

西藏自治区洛扎县冰湖溃决危险度评价

刘淑珍¹, 李辉霞¹, 鄢 燕¹, 柴宗新¹, 杜少平²

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
2. 西藏自治区地热地质大队, 西藏 拉萨 85000)

摘 要: 西藏自治区湖泊星罗棋布, 在高山极高山地区分布大量冰湖, 受各种因素的影响, 有时会产生冰湖溃决并形成灾害。本文根据最新 TM 遥感影像对西藏自治区洛扎县 283 个冰湖进行了初步评价。依据冰湖类型、规模、后方现代冰川与冰湖的距离及冰湖离居民地、公路等设施的距离等, 将冰湖溃决分为高危险度、中危险度及低危险度。并针对高危险度的冰湖提出防护对策。

关键词: 冰湖; 溃决; 评价

中图分类号: X8204, X45

文献标识码: A

西藏自治区境内湖泊星罗棋布, 除了那木错、色林错等大型构造湖以外, 在高山极高山地区分布有大量冰川作用形成的冰斗湖、冰碛湖等, 这些湖泊有些已完全脱离了现代冰川, 但相当部分还受后缘的现代冰川影响, 在全球气候变化及各种因素的干扰下形成冰湖溃决, 给下游地区的居民及财产造成威胁。

从已有资料得知, 从 20 世纪 30~90 年代的 60 余年间, 西藏共有 13 个冰川终碛湖发生过 15 次溃决, 形成了大规模的洪水和泥石流灾害, 给当地人民群众的生命财产造成巨大的危害, 与其他类型的地质灾害相比, 冰湖溃决形成的灾害爆发突然, 规模大, 危害严重。

洛扎县位于西藏自治区南部, 属山南地区, 县境内大小冰湖 283 个, 是西藏自治区冰湖分布较多的县(区)之一, 2002-09-18 位于县城东南 25km 处的得嘎普冰湖溃决, 形成冰湖溃决泥石流, 造成直接经济损失超过 3 000 万元人民币, 为此引起洛扎县人民政府对冰湖溃决的高度重视, 组织对县境内冰湖调查及溃决危险度评价。

1 区域概况

1.1 区位

洛扎县位于西藏自治区南部, 属山南地区所辖, 地理位置为 27°50′~28°34′N, 90°18′~91°29′E。东西长 116.5km, 南北宽 65.3km, 国土面积 4426km²。北、西与浪卡子县相接, 东北、东南与措美县、错那县相邻。南面与不丹王国接壤。距西藏首府拉萨市 310km, 距山南地区所在地泽当镇 354km, 山南地区“西南环形”公路自北向东南方向贯通全县。

1.2 自然概况

1.2.1 地貌、地质

洛扎县地处喜马拉雅山东南段, 喜马拉雅山呈东西向横穿县境中部, 将全县分为南北两部。全县地势西北高, 东南低, 海拔 6 000m 以上的山峰有 6 座, 海拔最高的库拉抗日主峰海拔 7 538m, 县境内最低海拔 2 740m, 地貌类型以大起伏的高山、极高山为主, 有少量中山及河谷盆地。极高山顶部分布有现代冰川。第四纪冰川遗迹广为分布。

洛扎县大地构造上处于雅鲁藏布江大断裂带与

收稿日期(Received date): 2003-11-30。

作者简介(Biography): 刘淑珍(1942-), 女, 辽宁大连人, 研究员。[Liu Shu Zhen(1942-), female, professor generalist in Dalina.]

南部吉隆—岗巴—洛扎—错那断裂带挟持的喜马拉雅板片内,在南北向应力的作用下,区内断裂发育。受喜马拉雅山隆升作用的影响,县境内新构造运动强烈,地壳处于不稳定状态。县境出露的地层主要有元古代聂拉木群中等变质的杂岩系片岩、片麻岩,中生代三叠系涅如群的页岩、砂岩灰岩等,以及第四系各种成因形成的松散堆积物和喜山期的花岗岩。

1.2.2 气候、水文

洛扎县地处西藏南部,按所处纬度应属亚热带地区,但因地势高亢,喜马拉雅山横贯县境中部,将全县分为南北两部,受喜马拉雅山的屏障作用,南北两部气候具有明显差异,北部属藏南温带半干旱高原季风气候,与附近的隆子县气候相近,年均气温为 5°C ,极端最高温度 27.1°C ,最低温 -20°C ,年降水量 279.4mm ,平均蒸发量为 $2\,342.6\text{mm}$,年均日照时数 $2\,983\text{h}$ 。降水的85%集中在6~9月份,夏季气温较高,月均温为 $12.7\sim 10.7^{\circ}\text{C}$ 。南部因受喜山屏障阻挡,年均温可达 9.5°C ,年均降水量可达 340mm ,夏季突发性降水多,日照少。属高山深谷温暖湿润、半湿润气候。

该县属恒河流域,县境内最大河流为洛扎雄曲及其支流虾久曲和浦错麦进曲。

洛扎雄曲源于曲措多良岗浦冰川前缘,经蒙边、嘎波、申格、拉康等地流入不丹王国汇入恒河,全长 131.5km ,落差较大,流速 2.8m/s ,流量 $75.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

浦错麦进曲源于曲吉麦乡珍杠日北部雪山,流经色、桑玉区,汇入洛扎雄曲,全长 57.4km ,流速为 4.0m/s ,流量为 $8.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

虾久曲源于柏日米龙拉雪山,经边巴、措美界入洛扎县后汇入洛扎雄曲,全长 46.2km ,流速 0.7m/s ,流量 $18.50\text{m}^3/\text{s}$ 。另外还有多条支沟。全县河流总长 367.1km ,境内降水量不多,水源主要是冰雪融水补给,洛扎县是西藏自治区现代冰川分布较多的县(区)之一,全县冰雪覆盖面积 736.7km^2 ,占国土面积的16.6%。较大冰川有七条:西南的安比浦—良岗浦冰川、狼姆桑浦冰川;南部的情拉浦冰川、错拉龙浦冰川;中部的热嘎浦冰川、余拉浦冰川、借久错上游的冰川。另外还有数十条较小的冰川。

1.2.3 土壤、植被

受气候、母质及生物作用的影响,发育有12个土类,受气候、植被垂直带的影响,土壤呈垂直带状分布。

高山寒漠土,分布于海拔 $5\,200\sim 5\,500\text{m}$ 地带;

高山草甸土,分布于 $4\,700\sim 5\,200\text{m}$ 地带;高山草原土分布于海拔 $4\,600\sim 5\,200\text{m}$ 喜山的北坡。

亚高山草甸土,分布于海拔 $3\,800\sim 4\,500\text{m}$ 地带;

亚高山草原土分布于 $3\,500\sim 4\,500\text{m}$ 地带;灌丛草甸分布于海拔 $2\,300\sim 4\,000\text{m}$ 的地带。草甸土分布于沿河平坦及渍水低洼地带,另外有两类森林土壤,即灰褐土,分布于海拔 $3\,600\sim 4\,000\text{m}$ 地带,淋溶褐土分布于海拔 $3\,100\sim 3\,600\text{m}$ 的山地带。

县境内以山地为主,受垂直地带性影响,植被分布从低海拔向高海拔呈垂直分布,县境内的海拔最低处发育有郁郁葱葱的混交林,向上依次分布着:

海拔 $2\,300\sim 3\,500\text{m}$,为针、阔叶混交林及林下草地

$3\,500\sim 4\,400\text{m}$,喜山北坡为温性草原,南坡为山地草甸

$4\,600(4\,400)\sim 4\,900\text{m}$,为高寒草原

$4\,900\sim 5\,200\text{m}$,为高寒草甸

$>5\,200\text{m}$,为垫状植被。

局部低平积水处形成沼泽草甸植被。

2 冰湖类型及分布

冰湖是由冰川作用形成的湖泊,大多数是第四纪冰川作用后遗留下来的,特点是分布海拔比较高,多数位于古冰川谷、古冰斗内,形状各异,与大型构造湖比较,面积较小,但因其中一些冰湖后缘与现代冰川相连或距离现代冰川冰舌较近,在现代冰川前进或跃动时易造成冰湖溃决形成灾害。

2.1 冰湖类型及分布

洛扎县是西藏自治区冰湖分布较多的县(区)之一。根据最新TM卫星影像解译,洛扎县现有各种冰湖283个,按照其成因可分为以下二类。

2.1.1 冰碛湖

冰川后退时在其前端形成多道终碛垄,在终碛垄后缘与现代冰川冰舌的前缘之间由于冰川融水积累而成湖。其湖泊多沿冰川谷分布,呈长条状,有的终碛湖面积较大,如洛扎县最大的冰湖白马湖就是终碛湖,湖泊长约 3.7km ,宽约 0.45km ,面积 1.687km^2 ,距后缘现代冰川冰舌距离为 1.65km 。根据统计,洛扎县283个冰湖中,属终碛湖的有121个,占总数的42.76%。冰川溃决危险度比较高的多为终碛湖。因为终碛湖前缘湖堤为终碛垄,是冰

川后退形成的垄状堤,组成物质为冰碛物,多为砂砾石,胶结较差,或者无胶结,稳定性很差,同时因位于现代冰川舌的前端或离现代冰舌前端较近极易受后缘现代冰川的影响,一旦有外力作用即会产生溃决。在本次对冰湖溃决危险度评价中,危险比较高的冰湖中,终碛湖占了 75.36%。

另一类冰碛湖为侧碛湖,即在冰川侧碛堤之间积水成湖。283 个冰湖中侧碛湖只有 10 个,占总数的 3.53%,而且这 10 个侧碛湖大部分为中、低危险程度。

2.1.2 冰斗湖

分布于县境内海拔较高的地区,是第四纪冰川后退后遗留下的古冰斗积水而成湖,因为第四纪冰川作用有几期,因此冰斗湖也有几级,如加朗卡湖群,由二级四个冰斗湖组成,其中加朗卡湖为一级,海拔 5 028m,而其他三个为高一级,海拔高度为 5 075m,高出加朗卡湖 50~60m。因为湖泊规模较大,且后缘都离现代冰舌较近或紧贴现代冰舌,虽然冰湖前缘有基岩冰斗坎为堤,但冰湖涌水溃决的危险性仍较高。洛扎县冰湖中冰斗湖有 152 个,占冰湖总数 53.71%。大部分冰斗湖因规模小,且前缘有基岩冰斗坎为堤,稳定性较高,溃决危险性较小。这次评价的 283 个冰湖中,危险性较高的 69 个湖泊中冰斗湖有 17 个,占危险性较高的冰湖的 24.64%,溃决的危险性小。

2.1.3 冰湖的分布

冰湖空间分布与第四纪冰川作用及现代冰川分布有密切关系,洛扎县第四纪冰川活动及现代冰川分布主要在喜马拉雅山地区,因此冰湖分布也基本上在县境内的喜马拉雅山分布地区。也就是说主要集中在县境内的西南、南部,少量分布在东部,其中西南、南部分布的冰湖有 270 个,占 95.41%,分布在东部的有 13 个,占 4.59%。2002-09-18 发生的冰湖溃决事件即是位于县境东偏南的得嘎普冰湖,并挟带冰川谷中的大量冰碛物形成冰川泥石流,给下游人民群众生命财产造成巨大损失。

冰湖基本上都分布在海拔 4 000m 以上的高山、极高山地区,经统计洛扎县冰湖分布在海拔 5 000m 以上的占 53.6%,4 000~5 000m 的占 45.7%,<4 000m 只有 2 个,占 0.7%,也就是说超过半数的冰湖分布在海拔 5 000m 以上的地区,远离人类活动区,在某种角度说,降低了溃决造成破坏的程度。

3 冰湖溃决危险度评价

3.1 冰湖溃决危险度评价指标

冰湖溃决不仅形成洪水,而且可以引起泥石流,对下游人民群众的生命财产造成威胁,因此,进行冰湖溃决危险度评价,对危险度高的冰湖提高警惕,对下游的居民及农田、公路、设施等采取一定的防护措施,尽量减少损失很有必要。根据对洛扎县冰湖的调查分析,提出以下评价指标。

3.1.1 冰湖的类型、规模及稳定程度

冰湖的类型、规模及稳定程度是评价冰湖溃决的重要指标之一^[1]。一般情况下,终碛湖比冰斗湖溃决的可能性大,因为终碛湖的湖堤为古冰川后退时形成终碛垄,物质松散、稳定性差,在外力作用下易产生溃坝形成溃决。特别是新冰期和小冰期的冰碛物,物质新,胶结差,稳定性低,容易溃决。而冰斗湖是由冰川刨蚀作用形成的冰斗积水而成,湖堤多为基岩,稳定性较好,只有在冰湖规模较大、水量较多,后缘作用力较大时,湖水翻过堤坝形成洪水或泥石流。冰湖规模是决定灾害大小的重要因子,冰湖规模越大,溃决后的水量大,其形成的灾害的规模和影响范围相应增大,容易形成大的灾害。

3.1.2 现代冰川的类型、规模及发展趋势

冰湖后缘现代冰川的类型、规模、冰舌纵比降、冰舌前端裂隙发育程度等都是诱发冰湖溃决的重要因素。冰斗冰川相对比较稳定,而悬冰川因冰舌前端冰面坡度陡,纵比降大,其势能高,跃动冲击冰湖的能量大,对冰湖溃决威胁也最大。山谷冰川一般冰面纵比降小,但如果冰舌末端突然变陡或刚好位于冰坎上形成冰瀑布,对冰湖形成极大威胁。现代冰川变化趋势也是一个重要的标志,如果冰川处于退缩阶段,从发展的角度来看对冰湖溃决影响不大,若现代冰川处于前进时期,则应随时关注冰川前进的动态。现代冰川冰舌前端裂隙的发育程度应作为引起冰湖溃决的重要标志予以考虑,因为冰裂隙发育,冰川前端随时都可能产生崩滑跃动,冲击冰湖而引发溃决。

3.1.3 沟谷的长度,纵比降及沟内物质

这里所说的沟谷的长度主要指冰湖离居住地、农地、公路及各种设施的距离。如果冰湖远离居住地及各种设施,且纵比降比较小,即使发生冰湖溃决,由于沟谷纵比降小,洪水或泥石流的流速比较

小,在漫长的距离内能量消耗较大,到下游后破坏力大为降低,造成的损失也大为减少。如果冰湖距离下游居民地、各种设施距离较近,且沟谷纵比降大,冰湖溃决后快速下泄,将对下游造成巨大破坏。特别是冰湖所在的沟谷海拔高,寒冻风化作用强烈,沟内常堆积大量寒冻风化作用形成的松散物质,而且很多沟谷是古冰川谷、沟内堆积了大量古冰碛物,这样沟内由古冰川作用和寒冻风化作用形成的大量松散物质,在洪水冲击下形成泥石流,常常形成毁灭性灾害。

3.1.4 环境条件

受全球气候变化的影响,青藏高原近 40 年来气温升高,对洛扎县现代冰川产生一定的影响。夏季气温高,冰川融水加大,大量融水通过冰川裂隙及冰内水道渗入冰床,对冰川运动起了润滑作用,增大了冰川的活动性。特别是受环境影响,气候变化异常,常常形成异常高温^[2],而促使现代冰川末端产生跃动而形成冰湖溃决。

3.2 洛扎县冰湖危险度评价

依据以上冰湖危险度评价指标对洛扎县的 283

个冰湖进行初步评价,其结果为:

高危险度冰湖有 69 个,占总数的 24.38%,其中冰川终碛湖 52 个,占高危险度冰湖的 75.36%,冰斗湖 17 个占 24.64%。这些冰湖的特征,其一,大多数规模较大,据统计 20 个湖面面积 $>0.2\text{km}^2$ 的冰湖中,危险度高的有 17 个占 85%(见表 1)。其二,冰湖后方距离现代冰川距离较近,或现代冰川冰舌伸入冰湖中即零距离。在危险程度高的冰湖中,扎日朗浦湖、温加错、折玛错、加郎卡湖、昂格错等均与后方现代冰川为零距离,有的现代冰川末端冰舌伸入冰湖中,如 2002-09-18 发生冰湖溃决的得嘎沟源头的冰湖,虽然冰湖面积有 0.027km^2 ,但因后方现代冰川冰舌几乎伸到冰湖内,在气候异常变化中,冰川跃动引起冰湖溃决。其三,冰湖的稳定性,在危险度比较高的冰湖中,大部分为终碛湖,前已述记,终碛湖的湖堤大多为终碛垅,特别是新冰期和小冰期后退时形成的终碛垅因时间短,无胶结,物质松散,极易溃坝产生灾害。其四是距离居民地、公路、农田等较近,易形成灾害。

表 1 湖面面积 $\geq 0.2\text{km}^2$ 的冰湖一览表
Table 1 Form of Take Area of $\geq 0.2\text{ km}^2$ of the Ice Laks

序号	冰湖谷	冰湖类型	平均海拔 (m)	面积 (km^2)	距现代冰川冰舌 前端距离(m)	距居民地、设施 距离(km)	危险度	备 注
1	介久错	终碛湖	4650	0.84	200	4	高	现代冰川伸入后方一个 0.16km^2 的冰湖
2	白马错	终碛湖	4500	1.69	900	4	中	
3	折公错	终碛湖	4750	0.35	250	5	高	湖群中最后一个湖距 离现代冰川距离
4	温加错	终碛湖	5140	0.31	0	2.5	高	牲畜棚
5	折玛错	终碛湖	5200	0.32	0	3	高	牲畜棚
6	加郎卡	终碛湖	5028	0.36	0	2.5	高	牲畜棚
7	白朗错	终碛湖	5170	0.91	1500	8.5	高	
8	董布错	终碛湖	4750	0.59	0	4	高	湖群
9	错 夏	终碛湖	4650	6.39	1000	8	高	桥
10	狼 错	冰斗湖	4210	0.67	元	6	低	
11	贡嘎错	终碛湖	4630	0.52	800	4	高	牲畜棚
12	巴里加错 1	终碛湖	5423	0.28	0	4	高	
13	巴里加错 2	终碛湖	5335	0.21	1500	2	高	离巴里加湖
14	申错冰湖	冰斗	4270	0.20	元	8	低	
15	昂格错	终碛湖	5012	0.21	0	7	高	牲畜棚
16	谷母错	冰斗湖	5010	0.20	1200	2	高	牲畜棚
17	窝脚湖	终碛湖	5450	0.24	50	9	高	
18	扎日朗浦湖	终碛湖	5404	0.23	0	8	高	
19	卡热疆北湖	终碛湖	5470	0.25	150	4	高	
20	碾窝卓果错	终碛湖	5354	0.20	0	6.5	高	

中危险度的冰湖有 81 个, 占总数的 28.62%, 低危险度的冰湖有 133 个, 占总数的 47%, 从初步评价中可以看出中—低危险度的冰湖占 75.62%。也就是说绝大多数冰湖溃决的危险性还是比较低的。高危险度的冰湖虽然只是少数, 但是给下游广大群众生命和国家财产的威胁是不可忽视的。

4 冰湖溃决防护对策

冰湖溃决是一种自然现象, 是由于气候变化而导致冰川的进退、跃动等作用引起的, 如果没有造成生命和财产的损失就是一种自然现象, 但是当它对生命财产造成损失时它就是一种灾害。因此为了减少灾害的损失应该采取相应的防护对策。

4.1 加强领导, 提高认识

冰湖溃决是一种由于气候变化等间接因素而引发的一种自然现象, 因此往往不易引起人们的重视, 但是当其危及人们生命财产安全时又形成灾害, 所以要广为宣传, 让广大干部群众提高认识, 对可能造成灾害的冰湖采取一定有效的防护措施, 尽量减少灾害损失。

4.2 对冰湖危险度进行评价

本次仅仅是初步评价, 应在本次评价的基础上对危险度高的冰湖进行实地调查, 调查冰湖规模、水量、冰湖堤稳定性, 后缘现代冰川的运动趋势、冰裂

隙发育状况等, 进一步筛选出危险程度高的冰湖, 提出防护对策。

4.3 定期监测, 掌握冰湖及其后方现代冰川的变化趋势

对危险高的冰湖实行定期监测制度, 特别是春末、夏季及秋初季节气温变化异常时应增加监测次数, 及时掌握冰湖及其后方现代冰川变化动态, 及早发出警报。

4.4 在评价基础上制订防护规划及措施

在评价的基础上, 制订防护规划。对危险度高的冰湖及其所在沟谷采取一定的措施, 如沟谷的拦挡工程及生物措施, 下游居民地、农田、公路等修建防洪堤等, 尽量使灾害损失降到最低。

参考文献(References):

- [1] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所等. 西藏公路水毁研究 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2002, 74~80. [INSTITUTE OF MOUNTAIN HAZARDS AND ENVIRONMENT. CAS. Water Damage to Highways in Tibet. Sichuan Science technology publishing House 2002, Chengdu P48-51.]
- [2] 中国科学院成都山地灾害与环境研究所等. 西藏泥石流与环境 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999, 48-51. [INSTITUTE OF MOUNTAIN HAZARDS AND ENVIRONMENT. CAS. DEBRIS FLOW AND ENVIRONMENT IN TIBET Chengdu Science technology University publishing House, 1999, Chengdu, P48-51.]

Assessment of Bursting Hazards of the Ice Lakes in Luozha County, Tibet

LIU Shu-zhen¹, LI Huixia¹, YAN yan¹, CHAI Zong-xin¹, DU Shao-ping²

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu, 610041, Sichuan, China;

2. Geothermal Geological Bridgade, Bureau of Mineral and Resource of Tibet, Lhasa 850000, Tibet, China)

Abstract: Lakes are spread all over the place in Tibet, and many ice lakes are located in alps or extra-high mountain areas. Affected by this and that factor, some ice lakes will burst the banks and cause disasters. Based on the newest TM images, 283 ice lakes of Luozha County in Tibet were initially assessed in this paper. According to their types, scale, distance to modern glacier behind, and distance to residential area and roads, the bursting hazards of the ice lakes were divided into high hazardous, medium hazardous and low hazardous. Finally measures were raised aiming at the high hazardous ice lakes.

Key words: ice lake; burst; assessment