

蒸汽管网凝结水闭式回收装置原理及应用

聂玉强¹, 陈永根², 黄仕伟¹

(1. 佛山市能源利用监测中心, 广东 佛山 528000; 2. 佛山东亚股份有限公司, 广东 佛山 528000)

摘 要: 通过分析蒸汽凝结水闭式回收装置工作原理, 以及在“东亚”公司的具体运用, 该装置不仅在工业锅炉的节能与环保方面具有较强的实用性和先进性, 还能产生明显的社会效益和经济效益, 是实用型专利产品。

关 键 词: 冷凝水; 节能; 环保

中图分类号: TK223.4 文献标识码: B

1 引言

随着环保工作开展, 人类对环保要求越来越高, 但我国蒸汽管网目前主要存在以下两方面问题^[1]。

(1) 蒸汽泄漏严重。蒸汽管网上使用疏水阀 60% 处于超标准漏气状态, 其中 30% 处于严重漏气状态。由于国产疏水阀质量不过关而泄漏的蒸汽总计每年约为 1.0 亿吨, 约合标煤 1 400 万吨。

(2) 大量的凝结水不回收或未能够彻底回收, 从疏水阀排出的高温凝结水所含的热能占新蒸汽的 15%~20% 左右, 加上排出的二次汽及泄漏的蒸汽, 凝结水及蒸汽合计热能超过新蒸汽的 25%。

由此可见, 对高温凝结水、二次汽及泄漏蒸汽的回收, 在节能与环保工作方面, 具有重要的意义。

2 冷凝水闭式回收装置原理

2.1 水泵“汽蚀”难题的提出

从开式回收闭式回收要解决的一大难题, 就是水泵“汽蚀”的难题。若“汽蚀”不解决, 回收的高温冷凝水和蒸汽就无法送回锅炉重新利用。纵观美国阿姆斯壮(ARMSTRONG)公司的“凝结水自动泵”、英国斯派莎克(SPRAX, SARCO)公司的“凝结水回收泵”和日本大凤株式会社的“射流装置”, 其解决问题的基本思路是绕开水泵汽蚀, 采取新蒸汽或射流技术等其它方法, 其最终结果仍属开式回收, 不能达到闭式回收的效果。

2.2 闭式回收装置解决水泵“汽蚀”^[3]

收稿日期: 2001-07-24; 修订日期: 2001-09-29

作者简介: 聂玉强(1964), 男, 佛山市能源利用监测中心工程师。

长期以来普遍认为, 高位水箱到水泵入口处的垂直高差越大, 越有利于水泵防止高温凝结水汽蚀破坏。实际情况是, 静态时高位水头存在, 泵动时静压水头自然消失。在落水管任何表面位置安装压力表, 测出压力值都为负值, 详见图 1。在负压区的高温凝结水迅速汽化, 产生大量气泡, 如图 2。气泡入泵后破裂, 水流质点四周的冲击频率达每分钟 2~3 万次, 在这极小面积上压力常达几十个兆帕, 极大的机械破坏力猛烈冲击叶轮并造成叶轮频繁损坏, 汽蚀时产生强烈的震动和刺耳的噪音。

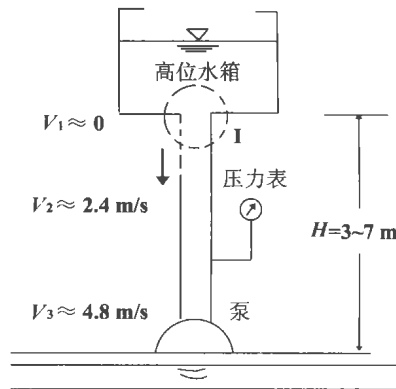
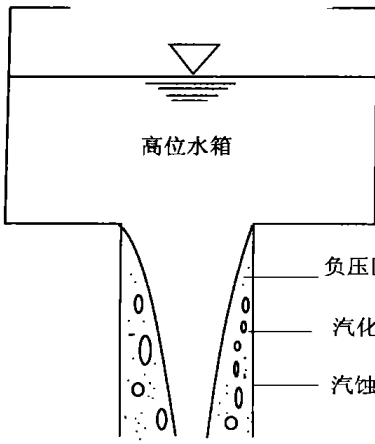


图 1 水泵汽蚀破坏成因图

在图 1 实验中, 若将下水管径增大, 高温水汽化率明显降低; 若将下降管径增大到泵入口管径的 20 倍以后, 泵起动时, 下降管不会出现负压, 仍维持水静压, 有效避免了气蚀现象的

发生。因此, 设计专用的集中罐取代高位水箱和硕大的下降水管, 并在罐体下直接安装电泵, 形成一套有效避免汽蚀的机电一体化的专利产品。

为了确保泵进口处有 2 m 以上的正压水头, 在集水罐内增设自动调压装置, 采取多级水封和“U”型管原理, 调压装置内还设置了若干单向压力阀, 阀压是根据余压单独设计。在保证正常用水情况下, 阀压适当提高, 一是有利于二次汽在容器内的二次凝结, 二是使二次汽向水面施压, 保证水泵必须的水压头, 三是形成闭式系统, 保证设备及管道内无氧, 不生锈。



当集水罐水位降到底部时, 原平静的水面立即出现降水漏斗 (与龙卷风相似), 二次汽入泵时仍发生汽蚀。根据透明玻璃钢和水渗探颜色观察的试验结果, 以阿基米德螺线方程为理论依据, 用不锈钢做成

图 2 图 1 的局部放大图

的多层导流体, 在水位下降时, 上部导流结构自动闭锁, 确保低水位时无“汽蚀”现象发生。

从整个罐体结构可以看出, 自动调压装置保持了集体罐内特定的压力, 凝结水在重力和二次汽作

用下, 经汽蚀消除装置正压入泵, 从根本上消除了负压下高温水入泵发生汽蚀的条件。

3 闭式回收装置应用

佛山东亚棉织股份有限公司 (简称东亚公司) 2000 年搬入新迁厂房后, 安装一台 SHL20-1.27-P 型燃煤锅炉, 对厂内各车间织机提供热源。为了回收蒸汽加热后排出的冷凝水, 同时配套安装凝结水闭式回收装置。

3.1 技术方案

采用凝结水闭式回收器一台和五台自动加压器, 对各种间接加热设备的凝结水采用高低压并网技术回收到闭式回收罐中, 然后用特制电动泵将凝结水送入锅炉除氧水箱。

3.2 各设备凝结水回收管网的设计方案 (见表 1)

表 1 回收管网的设计方案

部门	设备名称	数量 / 台	进汽压力 / MPa	凝结水回收量 / t·h ⁻¹	每台机输水管径 / mm	疏水管长 / m	装自动加压器	流向	支管长度 / m	现已回收
东亚	退浆机 1 号	1	0.3	1.1	40	35	✓			✓
印染	退浆机 2 号	1	0.3	1.1	40	15	✓	DN108	85	
企业	热风拉幅机	1	0.4	2.2	40	60	✓	支管 1		
有限	热风拉幅定型机	1	0.3	0.8	40	65	✓			
公司	美国缩水机	1	0.6	2.5	40	20		DN108	50	
	日本缩水机	1	0.6	2.5	40	20		支管 2		
东亚	一期筒子染色机	17	1	4	南并 DN80 支管 3			支管 3 和支管 4 再		✓
	二期筒子染色机	7	1	3	北并 DN80 支管 4	90	✓	并 DN 125 支管 5	60	
漂染	一期烘干机	2	0.7	0.5	25	10		DN50 支管 6	100	✓
厂	二期烘干机	1	0.7	0.25	25	5				
	浆纱机	2	0.5	1.2	50	40		DN50 支管 7	80	
动力部	制冷机	2	0.5	1.6	50	20	✓	DN50 支管 8	80	✓

3.3 回收总管与各支管的驳接

回水支管 1、2、5、6、7、8 按图 3 排列接在回水干管上, 回水干管管径 $\Phi 185$ mm, 长 15 m。

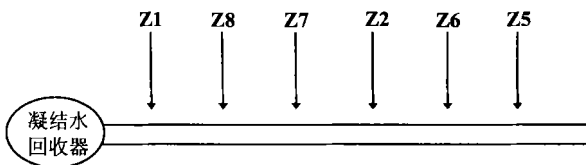


图 3 回水总管与各支管的驳接图

4 闭式回收装置使用情况及经济效益分析

4.1 使用情况

凝结水回收装置从 2000 年 11 月 16 日开始正式调试使用, 到目前已过半年, 运行稳定可靠, 故障率为零, 不需要操作看护, 真正能达到“滴水不漏、滴汽不跑”, 水汽全部回收的效果, 彻底改变了以往车间蒸汽管网随处“跑、冒、滴、漏”的落后状况。

4.2 经济效益分析

因东亚公司的设备搬迁与配套尚未完成, 故目前最大凝结水量为 5.6 t/h (而全部设备的最大凝结水回收量为 20.75 t/h)。据统计, 从 2000 年 11 月 16 日至 2001 年 4 月 27 日间共回收凝水 9 618.7 t, 凝水压力约 0.07 MPa, 凝水温度约 115 °C。因大部分设

备是无规律地间断用汽,难以算出设备每天和每年的用汽时间,故用凝结水每小时的最大回收量及五个半月统计出来的实际回收量进行经济效益分析,

表 2 经济效益分析

	目前回收情况	全部设备均可回收时
最大回收凝水量/ $t \cdot h^{-1}$	5.6	20.75
每年回收凝水量/ $t \cdot a^{-1}$	$9\ 168.7 \div 5.5 \times 12 = 20\ 986$	$20\ 986 \div 5.6 \times 20.75 = 77\ 761$
水费+软水处理费/ $元 \cdot t^{-1}$	$1.30 + 0.70 = 2.00$	
每年节约水费/ $元 \cdot a^{-1}$	$20\ 986 \times 2 = 41\ 972$	$77\ 761 \times 2 = 155\ 522$
凝结水温度/ $^{\circ}C$	115	
自来水年平均温度/ $^{\circ}C$	20	
回收凝水热焓/ $kJ \cdot kg^{-1}$	$(115 - 20) \times 4.1868 = 398$	
每年可回收热量/ $MJ \cdot a^{-1}$	$20\ 986 \times 398 = 8\ 352\ 428$	$77\ 761 \times 398 = 30\ 948\ 878$
煤的热值/ $MJ \cdot t^{-1}$	$5\ 200 \times 4.1868 = 21\ 771$	
锅炉运行热效率/ $\%$	60	
每年节煤/ $t \cdot a^{-1}$	$8\ 352\ 428 \div 21\ 771 \div 0.6$	$30\ 948\ 878 \div 21\ 771 \div 0.6$
煤价/ $元 \cdot t^{-1}$	$= 69.42$	$= 2\ 369.27$
每年节约燃料费/ $元 \cdot a^{-1}$	$69.42 \times 320 = 204\ 614$	$2\ 369.27 \times 320 = 758\ 166$
每年共节省开支/ $元 \cdot a^{-1}$	$41\ 972 + 204\ 614 = 246\ 586$	$155\ 522 + 758\ 166 = 913\ 688$
工程投资/元	287 000	
投资回收期/月	$287\ 000 \div 246\ 586 \times 12 < 14$	$287\ 000 \div 913\ 688 \times 12 < 4$

其结果是:按目前用汽情况,每年可节省费用 24.65 万元,投资回收期约 14 个月;公司搬迁完毕后,按最大凝结水回收量计算,每年可节省费用 91.4 万元,投资回收期约 4 个月,详见表 2。

从冷凝水闭式回收装置的技术分析和在东亚公司的成功运用可以说明,该装置节能效果显著,节能率可达到 15%~25%,减少烟气排放 20%以上,回收冷凝水水质好,与国外同类产品相比,具有独特的先进性和实用性,且投资较少,投资回收期短,社会效益和经济效益明显。

参考文献:

[1] 机械部技术发展基金委员. 中国蒸汽管网系统的环保现状及发展潜力研究[R]. 北京, 机械部机械科学研究院, 1997.
 [2] 孙东红. “煤气化——无烟燃烧技术”的原理及其应用[J]. 热能动力工程, 2001, 16(3): 325-327.
 [3] 李树生. 凝结水回收器的研制与应用[J]. 北京节能, 1998, 5: 15-17.

(孙显辉 编辑)

(上接第 203 页)

大齿轮的装配焊接是在专用胎具上进行的,首先将轮轴垂直立于胎具上,使轮轴与平台垂直,用夹具夹好,在平台上装上定位及调整工装。将轮缘吊放于定位及调整工装上,调整工装使轮缘和轮轴的同轴度 $\leq 1.0\text{ mm}$,及相对的轴向位置满足图样的要求,装配第一块轮盘。

装配后用硅酸铝保温毯包裹,用工频感应加热圈对轮缘和轮盘预热,到温后由于加热和受热不均,预热后的大齿轮装配尺寸会有很大变化,应用调整工装重新调整。

大齿轮的焊接由 6 名焊工同时焊接,轮轴处 2 名焊工,轮缘处 4 名焊工。焊接时起始位置对称,焊接工艺参数一致,同时起、熄弧,焊接速度一致。特别是每块轮盘的打底焊更应注意,否则,焊后三者成为一体,焊接引起的同轴度偏差很大,且很难校正。焊接过程中每焊一层应停下来对齿轮进行尺寸和温度测量,做及时调整。大齿轮焊接后的热处理是在专用的回火砂箱内进行的,可防止热处理中的变形,

热处理后进行射线探伤。

6 结语

通过对大型齿轮的实际生产焊接,大齿轮的焊缝射线探伤和焊后尺寸均达到设计要求。实践证明焊接大型齿轮,当其外形尺寸大且焊缝质量要求高时,在 40CrNiMoA 上堆焊过渡层的办法对于降低预热温度,提高焊接质量,改善生产环境是很有效的。实践证明本工艺是成功的,解决了船用大功率主机减速器的一大难题。

参考文献:

[1] 姜焕中. 电弧焊与电渣焊[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
 [2] 周振丰, 张文钺. 焊接冶金与金属焊接性[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.
 [3] 周振丰. 金属熔焊原理及工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.
 [4] 姜焕中. 焊接方法及设备[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985.

(何静芳 编辑)

300 MW Boiler Unit [刊, 汉] / XU Bao-shan, XIN Zhi-ming (Harbin Boiler Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046), LI Guo-jun, et al (Tielin Power Plant, Tielin, Liaoning Province, China, Post Code: 112000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 198 ~ 201

The cost effectiveness of the constant pressure operation of a 300 MW boiler unit is compared with that of its sliding-pressure operation. The influence of the sliding-pressure operation on the boiler internal processes is analyzed. In addition, also discussed are the limiting factors of the boiler sliding-pressure operation. **Key words:** sliding-pressure operation, economic analysis, limiting factor

船用主机减速器大齿轮 40CrNiMoA 轮缘的焊接 = **Welding of the 40CrNiMoA Alloy Wheel Rim of a Bull Gear for a Marine Main Steam Turbine Reduction Gear Unit** [刊, 汉] / JI Hai-dong (Shaungyashan No. 1 Power Generation Co. Ltd., Shuangyashan, Heilongjiang Province, China, Post Code: 155136), WANG Qing, XU Tao, et al (Harbin Steam Turbine Works Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 202 ~ 203, 206

Concerning the welding of 40CrNiMoA alloy wheel rim of a bull gear for a marine main steam turbine reduction gear conducted are the analysis and testing of welding procedures, the selection of a welding method and its technological parameters, and the production welding of the bull gear. On this basis a whole set of feasible welding procedures for the bull gear is presented. **Key words:** large-sized gear, welding, automatic welding

蒸汽管网凝结水闭式回收装置原理及应用 = **Working Principle of Model NSQ-20III Condensate Recovery Tank and Its Use** [刊, 汉] / NIE Yue-qiang, HUANG Shi-wei (Fushan City Energy Source Utilization Monitoring Center, Fushan, Guangdong Province, China, Post Code: 528000), CHEN Yong-gen (Fushan Dongya Shareholding Co. Ltd., Fushan, Guangdong Province, China, Post Code: 525000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 204 ~ 206

An analysis of Model NSQ-20III condensate recovery tank working principle and its practical use at Dongya Co. prove that the tank is relatively advanced in respect of energy savings and environmental protection when industrial boilers are used. In addition, it also can bring about significant social and economic benefits and is rated as a practical type of patent product. **Key words:** condensate, energy savings, environmental protection

热电站 130 t/h 锅炉蒸汽系统存在的隐患及处理对策 = **Hidden Peril of the Safety Valve System of a Thermal Power Station 130 t/h Boiler and Measures Taken for their Elimination** [刊, 汉] / XE Ke-jun (Zhenhai Petrochemical Refinery Co. Production Department, Ningbo, China, Post Code: 31520) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 207 ~ 208

An analysis of the abnormal actuation of a U-130/39-1 boiler safety valve installed at the refinery thermal power station of Zhenhai Petrochemical Co. Ltd. has exposed the hidden peril of this type of boiler safety valve system. To cope with this, proper modification measures are proposed. **Key words:** safety valve, hidden peril, countermeasures

75 t/h 锅炉钢性梁振动原因及处理 = **Underlying Causes of the Vibration of a 75 t/h Boiler Rigid Girder and Its Treatment** [刊, 汉] / LIAO Di-yu (Guangzhou Municipal Boiler Inspection Institution, Guangzhou, China, Post Code: 510080) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(2). — 209 ~ 210

The causes leading to the vibration of a boiler rigid girder is analyzed and proper measures for its elimination are presented. **Key words:** boiler, rigid girder, vibration, cause, treatment