

Research on the Deep Trough of Late Pleistocene in Gulaobei, Yichang Area

—A Discussion on the Causes of the Deep Troughs in the Great Three Gorges

Lide Chen

Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan Hubei
Email: chenlide027@163.com

Received: May 12th, 2018; accepted: May 31st, 2018; published: Jun. 7th, 2018

Abstract

River Deep trough developed during the late Pleistocene in Gulaobei, Yichang area in the middle reaches of the Changjiang River, with the depth of the trough is located under the modern sea level for about 9 meters. The formation of deep trough is under the cold background of the global climate in the late Pleistocene, under the action of water in river constriction segment backwater and bend circulation, and on the basis of the variation of the lithology and hardness of the upper and lower reaches. The backfilling of the deep trough in the late Pleistocene is closely related to the sea level rise and the evolution of the Jiangnan-Dongting Basin in Holocene. The comparative study shows that the deep trough of the Yangtze River in the dam site has the characteristics of synchronous evolution with the Gulaobei deep trough, while they have a deep and filling process at different stages of the late Pleistocene. The study shows that the change of sediment datum in the Jiangnan-Dongting plain caused by the global sea level change has changed the hydrodynamic condition of Changjiang River in the middle reaches, which is an important factor that can not be ignored in the evolution of the deep trough of the Yangtze River, even in the Great Three gorges area, which is far away for about 2000 km.

Keywords

River Deep Trough, Late Pleistocene, Sea Level Change

宜昌古老背晚更新世长江深槽研究

—兼论长江深槽成因

陈立德

中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉

Email: chenlide027@163.com

收稿日期: 2018年5月12日; 录用日期: 2018年5月31日; 发布日期: 2018年6月7日

摘要

长江中游宜昌猢狲古老背一带发育晚更新世长江深槽, 槽底深度位于现代海平面之下9米。古老背晚更新世长江深槽是在晚更新世全球气候变冷背景下, 在长江束窄壅水、弯道环流泡水作用下, 在上下游岩性软硬差异变化的基础上形成的。古老背晚更新世长江深槽后期的充填作用与晚更新世后期的海平面上升和全新世江汉盆地演化密切相关。对比研究表明, 三峡中堡岛坝址区长江深槽与古老背晚更新世长江深槽在晚更新世不同阶段分别发生了长江深切、充填和再深切的阶段性变化特征, 并具有同步演化的特点。研究表明, 全球海平面变化引起的长江中游江汉-洞庭平原沉积基准面变化, 改变了区内长江水动力条件, 是长江深槽演变不可忽视的重要影响因素, 甚至在距大海2000千米之遥的长江三峡地区。

关键词

长江深槽, 晚更新世, 海平面变化

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 长江三峡深槽的研究现状

沈玉昌先生(1965)曾在《长江上游河谷地貌》一书中把长江上游三斗坪至宜昌南津关段江底的12个深达吴松零点以下的槽状洼地定为“深槽”, 认为其成因可能与新构造运动、局部岩性以及冰期低海面溯源深切等有关[1]。赵诚等(1989)研究了西陵峡南津关江底深槽的分布和发育状况, 及其与区内岩溶地貌的发育关系, 认为江底深槽为地下暗河的出口[2]。杨达源等(1992)分析了三峡河段深槽的分布状况和发育特征, 对深槽发育进行了初步探讨, 认为深槽是在急流冲蚀与跌水冲击掏蚀作用下发育的, 深槽发育可以达到的深度主要取决于水流所具有的动能, 它并不受远在2000公里以外的海洋水面高度的限制[3]。张丽萍等(2001)对长江重庆至宜昌段深槽进行了研究, 认为其成因是在特定地质构造、岩性组成的背景基础上, 主要由水动力波动、束流、环流、泡水作用所致, 而不是受海平面变化的影响[4]。杨达源等(2002)、杨达源等(2004)通过实地观察, 分析了三峡工程坝区河谷深槽的地貌特征, 并对深槽沉积进行了研究, 认为深槽发育在3.5万年以前[5][6]。杨达源(2004)认为, 三峡大坝区深槽中在3.5万年前出现了蚀余的巨大岩块堆积, 在2.4万年之后, 开始有了缓慢巨砾和砾石堆积。

上述研究从长江深槽的分布状况、发育特征、形成机理等方面取得了深刻认识, 发现了长江深槽在晚更新世后期的沉积充填现象, 但是截然否定长江深槽的形成与海平面之间关系似有不妥之处。本文结合长江三峡出口处宜昌下游古老背一带晚更新世长江深槽的发育状况及其充填特征, 进一步揭示长江深槽的形成机理, 结合长江中游晚更新世长江深切和全新世河湖演化关系, 探讨长江深槽与海平面变化的内在联系, 为长江中游河湖演化提供了新的资料。

2. 宜昌猢狲古老背晚更新世长江深槽

地质调查和钻探表明, 宜昌古老背一带发育晚更新世长江深槽, 深槽底部低于现今海平面高度达9

米(图 1)。古老背晚更新世长江深槽的形态略呈南北 - 南偏东 10° 方向, 与现代长江在该处呈现南东 30° 方向有一定差异。古老背现在为长江二级阶地, 发育晚更新世沉积, 其上部 20 米发育粘土、粉质粘土, 为晚更新世长江河漫滩沉积, 下部 49 米为卵砾石层, 为晚更新世长江河床相堆积。古老背长江深槽部位现代长江河床高程在 40 米左右, 所以古老背晚更新世长江深槽低于现代河床高程约 30 米。表明该处在晚更新世前期发生了河床深切、而晚更新世晚期至全新世则发生了堆积作用, 虽然其时限尚难以确定。

3. 古老背晚更新世长江深槽的成因探讨

3.1. 地质地貌背景

古老背一带具有发育长江深槽的地质地貌条件。

宜昌 - 枝江一带位于黄陵背斜东翼的宜昌单斜区, 主要发育中生代白垩系红色岩系, 包括五龙组中厚层砂岩夹砾岩、罗镜滩组厚层块状砾岩和红花套组中厚层细粉砂岩, 岩层南东向缓倾, 倾角 30° 左右。长江在宜昌 - 枝江一带沿南东向横切白垩系红色岩系, 在虎牙山一带, 上游北西方向发育白垩系罗镜滩组砾岩, 虎牙山下游方向南东侧发育红花套组细粉砂岩。罗镜滩组砾岩岩性坚硬、抗风化和抗冲刷能力强, 相比之下, 红花套组红色砂岩岩石力学强度低、易风化、抗冲刷能力较弱。由于红花套组红色细粉砂岩与罗镜滩组厚层砾岩物理力学性质存在较大差异, 虎牙山 - 荆门山一带, 白垩系罗镜滩组砾岩形成两岸对峙的陡崖, 而下游红花套和猓亭古老背沿江一带则为长江一级阶地, 地势低平, 地形开阔。红花套一带地形开阔可能还受到该处发育的 SEE 向构造的影响, 进一步削弱了区内白垩系红花套组细粉砂岩的抗风化能力。

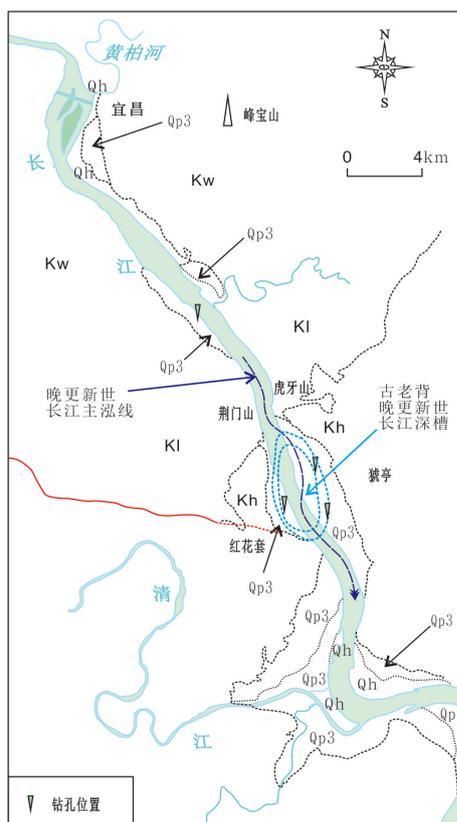


Figure 1. Geological sketch of Gulaobei, Yichang area

图 1. 古老背晚更新世长江深槽区地质地貌略图

3.2. 水动力条件分析

长江自宜昌出西陵峡口，摆脱两岸中山峡谷束缚之后，向江汉-洞庭盆地倾泻。首先受到黄柏河顶托，在葛洲坝一带产生 90° 的转折向南径流，再受白垩系五龙组红层砂岩反射，在葛洲坝下游折向南东，自宜昌至枝江一带，穿越白垩系砂砾岩。其中，长江南东向流经虎牙山一带，受江北坚硬的罗镜滩组砾岩形成的虎牙矶头反射而再次折向江南，旋即受江南荆门山陡崖的反射，又折向江北并摆脱虎牙山-荆门山一带陡崖的束缚，向下游古老背一带奔涌而出。长江在虎牙山-古老背一带局部约略呈现出“S”型弯道型河流的形态(图1)。虎牙山-荆门山一带受两岸约略突出的长江矶头束窄的影响，长江江面渐窄，仅500~600米，河道较深。

地处长江三峡中低山峡谷向江汉河网化平原的过渡区，虎牙-古老背一带长江水力坡降为0.32‰，上游西陵峡下游一带为0.44‰，而江汉平原区为0.02‰~0.04‰，古老背下游至枝江一带的水力坡降为0.08‰。可以看出，古老背一带的长江仍然属于坡降大、下蚀能力强的江段(表1)。加之古老背上游方向虎牙山-荆门山一线长江束窄壅水，河道微湾，环流和泡水的共同作用，增强了长江水流在下游方向的下蚀和冲刷能力。资料表明，宜昌虎牙滩一带现代河床基岩顶板和砾石层顶板高程的下限均高于相邻上下游河段[7]，虎牙滩一带在晚更新世则可能表现为虎牙山-荆门山一线的水下岩梗，现代河床则表现为水下砾石层高地，势必增大底流对河床的下蚀和冲刷能力。

伴随着长江中游晚更新世长江深切达到江汉-洞庭地区，宜昌-古老背-枝江一带，长江的水力坡降可能要比现代长江的水力坡降要大一些，倘若，虎牙-古老背一带的水力坡降略略增大，达到0.4‰，则与坝区中堡岛至宜昌西陵峡口一带的水力坡降相似，而虎牙-古老背一带白垩系红花套组抗冲刷能力不及西陵峡下游一带的岩性坚硬，则古老背一带发育长江深槽的可能性就不难理解了。

3.3. 晚更新世全球气候变化背景下长江中游深切河槽的发育

大约在3~4万年前的晚更新世冰盛期和距今18,000年前后的末次冰盛期，受全球气候寒冷的影响，海平面大幅下降、河流侵蚀基准面降低，引起长江中下游干流发展较强的溯源下切侵蚀，形成自下而上的基本贯通的长江深切河谷，槽谷中河道较窄，水位普遍要比现今低20~45米，而河道比降较大。

长江深切河槽自长江口发展到长江中游江汉-洞庭盆地一带，也同样发育长江深切河槽。江汉平原的长江深槽自沙市-监利一带向东发育，另一支则沿公安油口一带，向监利方向延伸，向东可能经牌洲一带，沿长江河道向下延伸。而江汉平原沙市以上的长江深切情况之前尚不明确。

在晚更新世长江深切的背景下，长江中下游河段，形成了很多的河谷深槽，深度可以达到-90米，如武汉青山、九江、黄石等地发育古深槽[8]。笔者在黄广冲积扇一带进行的勘察资料表明，在晚更新世发育长江深切河床，其中在现在的黄梅-小池之间发育长江深槽，深度达80余米(图2)。

宜昌猗亭古老背一带晚更新世长江深槽的发现表明，晚更新世长江溯源深切的影响已经达到宜昌古老背一带，并通过宜昌-古老背一带水动力条件的变化影响到长江三峡西陵峡一带。

施雅凤等[9]研究了长江中游黄石田家镇长江深槽，“附近江面最狭处仅650m，江底最深处低于黄海基准面以下-90m”，认为“深槽是从中更新世红色风化壳发育的和缓起伏的地面上叠置下来，已有以10万年计之的长远历史”。

3.4. 古老背晚更新世长江深槽的成因讨论

古老背晚更新世长江深槽的形成是在晚更新世冰盛期全球海平面下降背景下，伴随着长江中下游河谷溯源侵蚀、深切，河床比降增大，宜昌经虎牙-古老背-枝江一带，河床比降也必然同步增大，受虎牙-古老背一带特殊的地质地貌和河流形态的共同作用，形成了低于现代海平面以下9米的深切河槽。

Table 1. The Hydraulic gradient from the Three Gorges Dam to Tianjiazhen in the middle reaches of the Changjiang river (‰)

表 1. 长江中游三峡坝区 - 田家镇一带水力坡降(‰)

长江河段	坝区 - 宜昌	宜昌 - 古老背	古老背 - 枝江	枝江 - 沙市	沙市 - 城陵矶	汉口 - 田家镇
现在长江水力坡降	0.44	0.32	0.08	0.03	0.04	0.02
QP3 长江深槽	12 个	古老背	长江深切约 20 米, 可能存在深槽			田家镇深槽

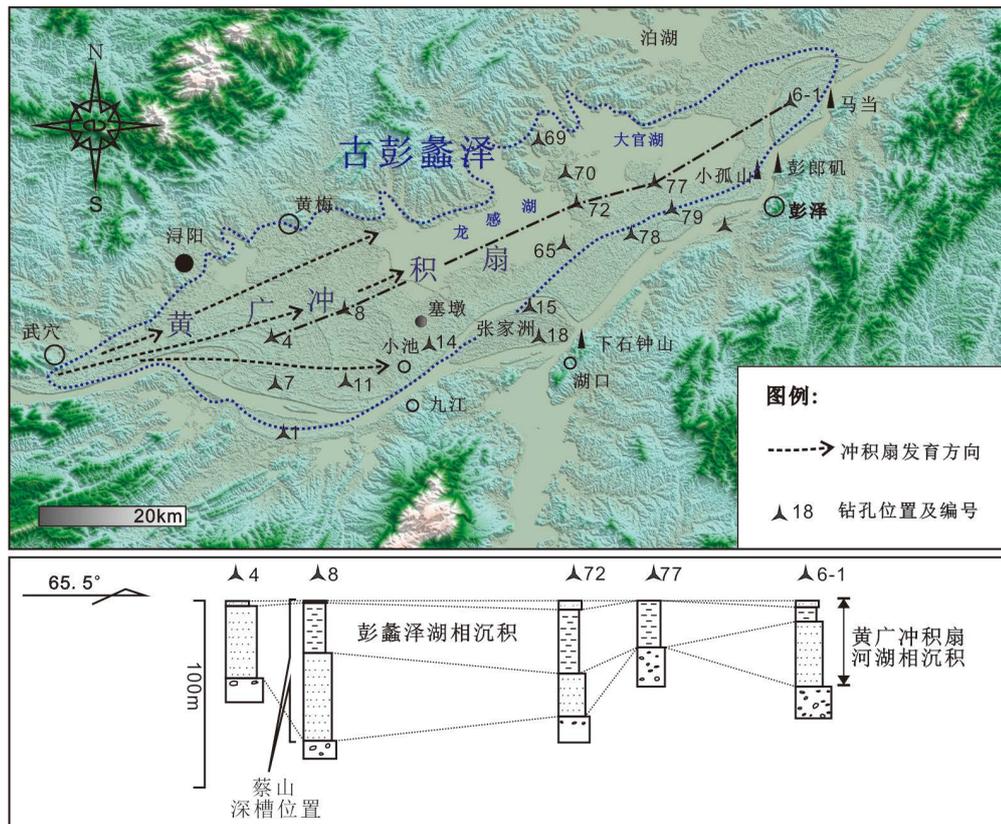


Figure 2. The Changjiang River paleo deep trough developed in the late Pleistocene in Huangmei-Guangji alluvial fan (data source: self-test)

图 2. 黄广冲积扇晚更新世发育长江古深槽(资料来源: 自测)

张丽萍等(2001)对长江重庆至宜昌段深槽表明, 河流波动、束流、环流、泡水作用是形成深槽的水动力条件, 而特定地质构造、岩性组成是形成深槽的背景基础, 黄石田家镇深槽、长江三峡深槽的具有相同的成因机理。

长江在虎牙山 - 荆门山一带为白垩系罗镜滩组坚硬砾岩、下游方向的红花套 - 古老背一带为软弱的白垩系红花套组细粉砂岩, 由于岩性的差异, 虎牙山 - 荆门山一带, 晚更新世冰盛期河槽下切的背景下, 罗镜滩组砾岩构成水下岩梗或高地。受江汉 - 洞庭平原区长江深切河谷的影响, 宜昌 - 虎牙 - 古老背一带, 河床比降有可能较现代河床比降的 0.32‰ 进一步增大, 甚至达到 0.4‰, 与现代长江西陵峡一带的河床比降相同, 河流下蚀能力进一步增大。下游虎牙山 - 荆门山两岸陡崖夹持, 在长江河道束窄壅水束流、虎牙山 - 古老背一带弯道型环流、泡水的共同作用, 长江在虎牙山下游古老背一带的下蚀能力进一步增大, 于是形成了古老背晚更新世长江深槽, 深槽底部达到现代海平面之下 9 米。

古老背晚更新世长江深槽的长轴方向沿南北向延伸, 推测与该处晚更新世长江主泓的发育方向一致。

4. 古老背晚更新世深槽的充填特征及其与中堡岛坝址区深槽的比较

古老背晚更新世长江深槽在后期产生了堆积作用。从堆积物的组成来看，下部为河床向卵砾石层，上部为河漫滩相粉砂层。古老背晚更新世长江深槽由河流侵蚀作用为主到以沉积堆积作用为主的反转，代表了河流水动力条件的重大调整，反映了河流的侵蚀能力的降低和河流的溯源堆积。

比较长江三峡水力枢纽工程中堡岛坝址区长江深槽的形成和堆积作用(杨达源等, 2004), 可以认为, 中堡岛坝址区长江深槽和古老背晚更新世长江深槽具有同步演化的特点。

中堡岛长江深槽堆积物中朽木的测年表明, 三峡深槽的深切侵蚀大约发生在 30~40 kaBP。古老背晚更新世长江深槽下切形成大约具有相同的年龄。

中堡岛长江深槽后期发生了堆积作用, 堆积物的厚度大于 30 米(据杨达源, 2002 之图 3), 古老背长江深槽下部砾石层厚度为 49 米。而古老背一带现代长江河床堆积的卵砾石层的厚度约为 30 米, 则与中堡岛长江深槽中晚更新世堆积物的厚度一致。考虑到中堡岛长江深槽后期又遭受了长江的深切, 其堆积物的厚度小于古老背长江深槽中下部砾石层的厚度也是可以理解的。

中堡岛长江深槽和古老背长江深槽的堆积作用均为晚更新世末期。

5. 长江深槽的成因及其与海平面变化的关系探讨

中堡岛坝址区长江深槽和古老背晚更新世长江深槽具有同步演化的特点, 且具有相近的堆积厚度, 这些现象表明, 古老背长江深槽和中堡岛坝址区长江深槽的具有相同成因机理、乃至具有相同成因背景, 具有相同的河流发育的水动力学背景。

晚更新世全球气候变冷的背景下, 伴随着长江溯源侵蚀和长江中游江汉 - 洞庭平原区河流深切槽谷的形成, 宜昌下游河段长江河道比降增加, 河流下蚀能力增强, 是古老背晚更新世长江深槽的水动力学基础。这一河流水动力学状态同样影响到长江三峡中堡岛坝址区长江深槽的形成。伴随着晚更新世后期全球气候变迁和海平面回升, 长江中游地区地质环境发生了重大调整[10][11], 江汉 - 洞庭平原晚更新世长江深槽中堆积了沙卵石, 江汉 - 洞庭河网化平原逐渐发展, 枝江下游河段河道比降逐渐减小, 古老背

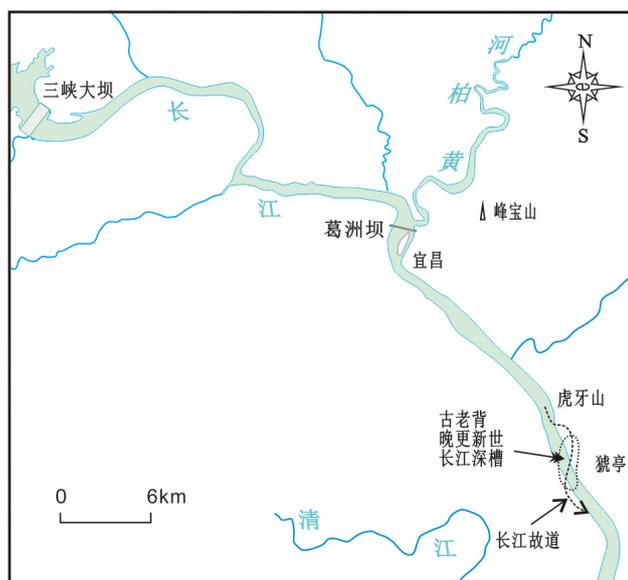


Figure 3. The location map of the deep troughs in Gulaobei and in the Three Gorges Dam Area

图 3. 古老背长江深槽与三峡大坝长江深槽位置图

晚更新世长江深槽发生堆积作用。已有的研究表明,中堡岛一带的深槽在 35 Ka·BP 前后发生侵蚀深切,在 24 Ka·BP 开始了堆积作用,长江在中堡岛、古老背河道由河流侵蚀向堆积作用的反转表明,全球气候变暖背景下海平面上升,对宜昌中堡岛、古老背晚更新世长江深槽的影响是颠覆性的,海平面变化是长江深槽形成过程中不可忽视的重要因素,并最终决定了长江深槽发育过程和发育的程度,虽然海洋远隔 2000 千米之外,海平面的变化通过河流下切形成深切河谷或者河谷充填,影响到河道比降的变化,改变了河流水动力条件,进而影响了长江中下游地区长江深槽的发育,甚至是三峡坝区一带。这也许是“蝴蝶效应”在晚更新世长江中下游河谷演化中的环境效应吧。

中堡岛坝址长江深槽在晚更新世沉积充填后再次下切,可能是末次冰盛期海平面变化的反映。

6. 结论

1) 长江中游宜昌古老背晚更新世长江深槽是在晚更新世长江深切背景下形成的,后期的充填是伴随着长江溯源堆积而发生的。

2) 古老背长江深槽和三峡坝址中堡岛长江深槽的下切、堆积具有同步演化的特点,具有相同的水动力学背景,可以将中堡岛坝区长江深槽的下切与古老背长江深槽的下切相对比,将中堡岛深槽堆积与古老背深槽堆积相对比。

3) 长江深槽的形成有其相应部位特殊的地质地貌基础和水动力条件,但是在长江深切的背景下,加剧了长江深槽的形成,而在长江水位上升的背景下,水动力条件的改变是由河流侵蚀向堆积反转的关键因素。

4) 海平面变化是通过河道下切或河道充填改变河道比降来影响长江水动力条件的,是长江深槽形成、演化不可忽视的重要因素。

基金项目

中国地质调查局“长江中游城市群咸宁-岳阳和南昌-怀化段高铁沿线 1:5 万环境地质调查”项目资助(1212010013500150005)。

参考文献

- [1] 沈玉昌. 长江上游河谷地貌[M]. 北京: 科学出版社, 1965: 114-154.
- [2] 赵诚, 彭轩明, 谭光明, 唐作友. 也论南津关江底深槽的成因[J]. 中国岩溶, 1989, 8(4): 268-275.
- [3] 杨达源. 试论长江三峡河段深槽的成因[J]. 山地研究, 1992, 10(3): 141-147.
- [4] 张丽萍, 杨达源, 朱大奎. 长江渝宜河段深槽分布特征及成因[J]. 南京大学学报(自然科学), 2001, 37(3): 311-316.
- [5] 杨达源. 长江三峡坝区河谷深槽的地貌特征及其成因[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 547-552.
- [6] 杨达源. 长江三峡深槽沉积的研究第四纪研究[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5): 501-506.
- [7] 陆永军, 陈稚聪, 赵连白, 邵学军, 杨美卿, 李云中. 三峡工程对葛洲坝枢纽下游近坝段水位与航道的影响研究[J]. 中国工程科学, 2002, 4(10): 67-73.
- [8] 杨达源. 晚更新世冰期最盛时长江中下游地区的古环境[J]. 地理学报, 1986, 41(4): 302-310.
- [9] 施雅风, 张强, 陈中原, 姜彤, 吴敬禄. 长江中游田家镇深槽的特征及其泄洪影响[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 425-432.
- [10] 谭其骧. 云梦与云梦泽[J]. 复旦学报(社会科学版), 1980(S1): 7-17.
- [11] 周凤琴. 云梦泽与荆江三角洲的历史变迁[J]. 湖泊科学, 1994, 6(1): 22-31.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org