

DI ZHEN SHENGWUXUE GAILUN

地震生物学概论

蒋锦昌 陈德玉 编著



• 地震科学联合基金资助 •

地震生物学概论

蒋锦昌 陈德玉 编著

地震出版社

1993

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书汇集了作者二十多年来从事地震前动物习性异常及机理研究的成果,以及国内外有关的研究工作。全面介绍了该领域的开创、发展、教训和展望;较系统地论述了与认识和理解震前动物异常有关的环境、行为、神经科学,以及生理心理学等方面的基础知识;简要地论述了震前动物异常的行为特征,及其与地震三要素(时间、地区、震级)的统计关系;系统地论述了震前动物异常的地球物理和地球化学因素背景,及其对动物直接作用、感觉反应和综合效应机理;全面论述了震前动物异常的确定性观测,鸟类声行为的研究和模式识别,以及地震前植物习性异常的观测和研究。本书兼有科普性和学术性,不仅可供从事动物与地震研究和监测及其管理工作的专业人员、有关的大中专院校师生及地方地震工作者阅读,并可供广大地震与生物科学工作者参考。

地震生物学概论

蒋锦昌 陈德玉 编著

责任编辑:李和文

地质出版社出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 11.125印张 297千字

1993年12月第一版 1993年12月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-0909-0/P·564

(1302) 定价: 9.00元

前 言

1966年邢台地震以来，我国开始对地震前动物习性异常现象进行科学的全面考察和研究。二十多年来，历经了多次强烈地震的验证，地震前动物习性异常现象作为地震的一种短临前兆，已为国内外生物学和地震学界所公认和关注。所积累的大量的调查和观测资料，及其与地震三要素关系的统计特性，不仅可为未来地震区广大群众自身的防震抗灾提供一定的信息，并有可能为地震的短临预报提供一定的依据。据此，动物习性异常现象的观测已列为我国地方地震工作的主要内容之一。近年来，随着震前动物习性异常观测规范的实施和多种智能化定量观测仪的应用，使之震前动物习性异常由一般性宏观观察的定性描述进入规范化的定量观测研究；一些有针对性的机理研究也在逐步深入，并取得了一定的结果。这标志着我国的震前动物习性异常的观测和研究正向着更高的层次发展。

有关地震前动物习性异常的科普著作，国内先后出版了《地震问答》、《动物与地震》、《宏观现象与地震》、《奇异的本领》和《漫话动物与地震》等。国外也相继出版了《动物预知地震》、《当蛇醒来的时候——动物和地震预报》和《动物、地震和人》等。但是，这些版本大体上都是震例资料的总结，动物的感觉功能与可能觉察到的某些地球物理和地球化学因素变化的一般性比较分析，及其排除非震因素的干扰等，仅仅是资料的占有面和论述的侧重点有所差异。这就难以满足这一领域高层次发展的需要。

据此，作者力图突破这一模式，编写具有科普性和学术性双重特色的《地震生物学概论》。它不仅继承了部分科普特色，并

包括近二十年来国内外在该领域内的主要进展和观测研究结果，具有高一层次的学术特色。使之在普及的基础上加以提高，扩大读者面，以适应该领域的发展和国际交流的需要。

以动物习性异常为主的地震前生物习性异常现象，必然是与地震的孕育过程和生物体的功能特性相联系。因此，“地震生物学”与“宇宙生物学”、“辐射生物学”和“磁生物学”等生物物理学的分支学科一样，是以地震孕育过程的短临阶段地球物理和地球化学场的变化，所产生的短临地震前兆因素的生物效应及其机理为主要研究内容，并包括如何进一步开展震前动物习性异常的确定性观测。但是，由于地震短临前兆因素的多样性和复杂性，使“地震生物学”所研究的内容几乎涉及到生物物理学的各个分支学科。同时，这些地震短临前兆都是地表观测到的一些确定性依据尚且不足的现象，而且与地震的孕育过程和不同地区的地质构造背景有关。这就不仅为地震的短临预报带来了很大的难度，而且使得地震生物学的研究迄今尚未取得真正卓有成效的进展，尚须进行长时间的观测研究和基础性的探索研究。

本书从生物物理学角度出发，以作者在该领域内二十多年的研究工作经历和体会，集国内外二十多年来有关震前动物习性异常的观测研究工作，以《地震生物学概论》的形式进行编写，并加强了地震前动物习性异常确定性观测部分的论述，以适应目前我国地震生物观测站开展这一工作的广泛需要。由于作者的学术水平有限，资料搜集的局限性，难免存在不当之处和不完整性，恳切希望读者提出批评指正。希望能在此基础上，再经过十多年的努力和发展，在我国震前动物习性异常观测研究 35 周年之际，能编写出更系统和更完整的《地震生物学》一书。

蒋锦昌 陈德玉

1992.4 于北京

目 录

第一章 回顾和展望.....	(1)
(一) 邢台地震——开创	(2)
1.1-1 疑问和启示	(2)
1.1-2 尝试和拓进	(4)
1.1-3 四大震例	(7)
(二) 海城地震——发展	(12)
1.2-1 一个值得思考的问题	(12)
1.2-2 一场动物地震“热”	(15)
(三) 唐山地震——教训	(29)
1.3-1 异常出现的超短性	(30)
1.3-2 地震孕育过程的多样性	(32)
1.3-3 非特异性行为反应	(33)
(四) 展望	(37)
1.4-1 动物异常在地震预报研究中的意义	(38)
1.4-2 进一步开展确定性观测研究	(41)
第二章 地震前动物异常的生物学基础	(44)
(一) 动物与环境	(45)
2.1-1 生物层和物质循环	(45)
2.1-2 环境因素的影响	(50)
(二) 感觉与行为	(63)
2.2-1 生命活动的基本特征	(63)
2.2-2 感觉反应	(65)
2.2-3 适应性行为活动	(73)
(三) 脊椎动物的神经系统	(84)

2.3-1 鱼类	(85)
2.3-2 两栖类	(89)
2.3-3 爬行类	(91)
2.3-4 鸟类	(94)
2.3-5 哺乳类	(98)
2.3-6 行为的神经控制	(106)
(四) 动物的超能力和奇异现象	(113)
2.4-1 动物的超能力	(113)
2.4-2 动物的奇异现象	(117)
第三章 地震前动物习性异常现象的统计特征	(122)
(一) 行为特征	(123)
3.1-1 鱼类	(123)
3.1-2 两栖类和爬行类动物	(128)
3.1-3 鸟类	(129)
3.1-4 哺乳动物	(132)
(二) 前兆时间	(137)
3.2-1 短临特征	(138)
3.2-2 起伏特征	(142)
3.2-3 种间差异	(144)
(三) 地区分布	(146)
3.3-1 不均匀性	(146)
3.3-2 迁移性	(149)
(四) 强度特征	(151)
3.4-1 起始震级	(152)
3.4-2 中强地震	(152)
3.4-3 强烈地震	(153)
第四章 震前动物异常的机理	(155)
(一) 震前动物异常的地球物理背景	(155)
4.1-1 地震前兆的“膨胀-失稳”模式	(156)

4.1-2 作为背景因素的可能性分析	(158)
4.1-3 多种背景因素的综合作用效应	(183)
(二) 震前动物异常机理的实验研究	(186)
4.2-1 震兆性声振动与动物异常	(186)
4.2-2 震兆性化学因素与动物异常	(221)
4.2-3 空气离子与震前动物异常	(226)
(三) 脑的自主功能	(229)
4.3-1 脑的内感受器	(230)
4.3-2 下丘脑的分泌功能	(231)
4.3-3 自主活动的节律特性	(232)
第五章 震前动物异常的确定性观测	(234)
(一) 观测动物的选择	(235)
5.1-1 鱼类	(235)
5.1-2 两栖类动物	(236)
5.1-3 爬行类动物	(237)
5.1-4 哺乳类动物	(238)
5.1-5 鸟类	(239)
(二) 鸟类的声行为	(242)
5.2-1 鸟类的发声和叫声	(242)
5.2-2 鸟类的方言	(247)
5.2-3 鸟类叫声的记录和分析	(249)
(三) 虎皮鹦鹉的声行为习性	(252)
5.3-1 虎皮鹦鹉叫声的声学特性	(252)
5.3-2 虎皮鹦鹉的声行为习性特征	(269)
(四) 虎皮鹦鹉声行为习性异常与地震关系的确定性观测	(279)
5.4-1 虎皮鹦鹉叫声的计数观测	(279)
5.4-2 虎皮鹦鹉叫声的识别观测	(285)
5.4-3 干扰因素	(299)

5.4-4 虎皮鹦鹉叫声识别观测的微机标准化分析.....	(302)
第六章 植物与地震.....	(313)
(一) 地震前植物习性异常的主要形式	(313)
6.1-1 地震前植物的宏观习性异常.....	(314)
6.1-2 地震前植物电位的反常现象.....	(317)
(二) 植物习性非震异常的识别	(325)
6.2-1 植物生理活动的基本特性.....	(326)
6.2-2 植物的开花.....	(331)
参考文献.....	(338)
后记.....	(346)

第一章 回顾和展望

自 1966 年 3 月河北邢台地震以来，动物与地震的关系的研究作为我国地震预报研究领域中的一个分支专业已走过了 26 年。它由一般的震后调查和宏观观察发展到一定规模的定点定量观测，相应的机理性的基础研究也取得了一定的进展。在 1975 年 2 月 4 日辽宁海城 7.3 级地震和 1976 年 8 月 16 日四川松潘 7.2 级地震等的预报过程中，动物的习性异常现象起到了有目共睹的作用。但是，1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级大震给了我们沉痛的教训。大震前多种动物的习性异常现象未能引起人们足够的认识和重视，只有少数的目睹者意识到它们可能与地震有关，采取了措施而避免了伤亡。这表明对震前动物习性异常现象还缺乏足够的科学上的理性认识。人们进一步意识到，问题的复杂性不仅直接涉及到对地震孕育过程中某些前兆性地球物理和地球化学因素变化（激起震前动物习性异常的外因）的认识，还涉及到对动物行为过程自身的认识。但是，至今人们对这些方面的认识都还很有限，尚在探究之中。地震前的动物习性异常现象作为与地震学相交叉的行为生物学的一个分支领域，仅仅走过了科学探究的第一步，虽然引人入胜和具有探秘寻幽之乐，但艰难的历程尚须步步攀登。

如果说，从邢台地震到 1987 年首届全国震前动物习性异常观测研究专业会议的 20 年为其第一阶段的一般性科学探究，那么继后开始的寻求震前动物习性异常确实依据的科学化定量观测，则标志着它已进入第二阶段的实质性科学探究。邢台地震揭开了第一阶段的序幕，经过 9 年的努力，海城地震前后研究工作发展到高潮，震前动物习性异常现象引起国内外的高度关注；唐

山大震的教训和继后的清理和观测研究，为步入第二阶段进行了科学上的准备。回顾这一历程，在科学上进行总结和展望其未来，将使第二阶段得到更好的发展。

(一) 邢台地震——开创

有关地震前的动物习性异常现象，我国至少在一千多年前就有明确的记载。约在公元 650 年（唐开元年间），就有“鼠聚朝廷市衢中而鸣，地方屠裂”的记载（《开元占经·地境》）。公元 787 年（唐贞元三年），我国陕西长安附近发生地震，史书上曾记载：“震前，巢鸟惊散”。约在二百多年前就有关于利用动物习性异常现象预防地震的记载。1739 年宁夏银川平罗 8 级大地震后，连年地震。《银川小志》（清乾隆 20 年，公元 1755 年）记载：“宁夏地震，每岁小动，民习为常。大约春冬二季居多，如井水忽浑浊，炮声散长，群犬围吠，即防此患”。这些概念与邢台地震后所得到的的一些看法（地下水、地声和动物异常）基本相同。在《中国地震资料年表》一书中，有关地震生物反应的记载就有 126 条，涉及 24 种动物。但是对这些现象进行系统的科学考察和研究，则开创于邢台地震之后，从那时起揭开了我国震前动物习性异常现象专门性研究的序幕。

1.1-1 疑问和启示

1966 年 3 月 8 日邢台 6.8 级地震发生在人口稠密地区，广大人民的生命财产遭到了很大的损失，党和国家对此极为关怀，大震前所出现的大量的动物习性异常现象引起了有关部门的高度重视，中国科学院生物物理研究所的首批科研人员于 3 月 23 日到达地震区，对 6.8 级地震前的动物习性异常现象进行实地考察。所到之处都流传着“猪在圈里闹，鸡飞狗也叫，牲口不进棚，老鼠先跑掉，地震快来到”的谚语。通过近二个月十余个公社的调查得到了一些初步的认识：震前的动物习性异常现象多出现在大

震前 1—2 天，或几小时和几分钟内，较为多见的是与人们生活关系密切的家养动物，如：狗、猫、鸽、鸡等家禽和猪、羊、牛、马、驴等家畜；野生动物中只有鼠较为多见。这些动物震前反应的主要行为方式如同“谚语”中所描述；其特点与以往的记载基本类同。在地区分布上主要集中在长轴约 50km 和短轴约 24km 的Ⅷ度区内。调查的统计结果表明，Ⅷ度区内所调查的 3021 只鸡、498 头猪、60 头驴、39 只狗和 17 只猫，大震前出现习性异常的百分率分别为 30.4%、20.3%、5.0%、59.0% 和 82.4%。距震中百余公里的河南安阳地区，虽然震感强烈，许多人惊醒和逃户外，但上述这些动物都基本上没有出现震前习性异常现象。

进一步的分析和实地观察也提出了一些疑问，6.8 级地震前有强烈的前震活动，3 月 6 日 05—17 时震中区附近接连发生 6 个 4.1—4.5 级和 1 个 5.2 级的前震，震中烈度为Ⅷ度，房子普遍裂缝。可见，6.8 级大震前震中区的动物经历了多次的强烈震感，提高了警觉性（距大震只有一天），并处于不安定的环境中，因此稍有风吹草动就有可能引起某些警觉性高的动物出现类似地震前的惊慌和逃跑现象。可见，6.8 级地震前的动物习性异常现象与前震活动和环境条件改变的关系是值得重视的。例如，鸡飞上树和登高，老鼠搬家等现象，有许多是出现在 3 月 6 日的前震活动之后。同时，有关地震前动物习性异常现象的广泛宣传是在邢台地震之后，所以 6.8 级地震前人们对此基本上没有认识，许多现象都是震后的回忆和联想，有可能把一些动物的正常习性活动误认为是震前反应。例如，Ⅷ度区内某村一家的一头老母猪，在 6.8 级大震前和继后的强余震前都出现拱圈和碰撞声的异常反应。连续一星期的昼夜观察表明，它夜间起来觅食和拱圈等引起脖套两侧木块条的碰击声是常有的，而一次有感余震前并未出现更为明显的异常行为。但是，有些动物的习性异常可能与 6.8 级地震有关，尤其是那些在发震（05 时 29 分）前安静的夜

间所出现的强烈的习性异常现象。例如，Ⅷ度区边缘某村一家的羊（环境条件基本上没有受到前震的影响），临震前炸圈（以往从未有过）后逃出，主人起来追赶，在追赶途中大震发生，房屋倒塌，而主人幸免伤害。

通过邢台地震前动物习性异常现象的震后考察，虽然看到了某些动物的习性异常与地震可能有关的迹象，但还存在许多难以令人信服的疑问。这就启示我们还必须对更多的震例进行考察，尤其是对没有记录到前震活动的主震型强震的考察。邢台地震后，我国相继发生了8个7级以上的大震，其中只有1975年海城7.3级地震和1976年云南龙陵7.4级地震记录到前震，其余都是主震型强震。从而取得了极其丰富的震前动物习性异常现象的事实和证据。同时，启示我们对这些现象开展进一步的专业性的观察研究，真正取得震前所观察到的资料，而非震后的调查。

1.1-2 尝试和拓进

1966年5月在Ⅸ度区的耿庄桥村边建立起我国的第一个地震动物观察站，开始了动物与地震关系观察的尝试。观察动物为来自北京的哈巴狗、猴、大白鸡、大白鼠和小白鼠等实验用动物，犹似一个小动物园。二个多月的观察，虽接待了不少的参观者，但效果平平。5—6月期间观察点附近50km范围内共发生了15次4级以上的余震，其中4.9级的二次。这些强有感之余震前，这些观察动物都未出现足以令人确信的习性异常反应。分析其原因，不仅与这些“娇子”无能有关，还与饲养条件的改变和环境条件的不适密切有关。这些动物原来都是用于有关的基础研究，长期饲养在优越和舒适的环境中。来到地震区，为了便于观察，狗、猴、鸡都单独饲养在空间有限的铁丝笼里，并都放在昼夜温差大的帐篷内，其生活习性受到明显的影响。另外，位于村边，来往人流、村里的狗叫鸡啼等不安宁的环境条件也都影响其行为活动。通过这次尝试使我们认识到选择合适的观察动物和环境条件的重要性，进而选择当地的动物在不同地区进行比较观

察，拓进了新的局面。

1967—1970 年期间，中国科学院生物物理研究所和动物研究所，以及中国农业科学院畜牧研究所的科研人员组成的地震生物研究组，先后在邢台地震区建立了红山、百尺口、新桥、柳行和大曹庄等 5 个动物观察点，对家鸽、猪、狗、泥鳅和猫等多种动物进行了观察。通过三年多的观察研究，对某些动物行为活动的特点，及其与季节变化、天气变化等环境因素的关系有了进一步的了解，并取得了某些动物震前行为反应的实际震例资料。例如，1968 年 7 月 24 日，百尺口观察点猫的呼吸频率和行为活动出现明显的异常，红山观察点的家鸽也出现明显的视听和惊飞反应，并据此认为在 24 小时内将有 4 级左右的地震发生。结果 7 月 25 日 07 时 07 分小刘村($N37^{\circ}37.5'$ ， $E115^{\circ}07.5'$)发生 4.8 级群震。在该地震前 11 天内(7 月 14—24 日)观察点附近 50km 内未发生 3 级以上的有感地震(7 月 24 日 07 时 33 分的 3.6 级地震为不十分可靠的数据，参见《邢台地震目录》，地震出版社，1976，285—286 页)。1968 年 9 月 17 日，根据鸽、猫等动物的行为异常反应，分析认为 48 小时内将有 4 级左右地震发生。结果 9 月 18 日 22 时 38 分在素邱($N37^{\circ}34'$ ， $E114^{\circ}56'$)发生 4.2 级地震。该地震前 4 天内(9 月 14—17 日)观察点附近 50km 内未发生 3 级以上的有感地震(参见《邢台地震目录》，地震出版社，1976，292 页)。可见，这两次强有感余震前的动物习性异常是在连续数天无 3 级以上有感余震期间出现的，具有相当的可靠性。

在这些观察动物中，家鸽的视听(向某一方向凝视)和惊飞(安静的群鸽突然惊慌起飞)等行为反应与地震的对应关系较好。这可能主要与家鸽处于自然状态下而其他动物都处于人为的圈养状态下有关。家鸽的饲养方法与当地群众家养一样，窝巢建在屋檐上，自由生活和繁殖，其正常的生活习性不受到任何限制，易于反应自然。狗、猫和泥鳅等动物只能圈养才能进行观

察，其正常的生活习性受到局限，反应自然的能力受到限制。同时，喂养和环境条件（帐篷内冬冷夏热、嘈杂等）对其正常行为活动也有较大的影响。由此可见，维持观察动物的正常自然生活状态是取得较好的观察结果的重要因素之一。

在对家鸽的视听和惊飞等行为反应与地震关系的观察中，必须严格注意鹰等天敌掠过，以及邻近环境中特殊声响等干扰。在没有发觉任何干扰时群体出现视听和惊飞反应才能算作一次异常反应。由少数个体的反应引起同伴的协同反应则可能与干扰有关。同时，一天之内出现一定数量的无干扰反应才能认为可能与地震有关。通过长期的观察表明，一天中家鸽群出现三次以上的无干扰的视听和惊飞反应，可能与未来 24 小时内观察点周围 50km 范围内的 3 级以上的有感地震有关。统计检验结果见表 1.1。

表 1.1 家鸽异常行为反应预报地震有效性的统计分析

观察点	观 察 时 间		预报有 震天数 (报准)	预报未 震天数 (错报)	未报有 震天数 (漏报)	未报未 震天数 (正常)	检验统 计量 χ^2 值
	起止年月	总天数					
红 山	1968.7—11 月	130	34	17	15	64	28.09
新 桥	1968.8—11 月	127	15	16	26	70	3.96
柳 行	1969.1—6 月	144	20	37	12	75	7.77
百尺口	1969.3—7 月	84	7	18	5	54	3.99
大曹庄	1969.5.15 —1970.8	434	37	48	47	302	37.43

由 χ^2 检验可知，当统计量 χ^2 值大于 3.84 时，预计数与实计数相等的真的可能性就小于 5%，这时，实计数与预计数相等的解消假设就被否定，而相反的假设则成立，即实计数与预计数之间存在显著性差异，但仍有不到 5% 的说错的可能性。由表 1.1 可见，红山、柳行和大曹庄观察点观察结果的 χ^2 值都明显大于

3.84 ($\chi^2_{0.05}$)，家鸽异常反应与地震发生无关的解消假设被否定，而家鸽异常反应与地震发生有关的假设则成立，且具有显著性关系。百尺口和新桥观察点的观察结果的 χ^2 值稍大于 $\chi^2_{0.05}$ ，而明显低于 $\chi^2_{0.02}$ (5.41) 和 $\chi^2_{0.01}$ (6.64)，其家鸽的异常反应与地震发生是否有显著性关系还难以确定。

柳行和大曹庄观察点家鸽异常反应与地震发生的 χ^2 检验虽然具有显著性关系，但由报准率、错报率和漏报率的综合效果来看，明显低于红山观察点。由表 1.1 可见，红山观察点，报准、错报和漏报的总天数为 66 天，报准 34 天，其有效率为 52%。柳行和大曹庄观察点的有效率分别为 28% 和 30%，百尺口和新桥观察点的有效率分别为 23% 和 26%。可见，这四个观察点家鸽异常预报地震的综合效果都明显低于红山观察点，其错报和漏报率都在 70% 左右，是不能令人满意的。

这五个观察点虽然都考虑到选择在有关断层的附近，但是红山观察点不仅在近期活动的隆尧南断层上且基岩出露，显然有利于声振动等地球物理因素的传导和释放。同时，远离居民区，环境条件安静和各种干扰因素少。相比之下，其他四个观察点都有不同程度的覆盖层，且都临近居民区，干扰因素多而复杂。这些认识促进了家鸽振动敏感性和家鸽的异常反应与前兆性地声的比较观察（见 4.2-1 中的 4）。

通过三年多的实际观察，虽然对地震前的动物习性异常现象有了深一层的认识，有可能为临震预报提供一定的信息，但这是地震频度相当高的余震期间的观察结果，对于平静背景下的大震将又会如何？因此，在非地震区，尤其在将来有可能发生强震的地区，开展震前动物习性异常的观察，捕捉临震信息更具有意义。从此，一些地区相继开展起动物异常与地震关系的观察，取得了一些令人鼓舞的观察结果。

1.1-3 四大震例

邢台地震后至 1975 年海城地震期间，我国相继发生了 4 次

7级以上的主震型大震。这对震前动物习性异常现象的观察研究提供了极其难得的机会。同时，由于邢台地震后震前动物习性异常现象得到了广泛宣传，并建立起不少动物观察点（哨），使这些大震前的动物习性异常事件，有的在震前观察到，有明确的记录和相当的可靠性；大部分虽然仍是震后调查的，但不少目睹者已有一定的分析和判断，回忆具有相当的明确性。

1. 渤海地震

1969年7月18日13时24分渤海发生7.4级地震，震中位置为北纬 38.2° ，东经 119.4° 。该地震前天津市（距震中约200km，位于该地震的近东西向的节线上）人民公园动物地震测报小组，根据所观察的多种动物异常反应，于7月18日11时10分，即大震前2小时多给天津市防震办公室打电话，认为可能有地震发生，成功地预报了这次渤海大地震。大震前4—5小时所观察到动物异常有：

东北虎——震前精神不振，不活动，夹尾不摇，抬头瞪眼，不易隔离，不听指挥，不进食。

大熊猫——震前痴呆不动，两只前爪抱头恫叫，吃食特慢。

牦牛——震前卧地不动，哄不起，不吃青草。

鹿——震前惊恐，跑跳不止（1975年海城地震前鞍山千山鹿场的异常反应与之相似）。

鸟类——震前天鹅不下水，不进食，两腿朝天仰卧不起；火鸡、白玉鸟和四川鹦鹉等震前羽毛耸起，惊鸣不止。

泥鳅、鳖、蚂蝗等水生动物——震前在水中上下翻腾不停。

这不仅是我国，也是世界上首次利用观察动物的习性异常成功地预报了第一个主震的大地震，确实令人鼓舞。但是，1976年唐山大地震前确没有令人满意的成效，在科学上和管理上是值得总结的（见1.3-1）。

震后的考察结果表明，有36种动物在震前出现程度不同的行为异常反应。其中，除较常见的狗、猪、鸡和鼠等动物之外，