

DOI:10. 3969/j. issn. 1674 - 1951. 2019. 07. 007

溶解氧对主蒸汽溶解氢表测量影响试验研究

Experimental study of dissolved oxygen's effect on dissolved hydrogen analyzer of the main steam

李海洋,王仁雷,尤良洲,衡世权
LI Haiyang, WANG Renlei, YOU Liangzhou, HENG Shiquan

(华电电力科学研究院有限公司,杭州 310030)
(Huadian Electric Power Research Institute Company limited, Hangzhou 310030, China)

摘 要:使用溶解氢表测量主蒸汽中氢气质量浓度是监测过热器和再热器管壁高温氧化速度的有效方法,可以预警可能出现的超温或过热结垢现象。但在实际运行过程中发现,溶解氢表测量准确性较差。通过试验研究发现,水样中的溶解氧对溶解氢表测量存在明显影响。溶解氢质量浓度越小,溶解氧质量浓度越大,溶解氢表测量相对误差越大。另一方面,当溶解氢质量浓度一定时,溶解氢表实际测量值与溶解氧质量浓度存在线性关系。因此得出溶解氧可能是影响溶解氢表测量的重要因素。

关键词:主蒸汽;溶解氢表;溶解氧;测量相对误差;线性关系

中图分类号:X 703 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951 (2019) 07 - 0027 - 04

Abstract:It is an effective method to monitor the high temperature oxidation rate of the inner wall of superheater and re-heater tubes by using dissolved hydrogen analyzer to measure dissolved hydrogen content in main steam , which can warn the possible overheating or overheating deposit. However, it is found that in the actual operation, measurement accuracy of dissolved hydrogen analyzer is poor. The results of study show that the dissolved oxygen in water sample has obvious effect on the measurement of dissolved hydrogen. The smaller the dissolved hydrogen is, the more dissolved oxygen contains, and the greater the relative error of dissolved hydrogen analyzer makes. On the other hand, when the dissolved hydrogen content is constant, the actual value of the dissolved hydrogen analyzer has a linear relationship with the dissolved oxygen content. Therefore, dissolved oxygen may be an important factor affecting the measurement of dissolved hydrogen analyzer.

Keywords:main steam;the dissolved hydrogen analyzer; dissolved hydrogen; relative error of measurement; linear relationship

0 引言

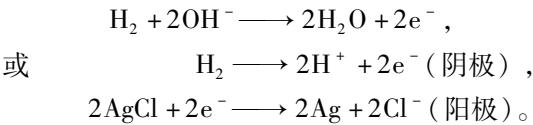
对于实际工况下长期运行的受热面金属材料而言,实时准确监测受热面的高温氧化情况,将蒸汽测的氧化速度控制在安全状态是防止过热器和再热器发生爆管的关键技术。但过热器和再热器蒸汽测高温氧化很难被在线监测,只能通过间接测量来表征其氧化过程。已有研究结果表明,蒸汽中氢质量浓度的变化可以用来衡量高温水蒸气与过热器、再热器内壁之间的反应速度。当过热器和再热器内壁出现局部过热或氧化层因过热开始结垢时,蒸汽中的氢质量浓度将显著上升。有文章认为,蒸汽氢量能

够反映过热器和再热器蒸汽测高温氧化的实际情况,而且比壁温指标和蒸汽温度指标灵敏。但在实际使用过程中发现溶解氢表的测量准确性较差,在锅炉给水采用加氧处理时尤为突出,因此认为溶解氧可能是影响溶解氢表测量的重要因素。为了确认溶解氧对溶解氢表测量是否存在影响以及影响程度如何,本文通过在实验室内模拟溶解氢表在电厂水汽系统中的实际工作状态来进行上述研究^[1-2]。

1 溶解氢表测量原理

溶解氢传感器由铂电极(阳极)和银-氯化银电极(阴极)及电解液组成,电极端部的半透膜将电极与水样隔离。半透膜只允许水样中的气体通过,同时阻止水样中的溶解固体透过,以免影响测量。

阴阳极之间填充了具有缓冲性的电解液,主要成分是 NaCl 或 KCl。仪器正常测量时,在阴阳极之间施加 0.4 ~ 0.8 V 的恒定电压,此时电解液在阴阳极上发生如下反应



水样中氢被氧化成水,氯化银被还原成金属银,在这个过程中阴阳极会产生电化学电流,电流的大小取决于水样中氢气到达阴极表面的速率,更进一步说,取决于氢气通过半透膜和电解液的速率,但该速率与流经半透膜表面的水样中的溶解氢呈线性关系,因此电化学电流的大小与水样中的溶解氢质量浓度呈线性关系。

2 试验目的及内容

为了研究主蒸汽中的溶解氧对溶解氢表测量是否存在影响以及影响程度如何,本文根据电厂实际情况设计了一套动态试验平台,以模拟溶解氢表在水汽系统中的实际运行情况,该试验平台如图 1 所示。试验期间,平台内循环水量恒定,除氧树脂柱正常运行,可以将流动水样中的溶解氧和溶解氢全部去除。高压纯氢和高压纯氧直接鼓入除盐水箱中,通过精密压力表调节除盐水箱内的压力,待气液两相平衡后即可得到固定浓度的溶解氢和溶解氧水样,溶解气体质量浓度由亨利定律确定。

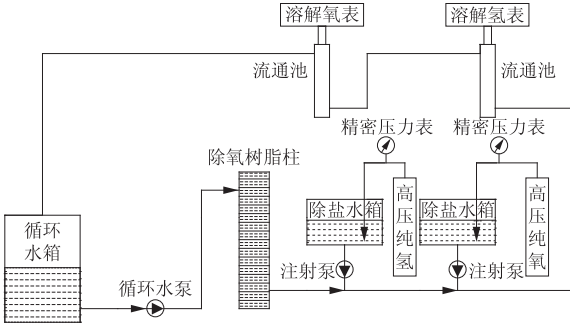


图 1 溶解氧对主蒸汽溶解氢表测量影响试验平台
Fig.1 Test platform for the influence of dissolved oxygen on the main steam dissolved hydrogen analyzer measurement

试验开始时,先不启动 2 台注射泵,系统进行循环除氧。待溶解氧基本去除后,通过调节注射泵的推进速度来控制溶解氢水样和溶解氧水样的加入量,进而调控平台内循环水样中的溶解氢和溶解氧质量浓度。为了研究溶解氧对溶解氢测量的影响,通过调节溶解氢水样注射泵的推进速度使循环水样中的溶解氢质量浓度分别稳定在 1.2、3.3、5.6 mg/m³ 左右。当循环水样中溶解氢质量浓度稳定在某一固定值时,开启溶解氧水样注射泵向循环水样

中分别添加 0、50、100、150、200 mg/m³ 的溶解氧。试验过程中,分别记录溶解氢表和溶解氧表的测量值,再根据溶解氢表测量值随着溶解氧质量浓度变化的规律来判断溶解氧对溶解氢表测量的影响。

3 试验结果及分析

3.1 溶解氧对溶解氢表测量的影响

试验过程中,先后调节循环水样中的溶解氢质量浓度分别为 1.2、3.3、5.6 mg/m³。当溶解氢质量浓度基本稳定时,分别调节溶解氧水样注射泵推进速度使循环水样中的溶解氧质量浓度分别为 0、50、100、150、200 mg/m³,每种工况条件下连续测量 20 min,每隔 1 min 记录 1 次测量数据。根据测量数据作不同质量浓度溶解氢水样加入不同质量浓度溶解氧后其测量值变化曲线,具体如图 2—4 所示。

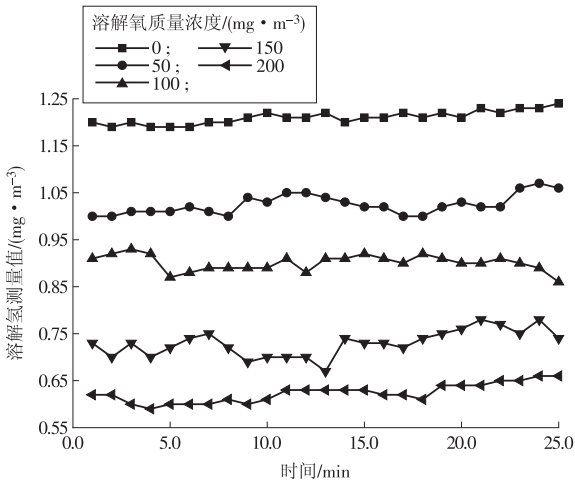


图 2 初始溶解氢质量浓度为 1.2 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量值
Fig.2 Measured value of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial concentration of 1.2 mg/m³

从图 2—4 中的测量值变化曲线中可以看出,当循环水样中加入不同质量浓度溶解氧后,溶解氢的测量值随着溶解氧质量浓度增加而明显减小,因此溶解氧对溶解氢表的测量存在影响。

3.2 溶解氧对溶解氢表测量影响规律分析

据前所述,溶解氧对溶解氢表测量存在影响,为了研究其影响规律,计算不同质量浓度溶解氢循环水样加入溶解氧后溶解氢测量相对误差,计算结果见表 1—3。

从表 1—3 中的计算结果可以看出,溶解氧质量浓度越大,水样中溶解氢测量值越小,测量相对误差越大;另一方面,溶解氢质量浓度越高,溶解氧对溶解氢表的测量影响越小。为了寻找溶解氧造成的测量相对误差和溶解氧质量浓度的数学关系,现

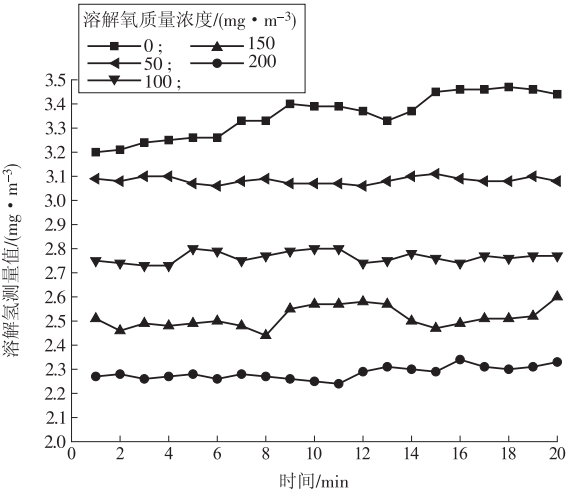


图 3 初始溶解氢质量浓度为 3.3 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量值

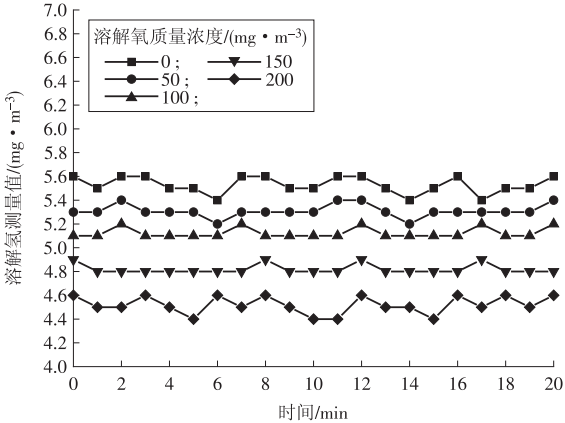


图 4 初始溶解氢质量浓度为 5.6 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量值

Fig.4 Measured value of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial concentration of 5.6 mg/m³

Fig.3 Measured value of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial concentration of 3.3 mg/m³

作溶解氢表测量相对误差 Y 与溶解氧质量浓度 X 的关系曲线并进行线性回归,具体如图 5 所示(图

表 1 初始溶解氢质量浓度为 1.2 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量相对误差

Tab.1 Relative error of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial mass concentration of 1.2 mg/m³

溶解氧质量浓度/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢实际值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量差值/ (mg·m ⁻³)	测量相对 误差/%
0	1.22	1.22	0.00	0.00
50	1.02	1.20	-0.18	-15.00
100	0.89	1.21	-0.32	-26.45
150	0.74	1.22	-0.48	-39.34
200	0.63	1.21	-0.58	-47.93

表 2 初始溶解氢质量浓度为 3.3 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量相对误差

Tab.2 Relative error of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial mass concentration of 3.3 mg/m³

溶解氧质量浓度/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢实际值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量差值/ (mg·m ⁻³)	测量相对 误差/%
0	3.37	3.37	0.00	0.00
50	3.08	3.35	-0.27	-8.06
100	2.76	3.33	-0.57	-17.12
150	2.52	3.36	-0.84	-25.00
200	2.29	3.38	-1.09	-32.25

表 3 初始溶解氢质量浓度为 5.6 mg/m³ 时加入不同质量浓度溶解氧后的测量相对误差

Tab.3 Relative error of dissolved hydrogen after adding different volume of dissolved oxygen with initial mass concentration of 5.6 mg/m³

溶解氧质量浓度/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢实际值/ (mg·m ⁻³)	溶解氢测量差值/ (mg·m ⁻³)	测量相对 误差/%
0	5.59	5.59	0.00	-0.00
50	5.33	5.58	0.25	-4.48
100	5.08	5.58	0.50	-8.96
150	4.82	5.59	0.77	-13.77
200	4.55	5.57	1.02	-18.31

中, R 为线性相关度)。

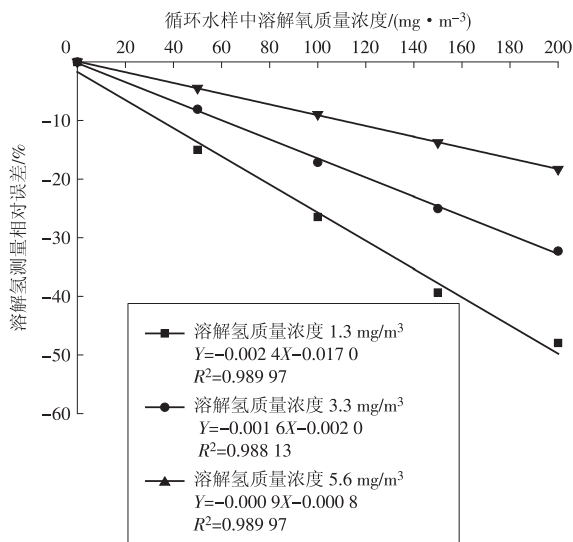


图 5 溶解氢表测量相对误差与溶解氧质量浓度关系曲线

Fig. 5 Relationship between the relative measurement error of dissolved hydrogen analyzer and dissolved oxygen content

从溶解氢表测量相对误差与溶解氧质量浓度关系曲线可以看出,但水样中溶解氢质量浓度一定时,水样中的溶解氧质量浓度与溶解氢表测量值之间存在比较好的线性关系,因此可以根据溶解氧质量浓度和溶解氢表测量值推算水样中的溶解氢实际质量浓度,这对分析主蒸汽溶解氢质量浓度和过热器再热器高温氧化关系具有十分重要的意义。

4 结束语

溶解氧质量浓度对溶解氢表的测量存在影响,

(上接第 26 页)被清扫下的物料顺畅落入头部漏斗中,避免出现漏斗内积料和漏斗溢料情况。

输煤系统有些设备配置带式输送机,如折返式斗轮堆取料机,其尾车上的头部滚筒处无法安装头部清扫器,胶带回程段工作面携带的残留物料撒漏严重,现场文明生产工作量大。该双向清扫器只需加装简易支架后便可安装于双向运行带式输送机的所有滚筒处。

7 结束语

该双向清扫器在华电江苏能源有限公司句容发电分公司装船机尾车头部滚筒处安装后,使用半年多以来,未出现任何故障,清扫器工作可靠,补偿和退让装置动作正确,清扫效果优良。目前,该双向清扫器已申请中华人民共和国国家知识产权局发明和

其影响规律是溶解氢质量浓度越小,溶解氧质量浓度越大,溶解氢表测量相对误差越大;反之,溶解氢质量浓度越大,溶解氧质量浓度越小,溶解氢表测量相对误差越小。在水样中溶解氢质量浓度一定时,溶解氢表的测量值与溶解氧质量浓度存在比较好的线性关系。对于高参数大容量机组,主蒸汽中的溶解氢质量浓度较小(一般小于 5 mg/m³),其测量值受溶解氧影响较大。如果机组给水采用加氧处理而且加氧量较高,那么溶解氢表测量值将明显偏小。如果机组采用不加氧工况或者低氧工况,那么基本可以忽略溶解氧对溶解氢表测量的影响。

参考文献:

[1]周江,俞明芳.超超临界机组材料蒸汽侧氧化氢的监测实践与探讨[C]//第九届电站金属材料学术年会论文集(第二卷),2011.
[2]钟万里,王伟,梁永纯,等.超临界机组金属高温蒸汽氧化[M].北京:中国电力出版社,2010.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

李海洋(1988—),男,河南信阳人,工程师,工学硕士,从事电厂化学腐蚀与防护以及电厂化学仪表研究方面的工作(E-mail:haiyang-Li@chder.com)。

王仁雷(1980—),男,浙江宁波人,高级工程师,工学硕士,从事电厂化学环保研究方面的工作(E-mail:wangrlequ@126.com)。

实用新型专利,并在其他电厂输煤系统带式输送机上推广使用。

参考文献:

[1]北京起重运输机械研究所.DTII(A)型带式输送机设计选型手册[M].北京:冶金工业出版社,2003.
[2]崔国泰.机械设计基础[M].北京:机械工业出版社,1994.
[3]机械设计手册编委会.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2009.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

王晓斌(1972—),男,江苏武进人,高级工程师,从事电厂设备管理方面的工作(E-mail:wxbxx@qq.com)。