

汽轮机旁路与引进型过热器(5%BMCR) 小旁路的特点比较

于泽忠, 李冬梅, 李 瑞

(哈尔滨锅炉厂有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

关键词: 汽轮机旁路; 启动; 过热器

中图分类号: TK263; TK223.3⁺

文献标识码: B

1 概述

中间再热机组启动、停炉及甩负荷时再热器内无蒸汽流动, 再热器部件就有过热烧坏的可能。为了适应中间再热式机组在启动、停炉及事故工况下再热器系统的运行安全及满足各种状态下机组的启动与工质回收, 通常都设置一套旁路系统。

2 汽轮机旁路的种类

2.1 基本概念

2.1.1 I 级高压旁路系统

机组启动或甩负荷时, 使过热蒸汽(即新蒸汽)旁通汽轮机的高压缸直接降温、降压后进入再热器的系统。

2.1.2 II 级低压旁路系统

从再热器出来的再热蒸汽, 旁通汽轮机的中压、低压缸, 直接降温、降压后进入冷凝器的系统。

2.1.3 III 级整机旁路系统(或 II 级大旁路)

使过热蒸汽(新蒸汽)旁通汽轮机所有汽缸, 经降温、降压后直接进入冷凝器的系统。

2.2 实际机组配备的汽轮机旁路系统

(1) I、II 级汽机旁路串联的二级串联旁路系统, 即高、低压汽轮机旁路串联的系统。如国产 125 MW 机组、引进美国技术设计制造的山东石横电厂 300 MW 机组和安徽平圩电厂 600 MW 机组等。

(2) I、III 级汽轮机旁路并用的二级并联旁路系统, 即高压旁路与整机旁路并存的汽轮机旁路系统, 其应用在国产的 300 MW 机组上。

(3) I、II 级汽轮机旁路串联再并联 III 级汽轮机旁路的三级汽轮机旁路系统。

(4) 只有 II 级汽轮机旁路的一级旁路系统。

(5) 三用阀旁路系统实际上是二级串联旁路, 只是由于高压、低压旁路阀具有旁路阀、溢流阀及安全阀三种功能而得名, 其容量为 100% MCR。

I、II 级汽轮机旁路串联的二级串联旁路系统在机组中很重要。

3 汽轮机旁路的功能和容量

汽轮机旁路的原理系统见图 1, 在机组启动过程中汽轮机开始冲转前, 汽轮机主汽阀保持关闭状态, 锅炉产生的微过热蒸汽经高压旁路减温减压后

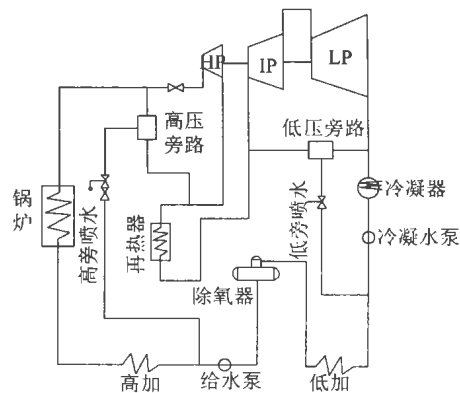


图 1 汽轮机旁路系统图

送往再热器起冷却作用, 由再热器送出的再热蒸汽经过低压旁路减温减压后送入冷凝器回收, 所产生的冷凝水经低压加热器和除氧器,

经给水泵送往高压加热器, 以给水形式送往锅炉。这样可减少启动过程中的汽水损失, 保证了启动过程的经济性。在机组甩负荷时, 由于汽轮机旁路的存在, 锅炉多余的蒸汽可迅速经过旁路回收, 减少了安全阀和 PCV 阀的起跳机会与起跳时间。

3.1 汽轮机旁路的主要功能

汽轮机旁路是协调锅炉产汽量与汽轮机耗汽量

收稿日期: 2002-01-10

作者简介: 于泽忠(1970-), 男, 山东招远人, 哈尔滨锅炉厂有限责任公司工程师

之间的不平衡,提高了机组运行的灵活性、安全性和对负荷的适应性。

(1) 加速机组的启动过程,减少启动过程中的汽水损失,例如不设汽轮机旁路时 600 MW 控制循环锅炉冷态启动时从点火到冲转需 210 min,从点火到满负荷共需 8 个多小时(沙角 C 电厂运行数据);设置 30%容量的汽轮机旁路后,冷态启动时从点火到冲转只需 90 min,从点火到满负荷不到 6 个小时。

(2) 改善机组启动性能,无论是冷态、热态或极热态启动时,装设汽轮机旁路能使锅炉与汽轮机两者间匹配更好。特别在热态与极热态启动时能控制锅炉汽温使之与汽缸金属温度较好的匹配,升负荷升温快。

(3) 保护再热器,当启动过程中或紧急停炉时炉膛出口烟温无法控制到 ≤ 538 °C 时,如再热器管子干烧,则壁温高于再热器管材氧化限温度而影响管子寿命。投入汽轮机旁路,既能避免再热器干烧,也可以减少工质损失。

(4) 实现停机不停炉或汽轮机带厂用电、锅炉带最低稳燃负荷的运动方式,这种运行方式适用于二班制运行的电厂。

(5) 处理机组负荷瞬时变化的剩余蒸汽,减少机组用负荷时安全阀和 PCV 阀起跳的次数和时间,不仅减少了工质损失,而且也延长了安全阀阀瓣和阀座的使用寿命。

3.2 汽轮机旁路系统的容量

国内采用较多的锅炉 BMCR 工况参数下的旁路通流能力与相应的锅炉蒸发量作比较,具体情况如下:

(1) 高压旁路容量:BMCR 工况参数下的高压旁路阀全开流量与 BMCR 工况下蒸发量之比;

(2) 低压旁路容量:BMCR 工况再热汽参数下的低压旁路阀全开流量与 BMCR 工况下的再热蒸汽流量之比,实际上低旁流量应为高旁流量加上高旁喷水量。

按 ABB-CE 的看法,汽轮机旁路的容量可分成以下几类:

(1) 10%~30%BMCR 容量:属低容量旁路系统,主要用于启动过程中锅炉出口汽温与汽轮机金属温度或汽轮机启动要求相匹配,它对二班制运行机组的温态启动特别有效。

(2) 30%~50%BMCR 容量:为启动提供更大容量,并且有利于二班制运行机组更快地增加机组负荷。

(3) 30%~70%BMCR 容量:在出现汽轮机跳闸或机组与电网并列时,这种较大容量的旁路仍可能使锅炉继续运行,即可以停机不停炉。

(4) 70%BMCR 容量:汽轮机跳闸时,所有安全阀不起跳,要求旁路的最低容量实现机组负荷快速切回也至少需此容量。

(5) 100%BMCR 容量:可以满足各种形式的启动要求,汽轮机跳闸时安全阀不会起跳。欧洲国家采用此容量的旁路时已不再装设安全阀,当机组与电网并列时,这一容量的旁路允许机组作“小岛”运行。

4 过热器小旁路(5%BMCR)的特点、启动方式与运行情况

按 ABB-CE 公司电站锅炉的设计传统,锅炉本身均设有容量为 5%BMCR 的过热器小旁路,装于尾部竖井包墙管环形下集箱处,共有 4 路,既可用于疏水,也可用于机组启动。国内引进型 300 MW、600 MW 机组均配有容量为 30%~40%的汽轮机旁路(到目前为止,国内只有 CE 公司制造的沙角 C 电厂三台 660 MW 锅炉不装设汽轮机旁路,仅带有 CE 公司传统的 5%过热器小旁路)。

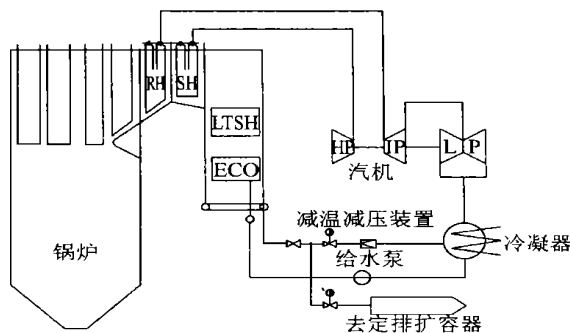


图 2 过热器小旁路系统(5%BMCR 容量)

采用 5%容量过热器小旁路可以满足各种工况(冷态、温态、热态及极热态)下的启动要求,也可以满足二班制运行。启动时必须严格控制燃烧率,启动速度较慢,启动时间较长,必须采用停机即停炉的运行方式,也无法实现较大幅度的甩负荷和停机不停炉等运行方式,其优点是投资少,系统和运行也较简单。

根据 ABB-CE 的设计,装设过热器小旁路的锅炉必须配有炉膛出口烟温探针,以控制启动过程中炉膛出口烟温不超过 538 °C,这是再热器合金钢管

(15 CrMo)承受干烧所容许的最高温度, 以达到保护再热器的目的。点火前炉膛出口烟气温度探针必须投入, 待汽轮机并网。

4.1 系统

典型的 5% 容量过热器小旁路系统示于图 2, 启动过程中自锅炉尾部竖井包墙管环形下集箱引出的疏水, 经疏水阀, 再经减温减压装置后进入冷凝器回收或直接去定期排污扩容器。一般新机组疏水采用去定期排污扩容器的方式。即工质不予回收, 待机组运行稳定后, 锅水品质合格, 则再启动时的疏水送入冷凝器回收。

4.2 过热器小旁路与一级大旁路比较

CE 公司锅炉采用的 5% 容量过热器小旁路系统从型式上看与过去国内一些 200 MW 机组和美、日等国采用的一级大旁路较接近, 只是蒸汽引出的位置和容量大小有所差别, 两者相比有如下优缺点。

4.2.1 优点

(1) 热态启动时, 过热器和主蒸汽管道保持了较高的温度, 但锅炉点火初期所产生的蒸汽温度较低。此时开启过热器旁路将蒸汽引入冷凝器, 这样就有效的利用了过热器和主蒸汽管道的蓄热, 减少了启动损失, 改善了热态启动时主蒸汽温度早期下降的特性, 使启动时间减少。

(2) 由于过热器小旁路的分流作用, 冲转后流经末级过热器和再热器的流量均很小(仅 2%~3% BMCR), 仅能满足汽轮机空转要求, 因此有利于主蒸汽温度和再热蒸汽温度的迅速提高。

(3) 因 5% 容量过热器小旁路的汽源是饱和蒸汽, 而不是锅炉出口的过热蒸汽, 故阀门和管路的尺寸都相对较小, 可按低温蒸汽管道设计, 能节约投资。

4.2.2 缺点

(1) 机组启动时, 主蒸汽管必须靠疏水进行暖管, 疏水量一般为 2%~3% BMCR。如果疏水管道按常规设计, 即疏水量不是此数时, 必然会影响启动时间。

(2) 5% 容量过热器小旁路的管道是由锅炉后竖井下部环形集箱引到汽轮机房的凝汽器, 而传统的一级大旁路则是从汽轮机头引到冷凝器, 因此管道长, 金属相对消耗量也较大。

4.3 启动时间

采用 5% 容量过热器小旁路的机组与采用二级

汽轮机旁路相比, 由于容量很小, 即使加上 2% 主蒸汽管道疏水, 其容量也只有 7% 左右。因此限制了燃烧率和过热蒸汽温度的提高, 同时限制了启动速度, 延长了启动时间。只设置 5% 容量过热器小旁路的沙角 C 厂 660 MW 机组与采用二级汽轮机旁路的平圩电厂和北仑港电厂 1 号炉 600 MW 机组的启动时间列于表 1。

表 1 带过热器小旁路和汽轮机旁路 600 MW 机组启动时间

		冷态启动	温态启动	热态启动	极热态启动
点火到冲转/min	沙角 C	207	67	50	40
	平圩	95		25	10
	北仑	90		25	
冲转到并网/min	沙角 C	93	33	8	8
	平圩	40		8	20
	北仑	30		8	
并网到满负荷/min	沙角 C	195	110	42	40
	平圩	125		60	30
	北仑	140		60	
点火到满负荷/min	沙角 C	495	210	100	88
	平圩	260		93	60
	北仑	260		93	

由表 1 可见, 沙角 C 厂 660 MW 机组冷态启动所耗时间要比平圩、北仑两厂的 600 MW 机组多出 3.9 h; 热态启动时总耗时仅多 7 min, 甚为接近; 极热态启动时则多出 28 min。热态启动总耗时之所以较接近, 主要是由于过热器小旁路的分流作用, 冲转后流经过热器和再热器的流量很小, 有利于主蒸汽温度和再热蒸汽温度的迅速提高, 且热态启动时, 过热器和主蒸汽管道保持了较高的温度, 改善了原来带汽轮机旁路的机组在热态启动初期主蒸汽温度下降的特性, 两者均能导致热态启动时间增加甚少。

应该说明的是沙角 C 厂 660 MW 机组的启动时间是合同修改后的实测时间, 而平圩、北仑两厂 600 MW 机组的启动时间是按 ABB-CE 公司提供的启动曲线得出, 是设计理论预期值, 实际启动所需时间要大于此值, 特别是冷态启动, 实际需要约 5 h。

5 结论

(1) 5% 容量过热器小旁路可以满足机组冷态、温态和极热态启动需要, 也可以用于二班制及调峰运行, 因此它是一种简单可行、节省投资的启动旁路系统, 但启动时间较长, 必须采用停机, 即停炉的运行方式, 不能实现停机不停炉或带厂用电的运行方式, 否则再热器处于干烧状态。(下转第 430 页)

1. 此类问题具体表现为轴承温度上升, 轴承有异音, 此类振动的频率与轴的旋转频率无关。

表 1 滑动轴承损坏原因

轴承质量问题	检验不合格 巴氏合金质量差	合金成分不符合要求 合金脱落疏松, 应重新浇注 由于浇注温度偏高而造成合金颗粒粗大
受力不合格	修配、安装问题 设计不合理	轴瓦刮研不合格, 应保证每平方厘米接触点数大于 2 个 接触角不合格造成接触不良 轴承安装间隙不合格
润滑油油质问题	油中含水量大 油的理化指标恶化 油中有杂质	冷油器渗漏 润滑油不合格 虑网清理
轴瓦运行温度过高	润滑油流量、压力不足使得热量不能及时被带走 油膜形成不良 轴瓦已经被磨损造成轴瓦表面没有硬质合金的高点, 摩擦加剧直至烧瓦	润滑油泵出力不足, 管路设计不合理 检修轴瓦
杂质进入轴承箱内	轴承箱密封不良	

原动机振动大——主要原因有: (1)电机轴承损坏; (2)电机三相电流不平衡; (3)电机线圈局部短

路。将测振仪置于电机地脚, 如启动电机瞬间测振仪读数即上升至最大, 电机断电后即降为零, 此时可判定为电机电气故障。

3 结语

分析了火力发电厂大型离心式引风机振动的原因, 提出了不同的故障类型的表现形式、处理方法, 为准确判断、处理问题提供参考。另外, 根据电厂实际情况提出如何避免运行方式上的不同而造成的振动。

参考文献:

[1] 朱红兵. 大型离心通风机的状态监测[J]. 风机技术, 1998(4): 34.

[2] 顾 晔. 汽轮发电机组的振动与平衡[M]. 北京: 水利电力出版社, 1989.

[3] 郭立君. 泵与风机[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.

[4] 贺世正. 电厂大型风机的故障诊断和整机平衡[J]. 热能动力工程, 1999, 14(5): 376—378.

(辉 编辑)

(上接第 425 页)

(2) 锅炉点火后汽轮机冲转前必须严格控制燃烧率, 以控制炉膛出口烟温不高于 538 ℃, 保证再热器不致因干烧而爆管。因此运行维修人员必须保证炉膛出口烟温探针始终处于良好无故障状态。

(3) 热态启动时, 汽轮机冲转时因再热汽温偏低, 虽汽轮机中压缸容许负偏差启动, 但必须保证汽轮机第一级叶片处的金属温度与此处的冲转蒸汽温度的不匹配限制在 56 ℃~110 ℃范围内, 否则对汽轮机寿命影响较大。

(4) 主蒸汽管道所有疏水装置应具有不少于 2%BMCR 的总蒸汽流量引至冷凝器的通流能力, 在管道从冷态到热态位移的所有情况下, 主蒸汽管道应设有这些疏水装置。它与 5%过热器启动旁路联合工作建立起 7%BMCR 的冲转流量和相应的燃烧率, 以满足启动需要。

(5) 根据 ALSTOM 与 CE 对沙角 660 MW 机组所提供的计算资料, 在预期寿命不少于 25 年期间, 机组允许如下的运行条件:

- 极热态启动, 50 次;
- 热态启动, 4 500 次;
- 温态启动, 1 100 次;
- 冷态启动, 120 次;
- 阶跃突变负荷(25%额定功率)4 000 次。

根据计算, 在上述运行条件下对汽轮机转子和锅炉锅筒所造成的总寿命损耗分别为 65% 和 9.77%, 以上数据完全可以接受。这说明只装设 5%容量的过热器小旁路对保证机组预期使用寿命 30 年可以满足。

参考文献:

[1] 石亚东. 600 MW 机组旁路系统的研究[R]. 长春: 东北电力设计院, 1997.

[2] 夏 筠. 沙角 C 厂 3×660 MW 机组启动性能考核试验中存在问题的改进与探讨[J]. 广东电力, 1997(1): 15—16

(辉 编辑)