

ICS 25.040.40

N 17

备案号: 18559-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 656 — 2006

代替 DL/T 656 — 1998

火 力 发 电 厂 汽轮机控制系统验收测试规程

Code for acceptance test of turbine control system
in fossil fuel power plant

2006-09-14 发布

2007-03-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发 布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
4 验收测试内容及测试条件.....	2
5 功能测试.....	2
6 性能测试.....	5
7 文档资料验收.....	5
8 可用率考核.....	6
附录 A (资料性附录) 运行记录格式.....	7
附录 B (规范性附录) 汽轮机控制系统加权系数.....	8

前 言

本标准根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年度电力行业标准项目计划的通知》(发改办工业[2006] 1093 号文)的安排对 DL/T 656—1998 进行修订。

修订后的标准与 DL/T 656—1998 的主要变化为:

- 增加了汽轮机控制系统适应机组协调控制方式的各项功能测试要求;
- 增加了当协调控制系统单元主控设在汽轮机控制系统侧时接受电网自动发电控制 (AGC) 功能的测试要求;
- 对汽轮机控制系统的其他功能和性能的测试作出了新的要求。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准的附录 B 是规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业热工自动化标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位:湖北省电力公司。

本标准主要起草人:邓庆松。

本标准自实施之日起代替 DL/T 656—1998。

本标准首次发布时间:1998 年 3 月 19 日,本次是第一次修订。

火力发电厂

汽轮机控制系统验收测试规程

1 范围

本标准规定了火力发电厂汽轮机电液控制系统验收测试的内容、方法以及应达到的技术要求。

本标准适用于单机容量为 125MW~600MW 等级机组火力发电厂新建工程各个阶段或技术改造工程的汽轮机电液控制系统的验收测试。

其他容量机组的验收测试以及机组重大检修后的验收测试也可参照执行；汽动给水泵汽轮机电液控制系统的验收测试可参照本规程的有关部分执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

DL/T 657 火力发电厂模拟量控制系统在线验收测试规程

DL/T 659 火力发电厂分散控制系统在线验收测试规程

DL/T 701 火力发电厂热工自动化术语

DL/T 711 汽轮机调节控制系统试验导则

3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本标准；本标准采用的其他术语、定义和缩略语参见 DL/T 701。

3.1

数字式电液控制系统 digital electro-hydraulic control (DEH)

由电气原理设计的敏感元件，按电气、液压原理设计的放大元件和伺服机构，实现控制逻辑的汽轮机调节、保安系统。一般由电子控制器、电液转换装置和液压伺服机组成，简称电液调节系统或电调系统。

3.2

汽轮机自启动 automatic turbine control (ATC)

根据汽轮机的热应力或其他设定参数，指挥汽轮机控制系统完成汽轮机的启动、并网带负荷或停止运行的自动控制系统。

3.3

超速保护控制 overspeed protection control (OPC)

机组甩负荷的同时，或转速超过预设值时，自动关闭调节汽门，防止转速达到超速跳闸保护动作值，并维持机组在额定转速下运行。

3.4

自动发电控制 automatic generation control (AGC)

根据电网负荷指令，控制发电机有功功率的自动控制系统。

3.5

辅机故障减负荷 run back (RB)

当发生部分主要辅机故障跳闸，使锅炉最大出力低于给定负荷时，CCS 将机组甩负荷快速降低到实

际所能达到的相应出力，并能控制机组在允许参数范围内继续运行称为辅机故障减负荷；RB 试验是通过真实的辅机跳闸来检验机组在故障下的运行能力和 CCS 的控制性能，RB 功能的实现为机组在高度自动化运行方式下的安全性提供了保障。

4 验收测试内容及测试条件

4.1 验收测试内容

4.1.1 在完成汽轮机控制系统的调整试验，机组进行试运行的过程中，结合机组的启动过程应对系统的功能按 5.1.1、5.1.3~5.1.6、5.2~5.4、5.5.1、5.7，对系统的性能按第 6 部分进行测试，确认系统的各项功能和性能满足要求。

4.1.2 汽轮机控制系统接受 RB 指令，参与 RB 功能的测试应结合锅炉安全监控系统的该项测试一并进行。

4.1.3 汽轮机控制系统参加机组协调控制和接受 AGC 控制的功能测试工作，可以和模拟量控制系统进行协调控制功能的验收测试一起进行。

4.1.4 在机组试运中结合机组的超速试验，按 5.1.2 和 5.6 的要求对汽轮机控制系统的保护功能进行检查；结合机组的甩负荷试验，按 5.1.7 的要求对汽轮机控制系统的控制功能进行测试。

4.1.5 对完成的测试项目应有合格的测试记录（该记录需有业主、施工、调试等有关方签字），在最终验收时，验收方可根据需要对某些项目进行抽查测试。

4.2 测试条件

4.2.1 接入汽轮机控制系统的全部现场设备均应按照有关标准进行安装、调试、试运行并通过验收合格。

4.2.2 汽轮机控制系统的硬件和软件应按照制造厂的说明书和有关标准完成安装和调试，已投入连续运行，并提供完整的调试报告。

4.2.3 最终验收测试应在汽轮机及其辅机在试生产阶段中已经稳定运行，且控制系统已随机组连续运行时间超过 60 天。

4.2.4 控制系统的工作环境符合技术规范的要求。

4.2.5 机组具备带满负荷的基本条件。

4.2.6 系统具有可靠的两套电源供电，供电品质符合制造厂的技术要求。

4.2.7 汽轮机控制系统的资料应能满足系统的运行和维护的要求，系统投入运行后的运行记录应完整。运行记录的格式参见附录 A。

4.2.8 测试所用的计量仪器应具备在有效期内的检定合格证书。计量仪器的误差应不大于被校对象误差限的 1/3。

4.2.9 汽轮机控制系统的接地应符合制造厂的技术条件或有关标准的规定。

5 功能测试

5.1 转速控制功能

5.1.1 控制系统在转速控制方式下，按机组启动升速的各阶段设置目标转速和升速率进行升速，当机组升速到额定转速时，机组实际稳定转速与设定转速的偏差应小于额定转速的 $\pm 0.1\%$ 。

5.1.2 结合机组的超速试验，由控制系统从额定转速升速到机组超速保护的转速定值，其转速控制性能亦应满足 5.1.1 的要求，检查控制系统对机组转速的全程调节功能。

5.1.3 按照技术条件规定的最大升速率升速，其转速的超调量应小于额定转速的 0.2%。

5.1.4 设定额定转速为目标转速，按机组的临界转速检查控制系统自动高速冲过临界转速的功能，其过临界转速时的升速率应满足制造厂的技术要求。

5.1.5 具有主汽门启动方式的控制系统，在进行阀门切换时，转速波动范围为额定转速的 $\pm 0.5\%$ 。

5.1.6 当机组升速至额定转速时,检查汽轮机控制系统与自动同期的接口功能。控制系统应根据自动同期装置的指令完成发电机的转速匹配以保证发电机能自动并网,并给出机组应带的初负荷,不应产生逆功率工况。

5.1.7 首台新型机组或进行了汽轮机调节系统改造后的机组应做常规甩负荷试验,其他机组可按测功法进行试验。试验要求、方法和安全措施等应按DL / T 711执行。

5.2 负荷控制功能

5.2.1 在机组带负荷运行的情况下,锅炉压力稳定并满足负荷变化的要求,消除一次调频的影响,按给定的负荷指令和变负荷率改变负荷给定值,使机组改变负荷,实际负荷与负荷指令的稳态偏差应为额定负荷的 $\pm 0.5\%$ 。

5.2.2 按照机组的不同运行方式可进行控制回路切换,切换过程中不得引起扰动。

5.2.3 负荷指令可以由运行人员给定,也可以由协调控制系统的负荷指令确定,各种方式的负荷调节精度均应能满足5.2.1的要求。

5.2.4 负荷变化率可以由运行人员给定。当具有热应力监控系统时,可以通过汽轮机热应力计算来确定和修改负荷变化率。在机组带负荷运行的条件下,按确定的负荷变化率改变机组负荷,以检查系统适应负荷变化率变化的功能。

5.2.5 检查负荷和负荷变化率限制功能。当设置超过可调的机组最大、最小负荷和负荷变化率时,应能将负荷和负荷变化率限制在最大、最小值内。

5.2.6 阀位限制功能检查。机组在阀位限制方式下运行,应能满足机组的正常运行要求。

5.2.7 压力控制功能检查。在定压运行方式下,汽轮机控制系统通过压力控制器将主汽压力维持在设定值,实际压力与设定值之间的差值应满足DL / T 657的要求。

5.2.8 控制系统与旁路匹配检查。机组在旁路配合运行的方式下,通过试验检查汽轮机控制系统与旁路的配合情况,控制系统应能发出正确的指令,且与旁路之间有可靠的接口,控制系统与旁路配合应能满足机组运行的要求。

5.2.9 一次调频功能测试。机组参与一次调频控制时,在负荷给定值不变的情况下,机组所带实际负荷应随电网的频率改变而改变,一般情况下转速不等率取 $3\% \sim 6\%$ 。

5.3 阀门管理和阀门在线试验功能

5.3.1 动力油使用高压抗燃油时,应检查阀门管理和阀门在线试验功能,采用透平油的可视其具有的功能进行检查。

5.3.2 在机组正常运行的条件下,通过实际试验检查阀门管理功能,多阀控制和单阀控制方式均应能有效地控制机组的正常运行。

5.3.3 在机组带负荷运行过程中,控制系统置于阀门试验方式,逐个或分组进行阀门活动试验,以检验阀门机械部分的工作情况,试验过程中引起的机组负荷扰动应小于规定值。

5.4 汽轮机自启动功能

5.4.1 控制系统置于汽轮机自启动运行方式,运行人员按下自启动键,机组能自动进行冷态启动、热状态判定和各种热状态下的启动,升速至目标转速,并网带初负荷。在此过程中,目标转速、升速率、过临界转速的升速率的给定、暖机过程控制以及阀切换等也应由控制系统自动给出相应的稳定数值。

5.4.2 具有ATC功能的系统,在机组带负荷过程中,ATC程序能根据对机组的热应力计算确定最佳目标负荷和负荷变化率,可靠地控制机组负荷。

5.5 机组保护控制功能

5.5.1 超速保护控制(OPC)功能检查。按制造厂设计的功能逐项检查测试,如使汽轮机转速达到规定值(例如 103% 额定转速)时,OPC正确动作,关闭高中压调节汽门,待转速达到重新开启阀门的条件时重新开启这些阀门,维持正常额定转速。OPC动作时的转速与设定转速的偏差应在 $\pm 2r / \min$ 以内。

5.5.2 在机组带负荷运行的工况下, 汽轮机控制系统应能接受 RB 指令, 快速降低机组负荷, 以与辅机局部故障的机组运行工况相适应, 并满足 DL/T 657 中的相关要求。

5.6 机组保护功能

5.6.1 超速保护跳闸 (OPT) 功能检查。当转速达到机组超速遮断保护动作值时, 能发出信号, 控制系统应能可靠接受汽轮机保护装置发出的指令, 迅速关闭主汽门和调节汽门, 使机组安全停机。超速跳闸动作转速与设定值偏差应在 $\pm 2r/min$ 以内。

5.6.2 对于危急保安装置具有在线试验功能的汽轮机保护装置, 在对电磁阀进行在线试验时, 不应影响机组的正常运行。

5.6.3 防进水保护功能检查。通过模拟试验检查防进水保护功能是否正常。

5.7 机组运行监视功能

5.7.1 检查汽轮机运行参数的监视功能, CRT 应能显示机组运行状态及重要参数和有关趋势图, 提供给运行人员操作指导。

5.7.2 对于专用装置的汽轮机控制系统, 检查其与 DCS 之间的通信接口是否有效, 信息是否共享, 传送数据的实时性是否达到设计要求。

5.7.3 检查显示单元和显示面板 (如有的话) 的显示和操作功能。

5.7.4 检查系统的定时打印和事故追忆功能。机组运行过程中系统应能按规定的时间定时打印, 在事故状态下能进行事故追忆; 应能按规定的打印方式打印数据和画面, 事故追忆至少应包括事故前后不少于 1min 的数据, 打印内容齐全。事件顺序记录的分辨力不应超过 1ms。对于采用一体化 DCS 的汽轮机控制系统, 该项功能纳入 DCS 系统的验收测试时进行。

5.8 参加机组协调控制功能

5.8.1 在机组协调控制运行方式下, 检查汽轮机控制系统与协调控制系统的接口是否可靠, 汽轮机控制系统应能接受协调控制系统的控制指令 (负荷指令或阀位指令) 进行负荷调节, 协调控制系统主控设计在汽轮机控制系统侧时, 应检查其与锅炉控制系统的接口是否可靠, 汽轮机控制系统应能正确地送出负荷设定指令。

5.8.2 在机组协调控制运行方式下, 汽轮机控制系统从本地控制切换到远方协调控制方式的切换应是无扰的, 并且按照规定的技术要求, 将汽轮机控制系统切换到合适的控制回路。

5.8.3 在机组运行的情况下, 协调控制系统投入锅炉跟随的方式, 运行人员从协调控制系统主控发一个负荷变化指令, 汽轮机控制系统能正确接受负荷变化指令, 并按预置的负荷变化率改变负荷, 变化方向正确。在锅炉的燃烧率变化能跟上负荷需求的情况下, 实际负荷与负荷指令的偏差应满足 DL/T 657 中的相关要求。

5.8.4 在机组运行的情况下, 协调控制系统投入汽轮机跟随的方式, 运行人员从协调控制系统主控发出负荷变化指令, 汽轮机控制系统改变进汽阀门开度, 控制汽轮机适应锅炉负荷, 维持主蒸汽压力为设定值, 压力稳定值与给定指令的偏差应满足 DL/T 657 中的相关要求。

5.8.5 在机组运行的情况下, 协调控制系统投入协调方式, 运行人员从协调控制系统主控发一个负荷变化指令, 汽轮机控制系统能与锅炉控制系统共同作用, 在满足负荷变化的同时维持主蒸汽压力到给定值, 其偏差应满足 DL/T 657 中的相关要求。

5.9 接受 AGC 调节的功能

5.9.1 在协调控制方式下, 机组能接受由电网调度中心直接发出的负荷变化指令, 并按预定的负荷变化率改变负荷。汽轮机控制系统按照协调控制系统的不同模式参加协调控制, 检查机组满足外界负荷变化的要求和维持主蒸汽压力的能力, 应分别能满足 5.8.1~5.8.3 的要求。

5.9.2 当协调控制系统的单元主控设在汽轮机控制系统侧时, 进行 5.9.1 的测试; 当协调控制系统的单元主控是在机组的协调控制系统中时, 汽轮机控制系统则是配合模拟量控制系统对该项目进行测试。

6 性能测试

6.1 系统电源切换的测试

人为切除工作电源，备用电源应能自动投入工作。在电源切除过程中，控制系统应能正常工作，中间数据不得丢失，保证机组正常运行。

6.2 系统容错能力的测试

系统容错能力的测试至少包括下列内容：

- a) 采用计算机的控制系统，应具有双机备份，人为退出工作主机，备用主机应能正常投入工作，在双机切换过程中，控制系统应保持正常工作，维持机组的正常运行；
- b) 重要参数的检测元件应为三取二（开关量）或三取中（模拟量）的冗余配置，采用去掉一个测量元件信号或在一个测量元件输出端改变信号的方式，检查其冗余的可靠性。

6.3 卡件可维护性的测试

任意拔出一块输入或输出卡件，系统应能显示该卡件的异常状态，插入该卡件后，系统能恢复正常工作。在插拔过程中，控制系统及机组的运行安全应不受到任何影响。

6.4 系统重置能力的测试

切除或恢复系统的外围设备，控制系统不得出现任何异常现象。

6.5 CRT 画面响应时间的测试

通过键盘调用 CRT 画面时，从最后一个调用操作完成到画面全部内容显示完成的时间为画面响应时间。在调用被测画面时，对一般画面，响应时间不得超过 1s；对复杂画面，响应时间不得超过 2s。

6.6 输入输出通道测试

6.6.1 采用与机组主控 DCS 不同型号的汽轮机控制系统时，应进行单独的输入输出通道测试。测试的方法和标准参照 DL/T 659 的要求进行。

6.6.2 采用与机组主控 DCS 一体化的汽轮机控制系统时，其输入输出通道测试随 DCS 测试时进行。对汽轮机控制系统特有的输入输出通道，如转速测量（脉冲输入）通道等，应单独进行测试。

6.7 系统储备容量的测试

采用与机组主控 DCS 不同型号的汽轮机控制系统时，应进行单独系统储备容量的测试。测试的方法和标准参照 DL/T 659 的要求进行。

6.8 负荷率测试

通过工程师工作站或其他由制造厂提供的方法检查控制站的中央处理单元负荷率，在恶劣工况下，中央处理单元的负荷率不应超过 40%。

6.9 OPC 控制器处理周期检查

采用硬件的 OPC 控制器的动作回路的响应时间应不大于 20ms，采用软件系统的 OPC 处理周期应不大于 50ms。

7 文档资料验收

系统提供的技术文档应满足下列要求：

- a) 技术协议。在签订订货合同时，订货方和供货方签订的技术协议包括对系统性能和功能的各种要求，对技术协议中提及的特殊要求应按技术协议的要求进行测试确认。
- b) 系统操作说明。系统供应方应提供详细的操作说明以满足系统操作运行的需要。
- c) 硬件配置。应具有完整的系统硬件配置，包括硬件详细清单和硬件配置图。
- d) 软件组态说明。应具有详细的软件组态图，并提供组态光盘。
- e) 系统出厂试验记录。
- f) 硬件测试记录。按照制造厂的测试要求和相关的技术规范对硬件进行测试的记录。

g) 系统调试报告。包括系统的各项功能试验和性能试验的报告和系统试运期间的调试报告, 对系统投入试运行和出现的问题应有详细的记录。

h) 系统运行记录。系统投运后, 应按照运行操作规程和运行管理的要求进行系统运行记录。

8 可用率考核

8.1 汽轮机控制系统的可用率(A)应达到99.9%以上, 可用率的统计范围只限于汽轮机控制系统本身, 不包括接入系统的变送器和执行器等现场设备。

8.2 可用率的统计工作自系统整套投入运行后即开始进行, 开始计算可用率的时间可以由供需双方商定。

8.3 自开始计算系统可用率的时间起, 汽轮机控制系统连续运行60天(即1440h), 其间累计故障停用时间小于1.4h, 则可认为可用率的试验完成。若累计故障时间超过1.4h, 可用率的统计应延长到120天(即2880h), 在此期间, 累计故障时间不得超过2.9h, 完成可用率考核的最高时限为120个连续日。若超过这一时限, 系统的可用率仍不合格, 则认为系统的可用率考核未能通过。

8.4 系统可用率可按下列公式计算:

$$A = \frac{t_t - t_f}{t_t} \times 100\% \quad (1)$$

$$t_f = \sum_{i=1}^n K_{fi} t_{fi} \quad (2)$$

式中:

t_t ——实际试验时间, 它是指整个连续考核统计时间扣除非本系统因素造成的空等时间;

t_f ——故障时间, 它是指被考核系统中任一装置或子系统在实际试验时间内因故障而停用的时间, 经加权后的总和;

K_{fi} ——第*i*个装置或子系统故障加权系数, 加权系数见附录B;

t_{fi} ——第*i*个装置或子系统故障停用时间。

实际试验时间和故障时间根据运行班志(依据计算机记录)确定。运行记录格式表参见附录A。

8.5 可用率考核期间, 汽轮机控制系统的各种备件应齐全, 且备件应存放在试验现场, 出现故障应及时处理。故障时间是指故障设备或子系统的停用时间和故障的正常处理时间, 除去因无备件造成的等待时间或其他原因造成的等待处理故障时间。如发生备件短缺, 卖方应在48h内提供所缺备件; 如超过48h, 48h后的等待备件时间将累计到故障时间中去。

8.6 在可用率考核期间, 如发生由汽轮机控制系统原因引起汽轮机跳闸、甩负荷、全部操作员站功能丧失或冗余通信总线功能丧失, 则认为系统的可用率考核未能通过。

8.7 在新投产机组168h(72h)考核期间, 如发生由汽轮机控制系统原因引起汽轮机跳闸、甩负荷、全部操作员站功能丧失或冗余通信总线功能丧失, 则认为系统的可用率考核未能通过。

附 录 B
(规范性附录)
汽轮机控制系统加权系数

汽轮机控制系统加权系数见表 B.1。

表 B.1 汽轮机控制系统加权系数

装 置	加 权 系 数
中央处理单元	0.5 (冗余), 1.0 (非冗余)
各种过程卡件	n/N (N 为总数, n 为故障数)
键盘	0.5 (当与 DCS 合用时, 为 0.1)
CRT	0.8 (当与 DCS 合用时, 为 0.1)
每条数据通信总线	0.5
电液转换装置	$1/N$ (N 为电液转换装置总数)
通信接口	0.5 (冗余), 1.0 (非冗余)