

前 言

《汽轮机电液调节系统性能验收导则》规定了汽轮机电液调节系统的性能标准和要求。标准中的规定与要求，是根据我国电液调节系统的应用类型，综合有关标准制定的。标准统一了相关系统和专业术语的定义、缩略语和单位，规定了技术性能规范和功能要求，提出了性能验收方法。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准的附录 C 为资料性附录。

本标准由电力行业电站汽轮机标准化技术委员会提出、归口并负责解释。

本标准起草单位：国家电力公司热工研究院、东北电力调节技术研究所。

本标准主要起草人：房德明、郑学明、张亚夫。

引 言

本标准是根据国家经贸委电力司《关于确认1999年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2000〕22号）的安排制订的。

汽轮机电液调节系统已被广泛应用，并日趋成熟。目前，我国有关汽轮机电液调节系统的性能要求缺乏完整性和系统性。为适应电力工业发展的需要，有必要使其标准化、规范化，建立适合我国国情、实用、统一的汽轮机电液调节系统性能的行业标准，为汽轮机电液调节系统的性能验收提供依据。

汽轮机电液调节系统性能验收导则

1 范围

本标准规定了汽轮机电液调节系统的性能标准和验收要求。本标准适用于电站中驱动发电机的汽轮机电液调节系统，其他类型汽轮机的电液调节系统也可参照执行。

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。凡是注明日期的引用文件，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。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 7596 电厂用运行中汽轮机油质量标准

DL/T 571 电厂用抗燃油验收、运行监督及维护管理导则

DL/T 656 火力发电厂汽轮机控制系统在线验收测试规程

DL/T 711 汽轮机调节控制系统试验导则

3 术语、定义、符号、单位和缩略语

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 相关系统术语、定义和缩略语

相关系统术语、定义和缩略语见表 1。

表 1 相关系统术语、定义和缩略语

序号	术 语	定 义	缩略语
1	机械液压调节系统 mechanical hydraulic control system	由按机械、液压原理设计的敏感元件、放大元件和伺服机构组成，实现控制逻辑的汽轮机调节、保安系统，简称液调系统（改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.4.1）	MHC
2	电气液压控制系统 electro-hydraulic control system	由按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组成，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执行机构组成，简称电液调节系统或电调系统（改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.4.2）	EHC
3	数字式电液调节系统 digital electro-hydraulic control system	由按电气原理设计的敏感元件和数字电路，按电气、液压原理设计的放大元件和伺服机构组成，实现控制逻辑的汽轮机调节、保安系统，简称数字电调（改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.4.3）	DEH
4	模拟式电液调节系统 analog electro-hydraulic control system	由按电气原理设计的敏感元件和模拟电路，按电气、液压原理设计的放大元件和伺服机构组成，实现控制逻辑的汽轮机调节、保安系统，简称模拟电调（改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.4.4）	AEH

表 1 (续)

序号	术 语	定 义	缩略语
5	给水泵汽轮机电液调节系统 micro-electro-hydraulic control system	采用微型计算机控制和液压伺服机构,实现控制逻辑,驱动给水泵汽轮机的电液调节系统。为与驱动发电机的汽轮机电液调节系统相区别,习惯上称给水泵汽轮机电液调节系统(改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.4.5)	MEH
6	同步器给定值控制系统 set power control system	由电子控制器直接控制汽轮机机械(液压)调节系统同步器的电液调节系统,或称同步器给定功率控制系统,或称同步器型电液调节系统	SPC
7	汽轮机自动启动控制 automatic turbine start up control	根据汽轮机转子热应力和运行参数,优化设置升速率和负荷率,实现寿命管理,自动完成机组由盘车至额定负荷启动全过程	ATC
8	阀门管理 valve management	修正阀门的非线性,并任意设置阀门开启顺序,实现汽轮机全周进汽节流调节或部分进汽喷嘴调节、在线相互切换的启动运行控制方式	VM
9	主蒸汽压力降低限制 throttle main steam pressure limit	主蒸汽压力下降到设定值时,自动关小汽轮机调节汽门开度,使主蒸汽压力维持在允许的最低值	TPL
10	旁路控制系统 bypass control system	汽轮机旁路系统的自动投入和旁路系统蒸汽压力、温度等自动控制系统的总称(改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.5.1)	BPC
11	协调控制系统 coordinated control system	实施锅炉与汽轮机之间负荷自动平衡控制的系统,提高机组负荷适应性、调峰和调频能力。有机跟炉、炉跟机和机炉联合调节等运行方式	CCS
12	主蒸汽压力控制 main steam pressure control	汽轮机主汽门前的主蒸汽压力为被测量,自动控制主蒸汽压力等于给定值,简称压控方式。用于机炉协调控制、机跟炉运行方式	PC
13	功率控制 load control	发电机有功功率为被测量,自动控制发电机功率等于给定值,简称功控方式。用于机炉协调控制、炉跟机运行方式	LC
14	阀位控制 valve position control	汽轮机调节汽门开度为被测量,自动控制调节汽门开度等于给定值,简称阀控方式。用于机炉协调控制、机炉联合调节运行方式	VC
15	辅机故障减负荷 run back	在主要辅机(如给水泵、送风机、引风机等)发生故障情况下,按预设的目标负荷和速率分级快速减负荷,在特定工况下改善系统平衡	RB
16	机组快速甩负荷保持 fast cut back	当汽轮机或发电机甩负荷时,使锅炉不停炉的一种措施。根据机组的运行要求,有带厂用电和停机不停炉等运行方式	FCB

表 1 (续)

序号	术 语	定 义	缩略语
17	汽门快控 fast valving	在电网瞬时故障情况下, 提高电网暂态稳定的一种措施。当汽轮机机械功率大于发电机有功功率预设值时, 迅速关闭中压 (或高、中压) 调节汽门, 延时一段时间后, 调节汽门按要求速率开启	FVA
18	自动调度控制系统 automatic dispatch system	根据电网负荷, 按被控机组微增率和线损, 实现经济调度 (负荷分配) 的自动控制系统	ADS
19	自动发电控制 automatic generation control	根据电网负荷指令, 控制发电机有功功率的自动控制系统 (改写 DL/T 701—1999 定义 4.3.5.2)	AGC
20	自动同期系统 automatic synchronized system	在汽轮机控制系统的支持下, 实现发电机自动同期并网的控制系统 (DL/T 701—1999 定义 4.3.5.4)	ASS
21	超速保护控制 over speed protection control	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, 维持机组在额定转速下运行	OPC
22	超速跳闸保护 over speed protection trip	机组转速超过预设值, 自动关闭调节汽门和自动主汽门, 使机组跳闸、停机的保护系统, 或称电气超速保护系统	OPT
23	汽轮机紧急跳闸系统 emergency trip system	在机组重要运行参数越线等异常工况下, 实现紧急停机的控制系统	ETS

3.2 专业术语、符号、定义和单位

专业术语、符号、定义和单位见表 2。

表 2 专业术语、符号、定义和单位

序号	专 业 术 语	符 号	定 义	单 位
1	额定功率 rated power	P_0	制造厂给定的汽轮机输出功率, 机组在规定的终端参数, 且不超过规定的寿命条件下无限期地运行, 调节汽门不一定全部开启。额定功率也称额定出力或额定负荷 (调节系统试验时的额定负荷是指在设计背压下的考核工况) (DL/T 711—1999 表 2 序号 1)	MW 或 kW
2	额定转速 rated speed	n_0	汽轮机在电网标准频率下的工作转速	r/min
3	瞬时飞升转速 temporary speed rise	Δn_{\max}	机组甩负荷后, 汽轮机在调节系统控制下的转速升高值 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 7)	r/min
4	最高瞬时转速 maximum transient speed	n_{\max}	机组甩负荷后, 汽轮机在调节系统控制下的最高转速 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 8)	r/min
5	危急超速飞升转速 temporary over speed rise	$\Delta n_{w\max}$	机组甩负荷后, 汽轮机在调节系统失控条件下, 危急保安器动作, 主汽门关闭, 转速的升高值 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 9)	r/min

表 2 (续)

序号	专业术语	符 号	定 义	单位
6	危急超速最高转速 maximum transient over speed	n_{wmax}	机组甩负荷后, 汽轮机在调节系统失控条件下, 危急保安器动作, 主汽门关闭, 机组的最高转速 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 10)	r/min
7	超速保护设定转速 over speed trip setting	n_w	机械危急保安器脱扣动作转速。电气设定超速跳闸信号对应的转速	r/min
8	转速不等率 steady-state speed regulation (speed governing droop)	δ	给定值不变, 在额定参数下, 机组功率由零至额定值对应的转速变化, 以额定转速的百分率表示 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 12)	%
9	局部转速不等率 steady-state incremental speed regulation (incremental speed droop)	δ_i	在某一给定功率点处, 小范围内的转速不等率。在调节系统静态特性转速—负荷曲线上, 给定功率处的斜率 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 13)	%
10	系统迟缓率 dead band of the speed governing system	ε	不会引起调节汽门位置改变的稳态转速变化的总值, 以额定转速的百分率表示 (DL/T 711—1999 表 2 序号 14)	%
11	液体压力 fluid pressure in control system	p_o	控制系统和润滑系统中的液体工质 (抗燃油或透平油) 压力 (DL/T 711—1999 表 2 序号 17)	MPa、kPa
12	稳定性 stability		调节系统通过其控制作用, 来衰减转速或功率的振荡到可接受范围内的能力 (DL/T 711—1999 表 2 序号 15)	%
13	短期稳定性 short-term stability		环境条件在规定的范围内, 设定值、参数和转速不变, 在任何 30min 的时间间隔内, 以额定功率百分率表示的负荷变化 (DL/T 711—1999 表 2 序号 19)	%
14	长期稳定性 long-term stability		设定值、参数和转速不变的情况下, 在 12 个月中两次 30min 时间间隔内, 以额定负荷百分率表示的平均负荷变化。在这两次试验间隔中, 环境条件应在要求范围内, 但并不要求精确一致 (DL/T 711—1999 表 2 序号 20)	%
15	负荷最大偏差或非线形 maximum load deviations or nonlinearity		控制装置在规定的环境和动力源条件下运行时, 转速—负荷曲线与相应的线性不等率相比的负荷最大偏差, 以额定负荷的百分率表示 (改写 DL/T 711—1999 表 2 序号 18)	%
16	可用率 availability	A	一个装置或系统正确执行指定功能的时间和计划执行该项目的总时间之比, 用百分比表示	%

4 电液调节系统技术规范和要求

4.1 转速不等率

转速不等率 δ 应连续可调，一般为 3%~6%。

4.2 局部转速不等率

局部转速不等率 δ_j 见表 3。

4.3 迟缓率

迟缓率 ϵ 见表 4。

表 3 局部转速不等率

机组功率范围 MW	局部转速不等率 %
0~90	3~8
90~100	<12
90~100	<10 (平均局部转速不等率)

表 4 迟缓率

机组额定功率 MW	迟缓率 %
≤100 (包括 100)	<0.15
100~200 (包括 200)	<0.10
>200	<0.06

4.4 一次调频不灵敏区

为保证电网运行的可靠性和电能质量，电液调节系统应有一次调频能力。一次调频的不灵敏区应尽量小，可根据电网的容量和要求设置，一般不大于 $\pm 0.1\text{Hz}$ 。

4.5 转速、负荷给定

4.5.1 转速调节范围一般为 50r/min~3600r/min，并连续可调。

4.5.2 功率控制范围一般为 0~110% 额定功率，并连续可调，每步最小给定功率不大于额定功率的 0.5%。

4.6 最高瞬时转速

汽轮发电机组甩负荷后，汽轮机在调节系统控制下，最高转速不应使危急保安器动作。其飞升转速一般不超过额定转速的 8%。

4.7 危急超速最高飞升转速

危急超速最高飞升转速一般不超过额定转速的 18%。

4.8 超速保护系统

4.8.1 机械危急保安器脱扣动作机组跳闸，脱扣动作设定转速为额定转速的 $110\% \pm 1\%$ 。复位转速应高于额定转速。

4.8.2 电气超速保护动作，机组跳闸，动作转速可等于或低于机械危急保安器动作转速 $1\% \sim 2\%$ 额定转速，当作为超速后备保护时，其动作转速应比危急保安器动作转速高 $1\% \sim 2\%$ 额定转速。

4.9 稳定性

4.9.1 在额定工况下，转速控制引起的转速波动，不应大于额定转速的 $\pm 0.1\%$ 。

4.9.2 在额定工况下，功率控制引起的功率波动，不应大于额定功率的 $\pm 0.5\%$ 。

4.9.3 按技术条件规定的最大升速率下，其转速的超调量应小于额定转速的 0.2%。

4.9.4 调节系统动态过程应能迅速、稳定，振荡次数不应超过 2~3 次。

4.9.5 系统非线性稳定性的参考值见表 5。

4.10 环境要求

4.10.1 在下述规定的任何一种环境条件下，控制装置能稳定的连续运行。

4.10.2 环境温度和相对湿度见表 6。

4.10.3 环境参数。

- a) 振动: 10Hz~55Hz, 振幅: 0.15mm。
b) 气压: 0.086MPa~0.106MPa。

表5 系统非线性和稳定性

机组额定功率 MW	非线性 %	短期稳定性 %	长期稳定性 %
≤100 (包括 100)	—	<2.5	<10
100~200 (包括 200)	—	<1.5	<10
>200	在 0~100 %MCR 范围内 < ±3	<1.0	<10

表6 环境级别

级 别	环 境 温 度 ℃	环境相对湿度 %	典 型 条 件
1	0~+40	45~75	控制室和设备室
2	-25~+55	45~100	室外和机组现场
3	-10~+70	45~100	特殊条件

4.11 控制系统的电磁兼容性

- 4.11.1 控制装置本身不应发出影响其他设备正常工作的无线电电磁干扰。
4.11.2 在规定的电磁干扰情况下, 装置能正常工作。用频率为 400Hz~500Hz、功率为 5W 的步话机作干扰源, 距敞开柜门的控制系统机柜 1.5m 处工作, 系统应正常运行。
4.11.3 在输入端子处测量各类型信号 (电流、热电偶和热电阻信号), 测试由现场引入的共模和差模干扰电压值。
4.11.4 实际共模干扰电压值应小于输入模件抗共模电压能力的 60%。
4.11.5 实际差模干扰电压所引起的通道误差应满足式 (1) 要求。

$$(U_n \% / 10^{NMR/20}) \leq 0.05\% \quad (1)$$

式中:

$U_n \%$ ——变送器回路中的交流分量 (峰峰值) 与变送器量程之比;

NMR——模拟抑制比。

4.12 控制系统可用率

- 4.12.1 控制系统可用率 (A) 的统计范围仅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。
4.12.2 控制系统投入运行后, 即可进行可用率统计。计时开始时间可由供需双方商定。
4.12.3 控制系统可用率应达到 99.9% 以上。
4.12.4 自计时开始, 控制系统连续运行 2160h, 其间累计故障停用时间应小于 2.2h。若大于 2.2h, 可用率统计时间应延长至 4320h, 在此期间, 累计故障时间不得超过 4.3h。完成可用率考核连续运行最高时限为 6480h。
4.12.5 系统可用率 (A) 按式 (2) 计算。

$$A = (t_i - t_f) / t_i \times 100\% \quad (2)$$

$$t_f = \sum_{i=1}^n K_{fi} t_{fi}$$

式中:

t_i ——实际试验时间, 为连续考核统计时间扣除非系统因素造成的空等时间, %;

t_f ——故障时间, 任一装置或子系统故障停用时间经加权后的总和;

t_{fi} ——第 i 个装置或子系统故障停用时间；

K_{fi} ——第 i 个装置或子系统故障加权系数。

4.12.6 汽轮机电液调节系统硬件和应用功能加权系数参考值见附录 A。

4.12.7 实际试验时间和故障时间依据计算机记录确定。

4.13 机组监视系统

4.13.1 具有 CRT 监视的系统，CRT 应能显示机组运行状态、重要参数和有关趋势图。

4.13.2 通过键盘调用 CRT 画面时，画面响应时间一般不超过 1s，复杂画面响应时间一般不超过 2s。

4.13.3 有事故追忆的系统，事故追忆至少包括事故前后不少于 3min 的数据，打印内容齐全，事件顺序记录的分辨率不得超过 1ms。

4.13.4 切除或恢复系统外围设备时，控制系统不得出现任何异常现象。

4.14 电液转换装置

4.14.1 电液伺服阀的性能应符合制造厂提供的技术指标或合同的要求。

4.14.2 电液转换器的性能应符合制造厂提供的技术指标或合同的要求。

4.15 液体工质

4.15.1 新抗燃油和运行中抗燃油的油质验收标准，按 DL/T 571 的规定，见表 B.1、表 B.2。进口抗燃油应满足制造厂提供的标准要求。

4.15.2 新透平油和运行中透平油的油质验收标准，按 GB/T 7596 的规定，见表 B.3。进口透平油应满足制造厂提供的标准要求。

4.15.3 液体工质颗粒度分级标准参见表 C.1、表 C.2。

4.15.4 ISO 与 NAS、MOOG 颗粒度分级标准之间的等量关系见表 C.3。

4.15.5 抗燃油及矿物油对密封衬垫材料的相容性见表 C.4。

4.16 蓄压器

在高压抗燃油系统中设有蓄压器。蓄压器是储存高压液体的容器，用来提供液压系统中周期性或瞬时所需的大量液体能。蓄压器应有足够的容积和充油压力，以便在机组甩负荷的同时主油泵故障停止供油时，仍能维持系统液体压力，保证系统正常工作。在异常工况下，一般要求系统液体压力的降低值不大于正常工作压力的 5%，其蓄压器内液体排放后的压力值 p_2 用式 (3) 计算。

$$p_2 = p_1 [V_1 / (V_1 + V_c)]^\kappa \quad (3)$$

式中：

p_1 ——系统液体压力，MPa；

p_2 ——蓄压器内液体排放后的压力，MPa；

V_1 ——蓄压器正常运行工况下的气体容积，L；

V_c ——油动机（执行机构）充油容积，L；

κ ——蓄压器中气体的绝热指数，当为氮气时， $\kappa = 1.4$ 。

4.17 油动机动作过程时间

高、中压调节汽门和高、中压主汽门油动机动作过程时间 t ，为动作延迟时间 t_1 和关闭时间 t_2 之和，动作过程时间建议值见表 7。

表 7 油动机动作过程时间

机组额定功率 MW	调节汽门油动机 s	主汽门油动机 s
<100 (包括 100)	<0.6	<0.5
100~200 (包括 200)	<0.5	<0.4
>200	<0.3	<0.3

5 电液调节系统功能

5.1 基本操作控制方式

5.1.1 操作员自动控制：运行人员根据机组状态设定升速率或负荷率、目标转速或目标负荷，实现机组转速和功率闭环控制。

5.1.2 手动操作控制：运行人员手动操作直接控制调节汽门开度，实现功率开环控制，为后备操作控制方式，或称阀位控制。

5.2 控制功能

5.2.1 必备控制功能

5.2.1.1 机组转速控制（机组启动和升降转速控制）。

5.2.1.2 机组功率控制（机组升降负荷和稳定负荷控制）。

5.2.1.3 可调整抽汽压力控制（电、热牵连调节，以热定电运行控制，以电定热运行控制）。

5.2.2 基本控制功能

5.2.2.1 自动同期控制。

5.2.2.2 初始负荷控制。

5.2.2.3 一次调频功能。

5.2.2.4 电网自动发电控制（自动调度控制或自动发电控制）。

5.2.2.5 协调控制（功率控制、主蒸汽压力控制、阀位控制）。

5.2.2.6 辅机故障减负荷。

5.2.3 可选控制功能

5.2.3.1 汽轮机自动启动控制。

5.2.3.2 阀门管理。

5.2.3.3 机组甩负荷快速保持。

5.2.3.4 汽门快控。

5.3 限制功能

5.3.1 超速保护控制。

5.3.2 主蒸汽压力降低限制。

5.3.3 汽轮机真空降低负荷限制。

5.3.4 功率、主蒸汽流量和可调整抽汽流量限制。

5.4 接口功能

5.4.1 基本接口功能

5.4.1.1 自动同期接口。

5.4.1.2 遥控接口（自动调度控制或自动发电控制接口）。

5.4.1.3 机炉协调控制接口。

5.4.1.4 辅机故障减负荷接口。

5.4.1.5 数据通信接口，可与数据采集系统或分散控制系统共享资源。

5.4.2 可选接口功能

5.4.2.1 旁路系统接口。

5.4.2.2 机组甩负荷快速保持接口。

5.4.2.3 汽门快控接口。

5.5 保护功能

5.5.1 给出汽轮机紧急跳闸系统指令，实现对机组的保护。

5.5.2 超速保护

5.5.2.1 机械超速保护。

5.5.2.2 电气超速保护。

5.6 试验功能

5.6.1 主汽门、调节汽门在线活动试验。

5.6.2 重要保护在线试验。

5.6.3 超速保护试验。

5.6.4 汽门严密性试验。

5.6.5 系统离线仿真试验。

5.7 人机接口和数据处理功能

5.7.1 运行参数的显示、记录、打印、诊断、报警和追忆。

5.7.2 运行系统画面、运行参数的趋势图和运行指导。

6 电液调节系统类型及要求

6.1 类型和系统结构

6.1.1 汽轮机无机械（液压）调节系统仅设有电液调节系统称纯电液调节系统。

6.1.2 汽轮机同时设有电液调节系统和机械（液压）调节系统称电液并存调节系统。

6.1.2.1 电液调节系统运行、机械液压调节系统作跟踪备用的系统，称电液并存跟踪、切换调节系统。

6.1.2.2 电液调节系统和机械（液压）调节系统同时工作，构成分级调节，称电液并存联合调节系统。

6.1.2.3 电子控制器直接控制机械（液压）调节系统的同步器，构成串级调节，称电液并存同步器给定值控制系统。

6.1.3 控制器采用模拟量控制方式称模拟式电液调节系统，采用数字量控制方式称数字式电液调节系统。

6.1.4 液压部件采用抗燃油为工质，称抗燃油电液调节系统；采用透平油为工质，称透平油电液调节系统。

6.2 要求

6.2.1 纯电液调节系统

6.2.1.1 系统应具有容错结构。

6.2.1.1.1 采用计算机的控制系统，控制器应具有冗余配置。

6.2.1.1.2 重要参数的检测元件和通道应采用冗余配置。

6.2.1.2 应有可靠的外部供电电源和控制系统内部电源装置，至少配备两套独立的外部供电电源，在任何情况下，必须保证电液调节系统电源不中断。在电源切换过程中，应保证中间数据不得丢失，控制系统应能正常工作。

6.2.1.3 系统应具有故障在线诊断、报警、硬件自恢复、模拟卡件自保持功能。系统局部故障，应不影响或有限影响系统的可用性，但决不能丧失保护系统的作用。

6.2.1.4 控制系统卡件可以在线插拔，应具有故障在线处理功能，进行控制组件的简单维修和更换。

6.2.1.5 应具有在线检查和试验用的测点，以及为调整、试验和维修用的系统仿真卡件或仿真器。

6.2.1.6 可实现电液调节系统全部功能，也可根据机组的具体情况需要设置功能。

6.2.1.7 液体工质可采用透平油或抗燃油。

6.2.1.8 可采用一个调节汽门配置一只油动机、一只电液转换装置和独立的控制接口。也可采用多个调节汽门配置一只油动机、一只电液转换装置和公用控制接口。

6.2.2 电液并存跟踪、切换调节系统

6.2.2.1 见 6.2.1.1。

6.2.2.2 见 6.2.1.2。

6.2.2.3 见 6.2.1.3。

6.2.2.4 见 6.2.1.4。

6.2.2.5 见 6.2.1.5。

6.2.2.6 在系统故障必须退出运行的情况下，能自动无扰切换到机械（液压）调节系统。

6.2.2.7 具有基本操作控制方式、必备控制功能、基本控制功能、基本接口功能、保护功能、限制功能、试验功能、人机接口和数据处理功能。

6.2.2.8 液体工质取决于机械（液压）调节系统。

6.2.2.9 采用多个调节汽门配置一只油动机、一只电液转换装置和公用控制接口。

6.2.3 电液并存联合调节系统

6.2.3.1 见 6.2.1.1。

6.2.3.2 系统应具有故障在线自诊断、报警功能。

6.2.3.3 在电液调节系统故障必须退出运行的情况下，系统应处于保位状态。

6.2.3.4 见 6.2.2.7。

6.2.3.5 液体工质取决于机械（液压）调节系统。

6.2.3.6 采用多个调节汽门配置一只电液转换装置、一只油动机和公用控制接口。

6.2.4 电液并存同步器给定值控制系统

6.2.4.1 在电液调节系统故障必须退出运行的情况下，系统应处于保位状态。

6.2.4.2 具有基本操作控制方式、必备控制功能、基本控制功能、基本接口功能、保护功能。

6.2.4.3 一般在机械（液压）调节系统工作正常的情况下采用。

7 电液调节系统性能验收

7.1 性能验收前应达成的协议

7.1.1 参加性能验收的各方，应对性能验收项目、方法和时间达成协议。

7.1.2 参加性能验收的各方，应对在制造厂和电厂内进行的验收项目达成协议。

7.1.3 参加性能验收的各方，应对制造厂提供的性能保证和采用本导则以外的性能标准达成协议。

7.1.4 参加性能验收的各方，应在不具备或尚不能满足某项性能验收试验条件等情况下，对其性能验收方法达成协议。

7.1.5 承担试验方编写验收试验大纲，并应征得参加性能验收各方的认可。

7.1.6 用户和制造厂的授权代表应参加性能验收、鉴证的全过程。

7.2 性能验收条件

7.2.1 在制造厂内进行性能验收试验前，控制器必须完成拷机、硬件老化试验，通电时间不得少于 90 天。

7.2.2 电液调节系统的所有现场设备，应按照有关标准要求安装、调试完毕，并通过验收合格。

7.2.3 电液调节系统的硬件和软件，应按照制造厂的技术文件和相关标准要求安装、调试完毕。

7.2.4 电液调节系统随机投入，机组已带满负荷稳定运行。

7.3 性能验收试验

性能验收试验方法按照 DL/T 711、DL/T 656 的有关规定执行，或按供、需双方协商的方法进行。

附录 A
(规范性附录)
电液调节系统加权系数

A.1 电液调节系统硬件加权系数

电液调节系统硬件加权系数见表 A.1。

表 A.1 硬件加权系数表

硬 件	加 权 系 数	硬 件	加 权 系 数
中央处理单元	0.6 (冗余), 1.0 (非冗余)	显示器 (CRT)	0.8
功率/转速过程卡件	1.0/1.0	打印机	0.1
其他过程卡件	0.5	操作员操作员站	0.9
键盘	0.5	数据通道	0.5 (冗余), 1.0 (非冗余)

A.2 电液调节系统应用功能加权系数

电液调节系统应用功能加权系数见表 A.2。

表 A.2 应用功能加权系数表

功 能	加 权 系 数
基本控制功能: 转速控制/负荷控制	1.0/1.0
基本操作控制功能	1.0
基本接口功能	1.0
可选控制功能	0.5
可选接口功能	0.5
机组保护和超速限制	1.0
在线试验	0.5
数据采集处理功能: 显示/报警/打印记录	0.5/0.25/0.1
与 DCS 系统的通信接口	0.8~1.0 ^a
^a 当由 DCS 操作员站作为监控手段时, 取大值。	

附录 B
(规范性附录)
液体工质标准

B.1 新抗燃油的油品标准

新抗燃油的油品标准见表 B.1。

表 B.1 新抗燃油的油品标准

序号	项 目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
1	外观	透明	透明	DL/T 429.1
2	颜色	淡黄	淡黄	DL/T 429.2
3	密度 (20℃) g/cm^3	1.13~1.17	1.13~1.17	GB/T 1884
4	运动黏度 (40℃) mm^2/s	28.8~35.2	37.9~44.3	GB/T 265
5	凝点 ℃	≤ -18	≤ -18	GB/T 510
6	闪点 ℃	≥ 235	≥ 240	GB/T 3536
7	自燃点 ℃	≥ 530	≥ 530	
8	颗粒污染度 SAE749D 级	≤ 6	≤ 4	SD313
9	水分 % (m/m)	≤ 0.1	≤ 0.1	GB/T 7600
10	酸值 mgKOH/g	≤ 0.08	≤ 0.08	GB/T 264
11	氯含量 % (m/m)	≤ 0.005	≤ 0.005	DL/T 433
12	泡沫特性 (24℃) mL	≤ 90	≤ 25	GB/T 12579
13	电阻率 (20℃) $\Omega \cdot \text{cm}$	—	$\geq 5.0 \times 10^9$	DL/T 421

B.2 运行中抗燃油的油品标准

运行中抗燃油的油品标准见表 B.2。

表 B.2 运行中抗燃油的油品标准

序号	项 目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
1	外观	透明	透明	DL/T 429.1
2	颜色	桔红	桔红	DL/T 429.2
3	密度 (20℃) g/cm^3	1.13~1.17	1.13~1.17	GB/T 1884
4	运动黏度 (40℃) mm^2/s	28.8~35.2	37.9~44.3	GB/T 265
5	凝点 ℃	≤ -18	≤ -18	GB/T 510

表 B.2 (续)

序号	项 目	中压抗燃油 ($\leq 4\text{MPa}$)	高压抗燃油 ($\geq 11\text{MPa}$)	试验方法
6	闪点 ℃	≥ 235	≥ 235	GB/T 3536
7	自燃点 ℃	≥ 530	≥ 530	
8	颗粒污染度 SAE749D 级	≤ 5	≤ 3	SD313
9	水分 % (m/m)	≤ 0.1	≤ 0.1	GB/T 7600
10	酸值 mgKOH/g	≤ 0.25	≤ 0.20	GB/T 264
11	氯含量 % (m/m)	≤ 0.015	≤ 0.01	DL/T 433
12	泡沫特性 (24℃) mL	≤ 200	≤ 200	GB/T 12579
13	电阻率 (20℃) $\Omega \cdot \text{cm}$	—	$\geq 5.0 \times 10^9$	DL/T 421
14	矿物油含量 % (m/m)	≤ 4	≤ 4	

B.3 运行中透平油的油质标准

运行中透平油的油质标准见表 B.3。

表 B.3 运行中透平油油质量标准

序号	项 目	设备规范	质量标准	测试方法
1	外状	—	透明	目测外观
2	运行黏度 (40℃) mm^2/s	—	与新油原始测量值的偏离值不低于 20%	GB/T 256
3	闪点 (开口) ℃	—	与新油原始测量值相比不低于 15	GB/T 267
4	机械杂质	—	无	目测外观
5	颗粒度	250MW 及以上机组	NAS 1638 标准 8~9 级 MOOG 标准 6 级	SD 313 DL/T 432
6	酸值 mgKOH/g	未加防锈剂 加防锈剂	≤ 0.2 ≤ 0.3	GB/T 7599 或 GB/T 264
7	液相锈蚀	—	无锈	GB/T 11143
8	破乳化度 min	—	≤ 60	GB/T 7605
9	水分 mg/L	200MW 及以上机组 200MW 以下机组	≤ 100 ≤ 200	GB/T 7600 或 GB/T 7601
10	起泡沫试验 mL	250MW 及以上机组	极限值为 600 痕迹/mL	GB/T 12579
11	空气释放值 min	250MW 及以上机组	极限值为 10min	SH/T 0308

附 录 C
(资料性附录)
液体工质颗粒度分级标准

C.1 液体工质 MOOG 颗粒度分级标准

液体工质 MOOG 颗粒度分级标准见表 C.1。

表 C.1 MOOG 颗粒度分级标准

级 别	100mL 油中颗粒数				
	5 μ m ~ 10 μ m	10 μ m ~ 25 μ m	25 μ m ~ 50 μ m	50 μ m ~ 100 μ m	>100 μ m
0	2700	670	93	16	1
1	4600	1340	210	28	3
2	9700	2680	380	56	5
3	24000	5360	780	110	11
4	32000	10700	1510	225	21
5	87000	21400	3130	430	41
6	128000	42000	6500	1000	92

C.2 NAS 颗粒度分级标准

NAS 颗粒度分级标准见表 C.2。

表 C.2 NAS 颗粒度分级标准

级 别	100mL 油中颗粒数				
	5 μ m ~ 15 μ m	15 μ m ~ 25 μ m	25 μ m ~ 50 μ m	50 μ m ~ 100 μ m	>100 μ m
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	88	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

C.3 ISO 与 NAS、MOOG 颗粒度分级标准之间的等量关系

ISO 与 NAS、MOOG 颗粒度分级标准之间的等量关系见表 C.3。

表 C.3 ISO 与 NAS、MOOG 颗粒度分级标准之间的等量关系

序 号	ISO 颗粒度标准	NAS 颗粒度标准	MOOG 颗粒度标准
1	26/23、25/23、23/20、21/18	12	—
2	20/18、20/17	11	
3	20/16、19/16	10	
4	18/15	9	6
5	17/14	8	5
6	16/13	7	4
7	15/12	6	3
8	14/12、14/11	5	2
9	13/10	4	1
10	12/9	3	0
11	11/8	2	—
12	10/8、10/7	1	
13	10/6、9/6	0	
14	8/5	00	
15	7/5、6/3、5/2、2/0.8		

C.4 抗燃油及矿物油对密封衬垫材料的相容性

抗燃油及矿物油对密封衬垫材料的相容性见表 C.4。

表 C.4 抗燃油及矿物油对密封衬垫材料的相容性

材料名称	磷酸酯抗燃油	矿物油	材料名称	磷酸酯抗燃油	矿物油
氯丁橡胶	不适应	适应	硅橡胶	适应	适应
丁橡胶	不适应	适应	乙丙橡胶	适应	不适应
皮革	不适应	适应	氟化橡胶	适应	适应
橡胶石棉垫	不适应	适应	聚四氟乙烯	适应	适应
聚乙烯	适应	适应	聚丙烯	适应	适应