

环境工程学会一九八一年年会

论文选编

水污染控制技术

1981年

前 言

1981年3月在济南市召开了中国环境科学学会环境工程学会成立大会。参加会议的有来自全国各地113个单位的173名从事环境工程的专家，教授和工程技术人员。会上交流的论文、报告近200篇。为了促进环保工作的进展，我们将论文分成四册选编出版，内容包括烟气治理、废水处理技术、固体废弃物（粉煤灰、冶金渣、放射性废弃物、粪便等）处理及利用、噪声、监测、环境评价、绿化、能源与环境、综合治理、系统工程等等。本册为水污染控制技术部分，共收集论文23篇。

在论文的编辑和整理过程中，承蒙各单位领导和有关同志以及论文作者的热情指导和大力支持，在此特致谢意。由于我们的水平所限，编辑工作一定还有许多不到之处或者错误，请同志们批评指正。

环境工程学会论文选编编辑部

（地址：北京学院路冶金部建筑研究总院）

目 录

一、高炉煤气洗涤水的循环利用	
.....首钢环保处、动力厂、设计院,冶金建筑研究总院,北京市环境保护研究所	(1)
二、含油污水自动撇油技术	
.....京北市铁路局勘测设计所 张为城	(10)
三、在废水处理中影响聚丙烯酰胺絮凝效果的若干因素	
.....冶金部广州有色金属研究院 陈云祥	(14)
四、聚丙烯酰胺系絮凝剂的毒性问题	
.....华南工学院环境工程研究室萧锦 龙世明 陈小革 张君晓	(19)
五、混凝—浮上法处理油毡原纸废水	
.....上海市环境保护科学研究所毛欢庆 唐国良 和再钧 项仁益	(23)
六、高效重金属脱除剂ISX的研究	
.....洛阳市环境保护研究所刘德绪 曹新政 苏玉江 马建民	(28)
七、对合建式完全混合曝池的评价	
.....纺织工业部瞿建增	(35)
八、页岩干馏废水生物接触氧化试验	
.....茂名石油工业公司研究所 蔡明初执笔	(39)
九、液膜分离新技术—模拟生物膜的进展	
.....华南工学院化学系张秀娟 张兴泰 范琼嘉 刘振芳	(44)
十、液体树脂萃取在废水治理上的研究	
.....沈阳市化学工业局王成科 王志仁 段先忠	(48)
十一、反渗透法处理工业废水	
.....暨南大学化学系薄膜教研室周瑞赐 林汝群	(56)
十二、河流污染防治规划的系统分析	
.....中国科学院环境科学所张孟威 吴景学	(60)
十三、河流开发与污染防治—兼论污染防治系统工程	
.....长江水源保护局方子云	(68)
十四、关于河流BOD—DO数学模式研究的若干问题	
.....中国科学院环化所叶常明	(73)
十五、广东梅录江水化学的基本特点及其主要污染物质的转化模式	
.....中山大学环境科学研究所陈新庚	(76)
十六、水污染的区域性综合防治	
.....哈尔滨建筑工程学院水处理研究室王宝贞	(80)
十七、国外水污染控制中的区域性管理问题	
.....北京市环境保护科学研究所党志国等	(96)

十八、沈阳“西部污水”系统水质污染及总量控制的研究	
.....沈阳市环境保护科学研究所水体保护室王恒发执笔	(103)
十九、饮用水除污染技术及其发展动向	
.....哈尔滨建筑工程学院水处理研究室王宝贞 田金质	(113)
二十、石油化学工业生产废水中TOC排放标准研究	
.....中国医学科学院卫生研究所陈西花 范舒忠 肖克兆 何兴舟	(122)
北京石油化工总厂环保监测站杨秋颖 吴英华 李佐富 戚玲	
二十一、相平衡顶端空间气相色谱法测定水中挥发性微量有机物	
.....中国科学院成都有机所曹淑君 章瑞坤 袁愈明 卓玉华	(126)
二十二、 Ag_2S 选择性电极用于水中 As^{3+} 的测定	
.....辽宁师范学院蔡起华陆雅琴	(133)
二十三、饮水中痕量挥发性卤代烃的气体色谱分析(摘要)	
.....中国科学院上海有机化学研究所胡振元 施梅几 陈彤芬 陶凤群	(136)

※ ※ ※ ※ ※ ※

《环境工程》征稿简约.....	(139)
-----------------	-------

首钢高炉煤气洗涤水的循环利用

首钢环保处、动力厂、设计院
冶金部建筑研究总院
北京市环境保护科学研究所

一、前 言

高炉煤气洗涤水含有大量瓦斯泥和氰化物、酚类等有毒物质。以往,由于水质稳定和瓦斯泥处理等问题未能得到解决,因此国内多数厂均直流排放,是钢铁企业污染水体的主要污染源之一。首钢高炉煤气洗涤污水,长期以来小部份循环,大部份通过厂区边沟(群众称之为黑水沟)外排。每年挖泥费开支达12万元,若清挖不及时,污水外溢,严重影响交通,污染周围环境及地下水源。

1974年首都钢铁公司,冶金部建筑研究总院和北京市环境保护研究所等单位组成研究小组,对首钢高炉煤气洗涤水的循环利用进行了大量的试验研究工作,通过采用石灰—碳化法稳定水质和二次浓缩—盘式真空过滤进行瓦斯泥脱水的工艺来处理高炉煤气洗涤水获得了良好的效果。该工程由首钢设计院设计,1979年底全部建成投产。

1980年2月由首都钢铁公司及冶金部建筑研究总院、北京市环保所、冶金部钢铁设计研究总院组成调研小组,从2至12月对该系统进行了全面的测试。生产实践证明:“石灰—碳化法”可满足高炉煤气洗涤水循环水水质稳定的要求。循环率94%、排污率1.76%、浓缩倍数1.88。“二次浓缩—盘式真空过滤脱水”可满足高炉煤气洗涤瓦斯泥脱水的要求,滤饼含水率为20%左右,达到了国内外同类污水处理的先进指标,全系统运转基本正常。1980年12月19日由冶金部环境保护办公室、北京市环境保护局共同主持鉴定。肯定了这套工艺在国内首次用于处理高炉煤气洗涤水是成功的,为高炉煤气洗涤水的循环利用提供了一种行之有效的方法。

二、煤气洗涤水循环系统简介

从高炉炉顶来的高炉煤气,先经过重力除尘,然后进入洗涤设备。煤气的洗涤和冷却是通过在洗涤塔和文氏管中水、气对流接触而实现的。由于水与煤气直接接触,煤气中的细小固体杂质(瓦斯泥)进入水中,水温升高,瓦斯泥中的一些矿物质和煤气中的氰、酚等有害物质也被部份溶入水中形成了高炉煤气洗涤污水。一般每洗涤1000标准米³煤气需用水量4~6米³。

首钢现有高炉四座,有效容积4139米³,高炉煤气总发生量约68万标准米³/小时,煤气洗涤总用水量4000米³/小时。水质情况见表1。

首钢高炉煤气洗涤水系统水质分析表

表 1

编 号	取 样 部 位	温 度 ℃	水 质 分 析 项 目													溶解 固体	游离 CO ₂	氰化物	酚	全铁	COD	悬浮物			
			总碱	总硬	钙硬	镁硬	暂时硬	负暂时硬	永硬	OH	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	氯根	硫酸根	锌离子								(毫克/升)		
(毫克当量/升)													(毫克/升)												
1	1*洗涤塔进水	44	8.0	3.60	12.60	8.75	3.85	3.60	0	8.00	0	3.60	0	596.4	225.6	1915	2.20	0.007	0.04						
2	1*井水出水	50	7.25	4.10	13.20	8.90	3.20	4.10	0	9.10	0	4.10	0	617.7	227.2	1987	8.80	0.017	0.06						
3	2*井水进水	45	7.96	3.60	12.80	8.90	3.90	3.60	0	9.20	0	3.60	0	614.2	227.2	1963	2.20	0.012	0.03						
4	2*井水出水	53	7.58	3.60	13.30	9.15	4.15	3.60	0	9.70	0	3.60	0	642.6	227.2	2045	9.90	0.012	0.04						
5	3*井水进水	46	7.97	3.60	12.30	8.55	3.75	3.60	0	8.70	0	3.60	0	592.9	211.2	1909	2.20	0.015	0.04						
6	3*井水出水	67	7.88	4.05	13.20	9.15	4.05	4.05	0	9.15	0	4.05	0	619.5	214.4	2001	9.20	0.060	0.08						
7	4*井水进水	45	7.92	3.60	12.00	8.35	3.65	3.60	0	8.40	0	3.60	0	560.1	201.6	1.132	1813	2.20	0.012	0.02	0.10	92			
8	4*井水出水	73	7.87	3.90	12.60	8.80	3.80	3.90	0	8.7	0	3.90	0	575.1	214.4	0.861	1870	3.30	0.025	0.06	0.096	176			
9	φ30M沉淀池出水	54	8.08	3.90	13.15	9.10	4.05	3.90	0	9.25	0	3.90	0	628.4		2.262	2008	2.20			0.080	104	<100		
10	冷却塔下水	47	8.54	3.80	13.25	9.20	4.15	3.80	0	9.45	0	3.20	0.60	628.4			1997	0							
11	K井水	46	8.56	3.60	13.0	9.0	4.10	3.60	0	9.40	0	3.20	0.40	628.4			1984	0							
12	加烟井水	47	8.08	3.80	13.25	9.10	4.15	3.80	0	9.45	0	3.80	0	626.6			2012	2.2							
13	澄清池进水	54	8.07	4.00	13.15	8.95	4.20	4.00	0	9.15	0	4.00	0	612.4			1995								
14	井水出水	53	9.24	1.30	10.45	7.40	3.05	1.30	0	9.15	0	0.10	1.20	619.5			1778								
15	原水	33	8.47	4.3	4.65	2.05	2.60	4.30	0	0.35	0	3.90	0.40	42.60			443								

煤气洗涤污水处理工艺：洗涤煤气后的污水经30米辐射式沉淀池沉淀，沉淀后的清水大部分送往400米²双曲线冷却塔降温，少部分送加速澄清池进行软化，软化水和冷却水混和流入加烟井，进行加烟碳化处理，然后由泵送回煤气洗涤设备循环使用。从沉淀池底部排出的泥浆用泵送至直径12米的浓缩池进行二次浓缩，然后送真空滤机脱水。浓缩池溢流水回沉淀池或直接去吸水井供煤气洗涤循环使用。瓦斯泥送入贮泥仓，供烧结厂作烧结原料用。工艺流程见图1。

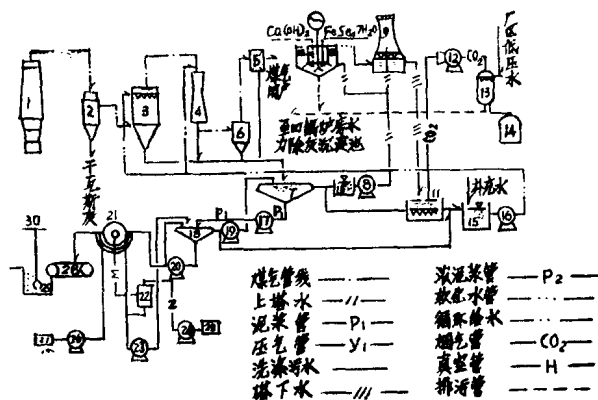


图1 首钢高炉煤气洗涤污水循环系统流程示意图

1—高炉；2—干式除尘器；3—洗涤塔；4—文氏管；5—蝶阀组；6—脱水器；7— ϕ 30米辐射沉淀池；8—上塔泵；9—冷却塔；10—机械加速澄清池；11—加烟井；12—抽烟机；13—泡沫塔；14—烟道；15—吸水井；16—供水泵；17—泥浆泵；18— ϕ 12米浓缩池；19—提升泵；20—砂泵；21—真空过滤机；22—滤液缸；23—砂泵；24—真空泵；25—循环水箱；26—压缩机；27—循环水箱；28—皮带机；29—贮泥仓；30—天车抓至火车。

三、石灰—碳化法水质稳定工艺

1. 水质稳定技术简介

众所周知，循环水如不采取水质稳定措施就会在管道和设备中造成腐蚀和结垢。产生腐蚀的原因是由于电化学作用和氯离子的极化作用。产生结垢的原因是由于悬浮物的沉淀形成污垢、溶解盐类的结垢以及微生物引起的粘泥垢(本循环系统未发现粘泥垢)。

国内外为了解决水质稳定问题进行了大量的工作，日本、美国、西德等国家的高炉煤气洗涤循环水中采用高分子水质稳定剂及串级使用达到水质稳定。西德蒂森钢铁厂采用曝气法，在沉淀池前吹脱CO₂进行水质稳定；苏联顿涅茨钢铁厂单纯用碳化法进行水质稳定；日本为我国设计的宝山钢铁厂应用高分子阻垢剂，当水中氯根、钙离子等超过一定浓度时，排污水去水力冲渣达到水质稳定。

国内鞍钢、攀钢等厂采用酸化法加排污法进行水质稳定。首钢采用石灰—碳化法进行水质稳定。本钢设计采用石灰磷化法进行水质稳定等。

2. 高炉煤气洗涤水失去稳定的原因

首钢高炉煤气洗涤水失去稳定的原因是由于冷却塔的蒸发浓缩和CO₂的大量损失，以

及水在洗涤过程中受到再次污染，水中各种离子、盐类及悬浮物等增加的结果。

在炼铁过程中，大量含Fe、CaO、SiO₂、焦炭等炉尘被带入除尘系统。50~60%的较大颗粒炉尘在重力除尘器中被去除，其余的进煤气洗涤系统，大部分进入水中，剩余大约0.01克/标米³的炉尘仍留在煤气中。根据生产实测统计，每洗涤一次煤气，水中各种物质的增值见表2。

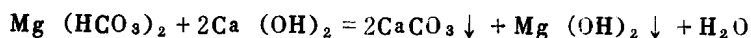
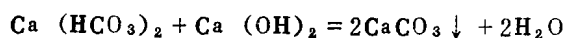
每 洗 涤 一 次 煤 气 水 中 各 种 物 质 的 增 值 表 2

项 目	洗 涤 一 次 增 值	
	平 均	波 动 范 围
暂 硬 (德国度)	1.12	0.64~2
永 硬 (德国度)	1.2	0.7~1.8
溶解固体(毫克/升)	97	73~110
氯 根 (毫克/升)	726	16.4~24.4
悬浮物 (毫克/升)	24.4	600~800
酚 (//)	0.11	0.05~0.24
氰 (//)	0.25	0.02~0.5

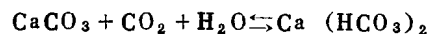
3. 石灰—碳化法的基本原理

由于高炉煤气洗涤水在洗涤过程中硬度、盐类、游离CO₂增加以及循环水排出洗涤塔后在回水沟渠、沉淀池、洗却塔中CO₂的大量损失、而使水失去稳定性。为了去除所增加的暂硬、盐类和补充损失的CO₂及提高极限碳酸盐硬度，采用“石灰—碳化法”进行水质稳定。

石灰软化原理是将水中的Ca(HCO₃)₂和Mg(HCO₃)₂变成易沉淀的CaCO₃和Mg(OH)₂，其化学反应式如下：



碳化法是利用高炉煤气燃烧后，废气中的CO₂与循环水中易结垢物质CaCO₃反应生成溶解度大的Ca(HCO₃)₂。其化学平衡反应式如下：



循环水经冷却塔冷却后，水中游离CO₂全部损失，平衡破坏，反应向左进行，水中Ca(HCO₃)₂大量分解成CaCO₃。其中一部分CaCO₃在冷却塔中析出，另一部分细小微粒分散在水中。此外从软化站来的软化水中含有少量的过饱和CaCO₃，这就使水质不能稳定。因此，必须加入CO₂烟气使CaCO₃全部变成Ca(HCO₃)₂，此外，水中维持少量游离CO₂，含量在1~3毫克/升，从而使Ca(HCO₃)₂不分解，以保证管线即不结垢，也不腐蚀。这就是碳化法稳定高炉煤气洗涤水的基本原理。

4. 石灰软化站在水质稳定处理中的作用及运行参数

首钢采用直径10.5米三座蜂蜗斜管机械加速澄清池作为软化澄清设施。每座池设计处理能力400米³/小时，两座工作，一座备用，生产实践证明，石灰软化站起到了旁路

净化作用。由于投加了石灰, 混凝剂 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 和加速澄清池本身为泥渣回流型, 故在去除暂硬、悬浮物及盐分等方面具有较显著的效果, 对水质稳定起到了良好的作用。

(1) 软化站旁路净化作用

若按处理700米³小时计, 旁路净化水量为总水量的17.5%。

①去除暂硬效果, 测试表明, 软化站可去除暂硬 3 毫克当量/升, 达到了设计要求,

②去除悬浮物效果, 悬浮物去除效果一般能达到90%以上, 出水悬浮物含量<20毫克/升。

③去除盐分效果, 加速澄清池去除总盐分平均为215毫克/升, 而除去钙、镁重碳酸盐以外其它盐分~70毫克/升。

(2) 加速澄清池运行指标: 见表3

加 速 澄 清 池 运 行 指 标

表 3

序号	运 行 指 标
1	出水悬浮物含量 <20毫克/升
2	出水 OH^- 为零, 一反应室 OH^- 控制0.1~0.6毫克一当量/升
3	出水暂硬平均降值 2~3毫克一当量/升
4	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 加入量 ~5毫克/升(以纯 FeSO_4 计)
5	CaO 药耗系数 ~2.0
6	电机转速 6~7转/分
7	回流比 3~3.7
8	二反应室五分钟沉比波动于10~20%; 15%较好
9	排污底斗一小时一次 边斗半小时一次 排污量12.5立米/座

5. 投加 CO_2 烟气系统的运行数据及效果

采用三锅炉房(以高炉煤气为燃料)的废烟气作为烟气源。煤气中含尘量少(3~4毫克/标准米³)、含硫少, 且 CO_2 含量高达15~17%。但由于三锅炉房年久失修设备报废, 故从80年6月起仅开一台锅炉, 低压供给烟气作为临时烟源, CO_2 含量仅5%, 故烟气加入量较高。

CO_2 来自三锅炉房主烟道, 经两座 $D_g = 900$ 毫米, 高 $H = 5$ 米内溢流式泡沫除尘塔后, 气体温降130~150℃, 阻损240毫米水柱, 烟气流速1.57米/秒。净化冷却后的烟气用高压风机(流量84米³/分, 静压330C毫米水柱)压送入加烟井, 通过流形布烟器加入循环水中。孔眼直径原用 $\phi = 4.5$ 毫米, 因堵塞改为 $\phi = 7$ 毫米。

(1) 加烟效果

投加 CO_2 烟气对本系统的水质稳定起到了良好作用, 生产测试证明, 不投加 CO_2 气, 水的安定度指数立即表示不稳定, 而投加 CO_2 气, 即呈现稳定, 偏离度A在允许范围内。详见图2。

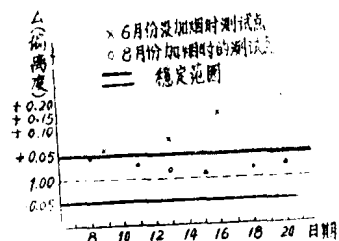


图 2 投加二氧化碳烟气效果

(2) 提高极限碳酸硬盐度试验

为了求极限碳酸盐硬度,在容积为250升的小型设备中进行了试验。向水中同时加入了过量的 CaCO_3 及 CO_2 气,经19小时连续测定, Ca 、 Mg 离子基本稳定,极限值可达到8.1毫克-当量/升。但由于生产实践中不具备那么多的 CaCO_3 和 CO_2 气,所以水中碳酸盐硬度要低于小试极限值,偏于安全。

6.水质稳定性判断

为了确定水对管道和设备的结垢,腐蚀情况,需要对水的稳定性进行判断,以保证生产设备的正常运转。

如何判断水的稳定性,是一个十分重要的问题。为此综合现有的水质稳定技术,对本系统用四种方法进行水质稳定性的判断。

- (1) 化学分析法;
- (2) 安定度指数:用安定度测定仪测定;
- (3) 稳定指数:根据许保玖编著的《给水工程》一书中推荐的公式及图表计算;
- (4) 通过挂片和运行的管道进行实际观测,并求其结垢附着速度和腐蚀速度。挂片平均结垢附着速度17.916毫克/厘米²·月、腐蚀速度0.034毫米/年。

四、高炉瓦斯泥的回收利用

1.概述

根据调查,一般大中型高炉每冶炼一吨生铁的炉尘吹出量约占其原料的2~3%,通过干式除尘器后进入洗涤除尘设备的瓦斯泥量约为炉尘吹出量的40~50%。

经多次实测瓦斯泥的有效含铁量在50%左右,瓦斯泥的粒度较细,其化学成份,含量和粒度的粗细随高炉冶炼原料与操作条件而变化。表4、表5分别列出首钢高炉煤气洗涤瓦斯泥不同取样点化学成份及颗粒分析。

据国外资料介绍,大型高炉煤气洗涤瓦斯泥一般均采用真空过滤机脱水,滤饼含水率达15~30%。

在吸取国内外先进经验的基础上。结合首钢的具体条件,采用了“二次浓缩——盘式真空过滤机”二段脱水工艺

滤饼 (1978年元月3日)

表 4

化 学 成 分 (%)						粒 度 (%)		水份 (%)
TFe	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	C	>200目	<200目	
50.0	8.35	1.83	1.93	11.0	9.89	47.75	52.25	17.0

瓦斯泥颗粒分析 (1980 年 7 月取样)

表 5

筛网规格	名 称			
	1"~4" 炉洗涤水中泥		滤 餅	
目	重量(g)	百分率(%)	重量(g)	百分率(%)
40	0.132	0.13	0.0287	0.03
60	0.3102	0.32	0.4867	0.50
80	2.6565	2.72	2.6685	2.71
100	3.2092	3.29	3.4341	3.49
120	5.2675	5.50	4.6861	4.76
140	0.2542	0.26	1.1787	1.20
160	5.8581	6.00	5.7140	5.80
180	2.3207	2.39	3.3269	3.39
200	8.4694	8.68	6.2055	6.30
<200	68.9055	70.61	70.7095	71.82
Σ	97.5925	100	98.4487	100

2. 主要设备情况

(1) 二次浓缩

二次浓缩是将 $\phi 30$ 米沉淀池一次沉淀的瓦斯泥浆再进行一次沉淀,使其浓缩达到盘式真空过滤机所需的给料浓度。为了提高沉淀效率, $\phi 12$ 米浓缩池沉淀区安装了倾斜板。浓缩池共有二座,一般用一座。其生产运行控制指标见表 6。

 $\phi 12$ 米中心传动浓缩池生产控制指标

表 6

表 面 负 荷 (立米/平米-小时)	停留时间 (小时)	重量百分浓度		悬 浮 物 (毫克/升)	备 注
		入口(%)	底流(%)	溢 流	
1.42	1.06	>2	35~55	<100	沉淀区安装倾斜板

二次浓缩池是瓦斯泥浆的第一段脱水,该池的底流浓度能够保证满足盘式真空过滤机的给料浓度的要求,其溢流水悬浮物含量 ≤ 100 毫克/升时可自流入三泵站,若其溢流水悬浮物超标时可用泵送回 $\phi 30$ 米辐射式沉淀池。

水力旋流器不能代替二次浓缩池。因水力旋流器的溢流浓度大,会造成该系统的小颗粒富集;另外矿泥输送管定时用高压水冲洗时,水力旋流器将不能适应这种情况。该系统瓦斯泥的浓度变化幅度宽也适应不了。

(2) 真空过滤机脱水

二次浓缩池的底流瓦斯泥浆用砂泵送入盘式真空过滤机进行脱水。盘式过滤机具有设备重量轻、占地面积小,更换滤布容易的优点。

高炉煤气洗涤瓦斯泥脱水采用了辽源重机厂生产的PZG18-1,8/4盘式真空过滤机,

其附属设备有SZ—3 水环式真空泵、SZ—2 水环式压缩机、自动放水滤液罐 各一台。其中自动放水滤液罐是非标准设备。

为了便于真空过滤机脱水，保持一定的瓦斯泥浆的固体物含量是十分必要的。盘式真空过滤机设备要求给料固体物含量重量百分浓度： $\geq 50\%$ ，实际生产控制给料浓度：35~55%均可正常生产。滤机的给料浓度加大有利于提高滤饼产量。过滤机使用滤布为上海色织十厂产208型涤纶斜绒滤布。首钢盘式真空过滤机生产运行控制指标见表7。

盘式真空过滤机生产控制指标

表 7

进 料 浓 度 (重量%浓度)	真 空 度 (毫米汞柱)	风 压 (公斤/公分 ²)	滤 饼		负 荷 (吨/平米·小时)
			含水率 (%)	厚 度 (毫米)	
35~55	400~550	≤ 0.5	~20	25~50	0.2~0.35

真空过滤机的生产能力及产品含水率与进料浓度、物料的颗粒组成、物料的化学成份、真空度等有关。表8列出了有关情况。

滤 饼 (1978年10月5日取样)

表 8

粒度 (目)	>60	60~80	80~100	100~120	120~160	160~200	<200	水份
含量 (%)	2.6	5.6	2.4	6.7	19.8	1.4	60.5	18.8
TFe (%)	16.75	22.13	26.45	32.53	43.69	45.72	49.42	/
C (%)	56.67	47.89	40.76	32.20	19.77	18.07	13.26	/

注：当日生产情况；真空度300毫米汞柱，滤饼厚：25毫米。

(3) 瓦斯泥的回收利用

首钢瓦斯泥有效含铁量50%左右，含有烧结矿所需要的碳和钙的成份，是很好的烧结原料。瓦斯泥经真空脱水后用火车送烧结厂和干瓦斯灰同贮一仓掺合后直接用于烧结配料。

五、主要经济技术指标

1. 主要技术指标 (见表9)。

2. 经营费用 (见表10)。每处理1米³污水费用为0.0223元，而如用工业给水1米³为0.02元。因此处理废水的经营费与工业用水费用相当。该工程的基建总投资414万元。

主 要 技 术 指 标

表 9

序号	项 目	控 制 指 标
1	循环率	$\geq 94\%$
2	排污率	$\leq 2.04\%$
3	浓缩倍数	$K \geq 1.8$
4	沉淀池	出水悬浮物含量 ≤ 100 毫克/升
5	冷却塔	塔下水温 $\leq 40^\circ\text{C}$
6	加速澄清池	出水悬浮物 ≤ 20 毫克/升 $\text{OH}^- = 0$, 暂硬降低值 $2 \sim 3$ 毫克当量/升
7	加烟井	出水 $\text{CO}_2 = 0$, 游离 $\text{CO}_2 1 \sim 3$ 毫克/升
8	$\phi 12$ 米浓缩池 及真空过滤	$\phi 12$ 米池出水悬浮物 ≤ 100 毫克/升 滤饼含水率 $\sim 20\%$

经 营 费 用

表 10

费 用 名 称		经营费 (元/小时)	处理每米³水费用 (元)	备注
直接 经营 费	全系统电费	140.98	0.0352	支 出 费 用
	工资及附加工资费	5.5	0.0013	
	福利费	0.5	0.0001	
	药剂费(包括压缩空气费在内)	2.02	0.0005	
	辅助材料费	2.7	0.0007	
	小修费	5.2	0.0013	
折旧提 成 费	基本折旧费	18.29	0.0045	
	大修折旧费	10.45	0.0026	
支出费用小计			0.0462	
瓦斯泥 回收费	瓦斯泥按平均日产100吨/日	95.8	0.0239	收入费用
收入费用小计			0.0239	
合计：支出费－收入费＝0.0462－0.0239＝0.0223元/立 米				

六、结 语

1. 首钢高炉煤气洗涤水循环系统采用“石灰—碳化法”和“二次浓缩—盘式真空过滤机瓦斯泥脱水”的新工艺, 经生产实践证明是可行的。循环率94%, 排污率1.76%, 浓缩倍数1.88, 水质稳定。真空过滤后瓦斯泥含水率20%左右。外排污水中氰最高含量0.5毫克/升、酚的最高含量0.24毫克/升, 均符合国家外排标准。

2. 每年可节约用水1500万吨, 回收瓦斯泥4万吨, 价值约100万元, 可少外排氰化物5吨, 减少了污染。达到了变废为宝, 综合利用, 消除危害的目的。

3. 检测高炉煤气洗涤系统大气中氰化物、酚含量均未超过国家卫生标准。氰化物含量为0.01~0.16毫克/米³, 酚0.35~0.6毫克/米³。

4. 冷却塔有积泥现象, 影响降温效果。需进一步改进配水方式及格栅板的安放形式, 同时, 加强沉淀池出水水质的监测及管理, 以进一步改善水质。

含油污水自动撇油技术

北京市铁路局勘测设计所

张为城

油是铁路系统及冶金、化工、交通运输等系统的一种主要污染源。目前国内对含油污水的治理方法大都是采用隔油池把油水分离，分离出来的油，利用装在隔油池末端的撇油管撇出。

经过我们的观测和调查，发现撇油管撇油主要存在以下几个问题：一是撇油管都是设在进水方向的下游，在池子进口附近的浮油需要人工用刮板把油刮到撇油管里，这样每撇一次油都必须有专人操作。二是因为撇油管的角度不容易掌握，使得撇出油的含水量往往达到50%以上，这样就使废油再生的脱水罐容积至少增加了一倍。三是操作工人受污染严重，特别在夏天油气冲天，工人劳动条件很差，反映也很强烈。四是撇油管的施工安装比较困难，要求的精度高。五是一般隔油池均是敞开式的，所以容易引起火灾。

由于用撇油管撇油，存在以上一些问题，使我国含油污水处理的排油技术与国外先进水平有一定的差距。为此，我们对“自动撇油技术”这个课题进行了试验和研究。

（一）利用压力差自动撇油的机理

因为我们处理的对象是油，它的特性是比重比水轻，一般在0.85~0.90之间。如图1所示，要保持水力平衡，则油面一定要比水面高。油层越厚，则油面与水面高差就

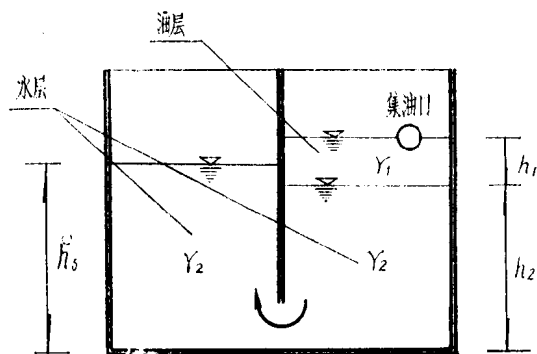


图 1

越大，我们如把集油口设置在比水面高一些的地方，则油层积到一定厚度以后，油就会自动从集油口排出。也就是只有当 $r_1 h_1 + r_2 h_2 = r_2 h_3$ 时，二边的压力才平衡。式中：

r_1 为油的比重

r_2 为水的比重

h_1 为油层厚度

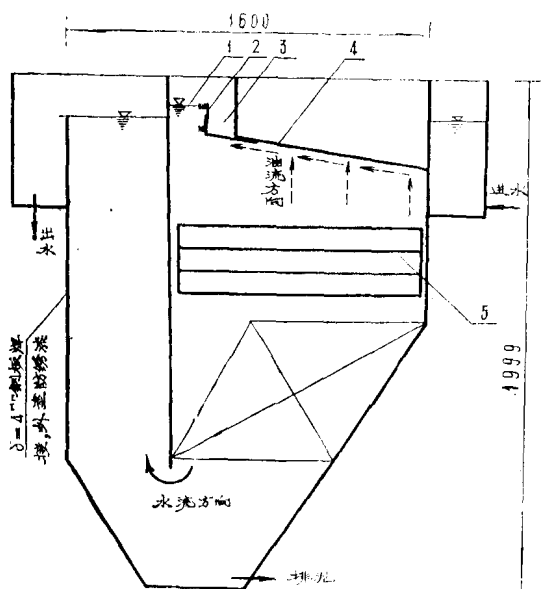
h_2, h_3 均为相应的水层厚度

从理论上讲，只要我们把集油口的高度设在 h_3 高度以上，则从集油口撇出的油就不应该再含有水份了。

（二）试验的设备及条件

(1) 试验设备：见图 2。

(2) 试验条件：试验是在丰台机务段的现场条件下进行的。设备安装在总排放口



附近。丰台机务段目前排水量，最大日为578吨，平均日为336吨。丰台机务段的污水中主要污染指标为：COD平均521.65毫升/升，最大2585毫升/升。含油量平均289.52毫升/升，最大789.4毫升/升。PH值一般7~8，最大值为14。

整个试验只是在白天进行。试验设备的进水量，根据我们在73年做隔油试验的结果，定为5吨/时。

图例：

- 1—集油口；2—可调节的胶皮及铁板；
- 3—贮油槽；4—密封受压盖板；5—蒸汽管

图 2

(三) 试 验 内 容

为了选择最佳撇油效果的工艺条件，做了以下几方面的试验。

(1) 顶部密封受压盖板角度的决定

见图3。

如前所述可知，要达到撇油自动化，重要的是能使隔油池的浮油都能自动的集中到集油口处，并保持一定的厚度，则油就能自动撇出。

为此，我们在试验设备上，设置了一块密封受压盖板，在进水流冲力的作用下，加上油珠上浮的特性，使从含油污水中分离出来的浮油能沿着这块板集到集油口处。

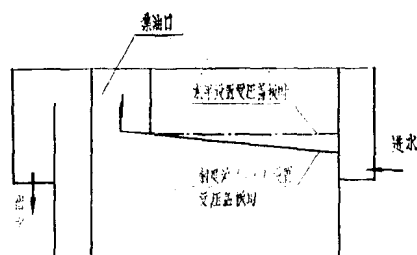


图 3

为了确定盖板的斜度，我们做了一组对比试验，盖板分别按水平设置和斜度为1:10设置等二种情况。

首先在水平设置情况下运转了十三天。结果是集油口也有油排出，排出浮油的含水量为12~15%，试验时油温为16°~18°C之间。这块水平设置的密封受压盖板的里面（也就是接触油的那一面）不规则的粘附上了一层油泥，最薄处为0.4毫米，最厚达1.9毫米，这说明在靠近水的进口处因为水的冲力作用较大，把经过斜板分离出来的浮油往前冲着走。而靠近集油口处因冲力减小得很多，所以浮油就部分的粘附在受压盖板上。

也就是说,在这种情况下,光靠油面与水面之间高差形成的垂直力不足以把全部浮油都带出集油口,致使盖板上还存留了一定量的浮油。

于是,我们把这块密封受压盖板改装成有1:10的斜度,试验时油温为18℃~20℃,运转了十五天。结果是集油口排出浮油的含水量均小于3%,盖板的里面均匀的粘附了一层约为0.5毫米厚的油层,说明其它浮油都沿着密封受压盖板汇集到集油口去了。

从以上二种情况的试验结果来看,这块密封受压盖板的设置以斜度为1:10为好。

(2) 集油口型式的决定

原集油口的型式是槽式溢流,设想待油层积到一定厚度后,就从集油槽溢出流走。可是试验中发现,由于集油槽面积大,相对油层的厚度就较薄。因此,集油面与出水水面的高差就小,这样撇出来的油含水量往往较高,效果不太理想。后来把集油槽改成集油口,大大缩小了集油的表面积,加厚了油层厚度。这样撇出来的油含水量一般小于3%,与经过脱水处理后的废油含水量一样,这样的装置达到了理想的予期效果,并且还可以取消废油再生的脱水罐装置,既节省了投资又方便了管理。

(3) 油层厚度的控制方法

采用高度可调整的胶皮以变化集油口油面的高度,达到控制油层厚度的目的。胶皮外面设2毫米厚的钢板用螺栓压紧。

在设备的进水量变化不大时,胶皮的高度按设计油层厚度进行设置后一般不需要再调整。只有当进水量发生较大变化时,则需重新调整胶皮的高度来保证一定的设计油层厚度。

(4) 温度对撇油效果的影响

我们知道,油在温度高的时候粘滞度小,流动性好,容易撇出。反之温度低的时候

油温与撇油、斜板隔油效果的关系 表 1

观测时间		油温 (℃)	进水量 吨/ 时	进水平均 含油量 (毫克/升)	斜板出水 平均含油 量 (毫克/升)	观测时间 内理论排 油量 (公斤)	观测时间 内实际排 油量 (公斤)	排油效率 (%)	斜板隔油 池隔油效 率 (%)	备注
5月12日	9点~15点 6小时	9°~12°	5	180	121	1.77	0.6	34.0	32.7	阴
5月14日	9点~15点 6小时	10°~12°	5	215	148	2.01	0.81	40.0	31.0	有雨
5月16日	9点~15点 6小时	18°~20°	5	284	160	3.72	2.68	72.0	43.7	天晴
5月17日	8点~10点 2小时	20°	5	390	205	1.85	1.30	70.3	47.4	天晴
5月17日	14点~16点 2小时	27°~28°	5	290	160	1.30	1.10	85.0	45.0	天晴
5月18日	8点~11点 3小时	23°	5	184	81	1.55	1.20	78.0	55.8	天晴
5月18日	14点~17点 3小时	27°~28°	5	150	88	0.93	0.77	82.5	41.3	天晴
5月26日	10点~16点 6小时	28°~32°	5	239	140	2.97	2.51	84.5	41.4	天晴

注: 1.排油效率 = $\frac{\text{观测时间内实际排油量}}{\text{观测时间内理论排油量}}$

2.斜板隔油池隔油效率 = $\frac{\text{进水平均含油量} - \text{出水平均含油量}}{\text{进水平均含油量}}$

就不容易撇出，隔油池一般都放在室外，在寒冷的天气究竟应该把油加热到一个什么样的最低温度就能保证撇油的最佳效果并且最为经济？试验结果见表1。从试验资料来看，油温小于12℃时，因其流动性不好，粘滞度较大，使撇出的油量较小，只占全部排油量的40%左右。如果将油温提高到20℃以上，油的流动性好，粘滞度降低，撇出的油

含油污水在含油量相同、油温变化的情况下撇油效果

表 2

日期	试验时间	油温 (℃)	水温 (℃)	进水量 (吨/时)	进水平均 含油量 (毫克/升)	斜板出水 平均含油量 (毫克/升)	试验每小时 理论排油量 (公斤)	试验每小时 实际排油量 (公斤)	排油效 率(%)	斜板隔油 池隔油 效率(%)	撇出油 含水量 (%)
12. 10 上午	8点到9点	4	4	5.2	1061	442	3.219	0.8	24.85	58.34	0.9
12. 10 上午	10点到 11点	9	10	5.2	1305	375	4.806	1.3	26.88	71.26	1.1
12. 10 上午	12点到 1点	13	14	5.2	1214	492	3.755	1.2	31.96	59.47	2.8
12. 10 下午	1点半到 2点半	19	20	5.2	1117	306	4.217	1.8	42.68	72.61	2.7
12. 10 下午	3点半到 4点半	23	25	5.2	1294	401	4.644	2.4	51.67	69.01	2.6
12. 15 上午	8点到9点	6	6	5.2	931	403	2.746	0.6	21.5	56.7	1.7
12. 15 上午	9点半到 10点半	12	13	5.2	938	372	3.203	0.8	24.97	62.35	2.4
12. 15 上午	11点半到 12点半	18	20	5.2	1015	401	3.19	1.1	34.48	60.49	2.3
12. 15 下午	1点半到 2点半	22	23	5.2	887	314	2.98	1.0	33.55	64.59	2.7
12. 15 下午	3点到 4点	25	26	5.2	947	291	3.41	1.5	43.98	69.27	2.6

含油污水在油温相同、含油量变化的情况下撇油效果

表 3

日期	试验时间	油温 (℃)	水温 (℃)	进水量 (吨/时)	进水平均 含油量 (毫克/升)	斜板出水 平均含油量 (毫克/升)	每小时理 论排油量 (公斤)	每小时实 际排油量 (公斤)	排油效 率(%)	斜板隔油 池隔油 效率(%)	撇出油 含水量 (%)
11. 26 下午	1点半到 3点半	12	13	5.2	3601	492	16.167	4.1	25	86.337	0.3
11. 26 下午	3点半到 5点半	12	13	5.2	4847	868	20.687	4.9	23.7	82.09	0.45
11. 27 上午	8点到 10点	12	13	5.2	3087	861.8	11.571	2.9	25.1	72.11	1.9
11. 27 上午	10点到 12点	12	13	5.2	1295	582	3.707	1.1	29.67	55.05	1.2
11. 28 上午	8点到 10点	11	13	5.2	2532	634	9.611	1.5	15.6	72.99	1.6
11. 28 上午	10点到 12点	12	13	5.2	1950	453	7.784	1.5	19.3	76.769	1.9
11. 30 上午	8点到 10点	17	19	5.2	2861	715	11.159	3.7	33.16	75	2.5
11. 30 上午	10点到 12点	17	20	5.2	1075	218	4.456	1.9	42.64	79.7	2.9
11. 30 下午	2点到 4点	18	20	5.2	1475	715	3.953	1.8	45	51.5	3.0
11. 30 下午	4点到 6点	18	20	5.2	2301	572	8.991	3	33.36	75.14	2.9
12. 4 下午	1点半到 3点半	23	25	5.2	1701	392	6.81	2.1	30.84	76.95	2.8
12. 4 下午	3点半到 5点半	21	23	5.2	1984	554	7.436	2.9	38.99	72.08	2.5