

长江流域血吸虫病的化学地理研究^{*}

王明远 章 申

(中国科学院 地理研究所
国家计划委员会)

提 要: 血吸虫病是一种水源性传播的寄生虫病。本文探讨了血吸虫病流行与水文化学地理因素的关系, 病区水体富集微量元素, 31种微量元素的平均累乘指数 >1 , 其中亲铜元素、亲石元素和稀土元素的含量较高, 而亲铁元素和 Hg、As 的含量较低, 钙镁摩尔比值接近毛蚴最适钙镁摩尔比值(0.8)。

主题词: 血吸虫病 微量元素 平均累乘指数 钙镁摩尔比值

在热带和亚热带, 血吸虫病流行很广, 仅次于疟疾, 居第二位。据1976年世界卫生组织统计, 全世界有74个国家流行血吸虫病, 患者2亿, 受威胁的人6亿。主要分布在亚拉非的第三世界国家^[1]。我国血吸虫病流行于上海、江苏、浙江、安徽、湖北、湖南、江西、四川、云南、广西、广东、福建等12个省(市、自治区), 346个县市, 5029个乡镇, 患者1100万, 受威胁的人达1亿之多^[2], 肠癌、肝癌与血吸虫病有一定联系^[3]。长江流域肠癌高发区多分布于血吸虫病病区。

在人体寄生的血吸虫有三种: 日本血吸虫(*Schistosoma japonicum*)、曼氏血吸虫(*S. Mansoni*)和埃及血吸虫(*S. haematobium*)。我国主要流行的是日本血吸虫病。血吸虫的寄生宿主为脊椎动物(完成有性生殖), 中间宿主为钉螺(完成无性生殖), 而自由生存的幼虫在水、泥中作短期停留, 从而构成传播的基本环节。因此, 只有钉螺和血吸虫共同生存的地方才能构成病区。血吸虫以水为媒介侵袭人体。因此, 水文化学地理因素是钉螺和血吸虫的重要生态环境条件, 血吸虫病的水文化学地理研究可以开辟血吸虫病防治工作的新途径, 为水利工程建设对血吸虫病传播的预测和移民点的选择, 提供科学依据。

一、血吸虫病的地理流行特征

光、热、水和食物是血吸虫及其中间宿主生存的基本条件。血吸虫病分布在湿润的热带和亚热带, 年均温大于 14°C , 年积温大于 $5\,000^{\circ}\text{C}$, 降水量大于 $1\,000\text{mm}$, 湿润系数大于1.25。钉螺最适水温 13°C 左右, 最适光照度 $3\,600\text{—}3\,800\text{Lux}$, 最适水流速度 $<0.3\text{m/s}$ 。钉螺喜食硅

本文1991年4月2日收到, 1992年8月14日收到修改稿。

^{*} 本文是“七五”国家科技攻关课题《长江水环境背景值研究》的子课题《长江水环境背景值应用研究》的成果之一。

藻和腐叶。因此，钉螺主要分布在河漫滩、湖沼地区和三角洲。

我国血吸虫病分布最北为江苏宝应县（北纬 $33^{\circ}25'$ ），最南为广西横县（北纬 $22^{\circ}43'$ ），东到上海市南汇县（东经 $121^{\circ}45'$ ），西到云南云龙县（东经 $99^{\circ}5'$ ），海拔最低为 0 m（上海）最高为 3 000 m（云南云龙县）。

除光、热、水外，地球化学因素也是血吸虫病流行的制约因素。长江流域血吸虫病主要分布在宜昌以下的长江中下游地区，其次为成都平原、西昌地区和云南丽江-大理地区（详见图 1）。在地貌上，病区属于河漫滩、阶地、冲积平原、湖沼地区和三角洲。地表物质主要为第四纪冲积物。这些冲积物主要来自集水面上砂页岩、花岗岩、变质岩、玄武岩等岩石风化壳和土壤的侵蚀作用，从宏观上看，黄土分布地区和石灰岩广泛发育的云贵高原几乎无血吸虫病流行。云南丽江大理地区虽然分布碳酸盐岩，但广泛发育大理岩和白云岩。大理岩、白云岩和石灰岩同属碳酸盐，但化学组成不同，钙镁摩尔比差异悬殊，前者以白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 为主要成分，后者则以方解石 (CaCO_3) 为主要成分。钉螺能生长于盐渍化地区，然而直接受海潮浸渍的地区，例如，在江苏省江阴以东的长江两岸、黄浦江两岸（约 5 km 以内）和我国东南沿海地区，均为无螺地带。长江流域血吸虫病主要分布在水稻产区，但全流域钉螺分布总面积（约 0.12 亿亩）约等于水田总面积（2.09 亿亩）的十分之一。动物实验证明，矿物质对毛蚴和钉螺有明显的影响。

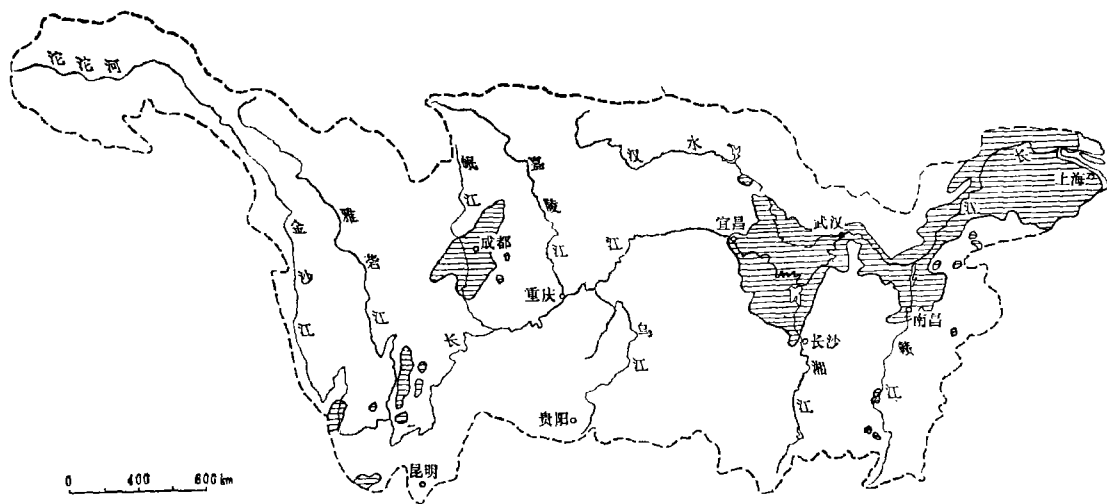


图 1 长江流域血吸虫病分布图

Distribution of schistosomiasis of the Yangtze Valley

二、血吸虫病病区水体中微量元素含量特征

为了探讨病区与非病区水体（包括过滤水、原水和沉积物）中 31 种微量元素含量的差异，根据文献〔2〕和实地考察资料，编制以乡镇为统计单位的（1：400 万）长江流域血吸虫

病分布图,按V.M. 戈尔德施密特的化学元素分类^[4], 将所测试的31种微量元素分为亲石元素、亲铁元素、亲铜元素和稀土元素, 再分别统计病区和非病区水体中31种微量元素的几何平均含量, 并按下式统计各类元素的平均累乘指数。

$$P_i = \left(\prod_{k=1}^n \frac{C_{\text{病}}}{C_{\text{非病}}} \right)^{1/n}$$

统计结果列于表1, 由表1可见, 水相和沉积相中亲石元素V、亲铁元素Fe、Ni、Mo和亲铜元素As、Hg的平均含量, 病区低于非病区; 而亲石元素Sr、Rb、Ba、Cs、Sc、F、Th, 亲铜元素Pb、Zn、Cd、Sb、Se和稀土元素La、Ce、Tb、Yb、Lu的平均含量, 病区高于非

表1 血吸虫病区和非病区水体中微量元素含量及其平均累乘指数(Pi)

The content of trace element of water bodies in endemic and nonendemic areas and its average continuous multiplier index

水体类型	病情	样品数	亲 石 元 素											
			V	Cr	Mn	Sr	Ba	Rb	Cs	Sc	F	U	Th	Pi
过滤水 ($\mu\text{g/l}$)	非病区	365	0.57	0.42	3.4	46.7	13.0	1.0	0.03	0.007	130	0.37	0.007	1.35
	病区	46	0.54	0.55	3.6	103.8	50.2	1.4	0.04	0.007	150	0.40	0.009	
原水 ($\mu\text{g/l}$)	非病区	374	1.8	1.19	16.5	67.9	19.1	1.2	0.05	0.02	140	0.41	0.035	1.36
	病区	45	1.4	1.31	18.5	147.6	54.1	1.9	0.06	0.04	160	0.46	0.036	
沉积物 (mg/kg)	非病区	265	118.2	65.0	684.8	202.7	515.0	98.6	5.8	11.5		3.72	13.5	1.00
	病区	39	99.2	53.6	573.5	206.0	553.7	101.8	6.8	13.9		3.55	13.6	

水体类型	病情	亲铁元素					亲 铜 元 素								
		Fe	Co	Ni	Mo	Pi	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Hg	Se	Cd	Pi
过滤水	非病区	13.0	0.07	0.53	0.41	0.88	0.63	0.21	2.02	0.95	0.11	0.012	0.102	0.010	1.07
	病区	11.7	0.07	0.45	0.32	0.88	0.64	0.22	2.38	0.49	0.14	0.010	0.135	0.011	
原水	非病区	201.0	0.31	0.82	0.53	0.85	1.57	0.74	4.43	1.21	0.15	0.017	0.147	0.023	1.03
	病区	173.0	0.21	0.80	0.48	0.85	1.35	0.81	6.21	1.02	0.15	0.013	0.221	0.024	
沉积物	非病区	34000	13.7	30.9		0.87	29.2	24.3	82.6	7.8	1.09	0.050		3.221	1.02
	病区	31000	12.7	24.4		0.87	30.2	26.7	93.7	6.5	1.62	0.035		0.224	

水体类型	非病区 病区	稀 土 元 素										31种元 素Pi	
		La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Pi			
过滤水	非病区	0.095	0.19	0.12	0.03	0.006	0.004	0.009	0.002		1.02	1.12	
	病区	0.097	0.19	0.10	0.03	0.005	0.005	0.010	0.002				
原水	非病区	0.124	0.39	0.31	0.01	0.020	0.009	0.023	0.004		1.22	1.15	
	病区	0.307	0.57	0.31	0.06	0.011	0.010	0.021	0.005				
沉积物	非病区	47.2	86.9	39.6	7.9	1.18	0.91	2.9	0.13		1.07	1.00	
	病区	49.1	91.8	40.8	7.7	1.46	1.08	3.0	0.46				

病区。平均累乘指数 P_i 表示水体中多元素平均含量水平。水体中亲石元素、亲铜元素和稀土元素的 $P_i > 1$ ，而亲铁元素的 $P_i < 1$ ，这说明病区水体中亲石元素和稀土元素、亲铜元素的含量高于非病区，而亲铁元素含量则低于非病区。31种微量元素 $P_i > 1$ ，说明病区水体中微量元素比非病区富集。

长江宜昌以上为上游，宜昌至湖口为中游，湖口以下为下游。长江出三峡后，进入中下游平原沉积区，河网纵横，湖泊星罗棋布。以页岩元素均值作为评价标准，分别统计长江上中下游沉积物的微量元素平均累乘指数，结果列于表2。由表2可见，长江上游沉积物富集铁族元素，平均累乘指数 P_i 最大（0.70）；中游沉积物富集亲铜元素， P_i 最大（0.68）；而下游则富集亲石元素和稀土元素， P_i 最大，各为1.21。长江中下游沉积物中亲石元素和稀土元素的含量均高于页岩，因为 P_i 值均大于1。31种微量元素的 P_i 顺序为：下游（0.88）>中游（0.86）>上游（0.68）。由此可见，长江中下游沉积物比上游富集亲石元素、亲铜元素和稀土元素。长江流域血吸虫病集中分布在中下游地区，与微量元素的水文化学地理分异相符。

表2 沉积物中微量元素平均累乘指数 P_i
The average continuous multiplier index of trace
element in sediments

	亲石元素 (11种)	亲铁元素 (4种)	亲铜元素 (8种)	稀土元素 (8种)	31种微量元素
上游	0.74	0.70	0.54	0.77	0.68
中游	1.01	0.58	0.68	1.10	0.86
下游	1.21	0.59	0.55	1.21	0.88

三、讨论和结论

综上所述，血吸虫病的地理分布既受生物气候水文因素的制约，也受化学地理因素的制约。有的化学地理因素是促进因素，有的化学地理因素则是抑制因素。

Roberts等人报道 NH_4^+ 、Mg、Mn、Ba、Sr、Be、Co等对毛蚴有吸引作用，而Fe、Al等则对毛蚴有阻碍作用^[5、7]。已知Be、F、Mn、Mg、Co、Ca、Sr、Sb、Ba、Au、Pb、U、Ce、La、Cs、Zn、Sn等是亲骨亲贝壳元素。上述统计与动物实验结果约略一致，即病区水体中亲石元素、亲铜元素和稀土元素的含量高于非病区，而亲铁元素含量则低于非病区。由此可见，Fe、Ni、Mo、V、As、Hg可能对血吸虫及其中间宿主钉螺有抑制作用，而Pb、Zn、Cd、Sr、Ba、Rb、Sc、Mn、La、Ce、Tb、Yb等则对血吸虫和钉螺生存有促进作用，或者是营养元素。

从《中国稀有分散元素主要集中区域分布图》¹⁾看，血吸虫病主要分布在我国南方稀有

1) 见：郭宗山：中国稀有分散元素矿产概况，1958年。

分散元素集中区域及其下游地区：江南古陆（洞庭湖流域、鄱阳湖流域、江苏、浙江）、华夏古陆（广东和福建）、康滇地轴（云南丽江—大理地区、四川邛崃山和大雪山）。具体而言，血吸虫病分布在河流汇水处，例如盆地、湖沼和三角洲。这些地区水体富集微量元素和有机物。钉螺是水陆两栖的软体动物，最适生存条件是水位线上一尺之地，其密度最大，距水位线越远，其密度越小，呈正态分布。从景观地球化学观点看，水位线变动的地方正是水文地球化学氧化还原屏障带，自然会富集微量元素和有机物。国外文献报道〔8〕，在同样的生物气候条件下，在页岩分布区上修建水库，很快便形成血吸虫病病区；而在花岗岩或石灰岩分布区上修建水库，则不易形成或不形成血吸虫病病区。主要原因可能是页岩富含矿物营养元素，而花岗岩和石灰岩缺乏矿物营养元素。现以地壳元素丰度作为评价标准，本文所研究的31种微量元素平均累乘指数：页岩为1.34，花岗岩和碳酸盐岩分别为0.90和0.20。

钙镁的摩尔比是血吸虫的重要生态因素。Sponholtz等报道，毛蚴向钙镁摩尔比低的区域游动，毛蚴最适钙镁摩尔比为0.8。换言之Ca/Mg摩尔比大大偏离0.8时，不利于毛蚴的生存〔5〕。如前所述，血吸虫病很少分布或不分布在黄土和石灰岩地区。因为黄土和石灰岩都是Ca多Mg少，Ca/Mg摩尔比分别为2.17和3.88，约为毛蚴最适Ca/Mg摩尔比的2.7倍和4.9倍。而白云岩和大理岩则是Ca少Mg多，Ca/Mg摩尔比为0.85，几乎等于毛蚴最适Ca/Mg摩尔比值（0.8）。从表3可见，血吸虫病病区鄱阳湖和洱海的沉积物Ca少Mg多，Ca/Mg摩尔比分别为0.86和0.95，接近毛蚴最适Ca/Mg摩尔比；而非病区滇池沉积物Ca多Mg少，Ca/Mg摩尔比为2.33，为毛蚴最适Ca/Mg摩尔比的2.9倍。此外，石灰岩微量元素含量很低（ $Pi=0.2$ ），黄土As含量很高（12.7ppm），为地壳As丰度的5.8倍。

海水是钉螺和血吸虫的抑制因素。从化学组成上，海水除含盐量高（35%）以外，钙过少镁过多，Ca/Mg摩尔比非常小（0.19），只为毛蚴最适Ca/Mg摩尔比的1/4。微量元素Hg、As、Mo、Ni、Sr、Rb、F、U的含量较高，比世界河水平均含量高1—80倍，而稀土元素含量极低，相当于长江河水平均含量的1/100，Fe、Mn含量也很低，相当于长江河水平均含量的1/40—1/60。总之，海水和血吸虫病病区水体在化学组成上差异悬殊。

综上所述，地球化学生态因素对血吸虫病流行产生重要影响。血吸虫病区水体富集微量元素，31种微量元素的平均累乘指数 >1 ，其中亲石元素Ba、Sr、Rb、Cs、Sc、F、Th、Cs，亲铜元素Pb、Zn、Cd、Sb、Se和稀土元素La、Ce、Tb、Yb、Lu的含量较高，而亲铁元素Fe、Ni、Mo，亲铜元素As、Hg和亲石元素V的含量较低。病区沉积物Ca/Mg摩尔比约略等于毛蚴最适Ca/Mg摩尔比（0.8）。

表3 沉积物Ca、Mg含量（%）及其摩尔比值
The content of Ca, Mg and its molal ratio in lake sediments

	Ca	Mg	Ca/Mg摩尔比值
鄱阳湖	0.27	0.19	0.86
洱海	2.80	1.75	0.95
滇池	3.69	0.96	2.33

参 考 文 献

- 〔1〕 Ю. Дубровский. Шистосомоз человека в мире. Реферативный журнал 36 Медицина География, 1989, (2) .
- 〔2〕 钱信忠主编. 中华人民共和国血吸虫病地图集(上、中、下册), 北京: 地图出版社, 1988.
- 〔3〕 耿贯一主编. 流行病学(下册). 北京: 人民卫生出版社, 1985.
- 〔4〕 南京大学地质学系. 地球化学. 北京: 科学出版社, 1979.
- 〔5〕 周述龙、林建银. 血吸虫学. 北京: 科学出版社, 1989.
- 〔6〕 王明远等. 生物地球化学省和地方病探讨. 中国科学(B辑), 1985(10) .
- 〔7〕 Stibbs H.H. et al. Magnesium emitted by snails alters swimming behaviour of schistosoma Mansonii Miracidia, Nature, 1976, 260 (5553) .
- 〔8〕 Polderman A.M. et al. Historical, Geological and Ecological aspects of transmission of intestinal Schistosomiasis in Maniema, Kivu province, Zaire. Ann. Soc. belge med. trop. 1985, 65 (3) .
- 〔9〕 Xu Zhong, Su Delong. Schistosoma japonicum and colorectal cancer, an epidemiological Study in the People's Republic of China. Int. J. Cancer, 1984, 34 (3) .

中国地理学会第四届喀斯特 地貌与洞穴学术研讨会在浙江桐庐召开

中国地理学会第三届全国喀斯特地貌与洞穴学术研讨会于1992年11月1日至6日在浙江省桐庐县召开。参加会议的63人, 收到论文53篇, 报告36篇。会议分喀斯特地貌、水文、环境及洞穴与旅游两个小组宣读论文进行交流。本次会议的论文显示自1985年四川兴文第二届会议以来, 已在许多方面拓展了喀斯特研究的领域。喀斯特洞穴的论文内容包括洞穴环境、洞穴生物、洞穴气候、洞穴旅游等方面, 洞穴旅游成为本次会议的主要方面。多数与会成员认为: 旅游工作者参加学术研讨会, 有利于洞穴研究与实践的结合, 是学术会议的一种新形式, 双方都深切体会到科研与旅游业的相互协作, 同时促进对方事业的发展。从与会成员与论文情况估计, 现今喀斯特研究的主要力量的年龄仍在55岁左右, 这种后继乏人之忧, 应当引起有关部门的重视。尽管洞穴气候、洞穴生物方面的论文略有增加, 但是探洞技术、洞穴生物、洞穴气候仍是洞穴研究的薄弱环节, 洞穴环境与洞穴景观的稳定性研究仍是空白领域。与会成员考察了桐庐县瑯琳洞及建德市灵栖洞, 并与建德市风景旅游局的同志作了座谈, 提出了咨询意见。

• 钟 炎 •

STUDY ON CHEMICAL GEOGRAPHY OF SCHISTOSOMIASIS IN THE YANGTZE VALLEY

Wang Mingyuan Zhang Shen

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences and State
Planning Commission of the People's Republic of China)

Subject terms: Schistosomiasis, trace element, average continuous
multiplier index, molal ratio of Ca to Mg

Abstract

Schistosomiasis in the Yangtze Valley is mainly distributed in the middle-lower reaches of the Yangtze River, the Chengtu Plains and others. The results of this research show that chemico-geographical environment is the essential ecological factor in epidemic of schistosomiasis. The content of trace element Sr, Ba, Rb, Sc, Cs, F, Th, Pb, Zn, Cd, Sb, Se, La, Ce, Yb, Tb, Lu of water bodies (the water through a filter film, the water without being filtered and sediments) in endemic area is higher than those of nonendemic area. However content of V, Fe, Ni, Mo, As, Hg of water bodies in endemic area is lower than those of nonendemic area. The average continuous multiplier index of 31 trace elements of water bodies in endemic area exceeds 1. The molal ratio of Ca to Mg of sediments in endemic area is approximately equal to those (0.8) suitable for the existence of miracidia.