

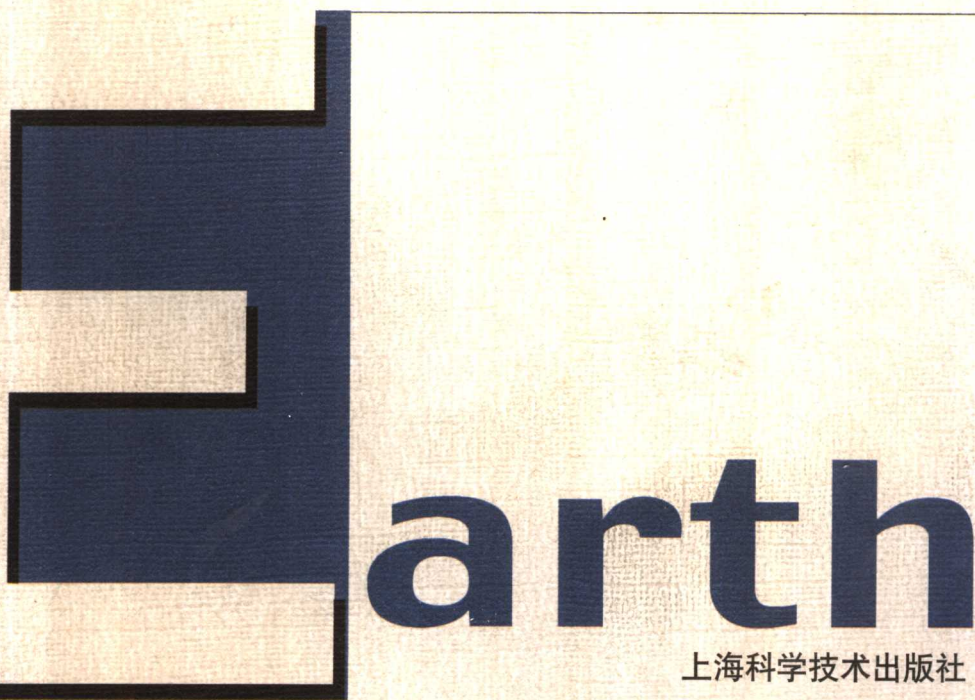


国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



环青海湖地区草地蝗虫 遥感监测与预测

倪绍祥 主编



上海科学技术出版社

 **国家自然科学基金研究专著**
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



环青海湖地区草地蝗虫 遥感监测与预测

倪绍祥 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书以环青海湖地区为研究区,利用编者多年实地调查所获得的丰富资料,在依据昆虫学原理与方法的基础上,借助现代遥感技术,对研究区草地蝗虫的监测与预测进行了探讨。全书分为上、下两篇:上篇包括第1—7章,从整个研究区角度,探讨了草地蝗虫生境的监测、评价方法以及对草地蝗虫发生的预测方法;下篇包括第8—11章,从样区研究角度,探讨了如何采用空间统计与空间插值方法分析草地蝗虫的空间分布状况,并分析了草地蝗虫与植被之间的相关性,以及论述了草地蝗虫发生的遥感监测原理与方法。

本书可供从事蝗虫发生和防治及遥感应用领域的科研人员和实际工作者参考,并可供相关领域的高校师生参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

环青海湖地区草地蝗虫遥感监测与预测 = Monitoring and Prediction of Rangeland Grasshoppers in the Region around Qinghai Lake Based on Remote Sensing Technology / 倪绍祥主编. —上海:上海科学技术出版社, 2002.12

ISBN 7 - 5323 - 6777 - 0

I. 环... II. 倪... III. 遥感技术—应用—草地—蝗科—虫害测报—青海省 IV. S812.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 084771 号

责任编辑 孙庆安 张跃进

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16.25 插页 8 字数 383 千

印数 1—1 500 定价: 36.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

本书编写人员

主 编：倪绍祥

副 主 编：巩爱歧 蒋建军 韦玉春 王杰臣

编写人员：Frithjof Voss(德) 王薇娟 张生合 查 勇 邓自旺
张洪亮

序 一

经过建国初期政府与群众的大规模灭蝗运动,我国境内的蝗灾已非常罕见,但并未根除。东部黄河、淮河下流及沿海湿地蝗灾偶尔仍有萌发,今后在保护湿地的同时,决不可放松警惕;西部草地土蝗,破坏牧区草场的事件,仍很猖獗。退耕还林还草还湖之后,更必须未雨绸缪,防患于未然!蝗虫的遥感监测与预警体系的建立,对我国经济社会的稳定与农业的持续发展,特别是对我国西部大开发与江河上游生态与环境的保护,是至关重要的。

就全球范围而言,由于气候变暖与人类不合理的土地利用的影响,土地荒漠化继续加剧。南亚飞蝗和澳洲飞蝗的威胁依然十分严重。早在 20 世纪 60 年代末,地球资源卫星、气象卫星图像和航空雷达,就开始应用于飞蝗的跟踪监测与防治。1977 年,我国遥感代表团访问英国时,英国首先推荐的参观单位就是蝗虫研究所,该所利用陆地卫星图像圈定在印度次大陆可能生成蝗灾的疫源地,监测土壤温度、湿度与草地叶绿素含量的变化及其与蝗虫萌发有关的生态条件;同时利用气象卫星监测季风的强弱与锋面进退。当蝗群起飞时用航空雷达监测它们的行踪,当蝗群飞至阿拉伯半岛和尼罗河上空时,往往由于锋面风向的变化而受阻,大量蝗虫集中迫降,那时就派飞机喷洒药物消灭这些蝗虫,从而缓解了蝗灾对西北非洲农作物的威胁。同样的方法也用于监测澳洲飞蝗对马达加斯加和南部非洲国家的迁徙。在我参观时,该所的这些工作已持续了 10 年,成效相当显著,给我留下了很深刻的印象。

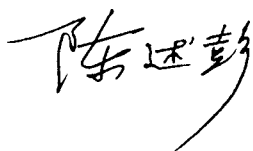
温带荒漠草原的草地蝗虫,特别是青藏高原的草地蝗虫,其种群生态与环境,与南亚飞蝗和澳洲飞蝗有所不同,监测和防治也需要因地制宜,另辟蹊径。我国东部蝗区穿插于广大农耕地区之间,昆虫学家和植保工作者曾经做过大量深入而富有成效的工作,取得了辉煌的防灾成果;而青藏高原的草地蝗虫,生态学研究刚刚起步,青海湖区草地蝗虫的遥感监测与预警预报更是创举,不仅填补了我国草地蝗虫研究与防治的空白,同时这种对高原草地蝗虫研究与防治的探索,也是一项全球性的新贡献。

草地蝗虫的遥感监测是一个涉及生命科学、地球科学与信息科学交叉的新领域,是一项复杂的空间信息系统工程。面对如此复杂的生态工程,或者从系统的全球研究(global study)着手,演绎细化,如前所述英国蝗虫研究所的工作模式;或者从典型的样区分析(case study)着手,归纳提高,如本书青海湖区草地蝗虫的遥感监测的研究成果。两者各有千秋,殊途而同归,都是研究蝗灾必不可少的基础性调查研究工作。

南京师范大学地理科学学院地图与遥感研究所所长倪绍祥教授,率领他的研究集体,在环青海湖区周围万余平方千米范围内,对草地蝗虫的生态特征与生存环境,进行了深入的调查研究并借助于陆地卫星遥感图像与地理信息系统,持续多年进行实地调查与验证,进而划分草地蝗虫的生境类型,评估潜在的发生与成灾的可能性,初步建立了预测预报模型,提出了建立草地蝗虫测报系统的构想,同时提出草地蝗虫样区研究方案,采用空间统计分析方法,剖析草地蝗虫密度与植被生境的定量指标,提高了草地蝗虫的遥感监测理论与方法的科

学水平。这些工作也为其他蝗区监测与防治提供了借鉴。

谨此,对作者们结合国情,抓住特色,开拓进取的科学精神表示敬意,同时也对本书所展示的知识创新和技术创新的成果表示祝贺!

A handwritten signature in black ink, reading '陈述彭' (Chen Shupeng). The signature is fluid and stylized, with the characters connected together.

中国科学院院士,第三世界科学院院士,国际欧亚科学院院士
2002 年植树节

序 二

从世界范围来说,多数国家都发生过蝗灾,故蝗灾堪称世界性灾害。在我国历史上,蝗灾与水灾、旱灾并称为危害农业生产和人民生活的三大自然灾害。据记载,20世纪50年代我国东亚飞蝗的发生面积约为400万公顷。由于党和政府的重视和及时采取防治措施,后来蝗区面积逐渐减小,蝗灾基本得到了控制。但从80年代起,特别是90年代,因气候变化等多种复杂原因,蝗灾有死灰复燃之势。在80年代,10多个省的部分稻区发生稻蝗,总面积达400多万公顷。进入90年代情况越来越严重。例如,1999年6月12日“北京晚报”报道:“人蝗大战在河北”,记者每走一步就会踩死十几只蝗虫;同年6月19日“北京晨报”报道:九省市十几万人围剿“蝗军”,在白洋淀地区的蝗虫密度达到每平方米上千头。与此同时,新疆、青海、内蒙古等省区的草地蝗虫也有扩散、蔓延、暴发之势,草地蝗虫给这些地区的草原和畜牧业带来了日益严重的危害。

以往我国在蝗虫的防治上主要依靠传统手段,尽管投入了大量人力物力,但在蝗虫大发生年份,常会因贻误防治适期而造成重大损失。因此,迫切需要开展蝗虫发生的预测预报研究。借助遥感先进技术手段对蝗虫发生进行预测预报,有利于人们及时采取防治措施和对蝗虫灾害进行可持续控制。

南京师范大学地理科学学院的博士生导师倪绍祥教授在遥感技术方面进行了长期和开拓性的研究,具有丰富的研究经验。近几年来,在国家自然科学基金的资助下,由他率领的课题组对青海湖地区的草地蝗虫进行了深入研究。利用在多年实地调查中所获得的丰富的第一手资料,借助遥感技术和昆虫学原理,并吸取近年来国外的成功经验,系统和全面地研究了青海湖地区草地蝗虫的发生与生态环境的关系以及草地蝗虫发生的预测预报原理和方法,初步建立了草地蝗虫发生的预测预报模型和技术系统,在此基础上撰写了《环青海湖地区草地蝗虫遥感监测与预测》一书。书中,分别对草地蝗虫生境,草地蝗虫的生物学特性及危害,草地蝗虫潜在发生可能性评价,草地蝗虫发生与植被、气候、地形、土壤等因素之间的相关性,以及草地蝗虫发生的遥感监测原理和方法等均作了详细和深入的论述。除了大尺度的区域性研究外,还有小尺度的样区详细研究。全书资料丰富,内容充实,定性定量分析兼顾,图表文字相见益彰,每章之后均附有经过精选的参考文献,方便读者进一步学习探讨。

本书写出了应有的水平,也写出了撰写者的创见心得,反映了我国当前蝗虫研究的水平,填补了我国借助遥感先进技术手段对蝗虫进行预测预报的研究空白。本项研究成果,不仅为青海湖地区草地蝗虫的防治提供了切实可行的科学依据,也为国内其他草原牧区蝗虫的防治提供了很好借鉴。

我相信本书的面世,将为我国广大蝗虫研究和治理工作者所喜爱,为他们进行蝗虫防治研究和实践提供有益的帮助,同时,本书也为我国科学研究增添了新的成果,真是可喜可贺。

我由衷地祝贺本书撰写者为我国“持续控制蝗灾”提供了先进技术,谨在此向他们致以深切和诚挚的敬意。



中国科学院上海昆虫研究所研究员
2002 年元月 22 日于上海

前 言

草地蝗虫是为害我国广大牧区的一种重要害虫。就青海省而言,全省受蝗虫为害的草地面积超过 5000km²。在成灾年份,草地蝗虫的平均密度可达 150~200 头/m²,最高密度甚至超过 1000 头/m²,据粗略估算,直接经济损失高达 4000 余万元。青海湖周围地区是青海省草地的集中区域,也是草地蝗虫防治的重点区域。对该区草地蝗虫进行及时和有效防治,不仅有利于青海省牧区畜牧业的健康发展,而且也有利于地区经济和社会的可持续发展。

目前,包括青海湖地区在内的我国草原牧区草地蝗虫的灭治,几乎全部依靠化学药剂喷洒,生物防治尚处于试验阶段。化学药剂喷洒虽有-一时成效,但要耗费大量人力物力,而且还会给环境带来不利影响。此外,广大牧区面积辽阔,交通又极为不便,再加上防治人员、防治经费和设备严重不足,因此尽管国家和地方每年投入大量防治资金,但效果很不理想。尤其是在草地蝗虫大发生年份,常会因贻误防治适期而造成牧草的重大损失。因此,借助遥感等先进技术手段进行草地蝗虫的预测预报,已成为一项刻不容缓的任务。

在西方发达国家,从 20 世纪 80 年代初期起就已尝试将卫星遥感技术应用于蝗虫防治的研究。由于蝗虫尤其是草地蝗虫的个体很小,难于通过遥感直接进行监测,因此国外一般都采用间接方法,即通过对蝗虫生境(habitat)的研究和评价去实现对蝗虫可能发生地点和发生情况的监测。在研究工作早期,几乎都采用美国 Landsat MSS 资料,后期则多应用 Landsat TM 或 NOAA AVHRR 资料。近年来,国外又开始尝试应用数量分析方法建立蝗虫预测预报的定量模型,同时,地理信息系统(GIS)技术也已开始应用于蝗虫的分析和预测预报。但国外的研究尚存在某些不足之处,例如在运用遥感技术时,大多局限于对蝗虫生境的遥感图像分类、制图和评估,而对蝗虫生境类型及其参数与蝗虫种群结构和动态变异之间关系的研究不多或不够深入;已提出的蝗虫发生和成灾的预测预报模型大多只是提供了一些模型的背景信息,能实际应用于蝗虫发生预测预报的模型很少;此外,遥感与 GIS 技术在蝗虫研究中还未得到很好的结合。

建国以来,党和政府对我国蝗虫的防治十分重视,为此已投入大量的人力和物力。特别是在我国东部的广大农区,昆虫学家和植保工作者已做了大量深入和富有成效的研究,积累了许多丰富的经验。相对而言,对栖息于西部广大草原地区的草地蝗虫的研究还相当薄弱。不仅如此,对草地蝗虫的现有研究主要局限于草地蝗虫的分类学研究,生态学研究开展不多,而青藏高原地区的草地蝗虫生态学研究更处于起步阶段。另外,从研究手段来说,利用遥感等先进技术进行草地蝗虫的预测预报目前在我国尚属空白领域。

由国家自然科学基金委员会资助的“环青海湖地区草地蝗虫生境综合定量评估的遥感研究”和“遥感与 GIS 支持下的草地蝗虫预测模型与技术系统研究”课题,以环青海湖地区为研究区,通过对 Landsat TM 图像的数字处理,并借助地理信息系统技术,在连续数年实地调查和收集资料的基础上,对该地区草地蝗虫的生境类型进行了划分,并对这些生境类型的草地蝗虫潜在发生和成灾的可能性进行了评估。此外,在草地蝗虫发生与各类生境因子关系

分析的基础上,初步建立了草地蝗虫发生的预测预报模型和技术系统。本书主要利用这些探索性研究的成果并参考了国内外有关研究成果撰写而成。我们期望此书的编写和出版,不仅能对环青海湖地区草地蝗虫的防治有所裨益,而且也能为国内其他草原牧区草地蝗虫的防治提供借鉴,并弥补我国借助遥感等先进技术进行草地蝗虫预测预报研究的空白。

本书分上、下两篇。上篇包括第1—7章,从整个环青海湖地区角度,探讨草地蝗虫生境的监测、评价及蝗虫发生的预测。其中,第1章论述蝗虫研究的目的和意义,以及国内外蝗虫测报方法的进展;第2章说明环青海湖地区的生态环境特征及草地蝗虫的种群结构、生物学特性及为害状况;第3章论述草地蝗虫生境分类的原则和方法及分类方案;第4章分析了研究区各类生境因子与草地蝗虫发生的关系;第5章探讨利用遥感技术对研究区的草地蝗虫生境进行分类,并针对草地蝗虫潜在发生可能性进行评价;第6章论述草地蝗虫种群变化预测模型及其应用;第7章阐述遥感与GIS在研究区草地蝗虫测报中的应用。下篇由第8—11章组成,为在较小空间尺度上的样区研究。其中,第8章介绍试验样区情况和采样设计方案;第9章采用空间统计和空间插值方法分析试验样区草地蝗虫的空间分布状况;第10章着重分析草地蝗虫与植被之间的相关性;第11章论述草地蝗虫发生的遥感监测方法。

在研究过程中,承蒙国家自然科学基金委员会地学部宋长青、冷疏影、郭庭彬、赵楚年、吕克解等教授的关心和指导。青海省草原总站王志远、李韬、石树堂研究员以及王孝发、杜铁瑛、范青慈、蒋湘等同志不辞辛苦参加了部分野外调查并给予技术指导。美国怀俄明大学农学院 Jeffrey Lockwood 教授和已故美国萨里斯堡州立大学人类学系的 K. Peter Lade 教授曾应邀到研究区进行过考察和指导。此外,中国科学院院士、河北大学生物系印象初教授,中国科学院上海昆虫研究所夏凯龄研究员,中国科学院动物研究所陈永林、李鸿昌、康乐研究员,中国科学院西北高原生物研究所彭敏、陈桂琛和马世震研究员及青海省气象研究所周陆生研究员等也给予了本研究大力支持和指导。青海省海南州项目办、刚察县、共和县畜牧局草原站、刚察县气象站,青海省畜牧厅铁卜加草原改良站及湖东种羊场、三角城种羊场及青海省气象研究所等单位也给予了本研究以大力支持。河南省平顶山师范专科学校梁亚红副教授参加了部分研究工作。谭少华副教授协助校核了部分参考文献。本书初稿完成后,承蒙南京农业大学昆虫学系博士生导师翟保平教授精心审阅并提出宝贵修改意见。特别令我们感到欣慰和荣幸的是,我国遥感与GIS学科的开拓者、中国科学院院士陈述彭研究员以及我国老一辈著名蝗虫研究专家、中国科学院上海昆虫研究所夏凯龄研究员在百忙中分别为本书作序。在此,我们一并致以深切和诚挚的感谢。

课题组由衷地感谢国家自然科学基金委员会对本项研究的连续资助。同时,感谢德国柏林工业大学(Technical University of Berlin)、美国怀俄明大学(University of Wyoming)及美国洛克菲勒基金会(The Rockefeller Foundation)对研究工作的支持。

草地蝗虫遥感监测是地学与昆虫学之间的一项跨学科研究,由于我们的研究水平有限,又受到知识领域的限制,书中难免存在不足或谬误之处,敬请专家和读者不吝赐教。

作者

2002年1月

目 录

序一	1
序二	1
前言	1
上篇 环青海湖地区草地蝗虫遥感监测与预测的区域研究	1
第1章 蝗虫与蝗虫测报研究的目的与进展	3
§ 1.1 蝗虫与蝗虫测报研究的目的和意义	3
1.1.1 蝗虫研究的重要性与迫切性	3
1.1.2 蝗虫测报及其意义	6
§ 1.2 国内外蝗虫研究简史	6
1.2.1 国内蝗虫研究简史	6
1.2.2 国外蝗虫研究简史	7
§ 1.3 蝗虫测报的现状与进展	8
1.3.1 蝗虫测报的目的	8
1.3.2 草地蝗虫测报技术概述	9
1.3.3 草地蝗虫测报方法进展	11
§ 1.4 遥感与地理信息系统及其在草地蝗虫测报中的应用	13
1.4.1 遥感	13
1.4.2 地理信息系统	15
1.4.3 “3S”技术在蝗虫测报中应用的现状与前景	17
参考文献	19
第2章 环青海湖地区的生态环境与草地蝗虫概况	25
§ 2.1 青海湖及环湖地区概况	25
2.1.1 青海湖	25
2.1.2 环湖地区社会经济概况	26
§ 2.2 环湖地区自然环境概况	29
2.2.1 地质与地貌	29
2.2.2 气候	31
2.2.3 水文	33
2.2.4 植被	34

2.2.5 土壤	38
§ 2.3 环湖地区草地蝗虫概况	39
2.3.1 草地蝗虫的种群结构	39
2.3.2 草地蝗虫的生物学与生态学特性	40
2.3.3 草地蝗虫的发生与为害状况	44
参考文献	47
第 3 章 环青海湖地区草地蝗虫的生境	48
§ 3.1 草地蝗虫的生境	48
3.1.1 昆虫生境的概念与涵义	48
3.1.2 昆虫生境因子及其作用	49
3.1.3 草地蝗虫生境类型及其特性	52
§ 3.2 环湖地区草地蝗虫生境的分类	54
3.2.1 草地蝗虫生境分类的原则与方法	54
3.2.2 环湖地区草地蝗虫生境的分类方案	57
参考文献	59
第 4 章 环青海湖地区生境因子与草地蝗虫发生的关系	60
§ 4.1 生境因子与草地蝗虫发生关系研究的意义	60
4.1.1 研究意义	60
4.1.2 草地蝗虫生境因子的构成	60
§ 4.2 气候因子与草地蝗虫发生的关系	61
4.2.1 气候因子与草地蝗虫关系概述	61
4.2.2 气温对草地蝗虫的影响	63
4.2.3 降水量对草地蝗虫的影响	65
4.2.4 气温与降水的年际变化对草地蝗虫的影响	67
4.2.5 温雨系数与草地蝗虫的关系	68
4.2.6 气候的空间变化对草地蝗虫分布的影响	70
§ 4.3 地形因子与草地蝗虫发生的关系	71
4.3.1 海拔高度与草地蝗虫的关系	71
4.3.2 坡向和坡度与草地蝗虫的关系	73
§ 4.4 土壤因子与草地蝗虫发生的关系	75
4.4.1 与草地蝗虫发生有关的土壤性质	75
4.4.2 环湖地区的土壤对草地蝗虫的影响	76
§ 4.5 植被因子与草地蝗虫发生的关系	79
4.5.1 植被与草地蝗虫的关系	79
4.5.2 环湖地区的植被与草地蝗虫的关系	80
§ 4.6 人类活动与草地蝗虫发生的关系	84
4.6.1 蝗虫治理	84

4.6.2 放牧活动	84
4.6.3 其他人类活动	86
参考文献	88
第 5 章 环青海湖地区草地蝗虫生境的遥感分类与评价	90
§ 5.1 遥感图像计算机分类的理论基础	90
5.1.1 遥感图像计算机分类概述	90
5.1.2 遥感图像计算机分类原理	90
5.1.3 遥感图像计算机分类步骤	92
§ 5.2 草地蝗虫生境遥感分类的前期工作	93
5.2.1 信息源	93
5.2.2 遥感图像的预处理	94
5.2.3 多波段彩色合成处理与主成分分析	97
§ 5.3 TM 图像的草地蝗虫生境计算机分类	100
5.3.1 非监督分类	100
5.3.2 监督分类	106
§ 5.4 草地蝗虫生境的评价	115
5.4.1 生境评价的原理与方法	115
5.4.2 生境评价因素因子体系的建立	115
参考文献	119
第 6 章 草地蝗虫预测模型及其在环青海湖地区的应用	120
§ 6.1 草地蝗虫预测概述	120
§ 6.2 现有草地蝗虫预测模型评述	121
6.2.1 有效基数预测模型	121
6.2.2 二态马尔柯夫链模型	124
6.2.3 灾变论模型	128
§ 6.3 模糊综合评判与模糊聚类及其理论基础	132
6.3.1 模糊学方法的产生背景及其应用	132
6.3.2 模糊综合评判	133
6.3.3 模糊聚类	136
§ 6.4 模糊综合评判在环湖地区草地蝗虫研究中的应用	139
6.4.1 草地蝗虫生境因子的多级模糊综合评判	140
6.4.2 事例与分析	144
§ 6.5 环湖地区草地蝗虫生境的模糊聚类	146
6.5.1 方法与步骤	146
6.5.2 对聚类结果的分析	148
§ 6.6 草地蝗虫发生强度的模糊综合评判	149
6.6.1 步骤	150

6.6.2 事例与分析	152
6.6.3 对模型的讨论	153
参考文献	154

第7章 遥感与GIS支持的环青海湖地区草地蝗虫测报方法

§ 7.1 草地蝗虫测报过程及应用遥感与GIS的优越性	155
7.1.1 草地蝗虫测报过程简析	155
7.1.2 遥感与GIS技术用于草地蝗虫测报的优越性	157
§ 7.2 多源空间数据的匹配	158
7.2.1 投影变换的类型	158
7.2.2 投影变换的表查找法	159
§ 7.3 普通地图要素信息的获取	161
§ 7.4 草地蝗虫生境因子信息的提取	163
7.4.1 地形因子信息的提取	163
7.4.2 气象因子信息的提取	165
7.4.3 其他生境因子信息的提取	171
§ 7.5 建立草地蝗虫测报系统的某些构想	174
7.5.1 测报系统建立的可行性	175
7.5.2 与建立测报系统有关的问题	175
参考文献	178

下篇 环青海湖地区草地蝗虫遥感监测与预测的样区研究

第8章 试验样区与采样设计

§ 8.1 试验区域自然特征概况	181
§ 8.2 调查方案	182
8.2.1 路线调查区域与系统采样区概况	182
8.2.2 样区研究的步骤	183
§ 8.3 采样内容	184
8.3.1 采样指标的选取原则	184
8.3.2 采样指标	184
§ 8.4 主要指标的采样设计	186
8.4.1 采样方法	186
8.4.2 采样数量	187
8.4.3 采样设计	187
§ 8.5 其他有关数据及数据分析方法的说明	188
8.5.1 其他有关数据	188
8.5.2 数据分析方法的说明	188
参考文献	189

第 9 章 草地蝗虫种群密度的空间分布特征	190
§ 9.1 蝗虫种群密度空间分布概述	190
9.1.1 蝗虫种群的空间分布	190
9.1.2 蝗虫种群密度的空间指示图与三维透视图	190
§ 9.2 空间统计学与空间统计量	191
9.2.1 空间统计学	191
9.2.2 空间统计量	192
§ 9.3 研究区草地蝗虫的空间聚集性	193
9.3.1 不规则采样下的草地蝗虫空间聚集性	193
9.3.2 规则采样下的草地蝗虫空间聚集性	194
§ 9.4 草地蝗虫种群密度的空间统计分析	196
9.4.1 概述	196
9.4.2 克立格分析	197
9.4.3 基本的空间统计工具	198
§ 9.5 草地蝗虫密度的变异函数和空间插值分析	199
9.5.1 趋势面分析	199
9.5.2 普通克立格分析	200
9.5.3 泛克立格分析	201
9.5.4 插值结果的影响因素分析	202
参考文献	205
第 10 章 草地蝗虫与草地植被关系的数量分析	206
§ 10.1 概述	206
§ 10.2 草地蝗虫密度与植被指标之间的相关分析	207
10.2.1 相关关系分析	207
10.2.2 聚类分析及非线性映射分析	209
§ 10.3 草地蝗虫密度与植被指标的回归分析	210
10.3.1 多元回归分析	210
10.3.2 收缩回归分析	212
§ 10.4 草地蝗虫密度与植被指标的空间回归分析	214
参考文献	216
第 11 章 草地植被的光谱特征及草地蝗虫的遥感监测	217
§ 11.1 草地植被的光谱及其特点	217
11.1.1 草地植被的光谱	217
11.1.2 草地植被光谱的特点	218
§ 11.2 研究区遥感数据与植被指标的相关分析	219
11.2.1 概述	219
11.2.2 地物光谱数据与遥感图像灰度值的相关分析	220

11.2.3	不同草地植被类型在光谱上的差异	221
11.2.4	植被指标与地物光谱的相关分析	222
11.2.5	植被指标与 TM 图像灰度值的相关分析	223
11.2.6	植被指标与蝗虫密度的相关分析	225
§ 11.3	研究区草地蝗虫密度与植被指标的协同克立格分析	226
11.3.1	协同克立格分析的基本特点	226
11.3.2	蝗虫密度与植被盖度的协同克立格分析	227
11.3.3	植被盖度与 TM 图像数据的协同克立格分析	228
11.3.4	不同空间插值方法的比较	229
§ 11.4	草地蝗虫的监测模型及其分析	230
11.4.1	结构方程模型及其表示	230
11.4.2	数据预处理和误差	231
11.4.3	模型分析	231
§ 11.5	数据与模型中的误差及其改进方法	233
11.5.1	误差的类型	233
11.5.2	误差的改正方法	235
§ 11.6	草地蝗虫遥感监测的步骤	235
§ 11.7	草地蝗虫的监测与预警系统	236
11.7.1	草地蝗虫监测与预警系统的构成	236
11.7.2	草地蝗虫监测与预警系统的应用	238
参考文献		240
附录		241
附录 1	环青海湖地区常见蝗虫名录	241
附录 2	环青海湖地区常见植物名录	241
附录 3	英文缩写字中文译名	245

图版

上 篇

环青海湖地区草地蝗虫 遥感监测与预测的区域研究