·土地保障与生态安全·

中国高标准农田建设现状与发展趋势

陈　正[1]，刘瀛弢[1]，贺德俊[1]，孙　妍[1]，周　同[1]，张　超[2]，沐　青[1※]

（1. 农业农村部工程建设服务中心，北京 100081；2. 中国农业大学土地科学与技术学院，北京 100083）

摘　要：高标准农田建设是保障中国粮食安全的一项重要举措，中国已进入要逐步把永久基本农田全部建成高标准农田的新时期。为充分了解中国高标准农田建设现状，把握新时期发展趋势，该研究采用问卷调研的形式调研了 28 个省份高标准农田新建与改造提升工作。结果表明：已建成的高标准农田主要集中在长江中下游区、黄淮海区、东北区，各地已建高标准农田改造提升的需求较大。当前高标准农田建设存在的问题主要是工程设施老化和耕地地力不足，其中，以灌溉排水工程和田间道路工程的老化问题最为凸显，地力问题中最为普遍的是土壤有机质含量低。新时期高标准农田建设应完善各项工程设施配套，重点加强灌溉排水工程、田间道路建设，注重耕地地力提升，因地制宜强化建设规划的科学性，增强建设方案的可行性与生态可持续性。运用新理念、新技术为农田赋能，探索建设高效节水农田、数字智慧农田、绿色低碳农田，不断向建设高效化、信息化、绿色化的现代化农业迈进。研究可为中国新时期高标准农田建设工作提供重要参考，为推动农业现代化提供支撑。

关键词：高标准农田；农田建设；农业现代化；农业工程；耕地质量

doi：10.11975/j.issn.1002-6819.202302002

中图分类号：S27；S28；F303　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-6819(2023)-18-0234-08

陈正，刘瀛弢，贺德俊，等. 中国高标准农田建设现状与发展趋势[J]. **农业工程学报**，2023，39(18)：234-241. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202302002　http://www.tcsae.org

CHEN Zheng, LIU Yingtao, HE Dejun, et al. Current situation and development trend of well-facilitated farmland construction in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2023, 39(18): 234-241. (in Chinese with English abstract)　doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202302002　http://www.tcsae.org

0　引　言

耕地是农业生产的根基，中国的农业现代化离不开耕地的现代化建设。当前中国的耕地保护建设十分紧迫，耕地逐渐北移、地力不断下降等问题明显限制了耕地的生产力。近年来通过高标准农田建设增加了 10%～20% 的亩均粮食产能，建设内容包括田、土、水、路、林、电、技、管等 8 个方面，为中国粮食连续多年丰收提供了重要支撑[1]。可见，高标准农田建设是进一步提升耕地的质量、推动中国农业现代化进程的重要手段。

“十二五”以来全国高标准农田建设工作可划分为“五牛下田”“五牛合力”“一家统管”3 个阶段[2]。建设初期，由国家发展改革委、财政部、国土资源部（现自然资源部）、水利部和农业部（现农业农村部）等 5 个部门，根据各自职责和年度任务分别开展建设。2018 年开始，由农业农村部全面指导全国高标准农田建设工作，实行集中统一管理体制。早期的分散管理使得高标准农田建设标准并不统一，并且许多工程设施因长时间使用和管护不足出现老化和损毁，因此需要对已建成的高标准农田进行改造提升。

欧、美、日等发达国家实现农业现代化的经验表明，农业现代化并没有固定的发展模式[3]。中国的高标准农田建设虽然取得了一定成效，但仍有很大提升空间。党的二十大报告中明确提出要逐步把 15.46 亿亩永久基本农田全部建成高标准农田，这意味着高标准农田建设规模将进一步扩大，任务难度不断提高。本文基于问卷调研 28 个省份（海南、云南、西藏数据空缺）高标准农田新建与改造提升工作的结果，全面总结了当前高标准农田建设现状与存在问题，分析了质量提升途径和现代化模式，以期为新时期高标准农田建设工作提供参考。

1　高标准农田建设现状与主要问题

《全国高标准农田建设规划（2021—2030 年）》（以下简称《规划》）中将全国 31 个省份（不含港澳台）划分为 7 个高标准农田建设区域：东北区、黄淮海区、长江中下游区、东南区、西南区、西北区、青藏区。全国于 2022 年底累计已建成 10 亿亩高标准农田（1 亩为 667m^2），2023—2030 年需年均新增建设 2 500 万亩、改造提升 3 500 万亩高标准农田。目前，多数地区认为工程设施建成 5 年以上、工程出现一般程度以上老化、耕地质量大于 4 等的高标准农田即可纳入改造提升范围。

1.1　建设总体情况

全国 7 个高标准农田建设区域中，已建成高标准农田主要集中在长江中下游区、黄淮海区、东北区，而西北区、西南区、东南区的已建设规模相对较小，青藏区的已建面积很小（表 1）。需改造提升的高标准农田面积分布情况与已建成情况一致，表明建设规模大的区域

收稿日期：2023-02-01　修订日期：2023-07-21

基金项目：国家重点研发计划项目（2021YFD1500202）

作者简介：陈正，高级工程师，研究方向为耕地保护、农田建设。Email：739076964@qq.com

※通信作者：沐青，博士，研究方向为作物高效用水机制与调控、农田建设。Email：qingmu94@qq.com

需要改造提升的面积也大。全国已建成的高标准农田中，需要进行改造提升的比例约为 48.0%。其中，东南区、西南区已建成的高标准农田中有半数以上需要改造，黄淮海区、西北区、东北区、长江中下游区需改造的比例在 40%～50%，青藏区需改造的比例为 26.0%。总体来看，当前已建成高标准农田的改造提升任务较重。

表 1　已建成及需改造提升的高标准农田分布情况

Table 1　Distribution of built-up and to be renovated well-facilitated farmland

建设分区 Construction region	面积占比 Percentage of area/%		
	已建成 Built-up	需改造提升 To be renovated	区域内需改造提升 To be renovated in region
东北区 Northeast	19.2	18.0	45.2
黄淮海区 Huang-Huai-Hai	22.7	22.5	48.0
长江中下游区 Middle-Lower Yangtze	23.0	20.7	43.5
东南区 Southeast	6.4	7.2	54.4
西南区 Southwest	11.9	15.3	62.3
西北区 Northwest	16.3	16.0	47.4
青藏区 Qinghai-Tibet	0.5	0.3	26.0

注：已建成和需改造提升面积占比均为区域面积与总面积之比；区域内需改造提升面积占比为区域内需改造提升面积与已建成面积之比。数据来源于全国 28 个省（自治区、直辖市）农业农村厅（委）反馈的调研问卷（海南、云南、西藏调研数据空缺）。内蒙古有 4 盟（市）属于东北区，8 盟（市）属于西北区。由于调研数据为省市整体数据，本文将内蒙古调研数据计入西北区统计，下同。

Note: The percentage of built-up and to be renovated area is the ratio of the regional area to the total area. The percentage of the area to be renovated in region is the ratio of the area to be renovated and built-up area in region. Data from 28 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the Central Government) Agriculture and Rural Affairs Department (Committee) feedback questionnaire (Hainan, Yunnan, Tibet research data is vacant). Four leagues (cities) in Inner Mongolia belong to the northeast area and eight leagues (cities) belong to the northwest area. Since the research data is the overall provincial and municipal data, Inner Mongolia is included in the statistics of Northwest Region in this study, the same below.

1.2　现存主要问题

已建成高标准农田现存的主要问题是工程老化问题和耕地地力问题。全国 90% 以上的省份均存在灌溉与排水工程老化、田间道路工程老化、土壤有机质含量低的问题（表 2）。其次，60% 以上的省份存在田块整治工程老化、农田输配电工程老化、土壤板结、有效土层厚度不足的问题。农田防护与生态环境保护工程老化、土壤盐碱化、酸化、沙化属于有地域性特点的个性问题，只在少数省份出现。

表 2　已建成高标准农田现存主要问题

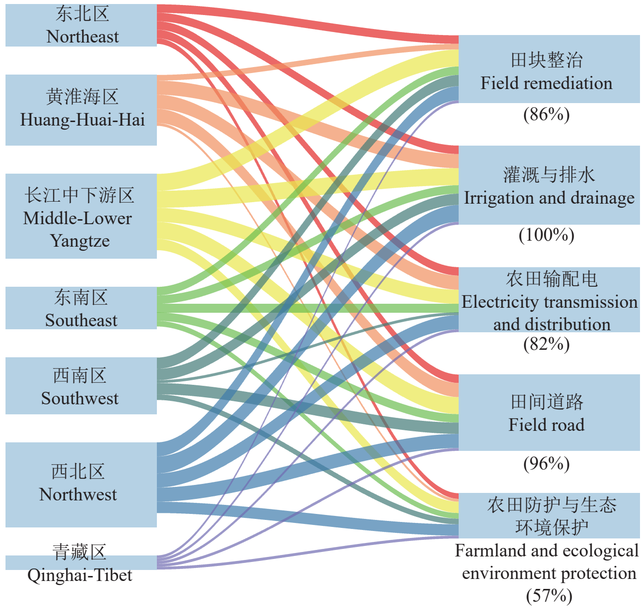
Table 2　Major problems of built-up well-facilitated farmland

问题 Problem	项目 Item	比例 Percentage/%
工程设施老化 Ageing engineering facilities	灌溉与排水工程	96
	田间道路工程	96
	田块整治工程	75
	农田输配电工程	71
	农田防护与生态环境保护工程	57
耕地地力问题 Land productivity problem	有机质含量低	93
	土壤板结	75
	有效土层厚度不足	64
	土壤酸化	50
	土壤盐碱化	36
	土壤沙化	21

注：比例代表有此问题的省份比例。

Note: Percentage indicates the percentage of provinces with correspending problem.

针对工程设施老化问题，各地高标准农田改造提升的工程建设需求重点是灌溉与排水工程和田间道路工程，尤其是所有省份都有灌溉与排水工程的建设需求（图 1）。其次，对于田块整治工程和农田输配电工程的配套也有较大需求。各区域对工程的建设需求侧重点略有不同：黄淮海区对于田块整治、农田防护与生态环境保护的工程建设需求较小，西南区对农田输配电、农田防护与生态环境保护的工程建设需求较小，其他几个区域需要进行较为全面的工程建设。总体上各地对农田防护与生态环境保护工程的建设需求相对较小。



注：括号中的百分比表示有此类工程建设需求的省份比例。下同。

Note: Percentages indicate the percentage of provinces with such construction needs. Same below.

图 1　各区域高标准农田改造提升的工程建设需求

Fig.1　Engineering construction requirements for the renovation and improvement of well-facilitated farmland in each region

针对耕地地力问题，各地均会采取土壤培肥措施，并且高标准农田改造提升中有七成左右的省份需要进行土壤质地改良和板结土壤治理，半数左右的省份需要进行盐碱土改良和酸化土改良（图 2）。

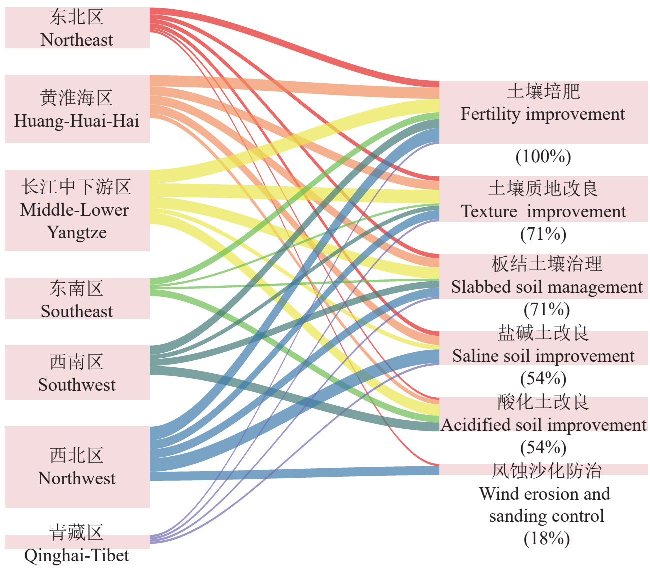


图 2　各区域高标准农田改造提升的地力提升需求

Fig.2　Land strength improvement requirements for the renovation and improvement of well-facilitated farmland in each region

土壤盐碱化问题在北方地区更明显，酸化问题在南方地区更常见，需要进行风蚀沙化防治的省份几乎都在西北区。东北区、黄淮海区、青藏区需要关注土壤质地改良、板结土壤治理、盐碱土壤改良。长江中下游地区主要是土壤质地改良、板结土壤治理、酸化土壤改良，以及少量盐碱土壤改良。东南区、西南区对于土壤质地改良、板结土壤治理的需求相对较小，更重视酸化土壤改良。西北区对除酸化土壤改良之外的措施均有较大需求。

2 高标准农田建设质量提升途径

现阶段中国高标准农田改造提升的任务面积较大，农田建设质量有待进一步提升，其原因涉及到资金、政策、管理、技术等多个方面。早期高标准农田的亩均投入较低，使得高标准农田并未达到预期建设标准，在田间工程设施配套和耕地地力提升方面存在明显短板。按照《规划》要求，高标准农田建设的亩均投入应逐步增加到 3 000 元，新时期应考虑区域特点，在推进新建任务的同时重点解决关键问题并全面提高建设标准。

2.1 重点解决关键问题

2.1.1 灌溉与排水工程

灌溉与排水工程是各省共同的高标准农田改造提升工程需求，对农田的稳产、增产、提效起着关键作用。高标准农田规划时常有“以水定田”的思路，在新一轮建设中应加强对农田水利工程建设的规划。目前存在小型农田水利设施损毁严重，灌区末级渠系和田间工程不配套等问题[4]。长江中下游区、黄淮海区的农田水利工程建设基础较好，西南区次之，其余地区的农田水利工程数量相对较少（表 3）。高标准农田改造提升应充分考虑各区域的灌溉用水需求特点，做好已有农田水利设施的管护和升级，加强从水源到田间的完整灌排体系建设，配套末级渠系和田间工程。

表 3 现有农田水利设施分布状况

Table 3 Distribution of available farm water facilities

分区 Region	数量占比 Percentage of number/%		
	水塘和水库 Ponds and reservoirs	机电井 Electromechanical wells	灌排站 Irrigation and drainage station
东北区 Northeast	0.9	14.0	2.7
黄淮海区 Huang-Huai-Hai	6.3	46.2	13.4
长江中下游区 Middle-Lower Yangtze	64.7	12.7	49.4
东南区 Southeast	5.7	2.8	12.9
西南区 Southwest	21.0	13.6	11.4
西北区 Northwest	1.0	10.6	10.0
青藏区 Qinghai-Tibet	0.4	0.1	0.2

注：数据来源于 31 个省（自治区、直辖市）公布的第三次全国农业普查主要数据公报。

Note: The data come from the Third National Agricultural Census Main Data Bulletin published by 31 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government).

2.1.2 田间道路工程

高标准农田田间道路工程应充分考虑区域生产作业需要和农业机械化要求，对机耕路、生产路的布局进行优化，整修田间道路并充分利用现有农村公路。目前，农田内田间道路存在路面质量较差、通达度不足等问题，生产道路存在建设不合理、运输不便等问题，与高标准农田要求尚有差距。改造提升过程中应兼顾地区自然条件特点、施工工艺差异、实地沟渠情况等实际需求，制定田间道路施工方案，实现景观、生态和实用等方面的相互融合[5]。

2.1.3 耕地地力提升

施用有机肥、秸秆还田和种植绿肥可有效提高土壤肥力，3 种手段既可以单独使用又可以互相配合，秸秆还田在多种土壤中均可提升绿肥的种植效果[6-7]。中国北方旱作区不仅秸秆还田替代化肥潜力较大，在配方施肥基础上施用有机肥或秸秆还田能够明显增加土壤中的有机质、氮磷钾含量[8-10]。东北地区秸秆制成颗粒后连年还田能够增加土壤碳氮含量，培肥和增产效果优于秸秆直接切碎后还田[11]。种植绿肥在中国的旱地农业中起到提高土壤质量、促进主栽作物生长、服务生态系统等多项作用，不同地区可根据当地的种植制度选取不同的绿肥种类[12-14]。此外，通过客土回填、剥离回填表土层、深耕、深翻等手段可以解决有效耕作层厚度不足、土壤板结问题[15]。

2.2 全面提高建设标准

2.2.1 强化不同区域建设规划科学性

不同区域的高标准农田建设中应用模型分析、遥感大数据等手段，能够从多个角度评价建设成效，提高耕地信息的获取便利度，有利于综合地形、气候、农业生产特点等因素规划建设区域，提高决策科学性[16-19]。模型分析表明，高标准农田建设能显著拉动县域农村经济，不同县域拉动效应的差异与区域经济、高标准农田建成前后农业生产与经营方式的改善程度等因素有关，在陕北地区“一组一田”模式更有利于促进高质量的高标准农田建设[20-21]。利用地理信息空间数据库可构建多维度的高标准生态农田建设评价体系，分析各地适宜性等级、各类障碍度分布、生态与粮食安全等级等内容，划定生产优先建设区[16, 22]。

2.2.2 增加旱地建设高标准农田可行性

高标准农田建设能够改善干旱半干旱地区薄弱的农田基础设施条件，有利于旱地农业的增产提效和降低土壤盐度。通过坡改梯、增厚土层、建设小型拦蓄水设施、新型软体水窖、推广集雨补灌等措施，能够更充分的利用天然降水，为旱地提供水源保障[23]。研究表明，灌溉与施肥能够提高作物产量和资源利用效率，水和氮的投入使得小麦产量和水分生产力平均分别能提高 40% 和 15%，其中西北地区产量受水和氮投入的影响大于其他地区[24-25]。

2.2.3 提升高标准农田生态可持续性

要解决生态制约条件下的粮食可持续问题，需要提高机械化水平、加强农业水利工程建设力度、提高灌溉效率、减少化学性要素的投入[26]。建设生态水沟、生态田埂、农田水循环系统、田园生态景观等设施，同时不断提升耕地内在质量，能够有效提高高标准农田的生态可持续性[27]。目前中国东部地区的农业生态效率值最高，东北地区最低，财政支农投入可通过影响种植结构和机

械化水平达到“促增长”与“促减排”的目的[28-29]。

3　高标准农田建设现代化模式

高标准农田进入“一家统管”阶段后，选取了部分区域进行高效节水、数字智慧、绿色低碳农田示范建设。近年来，农业工程领域在高标准农田建设方面提出了许多新的理论、方法和技术，提高水土资源利用率的同时也推进了农业绿色发展[30-31]。在基本农田建设与保护方面有许多研究关注到高标准农田质量监测、高标准基本农田生态环境研究等[32]。科技的进步为提高高标准农田建设质量，迈向农业现代化创造了良好条件。

3.1　高效节水农田

农业现代化发展要向节水要效益，向科技要效益。在水资源短缺的地区，采用水肥一体化、旱作节水、地膜覆盖等技术能够有效增产提效，在水资源较为丰富的地区，高效节水农田的优势主要体现在通过节水、节肥、节工在减少面源污染的同时节本增效。据统计，水肥一体化技术节水效果可达 30%，使小麦和玉米分别增产 100～150、200～300 kg/亩；旱作节水示范区粮食作物节水 60～120 m^3/亩，增产 70～100 kg/亩、节本增效分别达到 80～140 元/亩；地膜覆盖技术将降水利用率提高了 15%，玉米增产 150～200 kg/亩[23]。根据各地的自然、社会、经济、技术因素综合考虑，选取合适的高效节水灌溉模式能够充分发挥农田的生产潜力、获取最大收益[33]。

3.2　数字智慧农田

遥感、无人机、植物表型等科技的进步使得农业生产中作物与土地的数据信息更易于获取，大数据时代下人工智能、云计算、物联网等技术的赋能使得灌溉的全过程、全环节转向数字化、网络化和智能化[34-38]。新型智慧农业将形成“天空地”一体化监控体系，“天”有卫星遥感监测获取大尺度数据，“空”有无人机遥感技术对重点区域进行中小尺度监测评估，“地”有地面物联网采集地区数据[19, 39-41]。目前在高标准农田建设基础较好的地区已逐步开始探索智慧农田建设和无人农场，通过建设农业农村大数据平台、土壤墒情监测系统、为农机配备“北斗”系统等方式强化农田信息化管理，提高农业现代化水平。

3.3　绿色低碳农田

绿色低碳农田应在农田建设过程中充分考虑与其他生态系统融合设计，加强生态化设计技术和材料运用，重视耕地内在质量提升和农田生物多样性保护。灌排渠系、农田、道路都是生态景观的基本景观单元，提升生态景观价值能够增强生态服务功能[42]。优化灌排渠系有利于改善多项农田土壤问题，土地整治时实施工程生态化建设可以弱化对周边环境的影响[5, 43]。渠道衬砌采用生态防渗技术、田间配备节水灌溉设备均能够有效提高农田水肥利用系数，减少水资源浪费的同时减少化肥污染[44-46]。有研究将生态农业和无人农场结合起来，通过无人化作业手段完成对农药、化肥的减施与替代，以及土壤耕作的轻简化，无人农场试点已经可以实现数字化感知、智能化决策、精准化作业、智慧化管理[47-48]。

4　结论与建议

逐步把永久基本农田全部建成高标准农田是一项十分艰巨的任务，既要补齐前期短板，又要大力推进建设进度。目前各区域高标准农田建设情况差异较大，灌溉与排水工程、田间道路工程老化以及土壤有机质含量低是现存的主要问题。强化灌溉与排水工程设施建设不仅有利于粮食的增产增收、解决有关土壤问题，也是为发展高效节水农业等现代化新型农业打下重要基础。为进一步提高高标准农田建设质量应充分考虑区域特点及需求，提高建设规划的科学性，增强建设方案的可行性与生态可持续性。

新时期的高标准农田建设要提高建设工作的系统性、整体性，加强与大中型灌区建设和改造的统筹衔接，尝试通过整区域推进的形式来基本实现区域内划定的永久基本农田全部建成高标准农田。目前未建成高标准农田或建设情况不理想的耕地多为旱地，由于多数旱地的自然资源禀赋较差，农业生产受灌溉水源限制明显，因此旱地建成高标准农田是高标准农田建设需要解决的一个难题。

为了提高农田建设质量，需要加快构建标准体系，加强高标准农田的规范化建设，统筹区域高标准农田建设方案实施。高效化、信息化、绿色化是农业现代化的发展趋势，要不断将新的信息化技术、农业技术、管理模式等研究成果应用和推广到高标准农田建设与改造提升中来，破解整区域建设高标准农田和旱地建成高标准农田面临的难题，推动中国农业现代化进程。

[参　考　文　献]

[1] 中华人民共和国农业农村部.《全国高标准农田建设规划（2021—2030 年）》[EB/OL].（2021-09-16）[2023-09-06]. http://www.ntjss.moa.gov.cn/zcfb/202109/t20210915_6376511.htm.

[2] 孙春蕾，杨红，韩栋，等. 全国高标准农田建设情况与发展策略[J]. 中国农业科技导报，2022，24(7)：15-22.
SUN Chunlei, YANG Hong, HAN Dong, et al. Situation and countermeasures of well-facilitated farmland in China[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2022, 24(7): 15-22. (in Chinese with English abstract)

[3] 朱敏. 发达国家现代化农业发展模式及对我国启示[EB/OL]. 国家信息中心国家电子政务外网管理中心经济预测部 (2018-03-28) [2023-09-01]. http://www.sic.gov.cn/News/456/8920.htm.

[4] 同套文. 农田水利“最后一公里”建设问题分析与发展对策[J]. 灌溉排水学报，2021，40(S1)：54-57.
TONG Taowen. Analysis and development countermeasures of the construction of “Last Kilometer” of farmland water conservancy[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(S1): 54-57. (in Chinese with English abstract)

[5] 彭枫，丁玉娟. 土地整治田间道路工程建设的生态干预与

措施[J]. 农业工程，2019，9(11)：67-70.
PENG Feng, DING Yujuan. Ecological intervention and measures of road engineering construction in field of land improvement[J]. Agricultural Engineering, 2019, 9(11): 67-70. (in Chinese with English abstract)

[6] 冯静琪，曹卫东，高嵩涓，等. 稻秸还田提高我国南方典型稻田冬绿肥产量和养分积累[J]. 植物营养与肥料学报，2022，28(1)：72-82.
FENG Jingqi, CAO Weidong, GAO Songjuan, et al. Returning rice straw to the field increased the yield and nutrient accumulation of green manure crops in a typical paddy field in South China[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2022, 28(1): 72-82. (in Chinese with English abstract)

[7] 骆美，郭龙，费坤，等. 耕地质量提升技术及其应用[J]. 中国农学通报，2022，38(21)：76-81.
LUO Mei, GUO Long, FEI Kun, et al. Cultivated land quality: Improving technologies and their application[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(21): 76-81. (in Chinese with English abstract)

[8] 汪秋云，李庆阳，柴如山，等. 东北-黄淮海平原旱作区作物秸秆养分资源量及还田替代化肥潜力[J]. 安徽农业大学学报，2022，49(4)：621-629.
WANG Qiuyun, LI Qingyang, CHAI Rushan, et al. Nutrient resources of crop straw and its potential to replace chemical fertilizers in dryland farming region of the Northeast and Huanghuaihai Plain[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2022, 49(4): 621-629. (in Chinese with English abstract)

[9] 赵凯男，吴金芝，李俊红，等. 秸秆和有机肥配合替代部分化肥提高作物水分利用率减少土壤硝态氮残留[J]. 植物营养与肥料学报，2022，28(10)：1770-1781.
ZHAO Kainan, WU Jinzhi, LI Junhong, et al. Effects of combined straw and organic fertilizer application as partial replacement for chemical fertilizers on water use efficiency and soil nitrate residue[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2022, 28(10): 1770-1781. (in Chinese with English abstract)

[10] 闫童，杨化恩，刘凤华，等. 不同培肥措施对新增耕地养分变化及作物产量的影响[J]. 中国农学通报，2022，38(12)：74-78.
YAN Tong, YANG Huaen, LIU Fenghua, et al. Effects of fertilization measures on nutrient change and crop yield of newly-cultivated land[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(12): 74-78. (in Chinese with English abstract)

[11] WANG X Q, LV G Y, ZHANG Y, et al. Annual burying of straw after pelletizing: A novel and feasible way to improve soil fertility and productivity in Northeast China[J]. Soil & Tillage Research, 2023, 230: 105699.

[12] 吴玉红，王吕，崔月贞，等. 轮作模式及秸秆还田对水稻产量、稻米品质及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报，2021，27(11)：1926-1937.
WU Yuhong, WANG Lü, CUI Yuezhen, et al. Rice yield, quality, and soil fertility in response to straw incorporation and rotation pattern[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2021, 27(11): 1926-1937. (in Chinese with English abstract)

[13] 罗跃，张久东，周国朋，等. 河西绿洲灌区间作绿肥及其不同利用方式对玉米产量及土壤肥力的提升效应[J]. 植物营养与肥料学报，2022，28(3)：402-413.
LUO Yue, ZHANG Jiudong, ZHOU Guopeng, et al. Intercropping maize with green manure crops at various utilization patterns improvess maize yield and soil fertility in Hexi Oasis irrigated area[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2022, 28(3): 402-413. (in Chinese with English abstract)

[14] 樊志龙，柴强，曹卫东，等. 绿肥在我国旱地农业生态系统中的服务功能及其应用[J]. 应用生态学报，2020，31(4)：1389-1402.
FAN Zhilong, CHAI Qiang, CAO Weidong, et al. Ecosystem service function of green manure and its application in dryland agriculture of China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(4): 1389-1402. (in Chinese with English abstract)

[15] 邹文秀，韩晓增，严君，等. 耕翻和秸秆还田深度对东北黑土物理性质的影响[J]. 农业工程学报，2020，36(15)：9-18.
ZOU Wenxiu, HAN Xiaozeng, YAN Jun, et al. Effects of incorporation depth of tillage and straw returning on soil physical properties of black soil in Northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(15): 9-18. (in Chinese with English abstract)

[16] 赵振庭，孔祥斌，张雪靓，等. 基于多维超体积生态位的高标准生态农田建设分区方法[J]. 农业工程学报，2022，38(13)：253-263.
ZHAO Zhenting, KONG Xiangbin, ZHANG Xueliang, et al. Method for zoning high-standard ecological farmland construction using multi-dimensional super-volume ecological niche[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2022, 38(13): 253-263. (in Chinese with English abstract)

[17] 陈航，谭永忠，邓欣雨，等. 撂荒耕地信息获取方法研究进展与展望[J]. 农业工程学报，2020，36(23)：258-268.
CHEN Hang, TAN Yongzhong, DENG Xinyu, et al. Progress and prospects on information acquisition methods of abandoned farmland[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(23): 258-268. (in Chinese with English abstract)

[18] 信桂新，杨朝现，杨庆媛，等. 用熵权法和改进 TOPSIS 模型评价高标准基本农田建设后效应[J]. 农业工程学报，2017，33(1)：238-249.

XIN Guixin, YANG Chaoxian, YANG Qingyuan, et al. Post-evaluation of well-facilitied capital farmland construction based on entropy weight method and improved TOPSIS model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(1): 238-249. (in Chinese with English abstract)

[19] 孙九林，李灯华，许世卫，等. 农业大数据与信息化基础设施发展战略研究[J]. 中国工程科学，2021，23(4)：10-18.
SUN Jiulin, LI Denghua, XU Shiwei, et al. Development strategy of agricultural big data and information infrastructure[J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(4): 10-18. (in Chinese with English abstract)

[20] 张正峰，谭翠萍，梁育，等. 高标准农田建设对县域农村经济拉动效应的对比研究：以浙江省江山市与辽宁省盘山县为例[J]. 地域研究与开发，2019，38(5)：142-147.
ZHANG Zhengfeng, TAN Cuiping, LIANG Yu, et al. Pulling effects of high-standard farmland constructionon county territory rural economy: A case study of Jiangshan City in Zhejiang Province and Panshan County in Liaoning Province[J]. Areal Research and Development, 2019, 38(5): 142-147. (in Chinese with English abstract)

[21] 张蚌蚌，郭芬，黄丹，等. 陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价[J]. 农业工程学报，2020，36(15)：28-36.
ZHANG Bangbang, GUO Fen, HUANG Dan, et al. Pattern and evaluation of land consolidation model for "One Household One Plot" and "One Village One Plot" to solve land fragmentation in Northern Shaanxi Province, China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(15): 28-36. (in Chinese with English abstract)

[22] 王珂，李玲，黎鹏. 基于生态安全和粮食安全的高标准农田建设研究[J]. 生态与农村环境学报，2021，37(6)：706-713.
WANG Ke, LI Ling, LI Peng. Study on high-standard farmland construction based on ecological security and food security[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021, 37(6): 706-713. (in Chinese with English abstract)

[23] 吴勇，张赓，陈广锋，等. 中国节水农业成效、形势机遇与展望[J]. 中国农业资源与区划，2021，42(11)：1-6.
WU Yong, ZHANG Geng, CHEN Guangfeng, et al. Achievements, situation and opportunities of water saving agriculture in China and projections for future development[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(11): 1-6. (in Chinese with English abstract)

[24] LI Z, CUI S, ZHANG Q P, et al. Optimizing wheat yield, water, and nitrogen use efficiency with water and nitrogen inputs in China: A synthesis and life cycle assessment[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 930484.

[25] LIU B Y, ZHAO X, LI S S, et al. Meta-analysis of management-induced changes in nitrogen use efficiency of winter wheat in the North China Plain[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 251: 119632.

[26] 刘慕华，肖国安，钟腾龙. 生态条件约束下的粮食可持续问题研究[J]. 财经理论与实践，2022，43(6)：108-115.
LIU Muhua, XIAO Guoan, ZHONG Tenglong. Study on grain sustainability under ecological constraints[J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2022, 43(6): 108-115. (in Chinese with English abstract)

[27] 曾緦婷，王征，吴长春，等. “绿色”农田推进高标准农田高质量建设[J]. 农业展望，2021，17(9)：90-95.
ZENG Xieting, WANG Zheng, WU Changchun, et al. Green farmland promoting the high-quality construction of high-quality farmland[J]. Agricultural Outlook, 2021, 17(9): 90-95. (in Chinese with English abstract)

[28] 陈阳，穆怀中. 中国农业生态效率测算及影响因素研究[J]. 统计与决策，2022(23)：101-106.
CHEN Yang, MU Huaizhong. Measurement and influencing factors of agricultural eco-efficiency in China[J]. Statistics & Decision, 2022(23): 101-106. (in Chinese with English abstract)

[29] 黄伟华，祁春节，黄炎忠，等. 财政支农投入提升了农业碳生产率吗?：基于种植结构与机械化水平的中介效应[J]. 长江流域资源与环境，2022，31(10)：2318-2332.
HUANG Weihua, QI Chunjie, HUANG Yanzhong, et al. Does financial support for agriculture improve agricultural carbon productivity?: Analysis on the mediating effects of planting structure and mechanization level[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(10): 2318-2332. (in Chinese with English abstract)

[30] 李莉，王应宽，傅泽田，等. 世界农业工程学科研究进展及发展趋势[J]. 农业工程学报，2023，39(3)：1-15.
LI Li, WANG Yingkuan, FU Zetian, et al. Progress and trend of world agricultural engineering discipline[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2023, 39(3): 1-15. (in Chinese with English abstract)

[31] 隋斌，董姗姗，孟海波，等. 农业工程科技创新推进农业绿色发展[J]. 农业工程学报，2020，36(2)：1-6.
SUI Bin, DONG Shanshan, MENG Haibo, et al. Innovation in agricultural engineering and technology to accelerate green development of agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(2): 1-6. (in Chinese with English abstract)

[32] 王金满，郧文聚，白中科. 中国土地整理工程发展回顾与展望：基于《农业工程学报》“土地整理工程”专栏2002—2020 年刊载文献的计量学分析[J]. 农业工程学报，2021，37(10)：307-316.
WANG Jinman, YUN Wenju, BAI Zhongke. Review and prospect of land consolidation and rehabilitation engineering in

China: Based on the bibliometric analysis of the literature published amount in the "Land Consolidation and Rehabilitation Engineering" column of Transactions of the CSAE from 2002 to 2020[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(10): 307-316. (in Chinese with English abstract)

[33] 张亮，周薇，李道西. 农业高效节水灌溉模式选择研究进展[J]. 排灌机械工程学报，2019，37(5)：447-453.
ZHANG Liang, ZHOU Wei, LI Daoxi. Research progress in irrigation mode selection of high-efficiency water-saving agriculture[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering (JDIME), 2019, 37(5): 447-453. (in Chinese with English abstract)

[34] SU J Y, ZHU X Y, LI S H, et al. AI meets UAVs: A survey on AI empowered UAV perception systems for precision agriculture[J]. Neurocomputing, 2023, 518: 242-270.

[35] ZHAO D X, EYRE J X, WILKUS E, et al. 3D characterization of crop water use and the rooting system in field agronomic research[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 202: 107409.

[36] ELSHERBINY O, ZHOU L, HE Y, et al. A novel hybrid deep network for diagnosing water status in wheat crop using IoT-based multimodal data[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 203: 107453.

[37] SANGJAN W, CARTER H A, PUMPHREY O M, et al. Development of a Raspberry Pi-based sensor system for automated in-field monitoring to support crop breeding programs[J]. Inventions, 2021, 6(2): 42.

[38] MOHINUR RAHAMAN M, AZHARUDDIN M. Wireless sensor networks in agriculture through machine learning: A survey[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 197: 106928.

[39] 张飞扬，胡月明，谢英凯，等. 天空地一体耕地质量监测移动实验室集成设计[J]. 农业资源与环境学报，2021，38(6)：1029-1038.
ZHANG Feiyang, HU Yueming, XIE Yingkai, et al. Design of integrated space-air-ground farmland quality monitoring mobile laboratory[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2021, 38(6): 1029-1038. (in Chinese with English abstract)

[40] 查燕，吴文斌，余强毅，等. 我国农业水土资源监测与信息服务体系发展战略研究[J]. 中国工程科学，2022，24(1)：64-72.
ZHA Yan, WU Wenbin, YU Qiangyi, et al. Strategic issues of monitoring and information services of agricultural water and land resources in China[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(1): 64-72. (in Chinese with English abstract)

[41] 吴文斌，史云，周清波，等. 天空地数字农业管理系统框架设计与构建建议[J]. 智慧农业，2019，1(2)：64-72.
WU Wenbin, SHI Yun, ZHOU Qingbo, et al. Framework and recommendation for constructing the SAGI digital agriculture system[J]. Smart Agriculture, 2019, 1(2): 64-72. (in Chinese with English abstract)

[42] 邓铭江，陶汪海，王全九，等. 西北现代生态灌区建设理论与技术保障体系构建[J]. 农业机械学报，2022，53(8)：1-13.
DENG Mingjiang, TAO Wanghai, WANG Quanjiu, et al. Theory and technical guarantee system construction of modern ecological irrigation district in northwest China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(8): 1-13. (in Chinese with English abstract)

[43] 王全九，邓铭江，宁松瑞，等. 农田水盐调控现实与面临问题[J]. 水科学进展，2021，32(1)：139-147.
WANG Quanjiu, DENG Mingjiang, NING Songrui, et al. Reality and problems of controlling soil water and salt in farmland[J]. Advances in Water Science, 2021, 32(1): 139-147. (in Chinese with English abstract)

[44] 李素玲，张慧琳，孔祥涛，等. 灌区节水改造建设现状与对策探讨以万北灌区为例[J]. 灌溉排水学报，2021，40(S1)：46-49.
LI Suling, ZHANG Huilin, KONG Xiangtao, et al. Study on the current situation and countermeasures of water-saving reconstruction in irrigation area: A case of Wanbei irrigated area[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(S1): 46-49. (in Chinese with English abstract)

[45] 于伟咏，漆雁斌，何悦，等. 水稻灌溉用水效率和要素禀赋对化肥面源污染的影响基于分位数回归的分析[J]. 农业环境科学学报，2017，36(7)：1274-1284.
YU Weiyong, QI Yanbin, HE Yue, et al. The effect of rice irrigation efficiency and related factors on fertilizer non-point source pollution based on quantile regression[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2017, 36(7): 1274-1284. (in Chinese with English abstract)

[46] 金秋，徐姗姗，夏美玲. 水田灌排一体化系统的开发与应用[J]. 排灌机械工程学报，2015，33(6)：526-530.
JIN Qiu, XU Shanshan, XIA Meiling. Development and application of irrigation and drainage equipment system[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2015, 33(6): 526-530. (in Chinese with English abstract)

[47] 兰玉彬，赵德楠，张彦斐，等. 生态无人农场模式探索及发展展望[J]. 农业工程学报，2021，37(9)：312-327.
LAN Yubin, ZHAO Denan, ZHANG Yanfei, et al. Exploration and development prospect of eco-unmanned farm modes[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(9): 312-327. (in Chinese with English abstract)

[48] 罗锡文. 无人农场是数字农业的实现途径之一[J]. 大数据时代，2021(10)：13-19.

Current situation and development trend of well-facilitated farmland construction in China

CHEN Zheng[1], LIU Yingtao[1], HE Dejun[1], SUN Yan[1], ZHOU Tong[1], ZHANG Chao[2], MU Qing[1※]

(1. *Center of Engineering and Construction Service*, *Ministry of Agriculture and Rural Affairs*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *College of Land Science and Technology*, *China Agricultural University*, *Beijing* 100083)

Abstract: Well-facilitated farmland construction is one of the most important initiatives for national food security. All permanent basic farmland is required to gradually build into well-facilitated farmland in recent years. However, most of the existing studies are aimed at the situation in a certain region and aspect, such as the evaluation of regional construction performance and programs at present. It is conducive to summarizing the current situation of construction and the subsequent development needs on a nationwide scale. This review aims to fully understand the current situation of well-facilitated farmland construction in China, in order to grasp the development trend for the subsequent implementation of the follow-up work. A questionnaire was used to investigate the new construction and upgrading of well-facilitated farmland in 28 provinces. The results showed that the completed well-facilitated farmland was concentrated mainly in the Middle-Lower Yangtze, the Huang-Huai-Hai, and the Northeast zones. There was a high demand for the retrofit and upgrading of the constructed well-facilitated farmland in various places. The large area of retrofit and upgrading was attributed to the combination of funding, policy, management, and technology. The construction quality cannot fully meet the expectations, due to the lack of construction investment. The different construction of the main body resulted in the nonuniform standards of well-facilitated farmland construction without the management and maintenance. There was the aging of engineering facilities and the cultivated land with insufficient fertility current well-facilitated farmland construction, most of which was the aging of irrigation and drainage, as well as field road projects. The most common issue of land was the lack of soil organic matter content. In addition, they were also commonly found in the aging field remediation, aging farmland transmission and distribution, soil compaction and insufficient effective thickness layer. Distinct regional characteristics were observed in the soil sanding, acidification and salinization. Although there were some differences in the construction bases, as well as retrofit and upgrading needs of well-facilitated farmland in each construction region, the quality of construction was effectively improved to focus on the key issues for the comprehensive upgrading of construction standards. Therefore, the construction of well-facilitated farmland should improve all engineering facilities to strengthen the irrigation and drainage projects, as well as the field road construction. The enhancement of arable land can be focused on strengthening the scientific nature of construction planning for the feasibility and ecological sustainability of the construction programs, according to the local conditions. New concepts and technologies can be expected to empower the highly efficient water-saving, digital intelligent, and green low-carbon farmland in the efficient, information-based, green and modernized agriculture. The findings can also provide an important reference for China's well-facilitated farmland construction in the promotion of agricultural modernization.

Keywords: well-facilitated farmland; farmland construction; agricultural modernization; agricultural engineering; arable land quality