

# 西藏自治区土壤侵蚀特点及现状

张建国<sup>1,2</sup>, 文安邦<sup>1</sup>, 柴宗新<sup>1</sup>, 刘淑珍<sup>1</sup>, 李辉霞<sup>1,2</sup>

(1. 中科院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要:** 西藏自治区地域辽阔, 土壤侵蚀复杂多样。本文在野外调查的基础上, 对西藏自治区土壤侵蚀特点作了全面论述, 并对西藏自治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。同时取雅江中游地区 19 个县作为典型区域, 利用 1999 年 1:20 万 TM 遥感图像土壤侵蚀解译结果, 对该典型区域的土壤侵蚀现状作了定量评价。最后根据评价结果, 对西藏自治区土壤侵蚀的发展趋势做了预测。

**关键词:** 西藏; 土壤侵蚀; 评价

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

西藏高原位于我国西南边陲, 国土面积 120 多万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>, 被誉为是我国乃至东半球气候的“调节区”和“启动器”, 该区生态环境质量的好坏不仅决定着本区社会经济的发展方向, 还将影响到我国其他区域和比邻国家的生态环境的变化。由于西藏高原处在我国地质历史最年轻和新构造运动最强烈的复杂地质构造带, 地势高亢, 不仅地面物理风化作用十分强烈, 而且冻融侵蚀作用分布广泛, 山体坡面物质不稳定, 导致该区生态环境极其脆弱。由于这些原因也使得西藏自治区土壤侵蚀分布相当广泛。同时, 由于该区影响土壤侵蚀的地貌、气候、植被及母质等因素独特, 使得该区的土壤侵蚀除了具有我国其他地区的一些一般特征外, 更具有一些其他区域所不具备的特有的特征。

随着西藏经济建设的高速发展, 人类对自然环境的干扰越来越强, 致使该区土壤侵蚀在自然和人为双重作用下有所加重。所造成的危害也逐渐增大。土壤侵蚀不仅造成了自治区土地资源的破坏, 导致农业生产环境恶化, 生态平衡失调, 水灾旱灾频繁, 而且影响各业生产的可持续发展。本文对西藏自治区土壤侵蚀现状及特点作了全面评价, 并对西藏自治区土壤侵蚀的发展趋势做了预测。

## 1 土壤侵蚀特点

### 1.1 土壤侵蚀类型众多, 区域分布差异明显。

西藏自治区地域辽阔, 地貌及气候类型复杂多样, 使得引起土壤侵蚀发生的各种基本营力普遍存在, 导致西藏土壤侵蚀类型众多, 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、重力侵蚀、冻融侵蚀、冰雪侵蚀和人为加速侵蚀在西藏自治区都有分布。同时, 也是由于地域辽阔的原因, 使得影响土壤侵蚀的因素在区域间差异明显, 从而导致土壤侵蚀在不同区域间差异明显。在东部和南部海拔低于 4 200 m 左右的区域, 降水充沛, 以水蚀为主。如为迎风坡的喜马拉雅山南坡, 降水丰沛, 海拔 4 200 m 以下为高山峡谷区, 河流深切, 谷坡陡立, 谷地幽邃, 格子状水系发育。水蚀特别是沟蚀发育强烈; 在北部、中部以及南部的河谷区域, 由于干旱、少雨且多大风, 使得风蚀分布较广, 在这些区域的河谷阶地、江心洲、边滩、冲洪积平原、季节性干河床、湖盆阶地、湖积平原及冲洪积扇与谷坡、山坡等地貌部位多有风蚀分布。如雅鲁藏布江中游河谷区域风蚀严重; 在西部、北部、

收稿日期 (Received date): 2003-11-30.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX3-SW-330) 资助。[Supported by Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (KZCX3-SW-330).]

作者简介 (Biography): 张建国 (1973-), 男, 博士研究生。主要从事土壤侵蚀动态监测方面的研究。电话: 028 89040575 85229091 E-mail: sezjg@yahoo.com.cn [Zhang Jian-guo (1973-), male, Ph.D candidate, research direction: dynamic monitoring of soil erosion].

中部及南部高海拔地区由于寒冻风化作用、冻融交替作用、冰雪作用以及气候干暖化的影响导致冻融侵蚀广布;而在城市周边、道路沿线、矿山附近由于人为因素造成的土壤侵蚀分布较广。特别是近十年来国家加大了对西藏自治区基础设施特别是公路建设的支持力度,新修了许多公路。而这些工程多未采取相应的水保措施,导致公路沿线滑坡、崩塌等重力侵蚀严重。

### 1.2 西藏山地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因素关系密切,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,继而制约并形成不同的土壤侵蚀类型水平和垂直带状分布规律。西藏高原不仅是世界上海拔最高的高原,也是相对高差最大的高原,最高点珠穆朗玛峰海拔 8 848 m,而海拔较低区域往往不足 1 000 m,如墨脱县的背崩乡海拔只有 800 m 左右。高原上一些大的山脉相对高差多在 1 000 m 以上。这样大的高差导致影响土壤侵蚀的气候等因素发生了明显的垂直分异。最终导致这些区域的土壤侵蚀垂直分异明显。以喜马拉雅山中段为例。从调查结果看,土壤侵蚀类型分布大体呈现以下规律:在南坡海拔小于 4 200 m 的区域,以水蚀为主。在 4 200~5 400 m 的地段以冻融侵蚀为主,其中 4 200~4 800 m 为季节性冻土区,以冻融作用为主,4 800~5 400 m 以寒冬风化为为主,5 400 m 以上为冰雪永久覆盖区,以冰雪侵蚀为主。在北坡海拔 3 800~4 200 m 的区域,河谷以风蚀为主,同时伴有水蚀,在谷坡上以冰雪融水侵蚀为主,平行冲沟非常发育,同时伴有风蚀发生。在 4 200~5 400 m 地段,以冻融侵蚀为主。其中 4 200~4 700 m 以冻融作用为主,同时伴随有风蚀和水蚀发生。4 700~5 400 m 以寒冬风化作用为主。5 400 m 以上以冰雪侵蚀为主。

### 1.3 风水、风冻、水冻两相混合侵蚀及风水冻三相混合侵蚀分布较广。

西藏高原海拔高、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。形成了风蚀和冻融侵蚀两相侵蚀区。同时,由降雨和冰雪融水引起的

水蚀往往又叠加于其上,形成风力侵蚀、冻融侵蚀、水力侵蚀共同分布的区域。以年楚河的康普曲流域为例,在河谷两岸山顶由于冻融侵蚀形成很多风化物,在重力作用下堆积于河谷两侧的斜坡上,同时由于风力作用,一些细砂也被吹到坡面或坡脚堆积。形成坡积物。这些坡积物又在冰雪融水作用下,被侵蚀搬运到河谷,导致这些坡积物上冲沟非常发育。使得在康普曲流域形成了冻融侵蚀、风力侵蚀、水蚀并存的局面。

## 2 土壤侵蚀现状及分区

### 2.1 土壤侵蚀现状

根据水利部“应用遥感技术解译西藏土壤侵蚀图”分析所提供的资料,西藏自治区土壤侵蚀面积 103.42 万  $\text{km}^2$ ,占自治区总面积的 84.19%,其中冻融侵蚀面积占全区总面积的 75.02%,水力侵蚀面积和风力侵蚀面积分别占全区总面积的 5.05%、4.12%。<sup>[2]</sup>

据李代明<sup>[2]</sup>研究,西藏年侵蚀模数最大的区域为东部的“三江”流域,其次为年楚河流域及雅鲁藏布江干流。在三江流域,土壤侵蚀严重程度由东至西,有逐步递增的趋势,且呈现有严重-中等-轻微的水平地带性。同时,土壤侵蚀的垂直分布规律明显,东部三江流域土壤侵蚀一般分布在海拔 1650-4350 m,其中海拔 1650-3700 m 为土壤侵蚀严重带,3700-4300 m 为土壤侵蚀轻度带。雅鲁藏布江中游、年楚河土壤侵蚀一般分布在海拔 3250-4700 m,其中 3250-4200 m 土壤侵蚀较为严重。

随着西藏农业开发力度的加大,人类活动加剧,土壤侵蚀日趋严重。如:年楚河日喀则水文站,1980 年代含沙量为  $2.19\text{kg}/\text{m}^3$ ,1990 年代为  $2.55\text{kg}/\text{m}^3$ ,1990 年代比 1980 年代增加了 28.3%;输沙量 1980 年代为 244 万 t,1990 年代为 313 万 t,1990 年代比 1980 年代增加 28.3%;拉萨河 1980 年代含沙量为  $0.11\text{kg}/\text{m}^3$ ,1990 年代为  $0.15\text{kg}/\text{m}^3$ ,1990 年代比 1980 年代增加了 36.4%。输沙量 1970 年代为 82.4 万 t,1980 年代为 100.1 万 t,1990 年代为 180 万 t。由此说明,该河流输沙量一直呈上升趋势;雅江干流含沙量和输沙量的变化同样呈上升趋势。

### 2.2 土壤侵蚀分区

西藏自治区地域辽阔,生态环境复杂,土壤侵蚀

地域差异很大。根据西藏自治区的地域差异,松辽委陶华等]对西藏自治区土壤侵蚀作了分区划分。我们认为土壤侵蚀的分布与影响土壤侵蚀的气候、地形、植被、土壤等因素密切相关,为此根据西藏自

治区不同区域的地形、气候、植被等特征的差异以及主要侵蚀动力的差异,我们在陶华等的区划基础上将西藏自治区土壤侵蚀划分为6个区(见图1),简述如下:

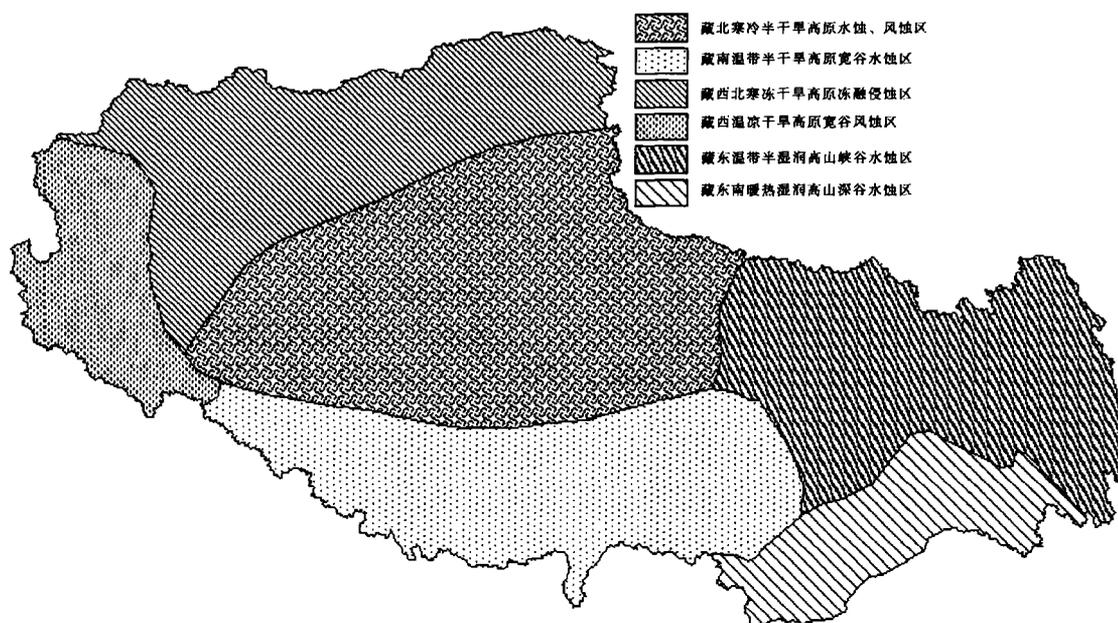


图1 西藏自治区土壤侵蚀分区图

Fig.1 The division of soil erosion in Tibet

(1)藏东南暖热湿润高山深谷水蚀区:位于西藏自治区东南部,地貌类型以高山深谷为主,相对高差明显,气候暖热湿润,年降水可达2 000~3 000mm,森林覆盖率达40%以上,地表植被覆盖较好,河水清澈,坡面土壤侵蚀为轻微。由于河流切割强烈,河谷多呈V型谷,沟道两侧由于河水侧蚀或掏蚀,导致滑坡和崩塌等重力侵蚀分布较广。如墨脱县的多雄河流域。

(2)藏东温带半湿润高山峡谷水蚀区:位于西藏自治区东部,青藏高原东部的横断山地区,地貌类型复杂,河谷深切,岭谷相间排列,坡度陡峻。受干旱、半干旱河谷气候的影响,森林覆盖率不高,仅20%左右,因此土壤侵蚀以中、轻度为主,局部地段由于陡坡开垦及滥砍乱伐、过渡放牧,土壤侵蚀严重。

(3)藏南温带半干旱高原宽谷水蚀区:位于西藏自治区南部,地貌格局为南北高、中间低,雅鲁藏布江横贯本区,是西藏自治区重要农业区,也是人类活动比较活跃的地区。由于受地质构造的影响,山体植被盖度很低,大部分山体呈裸岩或荒山秃岭状态,

再加之随着人口的增长,对“三料”需求增加,大量砍伐灌木、过渡放牧及开垦耕地的现象严重,生态环境日益恶化,水土流失日趋严重,泥石流、滑坡等山地灾害频繁发生,河谷地带风蚀现象亦很严重。

(4)藏北寒冷半干旱高原水蚀、风蚀区:区内以高原高原宽谷地貌类型为主,西部以高原湖盆地貌为主。高原面上分布有海拔5 000m以上的极高山,气候寒冷,年降水160~480mm,冬春多大风。区内水土流失类型自东向西由水蚀过渡为风蚀和冻融侵蚀,尤其在山前冲洪积扇平原及宽谷盆地风蚀严重,导致草地沙化。

(5)藏西温凉干旱高原宽谷风蚀区:位于西藏自治区西部,南中北分别为东西走向的喜马拉雅山、岗底斯山和喀喇昆仑山,海拔6 000~6 500m,山间为宽谷湖盆。区内气候极端干旱,11月~5月为风季,3~5月大风猛烈,地表植被稀疏,干旱加大风,构成本区以风蚀为主的土壤侵蚀类型,导致区内近40%的草地出现沙化。

(6)藏西北寒冷干旱高原冻融侵蚀区:位于西藏

自治区西北部,是青藏高原地势最高的地区,属羌塘高原北部“无人区”,海拔 5 000m 以上,地貌上为高原面上由一系列近东西走向的平行和缓山脉及分布其间的湖、盆、宽谷组成,本区气候严寒,土壤冻结期在半年以上,属典型冻融侵蚀区。

### 3 典型区域土壤侵蚀现状

为了深入了解西藏自治区典型区域的土壤侵蚀状况,文安邦等选取雅鲁藏布江中游地区拉萨市、山南和日喀则地区三个地(市)19 个县(拉萨市:城关区、林周县、尼木县、曲水县、堆龙县、达孜县、墨竹工卡县;山南地区:乃东县、扎囊县、贡嘎县、桑日县、琼结县;日喀则地区:日喀则市、南木林县、江孜县、拉孜县、谢通门县、白朗县和萨迦县)作为典型区,通过野外实地调查,结合雅鲁藏布江中游地区土地利用现状资料、遥感图像和地形图等资料,建立了不同侵蚀类型及侵蚀程度的解译标志。对该区 1999 年 1:20 万 TM 遥感图像进行了土壤侵蚀解译。根据解

译结果,雅鲁藏布江中游地区 19 个县土壤侵蚀总面积为 53 145.64 km<sup>2</sup>,占雅鲁藏布江中游地区国土总面积(72 303.85 km<sup>2</sup>)的 73.5%,以轻度侵蚀为主,占侵蚀面积的 85.3%(表 1)。

其中水力侵蚀面积 38 924.12 km<sup>2</sup>,占区域国土总面积的 53.8%,占侵蚀面积的 73.2%。以轻度和中度侵蚀为主,占水力侵蚀总面积的 82.5%(表 2)。

表 1 雅鲁藏布江中游地区土壤侵蚀现状

Table 1 The status of soil erosion in middle section of Yaluzangbu River

| 项目     | 面积 (km <sup>2</sup> ) | 占国土总面积 (%) | 占侵蚀总面积 (%) |
|--------|-----------------------|------------|------------|
| 土壤微度侵蚀 | 19158.21              | 26.5       |            |
| 土壤侵蚀   | 总面积(km <sup>2</sup> ) | 53145.64   | 73.5       |
|        | 轻度侵蚀                  | 23526.37   | 32.5       |
|        | 中度侵蚀                  | 21807.07   | 30.2       |
|        | 强度侵蚀                  | 5968.32    | 8.3        |
|        | 极强度侵蚀                 | 1244.00    | 1.7        |
|        | 剧烈侵蚀                  | 599.9      | 0.8        |

表 2 雅鲁藏布江中游地区水力侵蚀现状

Table 2 The status of water erosion in middle section of Yaluzangbu 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> ) | 8687.85 | 38924.12 | 12561.43 | 19532.57 | 5080.62 | 1177.9 | 571.6 |
| 占土地总面积(%)             | 12.0    | 53.8     | 17.4     | 27.0     | 7.0     | 1.6    | 0.8   |
| 占水蚀面积(%)              |         | 32.3     | 50.2     | 13.0     | 3.0     | 1.5    |       |

风力侵蚀面积 2 857.81km<sup>2</sup>,占区域国土总面积的 4.0%,占土壤侵蚀面积的 5.4%,以轻度侵蚀为主,占风力侵蚀总面积的 68.3%(表 3)。

冻融侵蚀面积 11 363.83km<sup>2</sup>,占区域国土总面积的 15.7%,侵蚀面积的 21.4%,以轻度侵蚀为主,占冻融侵蚀总面积的 79.3%(表 4)。

表 3 雅鲁藏布江中游地区风力侵蚀现状

Table 3 The status of wind erosion in middle section of Yaluzangbu River

| 项目                    | 土壤微度侵蚀 | 风蚀强度等级  |         |       |       |
|-----------------------|--------|---------|---------|-------|-------|
|                       |        | 总面积     | 轻度      | 中度    | 强度    |
| 总面积(km <sup>2</sup> ) | 159.57 | 2857.81 | 1951.81 | 533.8 | 372.2 |
| 占国土总面积(%)             | 0.2    | 4.0     | 2.7     | 0.7   | 0.5   |
| 占风力侵蚀面积(%)            |        | 68.3    | 18.7    | 13.0  |       |

表 4 雅鲁藏布江中游地区冻融侵蚀现状

Table 4 The status of freezing and thawing erosion in middle section of Yaluzangbu River

| 项目                    | 土壤微度侵蚀   | 冻融侵蚀强度   |         |        |       |      |      |
|-----------------------|----------|----------|---------|--------|-------|------|------|
|                       |          | 总面积      | 轻度      | 中度     | 强度    | 极强度  | 剧烈   |
| 总面积(km <sup>2</sup> ) | 10310.79 | 11363.83 | 9013.13 | 1740.7 | 515.5 | 66.1 | 28.3 |
| 占国土总面积(%)             | 14.3     | 15.7     | 12.5    | 2.4    | 0.7   | 0.1  | 0.0  |
| 占冻融侵蚀面积(%)            |          | 79.3     | 15.4    | 4.5    | 0.6   | 0.2  |      |

## 4 土壤侵蚀趋势分析

西藏地处青藏高原断块隆起区,地壳抬升强烈,褶皱、断裂发育,岩石破碎,可侵蚀物质丰富,土壤抗蚀力低。根据中国科学院沙漠研究所对近40年来降雨变化和未来降雨趋势预测,20世纪末至21世纪初降雨量可能增多。40年来气温观测资料分析表明,气温总体是升高的,受全球增温效应的影响,增温趋势将会持续;大风变化趋势为西藏西部的阿里和北部的那曲地区大风日数略有增多,从侵蚀环境和侵蚀营力特点考虑,西藏土壤侵蚀潜在危险性可能会加大。在经济活动中的一些人为因素对生态环境的破坏可使局部地区产生新的土壤侵蚀。

根据西藏自然生态环境变化特点和人类社会经济发展趋势,自治区今后需加强监测、管理,遏制如下区域土壤侵蚀的发展<sup>[4]</sup>:①西部和北部风力侵蚀;②东部和东南部水力侵蚀,尤其是雅鲁藏布江中

游地区水力侵蚀;③主要城市拉萨市、日喀则市和山南泽当镇等城市(镇)人为土壤侵蚀;④基本设施建设项目区新增土壤侵蚀。

### 参考文献(References):

- [1] Liao Chuyan, Zuo Changqing etc. Review report of soil erosion in Tibet. *Soil and Water Conservation of China*. 2002, (1): 10~11,16 [廖纯艳,左长清等.西藏水土保持考察报告.中国水土保持.2002,(1):10~11,16]
- [2] Li Daiming. Initial Analysis of soil erosion's distribution, causes, damage and difficulty of control in Tibet. *Science and Technology of Tibet*. 2001, (1): 21~24 [李代明,西藏水土流失分布成因、危害及治理难度初步分析,西藏科技,2001,(1):21~24]
- [3] Tao Hua, Liu Shunzong ect. Division of soil erosion in Tibet and strategies for countrol. *Water and soil Conservation of China*. 1999,(2):19~21 [陶华,刘顺宗等.西藏水土流失分区及治理对策.中国水土保持.1999,(2):19~21]
- [4] Liu Shaozhi. Research of water and soil conservation and sunsitable development stratagem in Tibet. *Water and Soil Conservation of China*. 2000,(2): 10~12 [刘绍芝.西藏水土保持与可持续发展战略研究.中国水土保持.2000,(2):10~12]

## Characteristics and Status of the Soil Erosion in Tibet

ZHANG Jian-guo<sup>1,2</sup>, WEN An-bang<sup>1</sup>, CHAI Zong-xin<sup>1</sup>, LIU Shu-zhen, LI Huixia<sup>1,2</sup>

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041 Sichuan China;*

2. *The Graduated School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039 China*)

**Abstract:** Different kind of erosion distributed on broad territory of Tibet Autnomous Region. Based on the investigation of fields, the characteristics of the soil erosion in Tibet Autnomous Region is discussed, the status of different region in Tibet is also evulated. At same time, middle section of Yaluzangbu River (include 19 counties) is selected as typical region, based on the result of interpretation of TM image, which was photoed in 1999, a quantitative evaluation was made to this typical region. At last, the development trend of the soil erosion and is also forecasted based on the evaluation result.

**Key words:** Tibet; soil erosion; desertification; evaluation