

文章编号: 1008 - 2786 - (2014)4 - 417 - 06

近 20 a 雅鲁藏布江流域冻融侵蚀演变趋势

欧阳琰, 沈渭寿*, 杨凯, 林乃峰

(环境保护部 南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042)

摘 要: 西藏冻融侵蚀面积约占中国的冻融侵蚀面积的 73%。采用 1990 年、2000 年和 2010 年 3 期 TM 影像、土地利用图和植被类型图相叠加, 对雅鲁藏布江(简称雅江)流域近 20 a 的冻融侵蚀进行目视解译, 并且统计冻融侵蚀强度和侵蚀面积。结合气温、降水和植被覆盖度的变化, 探讨引起冻融侵蚀面积和强度变化的原因。研究结果表明: 1. 近 20 a 雅江流域冻融侵蚀总面积略有下降, 下降比例约为 3.5%; 轻度侵蚀区持续增加, 面积由 1990 年的 21 213.6 km² 增加到 2010 年的 31 526.2 km², 增加幅度为 56%; 中度侵蚀区持续减少, 面积由 1990 年的 55 964.26 km² 减少到 2010 年的 42 718.12 km², 减少幅度为 23.6%; 重度侵蚀区面积变化不显著。至 2010 年雅江流域的侵蚀格局发生改变, 由原先的中度侵蚀主体型逐步向轻度侵蚀、中度侵蚀混合型过渡。2. 雅江流域冻融侵蚀主要分布在北部高海拔地区, 南部湖盆谷地分布较少, 流域内冻融侵蚀主要集中在海拔 4 500 ~ 6 000 m 范围内。近 20 a 间流域内重度侵蚀区逐渐向东移动, 由日喀则北部地区渐移至拉萨、那曲、昌都一线。侵蚀强度整体呈现减弱趋势, 在日喀则地区, 林芝地区 and 山南地区均出现轻度侵蚀逐渐替代中度侵蚀的现象。

关键词: 雅鲁藏布江流域; 冻融侵蚀; 年降水量; 气温年较差; 植被覆盖度

中图分类号: P931.4, S157

文献标志码: A

冻融侵蚀主要是由温度变化(冻融作用)所引起的一类土壤侵蚀。目前国内外学者对冻融侵蚀的定义与研究范畴尚无统一的认识, 大部分学者趋向于将由于温度的频繁变化造成的冻融交替所引起的土壤、岩石性质发生变化, 进而造成的侵蚀作用, 定义为冻融侵蚀^[1]。冻融侵蚀作为仅次于风蚀、水蚀的第三大土壤侵蚀类型其危害性显而易见, 严重威胁着耕地资源、草地资源以及各类建筑物的安全, 对人民的生产、生活造成极大危害, 严重制约了经济和生态环境的可持续发展^[2]。

国际上冻融侵蚀研究目前主要是围绕冻融侵蚀发生机理, 冻融侵蚀过程定量描述等方面开展的。关于冻融作用改变土壤性质, 进而影响土壤的可蚀性已开展了大量研究工作^[3-6], 冻融侵蚀过程定量描述主要是通过建立经验性侵蚀预报方程以及基于

过程的侵蚀预测模型予以实现^[7-9]。冻融侵蚀研究在我国起步较晚, 相关的研究工作开展较少。目前国内冻融侵蚀的研究还主要局限于如下几个方面: 冻融侵蚀的表现形式、冻融侵蚀区域及强度的界定。张瑞芳等对我国冻融区进行了划分并分析了各分区的侵蚀特征^[10]; 张建国提出了西藏地区界定冻融侵蚀区的新方法并建立了冻融强度的分级评价体系^[11]; 景国臣则对黑龙江省 7 种冻融侵蚀的表现形式、分布区域及危害程度开展了系统的研究^[12]。

我国冻融侵蚀区域主要分布在西藏自治区, 西藏冻融侵蚀区面积约占自治区国土面积的 55.3%^[13-14]。作为西藏主要的土壤侵蚀类型, 冻融侵蚀是该地区主要生态环境问题之一。雅鲁藏布江流域(以下简称雅江)平均海拔高, 地势起伏大, 气温年较差大, 降水分布不均匀, 生态环境脆弱^[11],

收稿日期(Received date): 2013 - 08 - 13; **修回日期**(Accepted): 2013 - 12 - 11。

基金项目(Foundation item): 国家环保公益性行业科研专项(200909050 和 201209032)资助。[This project is funded by the National Special Public Welfare Study on Environmental Protection in China(200909050 and 201209032).]

作者简介(Biography): 欧阳琰(1979 -), 男, 博士, 江苏南京人, 副研究员, 主要从事全球气候变化的响应与反馈方面的研究。[Ouyang Yan (1979 -), male, Ph D, Jiangsu Nanjing, researcher associate, mainly engaged in response and feedback of global climate change.] E-mail: oyy0723@163.com

* **通信作者**(Corresponding author): 沈渭寿(Shen Weishou)。

这些都为冻融侵蚀的发生、发展提供了更为便利的条件,加之雅江流域分布着日喀则、拉萨、林芝等西藏重要城市,流域内人口较多,冻融侵蚀对人民生活、生活的影响更为凸显。因此了解雅江流域的冻融侵蚀演变趋势,对于有效抑制该地区冻融侵蚀的发生、发展,保护生态环境有着重要的意义。

1 研究区概况

雅鲁藏布江,发源于西藏西南部喜马拉雅山北坡的杰马央宗冰川,北靠冈底斯山,南接喜马拉雅山,地理坐标为 27.6°N~31.2°N,82°E~97°E,干流全长 2 057 km,为我国第 5 大河,也是世界上海拔最高的河流。雅江流域东西狭长,东西方向最大长度约 1 500 km,而南北方向仅为 200 km;流域面积约 $24 \times 10^4 \text{ km}^2$,由西向东横贯西藏南部^[15];干流依自然条件、河谷形态及其流程变化,可划分为河源区、上游、中游和下游。

源头区平均海拔 5 590 m,由杰马央宗曲和库比藏布两河组成。本区属于高原亚寒带半干旱气候,气候干燥寒冷,日照充足,气温年较差大,无霜期短^[16],年均气温 $-0.3 \sim 1.2^\circ\text{C}$,年降雨量 136~290 mm,6—9 月降水量占全年的 90 % 左右^[17]。

上游段从杰马央宗冰川的末端至里孜,河长 268 km,平均海拔 >5 200 m。本区也属于高原亚寒带半干旱气候。年均气温在 $0 \sim 3^\circ\text{C}$,年降雨量 150~250 mm^[16]。

中游段从里孜到派乡,河长 1 293 km,海拔在 4 500 m 以下,属高原温带半干旱季风气候区。冬春寒冷多风,夏秋温凉多雨水,干湿季分明,日照充足,年降水量 300~400 mm,年日照时数 3 200 h 左右^[16]。

下游段从派乡到巴昔卡附近,河长 496 km,该流域内河流海拔下降最快,落差最大。该区属于高原温带半湿润季风气候区,年无霜期为 170 d,年均

降水量为 600 mm^[16]。

2 研究方法

目前,冻融侵蚀分布及强度的研究方法主要分为权重法和目视解译法,两种方法各有优劣。权重法是根据影响因子的重要性进行赋值,然后叠加分析出冻融侵蚀的强度。这种方法的缺点是所得结果只是一个概率值,仅表示存在冻融侵蚀的可能性,而非一定发生冻融侵蚀。目视解译法则是利用各种图层与影像的叠加,然后根据解译标志进行人机交互式解译,缺点是受解译者的主观影响大。本研究运用目视解译法研究了近 20 a 雅江流域冻融侵蚀的变化趋势。

2.1 目视解译标志的建立

参考韦红波等人的相关工作^[18-20],结合全国土壤侵蚀遥感调查的解译标准,建立冻融侵蚀解译标志,具体见表 1。笔者于 2012 年夏季赴雅江流域开展了野外采点工作,利用采点数据结合 TM 影像对该解译标志进行了校验,校验结果见图 1。结果所示:除了少数几个点外,利用该解译标志判读出的流域内相应采样点处冻融侵蚀状况与实际是吻合的,因此可以利用该解译标志开展雅江流域冻融侵蚀的目视解译工作。

2.2 目视解译判读数据处理

本项研究所采用的 1990 年、2000 年和 2010 年 3 期 TM 影像,时相基本在春夏季。使用 ERDAS 软件对图像进行预处理,主要包括影像的辐射校正和几何精校正。通过直方图匹配,使 3 期影像的色调基本保持一致。运用波段 4、3、2 假彩色合成影像,叠加 1:100 万的植被类型图和土地利用类型图以及数字高程模型(DEM),根据表 1 中的解译标志对冻融侵蚀的范围与强度进行目视解译,最终获得 3 期冻融侵蚀分布信息。

表 1 雅鲁藏布江流域冻融侵蚀强度的 TM 影像遥感解译标志

Table 1 The TM remote sensing interpretation marks of freeze-thaw erosion intensity in Yarlung Zangbo River Basin

解译标志	冻融侵蚀强度		
	轻度侵蚀	中度侵蚀	重度侵蚀
色调	亮白色	灰白色	青灰色
分布范围	高寒缓坡	高原中、高山荒漠区,冰川和积雪分布较多,间或有裸地或小块状分布的植物	紧靠冰川或者常年积雪区,高山冰川与湖泊相间,局部裸地融水水道并存
	草原灌木地区,植被与裸石头相间分布		
主要代表植被	草甸、沼泽	高山植被	垫状植被
	灌丛	草原	高山荒漠

3 结果与分析

通过对雅鲁藏布江流域3期TM影像数据的目视解译,得到雅江流域冻融侵蚀强度分布的时空变化特征。

3.1 冻融侵蚀时间变化

表2是运用ArcGIS软件统计得到的近20 a雅江流域冻融侵蚀强度面积的时间变化。由表中可知:1990年雅江流域冻融侵蚀总面积为78 817.13 km²,2000年为76 032.77 km²,2010年为76 349.60 km²,分别占流域国土面积的32.84%、31.69%、31.81%。近20 a雅江流域冻融侵蚀总面积变化较小,与1990年相比,2000年与2010年冻融侵蚀总面积分别减少了2 784.36 km²和2 467.53 km²,减少比例仅为3.5%。

不同侵蚀强度对应侵蚀面积的时间变化存在差异。近20 a间,流域内轻度冻融侵蚀面积呈现持续增加的趋势,2010年达到最大值31 526.21 km²,面积增长了11 312.61 km²,增长幅度为56%。在总面积中轻度侵蚀所占比例亦持续增加,2010年所占比例最大,达到41.29%,中度侵蚀面积则呈现持续减少的趋势,1990年面积最大,为55 964.26 km²,至2010年面积减少了13 246.14 km²,减少幅度为23.6%,在总面积中所占比例也相应的由71.01%减少至55.95%。由于重度侵蚀面积较小,时间变化特征不显著,2000年侵蚀面积较1990年略有增加,至2010年又减少至2 104.27 km²,重度侵蚀在总面积中所占比例始终较小,各时序均低于5%。

从整体上看:尽管中度侵蚀在总面积中所占比例逐年减少,近20 a间雅江流域冻融侵蚀强度仍呈现如下特征:中度侵蚀面积最大,其次为轻度侵蚀面积,重度侵蚀面积最小。1990年,中度侵蚀在总面积中所占比例为71.01%,远高于轻度侵蚀与重度侵蚀的25.65%和3.35%。至2010年,轻度侵蚀在总面积中所占比例上升至41.29%,接近中度侵蚀的55.95%。由此可以认为,近20 a间雅江流域的侵蚀格局已发生改变,由原先的中度侵蚀主体型逐步向轻度侵蚀、中度侵蚀的混合型过渡。

3.2 域冻融侵蚀空间变化

图2是不同时期雅江流域冻融侵蚀的空间分布。如图所示:雅江流域冻融侵蚀主要分布在北部高海拔地区,南部湖盆谷地冻融侵蚀分布较少。结

合数字高程模型数据(DEM)分析,2010年,海拔4 500 m以下冻融侵蚀面积约占侵蚀总面积的0.67%;4 500~5 000 m冻融侵蚀面积占总面积的17.09%;5 000~5 500 m冻融侵蚀面积约占总面积的64.17%;5 500~6 000 m冻融侵蚀面积约占总面积的17.57%;6 000 m以上约占0.50%。由此可知雅江流域冻融侵蚀主要集中在海拔4 500~6 000 m范围内。从行政区划看,流域内的日喀则、林芝地区北部,拉萨地区、那曲地区为冻融侵蚀主要分布区。

不同侵蚀强度的空间分布与变化趋势存在差异。重度侵蚀区面积较小,呈点状分布。1990年,重度侵蚀区集中分布在日喀则地区的东北部;拉萨、那曲和昌都地区也有零星分布。至2000年,日喀则地区重度侵蚀区面积显著减少,主要分布区逐渐向东移动,进入拉萨、那曲地区。2010年重度侵蚀在日喀则地区已基本消失,拉萨、那曲一线的主要分布区内点状分布逐渐稀疏,分布面积也随之减少。中度侵蚀作为雅江流域主要的侵蚀强度类型,呈片状分布,范围广,面积大。1990年,中度侵蚀遍及雅江流域各行政区,2000年在山南和林芝地区逐渐被轻度侵蚀所替代,出现了以那曲为中心的辐射状分布。2010年日喀则北部的侵蚀区也开始被轻度侵蚀所替代而导致面积的进一步减少。轻度侵蚀区面积逐年增加,逐渐成为流域内除中度侵蚀外的另一主要侵蚀强度类型。1990年轻度侵蚀区集中分布在那曲地区与日喀则地区的北部。至2000年,流域内很多地区不同程度的出现了轻度侵蚀替代中度侵蚀的现象,导致轻度侵蚀区分布范围拓展、分布面积增加。2010年轻度侵蚀区分布范围进一步拓展,在日喀则、阿里和林芝地区均出现了连片分布。轻度侵蚀逐步替代中度侵蚀是近20 a雅江流域冻融侵蚀空间变化的一个显著特征。值得注意的是:那曲地区却出现了与之相反的情况。自2000年起,那曲地区轻度侵蚀逐渐被中度、重度侵蚀所替代,该地区逐渐成为中度、重度侵蚀分布的核心区域。

3.3 冻融侵蚀时空变化特征

冻融侵蚀是一个复杂的过程,影响因子很多,已知影响的主要因子有温度、地形、降水、植被盖度、土壤等^[11-12]。考虑到近20 a间雅江流域地形和土壤性质相对稳定,决定该区域内冻融侵蚀时空变化的主要因素是温度、降水和植被盖度。近20 a间,雅江流域冻融侵蚀总面积变化较小,仅为3.5%,其时空变化特征更多的体现在侵蚀强度的变化上。本文

中的温度因子主要指表层地温。对流域内所辖的 8 个国家标准气象站的相关气象数据进行统计,发现雅江流域地温年较差与降水量总体均呈现逐年减小的趋势。地温年较差与降水量的减小导致流域内侵蚀强度减弱^[22],轻度侵蚀区所占比例上升,中、重度侵蚀区比例下降。2000 年,流域内地温年较差增大区域主要位于拉萨北部、那曲和昌都一线,而减小区域则位于山南地区和日喀则地区。2010 年地温年较差增加区域面积扩大,但空间分布格局仍与 2000 年近似。降水量减少区域主要分布在日喀则北部地区、拉萨和那曲的部分地区。而降水增加区域主要位于山南、拉萨、那曲的结合部以及林芝的大部分地区。山南、日喀则地区地温年较差的减少,导致该地

区冻融侵蚀强度减弱,至 2010 年轻度侵蚀区在日喀则、阿里和林芝地区均出现了连片的分布。那曲和拉萨一线逐渐成为中度侵蚀带的辐射中心,重度侵蚀区亦由日喀则地区逐渐东移进入拉萨、那曲地区。造成这一变化趋势的潜在原因是该区域内地温年较差的增大和降水量的增加。利用 AVHRR 的 NDVI 数据推算出流域内冻融侵蚀区植被盖度变化,发现如下规律:2000 年植被盖度减少区域主要位于那曲地区和日喀则地区。重度侵蚀区在 2000 年逐渐东移进入那曲地区可能与之有关。而山南与林芝地区植被盖度的增加,可能是该地区轻度侵蚀逐步替代中度侵蚀的又一重要原因。2010 年日喀则、阿里大部分地区植被盖度增加,引起该区域冻融侵蚀强

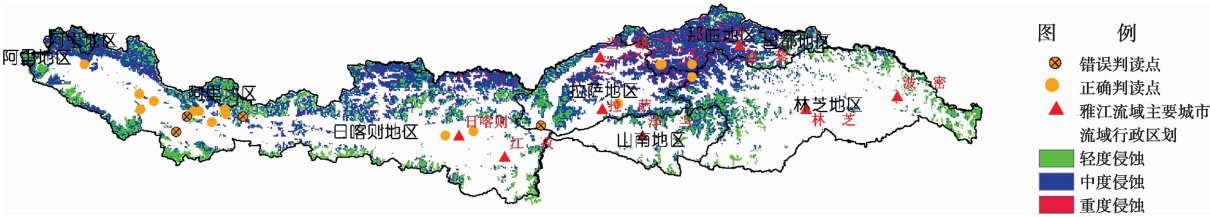


图 1 冻融侵蚀强度实际采点与目视解译比较

Fig 1 The comparison between the actual mining point and visual interpretation of Freeze-thaw erosion intensity

表 2 不同年份冻融侵蚀面积统计

Table 2 The statistics of freeze-thaw erosion areas in different years

时间/a	轻度		中度		重度		总面积 /km ²
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	
1990	20 213.60	25.65	55 964.26	71.01	2 639.28	3.35	78 817.13
2000	25 216.06	33.16	47 551.69	62.54	3 265.02	4.30	76 032.77
2010	31 526.21	41.29	42 718.12	55.95	2 104.27	2.76	76 348.60

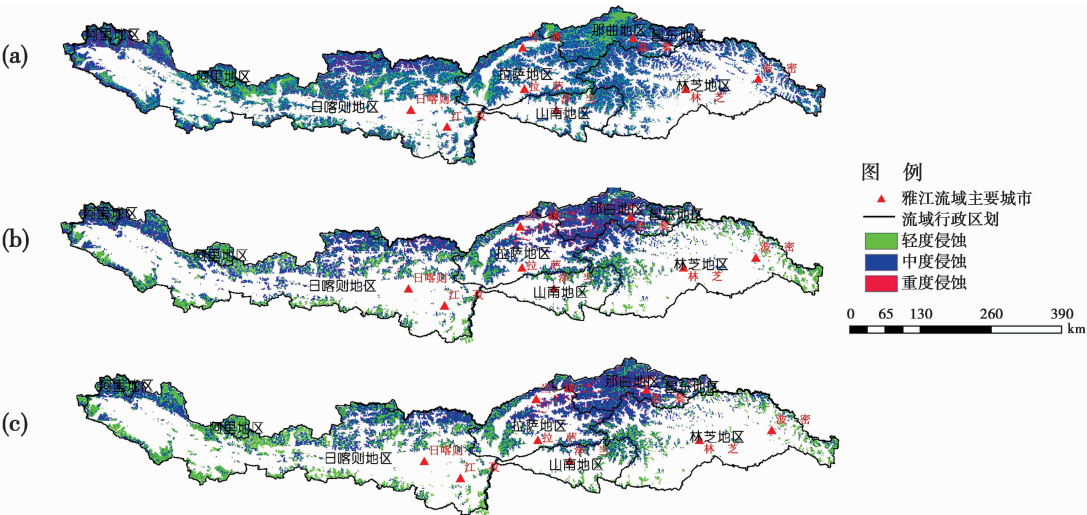


图 2 不同时期雅江冻融侵蚀强度空间分布((a):1990,(b):2000,(c):2010)

Fig.2 The spatial distribution of freeze-thaw erosion intensity in Yarlung Zangbo River Basin in different periods((a):1990,(b):2000,(c):2010)

度减弱^[10,23],轻度侵蚀成为该地区主要的冻融侵蚀类型。那曲地区出现植被覆盖度西部增加,东部减少的现象,也进一步促使该地区的中、重度侵蚀区继续向东移动。

4 结论

1. 近20 a 雅江流域冻融侵蚀总面积略有下降,下降比例约为3.5%;轻度侵蚀区持续增加,面积由1990年的21 213.6 km²增加到31 526.2 km²,增加幅度为56%;中度侵蚀区持续减少,面积由1990年的55 964.26 km²减少到42 718.12 km²,减少幅度为23.6%;重度侵蚀区面积较小,时间变化不显著。至2010年雅江流域的侵蚀格局发生改变,由原先的中度侵蚀主体型逐步向轻度侵蚀、中度侵蚀混合型过渡。

2. 雅江流域冻融侵蚀主要分布在北部高海拔地区,南部湖盆谷地冻融侵蚀分布较少。流域内日喀则、林芝地区北部,拉萨地区、那曲地区为冻融侵蚀主要分布区。从海拔上看,冻融侵蚀集中分布在4 500~6 000 m范围内。流域内重度侵蚀区逐渐向东移动,由日喀则北部地区移至拉萨、那曲、昌都一线。侵蚀强度整体呈现减弱趋势,日喀则地区,林芝地区和山南地区均出现轻度侵蚀逐渐替代中度侵蚀的现象。

3. 近20 a 间雅江流域冻融侵蚀时空变化的主要影响因素是温度、降水和植被盖度。地温年较差与降水量的减小导致流域内侵蚀强度总体上呈现减弱趋势,轻度侵蚀区所占比例上升,中、重度侵蚀区比例下降。日喀则、阿里和林芝地区地温年较差和降水量减少,植被覆盖度的增加使该地区冻融侵蚀强度减小,轻度侵蚀在该区域内出现连片分布,逐步替代原先的中度侵蚀。那曲和拉萨一线逐渐成为中度侵蚀带的辐射中心,重度侵蚀区亦由日喀则地区逐渐东移进入拉萨、那曲地区,这是地温年较差和降水量增加、植被覆盖度降低共同作用的结果。不同地区冻融侵蚀的主导控制因子,有待进一步深入研究。

参考文献(References)

- [1] Zhong Xianghao, Wang Xiaodan, Liu Shuzhen, et al. Ecological security in Tibet Plateau[M]. Beijing: Science Press, 2008. [钟祥浩,王小丹,刘淑珍,等. 西藏高原生态安全[M]. 北京: 科学出版社, 2008.]
- [2] Dong Ruikun, Xu Zhaoyi, Yang Chengyong. Freeze-thaw erosion in Tibetan Plateau[J]. Yangtze River, 2000, 31(9): 39-41 [董瑞琨, 许兆义, 杨成永. 青藏高原的冻融侵蚀问题[J]. 人民长江, 2000, 31(9): 39-41]
- [3] Kok H, McCool D K. Quantifying freeze/thaw-induced variability of soil strength[J]. Transactions of the ASAE, 1990, 33(2): 501-506
- [4] Edwin J Chamberlain, Anthony J Gow. Effect of freezing and thawing on permeability and structure of soils[J]. Engineering Geology, 1979(13): 73-92
- [5] Sharratt B S, Lindstrom M J. Laboratory simulation of erosion from a partially frozen soil[J]. Soil Erosion Research for the 21st Century, 2001: 159-162
- [6] Sharratt B S, Lindstrom M J, Benoit G R, et al. Runoff and soil erosion during spring thaw in the northern U. S. corn belt[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2000, 55(4): 487-494
- [7] Wischmeier W H, Smith D d. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning[M]. Washington, D C.: U. S. Government Printing Office, Washington, D C. 1978: 58
- [8] W R Evans, G Karl Carnes. The universal soil loss equation application in California, Soil erosion prediction and control[M]. Beijing: Agriculture Press, 1981: 27-41 [W. R. 伊万斯, G. 卡尔卡尼斯. 通用土壤流失方程在加利福尼亚的应用: 土壤侵蚀预报与控制[M]. 北京: 农业出版社, 1981: 27-41]
- [9] D K McCool, M Mollerau, R I Papp Dick, et al. Study on soil erosion along the coast of the Pacific northwest upland area; the recent progress and future plans, Soil erosion prediction and control[M]. Beijing: Agriculture Press, 1981: 54-67 [D. K. 麦库尔, M. 莫尔劳, R. I. 帕普迪克, 等. 太平洋沿岸西北部旱粮地区土壤侵蚀研究: 最近的进展和今后的打算, 土壤侵蚀预报与控制[M]. 北京: 农业出版社, 1981: 54-67]
- [10] Zhang Ruifang, Wang Xuan, Fan Haoming, et al. Study on the regionalization of freeze-thaw zones in China and the erosion characteristics[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2009, 7(2): 24-28 [张瑞芳, 王瑄, 范昊明, 等. 我国冻融区划分与分区侵蚀特征研究[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(2): 24-28]
- [11] Zhang Jiangguo, Liu Shuzhen, Yang Siqian. Classification and assessment of freeze-thaw erosion in Tibet[J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(9): 911-918 [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]
- [12] Jing Guocheng, Ren Xianping, Liu Bingyou, et al. Freeze-thaw Erosion and Harm in Heilongjiang Province[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2003, 1(3): 99-101 [景国臣, 任宪平, 刘丙友, 等. 黑龙江省冻融侵蚀形式及其危害[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(3): 99-101]
- [13] Liu Shuzhen, Zhang Jiangguo, Gu Shixian. Study on the soil erosion types in Tibet[J]. Mountain Research, 2006, 24(6): 592-596 [刘淑珍, 张建国, 辜世贤. 西藏自治区土壤侵蚀类型研究[J]. 山地学报, 2006, 24(6): 592-596]
- [14] Zhang Jiangguo, Liu Shuzhen. A new way for defining the freezing-thaw erosion area in Tibet[J]. Geography and Geo-Information Science, 2005, 21(2): 32-34 [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]

- [15] Huang Xiquan, Su Fachong, Mei Anxing, et al. China's rivers [M]. Beijing: The Commercial Press, 1995. [黄锡荃, 苏法崇, 梅安兴, 等. 中国的河流 [M]. 北京: 商务印书馆, 1995.]
- [16] Zhao Jian, Li Rong. Soil erosion and subarea characteristics in Yarlung Tsangpo River basin [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2008, 25(3): 42–45 [赵健, 李蓉. 雅鲁藏布江流域土壤侵蚀区域特征初步研究 [J]. 长江科学院院报, 2008, 25(3): 42–45]
- [17] Sunming, Shen Weishou, Li Haidong, et al. Traits and dynamic changes of the aeolian sandy land in the source region of the Yarlung Zangbo River in Tibet [J]. Journal of Natural resources, 2010, 25(7): 1163–1170 [孙明, 沈渭寿, 李海东, 等. 雅鲁藏布江源区风沙化土地演变趋势 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(7): 1163–1170]
- [18] Wei Hongbo, Zhao Yongan, Jiao Feng, et al. Recognition of remote sensing images and several distinctive problems for soil erosion in Xinjiang Autonomous Region [J]. Soil and Water Conservation in China, 2000(1): 32–34 [韦红波, 赵永安, 焦峰, 等. 新疆土壤侵蚀遥感影像判读与几个独特问题 [J]. 中国水土保持, 2000(1): 32–34]
- [19] Yang Jiangxin, Zhao Yongan. Analysis on interpretation of remote sensing images of soil erosion in Xinjiang [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(2): 55–57 [杨建新, 赵永安. 新疆土壤侵蚀遥感图像解译分析研究 [J]. 水土保持研究, 2003, 10(2): 55–57]
- [20] Li Zhiguang, Yang Shengtian, Gao Yunfei, et al. Remote sensing monitoring for soil erosion and its thinking [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(3): 7–12 [李智广, 杨胜天, 高云飞, 等. 土壤侵蚀遥感监测方法及其思考 [J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(3): 7–12]
- [21] Wu Wanzhen, Liu Fengui. Dynamic analysis and distribution characteristics of freeze-thaw erosion in the Three-rivers' Headstream Region [J]. Journal of Qinghai Normal University: Natural Science, 2001, (1): 57–61 [吴万贞, 刘峰贵. 三江源地区冻融侵蚀动力分析及其分布特点 [J]. 青海师范大学学报: 自然科学版, 2001, (1): 57–61]
- [22] Wang Fei, Fan Haoming, Guo Chengjiu, et al. Comparison and analysis of climate environmental variation in two main freeze-thaw erosion regions in China [J]. Ecology and Environment, 2008, 17(1): 173–177 [王飞, 范昊明, 郭成久, 等. 我国两大冻融侵蚀区气候环境变化及对比分析 [J]. 生态环境, 2008, 17(1): 173–177]
- [23] Zhang Juan, Sha Zhanjiang, Wang Jinghui, et al. Freezing-thawing Erosion in the Qinghai Lake basin based on Remote Sensing and GIS [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(2): 375–381 [张娟, 沙占江, 王静慧, 等. 基于遥感和 GIS 的青海湖流域冻融侵蚀研究 [J]. 冰川冻土, 2012, 34(2): 375–381]

The Trend of Freeze-thaw Erosion in Yarlung Zangbo River Basin in Nearly Twenty Years

OUYANG Yan¹, SHEN Weishou¹, YANG Kai¹, LIN Naifeng¹

(1. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China)

Abstract: Freeze-thaw erosion area in Tibet accounted for about 73% of the area in China, and it has become one of the three types of soil erosion. we get the freeze-thaw erosion area by visual interpretation, cover three stage TM image, land use map and vegetation type map for interpretation. we Statistics the area and the intensity of erosion. Results show that: (1) The freeze-thaw erosion area slightly in Yajiang River Basin in recent twenty years, and the decline in the ratio about 3.5%. Mild erosion area increase continuously, from 21 213.6 km² in 1990 to 31 526.2 km², increased by 56%. Moderate erosion area continued to decline. area reduced to 42 718.12 km² from 55 964.26 km² in 1990, decreased by 23.6%. Severe erosion area did not change significantly. In 2010 Yajiang watershed erosion pattern happening change, already from the original moderate erosion main body into mild, moderate erosion erosion of mixed type. (2) The freeze-thaw erosion areas of Yarlung Zangbo River Basin mainly distribute on the Northern region with a elevation range between 4 500 to 6 000 kilometers, comparatively speaking, freeze-thaw erosion in Southern lake basins and valleys is not that serious. For nearly two decades, Severe erosion areas of Yarlung Zangbo River Basin have been moving eastward from the north Xigaze to areas along Lhasa, Nagqu and Chamdo. In a whole, soil erosion in this area is decreasing, it is slight erosion displace moderate erosion gradually in areas such as Xigaze, Nyngtri and Shannan.

Key words: Yarlung Zangbo River Basin; freeze-thaw erosion; annual precipitation; annual average temperature; vegetation coverage