

空间科技护航“一带一路”

构建“一带一路”水资源 空间观测合作研究

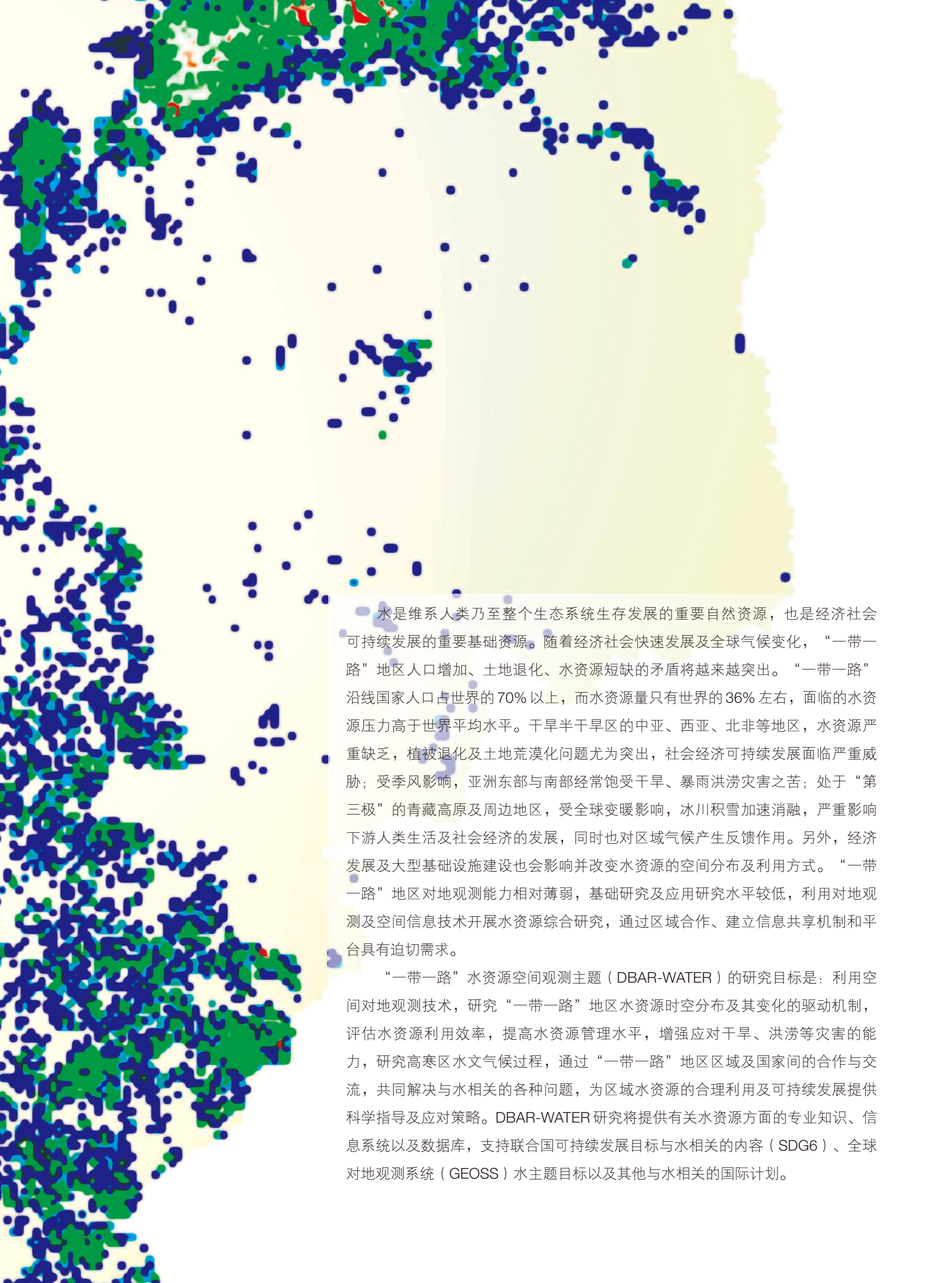
贾立^{1*} Marco Mancini² Bob Su³ 卢静¹ Massimo Menenti¹

1 中国科学院遥感与数字地球研究所 北京 100094

2 意大利米兰理工大学 米兰 20133

3 荷兰屯特大学 恩斯赫德 7514AE

* E-mail: jjali@radi.ac.cn



水是维系人类乃至整个生态系统生存发展的重要自然资源，也是经济社会可持续发展的重要基础资源。随着经济社会快速发展及全球气候变化，“一带一路”地区人口增加、土地退化、水资源短缺的矛盾将越来越突出。“一带一路”沿线国家人口占世界的70%以上，而水资源量只有世界的36%左右，面临的水资源压力高于世界平均水平。干旱半干旱区的中亚、西亚、北非等地区，水资源严重缺乏，植被退化及土地荒漠化问题尤为突出，社会经济可持续发展面临严重威胁；受季风影响，亚洲东部与南部经常饱受干旱、暴雨洪涝灾害之苦；处于“第三极”的青藏高原及周边地区，受全球变暖影响，冰川积雪加速消融，严重影响下游人类生活及社会经济的发展，同时也对区域气候产生反馈作用。另外，经济发展及大型基础设施建设也会影响并改变水资源的空间分布及利用方式。“一带一路”地区对地观测能力相对薄弱，基础研究及应用研究水平较低，利用对地观测及空间信息技术开展水资源综合研究，通过区域合作、建立信息共享机制和平台具有迫切需求。

“一带一路”水资源空间观测主题（DBAR-WATER）的研究目标是：利用空间对地观测技术，研究“一带一路”地区水资源时空分布及其变化的驱动机制，评估水资源利用效率，提高水资源管理水平，增强应对干旱、洪涝等灾害的能力，研究高寒区水文气候过程，通过“一带一路”地区区域及国家间的合作与交流，共同解决与水相关的各种问题，为区域水资源的合理利用及可持续发展提供科学指导及应对策略。DBAR-WATER研究将提供有关水资源方面的专业知识、信息系统以及数据库，支持联合国可持续发展目标与水相关的内容（SDG6）、全球对地观测系统（GEOSS）水主题目标以及其他与水相关的国际计划。

合作进展

涉及国家

目前参与合作的国家包括越南、泰国、伊朗、巴基斯坦、印度、马来西亚、蒙古国、摩洛哥、肯尼亚、突尼斯、乌干达、荷兰、意大利等十几个国家。DBAR-WATER 联合主席为：中科院遥感与数字地球所贾立研究员、意大利米兰理工大学 Marco Mancini 教授以及荷兰屯特大学 Bob Su 教授。合作单位包括：意大利米兰理工大学、荷兰屯特大学、荷兰代尔夫特理工大学、摩洛哥 Chouaib Doukkali 大学、联合国教科文组织水教育学院（UNESCO-IHE）、国际全球能量与水循环实验（GEWEX）计划、巴基斯坦白沙瓦大学、蒙古国立大学、印度国家技术学院、非洲区域资源发展制图中心（RCMRD）、撒哈拉和萨赫勒地区观测组织（OSS）、非洲区域农业气象学与实用水文培训和应用中心（AGRHYMET）、乌干达 Makerere 大学、泰国孔敬大学、越南胡志明市科技大学、马来西亚工业大学、伊朗塔比特莫达勒斯大学以及国内中科院遥感与数字地球所、中科院南京地理与湖泊所、中国水利水电科学研究院、清华大学等 20 多个单位与组织。与区域内其他国家的合作也正在拓展中。DBAR-WATER 将根据“一带一路”地区不同国家所面临的水资源问题开展长期合作，与相关合作单位签署合作谅解备忘录。

进展及未来计划

研究进展

DBAR-WATER 主要研究任务及初步进展如下。

（1）**水资源要素总体监测**。发展水资源相关要素（如降水、蒸散发、土壤水分、湖泊、冰川、积雪、水质等）遥感反演算法，生产长时间序列数据集，为水资源相关研究提供数据支撑（图 1）。

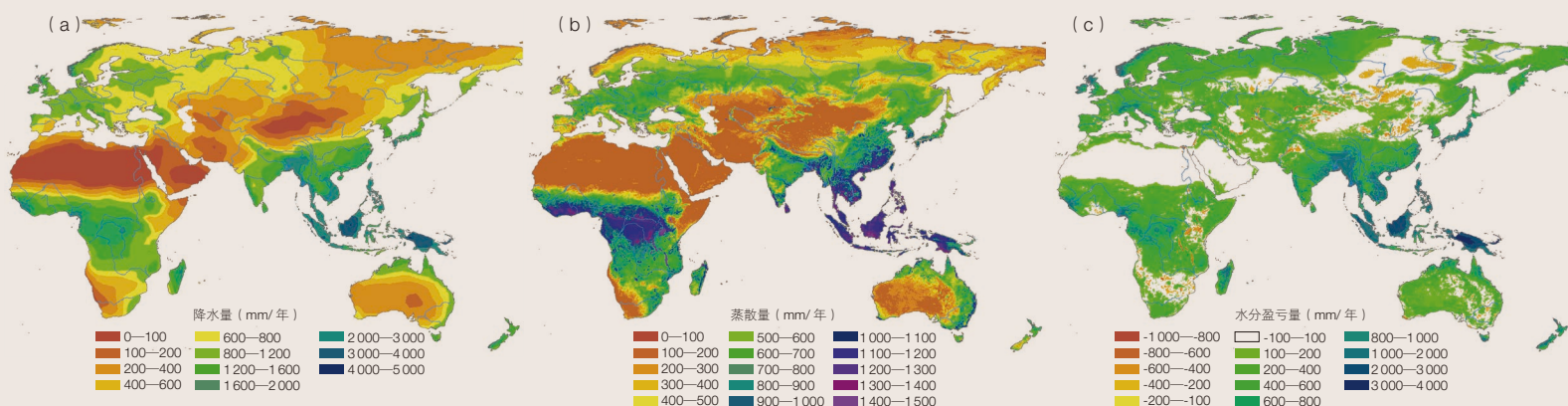


图 1 “一带一路”地区 2008—2013 年水分收支分布图。（a）降水（GPCP 降水数据产品）；（b）蒸散（ETMonitor 蒸散发产品）；（c）水分盈亏（降水减去蒸散发）。“一带一路”地区水分盈余区空间分布格局与降水相一致，而水分亏缺地区主要反映了人类活动对水资源的开发和利用特征，如中国的华北平原以及中亚、西亚及北非等干旱地区的灌溉绿洲区

(2) 水文过程与气候研究。分析水循环相关变量的时空分布，研究水文过程与气候间的相互作用，厘清不同水文过程的控制因素，为区域水资源管理提供科学支持。如：由于气候干旱及农业灌溉用水需求增加，导致伊朗西北部乌尔米耶湖过去 20 年间不断萎缩（图 2）。

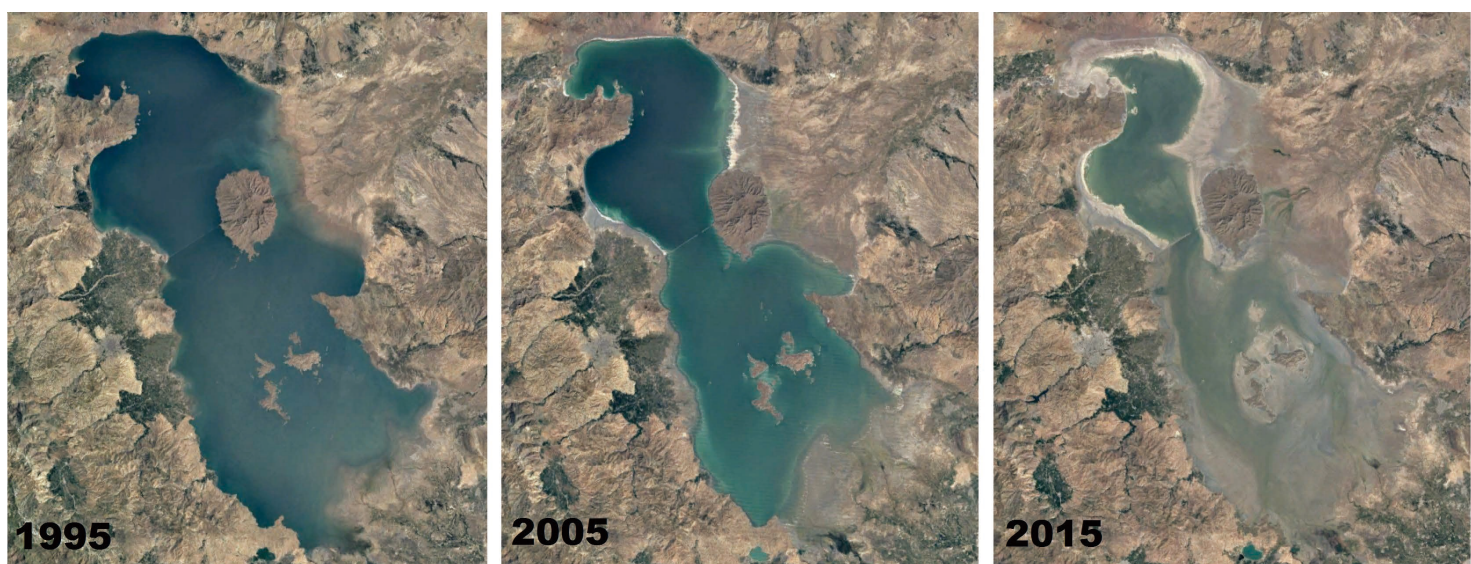


图 2 1995—2015 年伊朗乌尔米耶湖变化图

(3) 水资源管理系统适应性研究。分析“一带一路”地区经济计划重点发展区域水资源管理特征，根据经济发展规模，对水资源可用性、用水需求及水资源再分配等进行评估，更好理解水资源的禀赋与承载力，研究可持续的水资源管理方式（图 3）。

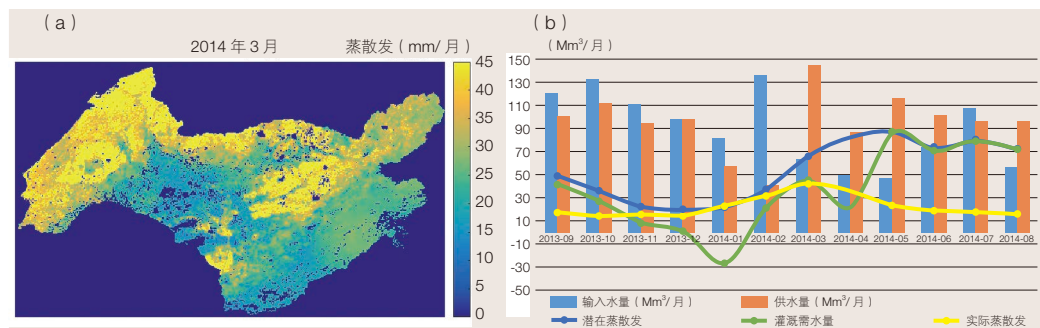


图 3 (a) 2014 年 3 月摩洛哥 Oum-Er-Rbia 流域 Tadla Doukkala 灌区蒸发分布；(b) 摩洛哥 Al Massira 水库的流入及流出水量与 Doukkala 灌区潜在蒸发及实际蒸发对比，用于指导灌溉方案的制定，2013—2014 年秋冬季灌溉用水需求过剩，春夏季用水需求不足

(4) 农业用水效率评估。利用中高分辨率遥感数据驱动过程模型以评估“一带一路”地区作物用水、水分利用效率及水计量，通过节水、改良作物品种及使用先进灌溉方式来提高水的生产力（图 4）。

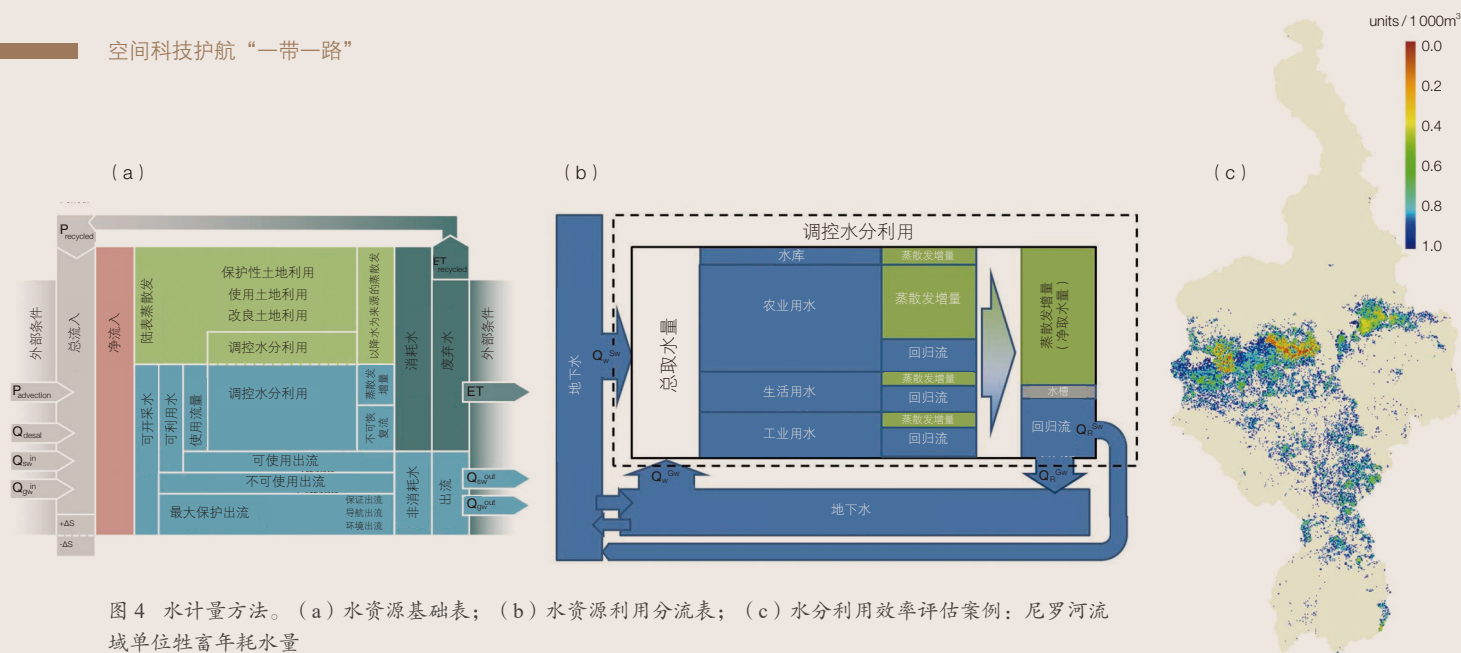


图4 水计量方法。(a)水资源基础表；(b)水资源利用分流表；(c)水分利用效率评估案例：尼罗河流域单位牲畜年耗水量

(5) 旱涝监测。发展基于对地观测的干旱、暴雨洪涝监测及预警系统，分析干旱、洪水发生频率及驱动机制，评估旱涝灾害对农业生产、生态环境等的影响。如图5，基于卫星观测获取的归一化植被异常指标（NVAI）、归一化温度异常指标（NTAI）、归一化干旱异常指标（NDAI）对印度恒河流域2009年干旱发展过程进行动态监测，印度北部地区出现了大面积的高温异常，由于恒河沿岸农田依靠河流及地下水灌溉，其植被生长受干旱的影响程度轻于印度西北部地区。图6为利用微波遥感反演的饱和土壤水面积百分比作为洪水预警指标判别地表湿润状况，结合降水预报评估洪水发生高风险区域。

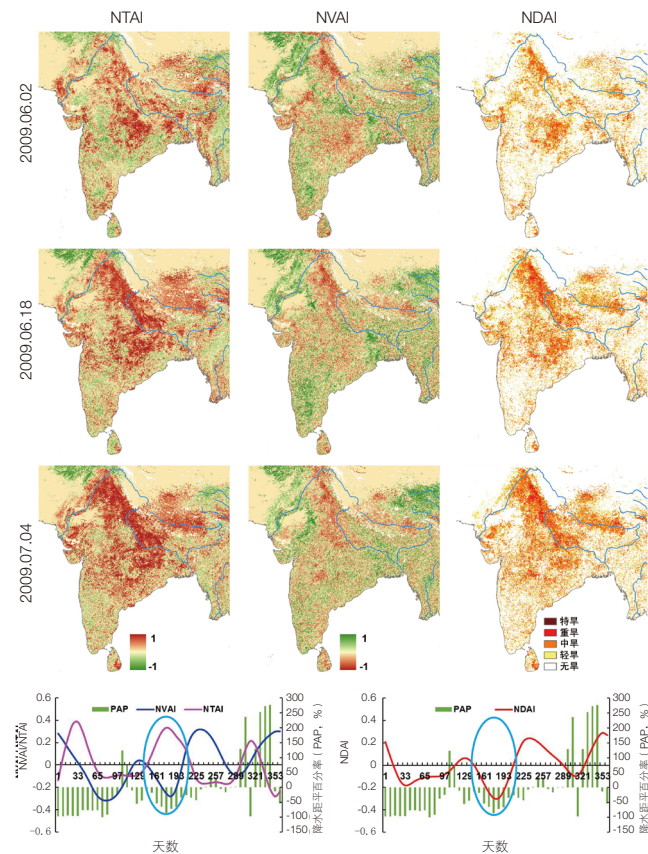


图5 2009年印度恒河流域干旱过程的动态监测图

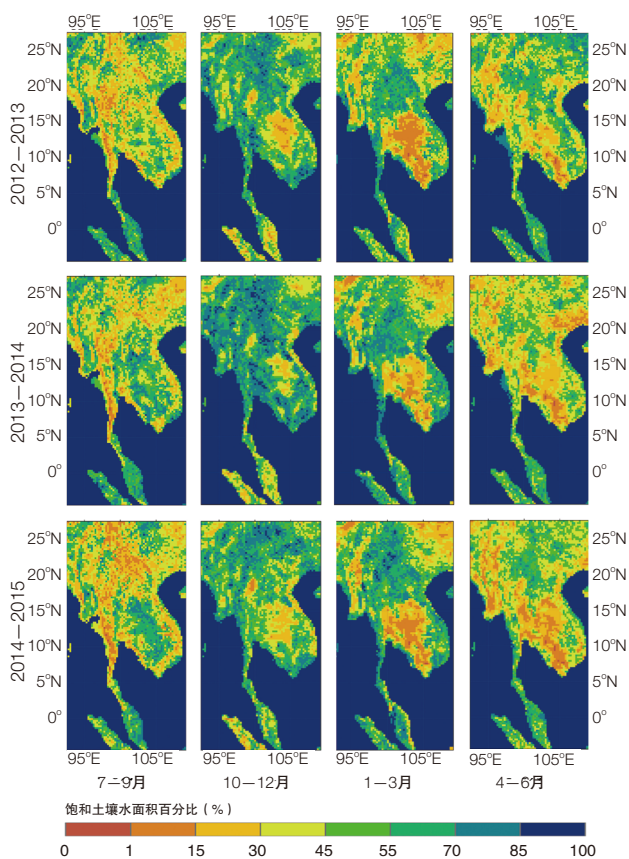


图6 东南亚地区洪水预警

(6) 高寒区水文过程。提高寒区水循环关键变量在复杂地表条件下的遥感反演精度，模拟高寒区水文过程，分析冰冻圈变化对高亚洲地区水资源及生态环境的影响（图7）。

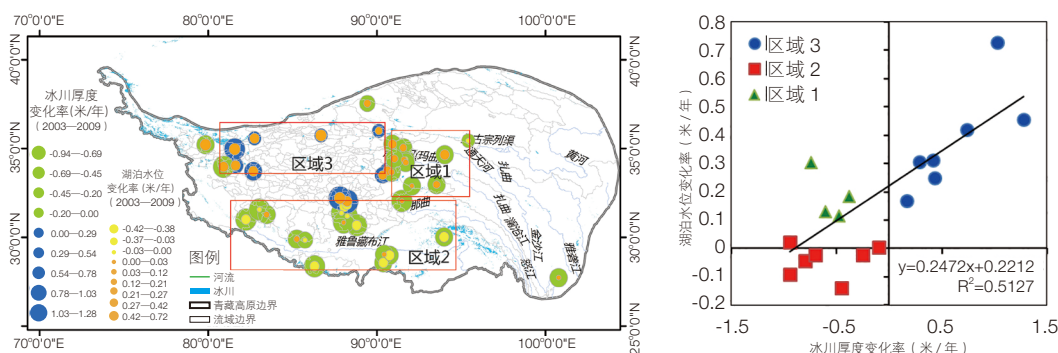


图7 青藏高原冰川厚度与湖泊水位变化总体呈正相关，但3个主要区域具有不同表现：唐古拉山脉（区域1）冰川厚度降低，湖泊水位增加；念唐古拉山脉西部、喜马拉雅山脉、冈底斯山脉（区域2）冰川厚度与湖泊水位同时降低；昆仑山脉（区域3）冰川厚度与湖泊水位同时增加

互访交流及国际会议等进展

2016年10月在乌干达举办非洲环境遥感大会期间，由中科院遥感与数字地球所贾立研究员、“外专千人”Massimo Menenti、以及非洲环境遥感协会（AARSE）秘书长Kamal Labbassi教授共同组织了“DBAR与AARSE：中非合作新机遇”专题分会，会议期间DBAR主席郭华东院士与AARSE主席Olajide Kufoniyi教授签署了《DBAR-AARSE合作谅解备忘录》（图8），并积极促成了《ISDE-AARSE合作谅解备忘录》的签署，就空间对地观测服务“一带一路”地区可持续发展达成共识。另外，由贾立研究员牵头、联合国内外5家合作单位共同申请的国家自然科学基金与联合国环境规划署合作研究项目（NSFC-UNEP）“萨赫勒地区土地利用与覆盖变化的驱动机制及其影响”成功获批（图9）；中国与泰国政府间科技合作项目“遥感在泰国东北部水资源管理中的应用”于2017年启动；同意大利、摩洛哥等国家对于水资源的合作研究也在进行中（图10）；相关合作项目促进了“一带一路”地区水资源的深入研究，为解决区域水资源问题提供科学支撑。



图8 2016年10月在乌干达首都坎帕拉DBAR主席郭华东院士与AARSE主席Olajide Kufoniyi教授签署合作谅解备忘录

图9 2016年10月NSFC-UNEP合作框架下的研究项目“萨赫勒地区土地利用与覆盖变化的驱动机制及其影响”启动会在乌干达首都坎帕拉召开

图10 2016年5月摩洛哥Chouaib Doukkali大学Kamal Labbassi教授与意大利米兰理工大学Marco Mancini教授考察位于干旱半干旱区的中科院黑河遥感试验研究站，就中国西部与地中海区域水资源问题的共性及差异性展开讨论和研究



相关国家专家访谈



Peter J. van Oevelen, 全球能量与水循环实验 (GEWEX) 项目主任 (总部位于美国华盛顿), 主要从事气候与天气过程、空间对地观测、水资源与粮食安全等研究

DBAR-WATER 研究计划完全符合世界气候研究计划中 GEWEX 的目标, 与 GEWEX 区域水文气候

项目如亚洲季风水文大气科学研究与预测行动 (MAHASRI)、欧亚大陆北部地球科学合作计划 (NEESPI)、亚洲季风试验 (GAME)、非洲季风多学科分析项目 (AMMA) 等密切相关, 将很大程度上对世界气候研究计划“水资源面临的挑战”项目作出贡献, 并将从观测、过程描述以及数据产品评估等方面为 GEWEX 作出相关贡献。



Wim G.M. Bastiaanssen, 教授, 联合国教科文组织水教育学院 (UNESCO-IHE) 资深农业水资源管理领域遥感专家, 主要从事基于遥感观测的水资源管理研究, 是联合国合作伙伴计划“水计量+”工作组创始人

DBAR-WATER 是在国际背景下传播水文科学知识的一个很好倡议。亚洲和非洲许多国家都面临水资源短缺问题, 提升区域水安全面临诸多挑

战, 而应对这些挑战需要加强国际合作。DBAR-WATER 工作组可以与联合国合作伙伴组成的“水计量+”工作组一起创建水资源标准化评估系统。中国有很好的空间研究计划项目及水文专家, 多源卫星遥感数据及大尺度水与能量平衡实验数据将促进水文过程模型及水资源评估模型的发展, 希望 DBAR-WATER 也将促进中科院水计量研究中心的成立。



Kamal Labbassi, 摩洛哥 Chouaib Doukkali 大学教授, 非洲环境遥感协会 (AARSE) 秘书长, 主要从事遥感在生态系统、水资源、干旱区农业灌溉等方面的应用研究

位于半干旱气候区的摩洛哥受气候变化的影响更为严重, 长期干旱将使全国供水形势处于危险之

中。水资源高效利用至关重要, 将减轻干旱灾害带来的影响。摩洛哥政府实施了一项基于水资源开发的战略, 包括技术与应用科学研究的发展及整合, 来解决所面临的水资源短缺问题。DBAR 计划及 DBAR-WATER 工作组将提供不同合作伙伴间优势互补发展的机会, 实现技术、数据及信息的共享。DBAR-WATER 科学研究内容完全符合我们的研究目标, 也希望能将我们的研究应用到“一带一路”沿线其他国家。

洪水、干旱、河流侵蚀与沉积、水污染等是目前印度所面临的主要问题，对地观测技术为应对干

旱及洪水、评估水分利用效率等问题十分有帮助。高光谱数据对湖泊水库及大型河流的水质评价已广泛应用于印度许多有关“清洁恒河”的项目中。希望在 DBAR-WATER 支持下，亚洲及欧洲的科学家可以共同来解决印度及其他国家面临的与水有关的问题。希望 DBAR-WATER 能针对不同用户需求，发展相应的模型，提供实时解决方案及软件工具，提升对地观测在水资源应用中的能力建设。

Ramakar Jha, 印度国家技术学院教授，主要从事水文及水资源工程研究，担任20多个国际合作及国内研究咨询项目的协调员及首席科学家



蒙古国对气候变化十分敏感，水资源分布不均以及冰川融化是目前存在的主要问题。矿业开发区主

要分布在水资源不足的区域，矿业发展造成地下水过度开采，水位快速下降。蒙古国西部高山区冰川融化正在加速，冰川融水将被消耗殆尽。需要研究水的储存、汇集、分配、开发新的含水层以及跨流域调水，以维护社会经济可持续发展。通过综合开展同周边国家的水资源管理合作研究并建立数据共享平台，DBAR-WATER 相关研究内容可为解决蒙古国面临的水资源问题提供有效途径。

Ochir Altansukh, 蒙古国立大学工程与应用学院教授，主要从事利用遥感、地理信息等技术研究集水池的最佳位置设置、水质评估、流域建模等研究



受季风影响，巴基斯坦洪水与干旱灾害频发。跨境水资源纠纷与灾害是巴基斯坦与邻国间面临的又一挑战，双边合作及有效的水资源管理应成为 DBAR-WATER 的一部分。中国-巴基斯坦经济走廊（CPEC）是一个正在进行的大型开发项目，但面临广泛的水文气象灾害。在“一带一路”倡议下，CPEC 应作为一个综合的试验研究区并成为 DBAR 各主题共同开展研究的平台，通过合作交流来提升巴基斯坦的科技水平。

Atta-ur Rahman, 巴基斯坦白沙瓦大学地理系副教授，主要从事防洪减灾、环境影响评估、干旱、水资源管理、气候变化等研究





Vu Hien Phan, 越南胡志明市科技大学测绘工程系主任, 主要从事对地观测技术、空间分析技术在水资源、气候变化、区域规划中的应用研究

对地观测技术目前已有效应用于水文与水资源管理领域, 如干旱评估、洪水预警、农业灌溉用水计

量、生态用水评估等。水资源在越南农业生产中占有重要地位, 湄公河三角洲的水稻总产量占越南全国的 50% 以上, 确保农业生产过程中水资源的稳定供给是非常必要的。对地观测技术是解决水资源相关问题的有效途径, 希望在 DBAR-WATER 框架下与相关国家分享水资源方面的研究成果。



Nabil Ben Khadra, 教授, 撒哈拉和萨赫勒地区观测组织 (OSS) 环境监测与评估专家、农业工程师、遥感与GIS领域专家

水资源是撒哈拉和萨赫勒干旱地区社会经济发展的重要资源, 水资源管理面临巨大挑战, 需要加深

对其可用性、水质及水资源开发利用等方面的理解。撒哈拉和萨赫勒地区观测组织主要任务是通过基于遥感及地面观测系统的建立, 发展用于支持“土地和水资源可持续管理 (SLWM)”计划实施的理论与方法, 聚焦于水资源开采风险评估及对气候变化影响的脆弱性评估。撒哈拉和萨赫勒地区观测组织参与到 DBAR-WATER 中, 将促进其研究方法和技术成果的应用。



Ali Mousivand, 伊朗塔比特阿特莫达勒斯大学助理教授, 主要从事植被动态遥感、陆面过程建模、遥感定量反演等研究

气候变化、土地退化以及污染等问题的解决需要全球共同努力, 加

强对引起这些问题的过程与机制的理解。DBAR 计划的发起对于区域及全球尺度问题的解决非常重要。干旱与水资源匮乏是伊朗面临的重要环境问题, 湖泊干涸影响了农业生产及人们的生活饮水。期待 DBAR-WATER 不同研究任务将为相关领域的研究人员提供可靠的数据与信息, 改进水资源管理方式。

马来西亚长期遭受暴雨洪涝灾害，对经济发展及人类生命财产安全造成严重损失。洪水易发地区人

口过多，缺少有效的早期预警系统以及应急协调处置方式。DBAR-WATER 研究计划的实施将有助于马来西亚干旱与洪水风险的缓解，有利于提高社会对灾害的意识并引入有效的应对机制，遥感技术与方法也正是水资源相关应用发展所需要的。

Muhammad Zulkarnain bin Abdul Rahman，马来西亚工业大学地理信息与房地产学院高级讲师，主要从事洪水与滑坡灾害的风险评估、洪水建模与防灾减灾等研究

