

污水处理用表面曝气机的节能效果与应用分析

张鑫珩, 王 颖, 吴天福

(江苏新天地环保工程装备技术有限公司)

摘 要: 本文介绍了一种具有自主产权的高效率、低能耗的表面曝气机, 通过实际应用, 与国内外所有倒伞曝气机相比, 其充氧动力效率高出 80% 以上, 能耗下降 30% 左右, 效果显著。

关键词: 复合叶轮倒伞曝气机; 节能降耗; 应用效果

1 引 言

环境科学是多学科综合的边缘科学, 污水处理工程技术几乎涵盖了化学、化工、生物、物理、水力、流体、输送等学科和机械、材料、电子、仪器仪表、自动化控制、起重、建筑等领域。所以, 环境污染治理行业并非是一般的普通行业, 而是一个复合型高新技术产业, 要将该行业做好亦非易事。单就污水治理机械设备而言, 至少要融会贯通机、电、流体、自动化控制和给排水专业技术。作为污水处理装备技术人员也就必须成为集化学、生物和物理等专业科学知识于一体, 并了解污水治理工艺的复合型技术人才, 集研发、设计、制造能力于一身, 并具有科技创新和发明创造环保机械产品的主动性。

提出上述观点的背景是我国的水污染治理技术装备的自主创新和研究开发水平还比较低, 与外国先进水平还有较大的差距。如果我们不正视这种现状, 不从科技开发和人才培养上下功夫, 盲目夸大自身实力、沾沾自喜, 必将危及我国节能减排和环境保护的顺利进行。

我国环保产品制造业历经近 30 年的发展和壮大, 已经完成了从无到有的历史使命。但以现在的工艺水平来审视, 所有污水处理设备, 除了粗、大、笨、能耗高、使用寿命短、维修麻烦以外, 看不到技术含量较高的新产品, 在世界环保产品的充氧机械技术前沿, 充其量位居三流水平。

因此, 除了污水处理工程设施的投入外, 维修费用的逐年再投入、还有保证污水处理设备正常运行所必须的能耗费用陆续不断的投入, 造成了污水处理费用虚高难降, 给政府和民众加重了用于污水处理的经济负担。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右, 主要污染物排放总量减少 10% 的约束性指标。同时, 也提出了提高节能环保市场准入门槛、控制高耗能行业的过快增长以及提高高耗能产品差别电价标准的工作方案。

时代的发展已经到了世界性的节能减排阶段, 而用于水污染处理等环保设备的节能降耗工作更应率先通过技术创新、应用推广来达到节能降耗的目的与效果。

2 我国曝气装备的发展过程及发展现状

在水污染治理工艺中, 无论是 AO 法、A²/O 法, 或是 SBR 法及氧化沟法, 从泵站提升到格栅拦污, 从除砂到水解酸化之搅拌, 从曝气充氧到推流循环, 从污泥回流到排泥和污泥脱水, 最主要的能源消耗设备是各类水泵和曝气设备, 其次是污泥脱水与搅拌推流设备。这三个工艺段

的设备能耗, 约占污水处理厂设备总能耗 95% 以上。采用生物方法处理各种污水, 必须进行曝气, 而曝气又是整个污水处理系统耗能最大的工艺段。一般而言, 一个污水处理厂单为供氧曝气而消耗的电能耗就占据全厂总能耗的 50% 之多。因此, 曝气机械和曝气设备的供氧性能和能耗水平历来就是业界关心和重视的大事。

纵观曝气机械和曝气设备的发展历史, 可以看出人们的努力方向和取得的成就。早先, 污水处理普遍使用原始的开孔型曝气器, 如扩散板、穿孔管等, 此类曝气设备充氧性能一般, 而且阻力大, 一旦堵塞, 阻力更会急剧增加, 其充氧性能就会明显降低。后来, 人们的注意力开始转向空气释放器的研究, 逐渐开发了螺旋式曝气器和伞形曝气器, 此类曝气器仍属于大气泡曝气器, 在 70 年代曾经普遍应用于工业废水的生物处理。

80 年代, 受世界性能源危机的警示, 人们开始重视节能并提高曝气设备的充氧性能。刚玉和钛板的中微孔曝气器就是在这一段时间内诞生的, 由于其性能较之老式大孔曝气器有了较大提高, 因此一经推出便迅速获得广泛的应用、占领了国内环保市场。

90 年代, 国外新研发的可张孔橡胶膜微孔曝气器(曝气管)及钟罩式微孔曝气器相继进入我国, 又逐步取代了刚玉和钛板的中微孔曝气器, 在国内污水处理厂和工业废水设施得到普遍应用。此类曝气器, 氧转移系数、氧利用率、动力效率得到很大提高, 具有优良的充氧性能, 但阻力大, 易损坏, 使用寿命短, 维护修理非常麻烦, 尤其是能耗相当高。

从 90 年代开始, 我国污水处理所使用的曝气设备, 除了采用鼓风压气、微孔曝气器扩散的底部曝气形式外, 还有鼓风压气射流曝气。机械曝气设备中, 除自吸式潜水曝气机、泵类曝气机等动态曝气装置外, 应用最多的就是旋转型曝气机。旋转型曝气机分为两种类型, 一种是卧轴(横轴)式, 如: 转刷型机械表面曝气机、转碟型机械表面曝气机, 另一种是立轴(竖轴)式的机械曝气机。

其中立轴式机械曝气机又分不同类型, 一类是电机及变速机构都潜沉在水底, 通过叶轮旋转产生负压, 自吸气体进入水中混合的潜水型立轴曝气机; 另一类是电机及变速机构在上, 叶轮在水面的分体式叶轮型机械表面曝气机; 在传统的立轴式叶轮曝气机行列中, 其传动原理或结构差异不大, 但叶轮结构形式又分泵(E)型叶轮、开(K)型叶轮、平板叶轮和倒伞型叶轮等。此外还有一个类型是通过水泵吸水、注入水射器, 形成喷射挟气的泵叶轮型旋转射流曝气机。

上述各种类型的曝气机都是为了相同的目的, 起着同一个作用, 并且全都需要大量电能供它们消耗转换, 方能达到一定的充氧曝气的效果, 它们在运行中的充氧效果各有千秋, 但其能耗普遍较高。

毋庸置疑, 即使有再高级的设备而缺乏可行的工艺去应用, 设备发挥不了相应的作用。反之, 即使最好的污水治理工艺, 如果没有相应的设备用以保证工艺实施, 也达不到工艺要求。在污水处理行业, 需要接受挑战的是与先进工艺相适应的高效节能的曝气设备。

3 表面曝气设备的性能比较与问题分析

3.1 表面曝气设备的性能比较

所有采用动力的曝气都存在同一共性——能源消耗与能效比的问题。目前, 国内外曝气机的能效比差异很大。不管是通过世行、亚行贷款引进、我国污水厂大量应用的美国 EIMCO 公司的倒伞曝气机^[1], 荷兰 DHV 公司休柏特型的倒伞曝气机, 还是国内仿制的同类产品, 其主要技术指标——理论动力效率一般都未能超过 $2.8 \text{ kgO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$ (见表 1); 而且国外进口曝气机的性能参数, 也只是国外供货商自己宣传的数值, 或是通过计算得给出的, 都未曾通过国内权威机构检测认定

和证明。受传统曝气设备的影响, 我国的环保产品的认定及有关产品标准中规定的理论动力效率要求也偏低 (仅为 $1.88\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$)。所以, 与外国产品相比较时, 很容易误以为引进产品的技术性能就一定先进。

表1 曝气设备充氧性能比较

项 目	理论动力效率 ($\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$)	充氧传质形式	优缺点
浮动型泵叶轮表面曝气机	2.6~2.8	提升混合型	动力效力较高, 但负压区难以控制, 易堵塞。
竖轴式倒伞型表面曝气机	1.8~2.4	完全混合型	溶解氧表层高、中层低, 底层无溶解氧。
横轴式转碟型表面曝气机	2.0~2.6	平流扩散 混合型	水体上、中、下溶解氧混合不均匀。
横轴式转刷型表面曝气机	1.6~2.1		

3.2 存在的主要问题

泵型表面曝气机的工作原理和性能与水泵相似, 通过叶轮旋转, 使水急剧上下循环而形成强大回流, 使液面不断更新与空气接触而充氧, 动力效率较普通倒伞曝气机高, 但叶轮制造工艺复杂, 叶片偏多或偏少, 分布位置稍有误差等都会引起运动失衡, 如果负压区控制或处理不好, 会明显导致充氧量急剧下降, 动力消耗陡增。

转刷、转碟等类型的横轴式曝气机, 是通过扬水与负压裹挟空气的, 其表面推流混合效果较强, 但因浸没深度很浅, 实际充氧性能有限, 中、下层面的水难被不具备吸汲能力的叶片扬起, 故而曝气池的水深一般都得控制在 3.5m 以内。否则, 极易沉泥淤积。

由此看来, 尽管机械表面曝气机不如目前普遍使用的橡胶膜微孔曝气装置的充氧性能好, 动力效率虽然相对高于机械曝气机 (一般为 $4.4\sim 6.0\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$), 但因后者属于静态扩散型充氧传质形式, 完全不具备机械搅拌混合的功能与能力, 充氧传质存在盲区和死角, 即使用搅拌机搅拌推流, 也难使溶解氧均匀; 而且微孔曝气器需要配备大型的鼓风机, 但是风机的噪声次生污染大, 管线长、阻力大, 功率大、耗电高, 易破损、寿命短, 维修保养非常困难。与结构简单, 使用管理、维修保养极为方便的机械表面曝气机比较, 显得弊多于利。

能否克服各自的缺点, 融会彼此的优点, 或集优点于一身? 为我国城镇污水处理厂提供一种性能优良的充氧曝气设备呢? 回答是肯定的。

4 新一代倒伞曝气机产品性能分析

4.1 新产品的开发

近年来, 环保装备有关专业技术人员通过多年的技术积累和创新研发, 将叶轮结构不断优化、改进、升华, 又相继研发而推出了复合型的叶轮曝气机、组合射流叶轮曝气机, 不断地为我国环保装备行业增添新的曝气设备或装置。

江苏新天地环保工程装备技术有限公司的技术人员在张鑫珩总工程师的带领下, 凭藉在 30 年研发、制造实际工作中积累的技术经验和创新思维与能力, 认真分析了叶轮和曝气池中流体的状态, 并与某大学联合利用 CFD 软件优化设计, 先后获发明专利授权: 倒伞表曝机 (发明专利号:

ZL200410103093.7) 和曝气机叶轮 (发明专利号: ZL200610097979.4), 以及新一代曝气机 (发明专利申请号: 200820165.4)。将立轴曝气机的叶轮结构不断优化、改进、升华, 研发出了 QFYB 系列复合型叶轮曝气机, 拥有了自主创新的知识产权, 通过应用和检测证明, 在节能降耗方面取得了非常显著的效果, 能耗下降了 35%, 为节能减排作出了贡献。

图 1、图 2 分别为 QFYB 系列复合型叶轮曝气机旋向流态流场和上下循环流态流场的计算机

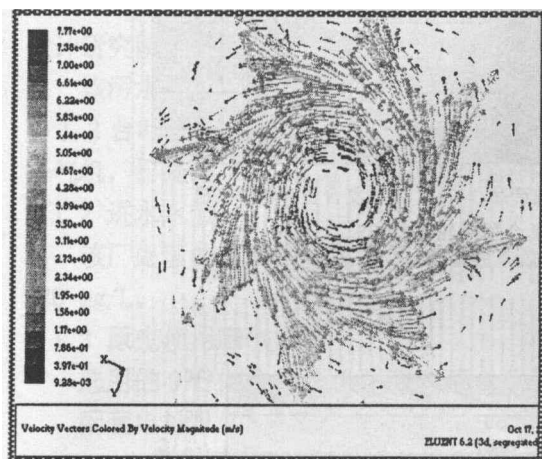


图 1 曝气机旋向流态、流场图

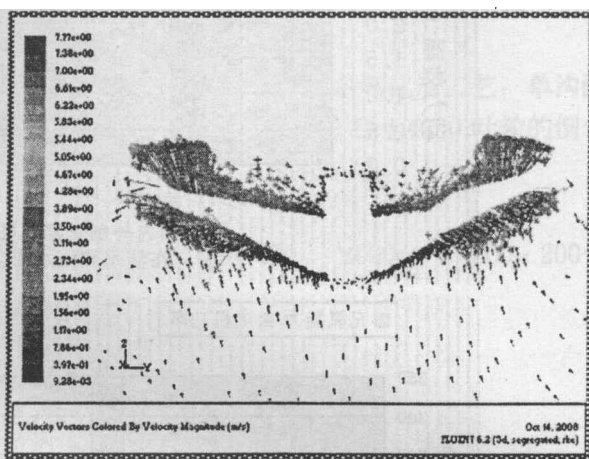


图 2 曝气机上下循环流态、流场图

模拟图。

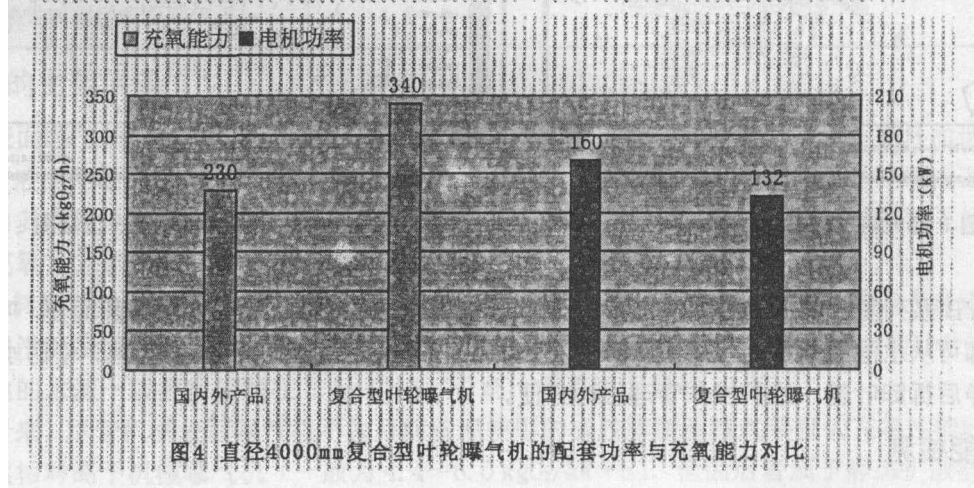
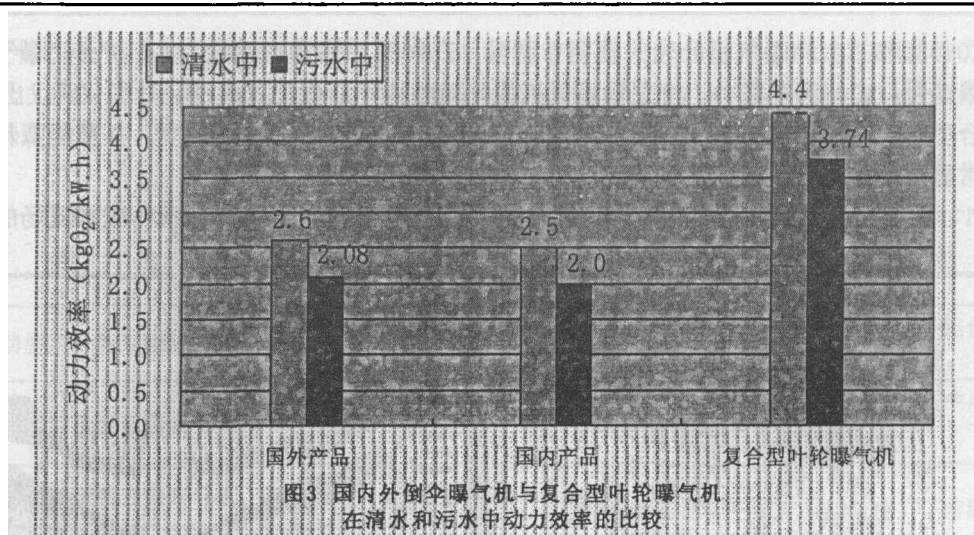
QFYB 系列复合叶轮表面曝气机的特殊结构使设备安装比国内外所有产品都简便, 叶轮、机座等全部可从水池上面吊装。设备维修时, 毋须整个编组停机, 也不用将沟 (池) 中污水排放并冲洗干净后拆卸叶轮, 维护操作管理极为方便。

4.2 性能检测

QFYB 系列复合叶轮倒伞曝气机属于完全混合型, 能充分利用吸入水中的氧气, 不仅故障率极低, 而且曝气与混合效果最优、能耗低、效率高、能效比在目前阶段已超过了国内所有同类产品。

经同济大学环境保护产品检测中心检测, 该专利产品叶轮直径为 $\phi 4000$ 的复合叶轮倒伞曝气机总动力效率为 $3.27 \text{ kgO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$ (经济指标), 充氧能力达 $366.7 \text{ kgO}_2/\text{h}$, 理论动力效率 (技术指标) 为 $3.74 \text{ kgO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$ 。国家标准规定, 清、污水中的 α 换算值, 即 $\frac{3.74}{0.8 \sim 0.85}$, 取中值 0.825 计算, 该曝气机在清水中的动力效率已高达 $4.4 \text{ kgO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

图 3 为复合叶轮表面曝气机与国内外表面曝气机在清水和污水中动力效率的比较; 图 4 为直径 4000 叶轮表面曝气机与国内外表面曝气机的配套功率以及充氧能力的比较。可见在同等能耗的条件下, 新一代具有自主知识产权的复合叶轮表面曝气机充氧量比原有表面曝气机高出 80% 以上, 而在同等充氧量的基础上能耗下降 30% 以上, 若电费以 0.75 元/度计算, 每处理 1 m^3 污水, 可节省电费 0.1 元以上。与国内外同类产品相比, 如果是日处理规模为 10 万吨污水处理厂, 则 1 年可以节约电费 360 万元。



4.3 基本原理

QFYB 系列复合叶轮表面曝气机和表面曝气机的叶轮以及刚推出的发明专利 200810156400.6 组合射流叶轮曝气机, 技术创新都集中表现在曝气叶轮上, 与国内外所有曝气机叶轮结构不同的是, 它科学地运用了流体特性与水力机械性能, 利用势能、动能可以相互转换的原理, 当叶轮旋转时, 叶片起着各自不同的作用, 随着叶轮旋转时产生的离心负压 (图 5 为水力分析的该曝气机叶片背面压强分布图), 水池中的污水连续不断地被吸吸的同时, 大量的气体被吸入, 气、液、固三相进行剧烈混合后, 呈雾状旋向喷射; 因为污水表面张力较强, 气泡体积也小, 所以稳定时间长, 许许多多微气泡累计体积与单个气泡的体积相同时, 其表面积比单个气泡大的多, 因为微气泡稳定时间长, 氧气在微气泡中停留时间也会延长, 氧气在水气泡中一方面对污水气泡壁的有机物进行氧化, 另一方面为微生物提供生存和繁衍条件的氧源; 所以, 只要曝气叶轮旋转运动, 叶片便会连续不断将池中的污水吸吸喷射, 形成上下循环流, 同时叶片又不断地进行切向搅拌和整流, 另一方面又进行平面推流, 氧化沟中便形成了旋向喷射、上下循环、平面推流的立体流态, 使氧化沟内表、中、底三个层面的污水中溶解氧均匀地骤增。

5 工程案例与应用分析

5.1 山东寿光中冶华天水务有限公司污水处理厂

5.1.1 工程概况

山东寿光中冶华天水务有限公司污水处理厂由中冶华天技术有限公司(原冶金部马鞍山钢铁设计研究院)采用TOT的模式,获取了30年的特许经营权。

该污水处理厂处理能力 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 处理工艺为连体三沟式卡鲁塞尔氧化沟工艺; 单沟配备了3台叶轮 $\phi 4000$ 倒伞曝气机, 单沟处理能力 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 全厂共用9台 $\phi 4000$ 叶轮的倒伞曝气机, 日处理水量12万~14万 m^3/d , 单机处理负荷: $13333 \sim 15555 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

5.1.2 进水水质

该厂处理的污水是城市生活污水和工业废水的混合水, 水质为 $\text{COD}_{\text{Cr}}: \leq 600 \text{ mg/L}$, $\text{BOD}_5: 200 \sim 220 \text{ mg/L}$ 。

5.1.3 原先使用曝气设备

选用的9台倒伞曝气机系国内某企业仿制休伯特型曝气机。

配套电机: ABB(江苏大中电机公司产品)

型号规格: M₂QA315L 4A

功率: 160kW

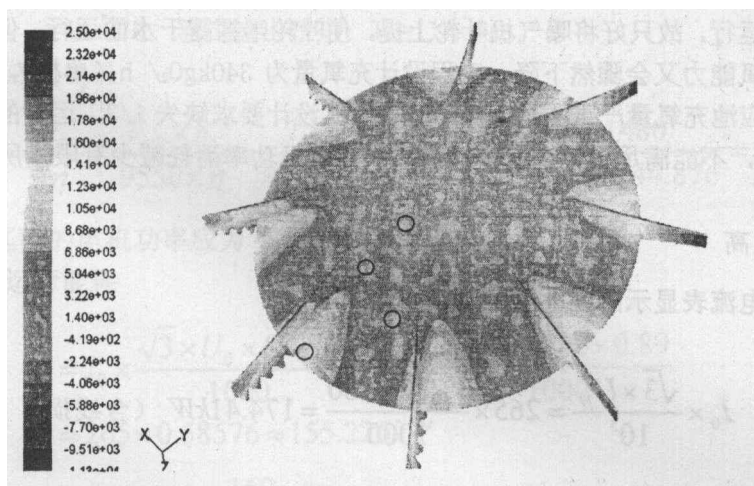


图5 叶片背面压强分布图

输入电压: $U_N = 380 \text{ V}$

额定电流: $I_N = 287.8 \sim 288 \text{ A}$

转速: $n_1 = 1480 \text{ r/min}$

减速机: SEW 天津公司出产

型号规格: M3PVSF80

速比: $i = 44.876$

输出扭矩: $T_{N2} = 117 \text{ kN} \cdot \text{m}$

传动效率: $\eta = 95.5\%$ (经校核计算实为 94.9%)

曝气叶轮: $\phi 4000$ (仿制的休伯特型), 如图6所示。

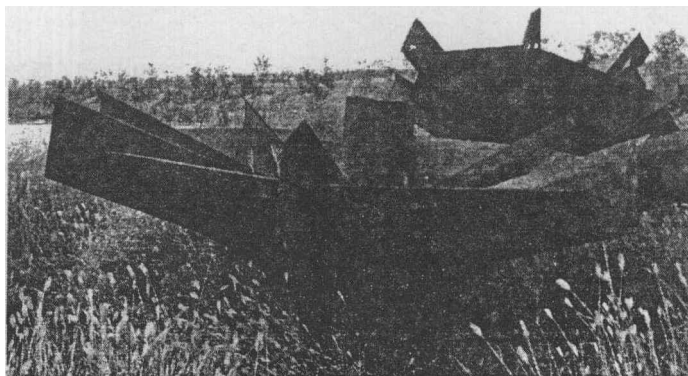


图6 被自主知识产权曝气机取代
更换下来的休柏特型倒伞曝气机叶轮

5.1.4 存在问题

1) 充氧量严重不足

根据该厂技术人员提供的情况,曝气机叶轮浸没到相应深度时,电机不能驱动叶轮旋转,为了不使电机超负荷运行,故只好将曝气机叶轮上提,使叶轮半裸露于水面运行,但一旦半裸露于水面运行,单机充氧能力又会骤然下降。工程设计充氧量为 $340\text{kgO}_2/\text{h}$ (单机),将叶轮提升到水面运行,导致反应池充氧量严重不足,实际充氧量比设计要求缺失 $1/3$,运行的实际充氧量为 $230\text{kgO}_2/\text{h}$ (单机),不能满足设计充氧量的需要,而电机功率消耗减少有限,所以,处理的污水根本不能达标。

2) 电能消耗虚高

曝气机运行时电流表显示的线电流 $I_0=265\text{A}$ 。

$$\text{单机功率消耗: } I_0 \times \frac{\sqrt{3} \times U_N}{10^3} = 265 \times \frac{1.732 \times 380}{1000} = 174.41\text{kW} \text{ (含线损)}$$

$$0.72\text{元/度} \times 174.41 \times 3 \times 24 = 9041.415\text{元}/d \cdot \text{沟}$$

$$9041.415 \times 30.4(M\text{均}) = 274858.998\text{元}/M \cdot \text{沟}$$

$$27.4859 \times 3(\text{沟}) = 82.4577(\text{万元})/M$$

$$82.4577 \times 12 = 989.4929(\text{万元})/Y$$

9台倒伞曝气机全部满负荷运行,月电费为82.4577万元,年电费为989.4929万元。

5.1.5 技术改造方案

根据对采集数据的分析,得出结论:原曝气机能耗高、效率低的原因,除了电机减速机匹配

选型存在问题以外,最根本的原因是仿制的休伯特型曝气叶轮存在结构缺陷。运行时,由曝气机叶片推流而扬起的水跃(类似瓢泼脉冲洒水)挟裹空气充氧,除了曝气机周边水花翻腾,池面根本观察不到微小气泡浮起。由于叶轮甩水时负载较重,动力消耗自然增大。曝气机的机械传动机构中,如果轴承支点布置不合理,输出轴悬臂过长也都可能造成能耗增高。

我司专业技术人员向该污水厂书面提出了设备整改方案。

1) 根据现状,建议采用发明专利(专利号: ZL200410103093.7)复合叶轮倒伞曝气机,取代现休伯特曝气机,复合叶轮倒伞曝气机专利技术生产的产品经过国家权威检测机构实地检测,污水中的理论动力效率高达 $>3.50 \text{ kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$,完全能满足工程设计需氧量 $\geq 340 \text{ kgO}_2/\text{h}$ (单机)的需要。

2) 要达到理想的推流,必须增加推流器,将曝气机的充氧混合与推流功能分开,使设备各自发挥最佳效果,同时节约能耗。氧化沟污水处理的工艺特点是推流式完全混合延时曝气,单纯依靠曝气机实现以上所有功能是不可能的,功率分配也不合理,曝气机充氧混合另加推流器进行底部推流绝不比单用曝气机实现曝气、推流复合功能的能耗高。

方案交中冶华天工程有限公司技术论证后,便进行了实施。针对休伯特型曝气机存在的主要问题,该公司为节约改造投资,决定保留电机和减速机,采用发明专利复合叶轮曝气机的叶轮和传动机构。经过三个月的紧张施工,9台曝气机的节能降耗改造工作顺利结束。

5.1.6 改造前后的能效分析比较

1) 改造前

A 减速机: M3PVSF80

传动比: $i=44.876$, 额定输出扭矩: $T_N=117 \text{ kN}\cdot\text{m}$

B 减速机应配电机

$$\text{功率}^{[2]} P_{K1} = \frac{P_{K2}}{\eta} = \frac{T_{N2} \times n_2}{9550 \times \eta} = \frac{T_{N2} \times n_1}{9550 \times \eta \times i} = \frac{117000 \times 1480}{9550 \times 95.5\% \times 44.876} = 423.08 \text{ kW}$$

该减速机匹配的电机功率应为 450kW, 而实配的电机为 160kW。

C 曝气机运行能耗

$$\begin{aligned} \text{输入功率: } P_0 &= I_0 \times \frac{\sqrt{3} \times U_0 \times \cos \varphi}{1000} = 265 \times \frac{1.732 \times 380 \times 0.89}{1000} \\ &= 265 \times 0.58576 \approx 155.226 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{电机输出扭矩: } T &= 9550 \times \frac{160}{1480} \approx 1.03243 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ 1.03243 \times 44.876 &\approx 46.331 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

D 结果分析

实配电机功率与减速机应配电机功率比:

$$160 \text{ kW} : 423.08 \text{ kW} = 37.8\%$$

实际输出扭矩与额定输出扭矩比:

$$46.331 \text{ kN}\cdot\text{m} \times 0.995(\eta) : 117 \text{ kN}\cdot\text{m} = 37.8\%$$

实配电机功率与减速机应配电机功率比为 37.8%, 实系小马拉大车, 假设选用与电机相匹配的减速机, 可以减少曝气机运行时的功率消耗, 用 132kW 的电机就足矣, 这样用 160kW 的电机驱动叶轮 $\phi 4000$ 的曝气机, 又委实是太马拉小车。

2) 改造后

在山东寿光中冶华天水务有限公司污水处理厂支持与密切配合下,发明专利新一代高效节能曝气机全部取代了休柏特型倒伞曝气机。通过近一年的运行证明,改造后的复合叶轮表面曝气机在节能、降耗、增效方面达到了预期效果,为该公司降低了运行费用,达到了节能降耗、提高处理效果、额外增加经济效益的目的。

如果全国的有关污水厂都像山东寿光污水厂一样对曝气机进行节能降耗的改造,那么,全国因此所节约的电能将是惊人的数字,同时也为政府和民众减轻了用于污水治理的经济负担,这既是既减排又节能,真正实现了环境、社会、经济三项效益的科学统一与可持续发展。

图 7 为改造后的曝气机在运行中,表 2 为该厂设备改造前后曝气机耗电情况对比表(该数据由用户提供)。分析表中数据可知,从节能降耗效果方面看:单台曝气机的实际消耗功率下降 42.8kW,全年累计节约电费 242 万元,扣除新增加的推流器电耗费用,第一年仍可节约电费 235 万元。

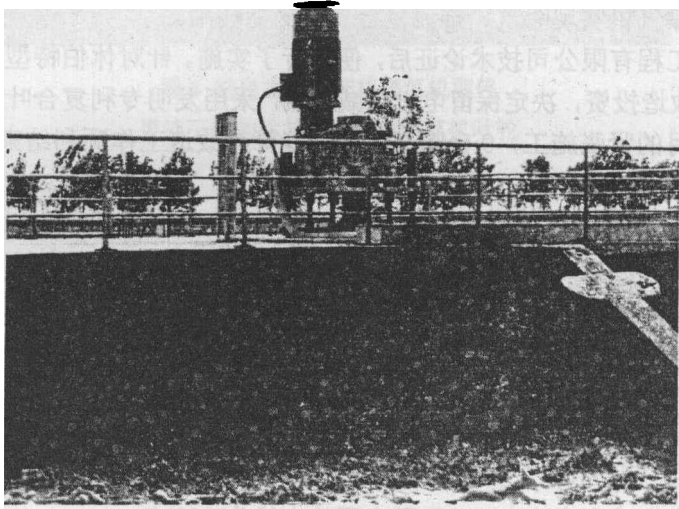


图 5-2 改造后的曝气机运行中

表 2 倒伞表面曝气机改造前后运行时耗电情况对比表

指标项目	配套电机型号	工作电压 (V)	额定电流 (A)	运行电流 (A)	电流表指示情况	单机输入/消耗功率 (kW)	全年累计电费 (万元)	节约电费 (万元/年)		
改造前	MZQ315L-4A	380	287.8	≥265	指针跳动幅度大、不稳定	155.2/174.4	990	242 (扣除新增推流器的电耗仍可节约235万元)		
改造后	MZQ315L-4A	380	287.8	200 左右	稳定	117/131.6	748			
指标项目	COD _{cr} (mg/l)		BOD ₅ (mg/l)		氧化沟溶解氧(mg/l)			充氧量 (kgO ₂ /h)	提升能力混合能力	流态流场
	处理前进水	处理后出水	处理前进水	处理后出水	表层	中层	底层			
改造前	600	150~160	200	30	4	2	0	230	不佳	脉冲式大片状
改造后	600	100~110	200	15	4	4	4	340	很好	没有脉冲现象,雾状喷射

5.2 山东省平阴县污水处理厂

山东省平阴县污水处理厂是一座新建的污水处理厂, 应用 4 台由该发明专利技术生产的 $\Phi 3750$ 的倒伞型曝气机, 由于水量不足, 运行两台机, 日处理 2 万 m^3 污水。自 2005 年 4 月全天候运行至今, 未发生任何机械故障, 两台机每月电耗 11.6 万度, 两台机电耗仅 160 度左右电融, 双机每小时充氧是 $\geq 480\text{kg}$ 。经济指标每度电充 3.5kg 氧气, 技术指标即理论动力效率达 4.0kg 以上。图 8 为山东平阴县污水处理厂利用专利技术生产的曝气机运行中。

通过在上述两座污水厂应用自有知识产权发明专利的新技术产品证明, 国内的技术人员完全有能力研发、设计、生产出具有高技术含量的同类产品。

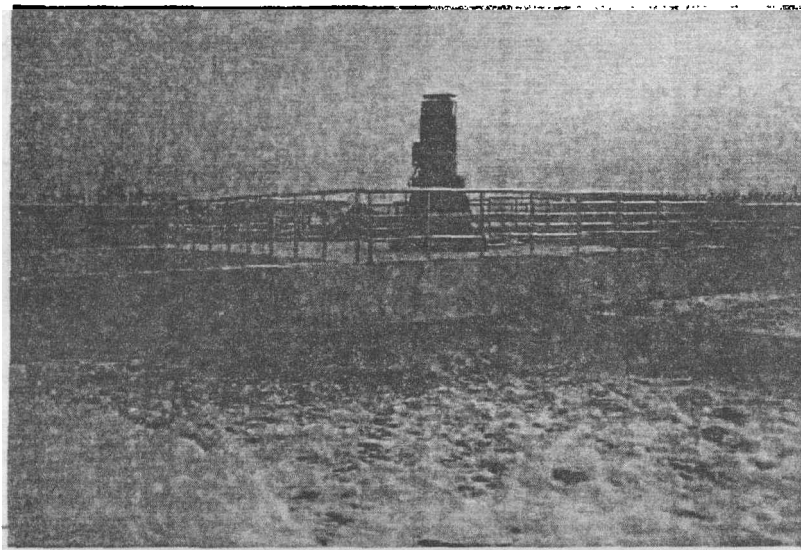


图 8 山东省平阴县污水处理厂利用专利技术生产的曝气机运行中

参考资料

- [1] EIMCO 工艺设备公司曝气机安装、操作和维护说明书, 50~51
- [2] SEW04/2004 版本样本, 1.13~2.11