

ICS 27.140

P 59



中华人民共和国水利行业标准

SL 229—2011
替代 SL 229—2000

小型水力发电站自动化设计规范

**Automation design code for small
hydropower station**

2011-12-29 发布

2012-03-29 实施

中华人民共和国水利部 发布

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

2011 年第 54 号

中华人民共和国水利部批准《小型水力发电站自动化设计规范》(SL 229—2011) 标准为水利行业标准，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	小型水力发电站自动化设计规范	SL 229—2011	SL 229—2000	2011.12.29	2012.3.29

二〇一一年十二月二十九日

前 言

根据水利部水利行业标准制（修）订计划，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《小型水力发电站自动化设计规定》（SL 229—2000）进行修订，并将标准名称改为《小型水力发电站自动化设计规范》。

本标准共 6 章，主要包括以下内容：

- 总则；
- 基本规定；
- 机组及辅助设备自动化；
- 励磁系统；
- 测量和信号；
- 安全自动装置。

本次修订的主要内容有：

- 更改了适用范围；
- 取消分散值班方式、电制动、常规中央音响及光字牌、信号返回屏等相关条文；
- 取消工业电视系统、火灾自动报警系统设置要求；
- 将第 2 章名称“小型水力发电站控制方式”改为“基本规定”；
- 将第 3 章第 2 节名称“辅助设备自动化”改为“机组辅助及公用设备自动化”；
- 将第 5 章标题“检测和信号”改为“测量和信号”；
- 取消原第 7 章“控制屏台选择”；
- 其他结构性和文字性修改。

本标准所替代标准的历次版本为：

- SL 229—2000

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：水利部福建水利水电勘测设计研究院

水利部四川水利水电勘测设计研究院

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：许秋声 李 涛 李贤海 林春霖

陶波梅 叶纪刚 陈桢楠

本标准审查会议技术负责人：易先举

本标准体例格式审查人：陈登毅

目 次

1 总则	6
2 基本规定	7
3 机组及辅助设备自动化	9
3.1 水轮发电机组自动化	9
3.2 机组辅助及公用设备自动化	13
4 励磁系统	16
5 测量和信号	18
5.1 测量	18
5.2 信号	19
6 安全自动装置	20
6.1 一般规定	20
6.2 自动联锁	20
标准用词说明	22

1 总 则

1.0.1 为规范我国小型水力发电站自动化设计，提高自动化控制技术水平，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于装机容量 **5~50MW**、出线电压等级 **110kV** 及以下的新建或扩、改建工程的水力发电站自动化设计。装机容量 **5MW** 以下的水力发电站可参照执行，但应适当简化其系统构成，以可靠性、经济性、实用性相结合。

1.0.3 小型水力发电站自动化设计应以减少运行人员、提高生产效率为原则，系统设计应可靠、技术先进，满足安全发电、经济运行和电力系统调度的要求。

1.0.4 小型水力发电站自动化元件和设备应采用技术先进、性能稳定、运行维护方便，适应水力发电站工作环境的产品。

1.0.5 小型水力发电站自动控制应采用计算机监控系统方式实现。

1.0.6 本标准引用标准主要有：

《水利水电工程二次接线设计规范》(SL 438)

《水力发电厂自动化设计技术规范》(DL/T 5081)

《电测量及电能计量装置设计技术规程》(DL/T 5137)

1.0.7 小型水力发电站自动化设计除应满足本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基本规定

2.0.1 小型水力发电站自动化设计，应根据电站特点、运行方式和电力系统调度要求，选择少人值班控制方式或“无人值班”（少人值守）控制方式。

2.0.2 设梯级调度或小型水力发电站群集控中心的被控小型水力发电站，宜采用“无人值班”（少人值守）的控制方式。

2.0.3 少人值班控制方式应能完成下列监控功能：

1 中央控制室可对水力发电站主设备进行集中操作，应能以一个指令完成机组开机、并网或停机，事故时应能自动停机。

2 集中实时监测运行工况，自动记录。

3 自动调节机组的有功功率和无功功率。

2.0.4 “无人值班”（少人值守）控制方式应能完成下列监控功能：

1 符合 2.0.3 条的全部功能要求。

2 计算机监控系统应具有接受远程监控的功能。

3 可实现自动经济运行。

2.0.5 控制系统应满足下列要求：

1 总装机容量 **5MW** 及以上的水力发电站，应采用全开放、分层分布式的计算机监控系统。

2 总装机容量 **5MW** 以下的水力发电站，可采用集中与分散相结合的计算机监控系统。

3 发电机电压为 **0.4 kV** 的水力发电站，可采用将控制系统和低压一次设备合为一个柜的紧凑式一体化监控系统，监控系统可采用单片机或嵌入式微机构成。

2.0.6 操作的安全性应符合下列规定：

1 对系统每一功能的操作提供校核。

2 当操作有误时能自动被静止并报警。

- 3 自动或手动操作可存储记录。
- 4 根据需要在人机通信中设操作员控制权口令。
- 5 按控制层次实现操作闭锁，其优先权顺序为：现地级最高，站控级第二，集控或远控级第三。

3 机组及辅助设备自动化

3.1 水轮发电机组自动化

3.1.1 水轮发电机组的自动控制设计应考虑机组不同型式和结构、调速器型式、自动化元件配置、配套附属设备和运行方式等因素。机组顺控宜采用可编程控制器（PLC）或智能控制器实现。

3.1.2 水轮发电机组自动控制应符合下列基本要求：

1 机组状态定义为停机、空转、空载、发电，现地或远方自动控制装置能以一个指令完成机组各状态间的自动转换。

2 机组处于准备启动状态应具备以下条件：

- 1) 机组及其附属设备无事故。
- 2) 机组出口断路器或发变组单元高压侧断路器（发电机出口未设断路器）在分闸位置。
- 3) 制动气源压力正常，制动闸已复归。
- 4) 进水阀或快速（事故）闸门在全开位置（进水阀与机组联动的则无此项要求）。

3 在机组具备启动条件且接到开机指令后，开机元件应启动并记忆，同时动作以下动作：

- 1) 开启机组冷却水、润滑水系统，采用水润滑的导轴承在确认有水后，才允许启动机组。
- 2) 开启机组润滑油系统，外循环油冷却的机组必须在开机前获得润滑油。
- 3) 有主轴密封时，主轴围带密封排气。
- 4) 有高压油减载装置时，启动高压油泵。
- 5) 给机组调速器和励磁系统开机指令。
- 6) 对于灯泡贯流机组，还应启动机组的通风冷却风机。
- 7) 机组转速达到 95% 额定转速时，投入同期装置。

4 机组与系统并网后，应复归开机元件，并接通发电运行灯。

5 在机组接到停机指令后，停机元件应启动并记忆，同时执行下列动作：

- 1) 给机组调速器和励磁系统停机指令，将有功、无功负荷卸载至接近于零。
- 2) 导叶开度关至空载时跳开机组出口断路器。
- 3) 当机组转速下降到各整定值时，相继投入高压油减载装置、机组制动装置。

6 机组全停后，应复归停机元件并同时执行下列动作：

- 1) 关闭机组冷却水、润滑水系统。
- 2) 关闭机组润滑油系统。
- 3) 有主轴密封时，主轴围带密封充气。
- 4) 对于灯泡贯流机组，还应关停机组的通风冷却风机。

7 在正常开、停机过程中，遇到紧急情况应能进行相反的操作，将机组转换到安全状态。

8 机组事故时应执行下列动作：

- 1) 当机组发生以下事故：各轴承瓦温、油温过高，调速器油压装置事故低油压，水导橡胶瓦（若有）冷却水中断时，应执行事故停机动作，作用于事故停机电磁阀，同时启动正常停机流程，待机组卸负荷至空载后，再作用于跳闸、停机、灭磁。
- 2) 当机组发生以下紧急事故：机组过速、在事故停机过程中剪断销剪断，应执行紧急事故停机动作，作用于紧急停机电磁阀或事故配压阀，并关闭机组进水阀或快速（事故）闸门，待机组卸负荷至空载后，再作用于跳闸、停机、灭磁。
- 3) 机组发生电气事故时，应执行动作跳闸，同时执行事故停机流程。

9 事故停机出口继电器动作后保持，应由现地手动解除；

事故停机复归前不应再次开机。

10 在机组控制屏上应设紧急事故停机按钮，采用硬接线方式分别关闭进水阀（快速闸门）、启动紧急停机电磁阀（事故配压阀）、启动事故停机流程。

3.1.3 在油气水系统中，凡需要根据压力值实现自动控制或报警的设备，宜装设压力开关和压力变送器。各类电磁阀需长期工作的，宜采用双稳态型。

3.1.4 油系统的下列装置宜装设液位开关和液位变送器：

- 1 调速器和进水阀油压装置的压油罐。
- 2 推力轴承和各导轴承的油槽。
- 3 重力油箱、回油箱和漏油箱。

3.1.5 调速器和进水阀油压装置的压油罐应设压力信号装置。

3.1.6 回油箱和漏油箱宜设置油混水信号器。对油温有要求的油箱还应装设带温控装置的电加热器。

3.1.7 在机组的下列管路上应设置监测装置：

1 轴承润滑油系统在其各部分的管路上应设置检测供油状态的示流信号装置，且设备应安装于排油侧。

2 机组润滑水管上应装设反映供水状态的示流信号装置，当润滑水中断时，动作发信号，延时停机。

3 机组冷却水管总管的排水侧应装设反映供水状态的示流信号装置。

3.1.8 水轮发电机组的下列部位应装设温度传感元件：

- 1 推力轴承和导轴承的轴瓦和油槽。
- 2 空气冷却器的进风和出风。
- 3 发电机定子线圈及铁芯。

3.1.9 机组冷却水管中的水温以及重力油箱、回油箱中的油温宜装设温度传感元件。

3.1.10 机组空气制动系统的气源应设置压力监视信号，制动闸应设置投入及复归的位置信号。

3.1.11 在停机过程中，当机组转速下降到 20%~35% 额定转

速时应投入机械制动装置，机组停止转动后解除制动。贯流式机组停机后，若无停机锁锭装置，不宜解除制动。推力轴承采用弹性金属塑料瓦的机组或贯流机组，机械制动装置投入的转速可低于20%的额定转速。

3.1.12 停机过程中当导水叶剪断销剪断时，停机后不应解除制动。

3.1.13 具有高压油减载装置的机组，在机组开机前应投入高压油减载装置并在转速大于90%额定转速时自动退出；机组停机过程中应在机组转速低于90%额定转速时投入高压油减载装置，在机组转速降为零时高压油减载装置应自动退出。

3.1.14 水轮发电机组发生下列水力机械事故时，应作用于停机：

1 事故停机同时关进水阀（快速闸门）：

- 1) 机组过速。
- 2) 事故停机过程中剪断销剪断。

2 事故停机：

- 1) 轴承温度过高。
- 2) 外循环润滑油中断。
- 3) 重力油箱油位过低。
- 4) 调速器油压装置事故低油压。

3.1.15 水轮发电机组发生下列水力机械故障时，应发故障信号：

- 1 轴承温度升高。
- 2 空气冷却器温度升高。
- 3 轴承油槽油位异常。
- 4 机组冷却水中断。
- 5 油压装置油压降低。
- 6 导水叶剪断销剪断。
- 7 集油槽油位异常。
- 8 漏油箱油位过高。
- 9 重力油箱油位降低。
- 10 水轮机顶盖水位过高。

- 11 各油箱油混水。
- 12 开、停机未完成。
- 13 备用冷却水、润滑油投入。
- 14 水力机械控制回路电源消失。

3.1.16 对于“无人值班”（少人值守）的小型水力发电站宜装设机械和电气超速保护。电气转速信号装置宜采用双信号源（残压信号和齿盘脉冲信号）并行输入互为备用方式，装置应具有多对可调整定值的接点，同时还应具有模拟量输出和通信接口。

3.1.17 单机容量 10MW 及以上的机组可设机组振动和摆度监测装置。

3.1.18 总装机容量 5MW 以下的小型水力发电站，其自动化元件的配置应首先按确保机组和水力发电站安全、稳定运行，并具备较高自动化程度的原则进行适当简化。

3.1.19 对于 0.4kV 低压机组控制设备，宜采用数字式一体化屏，将机组的断路器、隔离开关、互感器以及机组监控、保护、同期、温度巡检等高度集成并与励磁调节设备布置在同一屏柜内，柜体采用高防护等级的全封闭柜式结构。机组调速设备宜采用蓄能式操作器或数字式低压机组专用调速装置。

3.2 机组辅助及公用设备自动化

3.2.1 机组辅助及公用设备的控制宜采用可编程控制器（PLC）实现，可集中利用机组顺控单元和公用设备现地控制单元的可编程控制器实现。对于装机容量 5MW 以下的小型水力发电站的机组辅助及公用设备的控制，可采用分散方式装于现地控制柜内的小型可编程控制器或简易的继电器自动控制装置实现，并可通过总线或网络连接方式实现与电站计算机监控系统的通信。

3.2.2 互为备用的电动机宜采用自动轮换工作制，控制接线中的切换开关应设手动、断开、自动三个位置。

3.2.3 进水阀或快速（事故）闸门控制宜采用可编程控制器，应能以一个控制指令完成开启、关闭的自动控制。开启时应按先

平压、后开启的控制程序进行。

3.2.4 进水阀与机组联动控制的，进水阀的自动控制应作为机组开机、停机控制的一个程序，由正常开、停机控制指令联动完成。紧急事故关阀指令应能直接动作关阀。

3.2.5 进水阀油压装置压力油罐压力“降低”、“过低”时，应分别启动工作泵和备用泵；当油压恢复正常时停泵。备用泵启动、油压过高及油压事故下降应发出信号。

3.2.6 快速（事故）闸门应在中控室设置紧急关闭闸门的控制按钮。

3.2.7 调速器宜采用微机型调速器，对于装机容量 5MW 以下的水力发电站也可采用油压操作器。

3.2.8 调速器的油压装置压力油罐压力“降低”、“过低”时，应分别启动工作泵和备用泵；当油压恢复正常时停泵。备用泵启动、油压过高应动作并发出信号，事故低油压应动作于机组事故停机。

3.2.9 油压装置油罐宜采用自动补气，补气应由液位信号器和压力信号器联合控制，油位超上限且压力低于设定值时应自动开启自动补气阀向压力油罐补气；当油压升至设定值以上或油位降至下限时应关闭自动补气阀停止补气。

3.2.10 贮气罐和供气管道压力应保持在设定压力范围内，空压机应根据设定压力实现自动控制。空压机以空载方式启动，经延时关闭空载启动阀后，再向贮气罐内充气。空压机出气管温度过高时应关停空压机并发出信号。

3.2.11 机组技术供水应采用单元供水方式，当总技术供水管水压下降时，应自动投入备用水源，同时发出信号。

3.2.12 机组技术供水应采用水泵集中供水方式，工作水泵宜与各台机组的开机联动。当总技术供水管水压下降时，应自动启动备用供水泵并自保持，同时发出信号。供水范围内所有机组停机后，应关停技术供水泵。

3.2.13 集水井应装设液位信号装置。地下厂房集水井应装设液

位变送器。排水泵应按如下要求设置：

1 渗漏排水泵控制按集水井水位升高时启动工作排水泵，当水位过高时应自动依次启动备用排水泵组并发出信号。检修排水泵可按自动控制设计。

2 排水泵有润滑水要求的，应在启动泵前投入，润滑水管路上应装设反映供水状态的示流信号装置，润滑水的投切应与排水泵联动控制。

3 排水泵出水口宜装设示流信号装置。

4 励磁系统

4.0.1 励磁系统应满足发电机及电力系统不同运行工况和事故情况下的要求。

4.0.2 励磁系统应优先选用自并激晶闸管静止整流励磁方式。晶闸管整流单元应采用三相全控整流桥。整流桥交直流侧均应设置隔离开关。装机容量 **5MW** 以下的水轮发电机组可采用交流机励磁方式即“无刷励磁”。**0.4 kV** 低压发电机宜采用交流机励磁方式。

4.0.3 水轮发电机自动励磁调节器应符合下列要求：

1 调节器应设有相互独立的手动和自动调节通道；自动调节通道应具备自动电压调节及无功功率闭环自动调节功能，手动通道应具备手动励磁电流闭环反馈调节功能。

2 励磁调节器应具有数字给定功能。

3 单机容量 **10MW** 及以上的机组，其励磁调节器可根据电力系统要求设置 **PSS** 功能。**PSS** 应具备手动及远动投切功能。

4.0.4 励磁系统宜采用残压起励为主、直流起励为辅的起励方式。起励成功后或失败时，起励回路均应能自动退出。

4.0.5 励磁系统应具备手动零起升压功能。

4.0.6 励磁系统应装设自动灭磁装置及灭磁开关。对采用三相全控桥的励磁系统，正常停机时宜采用逆变灭磁方式，电气事故时宜采用灭磁开关灭磁方式。

4.0.7 励磁系统控制接线应符合下列要求：

1 机组起励建压应设自动和现地手动两种操作方式。机组转速由静止升至 **85%~90%** 额定转速时，应自动或手动投入起励装置。当发电机建压至整定值时，起励装置应自动复归。

2 晶闸管桥交流侧负荷开关和直流侧开关应能在现地手动分合闸操作。

3 磁场断路器应设有自动和现地手动两种分合闸操作，其自动控制应纳入机组自动控制程序之中：

- 1)** 磁场断路器的自动合闸操作应由机组开机信号联动。
- 2)** 磁场断路器的自动分闸操作应由电气事故引出信号触点或逆变失败引出信号触点联动。

4 晶闸管桥整流元件冷却装置应能实现自动和现地手动控制。机组开机时由开机信号联动投入，机组停机时由停机信号延时联动切除。

4.0.8 励磁系统宜装设下列故障报警信号：

- 1** 稳压电源消失或故障信号。
- 2** 起励不成功信号。
- 3** 强行励磁信号。
- 4** 励磁绕组回路过电压信号。
- 5** 功率整流桥熔丝熔断信号。
- 6** 触发脉冲消失信号。
- 7** 自动（手动）切换动作信号。
- 8** 欠励磁限制器动作信号。
- 9** 励磁过电流限制器动作信号。
- 10** 功率柜风机电源故障信号。
- 11** 过励限制器动作信号。
- 12** 电压互感器断线保护动作信号。
- 13** 励磁控制回路电源消失信号。
- 14** 调节器故障信号。

4.0.9 励磁系统宜设置下列状态信号：

- 1** 磁场断路器分合闸位置信号。
- 2** 起励开关或接触器分合闸位置信号。
- 3** 冷却设备运行状态信号。

4.0.10 励磁系统应具有与电站监控系统通信的接口。

5 测量和信号

5.1 测量

5.1.1 电气量测量和电能计量应符合 DL/T 5137 的规定要求；测量二次接线应符合 SL 438 的规定要求。

5.1.2 电气常规仪表宜直接由电流互感器、电压互感器二次侧接入。

5.1.3 非电气量应检测下列内容：

- 1 水库水位或前池水位。
- 2 下游尾水位。
- 3 消防水池水位。
- 4 拦污栅压力差。
- 5 电站水头。
- 6 机组流量。
- 7 机组转速。
- 8 油压装置油罐压力。
- 9 压缩空气贮气罐压力。
- 10 发电机定子线圈及铁芯温度。
- 11 机组轴承温度。
- 12 空气冷却器的冷、热风温度。
- 13 变压器油温度。
- 14 机组的振动和摆度。
- 15 各油箱油混水信号。
- 16 集水井水位。
- 17 调压室水位。
- 18 流道压力。
- 19 其他非电量信号。

5.1.4 非电量检测方式和检测装置配置还应符合 DL/T 5081 的

规定。

5.2 信 号

5.2.1 小型水力发电站信号包括状态、故障和事故信号。

5.2.2 状态信号应包括下列内容：

- 1 机组运行状态。
- 2 进水阀或快速（事故）闸门状态。
- 3 断路器、隔离开关、接地开关、厂用电系统重要的空气断路器位置状态。

5.2.3 信号报警宜由电站计算机监控系统实现，通过监控系统实现对全厂设备运行状态的安全监视、事件自动顺序记录和语音报警。事故或故障时人机界面应自动推出事故画面。

5.2.4 机组台数在 3 台及以上时，在发电机层可设置显示事故机组的对象信号灯及音响信号器具。

6 安全自动装置

6.1 一般规定

6.1.1 具有两个电源及以上的厂用电系统应装设备用电源自动投入装置，并应同时符合下列要求：

- 1 失压母线进线电源侧断路器断开。
- 2 另一段母线有电压，且无闭锁信号。
- 3 备用电源自动投入装置只动作一次。

6.1.2 根据电力系统要求参加调频或事故备用的小型水力发电站，应具有低频自启动功能，当电网出现事故低频率时，备用机组宜按自动准同步方式并网，并自动带满负荷，对正在运行的机组应自动带满负荷。电力系统有要求时，应设置高频自动切机装置。

6.1.3 水轮发电机正常情况下应以自动准同步方式并网为主，手动准同步为辅。

应将下列断路器作为同期点：

- 1 发电机出口。
- 2 发变组单元高压侧。
- 3 双线圈变压器高压侧或低压侧，三线圈变压器各电源侧。
- 4 母线分段、对侧有电源的出线、旁路。

6.1.4 装有断路器的 3kV 及以上架空线路及电缆与架空混合线路，当用电设备允许且无备用电源自动投入时，应装设三相一次自动重合闸装置。

6.2 自动联锁

6.2.1 发电机采用准同步方式并列时，准同步回路应能防止非同步合闸。

6.2.2 备用电源自动投入装置应有防止工作电源电压互感器一

次侧或二次侧断线引起自动装置误动作的措施；手动分闸应闭锁备投。

6.2.3 接入系统的双线圈升压变压器，当其中一侧断路器设置同步点时，应有防止另一侧断路器非同步合闸的措施。

6.2.4 计算机控制应设置权限闭锁。对于涉及电站设备或人身安全的电气回路的操作闭锁，除满足程序软件闭锁外，还应实现硬接线闭锁。

6.2.5 小型水力发电站宜设置微机防误操作系统。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	