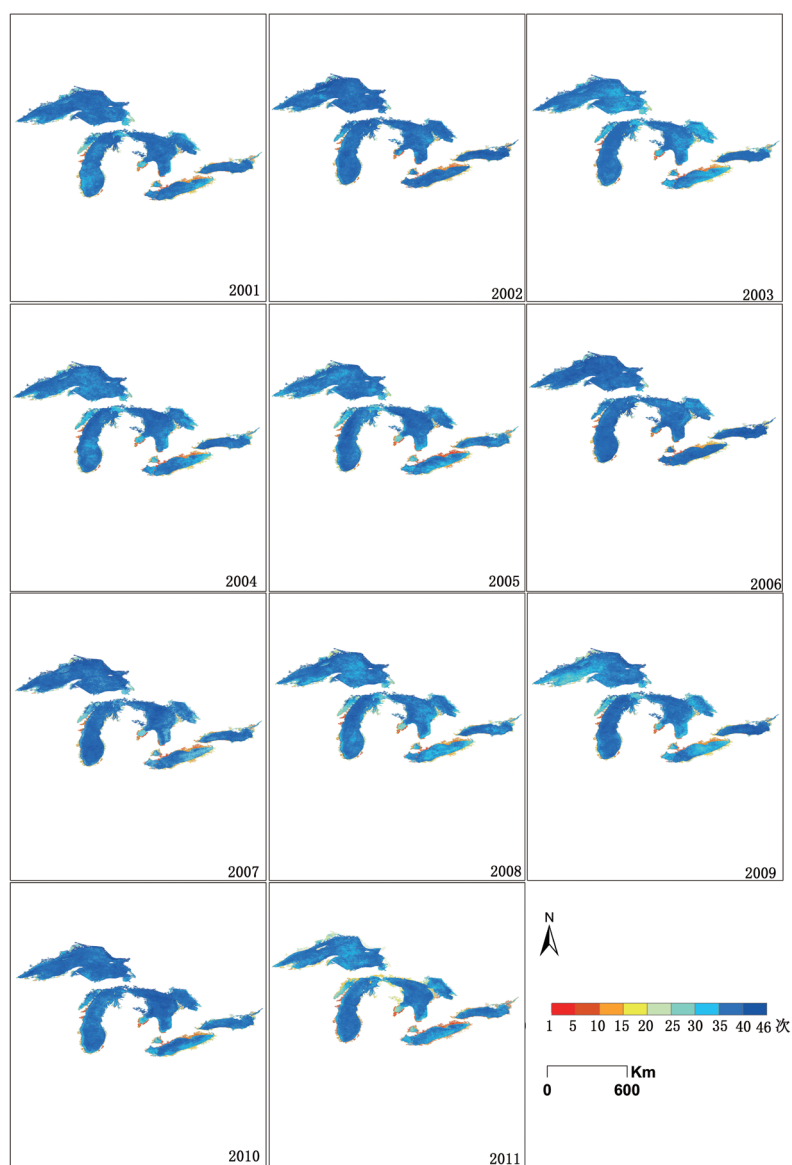


图 5-10 2001~2011 年五大湖水域面积变化图

5.6 的的喀喀湖（南美洲）

的的喀喀湖位于玻利维亚和秘鲁两国交界，是南美洲地势最高、面积最大的淡水湖。湖面海拔 3821 m，平均水深 140~180 m，最深处达 280 m。的的喀喀湖沿西北 - 东南方向延伸，长 190 km。最宽处 80 km。

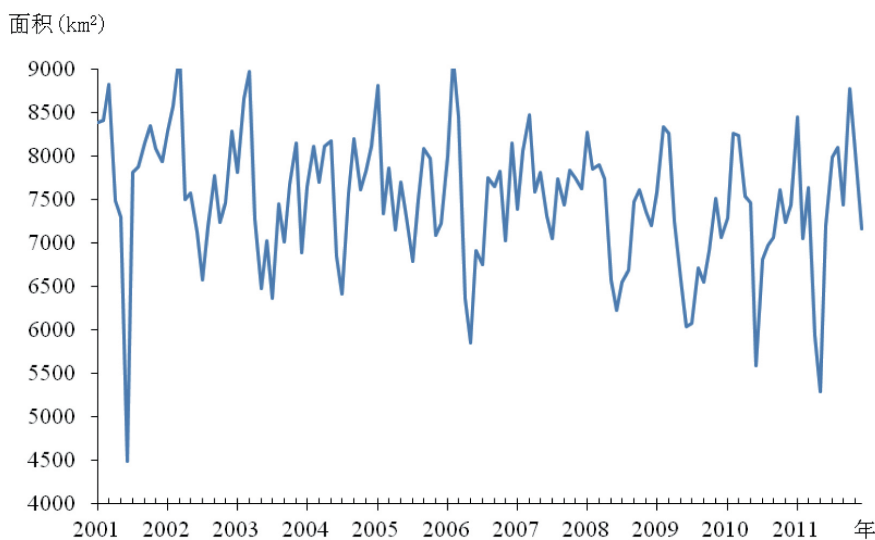


图 5-11 2001~2011 年的的喀喀湖月平均面积变化曲线

遥感影像监测结果如图 5-11 所示，2001~2011 年的的喀喀湖最大水域面积为 9197 km²，平均水域面积为 7507 km²，最小水域面积为 4480 km²。的的喀喀湖的丰水期集中在每年 1~3 月，在过去 11 年丰水期平均面积超过 8000 km²；而 6~8 月是的的喀喀湖的枯水期，过去 11 年湖泊枯水期水域面积大致为 4400~7000 km²。2001~2011 年的的喀喀湖在 2 月、5 月和 6 月水域面积波动范围较大，达到 800~900 km²，其余月份面积波动较小。

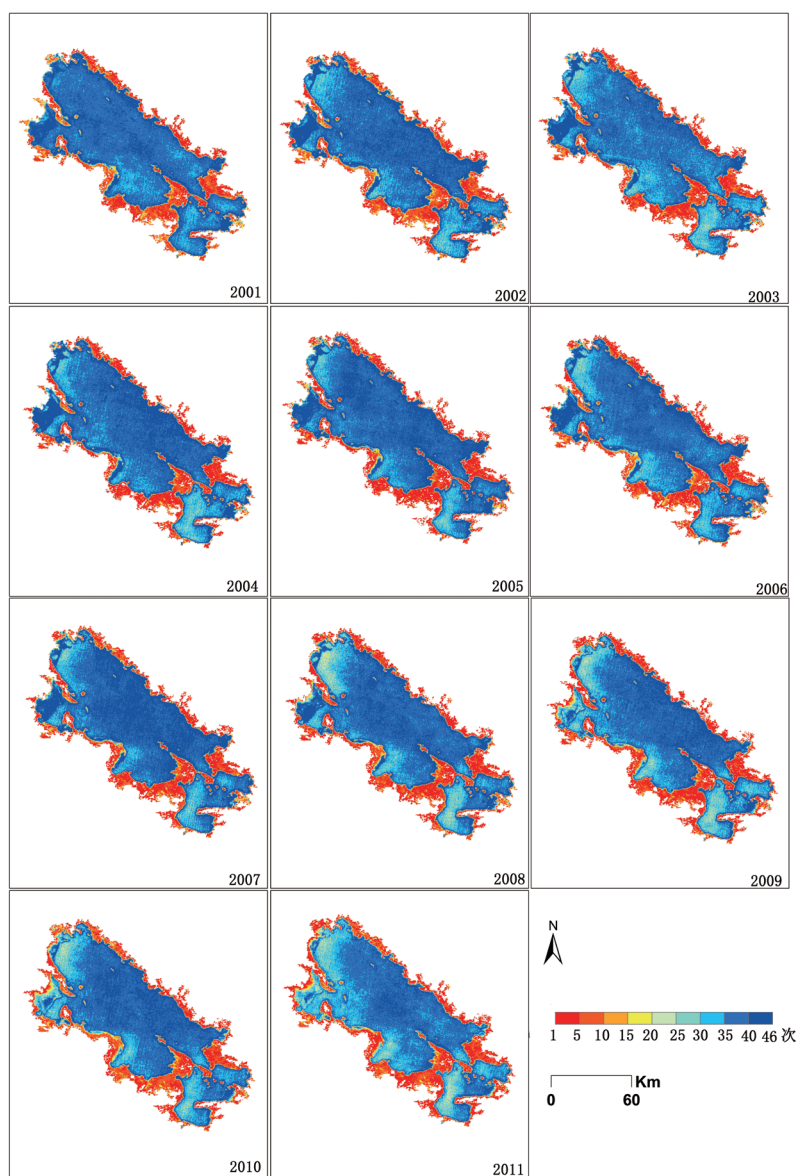


图 5-12 2001~2011 年的的喀喀湖水域面积变化图

图 5-12 显示, 2001~2011 年的的喀喀湖在被水覆盖状况稳定, 2003 年水域面积相对较低, 湖泊西北端和东南角覆盖频次下降。2008~2011 年被水覆盖状况逐年变差, 的的喀喀湖北端覆盖频次下降。

5.7 艾尔湖（大洋洲）

艾尔湖位于澳大利亚中部的沙漠，湖面比海平面低 12 m，是一个时令湖，分南北二湖。艾尔湖的湖水主要来自河水及雨水，面积变化很大，降雨量多时，面积较大，湖水注满时是澳大利亚最大的湖泊，降水较少时湖泊干涸。

遥感监测结果如图 5-13 所示，艾尔湖 2001~2011 年最大水域面积为 5604 km²，平均水域面积为 1428 km²，最小水域面积为 44 km²。艾尔湖的丰水期集中在每年 5~7 月、11~12 月，在过去 11 年丰水期平均面积超过 1800 km²；而每年 1~2 月是艾尔湖的枯水期，过去 11 年湖泊枯水期水域面积可减小至 40~100 km²。2001~2011 年艾尔湖在 6 月、10 月水域面积波动范围较大，11 月、12 月和 1 月水域面积波动范围较小。

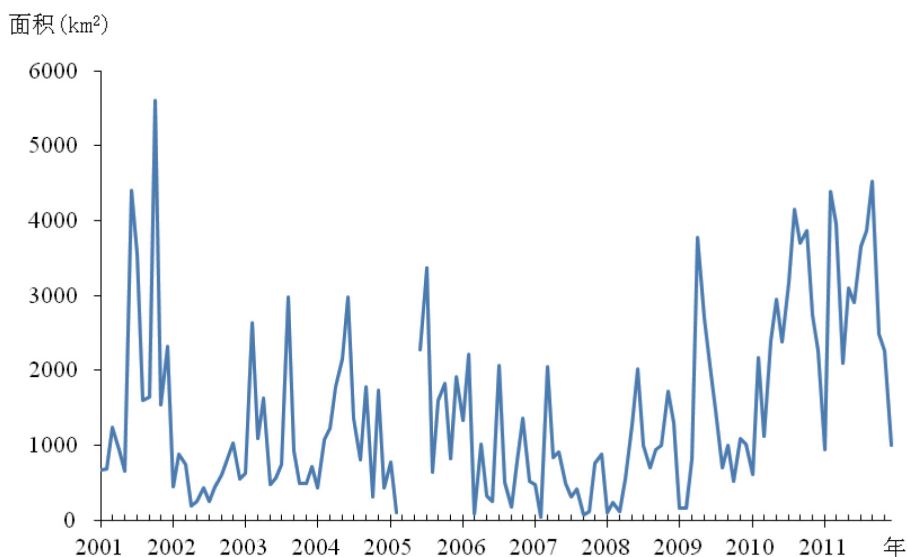


图 5-13 2001~2011 年艾尔湖月平均面积变化曲线

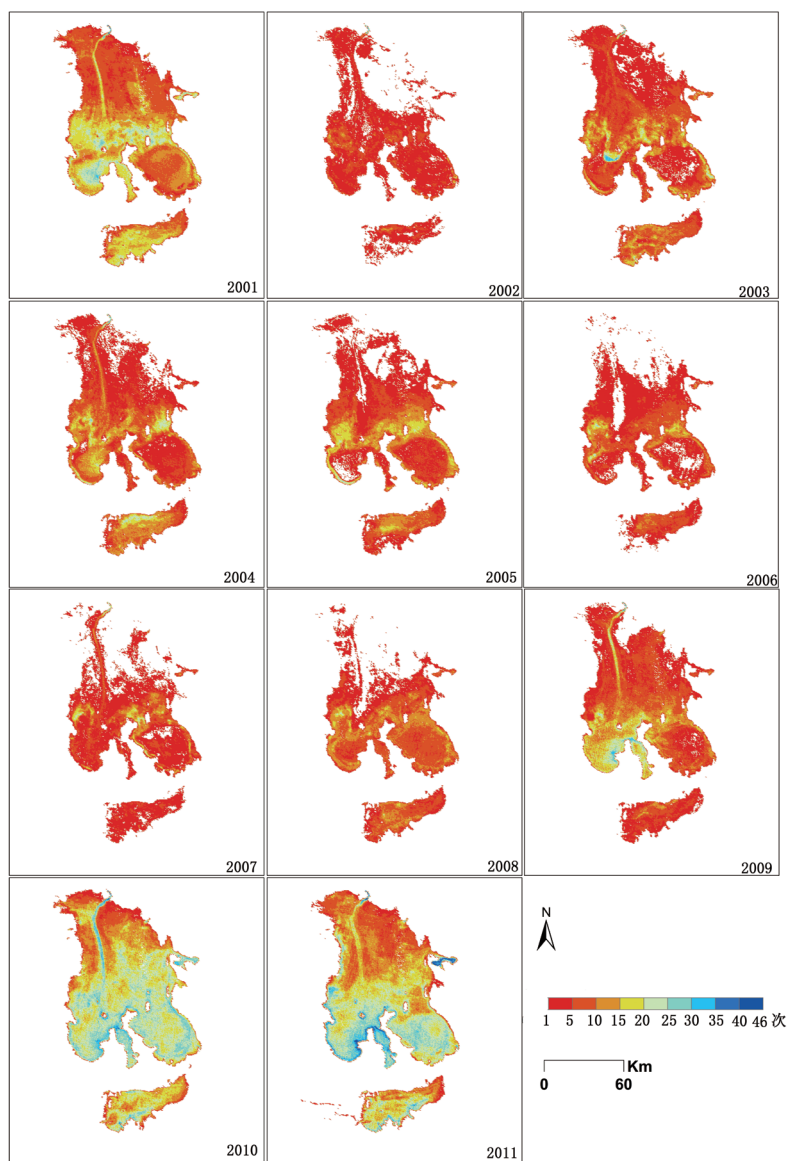


图 5-14 2001~2011 年的艾尔湖水域面积变化图

图 5-14 显示，2001~2011 年艾尔湖被水覆盖状况波动较大，2002~2008 年湖泊被水覆盖状况持续较差，湖泊几近呈干涸状态。2009~2011 年湖泊被水覆盖频次增加，红色区域逐渐被高覆盖频次的黄、蓝区域替代。

6 结 语

在国家高技术研究发展计划 (863 计划) 支持下, 全国数百名遥感科技工作者的协同攻关, 完成了全球陆表水域的遥感监测, 根据 2010 基准年的陆表水域数据, 生成了水域面积、水域率等统计数据, 在国内外均属首次。这些数据为分析全球陆表水域空间分布格局、揭示其地域差异、诊断生态环境健康提供了重要基础数据。

利用水域面积、水域率和水域率变异系数等指标, 定量地分析了全球及各大洲陆表水域的空间分布特征, 并系统地统计了各国水域面积、水域率和水域率空间差异, 剖析了全球 7 个典型湖泊在 2001~2011 年的水域波动趋势, 有助于加深对全球水循环和水环境变化的认识。陆表水域的分布格局是降水空间分布和地形地貌等因素共同作用的结果, 而陆表水域的分布格局与变化对不同区域生态系统功能和水环境变化具有决定性的影响。

根据本次遥感监测分析结果, 2010 年全球陆表水域总面积为 367.67 万 km^2 , 占全球陆表面积的 2.73%。全球各大洲水域面积从大到小依次为北美洲、亚洲、欧洲、非洲、南美洲和大洋洲; 水域率从高到低依次为北美洲、欧洲、亚洲、南美洲、非洲和大洋洲。水域面积最大的五个国家为加拿大、俄罗斯、美国、中国和巴西。中国水域面积 14.23 万 km^2 , 水域率为 1.50%, 水域面积最大的五个省区为西藏、青海、江苏、新疆和湖北。典型湖泊的动态变化分析表明, 鄱阳湖年际和季节变化较大, 丰水期与枯水期面积之差达 2000~3000 km^2 , 过去 11 年水域面积总体呈现萎缩趋势。

值得指出的是, 由于陆表水域的动态特征, 通过遥感监测获取的水域面积只是水资源在特定时态下的一种表征, 不能直接反映地表水资源量, 但仍可以从空间分布格局和时空的变化上揭示水资源的分布特征和变化趋势。

全球陆表水域的持续遥感监测与分析是一项长期而艰巨的任务, 本次监测仅仅是一个开始。尽管在方法上有所改进, 在部分地区进行了检验, 但限于遥感监测结果的不确定性, 今后仍应加强对现有数据产品的验证与完善, 对于如何进行水域面积的时相订正和系统分析等问题需进一步开展国际合作, 在全球范围内广泛进行研究和验证, 进一步开展对全球陆表水域的持续监测与数据更新, 加强遥感监测陆表水域产品在全球环境变化的应用研究。

致 谢

本报告在国家高技术研究发展计划（863 计划）地球观测与导航技术领域“全球地表覆盖遥感制图与关键技术研究”项目的成果基础上，由国家遥感中心组织实施，国家基础地理信息中心和清华大学联合中国科学院遥感与数字地球研究所、北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国水利水电科学研究院遥感技术应用中心共同编写。

在陆表水域面积分布状况研究中，中国气象局卫星气象中心提供风云三号卫星数据，环境保护部卫星环境应用中心提供环境卫星数据，21 世纪空间技术有限公司提供北京 1 号卫星数据。报告中所使用的基础地理底图数据由国家基础地理信息中心提供；全国流域区划数据由中国水利水电科学研究院遥感技术应用中心提供。

在本报告的编写过程中，还得到了王光生、王昌佐、王智勇、史绍雨、陆诗雷、周伟奇、周慧珍、武建军、郑伟、莫兴国、高彦华、阎福礼等人的支持与帮助。

感谢以上单位和参与数据处理分析及报告编写的所有人员对全球生态环境遥感监测 2012 年度报告的大力支持！

附表

序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
		亚	洲	
1	中国	142273.60	1.50	4.68
2	哈萨克斯坦	60134.10	2.21	5.03
3	印度	37763.23	1.22	4.64
4	土库曼斯坦	24095.74	4.92	3.79
5	印度尼西亚	18267.47	0.97	4.13
6	伊朗	16147.89	1.00	7.42
7	乌兹别克斯坦	15287.75	3.36	4.42
8	蒙古	14515.97	0.93	8.15
9	土耳其	12047.17	1.54	5.62
10	泰国	8541.18	1.66	3.62
11	缅甸	7329.27	1.10	3.00
12	吉尔吉斯斯坦	7182.19	3.63	4.46
13	巴基斯坦	6134.63	0.70	5.01
14	伊拉克	5533.35	1.27	6.05
15	越南	5336.87	1.63	2.44
16	孟加拉国	4735.85	3.47	2.10
17	柬埔寨	4476.08	2.47	4.31
18	菲律宾	4256.92	1.44	4.82
19	日本	3720.46	1.00	5.05
20	马来西亚	3171.03	0.96	3.22
21	阿塞拜疆	1626.90	1.88	3.82
22	塔吉克斯坦	1519.36	1.07	5.68
23	老挝	1487.95	0.65	4.97
24	亚美尼亚	1385.06	4.67	3.74
25	朝鲜	1219.58	1.00	2.79
26	斯里兰卡	1214.68	1.83	2.14
27	韩国	1177.93	1.19	1.91
28	阿富汗	1162.86	0.18	10.06
29	叙利亚	1148.02	0.61	7.12
30	以色列	668.00	2.48	4.89
31	约旦	458.43	0.51	10.06
32	格鲁吉亚	415.38	0.60	3.84
33	尼泊尔	392.17	0.27	2.91
34	沙特阿拉伯	168.33	0.01	32.96
35	不丹	79.61	0.21	2.17
36	文莱	44.97	0.76	1.95

序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
37	科威特	40.65	0.23	6.11
38	阿联酋	34.11	0.05	9.51
39	阿曼	31.79	0.01	16.92
40	也门	31.64	0.01	23.89
41	新加坡	26.09	4.39	0.47
42	塞浦路斯	15.28	0.16	4.07
43	黎巴嫩	9.91	0.10	6.11
44	卡塔尔	8.82	0.08	5.93
45	东帝汶	4.12	0.03	3.54
46	巴林	2.02	0.30	3.22
欧 洲				
1	俄罗斯	611217.01	3.63	3.07
2	瑞典	42031.50	9.36	1.49
3	芬兰	40950.21	12.16	1.41
4	挪威	20761.47	6.40	1.18
5	乌克兰	13772.86	2.29	3.98
6	波兰	4979.64	1.60	2.39
7	法国	4876.10	0.89	3.75
8	德国	4724.80	1.32	2.86
9	西班牙	3617.98	0.73	3.42
10	英国	3023.76	1.23	2.45
11	罗马尼亚	2919.24	1.23	3.36
12	意大利	2791.02	0.93	4.87
13	白俄罗斯	2457.25	1.18	3.00
14	冰岛	2383.82	2.32	2.29
15	爱沙尼亚	2139.88	4.71	3.90
16	丹麦	1848.85	4.16	3.04
17	匈牙利	1492.60	1.60	3.82
18	瑞士	1453.18	3.52	3.09
19	保加利亚	1361.62	1.22	2.59
20	荷兰	1299.87	3.71	1.60
21	爱尔兰	1270.83	1.82	3.51
22	立陶宛	1231.90	1.90	1.98
23	拉脱维亚	1219.54	1.89	2.53
24	葡萄牙	1164.58	1.28	2.80
25	希腊	1081.67	0.82	4.73
26	塞尔维亚	814.12	0.92	2.72

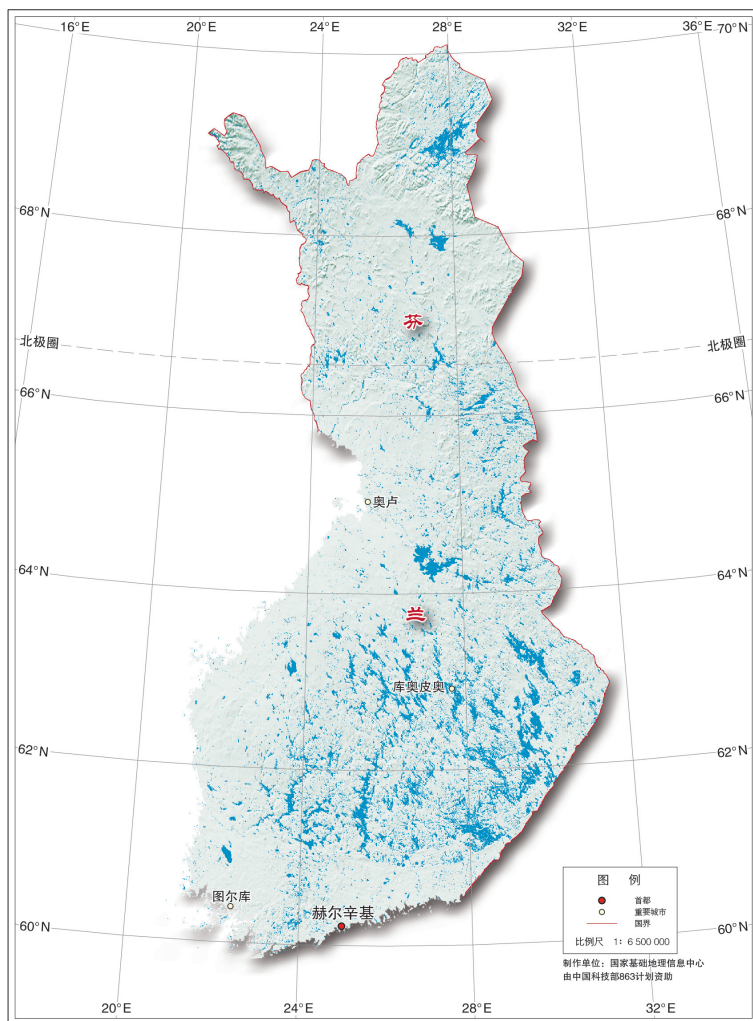
序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
27	奥地利	785.39	0.94	3.97
28	捷克	713.29	0.90	1.99
29	阿尔巴尼亚	595.66	2.09	4.01
30	前南马其顿	544.13	2.14	5.27
31	摩尔多瓦	495.86	1.46	1.70
32	克罗地亚	423.64	0.75	2.79
33	斯洛伐克	342.09	0.70	3.26
34	比利时	318.31	1.04	2.47
35	波黑	295.17	0.58	4.02
36	黑山共和国	287.49	2.09	4.55
37	斯洛文尼亚	72.41	0.35	2.02
38	卢森堡	14.86	0.57	2.02
39	法罗群岛	11.06	0.78	2.15
40	斯瓦尔巴岛和扬马延岛	7.38	1.92	58.50
41	列支敦士登	0.80	0.53	0.63
42	安道尔	0.66	0.14	1.74
43	马耳他	0.29	0.09	0.96
44	直布罗陀	0.22	3.81	
		非	洲	
1	坦桑尼亚	53745.19	5.71	3.65
2	刚果 (金)	37894.62	1.63	5.68
3	乌干达	35154.29	14.57	2.20
4	马拉维	21120.14	17.89	1.90
5	赞比亚	11910.12	1.59	6.03
6	肯尼亚	10909.07	1.87	6.12
7	莫桑比克	10842.00	1.38	6.15
8	尼日利亚	8061.03	0.89	4.76
9	加纳	8009.87	3.35	3.94
10	埃塞俄比亚	7869.82	0.70	9.09
11	埃及	5731.37	0.58	7.86
12	南非	4874.41	0.40	5.44
13	马达加斯加	4364.02	0.74	3.63
14	津巴布韦	4002.25	1.02	7.05
15	苏丹	3884.56	0.21	9.21
16	纳米比亚	3547.71	0.43	7.92
17	安哥拉	3509.57	0.28	5.78
18	马里	3309.62	0.26	7.24

序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
19	喀麦隆	3287.19	0.70	5.93
20	加蓬	3034.70	1.15	4.51
21	刚果 (布)	2996.12	0.88	5.04
22	科特迪瓦	2865.10	0.89	5.63
23	乍得	2624.06	0.21	12.14
24	阿尔及利亚	1907.85	0.08	21.47
25	布隆迪	1881.87	6.98	3.08
26	塞内加尔	1613.88	0.82	4.17
27	南苏丹	1588.14	0.25	
28	卢旺达	1446.47	5.74	3.08
29	中非	1229.36	0.20	6.12
30	几内亚比绍	979.12	2.88	1.93
31	几内亚	967.81	0.40	3.72
32	摩洛哥	909.76	0.22	8.21
33	博茨瓦纳	797.40	0.14	11.35
34	尼日尔	792.30	0.07	12.44
35	布基纳法索	687.18	0.25	6.81
36	塞拉利昂	493.96	0.68	2.58
37	毛里塔尼亚	442.35	0.04	17.43
38	利比里亚	420.34	0.44	6.62
39	突尼斯	411.90	0.27	7.76
40	贝宁	410.52	0.36	9.75
41	冈比亚	302.93	2.81	1.29
42	多哥	241.21	0.42	6.78
43	索马里	192.82	0.03	7.57
44	吉布提	179.97	0.83	5.32
45	利比亚	119.10	0.01	25.10
46	斯威士兰	108.64	0.63	2.75
47	赤道几内亚	82.04	0.30	4.06
48	莱索托	75.40	0.25	4.45
49	厄立特里亚	40.43	0.03	6.71
50	毛里求斯	13.98	0.69	1.58
51	加那利群岛	2.73	0.04	2.94
52	塞舌尔	2.19	0.46	11.39
53	佛得角	0.89	0.02	8.61
54	西撒哈拉	0.87	0.00	28.52

序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
55	马约特岛	0.54	0.14	1.41
56	留尼汪	0.44	0.02	3.57
57	圣多美和普林西比	0.38	0.04	2.95
58	科摩罗	0.25	0.01	5.09
59	圣赫勒拿	0.06	0.01	3.37
北 美 洲				
1	加拿大	1156739.28	11.60	1.52
2	美国	330336.57	3.48	3.64
3	墨西哥	15088.15	0.77	5.75
4	格陵兰 (丹)	10049.35	0.46	6.47
5	尼加拉瓜	9826.01	7.62	3.09
6	古巴	1561.24	1.40	2.57
7	危地马拉	1215.84	1.11	5.72
8	巴哈马	1186.09	8.89	1.40
9	洪都拉斯	1160.17	1.03	5.09
10	巴拿马	989.67	1.32	4.19
11	伯利兹	540.31	2.43	2.38
12	多米尼加	493.97	1.03	5.90
13	萨尔瓦多	419.01	2.04	3.33
14	海地	226.6	0.84	4.94
15	哥斯达黎加	225.47	0.44	4.87
16	波多黎各	49.56	0.55	1.91
17	荷属安的列斯群岛	24.60	3.04	2.24
18	牙买加	18.64	0.17	3.75
19	特立尼达和多巴哥	14.39	0.28	2.78
20	安提瓜和巴布达	10.76	2.43	1.83
21	特克斯和凯科斯群岛	10.35	1.90	1.06
22	圣皮埃尔和密克隆	7.21	3.16	0.85
23	瓜德罗普	4.31	0.25	4.01
24	英属维尔京群岛	3.15	1.85	1.81
25	百慕大	2.98	4.72	1.18
26	开曼群岛	2.40	0.86	0.90
27	马提尼克	2.19	0.19	1.80
28	圣基茨和尼维斯	1.65	0.60	2.93
29	克利珀顿岛 (法)	1.47	36.74	0.94
30	美属维尔京群岛	1.22	0.33	2.07
31	安圭拉	1.13	1.37	0.41

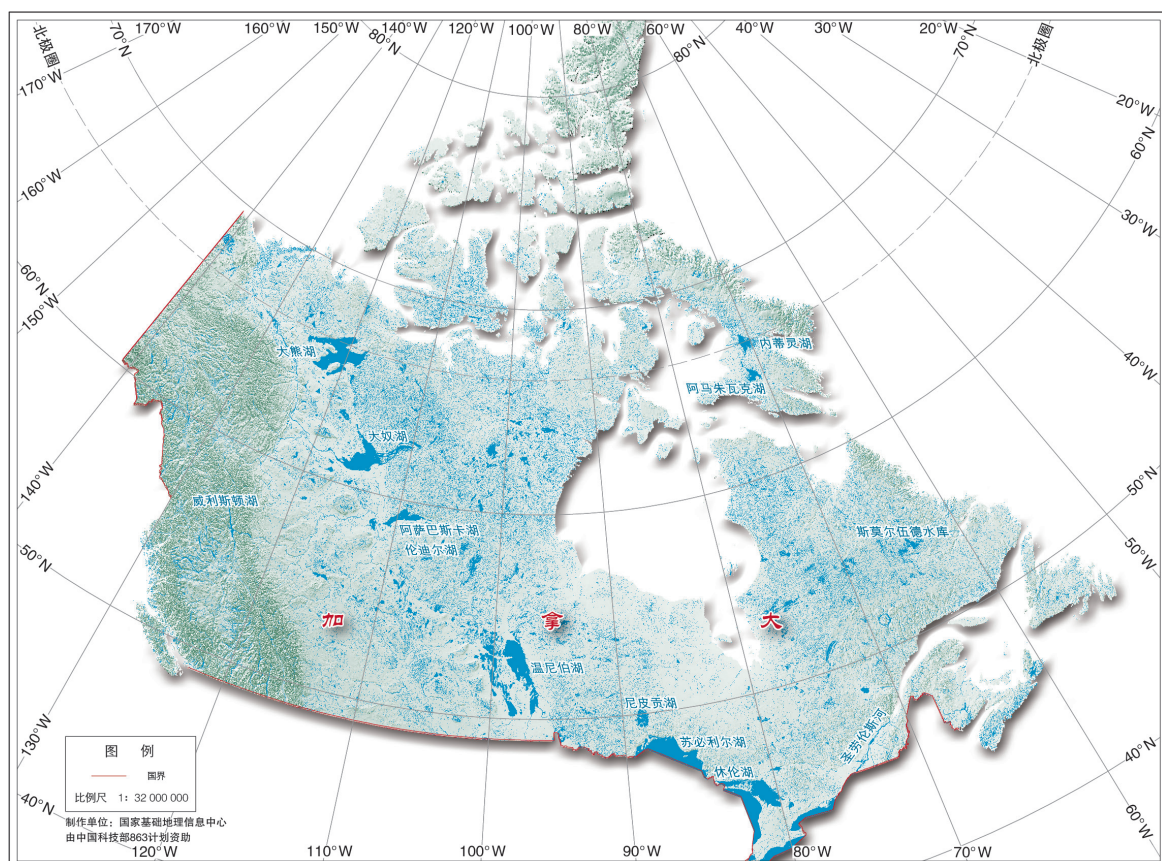
序号	部分国家和地区	2010 年水域面积 (km ²)	2010 年水域率 (%)	2010 年空间变异系数
32	圣卢西亚	0.62	0.10	1.10
33	阿鲁巴	0.37	0.20	1.19
34	格林纳达	0.20	0.05	0.84
35	圣文森特和格林纳丁斯	0.10	0.02	3.81
36	多米尼克	0.08	0.01	2.01
37	巴巴多斯	0.03	0.01	1.56
38	蒙特塞拉特	0.00	0.00	4.56
南 美 洲				
1	巴西	130895.50	1.54	4.15
2	阿根廷	42146.12	1.52	4.90
3	玻利维亚	23452.52	2.16	5.18
4	秘鲁	14835.04	1.15	5.28
5	委内瑞拉	13527.92	1.48	4.48
6	智利	13481.49	1.79	3.51
7	哥伦比亚	12243.37	1.08	3.46
8	乌拉圭	4991.94	2.80	3.50
9	巴拉圭	4353.95	1.09	5.78
10	苏里南	2782.76	1.90	4.79
11	厄瓜多尔	2671.38	1.04	4.11
12	圭亚那	1509.40	0.72	2.59
13	法属圭亚那	678.24	0.81	4.26
14	福克兰群岛 (马尔维纳斯)	212.41	1.76	1.68
大 洋 洲				
1	澳大利亚	40858.75	0.53	7.18
2	新西兰	4228.87	1.56	4.32
3	巴布亚新几内亚	2821.34	0.61	3.12
4	斐济	101.84	0.56	1.73
5	新喀里多尼亚	73.32	0.39	4.92
6	所罗门群岛	51.45	0.18	2.2
7	瓦努阿图	36.42	0.30	4.67
8	汤加	14.16	2.11	3.43
9	基里巴斯	3.20	0.25	8.54
10	法属玻利尼西亚	1.37	0.04	27.98
11	北马里亚纳	0.84	0.08	2.06
12	瓦利斯和富图纳	0.16	0.09	1.53

附图



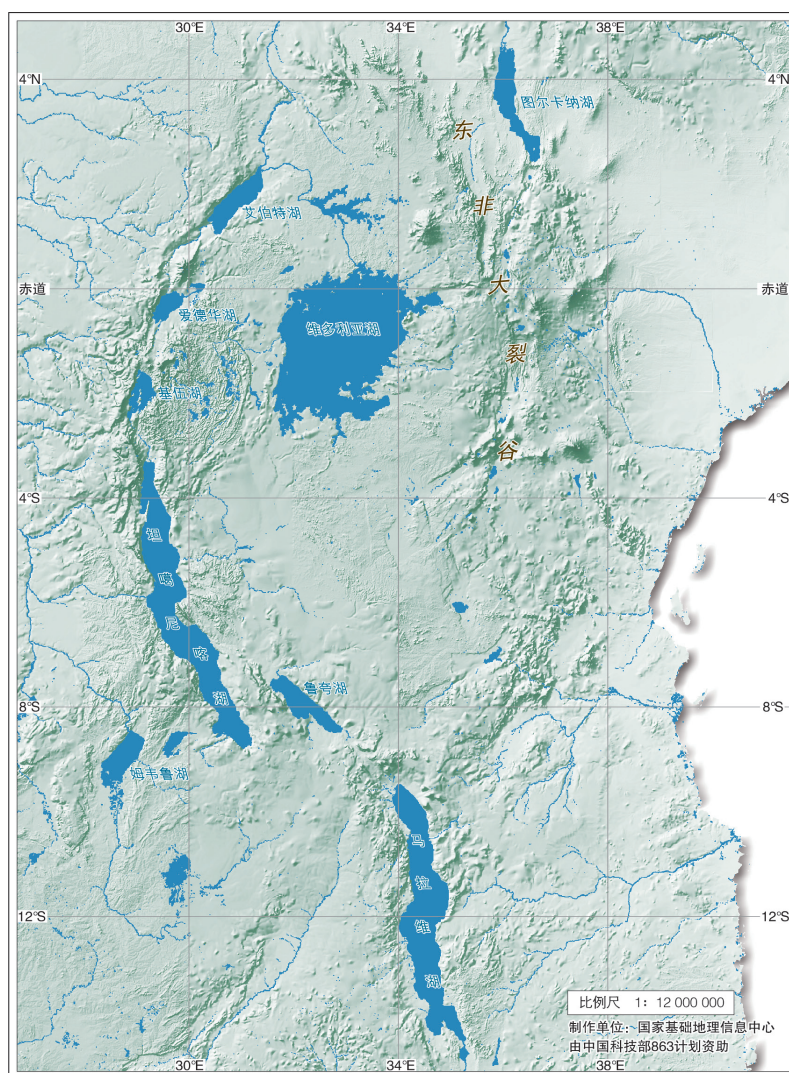
1 千湖之国——芬兰

芬兰位于欧洲北部，与瑞典、挪威、俄罗斯接壤，南临芬兰湾，西濒波的尼亚湾，海岸线长1100 km。境内由于冰川活动形成许多冰蚀湖和冰碛湖，它们往往通过狭窄的水道、短河和急流相互连接，从而形成互相沟通的水路。内陆水域面积占全国总面积的12.2%，500 m²以上的湖泊约18.8万个，故有“千湖之国”的称号。境内最大的湖是派延奈湖，最长的河流是凯米河。芬兰还是传说中的圣诞老人的故乡。



2 水域面积最大的国家——加拿大

加拿大是世界上领土面积第二大的国家，位于北美洲北部，东濒大西洋，西临太平洋，北接北冰洋，西北部邻美国阿拉斯加州，东北与格陵兰（丹）隔戴维斯海峡遥遥相望，南接美国本土。水域面积全球最大，约为 116 万 km^2 ，水域率 11.6%。境内多河流、湖泊和海湾，冰蚀湖广布，绝大部分河流多急流和瀑布。马更些河为境内最大河流，全长 4241 km。哈德逊湾是最大海湾。圣劳伦斯河深水航道连接美加两国，船舶通航可从大西洋抵达五大湖水系。



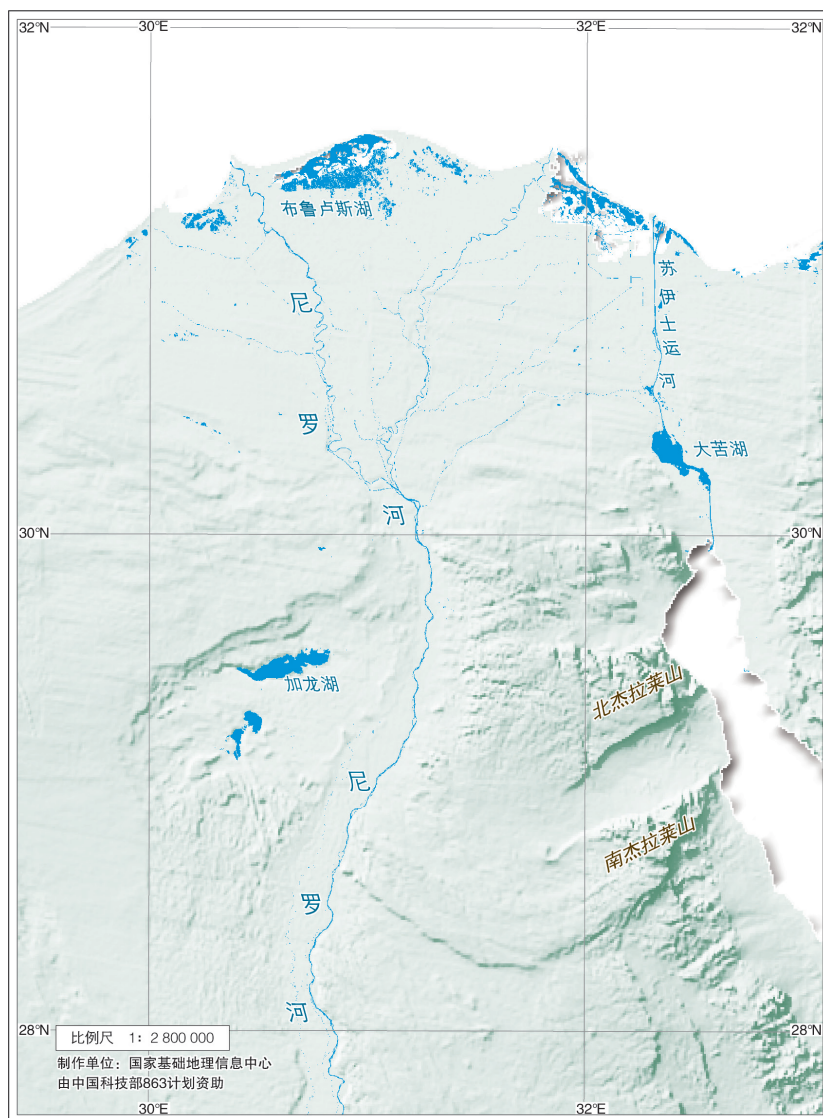
3 东非大裂谷串珠状湖泊

东非大裂谷是大陆漂移运动而形成的，是世界大陆上最大的断裂带，从形状上看去犹如一道巨大的伤疤。受地质构造影响，地凹处积水成湖。非洲大部分湖泊都集中在这里，湖泊成串珠状，大大小小约有 30 个，面积较大的有马拉维湖、坦噶尼喀湖、艾伯特湖、维多利亚湖等。这些裂谷带的湖泊多狭长水深，水量丰富；湖周围野生动物众多，是旅游观光的胜地。



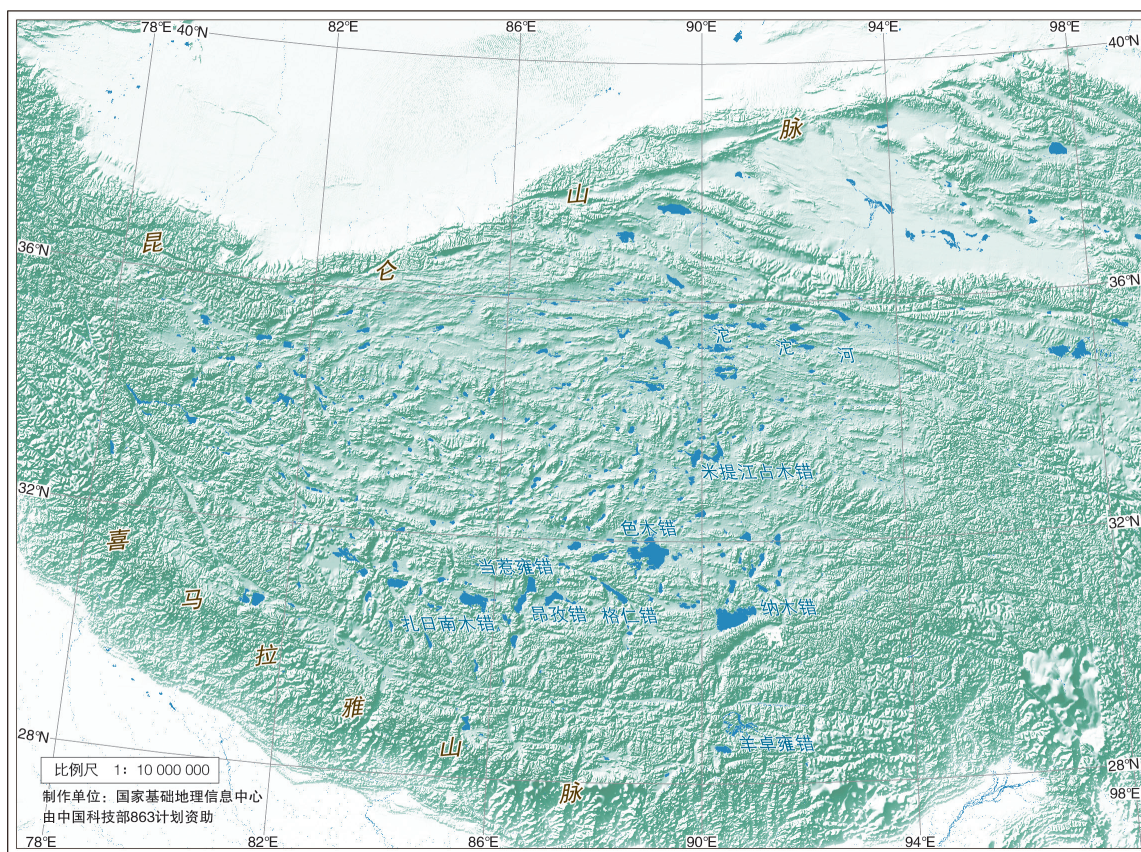
4 世界最大流域——亚马孙流域

亚马孙流域位于南美洲,是世界上面积和水资源量最大的流域。其中亚马孙河是南美第一、世界第二长河,发源于安第斯山高原,流经秘鲁、巴西、玻利维亚、厄瓜多尔、哥伦比亚和委内瑞拉等 7 国,在赤道附近注入大西洋,河水量终年充沛,是世界流量最大、支流最多的河流。亚马孙流域内大部分地区属于热带雨林气候,多雨、潮湿、高温,年降雨量均在 2000 mm 以上。平原地势低平坦荡,河流蜿蜒曲折,湖沼众多,蕴藏着世界最丰富多样的生物资源,各种生物多达数百万种。



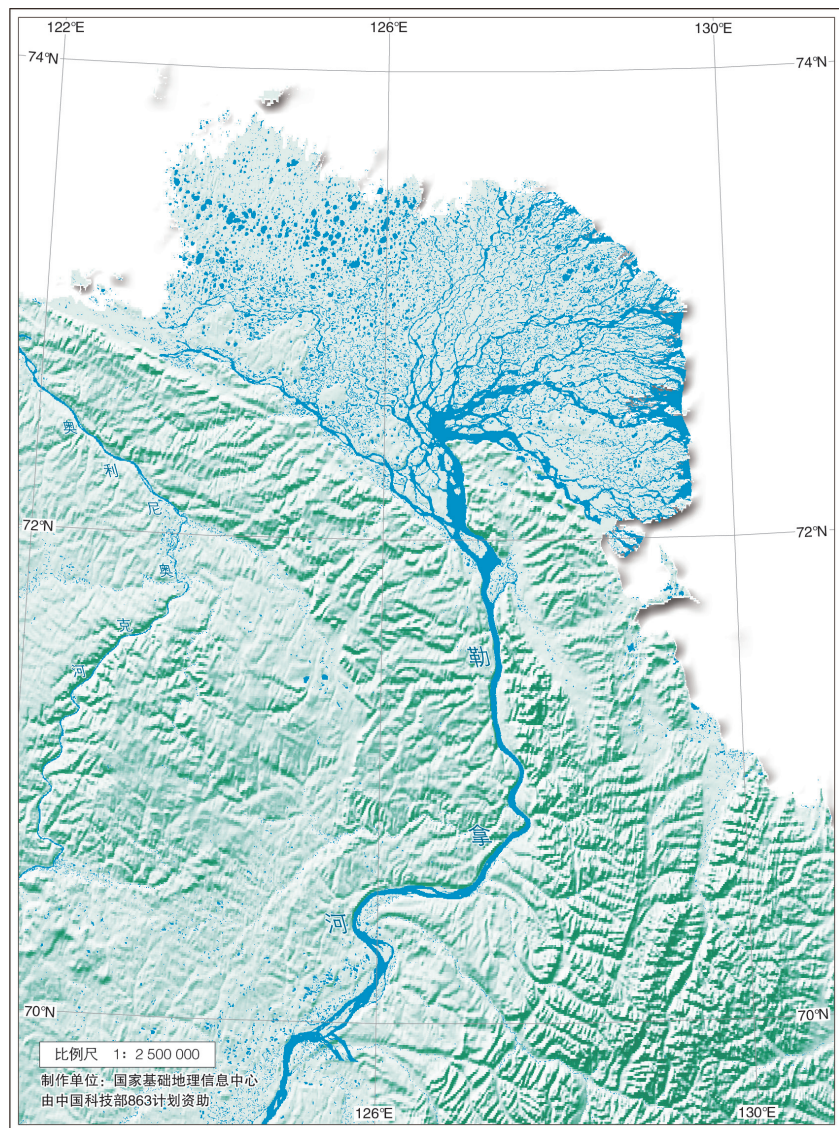
5 世界第一长河——尼罗河（下游河口三角洲）

尼罗河三角洲位于埃及北部，由尼罗河干流汇入地中海形成。它以开罗为顶点，西至亚历山大港，东到塞德港，南北长约 160 km，东西宽 250 km，是世界上最大的三角洲之一。尼罗河是世界第一长河，发源于赤道多雨区。尼罗河三角洲土地肥沃，人口密集，是古埃及文明的发源地。这里耸立着安葬埃及法老的金字塔，诞生了人类历史上最早的太阳历。



6 世界上最大高原湖泊群——青藏高原湖泊群

青藏高原分布着数目极多的湖泊，构成了世界上海拔最高、数量最多、面积最大的湖泊群。青藏高原湖泊群的形成与青藏高原的隆起过程相伴随，所以其分布、形态大体与构造地貌活动线一致，呈现出以东西或北西向排列为主的长方形、椭圆形和线状形态，通常水深较深。青藏高原湖泊水资源总储量约 6080 亿 m^3 ，占全国湖水储量的 70% 以上。由于青藏高原高山谷地的存在，使得湖泊之间存在巨大的落差，从而能够带来巨大的水能资源。东亚、东南亚和南亚的几条主要大河均发源于青藏高原。



7 辫状河流水系——俄罗斯勒拿河下游

勒拿河长 4400 km，是世界第十长河流，也是俄罗斯最长的河流。勒拿河发源于贝加尔山西坡，距贝加尔湖仅 7 km，沿中西伯利亚高原东缘曲折北流，纵贯西伯利亚森林与苔原带，在中下游地区呈现出独特的辫状河流形状；向北注入北冰洋拉普捷夫海，在河口处形成俄罗斯最大的三角洲——勒拿河三角洲，形状呈扇形，面积约 3.2 万 km²，三角洲上分支出约 150 余条汉流，1000 多个岛屿。三角洲曾有猛犸象象牙出土。

名词解释

陆地卫星 (Landsat)

Landsat 是美国陆地探测卫星系统。从 1972 年开始发射第一颗卫星 Landsat 1, 目前最新的是 Landsat 8, 其中, Landsat 5 于 1984 年发射, 设计寿命为 3 年, 但实际在轨运行已超过 25 年, 是目前在轨运行时间最长的光学遥感卫星, 成为全球广泛应用、成效显著的地球资源遥感卫星之一。Landsat 7 卫星于 1999 年发射, 装备有增强型专题制图仪 (Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+) 设备, ETM+ 被动感应地表反射的太阳辐射和散发的热辐射, 有 8 个波段的感应器, 覆盖了从可见光到红外的不同波长范围, 其多光谱数据空间分辨率为 30 m。

中国环境减灾卫星 (HJ-1)

全称中国环境与灾害监测预报小卫星星座, 是中国专用于环境与灾害监测预报的卫星, 由 A、B 两颗中分辨率光学小卫星和计划于 2013 年发射升空的一颗合成孔径雷达小卫星 C 星组成, 主要用于对生态环境和灾害进行大范围、全天候动态监测, 及时反映生态环境和灾害发生、发展过程, 对生态环境和灾害发展变化趋势进行预测, 对灾情进行快速评估, 为紧急求援、灾后救助和重建工作提供科学依据, 采取多颗卫星组网飞行的模式, 每两天就能实现一次全球覆盖。其中两颗中分辨率光学小卫星均装载 CCD 相机, A 星还装载一台高光谱成像仪, B 星装载一台红外多光谱相机。CCD 相机有可见光和近红外四个波段, 空间分辨率为 30 m, 幅宽 700 km。

北京一号小卫星 (BJ-1)

北京一号是科技部和北京市联合发射的一颗具有中高分辨率双遥感器的对地观测小卫星, 卫星重量 166.4 kg, 轨道高度 686 km, 中分辨率遥感器为 32 m 多光谱, 幅宽 600 km, 高分辨率遥感器为 4 m 全色, 幅宽 24 km, 卫星具有侧摆功能, 在轨寿命 5 年 (推进系统 7 年)。

中分辨率成像光谱仪 (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)

搭载在 Terra 和 Aqua 两颗卫星上的中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 是美国地球观测系统 (EOS) 计划中用于观测全球生物和物理过程的重要仪器, 空间分辨率分别为 250 m、500 m 和 1000 m。它具有 36 个中等分辨率水平 ($0.4 \mu\text{m} \sim 14 \mu\text{m}$) 的光谱波段, 每 1~2 天对地球表面观测一次。MODIS 的多波段数据可以同时提供反映陆地表面状况、云边界、云特性、

海洋水色、浮游植物、生物地理、化学、大气水汽、气溶胶、地表温度、云顶温度、大气温度、臭氧和云顶高度等特征的信息。可用于对陆表、生物圈、固态地球、大气和海洋进行长期全球观测。

风云三号 (FY-3) 气象卫星

风云三号 (简称 FY-3) 是中国第 2 代极地轨道气象卫星系列。FY-3A 于 2008 年 5 月 27 日发射升空。主要实现全球、全天候、三维、定量、多光谱遥感观测, 以满足现代气象业务, 特别是数值天气预报业务的发展, 同时监测大范围气象及其衍生自然灾害和生态环境变化, 为研究全球气候变化规律, 进行气候诊断和预测提供地球物理参数, 为农、林、交通、海洋、水文等多领域提供服务。风云三号卫星扫描宽度为 2900 km, 每天至少可以对全球同一地区扫描 2 次。风云三号上携带着 11 种有效载荷和 90 多种探测通道, 可以在全球范围进行全天时探测。其中的中分辨率光谱成像仪 (Medium Resolution Spectral Imager, MERSI) 光谱范围为 0.40~12.5 μm , 有 20 个波段, 空间分辨率 250 m~1 km。

水域率

水域率定义为单位陆表面积中的陆表水域面积, 表征陆表水域面积在地表基本空间单元中的多少, 是一个无量纲的参数, 可用百分比表示。

CBEST 聚类方法 (Clustering Based on Ensemble and Spectral Technique)

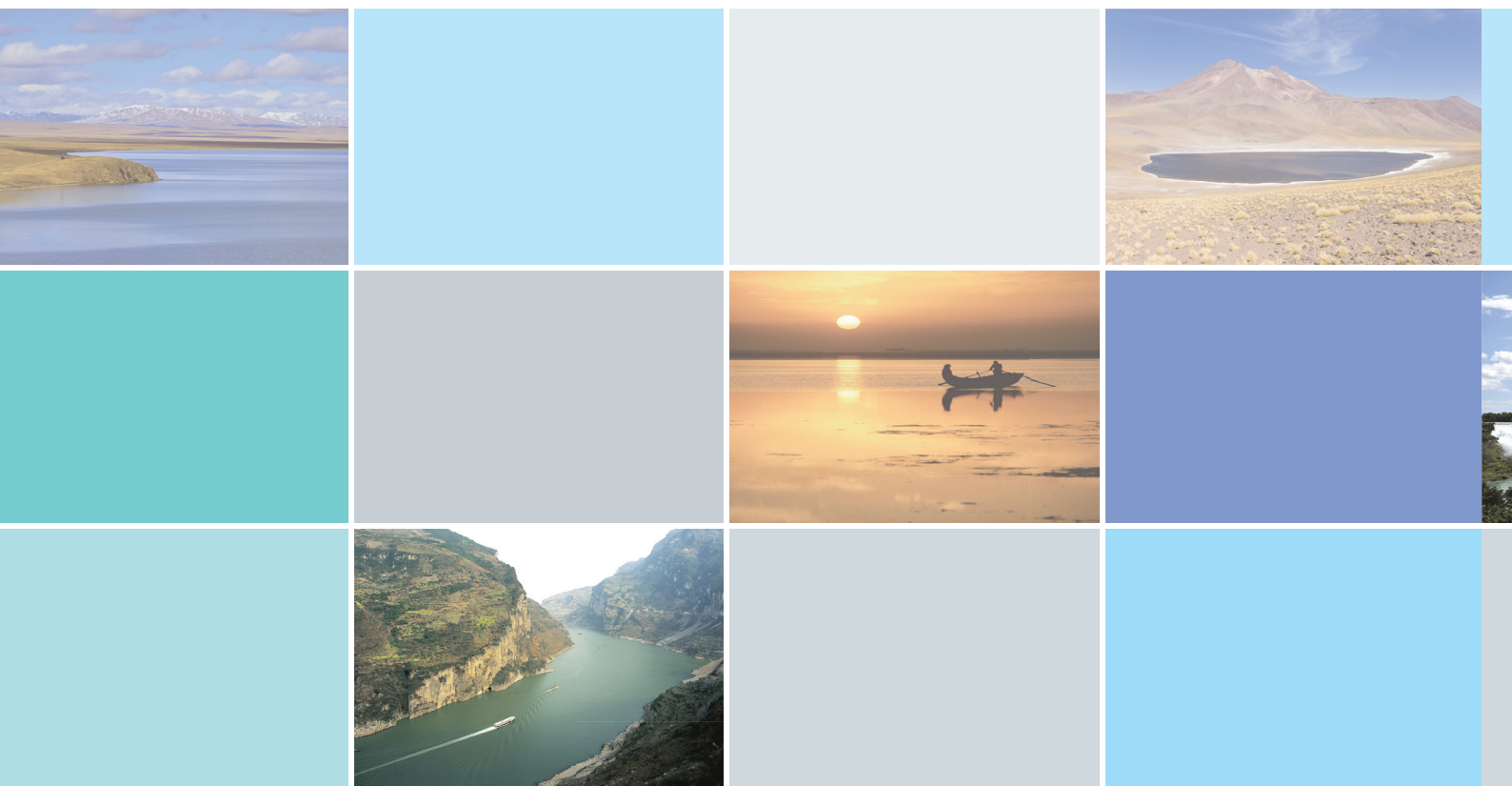
是一种基于集成技术和谱聚类技术的混合型数据聚类算法。

变异系数 (Coefficient of variation, Cv)

又称“离散系数”, 是概率分布离散程度的一个归一化量度, 其定义为标准差 σ 与平均值 μ 之比: $Cv = \sigma / \mu$ 。变异系数是反映数据离散程度的一个统计量, 反映单位均值上的离散程度, 常用在两个或多个总体均值不等的离散程度的比较上。

柯本 - 盖格气候分类法

由德国气候学家柯本于 1900 年创立。经多次修改, 已成为世界上使用最广泛的气候分类法。以气温和降水为指标, 并参照自然植被的分布进行气候分类。全球共分为冬干冷温气候、冬干温暖气候、冰原气候、地中海式气候、夏干冷温气候、常湿冷温气候、常湿温暖气候、荒漠气候、热带季风气候、热带干湿气候、热带雨林气候、苔原气候和草原气候等 13 个类别。



中华人民共和国科学技术部国家遥感中心

地址：北京市海淀区柳林馆南里甲8号楼西侧

电话：(010)58881180

传真：(010)58881179

邮箱：webmaster@nrsc.gov.cn

网址：www.nrsc.gov.cn