

污水处理厂电气设计和节能措施分析

李子琪

中国市政工程中南设计研究总院有限公司

摘要：一直以来，环境是影响人们生活质量的重要因素，环境保护工作刻不容缓。从近些年发展形势来看，环境保护工作投入了大量的人力和财力，其中投入较多的一个方向就是污水处理厂，但事实上依然有很多污水处理厂面临着停产危机，其主要原因就是污水处理厂电气设计与节能措施的不合理。污水处理厂的主要作用是处理生活产生的废水，确保废水经过净化之后得到循环利用，但一些污水处理厂在废水处理操作中产生的能耗较大，存在明显浪费问题，甚至还会出现入不敷出的现象。所以，如何降低污水处理厂的能耗是当前十分紧要的任务。对此本文将分析电气设计在污水处理厂建设中的重要性及污水处理流程，并提出污水处理厂电气设计的要点与节能措施。

关键词：污水处理厂；电气设计；节能降耗；电缆敷设；曝气系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.07.115

污水处理厂是保证污水在排放之后满足环保标准的重要条件。伴随着城镇化发展进程不断加快，污水处理厂也开始在大中小城市中全面建设，大部分污水处理厂都呈现出了良好的污水处理效果，经过严格处理的污水排入河流之后，不会对环境造成污染，保障了人民群众的日常生活环境。而电气专业在污水处理厂建设中占据着十分重要的地位，能够保证污水处理厂安全稳定运行，提高相关数据测量的精准性，尤其是在污水净化装置全面实施和作业步骤不断优化的背景下，电气控制系统也表现出其特有价值。污水处理厂属于能耗规模较大的企业，所以必须要重视节能降耗的工作，如果电气设计不合理且没有考虑节能降耗的需求，那么将会导致污水在处理期间耗费大量自然资源与生产资源，进而会影响污水净化装置的社会价值。

一、电气设计在污水处理厂建设中的重要性

污水处理厂建设需要依靠高安全性的电气元件为相关设备提供运行保障。一般都是在城市某一区域范围内建设一个污水处理厂，所以在实际设计期间，一定要综合考虑各种用电设备的功率分布特点^[1]。在设计方案确定之后，还要开展整体规划设计，与此同时，污水处理厂所使用的水泵与相关设备都表现出大容量的特点，大功率水泵甚至会高达几百千瓦的运行功率，而且按照相关工艺要求，水泵通常都会采取变频控制。另外，污水处理厂所采用的电源都满足国家规定的二级负荷标准，这也对电气专业的要求非常高，需要在维持正常工作状态基础上获取备用电源。现代化污水处理厂在建设过程中通过合理的电气设计，能够完成就地控制与远程控

制。将大规模项目信号上传到中央控制室内，结合水质当中的微生物与矿物质含量，严格遵守因地制宜的基本原则，配备不同类型的仪表，进而满足不同物质的实际测量需求。虽然电气专业并没有在污水处理厂建设中占据较大的费用比例，但是却能够合理减少电气安装部分的成本投入，按照规定要求提高现代化控制水平。

二、污水处理厂的污水处理流程

规模较小的污水处理厂一般都会采取污水好氧消化方法，其优点就是操作十分便捷，应用效果也十分稳定，能够在短时间内完成污水处理流程，但在实际运行期间产生的能耗较高。与之相反，大规模污水处理厂可以采用污水厌氧消化方法处理污水，此方法可以制成沼气^[2]。因此在选择污水处理方法过程中，必须要以实际情况作为参考依据，比如污水厌氧消化的主要原理就是在无氧环境中生成可利用的沼气资源，能够使污水处理达到相对稳定状态，而且沼气利用渠道很广，不仅可以满足污水厌氧消化系统自身加热能量需求之外，还可以应用在沼气搅拌和沼气发电的过程中，利用沼气当中的CH₄生产四氯化碳等有机物质原料，但此技术需要配备相关设备与仪表，工作人员也要实时掌握工程情况，进而能够在第一时间掌握沼气资源的使用情况，当工艺设备发生故障时及时地排除和调整，对设备工况进行进一步优化。

三、污水处理厂电气设计基本原则

（一）技术先进性

在对污水处理厂的电气控制系统设计期间，需要保证良好的前瞻性，依靠先进成熟的设计思想，在确保性价比合理的基础上，选择可靠的技术方法与先进设备，从而使设计开发的电气控制系统能够具备较高的科技含量，在整个电气控制行业处于领先地位。

（二）实战服务性

污水处理厂电气设计要与国家规定和相关部门要求相匹配。在响应上级应急指挥调度的基础上，围绕实战应用，使指挥效能可以得到稳定提升，完善电气设计指挥方法，确保电气控制系统能够在辅助指挥流程中发挥出其最大价值。

（三）可持续发展

伴随着科学技术快速发展与工程建设规模不断扩大，污水处理厂电气设计要将眼光放长远，综合考虑实战需求，新建电气系统要与远期扩展和更新的需求相吻合，可以与其他系统兼容在一起，具备可持续发展能力^[3]。

（四）可靠稳定性

污水处理厂开展的电气设计相关工作直接关系到工

程财产安全与保密工作，因此在电气控制系统实际建设过程中，一定要综合考虑实时运转的信息资源、软件系统和硬件设备，在此基础上还要制定周密的备份方案，确保在系统出现异常问题的时候能采取及时的补救措施。

四、污水处理厂电气设计关键点

（一）负荷计算

在污水处理厂接收到工艺专业提供的设备清单表格后，首先要展开合理的负荷计算，在计算表中明确标注设备功率、数量和备用设备的使用情况，同时，还要掌握不同设备的功率因数及利用系数，计算出设备的计算功率及电流。另外，在负荷计算过程中，还要综合考虑构筑物检修、照明设备和自动化设备的功率状态。在获取计算结果之后，可以明确了解整个污水处理厂内所需的箱变大小与配电中心的设备配置情况，进而匹配出配电中心实际所需的面积。

（二）电缆敷设设计

电缆敷设是污水处理厂电气设计中的关键点，通常都是利用电缆沟和电缆桥架进行敷设，有时局部也会采用直埋方法。在实际敷设过程中，要结合电缆使用环境确定敷设方法，构筑物内电线电缆主要是采用电缆托盘进行敷设，也可以采取穿管或暗敷等方式。同时，在土建支好模板之后就要开始放线，放线过程要仔细阅读图纸，在线管预埋过程中需要在土建施工操作中绑好底筋。如果涉及大量线管并排敷设的情况，则需要错开合适距离开展混凝土浇筑。在此期间，线管厚度要确保PVC管超过1.80mm，钢管要超过2.30mm。在此基础上，裸露在板面的线管长度要控制在20cm之内，管口利用钢筋绑扎处理，确保线管保持垂直状态。当线管敷设完成之后，必须要仔细对比施工图纸，在发现配错或配漏管材时，要及时进行纠正处理。除此之外，在安全生产工作中还需要做好预防工作，明确安全生产管理责任，在发生事故时做到及时排查与反思，实现经济节能的目标。

（三）照明设计

污水处理厂室内照明系统可以根据相关标准进行设计，其他室外特定区域也要严格遵守相关规范要求。同时，灯具选择也要充分考虑区域实际情况，比如污水处理厂区内道路要设置高杆灯；室内照明可以根据构筑物的实际位置设计。如果构筑物超过3米，那么就要设置单独的照明系统，灯具可以选择庭院类灯具，在布置方面也要充分考虑构筑物形式与人员同行安全问题，而如果构筑物高度较低，那么就不需要单独设置照明灯具^[4]。另外，在配电室和中控室等人员行走频繁的区域，还要设置荧光灯，确保不同区域照明需求得到满足。对于消防应急灯、疏散灯的设计，要确保在现场能够完成手动操作，当发生紧急情况的时候，确保应急照明可以及时控制与启动，满足污水处理厂内的整体设计要求。

（四）设备安装

污水处理厂内的电气设备安装必须要满足规范要求，设计方案要综合考虑检修维护和实际操作标准，比如操作箱、照明箱安装通常都是采取明敷和暗装两种方法，具体暗装方法可以根据现场实际环境需求设计。比如对于新建建筑，可以将照明箱与操作箱进行暗装，而针对室外单体设备，可以采取明装方式。另外，如果污水处理厂设备安装现场内没有墙体，那么电气设备就要根据尺寸大小暗装支架。通常情况下，电气设备会安装在电机设备旁边，但是要充分考虑设备操作性和维护便捷性的要求。

（五）配电中心位置确定与设计

配电中心位置设计直接影响着电气造价与电能质量，因此在污水处理厂配电中心布置方面，要综合考虑位置条件。由于配电中心布置在整个污水处理厂用电设备密集区域，所以合理分布电能可以合理控制电能衰减，而一旦出现污水处理厂用地困难的情况时，就要设置较多的配电中心，考虑应用箱式变电站，并且箱变站的位置也要规划在用电设备密集的区域。

（六）其他电气设计

由于污水处理厂所处位置不同，所以选择的电气设备类型也存在着明显差异。比如在海拔较高和雨雪较多的环境中，要结合抗震设计规范进行电气设计，确保电气设备选择能够满足实际抗震需求。目前，随着电气设备现代化水平不断提升，对节能要求也变得越来越严格，电气设备在选择时要优先考虑节能设备。厂区照明要尽可能地选择LED灯，发挥其低能耗和高能效的优势，在灯具控制方面还要选择感应控制与光控制，确保污水处理厂内部电气控制系统往智能化方向发展。

五、污水处理厂节能技术分析

（一）改善节能技术

在污水处理厂实施节能降耗与降低成本的过程中，必须要确保污水处理质量满足要求，进而从根本上提高污水处理的质量。在此改善方面，可以从生产技术角度入手：一是要将提升泵站更换为全智能一体式泵站，利用污水实际消耗量来解决泵损坏问题，有效降低耗电量，减轻人力操作负担和人工成本投入^[5]。二是要合理应用曝气技术，解决以往人工曝气造成的风机能耗过高问题。在此基础上，针对污泥回流泵与曝气机功率进行优化改造，其中，污泥回流泵的功能就是使污泥可以回流到厌氧池当中，不仅保证了污泥量与活性，还可以将污泥和厌氧菌融合在一起，有效控制污泥当中的有害物质，发挥出理想的去污作用。另外，要想提高污水泵实际运行效率，则必须要保证水泵在连续运作一段时间之后，降低水流量，在达到规定时间要求的时候，工作人员还要在另一台泵上完成工作。而在生化池中培育活性污泥的重要设备就是曝气器，要想顺利实现节能降耗的目标，就必须先确保曝气器能够实现节能降耗，比如在利用曝气设备处理污水的过程中，要使其供氧能力和

效率呈现出互补关系。

（二）生物膜技术

生物膜技术可以有效地提升污水处理效率，其技术原理主要是利用依附在固体表面的微生物完成污水处理。同时，生物膜技术还可以吸附水层当中的有机物并进行分解，使其可以转化为 CO_2 和 H_2O ，氨氮也会转化为亚硝态氮，进而形成氮气，可以有效冲洗老化生物膜，有利于新的生物膜生长，污水净化效果十分显著。除此之外，生物膜技术还具有很强适应能力，消耗的成本大大降低，不会产生大量污泥，可以有效预防污泥膨胀问题。

（三）A/O技术

该技术主要是指对活性污泥处理之前，加入厌氧生物处理方法。同时，技术原理就是利用O段中的好氧微生物分解污水当中的有机污染物。在此期间，亚硝化菌和硝化菌可以在一定的碱性条件下，依靠水自身的可溶性特点，将氨氮转化为硝态氮，此时的硝态氮也会回流到A段当中。如果是处在缺氧条件下，那么厌氧反硝化菌就会以污水中的有机物为核心，硝态氮也会转变成无污染氮气，从而继续释放到大气环境中，整个脱氮过程可以明显地降低电能消耗。

（四）曝气系统

绝大多数污水处理厂都会采用好氧生物处理技术，而曝气系统是十分重要的处理系统，直接影响着污水处理的效果。同时，曝气系统也是污水处理期间能耗消耗最大的系统，所以有效降低曝气系统能耗会对污水处理厂节能降耗效果带来积极影响。而要想实现这一目标，就必须控制曝气池中的流量和溶解氧浓度，针对曝气具体类型和方法，选择合适的节能措施，在此期间，可以安装自动调节装置，根据曝气池中的氧浓度变化情况，自动调节供气量，也可以采取变频调速技术，提高搅拌机和鼓风机等设备运行效率。除此之外，利用装置微气泡空气扩散作用，能够产生大量微小气泡，液体和大气接触面积也会明显增加，有利于提高氧利用效率。

（五）污泥处理技术

污水处理厂电气节能技术主要包括浓缩脱水和回流两方面。污泥回流泵会将沉淀池中的污泥回流至厌氧池当中，从而使好氧菌和厌氧菌之间能够实现灵活交换，减少了污泥膨胀问题。另外，采用气浮浓缩方法也可以有效地降低能耗，可以根据储泥池中的污泥沉降特点，明确脱水设备的脱水时间与运行数量。

六、污水处理厂科学高效的节能措施

（一）选择合适的电缆

污水处理厂电缆选用一定要遵循经济性原则，如果污水处理厂在电气设计过程中选择质量较高但性价比较低的电缆，那么在电缆设计过程中就会加大资金投入。目前，污水处理厂电气设计十分重视经济效益与节能效果并存，在电路设计铺设过程中，按照不同负荷要求，选择合适的材料，不仅要在总体层面控制材料消耗，还

要为污水处理厂节省资金。除此之外，电缆选择还要从技术角度出发进行选择，要求电缆电阻和线路长短呈正比关系，与电缆截面大小呈反比。在此基础上，还要通过整体电气设备布局来缩小电缆铺设长度，使其电阻值可以控制在小范围之内。

（二）综合核算负载限度

污水处理厂要针对污水治理电气装置提出完整的节能技术方案，一是要针对其中负载技术数据展开系统化核算，从而能够提高匹配效果。在实际负载核算过程中，系数核算和单位参数是最常用的两种方法。其中，系数核算方法就是在充分考察电缆消耗数量和治理装备的基础上，将无功功率和有功功率整合在一起，在数据梳理过程中，总结出电流值和运行电压值之间的密切关联，从而获得相应核算方式。二是要调整换算系数，也就是要核算出电气设备负载数据。在对电气装置负载开展核算过程中，最迫切的要求就是要掌握电气装置整体的最高负载，在了解其具体参数之后，对变压装置进行有效调节，进而减少电气装置在操作期间的能源损耗。

（三）合理选择变压装置

污水处理厂电气设计是一项较为复杂的工作，涉及的设计项目较多，任何一项内容出现问题都会对整体设计效果造成影响。而变压装置是污水处理厂电气设计中的核心工程，精心挑选合适的变压装置可以有效降低污水净化厂的电力能耗。目前，从相关调查结果中得知，变压装置在运行期间占据的电能消耗量是整个电力装置的0.9%，虽然这一数据表现的并不明显，但是将其呈现在现实的能耗规模中，是一项较为严重的能耗问题。

结束语：

综上所述，污水处理厂整体环境具有综合性特征，因此电气节能要想实现预期效果需要长时间的努力。在此期间，要根据污水处理厂内的实际情况来优化电气节能设计，从而有效地降低污水处理厂的运营成本，使其在正常运行条件下实现节能的目标。另外，还要尽可能地选择节能产品，利用精准控制系统来掌握并调整污水处理厂的实际情况，最终推动污水处理厂朝可持续发展方向高质量发展。

参考文献

- [1] 张博. 污水处理厂的电气设计及节能措施研究[J]. 节能, 2023, 42(01): 94-96.
- [2] 王明雨. 污水处理厂电气节能设计研究[J]. 光源与照明, 2022(12): 216-218.
- [3] 杨军, 李燕丽. 城镇污水处理厂电气设计节能优化分析[J]. 清洗世界, 2022, 38(04): 193-195.
- [4] 张帅博, 董奕男, 侯易辰. 污水处理厂电气设计和节能措施分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(10): 6-7.
- [5] 杜斌, 牛迎丽. 污水处理厂电气设计和节能措施研究[J]. 中国设备工程, 2020(13): 118-119.