

基于 GIS 的石羊河流域干旱灾害风险评估与区划

姚玉璧^{1,2}, 李耀辉¹, 石 界², 王 莺¹,
王劲松¹, 丁文魁³, 杨金虎²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/
中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 7430002; 3. 甘肃省武威市气象局, 甘肃 武威 733000)

摘 要: 利用石羊河流域区 1960—2011 年气候要素资料, 分析了石羊河流域干旱灾害空间分布、年际和年代际变化特征; 结合致灾因子的危险性、孕灾环境脆弱性、承灾体的暴露度和防灾减灾能力评价等指标进行基于 GIS 的石羊河流域干旱灾害风险评估与区划。结果表明: 1960—2011 年, 石羊河流域春旱发生频率在 21.2% ~ 67.3% 之间。春季特旱发生频率下游区域大于中上游区域。初夏干旱发生频率在 13.5% ~ 61.5% 之间。初夏特旱发生频率下游区域也大于中上游区域。伏旱发生频率在 21.2% ~ 86.5% 之间。伏期特旱发生频率下游区域亦大于中上游区域。石羊河流域干旱综合风险高风险区为民勤县和金川区大部、凉州区中北部、永昌县东部, 位于石羊河流域的中下游区域。就各县区而言, 干旱灾害综合风险最大的区域为石羊河下游的民勤县, 金川区次之, 天祝县风险低。

关键词: 干旱灾害; 分布特征; 风险评估; 石羊河流域
中图分类号: P429 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0021-08

Assessment and division of drought hazard risk in Shiyang River basin based on GIS

YAO Yu-bi^{1,2}, LI Yao-hui¹, SHI Jie², WANG Ying¹,
WANG Jing-song¹, DING Wen-kui³, YANG Jin-hu²

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration/ Gansu Provincial
Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster / Key Laboratory of Arid Climate Change and
Reducing Disaster of China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;
2. Meteorological Bureau of Dingxi City, Dingxi, Gansu 743000, China;
3. Meteorological Bureau of Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: Based on the meteorological observational data in Shiyang River basin from 1961 to 2010, the characteristics of spatial, interannual and decadal drought disaster distribution were analyzed. According to the dangerousness of disaster factors, vulnerability of disaster bearers, exposure degree of hazard-bearing bodies and capability of disaster prevention and mitigation, the assessment and regional division of drought hazard risk in Shiyang River basin were conducted based on GIS. The results showed that the frequency of drought in spring, early summer and hot summer during 1960—2011 was 21.2% ~ 67.3%, 13.5% ~ 61.5% and 21.2% ~ 86.5%, respectively, and the frequency of particular drought in spring, early summer and hot summer in down-stream areas was wholly higher than that in up-middle stream areas. The areas with high comprehensive drought risk included Mingqin County, most part of Jinchuan District, north and central part of Liangzhuo District and east part of Yongchang County, where were located in the mid-down stream of Shiyang River basin. Among the studied counties and districts, Mingqin County located in the down-stream was the highest in comprehensive drought risk, followed by Jinchuan District, and Tianzhu County was the lowest in drought risk.

Keywords: drought disaster; distribution; risk assessment; Shiyang River basin

收稿日期: 2013-04-07
基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2012CB955903、2013CB430206); 中国清洁发展机制基金(1213112); 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006023); 国家自然科学基金(41175081); 干旱气象科学研究基金项目(IAM201111)
作者简介: 姚玉璧(1962—), 男, 研究员级高级工程师, 主要从事气候变化对农牧业影响研究。E-mail: yaoyubi@163.com。

干旱灾害几乎遍布世界各地,并频繁地发生于各个历史时期。每年因干旱造成的全球经济损失高达 60 ~ 80 亿美元,远远超过了其它气象灾害^[1]。《IPCC SREX 决策者摘要》报告认为,某些气候极端事件(如干旱)也许是由于天气或气候事件累积的结果^[2]。由于受全球气候变化的影响,包括中国在内的世界各地干旱、强降水、高温酷暑、热带强风暴等气象灾害事件可能都会增加。近年来在中国北方干旱形势依然严峻的情况下,南方干旱出现明显的增加和加重趋势。1951—2008 年中国平均气象干旱指数和干旱面积百分比有上升趋势^[3]。

自然灾害对社会经济的影响以及人类面对自然灾害的脆弱性在不断增强,这与气候变化、人口增加(尤其是在原本水资源短缺的地方)、土地利用变化、社会管理导向政策以及环境恶化等都有关系^[4-6]。《IPCC SREX 决策者摘要》同时指出:“通过灾害风险管理和适应办法能够加强社会、经济和环境的可持续性”。采取合适的减灾行动的一个有效途径是进行灾害的脆弱性分析,从而降低灾害风险^[7]。国内学者建立大气、土壤、河流流域、植被为一体的旱涝灾害预测及损失评估耦合模式,可对旱涝灾害发生发展全过程进行动态科学的描述^[8]。也有学者针对重庆干旱,从干旱灾害发生的承灾环境、灾害发生的可能性、以及承灾体的易损性三个方面建立数学模型进行干旱风险评估^[9]。但是,由于干旱灾害成因的复杂性,干旱灾害风险评估还没有形成较系统的理论和方法。其研究亟待从干旱灾害风险系统最基本的元素着手,对各元素进行量化分析和组合,以反映干旱灾害风险的全貌。

石羊河流域地处甘肃省河西走廊东段,是我国内陆河流域中人口密集、水资源开发利用程度高、用水矛盾突出、生态环境问题严重的流域之一^[10]。石羊河流域 1960—2009 年气温、降水在波动中呈较明显的增加趋势^[11]。石羊河流域年平均流量总体呈略减少趋势,流域东、中部年平均流量呈减少趋势,流域东部减少幅度最大,流域西部年平均流量呈略增加趋势^[12]。对该区域干旱灾害风险评估的研究尚不够深入。为此,本文分析近 50 年石羊河流域干旱灾害时空分布特征,研究致灾因子危险性、孕灾环境脆弱性、承灾体的暴露度和防灾减灾能力,进行干旱灾害风险评估与区划,期望为干旱灾害防御提供科学依据。

1 研究区概况及数据分析方法

1.1 研究区概况

石羊河水系是由若干发源于祁连山,自东向西由大靖河、古浪河、黄羊河、杂木河、金塔河、西营河、东大河、西大河等 8 条河流及多条小沟小河组成^[13]。位于甘肃省河西走廊东部,乌鞘岭以西,祁连山北麓,河流总长 300 km,流域面积 4.16 万 km²。全流域可分为南部祁连山地,中部河西走廊平原区,北部低山丘陵区及荒漠区四大地貌单元。南部祁连山高寒半干旱半湿润区海拔高度 2 000 ~ 5 000 m,年平均气温 2℃ ~ 6℃,年降水量 300 ~ 600 mm;中部河西走廊平原温凉干旱区海拔高度 1 500 ~ 2 000 m,年平均气温 6℃ ~ 8℃,年降水量 150 ~ 300 mm;北部温暖干旱区海拔高度 1 300 ~ 1 500 m,年平均气温大于 8℃,年降水量小于 150 mm。石羊河流域土地利用类型中荒山、荒漠、戈壁占 68%,草原、森林、农田仅占 32%,生态环境质量低下,下游民勤更是处在严重的荒漠化状况中^[10]。

1.2 数据来源

选取石羊河流域乌鞘岭、古浪、武威、永昌、民勤等 5 个气象台站 1960—2011 年地面气象观测资料。其中乌鞘岭、古浪分布于石羊河上游区域;武威、永昌分布于石羊河中游区域;民勤位于石羊河下游区域。

区域内各县及乡镇人口密度、经济密度、有效灌溉面积和耕地面积占总面积的比率等社会经济指标来源为社会经济统计年鉴。GIS 中地理信息数据为该区域 1:25 万数字高程模型(DEM)资料,基于 DEM 数据衍生得到的研究范围内 1:25 万经度和纬度栅格数据。

1.3 数据分析方法

根据干旱灾害风险构成可将干旱灾害风险系统分解为致灾因子危险性(h)、孕灾环境脆弱性(s)、承灾体暴露度(v)和防灾减灾能力(a)4 部分^[14-16],即,干旱灾害风险指数 = 危险性 $\cap$ 脆弱性 $\cap$ 暴露度 $\cap$ 防灾减灾能力。可构建干旱灾害风险的表达式:

$$R_d = f(h, s, v, a) = f_1(h) \times f_2(s) \times f_3(v) \times f_4(a) \quad (1)$$

1.3.1 致灾因子危险性评估模型 致灾因子危险性评估模型为:

$$H_j = \sum_i^n (h_i Q_i) \quad (2)$$

式中, H_j 为第 j 个测站干旱灾害危险性指数; h_i 为第 i 种因素的危险性指数; Q_i 为第 i 种因素的危险性权重。

1.3.2 孕灾环境脆弱性评估模型 孕灾环境脆弱性评估模型为:

$$S_j = \sum_i^n (\theta_i Q_{vi}) \tag{3}$$

式中, S_j 为第 j 个区域孕灾环境脆弱性; θ_i 为第 i 种因素的脆弱性指数; Q_{vi} 为第 i 类地貌河网权重。

1.3.3 承灾体的暴露度评估模型 承灾体暴露度评估模型为:

$$V_j = k \sum_i^n (Q_{ei} \gamma_i) \tag{4}$$

$$\gamma_i = P_i / P_w \tag{5}$$

式中, V_j 为第 j 个区县承灾体的暴露度; k 为修订系数; Q_{ei} 为第 i 种因素的暴露度权重; γ_i 为第 i 类要素的指数值; P_i 为第 i 个区县的第 i 类要素的密度; P_w 为流域内第 i 类因素的密度。

1.3.4 防灾减灾能力评估模型 防灾减灾能力评估模型为:

$$A_j = \sum_i^n (a_i Q_{ai}) \tag{6}$$

式中, A_j 为第 j 个区县防灾减灾能力指数; a_i 为第 i 种防灾减灾能力指数; Q_{ai} 为第 i 种防灾减灾能力权重。

1.3.5 干旱灾害风险综合评估模型 干旱灾害风险评估综合模型:

$$R = 0.4H + 0.2S + 0.2V + 0.2A \tag{7}$$

式中, R 为干旱灾害风险评估综合值; H 为干旱灾害

危险性等级值; S 为干旱灾害孕灾环境脆弱性等级值; V 为干旱灾害承灾体暴露度等级值; A 为防灾减灾能力等级值。

2 结果与分析

2.1 干旱变化特征

2.1.1 春旱变化特征 1960—2011 年, 乌鞘岭春季干旱频率为 28.8%, 其中特旱占 5.8%、重旱占 15.4%、中旱占 7.7%、轻旱无(图 1a), 重旱频率较大, 中旱次之, 特旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代春旱频率为 50.0%、70 年代为 20.0%、80 年代为 30.0%、90 年代为 30.0%、21 世纪最初 10 年为 20.0%(表 1); 乌鞘岭 20 世纪 60 年代春旱频率较大, 20 世纪 80 年代到 90 年代次之, 其余时段较小。

武威春季干旱频率为 51.9%, 其中特旱占 7.7%、重旱占 19.2%、中旱占 17.3%、轻旱占 7.7%(图 1b), 重旱频率最大, 中旱次之, 轻旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代春旱频率为 40.0%、70 年代为 20.0%、80 年代为 90.0%、90 年代为 40.0%、21 世纪最初 10 年为 60.0%; 可见 20 世纪 80 年代之后干旱频率明显增加, 20 世纪 80 年代为最大。

民勤春季干旱频率为 67.3%, 其中特旱占 30.8%、重旱占 9.6%、中旱占 7.7%、轻旱占 19.2%(图 1c), 特旱频率最大, 轻旱次之, 中旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代春旱频率为 60.0%、70 年代为 70.0%、80 年代为 70.0%、90 年代为 70.0%、21 世纪最初 10 年为 60.0%; 民勤春季干旱发生频率高, 各年代均在 60.0% 以上。

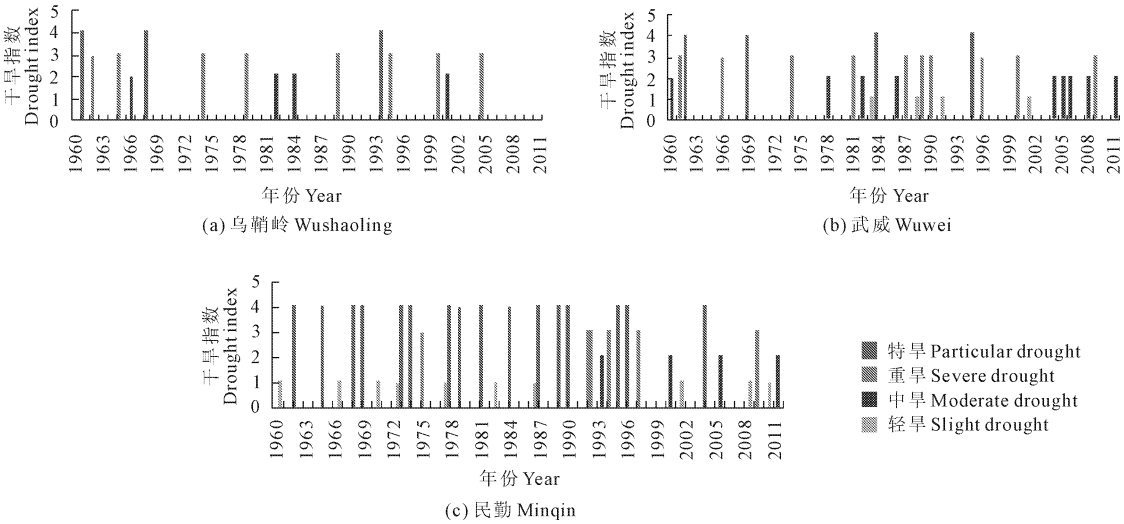


图 1 研究区春季干旱指数年际变化

Fig.1 The interannual change of drought index in spring in the study areas

表 1 研究区春季干旱频率年代际变化/%
Table 1 The decadal change of drought frequency in spring in the study areas

台站 Station	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	1960—2011
乌鞘岭 Wushaoling	50.0	20.0	30.0	30.0	20.0	28.8
古浪 Gulang	30.0	20.0	20.0	20.0	10.0	21.2
武威 Wuwei	40.0	20.0	90.0	40.0	60.0	51.9
永昌 Yongchang	60.0	70.0	60.0	60.0	40.0	59.6
民勤 Minqin	60.0	70.0	70.0	70.0	60.0	67.3
平均 Average	48.0	40.0	54.0	44.0	38.0	45.8

1960—2011 年,石羊河流域春旱发生频率在 21.2% ~ 67.3%之间。石羊河下游区域春旱发生频率最大,为 67.3%;石羊河中游区域春旱发生频率次之,在 51.9% ~ 59.6%之间,石羊河上游区域春旱发生频率最小在 21.2% ~ 28.8%之间。特旱发生频率下游区域也大于中上游区域。

石羊河流域上游和下游区域春旱发生频率年代际差别不显著,而石羊河中游区域 20 世纪 80 年代之后春季干旱频率明显增加,20 世纪 80 年代为最大。

2.1.1.2 初夏旱变化特征 1960—2011 年,乌鞘岭初夏干旱频率为 13.5%,其中特旱占 3.8%、重旱占 3.8%、中旱占 5.8%、轻旱无(图 2a),中旱频率较大,特旱、重旱次之,无轻旱。就年代际而言 20 世纪 60 年代春旱频率为 20.0%,70 年代为 20.0%,80 年代为 10.0%,90 年代为 10.0%,21 世纪最初 10 年为 10.0%(表 2);乌鞘岭 20 世纪 60 年代到 70 年代初

夏旱频率较大,其余时段较小。

武威初夏干旱频率为 53.8%,其中特旱占 15.4%、重旱占 13.5%、中旱占 21.2%、轻旱占3.8%(图 2b),中旱频率最大,特旱、重旱次之,轻旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代春旱频率为 50.0%,70 年代为 70.0%,80 年代为 40.0%,90 年代为 40.0%,21 世纪最初 10 年为 60.0%;可见 20 世纪 70 年代初夏旱频率较大,21 世纪最初 10 年次之,其余时段较小。

民勤初夏干旱频率为 61.5%,其中特旱占 23.1%、重旱占 9.6%、中旱占 15.4%、轻旱占13.5%(图 2c),特旱频率最大,中旱、轻旱次之,重旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代初夏频率为70.0%,70 年代为 70.0%,80 年代为 40.0%,90 年代为 60.0%,21 世纪最初 10 年为 60.0%;民勤初夏干旱发生频率除 20 世纪 80 年代较低,为 40.0%,其余各年代均在 60.0%以上。

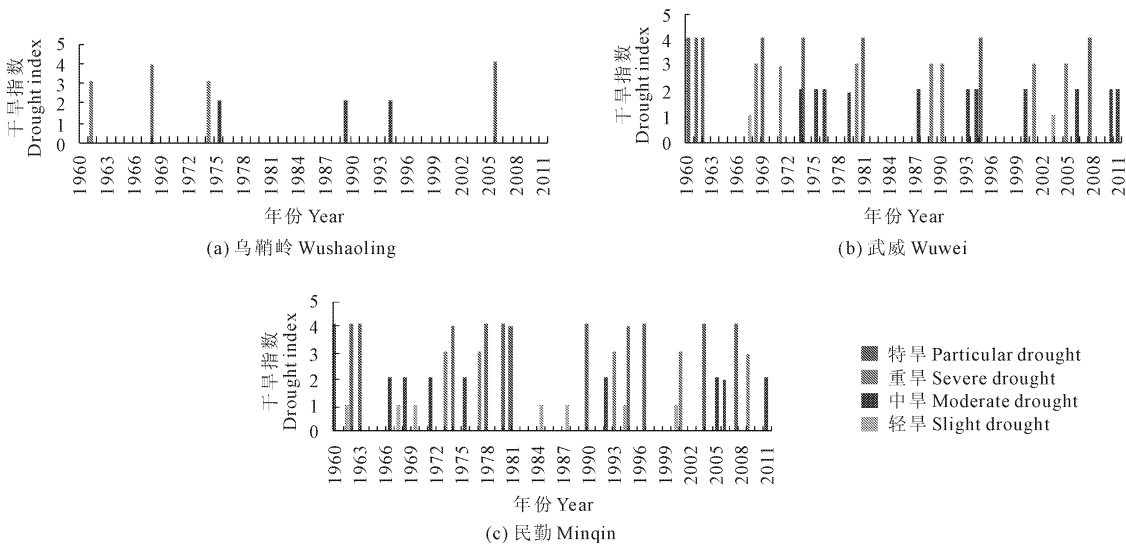


图 2 研究区初夏干旱指数年际变化

Fig.2 The interannual change of drought index in early summer in the study areas

1960—2011 年,石羊河流域初夏干旱发生频率在 13.5% ~ 61.5%之间。石羊河下游区域初夏干旱

发生频率也最大,为 61.5%;石羊河中游区域初夏干旱发生频率次之,在 40.4% ~ 53.8%之间,石羊河

上游区域初夏干旱发生频率最小在 13.5% ~ 19.2% 之间。特旱发生频率下游区域也大于中上游区域。

石羊河流域初夏干旱发生频率 20 世纪 60 年代较大,80 年代较小。

表 2 研究区初夏干旱频率年代际变化/%

Table 2 The decadal change of drought frequency in early summer in the study areas

台站 Station	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	1960—2011
乌鞘岭 Wushaoling	20.0	20.0	10.0	10.0	10.0	13.5
古浪 Gulang	30.0	20.0	0.0	20.0	30.0	19.2
武威 Wuwei	50.0	70.0	40.0	40.0	60.0	53.8
永昌 Yongchang	70.0	40.0	30.0	40.0	40.0	40.4
民勤 Minqin	70.0	70.0	40.0	60.0	60.0	61.5
平均 Average	48.0	44.0	24.0	34.0	40.0	37.7

2.1.3 伏旱变化特征 1960—2011 年,乌鞘岭伏旱频率为 21.2%,其中特旱占 9.6%、重旱占 1.9%、中旱占 9.6%、轻旱无(图 3a),特旱、中旱频率较大,重旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代伏旱频率为 10.0%,70 年代为 40.0%,80 年代为 10.0%,90 年代为 20.0%,21 世纪最初 10 年为 20.0%;乌鞘岭 20 世纪 70 年代伏旱频率较大,20 世纪 90 年代到 21 世纪最初 10 年次之,其余时段较小。

武威伏旱频率为 75.0%,其中特旱占 21.2%、重旱占 17.3%、中旱占 21.2%、轻旱占 15.4%(图 3b),特旱、中旱频率最大,重旱次之,轻旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代伏旱频率为 80.0%,70

年代为 90.0%,80 年代为 80.0%,90 年代为 60.0%,21 世纪最初 10 年为 70.0%;可见 20 世纪 70 年代伏旱频率最高,60 年代和 80 年代次之,其余时段较小。

民勤伏旱频率为 86.5%,其中特旱占 25.0%、重旱占 15.4%、中旱占 25.0%、轻旱占 21.2%(图 3c),特旱、中旱频率最大,轻旱次之,重旱较少。就年代际而言 20 世纪 60 年代伏旱频率为 100.0%,70 年代为 70.0%,80 年代为 100.0%,90 年代为 80.0%,21 世纪最初 10 年为 90.0%;民勤伏旱发生频率高,20 世纪 60 年代、80 年代每年均发生,其余各年代均在 70.0% 以上。

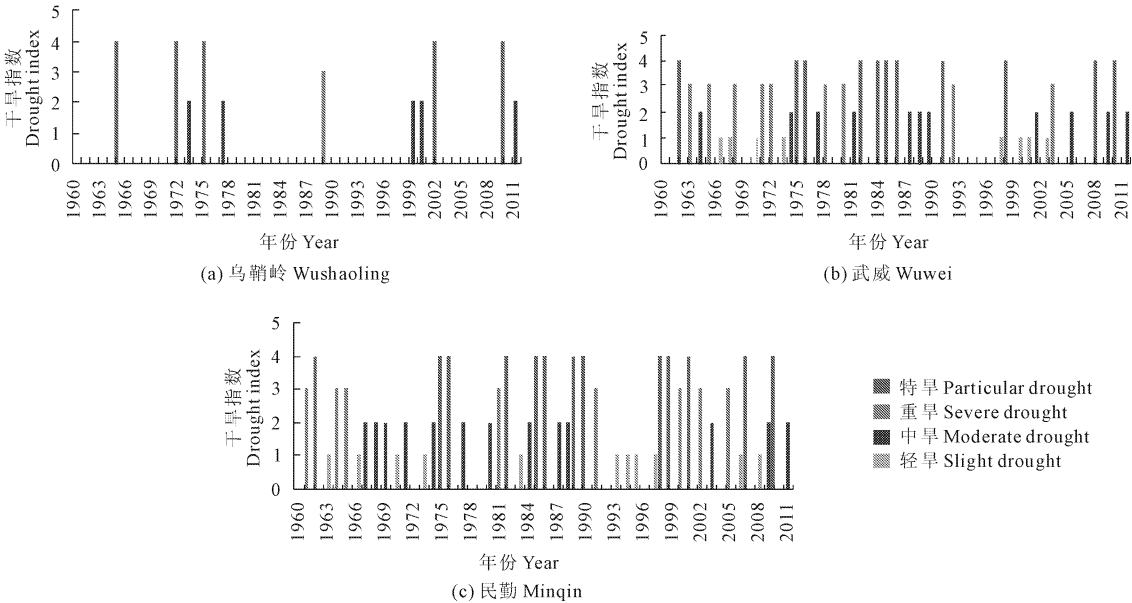


图 3 研究区伏旱指数年际变化

Fig.3 The interannual change of drought index in hot summer over the study areas

1960—2011 年,石羊河流域伏旱发生频率在 21.2% ~ 86.5% 之间。石羊河下游区域伏旱发生频

率亦最大,为 86.5%;石羊河中游区域春旱发生频率次之,在 67.3% ~ 75.0% 之间,石羊河上游区域春

旱发生频率最小在 21.2% ~ 48.1% 之间。特旱发生频率下游区域亦大于中上游区域。

石羊河流域伏旱发生频率年代际差异不大,伏旱发生频率平均在 50.0% ~ 66.0% 之间。

表 3 研究区伏旱频率年代际变化/%

Table 3 The decadal change of drought frequency in hot summer in the study areas

台站 Station	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	1960—2011
乌鞘岭 Wushaoling	10.0	40.0	10.0	20.0	20.0	21.2
古浪 Gulang	30.0	60.0	60.0	50.0	40.0	48.1
武威 Wuwei	80.0	90.0	80.0	60.0	60.0	75.0
永昌 Yongchang	80.0	70.0	70.0	40.0	70.0	67.3
民勤 Minqin	100.0	70.0	100.0	80.0	90.0	86.5
平均 Average	60.0	66.0	64.0	50.0	56.0	59.6

2.2 干旱灾害致灾因子危险性评估

致灾因子危险性是指造成干旱灾害的主要气象因子的变化特征和异常程度,其指标主要考虑干旱灾害的强度、频率和累积效应。干旱强度和累积效应按照干旱时长和期间降水量距平百分率分为 4 级即轻旱、中旱、重旱和特旱。干旱灾害风险随着致灾因子危险性的增大而增大。

通过 CIS 数据库运算,完成干旱灾害致灾因子危险性评估区域分布图(图 4)。可见,特旱危险性区域为民勤县大部和金川区北部,属石羊河流域的下游区域,包括民勤县的北山和昌宁等 18 个乡镇、金川的双湾镇等区域。

的河西堡、朱王堡和水源等乡镇,金川区的宁远堡镇,民勤县的南湖和蔡旗乡等区域。

中旱危险性区域为凉州区南部,古浪县北部和永昌县南部,属石羊河流域的中游区域,包括凉州区的黄羊和河东等 13 个乡镇,永昌县的新城子和南坝等 6 个乡镇,古浪县的古浪和古丰等 15 个乡镇区域。

轻旱危险性区域为古浪县南部、天祝县北部区域,属石羊河流域上游,包括古浪县的古丰川和干城等 4 个乡镇,天祝县的祁连和打柴沟等 8 个乡镇区域。

干旱危险性较小的区域为天祝县南部,包括天祝县的哈溪和抓喜秀龙等 11 个乡镇区域。

2.3 孕灾环境脆弱性评估

孕灾环境脆弱性,指受到气象灾害威胁所在地区外部环境对灾害或损害的脆弱程度。在同等强度灾害情况下,脆弱程度越高,气象灾害所造成的破坏损失越严重,气象灾害的风险也越大。选取地形地貌、植被和河网背景作为主要的环境脆弱性指标。

建立干旱灾害孕灾环境脆弱性区域分布评估模型,通过 CIS 数据库运算,完成区域分布评估。结果表明,孕灾环境脆弱性石羊河流域下游较大,中游次之,上游较小,呈东北向西南递减的分布特征。

干旱灾害孕灾环境脆弱性较大的区域主要为民勤县;孕灾环境脆弱性次大的区域主要为永昌县中东部和凉州区东北部;孕灾环境脆弱性较小区域主要为天祝县西北部、古浪县大部 and 凉州区西南部。

2.4 承灾体的暴露度评估

暴露度是指人类及与之生产生活密切相关的基础设施、环境资源和社会、经济、文化财产等处受负面影响的地方^[17]。干旱承灾体的暴露度是指可能受到干旱缺水威胁的社会、经济和自然环境系统,具体包括农业、牧业、工业、城市、人类和生态环

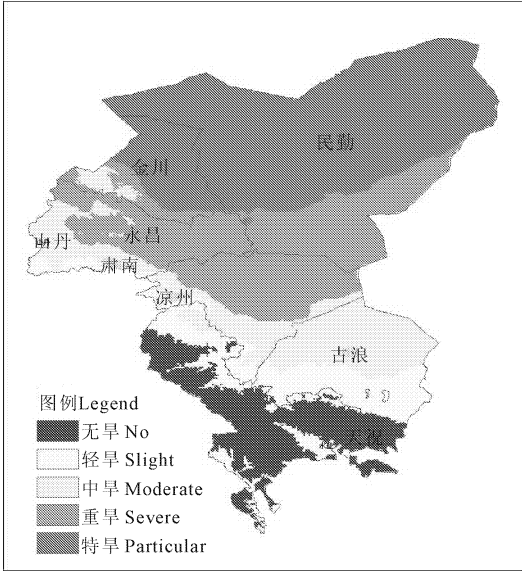


图 4 干旱灾害致灾因子危险性分布

Fig.4 Distribution map of the dangerousness of disaster factors over the research area

重旱危险性区域为凉州区中北部、永昌县中北部、金川区和民勤县南部,属石羊河流域中下游区域,包括凉州区的九墩和清水等 24 个乡镇,永昌县

境等。地区暴露度越大,可能受到的潜在损失越大,风险也就越高。

承灾体的暴露度指标主要包括区域内各县及乡镇人口密度、经济密度和耕地面积占总面积的比率等经济社会经济指标。

建立干旱灾害承灾体的暴露度评估模型,通过 CIS 数据库运算可知,石羊河流域承灾体的暴露度呈中下游较大,上游较小的分布特征。

干旱灾害承灾体的暴露度较大的区域主要为民勤县、永昌县中东部和凉州区东北部;孕灾环境脆弱性较小区域主要为天祝县西北部、古浪县大部 and 凉州区西南部。

2.5 防灾减灾能力评估

防灾减灾能力包括工程性和非工程性两类。工程性防灾减灾能力指标主要包括抗旱减灾工程,如有效灌溉面积占区域总耕地面积比例,单位面积水库容量,单位面积耕地配备的机井数,单位面积人工增雨设施装备数,覆膜保墒、集雨补灌和垄沟栽培等旱作农业工程技术推广应用面积比例等;非工程性防灾减灾能力指标主要包括财政收入和抗旱投入,抗旱减灾管理系统建设,干旱灾害监测预警系统,种植制度、农业布局及结构调整、农业气候资源利用等。

综合各因素建立干旱灾害防灾减灾能力评估模型,通过 CIS 数据库运算可知,石羊河流域干旱灾害防灾减灾能力中游较大,下游次之,上游较小。

防灾减灾能力较大的区域主要为永昌县中东部和凉州区中东部;防灾减灾能力次大的区域主要为民勤县;防灾减灾能力较小的区域主要为天祝县西北部、古浪县西南部和凉州区西南部。

2.6 干旱灾害风险综合评估

将各因子建立基于地理坐标的空间回归模型,在 GIS 的支持下,利用其空间叠加、分析、残差校正以及属性数据库操作功能,对干旱灾害风险进行评价,确定区划单元,划分灾害区划等级。在干旱灾害区划单元图中,进行属性数据库的操作,根据危险性、脆弱性、暴露度和防灾减灾能力对干旱灾害的贡献大小,采用专家打分法,分别赋予权重,完成干旱灾害综合风险评估(图 5)。

根据干旱灾害风险评估综合值 R 的特征,将 R 值划分为 5 个等级,依次为干旱高风险区、干旱次高风险区、干旱中风险区、干旱次低风险区、干旱低风险区。

干旱高风险区为民勤县和金川区大部、凉州区

中北部、永昌县东部,位于石羊河流域的中下游区域,包括民勤县的中渠和蔡旗等 16 个乡镇;金川区的双湾和宁远堡等乡镇区域;凉州区中北部的九墩和河东等 35 个乡镇区域;永昌县东部张家庄、河西堡和水源等乡镇区域;古浪的泗水和水丰滩等 4 个乡镇区域。

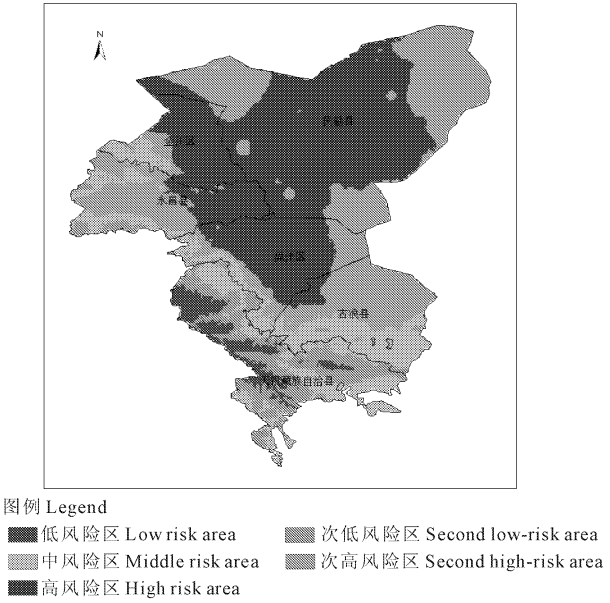


图 5 干旱灾害综合风险评估

Fig.5 Assessment map of drought disaster risk in the study areas

干旱次高风险区区域为古浪县中部、永昌县西部、凉州区西部和民勤县东部,包括古浪县的古浪冰草湾等 13 个乡镇区域;永昌县的新城子和南坝等 6 个乡镇区域;凉州区二畦湾和中路等 7 个乡镇区域;民勤县的花儿园和南湖等 7 个乡镇区域。

干旱中风险区域为古浪县南部和天祝东北部,属石羊河流域的上游区域,包括古浪县的黑松驿和新堡等 6 个乡镇区域;天祝县的祁连打柴沟等 17 个乡镇区域。

干旱次低风险区域为天祝县中部区域,属石羊河流域上游,包括天祝县松山等乡镇。

干旱低风险区域为天祝县西部山区,属石羊河流域上游。

为了区分各县区干旱灾害风险大小,列出各县区各级别干旱风险面积比(见表 4),并得到各县区干旱灾害综合风险排序。可见,干旱灾害综合风险最大的区域为石羊河下游的民勤县,金川区次之,凉州区居第三,古浪县风险次低,天祝县风险低。

表 4 石羊河流域干旱灾害风险等级

Fig.4 Rating of drought disaster risk in Shiyang River basin

地名 Area	低 Low risk	次低 Second low-risk	中 Middle risk	次高 Second high-risk	高 High risk	排名 Rank
古浪 Gulang	0.00%	1.90%	36.57%	55.32%	6.22%	5
天祝 Tianzhu	21.50%	45.77%	32.26%	0.46%	0.00%	6
民勤 Minqin	0.00%	0.00%	0.08%	36.12%	63.80%	1
金川 Jingchuan	0.00%	1.25%	14.00%	12.60%	72.15%	2
永昌 Yongchang	0.08%	6.64%	18.53%	45.32%	29.43%	4
凉州 Liangzhou	0.00%	1.44%	11.75%	22.69%	64.12%	3

3 结 论

在深入分析干旱灾害风险成因的基础上,结合灾害学理论,从干旱灾害的致灾因子、孕灾环境的自然状况和承灾体的社会经济状况出发,构建了干旱灾害风险评价指标体系。依据相关社会经济及生态和自然环境资料数据,并结合相关文献的研究成果^[14-17],制定了干旱灾害风险评价指标及其标准,进行了研究区域干旱灾害风险评估及其区划,对于旱灾害风险评估技术规范化进程具有一定参考价值,为当地干旱灾害防御提供了科学依据,并得到了以下结论。

1) 1960—2011 年,石羊河流域春旱发生频率在 21.2%~67.3%之间。春季特旱发生频率下游区域大于中上游区域。石羊河中游区域 20 世纪 80 年代之后春季干旱频率明显增加,20 世纪 80 年代为最大。初夏干旱发生频率在 13.5%~61.5%之间。初夏特旱发生频率下游区域也大于中上游区域。伏旱发生频率在 21.2%~86.5%之间。伏期特旱发生频率下游区域亦大于中上游区域。

2) 石羊河流域干旱综合风险高风险区为民勤县和金川区大部、凉州区中北部、永昌县东部,位于石羊河流域的中下游区域。次高风险区区域为古浪县中部、永昌县西部、凉州区西部和民勤县东部。中风险区域为古浪县南部和天祝东北部,属石羊河流域的上游区域。次低风险区域为天祝县中部区域,属石羊河流域上游。低风险区域为天祝县西部山区,属石羊河流域上游。

3) 就各县区而言干旱灾害综合风险最大的区域为石羊河下游的民勤县,金川区次之,凉州区居第三,永昌县居第四,古浪县风险次低,天祝县风险低。

参 考 文 献:

[1] Wilhite D A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions [C]//Wilhite D A, ed. Drought: A Global Assessment. London & New York: Routledge, 2000: 3-18.

[2] IPCC: Summary for Policymakers. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012:1-19.

[3] 气候变化国家评估报告编写委员会.第二次气候变化国家评估报告[M].北京:科学出版社,2011:74-91.

[4] Changnon S A, Pielke R A, Jr. Changnon, et al. Human factors explain the increased losses from weather and climate extremes[J]. Bull. Am. Meteorol. Soc., 2000,81(3):437-442.

[5] Bender S. Development and use of natural hazard vulnerability assessment techniques in the Americas[J]. Nat. Hazards Rev., 2002,3(4):136-138.

[6] Prabhakar S V R K, Rajib Shaw. Climate change adaptation implications for drought risk mitigation: a perspective for India[J]. Climate Change, 2008,88:113-130.

[7] Vijendra K. Boken. Improving a drought early warning model for an arid region using a soil-moisture index[J]. Applied Geography, 2009, 29:402-408.

[8] 董家瑞,王昂生.干旱、洪涝灾害预测及损失评估耦合模式[J].自然灾害学报,1997,6(2):70-77.

[9] 罗 培.基于 GIS 的重庆市干旱灾害风险评估与区划[J].中国农业气象,2007,28(1):100-104.

[10] 冯 起,李宗礼,高前兆,等.石羊河流域民勤绿洲生态需水与生态建设[J].地球科学进展,2012,27(7):806-814.

[11] 周俊菊,石培基,师 玮.1960—2009 年石羊河流域气候变化及极端干湿事件演变特征[J].自然资源学报,2012,27(1):143-153.

[12] 李玲萍,刘明春.石羊河流域山出口河流流量的变化趋势及特性分析[J].水土保持学报,2011,25(1):58-63.

[13] 刘明春,李玲萍,史志娟,等.石羊河流域径流量分布特征及对气候变化的响应—以西营河为例[J].干旱地区农业研究, 2013,31(1):193-198.

[14] 张继权,李 宁.主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M].北京:北京师范大学出版社,2007:10-48.

[15] 葛全胜,邹 铭,郑景云,等.中国自然灾害风险综合评估初步研究[M].北京:科学出版社,2008:12-86.

[16] 章国材.气象灾害风险评估与区划方法[M].北京:气象出版社,2012:15-21.

[17] B. L. Turner II, R. E. Kasperson, P. A. Matsone, et al. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003,100(14):8074-8079.