过去千年中亚五国耕地变化数据集（1000–2000）

江　畅，叶　瑜*，方修琦，张成鹏，张頔旸

北京师范大学地理科学学部，北京 10087

摘　要：土地利用/土地覆盖变化（land use and cover change，LUCC）是全球变化研究的重要任务，耕地作为人类土地利用的重要方式之一，是历史 LUCC 数据集重建的重点。本研究基于历史文献重建了过去千年中亚五国耕地面积总量，并利用格网化分配模型重建出分辨率为 5′×5′的过去千年中亚五国格网化耕地覆盖。研究发现，1000–2000 年中亚五国耕地面积变化可划分出“平稳中存在波动-增长-下降”三个阶段；耕地主要分布在沿河流分布的绿洲中，随着时间增长呈现向外扩张趋势；1850 年以后，耕地的扩张主要发生在哈萨克斯坦北部地区。本数据集数据量为 8.61 MB（压缩为 1 个文件，422 KB），主要包括以.xlsx 格式储存的过去千年中亚五国耕地面积总量表格和以.img 格式储存的过去千年中亚五国耕地 5′×5′格网化分布情况。

关键词：土地利用/覆盖变化；耕地面积；格网化分配；中亚五国

DOI: https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.07

CSTR: https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.07

数据可用性声明：

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版，可获取：https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.10.V1 或 https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.10.V1.

1　前言

土地利用/覆盖变化影响陆地生物多样性，改变地表反照率与辐射强迫，进而改变全球碳循环、氮循环等生物地球化学循环，对气候变化乃至全球变化产生深远影响[1–5]。耕地作为影响地表原始覆盖范围最大、影响最深远的土地利用方式之一，一直是历史土地利用/覆盖变化的研究重点，现有的 6 套全球历史土地利用/覆盖变化数据集 HH 数据集[6]、SAGE 数据集[7]、HYDE 3.2 数据集[8]、PJ 数据集[9]、LUH 数据集[10]、KK10 数据集[11]均包含了耕地数据的重建。

基于区域史实重建相对准确的历史耕地覆盖变化，是改进全球土地利用/覆盖数据精度的根本途径之一[12]。现有区域历史耕地覆盖变化重建多集中于主要农耕区，如中国[13–16]、德国[17–19]、法国[20,21]、美国[22]等，而对于非主要农耕区的历史耕地重建研究不多见。

收稿日期：2022-04-29；**修订日期**：2022-07-11；**出版日期**：2022-09-25

基金项目：中华人民共和国科学技术部（2017YFA0603304）

***通讯作者**：叶瑜，北京师范大学，yeyuleaffish@bnu.edu.cn

数据引用方式：[1] 江畅, 叶瑜, 方修琦等. 过去千年中亚五国耕地变化数据集（1000–2000）[J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(3): 374–385. https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.07. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.07.

[2] 江畅, 叶瑜, 方修琦等. 过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.10.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.10.V1.

中亚五国包括哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦和土库曼斯坦五个国家。由于中亚五国深居内陆，水资源匮乏，历史上绝大部分地区以牧业为主，仅有南部锡尔河、阿姆河等河流流域附近的绿洲中分布有少量农业[23]。然而自 19 世纪中叶沙俄入侵中亚以来，哈萨克斯坦的农业在短短一百多年的时间里以惊人的速度迅猛发展，如今已成为中亚最大粮食生产国和全球重要粮食出口国[24]。因此，重建中亚五国过去千年的耕地覆盖变化，有助于刻画非主要农耕区的耕地覆盖的时空变化特征，帮助理解自然因子对人类生产方式的影响以及人类活动如何突破自然的限制进行土地开发利用。

本研究基于历史文献，重建了过去千年中亚五国耕地变化数据集（1000–2000），数据集包括中亚五国 1000–2000 年共计 25 个时间断面的耕地面积总量（其中，1928 年以前为五国耕地面积总量，共计 11 个断面，1928 年以后有五国各国的耕地面积总量，共计 14 个断面）和 1000–2000 年空间分辨率为 5′ × 5′的格网化耕地覆盖（共计 8 个断面），以期为非主要农耕区的历史耕地重建研究提供相关参考。

2　数据集元数据简介

《过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）》[25]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

3　数据研发方法

本数据集的研发主要包括以下两个方面：一是 1000–2000 年耕地面积重建，二是耕地面积的格网化分配。数据来源及参考资料详见表 2、表 3。

3.1　耕地面积重建方法

本研究中 1954–2000 年间 13 个断面的耕地面积数据系由表 2 中所列数据来源直接获得，1954 年以前各断面没有直接数据来源。在这些没有直接数据的断面中，1928 年耕地面积是根据统计年鉴和历史资料，结合 1954–2000 年耕地面积计算而得；1000–1850 年间 11 个断面的耕地面积则是结合历史资料，自 1928 年重建结果回推而得。具体方法如下。

（1）1928 年

1954 年以前中亚五国在苏联各统计年鉴中既有耕地面积数据也有播种面积数据，而 1928 年仅有播种面积数据。从中亚五国农业开发历史上看[42–45]，中亚五国中除哈萨克斯坦外的四国在 20 世纪耕地开发利用模式变化不大，因此可以用 1954–2000 年的耕地面积与播收面积比值的平均值来代替这四国在 1928 年的耕地面积与播收面积比值，式 1 以乌兹别克斯坦为例说明这四国 1928 年耕地面积计算过程：

表 1 《过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）》元数据简表

条目	描述		
数据集名称	过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）		
数据集短名	CroplandCentralAsia_1000-2000		
作者信息	江畅，北京师范大学，jayciejiang@mail.bnu.edu.cn 叶瑜，北京师范大学，yeyuleaffish@bnu.edu.cn 方修琦，北京师范大学，xfang@bnu.edu.cn 张成鹏，北京师范大学，cpzhang01@163.com 张頔旸，北京师范大学，zdy2014@mail.bnu.edu.cn		
地理区域	（现代疆域下）哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、土库曼斯坦		
数据年代	公元 1000–2000	空间分辨率	5′ × 5′
数据格式	.xlsx、.img	数据量	8.61 MB（压缩后 422 KB）
数据集组成	（1）.xlsx 数据包括 2 个表：Table1 为 1000–2000 年中亚五国耕地面积总量；Table2 为 1928–2000 年中亚五国各国的耕地面积总量 （2）.img 数据包括 8 个时间断面的中亚五国耕地垦殖率分布情况，分别为 1000 年、1200 年、1400 年、1500 年、1750 年、1850 年、1928 年和 2000 年		
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2017YFA0603304）		
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn		
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所		
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源[26]		
数据和论文检索系统	DOI，CSTR，Crossref，DCI，CSCD，CNKI，SciEngine，WDS/ISC，GEOSS		

表 2 1000–2000 年中亚五国耕地面积重建主要数据来源及参考文献

数据类型	数据来源及参考文献	时间断面(年)
耕地面积	FAO[27]	2000 年
	《苏联中亚五个加盟共和国经济统计资料汇编》[28]、《1956 年苏联国民经济统计年鉴》[29]、《苏联农业统计资料汇编》[30]、《苏联国民经济六十年》[31]	1928、1954、1955、1958、1959、1962、1968、1975、1976、1978、1980、1983
人口	《世界人口历史图集》[32]	1000–1850
	《中亚人口问题研究》[33]	1750、1850
农业史实定性描述	《中亚史纲》[34]、《中亚五国史纲》[35]、《中亚通史》[36, 37]、《中亚史》[38–40]、《中亚文明史（第 5 卷）》[41] 、《征服中亚史（第 3 卷）》[42]	1000–2000
	《沙俄征服中亚史考叙》[43]、《苏联对中亚及哈萨克斯坦的开发》[44]、《俄国统治中亚政策研究》[45]	1750、1850、1928
	《中亚简史（外一种）》[46]、《世界征服者史》[47]、《蒙古入侵时期的突厥斯坦》[48]、《草原帝国》[49]、《突厥世系》[50]	1219、1229、1260、1370、1400、1405

表 3　1000–2000 年中亚五国格网化耕地覆盖重建主要数据来源

数据类型	数据来源
土地宜垦性	张成鹏研究成果[51]
2000 年垦殖率	张成鹏研究成果[52]
裸地、水域、人造地表	http://globallandcover.com/home.html?type=data

$$C_{\mathrm{UZB1928}}=\frac{1}{11}\sum_{11}^{t}\frac{C_{\mathrm{UZB}t}}{SA_{\mathrm{UZB}t}}\times SA_{\mathrm{UZB1928}} \tag{1}$$

式中，C_{UZB1928} 表示 1928 年乌兹别克斯坦耕地面积，本研究中 1954–2000 年共有 11 个时间断面的耕地面积，$C_{\mathrm{UZB}t}$ 表示 1954–2000 年时间断面 t 下乌兹别克斯坦耕地面积，$SA_{\mathrm{UZB}t}$ 表示 1954–2000 年时间断面 t 下乌兹别克斯坦播种面积，SA_{UZB1928} 表示 1928 年乌兹别克斯坦播种面积。

哈萨克斯坦在 20 世纪经历了大规模的农业开垦，其开垦速度快、范围大、程度深，不能像其他四国一样用 1954–2000 年的耕地面积和播种面积比值平均值代替 1928 年，而是根据史料[53]记载的“十月革命以后，哈萨克斯坦耕地平均每年增加 15.4 万 hm^2”进行重建，即：

$$C_{\mathrm{KAZ1928}}=C_{\mathrm{KAZ1954}}-1540\times(1954-1928) \tag{2}$$

式中，C_{KAZ1928} 表示 1928 年哈萨克斯坦耕地面积，C_{KAZ1954} 表示 1954 年哈萨克斯坦耕地面积。

（2）1850 年

哈萨克斯坦的农业历史是从 19 世纪后半叶沙俄向哈萨克斯坦进行大规模农业移民开始的[44]，开始的时间点为俄国对中亚移民政策从军事移民等政策转为农业移民政策为主的时间点[45]，即 19 世纪 60 年代左右，在空间上呈现自北向南的推进过程。

1850 年以前，哈萨克斯坦的农业主要分布在南部锡尔河流域、东南部七河流域附近，北部草原地区主要分布的是游牧民族，垦殖率极低，可以忽略不计，1850 年开始哈萨克斯坦北部草原被大规模开垦为耕地。由于 1850–1928 年哈萨克斯坦南北两侧人口比例较难获得，加上大量移民带来的人口变化、游牧民族转向定居农业导致人口密度发生变化等现象带来了更大的不确定性，因此对于哈萨克斯坦南部及中亚其他四国在这时段内的耕地面积增长较难估算；然而，哈萨克斯坦南部及中亚其他四个国家垦殖率虽会随着人口增长而小幅度增加，但相对于北部前所未有之大规模的增长而言，该地区的增长可以忽略不计。因此，本研究认为 1850 年以后中亚地区耕地面积的增长主要发生在哈萨克斯坦北部，南部的耕地面积是在本研究的情境下 1850 年能到达的最大值。哈萨克斯坦的此南北分界线来源于《An Historical Atlas of Central Asia》[54]。1850 年中亚五国耕地面积总量计算如下：

$$C_{\mathrm{CA1850}}=C_{\mathrm{CA1928}}-C_{\mathrm{KN1928}} \tag{3}$$

式中，C_{CA1850} 表示 1850 年中亚五国总耕地面积，C_{CA1928} 表示 1928 年中亚五国总耕地面积，C_{KN1928} 表示 1928 年哈萨克斯坦北部耕地面积。

（3）1750 年

1750 年以后中亚地区大兴灌溉工程[40]，大批游牧人口转为定居人口，开始从事农耕[35]，

使得这一时期中亚地区耕地快速发展。重建的主要思路是：

$$C_{\mathrm{CA1750}}=\frac{C_{\mathrm{CA1850}}}{P_{\mathrm{CA1850C}}}\times P_{\mathrm{CA1750C}} \tag{4}$$

式中，C_{CA1750}表示1750年中亚五国总耕地面积，P_{CA1850C}表示1850年从事农耕的人口数量，P_{CA1750C}表示1750年从事农耕的人口数量。

1850年从事农耕的人口由两部分组成，一是1750年从事农耕的人口经过自然增长而来，二是1750至1850年由从事牧业转为从事农耕的人口量，前者认为其增长率等于1750至1850年该地区总人口的增长率，后者认为转换主要发生在乌兹别克人和土库曼人中[35,40]。P_{CA1750C}可由公式5计算获得：

$$P_{\mathrm{CA1850C}}=\left(1+\frac{P_{\mathrm{R1850}}-P_{\mathrm{R1750}}}{P_{\mathrm{CA1750}}}\right)\times P_{\mathrm{CA1750C}}+\left(\alpha_{\mathrm{UZB}}+\alpha_{\mathrm{TKM}}\right)\times P_{\mathrm{CA1850C}} \tag{5}$$

式中，P_{R1850}、P_{R1750}分别表示1850年和1750年地区总人口，α_{UZB}、α_{TKM}分别表示乌兹别克人和土库曼人由牧业转为农耕的人数占总人口的比例。

其中，总人口数据来自《世界历史人口图集》[32]，1850年农耕人口数据由总人口数据结合史料中描述的农业进程[34, 35, 55]进行折算而来，1850年农耕人口折算比例为60%；α_{UZB}、α_{TKM}系由参考资料[33, 35, 41–43, 55, 56]中的定性描述确定而来，α_{UZB}为30%，α_{TKM}为8.75%。

（4）1000、1200、1500年

中亚地区耕地快速发展时期主要发生在1750年以后，在此之前耕地面积总量较少、发展态势不积极，基本趋于平缓而稳定的状态[36–41]，只在中间某些阶段，发生了战乱或被外来民族入侵，导致了耕地面积有所波动[46–49]，此类波动在1219–1260、1370–1405年的耕地重建中有所体现。本研究假设中亚五国1000–1500年间除了波动时间段外人均耕地面积与1750年相同，耕地面积随着人口的增长而增加，即：

$$C_{\mathrm{CAt}}=\frac{C_{\mathrm{CA1750}}}{P_{\mathrm{CA1750}}}\times P_{\mathrm{CAt}} \tag{6}$$

式中，$C_{\mathrm{CA}t}$表示1000–1500年间不受外来扰动影响的时间断面t下中亚五国耕地面积，$P_{\mathrm{CA}t}$表示1000–1500年间不受外来扰动影响的时间断面t下中亚五国总人口。

（5）1219、1229、1260年

1219年成吉思汗率领蒙古人出征西行，入侵中亚，游牧民族的到来给中亚农业带来了极大的破坏[36]，直至1229年牙剌洼赤主管中亚地区的城市与农田，中亚农业开始恢复[39, 57]，至1260年达到原来的水平[47]。因此可以认为，1219年为此次扰动开始时间，1260年为扰动结束时间，这两个断面的耕地面积恰不受扰动影响，耕地面积重建方式同式6。1229年可以认为是此次扰动产生最大影响的时期，即耕地面积降到扰动期间的最低值，重建方式如下。

$$C_{\mathrm{CA1229}}=\beta\times\frac{C_{\mathrm{CA1750}}}{P_{\mathrm{CA1750}}}\times P_{\mathrm{CA1229}} \tag{7}$$

式中，C_{CA1229}表示1229年中亚五国总耕地面积，β表示折算比例。

蒙古人入侵中亚时大肆杀害中亚居民，人口与耕地存在正相关关系，故β可由该时期减少的人口比例确定。据《草原帝国》描述，大约有五分之四的人被杀，留下幸存的五分

之一居民事务由平民官达鲁花赤（Darugachi）管理[49]，因此，β 取 1/5。

（6）1370、1400、1405 年

1370 年帖木儿开始进行扩张战争，与成吉思汗时期一般对中亚地区农业造成极大影响，但 1400 年征服战争以后，甚至就是在征服战争期间，已经开始经济恢复工作，至 1405 年帖木儿去世，中亚地区恢复繁荣景象[39]。因此，1370 年为此次扰动开始时间，1405 年为扰动结束时间，这两个断面的耕地面积恰不受扰动影响，耕地面积重建方式同式 6。1400 年可以认为是此次扰动产生最大影响的时期，即耕地面积降到扰动期间的最低值，重建方式如下：

$$C_{\mathrm{CA1400}}=\gamma\times\frac{C_{\mathrm{CA1750}}}{P_{\mathrm{CA1750}}}\times P_{\mathrm{CA1400}} \tag{8}$$

式中，C_{CA1400} 表示 1400 年中亚五国总耕地面积，γ 表示折算比例。

帖木儿王朝的首领们继续着成吉思汗蒙古人的游牧主义和他们有系统的破坏手段[49]，存在效仿成祖先所开创的事业之意，因此本研究认为帖木儿时期对中亚农业的破坏程度与成吉思汗时期相当，即 γ 与 β 相同，也取 1/5。

3.2　耕地格网化分配方法

在中亚五国的耕地面积格网化分配中，1928 年和 2000 年耕地面积总量有分国别数据，因此这两个断面所用于分配的“研究单元”是中亚五国各国（即有 5 个研究单元）；1850 年及以前断面耕地面积总量只有中亚五国整体的数据，因此这些断面所使用的“研究单元”是中亚五国整体（即仅有 1 个研究单元）。

本研究基于张成鹏[51]计算的格网化宜垦性权重数据，经过以下步骤完成耕地格网化分配：

（1）创建覆盖中亚五国的分辨率为 5′×5′的格网，将张成鹏计算的 2000 年垦殖率[52]与 GlobeLand30 数据集 2000 年的“人造地表”（数据来源见表 3）在分辨率为 5′×5′格网中的占比进行加和，作为该格网在 2000 年的潜在可耕比例（式 9），按照潜在可耕比例从高到低对各格网进行排序，并以覆盖研究单元的格网总量的十分位数进行等分，划分出具有不同开垦顺序的格网。

$$PotenFrac(i)_{2000}=CropFrac(i)_{2000}+ArtfFrac(i)_{2000} \tag{9}$$

式中，$PotenFrac(i)_{2000}$ 为格网 i 中 2000 年的潜在可耕地占比，$CropFrac(i)_{2000}$ 为格网 i 中 2000 年的垦殖率，$ArtfFrac(i)_{2000}$ 为格网 i 中 2000 年的人造地表占比。

（2）分辨率为 5′×5′的格网面积会随着纬度的变化而变化，因此拥有相同垦殖率的格网实际上可能拥有不同的耕地面积，为了消除这一问题所带来的误差，需要对研究单元中的格网面积进行修正：

$$\xi(i)=\frac{GridArea(i)}{GridArea_{\max}} \tag{10}$$

式中，$\xi(i)$表示格网面积修正系数，$GridArea(i)$表示格网 i 的面积，$GridArea_{max}$ 表示所属研究单元中最大的格网面积。

（3）本研究将 5′×5′格网尺度的垦殖率上限设为 90%。在第 1 个十分位数所在区间内按照式 11 对耕地面积进行分配，并设定第 1 个十分位数所在区间垦殖上限为 9%：

$$CropArea(i,x)=CropArea\times\frac{Suit(i,x)\times\xi(i)}{\sum_{i=1}^{i}Suit(i,x)\times\xi(i)} \tag{11}$$

式中，*CropArea*(*i,x*)为分配单元 *x* 中（即第 1 个十分位数所在区域内）*i* 格网分配到的耕地面积；*CropArea* 为待分配的研究单元中耕地面积总数；*Suit*(*i,x*)为分配单元 *x* 中 *i* 格网的土地宜垦性大小，$\xi(i)$表示格网 *i* 的面积修正系数。

（4）若在第 1 个十分位所在区间分配结束后，分配单元耕地面积总量仍有盈余，则开始在第 2 个十分位所在区间按照式 11 进行分配，其垦殖上限设为 9%；与此同时第 1 个十分位所在区间也继续按照式 11 分配耕地，其垦殖上限设为 18%；以此类推进行迭代分配。若研究单元的耕地面积在第 n 个十分位所在区间分配结束后就被分配完毕，则停止分配；若第 10 个十分位所在区间分配结束后研究单元的耕地面积仍有盈余，则按照式 11 将剩余的耕地面积分配在整个研究单元内。

（5）计算格网垦殖率：

$$CropFrac(i)=\frac{CropArea(i)}{GridArea(i)}\times 100\% \tag{12}$$

式中，*CropFrac*(*i*)为格网 *i* 的垦殖率，*CropArea*(*i*)为格网 *i* 的耕地面积，*GridArea*(*i*)为格网 *i* 的面积。

（6）过饱和格网的修正：

1）本研究认为水域和裸地是不可耕地，而现代新生的水域（多为水库）所在范围在历史上应是可垦的，因此可以根据式 13 计算格网可耕地占比。

$$ArabFrac(i)=\frac{GridArea(i)-\left[BlArea(i)+WaArea(i)-NERsArea(i)\right]}{GridArea(i)} \tag{13}$$

式中，*ArabFrac*(*i*)表示格网 *i* 可耕地的占比，*GridArea*(*i*)表示格网 *i* 的面积，*BlArea*(*i*)表示格网 *i* 中裸地的面积，*WaArea(i)*表示格网 *i* 中水域的面积，*NERsArea(i)*表示格网 *i* 内在 NaturalEarth 数据中现代新生水域（水库）的面积。

2）综合格网垦殖率上限（本研究为 90%）和格网可耕地占比（式 13），确认格网最大可耕地占比，将其作为格网真正的垦殖率阈值：

$$CropFrac_{max}(i)=\begin{cases} ArabFrac(i) & \left(ArabFrac(i)<90\%\right) \\ 90\% & \left(ArabFrac(i)\geq 90\%\right) \end{cases} \tag{14}$$

式中，$CropFrac_{max}(i)$表示格网 *i* 真正垦殖率阈值，*ArabFrac*(*i*)表示格网 *i* 中可耕地的占比。

对 *CropFrac*(*i*)超过 $CropFrac_{max}(i)$的格网，直接赋 $CropFrac_{max}(i)$作为其垦殖率，并将所有被修正掉的格网耕地面积汇总起来，重新按照式 11 分配到没有达到阈值的格网中，重复此步骤多次，直至所有格网的垦殖率都低于 $CropFrac_{max}(i)$，修正结束。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

《过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）》包括 1000–2000 年中亚五国耕地面积数量及 1000–2000 年中亚五国分辨率为 $5'\times 5'$的格网化耕地分布。其中耕地面积

数量以.xlsx 格式储存，包括“表 1. 1000–2000 年中亚五国耕地面积总量”（共计 25 个时间断面）和“表 2. 1928–2000 年中亚五国各国的耕地面积总量”（共计 14 个时间断面）两张表格；格网化耕地分布以.img 格式储存，空间分辨率为 5′×5′，时间断面为 1000 年、1200 年、1400 年、1500 年、1750 年、1850 年、1928 年和 2000 年。

4.2　数据结果

图 1 展示了 1000–2000 年中亚五国耕地面积总量变化情况。中亚五国过去千年耕地面积数量变化的主要可划分为三个阶段：1000–1750 年平稳中存在波动，1750–1992 年迅速增长，1992–2000 年有所下降。

1750 年中亚五国总耕地面积为 9,617.46 km^2，在此之前中亚五国耕地总量变化不大，耕地面积随着人口增长缓慢增加，但存在 13 世纪初和 14 世纪末由战乱引起的数量波动，使得耕地面积在 1400 年降至 1,229.57 km^2，1229 年降至 1,137.98 km^2。

1750 至 1992 年，中亚五国耕地迅速增长，特别是 1850 年以后，耕地面积从 41,329.87 km^2 增加至 1992 年的 439,780 km^2，在一百多年间增长了近 10 倍，这是俄国在中亚五国特别是哈萨克斯坦进行大开荒的结果。

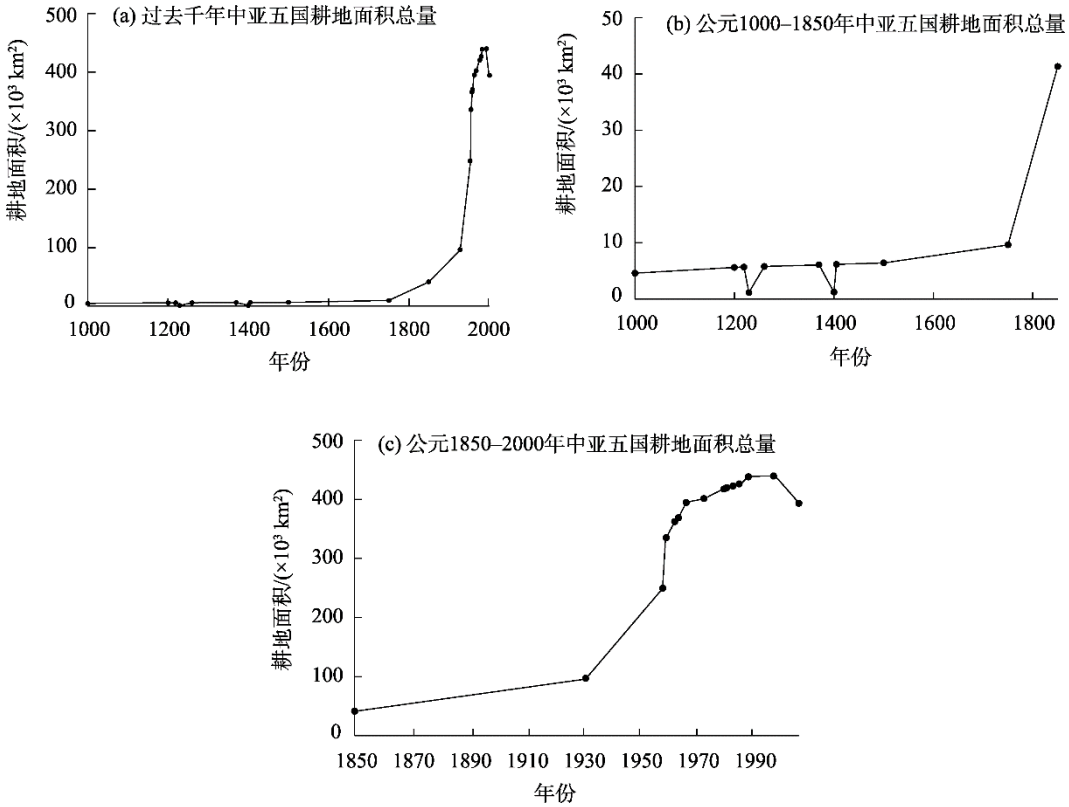

图 1　1000–2000 年中亚五国耕地面积总量变化

1992 至 2000 年，中亚五国耕地面积明显减少，至 2000 年降至 394,323 km^2，这是由于前苏联解体、中亚五国独立后，各国政策制度发生转变，农业遭到破坏[58]；特别是哈萨

克斯坦，大量农民和资金从农村流失，引发了大规模弃耕，使得耕地面积减少。

图 2 展示了 1000–2000 年中亚五国耕地格网化分布结果（以格网垦殖率展示）。从空间上看，耕地主要分布在中亚南部阿姆河和锡尔河流域的绿洲中，如咸海南岸的花拉子模绿洲，河中地区的费尔干纳绿洲，滋生了撒马尔罕和布哈拉的泽拉夫善河谷绿洲，土库曼斯坦的梅尔夫绿洲和阿克哈绿洲，此外在塔拉斯河流域、楚河流域、七河地区也分布有耕地。

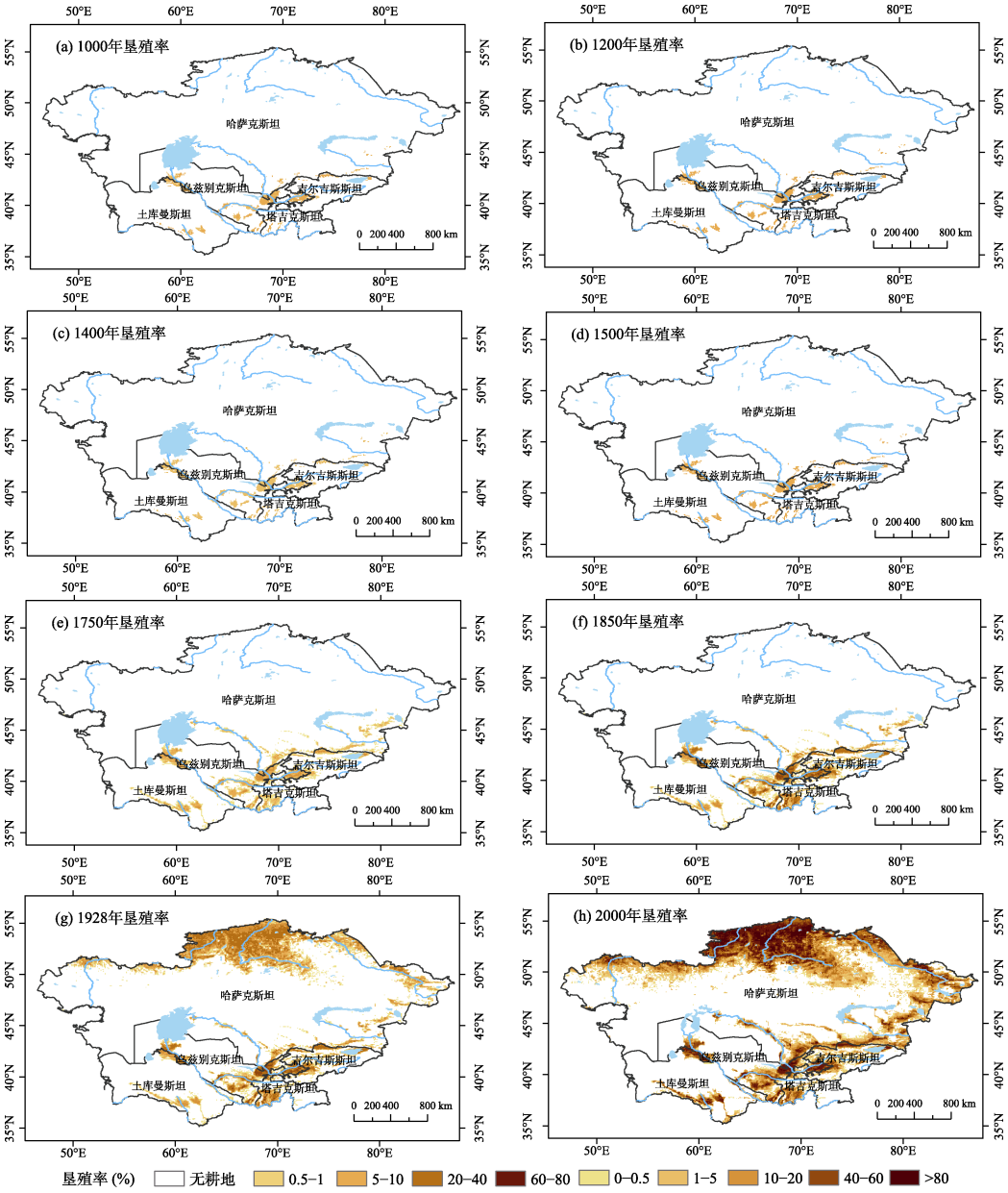

图 2 公元 1000–2000 年中亚五国垦殖率格网化分配结果

中亚五国耕地分布的明显特征之一是沿河流分布，这是由于中亚地区干旱少雨，河流

是重要的灌溉水来源。对于中亚地区来说，哪里有水源，哪里建设有灌溉系统，哪里才可以发展农业。

随着时间推移，耕地呈现以绿洲为中心向外扩张的趋势，特别是自 1750 年以后，耕地面积迅速增加，扩张范围明显增大；以 1850 年为转折点，哈萨克斯坦地区的耕地分布发生了明显转变：随着俄国入侵，哈萨克斯坦北部进行了大规模农业人口移民和垦荒活动，使得该地区耕地分布自北向南迅速扩张，哈萨克斯坦从一个牧业大国在短短一百年间转为农业大国，成为了前苏联的“粮仓”。

5　讨论和总结

本研究重建了 1000–2000 年中亚五国耕地面积总量和分辨率为 5′×5′的格网化耕地覆盖数据。研究表明，1000–2000 年中亚五国耕地面积变化可划分为“平稳中存在波动-增长-下降”三个阶段；耕地主要分布在沿河流分布的绿洲中，随着时间增长呈现向外扩张趋势；在 1850 年以后，耕地的扩张主要发生在哈萨克斯坦北部地区。中亚五国过去千年的耕地覆盖变化的重建，可为数据基础较差的非主要农耕区的耕地覆盖重建提供思路，有助于对比主要农耕区和非主要农耕区耕地开发的时空变化特征。

作者分工：叶瑜、方修琦对数据集的开发做了总体设计；江畅挖掘了数据资料并设计了耕地面积数据算法；张成鹏设计了耕地分配模型和算法；张成鹏和张頔旸对耕地分配运算提供指导并提出建设性意见；江畅撰写了数据论文。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

[1] Ruddiman, W. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago [J]. *Climatic Change*, 2003, 61(3): 261–293.

[2] Pielke, R., Pitman, A., Niyogi, D., *et al*. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence [J]. *WIREs Climate Change*, 2011, 2(6): 828–850.

[3] Zhang, X., Wang, W., Fang, X., *et al*. Agriculture development-induced surface albedo changes and climatic implications across northeastern China [J]. *Chinese Geographical Science*, 2012, 22(3): 264–277.

[4] Crossman, N., Bryan, B., de Groot, R., *et al*. Land science contributions to ecosystem services [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 509–514.

[5] Gaillard, M., Morrison, K., Madella, M., *et al*. Past land-use and land-cover change: the challenge of quantification at the subcontinental to global scales [J]. *Past Global Change Magazine*, 2018, 26(1): 3.

[6] Houghton, R., Hobbie, J., Metillo, J. Changes in the carbon content of terrestrial biota and soils between 1860 and 1980: a net release of CO_2 to the atmosphere [J]. *Ecological Monographs*, 1983, 53(3): 235–262.

[7] Ramankutty, N., Foley, J. Estimated historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992 [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 997–1027.

[8] Klein Goldewijk, K., Beusen, A., Doelman, J., *et al*. Anthropogenic land use estimates for the Holocene—HYDE 3.2 [J]. *Earth System Science Data*, 2017, 9(2): 927–953.

[9] Pongratz, J., Reick, C., Raddatz, T., *et al*. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the

last millennium [J]. *Global biogeochemical cycles*, 2008, 22(3): GB3018.

[10] Hurtt, G., Chini, L., Frolking, S., *et al*. Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands [J]. *Climatic Change*, 2011, 109(1): 117–161.

[11] Kaplan, J., Krumhardt, K., Ellis, E., *et al*. Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change [J]. *The Holocene*, 2011, 21(5): 775–791.

[12] 方修琦, 叶瑜, 张成鹏等. 中国历史耕地变化及其对自然环境的影响[J]. 古地理学报, 2019, 21(1): 160–173.

[13] 葛全胜, 戴君虎, 何凡能等. 过去 300 年中国部分省区耕地资源数量变化及驱动因素分析[J]. 自然科学进展, 2003, 13(8): 825–832.

[14] 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[J]. 地理学报, 2008, 63(1): 83–92.

[15] 叶瑜, 方修琦, 任玉玉等. 东北地区过去 300 年耕地覆盖变化[J]. 中国科学: 地球科学, 2009, 39(3): 340–350.

[16] Wei, X., Ye, Y., Zhang, Q., *et al*. Reconstruction of cropland change over the past 300 years in the Jing-Jin-Ji area, China [J]. *Regional Environmental Change*, 2016, 176(8): 1–13.

[17] Bork, H., Bork, H., Dalchow, C., *et al*. Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa [M]. Wirkungen des Menschen auf Landschaften. Gotham: Klett, 1998.

[18] Haase, D., Walz, U., Neubert, M., *et al*. Changes to Central European landscapes—analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany [J]. *Land Use Policy*, 2007, 24(1): 248–263.

[19] Jansen, F., Zerbe, S., Succow, M. Changes in landscape naturalness derived from a historical land register—a case study from NE Germany [J]. *Landscape Ecology*, 2008, 24(2): 185–198.

[20] Girel, J., Vautier, F., Peiry, J. Biodiversity and Land Use History of the Alpine Riparian Landscapes (The Example of the Isere River Valley, France) [M]//Multifunctional Landscapes, Vol. III: Continuity and Change. Southampton (eds. Mander, Ü., Antrop, M.). Wit Press, 2003: 167–200.

[21] Delile, H., Schmitt, L., Jacob-Rousseau, N., *et al*. Headwater valley response to climate and land use changes during the Little Ice Age in the Massif Central (Yzeron basin, France) [J]. *Geomorphology*, 2016, 257: 179–197.

[22] Etter, A., McAlpine, C., Possingham, H. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: a regionalized spatial approach [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2008, 98(1): 2–23.

[23] 斯特罗耶夫, K. X. 苏联自然地理[M]. 北京: 商务印书馆, 1960.

[24] 曲春红, 张振兴. 哈萨克斯坦农业发展概况[J]. 世界农业, 2014(2): 145–148.

[25] 江畅, 叶瑜, 方修琦等. 过去千年中亚五国耕地变化重建数据集（1000–2000）[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.10.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.10.V1.

[26] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).

[27] FAO. FAOSTAT[EB/OL]. 2001[2020-11-17]. http://www.fao.org/faostat/en/.

[28] 新疆社会科学院中亚研究所资料情报室. 苏联中亚五个加盟共和国经济统计资料汇编[M]. 乌鲁木齐: 新疆社会科学院, 1983.

[29] 统计出版社编辑部. 1956 年苏联国民经济统计年鉴[M]. 北京: 统计出版社, 1957.

[30] 李仁峰. 苏联农业统计资料汇编[M]. 北京: 农业出版社, 1981.

[31] 苏联部长会议中央统计局. 苏联国民经济六十年[M]. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1979.
[32] 科林·麦克伊韦迪, 理查德·琼斯. 世界人口历史图集[M]. 北京: 东方出版社, 1992.
[33] 吴宏伟. 中亚人口问题研究[M]. 北京: 中央民族大学出版社, 2004.
[34] 帕·彼伊万诺夫(著), 董兴森、吴筑星(译). 中亚史纲[J]. 中亚史丛刊, 1983, (1): 15–124.
[35] 马大正, 冯锡时. 中亚五国史纲[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2005.
[36] 王治来. 中亚通史（古代卷下）[M]. 北京: 人民出版社, 2010.
[37] 王治来. 中亚通史（近代卷）[M]. 北京: 人民出版社, 2010.
[38] 蓝琪, 刘如梅. 中亚史（第 3 卷）[M]. 北京: 商务印书馆, 2018.
[39] 蓝琪, 刘刚. 中亚史（第 4 卷）[M]. 北京: 商务印书馆, 2018.
[40] 蓝琪. 中亚史（第 5 卷）[M]. 北京: 商务印书馆, 2018.
[41] 恰赫里亚尔·阿德尔, 伊尔凡·哈比卜. 中亚文明史（第 5 卷）, 对照鲜明的发展: 16 世纪至 19 世纪中叶[M]. 北京: 中国对外翻译出版公司, 2006.
[42] 捷连季耶夫(著), M. A., 西北师范学院外语系(译). 征服中亚史(第 3 卷)[M]. 北京: 商务印书馆, 1986.
[43] 吴筑星. 沙俄征服中亚史考叙[M]. 贵阳: 贵州教育出版社, 1996.
[44] 张保国. 苏联对中亚及哈萨克斯坦的开发[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1989.
[45] 孟楠. 俄国统治中亚政策研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆大学出版社, 2000.
[46] 维·维·巴尔托里德(著), 伯希和(著), 耿世民(译). 中亚简史（外一种）[M]. 北京: 中华书局, 2005.
[47] 志费尼. 世界征服者史[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1980.
[48] 维·维·巴托尔德(著), 张锡彤(译). 蒙古入侵时期的突厥斯坦[M]. 上海: 上海古籍出版社, 2011.
[49] 勒内·格鲁塞(著), 蓝琪(译). 草原帝国[M]. 北京: 商务印书馆, 1999.
[50] 阿布尔·哈齐·把阿秃儿汗. 突厥世系[M]. 北京: 中华书局, 2005.
[51] 张成鹏, 叶瑜, 方修琦. 基于自然地理要素的全球土地宜垦性数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.01.V1. https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.01.V1.
[52] Zhang, C., Ye, Y., Fang, X., *et al*. Synergistic modern global 1 km cropland dataset derived from multi-sets of land cover products [J]. *Remote Sensing*, 2019, 11(19): 2250–2268.
[53] 张保国. 哈萨克斯坦是怎样变成苏联粮仓的[J]. 世界农业, 1983(3): 53–55.
[54] Bregel, Y. An Historical Atlas of Central Asia [M]. Boston: Brill, 2003.
[55] 王治来. 中亚近代史十六—十九世纪[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1989.
[56] 胡延新. 十八至十九世纪浩罕汗国同吉尔吉斯人关系初探[J]. 兰州大学学报, 1991(2): 54–61.
[57] 陈国光. 论牙剌洼赤与马思忽惕——蒙古统治时期的两位西域穆斯林政治家[J]. 西北民族研究, 1995(1): 137–145.
[58] 李仲海. 中亚地区的农业:现实与未来[J]. 今日前苏联东欧, 1993(3): 34–36.