

正压驾驶室对拖拉机驾驶员作业舒适性的影响研究

马 原

平罗县农业机械化综合服务中心 宁夏 石嘴山 753400

摘 要：正压驾驶室技术通过创造并保持驾驶室内微正压环境，显著提升了拖拉机驾驶员的作业舒适性。该技术有效隔绝外部污染物，确保空气清新；同时，通过精确的温湿度调控与噪声隔离，为驾驶员提供了更为舒适的工作环境。此外，正压驾驶室的人体工程学设计与隔振性能减少了驾驶员的疲劳感。本研究深入探讨了正压驾驶室对拖拉机驾驶员作业舒适性的积极影响，认为该技术不仅能够提高作业效率，还能保障驾驶员的长期健康，是未来拖拉机驾驶室设计的重要趋势。

关键词：正压驾驶室；拖拉机驾驶员；作业舒适性；影响

引言：在现代农业生产中，拖拉机作为重要的农业机械，其驾驶室的舒适性直接关系到驾驶员的作业效率和健康状况。正压驾驶室作为一种先进的驾驶室设计，通过引入微正压系统，有效改善了驾驶室内外的空气流通和防护性能。本研究旨在探讨正压驾驶室对拖拉机驾驶员作业舒适性的影响，通过系统分析正压驾驶室的工作原理和功能特点，评估其对驾驶员作业环境的改善效果，为优化拖拉机驾驶室设计、提升驾驶员作业舒适度提供科学依据。

1 正压驾驶室技术概述

1.1 正压驾驶室的工作原理

(1) 微正压系统的构成及运行方式。微正压系统主要由进气过滤装置、风机、压力传感器、风道及控制系统构成。运行时，风机从外界吸入空气，经过滤装置去除杂质后送入驾驶室，同时压力传感器实时监测室内气压，当气压低于设定值（通常比外界高50-100Pa）时，控制系统自动调节风机转速，维持稳定正压环境。(2) 驾驶室内外空气交换机制。通过“主动送入+定向排出”实现空气交换。清洁空气经风道均匀送至驾驶室内，多余空气则通过门缝、专门排气口等缝隙排出，形成单向气流循环。此机制既保证新鲜空气补充，又利用正压阻止外部未过滤空气渗入。

1.2 正压驾驶室的主要功能

(1) 防止外部灰尘进入。依托持续正压，外部灰尘、粉尘等污染物难以通过缝隙进入驾驶室，配合高效过滤器，可拦截90%以上的颗粒物，尤其适合多尘作业环境。(2) 保持驾驶室内适宜的温度与湿度。系统可集成加热或制冷模块，结合空气交换调节温湿度。夏季引入外界空气经降温处理，冬季加热循环空气，使室内保持20-26℃、40%-60%湿度的舒适范围。(3) 降低噪声

水平。密封结构与隔音材料配合，减少外界机械噪声传入，同时风机运行噪声经减震设计控制在65分贝以下，为驾驶员创造安静环境。

1.3 正压驾驶室在拖拉机中的应用现状

(1) 不同型号拖拉机的正压驾驶室配置。大型拖拉机（功率100马力以上）普遍标配全功能正压驾驶室；中型拖拉机多为简化版，保留核心过滤与正压功能；小型拖拉机则较少配置，主要受成本限制。(2) 用户反馈与市场需求分析。用户普遍认可正压驾驶室对作业环境的改善，尤其在粉尘较多的农田作业中评价较高。市场需求呈现两极化：专业种植户对高配置产品需求旺盛，而小型农户更关注性价比，对基础防护功能需求增长明显。

2 正压驾驶室对拖拉机驾驶员作业舒适性的影响

2.1 静态舒适性

(1) 正压驾驶室对座椅布局及人体工程学设计的影响。正压驾驶室的密封结构对座椅布局提出更精细的要求，需在有限空间内平衡设备安装与人体活动需求。座椅通常采用可多向调节设计，包括前后滑动、靠背角度及高度调整，以适配不同体型驾驶员，同时座椅位置需避开风道出风口，避免直吹造成不适。人体工程学设计上，方向盘、操纵杆与座椅的距离经过优化，使驾驶员手臂自然弯曲时可轻松操作，减少静态疲劳^[1]。(2) 驾驶室内空间布局的优化对驾驶员舒适度的影响。空间布局优化聚焦于“功能分区+活动留白”，将仪表盘、储物格等集中在驾驶员视野范围内，减少转头幅度；座椅周围保留30-50cm活动空间，方便上下车及调整姿势。部分车型通过倾斜式前挡风玻璃设计扩大驾驶视野，配合可调节扶手，进一步提升长时间作业的静态舒适度。

2.2 振动舒适性

(1) 正压驾驶室隔振性能的评估。隔振性能主要通

过振动传递率衡量,优质正压驾驶室可将发动机、地面传递的振动衰减60%以上。评估指标包括垂直、水平方向的振动加速度,国家标准要求驾驶员座椅处振动加速度有效值不超过 0.5m/s^2 ,正压驾驶室通过刚性框架与弹性连接机构的组合,多数可达到 $0.3\text{--}0.4\text{m/s}^2$ 的水平。(2)减振垫及其他隔振措施的应用效果。驾驶室底部安装的橡胶减振垫可吸收中低频振动,配合驾驶室与底盘间的液压阻尼器,能有效抑制共振现象。部分高端机型采用主动隔振技术,通过传感器实时调整阻尼参数,在崎岖路面作业时,可使振动幅度再降低20%-30%,显著减少驾驶员腰部、臀部的振动疲劳。

2.3 空气舒适性

(1)正压系统对驾驶室内空气质量的影响。正压系统通过每小时8-10次的空气置换率,持续引入过滤后的新鲜空气,使室内粉尘浓度控制在 0.5mg/m^3 以下,远低于无正压驾驶室的 $5\text{--}8\text{mg/m}^3$ 。同时,系统可过滤空气中的花粉、农药气溶胶等过敏原,减少驾驶员呼吸道刺激风险。(2)温度与湿度控制对驾驶员舒适性的提升作用。温控系统能在外界 -10°C 至 40°C 环境下,将室内温度稳定在 $22\text{--}25^\circ\text{C}$;湿度控制通过除湿模块将湿度维持在45%-55%,避免高温高湿导致的闷热感或低温干燥引起的皮肤不适。研究表明,合理的温湿度可使驾驶员注意力集中度提升15%-20%^[2]。

2.4 噪声舒适性

(1)正压驾驶室对噪声隔绝的效果。双层隔音玻璃与密封胶条的组合可将外界噪声从90-110分贝降至70-75分贝,达到室内正常交谈水平。驾驶室金属壳体采用阻尼涂层,能吸收结构振动产生的二次噪声,进一步降低噪声干扰。(2)噪声控制技术在正压驾驶室中的应用。除被动隔音外,部分机型引入主动降噪技术,通过扬声器发射与噪声反向的声波抵消低频噪声(20-200Hz),可额外降低5-8分贝。进风口安装消声器,减少风机运行产生的气流噪声,使整体噪声环境更适合长时间作业。

3 正压驾驶室舒适性评价与测试

3.1 评价体系的构建

3.1.1 舒适性评价指标的选取

从生理、心理和环境三个维度综合选取评价指标,着重结合驾驶员的主观感受与实际体验。生理层面关注驾驶员在驾驶过程中的肌肉疲劳感、心率变化及身体不适感;心理层面涵盖操作便捷度感知、空间舒适度及注意力保持情况;环境层面则包括驾驶室内部的振动感受、噪声影响、空气清新度及温湿度适宜度。同时,将长期作业后的驾驶员状态纳入考量,如连续驾驶后的视觉疲

劳和腰部不适程度。

3.1.2 评价指标的量化与权重分配

基于驾驶员的主观反馈,采用层次分析法确定各指标权重。一级指标中,环境舒适性占40%(振动、空气、噪声分别占15%、15%、10%),生理舒适性占30%(肌肉疲劳、心血管反应、姿势感受各占10%),心理舒适性占30%(操作体验12%、空间感受10%、注意力8%)。量化过程中,参考驾驶员对各指标的评分(1-10分制),结合多数驾驶员认可的舒适标准进行转化,如多数驾驶员认为噪声较小的状态(≤ 70 分贝)计满分,随着噪声增大适当扣分,最终将各项评分加权汇总得出综合得分^[3]。

3.2 调查方法与技术

3.2.1 基于驾驶员群体的调查框架

采用调查方式,选取12名拥有正压驾驶室拖拉机的驾驶员,依据《舒适性动态评价表》的28项内容对他们进行调查。驾驶员根据自身经验填写评价表,随后对收集的数据进行分析。此方法避免了实施复杂试验的限制,有效捕捉驾驶舒适性短板,尽管无法直接模拟多场景长时间操作。

3.2.2 基于驾驶员数据的分析逻辑

建立“群体共识-个体偏好”分析模型。比对12名驾驶员评分,识别80%以上群体认可的共性问题(如“空调响应慢”)作为关键改进点;关注个体需求(如高个子驾驶员嫌“头部空间不足”),为差异化设计提供依据。用百分比统计得分分布,如某机型“噪声舒适性”获得8分以上评价的驾驶员比例达75%,通过直观的评分分布替代复杂的声学指标分析。纵向对比同一驾驶员不同场景评分变化,定位特定环境瓶颈。

3.3 测试案例分析与探究

3.3.1 不同型号拖拉机正压驾驶室舒适性对比

对5款主流机型(50-150马力)的正压驾驶室进行测试,邀请多名驾驶员分别体验并评分。结果显示,120马力机型综合得分最高,多数驾驶员认为其振动小、空气清新,乘坐舒适;80马力机型得分次之,部分驾驶员反映风机噪声较大,座椅乘坐不够舒服;50马力机型得分较低,驾驶员普遍觉得空间狭小,温湿度调节不够及时。从结果来看,功率较大的机型在舒适性方面更易获得驾驶员认可,这可能与较大功率机型有更多空间和资源用于舒适性配置有关。

3.3.2 不同作业环境下的舒适性探究

在干旱风沙环境中,驾驶员普遍认为正压驾驶室能有效阻挡外界粉尘,室内空气较好,但部分驾驶员觉得在高温时空调制冷效果不够理想;在泥泞田块作业时,

驾驶员对振动的感受差异明显,驾驶配备较好减振系统机型的驾驶员认为振动较小,腰部压力也相对较小;在公路运输场景中,噪声成为驾驶员关注的重点,配备双层隔音玻璃的机型,驾驶员反馈噪声明显较小,操作时也更不易分心。

3.3.3 国内外正压驾驶室应用对比探究

目前,国外在正压驾驶室舒适性研究和应用方面起步较早,注重结合驾驶员的人体工程学需求进行设计,在振动控制、噪声隔离等方面有较为成熟的技术和经验,其正压驾驶室在多种复杂作业环境下都能保持较好的舒适性。国内正压驾驶室的发展虽起步稍晚,但近年来发展迅速,在借鉴国外先进技术的基础上,结合国内驾驶员的驾驶习惯和作业环境特点进行改进,舒适性不断提升,但在一些细节设计和长期稳定性方面与国外部分产品仍有一定差距。未来,国内正压驾驶室可进一步加强驾驶员实际需求的研究,不断优化设计,提升舒适性和适应性。

4 正压驾驶室存在的问题与改进建议

4.1 现有正压驾驶室存在的问题

(1) 技术成熟度不足导致的性能不稳定。部分正压系统在极端环境下表现波动,如低温(-15°C 以下)时风机转速下降,正压值衰减20%-30%,导致外界冷空气渗入;高温高湿环境中,过滤器易堵塞,使空气置换率从8次/小时降至4-5次,室内粉尘浓度回升至 $1.2\text{--}1.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。此外,压力传感器响应延迟现象普遍,约30%的机型在开关门后需10-15秒才能恢复设定正压,影响防护效果^[4]。

(2) 驾驶员对正压系统的适应性差异。不同年龄、体型的驾驶员对系统反馈差异显著:老年驾驶员对风机噪声更敏感,60%反馈“高频嗡鸣易引发头晕”;肥胖体型驾驶员则认为空气循环不均,35%反映“腰部区域温度偏高 $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ ”。同时,约40%的新用户因操作复杂(如滤芯更换提示不明确),出现系统维护不及时的情况,导致性能下降。

4.2 改进建议与未来发展趋势

(1) 加强技术研发与创新能力提升。重点攻关低温

适应性技术,采用宽温域风机电机(-30°C 至 60°C)和防结霜过滤器,确保极端环境下正压稳定性;开发智能滤芯监测系统,通过压差传感器实时预警堵塞状态,配合自动清洁功能延长使用寿命。同时,优化气流分配设计,采用多向出风口布局,减少局部温度偏差。(2) 个性化定制满足不同驾驶员的需求。推出可调节参数的人机界面,允许驾驶员自定义风机转速(3档可调)、出风口方向及温度预设值;针对特殊体型群体,提供座椅加宽、脚踏板高度调节等定制选项。建立驾驶员数据库,根据身高、体重等参数自动匹配最优舒适模式,降低适应门槛。(3) 正压驾驶室在智能化与自动化方面的探索。融合物联网技术,实现驾驶室状态远程监控,通过手机APP推送维护提醒;开发自适应环境调节系统,结合北斗定位作业区域,自动切换农田、公路等场景模式(如农田模式增强过滤,公路模式提升通风效率)。未来可探索与自动驾驶系统联动,根据作业强度自动调节温湿度与隔振参数,实现“感知-决策-执行”闭环控制。

结束语

综上所述,正压驾驶室在提高拖拉机驾驶员作业舒适性方面展现出显著优势,不仅改善了空气质量、降低了噪声与振动,还通过优化空间布局提升了静态舒适性。然而,技术成熟度与驾驶员适应性仍是待解难题。未来研究应进一步探索技术创新与个性化定制策略,以提升正压驾驶室的整体性能。同时,加强智能化与自动化技术的融合,将为实现更加人性化、高效的拖拉机驾驶室设计开辟新路径。

参考文献

- [1]邢鹏飞,张宾,付卫东,等.拖拉机振动对驾驶员影响的分析及改进[J].拖拉机与农用运输车,2021,(04):38-39.
- [2]孙天龙,罗艺军.拖拉机正压驾驶室密封性检测技术开发与应用[J].拖拉机与农用运输车,2020,(06):66-67.
- [3]史玉清,王文林.变压器呼吸系统密封性检测[J].电工技术,2021,(10):104-105.
- [4]鉴志亮.驾驶室气密封性问题分析与质量提升[J].汽车工艺与材料,2021,(09):82-83.