

28-33

X43

## 中国城市灾害地学背景研究\*

X45

吴必虎 彭加亮 王 铮 刘家明

(华东师范大学旅游系, 上海 200062)

A

**摘 要** 根据特征致灾因子的差异, 将中国城市灾害类型大体上划分为沿海台风暴雨洪涝地面沉降型、北方干旱缺水风沙地面沉降型和南方洪涝渍害地面沉陷塌陷型等三大类型区。分别用上海、北京、武汉作为三种案例地区, 讨论了以上三种城市灾害类型区的主要灾害及其地学背景, 指出除了自然地理的因素外, 人类在城市灾害致灾因素中也通过开采地下水、设计防洪排涝设施等行为表现出一定程度的作用。

**主题词** 城市; 自然地理; 自然灾害; 人为灾害; 中国

地学背景

## 1 中国城市灾害区域分布及其背景

城市灾害是人类面临最大的生活挑战之一。城市灾害在很大程度上受制于所处的自然地理背景。中国城市主要分布于东部沿海、北方及南方的平原地带。从已有的研究成果看, 不考虑城市极少的青藏高原, 中国城市灾害大体上可分为在自然地理背景上有较大差异的沿海、北方和南方三个区域, 各区域内的城市灾害性质有所不同。沿海区域包括辽宁、河北沿海、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、台湾、广西和海南诸省市的沿海城市, 灾害类型主要包括台风、龙卷风、风暴潮、暴雨、地面沉降、地震和环境污染等, 研究时取上海为案例。南方区域包括安徽、江西、湖北、湖南、四川、贵州、云南等省的城市, 灾害类型主要为洪涝渍害、地面沉陷(塌陷)、地震和城市污染等, 研究中以武汉为案例。北方区域包括其余东北、华北、西北各省区的城市, 灾害类型主要包括干旱、风沙、地面沉降、地震和环境污染等。

上述诸类灾害中, 地震和环境污染在所有区域都具有普遍性, 不受区域性影响。地面沉降也是中国城市的常见灾害, 但在不同区域中表现形式不同, 如沿海和北方表现为大面积的下沉, 南方城市主要以地面沉陷和塌陷为表现形式。城市灾害中, 台风和龙卷风、风暴潮、暴雨、干旱、风沙和洪涝渍害在不同的自然地理背景下特征不一, 表现为沿海城市以台风和龙卷风、风暴潮和暴雨为主, 北方城市以干旱和风沙为主, 南方城市以洪水渍害为主。

城市灾害是在一定的自然地理背景及环境、人口等社会经济背景下发生的。自然地理环境的恶劣程度、不稳定性及脆弱性, 在很大程度上决定了自然灾害的易发性; 而社会经济背景, 不仅是人为灾害发生的条件因子, 同时也影响到城市的承灾、防灾能力, 决定了灾害损失的大小<sup>[1]</sup>。图1给出了城市灾害类型与其所处的地理背景的关系, 例如风暴潮的地理背景

\* 中国科学院资源环境发展局重点项目资助研究

收稿日期 1996-09-18

包括地理位置、地貌(地势高低)、气象气候、水文因子、天文因子和城市防灾(排洪)设施等。所有城市灾害类型都受制于城市经济水平这一因素,它影响到城市灾害造成的损失的大小。

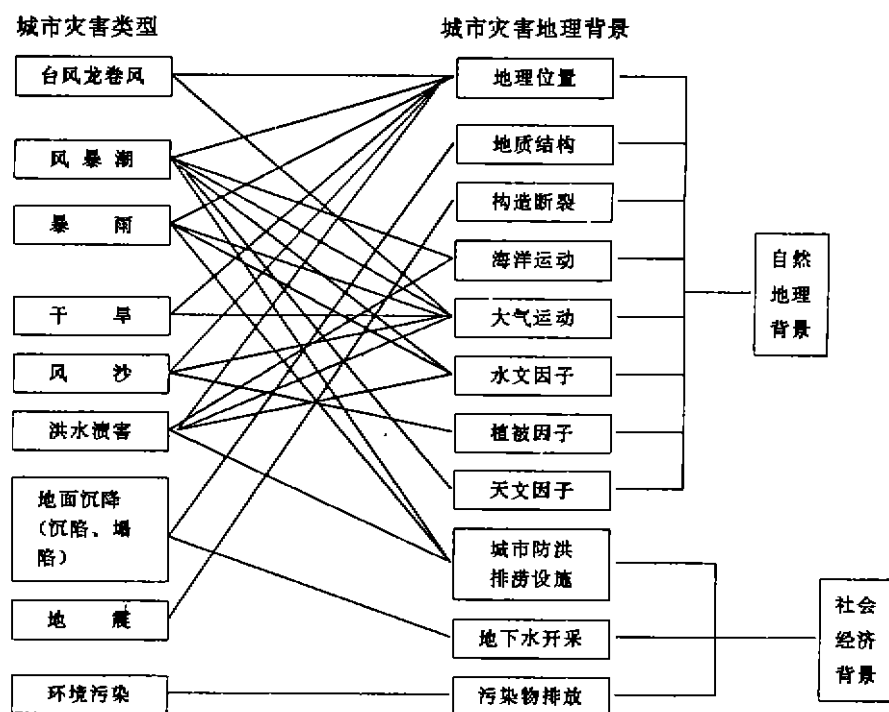


图1 中国主要城市灾害类型及其地学背景

## 2 沿海区域城市灾害地学背景分析

中国沿海区域的城市处于海陆交替的自然环境脆弱带上,城市灾害发生频率高,灾害面大。据不完全统计,仅从公元66年到1949年间,我国苏、沪、浙沿海造成万人以上死亡的风暴潮灾害至少就有29次。从我国南方的广西、广东、海南,到北方的山东、辽宁沿海城市,都受到台风、风暴潮等灾害的影响,处在中纬度的城市,如上海、杭州等,尤为严重。

在中国沿海城市中,上海城市灾害具有很好的代表性。该城市位于长江口地带,濒临东海,属于亚热带季风气候,地势低平。全市人口1300多万,是中国人口最多的城市。上海城市灾害中最典型的要数台风和龙卷风。统计结果可见,影响上海的台风发生的频率很高,平均每年有4.9次,其中造成严重影响的强台风平均每年也有1次。龙卷风在上海出现的季节以7~9月最多,平均每年出现的次数达108次,其中有部分造成灾害性影响。1950~1990年上海共出现灾害性龙卷风85次,直接经济损失近亿元。此外,风暴潮对上海也有严重影响,1962年8月随台风一起袭击上海的一次风暴潮使半个市区进水,仅外贸物资受潮产生的损失就达5亿元<sup>(2)</sup>。暴雨也是威胁上海城市的一类灾害,1880~1979年间,上海共发生暴雨日数

294 次, 平均每年约 3 次。仅 1959 年~1978 年, 就有 74 次超过 100 mm 的大暴雨。空间上除崇明岛外, 市境滨海地区多于内陆, 市中心多于郊区。上海自 1921 年发现有地面沉降现象以来, 至 1949 年的 20 余年间, 市区平均每年下降 2.4 cm。到 1956 年, 已增至每年 4.0 cm, 至 1961 年高达 11.0 cm, 其后下沉减缓。到 1965 年, 地面沉降量降至每年 5.9 cm。至此, 上海市地面沉降量最大地区已累计下沉 2.63 m, 在市中心和近郊形成了两个碟形沉降凹地, 沉积面积达到 400 km<sup>2</sup> 多。在这些下沉区域, 伴生相关灾害, 如潮水上岸、地面积水、桥基下沉、码头下沉、仓库进水、地下管道、管线和深井管扭曲变化、建筑物裂缝倾斜和验潮站水准基点高程降低等。

形成上述自然灾害的背景, 与上海地区的气象条件、天文潮、地势、城市防洪设施、地下水资源利用等条件有关。上海市每年夏末、秋初台风活动频繁, 加上冬季风等大风的作用, 常引起海水向岸运动和滨岸增水现象, 形成风暴潮的契机之一; 台风还是造成上海地区日降水量超过 50 mm 的暴雨的主要原因。由低纬度热带海面吹来的台风云团, 携带大量水汽, 易于形成暴雨。其次, 由于本区海陆风的影响, 夏季白天较凉爽的海风吹向城市热岛, 容易引起上升气流而降雷暴雨。长江口附近海滨潮汐为半日潮类型, 一般潮差在 2~3 m, 若遇天文高潮因素, 与大风因素结合, 更易形成风暴潮。

上海地区地势低洼, 大都位于海拔 5 m 以下, 市中心区的高程在 3.0 m 左右, 遇到特大高潮时, 市区几乎全在高水位以下, 易于引起海水淹没。加上排水能力不足, 洼地效应愈显突出。市区一些地区排水系统薄弱、设计标准过低、排水管道不畅、设施陈旧、排水能力严重不足(如静安、卢湾、南市等区), 积水现象常有发生。在范围广大的城乡接合部, 绝大部分还靠自流排水, 暴雨引起的积水现象也十分严重。

上海现在海塘工程总计长约 464.4 km, 顶高 3.8~9.2 m, 在现代海平面条件下, 抗御百年一遇风暴潮位(吴淞高程 5.74 m) 和 11 级或 12 级台风组合的海塘长度为 220.7 km, 占总长的 47.5%; 抗御 50 a 一遇、20 a 一遇和 15 a 一遇的海塘长度分别是 295.4 km、322.8 km 和 458.2 km, 说明上海大部分海塘工程仅能抗御 15 a 一遇的风暴高潮位。内河防洪墙几经加固, 初步达到百年一遇的防御能力, 但总体上与国外大城市千年一遇的防洪标准相比, 相当落后。

上海地面沉降灾害是在地质结构、构造运动和人为开采、回灌地下水等背景下发生的。上海地区第四纪以来是明显的沉降区, 堆积形成了 150~400 m 厚的第四纪疏松层, 在水文地质上形成了五层隔水层和潜水层组合。由于含水层物质组成颗粒较细, 地下水流速缓慢, 第一、二、三承压含水层之间水力联系密切, 承压水与潜水层间也有水力联系; 第二含水层以上又有三个易压缩的软粘土层, 这些是地面沉降的内因。地下水开采也是形成上海地面沉降的重要原因。1965 年以前, 主要开采第二、三含水层。第二含水层最低水位为 -37.37 m, 第三含水层为 -38.85 m, 形成了常年水位降落漏斗, 致使含水砂层脱水而压密。由于承压水头下降, 使上部压缩层失去静力平衡, 三个压缩层中孔隙水大量向下部第二、三含水层补给, 压力减小而产生压缩, 形成地面沉降。1965 年后, 地下水开采进入采灌时期, 主要采灌层次为第二、三、四含水层。由于回灌量增加, 地下水位逐年上升, 有时会形成反漏斗, 地面沉降有所减缓或略有回升。采灌井集中地区, 水位升幅大, 地面的回弹量也大。

### 3 北方区域城市灾害地学背景分析

我国江淮以北的广大地区,年降雨量小,河流径流量少,北面毗邻沙漠、戈壁地带,城市灾害以干旱缺水、风沙为主,另外也有地面沉降、地震和环境污染等灾害。近现代以来,由于城市发展、人口增加、工业用水及生活用水迅速增加,使中国北方区域城市在近数十年内普遍出现缺水问题。北京、济南、郑州、西安等城市,干旱缺水已成为制约城市发展的潜在威胁。黄河中下游流域甚至出现断流现象,地下水的开采导致济南泉城之名一段时期内徒有虚名。

北方城市还经常受到风沙的威胁。历史上就有不少北方城市因风沙肆虐而被迫丢弃的记载。风沙在中国历史文献中常被记作“雨土”,公元1278年曾发生过“雨土七昼夜深七八尺,没死牛畜”的灾害记载。历史上丝绸之路上的楼兰古国,就是因为罗布泊萎缩引起风沙侵袭而于公元4世纪被迫放弃。目前,北京、西安、兰州、沈阳等北方大城市,每年冬春时节,常会受到尘暴的侵袭<sup>[2]</sup>。

北京作为中国的首都,城市规模巨大,人口达到1 000万人以上。西部和北部群山环绕,东南部是一片缓倾斜的平原。气候为暖温带大陆性半干旱半湿润季风气候,多年平均年降水量641 mm。但由于降水过于集中,冬春季降水极少,干旱缺水问题十分突出。北京在地理位置上距内蒙古高原较近,风沙灾害分布较多。从1951~1990年的统计,各种风沙现象(沙尘暴、扬沙和浮尘)共1 318次,平均每年33次,其中尤以沙尘暴的危害最为严重,在市域内各区县的分布也很普遍<sup>[3]</sup>。因为城市用水紧张,北京城市地下水的开采引起的地面沉降现象也较严重,总沉降面积已达440 km<sup>2</sup>,东郊最大沉降量累计已达350 mm。

形成上述城市灾害的地理背景主要是由气候原因和人类经济活动强度等共同决定的。北京等北方城市降水特点是造成干旱缺水的主要自然原因。北京降水年际变幅大,1959年最高降水量1 406.0 mm,而1965年最低降水量仅为261.5 mm,二者相差达5.4倍。年降水相对变率也很大,达到29.5%,超过25%的标准。降水的季节分配严重不均,夏季占全年降水量的75.2%,而冬季仅占1.9%。与年降水量相比,年蒸发量(1 838.7 mm)超过降水,为同期年均降水量的2.87倍,尤其冬季平均干燥指数达14.3。在农作物播种需要用水的春季,降水量少(仅占全年的10.1%)且出现较晚,进一步加重了春旱。

北京城市的干旱不仅造成用水紧张,同时也是城市风沙灾害的原因之一。在冬、春两季干旱季节,地面十分干燥,易于形成风沙。在春季冷暖气团交替频繁时,多大风天气,大风日数平均每年25.7次,为风沙灾害提供了动力。北京市西北方向为沙漠、戈壁分布区,每年的西北风携带大量泥沙,另外,由于历史上永定河下游的多次决口,也为风沙灾害提供了沙源。此外,植被覆盖情况也影响到风沙灾害的发生和分布。在8、9、10三个月中,地面植被较好,风沙灾害相对较少,沙尘暴日数为零。而在冬春两季,地面裸露,浮尘、扬沙天气均占全年的80%以上,尤其在春季,风、旱同季,蒸发强烈,遇到风极易形成风沙灾害天气。

北京市近郊目前开采的含水层,主要位于地面以下120 m的层位。1970年以来,整个城市近郊地下水开采过量,至1980年开采量已达多年平均补给量的2倍以上,形成了地下水下降漏斗,并逐年扩大,进而连接成为区域性地下水位下降漏斗。水位下降超过1 m的范围已

遍及整个城近郊,并与东部的通县漏斗、东北部首都机场漏斗相连且继续扩大<sup>[3]</sup>。过去数十年中,对地下 20~120 m 的第一、二承压含水层的连续开采,使地下水头以每年 1~2 m 的速度下降。近年来,已转向对地下 150 m 的第三承压含水层的开采,形成新的地下水位漏斗。由于上述开采行为,导致地下承压减少,造成北京城市地面的沉降。

#### 4 南方区域城市灾害地学背景分析

我国南方区域内的城市多位于河湖水系发达区位。特殊的气候、水文和地貌条件,使南方城市的特征灾害有别于沿海地区和北方地区,形成了洪涝渍害、地面塌陷等区域性城市灾害。

武汉市位于长江中游的江汉平原,是中南地区特大城市和经济中心。这里气候属亚热带湿润季风气候,降水丰富,市区内河湖发育,长江流经市区。正是这样的地理条件造成城市灾害以洪涝渍害最为严重。据汉口建立气象站的 120 多年来的记载,特大暴雨洪涝渍害达 14 次。1982 年 6 月 19~21 日所降特大暴雨,使市区 50% 以上面积受渍,最大水深 1.8 m,半数以上企业停产,损失惨重。暴雨洪涝渍害以外,武汉还存在斑点状不均匀沉陷、塌陷灾害。这些沉陷现象多分布在一级阶地的沿江高河漫滩,尤其集中在老城生活区,造成建筑物倾倒,墙壁裂缝、拉开和地面不均匀沉陷。塌陷灾害则是南方喀斯特地区城市面临的另一种自然灾害。

降水和排涝的矛盾是中国南方城市暴雨洪涝灾害的主要致灾背景。南方城市降水量大并多集中于 6~8 月,如武汉多年平均降水量 1 204.5 mm,6~8 月的降水就占 40.5%。上游洪水过境造成的水位高、洪水时间长是武汉面对的另一个压力。120 a 来的统计资料表明,超过市区设防水位 (24.5 m) 的年份就有 89 次,超过警戒水位的 29 次 (表 1)。

表 1 武汉市高水位出现次数统计

水位 (m)	出现次数	出现年份及最高水位
≥29.73	1	1954-08-18 (29.73 m, 上下游分洪溃口水位)
≥28.28	2	1954-08-18、1931-08-19 (28.28 m, 危险水位)
≥27.0	12	1954、1931、1983 (28.11 m) 1980 (27.76 m) 1935 (27.58 m) 1870 (27.55 m) 1968 (27.39 m, 超过紧急水位 0.09 m) 1969 (27.19 m) 1949 (27.12 m) 1937 (27.06 m) 1948 (27.03 m) 1869 (27.0 m)
≥26.3	29	市区警戒水位
≥24.5	89	市区设防水位

水位高的威胁之外,洪水持续时间长更增加了武汉城市洪涝灾害的程度。以 1954、1931 和 1983 年三次洪水为例,水位在市区设防水位以上的汛期分别长达 146 d、102 d 和 94 d;在警戒水位以上的汛期分别为 96 d、66 d 和 34 d;超过紧急水位的分别为 81 d、36 d 和 20 d;1954 年超过危险水位的时间也达 50 d,1931 年为 1 d。

武汉城市地势低平,不少建筑物就建立在低洼地带,每遇暴雨洪水,极易造成渍害。据不完全统计,全市海拔低于 19.50 m 的面积占 10.38%,低于 25.5 m 的面积占 56.2%,低于 29.5 m 的占 67.7%,即有一半以上的地面低于城市紧急水位近 1 m,可见洪涝渍害威胁之严重。另一方面,城市的堤防工程和排洪能力却不足。武汉长江堤防全长 189 km,市区确保干堤为 178.53 km,其中土堤长 143.13 km,占 80%,防水墙 35.4 km,仅占 20%,形成了汉口、武昌、汉阳三个独立的防洪体系。但由于武汉市堤防是在原有的旧堤上修建而成,堤基不良,堤身单薄,填筑质量较差,防洪能力甚低,险段较多。排水设施不全,市郊河道建闸筑坝截流堵水,影响排洪;市区排水管道普及率低,泵站抽排能力严重不足。这些原因都更增强了城市的洪涝灾害。

武汉城市地面沉陷的原因,与上海、北京等地不同。这里地表之下在 5~30 m 纵深内常见有一层至数层淤泥质软粉土及淤泥质的透镜体,组成该透镜体的物质具有较强的亲水性,受降水侧浸呈流塑状态,具有蚀变特征,在人为抽取地下水及震动影响下,导致地面不均匀沉陷。另外,武汉等南方城市地表疏松沉积物之下常有隐伏的埋藏喀斯特洞穴,也会引起地面塌陷。例如武汉地下有四条呈带状分布的喀斯特洞穴,洞穴中饱含地下水,其中两条从武昌至汉口,另两条从武昌至汉阳。由于抽取地下水后,致使喀斯特洞穴塌陷,引致地面随之塌陷。

### 参 考 文 献

- 1 王凤慧. 论自然灾害及减灾对策的地理学研究. 地理学与国土研究, 1993, 9(1)
- 2 贺大良, 等. 北京地区风沙活动的现状. 地理研究, 1991, 10(4)
- 3 京津渤区域环境综合研究组. 京津渤区域环境演化、开发与保护途径. 北京: 科学出版社, 1989

## AN ANALYSIS ON GEOGRAPHICAL BACKGROUNDS OF DISASTERS IN CHINA URBAN AREAS

Wu Bihu Peng Jialiang Wang Zheng Liu Jiaming  
(East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract** According to an analysis of differences among disaster-generating elements, the authors regionalized China's urban disasters into three basic types. (a) the Coastal (with typhoon, storm, flood and waterlogging and ground subsidence), (b) the Northern (with arid, wind blowing dust, sand storm and ground subsidence), and (c) the Southern (with flood, waterlogging and ground sinking). Taking Shanghai, Beijing and Wuhan as three cases, the authors analyzed each city's main physical disasters and their geographical backgrounds and human impacts on the occurrence of these disasters by activities such as underground water extraction and flood prevention.

**Key words** Urban areas, Geography, Natural disasters, Man-made disasters, China