

ICS 27.140

K 55

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 615—2013

水轮机电液调节系统及 装置基本技术条件

Specifications of electro-hydraulic regulating system
and unit for hydraulic turbines

2013-09-06 发布

2013-12-06 实施



中华人民共和国水利部 发布

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
(水轮机电液调节系统及装置基本技术条件)

2013 年第 44 号

中华人民共和国水利部批准《水轮机电液调节系统及装置基本技术条件》(SL 615—2013) 为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水轮机电液调节系统及装置 基本技术条件	SL 615—2013		2013. 9. 6	2013. 12. 6

水利部
2013 年 9 月 6 日

中国水利出版社

水利水电工程预算定额
(水利水电工程预算定额)

水利部编

本定额是根据《水利水电工程预算定额编制办法》和《水利水电工程预算定额编制说明》编制的，适用于水利水电工程预算编制。

定额编号	定额名称	单位	数量	单价	合价
1.1.1.1	土方开挖	m ³	100	1.2	120.00

合计

1.2 1.2 1.2

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 角标和专用符号	2
4 工作条件	2
5 技术要求	3
5.1 总体要求	3
5.2 功能要求	4
5.3 性能要求	5
5.4 运行要求	7
5.5 电源	7
5.6 控制器	7
5.7 信号采集和显示	7
5.8 液压部件	8
5.9 其他结构、元件和工艺	8
5.10 与电站计算机监控系统的接口	8
6 试验及验收	9
6.1 试验	9
6.2 验收	9
7 供货范围和备品备件	9
8 图纸与资料	9
9 铭牌、包装、运输、贮存	9
9.1 铭牌	9
9.2 包装	9
9.3 运输	10
9.4 贮存	10
10 保证期	10
附录 A (规范性附录) 油压装置压力容器的容量	11
附录 B (资料性附录) 推荐的备品备件	13

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的要求，编制本标准。

为使水轮机电液调节系统及装置的设计、制造、运行满足安全适用、技术先进、经济合理的要求，特制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：水轮机电液调节系统及装置的适用范围、基本技术条件、试验及验收等。本标准可供水轮机电液调节系统及装置设计、制造、试验、验收时使用。

本标准共 10 章和 2 个附录。

本标准为全文推荐。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部。

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院。

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院。

本标准主编单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司。

本标准参编单位：长江水利委员会武汉长江控制设备研究所。

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社。

本标准主要起草人：王建华、周云章、季定泉、王爱生、刘立祥、胡定辉、贾宝良、黄天东、宋远超、郑涛平、郑建强、吴刚。

本标准审查会议技术负责人：朱兴旺。

本标准体例格式审查人：郑寓。

水轮机电液调节系统及装置基本技术条件

1 范围

本标准规定了水轮机电液调节系统及装置设计、制造、试验和验收的原则和要求,规范了电液调节系统及装置与水轮发电机组和电站监控系统之间的设备和功能接口要求。

本标准适用于工作容量不小于 $3000\text{N} \cdot \text{m}$ 的水轮机电液调节系统及装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 2681 电工成套装置中的导线颜色
- GB/T 2682 电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色
- GB/T 3047.1 高度进制为 20mm 的面板、架和柜的基本尺寸系列
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 9652.2 水轮机控制系统试验
- GB 11120 L-TSA 汽轮机油
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- 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 (IEC 61000-4-4: 2004, IDT)
- GB/T 20633 囊式蓄能用压力容器
- SL 26 水利水电工程术语标准
- JB 3136 电力传动装置用印刷电路板 装焊技术规范
- JB/T 4711 压力容器涂敷及运输包装
- JB/T 7041 液压齿轮泵
- JB/T 8091 螺杆泵试验方法
- JB/T 8191 电工术语 水轮机控制系统
- IEC 61362—1998 水轮机控制系统技术规范导则 (Guide to specification of hydraulic turbine governing systems)

3 术语、定义、符号

3.1 术语和定义

3.1.1 水轮机电液调节系统 electro-hydraulic regulating system of turbine

由水轮机电液调节装置和被控系统组成的闭环系统。

3.1.2 被控系统 controlled system

调节装置所控制的对象,称为被控系统。它包括水轮机、引水和泄水管道,装有电压调节器的发电机及其所并入的电网。

3.1.3 水轮机电液调节装置 electro-hydraulic governor of turbine

为实现水轮机调节及相应控制作用而设置的电子(电气)装置、液压部件、控制机构及指示仪表的组合,称为水轮机电液调节装置,其基本功能为转速调节或输出功率调节,并能实现启动、停机、

紧急停机等操作，也可进行水位或流量的调节。

3.1.4 电子调节器 electro-governor

将被测量偏差按一定调节规律转换成电气输出信号偏差的一些环节的组合。

3.1.5 随动装置 servo-positioner

使输出复现输入信号变化规律，具有功率放大能力的闭环系统。

3.1.6 电液随动装置 electro-hydraulic servo-positioner

由电子和液压部件组成的随动系统。

3.1.7 频率特性 frequency characteristic

系统在频率域内的数学模型。设 $s=j\omega$ ，有以下传递函数：

$$G(j\omega) = \frac{B(j\omega)}{A(j\omega)}$$

式中：

$j\omega$ ——拉普拉斯算子；

$G(j\omega)$ ——频率响应；

$B(j\omega)$ ——输入函数；

$A(j\omega)$ ——输出函数。

据此画出的图形称为系统的频率特性曲线。

3.1.8 阶跃响应 step-response

在阶跃输入信号下，系统输出信号随时间变化的过程。

3.1.9 一次调频 primary control of the speed of generating sets

受外界负荷变动影响，电网频率发生变化，各并网机组的调节系统参与调节，改变各机组所带的负荷，使之与外界负荷相平衡，并尽量减少电网频率变化的调频方式。

3.1.10 平均故障间隔时间 mean time between failures (简称 MTBF)

发生故障经更换元器件还能继续工作的可修理的设备和系统，从一次故障到下一次故障的平均时间。

3.2 角标和专用符号

下列角标和专用符号适用于本标准，见表 1。

表 1 角标和专用符号对照表

术 语	定 义	符 号
额定值	设计工况或铭牌所规定的值	r (下角标)
稳态值	系统处于稳定工况时各变量的值	o (下角标)
基准值	表示变量相对值时采用的基数 (可以用变量的额定值或最大值作为基准值)	
偏差	在某一瞬间变量实际值与稳态值之差	Δ (左旁符号)
相对偏差	变量的偏差除以基准值	用小写字母表示
最大值	变量的最大值	max (下角标)
最小值	变量的最小值	min (下角标)

注：未提及的术语、定义、符号按 JB/T 8191 和 SL 26 执行。

4 工作条件

4.1 电液调节装置与油压装置的类型、工作容量应选择合理。流量调节执行装置 (包括导叶、转轮叶片、折向器和喷针等) 实际最大开度应对应于接力器最大行程的 80% 以上。

4.2 水轮发电机组应满足下列条件:

- a) 水轮机在规定的条件下运行。
- b) 测频信号源、水轮机导水机构、转桨机构、喷针及折向器机构、调速轴及反馈传动机构无制造和安装缺陷,并应符合各部件的技术要求。
- c) 在调节系统及装置手动状态时,水轮发电机组应能在各种工况下稳定运行。在手动空载工况(发电机励磁装置自动运行)时,水轮发电机组转速摆动相对值对配用大型电液调节装置的不超过 $\pm 0.2\%$;对配用中、小型电液调节装置的均不超过 $\pm 0.3\%$ 。

4.3 无调压设施的水轮机输水系统的水流惯性时间常数 T_w 不宜大于 4s。机组惯性时间常数 T_i : 反击式机组不宜小于 4s, 冲击式机组不宜小于 2s。同时, T_w/T_i 的比值不宜大于 0.4。

4.4 使用地点的海拔宜不超过 2500m。当海拔超过 2500m 时,应考虑空气压力或空气密度、湿度、气温等对设备及元器件的影响。

4.5 电液调节装置周围空气温度:

- a) 不同海拔的最高空气温度见表 2。

表 2 不同海拔的最高空气温度

海拔 (m)	≤ 1000	1000~1500	1500~2000	2000~2500
最高空气温度 (°C)	40	37.5	35	32.5

- b) 最低空气温度: 5°C。

4.6 空气相对湿度: 最湿月的月平均最大相对湿度不大于 90%。

4.7 电液调节系统所用油的各项指标要求应满足 GB/T 11120 中 46 号汽轮机油或黏度相近的同类型油的规定, 工作油温范围为 10~50°C。

5 技术要求

5.1 总体要求

5.1.1 电液调节系统及装置宜采用以下结构:

- a) 电子调节器加电液随动装置。
- b) 电子调节器加中间接力器加液压随动装置。

5.1.2 压力容器内操作油压为紧急停机压力(事故停机的最小压力), 同时作用在水轮机流量调节执行装置上的反向力矩最大时, 应能操作水轮机导水机构接力器全行程开启或关闭。

5.1.3 机械液压系统中应有合适的油过滤装置; 液压部件应有防震、防卡、防止油黏滞的措施, 以保证机械液压部件能正常地工作。

5.1.4 电气系统应具有过电压、瞬变电压保护以及屏蔽保护功能。

5.1.5 机械液压部分(主配压阀、电液转换装置、紧急停机阀、过滤器、切换阀等)宜采用标准液压件、无明管路的模块式直联结构。

5.1.6 参数设计范围:

- a) 永态转差系数应能在 0~10% 范围内整定。
- b) PID 参数应能在设计范围内整定: 比例增益 K_P , 最小值不大于 0.5, 最大值不小于 20; 积分增益 K_I , 最小值不大于 $0.05s^{-1}$, 最大值不小于 $10s^{-1}$; 微分增益 K_D , 最小值为 0, 最大值不小于 5s。
- c) 人工频率失灵区应能在 0~1% (或 0~0.5Hz) 额定转速范围内可调。
- d) 在频率控制方式下, 频率给定值调整范围为: 45~55Hz。在功率控制方式下, 功率给定值调整范围为 0~120% 的机组额定出力, 调整的变化速率应可调, 其全行程动作时间应能在 10~

60s 范围内调整。

- e) 接力器的开启和关闭时间应能在设计范围内任意整定。并应能按照规定的关闭规律关闭流量调节执行装置。

5.1.7 用于冲击式水轮机的电液调节装置，宜直接对喷针接力器进行控制；折向器可作为大/小波动辅助控制和事故时的保护装置。

5.1.8 电液调节装置的工作油压等级为 2.5MPa、4.0MPa、6.3MPa、10MPa、16MPa 等。

5.1.9 油压装置基本要求：

- 油压装置的压力容器可采用油、气接触式压力油罐，也可采用油、气隔离式蓄能器。油、气接触式压力油罐的工作油压不宜超过 6.3MPa。
- 系统油温应保持在 10~50℃ 之间，否则应设置油温调节装置。
- 油压装置至少设置两套油泵，对容量及静态耗油量较大的调节系统，可配置连续工作的小油泵，避免大油泵频繁启动。

5.2 功能要求

5.2.1 电液调节系统应具有比例、积分、微分调节规律（PID），频率控制宜采用 PID 调节，功率控制宜采用 PI 调节。

5.2.2 电液调节系统应使流量调节执行装置能适应被控制对象的运行工况及参数的变化，包括运行水头、空载或负载工况、大波动或小波动过渡过程，能自动选择 PID 或 PI 调节方式及其最佳参数。

5.2.3 无扰动切换：

- 电液调节装置应设置电手动或机械手动操作机构，应能在 0~100% 范围内操作流量调节执行装置于任意开度。当自动调节部分故障时，应自动无条件无扰动地切换至手动操作。切换时接力器行程变化不应大于全行程的 $\pm 1\%$ 。
- 设有冗余装置的电液调节系统，冗余装置切换时引起的接力器行程变化不应大于全行程的 $\pm 1\%$ 。
- 电液调节装置工作电源切换引起的接力器行程变化不应大于全行程的 $\pm 1\%$ 。
- 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）切换时引起的接力器行程变化不应大于全行程的 $\pm 1\%$ 。

5.2.4 电液调节装置应设有流量调节执行装置开度限制功能，开度限制可在现地进行调整。

5.2.5 电液调节装置应具有电网频率跟踪功能，同期期间能跟踪电网频率，实现快速并网。

5.2.6 下列在线自诊断和故障处理功能根据需要选定：

- CPU 模块故障。
- 模拟/数字转换器和输入通道故障。
- 数字/模拟转换器和输出通道故障。
- 通信模块故障。
- 水头、流量、开度、功率传感器及其反馈通道故障。
- 电源故障。
- 程序出错和时钟故障。
- 紧急停机回路故障。
- 测速系统故障。
- 冗余系统自动切换或手动、自动方式切换故障。
- 液压控制系统故障：
 - 液压控制设备故障报警；
 - 高、低液位报警；

- 高、低油压报警；
- 高、低油温报警；
- 油过滤器堵塞报警。

5.2.7 下列离线诊断及调试功能根据需要选定：

- a) 系统硬件及软件故障检查，包括各硬件模块故障检查。
- b) 调节参数检查及调试。
- c) 程序检查及调试。
- d) 修改和调整程序。
- e) 检查、调试和电站计算机监控的通信及其他接口。

5.2.8 电液调节装置稳定运行时，如测速装置输入信号、水头信号、功率信号或接力器位置信号消失时，应能使机组保持所带的负荷，接力器的行程变化不应超过其全行程的 $\pm 1\%$ ，同时要求不影响机组的正常停机和事故停机。

5.2.9 电液调节装置应具有一次调频功能，一次调频转速死区、响应滞后时间应满足当地电网要求，永态转差系数应小于 5% 。

5.2.10 电液调节装置应能带孤立负荷稳定运行。

5.3 性能要求

5.3.1 电液调节装置接力器容量及主配压阀的流量特性应达到设计要求。

5.3.2 机组启动至机组空载转速偏差小于同期带 $(+1\% \sim -0.5\%)$ 的时间 t_{SR} 不应大于从机组启动至机组转速达到 80% 额定转速的时间 $t_{0.8}$ 的 5 倍。

5.3.3 电液调节装置的静态特性：

- a) 静态特性曲线应近似为直线。
- b) 测至接力器的转速死区 i_s ，大型电液调节装置不超过 0.02% ；中型电液调节装置不超过 0.06% ；小型电液调节装置不超过 0.1% 。
- c) 转桨式水轮机电液调节装置，转轮叶片随动系统的不准确度 i_t 应不大于 0.8% 。实测协联曲线与理论协联曲线的偏差应不大于转轮叶片接力器全行程的 1% 。
- d) 在稳定工况下，多喷嘴冲击式水轮机的任何两喷嘴之间的位置偏差，应不大于全行程的 1% ；每个喷嘴位置对所有喷嘴位置平均值的偏差应不大于 0.5% 。

5.3.4 电液调节系统的动态特性：

5.3.4.1 水轮机电液调节系统及装置在各种工况下应能稳定运行。在自动空载运行时，施加阶跃型转速指令信号，观察过渡过程，选取合适的调节参数，待稳定后机组转速摆动相对值应满足如下要求：

- a) 对于大型电液调节系统，不超过 $\pm 0.15\%$ ；中、小型电液调节系统，不超过 $\pm 0.25\%$ 。
- b) 手动空载转速摆动相对值大于规定值的机组，其自动空载 3min 内转速摆动相对值不应大于相应手动空载转速摆动相对值。

5.3.4.2 机组甩负荷后动态品质：

- a) 甩 100% 额定负荷后，在转速变化过程中，超过稳态转速 1.5Hz 以上的波动次数不超过 2 次。
- b) 从机组甩负荷时起，到机组转速相对偏差小于 $\pm 1\%$ 为止的调节时间 t_R 与从甩负荷开始到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应不大于 8 （转轮叶片关闭时间较长的轴流转桨式水轮机不大于 12 ）；对高水头反击式水轮机和冲击式水轮机应不大于 15 ；对从电网解列后需提供厂用电的机组，解列后机组的最低转速不低于 90% 额定值（投入浪涌控制及转轮叶片关闭时间较长的贯流式机组除外）。
- c) 接力器不动时间不应超过 0.2s 。

5.3.5 大型和中小型电液调节装置的综合漂移量折算为转速相对值,分别不应超过0.3%和0.6%。

5.3.6 绝缘电阻与工频耐受电压:

在温度为15~35℃及相对湿度为45%~75%的环境中,各电气回路间及其与机壳和大地间的绝缘电阻不应小于5MΩ,并按表3要求进行历时5s的耐压试验,应无击穿与闪络现象。见GB/T 3797。

表3 主电路工频试验电压

额定电压 U_N (V)	工频试验电压 (交流均方根值) (V)
$U_N \leq 60$	1000
$60 < U_N \leq 300$	2000
$300 < U_N \leq 690$	2500

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

表4 辅助电路工频耐受电压

额定电压 U_N (V)	工频耐受电压 (交流均方根值) (V)
$U_N \leq 12$	250
$12 < U_N \leq 60$	500
$60 < U_N$	$2U_N - 1000$ 其最小值为1500

电气控制部分应能承受来自电源、信号源和控制端口的干扰,以及周围环境的辐射电磁场干扰,同时,设备本身的电磁干扰应减小到最低程度。

至少应参照GB/T 17626.4进行电快速瞬变试验,对大型电液调节装置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2.0kV;在I/O(输入/输出)信号、数据和控制端口,试验电压峰值为1.0kV;对中小型电液调节装置试验电压峰值减半。施加干扰时,电气控制部分的功能和动作应正确无误,继电器不应有异常动作。

5.3.7 测速装置:

5.3.7.1 在额定转速±10%范围内,静态特性曲线应近似为直线,其转速死区应符合设计规定值;在额定转速±2%范围内,其放大系数的实测值偏差不超过设计值的±5%。

5.3.7.2 测速装置最小工作信号电压不大于规定值。

5.3.8 在稳定状态,电/液或电/机转换装置工作电源消失时继电器行程变化不应超过全程的±1%。

5.3.9 油压装置的性能要求:

5.3.9.1 油压装置正常工作油压的变化范围应在名义工作油压的±5%以内。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 (MPa)根据要求的继电器容量 A (N·m)和所用的继电器容积 V (m³)求得:

$$P_R = (A/V) \times 10^{-6}$$

5.3.9.2 压力容器可用油的体积:在正常工作油压下限和油泵不打油时,压力容器的容积至少应能在压力降不超过正常工作油压下限和最低操作油压之差的条件下,提供规定的各继电器行程数。对混流式水轮机为3个导叶继电器行程;对转桨式水轮机,除3个导叶继电器行程外,还要求1.5~2个转轮叶片继电器行程;对冲击式水轮机,除3个折向器继电器行程外,还要求1.5~2个喷针继电器行程。

油压装置压力容器的容量宜按附录A的规定进行计算。

5.3.9.3 在工作油压上限,油、气接触式的压力罐内油和空气体积比宜为1/3~1/2。

5.3.9.4 油泵运转应平稳。双调节水轮机工作油泵每分钟输油量为双调节接力器总容积的 0.4~0.65 倍；单调节水轮机工作油泵每分钟输油量为接力器总容积的 1.1~1.5 倍。

5.3.9.5 控制系统管道内油的流速不宜超过 5m/s。

5.3.9.6 当油压高于工作油压上限 2% 时，安全阀应开始排油；高于 10% 以前，安全阀应全部开启，使压力容器中的油压不再升高。当油压低于工作油压下限的 0.1~0.15MPa 时，备用油泵应启动；当油压继续降低至紧急停机压力（事故停机的最小压力）时，作用于紧急停机的压力信号器应立即动作。

安全阀的泄漏量不应大于油泵输油量的 1%。

5.3.9.7 油压装置各压力信号器整定值的动作偏差，不应超过整定值的 $\pm 1\%$ 。

5.3.9.8 设有自动补气装置的油压装置，应配备空气安全阀，其动作值不大于工作油压上限的 114%。

5.3.10 平均无故障间隔时间应不少于 12000h；平均大修间隔时间应不少于 4 年。

5.4 运行要求

5.4.1 电液调节装置应能实现由电站计算机监控系统远方控制机组开、停机和/或现地开、停机。

5.4.2 在 45~55Hz 频率给定范围内，电液调节装置应能控制机组在设定的转速和空载下稳定运行。

5.4.3 在自动控制方式下，应能控制机组自动跟踪给定频率或电网频率，实现机组快速同期；在断路器合闸后，机组进入并网运行控制方式，应能调整机组功率大小。

5.4.4 在下列情况下，电液调节装置应使机组停机：

- a) 正常停机：机组功率降为零，断路器跳闸后，现地或远方控制关闭流量调节执行装置。
- b) 紧急停机：机组设备发生事故，以允许的最大速率关闭流量调节执行装置。
- c) 紧急事故停机：机组设备发生事故，并造成机组超速，以允许的最大速率关闭流量调节执行装置。

5.4.5 闭锁。在未消除故障以前，紧急停机和紧急事故停机回路应一直保持闭锁状态，只有通过手动操作复归按钮或通过计算机复归程序才能复归。

5.5 电源

电源装置应能同时接入交、直流电源，互为备用。其中之一故障时可自动切换并发出信号。

5.6 控制器

大、中型电液调节装置的调节器部分（控制器）应采用工业控制计算机或工业级可编程控制器。调节装置除具备基本功能外，还应具有故障诊断和容错等功能，提供通信协议。

5.7 信号采集和显示

5.7.1 电液调节装置至少应采集以下信号：

- a) 转速信号。
- b) 接力器反馈信号。
- c) 工作电源和备用电源指示。
- d) 接力器锁锭状态。
- e) 运行工况。
- f) 电液调节装置工作状态。
- g) 故障信号。

5.7.2 电液调节装置应能显示以下参数：

- a) 导叶开度（喷针行程）。
- b) 导叶限制开度。
- c) 转轮叶片（折向器）转角。
- d) 电气—机械/液压转换装置输出量或主配压阀位置。
- e) 机组转速。
- f) 功率给定值。
- g) 频率给定值。

5.7.3 所有指示表计的精度应不低于 2.5 级。

5.8 液压部件

5.8.1 电/液或电/机转换装置：

- a) 在规定的使用条件下，应能正确、可靠工作。
- b) 电/液转换装置的死区、油压漂移和放大系数实测偏差及耗油量不应超过设计规定值。工作范围不应小于设计规定值。在压力油入口前应设置在线过滤器。
- c) 电/机转换装置的输出操作力和行程应不小于设计值。

5.8.2 主配压阀在规定压力降下的流量特性应符合设计规定值。

5.8.3 事故配压阀、分段关闭装置、纯机械超速保护装置等，根据实际需要配置。

5.9 其他结构、元件和工艺

5.9.1 压力容器的设计、制造、焊接和检查必须符合《压力容器安全技术监察规程》和 GB 150、GB/T 20633 等有关规定。

5.9.2 油泵应采用高效率产品，运转应平稳。螺杆泵在规定压力下的输油量和轴功率的性能容差参照 JB/T 8091，效率下降值不应超过产品规定值的 5%；液压齿轮泵的空载排量、额定压力和额定转速工况下的容积效率不应低于 JB/T 7041 的要求。

5.9.3 安全阀动作应正确、可靠、无有害振动和噪音。

5.9.4 自动补气装置及油位、压力信号装置动作应正确、可靠。

5.9.5 电气控制柜结构和工艺要求：

- a) 外形尺寸应符合 GB/T 3047.1 的规定。
- b) 柜体表面平整，漆层牢固美观，柜内所有黑色金属件均有可靠防护层，在保证通风散热条件下，应有防止异物进入柜内的措施。
- c) 柜上指示灯和按钮的颜色应符合 GB/T 2682 的有关规定。
- d) 控制用手柄、按钮等操作器件的安装高度应便于操作。
- e) 机电合柜应对电气部分采取防油污措施。
- f) 信号线与动力线应分开布线。柜内配线应整齐美观，配线颜色参照 GB/T 2681 的有关规定，接线端子线号清楚，不易变色、磨损。

5.9.6 所有的电子元器件、组件应符合国家标准或相应行业标准的要求，并严格进行质量检验和电气性能筛选。

5.9.7 同类插件应具有良好的互换性。

5.9.8 印制电路板装焊工艺必须按照 JB 3136 的有关规定执行。

5.10 与电站计算机监控系统的接口

电液调节装置应配备与现地控制单元级计算机之间的 I/O 接口和数字通信接口。

6 试验及验收

6.1 试验

试验应按照 GB/T 9652.2 的相关规定进行。

6.2 验收

6.2.1 产品应按照批准的图纸和文件制造。设备交货前,应按本标准和有关标准以及订货合同的要求,由用户组织验收。验收的程序、技术要求及责任单位应在产品订货合同中明确。

6.2.2 设备运到指定交货地点后,应在规定的时间内,在供货方代表在场或认可的情况下,进行现场开箱检查。检查应包括以下内容:

- a) 产品应完好无损,品种和数量均符合合同文件要求。
- b) 按合同规定随产品供给用户的易损件及备品备件齐全,并具有互换性。
- c) 随机文件、产品出厂检查试验报告、合格证明书及装箱单。

6.2.3 水轮机电液调节系统及装置经现场安装、调整、试验完毕,并连续运行 72h 合格后,应对其进行投产前的验收。内容包括:

- a) 各项性能指标均符合本技术条件及合同文件的要求。
- b) 设备本体完好无损,规定的备品备件、技术资料及竣工图纸、文件齐全(包括现场试验记录和试验报告)。

7 供货范围和备品备件

推荐的备品备件见附录 B。供货范围和备品备件的项目和数量由供需双方在合同中规定。

8 图纸与资料

图纸与资料的数量由供需双方在合同中规定。随同产品一起提供的有:

- a) 产品技术条件,产品原理、安装、调整及使用说明书。
- b) 产品原理图、安装图、总装图。
- c) 产品检查及试验记录,主要部件(含外购件)的检查试验记录。
- d) 产品出厂合格证明。

9 铭牌、包装、运输、贮存

9.1 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) 制造商/供方名称。
- d) 产品型号。
- e) 产品出厂编号。
- f) 产品出厂日期。

9.2 包装

产品包装应符合 GB/T 13384 和 JB/T 4711 的规定。

9.3 运输

产品运输及装卸过程应按包装箱上的标志及有关规定进行。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。

9.4 贮存

9.4.1 产品应存放在环境温度为 $-5\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于90%，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。

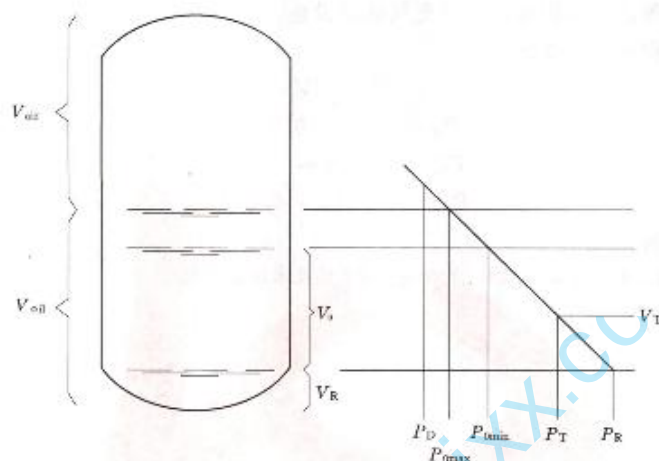
9.4.2 自供方发货之日起，在正常的贮存条件下，供方应保证在1年内不致因包装不善而引起产品的锈蚀、精度降低等。

10 保证期

在遵守保管、安装和正常运行条件下，产品的保证期为：自供方发货之日起3年或投入运行2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能正常工作时，供方应无偿地为用户更换或修理。

附录 A
(规范性附录)
油压装置压力容器的容量

A.1 压力罐的容量



说明:

P_D 为设计压力;

P_{0max} 至 P_{0min} 为操作压力范围;

P_T 为紧急停机压力 (事故停机的最小压力);

P_R 为保证接力器关闭所需的最低压力;

V_{0r} 为压力罐内压缩空气的容积;

V_{0l} 为压力罐内油的体积;

V_u 为可用油体积;

V_R 为对应压力 P_R 时压力罐内油的体积;

V_T 为对应压力 P_T 时压力罐内可用油的体积。

图 A.1 压力罐的容量和压力

A.1.1 压力范围

$P_{0max} = (0.85 \sim 1.0)P_D$, 当确定最大操作压力时, 涉及到安全阀的开启和最终压力的规则需要遵循;

$$P_{0min} = (0.80 \sim 0.9)P_D;$$

$P_{0min} > P_T > P_R$, P_T 的选择是要使其压力在事故停机之后不降到 P_R 之下;

$$P_R = (0.58 \sim 0.75)P_D。$$

A.1.2 可用油体积

单回路控制:

$$V_u = 3V_s$$

V_s 为接力器的总容积。

双回路控制:

$$V_u = 3V_1 + (1.5 \sim 2.0)V_2$$

V_1 为导叶接力器 (或折向器接力器) 的总容积;

V_2 为转桨接力器（或喷针接力器）的总容积。

在孤立电网运行的情况下，取较高值。

A.2 皮囊式或活塞式蓄能器的容量

具有油和氮气间密封隔离的皮囊式和活塞式蓄能器，其应用压力较高，可得到更为经济的效果，在使用中可不必提供剩余油体积和自动补充气体的设施。

推荐的可用油体积和压力范围：

$$\begin{aligned} V_u &= 3V_s \\ P_T &= (0.5 \sim 0.75)P_D \\ P_{0\max} &= (0.8 \sim 1.0)P_D \\ P_{0\min} &= (0.75 \sim 0.9)P_D \end{aligned}$$

各符号的定义同前。

注：本附录内容选自 IEC 61362：1998《水轮机控制系统技术规范导则》。

附录 B
(资料性附录)
推荐的备品备件

B.1 供方提供的所有备品备件应具有互换性，并应与原部件采用相同的材料、工艺要求和标准进行制造。

B.2 推荐的备品备件数量由供需双方根据电站实际情况在合同中规定，推荐的备品备件项目如下：

- a) 不同尺寸、型号的引导控制阀，包括活塞、衬套。
- b) 不同尺寸的密封圈、垫圈和垫衬。
- c) 调速器要求的传感器，包括功率传感器、压力传感器、转速传感器和接力器位移传感器等。
- d) 压力开关和液位开关。
- e) 不同尺寸和型号的油过滤器滤芯。
- f) 不同的继电器、按钮、指示灯。
- g) 不同型号的转换开关、电源开关。
- h) 不同型号的显示表计及显示器。

中国水利水电出版社

水利水电技术标准咨询服务中心简介

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（第三水利水电编辑室）主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版工作。

联系电话：010-68317913（传真） 电子邮件：jwh@waterpub.com.cn

主 任：王德鸿 010-68545951 电子邮件：wdh@waterpub.com.cn

主任助理：陈 昊 010-68545981 电子邮件：hero@waterpub.com.cn

首席编辑：林 京 010-68545948 电子邮件：lj@waterpub.com.cn

策划编辑：王 启 010-68545982 电子邮件：wqi@waterpub.com.cn

杨露茜 010-68545995 电子邮件：ylx@waterpub.com.cn

王丹阳 010-68545974 电子邮件：wdy@waterpub.com.cn

章思洁 010-68545995 电子邮件：zsj@waterpub.com.cn

<https://www.slzjxx.cc>
水利造价信息网



155170.73

SL 615—2013

中华人民共和国水利行业标准
水轮机电液调节系统及装置基本技术条件
SL 615—2013

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)
网址: www.waterpub.com.cn
E-mail: sales@waterpub.com.cn
电话: (010) 68367658 (发行部)
北京科水图书销售中心(零售)
电话: (010) 88383994、63202643、68545874
全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销
中国文联印刷厂印刷

*

210mm×297mm 16开本 1.25印张 38千字
2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

*

书号 155170·73
定价 16.00元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,
本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究