引用本文格式 张传帅，陈华，张弓鸣，等. 我国电动拖拉机发展现状及推广应用建议[J]. 农业工程，2025，15(11)：10-14. DOI：10.19998/j.cnki.2095-1795.202511302. ZHANG Chuanshuai，CHEN Hua，ZHANG Gongming，et al. Development status and suggestions for promotion and application of electric tractors in China[J]. Agricultural Engineering，2025，15(11)：10-14.

我国电动拖拉机发展现状及推广应用建议

张传帅[1]，陈 华[1]，张弓鸣[1]，段诗瑶[2]，孙梦遥[1]，秦 贵[1]，李治国[1]
（1. 北京市农业机械试验鉴定推广站，北京 100079； 2. 北京市农业农村科技发展中心，北京 101100）

摘 要：随着电动汽车产业链发展，电动拖拉机研究成为农机行业热点。电动拖拉机集成应用了卫星定位、路径规划、无人驾驶、机具自动控制和能源控制等众多先进技术，具有低碳环保、适宜智能化控制等优势，是智能农机、智慧农业发展的重要技术支撑。阐述我国电动拖拉机发展现状、主要技术，从推广应用角度分析存在问题，并提出发展建议。

关键词：智能农机；电动拖拉机；电池；驱动电机；农机推广
中图分类号：S219 **文献标识码**：A **文章编号**：2095-1795(2025)11-0010-05
DOI：10.19998/j.cnki.2095-1795.202511302

Development status and suggestions for promotion and application of electric tractors in China

ZHANG Chuanshuai[1]，CHEN Hua[1]，ZHANG Gongming[1]，DUAN Shiyao[2]，SUN Mengyao[1]，QIN Gui[1]，LI Zhiguo[1]
（*1. Beijing Agricultural Machinery Experiment Appraisal Promotion Station，Beijing 100079，China；2. Beijing Agricultural and Rural Science and Technology Development Center，Beijing 101100，China*）

Abstract：With electric vehicle industry chain developing，electric tractors research has become a hot topic in agricultural machinery industry. Electric tractors integrate advanced technologies such as satellite positioning，path planning，unmanned driving，automatic implement control，and energy management，with advantages such as low-carbon environmental protection and suitable intelligent control capabilities. They are an important technological support for intelligent agricultural machinery and smart agriculture development. Development status and main electric tractors technologies in China were discussed，existing problems from a promotion and application perspective were analyzed，and development suggestions were proposed.

Keywords：intelligent agricultural machinery，electric tractors，battery，drive motor，agricultural machinery promotion

0 引言

据国家统计局数据，2023 年底，全国农机总动力 11.37 亿 kW，拖拉机总动力 4.59 亿 kW，拖拉机保有量 2 113.49 万台，其中大中型拖拉机 551.09 万台，占比 26.07%。近几年全国拖拉机保有量基本稳定，大中型拖拉机比例逐步提升。

随着电动汽车及其产业链的发展成熟，农机电动化也成为各农机企业和科研院所的研究热点，植保无人机作为农机电动化的成功案例，也为电动拖拉机的发展提供了经验，众多传统拖拉机企业和科创企业发布了智能化电动拖拉机样机[1-5]。特别是动力装备电动化、智能化已经成为全球大型农机企业发展的重要方向[6]。拖拉机智能化是现代农业发展的必然趋势，而电动拖拉机相对柴油拖拉机更适宜智能化技术的应用[7-8]。农业农村部印发的《“十四五”全国农业机械化发展规划》提出，要加快绿色智能农业装备推广应用，推进农机节能减排，助力实施农业碳达峰、碳中和，推动智能农业装备技术创新和大型高端智能农机发展，推动新能源动力等技术在农业装备上的集成应用。2024 年，农业农村部农业机械化总站对《电动轮式拖拉机》农业机械推广鉴定大纲公开征求意见，说明对电动拖拉机实施农机鉴定、纳入农机补贴范围已经进入日程。“十五五”期间，我国电动拖拉机的发

收稿日期：2025-05-08 **修回日期**：2025-07-21
基金项目：北京市乡村振兴农业科技项目（NY2502290125）
作者简介：张传帅，高级农艺师，主要从事农机信息化与智能化装备技术推广研究 E-mail：zhangchuanshuai@sina.cn
李治国，通信作者，正高级农艺师，主要从事农业机械化技术推广研究 E-mail：li.zhiguo@126.com

在线投稿
www. d1ae. com

展将进入一个新的发展时期。农业农村部印发的《全国农业科技创新重点领域（2024—2028年）》提出，未来农业装备要研发大功率无级变速拖拉机、新能源拖拉机等高端智能农机[9]。

全球领先的农机企业约翰迪尔、凯斯纽荷兰、爱科和久保田等均在新能源拖拉机领域提出发展战略，推出纯电动、混合动力等基于新能源的智能拖拉机。约翰迪尔提出NEXT LEAP智能化战略，到2026年，实现农机100%信息化联网，自动化电动拖拉机要实现商业化。久保田提出3级自动化和无任何路线图，到2026年，实现远程监控下无人作业[10]。

拖拉机电动化、智能化发展已经成为国内外拖拉机企业未来发展重要方向，也是科研院所的研究热点，推出的智能电动拖拉机产品或样机也越来越多，发展迅速。目前我国电动拖拉机主要分为油电混动拖拉机和纯电动拖拉机两大类。传统柴油拖拉机存在环境污染大、变速箱技术复杂、操作环境噪声大及智能化改造难度大等问题；纯电动拖拉机噪声小、无污染、驾驶环境更友好，不仅实现零排放、无级变速，而且更适合智能化控制，对实现碳达峰、碳中和具有重要意义[11-14]。此外，相对柴油拖拉机低速行驶控制困难，电动拖拉机低速行驶稳定性好，在移栽等一些低速作业环节适用性较好。

1　发展历程

我国电动拖拉机发展起步晚于欧美国家，但是进程跟欧美发达国家相似，以能源供应水平可分为3个阶段。

（1）有线供电阶段。20世纪60年代，哈尔滨松江拖拉机厂研发了国内第1台电牛28型电动拖拉机，采用电线方式提供电源，电机额定输出功率28 kW，开启了我国电动拖拉机研究的先河[15]。此阶段，电动拖拉机更多属于研究探索，作业能力和作业范围受限，基本不具备PTO输出能力。

（2）铅酸电池等低密度电池供能阶段。电动拖拉机供电方式由电线、电轨供电转变为车载蓄电池供电，车辆作业地点灵活性增加，但是智能化水平较低、功率输出较小。此阶段，已实现分别驱动车轮和PTO轴，可以在割草、清扫等环节开展作业。

（3）高密度锂电池储能智能化驾驶阶段。高密度电池技术的成熟，可以满足一些轻负荷作业环节的长时间作业需求，并且卫星定位、辅助驾驶、避障转弯和机具远程控制等智能化技术逐渐成熟，已在传统拖拉机上投入应用，基于路径规划的无人驾驶技术也在快速发展。目前各企业研发成功的电动拖拉机，从功率能力方面可分为大、中、小等不同规格拖拉机。如中联重科CA504ET型纯电动拖拉机，针对设施园艺场景研发，具备四轮驱动、液压转向、定速巡航和液压悬挂位控制灯功能，行进和作业配置独立的电机系统，可实现行走与作业的无级变速与自动换向，采用锂电池供电，快充可在1 h内实现电量从15%充至90%[16]。

目前我国电动拖拉机技术研究特别是在结构设计、控制技术、仿真技术等方面，已取得显著成效，基本上与欧美农机企业同步。近几年我国电动拖拉机产品特点如表1所示。

国外电动拖拉机发展方面，欧美大型农机企业在21世纪后也在电动拖拉机领域投入较大，美国凯斯纽荷兰公司、美国约翰迪尔公司、德国芬特公司、日本久保田公司等纷纷研发多款电动拖拉机，融入了卫星定位、雷达、锂电池、数据传输和传感器等技术，具备无人驾驶、自动避障、路径规划等功能，续航能力4～5 h，已经满足试验示范的实际需求[13]。

2　主要技术

电动拖拉机核心技术主要包括动力电池、驱动电机、能量控制系统、动力传动系统和智能驾驶控制系统等。动力电池为拖拉机行走和作业提供能量，驱动电机主要分为控制拖拉机行走和PTO输出提供动力，能量控制系统通过控制充放电、能量分配，优化提升能源利用效率，动力传动系统实现能量到动力的转换，智能驾驶控制系统则实现拖拉机无人化作业。

2.1　技术路线

电动拖拉机技术路线主要有纯电动和增程式两种形式。按照能源结构，电动拖拉机主要包括纯电动拖拉机和增程式电动拖拉机，常见以纯电动拖拉机为主。增程式电动拖拉机与纯电动拖拉机相比，增加含有柴油机或汽油机的增程器，增程器内配置发电机可发电，续航里程更高，可以满足重负荷作业需求[17-18]。

2.2　驱动电机

动力输出主要分为拖拉机及机具牵引驱动作业和机具PTO动力输出作业。按照动力输出结构，电动拖拉机包括单电机式和双电机式。单电机式拖拉机将电机输出动力同时传递给驱动轮和PTO，无法实现农机具单独精准控制，动力分散，无法满足农机作业要求，适应性较差。双电机式拖拉机驱动轮和PTO分别由独立电机控制，可实现牵引系统无级调速和PTO作业无级调速，是目前主要发展方向[19-20]。

2.3　电池及能量控制系统

目前电动拖拉机以锂离子电池供电为主，锂离子电池相对蓄电池能量密度较高，供能稳定，主要有磷酸铁锂电池和三元锂电池。能量管理及控制策略是电

表 1 近几年我国电动拖拉机产品

Tab. 1 Electric tractor products in China in recent years

发布时间	研发企业	品牌型号	额定功率/kW	特点介绍
2014 年	中国一拖集团有限公司	东方红 ET1400 型	14.0	纯电动，磷酸铁锂电池
2020 年	国家农机装备创新中心	ET504-H 型	36.8	无驾驶舱，国内首台 5G+氢燃料电动拖拉机
		ET504 型	30	车身 360°障碍物检测与避障，多种车辆转弯模式
		ET1004 型	73.5	国内首台大功率轮边驱动型无人驾驶电动拖拉机
2021 年	江苏悦达智能农业装备有限公司	黄海金马 YL254ET 型	18.4	有驾驶舱，纯电动，磷酸铁锂电池
2021 年	山东超星智能科技有限公司	农易驾	/	无驾驶舱，增程式，自动感应避障
2021 年	国家重点研发计划项目“智能电动拖拉机开发”项目组	SF350E 型、SF250E 型	/	/
2020—2021 年	山东中科智能农业机械装备技术创新中心	鸿鹄 T30 型、鸿鹄 T70 型、鸿鹄 T150 型	36.8/147.1	无驾驶舱，纯电动
2022 年	中联农业机械股份有限公司	中联重科 CA504ET 型	36.8	有驾驶舱，纯电动，配置 40.8 kW·h 磷酸铁锂电池；适宜设施大棚作业
2022 年	中国一拖集团有限公司	东方红 HB2204 型	161.8	有驾驶舱，油电混合动力
2023 年	北京中科原动力科技有限公司	万途™VOLTOR 954ET/1204ET/14004ET 型	69.8/88.2/103	有驾驶仓，纯电动，磷酸铁锂电池；提供 0～38 km/h 定速模式，配置前后双 PTO 系统
		/	44	有驾驶仓，纯电动；国内首款纯电驱动等轮折腰拖拉机，适宜丘陵山地作业
2024 年	山东临工农业装备有限公司	X6004-9E 型	441.2	有驾驶舱，串联式混合动力
2024 年	中联农业机械股份有限公司	DV3504 型	257.4	油电混合动力

动拖拉机的核心技术之一，也是影响电动拖拉机作业能耗效率的重要技术，通过监测和调控电池温度，保障电池安全高效地充电和供电，通过能量控制保障拖拉机行走和 PTO 输出作业协调分配、高效利用[21]。

2.4 动力传动系统

传统柴油拖拉机传动系统采用啮合套换挡、棱式换挡、动力换挡及 CVT 等形式，虽然传动原理不同，但均由发动机提供动力，动力传输方式相似，动力通过变速箱传导到前后轮和 PTO，由 PTO 带动机具作业[22-23]。与传统柴油拖拉机相比，电动拖拉机传动系统更简单，分布式驱动底盘和电子差速转向技术投入应用。电机可实现无级变速控制，取代复杂的变速箱传动结构，实现替代动力换挡和 CVT 变速箱[24]。

2.5 智能驾驶控制系统

智能驾驶控制系统是电动拖拉机作业的控制大脑，基于卫星定位、路径规划、传感器监测和算法模型等功能，实现电动拖拉机在田间进行无人化作业。通过各种传感器监测电池、电机等拖拉机自身工况状态，以及农机作业质量等作业信息，并进行数据处理和上传云端，利用监测数据和大数据模型，进行电机转速的协调控制，满足不同工作场景和作业质量的需求[25-26]。

3 存在问题

3.1 续航和动力仍然存在不足

一是电动拖拉机整机质量较大。电动拖拉机普遍采用磷酸铁锂等电池，大容量电池质量较大，在同等功率情况下，电动拖拉机整机质量远大于柴油拖拉机，造成自身能耗浪费较高。二是电池续航能力不足。农机作业具有作业时间紧、连续作业时间长、负荷作业较大的特点，电动拖拉机在耕整地时，负荷率较高，目前续航里程无法满足农业实际需求。相比传统柴油拖拉机连续作业超过 12 h，电动拖拉机作业时续航能力普遍≤4 h，并且大容量电池充电时间又较长，续航能力明显不足。三是电机大负荷能力需要进一步提升。电动拖拉机暂未投入用户市场，产量较少，低速大扭矩高效率的农用电机研究和产品缺乏，在犁耕、旋耕等作业负荷较大时，深度过深等异常情况容易造成拖拉机故障或卡顿。

3.2 装备技术需要进一步完善

智能驾驶系统尚未达到实际生产要求，相比传统柴油拖拉机，电动拖拉机具有适宜智能化技术应用的优势，但是目前农机自动导航驾驶技术尚处于初级阶段，在路径规划、自动掉头、机具控制和数据模型等方面尚待完善，未完全体现出电动拖拉机优势。设计与实际生产应用需求存在差距。如部分研发的电动拖拉机采用单电机形式，PTO 与电机刚性连接，导致 PTO 只能以同步式转速工作，无法适应多种农艺要求；部分拖拉机 PTO 输出动力不足，在一些环节的作业质量低于柴油拖拉机。

3.3 基础设施和相关政策尚未完善

电动拖拉机属于智能农机，处于初步发展阶段，相关行业标准、鉴定大纲、补贴政策暂未出台，无法

开展农机鉴定和享受农机购置补贴。我国智能农机检测标准体系尚不健全，缺乏统一检测方法和评价指标，专业智能农机检测机构还比较少，检测能力有限[27]。目前电动拖拉机无法上牌照，不能在田间公路行驶，从机库到田间作业需要卡车来回拉运。充电设施配套较少，虽然电动拖拉机普遍可以使用新能源汽车充电桩，但是由于位置较远、空间有限、充电时间长等原因，在示范应用中，充电需要车辆拉运，极其不方便。

4　推广应用建议

4.1　完善标准体系、基础条件建设，加大政策支持力度

健全电动拖拉机鉴定大纲、农机购置补贴政策和应用补贴政策。组织相关部门和企业加快制定企业、行业标准，规范推动电动拖拉机标准体系建设。加快基础设施建设，优先在应用电动拖拉机的智慧农场机库等位置配套建设快速充电设施，解决能源供应问题。

4.2　研推用一体，创建电动拖拉机应用示范农场

目前国内智慧农场发展迅速，数量和技术种类不断提升，推动了北斗导航、农机辅助驾驶、变量施肥和变量打药等一批智能农机的应用，创建以电动拖拉机为主要动力的智慧农场，集成应用各类智能化、信息化技术，加快电动拖拉机试验应用，在生产中发现其设计问题，并迭代更新，提升电动拖拉机应用和宣传效果。

4.3　推动电动拖拉机应用模式创新，加快农业生产应用

依托大型农机服务组织，率先开展试验示范应用，出台相关政策、科技项目支持电动拖拉机应用模式创新。如租赁模式，鼓励农机服务组织以租赁形式应用电动拖拉机开展农机作业，在农机租赁和作业过程中配套资金补贴；如换电模式，支持电动拖拉机企业在当地建设换电站。

4.4　提升电动拖拉机综合技术水平，满足农机作业需求

针对农田作业环境，开展电池、电机、电驱等核心部件的定向研发。加快无人驾驶系统等相关控制软件的研发完善，提升电动拖拉机智能化水平。研发适应低速大扭矩高效率的农用电机，提升大负荷作业能力。加快电机驱动规律的研究，提升电池能量密度，解决能量供应问题。

5　结束语

电动拖拉机的快速发展为现代化智慧农业发展注入新的技术支撑，也为我国电动拖拉机产业赶超农机发达国家带来了机遇。拖拉机作为农业生产中的主要动力，随着对农业生态化、智能化要求的进一步提高，电动拖拉机的优势将进一步凸显。目前，我国电动拖拉机在研发和应用中，还存在一些问题和挑战，基础设施条件和装备水平距离实际生产要求存在一定差距。未来，需要完善标准体系、基础条件建设，并加大政策支持力度，加强研推用一体化，提升电动拖拉机综合技术研发水平，满足智能农机实际作业需求，推动创建电动拖拉机应用示范农场，推动电动拖拉机应用模式创新，加快在农业生产中应用，为我国智慧农业发展和乡村振兴提供新质生产力。

参考文献

[1] 李明生，王元俊，谢守勇，等. 电动拖拉机现状及发展展望[J]. 中国农机装备，2023(7)：75-80.
LI Mingsheng，WANG Yuanjun，XIE Shouyong，et al. Research status and development prospect of electric tractors[J]. China Agricultural Machinery Equipment，2023(7)：75-80.

[2] 宋裕民，高琦，许宁，等. 新能源智能农机装备发展现状和趋势[J]. 农业装备与车辆工程，2024，62(1)：1-6.
SONG Yumin，GAO Qi，XU Ning，et al. Development status and trend of new energy intelligent agricultural machine[J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering，2024，62(1)：1-6.

[3] 何淑洁，孔德就，李鹏. 新能源农机装备的发展现状与趋势[J]. 广西农学报，2024，39(2)：68-75.
HE Shujie，KONG Dejiu，LI Peng. Development status and trend of new energy farm machinery[J]. Journal of Guangxi Agriculture，2024，39(2)：68-75.

[4] 胡春雨，沈春雷，唐莎莎，等. 新能源电动农机一源多用创新供能赋能农网农机融合发展：基于全国 536 份调查问卷分析[J]. 农业工程，2024，14(2)：61-72.
HU Chunyu，SHEN Chunlei，TANG Shasha，et al. Innovative energy supply model to intelligent electric agricultural machinery of one source multipurpose enabling integration and development of rural power grid and agricultural machinery based on analysis of 536 questionnaires nationwide[J]. Agricultural Engineering，2024，14(2)：61-72.

[5] 何欢. 发展智能纯电拖拉机推进农业绿色化[J]. 农机质量与监督，2025(6)：18-19.

[6] 徐立友，张俊江，闫祥海，等. 农业装备电动化技术研究综述[J]. 农业机械学报，2023，54(9)：1-12.
XU Liyou，ZHANG Junjiang，YAN Xianghai，et al. Review of research for agricultural equipment electrification technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2023，54(9)：1-12.

[7] 赵俊杰. 智能拖拉机发展、应用现状及趋势[J]. 农业工程技术，2023，43(29)：18-20.

[8] 赵春江，李瑾，冯献，等. 关于我国智能农机装备发展的几点思考[J]. 农业经济问题，2023，44(10)：4-12.
ZHAO Chunjiang，LI Jin，FENG Xian，et al. Reflections on the development of intelligent agricultural machinery and equipment[J]. Issues in Agricultural Economy，2023，44(10)：4-12.

[9] 刘家泽. 国内新能源拖拉机发展情况浅析[J]. 农机质量与监督，2025(6)：7-9.

[10] 吴海华，吴尘萱，周海燕，等. 发展农业装备新质生产力的创新方向与实施路径研究[J]. 农业工程，2025，15(1)：1-6.
WU Haihua，WU Chenxuan，ZHOU Haiyan，et al. Research of innovation directions and implementation path for developing new quality productivity of agricultural equipment[J]. Agricultural Engineering，2025，15(1)：1-6.

[11] 李正宇，周立春，李德芳，等. 浅谈电动拖拉机现状与发展趋势[J]. 农业机械，2024(2)：69-71，75.

[12] 冯汝广，王梦娇，牛晓硕，等. 电动拖拉机发展现状及关键技术分析[J]. 拖拉机与农用运输车，2023，50(5)：16-19.
FENG Ruguang，WANG Mengjiao，NIU Xiaoshuo，et al. Development status and key technology analysis of electric tractors[J]. Tractor & Farm Transporter，2023，50(5)：16-19.

[13] 朱亚辉. 电动拖拉机发展现状研究[J]. 江苏农机化，2023(6)：28-31.

[14] 白学峰，常江雪，滕兆丽，等. 我国智能农业拖拉机关键技术研究进展[J]. 智能化农业装备学报(中英文)，2022(2)：10-21.
BAI Xuefeng，CHANG Jiangxue，TENG Zhaoli，et al. Research progress on key technologies of intelligent agricultural tractors in China[J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization，2022(2)：10-21.

[15] 田雨琪，付亚萍，牛佩海，等. 电动拖拉机在农业领域的应用研究现状[J]. 农机科技推广，2024(1)：36-38，60.

[16] 韩海波. 中联重科新能源纯电动拖拉机再获肯定[J]. 农机市场，2023(9)：40.

[17] 汪珍珍. 增程式电动拖拉机旋耕作业驱动特性及能量管理策略研究[D]. 南京：南京农业大学，2022.
WANG Zhenzhen. Research on driving characteristics and energymanagement strategy of extended-range electric tractorunder rotary tillage operation[D]. Nanjing：Nanjing Agricultural University，2022.

[18] 王丽绵，王书茂，宋正河. 增程式电动拖拉机控制策略与启动方法研究[J]. 农业机械学报，2018，49(S1)：486-491.
WANG Limian，WANG Shumao，SONG Zhenghe. Control strategy and startup method of extended range electric tractors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2018，49(S1)：486-491.

[19] 吴雨泽，朱孝勇，张丽，等. 电动拖拉机 PTO 系统下 VLF-PM 电机复杂扰动补偿控制策略[J]. 农业工程学报，2024，40(23)：92-103.
WU Yuze，ZHU Xiaoyong，ZHANG Li，et al. Compensation control strategy for complex disturbance in VLF-PM motor of electric tractors with PTO system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2024，40(23)：92-103.

[20] 赵子豪，谢斌，温昌凯，等. 电动拖拉机双电机驱动系统模式切换瞬态特性与控制方法研究[J]. 农业机械学报，2025，56(4)：532-542.
ZHAO Zihao，XIE Bin，WEN Changkai，et al. Transient characteristics and control methods of mode switching in electric tractor dual motor drive system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2025，56(4)：532-542.

[21] 李利桥，冉国伟，高宗余，等. 纯电动拖拉机复合供电系统自适应能量管理与容量配置[J]. 农业工程学报，2024，40(23)：82-91.
LI Liqiao，RAN Guowei，GAO Zongyu，et al. Adaptive energy management and capacity configuration for electric tractor power supply system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2024，40(23)：82-91.

[22] 刘孟楠，雷生辉，赵静慧，等. 电动拖拉机发展历程与研究现状综述[J]. 农业机械学报，2022，53(S1)：348-364.
LIU Mengnan，LEI Shenghui，ZHAO Jinghui，et al. Review of development process and research status of electric tractors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2022，53(S1)：348-364.

[23] 张玉栋. 电动拖拉机发展趋势预测[J]. 当代农机，2024(4)：26-29.

[24] 刘浩鲁，沈成，胡良龙，等. 电动农业装备研究进展与发展趋势[J]. 农业工程学报，2024，40(23)：39-51.
LIU Haolu，SHEN Cheng，HU Lianglong，et al. Research progress and development trend of electric agricultural equipments[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2024，40(23)：39-51.

[25] 田瑞丰，张诚，杨晓. 新能源智能拖拉机发展现状与技术趋势[J]. 农学学报，2025，15(2)：81-88.
TIAN Ruifeng，ZHANG Cheng，YANG Xiao. Development status and technical trend of new energy power & intelligence tractors[J]. Journal of Agriculture，2025，15(2)：81-88.

[26] 吴正开，王家忠，邢雅周，等. 无人驾驶电动拖拉机底盘配置优化：基于 NSGA-Ⅲ算法[J]. 农机化研究，2024(12)：228-233.
WU Zhengkai，WANG Jiazhong，XING Yazhou，et al. Optimization of driverless electric tractor chassis confuguration：based on NSGA-Ⅲ algorithm [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research，2024(12)：228-233.

[27] 相姝楠，刘声春. 智能农机检测技术发展现状及建议[J]. 农业工程，2025，15(3)：9-14.
XIANG Shunan，LIU Shengchun. Development status and suggestions of intelligent agricultural machinery detection technology[J]. Agricultural Engineering，2025，15(3)：9-14.