

# Cause Analysis and Countermeasures for Closing Time Exceeding the Standard of Speed Governing Valve in DEH System

Lin Liu

Qinghuangdao Power Plant Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066003, China

## Abstract

After the capacity increase and reconstruction of Unit 2, a time test on the closing time of steam turbine valves, and the closing time of each governing valve was greater than 400ms, which did not meet the requirements of the *Guidelines for the Test of Steam Turbine Governing Control System*, and was also included in the group's supervision issues. The paper provides a detailed introduction to the reasons why the valve closing time exceeded the standard after the C-level maintenance of Unit # 2, which was carried out by thermal and maintenance personnel from their respective specialties. Through analysis and repeated speed control valve closure tests, it was ultimately identified that the valve closure time exceeded the limit due to the obstruction of the three-way flow in the OPC pressure oil pipeline. A precise cutting plan has been developed to solve the problem of excessive closing time of the speed control valve in the DEH system of Unit # 2.

## Keywords

test; cause; countermeasure

# DEH 系统调速汽门关闭时间超标原因分析及对策

刘林

秦皇岛发电有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066003

## 摘要

#2机组增容改造后, 汽轮机阀门关闭时间测试各调速汽门关闭时间均大于400ms。不符合《汽轮机调节控制系统试验导则》要求, 同时被列入集团督办问题。论文详细介绍了在#2机C级检修后, 热工和机务人员从各自专业着手, 查找阀门关闭时间超标的原因。通过分析、反复进行调速汽门关闭试验, 最终排查出由于OPC压力油管道三通流通受阻导致阀门关闭时间超标。经制定精准切割的方案, 解决了#2机DEH系统调速汽门关闭时间超标问题。

## 关键词

试验; 原因; 对策

## 1 引言

汽轮机数字电液调节 (DEH) 系统是火力发电机组实时控制系统, 机组运行时自动调节汽轮发电机组的功率和转速, 保证机组的发电功率和供电频率品质; 一旦机组发生事故, 切断主、再热蒸汽的供给, 就会尽可能地减小事故的危害, 从而确保机组的正常运行。目前, 发电机组的单机容量不断增大, 而转子的惯性质量相对减小, 机组甩负荷等事故工况下的转速飞升加快, 对 DEH 调节系统的响应和动作速度提出了更高的要求, 对调速汽门关闭时间超时现象问题的分析及处理具有重要的理论意义和实用价值。

危急遮断保护是当机组主保护动作时, 快速泄去油动

机的油, 从而快速关闭全部汽轮机进汽阀门使机组紧急停机, 以保护汽轮机的安全。为防止汽轮机在甩负荷、调节系统失控的情况下机组转速飞升超过危急遮断转速, 主汽门、调速汽门的总关闭时间必须符合规程要求。大型汽轮发电机组 DEH 系统主汽门、调速汽门快速关闭时间是汽轮机安全性评价的主要考核指标之一, 合格标准在规程中有明确规定: 机组额定功率 200~600MW, 主汽门关闭时间小于 300ms 合格, 调节汽门关闭时间小于 400ms 合格<sup>[1]</sup>。国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》第 8.1.12 条规定, 坚持按规程要求进行汽门关闭时间测试、汽门严密性试验、阀门活动试验<sup>[2]</sup>。汽门快速关闭时间合格是汽轮发电机组进行甩负荷试验的前提条件之一, 若阀门关闭超时, 会导致汽轮机在停机或甩负荷时超速, 属于严重的安全隐患。

#2 机组容量为 215MW, 汽轮机为哈尔滨汽轮机制

【作者简介】刘林 (1976-), 男, 中国河北秦皇岛人, 本科, 高级工程师, 从事发电企业热工自动保护专业研究。

造厂制造的超高压、中间再热单抽汽冷凝式汽轮机，型号为 C145-N220/130/535/535，DEH 系统采用 GE 新华公司 OC6000e 控制系统。通流增容改造后，DEH 控制系统出现调速汽门响应迟缓的问题，对汽轮机阀门关闭时间进行了时间测试，各调速汽门关闭时间均大于 400ms，不符合《汽轮机调节控制系统试验导则》要求。

论文就#2 机组调速汽门关闭时间超标原因进行了分析，在 2022 年#2 机组检修后通过多次反复进行阀门关闭试验，最终查找到导致阀门关闭时间超标的原因并采取了相应的对策，解决了汽轮机调速汽门关闭时间超标的问题。

## 2 调速汽门关闭时间测试

### 2.1 试验条件

① DEH 系统静态调试已经合格，各阀门 LVDT 或开关量反馈指示准确。

②抗燃油及润滑油油质化验已经合格，满足 GB/T 7596 的要求，润滑油、抗燃油系统工作正常。

③机组已经挂闸，控制油压、油温在要求范围内。

### 2.2 试验方法

试验方法以汽轮机手动跳闸指令作为触发信号，以 ETS 系统 AST 跳闸电磁阀动作时间为测量时间零点，采集高、中压调速汽门阀位反馈信号。

①使用录波器记录相关信号动作时间，包括：ETS 机柜手动停机信号作为打闸信号；高调门 GV1-GV4、中调门 IV1-IV4 阀位反馈信号。汽轮机挂闸，调速汽门处在全开位置，利用手动按钮手动跳闸汽轮机，记录由发出跳闸指令至调速汽门全关闭的全过程时间。

②启动录波仪，开始录波。手动盘前打闸（两个按钮同时按下），待所有阀门关闭后，停止录波。

③以打闸信号为起点，观察录波仪所测各点动作时间，跳闸指令发出到阀门信号开始动作为延迟时间  $t_1$ ，阀门开始动作至完全关闭的时间为  $t_2$ ，阀门总关闭时间  $t=t_1+t_2$ ，阀门总关闭时间应符合  $< 0.4s$  的要求。

### 2.3 试验数据

阀门总关闭时间即从手动跳闸指令发出到阀门完全关闭的全过程时间。主要由 3 部分构成：控制回路延时时间、机械延时时间及阀门纯关闭时间。①控制回路延时时间：从跳闸指令发出到继电器动作的时间；②机械延时时间：从继电器动作到阀门开始关闭的时间；③阀门纯关闭时间：阀门从开始关闭到完全关闭的时间。

控制回路的延时时间主要是控制器的扫描周期。本次阀门关闭试验的手动打闸停机信号作为 ETS 系统输入跳闸信号，经过 PLC 控制器处理后，由控制器发出跳闸指令，AST 跳闸电磁阀失电，高压安全油迅速泄掉，使汽轮机各主汽阀和调节阀关闭。控制回路的延时时间在这里就是 ETS 系统 PLC 控制器的扫描周期。

机械延时时间主要与油路有关，电磁阀动作时泄油到阀门动作需要一个过程，因此从电磁阀动作到阀门开始关闭也有一段延时。

阀门纯关闭时间就是阀门本体的关闭时间，该时间真实地反映了阀门自身的工作特性。

表 1 调速汽门关闭时间试验数据

阀门名称	延迟时间 (ms)	纯关闭时间 (ms)	总关闭时间 (ms)
GV1	206	1080	1286
GV2	239	1243	1482
GV3	244	1310	1554
GV4	219	802	1021
IV1	190	596	786
IV2	190	562	752
IV3	185	333	518
IV4	185	368	553

DL/T 711—2019《汽轮机调节控制系统试验导则》建议：额定功率在 200MW 以上 600MW 以下机组的调速汽门油动机的总关闭时间应小 0.4s<sup>[3]</sup>。由表 1 可见试验数据均超过 0.4s 的规定值，不满足试验标准要求。

## 3 试验数据超标的原因及分析

根据调速系统实际结合现场试验情况，影响试验数据超标的原因主要有试验方法和调速汽门本身实际关闭时间两个方面。而调速汽门本身关闭时间主要与阀门机械部分的弹簧紧力和油路有关。

### 3.1 热工控制回路原因

当汽轮机任一跳闸保护信号发出时，ETS 系统控制器经过运算处理输出跳闸指令使阀门关闭，实践证明，继电器和电缆线路对主汽阀关闭时间的影响微乎其微，那么控制回路的延时时间主要就是 ETS 系统控制器的扫描周期。当周期异常增大时，直接导致阀门关闭时间变长。

### 3.2 机械部分原因分析

通常机械部分对阀门关闭时间的影响主要是阀门卡涩问题。

卡涩的主要原因集中在两个方面：机械部分的安装或者油系统油质问题。

试验前，机组油系统已经由油化验人员进行了油质测试合格，排除油质有杂质造成油路不畅的因素。

机械部分影响阀门卡涩关闭超时的重要因素就是弹簧刚度下降或弹簧预紧力过小。弹簧紧力，对老机组来说，由于长时间运行在高温下，阀门弹簧有可能老化，预紧力减小，也能导致阀门关闭时间的延长，从而影响阀门关闭时间<sup>[4]</sup>。

### 3.3 液压部分原因分析

从液压角度分析，影响调速汽门关闭时间的确定因素与液压系统控制油的泄油速度有关，多种因素都可能导致系统泄油过慢而调速汽门关闭时间超标。液压系统的泄油管

路、伺服机构的节流孔、伺服阀动作的快慢等<sup>[5]</sup>。

①快关电磁阀下端转接板的节流孔过小。调节阀快关电磁阀动作时，供油压力的下降速度与节流孔的直径直接相关，如果节流孔的直径过小，会导致供油压力下降过慢，从而导致阀门动作比较慢。不过，节流孔也不能放得过大，否则流量波动时会把阀门打开。

②油动机缓冲装置的配合间隙不当。为了保护门头，设计时一般在油动机活塞尾部设有液压缓冲装置，当油动机接近全关时，该装置会对压力油排油进行节流。缓冲装置配合间隙的大小也影响着阀门的关闭时间。

③危急遮断实验块泄油回路堵塞或其他原因导致泄油过慢阀门关闭时间超标。

### 3.4 阀门关闭时间超标对策

①针对可能导致阀门关闭时间超标原因，将 ASL 油压开关信号接入录波器，ASL 油压开关动作时间与 ETS 系统控制器手动跳闸指令的扫描数据处理时间基本一致，为控制回路延时时间。录波器采集的 ASL 油压开关动作时间为 33ms，认定 PLC 扫描周期正常，将电控系统造成阀门关闭时间超标的原因排除。

②针对机械回路可能导致阀门关闭时间超标原因，从以下原因逐一进行了试验排除。

首先，将 #1 机阀门关闭试验时间合格的调速汽门替换 #2 机不合格的调速汽门，进行阀门关闭试验，试验数据表明没有明显变化，阀门弹簧预紧力性能老化、油动机液压装置排油不畅导致阀门关闭时间超标原因排除。

其次，为排除危急遮断实验块泄油不畅的机械方面原因，将危急遮断块的 OPC 电磁阀模块、卸荷阀拆开，对电磁阀阀芯进行了检查未发现可能堵塞的异物，同时进行了清洗、回装，恢复 OPC 电磁阀模块后重新进行了阀门关闭试验，各个调速汽门关闭时间无明显变化，证明不是 OPC 电磁阀阀芯有杂物堵塞造成泄油过慢。

最后，在排除了所有硬件设备可能导致阀门关闭时间超标的原因后，将问题聚焦在整个泄油油路是否存在堵塞不畅的问题上。经过多次现场研究论证探讨，重点锁定了 OPC 压力油管道三通泄油油路关键位置，同时由焊工人员进行了精准切割，最终发现该三通在厂家原始安装时插接管道过长，导致油路通流受阻最终影响汽门关闭时间超标。

更换三通后，重新进行阀门关闭试验，试验数据（详见表 2），关闭时间小于 0.4s，数据满足 DL/T 711—2019《汽轮机调节控制系统试验导则》要求。

表 2 调速汽门关闭时间试验数据

阀门名称	延迟时间 (ms)	纯关闭时间 (ms)	总关闭时间 (ms)
GV1	152	131	283
GV2	182	132	314
GV3	182	132	314
GV4	128	134	262
IV1	128	188	316
IV2	128	160	288
IV3	104	191	295
IV4	104	171	275

## 4 结语

汽轮机调速汽门总关闭时间是指由发出跳闸指令至阀门关闭的全过程时间，若阀门关闭超时，可能会导致汽轮机在停机或甩负荷时超速，给机组带来极大的超速风险，不利于机组安全稳定运行。

汽轮发电机组调速汽门关闭时间是影响机组安全的重要指标，也是诸多导则及汽轮发电机组安全性评价的重要指标。通过对机组调速汽门关闭时间的测试，并就测试过程中出现的阀门关闭时间超标问题进行剖析和处理，对今后的检修工艺、日常维护工作具有重要的理论意义和实用价值。

论文通过对秦电公司 #2 机组 DEH 系统高压及中压调速汽门关闭时间多次反复的测试，从热工原因、机械回路、液压回路原因三方面分别进行了分析查找试验，最终找到了导致调速汽门关闭时间超标的根本原因并进行了处理，对其他机组阀门关闭时间超标问题处理具有一定的指导意义。

国家能源局《防止电力生产事故的二十五项重点要求》第 8.1.12 条规定，坚持按规程要求进行汽门关闭时间测试、汽门严密性试验、阀门活动试验。因此，建议在机组检修后都要对汽轮机各汽门快速关闭过程进行测试，及时准确地把握汽轮机各汽门的健康状况，以便如有异常情况时及时进行分析处理，最大程度地改善 DEH 控制系统的调节品质，保证机组的安全稳定运行。

## 参考文献

- [1] DLT 996—2019 火力发电厂汽轮机控制系统技术条件[S].
- [2] 国家能源集团电力二十五项重点反事故措施[S].
- [3] DL/T 711—2019 汽轮机调节控制系统试验导则[S].
- [4] 张宝.大型汽轮机汽门快速关闭过程测试[J].汽轮机技术,2010(4):3.
- [5] 田丰.关于汽门关闭时间、特性及严密性试验的探讨[J].电力安全技术,2002,4(11):3.