

# 第二次青藏高原综合科学考察研究

## 快 报

2022 年第 10 期（总第 38 期）

第二次青藏高原综合科学考察研究队

2022 年 8 月 18 日

### 气候变化对“亚洲水塔”过去和未来水储量的影响

2022 年 8 月 15 日，“西风—季风协同作用及其影响”任务“西风—季风协同作用对亚洲水塔变化的影响”专题研究团队，在国际著名学术期刊《自然—气候变化》（*Nature Climate Change*）上发表了关于气候变化对青藏高原过去和未来水储量的影响及对下游地区供水能力威胁的最新研究成果。清华大学李雪莹博士生为本研究第一作者，清华大学水利系龙笛教授为本研究通讯作者。

青藏高原各类陆地水储量（如湖泊、冰川、土壤水、地下水储量）的变化，与区域能量、水、碳循环，以及亚洲主要江河（如黄河、长江、雅鲁藏布江—布拉马普特拉河）源区的冰雪融水补给密切相关。青藏高原同时也是全球气候变化最敏感的地区之一，气候变化使“亚洲水塔”水储量在过去二十年间显著失衡，冰崩、泥石流、冰湖溃决等自然灾害频率和强度不断增加，给“亚洲水塔”的水资源利用、水灾害防治和社会经济发展带来一系列重要挑战。

研究团队联合光学、测高和重力场遥感，并结合陆面和气候模型及需水数据，构建机器学习模型，反演和预估了从本世纪初至中叶（2002—2060年）的青藏高原陆地水储量变化，量化了冰川、湖泊、土壤水和地下水各组分变化对总水储量变化的贡献，揭示了水储量变化的主要气候驱动因素，甄别了气候变化对青藏高原下游供水形成威胁的热点流域。

研究结果表明，2002—2017年间青藏高原陆地水储量以约 100 亿  $m^3$ /年的速度下降，但青藏高原外流区（约 160 亿  $m^3$ /年下降）和内流区（约 56 亿  $m^3$ /年上升）的变化存在显著差异。陆地水储量下降主要由南部兴都库什-喜马拉雅-念青唐古拉山脉的冰川后退、怒江-澜沧江流域土壤和地下水储量下降导致；陆地水储量上升主要由北部羌塘盆地湖泊扩张、喀喇昆仑-西昆仑山冰川质量增加导致（见图 1）。

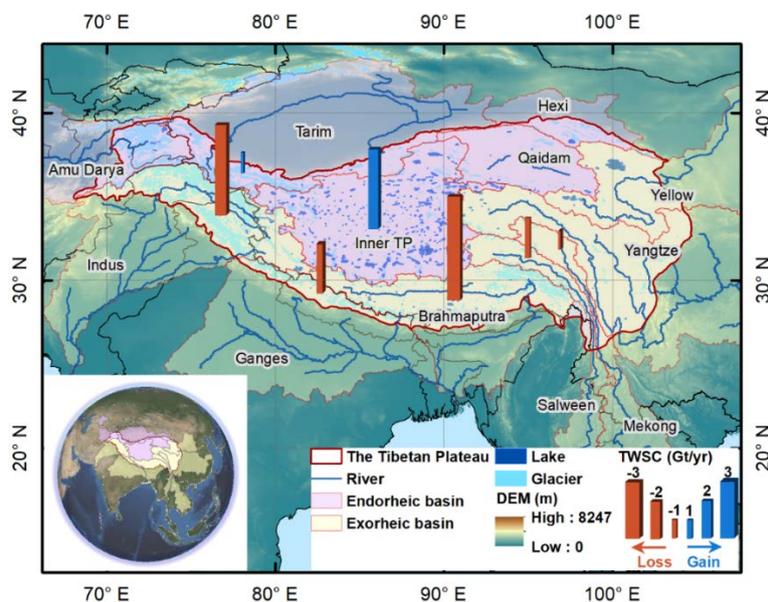


图 1 青藏高原主要湖泊、冰川、河流分布。淡紫色表示内流区，淡黄色表示外流区，柱状图表示采用 GRACE JPL Mascons 估算的 2002—2017 年主要流域陆地水储量变化：红色柱状图表示水储量减少，蓝色柱状图表示水储量增加，柱体大小表示变化速率(Gt/年)青藏高原不同地体差异性隆升历史

以 21 世纪中叶（2031—2060 年）和初叶（2002—2030 年）为对比时段，研究表明，尽管总体上青藏高原未来陆地水储量变化趋势将变缓，其南北差异扩大的速率在未来有所减弱，即水储量可能达到“新平衡”，但“亚洲水塔”水储量损失显著。在中等共享社会经济路径—典型浓度路径组合情景下（SSP2—4.5），青藏高原未来陆地水储量净损失可达 2300 亿  $m^3$ ，亚洲主要流域阿姆河、印度河、恒河—雅鲁藏布江及怒江—澜沧江流域未来水储量净损失分别达 230 亿  $m^3$ 、1050 亿  $m^3$ 、660 亿  $m^3$  和 260 亿  $m^3$ ，这将严重威胁“亚洲水塔”的供水能力。

在恒河—雅鲁藏布江、怒江—澜沧江及长江流域，由于下游地区需水量可由下游天然供给满足，因此上游水塔的水储量变化带来的供水威胁较小。尽管黄河流域的下游需水量较大依赖于上游补给，但是未来水资源供需平衡基本不变。然而，由于阿姆河及印度河流域未来降水变化较小，但气温显著上升，这两个流域可能成为“亚洲水塔”水资源短缺最严重的地区。以现阶段下游地区的总需水量为基准，未来陆地水储量显著下降将导致阿姆河、印度河上游水塔的供水能力分别下降约 120% 和 80%（见图 2）。考虑到阿姆河和印度河流域的地下水超采、人口快速增加、以及沿河国家的用水纠纷现状，两个流域的水资源保护迫在眉睫。

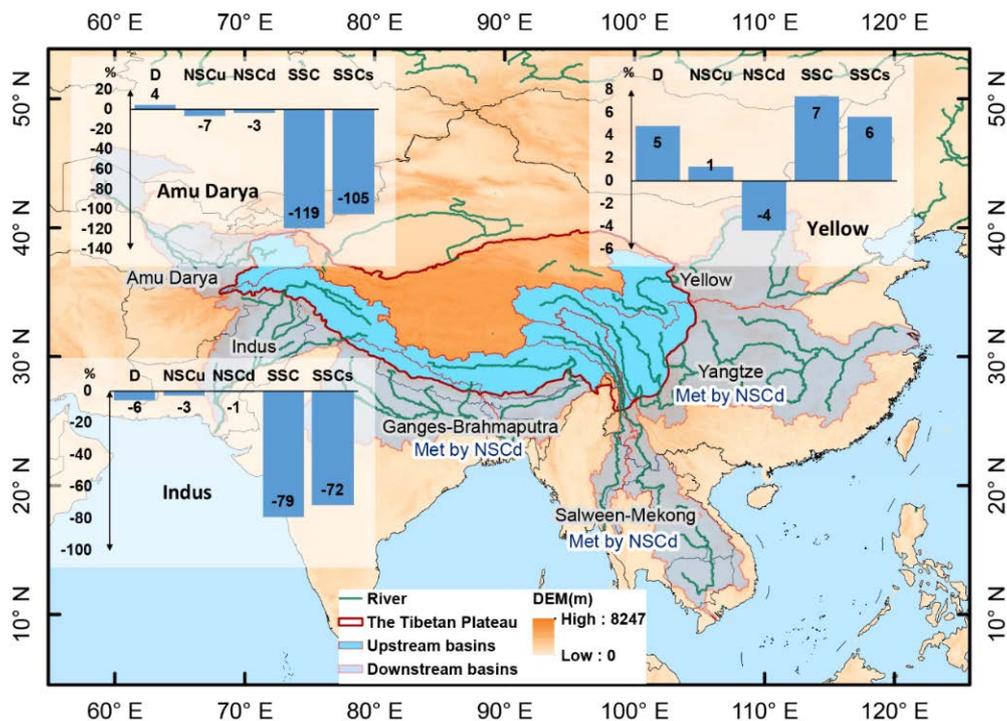


图 2 亚洲主要流域需水和供水能力变化预估结果。柱状图表示下游需水量(D)、上游及下游天然供给能力(NSCu 和 NSCd)、上游水储量供给能力(SSC)及地表水储量供给能力(SSCs)，在未来(2031—2060年)和现阶段(2002—2030年)的差异占需水基准值(2002—2030年的年均需水量)的百分比

原文链接: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01443-0>

**主送:** 第二次青藏科考领导小组办公室、项目管理办公室、专家咨询委员会、总体专家组、中科院第二次青藏科考领导小组办公室、科考队依托单位、西藏、青海、甘肃等第二次青藏科考领导小组办公室及服务保障机构

**分送:** 第二次青藏科考 10 大任务及各专题，成果第一及通讯作者

第二次青藏高原综合科学考察研究队办公室

总编: 安宝晟 聂晓伟 余健

编辑: 王伟财 李久乐 王传飞 赵华标 张强弓 郭燕红

电子邮箱: [step@itpcas.ac.cn](mailto:step@itpcas.ac.cn)

网址: <http://www.step.ac.cn>

联系电话: 010-84249468; 传真: 010-84249468

通信地址: 北京市朝阳区林萃路 16 号院 3 号楼, 中国科学院青藏高原研究所, 100101