

大功率农机作业效率与机组合理运用模式的研究

孔德刚¹, 赵永超¹, 刘立意¹, 谭庆顺²

(1. 东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农垦总局九三分局鹤山农场, 嫩江 161443)

摘 要: 为了科学管理、合理运用大功率农业机械, 提高机组的作业效率, 在调查测试播种和麦收作业的基础上, 对测试机组分别进行了时间利用率和作业效率分析。结果表明: 影响播种作业和小麦割晒作业时间利用率与总作业效率的主要因素分别是加种子肥料、故障维修和地头转向, 个别机组存在动力匹配不合理的问题。根据调查和分析的结果, 针对大功率农机作业中存在的问题提出了机组的合理运用模式。

关键词: 大功率农业机械; 播种作业; 麦收作业; 时间利用率; 作业效率

中图分类号: S233.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2008)-8-0143-04

孔德刚, 赵永超, 刘立意, 等. 大功率农机作业效率与机组合理运用模式的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 143—146.

Kong Degang, Zhao Yongchao, Liu Liyi, et al. Investigation of work efficiency of high-power agricultural machinery and reasonable application pattern of tractor-implement units[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 143—146.(in Chinese with English abstract)

0 引言

农业生产受天气等多种因素的影响, 具有较强的季节性作业特征, 特别是春播和秋收作业的时机, 对粮食产量影响甚大。尤其是中国东北地区, 由于降雨和降霜等天气原因, 某些作物的播种和收获作业常伴有“抢播”和“抢收”的问题^[1]。现代大型农具的出现解决了中小型农机短期间内难以完成大面积播种和收获的问题。近年来, 粮食主产区的黑龙江农垦总局和新疆生产建设兵团进口了大量大型农具^[2], 对粮食生产发挥了重要作用。为了科学管理和合理运用这些大功率农具, 发挥其最大潜力, 研究作业机组的作业效率与合理运用模式是十分必要的。由于中国引进大功率拖拉机时间较短, 目前国内关于这方面的调查研究很少。为此, 本文对黑龙江垦区鹤山农场的春播和麦收作业进行跟踪测试和调查, 对其作业时间利用率、作业效率以及机组合理运用问题进行了分析研究。为解决“抢播”和“抢收”问题、合理运用大功率农业机械、提高作业效率提供技术依据。

1 调查测试方法

1.1 测试仪器与被测试机组

作业时间测试采用秒表(精度 0.001 s, 可存数据 200 个)。被测试作业机组有 8 组, 其中: 播种作业 5 机组, 麦收作业 3 机组。各机组的主要参数如表 1 所示。

1.2 调查与测试方法

通过资料和现场调查, 查明作业地块的面积以及作业幅宽; 使用秒表跟踪测试播种和麦收作业过程中的纯作业、地头转向、故障排除、加种子化肥、工艺停车和工艺空行等内容的时间并记录作业中发生的问题, 测试结束后进行数据处理, 算出各项作业内容的时间和总作业时间, 作为计算作业时间利用率和作业效率的依据。

2 播种作业测试结果分析

黑龙江垦区小麦播种通常在 4 月中上旬、大豆播种在 5 月上旬进行。近年来, 随着世界环境的变化, 春旱已成为多发性问题, 为了在墒情适宜期完成播种, 抢播已是普遍现象。从去

年 4 月开始先后对黑龙江垦区鹤山农场的大豆播种和小麦播种作业过程分别进行了 3~7 天的调查与跟踪测试, 以下对其测试结果进行分析和讨论。

表 1 被测试各机组主要参数

Table 1 Main parameters of the tested tractor-implement units

被测试机组	额定功率 /kW	额定功率时 转速 /r · min ⁻¹	主机整体尺寸 /mm×mm×mm	作业幅宽 /m
纽荷兰 M160+多功能播种机	119	2300	4615×2136×3047	5.85
凯斯 MX285+多功能播种机	210	2200	5950×2890×3578	7.15
约翰迪尔 7820+多功能播种机	136	2100	6105×1807×3184	7.15
东方红 1002+多功能播种机	74	2320	4443×1850×2556	5.20
克拉斯 836+约翰迪尔多功能播种机	143	2200	4616×2400×3085	10.80
纽荷兰 M160+佳联 JL2000 割晒机	119	2300	4615×2136×3047	4.50
约翰迪尔 4890 自走式割晒机	77	2500	5207×3530×3175	5.60
佳联 1075 联合收割机	112	2290	7230×3160×3800	4.80

2.1 作业时间利用率分析

本文将播种作业内容分为纯作业、地头转向、故障维修、加种子肥料和异常停歇(指管理不善引起的待工或窝工时间)5 部分。表 2 是大豆和小麦播种作业中不同机组的作业时间利用率, 以及地头转向、故障维修和加种子肥料等作业内容所用的时间占总作业时间的比率(部分数据引自文献[3])。根据表 2 的结果分析如下:

表 2 不同机组各作业内容的时间比率

Table 2 Time ratios of each work process of different tractor-implement units

机组/作业	纯作业	地头转向	故障维修	加种子肥料	异常停歇
纽荷兰 M160/播大豆	68.6	3.3	11.1	15.2	1.8
凯斯 MX285/播大豆	45.5	5.7	14.3	23.2	11.3
约翰迪尔 7820/播大豆	47.9	3.3	23.2	11.4	14.2
东方红 1002/播大豆	47.3	3.8	29.8	13.2	5.9
克拉斯 836/播小麦	58.0	7.9	4.3	23.0	6.3

收稿日期: 2008-02-26 修订日期: 2008-07-25

基金项目: 东北农业大学 211 人才启动项目(No.183)

作者简介: 孔德刚(1956—), 男, 吉林省白山市人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事农业机械工程方面的研究。哈尔滨香坊区木材街 59 号 东北农业大学工程学院, 150030。Email: kong-degang@hotmail.com

2.1.1 大豆播种

1) 大豆播种作业中, 凯斯 MX285、约翰迪尔 7820 和东方红 1002 各机组的作业时间利用率(纯作业时间占总作业时间的比率)平均值为 46.9%。明显低于纽荷兰 M160 机组($P < 0.05$), 表明多数机组的管理水平较低。

2) 凯斯 MX285 机组地头转向的时间比率最大, 显著大于其他各机组($P < 0.05$)。现场调查得知, 凯斯 MX285 拖拉机的整体尺寸(5950 mm×2890 mm×3578 mm)和播种机幅宽(7.15 m)都较大, 不利于地头转向, 所以地头转向的时间比率相对较大; 而其他机组的整体尺寸和播种机幅宽(见表 1)都较小, 利于地头转向, 其时间比率相对较小。

3) 大豆播种作业中各机组故障维修(包括机具调整)的时间比率都超过 10%, 约翰迪尔 7820 和东方红 1002 机组高达 23.2%和 29.8%。据调查测试结果, 各机组的故障均发生在播种机方面, 表明各机组所用播种机性能较差。

4) 各机组加种子肥料的时间比率在 11.4%~23.2%之间, 其中凯斯 MX285 机组加种子肥料的时间比率最大, 与其他机组间有显著差异($P < 0.05$)。因为该机组作业速度快、效率高, 加种子肥料次数相对较多, 相应的时间比率较大。据现场考察, 各机组加种子肥料都是依靠机组成员肩扛手搬完成, 既消耗机组人员的体力又花费较多时间。

5) 纽荷兰 M160 和东方红 1002 机组异常停歇的时间比率较低, 凯斯 MX285 和约翰迪尔 7820 较高, 超过 10%。据现场调查, 各机组的异常停歇主要来自: ①土地承包者与驾驶员之间的商谈; ②准备工作不充分; ③与相关辅助作业环节的衔接不当等。提高机组管理水平可减少异常停歇时间。

2.1.2 小麦播种

1) 克拉斯 836 机组小麦播种作业时间利用率为 58.0%, 大于大豆播种作业各机组的平均值(52.3%)。

2) 克拉斯 836 机组与凯斯 MX285 机组地头转向的时间比率平均值明显大于其他各机组($P < 0.05$)。表明拖拉机整体尺寸和播种机幅宽是影响转向特性的主要因素。

3) 克拉斯 836 机组故障维修的时间比率明显低于大豆播种的各机组。该机组配备的是较为成型的进口播种机, 故障率较低。

4) 克拉斯 836 机组加种子肥料的时间比率为 23.0%, 高于大豆播种作业各机组的平均值(15.8%), 与其最大值相当。可见加种子肥料是影响作业时间利用率的重大因素, 与大豆播种相比, 小麦播种机作业幅宽大, 每次加种子肥料量较多, 所以时间比率较高。

2.2 作业效率与经济性分析

实测大豆和小麦播种作业各机组不同作业内容的作业效率、总作业效率和单位功率作业效率列于表 3。根据表 3 的结果分析如下:

1) 对于大豆播种作业, 凯斯 MX285 机组的作业效率和总作业效率都为最大, 其次是约翰迪尔 7820、纽荷兰 M160 和东方红 1002 机组, 与各机组的功率大小排序一致, 但并非与功率成比例变化。表明作业效率和总作业效率受多种因素影响。

2) 凯斯 MX285 和约翰迪尔 7820 机组的作业效率明显大于纽荷兰 M160 和东方红 1002 机组, 由表 1、3 可知, 凯斯 MX285 和约翰迪尔 7820 机组的平均作业速度和作业幅宽明显大于其他机组, 表明拖拉机作业速度和播种机幅宽是影响作业效率的主要因素。

3) 大豆播种作业中约翰迪尔 7820 机组的单位功率作业效率最大, 表明其经济性好。凯斯 MX285 机组拖拉机功率大、作业速度快, 作业效率和总作业效率都为最高值, 但因播种机幅宽和作业速度与约翰迪尔 7820 机组接近, 所以单位功率作业效

率低于约翰迪尔 7820 机组。与东方红 1002 相比, 纽荷兰 M160 也存在功率大、单位功率作业效率低的问题。这表明凯斯 MX285 机组和纽荷兰 M160 机组的拖拉机与其播种机匹配不合理, 存在大马拉小车的问题, 经济性较差。研究^[4-6]表明, 大功率拖拉机只有与合适的农具相配套, 才能真正发挥作用并产生良好的经济效益。

表3 各机组的作业效率、总作业效率和单位功率作业效率

Table 3 Work efficiency, total work efficiency, work efficiency of unit power of each tractor-implement unit

机组/作业	平均作业速度 /km·h ⁻¹	作业效率 /hm ² ·h ⁻¹	总作业效率 /hm ² ·h ⁻¹	单位功率作业效率 /hm ² ·h ⁻¹ ·kW ⁻¹
纽荷兰 M160/播大豆	6.87	4.0166	2.8903	0.0338
凯斯 MX285/播大豆	11.51	8.2241	4.2126	0.0392
约翰迪尔 7820/播大豆	10.75	7.6887	3.9355	0.0565
东方红 1002/播大豆	6.28	3.2654	1.6682	0.0441
克拉斯 836/播小麦	10.58	10.5752	6.1358	0.0739

3 麦收作业测试结果分析

小麦入库时对含水率有一定的限制, 在麦收时通常采用两种办法来减少小麦中的水分, 一种是传统的分段收获法, 即先将小麦割倒在地里进行晾晒, 然后脱粒, 可利用作物的后熟作用提高小麦质量; 另一种是联合收获后在晒场进行晾晒^[7]。在天气允许的条件下, 黑龙江垦区多数农场都优先采用分段收获法。以下就分段麦收作业的调查测试结果进行分析。

3.1 作业时间利用率分析

表 4 是现场测试麦收作业中 3 个作业机组不同作业内容时的时间比率。作业内容分为纯作业、地头转向、故障维修、工艺空行、工艺停歇五部分, 其中工艺空行与小麦倒向、地块形状等因素有关, 工艺停歇主要包括驾驶员与土地承包者之间关于作业的交涉、接电话、以及确定割晒路线等。根据表 4 的结果分析如下:

1) 对于割晒作业, 纽荷兰 M160 机组的作业时间利用率为 67.6%, 约翰迪尔 4890 机组为 86.9%, 两机组间有显著差异($P < 0.05$)。

2) 纽荷兰 M160 机组的地头转向时间比率是约翰迪尔 4890 机组的 2.6 倍, 据现场考察, 纽荷兰 M160 机组的拖拉机自身转向比较灵活, 但因与割晒机是牵引式连接, 机组转弯半径较大, 导致地头转向时间增多。而约翰迪尔 4890 机体与割台整体连接, 可实现小半径转向。佳联 1075 联合收割机的机体构造与约翰迪尔 4890 相似, 地头转向时间比率仅为 2.9%。另外, 大豆播种时 M160 与播种机后悬挂连接, 地头转向时间比率较小(见表 2), 表明机组连接方式的差异是影响地头转向的主要因素。

2) 纽荷兰 M160 机组的故障维修时间比率是约翰迪尔 4890 机组的 1.9 倍, 现场考察发现, 其故障主要原因是割晒机的排出口过小, 排出速度慢, 一旦有少量麦秆挂在排出口处, 就会造成排出口麦秆越积越多, 形成堵塞。而 4890 排出口宽大, 即使有少量麦秆或杂草缠绕在传动杆件上, 一般也不会发生堵塞现象, 故障率明显低于纽荷兰 M160 机组, 表明割晒机排出口的的形状和尺寸是引发堵塞故障的原因。

3) 纽荷兰 M160 机组工艺空行程的时间比率为约翰迪尔 4890 机组的 2.8 倍, 因为纽荷兰 M160 机组对小麦倒伏状况适应性差, 机组不得不行走大量的工艺空行程来进行逆向割晒作业, 导致作业时间利用率降低; 而约翰迪尔 4890 机组可实现对小麦任意方向的割晒, 节省了为适应倒伏方向而花费的工艺空行程时间, 工艺空行程时间仅为适应地块地形所用的移动时间,

因此时间比率较小。

4) 组荷兰 M160 机组的工艺停歇时间比率是约翰迪尔 4890 机组的 3.1 倍, 现场实测时, 两个组荷兰 M160 机组在同一地块同时进行割晒作业, 当前方机组发生堵塞故障时, 后续机组不得不停车等待; 而约翰迪尔 4890 机组作业的地块仅自身一个机组, 不受其他机组干扰, 它的工艺停歇主要是驾驶员为缓解疲劳的自主休息时间。

5) 佳联 1075 机组工艺停歇的时间比率较大, 为 9.8%, 拾禾作业的工艺停歇主要是排粮造成的。因联合收割机的粮箱体积有限, 需要定期停车将粮箱内的麦粒输送到粮食运输车上。

6) 拾禾作业期间佳联 1075 机组故障维修时间比率接近于零, 研究^[8-10]表明: 作业前对拾禾脱粒机械的油料进行净化处理, 对割台、脱粒、密封等重要部件进行必要的检查和维修, 可大大减小作业中的故障发生率。据调查, 该机组驾驶员在麦收前对收割机进行了良好的维修和保养, 所以很少发生故障。

表 4 麦收作业中各机组不同作业内容时间比率
Table 4 Time ratio of each work process of different tractor-implement units in windrowing wheat %

机组/作业	纯作业	地头转向	故障维修	工艺空行	工艺停歇
组荷兰 M160 机组/割晒	67.6	15.9	7.2	6.2	3.1
约翰迪尔 4890 机组/割晒	86.9	6.1	3.8	2.2	1.0
佳联 1075 联合收割机/拾禾	82.1	2.9	0	5.2	9.8

3.2 作业效率与经济性分析

实测麦收作业 3 机组不同作业内容的纯作业效率、总作业效率和单位功率作业效率列于表 5。根据表 5 的结果分析如下:

1) 约翰迪尔 4890 机组的作业效率比组荷兰 M160 机组高 17%。组荷兰 M160 主要被使用于倒伏较少或倒伏规则的地块, 作业行走速度较快, 平均为 9.04 km/h, 而 4890 机组多被用于倒伏多的地块, 作业行走速度不宜太快, 平均为 8.54 km/h。尽管如此, 因 4890 配备的割晒机幅宽 (5.6 m) 大于 M160 的幅宽 (4.5 m), 并且在实际割晒作业时的工艺空行程时间少, 所以约翰迪尔 4890 机组的纯作业效率较大, 表明其作业能力较强。

2) 约翰迪尔 4890 机组的总作业效率约为组荷兰 M160 机组的 1.5 倍, 其主要原因是用于纯作业以外的其他作业时间比率相对较低, 表明 M160 机组在作业管理方面存在问题。

3) 约翰迪尔 4890 机组的单位功率作业效率为组荷兰 M160 机组的 1.8 倍, 因为 4890 机组的额定功率小于 M160, 并且纯作业效率远大于 M160, 所以两机组间的单位功率作业效率的差异显著, 表明 M160 机组的动力过剩, 与割晒机匹配不合理, 作业经济性差。

表 5 小麦分段收获作业中不同机组的作业效率
Table 5 Operational efficiency of different tractor-implement units in wheat segment harvest

机组/作业	平均作业速度 /km·h ⁻¹	作业效率 /hm ² ·h ⁻¹	总作业效率 /hm ² ·h ⁻¹	单位功率作业效率 /kW ⁻¹ ·h ⁻¹
组荷兰 M160 机组/割晒	9.04	4.0713	2.76592	0.0342
约翰迪尔 4890 机组/割晒	8.54	4.7778	4.1273	0.0620
佳联 1075 机组/拾禾	5.27	2.3694	1.9633	0.0212

4 机组合理运用模式

现场调查和时间利用率及作业效率分析表明, 大型农业机械在作业中存在很多问题, 影响了大型农机具能力的发挥。大型农机作业效率高, 适于农场大地块作业, 但机组灵活性差、易出现动力过剩等问题; 而中小型农机作业机组灵活性好, 适于农村小地块作业, 但作业速度慢、效率低, 易出现动力不足现象。针对大型农业机械作业现场中存在的问题, 本文提出以下合理运用模式。

4.1 提高机具作业性能模式

拖拉机功率是决定机组作业效率的动力条件。大豆播种作业的组荷兰 M160 和凯斯 MX285 机组、麦收作业的组荷兰 M160 和佳联 1075 机组存在动力过剩问题。理论分析^[11,12]和本文调查测试结果表明: 在机组功率足够的前提下, 其作业效率取决于作业幅宽、作业速度。加大播种机和割晒机的幅宽, 改进排种器和割晒平台的性能、提高作业速度, 是发挥大功率农机具最大能力、实现机组高效率作业的有效途径。

4.2 提高作业时间利用率模式

总作业效率不仅取决于拖拉机功率和机具的性能, 还与作业时间利用率有关。调查分析结果表明, 减少非作业时间比率可直接提高作业时间利用率。例如: 提高割台的切割性能、传送带的传送能力, 减小排出口的收敛比、增大排出口的宽度减少堵塞故障; 开发加种子肥料机械, 实现机械化加种子肥料作业, 减少加种子肥料的时间; 提高管理水平, 避免作业机组等待种子化肥运输车的现象; 配备小型播种和收获作业机具, 减少补播和补收地头及边角处的时间等, 可有效提高作业时间利用率及总作业效率, 提高大功率农机作业机组的合理运用水平。

另外, 调查发现农场与农场、农场内作业区与作业区之间农机资源存在配置不均衡问题。在播种和收获季节, 农机资源少的区域因不能在最佳时期进行作业, 造成粮食减产; 而在农机资源多的区域甚至出现农机闲置现象。建议农场管理者根据耕地面积和农机资源的分布情况, 合理划分作业区域, 统筹分配农机资源, 减小区域间的农机资源不均衡。

[参 考 文 献]

- [1] 王秀文, 李月安. 北方麦收期间连阴雨天气环流特征[J]. 气象, 2005, (9): 52—56.
- [2] 一直. 大拖市场“暗香浮动”[J]. 农机市场, 2007, 3: 41—45
- [3] 孔德刚, 张 帅. 大功率拖拉机播种作业效率与经济性的测试分析[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(4): 7—13.
- [4] 罗 兵. 大功率拖拉机的农具配套与效能发挥[J]. 新疆农机, 2002, 3: 25—25.
- [5] 刘新跃. 引进国外大功率拖拉机配套机具使用分析[J]. 新疆农机化, 2001, 3: 15—17.
- [6] 文 刚, 秦 峰, 黄 坚. 大功率农用拖拉机发展与对策[J]. 塔里木农垦大学学报, 1997, 9(1): 82—84.
- [7] 张金凯. 浅谈小麦收获方法及在不同天气情况下的应用[J]. 现代化农业, 2000, (11): 25—26.
- [8] 李景岩, 段国臣. 联合收割机保管要点[J]. 现代化农业, 2007, (1): 37—38.
- [9] 章来安. 小麦收割机常见故障排除技术[J]. 农机具之友, 2006, (6): 28.
- [10] 苏成玲. 联合收割机使用注意事项[J]. 安徽农机, 2006, (1): 31—32.
- [11] 黑龙江八一农垦大学. 农业机器运用学[M]. 北京: 农业出版社, 1983.
- [12] 高焕文. 农业机械化生产学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.

Investigation of work efficiency of high-power agricultural machinery and reasonable application pattern of tractor-implement units

Kong Degang¹, Zhao Yongchao¹, Liu Liyi¹, Tan Qingshun²

(1. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. Heshan Farm, Jiusan Sub-bureau of the General Bureau of State Farms in Heilongjiang Province, Nenjiang 161443, China)

Abstract: In order to manage and operate the high-power agricultural machinery scientifically and properly and improve the work efficiency of the tractor-implement units, the authors analyze the time utilization and work efficiency of tested tractor-implement units based on surveying and testing sowing and harvesting of wheat. The results show that the main factors which influence the time utilization and total work efficiency of sowing and harvesting of wheat are to add seed and fertilizer, to eliminate trouble and field turning, and there exists unreasonable power matching for some tractor-implement units. According to the survey results, the authors bring up the proper pattern for reasonable application of high-power agricultural machinery.

Key words: high-power agricultural machinery; sowing; harvesting of wheat; time utilization; work efficiency