

农业机械用柴油机使用特点与可靠性风险研究

王金东,李志杰,陈翠翠,付伟,岳永丽

(潍柴动力股份有限公司 内燃机可靠性国家重点实验室,山东 潍坊 261043)

摘要:以中国农业机械主流产品拖拉机、收获机为对象,结合各匹配用途柴油机在国内实际使用数据深入分析了柴油机的使用特点;基于各匹配用途柴油机的使用特点、用户需求,对柴油机各零部件及系统的可靠性风险及影响因素进行了研究;基于各匹配用途柴油机的使用特点、国内典型作业环境、农机产品季节性和紧迫性使用要求等,提出了柴油机开发可靠性和使用可靠性的提升建议,为提升中国农业机械行业用柴油机产品整体可靠性水平及满足国内市场用户不同需求打下坚实基础。

关键词:农业机械;柴油机;使用特点;可靠性;风险研究

中图分类号:S219

文献标识码:A

doi:10.14031/j.cnki.njwx.2024.06.001

Application Characteristics and Reliability Risk Research of Diesel Engine for Agricultural Machinery

WANG Jindong, LI Zhijie, CHEN Cuicui, FU Wei, YUE Yongli

(State Key Laboratory of Internal Combustion Engine Reliability, Weichai Power Co., Ltd., Weifang 261043, China)

Abstract: Taking mainstream products of agricultural machinery in China such as tractors and harvesters as the object, combined with actual application data of diesel engines with each matching purposes, application characteristics of diesel engine have been analyzed in depth. Based on application characteristics and user needs of each matching purposes of diesel engines, the reliability risks and influencing factors of all parts and systems of diesel engines have been researched. Based on application characteristics and domestic typical operating environment and seasonality and urgent use requirements of agricultural of agricultural machinery products, etc., suggestions for improving the development reliability and the use reliability of each matching purposes of diesel engines have been proposed. To lay a solid foundation for improving the overall reliability level of diesel engine products used in China's agricultural machinery industry and meeting the different needs of users in the domestic market.

Keywords: agricultural machinery; diesel engine; application characteristics; reliability; risk research

0 引言

拖拉机、收获机作为农业机械化、智能化和规模化最主要的农业动力机械,已被列入国家重点研发计划^[1-3]。拖拉机作业种类包括悬挂并驱动各种配套农具完成旋耕、深松、还田、耙地、打浆、运输、打捆等多种农田作业、运输作业和固定场地作业;收获机作业种类包括小麦、玉米、水稻、花生、籽瓜、葵花等收割作业形式。拖拉机、收获机作业种类繁多、涉及范围广、作业环境复杂。因此,拖拉机、收获机的技术发展水平在很大程度上体现着一个国家的农业现代化程度和农业机械化发展水平^[4-6]。世界农业强国均将拖拉机、收获机作为农机工业的核心。而柴油机作为农业机械核心动力来源^[7-8],其性能稳定性和结构可靠性,在很大程度上决定了农业机械产品的品质。随着农业机械行业的飞速发展,市场对农业机械用柴油机的要求越

来越严苛,除了要满足环保和用户驾驶感受外,还需在适应各种复杂多变的工况下,具有较高的经济性和可靠性。目前尚未有文献针对农业机械用柴油机使用特点及可靠性风险进行系统性分析^[9-12],为使柴油机能满足市场实际用户需求、提升中国农业机械行业用柴油机整体可靠性水平,本文针对农业机械各用途产品配套的柴油机使用特点及可靠性风险进行分析与研究。

1 农业机械用柴油机使用特点

1.1 分析对象

分析对象主要为拖拉机典型使用用途,包括旋耕、深松、还田、耙地、打浆、运输、打捆等作业形式,其中旋耕、还田、打浆、打捆等作业是利用柴油机的动力输出轴(PTO轴)驱动相应的配套农具完成,深松、耙地、运输等作业仅利用拖拉机的牵引力拖拽相应的配套农具前进即可完成。

国内收获机典型用途包括收获小麦、玉米、水稻、花生、籽瓜、葵花等作业形式。小麦、玉米、水稻、花生收获机主要以柴油机为动力,驱动各类传

作者简介:王金东(1983—),男,山东聊城人,硕士,高级工程师,研究方向为农业机械用柴油机开发与可靠性工程。

动系统、作业机构实现摘穗、剥皮及茎秆处理等工艺。按照动力型区分主要有牵引式收获机、背复式收获机、自走式联合收获机^[13],其中自走式联合收获机是目前市场主流和行业发展趋势,本文以自走式联合收获机为分析对象。

1.2 拖拉机各用途下柴油机使用特点

1.2.1 拖拉机配套旋耕、深松用柴油机使用特点

旋耕作业是旋耕机与拖拉机配套安装,在拖拉机牵引作用下前进,利用拖拉机提供的动力带动旋耕刀具旋转,实现对耕地土壤进行翻动、细碎,完成耕、耙作业的一种整地方式。因其具有碎土能力强、耕后地表平坦等特点,可以省去耙地过程,而得到广泛应用;同时能够切碎埋在地表以下的根茬,为后期播种提供良好种床。

旋耕用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在额定功率点到最大扭矩高转速高负荷区,部分在调速段(图1),且大部分时间在油门最大的情况下作业,作业负荷率在90%以上。负荷随地块硬实度、所带负载循环工作波动。

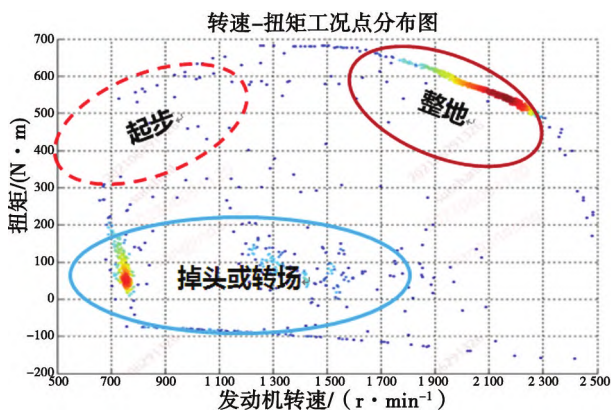


图1 拖拉机配套旋耕用柴油机常用工况典型示意图

深松作业是深松铲或凿形犁等深松机具与拖拉机配套安装,在拖拉机牵引作用下前进,实现疏松土壤而不翻转土层的一种整地方式。深松可打破长期以来旋耕或翻耕形成的坚硬犁底层,深松可与旋耕组合作业,在土壤深层形成类似松土铲尖布局的暗沟,可在干旱时蓄水保墒,在洪涝时排水抗涝,提高土壤透水、透气性能,有利于作物根系下扎,同时也可降低整地阻力,减小功率消耗,提升整地效率^[14-15]。

深松用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在额定功率点中高负荷区、部分在调速段区域(图2),且大部分时间在油门开度90%以上的情况

下作业。作业负荷率在80%以上。

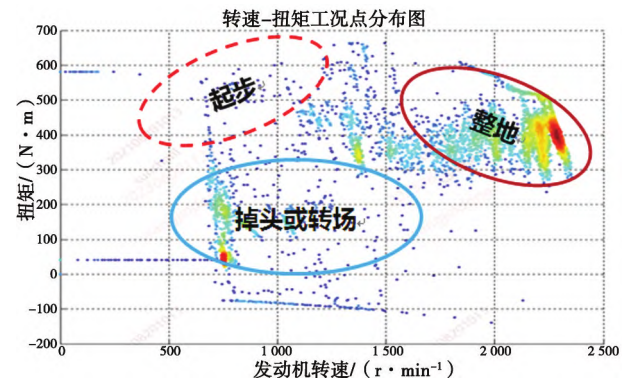


图2 拖拉机配套深松用柴油机常用工况典型示意图

旋耕、深松作业过程中,单次完整作业循环为地头下放旋耕机或深松机过程—旋耕作业或者深松作业过程—地头提升旋耕机或者深松机过程,调整拖拉机作业方向(图3)。作业开始机具下放过程,应将旋耕机处于提升状态,先结合动力输出轴,使刀轴转速增至额定转速,然后下降旋耕机,使刀片逐渐入土至所需深度。严禁刀片入土后再结合动力输出轴或急剧下降旋耕机,以免造成刀片弯曲或折断以及加重拖拉机的负荷;在旋耕或者深松作业过程中,应尽量低速匀速行驶,这样既可以保证作业质量,使土块细碎,又可减轻机件的磨损。地头转弯时,禁止作业,应将旋耕机升起,使刀片离开地面,并减小拖拉机油门,以免损坏刀片。倒车、过田埂和转移地块时,应将旋耕机提升至最高位置,并切断动力,以免损坏机件。

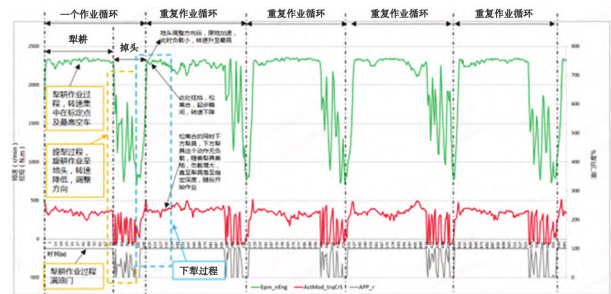


图3 拖拉机配套旋耕、深松作业循环工况示意图

1.2.2 拖拉机配套还田用柴油机使用特点

还田作业是粉碎还田机具、整株还田机具与拖拉机配套安装,在拖拉机牵引作用下前进,通过机具的高速旋转,实现秸秆粉碎、秸秆梳压、翻埋入土、切削土壤和平整地面的一种整地方式,使秸秆与土壤中微

生物菌落等相互作用,提高耕地肥力^[16]。

还田主要分为秸秆粉碎还田、根茬粉碎还田、整株翻埋还田3种方式^[17-18]。秸秆粉碎还田是先通过机械粉碎装置将秸秆粉碎并抛撒覆盖于地表,再利用还田机将粉碎秸秆翻压于地表之下;根茬粉碎还田是根茬粉碎还田机将立于地表的根茬直接粉碎并均匀混拌在耕层中;整株翻埋还田是一次性实现将整株梳压和耕翻,从而将秸秆埋入耕层中,其中秸秆粉碎还田和根茬粉碎还田是目前最为常用的还田方式,本文将对这两种还田方式进行分析。还田用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在发动机外特性上最大扭矩转速中高负荷工况区(图4),且大部分时间在油门开度为80%~100%的情况下作业。作业负荷率在80%以上。

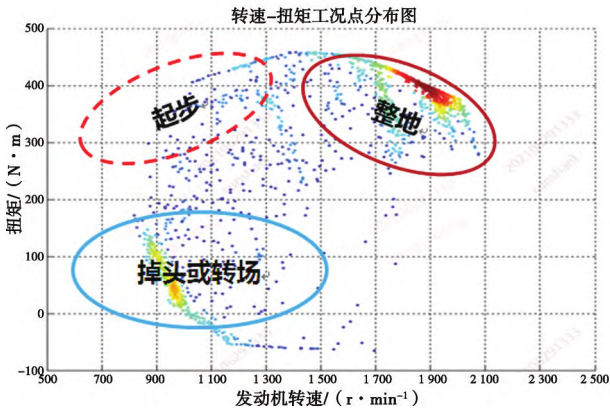


图4 拖拉机配套还田用柴油机常用工况典型示意图

还田作业循环中,单次完整作业循环为地头下放粉碎还田机具过程—还田作业过程—地头提升粉碎还田机具过程,调整拖拉机作业方向(图5)。作开始机具下放过程,应将粉碎还田机具处于提升状态,先结合动力输出轴,使刀轴转速增至额定转速,然后下降粉碎还田机具,使刀片逐渐入土至所需深度。严禁刀片入土后再结合动力输出轴或急剧下降粉碎还田机具,以免造成刀片弯曲或折断,或加重拖拉机的负荷;在粉碎还田作业过程中,应尽量低速匀速行驶,这样既可以保证作业质量,使土块细碎,又可减轻机件的磨损。

地头转弯时,禁止作业,应将粉碎还田机具升起,使刀片离开地面,并减小拖拉机油门,以免损坏刀片。倒车、过田埂和转移地块时,应将还田机提升至最高位置,并切断动力,以免损坏机件(图5)。

1.2.3 拖拉机配套耙地用柴油机使用特点

耙地作业是耙地机具与拖拉机配套安装,在拖

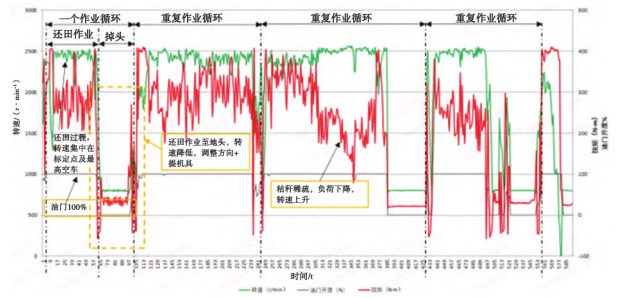


图5 拖拉机配套还田作业循环工况示意图

拉机牵引作用下前进,通过圆盘耙、钉齿耙等机具把耕层表面整平、弄碎、耙细、耙实的一种整地方式。耙地通常在犁耕后、播种前或早春保墒时进行,是翻耕地的辅助措施,有疏松土壤、保蓄水分、提高土温等作用,为播种出苗创造良好条件。

耙地用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在发动机最大扭矩转速区间中低负荷区,且大部分时间在油门开度为50%~80%的情况下作业,作业负荷率为30%~60%(图6)。

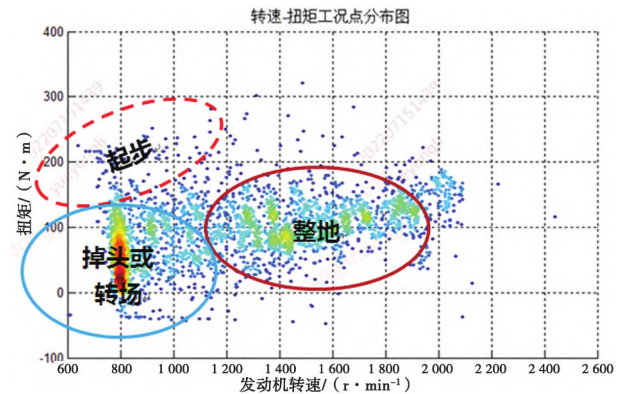


图6 拖拉机配套耙地用柴油机常用工况典型示意图

耙地作业循环中,单次完整作业循环为地头下放耙地机具过程—耙地作业过程—地头提升耙地机具过程,调整拖拉机作业方向(图7)。

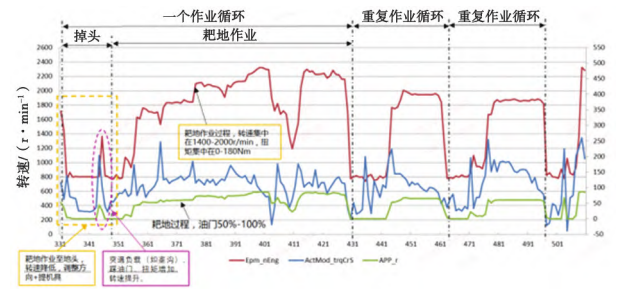


图7 拖拉机配套耙地作业循环工况示意图

1.2.4 拖拉机配套打浆用柴油机使用特点

打浆作业由旋耕碎茬提浆和地表整平机具与拖拉机配套完成。机具在拖拉机牵引作用下前进,并利用拖拉机提供的动力带动旋耕碎茬刀具旋转以及地表整平机具作业,可一次完成水田原茬泡田地或翻旋后泡田地的耕暄、碎土、打浆、压茬及平地联合作业^[19-20]。打浆整地的作业质量直接关系到水稻插秧机的性能发挥和插秧质量。

打浆用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在发动机最大扭矩转速区间中低负荷区,且大部分时间在油门开度为60%~80%的情况下作业,作业负荷率为40%~60%(图8)。

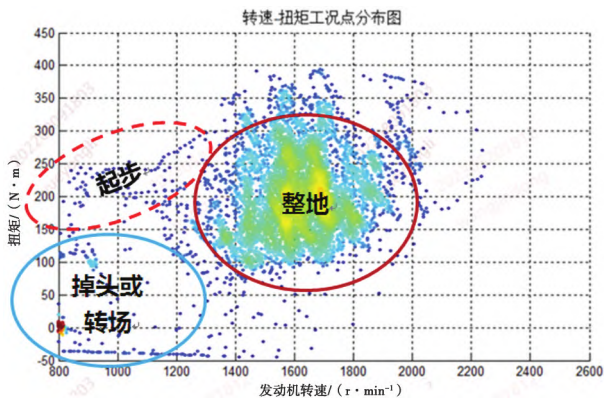


图8 拖拉机配套打浆用柴油机常用工况典型示意图

打浆作业循环中,单次完整作业循环为地头下放打浆平地机具过程—打浆作业过程—地头提升打浆平地机具过程,调整拖拉机作业方向(图9)。

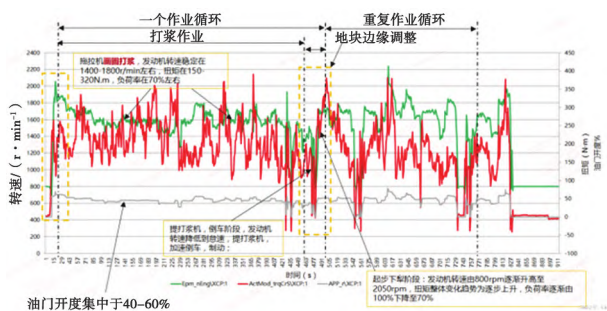


图9 拖拉机配套打浆作业循环工况示意图

1.2.5 拖拉机配套运输用柴油机使用特点

拖拉机进行农业作业的同时还承担运输任务^[21],运输作业是拖挂运输工具与拖拉机配套安装,在拖拉机牵引作用下前进,用于农业生产中的肥料、种子、农具、人力等田间短距离运输,以及

少数占比的长距离满载营运运输等。

配套运输用途的拖拉机用柴油机长距离满载运输的常用工况区域,主要在额定功率点到最大扭矩高转速高负荷区、部分在调速段(图10),而用于农业生产中的肥料、种子、农具、人力等田间短距离运输的常用工况区域,主要在发动机最大扭矩转速区间中低负荷区,且大部分时间在油门开度为30%~60%的情况下作业,作业负荷率为40%~60%。

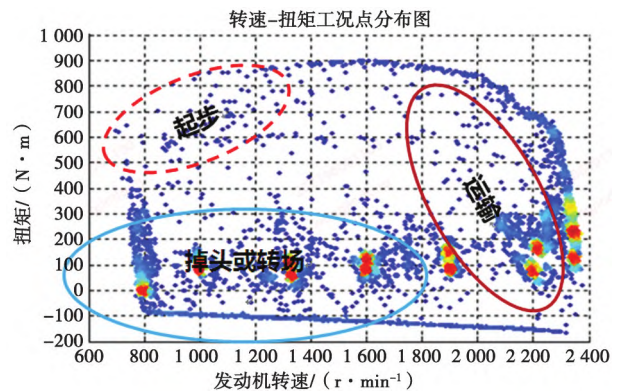


图10 拖拉机配套运输用柴油机常用工况典型示意图

运输作业循环中,单次完整作业循环为地点1—短距离或者长距离运输作业(负荷率会随着偶遇障碍或者有坡度路面减速和负荷突变)—地点2(图11)。

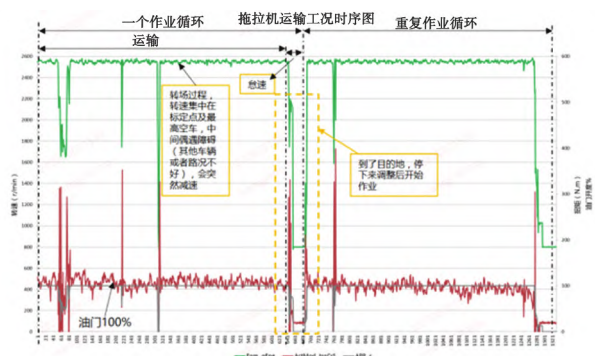


图11 拖拉机配套运输作业循环工况示意图

1.2.6 拖拉机配套打捆用柴油机使用特点

打捆作业是打捆机具与拖拉机配套安装,在拖拉机牵引作用下前进,利用拖拉机提供的动力带动打捆机具完成秸秆打捆的一种秸秆处理方式。打捆机主要分为方捆机和圆捆机2种类型,圆捆机由于没有打结器,其结构相对简单,体积较小,且价格

较便宜,操作维修简单等。近年来技术开发和生产发展较快,许多机型基本可以替代进口产品^[22],本文以圆捆机为分析对象。

打捆作业用柴油机常用工况区域主要在发动机最大扭矩转速区间中低负荷区,且大部分时间在油门开度为60%~80%的情况下作业(图12),作业负荷率为40%~60%,最大负荷发生在喂入秸秆的最后阶段。

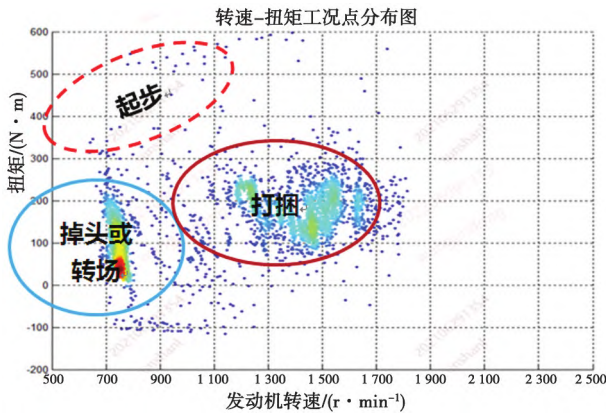


图12 拖拉机配套打捆用柴油机常用工况典型示意图

打捆作业循环中,单次完整作业循环为地头启动打捆机开始捡拾—打捆作业过程(强制喂入、压实、辊筒卷压、布网)—放捆(图13)。

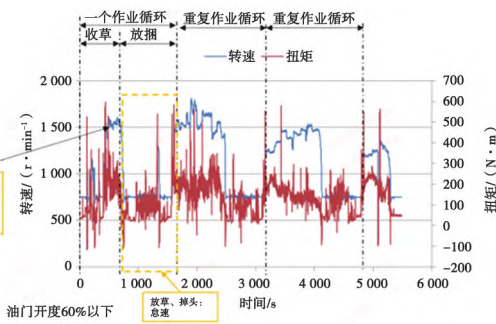


图13 拖拉机配套打捆作业循环工况示意图

1.2.7 拖拉机用柴油机其余通用使用特点

1) 动力输出:拖拉机用柴油机均需整机后端动力输出,用于驱动转向液压泵和提升液压泵,实现拖拉机转向和整地机具提升功能。

2) 超负荷能力:旋耕、深松、还田等均需短时间超负荷。在拖拉机作业过程中,主要确保在农具卡住或突遇障碍时,以及适应丘陵、山区、起伏和斜坡路段等能够克服阻力稳定运行、保证安全驾驶等。

3) 防沙尘要求:作业环境一般较为恶劣,要求柴油机具有较高的防尘沙能力(一般为两级过滤)。

4) 进排气系统要求:空滤、后处理总成安装在整车上,受整车振动、排气温度的影响。

1.3 收获机各用途下柴油机使用特点

1.3.1 小麦、玉米、水稻、花生收获机用柴油机使用特点

小麦、玉米、水稻、花生收获机用柴油机常用工况区域主要在发动机调速段转速区间中高负荷区,且收获作业期间油门开度为100%。如图14、图15、图16、图17所示,作业负荷率为50%~80%。收获机收割作业时,为保证作业效率和脱粒质量,防止转速突变造成秸秆卡滞,需要恒定油门、恒定转速运行。负荷随农作物稀疏情况、所带负载循环工作而波动,掉头或卸粮时负荷率低。

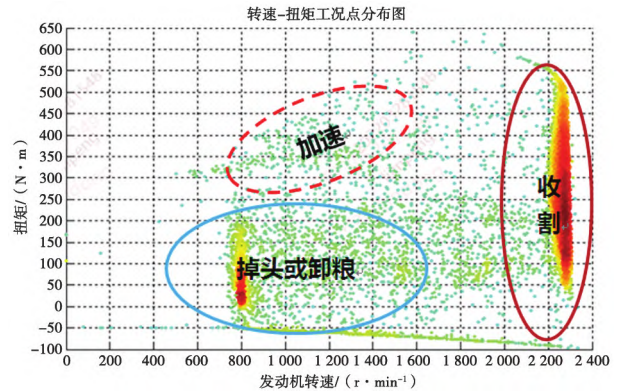


图14 小麦收获机用柴油机常用工况典型示意图

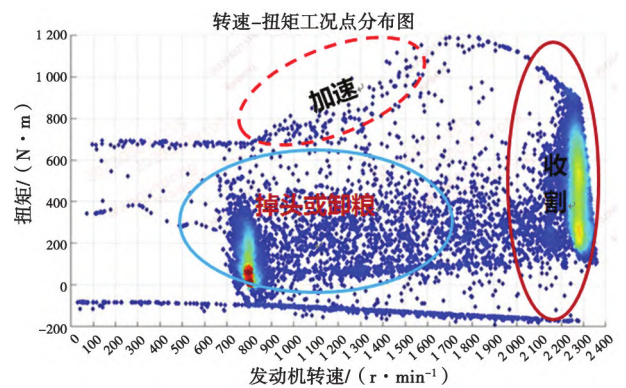


图15 玉米收获机用柴油机常用工况典型示意图

收割作业循环中,单次完整作业循环为地头调整工况—收割作业工况(图18)。其中扭矩的波动主要受收割作业过程中农作物的稀疏程度影响。

1.3.2 籽瓜、葵花收获机用柴油机使用特点

籽瓜、葵花收获机是以柴油机为动力,驱动各

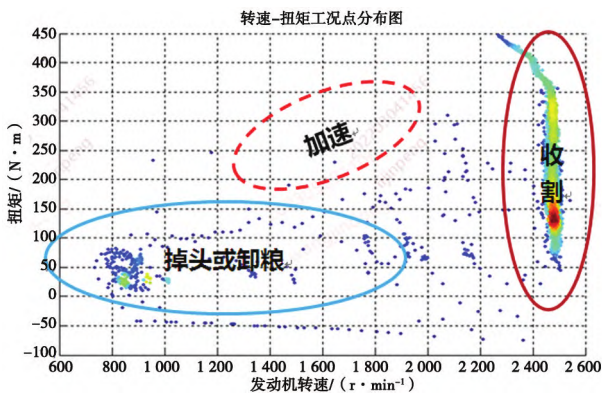


图 16 水稻收获机用柴油机常用工况典型示意图

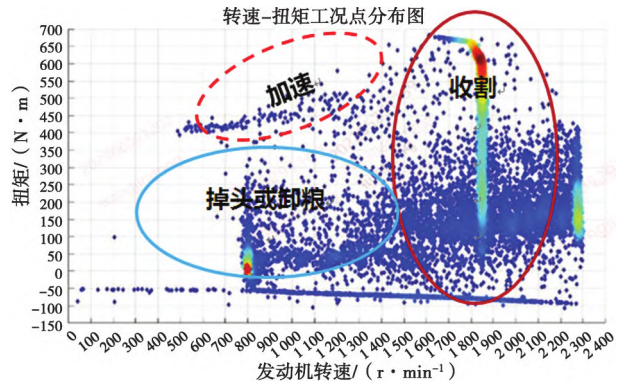


图 19 籽瓜收获机用柴油机常用工况典型示意图

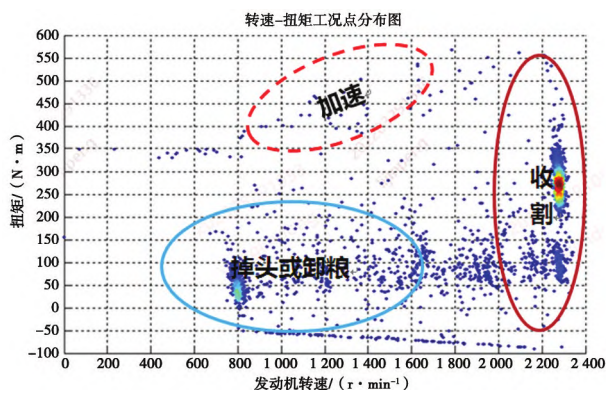


图 17 花生收获机用柴油机常用工况典型示意图

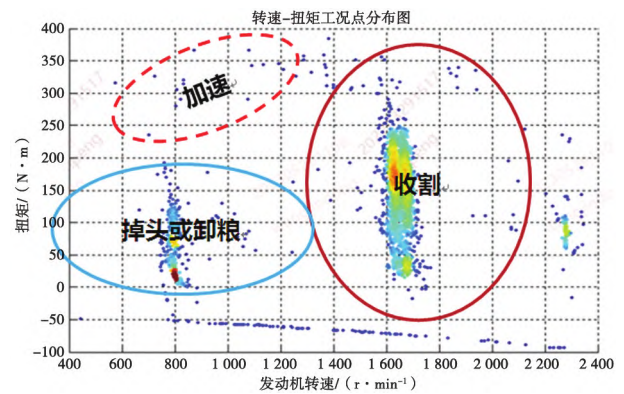


图 20 葵花收获机用柴油机常用工况典型示意图

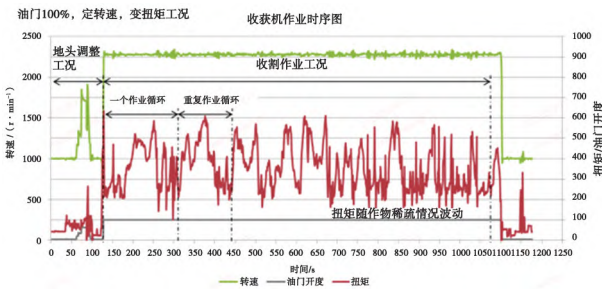


图 18 收获机收割作业循环工况示意图

类传动系统、作业机构实现摘穗、剥皮及茎秆处理等工艺的一种农业机械。籽瓜、葵花收获机用柴油机常用工况区域主要在发动机调速段转速区间中高负荷区,且收获作业期间油门开度为 60% ~ 80%。如图 19、图 20 所示,其作业负荷率为 50% ~ 80%。收获机收割作业时,为保证作业效率和脱粒质量,防止转速突变造成秸秆卡滞,需要恒定油门、恒定转速运行。负荷随农作物稀疏情况、所带负载循环工作而波动。

收割作业循环中,单次完整作业循环与小麦、玉米、水稻、花生单次完整作业循环相似。

1.3.3 收获机用柴油机其余通用使用特点

1) 动力输出:柴油机后端均使用飞轮、压盘、离合器、多槽皮带轮通过皮带驱动割台、升运器等工作装置;柴油机前端使用皮带轮通过皮带驱动卸粮装置,将粮食从粮仓传送至运粮车;另外,柴油机需驱动两个液压泵或者一个双联液压泵,用以助力整车转向和提升反转粮仓。

2) 超负荷能力:均有超负荷需求,主要确保在收获机作业过程中,农具卡住或突遇障碍时,以及适应丘陵、山区、起伏和斜坡路段等能够克服阻力稳定运行、保证安全驾驶等。

3) 防沙尘要求:作业环境较为恶劣,要求柴油机具有较高的防尘沙能力(一般为两级过滤)。

4) 进排气系统要求:空滤、后处理总成安装在拖拉机整车上,受整机振动、排气温度的影响。

2 农业机械用柴油机可靠性风险研究

2.1 拖拉机配套旋耕、深松、还田用柴油机可靠性风险研究

拖拉机配套旋耕、深松、还田作业时,因大部分

时间油门开度在 80% ~ 100%, 平均负荷率 80% 以上, 所以柴油机可靠性风险主要有以下几个方面:

1) 柴油机工作在高速中高负荷或者调速段, 各相对运动摩擦副的线速度高, 曲轴油封与曲轴、气门油封与气门的相对线速度高, 导致磨损加剧的风险; 对于喷油器而言, 喷油量大将加剧喷油嘴的磨损和积碳, 导致其性能恶化的风险, 柴油机工作转速高、振动大, 导致外围附件及支架断裂失效风险; 作业环境及维护保养对柴油机可靠性均有不同程度的影响^[23]。

2) 机体、飞轮壳、油底壳在拖拉机整车上起“大梁”支撑作用(图 21), 基于实际作业地面的激励, 苛刻工况下受水平弯曲应力、垂直弯曲应力和扭转应力的作用, 若机体、飞轮壳、油底壳材料的疲劳强度及结构不足, 会有开裂失效风险。

3) 柴油机后端 PTO 口需驱动转向泵、提升泵, 用于完成拖拉机的转向功能和农具提升功能, 若齿轮系及衬套强度润滑能力设计不足, 则存在柴油机内部齿轮磨损、断齿、衬套磨损和脱出的风险。

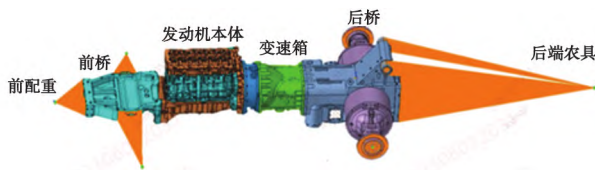


图 21 拖拉机用柴油机起“大梁”支撑作用示意图

2.2 拖拉机配套耙地、运输、打捆用柴油机可靠性风险研究

配套耙地、运输、打捆用途的拖拉机用柴油机转速和负荷均处于较低的状态, 对柴油机机体缸盖、曲柄连杆、配气机构的可靠性影响可由高速高负荷或者调速段用途的作业工况覆盖。而长期运行在中低速、中低负荷对柴油机可靠性影响主要有以下几个方面:

1) 后处理总成积碳风险。柴油机长期工作在低速低负荷状态下, 排气温度较低, 后处理总成中柴油颗粒捕集器(DPF)捕集的碳颗粒达不到高温消碳能力, 越积越多, 会导致排气背压越来越大, 进而影响柴油机进气与缸内的燃烧, 功率下降, 严重时会导致 DPF 积碳超过限值要求, 限制柴油机的输出扭矩。

2) 后处理总成结晶风险。为满足非道路四阶段排放法规要求, 柴油机需喷射尿素降低尾排的氮

氧化物, 而因长期工作在低速低负荷状态, 排气温度较低, 废气流量小, 尿素混合均匀性差, 导致后处理结晶风险高。

3) 进气节流阀本身可靠性和整机机油耗、机油稀释风险高。为解决后处理积碳与结晶问题, 通常通过进气节流阀和喷油器后喷燃油的方式来提升排气温度, 因柴油机长期工作在低速低负荷状态, 会导致进气节流阀以及喷油器后喷燃油使用率高, 从而导致进气节流阀的膜片、执行机构失效、整机机油消耗高、机油稀释的风险高。

4) 作业环境及维护保养对柴油机可靠性的影响, 与配套旋耕、深松、还田作业视同。

2.3 拖拉机配套打浆用柴油机可靠性风险研究

配套打浆用途的拖拉机用柴油机常用工况区域主要在最大扭矩转速区间中低负荷区, 对柴油机机体缸盖、曲柄连杆、配气机构的可靠性影响, 可由高速高负荷或者调速段用途的作业工况覆盖, 配套打浆用途的柴油机因涉水带来的可靠性影响主要有以下几个方面:

1) 发电机、车载电子控制单元(ECU)、线束接插件等电器类可靠性风险。零部件须保证作业时不没入水中, 若必须涉水则需保证满足防水等级要求, 否则将会发生功能失效。

2) 水泵、曲轴前油封可靠性风险。水泵设置有泄水孔和蒸发孔, 打浆作业时须保证两孔不被泥水堵住, 否则会导致水进入水泵轴承, 进而发生水泵故障; 曲轴前油封须确保具有防泥水功能, 否则水一旦通过曲轴前油封进入发动机, 机油和水混合一起, 机油被稀释导致柴油机化瓦和拉缸。

3) 前端轮系可靠性风险。相关零部件包括皮带、风扇、曲轴皮带轮、风扇皮带轮、张紧轮等, 为适应水田打浆作业, 皮带优选三角皮带, 以增强其抗泥沙能力, 风扇存在涉水后叶片被打断的风险, 为此可通过整车三维模型校核和水田实际作业试验验证限定柴油机的涉水深度, 确保柴油机工作范围和可靠性。

4) 作业环境及维护保养对柴油机的可靠性影响, 与配套旋耕、深松、还田作业视同。

2.4 小麦、玉米、水稻、花生收获机用柴油机可靠性风险研究

收获机配套小麦、玉米、水稻、花生作业时, 大部分时间油门开度为 100%, 平均负荷率为 50% ~ 80%, 所以柴油机可靠性风险主要有以下几方面:

1) 柴油机工作在高速中高负荷或者调速段, 各

相对运动摩擦副的线速度高,曲轴油封与曲轴、气门油封与气门的相对线速度高,相对以上用途的发动机这些零部件更容易失效,对于喷油器而言,喷油量大会加剧喷油嘴的磨损和积碳,导致其性能恶化,柴油机工作转速高、振动大,导致外围附件及支架断裂失效风险与拖拉机用柴油机视同。

2) 柴油机后端 PTO 口需驱动转向泵、反转粮仓泵,用于完成收获机的转向功能和反转粮仓功能,若齿轮系及衬套强度润滑能力设计不足,则存在柴油机内部齿轮磨损、断齿、衬套磨损和脱出的风险。

3) 曲轴前后端皮带轮动力输出对曲轴前后端主轴瓦会产生径向载荷,若设计边界不满足使用边界,将会导致前后端主轴瓦磨损失效。

4) 作业环境及维护保养对柴油机的可靠性影响。收获机作业期间会产生大量碎屑,对于柴油机高温零部件如增压器、排气管、后处理、废气再循环(EGR)系统等均需考虑防火设计,否则存在失火隐患,其余与拖拉机配套旋耕、深松、还田作业视同。

2.5 籽瓜、葵花收获机用柴油机可靠性风险研究

籽瓜、葵花收获机用柴油机转速和负荷均处于较低的状态,对柴油机机体缸盖、曲柄连杆、配气机构的可靠性影响可由高速高负荷或者调速段用途的作业工况覆盖。长期运行在中低速中低负荷对柴油机可靠性影响主要是后处理总成积碳、结晶风险、进气节流阀本身可靠性和整机机油耗、机油稀释风险,与拖拉机视同。

3 农业机械用柴油机可靠性提升建议

不同用途的农业机械用柴油机使用特点存在差异,相同用途的农业机械用柴油机不同应用场景也存在差异,但对于柴油机整机而言,可归结为转速和负荷的变化、转速和负荷区域分布、转速和负荷响应速率,摘取这些影响因素中最苛刻边界,并识别这些最苛刻边界导致的零部件、系统和整机失效机理并进行归类。

3.1 拖拉机配套各用途柴油机开发可靠性提升建议

拖拉机匹配用途较多,拖拉机用柴油机的开发首要任务是基于功率与排量明确配套用途范围,是匹配所有用途还是仅匹配某几个用途,针对高速高负荷或者高速调速段上配套用途,如旋耕、深松等,通过多样本数据采集提取高速高负荷或者高速调速段上工况占比不同使用环境的差异,可以分析此工况下各相对运动摩擦副的线速度高,曲轴油封与

曲轴、气门油封与气门的相对线速度高,相对其他匹配用途的柴油机这些零部件更容易失效,对于喷油器而言,喷油量大将加剧喷油嘴的磨损和积碳而导致其性能恶化,为此需提升喷油器油嘴的可靠性。

机体、飞轮壳、油底壳在拖拉机整车上起“大梁”支撑作用,因其结构强度受拖拉机整车前后端所带农具的重量和质心位置,以及作业路面起伏情况影响,所以务必清楚使用边界,必要时进行基于实际作业地面的激励,苛刻工况下受水平弯曲应力、垂直弯曲应力和扭转应力的测试试验。

柴油机后端 PTO 口在匹配转向和提升两款液泵时,需明确其最大输出扭矩和柴油机不同转速下的最大加载要求,通过强度计算和试验加载验证来确保齿轮系及衬套的可靠性。

水田拖拉机用柴油机开发,首先要界定产品国内配套作业区域的水位深度,基于此水位深度进行相关电器零部件、水泵、曲轴前油封及前端轮系相关零部件的开发确认,以确保各零部件的可靠性满足使用需求。

3.2 收获机配套各用途柴油机开发可靠性提升建议

收获机匹配用途较多,收获机用柴油机的开发首要任务是基于功率与排量明确配套用途范围,是匹配所有用途还是仅匹配某几个用途,针对高速高负荷或者高速调速段上配套用途,柴油机开发可靠性提升建议与拖拉机视同。柴油机后端 PTO 口匹配转向泵、反转粮仓泵的可靠性提升建议与拖拉机视同。

收获机不同配套用途曲轴前后端输出动力大小、形式和方向均不同,在明确配套用途后须确认各配套用途的最大输出扭矩以及柴油机不同转速下的最大加载要求,从而明确皮带轮动力输出对曲轴前后端主轴瓦产生径向载荷的大小,确保了曲轴、曲轴轴瓦以及其他相关零部件可靠性开发。

3.3 农业机械用柴油机使用可靠性提升建议

农业机械用柴油机使用可靠性提升建议主要是针对除了不按照农业机械使用说明书操作步骤要求的,如操作失误、动作粗暴等,用户不同的使用环境(高热、高原、多粉尘)、作业场地(凸凹不平、坡度作业)、长期作业以及不同的用户群体等柴油机的使用可靠性提升建议,包括周期性存放环境的使用可靠性提升建议^[23]。

基于农业机械用柴油机的周期性存放环境的使用可靠性提升建议,对于拖拉机、收获机而言,均

有季节性、高效性、紧迫性的使用要求,即到了农忙时节确保拖拉机、收获机能正常作业,并且为了确保农作物播种的适宜性、农作物成熟时节的高产(避免降雨、刮风、冰雹等恶劣天气的减产),需要快速、高效地耕种及收获。为避免拖拉机、收获机在作业过程中出问题,可在作业季节前、后做好充足的准备:

1)冬季长期不用柴油机要清空柴油机、散热器中冷却液,避免低温环境下冷却液由液体转变为固体带来的体积变化导致气缸体、散热器胀裂。

2)尿素喷射系统长期不用,要及时清空各个零部件中的尿素,一是避免残留的尿素长时间会形成结晶物,导致管路堵塞或者零部件卡滞故障;二是避免低温环境下尿素由液体转变为固体带来的体积变化导致相关零部件冻裂。

3)电气件防水、橡胶件防老化、机油防氧化,起动机、发电机、后处理及其他线束接插件做好防水、防潮,皮带、各密封橡胶零部件做好防老化的防护。

4 结语

本文以中国农业机械主流产品拖拉机、收获机为对象,结合各匹配用途柴油机在国内的实际使用数据深入分析了柴油机的使用特点。基于各匹配用途柴油机的使用特点、用户需求,对柴油机各零部件及系统的可靠性风险及影响因素进行了研究;基于各匹配用途柴油机的使用特点、国内典型作业环境、农机产品季节性和紧迫性使用要求等,提出了柴油机开发可靠性和使用可靠性的提升建议。为提升中国农业机械行业用柴油机产品整体可靠性水平及满足国内市场用户不同需求打下坚实基础。

参考文献:

[1] 周济. 智能制造:“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284.

[2] 李金华. 德国“工业4.0”与“中国制造2025”的比较及启示[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2015, 15(5): 71-79.

[3] 王川, 孙坦. 大数据驱动下的农业信息科技创新与服务: 中国农业科学院农业信息研究所“十三五”发展规划[J]. 数字图书馆论坛, 2016(11): 34-39.

[4] 谢斌, 武仲斌, 毛恩荣. 农业拖拉机关键技术发展现状与展望[J]. 农业机械学报, 2018, 49(8): 1-17.

[5] 白学峰, 马立新, 乔璐, 等. 国内外农用拖拉机先进技术研究及对比分析[J]. 中国农机化学报, 2019, 40(9): 199-205.

[6] 赵剡水, 杨为民. 农业拖拉机技术发展观察[J]. 农业机械学报, 2010, 41(6): 42-48.

[7] 谭丕强, 王德源, 楼狄明, 等. 农业机械污染排放控制技术的现状与展望[J]. 农业工程学报, 2018, 34(7): 1-14.

[8] 付明亮, 丁焰, 尹航, 等. 实际作业工况下农用拖拉机的排放特性[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 42-48.

[9] 敖长林, 郑先哲, 戴有忠, 等. 拖拉机使用可靠性模糊综合评价[J]. 农业机械学报, 2004, 35(4): 84-87.

[10] 王志, 阎楚良, 牟仁生, 等. 联合收割机可靠性评价方法的探讨[J]. 农业机械学报, 2002, 33(5): 51-53+70.

[11] 易金根, 王勇, 江向阳. 联合收割机的模糊综合评判[J]. 农业机械学报, 2000, 31(1): 45-47.

[12] 宋年秀, 王吉忠, 王耀斌. 大修汽车可靠性的综合评价与故障分析[J]. 农业机械学报, 1999, 30(2): 90-95.

[13] 陈志, 郝付平, 王锋德, 等. 中国玉米收获技术与装备发展研究[J]. 农业机械学报, 2012, 43(12): 44-50.

[14] 赵伟, 张文春, 周志立, 等. 深松旋耕组合作业机的研制与试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 125-128.

[15] 赵建国, 王安, 马跃进, 等. 深松旋耕碎土联合整地机设计与试验[J]. 农业工程学报, 2019, 35(8): 46-54.

[16] 赵亚丽, 薛志伟, 郭海斌, 等. 耕作方式与秸秆还田对土壤呼吸的影响及机理[J]. 农业工程学报, 2014, 30(19): 155-165.

[17] 戴飞, 韩正晟, 张克平, 等. 我国机械化秸秆还田联合作业机的现状与发展[J]. 中国农机化, 2011, 32(6): 42-45+37.

[18] 贾洪雷, 马成林, 刘枫, 等. 秸秆与根茬粉碎还田联合作业工艺及配套机具[J]. 农业机械学报, 2005, 36(11): 52-55.

[19] 孙文峰, 付天鹏, 何跃, 等. 水田带状复式整地机关键部件设计与试验[J]. 农业机械学报, 2022, 53(1): 50-62.

[20] 范延伟, 毛欣, 衣淑娟, 等. 水田搅浆埋茬平地机压茬装置设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(4): 11-16.

[21] 刘孟楠, 周志立, 徐立友, 等. 基于多性能目标的拖拉机运输机组优化设计[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 62-68.

[22] 华荣江, 唐遵峰, 叶红艳, 等. 国内外圆捆机械研究与发展趋势[J]. 中国农机化, 2012, 33(3): 23-26.

[23] 王金东, 陈翠翠, 韩峰, 等. 工程机械用柴油机使用特点与可靠性风险分析[J]. 工程机械, 2021, 52(9): 78-83+11.