

# 用锰砂除地下深井水中铁、锰离子的工艺设计及运行控制

邵艳秋 刘艳芬 高淑君 刘 丽

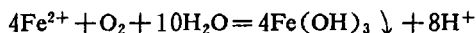
(哈尔滨市劳动局锅炉压力容器检验研究所)

关键词 锰砂 地下水 铁 锰离子 工艺设计 控制

分类号 TU991

## 1 水中锰的危害

清澈的天然地下水中,铁质主要为溶解性二价铁离子( $\text{Fe}^{2+}$ )。当地下水被提汲地面与空气接触后,含  $\text{Fe}^{2+}$  的地下水不再清澈透明而变成“黄汤”。这主要是由于地下水中的二价铁离子被空气中氧气氧化,生成橙黄色的三氢氧化铁  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀物。



地下水中锰离子往往与铁离子同时存在。一些地下水中铁:锰=10:1 或锰占更大的比例。所以,在考虑地下水除铁工艺设计的同时,也必须注意到水中锰含量值及其造成的危害。

## 2 用户对水中铁、锰离子浓度指标的要求,决定了工艺系统设计

国家规定生活饮用水中,铁离子含量应  $\leq 0.3$  毫克/升,锰离子含量应  $\leq 0.1$  毫克/升。铁和锰都是人体需要的元素,只要水中含

量不超标,不致于影响人的健康。但水中含铁量  $> 0.3$  毫克/升时,水变浊,超过 1 毫克/升时,水具有铁腥味。哈尔滨市有些地域,如:松花江北岸一带,平房区部分地区及市内一些较浅的井水中,铁、锰含量都较高,甚至过高。这种井水对各行业的企业都有影响。当锅炉、压力容器以此水质作为介质时,常造成软化设备中离子交换剂污染中毒。承压设备水侧结生褐色坚硬的铁垢,致使其发生变形、爆管事故。哈市某单位,近几年来仅因此造成的锅炉维修费用达数十万元。由此看来,对某些深井水的除铁、除锰确实十分重要。作为工艺系统设计者,应根据国家标准规定和用户要求水中铁锰含量指标的不同,确定工艺布置。

## 3 工艺设计的两个重要环节

用锰砂降低水中铁、锰离子含量,是通过两个重要工艺环节实现的。一个是地下水曝气;另一个是含铁、锰水通过锰砂滤层。两个过程缺一不可。

曝气,就是将地下水提汲地面,与空气充

收稿日期 1996-01-08

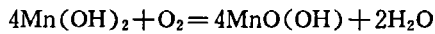
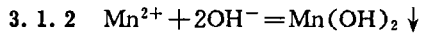
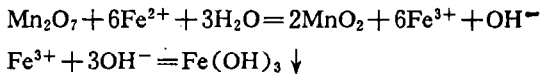
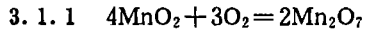
本文联系人 邵艳秋 女 1945 年生 工程师 150076 哈尔滨

分接触,使氧气迅速溶解于水中,这又叫充氧过程。曝气还包含另一方面的目的,就是除去水中二氧化碳,以提高水的PH值。提高水的PH值,则是根据水质条件或工艺需要而确定的。曝气量在工艺设计中是要经过计算的。理论上氧化1毫克/升 $Fe^{2+}$ 为 $Fe^{3+}$ 的水中溶解氧应为0.143毫克/升。通常,1升空气在20℃时的重量为1.205克,氧气在空气中所占的比例约为1/5。依此可推出氧化1毫克/升 $Fe^{2+}$ 需要在每立方米水中注入空气0.5升左右。不管采用何种曝气方式和设备,一般水中实际的充气量,最低也要比上述理论值大出两倍以上,才能确保溶进充足的氧气。

锰砂滤料是由天然锰矿开采并经破碎、筛分而成的。它的主要成分是二氧化锰。有些人认为含铁水从滤层流过,锰砂只起到了过滤 $Fe(OH)_3$ 等沉淀物的作用,这种观点欠妥。含铁水流经不同级配的锰砂滤料层时,锰砂对除去水中铁、锰离子的作用有两个方面:

### 3.1 催化——氧化作用

在含铁水的 $PH > 6.0$ 时,锰砂中所含的二氧化锰是良好催化剂:



### 3.2 吸附、分离和过滤作用

$Fe(OH)_3$ 是胶体物质, $MnO(OH)$ 是沉淀物,当含铁、锰的水流经锰砂滤层时,吸附在锰砂颗粒间隙和滤层中,达到分离和过滤铁锰不溶物目的。上述两个作用,在水流经锰砂滤层时是同时完成的。

## 4 除去水中锰比除铁还要困难

利用天然锰砂除铁时必须保证两个条件:一是满足充足的溶解氧气体量;二是水的

PH值不低于6.0,最好 $> 7.0$ 。在普查哈尔滨市400多口深井水水质时发现,哈尔滨市井水PH值一般在6.9~7.3之间。因此,在含锰量不过高时除铁、除锰工艺设计中,不必考虑提高水的PH值问题。

若原水中同时含有铁和锰,且锰的含量不高,在除铁的过程中,水中的部分锰将随之被除掉,这时不必考虑除锰的工艺条件(例1)。若锰含量较高时,则应考虑提高水的PH值。而且,采用不同氧化法,要求水的PH值也不相同。经有关实验证明,当水的PH值低于6.0时,几乎不能除去锰离子。当维持水的 $PH > 7.5$ 时,用曝气法氧化除锰较有效。锰含量高时,还要考虑使用二级设备。

## 5 曝气、过滤设备的选择

曝气仅为向水中充氧气时,要考虑选择结构简单、造价低廉的加气阀(图1)等曝气装置;如果曝气不仅为充氧,还要除去水中大量的二氧化碳时,最好选择莲蓬头曝气装置(图2)或相应结构的曝气塔(图3);如果水中含铁量和含锰量较高,还可以选择两种相同或不不同的曝气装置联合使用。

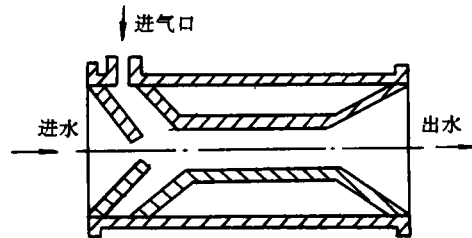


图1 加气阀结构示意图

对于过滤设备的选择,一般本着大、中型天然锰砂除铁设备,多采用重力式,如重力式滤池;对于中、小型设备,多采用压力容器式。压力式系统中的锰砂过滤罐的安放位置不受房间条件限制,利用管道长、短、弯、直的可变性,可以根据地形任意摆放过滤罐。

供选用参考。

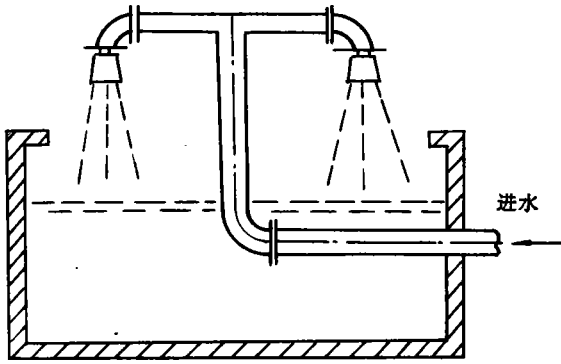


图 2 莲蓬头曝气装置示意图

表 1 机械鼓风曝气塔规格

处理水量(t/h)	曝气塔体尺寸(mm)
2~4	Φ400×1600
4~8	Φ500×1700
8~12	Φ800×1900
12~14	Φ1000×2000
18~32	Φ1200~2000
20~40	Φ1600×2600
20~50	Φ1800×2600

表 2 除铁、锰器规格

处理水量(t/h)	外型尺寸(mm)	设备运行总重(t)
2~4	Φ800×3000	6
4~8	Φ1000×3200	8
12~24	Φ1600×3600	14
18~32	Φ2000×4200	20
20~40	Φ2220×4400	25
25~50	Φ2600×4400	36
30~60	Φ2800×4500	42

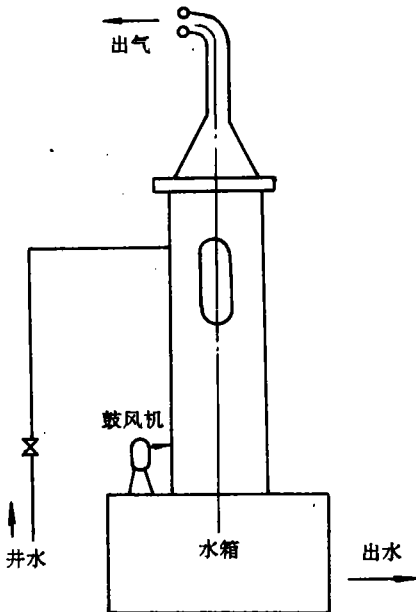


图 3 曝气塔结构示意图

关于曝气和过滤设备容量的选择,应全面了解用水单位每天总用水量及高峰用水量和净化贮存水箱容积等因素研究确定。这样既能满足需要,又能降低一次投资和节省占地面积。

表 1、表 2 是有关专业单位设计的机械鼓风曝气塔规格和压力式除铁、锰器规格,仅

## 6 工艺系统实例

现以我们亲自参与安装、调试的两种压力式除铁、锰设备系统布置,阐述各工艺流程特点及适应性。

例 1. 某渡假村地下水除铁、锰处理工艺(地下水含铁、锰较低)。

1. 自然状况:地下井深约 60 米,井水 PH 值=7.1,含铁量 1.5 毫克/升,含锰量 1.0 毫克/升。此水作为游泳池用水时,水注入池内两天左右,即变浊、变黄,并有絮状沉淀物。

2. 工艺布置原则的确定:考虑用户希望处理后的水对钠离子交换器内树脂不产生污

染中毒和游泳水在滤珠罐循环除污条件下,不变浊,不变黄的要求。确定采用强制鼓风机曝气塔式曝气的一级锰砂过滤设备。同时考虑人在游泳时,对水中气味的敏感等问题,在系统尾部加除污染器,净化后出水指标预定达到国家生活饮用水标准。

### 3. 工艺系统(如图4):

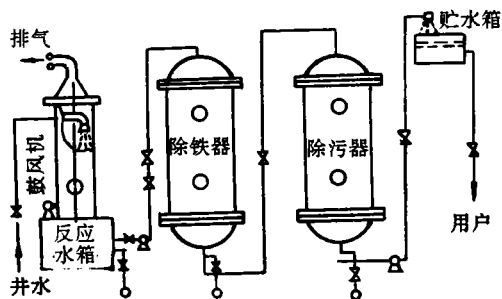


图4 某度假村除铁、除锰系统工艺流程图

本系统除铁、除锰工作流程如下:水由曝气塔顶部向下喷洒,击落在曝气塔内的填料上(瓷环、也可是木条),使水珠细碎到尽可能小的程度。氧气(空气)由下部鼓风机吹入塔内,与下流的水雾逆流相遇,达到氧气迅速溶于水中的目的。且鼓风机可将除铁过程中产生的一定数量的二氧化碳气从塔顶排出,以提高水的PH值。

溶有氧气的水,落在曝气塔下部的集水箱(反应水箱)中。可以把此水箱看成是曝气水的缓冲容器和  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{O}_2$  继续反应的反应箱。经曝气处理后的水,由集水箱输入除铁器(锰砂过滤器)。

当水流经锰砂过滤器时,已经有部分  $\text{Fe}^{2+}$  变成了  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀形成。可见,深井水中  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化并变成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀的过程,是从曝气开始直到从锰砂过滤器流出的整个过程不断地进行的。水中溶解氧的获得,主要在曝气塔处,反应水箱中的溢流管与大气相通,也能进入少量氧气,而在密闭锰砂过滤器

内空气是无法进入的。

系统尾部的除污器内装生物活性炭,用于除去水中多种有色、有味的有机物质等,使水更清澈透明。

该工艺系统在进入稳定运行期后,其出水经检验部门检测,其水质完全符合国家饮用水标准(该系统出水含铁量  $\leq 0.05$  毫克/升,含锰量  $\leq 0.05$  毫克/升)。

例2. 某制革厂地下水处理(地下水中含铁、锰较高)。

1. 自然状况:地下井深约50米,井水PH=7.3,含铁浓度12毫克/升,含锰浓度3.4毫克/升,此水用于制革业,该企业无法生产出白色革制品。

2. 工艺布置原则的确定:一般水中含铁浓度不大于15毫克/升,不必采用重力式而可用压力式锰砂除铁、除锰系统。由于水中含铁、锰较高,需加强曝气效果,采用二级曝气,二级过滤的布置方案。利用本厂对铁制品可焊制加工的条件,一级曝气“土法”上马,自制莲蓬头式曝气水箱,使一次性投资下降1/5左右。

### 3. 工艺系统(如图5):

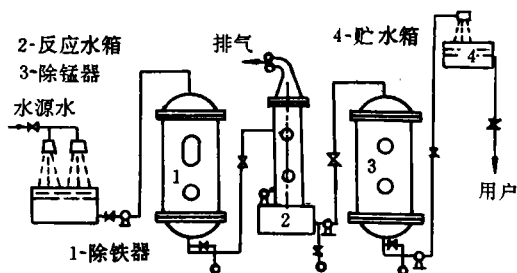


图5 某革制品厂压力式除铁、锰工艺示意图

此种工艺设计方案,主要从该井水水质含铁、锰量过大等特点出发,增大地下井水曝气量,创造  $\text{Fe}^{2+}$  被充分氧化的机会。一级曝气利用空气中氧气自然氧化,将曝气水箱敞

口,单独置于独立房间内,使水气不对其它设备产生腐蚀等危害。同时考虑到易于清理,排放曝气水箱下部沉积物等问题。在自制莲蓬头装置中注意了莲蓬头上孔眼直径大小(取6.0mm)和莲蓬头距水面高度(取2米)等结构尺寸。为拆卸方便,将管段和莲蓬头连接处采用丝扣连接形式,以利于检修。

经实践运行证明,上述工艺设计合理,出水含铁量 $\leq 0.3$ 毫克/升,含锰量 $\leq 0.1$ 毫克/升,满足生活和生产要求。

## 7 系统运行控制

压力式除铁、除锰工艺系统设计合理时,运行控制比较简单,主要对以下四点加以注意。

### 1. 经试验找出除铁、除锰器失效时的压力差值

锰砂初期工作时,砂粒间隙较大,水流畅通,阻力小。这时系统进口的压力值是个定值。当工作一段时间后,由于锰砂粒空隙间沉积了 $Fe(OH)_3$ 胶体物等,水的运行阻力变大,进口压力表的压力值开始上升,这时,可以随压力值变化,测定对应出水中含铁、锰浓度,得到一条工作曲线(图6)。这是某系统的除铁工作曲线,可以找到该系统中除铁设备失效时的压力值。

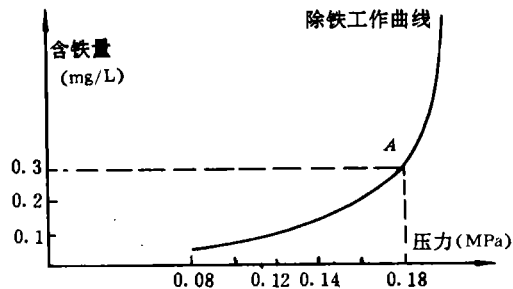


图6 某系统除铁工作曲线

### 2. 耐心培养锰砂的“活性滤膜”

在例1系统中,设备初启运时,检测出水质,铁、锰含量不合格。有人提出是锰砂反洗不干净所致。但查阅有关资料介绍了锰砂除铁有一个形成结构比较疏松的“活性滤膜”的理论。经耐心等待,一个月后“活性滤膜”果然“成熟”,通过表3可以证明。

表3 例1系统运行中水质检测记录

序号	时间	取 样 地 点	含铁量 mg/L	含锰量 mg/L	备 注
1	95.7.30	系统出口	$\leq 0.50$	$\leq 1.0$	刚起运
2	95.8.1	系统出口	$\leq 0.50$	$\leq 1.0$	
3	95.9.9	系统出口	$\leq 0.30$	$\leq 0.5$	其间停运20天
4	95.9.15	系统出口	$\leq 0.05$	$\leq 0.3$	
5	95.9.29	系统出口	$\leq 0.05$	$\leq 0.05$	

### 3. 反冲洗强度和时间

考虑“活性滤膜”在锰砂除铁、除锰中的实际意义,反冲洗时不可将锰砂洗得太干净。用水反冲洗时,反冲洗强度可控制在 $15 \sim 20$ 升/(秒·米<sup>2</sup>),锰砂滤层膨胀率为30%左右。反冲洗时间控制 $10 \sim 15$ 分钟,发现黑褐色排水变清,即可停止反洗。在停止反洗前可反复“起床”和“落床”两次,使罐顶残留的污水排出,防止其进入净化水箱内。

### 4. 不要盲目报废锰砂

在水中含铁量较高时,一般锰砂可使用 $3 \sim 5$ 年。含铁量较低时,锰砂使用超过10年。若发现出水含铁、锰量不能达到指标时,应首先从锰砂结硬块,曝气量不足,交换流速等方面查找原因,不要盲目报废锰砂。如果锰砂被 $Fe(OH)_3$ 等沉淀物包裹得太厉害而失效,还可考虑用酸清洗,使其恢复除铁、除锰能力。 参考文献(略)

[刊,中]/Zhang Mingbo(Applied Mathematics Institute of Heilongjiang University)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):105~107

This paper deals with a computer-based system for the on-line monitoring and optimized control of a boiler unit. **Key words:** computer-based monitoring, optimized control

BHW35 钢电渣焊后亚温淬火 = Sub-temperature Quench of BHW35 Steel after Electroslag welding [刊,中]/Liu Ying, Xiao Yueling, Chang Fanghua, You Mo (Harbin Boiler Ltd Company), Cui Yuexian (Harbin Institute of Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):108~111

The treatment of normalizing, sub-temperature quenching and tempering to BHW35 steel after electroslag welding can improve the impact toughness of the welding contacts and the mother steel, with the high strength being maintained. The problem of low impact toughness of electroslag welding seam of BHW steel has been therefor resolved. **Key words:** BHW35 Steel. Welding, Impact Toughness, Quench

用锰砂除地下深井水中铁、锰离子的工艺设计及运行控制 = The Technological Design & Operation Control of the Clearance of Iron & manganese Ion from Deep-Well Water by Manganese Sand [刊,中]/Shao Yanqiu, Liu Yangfang, Gao shujun, Liu Li(Harbin Labour Bureau Boiler Compressure Vessel Inspection Institute)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):112~116

**Key words:** underground water, manganese sand, Iron and Manganese Ion, Technology Design, Control.

HG-CFB35-3 • 82/450-1 型循环流化床锅炉的启动调试研究及改进分析 = A Study on the Start-up Commissioning Test of a HG-CFB 35-3 • 82/450-1 Circulating Fluidized Bed Boiler Followed by an Analysis of Improvement Measures [刊,中]/Dang Lijun, Zhang Wenjing, Wang Jubao//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):117~121

SHL10-13 锅炉提高产量的改造设计 = The Modification Design of SHL10-13 Boiler for Uprating its Capacity [刊,中]/Zhang Lianping (Hangzhou Southeastern Chemical Engineering Co. Ltd.)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):122~123

提高凝汽器真空度的现场措施 = On-site Measures for Enhancing Condenser Vacuum [刊,中]/Wang Jinming (Huaibei Textile & Dyeing Power Plant Co. Ltd.)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(2):124~125

Edited and Published by Harbin 703 Research Institute and Editorial Staff of this Journal	Post Code Number 150036
Printer; Printing House of Harbin Institute of Technology	ISSN1001-2060
Address; P. O. Box 77, Harbin China	Periodical Registration: CN23-1176/TK
Cable: 6511, Harbin China	Distributed by China International Book Trading Corporation, P. O. Box 399, Beijing, China