

# 朝阳地区干旱周期与演变规律研究

张丹 (辽宁省水利水电科学研究院, 辽宁沈阳 110003)

**摘要** 基于 SPI 标准化降水指标能反映干旱时间和空间分布特征的优点, 将其作为干旱规律和周期的分析指标, 然后利用功率谱分析法, 对朝阳地区的干旱周期和干旱规律进行了研究。结果表明, 朝阳地区是个旱情频发的区域, 除极易发生轻旱外, 还易发生中旱和特旱, 秋冬季节会经常发生特旱, 这为来年春天的播种带来困难; 同时, 朝阳地区旱涝呈现 5~10 年的周期性波动, 具有一定的规律性和周期性。

**关键词** SPI 指标; 干旱规律; 干旱周期

中图分类号 S423 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)10-04376-03

## Study on Drought Period and Evolution Law of Chaoyang Area

ZHANG Dan (Water Conservancy and Hydropower Science Research Institute of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110003)

**Abstract** Based on the advantages of reflecting drought spatial and temporal distribution characteristics, standardized precipitation index (SPI) was used as analysis index to study drought period and rules of Chaoyang Area with power spectrum method. The results showed that Chaoyang was a frequent drought region. In addition to light drought, moderate drought and severe drought were also easily occur, especially in autumn and winter, which would brought lots of difficulties for sowing seeds in next spring. At the same time, the drought and flood period of Chaoyang was fluctuant from five to ten years, with certain regularity and periodicity.

**Key words** Standardized Precipitation Index; Drought rules; Drought period

干旱规律和周期研究是不同时间尺度的干旱预报和干旱控制对策的重要科学依据, 所以众多学者基于多种方法探索不同时空尺度下的干旱规律<sup>[1]</sup>。最早的干旱分析方法是采用历史记载和树木年轮资料推算干旱周期。至 20 世纪 50、60 年代, 学者们就开始利用历史文献记载的气候资料研究干旱演变规律, 20 世纪 70 年代末中国气象科学研究院收集整理了 1 470 年以来的旱涝资料, 编制了《中国近 500 年旱涝分布图》<sup>[2]</sup>, 后来学者们分别采用降水距平<sup>[3-4]</sup>、Z 指数<sup>[5-6]</sup>、帕默尔指数<sup>[7-8]</sup>、SPI 标准化降水指数<sup>[9]</sup>, 应用概率统计、小波变换及功率谱等方法对干旱规律进行了研究。笔者选取能够反映干旱时间和空间分布特征的标准化降水指标——SPI 作为干旱规律和周期的分析指标, 然后利用功率谱分析法, 研究了辽宁省西部朝阳地区的干旱周期和干旱演变规律, 以期对辽宁省干旱预报和干旱控制提供依据。

## 1 研究区概况与研究方法

**1.1 研究区概况** 辽宁省纬度高, 气温低, 常受低气压影响, 降水相对稳定, 但时有干旱发生, 尤其是辽西地区受到山脉阻隔, 来自东南的暖湿气流很难到达, 导致区域降水稀少, 成为辽宁省易旱地区。朝阳市位于辽宁省西部, 属于冀北辽西侵蚀低山丘陵地区, 地势由西北向东南倾斜, 地理位置见图 1。朝阳地区既有连绵起伏的低山, 又有沟壑低横的丘陵和沿河缓平的冲积平原, 区域降水少, 温差大, 积温高, 日照时间长, 地处大陆性中温带半干旱季风气候区, 由于受季风气候和地形因素的影响, 特别是辽西山脉阻挡从东南方来的暖湿气流, 导致区域降水少, 空气湿度低, 极易产生干旱, 区域降水时空分布极不均匀, 也成为区域干旱频发的主要原因

之一。朝阳地区多年平均降水量仅为 486 mm, 并集中在 7、8 月份。在辽宁省 14 市中, 尽管朝阳市的国土面积占全省 1/10, 人口总数占 1/12, 但 GDP 不足 2%, 造成区域经济落后的最重要原因就是干旱缺水。20 世纪 70 年代朝阳地区修建了 200 多座中小型水库, 但由于水土流失造成泥沙淤积, 目前只剩下 76 座, 蓄水能力受到严重影响。因此, 朝阳市是一个水资源严重匮乏的地区。

**1.2 干旱定义及干旱分类** 干旱是指水分的收支或供求不平衡造成的水分短缺的现象, 是因某一具体时段降水量比多年平均显著偏少而发生的灾害。干旱的发生与多种因素有关, 如降水、灌溉条件和作物抗旱能力等, 因而不同学科不同领域对干旱的定义和分类有所不同, 一般将干旱分为 4 类, 即气象干旱、水文干旱、农业干旱及社会经济干旱。这 4 种类型的干旱之间存在着相互交叉、彼此包含的关系。在这 4 类干旱中, 气象干旱是造成其他 3 种干旱的最基本的原因。当气象干旱为轻旱时, 对农业和社会经济影响是不严重的, 当发展到重旱和极旱时其影响才明显表现出来, 在该种情况下气象干旱一般能够代表其他干旱。

由于影响旱涝的主要原因是区域的水分亏缺, 降水的多少是直接影响区域旱涝的最主要因素。国家标准《气象干旱等级》GB/T20481-2006 中单项气象干旱指数共有 5 种, 目前在干旱的分析研究中运用最为广泛、对干旱导致因素考虑较为全面的是 SPI 标准化降水指标。SPI 标准化降水指标抓住影响干旱的降水这一主导因子, 通过概率密度函数求解累计概率, 再将其标准化, 使其既能反映不同地区又可反映不同时间尺度的干旱情况。SPI 指标对气象干旱变化敏感, 可很好地反映区域的干旱状态。该研究以 SPI 指标为基础, 研究朝阳地区的旱涝发展规律。

**1.3 SPI (标准化降水指标) 简介** SPI 标准化降水指标是由 McKee 等<sup>[10]</sup>于 1993 年提出的该指标可以定量分析多时段降水量短缺情况, 这些时段反映出干旱对各种水资源可利

基金项目 水利部公益性行业项目 (201101061)。

作者简介 张丹 (1981-), 女, 辽宁铁岭人, 工程师, 博士, 从事抗旱减灾与农田水利研究, E-mail: zhangdan\_0915@126.com。

收稿日期 2013-03-26

用量的影响。基于此,McKee 等设计了不同时间尺度的 SPI 指标,对不同时间段的干旱作出响应。

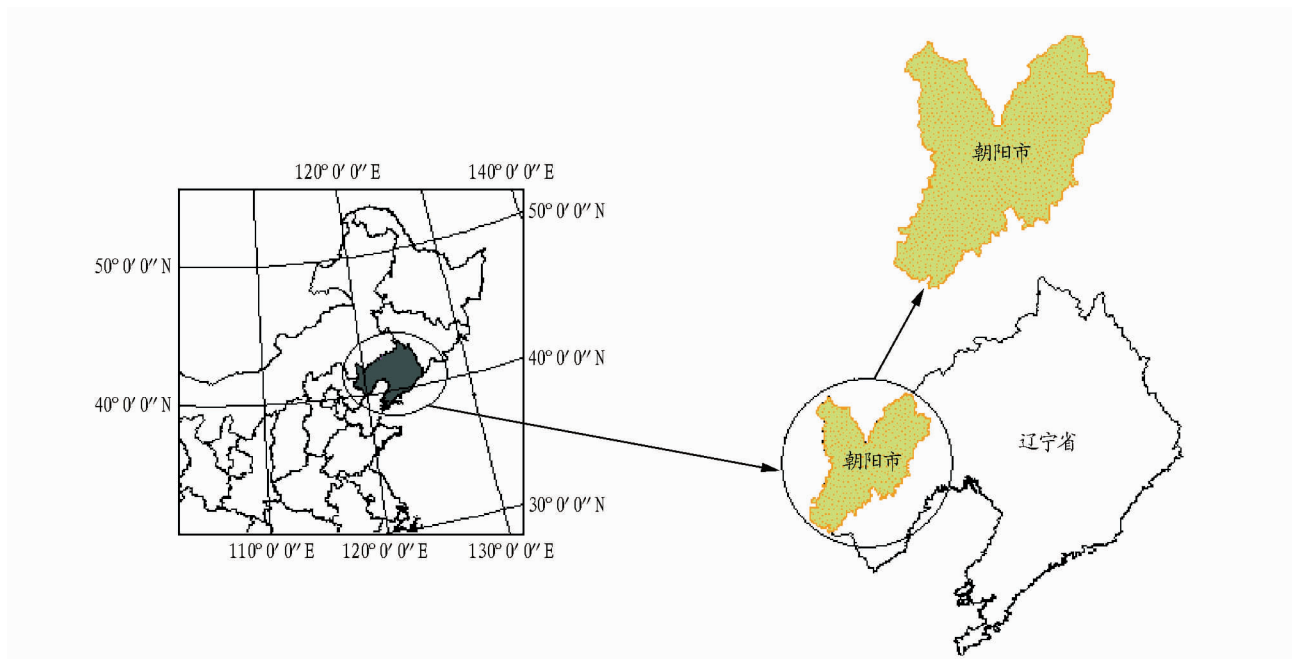


图1 朝阳地区地理位置示意

SPI 标准化降水指标采用  $\Gamma$  分布概率来描述降水量的偏态分布变化,再计算给定时间尺度的累积概率,然后将其转化成标准正态分布,最后得到 SPI 值。SPI 标准化降水指标的具体计算方法如下:

假设某一时间尺度下的降水量为  $x$ ,则其  $\Gamma$  分布的概率密度函数为:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

式中, $x$  为时段降水量( $x > 0$ ); $\alpha > 0, \beta > 0$  分别为形状参数和尺度参数,最佳  $\alpha, \beta$  估计值可用极大似然估计法求得,计算公式为:

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + 4A/3}}{4A}$$

$$\hat{\beta} = \bar{x} / \hat{\alpha}$$

式中, $A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$ ,其中  $n$  为降水量序列的长度。

给定时间尺度的累积概率计算方法为:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t/\hat{\beta}} dt \quad (2)$$

式中, $t = \frac{x}{\hat{\beta}}$ 。根据上述公式,编制程序,可计算出不同时间尺度的 SPI 指标值,根据 SPI 值大小和等级划分标准(表 1),可确定区域的旱情等级。

表1 SPI 干旱等级划分标准

等级	类型	SPI 值
1	无旱	$SPI > -0.5$
2	轻旱	$-1.0 < SPI \leq -0.5$
3	中旱	$-1.5 < SPI \leq -1.0$
4	重旱	$-2.0 < SPI \leq -1.5$
5	特旱	$SPI \leq -2.0$

## 2 结果与分析

以朝阳站作为代表站,选取 1953 ~ 2009 年的降水量为基本资料,对旱涝状况进行分析。根据 SPI 标准化降水指标,以 1 个月为尺度,统计分析朝阳 1953 ~ 2009 年不同干旱持续期出现次数、干旱强度、干旱发生频率和发生周期。

### 2.1 各级旱情发生频率

**2.1.1 各年份各级旱情发生频率。**在 1953 ~ 2009 年间,朝阳地区只有 1956 和 1971 年的 1 ~ 12 月未发生过任何等级干旱,其他年份均有不同级别的干旱发生。1953 ~ 2009 年 57 年间共有 684 个月,根据 SPI 指标计算结果(图 2),共有 274 个月发生干旱,干旱发生频率为 40.1%,其中特旱发生频率为 13.6%,重旱发生频率为 3.5%,中旱发生频率 8.2%,轻旱发生频率为 14.8%。通过分析发现,朝阳地区持续 3 个月的干旱为 11 次,持续 4 个月的干旱为 5 次,持续 5 个月以上的干旱为 6 次。持续时间最长的是 1962 年 10 月至 1963 年 6 月的干旱,共持续 9 个月,期间的降水仅为 75 mm,较多年同期均值 182 mm 少了 107 mm,仅为多年均值的 41%。朝阳地区的干旱不像某些地区持续非常长的时间甚至是跨年度持续,朝阳的干旱会在持续一段时间后以 1 场或几场降水得到缓解。

**2.1.2 各季节各级旱情发生频率。**对春、夏、秋、冬 4 个季节的旱情进行了统计分析,各季节各级旱情发生频率见表 2。

表2 朝阳地区不同等级旱情发生频率

季节	总频率	2 级频率	3 级频率	4 级频率	5 级频率
春季	0.322	0.158	0.053	0.035	0.076
夏季	0.345	0.170	0.129	0.029	0.018
秋季	0.357	0.135	0.076	0.053	0.094
冬季	0.579	0.129	0.070	0.023	0.357

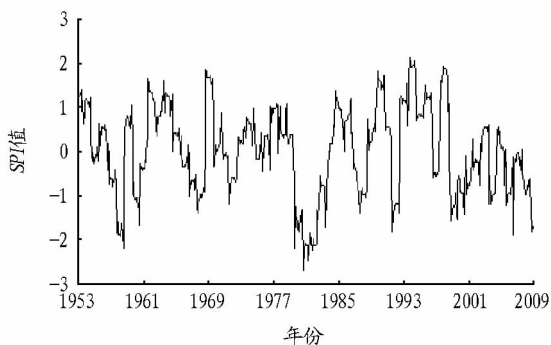


图2 朝阳站12个月SPI滑动平均曲线

**2.1.2.1 春季(3~5月)干旱频率。**朝阳地区的春季干旱发生频率为32.2%,其中特旱发生频率为7.6%,重旱发生频率为3.5%,中旱发生频率5.3%,轻旱发生频率为15.8%。在3~5月中,3月要比4和5月易发生干旱,春季较易发生特旱和轻旱。

**2.1.2.2 夏季(6~8月)干旱频率。**朝阳地区的夏季干旱发生频率为34.5%,其中特旱发生频率为1.8%,重旱发生频率为2.9%,中旱发生频率12.9%,轻旱发生频率为17.0%。在6~8月中,7和8月较易发生干旱,此外,夏季是轻旱和中旱频发的季节。

**2.1.2.3 秋季(9~11月)干旱频率。**朝阳地区的秋季干旱发生频率为35.7%,其中特旱发生频率为9.4%,重旱发生频率为5.3%,中旱发生频率7.6%,轻旱发生频率为13.5%,干旱的高发使得朝阳地区经常发生“秋吊”现象。

**2.1.2.4 冬季(12月至次年2月)干旱频率。**朝阳地区的冬季不同等级干旱发生频率为57.9%,其中特旱发生频率为35.7%,重旱发生频率为2.3%,中旱发生频率7.0%,轻旱发生频率为12.9%。之所以冬季特旱频发,是因为57年中有6年的冬季降雨量为0,导致区域冬季异常干旱,持续干旱少雨经过一冬的长时间累积,若再赶上春季降水不足,朝阳地区的春耕经常受到干旱威胁。

综上所述,朝阳地区春季主要以轻旱和特旱为主;夏季会经常出现中度干旱,并且极易发生“秋吊”现象;在冬季也极易发生干旱,经统计,冬季多年平均降水量仅为6.3 mm,研究的57年中有35年的冬季降水在均值以下,冬季旱情发生率为57.9%,经过一冬的干旱累积,给朝阳地区的春季播种带来了严重影响。

**2.2 朝阳地区干旱周期分析** 旱情周期的阶段性变化使其变得复杂,给人们分析干旱周期、运用干旱周期指导生产带来困难。它体现了周期的不严格性及其发生条件,对于不同阶段、不同资料、不同样本长度具有不同的周期,所以给人们分析周期、运用周期带来困难。

功率谱法是常用的进行周期性检验的方法,应用功率谱法对朝阳站进行周期分析,最大值滞后长度为60(月)时(图3), $S(1) = 0.51$  信度水平为0.05时,检验置信上限噪音谱为 $Sk(1) = 1.7901$ , $S(1) < Sk(1)$ ,周期为60个月。同理,若最大滞后时间取120(月)时,可得到周期为120个月左右,与最

大滞后长度为60(月)时的结论相同。综上所述,可认为朝阳地区的干湿周期为60~120个月,即5~10年。

从12个月SPI指数的滑动平均来看(图2),在1953~2009年间朝阳地区干湿状况频繁交替出现,57年间共可划分为4种显著情况,即干湿交替期、均衡期、湿润期和干旱期。

对1953~2009年的干湿状况进行分析。由表3可知,1953~1959年区域旱涝交替出现;1960~1966、1967~1972年干湿状态继续交替出现;直到进入1973年后,朝阳地区进入旱涝均衡时期,该种均衡期直到1979年被破坏;1979~1987年又开始出现干湿交替状态,1988~1993年该种干湿交替出现继续发展;1993~1998年间朝阳地区进入湿润的状态,期间的年均降水量为609.0 mm,较多年均值多出123.0 mm,该种状况一直持续到1999年;从1999年开始,朝阳地区进入干旱期,该种状态一直维持到2009年,期间只有2003年的降水较充足,全年降水量为531.9 mm,高于多年均值,干旱段内其他年份年平均降水量仅为382.0 mm,比多年平均值少104.0 mm,减少量约为21%。从1953~2009年的演变趋势看,干旱即将结束,2009年正处于干旱期的边缘,或者是下一个周期的开始。

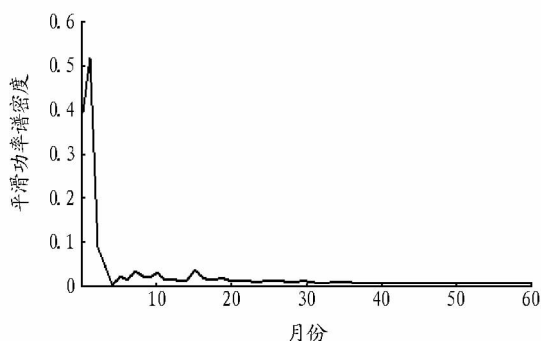


图3 朝阳地区旱涝周期功率谱分析

表3 朝阳地区干湿周期分析

时段	状态	持续时间//a	最大SPI	最小SPI	SPI均值
1953~1959	干湿交替	7	1.41	-2.18	0
1960~1966	干湿交替	7	1.65	-1.67	0.38
1967~1972	干湿交替	6	1.84	-1.39	0.11
1973~1978	均衡期	6	1.06	-0.68	0.32
1979~1987	干湿交替	9	1.34	-2.66	-0.28
1988~1993	干湿交替	6	1.81	-1.80	0.08
1994~1998	湿润期	5	2.11	-0.58	1.01
1999~2009	干旱期	11	0.59	-1.88	-0.62

### 3 结论

将标准化降水指标SPI作为旱涝评价指标,对朝阳地区的旱涝等级进行了划分,并以SPI指标为基础,研究了朝阳的旱情演变规律和变化周期。该研究表明,SPI指标抓住了影响干旱变化的降水这一主导因子,对干旱变化敏感,将其应用于旱涝等级划分,可很好地反映朝阳地区的旱涝状态;通过SPI指标计算值,得出朝阳地区是个旱情频发的区域,朝阳地区除极易发生轻旱外,还易发生中旱和特旱,由于冬

以南方广泛种植的桉树为例,笔者经常接到有关桉树病害的咨询,生产者多是发送叶部症状的信息。此时,首先向生产者了解的是病害的严重程度,如是否导致植株的死亡,再进一步向生产者说明希望了解根部和茎部的症状。实践证明,该类情况绝大多数的诊断结果都是青枯病和焦枯病等少数几种致死性病害,叶部症状仅仅是表象。

生产者由于专业知识和经验所限,不能提供病害本质的信息十分正常,这也正是专家工作的价值所在。但在少数情况下,生产者还会提供一些与病害无关甚至错误的信息,极易对专家诊治产生干扰。笔者曾诊治过一个病例,由于生产者提供的信息较详细,笔者认为有把握得出可靠结论。但生产者始终认为有一个现象无法解释:部分罹病植株的茎部发生了断裂,且断裂部位无任何其他症状表现,如变色、腐烂、失水等。由于无法说明断裂的原因,就无法排除前期诊断结果错误的可能性,只得应生产者要求驱车 4 个小时前往现场调查,后发现断裂的植株都已倒地,未倒地的植株无断裂,裂口实际是生产者为了仔细观察冠部与茎部症状而推倒植株,植株茎部撞击地面产生,与病害无任何关系,现场重复同样操作也证明了该结论。该种情况相对较少,但可能会对专家诊治造成困难,此时需要专家利用专业知识对相关信息进行综合梳理筛选,从中排除错误信息的干扰。在上述病例中,由于断裂现象无法用病理学知识解释,即说明其值得怀疑,此时的主要担心——是否会由于信息量不足导致前期诊断错误,如再对生产者的操作进行详细询问来增加相关的信息量,是完全有可能发现植株倒地和断裂之间的关系。

#### 4 “诊”与“治”并重

专家诊治有时和生产实际有一定矛盾。主要在于前者

会不自觉地偏向基础研究,希望在准确细致的结果的基础上再进行防治,所以会要求生产者提供尽可能详细的病害相关信息。而实际情况是生产者由于各种原因并不能提供完整准确的信息,导致专家只能得出“疑似”的诊断结果,又必须在此基础上解决问题,此时需要专家准确处理“诊”与“治”的关系。以常见的林木真菌病害为例,远程诊断基本是思维推导的过程,无法用试验完成柯赫证病律,所以无法象发表论文一样鉴定病原菌到属或种,在学术的严谨性上似乎有所欠缺。但这并不妨碍远程诊断的发展,因为各种病害防治的方法虽有差别,但始终处于一个科学的指导思想之下。从“预防为主,综合防治”到“有害生物综合治理”,再到“森林健康”和“植物医学”,只要人们遵循病害防治的指导思想,防治工作就不会偏离正确的轨道。因此,除对生产者在提问过程中进行引导外,诊断的结果需要具体到何种程度应视在它的基础上能否提出具体有效的防治方案,部分工作可以转移至基础研究中,以弱化“诊”与“治”的矛盾。

另外,专家在远程诊断时要考虑到防治方案的可操作性。例如,笔者曾了解到有生产者抱怨某专家建议使用的农药在当地市场上没有销售;笔者也曾经向生产者建议使用树干注射防治病害,但生产者回应既无器械也不懂其操作技能。解决上述问题需要专家保持对基层实际情况的掌握,并与生产者进行反复沟通。

#### 参考文献

(上接第 4378 页)

季和秋季的降水极少,朝阳地区在秋、冬季节会经常发生特旱现象,这为来年春天的播种带来困难;朝阳地区的旱涝呈现出一定的规律性和周期性,通过功率谱分析法,得出朝阳地区的旱涝呈现 5~10 年的周期性波动,当干湿交替出现后则会会出现一段平衡过渡期,随后会被一次大旱或大涝打破,再次进入干湿交替,交替一段时间后就会出现持续的湿润期和干旱期。

#### 参考文献

- [1] 孙永罡,白人海,谢安. 中国东北地区干旱趋势的年代际变化[J]. 北京大学学报:自然科学版,2004,40(5):806-813.
- [2] 李玉中,程延年,安顺清. 北方地区干旱规律及抗旱综合技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002.

- [1] 王卫文. 远程诊断专家系统在城市森林病虫害防治中的应用[J]. 中国城市林业,2004,2(5):52-53.
- [2] 谭三清,尹芳志,张贵,等. 森林病虫害远程诊断及实现[J]. 中南林业科技大学学报,2009,29(6):189-192.
- [3] 成福云. 干旱灾害对 21 世纪初我国农业发展的影响探讨[J]. 水利发展研究,2002,2(10):31-33.
- [4] 黄志英,梁彦庆,冯忠江. 河北省环境旱化的气候分析[J]. 干旱区研究,2003,20(4):326-329.
- [5] 张存杰,王宝灵. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
- [6] 孙安健,高波. 华北平原地区地区夏季严重旱涝特征诊断分析[J]. 大气科学,2000,24(3):393-402.
- [7] 安顺清,邢久星. 修正的帕默尔干旱指数及其应用[J]. 气象,1985,11(12):17-19.
- [8] 安顺清,邢久星. 帕默尔旱度模式的修正[J]. 气象科学研究院院刊,1986,1(1):75-81.
- [9] MCKEE T B, DOESKEN N J, KLEIST J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[J]. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, 1993, 5:179-184.
- [10] 孙荣强. 干旱定义及其指标评述[J]. 灾害学,1994,9(1):17-21.