

基于单片机的饮水机水路泄漏检测装置开发

刘新军¹ 裴 祺²

1.小熊电器股份有限公司 广东 佛山 5238311

2.广东美的厨房电器制造有限公司 广东 佛山 528311

【摘要】：饮水机在长期加热、反复进排水和分段软管连接条件下，易在接头、储水腔和排水支路出现渗漏问题。若泄漏仅依靠用户目测发现，不仅会扩大面积水和电器受潮风险，还可能与缺水、防干烧等控制环节形成连锁故障。文章围绕基于单片机的饮水机水路泄漏检测装置开发，提出多点感知、状态机联动和断水告警一体化方案，并从硬件配置、软件流程和工程调试角度分析关键实现要点。

【关键词】：单片机；饮水机；水路泄漏；检测装置；状态机

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.022

引言

家用饮水机水路结构虽然相对简单，但阀件、软管、储水腔、加热胆和排水接口处于长期湿热环境中，轻微渗漏往往先表现为冷凝混杂、底部潮湿和局部滴落，用户不易第一时间判断。传统缺水保护和防干烧控制更多关注水量不足或温度异常，对早期泄漏并不敏感。开发一套基于单片机的低成本水路泄漏检测装置，核心在于让感知、判断和执行形成快速闭环，并把误报控制在可接受范围内。

1 饮水机水路泄漏检测装置的开发需求与约束

1.1 家用饮水机水路泄漏的典型场景与故障链

饮水机水路泄漏多发于进水接头松动、软管老化龟裂、加热胆连接处密封衰减以及排水结构堵塞回溢等位置。早期渗漏并不一定形成明显水流，而可能表现为周期性滴漏、局部积水或沿壳体内壁缓慢下渗。若装置不能对这些小流量、间歇性泄漏进行识别，故障常会在底盘积水、插接件受潮或保温材料吸湿后才被用户察觉，此时处理成本更高。水箱漏水智能监测报警系统设计研究表明，早期感知与及时告警能够显著缩短故障暴露周期^[1]。饮水机泄漏检测装置的开发起点不应只是“发现大漏”，而是尽量前移到异常水迹刚出现的阶段。

1.2 低成本家电装置对安全性与实时性的要求

家用饮水机的产品定位决定了泄漏检测方案必须在成本、结构空间、功耗和安全性之间取得平衡。装置既不能因加入复杂硬件大幅抬高整机成本，也不能因为过度压缩功能而让告警失去实际价值。对家电级产品而言，实时性要求更多体现在“泄漏出现后尽快阻断”而非毫秒级精密测量，因此方案设计应优先保证识别稳定、断水动作可靠和误报可控。若检测逻辑过于灵敏，冷凝水、清洁残水和用户短时取水飞溅都可能触发无效报警，反而削弱用户对装置的信任。开发方案必须在高灵敏感知与场景适应性之间建立合理边界。

1.3 单片机方案在小型水路监测中的适配优势

单片机方案适合饮水机这类小型设备，原因在于其可将多点采样、阈值判断、声光告警和执行器控制整合到同一低成本平台中。相比只采用独立比较器或机械浮子触发的方案，单片机更容易引入时间滤波、状态锁存和多条件联动机制，从而减少瞬时误触发。基于单片机的智能饮水机设计与实现研究说明，单片控制器在饮水设备中既可承担常规控制，又便于后续功能扩展^[2]。对泄漏检测而言，这种可编程特性尤其重要，因为不同机型的水路布局、安装姿态和排水习惯差异较大，需要通过软件参数而非频繁改板来完成适配。

2 泄漏检测装置的硬件架构设计

2.1 传感节点布置与泄漏感知路径设计

硬件设计的首要工作是确定传感节点布置。饮水机泄漏并不集中发生在单一部位，因此应围绕进水接口、储水腔底部、加热区周边和整机底盘构建分层感知路径。对易滴漏位置可采用近点位传感，对底盘积水区可采用汇总感知，形成“局部发现+末端兜底”的组合结构。若所有传感器都只铺设在最底部，装置虽然简单，但对上部早期渗漏的响应会明显滞后。基于振动的管网漏水检测系统设计与开发研究启示，传感布置要围绕故障传播路径而非单纯均匀分布^[3]。饮水机装置同样应根据水流走向和重力流向规划节点位置，使传感结果更贴近真实泄漏源。

2.2 单片机最小系统与信号调理电路实现

单片机最小系统除完成基本时钟、复位和供电管理外，还要为多路泄漏传感器提供稳定采样接口。由于饮水机内部存在加热器、继电器和显示板等干扰源，传感信号如果直接进入主控端口，容易出现抖动和误判。因此，前端电路宜加入限流、滤波、隔离或施密特整形等环节，把环境扰动先在硬件层面消减，再交由软件判断。若装置同时与缺水保护、防干烧或整机待机逻辑联动，还应考虑输入输出电平匹配和故障时的默认安全状态。基于单片机的饮水机缺水自动保护控制系统设计研究

表明,围绕家电安全控制的输入稳健性处理是装置可靠运行的基础。

2.3 断水执行、声光告警与人机交互模块配置

泄漏检测装置只有完成处置动作,监测价值才能真正落地。硬件层面除了传感和采样,还应配置断水执行机构、蜂鸣器、指示灯或简易显示模块,用于实现“发现泄漏—阻断供水—提示用户”的闭环。对家用产品而言,执行机构通常不宜设计得过于复杂,可在进水控制侧优先考虑安全断开或阀控联动,使装置在确认泄漏后先限制继续进水,再由用户进一步排查。人机交互部分则应把报警来源、当前状态和复位提示表达清楚,避免用户只听到报警却不知道是短时误报、底盘积水还是持续渗漏。若设备具备显示板或联网接口,还可将异常区分为“近进水端”“近加热区”“近底盘汇集区”等类别,帮助维修人员缩短拆机定位时间。配置清晰的本地反馈还有助于售后人员快速判断故障类别,缩短检修时间。

3 装置控制程序与异常识别流程

3.1 多点采样、阈值判别与时间滤波逻辑

软件控制的第一层是采样与基础判别。考虑到饮水机在注水、加热和用户取水过程中可能产生瞬时水滴或水汽凝结,程序不宜以单次采样超阈值就直接认定泄漏,而应对多点采样结果进行时间窗口统计。只有当同一节点持续满足异常条件,或多个关关节点在合理先后顺序上共同触发时,系统才能进入更高等级判定。这样既能提高小流量渗漏的识别概率,也能滤除飞溅、擦拭残水和清洗后短时潮湿造成的误报。基于单片机的饮水机防干烧控制系统设计与仿真研究说明,家电控制程序若能引入状态持续时间判断,整体稳定性通常更好^[4]。

3.2 状态机联动控制与误报抑制策略

单片机方案的优势之一,是能够用状态机把不同运行场景清晰区分。例如待机、正常取水、加热、排空维护和故障保护等状态下,泄漏判据与执行动作不必完全相同。装置可以在正常取水阶段适当放宽短时异常窗口,防止取水飞溅误报;在待机和无人使用阶段则提高灵敏度,及时捕捉持续渗漏。状态机还可把泄漏告警与缺水保护、温控保护进行优先级协调,避免多个保护功能互相覆盖,导致用户只看到结果却不知道原因。基于无线传感器和机器学习的地下管道漏水检测系统研究虽面向更复杂对象,但其分阶段识别思路对家电级误报抑制同样有借鉴意义。

3.3 自检、故障诊断与复位恢复机制

若检测装置自身传感器开路、短路或采样线路受潮失真,系统就可能在无真实泄漏时反复报警,或者在有泄漏时保持沉默。因此,控制程序应在上电和周期运行中加入自检机制,检查各路传感输入是否处于合理区间,并对明显异常的硬件状态单独报码,而不是混入普通泄漏告警。故障确认后,复位策略

也不宜设计为断电即清除,而应要求用户先完成排水、擦干和检查,再执行人工确认或延时恢复,防止装置在问题未消除时重新供水。若装置与整机主控分离,还应增加通信超时和执行反馈校验,确认断水动作确已完成。这样能够把检测装置从简单报警器提升为具备最基本诊断能力的家电安全模块。

4 样机调试与工程化优化路径

4.1 冷凝水干扰、电磁噪声与布线防护

饮水机内部环境决定了样机调试必须重点处理冷凝干扰和电磁噪声。加热胆附近温差较大,冷凝水可能在非泄漏情况下短时附着于壳体或传感面,如果布点离热源过近、绝缘隔离不足,就会放大误报概率。与此同时,继电器吸合、显示驱动切换和加热负载启停会给采样线引入脉冲干扰,若电源去耦、回流路径和弱信号布线没有独立规划,程序层面的滤波压力会显著增加。工程优化时应把传感走线远离高功率回路,并通过结构导流、屏蔽和接地规划减少非目标水迹与噪声同时进入监测链路^[5]。

4.2 安装标定、流量工况复核与联动验证

样机完成后,不能只在静态台架上验证传感器是否导通,还应围绕实际工况开展标定复核。包括小流量渗漏、持续滴漏、接口松脱后的快速泄漏以及注水、取水、排空等正常操作场景,都应分别记录装置响应时间、执行动作和恢复条件。通过不同流量和不同位置的复核,可以判断阈值设置是否过宽或过窄,也能检验断水执行和声光提示是否按既定顺序联动。若只验证单一流量泄漏,装置很可能在真正家用场景中对慢性渗漏反应迟缓,从而失去预警意义。对带保温腔或隐藏式水路的机型,还应在外壳装配完成后的整机状态下重复验证一次,确认结构件压紧、线束翻边和导流件安装不会改变原有感知灵敏度。

4.3 维护升级、成本控制与应用边界

工程化落地还要考虑维护与成本。对饮水机这类消费型设备,装置应尽量采用易替换传感元件和标准化连接方式,避免售后拆机复杂度过高。软件参数最好支持出厂分档或后期校准,以便在不同型号和不同底盘结构间复用同一控制平台。与此同时,也要明确应用边界:该装置更适合用于家用饮水机的早期泄漏发现和供水阻断,不能替代整机密封寿命评价或专业流量诊断。只要成本、维护性和功能边界被同步纳入开发方案,单片机泄漏检测装置就能兼顾实用性与量产适配性。

5 装置验证与量产适配的关键控制点

5.1 泄漏场景库构建与分级验证方法

在样机阶段,饮水机泄漏检测装置就应建立系统化、场景化的验证方法,而不仅仅依赖单一的导通试验。场景库应涵盖多种实际使用中可能出现的情况,包括轻微渗漏、持续滴漏、快速破裂泄漏、冷凝水附着、清洗残留水以及用户取水飞溅等。

针对不同风险等级，应区分处理策略：对于高风险情况立即断水，中等风险延时复判，低风险则仅记录或提示。通过分级验证，开发者能够观察装置在不同场景下的判定一致性和可靠性，避免将所有异常统一处理，提升判定的精确性。对于消费型家电而言，这种分级方法更贴近真实使用需求，相较于单纯追求高灵敏度，更能保障用户安全和提升使用体验，同时也为后续产品优化提供科学依据。

5.2 长期运行下的稳定性与可维护性复核

在量产前，饮水机泄漏检测装置还应从长期运行角度对稳定性进行系统复核，重点关注传感元件受潮后的恢复能力、阈值漂移趋势、执行机构经过多次动作后的可靠性以及拆装维护的便利性。如果传感片在清洁后难以恢复，或执行器在多次断水操作后出现卡滞，即使装置初期测试表现良好，也难以支撑长期家用环境^[6]。稳定性复核的核心在于识别那些短时台架测试无法发现，但会在月度或季度使用中逐步放大的潜在问题。对于家电企业而言，这一步不仅影响产品可靠性，还关系到售后备件的准备和返修模式设计，因为若问题能在传感片或线束级快速更换，整体维护成本将显著降低。若产品计划进入学校、宿舍或办公饮水场景，还需考虑高频取水对动作寿命的加速影响。只有将可维护性和长期可靠性纳入评价体系，检测装置才能顺利进入批量生产并满足真实使用需求。

参考文献：

- [1] 杨冬英.基于单片机的智能饮水机设计与实现[J].山西电子技术,2025,(01):23-25+63.
- [2] 黄精,刘洋,刘领涛.基于单片机的饮水机缺水自动保护控制系统设计[J].中国高新科技,2024,(16):50-52.
- [3] 黄精,陈永康,刘超,等.基于单片机的饮水机防干烧控制系统设计与仿真[J].电子制作,2024,32(10):93-96.
- [4] 周秀珍.水箱漏水智能监测报警系统设计与实现[J].电子制作,2023,31(11):34-37.
- [5] 任旭虎,王智敏,汪卫众,等.基于振动的管网漏水检测系统设计与开发[J].电子设计工程,2024,32(15):110-114.
- [6] 张峰,王乾.基于无线传感器和机器学习的地下管道漏水检测系统研究[J].智能城市,2024,10(12):95-97.

5.3 程序升级、参数复用与机型适配边界

不同饮水机机型在水路布局、底盘空间、加热方式和用户交互上存在差异，因此泄漏检测装置不宜把所有参数写死在单一程序中。更合理的做法是保留若干可配置项，如节点灵敏度、延时窗口、断水优先级和复位方式，使同一主控平台能够在多机型间复用。与此同时，也要界定适配边界，例如极小体积机型是否只能保留底盘感知、带外置净水模块的机型是否需要增加额外节点等。若企业后续还要叠加缺水提醒、滤芯寿命或联网售后等功能，当前程序结构也应预留扩展接口，避免二次开发时破坏既有泄漏判定逻辑。对量产导入环节，还应同步形成参数下发、版本标识和售后回写规则，避免不同批次程序混用造成现场判断口径不一致，并保证售后更换控制板后仍能快速恢复正确配置和历史参数信息。程序升级与参数复用策略越清晰，后期量产导入和售后维护成本就越可控，装置开发成果也越容易转化为稳定产品能力。

6 结语

基于单片机的饮水机水路泄漏检测装置开发，关键不在单一传感器选型，而在多点感知、稳健判别和断水告警的整体协同。只有把硬件布点、软件状态机、自检恢复和工程化调试统一起来，装置才能在控制成本的同时实现对早期渗漏的有效识别与快速处置。