

# 西藏高原农牧区生态风险评估与管理策略 ——以山南地区扎囊县为例

周伟<sup>1,2</sup>, 钟祥浩<sup>1</sup>, 曾云英<sup>3</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 九江学院土木工程与城建学院, 江西 九江 332005)

**摘要:** 在研究区界定—风险源分析—风险受体分析—风险暴露分析—风险危害分析—风险综合评价的框架内, 评估了西藏山南地区扎囊县的生态风险, 并对风险容忍度分析—风险决策—抗风险措施实施策略等进行了讨论分析。扎囊县综合生态风险沿雅鲁藏布江呈现对称型分布, 并由河谷农业区向高山牧业区逐渐降低; 各亚区的主要风险源对风险受体的危害强度差异较大, 干旱是共同的风险源, 造成的农牧业生产损失最为严重; 抗风险措施主要有在河谷地带采取工程措施以提高抗旱、防洪和固沙能力, 在半山台地加强治理居民点及交通沿线的山地灾害, 在多雹区进行人工消雹; 在高寒牧区向牧民传播风险知识, 以加强其风险意识, 提高规避风险和灾后自救能力。

**关键词:** 生态风险; 评估; 管理; 西藏高原; 山南地区扎囊县

**中图分类号:** X820.4, Q149      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0164-06

20世纪30年代, 西欧和北美工厂设立的“允许职业性接触化学物限制制度(Permissible Occupational Exposure Limits for Chemical)”是用风险评估<sup>[1]</sup>方法解决环境问题的雏形。在1983年, 鉴于化学物质危害人类健康的严重性, 美国国家研究理事会(US National Research Council, USNRC)提出了识别和评估该类风险的概念模型, 包括危害识别(Hazard Identification)、暴露分析(Exposure Assessment)、毒理评估(Toxicity Assessment)和风险描述(Risk Characterization)等四个方面<sup>[2]</sup>。USNRC提出的风险分析方法对尔后的研究产生了深远的影响, 研究内容已超出了最初的人类健康风险评估, 并拓展到生态环境问题上<sup>[3~5]</sup>。起初的生态风险评估<sup>[6]</sup>(Ecological Risk Assessment, ERA)集中在评价有毒物质在生态系统中的迁移和转化以及最终可能对人类造成的影响, 该领域的ERA研究正不断被加强<sup>[7~11]</sup>; 生态风险源<sup>[12]</sup>对湿地<sup>[13]</sup>、淡水<sup>[14]</sup>、矿区<sup>[15]</sup>和草地<sup>[16]</sup>等不同类型的陆地和水域生态系统的影响<sup>[10~12]</sup>也得到了广泛关注。ERA研究的尺度也从局部生态系统拓展到区域层面上<sup>[17~18]</sup>, 并深入到农业生产中<sup>[19]</sup>。生态风险管理(Ecological Risk Management, ERM)<sup>[20]</sup>是生态系统管理<sup>[22]</sup>的重要组成部分, ERA为ERM提供支持, 二者相辅相成。

西藏高原的生态环境脆弱性问题突出, 具体表现为生态环境的整体不稳定性和生态环境对外力干预的敏感性, 生态环境脆弱性与人口高速增长和社会经济快速发展之间的矛盾日益尖锐<sup>[21]</sup>, 植被退化、土壤侵蚀加速、土地沙漠化和自然灾害等严重干扰着当地农牧业发展。在农牧区进行ERA和ERM研究, 有利于西藏高原这一特殊地理单元上的农牧业发展。本研究选择山南地区的扎囊县作案例, 着重讨论该地区农牧业生产的ERA和ERM。

## 1 研究方法

### 1.1 ERA分析

目前, ERA过程已形成固定模式, 其主要过程包括研究区的界定、风险源分析、受体分析、暴露分析、危害分析和风险综合评价等6个方面<sup>[22]</sup>。

1.1.1 研究区的界定及分区 扎囊县位于冈底斯山南侧, 雅鲁藏布江(以下简称雅江)中游河谷地带, 面积2 177 km<sup>2</sup>。地势南北高, 中间低; 雅江自西向东横贯境内, 沿江一带地势平坦, 海拔约3 600 m。该地区属半干旱温带高原气候, 但在海拔4 000~5 000 m间的地区已属半干旱亚寒带高原气候, 海拔>5 000 m的地区属半干旱寒带高原气候。年日照约3 091 h, 太阳辐射约7.6×10<sup>9</sup> J/m<sup>2</sup>; 海拔的不同, 年均温在3.6~8.3℃之间变动, 积温在1 600~

收稿日期: 2005-08-28

基金项目: 西藏高原生态环境脆弱性与生态安全预警系统研究(2004CCA03600)

作者简介: 周伟(1977-), 男, 江苏泰兴人, 博士生, 主要从事生态经济及区域可持续发展方面的研究。E-mail: aroundy@imde.ac.cn

3 000°C间;干湿季明显,年降水量约 377 mm,夜雨较多。该县以粮食生产为主,兼有牧、林业生产,主要种植冬小麦、青稞、油菜、豆类。2004年末,该县有  $3.65 \times 10^4$  人,分布在 5 个乡镇,65 个行政村内;粮食总产  $2.45 \times 10^4$  t,牲畜存栏数  $1.69 \times 10^5$  头(只)。根据县内自然条件、农牧业生产状况和人口密度等的不同,将研究区划分为 3 个亚区(图 1)。

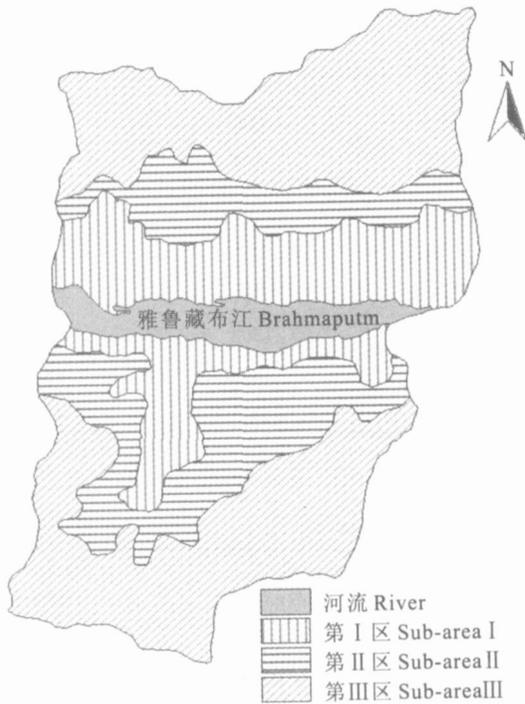


图 1 生态风险评价区界定

Fig. 1 The demarcation of ecology risk appraisal area

1.1.2 风险源分析 风险源分析指对可能对生态系统或其组分产生不利作用的干扰进行识别、分析和度量。根据触发因子的属性,将风险源分成自然生态风险源和人为生态风险源<sup>[15,22]</sup>。已有的研究选取的风险源多为重金属污染及自然灾害。

该地区以农牧业为主,生产中主要施用有机肥,化肥和农药的使用量极小;有少量的手工业和加工业,几乎没有工业污染,更谈不上重金属污染;有生活污水直接排放,仅对生活环境美观造成了危害。而区内自然灾害频繁,给生产生活造成了巨大损失,因此本研究选取自然灾害作为风险源。

干旱、大风、洪涝、霜冻和冰雹等自然灾害是区内最主要的生态风险源。旱害多发生于 6~8 月间,持续时间较长,严重影响粮食生产和人畜饮水;霜冻发生时间较早,以秋霜冻为主;冰雹主要发生在河谷

平坝与山地的交汇处,主要出现在 5~9 月;风灾主要出现在雅江河谷地带,大风挟带江沙侵蚀农田和村庄;洪涝多发生在 6~8 月,常淹没耕地,冲毁房屋。

1.1.3 风险受体分析 风险受体指在生态系统中可能受到来自风险源的不利作用的组成部分,它应该能够及时准确地对环境因素的改变做出反应<sup>[15,22]</sup>。在青藏高原脆弱的生态环境下,生态系统的生物生产对风险源干扰较为敏感。粮食种植和牲畜饲养是该区域主要的生物生产,在海拔  $< 4\ 500$  m 地带从河谷平坝地区至半山台地、从半干旱温带至半干旱亚寒带高原气候区均有耕地分布。1965~2004 年间,粮食产量由  $6.8 \times 10^3$  t 增长至  $2.45 \times 10^4$  t,同时耕地面积由  $3.93 \times 10^3$  hm<sup>2</sup> 增长至  $4.33 \times 10^3$  hm<sup>2</sup>;牲畜年末存栏数由  $9.56 \times 10^4$  头(只)增至  $1.69 \times 10^5$  头(只)。因而,本研究选用粮食和牧业生产作为风险受体。

1.1.4 暴露与危害分析 暴露分析是研究风险源在评价区域中的分布、流动及其与风险受体之间的接触暴露关系<sup>[15,22]</sup>。1965~2004 年间,该地区内的干旱、大风、霜冻和冰雹等风险源发生的频率、造成的损失及空间分布等见表 1。风险源在 1959~2004 年间造成了巨大的生物生产损失,粮食生产损失累计达  $2.39 \times 10^4$  t,年均 519.67 t;畜牧业生产损失  $4.76 \times 10^4$  头(只),年均 1 034 头(只)。旱灾的影响最为严重,发生频率高,累计受灾耕地面积达  $1.12 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,粮食损失量约占总损失的 68.54%。

1.1.5 风险综合评价 选用综合生态风险值<sup>[22]</sup>来度量第 I~III 区内各类风险源的强度、风险受体的特征以及风险源对风险受体的危害。综合生态风险值的计算公式为:

$$R = \sum P \times D$$

式中,  $R$  为生态风险值,  $P$  为各类生态风险源的发生概率(见表 1),  $D$  为该风险源造成的损失占总损失的比例。由表 2 可看出各类风险源的强度和危害,以干旱和洪涝的作用最为强烈,霜冻较弱。

## 1.2 ERM 分析

根据荷兰健康委员会 (Health Council of Netherlands) 的分析框架<sup>[20]</sup>,ERM 分析主要包括:确定风险容忍度 (Deciding on the Tolerability of Risk)、风险决策 (Deciding on Risk Measures) 和实施降低风险措施 (Implementing Risk Reduction Measures)<sup>3</sup> 个部分。

表 1 扎囊县生态风险源发生的概率及造成的损失

Table 1 The probability and damages of ecological risk sources in Zhanang County

类型 Type	分区 Sub-area	统计时段 Statistic period	发生次数 Frequencies	概率 probability (%)	损失牲畜数 Amount of livestock loss	损失粮食 Crop loss (10 <sup>4</sup> kg)
干旱 Drought	I	1959~2004	24	52.17	7520	1408.5
	II	1959~2004	16	34.78	12600	230
	III	1959~2004	7	15.22	19817	0
大风 Gale	I	1959~2004	35	76.09	1630	85
	II	1959~2004	0	0.00	0	0
	III	1959~2004	0	0.00	0	0
霜冻 Frost	I	1959~2004	9	19.57	654	41
	II	1959~2004	5	10.87	134	15
	III	1959~2004	3	6.52	2105	0
冰雹 Hail	I	1959~2004	10	21.74	114	124
	II	1959~2004	15	32.61	651	111
	III	1959~2004	5	10.87	191	0
洪涝 Flood and waterlog	I	1959~2004	16	34.78	1768	298
	II	1959~2004	11	23.91	87	78
	III	1959~2004	2	4.35	287	0

表 2 生态风险综合评价

Table 2 The integrated assessment of ecological risk

风险源 Risk sources	I 区 Sub-area I	II 区 Sub-area II	III 区 Sub-area III	全区 Region
干旱 Drought	0.3899	0.1256	0.0634	0.5789
大风 Gale	0.0531	0.0000	0.0000	0.0531
霜冻 Frost	0.0060	0.0010	0.0029	0.0099
冰雹 Hail	0.0118	0.0196	0.0004	0.0318
洪涝 Flood and waterlog	0.0563	0.0082	0.0003	0.0648
综合生态风险值 Integrated ecological risk value	0.5171	0.1544	0.0670	—

1.2.1 风险容忍度分析 设计半结构化问卷(Semi-structure questionnaire), 抽样调查各亚区内的群众对生态风险的态度。风险容忍度主要与群众关注程度、风险值高低、潜在后果和潜伏期等密切相关(表 3)。潜伏期是风险转化成灾害所经历的时间, 分为长期、中期和短期; 潜在后果是生态风险成为现实后, 将会造成的损害程度, 可分为严重、较大和轻微; 群众关注程度反映了当地人的风险意识, 分为高度关注、注意到和忽视 3 种情况。

1.2.2 风险决策 ERM 的目标是: 避免、减少风险源对风险受体的威胁, 最大限度地保障群众生命、财产安全。风险决策则是根据 ERM 目标, 在生态风险综合评价和分析风险容忍度的基础上, 合理地选择降低风险措施, 以制定出 ERM 方案。群众关注程度、风险值高低、潜在后果和潜伏期的不同组合

确定了多个容忍度水平, 有必要将全区进一步划分成若干风险管理亚区, 以便于风险决策。对不同地点的同一风险源, 可采用治理、监控、风险回避和风险损失控制等降低风险措施, 决策时应以“成本—效益”为基础, 确定合理的风险管理方案。

1.2.3 实施降低风险措施 区内农牧户的生活、生产活动范围以主要公路线为轴, 大致呈现对称分布。以交通干线为基础, 并根据社会经济活动强度将全区划分为 3 个风险管理亚区(图 2)。一方面, 沿交通线可方便地采集到生态风险监测和评价所需数据; 另一方面, 当风险成为灾害时, 可依托交通体系快速实施降低风险措施。降低风险措施包括以下内容: ① 制度与能力建设。专业人员匮乏、管理经费短缺和经验不足等是全区风险管理面临的主要问题, 而风险管理能力的提高源自科学且有效的风险

管理制度。因此,需要明确能力建设的目标,并制定相应的制度作保障;② 工程措施。对于一些群众高度关注、发生频率高、严重威胁生命财产及重要工程设施安全的风险源,在经济合理、技术措施可行的情况下,采取必要的工程措施予以治理;③ 监测风险。部分风险源的潜伏期长,短期内的危害不明显;若不加以重视,在人为干扰活动和自然基底变迁的长期作用下,风险值会上升,潜在的危害性很大,需要监测其发展过程;④ 规避风险。地广人稀的地区,受

治灾的成本一效益以及灾害发生的不确定性等因素限制,逐一治理各类灾害是不经济的。根据风险特征,在生产生活中规避特定的时段和地点,可有效地减少受灾损失。⑤ 风险知识传播。经验表明:当地人风险知识水平对于抗灾、救灾、避灾十分重要,灾害产生严重损失的一个重要原因是缺乏基础的风险知识。⑥ 自救。当风险成为灾害发生时,应当采取必要的措施来减少损失,并快速恢复生产,而等、靠、要的思想只会阻碍抗灾能力建设。

表3 生态风险容忍度评价

Table 3 The appraisal of ecological risk tolerability

容忍度水平 Level of tolerability	分布特征 Distributing characteristics	评价指标及其内容 Index and content of appraisal
低 Low	人口密集区 Population of high density 经济活动密集区 Active economy 重要基础设施附近 Adjoin to important infrastructure 河谷农业区 Agricultural area in valley	严重威胁群众生命、财产安全 Imperil life and property of local severely 存续期:短期~长期 Duration: short to long-term 风险值:低~高 Risk Value: low to high 群众高度关注 Local people pay high attention to
中 Middle	农牧交错区 Agro-pastoral ecotone 半山台地 Mesa 农牧户相对分散区 Farmers and herdsmen decentralized	较大的财产损失 Enormous property loss 存续期:中期~长期 Duration: middle to long-term 风险值:中~高 Risk Value: middle to high 群众仅注意到 Local people take notice of
高 High	人口居住极为分散区 Population distributed dispersedly 高寒牧场 Pasture of high altitude and cold	轻微的财产损失 Trivial property loss 存续期:短期~中期 Duration: short to middle-term 风险值:低~中 Risk Value: low to middle 群众忽视 Local people neglect

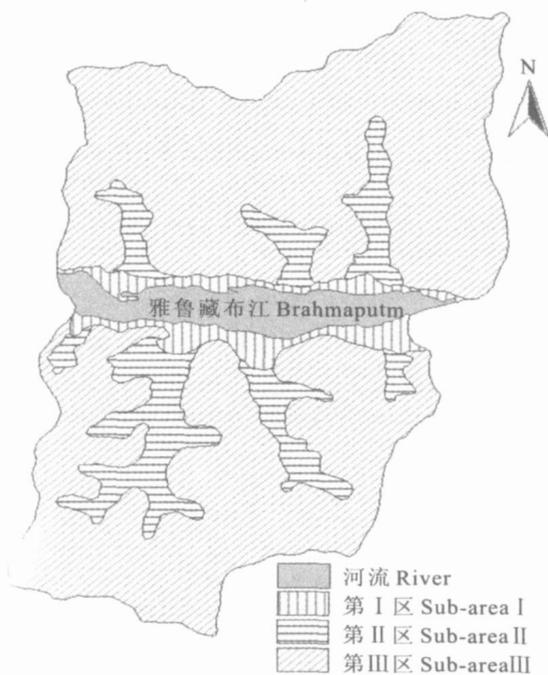


图2 生态风险管理分区

Fig.2 The sub-area of ecology risk management

## 2 结果讨论

### 2.1 生态风险综合评价

生态风险分布状况及造成的农牧业生产损失见图1和表1。综合生态风险(表2)呈对称型分布,并由河谷地带向两侧逐渐降低;各亚区内的主要风险源略有不同,其对风险受体的危害差异较大,其中干旱是各区内共同的风险源。

第I区在雅江宽谷地带及扎塘沟两侧,为河谷粮牧林区,海拔<3 800 m,人口密度>24 人/km<sup>2</sup>,社会经济活动强度大。综合生态风险值为0.517 1,远高于其他两个区。干旱、大风和洪涝是区内主要的风险源,三者对综合生态风险的贡献率高达96.56%,对风险受体的威胁强度是干旱>洪涝>大风。干旱发生频率达52.1%,造成的损失占全区粮食总损失的58.92%;年平均大风日>80 d,多发生在春季,大风沿雅江发生,并携带沙砾侵入了两岸的耕地、公路和居民点,危害该区的基础设施建设;洪涝发生时,耕地和住房常被水淹没,造成部分粮食减产和财产损失,但发生频率低,成灾面积小。

第II区分布在雅江宽谷以上的半山台地,区内

海拔 3 800~4 500 m, 为农牧过渡区, 人口密度 8~10 人/km<sup>2</sup>。综合生态风险值为 0.154 4, 干旱和冰雹是区内主要的风险源, 对综合生态风险的贡献率达 94.04%, 造成的粮食与牲畜损失占该区总损失的比重分别为 78.57% 和 98.36%。干旱对风险受体的威胁强于冰雹, 冰雹的成灾面积虽小, 但损失重大。

第Ⅲ区分布在Ⅱ区两侧, 区内地势高, 气候寒冷, 海拔 >4 500 m, 为高山寒冷牧业区, 以牧业为主, 人口密度 <4 人/km<sup>2</sup>。干旱是主要的风险源, 对综合生态风险的贡献率高达 94.63%, 造成的牲畜损失占该区总损失的比重为 88.47%, 占全区总损失的 41.67%。

## 2.2 生态风险管理

2.2.1 风险容忍度分析 当地人对生态风险的容忍度见表 3。群众首先关注造成重大生命、财产损失的风险源, 而忽视了一些过程缓慢、破坏程度轻且潜伏期长的风险源。风险容忍度与居民点的密集程度和社会经济活动强度成正相关, 并由雅江河谷农业区向两侧的半山台地和牧区逐渐升高。全县 5 个

集镇中有 4 个位于河谷农业区, 居民点、手工业、加工业、商贸业和社会活动等集中, 人口密度高, 每年遭遇规模不等的灾害, 生命、财产损失严重, 区内群众对生态风险的容忍度低, 风险意识高, 高度关注对一些风险源的治理; 在农牧交错区内, 居民点相对分散, 社会经济活动的集中程度不及河谷农业区, 历年遭受的灾害损失较轻, 群众的风险容忍度较高; 而在地广人稀的牧区, 牧户居住极为分散, 风险源的发生频率低, 遭受的损失较小, 风险没有引起牧民的重视, 因而区内的风险容忍度最高。

2.2.2 风险管理 根据生态风险综合评价结果、风险管理分区(图 2)以及风险容忍度等指标反映的不同情况分类进行风险管理。全区及各亚区的风险管理策略(表 4)是: 在全区层次上, 重点是制度建设和提高抗风险能力; 在第Ⅰ区内, 针对干旱、大风、洪涝等主要风险源开展工程措施, 提高抗旱、防洪和固沙能力; 在第Ⅱ区内, 加强对居民点及交通沿线的地质灾害的工程治理, 在多雹区进行人工消雹; 在第Ⅲ区内, 针对牧民的风险意识差特点, 通过各种途径向其传播风险知识, 提高规避风险和灾后自救能力。

表 4 扎囊县生态风险管理策略

Table 4 The management strategy of ecological risk in Zhanang County

生态风险区 Ecological Risk area	生态风险管理策略 Strategies of ERM	内容 Contents
全区 Region	建立风险管理制度 Establish risk management system 提高抗风险能力 Enhance ability of resisting risk	灾害与风险区划 Hazards and risk discrimination 机构组织, 防灾规划, 预警机制建立 Organization, hazards prevent programming, early-warning system 重点治理工程 Key engineering control 保险 Insurance 气象台、站和点建设 Building weather bureau, observatory and weather station 开展风险评价, 开发生态风险评价与风险管理软件 Carry out risk appraisal, develop software of risk appraisal and risk management
亚区Ⅰ Sub-area I	工程措施 Engineering works 监测及预警 Supervise and early-warning 教育 Education	堤坝、河道治理, 农田水利设施, 防护林 Dyke, river-way management, irrigation works, defend forest 设置观测点 Setup observation station 开设讲座, 向农户宣讲防灾减灾基本知识 Open course of lectures, promulgate knowledge of defend hazards
亚区Ⅱ Sub-area II	工程措施 Engineering works 建设畅通的救灾通道 Building expedite channels of salvage 人工消灾 Eliminate hazards by manual works	治理危害道路及居民点的地质灾害 Treatment of geological hazards imperiling roads and habitation 道路建设 Building roads 防雹等 Defend hails
亚区Ⅲ Sub-area III	规避 Evade 自救 Save themselves 风险知识传播 Promulgate knowledge of risk	避开灾害发生区和多发时段 Avoid the period and location hazards occurred frequently 地广人稀的牧场, 难以及时开展援助时自救 Save themselves when difficult to get aid from outside in wide pasture with few people 培训, 讲座 Training and Lecture

### 3 结 语

目前当地群众只关注了威胁其切身利益的自然生态风险源,对于生物多样性、外来物种的侵入、生态系统安全等仍没有最基本的认识。风险知识匮乏,风险意识不强,风险管理能力不足,受灾后群众的自救能力相当差,等、靠、要思想也相当严重。在全面建设小康社会的进程中,区内正在实施牧民定居、小集镇建设和农牧新村建设,基建的规模和强度是空前的,在工程建设中应当加强生态风险管理,防范各类灾害。

本研究在风险源和风险受体的选择中,仅择取了当前危害最为严重的自然灾害和遭受巨大损失的粮食和畜牧业生产;为更完整地评价青藏高原农牧区的生态风险及进行风险管理,除生态系统的生物生产外可将生物多样性、植被、土壤结构、野生动物栖息、高原景观和水土保持等纳入风险受体;农牧民行为、基建工程和产业结构调整<sup>[23]</sup>等社会经济活动对当地生态系统有不利影响,也可将其纳入风险源;为进一步提高生态风险斑块的精度,也应将局地发生的滑坡、泥石流、崩塌以及点状污染等纳入研究内容。

#### 参 考 文 献:

[1] 林道辉,朱利中,王静.小冶炼地区PAHs污染及其风险评价[J].生态学报,2005,25(2):261-267.

[2] Suter GW, Susan B. Norton, W. Barnhouse. The Evolution of Frameworks for Ecological Risk Assessment from the Red Book Ancestor[J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2003, 9(5):1349-1360.

[3] M. Power, L S McCarty. Risk-cost trade-offs in environmental risk management decision making[J]. Environment Sciences & Policy, 2000, 3(1):31-38.

[4] M Power, L S McCarty. Trends in the Development of Ecological Risk Assessment and Management Frameworks[J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2002, 8(1):7-18.

[5] Simon J T Pollard, Ray V Kemp, Mark Crawford, et al. Characterizing Environmental Harm: Developments in an Approach to Strategic Risk Assessment and Risk Management[J]. Risk Analysis, 2004, 24(6):1551-1560.

[6] Horst Monken Fernandes. Heavy metal distribution in sediments and ecological risk assessment: The role of diagenetic processes in reducing metal toxicity in bottom sediments[J]. Environmental Pollution, 1997, 97(3):317-325.

[7] María Dolores Fernández, Ekain Cagigal, María Milagrosa Vega et al. Ecological risk assessment of contaminated soils through di-

rect toxicity assessment [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62(2):174-184.

[8] Willie Peijnenburg, Arthur de Groot, Tjalling Jager, et al. Short-term ecological risks of depositing contaminated sediment on arable soil[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(1):1-14.

[9] Wataru Naito, Ken-ichi Miyamoto, Junko Nakanishi et al. Evaluation of an Ecosystem Model in Ecological Risk Assessment of Chemicals[J]. Chemosphere, 2003, 53(4):363-375.

[10] 刘文新,栾兆坤,汤鸿霄. 乐安江沉积物中金属污染的潜在生态风险评价[J]. 生态学报, 1999, 19(2):206-211.

[11] 郭平,谢忠雷,李军,等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价[J]. 地理科学, 2005, 25(1):108-112.

[12] Rachel Walker, Wayne Landis, Philip Brown. Developing A Regional Ecological Risk Assessment: A Case Study of a Tasmanian Agricultural Catchment[J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2001, 7(2):417-439.

[13] Stephen M. Smith, Dale E. Gawlik, Ken Rutchey et al. Assessing drought-related ecological risk in the Florida Everglades[J]. Journal of Environmental Management, 2003, 68(4):355-366.

[14] Daniel J Fisher, Dennis T Burton, Lance T Yonkos, et al. Derivation of acute ecological risk criteria for chlorite in freshwater ecosystems [J]. Water Research, 2003, 37(18):4359-4368.

[15] 程建龙,陆兆华,范英宏. 露天煤矿区生态风险评价方法[J]. 生态学报, 2004, 24(12):2945-2950.

[16] T Edwin Chow, Karen F Gaines, Michael E Hodgson, et al. Habitat and exposure modelling for ecological risk assessment: A case study for the raccoon on the Savannah River Site[J]. Ecological Modelling, Available 2005, (6):92-94.

[17] Yiannis G Matsinos, W F Wolff. An individual-oriented model for ecological risk assessment of wading birds [J]. Ecological Modelling, 2003, 170(2-3):471-478.

[18] Xuegong Xu, Huiping Lin, Zaiyi Fu. Probe into the method of regional ecological risk assessment—a case study of wetland in the Yellow River Delta in China[J]. Journal of Environmental Management, 2004, 70(3):253-262.

[19] 白美兰,侯琼,郝润全. 雨养农业区马铃薯产量的风险评估[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(1):6-10.

[20] G H Eduljee. Trend in risk assessment and risk management [J]. The Sciences of the Total Environment, 2000, 249(1-3):13-23.

[21] 钟祥浩,刘淑珍,王小丹,等. 西藏生态环境脆弱性与生态安全战略[J]. 山地学报, 2003, 21(1):1-6.

[22] 付在毅,许学工. 区域生态风险评价[J]. 地球科学进展, 2001, 16(2):267-271.

[23] 温仲明,杨勤科,焦峰,等. 基于农户参与的退耕还林(草)动态研究——以安塞县大南沟流域为例[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(2):90-94.

(英文摘要下转第193页)

- 版社, 1986. 2-3.
- [5] 李佩成. 地下水非稳定渗流解析法[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 116-144.
- [6] 魏小妹, 李佩成. 利用“割离井法”确定水文地质参数的图解法[J]. 地下水, 1993(4): 141-143.
- [7] 常安定. 级数的截断误差和割离井法的计算机实现[M]. 西安: 西安地图出版社, 2003. 159-180.
- [8] 李佩成. 测算潜水含水层渗透系数的“割离井法”[J]. 西北农学院学报, 1981(4): 57-70.
- [9] 张莲花. 基坑降水引起的沉降变形时空规律及降水控制研究[D]. 成都: 成都理工学院, 2001. 23-25.
- [10] 吕保华, 王保云. 长治市地下水人工补给方法浅析[J]. 山西水利, 2000. (5): 10-12.
- [11] 李云峰, 郑书彦, 田春声, 等. 引黄回灌研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996. 1-10.

## Analysis on artificial supply discharge and efficiency of mix-well in excessively pumping area

ZHANG Xue-zhen, Hu An-yan, He Yi

(Faculty of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** based on the test, the mix-well flow calculation is classified during artificial supply to the over pumping area. The mix-well flow variational process is quantitatively analyzed, including the artificial supply efficiency. The artificial supply process is analyzed using Grapher system. It is found that it existed an attenuation during artificial supply process by using mix-well in the over pumping area, which finally tended to stabilization. There was also silt by using eau douce to artificial supply. The research experience can be extended to solve the same problem occurring in cities and irrigation areas.

**Keywords:** Mix-well flow artificial supply test; well-flow calculation classifying; artificial supply process analyze; artificial supply efficiency

(上接第 169 页)

## Ecological risk assessment and management in farming-pastoral area in Tibet plateau

—Case study in Zhanang County Lhoka Prefecture

ZHOU Wei<sup>1,2</sup>, ZHONG Xiang-hao<sup>1</sup>, ZENG Yun-ying<sup>3</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041; 2. Graduated School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039; 3. Department of Civil Engineering, Jiujiang College, Jiangxi Jiujiang 332005)

**Abstract:** In the frame of plotting study area—risk sources analysis—risk suffer analysis—risk exposure analysis—risk imperil analysis—risk integrated analysis, the ecological risk in Zhanang County Lhoka Prefecture in Tibet was appraised, and risk management was carried out by risk tolerance analysis—risk decision making—implementing the measures of reducing risk. The results showed that: ①the integrated ecological risk was presented symmetrically along Brahmaputra, and was mitigated from valley farming area to mountain pastoral area; ②the hazards of main risk sources to risk suffer in each sub-region was differently, drought was the common risk source and imperils farming and stock raising severely; ③aimed at enhancing the ability of fighting drought, controlling flood and stabilizing sand engineering measures should be taken steps to prevent those hazards; mountain hazards must be controlled in resident area and along arterial traffic; manual work should be done to void hail in those area where hails attacked heavily; there is need to promulgated risk knowledge to herdsmen for strengthening their risk consciousness and improve the ability of preventing risk and self-help after hazards happened in the pasturing area.

**Keywords:** ecological risk; appraisal; management; Tibet plateau; Zhanang County Lhoka Prefecture