

1 000 M W 超超临界机组锅炉启动系统的特点及分析

Property and Analysis of Boiler Start System in 1 000 M W Ultra supercritical Units

钱海平

(浙江省电力设计院, 浙江 杭州 310014)

摘要:通过对1 000 MW 超超临界直流锅炉不同启动系统的研究, 从其技术特点、优缺点及经济性等方面进行分析, 推荐选取合理的锅炉启动型式, 并在实际工程中得到运用。

关键词:超超临界机组; 直流锅炉; 启动系统

中图分类号:TK229.5⁺4

文献标识码:B

文章编号:1007-1881(2007)04-0027-03

随着我国国民经济的迅速发展, 对电力市场的需求越来越大, 同时对环保和控制污染排放的要求也越来越高。为了提高电厂运行的经济性和减少污染排放, 近几年国家引进国外技术大力发展超超临界发电技术, 而在超超临界锅炉中, 启动系统是保证机组安全、经济启停、低负荷运行及妥善进行事故处理的重要手段, 启动系统的选择须综合考虑其技术特点、系统投资及电厂运行模式等因素。

1 超超临界锅炉启动系统的分类

超超临界锅炉均为直流炉, 必须配套特有的启动系统, 以保证锅炉启停和低负荷运行期间水冷壁的安全和正常供汽。直流炉的启动系统按其分离器在正常运行时是否参与系统工作, 一般可分为内置式分离器和外置式分离器两类。

1.1 外置式分离器启动系统

外置式的启动系统是指启动分离器在机组启动和停运过程中投入运行, 而在直流负荷以上运行时解列于系统之外的启动系统, 该系统适用于定压运行。系统缺点是锅炉汽温较难控制, 水冷壁工质在启动阶段一直处于高压状态, 操作复杂, 不适宜快速启停, 只能带基本负荷。由于该系统汽温波动较大, 对汽轮机运行不利, 因此, 目前国外超

超临界机组已很少采用这种启动系统。

1.2 内置式分离器启动系统

内置式启动系统指在机组启动、正常运行、停运过程中, 启动分离器均投入运行, 所不同的是: 在锅炉启停及低负荷运行期间, 启动分离器湿态运行, 起汽水分离作用; 而在锅炉正常运行期间(负荷高于最低直流负荷时, 通常为30%BMCR或35%EM-CR), 从水冷壁出来的微过热蒸汽经过分离器, 进入过热器, 此时分离器仅起一连接通道作用。内置式启动系统的启动分离器设在蒸发区段和过热区段之间, 与蒸发段和过热器之间没有任何阀门, 系统简单, 操作方便, 不需要外置式启动系统所涉及的分离器解列或投运操作, 从根本上消除了分离器解列或投运操作所带来的汽温波动问题, 但分离器要承受锅炉全压, 对其强度和热应力要求较高。内置式分离器启动系统适用于变压运行锅炉。目前, 在世界各国的超超临界锅炉上, 内置式启动系统已得到广泛应用。

内置式启动系统可分为扩容式(大气式、非大气式两种)、启动疏水热交换器和循环泵(并联和串联两种)方式。几种内置式分离器启动系统的简单比较见表1。

由表1可知, 启动疏水热交换式和带再循环泵的启动系统具有良好的极低负荷运行

和频繁启动特性,适用于带中间负荷和两班制运行。扩容式(大气式和非大气式)的低负荷和频繁启停特性较差,但初投资较前者少,适用于带基本负荷的电厂。

1.2.1 简单疏水扩容式启动系统

在机组启动过程中,启动分离器中的疏水经大气式扩容器扩容,二次汽排入大气,二次水经集水箱、疏水泵排至凝汽器。启动系统主要由除氧器、给水泵、大气式扩容器、集水箱、AN 阀、ANB 阀及启动分离器等组成。

对于简单疏水扩容启动系统而言,在分离器切除之前,除了能回收部分的工质和热量之外,大部分的疏水经大气式扩容器扩容后仅回收部分工质,热量全部浪费了。

1.2.2 带循环泵的启动系统

在该系统中启动分离器的疏水经再循环泵送入给水管路,根据循环泵在系统中与给水泵的联接方式分为串联和并联两种型式。部分给水经混合器进入循环泵的称为串联系统,给水不经循环泵的称为并联系统。两种布置型式的比较见表²。

2 锅炉启动系统的比较

目前国内几大锅炉厂引进技术的超超临界锅炉启动系统,主要有带泵的再循环启动系统和不带泵的大气扩容式启动系统。²种启动系统在技术上均比较成熟,在国内超超临界机组上都有运行业绩,下面对²种启动系统

的特点加以比较。

2.1 启动时间

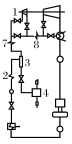
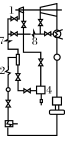
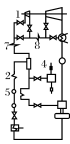
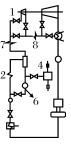
由于再循环启动系统在启动的整个过程中能100%吸收疏水热量,可有效缩短冷态和温态启动时间,相比于大气扩容式启动系统,当冷态启动时,点火至汽机冲转时间可缩短70~80 min;温态启动可缩短10~20 min,更适合于频繁启动、带循环负荷和二班制运行机组。

2.2 启动系统热损失

再循环启动系统与大气扩容式启动系统相比,能够回收更多的热量,同时也可减小工质损失,炉水再循环确保了炉水本身所带的热量基本都回到炉膛水冷壁,在启动的大部分时间内,热损失和工质损失很小。再循环启动系统与大气扩容式启动系统在排放量上有较大区别,后者在锅炉整个启动过程中,从炉膛水冷壁来的水被连续地排放,导致了大量的热损失和工质损失,与此相比,再循环启动系统只需要在锅炉启动早期即汽水膨胀阶段排水到扩容器中,在此时间段,由于排放的水是处于大气压力下的饱和水,所以热损失很小。

大气扩容式启动系统是通过给水泵来提供必须的水冷壁最小流量,而再循环启动系统则是通过循环泵来实现的,对于疏水型的启动过程,所有最小流量的水都在炉膛中被加热,没有蒸发成水蒸气的部分则携带着从

表1 几种内置式启动系统的比较

系统示意图	扩容式	非大气式	疏水热交换式	锅炉再循环方式
				
极低负荷运行	差	差	中	优
频繁启动	差	中	优	优
价格	低	低	中	中

注:1—汽机;2—炉膛;3—分离器;4—扩容器;5—热交换器;6—再循环泵;7—过热器;8—再热器

表2 串联和并联启动系统的比较

布置型式	循环泵与给水泵串联	循环泵与给水泵并联
优点	(1) 循环泵主要运行工况为过冷水(欠热水);一旦压力降低,泵进口处不存在汽化的危险性; (2) 允许较高的降压速度; (3) 可以用水预热循环系统直至混合器,水充满再循环系统直至泵进口; (4) 再循环泵排量只有微小变化; (5) 再循环水控制阀(UG)能用一只简单的开/关阀替代。	(1) 不需要混合器; (2) 在混合点始终由给水进行过冷; (3) 可以同时预热整个系统; (4) 循环泵的故障能够立即用较大的给水量加以补偿,不需要首先隔离泵体。
缺点	(1) 分离器疏水和给水的混合需要一只特殊的混合器; (2) 再循环系统必须同时考虑饱和水的运行(启动给水故障等); (3) 混合器和分离器之间需另外进行预热; (4) 一旦再循环泵故障需用给水补偿时,再循环泵必须采取特殊的手段与给水隔离。	(1) 再循环泵充满饱和水,一旦压力降低,存在汽化的危险; (2) 只允许低的降压速度; (3) 过冷需要额外的注水; (4) 再循环泵的排量随负荷波动较大; (5) 通常需要安装一只再循环控制阀(UG 阀)

炉膛吸收的热量被排到扩容器中,再循环启动系统由于排水量很小,其热损失也很小,启动过程中总的热损失约为疏水型启动系统的3%。

为了计算直流炉在启动过程中的热量损失,西安交通大学与哈尔滨锅炉厂曾联合对600 MW 锅炉在启动流量为35%MCR 情况下,通过OTBSP 程序对锅炉的冷态、热态启动过程进行模拟,获得了汽水膨胀、工质损失、热量损失等启动特性值,根据资料提供的有关数据,按带泵系统在启动过程中总的热损失约占疏水型启动系统的3%计算,其分析结果见表3。

表3 2种启动系统的热损失

项目	带泵启动系统		扩容式启动系统	
	冷态	热态	冷态	热态
启动过程结束时总的热量损失/ $\times 10^4$ MJ	22.5	7.8	750	260
折算到1000 MW 机组锅炉热量损失/ $\times 10^4$ MJ	37.1	12.9	1 237.5	429
折算到标煤耗量 k	127	44	4 229	1 466
按00元 k 标煤计算/万元	7.62	2.64	253.74	87.96

从表中分析数据可以看出,对1000 MW 等级锅炉,在启动流量为35%MCR 情况下,冷态启动一次,带泵启动系统比扩容式启动系统节省近250万元,热态启动一次则节约

80多万元。

2.3 系统的初投资

再循环启动系统的初投资要高于扩容式启动系统。从几家锅炉厂提供的资料来看,¹ 台同类型1000 MW 等级超超临界锅炉,² 种系统的差价约500~800万元。

2.4 系统运行与维护

由于再循环启动系统结构较复杂,导致每年所需的检查维修费用比较高;相对来说,扩容式启动系统比较简单,且疏水排至冷凝器经化学精处理后送至省煤器,对锅炉水质较为有利。

总之,² 种启动系统各有利弊,单从电厂将来的运行模式考虑,如果为启停调峰,即经常运行在锅炉最低负荷(本生点)以下,一般建议采用再循环启动系统;如果为负荷调峰,即经常运行在锅炉最低负荷(本生点)以上,建议采用不带泵的大气扩容式启动系统。

3 结语

对百万千瓦机组,锅炉的容量增大,启动流量也增大,如采用大气扩容式启动系统,随之带来的热损失较大,从上述表中分析可以看出,由于燃料价格相对较高,冷态启动2~3次产生的热量损失费用就完全超过了带泵系统所增加的费用,且大量的热损失使得整个机组的启动速度较慢;故从系统的

(下转第38页)

(上接第29页)

经济性、灵活性及机组的长远利益考虑，推荐采用带泵的再循环启动系统。

参考文献：

[1] 朱来笛．大容量超临界和超超临界锅炉启动疏水回收

方案的设计[J]．热机技术，2006(4) 24 - 27．

收稿日期：2007 - 03 - 16

作者简介：钱海平(1964 -)，男，江苏宜兴人，从事火力发电厂设计研究。