

DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.01.018

除氧器进汽逆止阀失效暗藏机组跳闸风险

Unit tripping risk analysis hidden behind the failure of deaerator admission check valve

冯光明

FENG Guangming

(湖北华电西塞山发电有限公司,湖北 黄石 435000)

(Hubei Huadian Xisaishan Power Generation Company Limited, Huangshi 435000, China)

摘要:通过对某火电机组一次跳闸事件的分析,从理论上否定了高低压旁路短时误开必然导致机组跳闸的错误说法。结合现场实际进一步分析,确认除氧器进汽逆止阀失效是此次机组跳闸的直接原因。该阀失效后,能在前后压差下开启,但无法起到逆止作用,一旦机组大幅快速减负荷,将会引起给水泵汽轮机水冲击,导致机组跳闸。

关键词:除氧器;逆止阀;四段抽汽;小汽轮机;水冲击;跳闸

中图分类号:TK 267 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2019)01-0072-02

Abstract:By analyzing the tripping of a thermal power unit, it theoretically negates the inevitability of tripping led by short-time high/low voltage bypass fault opening. Combined with the further analysis on site, it is confirmed that the failure of the deaerator admission check valve was the direct cause of the unit tripping. After the valve fails, it can be opened by the front-and-back pressure difference, but it cannot play the role of backstop. Once the unit is greatly reduced in load, it will bring water shock to the water pump turbine, which causes the unit tripping.

Keywords:deaerator; check valve; four-stage extraction; small steam turbine; water shock; trip

1 问题的提出

某厂680 MW机组,采用高压旁路和低压旁路二级串联旁路系统装置,设计容量为45%锅炉最大连续蒸发量(BMCR)。给水系统配置2台50% BMCR容量的汽动给水泵,1台30% BMCR容量的备用电动给水泵。四段抽汽用于除氧器加热、驱动给水泵汽轮机(以下称作小汽轮机)及厂用辅汽系统。小汽轮机的备用汽源来自辅助蒸汽,其乏汽排至凝汽器。四段抽汽示意图如图1所示。

某日该机组负荷660 MW正常运行,厂用辅汽由临机供汽,且辅汽至小汽轮机进汽电动阀处于关闭状态。09:58:55,高压旁路(以下简称高旁)被人为误开,3 s后达22%,随即人为关闭。由于逻辑原因,低压旁路(以下简称低旁)也随高旁全开,41 s后负荷达最低466 MW,随即人为关闭低旁,负荷回升。10:00:06,锅炉主燃料跳闸(MFT)动作,首出原因是给水流量低。

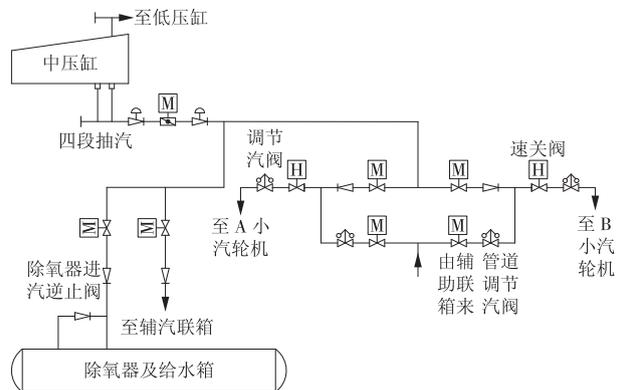


图1 四段抽汽示意

Fig.1 Four stages steam extraction

2 理论分析

多数人认为,由于低旁全开后再热蒸汽压力大幅降低,中压缸进汽量相应减少,四段抽汽压力骤降,小汽轮机进汽量也随之大幅减少,以至于小汽轮机出力不足。2台小汽轮机调节阀虽自动开至100%,但驱动力仍不足,而此时锅炉出口主蒸汽压

力较高,在这两方面制约下,给水流量骤降至低流量保护定值以下,所以锅炉 MFT 动作。

其实不然。旁路系统的全容量只有 45% BM-CR,有 55% 的流量通过中压缸,四段抽汽压力也只会降到 55% 设计压力^[1]。所以,给水流量不应低至低流量保护定值。

经查,此次事件过程中四段抽汽压力最低为 0.66 MPa,此时给水泵入口压力为 0.86 MPa,给水泵出口母管压力为 28.30 MPa。

机组正常运行期间,四段抽汽压力为 0.66 MPa 时,对应 2 个小汽轮机调节阀开度均为 33%,给水泵入口压力为 0.86 MPa,给水泵出口母管压力为 20.80 MPa,主给水流量为 1 160 t/h,将此工况定义为工况 1。以 g 表示重力加速度;以 $P_1, q_{m1}, H_1, p_{o1}, p_{i1}, \rho_1, h_{o1}, h_{i1}, v_{o1}, v_{\lambda 1}, h_{w1}$ 分别表示工况 1 的小汽轮机有效功率、给水泵质量流量、扬程、出口母管压力、入口压力,给水密度,给水泵出口高度、入口高度、出口流速、入口流速、阻力损失。定义工况 2 的四段抽汽压力为 0.66 MPa,小汽轮机调节阀开度为 33%,给水泵入口压力为 0.86 MPa,给水泵出口母管压力为 28.30 MPa,以 $P_2, q_{m2}, H_2, p_{o2}, p_{i2}, \rho_2, h_{o2}, h_{i2}, v_{o2}, v_{i2}, h_{w2}$ 分别表示工况 2 的小汽轮机有效功率,给水泵质量流量、扬程、出口母管压力、入口压力,给水密度,给水泵出口高度、入口高度、出口流速、入口流速、阻力损失。计算出 q_{m2} 的范围,就能估算出该事件中应有的给水流量范围。

两种工况下,小汽轮机有效功率分别为^[2]

$$P_1 = q_{m1} g H_1,$$

$$P_2 = q_{m2} g H_2,$$

$$\text{且 } P_1 = P_2,$$

其中,两种工况的扬程分别为

$$H_1 = \frac{p_{o1} - p_{i1}}{\rho_1 g} + (h_{o1} - h_{i1}) + \frac{v_{o1}^2 - v_{i1}^2}{2g} + h_{w1},$$

$$H_2 = \frac{p_{o2} - p_{i2}}{\rho_2 g} + (h_{o2} - h_{i2}) + \frac{v_{o2}^2 - v_{i2}^2}{2g} + h_{w2}。$$

由于水的可压缩性小,给水泵出入口管径差别较小,且 $q_{m1} > q_{m2}$,因此 $v_{o1} \approx v_{i1}, v_{o2} \approx v_{i2}, h_{w1} > h_{w2}$,则

$$(h_{o1} - h_{i1}) + \frac{v_{o1}^2 - v_{i1}^2}{2g} + h_{w1} > (h_{o2} - h_{i2}) + \frac{v_{o2}^2 - v_{i2}^2}{2g} + h_{w2},$$

所以

$$q_{m2} = q_{m1} \frac{H_1}{H_2} > q_{m1} \frac{p_{o1} - p_{i1}}{p_{o2} - p_{i2}},$$

即

$$q_{m2} > 1160 \times \frac{20.80 - 0.86}{28.30 - 0.86} = 843(\text{t/h})。$$

此次事件中,小汽轮机调节阀开度已达 100%,所以应有给水流量大于 q_{m2} ,即不低于 843 t/h,远高于低流量保护定值 316 t/h。以上理论分析说明,有其他原因引起给水流量低。

3 结合实际进一步分析

机组跳闸后,热态恢复过程非常顺利,说明给水泵组各设备没有故障。

查阅机组跳闸过程中相关参数,发现小汽轮机进汽压力大幅摆动,甚至短时高于四段抽汽压力,并且进汽温度大幅下降,机组跳闸时已经比四段抽汽温度低 100 °C。这是小汽轮机发生水冲击的明显象征,小汽轮机轴向位移和振动的变化进一步证实了此判断。只是时间较短,幸而未对小汽轮机造成大的损伤。

查清小汽轮机所进冷汽的来源,就能彻底弄清机组跳闸的原因。

辅汽至小汽轮机进汽电动阀一直处于关闭状态,全厂辅汽用量也未见明显增大,说明辅汽不可能进入小汽轮机,所以冷汽来自除氧器。

将此事件中除氧器压力、四段抽汽压力和小汽轮机进汽压力进行对比,发现除氧器压力明显高于其他 2 个压力,只要除氧器进汽逆止阀失效,就会造成小汽轮机进冷汽。机组调峰停运时,拆开除氧器进汽逆止阀发现该阀内部螺母已脱落,无法起到逆止作用。

4 结论

这次机组跳闸事件的诱因是高旁误开,而除氧器进汽逆止阀失效是直接原因。机组高、低旁短时开启后,机组负荷快速大幅下降,由于除氧器蓄热能力较大,其压力下降速度滞后于四段抽汽,所以除氧器再沸腾产汽通过失效的进汽逆止阀,阻挡了四段抽汽,并倒流入小汽轮机,造成小汽轮机焓降不足。小汽轮机驱动的给水泵转速相应地快速下降,致使给水流量急剧减少,机组 MFT 动作。除氧器进汽逆止阀是自力式逆止阀,从外观上无法分辨出是否失效。为了避免机组快速大幅减负荷时跳闸,有必要在停机期间定期检查该阀。

参考文献:

- [1] 沈士一,庄贺庆,康松,等. 汽轮机原理[M]. 北京:中国电力出版社,1992.
- [2] 毛正孝,赵友君. 泵与风机[M]. 北京:中国电力出版社,2000.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

冯光明(1972—),男,湖北大冶人,助理工程师,从事集控运行方面的工作(E-mail:light_phone@sina.com)。