

水田除草机液压底盘自适应优势研究

嵇国俊¹ 康伟² 赵余祥² 路琴² 肖茂华²

1. 埃森农机常州有限公司, 江苏 常州 213200 2. 南京农业大学工学院, 江苏 南京 210031

摘要:为解决水田除草机作业容易陷困而导致的效率降低问题,设计了一种液压底盘驱动系统,并对液压底盘的自适应优势进行了研究。对理论模型开展设计,并进行了水田的滑转率测量实验。通过滑转率实验获得的数据进行液压系统压力、液压元件流量及排量的计算,并在相关液压元件选型后进行仿真实验。仿真结果表明,液压底盘具有自适应优势,在工作中可以维持扭矩输出在合理范围内,有效改善除草机工作陷困的状况。

关键词:除草机;滑转率试验;液压仿真

中图分类号:S224.15

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.10.006

0 引言

水稻是我国最重要的粮食作物之一。全国水稻栽培播种面积约占粮食作物播种面积的30%,产量接近粮食总产量的50%。水稻的种植环境中水田的杂草问题较为严重。人工除草效率低,而化学除草造成的环境遗留问题多,所以机械除草可以满足水田除草的需求,成为更为合适的选择^[1-4]。

液压传动比机械传动具有更多的优点,如布置更灵活、自适应性更强、响应更快等。全液压底盘研究逐步向农业生产、智能和自动化等方向发展^[5]。本文设计的一款液压驱动水田除草机底盘具有以下优点:(1)布局更加灵活,底盘更轻,解决了水田承载能力差造成的问题;(2)变速范围更大,功率密度高;(3)为农机优化发展提供平台。

基金项目:江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(NJ2021-02);江苏省农业科技自主创新项目(CX(22)3101);南京农业大学SRT项目(202310307187Y)

用。切实有效提高基层干部业务水平和综合素质,激励干部工作热情,已成为乡村振兴的现实需求。为此X县要健全立体培育机制,用足干部赋能“充电桩”。

第一,拓宽基层干部的培训类别,实行内建外联的联合培养,同时打造“流动课堂+固定课堂+云课堂”培训模式。

第二,为激发干部培训热情,在培训时间上应该更多地考虑到基层干部工作强度大、空闲时间少的特点,见缝插针地组织培训学习。培训内容不仅注重通识技能培养还要帮助干部提升专业能力。

第三,要建立长效的培训体系,使培训贯穿于基层干部的各职业阶段。

1 驱动系统设计及模型搭建

1.1 动力输送

除草机液压底盘动力输送流程如图1所示。

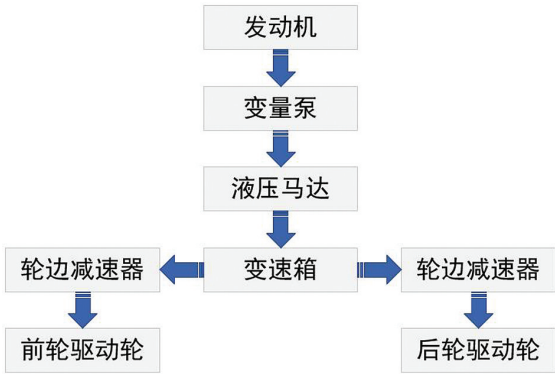


图1 动力输送流程

液压底盘主要通过液压泵、液压马达传输动力,并通过轮边减速器优化液压马达工作环境,提高了工作效率。

参考文献:

- [1] 陆璐璐. ERG理论视角下脱贫地区驻村干部激励机制完善研究[D]. 南宁:广西大学,2022.
- [2] 包晗. ERG理论视域下乡镇干部激励问题研究[D]. 延安:延安大学,2022.
- [3] 孟耕合. 基层干部担当作为的影响因素及激励路径研究[J]. 领导科学,2020,(20):84-87.
- [4] 张鑫. 新时代巫溪县基层干部管理的激励机制现状与对策研究[D]. 重庆:西南大学,2021.
- [5] 辛星. 乡镇公务员激励机制研究[D]. 青岛:青岛大学,2022.

作者简介:王 婷,女,1999年生,硕士。研究方向为行政管理。

1.2 回路设计

如图2所示,液压驱动模型中的发动机模型由简化模型代替。液压泵使用可以模拟位移变化的变量液压泵模型PU003C。前轮液压马达模型为容积效率和机械效率较理想的双向定量马达模型。后轮驱动系统的2个液压马达都采用双向变量低速大扭矩马达。液压回路设计了补油、限压模型(由单向阀、溢流阀、换向阀、补油阀、油箱组成),既可以维持油路的油液平衡,又能够有效避免液压回路压力失常的问题。

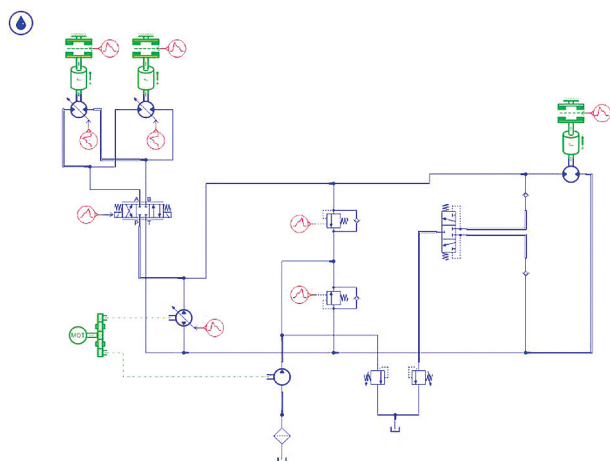


图2 基于 AMESim 的液压驱动模型

2 行驶阻力计算

除草机行驶阻力相关公式为:

$$F \geq F_f + F_w + F_g + F_a \quad (1)$$

式中, F 为牵引力; F_f 为滚动阻力; F_w 为空气阻力; F_g 为坡度阻力; F_a 为加速度阻力^[6-8]。

除草机最大速度不超过 15 km/h, 空气阻力可以忽略不计; 坡度阻力中的坡度角 α 可以忽略不计, 因此 $\cos\alpha \approx 1$ 。除草机重量为 800 kg, 则坡度阻力:

$$F_g = G \cos\alpha \quad (2)$$

液压传动的中低速机具的加速度阻力一般较小。实际设计过程中的加速度阻力:

$$F_a = \lambda mg \quad (3)$$

式中, m 为除草机质量; g 为重力加速度; λ 为加速度系数。

除草机质量约为 800 kg, 水田中的滚动阻力系数 f 为 0.25, 水田行驶坡度可以忽略不计, 加速度系数 $\lambda = 0.035$ 。将相关参数代入式(2)计算可得加速度阻力 $F_a = 280$ N。将相关数值代入式(1)可知, 除草机在水田行驶的最大牵引力 $F_{\max} = 10\,280$ N, 即 10 280 N 是除草机在不同工况下的最大平均行走阻力。

3 试验及液压元件选型

3.1 滑转率测试实验

通过试验获取除草机在水田工作时的滑转率,

进而计算液压驱动系统的回路流量。与一般的硬质路面行驶状况不同, 水田的受力情况复杂, 难以用经验公式去估算, 为获得符合实际的滑转率数据, 以下进行除草机水田滑转率获取试验。

滑转率计算公式为:

$$\delta = \frac{s_t - s_s}{s_t} \quad (4)$$

式中, δ 为滑转率; s_t 为理论计算行走长度; s_s 为实际测量行走长度。

计算得到除草机驱动轮转动 10 圈的长度, 再用卷尺测量其在水田的实际行走长度以获取滑转率。试验数据如表 1 所示。

表1 试验数据表

组号	实际行驶距离(m)	理论行驶距离(m)	滑转率(%)
1	25.36	26.70	5.01
2	25.83	26.70	3.27
3	26.03	26.70	2.49
均值	25.74	26.70	3.59

由表1中的数据可知, 除草机直线行走的最大滑转率为 5.01%, 最小滑转率为 2.49%, 这种差异可能是由不同水田区域行驶路况差异所导致, 计算获得的平均滑转率为 3.59%。滑转率较小通常代表试验农机拥有较好的牵引力、较高的能量利用效率及较小的驱动轮磨损, 是各类动力研究追求的结果。

3.2 液压系统计算

液压驱动装置在许多工业应用中具有广泛的用途, 高功率密度、精确控制和耐用性使其成为许多领域的首选。液压驱动系统具有很好的自适应性, 只要相关元件符合正常作业要求的参数标准, 液压马达即可简单并联。理论上这些液压元件都可以实现正常工作。一个或一组相关联的驱动轮的液压马达排量:

$$q_1 = \frac{F^* r_d N}{159 \Delta p i D \eta_m \eta_j} \quad (5)$$

式中, F^* 为除草机受到理论最大行驶阻力; r_d 为车轮半径; N 为马达驱动车轮数; Δp 为系统压力, $\Delta p = 15$ MPa; i 为传动比, $i = 3$; D 为驱动轮数量; η_m 为马达电机效能, $\eta_m = 0.93$; η_j 为机械传动副效能, $\eta_j = 0.97$ 。

运算得出前轮定量柱塞马达的排量为 109.49 mL/r, 后轮定量柱塞马达的排量为 169.22 mL/r。

主液压回路流量:

$$Q_{\max} = \frac{10 v_{\max} q_z}{6 \pi r_{d0} n_x (1 - \delta)} \quad (6)$$

式中, v_{\max} 为理论最大行走速度; q_z 为马达的当量排量; r_{d0} 为基准车轮半径; n_x 为系统容积效率, $n_x = 0.88$; δ 为滑转率, 由试验得到为 3.59%。

液压底盘的当量排量:

$$q_z = \frac{r_{d0}}{r_d} \frac{i}{D} q_s \quad (7)$$

式中, r_{d0} 为基准车轮半径, 取前轮半径为 0.275 m; r_d 为车轮半径; D 为马达驱动车轮数; q_s 为马达实际排量。

可得前轮马达当量排量为 328.47 mL/r, 后轮马达当量排量为 328.48 mL/r。综合以上两式得液压回路最大流量为 9.34 L/min。

变量柱塞泵最大排量:

$$q_{p,max} = \frac{1000Q_{max}}{n_{max}n_b} \quad (8)$$

式中, n_{max} 为马达额定最高转速, $n_{max} = 2000$ r/min; n_b 为泵容积效率, $n_b = 0.97$ 。

运算可得变量柱塞泵的最大排量:

$$q_{p,max} = 4.81 \text{ mL/r}$$

3.3 液压元件选型

计算得出液压马达的排量为 328.47 mL/r, 选择当量排量为 417.3 mL/r 的轴向柱塞马达, 型号为 PHV-1B-12B-8502A。计算得出液压泵的排量为 4.81 mL/r, 选择型号 Hydro-gear PC 的变量柱塞泵。

4 仿真分析

完成液压泵、液压马达的选型后, 对建立的液压驱动模型进行仿真, 并对相关液压元件进行参数设置(其他的液压元件设为默认参数)。仿真时长设定为 2 s, 计算步长设置为 0.01 s。

前轮液压马达转矩变化曲线如图 3 所示, 0~0.5 s 的转矩变化大; 0.5 s 后, 转矩变化曲线趋于稳定, 最终趋于稳定值为 52.14 N·m。后轮液压马达转矩变化曲线如图 4 所示, 0~0.5 s 转矩变化大; 0.5 s 后, 转矩变化曲线趋于稳定, 最终趋于稳定值为 60.25 N·m。前后轮的液压马达均满足驱动功率要求且不超过选取液压马达转矩, 即仿真结果满足设计要求。

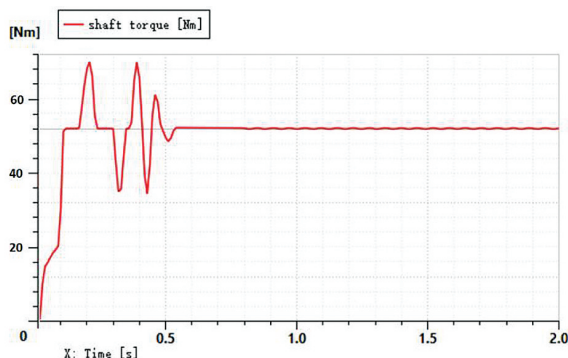


图3 前轮液压马达转矩变化曲线

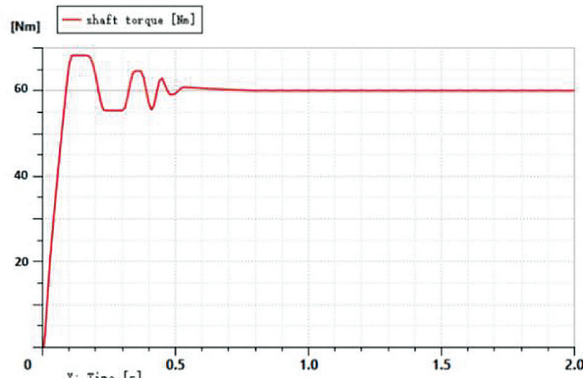


图4 后轮液压马达转矩变化曲线

5 结论

(1) 本仿真是在理想条件下进行的, 仿真结果曲线偏于理论, 后续需要进行实际研究。

(2) 仿真实验结果证实所设计液压底盘具有自适应优势, 在工作中可以维持扭矩输出在合理范围内, 有效改善除草机工作陷困的问题, 提高了除草机工作效率。

参考文献:

- [1] 赵春召. 基于自主导航四轮驱动液压底盘关键技术研究[D]. 济南: 济南大学, 2022.
- [2] 刘峰春, 李志伟, 吴钢, 等. 前桥摆转式四驱底盘背压控制系统研究[J]. 农业机械学报, 2018, 49(5): 404-411.
- [3] 李明生, 叶进, 谢斌, 等. 拖拉机液压底盘液控比例流量阀设计与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(4): 397-403.
- [4] 刘峰春. 前桥摆转式底盘液压四驱控制系统研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2018.
- [5] 田晋跃, 于英. 车辆静液压传动特性研究[J]. 农业机械学报, 2002, 33(4): 32-34.
- [6] 吴钢. 前桥摆转转向式液压驱动底盘的转向性能研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2017.
- [7] 陈金全, 胡军科, 张峰明, 等. 静液压驱动系统在高速越野叉车上的应用研究[J]. 现代制造工程, 2010(4): 123-127.
- [8] 王中玉, 肖宏儒, 丁为民, 等. 履带自走式高地隙茶园管理机液压系统设计[J]. 中国农机化, 2010(5): 72-75.

作者简介: 穆国俊, 男, 1963年生, 高级工程师。研究方向为智能农机装备。肖茂华(通讯作者), 男, 1981年生, 教授、博士研究生导师。研究方向为智能农机动力技术与装备。