

游泳池泵节能设计与性能提升探索

欧阳辉泉 胡小军 林圣棚

浙江大元泵业股份有限公司 浙江温岭 317500

摘要: 在“双碳”目标驱动下,泳池行业能耗问题备受关注。游泳池泵作为水循环系统核心,其能耗占泳池运营成本的30%–50%,且性能直接影响水质与使用安全。传统设计在能效、控制和维护上存在诸多不足,导致设备运行效率低、故障率高。通过优化泵体结构、引入智能控制、融合新型节能技术,可有效降低能耗30%以上、提升性能稳定性。本文系统剖析相关问题与改进方向,为推动泳池设备绿色高效发展提供思路。

关键词: 游泳池泵; 节能设计; 性能提升; 智能控制; 结构优化

引言

全民健身蓬勃发展,游泳池数量持续增长。据统计,仅国内每年新增泳池超万座,游泳池泵作为保障池水循环、过滤、消毒的关键设备,其运行能耗与性能愈发重要。然而,多数泳池仍使用传统水泵,存在能耗高、效率低、智能化程度不足等问题,部分水泵能效仅达国家标准的60%。开展游泳池泵节能设计与性能提升研究,是顺应绿色发展趋势、降低运营成本、提升泳池服务质量的必然选择。

一、游泳池泵节能设计与性能提升的研究意义

(一) 对降低泳池运营成本的重要作用

游泳池泵作为泳池设备中的“耗电大户”,其能耗支出在泳池运营成本中占据相当比例。以大型公共游泳池为例,水泵每日连续运行12–16小时,传统低效率水泵每小时耗电可达15–20度,每年电费支出超10万元。通过节能设计提升水泵效率,可显著降低用电量。例如,采用高效叶轮和优化的泵体流道设计,能减少水力损失,降低运行功率15%–20%。同时,性能提升意味着水泵使用寿命从5–8年延长至8–12年,减少了设备更换和维修成本。据测算,优化后的水泵每年可节省电费3–5万元,设备维护费用降低40%,有效减轻泳池运营方的经济负担,提高经济效益,使泳池运营更具可持续性。

(二) 对推动绿色环保发展的积极意义

在全球倡导节能减排、绿色发展的大环境下,游泳池泵的节能设计与性能提升对环保意义重大。降低水泵能耗,直接减少了电力生产过程中的碳排放。以一座中型泳池为例,节能改造后每年可减少二氧化碳排放约50

吨,相当于种植2700棵树木的碳吸收量,助力国家“双碳”目标的实现。此外,高效运行的水泵能更稳定地维持池水的循环与净化,减少因水质恶化导致的化学药剂过度使用。数据显示,节能水泵可使泳池消毒剂使用量降低20%–30%,降低对周边环境的污染。通过推广节能型游泳池泵,还能引导泳池行业形成绿色发展理念,推动整个行业向低碳、环保方向转型升级,为构建绿色生态环境贡献力量。

(三) 对提升泳池使用体验与安全性的价值

性能优良的游泳池泵能确保池水持续、稳定地循环与净化,保持水质清洁,为游泳者提供舒适、健康的水环境。稳定的水流有助于防止池水出现死水区,避免藻类滋生和细菌繁殖,保障游泳者的身体健康。研究表明,高效水泵可使泳池水质达标率从80%提升至95%以上。同时,节能设计优化后的水泵运行更加平稳,噪音从70分贝降低至55分贝以下,减少了对游泳者的干扰,提升了泳池的整体使用体验。此外,可靠的性能也降低了水泵突发故障的概率,避免因池水停止循环导致水质恶化。通过智能监测系统,还能提前预警设备故障,保障了泳池运营的安全性和连续性。

二、游泳池泵工作原理与性能影响因素分析

(一) 游泳池泵的工作流程与功能特点

游泳池泵通过电机驱动叶轮旋转,利用离心力将池水从吸入口吸入,经过叶轮加速后从排出口压出,实现池水的循环流动。其工作流程涵盖吸水、加压、输水三个主要环节,与泳池的过滤、消毒设备相连,确保池水经过过滤、消毒后重新回到泳池。游泳池泵具有流量稳定、扬程适中的特点,需根据泳池大小、水深等参数进

行选型。以标准50米泳池为例，需配备流量100–150立方米/小时、扬程20–30米的水泵。同时，为适应池水的腐蚀性环境，水泵材质多选用耐腐蚀材料，如不锈钢、工程塑料等。近年来，部分新型水泵采用陶瓷涂层技术，进一步提升耐腐蚀性，保证长期稳定运行。

（二）泵体结构参数对性能的影响

泵体结构参数如叶轮直径、叶片形状与数量、泵壳流道设计等，直接影响游泳池泵的性能。叶轮直径大小决定了水泵的流量和扬程，直径越大，理论上流量和扬程越高，但也会增加能耗。研究发现，叶轮直径每增加10%，流量提升约12%，能耗增加15%。叶片形状和数量影响流体在叶轮内的流动状态，合理的叶片设计可减少水力损失，提高能量转换效率。例如，采用后弯式叶片可使效率提升8%–10%。泵壳流道的形状和尺寸则关系到流体从叶轮到出口的过渡是否顺畅，优化的流道设计可降低流体阻力，提升水泵效率。此外，泵轴的强度和同心度也会影响水泵的运行稳定性和使用寿命，高精度加工的泵轴可使振动减少30%，延长设备寿命。

（三）运行工况与环境因素对性能的作用

游泳池泵的运行工况包括流量、扬程、转速等，这些参数的变化会对水泵性能产生显著影响。当实际运行工况偏离设计工况时，水泵效率会下降，能耗增加。例如，流量过大或过小都会导致水泵运行效率降低，在设计流量的60%–120%范围外，效率下降可达20%。环境因素方面，池水温度、酸碱度和杂质含量等会影响水泵的工作性能和使用寿命。高温（超过35℃）、强酸碱（pH值<6或>9）的池水会加速水泵部件的腐蚀，而池水中的杂质可能造成叶轮磨损、管道堵塞，影响水泵的正常运行和性能发挥。据统计，含有较多毛发、砂石的池水会使水泵叶轮磨损速度加快50%。

三、传统游泳池泵在节能与性能方面存在的问题

（一）泵体设计导致的能耗高与效率低问题

传统游泳池泵的泵体设计多沿用陈旧的经验公式和标准，叶轮和泵壳流道的形状、尺寸缺乏优化。叶轮叶片形状不合理，导致流体在叶轮内流动时产生大量涡流和湍流，增加了水力损失，降低了能量转换效率。与新型节能水泵相比，传统水泵水力效率普遍低15%–20%。泵壳流道设计不科学，流体从叶轮排出后不能顺畅地流向出口，造成冲击损失和回流现象，进一步损耗能量。此外，泵体材质选择不当，如采用普通铸铁材质，增加了运行时的摩擦阻力，使得水泵在运行过程中需要消耗更

多电能来维持运转，导致能耗居高不下。部分传统水泵能效仅为0.5–0.6，远低于节能水泵0.75以上的能效水平。

（二）控制系统落后引发的运行不智能弊端

传统游泳池泵多采用简单的启停控制方式，缺乏智能调节功能。水泵一旦启动，通常以固定转速运行，无法根据实际需求自动调整流量和扬程。例如，在泳池人流量较少的清晨或深夜，水泵仍保持满负荷运行，造成能源浪费，此类无效能耗占比可达总能耗的30%。同时，传统控制系统缺乏对水泵运行状态的实时监测和故障预警功能，无法及时发现水泵的异常情况，导致设备故障不能得到及时处理。据调查，约40%的泳池设备故障因未能及时发现而造成更大损失。此外，人工操作和管理的方式效率低、误差大，难以满足现代化泳池高效运行的需求，管理成本比智能控制系统高2–3倍。

（三）维护与管理困难造成的性能衰减缺陷

传统游泳池泵在设计上对维护和管理的便利性考虑不足。水泵的零部件布局紧凑，维修空间狭小，增加了日常维护和检修的难度。例如，叶轮和密封件的更换需要拆卸多个部件，耗时耗力，单次维修时间长达4–6小时。同时，由于缺乏智能监测系统，无法准确掌握水泵各部件的磨损情况和使用寿命，难以制定科学合理的维护计划。长期缺乏有效的维护，会导致水泵部件磨损加剧、密封性能下降，进而造成水泵性能衰减，效率每年降低5%–8%，能耗增加10%–15%，缩短设备的整体使用寿命，使设备提前2–3年进入更换周期。

四、游泳池泵节能设计与性能提升的方向

（一）优化泵体结构与材料应用

在泵体结构优化方面，运用先进的计算流体力学（CFD）技术对叶轮和泵壳流道进行仿真分析和优化设计，可通过建立三维模型模拟不同工况下的流体流动，反复调整参数以达到最优设计。设计新型叶轮叶片形状，如采用扭曲叶片或复合曲线叶片，减少流体冲击和涡流损失，可使效率提升12%–15%；优化叶轮直径、叶片数量等参数，在满足流量和扬程需求的前提下，提高能量转换效率。改进泵壳流道形状，使其与叶轮更好地匹配，确保流体流动顺畅，降低水力损失。例如，采用渐扩式流道设计，可有效减少流体在泵壳内的湍流现象。在材料应用上，选用高强度、低摩擦系数且耐腐蚀的新型材料制造泵体和叶轮，如工程塑料、陶瓷复合材料等。陶瓷复合材料叶轮可使摩擦阻力降低20%，重量减轻30%，同时增强水泵的耐腐蚀性和耐磨性，提升使用寿命3–5

年。此外，还可探索金属基复合材料的应用，其兼具金属的高强度和复合材料的轻量化、耐腐蚀特性，为水泵性能提升开辟新途径。

（二）引入智能控制系统与运行策略

引入智能控制系统是提升游泳池泵性能的重要方向。采用变频调速技术，根据泳池的实际需求（如人流量、水质检测数据等）自动调节水泵转速，实现流量和扬程的精准控制，避免能源浪费，可降低能耗25%~35%。安装传感器实时监测水泵的运行状态，包括流量、扬程、温度、振动等参数，并将数据传输至智能控制系统。通过数据分析和算法模型，系统能够及时发现水泵的异常情况并发出预警，提醒工作人员进行维护和检修，故障响应时间从平均24小时缩短至2小时内。同时，结合人工智能技术，制定智能运行策略，如根据不同时间段的泳池使用情况，自动调整水泵的运行模式，在保证池水质量的前提下，最大限度地降低能耗。例如，利用机器学习算法分析历史数据，预测不同时间段的泳池用水需求，提前调整水泵运行参数。

（三）融合新型节能技术与创新设计理念

积极融合新型节能技术，如永磁同步电机技术、能量回收技术等。永磁同步电机具有高效节能、功率因数高的特点，相比传统电机能显著降低水泵的能耗20%~30%。能量回收技术可将水泵在制动过程中产生的能量进行回收再利用，进一步提高能源利用率10%~15%。例如，在水泵减速或停机时，通过能量回收装置将电机产

生的电能反馈回电网或存储起来供其他设备使用。在创新设计理念方面，借鉴模块化设计思想，将游泳池泵设计成多个功能模块，便于安装、拆卸和维护，维修时间缩短50%以上。同时，开展仿生设计研究，模仿鱼类游动、贝类壳体结构等，优化水泵的结构和性能，效率可提升8%~10%。

结论

游泳池泵的节能设计与性能提升是泳池行业实现绿色高效发展的关键。通过深入分析其研究意义、工作原理、现存问题，并从泵体结构、智能控制、节能技术等方面提出优化方向，能够有效降低能耗、提升性能。未来，随着技术的不断进步，游泳池泵将朝着更加节能、智能、高效的方向发展，为泳池行业的可持续发展提供有力支撑，同时助力国家节能减排目标的实现。

参考文献

- [1] 陈东，高效智能控制耐腐蚀游泳池泵.浙江省，浙江东欣节能科技有限公司，2020-11-15.
- [2] 基于防堵塞结构的高效循环泳池泵研发及产业化.广东省，广东凌霄泵业股份有限公司，2018-09-08.
- [3] 张勇，陶仁和，黄新华，等.WAPX系列泳池泵的设计开发[J].机电技术，2015，(02)：15-18.
- [4] 王海波，单相多速泳池泵.广东省，广东凌霄泵业股份有限公司，2009-02-27.