赵 晓,陈思莉,李晨旭,等.2005~2022 年我国突发环境事件时空演变趋势及事件特征 [J]. 中国环境科学, 2025,45(7):4135-4144.
Zhao X, Chen S L, Li C X, et al. Spatiotemporal variability and characteristics of environmental emergencies in China from 2005 to 2022 [J]. China Environmental Science, 2025,45(7):4135-4144.

2005~2022 年我国突发环境事件时空演变趋势及事件特征

赵 晓,陈思莉,李晨旭,赵熠辉,常 莎,陈 明,邴永鑫* (生态环境部华南环境科学研究所(生态环境部生态环境应急研究所),广东 广州 510535)

摘要：基于 2005~2022 年生态环境部直接调度的突发环境事件统计数据,使用空间重心转移曲线等工具,分析了我国突发环境事件的时空演变趋势,结果表明:我国突发环境事件总数整体呈下降趋势;突发环境事件重心向西南迁移,近17年移动距离约734km;中部地区的湖北、山西等省份逐渐取代浙江、广东、江苏等省份成为新的突发环境事件高发省份.通过对突发环境事件的诱因、污染介质、污染物等特征进行分析,发现:生产安全事故为突发环境事件第一大诱因,占总数的 45.12%,其次为交通事故,近两年占比超过生产安全事故;流域突发水环境事件是最常见的突发环境事件,且重特大突发环境事件中,约77.55%为突发水环境事件;石油类和重金属是突发环境事件中两类常见的污染物,涉石油类和重金属污染的事件分别占事件总数的16.31%和5.88%,而在较大及以上突发环境事件中,涉重金属事件的比例高于石油类.

关键词：突发环境事件；时空演变趋势；诱因；介质；污染物
中图分类号：X507 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6923(2025)07-4135-10

Spatiotemporal variability and characteristics of environmental emergencies in China from 2005 to 2022. ZHAO Xiao, CHEN Si-li, LI Chen-xu, ZHAO Yi-hui, CHANG Sha, CHEN Ming, BING Yong-xin* (South China Institute of Environmental Science, Ministry of Ecology and Environment (Research Institute of Eco-Environmental Emergency, Ministry of Ecology and Environment), Guangzhou 510535, China). *China Environmental Science*, 2025,45(7)：4135~4144

Abstract：Based on the statistical data of environmental emergencies directly dispatched by the Ministry of Ecology and Environment from 2005 to 2022, this study used the standard deviation ellipse and mean center to explore the spatiotemporal variability of environmental emergencies, the results showed that the total quantity of environmental emergencies in China exhibited a downward tendency. The spatial mean center of environmental emergencies moved to the southwest of China, spanning a total distance of 734 kilometers in the past 17years, Hubei and Shanxi provinces had replaced Zhejiang, Guangdong and Jiangsu provinces as new high-incidence regions. Through the analysis of the characteristics of environmental emergencies, including the causes, pollution media and pollutants, it is found that production safety accidents were the primary cause of environmental emergencies, accounting for 45.12% of the total, followed by traffic accidents, which had surpassed production safety accidents in proportion over the past two years. Water pollution incidents were the most frequent environmental emergencies, and among the particularly major and the major environmental emergencies, water pollution incidents accounted for about 77.55%. Petroleum and heavy metals were two common pollutants in environmental emergencies, accounting for 16.31% and 5.88% of the total incidents, respectively. In the major and above level environmental emergencies, the proportion of heavy metals was higher than that of petroleum.

Key words：environmental emergencies；spatiotemporal variability；cause；environmental media；contaminant

突发环境事件是指由于污染物排放或自然灾害、生产安全事故等因素,导致污染物或放射性物质等有毒有害物质进入大气、水体、土壤等环境介质,突然造成或可能造成环境质量下降,危及公众身体健康和财产安全,或造成生态环境破坏,或造成重大社会影响,需要采取紧急措施予以应对的事件[1],其扩散速度快,影响范围广,应急处置难度高,且易于造成较为严重的生态破坏和社会影响.近年来随着我国环境应急管理工作的快速发展,环境风险防范管理成效显著,突发环境事件的总量逐年下降,趋势变缓.然而,突发环境事件多发频发的高风险态势没有根本改变,重大突发环境事件时有发生,且态势复杂,处置难度高.次生突发环境事件高发,如涉危化品安全事故[2]、生产安全事故等,饮用水水源地受突发环

收稿日期：2024-11-13
基金项目：国家重点研发计划项目(2022YFC3705004);中央级公益性科研院所基本科研业务专项(PM-zx703-202406-208)
* 责任作者, 高级工程师, bingyongxin@scies.org

境事件影响突出[3],事件空间分布区域聚集特征明显[4],涉水事件比例高[5],环境应急面临的形势依然严峻.

通过对历史突发环境事件的时空分布以及突发环境事件特征进行分析,探索突发环境事件变化规律,可为环境应急管理提供参考.近年来,国内学者针对全国环境污染事件的时空变化特征开展了相关研究.赵雪雁等[6]发现 2006~2016 年省级尺度环境污染事件频次和不同等级环境污染事件频次均呈波动下降趋势,其发生频次和区域差异性均呈“东-中-西”洼地型格局.许静等[7]根据 2006~2016 年间 874 起突发水污染事件数据,分析得出我国突发水污染事件空间分布分异较明显,高频地区为华东、西南和华南三大地区,高频流域为长江流域、珠江流域和浙闽片河流.李旭等[4]研究表明 2011~2017 年,我国突发环境事件发生次数总体呈下降趋势,一般环境事件是主要事件级别.余光辉等[8]利用空间自相关性和时空地理加权回归模型分析突发环境事件的空间依赖关系,发现中国省域突发环境事件存在明显的空间依赖特征而并非完全随机状态,属于突发环境事件的“高-高”类型的省份大多集中在沿海地区和中部.Du 等[9]使用时空加权和物理回归分析方法分析表明中国环境风险的重心正在发生转移,建议不同地区的环境事件关注点应有所不同,以降低中国发生环境事件的风险.上述研究表明我国突发环境事件总数整体呈下降趋势,高频区域集中在华东、西南和华南等地区,且在省级尺度存在明显的空间依赖性.但上述研究大多基于《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》以及各省市相关门户网站发布的信息,信息量有限且研究的时间跨度较短,未能揭示长时间尺度下的突发环境事件时空变化特征.

此外,部分学者基于各类统计数据讨论了经济发展、产业结构、污染排放、污染治理投资、环境监管能力等因素对突发环境事件频数的影响.例如丁镭等[10]通过分析 1995~2012 年中国突发性环境污染事件影响因素,环境污染事件的发生与污染物的达标排放和控制、经济发展阶段及环境治理投入、环境监管能力、空间效应等因素有关.杨洁等[11]研究表明环境污染事故频数变化是由各因素共同作用的结果,在不同时期各因素对污染事故频数变化所发挥的效应不同.可见,突发环境事件的频数可能受多种因素共同影响,而具体影响作用机制尚未厘清,且相关研究仅探讨了各因素对突发环境事件总频数的影响,缺乏对突发环境事件的主要诱因、污染介质、污染物类型等各项典型特征的分析,不同因素作用下突发环境事件具体表现为何种典型特征的变化尚不清楚.

本文依据生态环境部调度的突发环境事件统计数据,揭示 2005~2022 年长时间尺度下全国突发环境事件时空演化特征,并深入分析突发环境事件污染介质、诱因、污染物类型等特征,为突发环境事件预防、环境应急管理及后续关于突发环境事件影响机制的深入研究提供参考.

1 数据来源和研究方法

1.1 数据来源

历年的环境污染事件相关统计数据来源于《中国环境统计年鉴》和生态环境部调度的突发环境事件.研究范围未包括香港和澳门特别行政区、台湾省以及钓鱼岛、三沙市等地区.

1.2 研究方法

1.2.1 描述性统计 利用描述性统计对全国突发环境事件发生次数的动态变化趋势及事件的基本特征进行分析.

1.2.2 空间重心转移曲线[12] 区域属性重心在地理学和空间分析方法中有其重要意义:①可以表达地理属性分布的位置;②与区域几何重心对比,能够发现地理属性发生的热区;③通过计算多时相的区域属性重心,能够分析地理属性发展演化的规律、格局.空间重心转移曲线用于描述区域事物分布的时空特性和转移方向,作为可以直观展示地理属性时空变化的工具,已经被广泛用于经济[13]、土地利用[14-15]、人口[16-17]、工业排放[18-20]、疾病[21]等要素的时空变化特征分析.本文选用标准差椭圆(SDE)方法及区域重心分析法(重心转移距离)来度量生态环境部直接调度突发环境事件空间分布及转移特征,通过重心位置、椭圆面积、长短轴、方位角等核心要素揭示突发环境事件分布的中心性、展布性、方向性和空间形态等特征.其中重心表示地理要素空间分布的相对移动轨迹,标准差椭圆的面积表征地理要素的集散程度,面积越大,表示越分散,椭圆的长

半轴表示的是数据分布的方向,短半轴表示的是数据分布的范围,长短半轴的值差距越大,表示数据的方向性越明显.方位角表示地理要素发展的主趋势方向[22].空间重心转移的距离公式为:

$$L=R\sqrt{\left(x_i-x_j\right)^2+\left(y_i-y_j\right)^2}$$

式中:L 为环境污染事件重心点之间的转移距离;R 为常数项,是将地球表面坐标单位(°)转化为平面距离(km)的系数,通常取 111.111km;x_i、x_j,y_i、y_j 分别表示第 i 年和 j 年的重心点的经、纬度值.

空间重心转移的速率公式为:

$$v=\frac{L_{j-i}}{j-i}$$

式中:v 为第 i 年到第 j 年重心点的迁移速率,$L_{j\text{-}i}$ 是从第 i 年到第 j 年重心点的迁移距离.

2　结果与讨论

2.1　中国环境污染事件时空演化

2.1.1　突发环境事件时间演化　2005~2022 年间,生态环境部直接调度的突发环境事件总数为 1649 起,结合全国突发环境事件总数,从时间变化尺度分析我国突发环境事件发展变化情况,大致可分为 3 个阶段(图 1).

第一阶段为 2005~2009 年,突发环境事件总数大幅下降,主要由于 2005 年松花江水污染事件后,国务院出台了《国家突发环境事件应急预案》,全面规范了突发事件应急响应工作,并成立了应急管理专门部门[9],各地区建立健全突发环境事件应急机制,提高政府的应急能力和减缓事件损失起了重要作用[23].同时预案中规范了信息报送等环节,使得生态环境部直接调度突发环境事件总数在这阶段呈现上升趋势.

第二阶段为 2009~2013 年,此阶段突发环境事件总数上升,可能与西部大开发战略带来的区域产业(经济活动)转移有关,高污染企业(包括大量中小企业)的快速上马与疏于调控管理的环境政策滋生了环境污染事件的发生,如2009年和2012年的陕西凤翔儿童血铅超标事件等均与高污染企业西迁关系密切[10].但生态环境部直接调度的突发环境事件数量下降,可能由于部分事件影响较小,尚未达到定级标准,未列入生态环境部直接调度事件的统计范围.

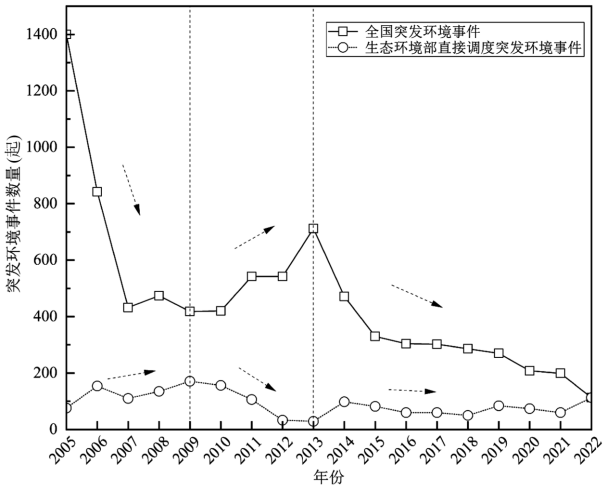


图 1　2005~2022 年突发环境事件总数年际变化

Fig.1　Interannual variation of total environmental emergencies in China from 2005 to 2022

第三阶段为 2013~2022 年,全国突发环境事件总数呈逐渐下降趋势,生态环境部直接调度突发环境事件总数平稳波动.主要由于国家相关环保政策法规的实施,例如《突发事件应急预案管理办法》(2013 年出台)、《企业突发环境事件风险评估指南(试行)》(2014 年印发)、《行政区域突发环境事件风险评估推荐方法》(2018 年出台)、《突发环境事件应急管理办法》(2015 年出台)等,政策法规从构建全过程突发环境事件应急管理体系出发,采取经济手段控制污染物排放、指导企业开展自身风险评估和防控,有效预防了区域突发环境事件的发生[24].

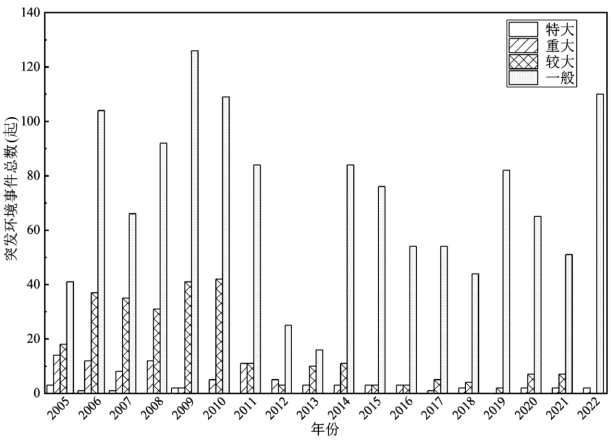


图 2　2005~2022 年突发环境事件等级年际变化

Fig.2　Interannual change of the level of total environmental emergencies in China from 2005 to 2022

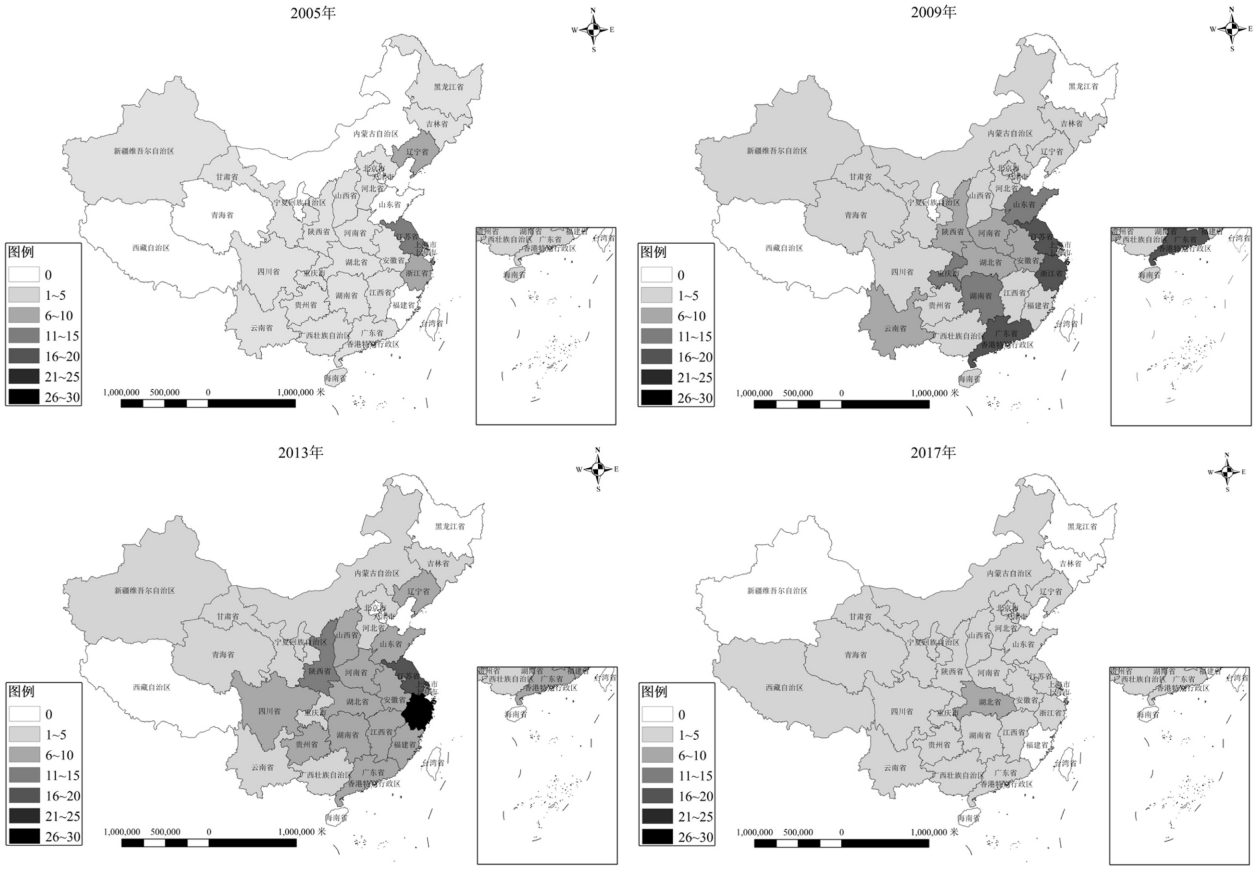
从生态环境部直接调度突发环境事件等级的

年际变化来看,如图 2 所示,一般突发环境事件的变化趋势与生态环境部直接调度事件总数基本一致,最高值和最低值分别位于 2009 年和 2013 年,2012 年和 2013 年一般突发环境事件的数量降低是导致突发环境事件总数降低的直接原因.2013 年后,一般突发环境事件占比均高于 85%,且 2009 年以后,全国未发生特别重大突发环境事件,说明全国各区域环境风险防控和应急水平的提高,有效降低了事件的环境风险等级.但是 2019~2022 年均有 2 起重大突发环境事件发生,提醒未来应聚焦复杂性环境风险防范和重大事件的应对[25].

2.1.2 突发环境事件空间演化 选择 2005 年(起始年)、2009 年(第一阶段结束年)、2013 年(第二阶段结束年)、2022 年(结束年)作为典型年,利用 ArcGIS 工具绘制典型年 31 个省、自治区和直辖市的突发环境事件总数,由于 2013 年与 2022 年间隔较长,补充 2017 年(中间年)作为典型年.

从图 3 可知:①5 个典型年的突发环境事件超过 10 起的省份分别有 1、6、3、0 和 2 个,突发环境事件发生的高频区域数量总体呈先上升后下降趋势;②2005~2022 年,西部和东北地区的突发环境事件总体数量相对较少,东部沿海地区、南部沿海地区、长江中游地区和黄河中游地区环境事件发生率总体较高,这主要由于制造业和高风险产业较多的地区更容易发生环境事件[26];③2005 年~2013 年突发环境事件高频区域多位于东部和南部沿海地区,主要为江苏、浙江、广东等经济发达省份.而 2017~2022 年高频区域主要位于中部地区,集中在湖北、山西等省份.说明突发环境事件高发区域呈现从东部、南部沿海地区向中部地区转移的趋势.

使用 ArcGIS 空间分析模块的 SDE 标准差椭圆来绘制突发环境事件发生的重心转移轨迹曲线,根据式(1)和(2)计算各个年份的突发环境事件重心迁移距离和迁移速率.由图 5 和表 1 可知,2005~2022 年,突发环境事件空间重心分布在 109.8454°E~114.2339°E,31.52065°N~33.66724°N,集中在河南、湖北、重庆等中部省区,并且一直处于中国几何中心(103.50°E,36°N)的东南方向,表明中国东部和南部地区是突发环境事件的高发地区.



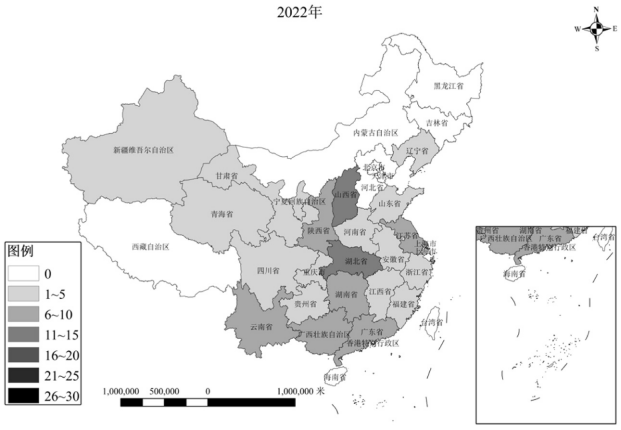


图 3　各典型年突发环境事件数量空间分布

Fig.3　Spatial distribution map of the number of environmental emergencies in typical years

审图号:GS 京(2022)1061 号

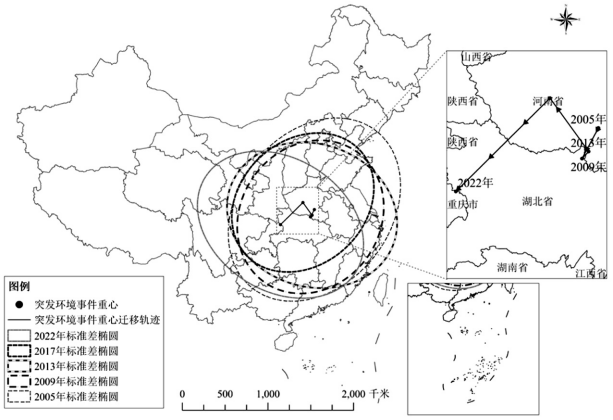


图 4　2005 年~2022 年突发环境事件空间重心转移轨迹

Fig.4　Distribution map of the spatial center of gravity shift of environmental emergencies during 2005~2022

审图号:GS 京(2022)1061 号

从重心迁移轨迹看,突发环境事件重心整体向西南移动,近 17 年移动距离共计 734km.从图 4 可以看出 2005~2022 年突发环境事件重心转移主要分为 3 个阶段:①2005~2009 年为向西南迁移阶段,迁移距离约 102km,标准差椭圆的面积逐渐变小,说明突发环境事件的空间集聚性逐渐增强.可能由于此阶段工业发展速度较快,突发环境事件主要集中在江苏、浙江、广东等经济发达省份.②2013~2017 年为向西北迁移阶段,迁移距离约 192km,标准差椭圆的面积逐渐变小,说明突发环境事件的空间集聚性逐渐增强,此阶段突发环境事件高发省份由江苏、浙江等省份逐渐向湖北、河北等省份迁移.③2017~2022 年为向西南迁移阶段,迁移距离为 410km,迁移速率最快,突发环境事件的重心也由河南、湖北迁移至重庆.空间异质性变高,根据标准差椭圆的转角,可以看出此阶段突发环境事件分布呈西北−东南方向.高发省份主要为山西、湖北、湖南、广东等省份,浙江省逐渐退出高发省份行列.

表 1　2005 年~2022 年突发环境事件空间重心转移轨迹信息

Table 1　Information of the spatial center of gravity shift of environmental emergencies during 2005~2022

年份	标准差椭圆				重心移动		
	重心经度(°)	重心纬度(°)	转角(°)	面积(km^2)	方向	距离(km)	速率(km/a)
2005	114.2339	32.83365	38.36147	3265270			
2009	113.6616	32.11776	35.4232	2384900	西南	101.8356	25.4589
2013	113.8775	32.27784	107.9161	2638910	东北	29.86326	7.46582
2017	112.8503	33.66724	47.9452	2064960	西北	191.9848	47.9962
2022	109.8454	31.52065	122.4574	2522140	西南	410.3145	82.0629

综上所述,生态环境部直接调度突发环境事件主要集中在我国东部和南部地区,浙江、江苏、广东等经济发达省份为突发环境事件高发省份,这可能由于经济发达地区环境风险企业数量更多,交通运输量更大,且水系发达,易发生生产安全和交通运输事故次生突发环境事件.但随着浙江、江苏、广

东等省份环境应急管理水平的提高和高污染企业的迁移,突发环境事件重心整体向西南移动,中部的湖北、山西等省份逐渐成为新的突发环境事件高发省份.

2.2 突发环境事件特征分析

2.2.1 突发环境事件诱因分析 通过统计 2005~2022 年生态环境部调度的 1649 起突发环境事件的不同诱因及占比(表 2)可知:生产安全事故引发的突发环境事件数最多,占总数的 45.12%;交通事故引发的突发环境事件数量仅次于生产安全,占总数的 26.85%,违法排污和自然灾害引发的突发环境事件数分别占总数的 10.79%和 5.88%.

表 2 2005~2022 年突发环境事件诱因统计

Table 2 Statistical table of causes of environmental emergencies during 2005~2022

诱因	生产安全	交通事故	违法排污	自然灾害	其他原因
突发环境事件(起)	744	443	178	97	186
不同诱因事件占比(%)	45.12	26.86	10.79	5.88	11.28

从不同诱因突发环境事件占比年际变化来看(图 5):①2006~2020 年,生产安全均为突发环境事件第一大诱因.近些年,尤其是 2019~2022 年,交通事故引发的突发环境事件占比尤为突出,2021 年和 2022 年由交通事故引发的突发环境事件数量超过生产安全.且与生产安全等引发的突发环境事件相比,交通事故引发的突发环境事件往往直接进入外环境,易造成水、土壤污染[27];②自然灾害引发的突发环境事件从时间序列上无明显的规律性,但随着近十年来极端天气增加,自然灾害引发的次生突发环境事件影响加大[28],如 2021 年河南郑州“7·20”特大暴雨引发河南省三门峡市五里川河锑污染事件[29];2022 年暴雨引发贵州盘州市宏盛煤焦化有限公司“2·7”洗油泄漏事件[30]等.

从不同等级突发环境事件各类诱因占比(图 6)可以看出,特别重大和重大突发环境事件中,违法排污引发的突发环境事件占比最高,约 44%,其次为生产安全,占比约 29%.较大等级突发环境事件中,生产安全为第一大诱因,占比为 32%,其次为违法排污.一般等级突发环境事件中,安全生产仍为第一大诱因,占比约 49%,其次为交通事故.可见,违法排污引发的事件后果一般较为严重,且此类事件难以及时发现,发现时往往已经造成了严重后果,例如影响水源地供水[31]、造成跨界断面水质超标[32]等.

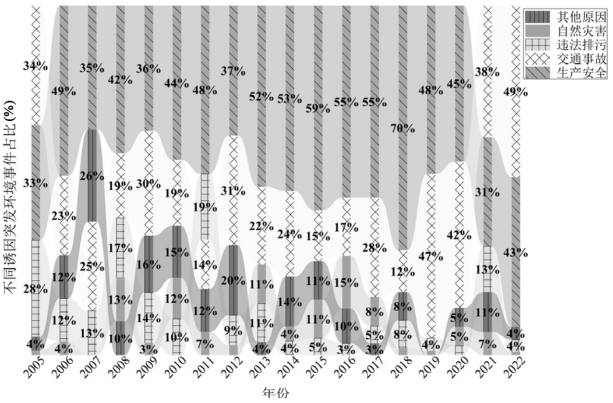


图 5 不同诱因突发环境事件百分比

Fig.5 Banded chart of percentage of environmental emergencies with different causes

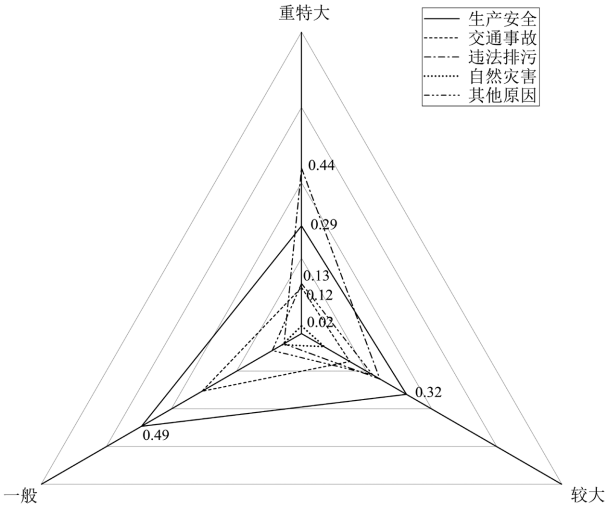


图 6 不同等级突发环境事件诱因占比分布

Fig.6 Distribution of different causes in different levels of environmental emergencies

可见,2005~2022 年由不同诱因引发的突发环境事件数量大小排序为:生产安全>交通事故>违法排污>其他原因>自然灾害,生产安全为突发环境事件首要诱因,但在重特大(指特别重大和重大)突发环境事件中,违法排污引发的事件占比最高,生态环境部门应加强执法监督,对企业定期进行警示教育,杜绝违法排污事件的发生.近些年交通事故引发的突发环境事件占比逐渐突出,中部地区的湖北、山西等省份作为危化品道路运输事故次生突发环境事件高发地区[2],未来应重点防控该类突发环境事件的发

生.同时由于近 10 年来极端天气增加,自然灾害引发的次生突发环境事件影响加大,环境应急管理部门应做好隐患排查,加强应急演练,提高妥善应对各类突发状况的能力.

2.2.2　突发环境事件污染介质分析　统计 2005~2022 年生态环境部调度的 1649 起突发环境事件及重特大突发环境事件涉及的污染介质,由表 3 可知:1649 起突发环境事件中,约 926 起涉及到水污染,占突发环境事件总数的一半以上,其次是大气和土壤污染,分别占总数的 44.03%和 12.67%.重特大突发环境事件,约 77.55%涉及到水污染,可见相比于大气和土壤污染,突发水污染事件不仅数量多,且易造成严重后果,流域突发污染事件若未及时妥善处理,可能导致跨省、跨国界污染,产生极大社会影响[33].

表 3　2005~2022 年突发环境事件污染介质统计

Table 3　Statistical table of pollution media of environmental emergencies during 2005~2022

污染介质	水	土壤	大气
突发环境事件(起)	926	209	726
不同污染介质占比(%)	56.16	12.67	44.03
重特大突发环境事件(起)	76	7	21
不同污染介质占比(%)	77.55	7.14	21.43

根据 2005~2022 年突发环境事件污染介质的百分比(图 7),可以看出:除个别年份外,突发环境事件中涉及水污染的比例最高,流域突发水环境事件的应急处置一直是环境应急的重点工作;2021~2022 年突发环境事件中涉及土壤污染的比例高于大气污染,而土壤污染易引发次生地下水和地表水污染,尤其在喀斯特地区,土壤、地下水、地表水交互较为强烈,复杂的污染路径使得污染溯源、态势研判和应急处置难度大大增加[30].相比于地表水,关于土壤和地下水突发环境事件应急处置技术的相关研究还较为欠缺.

可见,突发环境事件涉及的污染介质总数大小排序为:水>大气>土壤,流域突发水环境事件仍是最常见的突发环境事件,且重特大突发环境事件中,约 77.55%为突发水环境事件,生态环境部基于多年的实战经验总结凝练形成“南阳实践”“以空间换时间”思路,并在全国重点流域开展“一河一策一图”工作,为妥善应对突发水污染事件奠定了基础.近些年土壤污染占比增高,土壤污染次生地下水和地表水污染事件复杂,处置难度高,实战经验少,应成为环境应急领域未来基础研究的重点方向之一.

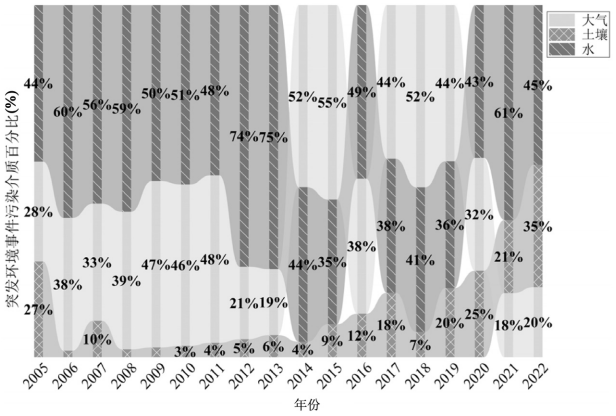


图 7　突发环境事件污染介质百分比

Fig/7　The percentage of pollution media in environmental emergencies

2.2.3　突发环境事件污染物类型分析　突发环境事件涉及的污染物种类较为复杂,针对重金属和石油类这两种污染物的相关特征进行分析.统计 2005~2022 年生态环境部调度的突发环境事件涉及的污染物类型,结果见表 4,1649 起突发环境事件中,约 269 起事件的污染物类型为石油类,占事件总数的 16.31%,约 97 起事件的污染物类型为重金属,占事件总数的 5.88%.

表 4　2005~2022 年突发环境事件污染物类型统计

Table 4　Statistics of pollutants in environmental emergencies during 2005~2022

污染物类型	石油类	重金属	其他
数量(起)	269	97	1283
占比(%)	16.31	5.88	77.81

从不同等级突发环境事件涉及的污染物类型来看(图 8),特别重大、重大和较大突发环境事件中,涉重金属污染的事件数量均高于石油类.特别重大和重大突发环境事件中,重金属和石油类污染分别占事件总数的 26%和 19%,较大突发环境事件中,重金属和石油类污染分别占事件总数的 14%和 12%,可见相较于石油类污染,涉重金属污染往往造成的后果更严重,因此,生态环境部门应加强对涉重金属企业、尾矿库的监管,减少涉重金属污染突发环境事件的发生.

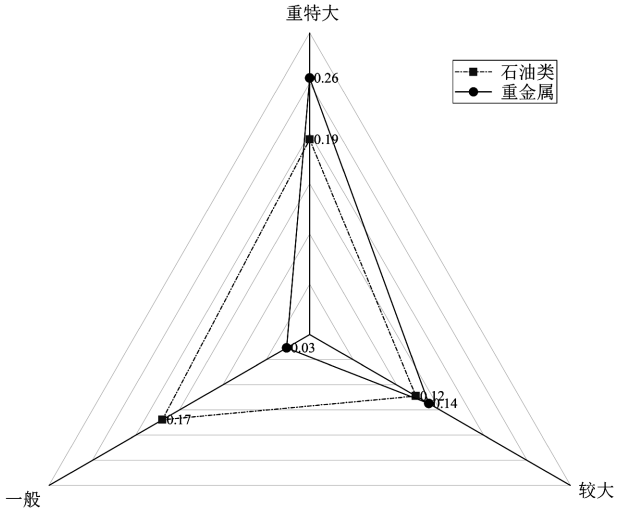


图 8 不同等级突发环境事件污染物类型

Fig.8 Distribution of pollutant types in different levels of environmental emergencies

3 结论

3.1 2005~2022 年我国突发环境事件高频地区主要集中在东部和南部地区,突发环境事件重心整体向西南移动,中部地区的湖北、山西等省份逐渐成为新的突发环境事件高发省份.中部地区各省份应提升环境应急管理能力,加强对突发环境事件的预防与应对,培养锻炼应急队伍,加强应急物资储备.

3.2 生产安全事故为我国突发环境事件首要诱因,生态环境部门应做好隐患排查,督促企业建立健全突发水污染事件防控体系.其次是交通事故,且近些年交通事故引发的突发环境事件占比逐渐突出,各地生态环境部门可与交通部门建立信息共享机制,对区域内涉及重要环境敏感目标的路段开展风险评估,推动在高风险路段建设事故废水收集设施.此外由于近十年来极端天气增加,自然灾害引发的次生突发环境事件影响加大,环境应急管理部门应加强对台风、地震等自然灾害下各类突发环境事件的应对,做好应急演练,妥善应对各类突发状况.

3.3 流域突发水环境事件仍是我国最常见的突发环境事件,且在重特大突发环境事件中占比超四分之三.除单一水污染事件外,土壤污染次生地下水和地表水污染事件更为复杂,处置难度更高,如何快速处置、妥善应对应成为环境应急领域的研究方向之一.近些年全国重点流域“一河一策一图”工作的开展为有效应对突发水污染事件奠定了基础,未来还应加强对突发水污染事件预警感知体系等的研究.

3.4 石油类和重金属是突发环境事件中常见的两类污染物,涉石油类污染的突发环境事件总数高于重金属,但涉重金属污染的突发环境事件等级更大,未来应加强对涉重金属企业、尾矿库的监管,减少涉重金属污染突发环境事件的发生.

参考文献:

[1] 国家突发环境事件应急预案_中华人民共和国生态环境部 [EB/OL]. [2024-11-12]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjzb/201912/t20191227_751708.shtml.
The emergency response plan for environmental emergencies_ The Mi-nistry of Ecology and the Environment [EB/OL]. [2024-11-12]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjzb/201912/t20191227_751708.shtml.

[2] 陈思莉,张 胜,潘 睿,等.危化品道路运输次生突发环境事件特征分析及防范对策 [J]. 环境工程学报, 2021,15(10):3193-3198.
Chen S L, Zhang S, Pan R, et al. Characteristic analysis and countermeasure suggestions on secondary environmental emergencies in road transportation of hazardous chemicals [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021,15(10):3193-3198.

[3] 王盼新,宋玉栋,吴昌永,等.关于突发水污染事件应急处置技术需求的几点思考 [J]. 环境工程技术学报, 2022,12(6):1972-1977.
Wang P X, Song Y D, Wu C Y, et al. Some thoughts on the technic-al needs of emergency response to water pollution emergencies [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022,12(6):1972-1977.

[4] 李 旭,吕佳佩,裴莹莹,等.国内突发环境事件特征分析 [J]. 环境工程技术学报, 2021,11:401-408.
Li X, Lu J P, Pei Y Y, et al. Analysis of the characteristics of environmental emergencies in China [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2021,11(2):401-408.

[5] 黄大伟,贾滨洋,谢红玉,等.流域突发性水环境风险的评估方法 [J]. 环境工程学报, 2021,15:2868-2873.
Huang D W, Jia B Y, Xie H Y, et al. Method of watershed-scale environmental risk assessment for accidental water pollution incidents [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021,15(9):2868-2873.

[6] 赵雪雁,王 蓉,王晓琪,等.基于多尺度的中国环境污染事件时空分布及其影响因素 [J]. 地理科学, 2019,39:1361-1370.
Zhao X Y, Wang R, Wang X Q, et al. Spatio-temporal distribution an-d influencing factors of environmental pollution incidents based on multi-scales in China [J]. Scientia Geographic Sinica, 2019,39(9):1361-1370.

[7] 许 静,王永桂,陈 岩,等.中国突发水污染事件时空分布特征 [J]. 中国环境科学, 2018,38:4566-4575.
Xu J, Wang Y G, Chen Y, et al. Spatial distribution and temporal variation of sudden water pollution incidents in China [J]. China Environmental Science, 2018,38:4566-4575.

[8] 余光辉,王非凡,刘贤赵,等.中国 1991~2018 年突发环境事件时空特征及影响因素 [J]. 环境科学, 2023,44(1):572-582.

Yu G H, Wang F F, Liu X, et al. Incident in China from 1991 to 2018 spatiotemporal characteristics and influencing factors of environment emergency [J]. Environmental Science, 2023,44(1):572−582.

[9] Du L, Wang H, Xu H. Analysis of spatial−temporal association and factors influencing environmental pollution incidents in China [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2020,82:106384.

[10] 丁　镭,黄亚林,刘云浪,等.1995~2012 年中国突发性环境污染事件时空演化特征及影响因素 [J]. 地理科学进展, 2015,34(6):749−760.
Ding L, Huang Y L, Liu Y L, et al. Spatiotemporal variability of sudden environmental pollution incidents and influencing factors in China, 1995~2012 [J]. Progress in Geography, 2015,34(6):749−760. DOI:10.18306/dlkxjz.2015.06.010.

[11] 杨　洁,黄　蕾,李凤英,等.中国 1991~2010 年环境污染事故频数动态变化因素分解 [J]. 中国环境科学, 2013,33(5):931−937.
Yang J, Huang L, Li F Y, et al. Decomposition analysis on the variation of China's annual environmental pollution accidents, 1991~2010 [J]. China Environmental Science, 2013,33(5):931−937.

[12] 李光强,曾绍琴,邓　敏,等.重心转移曲线在时空演化模式表达中的应用 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2013,38:940−944.
Li G Q, Zeng S Q, Deng M, et al. Employing a centroid transferring curve to spatial−temporal evolution patterns [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2013,38:940−944.

[13] 丁　镭,方雪娟,陈奕萱.后危机视野下福建省经济格局演变及其影响机制 [J]. 中国农业资源与区划, 2020,41(6):286−295.
Ding L, Fang X J, Chen Y X. Economic pattern of fujian province and its driving factors: a view of post−crisis era. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020,41(6):286−295.

[14] 原丽娟,毕如田,徐立帅,等.沁河流域植被覆盖时空分异特征 [J]. 生态学杂志, 2019,38(4):1093−1103.
Yuan L J, Bi R T, Xu L S, et al. Spatiotemporal differentiation of vegetation coverage in Qinhe Basin [J]. Chinese Journal of Ecology, 2019,38(4):1093−1103.

[15] 苗　旭,李九一,宋小燕,等.2000~2020年鄂尔多斯市植被NDVI变化格局及归因分析 [J]. 水土保持研究, 2022,29(3):300−307.
Miao X, Li J Y, Song X Y, et al. Analysis on change pattern and attribution of vegetation NDVI in ordos city from 2000 to 2020 [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(3):300−307.

[16] 国　振.基于 ArcGIS 的人口和经济重心的迁移特征分析 [J]. 江西科学, 2023,41(2):382−387.
Guo Z. ArcGIS−based migration characteristics analysis of population and economic centers of gravity [J]. Jiangxi Sciences, 2023,41(2):382−387.

[17] 徐　姗,唐　楠,魏　东,等.基于 GIS 的西安市人口与经济重心空间演变研究 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 2013,43(6):987−991.
Xu S, Tang N, Wei D, et al. The evolution of population gravity center and economy gravity center in Xi'an based on GIS [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2013,43(6):987−991.

[18] 苏攀达,曾克峰,刁贝娣,等.中国省域工业烟粉尘排放时空分布特征及区域减排控制 [J]. 环境污染与防治, 2018,40(5):547−552.
Su P D, Zeng K F, Diao B D, et al. Spatial temporal evolution characteristics of provincial industrial soot & dust emission and regional re−duction control in China [J]. Environmental Pollution & Control, 2018,40(5):547−552.

[19] 陈　敏,李振亮,段林丰,等.成渝地区工业大气污染物排放的时空演化格局及关键驱动因素 [J]. 环境科学研究, 2022,35(4):1072−1081.
Chen M, Li Z L, Duan L F, et al. Spatiotemporal patterns and key driving forces of industrial air pollutant discharge in Chengdu−Chongqing region [J]. Research of Environmental Science, 2022, 35(4):1072−1081.

[20] 李芸邑,刘利萍,刘元元.长江经济带工业污染排放空间分布格局及其影响因素 [J]. 环境科学, 2021,42(8):3820−3828.
Li Y Y, Yang L P, Liu Y Y. Spatial distribution pattern and influencing factors of industrial pollution emissions in Yangtze River economic−belt [J]. Environmental Science, 2021,42(8):3820−3828.

[21] 张永树,杨振凯,訾　璐,等.中国艾滋病空间格局和时空演化分析 [J]. 地球信息科学学报, 2020,22(2):198−206.
Zhang Y S, Yang Z K, Zi L, et al. Spatio−temporal evolution of the AIDS pattern in China [J]. Journal of Geo−information Science, 2020,22(2):198−206.

[22] 陈　怡,凌　莉,古圳威,等.陕西省碳排放时空格局演变及其影响因素研究 [J/OL]. 中国环境科学: 1−17.DOI:10.19674/j.cnki.issn1000−6923.20231127.058.
Chen Y, Ling L, Gu Z W, et al. Spatio−temporal evolution and influencing factors of carbon emissions in Shanxi province. [J/OL]. China Environmental Science, DOI:10.19674/j.cnki.issn1000−6923.20231127.058.

[23] 王非凡.中国近 30 年突发环境事件时空特征及影响因素研究 [D]. 长沙:湖南科技大学, 2021.
Wang F F. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of environmental emergencies in China in the past 30 years [D]. Changsha: Hunan University of Science and Technology, 2021.

[24] 彭丽霞.2011~2020 年我国突发环境事件分布特征及影响因素研究 [J]. 当代化工研究, 2023:98−101.
Peng L X. Study on the distribution characteristics and influencing factors of environmental emergencies in China during 2011~2020 [J]. Modern Chemical Research, 2023:98−101.

[25] 虢清伟,邴永鑫,陈思莉,等.我国突发环境事件演变态势、应对经验及防控建议 [J]. 环境工程学报, 2021,15:2223−2232.
Guo Q W, Bing Y X, Chen S L, et al. Pattern of evolution, experience of response, and suggestions of prevention and control of environmental emergencies in China based on typical case studies [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021,15(7):2223−2232.

[26] Liu X, Wang W. The impact of major pollution incidents on environmental performance [J/OL]. Journal of Cleaner Production, 2024,434:139975.DOI:10.1016/j.jclepro.2023.139975.

[27] 王　威,王金生,滕彦国,等.由交通事故引发的突发环境事件的特征分析及防治对策 [J]. 南水北调与水利科技, 2012,10(6):52−55,69.
Wang W, Wang J S, Teng Y G, et al. Characteristic analysis and prevention measures of abrupt environmental incidents caused by traffic accidents [J]. South−to−North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012,10(6):52−55,69.

[28] 徐泽升,徐翔宇,周　原,等.我国地质灾害次生突发水污染事件应对策略研究 [J]. 环境保护, 2024,52(6):67−69.
Xu Z S, Xu X Y, Zhou Y, et al. Study on the countermeasures of water pollution incidents caused by geological disasters in China [J].

Environmental Protection, 2024,52(6):67-69.

[29] 王盼新,宋玉栋,吴昌永,等.关于突发水污染事件应急处置技术需求的几点思考 [J]. 环境工程技术学报, 2022,12(6):1972-1977.
Wang P X, Song Y D, Wu C Y, et al. Some thoughts on the technical needs of emergency response to water pollution emergencies [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022,12(6):1972-1977.

[30] 贵州省盘州市宏盛煤焦化有限公司洗油泄漏次生重大突发环境事件调查结果_中华人民共和国生态环境部 [EB/OL]. [2024-03-19]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjxy/202304/t20230414_1026589.shtml.
Investigation results of secondary major environmental emergencies caused by washing oil leakage in Hong-sheng Coal Coking Co., Ltd., Panzhou City, Guizhou Province _Ministry of Ecological Environment of the People 's Republic of China [EB/OL]. [2024-03-19]. https://www.mee.gov.cn/ywgz /hjyj/yjxy/202304/t20230414_1026589.shtml.

[31] 江西齐劲材料有限公司违法排污致锦江流域铊污染重大突发环境事件调查结果_中华人民共和国生态环境部 [EB/OL]. [2024-05-24]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjxy/202310/t20231030_1044344.shtml.
Investigation results of major environmental emergencies of thallium pollution in Jinjiang River Basin caused by illegal discharge of Jiangxi Qijin Material Co., Ltd. _ Ministry of Ecology and Environment of the People 's Republic of China [EB/OL]. [2024-05-24]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/ hjyj/yjxy/202310/t20231030_1044344.shtml.

[32] 嘉陵江“1·20”甘陕川交界断面铊浓度异常事件调查报告_中华人民共和国生态环境部 [EB/OL]. [2024-05-24]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjxy/202107/t20210716_847470.shtml.
An investigation report on the abnormal incident of thallium concentration at the "1 • 20" junction section of the Jialing River _ Ministry of Ecological Environment of the People 's Republic of China [EB/OL]. [2024-05-24]. https://www.mee.gov.cn/ywgz/hjyj/yjxy/202107/t20210716_847470.shtml.

[33] 陈思莉,黄大伟,张政科,等.流域突发水污染事件应急处置工程削污技术 [J]. 环境工程学报, 2021,15(7):2233-2238.
Chen S L, Huang D W, Zhang Z K, et al. Pollution reduction technologies for emergent water pollution disposal in river basins [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021,15(7):2233-2238.

作者简介：赵 晓(1997-),女,安徽宿州人,工程师,硕士,主要从事突发环境事件应急处置技术研究.发表论文 10 余篇.1303756411@qq.com.

2025 年度《中国环境科学》青年编委会名单

安 东	安俊琳	安立会	班巧英	伯 鑫	蔡子颖	曾现来	昌 盛	陈操操	陈 丹
陈多宏	陈 欢	陈建新	陈菁泉	陈庆彩	陈重军	成小翔	程 凯	程志鹏	代 伟
邓启红	丁光辉	董战峰	董志文	樊 程	樊 琦	房德琳	冯 颖	付 杰	高艳珊
高 阳	龚小波	官冬杰	韩东飞	韩红桂	韩永和	何红弟	何秋来	何文天	贺维鹏
侯赟璐	胡建林	胡鹏博	黄 凯	黄少丹	解玉磊	金仁村	金小伟	李 超	李 凯
李荣华	李 祥	李英杰	刘 成	刘桂林	刘洪涛	刘沙沙	刘世梁	刘双星	刘维涛
刘义青	刘永泽	刘 喆	刘智峰	卢少勇	鲁 仙	罗 笠	吕 凡	马 本	马 杰
马 群	毛熙彦	聂 玮	欧阳少虎	潘 峰	潘月鹏	祁承都	乔 玮	秦昌波	秦传玉
曲 蛟	任宏宇	任强强	孙广义	孙士权	孙兆彬	谈云志	唐崇俭	唐 欢	汪俊峰
王 刚	王 好	王华伟	王丽娜	王启元	王树宾	王学佳	王 莹	卫皇曌	温 维
吴起鑫	武 君	武云飞	向 垒	谢 旻	邢建伟	徐 江	徐湘博	薛丽坤	薛文博
薛英文	杨 斌	姚彦坡	印红玲	于 磊	虞先玉	袁自冰	张 冰	张 根	张海涵
张 建	张 静	张可佳	张利飞	赵海明	赵中华	钟华	周 鑫	朱联东	朱曙鹏
朱小萤									