



浅谈汽轮机的阀门管理

刘文顺 马 军

山西大唐国际云冈热电有限责任公司（山西、大同 037039）

[摘 要] 针对发电厂汽轮机数字电液控制系统即DEH控制系统中主蒸汽阀门管理进行讨论，利用山西大唐国际云冈热电有限责任公司（以下简称大唐云电公司）200MW汽轮机新华DEH—IIIA控制系统阀门管理的调试、整定，进一步阐述了阀门管理的功能、原理、参数整定

[关键词] 阀门管理 流量信号 阀门开度 重叠度

1、概述

现代大、中型发电厂组中汽轮机均采用数字电液控制系统即DEH进行控制，各进汽阀门是由电信号控制、高压油动机驱动。其中进汽阀门的管理显然是DEH系统的重要功能，特别是顺序阀控制及其管理程序更为科学和复杂。在调试和实际应用中顺序阀控制的参数整定同样非常严谨。如果参数整定不当则单阀与顺序阀的切换扰动过大，汽轮机主要运行参数出现异常，影响机组的安全。由此可知顺序阀门控制的参数整定是DEH调试的一项重要内容。大唐云电公司200MW机组纯电调型DEH—IIIA，是采用高压抗燃油驱动的纯电调系统。配置4个高压调门、4个中压调门、2个抽汽门调门，均由DEH系统根据转速调节、功率调节及运行方式的要求进行控制。首次在国产200MW机组上实现阀门管理，从而大大提高了控制精度，为实现CCS协调控制及提高整个200MW机组控制水平提供了基本保障。

2、DEH阀门管理功能

新建机组在试运期间一般采用全周进汽的单阀运行方式，使得转子和定子的温差较小，在变负荷运行时温差影响较小，有利于机组初期的磨合。另外在机组启动过程或调峰方式运行时，也同样需要采用单阀控制。但单阀运行，高压调节阀都参与开度调节，且一般高压调门开度不大，蒸汽通过调节阀门时有较大的节流损失。机组运行要求尽量减少调节阀门的节流损失，提高汽轮机的效率。通常阀门的节流损失在阀门接近全关或接近最大流量时达到最小。顺序阀门控制方式下，只有一个高压调节阀进行开度调节，其余的阀门保持全开或全关，这样减少了节流损失，提高机组热效率。由此，机组运行过程中，为了机组热效率或满足其它工况，需要在单阀控制方式和顺序阀控制方式之间相互切换。这就要求有一套复杂的阀门管理程序来完成。通过阀门特性，准确的计算出不同工况、不同阀门的控制方式，以及不同蒸汽流量下对应的各个阀门开度，实现阀门开度调节；同时实现在不对机组运行产生扰动的情况下，进行单阀和顺序阀控制的平衡切换。

3、阀门控制原理

阀门管理程序接受的控制信号是蒸汽流量，通过程序计算将蒸汽流量信号转换成相应的阀门开度，在单阀方式时，高调门的开度都是一样的，计算较为简单，在顺序阀方式时，需要确定阀门的开启顺序，单独计算各个阀门的开度。在两种方式相互转换时也需要进行流量与开度的转换。

3.1 主汽压力对蒸汽流量的前馈校正(选择定压运行)

阀门管理程序接受的蒸汽流量是按额定主汽压力确定的，当主汽压力不等于额定压力时，同样的调节阀开度所获得的蒸汽流量不等于控制所要求的流量，导致负荷调节动态偏差。当然，通过投入自动调节回路，加以反馈校正，同样可以消除偏差。但这种反馈校正有一定的迟延，且超调较大。若将蒸汽流量信号按当前主汽压力加以修正，补偿主汽压力对蒸汽流量的影响，将修正后的流量指令作为阀门开度控制信号，显然就能更及时、准确的调节。阀门管理程序根据主汽压力对流量指令进行比例校正，即：

$$F=F_0 \cdot P_e/P_t$$

其中F为校正后的蒸汽流量要求值；F0为校正前的蒸汽流量要求值；Pe为主汽压力额定值；Pt为当前主汽压力。

3.2 阀门特性计算

阀门管理程序将校正后的流量转换成阀门开度指令，其中流量与阀门开度势必存在一定的对应关系，这就是通常所说的阀门特性曲线，一般是由汽轮机生产厂提供，在软件中一般采用折线函数来完成特性计算。表1是大唐云电公司200MW汽轮机高调门的阀门特性曲线函数。图1是大唐云电公司200MW汽轮机高调门的阀门特性曲线，

表1

x	0.0000	0.1000	5.0095	53.5425	73.4957	81.7399
y	0.0000	9.5261	10.8930	24.4120	31.1710	37.9300
x	89.4039	93.3505	95.8755	96.5483	100.0000	
y	44.6895	51.4480	58.2080	64.9670	100.0000	

x —— 蒸汽流量 % y —— 阀门开度 %

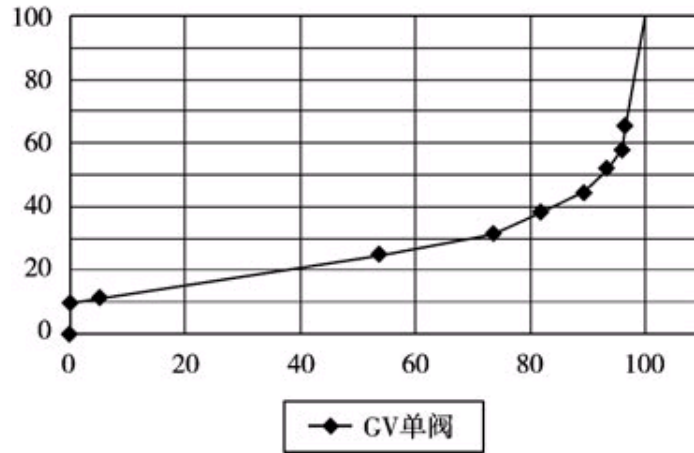


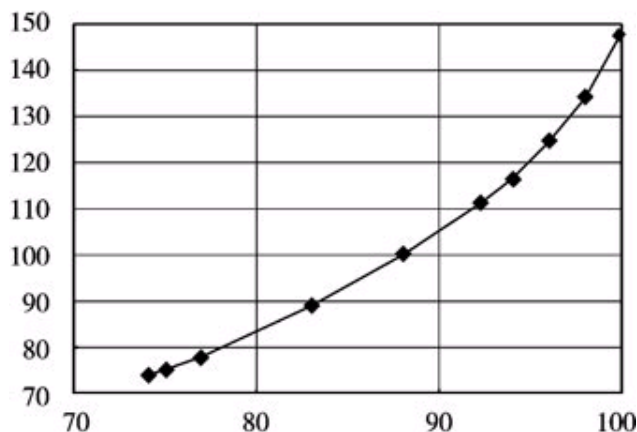
图1

在低负荷工况下，流量和阀门开度成一一对应关系，但是随着负荷的增加，调节门后背压也升高，同样的阀门开度其流量因为受背压影响将发生改变，因此阀门管理程序先按负荷修正流量，修正成低负荷下的折算流量，这就是流量—流量系数曲线，最后根据折算流量按流量—开度特性曲线转换成阀门开度。大唐云电公司200MW汽轮机高调门的流量—流量系数是从74%蒸汽流量开始修正。表2 是大唐云电公司200MW汽轮机高调门的流量—流量系数曲线函数，图2是大唐云电公司200MW汽轮机高调门的流量—流量系数曲线

表 2

x	0.0000	74.1000	75.0000	77.0000	83.0000	88.0000
y	0.0000	74.1000	75.2000	78.0000	89.0000	100.000
x	92.2500	94.0000	96.0000	98.0000	100.0000	
y	111.150	116.500	124.500	134.000	148.2000	

x —— 蒸汽流量 % y —— 修正后蒸汽流量%



3.3 单阀控制时的阀门开度计算

单阀方式时各个阀门的开度相同，因此控制输出的流量请求值经主汽压力前馈校正和负荷修正后，平分至每个调节阀门，根据此流量值即可获得每个阀门应有的开度。

3.4 顺序阀控制时的阀门开度计算

控制输出的流量请求值经主汽压力前馈校正和负荷修正后，再根据各个阀门设定的流量比例、偏置因子加以分别计算，流量比例、偏置因子的不同决定了调节阀门开启的顺序。这样通过比例、偏置计算后的流量值再根据流量—开度函数计算出最后的阀门开度值

3.5 单阀与顺序阀控制的转换

阀门管理程序同时计算各个阀门在单阀方式和顺序阀方式下的最终流量值，当从单阀控制切换至顺序阀控制时，即将各个阀门的最终流量值从单阀方式计算的数值按设定速率向顺序阀方式计算的数值靠近，同时阀门开度也随之向顺序阀方式所要求的阀位靠近。当所有的调节阀阀位达到其顺序阀方式所要求的阀位即完成了整个切换过程。在转换过程中必定是有些阀门逐渐开大，有些阀门逐渐减小。整个过程中任何时刻增加的流量与减小的流量应是相等的，总流量保持不变。因此转换过程中机组的负荷不会受到影响，但由于顺序阀控制时热效率的提高，所以切换后电功率会有所增加。当从顺序阀控制切换至单阀控制时，其原理一样，但过程相反。

4、顺序阀控制的参数整定

顺序阀控制时，按照汽轮机高压调门的开关顺序，对各个调门的流量指令分别进行计算，确定各个高压调门的最终流量值，然后换算成各个阀门的开度值。阀门开度指令的计算包括主汽压力校正、负荷修正、流量—开度函数修正、比例偏置修正。图3是大唐云电公司200MW汽轮机高压调节门开度计算示意图。

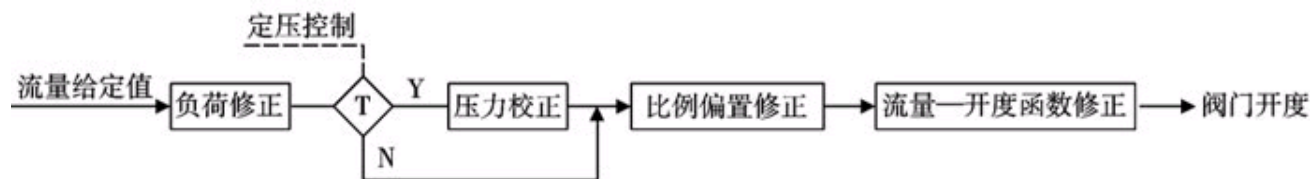


图3

4.1 修正函数的设置

流量给定值信号首先经负荷修正、主汽压力校正，单阀方式时，直接通过流量—开度修正后即成为调门开度指令。顺序阀方式时，需要先经过比例、偏置修正，再通过流量—开度修正才成为调门开度指令。其中流量—开度修正由机组特性决定，一般直接取用汽轮机厂提供的数据。但当实际运行发现这些函数设置不妥当，影响阀门调节时，应通过试验重新整定。

4.1.1 比例、偏置因子(K、C)的整定

比例、偏置修正只在顺序阀方式时起作用，其参数是根据阀门的设计流量和阀门开关顺序来确定的。大唐云电公司200MW汽轮机在顺序阀控制时，#1高调门和#2高调门同时开启，#3高调门和#4高调门按顺序开启。依据汽轮机厂的设计，经过试验得出，当经主汽压力修正和负荷修正后的流量指令达到78.5970%（对应时流量—流量系数曲线其实际流量指令为80.9278%），#1高调门和#2高调门全开，即#1高调门和#2高调门开度为109.212%；当流量指令为0%时，#1高调门和#2高调门全关。由此可以推算出#1高调门和#2高调门的(K、C)值。计算如下：

$$K1/2 \times 0\% + C1/2 = 0\%$$

$$K1/2 \times 80.9278\% + C1/2 = 109.212\%$$

$$\text{求得：} K1/2 = 1.3495, C1/2 = 0$$

当流量指令达到67.9300%时（对应时流量—流量系数曲线其实际流量指令为67.9300%）#3高调门才启动，即#3高调门开度为0%；当流量指令达到93.7270%（对应时流量—流量系数曲线其实际流量指令为115.6650%）时#3高调门全开，即#3高调门开度为128.843%。计算如下：

$$K3 \times 67.9300\% + C3 = 0\%$$

$$K3 \times 115.6650\% + C3 = 128.843\%$$

求得：K3=2.2991，C3=-183

当流量指令达到87.2464%（对应时流量—流量系数曲线其实际流量指令为98.3421%）时#4高调门才启动，即#4高调门开度为0%；当流量指令达到100%（对应时流量—流量系数曲线其实际流量指令为148.2000%）时#4高调门全开，即#4高调门开度为100%。计算如下：

$$K4 \times 198.3421\% + C4 = 0\%$$

$$K4 \times 148.2000\% + C4 = 134.571\%$$

求得：K4=2.6991，C4=-265

4.1.2 阀门重叠度的整定

在顺序开启阀门时，可能会存在某段流量范围内流量指令与实际蒸汽流量不成线性，这时需开启下一个调门来修正，使之线性化。这就是阀门重叠度的设置。大唐云电公司200MW汽轮机设计了#3高调门与#1、#2高调门之间的重叠度。#4高调门与#3高调门之间的重叠度从上面的计算也可以看出，#3高调门与#1、#2高调门之间的重叠度为10.6%，#4高调门与#3高调门之间的重叠度为6.5%。图4是大唐云电公司200MW汽轮机顺序阀控制高调门开启顺序示意图。

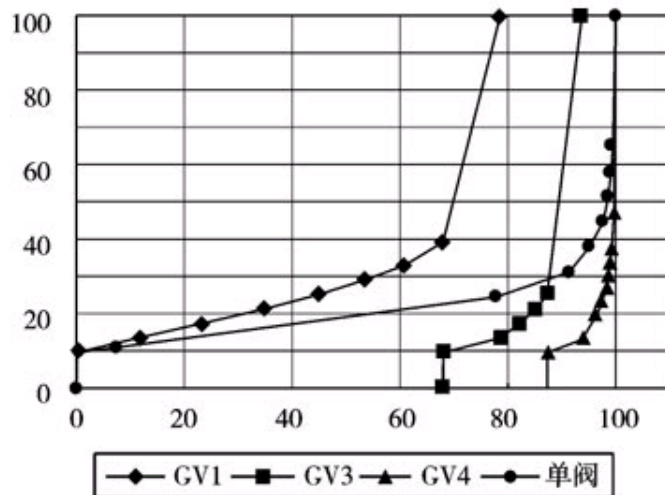


图4

4.2 顺序阀与单阀控制切换速率的整定

为了使顺序阀控制与单阀控制之间的切换对负荷和其它工况不造成影响，要求切换过程必须平稳、无扰的进行。所以切换是个缓慢的、渐进的过程。大唐云电公司DEH在阀门管理程序中设置了两阀之间无扰切换的逻辑功能，其计算公式为

$$\text{最佳阀位系数} \times (-\text{阀位转换系数}) + \text{最终流量值} \times \text{阀位转换系数}$$

$$\text{最佳阀位系数} = 0.6748$$

阀位转换系数——单阀时为1 顺序阀时为0

由上述公式计算出阀位值。完成顺序阀与单阀控制无扰切换的时间是120s。其逻辑扫描周期为200ms，通过计算。无扰切换功能块的速率为0.001667。若需改变切换时间，即可反推出无扰切换功能块的速率值。

5、结束语

汽轮机阀门管理程序涉及到的参数以及函数设定较多，必须在熟悉其原理和计算方法后才能逐步整定。另外，厂方提供的设计参数和函数因为机组安装或其它原因极可能会出现实际数据与设计数据出入较大的现象。调试时，应及时发现其中的偏差，加以修正。必要时，必须通过反复试验，依据试验数据再计算出合理的参数。总之，汽轮机的阀门管理是DEH中较为复杂和非常严谨的程序，调试时必须抱以极为科学、严谨的态度，精心整定。

文章作者：刘文顺 马军

发表时间：2007-05-22 00:00:00