

# 深度调峰期间给水流量波动案例分析

黄贵文 涂益群

华能武汉发电有限责任公司 湖北 武汉 430000

**摘要：**随着“双碳”目标的提出，风电、光伏等新能源装机容量持续增加，在整个电网中新能源的装机容量和发电量占比逐年快速升高，煤电由主体性电源逐步向辅助服务型电源转变。为消纳新能源的产出电能，同时保证电网的稳定性，煤电机组必须在新能源满负荷运行时大幅降低机组的出力，进行深度调峰。深度调峰时，煤电机组不可避免的会出现各种各样的问题，如炉膛压力、主汽温度、汽包水位、除氧器水位等参数波动大，汽轮机上下缸温差大、轴振增大、厂用汽压力低等。本文根据实际工作中出现的给水流量大幅波动现象，分析其产生的原因，提出深调时给水流量调整策略，从而保障机组的安全稳定运行。

**关键词：**新能源；深度调峰；给水流量；调整策略

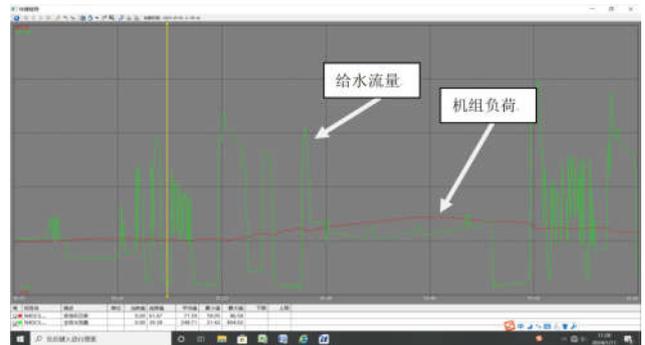
## 1 设备概述

华能武汉发电有限责任公司#4机组的锅炉为武汉锅炉厂制造，型号：WGZ-1025/18.24-2型。亚临界自然循环煤粉炉，采用II型全露天布置，全钢结构。单炉膛，四角切圆燃烧，一次中间再热，挡板调温，平衡通风，固态机械排渣。锅炉采用钢球磨煤机中间仓储式制粉系统，乏气送粉。汽轮机为上海汽轮机厂制造，型号为N300—16.7/538/538。亚临界、中间一次再热、单轴、双缸、双排汽、高中压合缸、低压缸双流程的凝汽式汽轮机<sup>[1]</sup>。

给水系统：由两台汽泵和一台电泵（备用），三台高加，给水调门等组成。汽泵及电泵的出力均为锅炉额定蒸发量的50%。给水泵由沈阳水泵厂提供，泵型号为：50CHTA/6SP-2，流量563m<sup>3</sup>/h，扬程20.71MPa。

## 2 给水流量大幅波动的现象

2023年10月30日11:30，#4机组按照调度指令进行深度调峰，负荷目标60MW。11:50到12:10之间，机组负荷变化不大，但给水流量剧烈波动，平均值为248t/h，最小值为21.4t/h，最大值为804t/h。见下图。



各时间点对应的其他参数见下表

参数名称	时间	10.28	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30
		14:00	11:40	11:48	11:52	11:53	11:55	11:57
负荷	MW	59.7	85.4	63.2	60.6	62.2	62.1	62.7
机前压力	MPa	6.55	8.41	6.84	6.24	6.18	6.24	6.26
给水母管压力	MPa	7.44	10.07	10.86	10.46	11.04	14.28	10.34
省煤器入口压力	MPa	7.04	8.98	7.29	6.73	6.69	6.70	6.72
给水调门开度	%	22.2	27.6	23.6	22.6	21.4	20.3	28.2
主蒸汽流量	t/h	209	278	206	205	208	205	211
给水流量	t/h	217	255	253	207	137	48	578
A给水泵入口流量	t/h	286	218	229	209	182	170	372
A泵再循环调门开度	%	99.7	52.0	67.9	71.9	79.9	79.9	71.8
A泵转速	rpm	3044	3550	3686	3610	3707	4115	3704
B给水泵入口流量	t/h	276	161.2	267.4	251	241	205	465
B泵再循环调门开度	%	99.7	54.9	70.9	70.9	70.9	70.9	71.0
B泵转速	rpm	3033	3473	3680	3597	3689	4220	3881

续表:

参数名称	时间	10.28	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30	10.30
		14:00	11:40	11:48	11:52	11:53	11:55	11:57
四抽压力	MPa	0.10	0.17	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11
A小机进汽调门开度	%	79	62	96	99	99	96	96
B小机进汽调门开度	%	76	55	99	99	99	99	99

对比10月30日11:52、11:53、11:55、11:57几个时间点的参数可以看出,基本不变的参数有:机组负荷、机前压力、省煤器入口压力、主蒸汽流量、给水泵再循环门开度、四抽压力、小机进汽调门开度;剧烈变化的参数有:给水母管压力、给水调门开度、给水流量、给水泵入口流量、给水泵转速。

### 3 给水流量大幅波动的原因分析

结合以上表格,分析参数剧烈变化的原因。

10月30日11:48—11:55,给水母管压力不断升高,说明给水母管至省煤器入口间的阻力不断增大。检查高加进出口门位置状态,高加进出口水温、高加正常疏水调门开度、疏水温度等参数均没有变化,排除高加方面的故障,那么只有给水调门开度的变化会引起阻力不断增大。同时通过上表也很容易观察到给水流量不断下降与关小给水调门相一致。

10月30日11:48—11:55,小机进汽调门基本处于全开状态,因负荷未变,四抽压力也不变,但小机转速不断升高,给水泵入口流量不断下降,给水泵再循环门开度基本不变,结合给水母管压力不断升高,由此可以推断汽动给水泵工作正常,再次推测小机转速升高是由给水调门关小引起。小机进汽调门基本处于全开,运行人员已经无法通过控制小机转速来控制给水流量,加剧了本次给水流量波动<sup>[2]</sup>。

10月30日11:57,给水调门开度由20.3%开大至28.2%,给水流量由48t/h猛增至578t/h,说明给水调门的流量特性曲线发生了很大的改变。

对比几次相似工况,10月28日14:00,给水调门开度22.2%时给水母管至省煤器入口之间的压差为0.4MPa;10月30日11:52给水调门开度22.6%时给水母管至省煤器入口之间的压差为3.73MPa;10月30日11:55给水调门开度20.3%时给水母管至省煤器入口之间的压差为7.58MPa。就地检查给水调门外观无异常,就地核实开度与DCS画面一致。推测为给水调门正在逐渐松脱(未完全脱落),造成相同的开度情况下阻力大增。

11月4日,#4机组调停,给水调门解体检修,证实了给水调门门芯脱落的推测。

### 4 深调时给水流量的调整策略

通过以上分析,可以采取相应的调整策略来保障机组深调时给水流量的稳定。

4.1 保证燃烧的稳定性。要保持锅炉汽水系统参数的稳定,首要的是保证燃烧的稳定性。(1)控制好入炉煤质。要提前掌握机组负荷的变化情况,入炉煤煤质尽量接近设计值,挥发份不宜过低,低位热值不宜过高。(2)尽可能多的投入燃烧器。给粉机转速可以保持较低转速,一次风速以21m/s为宜。(3)控制合理的粉仓粉位。粉仓粉位维持1.5m以上,防止给粉机下粉不畅,同时可减少磨煤机的启停次数。(4)及时采取稳燃措施。加强炉膛压力与火检的监视,及时投入等离子或油枪稳燃。(5)考虑其他影响燃烧的因素。如炉膛和制粉系统漏风、送风量自动是否稳定、磨煤机的启停、原煤仓堵煤或空仓、清理制粉系统木屑分离器、给粉机销子断裂等<sup>[1]</sup>。

4.2 给水调门开度的控制。运行人员应走出采用给水调门就可以控制给水流量变化的误区。虽然改变给水调门的开度,可以快速改变给水流量的大小,但是给水调门在给水管系统中的本质作用是节流,调整给水流动阻力,并没有提供给水流动的动力。当锅炉需要的给水流量不变时,关小给水调门,必然造成给水泵转速的升高,以克服给水系统阻力的增加从而保证给水流量的稳定。机组进行深度调峰时,随着负荷下降,给水流量随之下降,小汽轮机转速也同步下降。当小汽轮机转速接近3100rpm时,可以考虑逐步关小给水调门,以维持小汽轮机转速在3000—3200rpm变化。机组结束深度调峰时,随着负荷的增加,小汽轮机转速超过3200rpm时,应逐步开大给水调门直至全开。给水调门开度的控制取决于小汽轮机转速,保证小汽轮机转速不低于3000rpm,否则小汽轮机转速会失去“遥控”,不能自动调节给水流量。深调时给水调门开度不能过小,否则小汽轮机转速过高,小汽轮机进汽调门开度过大甚至全开,严重影响给水流量自动调节品质,甚至出现本文中应给水母管压力过高导致给水泵不能正常供水的现象。

4.3 给水泵再循环门开度不要过大。为保证给水泵不发生汽蚀,当给水泵入口流量低于140t/h时最小流量再循环门自动全开。机组负荷60MW时,给水流量210t/h

左右,两台汽泵并联运行必然导致单泵的入口流量低于140t/h。为防止最小流量再循环门开关的变化引起给水流量波动,应提前开启该门以增大给水泵的入口流量。但不建议开启过大甚至全开,单泵入口给水流量维持200t/h左右即可。给水泵再循环门开启过大一方面浪费能源,一方面小汽轮机需要更多进汽才能维持给水泵所需的转速,进汽调门开度将会变得更大<sup>[4]</sup>。

4.4 控制好小汽轮机进汽调门开度。小机进汽调门开度达一定值时,该门的特性曲线会变得较为平坦,用给水泵转速调节给水流量的性能就会大幅下降。深调时,小机进汽压力很低,小机进汽调门开度比正常运行时要大。运行人员应经常监视小机进汽调门开度,发现进汽调门开度有超过75%的趋势时,可采取以下措施:一是及时开大给水调门,降低给水母管压力;二是开大主机调门,降低主汽压力;三是适当关小给水泵最小流量再循环门;四是可以倒换小机的进汽汽源。

4.5 其他影响。(1)深调时负荷变化率不宜过大,以3MW/min为宜。(2)主汽压力应跟踪滑压曲线,不能过高,否则小汽轮机要保持更高的转速。(3)主汽温度要稳定,减温水流量变化平稳,不能大幅调整减温水调门开度。

## 5 结论

这是一起由于给水调门门芯松动进而脱落,导致给水调门流量特性发生大幅变化,运行人员没有及时发现给水母管压力、小机调门开度等参数变化,使用给水调门控制给水流量时,致使给水流量剧烈变化的案例。采取一系列调整策略后,#4机组深调期间给水系统运行稳定。机组各参数有很强的关联性,深调运行时,运行人员不能一味的依赖历史经验值进行参数调整,而是要对可能引起变化的参数进行全面检查、分析原因,从而制定运行预案,根据工况采取合适的调整手段,才能保证机组安全稳定运行。

## 参考文献

- [1] 中国电力出版社,周强泰主编《锅炉原理》(第三版)。2013(9):113-115
- [2] 中国电力出版社,张良瑜等主编《泵与风机》(第三版)。2005(8):134-136
- [3] 华能武汉发电有限责任公司,任浩等编写《300/330MW机组锅炉运行规程》。2021(12):32-33
- [4] 华能武汉发电有限责任公司,蔡育兵等编写《300/330MW机组汽轮机运行规程》。2021(12):40-42