

复合型籽棉清杂实验台液压传动系统设计

黄铭森^{1,2}, 袁建宁¹, 石磊², 王云霞¹

(1. 南京工程学院, 南京 211167; 2. 农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

摘要: 复合型籽棉清杂实验台以场地式及机载式籽棉清理装置为基础, 在简单更换部件后可实现两种装置的相互转换。该实验台各辊筒采用液压马达无级调速, 以获得其最佳工作参数。为此, 提出了该实验台的液压传动系统配置方案, 进行了元件设计计算及选型, 旨在可为场地式和机载式籽棉清理装置的液压系统设计和参数配置提供参考。

关键词: 复合型籽棉清杂实验台; 场地式; 机载式; 液压传动

中图分类号: S237

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2015)05-0118-04

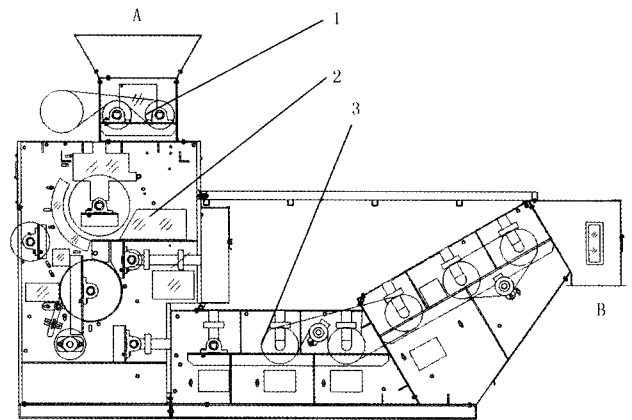
0 引言

场地式籽棉清理机可清理籽棉中的大杂(枝干、铃壳等)以及小杂(碎叶及尘土等), 机载式籽棉清理机(内置风机)可在收获过程中直接清理籽棉中的大杂及部分小杂, 两者的作业功效对籽棉的品质有重要影响, 是统收式采棉机的重要依托。复合型籽棉清杂实验台采用模块化设计, 在简单更换部件后, 可实现场地式-机载式的相互转换, 更加方便实验获取数据。该实验台各辊筒采用液压马达单独驱动, 实现无级调速, 可获取两种装置对单一品种棉花的最佳配置参数。

1 复合型籽棉清杂实验台结构设计

复合型籽棉清杂实验台基于场地式及机载式籽棉清理装置, 这两种装置中的提净清理部分在结构、原理上基本相似; 不同的是机载式较场地式多配置了一个风机及相应风道, 风机的主要作用是将清理后的籽棉送入集棉箱。以下是通过结构调整、再设计后得到的复合型籽棉清理装置, 如图1、图2所示。

如图1所示, 复合型籽棉清杂实验台-场地式由喂入辊装置、场地提净清理装置、斜六辊清理装置3部分组成。籽棉由A处喂入, 经喂入辊装置, 开松后进入场地提净清理装置清理大杂, 随后进入斜六辊清理装置清理小杂, 并最终由B口排出。



1. 喂入辊装置 2. 场地提净清理装置 3. 斜六辊清理装置

图1 复合型籽棉清杂实验台-场地式

Fig. 1 Combine seed cotton cleaner-field type

如图2所示, 复合型籽棉清杂实验台-机载式由机载喂入排出装置、机载提净清理装置两部分组成。其中, 机载提净清理装置是在场地提净清理装置的基础上增加风道组件并拆去相关部件所得。籽棉由A处送入机载喂入排出装置, 同时由于机载提净清理装置中风机的作用, 将籽棉中的碎叶等轻量小杂由C处直接排出; 随后籽棉进入机载提净清理装置清理大杂, 并最终在风机作用下沿该装置中的风道进入机载喂入排出装置, 并从B口排出。

2 液压系统设计

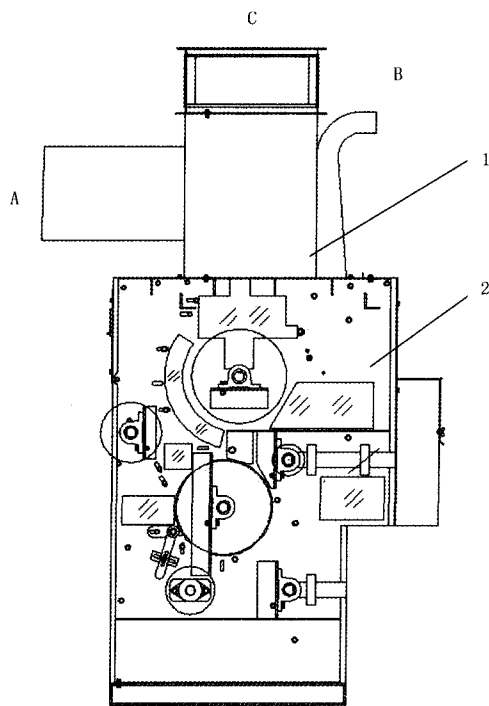
原场地式及机载式籽棉清理装置都采用皮带、链条传动, 只能通过更换皮带轮改变转速, 因此无法准确获取各辊筒最佳运动参数及最佳籽棉清杂效率。为此, 该实验台采用液压系统驱动, 实现各辊筒无级调速。

收稿日期: 2014-05-15

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAD08B02); 中国农业科学院科技创新项目(2013-2018)

作者简介: 黄铭森(1990-), 男, 福州人, 硕士研究生, (E-mail) hms_212@126.com。

通讯作者: 袁建宁(1960-), 男, 上海人, 研究员, 硕士生导师。



1. 机载喂入排出装置 2. 机载提净清理装置

图2 复合型籽棉清杂实验台-机载式

Fig. 2 Combine seed cotton cleaner-field type

2.1 设计依据

1) 该复合型实验台中包括喂入辊、刷棉辊、排杂绞龙、锯齿辊、回收辊、风机及六连辊7组辊筒,各辊筒在要求转速范围内可分别无级可调。参数要求如表1所示。

2) 采用并联式节流调速回路,保证各辊筒之间互不干涉、运行平稳,系统压力10MPa。

3) 六连辊与风机不同时工作。

4) 精确控制锯齿辊转速。

表1 各辊筒最大载荷功率及要求转速范围

Table 1 Max power and speed range required of each roller

	最大载荷功率	马达转速范围
	/kW	/r·min ⁻¹
喂入辊	1	80~100
刷棉辊	2	600~950
排杂绞龙	1	80~100
锯齿辊	3	250~500
回收辊	2	250~500
风机	5	2 200~2 600
六连辊	5	300~500

2.2 参数计算

根据表1提供各辊筒最大载荷功率及转速范围,可得出载荷转矩范围,有

$$T = 9\,550 \frac{P}{n}$$

式中 T —辊筒转矩;

P —辊筒功率;

n —辊筒转速。

计算结果如表2所示。

根据上式计算所得最大转矩及系统压力可得出马达排量,有

$$V_M = \frac{2\pi T_w}{p_\Delta \eta_m}$$

式中 V_M —马达排量;

T_w —辊筒转矩;

p_Δ —进出口压力;

η_m —总效率。

将表1中数据分别代入上式,其中取 $p_\Delta = 10\text{MPa}$, $\eta_m = 0.95$,结果如表2所示。

表2 各辊筒参数

Table 2 Parameters of each roller

	最大载荷功率	马达转速范围	载荷转矩范围	马达排量	马达最大流量
	/kW	/r·min ⁻¹	/N·m	/mL·r ⁻¹	/mL·min ⁻¹
开松辊	1	80~100	95.54~119.425	71.25	5 700
刷棉辊	2	600~950	20.113~31.847	19	11 400
排杂绞龙	1	80~100	95.54~119.425	71.25	5 700
锯齿辊	3	250~500	57.324~114.648	68.4	17 100
回收辊	2	250~500	20.114~31.847	45.6	11 400
风机	5	2200~2600	18.373~21.713	12.955	28 500
六连辊	5	300~500	95.54~159.233	95	28 500

由于风机与六连辊不同时工作,可得最大载荷功率为14kW;最大马达排量为371.5mL/r;马达最大流

量为79 800mL/min。

2.3 主要原件选择

1) 电机泵组,有

$$Q_p = k \sum Q_{max} = 95\ 760\text{mL}/\text{min}$$

式中 Q_p — 液压泵流量;

k — 泄露系数。

负载最大功率为 14kW,因此采用 20kW 电机,剩余 6kW 备用功率。

综上所述,选用 PLV2-59-4-20kW 电机泵组。PLV2-59 排量 40mL/r,最高转速 1 800r/min,可提供最高 106 200mL/min 流量,满足系统需求。

2) 液压马达。根据表 2 数据,选择液压马达 3 件 BM3-50、3 件 BM3-80、1 件 BM3-100。

3) 油箱设计。参照经验油箱体积一般为最大流量 8 倍,设计油箱体积为 450L。

4) 过滤器。液压系统中应在压油、吸油处各设置一处过滤器,根据系统需求分别选取 WU-160 * 80-J、RFA-250 * 80LY;本系统中使用比例流量阀,对油液要求较高,因此在压油管处增设一处过滤器 Q3U-H160 * 5BDP。

5) 阀。根据系统工作压力及通过阀的最大流量选择阀件。溢流阀按液压泵最大流量选取;参考最小稳定流量应满足执行机构最低稳定速度的要求,选择调速阀。控制阀与调速阀的流量应比实际通过的流量高出 20%,防止短时间内过量。阀的规格型号选取结果如表 3 所示。

6) 管道。有

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\mu}}$$

式中 d — 管道内径;

Q — 通过管道内流量;

μ — 管内允许流速(见表 4)。

表 3 阀规格型号

Table 3 Specification of valves

名称	型号	数量
手动换向阀	DN10	1
板式调速阀	2FRM10	6
电磁溢流阀	DN20	1
比例节流阀	DN6(配放大器)	1
阀块	自制	1

表 4 允许流速推荐值

Table 4 Recommended Values of flow speed

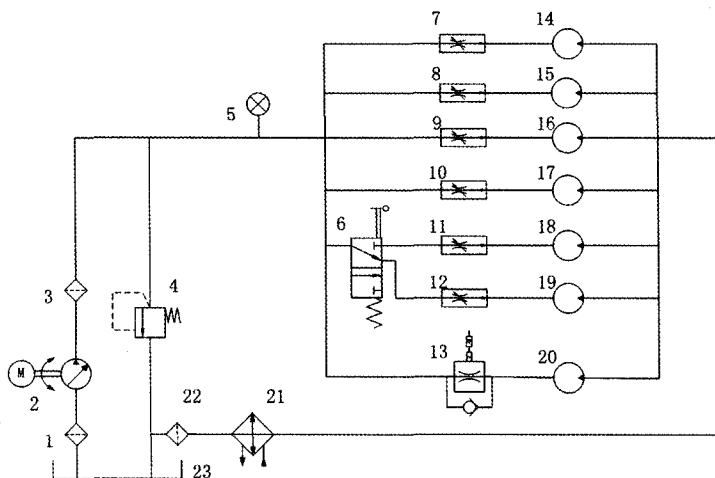
管道	推荐流速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
液压泵吸油管	0.5 ~ 1.5,一般取 1 以下
液压系统压油管道	3 ~ 6,压力高,管道短,粘度小取大值
液压系统回油管道	1.5 ~ 2.6

取吸油管流速 $\mu_1 = 1\text{m/s}$,液压系统压油管的流速 $\mu_2 = 5\text{m/s}$,液压系统回油管的流速 $\mu_3 = 2\text{m/s}$ 。

根据计算吸油管内径为 $d_1 = 42\text{mm}$,总压油管内径为 $d_2 = 20\text{mm}$ 。接开松辊、刷棉辊、排杂绞龙、锯齿辊、回收辊、风机、六连辊的压油管内径分别为 $d_3 = 6\text{mm}$ 、 $d_4 = 8\text{mm}$ 、 $d_5 = 6\text{mm}$ 、 $d_6 = 10\text{mm}$ 、 $d_7 = 8\text{mm}$ 、 $d_8 = 12\text{mm}$ 、 $d_9 = 12\text{mm}$,总回油管道选取 $d_{10} = 30\text{mm}$ 。

2.4 液压系统

根据上述设计依据以及参数,设计液压系统图如图 3 所示。



1. 过滤器 2. 电机泵组 3. 过滤器 4. 溢流阀 5. 压力表 6. 手动换向阀 7、8、9、10、11、12. 板式调速阀 13. 比例流量阀
14、15、16、17、18、19、20. 液压马达 21. 热交换器 22. 过滤器 23. 油箱

图 3 液压系统图

Fig. 3 Hydraulic system

如图3所示,马达14、15、16、17分别驱动开松辊、刷棉辊、排杂搅龙及回收辊,并分别由板式调速阀7、8、9、10控制转速;马达19、20分别驱动风机及六连辊,并可由手动换向阀切换动作;马达21驱动锯齿辊,并由比例流量阀精确控制其转速。

3 液压系统的实现与性能验算

根据上述所选元件,计算该液压系统的压力损失。系统的压力损失包括管路的沿程损失 Δp_1 ,管路的局部压力损失 Δp_2 和阀类的压力损失 Δp_3 ^[2]。总压力损失为

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3$$

$$\Delta p_1 = \frac{\lambda \rho L_g V_j^2}{2d}$$

$$\Delta p_2 = \frac{\zeta \rho V_j^2}{2d}$$

$$\Delta p_3 = \Delta p_n \left(\frac{Q}{Q_n} \right)$$

式中 λ —沿程阻力系数;
 ρ —液压油密度;
 L_g —管道长度;
 V_j —液流平均速度;

ζ —局部阻力系数;

Δp_n —阀进出口压差;

Q_n —阀额定流量;

Q —通过阀的实际流量。

取吸油管 and 回油管长为2m,选用YB-N32抗磨液压油。

吸油管沿程损失为2103Pa、局部损失为195Pa、油液流经滤油器的压力损失小于0.01MPa;吸油管路压力损失0.012MPa;回油管沿程损失为1310Pa、局部损失为188Pa。液压系统总压力损失小于0.3MPa。

4 结语

液压传动系统简单、可靠,可实现各个辊筒单独驱动,无极调速。通过操作换向阀及调速阀即可切换场地式-机载式实验台;通过调整比例流量阀即可精确控制锯齿辊的转速。该系统为获得精确实验数据提供了良好保障。

参考文献:

- [1] 左建民. 液压与气压传动[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [2] 徐鹏. 基于Simulink的牧草收割机液压传动系统仿真研究[J]. 东北农业大学学报, 2011(11): 83-88.

Design of Hydraulic System for the Testbed of Combine Seed Cotton Cleaner

Huang Mingsen^{1,2}, Yuan Jianing¹, Shi Lei², Wang Yunxia¹

(1. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China; 2. Nanjing Research Institute for Agriculture Mechanization Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract: The testbed of combine seed cotton cleaner bases on the field-type cleaner and the machine mounted cleaner. One type can be converted to the other by easily changing parts. In order to get best parameters of rollers, each roller of the testbed is driven by a hydraulic motor achieving stepless speed variation. The article offers a hydraulic system for the testbed, meanwhile provides hydraulic design basis and parameter configuration for both field-type and machine mounted cleaner.

Key words: testbed of combine seed cotton cleaner; field-type; machine-mounted; hydraulic transmission