

## 浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系的研究

张东, 丁国栋, 马士龙, 马义虎

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

**摘要:** 以防为主的荒漠化防治策略是荒漠化危害预警的基本出发点, 因此对于荒漠化预警的研究尤显重要, 但是长期以来人们一直没有形成一个统一的荒漠化预警指标体系, 使预警工作难以进行。以地表稳定性为依据, 结合当地植被盖度, 通过对实地调查数据进行分析, 初步提出浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系。但是由于研究问题本身的复杂性以及工作范围的局限, 建立普遍适用的荒漠化预警体系和模型还有待于进一步的深入。

**关键词:** 浑善达克沙地; 荒漠化; 预警; 指标体系

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0079-04

### Research on Indicator System of Early-warning of Desertification Damages in Hunshandake Sand

ZHANG Dong, DING Guo-dong, MA Shi-long, MA Yi-hu

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract** Prevention oriented strategy for combating desertification is the basis of the early warning of desertification damages. Based on the stability of land and the vegetation indicator and the investigation on the spot, the indicator system of desertification damages early warning in Hunshandake Sand was put forward. But there are still a lot of work to do in constructing a general model for desertification early warning.

**Key words:** Hunshandake Sand; desertification; early warning; indicator system

“荒漠化(desertification)系指包括气候变化和人类活动在内的各种因素作用下, 干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化<sup>[1]</sup>。荒漠化是全球性的环境问题之一, 土地荒漠化所造成的生态环境退化和经济贫困, 已成为21世纪人类面临的最大威胁, 因而防治荒漠化不仅是关系到人类的生存和发展, 而且是影响全球社会稳定的重大问题。我国的荒漠化涉及18个省市自治区, 荒漠化土地总面积为267.4万km<sup>2</sup>, 占国土面积的27.9%, 其中风蚀荒漠化土地每年还以3436 km<sup>2</sup>的速度扩展<sup>[2]</sup>。粗略估算, 全国因土地荒漠化灾害所造成的经济损失达480亿元<sup>[3]</sup>, 荒漠化形势十分严峻。

荒漠化作为一种生态环境灾害, 其直接表现是沙丘流动埋压农田、房屋、道路及其它工程设施; 土壤退化造成有机质、养分的损失, 土壤肥力下降; 植被退化使生物生产力和多样性降低, 保护能力下降。对荒漠化的适时预警和合理决策是走出荒漠化防治误区, 有效抵御和减免灾害的惟一有效途径<sup>[4]</sup>。但是长期以来人们一直没有形成一个统一的荒漠化预警指标体系, 使预警工作难以进行。本文以地表稳定性为依据, 结合当地植被盖度, 通过对实地调查数据进行分析, 初步提出浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系<sup>[5-7]</sup>。

### 1 预警理论概述

虽然思想古已有之, 但预警一词最早出现于军事领域, 19世纪末期被应用于宏观经济监测与调控, 随着卫星技术及计算机技术的发展, 20世纪80年代开始被用于灾害监测。随着系统动力学、3S技术和计算机及其网络技术的发展, 预警思想在理论、预警技术系统方面得到发展, 并展现出良好的应用前景。现应用于全球环境监测、区域生态环境监测、农业资源监测、森林资源监测、社会可持续发展。

荒漠化预警指标包括警情指标、警源指标和警兆指标。警情指标是预警研究的对象, 是指已存在或潜伏着的荒漠化问题; 警情产生于警源, 又必然产生警兆。因此, 预警系统应以警情指标为对象, 以警源指标为依据, 以警兆指标为主体<sup>[9]</sup>。

#### 1.1 警情指标

根据荒漠化的定义, 荒漠化警素主要是气候变异和人为活动形成的土地退化, 其实质就是地表稳定性的变化, 表现为土壤物质流失, 土壤物理、化学和生物特性或经济特性的退化, 生物多样性的减少, 景观结构失稳, 功能衰退等, 甚至

\* 收稿日期: 2004-12-12

基金项目: 国家自然科学基金; 浑善达克沙地荒漠化灾害预警体系的研究(30070600); 基于空气动力学流动阻力及绕流理论的植被防风蚀机理研究(30471422)

作者简介: 张东(1981-), 男, 农学硕士, 主要研究方向: 荒漠化防治。

形成灾害。本文是依据地表稳定性对浑善达克沙地荒漠化预警体系进行研究。

## 1.2 警源指标

警源是警情产生的根源。浑善达克沙地土地荒漠化类型主要是风蚀荒漠化,所以产生荒漠化的主要因素是以风为主的自然要素和人类活动形成的社会要素,后者是主要因素<sup>[8]</sup>。

## 1.3 警兆指标

警兆指标是指荒漠化发生、发展前出现的各种先兆。

## 2 浑善达克沙地自然概况、成因及过程

### 2.1 浑善达克沙地自然概况

浑善达克沙地是内蒙古自治区四大沙地之一,位于北纬42°56′~44°24′、东经112°22′~117°57′之间,地处锡林郭勒高原中部农牧交错地带,行政区划上分属内蒙古自治区的锡林郭勒盟和赤峰市克什克腾旗。在历史上浑善达克草地曾是水草丰美、沙地稳定蹬抗灾走场放牧的好基地<sup>[10]</sup>,直至20世纪40年代,本区地貌类型仍然基本属于固定、半固定沙(丘)地,流沙不到3%<sup>[11~14]</sup>。沙丘上除了少数榆树疏林外,几乎到处都有黄柳生长;沙丘背风坡分布着稠密的各种灌木<sup>[11~14]</sup>,广阔的甸子地普遍是草高没膝的植被,只有少数小片的裸露地表,是游牧民的一片乐土。然而进入20世纪60年代以后,浑善达克沙地发生了严重的沙漠化,60年代初沙漠化土地面积为19.2万hm<sup>2</sup>,70年代中期,沙漠化土地面积达26.59万hm<sup>2</sup>,新增7.39万hm<sup>2</sup>,年增长率为2.57%<sup>[12~15]</sup>;据1995年全国沙漠化普查结果显示,浑善达克沙地是全国少数几个沙漠化土地扩展速率超过4%的地区之一<sup>[14,15]</sup>。土地沙漠化使植被受到破坏,植被疏化矮化,覆盖度降低,生物多样性减小,土地生物生产潜力下降,并造成地面裸露,固定沙丘活化,许多沙丘迎风坡被吹蚀成巨大的风蚀窝,大面积草地变成了裸地、半裸地,甚至流动沙丘;扬沙、浮尘和沙尘暴天气的发生频率也急剧增大。

### 2.2 浑善达克沙地荒漠化成因

本区雨量少而变率大,东部地区降雨400mm左右,为典型的干草原气候,中部正蓝旗平均370mm,正常年份能满足草类生长需要,一遇干旱则其生长受到严重影响,给牧业生产造成灾害。西部条件相对严酷,降水100~200mm,已不适合牧业生产。近年持续的干旱,更加加重了本区的沙漠化过程。风大、风多,导致蒸发强烈,加剧干旱化,为沙漠化发展提供了动力条件。本区为我国风速最大的沙区之一,年平均风速为3~5m/s,最大风达12级。在11~4月降水少的干旱期,恰恰却又是风期,风旱同期,抵消了本来因海拔高、温度低,而蒸发偏小的优势,造成2~5月份蒸发急剧增大,加剧了春旱,限制了植物返青。本区地质年代的湖相沉积物在漫长的干旱气候和风力作用下,形成了丰富的沙物质,成为全国四大沙地之一,从而为沙漠化的发展提供了极其充足的物质基础。

人为因素是沙漠化发生发展驱动力中最活跃的,也是最复杂的因素。各种调查和研究结果显示,造成浑善达克沙地沙漠化严重发生的最主要驱动力就是人为因素的影响。人为因素的作用首先表现在人口的急剧增加上。正蓝旗建国初人口为2.13万人,1997年增加到7.92万,增大了2.7倍,其人

口自然增长率为28.1%,远远超过11.2%的全国平均水平。随着人口的增加,需要的粮食、燃料以及牲畜养殖量等也会相应增大,并由此引发出一系列促进沙漠化发生发展的连锁反应。除此之外,一些其它社会因素的影响也不可忽视,如公众环境保护意识薄弱、落后的管理和生产方式、信息闭塞、政策失误等。其实20世纪60年代初期至70年代中期这段时间内,浑善达克沙地沙漠化严重扩张的原因之一就是与这一时期“以粮为纲”的大行毁草开荒密切相关的<sup>[11~13]</sup>。

### 2.3 浑善达克沙地现代沙漠化过程

综合上述分析可以看出,浑善达克沙地的沙漠化主要是在当地脆弱环境背景条件下,人为不合理经济活动和过度利用资源而导致的土地退化过程。其具体表现可分为:固定沙丘(地)的活化;流沙前移埋压草场和农田;农田的风蚀沙化、砾质化;草场植被严重退化。

#### 2.3.1 固定沙丘活化

这是浑善达克沙地沙漠化过程较为主要的一种形式。起伏低缓的固定、半固定沙丘或沙平地,由于过度放牧和樵采,植被受到严重破坏,地面裸露,起沙风速降低,产生风蚀沙化,尤以冬春季节更为突出。其最终结果是形成巨大的风蚀坑、高峻的风蚀陡坎和光裸的流动沙丘。风蚀坑的深度受地下水位和古土壤层的影响较大,据在正蓝旗桑根达来镇的野外调查,一块350m×200m的沙质草场内,有大小不等的风蚀坑11个,占地面积约7%,风蚀坑最大深度可达6m,侵蚀基底为古土壤层;风蚀陡坎一般产生在沙丘迎风面,边坡上大量的树根、草根被剥蚀外露,并与地上残体交织在一起,其上残存的几株榆树及其他林木也是东倒西歪,那满目疮痍的情景,令人目不忍睹;流动沙丘多形成于风蚀坑下风侧的顶部、原沙丘的背风面等地,其形状、高度差异较大,以新月形沙丘、垄状沙丘、馒头状沙堆居多,一般高8~15m。

#### 2.3.2 流动沙丘的前移

浑善达克沙地以坨甸相间分布为主要地貌特征,沙坨一般成条带状分布,带间宽阔、平坦的甸子地是牧民的主要放牧场所,部分被开垦为农田。沙坨边缘的流动沙丘遇风前移,埋压草场和农田,造成侵入式沙漠化,并以冬春季节最为严重。沙丘的移动速度与沙丘形态有密切关系,当流动沙丘较为低平和缓时,风沙流的饱和路径长度增大,堆积区域延长,沙丘移动速度相对较快;当沙丘高大陡峭时,背风坡由于气流急剧减速作用和强大的涡流效应,风沙流中的沙物质在很短距离快速沉积,因而宏观上移动速度较慢。据野外实地观测,浑善达克沙地流动沙丘的年平均前移速度为5~8m,最快达到20m之多。2000年春一场大风过后,标注过的沙丘平均前移1.8m。

#### 2.3.3 农田风蚀沙化、砾质化

农田风蚀是浑善达克沙地危害最为严重的一种沙漠化类型。因为农田一般分布在土壤条件、水分条件较为优越的区域,这种条件是在漫长的地质历史中形成的,一经破坏,恢复极为困难,甚至根本无法恢复。风蚀是风力作用下土壤结构的破坏和地表物质的损失过程,不合理的耕作恰恰促进了这种过程的进行。耕作不仅造成耕层的松动,而且使土层中原来保护在下面的物质暴露于风力的直接作用下,这样年复一年的经过风蚀—翻耕—风蚀过程的周期发展,土壤团粒结构遭到破坏,细小粉尘颗粒(<0.05mm)被吹走,整个耕作

层变得粗化(沙化或砾质化),其物理性状恶化,保肥、保水能力减弱,土地生产力下降,乃至被弃耕。

### 2.3.4 草场植被严重退化

植被退化是草场过牧的结果,是浑善达克沙地一种最为普遍的现象,特别是居民点、牲畜饮水点附近和夏营盘、交通沿线更为严重。草场植被退化的主要表现是植物种组成减少,植被盖度、高度、生物产量大幅度下降,优质的多年生、一年生牧草被劣质和有害牧草取代,禾本科牧草被硬质灌木、半灌木取代。严重时可能造成土地的风蚀沙化,形成风蚀洼地、片状流沙、灌丛沙堆等。

## 3 浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系

朱震达(1984)提出荒漠化分为潜在的、正在发展中的、强烈发展中的和严重的4个层次。

从预警角度来看,对应于安全、轻警、中警、重警4级警度。本文通过对当地的调查数据进行分析,选取下列指标来构建荒漠化灾害预警指标体系,见图1:

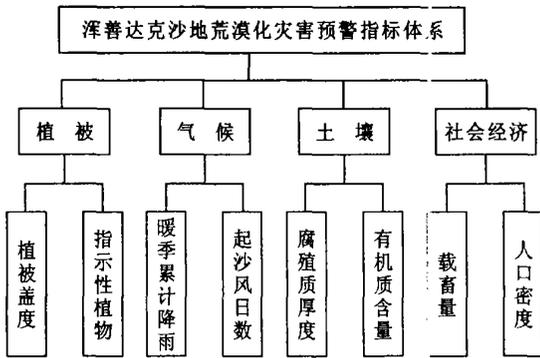


图 1 浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系

### 3.1 植被指标

#### 3.1.1 植被盖度指标

对于土壤风蚀来说,风是主要动力,土壤是被侵蚀的对象,植被是其保护层,植被保护的好,地表植物的流动性受到抑制,就会为成土过程创造必要的环境条件。反之,就要遭受风的侵蚀,向荒漠化的方向发展。因此,植被是荒漠化灾害预警的关键指标。表1为各种不同盖度、不同风速条件下风沙流中输沙率的野外实际测量结果。

表 1 不同植被盖度、不同风速的输沙率测定结果 g/(cm · m in)

风速/(m · s <sup>-1</sup> )	< 10	10~ 20	20~ 30	30~ 40	40~ 50	50~ 60	> 60
4~ 5	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5~ 6	0.68	0.33	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
6~ 7	2.04	1.25	0.98	0.01	0.0	0.0	0.0
7~ 8	4.62	2.69	1.79	0.48	0.02	0.0	0.0
8~ 9	6.89	4.05	2.85	2.14	0.93	0.0	0.0
9~ 10	8.93	8.06	5.63	4.52	1.36	0.1	0.0
10~ 11	13.85	9.81	7.59	5.23	1.98	0.57	0.01
11~ 12	22.86	18.36	13.27	6.52	4.36	2.65	0.96
13~ 14	32.63	28.56	17.45	10.38	6.35	2.64	1.67

注:风速为距地面2m 高处的风速。

从上表可以看出,在浑善达克沙地,流沙的起动风速大

约为 5 m/s,所以 > 5 m/s 的起沙风速时数可以作为风蚀的监测预警指标之一。在正常起沙风速(6~ 8)下,30%~ 50%之间的植被盖度就有明显的固沙效果,但当风速超过 10 m/s 时,该区的输沙率会急剧增加;植被盖度 > 50% 的地表,在各种风速下,输沙率都很小,可以认为是固定性地表。由此,便可以得出地表稳定性与植被盖度的对应关系,见表 2。

表 2 植被盖度与地表稳定性的对应关系

植被盖度/%	< 10	10~ 30	30~ 50	> 50
地表稳定性等级	流动性	半流动性	半固定性	固定性
警度	重警	中警	轻警	安全

#### 3.1.2 植物指示性研究

植物不仅因为是自然生态系统的重要要素和环境的重要组成部分,是重要的自然资源和改造自然、改善环境的重要手段,而且还因为通过植物可以比较简单、快速地认识自然生态系统和自然环境的许多性质的特点。这后一种功能便是植物的指示性。近代科学的植物指示现象研究的开创者美国植物生态学家勒门茨(Gleason, 1920)说过:“每一个植物或群落可以判断它们生长于其中的生境条件。”

荒漠化是土地自然生态环境的演变过程,随着荒漠化程度的不同,会出现不同的植物,形成不同的群落类型。通过对该区野外植物样方调查结果的分析,得到如下的植被指示性特征(表 3)

表 3 植被对群落退化的指示作用

群落的指示意义	稳定性植被的建成阶段	稳定性植被的发展阶段	过渡性群落阶段	先锋植物阶段
群落的指示意义	褐沙蒿+ 糙引子草+ 冷蒿	苔草+ 委陵菜+ 叉分蓼	沙竹+ 虫实+ 冷蒿	沙米+ 沙竹+ 沙旋覆花
种的指示意义			沙竹、冷蒿	沙米、沙旋覆花

### 3.2 气候指标

#### 3.2.1 暖季累计降雨量

我国属东亚季风环流控制区域,浑善达克沙地处于温带,降水集中与植物生长期间,通常采用干燥度(K)来表示气候的干湿。干燥度(K)的表达式为:

$$K = 0.16 \frac{\sum_{r_{10}}^{t_{10}}}{r_{10}}$$

式中: t<sub>10</sub>——暖季日温 10 时的积温, r<sub>10</sub>——暖季累计降水量。由于温度的逐年变化比降水小得多,因此干燥度取决于降水的变化,加之降雨量比干燥度更加便于观测,本文采用暖季累计降水量(r<sub>10</sub>)作为浑善达克沙地气候干湿的预警指标。在耿宏宽(1986)采用干燥度作为沙区分类的基础上<sup>[11]</sup>,计算出浑善达克沙地暖季降雨量的域值,见表 4。

表 4 降雨量与警度的对应关系

干燥度/( · mm <sup>-1</sup> )	暖季降雨量/mm	沙区分类	警度
> 32	< 14	极干荒漠	重警
4~ 32	14~ 112	干燥荒漠	中警
2~ 4	112~ 225	荒漠草原	轻警
< 2	> 225	干草原	安全

#### 3.2.2 起沙风日数

风是造成沙地表面沙粒发生移动的动力,但并不是所有

的风都使沙子发生移动。只有当风力逐渐增大到某一临界值以后,地表沙粒才开始脱离静止状态而进入运动。风沙物理学上将这个使沙粒开始运动的临界风速称为起沙风速。根据对浑善达克沙地腹地正蓝旗40年来起沙风日数的统计资料,确定该地区起沙风日数的域值,见表5。

表5 起沙风日数与警度的对应关系

起沙风日数/d	> 170	120~ 170	90~ 120	< 90
警度	重警	中警	轻警	安全

3.3 土壤指标

我们在浑善达克沙地选取33个有代表性的不同植被盖度的样地,通过剖面记录和取样室内分析,获得了包括土层厚度、物理性粘粒含量、有机质、全N、速效P、速效K等一系列土壤的理化性质。通过对以上土壤理化性质因子分别和样方植被盖度做相关分析,表明:物理性质中腐殖质层厚度与盖度有极显著关系,其它指标都未达到相关显著水平,据腐殖质层厚度可获得该区可靠的土地荒漠化程度;土壤化学性质中有机质、全N有显著相关性,据相关系数的大小,选土壤有机质作为评判土地荒漠化程度的土壤化学指标,见表6。

表6 土壤指标与地表稳定性的对应关系

腐殖质层厚度/cm	有机质/%	地表稳定性等级	警度
> 5	> 1.0	固定性	安全
1~ 5	0.5~ 1.0	半固定性	轻警
< 1	0.1~ 0.5	半流动性	中警
0	< 0.1	流动性	重警

3.4 社会经济指标

3.4.1 载畜量

草场严重超载,掠夺性经营,是加重荒漠化的又一个主要原因。特别是春季,正是牧草返青的季节,牧草数量严重不足,放牧压力大,而此时也正是牲畜严重缺草、跑青践踏频繁的时期,过多牲畜的啃食、践踏,使得草地利用强度远远超过

参考文献:

[1] 中华人民共和国林业部防治荒漠化办公室 联合国关于在发生严重干旱和荒漠化的国家特别是在非洲防治荒漠化的公约[Z]. 北京: 中国林业出版社, 1994

[2] 周生贤 中国林业的历史性转变[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002

[3] Tang Jie, Lin Nianfeng. Some problems of ecological environmental geology in arid and semiarid area of China [J]. Environmental Geology, 1995, 26(1): 64- 67.

[4] 孙保平, 关文彬 我国防治荒漠化的技术创新策略[J]. 林业科技管理, 1998, (3): 31- 32

[5] 刘彦随, Jay Gao. 陕北长城沿线地区土地退化态势分析[J]. 地理学报, 2002, 57(4): 443- 450

[6] 刘爱民, 慈龙骏 现代荒漠化过程中人为影响的系统分析[J]. 自然资源学报, 1997, 12(3): 211- 217.

[7] 吴波, 慈龙骏 五十年以来毛乌素沙地荒漠化扩展及其原因[J]. 第四纪研究, 1998, (2): 136- 144

[8] 关文彬, 谢春华, 孙保平, 等 荒漠化危害预警指标体系框架研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1): 44- 47.

[9] 李清河, 孙保平, 孙立达 荒漠化动态监测与评价研究进展[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(3): 67- 73

[10] 石瑞, 翟洪江 浑善达克沙地荒漠化形势及治理对策[J]. 内蒙古统计, 2000, (3): 54- 56

[11] 丁国栋 沙漠学概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002 149- 152

[12] 巩和平, 霍志坚 浑善达克沙地环境演变及沙漠化防治对策[J]. 内蒙古林业勘察设计, 1998, (1): 7- 9

[13] 董建林 浑善达克沙地(局部)沙化土地动态变化分析[J]. 林业资源管理, 2000, (5): 25- 29

[14] 姚洪林, 闫德仁 内蒙古沙漠化土地动态变化[M]. 呼和浩特: 远方出版社, 2002

[15] 内蒙古自治区林业勘察设计院 内蒙古自治区沙质荒漠化普查报告[R]. 1995

[16] 耿宽宏 中国沙区的气候[M]. 北京: 科学出版社, 1986

草地的承载力,植物生长、发育、更新受到抑制,自我维持机制失调,草地退化严重。与此同时,春季大风频繁,过牧、覆盖度小的草地在大风的作用下,导致草地的退化和沙化。

草地理论载畜量是指在一定时期和一定草地面积上,在适牧条件下,并保证家畜正常发育和生长的状态下,能饲养放牧家畜的头数。比较准确的估算出某一草地研究的基础性工作和对草地进行管理和科学地确定放牧强度,避免超载过牧,也是在微观上制定草地管理和法规的重要依据。本文参照C. wayne cook and James stubbendieck (1986)在《草地研究》一书中提出了牧草和灌木利用程度的测定方法,确定草地理论载畜量的计算方法,即:

$$\text{全年每羊单位需草地面积} = \text{暖季每羊单位需草地面积} + \text{冷季每羊单位需草地面积}$$

通过计算得出的正蓝旗理论载畜量为54.14万羊单位,正蓝旗大小牲畜总头数折合的羊单位数量大于54.14万,则认为超过该地区理论载畜量。

3.4.2 人口密度

草原地区人口激增,特别是牧区人口剧增,人们的食物来源和经济收入来源都发上了困难,不得不靠增加各类畜牧头数来维持新增人口保持原有人口的生活水平,在一定条件下,该地区的理论载畜量是一定的,如果牧畜数量超过理论载畜量,就会超载过牧。本文采用联合国荒漠化会议制定干旱半干旱地区人口密度7~ 20人/km<sup>2</sup>,超过20人/km<sup>2</sup>则发布警报。

3.5 存在的问题及讨论

(1)本文野外调查数据都采集于浑善达克沙地腹地——内蒙古正蓝旗,预警指标体系只是在局部地区的测量结果基础上建立起来的,难免会有误差。

(2)本文初步提出了浑善达克沙地荒漠化灾害预警指标体系,至于预警指标体系的实际运作和应用还有待于进一步探讨和研究。