

# ADP-灵活多通道规格书

## ——SADP系列

产品型号:

---

深圳垦拓流体控制有限公司

Shenzhen Keyto Fluid Control Co., Ltd.

[www.keyto.com](http://www.keyto.com)

Keyto 垦拓

地址：深圳市宝安区福海街道新和社区远东东路 2 号

服务热线：0755-29516669

# 目录

<b>第1章 产品说明</b>	<b>4</b>
1.1 概述	4
1.2 术语	4
<b>第2章 产品性能</b>	<b>5</b>
2.1 命名规则	5
2.2 多联 ADP 的尺寸	5
2.2.1 ADP-XD2-91 尺寸	5
2.2.2 ADP16-XD2-91 尺寸	7
2.2.3 ADP18-XD2-91 尺寸	8
2.2.4 ADP-XD4-12 尺寸	9
2.2.5 ADP-XD4-36 尺寸	11
2.2.6 ADP16-XD4-12 尺寸	13
2.2.7 ADP16-XD4-36 尺寸	14
2.2.8 ADP18-XD4-36 尺寸	15
2.2.9 ADP-XD8-12 尺寸	16
2.2.10 ADP16-XD8-12 尺寸	17
2.3 变距机构的负载安装尺寸	18
<b>第3章 硬件接口</b>	<b>19</b>
3.1 插座管脚	19
3.2 拨码开关	19
<b>第4章 通讯协议</b>	<b>21</b>
4.1 通讯方式	21
4.2 通讯接口	21
4.3 协议	21
<b>第5章 OEM 通讯协议</b>	<b>22</b>
5.1 OEM 协议格式	22
5.2 操作指令	22
5.2.1 指令功能列表	22
5.2.2 操作指令说明	23
5.3 状态表	27
5.4 系统寄存器列表	28
5.5 流程指令	29
5.5.1 流程指令语法	29
5.5.2 流程指令详细	30
<b>第6章 MODBUS 通讯协议</b>	<b>37</b>
6.1 MODBUS 协议格式	37

---

6.2 MODBUS 寄存器读写功能码 .....	37
6.3 MODBUS 寄存器 .....	38
6.3.1 用户配置寄存器 .....	39
6.3.2 独立控制模式 .....	39
6.3.3 脚本控制模式 .....	44
<b>第 7 章 CAN 通讯协议 .....</b>	<b>45</b>
7.1 CAN 协议格式 .....	45
7.2 CAN 对象字典 .....	46
7.2.1 扩展轴控制指令 .....	46
7.2.2 变距控制指令 .....	46
7.2.3 通用指令 .....	47
7.3 地址划分 .....	48
<b>第 8 章 节点状态 .....</b>	<b>49</b>
<b>第 9 章 应用 .....</b>	<b>50</b>
9.1 OEM 协议应用 .....	50
9.1.1 OEM 通讯流程 .....	50
9.1.2 OEM 数据格式举例 .....	50
9.1.3 CRC 计算代码 C .....	51
9.1.4 OEM 流程举例 .....	52
9.2 MODBUS 协议独立控制模式应用 .....	53
9.2.1 执行一步动作通讯流程 .....	53
9.2.2 应用流程 .....	54
<b>第 10 章 变距机构+Z 轴+ADP 安装流程 .....</b>	<b>55</b>
10.1 安装步骤 .....	55
<b>附录 A 图、表目录 .....</b>	<b>60</b>

# 第 1 章 产品说明

## 1.1 概述

MADP(Multi air displacement pipettor) 为多联 ADP 的简称，为移液工作站最核心的运动控制模块，以变距控制板作为主控分别控制 ADP、Z 轴、变距机构实现系统性功能。作为 OEM 产品提供给用户，让用户能够非常容易的控制 ADP、Z 轴、变距的运动，简单的整合到整机中。

## 1.2 术语

本章描述本手册用的的关键术语的含义

### OEM

串口通讯控制协议

### CAN

控制器局域网

### ADP

移液器

### 操作指令

操作指令是指串口通讯中，与主控制器直接的通讯指令，采用一问一答的方式

### 流程指令

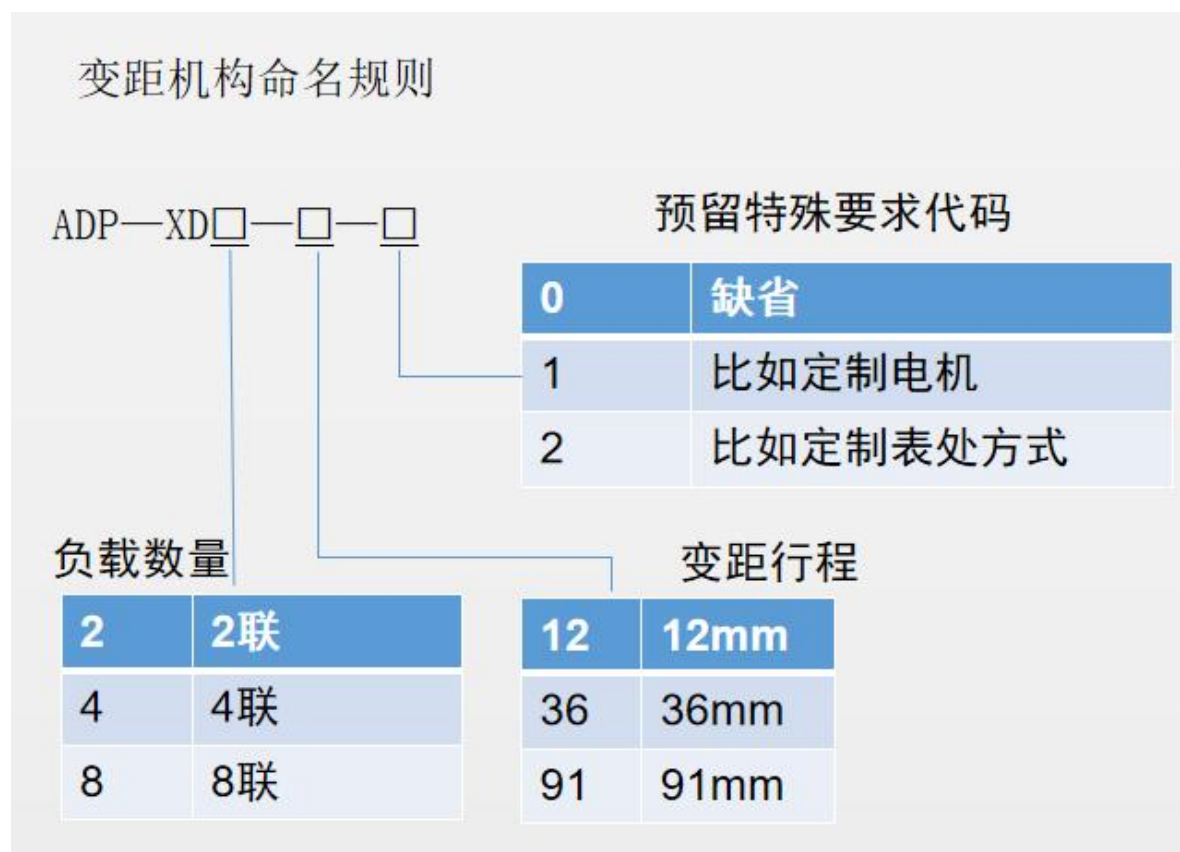
流程指令与操作指令不同，操作指令是描述当前是下载数据还是读写寄存器等，流程指令是主控制器控制子节点动作的流程，用地址+指令+参数的方式来区分节点不同的动作

### 指针位置

流程指令运行过程中指令执行的字符串起始位置

## 第2章 产品性能

### 2.1 命名规则



### 2.2 多联 ADP 的尺寸

多联 ADP 使用时，须用到变距机构。变距机构有 3 种负载数量，分别是 2 联、4 联和 8 联，对应型号分别是 ADP-XD2、ADP-XD4 和 ADP-XD8。

变距范围支持 9-100mm，变距精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ 。

#### 2.2.1 ADP-XD2-91 尺寸

2 联变距机构 ADP-XD2-91 的变距条中心距可变范围是 20.6-111.6mm，其背板上有 10 个 M5 螺钉的沉头孔，都可以用来做安装孔，将其固定起来，还有 4 个  $\phi 3$  的销孔，安装时可用销轴来精确定位。

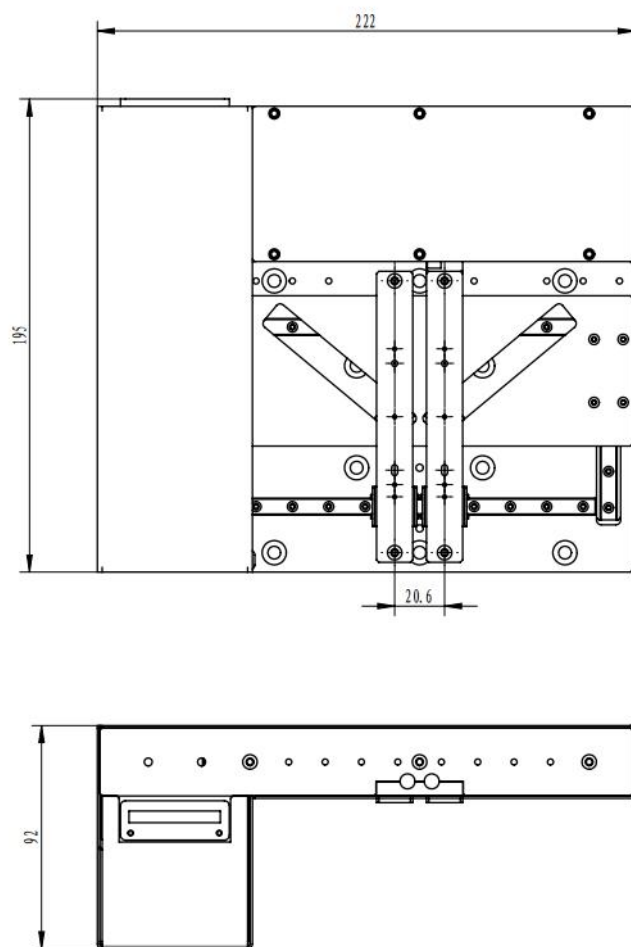


图 1 ADP-XD2-91 外形尺寸（合并状态）

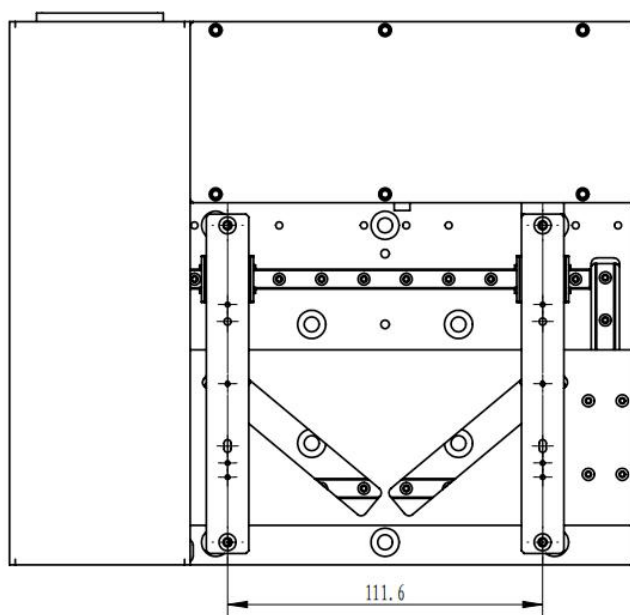


图 2 ADP-XD2-91 展开状态

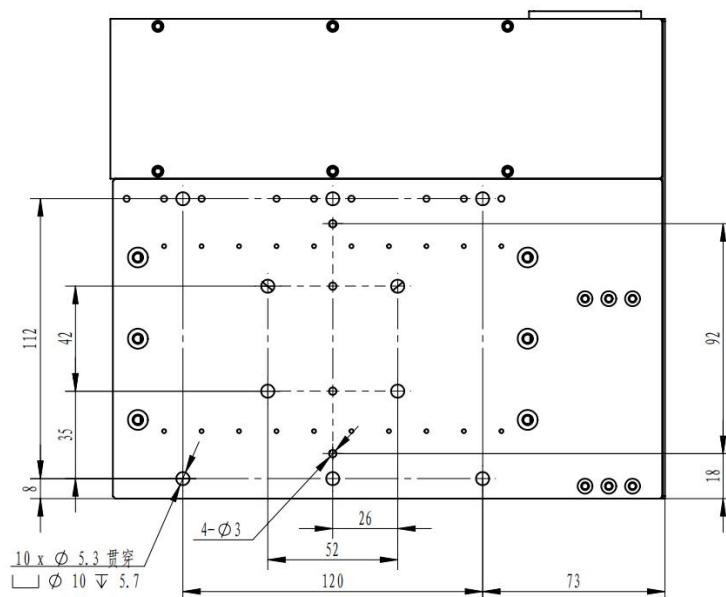


图 3 ADP-XD2-91 安装尺寸

### 2.2.2 ADP16-XD2-91 尺寸

2 联变距机构 ADP-XD2-91 上安装 2 台 Z 轴升降机构，1 台 A 型 ADP16 和 1 台 B 型 ADP16 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上。2 联 ADP16 的中心距可变范围是 9-100mm，见下图。

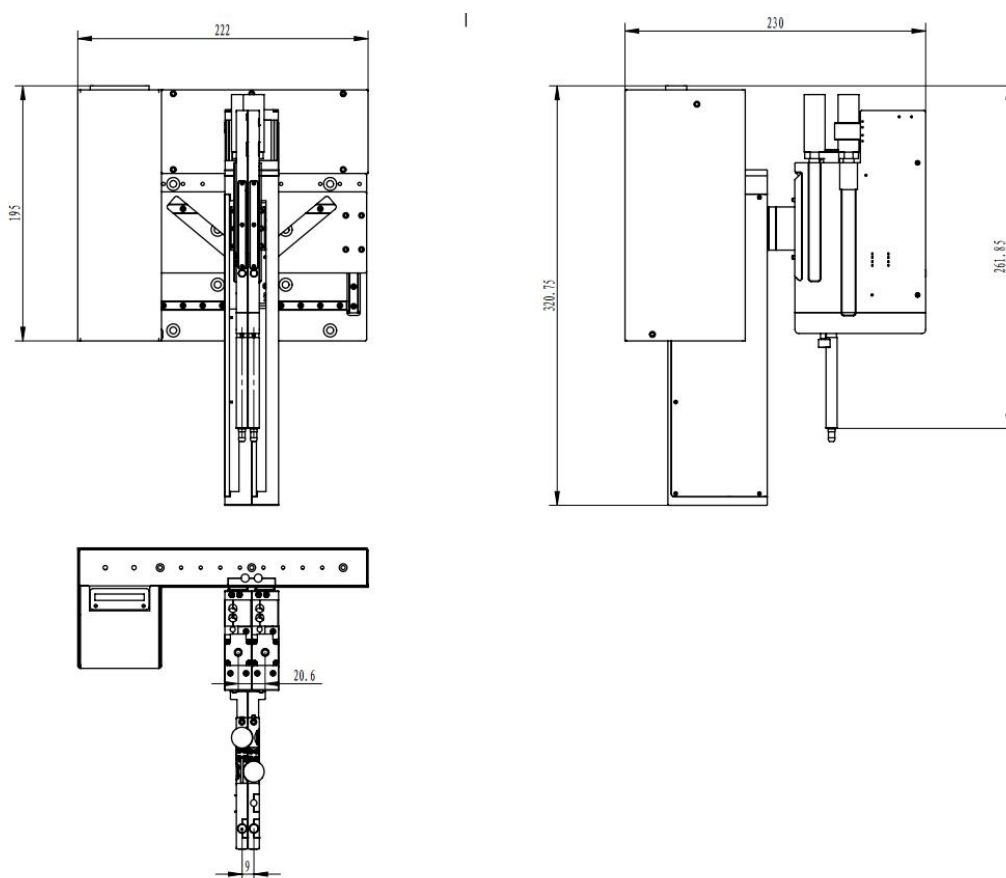


图 4 ADP16-XD2-91 安装尺寸（合并状态）

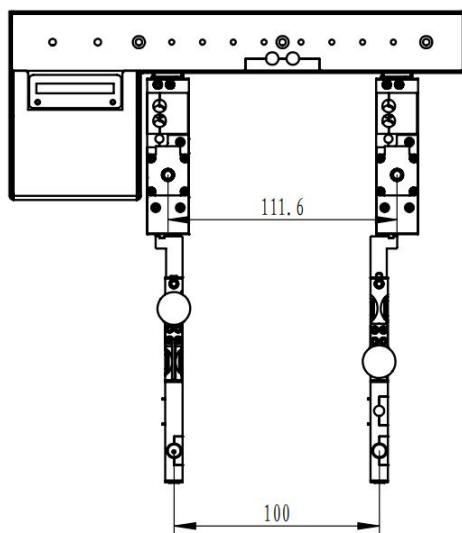


图 5 ADP16-XD2-91 安装尺寸（展开状态）

### 2.2.3 ADP18-XD2-91 尺寸

2 联变距机构 ADP-XD2-91 上安装 2 台 Z 轴升降机构，2 台 ADP18 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上。2 联 ADP18 的中心距可变范围是 18-109mm，见下图。

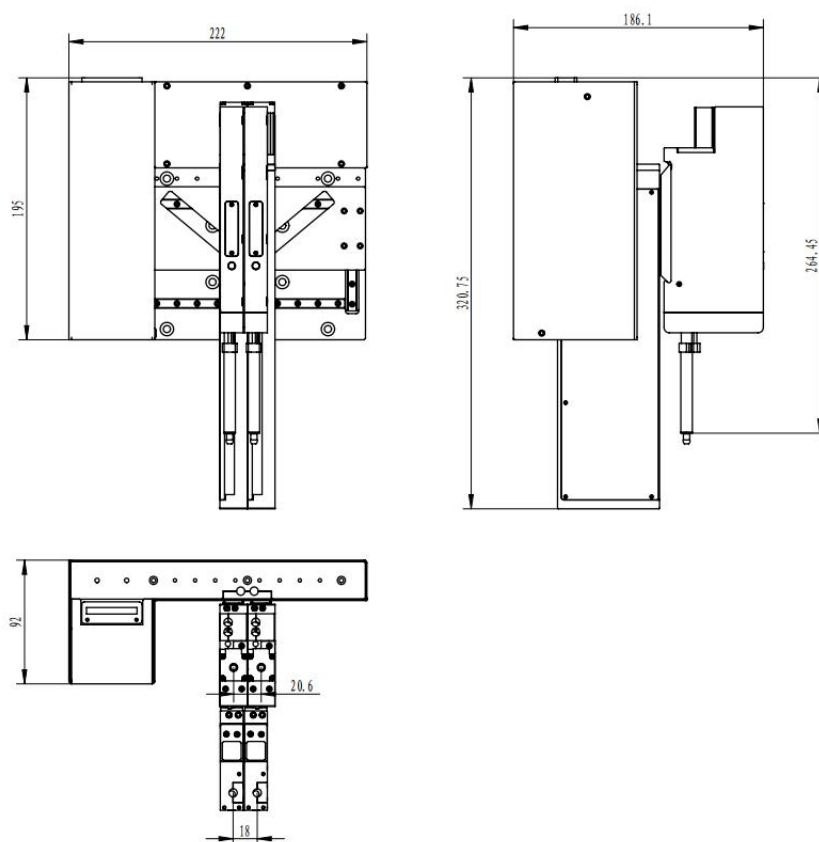


图 6 ADP18-XD2-91 安装尺寸（合并状态）



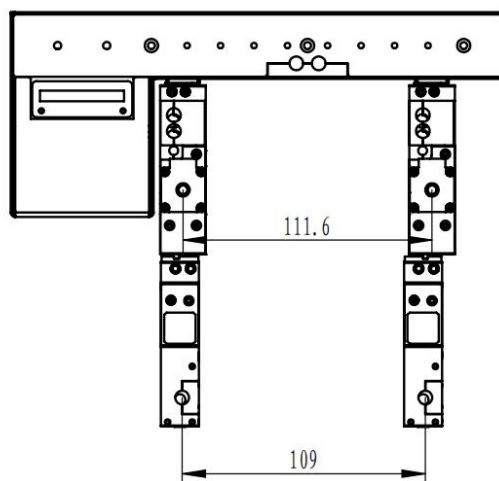


图 7 ADP18-XD2-91 安装尺寸（展开状态）

## 2.2.4 ADP-XD4-12 尺寸

4 联变距机构 ADP-XD4-12 的变距条中心距可变范围是 20.6-32.6mm，其背板上有 10 个 M5 螺钉的沉头孔，都可以用来做安装孔，将其固定起来，还有 4 个  $\phi 3$  的销孔，安装时可用销轴来精确定位。

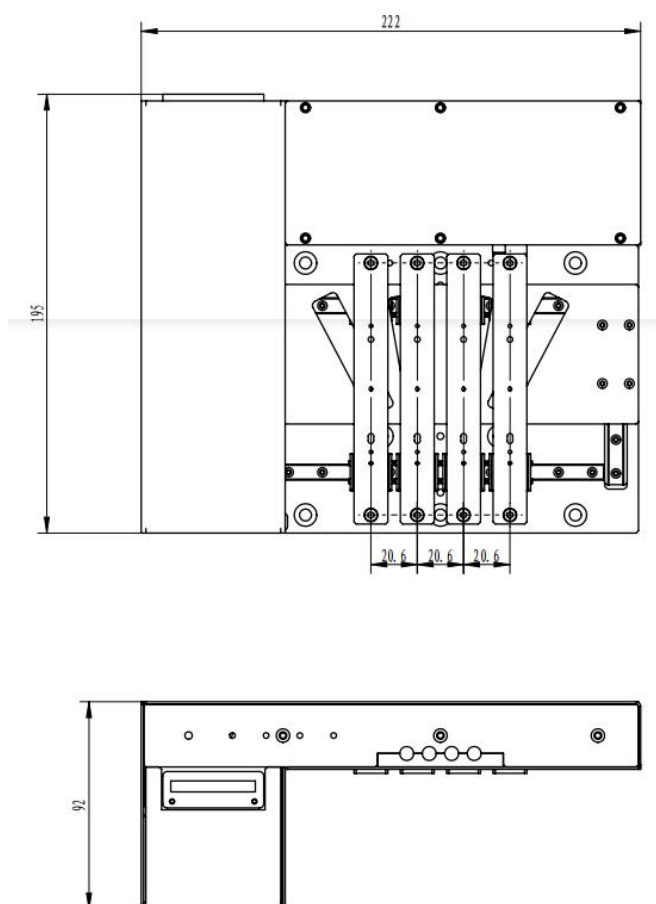


图 8 ADP-XD4-12 外形尺寸（合并状态）

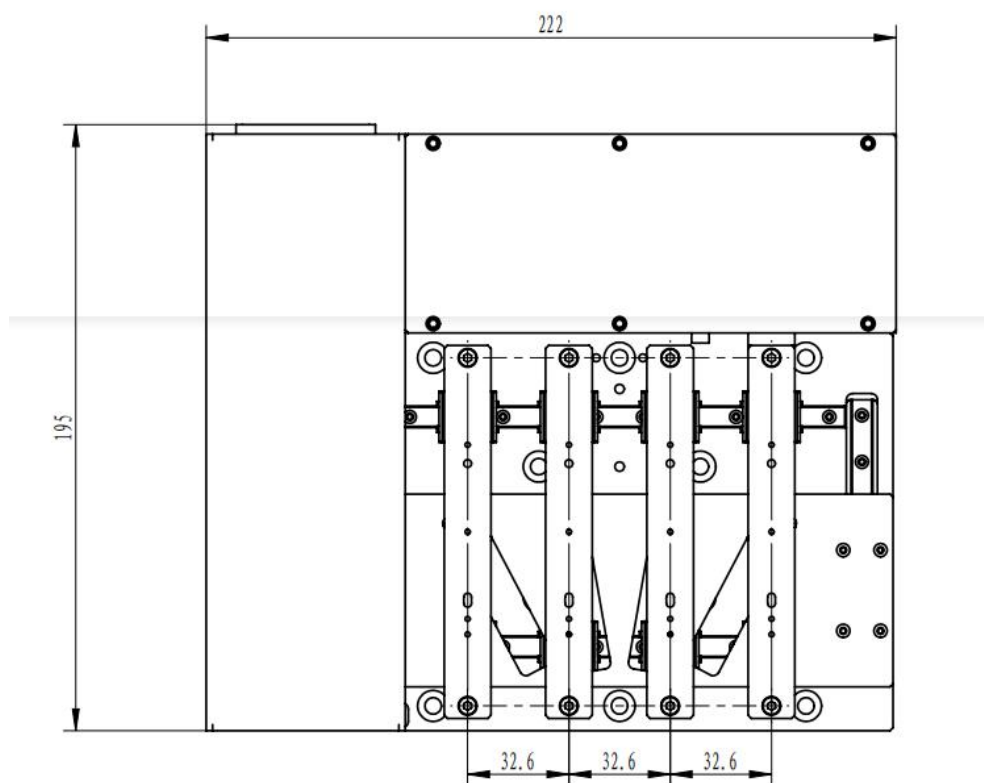


图 9 ADP-XD4-12 外形尺寸 (展开状态)

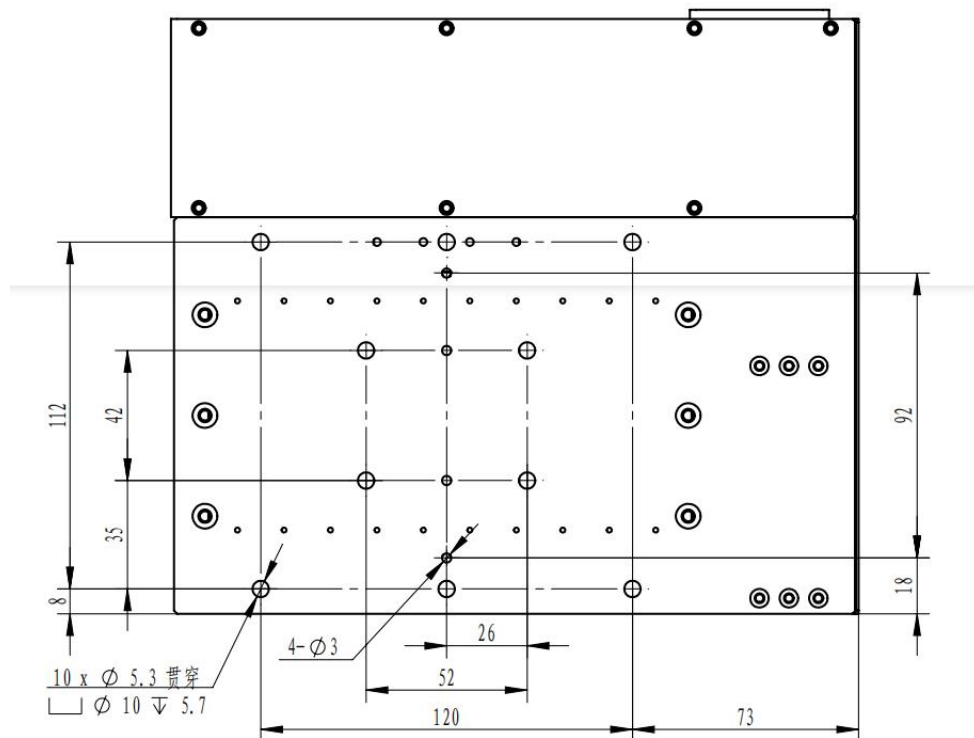


图 10 ADP-XD4-12 安装尺寸

## 2.2.5 ADP-XD4-36 尺寸

4 联变距机构 ADP-XD4-36 的变距条中心距可变范围是 20.6-56.6mm，其背板上有 10 个 M5 螺钉的沉头孔，都可以用来做安装孔，将其固定起来，还有 4 个  $\phi 3$  的销孔，安装时可用销轴来精确定位。

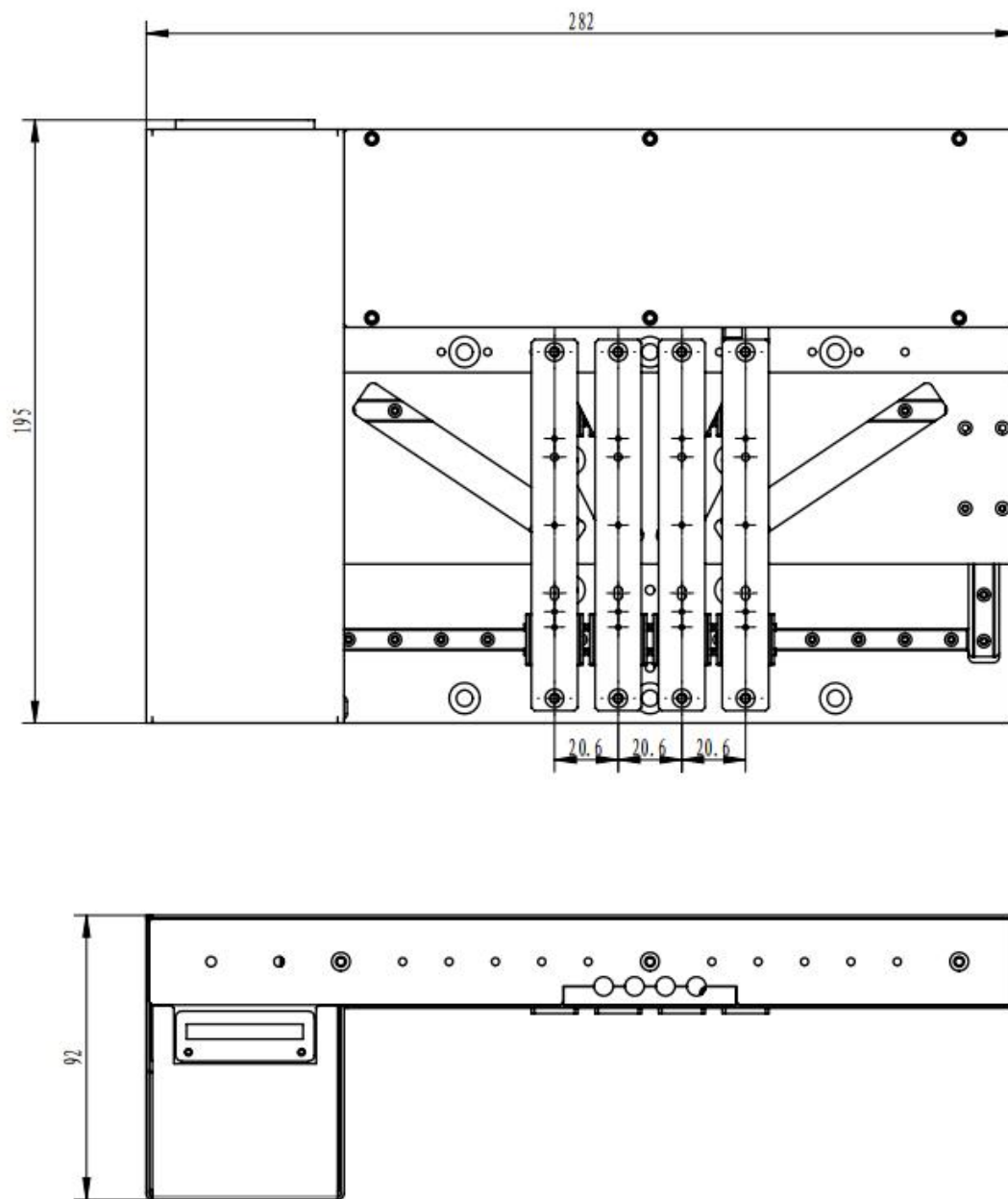


图 11 ADP-XD4-36 外形尺寸（合并状态）

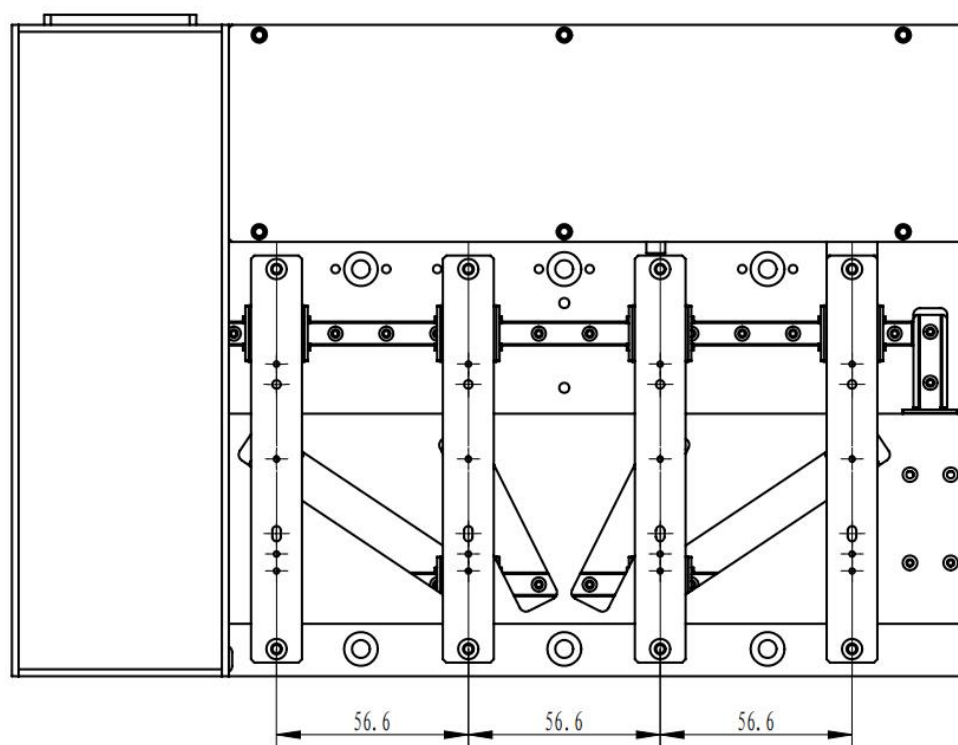


图 12 ADP-XD4-36 展开状态

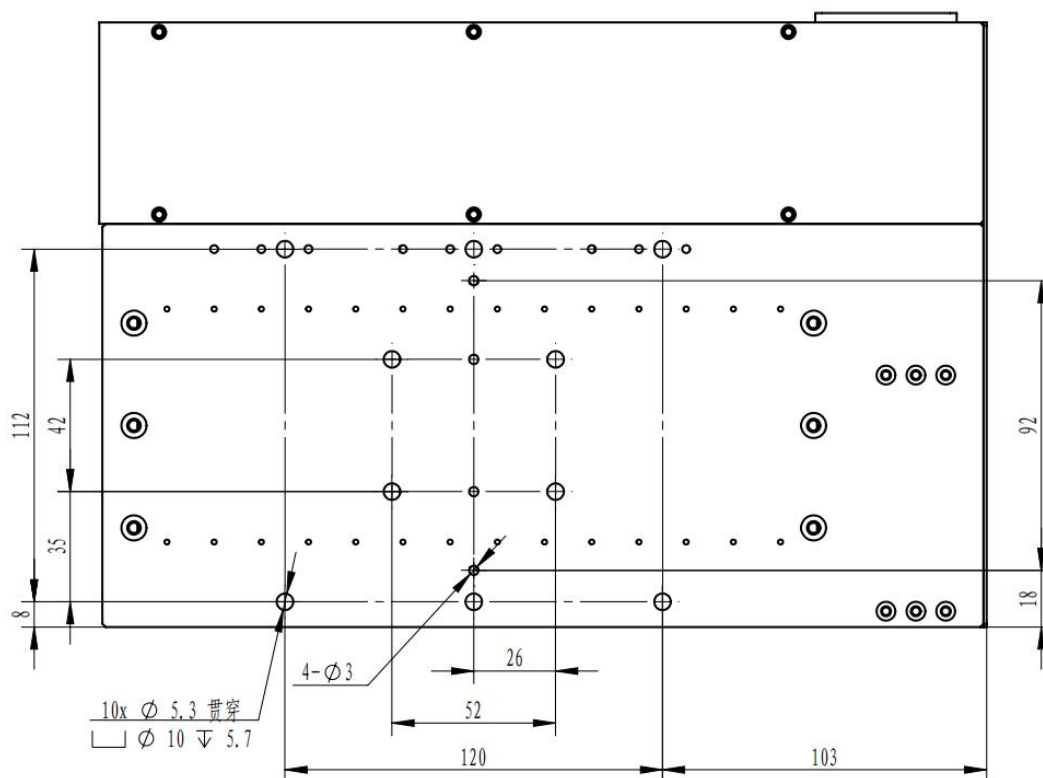


图 13 ADP-XD4-36 安装尺寸

## 2.2.6 ADP16-XD4-12 尺寸

4 联变距机构 ADP-XD4-12 上安装 4 台 Z 轴升降机构，2 台 A 型 ADP16 和 2 台 B 型 ADP16 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上，安装顺序从左到右分别为：A-B-A-B。4 联 ADP16 的中心距可变范围是 9-21mm，见下图。

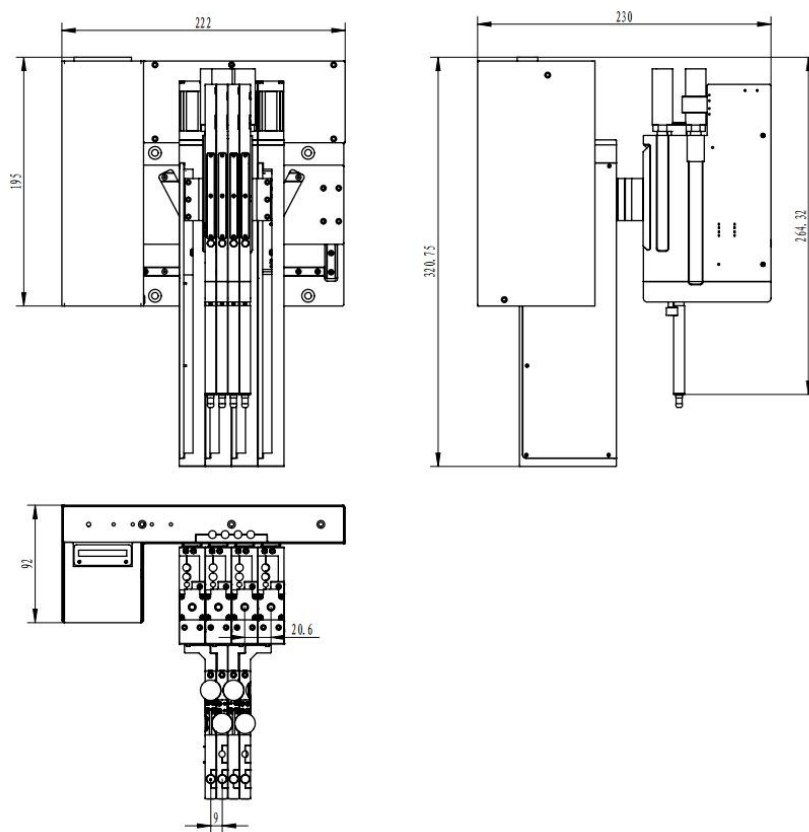


图 14 ADP16-XD4-12 安装尺寸（合并状态）

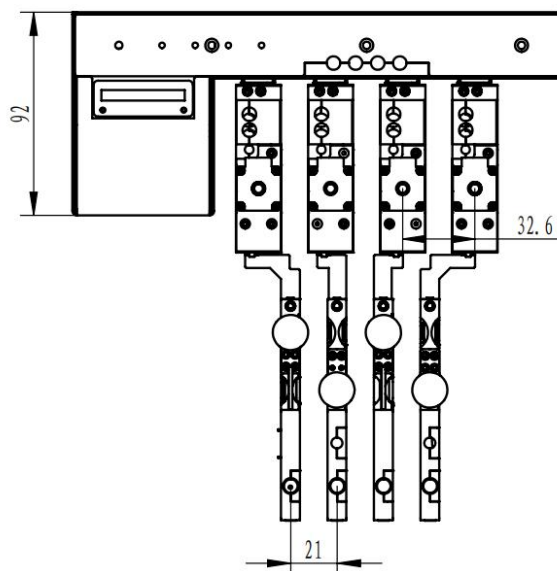


图 15 ADP16-XD4-12 安装尺寸（展开状态）

## 2.2.7 ADP16-XD4-36 尺寸

4 联变距机构上安装 4 台 Z 轴升降机构, 2 台 A 型 ADP16 和 2 台 B 型 ADP16 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上, 安装顺序从左到右分别为: A-B-A-B。4 联 ADP16 的中心距可变范围是 9-45mm, 见下图。

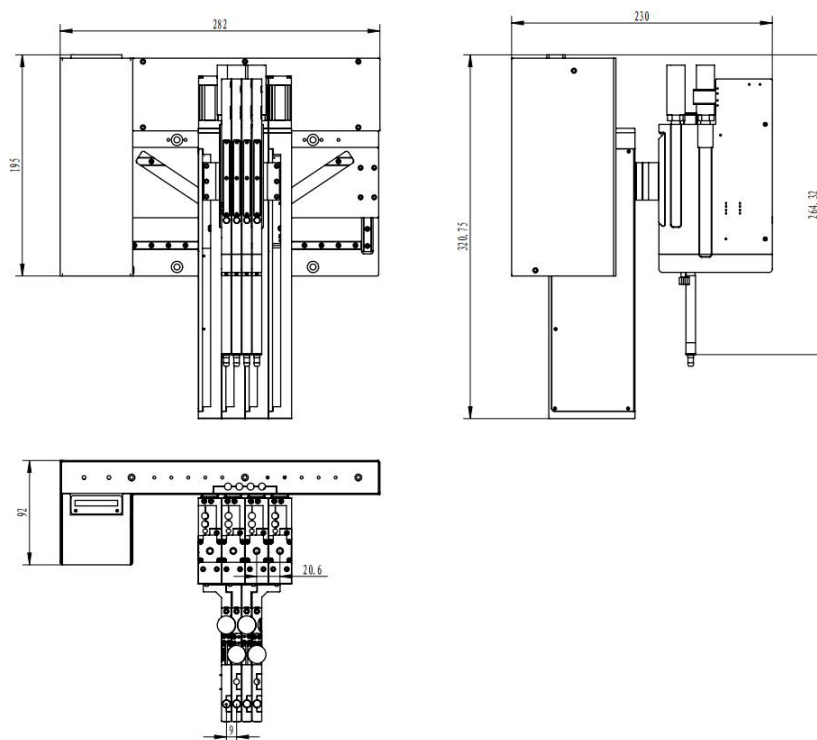


图 16 ADP16-XD4-36 安装尺寸 (合并状态)

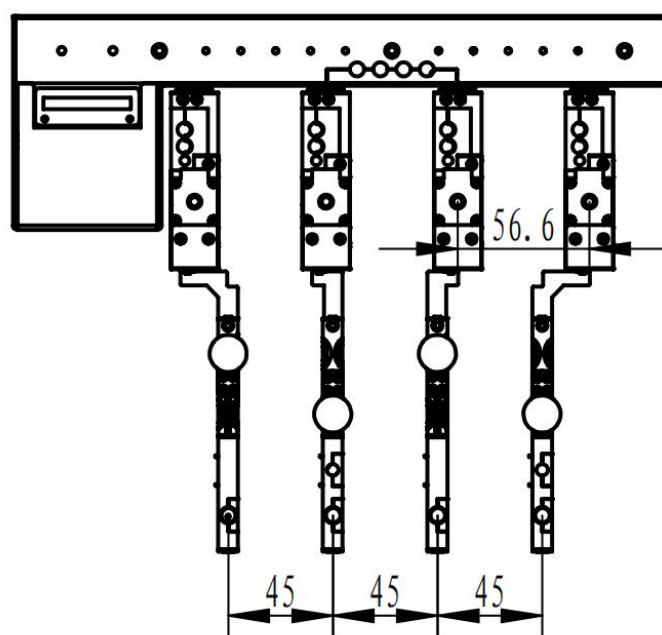


图 17 ADP16-XD4-36 安装尺寸 (展开状态)

## 2.2.8 ADP18-XD4-36 尺寸

4 联变距机构 ADP-XD4-36 上安装 4 台 Z 轴升降机构，4 台 ADP18 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上。4 联 ADP18 的中心距可变范围是 18-54mm，见下图。

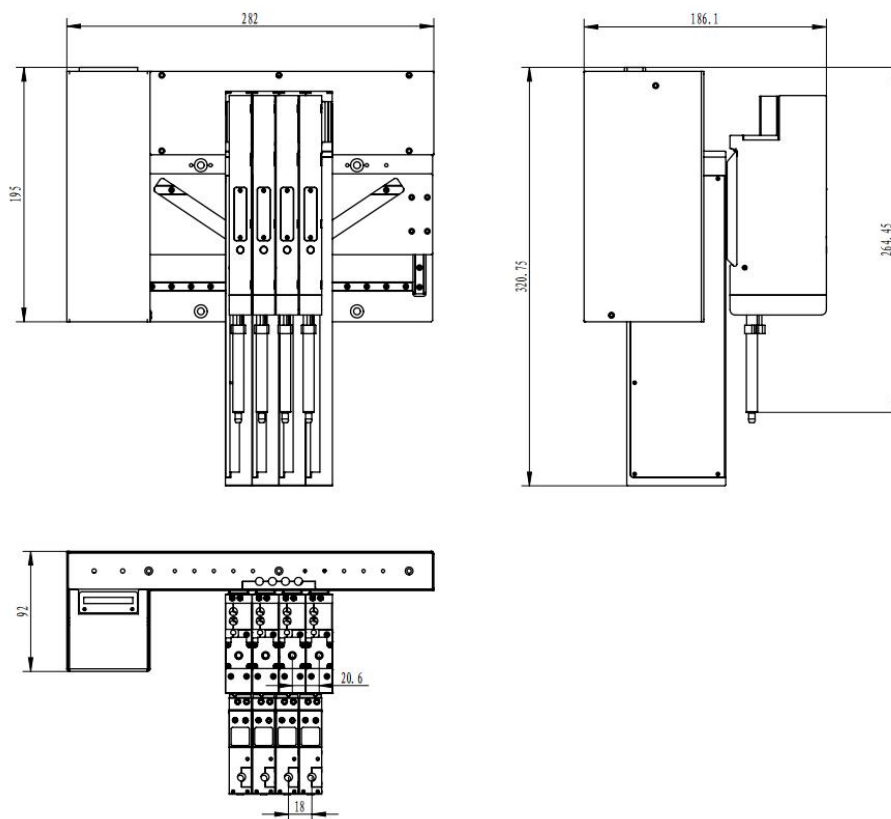


图 18 ADP18-XD4-36 安装尺寸（合并状态）

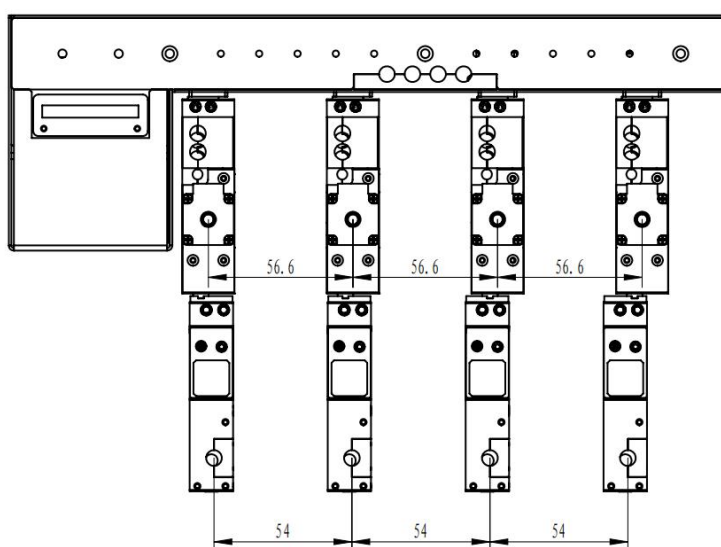


图 19 ADP18-XD4-36 安装尺寸（展开状态）

## 2.2.9 ADP-XD8-12 尺寸

8 联变距机构的变距条中心距可变范围是 20.6–32.6mm，其背板上有 10 个 M5 螺钉的沉头孔，都可以用来做安装孔，将 8 联变距机构固定起来，还有 4 个  $\phi 3$  的销孔，安装时可用销轴来精确定位。

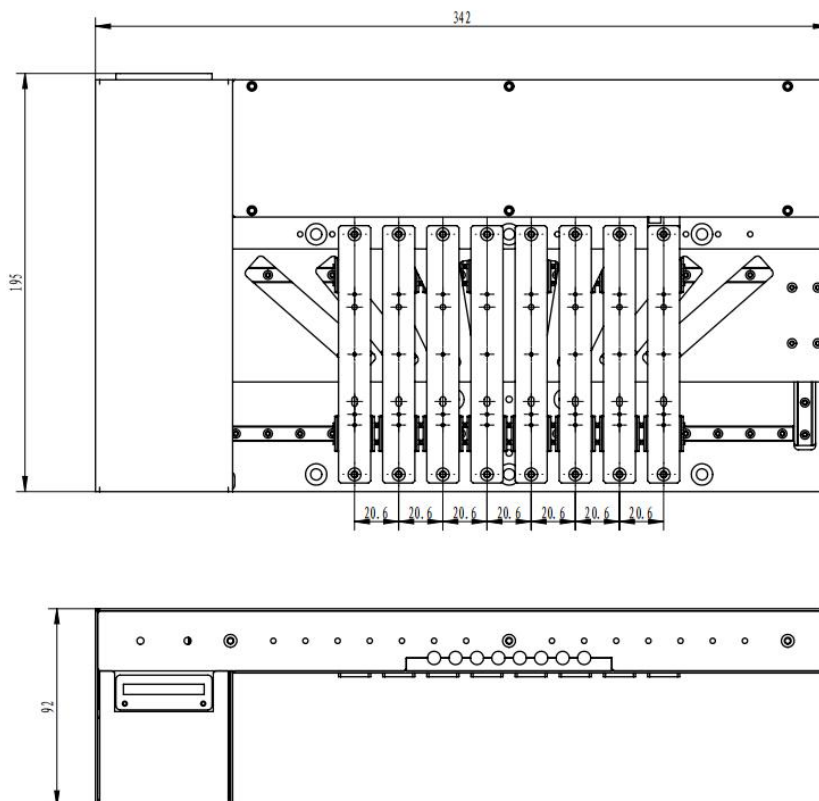


图 20 ADP-XD8-12 外形尺寸（合并状态）

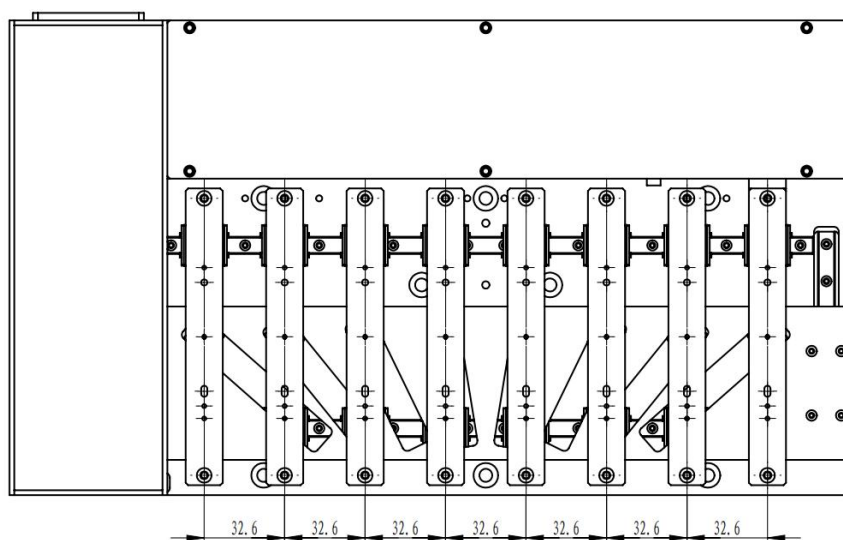


图 21 ADP-XD8-12 展开状态



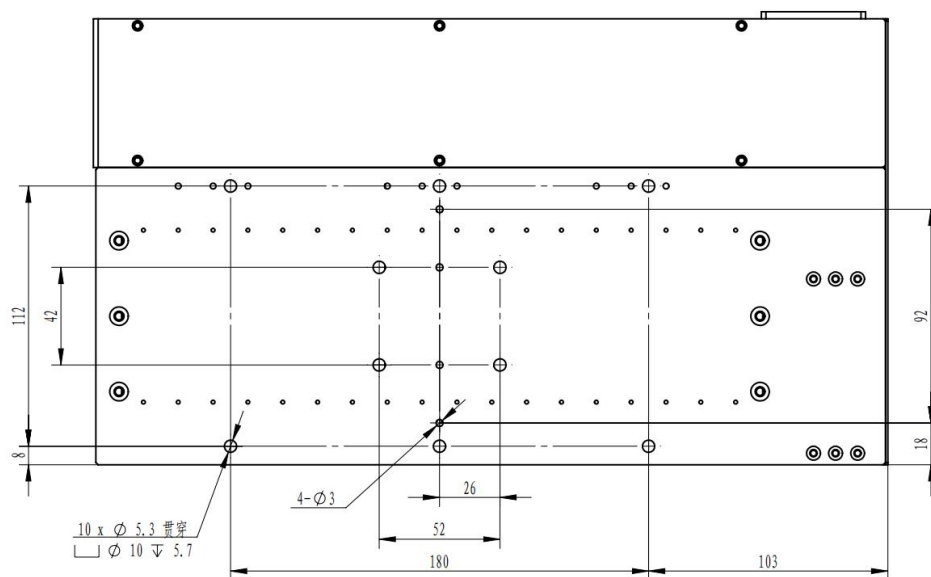


图 22 ADP-XD8-12 安装尺寸

### 2.2.10 ADP16-XD8-12 尺寸

8 联变距机构 ADP-XD8-12 上安装 8 台 Z 轴升降机构, 4 台 A 型 ADP16 和 4 台 B 型 ADP16 通过转接板分别安装到 Z 轴升降机构上, 安装顺序从左到右分别为: A-B-A-B-A-B-A-B。8 联 ADP16 的中心距可变范围是 9-21mm, 见下图。

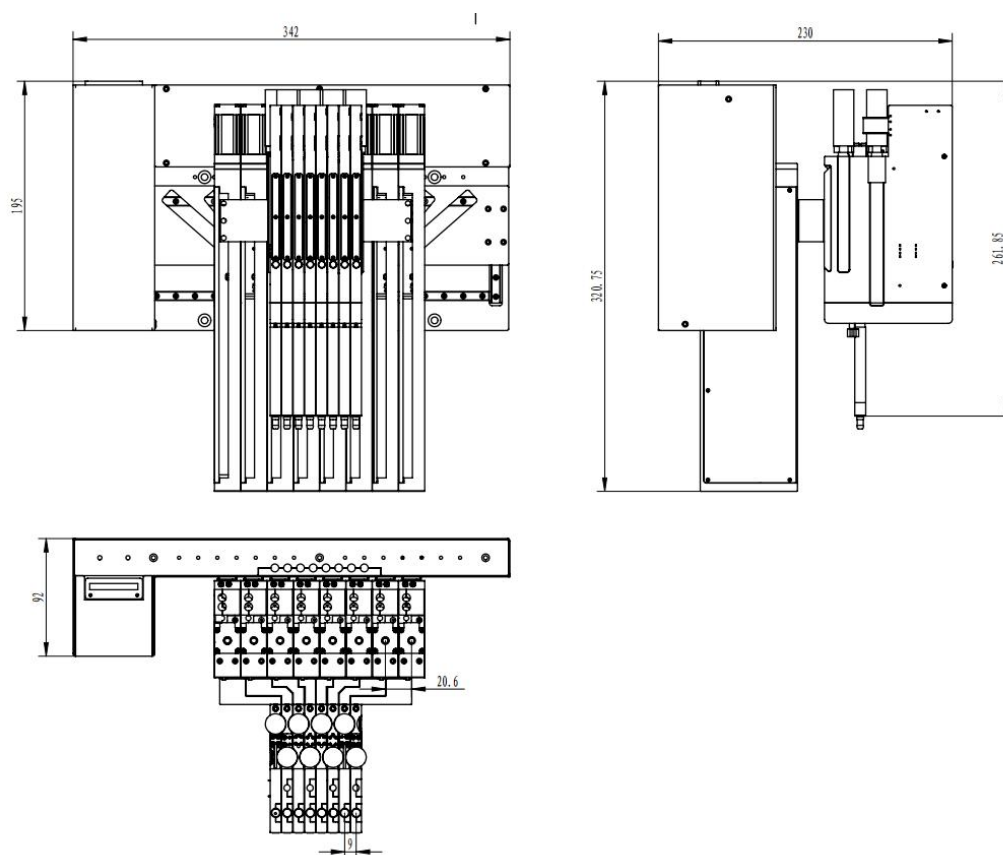


图 23 ADP16-XD8-12 外形尺寸 (合并状态)

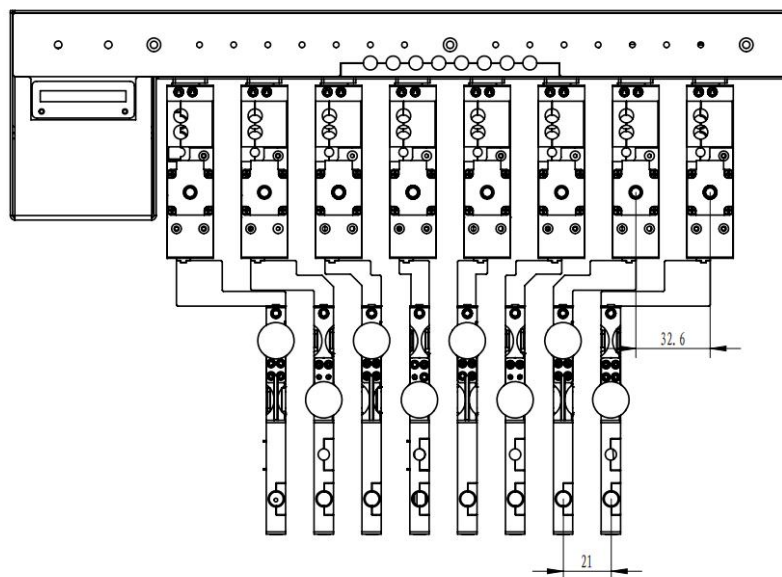


图 24 ADP16-XD8-12 外形尺寸（展开状态）

## 2.3 变距机构的负载安装尺寸

三种变距机构上的变距条都是通用的，负载安装尺寸都是一样的，下图为其预留孔位尺寸，可以安装 Z 轴升降组件，也可以直接安装 ADP16 或者 ADP18。

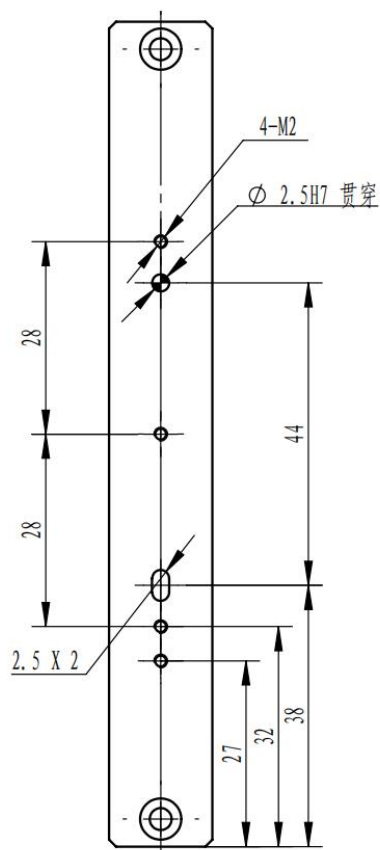


图 25 变距条预留安装孔位

## 第3章 硬件接口

### 3.1 插座管脚



管脚	管脚定义	备注
1	24Vin	接电源 24VDC，2 联电流 $\geq 2A$ ，4 联电流 $\geq 4A$ ，8 联电流 $\geq 8A$
2	GND	地
3	RS485A	
4	RS485B	
5	CANH	
6	CANL	
7	RS232-TX	对于 MADP 来说为发送
8	RS232-RX	对于 MADP 来说为接收

注：不使用的线缆需要包裹，以防短路导致电路板烧坏, 使用 CAN 通讯时需要接地

### 3.2 拨码开关

ADP 拨码开关详见 ADP 说明书。

控制板拨码开关：从左往右拨码开关编号依次为 1-8，对应功能如下表所示



拨码开关序号	功能	描述
1	CAN 接口 120 欧短接电阻, ON 短接, OFF 断开	出厂默认为 ON, 防止通讯不稳定, 当多联使用时需要将最远端 ADP 的 CAN 短接电阻拨到 ON
2	RS485 接口 120 欧短接电阻, ON 短接, OFF 断开	出厂默认为 ON, 防止通讯不稳定
3	主控模式	OFF: 子节点 ON: 主节点, 固定地址 0 注意整个系统只允许有一个主节点
4	变距模式	OFF: 通用步进电机驱动模式 ON: 变距驱动模式
5	地址 bit3	拨码开关对应 ON 对应位为 1 注意: 拨码 3 拨到 ON 以后该地址拨码无效, 将固定地址 0
6	地址 bit2	
7	地址 bit1	
8	地址 bit0	

## 第 4 章 通讯协议

### 4.1 通讯方式

我们提供两种通信控制方式：串口和 CAN，

串口：可以实现流程的编辑实现多个节点同时动作

CAN：通信单独控制每个节点

用户根据不同的需要选择不同的通信方式。串口通信采用分距驱动器作为主控，接收用户的流程字符串自动顺序执行，CAN 通信需要用户实现每个节点的状态监控和控制。

### 4.2 通讯接口

与 MADP 通讯支持以下几种方式：

- CAN
- 232
- 485

### 4.3 协议

MADP 支持串口和 CAN 通讯，其中串口分为 RS232、RS485 这两个的通讯协议相同；使用串口通讯时，收发间隔 10ms，遵循一问一答通讯模式，同时使用重发机制保证可靠性(PLC 计时不准，重发间隔时间需要延长)。串口通讯协议默认 38400 波特率，8 个数据位，无奇偶位，1 个停止位。

- OEM 协议
- CAN 协议
- MODBUS RTU

#### OEM 协议

该协议基于 RS232 和 RS485 的串口通讯，该通讯协议包含通讯序列号和校验字节，能够有效的防止数据丢失，详细见 OEM 协议。

#### CAN 协议

该通讯协议用于局域网 CAN 通讯，通过读写寄存器的方式控制 ADP、Z 轴、变距子节点，该通讯方式与串口不同，是直接控制每个子节点，用户需要自行实现流程控制，详细见 CAN 协议。

#### MODBUS 协议

该通讯协议用于 PLC 总线控制通讯。

## 第 5 章 OEM 通讯协议

### 5.1 OEM 协议格式

该通讯协议包含通讯序列号和校验字节，能够有效的防止数据丢失，因此推荐使用 OEM 协议与 MADP 通讯

#### 发送指令格式

表 1 OEM 发送指令协议格式

数据字段	数据类型	字节个数	描述
帧头	UInt8	1	固定值 0XAA, 表示数据开始
命令	Char	1	见操作指令
数据长度	UInt16	2	数据区数据长度, 数据长度最长不超过 1000 个字节
数据	UInt8	n	
校验	UInt16	2	CRC16

#### 返回数据格式

表 2 OEM 返回数据协议格式

数据字段	数据类型	字节个数	描述
帧头	UInt8	1	固定值 0X55, 表示数据开始
命令	Char	1	见命令列表
状态	UInt8	1	当前状态, 见状态表
数据长度	UInt16	2	数据区数据长度, 数据区数据为空时, 数据长度为 0
数据	UInt8	n	
校验	UInt16	2	CRC16

### 5.2 操作指令

本章描述 OEM 中命令以及数据区数据，其中命令为 ASCII 字母。

#### 5.2.1 指令功能列表

命令	功能	描述
E	运行流程	全速运行指令流程，直到接收停止指令或者指令流程执行完成 带参数：执行当前参数的指令 无参数：执行下载的指令
q	查询状态	流程执行完成每个节点状态
n	查询连接节点 ID 和设备型号	返回值：ID. 设备型号, ID. 设备型号, ID. 设备型号
W	写寄存器	
R	读寄存器	参数寄存器地址断

C	写节点 CAN 对象字典	发送数据字符串编码规则：：设备地址，主字典 1. 子字典 1，主字典 2. 子字典 2，主字典 3. 子字典 3 接收数据字符串编码规则：：设备地址，字典 1 数据，字典 2 数据，字典 3 数据
c	读节点 CAN 对象字典	
S	掉电保存流程	
s	掉电保存寄存器参数	
T	停止	
e	执行一条指令	直接执行一条指令，参数为指令
w	系统报警	通过该指令主动上报系统报警信息

## 5.2.2 操作指令说明

### 5.2.2.1 E 运行流程

指令使设备开始运行，设备将根据下载的工程流程切换到运行模式全速运行，直到指令执行完成。数据区参数为空将执行 D 指令下载的指令或者从之前的暂停或者停止状态开始运行。如果数据区参数有字符串则执行数据区字符串

发送：

命令	数据区
E	空：执行 D 指令下载的流程 指令序列：执行数据区中的指令序列，与指令 D 的工作流程字符串代码相同 注意数据区字符串长度必须低于 1000 个字节

应答：

命令	状态	数据区
E	见状态表	空

### 5.2.2.2 e 立即执行一条指令

该条指令无论当前系统处于什么状态就立即执行一条指令。注意该指令只能执行一条指令，不能执行一个流程。该指令与 E 指令区别在于，E 指令会判断当前系统是否处于忙状态，并且 E 指令可以执行一个流程序列。e 指令不会判断是否忙，并且只能执行一条指令。

发送：

命令	数据区
e	一条指令

应答：

命令	状态	数据区
e	见状态表	空

### 5.2.2.3 q 查询多节点执行完成状态

该指令与?指令不同，可以通过该指令查询流程执行完成后多个节点的状态，是否出现错误报警。用户可用该指令获取多个节点执行完成后的是否有错误的状态。

发送:

命令	数据区
q	空

应答:

命令	状态	数据区
q	见状态表	<p>流程执行完成: 返回当前流程中涉及到的每个节点执行状态, 0 为无错误, 其他值为有错误, 错误代码参考对应节点的状态。</p> <p>数据编码格式如下</p> <p>地址: 状态, 地址: 状态, 地址: 状态</p> <p>流程执行中: 空</p> <p>例如: 返回数据 1:10, 2:20, 3:0, 4:1</p> <p>地址 1: 参数超限, 地址 2 无 tip 头错误, 地址 3 正常, 地址 4 执行某条指令失败因为该节点处于忙状态</p>

#### 5.2.2.4 n 查询节点 ID 和设备型号

该指令用于查询总线连接的所有设备 ID 和对应的设备型号。

发送:

命令	数据区
n	空

应答:

命令	状态	数据区
n	见状态表	ID. 设备型号, ID. 设备型号, ID. 设备型号

#### 5.2.2.5 C 写 CAN 对象字典

该指令用于向子节点中写入对象字典的数据。

发送:

命令	数据区
C	字符串编码格式: 设备地址, 主字典 1. 子字典 1. 数据 1, 主字典 2. 子字典 2. 数据 2, 主字典 3. 子字典 3. 数据 3

应答:

命令	状态	数据区
C	执行成功	空
	写错误	<p>写错误的设备地址、字典地址、数据</p> <p>字符串编码格式: 设备地址, 主字典. 子字典. 数据</p>

#### 5.2.2.6 c 读 CAN 对象字典

该指令用于读取子节点中对象字典的数据。

发送:



命令	数据区
c	<p>字符串编码格式：设备地址:主字典 1. 子字典 1, 主字典 2. 子字典 2, 主字典 3. 子字典 3</p> <p>地址之间用‘,’号隔开,也可以用‘-’表示一段地址,例如:1-4,7 表示对地址 1,2,3,4,7 操作</p> <p>例如: 1-3:2000.1,2000.2</p> <p>读取节点地址 1-3, 对象字典主索引 0x2000 子索引 1 和主索引 0x2000 子索引 2 的数据</p>

应答:

命令	状态	数据区
c	执行成功	<p>字符串编码格式：设备地址, 字典 1 数据, 字典 2 数据, 字典 3 数据 设备地址, 字典 1 数据, 字典 2 数据, 字典 3 数据 设备地址, 字典 1 数据, 字典 2 数据, 字典 3 数据</p> <p>例如:</p> <p>返回数据: 1,100,100 2,101,101 3,102,102</p> <p>说明:</p> <p>地址 1 字典 1 返回数据 100, 字典 2 返回数据 100 地址 2 字典 1 返回数据 101, 字典 2 返回数据 101 地址 3 字典 1 返回数据 102, 字典 2 返回数据 102.</p>
	读错误	<p>读取错误的设备地址和字典地址</p> <p>字符串编码格式：设备地址, 主字典. 子字典</p>

### 5.2.2.7 W 写寄存器

用于写系统寄存器指令, 寄存器地址与功能见系统寄存器表格。可同时写多个寄存器数据发送:

命令	数据区
W	<p>写寄存器地址和数据, 用‘,’号隔开每个地址数据, 用‘:’隔开地址和数据</p> <p>例如 1:100,2:200,3:300</p> <p>写地址 1=100</p> <p>地址 2=200</p> <p>地址 3=300</p>

应答:

命令	状态	数据区
W	执行成功	空
	写错误	错误地址:数据

### 5.2.2.8 R 读寄存器

用于读系统寄存器指令, 寄存器地址与功能见系统寄存器表格。支持通讯读取多个寄存器数据

发送:

命令	数据区
R	读取系统寄存器的地址列表, 可同时读取多个地址数据, 用 ASCII 字符串表示

	地址列表编码格式： 地址之间用‘,’号隔开，也可以用‘-’表示一段地址，例如：1-4, 7 表示对地址 1, 2, 3, 4, 7 操作
--	---

应答：

命令	状态	数据区
R	执行成功	读取的系统寄存器数据，用‘,’号隔开，以下发的读取寄存器地址一一对应 字符串编码格式：数据 1, 数据 2, 数据 3
	读错误	错误地址

#### 5.2.2.9 Q 查询节点状态

用于读节点地址的状态, OEM 协议返回状态字节为系统状态，可以通过该指令同时查询节点状态和系统运行状态

发送：

命令	数据区
Q	读取节点地址列表，可同时读取多个地址节点状态，用 ASCII 字符串表示 地址列表编码格式： 地址之间用‘,’号隔开，也可以用‘-’表示一段地址，例如：1-4, 7 表示对地址 1, 2, 3, 4, 7 操作

应答：

命令	状态	数据区
Q	执行成功	状态, 状态, 状态 读取的节点状态，用‘,’号隔开，以下发的读取节点地址一一对应 字符串编码格式：数据 1, 数据 2, 数据 3
	读错误	错误节点地址

#### 5.2.2.10 S 掉电保存流程

用于掉电保存下载的执行流程

命令	数据区
S	空：保存当前执行的流程 字符串：保存字符串中的流程

#### 5.2.2.11 1 清除保存的流程

用清除掉电保存的流程

命令	数据区
1	空

#### 5.2.2.12 s 掉电保存系统寄存器

用于掉电保存系统寄存器，数据区无参数

### 5.2.2.13 w 报警

该指令为设备运行过程中出现的错误报警, 当打开系统寄存器错误主动上报, 报警信息通过该指令主动上报

命令	状态	数据区
w	30	指针位置: 节点 ID, 状态: 节点 ID. 状态: 节点 ID, 状态

## 5.3 状态表

注意该状态为系统运行的状态, 不是节点的状态, 节点状态通过 Q 指令查询, 不同的指令执行后返回的错误状态不同

状态值	功能	描述	返回数据
系统运行的状态			
0	空闲 / 无错误		空
1	执行成功	操作指令下发执行成功状态	空
2	运行中	系统运行中状态	空
3	暂停	系统暂停状态, 该状态与空闲状态不同,	空
4	执行完成	流程指令执行完成, 该状态为打开运动完成主动上传, 或者调试模式主动上传的状态	空
操作指令返回错误状态			
10	运行中禁止操作	设备运行中, 下发指令执行失败	空
11	操作指令执行失败	下发的操作指令执行失败, 例如 S, s, E, D 等指令	空
12	操作指令无效	下发的操作指令无效, 无该操作指令	空
15	读寄存器错误	该状态为 R 读寄存器指令的错误返回状态, 正常返回状态为 0	见 R 指令描述

16	写寄存器错误	该状态为 W 写寄存器指令的错误返回状态，正常返回状态为 0	见 W 指令描述
17	读对象字典错误	该状态为 c 读对象字典指令的错误返回状态，正常返回状态为 0	见 c 指令描述
18	写对象字典错误	该状态为 C 写对象字典指令的错误返回状态，正常返回状态为 0	见 C 指令描述
流程运行过程中返回错误			
20	流程指令无效	流程执行过程中出现无效的指令	错误指针位置
21	流程指令语法错误	流程执行过程中出现错误语法	错误指针位置
22	流程指令执行超时	流程执行过程中出现命令执行超时无响应	错误指针位置, 错误节点 ID
23	流程指令执行错误	流程执行过程中出现命令执行错误，主要是节点执行后返回的错误，例如未初始化等，根据节点错误代码判断	错误指针位置, 错误节点 ID, 节点错误代码
流程运行过程中返回报警			
30	节点报警	该报警为打开系统寄存器报警主动上传功能后上传状态 返回指令: w	见 w 指令描述

## 5.4 系统寄存器列表

寄存器地址	读写权限	功能	说明
0	R	系统状态	见状态表
1	R	当前执行字符串指针	当前执行字符串的位置指针
2	RW	运行模式	0: 不运行 1: 上电自动运行
3	RW	报警停止	设备检测到节点状态<50 的报警信息是否停止 0: 不停止 1: 停止
4	RW	错误主动上报	设备自动返回状态>=50 的错误信息 0: 不上报 1: 上报
5	RW	运动完成主动上传	打开该功能后，流程指令执行完成将自动上传该状态，上传的指令为?, 返回状态为 4 0: 不上传 1: 上传
50	RW	RS232 波特率	9600, 19200, 57600, 38400, 115200
51	RW	RS485 波特率	9600, 19200, 57600, 38400, 1152000


## 5.5 流程指令

本章描述 OEM 协议中数据区部分的数据格式，即操作流程的数据格式。该数据为 ASCII 字符串，可同时发送多条指令集，MADP 将逐条解析并执行该流程控制命令集。这些指令通过功能分为以下几种：

- 初始化指令
- 控制指令
- 参数读写指令
- 查询指令
- 系统控制指令

### 5.5.1 流程指令语法

MADP 发送流程控制命令集中格式如下：

(id, id, id)CMD<n1, n2, n3>| (id, id, id)CMD<n1, n2, n3>| (id, id, id)CMD<n1, n2, n3>

其中：

|：表示每一条指令，命令流个数大于 1 用‘|’隔开

(id, id, id)：代表轴 ID，ID 为十进制数字，可同时操作多个地址，地址之间用‘,’号隔开，也可以用‘-’表示一段地址，例如：1-4, 7 表示对地址 1, 2, 3, 4, 7 操作。如果是控制所有节点，命令前可以不用带地址，例如 Az1000, 100。

我们约定地址 0：变距，地址 1-8 为 ADP 和 Z 轴，ADP 和 Z 轴配合使用同一个地址

CMD：代表指令，用字母 a-z 和 A-Z 表示，最多两个字母，见流程指令详细

<n1, n2, n3>：代表指令参数，其中<>符号表示参数区域，无需在指令字符串中。多个参数用‘,’号隔开，没有参数的指令可以为空。如果需要部分参数按默认值可将对应逗号前的参数填空，例如将第二个参数为空指令 Ai1000,,2。如果后面部分参数都为空可以省略，例如将最后两个参数为空指令 Ai1000 表示最后两个参数都为空。

注意：

1) <>用于区分数据块，不用包含在指令字符串中。

2) ()用于表示节点 ID，不用包含在指令字符串中。

3) 指令区分大小写

4) 我们约定指令字母最长 2 个字母，并且两个字母的指令为大写字母跟随一个小写字母，一个字母的指令用大写表示，特殊字符?为查询指令、{}为循环控制指令，单独一个大写字母的指令为系统控制，大写字母加小写字母的指令为运行控制指令。

**举例字符串指令序列：**

1-4Az100|41-44Zz1000|41, 43, 45Zp10000|1, 3, 5Ai10000

流程说明：初始化 1 到 4 ADP->初始化 41 到 44 Z 轴->41, 43, 45Z 轴下降->1, 3, 5ADP 吸液

## 5.5.2 流程指令详细

该部分对详细的单个指令进行描述，按照功能划分为以下几种。

- 初始化指令
- 控制指令
- 参数设置指令
- 查询指令
- 循环控制指令

**注意：**

[]表示可选参数，如果可选参数为空将按照协议中默认参数执行。

<>参数区，符号<>无需发送，只是用来表示参数数据区

### 5.5.2.1 ADP 控制指令

ADP 控制指令，用于控制 ADP 动作

#### 5.5.2.1.1 Az<[n1], [n2], [n3]> 初始化 ADP

用于初始化 ADP，自动控制 ADP 活塞到 0 位置，并且根据参数是否自动顶出 TIP 头。

表 3 Az 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Az	[n1]	10~1000	1ul/s	500	初始化过程中的速度，注意对于 ADP18，这里的参数为 ustep，范围为 200~64000，默认值 32000
	[n2]	0-100	%	100	初始化功率
	[n3]	0	无	0	无论是否检测到 TIP 头，都将顶出 TIP 头
		1			检测到 TIP 头，将顶出 TIP 头
		2			无需顶出 TIP 头

#### 5.5.2.1.2 Ai<n1, [n2], [n3]> 吸液

用于吸液。

表 4 Ai 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Ai	n1	1~100000	0.01ul	0	吸液体积
	[n2]	1~2000	1ul/s	500	吸液速度
	[n3]	0~2000	1ul/s	10	截流速度

**n1 吸液体积：**

该参数必填，吸液体积是指理论吸入到 TIP 头的体积，但是由于不同的物理因素，所以吸入

体积和目标体积是不同的，对于高精度吸液，需要结合吸液速度、液体粘稠度、吸液体积、TIP 头类型等物理特性做相应的校准曲线。

#### [n2]吸液速度：

流量应根据液体的物理性质来设定。例如粘度和表面张力等。对于不同的液体流速过快可能会导致 ADP 腔体压力过低，也可能导致如果柱塞停止后液体继续流入 TIP 头，这会导致误吸。合理方法是设置液体流速与吸液速度相匹配。

#### [n3]截流速度：

该参数用于控制流体最后停止的速度，根据不同的液体物理性质设置。

### 5.5.2.1.3 Ae<n1, [n2], [n3], [n4], [n5]> 排液

用于排液，自动控制 ADP 活塞到 0 位置，并且根据参数是否自动顶出 TIP 头。

表 5 Ae 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Ae	n1	1~100000	0.01ul	0	排液体积
	[n2]	0~10000	0.01ul	0	回吸体积
	[n3]	1~2000	1ul/s	500	排液速度
	[n4]	0~2000	1ul/s	10	停止速度

#### [n1]排液体积：

排液体积是指理论从 TIP 头排出的体积，但是由于不同的物理因素排出的体积和目标体积是不同的，对于高精度排液，需要结合排液速度、液体粘稠度、排液体积、TIP 头类型等物理特性做相应的校准曲线。

#### [n2]回吸体积：

为了避免针头出现挂液影响精度和交叉污染，我们设计排液完成后自动回吸指定体积液体功能，能够很好的避免针头出现挂液问题，回吸体积受到排液量、TIP 头类型、试剂粘稠度等影响排液精度，对于不同的排液体积用户需要自己调试改参数达到不挂液和理想的排液精度。

#### [n3]排液速度：

流量应根据液体的物理性质来设定，例如粘度和表面张力等。对于不同的液体流速过快可能会导致 ADP 腔体压力过高，合理方法是设置液体流速与排液速度相匹配。

#### [n4]停止速度：

用于设置排液完成瞬间的速度，在排液完成最后阶段后减速到停止速度然后停止，注意停止速度必须小于等于排液速度。较高的停止速度可以快速的切断排液，对针尖挂液有一定的改善。

### 5.5.2.1.4 Aq<[n1], [n2]> 去掉 TIP 头

用于控制模块内部电机将 TIP 头顶出。发送该指令后通过查询状态 TIP 在位标志判断 TIP 头是否已经去掉。

表 6 Aq 指令

命令	参数	数据范围	单位	默认值	描述
----	----	------	----	-----	----

值					
Aq	[n1]	10~1000	ul/s	500	顶出 TIP 头过程中的速度
	[n2]	0	无	0	无论是否检测到 TIP 头，都将顶出 TIP 头
		1			检测到 TIP 头，将顶出 TIP 头

#### 5.5.2.1.5 A1<[n1], [n2]> 液面探测

在整个吸排液过程中为了使针尖总是在浸泡在液体中，并且使针尖刚好在液体表面以下 1-2mm，对于不知道液面高度的情况下我们提供了一个检测液面的功能，能够非常灵敏的检测出 TIP 接触到液面，并发送即时消息通知控制端停止 Z 轴下降，检测到液面后也会通过 IO 口 AUXOUT 通知用户检测到液面，方便用户快速响应，GPIO 输出的高低电平可通过寄存器配置。

注意：带试剂的液面探测 Z 轴下降速度要低于 5cm/s 否则容易出现液面探测失败情况

详见寄存器

表 7 A1 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
A1	[n1]	0~1	无	1	0: 探测到液面后不自动上报，需要通过查询状态探测液面标志位是否为 1 来确认是否探测到液面。 1: 探测到液面后自动上报状态，状态中探测到液面标志为 1
	[n2]		ms	10000	0: 不检测是否超时； 其他值: 超时时长，超时时间未检测到气压变化会报告超时错误

#### 5.5.2.1.6 Ap<n1, [n2]> 绝对位置移动

控制活塞移动到绝对位置，整个行程从 0-245760 对应 0-1040ul。

表 8 Ap 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Ap	n1	0~256000		0	位置
	[n2]	0~500000		128000	运行速度
	[n3]	0~256000		32000	停止速度

#### 5.5.2.1.7 Au<n1, [n2]> 相对距离向上移动

控制活塞相对当前位置向上移动吸液指定距离。

移动距离与体积对应关系为 0-245760 对应 0-1040ul。

表 9 Au 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
-----	----	------	----	-----	----



Au	n1	0~256000		0	相对距离位置
	[n2]	0~500000		128000	运行速度
	[n3]	0~256000		32000	停止速度

#### 5.5.2.1.8 Ad<n1, [n2], [n3], [n4]> 相对距离向下移动

控制活塞相对当前位置向下移动排液指定距离。

移动距离与体积对应关系为 0~245760 对应 0~1040u1。

表 10 Ad 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Ad	n1	0~256000		0	相对距离位置
	[n2]	0~500000		128000	运行速度
	[n3]	0~256000		32000	停止速度
	[n4]	0~25600		0	回弹距离

#### 5.5.2.1.9 Aw<n1, n2> 写 ADP 寄存器

写 ADP 寄存器指令，即写主索引为 0x2000，子索引为寄存器地址的对象字典。

表 11 Aw 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Aw	n1	0~255		0	寄存器地址
	n2				写寄存器数据

#### 5.5.2.1.10 <Am>n1, n2, n3 吸液液面跟随

该功能用于配合我司 Z 轴实现吸液液面跟随功能，在吸液过程中自动控制 Z 轴达到跟随液面下降的功能。必须有 Z 轴的情况下才能使用，否则会返回状态未链接 Z 轴，

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Am	n1	0~100000	0.01u1	0	吸液量
	n1	0~1000	u1/s	100	吸液速度
	n2	0~10000	mm <sup>2</sup>	78	液面表面积

#### 5.5.2.1.11 <An>n1, n2, n3 排液液面跟随

该功能用于配合我司 Z 轴实现排液液面跟随功能，在吸液过程中自动控制 Z 轴达到跟随液面上升的功能。必须有 Z 轴的情况下才能使用，否则会返回状态未链接 Z 轴，

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
An	n1	0~100000	0.01u1	0	排液量
	n1	0~1000	u1/s	100	排液速度
	n2	0~10000	mm <sup>2</sup>	78	液面表面积

### 5.5.2.2 Z 轴控制指令

#### 5.5.2.2.1 <Zz>[n1] Z 轴初始化

上电初始化 Z 轴找顶端 0 位置，其他运动只有在初始化完成后才允许执行。

表 12 Zz 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Zz	n1	0~180000	um/s	50000	初始化速度

返回数据：见状态表

#### 5.5.2.2.2 <Zp>n1, [n2] 运动到指定位置

控制 Z 轴运动到指定位置。

表 13 Zp 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Zp	n1	0~180000	um	0	位置
	[n2]	0~180000	um/s	50000	速度

返回数据：见状态表

#### 5.5.2.2.3 <Zu>n1, [n2] 相对距离向上移动

控制 Z 轴相对当前位置向上移动指定距离。

表 14 Zu 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Zu	n1	0~180000	um	0	相对距离位置
	[n2]	0~180000	um/s	50000	运行速度

返回数据：见状态表

#### 5.5.2.2.4 <Zd>n1, [n2] 相对距离向下移动

控制 Z 轴相对当前位置向下移动指定距离。

表 15 Zd 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
-----	----	------	----	-----	----

Zd	n1	0~180000	um	0	相对距离位置
	[n2]	0~180000	um/s	50000	运行速度

返回数据：见状态表

#### 5.5.2.2.5 <Zg>n1, [n2] 向下运动获取 TIP 头

控制 Z 轴向下运动，获取到 TIP 头时电机堵转停止。

表 16 Zg 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Zg	[n1]	0~180000	um	50000	运行速度
	[n2]	0~100		80	功率百分比

返回数据：见状态表

#### 5.5.2.2.6 <Zt>停止 Z 轴

立即停止 Z 轴运动

### 5.5.2.3 变距控制指令

变距控制指令，用于控制变距展开

#### 5.5.2.3.1 Sz<[n1]> 初始化变距轴

用于初始化变距轴，自动控制变距轴运动 0 位置。

表 17 Sz 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Sz	[n1]	0~100000	um/s	10000	初始化过程中的速度

#### 5.5.2.3.2 Sp<n1, [n2]> 控制间距

控制变距展开间距。

表 18 Sp 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
Sp	[n1]	9000~100000	um	0	间距
	[n2]	0~100000	um/s	10000	运行速度

### 5.5.2.4 系统操作指令

#### 5.5.2.4.1 {} 循环控制指令

循环控制指令用于控制字符串指令循环执行，循环可以嵌套，一条指令字符串中最多支持 20 个循环包括嵌套循环。

{ 循环开始位置

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
{	无		无	0	循环开始

## } [n1] 循环结束位置

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
}	[n1]	0~2147483647		0	无参数或者 0: 死循环 其他值: 循环次数

{: 循环开始

}: 循环结束, 后面跟随循环次数, 如果无循环次数或者数据为空表示死循环。

说明: 循环可以嵌套

## 5.5.2.4.2 L&lt;n1&gt; 延时

延时用于系统内部延时, 主要用作两个指令执行之间延时。

表 19 L 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
L	n1	0~2147483647	ms	无	延时时间

## 5.5.2.4.3 X&lt;[n1]&gt; 等待

等待指定轴运动完成。

表 20 X 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
X	n1	0~2147483647	ms	无	等待超时时间

## 5.5.2.4.4 D&lt;n1, n2, n3&gt; 写 CAN 对象字典

用于在流程中实现对象字典的写功能, 与串口指令 C 不同, 后者不能放在流程指令中执行, 并且数据格式不同。该指令只支持一个字典写功能, 串口指令 C 支持多个对象字典写功能。该指令的目的是让用户可以在自己的流程中增加写对象字典的功能达到参数的动态修改

表 21 D 指令

命令值	参数	数据范围	单位	默认值	描述
D	n1				对象索引号
	n2				对象子索引
	n3				数据

## 第 6 章 MODBUS 通讯协议

### 6.1 MODBUS 协议格式

最大数据帧长度为 256

地址码	功能码	数据区	CRC 校验
1byte	1byte	0-252 byte	2byte

**地址码：**1 个字节的从机地址码，=0：广播地址，=1-247：从机地址，=248-255：保留。MADP 采用固定地址 1

**功能码：**MADP 支持 0x03(读多个寄存器), 0x06(写单个寄存器), 0x10(写多个寄存器)的功能码

**数据区：**数据区包含：起始地址、数量、数据, 两字节大端模式，高字节在前，低字节在后, 不同功能码对应发送数据区数据格式和应答数据区数据格式不同

**CRC 校验：**两个字节小端模式，CRC16 低字节在前，高字节在后, 校验的数据范围为：地址码+功能码+数据区

### 6.2 MODBUS 寄存器读写功能码

#### 6.2.1.1 读寄存器功能（0x03 功能码）

主机发送格式如下表, 查询系统状态

地址	功能码	读取寄存器起始地址 H	读取寄存器起始地址 L	读取数据个数 H	读取数据个数 L	CRC16 ModBus
0x01	0x03	0x01	0x00	0x00	0x01	0x85F6

从机应答格式如下表

地址	功能码	读回数据长度	读回数据内容	CRC16 ModBus
0x01	0x03	0x02	0x0001	0x7984

#### 6.2.1.2 写单个寄存器功能（0x06 功能码）

主机发送格式如下表, 停止设备动作

地址	功能码	写寄存器地址 H	写寄存器地址 L	写寄存器数据 H	写寄存器数据 L	CRC16 ModBus
0x01	0x06	0x10	0x00	0x00	0x00	0x8D0A

从机应答格式如下表

地址	功能码	写寄存器地址 H	写寄存器地址 L	写寄存器数据 H	写寄存器数据 L	CRC16 ModBus
0x01	0x06	0x10	0x00	0x00	0x00	0x8D0A

### 6.2.1.3 写多个寄存器功能 (0x10 功能码)

主机发送格式如下表, 下载脚本初始化 1 号 ADP, 当数据字节长度为奇数时, 数据结尾需要补 0x00

地址	功能码	写寄存器 起始 地址 H	写寄存器 起始 地址 L	写寄存器 个数 H	写寄存器 个数 L	字节 长度	数据	CRC16 ModBus
0x01	0x10	0x41	0x00	0x00	0x04	0x08	0x31 0x41 0x7a 0x35 0x30 0x30 0x00 0x00	0x5176

从机应答格式如下表

地址	功能码	已寄存器地 址 H	已写寄存器 地址 L	已写寄存器 个数 H	已写寄存器 个数 L	CRC16 ModBus
0x01	0x10	0x41	0x00	0x00	0x04	0xD5F6

## 6.3 MODBUS 寄存器

### 1) 参数说明:

1. X, Y, Z, 变距速度单位统一为 um/s
2. X, Y, Z, 变距位置单位统一为 um
3. ADP 吸排液速度单位统一为 ul/s
4. ADP 吸排液体积单位统一为 0.01ul
5. 面积单位统一为 0.1mm<sup>2</sup>
6. MAX 系统最大允许的速度/位置/体积

### 2) 控制模式:

Keyto 支持 2 种 MODBUS 寄存器控制模式

**独立控制模式 (推荐使用):** 用于单独控制每个模块每一步的动作, 需用户控制每一个轴的动作并监控每一个轴的每一步动作是否完成, 该模式适用于想要将动作流程集成到用户端的客户

优点: 用户可独立控制设备的每一步动作, 对于用户动作流程控制更加灵活

缺点: 因通过 MODBUS 协议数据交互控制每一步动作, 通讯次数多导致效率降低

**脚本控制模式:** 该模式用于用户通过字符串格式编辑动作流程, 动作流程的字符串格式与 OEM 协议一致, 该模式将动作流程控制集成到子系统中, 并通过字符串格式编辑动作流程, 优点动作流程可

优点: 动作流程集成到子系统减少数据交互提高效率

缺点: 需了解字符串格式, 脚本较长

### 6.3.1 厂家配置寄存器

该寄存器区域用于配置子系统中变距机构、X 轴、Y 轴设备的地址。

功能	主索引	子索引	读写 权限	数据范围	默认值	功能说明
变距机构地址	0x2010	3	RW	0-255	0	通过 MADP 工具设置变距机构地址, 使用 5.5.2.4.4 章节指令

Y 轴地址	0x2010	2	RW	0-255	0	通过 MADP 工具设置 Y 轴地址
X 轴地址	0x2010	1	RW	0-255	0	通过 MADP 工具设置 X 轴地址

### 6.3.2 用户配置寄存器

该寄存器区域用于配置子系统运行过程中的默认参数。适用于所有控制模式

寄存器地址	读 写 权限	功能	描述
0x8000	RW	掉电保存	掉电保存用户寄存器
0x8001	RW	使用通道	独立控制模式中 ADP 控制和 Z 轴控制时对应通道动作。用户可通过修改该寄存器切换使用指定通道同时控制，对应位为 1 启用该通道 Bit0: 通道 1 启用 Bit1: 通道 2 启用 Bit2: 通道 3 启用 Bit3: 通道 4 启用 Bit4: 通道 5 启用 Bit5: 通道 6 启用 Bit6: 通道 7 启用 Bit7: 通道 8 启用
0x8401-0x8402	RW	串口波特率	9600, 38400(默认), 115200, 可掉电保存
0x8403-0x8404	R	软件版本	

### 6.3.3 独立控制模式

#### 6.3.3.1 ADP 控制寄存器

ADP 控制指令，用于控制 ADP 动作

功能	寄存器地址	读写 权限	参数范围	单位	描述
ADP 运动状态	0x0200-0x0207	R			对应 1-8 通道的 ADP 状态 0: 空闲 1: 运行中 其他值: 错误见第 8 章 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
TIP 头状态	0x0208	R	0-0xFF	TIP 头状态	每一个 bit 位分别对应通道 1-8, 当前 TIP 头状态 Bit0: 通道 1 TIP 头状态 Bit1: 通道 2 TIP 头状态 Bit2: 通道 3 TIP 头状态

					Bit3: 通道 4 TIP 头状态 Bit4: 通道 5 TIP 头状态 Bit5: 通道 6 TIP 头状态 Bit6: 通道 7 TIP 头状态 Bit7: 通道 8 TIP 头状态 无对应通道对应位为 0
ADP 压力值	0x0209-0x0210	R	0-0xFFFF		对应 1-8 通道的压力传感器值, 有符号数 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
初始化 ADP	0x1200	W			<b>写该参数 1 启动</b>
ADP 吸液	0x1210	RW	0		<b>写该参数 1 启动, 可连续写寄存器</b>
	0x1211-0x1212	RW	0-100000	0.01u1	参数值吸液体积
	0x1213	RW	1-2000	u1/s	参数值吸液速度, 默认值 200
	0x1214	RW	1-100	u1/s	参数值截流速度, 默认值 0
	0x1215	RW	0-2		TIP 补偿: <b>ADP16 支持</b> 0: 无补偿; 1: 1000u1 TIP 补偿; 2: 50u1 TIP 补偿。
ADP 排液	0x1220	RW	0		<b>写该参数 1 启动, 可连续写寄存器</b>
	0x1221-0x1222	RW	0-100000	0.01u1	参数值排液体积
	0x1223-0x1224	RW	1-10000	0.01u1	参数值回吸体积, 默认值 0
	0x1225	RW	1-2000	u1/s	参数值排液速度, 默认值 200
	0x1226	RW	1-100	u1/s	参数值截流速度, 默认值 0
ADP 排空	0x1230	RW	1-2000	u1/s	该功能将控制 ADP 活塞运动到 0 位置排完液体 参数值排液速度 <b>ADP16 支持</b>
ADP 抗悬滴	0x1240	RW	0-1		<b>写该参数 1 启动抗悬滴, 可连续写寄存器</b> <b>写该参数 0 停止抗悬滴</b>
	0x1241	RW	0-1000	u1/s	抗悬滴速度, 默认值 200
	0x1242	RW	0-1000	P	抗悬滴位置调整最大值, 默认值 50
ADP 吸液跟随	0x1250	RW	1		<b>写该参数 1 启动, 可连续写寄存器</b> <b>ADP16 支持</b>
	0x1251-0x1252	RW	1-100000	0.01u1	吸液量
	0x1253	RW	1-1000	u1/s	吸液速度
	0x1254	RW	1-10000	mm <sup>2</sup>	液面表面积
ADP 排液跟随	0x1260	RW	1		<b>写该参数 1 启动, 可连续写寄存器</b> <b>ADP16 支持</b>



	0x1261-0x1262	RW	1-100000	0.01ul	吸液量
	0x1263	RW	1-1000	ul/s	吸液速度
	0x1264	RW	1-10000	mm <sup>2</sup>	液面表面积
ADP 去 TIP 头	0x1270	RW	0		写该参数 1 启动
ADP 液面探测	0x1280	W	0		写该参数 1 启动，可连续写寄存器
	0x1281	RW	0-50000	ms	0：不检测是否超时； 其他值：超时时长，超时时间未检测到气压变化会报告超时错误 探测到液面后自动停止 Z 轴
	0x1282	RW	0-1		参数值液面模式，ADP16 支持 0：大容积模式 1（默认）：小容积模式
	0x1283-0x1284	RW	0-180000	um/s	液面探测过程中 Z 轴下降速度，默认值 20mm/S
	0x1285-0x1286	RW	0-180000	um	液面探测过程中 Z 轴下降最大距离，超过该距离后还未探测到液面 Z 轴自动停止 0（默认）：Z 轴不动作 >0：Z 轴下降距离
ADP 停止	0x12F0	W	0		写 1

### 6.3.3.2 Z 轴控制寄存器

Z 轴控制指令，用于控制 Z 轴动作

功能	寄存器地址	读写权限	参数范围	单位	描述
Z 轴当前状态	0x0300-0x0307	R	0-255		对应 1-8 通道的 Z 轴状态 0：空闲 1：运行中 其他值：错误见第 8 章 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
Z 轴当前位置	0x0308-0x0317	R	0-18000	um	对应 1-8 通道的 Z 轴当前位置，每个通道暂用两个寄存器 无对应通道对应寄存器值返回 FFFFFFFF
初始化 Z 轴	0x1300	RW	0		写该参数 1 启动 以 50mm/s 速度初始化 Z 轴
Z 轴移动指定位置	0x1310	W			写该参数 1 启动，可连续写寄存器
	0x1311-0x1312	RW	0-180000	um	参数值目标位置
	0x1313-0x1314	RW	1-180000	um/s	参数值移动速度，默认值 50mm/s

Z 轴向上移动	0x1320	W			写该参数 1 启动, 可连续写寄存器
	0x1321-0x1322	RW	0-180000	um	参数值向上移动距离
	0x1323-0x1324	RW	1-180000	um/s	参数值移动速度, 默认值 50mm/s
Z 轴向下移动	0x1330	W			写该参数 1 启动, 可连续写寄存器
	0x1331-0x1332	RW	0-180000	um	参数值向下移动距离
	0x1333-0x1334	RW	1-180000	um/s	参数值移动速度, 默认值 50mm/s
Z 轴取 TIP 头	0x1340	W			写该参数 1 启动, 可连续写寄存器
	0x1341-0x1342	RW	100-100000	um/s	参数值取 TIP 头速度, 写该寄存器后对应的通道同时取 TIP 头, 多联取 TIP 头不建议直接使用该指令取 TIP 头 参数 0: 以默认 20mm/s 取 TIP 头
	0x1343	RW	50-100	%	参数值取 TIP 头功率百分比, 默认值 80
	0x1344	RW	0-1		取 TIP 头模式 0 (默认): 逐个通道取 TIP 头 1: 同时取
Z 轴停止	0x13F0	W	0		写 1

### 6.3.3.3 变距控制寄存器

变距控制指令, 用于控制变距动作

功能	寄存器地址	读写权限	参数范围	单位	描述
变距当前状态	0x0400	R	0-255		0: 空闲 1: 运行中 其他值: 错误见第 8 章 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
变距当前间距	0x0401-0x0402	R	9000-MAX	um	参数值变距当前位置 无对应通道对应寄存器值返回 FFFFFFFF
初始化变距	0x1400	RW	0		写该参数 1 启动 以 50mm/s 速度初始化变距
变距移动指定间距	0x1410				写该参数 1 启动
	0x1411-0x1412	RW	9000-MAX	um	参数值目标间距
	0x1413-0x1414	RW	1000-100000	um/s	参数值移动速度, 默认值 10mm/s
变距停止	0x14F0	RW	0		写 1

### 6.3.3.4 X 轴控制寄存器

X 轴控制指令，用于控制 X 轴动作

**注意：只有包含 X 轴的设备才支持该功能**

功能	寄存器地址	读写权限	参数范围	单位	描述
X 轴当前状态	0x0500	R	0-255		0: 空闲 1: 运行中 其他值: 错误见第 8 章 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
X 轴当前位置	0x0501-0x0502	R	0-MAX	um	参数值 X 轴当前位置 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
初始化 X 轴	0x1500	RW	0		<b>写该参数 1 启动</b> 以 50mm/s 速度初始化 X 轴
X 轴移动指定位置	0x1510	W	0		<b>写该参数 1 启动</b> ，可连续写寄存器
	0x1511-0x1512	RW	0-MAX	um	参数值目标位置
	0x1513-0x1514	RW	1-MAX	um/s	参数值移动速度，默认值 50mm/s
X 轴停止	0x15F0	RW	0		写 1

### 6.3.3.5 Y 轴控制寄存器

Y 轴控制指令，用于控制 Y 轴动作

**注意：只有包含 Y 轴的设备才支持该功能**

功能	寄存器地址	读写权限	参数范围	单位	描述
Y 轴当前状态	0x0600	R	0-255		0: 空闲 1: 运行中 其他值: 错误见第 8 章 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
Y 轴当前位置	0x0601-0x0602	R	0-MAX	um	参数值 Y 轴当前位置 无对应通道对应寄存器值返回 FFFF
初始化 Y 轴	0x1600	RW	0		<b>写该参数 1 启动</b> 以 50mm/s 速度初始化 Y 轴
Y 轴移动指定位置	0x1610	W	0		<b>写该参数 1 启动</b> ，可连续写寄存器
	0x1611-0x1612	RW	0-MAX	um	参数值目标位置
	0x1613-0x1614	RW	1-MAX	um/s	参数值移动速度，默认值 50mm/s
Y 轴停止	0x16F0	RW	0		写 1

### 6.3.4 脚本控制模式

该寄存器区域用于下载和运行脚本,脚本指令详细请见第5章 5.5。

如果控制命令无法满足用户流程需求,用户可通过该寄存器区域自定义运行脚本。并且也可以通过该区域读出当前运行的脚本

#### 6.3.4.1 状态寄存器

寄存器地址	读写权限	参数范围	功能	描述
0x0001	R	0-255	脚本运行状态	返回设备运行状态,状态值见第5章 5.3
0x0002	R	0-255	子节点个数	返回系统子节点的个数
0x0010-0x003F	R	0-255	子节点状态	高字节: 地址 低字节: 状态, 见第8章
0x0040-0x006F	R	0-5000	子节点位置	子节点位置, 与 0x0111-0x0140 寄存器区域的 子节点地址一一对应 ADP 单位 0.1 $\mu$ l X, Y, Z 分距单位 $\mu$ m
0x0070-0x007F	R	0-1800	液面探测高度	单位 $\mu$ m, 分别对应通道 1-8 上 一次液面探测对应 Z 轴高度, 可用于记录容器试剂的高度

#### 6.3.4.2 停止控制寄存器

该寄存器停止设备运行。

寄存器地址	读写权限	参数范围	功能	描述
0x1000	W		停止	停止所有子节点动作

#### 6.3.4.3 写脚本寄存器

寄存器地址	读写权限	功能	描述
0x4000	W	启动脚本	用于启动脚本数据区中的脚本,执行到hex 码 0 结束。 参数值: 启动脚本数据区的起始地址, 0 对应起始地址为 0x4100。 用户可将脚本数据区自定义分区, 分别放置多个脚本, 并且每个脚本以 0 结尾。启动脚本寄存器参数设置为目标脚本的起始地址可实现多个脚本之间切换。
0x4100-0x5100	RW	下载脚本	用于存储当前运行脚本, 需要将脚本转换为 HEX 格式, 脚本存储时必须以 HEX 码 0 结尾, 最大支持 4096 个字节

## 第 7 章 CAN 通讯协议

### 7.1 CAN 协议格式

#### 发送数据格式

帧类型：波特率 500k

帧类型：数据帧

消息标识符类型：扩展帧

ID：采用扩展 ID，见下表

DLC：数据长度 8

数据域：数据长度为固定 8 字节，包含通讯序列号、寄存器地址、数据如下表所示。

#### ID 数据格式

bit23-bit16	bit15-bit8	bit7-bit0
命令	原地址	目标地址

#### 数据区数据格式

byte7	byte6-byte5	byte4	byte3-byte0
通讯序号	对象索引	对象子索引	4 字节数据

表 22 CAN 指令协议格式

**命令：**用来指示该帧数据的操作类型，如下表所示

命令	功能	说明
0x00	应答	读写数据返回
0x01	写	写对象字典 返回值： 0：写成功 1：数据范围超限 2：禁止写 3：设备未初始化禁止操作 4：设备运行中禁止操作 5：设备故障禁止操作
0x02	读	读对象字典，若无对应的对象字典则无返回数据
0x03	过程数据	用作上传实时数据，该数据无需应答，例如状态改变主动上传状态通过该指令发送
0x04	心跳	定时上传的心跳数据，可用作设备是否在线检测，心跳上传的数据为节点状态，状态信息见状态表
0x80	报警	设备错误主动上报指令，错误信息见状态表

**原地址：**发送端地址

**目标地址：**接收端地址

**通讯序号：**用来区分哪一帧数据的收发，建议用户在每一帧数据发送前将通讯序号+1，使其每一帧数据都不相同。

**对象索引：**对象索引为 16 位的索引地址数据，用来定义对象字典表，对象字典表的功能见对象字典表。详细信息见 CAN 对象字典章

**对象子索引：**子索引为 8 位的子索引地址数据，通对象索引一起使用用来定义对象字典表。

**数据：**数据长度为 32 位的数据表示通讯数据，该数据为有符号整数。详细信息见 CAN 对象字典章节

## 7.2 CAN 对象字典

对象字典包括 8 位主索引和 8 位子索引，通过有序的索引号指示不同的操作和参数读写，所有数据包括读写权限。本手册只列出变距和扩展轴 CAN 对象字典，ADP 和 Z 轴对象字典请看 ADP 手册，CAN 协议格式与本手册相同。

### 7.2.1 扩展轴控制指令

功能	主索引	子索引	读 写 权限	数据范围	默认值	功能说明
初 始 化	0x4800	0	W	1-100000 (u m/s)	50000	初始化, 参数值初始化过程中速度
运 动 到 绝 对 位 置	0x4801	0	W	0-200000 (u m)	必填	运动指定位置的位置值, 根据不同的行程, 参数范围不同
	0x4801	1	W	0-200000 (u m)	必填	运动指定位置过程中速度

### 7.2.2 变距控制指令

功能	主索引	子索引	读 写 权限	数据范围	默认值	功能说明
置 零	0x4200	0	W	1-100000 (um/s)	10000	初始化, 参数值初始化过程中速度
控 制 间 距	0x4201	0	W	9000-100000 (um)	必填	控制变距展开间距
	0x4201	1	RW	0-100000 (um/s)	10000	运动过程中最大速度
急 停	0x4208	0	W	0	0	停止运动
当 前 间 距	0x4220	0	R			获取当前间距
额 定 电 流	0x4220	1	RW	0-3000 (mA)	1000	
变 距 类型	0x4221	0	RW	2, 4, 8		对应变距个数 2: 2 联

						4: 4 联 8: 8 联

### 7.2.3 通用指令

通用指令对 ADP, Z 轴, 变距都适用, 通过节点地址区分。如果对应轴通用索引对应的功能与其他索引对应功能相同则两个索引同样可以操作。

功能	主索引	子索引	读 写 权限	数据范围	默认值	功能说明
查 询 状态	0x2000	1	RW			节点状态, 0: 空闲, 1: 忙, 其他值: 根据节点不同为不同的错误代码, 详细见不同节点的规格书
设 备 类型	0x9F00	0	R			设备类型, 每种设备编号唯一
急 停	0x9F00	1	W			停止该轴运动
心 跳 间 隔 时间	0x9F00	2	RW			CAN 主动上传心跳间隔时间 ms 0: 停止心跳 其他值: 单位 ms, 定时上传间隔时间
重 启 节点	0x9F00	3	W			重启
软 件 版 本 号	0x9F00	4	R			软件版本号
主 动 上报	0x9F00	5	RW			0: 关闭主动上报 1: 打开主动上报 运动完成 CAN 主动上报, 通过 CAN 命令 03, 主索引 0x7002 子索引 0 上传数据 0, 表示运动完成。其他值为错误状态, 错误代码与节点错误代码相同
掉 电 保存	0x9F10	0	W		123456	数据区填 123456, 用于掉电保存参数
恢 复 出 厂 设置	0x9F10	1	W		123456	数据区填 123456, 恢复出厂设置

### 3. 状态

功能	主索引	子索引	读 写 权限	数据范围	默认值	功能说明
状态	0x2000	1	RW	0-0xffffffff ff	0	获取当前节点状态

0-9: 工作状态。

10-19: 指令执行错误状态。

20-49: 报警信息，报警后允许吸排液。

>=50: 故障信息，需排除故障并重新初始化

值	功能	描述
0	空闲	设备空闲状态
1	忙	设备处于忙状态，只接收置零的写操作
2	执行成功	指令执行成功
23	电机堵转	该状态只接收置零和清除错误的写操作，其他操作将失效
24	驱动器故障	
25	光耦 1 错误	

## 7.3 地址划分

注意该地址为本次 4 联地址的划分，8 联和 4 联是不同的地址划分，但是对象字典是一样

Z 轴地址：从左往右分别为 41-44

ADP 地址：从左往右分别为 1-4

变距机构地址：作为主控是地址 0



## 第8章 节点状态

该章节描述不同节点状态。通过不同的状态来判断节点是否处于忙、空闲、错误。这里只列出了部分错误代码，详细状态可以看各节点的规格书。

**CAN 通信：**节点状态可通过查询对象字典 0x2000.1 获取或者通过心跳获取，每个节点状态改变时会立即上传当前心跳状态，这样用户可以立即响应节点空闲。

**串口通信：**自动逐条执行流程主控板会自动根据状态判断是否执行完成，在执行下一条流程指令，这个过程可以通过操作指令?查询整个系统的状态来判断下发的流程是否执行完成或者出现错误，也可以通过 c 操作指令读取多个 CAN 对象字典 0x2000.1 的方式同时读取多个节点状态。

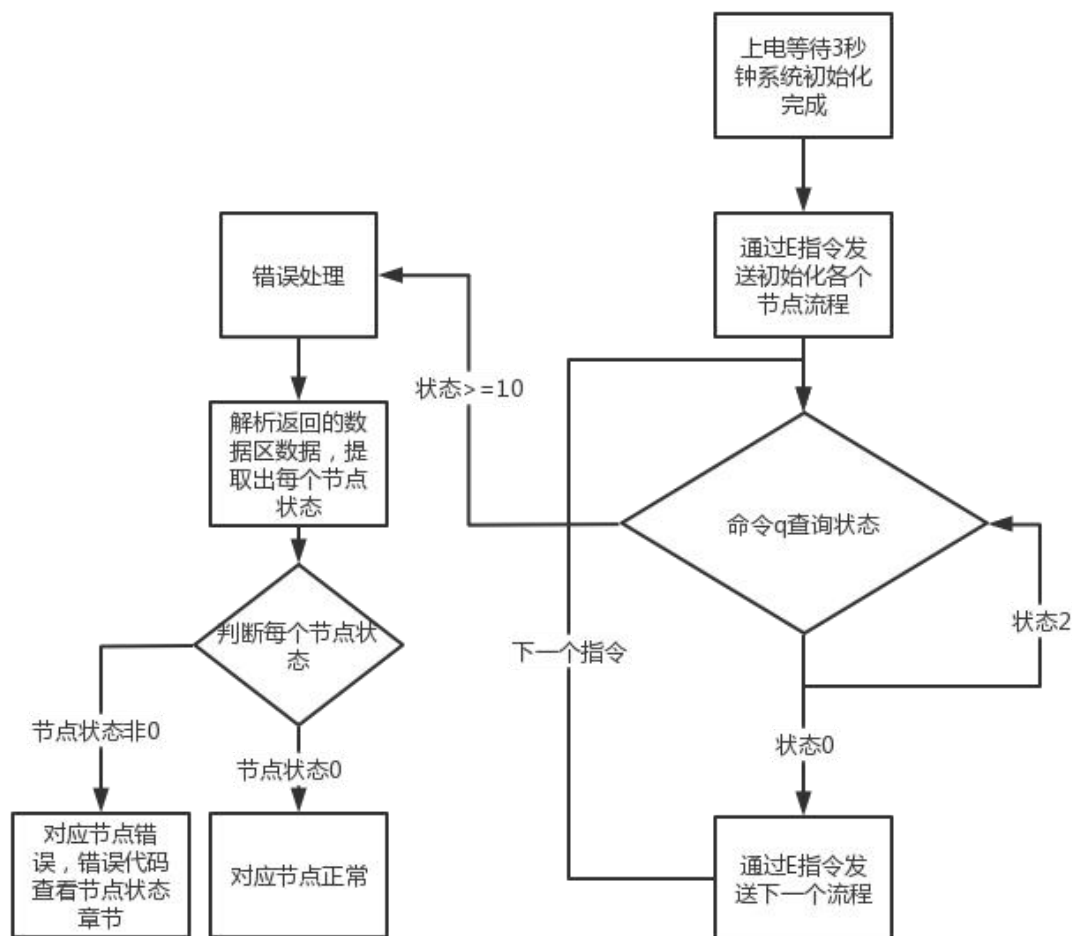
节点状态如下：

类型	状态	说明
所有节点类型	0	空闲
	1	忙
分距	10	参数超限
	17	未初始化
	23	电机堵转
	24	驱动器故障
	25	光耦 1 错误
扩展轴	25	驱动错误
Z 轴	>=10	参数或者其他错误，详细见 Z 轴规格书
ADP	>=10	参数或者其他错误，详细见 ADP 规 S 书

## 第9章 应用

### 9.1 OEM 协议应用

#### 9.1.1 OEM 通讯流程



#### 9.1.2 OEM 数据格式举例

##### 1. 控制 ADP1 到 4 初始化

流程字符串: 1-4Az500, 100, 0

通过命令 E 发送流程字符串

发送 Hex: aa 45 000e 312d34417a3530302c3130302c30 0d73

接收 Hex: 55 45 01 0000 c06c

发送数据说明:

aa: 帧头

45:操作命令 E

000e:数据区数据长度 14,即流程字符串长度

312d34417a3530302c3130302c30:流程字符串 1-4Az500,100,0 的 hex 码

0d73:CRC16 校验

字符串 1Az500,100,0 格式说明:

1: 地址

Az: 初始化 ADP 指令

500: 初始化速度

100: 初始化功率

0: 初始化始终推掉 TIP 头

#### 接收数据说明

55:帧头

45:操作命令 E

01:状态执行成功

0000:数据区数据长度

c06c:CRC16 校验

#### 2. 查询状态 q

发送 Hex: aa 71 0000 e771

接收 Hex: 55 71 00 0004 303A3020 5ec4

#### 发送数据说明:

aa:帧头

71:操作命令 q

0000:数据区数据长度 0,所以数据区无数据

e771:CRC16 校验

#### 接收数据说明

55:帧头

71:操作命令 q

00:状态空闲

0004:数据区数据长度

303A3020:返回的数据 0:0(地址:状态)

5ec4:CRC16 校验

以上为每个字节的分析,通过上面的数据可以看到主要通过 E 指令发送流程,然后通过 q 查询节点状态是否为 0 判断动作是否完成。所有的控制都是通过命令 E 加上数据区的流程字符串发送到控制板卡。根据不同的操作修改流程字符串即可达到灵活控制多个节点。

### 9.1.3 CRC 计算代码 C

以下为 CRC 计算的 C 语言参考代码,如有其他语言的需求请用户参考该代码自行修改

```
uint16_t Crc_Verify(uint8_t *buffer, uint32_t len)
{
```

```
uint16_t wrcr = 0xFFFF;
uint8_t temp;
uint32_t i = 0, j = 0;
for (i = 0; i < len; i++)
{
    temp = *buffer & 0X00FF;
    buffer++;
    wrcr ^= temp;
    for (j = 0; j < 8; j++)
    {
        if (wrcr & 0X0001)
        {
            wrcr >>= 1;
            wrcr ^= 0XA001;
        }
        else
        {
            wrcr >>= 1;
        }
    }
}
return wrcr;
}
```

### 9.1.4 OEM 流程举例

上面我们已经对 OEM 数据格式详细举例说明，下面的流程举例中不在对详细 HEX 数据举例，只对数据区的流程进行说明，流程命令详细含义见第 6 章节，这里对常用的流程举例说明，以下举例以四联 ADP+Z 轴+分距的运用来说明。以下举例只是简单对流程进行使用进行说明，具体使用流程需用户根据自己需求设计

#### 1. 初始化 Z 轴、分距、ADP

通过 E 指令发送流程：41-44Zz30000|0Sz10000|1-4Az500,100,0

说明：先以 30mm/S 速度初始化 4 个 Z 轴，初始化完成后自动开始初始化分距到间距 0，然后自动初始化 ADP

#### 2. Z 轴取 TIP 头

通过 E 指令发送流程：41-44Zg30000,80|41-44Zp0,30000

说明：以 30mm/S 速度取 TIP 头下压功率 80%，取到 TIP 头后上升回到位置 0

#### 3. 液面探测吸液

通过 E 指令发送流程：

41-44\*Zp130000,20000|1-4A10,10000|1-4Ai10000,100,10|41-44Zp10000,50000

说明：控制 Z 轴与 20mm/s 速度下降，最大的下降位置为 130mm，下降过程中开始液面探测，探测到液面后 Z 轴自动停止，ADP 吸液 100ul，吸液完成后开始上升到位置 10mm

#### 4. 多排排液

通过 E 指令发送流程：41-44Zp100000,50000|{1-4Ae2000,200,700,100|0L2000}10

说明：控制 Z 轴运动到位置 100mm 处，然后排液 20ul，排液完成后延时 2s 在排下一次，总共排

液 10 次

## 5. 液面跟随

以下为通过 MADP 控制流程实现试管不变径吸液排液液面跟随, 无需单独使用吸排液液面跟随指令通过 E 指令发送流程:

41-44\*Zp130000, 20000|1-4A10, 10000|41-44\*Zd7643, 1274|1-4Ai60000, 100.0|41-44Zt0|41-44\*Zu7643, 1274|1-4Ae60000, 0, 100.0|41-44Zt0|41-44Zp10000, 50000

说明: 控制 Z 轴与 20mm/s 速度下降, 最大的下降位置为 130mm, 下降过程中开始液面探测, 探测到液面后 Z 轴自动停止, 开始液面跟随吸液 (Z 轴下降同时吸液) 吸液 600u1 速度 100u1/s, 吸液完成停止 Z 轴, 跟随排液 (Z 轴上升同时排液) 排液 600u1 速度 100u1/s, 吸液完成后开始上升 Z 轴到位置 10mm。Z 轴下降/上升的速度以及高度按照下面公式计算得到

示例中试管内径 1cm, 试管截面积为:  $78.5 = 3.14 * 5 * 5$  (mm<sup>2</sup>)

Z 轴下降高度 (um) = (ADP 吸液体积 (u1) \* 1000) / 截面积 (mm<sup>2</sup>)      7643 = 600000 / 78.5

Z 轴下降速度 (um) = (ADP 吸液速度 (u1/s) \* 1000) / 截面积 (mm<sup>2</sup>)      1274 = 600000 / 78.5

Z 轴上升高度 (um) = (ADP 排液体积 (u1) \* 1000) / 截面积 (mm<sup>2</sup>)      7643 = 600000 / 78.5

Z 轴上升速度 (um) = (ADP 排液速度 (u1/s) \* 1000) / 截面积 (mm<sup>2</sup>)      1274 = 600000 / 78.5

## 9.2 MODBUS 协议独立控制模式应用

### 9.2.1 执行一步动作通讯流程

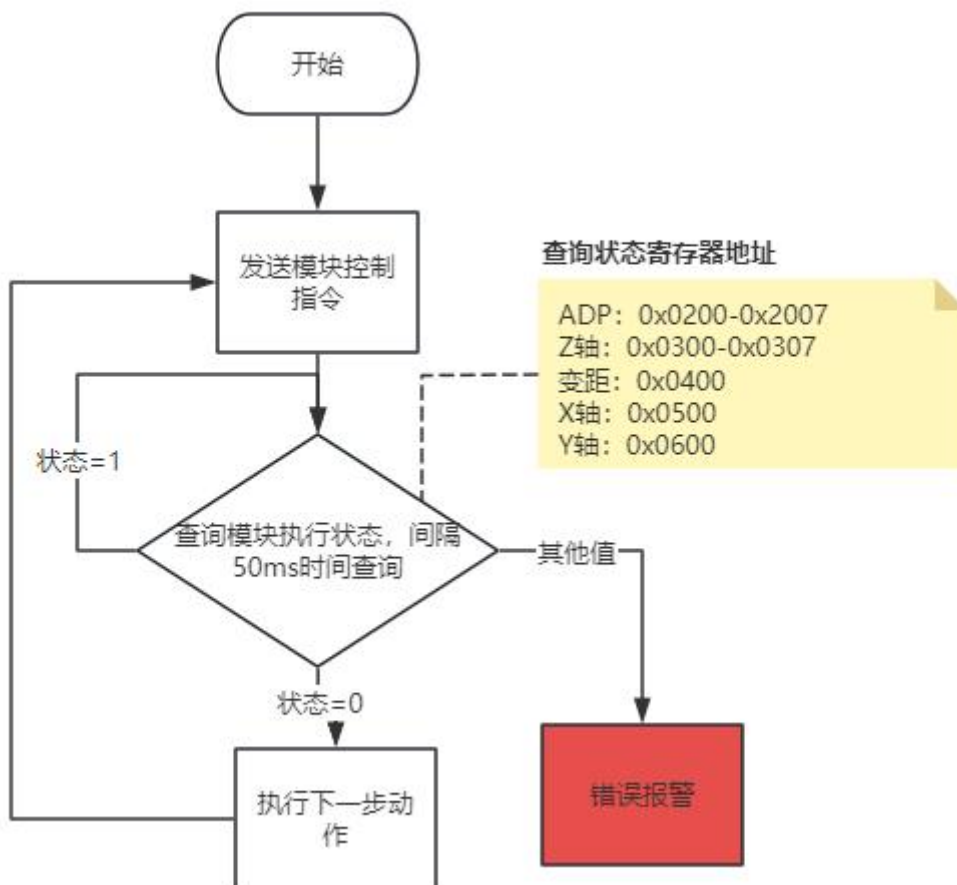


图 26 独立控制模式执行一步动作通讯流程

## 9.2.2 应用流程

以下流程以 8 通道独立控制模式使用为例，对移液中每个模块的执行步骤需按照图 26 通讯

### 9.2.2.1 初始化

1. 初始化 Z 轴：必须先初始化 Z 轴，防止运动过程中碰撞
2. 初始化 ADP
3. 初始化分距
4. 初始化 X 轴
5. 初始化 Y 轴
6. 完成

### 9.2.2.2 取 TIP 头

1. Z 轴运动到指定位置（寄存器 0x1310，写位置），在 TIP 头上方约 1.5cm 比较合适
2. 控制 Z 轴取 TIP 头（寄存器 0x1340，写 1），默认模式为逐个取 TIP 头，
3. 读取 ADP 的 TIP 头状态（寄存器 0x0208），对应通道未取到执行步骤 4，否则执行步骤 8
4. 设置要取 TIP 头的通道（0x8001），例如 3 通道未取到（寄存器 0x8001, 写 0x04）
5. 控制 Z 轴取 TIP 头（寄存器 0x1340，写 1）
6. 设置使用通道（0x8001, 写 0xff）
7. 未超过 3 次执行步骤 3
8. 完成

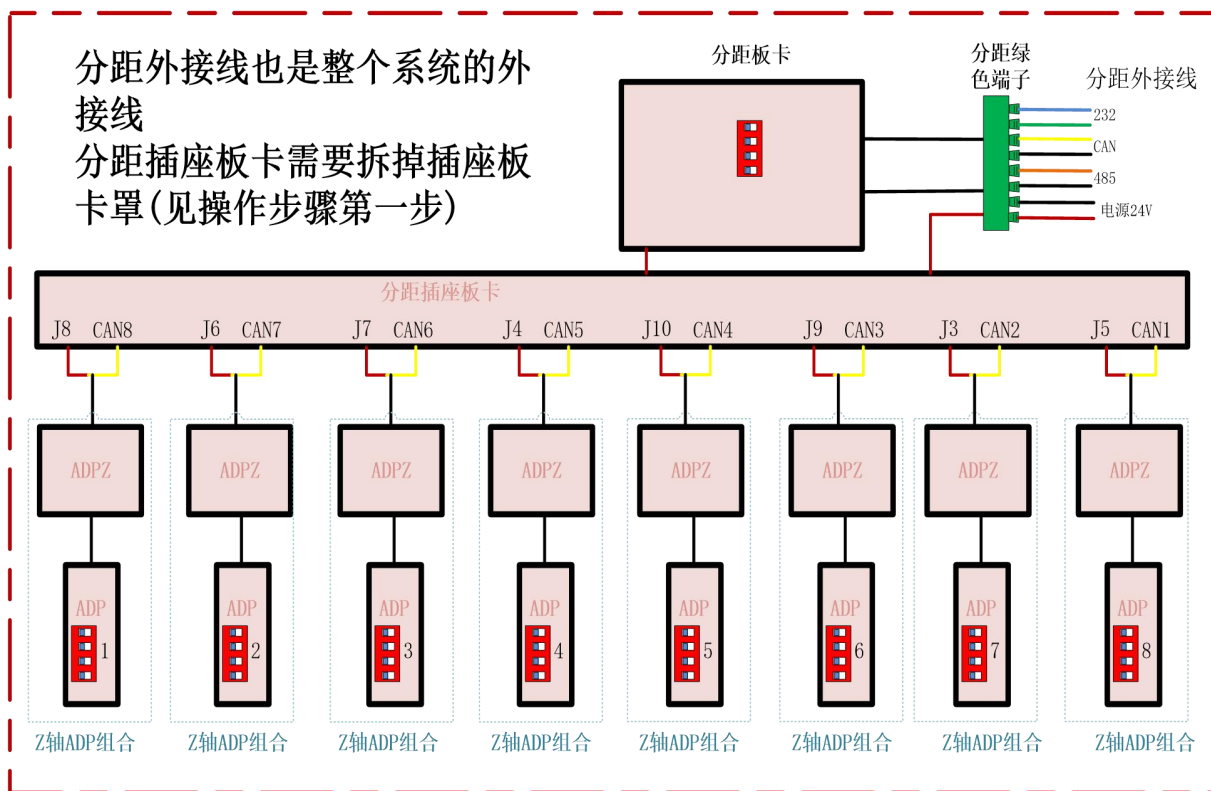
### 9.2.2.3 液面探测

1. Z 轴运动到指定位置（寄存器 0x1310，写位置），在瓶口 1cm 上方比较合适
2. 设置 Z 轴最大下降距离（寄存器 0x1243），根据实际情况最大值应为 TIP 头防止触底的距离，速度建议 2cm/S
3. 开始液面探测（寄存器 0x1240, 10000），超时时间为 10s
4. 完成

## 第 10 章 变距机构+Z 轴+ADP 安装流程

### 10.1 安装步骤

#### 8 联接线总览图

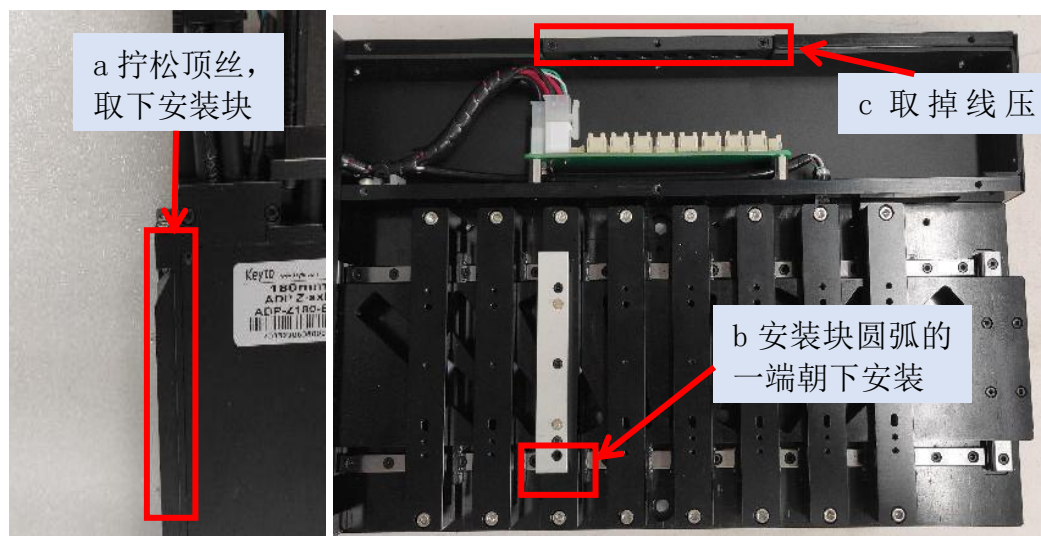


1. 第一步，使用十字螺丝刀将分距的插座板卡罩的 6 颗螺丝取掉。





2. 第二步，使用 M2.5 内六角扳手取下 Z 轴安装块，在使用十字螺丝刀用配套的螺钉安装在分距变距条上；使用螺丝刀取掉线压板。

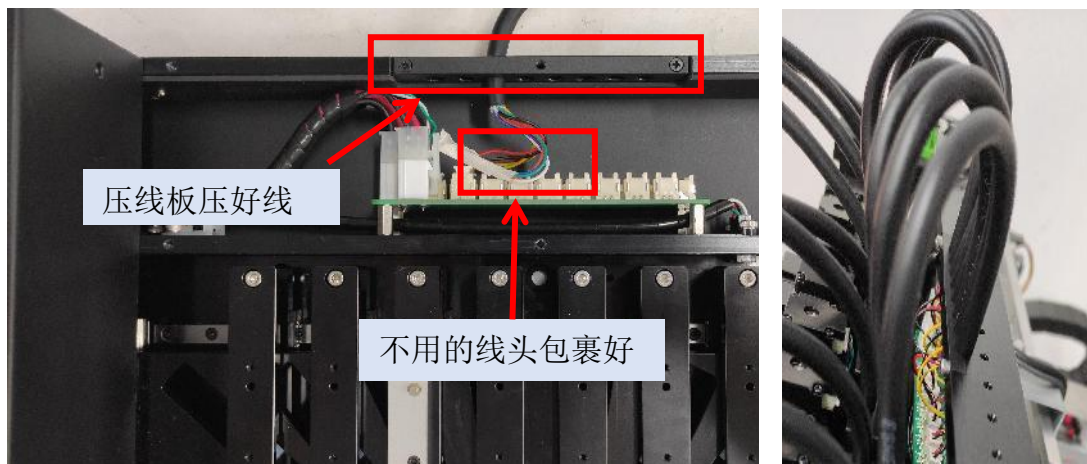


3. 第三步，将 Z 轴的“对外接口线”（3pin 端子和 2pin 端子的线），装在 Z 轴板卡座上，电源（2pin）和 CAN（3pin）各八个端子，可任意安装。





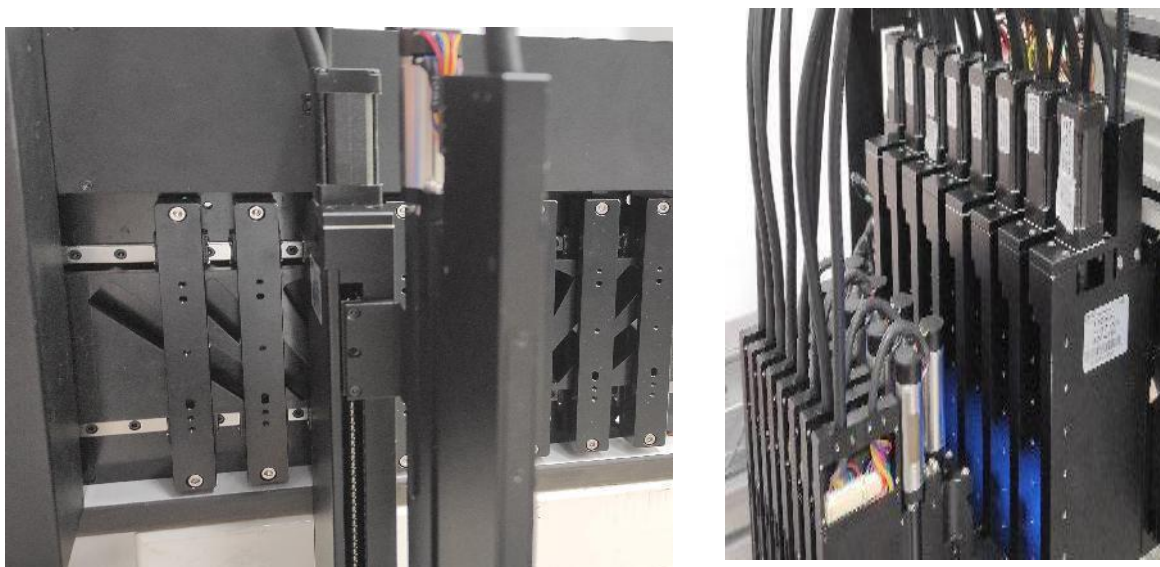
4. 第四步，使用十字螺丝刀取掉分距压线板，将 Z 轴的“对外接口线”压在线槽里，并安装好压线板。



5. 第五步，将分距的插座板卡罩安装好（调试阶段可以不用安装）。



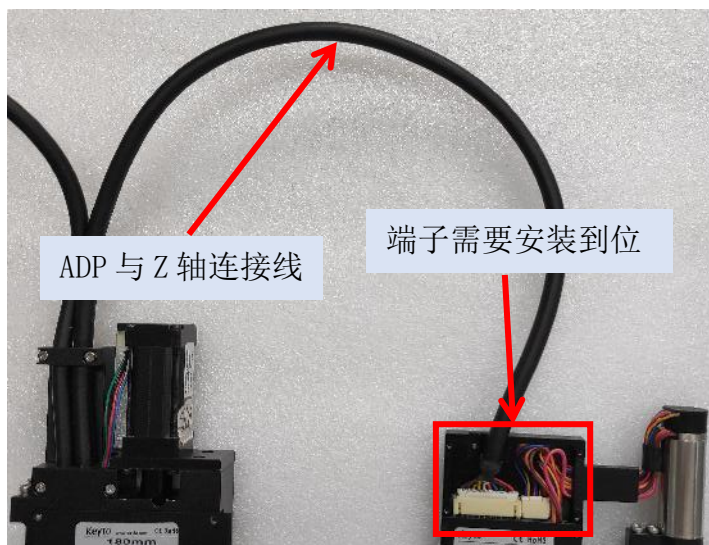
6. 第六步，使用 M2.5 内六角扳手将 Z 轴安装在分距上，ADP 安装在 Z 轴上。



7. 第七步，使用十字螺丝刀取下 ADP 信号线压板和端子盖板 (ADP 配了线的取掉单只使用线)。



8. 第八步，将 Z 轴上的“ADP 与 Z 轴连接线” (10pin 端子) 安装在 ADP 上 (需要安装到位)，使用十字螺丝刀装好线压板和端子盖板 (线压板安装时需要先压住线压板再拧螺钉)



9. 第九步，使用十字螺丝刀取掉 ADP 调试口盖板，对 ADP 进行地址拨码(多联使用地址不能重复)。



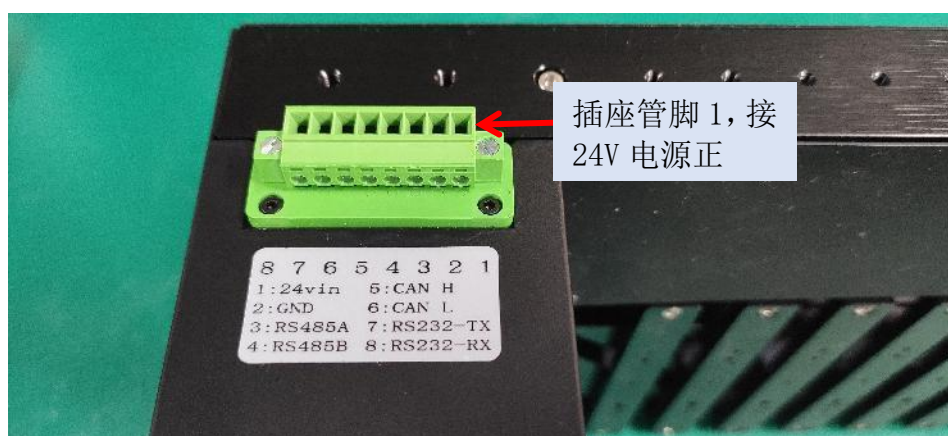
### 3.2 SP16 拨码开关定义

SP16 有 8 位拨码开关，用于配置 ID、短接 120 欧 485 短接电阻、短接 120 欧 CAN 短接电阻，如下图所示向下拨为 ON 状态。



编号	功能	说明
1	120 欧 CAN 端接电阻	ON: 端接 OFF: 断开
2	120 欧 RS485 端接电阻	ON: 端接 OFF: 断开
3	保留	拨码开关地址采用 5 位二进制表示，bit0 为最低位。二进制数值+1 即为 ID (地址值)，ID 范围为：1-32。 拨码开关每位拨到下面 ON 为 1，上面 OFF 为 0。 例如，地址值配置为 6，对应二进制数值就是 5(0b00101)，4-8 位拨码如下：OFF, OFF, ON, OFF, ON。
4	地址 bit4	
5	地址 bit3	
6	地址 bit2	
7	地址 bit1	
8	地址 bit0	

10. 第十步，使用一字螺丝刀根据线序标贴接分距+Z 轴+ADP 的总电源和通讯。



11. 通过 MADP 软件，执行指令控制分距、Z 轴和 ADP。



## 附录 A 图、表目录

图 1	ADP-XD2-91 外形尺寸（合并状态）	6
图 2	ADP-XD2-91 展开状态	6
图 3	ADP-XD2-91 安装尺寸	7
图 4	ADP16-XD2-91 安装尺寸（合并状态）	7
图 5	ADP16-XD2-91 安装尺寸（展开状态）	8
图 6	ADP18-XD2-91 安装尺寸（合并状态）	8
图 7	ADP18-XD2-91 安装尺寸（展开状态）	9
图 8	ADP-XD4-12 外形尺寸（合并状态）	9
图 9	ADP-XD4-12 外形尺寸（展开状态）	10
图 10	ADP-XD4-12 安装尺寸	10
图 11	ADP-XD4-36 外形尺寸（合并状态）	11
图 12	ADP-XD4-36 展开状态	12
图 13	ADP-XD4-36 安装尺寸	12
图 14	ADP16-XD4-12 安装尺寸（合并状态）	13
图 15	ADP16-XD4-12 安装尺寸（展开状态）	13
图 16	ADP16-XD4-36 安装尺寸（合并状态）	14
图 17	ADP16-XD4-36 安装尺寸（展开状态）	14
图 18	ADP18-XD4-36 安装尺寸（合并状态）	15
图 19	ADP18-XD4-36 安装尺寸（展开状态）	15
图 20	ADP-XD8-12 外形尺寸（合并状态）	16
图 21	ADP-XD8-12 展开状态	16
图 22	ADP-XD8-12 安装尺寸	17
图 23	ADP16-XD8-12 外形尺寸（合并状态）	17
图 24	ADP16-XD8-12 外形尺寸（展开状态）	18
图 25	变距条预留安装孔位	18
图 26	独立控制模式执行一步动作通讯流程	53
表 1	OEM 发送指令协议格式	22
表 2	OEM 返回数据协议格式	22
表 3	Az 指令	30
表 4	Ai 指令	30
表 5	Ae 指令	31
表 6	Aq 指令	31
表 7	Al 指令	32
表 8	Ap 指令	32

---

表 9	Au 指令 .....	32
表 10	Ad 指令 .....	33
表 11	Aw 指令 .....	33
表 12	Zz 指令 .....	34
表 13	Zp 指令 .....	34
表 14	Zu 指令 .....	34
表 15	Zd 指令 .....	34
表 16	Zg 指令 .....	35
表 17	Sz 指令 .....	35
表 18	Sp 指令 .....	35
表 19	L 指令 .....	36
表 20	X 指令 .....	36
表 21	D 指令 .....	36
表 22	CAN 指令协议格式 .....	45