

火电企业水平衡测试工艺指标评价探讨

顾爱辉, 曾凡永

(江苏省水文水资源勘测局南通分局, 江苏 南通 226006)

摘要: 实行最严格的水资源管理制度为推进火电企业水平衡测试提供了机遇, 而火电企业的水平衡测试工作也为严格水资源管理, 提高用水效率, 提供了强有力的技术支撑。结合某火电企业水平衡测试工作, 浅析火电企业水平衡测试用水指标评价方法。

关键词: 水平衡; 火电; 用水指标; 评价

中图分类号: TV213.9 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2016) 02-0058-04

Discussion on index evaluation of water balance test in thermal power enterprise

GU Aihui, ENG Fanyong

(Nantong Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Nantong
226006, Jiangsu)

Abstract: Opportunity provided for promoting water balance test in thermal power enterprise by implementing the most stringent water resources management system. On the other side, powerful technical support was provided for stringent water resources management and water utilization efficiency improvement by water balance test in thermal power enterprise. Index evaluation method of water use in water balance test was initially analyzed by combining with water balance test in one thermal power enterprise.

Key words: water balance; thermal power; water use index; evaluation

0 引言

火电企业的节水潜力点已由粗放型管理时期的跑冒滴漏和循环复用的节水节点, 向工艺节水、技术节水和管理节水模式转移, 其节水涉及面更广, 技术要求更高, 具有一定的深度, 是今后火电企业节水工作的必由之路。

通过水平衡测试来摸清系统用水量分布及变化规律, 并根据确定的指标体系, 评价用水水平; 在保证发电设备安全性的前提下, 把握节水工作的重点, 深度挖掘节水潜力, 制定切实可行的节水规划方案, 为今后火电企业节水工作指明方向。

1 火电企业基本情况

某火电企业成立于 2006 年, 为 2 台 60 万 kW 火电机组。年发电量约 60 亿 kW·h, 发电用水为地表水, 取水方式为泵引水, 冷却方式为循环水冷。2012 年度预计发电量 61 亿 kW·h, 计划生活取水量 6.59 万 m³, 年发电取水量 1515 万 m³, 最大取水量 0.67 m³/s。

2 测试情况

企业为了查清取用水现状, 深度挖掘节水潜力, 制订切实可行的节水技改方案, 进行了本次水平衡测试。测试在 7 ~ 8 月的盛夏季节进行, 现场测试持续 40 d 左右。

测试期间, 全厂总用水量为 3438331.58 m³/d,

收稿日期: 2015-08-18

作者简介: 顾爱辉 (1981-), 男, 本科, 工程师, 主要从事水文水资源工作。

其中:取用地表水为 38586.24 m³/d,重复利用的水量为 3399745.34 m³/d,企业总的回收重复循环利用率为 98.88%,排放水量为 2412.29 m³/d,排放率为 6.25%,消耗水量为 36173.95 m³/d,消耗率为 93.95%。不平衡水量为 1333.31 m³/d,不平衡率为 3.45%。

间接取用的地表水为 6018.48 m³/d,该部分地表水经沉淀处理后生成:化学水 1277.81 m³/d,工业水 3169.35 m³/d,生活水 609.23 m³/d,消防水 746.35 m³/d,剩余的 215.74 m³/d 泥浆水排出后经处理予以回用。

3 工艺指标评价

3.1 冷却水工艺

该企业采用了双曲线冷却塔的开式冷却循环水工艺,用水主要作为凝汽器、闭冷水冷却器和真空泵的冷却水源使用,在该类用水中,凝汽器所用的冷却水量要占到 95% 左右。评价重点应放在水的循环运行效率上,如:蒸发率、循环利用率、浓缩倍数、冷却过程中的风损率、进出水的温差值、循环中排污率、补充新水量情况以及所配备的输送泵机的实际出水效率等指标,通过汇集各方面指标数据,分析其运行工况的合理性和运行状态的优劣程度。

通过实测,冷却循环水系统的蒸发率 1.16%,循环利用率 98.33%,浓缩倍数 1.67,风损率 0.32%,进出水温差 8 ~ 10℃,循环中排污率 0% (将脱硫工艺取用的新鲜水置换给冷却塔作为补充水,脱硫工艺取用冷却水作为取水源),泵机实际出水效率 107.17% (循环泵为高压电机,并进行了高、低压侧串级变速改造)。

从上述指标中,可以看出,在冷却水方面的各项指标均优,而且将冷却水串用给对水质要求较低的脱硫工艺使用,将脱硫工艺本该取用水质好的新鲜水量置换给冷却水系统,作为补充水源是非常有益的尝试。既满足了脱硫工艺对水量的要求,又改善了冷却水的水质,使得冷却水系统无需排污就能满足水质的要求,可谓一举两得。虽然浓缩倍率指标会比较低,但此种用水方式是梯级用水、分层次用水方面的典型范例。所以,综合各方面的具体情况分析指标的合理性非常必要。

3.2 闭冷水工艺

企业的机组、锅炉工序对取用冷却水水质要

求较高的设备采用闭路循环冷却运行方式,称为闭冷水系统。补充水源为制取的除盐水水源,采用板式换热器、水冷水的冷却方式。

该闭冷水系统采用全密封的运行方式,运行过程中的散失量很少,仅是闭冷水循环泵和凝水泵等泵机的轴封冷却所允许的滴漏损失。

闭冷水的使用方式在火力发电企业中基本大同小异,可不分机组的配备容量和用水模式进行企业之间的同比与环比。

通过测试,该企业闭冷水补水率仅为 0.06%。对测试的多家电厂数据分析,该指标在同行业处于领先地位(华能南通电厂 0.107%,天生港电厂 0.07%)。

3.3 锅炉工艺

该企业为两台 60 万 kW 全凝机组,锅炉采用直流炉工艺。国家控制指标:全凝机组锅炉补水率 ≤ 1.5%。在正常负荷运行的工况下,企业之间虽然有些差异,一般情况下均能达到。

其指标差异的原因:

(1) 炉况不同。采用汽包炉(一般 ≤ 350 MW 的机组)必须有连排工艺(即连续排污),虽然连排的汽水经扩容器分离后,一部分作回用(约占 60%),但还要散失掉一部分,而且汽包炉的定排频次要多些(炉水碱度上升);采用直流炉(≥ 600 MW 的机组)无连排工艺,而且定排频次很少,有的几乎不排污。

(2) 燃烧工况和煤质的影响。燃烧工况良好,煤质的灰分少,炉膛和空气预热器的吹灰用汽量就少。

(3) 负荷率的影响。机组负荷率相对稳定的工况下,锅炉燃烧工况相对稳定,锅炉炉水水质也相对稳定,取样排放量就相应减少。

(4) 脱硫工艺不同。采用烟气换热器装置的必须用蒸汽进行吹灰处理,不配烟气换热装置的采用电加热热风泵机进行脱水,无吹灰用汽工艺。

(5) 制冷、制热工艺不同。制冷工艺中,采用溴化锂制冷机组,需要蒸汽作为制冷剂的驱动源,采用其它类型的制冷剂则不用蒸汽;制热工艺中,采用板式换热器的需用蒸汽作为热源使用;采用冷、热组合机组工艺的,无论是制冷和制热均是以电源为主,不用蒸汽。

(6) 有无外供蒸汽的差异。外供汽源越多,所补充的水源越大,锅炉补水率就高。

(7) 其它辅助生活方面取用蒸汽的影响。

火力发电企业锅炉的补水率变化受工艺条件、设备配置、运行负荷等诸多主客观方面条件控制, 所以, 在对火电企业锅炉运行方面作评价时应全面考虑以上因素, 否则很难在行业内进行对比与评判。

通过测试, 该企业锅炉补水率 0.61% (直流炉), 处于控制比较合理的范围 [华能南通电厂 0.85% (汽包炉), 天生港电厂 0.885% (汽包炉)]。

3.4 机组工艺

汽轮发电机组是火力发电企业最关键的设备。发电机组依靠蒸汽在汽轮发电机组中以高压、中压、低压三种形态进行着热能向电能转变的运行方式, 虽然发电机组本身并不消耗蒸汽, 但围绕发电工艺设置的设备、泵机等都是要用水的 (冷却水、凝结水、除盐水、闭冷水)。

发电机组运行中的负荷值及发电效率, 除波及到企业的供电煤耗、综合用电率等指标外, 还直接影响到锅炉、凝汽器等设备的运行指标。

(1) 凝汽器

影响凝汽器取用冷却水量变化的因素: ①内因是由汽轮机的运行工况和发电负荷决定的, 需根据机组运行中的真空度、端差压力、过冷度等指标进行调节控制; ②外因是所取水的水质差异和地域位置气候条件带来的水源自然水温等因素, 会对凝汽器的传热效果和用水量产生一定影响。

(2) 发电工艺

火力发电企业的锅炉来水主体是由凝汽器冷却后生成的凝结水源, 辅以除盐水和少部分辅汽源。在整个工艺中, 蒸汽由降温生成凝水, 凝水再与蒸汽进行热交换。一方面, 各指标降低了蒸汽温度, 减少了凝结过程中的冷却水用量; 另一方面, 通过二次回热工艺又提升了凝水的水温, 该工艺对锅炉产汽的单位煤耗相当有利。由于进炉水温的提高 (在 280~290℃左右), 单位吨煤的产汽效率明显提高, 非发电企业的锅炉单位吨煤产汽在 5 t 左右 (低位发热量 5000 大卡 /Kg 的燃煤), 而火电企业的单位吨煤产汽都在 6 ~ 7 t 之间。由于进炉水温的提高, 锅炉的汽煤比指标上升, 水汽比指标下降, 入炉煤耗指标下降, 且提升了锅炉的产汽效率。其中还潜在一定的节水效益: ①在同等的用汽工况条件下, 各类配套辅助设施的冷却用

水量会相应减少。②煤汽比的提高, 降低了汽水比, 减少了炉水的除盐水补充量。

测试期间, 该企业供电煤耗为 307.2 g/kW·h, 综合厂用电率为 5.06%, 发电负荷率为 75.78%, 平均发电单耗水量 1.768 m³/MW, 各指标均在工艺控制的合理范围之内, 发电机组处于良好的运行状态。

3.5 脱硫工艺

该火电企业采用了石灰石→石膏湿法烟气脱硫的工艺路线。此脱硫工艺分为四个系统: ①石灰石制取浆液系统 (湿式球磨设备); ②吸收氧化系统 (吸收塔装置); ③石膏脱水系统 (旋流分离、真空皮带脱水); ④废水处理系统 (化学处理)。

在测试中, 通过对脱硫系统各类指标的实际情况判断工艺运行的合理性和经济性。①脱硫效率: SO₂ 排放浓度和排放量是否达到国家和当地环保法规的要求; ②钙硫比: 投入的石灰石含钙量与脱出的 SO₂ 的比值; ③吸收剂的利用率: 石灰石浆液的循环量与烟气的比值 (液汽比); ④吸收剂的可获得性和易处理性评价; ⑤脱硫副产品 (石膏) 的处置和可利用性; ⑥对锅炉和烟气系统的影响 (主要是腐蚀方面); ⑦脱硫运行中水、电等消耗的合理性及经济性; ⑧烟气换热工艺中, 湿烟气的脱水和烟气含湿率等方面的运行情况。

通过测试, 整个脱硫工艺的重复利用率为 99.99%, 循环浆液与烟气的液气比为 17: 1 kg/m³, 烟气含湿量为 0.041 kg/m³, 原煤中的含硫量为 0.77%, 平均脱硫效率为 92.64%, 灰渣中的固定炭含量在 3.4% ~ 4.5% 之间, 各指标都在工艺控制的合理范围之内, 机组处于良好的运行状态。

3.6 脱硝工艺

脱硝工艺一般采用选择性非催化还原烟气脱硝工艺 (热力脱硝), 利用氨气作为还原剂, 以炉膛为反应器, 氨气经空气稀释后进入炉膛中, 与烟气充分混合后, 产生脱硝效果。该工艺不用水, 仅是液氨气化过程中用了少量蒸汽, 即利用蒸汽热能将液态氨气气化为气态氨。

测试期间, 该企业脱硝工艺还处于工程前期准备阶段, 尚无测试数据进行分析和评价。

4 结论与建议

4.1 结论

开展水平衡测试能全面了解火电企业的生产

规模、工艺路线、运行工况、用水模式等。根据各工序或设备用水、转换、排放、消耗、重复利用、回收串用等之间的水量平衡关系判别用水的合理性,从而找出不足之处和潜在的节水点,并采取相应的技术措施进行改进和完善,促使用水管理进一步深化和提升,这是开展水平衡测试的最终目的。

4.2 建议

在对火力发电企业各项指标进行评价时,需对企业运行状况和工艺运行特点进行综合分析,只有做到客观和公正,才能具有较强的说服力。如若单独对某一方面的指标作出评价,将极有可能会产生一些片面的误导。如:有效利用率低下的重复利用率、分层次用水下的浓缩倍率偏低等。

(责任编辑:王宏伟)

(上接第57页)

结果较为一致。同时,建议室内外水泥土强度检测测定时,采用直径70 mm,高径比为1~2的圆柱体试件,以便统一试件的形状和尺寸,减少检测评判误差。

陈家瑾^[5]采用双剪屈服准则,推导了水泥土长(立)方体和圆柱体试件在上、下受压面边界约束条件时的强度计算公式,通过理论计算和试验实测结果表明:圆柱体和长(立)方体试件尺寸即高宽比和上下表面抹油与否对水泥土试件抗压强度均有一定影响;随高宽比增大,表明抹油的影响而相应减弱。他建议采用高宽比为2~3之间,且表明一般抹油,所测得的数据更接近水泥土单轴抗压强度。

何国荣^[6]对水泥土的70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm的立方体和 ϕ 100 mm×100 mm的圆柱体试件进行抗压强度试验,发现试件尺寸对水泥土的强度试验的影响是非常大的。原因有两个方面:试样的界面效应及水泥土表面的强度要大于内部。水泥土在养护过程中受重力的影响,有相当大的不均匀变形产生,试样越大,变形越大,造成应力集中越严重,且后者造成的影响是主要的。

但是对于圆柱体和立方体之间具体的强度值的相关关系,目前学者对其进行的研究还比较少,所以如何将不同尺寸的水泥土试件强度之间建立一个可以比较的换算关系(类似于混凝土试件不同尺寸之间的尺寸换算系数),从而使不同尺寸试块强度之间具有可比性,还有待于更多的研究。

参考文献:

- [1] 李彦智.水泥土工程性能试验研究[D].北京:中国地质大学,2006.
- [2] 陈甦.长(立)方体试件尺寸及其边界约束条件下的水泥土强度理论计算[J].公路,2002(12):115-118.
- [3] 陈甦.水泥土强度试件形状和尺寸效应试验研究[J].岩土工程学报,2002,24(5):580-583.
- [4] 陈甦.水泥土试件尺寸及边界约束对其强度影响的理论分析[J].公路,2004(3):89-93.
- [5] 陈家瑾.水泥土(砼)抗压试件尺寸表面约束对强度的影响[J].岩土力学,2004,25(1):132-136.
- [6] 何国荣.水泥土无侧限抗压强度室内试验[J].广东建材,2005(9):43-45.

(责任编辑:徐丽娜)