

前言

感谢您选用 AIO5000 控制器，手册提供了 AIO5000 控制器必要的使用信息。为了确保能够正确使用产品，请认真阅读手册。

手册内容已经过严格确认，与所描述的软硬件信息相符合。由于遗漏或疏忽可能造成某些地方的错误，发现后请及时反馈给我们，我们会在后续版本中进行更正。

安全指南

手册包括应该遵守的注意事项，以保证人身安全，保护产品和所连接的设备免受损坏。注意事项分为四类：“危险”、“警告”、“注意”和“提示”。

危险：表示不正确的操作将导致危险情况发生，造成严重的人身伤害；

警告：表示不正确的操作将导致危险情况发生，造成中度或轻微的人身伤害；

注意：表示不正确的操作将导致产品无法正常工作，造成该部分功能无法实现或设备损坏；

提示：表示使用的操作方法能使控制器获得更好的性能或是对部分说明更详尽的补充。

手册用途

手册提供了 AIO5000 控制器的工作原理、技术指标、安装接线方法、产品功能、使用与操作方法等。根据手册说明使用控制器，可减少因使用过程不当造成的损失。若需要仔细了解控制器的编程方法，请参考与产品配套的编程手册《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》。

认证标准

- **CE 认证：**DCCE 网络化可编程控制器符合 CE 认证标准
- **ROHS 认证：**DCCE 网络化可编程控制器符合 ROHS 认证标准

相关专有名词

- **AIO：**Analog Input Output，模拟量信号输入输出

- DIO: Digital Input Output, 数字量信号输入输出
- DCCE: DUT Computer Control Engineering Co.LTD, 大连理工计算机控制工程有限公司
- EPA: Ethernet for Plant Automation, 是中国制定的第一个现场总线标准, 被列为国际现场总线标准 IEC61158 第 14 类型
- FBD: Function Block Diagram, 功能块图表, 基于 IEC61131-3 标准的一种编程语言
- LAD: Ladder Diagram, 梯形图表, 基于 IEC61131-3 标准的一种编程语言
- IEC: International Electronic Committee, 国际电工委员会
- MB+: Modbus Plus, 指在原有 RS485 总线基础上通过特有技术实现的一种速率可达 1M bits/s 的总线
- PEC: Programmable Ethernet Controller, 可编程以太网控制器
- PLC_Config: 可编程控制器编程软件, DCCE 公司编写

免责声明

手册内容已经过严格确认, 与所描述的软硬件信息相符合。由于遗漏或疏忽可能造成某些地方的错误, 发现后请及时反馈给我们, 我们会在后续版本中进行更正。

目录

前言.....	1
安全指南.....	1
手册用途.....	1
认证标准.....	1
相关专有名词.....	1
免责声明.....	2
1. 概述.....	6
2. 工作原理.....	7
3. 技术参数.....	9
3.1 输入参数.....	9
3.2 输出参数.....	10
3.3 通信参数.....	10
3.4 电源参数及使用环境.....	11
4. 产品结构与安装.....	12
4.1 外观、尺寸.....	12
4.1.1 外观.....	12
4.1.2 外形尺寸.....	13
4.2 端子排列与布线.....	13
4.2.1 端子定义.....	13
4.2.2 线缆选择.....	17
4.2.3 布线指导.....	17
4.2.4 屏蔽和接地.....	18
4.2.5 电源接线.....	20
4.2.6 串口接线.....	20

4.2.7 模拟量输入输出接线.....	21
4.2.8 数字量输入输出接线.....	25
4.3 安装与拆卸.....	26
4.3.1 安装装配导轨.....	26
4.3.2 控制器安装与拆卸.....	27
5 产品功能.....	29
5.1 设备管理.....	29
5.1.1 输入输出管理.....	29
5.1.2 定时器.....	32
5.1.3 中断源.....	33
5.1.4 控制器参数.....	34
5.2 可编程控制.....	35
5.2.1 变量.....	36
5.2.2 指令.....	40
5.2.3 程序.....	46
5.2.4 编程.....	50
5.3 通信服务.....	52
5.3.1 串行通信.....	52
5.4 系统管理.....	57
5.4.1 分布式控制系统.....	58
5.4.2 指令网络通信.....	59
5.4.3 主从网络通信.....	60
6. 日常维护与故障排查.....	65
6.1 参数恢复.....	65
6.2 故障排查.....	66
6.2.1 串口通信故障排查.....	66
6.2.2 主从设备通信故障排查.....	67

6.2.3 如何确定模拟量采集工作正常	67
6.2.4 内置电池电量判断及更换	67
6.2.5 调用非法指令错误	68
6.2.6 灯板不亮或全亮	69

1. 概述

AIO5000 控制器是一种支持多种通信协议，具有逻辑控制、过程控制功能的分布式网络化 PLC。支持 IEC61131-3 标准的梯形图、功能块编程，具有逻辑指令，运算指令，定时/计数指令，控制指令，中断指令，网络通信指令和专用指令等，指令集丰富。支持 Modbus、Profibus-DP、USS 等主流控制网络协议，具有多级主从设备扩展和第三方设备互连的能力。以网络系统为整体，对系统中的设备进行统一管理和编程开发，可以实现大中小型可编程控制系统的各种功能，具有特点如下：

1) 以工业级 32 位高性能 MCU 为核心，集模拟量输入输出，开关量输入输出，RS-485 等多种资源为一体，运算处理能力强，功能全，使用方便；

2) 隔离 DC-DC 变换技术，全浮空电路设计以及输入输出自恢复保护和瞬态电压抑制等可靠性措施，控制器具有较强的抗过载能力和抗电磁干扰能力；

3) 采用数字自校零和软件校准技术消除测量电路偏差和温度漂移的影响；采用三线制和比例法 PT100 热电阻温度测量技术，消除供电电源和引线电阻对温度测量的影响；采用发明专利技术（ZL200910304493.7）实现热电偶高精度测量；

4) 提供了梯形图和功能块等多种编程语言，带有自整定功能的高精度 PID 控制指令和工件检测、经济运行、数据校验等过程自动化和工厂自动化的控制指令，控制性能好、精度高、使用方便；

5) 支持 Modbus、Profibus-DP、USS 等多种网络标准，实现多级网络设备统一管理和编程，以及和第三方网络设备互联混合使用。多种资源共享模式和设备的灵活配置方式，满足不同用户不同场合的各种控制需要。

● 主要用途：

AIO5000 控制器主要用于钢铁、冶金、电力、水泥、医药等流程行业以及纺织机械、塑料机械、电子产品制造、包装机械等装备制造中，为相关企业提升了设备自动化程度和工作效率，降低了物耗，节约了能耗，提升了产品竞争能力。

● 型号的组成及代表的意义：

AIO：可编程控制器。

5000：带有模拟量输入、输出和数字量输入、输出的控制器类型。

2. 工作原理

AIO5000 采用工业级高性能 32 位 MCU，原理框图如图 2-1 所示，具有两路 RS-485，八路模拟量输入，八路模拟量输出，一路数字量输入，一路数字量输出。AIO5000 标准电源电压为 24VDC，支持 9~30VDC 宽电压输入。各部分电路电源采用 DC-DC 变换器隔离，使输入输出和通信接口实现全浮空电路设计，抗干扰能力大为增强。

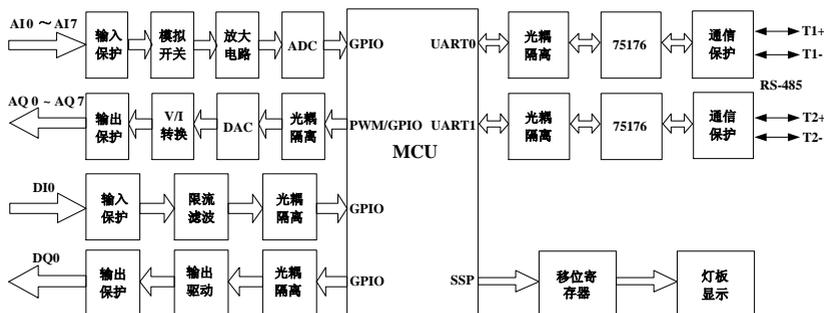


图 2-1-1 AIO5000 原理框图

AI0~AI7 为八路模拟量输入信号，可以输入热电偶，热电阻，标准电流信号，标准电压信号。模拟量输入信号经 ICL7135 转换为数字量后，连接至 MCU 的 GPIO，实现 AD 转换。AQ0~AQ7 为八路模拟量输出，通过对 MCU 输出的 PWM 信号经隔离和滤波，得到直流电压，经过 V/V 或 V/I 转换实现 0~20VDC 或 0~20mA 模拟量输出。DI0 为普通数字量输入，经光耦隔离后，接到 MCU 的 GPIO。DQ0 为普通数字量输出，MCU 输出信号通过光耦隔离，由 MOS 管 VS2362 驱动输出（OD 输出），输出带有过流过压保护电路。AIO5000 具有两路隔离 RS-485 接口，带有过流过压保护电路。使用 RS-485 收发控制器将差分信号转换为单端信号，经过高速光耦隔离后接到 MCU 的 UART 接口上。使用 MCU 的 SSP 接口连接至移位寄存器，驱动 42 个 LED，用来显示控制器电源，输入输出以及通信等工作状态。

表 2-1-1 AIO5000 资源列表

功能	点数	端子符号	备注
模拟量输入	8	0A, 0B, 0C~7A, 7B, 7C	A是正, B是负, C是测量地
模拟量输出	8	AQ0±~AQ7±	如果输出达到20V, 电源电压要求达到24V
数字量输入	1	I00	单向, 输入电阻3.75KΩ
数字量输出	1	Q00	NMOS输出, 负载电流150mA
RS-485	2	T1+, T1-; T2+, T2-	T1为总线连接方式, T2为端子连接方式

3. 技术参数

控制器的技术参数为控制器正常使用时所能实现的功能以及能达到的标准。请在使用前详细阅读此部分，以便准备控制器供电设备及使用环境，快速安全的配置控制器输入输出，合理的选用通信模式。

3.1 输入参数

AIO5000 共有八路模拟量输入和一路数字量输入，输入参数详见表 3-1-1。

表 3-1-1 输入参数列表

模拟量输入			
传感器类型	热电偶	K, E, S, T, R, N, J, B, W	
	热电阻	Pt01, Pt100, Pt1000, Cu50, Cu100	
	电压	0~5V, 1~5V, 0~50mV	
	电流	0~20mA、4~20mA	
分辨率	温度	PT100	0.01℃
		热电阻、热电偶	0.1℃
	电压	0~5V	2000码/V
		0~50mV	300码/mV
	电流	0~20mA	500码/mA
		4~20mA	500码/mA
精度	±2码、±0.1%FS		
转换时间 (1)	无滤波	800ms/8通道	
	有滤波	2.4s/8通道	
数字量输入			
输入类型		单向输入	
输入阻抗		3.75K	
最低导通电流		2mA	
截止电压		0~5V	
导通电压		12~30V	

注意：AIO5000 共有 8 路可用 AI 通道，3 路温度补偿通道和 1 路零点通道。采集每个通道需 80ms，每个采集周期需要采集 8 路 AI 通道，1 路温度补偿通道和 1 路零点通道，故每路 AI 的更新周期为 800ms。

3.2 输出参数

AIO5000 共有八路模拟量输出和一路数字量输出，输出参数详见表 3-2-1。

表 3-2-1 输出参数列表

模拟量输出			
输出类型	电压型		
	电流型		
	数字量型		
输出范围	电压输出	0~20V	
	电流输出	0~20mA	
码值范围	电压输出	0~20000码	
	电流输出	0~5000码	
分辨率	电压输出	1mV/码	
	电流输出	4uA/码	
精度	±0.1%FS		
稳定时间	小于200ms		
带载能力	电压输出	小于50mA	
	电流输出	小于1000Ω	
数字量输出			
输出类型	NMOS输出	关断漏电流	小于50uA
负载电压	最大30V	上升时间	5us
导通电流	小于150mA	下降时间	2.5us

注意：负载电源与控制器供电电源需共地。

3.3 通信参数

AIO5000 共有两类通信接口，RS-485 通信与以太网通信，通信参数详见表 3-3-1。

表 3-3-1 通信参数列表

通信接口	RS-485
通信速率	1200bps~1Mbps
通信协议	MODBUS RTU/ASC II 主从站, MPI主从站, ProfibusDP 从站, USS主站, 自由通信协议主从站
线缆长度	屏蔽双绞线最长1200米 (低速)

3.4 电源参数及使用环境

AIO5000 电源参数及使用环境要求如表 3-4-1 中所示。

表 3-4-1 电源参数及使用环境要求

电源参数	允许的范围
电压范围	9~30V (模拟量输出到20V时, 要求达到24V)
工作电流	小于200mA
启动电流	0.6A
	持续15ms
启动延时	100ms
最大功耗	小于5W
环境条件	允许的范围
温度	-40℃~+85℃
相对湿度	≤95% (不结露)
工业防护级别	IP20
电磁兼容性 (EMC)	通过3级
通风散热	通风良好, 自然散热
使用环境中不允许存放易燃易爆, 有腐蚀性的气体或物品	
使用环境中不允许有强烈的机械震动, 冲击和强磁场作用	

注意: 当 AIO5000 的模拟量输出使用为电压型时, 供电电源电压应该为 24V。

4. 产品结构与安装

AIO5000 系列产品结构紧凑，体积小。主体材质为 PA66，配有不锈钢卡扣，防护等级达到 IP20，EMC 等级 3 级，适用于温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的各种工业环境。输入输出端子间距为 5.08mm，电源端子间距为 3.81mm。端子的可插拔设计使产品更加便于外部接线。

4.1 外观、尺寸

4.1.1 外观

AIO5000 主要由以下几部分组成：①型号贴：说明产品型号。②输入输出端子：输入输出与通信接线端子。③散热口：确保产品快速散热。④导轨卡扣：将控制器安装到 DIN 导轨上的夹具。⑤总线连接器：由电源端子⑧（24V 电源与串口 1 接线端子）和连接器底座⑨组成。⑥拨码区：硬地址设置。⑦指示灯：指示设备运行状态。图 4-1-1 为产品整体外观图。

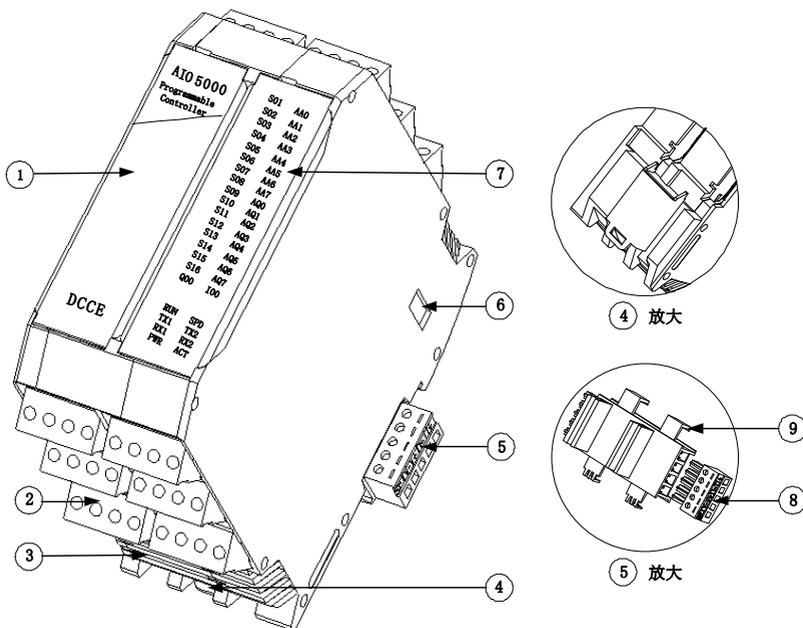


图 4-1-1 整体外观

4.1.2 外形尺寸

AIO5000 系列产品尺寸参照图 4-1-2。产品长度 110mm，宽度 120mm，厚度 45mm。采用立式安装在 3.5cm 的导轨上，占用导轨 45mm。通过连接器底座实现多个控制器扩展连接。占用空间小，扩展连接方便。

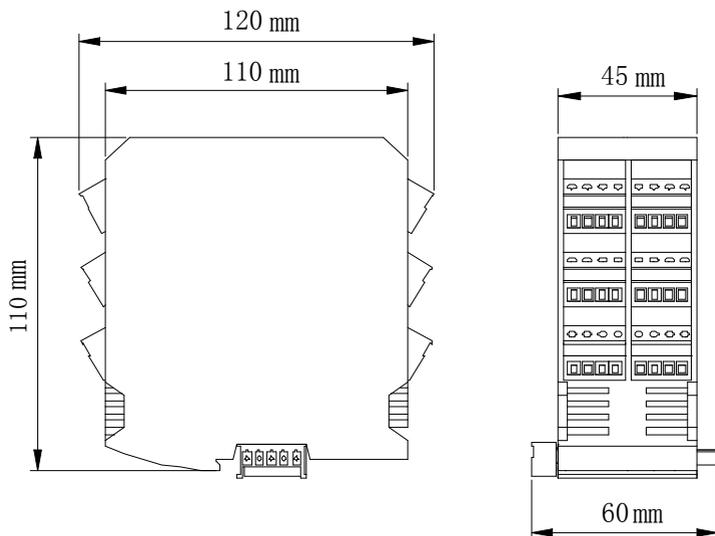


图 4-1-2 外形尺寸

4.2 端子排列与布线

4.2.1 端子定义

AIO5000 输入和输出端子放置于上下两侧排布，每侧分 3 层迭放，每层有 2 个 4 位插拔端子，间距 5.08mm。连接器底座侧面有 5 位 3.81mm 间距插拔端子，连接电源和通信接口。详见图 4-2-1，图中给出了端子编号和功能定义对应关系，以及底板连接器、拨码开关和指示灯定义。表 4-2-1 给出了端子功能说明。表 4-2-2 给出了 2 个拨码开关 SW1 和 SW2 定义。表 4-2-3 给出了指示灯功能说明。

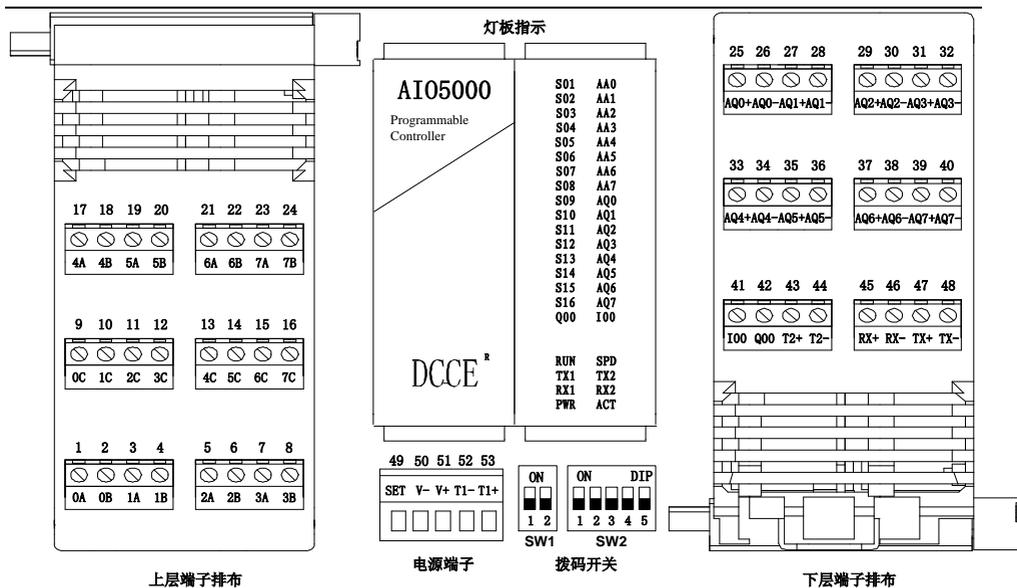


图 4-2-1 端子位置排布

表 4-2-1 端子说明

端子序号	端子名称	描述	端子序号	端子名称	描述
1	0A	第一路模拟量输入正端	28	AQ1-	第二路模拟量输出负端
2	0B	第一路模拟量输入负端	29	AQ2+	第三路模拟量输出正端
3	1A	第二路模拟量输入正端	30	AQ2-	第三路模拟量输出负端
4	1B	第二路模拟量输入负端	31	AQ3+	第四路模拟量输出正端
5	2A	第三路模拟量输入正端	32	AQ3-	第四路模拟量输出负端
6	2B	第三路模拟量输入负端	33	AQ4+	第五路模拟量输出正端
7	3A	第四路模拟量输入正端	34	AQ4-	第五路模拟量输出负端
8	3B	第四路模拟量输入负端	35	AQ5+	第六路模拟量输出正端
9	0C	第一路模拟量输入公共端	36	AQ5-	第六路模拟量输出负端
10	1C	第二路模拟量输入公共端	37	AQ6+	第七路模拟量输出正端

接上表 4-2-1 端子说明

端子 序号	端子 名称	描述	端子 序号	端子 名称	描述
11	2C	第三路模拟量输入公共端	38	AQ6-	第七路模拟量输出负端
12	3C	第四路模拟量输入公共端	39	AQ7+	第八路模拟量输出正端
13	4C	第五路模拟量输入公共端	40	AQ7-	第八路模拟量输出负端
14	5C	第六路模拟量输入公共端	41	I00	第一路数字量输入
15	6C	第七路模拟量输入公共端	42	Q00	第一路数字量输出
16	7C	第八路模拟量输入公共端	43	T2+	串口 2 数据正
17	4A	第五路模拟量输入正端	44	T2-	串口 2 数据负
18	4B	第五路模拟量输入负端	45	RX+	——
19	5A	第六路模拟量输入正端	46	RX-	——
20	5B	第六路模拟量输入负端	47	TX+	——
21	6A	第七路模拟量输入正端	48	TX-	——
22	6B	第七路模拟量输入负端	49	SET	设置状态
23	7A	第八路模拟量输入正端	50	V-	供电电源负端
24	7B	第八路模拟量输入负端	51	V+	供电电源正端
25	AQ0+	第一路模拟量输出正端	52	T1-	串口 1 数据负
26	AQ0-	第一路模拟量输出负端	53	T1+	串口 1 数据正
27	AQ1+	第二路模拟量输出正端			

表 4-2-2 拨码开关功能说明

拨码开关	位号	功 能	开关定义
SW1	1	电池控制, 1 为启用电池, 0 为禁用电池	ON=1
	2	工作/调试模式切换, 1 为调试模式, 0 为工作模式	OFF=0

接上表 4-2-2 拨码开关功能说明

拨码开关	位号	功 能	开关定义
SW2 (硬件地址设置)	1	硬地址设置, 1 为硬地址 16	ON=1 OFF=0
	2	硬地址设置, 1 为硬地址 8	
	3	硬地址设置, 1 为硬地址 4	
	4	硬地址设置, 1 为硬地址 2	
	5	硬地址设置, 1 为硬地址 1	

表 4-2-3 指示灯说明

指示灯符号	中文名称	功能
S01~S16	从设备指示灯	该灯亮指示从设备在线, 序号代表设备站号。
AA0~AA5	模入超限灯	模拟量输入超限后, 该灯亮。序号代表通道号。
Q00~Q07	开出状态指示灯	指示开出状态, 通亮, 断灭。序号代表端子号。
I00~I07	开入状态指示灯	指示开入状态, 通亮, 断灭。序号代表端子号。
TX1, RX1	T1 口通信指示灯	指示 T1 口通信状态, TX 为发送数据指示灯, RX 为接收数据指示灯。发送数据正常时, TX 灯、RX 灯闪烁。
TX2, RX2	T2 口通信指示灯	指示 T2 口通信状态, TX 为发送数据指示灯, RX 为接收数据指示灯。发送数据正常时, TX 灯、RX 灯闪烁。
SPD	以太网速指示灯	指示以太网速率, 灯亮为 100M, 灭灯为 10M。
RUN	运行状态指示灯	指示设备运行状态, 亮灯时运行, 灭灯时停止。闪烁时表示内部电池电量不足。
ACT	—	—
PWR	电源指示灯	指示控制器电源状态, 上电后常亮。

AIO5000 原理图如图 4-2-2 所示, 原理图以功能为主, 定义产品引脚和接线端子,

主要用于工程图纸原理图设计，该图供原理图设计时参考。

0A	0B	0C	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	6A	6B	6C	7A	7B	7C	
1	2	9	3	4	10	17	18	11	19	20	12	5	6	13	7	8	14	15	16	23	24	21	22	
<h1>AIO5000</h1>																							53	T1+
																							52	T1-
																							51	V+
																							50	V-
																							49	SET
25	26	27	28	33	34	35	36	29	30	31	32	37	38	39	40	41	42	45	46	47	48	43	44	
AQ0+	AQ0-	AQ1+	AQ1-	AQ2+	AQ2-	AQ3+	AQ3-	AQ4+	AQ4-	AQ5+	AQ5-	AQ6+	AQ6-	AQ7+	AQ7-	I00	Q00	RX+	RX-	TX+	TX-	T2+	T2-	

图 4-2-2 AIO5000 原理图

4.2.2 线缆选择

为了保证 AIO5000 控制器能够正确工作，对产品使用的电缆和布线进行规定，AIO5000 建议使用的连线线缆如表 4-2-4 所示。

表 4-2-4 AIO5000 线缆要求

AIO5000 接线	线缆类型	推荐规格
串口通信	屏蔽双绞线 STP	$2 \times 0.5\text{mm}^2$
模拟量输入（热电偶）	屏蔽补偿导线（对应分度）	$2 \times 0.5\text{mm}^2$
模拟量输入（三线制热电阻）	屏蔽线 RVVP	$3 \times 0.5\text{mm}^2$
模拟量输入（电压、电流）	屏蔽线 RVVP	$2 \times 0.5\text{mm}^2$
模拟量输出	屏蔽线 RVVP	$2 \times 0.5\text{mm}^2$
普通数字量输入输出	单芯软导线（BVR 或 RV）	$0.5 \sim 1.0\text{mm}^2$
电 源	单芯软导线（BVR 或 RV）	$0.5 \sim 1.0\text{mm}^2$

4.2.3 布线指导

AIO5000 可编程控制器的输入和输出都是测量信号和控制信号，其输入输出连线应根据现场情况，布线时尽量远离干扰源。干扰源根据功率大小分为三个等级，为了保证 AIO5000 产品工作的稳定性，布线时请将功率设备动力线与 AIO5000 输入输出线分开铺设，其间距应保证表 4-2-5 给出的间隔距离。

表 4-2-5 布线间距

线槽种类	电缆布线的最小距离	干扰源强度
金属线槽	0.08m	低于 20A 负载电流功率设备
	0.15m	大于 20A 负载电流功率设备
	0.3m	功率大于 100KVA 功率设备
非金属线槽	0.15m	低于 20A 负载电流功率设备
	0.3m	大于 20A 负载电流功率设备
	0.6m	功率大于 100KVA 功率设备

4.2.4 屏蔽和接地

屏蔽的作用是将电磁场噪声源与敏感设备隔离，切断噪声源的传播路径。当使用屏蔽电缆时，电缆屏蔽层应选用铜网屏蔽或铝箔屏蔽，铺设在带盖的线槽中，为了发挥屏蔽电缆作用，应对屏蔽层进行良好接地。

AIO5000 控制器内置 DC-DC 隔离电源，将测量部分与电源、输出和 RS-485 通信部分隔离。因此，控制器接地分为电源地、保护地和测量地，如图 4-2-3 所示。电源地是指控制器供电电源的负端，该电路与模拟量输出、开关量输出以及 RS-485 串行通信地共用；测量地是指测量部分的电路地，通过内部 DC/DC 变压器隔离，在控制器内部，由端子 0C~5C 引出；保护地是指控制柜或控制箱的系统保护地，一般通过铜排或金属背板与大地相连，该地是屏蔽地主要接地点。

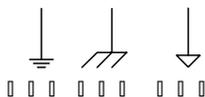


图 4-2-3 接地符号说明

AIO5000 作为控制器，主要用于工业自动化系统中，电气设备多为低频大功率设备，干扰源频率较低，因此建议采用单端接地方式将屏蔽线和接地点接地。如图 4-2-4 所示，图中虚线所示圈形为屏蔽层。将控制器的模拟输入屏蔽层、通信线缆屏蔽层和模拟量输出屏蔽层与供电电源 V-端连接到一起，形成控制地 GND，控制地 GND 通过一根粗缆与保护地 PE 相连，形成控制地与保护地一点接地。

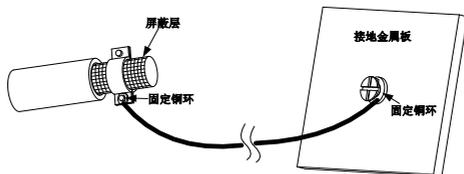


图 4-2-5 电缆屏蔽层的接地方法

4.2.5 电源接线

控制器的供电电源通过总线连接器的电源端子连接。V-端子为供电电源负极，V+为供电电源正极，电源端子接线如图 4-2-6 所示。“SET”为初始参数恢复设置端子，正常使用时悬空；电源线缆建议采用 $0.5\sim 1.5\text{mm}^2$ 规格的 BVR 或 RV 软导线，并使用 6mm^2 以下压线钳制作针形冷压头，通过 2.5mm 平口螺丝刀紧固电源端子。

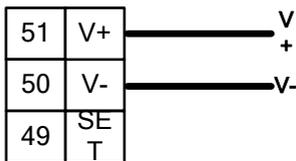


图 4-2-6 电源端子接线方法

4.2.6 串口接线

控制器具有 2 路 RS-485 串口，串口 1 端子在总线连接器处，端子号为 53、52。串口 2 的接线端子在控制器的下层，端子号为 43、44。

串口电缆建议使用屏蔽双绞线，通过 2.5mm 平口螺丝刀紧固电源端子。Ti+ 接数据正端，Ti-接数据负端，接线方法如图 4-2-7 所示。

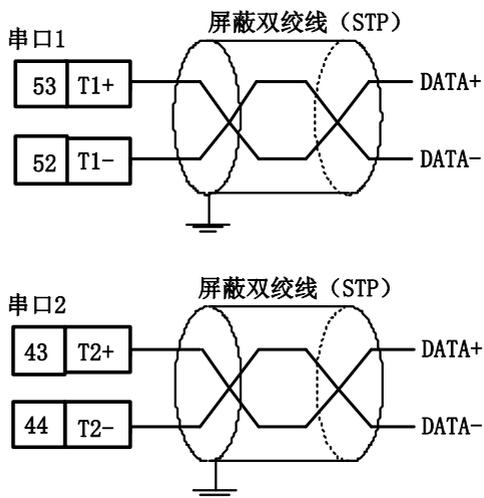


图 4-2-7 串口接线方法

4.2.7 模拟量输入输出接线

模拟量输入输出电缆线建议使用 0.5mm^2 的 RVVP 屏蔽线，通过 3mm 平口螺丝刀紧固相应端子。模拟量输入采用三线制输入，PT100 等热电阻传感器采用桥路差动测量，自动补偿引线电阻；热电偶温度测量时，控制器采用发明专利技术，实现参比端温度高精度补偿和热电偶高精度温度测量。采用数字校零和软件校准技术，消除测量电路漂移，保证各个通道的测量精度。通过软件选择传感器类型，增强了控制器的通用性。

模拟量输入的 iA 端子为正极，iB 端子为负极，iC 端子为公共端（其中 $i=0-5$ ，代表 6 个模拟量测量通道，以下 i 的意义相同）。不同类型传感器的接线方法如下：

(1) 热电阻传感器：热电阻传感器输入（如 PT100）采用三线制接线方式，分别连接 iA 端子、iB 端子及 iC 端子，屏蔽线接电源地。如图 4-2-8 所示：

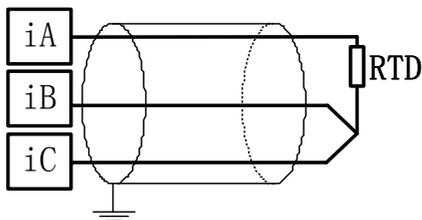


图 4-2-8 热电阻输入接线方法

(2) 热电偶传感器：热电偶传感器输入（如 K 型）为两线制接线方式，建议采用 0.5mm^2 规格的双芯屏蔽补偿导线，将热电偶传感器的正极和负极分别连接到 iA 端子和 iB 端子。屏蔽端可以连接电源地，如图 4-2-9 (a) 所示。也可以连接控制器的测量地 iC 端子上，如图 4-2-9 (b) 所示。

注意：请不要将电源地与测量地连接到一起。

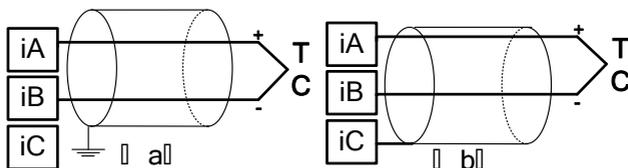


图 4-2-9 热电偶输入接线方法

(3) 电压/电流输入：电流电压模拟量输入在新版本的 PLC（黑色壳体）中做了改动，电流电压模拟量输入接线方式请根据具体的 PLC 版本接线，具体的接线方式如下：

➤ 旧版 AIO5000（白色壳体）

电压和电流信号输入分为有源和无源。有源电压或电流信号的正极接 iA 端子，负极接 iB 端子。屏蔽端可以连接电源地，如图 4-2-10 (a) 所示。也可以连接控制器的测量地 iC 端上，如图 4-2-10 (b) 所示。

注意：请不要将电源地与测量地连接到一起。

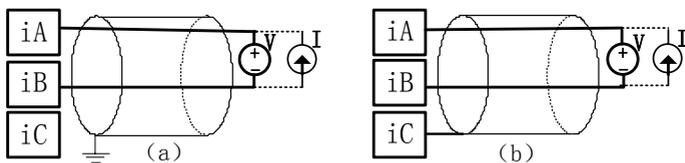


图 4-2-10 旧版 AIO5000 的电压型有源输入接线方法

对于无源电流信号（如 0~20mA 或 4~20mA 的变送器），需要外配+24V 电源 V_a ，将被测对象串接在电路中，如图 4-2-11。屏蔽端可以连接电源地，如图 4-2-11（a）所示。也可以连接控制器的测量地 i_C 端上，如图 4-2-11（b）所示。

注意：为了保证测量电路的抗干扰能力控制器的测量电路和供电电路隔离，请额外为变送器提供供电电源，并且不要将变送器的电源地与控制器的电源地连接到一起。

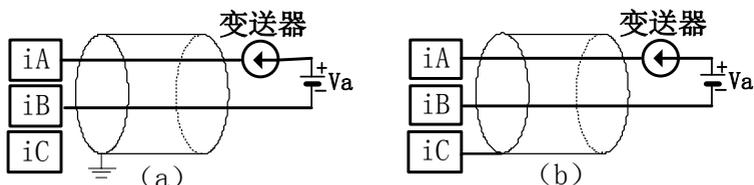


图 4-2-11 旧版 AIO5000 的电流型无源输入接线方法

➤ 新版 AIO5000（黑色壳体）

电压/电流输入相对以往产品，此处对 AI 的输入电路做了调整。AI 前端支持电压和电流兼容输入。电压和电流型输入可以同时接入不同通道的 AI 前端。在接入电压信号时，电压信号的正极接 i_A 端子，负极接 i_B 端子。如图 4-2-12（a）所示。在接入电流信号时，电流信号的正极接 i_A 端子，负极接 i_B 和 i_C 端子。如图 4-2-12（b）所示。

注意：请不要将电源地与测量地连接到一起。

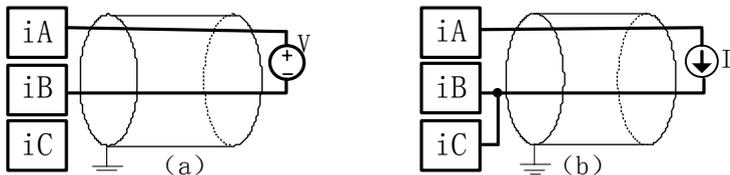


图 4-2-12 新版 AIO5000 的电压型和电流型有源输入接线方法

对于无源电流信号 (如 0~20mA 或 4~20mA 的变送器), 需要外配+24V 电源 V_a , 将被测对象串接在电路中, 屏蔽端可以连接电源地, 如图 4-2-13 所示。

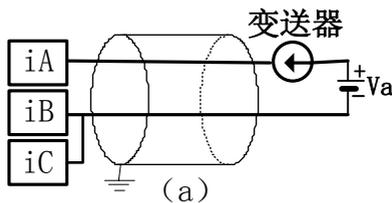


图 4-2-13 新版 AIO5000 的电流型无源输入接线方法

模拟量输出提供电流输出、电压输出和开关输出, 通过控制器内部的跳线可对输出类型进行更改。模拟量输出端通过自恢复保险丝和 TVS 实现输出的过流过压保护。

AIO5000 设有八路模拟量输出, 分别为 $AQ0^{\pm}$ ~ $AQ7^{\pm}$, 可以通过内部跳线完成电压型, 电流型及数字量型的配置, 如图 4-2-14 所示。接线方式如图 4-2-15 所示:

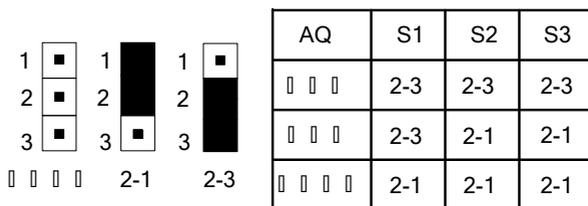


图 4-2-14 AQ 输出选择内部跳线

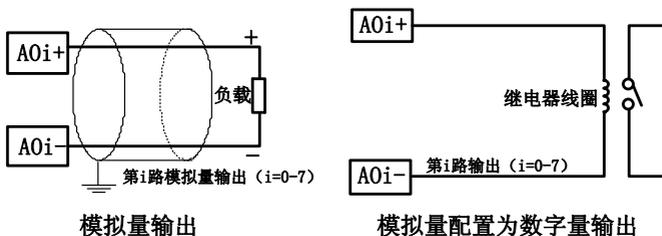


图 4-2-15 模拟量输出接线方法

4.2.8 数字量输入输出接线

普通数字量输入建议使用 $0.2\sim 1.0\text{mm}^2$ 的 BVR 普通电缆线。由于 AIO5000 的一路数字量输入为单向输入，所以有效输入为 GND。数字量输入的光耦前级有限流电阻和滤波电路，可防止输入电压受到干扰后控制器产生误操作。



图 4-2-16 数字量输入接线方法

普通数字量输出建议使用 $0.5\sim 1.0\text{mm}^2$ 的 BVR 或 RV 单芯软导线。所有数字量输出均为漏极开漏输出，即灌电流输出。数字量输出端通过自恢复性保险丝和 TVS 实现输出的过流过压保护。

数字量输出为 NMOS 型输出，电路接线如图 4-2-17 所示，负载（如继电器线圈）的负端接 Qi，负载的正端接 +24V。负载的供电电源建议使用控制器供电电源，如果使用额外电源，需要将负载电源的负极与控制器供电电源的负极相连。

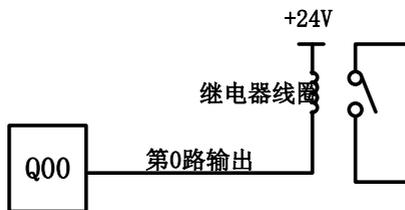


图 4-2-17 数字量输出接线方法

注意：(1) 数字量输出电流 $\leq 150\text{mA}$ ，请检查负载是否能被驱动。(2) 如果接入超过 30V 电压可能使接口保护电路动作，输出不正常工作。超过 60V 电压可能导致开关量输出电路损坏。

4.3 安装与拆卸

AIO5000 可选择垂直或水平方式进行安装,通过设备底部的卡扣和 DIN (35mm) 卡座将控制器安装到标准导轨(DIN)上。结构紧凑的 AIO5000 更加有效的节省了安装空间。

4.3.1 安装装配导轨

设计装配结构时，使控制器周围留出足够的空间（控制器上下间隙至少为 40mm），以便于控制器的散热和布线。用于安装控制器的标准 DIN (35mm) 导轨尺寸如图 4-3-1 所示。

控制器采用立式安装，着力点都在 DIN 导轨上，建议使用多个 M4 螺钉将导轨牢固固定在衬板上。接线后控制器的重心会前移，固定不牢可能使导轨变形，造成控制器向下倾斜。

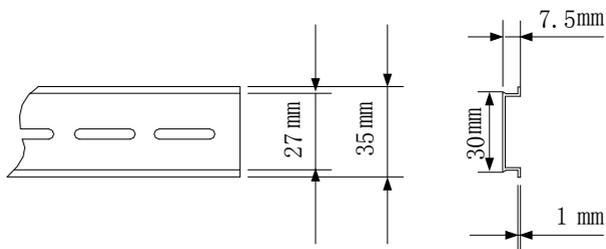


图 4-3-1 导轨外观尺寸

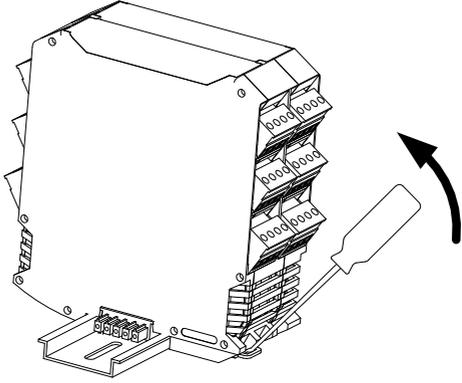
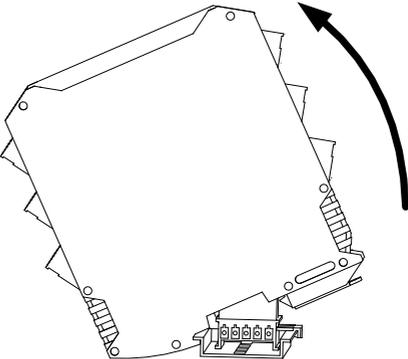
4.3.2 控制器安装与拆卸

在安装与更换控制器前，必须先确保控制器的供电和相关联的设备供电已被切断。确定安装位置与安装方向无误后，请按照表 4-3-1，表 4-3-2 介绍的步骤进行安装与拆卸。

表 4-3-1 控制器安装步骤

步骤	描述	图示
1	总线连接器安装到 DIN 导轨上	
2	将有金属弹簧卡扣的一端翘起，沿箭头所示方向按下即可完成控制器与总线连接器及导轨的连接。	

表 4-3-2 控制器拆卸步骤

步骤	描述	图示
1	用螺丝刀按照图示方向扳动金属卡扣	
2	按照图示方向，将控制器拆离导轨。	

5 产品功能

AIO5000 控制器是一款模拟量数字量混合型的可编程控制器，支持多种模拟量输入传感器类型，提供 13 个中断事件和 128 路定时器和计数器，具有开放式的设备参数配置功能。提供 161 条编程指令，支持梯形图、功能块、指令码多种编程语言，可实现过程控制、逻辑控制等多种控制功能，为用户提供方便、高效的程序开发能力。AIO5000 控制器拥有 2 路 RS-485 通信接口，支持 Modbus RTU、Modbus ASCII、Modbus TCP/UDP、Profibus-DP 协议、USS 协议、EPA 协议以及自由通信协议，可实现主站、从站通信功能。控制器支持主从通信模式，可扩展 16 个从设备，能够与其他控制器组成全分布式控制系统，通过网络通信实现对等设备或主从设备之间的资源映射和同步运行。

5.1 设备管理

AIO5000 控制器拥有 8 路模拟量输入，8 路模拟量输出，1 路数字量输入，1 路数字量输出。可以根据用户需要单独使用，也可以多个控制器联网组成全分布控制系统。

AIO5000 的数字量和模拟量输入具有滤波功能，可以根据需要软件选择开启和关闭。滤波可以有效地防止因外部毛刺导致输入状态的意外变化而产生误动作，但是也消耗控制器的运算资源。控制器能够直接接入不类型传感器的模拟量输入，提供了传感器类型选择和上下限报警功能。提供了外部输出参数冻结功能，用户根据保持输出状态。控制器提供软件地址设置和硬件地址设置功能，根据使用场合灵活实现网络设备地址设置功能，为现场维修和维护提供方便。

5.1.1 输入输出管理

AIO5000 为外部资源提供了数字量输入滤波、模拟量输入滤波、模拟量输入上下限报警、输出冻结和控制器地址设置等功能，其中模拟量输入支持不同的传感器类型设置。

(1) 开关量输入滤波：

控制器支持对本地开关量输入的滤波处理，可滤除输入信号的毛刺，防止因毛刺干扰导致输入状态的意外改变。滤波功能可以通过特殊功能变量区 SMW213 设置，

也可以通过编程软件的参数配置界面进行设置,单位为 0.1ms,例如写入 SMW213=10 表示 DI 防抖时间为 1ms。DI 防抖时间的范围为 0ms~20ms,设置后可永久保存,对本地所有 DI 有效,AIO5000 控制器的 DI 防抖时间默认为 1ms。

注意: SM区中的DI防抖时间单位为0.1ms,而参数配置界面中的DI防抖时间单位为1ms,用户在使用时要注意区分。

(2) 模拟量输入传感器类型:

控制器支持多种模拟量输入传感器类型,可根据各种场合要求选择模拟量输入传感器,传感器类型分为:

- 热电偶, J 型、E 型、N 型、T 型、W 型、R 型、S 型、B 型、K 型;
- 热电阻, 铂电阻 PT100 (分辨率为 0.1 或 0.01℃)、PT1000、铜电阻 CU50、铜电阻 CU100;
- 电压, 用于采集外部电压信号, 范围 0~5V, 1~5V, 0~50mV;
- 电流, 用于采集外部电流信号, 范围 0~20mA, 4~20mA;

可通过编程软件 PLC_Config 的设备参数界面查看控制器的传感器类型。根据订货信息,设备出厂时已配置默认传感器类型。允许同种传感器类型中不同型号切换,使用编程软件的设备参数设置界面设置同种传感器类型的不同传感器型号,例如,当设备的 AI 类型为热电偶型时,用户可以选择 J 型热电偶或 E 型热电偶,但不可以选择铂电阻 PT100。

注意: 当要选择一种传感器类型时,需确定控制器硬件上是否支持。选用电压型输入时,用户不可通过软件修改输入量程。

(3) 模拟量输入滤波:

控制器支持对模拟量输入的滤波处理,采用 3 次滤波法。滤波设置对所有的模拟量输入均有效,可通过编程软件 PLC_Config 的设备参数设置界面查看或修改控制器模拟量输入滤波参数。

(4) 模拟量输入上下限报警:

AIO5000 控制器支持模拟量输入上下限报警功能。SMW147 给出 AI 通道的报警状态,SMW147 的 0~7 位分别对应模拟量输入通道 AI0~AI7 的报警状态,其余位保留。若某位为 1 表示该通道处于报警状态,输入值超过报警设定范围。为 0 表示

该通道处于正常状态。用户可以通过特殊功能变量区 SMW131~SMW146 对模拟量输入上/下限报警值进行设置，如表 5-1-1 所示。默认报警上/下限值为 32767/-32767。

表 5-1-1 模拟量输入上下限报警对应 SM 区表

SM 区	描述	SM 区	描述
SMW131	AI0 通道报警上限值	SMW132	AI0 通道报警下限值
SMW133	AI1 通道报警上限值	SMW134	AI1 通道报警下限值
SMW135	AI2 通道报警上限值	SMW136	AI2 通道报警下限值
SMW137	AI3 通道报警上限值	SMW138	AI3 通道报警下限值
SMW139	AI4 通道报警上限值	SMW140	AI4 通道报警下限值
SMW141	AI5 通道报警上限值	SMW142	AI5 通道报警下限值
SMW143	AI6 通道报警上限值	SMW144	AI6 通道报警下限值
SMW145	AI7 通道报警上限值	SMW146	AI7 通道报警下限值

(5) 输出冻结:

调试程序过程中将运行模式转换到停止模式时，用户可以通过配置冻结模式指定控制器的 AQ 和 DQ 输出是否清 0 或保持停止模式之前的输出值不变。

当控制器处于冻结模式时，输出保持停止模式之前的输出值不变。用户可以通过 SMW169 配置冻结模式选择，1 为使能输出冻结，0 为不使能，默认为 0。该设置对所有的输出通道均有效，配置参数永久保存在 FLASH 存储器中。

在非冻结模式下，控制器停止运行时，用户可以通过 SMW170~SWM178 和 SWM125 变量设置模拟量和数字量的输出值，如表 5-1-2 所示。变量值设置范围为 -32767~+32767，默认为 0。例如，当控制器处于非冻结模式时，停止运行控制器，SMW172 中的值输出给 AQW0。

表 5-1-2 输出冻结 SM 区索引表

SM 区	描述	SM 区	描述
SMW170	QW0 的输出值	SMW171	QW1 的输出值
SMW172	AQW0 的输出值	SMW173	AQW1 的输出值
SMW174	AQW2 的输出值	SMW175	AQW3 的输出值
SMW176	AQW4 的输出值	SMW177	AQW5 的输出值
SMW178	AQW6 的输出值	SMW125	AQW7 的输出值

(6) 控制器地址设置

为了在同一个 RS-485 总线上区分不同的设备，每个控制器都有自己的通信地址。控制器地址由硬地址（拨码开关地址）和软地址组成，实际控制器地址是二者之和。

可以通过修改硬件拨码开关的值，更改控制器硬地址，硬地址范围为 0~31。可以通过编程设备的设备参数设置界面或特殊功能变量区（SMW79）进行设置，更改控制器软地址。控制器地址设置完毕后需要重新上电，新的地址才生效，AIO5000 控制器的软地址默认为 0，控制器地址范围为 0~255。

(7) 串口参数恢复设置

控制器在调试模式下串口将被恢复成固定设置，该功能可在串口参数未知或者串口波特率无法与电脑通信时使用。当 SW1 的 2 号拨码开关拨成 ON 时，控制器重新上电后将处于调试模式，此时控制器串口 2 将恢复成从口，115200bps，无校验，8 位数据位，1 位停止位，通信间隔为 2（串口系统参数不会被修改），此时可以通过 PLC_Config 软件与设备进行串口通信调试。当 SW1 的 2 号拨码开关拨成 OFF 时，控制器重新上电后将处于运行模式，此时控制器串口 2 将恢复成系统参数中保存的参数。

5.1.2 定时器

AIO5000 控制器支持 128 个定时器，编号为 T0~T127。每个定时器支持三种指令 TON，TOF 和 TONR。所有定时器均以 100ms 为时基，其中 T80~T119 可以通过特殊功能变量区 SM59.0 更改时基，SM59.0 为 1，时基缩短为 10ms。定时器 T124、

T125、T126、T127 除了支持定时器指令外，还可作为中断源，与中断连接指令配合使用。如果中断开放能够产生中断，当计数值与预设值相等时，T124~T127 置位，触发中断程序。定时器 T124~T127 对应的中断号分别是 12~15。

5.1.3 中断源

控制器提供了 13 个中断，可以有效提高事件响应的实时性。其中包括 1 个 I/O 中断，8 个定时中断和 4 个自由通信中断。8 个定时中断分为 4 个定时器指令中断和 4 个时基匹配中断。如表 5-1-4 所示。

I/O 中断指开关量输入中断，主要包括上升沿和下降沿中断，对应中断号为 0。

定时器中断有 8 个，其中 4 个时基匹配中断分别对应中断号 8~11，匹配设定值分别存储在 SMW190、SMW191、SMW192、SMW193 四个变量区中，当计数值与匹配值相等时触发中断程序，如表 5-1-3 所示。4 个定时器指令中断分别对应中断号 12~15，使用定时器指令中断时需要调用定时器指令（TON 或 TOF）与中断连接指令配合使用。

表 5-1-3 定时匹配变量表

SM 区	描述	SM 区	描述
SMW190	匹配定时 0 定时时间，单位为 10ms	SMW192	匹配定时 2 定时时间，单位为 10ms
SMW191	匹配定时 1 定时时间，单位为 10ms	SMW193	匹配定时 3 定时时间，单位为 10ms

串行口接收发送中断分别是为串行自由通信指令的串行通信及时响应而设计的，主要包括串口 1 发送中断，串口 1 接收中断，串口 2 发送中断和串口 2 接收中断。

表 5-1-4 中断事件一览表

中断号	MODE	中断事件	描述
0	0	I00 上升沿	I00 引脚上升沿产生中断
	1	I00 下降沿	I00 引脚下降沿产生中断
8	0	时基匹配 0	时基匹配 0 定时时间到产生中断
9	0	时基匹配 1	时基匹配 1 定时时间到产生中断
10	0	时基匹配 2	时基匹配 2 定时时间到产生中断
11	0	时基匹配 3	时基匹配 3 定时时间到产生中断
12	0	定时器 124	T124 定时时间到产生中断
13	0	定时器 125	T125 定时时间到产生中断
14	0	定时器 126	T126 定时时间到产生中断
15	0	定时器 127	T127 定时时间到产生中断
16	0	串口 1 发送	串口 1 自由通信发送指令 (SCW) 发送结束产生中断
17	0	串口 1 接收	串口 1 自由通信接收指令 (SCR) 接收到报文产生中断
18	0	串口 2 发送	串口 2 自由通信发送指令 (SCW) 发送结束产生中断
19	0	串口 2 接收	串口 2 自由通信接收指令 (SCR) 接收到报文产生中断

提示：中断资源的具体使用方法参见《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》中第 6 章中断指令内容。

5.1.4 控制器参数

AIO5000 控制器提供了控制器厂家参数和设备参数，可使用这些参数以时间驱动方式编写程序和程序加密处理。

(1) 厂家参数

AIO5000 控制器的厂家参数包括：生产日期、程序版本和控制器类型等系统参

数，用户不可修改。

表 5-1-5 控制器厂家参数

SM 区	描述	SM 区	描述
SMD70	控制器生产序号	SMW15	设备的 DEVICEID 号
SMW72	生产日期的年	SMW81	产品扩展功能标志位
SMW73	生产日期的月	SMW80	程序副版本号
SMW74	生产日期的日	SMW124	程序主版本号

(2) 设备参数

控制器为用户提供了以下设备参数：始终和首次扫描为 1 标志、1ms、100ms 和 1s 定时器，秒和分钟脉冲，实时时钟和电池电压值等设备信息，如表 5-1-6 所示。可以使用这些数据控制程序运行。

表 5-1-6 设备参数

SM 区	描述	SM 区	描述
SM0.0	始终为 1	SM0.1	首次扫描为 1
SM0.8	指令加密位	SMW1	每 100ms 加 1
SMW6	秒定时器	SMD167	毫秒定时器
SM7.0	秒脉冲	SM7.1	分钟脉冲
SMW52	实时时钟的年	SMW53	实时时钟的月
SMW54	实时时钟的日	SMW55	实时时钟的时
SMW56	实时时钟的分	SMW57	实时时钟的秒
SMW58	实时时钟的星期	SMW91	电池电压值

5.2 可编程控制

AIO5000 控制器支持 IEC61131-3 标准的梯形图、功能块和指令码编程，指令集丰富，可单独工作，也可同其他产品配合组成控制系统，具备过程控制、逻辑控制等功能，提供了方便的设备运行信息访问接口，可有效地减少操作人员与维护工程师在故障诊断与排除方面所花费的时间。

AIO5000 控制器通过 PLC_Config 编程软件进行逻辑组态和编程开发。该软件具备设备管理、通信配置、程序管理、状态符号表、趋势图、仿真运行等多项便于编程的功能，支持兼容 IEC61131-3 标准的功能块、梯形图编程语言，实现了用户程序的优化编译、分布式下载、调试与加密等功能。

5.2.1 变量

变量区是为程序提供了一种内存资源，每个变量都有唯一的地址，可通过变量地址直接存取数据，编写程序前需要合理的划分所要使用的变量资源，从而提高内存的利用率和程序执行效率。

变量区的存取支持位、字和双字 3 种类型。位变量，仅有 0 和 1 两个值，主要用于能流控制、位逻辑运算、使能、状态位存储和数字量输入输出的处理等。字（16 位二进制数）变量包括有符号字和无符号字两种类型，范围分别是-32768~32767 和 0~65535，字变量主要用于模拟量输入输出和数据处理，支持数据传送、算数运算、逻辑运算、定时计数、程序控制、循环移位等操作。双字（32 位二进制数）变量包括有符号双字、无符号双字和实数三种类型，每种变量表示范围分别是-2147483648~2147483647、0~4294967295 和-3.402823E+38~3.402823E+38。有符号和无符号双字变量和字变量用法相同，主要用于 32 位的整型运算和数据处理。实数类型的双字变量主要用于数值范围较宽的运算和处理，如实数运算、PID 控制等。

变量区的寻址方式可分为直接寻址和间接寻址两种，直接寻址可对位、字和双字寻址。间接寻址只能寻址字和双字变量。AIO5000 控制器的内存变量以字为单位，地址连续排列。不支持字节变量，如果使用字节变量，也要存储在字变量中。可以 1 个字节变量存储于 1 个字变量中，仅使用字变量的低 8 位；也可以 2 个字节变量存储于 1 个字变量中，分别存于字变量高低字节中。

各种变量类型定义如下：

(1) 字变量：区标识符+W+字地址

其中，区标识符如表 5-2-1 所示，分别是 V，S，L，M，I，Q 等。W 表示字变量。字地址表示变量存储位置，从 0 开始。例如：VW3，表示变量定义在 V 区中地址为 3 的区域中。

(2) 双字变量：区标识符+D+字地址

其中，区标识符与字变量定义相同。D 表示变量类型是双字变量。字地址表示该双字变量存储的位置。双字变量占用 2 个字变量，分别是字地址指定的字变量和下一个字地址指定的字变量，双字变量低位存于低地址，高位存于高地址。可以通过字变量存取双字变量的高位和低位。例如：VD4，表示双字变量存于字变量 4 和 5 中，可以用 VW4 和 VW5 分别存取该双字变量的低位和高位。

(3) 位变量：区标识符+字地址+“.”+位号

其中，区标识符与字变量定义相同。字地址与字变量定义相同。位号是字变量中的该位的位置，范围是 0~15。例如：V3.11 表示是 V 区字变量地址为 3，位偏移为 11 的位变量操作数，如图 5-2-1 所示。

字变量和双字变量里面存储的数据类型由处理程序定义，控制器中提供了对有符号整型数，无符号整型数，有符号长整型数，无符号长整型数，实数的处理指令。



图5-2-1变量寻址示意图

除直接使用变量地址外，AIO5000 还支持使用指针的方式间接寻址，AIO5000 使用 V 区和 M 区定义指针变量，间接寻址其他变量。间接寻址中，指针变量为 32 位的整型数值，存储在双字变量中，用户可以通过修改指针实现对数据块变量区中的各个变量的访问。

注意：建议尽量少使用指针变量开发程序，或者使用指针变量时在程序中做越界检查，以免指针变量改变了其他变量而影响程序的正常运行。

提示：详细的指针建立与操作请参见《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》。

(1) 变量区分类及范围

AIO5000 定义了 18 个变量区，分别是

I,Q,XI,XQ,V,M,S,SM,L,T,C,AI,PAI,XAI,AQ,PAQ,XAQ,P 区，按照访问的数据类型可分为字访问（18 个）和位访问（11 个）两种，按照操作权限可分为只读（7 个）和读写（11 个）两种。变量区定义和功能如表 5-2-1 所示。

表 5-2-1 变量区大小

标示符	名称	描述	区大小
I	开关输入	开关量输入寄存器，程序运行周期开始刷新 I 区	4 字
Q	开关输出	开关量输出寄存器，程序运行周期结束刷新 Q 区	4 字
V	用户变量	程序主要变量区，带有掉电保持功能	5120 字
M	内存变量	与 V 区用法相同	512 字
S	顺序控制	以位变量应用为主，主要用于程序的顺序控制	16 字
L	局部变量	以位变量应用为主，作为头参数存放指令当前状态	16 字
SM	特殊功能	具有特殊功能，存放设备参数，系统参数和特殊指令参数	512 字
AI	模拟输入	模拟输入数值，二进制有符号数	16 字
AQ	模拟输出	模拟输出数值，二进制有符号数	16 字
XI	扩展输入	通过网络映射的从设备开关量输入值	256 字
XQ	扩展输出	通过网络映射的从设备开关量输出值	256 字
PAI	扩展模拟输入	通过网络映射的从设备模拟量输入整数	256 字
XAI	变换模拟输入	PAI 值经标度变换生成的浮点数	512 字
PAQ	扩展模拟输出	通过网络映射的从设备模拟量输出整数	256 字
XAQ	变换模拟输出	PAQ 值经标度变换生成的浮点数	512 字
T	定时器	位变量表示时间到否，字变量表示定时器的过程值	128 个
C	计数器	位变量表示计数到否，字变量表示当前计数值	128 个
P	永久保存	存储在 FLASH 中，用于保存初始值或用户设定值	2048 字

注：V5008 版及以上版本的 AIO5000 控制器的 P 区缩减到 2048 个字。使用 V2.5.0 版及以上版本的 PLC_Config 时 V 区缩减到 5120 个字。

(2) 变量使用：

变量主要由指令处理，以实现各种运算和控制功能，也可以通过网络与其他设备共享。因此，变量访问方式可分为指令读写，RS-485 读写和以太网读写三种。

- **指令读写：**指令输入可以是常量也可以是变量，但输出必须是变量，用于存放指令执行结果。根据指令要求的变量类型，应该在变量区中使用相应变量。指令输入读取变量时将处理结果写入相应变量中。

- **RS-485 读写：**RS-485 总线以主从方式组成网络，每个从设备都有唯一地址。AIO5000 主要支持 Modbus 协议，也支持 USS、Profibus-DP 和自由通信协议。可以通过 Modbus 协议对从设备变量区进行读写，实现主从设备之间的变量映射。

(3) 存储方式

各种变量区具有不同性质，根据程序开发需要选择变量区，定义相应变量。

- **电池保持区 (V 区)：**

V 区作为主要存储区，存储程序运行过程中的变量和中间结果，V 区数据存储由电池供电的外扩 RAM 中，带有掉电保持功能，默认为全保持。V 区可以用为掉电保存功能使用，但是电池使用有一定寿命，电池没电时 V 区数据丢失可能造成程序无法运行或其他损失，所以使用电池保持功能时要特别小心。当 V 区的供电电池电量不足时，控制器的 RUN 灯会每 0.5 秒闪烁一下，提示用户更换电池，控制器重新上电后 V 区将全部清零。控制器配有电池开关，用户可根据需要选择是否开启电池保持功能。由于电池的电量有限，从电池开启算起，V 区保持电池可持续不到 1 年时间。

- **永久存储器区 (P 区)：**

P 区可以用作重要数据的永久保存，可存储程序执行中不变的数据。P 区位于控制器的 FLASH 中，数据掉电不丢失，支持位、字和双字操作。由于 FLASH 芯片的擦写寿命约 10 万次，故使用 P 区时一定要注意其擦写次数限制。设计时也对 P 区进行了特殊保护，P 区变量不允许放置在指令的输出引脚。可通过 PLC_Config 软件或操作面板通过网络协议对 P 区进行读写操作，目前不支持 Modbus 协议位命令。

- **特殊功能变量区 (SM 区)：**

控制器使用 SM 区开放了系统的一些功能，提供了和用户程序之间信息交互方法，可以通过 SM 区使用一些特殊功能，如：首次扫描为 1 标志和运行状态等。SM

区的前 256 个字变量是只读的，后 256 个字变量和 P 区相同，位于控制器的 FLASH 中，具有永久保存能力。SM 区提供了控制器的厂家参数、设备参数、指令参数、通信参数和系统参数等。

- **其他变量区：**

其他变量区，可保存过程中数据，掉电丢失，用于存储实时数据、控制逻辑、物理输入输出等。

5.2.2 指令

AIO5000 控制器共支持 161 个指令，按具体功能共分为 14 类。分别是位逻辑指令，网络通信指令，比较指令，转换指令，计数指令，实数运算指令，整数运算指令，逻辑操作指令，变量转移指令，程序控制指令，中断指令，移位与循环指令，定时指令和专用指令。

- **位逻辑指令**实现与、或、置位和复位等位运算功能。
- **网络通信指令**实现 USS、Modbus、自由通信等协议的网络通信。
- **比较指令**实现字、整数、长整和实数的比较功能。
- **转换指令**实现实数与整数、整数与 BCD 码、长整与实数和长整与整数的相互转换功能。
- **计数指令**实现上升、下降、上升下降沿计数。
- **实数运算指令**实现实数运算功能，如 PID 运算、四则运算等。
- **整数运算指令**实现整数数学计算、整数递增和递减等运算功能。
- **逻辑操作指令**实现字、双字的取反、与、或和异或等逻辑功能。
- **变量转移指令**实现变量的字、双字、实数、字块的赋值和转移功能，以及字的立即传送功能。
- **程序控制指令**实现程序的循环、跳转和子程序调用功能。
- **中断指令**实现中断的允许、禁止、连接和分离功能。
- **移位与循环指令**实现字、双字的左移、右移、循环左移和循环右移功能，以及寄存器移位和交换功能。
- **定时指令**实现 10ms、100ms 时基的定时接通、定时断开、保持定时接通等定时功能和中断功能。

● **专用指令**实现工件检测、经济运行、存储、冒泡排序、数据校验、定位和 PH 检测等特殊功能。

表 5-2-2 功能块指令索引表

标识符	说明	标识符	说明
AND	位与	I_PID	增量式 PID
OR	位或	P_PID	位置式 PID
P	上升沿	ADD_I	整数加
N	下降沿	ADD_DI	长整加
=	输出	SUB_I	整数减
=I	立即输出	SUB_DI	长整减
S	置位	MUL	整数乘
SI	立即置位	MUL_I	整数短乘
R	复位	MUL_DI	长整乘
RI	立即复位	DIV	整数除
RS	复位优先触发	DIV_I	整数整除
SR	置位优先触发	DIV_DI	长整整除
SCR_B	串行位读	INC_I	整数加 1
SCR_W	串行字读	INC_W	字加 1
SCW_B	串行位写	INC_DW	双字加 1
SCW_W	串行字写	DEC_I	整数减 1
XMT	串行自由发送	DEC_W	字减 1
RCV	串行自由接收	DEC_DW	双字减 1
USS_INIT	USS 初始化	INV_W	字取反
USS_WPM_W	USS 字写	INV_DW	双字取反
USS_WPM_DW	USS 双字写	WAND_W	字与
USS_WPM_R	USS 实数写	WAND_DW	双字与

接上表 5-2-2 功能块指令索引表

标识符	说明	标识符	说明
USS_RPM_W	USS 字读	WOR_W	字或
USS_RPM_DW	USS 双字读	WOE_DW	双字或
USS_RPM_R	USS 实数读	WXOR_W	字异或
USS_CTRL	USS 控制	WXOR_DW	双字异或
==W、==I	相等	MOV_W	字赋值
<>W、<>I	不等于	MOV_DW	双字赋值
>=W、>=I	大于等于	MOV_R	实数赋值
<=W、<=I	小于等于	BLKMOV_W	字块赋值
>W、>I	大于	BLKMOV_DW	双字块赋值
<W、<I	小于	MOV_WIR	立即传送读
==D、==R	相等	MOV_WIW	立即传送写
<>D、<>R	不等于	FMOV_W	多点变量赋值
>=D、>=R	大于等于	FOR	循环
<=D、<=R	小于等于	NEXT	循环
>D、>R	大于	JMP	跳转头
<D、<R	小于	LBL	跳转尾
R_I	实数整数转换	CALL	子程序调用
I_R	整数实数转换	ENI	中断允许
I_DI	整数长整转换	DISI	中断禁止
DI_I	长整整数转换	ATCH	中断连接
DI_R	长整实数转换	DTCH	中断分离
R_DI	实数长整转换	SHL_W	字左移
BCD_I	BCD 整数转换	SHL_DW	双字左移
I_BCD	整数 BCD 转换	SHR_W	字右移
ROUND	四舍五入	SHR_DW	双字右移

接上表 5-2-2 功能块指令索引表

标识符	说明	标识符	说明
TRUNC	取整	ROL_W	字循环左移
CTU	上升计数	ROL_DW	双字循环左移
CTD	下降计数	ROR_W	字循环右移
CTUD	上升下降计数	ROR_DW	双字循环右移
ADD_R	实数加	SHRB	移位寄存器
SUB_R	实数减	SWAP	字节交换
NUL_R	实数乘	EXCHG	字交换
DIV_R	实数除	TON	定时接通
SQRT	开方	TONR	定时断开
SIN	正弦	TOF	保持定时接通
COS	余弦	WPC	工件检测
TAN	正切	PS	经济运行
LN	自然对数	STORE	存储
EXP	自然幂指数	B_SortW	字冒泡排序
ARC_SIN	反正弦	B_SortD	双字冒泡排序
ARC_COS	反余弦	B_SortF	实数冒泡排序
ARC_TAN	反正切	CKSUM_G	数据校验码生成
ABS	绝对值	CKSUM_C	数据校验码检查
PH	PH 检测	--	--

AIO5000 控制器的指令主要应用于过程控制和逻辑控制。

(1) PID 控制

AIO5000 控制器具有带自整定功能的 PID 控制指令，可以根据被控对象自动生成控制参数；提供多种 PID 控制方式的选择，为用户提供更为专业的控制方案；实现精确的温度控制，控制精度可达 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

PID 控制参数，包括比例系数、积分系数和微分系数。在不同系统（温度系统、

流量系统、压力系统等) 中参数不同, 其参数可根据以下三种方法获得:

- 1) 先设置为不同系统的经验值, 然后根据调节效果修改。
- 2) 建立系统的数学模型, 用仿真的方式计算出各参数的数值, 再用于实际中。
- 3) AIO5000 控制器提供了 PID 参数自整定功能, 可以根据现场对象自整定出一套参数, 供 PID 指令使用。

PID 自整定功能分为无过冲自整定和有冲自整定。PID 自整定功能仅支持位置式 PID 算法, 即 P_PID, 并且只对 LOOP 号 0~7 的 PID 指令起作用。位置式 P_PID 指令如图 5-2-2 所示。

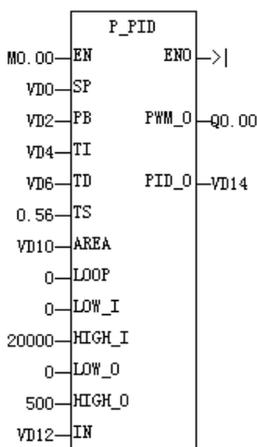


图 5-2-2 位置式 P_PID 指令

PID 自整定功能通过设置 SM 区的标志位来实现, 进行自整定前需要根据选用的 PID 通道号配置自整定使能标志位 SM320.i (i=0-7), 整定方式选择字 SM109 和输出方式选择字 SM107 等, 整定后的参数保存在 SM 区中, 掉电不丢失。请根据被控对象的特性, 适当的调节控制参数。

提示: PID 的使用请参见《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》的 6.8.3 节。

● 有过冲自整定

有过冲自整定法基本原理是通过设定继电器滞环参数, 使系统产生等幅振荡, 然后在继电器反馈下观察过程的极限振荡环, 由极限振荡环获得系统的临界状态, 然

后由临界状态计算出 PID 控制器的参数。采用有过冲自整定法对某被控对象进行自整定时，其参数配置可根据控制环境和被控对象适当选择。如图 5-2-3 所示，是控温对象的控制参数整定和测量的整个过程曲线，曲线为温度的变化情况，该曲线图的设定温度为 80℃。

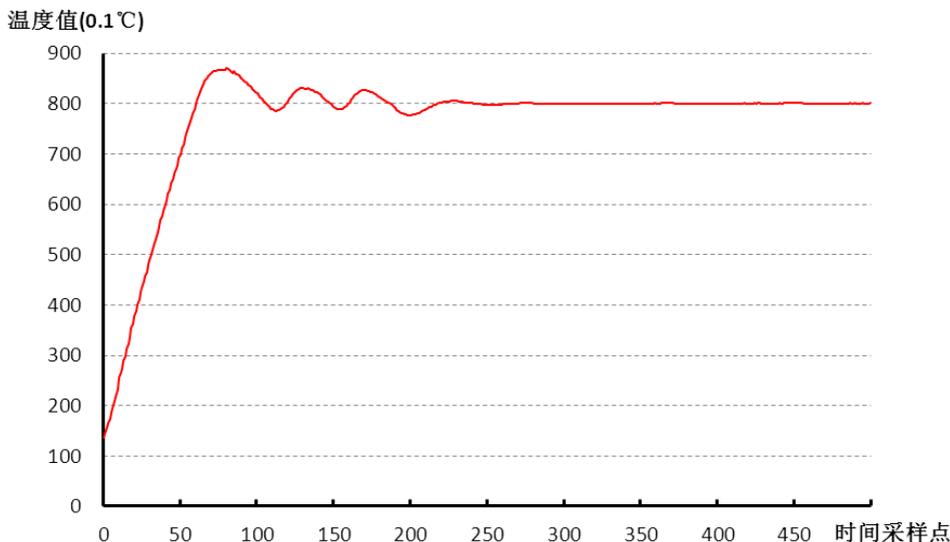


图 5-2-3 P_PID 有过冲自整定控温曲线图

● 无过冲自整定

由于有过冲自整定的整定过程中被控对象需经过振荡过程，此过程中会出现测量值大于设定值的情况，这种情况在一些工业场合是不允许出现的，可能发生危险或使被控对象的性质发生变化（比如化学反应等）而失去控制意义。此外，对滞后特性较大的被控对象，采用有过冲自整定法所需周期较长（几十个小时以上），同时整定出来的参数控制稳定性也较差。基于上述因素，可采用飞升曲线法来确定 PID 控制参数，其工作原理是将被控对象从冷态上升至设定值的过程建立数学模型，获取被控对象的模型参数，从而计算出 PID 的控制参数，达到稳定上升而不超调的目的。采用无过冲自整定法对某控制对象进行自整定控温时 also 需根据控温环境和被控对象适当选择参数，整个整定和控温过程曲线如图 5-2-4 所示，该曲线是温度随时间变化曲线，设定控温温度为 80℃。

注意：

- 如果 PID 指令使用 PWM 输出，PWM_O 引脚只能接开关输出变量 Q，对应到开关量输出引脚，不支持其他变量区。
- 连接到 PID_O 指令输出引脚，应完全由 PID 指令控制，不得作为程序中其他指令的输出使用，否则可能导致 PID 指令算法不执行或执行错误。

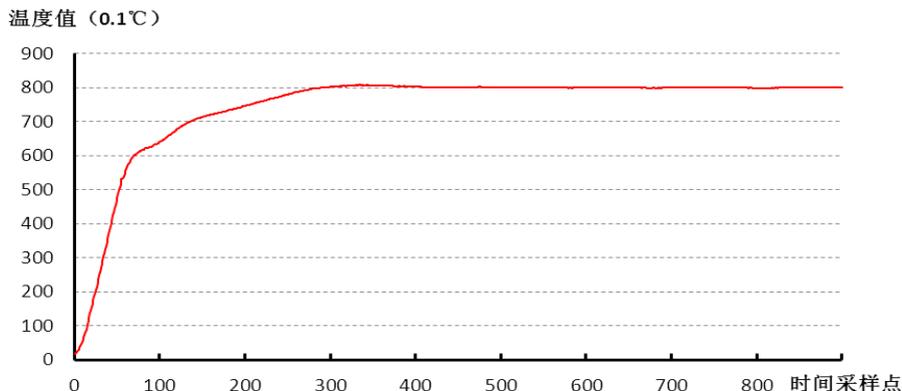


图 5-2-4 P_PID 无过冲自整定控温曲线图

(2) 逻辑控制

AIO5000 控制器具有多种逻辑控制指令，可实现各种逻辑运算，包括：位、字、双字的逻辑与、或、置位、复位等操作，以及比较、转换、数学运算、变量转移、中断、定时、计数、移位与循环和程序控制等。同时，还将一些常用的特殊功能程序封装作为控制器特殊指令提供给用户，极大地减少了用户的开发与调试时间。

5.2.3 程序

程序是一组为完成某种功能而按一定顺序由算法确定编排的指令序列，AIO5000 控制器将程序和输入输出物理量关联起来，通过程序执行控制物理量的输入输出变化，依据被控对象要求实现控制功能。编程就是让控制器为解决某个问题而使用梯形图或功能块编写程序代码，并最终得到希望结果的过程。下面从程序的基本组成，运行机制，工作模式，存储加密等四个方面介绍程序。

(1) 程序组成

控制程序包含主程序、子程序和中断程序 3 个部分，其中子程序和中断程序是可选的，根据实际的控制过程需要由用户自由选择。

● 主程序

主程序是控制程序的基本程序，能够调用子程序，而不能被其他子程序所调用，是控制程序的中心部分。程序执行以周期扫描形式，从主程序的第一条指令开始顺序执行，循环往复。一个控制程序有且只有一个主程序。

● 子程序

子程序是用户程序的可选部分，只有当被调用的时候才能够执行。使用子程序可以将一段程序封装成功能独立的新的控制指令形式，增强了程序的复用性，有效地减少程序代码的冗余，并可以将很多功能独立程序应用于其他程序中，建立控制程序库。合理的使用子程序还可以减少控制程序的执行时间，提高运行速度。子程序由 CALL 指令调用，调用者可以是主程序或其他程序，编程软件 PLC_Config 将子程序直接显示成功能块格式，形式上相当于定义了新的功能块指令。子程序可嵌套调用，最多可嵌套 16 层。

● 中断程序

中断程序是用户程序的可选部分，只有当相应的中断事件发生时，中断程序才会被执行。中断程序由 ATCH 指令激活，与控制器内部的中断事件关联起来，由中断事件触发。中断事件到来时，控制器会打断当前正在执行的程序，转而执行中断程序，执行完成后再继续执行被打断的程序。

注意：中断程序有可能随时发生，故用户在中断程序中需要对使用的变量和主程序或其他程序中的变量进行仔细区分，防止变量使用重叠造成程序运行异常。

● 其他功能

除上述的程序组成部分外，控制器内的硬件或其它配置信息也是程序正常运行必不可少的部分，使用时可根据实际情况进行选择配置。

(2) 运行机制

可编程控制器完成输入刷新、内部处理、程序执行、通信处理、输出刷新五个

工作阶段，称为一个扫描周期。完成一次扫描后，又重新执行上述过程，这种周而复始的循环工作方式称为扫描工作方式。

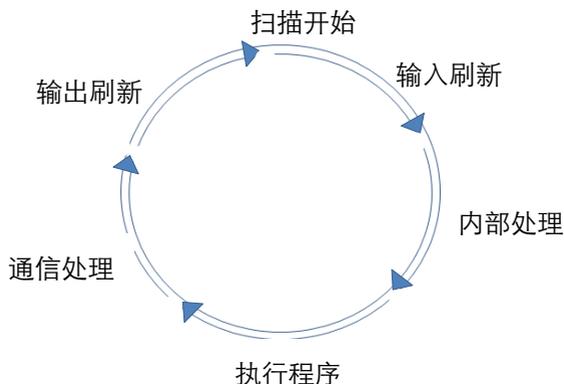


图5-2-7扫描周期

扫描周期中执行的任务依赖于控制器操作的模式，控制器有两种操作模式：停止模式、运行模式。停止模式和运行模式的主要区别是停止模式的时候不运行用户程序只执行 I/O 操作，而运行模式则运行控制程序且进行 I/O 操作。

- **输入刷新：**

每次扫描周期开始时，先读取控制器物理输入到输入映像变量区（I 和 AI），然后把从设备输入值读取到本地输入映像变量区（XI 和 PAI）。

- **执行程序：**

执行程序就是控制器从用户程序区读取指令，译码执行。从第一条指令开始，直到最后一条指令结束。在程序执行过程中，如果遇到立即输入输出指令则直接对物理量进行刷新，否则需要等到周期结束后进行输出刷新。

程序中调用的中断程序或子程序不会在扫描周期中自动执行，只有当中断事件触发或子程序调用时才被执行。

- **通信处理：**

扫描周期内程序执行过程中，控制器定期进行通信处理，管理通信缓冲区收发报文，实现网络设备中共享变量区的刷新。

- **内部处理：**

控制器每执行一条指令都对自身硬件、指令执行和通信状态进行检测，当发现问题时做出相应处理，并给出故障信息。

● 输出刷新：

在每个扫描周期的结尾，控制器会把更新后的输出映像变量区（Q 和 AQ），送给相应的物理输出，并把扩展设备的输出映像变量区的值（XQ 和 PAQ）通过相应通信操作发送给扩展设备。

控制器在 SM 区提供了程序执行时间信息，如表 5-2-3 所示。用户根据需要进行查询。

表 5-2-3 程序运行扫描时间

SM 区	数据类型	功能说明	单位
SMD8	无符号四字节	上一次用户程序扫描执行时间	ms
SMD10	无符号四字节	用户程序扫描执行的最短时间	ms
SMD12	无符号四字节	用户程序扫描执行的最长时间	ms

(3) 工作模式

控制器具有两种工作模式：运行模式和停止模式，面板上设有相关的 LED 指示灯，特殊功能变量区 SM0.4 也能查询当前的运行模式。

运行模式下控制器自动运行用户已经下载到控制器中的程序，停止模式下控制器不执行程序，仅进行 I/O 刷新和通信处理。用户可以通过编程软件 PLC_Config 的  按钮来控制用户程序的运行或停止。SM0.4 也显示了用户程序的执行状态，1 为运行模式，0 为停止模式。

控制器支持程序单轮运行和多轮运行的调试功能，方便用户查找程序的错误或现场运行出现的问题。点击  按钮，所下载的运行程序仅运行 1 轮，并且运行程序的效果等同于设备刚刚上电运行第一轮程序的效果。点击 ，会提示输入需要调试的程序扫描轮数 n，程序会按照设置的扫描轮数进行程序扫描执行，并且运行程序的效果等同于设备刚刚上电运行 n 轮的效果。

(4) 程序存储和加密

用户可以利用编程软件上载和下载用户程序，用户程序保存在控制器内部单独的程序存储区中，可永久保存。

为保证用户程序的安全，控制器支持程序加密功能。在下载完程序后，用户只需要把 SM0.8 置位为 1，即可完成对用户程序的加密。加密后用户无法进行程序上载，但是可以下载新的程序，重新下载程序后加密功能自动解除，如果加密需要可再次置位 SM0.8。

5.2.4 编程

编程就是让控制器为解决某个控制问题而使用某种程序设计语言编写程序代码，并最终得到满意结果的过程。PLC_Config 在提供了许多指令的同时，提供了两种编程语言：梯形图和功能块。两种编辑语言的程序可以相互转换，满足了用户的不同编程习惯。

(1) 编程语言

● 梯形图语言 LAD

梯形图编程语言允许用户建立与电气线路图相似的程序。该语言也是很多 PLC 程序员和维护人员首选的编程语言。如图 5-2-8 所示。

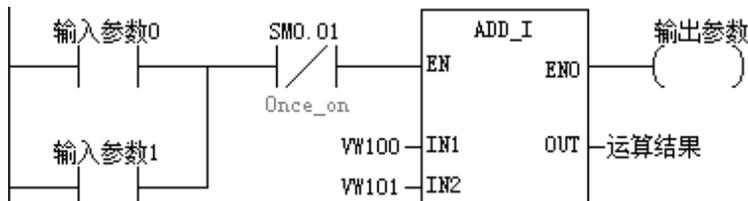


图 5-2-8 梯形图编程语言

其中符号意义如下：

—| |— **触点**，代表逻辑输入条件，如开关、按钮、内部条件等。

—() **线圈**，代表逻辑输出结果，如灯、马达启动器、内部输出条件等。

— **块指令**，具有一定算法能力的处理单元，例如定时器、计数器、数学运算指令等。

● 功能块语言 FBD

功能块语言允许用户建立与通用逻辑门图相似的程序。其与梯形图编程语言相

似，区别在于功能块是完全基于块指令的编程方式，功能块有自己的连线方式。

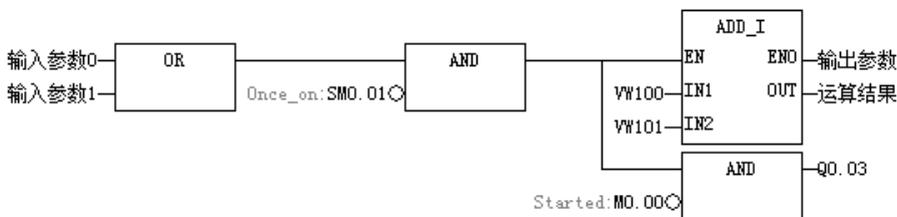


图 5-2-9 功能块编程语言

编程时用户可使用绝对地址或符号变量两种方式填写指令参数。在未填写任何参数时，指令的引脚会显示成默认状态

- << 能流输入，可输入位变量、位类型符号或连线，可以取反；
- >> 能流输出，可输入位变量、位类型符号或连线；
- >| 能流输出，与>>不同的是，该类型的参数可以不填写；
- ???.? 位变量，可输入位变量地址、位类型符号；
- ???? 字或双字变量，可输入字、双字类型的变量或符号。

(2) 编程步骤

PLC_Config 软件直接支持对 AIO5000 设备类型的管理和编程，用户可通过以下步骤实现对 AIO5000 的程序开发：

- 启动 PLC_Config，创建或打开已有工程
- 扫描并添加 AIO5000 设备；
- 定义符号变量；
- 编写主程序，可创建并调用子程序；
- 完成编辑后，点击编译，修正编译错误；
- 下载程序，通过设备实际运行或程序仿真对程序进行调试；
- 完成编程工作。

(3) 监控

可以通过 PLC_Config 对程序、设备状态和变量进行监控，PLC_Config 提供监控功能如下：

- 程序监控，程序运行界面启动监控功能，可观察到各指令执行情况，还可

以在监控状态，通过强制写入功能对程序进行调试；

- 状态符号表监控，在状态符号表界面点击监控，可观察到变量的当前值或改变当前值；
- 查看 SM 区当前状态，通过 PLC_Config 查看设备当前的各种运行状态；
- 内存表监控，以设备的整个变量区为单位进行监控，支持位、字、双字、浮点和字符串等多种显示格式。

(4) 仿真

仿真是 PLC_Config 提供的一项离线程序开发功能，通过仿真功能，用户可以在没有实际设备的情况下开发程序，进行模拟运行和调试。

启动仿真后，系统会弹出一个类似设备灯板的界面，显示出仿真设备当前的 I、Q、AI 和 AQ 状态，用户可实时的修改仿真设备的输入输出值，从而模拟真实的外部信号输入，达到仿真运行的效果，并完成对程序进行调试。

5.3 通信服务

AIO5000 控制器提供 2 个 RS-485 通信接口，兼容 Modbus、USS、Profibus-DP 等主流控制网络协议。控制器采用多种通信协议实现主从设备之间的通信。支持标准的 Modbus 命令号，实现变量区的访问和主从设备通信。可利用 Modbus、Profibus-DP、USS 等串口通信协议与第三方设备进行访问和管理。控制器支持与 PLC_Config 编程软件的通信，完成内部参数配置、程序上下载和变量监控等功能。

5.3.1 串行通信

AIO5000 控制器支持 ModbusRTU、ModbusASCII 主站通信和从站通信，实现从设备配置和资源映射。可利用 Profibus-DP 协议作为从站与西门子 S7-300 通信，实现与西门子 S7-300 的 I/O 数据交互。此外，控制器提供了 USS 指令和自由通信指令，以指令的方式实现和变频器等第三方设备的数据发送和接收。

提示：关于 USS 指令和自由通信指令的详细使用方法，请参见《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》。

(1) 串行通信参数

AIO5000 控制器中与串口通信相关的通信参数控制字包括：通信波特率、数据位、停止位、校验方式、通信协议、主从模式和报文传送时间间隔等控制字，使用控制器前需要配置通信参数控制字，可通过 PLC_Config 编辑软件和用户版设置软件读取和修改通信参数。

通信协议控制字：1 表示 ModbusRTU 协议，2 表示 ModbusASCII 协议，5 表示自由通信协议，6 表示 Profibus-DP 协议，12 代表 USS 协议。AIO5000 控制器的通信协议控制字默认为 1。

校验方式控制字：0 表示无校验、1 表示奇校验、2 表示偶校验、3 表示 Mark 或 Space 校验。AIO5000 控制器的校验方式控制字默认为 0。

通信波特率控制字：0 表示 1200bps、1 表示 2400bps、2 表示 4800bps、3 表示 9600bps、4 表示 19200bps、5 表示 38400bps、6 表示 57600bps、7 表示 115200bps、8 表示 500Kbps、9 表示 1M。AIO5000 控制器的通信波特率控制字默认为 3。

数据位控制字：0 表示 8 位数据位（如果此时有奇偶校验，则第 9 位为奇偶校验位）、1 表示 7 位数据位（若数据位为 7 位时，最高位为奇偶校验位）。AIO5000 控制器的数据位控制字默认为 0。

停止位控制字：0 表示 1 个停止位、1 表示 2 个停止位（2 个停止位时，奇偶校验无效）。AIO5000 控制器的停止位控制字默认为 0。

报文传送时间间隔控制字：串行通信时，串口接收两条报文的最小时间间隔，最大值为 255，单位 ms。AIO5000 控制器的报文传送时间间隔控制字默认为 4。

主从模式控制字：0 表示串口配置为从口，此时串口的主要任务是被动接收数据，根据接收到的命令，执行相应命令。1 表示串口配置为主口，设备可以主动向从设备发送数据。AIO5000 控制器的串口 1 的主从模式控制字默认为 1，串口 2 的主从模式控制字默认为 0。

(2) Modbus 通信

AIO5000 控制器支持 ModbusRTU 和 ModbusASCII 通信协议。控制器支持标准的 Modbus 命令号和变量区 Modbus 地址，实现了变量区的访问和主从设备通信。

● Modbus 命令号

AIO5000 控制器支持 1、2、3、4、5、6、15、16、17 号 Modbus 命令号，如表

5-3-1 所示。

表 5-3-1 Modbus 功能码

命令号	实际操作
1	读多个开关量输出状态
2	读多个开关量输入状态
3	读多个系统参数或模拟量输入
4	同 3 号功能
5	强制单个开关量输出
6	设置单个系统参数或模拟量输出
15	强制多个开关量输出
16	设置多个系统参数或模拟量输出
17	读取设备系统信息

● 变量区 Modbus 地址

AIO5000 控制器为各变量区分配了唯一的 Modbus 地址，所有变量区都支持字访问和位访问操作。支持字访问的变量区索引表如下：

表 5-3-2 支持字访问的变量区索引表（支持功能号 3、4、6、16）

标识符	变量区名称	字数量	Modbus 地址		操作
			十进制	十六进制	
AI	模拟输入	16	0~15	0000~000F	只读
XAI ^[1]	变换模拟输入	512	16~527	0010~020F	只读
PAI	扩展模拟输入	256	528~783	0210~030F	只读
T	定时器	128	784~911	0310~038F	读写
C	计数器	128	912~1039	0390~040F	只读
SM ^[2]	特殊功能	512	1040~1551	0410~060F	读写

接上表 5-3-2 支持字访问的变量区索引表（支持功能号 3、4、6、16）

标识符	变量区名称	字数量	Modbus 地址		操作
			十进制	十六进制	
XAQ ^[3]	变换模拟输出	512	1552~2063	0610~080F	读写
AQ	模拟量输出值	16	2064~2079	0810~081F	读写
PAQ	扩展模拟输出	256	2080~2335	0820~091F	读写
V	用户变量	512	2336~2847	0920~0B1F	读写
M	内存变量	512	2848~3359	0B20~0D1F	读写
S	顺序控制	16	3360~3375	0D20~0D2F	读写
L	局部变量	16	3376~3391	0D30~0D3F	读写
V ^[4]	用户扩展变量	4608	3392~7460	0D40~1D24	读写
I	开关输入	4	13632~13635	3540~3543	只读
XI	扩展输入	256	13636~13891	3544~3643	只读
XQ	扩展输出	256	13892~14147	3644~3743	读写
Q	开关输出	4	14148~14151	3744~3747	读写
P ^[5]	永久保存	2048	14152~16199	0x3748~0x3F47	读写
RAM	指令 RAM	14504	18248~32751	0x4748~0x7FEF	只读

提示：

[1]XAI 区每个通道的数据类型为浮点型，占 2 个字变量。

[2]对于 SM 区的前 256 个字为只读，后 256 个字作为永久存储区，可读可写，部分作为控制器内部使用。

[3]XAQ 区每个通道的数据类型为浮点型，占 2 个字变量。

[4]用户扩展变量区 V 延续用户变量区的寻址，对应于 VW[512]~VW[5119]。

[5]V5008 版及以上版本控制器的 P 区缩减到 2048 个字，变量区地址十进制范围为 14152~16199，十六进制范围为 0x3748-0x3F47。

表 5-3-3 支持位访问的变量区索引表（支持功能号 1、2、5、15）

标识符	变量区名称	字数量	Modbus 地址		操作
			十进制	十六进制	
I	开关输入	4	0~63	0000~003F	只读
XI	扩展输入	256	64~4159	0040~103F	只读
T	定时器	8	4160~4287	1040~10BF	只读
C	计数器	8	4288~4415	10C0~113F	只读
SM ^[1]	特殊功能	512	4416~12607	1140~313F	读写
XQ	扩展输出	256	12608~16703	3140~413F	读写
Q	开关输出	4	16704~16767	4140~417F	读写
V	用户变量	512	16768~24959	4180~617F	读写
M ^[2]	内存变量	256	24960~29055	6180~717F	读写
S	顺序控制	16	29056~29311	7180~727F	读写
L	局部变量	16	29312~29567	7280~737F	读写

提示：

[1] 对于 SM 区的前 256 个字为只读，后 256 个字作为永久存储区，可读可写。

[2] 对于 M 区的位变量，由于 Modbus 地址的限制，只支持前 256 个字的位寻址。

● Modbus 从站通信

AIO5000 控制器作为 Modbus 从站时，需将通信串口配置为从口、通信协议配置为 ModbusRTU 或 ModbusASCII。通信波特率，校验位，停止位，数据位，通信报文时间间隔等参数需和主站配置保持一致。

主从通信时，AIO5000 控制器实时响应主站发送的 Modbus 报文。编程软件或其他支持 Modbus 协议的主设备都可通过 Modbus 命令访问控制器的变量。

● Modbus 主站通信

AIO5000 控制器作为 Modbus 主站时，需将通信串口配置为主口、通信协议配置为 ModbusRTU 或 ModbusASCII。通信波特率，校验位，停止位，数据位，通信

报文时间间隔等参数需和从站配置保持一致。

主从通信时，AIO5000 控制器可通过串行通信指令访问或控制串行总线上的其他设备，也可作为主站控制器与 DCCE 网络化可编程控制器或其他支持 Modbus 协议的第三方设备构成分布式控制系统。

注意：(1) 进行 Modbus 通信时，控制器地址代表 Modbus 站地址。(2) AIO5000 控制器与其他设备通信时，Modbus 站地址不能相同。(3) 通过 Modbus 协议进行资源映射时，需要注意数据区大小端模式，AIO5000 控制器采用小端模式，西门子设备和昆仑动态触摸屏均采用大端模式，使用时请注意。

(3) Profibus_DP 通信

AIO5000 控制器可通过 Profibus_DP 协议与西门子 S7-300 通信。在使用 Profibus_DP 通信协议时，支持的波特率类型为：9600bps 和 19200bps，需将通信串口配置为从口、通信协议配置为 Profibus_DP，通信参数配置为 8 个数据位，1 个停止位，偶校验。

AIO5000 作为 S7-300 的从设备，可将其变量区的数据映射给 S7-300。用户需要使用 STEP7 和 PLC_Config 软件，实现 AIO5000 变量区的映射功能，大工计控为 STEP7 提供了 .GSD 文件，描述了控制器实现变量刷新所需要的必要参数。在 STEP7 软件中添加 DCCE.GSD 文件，并通过 PLC_Config 软件配置映射的变量区，实现主从设备之间的资源映射。

DCCE 提供的.GSD 文件支持 8 种映射方式，包括：1 字节、1 字、2 字、3 字、4 字、8 字、12 字和 16 字映射方式。

控制器通过 PLC_Config 编程软件配置映射的变量区，可映射的变量区有 12 种，包括：AQ、M、PAQ、Q、S、V、XAQ、AI、PAI、XAI、I、XI，最少支持 1 个字节的映射，最多支持 60 个字的映射。详细配置方式请参见《DCCE 网络化可编程控制器用户编程手册》。

5.4 系统管理

AIO5000 控制器可与其它的 DCCE 网络化可编程控制器组成分布控制系统，对现场设备进行分布处理，实时控制。分布式控制系统组成如图 5-4-1 所示。

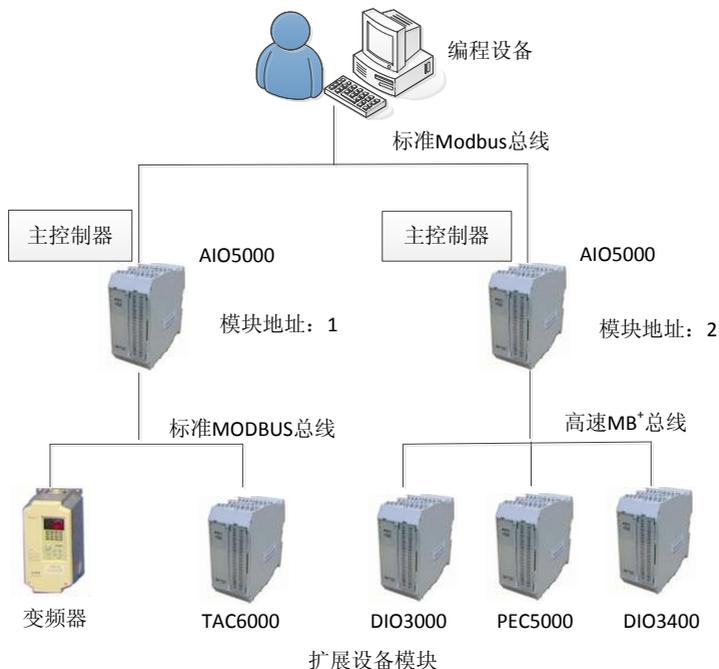


图 5-4-1 分布式控制系统

分布式控制系统由编程设备、主控设备和扩展从设备 3 部分组成，用户通过编程设备对系统中的主控制器进行操作和管理；两个主控制器之间进行变量的映射、通信校验和同步运行；主控制器可利用串口的高速 MB⁺总线和标准 Modbus 总线扩展从设备，完成对整个系统的分布式控制。

5.4.1 分布式控制系统

分布式控制系统是由多个控制器分别控制生产过程中的多个控制回路，同时又可集中获取数据、集中管理和集中控制的自动控制系统。

系统支持多级从设备扩展，每级可扩展 16 个从设备，单台设备控制规模包括 10/20/30/40 多种 I/O 点数组合，基于对主流控制网络的良好兼容性和分布式控制特点，可满足大中小型控制系统的通用控制需求。

编程设备对系统中的控制器进行操作和管理。实际使用 PLC_Config 组态软件作为编程软件，进行现场设备的程序编写、开发与实时监控，实现系统的分布式控制。

主控设备是系统的控制核心，负责处理从设备采集的数据，记录设备的运行参数，进而控制整个系统。主控设备之间可以通过以太网实现变量映射，通信校验与同步运行功能。

从设备作为主控设备的扩展，用以增加系统的 I/O 点数，负责采集系统数据，分担主控设备的任务。

5.4.2 指令网络通信

指令通信网络系统支持串行网络，可通过串行读写指令实现变量的映射，通信校验和同步运行等功能。

(1) 变量映射

● 串行变量读写

控制器支持 4 种串行读写指令，用于控制器通过串行通信实现设备间的变量映射。例如，AIO5000 控制器可通过串行字读指令获取指定 Modbus 站地址的设备变量信息。

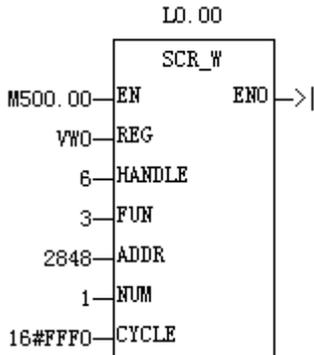


图 5-4-2 串行字读指令

如图 5-4-2 所示，控制器运行串行字读指令读取 Modbus 站地址为 6 的串行设备的一个 Modbus 地址为 2848 的字变量，并将读取到的数据放入本地的 VW0 中，供本地控制器使用。

(2) 通信校验

用户可根据实际情况自行设计通信校验方法，以防止错误报文的处理，影响系统正常工作。例如，发送设备可修改发送报文，在报文的起始和结束处添加检测字符，接收设备根据接收报文的起始字符与结束字符判断是否为所需报文，若为所需报文，对其进行相应的处理。此外，控制器还提供了数据校验码生成和检查指令，发送设备可通过数据校验码生成指令对发送数据进行校验，生成校验码重新打包后再发送，接收设备可通过数据校验码检查指令，判断接收报文是否正确，若正确对其进行相应的处理。

(3) 同步运行

● 串行同步运行

串行网络中控制器之间需要设置同步周期，实现网络的同步运行。同步周期通过 PLC_Config 软件中的设备参数配置界面或用户版设置软件配置，串口通信控制字如表 5-4-1 所示，各控制字的具体解释请参见 5.4.4 节。

表 5-4-1 串口通信参数配置

控制字	描述	默认值
串口 1 通信控制字	串口 1 从设备通信最大错误次数	10 次
	串口 1 从设备通信时间间隔	100ms
	串口 1 从设备通信最大等待时间	1000ms
串口 2 通信控制字	串口 2 从设备通信最大错误次数	10 次
	串口 2 从设备通信时间间隔	100ms
	串口 2 从设备通信最大等待时间	1000ms

5.4.3 主从网络通信

AIO5000 控制器支持从设备管理功能，主从设备之间可以进行资源映射，用以扩展物理输入输出；用户程序仅对主控制器中的变量进行操作，即可完成对从设备的资源管理，控制从设备的物理输入输出。

AIO5000 控制器可通过串口的方式扩展从设备，主从设备自动完成通信操作，

资源映射简单、快捷，提供了多种资源映射模式。

(1) 参数配置

主控制器通过 MB⁺总线协议最多可扩展 16 个从设备，用标准 Modbus 协议，支持同时管理公司设备和第三方设备同时扩展，用户可以通过 PLC_Config 中的设备参数界面配置从设备通信参数，配置示例图 5-4-3 所示。

从设备自恢复扫描控制字	65535
从设备自恢复扫描时间间隔 (S)	10
从设备通信最大允许错误次数	10
从设备通信时间间隔 (ms)	100
从设备通信最大等待时间 (ms)	1000
1号串口设置	
主从设置	从
通信协议	Modbus RTU
通信波特率	9600 bps
通讯基本设置	N, 8, 1
数据包间隔时间 (ms)	4
2号串口设置	
主从设置	从
通信协议	Modbus RTU
通信波特率	9600 bps
通讯基本设置	N, 8, 1
数据包间隔时间 (ms)	4

图 5-4-3 从设备相关参数

从设备自恢复扫描是系统设备上线管理的重要部分，自恢复扫描控制字共 16 位，0~15 位对应 0~15 号的从设备，相应位为 1 则允许从设备自恢复扫描，为 0 则不允许从设备自恢复扫描，默认值为 65535。

从设备自恢复扫描时间间隔为进行一次自恢复扫描所用时间，单位为秒，默认值为 10。只有当主控设备的通信串口配置“主”口时才能与从设备通信。主从设备的通信协议、校验位、数据位、停止位、波特率等参数要保持一致。

主从设备连续通信错误次数超过从设备最大允许错误次数后，主设备会认为此从设备下线。默认值为 10 次。

从设备通信时间间隔是指主设备与从设备通信一次所需时间，用户可以通过调整此参数来控制主从设备的数据交换速度。默认值为 100ms。

从设备通信最大等待时间是指主设备从发送命令到接收从设备响应所需要的最

大等待时间，若超过此时间后，主设备仍未接收到响应数据，则认为本次通信失败。默认值为 1000ms。

控制器的从设备通信时间间隔和从设备通信最大等待时间可根据通信波特率的不同进行合理配置。从设备通信时间间隔和从设备通信最大等待时间设置较小时会影响控制器的程序执行效率。故在实际应用中，需要根据对程序执行效率的要求适当调整从设备通信时间间隔和从设备通信最大等待时间。常用波特率对应的从设备通信时间间隔和从设备通信最大等待时间的极限值如表 5-4-2 所示。

表 5-4-2 从设备通信参数配置

波特率	从设备通信时间间隔	从设备通信最大等待时间
9600bps	15ms	150ms
115200bps	5ms	50ms
500Kbps	1ms	1ms
1Mbps	1ms	1ms

报文传送时间间隔是主控制器接收从设备响应时，数据包中两个相邻字节的最大间隔时间。当相邻字节的间隔时间超过此设定值时，则认为报文传送结束，控制器开始处理数据。根据波特率不同，报文传送时间间隔不同，单位为 ms。在 Modbus RTU 协议中规定以总线上不少于 3.5 个字节传输时间的通讯空闲间隔作为数据接收的开始和结束标志。由此可根据波特率计算出报文传送时间间隔，表 5-4-3 给出了不同波特率对应的报文传送时间间隔。使用过程中可根据实际情况调整报文传送时间间隔。

表 5-4-3 报文传送时间间隔默认值

波特率 (bps)	报文传送时间间隔 (ms)	波特率 (bps)	报文传送时间间隔 (ms)
1200	32	38400	2
2400	16	57600	2
4800	8	115200	2
9600	4	500000	内部自动处理
19200	2	1000000	内部自动处理

提示：当通信数据包字节数较大时，用户可以适当增大报文传送时间间隔。

(2) 资源映射模式

AIO5000 控制器提供 3 种资源映射模式：自定义模式、简单模式和完全模式。当从设备为第三方厂家设备时，只能选择自定义模式，当从设备为公司设备时可选择三种模式中的一种进行通信。

● 简单模式

简单模式下无需用户配置变量区参数，从设备会自动映射 I/O 数据到主设备相应变量区中，一般情况下建议使用此种配置。

● 完全模式

完全模式下用户也无需配置变量区参数，此时从设备除映射 I/O 数据外还可映射其他的内部变量区数据，主控制器内相关的变量资源均会被映射完全。

● 自定义模式

使用变频器等第三方厂家设备时应使用自定义模式，根据设备需求进行所需变量的映射。自定义模式下需要用户配置所有需要映射的 AI、DI、AO、DO 区参数。

(3) 从设备映射资源

AIO5000 控制器也可作为其他控制器的从设备。用户可根据需要选择资源映射模式，不同模式下对应的映射资源数量和种类有所不同。

简单模式的映射资源如表 5-4-4 所示。AIO5000 的 DQ0 对应物理 DQ，AQ 若配置为 DQ，则对应 DQ1~DQ8，故需要映射 DQ0~DQ15 到 XQ，其中 XQ0.9~XQ0.15 映射为变量。

表 5-4-4 简单模式映射的资源

从设备上的 I/O	主设备的变量区
AI0~AI7	PAIW0~PAIW7, XAID0~XAID14
AQ0~AQ7	PAQW0~PAQW7, XAQD0~XAQD14
DQ0~DQ15	XQ0.0~XQ0.15
DI0~DI15	XI0.0~XI0.15

完全模式的映射资源如表 5-4-5 所示。

表 5-4-5 完全模式映射的资源

从设备 I/O	主设备映射变量区
AI0~AI7	PAIW0~PAIW7, XAID0~XAID14
MW0~MW7	PAIW8~PAIW15, XAID16~XAID30
DI0~DI15	XI0.0~XI0.15
M8.0~M22.15	XI1.0~XI15.15
DQ0~DQ15	XQ0.0~XQ0.15
V8.0~V22.15	XQ1.0~XQ15.15
AQ0~AQ7*	PAQW0~PAQW7,XAQD0 和 XAQD14
VW0~VW7	PAQW8~PAQW15,XAQD16~XAQD30

(4) 从设备组态

DCCE 网络化可编程控制器集控制单元和 I/O 单元于一身，可通过 PLC_Config 编程软件对从设备组态编程。

6. 日常维护与故障排查

6.1 参数恢复

AIO5000 系列产品出厂已经按照最佳参数配置了默认值，通过编程软件 PLC_Config 就可以实现应用程序开发和设备管理。如果由于某种原因，造成参数混乱，使设备在 PLC_Config 下无法上线情况下，公司提供了 AIO5000 用户设置软件，对产品参数进行恢复。

(1) 进入设置模式：将控制器设置端子（SET）连接至电源负极（V-）短路，给控制器上电，使控制器进入设置模式，如图 6-1-1 所示。该模式下，RUN 灯熄灭，控制器内部的用户程序暂停运行。

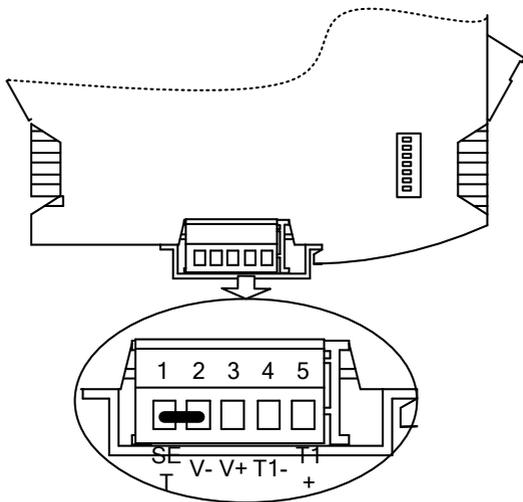


图 6-1-1 设置模式接线图

(2) 启动设置软件：启动 AIO5000 用户设置软件，进入如图 6-1-2 所示界面，单击“通信”按钮。设置软件连接控制器，读取控制器系统参数，进入参数设置状态。

(3) 参数设置：点击“取参数”按钮，将控制器现在运行的参数显示在软件界面上。“置参数”按钮则将软件界面中的已经修改的参数下载至控制器中，完成对控制器系统参数的设置。“恢复默认参数”是将控制器的所有参数恢复至出厂的设置。

(4) **查看状态参数**：设备状态参数包括硬地址信息，电池信息，温度补偿，软件版本号等。

(5) **退出设置模式**：设置完成后，取消短接线，并重新上电，控制器退出设置模式，进入正常工作状态。

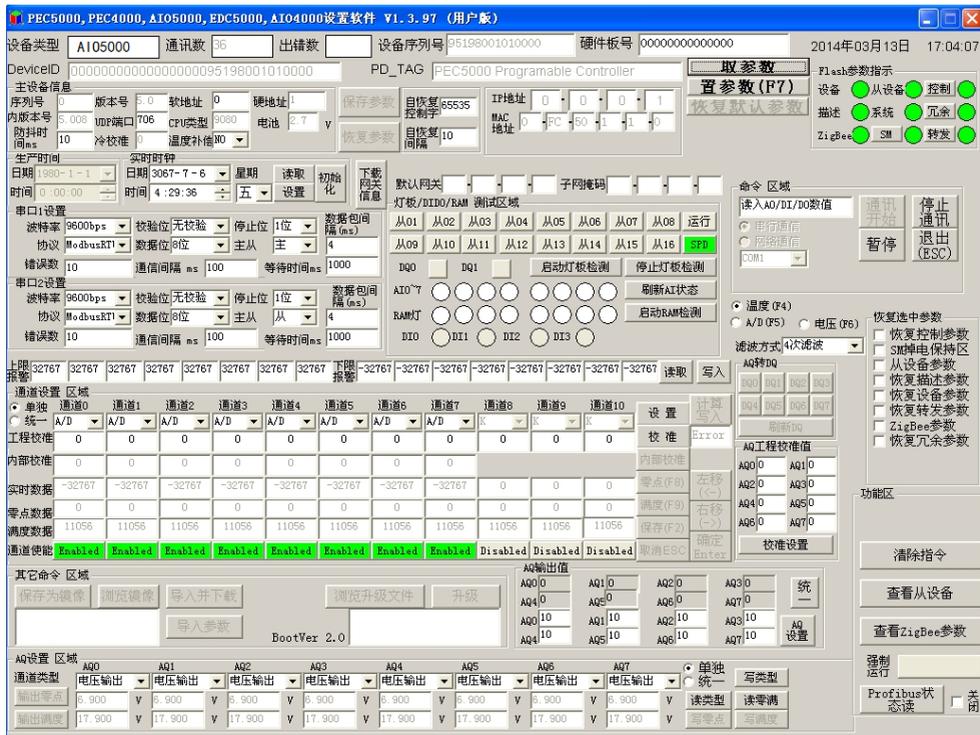


图 6-1-2 AIO5000 用户设置软件

6.2 故障排查

6.2.1 串口通信故障排查

(1) 检查串口线是否正确连接。T1 与 T2 口均为 RS-485 接口，对外接线时确保正对正，负对负。

(2) 若使用虚拟串口设备（USB 转 RS485），请确保转换设备正确工作，若转换设备出现丢包情况，则无法正常与控制器通信。可用一些串口通信检测软件，检测虚拟设备是否异常。

(3) 在尝试通信时观察面板指示灯 TX1/TX2, RX1/RX2 灯是否闪烁, 其分别代表串口 1 和串口 2 发送数据、接收数据的状态, 以此判断问题的原因。若串口状态灯闪烁, 证明串口可正常收或发数据, 此时可能是通信参数(比特率、奇偶校验、数据位、停止位等)和控制器系统参数(主从口等)配置错误导致的, 需要仔细查看参数说明并正确配置参数。若串口状态灯不闪烁, 则是由于通信线路连接错误造成的, 请仔细检查连接线是否有损坏, 端子处是否牢固。

6.2.2 主从设备通信故障排查

(1) 检查设备通信口设置。主控制器通信口设为主口, 从设备通信口设为从口。

(2) 检查通信参数设置, 确保主从设备串口通信参数一致。

(3) 合理配置通信时间间隔和最大等待时间等参数。无特殊要求时, 请使用默认配置。

(4) 多个从设备的情况下, 请检查从设备硬地址是否不同, 若相同需通过拨码开关更改从设备硬地址。

6.2.3 如何确定模拟量采集工作正常

(1) 首先确定传感器类型是否与控制器型号一致(热电偶/热电阻), 一致才能正常采集温度。

(2) 确定接线是否正确, 接线方式参照 4.2 节所述。

(3) 传感器为热电阻型(如 PT100): 请分别接入 100 欧姆和 250 欧姆的电阻, 查看对应通道采集的码值是否为 0 到 4086。若是则控制器可正常采集温度。

(4) 传感器为热电偶(如 K 型): 请把 A 和 B 端短接, 应显示环境温度。若正常测得环境温度, 则控制器可正常采集温度。

6.2.4 内置电池电量判断及更换

● 内置电池电量判断

控制器内置纽扣电池, 用于 V 区掉电保持, 由于电池寿命有限, 故电池到寿命后请更换电池, 否则 V 区数据将掉电丢失。当电池电量不足时, RUN 灯闪烁, 控制器的电池电量不足报警可通过两种方式检测, 具体如下:

(1) 控制器通过变量区 SMW91 显示当前电池电压值, 显示值单位为 mV, 可

通过编程方式判断当前电池电压值是否小于 2V 电压 (SMW91<2000),若小于表示当前电量已经不足,请更换电池;

(2) 控制器内部会实时检测当前电池电压值,若小于 2V 电压时,RUN 灯会闪烁,提示现场员工,更换电池。

● 内置电池更换说明

旧版本 AIO5000 (白色壳体) 的电池仓位于设备的内部,具体的电池更换步骤参见《白色壳体新产品电池安装说明文档》。

新版本 AIO5000 (黑色壳体) 更改了电池的更换方式,将电池仓放在产品型号贴的后面,采用了插槽式电池仓,支持热插拔,解决了电池不易更换问题,电池仓位置如下图 6-2-1 所示,具体的电池更换步骤参见《黑色壳体产品电池安装说明文档》。

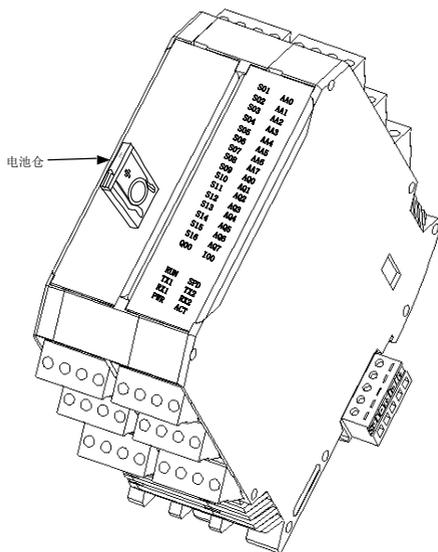


图 6-2-1 电池仓位置说明

6.2.5 调用非法指令错误

在程序运行后,如果用户程序中存在控制器不支持的非法指令,将停止程序运

行。RUN 灯会闪烁报警，同时置位 SM14.13。重新下载用户程序后，RUN 灯停止闪烁，同时复位 SM14.13。

6.2.6 灯板不亮或全亮

现场灰尘过多、排线接触不良等情况会导致灯板常亮或不亮，但并不影响设备正常使用，这种情况需要对灯板的排线和插座进行简单清理和安装。