北京大学学报(自然科学版) 第 55 卷 第 3 期 2019 年 5 月
Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, Vol. 55, No. 3 (May 2019)
doi: 10.13209/j.0479-8023.2019.013

# 黄河下游滩地土地利用/覆盖现状及影响因素分析

谢羽倩[1] 程舒鹏[1] 张燕青[1] 张祺[2] 姜晗琳[1] 李振山[1] 赵志杰[1,2,†]

1. 北京大学环境科学与工程学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院环境与能源学院, 深圳 518055;
† 通信作者, E-mail: zhaozhijie@pku.edu.cn

**摘要** 以黄河下游滩地为研究对象, 根据2015—2017年卫星遥感影像, 采取人工解译方法, 利用GIS技术, 得到研究区土地利用/覆盖的类型分布。结合社会经济统计数据, 分析影响黄河下游桃花峪至高村段宽滩区土地利用/覆盖的因素。结果表明, 黄河下游滩区土地利用/覆盖以非设施耕地为主, 占77.99%, 其次是居民点自然村, 占6.63%。游荡段河道的平均宽度、滩区面积与自然村、工矿仓储地等土地利用面积均大于过渡段与窄河段, 窄河段设施农业与鱼塘面积大于过渡段。黄河下游土地利用类型整体上较少, 结构单一, 其分布受黄河大堤和河槽的双重胁迫作用。影响宽滩区土地利用/覆盖的主要因素是滩区的面积、周边城市发展的吸引力和滩区的水利设施。自然村、工矿仓储地、设施农业和砖瓦窑面积与滩区面积正相关; 鱼塘和工矿仓储地倾向于出现在经济发展更高的区域, 设施农业与工矿仓储地倾向于出现在离县城更近的滩区。

**关键词** 黄河下游滩地; 土地利用覆盖; 城市发展; 水利设施

# Land Use/Cover and Influence Factors in the Lower Yellow River

XIE Yuqian[1], CHENG Shupeng[1], ZHANG Yanqing[1], ZHANG Qi[2], JIANG Hanlin[1], LI Zhenshan[1], ZHAO Zhijie[1,2,†]

1. College of Environmental Science and Engineering, Peking University, Beijing 100871; 2. School of Environment and Energy, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055; † Corresponding author, E-mail: zhaozhijie@pku.edu.cn

**Abstract** Based on the satellite remote sensing image of the lower Yellow River in 2015–2017, adopting the method of manual interpretation, with ArcGIS, the paper analyzes the present distribution of land use/cover type of the lower Yellow River. Based on social and economic statistics, analyze the factors are analyzed affecting the distribution of land use/cover in the lower Yellow River. The results show that the land use/cover on the lower reaches of the Yellow River is mainly used for development, among which the most priority is the cultivated land without facilities, which is accounting for 77.99%, followed by land for survival, accounting for 6.63%. The width of river, the area of the land, the village and the land for industry of the part from Taohuayu to Gaocun is more than that of other parts. The type of land use/cover of the lower Yellow River is quite simple. The area of the land of the lower Yellow River, the economic situation, the attraction of the city development and the water conservancy facilitie around affects land use/cover. The area of the village, the farm land with facilities and brickyard grows with the area of land. The fish ponds and the land for industry appear mostly in lands with better economic situation. Farm land with facilities and land for industry appear mostly in those lands near downtown.

**Key words** the land of the lower Yellow River; land use/cover; city development; water conservancy facility

随着全球变化研究的发展与深入, 人们认识到人类活动是引起全球变化的主导作用因子。从对地球表层系统动态影响的角度看, 土地利用/覆盖变化(Land use and and cover)能够直接反映复杂的人类活动, 既是人类活动的输入条件, 又是输出结果[1], 因此土地利用/覆盖变化研究是人类活动在全球变

国家重点研发计划(2016YFC0402505)资助
收稿日期: 2018–04–04; 修回日期: 2018–05–16; 网络出版日期: 2019–03–18

化中作用机制研究的重点内容[2]，而土地利用/覆盖的现状研究是土地利用/覆盖变化的重要研究基础。

关于土地利用/覆盖，国内外已有较成熟的研究，包括卫星影像的获取方法、土地覆盖分类系统的改进优化、土地利用/覆盖遥感影像分类方法的探索挖掘、土地利用/覆盖变化模型的建立与改善[3–13]和典型区域土地利用/覆盖变化模式与驱动因素的分析探讨[14–16]等。然而，对一些非热点或非典型、自然与经济发展条件独特、人地关系特殊的地域土地利用/覆盖的研究尚不足。

黄河是典型的多泥沙冲积性河流，下游河道呈现上宽下窄、游荡弯曲的特点。黄河下游河道是典型的宽河造堤形成的复式河槽，黄河两岸大堤之间既有河槽，又有宽阔的河滩。滩地是下游河道的重要组成部分，受到河槽与两岸大堤的强制约，同时面临人类居住和经济利用与河道行洪功能的矛盾，自然条件独特，人地关系复杂。滩地开发利用影响黄河在滩地上的行洪和分洪[13]，洪水漫滩也会造成滩地居民财产损失。河流游荡性、畸形河势[8–9]、二级悬河[4]、贫困人口及生态问题等自然与人文各方面的问题交织存在，使得黄河滩地发展与利用成为黄河滩地管理的难题。

研究黄河滩地的土地利用/覆盖可以为滩地治理提供重要基础。目前，针对黄河的土地利用/覆盖研究集中在黄河源区和黄河三角洲地区的土地利用/覆盖或土地利用/覆盖变化方面。对黄河下游滩地的洪水漫滩淤滩、洪水分流[6]、洪水刷槽[11–12]和河道演变[7–10]等成因机理的研究较为全面，而对滩地土地利用/覆盖方面的研究存在一定的空缺。

## 1 研究区概况

黄河是世界闻名的多沙河流，年均径流量为 $580.2\times10^8$ $m^3$，含沙量为 32 $kg/m^3$。现今黄河河道为清咸丰五年(公元 1855 年)河南兰考铜瓦厢决口夺大清河河道入海形成。改道初期，两岸民众自发修筑民埝以抵御洪水，之后民埝改为官修官守，由此逐渐形成现在的黄河堤防和滩地。长期排洪输沙过程中的泥沙淤积导致黄河下游河道和滩地高出大堤背河地面，形成“地上悬河”，严重地威胁黄河滩区甚至两岸平原人民的生命财产安全。

黄河下游滩地指从小浪底至入海口，黄河主河槽与大堤之间的河道与河滩(图 1)。该地带处于暖温带南部，接近北亚热带北部，属暖温带半湿润气候，年平均气温为 12.0~14.8°C，年平均降水量为 550~650 mm，6~9 月降水量占全年降水量的 60%~68%，降水量年际变幅为 400~900 mm。黄河下游滩地位于河南和山东两省，河道总长度为 802 km，滩地总面积约为 3828 $km^2$，不仅是滩区群众赖以生存和生产的土地，也是黄河行洪、滞洪和沉沙必需的区域。其中山东省黄河下游滩地土地面积为 1702 $km^2$，居住人口约为 140 万；河南省黄河下游滩地土地面积为 2126 $km^2$，居住人口约为 125.4 万。

黄河下游分为游荡型河段、过渡型河段和窄河段 3 种类型。游荡型河段(游荡段)指桃花峪至高村的河段，过渡型河段(过渡段)指高村至陶城铺的河段，陶城铺以下至入海口是弯曲型窄河段。黄河下游滩地土地利用/覆盖的研究重点集中在宽滩区，包括游荡型河段和过渡型河段的滩地。与窄河段的滩地相比，宽滩区河段的游荡性更强，控导工程等水利设施完善程度较低，河滩变化和漫滩的威胁更频繁。尤其在游荡型河段部分，黄河控导工程建设不及过渡型河段及弯曲型窄河段，主河槽宽浅，沿岸冲刷淤积严重，存在大面积嫩滩及河心滩，也是黄河“二级悬河”和漫滩问题的主要发生河段。另一方

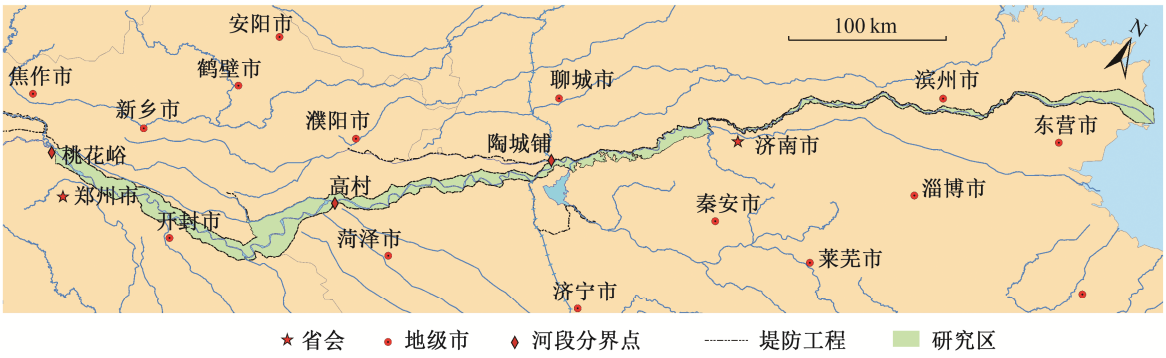


**图 1　研究区位置和范围**

Fig. 1　Location and range of research area

面，宽滩区大堤堤距平均9.2 km，过渡型河段大堤堤距平均5.4 km，弯曲型窄河段的大堤基本上紧邻河道。相比之下，宽滩区由于滩地宽阔，因此发展潜力更高，土地利用/覆盖类型更为复杂多变，具有更高的研究价值。

## 2 资料与方法

### 2.1 数据资料来源

卫星影像资料来源于Google Earth地球2015—2017年的影像图，影像分幅时间与范围如表1所示。地形特征、交通状况、引水渠和水利设施等的辅助信息参考《黄河防洪工程图》、2013年《黄河下游地形图》和实地考察资料。

黄河下游滩地相关市县的经济、社会和人口等统计资料主要来源于郑州、开封、新乡、濮阳、济南、德州市和开封祥符区2016年统计年鉴，东阿县、惠济区、鄄城县、开封市、兰考县、中牟县、东明县、东平县和东明县2015或2016年《国民经济和社会发展统计公报》。

**表1　卫星影像时相**

Table 1　Phase of satellite images

| 省市 | 区县 | 影像分幅和时相 |
|---|---|---|
| 河南省新乡市 | 新乡县 | 2016/4/21; 2015/1/3; 2016/12/16 |
| 河南省新乡市 | 封丘县 | 2016/10/14; 2016/4/19 |
| 河南省新乡市 | 长垣县 | 2016/10/4; 2016/6/22; 2016/2/4 |
| 河南省濮阳市 | 濮阳县 | 2017/2/19; 2015/12/16; 2014/12/6 |
| 河南省濮阳市 | 范县 | 2017/3/31; 2015/12/14; 2017/5/7; 2014/12/8 |
| 河南省濮阳市 | 台前县 | 2014/12/8; 2015/8/23; 2015/12/11 |
| 河南省郑州市 | 惠济区 | 2016/12/15; 2017/5/27; 2016/4/21; 2016/3/1 |
| 河南省郑州市 | 中牟县 | 2016/1/17; 2016/12/16 |
| 河南省郑州市 | 祥符区 | 2016/12/16; 2015/10/14 |
| 河南省开封市 | 开封县 | 2015/10/14; 2015/10/1 |
| 河南省开封市 | 兰考县 | 2017/2/11; 2016/12/10 |
| 山东省菏泽市 | 东明县 | 2016/12/10; 2016/2/4; 2017/2/19; 2016/4/1; 2015/12/6 |
| 山东省菏泽市 | 鄄城县 | 2014/12/6; 2014/6/12 |
| 山东省菏泽市 | 郓城县 | 2017/5/7 |
| 山东省济宁市 | 梁山县 | 2015/8/23; 2015/3/13 |

### 2.2 技术路线与方法

由于黄河下游滩地是非典型土地利用/覆盖研究区域，土地利用/覆盖类型与典型土地利用有所不同，以国土资源部发布的《土地利用现状分类》(GB-T21010–2007)为基础，结合黄河下游滩地特点，设计研究区土地利用/覆盖分类系统体系(表2)。根据功能的不同，可以将土地利用/覆盖类型分为生存用地、发展用地、水域及水利设施用地、交通运输用地和未利用地。

黄河下游滩地东西方向狭长，很难获取同时相的影像数据用于计算机监督分类，加之黄河下游滩地有很多线状地物(例如大堤与道路极为相似)，也无法进行自动监督分类。因此，采用人工目视结合实地考察的方法，根据符合黄河下游滩地特点的土地利用/覆盖分类，对地物进行分类与校正。

利用统计年鉴和《国民经济和社会发展统计公报》，得到各行政区生产总值、人口密度等数据。使用数据分析法，分析各种因素数据与土地利用/覆盖类型占比统计数据的关系，探讨各因素对土地利用/覆盖类型的影响情况。

## 3 结果与讨论

### 3.1 土地利用/覆盖现状和特点

#### 3.1.1 黄河下游滩地总体情况

根据表2的分类标准，对花园口至入海口的黄河下游滩地进行土地利用/覆盖分类，结果如表3和4所示。

黄河下游滩地中80.32%属发展用地，是最主要的功能利用方式，其次为生存用地，占7.53%。对黄河滩地的开发利用正一步步地向河道逼近，生存与发展用地占黄河下游滩地的绝大部分，滩地中尚未利用的土地(包括嫩滩、盐碱地等)仅占2.48%。河槽水域和水利设施用地占9.44%，除黄河主河道外，用于保障居民生命与财产安全的水域及水利设施仅占1.6%。

黄河下游滩地的发展用地主要有农业、畜牧业、工业和服务业4种类型，其中农业用地是黄河下游滩地发展用地的主要类型，面积占78.42%，其次，畜牧业用地面积占0.97%，工业用地面积占0.86%，以驾校、旅游区为主的服务业用地面积仅占0.06%。农业用地中占比最高的是一般耕地，占77.99%，以农业大棚为代表的设施农业用地仅占0.37%，说明虽然黄河下游滩地的经济产出以农业为主，但由于黄河漫滩、经济落后和政策限制等原因，当地现代化设施农业发展程度较低。鱼塘是畜牧业类用地中主要的经济产出土地利用方式，面积占0.92%。受滩地行洪滞洪功能限制，黄河下游滩地现行法规和制度限制其发展工业，除倒灌区中

**表 2　黄河下游滩地土地利用/覆盖分类体系**

Table 2　System of land use/cover in the lower Yellow River

| 功能分类 | | 土地利用/覆盖分类 | |
|---|---|---|---|
| | | 类型 | 说明与分类解译标准 |
| 生存用地 | | 自然村 | 由村民经过长时间在某处自然环境中聚居而形成的自然村落, 分布通常较散落, 房屋密度相对较低。由于村台的建造, 自然村的高程大于周围, 边缘通常种植树木 |
| | | 集镇村 | 经过一定的规划建造而成的村或镇, 房屋分布更整齐, 房屋密度比自然村高 |
| | | 废弃居住地 | 由于搬迁等原因, 居民基本上全部迁出的自然村或者集镇村 |
| 发展用地 | 农业 | 一般耕地 | 以种植农作物为主, 间有零星树木而没有农业大棚等农业设施的耕地, 包括其中的田埂道路及为了存储农作物或者灌溉等目的建造的仓库等 |
| | | 设施农业 | 为了提高农业生产, 人工建造的具有一定空间结构和环境调控能力的设施 |
| | | 果园 | 种植果树并获得经济利益的园地 |
| | 畜牧业 | 畜牧养殖场 | 规模养殖禽畜的土地利用类型 |
| | | 鱼塘 | 捕鱼或养鱼的地方。分布较整齐, 有明显的内部间隔, 附近存在管理或监督的房屋 |
| | 工业 | 采沙场 | 黄河中下游滩地中用以开采、沉积、储存以及运输黄河中河沙的场所, 通常建在离河较近的地区, 附近有建设较完善的交通用地 |
| | | 光伏发电 | 即太阳能发电, 有紧密排布的太阳能采集板 |
| | | 砖瓦窑 | 制作或烧制砖瓦的窑或场地, 呈较规整的方块状, 中央有明显的黑色长条状窑洞 |
| | | 工矿仓储地 | 用于工业生产或者物资储备、中转的场所及相应的附属设施, 房屋面积更大, 以蓝色或者灰色屋顶为主 |
| | 服务业 | 生态园/旅游区 | 黄河中下游滩地中有统一管理机构, 范围明确, 具有参观、游览、度假、康乐、求知等功能, 并提供相应旅游服务设施的独立单位 |
| | | 驾校 | 具有一定的资质, 对驾驶人按照机动车驾驶员素质教育大纲进行培训的法人单位, 由一个较规整的区域中多条交错的道路、停车区域及房屋组成 |
| | | 其他服务类用地 | |
| 水域及水利设施用地 | | 黄河河道 | 黄河主河槽 |
| | | 引水渠 | 由人工建造的, 将黄河水引入黄河滩地中的水渠 |
| | | 险工 | 靠河, 经常受水流冲击、容易出险的堤段, 或历史上经常出现冲刷险情的堤段, 一般修有丁坝、堆垛等挑离御水建筑物 |
| | | 生产堤 | 滩地居民为保护生命与财产安全自发修建的阻水工程 |
| | | 控导工程 | 为约束主流摆动范围, 护滩保堤, 引导主流沿设计制导线下泄, 在凹岸一侧修建的丁坝、剁等护岸工程 |
| | | 堤沟河 | 靠近堤防临河坡堤根附近的低洼狭长地带 |
| | | 其他水域 | 黄河中下游滩地中除自然河流、堤沟河、人工引水渠、鱼塘等有明确来源或者建造或使用目的的水域外的水域 |
| | | 引黄闸 | 灌溉引水渠渠首的“进水闸” |
| 交通运输用地 | | 道路 | 黄河中下游滩地中连接大堤内外的主要道路或者连接堤内各地物单元的主要道路 |
| | | 铁路 | 黄河下游滩地中供火车等交通工具行驶的轨道线路 |
| 未利用地 | | 嫩滩 | 黄河下游滩地内经常上水、时冲时淤的滩地 |

的一些工业用地以外, 现存以工矿仓储地和砖瓦窑为主的工业类发展用地多为临时或非法的企业等, 面积占比分别为 0.42%和 0.24%。

### 3.1.2 空间分布特征

受黄河大堤与河槽的强胁迫, 黄河下游滩地的范围、形态和面积受到极大制约, 当河槽与大堤间距离极小时, 会出现黄河下游滩地被分割成独立滩区的现象, 在宽滩区尤为明显。根据大堤与河槽的相接情况, 将黄河下游宽滩区分割成若干独立片区, 见表 5 和图 2。河曲数量为 1 的属于单片滩区, 河曲数量大于 1 的属于串状滩区。单片滩区与串状滩区包含的河曲数量不同, 形态特征也不同。单片滩区长度较短, 面积也较小, 土地利用潜力较低; 串状滩区包含多个河曲, 滩区面积大, 土地利用潜力

**表 3　黄河下游滩地土地利用/覆盖分类面积与占比**

Table 3　Area and proportion of use land/cover in the lower Yellow River

| 功能分类 | | 土地利用/覆盖分类 | 面积/km$^2$ | 面积占比/% |
|---|---|---|---|---|
| 生存用地 | | 自然村 | 274.21 | 6.63 |
| | | 集镇村 | 32.61 | 0.79 |
| | | 废弃居住地 | 4.71 | 0.11 |
| 发展用地 | 农业 | 一般耕地 | 3224.72 | 77.99 |
| | | 设施农业 | 15.13 | 0.37 |
| | | 果园 | 2.94 | 0.07 |
| | 畜牧业 | 畜牧养殖场 | 2.13 | 0.05 |
| | | 鱼塘 | 38.24 | 0.92 |
| | 工业 | 采沙场 | 4.18 | 0.10 |
| | | 光伏发电 | 4.05 | 0.10 |
| | | 砖瓦窑 | 10.03 | 0.24 |
| | | 工矿仓储地 | 17.47 | 0.42 |
| | 服务业 | 旅游区 | 2.26 | 0.05 |
| | | 驾校 | 0.24 | 0.01 |
| | | 其他服务类用地 | 0.03 | 0.00 |
| 水域及水利设施用地 | | 黄河河道 | 324.11 | 7.84 |
| | | 引水渠 | 9.57 | 0.23 |
| | | 险工 | 18.21 | 0.44 |
| | | 控导工程 | 16.81 | 0.41 |
| | | 堤沟河 | 5.17 | 0.13 |
| | | 其他水域 | 16.33 | 0.39 |
| 交通运输用地 | | 道路 | 8.57 | 0.21 |
| | | 铁路 | 0.82 | 0.02 |
| 未利用地 | | 嫩滩 | 102.47 | 2.48 |

**表 4　黄河下游滩地功能分类面积与占比**

Table 4　Area and proportion of land function in the lower Yellow River

| 功能分类 | 面积/km$^2$ | 面积占比/% |
|---|---|---|
| 生存用地 | 311.53 | 7.53 |
| 发展用地 | 3321.42 | 80.32 |
| 水利及水利设施用地 | 390.20 | 9.44 |
| 交通运输用地 | 9.39 | 0.23 |
| 未利用地 | 102.47 | 2.48 |

较大。

如表 6 和图 3 所示，黄河下游窄河段河道总面积和长度均大于游荡段和过渡段，而游荡段的河道平均宽度大于过渡段与窄河段。黄河下游游荡型河段及过渡型河段南岸的滩区数量高于对应的北岸滩区数量，北岸的滩区的总面积占比分别为 29.24%和 10.47%，均高于南岸滩区的 19.64%和 6.96%，北岸

**表 5　黄河下游滩地滩区划分情况**

Table 5　Zones of the land in the lower Yellow River

| 河段 | 编号 | 位置 | 常用名称 | 面积/km$^2$ | 河曲数量 |
|---|---|---|---|---|---|
| 游荡段 | N1 | 新乡市原阳县至新乡市封丘县 | 原阳滩 | 569.62 | 10 |
| | N2 | 新乡市封丘县 | | 18.55 | 1 |
| | N3 | 新乡市封丘县至河南省长垣县 | 封丘倒灌滩及长垣滩 | 531.20 | 7 |
| 过渡段 | N4 | 濮阳市濮阳县 | 濮阳滩 | 152.78 | 3 |
| | N5 | 濮阳市范县及菏泽市鄄城县 | 濮阳滩 | 38.13 | 1 |
| | N6 | 濮阳市范县 | 濮阳滩 | 71.65 | 1 |
| | N7 | 濮阳市台前县 | 濮阳滩 | 97.41 | 3 |
| | N8 | 濮阳市台前县 | 濮阳滩 | 24.32 | 1 |
| | N9 | 濮阳市东阿县 | | 16.38 | 1 |
| 游荡段 | S1 | 郑州市惠济区 | | 42.96 | 1 |
| | S2 | 郑州市惠济区 | | 23.36 | 1 |
| | S3 | 郑州市中牟县 | | 31.17 | 1 |
| | S4 | 郑州市中牟县 | | 11.90 | 1 |
| | S5 | 郑州市中牟县至开封市祥符区 | | 129.88 | 3 |
| | S6 | 开封市祥符区 | | 14.64 | 1 |
| | S7 | 开封市开封县 | 开封滩 | 185.93 | 4 |
| | S8 | 河南省兰考县 | | 10.03 | 1 |
| | S9 | 河南省兰考县至菏泽市东明县 | 兰东滩 | 265.95 | 4 |
| | S10 | 菏泽市东明县 | | 36.11 | 1 |
| 过渡段 | S11 | 菏泽市东明县 | | 30.76 | 1 |
| | S12 | 菏泽市牡丹区至菏泽市鄄城县 | | 26.47 | 1 |
| | S13 | 菏泽市鄄城县 | | 23.11 | 1 |
| | S14 | 菏泽市鄄城县 | | 34.34 | 1 |
| | S15 | 菏泽市鄄城县 | | 67.63 | 2 |
| | S16 | 濮阳市范县及菏泽市郓城县 | | 25.20 | 1 |
| | S17 | 菏泽市郓城县 | | 11.59 | 1 |
| | S18 | 济宁市梁山县 | | 6.21 | 1 |
| | S19 | 济宁市梁山县 | | 41.14 | 2 |

滩区平均面积也远高于南岸滩区。陶城铺以下的窄河段由于长平滩区的存在，南岸滩地总面积占比为 20.09%，高于北岸窄河段的 13.6%。黄河下游滩地 68.62%的自然村集中在北岸，尤其在游荡段的北岸滩区，自然村面积占黄河下游滩地自然村总面积的 47.93%，此外，过渡段北岸与游荡段南岸也有较多的自然村，面积占比分别为 18.53%和 23.94%。鱼塘集中在游荡段的南岸滩区，占鱼塘总面积的 75.44%。工矿仓储地集中在游荡段的南岸，面积

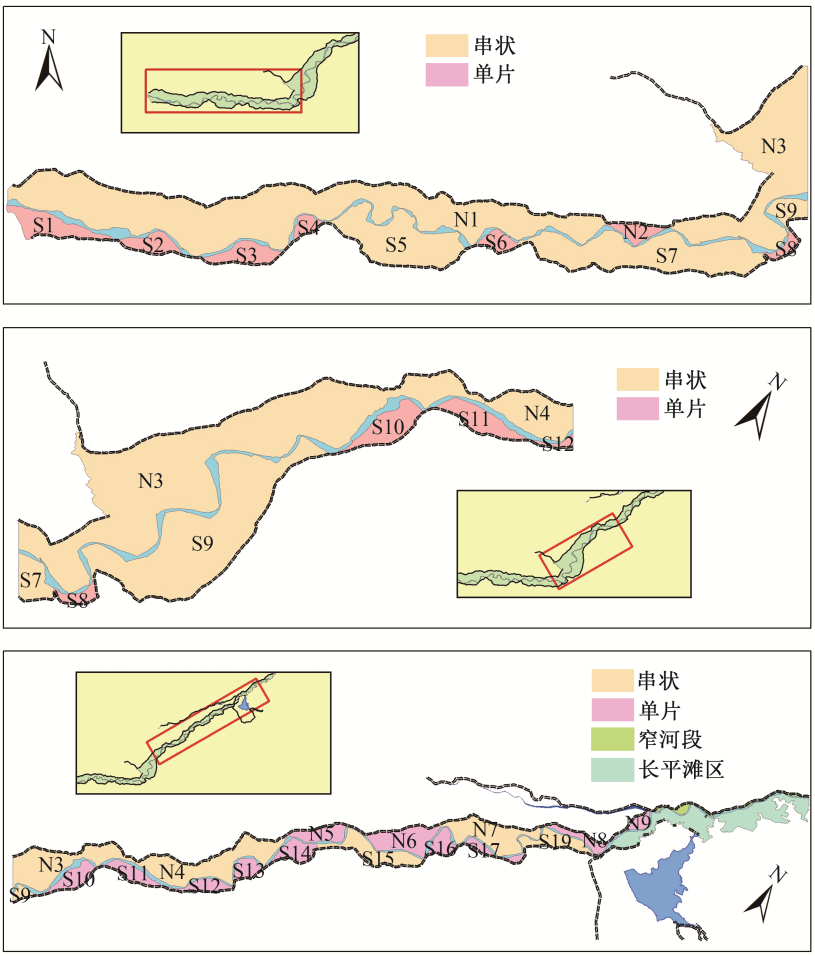


**图 2　黄河下游滩地滩区划分示意图**

Fig. 2　Location and range of zones of the land in the lower Yellow River

**表 6　黄河下游滩地各河段滩区总体情况**

Table 6　General condition of reaches in lower Yellow River

| 河段 | 河岸 | 滩区数量/个 | 主河道总面积/km$^2$ | 滩区总面积/km$^2$ | 河道长度/km | 河道平均宽度/m | 滩区平均面积/km$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 游荡段 | 南岸 | 10.00 | 120.30 | 751.94 | 233.30 | 515.65 | 75.19 |
| | 北岸 | 3.00 | | 1119.37 | | | 373.12 |
| 过渡段 | 南岸 | 9.00 | 69.12 | 266.45 | 165.26 | 418.26 | 29.60 |
| | 北岸 | 6.00 | | 400.67 | | | 66.78 |
| 窄河段 | 南岸 | 2.00 | 134.68 | 769.18 | 400.111 | 336.61 | 384.59 |
| | 北岸 | 1.00 | | 520.83 | | | 520.83 |

| 河段 | 河岸 | 耕地总面积/km$^2$ | 自然村总面积/km$^2$ | 鱼塘总面积/km$^2$ | 工矿仓储总面积/km$^2$ | 设施农业总面积/km$^2$ | 砖瓦窑总面积/km$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 游荡段 | 南岸 | 610.91 | 47.61 | 27.77 | 2.88 | 2.61 | 3.44 |
| | 北岸 | 947.59 | 95.31 | 2.41 | 7.48 | 2.20 | 1.87 |
| 过渡段 | 南岸 | 240.71 | 11.85 | 0.42 | 0.00 | 0.30 | 1.16 |
| | 北岸 | 346.17 | 36.84 | 0.85 | 0.42 | 1.34 | 1.60 |
| 窄河段 | 南岸 | 753.00 | 2.94 | 1.34 | 0.09 | 1.62 | 0.00 |
| | 北岸 | 489.50 | 4.31 | 4.02 | 0.15 | 5.18 | 0.17 |

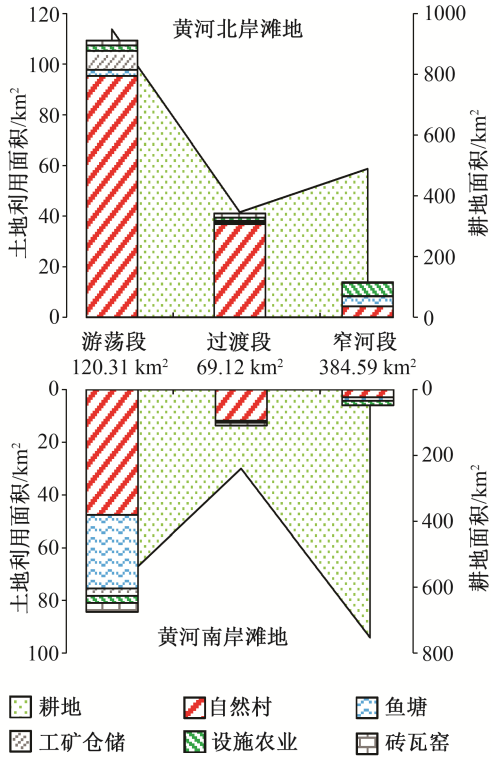


**图 3　黄河下游各河段的土地利用/覆盖分布**

Fig. 3　Land use/cover of different reaches of the lower Yellow River

占工矿仓储地总面积的67.93%，游荡段的南岸也有一定面积的工矿仓储地，占工矿仓储地总面积的26.13%。设施农业在各个滩区的分布较平均，除过渡段南岸仅占2.26%，窄河段北岸占比高达39.06%外，其余滩区中设施农业的面积占设施农业总面积均在10%~20%之间。砖瓦窑集中在游荡段，南北两岸砖瓦窑面积分别占砖瓦窑总面积的41.78%和22.68%，过渡段南北两岸的砖瓦窑面积占比分别为14.04%和19.45%，窄河段基本上不存在砖瓦窑。综上所述，游荡段及过渡段的滩区面积较大，土地利用类型也较全面，窄河段由于面积限制，各类土地利用都较少。

## 3.2 影响土地利用/覆盖因素分析

### 3.2.1 土地利用/覆盖与滩区面积关系

将黄河下游各滩区非设施耕地以外的主要土地利用类型(包括自然村、鱼塘、工矿仓储用地、设施农业与砖瓦窑等)所占面积按照滩区面积从小到大排列。由相关系数界值表可查，28个样品量在95%的置信度下，相关性的临界值为0.317，大于0.317则有显著的相关性。从图4和表7可以看出，自然村和工矿仓储地面积与各滩区总面积有较好的正相关关系，相关系数分别为0.97和0.82；设施农业和砖瓦窑面积与各滩区总面积的相关性不显著，相关系数分别为0.64和0.68；各滩区鱼塘面积与滩区总面积的相关系数仅为0.23，小于临界值0.317，因此相关性不显著。

在黄河下游宽滩地28个滩区中，有单片滩区19个，平均滩区面积为26.15 km²；串状滩区9个，平均滩区面积为226.84 km²。黄河下游滩地不同土地利用/覆盖类型在不同类别滩区的分布情况见图5，自然村、工矿仓储地和砖瓦窑更多地分布在串状滩区。串状滩区中，自然村占黄河下游宽滩地自然村总面积的90%，工矿仓储地与砖瓦窑的面积分别占工矿仓储地总面积和砖瓦窑总面积的 83%和70%。鱼塘和设施农业在串状滩区与单片滩区中没有明显的倾向，串状滩区中鱼塘和设施农业的面积分别占宽滩地鱼塘总面积和设施农业总面积的56%和61%。

### 3.2.2 经济状况影响分析

黄河下游各滩区所属行政区2015年经济状况与人口密度如图6所示。比较黄河下游各滩区所属行政区人均GDP和各滩区主要土地利用/覆盖类型(包括设施农业、工矿仓储地、砖瓦窑与鱼塘)面积占比，得出如下结论。

各滩区设施农业、自然村的面积占比与滩区所属行政区的人均GDP没有明显的相关性。鱼塘和工矿仓储地主要出现在所属行政区人均GDP较高的滩区中，尤其是人均GDP居前两位(分别为5.40万元和3.72万元)的中牟县和惠济区，在黄河下游滩地范围内的滩区为S1, S2, S3, S4和S5。这5个滩区内鱼塘和工矿仓储的出现率(即出现某类土地的滩区数量/滩区总数)分别为100%和80%，鱼塘和工矿仓储地的平均面积占比分别为12%和1.5%。此外，其他23个滩区内鱼塘和工矿仓储的出现率分别为34.78%和30.43%，鱼塘和工矿仓储的平均面积占比分别为0.53%和0.14%。可见，黄河下游滩地中，滩区所属的行政区经济发展程度更高，滩区中鱼塘和工矿仓储地这两种发展用地的集聚更明显。

与鱼塘和工矿仓储地相反，砖瓦窑主要出现在所属行政区人均GDP较低的滩区。在鱼塘和工矿仓储地明显集聚的S1，S2，S3，S4和S5滩区中，砖瓦窑的出现率为60%，平均面积占比为0.12%，远远低于鱼塘和工矿仓储地的12%和1.5%。在其余所属行政区人均GDP较低的滩区，砖瓦窑的出现率

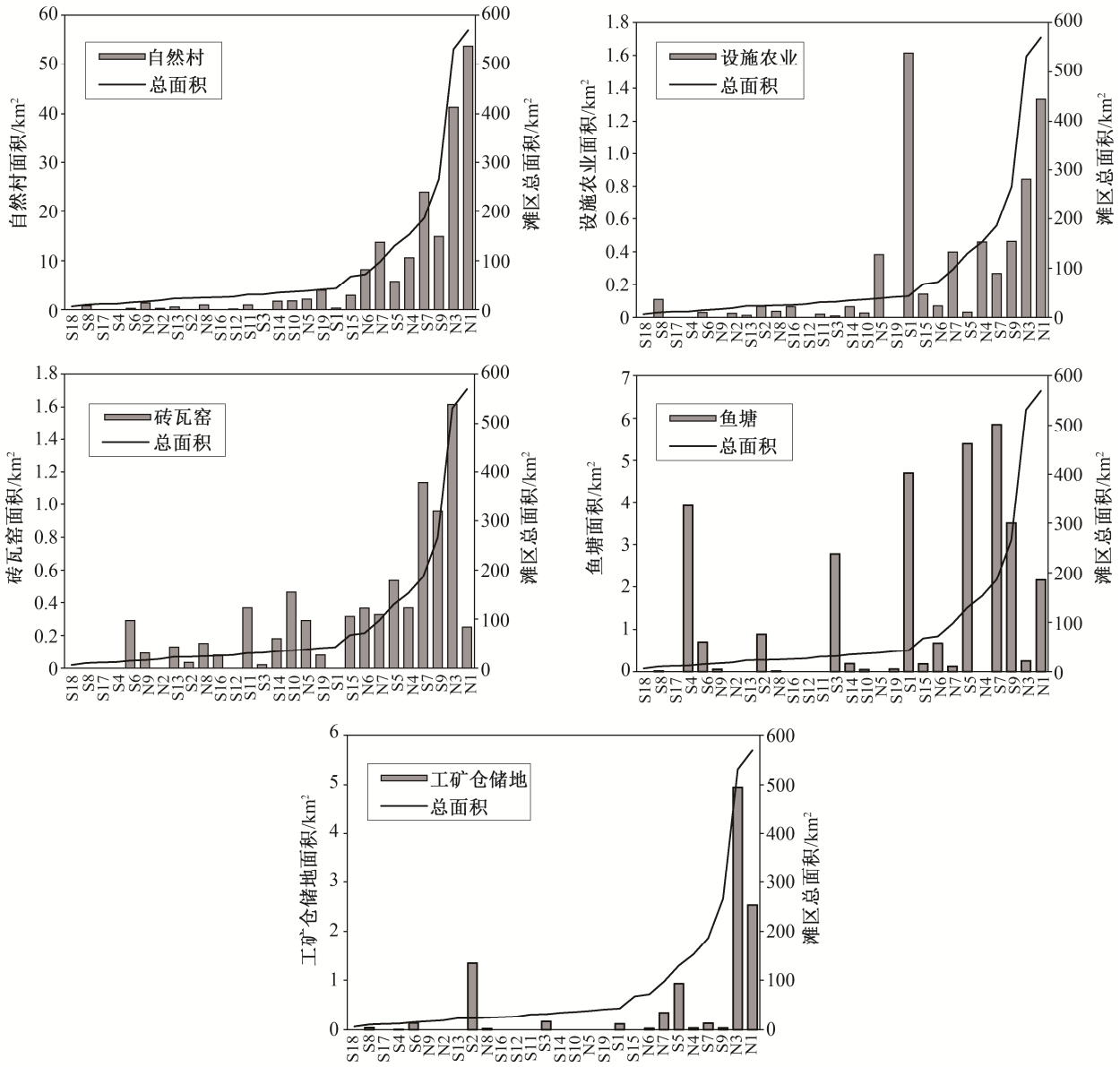


**图 4　主要土地利用/覆盖面积与滩区面积比较**

Fig. 4　Compare between area of land/use cover and zones

为 78.26%，平均面积占比为 0.47%，与鱼塘相近，远高于工矿仓储地的面积占比。砖瓦窑的分布特征主要受政策限制，由于砖瓦窑的经济收益远高于耕地、鱼塘和养殖场，受利益驱动，滩区在靠近城市的低产量农田区域出现大量砖瓦窑。2009—2011 年，在媒体刊登反映“黑砖窑截断黄河大坝、防汛工程被迫延期，滩区 22 万群众面临洪灾威胁”的报道[17]后，河南省开始全面整治黄河下游滩地的砖瓦窑，拆除影响防洪工程建设和防洪安全、占用基本农田和一般耕地的砖瓦窑，以保证黄河防汛工程建设的顺利进行。

### 3.2.3 滩区生存用地占受所属行政区划人口密度的影响

各滩区生存用地的面积占比与所属行政区的人口密度间相关系数为 0.20，相关性不显著。受黄河特殊的地理环境因素制约，黄河滩地整体产业结构单一，经济发展水平低，政府逐渐外迁滩区群众。滩区所属行政区划人口密度与滩区内生存用地占比参差不一，证明群众在滩区内的落户决策受滩区外人口密度和环境承载力的影响较小，从城市人口密

**表 7　黄河下游滩地各滩区各类土地利用类型面积与滩区面积**

Table 7　Area of land/use cover and zones in the lower Yellow River

| 编号 | 类型 | 面积/km$^2$ | 离最近县城距离/km | 自然村 | | 鱼塘 | | 工矿仓储地 | | 设施农业 | | 砖瓦窑 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 面积/km$^2$ | 占比/% | 面积/km$^2$ | 占比/% | 面积/km$^2$ | 占比/% | 面积/km$^2$ | 占比/% | 面积/km$^2$ | 占比/% |
| N1 | 串状 | 569.62 | 5.28 | 53.72 | 9.54 | 2.16 | 0.38 | 2.53 | 0.44 | 1.33 | 0.23 | 0.25 | 0.04 |
| N2 | 单片 | 18.55 | 13.19 | 0.25 | 1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 0.00 |
| N3 | 串状 | 531.20 | 6.18 | 41.33 | 7.95 | 0.25 | 0.05 | 4.95 | 0.93 | 0.84 | 0.16 | 1.62 | 0.30 |
| N4 | 串状 | 152.78 | 30.17 | 10.58 | 7.06 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.02 | 0.46 | 0.30 | 0.37 | 0.24 |
| N5 | 单片 | 38.13 | 12.52 | 2.13 | 6.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 1.00 | 0.29 | 0.77 |
| N6 | 单片 | 71.65 | 12.04 | 8.15 | 11.37 | 0.67 | 0.94 | 0.03 | 0.04 | 0.07 | 0.10 | 0.37 | 0.51 |
| N7 | 串状 | 97.41 | 2.39 | 13.72 | 14.28 | 0.12 | 0.12 | 0.34 | 0.35 | 0.40 | 0.41 | 0.33 | 0.34 |
| N8 | 单片 | 24.32 | 2.62 | 0.94 | 3.87 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | 0.04 | 0.15 | 0.15 | 0.63 |
| N9 | 单片 | 16.38 | 19.2 | 1.33 | 8.10 | 0.05 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.56 |
| S1 | 单片 | 42.96 | 4.37 | 0.28 | 1.48 | 4.69 | 10.93 | 0.11 | 0.26 | 1.62 | 3.76 | 0.00 | 0.00 |
| S2 | 单片 | 23.36 | 7.25 | 0.00 | 0.00 | 0.88 | 3.78 | 1.34 | 5.75 | 0.07 | 0.28 | 0.03 | 0.15 |
| S3 | 单片 | 31.17 | 12.4 | 0.00 | 0.00 | 2.78 | 8.91 | 0.16 | 0.52 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.07 |
| S4 | 单片 | 11.90 | 20.02 | 0.00 | 0.00 | 3.91 | 32.88 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S5 | 串状 | 129.88 | 34.84 | 5.71 | 4.40 | 5.39 | 4.15 | 0.93 | 0.72 | 0.03 | 0.02 | 0.54 | 0.41 |
| S6 | 单片 | 14.64 | 6.57 | 0.26 | 1.74 | 0.70 | 4.79 | 0.13 | 0.88 | 0.03 | 0.21 | 0.29 | 1.99 |
| S7 | 串状 | 185.93 | 10.25 | 23.95 | 13.30 | 5.85 | 3.15 | 0.13 | 0.07 | 0.27 | 0.14 | 1.14 | 0.61 |
| S8 | 单片 | 10.03 | 7.76 | 0.75 | 7.50 | 0.01 | 0.13 | 0.04 | 0.37 | 0.11 | 1.07 | 0.00 | 0.00 |
| S9 | 串状 | 265.95 | 11.1 | 14.89 | 5.87 | 3.50 | 1.32 | 0.03 | 0.01 | 0.46 | 0.17 | 0.96 | 0.36 |
| S10 | 单片 | 36.11 | 4.06 | 1.77 | 4.90 | 0.04 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.07 | 0.46 | 1.28 |
| S11 | 单片 | 30.76 | 10.74 | 0.93 | 3.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.06 | 0.37 | 1.20 |
| S12 | 单片 | 26.47 | 23.43 | 0.11 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S13 | 单片 | 23.11 | 10.46 | 0.51 | 2.28 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.05 | 0.13 | 0.56 |
| S14 | 单片 | 34.34 | 6.88 | 1.70 | 5.41 | 0.19 | 0.55 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.19 | 0.18 | 0.53 |
| S15 | 串状 | 67.63 | 13.15 | 2.93 | 4.33 | 0.18 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.21 | 0.32 | 0.47 |
| S16 | 单片 | 25.20 | 29.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.25 | 0.08 | 0.31 |
| S17 | 单片 | 11.59 | 28.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S18 | 单片 | 6.21 | 19.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| S19 | 串状 | 41.14 | 19.64 | 3.90 | 9.47 | 0.05 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.19 |

度角度说明了滩区内群众向滩区外迁移的可行性。

### 3.2.4 区位因素影响

滩区在所属行政区的地理位置也对发展用地的类型与分布有一定的影响。表 7 比较各滩区距所属区划县城的最短直线距离与滩区中各种发展用地，其中鱼塘和砖瓦窑的面积占比与滩区距所属行政区县城的最短直线距离的相关系数分别为 0.0612 和 0.296，相关性不显著。

工矿仓储地集中在与最近县城直线距离较短的滩区，例如在与县城直线距离小于等于 10 km 的 11 个滩区中，有 9 个滩区存在工矿仓储用地，平均面积占比为 0.83%；在与县城直线距离大于 10 km 的 18 个滩区中，存在工矿仓储地的滩区仅有 7 个，平均面积占比仅为 0.077%。与县城直线距离越短的滩区，工矿仓储地的集聚现象越明显。以农业大棚为主

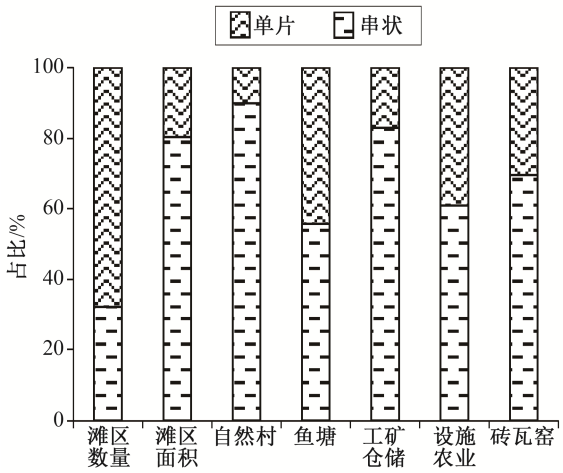


**图 5　不同类别滩区土地利用类型分布情况**

Fig. 5　Distribution of land use/cover in different types of zones

的设施农业分布特点与工矿仓储地类似，在与县城直线距离小于等于 15 km 的 19 个滩区均存在设施农业，平均面积占比为 0.44%；在与县城直线距离大于 15 km 的 9 个滩区中，仅 3 个滩区存在设施农业，平均面积占比为 0.064%。离县城越近的滩区，设施农业越多。

**3.2.5 发展用地的综合因素分析**

分析比较滩区中鱼塘、设施农业、工矿仓储地及砖瓦窑等发展用地面积占比与经济区位和人均 GDP 的关系(图 7)。

从图 7(a)可以看出，在所属行政区人均 GDP 低于 4 万元且与最近县城直线距离大于 20 km 的滩区，基本上不存在鱼塘。所属行政区人均 GDP 大于 4 万元的滩区数量较少，无论与最近县城的直线距离大还是小，这些滩区都存在鱼塘，且鱼塘的面积占比较高。在所属行政区人均 GDP 低于 4 万元且与最近县城直线距离小于等于 20 km 的大量滩区，鱼塘是普遍存在的一种发展用地，但每个滩区的鱼塘面积占比相对较低，绝大部分滩区中鱼塘的面积仅占 0%~1%，仅少数滩区鱼塘面积占比在 1%以上，唯一一个鱼塘面积占比在 10%以上的滩区，与县城的距离小于 5 km，且所属行政区的人均 GDP 接近 4 万。由此可见，黄河下游滩地中的鱼塘分布受滩区所属行政区人均 GDP 和滩区与最近县城直线距离的影响较明显，经济发展越好、所处区位离县城越近的滩区，越有利于鱼塘的发展。

如图 7(b)所示，在所属行政区人均 GDP 大于 3.6 万元的滩区，基本上都存在工矿仓储地，且面积占比不低，最高达 5.75%。在与县城直线距离大于 13 km 且人均 GDP 小于 3.6 万的滩区，基本上不存在工矿仓储地，仅有的一个存在工矿仓储地的滩区，其工矿仓储地的面积占比仅 0.022%。在所属行政区人均 GDP 小于 3.6 万元且与最近县城直线距离小于 13 km 的滩区中，只有一部分存在工矿仓储地。这部分滩区集中在离县城最近的滩区。由此可见，外部的经济状况和滩区的偏远程度对滩区中工矿仓储地的分布有明显的制约，滩区所处行政区经济越发达，滩区离县城的距离越近，滩区中工矿仓储地建设与发展的可能性越大。

如图 7(c)所示，在所属行政区人均 GDP 小于 4 万元且与县城直线距离在 15 km 以上的滩区中，只有一部分滩区存在设施农业，且设施农业的面积占比仅为 0.25%和 0.3%。在所属行政区人均 GDP 大于 4 万元的滩区中,设施农业面积占比也相对较低，仅 0.024%和 0.030%。在所属行政区人均 GDP 小于 4 万元且与县城直线距离在 15 km 以下的滩区中，设施农业的存在较为普遍，面积占比也基本上在 0.1%以上。在人均 GDP 接近 4 万且与县城直线距离在 5~10 km 的滩区中，甚至出现面积占比在 1%及以上的设施农业，说明在这些滩区设施农业的建设已普遍化与规模化。由此可见，滩区所处行政区的经济发展程度与滩区的偏远程度也对设施农业的分布有影响。经济发展程度与设施农业的分布不完全正相关，当滩区所属行政区经济发展至一定程度后，随着经济结构的转化，滩区中的产业发展重点也会产生变化，导致第二产业用地的增加与设施农业用地的减少。

如图 7(d)所示，在所属行政区人均 GDP 大于 4 万元的滩区中，只有一部分滩区存在砖瓦窑，且砖瓦窑的面积占比较低，最高仅有 0.41%，处于离县城最远的滩区。在所属行政区人均 GDP 小于 4 万元的滩区中，砖瓦窑较为普遍，且面积占比基本上在 0.1%以上。砖瓦窑面积占比超过 1%的滩区仅 3 个，都处于人均 GDP 小于 4 万且与最近县城距离小于 20 km 的滩区中。由此可见，砖瓦窑更趋向于所属行政区经济发展程度较低且离县城较近的滩区。黄河下游滩地的砖瓦窑受到政策的限制，许多滩区的砖瓦窑由于妨碍黄河控导工程或防洪工程的建设，危害滩区群众的人身安全等原因，受到政府的全面整治与清除。

## 4 结论

本文基于 2015—2017 年的卫星遥感影像和各类辅助分类资料，分析了黄河下游宽滩区的土地利用/覆盖分类现状，得出以下结论。

1) 黄河下游滩区的土地利用/覆盖分类以发展用地为主，占总面积的 80.32%。其中，非设施农业耕地占 77.99%，是最重要的发展用地和生产方式。鱼塘、工矿仓储地和砖瓦窑也是较常见的发展用地。生存用地占 7.53%，黄河河道占 7.84%，除去黄河河道以外的水域及水利设施用地仅占 1.60%，未利用地占 2.48%。黄河下游滩地中，人类生存发展空间与黄河行洪空间存在严重冲突。

2) 黄河下游游荡段河流的宽度和游荡性大于过渡段和窄河段，与此同时，其滩区面积、滩区土地利用类型和程度也远远大于过渡段和窄河段，

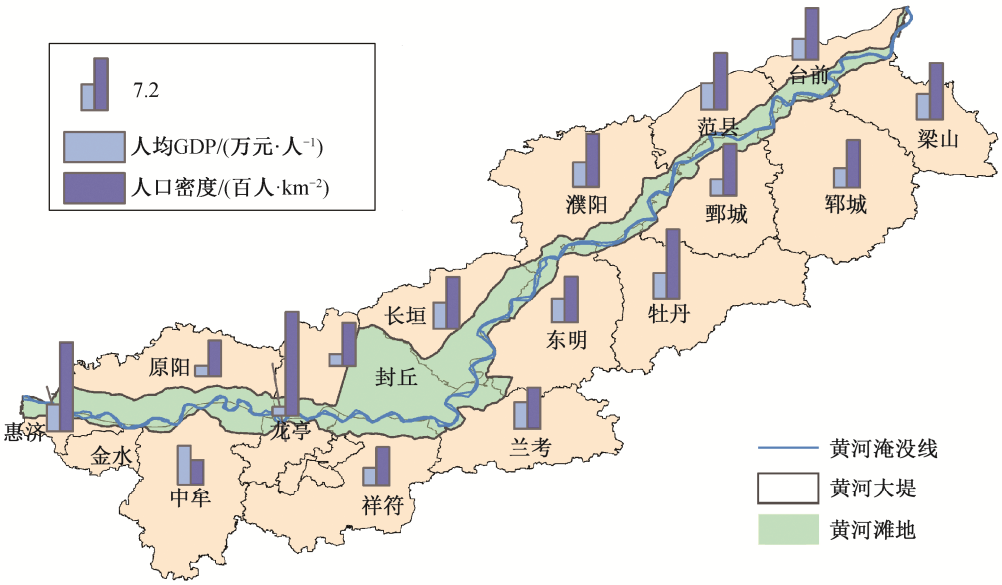


**图 6　黄河下游滩地各滩区所属行政区划经济状况与人口密度**

Fig. 6　Economic and population condition of zones in the lower Yellow River

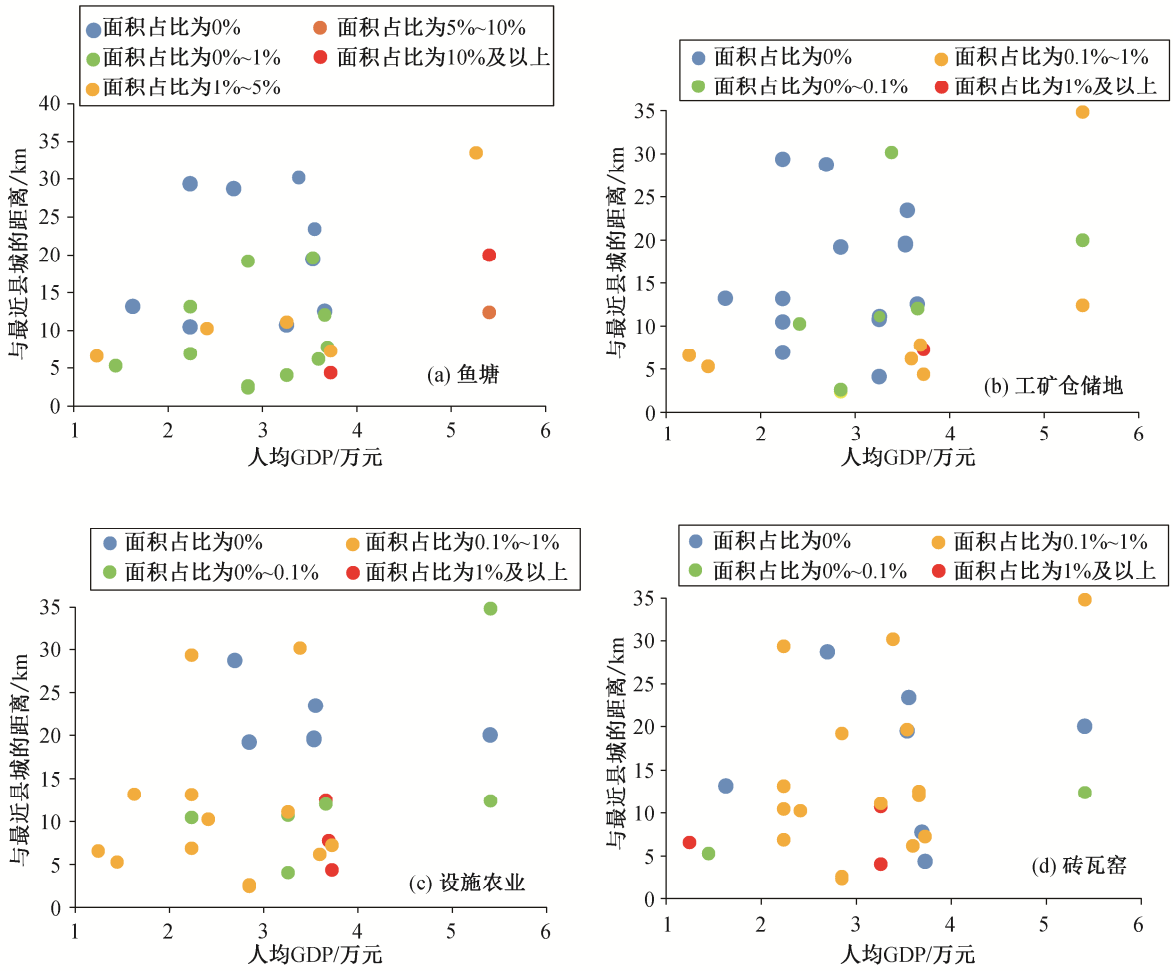


**图 7　黄河下游滩地各发展用地综合因素分析**

Fig. 7　Analysis of general factors of land use/cover in the lower Yellow River

71.87%的自然村、81.99%的鱼塘、94.01%的工矿仓储地和64.44%的砖瓦窑集中在游荡段滩地, 可见黄河下游游荡段河流部分滩地人水争地的矛盾非常突出。

3) 黄河下游滩地各类土地利用/覆盖类型的分布受到多种因素影响, 滩区面积影响自然村、设施农业与砖瓦窑的面积; 滩区所属行政区的经济发展状况、滩区的偏远状况和政策情况等都不同程度地影响设施农业、鱼塘、砖瓦窑等发展用地类土地利用/覆盖类型的面积占比。

## 参考文献


[1] TurnerⅡB L, Skole D, Sanderson S,et al. Land-use &land-cover change [R]. Stockholm: Science/Research Plan IGBP Rep No.35, HDP Rep No.7, 1995

[2] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs. PNAS, 2013, 110 (Suppl 1): 3665–3672

[3] 史培军. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000

[4] 张祎鑫. 郑州市黄河滩区土地合理利用的途径[D]. 河南: 河南农业大学, 2015

[5] 曾庆华, 曾卫. 黄河下游“二级悬河”治理途径的探讨. 泥沙研究, 2004(2): 1–4

[6] 胡春宏, 张治昊. 黄河下游复式河道滩槽分流特征研究. 水利学报, 2013, 44(1): 1–9

[7] 张治昊. 黄河下游复式河道滩槽水沙运动与演变研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2015

[8] 胡一三. 黄河下游河势演变中的横河. 人民黄河, 2014, 36(7): 1–6

[9] 胡一三. 黄河下游河势演变中的畸形河湾. 人民黄河, 2016, 38(10): 43–48

[10] 牛玉国, 端木礼明, 周念斌, 等. 黄河下游畸形河势成因及治理对策. 人民黄河, 2013, 35(8): 1–2

[11] 张原锋, 胡一三, 申冠卿. 黄河下游漫滩洪水的淤滩刷槽作用. 人民黄河, 2016, 38(10): 65–68

[12] 侯志军, 郭艳霞, 李勇, 等. 黄河下游漫滩洪水淤滩刷槽及淹没风险研究. 人民黄河, 2016, 38(1): 45–47

[13] Lambin E F. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. Progress in Physical Geography, 1997, 21(3): 375–393

[14] Du G M, Kuang W H, Meng F H, et al. Spatiotemporal pattern and driving forces of land use/cover change in Brazil. Progress in Geography, 2015, 34(1): 73–82

[15] Zhang H Y, Fan J W, Shao Q Q. Land use/land cover change in the grassland restoration program areas in China, 2000–2010. Progress in Geography, 2015, 34 (7): 840–853

[16] Remo J W F, Carlson M, Pinter N. Hydraulic and flood-loss modeling of levee, floodplain, and river management strategies, Middle Mississippi River, USA. Nat Hazards, 2012, 61(2): 551–575

[17] 丁先明. 黑砖窑截断黄河大坝[N/OL]. 中国青年报, 2009–07–31[2018–03–26]. http://zqb.cyol.com/content/2009-07/31/content_2782426.htm