

毫米波雷达在洗衣机商品上的应用拓展

王莹瑾 陶灵丹

松下家电（中国）有限公司 浙江 杭州 310018

摘要：本文深入探讨了毫米波雷达技术在洗衣机商品上的创新应用。通过毫米波雷达的高精度测量和实时监测能力，洗衣机实现了对振动状态的精确监测与优化，有效减少振动和噪音。同时，毫米波雷达还实现洗衣过程中进水量的智能调节，根据衣物状态动态调整水位，提高了洗涤效果并节约水资源。另外，该技术还能检测人体靠近并触发交互响应，以及实现手势控制功能，为用户带来更加便捷和智能的操作体验。毫米波雷达的应用显著提升洗衣机的性能和用户体验，展现了其在智能家居领域的巨大潜力。

关键词：毫米波雷达；洗衣机；振动监测；进水量调节；手势控制

引言：随着科技的不断进步，毫米波雷达技术在各领域的应用日益广泛。在洗衣机领域，毫米波雷达的引入为传统洗衣机带来全新的功能和体验。毫米波雷达具有高精度测量、非接触式检测等优势，能够准确捕捉洗衣机的振动变化、实时监测衣物量和洗涤需求，以及实现手势控制等智能化操作。

1 毫米波雷达对洗衣机振动情况的监测和优化

1.1 毫米波雷达的高精度测量能力

毫米波雷达能够准确捕捉到洗衣机振动的微小变化，这得益于其先进的测量技术。毫米波雷达通过发射和接收毫米波信号，利用信号的反射和多普勒效应来测量目标物体的距离、速度和角度等信息。过安装于洗衣机内部的毫米波雷达传感器，可以实时检测洗衣机的振动幅度、频率和方向等参数，为后续的分析 and 优化提供准确的数据基础。

1.2 实时监测和评估洗衣机振动状态

1.2.1 技术原理与实现过程

毫米波雷达在洗衣机振动监测中的应用，主要依赖于其高精度的距离测量和速度分析能力。当洗衣机运行时，其内部的振动会导致洗衣机桶体、衣物以及周围结构的微小位移。毫米波雷达通过发射毫米波信号，这些信号在遇到振动目标后会反射回来，雷达接收反射信号并进行分析。

1.2.2 振动幅度测量

(1) 信号反射与相位差：当洗衣机振动时，反射信号的相位会发生变化。通过测量反射信号与发射信号之间的相位差，可以计算出目标物体的微小位移，即振动幅度。(2) 参数转换：将相位差转换为振动幅度参数，这通常涉及到复杂的信号处理算法，包括相位解缠、滤波和校准等步骤。

1.2.3 振动频率与方向测量

(1) 多普勒效应：利用多普勒效应，毫米波雷达可以测量反射信号的频率变化，从而推断出目标的振动频率。(2) 阵列天线：通过采用阵列天线技术，毫米波雷达可以实现对振动方向的精确测量。不同方向的振动会导致反射信号到达不同天线的相位差异，通过分析这些相位差异，可以确定振动的方向。

1.2.4 转化为控制电信号与稳定性调整

将雷达测量的振动幅度、频率和方向等参数进行实时处理和分析，以判断洗衣机的振动状态是否正常；根据分析结果，控制系统会生成相应的控制电信号，这些信号用于调整洗衣机的运行状态；如果检测到振动异常，控制系统会迅速响应，通过调整洗衣机的转速、衣物缠绕状态或启动平衡装置等措施来减轻振动，确保洗衣机运行过程中的稳定性^[1]。

1.3 反馈振动数据并调整运行状态

洗衣机配备的雷达系统能够实时检测其振动数据，并将这些数据即时反馈给控制系统。控制系统在接收到这些数据后，会智能地对洗衣机的运行状态进行相应的调整。具体而言，若雷达检测到洗衣机的振动过大，控制系统将迅速响应，通过自动调整洗衣机的转速来减轻振动，或者调整衣物的缠绕状态，甚至在必要时暂停运行，以防止洗衣机因过度振动而受损。这些措施不仅能有效减少振动和噪音，还能显著延长洗衣机的使用寿命。另外，当雷达检测到洗衣机的振动频率出现异常时，控制系统会立即调整洗衣机的平衡装置，以确保其运行过程中的稳定性。

2 毫米波雷达对洗衣过程中进水量的智能调节

2.1 传统洗衣机进水量控制的不足

传统洗衣机在控制进水量时，往往依赖于预设的程

序和简单的重量检测。一旦衣物被放入洗衣机，系统会根据预设的程序和检测到的衣物重量，选择一个固定的水位档位。然而，这种控制方法存在明显的局限性。由于它无法实时感知洗涤过程中的衣物状态变化，因此无法根据实际洗涤需求进行动态调整。这不仅可能导致水资源的浪费，还可能影响洗涤效果，使得衣物无法得到充分的清洗。

2.2 毫米波雷达实现动态水位调整

为了克服传统洗衣机在进水量控制上的不足，毫米波雷达技术被创新性地引入到洗衣机领域。毫米波雷达通过发射和接收毫米波信号，能够实时监测洗涤桶内衣物的状态，从而准确地获取衣物在洗涤过程中的体积、密度和分布状态等信息。

2.2.1 技术原理与实现过程

(1) 信号发射与接收：毫米波雷达向洗涤桶内发射毫米波信号，这些信号在遇到衣物后会反射回来，被雷达接收。通过测量反射信号的强度、相位和时间延迟等参数，可以推断出衣物的存在及其状态。(2) 体积测量：当毫米波信号遇到衣物时，其反射信号的强度会发生变化。通过测量反射信号的强度，并结合雷达与衣物之间的距离信息，可以计算出衣物的体积。这是因为反射信号的强度与衣物的体积成正比，体积越大，反射信号越强。(3) 密度测量：密度测量则依赖于反射信号的相位信息。不同密度的衣物对毫米波信号的反射相位会有所不同。通过测量反射信号的相位差，并结合已知的衣物体积信息，可以计算出衣物的密度。(4) 分布状态监测：为了监测衣物的分布状态，毫米波雷达通常采用阵列天线技术。通过多个天线同时发射和接收信号，可以形成一个三维的雷达图像，从而直观地展示衣物在洗涤桶内的分布状态。

2.2.2 参数转换与分析

将雷达测量得到的反射信号强度、相位和时间延迟等原始数据，通过复杂的信号处理算法进行转换和分析，从而提取出衣物的体积、密度和分布状态等关键信息。这些信息被输入到洗衣机的控制系统中，控制系统根据预设的洗涤程序和实时监测到的衣物状态，动态地调整进水量，以确保洗涤过程中各个阶段都使用最适合的水量。

2.3 智能调节进水量的优势

毫米波雷达实现的动态水位调整功能，无疑是洗衣机技术领域的一次革新，它带来了多方面的显著优势。第一，这一技术显著提高洗涤效果。传统的洗衣机在控制进水量时，往往依赖于预设的程序，无法根据洗涤过

程中的实际情况进行灵活调整。而毫米波雷达技术的引入，使得洗衣机能够实时感知并响应洗涤过程中的衣物状态变化。通过精准调整水位，洗衣机可以确保衣物在每个洗涤阶段都能得到充分的浸泡和均匀的清洗，从而显著提升洗涤质量，使得衣物更加洁净、亮丽。第二，动态水位调整功能有助于节约宝贵的水资源。传统洗衣机在无法实时感知洗涤需求的情况下，往往会浪费大量的水资源。而毫米波雷达技术则能够实时监测衣物的状态，并根据实际需求精准控制用水量。这种智能化的水位调节方式，不仅可以避免不必要的浪费，还能够实现水资源的最大化利用，对于保护水资源和推动可持续发展具有重要意义^[2]。第三，这一功能还显著提高洗衣机的智能化水平。随着物联网和人工智能技术的不断发展，智能家居已经成为未来的发展趋势。而毫米波雷达技术的应用，正是洗衣机向智能化转型的重要一步。通过引入这一技术，洗衣机能够根据用户的实际需求进行自动调整，提供更加个性化、智能化的洗涤服务。

3 毫米波雷达检测人体靠近时的交互响应

3.1 氛围灯亮起与机门自动打开的功能

当毫米波雷达检测到人体靠近洗衣机时，它会立即触发一系列交互响应。首先，洗衣机机门周围的一圈氛围灯会亮起，为用户提供明确的视觉反馈。这种灯光效果不仅美观大方，还可以让用户更容易地找到洗衣机的位置。同时，机门也会自动打开一定的角度，方便用户放入或取出衣物。这种人性化的设计大大提高了洗衣机的便捷性和用户体验。

3.2 提高使用便捷性

毫米波雷达技术使得洗衣机在人体检测方面更加精准和灵敏。当用户靠近洗衣机时，无论他们是否携带衣物或双手是否空闲，洗衣机都能迅速响应并自动打开门。这种功能尤其适用于那些双手忙碌或行动不便的用户，使得他们能够更加轻松地操作洗衣机；氛围灯的亮起也为用户提供了额外的便利，特别是在光线较暗或视线受阻的情况下。除了提高使用便捷性外，毫米波雷达的交互响应功能还有助于提升洗衣机的安全性。当洗衣机在运行时，如果用户突然靠近并试图打开门，雷达会立即检测到这一行为并停止运行以确保用户的安全。这种智能化的安全机制使得洗衣机在使用过程中更加可靠和放心。

4 通过毫米波雷达实现手势控制

4.1 手势识别和控制器的作用

毫米波雷达不仅可以用于检测人体靠近和交互响应，还可以作为手势识别和控制器使用。通过毫米波雷

达的精确测量和实时监测能力,洗衣机可以准确地捕捉到用户的手势动作,并将其转化为相应的控制指令。这种全新的操作方式为用户提供了更加自然、直观的控制体验^[3]。具体来说,当用户站在洗衣机前并做出特定的手势动作时,毫米波雷达会立即捕捉到这些动作并进行分析。根据分析结果,洗衣机会执行相应的控制指令,如切换显示界面、调整洗涤程序等。这种手势控制功能不仅使得操作更加便捷,还增加洗衣机的趣味性和互动性。

4.2 适用于特殊情况

毫米波雷达的手势控制功能在特殊情况下尤为实用。例如,当用户的手上有水或泡沫时,他们可能无法直接触摸洗衣机的控制按钮或屏幕。在这种情况下,手势控制功能就显得尤为重要。用户可以通过简单的挥手动作来切换和控制显示界面,而无需直接接触设备。这不仅避免了因接触设备而带来的不便和卫生问题,还提高了洗衣机的使用效率和用户体验。另外,毫米波雷达的手势控制功能还适用于那些视力不佳或行动不便的用户。这些用户可能无法清晰地看到洗衣机的控制按钮或屏幕上的文字说明。通过手势控制功能,他们可以更加方便地操作洗衣机,享受更加智能化的服务。

5 毫米波雷达在洗衣机中的高级应用与未来展望

5.1 精准衣物材质识别与个性化洗涤

毫米波雷达技术能穿透衣物表面,分析其内部结构、密度和含水量,精准识别棉、麻、化纤、羊毛等多种材质。基于此,洗衣机可自动推荐最合适的洗涤程序,如温和模式清洗羊毛衣物,强力模式应对牛仔衣物。此外,雷达还能识别污渍类型和严重程度,细化洗涤方案,如增加预洗步骤去油污,或选用特定化学制剂处理血渍、果汁渍等。

5.2 衣物分布优化与高效洗涤

毫米波雷达实时监测衣物在洗涤桶中的分布,自动调整旋转速度、方向及水流强度,确保衣物均匀分布,提升洗涤效率,减少磨损。同时,智能水位控制功能保

持最佳水位状态,进一步提效节水^[4]。

5.3 智能化故障预警与维护

雷达监测洗衣机运行状态和振动数据,预警潜在故障,如轴承磨损、皮带松弛等,减少停机损失。长期监测数据建立健康档案,提供个性化维护建议。

5.4 物联网集成与智能家居

毫米波雷达与智能家居系统相连,实现远程监控、联动控制,如根据洗涤进度调整室内环境。为智能家居提供丰富感知数据,提升系统智能化水平。

5.5 未来展望

未来,毫米波雷达技术将向更高精度、更广泛应用场景发展,结合AI和大数据,实现更智能化洗涤方案。同时,技术融合创新将推动洗衣机向更环保、节能方向发展,与其他领域技术深度集成,为用户提供全面便捷服务。

结束语

综上所述,毫米波雷达技术在洗衣机商品上的应用为传统洗衣机带来了革命性的变革。其高精度测量和实时监测能力使得洗衣机在振动监测、进水量调节、人体检测和手势控制等方面实现了显著的技术提升。展望未来,随着毫米波雷达技术的不断发展和完善,相信其在洗衣机等智能家居产品中的应用将会更加广泛和深入,为人们的生活带来更多便利和惊喜。

参考文献

- [1]罗朗娟,王勇,何维.基于毫米波感知的手势识别技术研究进展[J].移动通信,2022(006):046.
- [2]侯建.我国智能雷达自动电网技术安全性分析[J].时代雷达,2022(05):230-263.
- [3]李富松,张华鑫,刘志忠.自动电网技术简析[J].雷达维修,2022(02):12-15.
- [4]刘兵,李旭光,傅海鹏,等.毫米波雷达前端芯片关键技术探讨[J].电子与信息学报,2021,43(6):53.