2013 年中国南方地区农业旱灾风险评估
——以湖南省衡阳市为例

刘兰芳[1], 肖志成[1], 陈 涛[2], 周松秀[1]

(1. 衡阳师范学院 资源环境与旅游管理系, 湖南 衡阳 421008; 2. 湖南衡阳市气象局, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: [目的] 对南方典型区域的旱灾风险进行评估,为南方防旱减灾决策提供依据。[方法] 运用降水标准化指数法(SPI)对 2013 年湖南省衡阳市干旱危险性进行评价,构建评估指标体系,借助数学模型评估旱灾脆弱性。[结果]衡阳县、祁东县为特旱,衡东县、衡南县、常宁市、耒阳市属于重旱区,衡山县为中旱区。选择降水量、水利化程度等 8 个指标体系,并构建数学模型计算衡阳市 7 个县域水田系统旱灾脆弱度。水田系统旱灾脆弱度以衡南县最大,为 0.627,耒阳市最小,为 0.429;衡阳县、衡南县、祁东县、常宁市为高度脆弱区,衡山县、衡东县、耒阳市是低度脆弱区。[结论] 综合干旱危险性与水田系统脆弱性来看,衡阳市西部农业旱灾风险高于东部农业旱灾风险。

关键词: 旱灾风险; 南方地区

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2015)02-0274-05 **中图分类号**: S423, X43

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.052

Assessment of Agricultural Drought Risk in Southern China in 2013
—A Case Study in Hengyang City, Hu'nan Province

LIU Lanfang[1], XIAO Zhicheng[1], CHEN Tao[2], ZHOU Songxiu[1]

(1. *Dept. of Resource Environment & Tourism Management, Hengyang Normal University, Hengyang, Hu'nan* 421002, *China*; 2. *Hengyang Meteorological Bureau, Hengyang, Hu'nan* 421001, *China*)

Abstract: [Objective] The prior work of drought risk assessment taken Hengyang City as a typical region in Southern China was conducted to guide the consequent drought-control decision-making. [Methods] The standardized precipitation index was used to assess the drought risk in Hengyang City of Hu'nan Province in 2013. The mathematical model is built to calculate the drought vulnerability in the city by selecting indicator system. [Results] The drought risk of Hengyang City was sub-zoned as followings: extreme drought subzone includes Hengyang and Qidong Counties; severe drought subzone includes Hengdong, Hengnan, Changning and Leiyang Counties, and Hengshan County is in the moderate drought subzone. After that, eight indicators as precipitation, the degree of irrigation, and etc. were used to calculate the drought vulnerability of the paddy filed system in seven counties of Hengyang City with a mathematical method. The drought vulnerability of the paddy filed system in Hengnan County has the maximum valueas(0.627), Leiyang County has the minimum value(0.429). The counties of Hengyang, Hengnan, Changning and Qidong are highly vulnerable areas and the counties of Hengshan, Hengdong and Leiyang belong to low vulnerable areas. [Conclusion]The western counties of Hengyang City may potentially undergo more frequent and greater drought risk than the western counties when both drought risk and the vulnerability of the paddy filed system were considered.

Keywords: drought risk; Southern China

干旱是客观存在且具有不确定性的一种水量相对亏缺的自然现象,从自然属性看,干旱有气象干旱与水文干旱。无论是北方还是南方,气象干旱与水文干旱一直是我国农业面临的重大自然致灾因子之一,制约着农业可持续发展。为了保障农业稳步发展,理应在科学评估农业旱灾风险基础上,寻找有效的防旱抗旱对策。我国北方农业旱灾风险评估已引起学术界的高度重视,但南方旱灾风险评估没有引起学术界

收稿日期:2014-01-13 **修回日期**:2014-04-02

资助项目:国家自然科学基金项目"我国亚热带稻区旱灾风险评估与安全减灾机理研究:以衡阳盆地为例"(41171075); 湖南省科技厅计划资助项目(2012 FJ3019); 湖南省重点学科人文地理支持项目〔湘教通(2011)76 号〕

第一作者:刘兰芳(1965—),女(汉族),湖南省祁东县人,博士,教授,主要从事区域自然灾害研究工作。E-mail:741291694@qq.com。

的充分关注[1]。然而近年来,南方气象干旱事件接连不断,2006 年夏季,重庆和四川地区持续高温少雨,遭遇百年一遇的伏旱[2];2010 年贵州、湖南、广西等省区遭遇重大旱灾;2011 年中国南方 5 省遭遇百年难遇的干旱,旱灾受灾人口达 3 483.3 万,423.6 万人饮水困难,农作物受灾面积 3.705×10^6 hm^2,直接经济损失 149.4 亿元;2013 年,中国南方再一次遭遇干旱灾害风险。客观事实表明,在全球变暖背景下,中国南方干旱灾害风险性呈增长趋势,因此,加强南方干旱灾害风险研究具有重要的理论价值与现实意义。

目前,国内外对旱灾风险评估方面已进行了大量的研究,其内容涉及到干旱指标等级划分与旱灾脆弱性评价等。针对干旱指标等级划分的研究颇多,大致有气象干旱指标、水文干旱指标、农业干旱指标以及社会经济干旱指标等[3]。气象干旱指标主要是依据气象数据,建立数学模型进行计算获取的指标,其目的用于诊断某时段内因天气异常引起的水分亏欠程度;水文干旱是指水循环系统失衡的水资源短缺现象,其判断指标主要从径流量角度考虑;农业干旱是农作物在生长过程中的缺水现象,农业干旱指标主要从土壤含水率与农业旱情方面确定;社会经济干旱指标主要评估由于气象干旱与水分干旱所造成的经济损失,通常拟用损失系数法。许多学者采取损失系数法对我国北方地区旱灾风险进行了研究。如薛昌颖等[4]利用河北及京津地区 1949—2000 年的冬小麦实际产量资料,选取历年减产率的变异系数、历年平均减产率和减产率风险概率作为评价指标,估算了干旱气候条件下河北及京津地区历年冬小麦产量灾损的风险水平。张文宗等[5]以气象减产等级为指标,对河北省冬小麦旱灾风险进行了分析,提出了河北省冬小麦旱灾风险指数的计算方法并进行了区划。许凯等[6]采取旱灾损失的概率曲线法对河北承德市的农业旱灾进行了风险评估。综观农业旱灾风险评估的研究成果,存在一些不足。首先,关于气象干旱、水文干旱、农业干旱与旱灾风险的关系有待进一步研究。本研究认为气象干旱是水文干旱与农业干旱发生的前提条件,一般而言,如果某个区域出现了水文干旱或农业干旱,其前期往往出现了气象干旱,因此气象干旱危险性评估是旱灾风险评估的重要内容。其次,无论是从干旱等级指标还是从旱灾脆弱性角度评价旱灾风险性,大多数学者都选择我国北方干旱与半干旱区为案例进行实证研究[7-11],而对于南方湿润地区的季节性干旱灾害未引起大家的重视,但南方季节性干旱灾害突出,对农业发展以及生态环境的影响明显,为此应加强南方季节性干旱灾害的风险研究。此外,缺乏对区域旱灾的综合风险研究。从农业旱灾风险形成机理来看,农业旱灾风险性的形成是干旱危险性与农业系统脆弱性综合作用的结果[12],因此旱灾风险评估要重视对干旱危险性和农业系统脆弱性的综合研究。针对现有旱灾风险评估缺乏南方湿润地区的实证研究,本研究选取季节性气象干旱十分明显的衡阳市为研究区域,利用衡阳市近 30 a 降水量气候平均值与 2013 年逐日降水数据,借助数学方法分别计算衡阳市辖区的 7 个县域气象干旱等级指数,从而揭示 2013 年衡阳市气象干旱的区域差异。借鉴前人研究成果,本研究认为农业旱灾风险是气象干旱背景下,因不同的农田系统特征而产生,为此既评估了不同县域的气象干旱危险性,同时又构建了县域尺度的水田系统旱灾脆弱性的评估指标与评估方法,依托衡阳市各个县域的相关数据对 7 个县域水田系统旱灾脆弱性进行定量评估。评估结果对于衡阳市有效实施农业防旱抗旱、减轻旱灾损失,保障水稻生产及粮食安全具有重要的参考价值,也是区域制定中长期农业发展政策的依据。

1　研究区概况

衡阳市位于湖南省南部地区,湘江中游,地处 26°07′—27°28′N,111°32′—113°17′E。全市总面积 15 310 km^2,其中山地占 21%,丘陵占 27%,平原占 20.8%,水面占 4%。地势由西南向东北倾斜,构成典型的盆地地形特征。境内河长 5 km 的大小河流 393 条,这些大小河流隶属湘江水系,其径流均为雨水补给型。由于地理位置、地形、季风环流等综合影响,降雨、径流时空差异明显。从空间上来看,周围山地降雨、径流丰富,中部广阔的丘陵、平原区域水资源贫乏。该区降雨集中在 3—6 月,约占年降雨量 60%～70%,汛期(4—6 月)地表径流占年径流的 70%～80%,其它时期地表径流贫乏,尤其是 7—9 月,无论是降雨量还是径流量都偏少,而 7—9 月正是晚稻需水时期,因此气象干旱是水稻生产面临的严重致灾因子。为了降低气象干旱造成的影响,衡阳市自 20 世纪 60 年代以来修建了一些水利设施,但现有的水利设施严重不足且大多分布在周围的山丘地带,而中部水田成片的区域灌溉条件较差,导致水稻生产很大程度上依赖自然降水,一旦自然降水异常,极易造成水稻旱灾发生。统计分析得出:当 7—9 月的降水距平低于－30%时,区域内水稻生产就出现严重的旱情。2013 年衡阳市 7—9 月降水距平平均值为－35.9%,是本世纪以来降水距平最小的一年(图 1),与此同时,来自洞庭湖区等其它区域的客水补给也严重不足,致使农业出现严重旱情。调查得知,2013 年气象干旱造成衡阳市农业直接经济损失高达 39.54 万元,

一季中稻受灾率为 58.7%，成灾率达 79.1%；20%的稻田无法正常栽种晚稻，已经栽种的晚稻受灾率 64.5%。该市 286 条中小河流断流，水库干涸 27 座，因旱造成 47.2 万人饮水困难，大牲畜 12.3 万头缺乏水源。由于 2013 年气象干旱突出，以 2013 年为案例，进行旱灾风险分析具有较好的代表性，有利于衡阳市应对类似 2013 年气象干旱的防旱减灾，对我国亚热带稻区应对类似干旱问题也有一定的借鉴作用。

2 研究方法

何为旱灾风险性，灾害学界目前还没有统一的定论。国际减灾战略(ISDR)及 Blaikie[13] 认为，自然灾害是致灾因子危险性与承灾体脆弱性共同作用的结果。依据该理论，将农业旱灾风险性定义为气象干旱危险性与旱灾脆弱性共同作用的结果。分别进行气象干旱危险性评估与旱灾脆弱性评估。

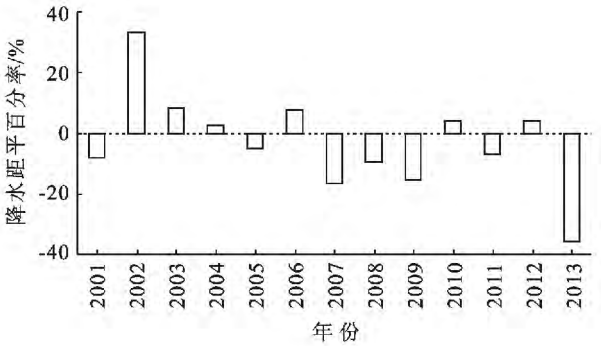


图 1 衡阳市 2001—2013 年 7—9 月降水距平百分率

2.1 气象干旱危险性评估方法

南方季节性干旱主要是降水异常引起，故干旱危险性指数可用标准化降水指数确定，即采用 Z 指数法判定干旱危险性。依据国家气象干旱等级划分标准[14]和衡阳市历年干旱情况，计算 Z 指数(即标准化降水指数，SPI)，将干旱危险性等级划分成 5 个等级(表 1)。

表 1 干旱危险性等级划分标准

干旱危险性等级	无旱	轻旱	中旱	重旱	特旱
Z 指数(SPI)	$-0.5<$SPI	$-1.0<$SPI$\leqslant-0.5$	$-1.5<$SPI$\leqslant-1.0$	$-2.0<$SPI$\leqslant-1.5$	SPI$\leqslant-2.0$

2.2 旱灾脆弱性评估指标体系及评估方法

2.2.1 旱灾脆弱性评估指标体系 旱灾脆弱性是指承灾体敏感于遭受干旱威胁和损失的性质与状态，它受到区域自然系统与社会系统共同影响。衡阳市以种植水稻为主，按照水稻生产的特点与旱灾脆弱性形成原因以及指标数据的可取性，本研究选取降水量、蒸发量、森林覆盖率、水田密度、农民人均纯收入、水利化程度、水稻种植面积、人口密度等 8 个要素作为旱灾脆弱性评价指标。在 8 个指标中，有些与旱灾脆弱性呈正相关，既数值越大，旱灾脆弱性越强。如蒸发量越大，水稻遭受干旱威胁可能性越大，也就是旱灾脆弱性愈强；人口越多，需水量也多，旱灾脆弱性愈强；同样道理，当水田密度与水稻种植面积愈大时，旱灾脆弱性也愈强。降水量越多，水稻遭受干旱威胁越少，旱灾脆弱性越小；水利设施是抗旱最有效的措施，水利化程度越高，抗旱效率越好，旱灾脆弱性越弱；农民人均纯收入越大，用于抗旱的经费越多，抗旱能力越强，旱灾脆弱性越小；森林具有蓄水功能，当森林覆盖率越高时，其蓄水量越多，旱灾脆弱性越小。由此可见，降水量、农民人均纯收入、森林覆盖率以及水利化程度与旱灾脆弱性呈反相关，也就是数据越大，旱灾脆弱性越小。

2.2.2 旱灾脆弱性评估方法 按照上述选取的 8 个指标，获取研究区相关数据(表 2)，由于有些指标与旱灾脆弱性呈正相关，有些呈反相关，为了一致性与避免计算过程中数据庞大而繁琐，对研究区的原始数据可以采取公式(1—2)进行简化处理，其中呈正相关的指标用公式(1)处理，如蒸发量、人口密度、水田密度以及水稻种植面积；降水量、农民人均纯收入、森林覆盖率以及水利化程度与旱灾脆弱性呈反相关，用公式(2)处理。旱灾脆弱性是降水量、水利化程度等 8 个因素共同作用的结果，每个因素所起的作用不同，为此用不同权重反映，同时建立数学模型对区域进行旱灾脆弱性评估，即公式(3)。

$$X_j = X_j^* / X_{j(\max)}^* \tag{1}$$

$$X_j = 1 - X_j^* / X_{j(\max)}^* \tag{2}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^{8} \frac{X_{ij} - X_{j(\min)}}{X_{j(\max)} - X_{j(\min)}} W_j \tag{3}$$

式中：X_j^*——各指标序列中的每一项；V_i——旱灾脆弱性指数；X_{ij}——第 i 个研究区第 j 个指标的初始化值；$X_{j(\max)}$——第 j 个指标初始化值中的最大值；$X_{j(\min)}$——第 j 个指标初始化值中的最小值；W_j——第 j 个指标的权重，可通过专家咨询法获取。

3 结果分析

3.1 气象干旱危险性评估结果分析

以衡阳市辖区的 7 个县为研究对象，选择各个县域 2013 年 6—10 月的降水量作为时段降水量 X，计算各个县域的干旱危险性指数。按照表 1 对计算结果进行等级划分，在此基础上，利用 GIS 技术进行空

间分析。由图 2 看出,2013 年衡阳市 7 个县域均面临着不同等级的干旱危险性,其中衡山县属于中旱;衡东县、衡南县、常宁市、耒阳市等 4 个县市遭遇重旱,占衡阳市整个县域单元的 57.1%,衡阳县、祁东县为特旱,特旱县域占 28.6%。图 2 表明,衡阳市西北部干旱危险性高于东南部,这说明 2013 年衡阳市西北部降水与历史时期相比,降水量减少程度较大。造成这种降水异常的主要原因是 2013 年 6 月初以来西太平洋副高偏强,夏季风明显变弱,使得衡阳市西北部长期处在副高脊线控制,下沉气流为主,缺乏降水形成条件。与历史时期气候相比,衡山县 2013 年降水量稍有减少,这与南岳衡山地形抬升,造成少量地形雨相关。

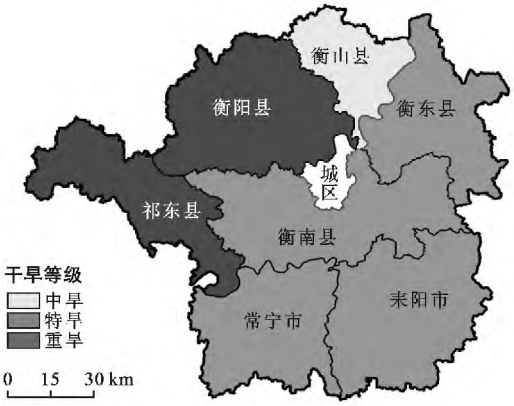


图 2　衡阳市 2013 年干旱危险性分布

3.2　旱灾脆弱性结果分析

依据确定的旱灾脆弱性评估指标体系,获取衡阳市 7 个县域相关原始数据(表 2),其中降水量、蒸发量数据来自于衡阳市气象局,其它数据来自于衡阳市统计局。利用公式(1—2)对表 2 数据进行规范化处理,通过专家咨询与借助以往研究成果,得出各个指标的权重,数据处理结果与权重详见表 3。基于表 3 数据,利用公式(3)可以求得衡阳市 7 个县域旱灾脆弱性指数,结果详见表 4。由表 4 可知,衡南县旱灾脆弱性最强,高达 0.627;耒阳市最小,为 0.429。为了更直观地反映旱灾脆弱性区域差异,用区域旱灾脆弱性指数的平均值 0.535 作为划分标准,旱灾脆弱性指数高于 0.535 的县域为高度脆弱区,旱灾脆弱性指数低于 0.535的县域定位低度脆弱区。依据评价结果,利用 GIS 技术绘制衡阳市水田系统旱灾脆弱性空间分布图(图 3)。由图 3 看出,衡阳市西部旱灾脆弱性高于东部旱灾脆弱性。这主要是由于东部经济较发达,水利化程度高。

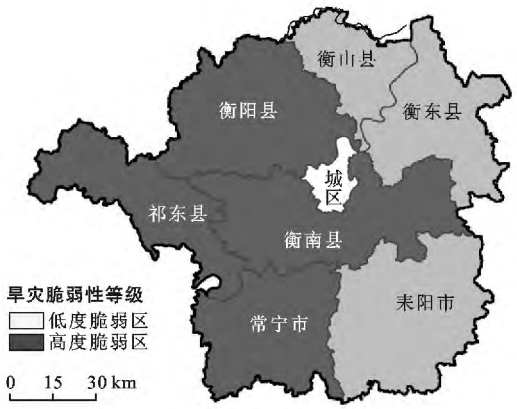


图 3　衡阳市 2013 年水田系统旱灾脆弱性分布

表 2　衡阳市 2013 年水田系统旱灾脆弱性评估数据

地 区	降水量/mm	农民人均纯收入/元	水利化程度/($m^3 \cdot hm^{-2}$)	森林覆盖率/%	水田密度/($hm^2 \cdot hm^{-2}$)	人口密度/(人·km^{-2})	水稻种植面积/(10^3 hm^2)	蒸发量/mm
衡山县	463.1	8 833	1.65	46.4	17.3	446	29.4	947.4
衡东县	448.6	8 856	1.63	53.7	15.4	353	57.7	979.7
衡阳县	404.3	8 477	1.94	37.6	19.9	446	92.0	964.3
衡南县	423.8	9 873	1.54	29.4	20.9	396	97.2	1 032.7
祁东县	442.2	7 727	1.69	35.7	17.3	504	68.4	859.3
常宁市	438.7	7 119	1.29	49.5	16.1	425	60.4	821.4
耒阳市	456.5	10 545	2.56	48.9	14.6	481	74.3	883.2

表 3　衡阳市 2013 年水田系统旱灾脆弱性评估数据处理结果

地 区	降水量	农民人均纯收入	水利化程度	森林覆盖率	水田密度	人口密度	水稻种植面积	蒸发量
衡山县	0.000	0.162	0.355	0.136	0.828	0.885	0.302	0.917
衡东县	0.031	0.161	0.363	0.000	0.737	0.700	0.594	0.949
衡阳县	0.127	0.196	0.242	0.300	0.952	0.885	0.947	0.934
衡南县	0.085	0.064	0.398	0.453	1.000	0.786	1.000	1.000
祁东县	0.045	0.267	0.340	0.335	0.828	1.000	0.704	0.832
常宁市	0.053	0.325	0.496	0.078	0.770	0.843	0.621	0.795
耒阳市	0.014	0.000	0.000	0.089	0.699	0.954	0.764	0.855
权 重	0.06	0.17	0.02	0.21	0.07	0.18	0.10	0.19

表 4 衡阳市 2013 年水田系统旱灾脆弱性评估结果

地 区	衡山县	衡东县	衡阳县	衡南县	祁东县	常宁市	耒阳市
旱灾脆弱性指数	0.464	0.487	0.603	0.627	0.576	0.561	0.429

4 结 论

(1) 衡阳市西北部干旱危险性高于东南部，尤其是衡阳县、祁东县干旱危险性最强，这与 2013 年祁东县、衡阳县大面积一季水稻枯死绝收的实际情况吻合。由此可见，Z 指数法判定衡阳市气象干旱危险性具有较好的可信性。

(2) 旱灾脆弱性是水田系统敏感于遭受干旱威胁的性质与状态，受到区域自然环境与社会因素的共同影响。基于旱灾脆弱性的形成原因，选取水利化程度、农民人均收入、森林覆盖率、蒸发量等 8 个指标作为水田系统旱灾脆弱性评估指标体系，借助数理分析方法构建了旱灾脆弱性评估模型。从气象部门、农业部门等获取了衡阳市水田系统旱灾脆弱性评估数据，分别计算了衡阳市县级行政区的旱灾脆弱性。旱灾脆弱性最大的是衡南县，脆弱度为 0.627，最小的是耒阳市，为 0.429。衡山县、衡东县以及耒阳市属于低度脆弱区，祁东县、衡阳县、衡南县以及常宁市属于高度脆弱区，大体上表现为衡阳市东部旱灾脆弱性低于西部旱灾脆弱性，旱灾脆弱性这种空间分布强化了衡阳市旱灾风险性的区域差异。

(3) 农业旱灾风险形成过程十分复杂，涉及到的因素众多，如何从综合的角度，评估旱灾风险是旱灾研究领域中难度较大的课题。本研究基于国际减灾战略(ISDR)及 Blaikie 的自然灾害风险评估概念模型，确定干旱危险性判定方法与旱灾脆弱性评估模型，并将其运用到衡阳市 2013 年旱灾风险评估当中，具有一定的科学意义，但对于综合风险指数有待下一步研究。

[参 考 文 献]

[1] 贾慧聪，王静爱. 国内外不同尺度的旱灾风险评价研究进展[J]. 自然灾害学报，2011，20(2)：138-145.

[2] 梁书民. 中国雨养农业区旱灾风险综合评价研究[J]. 干旱区资源与环境，2011，25(7)：39-44.

[3] 何斌，武建军，吕爱锋. 农业干旱风险研究进展[J]. 地理科学进展，2010，29(5)：557-564.

[4] 薛昌颖，霍治国，李世奎. 北方冬小麦干旱灾损风险区[J]. 自然灾害学报，2003，12(1)：131-139.

[5] 张文宗，赵春雷，康西言，等. 河北省冬小麦旱灾风险评估和区划方法研究[J]. 干旱区资源与环境，2009，23(2)：10-16.

[6] 许凯，徐翔宇，李爱花，等. 基于概率统计方法的承德市农业旱灾风险评估[J]. 农业工程学报，2013(14)：139-146.

[7] 孙才志，张翔. 基于信息扩散技术的辽宁省农业旱灾风险评价[J]. 农业系统科学与综合研究，2008，24(2)：507-510.

[8] Long Xin, Zhen Lin, Cheng Shengkui, et al. Quantitative assessment and spatial characteristics of agricultural drought risk in the Jinghe Watershed, Northwestern China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(4)：338-344.

[9] 郗蒙浩，赵秋红，姚忠. 基于模糊理论的农业旱灾风险评估：以山西省阳泉市为例[J]. 自然灾害学报，2013，22(1)：153-158.

[10] 商彦蕊，史培军. 人为因素在农业旱灾形成过程中所起作用探讨：以河南省农业旱灾脆弱性为例[J]. 自然灾害学报，1998，7(4)：35-43.

[11] 吴卫熊，黎瑞杰，何令祖. 广西大石山区农业旱灾脆弱性及抗旱措施研究[J]. 亚热带水土保持，2011(1)：15-18.

[12] 刘兰芳，关欣，唐云松. 农业旱灾脆弱性评价及生态减灾研究：以湖南省衡阳市为例[J]. 水土保持通报，2005，25(1)：69-73.

[13] Blaikie P, Cannon T, Davis I, et al. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters[M]. London and New York: Routledge Publishers，1994.

[14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会. GB/T20481—2006 气象干旱等级[S]. 北京：中国标准出版社，2006.