

青藏高原东北部河湟谷地 1726 年耕地格局重建

罗 静¹, 张镱锂², 刘峰贵^{1,2}, 陈 琼¹, 周 强¹, 张海峰¹

(1. 青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 整理、校正了 1726 年(雍正四年)河湟谷地历史文献中的田亩数据,并在 GIS 技术的支持下建立了该区 1726 年具有空间属性(2 km×2 km)的耕地分布格局。结果显示:1726 年河湟谷地耕地总面积为 1.427×10³ km²,其中番地占 64.7%,屯科秋站垦地占 35.3%。河湟谷地虽然面积较大,但受自然环境条件的限制,可耕之地较少,该区仅有 47%的网格具有耕地分布,耕地集中分布在湟水河干流区及大通河中游地区和龙羊峡以下的黄河谷地。从耕地垦殖强度分析,受自然环境条件 and 政治格局的双重影响,1726 年该区整体垦殖率较低,全区仅有 1.4%的耕地网格垦殖率在 40%以上,而 68.3%的耕地网格垦殖率在 10%以下,正处在广泛的开荒垦殖阶段。垦殖强度在空间分布上也存在明显差异,其中西宁县整体垦殖率水平最高,其耕地网格平均垦殖率达到了 13.5%。

关键词: 河湟谷地;耕地分布格局;网格化重建;1726 年

DOI: 10.11821/dlj201407009

1 引言

土地利用与土地覆被变化(LUCC)对局地、区域以及全球气候变化有重要的影响,是全球变化研究的重要领域之一^[1-3]。国际地圈、生物圈计划(IGBP)与全球环境变化人文计划(IHDP)的“土地利用与土地覆被变化研究”实施战略(1999)指出研究不同历史时期的土地覆被变化与全球变化的相互作用具有重要意义^[4]。历史时期区域性 LUCC 的研究可以作为区域性效应模拟研究的重要基础以及全球数据集的补充和验证^[5]。国内外对于历史时期 LUCC 方面的研究已取得重大成果。全球历史环境数据集(HYDE)^[6]、全球土地利用数据集(SAGE)^[7]用网格化方法重建了过去 300 年全球尺度的耕地分布格局,Eseer^[8,9]等通过量化森林砍伐可能性和人口数据分别计算了每个栅格的土地面积以及公元 1000-1850 年欧洲的森林覆被变化,对于研究全球和区域尺度的陆面过程产生了重要影响。中国是传统农业大国,耕地面积变化大,运用丰富的历史文献重建精确的中国耕地分布具有较强优势。藉此重建的 1820 年(嘉庆二十五年)中国传统农区耕地垦殖率数据集^[10]、清代西南地区 10 km×10 km 耕地数据集^[11]、黑河中游地区明代以前 5 km×5 km 的耕地空间分布^[12]、北宋中期耕地面积及其分布格局重建^[13]、东北地区过去 300 年耕地覆被变化重建^[14]等,都不同程度地反映了历史时期地方和区域尺度的耕地状况。然而以上研究中对于青藏高原历史时期土地利用方面的研究相对较少。青藏高原是全球气候变化的脆弱区和启动区^[15],研究该区历史时期高分辨率的土地利用与土地覆被

收稿日期:2013-09-25; 修订日期:2014-04-23

基金项目:国家自然科学基金项目(41271123, 41261010)

作者简介:罗静(1989-),女,青海西宁人,硕士,主要从事自然地理综合研究。E-mail: luojing2297741@126.com

通讯作者:刘峰贵(1966-),男,教授,博士生导师,主要从事青藏高原区域地理研究。E-mail: lfg_918@163.com

变化对于研究过去全球气候变化具有重要意义。因此本文选取青藏高原东北缘青海省东北部的河湟谷地作为研究区，分析该区历史时期的耕地分布格局。

河湟谷地是青藏高原最主要的农业发展区之一，也是少数民族杂居区。自西汉以来一直是青藏高原主要的农业耕作区。由于历史上备受政治格局和自然环境变化双重因素的影响，致使该地区耕地状况变化明显。尤其到了清朝，大兴移民屯田后，该区土地覆被发生了重大变化。本文通过整理、校正该区历史文献中记载的1726年（雍正四年）田亩数据，运用网格化的方法将其分配在空间上，从而恢复1726年河湟谷地的耕地空间格局，以期为揭示青藏高原典型河谷农业区耕地变化和人类活动的基本状况提供理论依据。

2 研究区概况

2.1 区域地理概况

河湟谷地位于青藏高原东北缘青海省的东北部，区域范围包括湟水河流域青海省境内的部分和黄河流域龙羊峡至寺沟峡一段，行政单元包括西宁市区、湟中县、湟源县、大通县、门源县、互助县、乐都县、民和县、平安县、化隆县、循化县、同仁县、尖扎县和贵德县14个县市，总面积约为 $3.3\times 10^4\text{ km}^2$ ，是湟水河、黄河及其支流冲积形成的河谷地区。由于区域内生产方式及地理环境相似，故称河湟谷地，史称“三河间”、“河湟间”^[16]。该区属于青藏高原向黄土高原、东部季风区向西北干旱区过渡的重要地带，海拔在1689~5218 m之间，平均海拔在2000~3000 m之间，是青海省海拔最低的地区。日照时数在2600~3000 h之间，年平均温度在5~9℃之间，年平均降水量在252~535 mm之间，气候温和，雨热同期，对农作物生长发育极为有利，是黄河流域人类活动最早的地区之一。区域内地形破碎，地貌类型主要以高山或极高山、洪积—冲积平原、丘陵和台

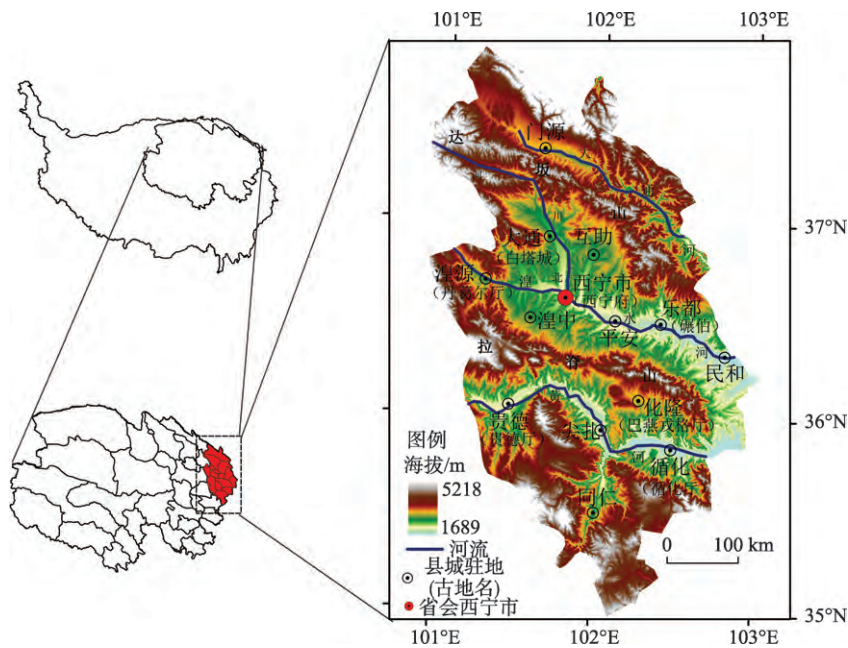


图1 研究区位置图
Fig. 1 Location of the study area

地为主, 分别占区域总面积的 72.4%、19.5%、6.3%、1.8%, 其中高海拔大起伏山地占区域总面积的 34%。高山和极高山地区随海拔高度的变化, 水热状况也会发生相应的变化。当海拔高度达到 3500 m 的高度上限时, 农作物的生长发育会受到影响, 此时海拔成为限制农业发展的最主要因素。

2.2 区域农业发展状况

公元前 121 年(西汉元狩二年), 河湟谷地隶属于汉代在边塞地区为“隔绝羌胡”而设立的金城郡^[16], 公元前 60 年(神爵二年)赵充国平定先零羌叛乱后上奏朝廷屯田湟中^[17], 河湟谷地的屯田农业自此开始。东汉时期, 为了巩固和稳定边疆, 屯田的规模进一步扩大。到了东汉后期, 国力日渐衰落, 甘青宁地区农民响应黄巾起义, 屯田开始瓦解, 河湟谷地的屯田也开始走向衰落。两汉屯田对河湟谷地农业的发展起了重要推动作用。隋、唐时期由于吐谷浑、吐蕃等为了各自的领域范围经常发生战争, 便实行了“罪徙实边”、“开屯田、备军实”的政策^[18,19], 河湟谷地屯田又得到恢复。北宋时期朝廷对该地区实行结好招抚的政策, 统治河湟谷地的唃廝囉政权延续了近百年, 不仅促进了河湟谷地经济文化的发展, 农业也有了很大的发展。明朝在全国设立卫所的大背景下, 河湟谷地地区设立了西宁卫, 大兴屯田, “封土司民”, 耕地规模进一步扩大, 农业人口得到快速发展。但到了明末时期, “由于战乱, 地方大户、土司头目……”, 地方大户、土司头目和屯垦军民的大量逃亡, 弃垦的田地大面积增加。

清初为了恢复国力, 全国范围内大兴移民屯田, “兴屯之意原以开荒, 非以备饷; 原以聚民, 非以供兵, 始初虽有屯名, 其后永为民业”的兴屯政策在河湟谷地也得到了推行^[20], 吸引了大量移民前来开荒垦殖, 河湟谷地的农业迅速发展起来。1712 年(康熙五十一年)颁发的“滋生人丁永不加赋”的赋役制度, 使得农民摆脱了添丁纳税的忧患, 人口迅速增长, 从而激起河湟谷地耕地面积的又一轮增长势头。1724 年(雍正二年)年羹尧平息罗卜藏丹津叛乱后, 河湟谷地正式纳入清政府的管理, 是年西宁卫改西宁府, 辖两县一卫。当时“查西宁边墙内, 俱属可耕之田。…令地方官动支正项钱粮, 卖给牛具、籽种…”^[21]。第二年碾伯县、大通卫等地接受了大量屯垦移民, 加快了该区农业的发展。历经顺治、康熙 70 多年的努力, 至 1726 年(雍正四年)河湟谷地地区基本恢复了明末清初由于战争烧毁、弃垦的田地, 土地利用格局初步形成。1726 年是河湟谷地农业走出低谷并稳序快速发展的起步阶段, 因此运用网格化的方法重建 1726 年河湟谷地耕地分布格局, 对于深入分析该地区土地利用/土地覆被变化具有典型性和代表性。

3 数据源与研究方法

1726 年河湟谷地原始耕地数据主要来自成书于乾隆十二年的《西宁府新志》^[22]、地方志《循化厅志》^[23]。1726 年河湟谷地各县域行政界线的确定参考谭其骧主编的《中国历史地图集》^[24]及牛汉平主编的《清代政区沿革综表》^[25]。

3.1 数据处理

3.1.1 耕地数据处理 清代河湟谷地地区的耕地主要分为屯田、科田、秋田、站田、垦田、番田六种类型。屯田是指由国家组织军队或农民耕种的国有土地, 明代中后期开始逐步向民田转化; 科田是指由官府登记在册并向朝廷纳税的一部分私田, 私田中也有“永不升科”之田, 这部分私田并不能称为科田, 科田又叫民田; 秋田是指由于土壤贫瘠, 只能播种秋熟谷物的田地; 站田是指废弃的驿站之地; 垦田是指新开荒垦殖并上报

升科的田地；番田是指少数民族（藏、土、撒拉等）耕种的田地，其明代及明代以前就有，但1725年才开始登记在册。耕地通常又根据耕作者民族的不同分为屯科秋站垦地和番地两大类，前者是以顷、亩、分、厘等来计量，后者是以“段”为计量单位，每段大小不一，记录了下籽量。每个县、厅（卫）的耕地面积即为屯科秋站垦地与番地的总和。根据历史文献统计的1726年河湟谷地各县、卫、厅的耕地数据如表1所示。

表1 1726年河湟谷地范围内各县域在册耕地面积
Tab. 1 Cropland area of each county for 1726 within the scope of Yellow River-Huangshui River valley (YHV)

县名称	屯科秋站垦地	番 地			
		水地		旱地	
		段数	下籽量	段数	下籽量
西宁县	5302顷79亩1分	12471	6544石7斗5升	69236	43430石7斗9升
碾伯县	1611顷25亩5分	8683	1592石4斗3升	26393	6385石8斗
大通卫	18顷81亩3分	6243	5577石1斗2升	24516	25445石3斗4升
贵德厅	66顷84亩6分	4503	381石9斗	5969	677石6斗8升
循化地区	无	12389	1336石9斗1升	21985	21755石3斗6升

注：耕地数据主要源自《西宁府新志》^[22]和《循化厅志》^[23]。

中国历史文献中记载的田亩数据普遍存在的问题，如计量单位不统一、存在偷税漏税、免科等现象^[14]，河湟谷地地区同样存在，因此需要对其进行校正。同时造成清代官方册载中耕地数据不真实的另外一个重要原因是清代沿袭了明代的折亩制度，将肥沃程度不等的土地折合成同一税亩。河湟谷地地区并没有实行折亩的税收制度，而是根据不同的田地类型制定了不同的赋税标准。

河湟谷地的屯科秋站垦地，每亩的赋税标准高低不等，各县的征收标准也不尽相同，有1斗及8升、7升、5升等不同的等级。西宁县秋、站、垦地每亩征粮4升，而屯地、科地则依据土地肥沃程度的差异分成若干个等级，按不同的等级征收不同的税额；碾伯县科、秋、站地每亩征粮5升6抄，屯地则每亩征粮5升4合^[26]。河湟谷地的番地，有水地和旱地之分，按下籽量的多少来征收赋税，水地、旱地的征收标准不一样，并且不同地区其征收标准也有差异。1726年西宁府的西宁县、碾伯县、大通卫每下籽一仓石，旱地征粮一仓斗，水地征粮二仓斗五升^[26]。而循化地区，旱地又被分为上旱地和下旱地，每下籽一石，上旱地纳粮一斗，下旱地纳粮五升，而水地则每下籽一石，纳粮一斗五升^[27]。由此可见河湟谷地并没有实行折亩制度，在校正原始田亩数据时不用考虑折亩现象。

在进行原始田亩数据校正时，首先将其转化成统一的标准清亩。对于屯科秋站垦地，根据亩法及步里法（即1顷=100亩，1亩=10分，1分=10厘）换算成标准清亩^[28]。番地不计顷亩，以“段”来计数，每段大小不一，分别记录了水、旱地的下籽量。根据有关方志的记载进行推理及实地访问，得出水地每下籽1仓斗为1亩，旱地每下籽8仓升为一亩的换算方法^[29]。据清代学者的估计和民国时期的实际调查认为清代官方册载的耕地瞒田比例达到20%左右^[30-31]，像河湟谷地这种偏远的地区，瞒田率只会高不会低，因此用20%的瞒田比例来校正河湟谷地的耕地数据与实际情况差别不会很大。最后将校正过的屯科秋站垦地和番地统一换算为现代亩，即1标准清亩=0.9216亩(今)=(0.9216/1500) km²。

经校正，1726年河湟谷地耕地总面积为1.427×10³ km²，番地占64.7%，屯科秋站垦

地占 35.3%。其中西宁县、碾伯县耕地总面积分别为 $8.2 \times 10^2 \text{ km}^2$ 、 $1.84 \times 10^2 \text{ km}^2$ ，屯科秋站地分别占总面积的 47%、63%，大通卫、贵德厅主要是番地为主，其耕地总面积分别为 $2.71 \times 10^2 \text{ km}^2$ 、 14 km^2 ，番地分别占 99.5%、65%，循化地区只有番地。

3.1.2 行政界限的校正 1726 年河湟谷地的区域范围主要包括西宁府辖区的西宁县、碾伯县、大通卫，临洮府的贵德厅及一部分于 1729 年设立循化营的河州边外地，都属于甘肃省辖区内。1726 年河湟谷地行政界限的确定是以 1820 年（嘉庆二十五年）甘肃省图为准进行校正的，整个研究区的外围界限与 1980 年河湟谷地 14 个县市的辖区范围基本一致（图 2）。1980 年河湟谷地县级行政区在数量上较 1820 年有所变化，其变化主要是由于县的拆分和合并造成的，其县域之间的辖区范围变化并不大。因此，本文以 1980 年河湟谷地 14 个县市行政单元的外围界限作为研究区范围，以 1726 年县级行政区作为基本区域单元，按照清代与现代县级行政区的拆分与合并来确定 1726 年河湟谷地各县域的行政界线。深入分析该区政区沿革^[25]及疆域概况^[32]，并借助历史地图集^[24]，得出 1726 年西宁县大致包含今西宁市、湟中县、平安县、乐都县、湟源县及化隆县的部分地区；碾伯县含今乐都县、民和县及化隆县的部分地区；大通卫含今大通县、门源县，贵德厅包含今贵德县和尖扎县。而循化地区则含今循化县以及同仁县。

3.2 历史耕地数据网格化重建方法

历史耕地数据网格化是为了得到具有空间属性的土地覆被数据，便于更加深入地分析土地利用/土地覆被变化对气候变化等的影响，而将定量的历史耕地数据分配到地图网格中的方法^[6]。国内外对于历史耕地数据网格化的研究已取得重要成果。美国威斯康星大学可持续和全球环境中心，将历史耕地数据以国家为单元绘制出历史耕地覆被比率图，并结合现代耕地分布图，将历史耕地数据分配到空间分辨率为 0.5° 经纬网格中（SAGE）^[7]；此外，荷兰公众健康与环境研究所，通过编制以国家为单位的历史人口密度图，以现代人口密度图为依据，以历史人口密度为权重，将历史耕地数据分配到空间分辨率为 $5'$ 的经纬网格中，得到了全球历史环境数据集（HYDE）^[6]。国内林珊珊等^[10]通过量化影响中国历史时期土地利用开发中的主导因子农垦地形引力和农垦人口引力，计算出每个网格的垦殖倾向，运用此模型将中国传统农区 1820 年的耕地数据在地图网格（ $60 \text{ km} \times 60 \text{ km}$ ）中进行分配；李柯等^[33]将地表高程和坡度作为影响土地宜垦程度的主要因素，并根据 MODIS 数据中现代耕地宜垦程度的高低，设计出将历史耕地面积分配到网格中的方法，重建了清代云南省 1671 年和 1827 年的耕地分布格局（ $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$ ）。运用李士成等^[11]网格化重建清代西南地区 $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ 耕地数据集的方法，本文重建了河湟谷地 1726 年



图 2 1726 年河湟谷地县域范围与现代河湟谷地县域范围对比

Fig. 2 Comparison between the county scope of YHV in 1726 and in modern times

的耕地分布格局。该方法是将现在耕地分布格局作为历史时期耕地的最大潜在分布范围,以此为基础,量化了海拔、坡度、气候生产潜力和人口数量与耕地分布的关系,计算出网格土地宜垦性,从而将历史耕地数据分配到网格中。考虑到河湟谷地宽窄交替、盆峡相间的串珠式地貌形态,耕地主要分布在盆地中,且盆地多成宽谷形状,长10~30 km,宽1.5~4 km不等,故本文将网格大小设定为2 km×2 km。

3.2.1 因子的量化 从全球1 km DEM数据库中提取河湟谷地的海拔高度并在DEM的基础上派生出坡度数据,将海拔、坡度数据根据中国科学院自然资源综合考察委员会调查资料分级方法^[34],并结合河湟谷地自身的地形特点进行分级,再运用加权平均法求出2 km×2 km网格的平均海拔和坡度;同时从由国家科学数据共享工程——地球系统科学数据共享网提供的全国1 km网格气候生产潜力数据(1951-1980年)中提取出河湟谷地的数据,再将它们进行2 km×2 km的重采样。对河湟谷地2 km×2 km网格的海拔、坡度、气候生产潜力数据分县区进行标准化处理。计算公式如下^[11]:

$$NH(j) = \frac{\text{Max}(H(j)) - H(j)}{\text{Max}(H(j))} \quad (1)$$

$$NP(j) = \frac{\text{Max}(P(j)) - P(j)}{\text{Max}(P(j))} \quad (2)$$

$$NW(j) = \frac{W(j)}{\text{Max}(W(j))} \quad (3)$$

式中: $NH(j)$ 、 $NP(j)$ 、 $NW(j)$ 分别表示 M_n 县区网格 j 标准化的海拔、坡度、气候生产潜力,取值范围为[0, 1]; $H(j)$ 、 $P(j)$ 、 $W(j)$ 分别表示 M_n 县区网格 j 的平均海拔、坡度和气候生产潜力; $\text{Max}(H(j))$ 、 $\text{Max}(P(j))$ 、 $\text{Max}(W(j))$ 分别表示 M_n 县区网格 j 平均海拔、坡度和气候生产潜力的最大值; j 为网格编号。

历史时期在生产水平较低的前提下,人为因素对耕地分布的影响是在自然环境条件允许的状况下影响着耕地的分布。并且在一定的研究区范围内,人口数量越多的地方,其对粮食的需求量也越大,耕地数量也相对越多。因此在一定的研究区范围内耕地数量的多少能够反映人为因素对耕地分布的影响。因此用耕地数量的聚集程度来反映人为因素对耕地分布的影响。设 x_i 年 M_n 县区的耕地数量为 $Ga(A, x_i)$, 则耕地数量的相对聚集程度公式如下:

$$NGa(A, x_i) = \frac{Ga(A, x_i)}{\sum_{a=1}^n Ga(A, x_i)} \quad (a = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

式中: $NGa(A, x_i)$ 表示 x_i 年的 M_n 县区在一定研究区中的耕地相对聚集程度,取值范围为[0, 1]。

3.2.2 网格化模型 20世纪50年代以来,青海省耕地面积经历了从增到减的变化过程,1946-2000年全省耕地总面积总体增加,2000年后耕地面积开始持续下降^[35]。故本文将1995年河湟谷地耕地空间分布范围作为历史时期耕地分布的最大可能范围。为了方便计算,将1995年的土地宜垦程度进行标准化处理:

$$NK(j) = \frac{K(j)}{\text{Max}(K(j))} \quad (5)$$

式中: $NK(j)$ 表示 M_n 县区网格 j 的宜垦程度; $K(j)$ 表示 M_n 县区内网格 j 的平均垦殖率; $\text{Max}(K(j))$ 表示 M_n 县区内网格 j 的最大垦殖率。

河湟谷地1726年2 km×2 km网格的土地宜耕性,如公式所示^[11]:

$$Q(j, x_i) = NH(j) \times NP(j) \times NW(j) \times NK(j) \times C(j) \times NGa(A, x_i) \quad (6)$$

式中: $Q(j, x_i)$ 、 $NH(j)$ 、 $NP(j)$ 、 $NW(j)$ 、 $NK(j)$ 、 $C(j)$ 分别是 M_n 县区内网格 j 在 x_i 年的土地宜耕性、标准化海拔、标准化坡度、标准化气候生产潜力、1995 年土地宜垦程度、网格陆地面积比重; $NG_a(A, x_i)$ 为 x_i 年 M_n 县区在研究区中的耕地数量相对聚集程度。

对于 M_n 县区内网格 j 的耕地面积比重 $Z(j, x_i)$ 、耕地面积 $SA(j, x_i)$ 以及垦殖率 $FR(j, x_i)$ 算法分别如下^[11]:

$$Z(j, x_i) = \frac{Q(j, x_i)}{\sum_{j=1}^n Q(j, x_i)} \quad (7)$$

$$SA(j, x_i) = Z(j, x_i) \times Ga(A, x_i) \quad (8)$$

$$FR(j, x_i) = \frac{SA(j, x_i)}{area(j)} \quad (9)$$

式中: $G_a(A, x_i)$ 为 M_n 县区在 x_i 年的耕地面积总数; $area(j)$ 为每个网格的面积。

当耕地数量较多时, 网格垦殖率 $FR(j, x_i)$ 可能会很大, 甚至大于 1。但实际上河湟谷地由于受自然条件和地理位置的限制, 垦殖率不会太高, 历史时期网格垦殖率一般都不会超过 90%^[10], 故将网格最大垦殖率设为 90%。当重建结果过大或大于 1 时, 需要对数据进行进一步处理。当网格垦殖率大于 90% 时, 将所有 $FR(j, x_i) > 0.9$ 的网格垦殖率赋值为 0.9, 再把多出的耕地按式(7)、式(8)、式(9)重新分配到垦殖率小于 0.9 的网格中, 依次循环, 直到所有网格的垦殖率小于 0.9 为止。

3.2.3 重建的模拟结果验证 为检验该模型可用于重建河湟谷地耕地空间格局, 选取该区 1980s 耕地数据进行验证。首先从 1980s 土地利用数据库中统计出河湟谷地各县域内的总耕地面积, 将其运用该模型分配到空间上, 再将所得结果与经过重采样 1980s 土地利用数据库后得到的 2 km×2 km 耕地分布数据进行相对误差的空间分析 (图 3)。

从网格相对误差空间分布图分析, 网格相对误差较大的区域主要分布在离河流较远, 海拔相对较高、坡度相对较大、自然环境条件相对较差的地区, 这些地区不适宜农作物的生长, 垦殖率普遍较低, 模型重建的该地区耕地数据较土地利用数据库中的耕地数据偏小, 造成这一结果的可能原因是随着科技的发展, 灌溉、化肥等有机物在耕地分布过程中起了重要的作用。进一步应用相关系数和平均相对误差来进行分析。结果显示 (图 4), 整个河湟谷地重建的 1980s 耕地空间分布数据与 1980s 土地利用数据库空间分布数据相关系数为 0.95, 平均相对误差为 0.13, 重建结果与土地利用数据库的统计数据相关性显著, 且平均相对误差也较小, 表明该模型重建的河湟谷地耕地空间分布数据

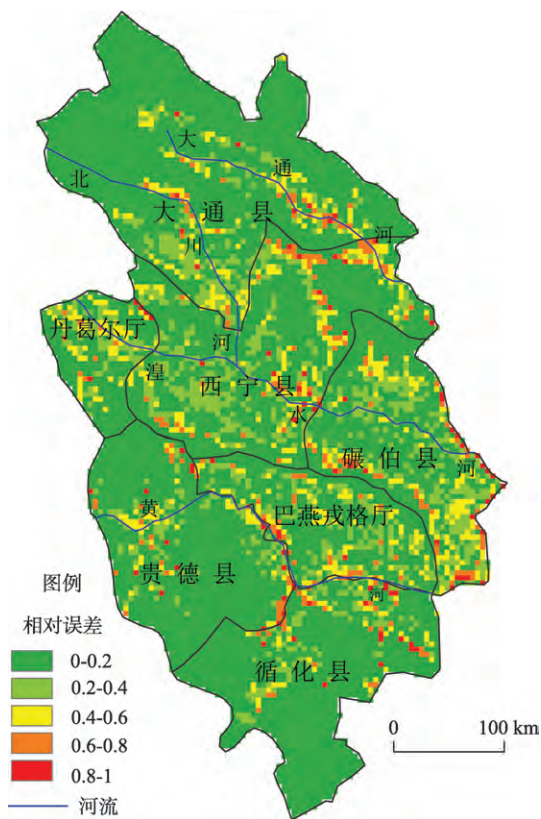


图 3 网格相对误差空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of relative error at 2-by-2-km scale

与实际统计数据高度一致。分县区分析结果显示，重建的各县区耕地空间分布结果与土地利用数据库数据均具有显著的相关性，平均相对误差值也较小，均未超过0.2。大小区域范围验证结果显示，重建的耕地空间分布结果与实际统计结果高度一致，表明该模型适用于重建历史时期河湟谷地的耕地分布。

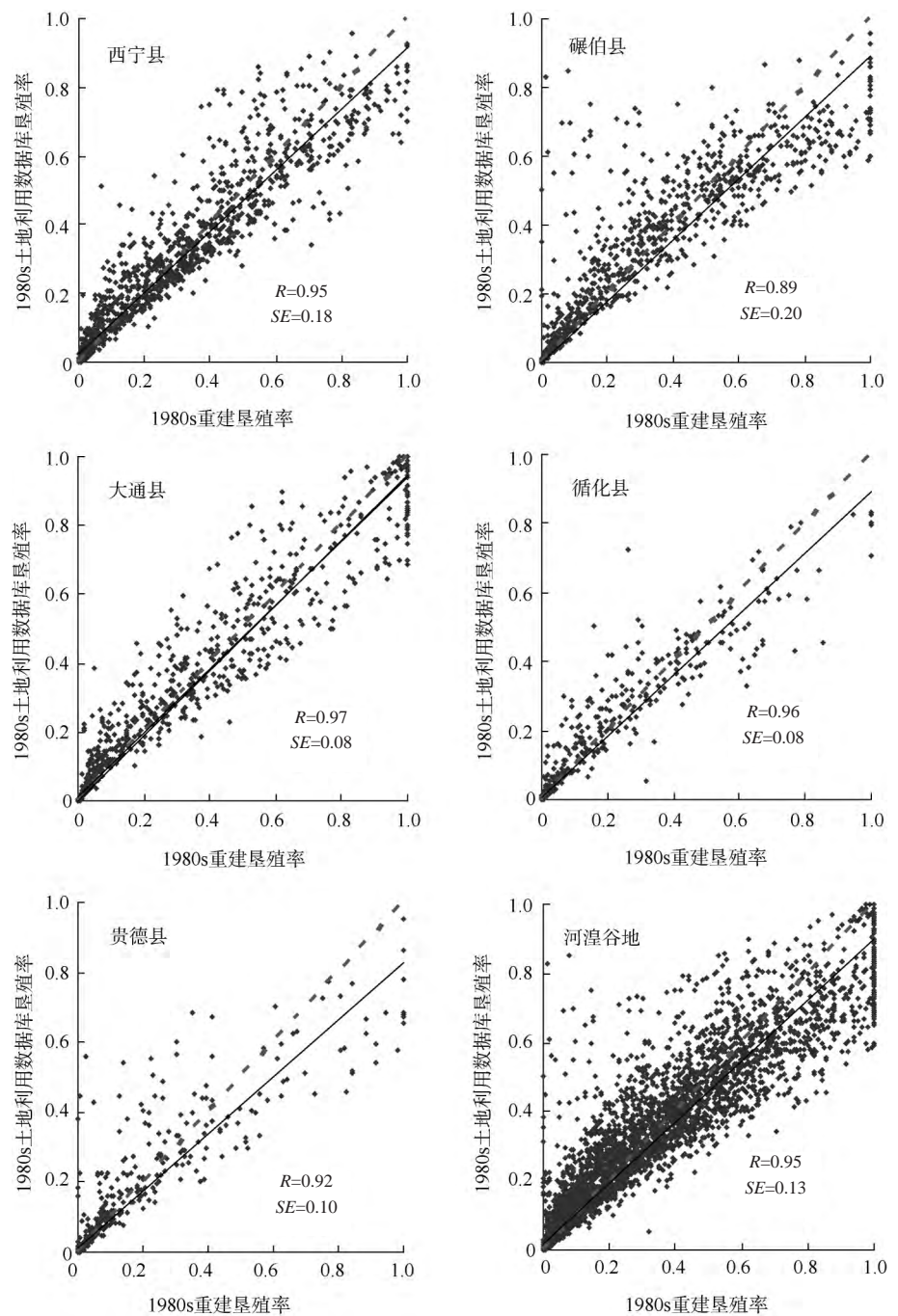


图4 1980s河湟谷地重建数据与土地利用数据库数据相关性分析
Fig. 4 Correlation analysis between our reconstruction and the satellite-based data in the 1980s

4 结果分析

将校正得到的 1726 年河湟谷地的耕地面积按照上述模型进行网格化分配, 得到 1726 年河湟谷地 2 km×2 km 分辨率的耕地空间分布格局 (图 5)。

从耕地分布状况分析, 河湟谷地地区虽然面积较大, 但由于受自然环境条件的限制, 可耕之地较少, 全区仅有 47% 的网格具有耕地分布。耕地主要集中分布在湟水河干流区及大通河中游地区和龙羊峡以下的黄河谷地, 并且北部由湟水河干流区和大通河支流组成的湟水谷地耕地分布较为密集, 南部的黄河谷地其耕地分布较为稀疏。湟水谷地平均海拔在 2000 m 左右, 地势相对平缓, 主要以侵蚀剥蚀低山丘陵和侵蚀堆积河谷平原为主, 河谷平原大都处在河流三级、四级阶地上, 土壤以栗钙土为主, 气候温和, 适宜农作物的生长, 因此该地区耕地范围较广, 西宁县、碾伯县、大通卫地区分别有 66%、75%、31% 的网格具有耕地分布。黄河谷地也是 1726 年河湟谷地主要的耕地聚集地, 其平均海拔在 1800 m 左右, 光热资源丰富, 地貌类型主要以侵蚀性构造高山、堆积侵蚀中低山、堆积阶地为主, 地处坡积冲积地或河漫滩地, 砾石较多, 土层较薄, 土壤盐碱度较高, 水土流失严重, 因此贵德厅、循化地区分别仅有 27%、27% 的网格具有耕地分布, 耕地分布相对于湟水谷地较稀疏。此外, 河湟谷地北部密集、南部稀少的耕地分布格局还与河湟谷地最早屯田开展的顺序有关, 西汉时期赵充国在河湟谷地屯田时的具体位置在临羌 (今湟源县) 及其以东的湟水河两岸和浩门县 (治所在今甘肃永登县河桥驿) 所在的大通河下游地区, 《屯田奏》讲到“又无惊动河南大开、小开, 使生他变之忧”^[17], 表明黄河沿岸的贵德厅、循化地区当时没有开展屯田。相对于湟水谷地, 黄河谷地的农业开发起步较晚。

从耕地垦殖强度分析, 河湟谷地处在中原地区与西部少数民族过渡的交界地带, 同时也是西部地区连接东西南北的重要交通枢纽, 处在这样一个特殊而重要的位置, 河湟谷地地区的政局较不稳定, 农业的发展常常会受到阻碍。相对于东部平原地区, 处于西部偏远边疆的河湟谷地农业发展起步较晚, 加之自然环境条件相对较差, 该区 1726 年垦殖率整体较低, 耕地网格平均垦殖率为 8.9%, 最高垦殖率为 67.7%。其中有 18% 的耕地网格垦殖率在 10%~20% 之间, 12% 的耕地网格垦殖率在 20%~40% 之间, 仅有 1.4% 的耕地网格垦殖率在 40% 以上, 而有 68.3% 的耕地网格垦殖率在 10% 以下, 正处在广泛的开荒垦殖的阶段。

垦殖强度在空间分布上存在明显差异。其中西宁县垦殖率整体水平最高, 其最高垦殖率达到了 67.7%、耕地网格平均垦殖率为 13.5%, 该区有 3.1% 的耕地网格垦殖率在 40% 以上, 22.7% 的耕地网格垦殖率在 20%~40%, 这与西宁县是西宁府的府治, 人口数量较

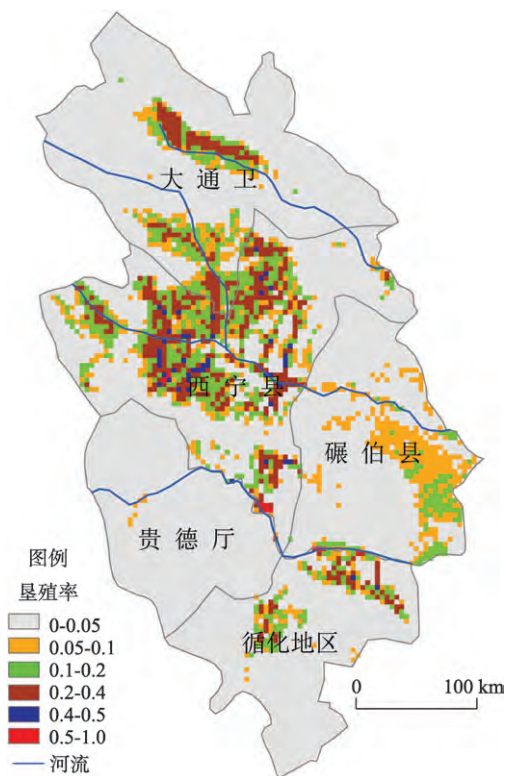


图 5 1726 年河湟谷地耕地空间分布格局

Fig. 5 Spatial distribution of cropland in YHV for 1726

多,是该府政治、文化、经济的交流中心密不可分。其次是大通卫,其耕地网格平均垦殖率达到了9.8%,垦殖率整体水平较高,其中最高垦殖率为37.7%。大通卫起初是青海蒙古部落麦力干放牧的地区,1649年(顺治五年),其接纳了逃难于此的部分陕甘回民起义的起义人员,“筑高堡、庄田、水磨、斗车,种麦、豆、青稞,凡牛、种皆系麦力干所给”^[36],此后大通卫的农业规模得到扩张,农业得到发展。碾伯县最高垦殖率为20%,耕地网格平均垦殖率只有4.1%,但其耕地范围广,占到了全县所有网格的75%。黄河谷地的循化地区只有番地,其最高垦殖率达到了55%,耕地网格平均垦殖率也达到了9.7%。贵德厅最高垦殖率仅为6.3%,耕地网格平均垦殖率只有1.1%,是1726年河湟谷地垦殖率最低的地区。

5 结论

① 1726年河湟谷地地区耕地总面积为 $1.427 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。其中番地占64.7%,屯科秋站垦地占35.3%。② 从耕地分布状况分析,由于受自然环境条件的限制,河湟谷地地区虽然面积较大,但可耕之地较少,全区仅有47%的网格具有耕地分布。耕地主要集中分布在湟水河干流区及大通河中游地区和龙羊峡以下的黄河谷地,并且北部由湟水河干流区和大通河支流区组成的湟水谷地耕地分布较为密集,南部的黄河谷地其耕地分布较为稀疏。③ 从垦殖强度分析,受自然环境条件和政治格局的双重影响,1726年河湟谷地地区垦殖率整体较低,该区有18%的耕地网格垦殖率在10%~20%之间,12%的耕地网格垦殖率在20%~40%之间,仅有1.4%的耕地网格垦殖率在40%以上,而有68.3%的耕地网格垦殖率在10%以下。④ 垦殖强度在空间分布上也存在明显差异。其中西宁县整体垦殖率水平最高,其耕地网格平均垦殖率达到了13.5%。其次是大通卫,耕地网格平均垦殖率为9.8%。贵德厅耕地网格平均垦殖率最低,仅为1.1%。

参考文献(References)

- [1] Dickenson R. Global change and terrestrial Hydrology: A review. *Tellus*, 1991, 43: 176-181.
- [2] Skukla J. Amazonian deforestation and climate change. *Science*, 1990, 247: 1322-1324.
- [3] Lean J. Simulation of the regional climatic impact of Amazon deforestation. *Nature*, 1989, 342: 411-413.
- [4] Nunes C J, Nunes I. Land-use and Land-cover Change (LUCC): Implementation Strategy. IGBP Report No. 48/IHDP Report No. 10. IGBP/IHDP, Stockholm/Bonn, 1999.
- [5] Li B B, Fang X Q, Ye Y, et al. Accuracy assessment of global historical cropland dataset on regional reconstructed historical data: A case study in northeast China. *Science China: Earth Sciences*, 2010, 53(11): 1689-1699.
- [6] Ramankutty N, Foley J A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 997-1027.
- [7] Pongratz J, Reick C, Raddatz T, et al. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. *Global Biogeochemical Cycles*, 2008, 22(3): 1-16.
- [8] Esser G, Hoffsradt J, Mack F, et al. High resolution Biosphere Model, Documentation, Model Version 3.0. Germany: Justus-Liebig University, 1994.
- [9] Kaplan J O, Krumhardt K M, Zimmermann N. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 2009, 28(27-28): 3016-3034.
- [10] 林珊珊, 郑景云, 何凡能. 中国传统农区历史耕地数据网格化方法. *地理学报*, 2008, 63(1): 83-92. [Lin Shanshan, Zheng Jingyun, He Fanneng. The approach for gridding data derived from historical cropland records of the traditional cultivated region in china. *Acta Geographica sinica*, 2008, 63(1): 83-92.]
- [11] 李士成, 何凡能, 陈屹松. 清代西南地区耕地空间格局网格化重建. *地理科学进展*, 2012, 31(9): 1196-1203. [Li Shicheng, He Fanneng, Chen Yisong. Gridding reconstruction of cropland spatial patterns in southwest China in the Qing dynasty. *Progress in Geography*, 2012, 31(9): 1196-1203.]

- [12] 颀耀文, 王学强, 汪桂生, 等. 基于网格化模型的黑河流域中游历史时期耕地分布模拟. 地球科学进展, 2013, 28(1): 71-78. [Xie Yaowen, Wang Xueqiang, Wang Guisheng, et al. Cultivated land distribution simulation based on grid in middle reaches of Hehe river basin in the historical periods. *Advances in Earth Science*, 2013, 28(1): 71-78.]
- [13] 何凡能, 李士成, 张学珍. 北宋中期耕地面积及其空间分布格局重建. 地理学报, 2011, 66(11): 1531-1539. [He Fan-neng, Li Shicheng, Zhang Xuezheng. The reconstruction of cropland area and its spatial distribution pattern in the mid-northern Song dynasty. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(11): 1531-1539.]
- [14] 叶瑜, 方修琦, 任玉玉, 等. 东北地区过去 300 年耕地覆被变化. 中国科学: D 辑, 2009, 39(3): 340-350. [Ye Yu, Fang Xiuqi, Ren Yuyu et al. The land use and land change cover of northern China over the past 300 years. *Science in China: Series D*, 2009, 39(3): 340-350.]
- [15] 姚檀栋, 刘晓东, 王宁练. 青藏高原地区的气候变化幅度问题. 科学通报, 2000, 45 (1): 98-106. [Yao Tandong, Liu Xiaodong, Wang Ninglian. Amplitude of climatic change in Qinghai-Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45 (1): 98-106.]
- [16] 范晔. 后汉书·西羌传. 北京: 中华书局, 1982. [Fan Ye. *History of the Later Han Dynasty · XiQiang Zhuan*. Beijing: Zhonghua Press, 1982.]
- [17] 班固. 汉书·赵充国传. 北京: 中华书局, 1982. [Ban Gu. *The History of the Former Han Dynasty · Zhao Chongguo Zhuan*. Beijing: Zhonghua Press, 1982.]
- [18] 魏征. 隋书·食货志. 北京: 中华书局, 1973. [Wei Wei. *The Chorography of Shihuo in the Sui Dynasty*. Beijing: Zhonghua Press, 1973.]
- [19] 魏征. 隋书·刘权传. 北京: 中华书局, 1973. [Wei Wei. *Liu Quan Zhuan in the sui dynasty*. Beijing: Zhonghua Press, 1973.]
- [20] 崔永红. 清初青海东部的兴屯开荒和屯田民地化问题. 青海社会科学, 1991, (4): 85-90. [Cui Yonghong. The problem of opening up wasteland and localization at the begining of the Qing dynasty in the eastern of Qinghai province. *Qinghai Social science*, 1991, (4): 85-90.]
- [21] 翦伯赞, 郑天挺. 中国通史参考资料(第八册). 北京: 中华书局, 1984. [Jian Bozan, Zheng Tianting. *History of Chinese Reference Material: The Eighth Book*. Beijing: ZhongHua Press, 1984.]
- [22] 杨应琚. 西宁府新志·田赋志(清). 台北: 文海出版社, 1968. [Yang Yingju. *The New Chorography of Xining Fu· Land Taxes*. Taipei: Haiwen Press, 1968.]
- [23] 龚景瀚. 循化厅志. 台北: 成文出版社, 1970. [Gong Jinghan. *The Chorography of Xunhua Ting*. Taipei: Chengwen Press, 1970.]
- [24] 谭其骧. 中国历史地图集(第八册). 北京: 中国地图出版社, 1996: 28-29. [Tan Qixiang. *Historical Atlas of China: The Eighth Book*. Beijing: SinoMaps Press, 1996: 28-29.]
- [25] 牛平汉. 清代政区沿革综表. 北京: 中国地图出版社, 1990: 456-469. [Niu Hanping. *The Administrative Region Table of Qing Dynssty*. Beijing: SinoMaps Press, 1990: 456-469.]
- [26] 杨应琚. 西宁府新志·艺文志. 台北: 文海出版社, 1968: 1337-1339. [Yang Yingju. *The New Chorography of Xining Fu· Arts*. Taipei: Haiwen Press, 1968: 1337-1339.]
- [27] 龚景瀚. 循化志. 西宁: 青海人民出版社, 1980. [Gong Jinghan. *The Chorography of Xunhua*. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1980.]
- [28] 吴承洛. 中国度量衡史. 北京: 商务印书馆, 1993. [Wu Chenluo. *History of Chinese Measurement*. Beijing: The Commercial Press, 1993.]
- [29] 崔永红. 青海经济史(古代卷). 西宁: 青海人民出版社, 1998: 172-174. [Cui Yonghong. *Qinghai Economic History: Ancient Volumes*. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1998: 172-174.]
- [30] 卜凯. 中国土地利用. 南京: 金陵大学农学院农业经济系, 1941. [Bu Kai. *Land Use of China*. Nanjing: Department of Agricultural Economics of Agronomy in Jinling University, 1941.]
- [31] 石志新. 清代后期甘宁青地区人口与耕地变量分析. 中国农史, 2000, 19(1): 72-79. [Shi Zhixin. Analysis on variable of the population and land in the area of Gan, Ning and Qing of the late Qing dynasty. *Agricultural History of china*, 2000, 19(1): 72-79.]
- [32] 杨应琚. 西宁府新志·地理志. 台北: 文海出版社, 1968. [Yang Yingju. *The New Chorography of Xining Fu· Geography*. Taipei: Haiwen Press, 1968.]
- [33] 李柯, 何凡能, 张学珍. 基于 MODIS 数据网格化重建历史耕地空间分布的方法: 以清代云南省为例. 地理研究, 2011, 30(12): 2218-2288. [Li Ke, He Fanneng, Zhang Xuezheng. An approach to reconstructing spatial distribution of his-torical cropland with grid-boxes by utilizing MODIS land cover dataset: A case study of Yunnan Province in the Qing dy-

- nasty. *Geographcal Research*, 2011, 30(12): 2218-2288.]
- [34] 孙颢, 石玉林. 中国农业土地利用. 南京: 江苏科学技术出版社, 2003: 3-84. [Sun Han, Shi Yulin. *Agricultural Land Use in China*. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 2003: 3-84.]
- [35] 蒋贵彦, 刘峰贵. 青海省近50年耕地资源变化及驱动力研究. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 71-74. [Jiang Guiyan, Liu Fenggui. A study of farm land resources change and driving forces in Qinghai province in the past 50 years. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(2): 71-74.]
- [36] 梁份. 秦边纪略. 西宁: 青海人民出版社, 1987. [Liang Fen. *Qin Bian Ji Lue*. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1987.]

Reconstruction of cropland spatial patterns for 1726 on Yellow River-Huangshui River Valley in northeast Qinghai-Tibet Plateau

LUO Jing¹, ZHANG Yili², LIU Fenggui^{1,2}, CHEN Qiong¹, ZHOU Qiang¹, ZHANG Haifeng¹

(1. College of Life and Geographical Science, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: In this study, first we revised the taxes-cropland area data in historical documents and estimated the cropland area in 1726 (the fourth year of Emperor Yongzheng's Reign in the Qing Dynasty) of Yellow River-Huangshui River Valley (YHV) which is located in northeast of Qinghai-Tibet Plateau. Subsequently, the cropland area was allocated into grids with a resolution of 2 km by 2 km under the help of GIS technology. The results show that the cropland area of YHV in 1726 was $1.427 \times 10^3 \text{ km}^2$, among which, 64.7% was cultivated by the minority as well as 35.3% was cultivated by soldiers and chieftain. The arable land of YHV is little due to the harsh natural environment. Crops can be found in some 47% of all grids and these grids were distributed in the Huangshui River basin, Beichuan River basin, the mid-lower reaches of the Datong and Yellow River. In terms of intensity of land use, the YHV had a low reclamation index in 1726. The reclamation index of 68.3% of all grids was less than 10% and only 1.4% of all grids had a reclamation index greater than 40%, which was attributed to the harsh environment and governmental policy. In addition, the spatial difference of the land use intensity was obvious. The reclamation index of Xining County was great on the whole and the mean value reached 13.5% at grid scale.

Key words: Yellow River-Huangshui River valley; spatial patterns of cropland; gridding reconstruction; 1726