

ICS 27.140
K 55



中华人民共和国国家标准

GB/T 9652.2—1997

水轮机调速器与油压装置 试验验收规程

Test acceptance codes of governors
and pressure oil supply units
for hydro-turbines

1997-04-10 发布

1998-04-01 实施

国家技术监督局 发布

目 录

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 引用标准	1
3 验收一般规定	1
4 试验条件	2
5 试验项目	2
6 试验方法	4
7 试验报告	11
附录 A(标准的附录) 测试仪表	13

前 言

本标准系在 GB 9652—88《水轮机调速器与油压装置技术条件》第 4 章试验项目与试验方法的基础上,参考 IEC 308《水轮机调速系统试验的国际规范》(1970 年版),并结合我国多年水电建设的实践经验而编制的。

本标准从实施之日起,同时代替 GB 9652—88 的第 4 章。

本标准附录 A 是标准的附录。

本标准由全国水轮机标准化技术委员会控制设备分技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:东方电机厂、长江水利委员会长江控制设备研究所、天津电气传动设计研究所、华中理工大学、中国水利水电科学研究院自动化所、哈尔滨大电机研究所。

本标准起草人:孙邦彦、吴应文、李晃、魏守平、赵坤耀、郜瑞阁。

本标准于 1997 年首次发布。

本标准委托全国水轮机标准化技术委员会控制设备分技术委员会负责解释。

中华人民共和国国家标准

水轮机调速器与油压装置 试验验收规程

GB/T 9652.2—1997

代替 GB 9652—88

Test acceptance codes of governors
and pressure oil supply units
for hydro-turbines

1 范围

本标准规定了水轮机调速器与油压装置的试验项目、方法和条件,并给出试验验收的一般规定。
本标准适用于工作容量 350 N·m 及以上的水轮机调速器与油压装置。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 2423.2—89 电工电子产品基本环境试验规程

GB 3797—88 电控设备 第二部分:装有电子器件的电控设备

GB 9064—88 螺杆泵试验方法

GB/T 9652.1—1997 水轮机调速器与油压装置技术条件

GB/T 13926.4—92 工业过程测量和控制装置的电磁兼容性 电快速瞬变脉冲群要求

3 验收一般规定

3.1 验收条件 除应符合本标准第 4 章试验条件外,还应满足如下要求:

3.1.1 测频信号源特性应符合产品测频方式的技术要求(正弦频率信号的电压谐波分量应小于基波的 5%)。

3.1.2 交流输入电源电压波动不超过 $\pm 10\%$,短暂波动不超过 $+15\% \sim -10\%$ 。

3.2 验收依据 应按双方合同或技术协议、GB/T 9652.1 及本标准,进行出厂试验验收或电站试验验收。

3.3 验收准备 由有关各方首先确定验收试验大纲,明确试验项目、方法、程序及仪表等。其余参照本标准第 4 章进行。

3.4 验收时间 应按 GB/T 9652.1 或合同规定的保证期内,在产品出厂前和电站机组正式投运前进行验收试验。

3.5 验收试验仪表与费用 试验仪表准备与验收费用应按合同(协议)规定执行。有关试验仪表刻度校验或精度,均应符合本标准及有关试验各方的商定意见。

3.6 被验收试验设备 应对调速器与油压装置进行检查、调整及消除缺陷,以使设备处于正常运行状态。电站试验验收前,用户应使机组及其有关设备处于正常状态,并提供电网、引水系统、机组等有关技术数据资料(如机组惯性时间常数 T_a 、水流惯性时间常数 T_w 等)。

国家技术监督局 1997-04-10 发布

1998-04-01 实施

3.7 试验人员 一般由用户与厂家各派出足够数量合格的试验人员组成试验小组,或由用户委托第三方(费用由用户自理)和厂家人员进行试验;亦可双方协商按一定程序委托专家组试验。

3.8 仲裁方法 双方对验收试验结果有争议时,且经协商无效,可委托行业产品质量监督检测部门进行仲裁,并据仲裁结果分摊各方应承担的有关费用及责任。

3.9 试验记录 测试记录应记入原始记录表格,并有观测试验人员签名,允许复写、拍照、复制,不许重抄。

3.10 试验验收报告 可参照本标准第7章编写,验收报告应经双方试验负责人签字,还应注明原始记录保存方。双方依据试验结果进行评价,必要时可对试验设备进行调整及消除缺陷,并重复该项试验。

4 试验条件

4.1 试验准备工作

4.1.1 确定试验的类别及项目,编写试验大纲。

4.1.2 制定安全防范措施,注意防止进水阀门失灵、机组超速及引水系统异常、触电及其他设备和人身事故。

4.1.3 准备好与本试验有关的图纸、资料。

4.1.4 准备必要的工具、设备、试验电源,校正仪器仪表及传感器。

4.1.5 试验现场应具有良好的照明及通讯联络。

4.2 出厂试验条件

4.2.1 装置(或元件、回路)组装、接线、配管正确,具备充油、充气、通电条件。

4.2.2 检查试验用油的油质、油温、气源、电源及电压波形,应符合有关技术要求。

4.3 电站试验条件

4.3.1 装置各部分安装及外部配线、配管正确,具备充油、充气、通电条件。汽轮机油的油质、油温、高压空气、电源及电压波形,应符合有关技术要求及制造厂规定。

4.3.2 充水试验前,被控机组及其控制回路、励磁装置和有关辅助设备均安装调整完毕,并完成了规定的模拟试验,具备开机条件。

4.3.3 现场清理整洁完毕,调试过程中,不得有其他影响调试工作的施工作业。

4.3.4 工作条件应满足 GB/T 9652.1—1997 第3章的规定。

5 试验项目

可分四类,即:出厂试验、电站试验、型式试验和验收试验,详见表1。

表1

序号	条	试验项目	出厂试验	电站试验	型式试验	验收试验
1	6.1	测速装置检查试验	△*		△*	
2	6.2	电液转换器试验	△		△	
3	6.3	缓冲装置试验	△	△	△	
4	6.4	电气协联函数发生器的调整试验	△	△	△	△
5	6.5	电气装置温度漂移试验			△	
6	6.6	操作回路动作试验	△	△	△	△
7	6.7	电气回路绝缘试验	△	△	△	

表 1(完)

序号	条	试验项目	出厂试验	电站试验	型式试验	验收试验
8	6.8	电气回路介电强度试验	△		△	
9	6.9	电气装置抗干扰试验			△	
10	6.10	实用开环增益测定及开环增益整定试验		△	△	
11	6.11	转速指令信号、开度指令信号、功率指令信号、永态转差系数校验	△	△	△	
12	6.12	暂态转差系数 b_t 、缓冲时间常数 T_d 和加速时间常数 T_n 的校验或比例增益 K_p 、积分增益 K_i 和微分增益 K_D 的校验。	△*	△*	△*	
13	6.13	综合漂移试验	△	△		
14	6.14	调速器静态特性(包括人工转速死区)及转速死区测定试验	△	△	△	△
15	6.15	协联曲线及转叶随动系统不准确度测定试验	△	△	△	△
16	6.16	接力器关闭与开启时间调整	△	△	△	
17	6.17	接力器关闭与开启时间范围测定			△	
18	6.18	调速器总耗油量测定	△		△	
19	6.19	接力器反应时间常数 T_V 测定试验			△	
20	6.20	接力器不动时间 T_0 测定试验	△	△	△	△
21	6.21	空载试验		△	△	△
22	6.22	突变负荷试验(孤立运行)		△		
23	6.23	甩负荷试验		△	△	△
24	6.24	带负荷连续 72 h 运行试验		△	△	△
25	6.25	压力罐耐压试验	△		△	△
26	6.26	油压装置密封性试验及总漏油量测定	△**	△	△	△
27	6.27	油泵试运转及输油量检查	△	△	△	△
28	6.28	安全阀或阀组试验	△	△	△	△
29	6.29	油压装置各油压、油位信号整定值校验	△**	△	△	△
30	6.30	油压装置自动运行模拟试验	△**	△		

注：如无相应的环节功能，该项试验可不作；对未列入表 1 的环节功能，则可按厂家规定进行试验。

* 微型调速器除外。

** 指容积 4 m³ 及其以下的组合式油压装置。

6 试验方法

6.1 测速装置检查试验

6.1.1 信号源要求采用有足够功率、稳定和高精度的信号发生器。

6.1.2 测速装置带上实际负载或模拟负载,逐次改变转速信号,按单方向升高或降低,每次变化达到平衡状态后,测出其频率(或转速)及相应的输出,并绘制静态特性曲线,要求测点不少于10点。如有1/4测点不在曲线上,此试验无效。从静态特性曲线求出放大系数。

6.1.3 电气测速装置最小工作信号电压测定:当频率信号来自机组PT时,信号频率为额定值且恒定,由高向低改变信号电压,至相应输出发生变化时的信号电压即为最小工作信号电压。

6.1.4 飞摆应作逸速试验:飞摆装于专用试验台上调整中间位置后,使其转速上升到2倍飞摆额定转速值(对于轴流式、贯流式水轮机调速器要求上升到不低于水轮机飞逸转速所相应的值),连续运行5 min,然后检查有无异常。

6.2 电液转换器试验

6.2.1 位移输出型电液转换器

6.2.1.1 试验条件 电液转换器带规定负载或实际负载,在额定工作油压和正常振动电流下,活塞任一位置应无卡阻,振幅在规定范围内,中间平衡位置已调整好。油温保持在室温(或规定范围内),线圈绝缘电阻合格。

6.2.1.2 静特性试验 逐次增大或减少输入信号(电流或电压),每次稳定平衡后,测量电液转换器相应输出位移,测点不得少于10点,绘制其静态特性曲线;由曲线求出其工作范围、放大系数(mm/mA或mm/V)和死区。

6.2.1.3 耗油量测定 在工作油压和规定振动电流下,带上实际负载或规定负载,测定每分钟耗油量,并记录当时油温。

6.2.1.4 油压漂移测定 电液转换器带实际负载或规定负载,通以规定振动电流,在正常工作油压范围内,改变油压大小,测量电液转换器漂移值(使电液转换器位移为零,所需输入电流变化与额定电流之比即相对漂移值),并记录当时油温。

6.2.2 流量输出型电液转换器

6.2.2.1 试验条件 同6.2.1.1(负载为零)。

6.2.2.2 静特性试验 逐次增大或减少输入信号电流或电压,每次稳定平衡后,测量电液转换器相应空载输出流量,测点不得少于10点,绘制其静态特性曲线。由曲线求出其工作范围、放大系数(即流量增益——指在规定的输入电流范围内,空载输出流量曲线的斜率)和死区。

6.2.2.3 耗油量测定 在工作油压和规定的振动电流下,测定每分钟耗油量,并记录当时油温。

6.2.2.4 油压漂移测定 通以规定振动电流,在正常工作油压范围内,改变油压大小,测量电液转换器漂移值(控制流量为零,所需输入电流变化与额定电流之比,即相对漂移值),并记录当时油温。

6.3 缓冲装置试验

6.3.1 液压缓冲装置 在带实际负载情况下且飞摆处于额定转速工作状态,分别用专用工装上下两个方向给主动活塞一阶跃位移输入信号,其值一般不小于1 mm,用人工读数(千分表和秒表)或自动记录仪录制缓冲活塞回复平衡位置自然衰减时的若干组位移值及相应时间(或衰减曲线)。

6.3.2 电气缓冲装置 分别给予确定的正负阶跃输入信号,用自动记录仪录制输出量衰减的过程曲线。

输出量由初始值(100%)衰减到36.8%所经历时间,即为该整定缓冲时间常数 T_d 的实测值。试验3次,取其平均值。

缓冲装置特性曲线上,同一时间坐标的两个方向输出量的绝对值之差与其和的比值为相对偏差。在同一特性图上,应取从输出量由初始值回复到10%所经历的时间(以先到为准)全线段4等分中间3点

的相对偏差的平均值进行核算比较。缓冲时间常数偏差系指实测时间常数与理论时间常数之差和理论时间常数之比。理论时间常数则为与实测曲线输出量的初始值回复到10%所经历的时间相等的理论指数衰减的时间常数。

时间常数偏差 Δt 按下式计算：

$$\Delta t = \frac{T - T_d}{T} \times 100\%$$

式中： $T = t_{0.1}/2.3$ ——为理论缓冲时间常数，s；

$t_{0.1}$ ——缓冲装置输出量由初始值(100%)衰减到10%所经历的时间，s。

对机调仅考核缓冲时间常数约为5s~6s时的特性曲线。

6.4 电气协联函数发生器的调整试验

将协联函数发生器的水头信号调整到待试验的水头值，输入并逐次改变模拟导叶接力器行程的电气量，测出协联函数发生器的输出量，据此绘出该水头下以电气量表示的函数发生器协联曲线。以同样方法绘出几个水头下的转浆式水轮机函数发生器协联曲线。

将绘制的函数发生器协联曲线按照给定的理论协联曲线进行校核。

6.5 电气装置温度漂移试验

6.5.1 试验条件 T_n (或 K_0)=0，其余调节参数置于设计中间位置，开度给定及反馈信号置于中间值位置，放大器放大系数及负载为设计规定值，输入信号和频率给定为额定值不变，其余应符合GB 2423.2有关规定。

6.5.2 温度漂移试验 保持电压恒定，试验环境温度为5℃~45℃，升温前先保温30min，记录输出量，然后逐步升温，升温速度约为每5min上升5℃，每升温5℃后，保温30min，用表计或自动记录仪记录输出量，找出5℃~45℃范围内输出量最大偏差值，将其除以40℃再除以转速变化每1%的功率放大器的输出变化实测值，得出以转速偏差相对值表示的每变化1℃的输出量变化值。

6.6 操作回路动作试验

6.6.1 在制造厂内或电站蜗壳未充水条件下，进行如下试验项目：

自动开机、手自动切换、增减负荷、自动停机和事故状态模拟试验，试验方法根据电站和调速器等设备的实际情况制定。

6.6.2 在电站蜗壳充水条件下，进行如下试验项目：

手动开机、自动开机、手动停机、自动停机和手自动切换试验，试验方法根据电站和调速器等设备的实际情况制定。

6.7 电气回路绝缘试验

6.7.1 试验条件 环境温度15℃~35℃，相对湿度45%~75%。

6.7.2 绝缘试验应包括所有接线和器件，试验中应采取措施，防止电子元器件及表计损坏(对于不能承受规定的兆欧表电压的元件如半导体元件、电容器等，试验时应将其短接)。

6.7.3 绝缘试验时，使用兆欧表的额定电压应根据各电路的额定工作电压进行选择，详见表2：

表 2

额定工作电压 U_1 , V	兆欧表的额定电压, V
<48	250
$48 \leq U_1 < 500$	500

6.8 电气回路介电强度试验

6.8.1 试验条件 环境温度15℃~35℃，相对湿度45%~75%，对不能承受规定试验电压的元件，应将其短接，甚至采取绝缘措施，装置的柜门关闭，侧壁及金属罩应装好。

6.8.2 介电强度试验应在绝缘电阻合格后进行。

6.8.3 在电气柜和机械柜中非电连接两个独立电路之间,各带电回路与金属外壳(或地)之间,应按表3进行介电强度试验:

表 3

额定绝缘电压 U_i, V	介电试验电压(有效值), V
≤ 60	1 000
$60 < U_i \leq 300$	2 000
$300 < U_i \leq 660$	2 500

试验时,试验电压应从零或不超过全值的 1/2 开始,连续或最大以全值的 5% 阶跃上升,升至全电压值的时间不小于 10 s,然后维持 1 min,试验后将电压逐渐下降至零。

6.9 电气装置抗干扰试验

6.9.1 试验条件 用稳定的频率信号源模拟机组额定转速信号,调速器处于自动方式工况,所有调节参数置于刻度中间值,接力器稳定在某一位置。

6.9.2 电快速瞬变干扰试验 将规定参数的尖脉冲电压以其共模方式叠加和施加产品设计规定试验电压在装置的交流控制电源上,可选择脉冲列叠加或单脉冲叠加法。

试验方法可参照 GB/T 13926.4 和 GB 3797 进行。

6.10 实用开环增益测定及开环增益整定试验。

6.10.1 开环增益整定原则

为满足转速死区和随动系统不准确度指标,选取较大值,但不得超过实用开环增益。

6.10.2 缓冲型调速器实用开环增益测定

首先调整导叶接力器开关时间于规定值,然后置 b_p 、 b_i 于最大值, T_d 于中间值,接力器开到适当行程位置,用由大变小的方法改变有关放大系数和杠杆比,改变总开环增益。在自动方式工况下,向调速器施加 2% 阶跃转速偏差信号扰动,观察各种开环增益下的接力器运动情况。能使随动系统保持稳定且不超调的最大开环增益即为其实用开环增益。

6.10.3 随动系统实用开环增益测定

接力器开启、关闭时间已调整,符合规定要求,置放大系数和杠杆比为设计最大值,向随动系统输入端施加相当于接力器全行程 10% 的阶跃扰动信号,观察接力器运动情况。放大系数和杠杆比由大逐渐减小时能使随动系统保持稳定且不超调的最大开环增益即实用开环增益。

6.11 转速指令信号、开度指令信号、功率指令信号和永态转差系数校验。

6.11.1 转速指令信号校验

在制造厂或电站水轮机静止条件下进行。置 $b_p = 2\%$ 、 b_i 、 T_d 和 T_n 为最小值,当输入额定转速信号时,调整开度指令信号,使调速系统在接力器接近全关位置处于平衡状态,再将转速指令信号分别整定在两个极端位置 and 不同整定值,改变转速信号,使接力器回复到同一平衡位置,此时测得的转速偏差即为零行程转速调整范围 and 对应整定值的实测值。

6.11.2 开度指令信号校验

在静止状态下,置 $b_p = 6\%$,开度给定调到预定空载位置,用频率给定将导叶接力器调整到空载位置附近,操作开度给定,增减开度,使接力器相应平稳地开大或关小,开度给定调整到 100% 时,接力器亦相应为 100% 开度。

6.11.3 功率指令信号校验

在静止状态下,置 $b_p = 6\%$,模拟油开关合闸,测频回路输入额定频率信号,将功率给定调到零位,用频率给定将接力器调整到空载位置附近,然后操作功率给定,增减功率,导叶接力器亦相应平稳地开大

或关小,模拟功率变送器反馈信号送入功率比较回路,功率给定调整到 100%时,机组出力亦应为 100%。

6.11.4 永态转差系数 b_p (调差率 e_p)校验

置增益为整定值,频率给定为额定值, b_i 、 T_d 和 T_n 置最小值,或 K_p 为中间值、 K_I 为最大值, K_D 置最小值。置 $b_p(e_p)=2\%、6\%$,改变输入频率信号,测量导叶接力器某两点输出值(或机组某两点功率输出值)及对应的输入频率信号值,计算各刻度下的实测永态转差系数(调差率)。

为确保试验精度,应选择 25%和 75%行程(或功率)位置附近作为实测点。

亦可采用第 6.14 条实测永态转差系数。

6.12 暂态转差系数 b_t 、缓冲时间常数 T_d 和加速时间常数 T_n 的校验或比例增益 K_p 、积分增益 K_I 和微分增益 K_D 的校验。

6.12.1 暂态转差系数 b_t 校验

6.12.1.1 置 b_t 为整定值, b_p 和 T_n 为零,缓冲装置节流孔堵死或电容短路,调速器位于自动方式平衡状态下,操作开度限制机构到全开,输入频率比额定频率高 2 Hz,用频率给定或转速调整机构使接力器于 20%位置,记录稳定后接力器行程,降低输入频率直至比额定值低 2 Hz,记录稳定后接力器行程,计算 b_t 实测值。

6.12.1.2 亦可采用第 6.12.4 条测试方法,实测 b_t 值。

6.12.2 缓冲时间常数 T_d 校验

应用第 6.3 条或第 6.12.4 条测试方法,实测缓冲时间常数值。

6.12.3 加速时间常数 T_n 校验

调速器电气装置带实际负载或模拟负载,置 b_p 、 b_t 和 T_d 为零,输入频率和频率给定为额定值,置 T_n 于待校验的不同刻度位置,分别输入阶跃转速偏差信号,用自动记录仪录制电气装置输出量的过渡过程曲线。当输出量由初始值 100%衰减到 36.8%所经历时间,即为该刻度下的 T_{1V} 值,试验 3 次,求取其平均值,然后用下式求取加速时间常数 T_n 。详见图 1。

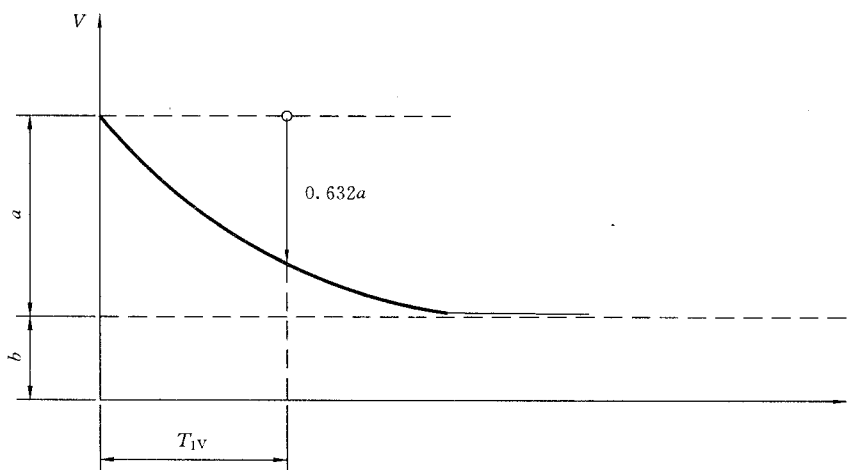


图 1

$$T_n = KT_{1V}$$

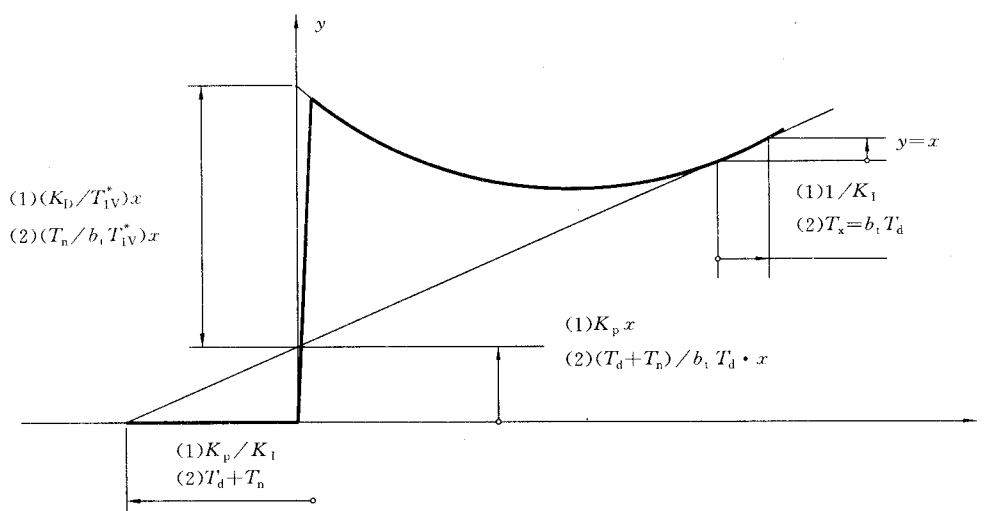
式中: $K = \frac{a}{b}$ ($a、b$ 由图 1 所示求取)

6.12.4 比例增益 K_p 、积分增益 K_I 和微分增益 K_D 校验。

6.12.4.1 试验条件 在制造厂或电站无水条件下,置 $b_p=0$,频率给定为额定值。

6.12.4.2 试验方法 置 b_t 、 T_d 、 T_n 或 K_p 、 K_I 、 K_D 于待校验值,调整输入转速信号使接力器稳定在 5% (或 95%)位置,对调节器施加阶跃转速偏差信号 x ,采用自动记录仪或示波器,录制调节器输出量 y 的

过渡过程, 详见图 2。



* 对微机电调应为 $T_{IV} + \tau$ τ —采样周期, s。

图 2

置 T_d 为最大值或 K_1 为最小值, 重复上述试验, 过渡过程曲线与第 6.12.3 条相似, 从中可得微分环节时间常数 T_{IV} 。

6.13 综合漂移试验

6.13.1 试验条件 在制造厂或电站无水条件下, 用稳定的频率信号源模拟机组的额定转速信号, 调速器于自动方式平衡状态, 所有调节参数置于刻度的中间值, 并使接力器在约 50% 的行程位置。

6.13.2 试验方法 把试验仪器与被测装置通电 30 min 以后, 记录输入信号的频率值、电源电压、环境温度、接力器行程和油压变化, 持续 8 h。试验过程中维持输入频率信号不变并不允许对调速器进行任何调整和操作。

6.13.3 将 8 h 试验过程中接力器行程最大变化量, 按实际整定 b_p 值折算成转速相对偏差, 此值称作综合漂移值。

6.14 调速器静态特性(包括人工转速死区)及转速死区测定试验

6.14.1 在制造厂内或电站水轮机静止条件下, 调速器静态特性及转速死区测定。

6.14.2 试验条件 $b_p = 6\%$, 开环增益为整定值。切除人工死区, b_i 、 T_d 和 T_n 为最小值或 K_D 为最小值, K_1 为最大值, K_p 为中间值, 频率给定为额定值。

6.14.3 试验方法 用稳定的频率信号源输入额定频率信号, 以开度给定将导叶接力器调整到 50% 行程附近。然后升高或降低频率使接力器全关或全开, 调整频率信号值, 使之按一个方向逐次升高和降低, 在导叶接力器每次变化稳定后, 记录该次信号频率值及相应的接力器行程, 分别绘制频率升高和降低的调速器静态特性曲线。每条曲线在接力器行程(5%~95%)的范围内, 测点不少于 8 点, 如测点有 1/4 不在曲线上, 则此试验无效。两条曲线间的最大区间即转速死区。

静态特性曲线斜率的负数即永态转差系数。

试验连续进行两次, 试验结果取其平均值。

6.14.4 人工(频率)死区单元测试

试验条件同第 6.14.2 条, 试验方法同第 6.14.3 条, 并投入人工死区, 置人工死区不同整定值, 据此试验结果绘制曲线, 求出实测人工频率死区值, 并校核其刻度值。

6.14.5 用阶跃频率信号法测定转速死区

试验条件同第 6.14.2 条, 输入额定频率信号, 用开度给定将接力器开到约 20%、80% 的行程位置。并在各位置上, 于额定转速基础上施加正负阶跃转速偏差信号, 并逐步增加偏差信号, 当接力器开始产生与此信号相应运动时, 在该位置施加信号次数应不小于 4 次(连续正负阶跃各 2 次), 要求接力器运动

方向每次均与该信号对应,否则还应继续增大信号幅值,直到求出满足上述要求的最小信号。用记录仪记录阶跃信号、接力器行程等值。两个位置正负阶跃转速偏差信号中最大值即为所求转速死区。

对大型调速器试验用接力器容积不小于 40 L。

6.15 协联曲线及转叶随动系统不准确度测定试验

在制造厂或电站水轮机静止条件下,置水头信号于设计值,试验条件同第 6.14.2 条用改变输入频率信号或手动开度限制机构方法,按一个方向逐次增加和减小电气调节器输出(或中间接力器行程)和导叶接力器行程,待稳定在新平衡位置后,测相应的转叶随动系统接力器行程,在导叶接力器(5%~95%)的范围内,测点不少于 8 点。如测点有 1/4 不在曲线上,则此试验无效。

据上述试验数据,作协联曲线并求取随动系统不准确度 and 实际协联曲线与理论曲线的偏差。试验应连续进行两次以上,试验结果取其平均值。

电站试验时,还应校验时,还应校验最大和最小水头下的协联曲线。

6.16 接力器关闭与开启时间调整

6.16.1 试验在制造厂或电站水轮机静止时进行(在电站应采取足够安全措施)。调整主配压阀活塞限制行程(或油路节流孔口),开度限制机构置于全开位置,采用下述方法,使接力器全开和全关。

6.16.2 在自动方式平衡状态下,向调速器突加绝对值不小于 30%的全开、全关转速偏差信号,或操作紧急停机电磁阀动作或复归。

6.16.3 当接力器移动时,记录接力器在 25%~75%行程之间移动所需时间,取其 2 倍作为接力器开启和关闭时间。按照水轮机制造厂或设计院的调节保证要求,整定接力器关闭和开启时间,并记录主配压阀活塞行程或节流孔口大小。

6.17 接力器关闭与开启时间范围测定

6.17.1 试验在制造厂或电站水轮机静止时进行(在电站应采取足够安全措施)调整主配压阀活塞限制行程或油路节流孔口位于最大和最小的情况下,开度限制机构置于全开位置。

6.17.2 在自动方式平衡状态下向调速器施加绝对值不小于 30%的全开、全关转速偏差信号,或操作紧急停机电磁阀动作或复归,记录接力器在 25%~75%行程之间移动所需时间,取其 2 倍作为接力器开启和关闭时间。

6.17.3 根据试验结果、接力器容积和测定时间求出相应的实际输油流量范围。

6.18 调速器总耗油量测定

在制造厂或电站水轮机静止时进行。切断油压装置向机组自动化元件等调速器以外的各部位供油管路,调速器处于额定转速自动方式平衡状态下,根据压力油箱内油位在一定时间内下降高度和油箱内径,算出单位时间内调速器总耗油量。

6.19 接力器反应时间常数 T_r 测定试验

试验在厂内或电站水轮机静止时进行。切除反馈,把主配压阀分别整定在不同行程,按开启(关闭)方向逐次使主配压阀从中间位置迅速移动到整定位置,测出主配压阀位移与相应接力器平均速度,将位移量换算为相对值,绘制关系曲线,求出接力器反应时间常数 T_r ,主配压阀由中间位置向开启或关闭侧位移时,各测 6 点以上。

如采用节流孔调整接力器开、关时间,在电站试验时,应先按规定要求整定节流孔大小,再测定 T_r 值。

6.20 接力器不动时间 T_d 测定试验

6.20.1 在制造厂内,大型调速器试验用接力器直径应不小于 $\phi 350$ mm,调速器处于自动方式平衡状态,调节参数位于中间值,开环增益为整定值。打开开度限制机构到全开位置,输入稳定的额定频率信号,接力器稳定在 50%行程左右,使输入频率信号 4 倍转速死区规定值阶跃变化,用自动记录仪记录输入频率信号和接力器位移,确定以频率信号增减瞬间为起点的接力器不动时间 T_d 。试验 3 次,取其平均值。

6.20.2 在电站通过机组甩负荷试验,获得机组甩 25% 负荷示波图,从图上直接求出自发电机定子电流消失为起始点,或甩 10%~15% 负荷,机组转速上升到 0.02% 为起始点,到接力器开始运动为止的接力器不动时间 T_q ,测试时应短接调速器用油开关辅助接点信号。用自动记录仪记录机组转速、接力器行程和发电机定子电流时,走纸速度时间分辨率不大于 0.02 s/mm,接力器行程分辨率不大于 0.2%/mm。

6.21 空载试验

6.21.1 手动方式空载工况下,测定机组在 3 min 内转速摆动值,重复三次,取其平均值。

6.21.2 自动方式空载工况下,对调速系统施加频率阶跃扰动,记录机组转速、接力器行程等的过渡过程,选取转速摆动值和超调量较小、波动次数少、稳定快的一组调节参数,提供空载运行使用。在该组调节参数下,测定机组在 3 min 内转速摆动值,重复三次,取其平均值。

6.22 突变负荷试验(孤立运行)

机组带孤立负荷后,在不同调节参数组合下,据现场情况,用不同方式使机组突增、突减负荷,使其变化量不大于机组额定负荷的 25%,观察并记录机组转速、水压、功率和导叶接力器行程等参数的过渡过程,据此选定孤立运行负荷工况时的调节参数。

6.23 甩负荷试验

置空载和负荷调节参数于选定值,调速器处于自动方式平衡状态。依次分别甩掉 25%、50%、75% 和 100% 的额定负荷,自动记录机组转速、导叶、转叶(或喷针、折向器)的接力器行程、蜗壳水压及发电机定子电流等参数的过渡过程。

6.24 带负荷连续 72 h 运行试验

调节系统和装置的全部调整试验及机组所有其他试验完成后,应拆除全部试验接线,使机组所有设备恢复到正常运行状态,全面清理现场,然后进行带负荷 72 h 连续运行试验。试验中应对各有关部位进行巡回监视并做好运行情况详细记录。

6.25 压力罐耐压试验

在制造厂家焊装压力罐完毕后,必须按照 GB 150 规定进行耐压试验,试验压力按下式选取:

$$P_t = 1.25 P \frac{[\delta]}{[\delta]_t} \text{MPa}$$

式中: P_t ——试验压力,MPa;

P ——设计压力,MPa;

$[\delta]$ ——压力罐材质在试验温度下的许用应力,MPa;

$[\delta]_t$ ——压力罐材质在设计温度下的许用应力,MPa。

在 P_t 试验压力下,保持 30 min,试验介质温度不得低于 5℃。检查焊缝有无泄漏,压力表读数有无明显下降。如一切正常,再排压至额定值,用 500 g 手锤在焊缝两侧 25 mm 范围内轻轻敲击,应无渗透现象。

6.26 油压装置密封性试验及总漏油量测定

压力罐的油压和油位均保持在正常工作范围内,关闭所有对外连通阀门,升压后 0.5 h 开始记录 8 h 内的油压变化、油位下降值及 8 h 前后的室温。

6.27 油泵试运转及输油量检查

6.27.1 油泵运转试验

启运前,向泵内注入油,打开进、出口压力调节阀门,安全阀或阀组均应处于关闭状态。空载运行 1 h,分别在 25%、50%、75% 额定油压下各运行 10 min,再升至额定油压下运行 1 h,应无异常现象。

6.27.2 油泵输油量检查

6.27.2.1 压力点油泵输油量测定

在额定油压及室温情况下,启动油泵向定量容器中送油(或采用流量计),记下实测压力点实测输油

量 Q_i 或计量容积 V_i 及计量时间 t_i , 按下式算出实测 Q_i 值:

$$Q_i = \frac{V_i}{t_i}$$

式中: Q_i ——压力点油泵实测输油量, L/s;

V_i ——压力点实测计量容积, L;

t_i ——压力点实测计量时间, s。

测定三次, 取其平均值。

6.27.2.2 零压点给定转速油泵输油量测定

试验时, 进出口压力调节阀门全开(进口压力指示不大于 0.03 MPa、出口压力指示不大于 0.05 MPa, 则视为进、出口压力示值为零), 按 6.27.2.1 方法测定零压点实测油泵输油量 Q_0 。

6.27.2.3 当试验转速、粘度与给定值不同时, 则应按下式换算:

$$Q_m = [Q_0 - (Q_0 - Q_i) \left(\frac{\gamma_i}{\gamma}\right)^K] \frac{n}{n_i}$$

式中: Q_m ——压力点给定转速油泵输油量, L/s;

γ ——规定粘度, mm^2/s ;

γ_i ——实际粘度, mm^2/s ;

n ——规定转速, r/min;

n_i ——实际转速, r/min;

K ——换算指数;

Q_0 ——零压点实测油泵输油量, L/s;

当 $\gamma_i < \gamma$ 时, $K = 0.5$; $\gamma_i > \gamma$ 时, $K = 0.25$ 。

6.27.3 油泵型式试验参照 GB 9064 进行。

6.28 安全阀或阀组试验

6.28.1 试验条件

可在真机或试验压力罐上进行安全阀或阀组动作模拟试验(后者应模拟真机油系统)。

6.28.2 安全阀调整试验

启动油泵向压力罐中送油, 根据压力罐上压力表来测定安全阀开启、关闭和全关压力。

测定 3 次, 取其平均值。

6.28.3 卸载阀试验

调整卸载阀中节流塞的节流孔径大小, 改变减载时间, 要求油泵电动机达到额定转速时, 减载排油孔刚好被堵住, 如从观察孔看到油流截止, 则整定正确。

6.29 油压装置各油压、油位信号整定值校验

人为控制油泵启动或压力罐排油排气, 改变油位及油压, 记录压力信号器和油位信号器动作值, 其动作值与整定值的偏差不得大于规定值。

6.30 油压装置自动运行模拟试验

模拟自动运行, 用人为排油排气方式控制油压及油位变化, 使压力信号器和油位信号器动作, 以控制油泵按各种方式运转并进行自动补气。通过模拟试验, 检查油压装置电气控制回路及油压、油位信号器动作的正确性。不允许采用人为拨动信号器接点的方式进行模拟试验。

7 试验报告

7.1 编写试验报告目的

是正式记载所观测的数据和计算结果。它应拥有足够资料证明按本试验验收规程所作全部试验, 已达到试验目的。此外, 还应将各试验结果列出表格或绘制曲线, 可包括经证实的原始记录(或复制件), 测