



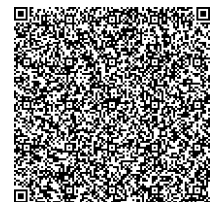
单相智能电力调整器

SP1Pro 系列电力调整器 操作手册

SP1Pro SINGLE-PHASE POWER REGULATOR



斯坦恩贝格（北京）电子有限公司
Starnberg (Beijing) Electronics CO. LTD



SP1Pro 系列单相电力调整器

感谢阁下选用斯坦恩贝格（北京）电子有限公司生产的“希曼顿”品牌电力调整器！

在确认本产品的型号后，请阁下仔细阅读本产品说明书，待完全理解后再开始对本产品进行操作。

SP1Pro 智能单相电力调整器具有如下特点：

- 工业级 32bit 处理器作控制核心，具备多种保护功能；
- 支持调压和调功控制方式，可实现控制方式的灵活切换；
- 支持 LED 数码显示，键盘参数设置（选件）；
- 支持多种标准控制信号：DC 4-20mA、0-5V 和 0-10V；
- 采用高分辨率 12 bit ADC 多路输入信号采集；
- 具有扩展 RS485 通讯功能，支持 MODBUS 协议 RTU 模式。

SP1Pro 单相电力调整器可与输出 0~5V、0~10V 或 4~20mA 等模拟量信号的智能 PID 调节器或 PLC 配套使用，也可独立使用手动控制功能。负载类型支持阻性负载和感性负载。SP1Pro 单相电力调整器可广泛应用于工业电炉的加热控制、冶金、化工、纺织机械等领域。

要求：



本手册应该被放置在最终用户方便查阅的地方。

目 录

| | | | |
|-------------------------|----|-------------------------|----|
| 安全注意事项..... | 2 | 4.3 斜坡时间设定和电流、电压限制..... | 11 |
| 1. 产品选型..... | 3 | 5. 功能说明..... | 12 |
| 2. 主要技术指标..... | 4 | 5.1 调压和调功方式输出特点..... | 12 |
| 3. 安装保养、外形尺寸和配线..... | 4 | 5.2 输出线性化校正..... | 12 |
| 3.1 安装环境..... | 4 | 5.3 斜坡输出功能..... | 12 |
| 3.2 设备保养..... | 5 | 5.4 电流和电压限制..... | 13 |
| 3.3 外形尺寸..... | 5 | 5.5 输出功率的线性限幅..... | 13 |
| 3.4 配线..... | 8 | 6 故障说明及故障排查..... | 14 |
| 3.4.1 主控制回路接线..... | 8 | 6.1 故障代码..... | 14 |
| 3.4.2 RS485 串口接线..... | 9 | 6.2 故障排查..... | 14 |
| 3.4.3 常用控制接线..... | 9 | 7. 不同负载特性及其控制策略..... | 16 |
| 4. LED 状态指示和拨码开关定义..... | 11 | 7.1 负载特性..... | 16 |
| 4.1 LED 状态指示..... | 11 | 7.2 针对不同负载的不同控制策略..... | 16 |
| 4.2 SW1 拨码开关定义..... | 11 | | |

安全注意事项

“警告”与“安全”的定义：

 **警告：** 如果不遵守说明，可能导致人身伤亡事故； **注意：** 如果不遵守说明，可能导致设备损坏。

1、安装

警告

- ◆ 控制器应安装在金属等不可燃物上，否则有发生火灾的危险。
- ◆ 不要安装在含有爆炸性气体的环境里，否则有发生爆炸的危险。
- ◆ 不要把易燃、易爆物品放在控制器附近，否则有引发爆炸的危险。
- ◆ 不要把螺钉、垫片等金属物掉进控制器内部，否则有引发爆炸和发生火灾的危险。

注意

- ◆ 控制器应安装在无导电尘埃、无破坏绝缘性能的气体或蒸汽的环境中。
- ◆ 安装在无剧烈震动和冲击的地方。竖直安放，以利通风。
- ◆ 控制器有损伤或接线脱落时，请不要安装运行，否则有发生火灾、受伤的危险。

2、配线

警告

- ◆ 必须由具有专业资格的人员进行配线作业，否则有触电的危险。
- ◆ 确认输入电源处于完全断开的情况下，才能进行配线作业，否则有触电的危险。
- ◆ 必须将控制器的保护接地端子可靠接地，否则有触电的危险。
- ◆ 不要把螺钉、垫片等金属物掉进控制器内部，否则有引发爆炸和发生火灾的危险。

注意

- ◆ 控制器主回路端子与导线鼻子必须牢固连接，否则有损坏财物的危险。
- ◆ 严禁将交流电流接入控制板的输入控制端子，否则会损坏控制器。
- ◆ 接线电缆鼻子的裸露部分，一定要用绝缘胶带包扎好，否则有发生火灾、损坏财物的危险。

3、维护

警告

- ◆ 必须由具有专业资格的人员才能更换零件，严禁将线头或金属物遗留在控制器内，否则有引发爆炸和发生火灾的危险。
- ◆ 更换控制板后，必须在运行前进行参数调整和匹配，否则有损坏财物的危险。

1. 产品选型

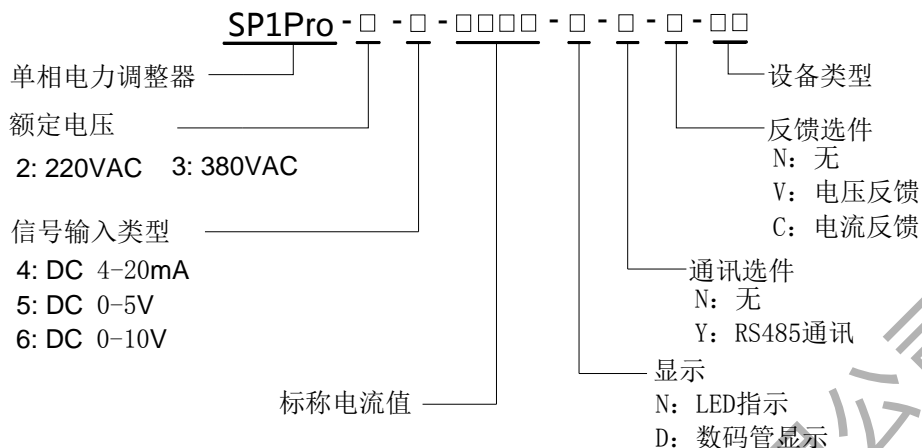


图 1-1: SP1Pro 系列型号定义

★ SP1Pro 系列选型表

| 系列 | 代码功能 | | | |
|--------|--|-----------------------|------|--------|
| SP1Pro | 基本功能: 调功调压一体化; 调节分辨率: 调相 0.2°, 调功 20ms; 缓启、缓关时间: 0~120 秒可调; 支持多种信号输入类型。 | | | |
| 额定电压 | 2 | 220V AC ±10%, 50/60Hz | | |
| | 3 | 380V AC ±10%, 50/60Hz | | |
| 输入信号类型 | 4 | DC 4-20mA, 输入阻抗 120 Ω | | |
| | 5 | DC 0-5V, 输入阻抗 10K | | |
| | 6 | DC 0-10V, 输入阻抗 10K | | |
| 额定电流 | 代码 | 最大电流容量 | 散热方式 | 外形尺寸 |
| | 0020 | 20A | 自然散热 | 图 3-2a |
| | 0050 | 50A | 风冷 | 图 3-2b |
| | 0075 | 75A | 风冷 | |
| | 0120 | 120A | 风冷 | 图 3-2c |
| | 0150 | 150A | 风冷 | |
| | 0180 | 180A | 风冷 | |
| | 0230 | 230A | 风冷 | 图 3-2d |
| | 0280 | 280A | 风冷 | |
| 0360 | 360A | 风冷 | | |
| 显示选件 | N | LED 指示 | | |
| | D | 数码管显示 (操作面板) | | |

| | | | |
|------|----|----------|--|
| 通讯选件 | N | 无 | |
| | Y | RS485 通讯 | |
| 反馈选件 | N | 无 | |
| | V | 电压反馈 | |
| | C | 电流反馈 | |
| 设备类型 | 00 | 标准产品 | |
| | 01 | 定制产品 | |

2. 主要技术指标

| | | |
|------|--------|---|
| 输入 | 主回路电压 | 220/380V AC $\pm 10\%$, 50Hz/60Hz |
| | 风机电源 | 220VAC 50HZ/60Hz |
| 输出 | 分辨率 | 调相 0.2° , 调功 20ms |
| | 输出电压 | 输入电压的 0~98% (调压控制) |
| | 输出电流 | 最大允许输出电流, 请参照产品铭牌的额定电流 |
| | 控制方式 | 开环调压、开环调功(过零)、闭环调压 3 种控制方式 |
| | 负载性质 | 单相纯阻、变阻和感性负载 |
| | 报警输出 | 继电器报警输出; 报警接点容量: 1A 240V AC |
| 主要控制 | 控制信号 | 模拟 (4-20mA、0-5V、0-10V)、操作面板 (选件)、通讯给定 (选件) |
| | 参数设置 | 仅操作面板选件、通讯选件支持该功能 |
| 保护 | 超温保护 | 当散热器温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ 时, 调整器禁止输出并报警 |
| | 过流保护 | 当增加电流反馈选件时, 支持该报警功能 |
| 通讯 | MODBUS | RS485 通讯接口 (选件), 通讯协议采用标准 MODBUS 协议的 RTU 模式 |
| 使用环境 | 安装环境 | 壁挂式垂直安装, 通风良好, 不受日光直射或热辐射、无腐蚀性、无可燃性的环境 |
| | 高温高湿度 | 高温高湿以及海拔 > 1000 米时, 应将额使用, 环境相对湿度 $\leq 90\text{RH}$, 无结露, 使用温度 $-10^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$ |

3. 安装保养、外形尺寸和配线

3.1 安装环境

电力调整器为高发热元件, 安装时务必保证垂直安装, 其上下左右与周围物体和挡板之间务必保留足够散热空间, 如图 3-1 所示, 为保证长期使用时设备能够处于良好的运行状态, 对设备的安装环境作如下要求:

- 无水滴、蒸汽、灰尘及油性灰尘的场所;
- 无腐蚀、易燃性气体、液体, 无漂浮性尘埃、金属微粒;
- 无强电磁信号干扰的场所;
- 安装要牢固可靠, 避免强烈冲击和振动;
- 务必保证设备环境通风良好 (必要时需要安装专用降温设备, 如风扇、空调等)。

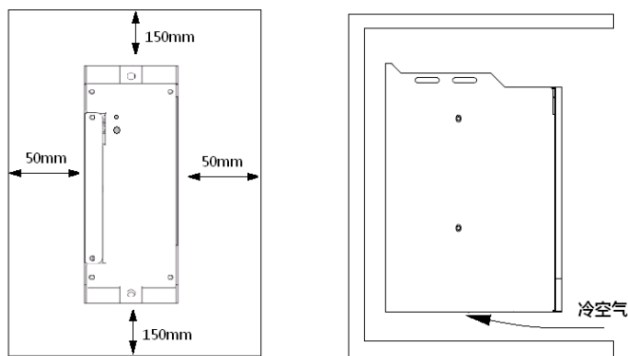


图 3-1 调整器安装示意图

3.2 设备保养

为保证长期使用时设备能够处于良好的运行状态，现场操作人员需要定期对设备进行如下检查：

- (1) 定时检查设备接线端子螺丝是否紧固，特别要检查单相电源进出线端螺栓与螺母是否松动，以防出现打火、电缆发热等问题；
- (2) 定时检查设备内部风机是否工作正常，应采取有效措施防止异物掉落导致风机工作异常，若发现异常，请及时更换风机；
- (3) 请定时对设备内部进行清洁，以免设备内部粉尘堆积，影响设备正常工作，尤其是在具有导电性的粉尘场合，请务必及时清理，以免造成设备内部短路而发生危险。

3.3 外形尺寸

★ 未经特殊说明，尺寸单位均为毫米 (mm)。

1. 电流容量 20A:

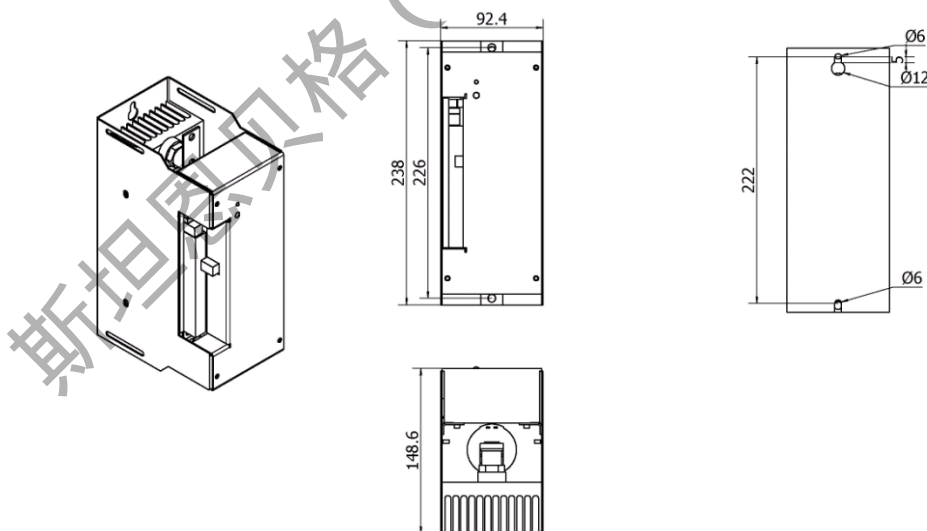


图 3-2a

2. 电流容量 50A、75A:

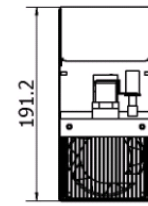
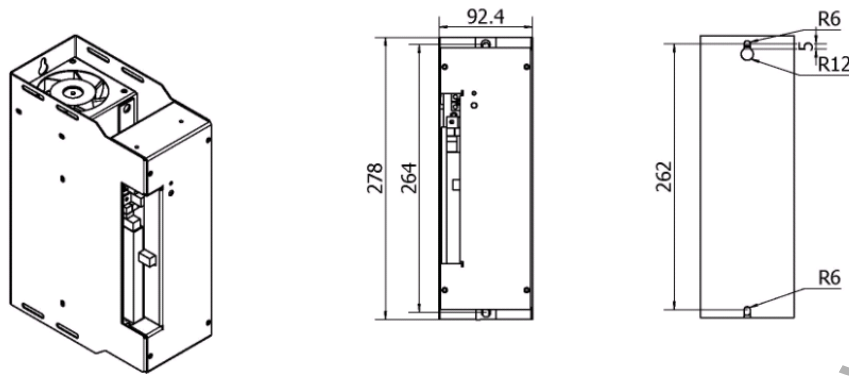


图 3-2b

3. 电流容量 120A、150A、180A:

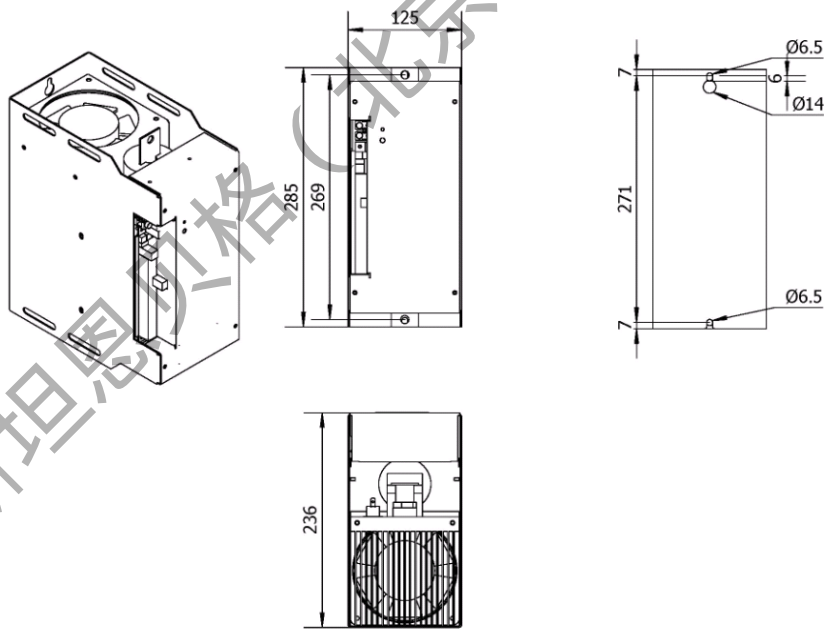


图 3-2c

4. 电流容量 230A、280A、360A:

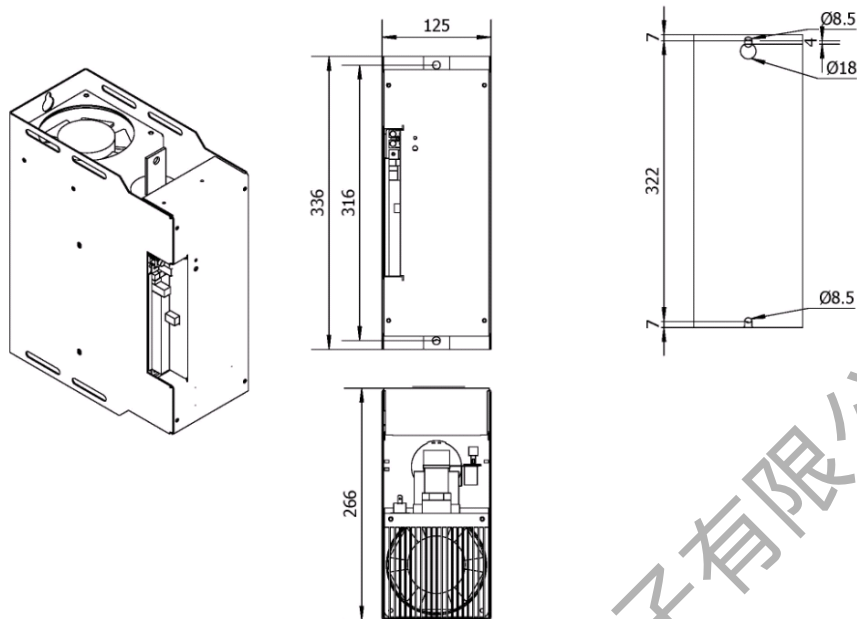


图 3-2d

斯坦恩贝格(北京)电子有限公司

3.4 配线

3.4.1 主控制回路接线

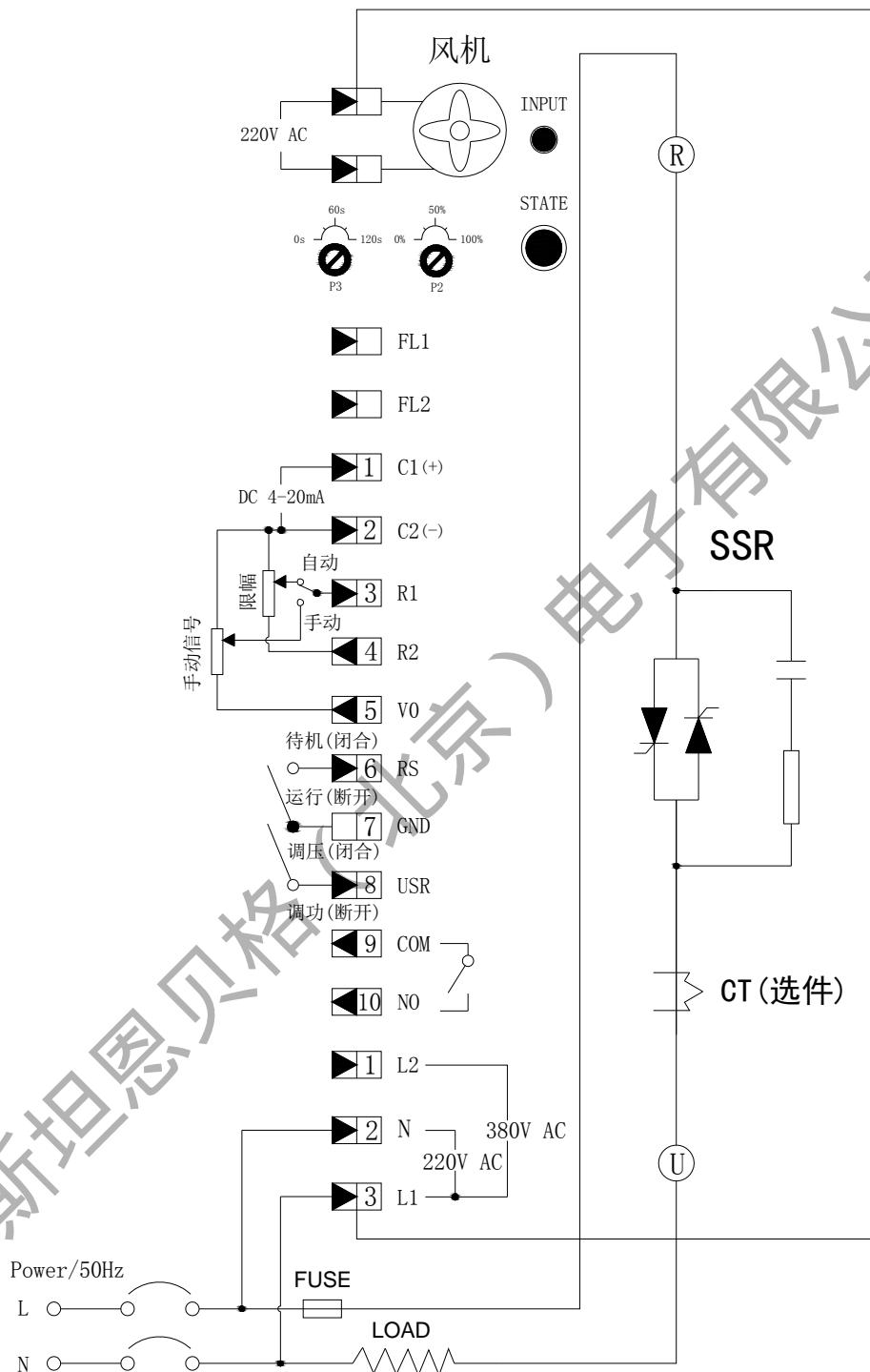


图 3-3

★ 注意：① R1 和 R2 出厂默认使用短路片短接，去掉短路片后才能连接限幅电位器；

② 务必保证调整器控制板电源与负载电源相位同步！请参考图 3-9。

3.4.2 RS485 串口接线

SP1Pro 调整器提供 1 路 RS-485 通讯接口（选件），串口电缆线建议采用屏蔽双绞线。T0+接数据正极，T0-接数据负极，电缆线屏蔽线需接入主机设备的通讯隔离参考地（弱电地），接线方法如图 3-4 所示：

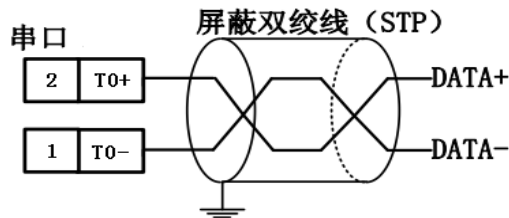


图 3-4：串口接线方法

3.4.3 常用控制接线

图 3-5

图 3-5：最简自动控制接线图

说明：1. 自动控制时，若不使用限幅功能，端口 R1 和 R2 必须短接；

2. 远程控制信号 4-20mA、0-5V 或 0-10V 均接入端口 C1 和 C2，且只能使用其中 1 种信号。

3. **USR 与 GND 默认短接**，电力调整器采用调压工作方式。

图 3-6

图 3-6：带限幅的自动控制接线图

说明：1. **开环调压时**，限幅电位器可限制调整器输出电压，限制效果见图 5-4；**闭环调压时**，限幅电位器限制效果与控制板 P2 电位器限制效果相同：
① 电流反馈，可限制调整器输出电流，见图 5-3a；② 电压反馈，可限制调整器输出电压，见图 5-3b。

2. **调功时**，限幅电位器可限制调整器输出功率，限制效果见图 5-4。

图 3-7

图 3-7：手动和自动组合控制接线图

说明：1. 手动控制，把图中的单刀双掷开关拨向手动电位器的中心抽头即可；2. 自动控制，把图中单刀双掷开关拨向自动，短接 R1 和 R2 端口即可。

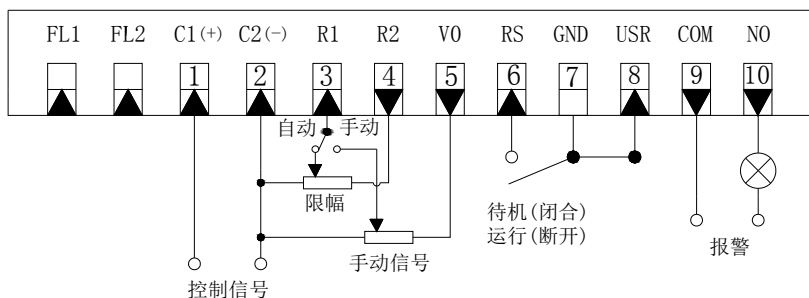


图 3-8: 手动和带限幅的自动组合接线
说明：该图是图 3-6 和图 3-7 的组合接线方式。

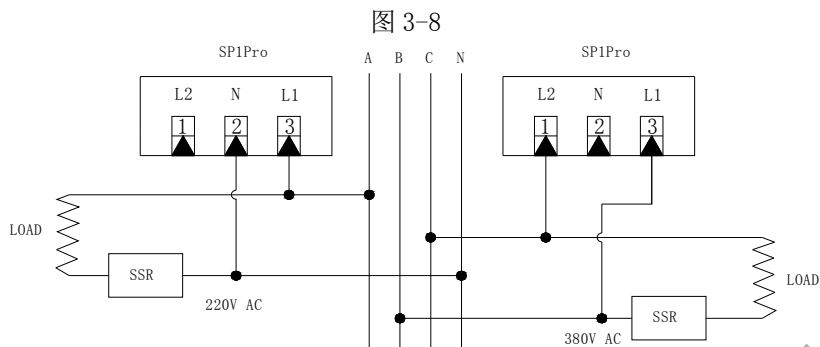


图 3-9(a)

图 3-9(b)

图 3-9: 控制板电源接线图

说明：1. 负载电源为 220V 时，应采用图 3-9(a) 所示接线方式；2. 负载电源为 380V 时，应采用图 3-9(b) 所示接线方式。

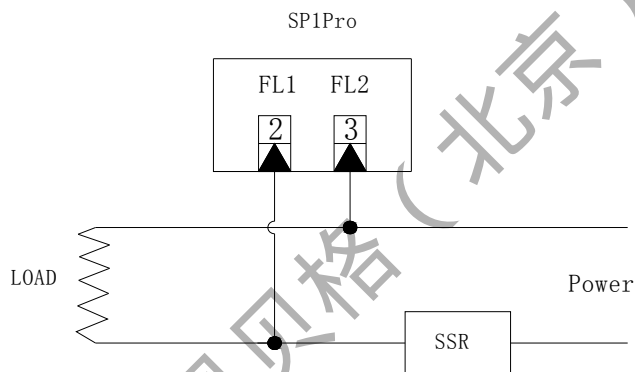


图 3-10

图 3-10: 电压反馈接线图

说明：当使用电压反馈功能时（需要增加电压反馈选件），应按图中方式从负载两端取电，接入调整器控制板的 FL1 和 FL2 端口，作为负载电压反馈源。

★ 使用注意事项:

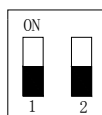
- ❶ 请注意图中控制信号的正、负极性，若接反可能会导致小信号时调整器满输出；
- ❷ USR 是调整器调压、调功选择端口：USR 与 GND 短接时调整器工作于调压方式（出厂默认），USR 与 GND 断开时调整器工作于调功方式；
- ❸ RS 是调整器启动、停机控制端口：RS 与 GND 短接时调整器待机，RS 与 GND 断开时调整器运行。

4. LED 状态指示和拨码开关定义

4.1 LED 状态指示

| | | | | |
|-------|--------|------|--------|---------|
| INPUT | 信号输入指示 | 状态 1 | 绿色亮 | 有信号输入 |
| | | 状态 2 | 绿色灭 | 无信号输入 |
| STATE | 三色状态指示 | 状态 3 | 绿色 | 运行 |
| | | 状态 4 | 红色 | 过流报警 |
| | | 状态 5 | 红灯闪烁 | 欠流报警 |
| | | 状态 6 | 红绿交替闪烁 | 散热器超温报警 |
| | | 状态 7 | 黄灯闪烁 | 待机 |

4.2 SW1 拨码开关定义



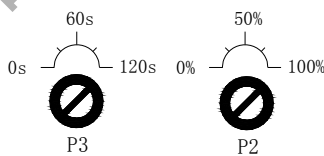
SW1

| 拨码开关 | ON | OFF |
|-------|------------|------------|
| SW1-1 | 开环 | 闭环 |
| SW1-2 | CYC（变周期调功） | PWM（定周期调功） |

★ **注意：**调整器没有使用电压反馈或电流反馈选件时，SW1-1 设置无效，当端口 USR 与 GND 短接时，调整器默认工作于开环调压方式。

4.3 斜坡时间设定和电流、电压限制

斜坡时间是指给定信号变化时调整器输出斜坡变化的时间，其和电流电压限制功能介绍详见 5.3 节。



| 电位器 | 功能 | 调节范围 | 默认值 |
|-----|---------------|---------|------|
| P3 | 设定斜坡时间 | 0-120 秒 | 10 秒 |
| P2 | 调节输出电流或电压限制比例 | 0-100% | 100% |

★ **注意：**

- ❶ 当负载为感性负载时，**强烈建议**通过 P3 电位器把斜坡时间设置的长一些，一般不小于 10 秒；
- ❷ 当负载为阻性负载时，若斜坡时间设置过长，调整器的输出变化响应过慢，可能会影响到外部 PID 调节器或温控仪表的调节效果，此时可以适当的减小 P2 设定值，以获取最佳调节效果；
- ❸ P2 电位器仅适用于闭环调压控制方式（即 SW1-1 拨到 ON 位置，且必须增加电流或电压反馈选件），此时其功能与图 3-6 中限幅电位器功能相同，开环调压或调功方式时，调节 P2 电位器无任何作用。

5. 功能说明

5.1 调压和调功方式输出特点

| 控制模式 | 输出波形 | | |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | 输出 10% | 输出 50% | 输出 90% |
| 移相 (调压) | | | |
| 变周期过零 (CYC 调功) | 1 cycle ON & 9 cycles OFF | 1 cycle ON & 1 cycle OFF | 9 cycles ON & 1 cycle OFF |
| 定周期过零 (PWM 调功) | T T = 2 sec. | T T = 2 sec. | T T = 2 sec. |

5.2 输出线性化校正

如图 5-1 所示，通过线性化校正使负载上电压有效值与输入信号呈线性对应的关系，可有效简化 PID 的调整过程，减小控制曲线的振荡的发生。

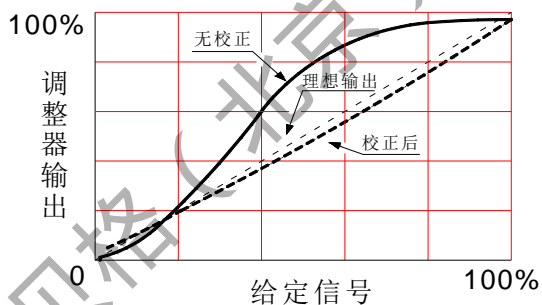


图 5-1

5.3 斜坡输出功能

如图 5-2 所示，经过斜坡输出，启动过程负载电流平滑上升，能有效降低冲击电流，关断过程同样使负载上的电流平滑下降，降低冲击，尤其当负载为感性时，斜坡输出能有效的抑制过渡过程产生的冲击电流和反向电动势，从而保护电路免受伤害。

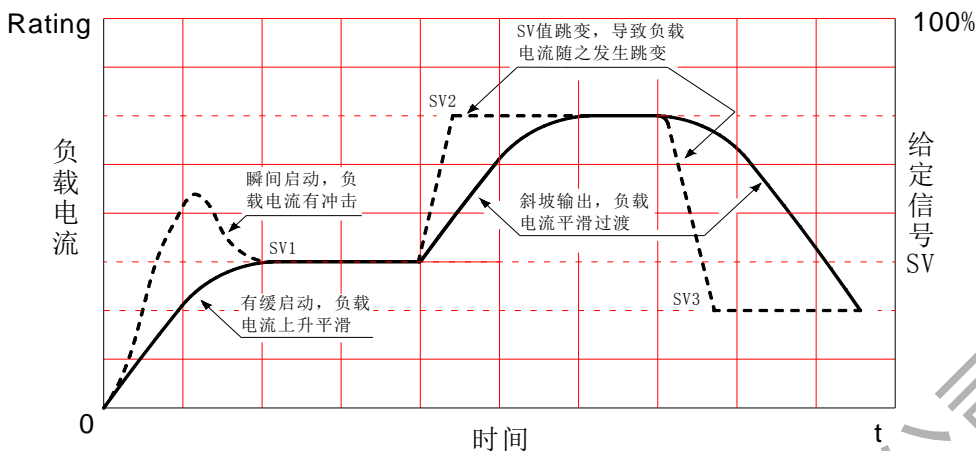


图 5-2

5.4 电流和电压限制

调整器工作于闭环调压方式时，提供负载电流限制和负载电压限制功能（由反馈选件类型决定），通过 P2 电位器可调节限制比例，控制特性如图 5-3a 和图 5-3b 所示。

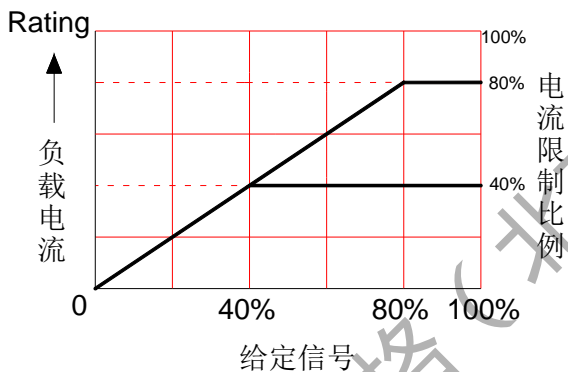


图 5-3a 电流限制

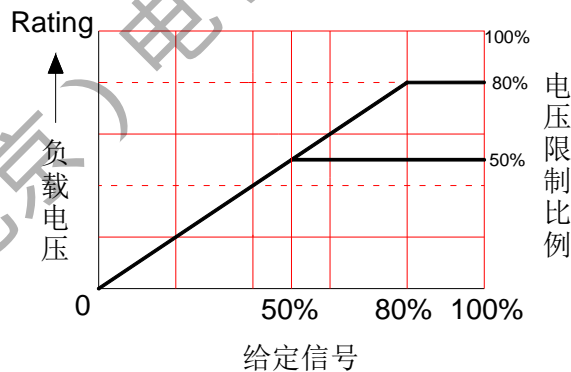


图 5-3b 电压限制

5.5 输出功率的线性限幅

用户在使用此功能时应特别注意：调整器工作在调功方式时，斜率限幅是限制输出功率的平均值，并不能限制输出电压的峰值。此功能可替代控制信号本身带有的限幅功能，控制特性如图 5-4。

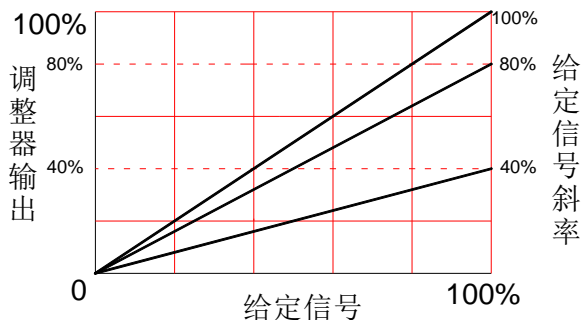


图 5-4

6 故障说明及故障排查

6.1 故障代码

SP1Pro 系列单相电力调整器支持多种故障报警功能：

| 故障编号 | 故障类型 | 报警节点 Y1 与 COM | 报警条件 | 故障排除后 |
|------|-------|------------------|-----------------|--------|
| 1 | 散热器超温 | 闭合 | 散热器温度超过+80℃时 | 自动恢复运行 |
| 2 | 过流报警 | 闭合 | 运行中，调整器检测到负载过流 | 需重新上电 |
| 3 | 欠流报警 | 闭合 | 运行中，调整器监测不到负载电流 | 需重新上电 |

6.2 故障排查

当用户系统出现故障时，首先应判断故障的部位，应将仪表、调压器和负载的问题分开处理。

◆ 负载无输出, 或负载电压升不上去

1. 检查电源：控制板、负载电源是否正常，快熔是否烧断；
2. 检查负载：负载是否开路或接线有问题；
3. 检查调整器：① 状态指示灯：STATE灯，绿色，运行状态；黄色闪烁，停机状态(无输出)；不亮，未供电或控制板故障。
4. 检查给定信号：输入是否正常，信号极性是否接反；
5. 检查调整器手动、自动控制方式选择是否正确；
6. 检查调整器限幅电位器或P2电位器是否设置过小；
7. 检查控制板RS端口：RS与GND端短接，调整器处于停机状态(无输出)，状态灯黄色闪烁；

◆ 负载电压不正常

1. 检查电源：控制板、负载电源是否正常。
2. 检查负载：是否空载、轻载运行。变压器负载：二次侧不能空载，必须带全载。
3. 手动检查：若手动控制正常，初步判断调整器没有问题，否则，接假负载继续检查。
4. 自动检查：短接R1和R2端口，将给定信号接入C1和C2端口，测量给定信号输入是否正常。
5. 输出电压只能调到负载电源的一半：调整器的某一相晶闸管模块损坏。
6. 检查阻容吸收器是否接触不良或损坏。

◆ 负载电压始终为最大且不受控

输出始终为最大，无论是手动还是自动都不可调，可能原因：

1. 负载开路或未接负载；
2. 调整器的晶闸管模块击穿损坏（晶闸管模块两端等效阻抗一般大于500KΩ）。

◆ 开始运行正常，一段时间后，输出始终为最大，无论是手动还是自动都不可调，但是关机后再开机，又能正常运行。可能原因：

1. 环境温度过高或负载长期过流；
2. 负载瞬时过流造成晶闸管模块短时间热击穿，冷却后又恢复正常。

◆ 接假负载调试

若故障部位不易判断，可采用假负载调试法，假负载一般为100~200W 的灯泡。

1. 手动调节正常：初步判断调压器正常，怀疑负载有问题，需检查负载电源电压、保险丝以及可能存在的接触不良、断线、短路、绝缘下降、放电打火等问题；
2. 手动调节正常，自动不正常：若控制输入4~20mA 电流不正常，需进一步检查信号仪表；否则，需检查调整器限幅电位器或P2电位器是否设置过小；
3. 手动、自动调节都正常：判断调整器没有问题。

斯坦恩贝格（北京）电子有限公司

7. 不同负载特性及其控制策略

7.1 负载特性

| 负载 | 分类 | 类型 | 最高温度 | 电阻-温度特性 | 适用的调节方式 |
|----------------|-----|--|--|---------|---|
| 纯阻负载 冷热阻变化小 | 合金 | <ul style="list-style-type: none"> •镍铬 •铁铬 •铁铝钴 | 1100°C(空气) 1200°C(空气) 1330°C(空气) | | ① 普通调压方式：开环移相、闭环移相 ② 定周期过零:PWM 调功 ③ 变周期过零: CYC 调功 ④ 调压调功一体化 |
| 变阻负载 冷热阻变化大 | 纯金属 | <ul style="list-style-type: none"> •钨 W •钼 Mo •白金 Pt •MoSi2 硅钼棒 | 2400°C(真空) 1800°C(真空) 1400°C(真空) 1700°C(空气) | | ① 缓启动时间大于 10s ② 最大电流限制 ③ 一般使用变压器 ④ 带多组输出限幅 PID 调节器 ⑤ 跟随仪表设定值的线性限幅 |
| | 硅碳棒 | <ul style="list-style-type: none"> •SiC | 1600°C(空气) | | ① 缓启动时间大于 10s ② 取消变压器，但需带最大电流限制 ③ 带输出限幅 PID 调节器 ④ 先调压，700°C后调功 |

7.2 针对不同负载的不同控制策略

◆ 变压器控制

1. 变压器的设计容量不足时，应重新设计变压器，或加负载最大电流限制功能。
2. 有运行过程瞬间断电后又上电等情况时，应采用上电缓启动，逐步顺磁和缓关断逐步衰减磁场。
3. 变压器为感性负载，窄脉冲触发不可靠，所以应采用脉宽可变直流触发技术能提供负载电流到达晶闸管擎住电流的足够时间，可确保可靠触发。

◆ 纯金属类

如硅钼、钼丝、钨、白金、石墨等负载冷态电阻小所以低、中温段应需限压和限流；随着温度增高，电阻按线性增大，在高温段反而需增加负载电压。电力调整器的电流限制功能，是专门为这类负载设计的。此外，带有多组PID和调节输出限幅的仪表，也可控制负载电流。

◆ 硅炭棒

一般采用缓启动 > 1 分钟或更长和电流限制，避开在700°C附近负阻的冲击电流（新棒更明显）。

◆ 恒阻（泛指冷热阻变化小的负载）

控制策略较简单，可采用过零调功方式，克服调压方式功率因数低、污染电网的缺点。周期过零（占空比控制），一般采用大功率SSR 实现。周波过零调功，负载电流以全正弦波为单位均匀分布，多台设备运行时，总动力电流相对均衡（避免了周期过零方式电流集中），改善炉温均匀性，避免了电流表撞针，重要的是：提高了电源利用率和避免电力设备增容，节电效果十分明显。

斯坦恩贝格（北京）电子有限公司

斯坦恩贝格（北京）电子有限公司

Starnberg (Beijing) Electronics Co.,Ltd

地址：北京市昌平区天通中苑二区 43 号楼 1 号门 303 室

热线：400-6982680

投诉电话：18911326228

电话：010-62633858

62639795

62637078

德国公司地址：Am Brunnen 19, 85551 Kirchheim b. Munich. Germany

传真：010-62639513

邮箱：sales@starnberg-e.cn

网址：<http://www.starnberg-e.cn>

Tel: +49 (0) 89-9045204