

机械行业总排废水的再生回用

机械工业部设计研究院 黄晓家

摘要 机械工厂中,对全厂总排废水全部处理的企业仅占11.4%,因而机械行业应大力推广应用废水再生回用技术。机械行业总排废水再生回用水站行之有效的工艺流程为混凝沉淀过滤及废水直接微絮凝过滤,其最佳工艺流程为废水直接微絮凝过滤,其投资仅为前者的50%~60%。废水回用既有直接的经济效益又有间接的经济效益。

关键词 环境保护 废水处理 回用

一、前言

在许多国家,资源的循环与再用,已成为一种很有前途的事业。人类总是在使用再用水,天然水的蒸发与降雨循环就是自然界中的一种自然资源的再用;河流上游城市及工厂排入河流的废水,经河流自净,下游城市作为城市水源,严格意义上讲这也是水的再用。

目前世界上已有很多国家实行废水再生回用的资源化政策。我国八十年代才开始研究废水再生回用,并有一些地方,如北京、深圳、海口等地制定了废水资源化政策。当前,中国在各类工矿企业中废水再生回用最成功及工程实例最好的是机械行业,这为我国进一步推行废水资源化政策和广泛采用零排放技术提供了工程实践经验。

中国水资源严重匮乏,人均占有仅为世界人均占有量的1/4,且在时空分布上极为不均,致使许多地区和约300个城市缺水,其中严重缺水城市有50个,如北京、天津、青岛、西安、大连等城市,国家为解决城市缺水付出了巨大的财力。据国家有关部门统计,目前我国城市日缺水1000万 m^3 ,致使每年财政收入减少200亿元人民币。

中国水污染问题同样严重,据国家环保局统计,污水日排放量约为1亿 m^3 ,80%的水域和45%的城市地下水水源均被污染,这就更加剧了水资源短缺。

因此,保护环境,保护水源、开发利用第二水源——废水,已势在必行。

二、机械行业废水状况

在我国,机械工厂分属于机械、兵器、航空、船舶、化工、轻工、纺织、煤碳等部门。机械工厂遍及城乡,是我国主要支柱产业。

机械行业总排废水主要污染物为油、有机物及悬浮物,其统计水质与国家排放标准详见表1。

目前,机械工厂车间生产的特种废水,如乳化液废水,重金属离子废水,油漆废水,含氰、含酚废水等,均采取就地点源治理,达标后方排入厂区下水道的办法。这就使机械工厂总排废水有如下的特性:废水中以油、有机物、悬浮物为主要污染物,且污染物的浓度接近或部分达到国家排放标准。污染程度低,较易处理,致使达标排放治理和再生回用的投资相差无几。而再生回用不仅产生直接的经济效益,还有

基础技术及应用工程。

5. 环境保护与生态农业工程技术及装备

针对当前破坏我国环境的主要污染源,重点开发烟气脱硫脱硝成套设备,工业污水多元模块组合式处理设备,城市污水处理成套设备;并建成示范工程。为了适应常规农业向生态农业转变的需要,开发

生态农业工程与装备。材料、能源长期以来是制约我国经济发展的瓶颈,机电产品是能源、材料的消耗大户,应开展节能节材技术。

为了使《规划纲要》得以实现,机械部正组织制定相应的政策与措施。

表 1 机械行业总排废水及国家排放标准

水质 项目	油 oil (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)
总排废水	(20) 5~50	(140) 80~300	(65) 40~120	(60) 40~80
污水排入城市下水道国家标准	20	150	100	400
污水综合排放标准	10	100	30	70

缓解城市供水矛盾的社会效益,同时由于回用可基本实现零排放,而又具有环境效益。所以废水再生回用技术应在机械行业中推广应用。

据有关部门调查,在为数众多的机械工厂中,对全厂总排废水全部处理的企业仅占 11.4%,处理后全部达标者占 41%,部分达标者占 51%,尚有 8%的企业虽经处理,但仍不能达标。因而机械行业应大力推广应用废水再生回用技术,以改变目前总排废水治理落后的现状。

三、工艺流程及净化单元

我们对国内近 10 家机械工厂废水再生回用工程进行了调查,其工艺流程详见表 2。众多的工程实践证明,机械行业废水再生回用采用物化工艺流程完全可行。在物化工艺流程中,又有如下的净化单元:絮凝反应池,沉淀(斜板)池,澄清(水力、机械)池,气浮、过滤等。

表 2 废水再生回用工程一览表

序号	企业名称	工艺流程
1	北京重型机器厂	混凝斜板沉淀—过滤—磺化煤
2	山东维坊柴油机厂	混凝机械澄清—过滤
3	太原重型机器厂	混凝机械澄清—过滤
4	洛阳轴承厂	混凝斜板沉淀—过滤
5	郑州第二砂轮厂	混凝水力澄清—过滤
6	南方动力机械公司	混凝水力澄清
7	某机车车辆厂	气浮—过滤
8	洛阳矿山机器厂	气浮—过滤
9	洛阳铜加工厂	(微絮凝过滤)

注:括号内的工艺表示未建成。

絮凝反应器:实验室试验和生产实践都证实,机械工厂总排废水混凝絮凝形成的矾花强度弱,密实度低。絮凝反应器最好采用梯度衰减式絮凝器,以便阻止已形成的矾花破碎,同时要特别注意反应池和沉淀池连接处的速度。反应池的反应时间一般为 20~40min。

机械工厂总排废水絮凝所采用的混凝剂最好为无机盐高分子和有机高分子絮凝剂同时运用。

沉淀池:目前在机械工厂总排废水再生回用中所采用的沉淀池大都为斜板沉淀池,原因是效率高,且可节省面积。一般斜板沉淀池的有效沉淀高度不少于 3.0m,斜板高 1.5m 左右,表面水力负荷为 0.5~5.0m³/m²h。

澄清池:有机械澄清池和水力澄清池,澄清池内的反应区反应时间不少于 20min,沉淀区上升流速为 1~3mm/s,回流比为 2~4 倍。

气浮池:通常采用平流气浮和竖流气浮,有的也采用双级气浮,一般气浮的回流比为 20%~50%,澄清池上升流速为 1~3mm/s。气浮不宜用于日处理能力大于 1000m³/d 的回用水站。

过滤:具有机械筛滤、沉淀、吸附和粘附的物理化学性能。滤池的滤速取决于絮体的强度和直径,絮体强度大,滤速大,絮体易破碎而造成出水水质差,适当选用大粒径滤料可提高滤速。

在机械工厂总排废水再生回用工程中,有普通滤池和双层滤池被应用过。对于普通滤池,滤料为石英砂,粒径为 0.5~1.2mm,滤速为 4~8m/h;对于双层滤池,滤料为无烟煤和石英砂,无烟煤粒径为 1.0~1.8mm,石英砂粒径为 0.5~1.0mm,滤速为 6~8m/h。

微絮凝过滤:机械工厂废水直接微絮凝过滤的废水处理新工艺由机械工业部设计研究院和北京重型机械厂通过两年多的研究,于 1992 年上半年通过部级鉴定。这种工艺的特点是,废水经过一级絮凝过滤便可达到回用标准,这便大大地减少了占地面积和投资。这种工艺与目前既有工艺相比,可节省 50% 的投资。

机械工厂总排废水再生回用较为理想工艺是混凝沉淀(澄清)—过滤,最佳工艺为废水直接絮凝过滤。在未来的废水再生回用水站,建议采用废水直接微絮凝过滤工艺。

四、机械行业总排废水再生回用水水质及影响因素

机械工厂总排废水再生回用水水质指标应根据用户要求、毒理、病理及卫生学要求来确定,同时还应满足国家有关水质标准,如生活杂用水水质标准(CJ2501-89)、农田灌溉水水质标准(GB5084-85)、循环冷却补充水水质标准(给水排水设计手册

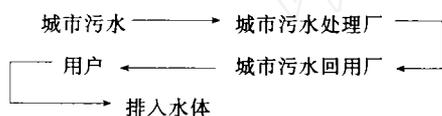
表3 再生回用水管理目标值

色度(度)	<5	油(mg/L)	≥4
嗅	无	挥发酚(mg/L)	≥0.3
味	无	SS(mg/L)	≥10
浊度(度)	<5	硬度(CaCO ₃ , mg/L)	500
温度(℃)	≥27	细菌(个/L)	≥100
pH	6.5~8.5	大肠杆菌(个/L)	≥3
COD(mg/L)	≥15	余氯(mg/L)	≤0.3
BOD(mg/L)	≥10	氟化物Cl ⁻ (mg/L)	600
		无机盐(mg/L)	2500

6)等,并参照日本、美国、苏联等国的回用水水质以及国内部分工厂实际运行数据,制定了机械工厂废水再生回用水水质标准(详见表3)。该标准已在部分工厂应用,并建议有关部门根据国内实际情况,尽快制定出适合机械工业总排废水再生回用的水质标准。

机械工厂总排废水再生回用与城市污水再生回用、建筑中水有所不同。

城市污水回用流程如下:

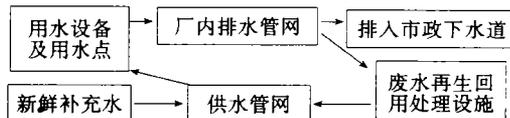


建筑中水流程如下:



而对于前者,机械工厂总排废水再生回用则是一个封闭循环,不是一个敞开式循环,这也就是为什么机械工厂总排废水再生回用是工厂实现“零排放”的必由之路的缘故。机械工厂总排废水再生回用的

流程如下:



由于机械工厂废水再生回用与城市污水回用、建筑中水有着本质的不同,前者为封闭循环系统,后者为敞开式直流系统,因而前者存在着水中污染物及无机盐的累积问题。通过理论研究和生产实践表明:

1. 废水中污染物质(有机物和不溶于水的无机盐)对回用水水质的关系

$$C_n = \frac{C_1}{1 - K \left(\frac{1 - E}{1 - e} \right)} \quad (1)$$

式中 C_n ——回用水的污染物浓度(无数次循环后)

C_1 ——废水中的污染物浓度(第一次循环的废水)

K ——回用水的回用率

E ——污染物质在处理设施中的去除率

e ——回用水一次循环的蒸发损失率

由公式(1)可知, K 值越小,亦即回用水率越低, C_n 趋向 C_1 。无论 K 值多大,随着 E 值的增大,亦即是处理设施对污染物质去除率的提高, C_n 越趋向 C_1 ,当 $E > 0.8$ 时, C_n 和 C_1 相近。一般来说,废水再生回用处理设施对污染物质的去除率大于80%,因而再生回用水质与 K 值无关,与循环次数无关。

2. 废水中的无机盐对回用水质的影响

$$C_{SN} = \frac{(1 - K)C_{SO} + (1 - e)C_{SR} - C_{SS}}{1 - e - K} \quad (2)$$

式中 S_{SN} ——回用水中无机盐浓度(无数次循环)

C_{SO} ——新鲜补充水无机盐浓度(城市自来水或自备水井)

C_{SS} ——用水设备及用水点因结垢而减少的无机盐浓度

C_{SR} ——回用水在处理设施中浓度的变化(有脱盐设备,加消毒剂、混凝剂的影响)

废水再生回用水系统中无机盐的影响因素很多,很复杂,一般都很难确定,但从理论上讲,无机盐的浓缩倍数一定大于1。但目前现有的几个废水再生回用水站中,仅有一厂测出有浓缩,浓缩倍数为1.5~2.5之间。

废水再生回用水中的无机盐对设备和管网有结垢和腐蚀功能,是一个关系回用水是否能安全长期

应用的问题——结垢和腐蚀的加强会增加设备维修次数和设备损耗率,同时还浪费能源,因而回用水中无机盐的浓度及结垢腐蚀应引起足够的重视。

五、经济效益分析

废水再生回用水站的经济效益可分为直接经济效益和间接经济效益。

直接经济效益一般指废水再生回用水站自身运行所获得的经济效益。它由工厂所用城市自来水价或自备水井水价、排污费和超标排污费、投资的贷款利息、设备折旧费、维修费、运行费等组成,其计算公式如下:

$$P = P_1 + P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6$$

式中 P ——回用水站一年的经济效益

P_1 ——工厂所用水的水价

P_2 ——废水排污费和超标排污费

P_3 ——贷款利息

P_4 ——设备折旧费

P_5 ——维修费(包括常规维修和大修费用)

P_6 ——运转费(包括工人工资、奖金、废水再生回用水站内的水暖电及药剂费等)

年运行成本 C 的计算如下:

$$C = P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

运行成本单价 C_1 的计算公式为:

$$C_1 = \frac{C}{Q_a}$$

式中 Q_a ——为废水再生回用水站年供水量 m^3

调查表明,目前废水再生回用水站的运行成本单价 C_1 一般为 $0.2 \sim 0.4$ 元/ m^3 ,高者可达 0.5 元/ m^3 ,而城市自来水价一般为 0.5 元/ m^3 以上,排污及超标排污费为 0.1 元/ m^3 以上,因而废水再生回用水站有着直接经济效益。在调查的废水再生回用水站中有的直接经济效益为几万元,有的几十万元不等。总的来说,直接经济效益不高,但废水再生回用水站可完全自保——运行不亏损,这比废水处理达标排放的全投入——不见直接经济效益要好得多。

间接经济效益指由于建造了废水再生回用水站而缓解了城市供水紧张的矛盾和减轻了城市供水压力,同时还为工厂减免了水资源费和超标用水罚款等。如北京自来水资源费为 800 元/ m^3 ,排水资源费用为 860 元/ m^3 ,如回用水站每天向工厂供应 6000 吨水,则可为工厂节省资源费为: $6000(800+860) =$

$9,960,000$ 元,这是一笔相当可观的费用。

工厂由于建立了废水再生回用水站,可在枯水季节或供水高峰期或城市断水时,仍能继续生产而不停产,这便为工厂创造了不间断生产的条件;同时老工厂要扩大生产,必须要交纳水资源费,因建回用水站而可自给,从而可免交水资源费,这又为工厂创造了再生产的条件。这些都是工厂间接效益。

工厂建了废水再生回用水站,可缓解城市供水紧张的矛盾,建一个日产 6000 吨的废水再生回用水站,日可节约 6000 吨水,这便可供 3 万人的生活用水;同时废水再生回用水站可免交超标用水罚款。目前国内已有不少城市制定了超标用水罚款政策,如海南省海口市,根据超标用水百分比,超标部分的水价为标准水价的 $10 \sim 15$ 倍。

目前已建成的废水再生回用水站多采用混凝沉淀过滤工艺,其投资为 $500 \sim 1000$ 元/ $m^3 \cdot d$,若采用废水直接微絮凝过滤新工艺,投资可节省 $40\% \sim 50\%$ 。这样废水再生回用水站的直接经济效益将增加 $20\% \sim 30\%$,从而使废水再生回用水站更加有利可图。

六、结束语

随着我国从上至下对水匮乏忧患意识和环境意识的增强,废水再生回用必然引起普遍重视。机械行业废水再生回用已有不少成功经验,可供机械行业及其他行业推广应用再生回用技术借鉴。

机械行业总排废水再生回用水站行之有效的工艺流程为混凝沉淀过滤及废水直接微絮凝过滤,且其最佳工艺流程为废水直接微絮凝过滤,其投资仅为前者的 $50\% \sim 60\%$ 。

废水再生回用水站有着较好的直接经济效益,并有着巨大的间接经济效益。

机械行业总排废水再生回用水水质,基本不受有机污染物质及不溶于水的有机物影响,但却受废水中无机盐的影响,由于废水再生回用水为封闭循环,其无机盐的浓度受投加的混凝剂和消毒剂,以及循环水的蒸发率和回用率的影响,一般浓度倍数在 $1.5 \sim 2.5$ 之间。

为了更好地推广应用废水再生回用技术,建议制定行业废水再生回用水水质标准,同时加强对废水再生回用水的腐蚀结垢的研究。

(收稿日期:1994—12—08)