

中国北方荒漠化地质环境特征及其空间表达

石建省 张永波

翟刚毅 朱 桦

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄) (中国地质调查局西北项目管理办公室, 西安)

岳乐平

孙永明

(西北大学地质系, 西安)

(宁夏回族自治区地质矿产局, 银川)

摘 要 通过开展面向决策者的荒漠化地质环境特征研究和空间表达(编图与信息系统建设), 反映影响荒漠化的主要地质环境要素及其空间分布, 为研究荒漠化发生机制、发展趋势、治理对策提供地质依据。空间信息系统建设和编图突出地反映地质环境背景条件的演变对荒漠化发展的内在制约作用, 以及地下水开发利用对荒漠化的影响。空间信息系统包括 8 个逻辑图层集, 16 个图层类型, 百余个图元属性类型, 在此基础上编制了 5 张成果图件。对荒漠化分布现状进行了信息化统计, 中国北方地区荒漠化总面积为 $197.24 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占区域面积的 43.6%, 其中潜在荒漠化面积为 $53.57 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其主要分布区应成为研究和治理的重点。经过分析初步确定了影响荒漠化的主要动态敏感因子。

关键词 荒漠化 地质环境 空间信息系统

中国是受荒漠化危害最严重的国家之一, 从 70 年代开始, 中国土地荒漠化就以每年 2460 km^2 以上的速度扩展, 现已实际发生荒漠化的土地面积为 $262.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土面积 27.3%, 每年中国因荒漠化造成的直接经济损失已高达 540 亿元(人民币)。当前, 中国荒漠化仍呈愈演愈烈的扩展趋势, 防治荒漠化的形势非常严峻, 如不采取有力措施遏制, 后果不堪设想。

据测算, 荒漠化地区每年因风蚀损失土壤有机质及 N、P、K 等达 $5590 \times 10^4 \text{ t}$, 相当于 1996 年全国农用化肥产量的 9.5 倍。目前, 全国有 2.4×10^4 个村庄和城镇、约 3300 km 铁路、 $3 \times 10^4 \text{ km}$ 公路经常受风沙危害, 流沙淹没了村舍、铁路、公路; 有数千座水库、 5×10^4 多公里灌渠受风沙危害, 被泥沙淤积。内蒙古吉兰泰盐场 37.2 km^2 的盐矿, 现已有 16.9 km^2 被流沙埋没。每年进入黄河的 $16 \times 10^8 \text{ t}$ 泥沙中, 就有 $12 \times 10^8 \text{ t}$ 来自荒漠化地区。在荒漠化的影响下, 中国沙尘暴灾害越来越频繁, 自 50 年代以来, 造成重大损失的沙尘暴就有 70 多次。有的沙尘暴一次就造成 116 人死亡, 直接经济损失 5.4 亿元(人民币)。

1 地质环境特征分析及其空间表达研究的目的和意义

荒漠化是指在自然地质作用、气候变异和人类活动等因素作用下造成土地生产力下降, 地表逐步呈现荒漠景观的土地资源衰退演变过程。荒漠化是一个地质过程, 属于非突发性地质灾害过程。荒漠化加剧是沙尘暴灾害频繁的主要原因。

荒漠化是水-土-生态复合系统的一种脆弱行为表征, 对其认识必须首先立足于对水-土-生态复合系统内在关系及其外在表征特征的分析。

荒漠化的地质环境包括荒漠化地区所处的地质构造单元、地貌单元、第四纪地质结构、地下水环境、表层土地类型与堆积物岩性特征, 以及其所处的气象水文环境、社会经济活动水平等环境要素。其中, 作为荒漠化中最积极、最活跃、动态变化最明显的要素——水文地质条件的变化在荒漠化过程中起着很关键的制约作用。荒漠化地质环境的研究, 应突出抓住“水”这一活跃因素, 从动态的角度研究荒漠化的发生、发展过程。

开展面向决策者的荒漠化地质环境特征研究和空间表达(编图与信息系统建设)的意义在于, 通过

反映影响荒漠化的主要地质环境要素及其空间分布 ,为研究荒漠化发生机制、发展趋势、治理对策 提供地质依据。空间信息系统建设和编图的目的是突出反映地质环境背景条件的演变对荒漠化发展的内在制约作用 ,以及地下水开发利用对荒漠化的影响。在总结分析已有资料的基础上 ,明确地提出为防治荒漠化需要尽快开展的地质-生态环境调查任务 ,初步提出部署方案。

2 地质环境空间表达原则

(1)地质观点 :荒漠化是一个地质过程 ,人类活动对其产生很大的影响。该项研究紧密围绕 ,并揭示荒漠化发展的地质规律 ,体现地质观点和地质工作的特点。

(2)动态观点 :体现荒漠化作为过程的动态性特点 ,重点反映荒漠化的驱动机制。

(3)综合观点 :对荒漠化的地质环境背景、发生营力、发展程度与危害、发展趋势等进行综合反映。

(4)信息化观点 :采用数字化工作模式 ,建立空间数据库与数字化编图同步进行 ,为今后调查工作的信息化奠定基础。

(5)编图成果在表现形式上要面向决策者和社会大众 ,图面要简洁、明了 ,规律清晰 ,层次清楚 ,强调图的易读性。

(6)根据我国北方荒漠化的实际情况 ,空间信息系统分析和编图重点反映土地沙漠化、土地盐渍化和土壤侵蚀等 3 种荒漠化类型。

3 空间表达的图层内容与表示方法

工作区域为昆仑山-秦岭以北 ,洛阳-保定-沈阳-长春-白城-满洲里一线以西的北方地区。包括新疆、青海、宁夏、甘肃、陕西、山西、内蒙、河北、北京等省(市、区)的全部或大部 ,总面积 $452.39 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

按照空间信息系统建设方式集成荒漠化地质环境信息。首先 ,根据荒漠化地质环境要素的类型划分信息图层集 ,共分出 8 个逻辑图层集 ,19 个图层类型 ,百余个图元属性类型(表 1) ,分别用点、线、区的数据类型予以存储 ,以已有资料积累为基础 ,大致建成中国北方荒漠化地质环境信息系统 ,为荒漠化现状编图和专项地质调查工作部署打下基础。

荒漠化地质环境分析的关键是对动态敏感因子波动性与荒漠化发展关系的认识 ,因为动态敏感因子的变化是决定区域脆弱性的主体要素。今后的工

作应重点对图 1 所列的动态敏感因子进行时间变化的调查和监测 ,开展相应的时间序列相关分析 ,以探索其波动与荒漠化发展的内在联系 ,确定影响荒漠化的主要敏感因子 ,从而对其实施控制和治理。

在空间信息系统的基础上 ,辅助编制完成如下图件 :中国北方荒漠化地貌与第四纪地质图、中国北方荒漠化生态水文地质图、中国北方荒漠化分布图、中国北方荒漠化土地类型图、中国北方荒漠化地质调查工作部署图。成图是分省区编图的基础上拼接而成 ,成图比例尺 1:250 万。分省区编图原则上使用 1:100 万底图 ,个别面积大的 ,可选用小于 1:100 万的适当底图 ,面积较小的省区(市) ,要求选择较大比例尺的底图。统一采用等角圆锥投影。

各图件的编图内容如下 :

(1)中国北方荒漠化地貌与第四纪地质图 :主要反映编图区第四系成因类型及时代、表层岩性分布及地貌基本格局。第四系成因类型及时代 ,按照《中华人民共和国及其毗邻海区第四纪地质图》(1:250 万)(张宗祜等 ,1990)直接数字化 ;表层岩性分布各省(区、市)依据已有资料编制 ,由综合组接图后并入数据库。地貌类型依据各省(区、市)1:50 万地貌图编绘。图中还包括 :第四系等厚度线、活动断裂、地

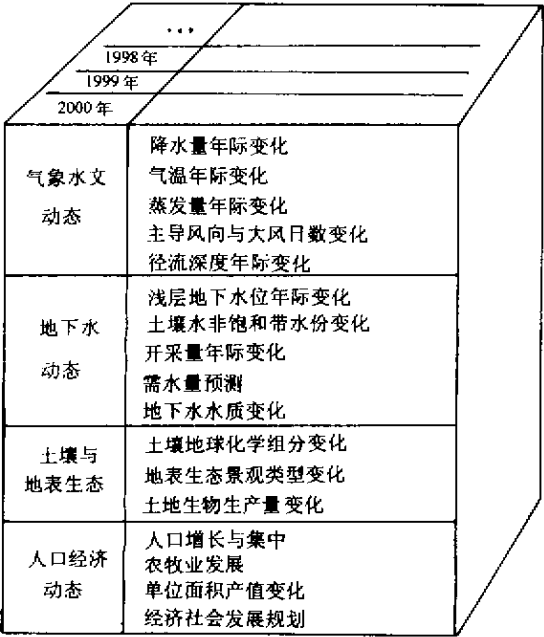


图 1 中国北方荒漠化动态敏感因子时间序列信息库框架
Fig.1 Time sequence information database framework of desertization dynamic sensitive factors

表 1 我国北方荒漠化地质环境信息图层及其内容

Table 1 Content of desertization geological environment information map layers and its content

逻辑图层集	图层名称	图 元 属 性 名 称	数据类
气象水文条件	气象水文条件	大风天数分区	区
		主导风向分区	区
		降水量分区	区
		径流深度分区	区
地貌与地质	地貌类型	参见“中国及其毗邻海区第四纪地质图(1:250万)”	区
	第四纪成因类型	参见“中国及其毗邻海区第四纪地质图(1:250万)”	区
	第四纪堆积物岩性类型	砾质土、砂质土、粘质土、黄土类土、盐类土、基岩	区
	其他	活动断裂、第四系等厚线	线/线
生态水文地质条件	地下水类型	松散沉积物孔隙水、堆积平原冲洪积层孔隙水、山间盆地冲积层孔隙水、内陆盆地冲洪积层孔隙水、黄土高原黄土层孔隙水、沙漠风积沙层孔隙水基岩裂隙水、碎屑岩裂隙水、岩浆岩裂隙水、变质岩裂隙水、多年冻土冻结层土水、基岩冻结层土水、松散沉积冻结层土水	区
		严重超采区、超采区、平衡区、有潜力区	区
		浅层地下水位埋深	线
	区域生态水位	沙漠化极限水位、水位下降导致沙漠化区	线/区
		盐渍化极限水位、水位上升导致盐渍化区	线/区
	区域水质分布	矿化度分区	区
		氟分布	区
	其他	水源地及开采量	点
荒漠化土地类型分布	荒漠化土地类型	基岩	区
		戈壁	区
		沙漠	区
		沙地	区
		半固定沙地	区
		黄土	区
		易排水盐碱土、难排水盐碱土	区
		常年沼泽地、时令沼泽地	区
		农作土	区
		非农作土(包括草场与森林土)	区
荒漠化现状与发展	沙漠化	严重沙漠化区、强烈发展的沙漠化区、中度发展的沙漠化区、潜在沙漠化区、沙漠化治理好转区	区
		重要意义的沙漠化(破坏/治理)点	点
	土壤侵蚀	强烈土壤侵蚀、较强土壤侵蚀、中度土壤侵蚀、潜在土壤侵蚀	区
		土壤侵蚀典型治理点	点
	盐渍化	严重土地盐渍化、中度土地盐渍化、轻度土地盐渍化威胁区、潜在土地盐渍化威胁区、土地盐渍化好转的地区	区
		重要治盐示范点	点
	人口社会经济指数	(略)	
人口社会经济发展	荒漠化地质调查部署重点区	(略)	
荒漠化防治规划	荒漠化生态治理重点区		

(2)中国北方荒漠化生态水文地质图 荒漠化生态水文地质图主要反映水资源开发利用现状、水质、水位分布特征,以及对荒漠化的影响,图面表示主要地下水类型、水资源开发利用程度、水位变化对荒漠化的影响、水质与水位分布、水源地等内容。

地下水类型及富水程度主要依据《中国水文地质图》(1:400万)(焦淑琴等,1987)及其数字化成果,结合区域特点和编图的需要整编。

地下水资源按照开发利用程度划分:①开发利用程度高于120%为严重超采区;②开发利用程度为100%~120%为超采区;③开发利用程度为

80%~100%为平衡区;④开发利用程度小于80%为有潜力区。

浅层地下水开发利用合理性评价,包括评价浅层水位抬升导致或潜在导致土地盐渍化区,浅层水位下降导致或潜在导致土地沙漠地区,并且表示区域生态水位界线值(上限/下限)。

浅层地下水水质主要表示地下水矿化度等值线(1、3、5、7、10、15),其单位为g/L,浅层地下水位埋深等值线(间隔5~20m);水源地及其开采量($\times 10^4$ m³/a)等。

(3)中国北方荒漠化分布图 主要按主导作用的

营力 ,将荒漠化分为沙漠化(风蚀荒漠化主要类型)、盐渍化(化学荒漠化主要类型)、土壤侵蚀(水蚀荒漠化主要类型)三大类型。参照《中国沙漠及土地沙漠化图(1:600 万)》(中国地质科学院水文地质工程地

质研究所,1992)等相关研究成果,结合本次编图的实际情况,制定中国北方荒漠化分布图编图的类型分级指标方案(表 2)。该图除系统反映三大荒漠化类型不同分级的分

表 2 我国北方主要荒漠化类型分级指标
Table 2 Grading indexes of main desertization types in the Northern China

荒漠化类型	编图内容	参 考 指 征						
沙漠化		风积或风蚀地表形态所占面积比/%	植被覆盖度/%	一定时期以来沙漠化面积增量/%	年风蚀模数/t·km ⁻²	适宜岩性+干旱指数	土地生物生产量下降/%	景观综合特征
	严重沙漠化	> 50	< 10	> 40	> 8000	0.05 ~ 0.2	> 50	略
	强烈发展的沙漠化	30 ~ 50	10 ~ 30	20 ~ 40	5000 ~ 8000		30 ~ 50	
	中发展的沙漠化	10 ~ 30	30 ~ 50	5 ~ 20	2000 ~ 5000	0.2 ~ 0.5	10 ~ 30	
	潜在沙漠化	< 10	> 50	< 5	200 ~ 2000		< 10	退化草地,风蚀耕地
土壤侵蚀		年水蚀模数/t·km ⁻²	植被覆盖度/%	现代沟坡面积比/%	沟壑密度/km·km ⁻²	土地生物生产量下降/%		景观综合特征
	强烈土壤侵蚀	> 10000	< 10	> 50	> 3	> 50		略
	较强土壤侵蚀	5000 ~ 10000	10 ~ 30	30 ~ 50	2 ~ 3	30 ~ 50		
	中度土壤侵蚀	2000 ~ 5000	30 ~ 50	10 ~ 30	1 ~ 2	10 ~ 30		
	潜在土壤侵蚀	200 ~ 2000	50	< 10	< 1	< 10		
盐渍化		土壤含盐量/mg·(100g) ⁻¹		盐渍化土地所占面积比/%		土地生物生产量下降/%		景观综合特征
	严重土地盐渍化	> 1.0		> 50		> 50		略
	中度土地盐渍化	0.6 ~ 1.0		30 ~ 50		30 ~ 50		
	较度土地盐渍化	0.3 ~ 0.6		10 ~ 30		10 ~ 30		
	潜在土地盐渍化威胁区	0.2 ~ 0.3		< 10		< 10		

布外,还表示了作为荒漠化最终结果的戈壁、沙漠、盐壳等景观,以及与荒漠化有关的其他内容,包括重要荒漠化研究与治理示范点、绿洲分布、风沙防护林。利用图面空域反映了不同荒漠化类型的景观、人为加剧荒漠化实例、地下水开发影响荒漠化的实例、荒漠化治理效果(治理前后对比)等典型图片信息。

(4)中国北方荒漠化土地类型图:本图的编图目的是为了说明地表类型(包括地表岩土类型其地表环境含义)对荒漠化的影响程度。因此,在地表土地类型分类上未严格按岩性类型分类,也未按土壤类型分类。本图采用具有区域环境含义综合分类,以求用简洁方式表达荒漠化土地环境。

编图的土地类型分类方案为:①基岩 主要为裸露基岩风化区;②戈壁 包含岩漠、砾漠、泥漠,基本无植被;③沙漠 流沙为主,常年生植物稀少;④沙地 固定沙地,常年生植物较多,植物覆盖度大于 50%;⑤半固定地 常年生植物较少,植物覆盖度小于 50%;⑥黄土;⑦盐碱土 易排水盐碱土、难排水盐碱土;⑧沼泽地 常年沼泽地、时令沼泽地;⑨耕作土 农作土、非农作土(包括草场与森林土)。

(5)中国北方荒漠化地质调查工作部署图:主要反映需要部署专项调查工作的重点地区与关键地质

环境问题的结合,如①内流盆地(沙漠和绿洲周边地区):以调查地下水开发利用对沙漠化、盐渍化的影响为重点;②黄土高原北缘:以调查土壤侵蚀与沙漠化的复合作用为主要内容;③内蒙高原草原:以调查草场退化与潜在沙化机制为重点;④京冀平原:以研究堆积沙化与侵蚀沙化的复合作用主要内容。

各省结合自身实际提出部署重点,做到点、线、面调查工作的结合,并表示到图面上。综合组在此基础上汇总分析,提出总体部署建议。

4 基于空间信息系统的荒漠化分布统计及荒漠化地质环境相关分析能力

荒漠化地质环境空间信息系统的建立,为荒漠化分布的空间统计、要素相关分析和建立通过地质环境要素调控控制荒漠化的数值模型奠定了基础。

一个最简单的信息应用实例就是空间统计,在统一数据采集要求基础上建立的空间信息系统,可以快速准确地统计出不同荒漠化类型和不同程度荒漠化发展阶段的分布面积,与各地以往的人工统计相比,具有客观、准确的特点(表 3)。

表 3 基于信息系统的我国北方荒漠化面积统计初步结果

Table 3 Calculating results of desertization area based on the information system

荒漠化类型	发展程度	面积/km ²	占荒漠化面积百分比/%	占区域总面积百分比/%
沙漠化	严重沙漠化	68711	33.27	14.5
	强烈发展的沙漠化	74858		
	中度发展的沙漠化	244876		
	潜在沙漠化	267872		
土壤侵蚀	强烈土壤侵蚀	46206	46.79	20.4
	较强烈土壤侵蚀	129408		
	中度土壤侵蚀	242784		
	潜在土壤侵蚀	504549		
盐渍化	严重土地盐渍化	299780	19.93	8.7
	中度土地盐渍化	19184		
	轻度土地盐渍化	9289		
	潜在土地盐渍化	64914		
合 计		1972424	100	43.6

致谢 研究中中国地质调查局基础部邱心飞主任、国土资源部国际合作与科技司单卫东同志给予了很

大帮助 ,在此一并致谢。

参 考 文 献

焦淑琴 ,戴喜生等 .1987.中国水文地质图 .北京 :中国地图出版社 .
石建省 .1999.中国脆弱地质生态类型及其结构特征表述原则 .地球学报 20(增刊) :767~771 .
张宗祜 ,周慕林 ,邵时雄等 .1990.中华人民共和国及其毗今海区第四纪地质图 .北京 :中国地图出版社 .
张宗祜 ,陈云 ,石建省等 .1993.黄土高原地区土壤侵蚀 .武汉 :中国地质大学出版社 .
张永波 ,张礼中 ,周小云等 .2001.地质灾害信息系统的设计与开发 .北京 :地质出版社 .
中国地质科学院水文地质工程地质研究所 .1992.中国沙漠及土地沙漠化图 .北京 :中国地图出版社 .

Geological Environment Characteristics of Desertization in the Northern Part of China and Its Spatial Presentation

Shi Jiangsheng Zhang Yongbo

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology , CAGS , Shijiazhuang ,Hebei)

Zhai Gangyi Zhu Hua

Yue Leping

(Management Division for Northwest Projects , CGS , Xi 'an ,Shaanxi)(Department of Geology , Northwest University , Xi 'an ,Shaanxi)

Sun Yongming

(Bureau of Geology and Mineral Resources , Nigxia Hui Autonomous Region , Yinchuan ,Ningxia)

Abstract Through the study on the geological environment characteristics of desertization and spatial presentation(map compiling and setup of the information system) , the main geological environment elements and its spatil distribution have been reflected in the paper so as to provide a scientific basis for studying the occurrence mechanism , developing trend of desertization and its harnessing countermeasures . The setup of spatial information system and map compiling mainly reflects the internal restrictive action of the evolution of the geological environment background conditions on the desertization as well as the effect of exploitation and utilization of groundwater on the desertization . The spatial information system consists of 8 logical map layer series , 16 types of map layers , more than one hundred types of map units . Based on these data , 5 achievement maps have been compiled . In addition , the information statistics of the desertizatoin distribution status has been conducted , the total area of desertization in the northern part of China is up to km² accountion for % of the region , in which km² is the potential desertization area . The main distribution area should be the focus for the study and harnessing . Through the preliminary analysis , the main dynamic sensitive factors affecting the desertization have been determined and they can play a certain role in further geological investigation , monitoring and harnessing to the desertization .

Key words desertization geological environment spatial information system