

# 三江源地区土壤侵蚀特点

吴万贞, 周强, 于斌, 马灿

(青海师范大学生命与地理科学学院 地理科学系, 青海 西宁 810008)

**摘 要:** 三江源地区地域辽阔, 土壤侵蚀复杂多样。近年来土壤侵蚀加剧, 生态环境严重退化。以 2000 年土壤侵蚀调查的数据成果为基数, 并与更新后的 2005 年数据成果比较, 进行土壤侵蚀动态变化分析。对三江源地区不同类型土壤侵蚀区的土壤侵蚀现状做了较全面的分区评价。同时对作为典型区域的黄河源头区 12 个县的 2000 年 1:10 万 Landsat 5 TM 假彩色合成影像, 通过野外调查建立解译标志来分析该区植被覆盖状况, 对该区典型区域的土壤侵蚀现状做了定量评价。根据评价结果, 对三江源地区土壤侵蚀的发展趋势做了预测。

**关键词:** 三江源地区; 土壤侵蚀; 评价

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

三江源地区位于青藏高原腹地的青南高原, 是长江、黄河和澜沧江的源头汇水区。地理位置在  $31^{\circ}39' \sim 36^{\circ}12'N$ ,  $89^{\circ}45' \sim 102^{\circ}23'E$ , 行政区域涉及玉树、果洛、海南、黄南 4 个藏族自治州的 16 个县和格尔木市的唐古拉乡, 总面积  $35.66 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[1]</sup>, 约占青海省总面积的 49.37%。三江源区自然保护区海拔多  $> 4\,500 \text{ m}$ , 地貌和自然地理过程比较年轻, 气候条件特殊, 地面寒冻风化作用强烈, 土壤发育过程缓慢, 成土作用时间短, 土壤比较年轻, 质地粗, 沙粒性强, 其组成以细砂、岩屑、碎石和砾石为主。

自 20 世纪 70 年代以来, 青藏高原气温持续转暖, 特别是冬季升温幅度较大, 气温年较差逐年缩小趋势明显。长江、黄河源区分别有  $0.06^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$  和  $0.08^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$  的增温趋势, 而降水量则平均每 10 a 减少 5~7 mm。这种气候暖干化的发展变化导致该地区植被退化、冻土和冻土环境退化以及土地荒漠化的发展<sup>[2]</sup>, 从而致使该区内除了水力侵蚀和风力侵蚀以外, 冻融侵蚀逐年加剧, 地下水位下降, 雪线后退, 湿地面积减少, 沙化荒漠化加剧, 严重威胁着三江水源的补给和当地的生态环境。

## 1 三江源地区土壤侵蚀现状分析

三江源地区多种土壤侵蚀类型并存, 土壤侵蚀总面积为  $11.48 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 其中冻融侵蚀占 73.88%、水力侵蚀占 16.06%、风力侵蚀占 10.79%。三江源地区以三江源头流域为主, 土壤侵蚀严重程度在水平方向上由东向西、由南向北水力侵蚀逐渐减弱, 风力侵蚀逐渐增强, 冻融侵蚀逐渐增强; 在垂直方向上, 随着海拔的升高土壤侵蚀由强度-中度-轻度-微度的变化, 风力侵蚀强度有微度-轻度-中度-强度-极强度的变化, 冻融侵蚀强度由中度-轻度-微度的变化。

### 1.1 土壤侵蚀类型众多, 区域分布差异明显

三江源地区以山地地貌为主, 山脉绵延、地势高耸以及典型的高原大陆性气候, 使得引起土壤侵蚀发生的各种基本应力普遍存在, 导致土壤侵蚀类型众多: 既有自然侵蚀类型, 又有人类活动造成的人为加速侵蚀类型, 因此, 水力侵蚀, 风力侵蚀, 冻融侵蚀、冰雪侵蚀和人为加速侵蚀在三江源区自然保护

收稿日期 (Received date): 2008-11-17; 改回日期 (Accepted): 2009-06-11。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40261003) 三江源地区及其青南高原土地退化研究。[Chinese National Natural Science Foundation (40261003) Research of Three Sources and southern Qinghai plateaus land degradation.]

作者简介 (Biography): 吴万贞 (1969-), 女, 青海湟中人, 在读硕士研究生, 研究方向自然地理综合研究。[Wu Wan zhen, Female Born in 1969 Huangzhong Qinghai graduate student studying for degree of MS Research orientation Physical Geography.] E-mail: ffd@qnnu.edu.cn Tel: 0971-389651

区都有分布。

1.2 土壤侵蚀垂直分异明显

土壤侵蚀的地理分布规律与影响土壤侵蚀的关系密切,由于不同的影响因素及组合决定特定的土壤侵蚀类型的出现,因此各类土壤侵蚀有与它相适应的空间位置。土壤侵蚀的地理分布,既与植被气候条件相适应,也与地形、母质、水文地质条件及人为改造因素等相联系,表现出相应的水平和垂直带状分布规律<sup>[3]</sup>。在整个区域内海拔 < 4 500 m 以水力侵蚀为主,海拔在 4 500~ 5 300 m 地带为水蚀和冻融为主,海拔 > 5 300 m 地带为冻融和风蚀为主。

1.3 风蚀、冻蚀、水蚀混合侵蚀及风水冻三相混合侵蚀分布较广

三江源地区海拔高、气温低,导致冻融侵蚀普遍存在,而且由于地势高,风速大,风力强,导致在植被盖度较差的区域也普遍存在风蚀现象。在许多区域风蚀往往与冻融侵蚀共同作用,形成了风蚀和冻融两相侵蚀区。同时,由降水和冰雪融水引起的水蚀往往又叠加于其上,形成风力侵蚀、冻融侵蚀、水力侵蚀共同作用的区域。

2 黄河源头土壤侵蚀现状

黄河源头区位于青藏高原东北部,地跨青海、四川和甘肃 3 省。近年来,由于全球气候变化和人为活动增强等因素的影响,湿地日益萎缩、植被退化,使土壤侵蚀加剧,导致了土地严重退化与沙化,黄河源头水量减少,径流携沙增加,这一地区处于严重的生态退化威胁中。2002 年,水利部水土保持监测中心开展了黄河源头区土壤侵蚀调查,对该区土壤侵蚀状况进行了全面的清查和分析。

在所调查的区域内涉及三江源保护区的玛多、玛沁、达日、久治、班玛、甘德、称多、曲麻莱、兴海、同德、泽库、河南 12 县。调查依据《水土保持监测技术规程》SL - 277 - 2002 拟订技术路线和调查方法,以遥感监测、地面调查和观测相结合的方式开展。结合本次调查主要信息源为 2000 年 1: 10 万 Landsat 5 TM 假彩色合成影像(共 11 景,时相以 6 ~ 8 月为主),通过野外调查建立解译标志来分析植被覆盖状况,利用同时期土地利用资料和 1: 5 万地形图、土壤、地质、实测侵蚀和泥沙等资料,在 ARC/ INFO、ERDAS IMAGE 支持下进行人机交互解译<sup>[5]</sup>。根据解译结果,属黄河源头区 12 个县土壤

侵蚀总面积为 38 791. 09 km<sup>2</sup>,占三江源自然保护区国土总面积(130 785. 75 km<sup>2</sup>)面积的 29. 66%,以轻度侵蚀为主,占侵蚀面积的 76. 69%(表 1)。

表 1 黄河源头区土壤侵蚀现状

Table 1 The status of soil erosion in the headstream basin of the Yellow River

项目	面积 (km <sup>2</sup> )	占国土总面积的 百分比(%)	占侵蚀总面积 百分比(%)
土壤微度侵蚀	91994. 66	70. 34	
总面积	38 791. 09	29. 66	100
土 轻度侵蚀	29 747. 80	22. 75	76. 69
壤 中度侵蚀	6 561. 01	5. 02	16. 91
侵 强度侵蚀	759. 13	0. 58	1. 96
蚀 极强度侵蚀	1 705. 92	1. 30	4. 40
剧烈侵蚀	17. 23	0. 01	0. 04

其中水力侵蚀面积 16 963. 97 km<sup>2</sup> 占区域国土总面积的 12. 97%,占土壤侵蚀面积的 43. 73%。以轻度侵蚀为主,占水力侵蚀总面积的 66. 79%(表 2)。

风力侵蚀面积 2 814. 23 km<sup>2</sup> 占区域国土总面积的 2. 157%,占土壤侵蚀面积的 7. 25%。以极强度侵蚀为主,占风力侵蚀总面积的 60. 32%(表 3)。

冻融侵蚀面积 19 027. 547 km<sup>2</sup> 占区域国土总面积的 14. 53%,占土壤侵蚀面的 57. 82%。以轻度侵蚀为主,占冻融侵蚀总面积的 95. 81%(表 4)。

从表 2 表 3 表 4 可以看出,黄河源头作为三江源区的一部分,在当地的土壤侵蚀中冻融侵蚀分布的面积最大,在高海拔地区普遍分布;风力侵蚀分布的面积最小,主要分布在玛多、玛沁两县。在土壤侵蚀强度等级中,冻融侵蚀以轻度侵蚀为主;风力侵蚀以极强度侵蚀为主;而水力侵蚀在整个区域内分布都比较均匀,主要发生在雪线以下部分。

3 三江源地区土壤侵蚀分区

2002 年,水利部水土保持监测中心开展了三江源土壤侵蚀调查,对该区土壤侵蚀状况进行了全面的调查和分析。调查依据《土壤侵蚀分类分级标准》SL190 - 96 进行土壤侵蚀强度的划分,即根据外营力性质将土壤侵蚀分为水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀类型。水蚀、风蚀强度分级依据一定的侵蚀影响因子数值对应的年土壤侵蚀模数范围分为 6 级,

表 2 黄河源头区水力侵蚀现状

Table 2 The status of water erosion in the headstream basin of the Yellow River

项目	土壤微度 侵蚀	水力侵蚀强度等级					
		总面积	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
总面积 (km <sup>2</sup> )	22 567. 62	16 963. 97	11 330. 51	5 235. 54	351. 97	14. 36	31. 59
占土地总面积 (%)	17. 26	12. 97	8. 66	4. 00	0. 27	0. 01	0. 02
占水蚀面积 (%)			66. 79	30. 86	2. 07	0. 08	0. 19

表 3 黄河源头区水风力侵蚀现状

Table 3 The status of wind erosion in the headstream basin of the Yellow River

项目	风力侵蚀强度等级				
	总面积	轻度	中度	强度	极强度
总面积 (km <sup>2</sup> )	2 814. 23	188. 43	527. 08	407. 16	1697. 56
占土地总面积 (%)	2. 15	0. 14	0. 40	0. 31	1. 30
占风蚀面积 (%)		6. 70	18. 73	15. 18	60. 32

表 4 黄河源头区冻融侵蚀现状

Table 4 The status of freezing and thawing erosion in the headstream basin of the Yellow River

项目	土壤微度 侵蚀	冻融侵蚀强度等级		
		总面积	轻度	中度
总面积 (km <sup>2</sup> )	69 427. 04	19 027. 54	18 228. 85	798. 69
占土地总面积 (%)	53. 01	14. 55	13. 94	0. 61
占冻融面积 (%)			95. 81	4. 19

其中,土壤侵蚀强度在轻度及以上者称为土壤侵蚀,记入侵蚀面积。水蚀、风蚀面积之和称之土壤侵蚀面积或水土流失面积。冻融侵蚀强度可以分为 4 级。由于三江源自然保护区在土壤侵蚀类型在空间分布上的明显分异,据土壤侵蚀类型的相对一致性,可将全区分成 5 个土壤侵蚀类型区:西部冻融、风蚀区;西中部冻融、风蚀、水蚀区;中东部冻融、水蚀、风蚀区,东部水蚀、冻融区和东北部水蚀区(图 1,表 5)。

3.1 西部冻融、风蚀区

位于三江源地区的西部,海拔 4 533~ 6 621 m;属典型的高山地貌,地势高峻,地面崎岖,雪峰林立,古冰斗、U 形谷、冰碛湖等地貌特别发育。同时,河流密布,湖泊众多,地势西南高东北低。全年只有冷暖两季,且冬季漫长(7~ 8 个月),暖季短暂,牧草生长期不足 3 个月,年平均气温 - 4. 4℃,最低气温为 - 41℃,年平均降水量 284. 4 mm。常年多西北风,年平均风速 4m /s 最大风速达 40m /s。土壤主要类

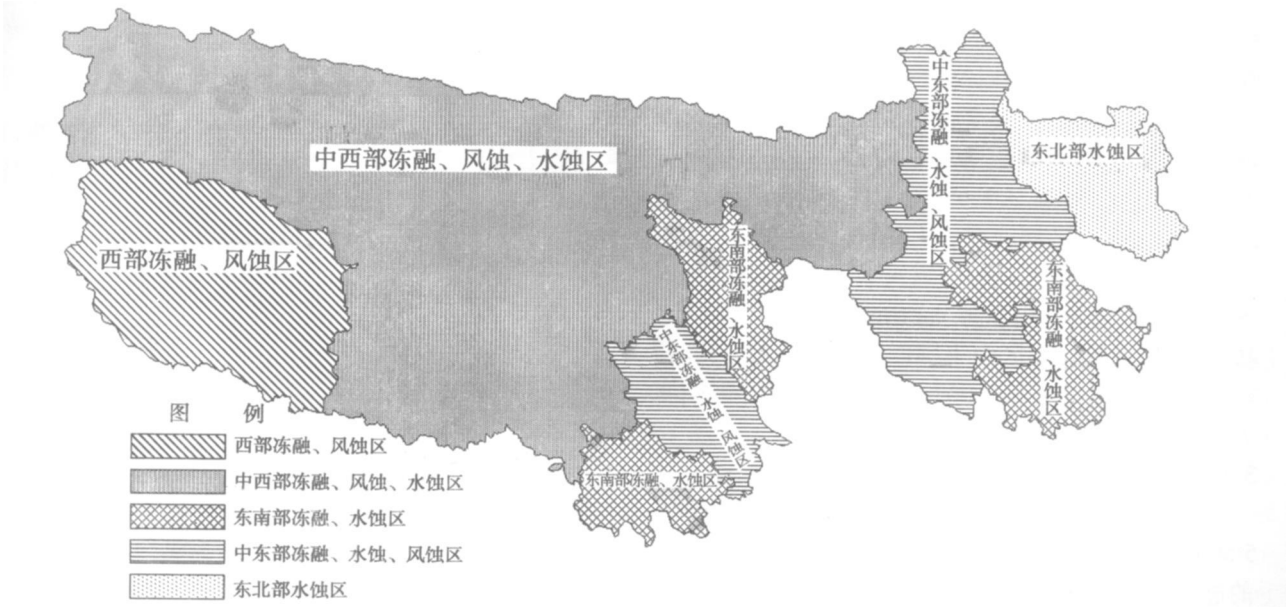


图 1 三江源地区土壤侵蚀分区示意图

Fig 1 Divisional map of soil erosion in the Three-river Headstream Region

表 5 三江源地区各土壤侵蚀类型区对比  
Table 5 Type region of soil erosion in the Three-riverHeadstream Region

侵蚀类型区	西部冻融、 风蚀区	中西部冻融、 风蚀、水蚀区	中东部冻融、 水蚀、风蚀区	东南部冻融、 水蚀区	东北部 水蚀区
所属县级行政区域	唐古拉山乡	曲麻莱, 治多, 杂多, 玛多	玉树, 达日, 玛沁, 兴海	囊谦, 称多, 班玛, 甘德, 久治	河南, 泽库, 同德
主导土壤侵蚀类型	冻融, 风蚀	冻融, 风蚀, 水蚀	冻融, 水蚀, 风蚀	水蚀, 冻融	水蚀
土壤侵蚀面积 ( km <sup>2</sup> )	16 345. 52	64 453. 03	15 194. 77	9 509. 48	9 330. 51
土壤侵蚀面积占全区 总面积的百分比 ( % )	4. 58	18. 07	4. 27	2. 67	2. 62

型有高山寒漠土、高山草甸图和高山草原土。在区内土壤侵蚀总面积 16 345. 52 km<sup>2</sup> 中, 冻融侵蚀面积 14 104. 93 km<sup>2</sup>, 占 86. 29%; 风力侵蚀面积 2 240. 59 km<sup>2</sup>, 占 13. 71%。

3. 2 中西部冻融、风蚀、水蚀区

位于三江源地区的西部和中部, 海拔 3 900~ 5 267 m; 除南部属于寒温湿润牧业气候区外, 大部属寒温半干旱牧业气候区。除少部分峡谷深切外, 大部分地区地势起伏较小, 由西北向东南倾斜, 相对平坦, 多为断陷作用所形成的宽谷和河湖盆地。湖泊众多。年平均气温 - 5. 6~ 0. 8℃, 年平均降水量 147~ 558 mm, 无绝对无霜期, 多大风。气象灾害有雪灾、干旱、风沙、冰雹。土壤有高山寒漠土、高山草甸土、沼泽土、高山草原土等。在区内土壤侵蚀总面积 64 453. 03 km<sup>2</sup> 中, 冻融侵蚀面积 55 686. 60 km<sup>2</sup>, 占 86. 40%; 风力蚀面积 8 403. 73 km<sup>2</sup>, 占 13. 04%。

3. 3 中东部冻融、水蚀、风蚀区

位于三江源地区的中部和东部, 海拔 2 590~ 5 752 m。属典型的高原山地类型, 以巴颜喀拉山和阿尼玛卿山为支撑, 相对高度在千米以上, 以山地地貌为主, 山脉连绵, 沟谷交错形成高山峡谷。属大陆性冷温湿润牧业气候区和寒温湿润、半湿润牧、林、农区。年平均气温 - 4. 6~ 6. 1℃, 年平均降水量 241~ 833 mm。日照充足, 多大风。气象灾害有旱灾、霜冻、大风、暴雨、冰雹、雪灾。土壤有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、沼泽土、盐土, 风沙土等。在区内土壤侵蚀总面积 15 194. 77 km<sup>2</sup> 中, 冻融侵蚀面积 8 067. 99 km<sup>2</sup>, 占 53. 10%; 水力侵蚀面积 4 783. 26 km<sup>2</sup>, 占 31. 48%。

3. 4 东南部冻融、水蚀区

位于三江源地区的东部和南部, 海拔 3 147~ 5 500 m。属从青藏高原东南缘高山谷地向高原面的过渡地带, 北高南低。属典型的高山山地地貌, 山南多为南北走向的山地峡谷, 山北多为宽谷和山间盆地, 沟壑纵横, 河流交错。属大陆性气候区和寒冷湿润的青藏高原牧、林气候区, 年平均气温 - 7. 9~

4. 3℃, 年平均降水量 373~ 767 mm。气象灾害有旱灾、霜冻、冰雹、雪灾等。土壤有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、沼泽土、栗钙土等。在区内土壤侵蚀总面积 9 509. 48 km<sup>2</sup> 中, 冻融侵蚀面积 6 974. 24 km<sup>2</sup>, 占 73. 34%; 水力侵蚀面积 2 525. 71 km<sup>2</sup>, 占 26. 56%。

3. 5 东北部水蚀区

位于三江源地区的东北部, 海拔 2 640~ 4 970 m。属典型的高山山地地貌, 地势由东北向西南倾斜, 南部高山连绵、河谷深切, 北部地势开阔。境内均为黄河水系。属寒冷湿润的青藏高原牧、林气候区, 年平均气温 - 3~ 6. 1℃, 年平均降水量 230~ 616 mm。气象灾害有大风、低温、霜冻、暴雨、雪灾等。土壤有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、沼泽土等。在区内土壤侵蚀总面积 9 330. 51 km<sup>2</sup> 中, 水力侵蚀面积 9 328. 58 km<sup>2</sup>, 占 99. 99%。

4 土壤侵蚀趋势分析

以 2000 年土壤侵蚀调查的数据成果为基数, 并与更新后的 2005 年数据成果比较, 进行了土壤侵蚀动态变化分析。

4. 1 水力侵蚀

三江源地区自 21 世纪以来水蚀类型面积减少 3 293. 96 km<sup>2</sup>, 减少 0. 92%。其中轻度以上侵蚀面积减少 2 125. 92 km<sup>2</sup>, 减少 0. 60%; 轻度侵蚀面积减少 971. 03 km<sup>2</sup>, 减少 0. 27%; 中度侵蚀面积减少 927. 81 km<sup>2</sup>, 减少 0. 26%; 强度侵蚀面积减少 176. 56 km<sup>2</sup>, 减少 0. 05%; 极强度侵蚀面积减少 54. 58 km<sup>2</sup>, 减少 0. 02%; 剧烈侵蚀面积增加 4. 06 km<sup>2</sup>, 增加 0. 0004%。

三江源地区近几年来土壤水力侵蚀面积有所减少, 是青海省对三江源地区开展水土保持综合治理的结果。剧烈侵蚀面积有所增加是由于兴海、同德、

泽库境内的黄河流域地区, 属于黄河丘陵沟壑区, 地形切割强烈, 干、支流两岸山坡上覆深厚的黄土状物质坡面冲沟发育的结果。

#### 4.2 风力侵蚀

风蚀类型面积减少  $1\,270.25\text{ km}^2$ , 减少  $0.36\%$ 。其中轻度以上侵蚀面积减少  $1\,233.71\text{ km}^2$ , 减少  $0.34\%$ ; 轻度侵蚀面积减少  $803.56\text{ km}^2$ , 减少  $0.26\%$ ; 中度侵蚀面积减少  $161.08\text{ km}^2$ , 减少  $0.03\%$ ; 强度侵蚀面积增加  $54.70\text{ km}^2$ , 增加  $0.02\%$ ; 极强度侵蚀面积减少  $290.79\text{ km}^2$ , 减少  $0.08\%$ ; 剧烈侵蚀面积减少  $32.98\text{ km}^2$ , 减少  $0.01\%$ 。

三江源地区自 2000 年以来, 风蚀面积总体呈下降趋势, 是由于近些年来对三江源区综合治理所取得的成效。但近年来海西州唐古拉乡和海南州兴海县在自然因素和人为因素的影响下强度侵蚀面积大幅度升高, 尤其唐古拉乡增加  $110.14\text{ km}^2$ 。

#### 4.3 冻融侵蚀

冻融侵蚀面积增加  $25\,628.45\text{ km}^2$ , 增加  $7.18\%$ 。轻度以上侵蚀面积增加  $4\,554.16\text{ km}^2$ , 增加  $1.28\%$ ; 轻度侵蚀面积增加  $1\,035.17\text{ km}^2$ , 减少  $0.29\%$ ; 中度侵蚀面积增加  $3\,518.99\text{ km}^2$ , 增加  $0.99\%$ 。

冻融侵蚀类型和各级强度面积增加的原因, 是由于近几年来地球温室效应的影响, 气温上升高山地区的冰雪融化, 冰川年融水量达  $31.72 \times 10^8\text{ m}^3$ , 地表冻融增强加剧, 冻融厚度增加, 导致冻融侵蚀增强, 轻度、中度、强度、极强度侵蚀都有很大幅度的增加, 只有河南县、甘德县、玛多县、称多县、囊谦县侵蚀面积稍有减少。

## 5 结论

根据以上对三江源地区自然生态环境变化特点和人类经济发展趋势, 从侵蚀环境和侵蚀营力特点考虑, 三江源区侵蚀潜在危险性在增大, 冻融侵蚀将进一步增强。在经济活动中的一些人为因素对生态环境的破坏也可使局部地区产生新的土壤侵蚀。因此在本区要加强监督、管理和遏制区域土壤侵蚀的发展。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhangwei. Research of remote dynamic monitoring of soil erosion in Three Rivers' Sources Natural Reserve [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 2008, 10: 35~36 [张卫. 三江源地区土壤侵蚀遥感动态监测研究 [J]. 中国水土保持, 2008, 10: 35~36]
- [2] Chen Xiaoquan, et al. The Ecological Environment of Three Sources [M]. Xining: The Press of Qinghai, 2002: 9 [陈孝全等. 三江源自然保护区生态环境 [M]. 西宁: 青海出版社, 2002: 9]
- [3] Zhang Jianguo. Analysis and evaluation of Tibetan freeze-thaw erosion [J]. *Geographical Journal*, 2006, 61 (9): 911~918 [张建国等. 西藏自治区冻融侵蚀分析评价 [J]. 地理学报, 2006, 61 (9): 911~918]
- [4] Hua Gongjie, et al. Local Records of Guoluo Tibetan Autonomous Prefecture [M]. Beijing: Press of Nationality, 2000: 12 [华贡杰, 等. 果洛藏族自治州志 [M]. 北京: 民族出版社, 2000: 12]
- [5] Yan Musui. Soil erosion analysis in Headstream basin of Yellow River [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2004, 24 (6): 75~78 [严慕绥. 黄河源头土壤侵蚀现状分析 [J]. 水土保持通报, 2004, 24 (6): 75~78]
- [6] Fengyan. GIS applied in the research of soil erosion [J]. *Capital Normal University Journal*, 2003, 24 (4): 68~65 [冯琰. 地理信息系统 (GIS) 在土壤侵蚀研究中的应用 [J]. 首都师范大学学报, 2003, 24 (4): 68~65]

# Characteristics of Soil Erosion in Three Rivers' Sources Natural Reserve

WU Wanzhen, ZHOU Qiang, YU Bin, MA Can

(College of Life and Geography Science, Qinghai Normal University, Geography Science Department, Xining, Qinghai 810008, China)

**Abstract** There is a diversity of soil erosion in the Three-rivers' Headstream Region. Soil has been increasingly eroded recently and the eco-environment is deteriorating there. To conserve the reserve, on the basis of the obtained data in the survey of soil erosion in 2000 and the comparison between these data and the updated and revised data in 2005, an analysis of the dynamic changes in soil erosion has been carried out and an overall assessment of the soil erosion status quo has been made in different kinds of soil erosion areas in the Three-rivers' Headstream Region. The 1: 100 000 Landsat TM 5 false colour composite images of 12 typical counties at the Yellow River sources in 2000 are interpreted based on the field investigation, so the vegetation state is found out, the status quo of soil erosion in the typical areas is assessed quantitatively and the trend of soil erosion in the Three-rivers' Headstream Region is forecasted.

**Key words** the Three-rivers' Headstream Region; soil erosion; assessment