

HL400 往复走丝电火花线切割控制机

使用说明书

版 本 A/0

中华人民共和国

华潞科技(山西) 有限公司

目 次

| | |
|-----------------------|-----|
| 前 言..... | III |
| 安全注意事项..... | IV |
| 1. 控制机概述..... | 1 |
| 1.1. 概述..... | 1 |
| 1.2. 控制机规格和参数..... | 1 |
| 1.2.1. 机床规格..... | 1 |
| 1.2.2. 控制功能..... | 1 |
| 1.2.3. 脉冲电源..... | 3 |
| 1.2.4. 工艺性能..... | 4 |
| 1.2.5. 控制机供电..... | 4 |
| 1.2.6. 机床外形尺寸及重量..... | 4 |
| 1.2.7. 控制机工作条件..... | 4 |
| 1.3. 控制机的安装..... | 5 |
| 1.3.1. 控制机的吊运..... | 5 |
| 1.3.2. 拆箱..... | 5 |
| 1.3.3. 控制机与机床的连接..... | 5 |
| 1.3.4. 供液系统..... | 5 |
| 2. 控制机的启动与键盘操作..... | 6 |
| 2.1. 控制机的启动与关闭..... | 6 |
| 2.1.1. 控制机的启动..... | 6 |
| 2.1.2. 控制机的关闭..... | 6 |
| 2.1.3. 紧急制动..... | 7 |
| 2.2. 键盘操作..... | 7 |
| 2.2.1. 可以使用的键..... | 7 |
| 3. 控制机的基本操作..... | 9 |
| 3.1. 控制机的屏幕划分..... | 9 |
| 3.2. 控制机各模块的功能..... | 10 |
| 3.2.1. 准备..... | 11 |
| 3.2.2. 编辑..... | 38 |
| 3.2.3. 加工..... | 50 |
| 3.2.4. 设置..... | 56 |
| 3.2.5. 上方面板..... | 66 |
| 3.2.6. 手控盒..... | 71 |

| | | |
|--------|--------------------|-----|
| 4. | 代码与编程 | 76 |
| 4.1. | 标准 | 76 |
| 4.2. | 语法规则 | 76 |
| 4.2.1. | 宏 | 77 |
| 4.2.2. | 语法简介 | 77 |
| 4.3. | 语义 | 79 |
| 4.4. | G 代码与 M 代码列表 | 82 |
| 4.4.1. | G 代码列表..... | 82 |
| 4.4.2. | M 代码列表..... | 83 |
| 4.4.3. | 其他代码列表..... | 84 |
| 4.4.4. | G 代码说明..... | 84 |
| 4.4.5. | M 代码说明..... | 95 |
| 4.5. | 自动编程 | 101 |
| 4.5.1. | 安装方式 | 101 |
| 4.5.2. | 绘图与路径生成..... | 106 |
| 4.5.3. | 上下异形路径生成..... | 109 |
| 4.5.4. | 生成单段代码..... | 110 |
| 4.5.5. | 生成多段代码..... | 110 |
| 4.5.6. | 配置网络 | 111 |
| 5. | 附录 | 112 |
| 5.1. | 参数库 | 113 |

前 言

首先感谢您选择、使用本公司产品。

本手册中记录有**安全注意事项**、机器操作方法、编程的相关步骤、方法。运转操作机器前，请仔细阅读本手册并充分理解其内容，不要用手册中未记述的步骤和方法操作机器，并请妥善保存本手册以备后用。

由于致力于产品的不断改善，本手册所提供的信息与机床实际配置情况可能会略有差异，恕不另行通知。

安全注意事项

本公司作为电火花线切割加工设备的专业制造者，为避免机床使用方面的危险，在设计和生产过程中已经采取了各种各样的安全对策。但是由于电火花放电加工工艺特性上的关系，可能还存在着不可避免的危险。为此，请用户务必注意。

在使用机床之前，首先需注意以下事项：



[1]. 机器操作人员必须具有相应资格。


机器操作人员事先必须接受有关机器操作的必要训练，充分掌握电气和机械安全运转方面的知识，遵守相关安全规则，并且得到用户企业安全方面的认可。管理人员请进行安全及操作方面的作业指导。

为免受电磁波的影响，身上携带心脏起搏器等医疗器具的人请不要接近机床。

[2]. 详细了解紧急停止按钮的操作方法。

感到将要危及身体或机器异常时，必须立刻按下紧急停止开关以停止机器。请全体操作人员充分了解紧急停止按钮的安装位置和功能，要注意紧急停止按钮上不要放置东西和被遮盖，以便紧急时能立刻按下。

本手册根据错误操作可能引起后果的严重程度，将安全警示级别分为  **危险**、 **警告**、

 **注意** 三类，说明如下：

 **危险**：表示当错误操作时，极有可能产生导致操作者遭受重伤甚至死亡事故的危险

 **警告**：表示当错误操作时，有可能产生导致操作者遭受重伤甚至死亡事故的危险

 **注意**：表示当错误操作时，有可能产生导致操作者轻伤或者使设备、财产遭受损失的危险

[一] 安全事项：

[1]. 关于设备电源和保护接地



■ 本设备使用三相交流电源，电压 $380 \times (0.9 \sim 1.1) \text{ V}$ ，频率 $50 \pm 1 \text{ Hz}$ ，容量 1.4 kVA 。若电压不能满足要求，需安装自动稳压器。

■ 本产品的供电需配备三相空气开关一套，三相动力供电线应采用多股铜芯绝缘线，绝缘层的颜色为黑色，导线截面积 $\geq 1.5 \text{ mm}^2$ 。

■ 用导线截面积 $\geq 2 \text{ mm}^2$ 的铜芯、黄绿双色绝缘导线将控制机的 PE 端子与用户处的保护接地系统可靠连接，接地电阻 $< 10 \Omega$ 。

■ 若线切割加工机对电视和其他通信设备产生干扰，则有必要设置屏蔽室。

[2]. 防止触电



■ 加工和放电定位过程中，绝对不能触摸通电的电极丝、工件、工作台等处，必须盖上线丝机构的罩壳、各个电器单元部件的外壳等安全防护罩。

■ 由于金属制品（如手表、戒指、项链等）容易触电，所以工作时不要佩戴。

■ 加工时防止加工液喷射的挡水覆盖物不得有金属物件，以免短路。

■ 进行机床清理或检修时，请先切断机床电源。

■ 设备内部装有电器元件，不得遇水。不当心使水进到机器内部时请立即停机，切断主电源，并与本公司服务部取得联系，维修更换。

[3]. 防止机械伤害



■ 工作台移动时注意加工槽与立柱之间、工件和工作台与上下喷嘴之间、工件和工作台与下臂之间的运动，避免身体部位被挤压。

■ Z 轴升降时注意避免手指等被上喷嘴和工件或下喷嘴挤压。

■ 在使用本产品完成“上丝”操作后，务必盖上贮丝筒防护罩，禁止触及正在旋转的贮丝筒。

■ 在本产品的贮丝筒防护罩打开状态下（如进行上丝等操作），禁止他人操作控制机，避免误操作给人体带来伤害。

■ 本产品在上丝结束或加工暂停以及加工结束时，在贮丝筒没有完全停止转动前，禁止人体任何部位触及贮丝筒以免发生危险。

■ 请不要在手指上卷绕电极丝的状态下开启运丝键，不要随意触摸走丝中的电极丝。

■ 本产品线架立柱内配备张力模组机构，在运行过程中，禁止人体任何部位进入张力模组机构区域，防止发生危险。

■ 在加工开始前，应充分考虑被加工零件在加工结束时的状态，禁止人体任何部位进入被加工零件下坠区域，防止发生危险。

■ 进行维修时，必须注意加工液箱的泵、控制装置内的风扇等旋转危险部件。

■ 在机床和装置上不要放置无关的物品，以免掉落、卷入机器造成危险。

■ 要注意衣物（底襟、袖口）避免被夹入、卷入。

■ 剪切电极丝时要注意，以免发生进入眼睛、刺伤手指等意外。

[4]. 关于液体漏液、飞溅的防护



■ 启动加工液喷流时，必须采取挡水措施，以防液体飞溅造成人体伤害或财物损失。

■ 经常检查管路的连接部位，防止漏液或松脱。

[二] 注意事项

[1]. 关于安装地点及环境



■ 有冲压机、刨床等的地方，由于存在振动和冲击，将影响加工精度和稳定性，不宜安装。

■ 在热处理厂和电镀车间等附近，由于存在腐蚀可能，请尽量回避。

■ 粉尘多的地方对机床及控制机不利，不宜安装。

■ 注意安装地点不会被水入侵并保持车间地面干燥，机床正上方空间没有水管或空调冷却管等易滴水的管道，以免腐蚀设备或破坏绝缘，产生漏电危险。

■ 雷电多的地区请在配电箱内安装避雷装置。

■ 温度的改变对加工精度有很大的影响，请在 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的范围内使用。

■ 请根据配置图检验安放场所的空间是否足够。同时要确保各器械之间的间隔容易进行维修。

■ 若机床工作时发生干扰收音机信号和电视图像等情况，需要安装屏蔽室。具体要求请咨询本公司。

[2]. 按钮、开关及线控盒的使用 注意

■ 对操作面板和手控盒上的键进行操作时，不要用笔、起子和金属棒等物品来按压，请用手指准确按压。

■ 请不要使劲拽拉或弯曲手控盒的电缆。

■ 不使用手控盒，请放置于规定的位置上，以免不当心被碰落，造成误操作和破损。

■ 请用双手使用操作手控盒。

[3]. 关于计算机病毒的防护 注意

■ 若控制机电脑受病毒感染，有可能影响机床的正常工作，造成不可预期的后果。因此须格外注意与控制机相连的 U 盘、网络等设备的病毒防范工作。关于计算机病毒的预防及处理方法，请咨询专业人员。

[4]. 关于不间断电源（UPS）的使用 注意

■ UPS 的运行参数在出厂时已经设置好，非专业人员请勿随意更改设置。

■ 配置 UPS 的机床的开机、关机方法见说明书相关内容。

■ UPS 在供电中断时，会保持控制柜开机按钮点亮状态，直到 UPS 自动关闭。

■ 特别需注意，在计算机关闭后至 UPS 自动关闭的数分钟时间里，虽然显示器已经无显示，但 UPS 仍然在维持供电，在检修时须先等待 UPS 关闭。

■ 当 UPS 内部蓄电池寿命到期时需更换与原电池相同型号规格的蓄电池。

[5]. 关于故障、异常时的处理 注意

[5. 1]. 禁止在故障和异常状态下使用

■ 感觉到故障和异常时请迅速停止运行，并切断电源。

■ 在故障和异常状态下继续使用是非常危险的，很有可能会给机床和周围带来致命的伤害，所以禁止使用。

- 异常时机床等会过热，很容易造成烫伤，所以请千万要注意。

[5. 2]. 异常情况下应该采取的措施

- 请将故障和异常的情况尽可能详细地告诉本公司服务部门，以便接受其指导。

[6]. 关于维护检修事项



[6. 1]. 对维护人员的限制

■ 为了避免由于对本机床理解不足和误操作造成危险，维护检修人员必须为了解维护检修方法的专职人员，其他人员请不要接触该机床。

- 妥善保管本设备控制机钥匙，禁止无关人员擅自打开控制机门。

[6. 2]. 维护检修方法

- 为了维持机床的安全和功能特性，请按照使用说明书进行维护检修。

- 原则上，请在切断电源后进行维护检修。

■ 需要在通电状态下进行维护时，应确认没有施加加工电压、不在自动运行等状态，确保没有危险后才能进行。

- 请注意设立[检修中]等告示牌，以免在维护检修过程中第三者误操作机床。

- 当有几人同时进行工作时，在启动机器时要相互提醒、呼应。

[6. 3]. 维护检修范围

■ 控制机和机床内部有高压元器件、精密零件和机构，容易触电、造成故障和破坏性能，因此维护检修只能在使用说明书中指定的范围内进行，绝对不许擅自进行拆卸和分解。

[7]. 关于消耗品及废弃物的处理



■ 消耗品等更换零部件，请使用本公司的正牌零部件。使用非正牌零部件将是造成故障和损坏的根源。

- 使用非正牌零部件或消耗品引起的机床性能下降甚至故障和损坏等，本公司概不负责。

- 线切割加工机的工作液等废弃物请按照环保要求处理。

- 使用过的电极丝含有有色金属，可以回收再利用。

[8]. 禁止改造



■ 用户对本设备擅自进行改造是非常危险的，所以是绝对禁止的。若要改造时，请到购买的代理店或本公司进行咨询。

■ 由于用户擅自进行改造而引起的损坏、故障等，不属于保修范围，本公司不负任何责任。

■ 除损耗件和必须更换的零件外，请不要从本机器上拆除零件，以免造成危险、故障和损坏。

■ 请不要无故卸下安全罩和安全装置。

■ 请不要揭下警告铭牌和注意标志。请经常保持清洁，以免脏污不清。

1. 控制机概述

1.1. 概述

电火花线切割机床采用电极丝（钼丝、钨钼丝等）作为工具电极，在脉冲电源作用下，工具电极和加工工件之间形成火花放电，火花通道瞬间产生大量的热，使得工件表面熔化甚至气化。线切割机床通过 X-Y 拖板和 U-V 拖板的运动，使电极丝沿着预定的轨迹运动，从而达到加工工件的目的。

HL400 往复走丝电火花线切割控制机是本公司开发的线切割控制机，其脉冲电源采用了大量专利技术。控制机外形美观大方，设计时以操作者为中心，因而给操作和维修带来极大的方便。图 1-1 是 HL400 控制机的外形图。

本产品属于 GB4824 中的 2 组 A 类设备（非家用和不直接连接到住宅低压供电网络的所有设施中使用的工、科、医设备）。

1.2. 控制机规格和参数

1.2.1. 机床规格

- | | |
|-----------|-------------|
| a. 工作台行程: | 400mm*300mm |
| b. 工作台电机: | 三菱交流伺服电机 |
| c. 线架行程: | 80mm*80mm |
| d. 线架电机: | 雷赛步进伺服电机 |
| e. Z 轴行程: | 200mm |
| f. Z 轴电机: | 雷赛步进伺服电机 |

1.2.2. 控制功能

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1.2.2.1. 控制轴数: | X、Y、U、V、Z 五轴四联动控制 |
| 1.2.2.2. 最小设定单位: | 0.001mm 或 0.0001in |
| 1.2.2.3. 最小移动单位: | 0.001mm |
| 1.2.2.4. 输入方式: | 键盘、网络、U 盘 |
| 1.2.2.5. 代码方式: | ISO 代码 |
| 1.2.2.6. 指令方式: | 增量值、绝对值 |
| 1.2.2.7. 指令单位: | 公制、英制 |
| 1.2.2.8. 最大指令值: | ±99999.999mm |
| 1.2.2.9. 反向间隙补偿: | X、Y、U、V 四轴、-5~5 μm |
| 1.2.2.10. 线径补偿: | 0~9.999mm |

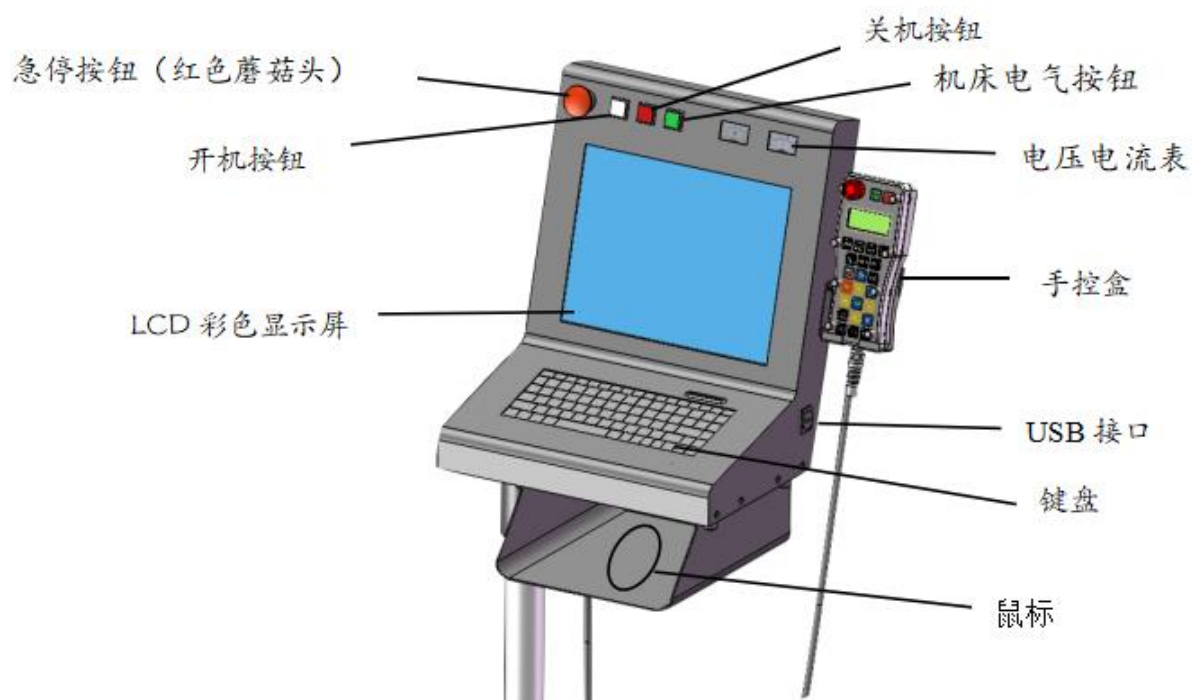


图 1.1 HL400 控制箱外形图

- | | | |
|-----------|---------------|---|
| 1.2.2.11. | 加工方式: | 文件方式 ISO 文件 比例系数 0.1~10.0 旋转角度任意 对称 X、Y、XY (中心对称) |
| 1.2.2.12. | 移动方式: | 可变速定量移动 |
| 1.2.2.13. | 自动对边、自动找正对孔中心 | |
| 1.2.2.14. | 自动回垂直 | |
| 1.2.2.15. | 切割方向: | 正向、反向 |
| 1.2.2.16. | 图形显示: | 工件上平面、下平面 图形比例系数任意选择 |
| 1.2.2.17. | 加工状态显示: | 切割图形实时跟踪 多种坐标显示 加工电源参数、电压、电流(目前暂不支持)显示 加工长度、加工时间、加工速度显示 |
| 1.2.2.18. | 工艺参数设置方式: | 程序设置、屏幕人工设置 |
| 1.2.2.19. | 机床电气控制方式: | 全自动顺序控制 |
| 1.2.2.20. | 短路处理: | 自动回退 |
| 1.2.2.21. | 断丝处理: | 返回切割起始点、参考点或断丝点, 穿丝后继续加工 |
| 1.2.2.22. | 加工停电处理: | 全状态记忆、可恢复加工 |
| 1.2.2.23. | G 功能: | G00、G01、G02、G03 G04 G05、G06、G08、G09 G11、G12 G16 G20、G21 G26、G27 G29 G30、G31 G36、G37 G40、G41、G42 G50、G51、G52 G54~G61 G83 G90、G91 G92、G98 G140、G141 |
| 1.2.2.24. | M 功能: | M00、M02 M17、M18 M98、M99 |
| | | |
| 1.2.3. | 脉冲电源 | |
| a. | 空载电压: | DC 72, 96, 120V 三档 |

- b. 脉冲宽度: 0.5~64us , 间隔 0.1us
- c. 脉冲间隙比: 3~20 十八档
- d. 峰值电流限制: 1~4 四档
- e. 反电解模式: 0~1 两档
- a. 电机转速: 1~255 无级变速
- b. 换向方式: 硬件自动换向
- c. 制动方式: 伺服制动
- d. 断丝处理: 自动报警, 自动停止加工

1.2.4. 工艺性能

- a. 最高切割速度 $\geq 300\text{mm}^2/\text{min}$.(厚度为 40mm~60mm)
- b. 一次切割: 材料去除率 $\geq 30\text{mm}^2/\text{min}$.时, 表面粗糙度 $Ra \leq 1.8 \mu\text{m}$
- c. 三次切割: 平均材料去除率 $\geq 40\text{mm}^2/\text{min}$.时, 最佳表面粗糙度 $Ra: 0.8 \mu\text{m}$ (厚度为 40mm)

1.2.5. 控制机供电

- a. 电源输入: $3 \sim 380 \times (0.9 \sim 1.1)\text{V} \quad 50 \pm 1\text{Hz}$
- b. 整机功率: $< 1.4\text{kVA}$ (包括机械本体上的电力消耗)

1.2.6. 机床外形尺寸及重量

- a. 机床外形尺寸: $1700\text{mm} \times 1800\text{mm} \times 1900\text{mm}$
- b. 机床重量: 2200kg

1.2.7. 控制机工作条件

- a. 环境温度: $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$
- b. 相对湿度: 40%~80%

1.3. 控制机的安装

1.3.1. 控制机的吊运

控制机的吊运应遵守下列各项：

- a. 在斜坡运输时，斜坡角度不得大于 15° ；
- b. 用滚棒运输时，滚棒的直径不得大于 80mm；
- c. 运输时应防止冲击与强烈振动。

拆箱时，请先核对装箱单中所列各备品、备件是否与实物相符，检查合格证等是否齐全。从包装箱中取出随机技术文件，了解控制机的性能与要求后，方可进行安装。

1.3.2. 拆箱

控制机与床身被封装在同一个包装箱中。拆箱时应先将顶盖拆去，再拆四周侧板，卸掉固定减震垫的固定螺栓，将控制机吊起，卸去减震垫，再将控制机放在适当的位置，以便于操作和维护。

1.3.3. 控制机与机床的连接

请按以下步骤连接控制机与机床：

- a. 用不小于 2.0mm^2 的黄绿线将控制机的保护接地（即整机保护接地）与供电系统保护地地线可靠相连。
- b. 从机床一侧取出三根连机线，分别与控制柜相连并锁紧。
- c. 对供电不是 380V50Hz 的用户，系统提供了电源进线变压器，请注意检查进线变压器的接线与电网电压是否一致，如有差错，请正确连接。
- d. 检查三相供电电源是否正常，正常时将机床的总电源线接入电网。

1.3.4. 供液系统

在工作液箱中装入足够量的工作液，液面不得低于最低水位刻线。具体工作液的配制，请参照工作液的说明书配制，也可根据加工需要进行浓度调整。启动水泵，调节上下喷水阀门，供液流量应有较大变化。否则请切断电源后交换水泵电机电源线的任意两相，使水泵的转向正确。

2. 控制机的启动与键盘操作

本章将说明控制机的启动和关闭方法，然后介绍键盘的基本操作。

2.1. 控制机的启动与关闭



注意

控制机配置了 UPS，请注意前言中《安全注意事项》--注意事项--关于不间断电源（UPS）的使用的相关内容。为了保护数控系统免收频繁冲击，若关闭电源后重新启动电源，请等待 1 分钟以上。

2.1.1. 控制机的启动

开机：按照安装要求正确连接后，将控制机的总电源开关的 START（或 ON）按钮按下，再按一下控制台的白色开机按钮使其压下。控制机进行启动和自动检测，然后控制机进入 HL400 控制软件。按下绿色机床电气按钮后，等待 5 秒钟即可控制床身上各部件的运动。此时，系统进入正常工作状态。

注意：

- a. 动力电源合上前，请确认急停按钮未被按下；
- b. 不需要开动机床或工作液处理系统时，动力电源没有必要合上，以节约能源和降低消耗。
- c. 进入移动中的回零点功能，可以实现轴的初始化。



注意

如果进入控制软件之前提示坐标异常或者执行异常关机程序后，则进入控制软件后必须对各轴回零点。并且需要对控制机进行检修。

2.1.2. 控制机的关闭

关机：用户需要关闭控制机时，首先按一下关机红色按钮，然后将总电源开关的 STOP（或 OFF）旋钮置于 OFF 状态。

关闭整个控制机请遵照如下步骤：

- a. 确认不在加工状态；
- b. 确认机床动作(如工作台运动、运丝、水泵等)都处于停止状态；
- c. 按下急停按钮，关闭动力电源；
- d. 将红色关机按钮将总电源开关的 STOP（或 OFF）置于 OFF 状态，软件自动执行关机步骤，直至自动关闭系统；

- e. 在关闭电源后，数控系统会执行数据保存任务，直到 UPS 自动关闭。



由于系统安装有 UPS，整个关机过程约需一分钟，在此期间不要再次启动机器。

如果意外通电导致系统无法启动，请按下红色关机按钮，两分钟后机器会关闭。

2.1.3. 紧急制动

“紧急制动”：在系统工作过程中，感到将要危及身体或机器异常时，必须立刻按下紧急停止开关以停止机器。按下急停按钮（红色蘑菇头）后，系统将切断床身运动部件的电源，使其运动迅速停止。此时如果有移动指令，系统将提示无电源。

“消除紧急制动”：旋转急停按钮（红色蘑菇头）使其弹出，然后按下机床电气按钮（POWER），可以恢复对床身上各运动部件的控制。为了保障安全，在紧急制动消除后，系统不会自动恢复到运动状态。

2.2. 键盘操作

2.2.1. 可以使用的键

- a. 字符及数字键

英文字母： …… ；

数字： …… ；

其它： 等。

CTRL+特定字母键（同时按下 CTRL 键和特定的字母键）用于实现编辑时的字符串操作

- b.功能键

- c.光标健


光标的移动，可以使用下列键来实现。

光标上移


按一下 ↑ 键，光标向上移动一行

光标下移

按一下↓键，光标向下移动一行

 光标右移

按一下→键，光标向右移动一栏


 光标左移


按一下←键，光标向左移动一栏


 按一下 PGUP 键，将显示前一页的内容


 按一下 PGDN 键，将显示后一页的内容

d.其它键

 执行系统命令时的确认键

 退出系统命令

 把光标所在处的字符删掉

 把光标左边的一字符删掉。

3. 控制机的基本操作

控制机的绝大部分操作都可通过键盘与鼠标进行，而所有的操作都可以在屏幕提示下进行，因此控制机的操作相对比较简单。

本章首先介绍控制机的菜单结构，然后针对每一个菜单进行详细描述，掌握了本章内容后就可以上机进行一些基本操作了。



为了保证加工的稳定可靠，在加工时不得运行其他无关的应用程序。

3.1. 控制机的屏幕划分

主控制机的工作过程中，各种信息在屏幕上都有自己特定的位置，整个屏幕的显示如图 3.1 所示

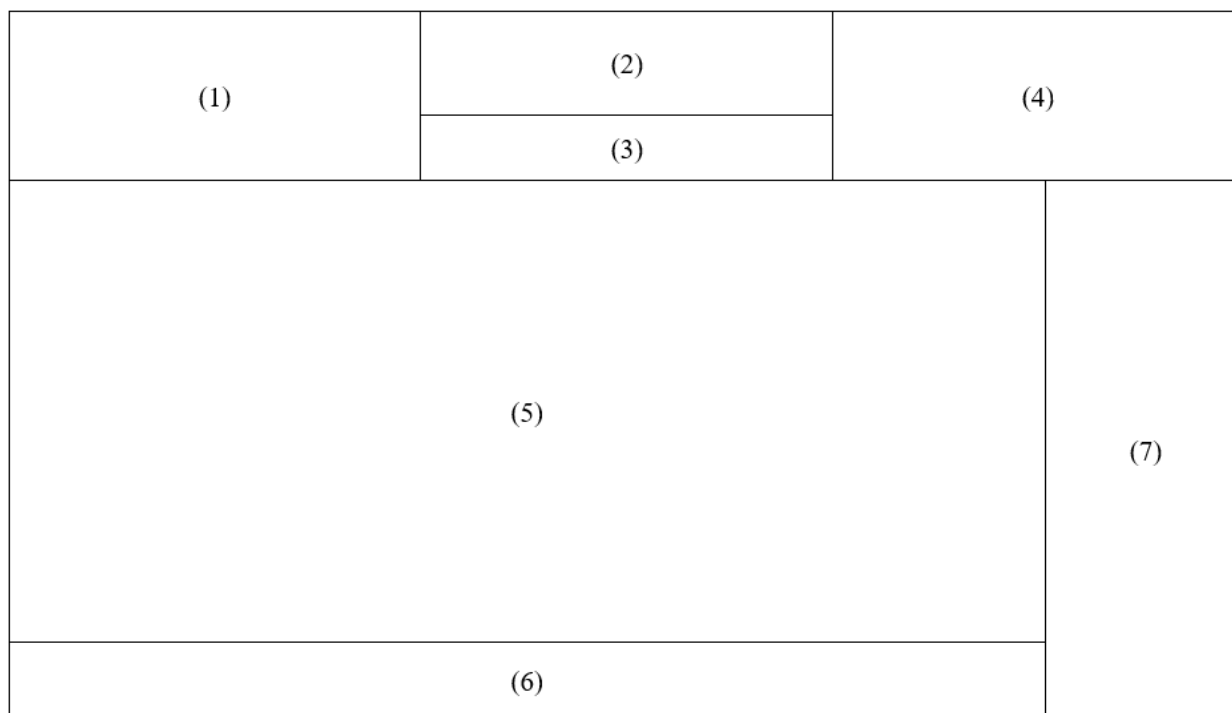


图 3.1 控制机主屏幕划分

- (1) 显示坐标信息；
- (2) 显示加工状态；
- (3) 显示各类信息；
- (4) 显示工具和时间；
- (5) 主操作界面；

- (6) 显示可选的副菜单；
- (7) 显示主菜单；

3.2. 控制机各模块的功能

“控制机”的菜单分为主菜单和可选的子菜单。控制机菜单按照加工步骤，分别为“准备”、“编辑”、“加工”、“设置”以及它们各自的子菜单组成。当刚开机时系统进入的系统主画面如图 3.2 所示。



图 3.2 控制机主界面

“系统主”界面提供了“机械坐标”和“工作坐标”的显示，同时还包括“工作状态”、“系统时间”等信息。系统启动后，主菜单默认选中准备界面。

下面分别讲述各菜单的功能。

3.2.1. 准备



图 3.3 准备菜单

“准备”界面主要用于加工前的准备工作，用户可以在此部分执行机台的各类“移动”、“丝的定位”及“姿态调整”、“测试电参数”和“坐标设置”等工作。准备界面又被划分为若干“子模块”，“子模块”由准备界面下方的子菜单进行导航画面如图 3.3 所示。

子模块包含以下条目：“虚拟面板”、“移动”、“对边”、“校垂直”、“测试电参数”、“坐标”、“锥度参数调整”。

下面将逐一介绍各子模块中的功能。

3.2.1.1. 虚拟面板



图 3.4 虚拟面板

“虚拟面板”主要用于执行机床点动，开关辅助机构，以及其他加工准备功能。允许用户在控制软件中模拟对手控盒的操作画面如图 3.4 所示。

“虚拟面板”中的按钮分为三类，“点动按钮”、“开关按钮”和“命令按钮”。定义如下：

3.2.1.1.1. 按钮定义

“点动按钮”：当按键按下时有效，当按键松开时无效，始终为白色。

“开关按钮”：当按键按下时按钮将会产生状态切换，当按钮有效时，按钮本体将高亮为蓝色（如图 3.3 左侧移动区域四行二列的 x1 按钮以及右侧其他区域的二行一列的停止按钮），当按钮无效时，按钮本体将呈现白色。不同的开关按钮的状态与机床本身状态相关，不同按钮间也可能会有联动。

“命令按钮”：当按键按下时执行命令，始终为白色。

“虚拟面板”又被分为了两个区域：“移动”和“其他”。

“移动”区域主要用于执行机床的点动操作，具有四行三列总计 12 个按钮，列举如下：“感知”、“↑”、“↑Z”、“←”、“XY/UV”、“→”、“单步”、“↓”、“↓Z”、“x0.1”、“x1”、“x10”画面如图 3.4 所示。

“其他”区域主要用于开关辅助机构和其他加工准备功能，具有三行四列 12 个按钮，列举如下：“喷流”、“切丝”、“穿丝”、“放电”、“停止”、“慢速”、“中速”、“高速”、“对边”、“对中”、“清除”、“运丝”画面如图 3.4 所示。

3.2.1.1.2. 按钮功能

“感知”：开关按钮，用于设置限位是否使能。有效时所有软限位及硬件限位将被忽略，无效时硬件限位和软限位（如果使能）将有效。



警告

设备正常运行时，应当关闭此功能，错误地使用此功能将可能会造成设备损坏甚至人员伤亡。

“↑”：点动按钮，用于正向移动 Y 轴或 V 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则正向移动 Y 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则正向移动 V 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮无效时为 Y 正限位，“XY/UV”按钮有效时为 V 轴正限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行 Y 正向对边。



图 3.5 按钮不可用时的样式

“↑Z”：点动按钮，用于正向移动 Z 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了 Z 轴正向的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。

“←”：点动按钮，用于负向移动 X 轴或 U 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则负向移动 X 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则负向移动 U 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮有效时为 X 负限位，“XY/UV”按钮无效时为 U 轴负限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行 X 负向对边。

“XY/UV”：开关按钮，用于调整“↑”、“←”、“→”、“↓”各按钮的功能。如果无效（默认），则“↑”为Y轴正向移动，“←”为X轴负向移动，“→”为X轴正向移动，“↓”为Y轴负向移动。如果有效，则“↑”为V轴正向移动，“←”为U轴负向移动，“→”为U轴正向移动，“↓”为V轴负向移动。

“→”：点动按钮，用于正向移动X轴或U轴。如果“XY/UV”按钮无效，则正向移动X轴，如果“XY/UV”按钮有效，则正向移动U轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮无效时为X正限位，“XY/UV”按钮有效时为U轴正限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行X正向对边。

“单步”：开关按钮，使移动变为点动。当此按钮有效时，按下“↑”、“←”、“→”、“↓”、“↑Z”、“↓Z”按钮将仅移动1个单位（1um）。此按钮无效时，按下“↑”、“←”、“→”、“↓”、“↑Z”、“↓Z”按钮将执行点动操作。按下此按钮将会使此按钮有效，“x0.1”、“x1”、“x10”按钮无效。

“↓”：点动按钮，用于负向移动Y轴或V轴。如果“XY/UV”按钮无效，则负向移动Y轴，如果“XY/UV”按钮有效，则负向移动V轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮有效时为Y负限位，“XY/UV”按钮无效时为V轴负限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行Y负向对边。

“↓Z”：点动按钮，用于负向移动Z轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了Z轴负向的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。

“x0.1”：开关按钮，将点动“移动速度”配置为“低速”。此按钮有效时，点动的移动速度为“低速”。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x1”、“x10”按钮无效。

“X1”：开关按钮，将点动“移动速度”配置为“中速”。此按钮有效时，点动的移动速度为“中速”。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x0.1”、“x10”按钮无效。

“x10”：开关按钮，将点动“移动速度”配置为“高速”。此按钮有效时，点动的移动速度为“高速”。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x0.1”、“x1”按钮无效。

“喷流”：开关按钮，切换喷流状态。此按钮有效时，“喷流”开启；此按钮无效时，喷流关闭。

“切丝”：命令按钮，执行切丝命令。按下此按钮执行自动穿丝中的切丝步骤。

“穿丝”：命令按钮，执行穿丝命令。按下此按钮执行自动穿丝中的穿丝步骤。

“放电”：开关按钮，切换高频状态。此按钮有效时，高频开启；此按钮无效时，高频关闭。

“停止”：开关按钮，停止运丝。此按钮有效时，丝筒运丝停止；此按钮无效时，丝筒运丝正在执行。按下此按钮将会使此按钮有效，“慢速”、“中速”、“高速”按钮无效。

“低速”：开关按钮，低速运丝。此按钮有效时，丝筒低速运丝。按下此按钮将会使此按钮有效，“停止”、“中速”、“高速”按钮无效。

“中速”：开关按钮，中速运丝。此按钮有效时，丝筒中速运丝。按下此按钮将会使此按钮有效，“停止”、“低速”、“高速”按钮无效。

“高速”：开关按钮，高速运丝。此按钮有效时，丝筒高速运丝。按下此按钮将会使此按钮有效，“停止”、“低速”、“中速”按钮无效。

“对边”：开关按钮，执行对边。按下此按钮使其有效，然后按下“↑”、“←”、“→”、“↓”选择对边方向。“↑”为Y正向，“←”为X负向，“→”为X正向，“↓”为Y负向。按下相应方向后，对边命令开始执行，此按钮变为无效。如果在此按钮有效时按下除“↑”、“←”、“→”、“↓”外的其他按钮，则对边命令取消，此按钮变为无效。

“对中”：命令按钮，执行对中。按下此按钮，会执行定中心操作，详细可参考 3.2.1.3.1 节。

“清除”：命令按钮，清零当前工作坐标系。

“运丝”：点动按钮，向左侧运丝（左侧是指从机床正面看去的左侧）。按住此按钮丝筒向左绕丝（上丝的方向），松开此按钮则停止绕丝。

3.2.1.2. 移动

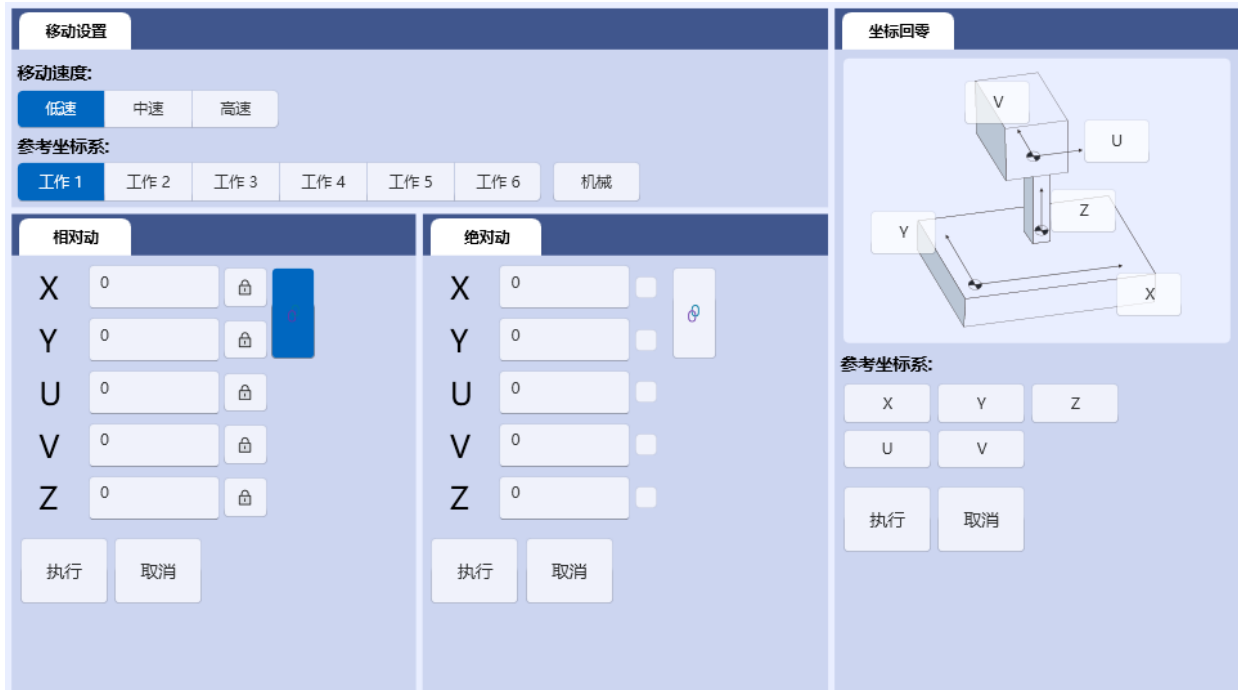


图 3.6 移动界面

“移动”界面主要用于执行各类的点到点精确移动，以及坐标回零的功能。

“移动”界面又被分为四个子区域：“移动设置”、“相对动”、“绝对动”、“坐标回零”。下面分别介绍各个子区域的功能画面如图 3.6 所示。

3.2.1.2.1. 移动设置

配置移动的速度，以及在绝对动中所参照的坐标系。

“移动设置”中分别有 2 小项，分别为“移动速度”和“参考坐标系”。每一项中，都有一组可切换的选项卡按钮画面如图 3.6 所示。

“移动速度”选项卡：有“低速”、“中速”、“高速”3 个选项，选择在相对动和绝对动中的速度。


“参考坐标系”选项卡：有“工作 1”、“工作 2”、“工作 3”、“工作 4”、“工作 5”、“工作 6”、“机械 7”个选项，用于选择绝对动中使用的“参考坐标系”。

3.2.1.2.2. 相对动

“相对动”使丝嘴相对于机床床身向某个方向移动固定的距离。

“相对动”子区域内有一个五行四列的阵列以及两个按钮。其中，阵列第一列指示了移动的轴，第二列的文本框指示了对应轴的移动距离（单位 mm），第三列指示了对应轴的连续移动是否开启（默认关），第四列横跨 XY 两行的按钮指使了移动时 XY 轴是否开启联动。执行按钮将会提交阵列中的数据到系统，进行一次“相对动”的操作，取消按钮则会取消正在执行的移动操作。

执行按钮按下后，如果移动指令当前可以执行，则机床会执行以下操作：

顺序检查每一行，如果第二列文本框内的数据不为 0，则移动对应轴以对应的距离（mm）。如果第三列的连续移动按钮无效，则将第二列的文本框内的数据清零，反之则不清零（用户可利用此功能执行多次等距离的连续移动）。如果第四列横跨 XY 两行的  联动按钮有效，则 XY 移动时会联动移动。联动时，XY 轴会同时到达终点。注意，每根轴的移动会同时执行。

例 3.1：以高速将 X 轴向正方向移动 10mm 画面。如图 3.7 所示。

步骤：

1. 在“移动设置”的“移动速度”中选择“高速”。
2. 在“相对动”的第一行（X）第二列的文本框中填入 10。
3. 点击：“相对动”中的“执行”按钮。



图 3.7 例 3.1 过程

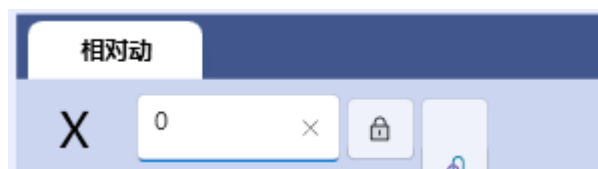


图 3.8 例 3.1 结果

结果：X 轴将会以高速向正方向移动 10mm，同时第一行（X）第二列的文本框中的值将清零。画面如图 3.8 所示。

例 3.2：以中速向负方向移动 X 轴 4mm，同时向负方向移动 Y 轴 3mm，并且在执行后不清零文本框。画面如图 3.9 所示。

步骤：

1. 在“移动设置”的移动速度中选择“中速”。
2. 在“相对动”的第一行（X）第二列的文本框中填入-3，在“相对动”的第二行（Y）第二列的文本框填入-4。
3. 使能第一行（X）第三列的连续移动按钮，并且使能第二行（Y）第三列的连续移动按钮。
4. 使能第四列横跨 XY 两行的 XY 联动按钮。
5. 点击“相对动”的“执行”按钮。



图 3.9 例 3.2 执行步骤

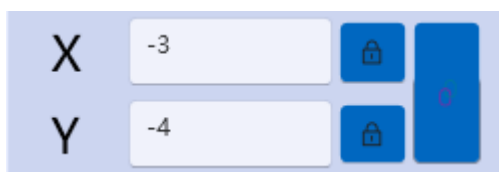


图 3.10 例 3.2 结果

结果：X 轴与 Y 轴将会以中速以联动的方式共同向负方向移动 3mm 和 4mm，同时第二列的文本框中的值将保持不变。画面如图 3.10 所示。


3.2.1.2.3. 绝对动

“绝对动”使丝嘴移动到以某个坐标系上的某个绝对位置上。

“绝对动”子区域内有一个五行四列的阵列以及两个按钮。其中，阵列第一列指示了移动的轴，第二列的文本框指示了对应轴的移动距离（单位 mm），第三列的复选框指示了该轴是否参与本次移动，第四列横跨 XY 两行的按钮指使了移动时 XY 轴是否开启联动。执行按钮将会提交阵列中的数据到系统，进行一次绝对动的操作，取消按钮则会取消正在执行的移动操作。

执行按钮按下后，如果移动指令当前可以执行，则机床会执行以下操作：

顺序检查每一行，如果第二列文本框内的数据不为 0，或者文本框的值为 0 但第三列的复选框被勾选，则按照移动设置中所选定的“参考坐标系”，移动对应轴到对应位置（mm），并且将第二列文本框

的值清零，将第三列复选框复位。如果第四列横跨 XY 两行的  联动按钮有效，则 XY 移动时会联动移动。联动时，XY 轴会同时到达终点。注意，每根轴的移动会同时进行。

例 3.3：以“高速”将 X 轴移动到“机械”坐标系的 10mm 处。画面如图 3.11 所示。

步骤：

1. 在“移动设置”的移动速度中选择“高速”。
2. 在“移动设置”的参考坐标系中选择“机械”。
3. 在“绝对动”的第一行（X）第二列文本框中输入 10。
4. 点击“绝对动”的“执行”按钮。



图 3.11 例 3.3 执行步骤



图 3.12 例 3.3 结果

结果：X 轴会以“高速”移到“机械”坐标系的 10mm 处，同时第一行（X）第二列的文本框以及第三列的复选框将被清零画面如图 3.12 所示。

例 3.4：以“中速”将 Y 轴移动到“工作坐标 2”的 0mm 处画面如图 3.13 所示。

步骤：

1. 在“移动设置”的移动速度中选择“中速”。
2. 在“移动设置”的“参考坐标系”中选择“工作 2”。
3. 选中“绝对动”的第二行（Y）第三列的复选框。
4. 点击“绝对动”的“执行”按钮。



图 3.13 例 3.4 执行步骤



图 3.14 例 3.4 结果

结果：Y 轴会以中速移到工作坐标系 2 的 0mm 处，同时第二行（Y）第三列的复选框将被清零画面如图 3.14 所示。

3.2.1.2.4. 坐标回零

“坐标回零”使对应轴寻找机械零位，并重置机械坐标。



注意

尽可能在加工前执行坐标回零，以保证机械坐标的准确。

“坐标回零”子区域由示意图，“参考坐标系”多选选项卡，以及两个按钮组成。其中，示意图演示了各轴的定义、方向及零点，且示意图中的轴多选选项卡按钮与“参考坐标系”多选选项卡联动。

“参考坐标系”多选选项卡可以选择需要执行“坐标回零”的轴。执行按钮将会提交数据到系统，进行一次“坐标回零”的操作，取消按钮则会取消正在执行的“坐标回零”操作。

例 3.5：“回零”XY 两根轴画面如图 3.15 所示。

步骤：

1. 在“坐标回零”的示意图或者坐标回零的“参考坐标系”中选中 X 和 Y。
2. 点击“坐标回零”的“执行”按钮。

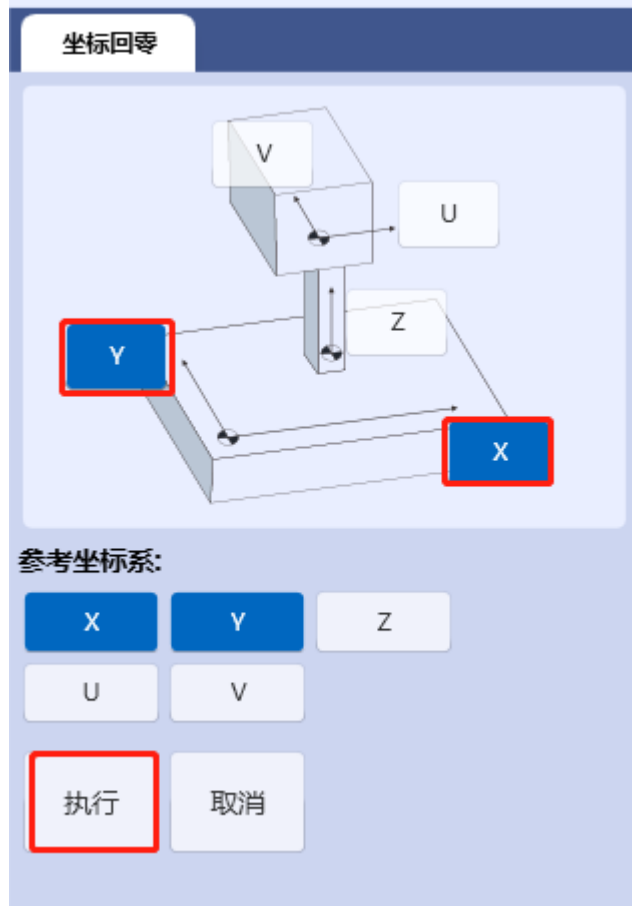


图 3.15 例 3.5 执行步骤

结果：“X”轴和“Y”轴各自开始回零过程，同时复选选项卡被复位。

3.2.1.3. 对边



图 3.16 对边界面

“对边”界面可以执行对边任务，对边可选“粗对边”或“精对边”，任务包括单边“对边”，两边“分中”，四边“定中心”。还能对“对边结果”进行计算，基于计算结果进行移动。另外，附带“坐标系设置”的快捷按钮。

“对边”界面分为四个子区域，分别是“对边任务”、“对边结果”、“计算与移动”和“坐标设置”。画面如图 3.16 所示。

下面分别介绍各个子区域的功能。

3.2.1.3.1. 对边任务

“对边任务”执行对边的操作，利用电极丝来对工件边缘进行检测。

“对边任务”包含一张示意图、一个选项、三个配置项、以及两个按钮。任务字样右侧的选项，可以切换“粗对边”与“精对边”两种状态。配置项中，任务用于选择执行的的对边种类，共有三种：“对边”、“内分中”、“定中心”。针对不同的对边种类，方向选择中的选项以及与之联动的示意图将随之变化。回退距离定义了对边检测成功后，电极丝的回退距离（um）。执行按钮用于向系统提交一次对边任务，“取消”按钮用于停止当前的任务。画面如图 3.17 所示。

下面介绍粗对边与精对边的不同。

“粗对边”：快速的对边方式。电极丝以较快的速度触碰工件边缘，完成一次接触后即完成对边任务。

“精对边”：精确的对边方式。电极丝先以胶圈额的速度触碰工件边缘；完成第一次接触后，电极丝后退一定距离，再以较慢的速度触碰工件边缘；完成第二次接触后，电极丝再后退一定距离，最后以

最慢的速度触碰工件边缘，完成的对边任务。

下面介绍这三种任务的功能。

“对边”：沿固定方向进行执行对边。方向选择中可选“X-”、“X+”、“Y-”、“Y+”四个方向。

“内分中”：沿指定轴执行一次负向对边，完成后再执行一次正向对边，最后移到两次对边得到的点的中间点处。方向选择中可选“X”、“Y”两根轴。

“定中心”：先沿 X 轴执行一次内分中，再沿 Y 轴执行一次内分中。不需要进行方向选择。

完成一次基本的对边工作后（“对边任务”产生 1 条数据，“内分中”产生 2 条数据，“定中心产生”4 条数据），“对边”的数据将被保存到对边结果子区域中，可以用它进行进一步的计算、移动等操作。

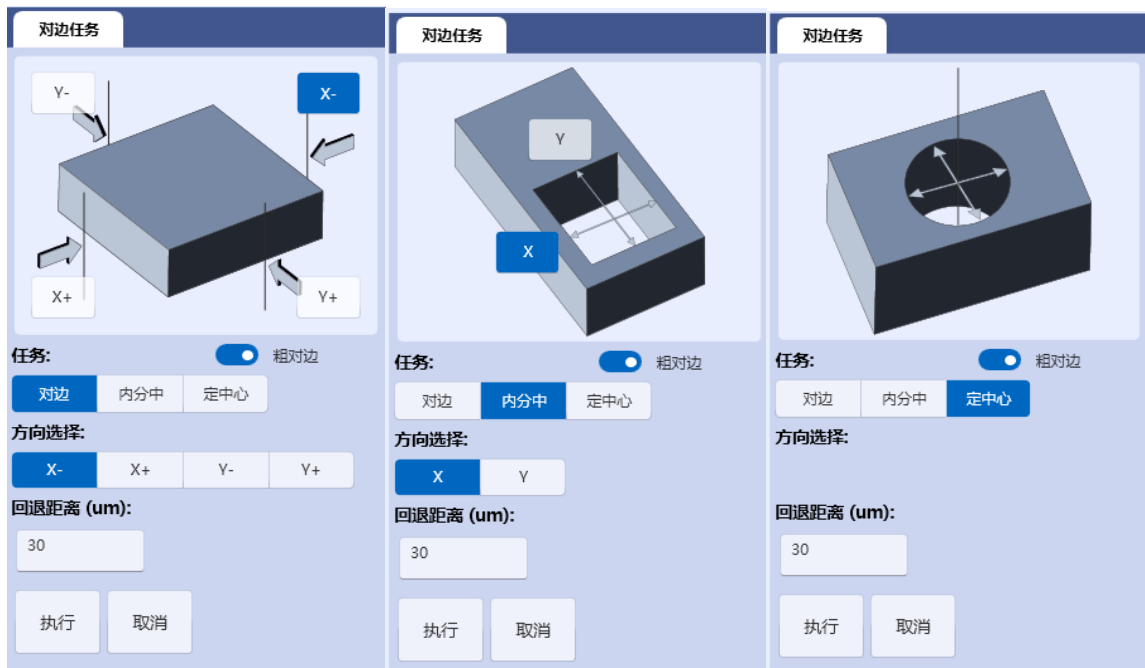


图 3.17 三种不同的对边任务

3.2.1.3.2. 对边结果

“对边结果”保存了用户在对边任务子区域中执行对边任务后产生的结果。可以在此处“浏览”、“管理”、“添加”、“清空”和选择在“计算与移动”子区域中想要使用的数据。

“对边结果”子区域由一张表和两个按钮组成。

“对边结果”的列表包含了之前对边操作产生的历史数据，越靠上数据越新。每一行数据都有 4 项，第一项是复选框，用于在“计算与移动”子区域中。第二项表示了对边的方向，分为 \uparrow (Y+)、 \leftarrow (X-)、 \rightarrow (X+)、 \downarrow (Y-) 和-（手动添加的点）。第三项表示对边结果的 X 轴机械坐标。第四项表示对边结果的 Y 轴机械坐标。

清除所有点按钮用于清除历史记录中的所有数据。

添加当前点可以将当前机床所在的机械坐标添加到历史记录中。

3.2.1.3.3. 计算与移动

“计算与移动”子区域可以使用在对边结果列表中选中的对边数据，进行各式计算任务，并根据结果进行设置和移动。

“计算与移动”子区域由任务（含任务说明）、结果以及按钮组成。根据任务的不同，系统会给出不同的提示、结果和操作。任务包含“X分中”、“Y分中”、“平行补偿”、“定圆心”四个选项。

下面介绍这四种任务的功能。

“X分中”：计算两点 X 坐标的中点，并执行相关移动。画面如图 3.18 所示。

使用方法：

1. 执行在对边任务子区域中进行对边操作，以获得对边数据。
2. 在“对边结果”子区域中选择 2 条对边数据。
3. 在“计算与移动”子区域中选择“X分中”任务。
4. 点击“计算”按钮以进行计算，分中的结果（机械坐标系下的“X”坐标）将在结果一栏内显示。
5. 完成计算后，如果想要移动到相应的位置，则点击“移动”按钮。



图 3.18 X 分中

“Y分中”：计算两点“Y”坐标的中点，并执行相关移动。画面如图 3.19 所示。

使用方法：

1. 执行在“对边任务”子区域中进行对边操作，以获得对边数据。
2. 在“对边结果”子区域中选择 2 条对边数据。
3. 在“计算与移动”子区域中选择“Y分中”任务。
4. 点击“计算”按钮以进行计算，分中的结果（机械坐标系下的“Y”坐标）将在结果一栏内显示。
5. 完成计算后，如果想要移动到相应的位置，则点击“移动”按钮。



图 3.19Y 分中

“平行补偿”：选择至少两次对同一条工件边缘进行的同向对边记录，自动计算边缘的直线方程参数 ($ax+by+c=0$)，工件边缘的平行度，生成加工时的平行补偿（坐标旋转）数据，并填入“编辑”->“加工参数”->“变换”->“旋转”中。画面如图 3.20 所示。（有关加工参数，请参看 3.3.3 节。）

使用方法：

1. 执行在“对边任务”子区域中进行对边操作，以获得对边数据。

2. 在“对边结果”子区域中至少 2 条对边数据以拟合直线，点数越多可靠度越高。
3. 在“计算与移动”子区域中选择“平行补偿”任务。
4. 点击“计算”按钮以进行计算，分中的结果将在结果一栏内显示。
5. 完成计算后，如果想设置“平行补偿”的参数，则点击“保存”按钮。



图 3.20 平行补偿

“定圆心”：选择至少三次对同一个圆形工件边缘进行的对边记录，自动拟合出圆的方程参数 $((x-a)^2+(y-b)^2=r^2)$ ，并可以自动移动到圆心。画面如图 3-21 所示。

使用方法：

1. 执“对边结果”子区域中至少 3 条对边数据以拟合圆，点数越多可靠度越高。
2. 在“计算与移动”子区域中选择“定圆心”任务。
3. 点击“计算”按钮以进行计算，分中的结果将在结果一栏内显示。
4. 完成计算后，如果想移动到圆心位置，则点击“移动”按钮。



图 3.21 定圆心

3.2.1.3.4. 坐标设置

“坐标设置”子区域可以修改当前工作坐标系下的“X”和“Y”的值，是准备->坐标（参考 3.2.1.6 节）内的操作的一种快捷方式画面如图 3.21 所示。

下面介绍各个按键的功能。

“X 清零”：将当前工作坐标系下的 X 轴坐标清零。

“X/2”：将当前工作坐标系下的 X 轴坐标除以 2。

“Y 清零”：将当前工作坐标系下的 Y 轴坐标清零。

“Y/2”：将当前工作坐标系下的 Y 轴坐标除以 2。

“XY 清零”：将当前工作坐标系下的 XY 轴坐标清零。

3.2.1.4. 校垂直

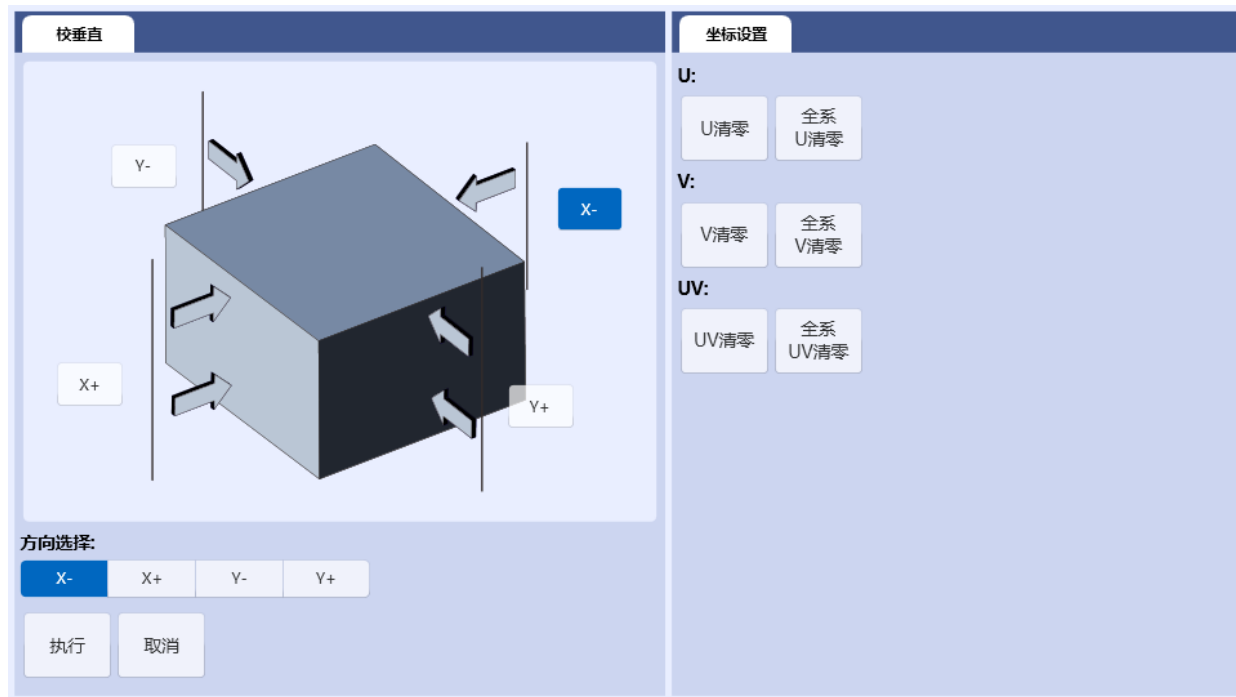


图 3.22 校垂直

“校垂直”用于调整丝的姿态，使其与工件保持垂直，并同时可以进行快捷操作，设置“UV”的坐标。画面如图 3.22 所示。

“校垂直”包含 2 个子区域：“校垂直”和“坐标设置”。

下面分别介绍各个子区域的功能。

3.2.1.4.1. 校垂直

“校垂直”子区域用于执行“校垂直”操作。该区域由“示意图”、“方向选择选项卡”和“2 个按钮”组成。“方向选择选项卡”用于选择“校垂直”的方向，与示意图联动，共有 4 个选项卡：“X-”（X 负方向）、“X+”（X 正方向）、“Y-”（Y 负方向）、“Y+”（Y 正方向）。执行按钮用于进行“校垂直”工作，取消按钮用于停止“校垂直”工作。画面如图 3.22 所示。

操作流程：

1. 将电极丝穿好，并将丝移动到参考工件的边缘。（可以手工移动，也可使用对边功能。如何使用对边，请参考 3.2.1.3 节）
2. 选择进行“校垂直”的方向。
3. 点击“执行”按钮，开始“校垂直”。途中观察放电火花，使用手控盒调整“U 轴”及“V 轴”的相应位置，使放电火花上下均匀。
4. 完成“校垂直”后，点击“取消”按钮，停止“校垂直”。
5. 根据“校垂直”的结果，使用“坐标设置”子区域中的功能清零“U 轴”或“V 轴”的坐标。

3.2.1.4.2. 坐标设置

“坐标设置”可以修改当前工作坐标系或全部工作坐标系下的“U轴”和“V轴”的坐标。是准备->坐标（参考 3.2.1.6 节）内的操作的一种快捷方式。画面如所示。

下面介绍各个按键的功能。

“U 清零”：将当前工作坐标系下的 U 轴坐标清零。

“全系 U 清零”：将全部工作坐标系下的 U 轴坐标全部清零。

“V 清零”：将当前工作坐标系下的 V 轴坐标清零。

“全系 V 清零”：将全部工作坐标系下的 V 轴坐标全部清零。

“UV 清零”：将当前工作坐标系下的 U 轴和 V 轴坐标清零。

“全系 UV 清零”：将全部工作坐标系下的 U 轴和 V 轴坐标全部清零。

3.2.1.5. 测试电参数



图 3.23 测试电参数

“测试电参数”模块可用于测试电参数、原地放电、以及手动碰边校垂直。画面如图 3.23 所示。本部分显示了当前机床所使用的电参数。用户可以通过此面板来调整、下载、加载、回写加工参数。并且可以开启和关闭加工电源。

电参数总共有 9 条，分别为“MOD”、“ON”、“OFF”、“VP”、“IP”、“SV”、“SPD”、“WS”、“WT”。详细有关电参数的介绍，可以参考加工工艺部分的说明，在此仅作简单介绍。

“MOD”：加工模式。0 为不开启反电解电源，1 为开启反电解电源，2 为不开启反电解电源并开启梳状脉冲，3 为开启反电解电源并开启梳状脉冲。取值范围：0，1，2，3。

“ON”：脉冲开启时间。单位 0.1us。取值范围定义如下（包含边界）：

当 MOD 为 0 或 1 时：

当 IP 为 1 时，5~13。

当 IP 为 2 时，5~51。

当 IP 为 3 时，5~400。

当 IP 为 4 时，5~640。

当 MOD 为 2 或 3 时：

5~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“OFF”与“ON”的比值必须大于等于 2.5。

“OFF”：脉冲关闭时间。单位 0.1 μ s。取值范围（包含边界）：1~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“OFF”与“ON”的比值必须大于等于 2.5。

“VP”：工作电压。1 为 72V，2 为 96V，3 为 120V。取值范围：1，2，3。

“IP”：工作电感。1 为 0 μ H，2 为 8.5 μ H，3 为 25 μ H，4 为 50 μ H。取值范围：1，2，3，4。

“IP”的取值将会影响“ON”的取值范围，请参考“ON”条目中的内容。

“SV”：伺服跟踪电压。单位 V。取值范围（包含边界）：0~255。其中 0 代表关闭伺服进给控制，恒速加工。

“SPD”：伺服跟踪速度。单位 0.1mm/min。取值范围（包含边界）：1~255。

“WS”：电极丝丝速。越大丝速越快。取值范围（包含边界）：1~4。

“WT”：电极丝张力。越大张力越大。取值范围（包含边界）：100~2000。



图 3.24 电参数部分的编辑文本框

“电参数部分的编辑文本框”有目标值、当前值（可选）、上箭头、下箭头四部分组成。如图 3.24，目标值在文本框靠左的位置显示，当前值在文本框靠右的位置显示，上箭头在文本框右上角显示，下箭头在文本框右下角显示。下面分别介绍这些部分的“含义”和“功能”。

目标值：用户可以修改这一值，通过↓下载按钮来将目标值写入控制系统，使其变为当前值。

当前值：机床此时的参数值，如果此值与目标值相同（即用户没有进行修改，或已经下载了参数），则该值将不会被显示。

上箭头：将当前参数值增加 1。

下箭头：将当前参数值减去 1。

参数号文本框的功能与电参数部分的编辑文本框相同，显示了当前的电参数号及目标电参数号。用户可以修改这一数值来将当前机床电参数写入或读出用户参数库。关于参数库的详细介绍，请参考 3.2.4.2 节的内容。此处仅介绍与加工相关的部分。

下面介绍参数号下方按键的功能。

“↶”：将所有电参数的目标值恢复为当前值。

“↓”：将所有电参数的目标值写入机床，使其成为当前值。所有电参数的目标值必须有效。

“↷”：从参数库中，读取索引为参数号的目标值的电参数，将其写入所有电参数的目标值。想要读取的索引必须存在于参数库中。

“↶”：将当前电参数写入参数库中索引为参数号目标值的电参数条目。参数号的目标值必须在用户参数和临时参数的范围内。关于用户参数和临时参数的范围，请参考 3.2.4.2 节的内容。

“⚡”：开启放电电源。

“⚡”：关闭放电电源。

3.2.1.6. 坐标

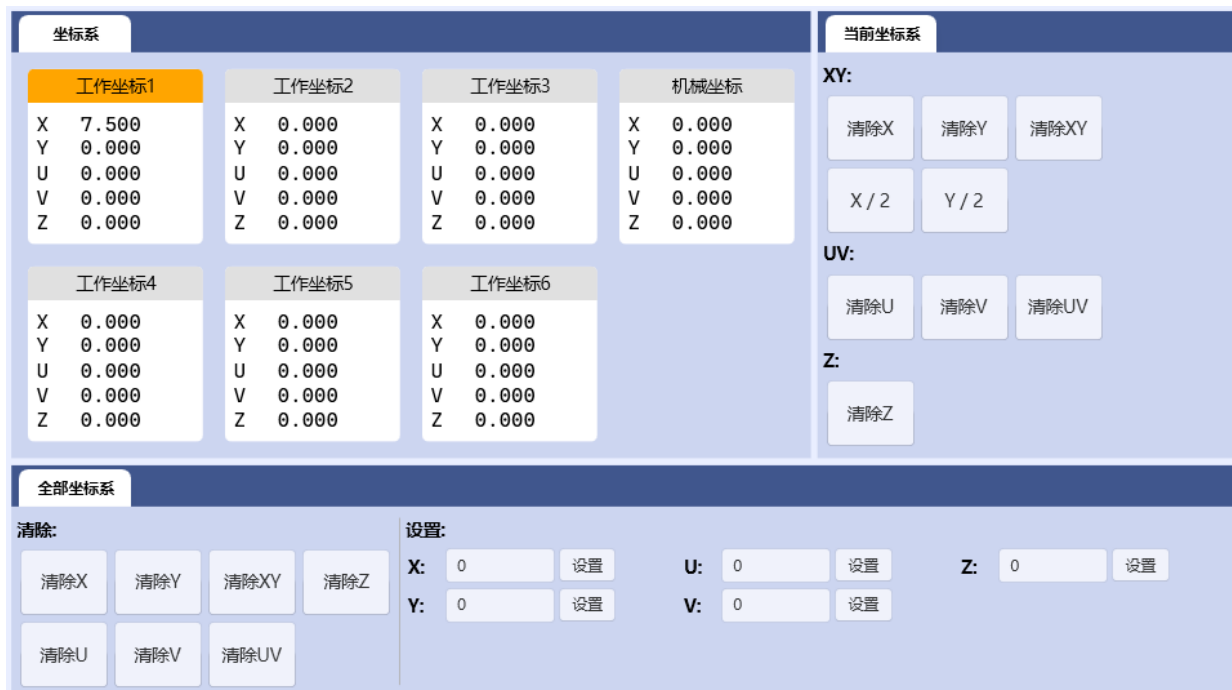


图 3.25 坐标

“坐标”模块用于浏览所有工作坐标系的当前值，并对其进行设置、管理和批量修改。画面如图 3.25 所示。

该模块包含三个子区域：“坐标系”、“当前坐标系”、“全部坐标系”。

下面分别介绍这些区域。

3.2.1.6.1. 坐标系

该子区域可以浏览所有“工作坐标”系和“机械坐标”系的值，还可以修改所有“工作坐标”系的值。“坐标系”值的单位均为毫米（mm）。本设备共设有 6 个工作坐标系，每个工作坐标系独立运行，可以在界面和加工代码中配置。在此子区域内，还可以选择当前“工作坐标系”。

■ 选择当前工作坐标系

| 工作坐标1 | | 工作坐标1 | |
|-------|-------|-------|-------|
| X | 7.500 | X | 7.500 |
| Y | 0.000 | Y | 0.000 |
| U | 0.000 | U | 0.000 |
| V | 0.000 | V | 0.000 |
| Z | 0.000 | Z | 0.000 |

图 3.26 未选中（左）与选中（右）的坐标系

如图 3.26 所示，左侧为未选中的坐标系，右侧为选中的坐标系（当前坐标系）。点击未选中的“工作坐标 N”（N 为 1-6 中的一个数字）文字所在的六个浅灰色区域，就能使其进入选中状态，选中的坐标系会被橙色高亮。与此同时，之前处于选中状态的坐标系会变回未选中状态。

■ 修改工作坐标的值

| 工作坐标1 | |
|-------|-------|
| X | 7.500 |
| Y | 0.000 |
| U | 0.000 |
| V | 0.000 |
| Z | 0.000 |

图 3.27 修改工作坐标的值

如图 3.27 所示，双击“工作坐标 N”（N 为 1-6 中的一个数字）下 X、Y、U、V、Z 右边的数字，数字就会被高亮并选中。此时，可以编辑坐标的值。完成编辑后，按 Enter（回车）键确认，坐标值即被改为新值。如果在过程中想要放弃修改，按 ESC 即可。

3.2.1.6.2. 当前坐标系

“当前坐标系”子区域可以简便地编辑当前工作坐标系的值画面如图 3-24 所示。如何选择“工作坐标系”，可以参考 3.2.1.6.1 节，下面介绍各个按钮的作用：

- “清除 X”：将当前工作坐标系的 X 坐标清零。
- “清除 Y”：将当前工作坐标系的 Y 坐标清零。
- “清除 XY”：将当前工作坐标系的 X 和 Y 坐标清零。
- “X/2”：将当前工作坐标系的 X 坐标值除以 2。
- “Y/2”：将当前工作坐标系的 Y 坐标值除以 2。
- “清除 U”：将当前工作坐标系的 U 坐标清零。
- “清除 V”：将当前工作坐标系的 V 坐标清零。
- “清除 UV”：将当前工作坐标系的 U 和 V 坐标清零。
- “清除 Z”：将当前工作坐标系的 Z 坐标清零。

3.2.1.6.3. 全部坐标系

“全部坐标系”子区域可以批量地修改所有“工作坐标系”的值。其分为两个部分，第一部分名为“清除”，可以批量清零某个轴在所有“工作坐标系”下的坐标值。第二个部分名为“设置”，可以批量设置某个轴在所有“工作坐标系”下的坐标值画面如图 3.28 所示。

■ 清除中按钮的功能

“清除 X”：将所有工作坐标系的 X 坐标清零。

“清除 Y”：将所有工作坐标系的 Y 坐标清零。

“清除 XY”：将所有工作坐标系的 X 和 Y 坐标清零。

“清除 Z”：将所有工作坐标系的 Z 坐标清零。

“清除 U”：将所有工作坐标系的 U 坐标清零。

“清除 V”：将所有工作坐标系的 V 坐标清零。

“清除 UV”：将所有工作坐标系的 U 和 V 坐标清零。

■ 设置的功能

操作步骤：

1. 在对应轴标志后的文本框内填入想要设置的坐标值。
2. 点击“设置”，所有工作坐标对应轴的值即被设置为相应值。

例 3.6：将所有“坐标系 X 轴”的值设为 10（mm）。

操作步骤（如图 3.27a）：

1. 在全部“坐标系”子区域的“设置”部分，X 轴的文本框内填入 10。
2. 点击“X 轴”的文本框后的“设置”按钮。



图 3.28 例 3.6 操作步骤

| 坐标系 | | | | | | | |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|------|-------|
| 工作坐标1 | | 工作坐标2 | | 工作坐标3 | | 机械坐标 | |
| X | 10.000 | X | 10.000 | X | 10.000 | X | 0.000 |
| Y | 0.000 | Y | 0.000 | Y | 0.000 | Y | 0.000 |
| U | 0.000 | U | 0.000 | U | 0.000 | U | 0.000 |
| V | 0.000 | V | 0.000 | V | 0.000 | V | 0.000 |
| Z | 0.000 | Z | 0.000 | Z | 0.000 | Z | 0.000 |
| 工作坐标4 | | 工作坐标5 | | 工作坐标6 | | | |
| X | 10.000 | X | 10.000 | X | 10.000 | | |
| Y | 0.000 | Y | 0.000 | Y | 0.000 | | |
| U | 0.000 | U | 0.000 | U | 0.000 | | |
| V | 0.000 | V | 0.000 | V | 0.000 | | |
| Z | 0.000 | Z | 0.000 | Z | 0.000 | | |

图 3.29 例 3.6 结果

结果：所有工作坐标系 X 轴坐标都变成了 10（mm）（如图 3.29）。

3.2.1.7. 锥度参数调整

图 3.30 锥度参数调整

“锥度参数调整”模块可以用于根据试加工的结果，自动调整当前的锥度参数，使其变得准确。本模块左侧为示意图，右侧分为 2 个部分：“参数”和“结果”。下面分别介绍这些部分的作用。

3.2.1.7.1. 参数

参数部分包含 4 个参数，其中，工件高度和两喷嘴距离可以自动从加工参数导入（参见 3.2.2.5 节加工参数部分的内容，也可以自行输入），两端高度差和设计锥度需要由人工输入。

用户可以参考本模块中的示意图，对参数进行输入。各参数含义如下：

工件高度 -h: 加工工件的高度，单位 mm。本值在从加工参数导入后，等于加工参数界面中工件高度的值。

两喷嘴距离 -g: 上喷嘴和下喷嘴间的距离，单位 mm。本值在从加工参数导入后，等于加工参数界面中，工件高度、上导丝嘴到工件上端距离、下导丝嘴到工件下端距离三者之和。

两端高度差（小端高为正） -d: 在锥度测量工具上，锥度工件小端的高度减去大端的高度，单位 mm，此值可正可负。

设计锥度（单边锥度 $\times 2$ ） -a: 工件理想情况下的锥度，单位 $^{\circ}$ 。

点击从加工参数导入，可以从加工参数中导入工件高度和两喷嘴距离。

完成参数导入和输入过后，点击计算按钮，可以获得结果。

3.2.1.7.2. 结果

结果部分包含 4 条数据，其中，理想单边宽度差值、实际单边宽度差值、单边宽度误差为计算的中间值，供用户参考，喷嘴距离调整量用于对锥度参数进行调整。更新加工参数可以一键对加工参数进行更新。

各条目含义如下：

理想单边宽度差值: 按照设计锥度计算得到的单边宽度差的理想值，单位 mm。

实际单边宽度差值: 根据测量结果计算得到的单边宽度差的实际值，单位 mm。

单边宽度误差: 实际单边宽度差值减去理想单边宽度差值的值，单位 mm。

喷嘴距离调整量: 喷嘴的高度应当加上的值，单位 mm。

点击更新加工参数按钮，会将喷嘴距离调整量的值，加到加工参数上导丝嘴到工件上端距离之中。

3.2.2. 编辑

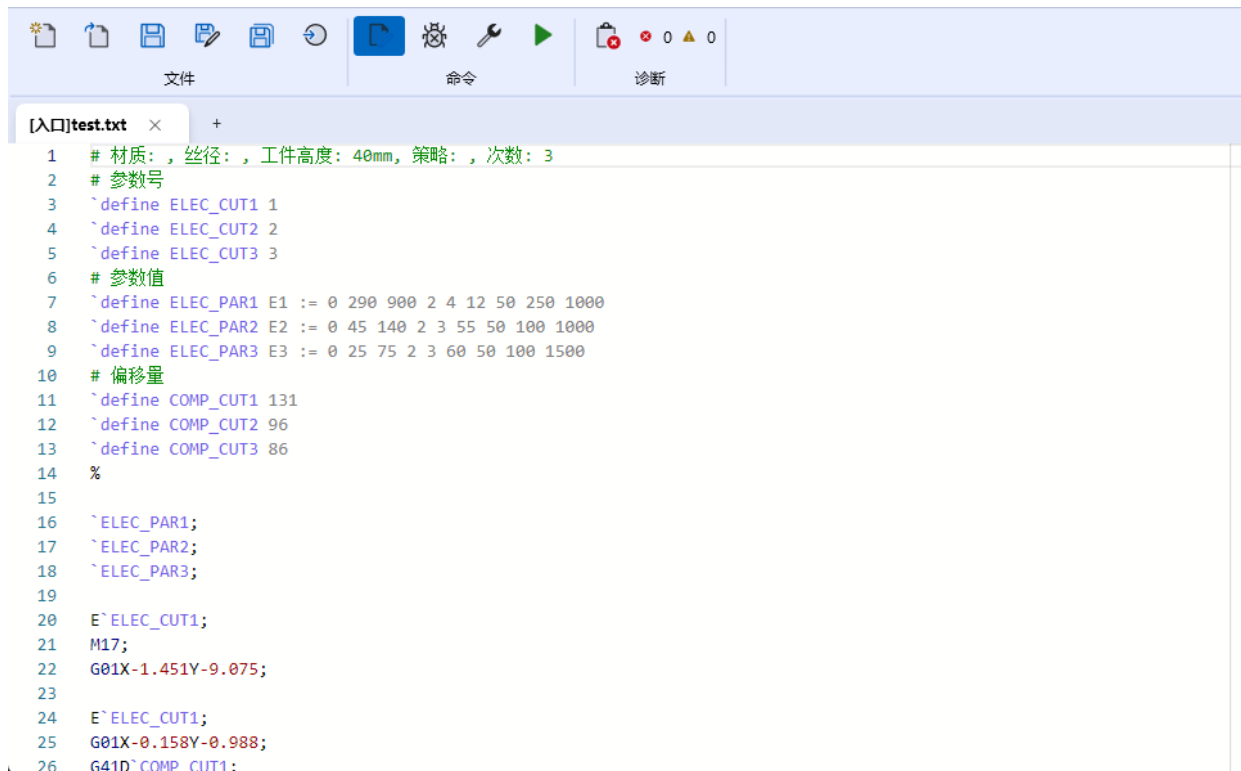


图 3.31 编辑

“编辑”界面用于 G 代码的“工程管理”、“编辑”、“编译”，以及“加工的模拟”，“加工参数”的设置画面如图 3.31 所示。

控制机的 G 代码是以工程来组织的，当前工程即当前所有打开的 G 代码文件。工程中有一个入口文件，代码执行从入口文件开始，工程内的文件之间能相互调用各自的子程序。

有关 G 代码的详细解释，请参考第 4 章，本节中仅介绍 G 代码编辑器相关的功能。

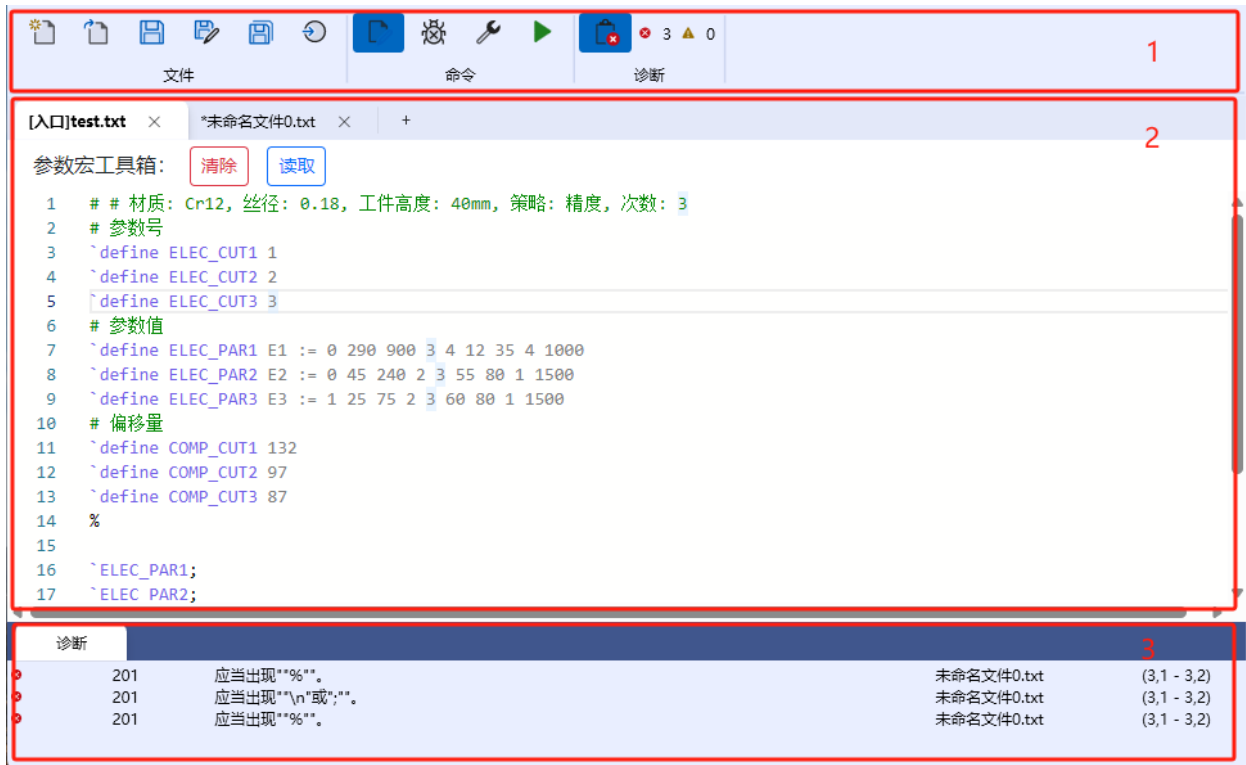


图 3.32 编辑界面分栏介绍

“编辑界面”主要分为3部分，如图 3.32 所示。

部分 1 为“上部菜单”，部分 2 与当前的命令相关，部分 3 为“错误诊断”。

下面分别介绍各部分的功能。

3.2.2.1. 上部菜单

“上部菜单”中，可以将鼠标移动到相应按钮上，获取提示。

“上部菜单”的按钮有两种：“命令”和“开关”。

“命令”按钮始终无底色，按下时执行命令。开关按钮无效时无底色，有效时底色为蓝色。

下面列举各按钮的基本功能。

■ 文件

此处的按钮均为“命令”，点击按钮执行一个与文件相关的命令。当“编辑器”具有焦点时，可以使用括号内标注的快捷键进行操作，多个快捷键代表需要使用组合键（例如 Ctrl + K，Ctrl + S 表示先按 Ctrl + K，然后再按 Ctrl + S）。


: “新建”（Ctrl + N）。在工程中新建一个文件提供编辑。

: “打开”（Ctrl + O）。从资源管理器中打开一个现有文件，并添加到工程中。

: “保存”（Ctrl + S）。保存当前文件。如当前文件是新建的，则会调用“另存为”命令。


: “另存为”（Ctrl + Shift + S）。利用资源管理器将当前文件保存到一个新位置上。


: “保存全部”（Ctrl + K，Ctrl + S）。保存工程内所有文件。对工程内的所有文件调用“保存”命令。


: 设为入口。将当前文件设为工程的入口。当前文件指代的是在文件列表中当前正在被编辑的文件。


■ 命令

此处前 3 个按钮是一组单选选项卡下的开关按钮，选中不同的项目将修改部分 2 中的内容。第 4 个按钮在成功编译的情况下将进入加工界面，准备对当前工程进行加工。

: “编辑文件”。有效时使部分 2 显示编辑器。


: “仿真”。编译当前程序，有效时使部分 2 显示仿真器。


: “加工参数”。有效时使部分 2 显示加工参数。


: “加工”。编译当前程序，如果编译成功，跳转到加工界面，准备加工当前工程。

■ 诊断

此处有 1 个开关按钮，以及错误、警告数量的显示。

: “显示错误”。有效时显示错误诊断，无效时隐藏错误诊断。

: “错误的数量”。

: “警告的数量”。



3.2.2.2. 错误诊断



| 诊断 | | | | |
|---|-----|--------------|------------|-------------|
|  | 201 | 应当出现"%" | 未命名文件0.txt | (2,1 - 2,2) |
|  | 201 | 应当出现"\n"或";" | 未命名文件0.txt | (2,1 - 2,2) |
|  | 201 | 应当出现"%" | 未命名文件0.txt | (2,1 - 2,2) |

图 3.33 错误诊断

“错误诊断”子区域会显示当前工程内 G 代码存在的“错误”和“警告”，错误以列表形式体现如图 3.33 所示。列表的每一列的含义代表如下：

1. 严重程度。“”代表错误，“”代表警告。错误不可忽略，而警告可以忽略。
2. 错误编号。
3. 错误详细信息。
4. 产生错误的文件。

错误的范围。以 2 对数字呈现，每对数字的第一个数字代表行（从 1 开始计），第二个数字代表列（从 1 开始计）。第一对数字代表错误的开始行列，第二对数字代表错误的结束行列。

点击错误诊断中的条目，可以在编辑器中快速定位到对应错误出现的位置。

3.2.2.3. 编辑器

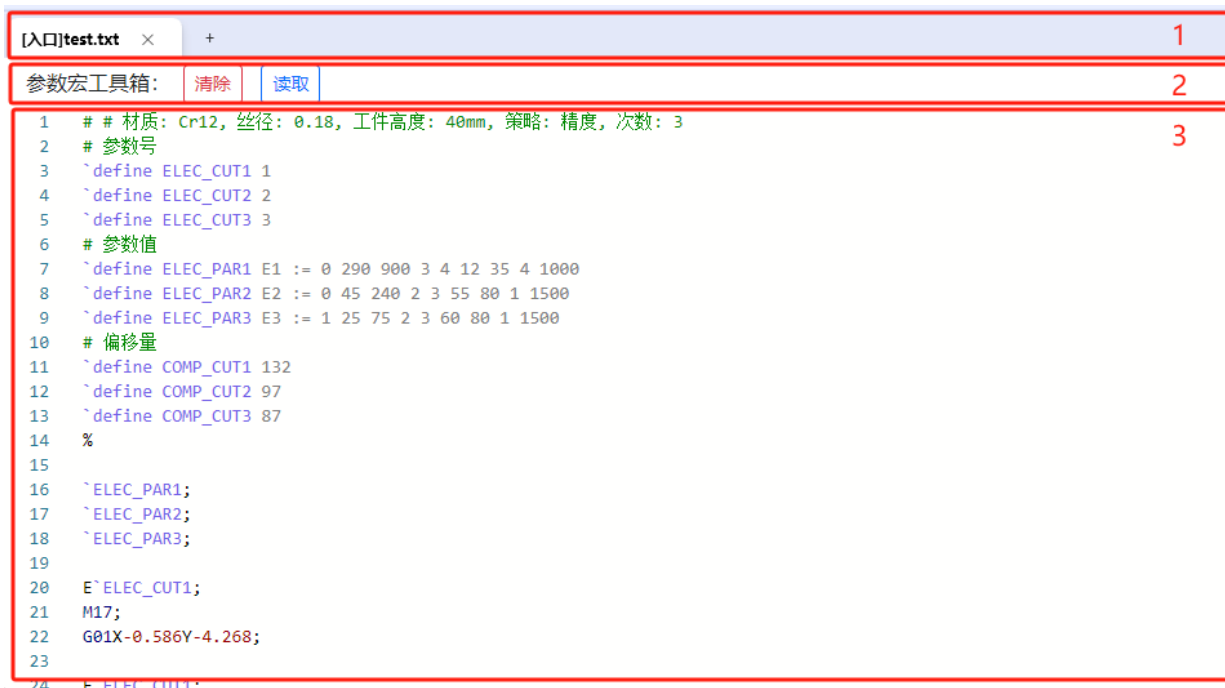


图 3.34 编辑器

“编辑器”在上部菜单->命令->编辑文件开关有效时展示，其分为 2 个部分。第 1 部分为“工程文件列表”，第 2 部分为“参数宏工具箱”，第 2 部分为“文本编辑区”。如图 3.34 所示。

3.2.2.3.1. 工程文件列表

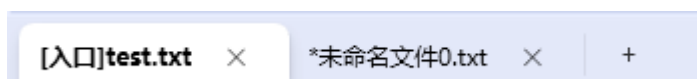


图 3.35 工程文件列表

如图 3.35 所示，“工程文件列表”由标签视图的方式展示，最后还有一个“+”号。每个标签都是由标记（可选）、文件名、关闭按钮组成（从左到右）。

被选中的标签为当前文件，其字体被加粗。

入口文件在文件名前会有“[入口]”的标记。有过为保存改动的文件在文件名前会有“*”标记。

点击标签的关闭按钮（×）会将当前文件从工程中移除。

使用鼠标中键点击文件，也可以将当前文件从工程中移除。

点击末尾的“+”号相当于新建一个文件。

3.2.2.3.2. 参数宏工具箱



参数宏工具箱的介绍涉及到了第 4 章代码与编程的部分内容。用户在阅读本节内容时，应当先了解第 4 章的部分概念和说明。

参数宏工具箱可以为自动编程生成的加工代码快速配置加工参数。参数宏工具箱有 2 个按钮，分别为“清除”和“读取”。下面介绍这 2 个按钮。

清除：可以将当前文件头部的加工参数删除。该按钮会将加工代码正文前部的所有文本清除。关于何为“正文”，请参考 4.2.2 节，下不赘述。

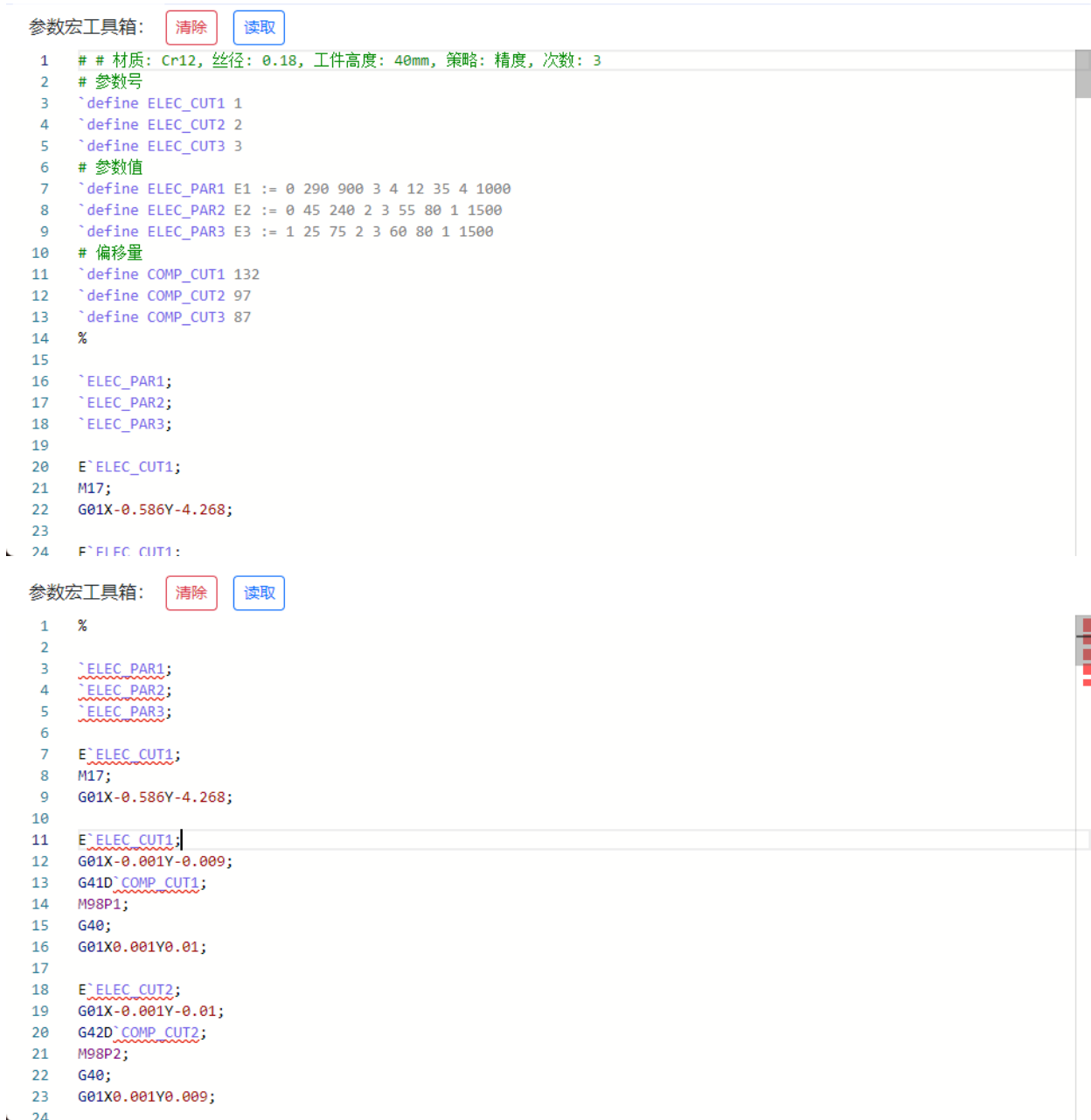


图 3.36 点击清除后的效果

注意，清除了参数头的代码不能编译。

读取：可以从参数库中加载参数，插入当前文件头部。该功能会将加工代码正文前部的所有文本替换为加工参数宏定义。点击后，会弹出选择加工参数的窗口。



图 3.37 选择加工参数

选择加工参数窗口主要分为筛选、参数库、参数表、引用方式以及两个按钮组成。以下分别介绍这些部分的功能。

■ 筛选

筛选可以添加各种预设条件，来对所有参数库条目进行筛选。

下面介绍各筛选条目，以及参数库中表头的含义。

材料： 工件材料。

丝径： 电极丝的丝径。

工件厚度： 工件的厚度，以 10mm 为一等级。

策略： 加工的策略，精度优先还是效率优先。

加工次数： 加工的刀数。

■ 参数库

参数库中列出了所有符合筛选条件的参数库。其中，被选中的条目将被转换成参数头，插入到文件中。

■ 参数表

列出了参数库被选中条目中，每一刀的参数。

■ 引用方式

参数号：在导出的参数宏中直接引用参数号。

参数值：在导出的参数宏中创建临时参数，将参数值赋值给临时参数。

关于引用方式的详细说明，请参考 3.2.4.2.2 节中的例 3.7。

■ 按钮

确定：将选中的参数库条目，按照选取的引用方式，转换为参数头，插入到文件中。

取消：关闭窗口，放弃本次操作。

注意，参数宏工具箱是以“宏”的方式插入参数的，关于如何使用宏，请参考 4.2.1 节，如果想要在手动编程中使用参数宏工具箱，应当遵守以下命名规则：

ELEC_CUT[1~4]：对应各刀的参数号。

ELEC_PAR[1~4]：对应各刀的参数宏定义。此宏应当在加工代码正文首部出现。

COMP_CUT[1~4]：对应各刀的偏移量。

3.2.2.3.3. 文本编辑区

“文本编辑区”内可以编辑工程文件列表中的当前文件。编辑器具有“语法高亮”、“输入提示”、“错误显示”、“标签导航”、“高亮提示”等功能。下面将分别介绍这些功能。

1. 语法高亮

```
20 E`ELEC_CUT1;
21 M17;
22 G01X-1.451Y-9.075;
23
24 E`ELEC_CUT1;
25 G01X-0.158Y-0.988;
26 G41D`COMP_CUT1;
27 M98P1;
28 G40;
29 G01X0.189Y1.187;
```

图 3.38 语法高亮

对于 G 代码中不同的元素，代码编辑器以不同的色彩显示，以提高 G 代码的可读性。不同元素的色彩列举如下：

注释：#008800。

流控制语句：#800080。如 M98，M99，M02，N，O。

G、M 代码：#000080。如 G01，M17。

电参数定义：#088da5。

数字：#990000。

宏: #7160e8。

非代码: #808080。

2. 输入提示

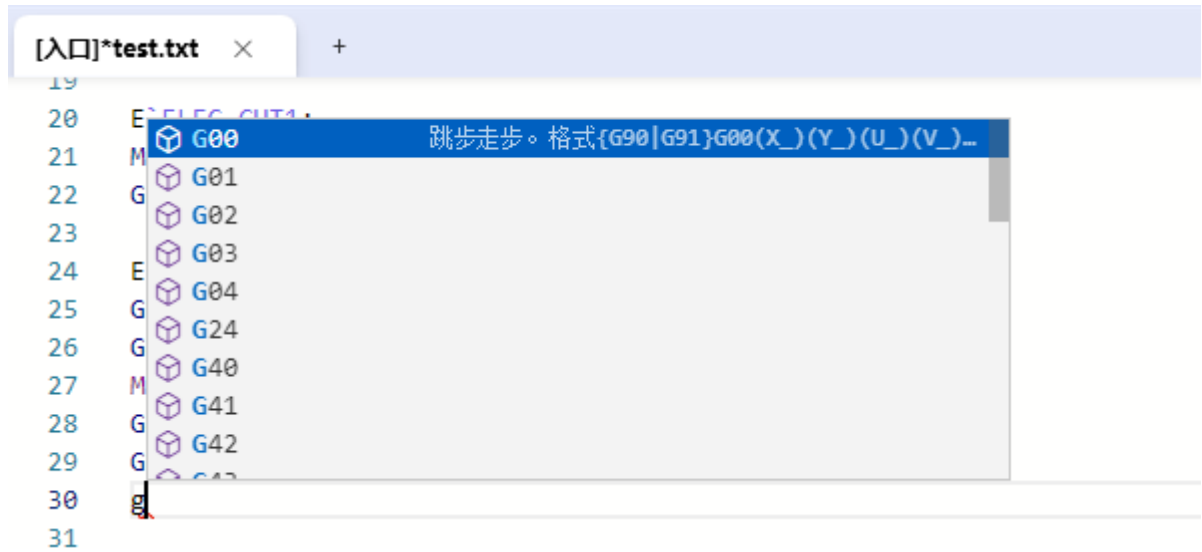


图 3.39 输入提示

进行输入时，编辑器会自动提供可能的 G 代码供挑选，并展示其代码的功能。用户可以使用上下键进行选择，使用 Tab 或 Enter（回车）采纳编辑器的建议。如图 3.39 所示。

3. 错误显示



图 3.40 错误显示

当 G 代码出现错误时，编辑器会自动使用“ ”来标记错误，用“ ”来标记警告。如图 3.40，M98 下方被“ ”标记，错误诊断窗口中显示了错误的内容。将鼠标移到错误处，高亮提示还会显示当前的错误内容。

4. 标签导航

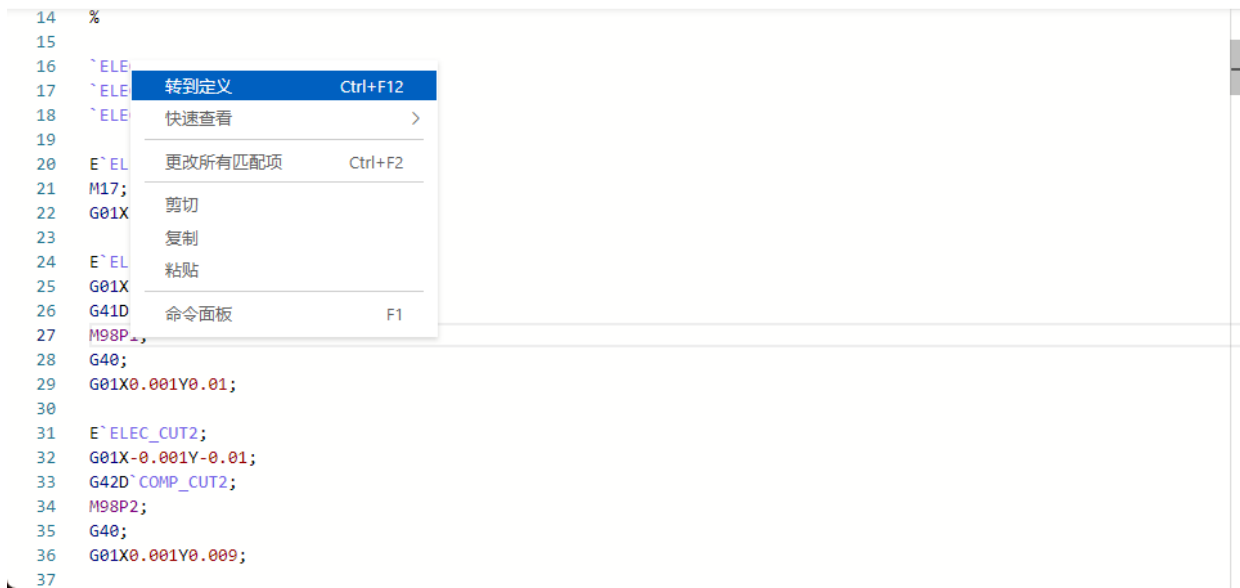


图 3.41 标签导航

在 M98（子程序调用）的位置右键，点击“转到定义”即可快速跳转到子程序的定义处。也可以使用快捷键（Ctrl + F12）或按住 Ctrl 键点击 M98 语句块进行这一操作如图 3.41 所示。

5. 高亮提示

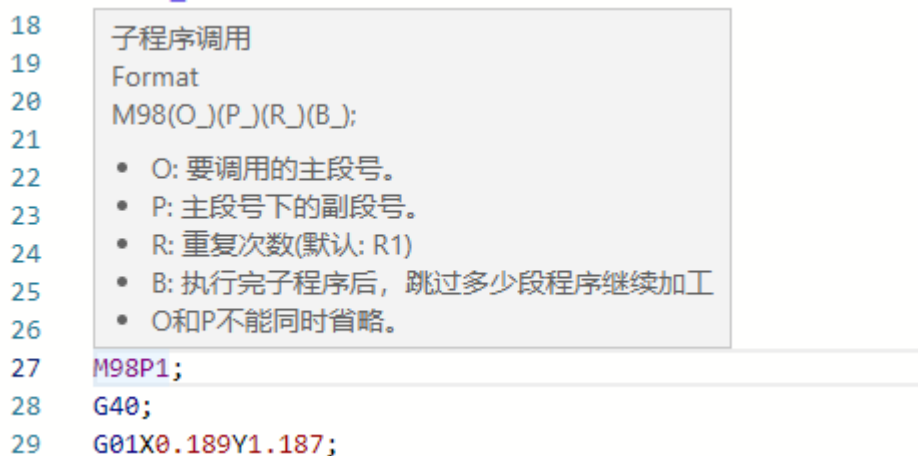


图 3.42 高亮提示

将鼠标悬停在绝大多数位置上，“编辑器”都会弹出一定的提示信息，告知用户本段代码的含义和用法。增加代码的可读性如图 3.42 所示。

本编辑器的实现由 [microsoft/monaco-editor: A browser based code editor \(github.com\)](https://github.com/microsoft/monaco-editor) 提供支持，根据其 MIT 开源协议，特此说明。

3.2.2.4. 仿真器

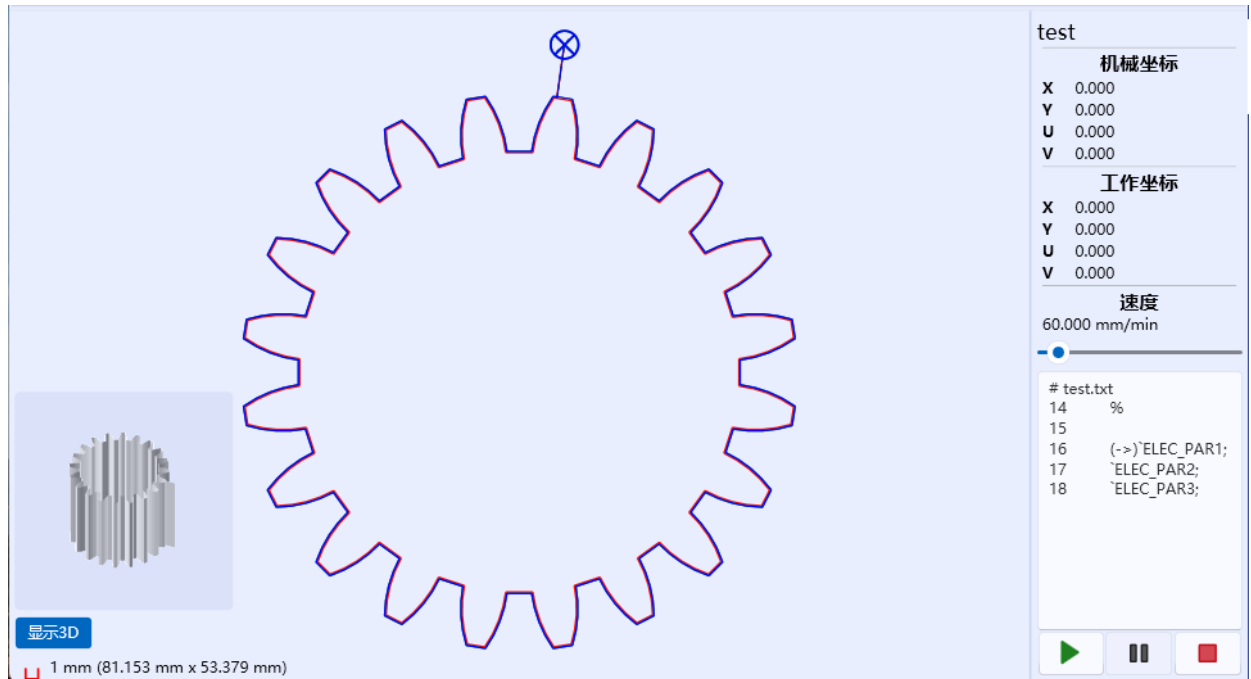




图 3.43 仿真器

“仿真器”用于进行运行仿真，在完成工程的创建及代码的编写后，点击上部菜单中的“”按钮，即可进行“编译”和“仿真”。如果编译没有错误（即“”错误的数量为0），则仿真界面会显示相应的图形。




“仿真器”左侧为图形面板，右侧为“控制面板”。图形面板展示了加工轨迹的二维模型，以及一个不断旋转的三维模型，其右上角还显示了当前存在的图形变换。控制面板从上到下列举，第一块显示了入口文件的名称，第二块显示了仿真当前点的机械坐标及工作坐标，第三块显示了当前速度和一个速度的拖动块，第四块显示了当前执行到哪一行代码，最后一块是仿真控制按钮。如图 3.43 所示。

下面一一介绍每一块的功能。

■ 二维模型

图形面板正中展示了“二维模型”，图形中有三种颜色。红色在底层，绿色在中层，蓝色在上层。更上层的图形会覆盖下层图形。红色代表了原轨迹，蓝色代表了编程面经过刀补后的轨迹，绿色代表了另一面刀补锥补后的轨迹。（关于补偿，请参考第 4 章相关的内容）

图形可以用鼠标左键进行拖动，点击鼠标右键进行还原，旋转鼠标滚轮进行放大缩小。

图形中还有 2 个，一个为蓝色，为编程面经过刀补后的丝的位置，另一个为绿色，为另一面经过刀补和锥补后的丝的位置。在图 3.43 中看不到绿色的，因为其位置与蓝色的相同被其覆盖。

图形面板的左下角显示了“比例尺”，括号内显示了图形区域代表了多大的真实区域（X×Y）。

图形面板的右上角显示了存在的图形变换，未开启的变换不会被显示。图形变换列举如下：

“旋转”：图形的旋转度数（逆时针，角度°）。

“缩放”：图形的缩放比例。

“镜像”：图形是否进行轴对称镜像。可选的值有：X（根据 Y 轴镜像）、Y（根据 X 轴镜像），XY（中心对称）。

“交换 XY”：图形是否交换了 XY。

■ 三维模型

如图 3.43，图形面板左下角有一个灰底的半透明区域，其中显示了加工图形的三维模型，三维模型会自动绕 Z 轴旋转。三维图像的相机采用透视投影的方式，视锥体夹角为 45°。

“三维模型” 下方有个开关按钮。开关按钮默认有效。有效时，显示三维模型，无效时，隐藏三维模型。

■ 入口文件名称

“入口文件名称” 省略了其路径和扩展名。

■ 机械坐标

“机械坐标” 描述了，如果加工从当前的位置开始，加工进行到模拟加工的目前阶段，真实的机械坐标将会是何值。

■ 工作坐标

“工作坐标” 描述了，如果加工从当前的位置开始，加工进行到模拟加工的目前阶段，真实的工作坐标会是何值。

■ 速度

“速度” 显示了当前模拟加工速度。范围为 0 到 1000mm/min。拖动滚动块可以调整对应的模拟加工速度。

■ 代码窗口

“代码窗口” 显示了当前正在执行的“文件”和“代码位置”。“代码窗口”的第一行显示了当前正在执行的文件，第二行开始显示了当前模拟执行的代码附近的代码。起首的数字为行号，带有(->)标记的行为正在执行的代码。

■ 仿真控制按钮

“仿真控制按钮” 共有 3 个，列举如下：

▶： **“开始或继续仿真”**。如果仿真已结束，则重新开始仿真。

⏸： **“暂停仿真”**。暂停当前的仿真任务。

■： **“停止仿真”**。停止并重置仿真任务。

3.2.2.5. 加工参数

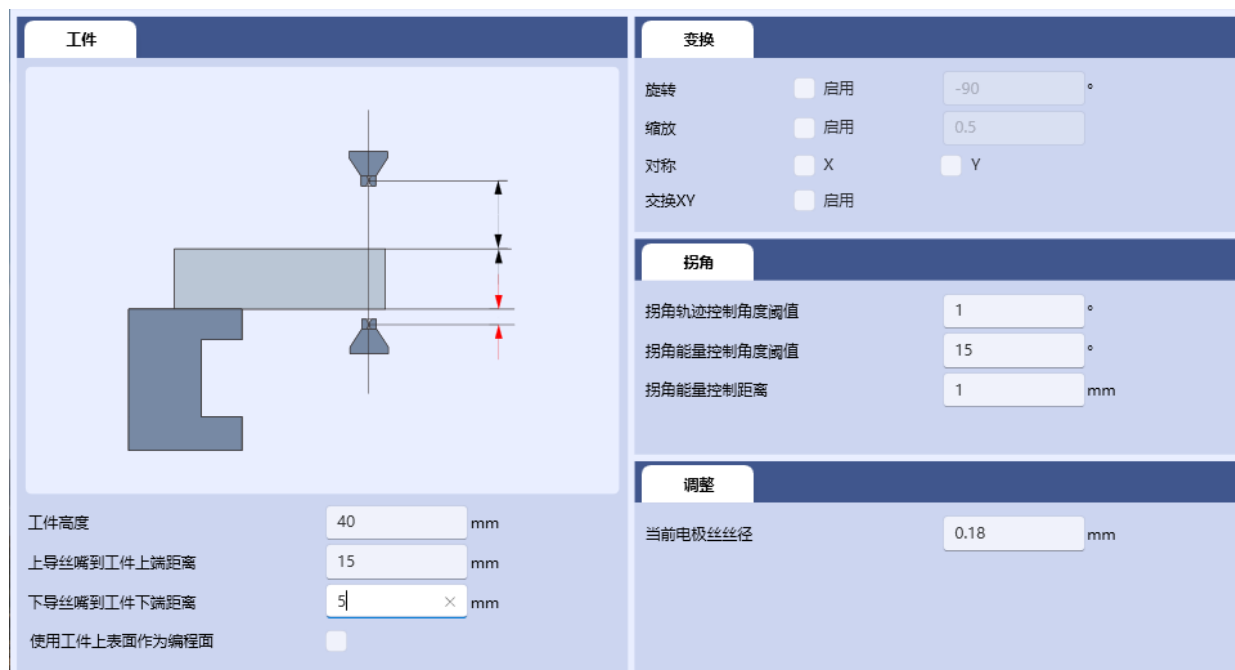


图 3.44 加工参数

“加工参数”用于配置当前加工用到的一些必要的参数。主要分为 4 类：“工件”、“变换”、“拐角”、“调整”。如图 3.44 所示。

下面分别介绍这四种参数。

■ 工件参数

用于锥度加工的计算，还有三维模型的生成。

如图 3.44，示意图中浅灰色的部分代表工件，工件靠右处的上下两个类三角形的机构为导丝嘴。上方的为上导丝嘴，下方的为下导丝嘴。

此处有四个参数：

工件厚度：单位 mm。

上导丝嘴到工件上端的距离：单位 mm。

下导丝嘴到工件下端的距离：单位 mm。

使用工件上表面作为编程面：开关。

■ 变换参数

用于对加工代码的整体变换。

此处有 4 个参数：

旋转：G 代码整体逆时针旋转是否开启，以及其的角度。单位°。

缩放：G 代码整体缩放是否开启，以及其倍率。

对称：G 代码整体对称是否开启。X 选项为根据 Y 轴对称，Y 选项为根据 X 轴对称。

交换 XY：G 代码整体是否交换 XY。

■ 拐角参数

用于调整拐角处理时用到的一些阈值。

此处有 3 个参数：

拐角轨迹控制角度阈值：当 G 代码中开启拐角轨迹控制，且角度突变大于这个值时，执行拐角轨迹控制。单位°。

拐角能量控制角度阈值：当 G 代码中开启拐角能量控制，且角度突变大于这个值时，执行拐角能量控制。单位°。

拐角能量控制距离：设置拐角能量控制开始的点距拐角的距离。单位 mm。

■ 调整参数

用于刀补加工的计算，补偿电极丝丝径的变化。

此处有 1 个参数：

当前电极丝直径：单位 mm。

3.2.3. 加工

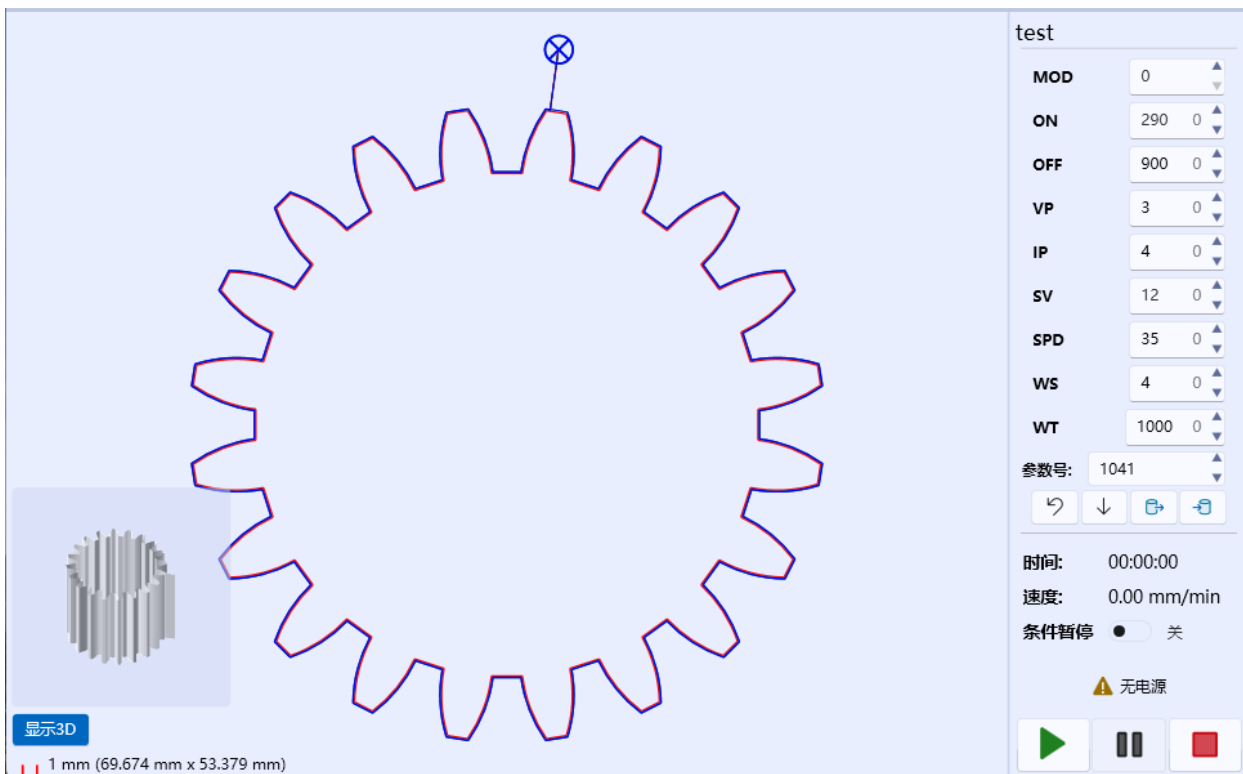


图 3.45 加工

“加工”面板用于进行加工以及对加工状态的监控，以及对加工参数的调整。

“加工”面板左侧为“图形面板”，右侧为“控制面板”。“图形面板”展示了加工轨迹的二维模型，以及一个不断旋转的三维模型，其右上角还显示了当前存在的图形变换。“控制面板”从上到下列举，第一块显示了“加工文件名”，第二块为“加工参数的选择”、“读取”和“写入”，第三块显示

了“加工的时间”和“速度”，并可配置是否开启“条件暂停”，第四块显示了“机床当前状态”，第五块则为“控制按钮”如图 3.45 所示。

下面一一介绍每一块的功能。

■ 二维模型

“图形面板”正中展示了二维模型，图形中有三种颜色。红色在底层，绿色在中层，蓝色在上层。更上层的图形会覆盖下层图形。红色代表了原轨迹，蓝色代表了编程面经过刀补后的轨迹，绿色代表了另一面刀补锥补后的轨迹。（关于补偿，请参考第 4 章相关的内容）

图形可以用鼠标左键进行拖动，点击鼠标右键进行还原，旋转鼠标滚轮进行放大缩小。

图形中还有 2 个⊗，一个为蓝色，为编程面经过刀补后的丝的位置，另一个为绿色，为另一面经过刀补和锥补后的丝的位置。在图 3.38 中看不到绿色的⊗，因为其位置与蓝色的⊗相同被其覆盖。

图形面板的左下角显示了比例尺，括号内显示了图形区域代表了多大的真实区域（X×Y）。

图形面板的右上角显示了存在的图形变换，未开启的变换不会被显示。图形变换列举如下：

旋转：图形的旋转度数（逆时针，角度°）。

缩放：图形的缩放比例。

镜像：图形是否进行轴对称镜像。可选的值有：X（根据 Y 轴镜像）、Y（根据 X 轴镜像），XY（中心对称）。

交换 XY：图形是否交换了 XY。

■ 三维模型

如图 3.45，“图形面板”左下角有一个灰底的半透明区域，其中显示了加工图形的三维模型，三维模型会自动绕 Z 轴旋转。三维图像的相机采用透视投影的方式，视锥体夹角为 45°。

“三维模型”下方有个开关按钮。开关按钮默认有效。有效时，显示“三维模型”，无效时，隐藏“三维模型”。

■ 文件名

此处显示了建立加工工程时的入口文件名称，也可通过点击此处来继续之前的某次加工或开始一次新加工。

如果此处并非显示“(无文件)”，则其内容为建立加工工程时的入口文件名称。如工程只有一个文件，即为加工文件名称。文件名省略了路径以及后缀名。

如果当前不处于正在加工状态，则可通过单击此区域来继续之前的某次加工或从单个文件开始一次新加工。

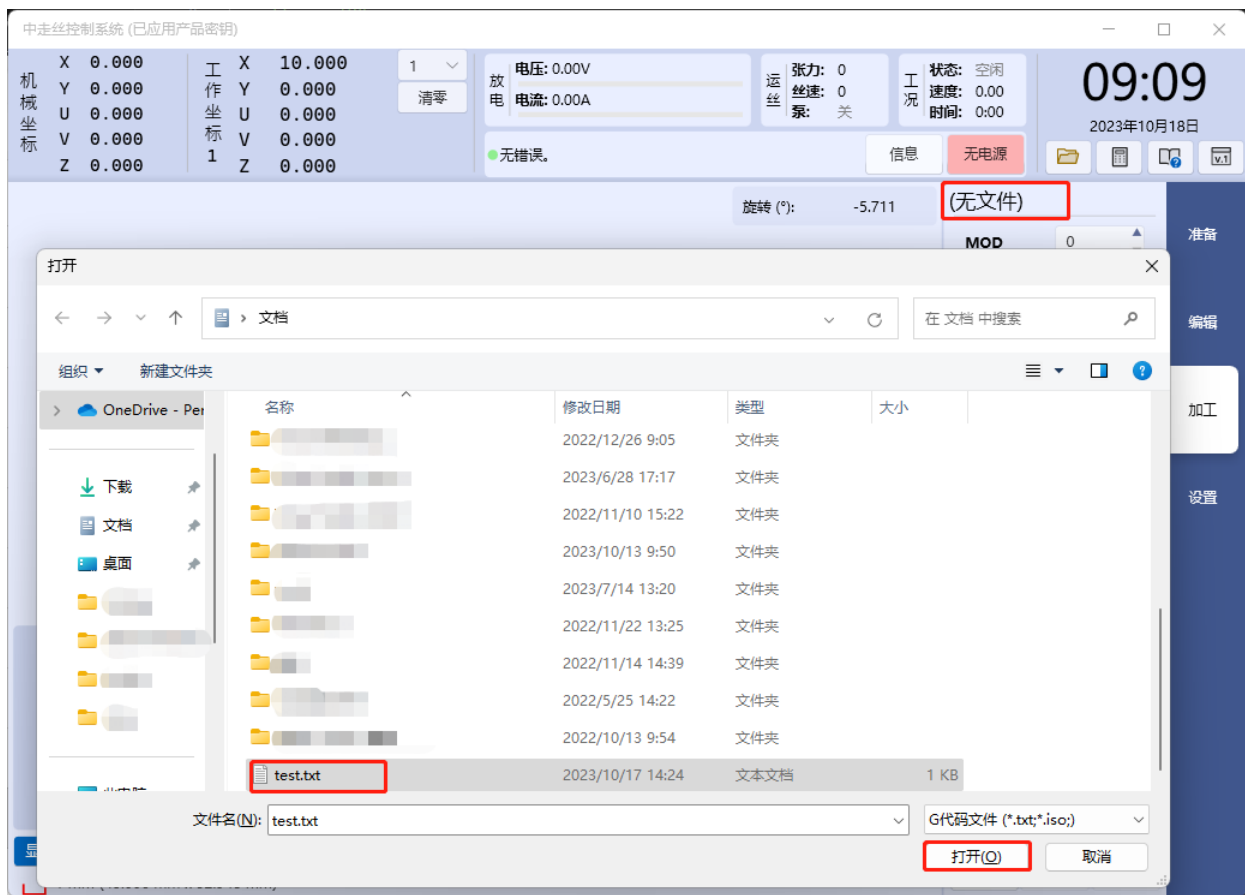


图 3.46 继续加工或开始单文件新加工

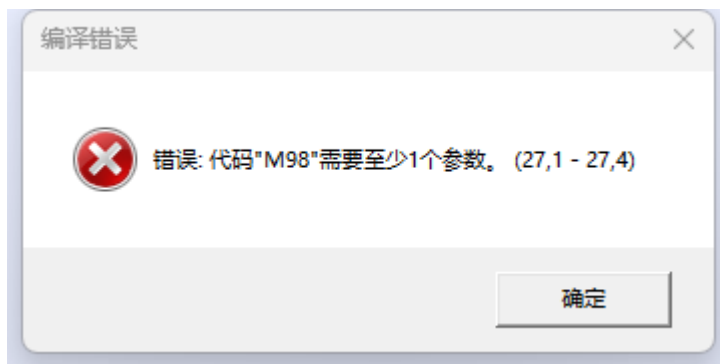


图 3.47 开始单文件新加工编译错误

操作步骤:

1. 点击“文件名”所属区域。
2. 在弹出的“资源管理器”的打开对话框中，选择目标“G 代码文件”。
3. 点击“打开”。如果是继续之前的加工，则加工记录被加载。如是开始新的加工，且编译成功，则新的加工被创建，编译失败，则弹出形如图 3.47 的对话框。

■ 加工参数

“加工参数”部分显示了当前机床所使用的电参数。用户可以通过此面板来调整、下载、加载、回

写加工参数。

电参数总共有 9 条，分别为“MOD”、“ON”、“OFF”、“VP”、“IP”、“SV”、“SPD”、“WS”、“WT”。详细有关电参数的介绍，可以参考加工工艺部分的说明，在此仅作简单介绍。

“MOD”：加工模式。0 为不开启反电解电源，1 为开启反电解电源，2 为不开启反电解电源并开启梳状脉冲，3 为开启反电解电源并开启梳状脉冲。取值范围：0，1，2，3。

“ON”：脉冲开启时间。单位 0.1us。取值范围定义如下（包含边界）：

当 MOD 为 0 或 1 时：

当 IP 为 1 时，5~13。

当 IP 为 2 时，5~51。

当 IP 为 3 时，5~400。

当 IP 为 4 时，5~640。

当 MOD 为 2 或 3 时：

5~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“OFF”与“ON”的比值必须大于等于 2.5。

“OFF”：脉冲关闭时间。单位 0.1us。取值范围（包含边界）：1~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“OFF”与“ON”的比值必须大于等于 2.5。

“VP”：工作电压。1 为 72V，2 为 96V，3 为 120V。取值范围：1，2，3。

“IP”：工作电感。1 为 0uH，2 为 8.5uH，3 为 25uH，4 为 50uH。取值范围：1，2，3，4。

“IP”的取值将会影响“ON”的取值范围，请参考“ON”条目中的内容。

“SV”：伺服跟踪电压。单位 V。取值范围（包含边界）：0~255。

“SPD”：伺服跟踪速度。单位 0.1mm/min。取值范围（包含边界）：1~255。

“WS”：电极丝丝速。越大丝速越快。取值范围（包含边界）：1~4。

“WT”：电极丝张力。越大张力越大。取值范围（包含边界）：100~2000。



图 3.48 电参数部分的编辑文本框

“电参数部分的编辑文本框”有目标值、当前值（可选）、上箭头、下箭头四部分组成。如图 3.48，目标值在文本框靠左的位置显示，当前值在文本框靠右的位置显示，上箭头在文本框右上角显示，下箭头在文本框右下角显示。下面分别介绍这些部分的“含义”和“功能”。

目标值：用户可以修改这一值，通过↓下载按钮来将目标值写入控制系统，使其变为当前值。

当前值：机床此时的参数值，如果此值与目标值相同（即用户没有进行修改，或已经下载了参数），则该值将被不会被显示。

上箭头：将当前参数值增加 1。

下箭头：将当前参数值减去 1。

参数号文本框的功能与电参数部分的编辑文本框相同，显示了当前的电参数号及目标电参数号。用户可以修改这一数值来将当前机床电参数写入或读出用户参数库。关于参数库的详细介绍，请参考 3.2.4.3 节的内容。此处仅介绍与加工相关的部分。

下面介绍参数号下方按键的功能。

“↶”：将所有电参数的目标值恢复为当前值。

“↓”：将所有电参数的目标值写入机床，使其成为当前值。所有电参数的目标值必须有效。

“↷”：从参数库中，读取索引为参数号的目标值的电参数，将其写入所有电参数的目标值。想要读取的索引必须存在于参数库中。

“↻”：将当前电参数写入参数库中索引为参数号目标值的电参数条目。参数号的目标值必须在用户参数和临时参数的范围内。关于用户参数和临时参数的范围，请参考 3.2.4.2 节的内容。

■ 加工信息

“加工信息”显示了加工已消耗的时间（小时:分钟:秒），以及当前加工速度（um/min）。当前加工速度的值仅作参考。

“条件暂停”开关可以用于设置 G 代码中的 M01 是否起作用。开启，则 M01 被忽略；关闭，则 M01 会暂停。

■ 机床当前状态

“机床当前状态”显示了与加工相关的警告信息。例如无电源、断丝、张力不足等。如果没有警告，则显示就绪。

■ 控制按钮

“控制按钮”共有 3 个，列举如下：

“▶”：开始或继续加工。如果加工还未开始，则开始加工。如果加工已暂停，则继续加工。如果加工已结束，则重新开始加工。如果加工文件为空（显示为“(无文件)”），则点击此按钮可以继续之前的某次加工或从单个文件开始一次新加工，如图 3.49 所示。

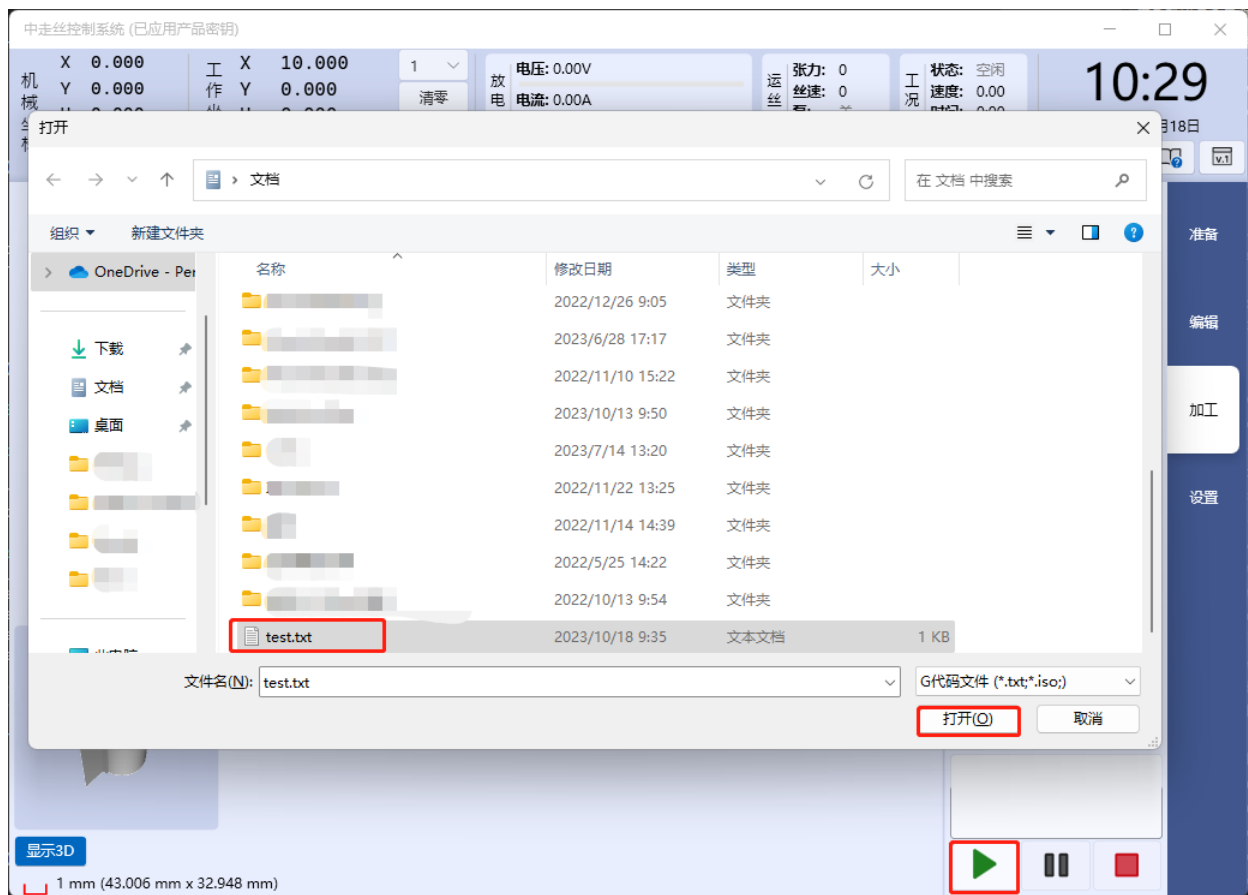


图 3.49 点击开始或继续加工按钮以继续加工或开始单文件新加工

操作步骤:

1. 在加工文件为空（显示为“（无文件）”）的情况下点击“▶”开始或继续加工按钮。
2. 在弹出的资源管理器的打开对话框中，选择目标 G 代码文件。
3. 点击打开。如果是继续之前的加工，则加工记录被加载。如是开始新的加工，且编译成功，则新的加工被创建，编译失败，则弹出形如图 3.47 的对话框。
4. 再次点击“▶”开始或继续加工按钮，开始加工。

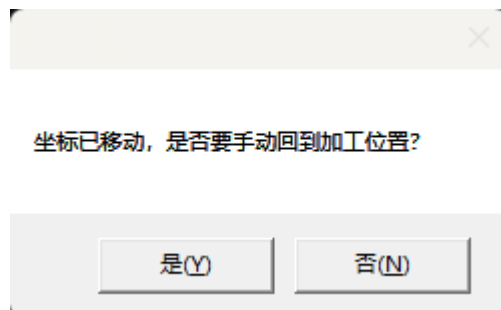


图 3.50 加工位置已移动

当继续加工时，如果当前机械坐标与上次加工暂停后机床的机械坐标不符，则会弹出图 3.50 的提示。必须将坐标返回至上次加工暂停后机床的位置，否则无法继续加工。

下面介绍如果当前机械坐标与上次加工暂停后机床的机械坐标不符时的处理方法。

操作步骤：

1. 在如图 3.50 弹出的窗口中，点击“是”按钮。
2. 控制软件会将界面转换到准备->移动界面，并且将其相对动子区域中填入需要移动的数值。点击相对动子区域中的执行，即可开始移动。关于准备->移动部分的说明，请参考 3.2.1.2 节。
3. 移动完毕后，返回加工界面，点击“▶”开始或继续加工按钮继续加工。

“||”：暂停加工。暂停当前的加工任务。

“■”：取消加工。取消当前的加工任务，加工任务的状态将会永久丢失。必须在暂停后才能取消任务。

3.2.4. 设置



图 3.51 设置

“设置”界面主要用于对机床进行整体配置，以及对参数库的管理如图 3.51 所示。

“设置”界面包含 3 个子模块：“软限位”、“参数库”、“加工”。

下面逐一介绍每个子模块。

3.2.4.1. 软限位

| 软限位 | | | | |
|-----|-----------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| X | <input type="checkbox"/> 启用 | - | <input type="text" value="0"/> | + <input type="text" value="400000"/> |
| Y | <input type="checkbox"/> 启用 | - | <input type="text" value="0"/> | + <input type="text" value="300000"/> |
| U | <input type="checkbox"/> 启用 | - | <input type="text" value="0"/> | + <input type="text" value="80000"/> |
| V | <input type="checkbox"/> 启用 | - | <input type="text" value="0"/> | + <input type="text" value="80000"/> |
| Z | <input type="checkbox"/> 启用 | - | <input type="text" value="0"/> | + <input type="text" value="200000"/> |

图 3.52 软限位

“软限位”子模块用于“开启”、“关闭”、“配置软限位”。

“软限位”配置共 5 行，分别对应 5 根轴。每行的第一个复选框对应该轴是否开启“软限位”，第一个文本框用于输入软限位的负向极限，第二个文本框用于输入软限位的正向极限。软限位开启时，机床的行程将被限制。使用手控盒或虚拟面板界面移动到“软限位”的边界时，机床将自动减速。如图 3.52 所示。

下面介绍可交互部分的功能。

启用： 开关。是否开启软限位。使能则开启，失能则关闭。

-： 软限位负极限。单位 um。

+：软限位正极限。单位 um。

3.2.4.2. 参数库



图 3.53 参数库

“参数库”用于“查询”、“管理”、“导出本机的加工参数”。为加工和 G 代码提供电参数和偏移量等工艺信息。如图 3.53 所示。参数库的组织形式为：

- 每条参数有一个全局唯一的索引，带有 1 种电参数组合和偏移量的信息。
- 每个库条目包含多条参数，分别对应加工的第 1 刀参数、第 2 刀参数……以此类推。

“参数”分为三类：“临时参数”、“系统参数”、“用户参数”。其的全局索引范围分别定义如下：

1-99：临时用户参数，用户可修改，G 代码中可进行定义。

100-999：系统参数，用户不可修改，G 代码中不可进行定义。

1000-1999：用户参数，用户可修改，G 代码中不可进行定义。

关于 G 代码如何定义电参数，请参看第 4 章的相关内容。

“库条目”分为两类：“系统库”、“用户库”。

“系统库”引用系统参数。“用户库”只能引用系统参数和用户参数。

“参数库”分为 4 个子模块：“参数库”、“库详情”、“参数表”、“参数编辑”。

下面分别介绍这些子模块。

3.2.4.2.1. 参数库



图 3.54 参数库子模块参数库

“参数库”子模块集中展示了本机储存的所有库条目，并且提供筛选查询功能，还能新增用户定义的库条目。筛选子区域包含了各类筛选条件选择框，结果子区域包含了符合筛选条件的库条目的集合。如图 3.54 所示。

“筛选”子区域中，如果对应条件选择了“-”，则不对该条件进行筛选。

“结果”子区域中，点击每一条最右方标有“↗”的按钮，则能跳转至库详情，对对应库条目进行“浏览”和“修改”。

“新建”按钮用于新建一条库条目，重载按钮用于手动刷新数据库。

下面介绍各筛选条目，以及结果子区域中表头的含义。

材料：工件材料。

丝径：电极丝的丝径。

工件厚度：工件的厚度，以 10mm 为一等级。

策略：加工的策略，精度优先还是效率优先。

加工次数：加工的刀数。

用户：是否属于用户定义的参数。

备注：库条目的额外信息。

3.2.4.2.2. 库详情



图 3.55 库详情

“库详情”列举了一条库条目的所有信息，包括其“属性”和“参数表”。“属性”可标记每条库条目，并用于筛选。“参数表”列举了库条目引用的参数。用户还可以将库条目的信息导出到 G 代码中。对于用户定义的库条目，用户可以修改其属性和参数表，对于系统定义的库条目，则只能进行浏览和导出。最下方的按钮用于保存、撤销修改，和删除此条库条目。如图 3.55 所示。

■ 属性

以下为每条属性的含义：

材料：工件材料。

丝径：电极丝的丝径。

工件厚度：工件的厚度，以 10mm 为一等级。

策略：加工的策略，精度优先还是效率优先。

加工次数：加工的刀数。

用户：是否属于用户定义的参数。

备注：库条目的额外信息。

■ 参数表

以“参数号：”起头的 1 个文本框和 2 个按钮用于向参数表中添加已有或新的参数。文本框内的值为想要引用或新增的参数号。以“导出模式：”起头的 2 个单选框和 2 个按钮用于将参数导出到 G 代码文件中。参数表内包含了参数的集合，从上至下分别为第一刀参数、第二刀参数……以此类推。每参数用右侧的按钮进行调整。

下面介绍每个可互动元素的功能。

- “参数号：”后的文本框：用于提供新建或引用的参数号。
- “参数号：”后的“引用”按钮：用于将已有的参数添加到参数表的末尾。用户可引用系统参数和用户参数，不可引用临时参数。

如何在用户库条目内引用：

1. 在“参数号：”后的文本框内输入一个已有的用户参数或系统参数号。
 2. 点击“引用”按钮，参数就被添加到了参数表的最后一行。
- “参数号：”后的“新建”按钮：用于定义一个指定索引的新参数。用户只能定义新用户参数。
 - “导出模式：”后的“参数号”选项：在导出的宏中直接引用参数号。
 - “导出模式：”后的“参数值”选项：在导出的宏中创建临时参数，将参数值赋值给临时参数。

关于如何使用宏定义，请参阅第 4 章的内容。

例 3.7：将某个库条目分别以参数号和参数值的模式导出的 G 代码头格式。

```
# 材质：，丝径：，工件高度：40mm，策略：，次数：3
# 参数号
`define ELEC_CUT1 141
`define ELEC_CUT2 142
`define ELEC_CUT3 143
# 参数值
`define ELEC_PAR1
`define ELEC_PAR2
`define ELEC_PAR3
# 偏移量
`define COMP_CUT1 131
`define COMP_CUT2 96
`define COMP_CUT3 86
```

代码 3.1 参数号模式导出

```
# 材质：，丝径：，工件高度：40mm，策略：，次数：3
# 参数号
`define ELEC_CUT1 1
`define ELEC_CUT2 2
`define ELEC_CUT3 3
# 参数值
`define ELEC_PAR1 E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000
`define ELEC_PAR2 E2 := 0 45 140 2 3 55 50 100 1000
`define ELEC_PAR3 E3 := 0 25 75 2 3 60 50 100 1500
# 偏移量
`define COMP_CUT1 131
`define COMP_CUT2 96
`define COMP_CUT3 86
```

代码 3.2 参数值模式导出

```
%

`ELEC_PAR1;
`ELEC_PAR2;
```

```
`ELEC_PAR3;

E`ELEC_CUT1;
M17;
G01X-1.451Y-9.075;

E`ELEC_CUT1;
G01X-0.158Y-0.988;
G41D`COMP_CUT1;
M98P1;
G40;
G01X0.189Y1.187;

E`ELEC_CUT2;
G01X-0.189Y-1.187;
G42D`COMP_CUT2;
M98P2;
G40;
G01X0.158Y0.988;

E`ELEC_CUT3;
G01X-0.158Y-0.988;
G41D`COMP_CUT3;
M98P1;
G40;
G01X0.189Y1.187;

E`ELEC_CUT1;
G01X1.975Y-0.315;
M18;

G00X1.451Y9.075;

M02;

N1;
G02X8.422Y-9.875I-1.578J-9.875;
G02X-20.Y0.I-10.J0.;
G02X9.572Y9.991I10.J0.;
M99;

N2;
G03X-9.572Y-9.991I0.428J-9.991;
G03X20.Y0.I10.J0.;
G03X-8.422Y9.875I-10.J0.;
M99;
```

代码 3.3 CAM 程序导出的 G 代码示例

说明：

“代码 3.1”为使用参数号模式导出的参数头，“代码 3.2”为使用参数值模式导出的参数头。

“代码 3.3”为控制软件适配的 CAM 软件生成的 G 代码（用户也可手工编写 G 代码）。“代码 3.1”和“代码 3.2”两者都可以被添加到“代码 3.3”的头部，组成一个完整的加工程序。其不同之处在于，“代码 3.1”的参数头直接引用了系统电参数，代码内部没有关于电参数的数值定义。而“代码 3.2”的参数头定义了临时电参数，代码内部对临时电参数使用参数库内的值进行了赋值。

- “导出模式：”后的“导出到文件”按钮：用于将参数导出到一个 G 代码文件中，并且跳转至编辑界面，已有参数头将被替换。
- “导出模式：”后的“复制到剪切板”按钮：用于将参数导出到剪切板中，用户自行对 G 代码文件进行修改。
- 参数条目中的“↑”按钮：将当前参数的位置向上移一行。
- 参数条目中的“↓”按钮：将当前参数的位置向下移一行。
- 参数条目中的“×”按钮：将对当前参数的引用从库条目参数表中删除。
- 参数条目中的“↗”按钮：在参数编辑子界面中查看和编辑此参数。

■ 下方按钮

“下方按钮”的功能列举如下：

保存按钮： 将对此库条目的修改保存到数据库中。

撤销按钮： 撤销此界面上的修改，将其复原成数据库中的值。

删除按钮： 删除此库条目。

3.2.4.2.3. 参数表

| 参数库 | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|------|----|-----|---------|---|
| 库详情 | | | | | | | | | | | | | |
| 参数表 | | | | | | | | | | | | | |
| 参数编辑 | | | | | | | | | | | | | |
| 编号 | MOD | ON | OFF | VP | IP | SV | SPD | WS | WT | 用户 | 偏移量 | 备注 | |
| 1 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 50 | 250 | 1000 | 是 | 0 | | ↗ |
| 2 | 0 | 45 | 140 | 2 | 3 | 55 | 50 | 100 | 1000 | 是 | 0 | | ↗ |
| 3 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 50 | 100 | 1500 | 是 | 0 | | ↗ |
| 111 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 200 | 250 | 1000 | 否 | 131 | 10mm第1刀 | ↗ |
| 112 | 0 | 45 | 140 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 1000 | 否 | 96 | 10mm第2刀 | ↗ |
| 113 | 0 | 15 | 45 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 1000 | 否 | 86 | 10mm第3刀 | ↗ |
| 121 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 100 | 250 | 1000 | 否 | 131 | 20mm第1刀 | ↗ |
| 122 | 0 | 45 | 140 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 1000 | 否 | 96 | 20mm第2刀 | ↗ |
| 123 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 1000 | 否 | 86 | 20mm第3刀 | ↗ |
| 131 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 67 | 250 | 1000 | 否 | 131 | 30mm第1刀 | ↗ |
| 132 | 0 | 45 | 140 | 2 | 3 | 55 | 67 | 100 | 1000 | 否 | 96 | 30mm第2刀 | ↗ |
| 133 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 55 | 67 | 100 | 1000 | 否 | 86 | 30mm第3刀 | ↗ |
| 141 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 50 | 250 | 1000 | 否 | 131 | 40mm第1刀 | ↗ |
| 142 | 0 | 45 | 140 | 2 | 3 | 55 | 50 | 100 | 1000 | 否 | 96 | 40mm第2刀 | ↗ |
| 143 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 50 | 100 | 1500 | 否 | 86 | 40mm第3刀 | ↗ |
| 144 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 60 | 20 | 100 | 1000 | 否 | 86 | 40mm第4刀 | ↗ |

新增:

图 3.56 参数表

“参数表”中列举了本机的所有参数条目，用户可在此浏览，新增参数条目。如图 3.56 所示。

表格中列举的各属性含义列举如下：

编号：全局唯一的索引，不同种类的参数索引范围不同，关于索引范围的定义，请参考 3.2.4.2 的开头部分。

“MOD”：加工模式。0 为不开启反电解电源，1 为开启反电解电源，2 为不开启反电解电源并开启梳状脉冲，3 为开启反电解电源并开启梳状脉冲。取值范围：0，1，2，3。

“ON”：脉冲开启时间。单位 0.1us。取值范围定义如下（包含边界）：

当 MOD 为 0 或 1 时：

当 IP 为 1 时，5~13。

当 IP 为 2 时，5~51。

当 IP 为 3 时，5~400。

当 IP 为 4 时，5~640。

当 MOD 为 2 或 3 时：

5~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“OFF”与“ON”的比值必须大于等于 2.5。

“OFF”：电参数，脉冲关闭时间。单位 0.1us。取值范围（包含边界）：1~65535。

“ON”值与“OFF”值之间的比例存在着显示，“ON”值与“OFF”的比值必须大于等于 2.5。

“VP”：电参数，工作电压。1 为 72V，2 为 96V，3 为 120V。取值范围：1，2，3。

“IP”：电参数，工作电感。1 为 0uH，2 为 8.5uH，3 为 25uH，4 为 50uH。取值范围：1，2，3，

4。

“IP”的取值将会影响“ON”的取值范围，请参考“ON”条目中的内容。

“SV”：电参数，伺服跟踪电压。单位 V。取值范围（包含边界）：1~255。

“SPD”：电参数，伺服跟踪速度。单位 0.1mm/min。取值范围（包含边界）：1~255。

“WS”：电参数，电极丝丝速。越大丝速越快。取值范围（包含边界）：1~255。

“WT”：电参数，电极丝张力。越大张力越大。取值范围（包含边界）：100~2000。

用户：是否为用户定义参数。

偏移量：工艺参数，每一刀进行多少距离的刀补。单位 um。

备注：额外信息。

下面介绍下方控件的作用：

“新增”后的文本框：用于输入新增用户参数的全局索引。

添加参数按钮：新增一个用户参数，以“新增”后的文本框内的数值为索引。索引必须未被使用，且在用户参数的范围内。

重载按钮：手动刷新新数据库。

3.2.4.2.4. 参数编辑

| 属性 | 值 | 用户 | 值 |
|-----|----------------|--------------------------|------|
| 编号 | 1041 | <input type="checkbox"/> | |
| MOD | 0 | | |
| ON | 290 | OFF | 900 |
| VP | 3 | IP | 4 |
| SV | 12 | SPD | 35 |
| WS | 4 | WT | 1000 |
| 偏移量 | 132 | | |
| 备注 | Cr12 40mm三次第1刀 | | |

| 材料 | 丝径 | 工件厚度 | 策略 | 加工次数 | 用户 | 备注 |
|------|------|------|----|------|----|------|
| Cr12 | 0.18 | 40mm | 精度 | 3 | 否 | 割一修二 |

图 3.57 参数编辑

“参数编辑”列举了本条参数的所有信息，包括其属性以及引用了它的库条目。属性包含了参数的“电参数”、“工艺参数”、“额外信息”。最下方的按钮用于保存、撤销修改，以及删除本条参数。用户只能修改用户参数和临时用户参数。对于系统参数，用户只可进行浏览。如图 3.57 所示。

每条属性的定义可参看 3.2.4.2.3 节，参数库引用表的定义以及“↗”箭头的作用可参看 3.2.4.2.1

节。

下面介绍最下方按钮的作用。

保存：将对用户参数的修改保存到数据库中。

撤销：撤销此界面上的修改，将其复原成数据库中的值。

删除：删除本条参数。在参数库引用为空的情况下才能删除参数。

3.2.4.3. 加工

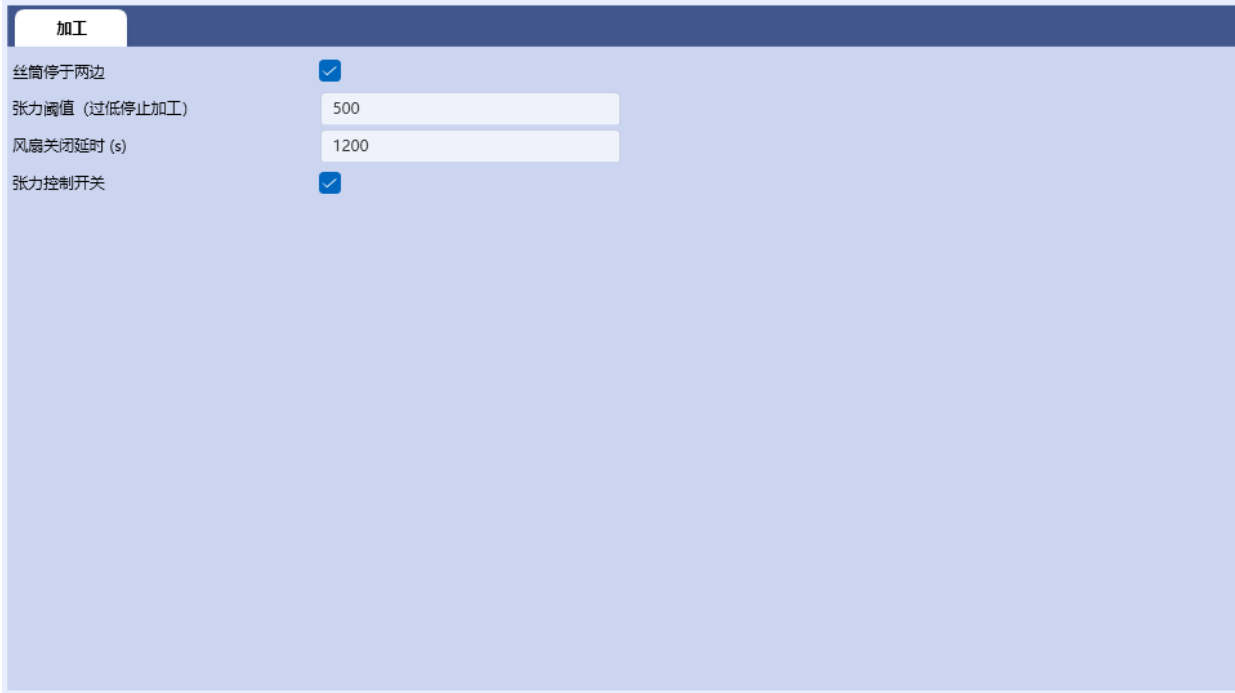


图 3.58 加工

“加工”设置用于对每次加工都起作用全局设置。如图 3.58 所示。其条目列举如下：

丝筒停于两边：开关。有效则丝筒在加工完成后停于丝筒的两边，无效则在原地停止。

张力阈值（过低停止加工）：数值。当张力低于设定值时，会弹出警告并暂停加工。

风扇关闭延时（s）：数值。停止加工后，间隔多少秒后关闭风扇。

张力控制开关：开关。是否使能加工时的张力控制，有效时开启张力控制，无效时关闭张力控制。

3.2.5. 上方面板

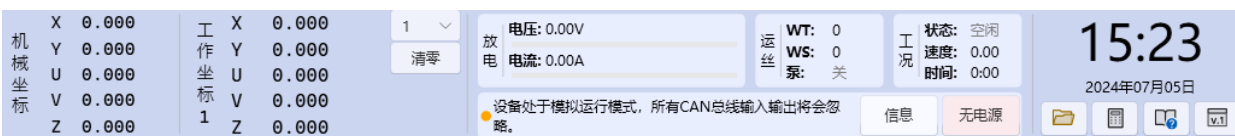


图 3.59 上方面板

“上方面板”展示了机床当前状态，以及信息提示。面板从左到右被分为 4 栏，第一栏显示了机械坐标，第二栏显示了当前活动的工作坐标以及对工作坐标的一些基本操作，第三栏显示了机床最主要的状态以及信息提示，第四栏显示了时间以及其他辅助功能。

下面分别介绍各栏的功能。

3.2.5.1. 坐标

“坐标”位于第一栏和第二栏的位置，分别是“机械坐标”和“工作坐标”。

第一栏展示了机床 5 轴各自的机械坐标，单位为 mm，只读。

第二栏展示了当前活动的工作坐标，同样也是五轴数据，单位为 mm。可以双击来修改其坐标值。

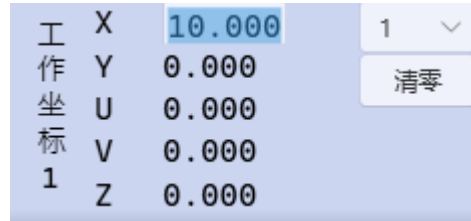


图 3.60 修改工作坐标的值

如图 3.60 所示，双击“工作坐标 N”（N 为 1-6 中的一个数字）右侧 X、Y、U、V、Z 右边的数字，数字就会被高亮并选中。此时，可以编辑坐标的值。完成编辑后，按 Enter（回车）键确认，坐标值即被改为新值。如果在过程中想要放弃修改，按 ESC 即可。

活动的工作坐标还可通过第二栏右侧的下拉框进行选择，一共有 6 个独立的工作坐标可供使用。

清零按钮用于将当前活动的工作坐标系所有轴的数据清零。

3.2.5.2. 状态和信息

“状态”和“信息”位于第三栏的位置。

上方左边区域展示了与放电相关的状态，为当前伺服电压和当前伺服电流，电压和电流均用数值和进度条来进行展示。注意，伺服电压和极间电压不同，是用于伺服计算时用到的电压，两者之间有线性关系，但并不相等。伺服电流在部分机型上没有采样，在这些机型上的值恒定为 0A。

上方中间区域展示了与运丝相关的状态。WT 为当前张力计给出的示数值，越大则张力越大。WS 为电极丝丝速，范围 0~4，越大丝速越快。泵显示了水泵是否打开。

上方右侧区域展示了与加工工况相关的状态。状态指示了当前机床处于加工还是空闲状态。速度为当前 XY 轴的合速度，单位为 mm/min。时间为当前加工已进行了多少时间。

下方区域展示了当前信息提示。信息提示由一个“色彩圆点”、“信息本体”、“历史信息按钮”和“状态浏览按钮”组成。

彩色圆点和信息本体共同展示了当前最后一条信息。彩色原点表示了当前信息的严重程度：红色代表“错误”，橙色代表“警告”，蓝色代表“消息”，绿色代表“无信息”。用户在确认完最后一条信息后，可以点击信息本体位置将信息清除。完成清除操作后，彩色圆点将变为“绿色”，信息本体将显示“无错误。”。



图 3.61 历史信息



图 3.62 状态浏览


“信息提示”区域的右侧存在两个按钮。左侧的按钮上显示“信息”，点击后会展示之前的历史信息队列，上方的信息最新。右侧的按钮为“状态浏览”，可以观察当前的机床的状态（与信息只出现一次不同，状态代表着一个连续的概念）。当动力电源没有开启时，右侧按钮有红色的呼吸动画，并且展示文字“无电源”，当动力电源开启时，右侧按钮上显示以数字，表示机床模态错误的数量（例如通讯错误和限位触发等）。


“信息窗口”和“状态窗口”均为一个列表，列表从左向右分别为消息的时间（状态则为当前时间），“消息来源”和“消息内容”。用户可以通过这些信息来判断当前的情况与可能的异常。


3.2.5.3. 辅助功能


“辅助功能”用于提供一些便捷的“操作”、“浏览帮助信息”、“查看产品详情”及“激活状况”。

“辅助功能”上方显示了当前系统时间。下方 4 个按钮的功能分别列举如下：

“”：打开系统资源管理器。

“”：打开系统计算器。

“”：打开帮助文档，即本文档。

“”：查看版本和激活信息。

下面说明版本和激活信息相关内容。



图 3.63 关于窗口

“关于窗口”列举了当前控制系统的版本信息，在产品维护和升级的过程中十分有用。

在已安装产品列表的右侧有 2 个按钮。复制信息按钮将已安装产品的信息以文本的形式放入剪贴板中，系统信息按钮则打开系统信息界面供用户检查。

在右上角，有两条蓝色的超链接，许可证状态可用于查看、设置许可证，许可条款可用于浏览本产

品的许可条款。用户必须在仔细阅读这些条款并且同意的情况下使用本产品。

下面介绍许可证状态。

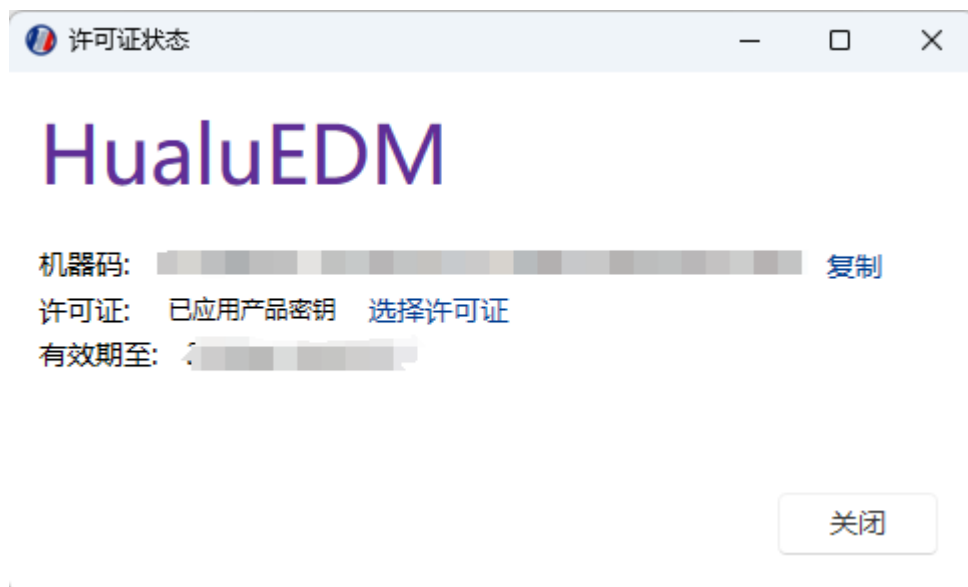


图 3.64 许可证状态

“许可证状态”可以用于检阅和更新许可证。许可证是厂商对于每台设备及控制系统的使用授权，不同设备有着不同的机器码，一份许可证唯一对应一个机器码。没有许可证或者许可证无效控制系统将无法进行加工。

机器码为英文和数字组成的字符串，点击复制可以将其保存到剪切板中。

许可证展示了当前许可证的状态，所有状态列举如下：

无许可证：没有加载许可证。请同产品方联系以获取许可证。

已应用产品密钥：当前许可证正常。

已过期：许可证已过期。请同产品方联系以获取许可证。

无效的许可证：许可证无效。可能错误使用了其他设备的许可证，请同产品方联系以更正许可证。

无公钥：公钥丢失。请重新安装控制软件。

日期错误：用户修改了系统时间。请将系统时间恢复为正常时间再打开本产品。

有效期为该许可证的过期时间。长期有效则为永久有效。

如何安装许可证：

1. 复制机器码，将机器码发送给厂商，获取许可证。
2. 将厂商提供的以.lic 为后缀的许可证文件复制到 D 盘合适的位置。
3. 打开图 3.64 所示的界面，点击“选择许可证”，在资源管理器的打开窗口中选中之前保存好的许可证文件。
4. 如果许可证有效，产品即被激活。重新启动控制软件即可正常使用。

3.2.6. 手控盒

使用“**手控盒**”可以方便地在现场执行一些常规的准备操作。“手控盒”的功能和“虚拟面板”近乎一致，只有细节上的一些不同。

“手控盒”按钮分为3类，列举如下：

“点动按钮”：当按键按下时有效，当按键松开时无效。

“开关按钮”：当按键按下时按钮将会产生状态切换。如果其右上角有LED灯，当按钮有效时，则灯亮起，当按钮无效时，灯灭。不同的开关按钮的状态与机床本身状态相关，不同按钮间也可能会有联动。

“命令按钮”：当按键按下时执行命令。

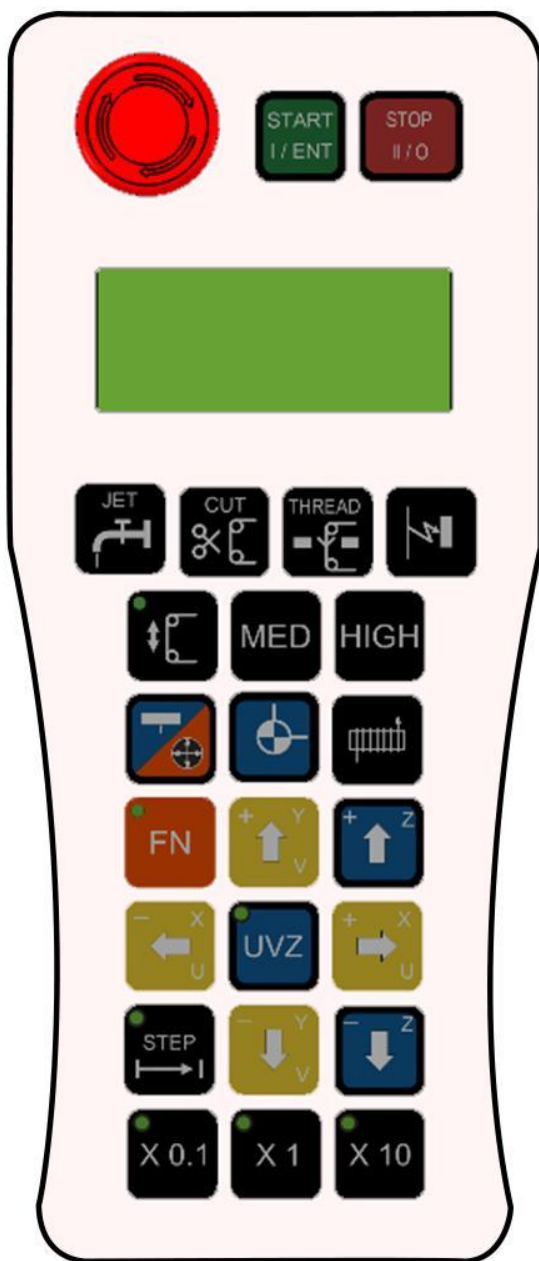


图 3.65 手控盒

“手控盒”的 LCD 面板分为 3 行，每一行的显示的内容如下：


第一行：如果“XY/UV”按钮无效，则显示当前工作坐标系的 X 轴坐标。如果“XY/UV”按钮有效，则显示当前工作坐标系的 U 坐标。

第二行：如果“XY/UV”按钮无效，则显示当前工作坐标系的 Y 轴坐标。如果“XY/UV”按钮有效，则显示当前工作坐标系的 V 坐标。


第三行：显示当前工作坐标系的 Z 坐标。

下面介绍手控盒各按钮的作用。




“”：开关按钮。按下后系统动力电掉电。弹出后，方可上动力电。




“”：命令按钮。继续当前的加工。




“”：命令按钮。暂停当前的加工或停止自动穿丝。




“”：点动按钮，用于正向移动 Y 轴或 V 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则正向移动 Y 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则正向移动 V 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮无效时为 Y 正限位，“XY/UV”按钮有效时为 V 轴正限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行 Y 正向对边。




“”：点动按钮，用于正向移动 Z 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了 Z 轴正向的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。




“”：点动按钮，用于负向移动 X 轴或 U 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则负向移动 X 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则负向移动 U 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮有效时为 X 负限位，“XY/UV”按钮无效时为 U 轴负限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行 X 负向对边。



“”：开关按钮，有 LED 灯，用于调整“↑”、“←”、“→”、“↓”各按钮的功能。如果无效（默认），LED 灯不亮，则“↑”为 Y 轴正向移动，“←”为 X 轴负向移动，“→”为 X 轴正向移动，“↓”为 Y 轴负向移动。如果有效，LED 灯亮，则“↑”为 V 轴正向移动，“←”为 U 轴负向移动，“→”为 U 轴正向移动，“↓”为 V 轴负向移动。



“”：点动按钮，用于正向移动 X 轴或 U 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则正向移动 X 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则正向移动 U 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮无效时为 X 正限位“XY/UV”按钮有效时为 U 轴正限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则

执行 X 正向对边。



“STEP”：开关按钮，有 LED 灯，使移动变为点动。当此按钮有效时，LED 灯亮，按下“↑”、“←”、“→”、“↓”、“↑Z”、“↓Z”按钮将仅移动 1 个单位（1um）。此按钮无效时，LED 灯不亮，按下“↑”、“←”、“→”、“↓”、“↑Z”、“↓Z”按钮将执行点动操作。按下此按钮将会使此按钮有效，“x0.1”、“x1”、“x10”按钮无效。



“XY/UV”：点动按钮，用于负向移动 Y 轴或 V 轴。如果“XY/UV”按钮无效，则负向移动 Y 轴，如果“XY/UV”按钮有效，则负向移动 V 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了相应方向（“XY/UV”按钮有效时为 Y 负限位，“XY/UV”按钮无效时为 V 轴负限位）的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。按钮不可用时，会呈现出图 3.5 中的样式。按钮右上角将会呈现出一个圆点，如果是橙色，则是触发了软件限位，如果是红色，则是触发了硬件限位。例外情况：当对边按钮有效时，此按钮被用于组合键，按下则执行 Y 负向对边。



“Z”：点动按钮，用于负向移动 Z 轴。此按钮是否可用与限位状态有关，如果触发了 Z 轴负向的硬件限位或软件限位（软件限位开启），则此按钮不可用。



“X 0.1”：开关按钮，将点动移动速度配置为“低速”。此按钮有效时，点动的移动速度为低速。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x1”、“x10”按钮无效。



“X 1”：开关按钮，将点动移动速度配置为中速。此按钮有效时，点动的移动速度为中速。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x0.1”、“x10”按钮无效。



“X 10”：开关按钮，将点动移动速度配置为高速。此按钮有效时，点动的移动速度为高速。按下此按钮将会使此按钮有效，“单步”、“x0.1”、“x1”按钮无效。



“JET”：开关按钮，切换喷流状态。此按钮有效时，喷流开启；此按钮无效时，喷流关闭。




“CUT”：命令按钮，执行切丝命令。按下此按钮执行自动穿丝中的切丝步骤。




“THREAD”：命令按钮，执行穿丝命令。按下此按钮执行自动穿丝中的穿丝步骤。




“”：开关按钮，切换高频状态。此按钮有效时，高频开启；此按钮无效时，高频关闭。




“”：开关按钮，有 LED 灯，低速运丝和运丝开关。此按钮有效时，丝筒低速运丝。当低速、中速、高速按钮之一有效时，LED 灯亮，按下此按钮则会停止运丝，使低速、中速、高速按钮无效。当低速、中速、高速按钮均无效时，LED 灯灭，按下此按钮会开始低速运丝。




“”：开关按钮，“中速”运丝。此按钮有效时，丝筒中速运丝。按下此按钮将会使此按钮有效，低速、高速按钮无效。




“”：开关按钮，“高速”运丝。此按钮有效时，丝筒高速运丝。按下此按钮将会使此按钮有效，“低速”、“中速”按钮无效。




“”：在“FN”无效时：开关按钮，执行对边。按下此按钮使其有效，然后按下“↑”、“←”、“→”、“↓”选择对边方向。“↑”为 Y 正向，“←”为 X 负向，“→”为 X 正向，“↓”为 Y 负向。按下相应方向后，对边命令开始执行，此按钮变为无效。如果在此按钮有效时按下除“↑”、“←”、“→”、“↓”外的其他按钮，则对边命令取消，此按钮变为无效。在“FN”有效时：命令按钮，执行对中。按下此按钮，会执行定中心操作，详细可参考 3.2.1.3.1 节。




“”：开关按钮，执行更多功能。如此按钮无效，按下此按钮则有效，如果此按钮有效，按下任何按钮会使其无效。



“”：命令按钮，清零当前工作坐标系。



“”：点动按钮，向左侧运丝（左侧是指从机床正面看去的左侧）。按住此按钮丝筒向左绕丝（上丝的方向），松开此按钮则停止绕丝。

4. 代码与编程

4.1. 标准

本机支持的数控编程为符合 ISO6983 标准的 G 代码，带有注释和宏扩展。对于标准中所定义的语法，本文仅作简略说明。详细请查询 ISO5983 文件以获取准确信息。

控制机用到的 G 代码的主要格式分类（Gernal format classification）为 DM544。即：

D: 支持定位、直线、圆弧。

M: 仅支持公制单位。

5: 5 轴受控制系统控制。

4: 4 轴受 NC 代码控制。

4: 4 轴同时插补。

控制机用到的 G 代码的详细格式分类（Detailed format classification）为如下字符串：

`%.:/.O04N04G02X+053Y+053U+053V+053I+053J+053E04M02P+053R+053D+053T+053L053H053*`

即：

代码以“%”开始。

对齐符号（也可称为上下异形）为“:”。

条件忽略语句以“/”开始。

显式小数点符号用“.”表示。

所有函数（Function）均支持省略起首 0。

O 最多支持 4 位。

N 最多支持 4 位。

G 最多支持 2 位。

X、Y、U、V、I、J 最多支持小数点前 5 位小数点后 3 位，支持“+”号。

E 最多支持 4 位。

M 最多支持 2 位。

P、R、D、T 最多支持小数点前 5 位小数点后 3 位，支持“+”号。

L、H 最多支持小数点前 5 位小数点后 3 位。

4.2. 语法规则

本节将介绍本机支持的 G 代码的语法规则。为了便于理解，会在举例中涉及一点语义（G 代码的含义）的部分。详细的语义将在 4.3 节中介绍。

4.2.1. 宏

本控制软件支持宏，宏在预处理器中完成解析。宏可以将参数头和 CAM 生成的 G 代码结合起来。

宏分为宏定义和宏引用。

宏定义是以“`define”符号开始的一行，语法结构为：

```
`define 关键字 内容
```

关键字可以由以字母开始的字母数字串组成，内容可以为任何元素。**例如：**

宏引用是以“`”开始的，非“define”的任何以字母开始的字母数字串，语法结构为：

```
`关键字
```

预处理器会将宏引用中的“`关键字”替换为相同关键字在宏定义中的内容。

例 4.1： 下面的代码

```
`define COMP_CUT1 131  
G41D`COMP_CUT1;
```

会被展开为：

```
G41D131;
```

4.2.2. 语法简介

预处理器处理完成后，代码转交给语法分析器，将对 G 代码进行分析，然后生成加工数据。

下面给出几个定义：

注释：以“#”开头，到行尾的字符串。如“# 注释”。或者以“(”开头，以“)”结尾的任何内容，可以嵌套。如“(注(注释)释)”。注释的内容会被完全忽略。

例 4.2： 下面代码中标绿的部分为注释。

```
# 材质： ， 丝径： ， 工件高度： 40mm， 策略： ， 次数： 3  
# 参数号  
`define ELEC_CUT1 1  
`define ELEC_CUT2 2  
`define ELEC_CUT3 3  
# 参数值  
`define ELEC_PAR1 E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000  
`define ELEC_PAR2 E2 := 0 45 140 2 3 55 50 100 1000  
`define ELEC_PAR3 E3 := 0 25 75 2 3 60 50 100 1500  
# 偏移量  
`define COMP_CUT1 131  
`define COMP_CUT2 96  
`define COMP_CUT3 86  
  
% (test.txt)  
`ELEC_PAR1;  
`ELEC_PAR2;  
`ELEC_PAR3;
```

字：以一个字母开始（Function）以及一个数结束的文本，如果数带有小数点，则数的单位为 mm，如果数不带有小数点，则数的单位为 um。如“X1.0”和“X1000”，它们的含义均为 X 轴移动 1.0mm。

电参数定义：以 Exxxx:=开始（xxxx 为数字），中间是 9 组整型数字，最后以封号“;”或回车“\n”结束。如：

```
E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000;
```

块：多个字组成的集合，以封号“;”或回车“\n”结束。如“G01X1.0Y1.0;”。或者块也可以是电参数定义。块代表了单条完整的指令。

正文：单个文件中，以第一个百分号“%”开始，加上一个封号“;”或回车“\n”，再加上多个块组成的集合，最后以第二个百分号“%”结束的文本。只有正文内的内容会被编译。

例 4.3：一份完整的 G 代码。

```
# 材质： ， 丝径： ， 工件高度： 40mm， 策略： ， 次数： 3
# 参数号
`define ELEC_CUT1 1
`define ELEC_CUT2 2
`define ELEC_CUT3 3
# 参数值
`define ELEC_PAR1 E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000
`define ELEC_PAR2 E2 := 0 45 140 2 3 55 50 100 1000
`define ELEC_PAR3 E3 := 0 25 75 2 3 60 50 100 1500
# 偏移量
`define COMP_CUT1 131
`define COMP_CUT2 96
`define COMP_CUT3 86

% (test.txt)
`ELEC_PAR1;
`ELEC_PAR2;
`ELEC_PAR3;

E` ELEC_CUT1;
M17;
G01X-1.451Y-9.075;

E` ELEC_CUT1;
G01X-0.158Y-0.988;
G41D`COMP_CUT1;
M98P1;
G40;
G01X0.189Y1.187;

E` ELEC_CUT2;
G01X-0.189Y-1.187;
G42D`COMP_CUT2;
M98P2;
G40;
G01X0.158Y0.988;

E` ELEC_CUT3;
```

```

G01X-0.158Y-0.988;
G41D`COMP_CUT3;
M98P1;
G40;
G01X0.189Y1.187;

E`ELEC_CUT1;
G01X1.975Y-0.315;
M18;

G00X1.451Y9.075;

M02;

N1;
G02X8.422Y-9.875I-1.578J-9.875;
G02X-20.Y0.I-10.J0.;
G02X9.572Y9.991I10.J0.;
M99;

N2;
G03X-9.572Y-9.991I0.428J-9.991;
G03X20.Y0.I10.J0.;
G03X-8.422Y9.875I-10.J0.;
M99;

%

```

4.3. 语义

本节介绍本机支持的 G 代码的语义。语义即 4.2.2 节介绍的各个语法元素（字、电参数定义、块等）在代码中的含义。本节不会详细介绍各条 G 代码的定义。

■ 解析器的状态

解析器根据其状态的不同，对 G 代码的解释也是不同的。但有 2 种字，它们的含义始终相同：

以 G 开头的字，改变解析器的状态。

以 M 开头的字，改变解析器和机床的状态。

以其他字母开头的字，根据解析器的状态会有不同的含义。当然，也有些字出现在代码任何位置时含义都是一样的（例如子段号 N）。

例 4.4：改变解析器状态。

```

G02;
X1.I0.5;
G03;
X1.I0.5;

```

```
G04X1.;  
X1.I0.5;
```

在例 4.4 中，第二行，第四行、第五行中，“X1.”的含义是不同的。第二行的 X 是指顺时针圆弧插补，X 轴正走 1mm。第四行的 X 是指逆时针圆弧插补，X 轴正走 1mm。第五行的 X 是指原地等待 1 秒。这就是 G 开头的字，改变了解析器状态。

不同的 G 开头的字和 M 开头的字，对解析器状态的改变能力是不同的。根据改变能力的不同，分为局部和全局 2 种。

改变能力是局部的，意味着只能改变所处块种的解析器状态，离开块后，解析器恢复到进入该块之前的状态。改变能力是全局的则不受此限制。

以 M 开头的字，改变能力都是局部的。

以 G 开头的字，改变能力有些是局部的，有些是全局的。

在例 4.4 中，G02 和 G03 这两种字都能跨越不同的块，使得所有出现在其后面 X 的含义发生改变，而 G04 则只能影响它所在块的 X 的含义，超出这一块，在第六行，X 的含义再次变为了逆时针圆弧插补，X 轴正走 1mm。

■ 机床的状态

以 M 开头的字（下面简称为 M 代码）可以改变机床除轴位置外的状态。举例说明，M17 让机床启动放电回路、水泵、丝筒等机构，M18 则让机床关闭这些机构。而从广义上来说，M02、M98、M99 这类可以改变控制流的字，也改变了机床的状态，因为它们改变了接下来机床执行什么数控功能。

■ 执行顺序

块是最小的执行单位，代表了单条完整的指令。一条完整的指令会分成三步执行：开始、轴运动、结尾。不同步骤会执行不同的操作：

开头：执行应当在开头执行的 M 代码。

轴运动：进行轴的插补运动。

结尾：执行应当在结尾执行的 M 代码。

在上一小节（机床的状态）中，介绍了以 M 开头的字改变机床状态的功能。改变机床状态的字，执行的时机并非为其出现的位置，而是会在其所处块的开头或者结尾执行，具体在两者中的那一时刻执行则取决于字。例如，“M02”、“M17”、“M98”、“M99”会在块的开头执行，M18 则会在块的结尾执行。在块的中部，则会执行伺服插补等工作。

为了防止不必要的混淆，作为一个良好的编程习惯，建议将 M 代码在单独的块中执行，即可避开执行顺序可能造成的问题。

■ 段号和子程序

本机使用到的 G 代码，有主段号和副段号的定义，主段号和副段号的组合共同定位了文件中的一个位置。使用 M98 可以调用对应段号下的程序。

主段号为以 O 开头的字。如“O1;”定义了此处为主段号 1。指定主段号时会顺便指定此处为次段号 0。

副段号为以 N 开头的字。副段号的作用域在主段号之内。如 “N1;” 定义了此处为副段号 1。

一个文件的头部默认以主段号 0 副段号 0 标记，主段号 0 和副段号 0 不能被显式定义和引用。

使用 M98 将跳转至一个由主段号和副段号共同指定的位置，而 M99 可以返回上一次 M98 调用的下一行位置。

在 M98 调用中，可以省略主段号或副段号。如果省略主段号，则默认采用 M98 自身所在的主段号。如果省略副段号，则调用目标主段号下的次段号 0。

可以通过例 4.5 进一步理解这部分的内容。

例 4.5：段号的定义和程序的调用

```
# 段号标记为(主段号/副段号)
%
# 此处(0/0)
E141;
M17;
M98O1P11; # 调用(1/11)
M02; # 执行至此，X 向右移动 1mm，Y 线上移动 2mm。

N11; # 此处(0/11)
G01X-2.;
M99;

N12; # 此处(0/12)
G01Y-2.;
M99;

O1; # 此处(1/0)
G01X1.;
N11; # 此处(1/11)
G01X1.;
M98P12; # 调用(1/12)
M99;

N12; #此处(1/12)
G01Y2.;
M99;
%
```

■ 电参数引用和定义

电参数的定义为如下固定格式的块：

```
E[电参数号] := [MODE] [ON] [OFF] [VP] [IP] [SV] [SPD] [WS] [WT];
```

将方括号及其内容替换成相应的数字即可。

电参数定义的电参数索引]必须在用户临时参数的范围内（1~99）。执行完此语句，参数库相应参数会被创建或覆盖。

调用电参数的块为：

```
E[电参数索引];
```

将方括号及其内容替换成相应的数字即可。

电参数号必须为参数库中存在的参数索引，可以为用户临时参数、用户参数、系统参数。执行完此语句，电参数就会被下载到机床硬件之中。

例 4.6: 电参数的引用和定义。

```
E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000; # 定义电参数条目, 索引为 1
E1; # 下载电参数
M17;
# ... 下面开始加工
```

4.4. G 代码与 M 代码列表

4.4.1. G 代码列表

| G 代码 | 组 | 功能 | 上电时 | 复位 M02 |
|------|----|-----------|-----|-----------|
| G00 | 01 | 跳步线性插补 | G00 | G00 |
| G01 | | 加工线性插补 | | |
| G02 | | 顺时针加工圆弧插补 | | |
| G03 | | 逆时针加工圆弧插补 | | |
| G04 | 00 | 延时 | / | / |
| G24 | | 锥补圆弧插入 | / | / |
| G40 | 07 | 关刀补 | G40 | G40 |
| G41 | | 刀补左偏 | | |
| G42 | | 刀补右偏 | | |
| G43 | 09 | 关拐角轨迹处理 | G43 | G43 |
| G44 | | 开拐角轨迹处理 | | |
| G45 | 21 | 关拐角能量处理 | G45 | G45 |
| G46 | | 开拐角能量处理 | | |
| G47 | 11 | 关缩放 | G47 | G47 |
| G48 | | 开缩放 | | |

| | | | | |
|-----|----|-----------|-----|-----|
| G50 | | 关锥度 | | |
| G51 | 08 | 锥度左偏 | G50 | G50 |
| G52 | | 锥度右偏 | | |
| G54 | 12 | 选中工作坐标 1 | G54 | 不变 |
| G55 | | 选中工作坐标 2 | | |
| G56 | | 选中工作坐标 3 | | |
| G57 | | 选中工作坐标 4 | | |
| G58 | | 选中工作坐标 5 | | |
| G59 | | 选中工作坐标 6 | | |
| G68 | 16 | 开图像旋转 | G69 | G69 |
| G69 | | 关图像旋转 | | |
| G70 | 22 | 关镜像 | G70 | G70 |
| G71 | | 开镜像 | | |
| G72 | 20 | 关 X/Y 轴调换 | G72 | G72 |
| G73 | | 开 X/Y 轴调换 | | |
| G90 | 03 | 绝对编程 | G91 | G91 |
| G91 | | 相对编程 | | |
| G92 | 00 | 设置工作坐标 | / | / |

备注：

1. 组号为 00 的 G 代码作用范围不是全局的，而是局部的。仅在自身所在的块中有效。
2. 组号不为 00 的 G 代码作用范围是全局的，他们始终有效，直到相同组号的 G 代码被调用。

4.4.2. M 代码列表

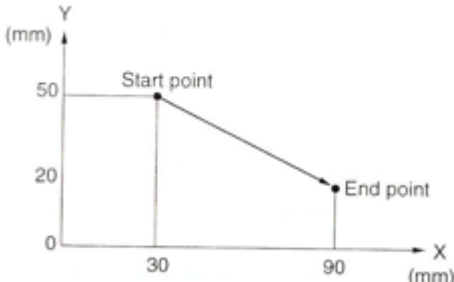
| M 代码 | 功能 | 在块前执行 | 在块后执行 |
|------|------|-------|-------|
| M00 | 用户暂停 | | ○ |
| M01 | 条件暂停 | | ○ |
| M02 | 程序结束 | | ○ |
| M17 | 开加工 | ○ | |
| M18 | 关加工 | | ○ |

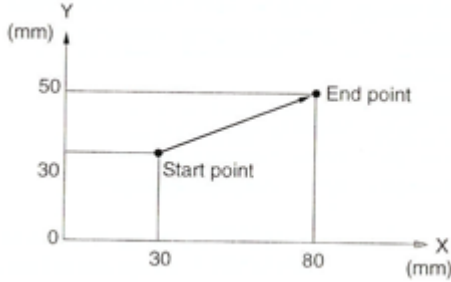
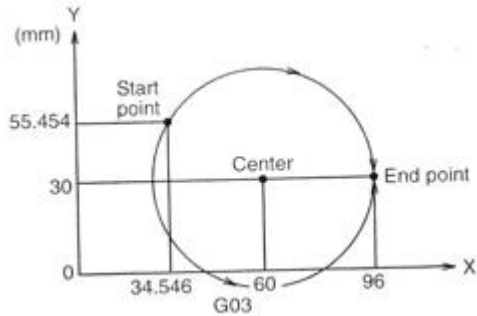
| | | | |
|-----|-------|--|---|
| M98 | 子程序调用 | | ○ |
| M99 | 退出子程序 | | ○ |


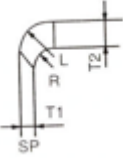
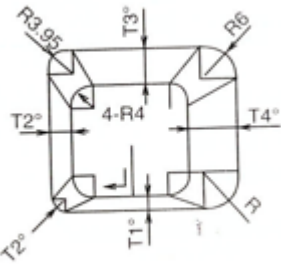
4.4.3. 其他代码列表

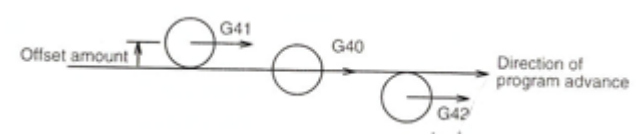
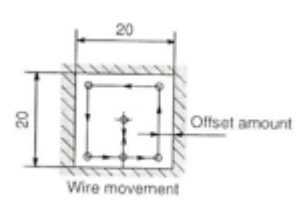
| | |
|---|-------|
| O | 主段号 |
| N | 副段号 |
| E | 调用电参数 |

4.4.4. G 代码说明

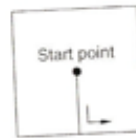
| 代码 | 功能 | 说明 |
|-----|--------|--|
| G00 | 跳步线性插补 | <p>最小参数数量：0 最多参数数量：4 必要参数：无 可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X：以当前点为原点，目标点的 X 坐标（G91 情况下） ■ Y：以当前点为原点，目标点的 Y 坐标（G91 情况下） ■ U：以当前点为原点，目标点的 U 坐标（G91 情况下） ■ V：以当前点为原点，目标点的 V 坐标（G91 情况下） <p>格式：{G90 G91}G00(X_)(Y_)(U_)(V_);</p>  <p>(增量) G91G00X60000Y-30000; (绝对) G90G00X90000Y20000;</p> |
| G01 | 加工线性插补 | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：4 必要参数：无 可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X：以当前点为原点，目标点的 X 坐标（G91 情况下） ■ Y：以当前点为原点，目标点的 Y 坐标（G91 情况下） ■ U：以当前点为原点，目标点的 U 坐标（G91 情况下） ■ V：以当前点为原点，目标点的 V 坐标（G91 情况下） <p>格式：{G90 G91}G01(X_)(Y_)(U_)(V_);</p> |

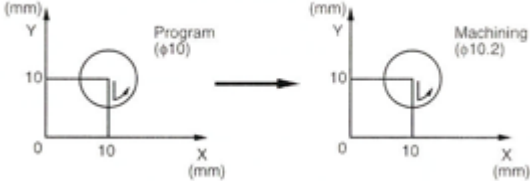
| | | |
|------------|--------------------------------|--|
| | |  <p>(增量) G91G01X50000Y20000; (绝对) G90G01X80000Y50000;</p> |
| G02 G03 | 顺时针加工圆弧 插补 逆时针加工圆弧 插补 | <p>最少参数数量: 0 最多参数数量: 4 必要参数: 无 可选参数:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X: 以当前点为原点, 目标点的 X 坐标 (G91 情况下) ■ Y: 以当前点为原点, 目标点的 Y 坐标 (G91 情况下) ■ I: 以当前点为原点, 圆心的 X 坐标 ■ J: 以当前点为原点, 圆心的 Y 坐标 ■ R: 圆半径, 超过 180° 时为负值 <p>格式: {G90 G91}G02(X_)(Y_)(I_)(J_); 或: {G90 G91}G02(X_)(Y_)(R_);</p> <p>I 和 J 总是为从起点到圆心的增量。</p>  <p>(增量) G91G02X61454Y-25454I25454J-25454 (绝对) G90G02X96000Y30000I25454J-25454;</p> <p>(增量) G91G03X61454Y-25454I25454J-25454; (绝对) G90G03X96000Y30000I25454J-25454;</p> |
| G04 | 延时 | <p>最少参数数量: 1 最多参数数量: 1 必要参数:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X: 延时时间。(带小数点为 s, 不带则为 ms) <p>可选参数: 无</p> |

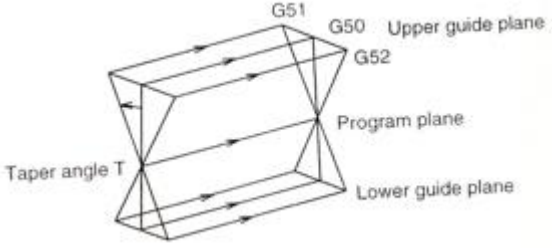
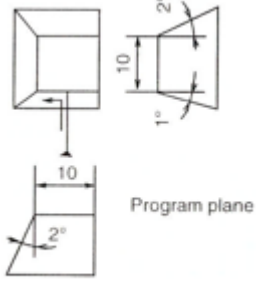
| | | |
|-----|--------|---|
| | | <p>格式: G04X_n;</p> <p><例 1> X2500: 延时 2.5 秒</p> <p><例 2> X2.5: 延时 2.5 秒。</p>  <p>G01Y5000 G04X2500 X5000 (加工暂停 2.5 秒, 然后移动 X 轴 5mm。 (如果正在加工, 则会进行原地加工))</p> |
| G24 | 圆弧锥补插入 | <p>最少参数数量: 0</p> <p>最多参数数量: 2</p> <p>必要参数: 无</p> <p>可选参数:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ L: 副平面上的圆弧半径。如果和编程面的值相等, 则副平面的圆弧大小与编程面相同。 ■ T: 需要变锥度的情况下, 在 G24 过后的锥度值。 <p>格式: G24(L_n)(T_n){G02}X_nY_nI_nJ_n;</p> <p>注意: G24 必须为圆弧, 且与前段后端相切。</p>  <p>上图副平面圆弧半径 20mm, 编程面圆弧半径为 4mm。</p> <p>% G92X0Y0; M17; G91G01Y-10000; G51T1000; X-6000; G24L2000T2000G02X-4000Y4000J4000; G01Y12000; G24L3950T3000G02X4000Y4000I4000; G01X12000; G24L6000T4000G02X4000Y-4000J-4000; G01Y-12000; G24T1000G02X-4000Y-4000I-4000; G01X-5700; X-300;</p>  |

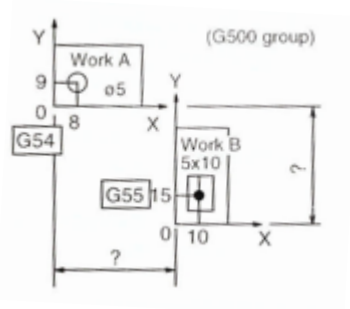
| | | |
|----------------------------|------------------------------|--|
| | | <p>G50Y10000; M02; %</p> |
| <p>G40 G41 G42</p> | <p>关刀补 刀补左偏 刀补右偏</p> | <p>关刀补: 最少参数数量: 0 最多参数数量: 0 必要参数: 无 可选参数: 无 刀补左偏、刀补右偏: 最少参数数量: 1 最多参数数量: 1 必要参数: ■ D: 偏移量。 格式: (G01){G41 G42}D_(X_)(Y_); (G01)G40(X_)(Y_);</p>  <p>% G92X0Y0; M17; G91G01Y-10000; G42D100; X10000; Y20000; X-20000; Y-20000; X9700; M00; X300; G40; Y10000; M02; %</p>  |
| <p>G43 G44</p> | <p>关拐角轨迹处理 开拐角轨迹处理</p> | <p>关拐角轨迹处理: 最少参数数量: 0 最多参数数量: 0 必要参数: 无</p> |

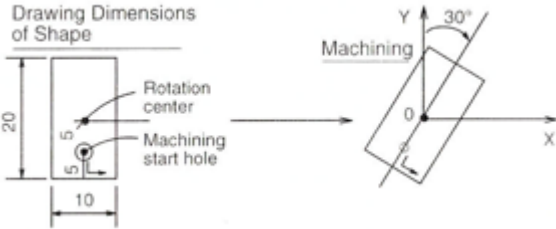
| | | |
|-----------------------|-------------------------------|---|
| | | <p>可选参数：无</p> <p>开拐角轨迹处理：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：1</p> <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ H：丝滞后量。 <p>格式：</p> <p>{G41 G42}G44H_(X_)(Y_);</p> <p>(G40)G43(X_)(Y_);</p> <p>注意：只有当刀补启用时才生效。</p> <p>注意：精密加工时，在第2刀开始输入 G43（关闭拐角轨迹处理）。</p> <p>%</p> <p>G92X0Y0;</p> <p>M17;</p> <p>G91;</p> <p>G01;</p> <p>G44H55;</p> <p>Y-10000;</p> <p>G42D100;</p> <p>X10000;</p> <p>Y20000;</p> <p>X-20000;</p> <p>Y-20000;</p> <p>X9700;</p> <p>M00;</p> <p>X300;</p> <p>G40G43; （此后拐角轨迹处理已被关闭）</p> <p>Y10000;</p> <p>M02;</p> <p>%</p> |
| <p>G45</p> <p>G46</p> | <p>关拐角能量处理</p> <p>开拐角能量处理</p> | <p>关拐角能量处理：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：0</p> <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：无</p> <p>开拐角能量处理：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：0</p> |

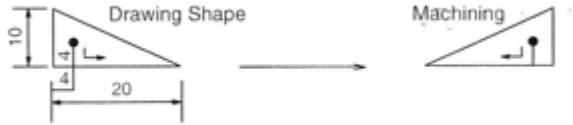


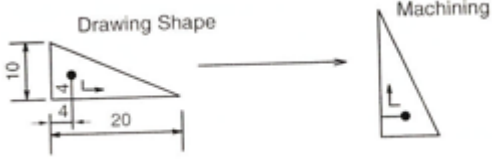
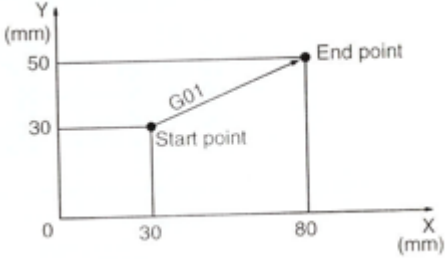
| | | |
|-----------------------|-----------------------|---|
| | | <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：无</p> <p>拐角能量处理能够在 2 刀以后改善拐角的质量，而拐角能量处理能够改善第 1 刀的拐角质量。</p> <p><例> 使用此方法进行精密加工</p> <pre> % O1; # 主程序 G44H30; # 开拐角轨迹控制 # ... 进行第一刀的加工 G43; # 关拐角轨迹控制 G46; # 开拐角能量控制 # ... 进行第二刀加工 # ... 进行第三刀加工 M02; # ... 定义加工子程序 %</pre> |
| <p>G47</p> <p>G48</p> | <p>开缩放</p> <p>关缩放</p> | <p>开缩放：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：0</p> <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：无</p> <p>关缩放：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：0</p> <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ P: 缩放比例 <p>格式：G48(P_);</p> <p>注意：如果 P 参数被省略，则加工参数中的 P 值将被使用。</p> <p><例>将圆放大 1.02 倍。</p>  <pre> % G92X10000Y10000;</pre> |

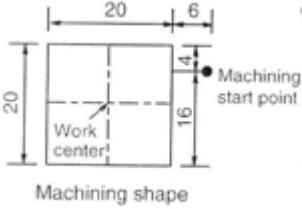
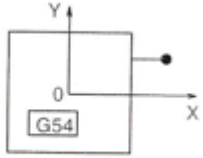
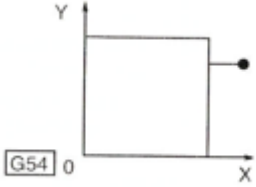
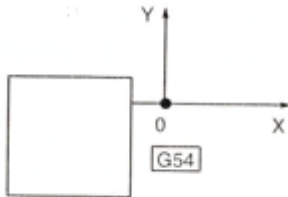
| | | |
|------------------------------|--------------------------------|---|
| | | <p>M17; G91; G48P1020; G01Y-5000; G03Y10000J5000; Y-10000J-5000; G01Y5000; M02; %</p> |
| <p>G50 G51 G52</p> | <p>关锥度 锥度左偏 锥度右偏</p> | <p>关锥度： 最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无 锥度左偏、锥度右偏： 最少参数数量：1 最多参数数量：1 必要参数： ■ T：锥度角度 可选参数：无 格式： (G01){G51 G52}T_(X_)(Y_);</p>  <p><例>在加工中更改锥度。</p> <pre> % G92X0Y0;M17; G91G01Y10000;G52T1000; X-5000; G52T2000;Y10000; X10000; G52T0;Y-10000; G52T1000;X-4700;M00; X-300; G50;Y-10000;M02; %</pre>  |

| | | |
|-----------------|---------------------------|---|
| | | 在锥加工中，还需要输入与锥加工相关的加工参数，详情请参考 3.2.2.5 节。 |
| G54 ~ G59 | 选中工作坐标 1 ~ 选中工作坐标 6 | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无 控制系统中共有 6 各工作坐标可供使用。</p> <p>% G55; G92X-92.765Y105.432; G54; G92X0Y0; G91; G00X8000Y9000; M17; G01Y-2500; G03Y5000J2500; G03Y-5000J-2500; G01Y2500; G00; G55; G90; X10.000Y15.000; M17; G91; G01Y5000; X-2500; Y-10000; X5000; Y10000; X-2500; Y-5000; M02; %</p>  |
| G68 G69 | 开图像旋转 关图像旋转 | <p>开图像旋转： 最小参数数量：0 最多参数数量：1 必要参数：无 可选参数： R：旋转度数（逆时针）</p> |

| | | |
|-----------------------|-----------------------|---|
| | | <p>关图像旋转：</p> <p>最小参数数量： 0</p> <p>最多参数数量： 0</p> <p>必要参数： 无</p> <p>可选参数： 无</p> <p>格式：</p> <p>G68(R_);</p> <p>G69;</p> <p>如果省略 R，则会使用加工参数中的设定值。</p> <p><例>旋转图形，但旋转中心与起割点不同。</p>  <pre data-bbox="528 981 699 1653"> % G92X0Y0; G91; G68R-30.; G00Y-5000; M17; G01;Y-5000; X5000; Y20000; X-10000; Y-20000; X4700;M00; X300; Y5000; G00Y5000; G69; M02; % </pre> |
| <p>G70</p> <p>G71</p> | <p>关镜像</p> <p>开镜像</p> | <p>关镜像：</p> <p>最少参数数量： 0</p> <p>最多参数数量： 0</p> <p>必要参数： 无</p> <p>可选参数： 无</p> <p>开镜像：</p> |

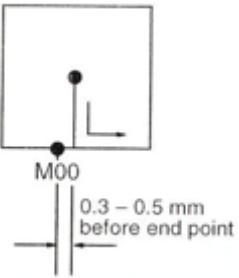
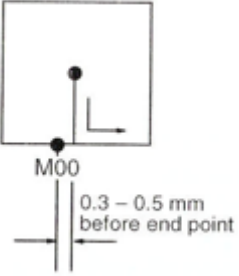
| | | |
|--------------------|--------------------------------|--|
| | | <p>最少参数数量：1 最多参数数量：1 必要参数：无 可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X: 0 为关, 1 为开。 ■ Y: 0 为关, 1 为开。 <p>格式： G71{X1 X0}{Y1 Y0}; G70;</p> <p><例>在加工中将工件镜像放置。</p>  <p>注意：可以在加工参数中，开启全局镜像。</p> <pre>% G92X0Y0; M17; G71X1Y0; G91;G01; Y-4000;X16000; X-20000Y10000; Y-10000; X3700;M00; X300; Y4000; M02; %</pre> |
| <p>G72 G73</p> | <p>关 X/Y 轴调换 开 X/Y 轴调换</p> | <p>关 X/Y 轴调换： 最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无</p> <p>开 X/Y 轴调换： 最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无</p> |

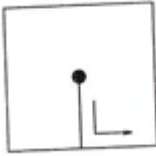
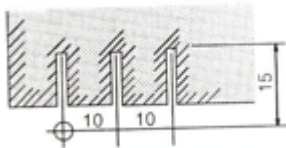
| | | |
|--------------------|----------------------|---|
| | | <p>注意：可以在加工参数中，开启 X/Y 轴调换。</p> <p><例>使用 G73 和 G72。</p> <pre> % G92X0Y0; M17; G73; G91;G01; Y-4000; X16000; X-20000Y10000; Y-10000; X3700;M02; X300; Y4000; G72; M02; %</pre>  |
| <p>G90 G91</p> | <p>绝对编程 相对编程</p> | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无</p>  <pre> G90G01X80000Y50000; # 绝对编程 G91G01X50000Y20000; # 相对编程 </pre> |
| <p>G92</p> | <p>设置工作坐标</p> | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：2 必要参数：无 可选参数：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ X：设置当前工作坐标系下 X 轴的坐标。 ■ Y：设置当前工作坐标系下 Y 轴的坐标。 <p>格式： G92(X_)(Y_);</p> <p><例>在加工开始时设置坐标。</p> |

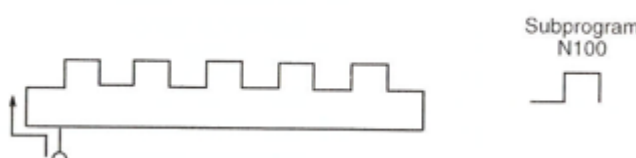
| | | |
|--|--|--|
| | |  <p>Machining shape</p> <p>若原点在工件中心： G54G92X16000Y6000;</p>  <p>若原点在工件角落： G54G92X26000Y16000;</p>  <p>若原点在加工开始处： G54G92X0Y0;</p>  |
|--|--|--|

4.4.5. M 代码说明

| | | |
|-----|------|---|
| M00 | 加工暂停 | <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：0</p> <p>必选参数：无</p> <p>可选参数：无</p> <p>加工到达 M00 时将暂时停止。</p> <p><例>进行一次单刀加工，并使工件不会掉下来。</p> |
|-----|------|---|

| | | |
|-----|------|--|
| | | <pre> % G92X0Y0;M17; G91G01Y-10000; X10000; Y20000; X-20000; Y-20000; X9700;M00; # 加工在此暂停，固定好 工件然后继续加工 X300; Y10000; M02; % </pre>  |
| M01 | 条件暂停 | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：0 必选参数：无 可选参数：无</p> <p>加工到达 M01 时将暂时停止。此功能仅当用户开启条件暂停时有效。 关于如何开启条件暂停，请参考 3.2.4.3 节。 <例>进行一次精细加工。</p> <pre> % G92X0Y0;M17; G91G01Y-10000; X10000; Y20000; X-20000; Y-20000; X9700;M01; # 第一次加工时，打开条 件加工，使加工在此暂停，以防止残料掉 落。 # 在第二次以及更后面的加工时，关闭条件加工，因为已不再需 要。 X300; Y10000; M02; % </pre>  |
| M02 | 加工结束 | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无</p> <p>加工到达 M02 时将停止。</p> |

| | | |
|------------|----------------|---|
| | | <p>注意：该指令应当在 G40 和 G50 状态下使用。</p> <pre> % G92X0Y0;M17; G91G01Y-10000; X10000; Y20000; X-20000; Y-20000; X9700;M00; X300; Y10000; M02; # 加工结束 %</pre>  |
| M17 M18 | 开加工 关加工 | <p>最少参数数量：0 最多参数数量：0 必要参数：无 可选参数：无 <例>窄缝加工。</p>  <pre> G92X0Y0; M17; E141; G91G01Y15000; M18; G00Y-15000; X10000; M17; G01Y15000;M18; G00Y-15000; X10000; G01Y15000;M18; G00Y-15000; X-20000; M02;</pre> |
| M98 M99 | 子程序调用 退出子程序 | <p>子程序调用： 最少参数数量：1 最多参数数量：4</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>必要参数：无</p> <p>可选参数：</p> <p>O：要调用的主段号。</p> <p>P：要调用的主段号下的副段号。</p> <p>R：重复次数（默认：R1）</p> <p>B：执行完子程序后，跳过多少段程序继续加工</p> <p>退出子程序：</p> <p>最少参数数量：0</p> <p>最多参数数量：2</p> <p>必要参数：0</p> <p>可选参数：</p> <p>P：执行完成后，返回到的副段号。如省略，则从 M98 调用后的下段继续。</p> <p>R：改变 M98 指定的 R。</p> <p>格式：</p> <p>M98(O_)(P_)(R_)(B_);</p> <p>M99(P_)(R_);</p> <p><例 1>在加工图形内部使用子程序。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <pre> % O1; G92X0Y0; M17; E141; G91G01;Y5000; X-5000; Y5000; M98P100R5; G01; X5000; Y-5000; X-49700; M00; X-300; Y-5000; M02; </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| | | <pre> N100; G01; X5000; Y5000; X5000; Y-5000; M99; % <例 2>用子程序和宏进行切割。 # 材质: , 丝径: , 工件高度: 40mm, 策略: , 次数: 3 # 参数号 `define ELEC_CUT1 1 `define ELEC_CUT2 2 `define ELEC_CUT3 3 # 参数值 `define ELEC_PAR1 E1 := 0 290 900 2 4 12 50 250 1000 `define ELEC_PAR2 E2 := 0 45 140 2 3 55 50 100 1000 `define ELEC_PAR3 E3 := 0 25 75 2 3 60 50 100 1500 # 偏移量 `define COMP_CUT1 131 `define COMP_CUT2 96 `define COMP_CUT3 86 % `ELEC_PAR1; `ELEC_PAR2; `ELEC_PAR3; E`ELEC_CUT1; M17; G01Y-5.; G01Y-5.; G42D`COMP_CUT1; M98P11; G40; G01Y5.; E`ELEC_CUT2; G01Y-5.; G41D`COMP_CUT2; M98P12; G40; G01Y5.; E`ELEC_CUT3; G01Y-5.; G42D`COMP_CUT3; M98P13; </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| | | <pre>G40; G01Y5.; M02; N11; G01; X-10.;Y20.;X20.;Y-20.;X-5.; M99; N12; G01; X5.;Y20.;X-20.;Y-20.;X10.; M99; N13; M98P11; M99; %</pre> |
|--|--|---|

4.5. 自动编程



自动编程软件生成的加工代码使用了参数宏，需要在加工机中，选择由加工参数组成的参数头，才能够进行加工。用户可以在加工机编辑界面的参数宏工具箱中，或者在加工机参数库的库详情中，为加工代码添加参数头。关于如何使用参数宏，请参考 4.2.1 节的内容。关于如何在参数宏工具箱内添加参数头，请参考 3.2.2.3.2 节的内容。关于如何在参数库中添加参数头，请参考 3.2.4.2.2 节的内容。

随本机附带有自动编程软件（下文简称 CAM）。自动编程软件可以通过图形化的方式，帮助用户生成常用的 G 代码。

4.5.1. 安装方式

本机附带的 CAM 软件依附于 AutoCAD，为 AutoCAD 下的插件。使用 VBA 进行编写，支持 AutoCAD 2004 及以后的版本。

4.5.1.1. 安装 VBA 组件

对于较新的 AutoCAD 版本，由于 VBA 引擎不再为其固有组件，因此需要安装对应版本的 AutoCAD VBA 模块。用户可以自行在 AutoCAD 官网进行下载安装，或者使用如下链接进行下载安装：

[Download the Microsoft VBA Module for AutoCAD \(autodesk.com\)](http://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/3kxk0RyvfwTfSfAIrcmsLQ.html)

<https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/tsarticles/ts/3kxk0RyvfwTfSfAIrcmsLQ.html>

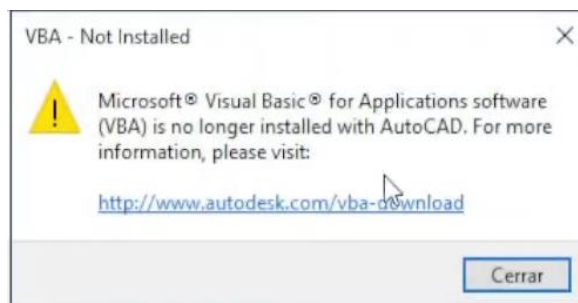


图 4.1 未安装 VBA 模块的情况

4.5.1.2. 保存 CAM 软件文件

CAM 软件由 2 个文件构成：“WedmCAM.lsp”和“WedmCAM.dvb”。其中，WedmCAM.lsp 用于加载插件本体文件 WedmCAM.dvb。用户应当将这 2 个文件保存在使用 CAM 的计算机的同一个文件夹中。

4.5.1.3. 显示菜单栏

对于较新版本的 AutoCAD，需要显示菜单栏才能使用本插件。操作方法如图 4.2 所示。

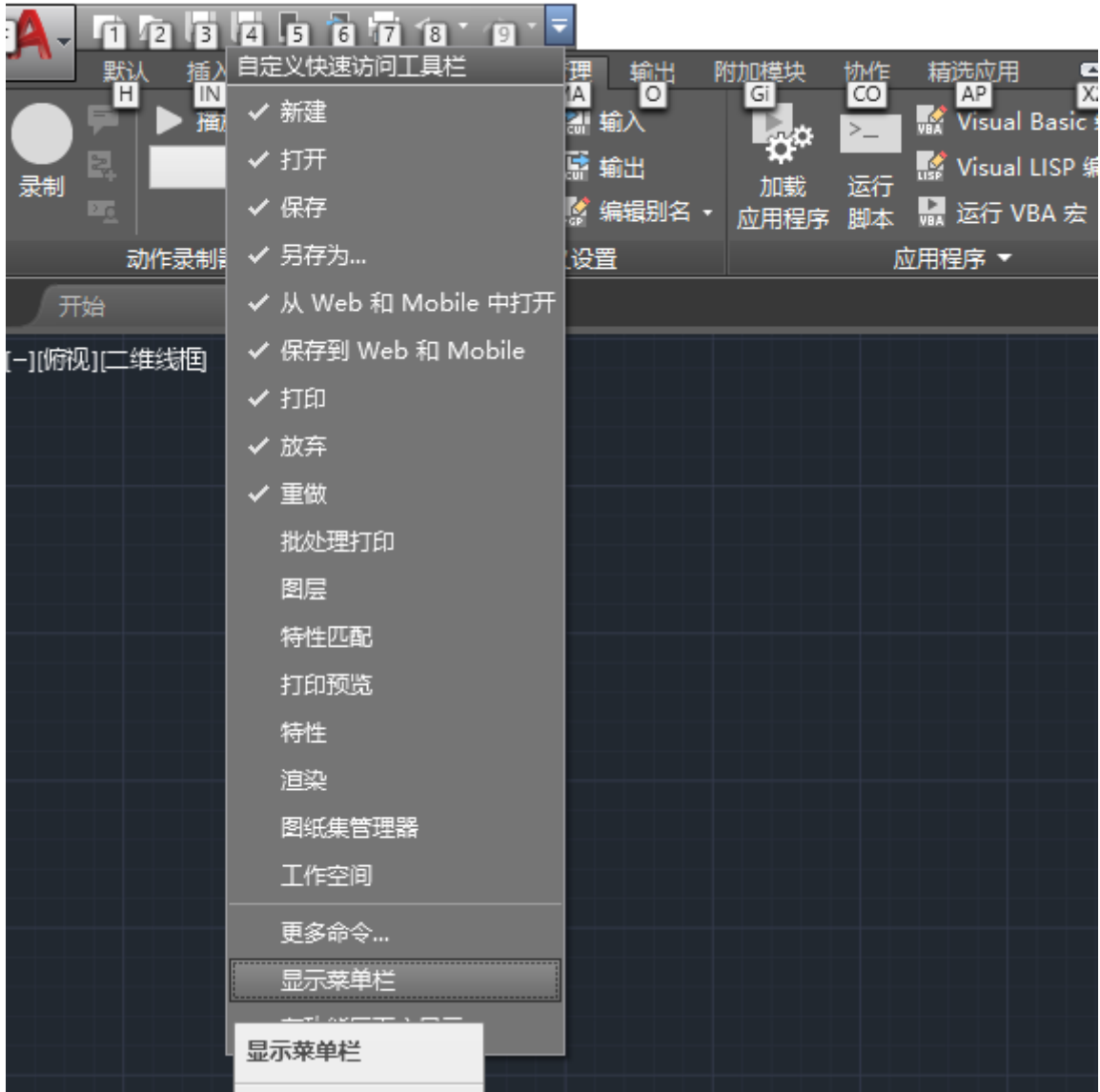


图 4.2 显示菜单栏

4.5.1.4. 添加到启动组

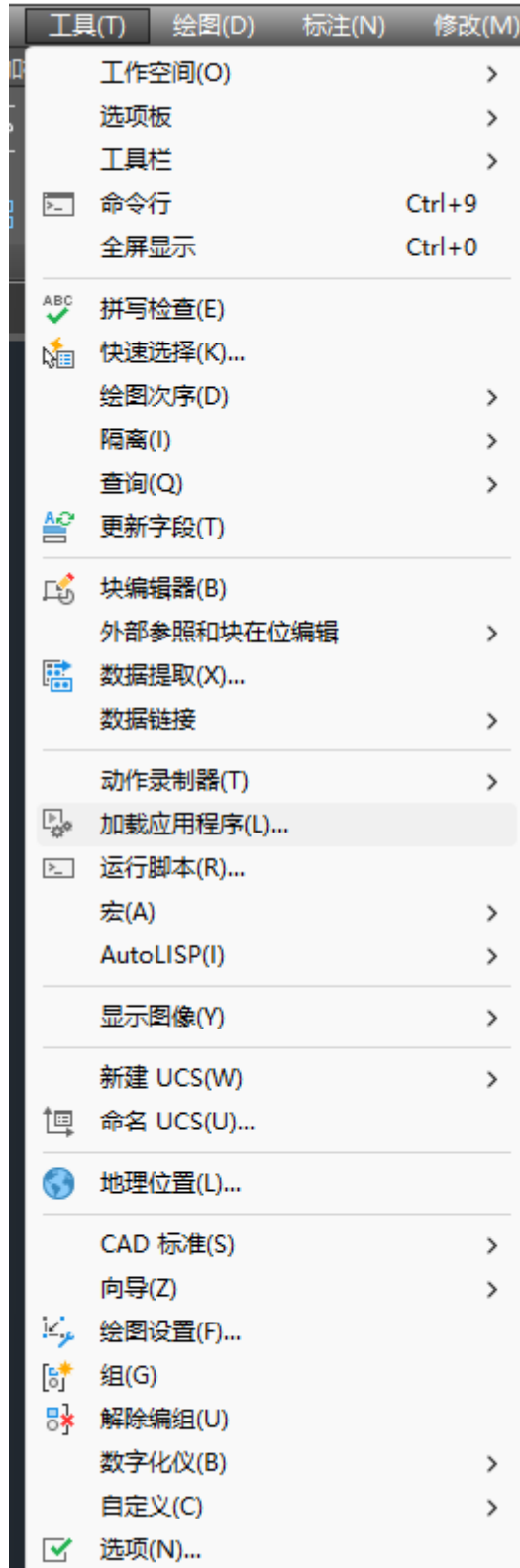


图 4.3 加载应用程序

点击“工具→加载应用程序”，打开菜单。

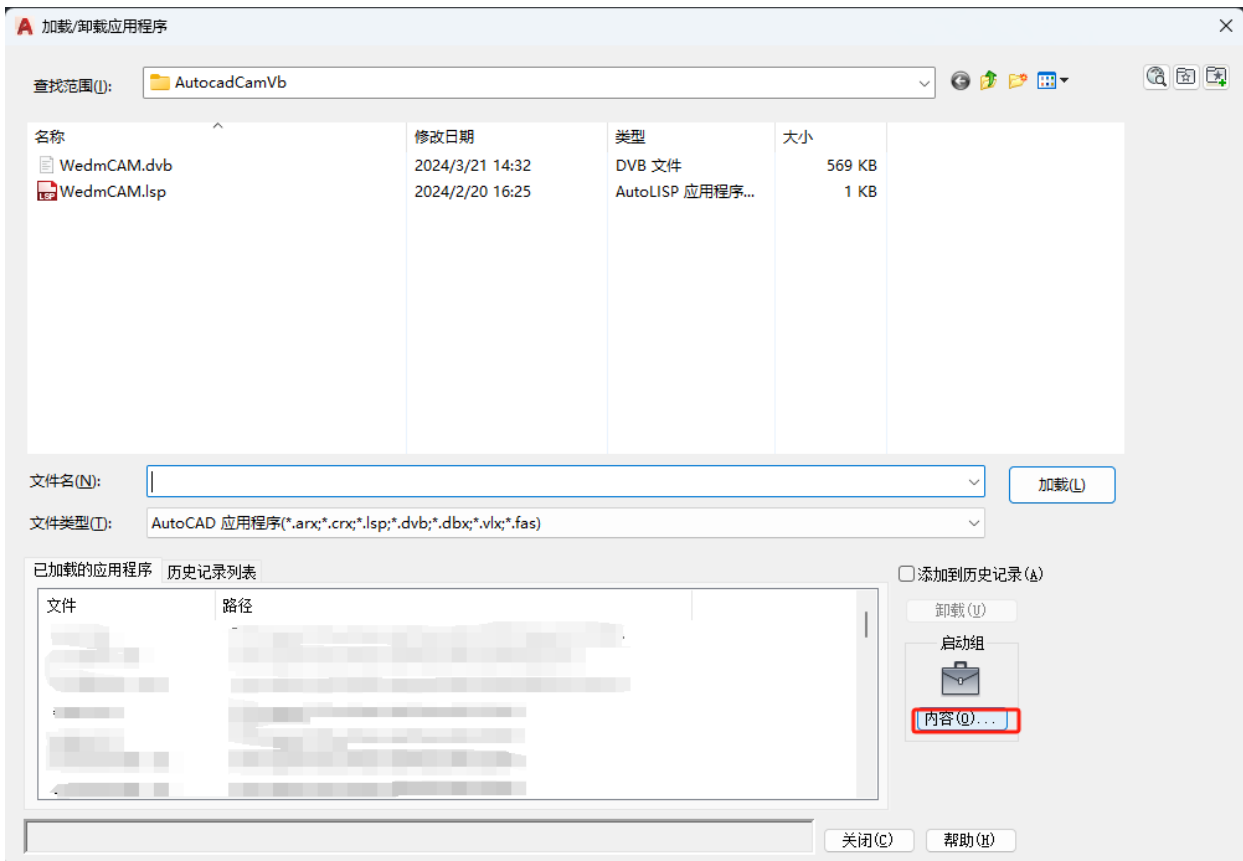


图 4.4 加载/卸载应用程序

点击“工具→加载应用程序”中的“内容”按钮。

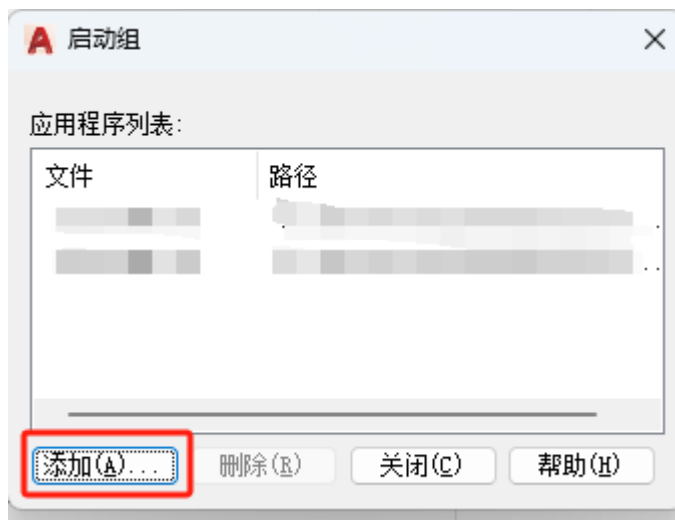


图 4.5 启动组

依次添加在 4.5.1.2 节中保存好的插件文件“WedmCAM.dvb”和“WedmCAM.lsp”，注意次序不能弄反。

添加完成后启动组应当如图 4.6 所示。

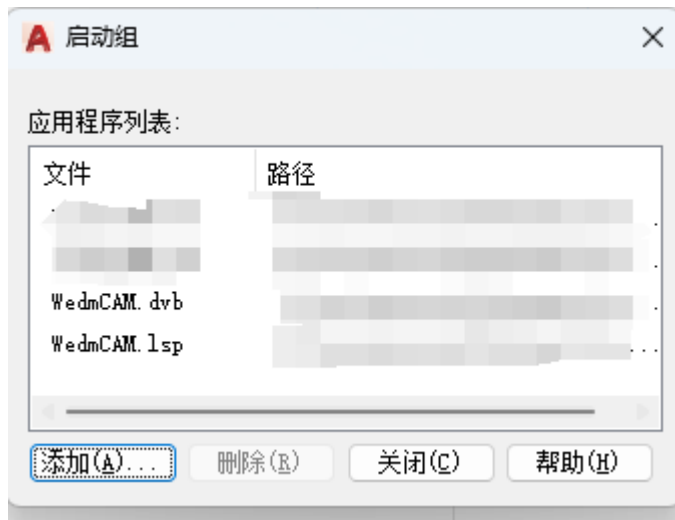


图 4.6 启动组添加完成后

4.5.1.5. 信任本插件

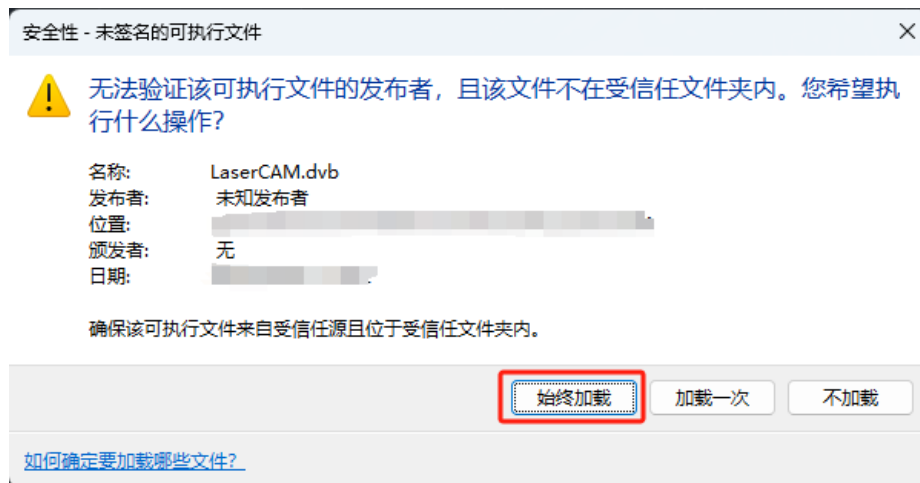


图 4.7 信任本插件

在第一次使用本插件时，对于较高版本的 AutoCAD（高于 2014），需要信任本插件 VBA 宏的运行。如图 4.7 所示。

4.5.1.6. 安装完成

正常安装后，在菜单栏内会显示“线切割”的菜单。



图 4.8 线切割菜单

4.5.2. 绘图与路径生成

本插件支持使用 CAD 进行加工路径的绘图。路径分为开路径和闭合路径 2 种。加工路径只能由以下 CAD 元素组成：直线、多段线、圆弧。其他类型的图形，如样条线等，必须经过处理后，转换为多段线才能使用。

下面解释几个名词。如图 4.9，这是使用本插件生成的轨迹，其加工路径为一个矩形。

穿丝点：整个加工的起点。如图中点 1。

起割点：多次加工的工艺检查点。如图中点 2。

加工起点：第一次加工路径上的起点。如图中点 3。

加工终点：第一次加工路径上的终点。如图中点 4。

退出点：多次加工的工艺检查点。如图中点 5。

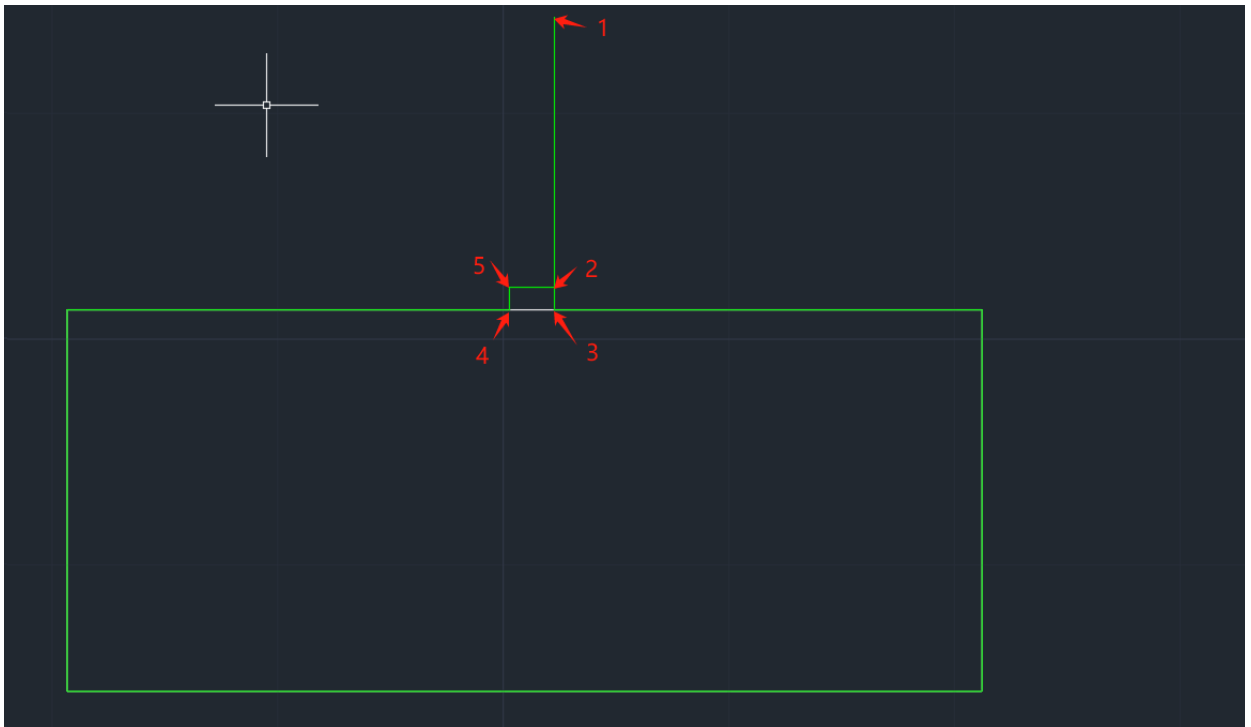


图 4.9 名词解释

完成路径的绘制后，点击菜单中的“线切割->生成路径”来生成加工路径。点击后，会弹出轨迹参数对话框。

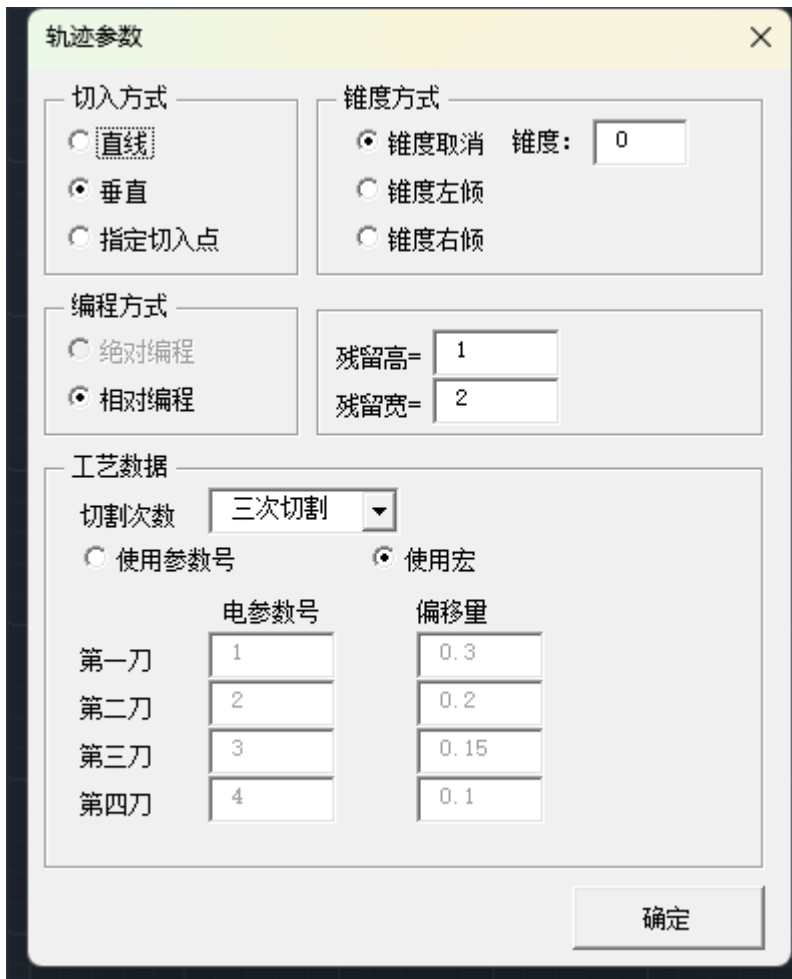


图 4.10 轨迹参数

下面分别解释轨迹参数对话框中的内容。

● 切入方式

描述切割时如何寻找切入点。

直线：以距离加工起点最近的路径的端点为切入点。

垂直：以距离加工起点最近的路径上的点为切入点。

指定切入点：手工指定路径上的一点为切入点。

● 锥度方式

锥度取消：不开启锥度加工。

锥度左倾：第一刀加工为锥度左倾（丝前进方向的左侧）。

锥度右倾：第一刀加工为锥度右倾（丝前进方向的右侧）。

● 编程方式

绝对编程：生成绝对坐标系下的代码（暂不支持）。

相对编程：生成相对坐标系下的代码。

残留高：残留块的高度（mm）。

残留宽：残留块的长度（mm）（闭合路径下有效）。

- 工艺数据

切割次数：来回加工、精修的次数总和。

使用参数号：使用机床上的参数号作为加工参数。

使用宏：使用宏来引用机床上的参数（推荐）。关于宏，请参考[错误!未找到引用源。](#)节。

- 参数表

在使用电参数号的情况下，使用的电参数号和偏移量列表。

确定好轨迹参数后，点击确定，根据提示拾取界面上的元素。

下面介绍路径拾取方式。

- 直线切入

1. 选择穿丝点。
2. 任选切割对象上的一点。
3. 选择方向。
4. 选择加工终点。（开路径的情况下）
5. 选择退出点。（开路径的情况下）

- 垂直切入

1. 选择穿丝点。
2. 任选切割对象上的一点。
3. 选择方向。
4. 选择加工终点。（开路径的情况下）
5. 选择退出点。（开路径的情况下）

- 指定切入点

1. 选择穿丝点。
2. 选择起始点。
3. 选择方向。
4. 选择加工终点。（开路径的情况下）
5. 选择退出点。（开路径的情况下）

完成轨迹生成后，生成的轨迹将被高亮为绿色或黄色。绿色代表刀补不存在或刀补为左偏，黄色代表刀补为右偏。图 4.9 展示的图形即为生成的轨迹。

4.5.3. 上下异形路径生成

点击菜单中的“线切割->生成上下异形”来生成上下异形加工路径。生成前需要先生成 2 条常规的加工路径作为主要路径（编程面）和次要路径。

下面介绍路径拾取方式。

1. 选择主要路径。

4.5.6. 配置网络

正确配置网络后，本插件可以将程序直接发送到网络上的控制软件中。

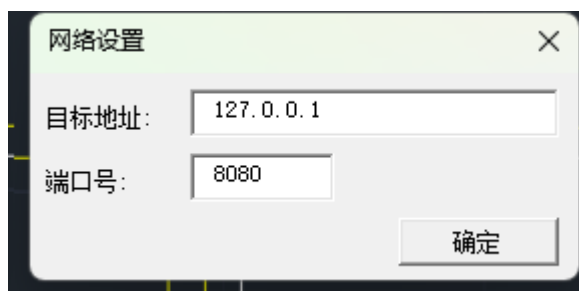


图 4.12 网络配置

网络配置界面如图 4.12 所示。下面介绍各配置项的功能。

目标地址：目标的 IP 地址。如果为本机，则为 127.0.0.1。

端口号：目标的端口号。默认情况下控制软件将监听 8080 端口。

请注意，控制软件监听 127.0.0.1:8080，并不是监听 0.0.0.0:8080。这意味着如果需要跨设备远程发送加工程序，需要正确配置反向代理。如何配置反向代理超出了本文的解释内容，请与相关技术人员联系。

5. 附录

提供用户一些多次切割的电参数和偏移量。这些参数应该根据加工情况来选用，譬如工件的材料和厚度、工作液的类型、电极丝的直径和张力的因素。这些参数是在以下条件的经验数据，在切割条件不同时，需要适当的调整参数。

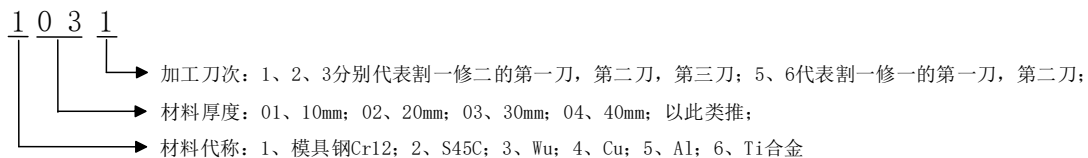
如果一些加工情况改变了，加工完成后的工件尺寸也可能有细微的变化。在这种情况下，用户可以相应的改变电极丝的偏移量。例如：加工凹模的型腔比预期的大了 10um，则将多次切割的偏移量都增加 5um，修改 G41, G42, G43 中对应的 D 参数，D001=141 D002=91 D003=72 改为 D001=146 D002=96 D003=77。或者在使用宏定义的情况下，也可以修改 COMP_CUT1、COMP_CUT2、COMP_CUT3 后面相应的数值。如果加工凸模的外形比预期的大了 10um，则将多次切割的偏移量都减小 5um，修改 G41, G42, G43 中对应的 D 参数，从 D001=141 D002=91 D003=72 改为 D001=136 D002=86 D003=67。或者在使用宏定义的情况下，也可以同样修改 COMP_CUT1、COMP_CUT2、COMP_CUT3 后面相应的数值。详细操作可参见本说明书 3.2.2 编辑章节的图 3.2.6。

在参数表的基础上：适当的增大第一刀切割的脉宽，可以提高切割效率。适当的降低修刀时的丝速，可以改善表面光洁度。如果使用去离子水（或纯净水）配制工作液，并适当加大 OFF/ON 的间隔比，可以减轻工件上的黑白条纹。当使用窄脉宽修刀时，如果电压表显示的电压值很低导致修刀速度过慢，则可以适当提高脉冲电源的电压或提高加工速度。

HL400 控制机具备割一修一、割一修二（40mm 厚，Ra0.9）的加工参数。为了取得较好的加工表面质量，建议使用 DIC206 水溶性线切割工作液和去离子水（或纯净水）配制工作液。

HL400 控制机配备钛合金加工功能，通过选择合适的电参数，可以使加工后的钛合金不变色，并保持材质的完整性。增大 OFF/ON 的间隔比、开启反电解电源模式(MOD=1)，适当降低加工电压(VP)，可以提高钛合金加工的保护效果，但也会牺牲部分加工效率。适当提高速度档位（SPD），增大修刀量也有助于钛合金的保护。

随着研发的不断创新，本数据库也随时可能更新，恕不另行通知，敬请谅解。



5.1. 参数库

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:10mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 100 | 250 | 120 |
| 2 | 0 | 15 | 45 | 2 | 3 | 60 | 100 | 100 | 90 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:10mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 200 | 250 | 135 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 100 |
| 3 | 1 | 15 | 45 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 90 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:20mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 100 | 250 | 118 |
| 2 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 88 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:20mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 100 | 250 | 132 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 97 |
| 3 | 1 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 87 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:30mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 100 | 250 | 123 |
| 2 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 88 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:30mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 67 | 250 | 132 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 50 | 80 | 100 | 97 |
| 3 | 1 | 20 | 60 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 87 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:40mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 50 | 250 | 127 |
| 2 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 92 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:40mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 35 | 250 | 132 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 55 | 80 | 100 | 97 |
| 3 | 1 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 87 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:50mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 30 | 250 | 127 |
| 2 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 50 | 60 | 100 | 92 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:50mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 35 | 250 | 139 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 55 | 80 | 100 | 104 |
| 3 | 1 | 25 | 75 | 2 | 3 | 40 | 80 | 100 | 89 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:60mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径:φ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 126 |
| 2 | 0 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 91 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:60mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 139 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 50 | 55 | 100 | 104 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 89 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:80mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 125 |
| 2 | 0 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 90 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:80mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 2000 | 3 | 3 | 5 | 20 | 250 | 139 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 55 | 20 | 100 | 104 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 50 | 20 | 100 | 89 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:100mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 30 | 250 | 125 |
| 2 | 0 | 30 | 100 | 3 | 2 | 60 | 20 | 150 | 90 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:100mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 2000 | 3 | 3 | 5 | 20 | 250 | 139 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 55 | 20 | 150 | 104 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 40 | 20 | 100 | 89 |

工件材料:Cr12,SKD-11 工件厚度:200mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径:φ0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 2000 | 3 | 3 | 7 | 10 | 250 | 128 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 70 | 10 | 150 | 98 |
| 3 | 1 | 38 | 115 | 3 | 2 | 70 | 10 | 120 | 90 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:10mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 100 | 250 | 125 |
| 2 | 0 | 15 | 45 | 2 | 3 | 60 | 100 | 100 | 90 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:10mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 200 | 250 | 145 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 110 |
| 3 | 1 | 15 | 45 | 2 | 3 | 60 | 200 | 100 | 90 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:20mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 2 | 4 | 12 | 100 | 250 | 123 |
| 2 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 88 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:20mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 100 | 250 | 147 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 107 |
| 3 | 1 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 87 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:30mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 100 | 250 | 128 |
| 2 | 0 | 20 | 60 | 2 | 3 | 55 | 100 | 100 | 88 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:30mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 67 | 250 | 147 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 50 | 80 | 100 | 107 |
| 3 | 1 | 20 | 60 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 87 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:40mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 50 | 250 | 127 |
| 2 | 0 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 92 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:40mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 35 | 250 | 132 |
| 2 | 0 | 45 | 240 | 2 | 3 | 55 | 80 | 100 | 97 |
| 3 | 1 | 25 | 75 | 2 | 3 | 60 | 80 | 100 | 87 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:60mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 129 |
| 2 | 0 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 89 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:60mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 140 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 50 | 55 | 120 | 100 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 75 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:80mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 1600 | 3 | 3 | 12 | 32 | 250 | 125 |
| 2 | 0 | 30 | 90 | 3 | 2 | 60 | 60 | 100 | 90 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:80mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: $\phi 0.18\text{mm}$

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 2000 | 3 | 3 | 5 | 20 | 250 | 140 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 55 | 20 | 100 | 105 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 50 | 20 | 100 | 85 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:100mm 割一修一 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 290 | 900 | 3 | 4 | 12 | 30 | 250 | 124 |
| 2 | 0 | 30 | 100 | 3 | 2 | 60 | 20 | 150 | 89 |

工件材料: 45#,S45C 工件厚度:100mm 割一修二 工作液:DIC206 钼丝直径: ϕ 0.18mm

| 切割 次序 | MOD 模式 | ON 脉宽 | OFF 脉间 | VP 电压 | IP 电感 | SV 跟踪 | SPD 速度 | WS 丝速 | D 偏移量 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 400 | 2000 | 3 | 3 | 5 | 20 | 250 | 135 |
| 2 | 0 | 70 | 500 | 3 | 3 | 55 | 20 | 150 | 100 |
| 3 | 1 | 30 | 90 | 3 | 2 | 40 | 20 | 100 | 85 |