




鼠疫

动物流行病学

俞东征 主编

 科学出版社
www.sciencep.com



第五版
动物流行病学

王仲良 主编

 中国农业科学技术出版社

鼠疫动物流行病学

俞东征 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书概括了我国的动物流行病学工作者超过半个世纪的鼠疫预防与控制实践所积累起来的工作成果。全书由上下两篇组成。上篇介绍了鼠疫动物流行病学的基本理论——自然疫源地学说,基本工作形式——疫源地调查与动物病监测,以及在这些工作中经常使用的技术方法,并使这些引入的技术带上动物流行病学的特色。下篇介绍我国的鼠疫工作者目前所取得的成绩:分布在我国广阔土地上的12种类型的鼠疫自然疫源地,鼠疫在这些疫源地中的流行规律,作为鼠疫主要宿主的啮齿动物,以及作为鼠疫主要媒介的节肢动物的生物学与疾病特征。

本书是我国鼠疫研究工作者的必备读物,也可以供卫生行政人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

鼠疫动物流行病学/俞东征主编. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-025176-3

I. 鼠… II. 俞… III. 鼠疫-动物疾病:流行病-研究 IV. R516.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第137588号

责任编辑:李 晓 李 锋 李晶晶/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年8月第一版 开本:B5(720×1000)

2009年8月第一次印刷 印张:31 1/4

印数:1—1 000 字数:614 000

定价:95.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《鼠疫动物流行病学》作者名单

主编：俞东征 传染病预防控制国家重点实验室
中国疾病预防控制中心传染病预防控制所
卫生部自然疫源性疾病预防控制专家咨询委员会

参编人员：

中国疾病预防控制中心传染病预防控制所

俞东征 刘起勇 郭玉红 海荣

新疆地方病防治研究所

蒋卫 张晓雪 王诚 钱存宁 赵飞 于心

河北省鼠疫防治所

李振海 史献明 李玉贵

宁夏地方病防治所

王自存 卢世堂

内蒙古地方病防治研究所

刘俊 刘纪有 范蒙光 岳明鲜 赵卉东 赵天飏 杨秀峰

青海省地方病预防控制所

王祖郎 陈洪舰 郑谊 吴克梅 汪元忠

云南省地方病防治所

董兴齐 宋志忠 马永康 黄宁波 王国良 吴明寿 梁云

致谢

在本书的编撰过程中，徐秉臣、史献明、范蒙光、王祖郎、陈洪舰、董兴齐、宋志忠等同志协助组织与收集稿件；孟凤霞、鲁亮、吴海霞等同志审核部分专业领域，提供宝贵意见并增补部分节段；海荣、夏连续、张志凯、蔡虹、魏建春、马凤琴、梁莹、张建华、张守印、张惠娟、朱晓宇、郑霄、张景山、赵宏群、侯雪新、贺金荣、王艳华、付秀萍、申小娜、谢芳、张恩民等同志承担了全书初稿的校阅工作，特此致谢。

前 言

30年前，笔者投考至纪树立先生门下，主修的就是鼠疫动物流行病学。后来，随着导师改作细菌学研究。自那之后，就再没有听过什么人系统地讲授过这门课程，在书店里，也绝少看到这一主题的专业著作。光阴飞度，不觉自己也已届退休之年，忽然觉得惶恐起来：若是由于我等弟子的疏懒，让老师的学问失了传，岂不罪莫大焉？于是，赶在退休之前，将平生所学辑为一书，希望为这一学科的延续和发展作点贡献。

当然，一门有用的学问是不会失传的。动物流行病学，就是许多鼠疫工作者积年累月从事的工作，只不过我们工作的结果，散布在分属许多学科的文献之中。有了这样一本书，把大家的工作集合成为一门系统的学问，自然会对鼠疫的预防与控制带来诸多方便，也是对创立和传播这一学科的先辈们的一种告慰。

动物流行病学是衔接动物间传染病的病原理论与人类疾病的预防与控制实践的中间学科。与流行病学一样，主要是一门方法科学。这一学科，主要研究探知在动物间传播的疾病，以及发现这类疾病流行规律的方法。这构成了本书的上篇：着重介绍鼠疫的自然疫源地理论；了解鼠疫自然疫源地的主要方法——疫源地调查和动物病监测，以及在这两种工作方法中经常使用的技术手段。

当然，动物流行病学不是鼠疫专有的学科，其方法可以用于任何人兽共患传染病的研究。但在鼠疫领域，动物流行病学工作的结果，主要表现为对鼠疫自然疫源地的认识。目前对我国鼠疫自然疫源地的认识，构成了本书的下篇：主要介绍了在我国已经探明的12种类型的鼠疫自然疫源地的流行规律，以及在这些疫源地中，保持与传播鼠疫的主要宿主与媒介。

本书以推进实践为第一要务，着重介绍在鼠疫预防与控制实践中，应该怎样去做。因此，可以作为所有鼠疫工作者的必备读物。书中当然也介绍了我国在鼠疫领域的工作成果，但更重要的是展示了我国在鼠疫控制实践中，哪些问题仍然没有解决。解决这些问题，将是我们每一个鼠疫工作者今后的任务。

本书也可以作为卫生行政工作人员重要的参考读物。疾病的控制措施，不是从什么人的头脑中凭空设想出来的，今天的控制措施，来自昨天的科学研究工作。中华人民共和国成立60年来，鼠疫控制实践已获得了重要的成果——鼠疫自然疫源地可以划分成不同的类型，但在我国还没有完全转化成为预防与控制实践。今后，当我们需要制定新的方针、措施和办法时，需要查阅像本书一样的专业著作，从中找到依据。

由于鼠疫是人类认识最早，也最深入的人兽共患传染病，本书也可以成为从事其他疾病控制工作人员的参考读物。他们可以从鼠疫的预防与控制实践中，找到控制各种疾病的借鉴。

最后，控制鼠疫必须坚持举国体制，需要每一个人的参与。我们努力使本书通俗易懂，以能够适合于媒体和公众阅读。如果每一个对鼠疫感兴趣的读者，都能从本书中获得他们所需要的信息，我们编撰本书的目的也就达到了。

俞东征
2009年春

目 录

前言

绪论 动物流行病学释义	1
一、什么是动物流行病学	1
二、疾病存在的生态基础	3
三、鼠疫生态	10
四、动物流行病学的主要内容	19

上篇 鼠疫动物流行病学概论

第一章 自然疫源地	27
第一节 疫源地组成	28
一、病原微生物	28
二、宿主	28
三、媒介	34
四、支持宿主与媒介生存的自然条件	40
第二节 疫源地结构	40
第三节 疫源地中的动物疾病流行	45
第四节 影响自然疫源地活动的因素	51
第五节 鼠疫控制中的疫源地干预措施	59
第二章 疫源地调查	66
第一节 疫源地环境调查	66
一、发起疫源地调查	66
二、自然和社会环境调查	68
三、动物区系调查	72
第二节 判定鼠疫自然疫源地	75
一、疫源地判定	75
二、确定主要储存宿主	79
三、确定主要传播媒介	81
四、确定自然疫源地的性质	85

第三章 监测	89
第一节 疫源地环境监测	89
一、监测的基本概念	89
二、宿主监测	92
三、媒介监测	95
第二节 动物间鼠疫监测	98
一、抗体监测	98
二、动物间流行及其强度确定	102
三、监测组织与实施	105
第四章 现场调查技术	112
第一节 动物区系调查	112
一、调查前准备工作	112
二、调查区自然生态条件的描述	113
三、区系物种构成	116
四、种群密度调查	124
五、种群状态调查	130
第二节 节肢动物调查	132
一、蚤类调查	132
二、蜱类、吸虱及革螨的调查	137
第五章 病原调查技术	140
第一节 细菌检测技术	140
一、鼠疫菌分离	140
二、鼠疫菌培养与初步鉴定	145
第二节 抗原与核酸检测技术	153
一、检出鼠疫菌特异抗原	153
二、检出鼠疫菌特异核酸片段	162
三、细菌分离前判定鼠疫	166
第六章 抗体调查技术	169
一、血清流行病学基本概念	169
二、抗体检测方法	176
三、检测抗体使用的抗原	183
四、本底调查	187
五、质量控制	189
第七章 动物及昆虫实验技术	191
第一节 鼠疫感受性测定	191

一、实验动物及实验前的健康观察	191
二、鼠疫感染实验	194
三、致死效量测定	195
四、疾病观察与死亡原因确定	197
五、实验鼠疫细菌载量测定	199
第二节 蚤类实验种群建立	201
一、种蚤采集和饲养	201
二、蚤类饲养方法	202
三、饲养条件选择	203
四、饲血	203
五、交配与繁殖	205
第三节 感染实验与传播实验	206
一、感染实验	206
二、传播实验	209
第八章 信息分析与处理技术	211
一、信息网络系统	211
二、地理信息系统及 3S 技术	218
三、调查与监测信息分析	223
四、信息技术在鼠疫调查与监测中的应用	229

下篇 中国的鼠疫自然疫源地

第九章 中国鼠疫自然疫源地的类型和分布 (上) ——黄鼠、旱獭和沙鼠	
类型的鼠疫疫源地	237
第一节 达乌尔黄鼠疫源地	237
第二节 阿拉善黄鼠疫源地	245
第三节 蒙古旱獭疫源地	247
第四节 灰旱獭及灰旱獭、长尾黄鼠疫源地	255
一、天格尔山灰旱獭鼠疫自然疫源地	256
二、依连哈比尔尕山—婆罗科努山—别珍套山—阿拉套山灰旱獭—长尾黄鼠 鼠疫自然疫源地	258
三、南天山灰旱獭鼠疫自然疫源地	260
第五节 长尾旱獭疫源地	262
第六节 喜马拉雅旱獭疫源地	263
第七节 大沙鼠疫源地	272
第八节 长爪沙鼠疫源地	275

第十章 中国鼠疫自然疫源地的类型和分布（下）——田鼠、姬鼠和家鼠	
类型的鼠疫疫源地	307
第一节 布氏田鼠疫源地.....	307
第二节 青海田鼠疫源地.....	328
第三节 齐氏姬鼠、大绒鼠疫源地.....	331
第四节 黄胸鼠疫源地.....	357
第十一章 中国重要鼠疫宿主	378
第一节 黄鼠疫源地鼠疫宿主.....	378
一、达乌尔黄鼠	378
二、阿拉善黄鼠	383
第二节 旱獭疫源地鼠疫宿主.....	388
一、长尾黄鼠	388
二、灰旱獭	392
三、长尾旱獭	400
四、喜马拉雅旱獭.....	402
五、蒙古旱獭	405
第三节 沙鼠疫源地鼠疫宿主.....	407
一、大沙鼠	407
二、长爪沙鼠	411
第四节 田鼠疫源地鼠疫宿主.....	415
一、布氏田鼠	415
二、青海田鼠	418
第五节 姬鼠疫源地鼠疫宿主.....	420
一、齐氏姬鼠	420
二、大绒鼠	422
第六节 家鼠疫源地鼠疫宿主.....	424
一、黄胸鼠	424
二、其他鼠科啮齿动物的宿主地位.....	431
第十二章 中国重要鼠疫媒介	439
第一节 黄鼠疫源地鼠疫媒介.....	439
一、方形黄鼠蚤松江亚种	439
二、方形黄鼠蚤蒙古亚种	448
第二节 旱獭疫源地鼠疫媒介.....	453
一、方形黄鼠蚤七河亚种	453
二、矩凹黄鼠蚤原始亚种	456

三、谢氏山蚤	457
四、斧形盖蚤	459
五、腹窦纤蚤	459
第三节 沙鼠疫源地鼠疫媒介	460
一、大沙鼠鼠疫媒介	460
二、同形客蚤指名亚种	464
三、秃病蚤蒙冀亚种	467
第四节 田鼠疫源地鼠疫媒介	471
原双蚤	471
第五节 姬鼠疫源地鼠疫媒介	474
一、特新蚤指名亚种	474
二、方叶栉眼蚤	478
第六节 家鼠疫源地鼠疫媒介	480
印鼠客蚤	480
结束语 动物流行病学发展展望	485

绪论 动物流行病学释义

一、什么是动物流行病学

1. 鼠疫动物流行病学，还是动物鼠疫流行病学？

鼠疫动物流行病？早已有人对这一命题提出过质疑，认为这一术语不符合汉语的用词习惯，更正确地说法似乎应当是动物鼠疫的流行病学。

动物的鼠疫会有其流行病学吗？这似乎应当从什么是“流行病学”（epidemiology）说起。如果我们读过任何一本流行病学相关读物，就会了解流行病学实质上就是人类流行病学。这是符合汉语习惯的。不仅在汉语中，在人类的任何语言中都认为人类是独一无二的，因而关于人类的任何科学都不需要专门冠以“人类”二字。就好像“社会学”不会被误认为是描述蚂蚁社会结构的科学，“政治经济学”不能被应用于我们尚不了解的外星生物一样，“医学”和“流行病学”也自然而然地指人类医学和人类流行病学。因此，动物间是不可能存在人类的流行病学的，包罗万象的“宇宙流行病学”暂时还没有被创造出来。

动物流行病学是流行病学的组成部分吗？请允许我做形式上的类比。大家都知道，和医学最接近的邻学科是“兽医学”。人们当然认为，医学不是兽医学，医学也不包括兽医学，兽医学是一门与医学并列的科学。在那些极端缺医少药的地区，兽医有时也勉为其难地为人诊病；而人类的医生不管医术多么高明，也没有资格给牛看病，因为那会被牛顶翻在地。

因此，“动物流行病学”（epizootiology）也是一门不同于流行病学的、独立的科学。这个术语是一个完整的词，不能被分解；它也并不来源于汉语，我们不能根据汉语的习惯来望文生义。

2. 动物流行病学与流行病学有什么不同？

既然动物流行病学是一门独立的学科，它与流行病学有什么不同？

它们研究的内容不同：动物流行病学只研究疾病在动物间，或者说在人类以外的存在与流行形式。当然，动物流行病学也关心动物间的疾病对人类的威胁，然而，疾病一旦侵入人类，并在人类中开始传播，那便是流行病学的任务。

它们的研究方法不同：我们必须时刻记得，动物没有语言也没有就医行为。流行病学的研究方法，在动物流行病学中基本上无法使用。

它们还使用一些不同的基本概念，如宿主。

在动物流行病学中，宿主是一种物种的概念：指能够感染某种疾病的动物，或者更严格说，脊椎动物的种类。人们或许会问，流行病学中为什么不使用宿主

这样的概念呢？其实，流行病学中也有这一概念，只不过是不言而喻的：既然流行病学就是人类流行病学，那么流行病学中研究的所有疾病的宿主只有一种，那就是人类。在生物学中，人类只有一个种：无论什么肤色，无论来自何方，都属于灵长目、人科、人属、人种，概无例外。

宿主既然是物种的概念，它就包括了相当于流行病学中传染源和易感人群两个范畴。为什么在动物流行病学中，不能像流行病学一样，把宿主的种群也更精确地划分成传染源和易感动物群落呢？请看图 1-1。



图 1-1 鼠疫自然疫源地景观

这是一片鼠疫自然疫源地，人进入到这种环境中，就可能感染鼠疫。可是请问，传染源在什么地方？

它们隐藏在这片无边无际的浅草下面，我们看不见。在草地的下面，生活着十余种啮齿动物，还有更多种类的其他动物。鼠疫并不如同其字面上的含义，凡是称为“鼠”的动物或者外形像鼠的动物都可罹患。在这片草地形形色色的动物之中，有些根本不可能感染鼠疫。当然，查明哪些种类可能成为鼠疫的宿主，哪些对人类不会构成威胁，要比从理论上确定哪只动物是疾病的传染源，而哪些个体属于易感群落更为实际，也更为重要。

3. 鼠疫动物流行病学

那么，究竟什么是动物流行病学呢？目前恐怕还难以给出一个明确的定义。这是因为在不同的领域，现在至少是在畜牧兽医科学、野生动物学和人类医学中，存在着各不相同的动物流行病学。有朝一日，这些不同的学科将会统一起来，但至少在目前，它们仍然有不同的定义、不同的形式和不同的内容。

当前，人们只把鼠疫当作一种人类疾病来研究，它属于自然疫源性疾

者更为广义地说,属于人兽共患传染病。因此,鼠疫的动物流行病学是人兽共患传染病学的一个组成部分,它是研究鼠疫在自然界的存在形式,其动物流行病的发生、发展和隐伏规律以及对人类危害的科学。

在这个意义上,鼠疫的“动物流行病学”和“流行病学”是两个相互衔接的学科:前者研究鼠疫在自然界的过程,而后者则注重于鼠疫侵袭人类后的过程。

二、疾病存在的生态基础

传染病是生物因子引起的疾病,其病原既为生物,就必须有一定的生存条件;疾病的宿主和媒介也同样是生物,当然也必须生活在一定的环境之中。因此,生态学是鼠疫动物流行病学的基础,研究鼠疫动物流行病学,首先必须掌握生态学的基本概念和理论。

生态学(ecology)一词源于希腊文 oikos,表示住所和栖息地,logos 表示学科,原意是研究生物栖息环境的科学。生态学可以理解为有关生物的管理的科学或者创造一个美好家园的理念。

1. 生态学的基本概念

1) 生态学研究四个层次

个体(individual)是生态学的基本单位,生态学研究的关键在于个体对环境(生物的和非生物的)的反应。

同一时期内占有—定空间的同种生物个体构成种群(population)。在大多数情况下,种群边界是生态学家根据调查的目的而划分的。种群可以由单体生物(unitary organism)或构件生物(modular organism)组成。

在相同时间内聚集在同一地段上的物种种群集合成为群落(community)。它是生态系统中的生物部分,不包括其物理环境。群落组织(community organization)中隐含着诸如个体之间的竞争、捕食、寄生和互利共生等多种格局。另外,群落也从更广阔的角度显示物种多样性(species diversity)、食物网(foodweb)、能量流(energy flow)和相同资源种团(guild)中的相似物种间相互作用等更复杂的关系。

生物群落和与之关联的、构成物理环境的各种理化因子组成的复合体称为生态系统(ecosystem)。生态系统是生态学中最重要的一个概念,也是自然界最重要的功能单位。生态系统这一概念并不难理解,只要在群落概念的基础上再加上非生物环境成分(如温度、湿度、土壤,各种有机或无机物质等),就构成了生态系统。生态系统可以表述为在—定的时间和空间范围内,生物与生物之间、生物与非生物环境成分之间,通过不断的物质循环和能量流动而形成的相互作用、相互依存的一个生态学功能单位。

2) 食物链和食物网

营养关系是生态学中的最基本关系，任何生物都必须获得营养，才能生长和繁育。营养物质中所包含的能量不会凭空产生，在地球的生态系统中，几乎所有生命的能量都来自太阳的光能，植物固定了太阳的光能形成了最初的食物，而在生物与生物之间，这种能量又通过一系列的取食和被取食行为在生态系统内不断传递。这种生物成员之间以食物营养关系彼此联系起来的序列称为食物链 (food chain)，食物链中每一类生物成员称为一个营养级。

一般说来，绿色植物的茎叶被草食动物取食，草食动物为肉食动物猎取，而弱小的肉食动物又会被凶猛的大型动物捕食，食物链一般由 3~5 个环节构成。在不同的生态系统中，营养级的数目可能变化。例如，在草地生态系统中，昆虫吃草，蛙吃昆虫，蛇吃蛙，鹰吃蛇，共有 5 个营养级。而在森林生态系统中，昆虫吃树叶，鸟吃昆虫，蛇吃鸟，野猪吃蛇，虎吃野猪。虎是山中之王，位于食物链的最末端。

在自然界存在四种食物链类型：捕食食物链、碎屑食物链、寄生食物链和腐食食物链。在不同生态系统中会有不同食物链类型占优势。上面说的通常指捕食食物链，而碎屑食物链指以碎食为起点的食物链，构成方式一般为枯枝落叶——分解者或碎屑——食碎屑动物——小型肉食动物——大型肉食动物。寄生食物链由宿主和寄生物构成，由于寄生物的生活史很复杂，所以寄生食物链也很复杂。例如，哺乳动物、鸟类——跳蚤、细滴虫（寄生原生动物的）、细菌、病毒；昆虫幼虫——姬蜂幼虫、寄生蝇幼虫、小蜂幼虫。腐食食物链以动物尸体为基础，如动物尸体——丽蝇；动物尸体——秃鹫。

生态系统中有许多食物链，各种食物链并不是孤立的，它们往往纵横交织，形成复杂的多方向的网状结构。这种多个食物链交织在一起，相互联系而成的网称为食物网。生态系统越稳定，生物种类越丰富，食物网也越复杂。这种以营养为纽带，把生物与环境、生物与生物紧密联系起来的结构，称为生态系统的营养结构。

食物网是生态系统长期发展形成的，其中某一种群数量突然发生变化，必然牵动整个食物网；人为地去除其中的某个环节，将使生态系统平衡失调，甚至使生态系统崩溃。

3) 生境

在任何情况下，生物群落都不是孤立存在的，总是和环境密切相关、相互作用着。生境 (habitat) 这一概念指的就是生物所赖以生存的环境，也就是指发现有生物的物理区域。组成环境的因素称为环境因子，或者称为生态因子。在生态因子中，凡是有机体生活和发育所不可缺少的外界因素（如食物、热、氧对于动物，二氧化碳和水对于植物），有时被称为生活条件。

生态因子通常可以分为非生物因子和生物因子两大类。非生物因子包括温度、光、湿度、pH、氧等理化因子；而生物因子则包括同种生物的其他有机体和异种生物的有机体，前者构成了种内关系，后者构成了种间关系。

在众多的环境因素中，任何接近或者超过某种生物的耐受性极限而阻止其生存、生长、繁殖或扩散的因素叫作限制因子。如果一种生物对某一生态因子的耐受范围很广，而且这种因子又非常稳定，那么这种因子就不太可能成为限制因子；相反，如果一种生物对于某一生态因子的耐受范围很窄，而且这种因子又易于变化，那么这种因子就很可能是一种限制因子，值得特别加以注意。

各种生物的生境组合成生态系统。根据环境性质，生态系统可分为陆地、淡水、海洋等生态系统。陆地生态系统又可分为森林、草原、山地、农田等生态系统。淡水生态系统又可分为湖泊、河流、池塘、水库等生态系统。海洋生态系统又可分为海岸、河口、浅海、大洋等生态系统。

一般认为，生物圈是地球上最大的、接近于自我维持的生态系统。生物圈是指地球上的全部生物和一切适合于生物栖息的场所，它包括岩石圈的上层、水圈的全部和大气圈的下层。随着全球性环境问题日益突出，全球生态学已应运而生，并成为民众普遍关注的领域。

4) 生态平衡

生态平衡是现代生态学发展在理论上提出的概念。是指一个生态系统在特定的时间内的状态，在这种状态下，其结构和功能相对稳定，物质与能量输入输出接近平衡，在外来干扰下，通过自然调节（或人为调控）能恢复原初的稳定状态。

生态平衡包括两个方面的含义：

首先，生态平衡是生态系统长期进化所形成的一种动态平衡，它是建立在各种成分结构的运动特性及其相互关系的基础上的。

其次，生态平衡反映了生态系统内生物与生物、生物与环境之间的相互关系所表现出来的稳态特征，某地区的生态平衡是该生态系统结构和功能统一的体现。

2. 营养关系

1) 食性

在食物链中，每一种生物都有自己的食性，食性是怎样确定的呢？动物在觅食过程中，搜索食物和进食过程都需要花费能量，因此，从食物中获得的能量与觅食过程中的能量之差就成为动物摄食的净收入。摄取某种食物所得的净收入越大，这种食物对捕食者来说就是更有利的。

由于生存的需要，动物单位时间内所摄取的能量应该尽量维持在一定的水平。因此当某种有利食物非常丰富的时候，捕食者将只选择这一种食物；如果与