

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2023137

罗守敬.2013—2022年北京市突发地质灾害事件分布、成因及对策[J].中国防汛抗旱,2024,34(2):56-62,67.The distribution, causes and countermeasures of sudden geological disasters events in Beijing from 2013 to 2022[J].China Flood & Drought Management, 2024, 34(2): 56-62, 67. (in Chinese)

2013—2022年北京市突发地质灾害事件 分布、成因及对策

罗守敬

(北京市地质灾害防治研究所,北京100120)

摘要:北京市现有突发地质灾害隐患点8 186处,严重威胁人民群众生命财产安全,制约着社会经济的发展。由于地质灾害具有突发性、隐蔽性等特点,已成为防灾减灾工作的难点和重点。近年来,地质灾害的发生受极端天气影响,为落实综合防灾减灾体系要求,减轻地质灾害危害,搜集整理了2013—2022年北京市发生的崩塌、滑坡、泥石流及地面塌陷4种突发地质灾害事件作为研究对象,通过数理统计,从时间、空间2个维度分别细化研究分析地质灾害的分布格局,总结出降雨、不合理人类工程活动是地质灾害发生的两大诱发因素,并提出“提高调查精度、开展早期识别、充分发挥群测群防作用、完善斜坡类灾害专业监测及做好地质灾害趋势预测”5个方面针对性防治对策。

关键词:突发地质灾害;分布格局;危害特征;诱发因素;防治对策;北京市

中图分类号:P694

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2024)02-56-08

0 引言

北京市山区突发地质灾害发育,曾造成数百人的伤亡^[1]。2000—2006年,北京市先后完成了10个区(县)1:100 000地质灾害调查与区划;2010年,开展了北京市地质灾害调查与综合研究,当时地质灾害隐患点不足1 000处;2013—2014年,北京市完成了10个山区、半山区1:50 000突发地质灾害详查,基本查明了北京市突发地质灾害的情况,地质灾害隐患点数量增加到4 614处^[2];2017—2021年,北京市先后完成了北京市泥石流精细调查与评价、北京市山区道路沿线崩塌滑坡灾害隐患精细调查,查明了泥石流及山区道路沿线斜坡灾害的特征;2022年,北京市完成了第1次地质灾害风险普查工作,目前北京市突发地质灾害隐患点数量为8 186处^[3]。10余年,北京市地质灾害隐患点

数量从不到1 000处增加到8 186处,不同时段、不同地点,地质灾害的发育分布存在着较大的差别。突发地质灾害既威胁生命财产安全,又制约着当地社会经济的发展。地质灾害具有多样性、群发性、隐蔽性、突发性和集中性的特点,是防灾减灾工作的难点和重点。

近年来,北京市极端天气多发、频发,为减轻地质灾害危害,落实“从注重灾后救助向注重灾前预防转变,从应对单一灾种向综合减灾转变,从减少灾害损失向减轻灾害风险转变”的综合防灾减灾体系要求^[4],本文以2013—2022年北京市发生的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷4种突发地质灾害为研究对象,在数理统计的基础上,从时间、空间2个维度分析研究该时期内地质灾害的分布格局,通过分析确定地质灾害主要诱因为降雨和不合理的人类工程活动,并结合地质灾害“十四五”规划等提出有针对性

收稿日期:2023-04-20

作者信息:罗守敬,男,高级工程师,E-mail:27484366@qq.com。

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(8202026)。

的地质灾害防治对策,以减轻地质灾害的危害。本文研究成果可以为后续一段时期内的北京市地质灾害防治工作提供技术支撑。

1 地质灾害概况

1.1 发育概况

截至2022年5月底,北京市山区共有8 186处突发地质灾害隐患点^[3],发育点密度为0.8点/km²。按灾害类型划分,崩塌6 169处、滑坡87处、泥石流822处、不稳定斜坡1 011处、地面塌陷97处;按威胁对象划分,威胁居民点2 030处、威胁道路5 303处、威胁景区316处、威胁中小学4处、威胁矿山及水库20处、威胁其他513处。其中威胁居

民点的地质灾害隐患点涉及10个区85个乡镇692个村,共计威胁15 879户41 355人的生命财产安全,其中险情等级中级及以上的隐患点共计873处,主要分布在房山、门头沟等区的偏远乡(镇)。

1.2 发生概况

本文搜集整理了北京市2013—2022年上报的突发地质灾害事件数据及应急调查、排查报告,经统计分析,结果显示北京市2013—2022年共发生各类突发地质灾害331起,其中崩塌291起、滑坡18起、泥石流7起、地面塌陷15起(表1、图1)。地质灾害造成房屋受损、道路设施破坏中断等危害,共造成直接经济损失2 209.62万元,未造成人员伤亡。

表1 2013—2022年北京市地质灾害发生数量及危害统计表

灾害发生情况/起	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	合计
崩塌/起	32	18	19	55	2	19	19	15	100	12	291
滑坡/起	3		4	3		2	1	1	4		18
泥石流/起				7							7
地面塌陷/起	5	6	2	2							15
合计/起	40	24	25	67	2	21	20	16	104	12	331
直接经济损失/万元	32.49	56.80	130.00	751.21	53.00	458.30	35.34	123.00	428.87	140.61	2 209.62

注:搜集资料中2013—2015年共有33起地质灾害未统计直接经济损失。

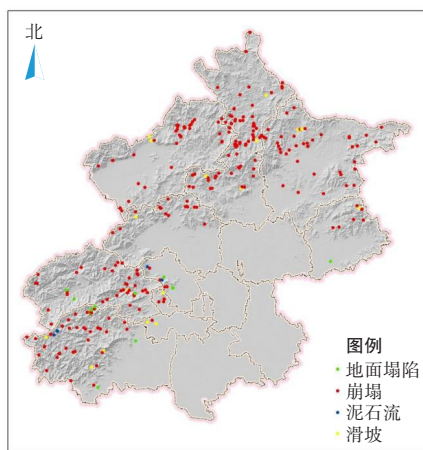


图1 2013—2022年北京市地质灾害分布示意图

2 分布格局

2.1 时间分布格局

(1)年度分布特征。2013—2022年,北京市共发生地质灾害331起(图2),年均地质灾害发生频率为33次/a,除

2013年、2016年及2021年外,其余年份地质灾害发生次数均小于平均值。2021年发生104起,次数最多,占近10年总数的近1/3,是21世纪后除2012年外,北京市发生地质灾害最多的一年;其次是2016年的67起,2016年与2021年发生的地质灾害占近10年总数的一半多;2017年次数最少,仅2次。由图2可知,近10年北京市地质灾害发生次数呈较明显的降低—升高—降低周期性趋势。

(2)月度分布特征。2013—2022年,除12月外,其他月份均发生过地质灾害(图3),主要发生在6—9月,占全年地质灾害总数的90.03%。地质灾害发生数量在汛期急剧增长,与北京市汛期地质灾害高发易发的特点正相关。7月是地质灾害发生最多的月份,共204起,占地质灾害总数的61.63%;其次为8月、6月,分别发生39起、32起,各占地质灾害总数的11.78%、9.67%。

“七下八上”是北京主汛期,降雨集中。“七下八上”狭义上是指每年的7月下旬到8月上旬,广义的可延伸至7月中旬后半段至8月中旬前半段近1个月的时间。近10年,

“七下”时段发生地质灾害133起,“八上”时段发生30起,7月其他时段发生71起,由此可知,北京市地质灾害发生时段集中在“七下八上”的特征不再明显,逐渐向7月转变,所以地质灾害防治重心应该有所调整。

(3)日分布特征。地质灾害的发生不仅在年份、月份上有着各自的规律,在每天的时间段也呈现了一定的规律。将一天划分为凌晨(0时,6时]、上午(6时,11时]、中午(11时,13时]、下午(13时,16时]、傍晚(16时,18时]及晚上(18时,24时]6个时段。对300起表述了发生时间的地质灾害进行时段分析(图4),上午、凌晨地质灾害发生次数分别为105起、70起,占统计总数的58.33%。这与地质灾害发生滞后于降雨相关,北京地区降雨一般下午或夜间开始,在降雨入渗、冲刷的影响下,数小时或数十小时后的凌晨、上午是地质灾害的高发时段,也是地质灾害防范的重点时段。

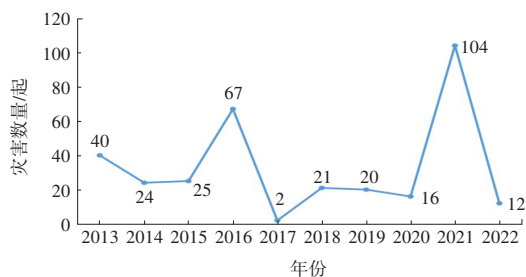


图2 2013—2022年北京市地质灾害年度变化图

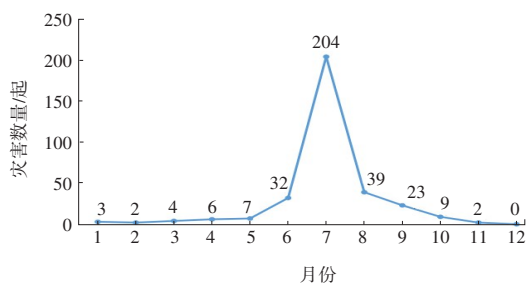


图3 2013—2022年北京市地质灾害月度变化图

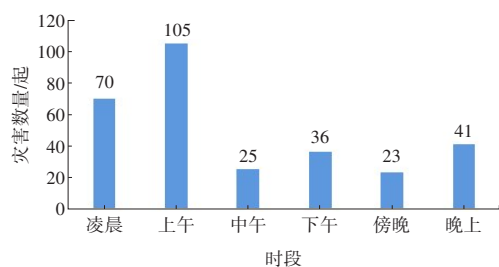


图4 2013—2022年北京市地质灾害日时段变化图

2.2 空间分布格局

(1)行政区分布。北京市10个山区、半山区均发生过地质灾害(表2),其中怀柔、房山、延庆、门头沟、密云分列前5。地质灾害在各区分布的实质与北京西山、北山地质灾害多发易发及房山—门头沟降雨中心、密云—怀柔降雨中心相关联。

表2 2013—2022年北京市各行政区地质灾害发生数量统计表

地质灾害	怀柔	房山	延庆	门头沟	密云	昌平	海淀	平谷	石景山	丰台	合计
崩塌	88	42	46	43	40	17	4	6	3	2	291
滑坡	4	4	2	1	2	1		1	1	2	18
泥石流		4				1	2				7
地面塌陷		8		3			3	1			15
合计	92	58	48	47	42	19	9	8	4	4	331

(2)地质灾害台账分布。通过资料搜集及数据分析,331起地质灾害中,不在台账的地质灾害点179起,占比为54.1%,在台账内的152起,占比为45.9%(表3)。由表3可知,2013—2021年,已发生的地质灾害不在台账内的占比高达42.9%~67.5%,2022年突降为25.0%,远小于全国约不在台账内的隐患点占比80%的现状。数据的突变,实质是与地质灾害精细化调查有关,2022年北京市台账增加山区道路精细化调查成果,台账数量增加3000余处,基本涵盖了山区道路沿线所有的斜坡类灾害,而道路崩塌是北京已发地质灾害的主要组成,因此已发灾害在台账内的占比急剧增大。

表3 2013—2022年北京市已发生地质灾害台账统计表

项目	年份											合计
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
灾害数量/起	40	24	25	67	2	21	20	16	104	12	331	
在台账内/起	13	12	13	27	1	12	9	8	48	9	152	
不在台账内/起	27	12	12	40	1	9	11	8	56	3	179	
不在台账占比(%)	67.5	50.0	48.0	59.7	50.0	42.9	55.0	50.0	53.8	25.0	54.1	

(3)与易发区的相对位置关系。北京市山区地质灾害多发、易发,地质灾害高易发区、中易发区占全市面积的57%,占山区面积的88%^[5]。易发区的分布直观地展现了北京市山区地质灾害的发育分布特征。

根据地质灾害数据统计分析,高易发区发生地质灾害214起,中易发区发生地质灾害92起,高易发区、中易发区发生了北京市92.4%的地质灾害,共计306起(图5)。地质灾害的集中发生表明地质灾害防治工作的重点应聚焦于

高易发区、中易发区,这也间接验证了北京市地质灾害易发区的划分是科学且合理的。

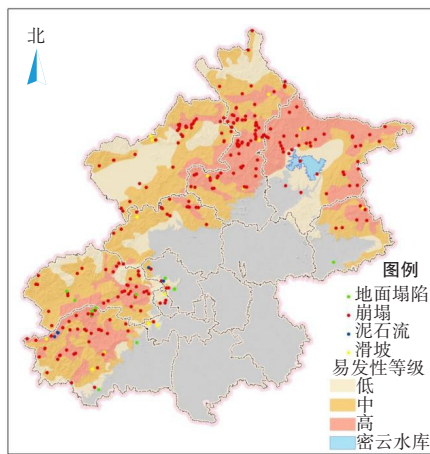


图5 北京市地质灾害与易发区相对关系示意图

(4)与地形坡度的关系。崩塌、滑坡等斜坡类灾害的发生与地形坡度有着直接的联系。崩塌一般发生在坡度大于50°的陡峭边坡上;滑坡一般发生在坡度相对较缓的斜坡上,坡角一般为10°~45°。

根据已搜集到坡度信息的301起斜坡类地质灾害的数据分析,283起崩塌仅有20起崩塌灾害的坡度小于50°;50°~70°的82起,大于70°的181起。由此推断,坡体越陡,越容易发生崩塌灾害。这与“边坡坡脚的剪应力集中带及坡肩处的张力带,其范围和量值的变化与坡度呈正相关,斜坡越陡峭,就更容易发生变形破坏”是相对应的。18起滑坡中,坡度小于45°的12起,占总数的2/3。滑坡一般易发生在缓坡上,坡度缓的斜坡表面自然堆积有较多的松散土体,具备了滑坡的物质基础,发生滑坡的可能性较坡度较陡的边坡要大。

(5)与地层岩性的关系。地层岩性是地质灾害发育、发生的地质基础,是地质灾害体组成的物质来源。地层岩性与地质灾害类型、发生概率和规模等密切相关^[6]。尤其是崩塌等斜坡类灾害,地层岩性不同,成分、结构及物理力学性质则存在着一些差异。受构造断裂和风化的影响程度不同,不同地层中地质灾害的发育分布情况及破坏模式也存在

着不同^[7]。

崩塌主要集中发育于坚硬、性脆、构造节理发育的碳酸盐岩、砂页岩、花岗岩等岩体中,该类岩体受构造或节理影响,结构较破碎,完整性较差,易崩塌;滑坡主要发生在松散的土体中(图6)。据搜集资料统计分析,291起崩塌灾害中,岩性为沉积岩的173起、岩浆岩的62起、变质岩的28起、其余28起为松散土体;18起滑坡灾害中,土质滑坡13起,主要为碎石土,结构松散,易滑塌。



图6 北京市地质灾害与地层分布相对关系示意图^[8]

(6)与断裂的相对位置关系。太古代以来,北京地区经历了多次构造运动,山区发育多条东西向、北东向、北北东向断裂,如沿河城—南口、琉璃庙大断裂等^[9]。断裂的发育,改变了断裂周边岩体完整的结构形态,破坏了岩体原有的稳定性,断裂周边的岩体节理裂隙发育的密集度相对较高,岩石结构相对更加破碎^[10],在降雨等外力条件的作用下,易发生崩塌、滑坡,其沟道内的堆积体则成了泥石流灾害的物源。

根据对331起地质灾害的分析,有2/3的地质灾害发生在断裂两侧1500m范围内(表4)。在断裂两侧500m范围内,共有100起地质灾害发生,在此基础上,每增加500m范围,地质灾害发生数量增加范围在40~60起。在1500~3000m范围内,每增加500m,地质灾害发生数量增加范围在20~35起,增加数量较前明显减少。由此可见,

表4 2013—2022年北京市已发生地质灾害与断裂相对位置统计表

项目	与断裂距离/m						
	≤500	500~1000	1000~1500	1500~2000	2000~2500	2500~3000	>3000
地质灾害数量/起	100	54	40	24	31	23	59

距离断裂越近,周边岩体结构相对更加破碎,完整性更差,发生地质灾害的数量更多(图7)。

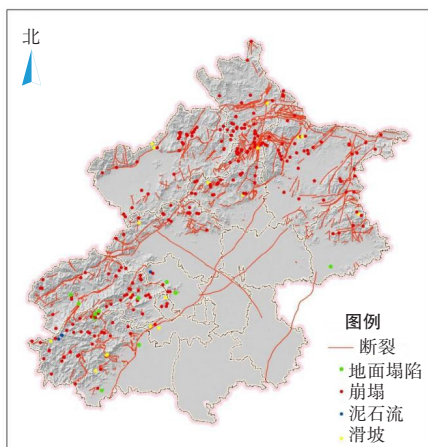


图7 北京市地质灾害与断裂分布相对关系示意图

2.3 危害特征

2013—2022年,331起地质灾害涉及道路241起、居民点66起,其余涉及景区、矿山等。上述灾害造成直接经济损失2 209.62万元,未造成人员伤亡,较2006—2012年发生数次人员伤亡的地质灾害有了明显的进步,这与2013年1:50 000地质灾害详查时坚持“以人为本”的原则是密不可分的。

数据统计分析结果显示,地质灾害造成的损失总量与地质灾害规模呈负相关,但单体地质灾害损失与地质灾害规模呈正相关。除房山区大安山乡军红路崩塌灾害等3起灾害规模为中型外,其余均为小型。小型规模的地质灾害由于其数量多,造成的直接经济损失总量大,占总经济损失的73.61%。近10年小型地质灾害造成的直接经济损失均值为5.5万元/次;3起中型规模的地质灾害造成的直接经济损失均值为194万元/次,其中大安山乡军红路崩塌是1949年以来北京地区发生的最大规模崩塌灾害^[11],直接经济损失400万元。

整体来看,地质灾害的危害对象主要是道路及居民点,规模以小型为绝对主导,小型地质灾害数量多,造成的总损失大。北京地区地质灾害危害初步呈现以财产损失为主、无人员伤亡、灾情等级为小型的主要特点。

3 主要诱发因素

地质灾害的形成原因总体可归结为两类,内因与外

因。内因是指灾害体的内部条件,包括地层岩性、构造和地形地貌;外因则是指触发条件,包括降雨、人类工程活动、震动等^[12]。地质灾害形成时的地质、地形要素是基本固定的,而外因则是变化的,直接影响了地质灾害的发生。

3.1 降雨

降雨的特征一般为降雨范围广、持续时间长及局地冲刷渗流作用强烈等,是地质灾害发生的最重要激发因素^[13]。据统计分析,北京市地质灾害的发生在时间上相对比较集中,与降雨时间具有密切相关性。

(1)年降雨量。由图8可知,2016年、2021年年均降雨量较常年分别偏多1成、6成,地质灾害发生数量较常年分别偏多102%、214%,地质灾害发生数量与当年降雨量呈正比。2013—2022年地质灾害发生数量的变化趋势与年降雨量的变化趋势基本一致,去除2017年数据,基本呈正相关。近10年,北京市地质灾害的发生次数整体呈峰顶—谷底—峰顶的周期性变化趋势。



图8 北京市年地质灾害发生数量与年降雨量变化趋势对比图

(2)月降雨量。由图9可知,地质灾害的发生时间主要分布在6—9月,集中在7月,而7月平均降雨量最大,为204.6 mm,占近10年年均降雨量588.3 mm的34.77%,占汛期6—9月平均降雨量的43.35%,表明地质灾害的发生与降雨的集中程度、月平均降雨量的数值有着明显的正相关性。如2016年北京“7·20”暴雨,降雨持续近50 h,全市平均降雨量210.7 mm,7月20日当天发生地质灾害21起,降雨后5 d内(7月21—25日)发生地质灾害27起^[14];2021年北京共出现“7.12”“7.18”“7.22”“7.26”4次强降雨,24 h降雨量均超过100 mm,7月降雨量达409 mm,共发生地质灾害79起。

(3)降雨影响程度。地质灾害的发生,与年降雨量、月平均降雨量均有着密切的联系。本文搜集了除地面塌陷外316起地质灾害与降雨的关系,其中289起地质灾害与降

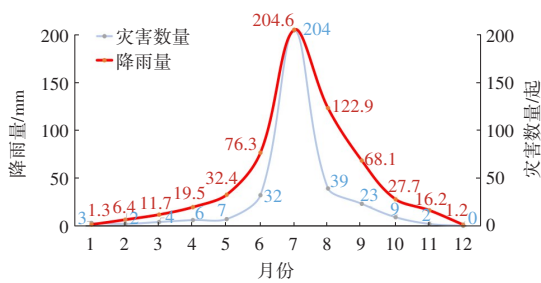


图9 北京市月地质灾害发生数量与月平均降雨量变化趋势对比图

降雨时段	当天降雨	前1 d降雨	前1—2 d均降雨	前1—3 d均降雨	前1—4 d均降雨	前1—5 d均降雨
灾害数量	47起	76起	43起	8起	2起	2起
降雨时段	当天无降雨	前1 d降雨	前1—2 d均降雨	前1—3 d均降雨	前1—4 d均降雨	前1—5 d均降雨
灾害数量		34起	28起	5起	2起	1起
降雨时段	当天无降雨	前1 d无降雨	前2 d降雨	前2—3 d均降雨	前2—4 d均降雨	前2—5 d均降雨
灾害数量			22起	7起	5起	0起

图10 2013—2022年北京市地质灾害发生与降雨天数相关性统计图

3.2 不合理的人类工程活动

各类不合理的人类工程活动已成为地质灾害的主要诱发因素。如边坡开挖后未做防护易发生崩塌、滑坡；采矿后支护措施不到位，易发生地面塌陷、滑坡等。目前不合理的人类工程活动对地质灾害的影响程度呈不断上升趋势。根据数据统计分析，331起地质灾害中，共有232起地质灾害的发生与不合理的人类工程活动有关，占总数的70.09%，其中涉及201起崩塌、14起滑坡、6起泥石流及11起地面塌陷，11起地面塌陷均是由于煤矿开采形成；215起崩塌、滑坡均是与切坡相关，主要表现为道路开挖边坡、房前屋后开挖边坡。边坡开挖等对斜坡类地质灾害的发生影响重大，切坡行为改变了斜坡的形态及微地貌，破坏了斜坡原有的结构和整体平衡，导致其应力场发生明显改变^[15]，如果未对切坡后的坡体开展防治措施，边坡将逐渐失稳变形进而发生灾害。

未来随着各类工程建设的进一步扩大，人类工程活动对地质环境的改变将越来越大，如果破坏后不进行后续的防治工作，由不合理人类工程活动促发的地质灾害数量将逐渐增多，造成的危害将越来越多。

4 防治对策

(1)加强重点区域地质灾害隐患精细调查，开展风险评估工作。随着社会经济的发展，人员居住集中化的特点越加明显。一旦发生地质灾害，造成的危害将特别重大。建

议结合地区发展规划，对人口聚集区的城镇、村庄开展1:10 000或更高精度的地质灾害精细化调查，掌握地质灾害隐患和潜在致灾体的结构特征，判断地质灾害的稳定性变化趋势、影响范围，开展地质灾害风险评估，确定风险等级，明确防治等级，做好防治措施。

雨有关，占比为91.46%，可见降雨是地质灾害发生时最主要的激发因素。

搜集289起地质灾害发生当天、前1 d、前2 d、前3 d、前4 d、前5 d及以上降雨情况，地质灾害发生前5 d以上降雨的有7起，其他结果见图10。由图10可推断，地质灾害的发生与当天、前1 d、前2 d的降雨密切相关，3 d以外的降雨对地质灾害的影响程度则明显降低。

议结合地区发展规划，对人口聚集区的城镇、村庄开展1:10 000或更高精度的地质灾害精细化调查，掌握地质灾害隐患和潜在致灾体的结构特征，判断地质灾害的稳定性变化趋势、影响范围，开展地质灾害风险评估，确定风险等级，明确防治等级，做好防治措施。

(2)开展地质灾害隐患早期识别工作，提前发现，及时防治。经统计，2013—2022年发生的331起地质灾害，179起不在北京市突发地质灾害隐患点台账中，占比较大。结合《全国地质灾害防治“十四五”规划》“聚焦隐患在哪里”及《北京市地质灾害防治“十四五”规划》的实际工作要求，为减轻或避免地质灾害危害，建议运用合成孔径雷达(InSAR)和高分辨率遥感影像解析对比等多种遥感方法，在北京市地质灾害高易发区、中易发区开展隐患早期识别工作^[16]，提前发现隐患、发现危险，及早实施防治措施。

(3)加强群测群防，做好雨后地质灾害排查。群测群防在减轻地质灾害危害，避免人员伤亡等方面发挥了重要作用，是地质灾害防治体系的重要组成。2016年北京房山区庄户台村山体崩塌、2018年北京房山区大安山乡军红路山体崩塌，均是由群测群防员提前发现变化，及时上报预警，才避免了重大事故的发生。由于北京市地质灾害点多、面广，必须依靠区—乡(镇)—村3个政府体系，坚持群测群防，依靠群测群防员巡查排查。由于降雨对地质灾害发生起着主要的激发作用，因此要特别加强雨后的巡查排查，提前发现变形迹象，及时预警。

(4)完善斜坡类灾害专业监测,提高预警精度。专业监测与群测群防是地质灾害预警工作的基础,二者是互补的。目前在北京市山区布置的1 887台(套)突发性地质灾害监测预警系统工程共监测477处隐患点^[17],仅涉及31处崩塌和滑坡。由于近年来发生的主要为崩塌、滑坡等斜坡类灾害,建议有针对性地选取有一定规模、危害程度大的崩塌、滑坡隐患开展专业监测,实时监测灾害体的变化,如有异常,及时预警。同时加强预警阈值的研究,尤其是崩塌灾害的预警模型及自动化预警,做到专业监测,精准预警。

(5)汛前做好地质灾害趋势预测,提前做好防范。趋势预测是地质灾害年度防治工作的基础,是明确地质灾害防治重点区域、重点灾种的前提。根据以往地质灾害发生的时间、空间分布格局,确定降雨对地质灾害发生的影响程度,划分影响区,结合每年开展的地质灾害汛前排查工作成果,确定地质灾害隐患的风险程度,之后参考当年的降雨预测资料,综合划定趋势预测区域,在汛期来临前确定当年地质灾害潜在多发、易发的地区,提前做好防范工作,减轻地质灾害危害。

5 结 论

(1)北京市山区突发地质灾害多发、易发,受突发地质灾害威胁较严重,现有地质灾害隐患点8 186处,隐患点密度达0.8点/km²。2013—2022年共发生地质灾害331起,以崩塌为主,规模和灾情大多为小型,危害主要为财产损失,未造成人员伤亡。

(2)2013—2022年,北京市地质灾害的发生次数整体呈峰顶—谷底—峰顶的周期性变化趋势。地质灾害发生时段集中在“七下八上”的特征不再明显,逐渐向7月转变。

(3)近10年,北京市地质灾害主要分布在西山、北山地质灾害高易发区、中易发区,这些地区具有地形陡峭、岩体坚硬、节理裂隙发育、结构较破碎及距离周边断裂较近等特点。

(4)地质灾害成因分为内因和外因,其中外因对地质灾害发生起加速作用,本文从降雨、不合理的人类工程活动两方面探讨分析了其对地质灾害发生的诱发影响。地质灾害的发生在时间上相对比较集中,与降雨时间密切相关。相对来说,年降雨量或月平均降雨量越大,当年或当月发生地质灾害的可能性越大,呈明显的正相关性。

(5)根据近10年已发生地质灾害的分布格局及主要诱因,提出“提高调查精度、开展早期识别、充分发挥群测群防作用、完善斜坡类灾害专业监测及做好地质灾害趋势预测”5个方面针对性地质灾害防治工作建议。

参考文献

- [1] 北京市地质矿产勘查开发局,北京市地质研究所.北京地质灾害[M].北京:中国大地出版社,2008.
- [2] 北京市地质研究所.北京市突发地质灾害详细调查报告(1:50 000)[R].2014.
- [3] 北京市规划和自然资源委员会.北京市地质灾害统计台账[R].2022.
- [4] 自然资源部.全国地质灾害防治“十四五”规划[R].2022.
- [5] 北京市地质灾害防治研究所.北京市“双评价”突发地质灾害专项评价成果报告[R].2022.
- [6] 罗昌谟.地质灾害与地层岩性的关系探讨[J].福建地质,2009,28(4):341-345.
- [7] 北京市地质灾害防治研究所.北京市突发地质灾害应急调查技术服务2021年度成果总结报告(1:50 000)[R].2021.
- [8] 吕金波,王纯君,刘鸿,等.北京的地质环境系统划分[J].城市地质,2017,12(3):19-25.
- [9] 北京市地质矿产局.北京市区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
- [10] 贺小黑,谭建民,裴来政.断层对地质灾害的影响——以安化地区为例[J].中国地质灾害与防治学报,2017,28(3):150-155.
- [11] 北京市地质研究所.房山区大安山乡红军路X209 K18+350 m处崩塌地质灾害应急调查报告[R].2018.
- [12] 沈万里,何元才,杜欢欢.浙江诸暨市地质灾害分布特征及内在控制因素[J].矿产勘查,2016,7(5):870-876.
- [13] 王海芝,胡福根,于森,等.北京市崩塌地质灾害激发因素浅析[J].城市地质,2020,15(4):357-362.
- [14] 程素珍,路璐,翟淑花,等.2004—2018年北京市突发地质灾害时空分布特点和监测预警状况[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(6):38-46.
- [15] 张雷.安龙县矿山地质灾害发育特征及分布规律分析[J].世界有色金属,2019(15):123-124.
- [16] 北京市规划和自然资源委员会.北京市地质灾害防治“十四五”规划[R].2022.
- [17] 南赞,曹颖,李岩.新形势下北京市突发地质灾害防治工作思路探析[J].城市地质,2020,15(3):233-238.

(下转第67页)