

黄河源头区土壤侵蚀现状分析

严慕绥¹, 许峰¹, 张卫², 曹江源², 李智广¹, 刘秉正³

(1. 水利部 水土保持监测中心, 北京 100053; 2. 青海省水土保持局, 青海 西宁 810001; 3. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 黄河源头区是我国珍贵的生态宝库, 近年来遭受着土壤侵蚀加剧, 生态严重退化的威胁。根据 2002 年开展的黄河源头区土壤侵蚀调查成果, 对该区土壤侵蚀的面积、强度和空间分布特点进行了分区分析。分析表明, 冻融侵蚀是主要土壤侵蚀类型, 分布于中西部山原区。水蚀广泛分布在东部山区, 总体强度不高。风蚀主要分布区域集中, 总体强度较高。这 4 个土壤侵蚀分区中, 东北部水蚀、风蚀区水土流失最为严重。黄河源头区西部虽然水土流失面积较小, 但生态十分脆弱, 成土缓慢, 土壤抗侵蚀能力差, 一旦水土流失发生, 发展极难重建和恢复。从土地利用上看, 草地、湿地资源的保护对黄河源头区水土保持生态建设具有十分重要的意义。

关键词: 土壤侵蚀; 黄河源头区; 遥感调查

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)06—0075—04

中图分类号: S157.1

Soil Erosion Analysis in Headstream Basin of Yellow River

YAN Mu-sui¹, XU Feng¹, ZHANG Wei², CAO Jiang-yuan², LI Zhi-guang¹, LIU Bing-zheng³

(1. Monitoring Center of Soil and Water Conservation, Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

2. Qinghai Provincial Bureau of Soil and Water Conservation, Xi'ning 810001, Qinghai Province, China;

3. Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: The headstream basin of the Yellow River is ecologically important to China, but it has become threatened by soil erosion in recent years. This paper examines the general situation of soil erosion on the basis of a 2002 survey by remote sensing. Analysis indicates that frost-thaw erosion is the major erosion type in the region. Water erosion occurs in the eastern mountainous areas at a generally light intensity, while wind erosion is concentrated in several areas at a high intensity. The northwest erosional area experiencing water-wind erosion is the portion of the region experiencing the most serious soil erosion of the four areas of erosion in the region. The area of soil erosion in western part of the headstream basin is relatively small, but it still poses a serious threat to the ecological stability of the basin, which is a fragile area and in which rehabilitation after major erosion is very difficult. Land use/cover change (LUCC) is discussed, with particular reference to the establishment of grasslands and wetlands as means of erosion prevention and ecological rehabilitation.

Keywords: soil erosion; the headstream basin of the Yellow River; survey by remote sensing

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。在青藏高原特有的地理环境下该地区发育了高寒湿地、高寒荒漠、高寒干草原等独特的生态系统, 是我国珍贵的高原生态宝库。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, 黄河源头区水量减少, 径流携沙增加, 这一地区处于严重的生态退化威胁中。为此, 国家十分重视该区环境保护与生态恢复, 并采取了一系列生态对策。为在该地区科学、有效地开展水土保持生态建

设, 需要获得翔实可靠的土壤侵蚀数据。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。

1 调查区范围和地理概况

现有的黄河源头区范围划分方法有数种, 因龙羊峡以上地区自然景观、土壤侵蚀类型及特征比较接近, 从水土保持监测和水土保持生态建设的规划、设计要求出发, 宜将龙羊峡以上地区作为一个整体来考虑。本次调查采用以龙羊峡为界的划分方法, 调查范

收稿日期: 2004-08-30

资助项目: 黄河源头区与塔里木河水水土保持生态建设重点区水土流失背景调查项目

作者简介: 严慕绥(1957—), 女(壮族), 广西龙州人, 高级工程师, 主要从事遥感与地理信息系统应用研究。E-mail: yanmusui@sina.com。

围为黄河流域龙羊峡以上区域,边界系采用国家测绘局提供的 1:25 万 DLG(数字线划地图)和部分 1:5 万地形图,依据水系分布范围划定。调查范围内土地总面积 $1.32 \times 10^5 \text{ km}^2$,涉及青海省玛多、玛沁、达日、久治、班玛、甘德、称多、曲麻莱、贵南、兴海、同德、共和、泽库、河南、都兰县;甘肃省玛曲、碌曲、夏河县;以及四川省松潘、阿坝、若尔盖、红原县等 22 个县的部分或全部区域。

调查区内黄河干流长约 1 627 km,落差超过 2 000 m。海拔在 2 500 ~ 5 500 m 间,地势西高东低,以山原地貌为主,东部多山地峡谷。气候属典型的高原大陆性气候,年温差小、日温差大、日照长、辐射强烈,多数地区年均温在 0°C 以下。多年平均降水量 220 ~ 800 mm,由东南向西北递降。区内河流、湖泽密布,水资源丰富。土壤的形成发育具有典型的高原土壤特点,具有明显的垂直带谱,大多厚度薄、质地粗、保水性能差、肥力较低,易受侵蚀而造成水土流失。主要土壤类型有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、灰褐土、栗钙土、沼泽土、风沙土等。区内植被种属少,类型较简单,以各类草原植被为主,森林植被较少,水平和垂直带谱明显。区内地阔人稀,是以藏族为主的多民族聚居区,牧业占据了该区域经济的重要地位,社会经济发展水平较落后。

2 调查方法

调查依据 SL - 277 - 2002《水土保持监测技术规程》^[1]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。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,依据土壤侵蚀分类分级系统编制土壤侵蚀专题图;经严格的质量检查、接边和数据集成形成黄河源头区 1:10 万数字图库和相应数据库。本次调查依据自 1997 年开始实施的水利行业标准 SL190—96《土壤侵蚀分类分级标准》^[2]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,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、风蚀面积之和称之为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。

调查质量检查中检查的图斑大于图幅总图斑数的 5%。人机交互解译判对率 $> 90\%$,定位偏差 $< 0.5 \text{ mm}$,相当于屏幕解译线划描述精度为 2 个像元点,制图精度最小图斑 6×6 个像元,条状图斑短边长度 4 个像元。

3 结果与分析

根据本次调查结果统计,黄河源头区冻融侵蚀面积达到 $70\,988 \text{ km}^2$,占黄河源头区总面积的 53.94%。其中以微度为主,占冻融侵蚀总面积的 80.12%。依照行业惯例,水蚀和风蚀合计,黄河源头区水土流失总面积 $31\,492.12 \text{ km}^2$,占黄河源头区总面积的 23.93%。水土流失总面积中,水蚀占 65.17%,以轻度为主;风蚀占 34.83%,总体强度较高(中度及以上占风蚀总面积 76.09%)。轻度、中度、强度、极强度和剧烈等级的面积比例分别为 46.19%、38.80%、4.73%、7.86%、2.43%,中度及其以上强度面积占一半以上。强度、极强度和剧烈水土流失的分布较为集中,主要分布在共和、贵南、玛多 3 个县。该 3 县这 3 个等级的水土流失面积分别占全区强度、极强度和剧烈水土流失面积合计的 58.48%、75.02% 和 90.40%,而 3 个县土地面积为全区的 35.78%。由于黄河源头区内各土壤侵蚀因子的水平分布规律存在,土壤侵蚀类型在空间分布上也体现出明显分异。据土壤侵蚀类型的相对一致性,可将全区分成 4 个土壤侵蚀类型区:西部、中部冻融侵蚀区,东北部水蚀、风蚀区,东部水蚀区和东南部风蚀、水蚀区(表 1)。

表 1 黄河源头区各土壤侵蚀类型区对比

侵蚀类型区	西中部冻融侵蚀区	东北部水蚀风蚀区	东部水蚀区	东南部风蚀水蚀区
所属县级行政区域	曲麻莱、玛多、玛沁、称多、达日、班玛、甘德、久治、都兰	兴海、同德、贵南共和、泽库	阿坝、碌曲、玛曲、河南、夏河	若尔盖、红原、松潘
面积/ km^2	72 082.83	27 670.40	18 342.5	13 510.79
主导土壤侵蚀类型	冻融侵蚀	水蚀、风蚀	水蚀	风蚀、水蚀
面积占河源区比例/ km^2	54.81%	20.98%	13.94%	10.27%
水土流失面积合计/ km^2	3 545.39	17 683.27	3 151.20	7 112.25
水土流失面积占该类型区面积比例	4.91%	64.03%	17.18%	52.64%

3.1 西部、中部冻融侵蚀区

该区位于黄河源头区的西部和中部,面积占全区的一半以上,整体地势在各土壤侵蚀分区中最高。该

区土壤侵蚀最主要的特点是冻融侵蚀占据主导地位。冻融侵蚀占轻度及以上土壤侵蚀总面积的 77.16%。该区地处高海拔区域,人口密度极低,草地是该区主要的土地利用类型,牧业在第一产业中占据绝对优势。但由于水、温条件较差,草地覆盖度低。该区也是黄河源头区内天然湖泊的主要分布区域。

该区轻度及以上风蚀面积 2 387.85 km²,其中 72.74% 为极强度和剧烈风蚀,风蚀的总体强度极高。风蚀大多分布在玛多县和玛沁县西部的河道附近区域,以鄂陵湖以东至玛沁县优云一线分布较为集中,强度亦高。该区水蚀分布分散,轻度及以上水蚀仅占该区面积的 1.59%。虽然该区水土流失仅占该区面积的 4.91%,但水土流失区域,尤其风蚀主要分布在干流及主要支流河道,对维护区域生态稳定具有关键功能的河流生态廊道是重大的威胁因素。该区湿润程度较低,尤其西北部一带干燥度较大,也是整个源头区内年均风速最大的区域;而玛多至优云一带缺乏植被,干燥的冬季又是年内风速最大的时期,土壤类型以草原风沙土、侵蚀高山草原土、侵蚀高山草甸草原土等为主,抗蚀性差,风蚀的威胁十分严重。目前,由于生态退化,在这一地区水源补给减少、植被退化的状况在逐年加剧。因此,该区内土壤侵蚀的主要威胁是河道附近区域的风蚀。

3.2 东北部水蚀、风蚀区

该区位于黄河源头区的东北部,地势最低,土壤侵蚀最主要的特点是水蚀和风蚀占据主导地位。轻度及以上土壤侵蚀总面积(达该区土地面积的 68.19%,远远超过其它 3 个土壤侵蚀类型区)中,从类型构成看,水蚀、风蚀、冻融侵蚀分别占 74.01%, 19.89%, 6.0%;从强度构成上看,轻度占 48.20%, 中度占 39.03%。

该区人口密度是整个河源区中最高的区域,河源区的耕地和城乡、工矿和居民点用地大部分在此。该区水蚀面积 13 937.42 km²,分布广泛,是该区主要侵蚀类型。轻度及以上水蚀等级中以轻度和中度为主,各占 55.60% 和 38.67%。河道附近地形起伏较大水蚀强度较高。轻度及以上风蚀面积 3 861.71 km²,其中中度占 41.93%,强度及以上占 42.86%,风蚀总体强度较高。风蚀集中分布在共和盆地邻近龙羊峡水库南、西北的地区,共和、贵南 2 县的轻度及以上风蚀面积占该区的 94.73%。强度较高的风蚀主要分布在贵南县城以北地区和龙羊峡水库以西地区,这些区域的地表形态以固定、半固定沙丘为主。

该区是水土流失最为严重的分区。以轻度及以上水蚀和风蚀合计,流失面积为 17 683.27 km²,占整

个河源区水土流失面积的 56.15% 和该区土地总面积的 64.03%,后一比例在各土壤侵蚀分区中最高。其中中度及以上强度占水土流失面积的 52.96%。由于该区人口密度相对较高,人类活动对土地和水资源的影响强度较大,水土流失的危害也最为严重。

3.3 东部水蚀区

该区位于黄河源头区的东部,土壤侵蚀最主要的特点是因水分条件相对较好,地形起伏较大,水蚀占据主导地位。以 3 类侵蚀合计,轻度及以上土壤侵蚀总面积 3 889.80 km²,达该区面积的 21.21%。轻度及以上土壤侵蚀总面积中,从类型构成看,水蚀、风蚀、冻融侵蚀分别占 78.40%, 2.61%, 18.99%;从强度构成上看,轻度占 72.86%,中度占 33.79%。总体侵蚀强度较低。该区水土流失相对较轻。虽然该区人口密度相对较低,但在降水相对较多的条件下,不合理的土地利用等人类活动容易诱发新的水土流失。

3.4 东南部风蚀、水蚀区

该区位于黄河源头区的东南部,主要包括黄河源头的黑河、白河等支流流域。该区整体地势较低,大部分地区地形平坦,海拔在 3 500 m 以下。土壤侵蚀最主要的特点是风蚀和水蚀占据主导地位。以 3 类侵蚀合计,轻度及以上土壤侵蚀总面积 7 348.60 km²,达该区面积的 54.39%。轻度及以上土壤侵蚀总面积中,从类型构成看,水蚀、风蚀、冻融侵蚀分别占 32.50%, 64.29%, 3.21%;从强度构成上看,轻度占 40.73%,中度占 56.40%。中度侵蚀不仅面积比例大,分布也较广。

该区在各土壤侵蚀类型区中水热条件最好,也是沼泽湿地的主要分布区域,包括我国最大的泥炭型沼泽湿地——若尔盖高原湿地的核心区域。该区土壤肥力相对较好,但因成土环境中水、热条件并不协调,如潜育环境退化极易遭受侵蚀。该区地势较低、地形平坦,由于多年来地表水资源和植被持续退化,风蚀作用逐渐占侵蚀营力的主要地位。尽管植被覆盖度较高,但在强风力作用下,湿润地表干旱化后极易因土壤退化、结构性破坏而在植被枯败的局部地段起沙,从而推动风蚀发育过程。风蚀在该区广泛分布,是该区主要侵蚀类型。轻度及以上风蚀面积 4 724.23 km²,占整个河源区的 43.11%,也是整个黄河源头区风蚀分布最主要的分区。轻度及以上风蚀中,强度等级以中度和轻度为主,分别占 61.34% 和 38.66%。

该区水土流失相当严重。以轻度及以上水蚀和风蚀合计,该区水土流失面积 7 112.25 km²,占该区面积的 52.64%。其中中度水土流失占该区水土流失总面积的 56.16%,且分布广泛,从总体上影响该

区水土流失的强度格局。由于该区沼泽湿地的退化直接导致风蚀隐患的增加甚至风蚀的发生,而现有沼泽与风蚀区域的分布在空间上呈现交错镶嵌的特点,因此该区的风蚀发育是水土流失的主要特点,其控制是水土保持治理的核心任务。与之同步的沼泽湿地保护,则无疑属于该区水土保持生态修复的重要内容。

4 结 论

本次调查获取了黄河源头区土壤侵蚀现状的大量、全面翔实数据。通过对有关数据成果的分析,可对全区土壤侵蚀状况、分布特点作如下评价。

(1) 由于水热条件的水平、垂直分异和地貌形态的不同,黄河源头区形成的土壤侵蚀环境也存在明显的水平方向的区域差异和垂直方向的分异。垂直方向上高海拔区为冻融侵蚀类型,低海拔区为以水力侵蚀为主的类型区,其间伴有风蚀混合侵蚀分布;水平方向上,自东向西侵蚀类型趋于简单。西部、中部地区海拔较高、水热条件差,以冻融侵蚀为主要土壤侵蚀类型;东部地区海拔相对较低,水蚀、风蚀为主要侵蚀类型,而局部高海拔地区同时在垂直方向上存在向冻融侵蚀变化的趋势。

(2) 黄河源区冻融侵蚀是主要土壤侵蚀类型,强度以轻中度侵蚀为主,分布于 4 000 m 以上中西部山原区。水蚀广泛分布在东部山区,尤其是东北部峡谷、丘陵区,总体强度不高。风蚀较分散,主要分布区域包括东北部龙羊峡邻近地区、西部湖区黄河宽谷的鄂陵湖以东至玛沁县优云一带,以及东南部川西北退化草甸草原区。风蚀总体强度较高,中度、强度及以上面积分别占风蚀总面积的 43.01% 和 33.00%。较高强度的风蚀分布区域更为集中。

(3) 在这 4 个土壤侵蚀分区中,东北部水蚀、风蚀区面积仅占黄河源头区的 20.98%,却占整个河源区水土流失面积的 56.15%。该地区人口密度为河

源区内最高,人类活动强度相对较大,水土流失也最为严重,应为黄河源头地区水土流失防治的重点区域。

(4) 黄河源头区西部虽然水土流失面积比例较小,但分布集中,交通不便,治理困难。尤其因地处高寒,气候干旱,生态十分脆弱,成土过程十分缓慢,土壤抗侵蚀能力差,一旦水土流失发生,发展极难重建和恢复,这样不仅对区域生态,尤其是下游河谷走廊的生态系统稳定是严重的威胁,应严加保护。

(5) 黄河源头区属于欠发达牧区,草地资源的保护对黄河源头区水土保持生态建设具有十分重要的意义。天然湿地是黄河源头区十分重要的自然景观,以沼泽为主要类型,湿地的退化直接影响土壤侵蚀的发育过程,并加剧区域生态的退化。除气候变暖外,由于人口过快增加导致草场的过度放牧、森林滥伐和流动人员的违禁采挖药材及捕猎活动,也严重破坏了黄河源头区的植被,降低水源涵养能力,促进了土壤侵蚀状况的恶化。特别是近年来日益增加的流动人员采挖药材活动,在宿营、采取燃料的过程中恣意破坏草被,这对易破坏、难恢复的高原草场是一个重大威胁,需引起高度重视。

(6) 根据如上分析,特提出如下建议: 加强对黄河源头地区水土流失的动态监测。鉴于河谷生态走廊对于黄河源头区的重要意义,该区域的生态恢复之重点应以黄河干流及主要支流的河谷植被恢复为核心,结合水源与湿地保护,重建黄河源头区河谷生态走廊。黄河源头区东北部人口密度较高,人类活动影响较大,是整个河源区水土流失最为严重的区域。随着经济发展,自然资源开发利用将更加密集。可在该区域加强监督管理,防止造成新的人为水土流失。在西部鄂陵湖至玛沁优云一线、东北部共和盆地龙羊峡附近、东南部若尔盖高原退化草原等区域建立水土保持重点治理区,尽快遏止水土流失加剧的趋势,逐步恢复其生态稳定性。