

二次供水设备节能技术探讨

刘雅欣

天津市水文水资源管理中心 天津 300061

摘要: 本文围绕二次供水设备节能技术展开探讨,先分析设备能耗构成,涵盖水泵、控制与调节系统、管网系统三方面的能耗原理及影响因素;再阐述高效水泵、智能控制系统、管网优化、能量回收四类节能技术的原理;最后提出设备选型配置优化、运行管理优化、与其他系统协同节能的应用策略。通过多维度研究,为二次供水设备节能实践提供理论支撑,助力降低设备能耗,提升供水系统运行效率。

关键词: 二次供水设备;节能技术;能耗构成;智能控制系统;管网优化

引言:随着城市发展,二次供水设备成为保障高层居民与各类建筑用水的关键设施,其长期运行产生的能耗问题日益凸显,不仅增加运行成本,还与绿色低碳发展需求不符。当前部分二次供水设备存在能耗结构不合理、节能技术应用不足等情况,导致能源浪费严重。深入研究二次供水设备能耗构成,探索高效节能技术原理与应用策略,对降低设备能耗、提升供水系统运行效率、推动城市供水领域绿色转型具有重要意义。

1 二次供水设备能耗构成分析

1.1 水泵能耗

水泵运行时的电能消耗原理围绕能量转化展开,电能输入水泵电机后,电机将电能转化为机械能,驱动叶轮高速旋转,叶轮通过与水体的相互作用,将机械能传递给水体,使水体获得动能和势能,最终实现水体的输送。在此过程中,部分电能会因电机发热、机械摩擦以及轴承运转阻力等因素转化为其他形式的能量,尤其轴承润滑不足时,阻力会进一步增大,能量损耗更明显,这些分散的能量损耗会逐步累积,影响水泵整体运行效率^[1]。影响水泵能耗的主要因素包括流量、扬程和效率。流量指单位时间内水泵输送的水体体积,流量越大,电机需要输出的机械能越多,电能消耗也随之增加;扬程是水泵将水体提升的高度或克服管路阻力所需的压力,扬程越高,电机克服阻力和重力所需的能量越多,能耗相应上升;效率反映水泵能量转化的有效程度,效率越低,意味着更多电能转化过程中被损耗,实际用于水体输送的能量占比降低,能耗自然升高,长期低效率运行还会导致设备发热加剧,形成能耗与损耗的恶性循环。

1.2 控制与调节系统能耗

传统控制方式中,手动控制依赖人工根据经验调整水泵运行状态,操作人员难以实时精准掌握管网内的用水变化,比如居民小区早中晚用水高峰的细微差异,

导致调整滞后,难以精准匹配实时用水需求,当用水需求较低时,若水泵仍保持较高运行功率,会造成电能浪费;简单定时控制则按照固定的时间周期调整水泵启停或运行参数,无法应对用水需求的随机波动,比如早晚高峰用水需求骤增、午间需求下降的情况,在非高峰用水时段,可能出现供水量远超用水量的情况,导致多余能量消耗,长期下来会显著增加整体运行成本。调节过程中,频繁启停会使电机在启动瞬间产生较大的启动电流,启动电流通常远大于正常运行电流,短时间内会消耗大量电能,频繁启停还会加剧电机内部部件的磨损,比如定子与转子间的间隙可能因磨损变大,进一步增加能量损耗;压力波动会导致管网内压力不稳定,为维持用户端所需的稳定压力,系统需不断调整水泵运行参数,在此过程中会产生额外的能量消耗,且压力波动过大还可能影响设备使用寿命,间接增加能耗成本。

1.3 管网系统能耗

管网设计不合理会直接导致压力损失。若管网管径选择过小,水体在管道内流动时受到的摩擦阻力增大,水流速度被迫加快,进一步加剧阻力,尤其在长距离输送时,阻力累积效应更突出,为确保水体能够顺利输送到末端用户,水泵需要提供更高的压力来克服阻力,这会导致水泵能耗显著增加;管网布局中若存在过多的弯道、三通等管件,或管道敷设坡度不合理,会使水体流动过程中产生局部阻力,水流方向频繁改变造成能量损耗,进一步加剧压力损失,增加水泵运行负担,部分偏远用户端还可能因压力不足出现供水不畅问题。管网泄漏会造成能耗上升。当管网存在泄漏点时,部分输送的水体会通过泄漏点流失,泄漏量随时间累积会形成较大的水量缺口,尤其在地下管网泄漏时,不易及时发现,损耗会持续扩大,为满足用户端的正常用水量,水泵需要持续运行以补充泄漏的水量,导致水泵运行时间延

长,电能消耗增加;泄漏会使管网内压力下降,为维持管网压力稳定,水泵需提高运行功率,进一步增加能耗,且泄漏的水体未被有效利用,也造成了水资源和能源的双重浪费。

2 二次供水设备节能技术原理

2.1 高效水泵技术

新型水泵的设计理念聚焦低比转速、高效率叶轮等方向。低比转速设计能让水泵在低流量、高扬程工况下保持稳定运行,减少水流在泵内的涡流和冲击,降低能量损耗。高效率叶轮通过优化叶片形状、角度和流道结构,使水流更顺畅地通过叶轮,减少水流在叶轮内的滞留时间,进一步提升能量转换效率,减少水流与叶轮间的摩擦损失,让更多能量用于推动水流输送。变频调速水泵的工作原理基于电机转速与供水需求的动态匹配^[2]。设备通过传感器实时监测用水流量和管网压力,将信号传递给控制器,控制器经过数据运算后调节变频器输出频率,进而改变电机转速。当用水需求降低时,电机转速下降,水泵输出流量和扬程相应减少,避免多余能量消耗;当用水需求增加时,电机转速提升,确保供水充足。这种动态调节方式打破传统水泵恒速运行的模式,大幅降低非高峰用水时段的能耗,同时减少设备启停次数,延长设备使用寿命。

2.2 智能控制系统技术

基于压力、流量反馈的智能控制策略通过实时采集管网压力和用水流量数据,精准判断供水系统运行状态。系统根据反馈数据自动调整水泵运行参数,当管网压力过高时,适当降低水泵输出功率,避免压力过剩造成的能量浪费;当流量增加导致压力下降时,及时提升水泵运行功率,保障供水压力稳定。这种精准调控方式让供水系统始终处于高效运行状态,减少因人工调节滞后或偏差带来的能耗问题,同时降低人工管理成本。远程监控与自动化管理系统通过网络将二次供水设备运行数据传输至控制中心,工作人员可实时掌握设备运行情况。系统能自动识别设备异常运行状态,如过载、压力异常等,并发出预警信号,便于及时排查故障,避免因设备故障导致的能耗激增。同时,自动化管理系统可根据历史用水数据制定优化运行方案,实现水泵按需运行,进一步降低能耗,提升整个供水系统的运行效率。

2.3 管网优化技术

合理管径选择需结合区域用水总量、用水峰值和管网覆盖范围等因素。管径过大易导致水流速度过慢,增加管网滞留水量,可能引发水质问题且造成材料浪费;管径过小则会使水流速度过快,加剧管道摩擦阻力,增

加压力损失。通过科学计算确定适宜管径,能在保障供水能力的同时,减少能量损耗。管网布局优化方法注重缩短水流输送路径,减少弯道、拐点数量,避免不必要的管路绕行,尤其在复杂建筑区域,合理布局可显著降低能耗。合理的布局可降低水流在输送过程中的阻力,减少压力损失,降低水泵运行负荷,从而实现节能。减少管网水头损失的技术措施包括管道材质选择和定期维护。选用内壁光滑、摩擦系数小且耐腐蚀的优质管道材质,能减少水流与管道内壁的摩擦阻力,同时延长管道使用寿命,降低水头损失。定期对管网进行专业检测和维修,及时清理管道内的水垢、杂质,修复管道变形部位,可保持管道畅通,避免因管道堵塞或变形导致的水头损失增加,确保管网始终处于低阻力运行状态。

2.4 能量回收技术

利用二次供水过程中余压、余能的回收原理是在供水系统中设置能量回收装置,当水流从高层向下输送或管网压力超过实际需求时,装置将水流多余的压力和能量转化为可利用的能量,如电能或机械能,再反馈至供水系统中,用于辅助水泵运行或其他设备供电,实现能量的循环利用,减少外部能源输入,降低整体运行成本。能量回收装置的类型包括水力涡轮机、压力交换器等。水力涡轮机通过水流冲击涡轮旋转,带动发电机产生电能,适用于管网压力稳定且余压较大的场景,如高层建筑供水系统的下行管路。压力交换器则通过直接交换水流的压力能量,将高压水的能量传递给低压水,提升低压水的压力,减少水泵加压所需能量,适用于供水管网中存在高低压水流交换的场景,如住宅小区不同区域的供水调节,尤其在用水时段差异明显的区域效果更为突出。

3 二次供水设备节能技术应用策略

3.1 设备选型与配置优化

根据实际用水需求选择合适规格的水泵和设备需要综合考量区域用水人口、用水习惯、建筑高度等因素。对于商业综合体等用水集中且瞬时流量大的场景,需额外关注水泵的过载能力和响应速度,避免短时间内供水不足或能耗骤增;对于医院等对供水稳定性要求极高的场所,还需考量设备的冗余设计,确保突发状况下供水不中断且能耗可控;若用水需求波动较小,可选择额定参数与平均用水负荷匹配的水泵,避免大马拉小车的能耗浪费;若用水需求昼夜或季节性差异明显,需关注水泵在不同工况下的效率表现,优先选择高效区间覆盖广的设备^[3]。多台水泵的组合运行方式能根据用水负荷变化灵活调整运行台数和转速。当用水处于低谷时,减少

运行水泵数量或降低单台水泵转速,此时单台水泵可维持在高效区间运行,避免低负荷下的效率衰减;用水高峰时,增加运行台数或提升转速,使供水能力与需求精准匹配,通过智能分配各水泵的运行时长,平衡设备损耗。这种方式可避免单台大泵长期低效率运行,通过合理分配负荷,让每台水泵都处于高效运行区间,同时减少设备启停频率,降低启动时的瞬时能耗,从而降低整体能耗。

3.2 运行管理优化

制定合理的运行计划需结合历史用水数据和实时用水监测结果,明确不同时段的水用规律。例如在居民小区,可根据居民作息确定早中晚三个用水高峰时段,在高峰来临前30分钟调整设备运行状态,提前提升管网压力至适宜范围,确保供水充足且避免设备突然过载;在用水低谷时段,如凌晨,适当减少设备运行数量或降低运行功率,避免设备空载运行造成的能源浪费。通过动态调整运行计划,使设备运行始终与用水需求保持同步,减少不必要的能量消耗,同时延长设备使用寿命。定期维护保养需针对水泵、电机、管道等关键部件制定明确周期,例如每季度对水泵内部进行一次全面清理,每半年检查电机绝缘性能和轴承磨损情况,每年对管网进行一次全面压力测试。及时清理水泵内部杂质和水垢,防止流道堵塞导致效率下降;检查电机运行状态,更换磨损部件,确保水泵和电机处于良好运行状态;定期检查管道连接部位,采用专业检测设备排查隐蔽泄漏点,清理管道内堵塞物,保障管网畅通。维护后需进行短期试运行监测,验证设备效率是否恢复,确保设备和管网的良好状态能减少运行阻力,避免因部件故障或管网问题导致的能耗上升,确保整个供水系统长期高效运行。

3.3 与其他系统的协同节能

与建筑给排水系统的协同设计需在规划阶段统一考量。根据建筑内部用水点分布和用水需求,如高层住宅不同楼层的用水压力差异,优化二次供水设备与室内给

排水管道的连接方式,采用分区供水设计,对低楼层采用市政管网直接供水,高楼层通过二次供水设备加压,减少管道转折和长度,降低水流输送阻力;协调二次供水压力与室内给排水系统压力需求,避免因压力过高导致用水器具损坏或压力不足影响使用,同时避免因压力不匹配导致的能量损耗,确保供水系统整体运行效率提升。与可再生能源如太阳能供水的结合应用可在光照条件适宜的区域推进,如南方全年日照时间较长的地区。通过设置太阳能集热或发电系统,搭配储能设备,为二次供水设备提供部分能源支持,如驱动小型水泵或为控制系统供电。在光照充足时段,优先利用太阳能资源,将多余电能储存起来,避免能源浪费;在光照不足时,再切换至传统供电模式,通过能源互补,降低二次供水系统对常规能源的消耗,同时减少碳排放,实现节能环保的双重效益。此外,还可结合当地的风能资源,在多风区域补充风能发电,进一步提升可再生能源的利用率。

结束语

二次供水设备节能需从能耗构成分析入手,依托高效水泵、智能控制、管网优化、能量回收等技术,结合科学的设备选型配置、运行管理及系统协同策略,才能有效降低能耗。未来,随着技术不断革新,二次供水设备节能可进一步探索更多先进技术的融合应用,持续优化节能方案。通过各方协同努力,可推动二次供水系统朝着更高效、更节能的方向发展,为城市水资源与能源的可持续利用贡献力量。

参考文献

- [1]朱波,刘新月,郭帅.基于城市扩张的二次供水设备数值模拟研究[J].城镇供水,2022(05):96-101.
- [2]排非,吴立.模糊控制下新型二次供水设备的动力匹配[J].山西建筑,2022,48(19):113-115.
- [3]刘志刚.城市二次供水系统节能技术研究[J].给水排水,2023,49(5):34-39.