

文章编号: 1000-694X(2011)05-1079-08

黄河源区 1975—2005 年沙漠化时空演变及其成因分析

胡光印, 董治宝, 逯军峰, 颜长珍

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 沙漠与沙漠化重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 结合遥感(RS)与地理信息系统(GIS)技术, 对黄河源区 1975 年和 2005 年沙漠化状况进行了监测。研究发现, 黄河源区有大面积的沙漠化土地分布, 且比较集中, 主要集中在源区西部、北部和东部。30 a 间, 沙漠化土地面积明显增加, 沙漠化土地面积从 1975 年的 19 297.34 km² 增加到 2005 年的 22 042.32 km², 增加了 2 744.97 km², 即从占整个源区面积的 14.68% 增加到 16.77%。各类沙漠化土地面积均呈增加趋势, 极重度、重度、中度、轻度和潜在沙漠化土地面积分别增加了 233.27 km²、987.93 km²、336.28 km²、544.8 km² 和 642.7 km²。在 2005 年, 黄河源区有 3 075.57 km² 的沙漠化土地是由 1975 年的非沙漠化土地转化而来的, 占沙漠化发展面积的 57.28%, 另外 42.72% 的沙漠化发展土地是由 1975 年较低沙漠化程度向较高程度发展所致。气候变化和不合理的人类活动共同作用导致了黄河源区沙漠化的快速发展, 其中, 气温升高是自然因素中的主要因素, 过度放牧是人为因素中的主要因素。

关键词: 沙漠化; 遥感监测; 黄河源区; 青藏高原

中图分类号: X144 **文献标识码:** A

黄河是中国的第二大河, 发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓的约古宗列盆地。黄河源区提供了黄河总水量的 49%, 该地区是黄河重要的水源涵养区和水源补给区。从 20 世纪 80 年代以来, 黄河源区出现了冰川退缩、湖泊萎缩、沼泽地退化、多年冻土消融、草地沙化、生物多样性减少等一系列环境问题^[1-7]。中国政府高度重视该地区的生态环境保护, 于 2000 年 5 月在长江、黄河和澜沧江源区建立了三江源省级自然保护区, 2003 年晋升为国家级自然保护区。在 2004—2010 年间, 国家投资约 75 亿元用于三江源国家级自然保护区的保护和建设, 主要涉及退耕还草、重点湿地保护、黑土滩治理和生态移民、鼠害综合治理、土地沙化防治等。

沙漠化是黄河源区环境退化的一个重要方面^[8-11], 也是青藏高原重要的环境问题之一^[12-15]。通过对该地区过去几十年气候变化的分析发现, 江河源区年平均气温急速上升, 是青藏高原升温幅度最大的地区之一^[16-17], 使得该地区蒸发量增大, 气候呈暖干化趋势^[18], 多年冻土上限下降^[19], 从而扰乱了原有的生态环境, 并有可能进一步促进沙漠化的发展^[20]。该地区在将来的 100 a 内气温还将大幅

度升高^[21], 这将进一步导致冰川大幅度退缩、草地退化、湿地萎缩、湖泊退缩和干涸, 从而导致沙漠化的进一步发展, 风沙活动进一步加强。这有可能导致黄河源区甚至整个青藏高原地区出现大规模的沙漠化现象, 使该地区成为中国沙尘天气新的沙尘源地, 这将影响到中国乃至整个太平洋地区的大气粉尘含量^[22]。对于整个黄河流域来说, 其源区沙漠化的发展将会破坏源区的水源涵养功能, 使水土流失加重, 影响到黄河中下游水流量的稳定, 从而对整个流域的生态安全构成威胁, 同时也对广大中下游地区的生活和生产构成不利影响。本研究通过遥感监测手段获得了过去近 30 a 来的沙漠化土地覆盖及其变化特征, 以期对该地区的沙漠化防治提供科学依据。

1 研究区概况

在以往的研究中, 对黄河源区的界定存在很大差别^[1, 4, 10]。1954 年的黄河规划选取了龙羊峡以上区域为黄河源区范围, 1983 年的国家计委“黄土高原水土保持专项治理规划”则以日月山、龙羊峡为黄河源区的分界线。丁永建等^[23]在地理学与水文学的基础上对江河源区的生态环境范围进行了探讨。本研究针

收稿日期: 2010-08-11; 改回日期: 2010-12-27

基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所青年人才基金项目(51Y184A61)资助

作者简介: 胡光印(1980—), 男(汉族), 贵州遵义人, 博士, 主要从事沙漠化的遥感监测、沙漠化过程及其机理研究等。

E-mail: guangyin.hu0830@163.com

对黄河源区的沙漠化, 首先考虑到保证研究区环境特征的一致性, 将黄河源区界定在龙羊峡水库以上的流域范围, 因为龙羊峡一带比较接近于青藏高原季风气候与干旱区气候的分界线。此外, 由于是进行沙漠化研究, 在龙羊峡水库以上流域范围有 3 大沙漠化土地集中分布区, 这有利于进行沙漠化的对比研究。由此界定的黄河源区面积为 13 14 万 km², 地理坐标范围为 32°09′—36°34′N, 95°54′—103°24′E, 最高海拔为 6 236 m, 最低海拔为 2 533 m, 平均海拔为 4 065 m。该区域涉及到青海省的称多、达日、都兰、甘德、共和、贵南、河南、久治、玛多、玛沁、曲麻莱、同德、兴海和泽库 14 个县(自治县), 四川省的阿坝、红原、若尔盖 3 个县, 甘肃省的碌曲、玛曲和夏河 3 个县(图 1)。

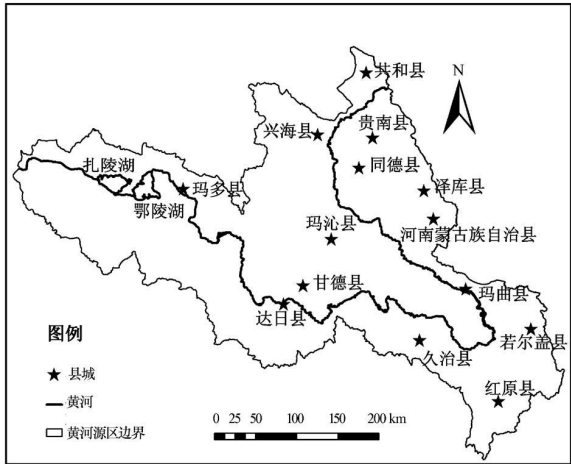


图 1 研究区示意图
Fig. 1 Sketch map of the study area

黄河源区四周为高山雪峰, 冰川广泛发育, 中间地势开阔, 湖泊、沼泽大量分布, 地貌类型为高原宽谷盆地。气候类型属于高寒半干旱气候, 气温和降水从东南向西北呈逐渐递减趋势, 年均气温在 5℃左右, 昼夜温差大; 年降水量为 320~750 mm, 且月、季分布极不均匀, 冬、春季少, 夏、秋季多, 多集中在 5—9 月; 年蒸发量为 1 200~2 000 mm; 年日照时数为 2 400~2 800 h; 多大风天气, 平均风速为 1~5 m·s⁻¹; 无绝对无霜期, 四季不分明, 且暖季短暂, 冷季漫长; 该地区冻土广泛发育, 形成大规模的冻土地貌, 区内人口以藏族为主, 人口密度很低, 仅为 0.35 人·km⁻², 经济以畜牧业为主。

2 数据资料与研究方法

2.1 数据资料

本研究用到的遥感影像数据分别为 1975 年的 MSS 数据(分辨率为 79 m)、2005 年的 TM 数据(分辨

率为 30 m)、1:10 万地形图、用作辅助信息的中国土壤图和中国植被图、野外景观照片以及实地调查资料。

2.2 研究方法

2.2.1 遥感影像预处理

影像波段合成采用标准假彩色合成, 将近红外、红色、绿色波段分别赋予红、绿、蓝 3 种颜色进行合成, 即将 MSS 4、2、1 波段(波长分别为 0.8~1.1 μm, 0.6~0.7 μm, 0.5~0.6 μm), TM 4、3、2 波段(波长分别为 0.76~0.90 μm, 0.63~0.69 μm, 0.52~0.6 μm)分别赋予红、绿、蓝组合而成。受卫星飞行姿态的影响, 遥感影像会出现几何变形, 所以必须对其进行几何纠正。首先将 1:10 万的纸质地形图扫描, 然后建立经纬网对数字地形图赋予地理坐标, 再将其转换为 Albers 等积投影。在已经拥有投影坐标的地形图和遥感影像上找取对应的特征点, 然后重采样, 从而对遥感影像进行几何纠正。

2.2.2 建立解译标志

由于地面物体化学成分和物质结构的不同, 它们对太阳光谱产生选择性的吸收和反射, 形成物体本身所具有的光谱特征, 从而在影像上呈现出各自的图像特征; 但是, 受到光谱分辨率的影响, 从而存在“同物异谱”和“同谱异物”的现象。为了让解译结果更加精确, 我们对研究区进行野外实地调查, 对各类沙漠化土地的观测点进行 GPS 定位, 用相机拍摄景观照片, 然后再与相应地点的遥感影像进行对照, 从而建立遥感影像的解译标志。

2.2.3 沙漠化分类系统

沙漠化程度指标的选取与分类系统的建立是沙漠化研究的基础。黄河源区处于高寒地区, 高寒景观非常典型, 该地区的沙漠化与中国北方的沙漠化存在很大差异。李森等^[24]对青藏高原沙漠化研究已取得了一定的成果, 本研究采用了他们所提出的沙漠化分类系统(表 1)。

表 1 沙漠化土地分类系统
Table 1 Classification system of desertification

land in the study area		
一级分类	二级分类	三级分类
沙漠化土地	极重度沙漠化土地	流动沙(丘)地
	重度沙漠化土地	半流动沙(丘)地
	中度沙漠化土地	半固定沙(丘)地
		裸露沙砾地
	轻度沙漠化土地	固定沙(丘)地
		半裸露沙砾地
潜在沙漠化土地		风蚀耕地
		工程治沙地
		干涸湖盆, 退化草地

3 研究结果

3.1 2005 年沙漠化土地分布特征

黄河源区沙漠化土地主要有三大集中分布区(图 2), 即源区西部的玛多县、曲麻莱县、玛沁县和达日县一带; 源区北部的共和县、兴海县、贵南县、河南蒙古族自治县、同德县和泽库县一带; 源区东部的若尔盖县、玛曲县、阿坝县和红原县一带。2005 年, 黄河源区沙漠化土地面积为 22 042.32 km², 占黄河

源区总面积的 16.77%, 略高于青藏高原的平均水平^[29]。黄河源区 2005 年的潜在沙漠化、轻度沙漠化、中度沙漠化、重度沙漠化和极重度沙漠化土地面积分别为 4 827.55 km²、3 110.17 km²、5 631.58 km²、5 963.62 km²和 2 509.4 km²。其中重度沙漠化土地面积最多, 占源区沙漠化土地总面积的 27.08%; 其次是中度沙漠化土地, 占 25.57%; 潜在沙漠化土地所占比例也比较高, 为 21.83%。面积最少的是轻度沙漠化与极重度沙漠化土地, 分别占源区沙漠化土地总面积的 14.12%和 11.40%。

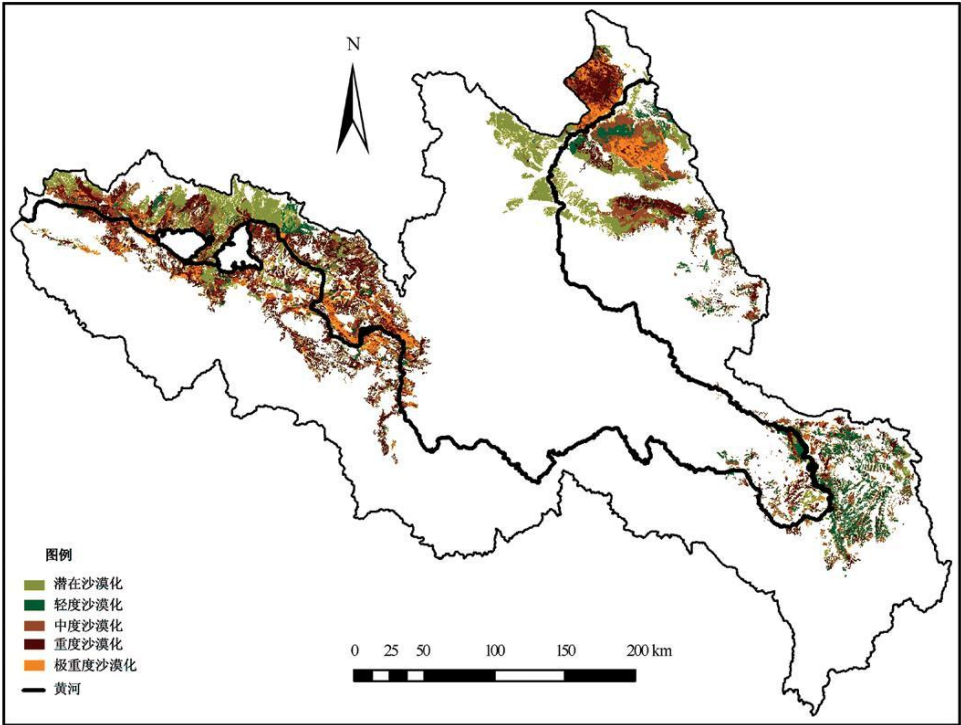


图 2 2005 年黄河源区沙漠化土地分布

Fig. 2 Spatial distribution of desertification land in source region of the Yellow River in 2005

沙漠化土地在黄河源区各县的分布极不均衡(表 2), 青海省的称多、甘德、久治县几乎没有沙漠化土地分布, 其余各县均有不同程度的分布。其中玛多县的沙漠化土地面积最大, 为 7 706.37 km², 占源区沙漠化土地面积的 35%, 远多于其他各县。在玛多县的各类沙漠化土地中, 中度沙漠化土地面积最多, 为 2 694.31 km², 其他 4 类沙漠化土地面积由多到少分别为中度沙漠化、潜在沙漠化、极重度沙漠化和轻度沙漠化土地, 其面积分别为 1 847.25 km²、1 666.84 km²、906.57 km²和 591.39 km²。贵南、曲麻莱和若尔盖 3 县的沙漠化土地面积比较接近, 占源区沙漠化土地面积的比例分别为 12.32%、11.37%和 10.23%, 但在贵南县和曲麻莱县分布最多的是中度沙漠化土地, 分别占两县沙漠化土地面积的 30.58%

和 33.65%; 极重度沙漠化土地次之, 分别占两县沙漠化土地面积的 19.86%和 11.13%。在若尔盖县分布最多的则是轻度沙漠化土地, 占该县沙漠化土地总面积的 53.19%, 极重度沙漠化土地仅有 82.68 km², 占该县沙漠化土地总面积的 3.67%。可见, 虽然这 3 个县沙漠化土地面积差别不大, 但是从沙漠化程度来看, 若尔盖县的沙漠化程度要远低于贵南县和曲麻莱县, 这是因为该地区具有相对较好的自然条件。共和、泽库、兴海、玛曲、同德、玛沁、达日等 7 个县的沙漠化土地比较少, 分别占源区沙漠化土地面积的 6.43%、5.02%、4.87%、4.32%、3.70%、3.14%和 1.50%。河南蒙古族自治县、红原、阿坝、夏河和碌曲 5 个县的沙漠化土地面积最少, 均不足源区沙漠化土地面积的 1%。

表 2 2005 年黄河源区沙漠化土地分县分布现状

Table 2 Distribution of desertification land in different counties in source region of the Yellow River in 2005							
地区	潜在沙漠化 土地/ km ²	轻度沙漠化 土地/ km ²	中度沙漠化 土地/ km ²	重度沙漠化 土地/ km ²	极重度沙漠化 土地/ km ²	总面积 / km ²	百分比 / %
阿坝	10. 93	7. 33	27. 23	40. 14	0. 00	85. 62	0. 39
达日	8. 53	22. 17	91. 27	203. 31	4. 93	330. 21	1. 50
共和	58. 91	67. 74	229. 81	622. 61	437. 62	1 416. 68	6. 43
贵南	648. 49	475. 35	829. 84	220. 94	538. 96	2 713. 57	12. 32
河南	0. 00	68. 60	61. 07	68. 46	1. 62	199. 74	0. 91
红原	1. 46	25. 33	33. 96	32. 03	3. 08	95. 86	0. 44
碌曲	0. 00	0. 00	11. 86	7. 57	6. 27	25. 69	0. 12
玛多	1 666. 84	591. 39	1 847. 25	2 694. 31	906. 57	7 706. 37	35. 00
玛沁	0. 00	46. 51	200. 15	266. 62	178. 38	691. 66	3. 14
玛曲	106. 16	223. 59	289. 46	282. 26	49. 95	951. 42	4. 32
曲麻莱	493. 69	173. 86	842. 06	714. 27	278. 66	2 502. 54	11. 37
若尔盖	103. 31	1 198. 57	549. 01	319. 60	82. 68	2 253. 17	10. 23
同德	527. 52	11. 56	226. 20	49. 19	0. 02	814. 48	3. 70
夏河	0. 00	5. 08	35. 62	11. 99	0. 00	52. 70	0. 24
兴海	1 030. 65	4. 48	15. 70	22. 56	0. 00	1 073. 39	4. 87
泽库	149. 56	187. 93	339. 69	407. 77	20. 65	1 105. 60	5. 02
总面积	4 806. 05	3 109. 49	5 630. 16	5 963. 62	2 509. 40	22 018. 72	100. 00
百分比	21. 83	14. 12	25. 57	27. 08	11. 40	100. 00	

3.2 沙漠化空间演变特征

在 1975—2005 年的 30 a 间, 黄河源区沙漠化土地总面积明显增加, 从 1975 年的19 297.34 km²增加到 2005 年的22 042. 32 km², 增加了2 744. 97 km², 即从占整个源区面积的 14 68% 增加到 16 77%, 增加了约两个百分点。各类沙漠化土地均呈不同程度的增加趋势, 重度沙漠化土地增加最多,

增加了 987. 93 km², 其次为潜在沙漠化土地, 增加了 642 7 km², 轻度和中度沙漠化土地分别增加了 544 8 km²和 336 28 km², 极重度沙漠化土地增加相对最少, 增加了 233 27 km²。在 1975 年, 中度沙漠化土地面积为 5 295. 3km², 是各类沙漠化土地中面积最多的, 然而随着沙漠化程度的加重, 2005 年重度沙漠化土地面积增加到了5 963. 62 km², 位居各类沙漠化土地增幅之首(表 3)。

表 3 1975 年与 2005 年黄河源区沙漠化土地面积及其变化

Table 3 Area of each type of desertification land and their variations from 1975 to 2005 in source region of the Yellow River						
年份	潜在沙漠化/ km ²	轻度沙漠化/ km ²	中度沙漠化/ km ²	重度沙漠化/ km ²	极重度沙漠化/ km ²	总面积/ km ²
1975 年	4 184. 85	2 565. 38	5 295. 30	4 975. 69	2 276. 13	19 297. 34
2005 年	4 827. 55	3 110. 17	5 631. 58	5 963. 62	2 509. 40	22 042. 32
变化面积	642. 70	544. 80	336. 28	987. 93	233. 27	2 744. 97

将 1975 年与 2005 年的两期沙漠化矢量图进行叠加计算, 可以得到从 1975 年到 2005 年各类沙漠化土地的转移矩阵(表 4), 从中可以发现, 30 a 间潜在沙漠化土地主要转化成了重度沙漠化土地, 转化面积为 101. 64 km², 其次分别转化为中度沙漠化和轻度沙漠化土地, 其面积各为 40. 66 km²和 31. 4 km², 另外还有 4 72 km²的潜在沙漠化土地转化成了极重度沙漠化土地, 在沙漠化发展的同时, 也有 45 06 km²的潜在沙漠化土地逆转成了非沙漠化土地。轻度沙漠化土地发展成了中度沙漠化土地的面积 649 6 km², 占其所有发生转化面积的绝大部分, 其次是发展为重度沙漠化土地, 面积为 183. 18 km², 与此同时, 轻度沙漠化的逆转也是比较明显的, 从轻度沙漠化逆转成了潜在沙漠化和非沙漠化

土地的面积分别为 148 36 km²和 54 53 km²。中度沙漠化土地发展成重度沙漠化土地的面积 760 3 km², 此类转变是各类型间转变面积最大的, 发展为极重度的面积为 112. 99 km², 逆转为轻度沙漠化、潜在沙漠化和非沙漠化土地的面积分别为 219 64 km², 154 12 km²和 54 53 km²。重度沙漠化土地发展成极重度沙漠化土地的面积 377. 15 km², 其逆转为中度沙漠化最为明显, 面积高达 304 7 km², 逆转为轻度、潜在和非沙漠化土地的面积分别为 53. 32 km², 63. 89 km²和 51. 42 km²。极重度沙漠化土地绝大部分逆转成了重度沙漠化土地, 逆转面积为 232 19 km², 向其他各类型也有一定的逆转, 但是面积都非常小。从各类沙漠化土地逆转为非沙漠化土地的面积总和为 330 6 km², 然而从非

沙漠化发展为沙漠化土地的面积总共为 3 075. 57 km², 与逆转面积存在数量级的差别, 它主要发展成了轻度沙漠化土地, 其面积为 1 306 31 km², 发展为中度、重度和极重度沙漠化土地的面积依次递减, 分别为 684 69 km², 561. 09 km² 和 29 07 km²。

表 4 1975 年到 2005 年不同程度沙漠化土地转变

沙漠化程度	潜在沙漠化/ km ²	轻度沙漠化/ km ²	中度沙漠化/ km ²	重度沙漠化/ km ²	极重度沙漠化/ km ²	非沙漠化/ km ²	2005 年总面积/ km ²
潜在沙漠化	3 961. 38	148. 36	154. 12	63. 89	5. 39	494. 41	4 827. 55
轻度沙漠化	31. 40	1 497. 65	219. 64	53. 32	1. 85	1 306. 31	3 110. 17
中度沙漠化	40. 66	649. 60	3935. 82	304. 70	16. 09	684. 69	5 631. 57
重度沙漠化	101. 64	183. 18	760. 30	4 125. 21	232. 19	561. 09	5 963. 62
极重度沙漠化	4. 72	32. 05	112. 99	377. 15	1 953. 42	29. 07	2 509. 40
非沙漠化	45. 06	54. 53	112. 42	51. 42	67. 18	109 046. 69	109 377. 29
1975 年总面积	4 184. 85	2 565. 37	5 295. 30	4 975. 69	2 276. 14	112 122. 26	131 419. 60

在此期间, 沙漠化的空间演变特征如图 3 所示, 沙漠化动态变化主要发生在黄河源区的东部和北部, 在源区的西部较少。在源区东部, 沙漠化主要是由大面积的非沙漠化土地转变为轻度沙漠化土地所引起的; 在源区北部, 大面积的中度沙漠化土地发展成了重度沙漠化土地。

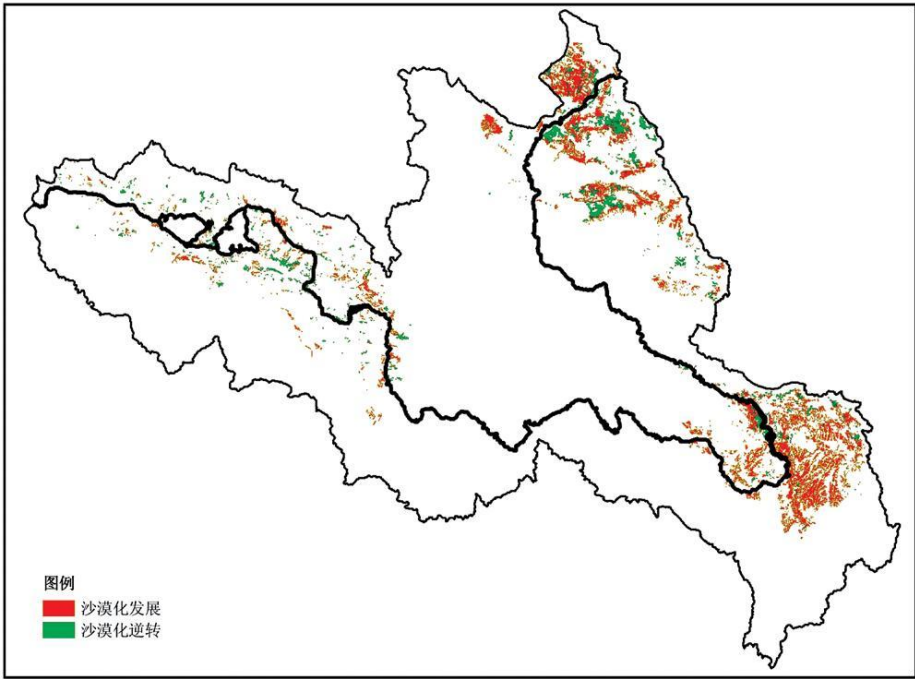


图 3 黄河源区 1975—2005 年沙漠化动态变化

Fig. 3 Dynamic change of desertification land from 1975 to 2005 in source region of the Yellow River

4 沙漠化成因分析

4.1 自然因素

在黄河源区沙漠化的气候因子中, 最重要的主要是气温和降水, 而气温的升高又起着关键作用, 它在高寒冻土地区沙漠化发生和发展过程中起着重要驱动作用。

4.1.1 气温与降水变化

黄河源区范围广阔, 自然环境差异较大, 地势西高东低, 海拔差异更大, 平均在 3 000 ~ 5 000 m 之间, 受到纬度地带行和垂直地带行的双重影响, 从而

导致源区内不同区域之间的气候特征存在显著差异。黄河源区各站点的温度差异很大且增温明显(图 4)。从多年年平均气温来看, 黄河源区在近 30 a 间的年平均气温显著增加, 其中玛多的升温最为明显, 升温速率为 0 618 °C/10a, 其次是共和, 升温速率为 0 604 °C/10a, 河南和达日的升温速率相对较小, 仅为 0 375 °C/10a, 久治、兴海、若尔盖、红原和玛曲 5 个站点的升温速率处于中等水平, 升温速率在 0 407 °C/10a 左右。

黄河源区降水的区域差异很大, 且年均降水变化趋势存在明显的空间差异(图 4)。在近 30 a 间, 大多数站点呈减少趋势, 减少速率由大到小分别

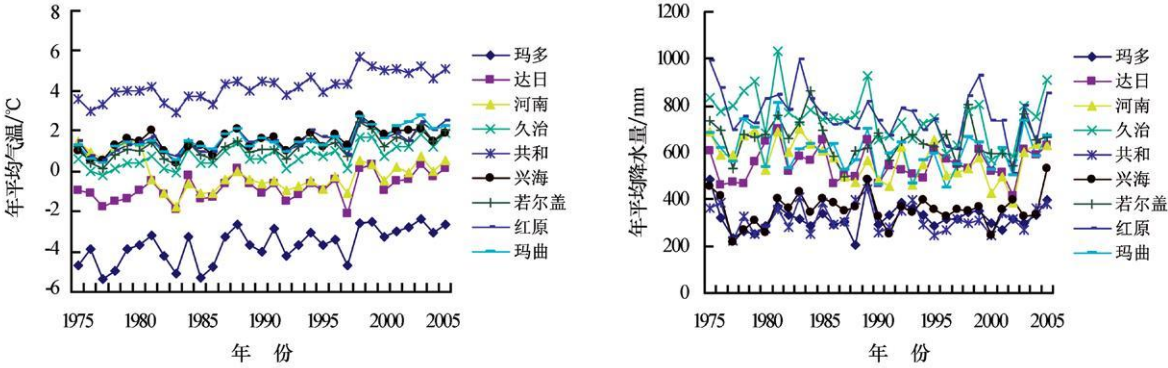


图 4 黄河源区近 30 a 来年平均气温、降水变化

Fig. 4 Inter-annual variations of annual mean temperature and annual precipitation in source region of the Yellow River from 1975 to 2005

是久治、红原、玛曲、河南、若尔盖和共和，其减少速率分别为 -46.791 、 -42.184 、 -42.184 、 -41.334 、 -16.325 mm/10a 和 -2.202 mm/10a。玛多、达日和兴海有少量的增加趋势，增加速率分别为 3.718 、 2.094 mm/10a 和 7.955 mm/10a。可见，年平均降水的增加量远小于降水的减少量，因此，黄河源区近 30 a 来的降水总体上呈减少趋势。从该地区降水的季节分布来看，一年中的降水主要集中在 5—9 月之间，在黄河源区的玛多、共和和若尔盖，其所占全年降水量的百分比分别为 85.65%、88.58% 和 80.01%。这也就是说，从上一年的 10 月一直到第二年的 4 月的大半年的时间，玛多、共和和若尔盖的降水量仅为全年降水量的 14.35%、11.42% 和 19.99%，这为冬春季的风沙活动创造了有利条件。

该地区年平均气温和降水的总体变化趋势是气温升高、降水减少，这说明该地区的气候呈现出暖干化的特征，这必然会导致地表蒸发量增大、土壤湿度下降、多年冻土退化或多年冻土上限下降等环境问题，这又进一步导致地表植被的退化甚至枯萎，为风力侵蚀地表创造了有利条件，从而导致了沙漠化的发展。

4.1.2 风力作用

根据野外观测，沙区地表 2 m 高度起沙临界风速为 $4.5 \sim 5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，气象站风速测量仪器安装高度通常为 10~12 m，根据近地表风速廓线规律进行高度订正的起沙 10 min 平均风速约为 $6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [26]。因此，将 10 min 平均最大风速 $\geq 6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 日定义为起沙风日，一年中出现起沙风天数的总和即为年起沙风日数。对此，本研究采用了 2001—2005 年间每日的 10 min 平均最大风速进行统计分析。在黄河源区的 3 个沙漠化区域分别选取玛多、共和以及若尔盖为代表站。玛多的起沙风日数高达 324 d，若尔盖的起沙风日数为 251 d，共和的

起沙风日数最少，但也有 172 d。

在冬春季节，该地区气温几乎都在 0°C 以下，植被几乎停止生长，并且大部分枯萎，从而使得植被对地表的保护作用减弱。植被稀疏低矮加之生长期短，广大地区经常处于裸露或半裸露状态，为地表风蚀起沙创造了极为有利的条件，风沙活动增强。

4.1.3 鼠害

玛多县的害鼠主要是高原鼠兔和高原田鼠所造成的，据统计，现有鼠害面积 $1.40 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，中、重度破坏面积 $8.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，严重地区每公顷就高达 15 000 多个鼠洞，而每只鼠每年啃食的鲜草就达 47 kg。玛多县危害严重的地区主要在扎陵湖、黄河、黑河乡地区。气候变暖特别是冬季气温上升，将加快鼠虫发育繁殖速度，危害范围加大，危害程度加重。鼠虫害破坏生草层，使次生裸地不断扩大，是造成草场沙化、退化，形成“黑土滩”的主要原因之一。相对于原生草原地表土壤含水量来说，受到鼠害影响的阴、阳坡次生裸地地表土壤含水量分别要低 22.18%、29.27%，这说明鼠害与土壤的干燥化有相伴而生的关系 [27]。若尔盖县的草原鼠兔分布面积为 $2.35 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，在 20 世纪 80 年代中期，该地区鼠害面积达 $7.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，到 2003 年，全县鼠害面积增加到 $3 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，草原出现了大面积的“黑土滩”，加剧了草场沙漠化的速度 [28]。

4.2 人为因素

4.2.1 过度放牧

自解放以来，玛多县的人口数量一直呈持续稳定的上升趋势。据玛多县农牧局资料统计，玛多县 20 世纪 50 年代各类牲畜不到 1.2×10^5 头，60 年代初达 $1.47 \times 10^5 \sim 1.65 \times 10^5$ 头，人均 53.7 头，1979 年达到历史最高值，为 6.78×10^5 头；其中 1971—1981 年的 10 a 间家畜头数每年都保持在 $6.65 \times 10^5 \sim 6.77$

$\times 10^5$ 头, 人均 110 头。超载放牧导致草场在短时期内发生了严重的退化, 草场载畜量下降, 再加上自然灾害的影响, 迫使牲畜数量大幅度减少。在 1982 年全县的牲畜量开始下降, 基本保持在 5.00×10^5 头左右, 到 1999 年已降到 2.86×10^5 头, 比高峰期下降 2.4 倍, 草场超载率仍然高达 60%^[29]。

在共和县, 1949 年的牲畜总头数为 50.5 万头(只), 到 2006 年达 140.0 万头(只), 超载率超过 50%。畜均占有草场面积由 1949 年的 3.133 m^2 下降到 2006 年的 400 m^2 , 牲畜所占的草场面积缩小后, 牧草过度啃食, 使牧草再生和更新变缓、草种减少、植株变矮、覆盖度降低^[30]。

在若尔盖县, 全县有天然草地 80.95 万 hm^2 , 其中可利用草地面积为 65.23 万 hm^2 , 理论载畜量为 186.5 万个羊单位。在 1958 年的实际载畜量为 95.07 万个羊单位, 到 1975 年载畜量增加到了 186.55 万个羊单位, 略超过理论载畜量, 到 1985 年载畜量增加到 245.73 万个羊单位, 已经严重超过了理论载畜量, 到 2002 年, 全县拥有牲畜量为 285.48 万个羊单位, 超过理论载畜量 98.98 万个羊单位, 超载率高达 53.07%, 局部地区甚至达到了 100%^[31]。

4.2.2 不合理的开发利用

根据青海省草原总站资料, 20 世纪 80 年代以来, 每年约有 5 万人涌向玛多县草地采挖沙金。滥采乱挖严重毁坏草场资源, 破坏生态系统, 1980—1994 年, 玛多县因非法采金破坏植被面积 $2.13 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 导致水土流失和荒漠化加剧^[3]。

在 1953 年, 共和盆地的耕地面积为 5.598 hm^2 , 到 1997 年增加到 67.420 hm^2 , 但后来在退耕还林政策的影响下, 耕地面积大幅度减小, 到 2004 年, 耕地面积为 38.100 hm^2 ^[32]。由于本区耕地主要为旱地, 耕种面积在 1997 年前大幅增加, 多数耕地缺乏防护措施, 在冬春季节, 裸露的耕地遭到强烈的风蚀, 以至于这些耕地不断地向周边地区提供沙源, 在农田内部和边缘形成大面积的风蚀坑、槽、沙堆、新月形沙丘和沙丘链等风蚀地貌。

早在 20 世纪 60 年代, 为了扩大放牧草地面积, 在若尔盖、红原以及阿坝地区进行了大规模的人工挖沟排水, 排水沟累计长度为 1.200 km 左右, 沼泽排水面积为 13 万 hm^2 , 这使得大面积的沼泽被疏干, 打破了原来生态系统的水量平衡, 使草地朝着干旱化的方向发展, 加速了沙漠化的发展。

5 结论

遥感监测发现, 黄河源区的沙漠化土地分布极

不均衡, 主要集中分布于 3 大区域, 即源区西部的玛多县一带的宽谷盆地、源区北部的共和盆地边缘和源区东部的若尔盖盆地, 除此之外很少有沙漠化土地分布。黄河源区的沙漠化虽然从总面积比例来看并不太严重, 但在局部地区表现得极为严重。在近 30 a 来, 沙漠化土地面积快速增加, 从占整个源区面积的 14.68% 增加到 16.77%, 增加幅度超过了两个百分点。从沙漠化发展来看, 在源区有 $3.075.57 \text{ km}^2$ 的非沙漠化土地转变成了沙漠化土地, 占沙漠化发展面积的 57.28%, 另外 42.72% 的沙漠化发展土地则是由较低沙漠化程度向较高程度沙漠化程度的发展所致。由此看来, 沙漠化土地面积的扩张和沙漠化程度的加重都是黄河源区近 30 a 来沙漠化的主要方式。因此, 该地区的沙漠化防治既要防止由草地退化等原因造成的沙漠化土地扩张, 又要控制好原有沙漠化土地程度的升级。

气候变化和不合理的人类活动共同作用导致了黄河源区沙漠化的快速发展, 其中, 气温升高是自然因素中的主要因素, 过度放牧是人为因素中的主要因素。但在局部地区, 沙漠化的驱动因素又存在很大区别。在西部的玛多一带, 冻土分布广泛, 气温升高对高寒冻土退化影响最大, 从而气温上升对该地区沙漠化的影响较大; 在北部的龙羊峡库区一带, 农业开垦对沙漠化发展的贡献较大; 而在东部的若尔盖盆地, 人类对沼泽地的破坏对沙漠化的发展也起到了加速作用。因此, 黄河源区的沙漠化防治应遵循“因地制宜, 因害设防”的原则。

参考文献(References):

- [1] 张镜铨, 刘林山, 摆万奇, 等. 黄河源区草地退化空间特征[J]. 地理学报, 2006, 61(1): 3—14.
- [2] 刘纪远, 徐新良, 邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报, 2008, 63(4): 364—376.
- [3] 宋翔, 颜长珍, 朱艳玲, 等. 黄河源区土地利用/覆盖变化及其生态环境效应[J]. 中国沙漠, 2009, 29(6): 1049—1055.
- [4] 尚占环, 龙瑞军, 马玉寿. 江河源区“黑土滩”退化草地特征、危害及治理思路探讨[J]. 中国草地学报, 2006, 28(1): 69—74.
- [5] 曾永年, 冯兆东. 黄河源区土地沙漠化及其对土壤碳库的影响[J]. 中国沙漠, 2008, 28(2): 208—211.
- [6] 鄯妍飞, 颜长珍, 宋翔, 等. 近 30 a 黄河源地区荒漠遥感动态监测[J]. 中国沙漠, 2008, 28(3): 405—409.
- [7] 王根绪, 丁永建, 王建, 等. 近 15 年来长江黄河源区的土地覆盖变化[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 163—173.
- [8] 李森, 颜长珍, 宋翔, 等. 近 30 a 龙羊峡水库周边地区沙漠化遥感监测[J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 836—841.
- [9] 薛嫻, 郭坚, 张芳, 等. 高寒草甸地区沙漠化发展过程及成因分析——以黄河源区玛多县为例[J]. 中国沙漠, 2007, 27(5):

- 725—732.
- [10] 封建民, 王涛, 齐善忠, 等. 黄河源区土地沙漠化的动态变化及成因分析——以玛多县为例[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 141—144.
- [11] 曾永年, 冯兆东. 黄河源区土地沙漠化时空变化遥感分析[J]. 地理学报, 2007, 62(5): 529—536.
- [12] 黄以职, 郭东信, 赵秀锋. 青藏高原冻土区沙漠化及其对环境的影响[J]. 冰川冻土, 1993, 15(1): 52—57.
- [13] 董光荣, 高尚玉, 金炯, 等. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [14] 董玉祥. 藏北高原土地沙漠化现状及其驱动机制[J]. 山地学报, 2001, 19(5): 385—391.
- [15] 李森, 董玉祥, 董光荣, 等. 青藏高原土地沙漠化区划[J]. 中国沙漠, 2001, 21(4): 418—427.
- [16] 杨建平, 丁永建, 沈永平, 等. 近 40 a 来江河源区生态环境变化的气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2004, 26(1): 7—16.
- [17] 汪青春, 周陆生. 长江黄河源区气候变化诊断分析[J]. 青海环境, 1998, 8(2): 73—77.
- [18] 胡良温, 杨改河, 冯永忠, 等. 江河源区气候暖干化趋势研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2007, 35(7): 141—153.
- [19] 杨建平, 丁永建, 陈仁升, 等. 长江黄河源区多年冻土变化及其生态环境效应[J]. 山地学报, 2004, 22(3): 278—285.
- [20] 王绍令, 赵林, 李述训. 青藏高原沙漠化与冻土相互作用的研究[J]. 中国沙漠, 2002, 22(1): 33—39.
- [21] 沈永平, 王根绪, 吴青柏, 等. 长江黄河源区未来气候情景下的生态环境变化[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 308—314.
- [22] 方小敏, 韩永翔, 马金辉, 等. 青藏高原沙尘特征与高原黄土堆积: 以 2003-03-04 拉萨沙尘天气过程为例[J]. 科学通报, 2004, 49(11): 1084—1090.
- [23] 丁永建, 杨建平, 刘时银, 等. 长江黄河源区生态环境范围的探讨[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 519—526.
- [24] 李森, 杨萍, 高尚玉, 等. 近 10 年西藏高原土地沙漠化动态变化与发展态势[J]. 地球科学进展, 2004, 19(1): 63—70.
- [25] 李森, 董玉祥, 董光荣. 青藏高原沙漠化问题与可持续发展[M]. 北京: 中国藏学出版社, 2001.
- [26] 陈渭南, 董治宝, 杨佐涛, 等. 塔克拉玛干沙漠的起沙风速[J]. 地理学报, 1995, 50(4): 360—367.
- [27] 王维岳, 石海宝, 辛有俊, 等. 黄河源头地区生态建设与保护[J]. 水土保持通报, 1997, 17(7): 66—71.
- [28] 周国军, 李华. 若尔盖草原沙化成因及治理对策研讨[J]. 四川草原, 2003, (1): 35—36.
- [29] 董立新, 王文科, 孔金玲, 等. 黄河上游玛多县生态环境变化遥感监测及成因分析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 68—72.
- [30] 郭连云, 丁生祥, 汪青春. 气候变化与人类活动对共和盆地生态环境的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 219—226.
- [31] 盛海洋, 田玲. 若尔盖盆地草地沙化研究[J]. 贵州师范大学学报, 2006, 24(4): 16—20.
- [32] 杨世琦, 高旺盛, 隋鹏, 等. 共和盆地土地沙漠化因素定量研究[J]. 生态学报, 2005, 25(12): 3181—3187.

Spatial and Temporal Changes of Desertification Land and Its Influence Factors in Source Region of the Yellow River from 1975 to 2005

HU Guang-yin, DONG Zhi-bao, LU Jun-feng, YAN Chang-zhen

(Key Laboratory of Desert and Desertification, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The distribution of desertification land in source region of the Yellow River in 1975 and 2005 was acquired by remote sensing data and GIS technology. There was large area of desertification land in source region of the Yellow River and it was mainly distributed in west, north and south sub-areas of the source region. The increase of desertification land was obvious during 1975—2005. The desertification land increased from 19 297.34 km² in 1975 to 22 042.32 km² in 2005, and the percentage of desertification land to total area of the source region increased from 14.68% to 16.77%. The very severe desertification land, severe desertification land, moderate desertification land, light desertification land and potential desertification land increased by 233 27 km², 987.93 km², 336.28 km², 544 8 km² and 642 7 km², respectively. There was 3 075.57 km² desertification land in 2005 came from the non-desertified land in 1975, which accounted for 57.28% of desertification land in 2005, and the other 42.72% came from the development of lower degrees of desertification land to higher ones. Climate change and unreasonable human activities jointly caused the increase of desertification land, and the increase of temperature was main natural factor and over grazing was main anthropogenic factor for the development of desertification.

Keywords: desertification; remote sensing monitoring; source region of Yellow River; Qinghai-Tibet Plateau