

热水器支架的轻量化设计与材料选择研究

任启彬

嘉兴沃尔奇电器股份有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】热水器的支撑架结构设计对其悬挂装置的承载能力起着决定性作用。本研究旨在探索热水器支撑架设计对承载性能的作用机理，并提出一套设计原则，通过对热水器支撑架进行验证。在此基础上，本文深入分析了轻量化理念在热水器支撑架设计中的应用。通过实施选取合适的支撑材料以及结构优化措施，力求实现结构性能的最优化和重量的大幅减轻。同时，本文还评估了轻量化结构设计的有效性，以衡量热水器支撑架轻量化设计的实际成效。本研究期望能够为热水器支撑架的轻量化设计提供借鉴，助力热水器产业的持续健康发展。

【关键词】热水器支架；轻量化设计；材料选择

【中图分类号】 TM615

Research on lightweight design and material selection of water heater bracket

Ren Qibin

Jiaxing Walsh Electric Co., LTD., Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】The design of the support frame for water heaters is crucial to the load-bearing capacity of their suspension systems. This study aims to explore how the design of the water heater support frame affects its load-bearing performance and proposes a set of design principles, which are validated through the study of the water heater support frame. Building on this, the paper delves into the application of lightweight concepts in the design of water heater support frames. By selecting appropriate materials and implementing structural optimization measures, the goal is to achieve optimal structural performance and significant weight reduction. Additionally, the paper evaluates the effectiveness of lightweight structural design to assess the practical outcomes of the lightweight design of water heater support frames. The research aims to provide insights for the lightweight design of water heater support frames, contributing to the sustainable and healthy development of the water heater industry.

【Key words】 water heater bracket; lightweight design; material selection

引言：

目前市场上流行的储水式热水器，如太阳能热水器、光伏加热器、空气源热泵热水器等，均配备有体积较大的储水容器。在安装过程中，必须将其牢固地固定在室内承重墙上，因此安装安全性变得至关重要。在实际使用中，水箱坠落的故事时有发生。随着时间的推移，热水器挂墙使用的持续性，支架的承重性能直接关系到热水器的稳固性。支架的倾斜或累积形变可能会导致不良的用户体验，甚至引发安全隐患。因此，支架的设计和整机的安装质量是必须高度重视的环节。同时，在支架设计上，不能仅仅追求质量的提升，成本控制也是设计时必须考虑的因素。因此，寻求成本低廉、性能优良且重量轻便的支架设计方案成为行业追求的目标。

1 热水器支架设计概述

1.1 热水器支架类型

热水器的支架种类主要分为波状管、冷热水阀和不锈钢支架等类型。

波状软管对于小型热水器来说是个不错的选择，其成本相对较低。而双温调节阀在需要独立操控冷水与热水的环境下尤为适用。采用不锈钢打造的支持架以其坚固和耐用的特性，适用于多种墙面结构，尤其是对于中空墙和泡沫砖结构墙体的固定尤为合适。此类支架不仅材质坚硬，而且具有良好的膨胀性。热水器的悬挂支架作为常见的固定方式，不仅

能够稳固地将热水器固定于墙面，而且设计多样，能够满足医院、学校、洗浴中心以及家庭等不同场所的需求。特别是为了适应中空墙结构，特别设计的膨胀螺栓能够保证其牢固安装。在挑选热水器支架时，需要考虑热水器的重量、墙体的种类以及安装的具体要求，从而选择恰当的支架种类，确保热水器的安全与稳固。

1.2 热水器支架的主要材料

1.2.1 金属支架

尤其是那些采用钢铁或不锈钢打造的支持架，它们在热水器装配流程中占据着至关重要的地位。这些支持架具备卓越的承重性能、持久的运用年限以及出色的稳固性，特别适合用于安装像热水器这样的重型家用电器。在众多材质中，304型号的不锈钢因其出色的耐腐蚀性和坚固耐用性而广受欢迎，它能在湿润的条件下保持性能不变，有效延长了使用周期。

1.2.2 塑料支架

这类支撑架同样是热水器装配时常用的选项之一。相较于金属材质的支撑架，塑料材质的支撑架更为轻便，便于搬运和装配，显著降低了安装工人的劳动负担。此外，塑料支撑架的成本较低，适合预算较为紧张的用户选用。但是，塑料支撑架的承重性能不如金属支撑架，且容易发生老化变形，对高温的耐受性也较差，因而其使用寿命通常较短。在挑选热水器支撑架时，不仅要考虑材料类型，还应当关注支撑架的装配方法、设计细节以及是否与特定品牌和型号的热水器相匹配，以保障选购到既安全又具有美观外观的支撑架

产品。

1.3 热水器支架设计

在设计热水器支架时，必须全面衡量材料选择、结构稳固性、安装简易度以及适用性等多个要素，以保障支架的稳固可靠和用户的操作体验。这方面的考量包括材料的选择、结构的稳定性、安装的便利度以及适用性等多个层面。首先，挑选合适的材料是关键所在。高品质的热水器支架往往选用不锈钢或高厚度钢板，以保障其抗腐蚀和承载能力^[1]。比如，304 不锈钢因其出色的抗腐蚀和承载特性，经常被应用于高端热水器支架的制造中。此外，支架的挂钩与膨胀螺丝部分也应采用加厚设计，以增强稳固性，避免热水器滑落。其次，结构的稳定性是设计的核心要素。支架设计应保证其在包括空心墙在内的各种墙体上都能牢固安装。为实现这一点，部分支架采用了特殊的挂钩设计和 L 型吊顶支架配件，以适应不同的墙面结构，提供额外的稳固保障。同时，加厚挂钩和可调节的孔洞设计也增强了支架的稳定性。再者，安装的简便性同样是设计的重要方面。理想的水器支架设计应允许用户无需专业工具即可自行安装。例如，部分支架提供了详细的安装指南和易于使用的安装配件，使得用户可以轻松地完成安装作业。最后，适用性也是一个关键因素。热水器支架需适应不同型号和尺寸的水器，以及不同类型的墙体。在设计过程中，需要考虑到支架的通用性和调整性，以适应不同用户的具体需求。

2 热水器支架材料对比

表 1 三种材料相关性能参数

序号	部位	材料牌号	厚度 (mm)	烧结	弹性模量 (Mpa)	实测屈服强度 (Mpa)	实测拉伸强度 (Mpa)	实测断后伸长率 (%)
1	内挂架	DC01	2.5	否	191129	242	336	36.2
2	内挂架	DC01	2.5	高温烧结	149814	192	289	43.0
3	内挂架	P6	2.5	否	210000	335	540	30
4	内挂架	P6	2.5	高温烧结	201240	325	530	29
5	内挂架	SAPH	2.5	否	210000	390	495	35
6	内挂架	SAPH	2.5	高温烧结	210000	365	480	33.5

从上述数据来看，在经过搪烧处理之后，材料的屈服和抗拉指标均显示出降低趋势，DC01、P6、SAPH 的屈服指标依次上升。通过对三种不同屈服等级的内支架实施承重悬挂实验，并在实验结束后进行排水拆卸，观察到所有实验机的外观上，两侧悬挂架未见显著变形，而机壳在两悬挂架的底部区域出现了明显的内凹变形^[2]。通过分析内支架的变形情况，可以看出内支架均遭受了一定程度的形变，两侧形变量相差无几，这表明悬挂架在整机中的位置设置得当，未出现倾斜现象。增强材料性能可以显著减少内支架的形变量，搪烧前后材料的屈服性能与初始样板有着紧密的联系。鉴于当前搪烧工艺的固定性和冷却速度的限制，为提升搪烧材料的强度，可以从提高原始板材的强度入手，在满足造型需求的同时，尽可能提高原始板材的强度，确保搪烧后的整体强度，进而确保结构强度。但是，仅仅提升原材料强度可能会大幅增加材料成本。因此，探索一种烧结前后强度变化不大的材料，成为成本和质量研究的方向之一^[3]。比如 P6 材料，其烧结前后的屈服强度几乎不变。从金相组织来看，烧结前带钢中心存在带状偏析组织，烧结后这种带状组织消失，主要呈现出铁素体、珠光体和渗碳体的组合结构，烧结前后的晶粒

热水器的承载能力测试，具体是指将挂载结构，包括内部支架和外部支架，承受等同于热水器满水状态总质量两倍的重量，持续悬挂七日，以检测支架是否出现形变或裂纹。通过对内部支架相对于热水器内胆的位置参数进行力学分析，旨在阐释实验过程中观察到的变形情况。如图 1 所示。

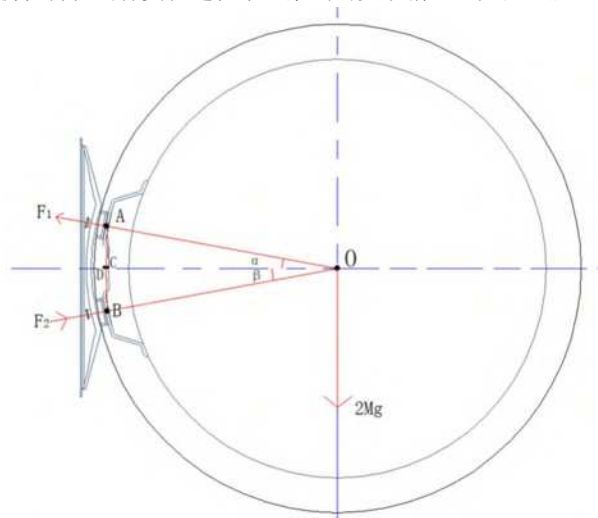


图 1 内胆和内支架组合体受力分析

在高温烧结炉中对热水器内胆进行搪瓷处理的工艺流程中，内胆支架的力学特性将经历转变。本研究选取了三种不同的内支架材质，开展了一系列对比测试，包括拉伸测试和金相组织分析。相关的材料性能数据已在表 1 中详细列出。

3 热水器支架轻量化设计要点

实施支架的轻量化构造设计是一项涵盖选材、结构布局、生产技艺在内的复杂工程。经过精心策划的轻量化构造设计，能大幅提升产品的性能指标及经济收益。此设计核心在于运用创新材料、改进结构布局以及采纳创新的制造技术，以实现支架重量的减轻，同时保持其功能完整性。轻量化构造设计在众多行业均有推广，包括航空航天、汽车制造、太阳能光伏等。在航空航天业，减轻重量对于提升燃油效率及减少运营费用尤为关键^[4]。譬如，波音 737 每减轻一公斤重量，每年能够节约数以十万计美元的燃油费用。轻量化设计的实施手段主要包括：

3.1 设计要点

3.1.1 使用先进材料

以更轻盈且效能卓越的新型材质，取代了传统的构建材料。比如，在光伏支架领域引入的轻质新型复合材料，不仅实现了重量的减轻，同时增强了整个系统的牢固度及发电效

能。在选择材料时,可以考虑那些密度较小但性能优越的种类,比如聚烯烃材料(包括聚丙烯 PP 和聚乙烯 PE)以及高性能的工程塑料(例如长纤维增强的聚丙烯 LFT-PP)。这些新型材料不仅密度较低,有助于减轻支架的负担,同时它们还具备了较高的强度和刚性,完全能够承受热水器支架的重量要求^[5]。

3.1.2 优化结构设计

利用先进的软件技术如拓扑优化和创造性设计方法,对支架的结构进行细致入微的设计调整,旨在实现减轻重量同时确保结构性能的双重要求。这一策略在诸如飞机引擎支架等核心部件的设计过程中显得尤为关键。在设计结构时,可以实施薄壳设计和空腔结构设计。薄壳设计通过优化注塑部件的壁厚,在保证其性能不受影响的基础上,大幅减少材料消耗,进而实现部件的轻量化^[6]。空腔结构设计则是一种更为高效的轻量化手段,特别适用于大型热水器的支架设计,采用双层壁的空腔结构,既减轻了自重,又具备了隔热和隔音的附加功能。

3.1.3 采用创新制造技术

在对热水器支架进行轻量化设计时,需要全面考虑材料的选用与结构布局,目标是确保支架在承载必要重量的前提下,尽可能地降低重量,从而优化产品的性能表现和用户的使用体验。采纳创新技术,比如 3D 打印技术,有助于突破传统加工的局限,使得设计师可以创造出各式各样的结构形态,而无需因生产限制而妥协轻量化目标^[7]。在实施轻量化策略时,还需兼顾支架的结构强度、刚度和使用寿命等关键性能指标,确保在减重的同时不降低其功能性。比如,在液压支架设计中,通过局部加固和实施等强度设计原则,可以在不牺牲强度的前提下实现重量减轻。

3.2 材料选用的探讨

3.2.1 金属材质的支架

主要构成物质为 304 不锈钢。304 不锈钢因其优良的耐腐蚀性能和较高的强度,在潮湿条件下表现卓越,无需担忧锈蚀问题。另外,304 不锈钢制成的支架硬度较高,稳定性强,能够提供更为可靠的支撑力。较之铁质或硬塑支架,不锈钢支架的优势显而易见。铁制支架易锈蚀,硬塑支架则缺乏必要的坚固性,耐用度较低^[8]。不锈钢支架不仅耐蚀、强度大,而且使用寿命较长,适用于多种不同环境。不锈钢支架的价

位因品牌与品质差异而有所区别,市面上的价格从 100 元左右到 200 多元不等。若追求更经济的选择,可以考虑自行焊接支架,这样能进一步降低成本。

3.2.2 塑料支架

热水器的支撑结构通常采用多种塑料材质打造,其中包括 PP(聚丙烯)、PE(聚乙烯)、PS(聚苯乙烯)以及 PA(尼龙)等高分子聚合物。这些塑料原料拥有卓越的化学惰性、抗腐蚀特性、结构强度及弹性,适应了热水器支撑件在不同环境下的使用要求^[9]。具体分析如下:(1)PP(聚丙烯)以它出色的化学耐性和结构强度,在塑料产品制造领域占有一席之地,是热水器支撑件常用的材料。(2)PE(聚乙烯)以其卓越的柔韧性和耐磨特性,常用于生产高品质的塑料支撑结构。(3)PS(聚苯乙烯),作为一种硬度较高的塑料,它展现出的机械强度和化学耐受能力,使其成为热水器支撑件生产的合适选择^[10]。(4)PA(尼龙),例如 PA6,以其优良的冲击强度、耐高温特性和阻燃性,在需要承受高温高压的热水器支架应用中表现出良好的性能。另外,虽然塑料螺丝的膨胀系数较铁螺丝小,但其质轻、抗腐蚀和便于安装的优势,使其成为支架配件中的常用元素。然而,选择具体材料时,还需结合热水器的具体型号、承载重量及安装环境等多方面因素综合考量。

结束语:

总的来说,支架的坚固度对于热水器整机的承载能力起着决定性作用,增强内支撑的坚固性可以有效避免在承载过程中外桶的形变乃至整机的崩溃。支撑结构的材料在烧结前后的屈服强度与初始样本的强度紧密相连,增强材料的强度能显著减少内支撑的形变。然而,考虑到成本因素,寻找强度适中且烧结前后强度变化微小的材料也是研究的一个重要方向。将结构优化设计理念应用于热水器支架设计中,能够把设计重心从安全性检验转向优化设计。利用优化策略,可以在众多潜在的设计方案中筛选出更完善或更合理的选择,实现材料的合理配置,这对于增强热水器支架的强度、刚度和减轻重量具有至关重要的价值。

参考文献

- [1]顾文兵,杨福胜.基于单轴跟踪式光伏支架的光伏阵列优化设计[J].太阳能,2024,(12):97-104.
 - [2]卢成龙,胡庆明,王超,王朝,魏旭然,石雷.光伏支架安装辅助定位施工技术[J].安装,2024,(S2):23-25.
 - [3]焦健.光伏支架结构优化设计研究[J].光源与照明,2024,(12):129-131.
 - [4]姜东.光伏支架结构风参数取值研究[J].特种结构,2024,41(06):43-48+56.
 - [5]张航.单层索柔性光伏支架中结构参数的影响及优化方法[J].能源与环境,2024,(06):75-79+33.
 - [6]邱福清.光伏支架设计与效率提升措施[J].科技与创新,2024,(23):157-159.
 - [7]吕露,刘正龙,李贻友,李圣谦,彭翰林.风荷载作用下光伏支架稳定性研究[J].中国新技术新产品,2024,(07):46-48.
 - [8]张轶.光伏支架结构优化设计研究[J].光源与照明,2024,(03):125-127.
 - [9]杨礼康,侯一凡,陈敬华,毛志成.脉动风空间相关性对光伏支架风振响应的影响[J].浙江科技学院学报,2023,35(05):368-376.
 - [10]周湘杰,袁小芳,阳领.光伏电站自适应光伏支架设计及仿真分析[J].热力发电,2020,49(06):84-89.
- 作者简介:任启彬(1975-),男,汉族,安徽淮北人,研究方向:机电、设计开发。