

## 西藏冻融侵蚀空间分布规律<sup>\*</sup>

张建国<sup>1</sup>, 刘淑珍<sup>2</sup>

(1. 南通大学 地理科学学院, 江苏 南通 226007; 2. 中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘 要:** 西藏是我国冻融侵蚀最主要的分布区, 也是受冻融侵蚀危害最为严重的区域。以影响冻融侵蚀主要因子为指标所建立的评价模型对西藏冻融侵蚀进行分级评价所得出的结果为依据, 分析了西藏冻融侵蚀的空间分布规律。分析结果表明: (1) 西藏冻融侵蚀分布范围广大, 冻融侵蚀总面积达 664 317.4 km<sup>2</sup>, 占该区国土面积的 55.3%; (2) 西藏冻融侵蚀的区域分异明显, 不仅不同强度冻融侵蚀具有不同的区域分布特征, 而且冻融侵蚀地区分布差异明显, 每个地区都有不同于其他地区的冻融侵蚀空间分布特点; (3) 西藏冻融侵蚀垂直分异明显, 不同强度冻融侵蚀的百分比构成随海拔高度的升高而呈现有规律的变化, 冻融侵蚀在垂向上的分布具有在海拔较低区域和较高区域分布面积小、强度大, 中间区域分布面积大、侵蚀强度小的特点。

**关键词:** 西藏; 冻融侵蚀; 空间分布

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)05-0001-06

## Spatial Distribution Characteristics of Freeze-Thaw Erosion in Tibet

ZHANG Jian-guo<sup>1</sup>, LIU Shu-zhen<sup>2</sup>

(1. School of Geography, Nantong University, Nantong, Jiangsu 226007, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Tibet is the main distribution area of freeze-thaw erosion and the most serious damaged region by freeze-thaw erosion in China. In order to prevent and control the occurrence and development of the freeze-thaw erosion effectively, it is necessary to understand the present situation and spatial distribution characteristics of freeze-thaw erosion in Tibet. Based on the classification and assessment results of the freeze-thaw erosion, this paper comprehensively discussed the spatial distribution characteristics of freeze-thaw erosion in Tibet. The results show: (1) The distribution of freeze-thaw erosion is very extensive in Tibet, freeze-thaw erosion area is 664 317.4 km<sup>2</sup>, accounting for 55.3 % of the total local land area. (2) The regional differentiation of freeze-thaw erosion is obvious. Not only the different intensity freeze-thaw erosion has the different regional distribution characteristics, but also the difference of the freeze-thaw erosion distribution in different region is also obvious, each region has its own spatial distribution characteristic, which is different with other regions. (3) The vertical differentiation of freeze-thaw erosion is also obvious in Tibet. The percentage constitutes of different intensity freeze-thaw erosion orderly change along with altitude, and the freeze-thaw erosion area is small and the intensity is heavy in high elevation region and low elevation region, and the freeze-thaw erosion area is large and the intensity is slight in middle elevation region.

**Key words:** Tibet; freeze-thaw erosion; spatial distribution

冻融侵蚀是高寒地区由于温度的变化, 导致土体或岩石中的水分发生相变, 体积发生变化, 以及由于土壤或岩石不同矿物的差异胀缩, 造成了土体或岩石的机械破坏, 被破坏的土体或岩块在重力等作用下被搬运、迁移、堆积的整个过程。冻融侵蚀多发生在高纬度、高海拔、气候寒冷的区域<sup>[1-2]</sup>, 是除水蚀和风蚀之外的第三大土壤侵蚀类型。冻融侵蚀可严重破坏侵蚀区土地资源, 使地表破碎化、裸露化、干燥化过程加快, 进而造成土壤退化、植被衰退的土地退化过程加快, 造成侵蚀区生态环境的恶化。

西藏自治区位于素有“世界屋脊”之称的青藏高原, 是青藏高原的主体, 这里海拔高, 气温低, 气温日、年较差大的气候特点使得该区冻融交替频繁, 为冻融侵蚀的发生、发展创造了条件, 使冻融侵蚀成为了该区最主要的土壤侵蚀类型之一, 也成为了该区所面临的主要生态环境问题之一<sup>[3-6]</sup>。为了有效防治西藏冻融侵蚀的发生和发展、保护生态环境及合理利用当地资源, 迫切需要知道该区冻融侵蚀的现状 & 空间分布规律。为了评价西藏冻融侵蚀现状, 张建国等建立了以影响冻融侵蚀主要因子为指标的分级评价模型<sup>[1-2]</sup>。以该评

\* 收稿日期: 2007-09-08

基金项目: 重大基础研究前期研究专项 (2004CCA03600)

作者简介: 张建国 (1973 - ), 男, 甘肃陇西人, 博士, 讲师, 主要研究方向为生态环境动态监测。E-mail: sezjg@yahoo.com.cn

价模型对西藏冻融侵蚀进行分级评价所得出的结果为依据,较为全面地分析西藏冻融侵蚀的空间分布规律。

1 冻融侵蚀分布概况

由表 1 可以看出,西藏自治区冻融侵蚀总面积为 664 317.4 km<sup>2</sup>,占该区国土面积的 55.3%。其中微度冻融侵蚀面积为 152 974.3 km<sup>2</sup>,占冻融侵蚀总面积的 23%;轻度冻融侵蚀面积为 240 762.3 km<sup>2</sup>,占冻融侵蚀总面积的 36.2%;中度冻融侵蚀面积为 178 083.5 km<sup>2</sup>,占冻融侵蚀总

面积的 26.8%;强度冻融侵蚀面积为 92 497.2 km<sup>2</sup>,占冻融侵蚀总面积的 13.9%<sup>[2]</sup>。可见,西藏冻融侵蚀分布面积广大,侵蚀强度以轻度和中度为主。

从地区分布来看,拉萨、昌都、阿里、日喀则和那曲的冻融侵蚀面积分别占各自国土面积的 58.4%,50.7%,65.6%,44.3%,71.9%,说明冻融侵蚀是这 5 个地(市)的最主要的土壤侵蚀类型。山南和林芝的冻融侵蚀面积分别占各自国土面积的 20.1%和 16.8%,说明冻融侵蚀不是这 2 个地区最主要的土壤侵蚀类型。

表 1 西藏冻融侵蚀面积 km<sup>2</sup>

地 区	微度	轻度	中度	强度	合 计	
					面积	占国土面积 的百分比/ %
拉萨市	2011.6	4610.8	5704.2	4887.6	17214.2	58.4
昌 都	12590.8	14649.2	16941.4	10951	55132.4	50.7
山 南	5872.6	3967.9	4093.9	1962.1	15896.5	20.1
阿 里	37050.5	68516.6	58902.6	30597.2	195066.9	65.6
日喀则	18989.3	23301.7	24574.2	13319.6	80184.8	44.3
那 曲	73954.6	122107.1	61966	23599.1	281626.8	71.9
林 芝	2504.9	3609	5901.3	7180.6	19195.8	16.8
面 积	152974.3	240762.3	178083.5	92497.2	664317.4	55.3
合 计	占冻融侵蚀总 面积的百分比/ %	23.0	36.2	26.8	13.9	100.0

2 不同地区(市)冻融侵蚀的空间分布

2.1 拉萨市

拉萨市冻融侵蚀总面积为 17 214.2 km<sup>2</sup>,占其国土面积的 58.4%。其中微度、轻度、中度、强度所占比重分别为 11.7%,26.8%,33.1%,28.4%。可见拉萨市不仅冻融侵蚀分布面积广,而且冻融侵蚀的强度大,冻融侵蚀非常严重。

分县来看,拉萨所辖的八个县区中只有城关区和达孜县冻融侵蚀面积所占各自国土面积的比重较小,分别为 23.2%和 25.5%。其余各县的冻融侵蚀面积占各自国土面积的比重均比较高,其中当雄、墨竹工卡、尼木、堆龙德庆、林周 5 县均超过了各自国土面积的 1/2。这说明冻融侵蚀在这 5 县分布很广。同时,由图 1 可以看出,拉萨所辖八个县/区的冻融侵蚀均比较强烈。除当雄县外,其余各县区的冻融侵蚀均以强度或中度所占比重最大,而以微度或轻度所占比重最小。即便是当雄县的冻融侵蚀也是以微度冻融侵蚀所占比重最小。

2.2 昌都地区

在昌都地区,冻融侵蚀由东南向西北,分布面积逐渐增大,侵蚀强度逐渐加强,冻融侵蚀具有东南轻、西北重的特点。

昌都所辖的 11 个县中,东南部的芒康、察雅、贡觉、左贡 4 县的冻融侵蚀面积占各自国土面积的比重较小,分别为 16.2%,28.8%,31.5%,42.8%,其余 7 个县的冻融侵蚀面积占国土面积的比重均超过了各自国土面积的 1/2。其中西北部的丁青、边巴、类乌齐 3 县则超过了 60%。可见昌都地区冻融侵蚀分布具有由东南向西北增加的特点。同时,由图 1 可以看出,位于昌都地区东南部的芒康、贡觉、察雅、左贡、八宿 5 县的冻融侵蚀均以微度所占比重最大,其次为轻

度,再次为中度,强度冻融侵蚀所占比重均最小,冻融侵蚀强度较小。而位于西北部的边巴、丁青、类乌齐 3 县的冻融侵蚀以中度或强度所占比重最大,其次为轻度,微度所占比重最小,冻融侵蚀强度大。其余几个县则介于这两类之间。可见,就侵蚀强度来看,昌都地区的冻融侵蚀具有由东南向西北逐渐加重的特点。

2.3 山南地区

山南地区的冻融侵蚀占国土面积比重小,侵蚀强度以微度为主,面积小、强度也小是山南地区冻融侵蚀总的特点。该区共有冻融侵蚀 15 896.5 km<sup>2</sup>,占该地区国土面积的 20.1%,各类冻融侵蚀所占冻融侵蚀总面积的比重分别为微度 36.9%、轻度 25.0%、中度 25.8%、强度 12.3%。

分县来看,山南地区所辖的 12 个县中,只有加查县的冻融侵蚀面积超过了该县国土面积的 1/2,达 57%。其余各县冻融侵蚀面积均相对较小,其中桑日、朗卡子、乃东、曲松四县的冻融侵蚀面积超过了各自国土面积的 30%,余下的 7 个县的东融侵蚀面积均不足各自国土面积的 30%。可见,相比其他地区而言,冻融侵蚀在山南地区分布较少。同时,由图 1 还可以看出,在山南地区除加查县外,其余 11 个县的冻融侵蚀都是以强度所占比重最小,多不足 10%,而多以微度或轻度所占比重最大,冻融侵蚀强度小。在山南地区唯有加查县的冻融侵蚀较强烈,冻融侵蚀以中度所占比重最大,其次为强度,再次为轻度,微度最小。

2.4 阿里地区

阿里地区共有冻融侵蚀 195 066.9 km<sup>2</sup>,占该区国土面积的 65.6%,各类冻融侵蚀所占冻融侵蚀总面积的比重分别为微度 19.0%、轻度 35.1%、中度 30.2%、强度 15.7%。

阿里地区是西藏冻融侵蚀的第二大分布区,该区冻融侵蚀分布面积广大,冻融侵蚀强度以轻度和中度为主,在空间分布上具有东轻西重的特点。

分县来看,阿里所辖的 7 个县中只有扎达和普兰两县的冻融侵蚀面积占各自国土面积的比重较小,分别为 34.0 % 和 45.1 %。其余 5 县冻融侵蚀面积占各自国土面积的比重均很大,都超过了 60 %。同时,就侵蚀强度来看,阿里地区东部和西部差异明显。由图 1 可以看出,位于阿里西部的普兰、扎达、日土、葛尔四县的冻融侵蚀都以中度或强度所占比重最大,而以微度所占比重最小,冻融侵蚀较强烈。而位于东部的革吉、改则、错勤三县的冻融侵蚀以微度或轻度所占比重最大,强度所占比重最小,冻融侵蚀强度相对较小。可见阿里地区的冻融侵蚀具有东轻西重的特点。

2.5 那曲地区

那曲地区是西藏自治区冻融侵蚀分布最广的地区,也是冻融侵蚀面积占国土面积比重最大的地区。全地区共有冻

融侵蚀 281 626.8 km<sup>2</sup>,占该区国土面积的 71.9 %。其中轻度冻融侵蚀是该区分布最广的冻融侵蚀类型,占该区冻融侵蚀总面积的 43.4 % ,其次为微度,占 26.3 % ,再次为中度,占 22.0 % ,分布面积最小的为强度冻融侵蚀,仅占 8.4 %。整体来看,那曲地区冻融侵蚀具有分布面积广大,侵蚀强度较小的特点。

分县来看,那曲地区所辖的 10 个县的冻融侵蚀面积占国土面积的比重均非常大,都超过了 60 %,其中位于那曲东部的比如、嘉黎、聂荣和巴青四县更是超过了 80 %。就侵蚀强度来看,那曲地区冻融侵蚀强度的县域差异也较明显。从图 1 可以看出,分布在那曲地区最东端的索县、巴青、比如、嘉黎四县的冻融侵蚀以中度或强度所占比重最大,而以微度所占比重最少,冻融侵蚀强度大。而其余各县的冻融侵蚀多以微度或轻度所占比重最大,以强度所占比重最小,冻融侵蚀强度较小。可见从空间分布来看,那曲地区冻融侵蚀在东部较强烈,其余区域较轻微。

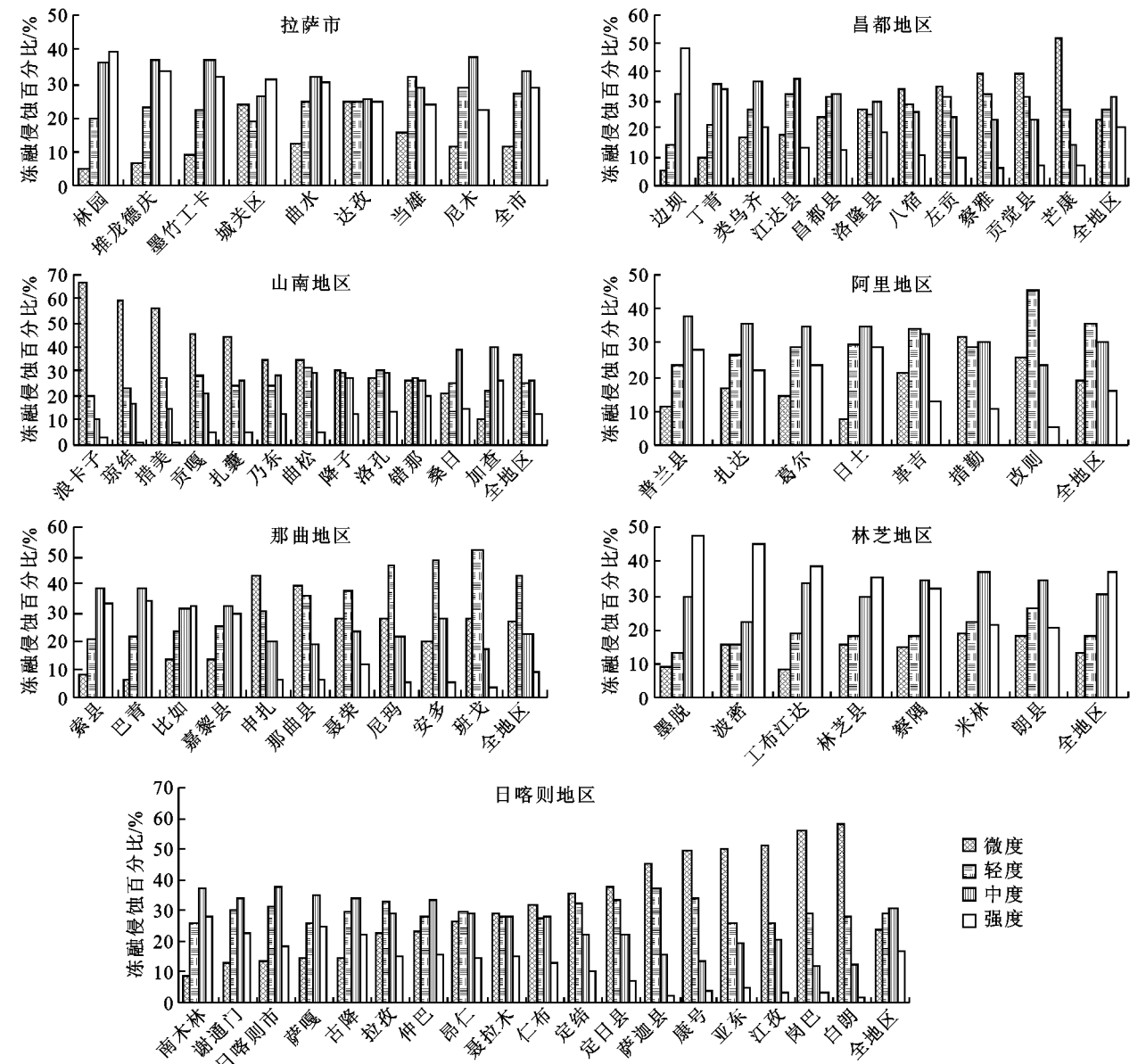


图 1 西藏各地(市)不同等级冻融侵蚀百分比构成

## 2.6 林芝地区

林芝地区共有冻融侵蚀 19 195.8 km<sup>2</sup>, 占该区国土面积的 16.8%, 是西藏自治区冻融侵蚀面积占国土面积比重最小的一个地区。该区的冻融侵蚀以强度和中度为主, 分别占该区冻融侵蚀总面积的 37.4% 和 30.7%, 而微度和轻度冻融侵蚀分布较少, 分别占该区冻融侵蚀总面积的 13.0% 和 18.8%。因此, 林芝地区冻融侵蚀总的特点是分布面积小, 侵蚀强度大。

分县来看, 林芝地区所辖的 7 个县中只有工布江达县冻融侵蚀面积占国土面积的比重较大, 为 60.3%, 其余 5 个县均很小, 其中墨脱、察隅不足 10%, 米林、林芝不足 20%。可见除工布江达县外, 冻融侵蚀在林芝地区其余各县分布均较少。从冻融侵蚀强度来看, 林芝地区各县的冻融侵蚀强度均较大。由图 1 可以看出墨脱、波密、工布江达、林芝 4 县的冻融侵蚀均以强度冻融侵蚀为最多, 其次为中度, 再次为轻度, 微度最少; 察隅、米林、朗县 3 县的冻融侵蚀以中度最多, 其次为强度或轻度, 微度也最少。微度冻融侵蚀在整个林芝地区 7 个县中均是分布面积最少的一类。可见冻融侵蚀在林芝地区虽然分布面积较小, 但侵蚀强度较高, 以强度和中度为主。

## 2.7 日喀则地区

日喀则地区共有冻融侵蚀面积 80 184.8 km<sup>2</sup>, 各类冻融侵蚀所占冻融侵蚀总面积的比重分别为微度 23.7%, 轻度 29.1%, 中度 30.6%, 强度 16.6%。总体来看该区冻融侵蚀以轻度和中度为主。

从空间分布来看, 日喀则地区冻融侵蚀在雅鲁藏布江南北差异较大, 在雅鲁藏布江以北冻融侵蚀不仅分布面积广大, 而且冻融侵蚀强度较大, 而在雅鲁藏布江以南, 不仅冻融侵蚀分布面积较小, 而且冻融侵蚀强度也较小, 具有北重南轻的特点。从冻融侵蚀占国土面积的百分比来看, 国土主要分布在雅鲁藏布江以北的谢通门、南木林、昂仁、仲巴、萨嘎五县冻融侵蚀面积占各自国土面积的比重大, 均超过了 40%, 其中谢通门、南木林、昂仁 3 县超过了 50%。而国土主要分布在雅鲁藏布江以南的县域, 冻融侵蚀占国土面积的比重较小, 除仁布、萨嘎、聂拉木、吉隆四县略高于 30% 外, 其余各县均低于 30%, 其中拉孜、日喀则、白朗、亚东四县(市)则不足 20%。这说明在日喀则地区冻融侵蚀在雅鲁藏布江以北各县分布较广, 而在雅鲁藏布江以南各县分布相对较少。同时, 由图 1 可以看出, 国土主要分布在雅鲁藏布江以南的聂拉木、仁布、定结、定日、萨迦、康马、亚东、江孜、岗巴、白朗等县的冻融侵蚀均以微度所占比重最大, 强度所占比重最小, 冻融侵蚀强度较小; 而国土主要分布在雅鲁藏布江以北的南木林、谢通门、萨嘎、吉隆、仲巴、昂仁等县的冻融侵蚀均以中度所占比重最大, 微度所占比重多最小, 冻融侵蚀强度较大。

## 3 不同强度冻融侵蚀的空间分布

### 3.1 微度冻融侵蚀

由图 2a 可以看出微度冻融侵蚀主要分布在以下几个区域: (1) 藏北高原区。主要包括西藏的革吉县中部、改则县中部、尼玛县北部和南部、班戈县北部和南部区、仲巴县中东

部、措勤县南部、昂仁县北部、申扎县、安多县东南部、聂荣县南部、那曲县大部等区域。这一区域地貌以高原为主, 地形起伏相对较小, 再加之降水量小, 从而使得对冻融侵蚀产物的搬运能力较小, 使得微度冻融侵蚀在该区分布较广; (2) 喜马拉雅山中段北麓湖盆区。主要分布在定日、定结、白朗、岗巴、康马、朗卡子、措美等县域。这一区域的地貌类型以湖盆宽谷为主, 地形坡度较小, 坡向以阴坡居多, 植被较好, 年较差相对较小, 故而多微度冻融侵蚀分布; (3) 藏东高山河谷区。主要分布在洛隆、八宿、左贡、芒康、察雅、昌都南部、贡觉等区域。这一区域一方面气温年较差较小, 同时植被覆盖较好, 使得微度冻融侵蚀在该区分布也较广。

### 3.2 轻度冻融侵蚀

轻度冻融侵蚀在西藏分布最广, 从图 2b 可以看出, 在各个区域都有轻度冻融侵蚀分布。但在北部的北羌塘高原湖盆区和昆仑山区分布最广, 最集中。以县域来看, 虽然各个县都有轻度冻融侵蚀分布, 但在北部的革吉、改则、尼玛、班戈、安多、聂荣等县的分布则更为集中。总体来看轻度冻融侵蚀的分布具有从南往北逐渐增加的趋势, 越往北轻度冻融侵蚀分布越集中, 面积越大, 而且单个图斑的面积也越大。

### 3.3 中度冻融侵蚀

中度冻融侵蚀在西藏分布也很广, 在各个区域均有分布(图 2c)。但在以下几个区域分布相对较广: (1) 藏西区域。主要包括日土、噶尔、革吉南部等区域; (2) 雅鲁藏布江北岸地区。主要包括仲巴、措勤、昂仁、谢通门、南木林、尼木、当雄、林周、墨竹工卡、工布江达、嘉黎等区域; (3) 怒江上游地区。包括聂荣北部、巴青、比如、丁青、边坝、洛隆等区域。而在其它区域分布相对较少。

### 3.4 强度冻融侵蚀

强度冻融侵蚀在西藏分布最少, 而且从图 2d 可以看出其分布比较集中。主要分布在以下区域: (1) 藏西区域, 包括日土、噶尔北部、革吉西北部和南部。这一区域, 气温年较差大, 植被盖度差, 因此多强度冻融侵蚀分布; (2) 雅鲁藏布江河谷北岸地区, 包括昂仁、谢通门、南木林、尼木、当雄、曲水、林周、堆龙德庆、墨竹工卡等。这一区域属冈底斯-念青唐古拉高山区, 地形坡度较大, 坡向也多以偏南为主, 植被盖度也较差, 故而多强度冻融侵蚀分布; (3) 藏东区域, 包括嘉黎、工布江达、边坝、波密、丁青、巴青、比如、洛隆等。这一区域地貌类型以山地河谷为主, 地形坡度较大, 再加之降水量较大, 使得该区也多强度冻融侵蚀分布。

## 4 西藏冻融侵蚀的垂直分布

表 2 和图 3 是根据西藏海拔分级图和西藏冻融侵蚀图进行叠加分析获得的数据。由不同海拔范围冻融侵蚀强度构成, 不同强度冻融侵蚀所占百分比随海拔高度的变化可以看出, 西藏冻融侵蚀的垂直分布具有两头(海拔低于 4 500 m 的区域和海拔高于 5 400 m 的区域)所占面积比重小, 侵蚀强度大, 中间(4 500 ~ 5 400 m 间的区域)所占面积比重大, 侵蚀强度小的特点。

### 4.1 不同海拔范围冻融侵蚀强度构成

在海拔低于 4 000 m 区域和海拔 4 000 ~ 4 500 m 间的

区域,虽然冻融侵蚀分布面积较少,仅占西藏冻融侵蚀总面积的 1.15%,但侵蚀强度却比较大,都以中度冻融侵蚀所占比重最大,微度冻融侵蚀所占比重最小。其中海拔低于 4 000 m 的区域共有冻融侵蚀面积为 93.7 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 13.6%、18.5%、40.9%和

27.0%;海拔在 4 000~4 500 m 间的区域共有冻融侵蚀总面积为 7 565.3 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 14.5%、26.8%、37.2%和 27.0%。从侵蚀强度的百分比构成来看,海拔低于 4 000 m 的区域比海拔在 4 000~4 500 m 区域的冻融侵蚀强度更大一些。

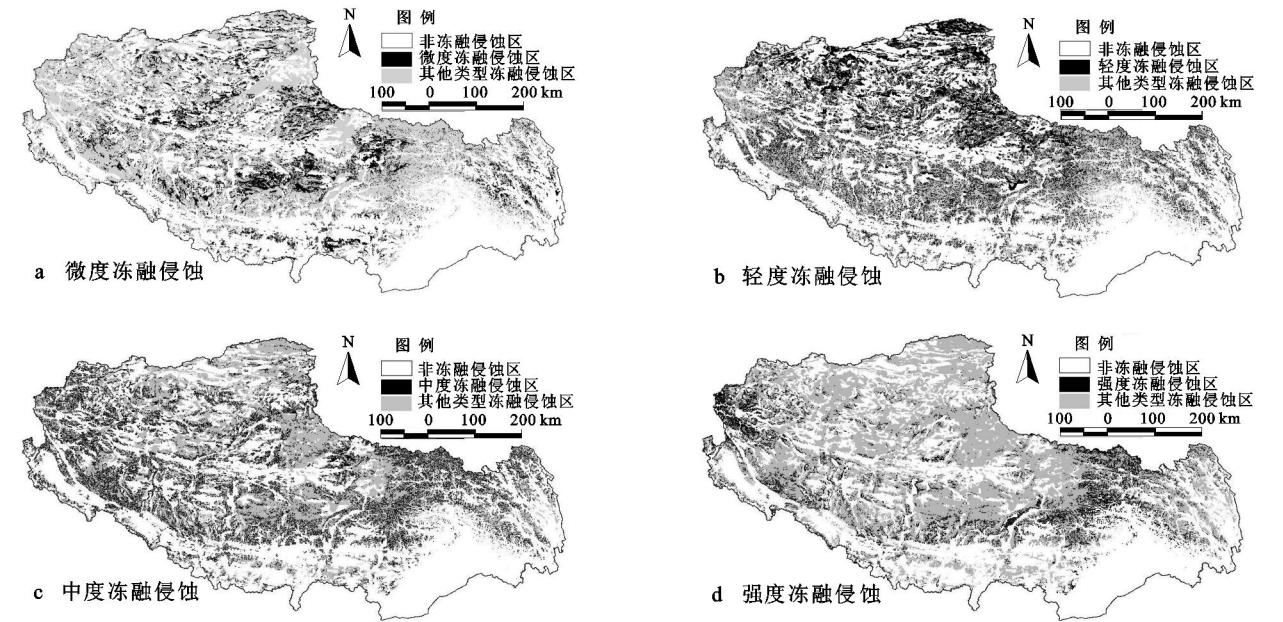


图 2 不同强度冻融侵蚀空间分布图

在海拔 4 500~5 000 m 间的区域和海拔 5 000~5 500 m 间的区域,是冻融侵蚀分布面积最广的区域,冻融侵蚀面积占西藏冻融侵蚀总面积的 89.5%,但侵蚀强度比较小,都以轻度冻融侵蚀所占比重最大,强度冻融侵蚀所占比重最小。其中在海拔 4 500~5 000 m 间的区域共有冻融侵蚀面积为 244 775.5 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 27.6%、39.8%、21.6%和 11.0%;在海拔 5 000~5 500 m 间的区域冻融侵蚀总面积为 349 749.0 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 21.9%、36.0%、28.5%和 13.6%。从侵蚀强度的百分比构成来看,海拔 4 500~5 000 m 间的区域比海拔在 5 000~5 500 m 区域的冻融侵蚀强度更小一些。

在海拔 5 500~6 000 m 间的区域和海拔高于 6 000 m 的区域,冻融侵蚀分布面积所占比重又相对较少,仅占西藏冻融侵蚀总面积的 9.36%,但侵蚀强度又比较大,以强度或中度冻融侵蚀所占比重最大,微度冻融侵蚀所占比重最小。其中在海拔 5 500~6 000 m 间的区域共有冻融侵蚀面积为 61 235.7 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 12.4%、24.9%、36.4%和 26.4%;海拔大于 6 000 m 的区域共有冻融侵蚀总面积为 898.1 km<sup>2</sup>,微度、轻度、中度和强度冻融侵蚀分别占 9.8%、16.3%、31.7%和 42.2%。从侵蚀强度的百分比构成来看,海拔高于 6 000 m 的区域比海拔在 5 500~6 000 m 区域的冻融侵蚀强度更大一些。

表 2 不同海拔范围冻融侵蚀侵蚀强度构成 km<sup>2</sup>

海拔/m	微度		轻度		中度		强度		合计	
	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积/ km <sup>2</sup>	百分比/ %	面积	占西藏冻融侵蚀总 面积的百分比/%
<4000	12.7	13.6	17.3	18.5	38.4	40.9	25.3	27	93.7	0.01
4000~4500	1097.9	14.5	2029.8	26.8	2812	37.2	1625.6	21.5	7565.3	1.14
4500~5000	67586.2	27.6	97433.1	39.8	52844.7	21.6	26911.4	11	244775.5	36.85
5000~5500	76618.7	21.9	125893.7	36	99838.4	28.5	47398.2	13.6	349749	52.65
5500~6000	7571.1	12.4	15241.5	24.9	22265.5	36.4	16157.6	26.4	61235.7	9.22
>6000	87.7	9.8	146.8	16.3	284.5	31.7	379.1	42.2	898.1	0.14
合计	152974.3	23	240762.3	36.2	178083.5	26.8	92497.2	13.9	664317.4	100.00

4.2 不同强度冻融侵蚀所占百分比随海拔高度的变化

由图 3 可以看出,不同强度类型的冻融侵蚀随海拔高度变化的差异较大。其中,微度和轻度所占百分比随海拔高度的升高具有由小到大再到小的变化过程。而中度和强度所占百分比随海拔高度的升高却具有由大到小再到大的变化过程。

微度冻融在海拔 4 500 m 以下的区域分布相对较少,所

占百分比多在 10%以内。海拔 4 300 m 左右,微度冻融侵蚀的所占比重开始增加。在 4 500~5 100 m 间,是微度冻融侵蚀百分比分布的峰值区,在这一范围微度冻融侵蚀所占比重仅次于轻度而位居第 2。从 5 200 m 开始微度冻融侵蚀所占比重又开始下降。并在海拔 5 400 m 以上的区域成为所占百分比最小的一类冻融侵蚀。可见微度冻融侵蚀所占百分

比随海拔高度的分布规律具有两头低,中间高的特点。

轻度冻融侵蚀随海拔高度的分布变化规律与微度冻融侵蚀有所相似。海拔 4 200 m 以下的区域所占比重很小,多小于 5%。从 4 300 m 开始轻度冻融侵蚀所占比重开始迅速升高,在海拔 4 400 m 左右超过 20%,在海拔 4 600 m 左右超过 30%,在海拔 5 000 m 左右的区域达到最大,百分比超过了 40%,并且在 4 500~5 300 m 的区域,轻度冻融侵蚀所占比重一直最大。从 5 300 m 以后轻度冻融侵蚀所占比重一直是随海拔的升高而下降的。所以,轻度冻融侵蚀所占百分比随海拔高度的分布规律也具有两头低,中间高的特点。

中度冻融侵蚀所占比重,在海拔 4 500 m 以下的区域较

高,多在 25%以上,而在 4 500~5 200 m 之间所占比重相对较小,多在 25%以下,而在 5 300 m 以上的区域中度冻融侵蚀所占比重较大,多超过了 30%。这说明中度冻融侵蚀所占百分比随海拔高度的分布具有两头高,中间低的特点。

强度冻融侵蚀随海拔高度的分布规律与中度冻融侵蚀有所相似,在海拔 4 300 m 以下的区域所占比重多超过 40%,之后开始迅速减小,海拔 4 500~5 400 m 的区域一直都是所占比重最少的一类冻融侵蚀。5 600 m 以后,强度冻融侵蚀随海拔高度的增加一直在增大。并在 5 900 m 以上的区域成为所占百分比最大的一类。所以强度冻融侵蚀所占百分比随海拔高度的分布规律也具有两头高,中间低的特点。

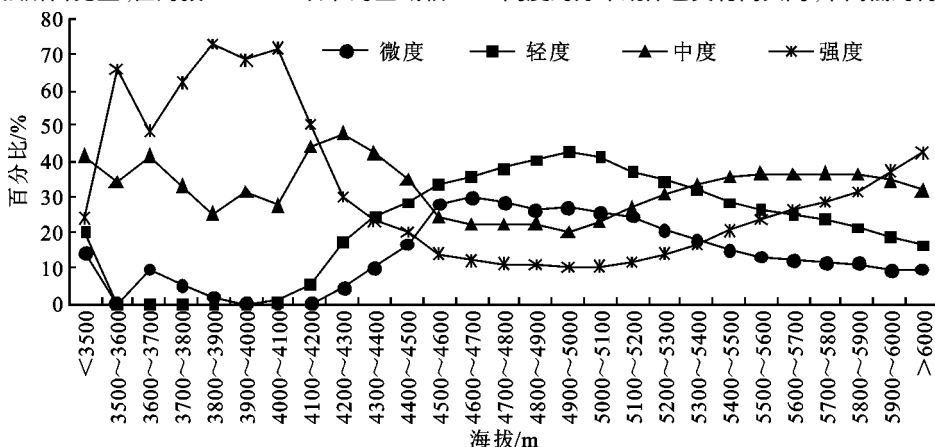


图 3 西藏不同强度冻融侵蚀百分比随海拔高度的变化图

## 5 西藏冻融侵蚀空间分布特点

### 5.1 分布面积广大

西藏自治区,是世界上最年轻的高原——青藏高原的主体部分,地域辽阔,地势高亢,平均海拔在 4 500 m 以上,这种高亢的地势特点使得该区具有气温较低,气温较差大的特点。在这种气候条件下,寒冻风化剥蚀和融冻泥流等冻融侵蚀作用非常强盛,成为塑造该区地形最主要的外营力。因此,冻融侵蚀在该区分布极广,从前面的分析也可以看出西藏冻融侵蚀总面积达 664 317.4 km<sup>2</sup>,占该区国土面积的 55.3%,是我国冻融侵蚀分布面积最广的一个地区,也是我国冻融侵蚀面积占国土面积最大的一个地区。

### 5.2 区域分异明显

西藏地域广大,影响冻融侵蚀的各因素具有明显的区域分异规律,首先就地形来说,岗底斯山和念青唐古拉山以北为面积广大的藏北高原,地势较为平缓,地形坡度较小,岗底斯山和念青唐古拉山及其以南区域和三江流域地区,地貌形态以山地为主,地势陡峻,坡度较大。从水热条件的分布情况来看,就整个高原来看,水平方向上显然由东南向西北、由高原边缘深入到高原内部,温度和降水多在逐渐下降,年较差在逐渐增大。而植被类型则由森林经草原变为高寒荒漠。由于这些影响冻融侵蚀因子的区域分异明显,从而导致西藏冻融侵蚀强度具有明显的区域分异规律,不仅不同强度类型的冻融侵蚀空间差异明显,而且不同地区/市都有各自的冻融侵蚀空间分布特点。

### 5.3 垂直分异明显

西藏自治区是一个多山的地区,而山地的基本特征是

水、热条件随着海拔增高而变化,导致植被、土壤及整个自然地理综合体的垂直分异,形成能反映区域自然特点的,具有一定排列顺序和结构的垂直带谱<sup>[7]</sup>。这种具有三维空间结构的山地系统在垂直方向上形成的多层性和一系列的生态过渡带现象,导致影响冻融侵蚀发生发展的诸因素出现垂直分异,最终导致冻融侵蚀随海拔高度的增高而发生变化,垂直分异明显。在西藏,冻融侵蚀主要分布在 4 500~5 500 m 的范围内,但这一海拔区域的冻融侵蚀强度相对较弱,多以微度和轻度为主,4 500 m 以下和 5 500 m 以上区域,冻融侵蚀虽然分布面积较少,但冻融侵蚀强度相对较大。

### 参考文献:

- [1] 张建国,刘淑珍. 界定西藏冻融侵蚀区分布的一种新方法[J]. 地理与地理信息科学, 2005, 21(2): 32-34.
- [2] 张建国,刘淑珍,杨思全. 西藏冻融侵蚀分级评价[J]. 地理学报, 2006, 61(9): 911-918.
- [3] 陶华,刘顺宗,范建容,等. 西藏水土流失分区及治理对策[J]. 中国水土保持, 1999(2): 19-21.
- [4] 李代明. 西藏水土流失分布成因、危害及治理难度[J]. 西藏科技, 2001(1): 21-24.
- [5] 廖纯艳,左长清,李凤. 西藏水土保持考察报告[J]. 中国水土保持, 2002(1): 10-11, 16.
- [6] 张建国,文安邦,柴宗新,等. 西藏自治区土壤侵蚀特点及现状[J]. 山地学报, 2003, 21(增刊): 148-152.
- [7] 张百平,周成虎,陈述彭. 中国山地垂直带信息图谱的探讨[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 163-171.