



中华人民共和国国家标准

GB/T 9652.1—2019
代替 GB/T 9652.1—2007

水轮机调速系统技术条件

Specification of hydraulic turbine governing systems

(IEC 61362: 2012, Guide to specification of
hydraulic turbine governing systems, NEQ)

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 工作条件	1
4 技术要求	2
5 供货范围和备品备件.....	10
6 图纸与资料.....	10
7 铭牌、包装、运输、贮存	11
8 保证期.....	12

前 言

GB/T 9652 分为以下两个部分：

- GB/T 9652.1《水轮机调速系统技术条件》；
- GB/T 9652.2《水轮机调速系统试验》。

本部分为 GB/T 9652 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 9652.1—2007《水轮机控制系统技术条件》，与 GB/T 9652.1—2007 相比主要技术变化如下：

- 对适用范围进行了修改补充(见第 1 章)；
- 对工作条件进行了修改补充(见 3.3、3.4,2007 年版的 3.3)；
- 考虑到机械液压调速器、模拟电路调速器在我国均已停产十多年,目前的水轮机调速器产品都是微机型调速器,故删除了机械液压调速器、模拟电路电液调速器的有关条款(见表 2,2007 年版的 4.4.3.3、4.6.1、表 2)；
- 修改了转速死区考核要求(见 4.1.3)；
- 增加了水泵水轮机调速系统的技术要求(见 4.3.12)；
- 对手动、自动空载频率摆动考核指标进行了调整与补充(见 4.2.1、4.2.2、4.2.3)；
- 鉴于大型机组水轮机调速系统的接力器不动时间的实际现状,对接力器不动时间考核指标进行了调整(见 4.2.4)；
- 对甩 100%负荷考核要求作出了调整补充(见 4.2.5)；
- 增加了一次调频、功率调节方面的技术要求(见 4.2.6、4.2.7)；
- 增加了孤网调节方面的技术要求(见 4.2.8)；
- 修改了压力油罐/蓄能器可用油的体积要求(见 4.4.2)；
- 修改了备用泵启动条件(见 4.4.5、4.4.10)；
- 增加了压力等级的划分要求(见 4.4.12)；
- 增加了油泵电机启动间隔时间的指标要求(见 4.4.14)；
- 删除了通流式调速器的条款(见 2007 年版的 4.6.7)；
- 增加了冲击式水轮机调速系统、带调压阀控制的水轮机调速系统的技术要求(见 4.3.10、4.3.11)；
- 增加双向贯流式潮汐机组调速系统的技术要求(见 4.3.13)；
- 增加了手动工况下接力器位置漂移值的指标要求(见 4.3.19)；
- 增加了对调速系统油压漂移的指标要求(见 4.3.20)；
- 对调速器及油压装置各装置/组件模块的技术要求进行了调整补充(见 4.5)。

本部分使用重新起草法参考 IEC 61362:2012《水轮机控制系统规范指南》编制,与 IEC 61362:2012 的一致性程度为非等效。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国水轮机标准化技术委员会(SAC/TC 175)归口。

本部分主要起草单位:天津电气科学研究院有限公司、中国水利水电科学研究院自动化研究所、三峡水力发电厂、东方电机控制设备有限公司、中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、国电南瑞科技股份有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、武汉国测三联水电设备有限公司、中国大唐集团科

GB/T 9652.1—2019

学技术研究院有限公司水电科学研究院、武汉大学、西安理工大学。

本部分主要起草人：刘卫亚、张建明、邵宜祥、潘熙和、刘安平、程远楚、余志强、邬廷军、南海鹏、张新华。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 9652—1988；

——GB/T 9652.1—1997、GB/T 9652.1—2007。

水轮机调速系统技术条件

1 范围

GB/T 9652 的本部分规定了水轮机调速系统的工作条件、技术要求、供货范围和备品备件、图纸与资料、铭牌、包装、运输与储存、保证期等要求。

本部分适用于水轮机调速系统(包括水泵水轮机调速系统)的设计、制造、验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 150.1 压力容器 第1部分:通用要求
- GB/T 150.2 压力容器 第2部分:材料
- GB/T 150.3 压力容器 第3部分:设计
- GB/T 150.4 压力容器 第4部分:制造、检验和验收
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 3047.1 高度进制为 20 mm 的面板、架和柜的基本尺寸系列
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 4588.1 无金属化孔单双面印刷板分规范
- GB/T 4588.2 有金属化孔单双面印刷板分规范
- GB/T 8564 水轮发电机组安装技术规范
- GB/T 10886 三螺杆泵
- GB 11120—2011 涡轮机油
- GB/T 11805 水轮发电机组自动化元件(装置)及其系统基本技术条件
- GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 20663 蓄能压力容器
- GB/T 25133 液压系统总成 管路冲洗方法
- DL/T 1245 水轮机调节系统并网运行技术导则
- JB/T 4711 压力容器涂敷及运输包装
- JB/T 7036 液压隔离式蓄能器 技术条件
- JB/T 7041 液压齿轮泵
- JB/T 8091 螺杆泵试验方法

3 工作条件

3.1 接力器最大行程与导叶全开度相适应。对中、小型和特小型调速器,导叶实际最大开度至少对应于接力器最大行程的 80% 以上。调速器与油压装置的工作容量选择是合适的。

3.2 管道安装、焊接、清理与检查应符合 GB/T 8564、GB/T 25133 的规定。

3.3 水轮发电机组运行正常应符合以下要求：

- a) 水轮机在制造厂规定的条件下运行；
- b) 测频或测速信号源、水轮机导水机构、轮叶操作机构、喷针及折向器机构、调压阀操作机构、调速轴及反馈传动机构应无制造和安装缺陷，并符合各部件的技术要求；
- c) 所属自动化元件满足 GB/T 11805 的要求。

3.4 无调压室的水轮机引水系统的水流惯性时间常数 T_w 不大于 4 s；有调压室的水轮机引水系统，调压室稳定断面面积宜大于临界稳定断面面积。机组惯性时间常数 T_a 对反击式机组不小于 3 s，对冲击式机组不小于 2 s；同时，水流惯性时间常数 T_w 与机组惯性时间常数 T_a 的比值（机组惯性比率 R_1 ）不大于 1.2。

3.5 使用地点的海拔高度不超过 2 500 m。

3.6 不同海拔高度的调速器周围最高空气温度见表 1，最低空气温度：5 ℃。

表 1 不同海拔高度的最高空气温度

海拔高度/m	≤1 000	1 000~1 500	1 500~2 000	2 000~2 500
最高空气温度/℃	40	37.5	35	32.5

3.7 空气相对湿度：最湿月的月平均最大相对湿度不大于 90%，且无凝露，同时该月的月平均最低温度不大于 25 ℃。

3.8 调速系统所用油的质量应符合 GB 11120—2011 中 32 号~68 号涡轮机油、抗磨液压油或黏度相近的同类型油的规定，油液的清洁度等级应不低于 GB/T 14039—2002 第 21/18/15 级，工作油温范围为 10 ℃~50 ℃。

3.9 调整试验前，应排除调速系统可能存在的缺陷，如机械传动系统的死区、卡阻及液压管道与元、组件中可能存在的空气等。

注：本部分所规定的各项静态及动态特性指标均系在满足本章条件下制定。如不满足要求，有关指标可由供需双方协商。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 产品应按照规定程序批准的图样及文件制造。

4.1.2 调速系统接力器操作功容量应保证达到设计规定值。

4.1.3 调速系统静态特性应符合下列规定：

- a) 静态特性曲线应近似为直线。
- b) 在永态转差系数 $b_p = 4\%$ 时，测至主接力器的转速死区 i_x 和在水轮机静止及输入转速信号恒定的条件下接力器摆动值 Δy 不超过表 2 的规定值。

表 2 转速死区及接力器摆动规定值

项目	调速器操作功 $E_R/N \cdot m$			
	大型 $E_R > 75\ 000$	中型 $18\ 000 \leq E_R \leq 75\ 000$	小型 $3\ 000 \leq E_R < 18\ 000$	特小型 $E_R < 3\ 000$
转速死区 $i_x/\%$	0.02	0.06	0.10	0.20
接力器摆动值 $\Delta y/\%$	0.1	0.25	0.4	0.8

- c) 双调整反击式水轮机调速系统的轮叶随动系统不准确度 i_a 不得超过 0.8%，实测协联关系曲线与理论(设计)曲线的偏差应不大于轮叶接力器全行程的 $\pm 1\%$ 。
- d) 冲击式水轮机调速系统静态品质应达到：
- 1) 测至喷针接力器的转速死区符合表 2 规定；
 - 2) 在稳态工况下,对多喷嘴冲击式水轮机的任意两喷针之间的位置偏差,在整个范围内均不大于 1%；每个喷针位置对所有喷针位置平均值的偏差不大于 0.5%。
- e) 对每个导叶单独控制的水轮机,任意两个导叶接力器的位置偏差不大于 1%；每个导叶接力器位置对所有导叶接力器位置平均值的偏差不大于 0.5%。
- f) 对于水泵水轮机调速系统,实测的扬程与导叶开度关系曲线与理论(设计)关系曲线的偏差,不大于导叶接力器全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.2 水轮机调节系统动态特性

4.2.1 开机响应过程要求如下：

- a) 自机组启动开始至空载转速(频率)达到同期带,即 $99.5\% f_r \sim 101\% f_r$,所经历的时间 t_{SR} 不得大于从机组启动开始至机组转速达到额定转速 n_r (或额定频率 f_r)的 80%之升速时间 $t_{0.8}$ 的 5 倍,见图 1；
- b) 机组开机升速过程宜根据水压变化、机组振动和主轴摆度、水推力、转轮动应力、机组结构强度等所允许的开启速度、机组惯性时间常数、水流惯性时间常数等确定启动规律。

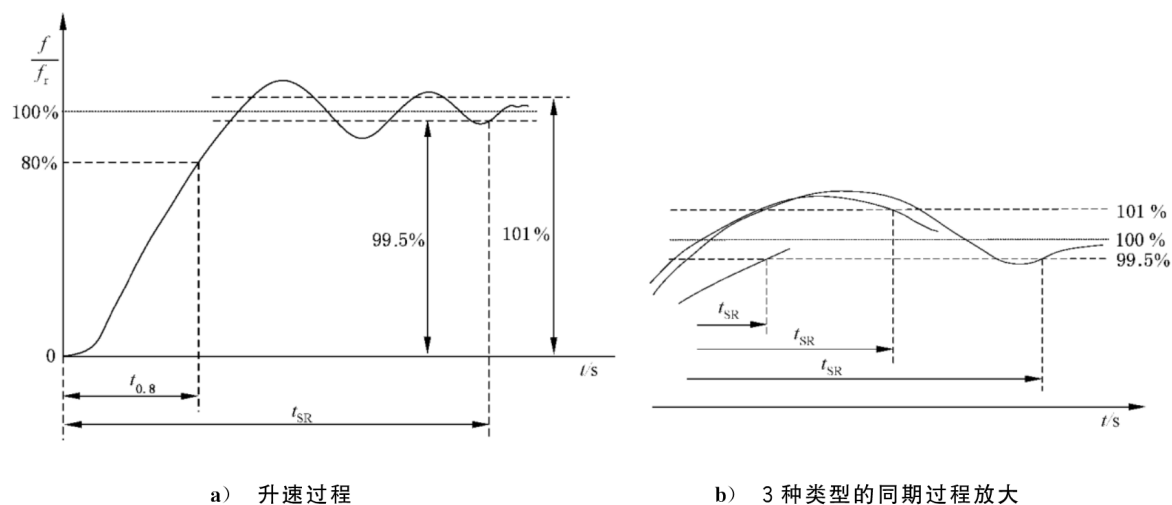


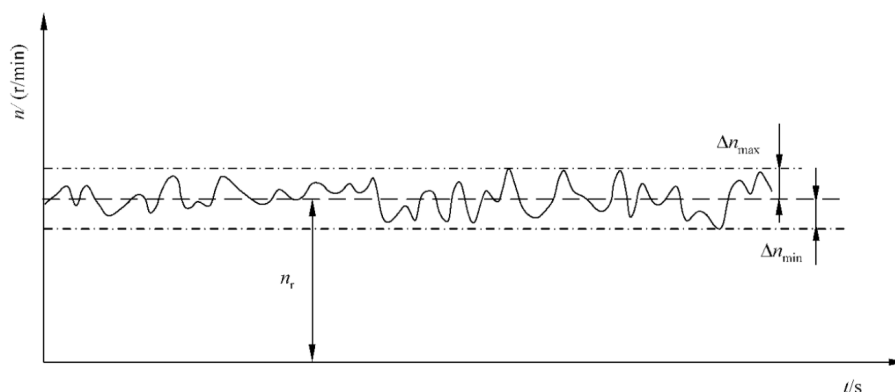
图 1 开机升速至同期转速过程曲线

4.2.2 机组空载转速摆动相对值 δx_n (见图 2) 要求如下：

- a) 在手动空载工况,励磁系统自动运行且机端电压变化不大于额定值的 $\pm 0.25\%$ 、接力器 3 min 内位置漂移不超过 $\pm 0.2\%$ 的条件下,水轮发电机组 3 min 转速摆动相对值对大型机组不超过 $\pm 0.24\%$ ；对中小型、微型机组不超过 $\pm 0.4\%$ ；

注：此项的意义在于确认空载转速摆动在多大程度上是由被控对象自身因素,即非调速器因素引起的。

- b) 当手动空载转速摆动相对值满足 4.4.2a) 之规定值时,自动工况水轮发电机组 3 min 转速摆动相对值,对大型机组不超过 $\pm 0.18\%$ ，对中小型机组不超过 $\pm 0.33\%$ ，微型机组不超过 $\pm 0.38\%$ ；
- c) 若手动空载转速摆动相对值超出 4.4.2a) 之规定值,则自动空载转速摆动相对值不得大于相应手动空载转速摆动相对值。



说明:

$$\delta x_n = \pm \frac{|\Delta n_{\max}/n_r| + |\Delta n_{\min}/n_r|}{2} \times 100\% ;$$

n_r ——机组额定转速, r/min。

图 2 机组转速波动曲线

4.2.3 机组在空载工况自动运行,当频率阶跃变化的有效频差不小于额定频率 f_r 的 4% 时,调节系统空载扰动响应过程的动态调节性能(见图 3)要求如下:

- a) 频率变化衰减度 ψ (与起始偏差符号相同的第 2 个转速偏差峰值与起始偏差峰值之比)应不大于 30%;

注:若频率变化是单调无超调响应过程,则衰减度 ψ 视为 0。

- b) 频率最大超调量 Δf_{\max} 不得超过扰动量 Δf_0 的 40%;
- c) 自阶跃扰动开始,到调节稳定为止的调节时间 T_{FR} 不得超过 35 s;
- d) 在调节时间 T_{FR} 内,频差超过 ± 0.5 Hz 的波动次数 Z (频率的波峰个数与波谷个数之和的一半)不得超过 2 次;
- e) 对于接力器分段关闭速率整定值小于 1%/s 的机组除外。

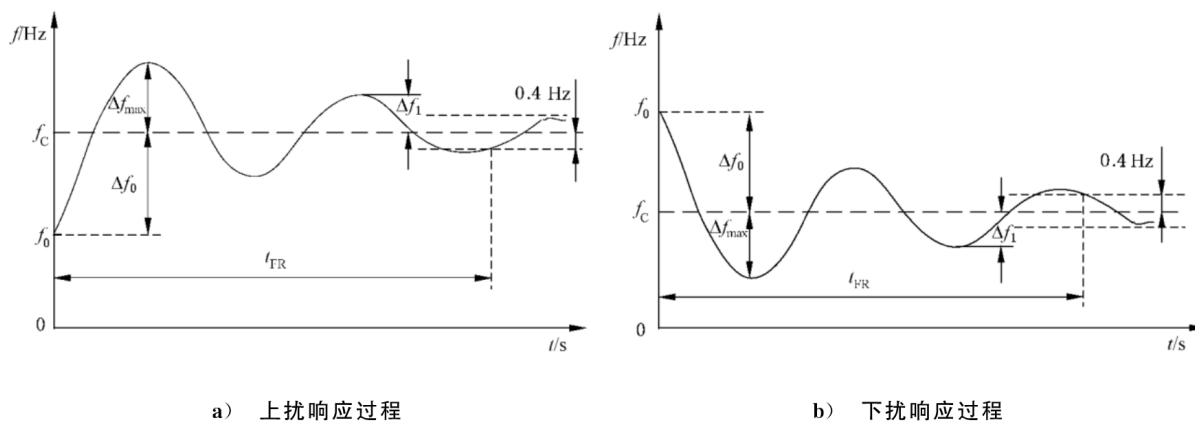


图 3 频率扰动响应调节过程曲线

4.2.4 转速或指令信号按规定形式变化,接力器不动时间 T_q 不得超过 0.2 s;对于配用主配压阀直径 200 mm 及以上的调速系统,不得超过 0.3 s。对于采用先慢后快特殊关机规律的机组、喷针接力器关闭时间大于 30 s 的机组除外。

4.2.5 机组甩 100% 负荷时的动态调节性能(见图 4)要求如下:

- a) 在甩负荷调节过程中,偏离稳态转速 3% 以上的波动次数 Z 不得超过 2 次;对于解列后需要带

厂用电的机组,甩负荷后机组最低转速 n_{\min} 不得低于额定转速 n_r 的 90%。

- b) 从甩负荷开始至机组转速摆动相对值不超过 $\pm 1\%$ 为止的调节时间 T_E 与从甩负荷开始至转速升至最高转速所经历的时间 T_M 的比值,对中、低水头反击式水轮机不得大于 8,轮叶关闭时间较长的转桨式水轮机不得大于 12;对高水头反击式水轮机和冲击式水轮机不得大于 15。
- c) 上述 a)、b) 要求对于下列情况除外:接力器分段关闭速率整定值小于 $1\%/s$ 的机组、轮叶全行程关闭时间大于 40 s 或投入浪涌控制的转桨式机组、采用先慢后快特殊关机规律的机组、甩负荷后直接作用于停机的机组。

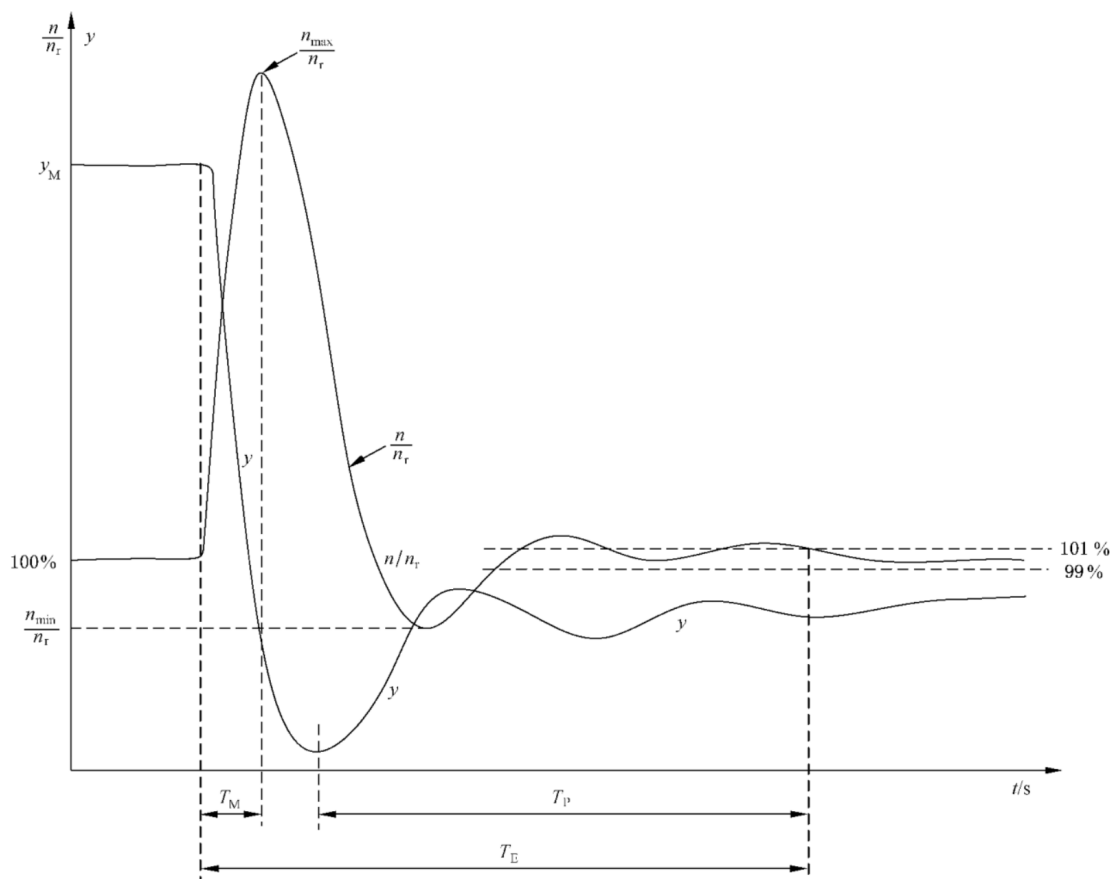


图 4 甩负荷调节过程曲线

4.2.6 水轮机调节系统一次调频性能应符合 DL/T 1245 的规定。

4.2.7 采用功率调节模式的调节系统,机组在带负荷工况下稳定运行,以调速器接收到功率调节指令为起点,其功率响应过程的动态调节性能(见图 5)要求如下。

- a) 有功功率最大超调量 ΔP_{\max} 不得超过扰动量 ΔP_0 的 45%。
- b) 调节时间 t_s 应满足:
- 1) 当有功功率的目标值变化量不小于机组额定有功功率 P_r 的 25% 时, t_s 应不大于 45 s。
 - 2) 当有功功率的目标值变化量为机组额定有功功率 P_r 的 5%~25% 时, t_s 宜为 30 s~45 s。
 - 3) 当有功功率的目标值变化量小于机组额定有功功率 P_r 的 5%、且大于人工功率死区 E_P 时, t_s 宜不大于 30 s。
- c) 在调节时间 t_s 内,功率偏差超过 $5\%P_r$ 的波动次数 Z (功率的波峰个数与波谷个数之和的一半) 不得超过 2 次。
- d) 上述考核要求对于下列情况除外:接力器开启或关闭速率整定值小于 $2\%/s$ 的机组、轮叶全行

程关闭时间整定值大于 40 s 的转桨式机组,但应不影响机组的安全稳定运行。

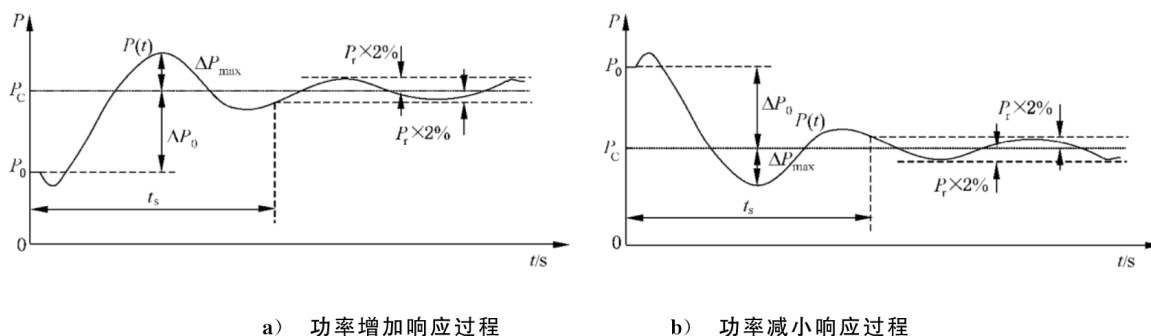


图 5 有功功率响应过程曲线

4.2.8 对于具有孤立运行工况的电站,调速系统应具有孤网自动识别能力,保证机组在孤网运行工况下的稳定运行并满足下列条件:

- a) 当外部负荷发生变化(不大于机组额定功率的 15%)而引起频率变化时,调节过程中频率变化衰减度 ψ 应不大于 30%。
- b) 在无外部负荷突变的条件下,频率摆动应在 $\pm 3\%$ 范围内。
- c) 上述 a)、b) 要求对于下列情况除外: 轮叶全行程关闭时间大于 40 s 的转桨式机组、接力器分段关闭速率整定值小于 1%/s 的机组。

4.2.9 带负荷工况下,调节系统应根据频率及相关信号量的变化,实现不同并网运行模式之间的自动切换及人工切换。

4.3 调速器

4.3.1 调节参数宜具有两种参数体系表达方式之一,其调整范围应分别包容如下规定值:

- a) 并联 PID 参数体系:
 - 比例增益 K_P : 0~20;
 - 积分增益 K_I : $0\text{ s}^{-1} \sim 10\text{ s}^{-1}$;
 - 微分增益 K_D : 0 s~5 s。
- b) 加速度-缓冲式参数体系:
 - 暂态转差系数 b_t : 1%~200%;
 - 缓冲时间常数 T_d : 1 s~20 s;
 - 加速时间常数 T_n : 0 s~2 s。

4.3.2 开度限制应能在零至最大值范围内任意整定。

4.3.3 永态差值系数 b_p 或调差率 e_p 应能在零至 10% 范围内整定,且误差不得超过设定值的 10%。

4.3.4 接力器的开启时间 T_g 和关闭时间 T_f 应能在设计参数的范围内整定。

4.3.5 调速器应能实现机组以自动和手动方式启动、功率增/减、停机、事故停机和紧急事故停机。当调速器自动部分失效时,应能手动操作、运行。中小型调速器的接力器如无机械手动操作机构时,油压装置应装有备用油泵。

4.3.6 带有压力油罐/蓄能器的调速器应装设紧急停机装置,并动作可靠。

4.3.7 调速器应具备根据水头信号自动修正导叶/喷针启动开度、轮叶启动转角、空载限制开度、最大功率限制开度、空蚀限制开度、协联关系等功能。

4.3.8 大型和中型调速器应设冗余电源,当工作电源故障时,应自动切换至备用电源。工作电源和备用电源相互切换时,水轮机主接力器的行程变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.3.9 人工频率死区 E_f 应能在额定频率的 $-2\% \sim +2\%$ 范围内整定;人工功率死区 E_p 应能在机组额

定功率的 $-5\% \sim +5\%$ 范围内整定。

4.3.10 冲击式水轮机调速器要求如下：

- a) 应具备折向器的投/退及协同控制的组件或功能；
- b) 折向器与喷针可采用协联控制，也可采用直联(并联)控制；
- c) 多喷嘴冲击式水轮机在负荷调整过程中，应以对称喷针依次投入或退出，保证机组流量波动小且调整平稳；
- d) 机组频率在正常范围时，折向器宜先于喷针打开、后于喷针关回；
- e) 当机组转速上升达到折向器折入的条件时，折向器应以设计的最快速度可靠关闭；
- f) 带有反向喷针控制的调速器，应能根据需要正常投/退。

4.3.11 带有调压阀控制水轮机的调速器要求如下：

- a) 应具备实现调压阀快速开启、缓慢关闭的功能，且开启和关闭时间，应能在设计参数的范围内整定；
- b) 导叶接力器处于稳定位置或小幅度变化时，调压阀应关闭；
- c) 导叶开度增加时，调压阀应关闭；
- d) 水轮机流量或功率大幅度减小时，调压阀应快速开启，导叶应快速关闭，两者应协调同步；调压阀开启动作与导叶关闭动作的时间差应不大于 0.2 s ；
- e) 若调压阀未能同步开启，则导叶接力器应以设计整定的慢关速度关闭。

4.3.12 水泵水轮机调速系统要求如下：

- a) 应具备水头-开度协调控制、电网频率-扬程协调控制功能；
- b) 在机组甩负荷或水泵失去动力时，调速系统应根据机组运行方式按调节保证计算设计的规律关闭导叶；
- c) 与监控系统配合，实现各种方式的自动开、停机操作。应具有：静止变频启动、背靠背启动、机组由静止至抽水、抽水至静止、静止至水泵调相、水泵调相至静止以及静止至发电、发电至静止、静止至发电调相、发电调相至静止、静止至黑启动等功能。所有操作应动作正确，操作时间符合设计要求；
- d) 与监控系统配合，实现各种运行工况的转换，包括：水泵调相转抽水、抽水转水泵调相、发电调相转发电、发电转发电调相、水泵工况转发电工况、发电工况转水泵工况，转换过程应动作正确，转换调整时间符合设计要求；
- e) 在背靠背启动时，控制拖动机的调速系统对导叶开度的控制速率应满足拖动力矩和转速差的要求。

4.3.13 双向贯流式潮汐机组调速系统应能实现：正/反向发电、正/反向抽水、正/反向泄水、正/反向开机及停机等各种运行工况的转换，转换过程应动作正确，转换调整时间符合设计要求。

4.3.14 大型和中型调速器稳定发电运行时，当测频/测速单元输入信号、水头信号、功率信号或接力器反馈信号等重要信号消失时，应能使机组保持当前所带的负荷，水轮机主接力器的行程变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ ，同时要求不影响机组的正常停机和事故停机。

4.3.15 大型和中型调速器除基本功能外，还应具有故障诊断和容错控制等功能，并配置与上位机通信的接口。

4.3.16 在稳定状态下，且被控量偏差在人工死区范围内，调速器控制模式(频率控制、功率控制、开度控制、水位控制和流量控制)切换时，水轮机主接力器的行程变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.3.17 在稳定状态下，且被控量偏差在人工死区范围内，调速系统手动方式/自动方式、主/备用控制器相互切换时，水轮机主接力器的行程变化不得超过其全行程的 $\pm 1\%$ 。

4.3.18 在规定油温及额定油压下调速器的漏油量及静耗油量应满足设计要求。

4.3.19 手动状态下，接力器处于稳定位置时 10 min 内的位移漂移量，在离网状态，不得超过其全行程

的±0.2%；在并网运行状态，不得超过其全行程的±0.5%。

4.3.20 在调节参数、指令信号及输入信号不变的条件下，油压在正常工作范围内变化时，所引起的主接力器位置漂移量不得超过全行程的±0.5%。

4.3.21 调速器的综合漂移量折算为转速相对值，不得超过 0.5%。

4.4 油压装置

4.4.1 油压装置正常工作油压的变化范围应在名义工作压力的±2%~4%以内(对额定油压为 10 MPa~16 MPa 的油压装置，其正常工作油压的变化范围可达名义工作油压的±5%)。紧急停机压力(事故停机的最小压力) p_T 的选择应使关机后压力不降到最低操作压力 p_R 以下。最低操作压力 p_R 根据要求的接力器操作功容量 $E_R(N \cdot m)$ 和所用的接力器有效工作容积 $V_S(m^3)$ 由式(1)求得：

$$p_R = E_R / V_S \times 10^{-6} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- p_R ——最低操作压力，单位为兆帕(MPa)；
- E_R ——接力器操作功容量，单位为牛米(N·m)；
- V_S ——接力器有效工作容积，单位为立方米(m³)。

4.4.2 在不启动油泵的情况下，自正常工作油压下限至最低操作压力 p_R 之前，压力油罐/蓄能器可用油体积至少应满足如下要求：

- a) 单调整反击式机组调节系统为导叶接力器总容积的 3 倍；
- b) 双调整反击式机组调节系统为导叶接力器总容积的 3 倍再加轮叶接力器容积的 2 倍；
- c) 双调整冲击式机组调节系统为折向器接力器总容积的 3 倍再加喷针接力器总容积的 2 倍；
- d) 对于带调压阀控制的双调整调节系统为导叶接力器总容积的 3 倍再加调压阀接力器容积的 4 倍；
- e) 在用于孤网运行的情况下，应适当加大可用油体积，具体数值由供需双方商定。

4.4.3 在正常工作油压上限，油-气接触式压力油罐内油和空气体积比宜为 1/3~1/2。

4.4.4 液压隔离式蓄能器充气压力 p_0 的取值宜为最低操作压力 p_R 的 0.93 倍。

4.4.5 油压装置应设置不少于 2 台的油泵，每台油泵的输油量足以补充漏油量，并有至少 2 倍的安全系数。每台泵的每分钟输油量不小于接力器总容积的 0.5 倍。对小型调速器的油压装置也可设置一台电动油泵和一台手动油泵，手动油泵的输油量不小于设计值。

4.4.6 油泵输油时，油泵出口至压力油罐的压力降宜不大于 0.2 MPa。

4.4.7 供油及操作油管路的油液流速宜不大于 5 m/s，回油管路的油液流速应不大于 4 m/s，吸油管路的油液流速应不大于 1.2 m/s。

4.4.8 当油压高于工作油压上限 2% 以上时，安全阀应开始排油；当油压高于工作油压上限的 10% 以前，安全阀应全部开启，并使压力油罐中油压不再升高。安全阀的泄漏量应不大于油泵输油量的 1%。

4.4.9 设有自动补气装置的油压装置，应设空气安全阀，其动作值为工作油压上限的 114%。

4.4.10 当油压低于工作油压下限的 4%~8% 时，有备用油泵的油压装置应启动备用油泵。

4.4.11 油压装置各压力信号器整定值的动作偏差，宜不超过整定值的±2%。

4.4.12 额定压力等级可划分为：2.5 MPa、4.0 MPa、6.3 MPa、10 MPa、12.5 MPa、14 MPa、16 MPa。

4.4.13 压力容器的油压和油位均在正常工作范围内时，关闭所有阀门，8 h 后油压下降不得大于额定油压的 4%。

4.4.14 在调节系统稳定状态下，对于间歇运行的油压装置，油压从正常操作油压上限降至正常操作油压下限的间隔(油泵启动间隔)时间应大于 30 min。对于带有减压阀的系统、漏油量(不包括调速系统自身的泄漏)超过油泵额定流量 30% 的转桨式机组、接力器窜油超过油泵额定流量 30% 的机组、额定工作油压超过 12.5 MPa 的调节系统除外。

4.4.15 在正常工作或维修条件下,回油箱的容积应不小于调节系统全部油量总和的 1.1 倍。

4.5 对调速器及油压装置各装置/组件模块的要求

4.5.1 调速器电气装置/组件模块应符合以下要求:

- a) 调速器控制柜与其他屏柜并列布置时,其外形尺寸应符合 GB/T 3047.1 的规定。
- b) 交、直流电源及熔断器应标明电压、容量,控制用途的交、直流电源不得作为照明电源、动力设备电源及其他电源使用。
- c) 频率测量环节要求如下:
 - 1) 在测频周期为 0.04 s 的条件下,频率测量分辨率,对于大型调速系统及重要电站的中小型调速系统,应小于 0.003 Hz;对于一般中、小型调速器,应小于 0.005 Hz;对于特小型调速器,应小于 0.01 Hz;
 - 2) 应能适应正弦波、方波或梯形波等被测信号源,在信号电压为 0.5 V~150.0 V 时能稳定可靠工作;
 - 3) 应能滤除被测信号源的谐波分量和电气设备投/切引入的瞬间干扰信号。
- d) 电气装置内的组件模块印制板应满足 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 的规定。
- e) 绝缘电阻与工频耐受电压应符合下列条件:
 - 1) 控制柜中所有带电部件与裸露导电部件之间的绝缘电阻,在温度为 15 °C~35 °C 及相对湿度为 45%~75% 环境下测量,应不小于 1 M Ω ;
 - 2) 控制柜各独立带电部件与裸露导电部件之间,电路与金属外壳(或地)之间,在温度为 15 °C~35 °C 及相对湿度为 45%~75% 环境下试验,按其工作电压大小,应能承受表 3 规定的耐压试验电压,历时 5 s;见 GB/T 3797。

表 3 工频耐受电压试验 1

额定电压 U_i /V	工频试验电压(交流均方根值)/V
$U_i \leq 60$	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 690$	2 500

对不适于由主电路直接供电的辅助电路,应能承受按表 4 规定的耐压试验电压,历时 5 s。

表 4 工频耐受电压试验 2

额定电压 U_i /V	工频耐受电压(交流均方根值)/V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	$2U_i + 1\ 000$,其最小值为 1 500

- f) 参照 GB/T 17626.4 进行电快速瞬变试验,对调速器在电气和电子设备的电源端口、信号和控制端口耦合快速瞬变脉冲群干扰信号。在供电电源端口,保护接地时,试验电压峰值为 2.0 kV;在输入/输出信号(I/O)、数据和控制端口,试验电压峰值为 1.0 kV。

施加干扰时,电气装置的功能和动作应正确无误,继电器不应有异常动作。

4.5.2 电液转换组件/装置应符合以下要求:

- a) 在符合规定的使用条件下,应能正确、可靠工作;

- b) 电液转换组件/装置的操作力和行程/流量应不小于设计值；
- c) 静态性能:传递系数实际值与设计值误差应小于 5%，线性度误差小于 5%，死区及滞环小于 0.5%，重复精度小于 0.2%；
- d) 动态性能:响应频宽应不小于 3 Hz,阶跃调整时间宜为 10 ms~25 ms；
- e) 在稳定状态下,当电液转换组件/装置的控制信号消失时,接力器行程变化不得超过全行程的 ±1%,或使接力器向关机侧移动。

4.5.3 在规定压力降下的主配压阀(接力器控制阀)流量特性应符合设计规定值。

4.5.4 油泵应采用高效率产品,运转应平稳。在规定压力下的输油量和轴功率的性能容差参照 JB/T 8091。液压齿轮泵的空载排量,在额定压力、额定转速工况下的容积效率和总效率不得低于 JB/T 7041 的要求。三螺杆泵的性能参数应符合 GB/T 10886 的要求。

4.5.5 安全阀动作应正确、可靠、无强烈振动和噪声。

4.5.6 动补气装置及油位信号装置动作应正确、可靠,符合 GB/T 11805 的规定。

4.5.7 压力罐或蓄能器的设计、制造、焊接和检查,应符合 GB/T 150.1、GB/T 150.2、GB/T 150.3、GB/T 150.4、GB/T 20663、JB/T 7036 的有关规定。

4.5.8 受压铸件的质量应符合相应技术标准的规定。

4.6 指示仪表

4.6.1 所有指示仪表的精度宜不低于 2.5 级。

4.6.2 下列参数实测值与指示值的偏差不应大于设计规定值:

- a) 转速指令信号;
- b) 开度指令信号;
- c) 功率指令信号;
- d) 永态转差系数;
- e) 暂态转差系数、缓冲时间常数、加速时间常数;
- f) 比例增益、积分增益、微分增益;
- g) 开度限制信号。

4.7 外观要求

4.7.1 外形尺寸及安装尺寸应符合产品图样要求。

4.7.2 零部件的紧固、元件的焊接、装配、端子排编号应符合图样要求。

4.7.3 零部件及外壳不许有锈蚀、裂纹及明显划痕,镀层不应脱落。

4.7.4 装置的金属外壳或底座应有接地端子或接地螺钉,并应有明显的接地标志。

4.7.5 每台产品上的电机旋转方向及手轮、手柄转动方向,均应附有箭头标牌。

5 供货范围和备品备件

供货范围及备品备件的项目和数量由供需双方在合同中规定。

6 图纸与资料

图纸与资料包括:

- a) 产品技术条件、产品原理、安装、调整及使用说明书,3套/台;
- b) 产品原理图、安装图、总装配图,3套/台;

- c) 产品检查及试验记录,主要组件/部件(含外购件)的检查试验记录;
- d) 产品出厂合格证明。

7 铭牌、包装、运输、贮存

7.1 铭牌

每台产品应在适当的明显位置固定产品铭牌,其主要内容:

- a) 产品名称;
- b) 国家名称;
- c) 供方名称;
- d) 产品型号;
- e) 产品出厂编号;
- f) 产品出厂日期。

7.2 包装

7.2.1 包装箱应按照装箱图样制作,在其外壁应注明下列事项:

- a) 收货单位和地址;
- b) 供方单位和地址;
- c) 产品型号、名称及出厂编号;
- d) 产品净重、毛重、箱子重心线、吊索位置以及箱子的外形尺寸;
- e) 标明“轻放”“防潮”及“不准倒置”等字样和标志;
- f) 标志应符合 GB/T 191 的有关规定。

7.2.2 产品包装应按设备的不同要求及运输方式采取防雨、防潮、防霉、防尘、防震、防盐雾等措施。压力容器涂敷及运输包装应符合 JB/T 4711 的规定。

7.2.3 产品在包装前应做好下列准备工作:

- a) 在产品外部加工表面上采取必要的防锈措施;
- b) 将易碎、不耐震部件及表计拆下,另行妥善包装;
- c) 产品内部可动零部件应与机体固定;
- d) 液动元件内部宜留有一定数量的符合要求的油液;
- e) 随产品一起供应的技术文件及备品备件,经包扎后固定在一定位置。

7.2.4 装箱单开列的名称、数量应与箱内的实物和图纸资料相符。

7.3 运输

产品运输及装卸过程应按包装箱上的标志及有关规则进行。供方发运的件数、箱数、标志、发运时间、车次等应在发运的同时通知收货单位。

7.4 贮存

7.4.1 产品应放置在环境温度为一5℃~+40℃,相对湿度不大于90%,无凝露,室内无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用,不受灰尘、雨蚀的库房内。

7.4.2 自供方发货之日起,在正常的贮存条件下,供方应保证在1年内不致因包装不善而引起产品的锈蚀、性能及精度降低等。

8 保证期

在遵守保管、安装和发电规则的条件下,产品的保证期为:自供方发货之日起2年或产品投入运行1年(上述期限以先到为准)。在此期间因产品制造不良而发生损坏或不正常工作时,供方应无偿地为用户更换或修理。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
水轮机调速系统技术条件

GB/T 9652.1—2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2019年6月第一版

*

书号: 155066 · 1-62934

版权专有 侵权必究



GB/T 9652.1—2019