

节能减排

对火力发电的冷却水循环系统节能的思考

郑晋梅¹, 刘威², 董葛³(1.太原理工大学, 山西太原 030024; 2.上海开纳杰化工研究所, 上海 200020;
3.山西惠普节能应用技术研究所, 山西太原 030001)

摘要: 介绍了火力发电机组循环冷却水系统凝汽器的真空度, 与发电煤耗的关系。论述了使用“运行净”是提高真空度的有效解决方案, 并举案例具体测算了降低发电煤耗的实际效果。

关键词: 循环冷却水系统; 真空度; 煤耗; 范德华引力

中图分类号: X5 文献标识码: A 文章编号: 2095-0802-(2013)01-0090-03

On the energy conservation of cooling water recirculation system of thermal power

ZHENG Jin-mei¹, LIU Wei², DONG Ge³(1.Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, Shanxi, China ;
2.Shanghai KNJ Chemical Institute, Shanghai 200020, China ;3.Shanxi HP Energy-saving Application Technology Research Institute Energy Institute of Applied Technology,
Taiyuan 030001, Shanxi, China)

Abstract: Introduced the relationship between vacuum degree of condenser of recirculating cooling water system in thermal power generating units, and the coal consumption of electric power generation. Discussed that the use of "Clean Operation" is the effective solution to improve the vacuum degree, and cited case to specifically estimated the actual effect of reducing coal consumption of electric power generation.

Key words: recirculating cooling water system ; vacuum degree ; coal consumption ; Van der Waals force

0 引言

循环冷却水系统是火力发电机组的重要组成部分。凝汽器的真空度是衡量循环冷却水系统冷却效果的重要指标。该指标与端差、汽耗、水垢厚度等直接相关。当火力发电系统的凝汽器真空度下降时, 将导致发电所耗煤量上升, 从而加大了发电成本。

1 问题的提出

真空度下降的主要原因, 是冷却循环水的整个系统存在水垢及微生物淤泥垢, 特别是这类污垢集中在凝汽器水侧部位, 直接影响凝汽器的运行效率。

目前, 各火电企业采用阻垢、缓蚀、杀菌、加酸、脱盐水、低浓缩倍数等方法, 阻止不断下降的真空度, 有一定的效果, 但作用十分有限。主要存在3个问题: a) 采用阻垢、缓蚀、杀菌措施后, 水垢及微生物淤泥垢形成的速度有所下降, 但仍会随运行时

间逐步积累, 导致真空度的不断下降; b) 采用加酸的方法, 会大幅度提高循环水电导率, 造成凝汽器铜材质明显的电化学腐蚀; c) 采用脱盐水、直流水、降低浓缩倍数的方法, 运行成本过高, 也不利于生产企业的有效减排。

中国目前役运行5 a以上的火力发电站循环冷却水系统, 大多数凝汽器的真空度维持在86%~89%范围内, 能维持在89%~92%已为数不多。例如, 300 MW机组标准煤耗为336 g/(kW·h)。据测算, 凝汽器真空度每降低1 kPa, 煤耗约增加2 g/(kW·h)~3 g/(kW·h)。如真空度仅维持在90%左右, 火电厂的煤耗就要相应增加20 g/(kW·h)~30 g/(kW·h), 对300 MW机组来言, 每年便会增加 5.256×10^4 t~ 9.198×10^4 t标准煤的成本。而真空度下降带来的直接或间接成本绝非仅此。

当前, 中国不少机构研究水循环系统在线清洗的方法, 但大多用强酸、弱酸或螯合的方式进行, 这对系统正常运行、清洗效果、金属腐蚀等带来相当可怕的安全隐患。强酸型: 硫酸为主要介质。可造成系统瞬间气体大量出现的诸多安全隐患, 引起凝汽器铜材质严重的电化学腐蚀破坏, 形成系统内水垢的大量脱

收稿日期: 2012-11-19

第一作者简介: 郑晋梅, 1957年生, 女, 山东济南人, 1981年毕业于天津大学无线电技术专业, 高级工程师。

落沉积,堵塞管路、过滤网、喷头等部位,严重时可导致系统被迫停机的巨大风险。弱酸型:柠檬酸、草酸、氨基磺酸为主要介质。危害程度与上述情况相似,同时除垢率不足40%。螯合型:EDTA及有螯合作用的磷系水处理剂,只具有阻垢效果。

2 解决的办法

解决火力发电系统的凝汽器真空度下降导致发电所耗煤量上升的问题,可以考虑和评估“永久无垢化清洁运行净”这项技术。该技术能够在线清除所有水循环系统内的全部污垢,基本恢复系统初始状态时的运行效率,并永久保持无垢化清洁的运行状态。

“运行净”与目前中国外研究去除钙、镁离子的阻垢原理有着本质上的区别。阻垢剂对已形成的水垢无能为力,如图1所示。“运行净”技术原理是:它是线型高分子缩聚物,含有大量活性较强的分子官能团,官能团本身的吸引力(即范德华引力),远大于水垢分子间吸力,从而有效的吸附水垢分子,达到除垢目的。它还与杀菌、阻垢、缓蚀、分散剂复合配制,既可以起到对循环水中钙、镁离子的阻垢作用,又能够连续清除已形成的水垢分子,使水垢始终无法形成,如图2所示。杀菌剂采取国际先进的多种杀菌药剂,交替使用,能够避免微生物产生耐药性。特别是能够显著阻止微生物局部腐蚀,解决金属本体孔蚀、穿孔等严重问题。

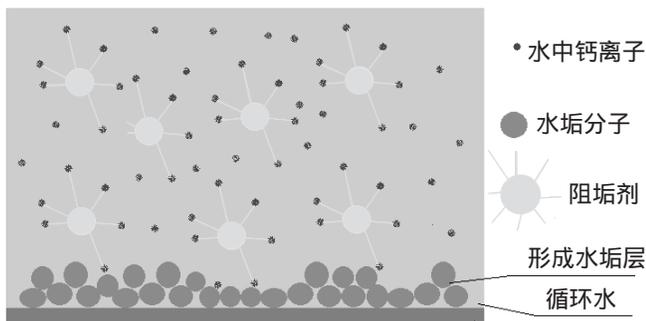


图1 阻垢剂工作示意图

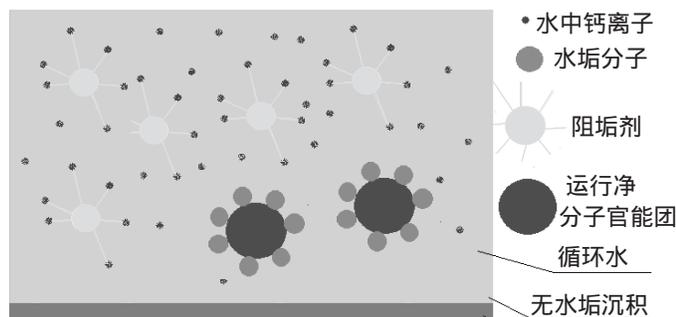


图2 “运行净”工作示意图

经实践证明,使用“运行净”,可彻底解决长期困扰我们的微生物粘泥、水垢、锈垢等带来的传热效率、能源消耗、腐蚀泄漏、成本上升等诸多生产实际问题。

3 节能效益测算

3.1 与测算有关的参数

a) 真空度,以kPa表示:介质的绝对压力低于当地大气压力的数值,亦称真空或负压。当凝汽器管内结垢时传热效率下降,器内凝结水温度上升,导致真空降低。真空每降低1%,煤耗增加1%~1.5%; b) 端差:凝汽器排汽室温度与冷却水出口温度之差。正常运行时,端差为3℃~5℃。如结垢严重,端差可上升至20℃以上。端差上升1℃真空降0.3%,耗汽量增加0.27%; c) 煤耗:为每发一度电需用燃煤的克数, $g(kW \cdot h)$ 。与机组容量有关,机组越小煤耗越高。300 MW机组标准煤耗为336 $g(kW \cdot h)$ 。真空每降低1 kPa,煤耗约增加2 $g(kW \cdot h)$ ~3 $g(kW \cdot h)$; d) 汽耗:生产一度电所消耗的蒸汽量, $kg(kW \cdot h)$,通常真空下降1%,汽耗增加1%~1.5%; e) 垢厚:凝汽器结垢后传热性能降低,以 $CaCO_3$ 为主的水垢每1 mm厚,约多耗燃煤3%~5%。

3.2 节能效益测算

以300 MW机组,现运行煤耗为340 $g(kW \cdot h)$,每年按运行7 200 h为例测算。

a) 按真空每上升1%,煤耗减少1%~1.5%(取1.2%)测算。由于影响真空的因素较多,如系统的严密性,冷却水入口温度,进入凝汽器的蒸汽量,管内外清洁程度及管内水的流速等。因此,通常取除垢后和之前同期的真空平均数据作为测算依据。无垢化清洁运行前真空度最低为84 kPa,平均真空为88 kPa;使用“运行净”后真空度为95 kPa,经计算清洗后真空提高8%,煤耗应减少9.6%。则使用“运行净”后,每 $kW \cdot h$ 节煤量为: $340 g(kW \cdot h) \times 9.6\% \times 30 \times 10^4 kW \cdot h \div 1 000 = 9 792 kg/h$ 。每年可节燃煤量: $9.792 \times 10^4 kg/h \times 7.2 \times 10^4 h \div 1 000 = 7.050 2 \times 10^4 t$;

b) 按真空度每升高1 kPa,煤耗减少2 $g(kW \cdot h)$ ~3 $g(kW \cdot h)$ (取2.5 $g(kW \cdot h)$)测算。每 $kW \cdot h$ 节煤量为: $(95-88) \times 2.5 \times 3 \times 10^5 \div 1 000 = 5 250 kg/h$ 。每年可节燃煤量: $5 250 kg/h \times 7 200 h \div 1 000 = 3.78 \times 10^4 t$ 。该结果为标煤数量,因此偏低。应按发热量换算为该厂煤种用量;

c) 以端差降低1℃,真空上升0.3%测算。使用“运行净”前,端差为24.5℃,使用后为4℃,降低20.5℃,计算真空应上升6.15%。每 $kW \cdot h$ 节煤量为: $340 g(kW \cdot h) \times 30 \times 10^4 \times 6.15\% \div 1 000 = 6 273 kg/h$ 。每年可节燃煤量: $6 273 kg/h \times 7 200 \div 1 000 = 45 165.6 t$;

d) 按结垢后传热性能降低计算。该方法为近似值,因平均垢厚误差较大以 $CaCO_3$ 为主的水垢,每1 mm厚将多耗燃煤3%~5%(平均4%)计,若凝汽器管内平均垢厚为1.5 mm,则使用“运行净”后,每 $kW \cdot h$ 节煤量为: $1.5 \times 340 g(kW \cdot h) \times 4\% \times 3 \times$

10⁵÷ 1 000=6 120 kg/h。每年可节燃煤量：6 120 kg/h× 7 200÷ 1 000=4.406 4× 10⁴ t。

4 结语

综上所述，火电机组的循环冷却水系统采用无垢化清洁运行技术后，不仅节煤效果十分明显，而且在

节水、节汽、减少清洗费用、减少日常水处理费用、减少停机少发电等损失、减少因腐蚀维修费用等方面，也具有相当可观的节能效果。

注：本文参考了上海开纳杰化工研究所刘威的《火力发电厂冷却水循环系统实现永久无垢化清洁运行方案》。

(责任编辑：刘倩倩)



(上接 87 页)

时，开发商应严格执行政府出台的有关建筑节能方面的规范标准等，努力建好节能型建筑，在建筑行业中树立行业节能理念；

c) 建材和技术方面：大力发展利用新能源，例如太阳能、地热能、风能等等。新能源的利用是节约建筑使用能耗非常有效的办法，也是实现建筑可持续发展的重要环节。在太阳能利用方面，要将太阳能制冷、太阳能热水器、太阳能热发电、太阳房等大量应用于建筑设计和建设中。创新建筑节能技术，鼓励采用蓄冷、蓄热空调及冷热电联供技术，中央空调系统采用风机水泵变频调速技术，节能门窗、新型墙体材料等。这些技术都能在建筑工程中起到有效的节能作用^[2]；

d) 建筑从业人员方面：在建筑行业中，对从业人员进行严格的筛选和培训，提高从业人员的综合素质，特别是从业人员的节能意识；使从业人员在进行建筑工程中，时刻将建筑节能方面考虑在内。同时还要在整个建筑行业中推行建筑节能的理念，使节能成为建筑工程最基本的要求。技术创新是社会进步的动力，从业人员要积极进行节能技术的创新。积极开展建筑节能技术和节能管理技术的研究、推广和应用。对原有的节能技术进行系统的整理，在原有技术基础之上争取创新，把绿色建筑、节能建筑的思想贯穿于建筑设计、施工、管理全过程^[3]。

3 建筑节能的发展前景

社会发展至今，人们目睹了一些国家在其发展的长过程中，因为无节制地使用能源，到最后遭受到能源危机的严重打击，最终掀起了节能的高潮。再加上地球生态环境的恶化，人们深刻地意识到建设资源节约型和环境友好型社会的必要性。体现在建筑行业中，就是大力发展建筑节能。因此，建筑节能的发展是社会方方面面的要求，是目前的紧迫任务。

社会经济的发展要求建筑节能。能源短缺对于中国经济的发展是一个根本性的制约因素，国家经济要发展，节能是必不可少的。建筑节能一方面能够为经济创造更大的价值，同时还能够节约社会资源，造福后代^[4]。

环境问题要求建筑节能。在人们肆意发展的社会中，生态环境日益脆弱，各种环境问题层出不穷，干

旱、洪涝、酸雨等等，这些都与建筑有着密切关系。据统计，中国排放的 CO₂ 已占世界第二位，建筑用能的 CO₂ 排放量占到全国用能排放量的 1/4。自然环境是我们生存和发展的基础，因此，面对严重的环境问题，建筑行业必须“节能”。

人们生活品质要求建筑节能。随着社会的发展，人们生活水平的提高，人们思想观念和意识的加强，“绿色建筑”“节能建筑”也成为人们期望的目标。人们对于住房的要求不单单是遮风避雨，更多的是环保、健康、低碳。这是新时期人们思想的新转变。

总而言之，建筑节能是各个方面催生的结果，其发展前景一片光明。全面的建筑节能有利于从根本上促进能源资源节约和合理利用，缓解中国能源资源供应与经济社会发展的矛盾；有利于加快发展循环经济，实现经济社会的可持续发展；有利于长远地保障国家能源安全、保护环境、提高人民群众生活质量、贯彻落实科学发展观^[5]。

4 结语

能源问题已被列为人类面临的四大生存问题之一。而中国又是 1 个人均资源占有量较少的国家，建筑用能巨大，大气污染严重，加上中国的建筑节能发展处于起步阶段，在法律、政策、管理等各方面还不健全，因此，就如何既保护环境、节约能源、实现经济与社会效益的最大化成为工作重心。在政府提出的建立资源节约型和环境友好型社会口号中，我们应把建筑节能作为国家交给我们的光荣任务，这也是一项历史重任。

参考文献：

- [1] 朱伟.房屋建筑节能技术的几点措施[J].甘肃科技, 2008 (02): 45-47.
- [2] 张评衔.建筑节能及太阳能建筑[J].工程建设与设计, 2009 (07): 90-92.
- [3] 周青生.建筑施工现场质量及节能措施控制手册[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [4] 李明, 张景梅.中国建筑节能现状分析[J].商品储运与养护, 2007(05): 57-59.
- [5] 龙惟定.试论建筑节能的科学发展观[J].建筑科学, 2007 (02): 114-116.

(责任编辑：高志凤)