



第一届中国同位素
水文学论坛



中国科学院
南京地理与湖泊研究所

水文干旱年长江水氢氧同位素时空演变 机制浅析

汇报人：吴华武

中国科学院南京地理与湖泊研究所

北京·2020

报告内容

1

研究背景

2

数据来源

3

结果与讨论

4

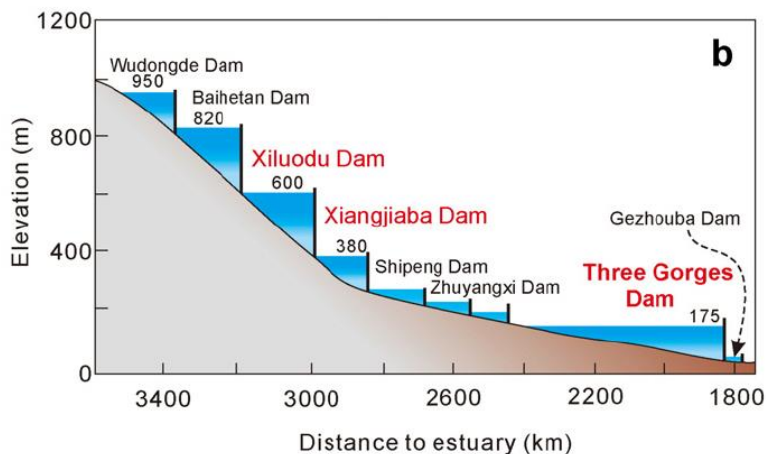
主要结论

研究背景

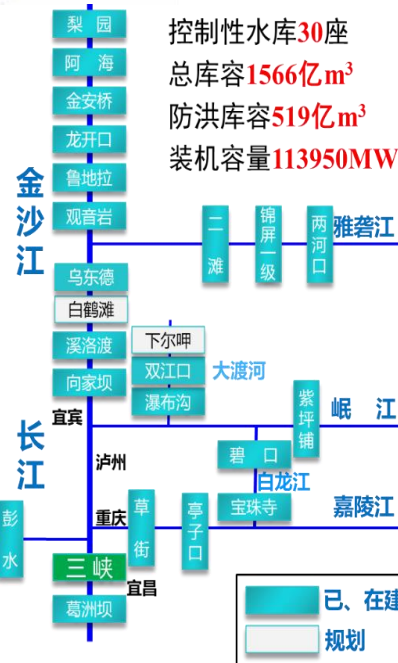
长江是中华民族的母亲河
我国经济社会可持续发展生命河



长江流域水系图



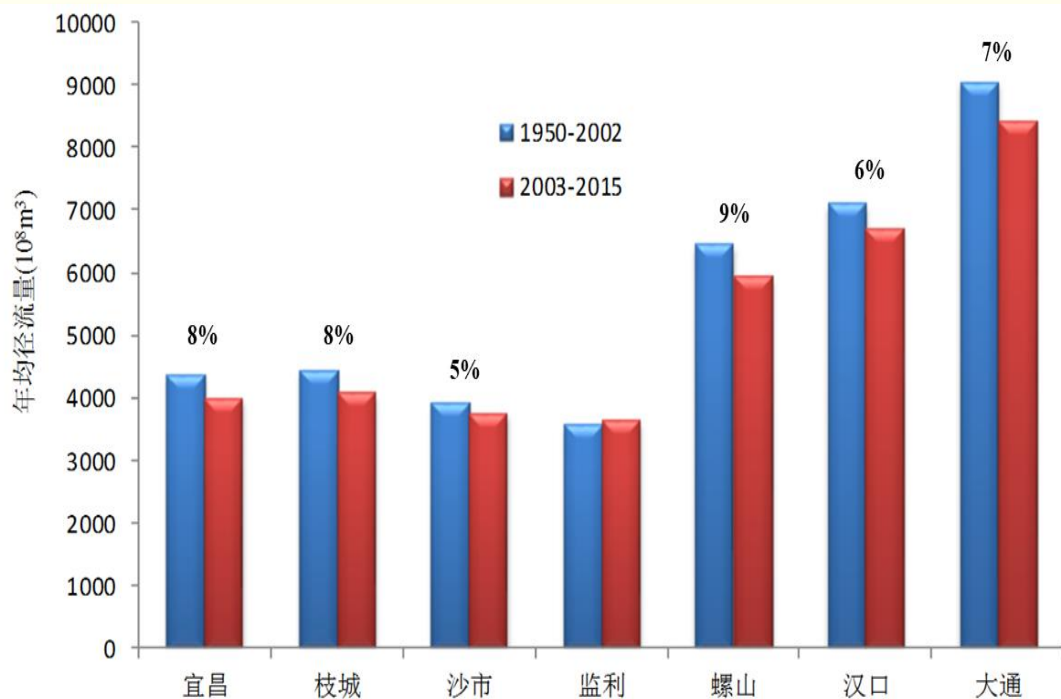
水库	已建	规划	在建	总计
数量(座)	25	3	2	30
总库容 (亿m ³)	1139.0	218.0	208.4	1565.9
防洪库容 (亿m ³)	384.5	83.7	51.0	519.2
装机容量 (MW)	82210	16540	15200	113950



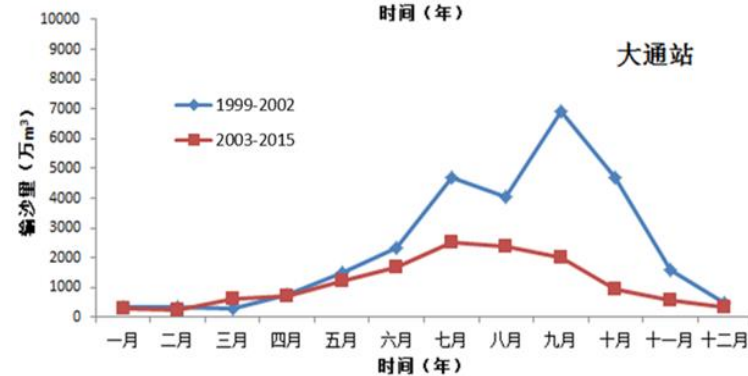
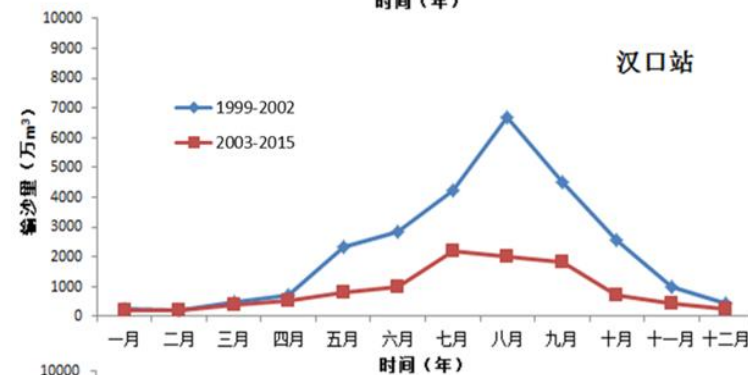
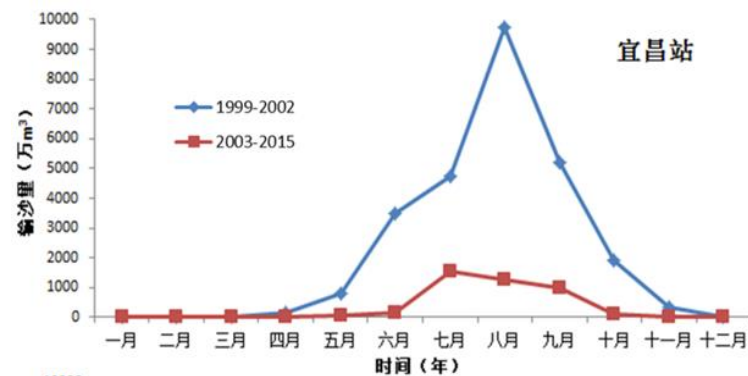
研究背景

2003年(三峡蓄水后) 与多年平均比较

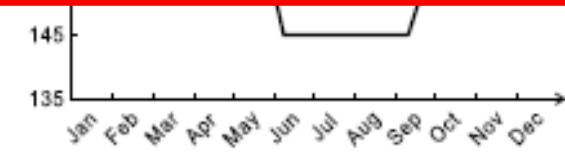
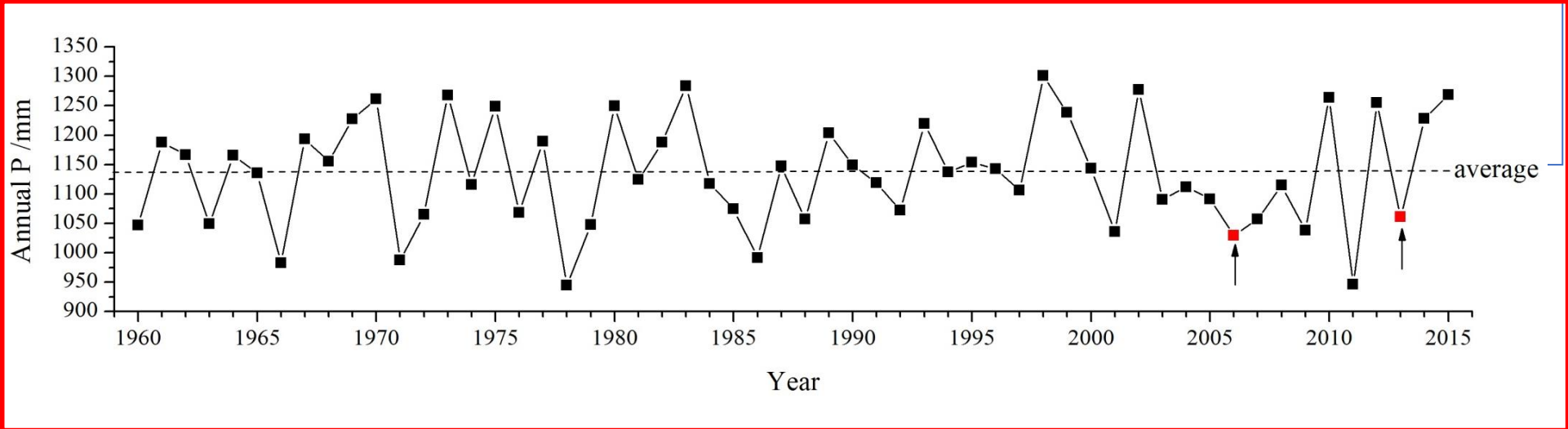
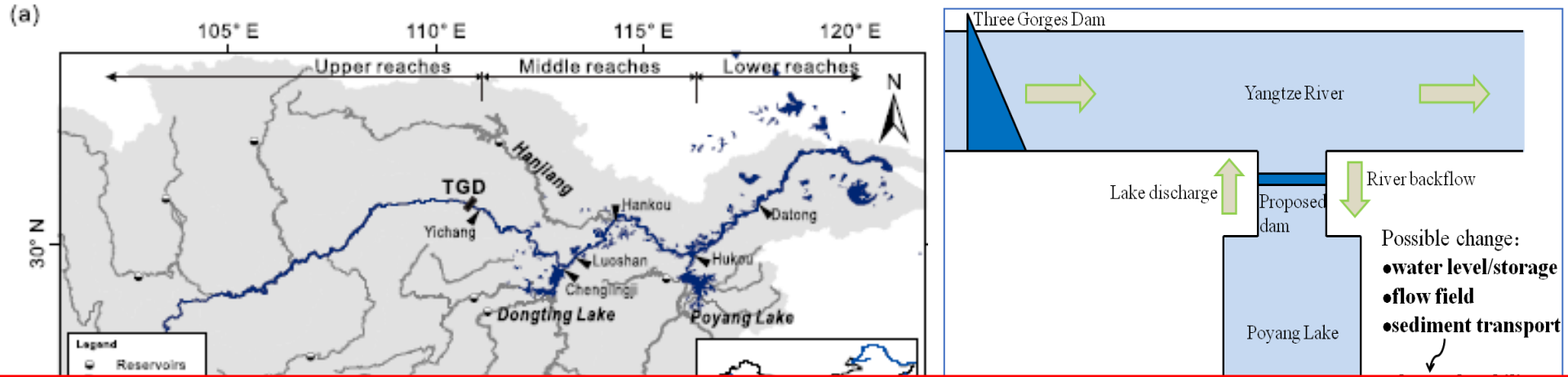
- ◆ 长江干支流输沙量大幅减小, 减幅在67%~91%之间
- ◆ 同流量下水位降低, 其中枯水期水位下降幅度更大, 洞庭湖和鄱阳湖枯季提前
- ◆ 河口冲淤平衡破坏, 局部有侵蚀趋势



长江水循环变化



研究背景



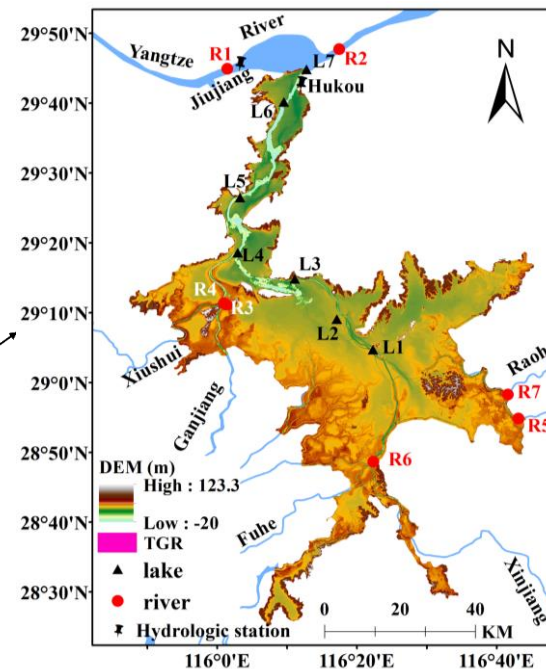
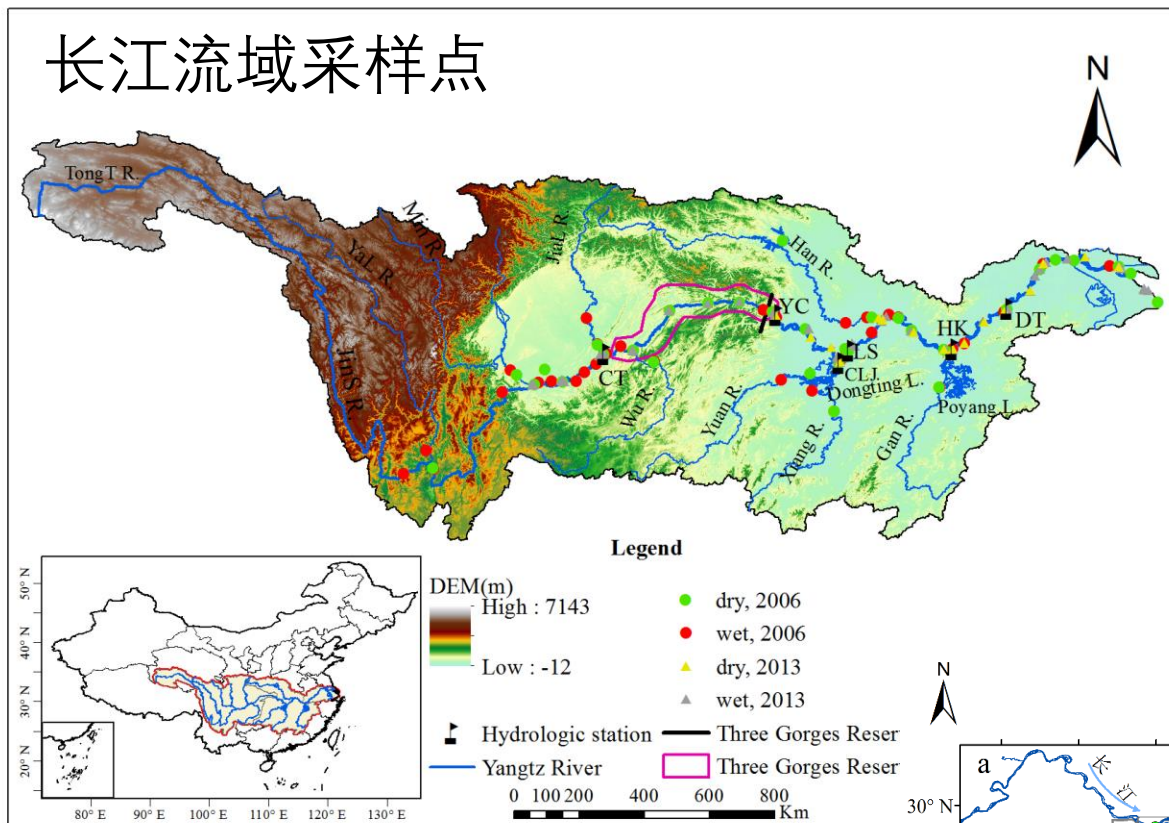
Lai et al., 2014

回答以下两个的关键科学问题

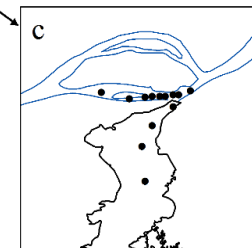
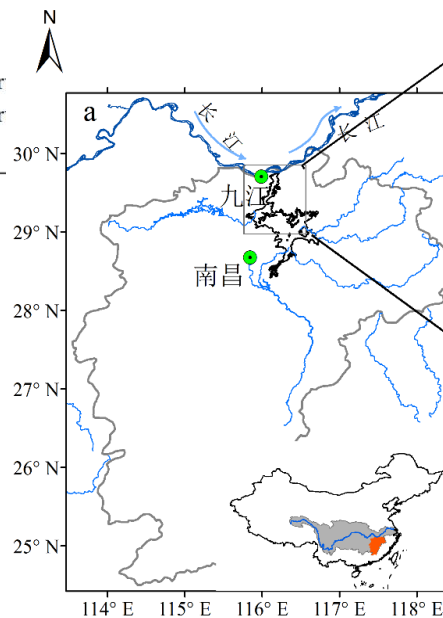
- 辨识水文干旱年长江水体同位素时空演变特征及控制因素
- 探讨通江湖泊与长江季节性补排关系

实验设计

长江流域采样点



➤ 鄱阳湖-长江采样点



- 1 出口
- 2 蛤蟆石
- 3 星子
- 4 老爷庙
- 5 蚌湖
- 6 都昌
- 7 修河
- 8 赣江
- 地级市 (green circle)
- 九江水文局 (black square)
- 降水 (black dot)

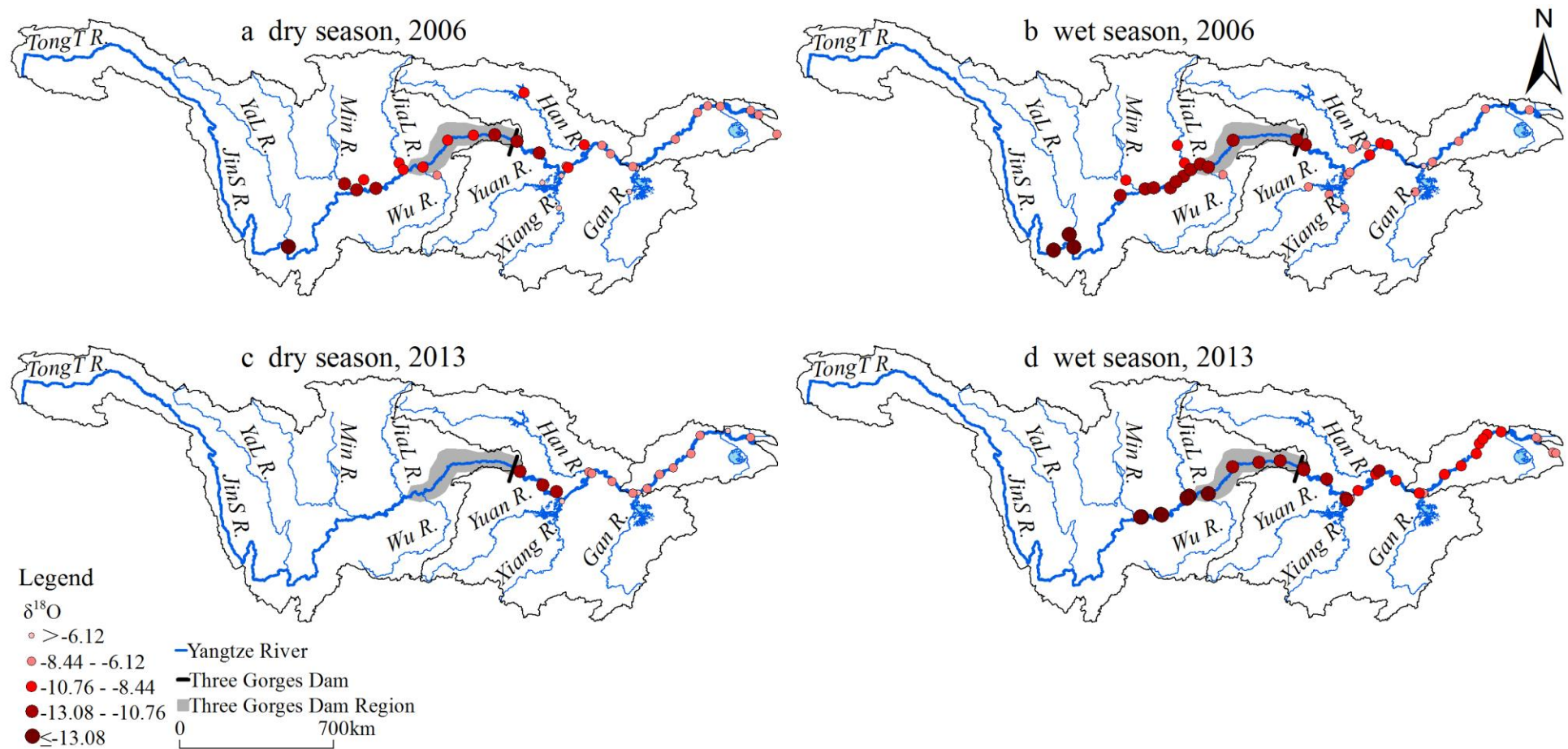
研究进展1：长江流域干支流水体同位素变化

- 数据来源

Table 1 Detailed information of stable water isotopic analyses in Yangtze River water

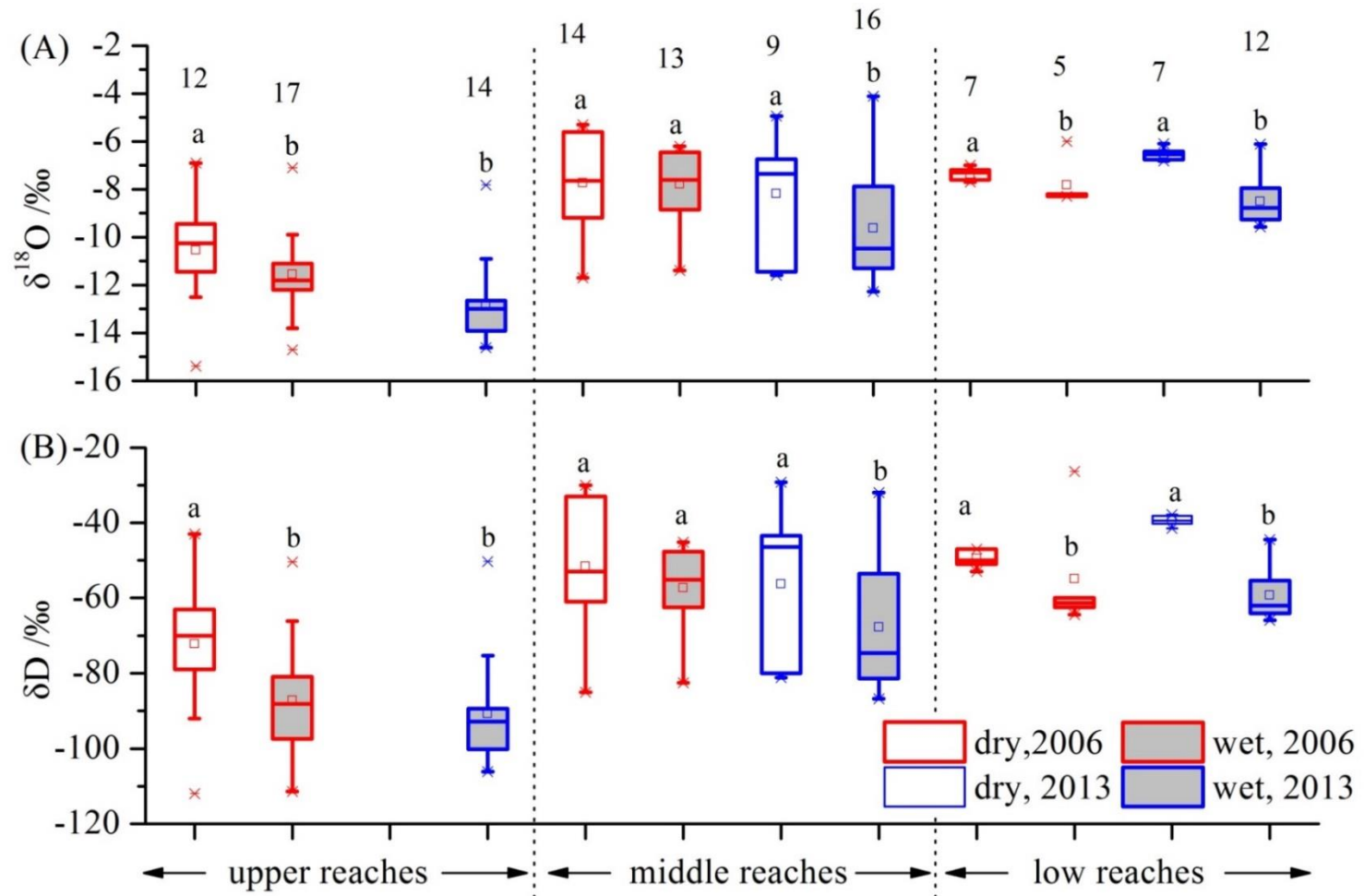
Periods	Data number			Analytic methods	Precision ($\delta D/\text{‰}$)	Precision ($\delta^{18}O/\text{‰}$)	Data sources
	total	mainstream	tributary				
dry, 2006	33	22	11	MAT-253	$\pm 2\text{‰}$	$\pm 0.1\text{‰}$	Ding et al. (2014)
wet, 2006	35	16	19	IsoPrime	$\pm 3\text{‰}$	$\pm 0.2\text{‰}$	Li et al. (2010)
dry, 2013	16	13	3	L2120-I	$\pm 0.5\text{‰}$	$\pm 0.1\text{‰}$	Deng et al. (2016)
wet, 2013	42	32	10	L2120-I	$\pm 0.5\text{‰}$	$\pm 0.1\text{‰}$	This study

结果与讨论



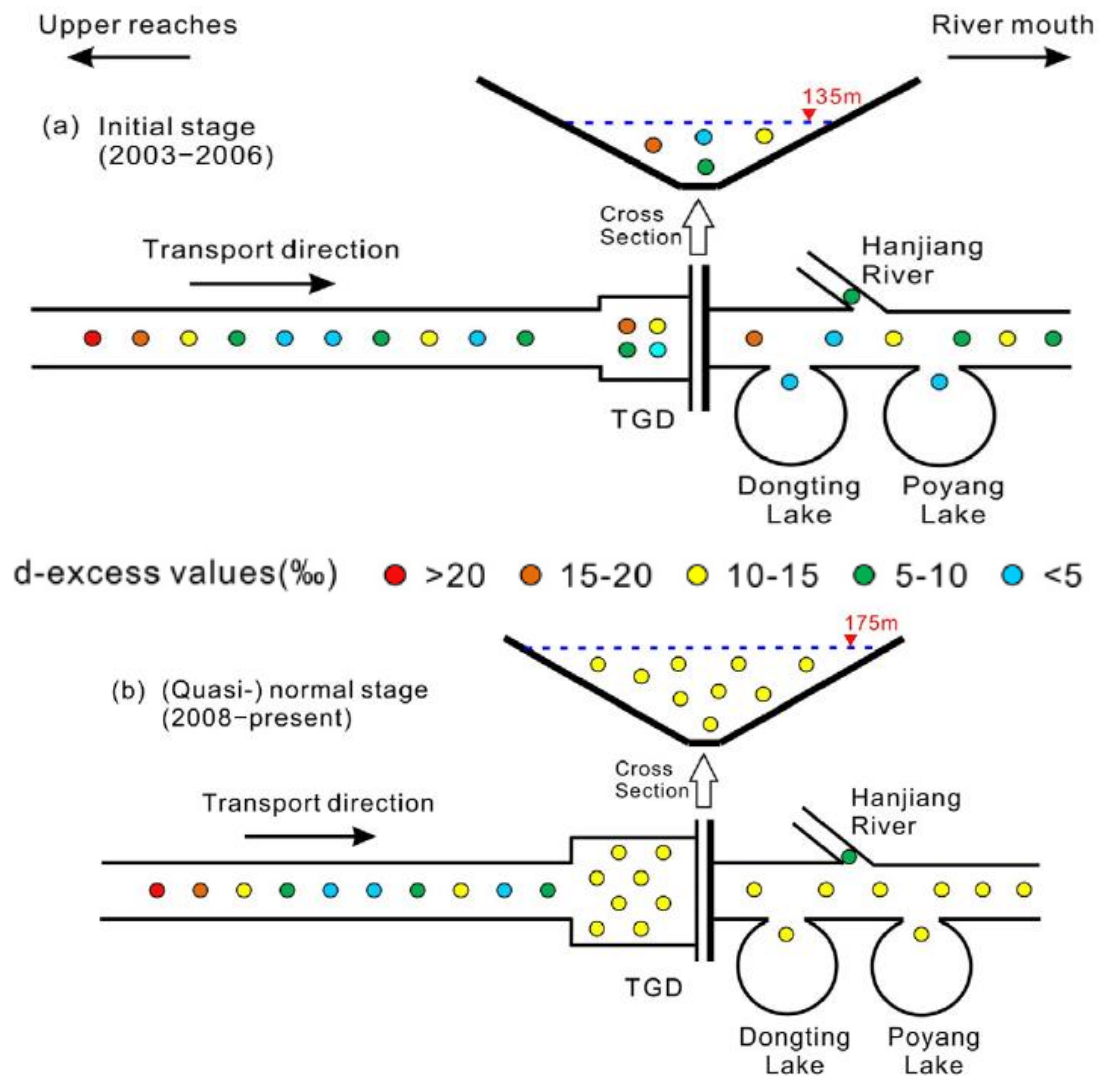
- 上游河水 $\delta^{18}\text{O}$ 值较低于下游，长江以南支流河水要富集于长江以北；
- 旱季河水 $\delta^{18}\text{O}$ 值要大于雨季；

结果与讨论



- 上游地区同位素值较低，这与降水同位素、海拔等有关；
- 中游地区同位素值较高且变化波动范围较大，与三峡调控等有关；
- 广泛分布着湖泊群直接影响着下游地区长江水同位素变化；

结果与讨论



- ❖ 2006年过量氙波动范围明显要大于2013年，这与三峡大坝调控作用与支流混合强烈作用影响有关。
- ❖ 2006-2013年间，上游地区由于大量大坝的兴建，降低了河水同位素波动变化。

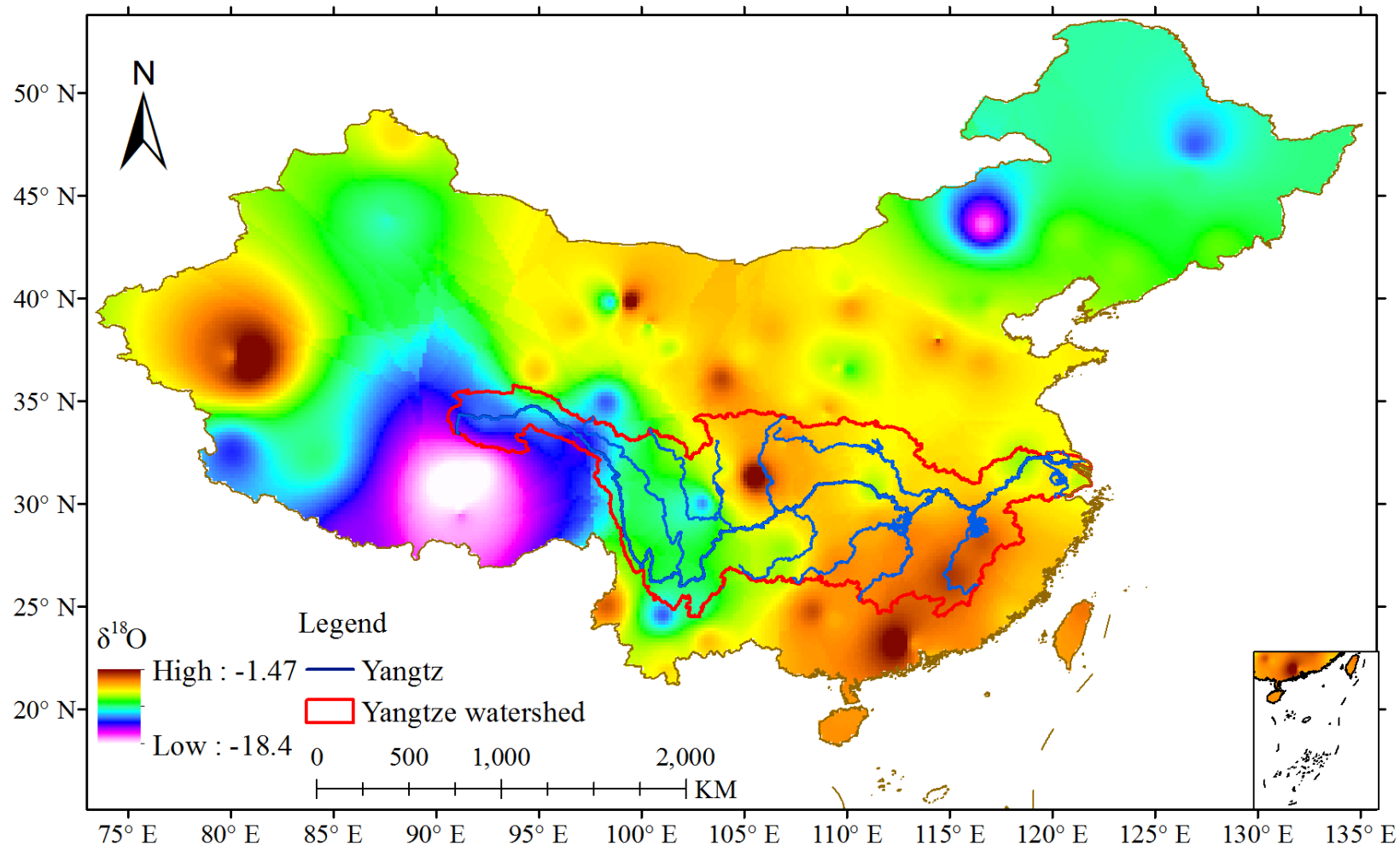
结果与讨论

Table 2 Correlation between $\delta^{18}\text{O}$ and δD in Yangtze River water during 2006 and 2013.

Yangtze			Mainstream			Tributary			Periods
a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	
7.92	10.1	0.975	7.54	5.63	0.973	8.03	12.2	0.996	dry, 2006
7.65	1.11	0.978	7.23	2.29	0.97	7.97	3.78	0.986	wet, 2006
8.25	14.5	0.998	8.22	14.2	0.998	8.98	18.8	0.988	dry, 2013
7.35	3.1	0.998	7.47	4.25	0.995	7.00	0.58	0.986	wet, 2013

- 2006年旱季蒸发水线斜率<2013年
- 旱季>雨季 (2006, 2013) : ①雨季水面宽阔, 同位素蒸发富集明显;
②旱季受流域同位素较为贫化的水源补给影响大

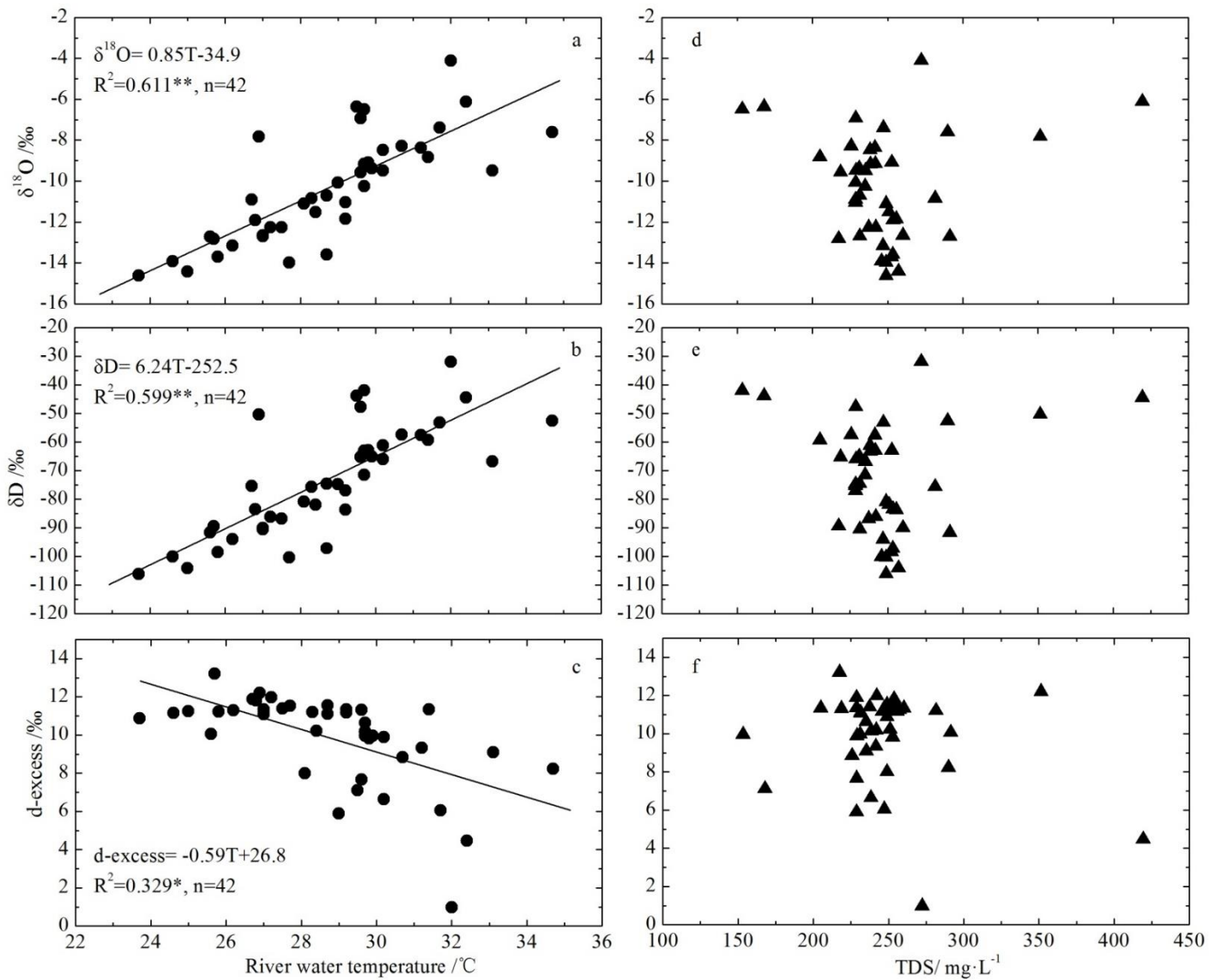
结果与讨论



降水是影响长江水 $\delta^{18}\text{O}$ 变化的主要因素之一：

- 河水源头降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 值较低于下游；
- 长江以南地区降水要高于江北地区；

结果与讨论



- 河水温度变化是影响其同位素变化的主要因素之一

结果与讨论

Table 3 Contribution (%) of lake water efflux to Yangtze mainstream during 2006 and 2013

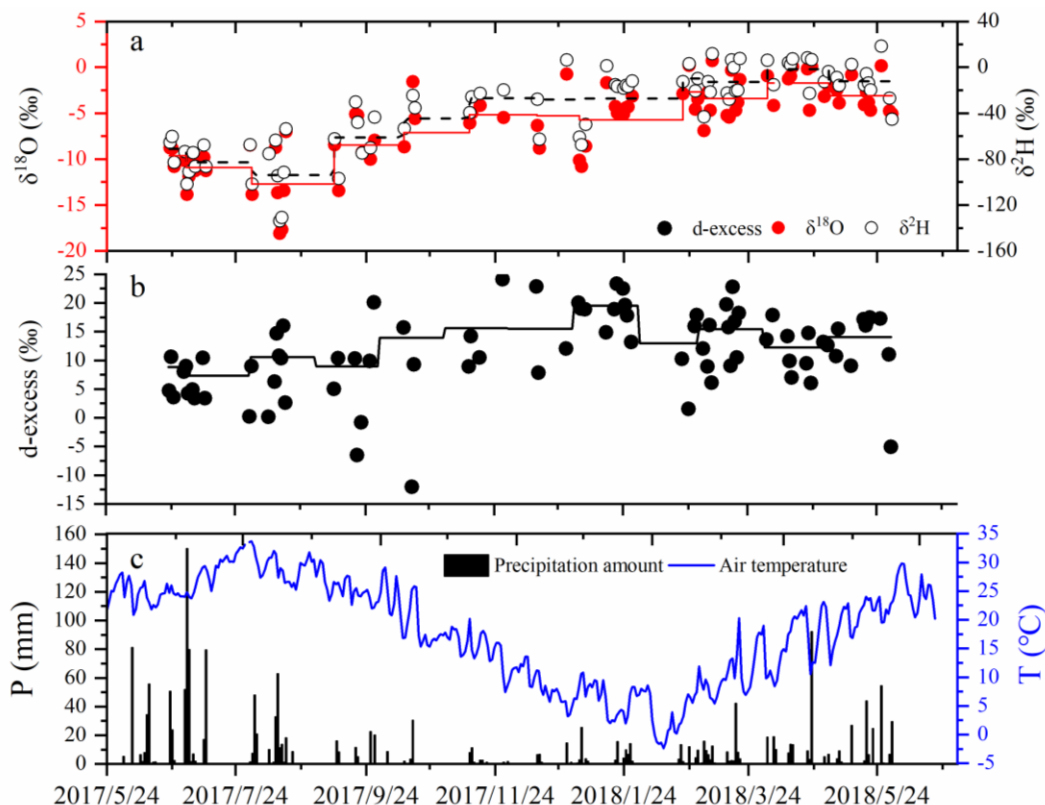
Lakes	2006		2013	
	dry	wet	dry	wet
Dongting	63	83	85	38
Poyang	40	21	75	-

$$f_l = \frac{\delta_{ds} - \delta_{us}}{\delta_l - \delta_{us}}$$

δ_{ds} , δ_{us} , and δ_l represent the isotopic compositions of the downstream river water, upstream river water, and lake water.

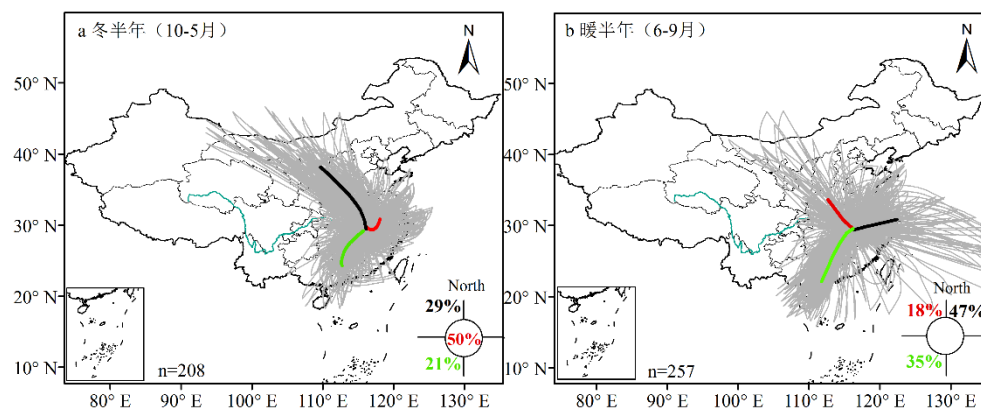
鄱阳湖和洞庭湖补给于长江比例季节变化明显

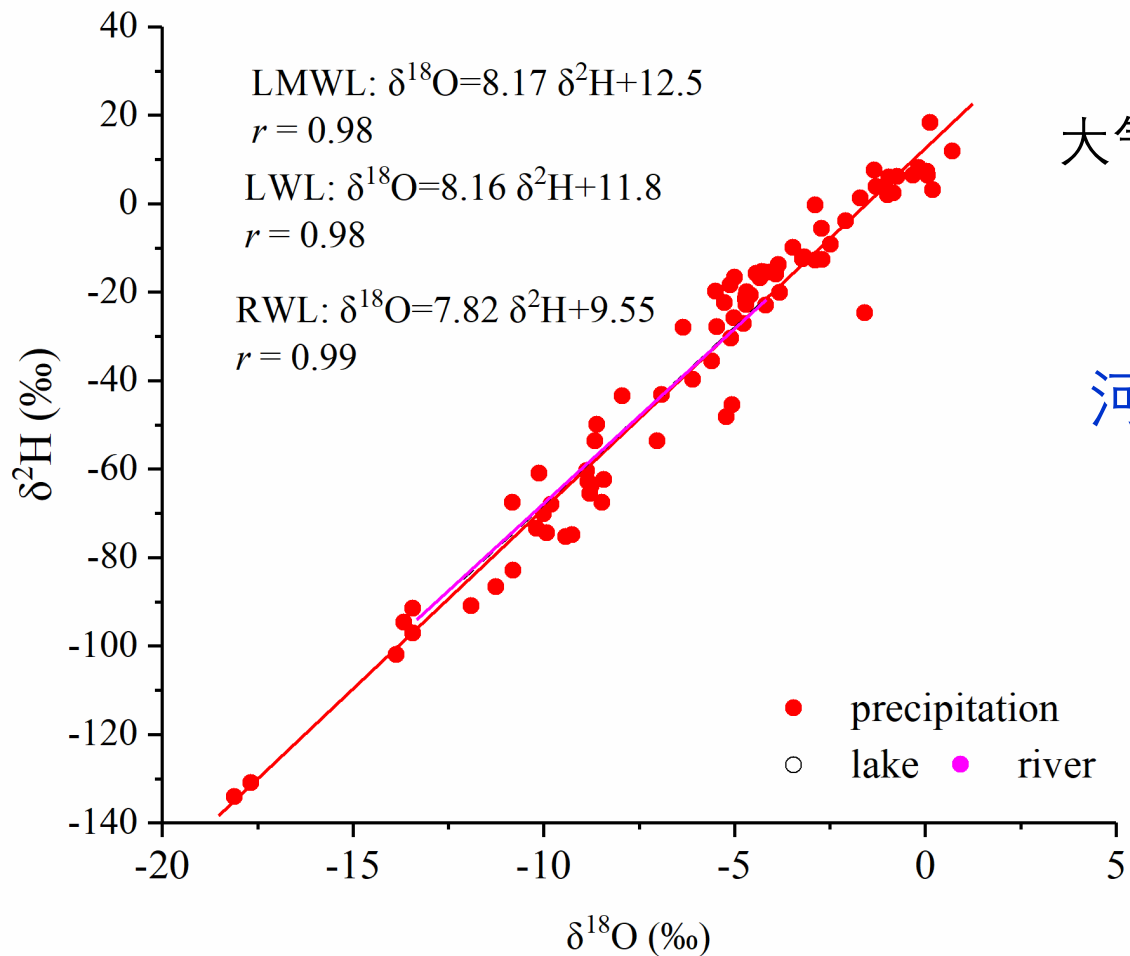
研究进展2：鄱阳湖与长江水间水文联系



- 降水同位素组成具有明显的季节性波动变化，在6-9月降水同位素值较低于其他月份，这主要与**该地区降水来源和气象条件**有关；

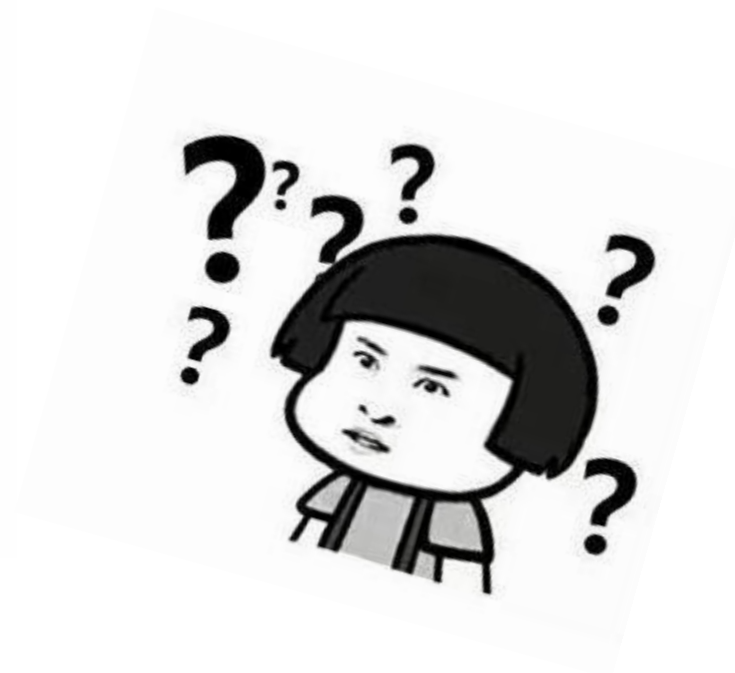
- 后向轨迹示踪结果显示：在冬半年水汽来源主要受来自于西风带控制下的**大陆性气团（29%）和内陆局地再循环水汽（50%）**的影响，而在暖半年水汽来源主要受来自于低纬度海洋的**西南季风和东南季风**影响。



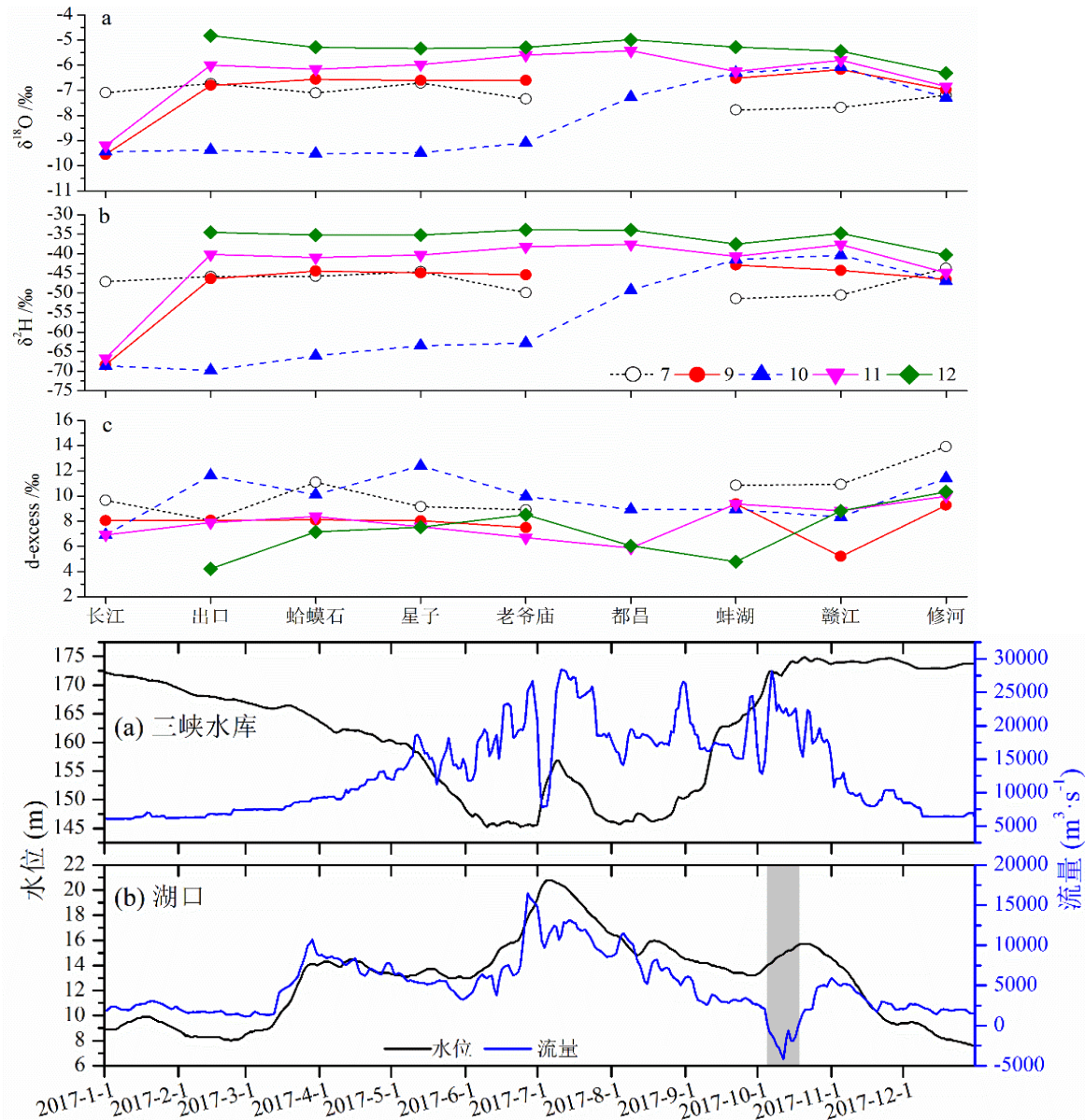


大气降水线 (LMWL) \approx 全球大气降水线 (GMWL)

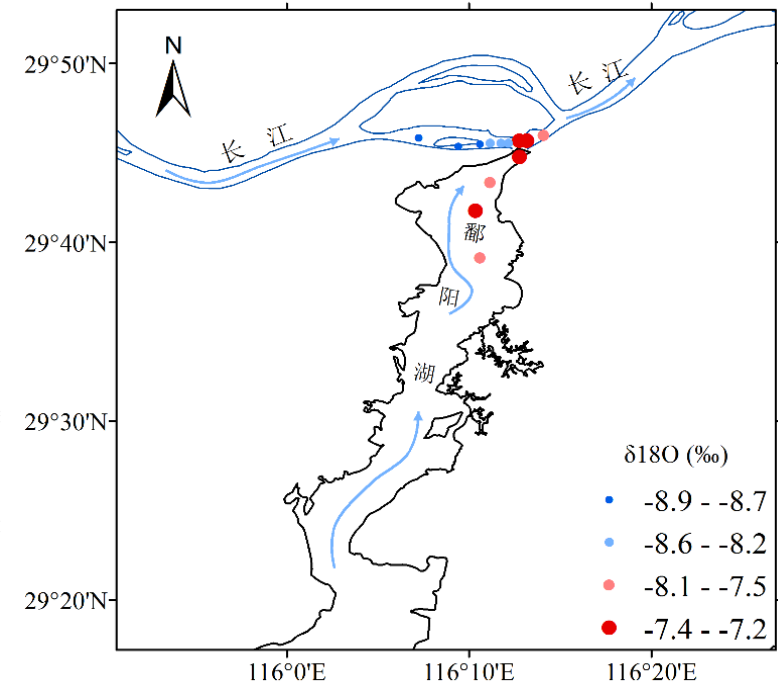
河水线 (RWL) < 湖水线 (LWL) ???



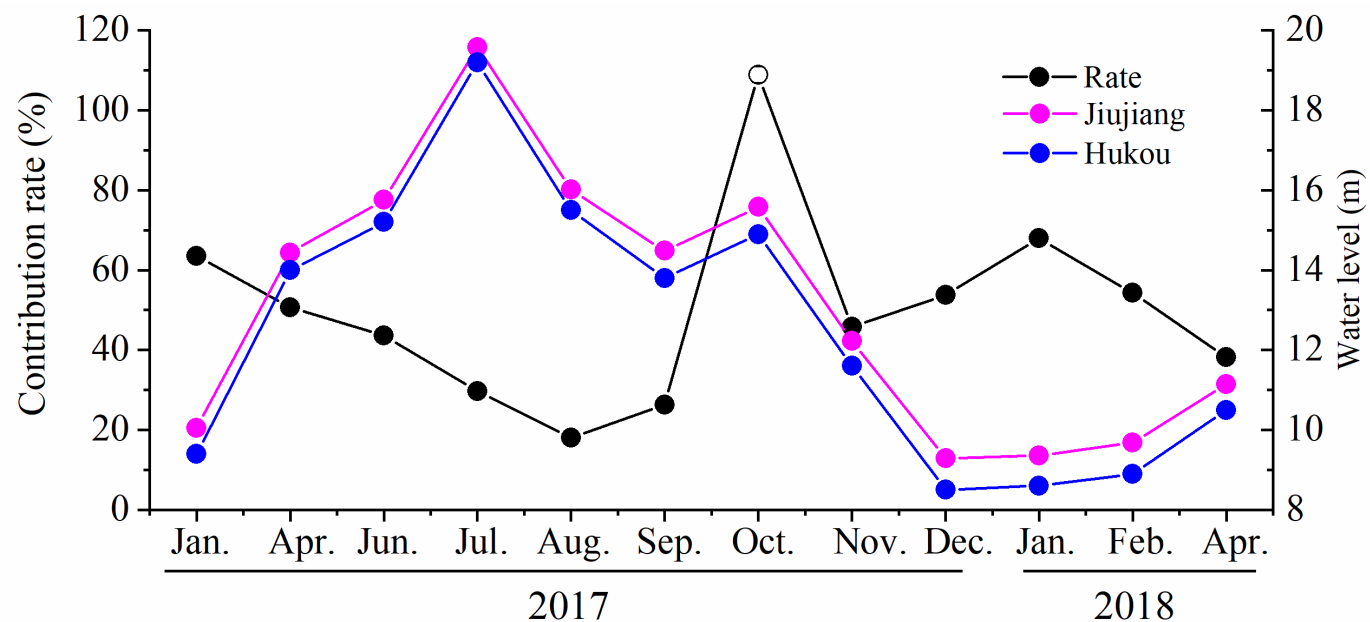
结果与讨论



- 7月和10月鄱阳湖湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^2\text{H}$ 值波动性于其他月份，但在三峡蓄水期（10月）长江水位高于湖口水位，发生了**长江水倒灌**，且倒灌影响范围至老爷庙水域；



结果与讨论



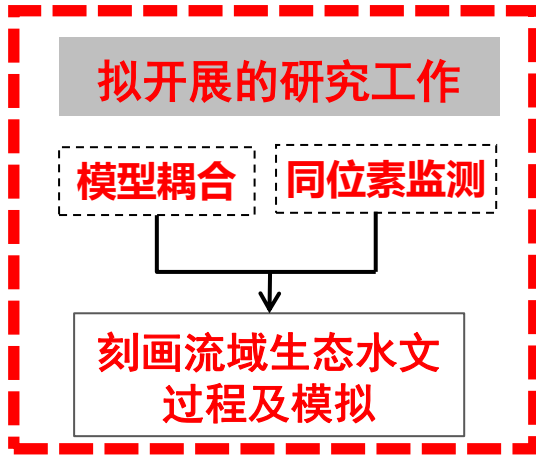
- 在三峡调洪削峰期（7月）湖水 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^2\text{H}$ 值明显要富集于长江水，且湖水主要以外排补给长江为主，其**补给比例达75%**。

小结

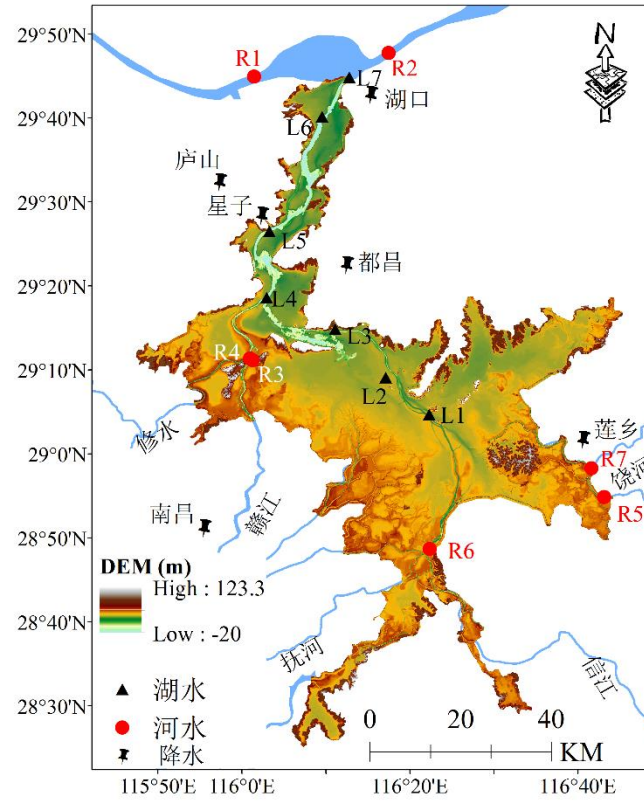
- 流域大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 组成表征出明显的空间分布差异特征，长江河源区降水 $\delta^{18}\text{O}$ 值最低，随着海拔高度降低降水中 $\delta^{18}\text{O}$ 值自长江上游向下游地区逐渐减小，这与流域内水汽来源及海拔高度密切相关；
- 枯水期长江水 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD 值明显要高于丰水期，原因在于丰水期河水受到较弱的蒸发富集作用和大量降水补给影响；
- 无论在丰水期还是枯水期长江水自上游到下游其同位素值呈逐渐增大的趋势，这主要受不同河段支流和湖泊等水体补给的影响。
- 三峡大坝的蓄水和放水过程对河水同位素组成产生一定的影响，丰水期对相应河段河水同位素组成的影响不大，但在枯水期则影响较为明显。

研究展望

□ 建立流域同位素监测体系，形成同位素数据集，揭示流域各水文过程联系



□ 将同位素机理过程与陆面过程CLM模型进行耦合，构建流域尺度水循环过程模拟平台



类型	数量	类型	数量
降水	700	土壤水	186
河水	252	植物水	120
湖水	252	叶片水	138

液态同位素分析仪

降水样品收集

HYSPLIT
Air Resources Laboratory

植物-土壤真空抽提装置

水汽轨迹模型

MixSIAR GUI

Read in data: Load mixture data, Load source data, Load discrimination data

MCMC run length: test, very short, short, normal, long, very long

Error structure: Resid * Process, Residual only, Process only (N=1)

Specify prior: Uninformative/Generalist, Informative

Make isospace plot, Save plot as: isospace_plot [pdf] [png]

Plot prior, Save plot as: prior_plot [pdf] [png]

Output options: Summary Statistics [checked], Save summary statistics to file: summary_statistics

Posterior Density Plot, Save plot as: posterior_density [checked] [pdf] [png]

Pairs Plot, Save plot as: pairs_plot [checked] [pdf] [png]

Diagnostics: Gelman-Rubin (must have > 1 chain) [checked], Geweke [checked], Save diagnostics to file: diagnostics

Note: diagnostics will print in the R command line if you do not choose to save to file

RUN MODEL, Process output

多源混合模型

- 探讨不同时期（丰、枯）鄱阳湖对周边地区降水贡献机理
- 构建湖泊流域同位素与陆面过程耦合模型（iCSEM）
- 揭示通江湖泊水文过程与区域水循环关系

谢谢
敬请各位老师指正!

中国科学院
南京地理与湖泊研究所
NANJING INSTITUTE OF GEOGRAPHY & LIMNOLOGY,
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

北京东路
73
邮编: 210004

出租车 小摊小贩
禁止入内 禁止入内