

锅炉蒸汽冷凝水回收利用方法

□ 李长林 张文品

(重庆市特种设备质量安全检测中心 重庆 401121)

摘要: 锅炉蒸汽冷凝水回用时一项利国利民的节能减排工作。本文通过冷凝水利用方法的介绍好效益分析,探讨了蒸汽冷凝水回收的可行性、必要性和重要性。

关键词: 冷凝水 回收 节能

中图分类号: TQ153

文献标识码: A

文章编号: 1007-3973 (2009) 10-082-02

1 锅炉蒸汽冷凝水回收的意义

冷凝水的品质远高于软化水,接近纯水,是优质的热源给水。加以利用会明显减少锅炉燃料消耗,减少软化水量,降低蒸汽生产成本,并且由于锅炉的水质改善,还会减少锅炉的排污热损失,提高锅炉的效率,是锅炉供热过程中节能节水的有效措施。

一般蒸汽冷凝水回收时平均温度为 60-80℃,锅炉补水平均温度一般为 10-30℃,利用蒸汽冷凝水代替锅炉软水作为锅炉补给水,无疑提高了锅炉补给水温度。40℃-70℃的蒸汽冷凝水中含有 40-70 大卡/公斤的热量,回收利用就是节约能源,采用蒸汽冷凝水保护剂后,蒸汽冷凝水回收率可以在 80% 以上,并且回收水质符合 GB1576 《工业锅炉水质》要求。现在锅炉产 1 吨蒸汽水耗均在 1.1-1.3 吨,蒸汽冷凝水回收率若在 80% 以上,就可以达到吨蒸汽水耗在 0.2-0.4 吨之内,在原基础上可使吨蒸汽耗水节约 60%-80%,如果保证换热器内蒸汽管道和冷凝水回收管道不泄露,几乎可以使锅炉水汽系统成封闭式循环,锅炉排污率为零。利用蒸汽冷凝水中含有的热量,可以使以天然气作为燃料的锅炉每吨蒸汽节约 10 元左右费用(节约的费用含节约的燃料费、软水费及电费)。目前我国在用锅炉达 50 多万台,每天产生蒸汽上千万吨,如果能充分地利用回收的凝结水,必将获得巨大的效益。对于我国这样一个严重缺水、能源缺乏、生态环境脆弱的国家,从某种意义上来说,其节约用水、节约能源和保护环境的社会效益甚至可能要超过直接得到的经济效益。

然而工业锅炉由于蒸汽用途多样性,蒸汽品质易受污染,或用汽设备及地点较为分散,蒸汽管线较长等原因,使得蒸汽冷凝水的回收利用有一定的难度。特别是凝结水中铁离子含量较高,不但易造成锅炉结生铁垢,而且会增加锅炉的腐蚀,影响锅炉的安全运行。使很多锅炉用户将品质良好的蒸汽凝结水排至地沟而白白浪费了。

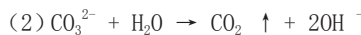
2 冷凝水铁含量过高的原因分析

据了解我市大多数锅炉使用单位的蒸汽冷凝水均不符合锅炉给水要求,因回收冷凝水带酸性(PH 值为 5.5-6.5),含铁量过高,呈砖红色,不符合 GB1576 《工业锅炉水质》要求而排放了。

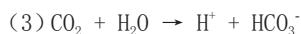
蒸汽冷凝水回收利用主要是作为锅炉补水用,GB1576 《工业锅炉水质》标准中给水的的一个重要指标是含铁量。如果锅炉用含铁量高的冷凝水作为补给水,会导致锅炉受热面炉管产生氧化铁垢,它的危害是使锅炉传热不良,导致炉管壁温升高,最终会引起炉管鼓包爆管,严重威胁锅炉安全运行,

所以不符合锅炉给水标准的冷凝水是绝不能作为锅炉给水使用的。

冷凝水回收管道的金属腐蚀主要是因为蒸汽冷凝水系统中的 CO₂ 及 O₂ 所引起的。CO₂ 和 O₂ 主要来自锅炉补给水,在理论上除氧器应将游离 CO₂ 全部除去,但由于我国锅炉水质标准中对于蒸发量 < 6t/h 的锅炉没有给水除氧要求,而工业锅炉运行中,大多数热力除氧器运行又不正常或没有投入运行,因此给水中经常有一定量的游离 CO₂ 及 O₂ 存在,并且给水中含有的碳酸化合物:CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻, 进入锅炉后会部分分解,放出 CO₂:

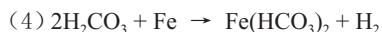


生成的 CO₂ 被蒸汽带出锅炉,随蒸汽一起经管路送至用热设备,蒸汽换热后产生的冷凝水中就有了游离 CO₂ 存在,CO₂ 会使冷凝成水或在湿蒸汽呈酸性,水中 CO₂ 虽然只显弱酸性,但由于蒸汽一般都较纯净,冷凝成水后缓冲性很小,少量的 CO₂ 就会使其 pH 值显著降低。如当每升纯水中溶有 1mg CO₂ 时,水的 pH 值便可由 7.0 降至 5.5 左右。值得注意的是,弱酸的酸性不能单凭 pH 值来衡量,因为弱酸只有一部分电离,随着腐蚀的进行,消耗掉的 H⁺ 会被弱酸继续电离所补充。



大量现场检测数据表明蒸汽通过换热后冷凝水 PH 值一般为 5.5-6.0。

游离的 CO₂ 腐蚀性受温度影响较大,当冷凝水温度高时,碳酸的电离度增大,会大大促进腐蚀,钢材受 CO₂ 腐蚀而生成的腐蚀产物是可溶的,在金属表面不易形成保护膜,它的腐蚀特点是使金属减薄,产生铁的腐蚀物。



金属腐蚀速度取决于温度与 CO₂、O₂ 浓度,当 PH < 6 时,碳钢在冷凝水中腐蚀速度与碳酸浓度成正比,PH 值度较低时腐蚀产物可溶解,从而使冷凝水被大量铁离子污染。

同时溶解氧对系统管路的腐蚀也是不可忽视的。冷凝水中的 O₂ 是随蒸汽带来的。它的腐蚀产物是 Fe₃O₄ 与 FeO 及含水氧化物的生成物,它会使钢管产生腐蚀坑。

当冷凝水系统中同时存 O₂ 与 CO₂ 时会使钢的腐蚀更严重,CO₂ 使水呈微酸性破坏管路保护膜,随着 O₂ 含量增加会使钢管呈或大或小的溃疡状态,使腐蚀加快,结果是冷凝水呈砖红色、铁含量大,钢管穿孔。常见的蒸汽管道和冷凝水管道腐蚀穿孔就是这个原因。

3 使回收的冷凝水合格以降低能耗

根据冷凝水铁离子含量高的原因分析,造成腐蚀的原因主要是水中含有 CO₂ 和 O₂。可采用投药的方法促进金属管路内壁表面钝化的方式,使金属管道内壁形成一层有效的保护膜,隔离呈酸性的冷凝水与水中含有的游离 O₂ 与金属内壁接触;同时药剂能使进入冷凝水管路的冷凝水呈碱性而防止金属酸腐蚀。重庆某公司研制的锅炉蒸汽冷凝水保护剂、天津化工研究院研制的用于凝结水缓蚀处理的 TS - G901C、天津汇科其公司研制的冷凝水保护剂以及国内许多公司生产的蒸汽皮膜剂等,都具有成膜及中和双重作用,能显著降低凝结水中的含铁量,避免系统的腐蚀。

采用在锅炉水汽系统投药的方法可使冷凝水含铁量降到每升 0.1 毫克以下,并且碱度、PH 值、硬度、氯根均符合给水标准,炉水品质完全可以比回收前提高,并且可以降低排污率,水处理设备用盐量也会大幅度下降,因为锅炉给水主要部分采用了冷凝水,水处理设备制的软水只做了为了锅炉需要的少量的补充水。

锅炉蒸汽冷凝水保护剂为液态,通过活塞泵将药投入锅炉给水管中或分汽缸输出管路中随蒸汽进入管网。另外,锅炉用户应采取措施保证冷凝水管道都充满水(注意:冷凝水回收管道一定要插入水箱水位线以下,以保证空气不进入管道内),防止氧气进入;目的是防止冷凝水中溶解氧含量高而被腐蚀,提高冷凝水管道使用寿命。在冷凝水管进入水箱或凝结水箱之前应设置旁路排放阀和取样点,冷凝水经常取样化验,可及时发现系统泄漏并及时处理,避免给水受污染,确保锅炉安全运行。

4 运行费用比较(以 1 台出力为 4T/h 的锅炉为例)

4.1 节约给水的费用(根据有关资料查询,生产 1 吨软水的费用约 4 元)

(1) 冷凝水回收节约水的费用(按回收 60% 冷凝水的费用计算)

每小时费用:4.4T/h×60%×4 元/吨水=10.56 元/小时
 每天运行 10 小时:10.56 元/小时×10 小时=105.6 元
 每月以 30 天计算:105.6×30=3168 元
 每年以 12 月计算:3168×12=38016 元

(2) 热量利用

利用蒸汽冷凝水代替锅炉软水作为锅炉补给水,无疑提高了锅炉补给水温度。设补给水由 10℃ 提高到 60℃,水温提高了 50℃,利用 1 吨冷凝水相当利用 5×10⁴ 大卡的热量,天然气锅炉热效率 86% 计,节约天然气相当 6.84m³,以 1 m³ 天然气 1.5 元计算节约 10.26 元(设补给水由 10℃ 提高到 60℃,水温提高了 50℃,利用 1 吨冷凝水相当利用 5×10⁴ 大卡的热量,锅炉热效率 70% 计,相当利用发热量为 5000 大卡/公斤的煤节约 14.28 公斤,以吨煤 600 元计算节约 8.57 元。)。冷凝水的品质远高于软化水,接近纯水,是优质的锅炉给水。加以利用会明显减少锅炉燃料消耗,减少软化水量,降低蒸汽生产成本。

冷凝水回收节约天然气的费用(按回收 60% 冷凝水的费用计算)

每小时费用:4T/h×60%×10.26 元/吨水=24.6 元/小时
 每天运行 10 小时:24.6 元/小时×10 小时=246 元
 每月以 30 天计算:246×30=7380 元
 每年以 12 月计算:7380×12=88560 元

(3) 降低排污率

以一台蒸发量为 4t/h 的工业锅炉为例,其额定蒸汽压力为 1.6MPa,无过热器,无排污扩容器,无冷凝水回收,设计水处理方式为一级软化,全年平均软化水的碱度为 2.8mmol/L。锅炉日常运行的排污率为:

$$p = \frac{aJD_g}{JD_g - (1 - \beta)JD_g} \times 100\% = \frac{100\% \times 2.8}{24 - (1 - 0)2.8} \times 100\% = 13.2\%$$

锅炉排污率超过了规定的 10%。

若软化水作为补给水,锅炉排污率控制在 10% 以内,就必须进行生产返回水的回收利用。根据(式 1)可以计算出最大的汽水损失率,就可以知道最小回收率。

$$a = \frac{p[JD_g - (1 - \beta)JD_g]}{JD_g} \times 100\% = \frac{10\%[24 - (1 - 0)2.8]}{2.8} \times 100\% = 75.5\%$$

生产返回水最小回收率应为 1 - a = 24.3%

生产返回水最少回收量 = Q(1 - a) = 0.97t/h

假如:若生产返回水回收率为 80%,其它参数不变,核算全年平均锅炉排污率。

$$p = \frac{aJD_g}{JD_g - (1 - \beta)JD_g} \times 100\% = \frac{20\% \cdot 2.8}{24 - (1 - 0)2.8} \times 100\% = 2.62\%$$

即:节约高温锅炉水 10%。

4.2 冷凝水回收节约煤炭的费用(回收 60% 冷凝水的费用)

每小时费用:4T/h×60%×8.57 元/吨水=20.57 元/小时
 每天运行 10 小时:20.57 元/小时×10 小时=205.7 元
 每月以 30 天计算:205.7×30=6170 元
 每年以 12 月计算:6170×12=74040 元

4.3 化学药品费用(25 公斤/桶,费用 520 元,1 台锅炉用 5 天)

每月以 30 天计算:520×6=3120 元
 每年以 12 月计算:3120×12=37440 元
 综上所述:每年可节约费用为:

1) 天然气锅炉:38016 + 88560 - 37440 = 89136 元/台锅炉

2) 燃煤锅炉:38016+74040-37440=74616 元/台锅炉

5 冷凝水回收利用的可行性

凝结水回收系统主要由凝结水管线、疏水泵、加药泵、凝结水箱(若凝结水直接进除氧器或给水箱则可省去)、防腐蚀的凝水泵或凝结水回收器等组成。对于 2T/h 以上的锅炉来说,一般可回收凝结水较集中的,只需半年至一年半即可收回这些投资费用。一般非混合式加热的蒸汽冷凝水都可回收利用。对于宾馆、医院、学校、商厦、办公大楼等,蒸汽用于溴化锂中央空调的机组、换热器、洗衣房烘干整烫机、餐饮用汽等,一般冷凝水回收率可达 60% 以上。对于工厂的生产、生活用蒸汽,凝结水回收率视设备和用途的不同会有较大的不同。有的回收率可高达 80% 以上。

参考文献:

[1] 周英,周淑姬.工业锅炉蒸汽凝结水的回收与处理[J].中国特种设备安全,2005.