

绿色理念下市政给排水工程节能设计要点

文 / 沈素强 阜阳市市政园林工程集团有限公司

摘要：市政给排水工程作为城市基础设施的重要组成部分，其设计、建设与维护直接关系到城市居民的生活质量及城市的整体发展。节能给排水技术成为推动城市水资源高效利用、减少浪费及降低能耗的关键手段。文章分析了节能给排水技术在市政给排水工程设计中的应用价值，以及当前应用过程中面临的常见问题，并据此提出一系列切实可行的应对策略，旨在为实现城市绿色、低碳发展贡献力量。

关键词：节能给排水技术；水资源高效利用；绿色环保

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.105

引言

市政给排水工程包括供水、排水、污水处理等多个环节，是城市基础设施体系中不可或缺的一部分。随着城市化进程的加速，水资源短缺、环境污染等问题日益突出，对市政给排水工程的设计提出了更高要求。节能给排水技术凭借其在水资源节约、能耗降低以及环境保护等方面的显著优势，逐渐成为市政给排水工程设计中的核心议题。

一、水泵节能设计策略

（一）水泵选型的重要性

水泵作为市政给排水系统的核心动力设备，其选型是否合理直接关乎系统能耗。若水泵选型过大，会出现“大马拉小车”的现象，造成能源的无端浪费，长期运行还会增加设备损耗与维护成本；若选型过小，则无法满足系统流量和扬程需求，导致供水不足或排水不畅，影响市政给排水系统的正常运行。精准选型能够确保水泵在高效区运行，使系统能耗降至最低，保障给排水系统稳定且经济地运行，对于实现绿色节能目标意义重大。

（二）高效节能水泵的选择依据

1. 流量与扬程计算方法

流量计算需综合考虑城市人口数量、用水定额、工业用水量以及消防用水量等因素。例如，对于生活用水，可根据城市规划的人口规模和人均日用水量标准，结合时变化系数来确定最大日最大时用水量；工业用水则依据各企业的生产工艺、生产规模以及用水重复利用率等进行核算。消防用水量按照相关消防规范，根据建筑物的类型、规模确定。将各类用水量叠加，即可得到给排水系统的设计流量。

扬程计算主要考虑克服管道系统的沿程水头损失、局部水头损失以及提升水的几何高度。沿程水头损失通过达西公式计算，与管道长度、管径、管材粗糙度以及流速有关；局部水头损失则根据各类管件（如弯头、阀门、三通等）的局部阻力系数进行累加计算。几何高度是指从吸水井水面到最不利点的垂直高差。通过精确计算这些参数，能够确定水泵所需的准确扬程。

2. 节能水泵的性能指标

效率高效节能水泵的效率应显著高于普通水泵，通常在额定工况下，其效率应达到80%以上。效率越高，

意味着将电能转化为水的机械能的比例越高，能耗越低。气蚀余量是衡量水泵抗气蚀性能的重要指标，较低的气蚀余量可保证水泵在运行过程中不易发生气蚀现象，从而提高水泵的使用寿命和运行稳定性。一般来说，优质节能水泵的气蚀余量应控制在较低水平，以满足不同工况下的运行要求。运行稳定性节能水泵应具备良好的运行稳定性，在不同流量和扬程条件下，都能保持平稳运行，振动和噪声较小。这不仅有利于设备的长期可靠运行，还能减少对周边环境的影响。

（三）变频调速技术应用

变频调速原理变频调速技术通过改变电源的频率来调节水泵电机的转速。根据电机学原理，电机的转速与电源频率成正比，即 $n = \frac{60f}{p}$ 其中 n ——电机转速（单位：转/分钟，r/min）， f ——电源频率（单位：赫兹，Hz）， p ——电机磁极对数（无量纲）。在市政给排水系统中，当用水量发生变化时，通过变频控制器实时调整电源频率，使水泵转速相应改变，从而实现流量的调节。当用水量减少时，降低电源频率，水泵转速降低，输出流量减小，能耗也随之降低；反之，当用水量增加时，提高电源频率，水泵转速提高，满足系统供水需求。

实际应用效果分析以某城市供水系统为例，在采用变频调速技术之前，水泵长期在工频状态下运行，能耗较高。通过安装变频调速装置后，根据不同时段的用水量自动调节水泵转速。经统计，在用水低谷期，水泵转速可降低30%左右，能耗降低约40%；在用水高峰期，虽然水泵转速有所提高，但由于避免了水泵在低效区运行，整体能耗也降低了约20%。通过数据对比可以明显看出，变频调速技术在降低市政给排水系统能耗方面具有显著效果。

二、分区供水的节能实践

（一）分区供水的理论依据

从流体力学角度来看，水在管道中流动需要克服沿程阻力和局部阻力，而供水压力与流量、管道特性以及供水高度密切相关。在城市供水系统中，不同区域的地形高度和用水需求存在差异。如果采用统一的高压供水方式，对于地势较低区域，会造成过多的压力浪费，增加能耗；而对于地势较高区域，可能无法满足供水压力要求。根据用水需求分析，不同功能区域（如居民区、

商业区、工业区等)的用水规律和用水量也有所不同。基于这些因素,进行分区供水能够根据各区域的实际情况,合理分配供水压力和流量,实现节能降耗的目的。

(二) 分区供水方案设计要点

1. 地形与用水需求分析方法

地形测绘利用先进的地理信息系统(GIS)和地形测量技术,对城市地形进行详细测绘,获取准确的地形高程数据。通过绘制等高线图,清晰地展示城市地形的起伏变化,为分区规划提供地形依据。

用水调研开展全面的用水调研工作,收集不同区域的用水户信息,包括居民户数、企业类型与规模、公共设施数量等。通过问卷调查、现场监测以及统计分析历史用水数据,掌握各区域的用水规律和用水量变化趋势,为合理划分供水区域提供数据支持。

2. 局部加压供水系统设计

设备选型根据分区后的供水压力需求,选择合适的加压设备,如离心泵、多级泵等。同时,考虑设备的节能性能、可靠性和维护便利性。例如,对于压力需求较高的区域,可选用高效节能的多级离心泵,其能够在较小的流量下提供较高的扬程。

压力控制采用先进的压力控制系统,如变频恒压供水系统。通过压力传感器实时监测供水压力,将信号反馈给变频控制器,自动调节水泵转速,保持供水压力稳定。设定合理的压力上下限,当压力低于下限值时,自动启动备用泵或提高水泵转速;当压力高于上限值时,降低水泵转速或停止部分水泵运行,确保供水压力始终满足用户需求且避免能源浪费。

三、雨水利用系统构建

(一) 雨水收集系统设计

1. 收集设施类型与适用场景

雨水收集池适用于大型公共建筑、工业园区以及城市广场等区域。雨水收集池可分为地上式和地下式,具有较大的储水容量,能够收集大量的雨水。例如,在工业园区内,建设地下式雨水收集池,收集周边建筑物屋顶和地面的雨水,用于园区内的绿化灌溉、道路冲洗以及部分工业用水。

屋顶雨水收集装置主要适用于各类住宅和小型商业建筑。常见的屋顶雨水收集装置包括雨水斗、落水管和储水箱等。通过在屋顶设置雨水斗,将雨水引入落水管,再收集到储水箱中。这种方式安装简便,成本较低,能够有效收集屋顶雨水,用于家庭冲厕、洗衣等非饮用水。

2. 收集系统工艺流程

雨水收集通过屋顶、地面等集雨面,利用重力作用将雨水收集到雨水收集设施中。在收集过程中,可设置初期弃流装置,将降雨初期污染较重的雨水排除,提高后续收集雨水的水质。

传输通过管道将收集到的雨水输送至储存设施。管道的管径和坡度应根据收集区域的面积、降雨量以及排水要求进行合理设计,确保雨水能够顺利传输,避免积水和堵塞。

储存将传输过来的雨水储存于雨水收集池、储水箱等储存设施中。储存设施应具备良好的防渗、防腐性能,确保雨水的储存安全。

处理根据雨水的用途,采用相应的处理工艺。对于用于绿化灌溉和道路冲洗的雨水,可采用简单的过滤、沉淀处理工艺;对于用于景观补水和部分工业用水的雨水,还需进行消毒、深度过滤等处理,以满足水质要求。

(二) 雨水利用途径

1. 道路浇洒与绿化灌溉

应用优势雨水用于道路浇洒和绿化灌溉具有成本低、水资源利用效率高的优势。与使用自来水相比,能够节省大量的水资源费用,同时减少了对市政供水系统的压力。

节水效果据统计,在一个中等规模城市中,若将收集的雨水全部用于道路浇洒和绿化灌溉,每年可节约自来水用量约50-100万立方米。以某城市公园为例,采用雨水灌溉后,每年的绿化用水量降低了约40%,有效缓解了城市供水紧张的局面。

2. 其他非饮用用水场景

景观补水雨水可用于城市景观水体的补水,如湖泊、池塘等。通过将收集处理后的雨水引入景观水体,不仅能够维持景观水体的水位,还能改善水体的生态环境,减少因使用自来水补水导致的水体富营养化问题。

洗车在洗车行业,使用雨水洗车能够降低洗车成本,同时减少对新鲜水资源的消耗。一些大型洗车场已开始采用雨水洗车系统,经过过滤、消毒处理后的雨水,能够满足洗车的水质要求,且洗车效果良好。

(三) 海绵城市设施的作用

1. 下凹式绿地与雨水花园原理

下凹式绿地下凹式绿地的地面低于周边地面,形成一定的洼陷深度。降雨时,雨水能够自然流入下凹式绿地中,通过土壤的渗透和植物根系的吸收、净化作用,使雨水得到初步处理。同时,下凹式绿地能够储存一部分雨水,延缓雨水的排放时间,减少地表径流。

雨水花园是一种人工构建的小型生态系统,由植物、土壤、砾石等组成。雨水通过地表径流进入雨水花园后,首先经过植物的截留和过滤,然后在土壤中进行渗透和净化,最后渗入地下或储存起来。雨水花园中的植物选择具有耐水性和净化能力的品种,能够有效去除雨水中的污染物。



图1 雨水花园

2. 对城市生态环境的改善

缓解城市内涝下凹式绿地和雨水花园能够增加雨水的下渗量,减少地表径流量,降低城市排水系统的压力,从而有效缓解城市内涝问题。在暴雨天气下,这些海绵城市设施能够储存大量的雨水,延缓雨水的排放时间,避免短时间内大量雨水集中涌入排水管网。

改善生态环境通过雨水的渗透和净化,补充了地下水,改善了城市的水文循环。同时,这些设施为城市生物提供了栖息地,增加了生物多样性,提升了城市的生态环境质量。此外,植物的蒸腾作用还能够调节城市微气候,降低城市热岛效应。

四、污水处理的节能工艺与布局优化

(一) 高效节能污水处理工艺

1. MBR 工艺介绍

工作原理 MBR(膜生物反应器)工艺是将膜分离技术与生物处理技术相结合的一种新型污水处理工艺。在 MBR 系统中,微生物在生物反应器内对污水中的有机物进行分解代谢,而膜组件则用于分离混合液中的活性污泥和处理后的水。膜的高效截留作用使得活性污泥浓度能够维持在较高水平,提高了生物处理效率。同时,膜分离过程不需要二沉池,减少了占地面积。

技术特点 MBR 工艺具有出水水质好、抗冲击负荷能力强、污泥产量低等特点。由于膜的过滤精度高,能够有效去除污水中的悬浮物、细菌、病毒等污染物,出水水质可达到回用标准。在面对水质和水量的波动时,MBR 系统能够快速适应,保持稳定的处理效果。此外,由于污泥停留时间长,污泥的分解代谢更加彻底,污泥产量比传统工艺降低约 30-50%。

节能优势相比传统污水处理工艺,MBR 工艺的曝气能耗较低。由于活性污泥浓度高,微生物对氧气的利用效率提高,减少了曝气所需的空气量。同时,MBR 系统的自动化程度高,可实现精准控制,进一步降低能耗。

2. 其他节能工艺对比分析

A/O 工艺 A/O(厌氧-好氧)工艺是一种常见的生物处理工艺,通过厌氧段和好氧段的交替运行,实现对污水中有机物和氮磷的去除。该工艺能耗相对较低,但存在脱氮除磷效果有限、污泥膨胀等问题。在能耗方面,A/O 工艺的曝气能耗占总能耗的 50%-70%,主要用于好氧段的微生物供氧。

SBR 工艺 SBR(序批式活性污泥法)工艺是在一个反应器内完成进水、反应、沉淀、排水等多个工序。该工艺具有工艺流程简单、占地面积小等优点,但运行管理较为复杂,对自动化控制要求较高。在能耗方面,SBR 工艺的能耗与处理水质和水量有关,一般来说,其曝气能耗和设备启停能耗相对较高。通过对 MBR、A/O、SBR 等工艺的能耗和处理效果进行对比分析,可以根据不同的污水水质、水量以及处理要求,选择最适合的节能污水处理工艺。

(二) 污水处理厂平面布局优化

1. 污水与污泥输送距离对能耗的影响

理论分析污水和污泥在输送过程中,需要克服管道的沿程阻力和局部阻力,输送距离越长,能耗越高。根据流体力学原理,沿程水头损失与管道长度成正比,与管径的五次方成反比。因此,在设计污水处理厂平面布局时,应尽量缩短污水和污泥的输送距离,减少水头损失,降低能耗。

实际案例以某污水处理厂为例,在改造前,由于平面布局不合理,污水从进水口到处理单元的输送距离较长,且污泥从处理单元到污泥处置区的运输路线也较为曲折。通过对平面布局进行优化,缩短了污水和污泥的输送距离,改造后,仅输送环节的能耗就降低了约 15%-20%。

2. 优化布局的原则与方法

原则污水处理厂平面布局应遵循工艺流程顺畅、功能分区明确、便于运行管理和维护的原则。同时,要充分考虑地形、风向、周边环境等因素,减少对周边居民和环境的影响。

方法根据污水处理工艺流程,将各个处理单元合理布局,使污水和污泥能够依次顺利通过各个处理环节,避免迂回和交叉。例如,将进水提升泵房设置在靠近污水管网接入点的位置,将污泥脱水间设置在靠近污泥处置区的位置。此外,利用地形高差,实现污水和污泥的重力自流,减少提升能耗。同时,合理布置绿化隔离带,降低噪声和异味对周边环境的影响。

结语

总而言之,节能给排水技术在市政给排水工程设计中具有不可替代的作用及价值。面对当前的挑战,市政部门应从加强培训、优化设计方案、加大资金投入、加强监管、完善城市规划等多方面入手,推动节能给排水技术的有效应用。通过采取这些措施,能更有效地实现水资源的节约与保护,从而为城市的可持续发展贡献更大的力量。

参考文献

- [1] 朱神海. 论节能技术在市政给排水设计工程中的应用研究[J]. 建材与装饰, 2021, 17(36): 64-66.
- [2] 龙辉, 陈小军. 市政给排水工程设计中节能技术的应用研究[J]. 低碳世界, 2023, 13(3): 103-105.
- [3] 郇强强, 王洪畅, 李广福. 市政给排水工程设计中节能技术的应用研究[J]. 模型世界, 2024(14): 112-114.
- [4] 朱培瑾. 市政给排水工程设计中的节能给排水技术研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(17): 175-177.
- [5] 陈青宇. 节能给排水技术在市政公用工程中的应用[J]. 绿色环保建材, 2020(6): 59-61.