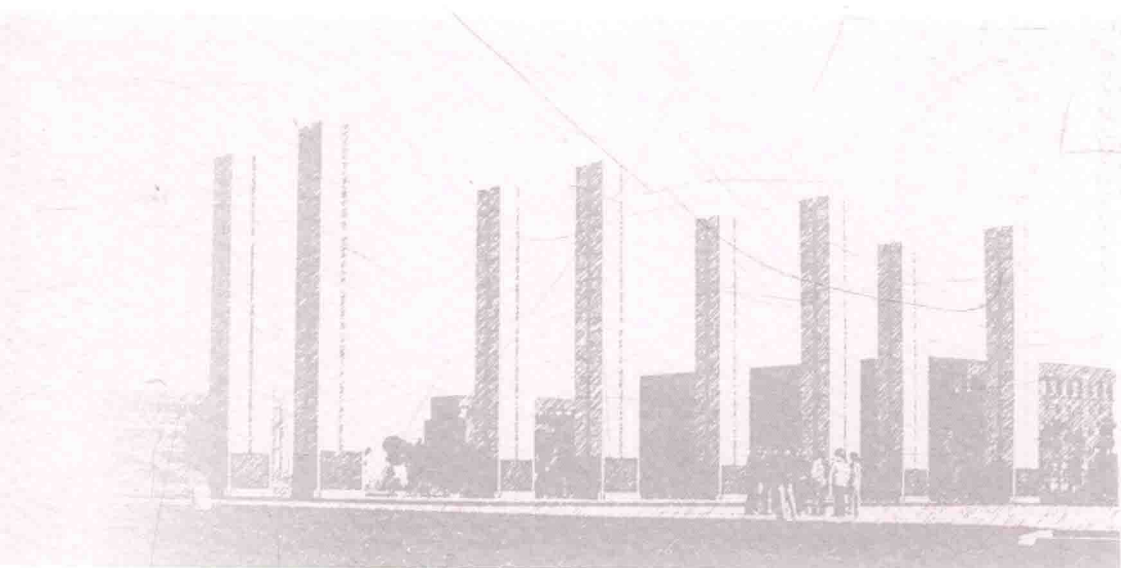


地球信息技术在血吸虫病 医学地理学中的应用



赵安 著

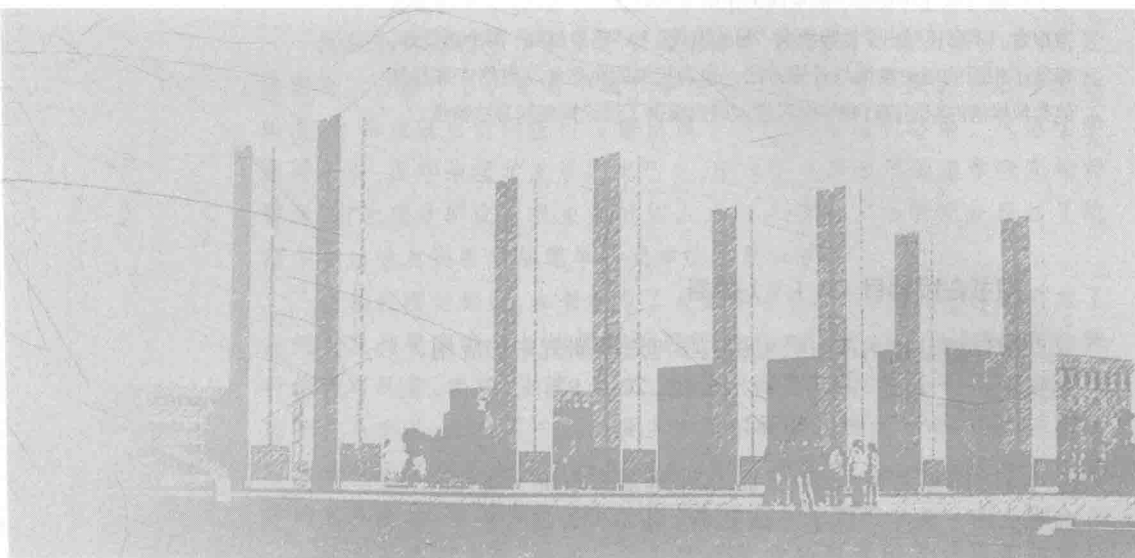
APPLICATION OF GEO-INFORMATICS
TO STUDY ON MEDICAL GEOGRAPHY
OF SCHISTOSOMIASIS

高等教育出版社

DIQIU XINXI JISHU ZAI XUEXICHONGBING YIXUE DILIXUE YANJIU ZHONG DE YINGYONG

江西师范大学博士文库专项资助成果

地球信息技术在血吸虫病 医学地理学中的应用



赵安 著

APPLICATION OF GEO-INFORMATICS
TO STUDY ON MEDICAL GEOGRAPHY
OF SCHISTOSOMIASIS

高等教育出版社·北京

内容简介

本书从医学地理学角度出发,根据血吸虫病传播机理,考虑极端气温对中间宿主——钉螺存活率的影响,运用地球信息技术对“改良的Malone血吸虫传播指数”模型进行了改进;结合GIS专题数据与遥感非监督分类结果,进行了知识驱动的鄱阳湖区域钉螺孳生环境的空间模拟;根据证据权重与贝叶斯条件概率原理,在鄱阳湖外加洲草洲进行了(阳性)钉螺与地理环境因子的空间关系研究和地统计学各向异性克里金模型拟合。本书还提出了血吸虫病“易感等级”和“感染风险”两个新概念,拟定了相应的理论框架与计算方法,也为相关的生态学、自然灾害和其他类似疾病的空间流行病等学科领域研究提供了理论框架和方法参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球信息技术在血吸虫病医学地理学研究中的应用 / 赵安著. -- 北京:高等教育出版社,2016.9

ISBN 978-7-04-045952-4

I. ①地… II. ①赵… III. ①地理信息系统-应用-血吸虫病-医学地理学-研究 IV. ①R532.21-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第176548号

策划编辑 关焱
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 殷鸽
责任校对 吕红颖

封面设计 李卫青
责任印制 毛斯璐

版式设计 马云

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 国防工业出版社印刷厂
开 本 787 mm × 1092 mm 1/16
印 张 12.5
字 数 190千字
插 页 2
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2016年9月第1版
印 次 2016年9月第1次印刷
定 价 59.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 45952-00

前 言

血吸虫病流行于中国 7 个省的 100 多个县,感染病人数十万,疫区受影响人口数千万。随着中国社会经济发展,人为导致的自然环境的改变,中国血吸虫病的流行传播出现了一个新的空间格局。从地理学角度来看,医学地理学发展历史已久,但血吸虫病医学地理学研究相对薄弱,对地理学研究血吸虫病的切入点不甚明确。本书充分展示了地理学在血吸虫病医学地理学研究中的重要地位。

在基础理论部分,本书参考了大量现有相关研究成果,归纳总结了血吸虫及其寄生宿主与地理环境因子之间的关系,确定血吸虫病的流行传播与气象、植被、土壤、水文、高程、人文和经济等自然与人文地理因子关系密切;分析了中国血吸虫病疫区地理类型划分的依据,进行了中国血吸虫病疫区的地理类型划分;提出并确定了血吸虫病医学地理学的基本概念、主要内容和方法体系。

在实际应用部分,本书从三个空间尺度分别进行了血吸虫传播指数的空间模拟、钉螺与地理环境因子的空间关系研究和钉螺空间分布的地统计学各向异性克里金模型拟合。在宏观尺度上,根据血吸虫流行传播的机理,对现有“改良的 Malone 血吸虫传播指数”模型进行了改进,考虑了极端气温对血吸虫中间宿主——钉螺存活率的影响,进而影响到血吸虫传播指数,并用新模型进行了中国血吸虫传播指数的时空变异规律研究,可以作为地理学在血吸虫病医学地理学研究中的典型代表,也凸显了地理信息系统(geographic information system, GIS)空间建模在空间流行病学中不可替代的作用与优势。在中观尺度上,总结回顾了过去地球信息技术在钉螺孳生地理环境因子研究中的应用前提、一般程序和基本方法,分析了单用遥感影像和遥感技术研究的局限性,并将与钉螺分布有关的 GIS 专题数据与遥感非监督分类结果结合,进行了知识驱动的鄱阳湖区域钉螺孳生环境的空间模拟。在微观尺度上,研究了证据权重与贝叶斯条件概率的基本概念、基本原理和计算公式,用数据驱动的地理建模方法在鄱阳湖区域的外加洲草洲进行了钉螺、阳性钉螺与地理环境因子的空间关系研究。在同一草洲同时进行了钉螺空间分布的地统计学各向异性克里金模型拟合,发现研究区域

内钉螺空间分布具有明显的方向性,长轴方向与当地的等高线基本平行,这是由于钉螺孳生地一般都是水陆交替的湖滩草洲,受洪水淹没频率控制。从地球信息技术的应用领域来看,这里所采用的数据驱动与知识驱动的地理建模方法是 GIS 地理建模在医学地理学研究中的典型范例,并可扩展用于其他疾病地理学和相关的生态学、环境科学等学科领域。

在最后结尾部分,本书针对血吸虫病流行传播的关键环节,借用灾害学中的“灾害”(hazard)和“风险”(risk)概念,提出了血吸虫病“易感等级”和“感染风险”两个新概念,并就两者之间的内在联系拟定了一个计算公式,即“感染风险 = 易感等级 × 疫水接触强度”;指出易感地带的空间模拟是未来地球信息技术应用于血吸虫病医学地理学研究的重要方向之一;最后拟定了一个鄱阳湖区域血吸虫病易感等级和感染风险研究的方案框架,并可进一步推广应用到其他疫源地与感染地空间分离的空间流行病研究领域。

本书属于地理学与公共卫生学的交叉,涉及经典统计学、空间统计学、GIS 地理建模和遥感等理论与方法。适合医学地理学、空间流行病学、地球信息科学、生态科学、环境科学与灾害科学等专业领域的硕士生、博士生、高校教师和相关科研人员参考。

本书相关研究是在导师中国科学院地理科学与资源研究所孙九林院士的直接指导下完成的;数据的获取与调查得到了中国科学院地理科学与资源研究所数据中心、江西省寄生虫病防治研究所、联合国粮农组织(FAO)的荷兰籍专家 Jan Slingenbergh 博士、中国科学院遥感与数字地球研究所的官鹏研究员、江西师范大学鄱阳湖生态环境与资源研究教育部重点实验室主任鲍曙明教授等的大力支持,在此表示真挚的感谢。

赵 安

2015 年 5 月于南昌

目 录

第一章 绪论	1
1.1 全球及中国血吸虫病的流行概况	1
1.2 中国血吸虫病医学地理学的常规研究	2
1.3 本研究的基本依据	3
1.4 血吸虫病医学地理学的主要内容及其研究进展	3
1.5 研究框架与技术路线	4
1.6 总体构架	6
1.7 小结	7
第二章 血吸虫病流行传播的地理基础	8
2.1 血吸虫病流行传播的地理环境条件	9
2.1.1 血吸虫生活史过程的地理环境条件	9
2.1.2 血吸虫寄生宿主生存的地理环境条件	11
2.2 影响血吸虫病流行传播的地理因子分析	13
2.2.1 气象、气候因子	13
2.2.2 植被、土壤因子	14
2.2.3 地貌、海拔高程因子	14
2.2.4 水文、水力因子	15
2.2.5 人文、经济因子	15
2.3 血吸虫病医学地理学及其研究方法	16
2.3.1 血吸虫病医学地理学的理论框架	16
2.3.2 血吸虫病医学地理学研究的方法体系初探	16
2.4 中国血吸虫病疫区的地理分类	20
2.4.1 中国血吸虫病疫区的医学血防分类	21
2.4.2 中国血吸虫病疫区的地理类型划分	21
2.5 中国湖沼型血吸虫病疫区的基本特征	24
2.5.1 中国湖沼型血吸虫病疫区的易感环境特征	24
2.5.2 中国湖沼型血吸虫病疫区的易感强度特征	24
2.5.3 中国湖沼型血吸虫病疫区的疫水接触强度特征	25
2.5.4 中国湖沼型血吸虫病疫区的疾病防治特点	26
2.6 小结	27
第三章 中国血吸虫传播指数的时空分异研究	28
3.1 血吸虫传播指数的地理意义	28

3.2 改良的 Malone 血吸虫传播指数模型	29
3.3 再改良 Malone 血吸虫传播指数模型	29
3.3.1 极端气温对钉螺存活率的影响	29
3.3.2 极端气温对钉螺存活率影响的定量研究	30
3.3.3 再改良 Malone 血吸虫传播指数的构建	31
3.4 中国再改良 Malone 血吸虫传播指数计算	31
3.4.1 研究范围的确定	31
3.4.2 数据来源与加工	32
3.4.3 模型计算	33
3.5 两种血吸虫传播指数计算结果的比较	37
3.6 中国血吸虫传播指数的时空分析	38
3.6.1 中国第一季度血吸虫传播指数的时空分析	38
3.6.2 中国第二季度血吸虫传播指数的时空分析	39
3.6.3 中国第三季度血吸虫传播指数的时空分析	39
3.6.4 中国第四季度血吸虫传播指数的时空分析	39
3.7 小结与讨论	40
第四章 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型研究	42
4.1 鄱阳湖区域概况	42
4.2 钉螺孳生环境与地理因子的一般关系	43
4.2.1 钉螺与气象	43
4.2.2 钉螺与地貌	43
4.2.3 钉螺与土壤	44
4.2.4 钉螺与水文	44
4.2.5 钉螺与植被	45
4.3 地球信息技术在钉螺孳生地理环境监测中的应用进展	45
4.3.1 地球信息技术在钉螺孳生地理环境监测中应用的前提	46
4.3.2 地球信息技术在钉螺孳生地理环境监测中应用的一般程序	46
4.3.3 地球信息技术在钉螺孳生地理环境监测中应用的基本方法	47
4.3.4 地球信息技术在钉螺孳生地理环境监测中应用的基本认识	47
4.4 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型	48
4.4.1 地理信息系统模型分类	49
4.4.2 知识驱动的地理信息系统建模方法	50
4.4.3 鄱阳湖区域钉螺孳生环境空间模拟的数据准备	54
4.4.4 鄱阳湖区域钉螺孳生环境的传统遥感监测	64
4.4.5 知识驱动的鄱阳湖区域钉螺孳生环境的空间模拟	69
4.5 小结与讨论	80

第五章 数据驱动的外加洲（阳性）钉螺分布与地理环境因子的空间关系研究	82
5.1 数据驱动的地学建模的理论方法研究	82
5.1.1 模型研究的基本理论	82
5.1.2 数据分析与模拟	83
5.1.3 数据驱动模型与证据加权法	84
5.2 证据数据权重与贝叶斯条件概率	85
5.2.1 时间贝叶斯条件概率	85
5.2.2 空间贝叶斯条件概率	86
5.2.3 贝叶斯条件概率的应用	86
5.2.4 单证据图层的贝叶斯条件概率	86
5.2.5 多证据图层的贝叶斯条件概率	89
5.2.6 多层指示数据图层的独立性检验	91
5.2.7 交叉检验、成功率与预测率	94
5.3 数据驱动的钉螺分布与地理环境因子空间关系模型研究	95
5.3.1 数据的加工与处理	95
5.3.2 数据驱动的外加洲钉螺—地理环境因子空间关系模型	100
5.3.3 外加洲钉螺—环境空间关系模型的交叉检验	109
5.4 数据驱动的阳性钉螺分布与地理环境因子的空间关系模型研究	111
5.4.1 数据的加工与处理	112
5.4.2 数据驱动的外加洲阳性钉螺—地理环境因子空间关系模型	114
5.4.3 外加洲阳性钉螺—地理环境空间模型的交叉检验	123
5.5 小结与讨论	129
第六章 微地理环境钉螺空间分布的各向异性地统计学研究	131
6.1 传统的钉螺统计方法	131
6.2 地统计学方法概述与回顾	133
6.2.1 地统计学基本理论	133
6.2.2 传统统计学方法与地统计学方法的比较	135
6.2.3 地统计学方法的一般步骤	136
6.2.4 几种地统计学的基本模型	136
6.2.5 地统计学在公共卫生中的应用	137
6.3 鄱阳湖外加洲钉螺分布的地统计学研究	138
6.3.1 野外实地调查	138
6.3.2 数据的加工处理	139
6.3.3 钉螺空间分布的各向异性检验	140
6.3.4 钉螺空间分布的空间相关分析	143
6.3.5 外加洲钉螺空间分布密度的地统计学各向异性克里金内插和检验	149

6.4 小结与讨论	150
第七章 血吸虫病流行传播的易感等级和感染风险	152
7.1 血吸虫病传播易感地带概念的定义	152
7.1.1 血吸虫病传播易感地带概念的起源与发展	153
7.1.2 血吸虫病传播易感地带概念的重新定义	154
7.2 确定血吸虫病传播易感地带的研究方法	154
7.2.1 根据人畜野粪污染确定血吸虫病易感地带	155
7.2.2 根据阳性钉螺确定血吸虫病易感地带	155
7.2.3 血吸虫尾蚴与血吸虫病易感地带关系的研究	156
7.2.4 人畜接触疫水频率与血吸虫病易感地带关系的研究	156
7.2.5 人畜病情与血吸虫病易感地带关系的研究	157
7.3 对血吸虫病传播易感地带研究的基本认识	157
7.3.1 血吸虫病易感地带研究意义重大	157
7.3.2 对血吸虫病易感地带概念的剖析	157
7.3.3 对血吸虫病易感地带研究方法的评述	158
7.4 灾害学角度的血吸虫病易感地带和感染风险	159
7.4.1 自然灾害、灾害风险等概念	159
7.4.2 易感等级、感染风险等概念	160
7.5 对过去与感染风险有关研究的剖析	161
7.5.1 卓尚炯的“患病率、感染强度、污染强度”关系研究	161
7.5.2 袁鸿昌的“居民感染率、阳性钉螺密度、接触疫水频次”关系研究	162
7.6 血吸虫病易感等级和感染风险研究的医学地理学思考	162
7.6.1 地球信息技术是易感等级和感染风险研究的关键	162
7.6.2 血吸虫病易感等级和感染风险的研究框架	163
7.7 小结与讨论	165
第八章 结论与展望	166
8.1 主要研究成果	166
8.2 主要创新点	167
8.3 未来展望	168
参考文献	169
附录	182
附录一 血吸虫传播指数 GDD1 在 ILWIS 上的计算程序	182
附录二 血吸虫传播指数 GDD2 在 ILWIS 上的计算程序	182
附录三 中国一季度血吸虫传播指数在软件 ILWIS 上的计算程序	183
附录四 中国二季度血吸虫传播指数在软件 ILWIS 上的计算程序	184
附录五 中国三季度血吸虫传播指数在软件 ILWIS 上的计算程序	184
附录六 中国四季度血吸虫传播指数在软件 ILWIS 上的计算程序	185
关键词索引	186

第一章 绪论

1.1 全球及中国血吸虫病的流行概况

血吸虫病是当今世界仅次于疟疾的人类寄生虫病,流行于 76 个国家和地区。目前,估计约 6 亿人受威胁,感染人口 1.947 亿(陈名刚,2002)。血吸虫病在中国至少有两千年以上历史,在距今 2150 年的湖南马王堆及湖北江陵的男女古尸肠组织中就发现有血吸虫虫卵。据统计(郑江,2003),新中国成立初期共有长江流域及以南的 12 个省(区、市)的 418 个县(市、区)有血吸虫病流行。至 2001 年,已有上海、浙江、福建、广东、广西 5 个省(区、市)阻断了血吸虫病的传播,247 个县(市、区)阻断了血吸虫病的传播,有 63 个县(市、区)控制了传播,尚有 108 个县(市、区)及 57 个县级农场未能控制传播,主要分布在湖南、湖北、江西、安徽、江苏 5 个省的湖区及四川、云南的山区。从血吸虫患病人数上看,中国血吸虫病病人由新中国成立初期的 1100 万人减至 2002 年的 82 万人;2001 年,中国血吸虫病疫区人口粪检阳性率为 5.10%,耕牛粪检阳性率为 5.48%。从钉螺分布的面积来看,中国钉螺面积由新中国成立初期的 $148 \times 10^3 \text{ km}^2$ 减至 2001 年的 $34.36 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。其中湖南为 $17.47 \times 10^3 \text{ km}^2$,江西为 $7.01 \times 10^3 \text{ km}^2$,湖北为 $5.38 \times 10^3 \text{ km}^2$,安徽为 $2.9 \times 10^3 \text{ km}^2$;四川、江苏、云南、浙江和上海分别为 69.12 km^2 、 68.30 km^2 、 21.15 km^2 、 1.03 km^2 和 0.005 km^2 ;福建、广东、广西未发现钉螺或仅有少量钉螺。血吸虫病是影响中国农村经济发展和人民身体健康最严重的寄生虫病,目前仍流行于中国长江中、下游和四川、云南山区等地。

随着中国社会经济发展,人为导致的自然环境因素在全球、区域或更小尺度上的改变,中国血吸虫病的流行出现了一些新的格局:① 一些疾病控制或基本控制地区出现疫情反复,新流行区突现(如四川山区过去的有螺无病区变为流行区);② 已阻断传播的地区因经费短缺难以开展有效的监测工作,经济发展导致人口流动加快或遇自然灾害,疫

情随时可能复燃^①；③ 随着全球气候变暖，在中国流行的日本血吸虫病具有通过钉螺区北界向北方地区扩散的潜在趋势（洪青标等，2003a，2003b；孙乐平等，2003a，2003b）；④ 南水北调工程中东线和中线方案有可能使日本血吸虫随输水运河和管道向北扩散传播（汪天平和张世清，2002；周晓农等，2003）；⑤ 三峡库区建成运营若干年后，很可能在局部区域形成新的日本血吸虫流行区（蔡凯平等，1998；王汝波和郑江，2003；徐兴建等，2000；Zheng 等，2002）；⑥ 1998 年特大洪水过后，钉螺分布范围随洪水向外扩大，人畜高迁成为新的日本血吸虫病感染源，易感地带随之向外扩散（Zhou 等，2002；张世清等，2002）。日本血吸虫病在中国的流行区域总体上是扩大了，自然生态环境更适合日本血吸虫中间宿主——钉螺的生长发育，一旦遇上特殊的社会、经济因素的组合，急性血吸虫病感染发病率将有可能很快上升。因此，从医学地理学角度研究血吸虫病的环境效应以及地理环境变迁对血吸虫病流行传播的影响具有重要的现实意义。

1.2 中国血吸虫病医学地理学的常规研究

在我国，目前血吸虫病流行传播研究中最常用的方法是螺情调查、疫情调查和疫水调查等，螺情调查反映血吸虫中间宿主的信息，疫情调查反映血吸虫病终宿主的信息，疫水调查反映血吸虫流行传播关键阶段——尾蚴的信息（也称“易感性”）。目前，中国血吸虫病疫区血防部门常规的螺情调查工作主要有系统抽样法（按棋盘式机械抽样查螺，分筐计数活螺，并逐只压碎、镜检尾蚴，计算钉螺感染率、活螺密度和阳性钉螺平均密度）和环境调查法（即根据钉螺孳生环境的微地貌、植被、土壤和水文等方面特征的差异，按照微地理环境类型进行分别抽样调查）。有螺草洲的空间位置只是在近几年（2005 年以后）才开始用全球定位系统（GPS）进行记录，对野外采集的数据，除了用于计算面积之外，一般只是用于编图出图。这种传统的钉螺、阳性钉螺实地调查方法存在以下一些明显缺点：① 人力、财力、物力耗费大、不安全，而且时间周期长；② 空间精度不高，在一些人们不易注意和难以开展工作的地方经常出现漏查漏报现象，使得钉螺容易死灰复燃；③ 一次调查的范围有限，只能对局部区域进行典型调查，不能反映区域大范围的空间分

① “十五”国家重点科技攻关项目“我国血吸虫病 GIS 早期预警系统研究”课题申报书（宫鹏等，2004）。

布与变异规律。反映血吸虫病易感性的“哨鼠试验”一般是针对一个水域进行的,结果是一片水域一个数据,没有进行空间分布式布点,因此无法发现其内在的空间分布地理规律,加上“哨鼠试验”调查成本高、周期长,只能限于局部区域开展,难以进行大范围的调查,因此目前血吸虫病易感地带的划分还基本停留在定性的理论框架和概念上,空间等级定量划分的具体操作方法还不成熟。

1.3 本研究的基本依据

血吸虫之所以能在一个区域生存、繁衍,并进行传播,与当地自然、社会环境条件适宜病原体生长发育,并同时适合血吸虫寄生宿主(钉螺、牲畜和人)的生存繁衍有密切关系。从理论上说,阻断血吸虫病流行传播环节中任何一个阶段,如治疗已感染的人畜、灭螺(特别是阳性钉螺)、阻断人畜接触疫水、改善人畜卫生环境条件等,都能有效地控制血吸虫病的流行与传播。

血吸虫生长繁衍的中间宿主钉螺的活动与温度、湿度、光照、淹没频率、水深、水位、微地貌、植被、土壤等因素有密切的关系;而其生活史中的毛蚴与尾蚴的活动直接与水温、阳光、风速风向、水流(速)等因素有关。血吸虫的终宿主——人畜的行为活动强度、空间分布规律和卫生设施条件则直接决定了血吸虫生存繁衍和人畜受感染(再感染)的程度。与血吸虫病流行传播有关的易感地带的易感等级主要由阳性钉螺密度和疫水中尾蚴密度决定,而人畜感染风险则取决于一定易感等级条件下人畜活动强度的空间范围和空间分异规律。由此可见,血吸虫病流行传播过程中的每一个环节都与地理环境因子有着直接与间接的关系,这就形成了应用地理科学研究方法和地球信息技术进行血吸虫病研究的切入口,这也是本研究得以实现的理论基础与科学依据。

1.4 血吸虫病医学地理学的主要内容及其研究进展

基于血吸虫病的传播机理,从地理学角度来看,我们可以把血吸虫病医学地理学研究大致归纳为以下几个主要方面的内容:

- (1) 血吸虫病流行传播与地理环境因子之间的关系研究;
- (2) 血吸虫病流行传播疫区的地理分类研究;
- (3) 血吸虫传播指数的时空分异规律研究;
- (4) (阳性)钉螺-地理因子(组合)的空间关系研究;

(5)(阳性)钉螺空间分布格局以及与地理环境的关系研究;

(6)血吸虫病易感等级与感染风险的空间分布研究。

综观过去,上述研究内容在不同领域、不同角度、不同尺度上,通过采取不同的研究手段,在不同程度上都取得了一定的科研成果。在地球信息技术的应用方面也有不少进展,可以基本上归纳为两个方面:第一,利用基于野外实地调查数据与遥感影像的相关分析来达到发现钉螺孳生环境和疫水监测的目的,但是计算结果一般只能发现钉螺孳生环境的必要条件,而用这些必要条件进行大范围区域钉螺分布的预测是不够准确的,因为必要条件只是充分条件的一部分,必要条件产生的条件约束一般比充分条件小得多,无法真正准确地框定钉螺孳生的地理环境,其范围一般会超出实际钉螺的空间分布范围。用数据驱动的地理模型进行(阳性)钉螺分布和孳生环境的研究可以提高对钉螺分布的监测精度。第二,辅以遥感影像,用气象数据计算大范围地理空间的 Malone 血吸虫传播指数,但是计算模型中没有考虑血吸虫病疫区冬季极端最低气温和夏季极端最高气温对中间宿主钉螺存活率的影响,与血吸虫病流行传播的实际不符。因此考虑将 Malone 血吸虫传播指数模型进行改进,加入极端气温的校正因子,可以克服这个缺陷。从另一个角度来看,现存的很多与血吸虫病流行传播有关的地理信息系统(geographic information system, GIS)专题数据和其他调查数据没有得到充分利用,尽管有些数据不是为研究血吸虫病流行传播而专门调查的,但由于血吸虫病的流行传播确实离不开特定的地理环境条件,用这些数据作为辅助,通过地理建模方法可以取得意想不到的效果。

鉴于上述状况,系统分析血吸虫病流行传播与地理环境因子的空间关系;按照地理学的地域分异规律进行中国血吸虫病疫区的地理分类;改进过去常规的 Malone 血吸虫传播指数模型并用其研究中国血吸虫传播指数的时空规律;改进以往遥感监测钉螺孳生环境的方法,用知识驱动和数据驱动的地理建模方法,快速、准确地获得(阳性)钉螺的孳生地理环境信息;构建一个血吸虫病易感地带和感染风险空间模拟的框架体系是本研究致力要探索的科学问题。

1.5 研究框架与技术路线

基于上述对中国血吸虫病医学地理学的分析及主要研究内容的归纳,可以确定本研究的总体内容框架和技术路线(图 1-1)。本文将从多个角度进行中国血吸虫病的医学地理学研究,首先,从“血吸虫流行

传播-地理环境因子的相互关系”角度研究血吸虫病流行传播的地理基础,用传统地理学思想和方法进行中国血吸虫病疫区的地理分类;其次,在国家尺度上进行再改良 Malone 血吸虫传播指数的研究,在鄱阳湖区域尺度上进行知识驱动的鄱阳湖区域钉螺空间分布预测模型研究,在微地理环境尺度(外加洲)上进行局部地域的(阳性)钉螺-地理因子(组合)空间关系模型研究和钉螺各相异性地统计学规律研究;最后,借鉴灾害学的理论方法,从理论上进行血吸虫病易感地带的易感等级和感染风险的理论框架设定和计算公式确立,从而组成了一个比较全面的血吸虫病医学地理学研究体系。

1.6 总体构架

本书主要内容总体上分成8章。第一章“绪论”,主要介绍了当前国际和国内血吸虫病疫情的总体态势,总结了当前我国血吸虫病医学地理学研究的常规方法以及存在的主要问题;提出了血吸虫病医学地理学研究的主要内容,分析了地球信息技术手段在血吸虫病医学地理学研究上的主要方法和有待改进之处;确定了本论文的总体研究框架。第二章“血吸虫病流行传播的地理基础”,查阅了大量过去有关方面的研究成果,研究了血吸虫病流行传播的地理环境条件需求,包括血吸虫生活史过程各个阶段(虫卵、毛蚴、尾蚴)、血吸虫中间宿主(钉螺)、血吸虫终宿主(牲畜与人)等对地理环境条件的适应性需求;分析了血吸虫病流行传播的地理环境因子,包括气象、气候、植被、土壤、地貌、海拔高程、水文、水力、人文、经济等在血吸虫病流行传播中的作用;提出了传统地理学分支学科医学地理学的薄弱研究领域——“血吸虫病医学地理学”的基本概念、方法体系,分析了当前有关血吸虫病医学地理学研究中的具体手段和存在问题;根据血吸虫病流行传播的地理环境需求与特点,确定了中国血吸虫病疫区地理类型划分的依据;划分了中国血吸虫病疫区的地理类型;研究了在中国影响范围最广、流行最为严重的湖沼型血吸虫病疫区的易感环境特征、易感强度特征、感染强度特征和疾病防治特点。第三章“中国血吸虫传播指数的时空分异研究”,分析了过去一直沿用的“改良的 Malone 血吸虫传播指数”模型的基本思想,根据血吸虫病流行传播的机理,提出了一种“再改良 Malone 血吸虫传播指数”模型;用新模型进行中国血吸虫传播指数的时空变异规律研究。第四章“知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型研究”,总结回顾了过去地球信息技术在钉螺孳生地理环境因子中应用的前提、一般

程序、基本方法,提出了基于知识的钉螺孳生地理环境监测框架;进行了鄱阳湖区域钉螺孳生环境的遥感技术非监督分类;并采用知识驱动的地理建模方法进行了知识驱动的鄱阳湖区域钉螺分布预测模型研究。第五章“数据驱动的外加洲(阳性)钉螺分布与地理环境因子的空间关系研究”,从数据驱动的地学建模的理论方法开始,分析了证据权重与贝叶斯条件概率的基本概念、基本原理和计算公式;用数据驱动的地理建模方法在鄱阳湖区域的外加洲进行了数据驱动的(阳性)钉螺与地理环境因子的空间关系研究。第六章“微地理环境钉螺空间分布的各向异性地统计学研究”,介绍了地统计学的基本理论和方法,从理论假设、前提条件和变量性质上比较了传统统计学方法与地统计学方法的不同,总结了地统计学方法的一般步骤;进行了外加洲钉螺分布的各向异性地统计学研究,比较了用高斯模型、幂指数模型、有理二次模型和波浪模型四个半方差理论模型拟合的结果,用高斯模型进行了钉螺空间分布的拟合。第七章“血吸虫病流行传播的易感等级和感染风险”,剖析了血吸虫病易感地带研究的初始起源和不同定义,根据血吸虫病易感地带形成的影响因子不同,将血吸虫病易感地带的研究方法归纳为5个方面;借助灾害学中的“灾害”(hazard)和“风险”(risk)概念,提出了血吸虫病“易感等级”和“感染风险”两个新概念,并就两者之间的内在关系拟定了一个理论框架与计算方法;提出了基于地球信息技术和数据驱动及知识驱动地理建模方法评估血吸虫病易感等级和感染风险的研究途径。第八章“结论与展望”,总结了本书涉及的中国血吸虫病医学地理学研究的全部内容、主要创新点和今后的努力方向,以期将来地理学家和血防工作者可以更好地共同合作,不断丰富血吸虫病医学地理学的内容,不断采用新的研究方法和新技术,为血防工作提供更快、更好的决策手段,为医学地理学科学体系的完善添砖加瓦。

1.7 小结

血吸虫病的流行与传播离不开特定的地理环境条件,现代地球信息技术为地理因子的空间分析提供了有力工具,不但可以丰富血吸虫病医学地理学本身的研究内容,还可以更新目前血防部门的常规研究方法,大大减轻实地工作强度,降低感染风险,并提高科学研究的精度。本章基于当前世界与中国血吸虫病的流行态势,回顾了血吸虫病医学地理学研究的常规手段,分析了血吸虫病医学地理学研究的前提条件,提出了血吸虫病医学地理学研究的主要内容,确定了本书的总体研究框架、技术路线和全书架构。

第二章 血吸虫病流行传播的地理基础

血吸虫之所以能在一个区域生存、繁衍并进行传播,与当地自然、社会环境适宜病原体生长发育,并同时适宜血吸虫传播媒介或寄生宿主(钉螺、牲畜和人)的生存繁衍有密切关系。血吸虫生长繁衍的中间宿主钉螺的活动与温度、湿度、光照、淹没频率、水深、水位、植被、土壤等因素有密切的关系;而其生活史中的毛蚴与尾蚴的活动直接与水温、阳光、风速风向、水流(速)、含沙量等因素相关。血吸虫生长繁衍的终宿主人畜的行为活动、空间分布规律和卫生设施等条件直接决定了血吸虫能否生存繁衍和人畜受感染(再感染)的程度。血吸虫病人、病畜的粪便中含有血吸虫虫卵,虫卵在一定温度下(如室温 $25 \sim 27^{\circ}\text{C}$)孵化成毛蚴;毛蚴在有钉螺时呈现高度激扰状态,定向运动显著,相对集中于钉螺所在位置;钉螺被得了血吸虫病的人、畜粪便污染了的水感染之后即可变成阳性钉螺;在阳性钉螺中寄生的毛蚴经过一定的生长发育时期(一般 60 d 左右)排出对人体、牲畜具有感染能力的尾蚴;尾蚴在水中扩散之后就形成了疫水,疫水的空间分布就构成了血吸虫病传播的易感地带,疫水中尾蚴的密度与感染活性决定了易感等级;牲畜与人在易感地带的空间活动范围与强度决定了血吸虫病疫水接触指数;易感等级与疫水接触指数在空间上的叠加,就产生了血吸虫病感染风险。易感地带范围、易感等级、疫水接触指数和感染风险等共同构成了血吸虫病流行传播的关键因子,也是血吸虫病医学地理学研究的主要内容。

本章参阅了国内外现有的有关血吸虫病流行传播与其地理环境因子的定性和定量研究成果,系统分析了血吸虫病流行传播过程中血吸虫虫卵、毛蚴、尾蚴和寄生宿主钉螺、哺乳动物等对地理环境条件的需求;从医学地理学角度探索了血吸虫病医学地理学的概念和方法体系;基于现有血防部门的疫区分类系统,从地理学的类型划分角度进行中国血吸虫病疫区的空间划分,以便从地理环境角度来研究血吸虫病流行传播的空间分异规律。