文章编号：1000-1190(2008)04-0659-06

近 40 年来西北地区沙尘暴日数时空分布及变化趋势

陈 锦[1*]，李东庆[1]，喻光明[2]，孟庆洲[1]，雍国武才[1]

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所，兰州 730000；2. 华中师范大学 城市与环境科学学院，武汉 430079)

摘 要：利用西北地区 134 个气象台站 1961 年～2000 年的沙尘暴日值资料，分析了我国西北地区沙尘暴的时空分布及变化趋势. 结果表明，西北地区有 5 个沙尘暴高值区，分别位于南疆盆地南缘、柯坪盆地、河西走廊的民勤、内蒙古拐子湖和宁夏盐池；在季节分布上，沙尘暴主要发生在春季，占年沙尘暴总日数的 50.4%，秋季最少，约占 7.6%；12～20 时是沙尘暴的高发时段，60.9%的沙尘暴发生在这一时段. 就沙尘暴的年代际变化而言，20 世纪 70 年代较 60 年代略有增加，从 70 年代至 90 年代，沙尘暴出现的频数一直在减少. 总的来说，近 40 年来西北地区沙尘暴总日数整体上呈减少趋势.

关键词：西北地区；沙尘暴；时空分布；变化趋势

中图分类号：X43 **文献标识码**：A

沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中，使空气特别混浊，水平能见度低于 1 km，是由特定的大尺度环流背景和某种天气系统发展所诱发的一种小概率、大危害的灾害性天气，是发生在我国西北部特殊地理环境和气象条件所致的自然现象. 沙尘暴具有突发性和持续时间较短的特点，其强大的风力，裹挟着大量的沙尘可在短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失[1].

我国西北大部分地区属中纬度干旱和半干旱地区，这些地区受荒漠化影响和危害比较严重，分布着我国的七大沙漠，地表多为沙地和旱地，植被稀少，春季地面回暖解冻，地表裸露，多细沙尘土，大风过境，容易形成沙尘暴天气[2]，是世界四大沙尘暴区(北非、澳大利亚、美国西南部和亚洲中部)之一，是中亚沙尘暴的主要组成部分，属于全球现代沙尘暴高发区[3]. 针对西北地区沙尘暴天气特征的分析已有不少，但由于所用资料年代和分析标准不同，导致对我国西北沙尘暴天气特征还缺少整体的了解，对沙尘暴的变化趋势存在不同的认识，本文根据目前所能得到的资料，对近 40 年来我国西北地区沙尘暴的分布特征、变化趋势等做了初步分析.

1 资料和方法

本文以沙尘暴出现日数作为定量表征指标. 依规定，日界为 20：00，当某次沙尘暴过程跨越 20：00 时，按两个出现日计算；当某一天沙尘暴过程出现两次或以上时，按一个出现日计算. 文中使用的资料均取自甘肃省气象数据共享系统，时段为 1961 年～2000 年，包括西北地区 137 个站台的逐日沙尘暴资料. 由于建站时间不一，各站点的序列长度差别较大，为保证分析中各序列之间的可比性和分析结果的准确性，故只选取 134 个站台 1961 年～2000 年的数据进行分析. 所用海平面气压资料是美国国家大气研究中心(NCAR)再分析资料，范围为北半球，空间分辨率为 5°×5°经纬度.

为了表征东亚地区冬季风强度变化，采用文献[4]提供的方法将月或季的东亚季风强度指数定义为 20～50°N，7 个纬度带标准的海平面气压差(用 110°E 减 160°E)，并将和再进行一次标准化处理，即

$$I_t = \sum_{i=1}^{n}(p_{1it}^* - p_{2it}^*),\ I_t^* = \frac{I_t - \bar{I}}{\sigma_I}.$$

上式中，$i=1,2,\cdots,7$(纬带)，$t=1,2,\cdots,40$(年)，$\bar{I}$，σ_I 表示 I 的平均值与均方差. p_{1it}^* 和 p_{2it}^* 分别是 110°E、160°E 的第 i 纬度带第 t 年的标准化海平面气压值.

2 西北地区沙尘暴的时空分布

2.1 沙尘暴的地域分布

对西北地区 1961 年至 2000 年发生的沙尘暴

收稿日期：2008-09-16.
基金项目：国家自然科学基金(40671039)；中国科学院寒区旱区环境与工程研究所人才引进基金(2004122)；中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-351).
* E-mail：chenjin108108@sina.com.

万方数据

天气进行统计分析,绘制了沙尘暴年平均日数分布图(图1).沿着冷高压的西北、西方和北方三条移动路径,形成了5个沙尘暴多发中心:一是在塔里木盆地南缘民丰-于田-和田-皮山一线,中心在民丰地区,年沙尘暴日数达34.9 d/a;第二个高值区在塔里木盆地西北缘巴楚-柯坪一线,中心位于柯坪,高达31.0 d/a;第三个高值区位于河西走廊一带,中心在腾格里沙漠南缘的民勤,沙尘暴日数达28.2 d/a,其中鼎新、金塔也达到了17.9 d/a和18.5 d/a;第四个高值区位于巴丹吉林沙漠北沿的拐子湖,沙尘暴日数为27.4 d/a;第五个高值区位于宁夏中部的盐池,沙尘暴日数达18.6 d/a.新疆北部(以哈巴河-阿勒泰-七角井-巴里塘为界)和青海、甘肃两省西南部,陕西南部(久治-榆中-平凉-延安为界)年平均沙尘暴日数较少(1 d/a以下).

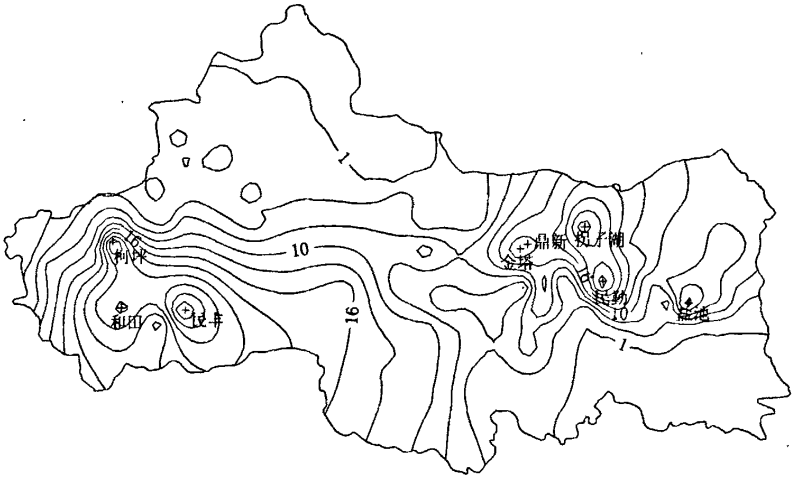

图1 西北地区沙尘暴天气年平均日数分布图(1961年~2000年)

Fig. 1 The distribution of mean annual days of sand storm in northwestern china from 1961 to 2000

2.2 时间分布

西北地区的沙尘暴天气一年四季都可发生,但有着明显的季节特征,对大多数站台而言,春季是沙尘暴的多发季节,占年沙尘暴的50.4%,秋季沙尘暴最少,占年沙尘暴的7.6%.从西北地区沙尘暴日数的年内变化看,可分为4种类型:

(1)春多秋少型.这种类型是西北地区最广泛分布的一种,河西走廊、宁夏平原,陕北长城沿线、内蒙古阿拉善高原、河套平原及鄂尔多斯高原、青海高原中北部一带均属这种类型,全年中沙尘暴月平均日数最大值大多出现在3~5月,其次是6、7月,9~12月沙尘暴最少.

(2)春多冬少型.新疆的大部分地区属于这种类型,沙尘暴月平均日数最大值主要发生在3~5月,其次是6、7月,最小值出现在11~2月.

(3)夏多冬少型.准葛尔盆地南缘,天山中段北麓的部分站台,如乌苏、精河、蔡家湖等地,沙尘暴月平均日数最大值出现在6月,其次是5月、7月,11~2月沙尘日数暴最少.

(4)冬多夏少型.主要分布在青海省南部的三江源地区,如曲麻莱、达日、杂多等地,最大值出现在1~2月,其次是12月、3月,6~10月沙尘暴日数较少.

对40年来西北地区沙尘暴发生的时段进行统计分析发现沙尘暴具有明显的日变化特征:沙尘暴主要发生在午后到傍晚时段内,即集中发生在12:00~20:00,60.90%的沙尘暴发生在这一时段内,其中30.86%发生在14:00~17:00.这是因为春季午后地面受热增温快,加强了空气的热力不稳定,为地面热低压发展和沙尘暴的生成提供了热能[5],当高空有冷空气经过时,有利于高低空对流加强,风力加大,而发生沙尘暴[6].

3 西北地区沙尘暴的年和年代际变化趋势

3.1 年变化趋势

以年平均沙尘暴日数≥1天做为划分西北地区沙尘暴影响区[7]的标准,得到103个站台,重点讨论西北地区1961年~2000年间的沙尘暴的变化规律(见图2).沙尘暴日数在60年代初期短暂

万方数据

增加,并于 1966 年达到了 40 年来的最高值;60 年代中期至 70 年代初期,沙尘暴出现日数明显减少;自 70 年代初期到 70 年代末期,沙尘暴日数基本保持稳定,出现日数高而变化相对缓和;但自 70 年代末,沙尘暴日数开始大幅度的减少.线性拟和的结果表明,整个西北地区在 1961 年～2000 年间年平均沙尘暴日数以 207 d/10a 的速度减少,超过 99% 的显著水平.

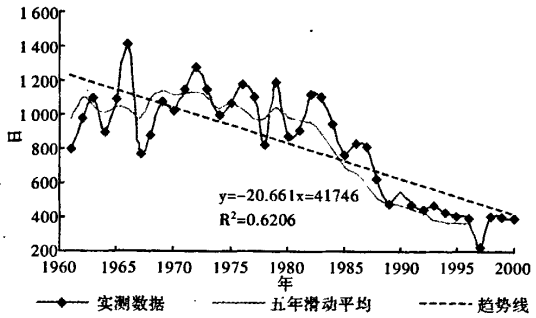

图 2　近 40 年来西北地区 103 个站台年平均沙尘暴日数变化趋势

Fig. 2　Variation of mean annual days of sand storm in northwestern china (103 weather stations) in the past forty years

西北地区辽阔,各地自然条件差别很大,沙尘暴的频率也因地而异.西北地区年沙尘暴平均日数只能反映总体变化,却无法反映出沙尘暴变化趋势的空间分布情况.因此,分别统计各站点 20 世纪 60 年代以来年沙尘暴日数,用一元线性回归的方法度量沙尘暴日数的变化趋势,并通过对回归系数作显著性检验来确定线性变化趋势的显著性.由图 3 可知,沙尘暴日数减少较为明显的站台多位于塔里木盆地边缘、柯坪盆地、河西走廊、宁夏平原、陕北长城沿线、阿拉善高原、鄂尔多斯高原和河套平原.极少数站台沙尘暴日数增加,仅兴海、冷湖、托勒三站台的变化较为明显,分别以 5.1 d/10a、1.6 d/10a、1.0 d/10a 的速率增加,这可能与局地大风日数的增加有关.

对 103 个站台的变化趋势进行统计并用相关系数法进行趋势检验,在整个研究时段内有 9 个站台沙尘暴日数呈增加趋势,其中 4 个站台在 95% 的置信区间通过了显著性检验;7 个站台沙尘暴日数没有增加或减少趋势;有 87 个站台沙尘暴日数呈减少趋势,占总数的 84.5%,其中 78 个站台在 95% 的置信区间上通过了显著性检验.由此可知,西北地区沙尘暴日数的减少主要是由大多数站台沙尘暴日数的减少引起的.

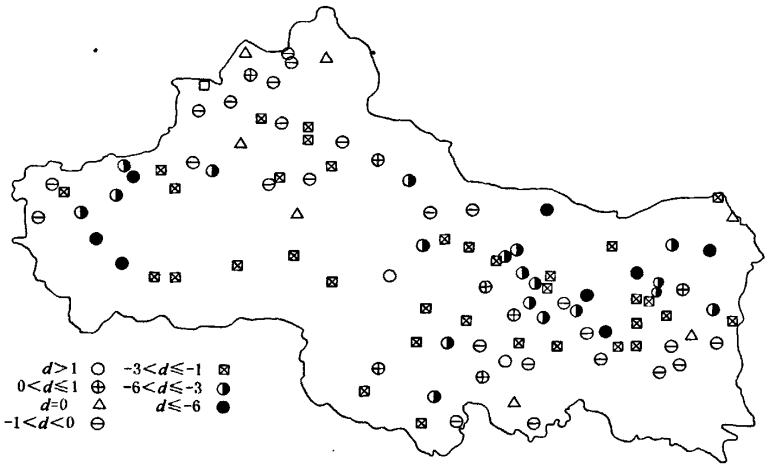

图 3　40 年来西北地区 103 个站台沙尘暴日数的变化趋势

Fig. 3　The trend of sand storm days in 103 weather stations in northwestern china during the period 1961 to 2000

3.2　年代际变化

通过对西北地区 103 个气象站台 40 年的沙尘暴资料分析发现,西北地区沙尘暴日数总的变化呈下降趋势,但不同地区沙尘暴年代际间的变化差异较大.表 1 为西北地区及 6 个代表站台 1961 年～2000 年各年代际沙尘暴出现的总日数.资料分析表明,就整个西北地区而言,20 世纪 70 年代沙尘暴较 60 年代略有增加.但自 20 世纪 70 年代之后,沙尘暴是逐年代减少的.在研究区的所有站台中,27% 的站台自 20 世纪 60 年代开始沙尘暴逐年代

万方数据

减少;45%的站台自20世纪70年代较60年代沙尘暴日数多,但此后沙尘暴呈减少趋势.

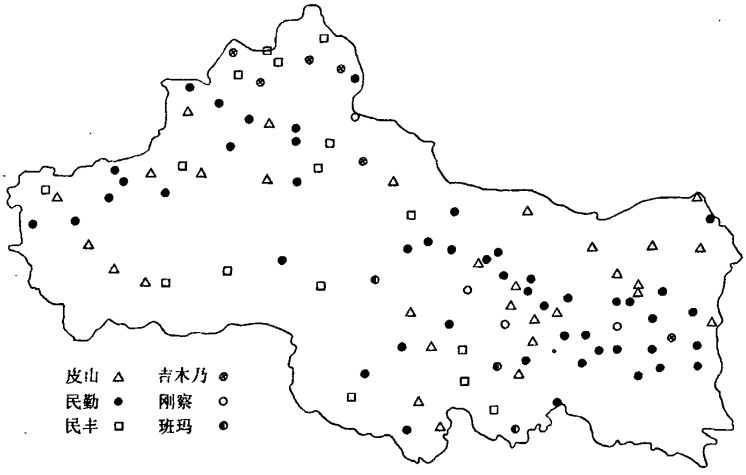

图4 40年来西北地区年代际变化趋势不同的沙尘暴类型分布图

Fig. 4 The distribution of sand storm types with different trends in decades for 103 weather stations in northwestern china from 1961 to 2000

表1 西北地区及代表站台不同年代沙尘暴总日数/d

Tab. 1 The sum of sand storm days of northwestern china and representative weather stations in different decades

代表站台	60年代	70年代	80年代	90年代	站台个数/个
皮山	346	234	168	144	29
民勤	305	393	307	123	47
民丰	383	288	439	287	16
刚察	129	149	122	137	4
福海	11	35	57	8	6
兴海	20	27	138	169	3
西北地区	10 046	10 803	8 174	4 080	—

4 沙尘暴日数变化原因分析

沙尘暴的形成有3个基本条件[8]:一是足够强劲持久的风力,这是形成沙尘暴的动力条件;二是地表具有丰富的松散干燥的沙尘,这是沙尘暴的物质基础;三是不稳定的空气状态,这是重要的局部热力条件.五个高值区分别位于塔克拉玛干沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙地边缘,春季地表植被稀少,表层疏松,具备丰富的沙源条件.河西走廊、南疆盆地南缘和阿拉善高原是冷空气活动的西北、西部、北部通道,独特的地貌结构——山地夹平原或山地夹盆地对冷空气起到的"狭管效应"加大了空气的流速,易于形成大风天气[9].春季大气环流形势发生转变,来自北半球高纬度大陆的北方干冷空气势力有所减弱,而北半球低纬度海洋上的暖湿空气逐渐活跃起来,不断地流向中纬度地带,使这些地方气温升高.当北方干冷空气再一次南下时,冷暖空气相遇,极容易形成大风沙尘天气.沙尘暴是多种因素共同作用的产物,尤其是特强沙尘暴的发生发展,除具备宏观的气候和下垫面条件,还需有利的环流形势相配合[10].

20世纪50年代以来人类活动干扰进一步加强,人口的快速增长,导致土地开发强度空前增大,加剧了我国西北地区的沙漠化进程的发展.中国西北地区沙漠化土地虽然局部得到治理,但整体恶化,沙漠化土地面积不断扩大.这一背景和西北地区60~70年代沙尘暴活动波动上升的事实吻合,但它与80~90年代沙尘暴活动明显减弱的事实相矛盾.这表明沙漠化环境虽是形成沙尘暴不可缺少的因子但还不是影响它变化的主要因子[11].

沙尘暴发生的频次与大风日数的增减密切相关,而大风日数的增减是气候周期性变化的反映,与大气环流的变化有关.每年冬春季寒潮大风的多少与东亚冬季风的强度有关[12].由图5可知,东亚季风有明显的年代际变化,20世纪60~70年代冬季风甚强,造成我国西北地区冷空气和大风天气频繁出现,为沙尘暴的出现创造有利的动力条件;自80年代初,冬季风具有明显的减弱趋势,80~90年代,特别是90年代,冬季风甚弱,偏弱的东亚季风将导致春季冷空气活动及大风天气偏少,引导偏北风南下的能力减弱,所以沙尘天气减少[13].冬季风的这种年代际变化是全球气候年代际变化的一种反映.这些较好的对应关系清楚地启示,东亚冬季风能较好地解释近40年来各阶段西北地区沙尘暴

万方数据

的波动变化,因而大气环流才是影响沙尘暴活动的主要因子.

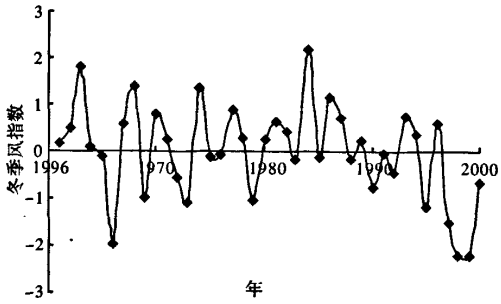

图 5　近 40 年来东亚冬季风指数的变化

Fig. 5　The variation of winter monsoon index in eastern Asia in the past forty years

张存杰等[14]的研究表明,厄尔尼诺事件和沙尘天气有明显的联系,在反厄尔尼诺年,由寒潮大风所引起的强沙尘暴天气出现频繁;厄尔尼诺年由寒潮引起的强沙尘天气出现较少;而 20 世纪 60～70 年代,反厄尔尼诺现象占优势,80～90 年代,厄尔尼诺现象占优势. 刘国梁等通过研究发现,近 50 年来 TOMS 气溶胶指数存在下降趋势,蒙古高压变弱,这两种资料均支持中国近 50 年来沙尘天气的整体减少趋势[15].

5　结论

(1)沿着冷空气的移动路径,中国西北地区形成了五个沙尘暴高发中心,分别是南疆盆地南缘的民丰、和田一带;柯坪盆地的柯坪、巴楚;河西走廊的民勤、金塔;阿拉善高原的拐子湖和宁夏中部的盐池,年平均沙尘暴日数在 18.6～34.9 d/a.

(2)沙尘暴具有明显的季节变化特征,春季是沙尘暴的频发的季节,占年沙尘暴的 50.4%,秋季沙尘暴最少,占年沙尘暴的 7.6%. 还可细分为:春多秋少型、春多冬少型、夏多冬少型和冬多夏少型. 沙尘暴具有明显的日变化,12∶00～20∶00 时为沙尘暴的高发时段,60.9%的沙尘暴发生在这一时段内.

(3)就整个西北地区而言,20 世纪 60 年代至 70 年代,沙尘暴日数有微弱的增加趋势;自 70 年代之后,沙尘暴具有明显的减少趋势.

(4)在沙漠化面积不断扩大的情况下,沙尘暴日的数逐年减少是由大风日数的减少决定的. 近 40 年来的东亚季风指数的变化与沙尘暴日数的变化有较好的对应关系,因此东亚季风减弱是近 40 年来沙尘暴日数减少的重要原因之一.

参考文献:

[1] 周自江,章国材. 中国北方典型强沙尘暴事件(1954－2002 年)[J]. 科学通报,2003,**48**(11):1224-1228.

[2] 董光荣,吴 波,慈龙骏,等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[J]. 中国沙漠,1999,**19**(4):318-332.

[3] 王锡稳,孙兰东,龚兰芝,等. 甘肃沙尘天气变动趋势[J]. 气象科技,2002,**30**(3):158-161.

[4] 施　能,朱乾根,吴彬贵. 近 40 年东亚夏季风及我国夏季大尺度天气气候异常[J]. 大气科学,1996,**20**(5):575-583.

[5] 程海霞. 高空急流与沙尘暴关系的统计分析与动力学研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2006.

[6] 李岩瑛,俞亚勋,罗晓玲,等. 河西走廊东部近 50 年沙尘暴气候预测研究[J]. 高原气象,2004,**23**(6):851-856.

[7] 周自江. 近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气. 第四纪研究,**21**(1):9-16.

[8] 杨德保,尚可政,王式功. 沙尘暴时空分布特征[A]. 沙尘暴[C]. 北京:气象出版社,2003:1-5.

[9] 钱正安,贺慧霞,翟　章,陈敏连,我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征,1997,1-10.

[10] 王式功,董光荣. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠,2000,**20**(4):349-356.

[11] 钱正安,蔡　英,刘景涛,等. 中蒙地区沙尘暴研究的若干进展[J]. 地球物理学报,2006,**49**(1):83-92.

[12] 唐国利,叶笃正,丑纪范,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报,2000,**55**(5):513-520.

[13] 毛　睿,龚道溢,范一大. 春季天气变率对华北沙尘暴频次的影响[J]. 地理学报,2005,**60**(1):12-20.

[14] 张存杰,汤　绪,李耀辉. 河西走廊沙尘暴特征及气候成因分析[J]. 干旱气象,2003,**21**(4):18-22.

[15] 刘国梁,郝丽珍. 中国沙尘暴天气减少趋势的其他证据[J]. 中国沙漠,2005(3):448-449.

The temporal/spatial distribution and variation trends of dust storm in the northwestern china over the past forty years

CHEN Jin [1], LI Dongqing [2], YU Guangming [1], MENG Qingzhou [1], YONG Guowucai [1]

(1. State Key Lab of Frozen Soil Engineering, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000; 2. school of urban and environment science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079)

万方数据

Abstract: Based on available dust storm data for 134 weather stations from 1961 to 2000, the temporal and spatial distribution, variation trends in northwestern china were analyzed. The result showed that there were five severe sand storm regions, respectively locating in Minfeng in the south part of Nanjiang basin, Keping and Bachu in Keping basin, Minqin in Hexi corridor, Guaizihu in Alashan plateau and Yanchi in Ningxia province. About half of the sand storm took place in spring, only 7.6% of the sand storm appeared in autumn. Among one day, from 12 : 00 to 20 : 00, sand storm was more likely come on, about 60.9% of sand storm fell in this stage. Refers to sand storm variations in different decades, comparing with 1960s, sand storm days in 1970s had a slight addition, but from 1970s to 1990s, it had a sharply decline. In conclusion, sand storm days in northwestern China were on an obvious decline in the past forty years.

Key words: northwestern china; sand storm; temporal and spatial distribution; variation trends

(上接第658页)

Prediction on land use change in Pingshuo opencast mine based on Remote Sensing and Markov Model

BAO Nisha, BAI Zhongke, YE Baoying

(School of Land Science & Techniques, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: The issue base on TM image of 2001and 2005 to conduct investigation of land use situation in Pingshuo opencast mine, analysis the change of land features in the area with mine planning. It can be listed as follow: construction land, uncultivated land increased sharply, arable land decrease apparently, the increase of the construction land was at the cost of encroaching of the arable land. We forecast the land use structure of 2021 with the Markov chain. The results show that the trend that all the other types translated into the construction land appears much more dominantly than any others in the studying region. In the meanwhile, it also indicates that the studying region is in a fast developing stage of urbanization and expanding of the mine to a certain extent.

Key words: Pingshuo opencast mine; land use pattern; Markov chain; Remote Sensing; GIS

万方数据