

基于 GIS 的甘肃省陇南市暴雨灾害风险区划

苏军锋¹, 肖志强¹, 魏邦宪¹, 赵彦锋², 张 锋¹, 刘莉丽¹

(1. 甘肃省陇南市气象局, 甘肃 武都 746000; 2. 上海市宝山区气象局, 上海 宝山 201901)

摘 要:利用陇南年均暴雨日数, 陇南 DEM 高程资料及地理信息和陇南人口密度、人均 GDP、耕地面积比资料, 运用层次分析法(AHP)、专家打分法、自然断点法、反向无量纲化等方法, 建立了暴雨灾害致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力 4 个因子的风险区划模型, 并借助于 ArcGIS10.0 软件, 进行克里金内插法和栅格图层计算器叠加分析计算后得到陇南市暴雨灾害综合风险区划图, 表明陇南暴雨灾害高风险区主要集中在成县、徽县和两当县, 各县周围风险等级相对较高, 同时对风险区划图与近 10 a 陇南暴雨灾害情况进行检验, 结果基本吻合, 这对陇南市暴雨灾害预报和暴雨灾害的防灾减灾建设有一定的指导意义。

关键词:GIS; 暴雨灾害; 风险区划

中图分类号:P459

文献标识码:A

引 言

目前, GIS 即地理信息系统(Geographic Information System)作为获取、存储、分析和地理空间数据的重要工具和技术, 近年来得到了广泛关注和迅猛发展, 其在天气预报、气候区划、人工影响天气、地质灾害气象预报、气象灾害评估以及综合气象服务系统等气象以及气象相关领域已表现出良好的应用前景^[1-2]。在所有的 GIS 软件中, ArcGIS 作为美国环境系统研究所(ESRI)开发的新一代地理信息软件, 在 2010 年, ESRI 推出 ArcGIS10.0, 其强大的绘图功能、数据管理、空间分析、空间统计以及 ArcGIS10.0 上的 3D 建模、编辑和分析能力, 使得 ArcGIS 成为世界上使用最多的 GIS 软件之一, 也为其在气象领域的应用奠定了良好的技术基础。关于各类气象灾害及地质灾害风险区划和评价, 许多学者做了大量的研究^[3-11], 而 ArcGIS 软件的支持也是不可或缺的, 但是这些研究的主要对象是暴雨山洪、干旱以及由气象因素诱发滑坡、泥石流等地质灾害为主, 关于陇南暴雨的研究却更多的是对一次暴雨过程发生机理的研究或者对暴雨过程造成的灾害研究, 对一定大区域、长时间跨度下的暴雨风险评估和区划的研究工作相对较少。为此, 本文利用陇南市

各县气象站历史降水资料, 综合考虑影响暴雨灾害的气象条件、社会经济和生态自然环境等条件, 从致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力 4 个方面着手, 综合分析得到陇南暴雨灾害风险区划的指标因子, 利用 ArcGIS10.0 软件中的工具对相关因子进行栅格图层计算、分割操作等, 最后得到陇南暴雨灾害综合风险区划图, 为宏观认识陇南暴雨灾害风险、开展气象灾害预报和气象灾害防灾减灾建设提供科学依据。

1 研究区概况

陇南市位于甘肃省东南部, 地处秦巴山地西部与青藏高原东侧边缘交汇地带, 地理坐标在东经 104°1' ~ 106°35', 北纬 32°38' ~ 34°31' 之间。东西长 221 km, 南北宽 220 km, 总面积 2.79 万 km², 是甘肃境内唯一的长江流域地区, 气候属亚热带向暖温带过渡区, 境内高山、河谷、丘陵、盆地交错, 气候垂直分布、地域差异明显, 也是暴雨、冰雹、干旱、低温冻害、雪灾、高温热害、大风、连阴雨、雷电等气象灾害多发区, 并且由气象灾害引发的衍生次生灾害对陇南经济建设和人民生命财产造成了巨大的损失, 其中由暴雨及暴雨引发的山洪、滑坡和泥石流造

收稿日期:2012-06-14; 改回日期:2012-09-23

作者简介:苏军锋(1984-), 男, 甘肃礼县人, 助理工程师, 主要从事现代、天气预报技术及 GIS 在气象领域应用的研究. E-mail: sjfsye@126.com

成的损失尤为严重。

2 资料和方法

2.1 资料来源

利用陇南市8县1区9个气象站1971~2010年降水历史资料以及2006年以来区域站资料,对暴雨日数进行统计,得到各乡镇年均暴雨日数(频次)(表1)。

表1 陇南市9个县(区)气象站
每10a年均暴雨日数

Tab.1 The annual mean rainstorm days of nine meteorological stations in counties of Longnan

县(区)名	经度 /°E	纬度 /°N	海拔高度 /m	暴雨日数 /10 a
宕昌县	104.38	34.03	1 753.7	1
文县	104.67	32.95	1 014.3	5
礼县	105.18	34.18	1 404.6	3
西和县	105.3	34.03	1 579	3
成县	105.72	33.75	970	8
康县	105.6	33.33	1 221.2	12
徽县	106.08	33.78	930.8	10
两当县	106.3	33.92	961.4	8
武都区	104.92	33.4	1 079.1	2

2.2 研究方法

首先为了消除各要素的量纲差异造成的影响,对各要素进行了无量纲化处理,同时利用各要素值和经纬度,海拔之间的残差分析,对回归方程的可靠性以及数据的变化趋势进行检验,而对于空间差值则主要利用了克里金内插法(Kriging)。克里金内插法主要利用区域内的测量数据和变异函数的结构特点,对区域内的变量进行插值,考虑了数据的空间自相关性,更符合空间数据的特点^[12]。对评价指标权重系数的计算应用了层次分析法(AHP),层次分析法可以将人的主观判断的定性分析进行量化,为定性定量相结合的分析方法,应用层次分析法可以按评估因素和各因素间的相互关系把参与评估的指标进行分层,建立一种分析结构,使指标体系条理化,从而达到评估的目的,在实际工作中有着广泛的应用^[13-14]。同样专家打分法在难以采用技术方法进行定量分析影响因素的灾害评估和评价等方面的研究也有着重要的作用^[7,12],本文则主要利用层次分析法的思想,结合陇南实际,构建了陇南市暴雨灾害综合风险区划体系(表2)。通过专家打分法对

影响暴雨灾害风险区划的因子及其指标的评定意见进行统计分析和归纳,对致灾因子危险性(B1)、孕灾环境敏感性(B2)、承灾体易损性(B3)、防灾减灾能力(B4)4个指标的主次作用做出判定,其中 $B1 > B2 = B3 > B4$,并建立判断矩阵,对判断矩阵的一致性进行检验,其中CR(一致性比例)为0.0275(< 0.1),判断矩阵通过一致性检验,说明上述4个指标的对暴雨灾害的主次作用的判定是可信的。同样对C2、C3和C4、C5、C6建立的判断矩阵也通过一致性检验。对指标权重系数的确定先通过层次分析法计算,并结合陇南暴雨灾害的特点,通过专家打分法等方法综合计算各指标的权重系数。在ArcGIS作图中还利用了自然断点法,自然断点法用统计公式来确定属性值的自然聚类,是减少同一级中的差异,增加级间的差异的方法^[15],同时还利用了反向无量纲化和栅格图层计算等,最后得到暴雨综合风险区划图。

表2 陇南市暴雨灾害综合风险区划体系表

Tab.2 The comprehensive risk zoning system of rainstorm disaster in Longnan

目标层	指标层	基础层
A 暴雨灾害 综合风险区划	B1 致灾因子危险性	C1 年均暴雨日数
	B2 孕灾环境敏感性	C2 坡度及高度
		C3 河网密度
	B3 承灾体易损性	C4 人口密度
		C5 GDP 密度
	B4 防灾减灾能力	C6 耕地面积比
		C7 人均 GDP

3 影响暴雨风险区划的评价指标及分析

3.1 致灾因子危险性分析及区划

陇南市是甘肃省暴雨发生最多的地方之一,其发生的时间主要集中在主汛期6~8月,由于暴雨发生的强度大,局地性强,频次高,成为造成陇南自然灾害中最主要的气象灾害,故选择暴雨过程发生的频次(年平均降水日数)作为致灾因子,一般致灾因子频次越高,强度越大,则暴雨造成的破坏损失越严重,其风险也越大。图1就是利用陇南市各县及乡镇年均暴雨日数资料,并对其标准化处理,用ArcGIS10.0软件中普通克里金插值方法和栅格计算器进行空间分析和参差分析求得得到栅格数据后,采用自然断点法将暴雨灾害致灾因子主要按年均暴雨

日数划分为高(≥ 1.3 d/a)、次高(1.3~1.0 d/a)、中(1.0~0.7 d/a)、次低(0.7~0.4 d/a)、低(< 0.4 d/a)5个级别,得到陇南市暴雨灾害致灾因子分布区划图,其空间分辨率为1 000 m \times 1 000 m。暴雨高风险区主要集中在康县、两当、武都南部以及文县局部,这主要是由于当地的地理生态环境造成的独特的气候特点,暴雨发生的次数相对较多。

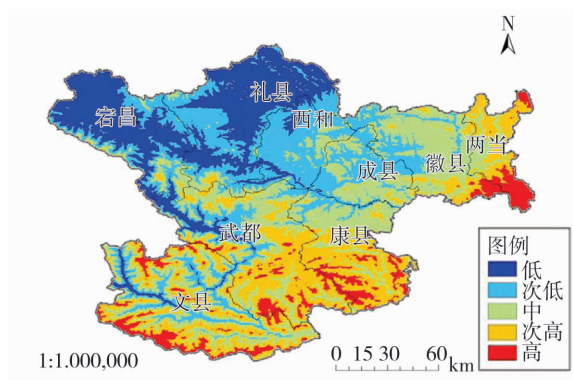


图1 暴雨灾害分布区划图

Fig. 1 The chart of rainstorm disaster zoning

3.2 孕灾环境敏感性分析及区划

孕灾环境主要指自然环境,在同样的暴雨条件下,不同自然环境状况的受灾风险性差异很大,文中着重考虑地形因子如坡度及高度、河网密度2个方面,其敏感性主要指研究区中外部环境对暴雨灾害的敏感程度以及高度和河网密度对暴雨灾害影响的程度,其中地形因子主要考虑地势高度,采用高程表示。根据地形高程的大小,将陇南的地形因子对暴雨灾害影响度根据专家打分评定,划分为5个级别(表3),其中高程越低,影响越大,敏感性越大,暴雨灾害风险性越大。同时根据河流长度和河流流域面积,通过 ArcGIS 中栅格计算器计算出河网密度(km/km^2)分布图(图2),其空间分辨率为1 000 m \times 1 000 m,按密度大小同样也划分为高(≥ 2.5123)、次高(2.5123~1.4338)、中(1.4338~0.8222)、次低(0.8222~0.3654)、低(< 0.3654)5个级别。由于高度的大小和河网密度的大小直接影响着暴雨成灾情况,通过专家综合分析,二者的权重比例相当,在孕灾环境敏感性中各占0.5,借助于 ArcGIS 软件,通过自然断点和加权平均法,按照造成暴雨灾害敏感性综合指数大小,划分为高(≥ 4.6319)、次高(4.6319~3.7792)、中(3.1889~3.7792)、次低(2.5329~3.1889)、低(< 2.5329)5个级别,得到孕灾环境敏感性区划图(图3),其空间分

辨率也为1 000 m \times 1 000 m,成县、康县敏感性等级高的区域相对集中,宕昌县、礼县敏感性等级低的区域较多。

表3 地形因子对暴雨灾害影响等级表

Tab. 3 The influencing ranking table of terrain on rainstorm disaster in Longnan

高程/m	等级
$> 2\ 666$	低
2 146 ~ 2 666	次低
1 725 ~ 2 146	中
1 318 ~ 1 725	次高
$< 1\ 318$	高

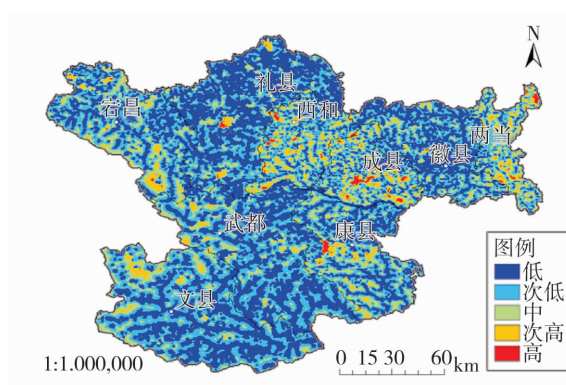


图2 陇南市河网密度区划图

Fig. 2 The chart of drainage density zoning in Longnan

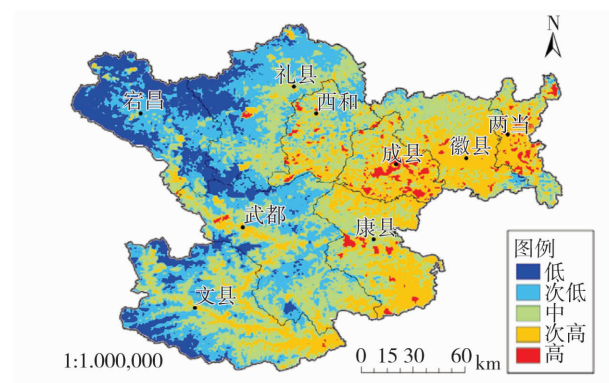


图3 孕灾环境敏感性区划图

Fig. 3 The chart of disaster environment sensitivity zoning

3.3 承灾体易损性分析及区划

承灾体易损性主要指可能受到暴雨等气象灾害威胁的所有人民生命财产的损失程度,这与该地区的人口和财产集中的程度有很大的关系,当人口和财产越集中,则易损性越高,可能遭受潜在损失越

大,气象灾害风险越大。因此,易损性主要考虑人口密度、GDP密度和耕地面积比3个方面,在其他灾害条件同样的情况下,人口密度、GDP密度和耕地面积比越大,则暴雨造成的损失就越严重。但由于各个因子对暴雨灾害的影响程度大小不同,故其权重系数也不同,通过陇南实际情况和专家打分综合考虑下,对人口密度、GDP密度和耕地面积比3个因子的权重系数分别赋值为0.5、0.3、0.2,通过ArcGIS进行叠加后,采用自然断点法得到承灾体的易损性区划图,其空间分布率为1000m×1000m,按各因子易损性综合指数大小划分为高(≥3.5350)、次高(1.9303~3.5350)、中(1.9303~1.1457)、次低(0.6108~1.1457)、低(<0.6108)5个级别,如图4,在大部分县城周围易损性风险都较高,而在整个陇南市南部则较低。

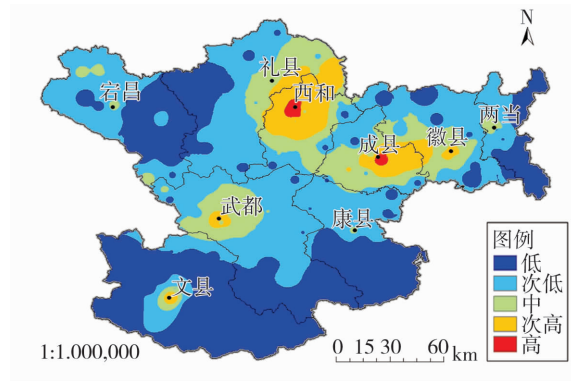


图4 承灾体的易损性区划图
Fig. 4 The chart of suffering flexibility zoning

3.4 防灾减灾能力分析及其区划

防灾减灾能力主要是指受灾区对灾害的抵御和在长期和短期内能够从灾害中恢复的程度,包括应急管理能力和减灾投入资源准备等,防灾减灾能力高低决定着在灾害中所受损失的大小,在相同的灾害条件下,防灾减灾能力越高,则受到的损失越小,其气象灾害风险也就越小。文中对防灾减灾能力主要考虑人均国民生产总值,因为考虑到国民生产总值间接或直接地影响着政府在防灾减灾工程等基础建设方面的投资多少,进一步影响着防灾减灾能力的强弱。图5是陇南市人均GDP分布图,可以看出成县、徽县人均GDP较高,该区域在防灾减灾能力相对较强,但其在暴雨灾害面前依旧不能满足防灾减灾的需求。而礼县、西和主要是人口密度较大,人均GDP不高,间接影响着防灾减灾能力。

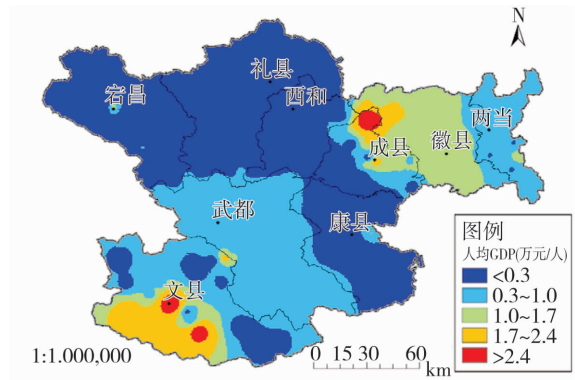


图5 陇南市人均GDP分布图
Fig. 5 The chart of per capita GDP zoning in Longnan

4 暴雨灾害综合风险区划与分析

4.1 暴雨灾害风险指数评估模型

根据陇南实际情况和专家的评估打分,建立了陇南市暴雨灾害风险指数评估模型如下:

$$DRI = (HW_h)(EW_e)(VW_v)(RW_r)[0.1(1 - a)R + a]$$

其中: DRI 是灾害风险指数; H 、 E 、 V 、 R 分别表示致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力4个因子, W_h 、 W_e 、 W_v 、 W_r 表示相应的权重系数,通过专家打分,分别赋值0.5、0.2、0.2、0.1; a 为常数,用来描述防灾减灾能力对于减少总的 DRI 所起的作用,考虑陇南市的实际情况,取值0.5。

4.2 暴雨灾害综合风险区划与分析

通过上面灾害风险指数评估模型,借助于ArcGIS软件,通过空间分析工具和栅格计算器,将致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力4个因子按照各自的权重系数作栅格计算叠加,最后得到陇南市暴雨灾害综合风险区划图,其空间分辨率为1000m×1000m,根据暴雨灾害风险综合指数大小划分为高(≥0.9720)、次高(0.8310~0.9720)、中(0.7088~0.8310)、次低(0.5584~0.7088)、低(<0.5584)5个级别(图6),可以看出陇南暴雨灾害高风险区主要集中在成县、徽县、两当和文县南部,其次,陇南东部和南部各县城附近风险等级也较高。

5 风险区划检验

通过对近10a的由暴雨造成的灾害统计,暴雨发生区域和高风险区有很好的对应关系,如2009年

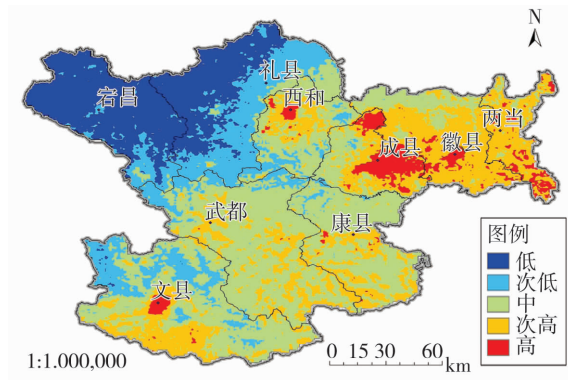


图6 陇南市暴雨灾害综合风险区划图
Fig.6 The comprehensive risk zoning
of rainstorm disaster in Longnan

7月17日康县大暴雨,2010年8月12日成县、徽县的特大暴洪灾害,其中以成县黄渚镇受灾最为严重,2011年8月17日成县、徽县的大暴雨,对当地社会经济建设和人民生命财产都造成了重大的损失,这些暴雨灾害发生的位置都在暴雨灾害综合风险区划图中的高风险区,因此,暴雨灾害风险区划可以为防灾减灾建设提供一定的指导性参考依据。

6 结论与讨论

(1) 通过 ArcGIS 软件的相关工具,分析出陇南暴雨灾害致灾因子高风险区主要集中在陇南东部康县、两当、以及武都南部和文县局部,孕灾环境的高敏感性区域主要集中在成县、康县,承灾体易损性高风险区主要在县城周围,且北部高于南部,防灾减灾能力较高的区域主要在徽县、成县和文县。

(2) 由暴雨灾害综合风险区划图看出,陇南暴雨灾害高风险区主要集中在成县、徽县和两当,而且县城周围风险等级相对较高。风险等级从西到东有逐级升高趋势。

(3) 由于造成暴雨灾害的影响因子很多,而且在不同的地方造成暴雨灾害的致灾因子、孕灾环境、

承灾体易损性和防灾减灾能力所涉及的因素及其权重各不相同,甚至存在很大差异,所以本文中所建立的评价模型及其风险区划的准确性还有待进一步的研究,特别是森林覆盖率、植被类型、土壤类型、地形地质结构以及城防体系建设和防洪基础设施建设等对暴雨灾害的影响还需深入研究。

参考文献:

- [1] 吴焕萍. GIS 技术在气象领域中的应用[J]. 气象, 2010, 36(3): 90-100.
- [2] 吴焕萍, 罗兵, 王维国, 等. GIS 技术在决策气象服务系统建设中的应用[J]. 气象应用学报, 2008, 19(3): 380-383.
- [3] 杜娟, 殷坤龙, 陈丽霞. 基于 GIS 的巴东县新城区滑坡灾害危险性区划[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(1): 149-155.
- [4] 顾留碗, 王春, 李伟涛, 等. 基于 GIS 的安徽省洪涝灾害风险区划研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(27): 16619-16621, 16683.
- [5] 陈贞宏, 杨益, 刘芳, 等. 基于 GIS 的贵州省暴雨灾害风险区划[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(19): 11778-11781, 11783.
- [6] 王磊, 张春山, 杨为民, 等. 基于 GIS 的甘肃省甘谷县地质灾害危险性评价[J]. 地质力学学报, 2011, 17(4): 388-399.
- [7] 唐余学, 廖向花, 李晶, 等. 基于 GIS 的重庆市山洪灾害区划[J]. 气象科技, 2011, 39(4): 423-427.
- [8] 王锡稳, 张铁军, 冯军, 等. 甘肃地质灾害气象等级预报研究[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 8-12.
- [9] 李军玲, 刘忠阳, 邹春辉. 基于 GIS 的河南省洪涝灾害风险评估与区划研究[J]. 气象, 2010, 36(2): 87-92.
- [10] 冯军, 尚学军, 樊明, 等. 陇南地质灾害降雨区划及临界雨量研究[J]. 干旱气象, 2006, 24(4): 20-24.
- [11] 王清川, 寿绍文, 田晓飞, 等. 廊坊市雷电灾害易损性分析、评估及易损度区划[J]. 干旱气象, 2009, 27(4): 402-408.
- [12] 何葵, 傅德平, 赵志敏, 等. 基于 GIS 的新疆降水空间插值方法分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 35-37.
- [13] 李春梅, 罗晓玲, 刘锦奎, 等. 层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用[J]. 热带气象学报, 2006, 22(3): 223-228.
- [14] 韩颖, 岳贤平, 崔维军. 气象灾害应急管理评价[J]. 气象科技, 2011, 39(2): 242-246.
- [15] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰. 基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 33-37.

The Risk Zoning of Rainstorm Based on GIS in Longnan of Gansu Province

SU Junfeng¹, XIAO Zhiqiang¹, WEI Bangxian¹, ZHAO Yanfeng², ZHANG Feng¹, LIU Lili¹

(1. Longnan Meteorological Bureau of Gansu Province, Wudu 746000, China;
2. Baoshan Meteorological Station of Shanghai, Shanghai 201901, China)

Abstract: Four factors of the rainstorm disaster, including disaster dangers, disaster environment sensitivity, suffering flexibility and disaster prevention or mitigation, were analyzed with methods of the analytic hierarchy process(AHP), experts assess, natural break-points and the inverse non - dimensional method based on the annual average rainstorm days, the DEM elevation data, and population density, per capita GDP and cultivated land area ratio of Longnan. Meanwhile, the model of the risk zoning of rainstorm disaster was established. Based on ArcGIS10.0 software, according to the Kriging and the grid - layer chart calculator analysis, the risk zoning chart of rainstorm disaster in Longnan was drew, which showed that the high risk zoning of rainstorm disaster mainly concentrated in Chengxian, Huixian and Liangdang, and the level of risk was higher around counties. And the risk zoning chart was almost consistent with the actual rainstorm disasters occurring in Longnan in recent ten years.

Key words: GIS; rainstorm disaster, risk zoning

(上接第 638 页)

Measure of Transmit Power and Improving Factors of the New Generation Weather Radar Using Microwave Instruments

LIANG Hua, LIU Yongqiang, XIE Wanjun, LIU Bingxin, SHI Jianjun

(Gansu Meteorological Information and Technic Support and Equipment Center, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The purpose and methods of a new generation of C - band weather radar's transmit power measurement and factors improvement were systematically expounded in this paper, and the parameter settings methods and measurement steps of microwave measuring instruments used in the test of power meter and spectrum analyzer were explained in detail. The real - time data analysis verified the correctness of the above - mentioned measurement methods, which provided the reference specifications of the radar test for radar technicians.

Key words: power; improvement factor; measurement; microwave instruments

~~~~~  
(上接第 644 页)

### Climate Planting District and Yield Prediction Model of Piteguo in Linxia of Gansu Province

JIA Xiaoqin<sup>1,2</sup>, MA Xuji<sup>2</sup>, YIN Xianzhi<sup>2</sup>, FU Zhengtao<sup>2</sup>, REN Yulong<sup>2</sup>, LIU Hui<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of Gansu Province, Lanzhou 730020, China;  
2. Linxia Meteorological Bureau of Gansu Province, Linxia 731100, China)

**Abstract:** Meteorological elements such as temperature, humidity, precipitation and sunshine hours are the main factors affecting the cultivation of Piteguo. In order to explore the suitability of temperature and humidity of Piteguo in Linxia of Gansu Province and establish the forecasting model of suitability of temperature and humidity, Piteguo yield data and meteorological observation during the same period were used in this paper. The climatic and ecological conditions in Piteguo planting region and influential factors of meteorological elements were analyzed during different growing period of Piteguo, and the comprehensive index system for climatic - ecological adaptability planting districts was established. The five growing periods of Piteguo from growth to fruit maturing were divided, and the multivariable regression method was used to establish space - time dynamic forecasting model for each growing period and realize meteorological yield forecast of Piteguo.

**Key words:** Piteguo; planting district; yield prediction