

文章编号: 1007-4619 (2002)05-0376-06

# 1996—2000年陕甘宁青沙地遥感宏观动态研究

颜长珍, 王一谋, 冯毓菽, 王建华

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

**摘 要:** 以陕甘宁青四省区 1996 年和 2000 年的 TM 影像为信息源, 在全数字方式下运用遥感技术与地理信息系统技术结合建立了两期沙地数据库。通过分析得出: 2000 年四省区有沙地面积  $7910807\text{hm}^2$  与 1996 年相比净增加  $6424\text{hm}^2$ 。沙地占全区总土地面积的比例由 5.733% 增加到 5.737%, 平均每年净增加 0.001%。不同省区沙地面积的变化情况是: 陕西净增加 0.004%、甘肃净减少 0.017%、宁夏净减少 0.479%、青海净增加 0.051%。同时结合实际情况, 分析了不同地区沙地变化的驱动因子。

**关键词:** 遥感; 地理信息系统; 陕甘宁青沙地; 遥感宏观研究

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A

陕甘宁青四省区由于地处的特殊地理环境, 降水的年际和年内变率都较大, 加上人口快速增长的压力, 脆弱的生态环境容易发生退化, 结果之一是土地沙漠化<sup>[1]</sup>, 其主要表现形式就是沙地扩大和突发性风沙灾害——扬沙、沙尘暴、强沙尘暴发生的频率越来越高, 不仅直接危害西北和华北地区, 还影响到我国南方和邻近的一些国家。由于沙地在干旱及半干旱地区是土地资源的重要组成部分, 其变化对地区资源环境影响较大。近期国家经济建设重点向中西部转移的情况下, 西部环境退化及环境容量等问题急需深入研究。因此在地理信息系统强大空间数据管理和分析能力支持下, 利用宏观、动态遥感信息源, 在本区建立沙地数据库, 对沙地进行监测和分析研究, 查清沙地的数量和分布, 监测其动态变化, 分析其驱动因子, 为资源利用和环境监测研究提供基础数据和理论依据<sup>[2]</sup>。

## 1 研究方法

在资源环境调查中, 当地表植被覆盖度小于 5% 且为流沙覆盖时, 由于生物初级生产力低, 在现阶段常规技术和资金投入条件下农牧业利用价值较低<sup>[3]</sup>, 这类土地难以利用, 一般在土地利用/土地覆盖研究及土地资源调查中都把沙地单独列为难利用

土地的一个亚类。为了与相关研究保持衔接和可比, 本次研究中也把沙地定义为地表为沙覆盖, 植被覆盖率在 5% 以下的土地。由于沙漠地表全为流沙覆盖, 也包括在沙地定义范围之内。根据综合分析和比较研究, 建立了沙地 TM 影像解译标志, 其主要特征为白色或灰白色, 影像泛虚, 格状或波状纹理, 有些沙地沙丘形态清晰可辨。

本次研究以高性能微机为支持平台, 首先将两期影像匹配, 以已建立的数据库中 1996 年精纠正影像为标准, 利用影像对影像的匹配方法将 2000 年 TM 影像纠正配准。纠正时首先在一景影像内选取 30—40 个控制点并且尽量均匀分布进行粗配准, 再以县为单位精配准, 使得影像配准精度最终达到在平原地区 1 个像元, 山区 2 个像元。然后以人机交互方式在 1996 年图形库的基础上解译 2000 年陕甘宁青四省区的沙地及动态变化类型, 以此为基础建立了两期全区 1:10 万沙地数据库及相应的动态变化数据库。为了充分发挥新技术的特点, 建成高质量的图形数据库, 根据信息源最小分辨率及制图精度要求确定以下解译原则: 判读提取沙地成图的最小图斑为  $6 \times 6$  个像元, 即  $180\text{m} \times 180\text{m} = 3.24\text{hm}^2$ 。屏幕解译线划描述精度为 1 个像元, 即线划定位精度相当于地面 30m。定性准确率要求大于 95%。在实际工作中, 解译时结合其它资料(地形图、气候区

收稿日期: 2001-04-09; 修订日期: 2001-07-10

基金项目: 中国科学院“九五”特别支持项目“中国资源环境遥感信息系统与农情速报”(KZ951)成果。rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介: 颜长珍(1967—), 男, 甘肃岷县人, 助研。1989年毕业于兰州大学地理系, 现主要从事遥感与地理信息系统应用研究工作。

划图、植被图、土地利用图等专题图件和文字调查报告),运用地学相关分析法综合判断,实际解译定性精度经后期抽样验证都达到 98% 以上。解译完成后作业人员之间交换进行详细查错补漏后,送交质量检查组检查,对不满足质量要求的图幅重返前两道工序。经过三级工序的严格质量控制,以保证定位精度达 1 个像元,定性精达 95% 以上。最终将检验合格的图形数据以省为单元建立空间数据库。

## 2 沙地分布特征

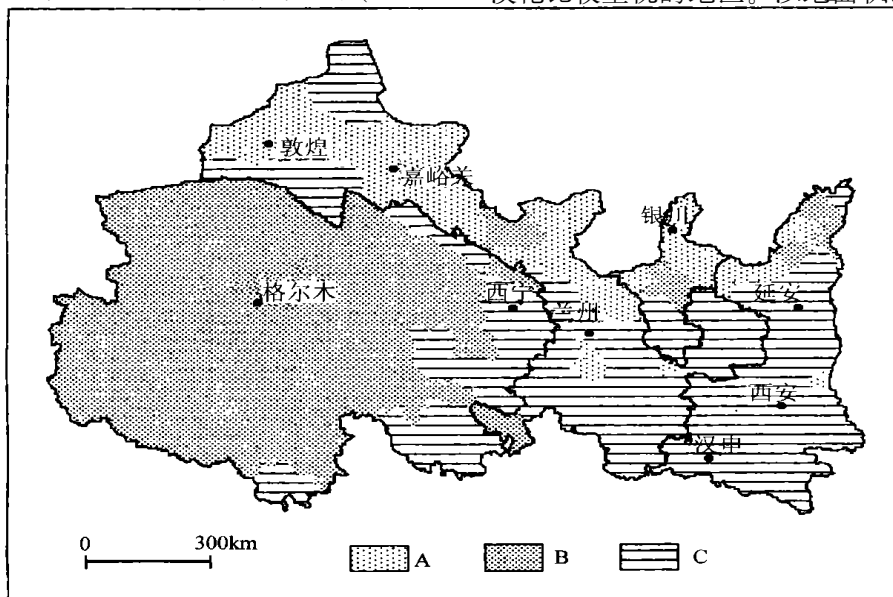
四省区沙地主要分布在干旱半干旱气候的陕西北部、宁夏中东部和北部、甘肃河西走廊和洮河沿岸、青海西部及西北部、半湿润地区的渭河下游两岸滩地、半湿润高寒地区的甘南高原部分地段、以及湿润地区汉中平原零星河滩地。2000 年四省区共有沙地 7910807hm<sup>2</sup>, 占全区土地总面积的 5.737% 在 238 市县级区划单元中(青海湖由于水域中界线难以确定,以地形图中水体边界为界限单独作为一个统计单元), 86 个市县有沙地分布, 占总数的 36.13%。以沙地面积占总土地面积的百分比  $P$  值为依据,在有沙地的 86 个县市单元中, 37 个  $P < 1%$ , 20 个  $1% \leq P < 5%$ , 13 个  $5% \leq P < 10%$ , 9 个  $10% \leq P < 20%$ , 7 个  $P \geq 20%$ ; 其中甘肃省民勤县  $P$  值最高达 43.938%, 其次市宁夏的陶乐县  $P$  值为 38.018%, 青海甘德县沙地面积最少,  $P$  值仅为 0.001%。在 37 个市、地区及州级行政单元中(包括

青海湖), 28 个单元有沙地, 其中甘肃武威地区由于北部的巴丹吉林沙漠在本区, 沙地分布最多,  $P$  值达 28.878%; 沙地分布最少的是仅有零星河滩沙地分布的陕西汉中地区,  $P$  值仅为 0.001%。

## 3 沙地动态变化

近四年四省区沙地面积由 1996 年的 7904383hm<sup>2</sup> 增加到 2000 年的 7910807hm<sup>2</sup>, 净增加 6424hm<sup>2</sup>。沙地占全区总土地面积的比例由 5.733% 增加到 5.737%, 四年间净增加 0.004%, 平均每年净增加 0.001%。四年内新增沙地 54883hm<sup>2</sup>, 减少沙地 48459hm<sup>2</sup>, 分别占总沙地面积的 0.694% 和 0.613%。其中, 宁夏和甘肃沙地净减少, 分别减少了 7.334% 和 0.237%, 青海和陕西沙地净增加, 分别增加了 0.835% 和 0.194%。在 37 个市、地区及州级行政单元中(包括青海湖), 12 个单元沙地净减少, 银川和石嘴山减少最多分别达 48.068% 和 12.557%; 9 个单元沙地净增加, 其中青海湖区和玉树州增加最多, 分别增加 30.485% 和 3.889%, 6 个单元沙地无明显变化。在 238 市县级区划单元中, 37 个市县有沙地净减少, 28 个市县有沙地净增加, 21 个市县沙地增减平衡(如表 1 陕甘宁青沙地面积及变化)。

以县为单位, 沙地面积净减少的有 37 个县市(如图 1A), 主要分布在甘肃河西走廊、宁夏河套平原及陕西北部局部地段等水源条件较好或对防治沙漠化比较重视的地区。沙地面积净增加的有 28 个



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

图 1 陕甘宁青沙地面积净增减分布图  
Fig.1 The map of sandy land change in Shaanxi, Gansu, Qinghai Provinces and Ningxia Region

县市(图 1B), 主要分布在巴丹吉林沙漠南缘、宁夏中部及陕北榆林地区。173 个县市无沙地分布或沙地面积增减平衡(图 1C)。沙地净增加比净减少涉

及的范围大, 并且大部分地区是草原区, 气候的干旱化趋势、草场过载、草原鼠害及采挖药材使得沙地净增加继续加剧。

表 1 陕甘宁青沙地面积及变化

Table 1 The area of sandy land and its changes in Shaanxi·Gansu·Qinghai Provinces and Ningxia Region

省名	地州名	总土地面积	1996 年沙地		4 年沙地变化/hm <sup>2</sup>			2000 年沙地	
			面积/hm <sup>2</sup>	P/%	增加	减少	净增减	面积/hm <sup>2</sup>	P/%
陕西	西安市	1009382	587	0.058				587	0.058
	渭南地区	1315703	5919	0.450		161	-161	5758	0.438
	汉中地区	2713802	38	0.001				38	0.001
	榆林地区	4298614	376919	8.768	8564	7656	907	377826	8.789
	全省合计	20573291	383463	1.864	8564	7818	746	384209	1.868
甘肃	兰州市	1324731	494	0.037				494	0.037
	嘉峪关市	147586	2812	1.905		9	-9	2803	1.899
	金昌市	749401	13890	1.853	146	123	23	13913	1.857
	白银市	2008270	8205	0.409	37	259	-222	7983	0.398
	天水市	1430780	115	0.008				115	0.008
	酒泉地区	14461738	1570649	10.861	150	576	-426	1570223	10.858
	张掖地区	3980499	193065	4.850	98	2930	-2831	190234	4.779
	武威地区	3293853	954132	28.967	2392	5319	-2927	951206	28.878
	定西地区	1963848	2963	0.151		100	-100	2863	0.146
	平凉地区	1109281	833	0.075		24	-24	809	0.073
	庆阳地区	2720831	36	0.001				36	0.001
	临夏州	811136	468	0.058		22	-22	447	0.055
	甘南州	3636407	3200	0.088	9		9	3209	0.088
全省合计	40462716	2750863	6.799	2833	9361	-6528	2744335	6.782	
宁夏	银川市	354538	22295	6.289	248	10965	-10717	11578	3.266
	石嘴山市	443224	44659	10.076	294	5902	-5608	39051	8.811
	银南地区	2704672	271074	10.022	4351	12837	-8486	262588	9.709
	固原地区	1675842	281	0.017				281	0.017
	全区合计	5178275	338308	6.533	4894	29705	-24811	313498	6.054
青海	海北州	3101007	45588	1.470	443	23	420	46007	1.484
	黄南州	1800407	39	0.002				39	0.002
	海南州	4085027	182032	4.456	1614	40	1574	183606	4.495
	果洛州	7695553	157106	2.042	1073	305	768	157874	2.051
	玉树州	19776107	517173	2.615	20113		20113	537286	2.717
	海西州	32722187	3522119	10.764	12420	623	11797	3533916	10.800
	青海湖区	449520	7692	1.711	2929	585	2345	10036	2.233
	全省合计	71667934	4431748	6.184	38592	1575	37017	4468765	6.235
总计	137882216	7904383	5.733	54883	48459	6424	7910807	5.737	

## 4 沙地变化驱动因子

四省区沙地增加的主要原因是近年来连续干旱气候加上草场超载、严重鼠害、乱采甘草发菜以及乱樵烧材等人为过度经济活动造成植被稀疏和土质疏松,风力首先在植被稀疏过牧地段或鼠害土质疏松地段吹蚀,形成风蚀突破口,以此为起点吹蚀和堆积同时进行,使得草地退化发展成为沙漠化土地<sup>[4]</sup>,本因素引起的沙地增加量占总增加量的68.45%。其次是耕地沙化及河湖干枯使湖底及河床沙地裸露引起的沙地增加,两者分别占总增加量的11.47%和5.56%。此外,干旱内陆流域区下游的盐碱地和沼泽地由于上游来水减少或干枯,就地起沙或流沙积聚使沙地增加,在总增加量中分别占6.04%和4.16%。而沙地减少的主要原因是由于人为治理沙地,将沙地的开发为耕地或采取恢复植被措施在条件较好的沙地中种草植树,三者使沙地分别减少了40.30%、41.90%和10.22%(如表2)。

但是由于自然条件的差异四省区沙地增减的驱动因子相差较大。耕地沙化造成的沙地增加在陕西省沙地增加中为主导因子,占全省沙地增加量的61.96%;宁夏东部由于与陕西北部同处风沙活动频繁的鄂尔多斯南部农牧交错区,耕地沙化在沙地增加中也占较多比例,达13.30%。这是由于近年本地区持续干旱,大量耕地未能下种、裸露地表在频发的沙尘暴作用下耕地被流沙掩埋或砂壤质耕地中细粒风蚀吹走造成耕地沙化,如仅2000年1—5月宁夏就发生区域性沙尘暴天气就有11次之多<sup>[5]</sup>。耕地变为沙地青海省最小仅为0.8%。其它三省区沙地增加的主导因子是草地沙漠化,在沙地增加中草地变为沙地的比例都超过65%,宁夏最大达78.47%。宁夏草地退化与近年来的搂发菜和挖甘草使得草地植被破坏就地起沙有很大关系。甘肃省河西走廊由于来水量减少和上游大量截流使得下游地下水水位下降,地表土壤含水量减少严重,大量盐碱地变为沙地<sup>[6]</sup>,本因素引起的沙地增加占全省沙地增加量的31.81%。另外青海省新增加的沙地中19.75%是由于水域、盐碱地和沼泽地变为沙地而形成的,说明近年青藏高原干旱使得水域和湿地面积大量减少。

以县为单位,将有新增沙地的县按沙地增加主导因子可划分为:1. 耕地为主型,耕地变为沙地的面积占总沙地增加量的50%以上,属于本类的有白

银、靖远、银川、平罗、榆林市、门源、佳县、贺兰、定边县、青铜峡、横山县等11个县市。2. 草地为主型,草地变为沙地的面积占总沙地增加量的50%以上,属于本类的有永昌、玉门、敦煌、武威、陶乐、玛沁、德令哈、天峻、金昌市、古浪、永宁、贵南、玉树、称多、乌兰、曲麻莱、灵武、金塔、同心、景泰、盐池、玛多、杂多、神木县、张掖、海西、民勤、都兰、治多、中卫、靖边等31个县市。3. 水域为主型,水域变为沙地的面积占总沙地增加量的50%以上,属于本类的有石嘴山、海晏、临泽等3个县市及青海湖区。4. 草地水域为主型,草地和水域变为沙地的面积之和占总沙地增加量的50%以上,属于本类的有格尔木市和共和县。5. 其它为主型:指盐碱地、沼泽地就地起沙变为沙地或裸岩由于流沙迁移覆盖变为沙地的面积占总沙地增加量的50%以上,属于本类的有肃南、山丹、玛曲、中宁、刚察等5个县。

在沙地减少因子中,陕西省由于自然条件限制对沙地的治理措施主要是植树造林和恢复草被,两者分别占沙地减少量的42.07%和45.35%,仅在水分条件较好的部分沙地被开垦为耕地。甘肃省近年来在河西走廊大力发展沙产业,开展沙漠化土地综合治理,在沙地减少量中39.42%的沙地被开垦为耕地,植树和种草恢复植被改良沙地比例仅为13.10%和30.96%。宁夏沙地减少的主导因子是引黄灌溉工程的实施,以及沙荒地开垦,14860hm<sup>2</sup>沙地开垦为耕地,占沙地减少量的50.03%;其次是沙地封育和种草,沙地减少量中有46.67%的沙地被恢复为草地。青海省由于自然条件和经济实力的限制,对沙地的人为治理措施很少,沙地的减少主要是由水体淹没河谷沙地和由于水位上升使沙地储水成为沼泽地,而且沙地的减少量小,仅占沙地增加量的4.08%。比较四省区沙地减少的驱动因子,陕西省沙地治理的措施主要是恢复植被、改善生态环境,这有利于区域的可持续发展。而宁夏和甘肃比较注重于沙地开发,大量沙地被垦为耕地,若水源减少或出现危机,耕地又可能退化为沙地;另外新垦地应采取有效保护措施,防止土壤风蚀。青海省应选择条件较好的地段,积极开展沙地的治理工作。青藏铁路的修建和开通后,人为活动增加会对生态环境的干扰更大,在方便交通条件下本区丰富的沙金和虫草资源会吸引更多的非法采挖造成土地沙漠化,而高原高寒干旱气候条件下,土地一旦沙化,沙漠化土地治理比其它地区难度更大。如在长江源头沱沱河附近修建青藏公路时为填高路基就地取土,部分地段

草被破坏后到现在还是裸土。近年随着全球气温的上升,青藏高原也出现降水减少和气温升高的特点,使高原气候向更加干旱化转变;同时,长期以来片面追求牲畜数量造成草地超载,仅以江河源区为例,冬

春草场普遍超载,部分地区超载率高达 37.65%—279.1%,夏秋草场大部分超载,超载地区超载率可达 80%<sup>[7]</sup>。因此防止沙漠化过程继续发展遏止沙地增加的任务在青海省更为紧迫。

表 2 陕甘宁青沙地变化类型面积和百分比

Table 2 The area and percentage of change types of sandy land in Shaanxi, Gansu, Qinghai Province and Ningxia Region

省份	项目	耕地	林地	草地	水域	建设	盐碱	沼泽	裸土	裸岩
陕西	增加	5306	8	3237	12					
	比例/%	61.96	0.09	37.80	0.15					
甘肃	增加	978	3289	3545		6				
	比例/%	12.51	42.07	45.35		0.07				
宁夏	增加	31		1886	9		901	6		
	比例/%	1.09		66.55	0.32		31.81	0.23		
青海	增加	3690	1226	2898	137	36	1291		83	
	比例/%	39.42	13.10	30.96	1.47	0.39	13.80		0.88	
合计	增加	651	121	3840	101	2				180
	比例/%	13.30	2.47	78.47	2.05	0.03				3.67
合计	增加	14860	436	13862	233	80	96	137		
	比例/%	50.03	1.47	46.67	0.79	0.27	0.32	0.46		
合计	增加	307	400	28612	2929		2414	2279	1651	
	比例/%	0.80	1.04	74.14	7.59		6.25	5.91	4.28	
合计	增加				783	48		744		
	比例/%				49.73	3.06		47.21		
合计	增加	6295	529	37575	3051	2	3315	2285	1651	180
	比例/%	11.47	0.96	68.46	5.56	0.00	6.04	4.16	3.01	0.33
合计	增加	19528	4951	20306	1154	170	1387	881	83	
	比例/%	40.30	10.22	41.90	2.38	0.35	2.86	1.82	0.17	

## 5 结 论

(1) 本方法建立空间数据库不仅速度快、精度高,而且数据库具有完整性和一致性高,不同期数据可比性强等特点,可广泛应用于其它空间分布问题的分析研究工作中。

(2) 本次建成的数据库可作为今后继续进行沙地动态监测的基础,同样应用本方法可向前每 4—5 年反演一期沙地分布数据库,建立沙地动态变化序列,研究沙地长期变化趋势及驱动因子,为区域环境变化研究及沙漠化治理提供依据。

(3) 四年内甘肃和宁夏沙地面积净减小,而陕

西和青海沙地面积净增加。但是以沙地变为耕地、草地、林地及建设用地面积占该省区总沙地面积的百分比为指标来衡量沙地的治理程度,依次为:宁夏为 8.688%,陕西为 2.037%,甘肃为 0.289%,青海为 0.00008%。说明沙地的治理程度与地区经济发展水平和对沙地的开发力度相一致,陕西省治理力度虽然较大,但土地沙漠化的速度也快,应予以足够的重视,在治理的同时防止土地沙漠化发展。

(4) 沙地开垦为耕地在甘肃和宁夏沙地的减少中占较大的比例,今后随着可垦沙地的减少及开发难度的增大,沙地减少的这一驱动因子会减小,而随着西部开发的深入沙地增加会加快。土地沙漠化若按现在的趋势发展,西北全区的沙地将会全面净增

加。

(5) 通过宏观遥感分析青海省沙地人为治理措施很小, 青藏铁路修建和开通后人为活动增加, 沙地扩大的趋势急需遏止, 若任其继续发展会直接威胁长江黄河的水源地, 使中国面临更大的缺水危机。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhu Z D. Desert, Desertification and its Rehabilitating Measures in China [M]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 1999, 128—135. [朱震达. 中国沙漠沙漠化荒漠化及其治理的对策. 北京: 中国环境科学出版社, 1999, 128—135.]
- [2] Wang Y M. The Remote Sensing Study Corpus on Regenerating Resources [C]. Beijing: Science Press, 1991, 74—76. [王一谋. 再生资源遥感应用研究文集. 北京: 科学出版社, 1991, 74—76.]
- [3] Liu J Y. Macro-scale Survey and Dynamic Study of Natural Resources and Environment of China by Remote Sensing [M]. Beijing: Chinese Science & Technology Press, 1996, 113—124. [刘纪远主编, 中国

资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996, 113—124.]

- [4] Zhu Z D, Liu S, *et al.* Conspectus of Chinese Desert [M]. Beijing: Science Press, 1980, 40—41. [朱震达、刘恕等著. 中国沙漠概论. 北京: 科学出版社, 1980, 40—41.]
- [5] Zhao G P, Wang L X, Yang S P. Short-range Forecast System for Regional Severe Sandstorm in Ningxia [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, **21**(2): 175—181. [赵光平, 王连喜, 杨淑萍. 宁夏区域性强沙尘暴短期预报系统 [J]. 中国沙漠, 2001, **21**(2): 175—181.]
- [6] Cheng L H, Qu Y G. The Reasonable Exploitation and Use of Water and Land Resources in Hexi Corridor of Gansu Province [M]. Beijing: Science Press, 1992, 88—120. [陈隆亨、曲耀光等. 河西地区水土资源及其合理开发利用. 北京: 科学出版社, 1992, 88—120.]
- [7] Wang G X, Cheng G D. Characteristic of Grassland and Ecological Changes of Vegetations in the Source Regions of Yangtze and Yellow Rivers [J]. *Journal of Desert Research*, 2001, **21**(2): 101—107. [王根绪, 程国陈. 江河源区的草地资源特征与草地生态变化 [J]. 中国沙漠, 2001, **21**(2): 101—107.]

# Macro-Scale Survey and Dynamic Study of Sandy Land in Shaanxi, Gansu, Qinghai Provinces and Ningxia Region in 1966 and 2000 by Remote Sensing

YAN Chang-zhen, WANG Yi-mou, FENG Yu-sun, WANG Jian-hua

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

**Abstract:** By using digital method of remote sensing and geographical information system techniques, TM images of 1996 and 2000 have been interpreted to establish the database of sandy land of two periods in Shaanxi, Gansu, Ningxia and Qinghai Provinces. Through the study practice and analyzing of sandy land databases, the following points can be concluded: In the study area there is as much as 7,910,807 $\text{hm}^2$  sandy land in 2000 and more 6,424 $\text{hm}^2$  than in 1996. The percentage of sandy land area over the whole area change from 5.733% in 1996 to 5.737% in 2000, and increases 0.004% in 4 years. In different regions, the change of sandy land is various, such as, it increased 0.004% in Shaanxi Province, decreased 0.017% in Gansu Province, decreased 0.479% in Ningxia Region and increased 0.051% in Qinghai Province. And then based on the change types of sandy land, the factors affecting sandy land changes were analyzed according to the situation of different regions.

**Key words:** RS technique; GIS technique; sandy land in Shaanxi, Gansu, Qinghai province and Ningxia region; macro-scale study by remote sensing