

天津突发性地质灾害发育特征与形成条件

杨耀栋¹,王元春²,杨书畅³,应耀明¹,卢长军²

(1. 国土资源部 天津矿产资源监督检测中心, 天津 300191; 2. 天津市地质调查研究院, 天津 300191;

3. 天津市国土资源和房屋管理局, 天津 300042)

摘要:通过对已知地质灾害点的统计分析,总结归纳天津市北部山区突发性地质灾害的发育特征和分布规律,分析研究突发性地质灾害与地形地貌、地层岩性、地质构造、降雨和人类工程活动等形成条件的关系,为政府部门防灾减灾提供科学决策依据,更好地为本市公共安全工作服务。

关键词:突发性地质灾害;发育特征;形成条件

中图分类号:P642

文献标识码:A

Formation conditions and development characteristics of abrupt geological hazards in Tianjin

YANG Yao-dong¹, WANG Yuan-chun², YANG Shu-chang³, YING Yao-ming¹, LU Chang-jun²

(1. Tianjin Testing and Quality Supervision Center for Geological and Mineral Products, The Ministry of Land and Resources,

Tianjin 300191, China; 2. Tianjin Institute of Geological Survey, Tianjin 300191, China; 3. Tianjin Municipal Bureau of

Land Resources and Housing Administration Portal, Tianjin 300042, China)

Abstract: Based on statistical analysis of known geological hazard points, this paper summarized the development characteristics and laws of abrupt geological hazards in northern mountainous area of Tianjin. The relationships between abrupt geological hazards and topography and geomorphology, formation lithology, geological structure, rainfall, human engineering activity, etc, were studied. The results could provide the scientific basis for disaster prevention and mitigation for government departments and city's public safety services.

Key words: abrupt geological hazards; development characteristics; formation condition

突发性地质灾害发生突然,可预见性差,其防治工作常是被动式的应急进行,其成灾后果不仅是经济损失,也常造成人员伤亡,故是地质灾害防治的重点对象。天津市北部山区在强降雨和持续降雨的条件下存在发生突发性地质灾害(崩塌、滑坡和泥石流)的客观条件。蓟县地质灾害自有文字记载以来,共造成死亡45人,伤16人,805户受灾,房屋890间,毁损农田100余亩,树木600余株,直接经济损失近亿元^[1]。近年来,随着经济的飞速发展,城镇化的全面推进、建成小康社会步伐的加快,城镇建设还将大规模进行,而目前城镇规划建设管理中,存在防避地质灾害不合理、不科学

的方面,已经或正在给城镇的安全埋下隐患。要有效的防灾减灾,把突发性地质灾害造成的损失减少到最低限度,就必须及时总结以往工作经验,分析研究突发性地质灾害发育特征、分布规律及形成条件。

1 地质环境概况

研究区位于天津市最北部,燕山南麓。地处京、津、唐、承、秦等城市的中间,东与河北省遵化市、玉田县接壤,西与河北省三河市相连,北与北京市平谷县、河北省兴隆县毗邻,总面积840.3 km²。境内属暖温带半湿润大陆性季风气候,降水

量年内和年际变化大。年内降水量分配极不均匀,6~8月降水量约占全年降水量的75%以上。降水量年际变化也很大,丰水年和枯水年相差3~4倍。境内地貌可分为中低山、低山丘陵、山间盆地,总体地势北高南低。中低山地貌分布在北部边缘与河北兴隆相连的黄崖关长城至八仙山自然保护区一带和西北部边缘与北京平谷相连的盘山至沟河北一带,海拔高度大于500 m,最大切割深度前者约500 m,后者约400 m,坡度多大于35°;低山丘陵区,海拔高度小于500 m,切割深度一般为100~400 m,坡度多为20°~35°;马伸桥至西龙虎峪一带四周被群山环绕为山间盆地,平均海拔20~50 m,地势向南西微倾,由淋河、沙河、黎河冲淤而成,残留一些海拔小于100 m的孤丘^[2]。

研究区属华北地层区燕辽地层分区,前新生代各断代地层的发育与区域地层基本相同。从太古宇至第四系除缺失新元古界南华系、震旦系、古生界上奥陶~下石炭统以及古近系、新近系外,基本上都很齐全。太古宇迁西群片麻杂岩分布在山区东北部边缘,古生界仅在府君山和别山地区零星出露^[3]。研究区位于华北地台,燕山台褶带蓟宝隆褶的次一级构造单元蓟县穹褶上,蓟宝隆褶是区域上近东西向展布形态较为开阔的褶皱构造系的一部分,蓟县穹褶被黄崖关断裂分割为东西两部分:西部主要由盘山穹隆和环绕其发育的府君山向斜、水峪向斜和庄果峪向斜所围成的周缘向斜构成,盘山花岗岩侵位其核部,呈南北略长,轴向350°左右的椭圆形;东部为倾向南西的单斜构造,中、上元古界的层型剖面就分布在其中^[4]。

2 地质灾害发育特征与分布规律

天津市北部山区突发性地质灾害主要为崩塌、滑坡和泥石流。截止到2010年底,已发现的地质灾害点共计90处,其中,崩塌62处,滑坡14处,泥石流14处。分别占区内地质灾害总数的69.0%,15.5%,15.5%^[5]。

2.1 地质灾害的发育特征

崩塌发育的基本特征:崩塌均为岩质崩塌,以小型崩塌为主,占崩塌总数的95%,中型和大型崩塌较少,分别占崩塌总数的3.3%和1.7%;变形破坏模式多样,可分为拉裂式、滑塌式、坠落式和倾倒式4种类型,分别占崩塌总数的4.8%,9.7%,12.9%,72.6%;崩塌形成原因以人类工

程活动诱发为主,占崩塌总数的85%,自然形成的崩塌占15%;目前研究区崩塌大多处于基本稳定状态,处于稳定和不稳定状态的较少。

滑坡发育的基本特征:滑坡按物质组成划分:土质滑坡(堆积层滑坡)和岩质滑坡,分别占滑坡总数的42.9%,57.1%;按力学性质划分:牵引式滑坡和推移式滑坡分别占滑坡总数的78.6%,21.4%;境内以小型滑坡为主,中型滑坡较少,大型、特大型和巨型滑坡均未见。从深度以中浅层滑坡为主,两者占滑坡总数的92.9%,厚层滑坡较少,巨厚层滑坡未见;区内滑坡发生均与人类工程活动有关,均属工程滑坡。

泥石流发育的基本特征:泥石流均由暴雨因素激发形成,集中发生于每年降雨强度高的7~8月份;从流域形态来看,区内泥石流均属沟谷型泥石流;从物源成因可分为坡面侵蚀型泥石流和弃渣型泥石流,分别占泥石流总数的71.4%,28.6%;从物质组成可分为泥流型和泥石流型,分别占泥石流总数的14.3%,85.7%;从爆发频率来看,属低频~极低频泥石流,发生次数1次/20~50年;从堆积物体积来看,均属小型泥石流,堆积物体积小于 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2.2 地质灾害的分布规律

崩塌的分布规律:崩塌集中分布于许家台—新房子采石场、城关西采石场、大兴峪采石场、别山镇采石场的高陡采石场掌子面,小型崩塌比比皆是;公路沿线人工切坡或爆破形成的裸露岩质边坡,受长期风化作用,岩体裂隙发育,出现的崩落或滑落,主要分布于津围公路、马平公路以及砖蓟乡村公路等;以自然风化作用为主的崩塌主要分布于山势陡峻的九山顶、梨木台和八仙山风景区内以及球形风化作用明显的盘山风景区。崩塌大多发育于坡度60°以上的斜坡,发育优势坡向为45°~180°的阳坡;一般雨季发生的概率较大。

滑坡的分布规律:岩质滑坡与人类工程活动(采矿)有密切关系,区内8处岩质滑坡均发生于采石场。土质滑坡主要集中在雨季或雨季后期,每年的7~8月份雨季时期为滑坡发生高频期。滑坡的分布均与人类工程活动破坏原有坡体形态有关,从坡度上看,多分布于原始坡度在15°~60°,发育优势坡度范围在20°~30°;滑坡从坡向分布上看,多发育于45°~90°、135°~180°阳坡,阴坡发育极少。

泥石流的分布规律:受地形地貌控制,北部及西部中低山区处于构造抬升区,泥石流分布密度大,如蓟县北部黄崖关断裂两侧分布有西毛峪泥石流、庙沟泥石流和小平安村北沟泥石流,中西部盘山周围分布有梁后庄西沟泥石流、田家峪泥石流和东窝铺泥石流;节理裂隙较发育的坚硬岩石区是泥石流的易发区,如常州沟 - 八仙山一带的石英砂岩区和盘山花岗岩区,岩石坚硬,受构造影响,崩塌较多,并有较多风化碎屑物向沟内聚集,为泥石流提供物源条件。本区泥石流属暴雨型泥石流,发生在连续降雨,中高强度降雨时或略滞后,激发泥石流的日降雨量超过 100 mm,本区山区降雨相对较少,但也可出现局部性暴雨或大暴雨,这种暴雨场具有移动性,笼罩范围有限,因而泥石流的发生也具有移动性,常发生在暴雨中心区,时间分布规律和强弱与洪水活动周期相一致。

3 地质灾害形成条件分析

3.1 地形地貌

天津市北部山区总体地势北高南低,北部及西部中低山区处于构造抬升区,山势陡峻,沟谷发育,纵坡降较大,沟谷上游又有支沟利于汇水。而长年有水的河流不发育,多为季节性的河流,河道常常被分选差的冲积、洪积、残积物所阻塞,为泥

石流发生的地形地貌基础。大部分低山丘陵地区,由于地形相对低缓,自然形成的崩滑流灾害的强度相对前者低,但人类工程活动强烈,对原有地形地貌破坏较大,从而引发崩滑流地质灾害。

研究区崩塌、滑坡和泥石流的分布与地貌单元类型存在密切的依存关系^[6],集中分布在中低山和低山丘陵地带,分别占 24.4 % 和 75.6 %。

坡度:从斜坡坡度方面考虑,随着坡度的增大,坡面附近应力卸载带的范围随之扩大,坡脚附近随着坡度增加应力集中愈为明显,坡顶拉应力范围也愈大,易产生变形破坏。根据研究区内已发育崩塌和滑坡的统计资料显示,当坡度 > 30°,尤其是 > 60°的陡坡,主要发生崩塌灾害,区内崩塌主要发生在 60°~90°范围的陡崖。滑坡主要发生在 15°以上,坡度在 15°~30°为滑坡易发范围。不同坡度区间崩塌滑坡发育情况统计见表 1。

坡向:研究区内崩塌和滑坡集中发育于阳坡,阴坡少量发育。其中坡向 45°~180°范围内为崩塌优势发育范围,见表 2。造成这种现象的原因是由于阳坡日照时间长,昼夜温差比较大,蒸发量大,积雪少,植被少,水土流失严重等。另外,根据人类居住活动习惯,阳坡一般为人类工程经济活动的集中地,人类活动比较强烈,也是造成地质灾害发育的重要原因。

表 1 崩塌、滑坡发育情况与坡度的关系

Tab. 1 The relationship between slop and development of collapse and landslide

斜坡坡度范围/°	<15	15-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	>80	合计
崩塌数量	0	0	0	5	1	3	7	24	22	62
所占比例/%	0	0	0	8.06	1.62	4.84	11.29	38.71	35.48	100.0
滑坡数量	0	4	6	2	0	2	0	0	0	14
所占比例/%	0	28.56	42.86	14.29	0	14.29	0	0	0	100.0

表 2 崩塌、滑坡发育情况与坡向的关系

Tab. 2 The relationship between slope direction and development of collapse and landslide

坡向范围/°	0-45	45-90	90-135	135-180	180-225	225-270	270-315	315-360	阳坡	阴坡	合计
崩塌数量	3	13	23	14	3	5	1	0	53	9	62
所占比例/%	4.84	20.97	37.09	22.58	4.84	8.06	1.62	0	85.48	14.52	100
滑坡数量	2	6	1	4	1	0	0	0	13	1	14
所占比例/%	14.29	42.86	7.14	28.57	7.14	0	0	0	92.86	7.14	100

3.2 地层岩性

根据岩石形成条件、结构面组合特征及岩石的工程地质性质,研究区岩体分为 5 大岩组^[1],不同岩组与地质灾害发育情况统计见表 3。

第一类为软弱页岩强风化岩组,分布在蓟县山区的北部、中部及南部的低山丘陵地区,主要为

长城系串岭沟组、蓟县系洪水庄组、青白口系下马岭组,粉砂岩、页岩广泛分布,岩石较弱,风化破碎后形成较厚的残坡积物,与基岩的接触面易成为滑动面,暴雨时,易形成浅层滑坡。常州沟组石英岩与串岭沟组页岩接触部位多是泥石流发生的区域,由于长期风化剥蚀、塌落、冲刷,大量的松散物质堆积于沟中及坡脚,是形成泥石流的主要物质

来源,发育有赤霞峪泥石流和羊鼻子沟泥石流。

第二类为中厚层坚硬石英砂岩中等风化岩组,主要分布在北部山区,常州沟组砂砾岩、石英岩状砂岩,力学强度高但节理裂隙发育,风化破碎严重,崩塌灾害发育。

表 3 地质灾害发育类型与不同岩组关系

Tab.3 The relationship of between formation lithology and type of geological hazards

灾害类型	个数	石英砂岩	白云岩+灰岩	花岗岩	页岩	片麻岩
崩塌	62	13	42	5	2	
滑坡	14		10		4	
泥石流	14	1	6	4	2	1
总计	90	14	58	9	8	1

第三类为中厚层次坚硬白云岩中等风化岩组,分布在蓟县山区腹地,主要为蓟县系高于庄组、杨庄组及雾迷山组的白云岩、白云质灰岩、含砂泥质泥晶白云岩,岩石较坚硬,强度高,但受溶蚀后岩体连续性和整体性被破坏,强度有所降低,节理裂隙发育,透水性增加,崩塌严重。该岩组出露区山势较陡,沟谷狭窄,山坡坡度多大于 35°,地形切割强烈,常形成“V”型沟谷,有利于水和物质汇集和泥石流流动的高山深沟、陡峻地形和坡降大等地貌条件,而且陡峭的山坡上植被难以生长,在暴雨作用下,极易发生崩滑,从而为泥石流提供了丰富的固体物质。发育有西毛峪泥石流和庙沟泥石流等。

第四类为坚硬块状片麻岩组,分布在蓟县东北部常州沟村 - 四拔子一带。岩体块状结构,以角闪斜长片麻岩为主。节理较发育,岩石强度较高,地质灾害不发育。

第五类为块状坚硬花岗岩中等风化岩组,分布在盘山地区一带,岩性主要为花岗岩和正长岩,岩石坚硬,裂隙发育,风化破碎严重,风化壳厚度约 10~20m,球形风化明显,崩塌发育。盘山岩体及其与围岩碳酸盐岩接触部位多是泥石流发生的区域。发育有东窝铺泥石流、田家峪泥石流和梁庄子西沟泥石流等。

3.3 地质构造

地质构造对地质灾害的形成发育有着明显的影响作用。一是地质构造控制着本区地貌的总体格局,在构造运动上升区形成中低山地貌,山势险峻,沟谷深切,临空面发育,易发生崩滑流灾害;二是各种地质构造结构面是形成地质灾害的内在地质

环境条件;三是地质构造影响带内,尤其在褶皱轴部、转折端、断裂带及其两侧,构造裂隙发育,岩体易于风化,岩石破碎,有利于崩塌、滑坡的形成。

本区的地貌格局主要受蓟县山前断裂、黄崖关断裂、杨庄断裂控制。构造抬升运动,使河流不断深切,斜坡陡峻,沟谷发育,为崩塌、滑坡和泥石流的形成提供了有利的地形条件。许多断裂和小型构造形成的破碎带,岩石支离破碎,崩塌、滑坡的碎屑物为泥石流的产生提供了物质来源。

3.4 气候对地质灾害的影响

强烈的融冰化雪、打雷、昼夜温差和降水等气候因素都是突发性地质灾害的诱发因素,特别是暴雨和长时间的连阴雨。

天津北部山区气候对地质灾害的影响主要体现在:昼夜温差较大,强烈的融冰化雪,直接影响岩土体的热胀冷缩。例如:2008 年 1 月发生的西五百户滑坡,造成 11 人死亡事故,昼夜温差变化就是其中原因之一;大气降水集中,降雨量年际变化大,在降雨较多的年份地质灾害发生的频次明显偏多,每年的多雨期是崩滑流地质灾害的多发期。

据《蓟县志》记载:1949 年 7 月 9 日~8 月 13 日,连续 6 场大雨,山区出现泥石流 31 处,冲走房屋 30 多间,冲走 7 人。1958 年 7 月 11~14 日,蓟县普降暴雨,降雨量高达 675 mm。全县发生山体滑坡、泥石流多达 481 处,冲毁山区小水库多座,涉及 519 个村,33.39 万人(其中死 28 人,伤 14 人)^[7]。2006 年 8 月 13 日,蓟县下营镇出现暴雨天气,3d 雨量达 85.5 mm,马营公路刘庄子村段发生小型土质滑坡,造成马营公路被阻断,中断距离近百米。2010 年 7 月 10 日~12 日,蓟县山区连续 3d 小到中雨,7 月 13 日达到暴雨,降雨量 60 mm。马平公路石臼段发生小型岩质崩塌,道路一度中断。2011 年 7 月 30 日蓟县山区普降暴雨,8 月 7 日再降大雨,两次降雨量 90 mm,引起双安尾矿堆发生小型土质滑坡;梁后庄发生滑坡险情,滑坡后缘出现拉张裂缝,局部出现塌陷。

3.5 人类工程经济活动

采矿活动:天津北部山区的建材业给该区的地质环境带来了不良影响。特别是城关、别山、官庄、许家台和白涧等乡镇,采石场数量多,形成了大量不稳定斜坡,采石形成的弃渣量大,沟坡碎屑

物质增加速度比仅靠自然风化堆积的速度快得多,大量弃渣随意堆放,或堵塞沟床,或悬于坡面,极易形成崩塌及滑坡^[8]。截止2010年底,由于不合理采矿活动诱发的突发性地质灾害共发生10起,其中大型1起、中型3起、小型6起。近年来,由于人们环境意识的增强,封山育林,整顿矿山,矿山地质环境治理等措施的实施,为减少地质灾害的发生起到了积极的作用。特别是2008年初关闭了除2个国营大型矿山以外的全部以开山采石为主的中小型矿山后,地质灾害发生率已明显下降^[9]。

建房切坡:天津北部山区土地资源有限,新农村、重要经济、文化、商用功能区建设和旅游景点建设等工程活动,形成大量人工边坡,削坡过程中又普遍存在坡度过大,房屋与坡脚之间距离过小,护坡措施不当等问题,易诱发崩塌、滑坡等地质灾害^[9]。有些农村房基选址不当,直接选在可能发生崩滑的斜坡地段。

修路:由于过去经济和技术水平等原因,区内公路不合理的人工切坡,,特别是县乡、乡村公路,留下了大量具有潜在地质灾害隐患的边坡,每当汛期,崩塌、滑坡时有发生。随着时间的推移,自然驱动力很可能诱发这类边坡地质灾害的不断发生。如2007年6月马营公路刘庄子段降雨诱发土质滑坡、2010年7月马平公路(S301)石臼段降雨诱发崩塌、津围公路(S101)K141+100 m处崩塌隐患点以及津围公路黄崖关景区崩塌隐患点等。

4 结论

1) 天津北部山区突发性地质灾害规模以中小型为主,崩塌、滑坡绝大部分是人类工程经济活动诱发的,其中崩塌灾害发生率最高,危害最广,

以倾倒式小型崩塌为主,滑坡主要为岩质滑坡,泥石流主要为沟谷型泥石流。

2) 崩塌一般发育于高陡的采石场掌子面及公路沿线,以自然风化作用为主的崩塌主要发育于山势陡峻的九山顶、梨木台和八仙山风景区以及球形风化作用明显的盘山风景区。岩质滑坡发育于采石场,土质滑坡分布不均匀。泥石流发育于北部山势陡峻、节理裂隙较发育的坚硬岩石区和西部盘山花岗岩区。

3) 区内崩塌从形成条件上而言主控因素为地形地貌、地层岩性和地质构造,其主导引发因素为人类工程活动。

参考文献:

- [1] 张全,周志勇.天津市蓟县地质灾害调查与区划报告[R].天津:天津市地质环境监测总站,2003.
- [2] 天津市地质矿产局.天津市环境地质图集[M].北京:地质出版社,2003.
- [3] 天津市地质矿产局.天津市岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [4] 天津市地质矿产局.天津市区域地质志[M].北京:地质出版社,1992.
- [5] 杨耀栋.天津市蓟县山区突发性地质灾害特征及其形成机理研究报告[R].天津:天津市地质环境监测总站,2011.
- [6] 王爽.天津市汛期地质灾害气象预警预报系统研究[R].天津:天津市地质环境监测总站,2009.
- [7] 蓟县志编修委员会.蓟县志[M].天津:南开大学出版社,1991.
- [8] 卢长军.天津市蓟县矿山地质环境调查与监测成果报告[R].天津:天津市地质环境监测总站,2010.
- [9] 庞玉奎.天津市蓟县地质灾害防治规划报告(2009-2020)[R].天津:天津市地质环境监测总站,2009.

(责任编辑 刘存英)