

新疆天山山地自然灾害垂直带谱及其特征^{*}

熊黑钢

刘耕年

崔之久

(新疆大学地理系 乌鲁木齐 830046) (北京大学城市与环境科学系 北京 100871)

提 要 分析天山山地由气候原因引起的自然灾害分布的垂直带谱,主要灾害类型有12种,可分为3个带:(1)基带(暴雨-塌方带):主要是由中、低山突发性的降雨引起的各种灾害。此带灾害频发时期与最大降水期是同步的。(2)中带(融水-冰冻带):其灾害大多同温度的变化有密切的关系。(3)上带(风吹雪-雪崩带):由积雪运动造成的灾害多集中在这里。山地坡向和高度对自然灾害垂直带谱的组成和灾害出现的频率影响很大。由于温度和降水的地区差异,不同纬度和经度地带自然灾害的垂直带谱是不相同的。

关键词 自然灾害 垂直带谱 天山山地

分类号 中图法 P462.5

1 引 言

目前灾害研究进展较快的是对其时间序列的研究,而对其空间序列尤其是垂向序列的研究较少。由气候原因引起的各种自然灾害随山地海拔高度的增加、气候条件的变化,其发生、分布也产生相应的变化,形成山地特有的自然灾害垂直带谱。我们在多处山区工作中深感对山地自然灾害垂直分布的研究十分重要。特别是对其分布和发生规律的研究,可以避免和减轻自然灾害对工农业生产的危害,并有助于找出防止其危害的更有效的工程或其它措施。作为建立自然灾害垂直带谱的模式地区,必须具备两个条件。一是山体高度大,这样才可建立一个较为完整的自然灾害垂直带谱。二是山体两侧气候条件差异较大,可以充分反映在不同气候条件下自然灾害垂直带谱的不同。近东西走向的天山是新疆地区一条重要的地理界线,其南北气候条件差异很大。同时,山高坡度大,山峰海拔高度多在4 000 m以上,最高的托木尔峰海拔7 435.3 m,气候的垂直分异明显(表1),是理想的建模山地。

表1 天山中段北坡气温、降水及自然景观带

Table 1 Temperature, precipitation and natural landscape on north slope of middle Tianshan Mountains

海 拔(m)	年平均气温(℃)	年降水量(mm)	自然景观带
400~800	4~7	100~200	山麓半荒漠带
800~1600	3~5	200~300	低山干旱草原带
1600~2800	2~3	400~550	山地森林带
2800~3200	-2~-5	450~600	亚高山草甸带
3200~3600	-3~-5	400~600	高山亚冰雪带
>3600	>-6	400~500	高山冰雪带

^{*} 国家自然科学基金(49671075)及中国科学院天山冰川观测实验站基金资助项目。

第一作者简介:熊黑钢,男,1956年生,教授(理学博士),自然地理专业。

收稿日期:1997-07-14;改回日期:1997-11-07

2 暴雨-塌方带(基带)

2.1 暴雨型水毁

新疆的暴雨 80% 集中于天山山区, 山地成为荒漠中的“湿岛”。干旱区虽然一般降雨量很少, 但一次突发性的降水, 在天山北坡可占年平均降水量的 25%~40%, 天山南坡可占 40%~90%。更有甚者, 天山南坡的吐鲁番全年最长连续无降水日数有时可达 7~10 个月。但它 24 h 最大降水值为 36 mm, 相当于它年平均降水量的 2.17 倍。因此, 短时间、高强度的暴雨引起洪水, 在中、低山带, 常冲毁公路、农田、桥梁和村镇。1996 年 7 月天山普降大雨, 北坡阜康市一水库因短期大暴雨形成的洪水过大, 水库决堤, 造成巨大的危害。位于新疆的老库车县城曾在 1958 年被洪水冲毁^[1]。

2.2 塌方

临空面大的悬崖陡壁在外界因素影响下, 突然崩落形成塌方, 阻塞交通, 砸坏各种建筑设施。据 1983~1987 年统计, 天山北坡独库公路 110 km 的地段共计发生 300 m³ 以上的塌方有 25 次。塌方主要集中在海拔 2 000~3 000 m 的中山带。这里相对高差大、岩石破碎、山坡陡峭。同时中山带是暴雨集中带, 夏季暴雨常常是塌方的主要触发因素。据各月塌方情况统计(表 2), 5~8 月的塌方次数占全年的 84%, 塌方量占全年的 92.7%。与图 1 对比, 可知塌方次数及塌方量最大时期与降水最大期是一致的。

表 2 1983~1987 年天山独库公路塌方情况表

Table 2 Collapse situation from 1983 to 1987 in Duku highway of Tianshan

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
塌方次数(次)		0	0	2	2	8	8	3	0	1	1	0
各月次数(%)	0	0		8	8	32	32	12	0	4	4	0
塌方量(m ³)	0	0	0	710	3850	19804	9610	2420	0	600	1800	0
各月方量(%)	0	0	0	1.8	9.9	51.1	24.8	6.2	0	1.6	4.6	0

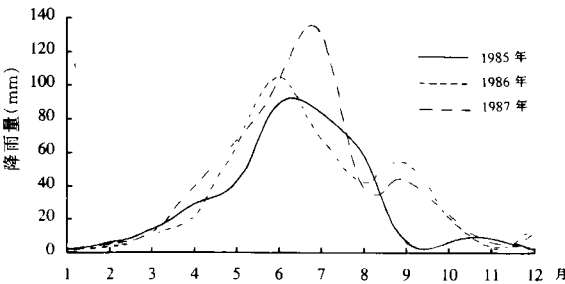


图 1 乌鲁木齐河流域平均面降雨量年变化图

Fig.1 The annual variation of average surface precipitation in the Urumqi River basin

2.3 暴雨型泥石流

从天山北坡降水的代表资料(图 1)可以看出, 天山降雨主要集中在 4~9 月。连续最大 4 个月的降水量出现在 5~8 月, 占全年平均降雨量的 73.1%。降水高值区出现于海拔 2 300~3 500 m 的中山区, 年降雨量可达 590 mm。用降水资料与 1986~1988 年各月天山北坡乌

鲁木齐河流域的后峡公路段清理公路上泥石流和塌方量(图 2)对比来看。泥石流暴发频繁时期与降水最大期是同步的。每年夏季天山的公路都遭泥石流的破坏或堵塞。1996 年夏季几十年一遇的暴雨,在天山引起大面积的泥石流,大部分的公路被破坏,房屋倒塌,物资冲走,经济损失达几千万元。

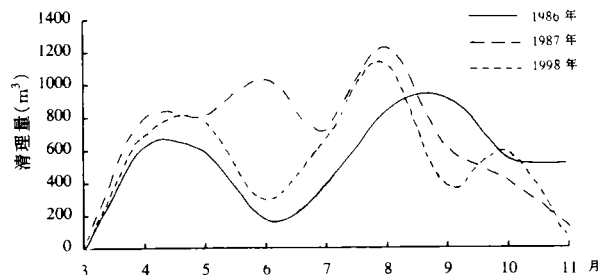


图 2 后峡公路段清理泥石流和塌方量图

Fig.2 The cleared quantity of debris flow and collapse in Hoxia highway

3 融水-冰冻带(中带)

3.1 融雪水型水毁

主要发生在山区积雪地带。每年春末夏初气温骤升,积雪融化很快。这时,工程防护排水设施(排水沟、涵洞等)被冬季冻结的冰填满堵塞,还未化开,无法起到排水作用。大量融化的雪水迅猛向低洼处流动,冲毁山区的建筑物和公路。譬如:天山独库公路北段仅 30 km 的积雪路段,每年融雪水毁坏路面达几十处,毁坏工程数量数千立方米,损失数十万元。这种水毁的危害程度主要取决于冬季积雪量的大小和春夏之交气温的高低。冬季积雪深,融化时气温高、融雪径流量就大,造成的危害也严重;反之则小。若暴雨型和融雪水型这两种水毁在夏初“默契配合”,则造成的危害更严重。历年该季节都是防洪,抢修水毁工程最繁忙的时期。

3.2 涎流冰

是指寒冷地区秋冬季流水在公路上形成的冰体。它多由冻土区中的地下水引起。形态各异,分布高度一般为海拔 2 500~3 600 m。冻土区一年中温度变化很大,在公路上形成涎流冰的季节特点也不一样^[2]。每年是 10 月底至 12 月上旬气温开始大幅度下降,季节融化层上部冻结,但下部仍保持液态。流到涵洞、路旁边沟的水冻结,排水设施逐渐被堵塞,流水漫上公路形成第一期涎流冰。特点是因流量大、流速快,冰层厚度小,较为平缓。12 月至翌年 2 月地温骤降,月平均气温为 $-15 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 。季节融化层冻结厚度加大。一般较小的地下潜流被封冻,仅有较深层的潜流。这时水流很小,流速慢,形成公路上冰层厚度大、生长缓慢、冰面坡度陡的第二期涎流冰。从 2 月到 3 月底气温开始回升,但季节融化层继续向下冻结达到最大冻结深度,并与多年冻土衔接。这时一般潜流通道全部被封死,泉水仅在一些较深的沟中流动,在公路上形成第三期涎流冰。初期流量小、厚度大、坡度大,气温升高后流量加大,冰体迅速生长冰面变缓。涎流冰的发育常使交通中断或造成冰上翻车及车辆滑坠入河谷。

3.3 冰川泥石流

天山发育了大量的现代冰川,每年夏季在持续高温的情况下,冰川和积雪处于强烈消融状态。大量的冰雪融水从山坡及冰川上汇流到冰川谷底的冰碛物和其它松散堆积物中。当饱含水分的碎屑接近或达到液限时,在重力作用下将沿沟谷下泻,形成特殊的冰川泥石流。独库公路三岔河处 1977 年公路刚竣工,冰川泥石流便把涵洞和公路埋没,随后每年都有泥石流发生。据统计 1984 和 1985 年该处共暴发 8 次泥石流,其中 7 次是因气温高引起(表 3)。1984 年冰川泥石流主要形成在 6 月,同山前海拔 730 m 的独山子气象资料(表 4)对应,1984 年最高极端气温的 6 月 26 日左右正是泥石流暴发最强烈的时期,持续高温的 3 天都有泥石流形成。其暴发次数占全年的 60%,路面堆积量占全年的 57.95%,占因气温高引起的泥石流堆积量的 86.1%。1985 年全部为气温高引起的泥石流,并且主要发生在 7 月。其中 7 月 3 日左右的极端高温引起二次泥石流。它在路面上的堆积量占全年的 80%,暴发次数占全年的 66.7%。

表 3 独库公路冰川泥石流暴发情况表

Table 3 The occurring condition of glacial debris flow in Duku highway

泥石流暴发时间		路面堆积量	堆积量占全年百分比	发生原因
日期(年·月·日)	小时(h)	(m ³)	(%)	
1984.6.1	19~21	3500	32.71	暴雨引起
1984.6.24	20~23	2000	18.70	气温高引起
1984.6.25	8~次日 4	3200	29.90	气温高引起
1984.6.26	18~次日 4	1000	9.35	气温高引起
1984.7.13	20~次日 2	1000	9.35	气温高引起
1985.6.13	19~22	1500	20.00	气温高引起
1985.7.1	20~0	2000	26.70	气温高引起
1985.7.2	19~0	4000	53.30	气温高引起

表 4 1984~1985 年独山子气温要素表

Table 4 The temperature elements of Dushanzi in 1984 - 1985

年份	最高极端气温		夏季平均最高气温(℃)		月平均气温(℃)	
	日期(月·日)	℃	6 月	7 月	6 月	7 月
1984	6.26	39.0	29.6	31.0	23.4	24.5
1985	7.3	37.8	29.6	32.6	23.0	26.4

其发生的特点是:①引起暴发的主要原因是气温高。②多出现于 6~7 月。③夏季最高极端气温出现的前后暴发次数多,堆积量大。④一般每日 15~16 h 气温达最高值,暴发时间多发生在 18h 以后。清晨气温最低,很少有泥石流形成。⑤若持续高温和暴雨天气同时出现,则暴发泥石流的可能性更大。

3.4 冰湖溃决

高山带的冰川区内,冰川表面或边缘常积水成湖。在一定外界条件触发下,冰湖可突然溃决,形成特大洪水造成灾害。一般冰湖溃决有两种类型,一是在夏季持续高温的情况下,冰川冰内水道迅速扩大引起湖水突然排泄。再则因冰体突然滑动,冲毁其前端的终碛阻塞湖而形成冰湖溃决。其危害程度与冰湖规模、水量、溃决类型等有密切的关系。近年来在天

山北坡考察中我们见到由冰湖溃决的洪水挟裹的冰碛、冰水沉积物,引起下游地区洪水灾害。南坡也有类似的报道^[3]。

3.5 热融沉陷

天山多年冻土的下界为 3 000~3 200 m^[4],冻土和地下冰在冻结状态下具有一定的承载力,含土的冰在 0℃~-2℃时承载力为 1.4 kg/cm²。但多年冻土上部的季节融化层受外界的影响很大,夏季气温升高或在冻土层上修筑公路、建筑物,将逐渐吸热自上而下开始融化,使季节融化层厚度增大,融雪水不断向下渗透更加速了这一过程。由于底部有多年冻土的阻挡,水到达一定深度后被托滞不会继续向下渗流,而且也很难排走。土壤中饱含水分析如泥浆,完全失去了承载力,引起沉陷、滑塌、翻浆,使工程设施遭到严重破坏。热融沉陷多发生在多年冻土上限含冰量比较大、特别是有厚层地下冰的地段。天山独库公路北坡海拔 3 300 m 左右的防雪走廊,施工时因地基未做特别处理,下部的多年冰土沉陷使得墙基严重下沉,下沉高度为 40~80 cm,墙身扭曲变形,水泥路面开裂悬空,虽经多次填补现仍继续下沉。这一价值几百万元的防雪工程设施将很快塌毁。

由于坡向的差别,山地冻土及其形成的热融沉陷具有明显的非对称性。天山阴坡和阳坡的冻土下界相差 400 m,年平均地温相差 2℃以上,冻土厚度相差 80 m^[4],与北坡相比,天山南坡为阳坡得到的辐射量多,因此,南坡冻土季节融化层厚度大、沉陷量也大。同时,每年春季南坡温度回升较快,而秋季南坡气温下降的较慢,造成南坡季节融化层厚度大,存在的时间久,危害时期长。

4 风吹雪-雪崩带(上带)

4.1 风吹雪

夏季多发生在森林线以上地区。冬季形成于中山带。后者应归属融水-冰冻带。积雪在强大的山风吹动下流动,背风处因风力减弱,雪大量沉积形成大规模的雪堆,埋没建筑、草场、堵塞公路,山区居民无法进行正常的生产、生活,并常使大量牲畜冻死。雪堆厚度一般为 2.5 m,局部厚度可达 5~10 m,长几十至几百米。每年 10 月至次年 5 月风吹雪严重时期,扫雪机械清雪也十分困难。风吹雪堵塞公路后,汽车将无法通行。因气温低造成车内人员的冻伤及死亡。1997 年 3 月伊犁地区的风吹雪形成的雪堆厚度达 5~10 m。将山区牧民的房屋埋没,牲畜被冻死。援救人员很难找到牧民住址的具体地点,给营救造成很大的困难。

4.2 雪崩

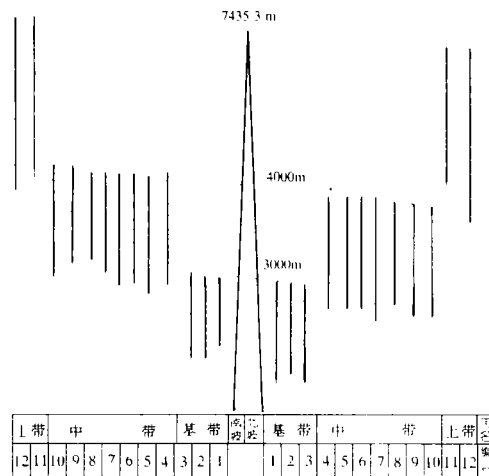
山坡上积雪稳定极限深度是一定的,当积雪深度超过这一极限以及积雪强度降低,雪的流变性质发生了变化,积雪便会急速从山坡上向下运动形成雪崩。一般山坡上的积雪在稳定积雪期内随着不断降雪,其深度是逐渐增加达到极限。在这种变化过程中,由于突发的天气过程而出现的持续强烈降雪,可引起积雪深度急剧增加超过极限。山坡上积雪的稳定极限深度与雪型、坡度和植被等有密切的关系。天山公路中段 1966 年 12 月在仅 27 km 的地段,雪崩点有 278 处。在公路上堆积的雪约 $44 \times 10^3 \text{ m}^3$,积雪最厚 8 m。河道被雪崩堵塞形成临时湖泊,胸径 55 cm 的树被雪崩连根拔起抛向下游^[5]。

因高度不同,气候条件的差异,雪崩可分为 2 个带^[6]。高山夏季雪崩带:分布在海拔 3 500 m 以上,年平均气温在 0℃以下。这里夏季降水多呈固态,积雪厚度大,雪崩频繁。中

山冬季雪崩带:此带分布范围和界线大致与天山森林分布范围和界线吻合。其夏季为液态降水,雪崩多发生在固态降水丰富的冬季。它在垂直带谱上应属于融水-冰冻带。

5 结 语

综上所述,我国天山由气候因素引起的山地自然灾害的垂直带谱如图3。其随海拔高度的变化而呈现出有规律的更替现象是同气温、降水等要素垂直变化密切相关。山地坡向使自然灾害带幅的高度迥然不同。天山南坡温度高、降水少,各带普遍比北坡的偏高200~400 m。而两者在由降水引起的灾害出现的频率上相差几个数量级。譬如:天山南坡暴雨型水毁或泥石流几年至十几年才有一次。而天山北坡一年可出现多次,并且规模也不一样。



- 1 暴雨型水毁;2 塌方;3 暴雨型泥石流;4 融雪型水毁;5 涎流冰;6 冰川泥石流;7 冰湖溃决;
8 热融沉陷;9 中山冬季雪崩;10 中山冬季风吹雪;11 高山风吹雪;12 高山夏季雪崩

图3 天山山地自然灾害垂直带谱示意图

Fig. 3 The vertical zone spectrum of natural disasters in Tianshan Mountains

山体高度愈大、自然灾害的垂直带谱愈完整。例:山西五台山最高峰海拔仅3 058 m,与天山相比其垂直带谱中缺失风吹雪-雪崩带。由低纬度向高纬度,温度下降,必然使主要受温度控制的自然灾害分布高度降低。例:昆仑山热融沉陷发生的下限高度为4 100 m左右,天山降到约3 100 m,再向北在阿尔泰山仅为2 500 m。同时,由东部湿润区到西部内陆干旱区一些自然灾害的分布高度也由低升高。如:热融沉陷的下限高度在长白山为1 900 m,五台山为2 500 m,到天山升为3 100 m左右。总之,由于温度和降水的区域分异,在不同的纬度和经度地带上山地自然灾害垂直带谱是不同的。

此外,需要强调的是,因山体形态、河川位置、坡向和坡度等等因素的影响,带谱中各带之间的界线并不是整齐划一的,相互之间有影响,呈明显的过渡或犬牙交错现象。必须以实际情况,建立当地的山地自然灾害垂直带谱,充分发挥其在防灾减灾中的作用。

参 考 文 献

- 1 夏训诚. 新疆的地貌. 见: 赵松乔. 中国干旱地区自然地理. 北京: 科学出版社, 1985. 152~158
- 2 白万龙. 内蒙呼伦贝尔盟公路涎流冰及防治. 冰川冻土, 1987, 9(增刊): 21~29
- 3 龚原. 昆马力克河洪水规律及成因初探. 干旱区地理, 1989, 12(3): 23~27
- 4 周幼吾, 等. 我国多年冻土的主要特性. 冰川冻土, 1982, 4(1): 1~9
- 5 胡汝骥, 等. 试论中国的雪害区划. 冰川冻土, 1987, 9(增刊): 1~8
- 6 胡汝骥, 等. 中国天山的雪崩及其治理. 冰川冻土, 1987, 9(增刊): 26~35

**THE CHARACTERISTICS AND VERTICAL ZONE
SPECTRUM OF NATURAL DISASTERS IN THE
TIANSHAN MOUNTAINS, XINJIANG**

Xiong Heigang

(Geography Department, Xinjiang University, Xinjiang, 830046)

Liu Gengnian Cui Zhijiu

(Geography Department, Peiking University, Beijing, 100876)

ABSTRACT

With the mountain elevation increase and climate condition change, the rule of distribution, happening and development of the various natural disasters, which is caused by climate, produce some change and form the vertical zone spectrum of special mountain natural disasters. This research is helpful to finding effective variety measures of prevention disasters, avoiding and reducing the harm of natural disasters. There are 12 types of disasters in Tianshan Mountains, they can be divided three zones.

1. Base zone (torrential rain-collapse zone): The various disasters of this zone are caused by sudden precipitation in the low-middle mountain of the arid area. The disasters occur mainly from May to August. Thus, the frequency period of their hurt is simultaneous with the maximum period of precipitation in every year.

2. Middle zone (snowmelt water-icing zone): Most disasters, which happen in the middle-high mountain area, have close relation with variation of temperature. The kinds of disasters include destruction of thawing snow water, icing damage, glacial debrisflow, glacial lake burst, thawing sinking, snow drift of middle mountain and middle mountain avalanche.

3. Upper zone (snow drift-avalanche zone): The movement of snow creates disaster in this zone. There are snow drifts of high mountain above the wooded-line in mountain and the avalanches of high mountain, which is above 3500 meters and mainly form in summer.

Key Words: Natural disasters; Vertical zone spectrum; Tianshan Mountains