

汽轮机疏水系统优化节能改造

晏海能

(江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223002)

摘 要: 随着煤炭价格的上涨, 火力发电企业对节能工作越来越重视, 汽轮机疏水系统内漏是较为普遍的现象, 本文通过 330MW 汽轮机疏水系统优化的实例, 论述了疏水系统优化对经济性的影响, 可供同类型电厂参考。

关键词: 汽轮机; 疏水系统; 优化

1 概述

江苏淮阴发电有限公司 #3 汽轮机为哈汽 C300/N330-16.7/538/538 产品, 型式为亚临界一次中间再热、单轴、高中压合缸、双缸双排汽、抽汽凝汽式汽轮机。#3 汽机发电机组于 2008 年 4 月 15 日投产, 适逢煤炭价格快速上涨, 发电燃料成本已超出上网电价, 因此, 江苏淮阴发电有限公司加大了节能降耗的措施, 一是加强燃料管理, 积极争取计划煤, 加强入厂煤的采、制、化管理, 减少煤炭损耗。二是积极发展供热, 对 300MW 机组, 每供 10t/h 汽, 煤耗能降低约 1 g/(kW·h) 以上。#3 机从设计时就选用供热机组, 在四抽压力偏低不能满足用户要求时, 积极增加冷、热再经减温减压后供热, 以提高供热量。三是深入挖潜, 节能降耗, 提高机组的运行经济性。

汽轮机缸体上及蒸汽管道上配备有疏水管道及气动阀门, 按疏水管道内的压力等将疏水管道分别连接到高压、次高压、中压和低压疏水集管, 各疏水集管经疏水扩容器与凝汽器相连。在机组启、停过程中, 气动阀门打开, 以及时排放汽轮机及管道内蒸汽凝结成的水, 确保机组安全运行, 机组正常运行期间, 气动阀门关闭。由于在启、停过程中, 疏水气动阀门的密封面一直被汽、水混合物冲刷, 使阀门密封面受损, 同时, 在正常运行过程中, 疏水气动阀门承受着极大的差压, 如汽机主蒸汽管道上的疏水气动阀门, 差压达 16.8 MPa 左右 (阀前蒸汽压力可达 16.7 MPa, 阀后与真空状态的凝汽器相连), 因而, 气动阀门稍有不严, 蒸汽就会泄漏。

#3 机投产之初, 就发现汽轮机一些疏水系统存在内漏现象, 据统计, #3 汽轮机各疏水集管温度都较高, 内漏严重的温度高达 356℃。通过疏水系统

内漏的蒸汽不经汽轮机作功, 而且直接排入凝汽器, 增加了凝汽器的热负荷, 降低了机组运行的经济性, 经试验, 机组纯凝状况下供电煤耗达 345 g/(kW·h) 左右。因此, 解决这些阀门的内漏非常必要。

2 优化方案

2.1 疏水系统优化的指导原则

(1) 疏水系统设置的目的是及时排走系统内部的积水, 提高机组安全性, 因此, 疏水系统优化不得影响机组的安全性。

(2) 在充分考虑安全的前提下, 部分疏水能取消的则取消。

(3) 将压力等级相同的两路或两路以上的疏水合并成一路, 共用一只气动阀门, 此时, 即使气动阀门仍然内漏, 但与两路相比, 漏量可明显减少, 达到了提高经济性的目的。

(4) 在疏水气动阀门前加装手动阀。由于 2008 年 #3 机投产之初, 只有单台机组运行, 承担着淮安市区主要热用户的供热, 在供热高峰期, 供热瞬时流量达 150 t/h 以上, 因此, 机组停机消缺的机会非常难得。防止在运行过程中, 气动阀门内漏严重, 可关闭手动阀, 减少漏汽量, 提高经济性。

2.2 疏水优化主要项目

(1) 一抽、二抽及三抽逆止阀后疏水与电动阀前疏水合并成一路, 排本体疏水扩容器, 疏水电动阀前加装手动阀门。

(2) 四抽至除氧器及小机电动阀前与逆止阀后疏水合并, 排本体疏水扩容器, 疏水电动阀前加装手动阀门。

(3) 五抽、六抽电动阀前疏水与逆止阀后疏水合并成一路, 排本体疏水扩容器, 疏水电动阀前加装手动阀门。

(4) 取消#1、#2、#3 高加危急疏水管上的所有排地沟放水阀。

(5) 取消#5、#6、#7、#8 低加危急疏水管上的所有排地沟放水阀。

(6) 取消#6 低加至#7 低加疏水管上的放空气阀及排地沟放水阀。

(7) 取消#7 低加至#8 低加疏水管上的放空气阀及排地沟放水阀。

(8) 主蒸汽管道上三路疏水气动阀前加装手动阀，由于时间紧，主蒸汽管道上疏水系统未合并一路，但更换新阀门，并加装手动阀。

(9) 将轴封溢流气动阀前增加一路排汽管到#8

低，将轴封溢流汽引到#8 低加，以进一步提高经济。

3 优化效果

疏水系统优化后，汽轮机疏水系统的内漏现象有明显好转，各疏水集管的温度均不超过 80℃。因无法测得疏水阀门泄漏量，也就不能按泄漏量直接计算其对机组经济性的影响。因此，利用比较疏水系统优化前后的汽耗和热耗来进行比较。

表 1、表 2 分别列出了优化前、优化后的部分参数。通过比较，可发现，优化后，机组的经济性有明显提高。

表 1 优化前汽机参数

时间	发电量	主汽流量	过汽温	过汽压	再汽温	再汽压	四抽供热流量	再热喷水量 1	再热喷水量 2	排汽温度	真空	热再供热量
10 月 21 日	299.54	1,049.53	534.38	16.82	531.63	3.23	17.9	0.65	6.71	37.37	-96.2	45.13
10 月 22 日	297.22	1,025.33	538.27	16.68	537.04	3.2	16.3	2.52	10.93	36.98	-96.2	45.52
10 月 23 日	300.68	1,031.26	540.82	16.84	538.01	3.22	16.49	4.46	9.75	37.09	-96.1	45.64
10 月 24 日	298.57	1,017.43	541.49	16.71	540.57	3.19	16.81	5.31	11.76	37.02	-96.1	41.97
10 月 25 日	298.86	1,029.48	540.67	16.8	536.26	3.2	16.53	2.51	8.19	37.19	-96.2	43.49
10 月 26 日	304.61	1,045.91	538.56	16.87	534.5	3.27	17.41	7.11	12.57	37.61	-96.1	41.69
平均值	299.91	1033.15	539.0	16.78	536.3	3.21	16.90	3.76	9.98	37.21	-96.1	43.91

表 2 优化后汽机参数

时间	发电量	主汽流量	过汽温	过汽压	再汽温	再汽压	四抽供热流量	再热喷水量 1	再热喷水量 2	排汽温度	真空	热再供热量
11 月 6 日	269.52	900.68	540.81	16.21	537	2.9	18.12	2.61	10.44	34.33	-96.7	46.37
11 月 7 日	269.3	898.65	540.92	16.12	536.01	2.9	19.12	1.68	9.76	33.77	-96.5	43.93
11 月 8 日	267.97	899.18	540.42	16.35	536.38	2.89	18.84	2.39	11.25	33.65	-96.6	48.33
11 月 9 日	282.65	944.75	540.32	16.58	537.15	3.04	20.89	3.98	12.96	34.2	-96.6	47.98
11 月 10 日	288.87	963.39	539.53	16.85	536.78	3.09	19.21	5.08	9.68	34.26	-96.6	44.99
平均值	275.66	921.33	540.4	16.422	536.66	2.964	19.236	3.148	10.818	34.042	-96.6	46.32

3.1 汽耗比较

虽然汽耗比较不能作为定量计算的依据，但定性比较则简洁明了。为了简单地对疏水系统优化的效果进行比较，可计算优化前后的汽耗率进行比较。比较时选取上表中的平均值。比较数据如下：

优化前的汽耗率为：

$1033.15/299.91=3.445 \text{ kg/kW}$ ；

优化后的汽耗率为：

$921.33/275.66=3.342 \text{ kg/kW}$ 。

汽耗率下降了 $3.445-3.342=0.103 \text{ kg/kW}$ 。

即优化后的汽机的效率提高 $0.103/3.445=2.99\%$ 。

应扣除真空对汽耗的影响：小修后因循环水温度下降，排汽温度下降了 3.17℃，排温度度 37.21℃

对应的排汽压力为 6.35 kPa，34.04℃对应的排汽压力为 5.33 kPa，按哈汽厂提供的修正曲线，可将机组效率提高 1%。

因此，扣除真空对汽耗的影响，疏水系统优化可使汽轮机的效率提高值为：

$2.99\%-1\%=1.99\%$

可见：虽然优化后四抽供热及热再供热的流量上升了 4.75 t/h，但汽轮机汽耗明显降低，机组的经济性有了明显的提高。

3.2 热耗比较

精确地比较疏水系统优化后机组经济性的提高，通过计算汽轮的热耗来比较。

按汽机热耗计算，以优化前 10 月 26 日热耗计算为例：热耗为 8623.8 kJ/(kW·h)。

疏水系统优化后,以优化后 11 月 7 日热耗计算为例:热耗为 8394.2 kJ/(kW·h)。

因此,疏水系统优化后,汽机效率提高:

$$(8623.88394.2)/8623.8=2.66\%$$

真空对热耗的影响:如前所述,按哈汽厂提供的修正曲线,可将机组效率提高 1%。

因此, #3 机疏水系统优化使机组的效率提高了:

$$2.66\% - 1\% = 1.66\%$$

按检修前机组的供电煤耗 332.4 g/(kW·h)计算,疏水系统优化使机组的供电煤耗下降值为:

$$332.4 \times 1.66\% = 5.5 \text{ g/(kW·h)}.$$

按 330MW 机组年发电 20 亿 kW·h 计算,可节标煤 1.1 万 t,按标煤价 1150 元计算,全年节约 1265 万元。

3.3 环境效益

由上所述,该项目年节节标煤 1.1 万t,按全年平均原煤热值 19260 kcal/kg、平均收到基硫份 0.8%

计算,全年可减排 SO₂ 为 $1.1 \times 7000 / 4600 \times 0.8\% \times 64 / 32 \times 10000 = 267 \text{ t}$,环境效益显著。

4 结束语

汽轮机疏水系统内漏是运行中普遍存在的现象,由于疏水阀前后差压较大,对阀门冲刷较严重,而且现代大型机组启停费较高,不会因疏水阀门内漏而立即停机检修,因而造成疏水系统内漏现象比较普遍,通过疏水系统优化可显著减少漏量,达到节能的效果,值得同类型电厂借鉴。

作者简介:

晏海能 (1973-),男,江苏淮安人,本科,从事发电厂运行管理工作, E-mail: yhn7384@163.com。