

首钢污水处理厂工艺与运行分析

林德玉

(首钢总公司)

摘 要 建设首钢污水处理厂是一项造福于民的环保工程,同时也为缓解日益严重的水资源危机起到积极的作用。对污水处理厂建设目的、意义及设计思想进行了论述,对具有首钢特点的污水处理厂工艺、设施、作用及运行测试情况作了细致的分析,同时提出了首钢污水实现“零”排放的设想。

关键词 废水处理 回收利用 工艺技术

我国是个水资源严重不足的国家,水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,居世界第 6 位,人均占有量 2 340 m^3 排在世界第 109 位。仅为世界人均占有量的四分之一,属世界 12 个贫水国家之一。城市人均水资源拥有量远低于国际公认的 1 750 m^3 的紧张线。我国北方 9 城市人均占有水量低于 500 m^3 ,每年因缺水损失工业产值 1 200 多亿元^[1],水的问题已越来越为全社会所关注,水资源严重短缺已成为制约我国经济、社会发展以及人民生活的重要因素。

首钢污水处理厂是首钢总公司为贯彻北京市委、市政府举办奥运、治理污染、美化首都环境而建设的重点环保治理工程,该工程是一项造福于民的环保和节水项目,为缓解日益严重的水资源危机和减轻北京市地表水污染起着积极的作用。

1 概况

首钢厂区污水处理厂于 2001 年开始建设,主体设备由法国得利满公司引进,工程于同年 12 月完工,2002 年进行调试及运行测试。污水处理厂设计总进水量为 4 000 m^3/h ,平均日处理能力为 9.6 万 m^3 ,总投资约 9 000 万元,总占地面积 2.8 万 m^2 。污水处理厂的建设不仅可以全部处理首钢厂区的污水,而且处理后的水得到了最大限度的回用。外排水指标可达到或优于《北京市水污染物排放标准》二级标准。回用水经软化、过滤、消毒等进一步处理,达到生产用水要求。

该污水处理厂结合首钢排水水质特点,合理选用适宜的工艺及设备,为污水处理厂的投运及今后长期稳定运行打下了良好的基础。

2 工艺原则与特点

随着对水资源认识的不断加深,我国钢铁行业近年来已把努力降低水耗提到议事日程上来,目前,

国内已有数家钢铁企业建设了综合污水处理厂,建设综合污水处理厂的企业都在努力使水资源利用率得到最大限度的提高。由于在清污分流、水质平衡和处理工艺方面的原因,污水回用率一般难以达到 50 %。我公司污水处理厂建设前期为此做了大量调研和技术方案论证,在此基础上确定了适合我公司具体情况的工艺技术方案。

该工程是以首钢厂区生产废水和生活污水全部处理,废水最大限度的回收及利用为原则。结合现有相同功能的国内、外污水处理厂及公司排水水质水量等情况,我们对公司有关工艺的排水水质进行了分析和分类,特别是对于除盐、软化及焦化生化尾水等含盐量 $>2\,000\text{ mg/L}$ 的排水,确定为不适合进污水处理厂的污水并将其分离,用于厂区非循环用水工艺(如:焖渣、料场抑尘等),以减少循环水盐类及氟根的富集。并选择了石灰软化工艺去除水中的暂时硬度及碱度,使大循环系统的水质保持稳定,有利于提高收水率。

2.1 污水处理厂进水水质

多年监测的结果表明,公司厂区排水水质呈钢铁工业特点,伴随清洁生产工艺的推广和节水意识的提高,污染物和排水量呈逐年下降的趋势。主要污染物 SS、COD、石油类、氟化物有个别超标情况。污水处理厂投产后,随着循环率的进一步提高,循环水的浓缩倍数将会上升,排水的理化指标也将会产生变化,在确定污水处理厂进水指标和收水率时充分考虑了这一情况。

2.2 污水处理厂出水水质

首钢污水处理厂出水去向考虑了环保、水资源利用两方面的要求,首先外排水要达到或优于北京市水污染物排放标准;回用水则根据污水特性及常

规方法的去除能力确定出水水质。

2.3 工艺流程

厂区污水通过新修建的暗管并利用西高东低的地形,流至污水处理厂,通过进水总闸板进入预处理系统,经过粗、细格栅和刮油机处理后由潜水泵提升至混合配水井,并在配水井实现比例配水,同时按处

理后的去向投加相应药剂。经机械搅拌混合分别进入三个高密度澄清池,沉淀分离后,一部分水达标外排,大部分水经混凝并调节 pH 值后进入 V 型滤池。V 型滤池出水进入储水池,最后用泵送至公司配水干管。高密度澄清池的底流污泥通过泥浆泵送往板框压滤机进行脱水(图 1)。

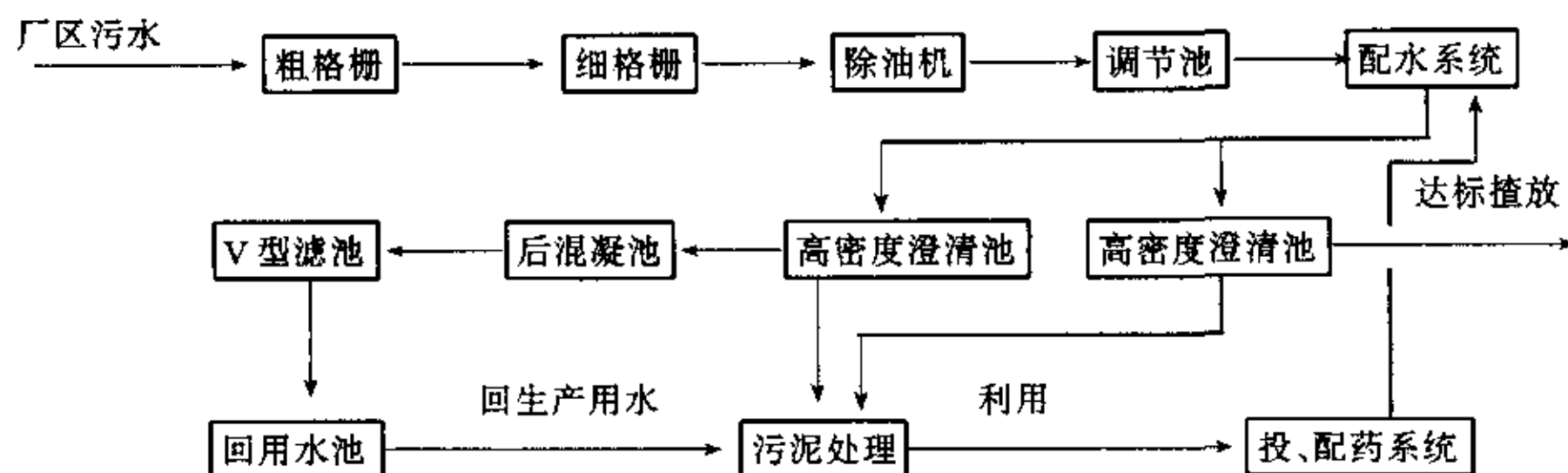


图 1 首钢污水处理厂工艺流程图

3 工艺设备及作用

3.1 预处理

(1) 进水闸板井及总渠

污水经汇总后由引水总管送至进水闸板井,通过手动或自动调节闸板开启度,以调控进厂水量。

(2) 粗格栅的主要功能是去除水中较大的漂浮物及大颗粒,共设两台,采用格栅前后液位差和时间控制清渣,清理下来的栅渣落入螺旋输送机,送入渣箱。

(3) 细格栅的功能是去除水中较小的漂浮物及颗粒和悬浮物,由于螺旋格栅机是集过滤、挤压、脱水、传输和排渣于一体,出渣口排出的栅渣为干渣。

(4) 调节池与提升泵

为尽可能减少因水量及水质不稳定造成对后续处理工艺的冲击,格栅后部设置一个有效容积 2 000 m³ 调节池,提升泵站设在基础顶部。

3.2 混合、配水系统

预处理后的污水由潜水泵提升送入混合配水系统,堰上设有止水插板,可插上插板切断任何一条线。污水通过配水堰并按比例分配后,分别进入机械搅拌混合反应区,在回用线的不同位置分别加入混凝剂 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 和石灰,通过机械搅拌混合去除水中暂硬,通过混合反应后,回用线污水再分为两条线,分别将水引入两个回用线高密度澄清池。在外排线的不同部位分别加入混凝剂 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 和硫酸,经初步反应后流入外排线高密度澄清池。

3.3 高密度澄清池

高密度澄清池是集反应、澄清、浓缩及污泥回流

为一体的高效水处理构筑物,分为絮凝反应区、预沉浓缩区、斜管分离区。本工艺设有三座高密度澄清池、两个回用池和一个外排池。

(1) 絮凝反应区由快速搅拌区和无搅拌区组成,快速搅拌区由变速叶轮控制加药后混合水的搅拌速度,无搅拌区可以促进矾花的增大和使矾花密实均匀。在废水进入高密度澄清池絮凝反应区前,还需加入高分子絮凝剂。高密度澄清池是该工艺中的重要核心设施,废水中的胶体、悬浮物、乳化油、COD 及氟化物等污染物在此得到有效地去除。

(2) 絮凝反应后的污水进入面积较大的预沉浓缩区后,大部分固体悬浮物在该区沉淀并浓缩。部分污泥回流,剩余污泥被浓缩区底部的刮泥机刮入泥斗,由排泥泵送至泥处理系统进行脱水处理。

(3) 斜管分离区对水中残余矾花再次去除,回用池的清水由集水槽收集后进入后混凝池,进一步反应并调整 pH 值后,送至 V 型滤池进行过滤处理;外排池的水达标后外排,见图 2。

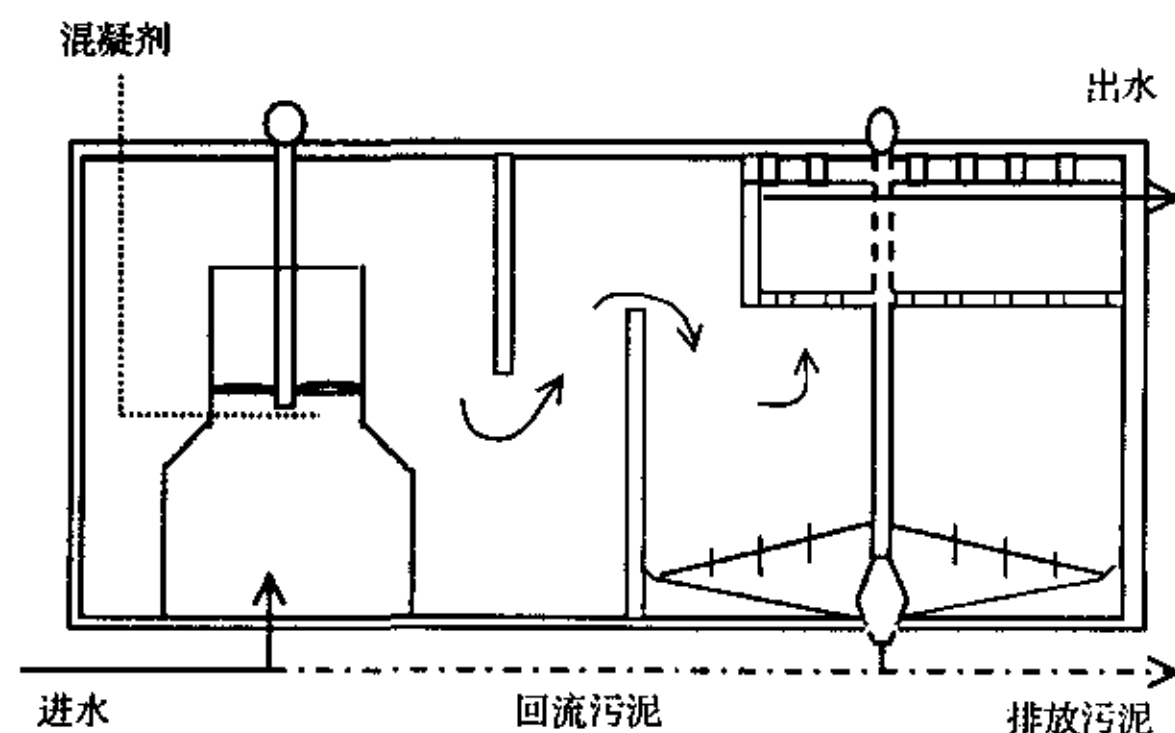


图 2 高密度澄清池结构示意图

3.4 V型滤池

(1) 过滤

高密度澄清池(回用池)出水经滤配水渠进入滤池,通过砂滤层流入池底配水室,再汇入中央气水分配渠内,经出水堰、清水总渠、冲洗水储池流入回用水池。

(2) 反冲洗

采用“气—气水同时反冲—水冲”三步冲洗,将滤料表面杂质洗下来,由于V型槽底小孔继续进水,在滤池中产生横向表面扫洗,将杂质推向中央排水渠,再将空气和水同时进入气水分配渠使滤料进一步得到清洗。同时横向表面扫洗继续进行,然后停止气冲,横纵向水流将杂质全部冲入中央排水渠。由管道返回预处理调节池。

3.5 回用水泵房及储水池

滤池出水通过闸板分别进入储水池的两个格,储水池有效容4 000 m³,两格的水分别通过各自的闸板进入吸水井。回用水由回用水泵按比例送往厂区供水管网。

3.6 药剂的制备与投加

处理工艺采用Al₂(SO₄)₃·18H₂O作为混凝剂,设有地下式制备池,配制好的溶液用泵提升至加药池内,再由加药泵投加到加药点。工艺采用PAM高分子聚合物,使水中细小颗粒变得粗大密实并加快沉淀速度,粉状PAM经溶解后送至投加点。

为降低回用水的暂时硬度,需投加石灰进行水质软化处理,设2座石灰制备池,将粉状石灰配制成浓度为10%的灰浆,用泵送至混合配水构筑物回用线加药点。

回用线污水经石灰软化后,pH会升高,需投加适量硫酸调整至回用水规定的标准。排放线也需投加适量硫酸以调节、控制去除氟化物所需的最佳pH值。

3.7 污泥处理系统主要工艺流程及设备

泥处理系统包括污泥调节池和泥处理间。高密度澄清池的底流污泥由排泥泵送至污泥调节池,调节池同时还收集压滤机的回流污泥,调节池的污泥由给料泵送至污泥脱水间的厢式压滤机进行脱水。

污泥脱水间设有自动厢式压滤机3套,单台压滤机过滤面积250 m²,滤板外框尺寸1 500 mm×1 500 mm。

3.8 在线检测及控制

(1) 为便于运行管理和控制,主要工艺大都设置了在线检测。预处理系统设有温度、电导率检测;

提升泵出水管线上设有流量检测;粗细格栅前后设有液位差检测;配水沟进水区设有pH和TAC(总碱度)检测;滤池进口设有pH检测仪表,外排池设有主要污染物检测仪表,所有数据可在各单体PLC子站和中心控制室显示。

(2) 中心控制室内的大型模拟显示屏显示水处理的全部工艺流程,控制系统收集全厂的过程数据在CRT上以总貌、分区、分组等画面显示生产过程中的数据及运行状态,所有设备、投药量及在线参数均可在PLC子站和总站显示和控制,个子站系统和总站可通过网络进行通讯并可远传。

4 污水处理厂调试与运行情况及效益分析

4.1 调试与运行情况

污水处理厂在经过设备调试后,于2002年5月全线通水,将首钢厂区污水全部进入污水处理厂,进水水量2 000~3 000 t/h,7月下旬对污水处理厂的技术性能进行测试,各项技术指标达到了设计要求。

按照北京市地方水污染物排放标准,氟化物应≤3 mg/L,而对于低浓度氟化物的除氟处理,在技术与经济两者之间一直难以把握,为使公司外排水污染物全部达到北京市地方排放标准,我们对污水现状、工艺操作及药剂除氟机理进行了全面分析,对药剂除氟有了进一步认识。

铝盐絮凝除氟法常规情况下,投药量在300~1 500 mg/L,对于将低浓度含氟污水(3~8 mg/L)处理至≤3 mg/L其药剂处理成本约3~5元/t水。

铝盐去除氟离子机理较为复杂,主要有吸附、离子交换、和络合沉淀,影响吸附的主要因素是含氟絮体的 ξ 电位和控制形成Al(OH)₃(am)的条件(pH值),以提高矾花絮体的物理吸附容量。此外,铝盐絮凝除氟过程中生成的Al(OH)₃(am)絮体对氟离子还可产生氢键吸附,和络合沉淀作用同样需要适宜的pH值和尽可能高的矾花絮体。因此,若要使铝盐脱氟效率提高,降低药剂处理成本,选择适当的pH值以及提高矾花絮体浓度是工艺操作中的重要控制条件。为此我们大胆尝试,采取了强化pH的回调,以满足含氟絮体的 ξ 电位对氟离子吸附的要求,将污水进入絮凝反应池前将污水pH值严格控制在除氟功能的最佳状态。与此同时,又加强了铝絮凝物的回流(严格控制高密度池的泥位)使铝絮凝物密度大幅度提高,在确保除氟效率的条件下,努力减少投药量。通过采取以上操作控制,有效地解决了低浓度含氟污水处理达标排放的操作和控制问题,经半年多的运行,外排水氟化物做到了稳定达标

排放,解决了困扰我们的一大难题。同时避免了循环水系统氟化物的富集问题。经 200 余天的监测数据统计,污水处理厂平均进水氟化物 4.36 mg/L;出水氟化物 2.4 mg/L,去除率保持在 40 % ~ 50 %,

从而使我公司外排污水各项污染物指标全部达到或优于北京市排放标准。进水、回用水和外排水水质情况见表 1、表 2。

表 1 进水、回用水和外排水污染物情况

类别	pH	SS/mg·L ⁻¹	COD/mg·L ⁻¹	石油类/mg·L ⁻¹	氟化物/mg·L ⁻¹	BOD ₅ /mg·L ⁻¹
进 水	7.0~8.5	20~50	30~60	0.4~1.0	3.5~5.0	-
平 均	8.12	36.9	41.5	0.6	4.36	-
回用水	7.0~8.0	<5~8	6~14	0.1~0.2	1.6~3.2	-
平 均	7.65	5	9.8	0.15	2.13	-
外排水	6.5~7.5	6~15	10~15	0.1~0.3	1.9~2.9	2~5
平 均	7.4	12	11	0.3	2.4	3.0
外排水污染物平均去除率/%	-	67.4	73.5	50	43.8	-

表 2 进水、回用水水质情况

类别	pH	总碱度/mg·L ⁻¹	总硬度/mg·L ⁻¹	钙硬度/mg·L ⁻¹	暂时硬度/mg·L ⁻¹	氯离子/mg·L ⁻¹	溶解固体/mg·L ⁻¹
进 水	7.0~8.5	210~320	310~437	180~270	170~370	170~284	750~1 080
平 均	8.14	247.2	369.9	215.7	230.8	217.4	879.6
回用水	7.0~8.0	15~63	136~266	87~195	13~110	158~279	560~940
平 均	7.56	34.7	205.4	136.5	43.1	215.3	750.8

从表 1、表 2 可以看出:污水经处理后,各项污染物去除效果理想,主要污染物指标 SS、COD、石油类 BOD₅、氟化物可达到或优于《北京市水污染物排放标准》二级标准;采用石灰软化工艺对于总碱度、总硬度、钙硬度的去除效果令人满意。但对氯离子无除率能力,外排水和回用水的主要污染物指标可达或优于再生水回用于景观水体和中水水质标准,见表 3。

表 3 污水厂排水与中水、景观水水质比较

类别	pH	SS/ mg·L ⁻¹	COD/ mg·L ⁻¹	石油类/ mg·L ⁻¹	BOD ₅ / mg·L ⁻¹	全盐量/ mg·L ⁻¹
景观水	6.5~9.0	20	60	1.0	20	1 000
中 水	6.5~9.0	10	50	-	10	1 000
污水厂排水	6.5~7.5	12	11	0.3	3	960

4.2 效益分析

近年来,北京市水价逐年上升,到目前为止企业吨水费用(包括取水费、排水费、和排污费)约 2.4 元/t。经测算,污水处理厂吨水处理费约 1.2 元/t,(包括药剂费、电费、人工公费、设备折旧费等)。吨水利润达 1.2 元,按目前可回收水量计,年经济效益可达 1 200 万元以上。此外其环境和社会效益也是不言而喻的。

5 存在问题与建议

5.1 存在问题

(1) 由于占地限制,污水处理厂调节池停留时

间仅有 0.5 h,难以适应水质水量的变化,增加了加药量跟踪调整的难度。

(2) 该系统未设计沉沙池,遇暴雨或常年运行可导致调节池底淤泥,且调节池的清淤有一定难度。

(3) 通过半年来的运行数据可以看出,该系统对水中的氯离子没有去除能力,这将制约进一步提高水的回收率。

5.2 建议与展望

从目前情况看,污水处理厂回收水量可达 50 % ~ 70 %,在同类型企业中已属较高水平。制约水回收量进一步提高的主要因素是水中永硬、氯根及含盐量等离子难以有效去除。石灰软化只解决水的暂硬、碱度问题,若要进一步加大水回收比例则需采取相应的除盐、氯根及永硬措施,如膜法的反渗透、电渗析等。近年来,随着膜法处理技术的成熟,其处理成本也在不断降低,加之水价的不断上涨,已为采用该法处理后回收污水提供了可能性。

“零排放”是工业水资源利用的理想的目标,首钢污水处理厂的投产运行为首钢废水“零排放”打下了坚实的基础,但就目前的情况看,距废水“零排放”的目标还有一定距离,主要是进一步提高回用水比例将造成系统盐类及污染物的富集问题,因此有必要对部分水采用反渗透或电渗析等方法进行脱盐处理,为进一步加大回用水比例创造条件。同时,可考虑部分污水处理后用于石景山区及首钢厂区的绿化

或作为娱乐水体使用,脱盐工艺产生的高盐水用于非循环工艺,最终使首钢废水达到“零排放”的目标。

6 结语

首钢污水处理厂的成功投运,证实了其工艺方案的可行性。其主体设备、工艺和自动化控制系统达到了国内先进水平,污水处理厂处理后的外排水、

回用水各项指标达到了设计指标,同时也为我公司污水实现“零”排放打下了坚实的基础。我们要进一步贯彻十六大的精神,更新观念,实现技术创新、管理创新,为冶金工业走新型工业化的道路做出新的探索。

参 考 文 献

- 1 李春风.水资源对钢铁工业发展的影响.冶金企业节水与工业废水处理论文集,2001,11.