

鼠疫自然疫源地空间结构 与研究方法

耶·伊·罗特什里德 著

新疆维吾尔自治区流行病学研究所

鼠疫自然疫源地空间结构 与研究方法

耶·伊·罗特什里德 著

译 者

王思博 曹学义 王淑纯 石宝岷 沈尔礼
赵 飞 马万全 李连弟 李树彬 李文波

校 订 者

汪赞强 滕云峰 陆德敏 曹学义

新疆维吾尔自治区流行病学研究所

目 录

第一章	独立自然疫源地结构的基本单元及其动态	(1)
	结构单元的分类	(2)
	疫源地结构研究方法的一些特点	(5)
	动物流行微小结构	(8)
	微小结构单元的动态	(13)
	动物流行中级结构的研究	(16)
	疫点聚集区内动物流行过程强度及其范围	(20)
	疫点聚集区的动态	(24)
	中级稳定结构的研究	(35)
	稳固保存鼠疫的地段(疫源核心)	(40)
	疫源核心的季度和年度动物流行病动态	(44)
	从新的资料来看疫源地结构的概念(摘要)	(51)
第二章	检索动物流行病学方法的最优化	(54)
	调查最优化的任务和方法	(56)
	样方大小的意义	(59)
	动物流行病学调查的机率模型	(61)
	调查样方阳性结果的过剩率	(65)
	阴性样方的过剩率	(69)
	调查最优化的主要步骤	(70)
	检索鼠疫疫点聚集区与疫点	(72)
	洞穴的选择	(74)
	选择检查对象——鼠或蚤	(79)
	确定鼠洞中抽样范围与样地内鼠洞的数量	(83)
	在野外条件下对最优化调查方法的检验	(88)

动物流行病学调查最优化的基本原则 (摘要)	(93)
第三章 鼠疫动物流行病学和自然指征	(98)
在动物流行病学中指示调查方法和理论问题	(99)
动物流行病学的指示物的分类	(102)
指征的研究阶段	(109)
疫源地的指征模型	(111)
鼠疫储存宿主之分布, 数量的指征意义	(114)
绘制啮齿动物分布地图作为鼠疫动物流行病学	
指征的研究	(115)
对指征动物学地图的要求	(116)
野外测量方法	(118)
以指示为目标的动物学地图绘制的某些方法问题	(120)
大砂土鼠的分布和作为疫源地指征的可能性	(127)
一些有前途的指征特征	(128)
大砂土鼠的分布和疫源地的基本结构	(136)
砂土鼠的数量现状对动物流行病的意义	(139)
动物的综合指示意义	(142)
作为疫源地指示特征的大砂土鼠洞的内部结构	
及其外貌	(147)
在鼠疫自然疫源地的研究中指示研究的意义(摘要)	(164)
第四章 动物流行病学的空间分析	(167)
分析鼠疫疫洞时应用纵格图的理论概念	(170)
根据积累多年的动物流行病学研究资料	
以勾划动物流行病分布区的方法指示疫源地结构	(178)
按地区分析动物流行病的多年动态	(188)
根据综合性指示指标编辑预测性的疫源地结构简图	(194)
研究方向的总特点 (摘要)	(196)
第五章 结语	(196)
参考文献	(201)

第一章 独立自然疫源地结构的 基本单元及其动态

对于鼠疫自然疫源地空间结构的研究我国文献中已有很久的历史，早在1922—1926年间出版的 Д. К. Заболотный 的一些经典著作中，就曾记述了一次极为严重的、但是局限的小家鼠（*Mus*）鼠疫流行，列举了一个地方的例子，当地多次发现旱獭动物病，并已确证旱獭病为鼠疫（Заболотный，1965）。

根据多年来对鼠疫疫源地研究所积累的大量资料，一些研究工作者提出了各种关于鼠疫菌在自然界分布和保存的观点。某些著者认为动物病可以多年存在于有几十个旱獭洞或大砂土鼠洞内（Иоффе 等，1951；Наумов，1955，1964；等等），另一些作者则认为这种局限化是暂时性的（Ралль，1960，1965；Мионов，1961，等等）。在许多文章中曾提出了鼠疫动物流行病在面积几十到几千平方公里地段上长期独立保存的论据（Бурделов，Микулин 1959；Некипелов，1959；Бибиков 等，1963；等等）。有人也注意到，在出现鼠间鼠疫地点，染疫动物呈不均匀的点状分布的一些事实（Тинкер，1940；Шарапкова，Дятлов 等，1958；等等）。许多外国学者（Barltzard 等，1960；Pollitzer，1954，1960）认为病原体在鼠类小块栖息地段内稍长时期的保存，是鼠疫动物流行病的一个特点。

自然界病原体固着的地段，在我国文献中称之为基础疫源

地 (Павловский, 1944, 1964; Наумов, 1955, 1964; 等等)或微小疫源地 (Иофф, 1951, Ралль, 1965; 等等)。最近还使用另外术语: 疫点, 动物流行病灶, 局灶性疫源地。外国学者著作中亦将自然疫源性长期出现动物流行的小块地段称之为污染窝 (Meyer, 1942 a, b)、感染中心 (Pretzmann 1966)。В. В Кучерук (1972) 详细研究了所有已经提出的术语之后, 建议在相同情况下采用 Б. Росицкий 提出的“疫源核心” (nucleus) 这一名称。在下文中我们将这一术语用于中等范围的疫源地稳定部分。

本书中作者不打算探讨鼠疫疫源地结构观点的发展历史和各家见解。就这些问题曾多次发表过文献综述 (Кучерук, 1959, 1972; Воронов, 1967; Ралль, 1965; Акиев, 1970; Наумов 等, 1972; 等等)。作者的任务是总结已知的和新发现的事实, 对其可能的解释加以商讨, 以便拟定应用这些研究成果来进一步研究疫源地和预防鼠疫的方法。

结构单元的分类

在综合已发表的关于疫源地构成资料时发现, 各种报导中对疫源地结构单元的理解, 如在面积、持续存在时间, 以及动物染疫强度等方面, 有很大不同。给人一种印象, 即同一单元也存在广泛的多样性。同时对这一特征也可以理解为起源与性状不同的疫源地不同结构和不同部分的表现。

迄今已积累的资料确实使我们能够有把握地断定, 鼠疫疫源性暂时出现也好, 长期出现也好均为其固有的结构性。同样很明显, 这一结构单元形成若干个等级, 而且处于阶元从属状态中: 大阶元由较小阶元所组成。这种想法并非新奇, 在鼠疫疫源地许多结构模式图中已经贯穿了疫源地组成部分的阶元

(Фенюк, 1954; Кучерук, 1959; Исаумов, 1964; Воронов, 1967; 等等)。自然界内鼠疫可能局限在这些或那些地点保存不同时期, 这点已是清楚的了。其实这种见解和事实仍未在疫源地结构模式图中得到充分反映。对该问题实际资料的叙述有必要拟定一份这样的模式图。

在对鼠疫疫源地结构部分进行分类时, 我们首先考虑其两个指征: 持续存在的期限及范围。按持续存在的期限可将结构部分的单位分为临时性的和稳定性的。临时性结构单元是在这一或那一地点, 出现数周或数月动物流行地段的组成部分。稳定性结构是动物流行的某些特征与一定的领域地段有着经常联系的出现多年动物流行进程的部分。

根据动物流行过程划分疫源地各部分时, 往往考虑一个指征, 即病原体长期保存的可能性。在独立疫源地内部划分出如下几个部分: 牢固保存的病原体地段, 病原体传出地段, 永无病原体地段; 后者包括在疫源地领域之内, 但无疾病贮存宿主栖息 (Фенюк, 1954; Кучерук, 1959, 1972; 等等)。在鼠疫自然疫源地领域内, 看来大部分是传出地段, 这里的动物流行具有不同的周期性, 然而在不利时期通常不存在动物流行病。同样也能将疫源地的这一部分依据动物流行分布和发展条件划分为若干个单元。例如, 在我们的观察区的动物流行病学观测点内, 曾划出几类区域。在第一类区域内病原体常作远距离传出; 第二类区域内动物流行发展缓慢, 但广泛分布; 第三类区域内动物流行发展十分艰难, 尽管许多地方鼠、蚤数量处于较高水平。

按范围大小至少可将疫源地组成部分划分为三个等级: 微小结构单元、中等结构单元和大结构单元。动物流行微小结构表现为疫鼠疫蚤分布不均匀, 疫鼠和疫蚤多聚集在一些相邻的

洞群内。在大砂土鼠栖息区发现的这类聚集点称之为疫点。疫点通常包括十来个（很少达到20个）相据几百米的疫鼠疫蚤洞（Шарапова等，1958；Ротшильд等，1972 а；等等）。

中级结构单元直径达数公里。在这段距离内染疫动物分布的间隔不超过百米，即不超过微小结构单元之间的通常距离。临时性中等结构单元或鼠疫疫点聚集区（Эпизоотийные пятна (Фенюк, 1944)，在大砂土鼠栖息区一般达数十平方公里。在检查大量分散在1.5--2公里范围内的标本时，疫点聚集区呈弥漫均匀分布。在此境域内到处，几乎每平方公里内，均发现了病鼠洞、康复鼠洞和疫蚤洞。实质上，疫点和零散分布的单个疫洞的聚集，就是典型的疫点聚集区。

可将在构成的范围大小相类似的具有动物流行动态各种特点的地段，如经常反复出现动物流行的地点，看作为稳定性的中级结构单元。长期保存病原体的这样地段范围我们称之为疫源核心。

大结构为包括几十公里范围的单元，即如有些学者所说的鼠疫动物流行播散地段，这里周期性出现动物流行（Левина, Фенюк, 1959; Федоров等, 1959; Дятлов等, 1971, 等等）。我们曾在疫源性固着区域将这样地段，按动物流行年度与分布区绘制成地图（Ротшильд, Постников, 1969）。在标本分布稀疏情况下，动物流行多少呈弥漫状。当在这里对动物流行的分布更详尽地加以研究时，常常在大的动物流行地段之内出现一些较小的鼠疫疫点聚集区，一个鼠疫疫点聚集区与另一个鼠疫疫点聚集区相距数公里（Ротшильд等, 1969 б, 1972б）。

可将所谓的疫源地地段（Фенюк, 1954; Кучерук, 1959; 等等）看作为疫源地大的牢固组成部分。这样的组成部分就是大面积固着动物流行病的鼠类栖息地，栖息地占地广

阔，如乌拉尔——厄姆巴河间Тептяксор高地，或北乌斯秋尔特低地（Ротшильд Постников, 1969; Шаманек 等, 1969）。

当然，上述结构单元等级概念不仅反映了自然界中确实存在的现象，而且还提示了研究过这一现象和掌握动物流行病学野外调查方法的可能性。在这一研究设计中，对于鼠疫自然疫源地研究方法提出一些特殊要求。

疫源地结构研究方法的一些特点

在自然界专门研究疫源地结构时，最为重要的关键是确定疫源地组成部分，或单元的可分性和特点。为了判断任何一个结构单元的存在，单纯地寻找某一地区的染疫动物是不够的。限定染疫动物地段，并将其与其他邻近地段区分开来，而同时它本身在某些方面又是一个统一整体，这些都必须得到证实。如果不考虑这些关键问题，只是为了侦察鼠疫在个别地点的固着而确定染疫动物发现点，则就不可能谈什么局限病原体地段的范围和等级了。

因此，于直接研究自然界鼠疫时，划分动物流行结构单元，就是说至少解决如下几个问题：1)确定动物流行地段内在的均一性和特有的构成；2)确定动物流行地段的区域境界；3)确认动物流行地段境界之外存在的空白区。

自然，这一误差还取决于每一预定送检动物的实验样方基础单位（Ячейя）的范围，此外也取决于自然界内所用动物抽样方法以及所用实验室检验方法所保证的染疫动物检出机率。在我们工作中，基础单位范围显然必定小于要求发现的那些结构单元的几倍，在这种情况下，就要求每一基础单位的染疫动物检查尽量达到更大的可靠性。保证这一要求可采用几种方法，首先是大量检验实验地段内的鼠类和鼠疫的节肢动物媒介。

由于应用血清学检查方法能查出带鼠疫抗体的动物，所以大大提高了发现动物流行地段的机率（Левин, 1962; Пейсахис, Шмугер, 1968; Канатов 等, 1968; 等等）。众所周知，鼠疫动物流行地区带抗体大砂土鼠往往比病鼠多得多，因而增加了发现鼠疫的可靠性。在研究疫源地结构时，这些方法同样具有许多辅助性优点。由于查明带抗体动物的分布，记录了动物流行结构既往状况的痕迹，因而有可能对几周或几个月内动物流行的发展和动态作出判断。用自然界动物分散抽样方法，同样能增大鼠疫、康复鼠和染疫媒介的发现机率。

这些常规方法对各种等级结构单元能作出不同具体说明。在研究动物流行微小结构，即研究少数疫洞聚集现象时，显然鼠类的各个洞群，应当是调查的最简单基础单位。

大砂土鼠鼠疫动物流行期间，每个洞内多半至少能找到一只检出病原体的病鼠和一只疫蚤。因此为了更准确地发现实验样地或重点地段上的染疫动物，这时就要求将几乎全部老鼠加以捕获和从联串一起的大量鼠洞中采集尽可能多的跳蚤，进行检验，并将每个鼠洞的资料存录下来。

在大砂土鼠栖息地内曾多次使用过这些方法（Шарапксва 等, 1958; Дятлов 等, 1965; Куницкий 等, 1967 a; Руденчик 等, 1971）。当有足够面积（不少于一平方公里或数平方公里）、对鼠洞分布进行准确测绘，以及使用血清学方法检验鼠类的情况下，重点地段的调查方式虽然能够十分完备地勾画出动物流行微小结构单元，但得到的也只是动物流行状况的瞬间图像。这种单元随着出现，又随之消失。当捕获一部分动物和重新观察时（Baltzard 等, 1963 a），所得到的资料则过于不完全，同时对动物流行过程自然发展产生明显的破坏作用。有人已经注意到这样的难题（Солдаткин, Фенюк, 1968; Солдаткин,

Руденчик, 1971)。然而,这并不是说采用自然条件下的观察方法就不能研究动物流行微小结构的发展和动态。通过结构单位不同状况和痕迹的比较的方法,也能得到这类资料。

原则为可以用活体动物反覆检查的方法来直接研究动物流行微小结构的动态。曾有人用这种方法同时绘制标志动物巢区(Индивидуальный участок)图来观察田鼠间钩端螺旋体病动物流行发展状况(Карасева, 1956)。有人采用标志动物的多次观察法来了解感染森林脑炎鼠类的免疫学过程(Никитина等, 1968)。有人推荐用活鼠血清学检查来研究鼠疫疫源地(Baltazard, 1971)。

对较大的动物流行结构单元,实际上不可能像勾画微小结构单元那样细致。但是,当这样结构中染疫动物数量多时,依靠鼠和寄生物的抽样检查也能将它完全查清。当检查样本少的地区密集分布时,确定动物流行地段的分布可准确到1—2公里,而且不破坏动物流行发展的真正自然进程。多次重复这种观察有可能发现结构单元的一些状况,因而能对结构单元的动态作出判断,为了在再次确定同样一些单元时不至于产生疑义,必须于近期内将这些单元查清,并且还要不断地去发现它在分布区的一些微小改变。

为了准确地查出疫源地中等结构单元,作者曾以大砂土鼠栖息区为实例采用一种专门设计的动物抽样检查方法(Ротшильд等, 1962 a, 1972 b)。一组样品表示的不是个别实验样方的范围,而是许多个实验样地。每一实验样地均同时用细菌学与血清学二种方法检验动物,以保证动物流行的发现具有更大的可靠性。结果在两个调查季节内就确定出同一鼠疫疫点聚集区的指征和痕迹。每个点如用为分散抽样能达到提高染疫动物发现机率的目的,在作每一实验样方鼠疫疫点聚集区状

况评定时，同时也消除了偶然的误差。有效实验样地分布稠密可保证在确定动物流行地段分布时有高度准确性。通过对在各个季节内发展起来的动物流行的动态分析，可查明中级稳定结构。

动 物 流 行 微 小 结 构

很早就有人推测染疫动物小范围聚集现象的存在。И. С. Тинкер (1940) 曾记述：黄鼠间鼠疫动物流行病“经常带有巢穴性质，只是有的时候各个疫点相互融合，形成一大块连成一片的动物流行区”。

Н. Я. Шарапкова 和 А. Н. Дятлов 等 (1958) 首次发表了大砂土鼠动物流行结构方面的实际资料。上述作者引证了在克孜尔库姆动物流行区绘制下来的五个地段（每一地段面积为 100 公顷）平面图，在平面图上可看到一些疫鼠疫蚤洞群组。以下称这种洞群组各为鼠洞疫点。在研究其后各年度大砂土鼠动物流行时，在荒漠地带的许多区域，于各个季节又发现了一些疫点，而且这些疫点的鼠类数量水平也有所不同（Дятлов 等, 1965; Куницкий 等, 1967a; Ривкус 等, 1969; 等等）。

我们于 1965—1968 年在里海东北部* 砂土平原弥漫栖息区和沿盐涸湖带状栖息区，曾对大砂土鼠鼠疫动物流行微小结构单元更详细的构造进行过研究（Постников 等, 1967b; Ротшильд 等, 1972a）。于标志洞内查出疫鼠疫蚤的有代表性地区，选出一些面积 0.7—6.5 平方公里的地段。在此地段内连续标志 73—135 个砂土鼠洞，尽量将其中的老鼠全部捕尽，或以枪击毙，从挖开 0.5 米深处的洞道和巢室内采集跳蚤。对鼠洞的分布进行测量。按洞分别作鼠蚤细菌学检验。对鼠进行

* 原文为西北部，显系印刷之误。

单体检验，跳蚤采取成批接种，每批跳蚤不超过25只或50只。

用这种方法共研究了八个重点地段，总面积为20.5平方公里。在这些地段检查鼠洞 883 个，检验大砂土鼠2004只、其他兽类 238 只、大砂土鼠蚤(主要为 *Xenopsylla skrjabini* Ioff) 170000只。通过检验，于66只大砂土鼠中和 192 份蚤接种物中发现了鼠疫病原体。检出疫洞 116 个。对三个地段上的鼠类作了被动红血球凝集反应 (ПРГА)。

所获资料的处理采用将各个疫点分开的示形法。按图解模式，即按边间角范围已预先作好规定的平面联格 (Опе, 1965)，将疫洞的分布添入每一地段的平面图内。然后分析边长即疫洞间距的分配行格数，再找到疫洞间距上的两个自然组群。疫点内的疫洞间距通常不超过200米，在弥漫栖息地平均为110米，带状栖息地平均为150米。疫点之间的距离多半在300米以上，平均在弥漫栖息地为 480 米，带状栖息地为 680 米 (表1)。疫点内两个疫洞之间的间隔不超过 1—2 个健康鼠洞，疫点间往往有两个和两个以上的鼠洞 (图1，图2)。

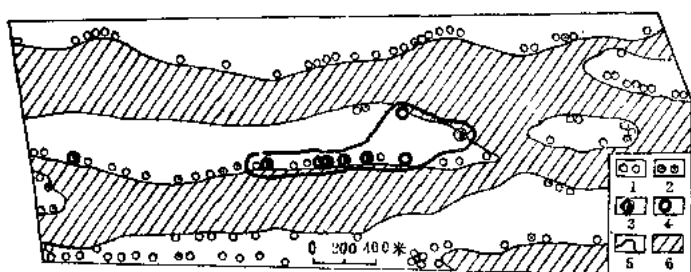


图1 大砂土鼠带状栖息地鼠洞疫点分布
(1965年6月, Тентяксор 低地, 一号重点地段之一部)
1—大砂土鼠栖息洞群, 2—无鼠洞, 3—疫鼠洞, 4—疫蚤洞
5—疫点假定界限, 6—盐涸湖, 空白处——粘土坡地

表 1 有染疫动物的大砂土鼠洞的分布*

栖息地内鼠洞分布型	疫 洞 间 距						
	疫 点 内				与邻近的疫点		
	最大 (米)	平均 (米)	均方差 (米)	测量数	范 围 (米)	平均 (米)	测量数
弥 漫 型	240	110	53	106	200—1050	480	35
带 状 型	350	140	121	26	400—1250	680	14

* 据于里海东北部所调查的八个重点地段资料。

在重点地段上的全部疫洞中，有 9 个呈单个分布，其余的 107 个成群聚集在 15 个疫点上；每个疫点有疫洞 2—16 个，平均 7.1 个。在这样范围的疫点内发现疫鼠 1—10 只不等（平均每个疫点 3.8 只）。每个疫点的疫蚤从不多几只到 50 只，大疫点内疫蚤平均 20 只（因未将洞内跳蚤全部采尽，无疑有一部分疫蚤未被检出）。夏秋季节大疫点内病鼠及带鼠疫抗体的老鼠（康复鼠）占每一洞组（包括分布在疫洞之间的鼠洞）砂土鼠总数的 40—50 %。有染疫动物和康复鼠的鼠洞数，一个疫点最多达 20 个。一个疫点平均占地 12 公顷。两端疫洞之间距离为 70—1300 米，半数在 400—500 米以上（表 2）。在弥漫型栖息地内，疫点所占据的面积为鼠疫疫点聚集区的 15 %。90% 的疫洞位于点内。

由于勾画疫点方法不尽一致，所以这一资料难于与其他作者资料相比较。然而，根据一些记载比较详细的观察资料来判断，可以认为在大砂土鼠分布区的不同领域内，疫点的构成和范围是十分相似的。疫点大多数包括 2—8 个，少数包括 15—16 个疫洞（Шарапкова 等，1958；Дятлов 等，1965；Куницкий

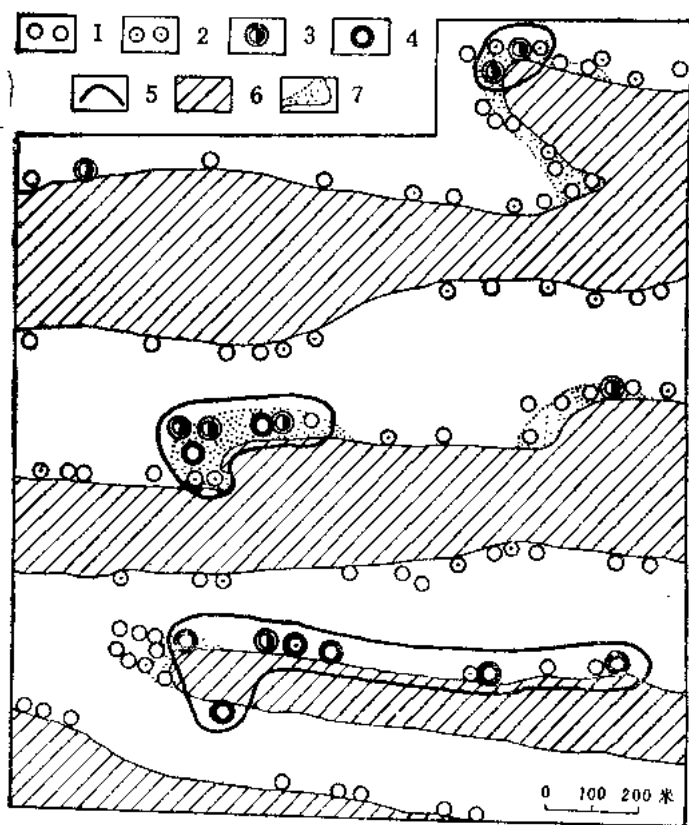


图2 砂土鼠带状栖息地内不同大小和不同
发展阶段的疫点
1—6—图例同图1， 7—疏松冲积砂土地。

等, 1967 a; Гаузштейн, 1971; Руденчик 等, 1971)。

其他鼠类鼠疫动物流行期间, 也形成病鼠和鼠蚤洞组。例如在灰旱獭栖息区内就有这种情况(Берендяев, Лаврентьев,

1961)。在伊朗克迪斯坦从事鼠疫自然疫源地研究工作的M. Ба-
лгазар及其同事曾报道过这类典型实例，即在14个相互靠近的
波斯砂土鼠(*Meriones persicus*)和小亚细亚砂土鼠(*Meriones*
tristrami)洞内的鼠蚤中检查出鼠疫菌，而在其附近的41个鼠
洞中则未发现染疫动物。

其他种自然疫源性疾物流行期间，染疫动物高度局部
聚集现象也有一些报道，卡拉库姆荒漠大砂土鼠数量大幅度降
低时，感染利什曼原虫的动物集中在小块面积上的栖息洞内
(Комарова, 1972)。钩端螺旋体病动物流行发展初期阶段，
曾发现2—5只患病经济田鼠成簇栖息小群(Карасев, 1956,
1971)。有人曾报道过土拉伦菌病动物流行局限在面积约15公
顷一块河湾地段上时达两年的例子(Адамович, 1971)。

表 2 疫 点 范 围 *

疫点内 疫洞数	栖息地内 鼠洞 分布型	疫 点 数	平 均 洞 数		两端疫洞之间距离 (米)		平均面积 (公顷)
			疫洞	邻近的无 疫栖息洞	范 围	平均	
2	弥漫型与 带状型	3	2	0.3	70—150	110	1—2
3—4	弥漫型	3	3.3	2.7	120—400	310	6
5—8	带状型	3	6.7	1.7	300—1300	870	12
9—16	弥漫型	6	11.8	5.3	350—950	690	18

* 见表1脚注。

微小结构单元的动态

在自然界直接研究鼠疫，用直接方法不可能查明动物流行微小结构的发展状况。关于疫点发展概念是根据动物流行过程单元的“沙盘”实验结果提出来的（Солдаткин 等 1965, 1968; Новокрещенова 等, 1967; 等等）。小型兽类不断地将在血中含有放射性示踪元素的砂上鼠身上受到标志的跳蚤携带到一些邻近鼠洞内，故可用以来说明动物流行微小结构的形成机理。然而，模式试验所能显现的不是疫点发展的全过程，而仅仅是它的最初阶段。为了得出动物流行下一步发展归宿的概念，还要求助于对自然界观察结果的分析。

这种分析能够发现疫点发展和移动的某些特征。通过范围大小不同的疫点内疫鼠疫蚤的比较，发现平均疫洞数为5—9个时，动物流行过程强度为最大。较大的疫点内动物染疫率降低

表3 不同范围疫点及单个疫洞的动物流行过程状况*

有染疫动物的鼠洞数	疫点及孤立疫洞数	疫鼠疫蚤洞比例				病大砂土鼠数		自跳蚤中分离出菌株	
		疫洞总数	其中各种疫洞数的 %			每一疫点内病鼠数	占疫洞内鼠数的 %	每一疫点内菌株数	疫洞中每1000只蚤中分离数
			疫鼠洞	疫鼠洞	疫蚤洞				
1	9	9	56	0	44	1.0	29.0	0.8	2.4
2—4	6	16	50	6	44	1.7	23.2	3.7	4.2
5—9	5	38	29	24	47	4.2	22.2	17.4	7.5
11—16	4	53	17	21	62	6.5	14.3	19.5	4.9

* 据于里海东北部所调查的八个重点地段上的鼠蚤细菌学检验资料。