

洗碗机内循环风机加热烘干技术的研究应用

杨喆

松下家电（中国）有限公司

DOI:10.12238/jpm.v5i11.7425

[摘要] 本研究探讨了洗碗机内循环风机加热烘干模块的设计与应用。设计中将烘干模块置于内胆顶部，以利用有限空间，并通过优化风机和加热器的结构，提高干燥效率。通过降低热漂温度和合理选型加热器、风机功率，确保设备在保持高能效的同时，提供有效的干燥功能。温场仿真和实际测试验证了烘干模块的性能和安全性，结果显示新增烘干模块显著提升了洗碗机的干燥性能，并符合能效 1 级标准。

[关键词] 洗碗机；内循环风机；加热；干燥指数；

Research and application of heating and drying technology of internal circulating fan in dishwasher

Yang Zhe

Panasonic Home Appliances (China) Co., Ltd

[Abstract] This study discusses the design and application of the heating and drying module of the circulating fan in the dishwasher. The drying module is designed on the top of the inner bladder to utilize the limited space and improve the drying efficiency by optimizing the structure of the fan and heater. By reducing the heat drift temperature and reasonably selecting the power of the heater and fan, it ensures that the equipment maintains high energy efficiency while providing effective drying function. The temperature field simulation and the actual test verified the performance and safety of the drying module, and the results showed that the new drying module significantly improved the drying performance of the dishwasher, and met the energy efficiency level 1 standard.

[Key words] dishwasher; internal circulation fan; heating; drying index

引言

随着家用电器智能化的发展，洗碗机的市场需求逐渐增加。在使用洗碗机的过程中，用户不仅期望清洗效果出色，更希望洗碗机具备高效的干燥功能。然而，传统洗碗机的干燥性能受限于设计和能效问题，无法满足日益增长的用户需求。因此，本研究提出了一种新型的内循环风机加热烘干模块，旨在优化洗碗机的干燥性能，同时维持高能效标准。

1 研究背景

随着社会的发展和生活水平的提高，家用电器的普及程度越来越高，洗碗机作为一种能够提高家务效率的智能家电，受到了越来越多家庭的欢迎。然而，在使用洗碗机的过程中，干燥功能的效率和效果成为用户体验的重要指标之一。传统的洗碗机干燥方式通常采用自然干燥或简单的加热元件，这些方法

虽然能在一定程度上去除水分，但往往存在干燥不彻底、耗能高等问题。

当前，市场上普遍采用的干燥技术主要有冷凝干燥、热风干燥和热泵干燥三种。其中，冷凝干燥虽然能耗较低，但干燥速度慢且效果不佳；热风干燥速度较快，但能耗较高；热泵干燥虽然具备较高的能效，但其成本较高且技术复杂。面对这些问题，如何在提升干燥效率的同时，降低能耗和成本，成为洗碗机制造企业亟待解决的难题。

针对这一需求，本研究提出了一种基于内循环风机的加热烘干技术。该技术利用风机的空气循环作用，结合加热器的热能，将内胆中的湿热空气快速排出，同时引入干燥的热空气，从而实现餐具的快速干燥。内循环风机加热烘干技术不仅能够提升干燥效果，还能通过优化风道设计，减少热量的散失，提

高效等级。特别是在能源紧缺和环保要求日益严格的背景下，这种技术方案能够有效地降低洗碗机的能源消耗，符合节能减排的趋势。

此外，随着消费者对家电产品的智能化和多功能化要求不断提升，洗碗机的设计也朝着更加智能和人性化的方向发展。内循环风机加热烘干技术不仅能够实现高效的干燥功能，还可以通过温控系统的智能调节，避免温度过高对餐具和机器内部元件的损坏，延长设备的使用寿命。这种智能化的干燥技术不仅提升了用户体验，也增强了产品的市场竞争力。

2 系统方案的设计

2.1 烘干模块安装位置

在设计洗碗机的烘干模块时，考虑到内胆的有限空间，选择了内胆顶部作为安装位置。这一选择基于内胆两侧的可用安装宽度仅有 20mm，无法容纳整个烘干模块。顶部安装的位置不仅能更好地避免餐具对气流的阻挡，还可以利用热空气的自然上升特性，提高干燥效率。具体来说，烘干模块放置在内胆顶部，可以让热空气均匀地覆盖餐具，从而实现更好的烘干效果。此外，顶部位置也有利于维护和检修，减少了操作的复杂性。

2.2 风机部分结构设计

风机部分的设计关键在于形成有效的风道结构。风机盖板与叶片的配合设计，使得空气能够从中间进风，并从侧面出风。为了提高干燥效果，风机盖板与内胆顶部之间保留了一定的间隙，使得部分热空气可以通过该间隙排出，从而更好地烘干内胆顶部区域。为了防止在洗涤过程中水进入风机盖，盖板的侧壁设计成倾斜结构，使得水可以顺着侧壁流到底部，并通过出风口排出。这种设计不仅提高了风机的效率，还减少了可能的积水问题，延长了设备的使用寿命。

2.3 加热器部分结构设计

加热器的设计目的是最大化热空气与空气流动的接触面积。为此，加热器被设计成环形结构，空气从风机盖板中部进风口吸入后，经过加热器的加热管，最终从侧面出风口排出。这种设计确保了每次空气流经加热管时，都能充分加热，从而逐步提高内胆空气的温度，达到干燥餐具的效果。同时，内胆顶部还设置了自复位和手动复位的温控器，用于控制加热管的工作温度，提供安全保护。自复位温控器的设置温度低于手动复位温控器，这样设计既能有效控制加热过程，又能在超温情况下提供保护措施，确保设备的安全运行。

这些结构设计的优化，不仅提高了洗碗机的干燥效率，还保证了其在能效等级上的达标，并且有效地解决了传统设计中的空气加热不足、能效不高等问题。通过这些改进，新型的内

循环风机加热烘干模块能够提供更好的使用体验和安全保障。

3 电气件选型

3.1 基础机型耗电量余量

在设计内循环风机加热烘干模块时，充分利用基础机型的耗电量余量是关键的一步。基础机型在没有加装烘干模块的情况下，已经达到了能效 1 级的标准，其标准洗涤循环耗电量为 0.783 kWh。根据 GB 38383-2019《洗碗机能效水效限定值及等级》的标准，能效 1 级的最高能源效率指数为 50，而基础机型的能源效率指数为 46。这个差距意味着基础机型在能效 1 级标准的范围内还有 0.067 kWh 的耗电量余量（洗碗机内循环风机加热烘干技术的研究应用_刘洋）。

这些余量为新增的烘干模块提供了一个设计上的能耗空间。在选择加热器和风机等电气件时，必须确保这些组件的耗电量不会超过这一余量，以保证整机仍然能够符合能效 1 级的标准。这也意味着，在设计烘干模块时，不仅需要关注其干燥性能，还需要严格控制其耗电量，以维持整机的能效水平。

为了进一步优化能源利用，设计团队还进行了热漂阶段的优化。传统的热漂阶段通常设置在 60℃，以确保洗涤后的餐具能迅速升温。然而，这一过程耗电较高，因此在增加烘干模块后，热漂阶段的温度被降低到 50℃。这种调整通过减少加热需求，节省了约 0.035 kWh 的电能。再考虑到加热泵的效率，这一节能措施实际减少了约 0.1 kWh 的能耗。这样一来，基础机型的能效余量增加到了 0.167 kWh，为烘干模块提供了更大的能耗缓冲空间（洗碗机内循环风机加热烘干技术的研究应用_刘洋）。

在这些基础上，选定的烘干模块中的加热器功率为 630W，风机功率为 19W。在实际运行过程中，这些组件在 15 分钟内的预估耗电量为 0.162 kWh，完全在基础机型的能效余量之内。通过这些措施，确保了新增烘干模块的能效和性能的平衡，使得产品不仅能够提供高效的干燥功能，还能保持在能效 1 级标准的范围内。

3.2 热漂温度降低减少耗电量

增加烘干模块后，系统设计进行了优化，降低了热漂阶段的温度，从原本的 60℃降至 50℃。这种优化的主要目的是减少加热过程中所需的能量消耗。根据热力学公式 $Q=cm\Delta T$ ，热漂阶段进水的温差减少了 10℃，因此所需的热量减少了大约 126,000J，转换为电能约为 0.035kWh。考虑到洗碗机的加热泵效率大约为 35%，整机的能耗减少了大约 0.1kWh。这一调整进一步释放了能效余量，为新增的烘干模块提供了更多的能量使用空间，同时也保证了整机的能效水平。

3.3 校核加热器、风机功率

在选择加热器和风机的功率时，首先要确保整体的耗电量不超出能效 1 级的标准。根据之前的计算，基础机型的耗电量余量为 0.167kWh，因此选择了功率为 630W 的加热器和功率为 19W 的风机。计算显示，在 15 分钟的运行时间内，这些组件的预估耗电量为 0.162kWh，符合设计要求且低于基础机型降低热漂温度后所允许的最大耗电量。这种设计既能满足干燥需求，又能在能效范围内操作，确保设备的整体性能和节能效果。

4 温场仿真

在洗碗机的内循环风机加热烘干技术的研究中，温场仿真是评估烘干模块性能的关键步骤之一。仿真过程采用有限体积法，对烘干模块在运行期间的温升状态进行数值计算。初始条件设置为洗碗机内部温度为 50℃，外部环境温度为 25℃。仿真模型采用了 1000 万个网格和 3500 万个网格节点，这样的精度足以捕捉复杂的温度变化，不需要进行网格无关性验证。

仿真结果表明，烘干模块工作 10 分钟时，出风口温度可达到 105℃以上。这样的温度足以有效烘干餐具，同时还要避免温度过高加速洗碗机内部零件的老化，因此将运行时间设定为 10 分钟。基础机型的干燥测试数据显示，特别容易扣分的餐具为上搁架的玻璃杯和下搁架的筷笼内的筷子和小汤勺。仿真结果显示，这些位置的温度在烘干模块工作 10 分钟后可达到 70℃，显著高于传统离心风机结合 PTC 加热器的烘干方式的效果。

为了验证仿真结果的适用性，实际测试中在烘干模块的出风口、上搁架和下搁架位置布置了热电偶温度传感器。测试结果显示，当出风口温度达到 126℃时，上、下搁架的温度分别可以达到 85℃和 70℃，这与仿真结果基本一致，证明了仿真模型的准确性和适用性。通过这些验证，确定了烘干模块的工作逻辑和时序设计，进一步优化了产品的开发周期。

总的来说，这次温场仿真不仅帮助优化了烘干模块的设计，还通过预测实际运行中的温度分布，确保了产品的安全性和性能。此外，仿真数据与实际测试数据的吻合，进一步证明了仿真方法在家电产品设计中的重要性和可靠性。这种仿真方法为未来类似的设计提供了有价值的参考经验。

5 测试验证

5.1 仿真结果适用性验证

在测试验证阶段，通过布置热电偶温度传感器在烘干模块的出风口、上搁架和下搁架位置，来监测烘干模块运行时的温升情况。当烘干模块工作一段时间后，出风口温度达到了 126

℃，上搁架和下搁架的位置分别达到了 85℃和 70℃。这些温度数据与之前的仿真结果基本一致，证明了仿真模型在预测温度分布方面的准确性。这一验证过程不仅确认了仿真结果的可靠性，也为后续的产品优化提供了数据支持。通过验证，确定了烘干模块的设计可以满足实际使用中的干燥需求，同时也保证了设备在高效运行的同时不会对内部组件产生过度的热损害。

5.2 性能测试验证

为了进一步验证烘干模块的实际性能，进行了全面的性能测试。测试依据 GB 38383-2019《洗碗机能效水效限定值及等级》和 GB/T 20290-2016《家用电动洗碗机性能测试方法》进行。结果表明，带有烘干模块的样机相比不带烘干模块的样机，其干燥指数平均提高了 6.8%。具体来说，不带烘干模块的样机干燥指数平均值为 1.173，而带有烘干模块的样机干燥指数平均值达到了 1.253。这一提升表明，新增的烘干模块显著提高了洗碗机的干燥性能。此外，在能效测试中，带烘干模块的样机能效指数均小于 50，符合能效 1 级的标准要求。这些测试数据充分证明了烘干模块的有效性和节能性，达到了设计的预期目标。

6 结语

通过对烘干模块的结构优化和温场仿真，本研究成功设计并验证了一种高效的洗碗机烘干方案。实际测试结果表明，新型烘干模块不仅显著提升了洗碗机的干燥性能，还能在严格的能效标准下保持优异表现。未来的工作将进一步优化设备的能效和使用体验，以满足用户对高效、节能的家用电器的需求。

[参考文献]

- [1]陈如金,陈盼吉,姜彦胥,等.基于风机配置的洗碗机对干燥性能的研究[J].家用电器,2023,(11):60-64.
- [2]黎铭峰,王松波,曾维平,等.用于洗碗机的多模式风机通风干燥技术的研究[J].家电科技,2023,(03):108-111. DOI: 10.19784/j.cnki.issn1672-0172.2023.03.019.
- [3]谭毅斌,张林峰,钟源豪,等.双风机系统对家用洗碗机内部气流影响研究[J].家电科技,2022,(03):64-67. DOI: 10.19784/j.cnki.issn1672-0172.2022.03.011.
- [4]张朴.家用洗碗机风机干燥技术影响因素研究[J].家用电器,2022,(03):70-72.
- [5]梁发明.家用洗碗机的可靠性评价与故障分析[D].四川大学,2021. DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2021.000694.