



警告

所有安装工作须由具合格资历的技师进行，
并遵守相关法律及规定。





Hi5a 控制器功能说明书

协作控制





本手册内的信息为 **Hyundai Robotics** 所有。
未经 **Hyundai Robotics** 书面授权、不得复制全部或部分内容。
本手册不得提供给第三方、不得用于其它用途。

Hyundai Robotics 保留不经过事先通知而修改本手册的权利。

韩国语印刷 - 2023 年 6 月、第 3 版
Hyundai Robotics Co., Ltd. 版权所有© 2023

地址: 北京市朝阳区望京东路 8 号 锐创国际中心 A 座 1101 室
电话: 010 8417-7788
主页 : www.hyundai-robotics.com



目 录

1. 概要	1-1
1.1. 多机器人协作功能概要	1-2
1.2. 主要功能	1-3
1.2.1. 主要功能规格	1-3
1.2.2. 功能特点	1-4
1.3. 操作顺序	1-5
2. 系统设置	2-1
2.1. 硬件安装	2-2
2.1.1. 连接紧急停止装置	2-2
2.1.2. 网络结构	2-4
2.1.3. 确认网络连接	2-5
2.2. 控制器设置	2-6
2.3. 协作机器人共同坐标系设置	2-8
2.3.1. 共同坐标系设置概要	2-8
2.3.2. 2台以上机器人的共同坐标系	2-9
2.3.3. 行走轴系统	2-10
2.3.4. 共同坐标系设置	2-11
3. 手动模式协作操作	3-1
3.1. 功能键 (F-Key) 注册	3-2
3.2. 独立模式/协作模式切换	3-3
3.2.1. 操作键 (key) 来切换模式	3-3
3.3. 手动模式协作操作	3-7
3.3.1. 设置主机器人与从机器人	3-7
3.4. 协作行走轴点动 (JOG)	3-9
3.5. CMOV 记录模式点动 (JOG)	3-10
3.6. 检测协作机器人之间机械臂干涉及软极限 (softlimit)	3-11
3.6.1. 检测对象错误	3-11
3.6.2. 解除错误	3-12
4. 协作运动示教	4-1
4.1. COWORK 函数	4-2
4.1.1. 函数参数	4-2
4.1.2. COWORK 函数的使用方法	4-3
4.2. 示教并编写协作搬运用 (handling) 程序	4-5
4.3. CMOV 指令	4-8
4.4. 弧焊及涂胶用示教 (无夹具协作控制)	4-9
4.5. 确认 CMOV 记录位置	4-13
4.6. 定位器主机系统	4-15

4.6.1. 定位器主机点动 (JOG)	4-15
4.6.2. 定位器主机的示教与再生	4-16
5. 协作运动再生	5-1
5.1. 协作再生概要	5-2
5.2. 在手动模式下确认程序	5-5
5.3. 在自动模式下再生	5-7
5.4. 协作再生停止/重启	5-8
5.5. 机器人锁定功能 (Robot Lock Playback)	5-9
6. HiNet I/O 功能	6-1
6.1. HiNet I/O 概要	6-2
6.2. HiNet I/O 指令语句	6-5
6.2.1. DE 指令语句	6-5
6.2.2. GE 指令语句	6-5
6.3. 适用示例	6-6
7. 协作控制电弧焊	7-1
7.1. 电弧传感 (Arc Sensing) 信息数据说明	7-2
7.1.1. 绘制电弧传感波形	7-2
7.2. 操作	7-5
8. 服务功能	8-1
8.1. 协作控制状态显示屏	8-2
8.2. HiNet I/O 显示屏	8-4
8.3. 手动输出功能	8-5
8.4. R code	8-6
9. 错误代码	9-1
9.1. 警告 (Warning)	9-2
9.2. 系统错误 (System Error)	9-4
9.3. 操作错误 (Operation Error)	9-5

图纸目录

图 1.1 多机器人协作功能	1-2
图 1.2 无夹具协作控制 (Jigless Cooperation)	1-3
图 2.1 机器人协作用急停连接线	2-3
图 2.2 以太网状态确认框	2-5
图 2.3 协作控制 (HiRoboLink) 许可证密钥选项设置	2-7
图 2.4 设置协作机器人之间的共同坐标系	2-8
图 2.5 设置 2 台以上机器人的共同坐标系	2-9
图 2.6 构成协作控制所需的行走轴系统	2-10
图 2.7 不同机器人的共同坐标系设置程序	2-12
图 2.8 共同坐标系设置示教方法	2-12
图 2.9 共同坐标系设置结果界面	2-13
图 2.10 转换共同坐标系的姿势	2-14
图 3.1 功能键设置界面	3-2
图 3.2 功能键设置结果	3-2
图 3.3 手动模式独立 (Individual) 状态界面	3-4
图 3.4 手动模式协作主机状态界面	3-4
图 3.5 手动模式协作从机状态界面	3-5
图 3.6 CMOV 记录模式状态界面	3-5
图 3.7 手动模式协作操作 (设置主/从机器人)	3-7
图 3.8 手动模式协作操作 (操作主机器人/从机器人跟随)	3-8
图 3.9 协作行走轴点动	3-9
图 3.10 CMOV 记录模式点动	3-10
图 3.11 检测软限位错误	3-11
图 3.12 解除软限位错误	3-12
图 4.1 记录协作运动开始的基准位置	4-5
图 4.2 操作主机器人	4-6
图 4.3 ID 标识符区分方法	4-8
图 4.4 步骤开始/目标位置	4-9
图 4.5 在步骤目标位置上记录 CMOV	4-10
图 4.6 确认 CMOV 记录位置	4-13
图 4.7 各机器人的定位器同步运动 (模拟)	4-17
图 5.1 协作再生 1	5-2
图 5.2 协作再生 2	5-3
图 5.3 协作再生 3	5-3
图 5.4 协作再生 4	5-4
图 5.5 在手动模式下确认程序	5-5
图 5.6 对象机器人停止时输出警告	5-8
图 5.7 在协作运动中停止后更改步骤时发出的消息	5-8
图 5.8 机器人 Lock 功能 (Master Lock)	5-9
图 5.9 机器人 Lock 功能 (Master Lock)	5-10
图 5.10 机器人 Lock 功能 (Master, Slave Lock)	5-10
图 6.1 HiNet 群组结构	6-2
图 6.2 HiNet I/O 使用示例 (群组 1 - 机器人 4 台)	6-3
图 7.1 焊接条件设置框中协作控制条件项目	7-2
图 7.2 协作控制电弧焊功能的概念图	7-5

表格目录

表 1-1 协作控制规格	1-3
表 2-1 协作控制要求	2-4
表 3-1 操作键（key）来切换功能	3-3
表 6-1 按机器人编号分类的输出/输入区域	6-4
表 8-1 用于协作控制的 R code	8-6





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

1

概要



1. 概要

1.1. 多机器人协作功能概要

“多机器人协作功能”旨在通过利用多台机器人执行仅靠一台机器人无法完成的作业。

该功能可适用于下列情形。

- 需要借助两台带有简单手臂的机器人来协作搬运（Handling）工件时；
- 因工件尺寸过大而仅靠单机器人系统则难以搬运工件时；
- 由主机器人（Master robot）处理工件的过程中，从机器人（Slave robot）在工件上进行电弧焊（Arc welding）或涂胶（Sealing）等无夹具（Jigless）作业时

通过利用该功能，可实现最多 4 台机器人的协作同步化。

个别机器人在一个程序中既可进行独立作业又可进行协作处理。

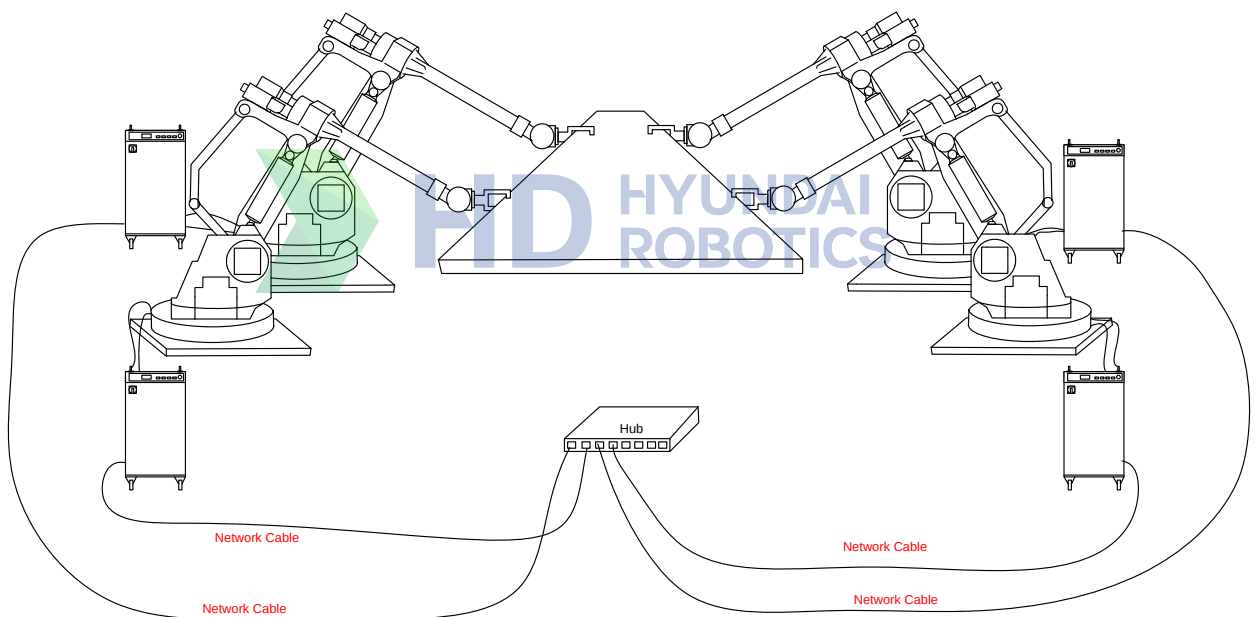


图 1.1 多机器人协作功能

1.2. 主要功能

1.2.1. 主要功能规格

表 1-1 协作控制规格

主要功能规格	备注
协作机器人台数	同一群组（group）内最多 4 台
通信方式	专用以太网（HiNet™）
通信速度	100MBPS
可设置为主机器人的台数	1 台
可设置为从机器人的台数	每一台主机器人可控制三台从机器人
行走轴	支持行走轴协作
HiNet I/O	每台机器人输出 32 点
无夹具协作	支持机器人与定位器之间的无夹具协作

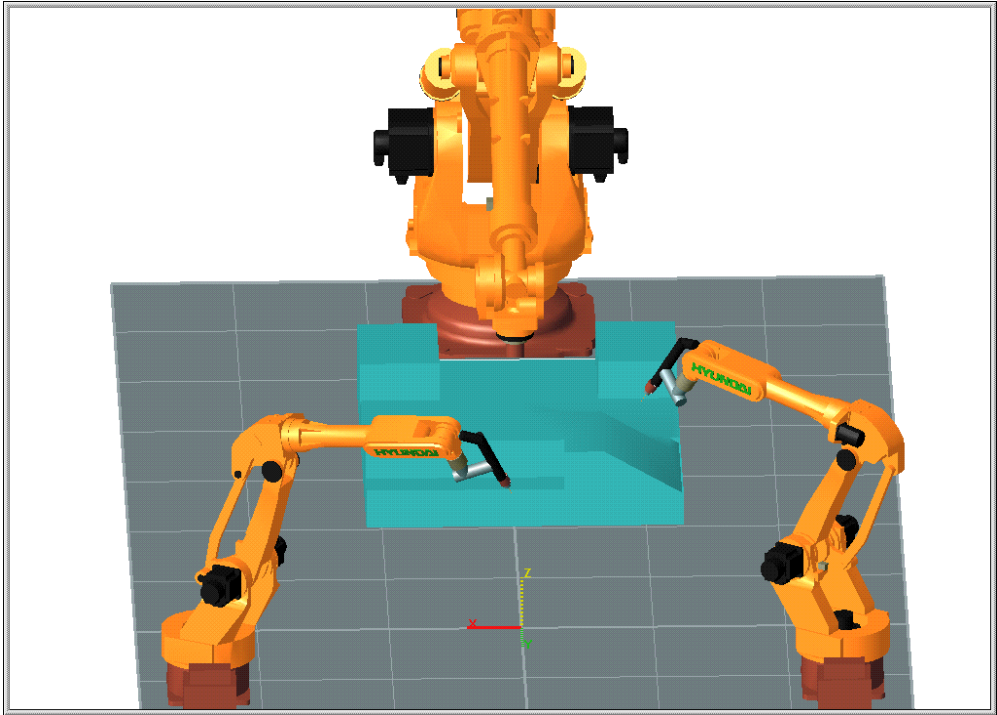


图 1.2 无夹具协作控制（Jigless Cooperation）

1.2.2. 功能特点

- 通信
协作控制功能通过 HiNet（专用以太网）方式可将同一群组内最多 4 台机器人联动控制。
- 设置机器人之间共同坐标系
该功能用于把握机器人之间的相对位置。机器人之间的共同坐标系是通过对不同机器人在工作区中相同的三个点位置进行示教而得出的。
- 手动模式协作运行
用户可以在手动模式下容易进行示教。先设定不同机器人的主（master）/从（slave）角色后，搬运（handling）应用只通过操作主机器人进行示教，而无夹具协作则通过对从机器人在主工件上的位置进行示教。
- 支持定位器设为主机
将（已设为主机器人的）主机器人的定位器（Positioner）设置为主机，即可进行协作控制。最多 4 台机器人可由一个定位器进行协作运动。
- 示教（Teaching）
不同的控制器需要不同的独立性程序。可在一个程序上分开设置其机器人独立运动的部分和协作运动的部分，可容易的、方便地编写程序。
- 再生协作运动
根据协作运动指令（COWORK），等待对象协作机器人。所有协作机器人都准备好了，就会开始进行协作运动。
- HiNet I/O
通过利用以协作控制为目的而开发的专用以太网络（Ethernet Network），无需另行安装互锁控制板，就能输入/输出不同机器人之间的信号。

1.3. 操作顺序

本节主要说明使用协作机器人功能的顺序。详情请参考下一节。

机器人校准 (Calibration)

要控制机器人协作，就必须正确设置好每台机器人的轴原点及工具常数。

详情请参考自动校准功能。

硬件安装

安装控制器连接通信所需的硬件。

- 将网络卡 (Network card) 与通信电缆相连接。

设置协作控制参数

对于网络连接成功的机器人，设置协作控制与否 (有效/无效)、不同机器人的群组及机器人编号等。

设置协作机器人之间的坐标系

需要进行校准 (calibration) 以把握协作机器人之间的位置。

示教 (Teaching)

分配设置用于示教协作作业的功能键 (F-Key)，并指定主/从 (Master/Slave) 机器人的角色。

然后，通过操作主机器人进行示教。

确认运行

在手动模式下确认协作运动状态。

将协作机器人同时以“步骤前进”启动。

连续运行

切换为自动模式。将程序置于前头位置后，按下所有被指定为协作机器人的控制器的启动开关。





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

2

系统设置



2. 系统设置

2.1. 硬件安装

2.1.1. 连接紧急停止装置

在协作运动中紧急停止时，因系统以通信方式监测彼此状态而使其他机器人也停止，但硬件信号优先于此，从而会造成协作机器人之间的位置发生偏移。为了最大限度地减少急停时协作位置的偏移程度（错位），请连接控制器的外部紧急停止装置。

Hi5a 控制器配有用户专用外部紧急停止装置，连接详情请参考下图。

使用机器人协作功能时，应另行安装紧急停止开关，以保障急停信号同时输入到不同的控制器。请将供用户使用的紧急停止连接线结合，如下图所示，作为一个紧急停止系统使用，以尽量减少协作位置因急停而被偏移的程度。



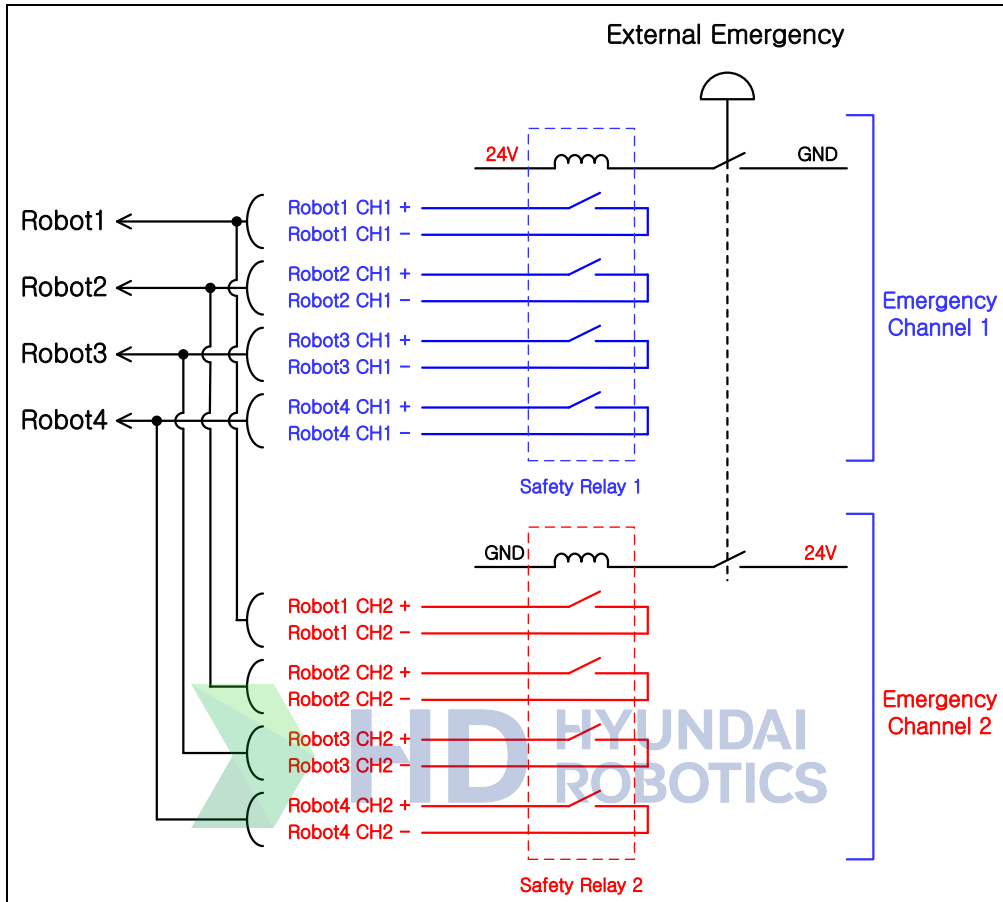


图 2.1 机器人协作用急停连接线



注意事项

- 在协作运动中紧急停止时，可能造成相对协作位置偏移（错位）。
- 在搬运（handling）功能模式下，为了减少在协作运动中出现的协作错位（如急停时出现的误差、同步误差、校准误差、轨迹误差等），应安装浮动（floating）机构。
- 在搬运功能模式下，如有两台协作机器人，建议至少 1 台以上的浮动机构。
- 使用外部紧急停止装置时，请尽量使用安全继电器（Safety Relay）。

例）Omron 公司，G7S-4A2B

2.1.2. 网络结构

表 2-1 协作控制要求

组件	规格
BD511	主 CPU 板
UTP cable	用集线器连接: direct LAN cable 2 台直接连接: cross LAN cable
Network Hub	由本公司提供的规格 (交换式集线器)

■ 连接方法

将网络 UTP 电缆 (Direct) 一端连接到 BD511 板网络电缆插座顶端。另一端则连接到网络集线器。按这种方式最多可将 4 台连接到集线器。
未经集线器连接两台机器人时, 请将网络 UTP CROSS 电缆连接到 BD511 上方插座。
使用示教器 (teach pendant) 路由器时, 无需另行连接 LAN, 就能使用协作控制功能。

2.1.3. 确认网络连接

如有下列情形，请确认网络是否有异常。

- 初始安装时；
 - 在协作控制运动中被检测到网络异常时
- 确认事项
- 请确认网络电缆的连接状态。BD511 插座应亮起绿灯。
- 请确认电缆是否有异常。
- 系统/控制参数/网络/2. 通过检查以太网状态，可确认网络状态。

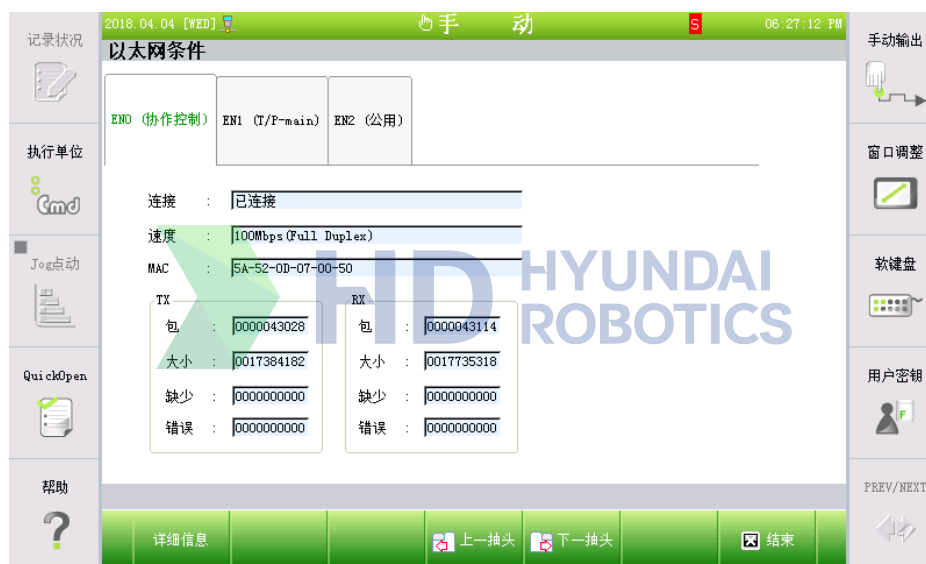


图 2.2 以太网状态确认框



注意事项

- 协作控制专用 HiNet 为由现代重工业提供的机器人协作控制专用网络。
- 协作控制网络应与普通网络分开而独立构建。

2.2. 控制器设置

控制器设置为协作控制所需的通信及机器人编号等。

(1) 请选择『[F2]:系统』→『2: 控制参数』→『9: 网络』→『3: 服务』。

(2) 请选择『1: 协作控制』。

(3) 请设置对话框中参数。各个参数的用途如下：

■ 协作控制功能：<无效，有效>

请选择是否要使用（启用）协作控制功能。

■ 群组编号：<1~6>

请设置机器人所属群组的编号。只有属于同一个群组的机器人之间才能使用协作控制功能。所使用协作控制功能的机器人应被指定为同一个群组。但即使不属于同一个群组，HiNet I/O 的输入/输出也共同适用。

■ 机器人编号：<1~4>

请设置机器人编号。机器人编号用于在协作控制上连接的网络中识别自身控制器。Hi5a 控制器允许最多 4 台机器人之间构成协作网络。此时，请注意避免机器人编号相互重复。

注意事项

- 特殊机器人及 6 自由度以下机器人只能适用 HiNet 通信，COWORK 命令无法使用。
- 协作控制为选项。要使用协作控制的“COWORK”指令，就需要注册许可证密钥（许可证号）。一个月可以用临时许可证密钥，但超过 1 个月仍要使用请询问本公司。

选项功能的购买与否		
1. 通过电弧跟踪焊缝	=	☒ 禁用 ☐ 启用
2. 通过LVS跟踪焊缝	=	☒ 禁用 ☐ 启用
3. 多数机器人协助控制 (HiRoboLink)	=	☐ 禁用 ☒ 启用
4. 自动工具数据矫正 (ATDC)	=	☒ 禁用 ☐ 启用

图 2.3 协作控制（HiRoboLink）许可证密钥选项设置



2.3. 协作机器人共同坐标系设置

2.3.1. 共同坐标设置概要

要进行协作运动，就需要正确把握不同机器人之间的相对位置。机器人控制器以基坐标系为准计算工具末端位置，对于对象机器人的信息应附加注册。不同机器人之间的位置信息通过设置共同坐标系得出。

为了相互识别机器人 1 与机器人 2 的位置，设置共同坐标系。（图 2.4）通过对不同机器人在工作区中相同的 3 个点位置进行示教设置共同坐标系。

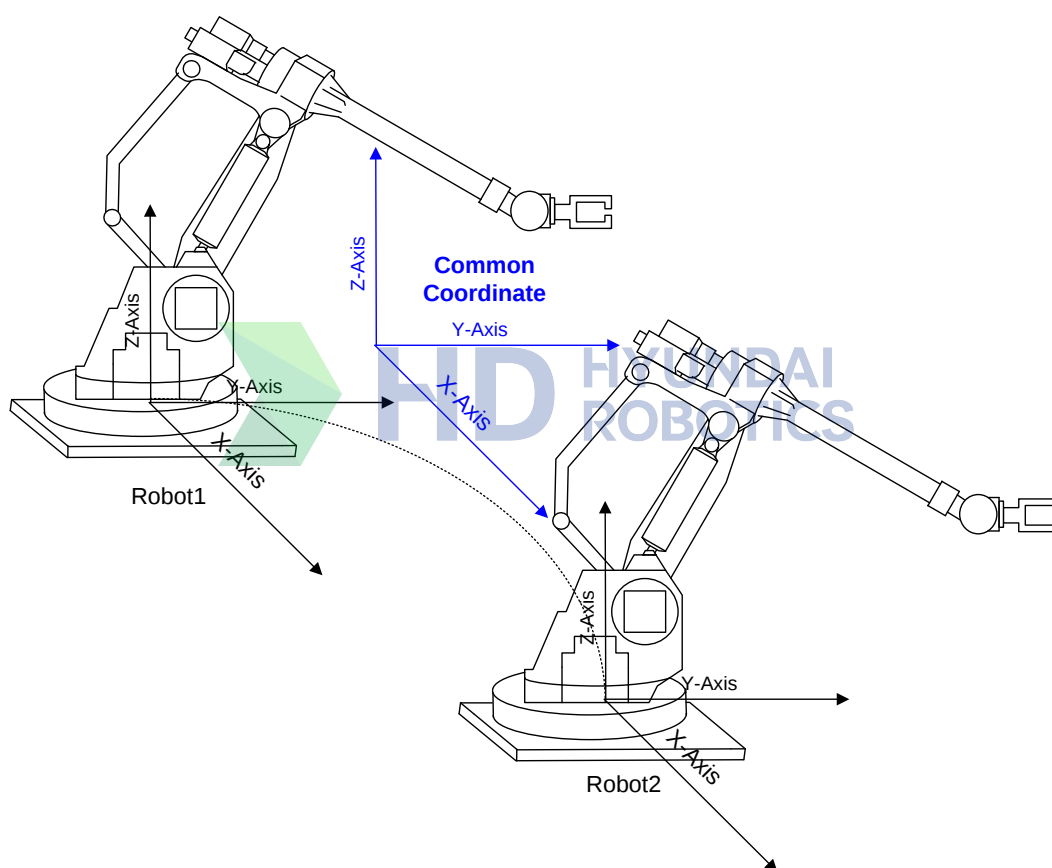


图 2.4 设置协作机器人之间的共同坐标系



注意事项

- 设置共同坐标系之前，应先对机器人进行校准（Calibration）。

2.3.2.2 2 台以上机器人的共同坐标系

协作机器人的共同坐标系应对机器人之间的相同点进行示教，因此，应使所有协作机器人都指向相同的三个点。正因如此，机器人之间距离过大，则无法设置共同坐标系。此时，应通过另行制作工具（tool）对不同机器人之间相同点进行示教。

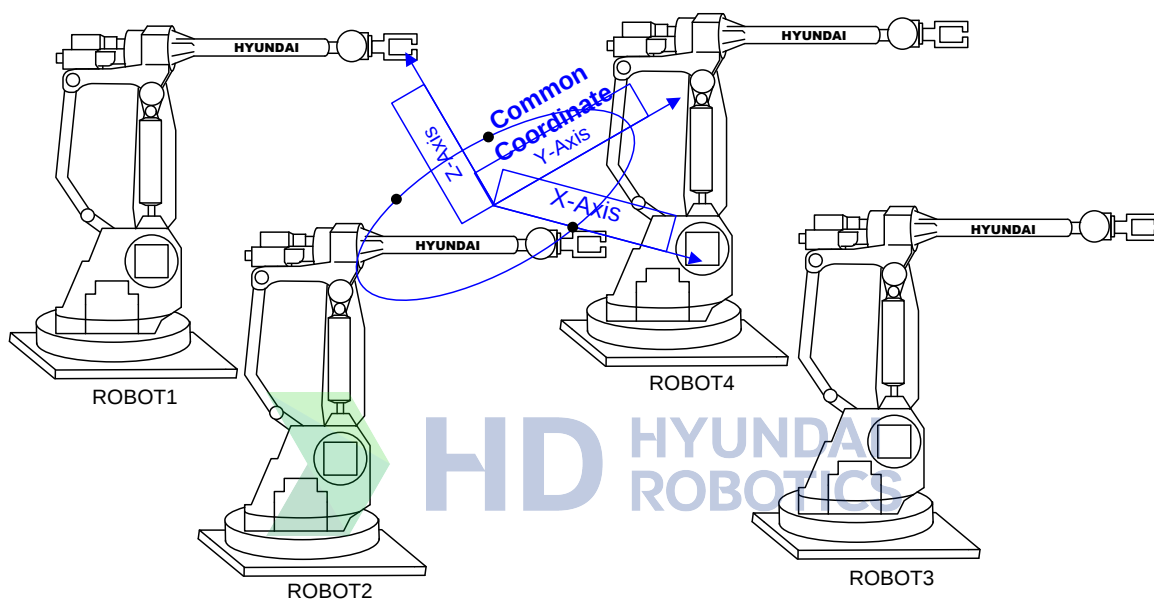


图 2.5 设置 2 台以上机器人的共同坐标系

2.3.3. 行走轴系统

构成为协作控制所需的行走轴系统时，应将相同规格的行走轴尽量平行安装。

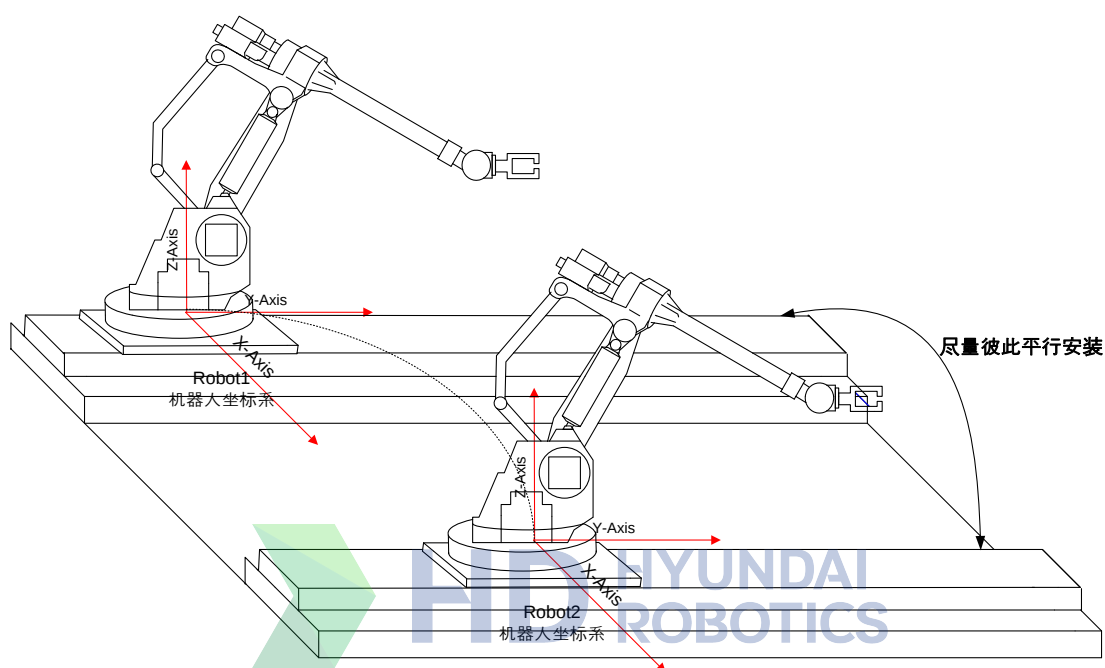


图 2.6 构成协作控制所需的行走轴系统



注意事项

- 带有行走轴的系统应“任意”设置行走轴规格并对行走轴进行校准后才能使用。
- 协作机器人之间的行走轴应尽量平行安装。
- 行走轴移动时同步误差变大，可能是因为行走轴校准不正确所致。
- 对于行走轴校准功能的说明，请参考『Hi5a 控制器操作说明书』。
- 行走轴校准应对主/从机器人进行。

2.3.4. 共同坐标系设置

若未设置共同坐标系，则无法做到手动协作点动操作或协作再生。若设置好共同坐标系，建议通过点动操作协作运动，确认共同坐标设置正确后执行操作。

要设置共同坐标系，首先需要正确把握工具前端的位置。否则，可能造成机器人之间进行协作控制时出现位置同步误差。因此，必须先进行校准以正确设置机器人的原点及工具的位置。Hi5a 控制器若无三维位置测定仪，则提供自动校准(『F2:系统』 → 『6:自动校准』 → 『1:轴原点及工具长度优化』)功能。

若带有三维位置测定仪，可进一步提高校准准确度。此时，请使用『9: 机器人及工具校准』功能。详情请参考『Hi5a 控制器操作说明书』。

■ 在有 2 台 (ROBOT1、ROBOT2) 机器人的环境下设置共同坐标系 (例)

- ① 在 ROBOT1、ROBOT2 的控制器上选择用于设置共同坐标系的程序编号。
- ② 通过点动操作 ROBOT1 及 ROBOT2，将三个点按顺次记录在步骤 (STEP) 1、2、3，以形成最大三角形。此时，记录位置应位于工作区中相同位置上，插值方式或速度都无所谓，但工具编号必须选择正确把握前端位置的工具。
- ③ 在手动模式下，选择『F2:系统』 → 『6:自动校准』 → 『5:协作机器人共同坐标系设置』。
- ④ 在程序编号项目中输入用于设置共同坐标系的程序编号。
- ⑤ 按下『F1: 执行』键。执行结果显示从机器人基座上看的共同坐标系位置及姿势。
按下『F7: 完成』键即可完成设置。



图 2.7 不同机器人的共同坐标系设置程序

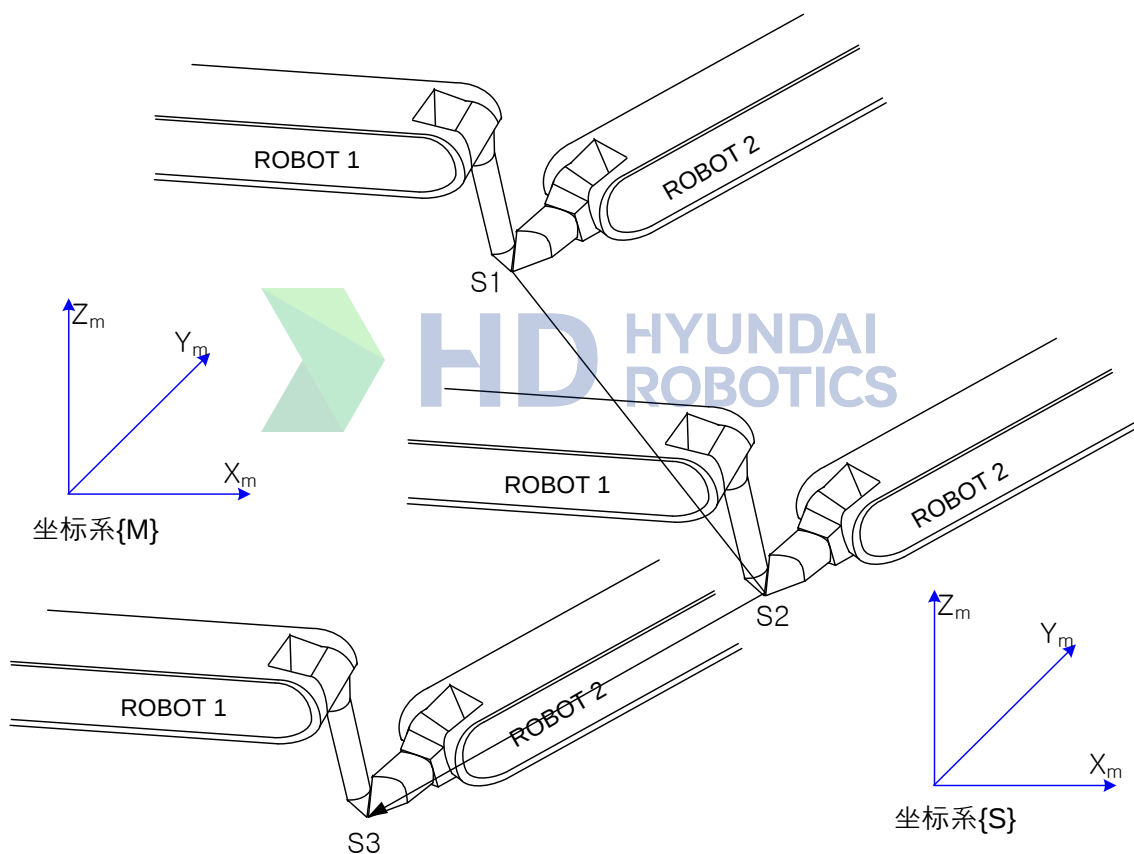


图 2.8 共同坐标系设置示教方法

协作机器人公用坐标系设置			
机器人编号	=	1	
程序编号	=	20	
共同坐标的位置、姿势			
		位置	姿势
X	=	801.991	RX = 154.625
Y	=	465.236	RY = -42.891
Z	=	949.999	RZ = -149.882

图 2.9 共同坐标系设置结果界面



注意事项

- 用于设置共同坐标系的工具数据值，请输入正确的工具规格，或通过进行自动校准得出后使用。建议每个点记录机器人的相同姿势。
- 记录时请使所设置的三个点尽可能地形成最大三角形。若点与点之间的距离太小，或三个点几乎成一条直线，即会发生错误（error）。
- 在共同坐标系上 Rx、Ry、Rz 姿势的转换，与机器人坐标系之间的关系如下：
 - ① 使自身机器人（编号 2）坐标系（ref）绕 X 轴旋转 γ 。
 - ② 使自身机器人（编号 2）坐标系（ref）绕 Y 轴旋转 β 。
 - ③ 使自身机器人（编号 2）坐标系（ref）绕 Z 轴旋转 α 。
 - ④ 使自身机器人(序号 2)的基坐标系分别以 γ 、 β 、 α 为准旋转的姿势便是共同坐标系在工作区上的姿势。

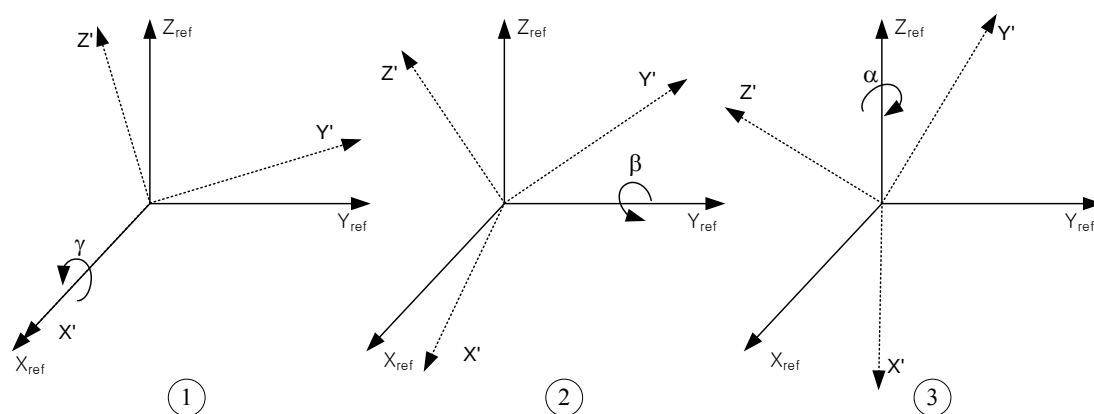


图 2.10 转换共同坐标系的姿势





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

3

手动模式
协作操作



3. 手动模式协作操作

协作控制

3.1. 功能键（F-Key）注册

在手动模式下设置操作协作控制所需的功能键。

- (1) 在示教器上按住“SHIFT”键的状态下，在侧边栏菜单上按下功能键。



图 3.1 功能键设置界面

- (2) 将『手动模式协作状态转换』项目分配到 F1~F7 键中后完成。



图 3.2 功能键设置结果

- (3) 在手动模式下，利用被分配的功能键，就能将手动独立模式与手动协作模式相互切换。查看显示在右上方的协作状态，即可确认群组编号、机器人编号及协作模式等信息。

3.2. 独立模式/协作模式切换

3.2.1. 操作键（key）来切换模式

在手动模式下，按如下方法可切换协作控制的运动模式。

- ① 使用功能键；
- ② 使用 R CODE；
- ③ 使用快捷键“SHIFT+6” 按独立、主机、从机、CMOV 记录的顺序切换。

操作详情如下表所示：

表 3-1 操作键（key）来切换功能

操作键	功能切换
功能键（自定义键）	手动独立模式(Indiv) ↔ 手动协作模式(MASTER/SLAVE)
SHIFT + 功能键	仅限于 SLAVE（从机） SLAVE 手动协作模式 ↔ CMOV 记录模式
R351,0	手动独立模式
R351,1	手动协作模式，指定主机
R351,2	手动协作模式，指定从机
R351,3	CMOVE 记录模式，指定从机点动（jog）模式 只有上一步状态为“指定从机”时才能切换到该模式

■ 手动模式独立（INDIVIDUAL）状态

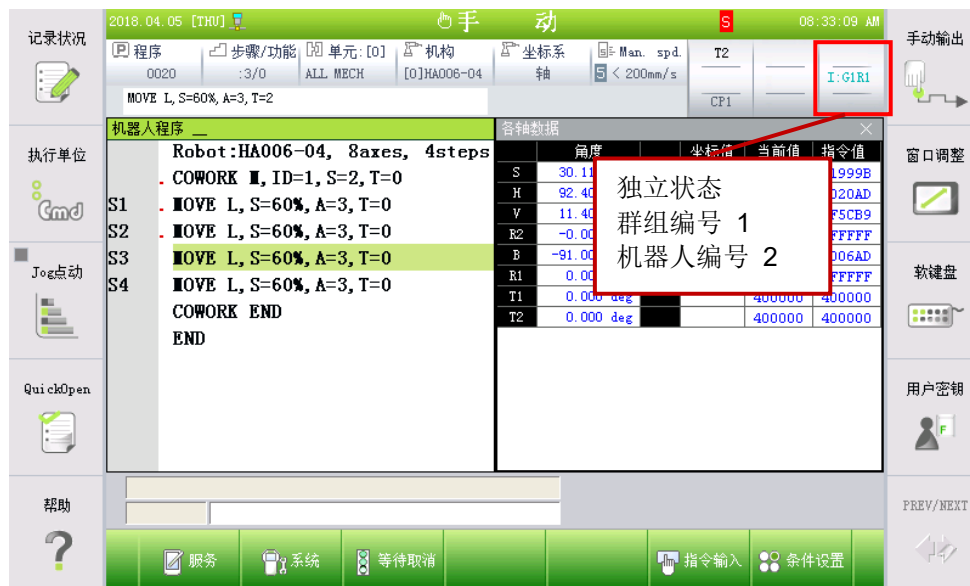


图 3.3 手动模式独立（Individual）状态界面

可以通过点动（jog）方式独立操作个别机器人。

■ 手动模式协作（指定主机）状态

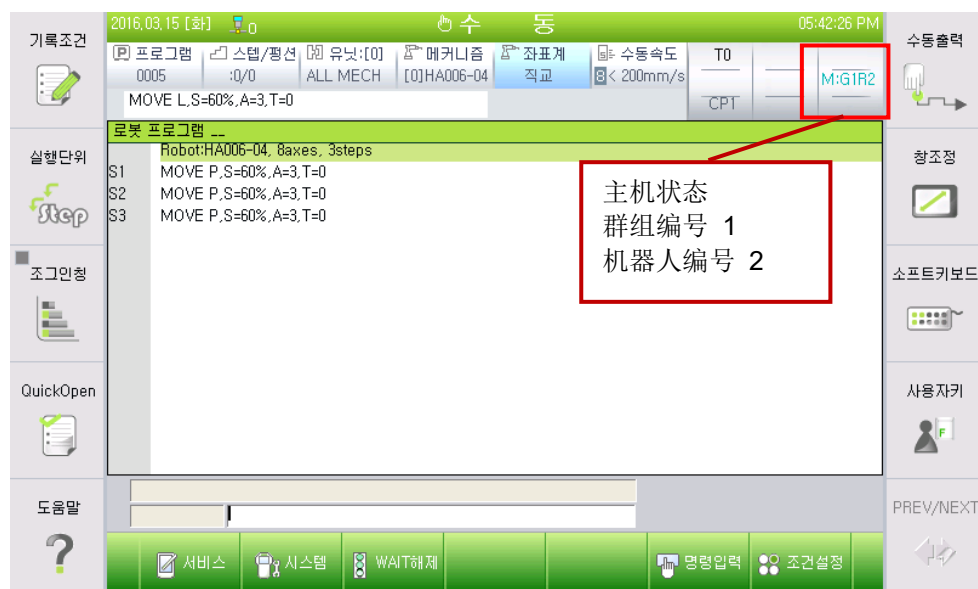


图 3.4 手动模式协作主机状态界面

在从机已被指定的状态下，可以沿着主机运动进行点动操作。

3. 手动模式协作操作

■ 手动模式协作（指定从机）状态

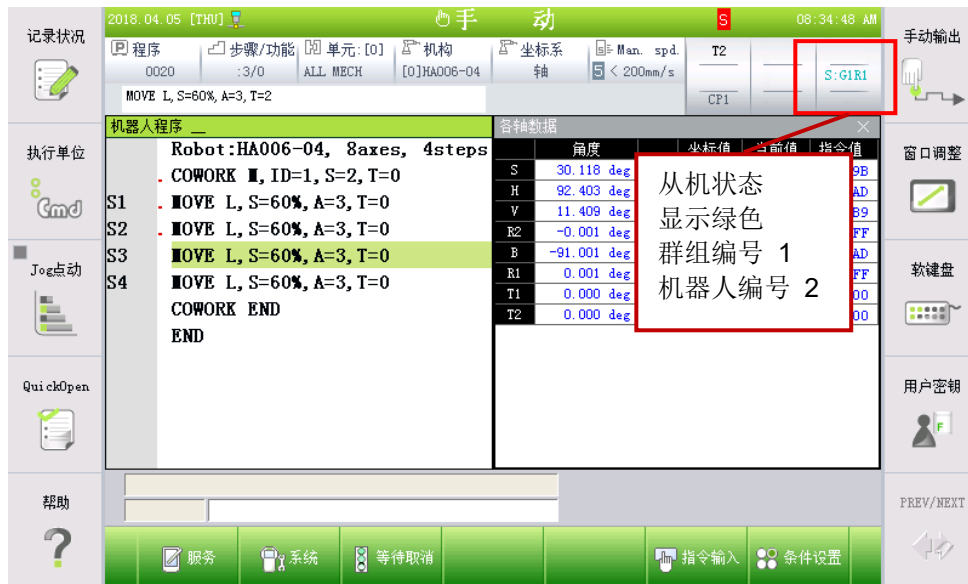


图 3.5 手动模式协作从机状态界面

已设置为跟随主机运动而运动的从机状态。

■ CMOV 记录模式，从机电动模式状态



图 3.6 CMOV 记录模式状态界面

通过 CMOV 记录或 CMOV 指令的步骤前进/后退，不仅能确认示教位置，也能以主机器人末端执行机构（end-effector）坐标系为准点动操作从机。但要记录步骤或使机器人运动时，就必须在作对象机器人中有已设置为主机的机器人。

注意事项

- 在尚未设置共同坐标系的状态下，无法在手动模式独立状态下将协作作用转换为主机或从机。
- 对于由 R CODE 转换手动协作模式，R351,3“CMOV 记录状态”只有在“手动协作状态（从机指定模式）”（R351,2）下才能执行。
- 若要利用已被分配的功能键（F key）转换为“CMOV 记录模式状态”，首先需要将机器人角色更改为从机模式后，在此状态下利用 SHIFT+F 键即可。



3.3. 手动模式协作操作

3.3.1. 设置主机器人与从机器人

利用所设定的功能键（或 R351）将机器人角色设置为主机与从机。此时，机器人角色与机器人编号无关。

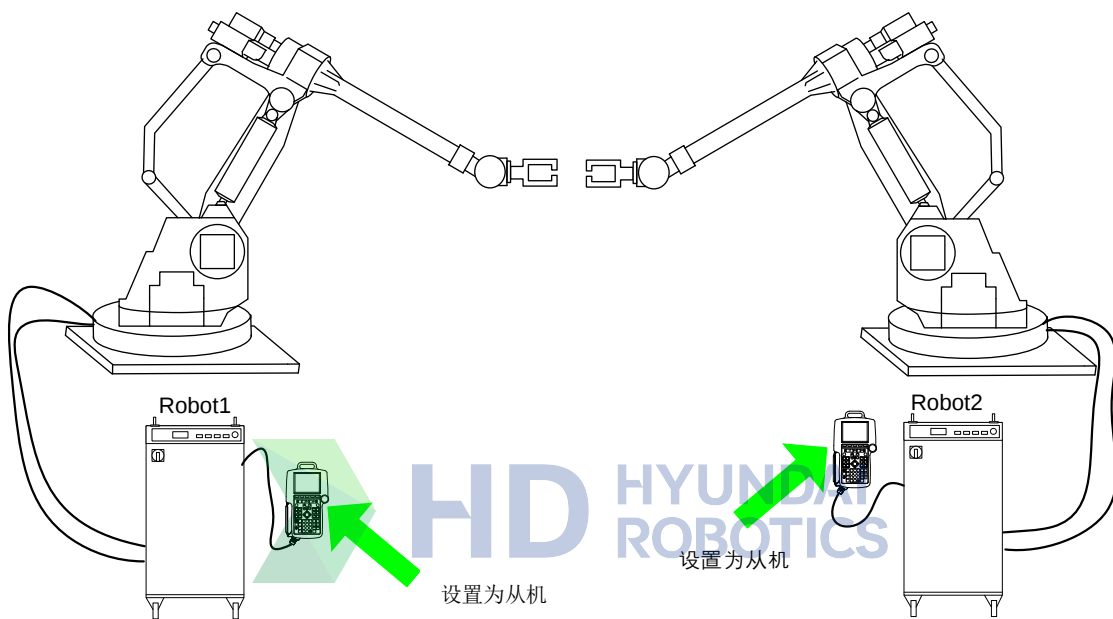


图 3.7 手动模式协作操作（设置主/从机器人）

- ① 确认主机器人与从机器人是否都处于“手动模式”。
- ② 将主机器人与从机器人都置于“运行准备 ON”状态。
- ③ 抓住从机器人的“ENABLE”开关保持“运行准备 ON”状态，也需确认主机器人是否处于“运行准备 ON”状态。
- ④ 若操作主机器人，从机器人将会跟随相对位置运动。

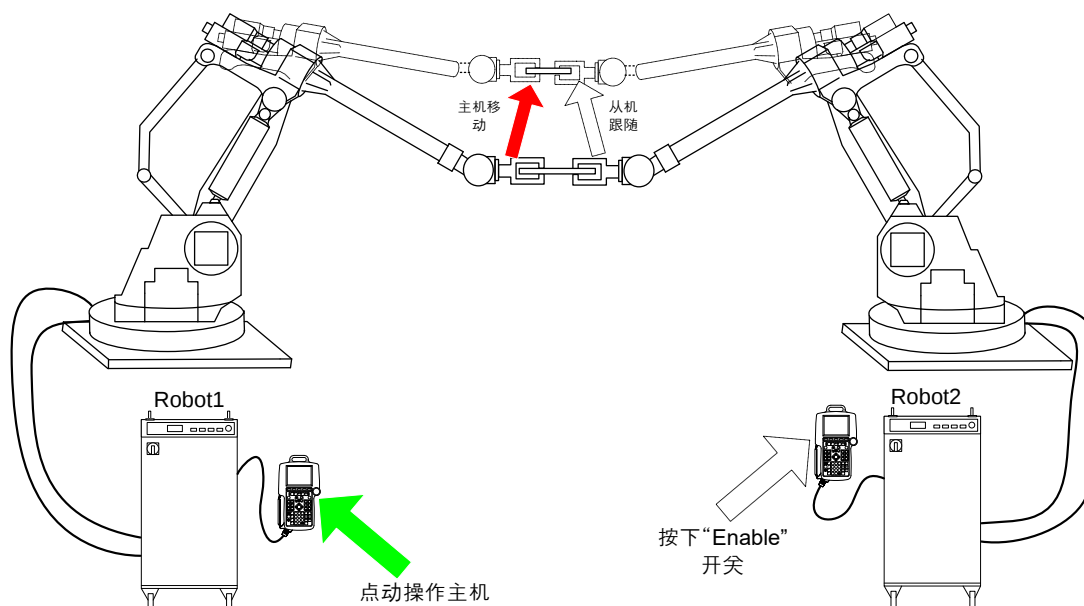


图 3.8 手动模式协作操作（操作主机器人/从机器人跟随）



注意事项

- 如有下列情形之一，无法在手动协作模式下进行点动（JOG）操作。
 指定并操作两台以上主机时；
 操作被设置为从机的机器人时；
 未按住主机或从机的“Enable”开关时；
 机器人之间协作坐标系尚未设置好时；
 机器人之间 HiNet 通信中断时；
- 在手动模式下使用协作功能时，被设置为从机的机器人无法进行点动操作（JOG）。为了点动操作从机，请将机器人角色变更为手动模式独立状态后使用。
- 协作控制处于“无效”状态时，在手动模式界面上方不会显示 I:G#R# / S:G#R# / M:G#R#，也无法正常设置。因此，也无法在手动协作模式下进行点动操作。

3.4. 协作行走轴点动（JOG）

对于协作行走轴的点动操作方式与一般的协作点动操作方式相同。如图 3.5 所示，在协作点动状态下，若操作主机的行走轴，从机的行走轴会对对象位置进行补偿而移动。

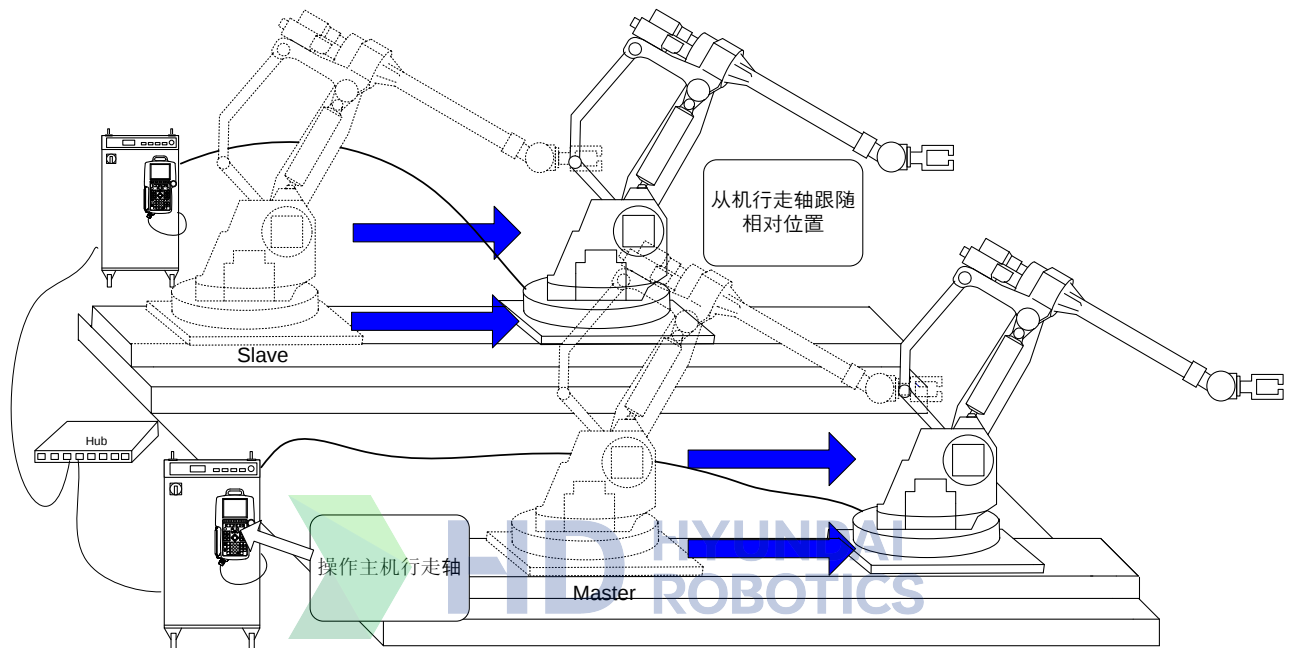


图 3.9 协作行走轴点动

⚠️ 注意事项

- 在协作控制系统上，行走轴应使主机与从机尽量成平行状态。
- 协作控制行走轴系统只支持 1 轴。
- 要使用协作行走轴功能，首先需要对行走轴进行校准。

3.5. CMOV 记录模式点动（JOG）

CMOV 记录模式旨在通过示教从机位置进行无夹具协作运动。

■ CMOV 记录模式的设置方法

- ① 将机器人角色设置为从机（Slave）。
- ② 将主机器人的手动协作状态设置为主机（Master）。
- ③ 若在直角坐标系点动状态下进行操作，如下图所示，将以主机的工具末端执行机构（end-effector）坐标系为准进行直角坐标点动。（V40.13-00 版本以下）

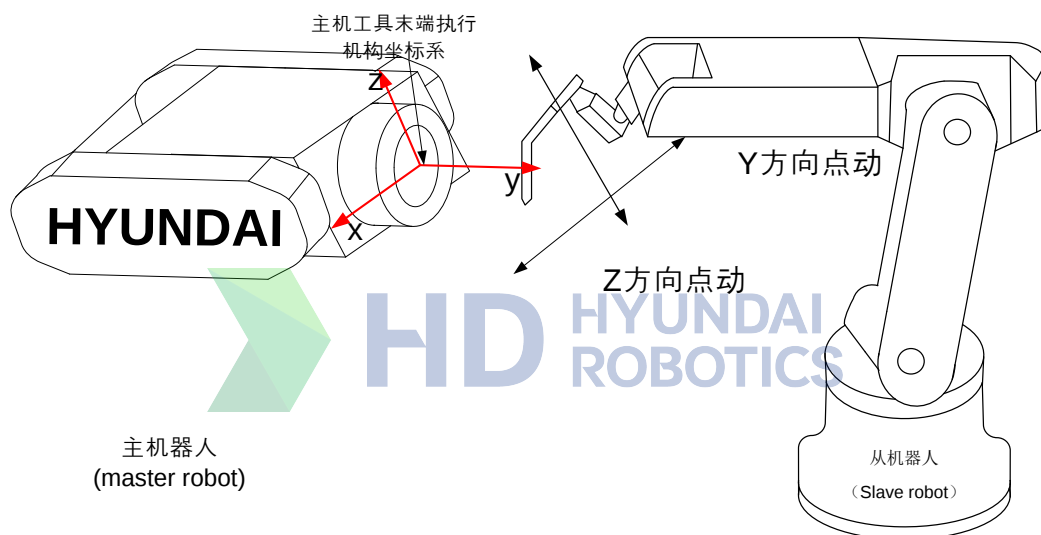


图 3.10 CMOV 记录模式点动

- ④ 同样，在直角坐标系点动状态下，无论主机坐标如何，就以机器人的直角坐标系为准进行点动。（V40.13-03 版本以上）

⚠ 注意事项

- 在协作控制系统上，行走轴应使主机与从机尽量成平行状态。
- 当从机处于 CMOV 记录模式时，则无法对手动协作状态被设置为主机（Master）的机器人进行点动操作。
- 因为根据版本的不同，CMOV 记录模式的点动坐标系也有所不同，请注意。

3.6. 检测协作机器人之间机械臂干涉及软极限（softlimit）

在协作运动过程中，从机将会跟随主机运动而运动。此时，用户利用主机手动操作协作机器人时，若在从机上出现软限位（softlimit）或机械臂干涉角度错误，则会在维持正在协作中的对象位置的状态下停止。

3.6.1. 检测对象错误

在协作运动过程中，对象机器人因臂干涉或软限位等错误而停止时，则会在维持对象位置的状态下停止。即使在从机上出现上述错误，主机也会停止，无法继续操作。

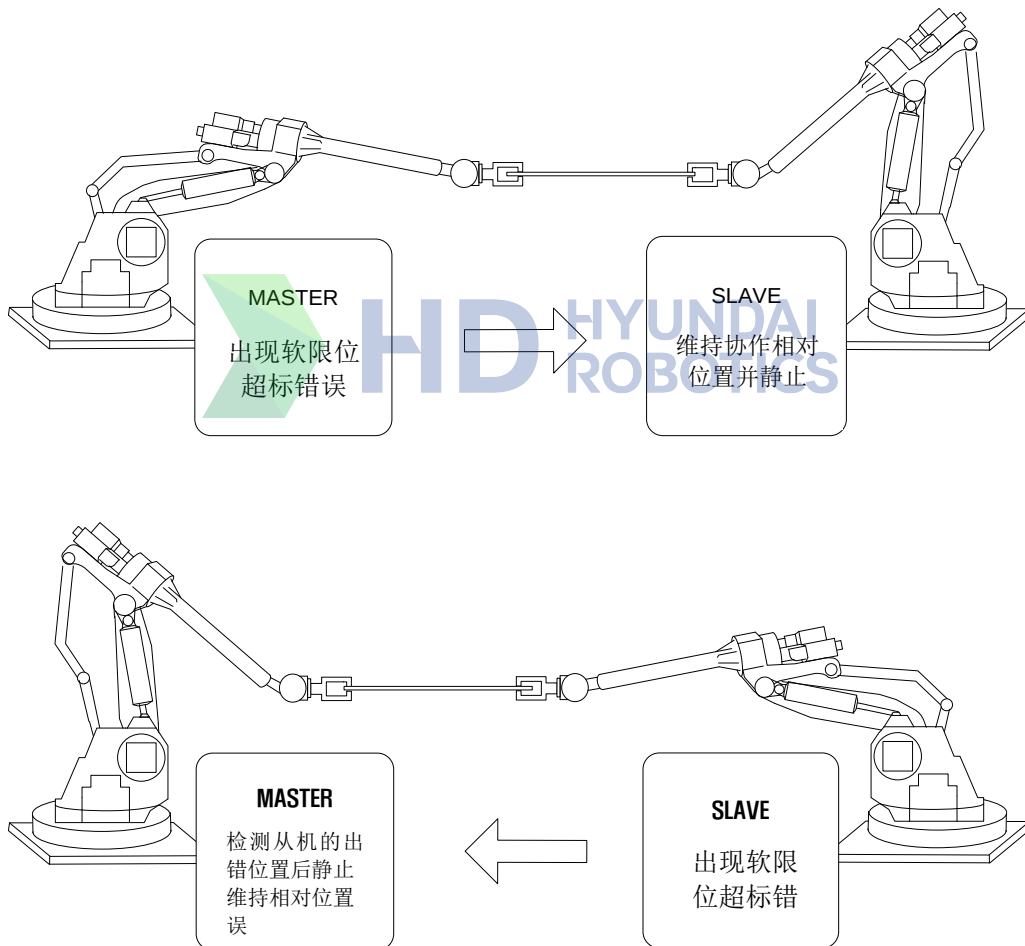


图 3.11 检测软限位错误

3.6.2. 解除错误

只要向不出错的方向按下主机器人的 JOG 键，即可解除错误状态。错误解除成功后，再向不出错的方向按下 JOG 键，即可重新进行操作。

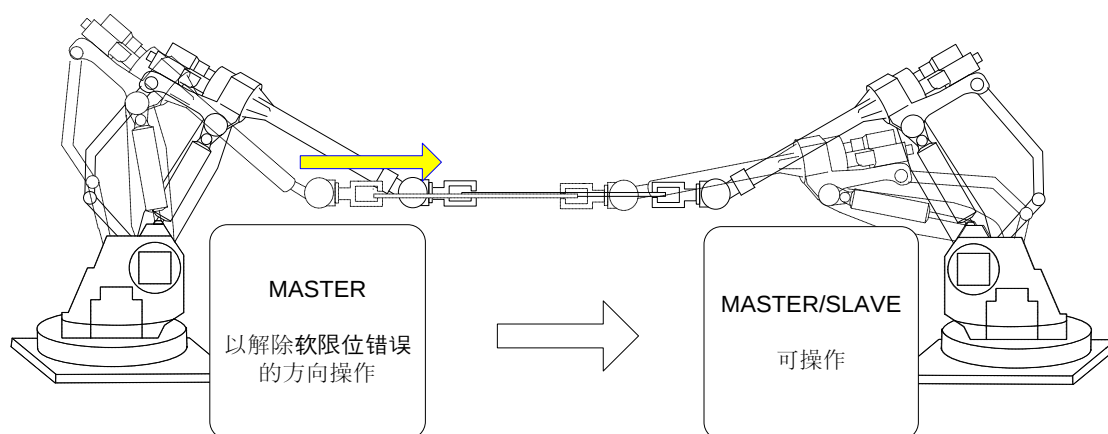


图 3.12 解除软限位错误



HD

HYUNDAI
ROBOTICS

4

协作运动示教



4. 协作运动示教

协作控制

4.1. COWORK 函数

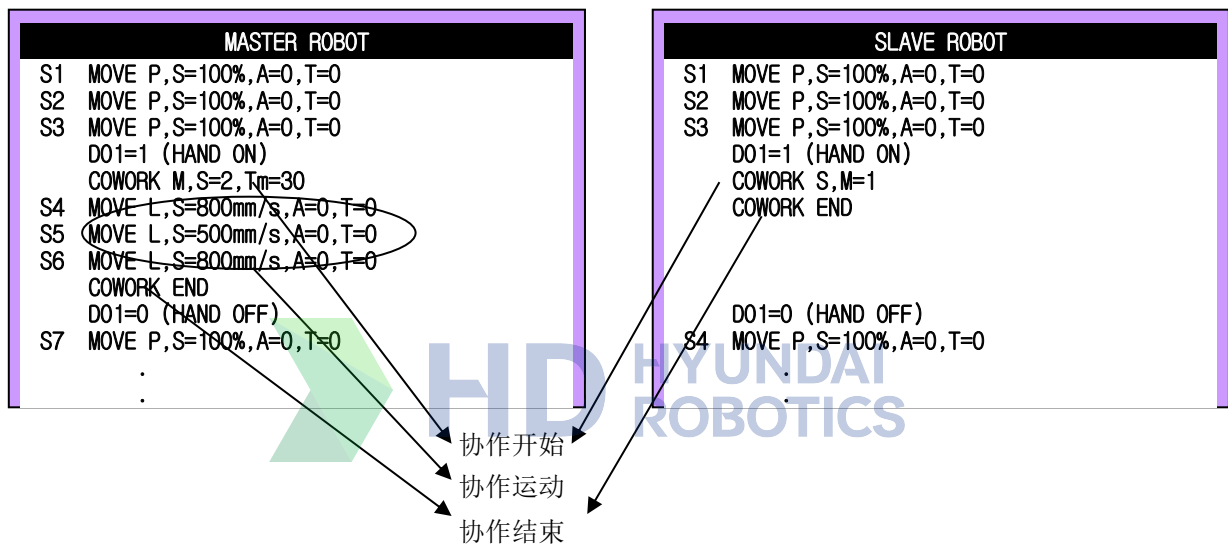
4.1.1. 函数参数

COWORK 函数在程序上作为函数记录，显示协作控制的开始与结束，指定各机器人的主机（Master）与从机（Slave）。

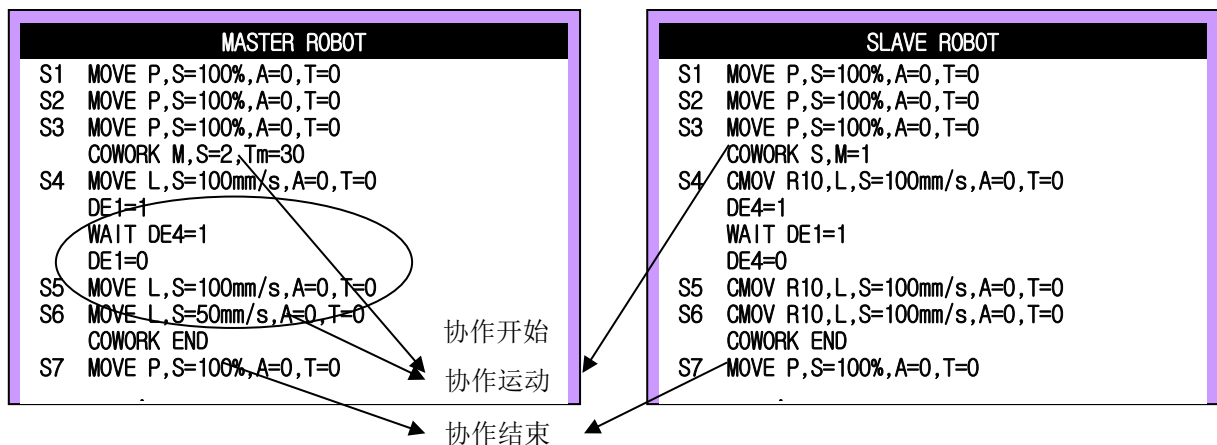
COWORK {参数 1},{参数 2},{参数 3},{参数 4},{参数 5} ... (协作程序) ... COWORK END		协作开始
		协作结束
参数 1	-指定自身机器人的角色(MASTER/SLAVE) -指定协作运动的结束(END) M: 将自身指定为主机 (MASTER) COWORK M,S=..., S: 将自身指定为从机 (SLAVE) COWORK S,M=... END: 协作运动的结束 COWORK END WITH: 与对象机器人位置同步化, SN 编号应相同。 COWORK WITH,SN=1	
参数 2	-在主机机器人的控制器上将要指定为主机的机械手 (manipulator) ID 编号 自身为主机时: COWORK M, ID=1,S ID = 0 为机械手 (此时可省略参数 2) ID = 1 为被注册为附加轴的定位器群组 1 (在主机上已作为附加轴设置定位器群组时)	
参数 3	-指定对象机器人编号 将自身指定为主机时: COWORK M,S=2,3,4 对象成为从机, 指定其从机器人编号 (最多 3 个) 将自身指定为从机时: COWORK S,M=1 对象成为主机, 指定其主机器人编号	
参数 4	-在主机机器人的定位器上将要指定为主机的机械手 ID 编号 自身为从机时: COWORK S,M=1,ID=0 ID = 0 为机械手 ID = 1 为被注册为附加轴的定位器群组 1 (在主机上已作为附加轴设置定位器群组时)	
参数 5	-协作对象机器人的待机时间 (Sec) < 0 ~ 120 > 未指定时则需无限待机 将自身指定为主机时: COWORK M,S=2,T=30 到达从机的协作基准位置所需的待机时间 将自身指定为从机时: COWORK S,M=1,T=30 到达主机的协作基准位置所需的待机时间	

4.1.2. COWORK 函数的使用方法

- (1) 就主机器人而言，位于 COWORK ~ COWORK END 区间的运动指令就是协作区间指令。从机则无法输入运动指令。
- (2) 就从机器人而言，无法在协作区间使用一般的 MOVE 指令，而须使用属于 COWORK MOVE 指令的 CMOV 指令。
- (3) 在由从机跟随主机运动的“搬运”（handling）应用领域，如下图所示，无需插入 CMOV 指令到从机中，也会在执行 COWORK 指令时维持主机与从机的相对位置而移动。



- (4) 在从机上可插入 CMOV 指令，以使其以主机末端执行机构坐标系为准进行插值运动，CMOV 的记录位置则以主机的工具末端执行机构坐标系为准。按如下图所示的方法进行示教时，就会在 COWORK~COWORK END 区间执行协作运动，而跟随主机运动的从机将沿着以主机末端执行机构坐标系为准记录的 CMOV 路径移动。



注意事项

- 在协作运动结束的位置上必须插入 COWORK END 指令。
- 从机器人 (Slave) 无法在协作区间中插入 MOVE 指令，主机器人 (Master) 则无法插入 CMOV 指令。



4.2. 示教并编写协作搬运（handling）程序

- (1) 操作员人数与协作控制台数应保持 1: 1 比例。因此，参与工作的操作员人数与将要协作的机器人台数相同。但利用 TP 路由器时，可由 1 名操作员同时操作所有机器人。
- (2) 请确认是否设置好协作机器人之间的共同坐标系。然后，将手动协作控制的模式切换功能分配到功能键（F key）。
- (3) 将主机器人与从机器人分别移动至协作开始位置，并将基准位置作为开始位置记录。

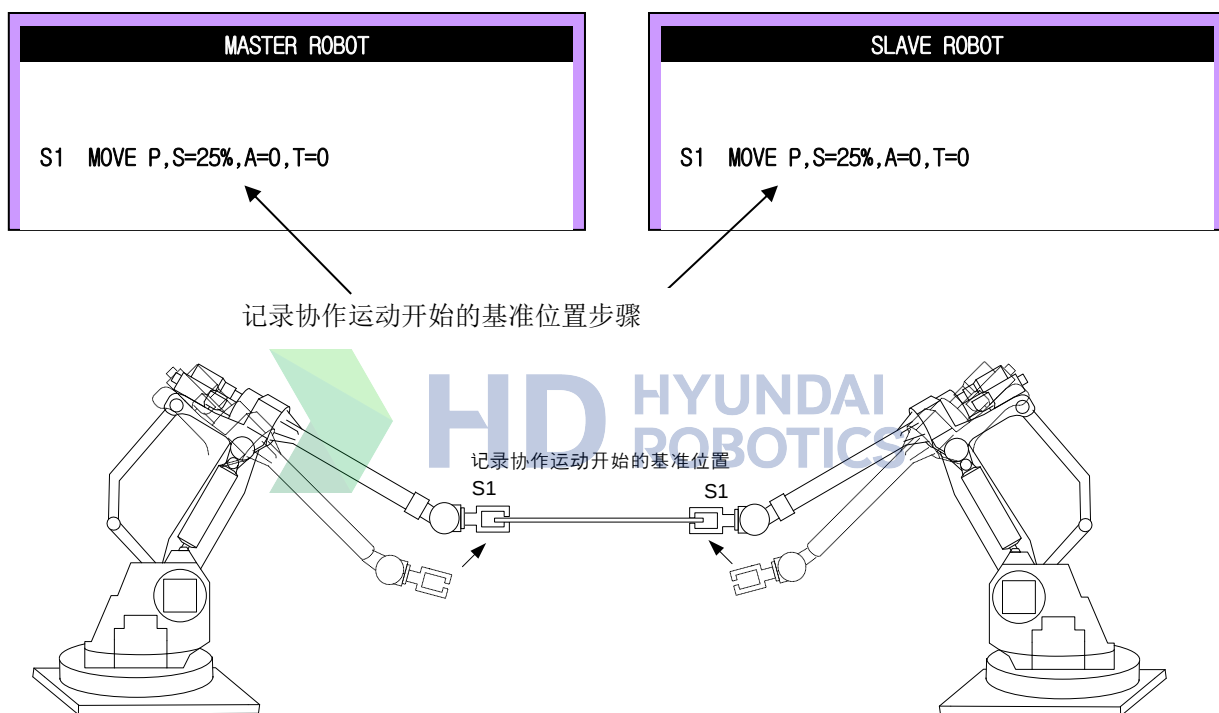


图 4.1 记录协作运动开始的基准位置

- (4) 通过利用已分配到 F 键的功能键来将主机器人与从机器人设置为协作状态 (Cooperation Status)。同时，还可以通过输入 R351 代码来指定机器人角色。
- (5) 注册协作控制的开始指令 (COWORK M/S)。COWORK 指令用于指定 MASTER/SLAVE，也指定 SLAVE/MASTER 编号。此时，主机器人只能在同一群组内设置 1 台，从机器人则最多可指定 3 台。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=25%,A=0,T=0 COWORK M,S=2,T=30	S1 MOVE P,S=25%,A=0,T=0 COWORK S,M=1,T=30

- (6) 以点动（JOG）方式操作主机器人。此时，从机以主机工具末端位置为相对位置跟随。在协作点动状态下，从机也应按住“Enable”开关。在记录位置上，只在主机上记录步骤。在从机器人控制器上则不记录。

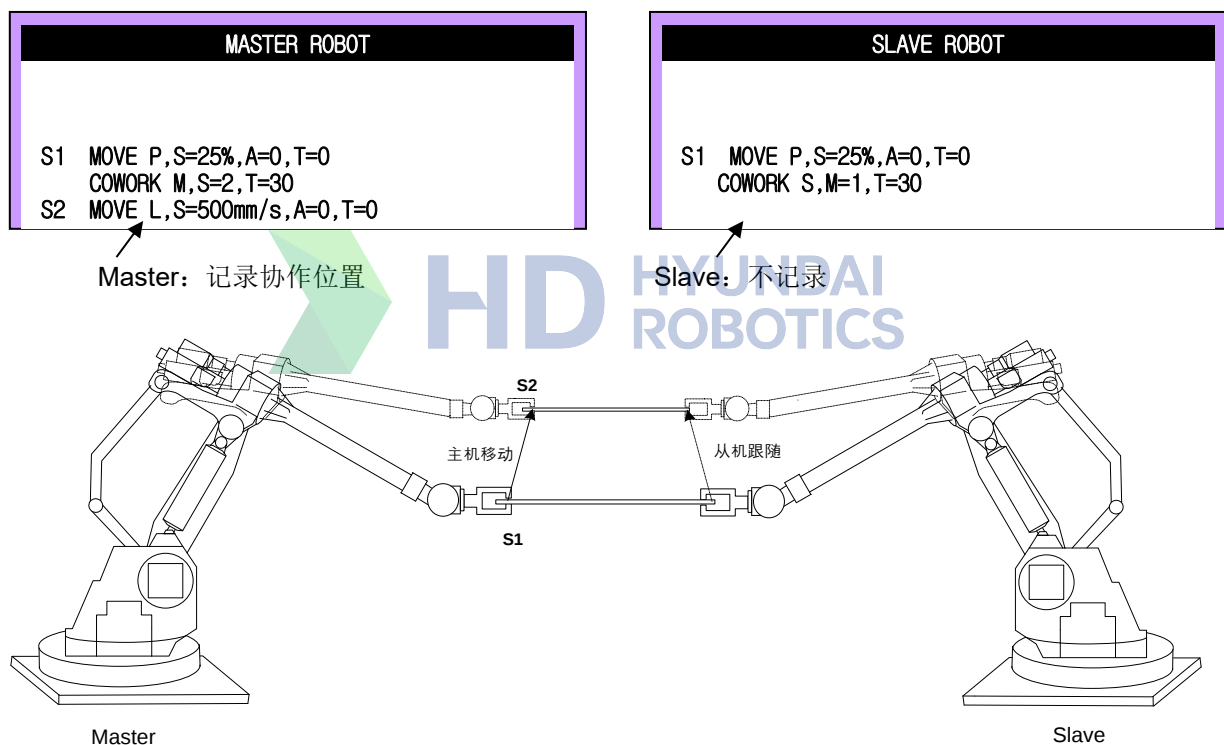


图 4.2 操作主机器人

- (7) 将协作运动步骤记录在主机上。设置主机的插值类型及速度。在协作运动函数中使用一般的 MOV E 指令。(SMOV 无法使用)
- (8) 协作运动结束后，将结束协作控制（COWORK END）的指令插入到主机与从机中。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=25%,A=0,T=0 COWORK M,S=2,T=30 S2 MOVE L,S=300mm/s,A=0,T=0 S3 MOVE L,S=300mm/s,A=0,T=0 S4 MOVE L,S=300mm/s,A=0,T=0 COWORK END	S1 MOVE P,S=25%,A=0,T=0 COWORK S,M=1,T=30 COWORK END



注意事项

- 在手动协作运动中，请勿将从机的“**Enable**”开关状态改为“**OFF**”。硬件信号优先于通信信号，从而会造成协作机器人之间发生错位。严重时甚至会造成工件或机械手损坏。



4.3. CMOV 指令

CMOV {参数 1},{参数 2},{参数 3},{参数 4},{参数 5}	
参数 1	主机器人系统的机械手标识符 形式: R(#1)(#2) #1 : 主机器人系统编号 (1~4) #2 : 机器人系统的主机械手标识符 (0: Robot, 1: Positioner Group 1, 2: Positioner Group 2)
参数 2	插值类型 (interpolation) 指定从机器人之间的插值方式, 仅限于直线与圆弧。 (L: Linear, C: Circular)
参数 3	插值速度 (Speed) 指定相对于工件的速度
参数 4	Accuracy (0~7)
参数 5	工具 (Tool) 编号(0~31)

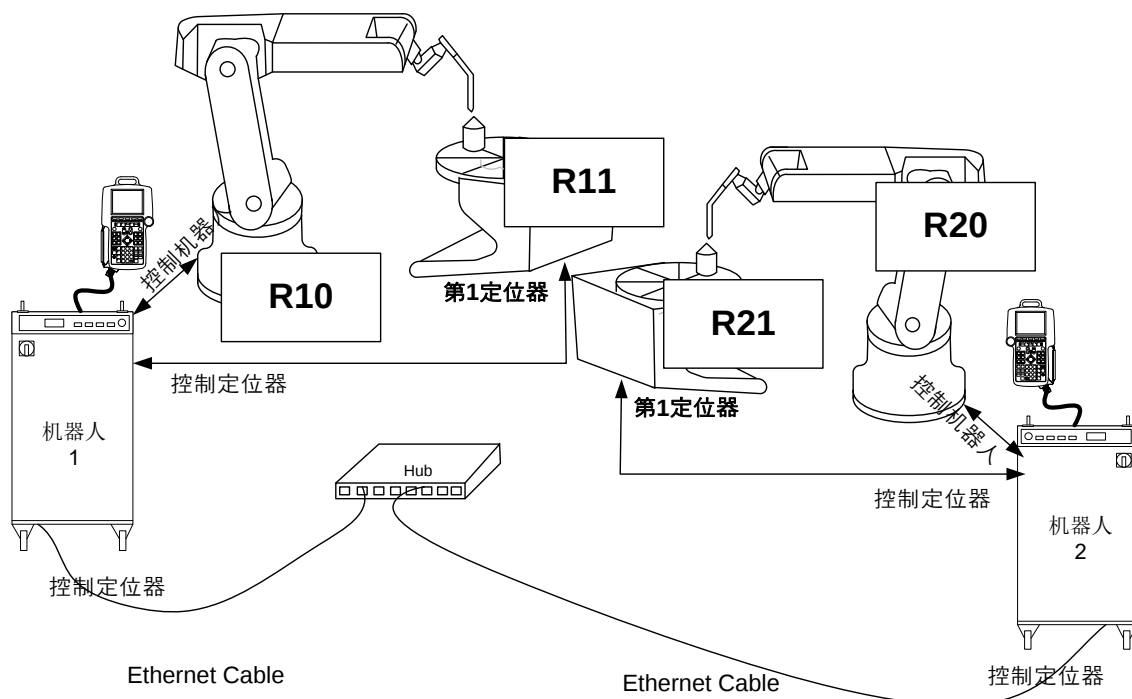


图 4.3 ID 标识符区分方法

4.4. 弧焊及涂胶用示教（无夹具协作控制）

- (1) 先将主机与从机的手动协作机器人角色设置为“独立”后，在协作开始位置上分别记录步骤，并在协作开始位置上输入 COWORK 指令。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
COWORK M,S=2	COWORK S.M=1,ID=0

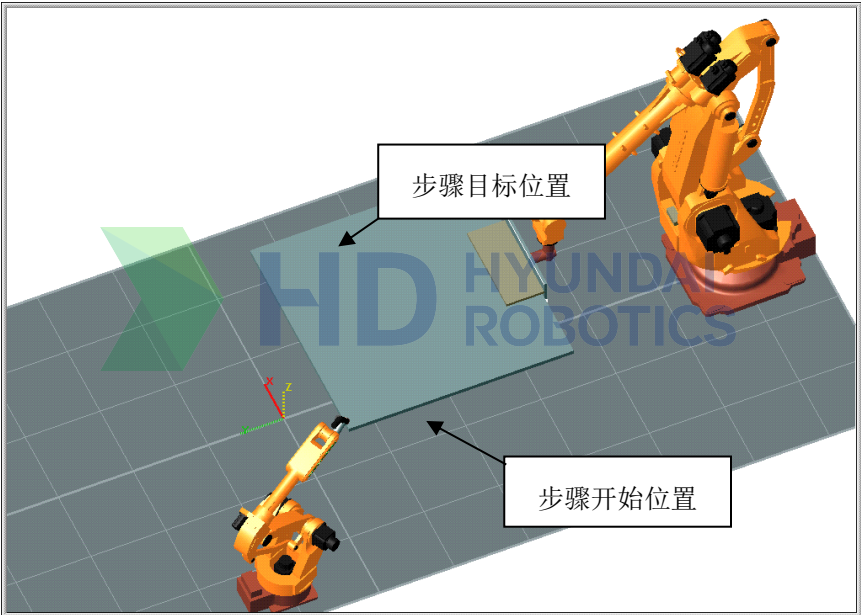


图 4.4 步骤开始/目标位置

- (2) 在手动协作状态下，按角色分别指定主机与从机。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
COWORK M,S=2	COWORK S.M=1,ID=0

- (3) 点动操作主机时，从机将会跟随主机运动。请在所需的记录位置上记录主机步骤。

MASTER ROBOT	
S1	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3	MOVE P,S=100%,A=0,T=0 COWORK M,S=2
S4	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0

SLAVE ROBOT	
S1	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3	MOVE P,S=100%,A=0,T=0 COWORK S.M=1,ID=0

- (4) 用 SHIFT+功能键或 R351,3 指令来将从机转换为 CMOV 记录状态。此时，界面右上方的机器人角色显示将从绿色转换为红色。

MASTER ROBOT	
S1	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3	MOVE P,S=100%,A=0,T=0 COWORK M,S=2
S4	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0

SLAVE ROBOT	
S1	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2	MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3	MOVE P,S=100%,A=0,T=0 COWORK S.M=1,ID=0

- (5) 通过点动操作方式使从机器人到达目标位置后，按下“记录”键。

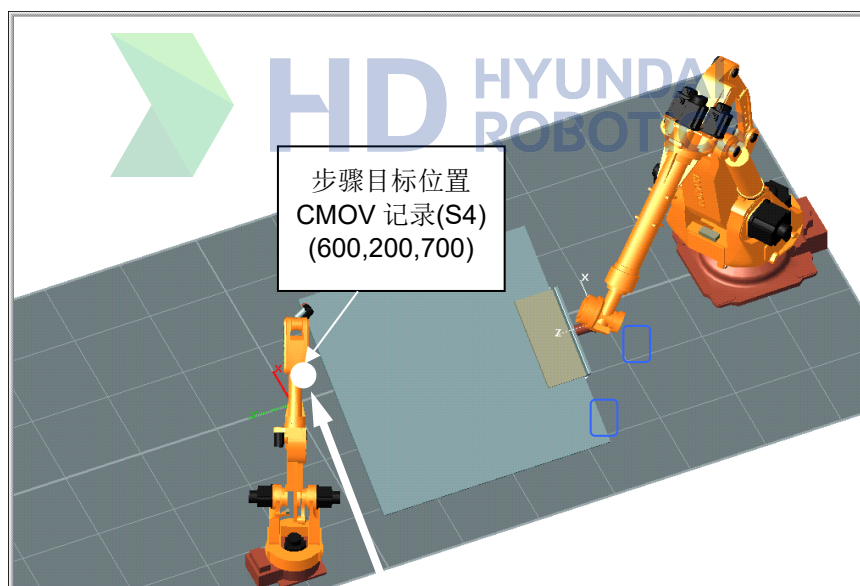


图 4.5 在步骤目标位置上记录 CMOV

MASTER ROBOT	
COWORK M,S=2	
S4	MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0
>	

SLAVE ROBOT	
COWORK S.M=1,ID=0	
S4	CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0

- (6) 在从机上将会记录 CMOV。CMOV 的记录位置为以主机工具末端执行机构坐标系为准的坐标。按下“QUICK OPEN”键即可确认或修改所记录的坐标位置。
- (7) 此时，所记录的坐标系将显示为“主机末端”(Master end)

- (8) 按如上所述的方法使从机移动，即可记录多台机器人的 CMOV 步骤。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
COWORK M,S=2	COWORK S.M=1,ID=0
S4 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	S4 CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0
	S5 CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0

- (9) 但对其（所记录的）步骤的移动计划由主机与从机单独执行，因此，主机与从机到达目标位置的时间可能互不相同。因此，为了在协作区间中对主机 MOVE 位置与从机 CMOV 位置的开始位置进行定时控制，可以使用基于 HiNet I/O 的互锁方法，也可以使用 COWORK WITH, SN=1 指令。COWORK WITH 指令只有 SN 编号相同才能正常执行同步运动。若接到编号不同的 COWORK WITH 指令就会出现错误。

- (10) 例如，为了使主机与从机的步骤 5(S5)开始位置同步化，用 GE、DE 参数来确认彼此是否到达步骤位置。

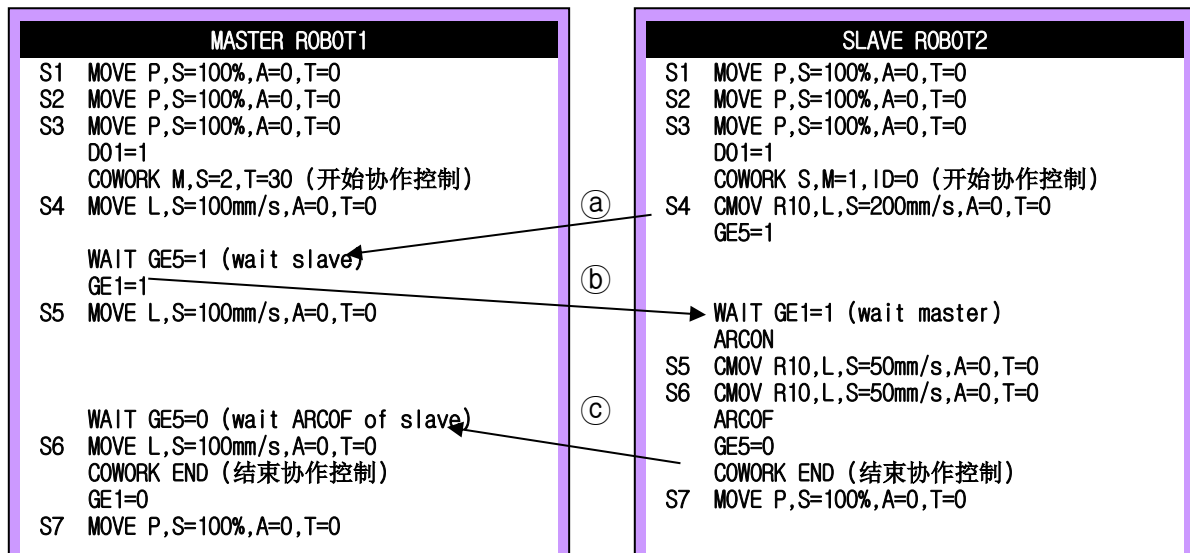
MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
COWORK M,S=2	COWORK S.M=1,ID=0
S4 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	S4 CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0
WAIT GE5=1	GE5=1
GE1=1	WAIT GE1=1
S5 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	GE5=0
	S5 CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0

※ 通过利用如上所述的方法，确认主机与从机到达步骤 4(S4)后对象机器人是否到达步骤 4，然后移动至下一步骤(S5)。

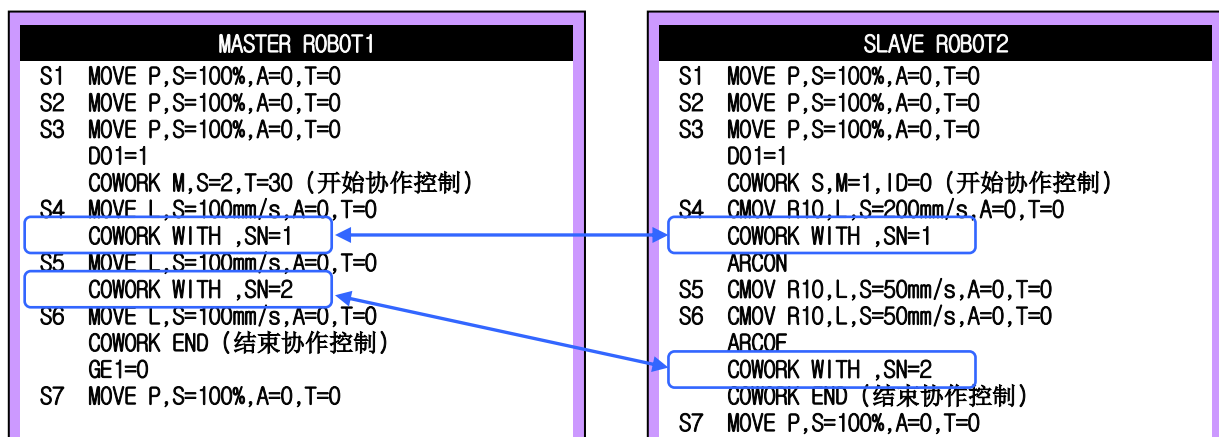
- (11) 协作运动结束后，为了结束协作控制，在主机与从机上均插入 COWORK END 指令，即能完成对协作控制的示教。

MASTER ROBOT	SLAVE ROBOT
S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S1 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S2 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0	S3 MOVE P,S=100%,A=0,T=0
COWORK M,S=2	COWORK S.M=1,ID=0
S4 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	S4 CMOV L,R10,S=100mm/s,A=0,T=0
WAIT GE5=1	GE5=1
GE1=1	WAIT GE1=1
S5 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	ARCON
WAIT GE5=0	S5 CMOV R10,L,S=50mm/s,A=0,T=0
S6 MOVE L,S=100mm/s,A=0,T=0	S6 CMOV R10,L,S=50mm/s,A=0,T=0
COWORK END	ARCOF
GE1=0	GE5=0
	COWORK END

(12) 如上所述的整个程序如下，为了对控制协作进行定时控制，可采用①、②、③等定时控制方法。



(13) COWORK WITH 指令用于在协作控制中（COWORK~COWORK END 之间）使主机器人与从机器人之间的位置同步化。在协作控制中接到 COWORK WITH 指令时，在协作中的机器人都将会等待（处于待机状态）至到达 COWORK WITH 时为止。因此，之前的程序可按以下方法进行变更。



注意事项

- 若要使用 CMOV 的摆动运动，应将参考点(PREP)记录在协作控制区间(COWORK ~ COWORK END)中。
- 恕不支持基于激光视觉传感器的 CMOV 轨迹 Seam-Tracking（焊缝跟踪）功能。
- COWORK WITH 指令在协作控制区间(COWORK~COWORK END)中使用时，无论是主机还是从机，其数量必须相同。
- 由协作机器人一起执行的 COWORK WITH 指令应使用相同的 SN 编号。

4.5. 确认 CMOV 记录位置

CMOV 步骤作为一种有效功能, 通过在 CMOV 记录模式下利用步骤前进/后退功能, 可确认示教位置。CMOV 步骤记录以“主机末端”(Master end) 执行机构坐标系为准的位姿, 因此, 应先确认主机的工具位置后执行。

- (1) 对于被示教为主机 (COWORK M) 的机器人, 将手动协作状态设置为主机状态。(R351,1)
- (2) 对于被示教为从机 (COWORK S) 的机器人, 设置为 CMOV 记录状态。(R351,3)
- (3) 将主机器人移动至将要协作的步骤位置后, 使其处于停止状态。
- (4) 从机选择所要移动的 CMOV 步骤后按下“步骤前进”键, 将会移动至记录于主机末端执行机构上的位置。例如, 如下图所示, 若 CMOV 记录位置记录于主机末端执行机构坐标系上的原点 (0,0,0), 无论主机器人位置如何, 从机器人将会在执行 CMOV 时移动到主机末端执行机构的原点位置。

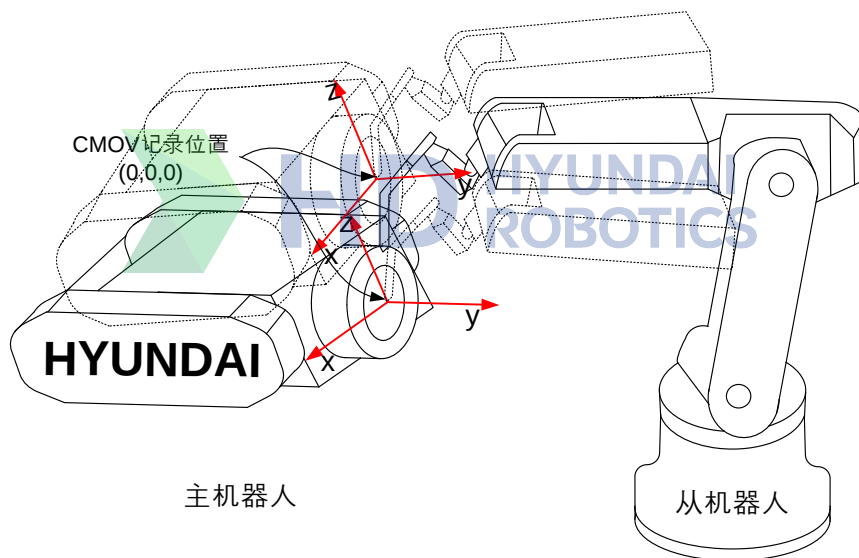


图 4.6 确认 CMOV 记录位置

注意事项

- 在 CMOV 记录状态(R351,3 状态)下, 无论 COWORK 指令是否执行, 就将会移动至有关步骤位置。
- 在 CMOV 记录状态下, 无法点动操作主机。
- 在 CMOV 记录状态下, 不会进行实时协作运动, 因此, 请勿对主机同时进行步骤前进/后退操作, 而使其处于停止状态。
- 在 CMOV 记录状态下, 更改主机位置并使其停止后, 再对 CMOV 步骤进行步骤前进操作, 就会移动至经更改后的位置。



4.6. 定位器主机系统

该功能旨在通过将协作主机分配到定位器，以使从机与主机定位器进行协作。该功能支持定位器群组 1~2。

4.6.1. 定位器主机点动（JOG）

- (1) 对于已设置定位器的机器人，为了使用定位器同步功能，设置定位器群组并对定位器进行校准。
- (2) 对于已设置定位器（所要设置为主机的定位器）的机器人，通过利用 R351, 1 或功能键，设置为手动协作主机（M:G#R#）。
- (3) 按下“机制”（Mechanism）键来选择定位器的机制。



- (4) 按下“坐标系”键来选择同步坐标系 S1（或 S2）。

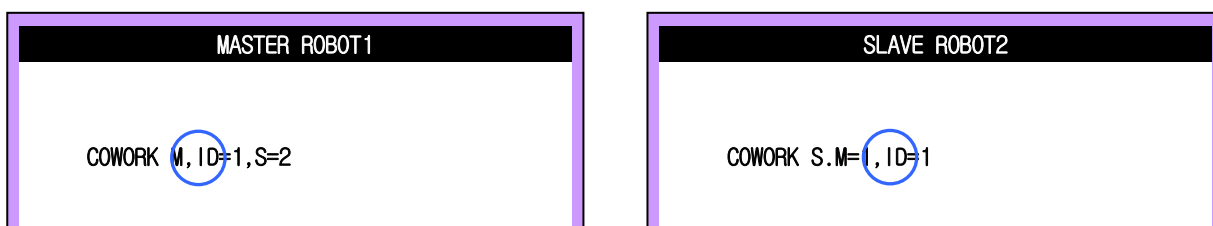


- (5) 从机器人则通过利用 R351,2 将角色设置为从机（S:G#R#）。
- (6) 点动操作定位器时，机器人 1 和机器人 2 都能与定位器同步操作。

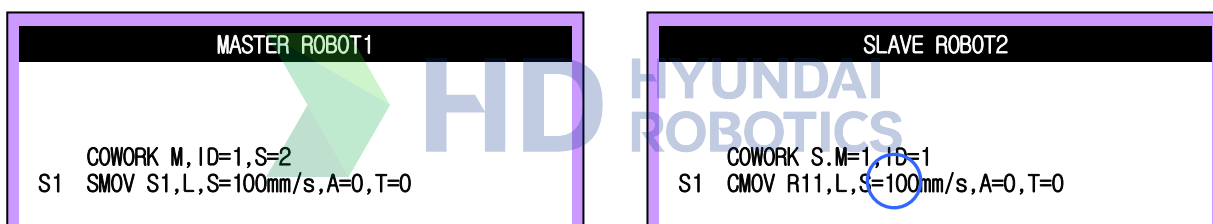
4.6.2. 定位器主机的示教与再生

通过利用 COWORK 指令，对主机与从机进行示教。为了将主机侧定位器选定为主机，将从机侧设置为 ID=1（定位器群组编号）。

在将定位器设置为主机的状态下（主机器人侧坐标系“同步 S1”，记录从机位置。此时，记录位置将会记录于定位器末端执行机构坐标系。

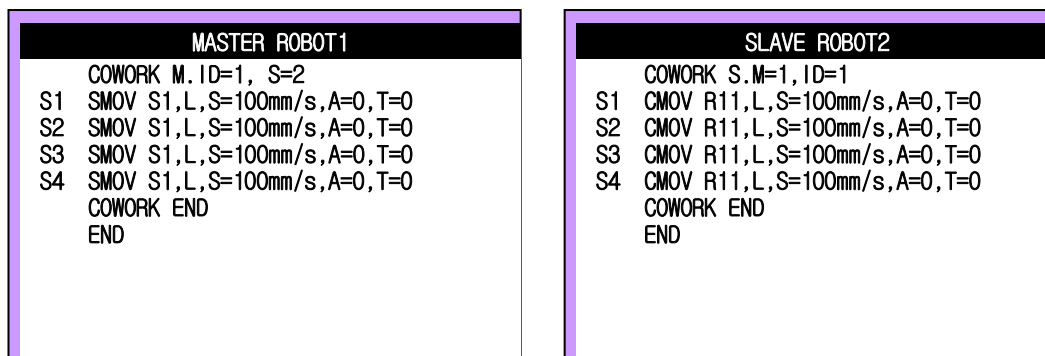


为了使主机器人与定位器协作，按相同于现有定位器的方法以 SMOV 步骤进行示教。就从机器人而言，在将主机机器人的定位器设置为主机的状态下（主机器人侧坐标系“同步 S1”）记录步骤，就会被记录为反应主机 ID 的机器人编号。



主机与定位器同步功能相同。从机被记录为 R11。

按如上所述的方法对主机与从机进行示教，然后以 COWORK END 完成。



在手动模式下确认运动后，在自动模式下运行。

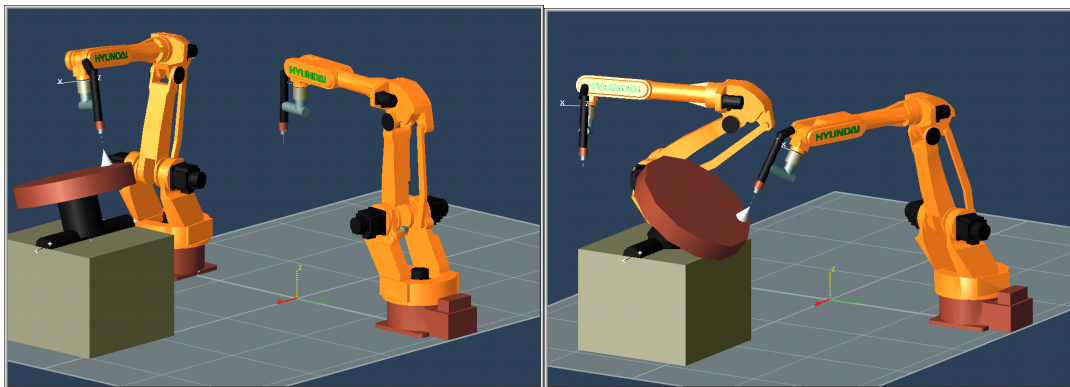


图 4.7 各机器人的定位器同步运动（模拟）



注意事项

- 在无夹具协作控制下支持定位器群组 1~2。在定位器点动（JOG）、CMOV 上，应将定位器群组编号选为 1 或 2。
- 在从机上，COWORK S,M=#1,ID=#2 的设定值与 CMOV R#1#2 值不同时，就会出现『E1365 CMOV 主机 No. ID 不正确』的错误。





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

5

协作运动再生



5. 协作运动再生

5.1. 协作再生概要

协作程序大体上可分为独立运动部分与协作运动部分。

独立运动部分是与控制方式相同，进行个别运动的部分；协作运动部分则是由主机程序的位置决定从机运动的 COWORK ~ COWORK END 部分。

- (1) 协作运动部分为 COWORK ~ COWORK END, COWORK 指令开始后，所有协作机器人将会等待（处于待机状态）至 COWORK 执行时为止。

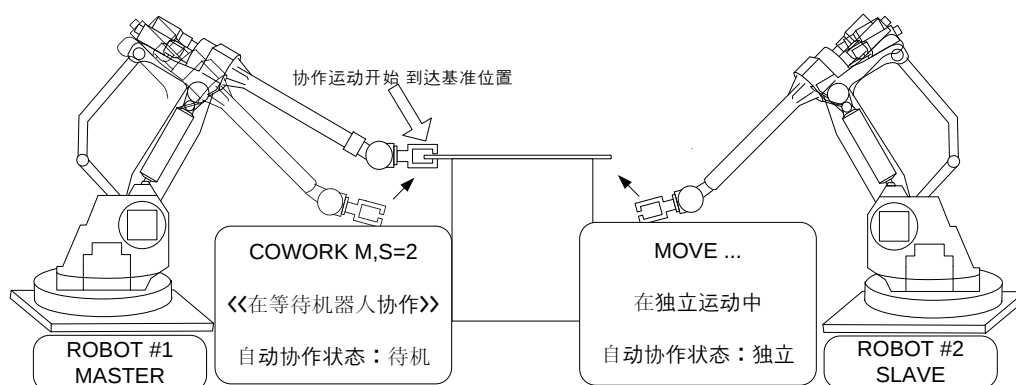


图 5.1 协作再生 1

(2) 对象机器人都到达 COWORK 位置之时，就会开始协作运动。

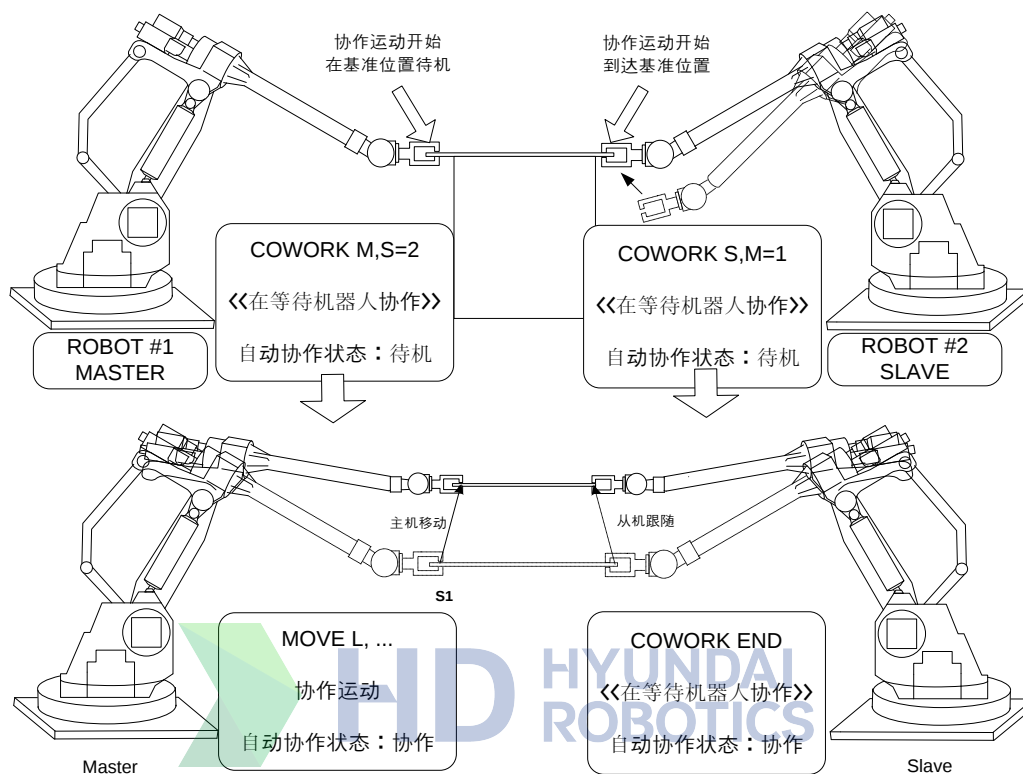


图 5.2 协作再生 2

(3) 协作区间的运动都结束后，主机侧将会到达 COWORK END，此时协作状态就会结束。

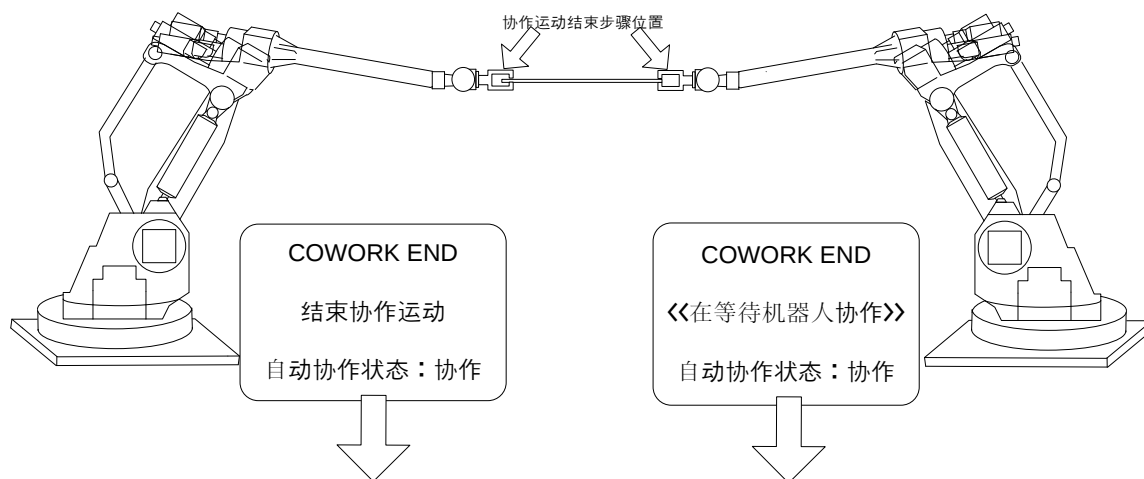


图 5.3 协作再生 3

(4) 协作运动结束后，各自重新执行独立运动。

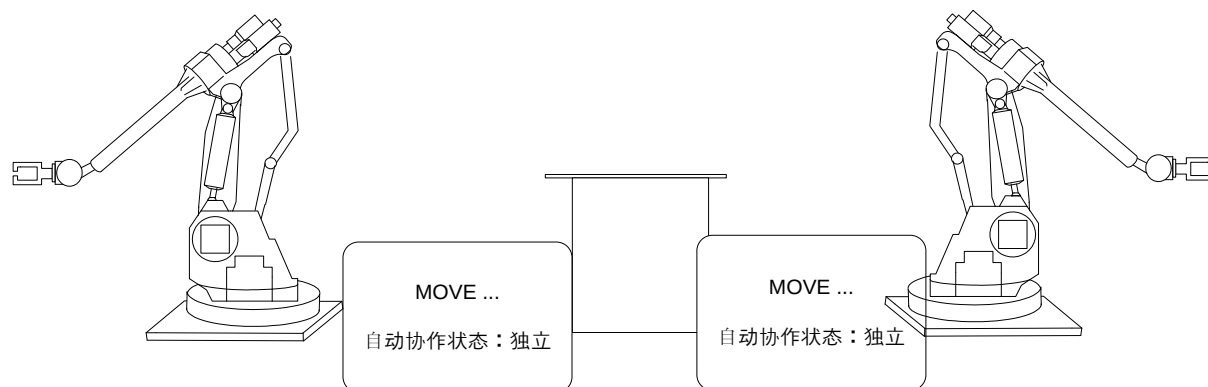


图 5.4 协作再生 4



5.2. 在手动模式下确认程序

- (1) 在手动模式下，主机器人将手动协作状态设置为 I(Indiv.)或 M(Master)，从机器人则将手动协作状态设置为 I(Indiv.)或 S(Slave)。
- (2) 先使运行准备置于 On 后，两侧都按下“步骤前进”键。
- (3) 为了确认主机与从机的同步运动，将主机与从机的“步骤前进”键按住直到协作运动结束为止。

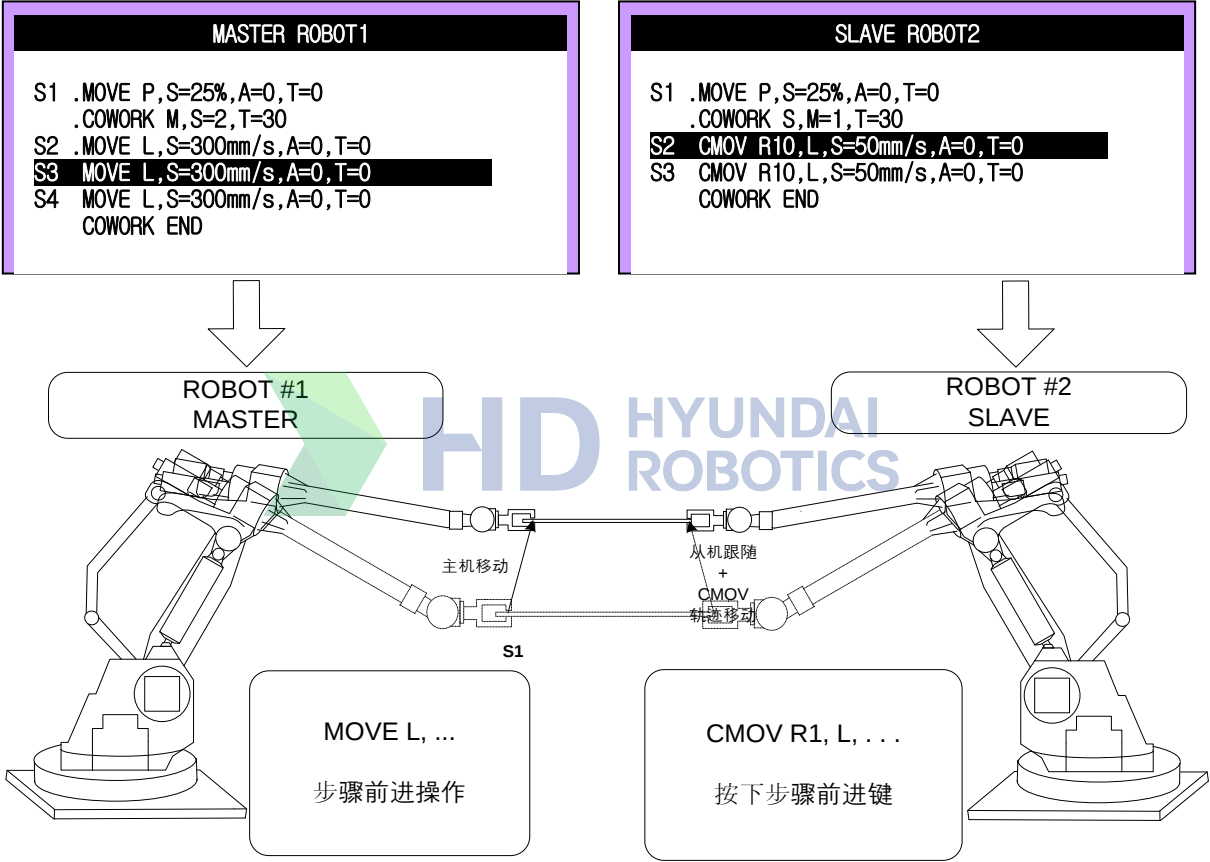


图 5.5 在手动模式下确认程序

注意事项

- 从机处于 CMOV 记录模式时，无法在手动模式下与主机进行协作运动。
- 执行步骤前进/后退时，应在条件设置上将“步骤前进时执行函数”设置为“On”。
- 主机器人与从机器人只有在执行 COWORK 指令之时才检查执行位置，而不会在其他区间中使主机与从机的步骤位置同步化。因此，通过步骤前进/后退方式确认的主机与从机的相对位置，很有可能在自动模式再生运动上发生变化。
- 为了使主/从机器人的位置同步化，请使用 COWORK WITH,SN=1 的命令语句。



5.3. 在自动模式下再生

- (1) 将所有协作机器人转换为自动模式。
- (2) 确认所有协作机器人的运行准备是否处于“ON”。
- (3) 从头重新开始程序。
- (4) 使所有协作机器人分别启动。
(主机与从机的启动顺序可以任意决定。)



注意事项

- 请勿在不处于协作再生基准位置的状态下，任意移动光标，从 COWORK M(或 COWORK S) 开始执行。因为在 COWORK M(COWORK S)位置上计算出主机与从机的相对位置后据此进行协作运动，因此，必须在协作基准位置上执行。
- 协作待机时间请适当设置。主机或从机之一先到达协作基准位置后，对象机器人仍未在“协作待机时间”内到达，就会出现错误。若要无限待机，请将协作待机时间设为“0”。



5.4. 协作再生停止/重启

在协作运动中，若用户输入停止指令（外部停止，内部停止），正在协作运动中的所有机器人都将会停止。



图 5.6 对象机器人停止时输出警告

在协作运动中停止后，更改步骤编号并再生，这只有在协作再生状态为无效时才能执行。若要在协作运动中停止并更改步骤后再生，就需要输入 R353 代码，以向用户发出警告。

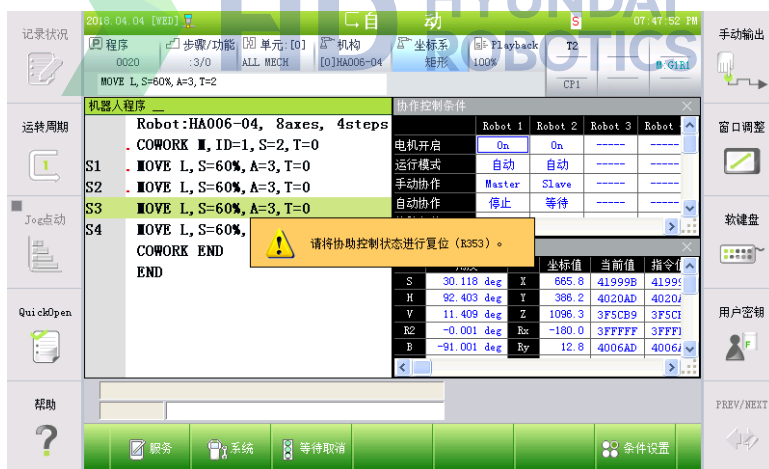


图 5.7 在协作运动中停止后更改步骤时发出的消息

若输入协作控制状态复位（R353），系统将会解除协作状态后运行。若要在维持协作状态下运行，请先指定停止步骤编号后启动即可。

5.5. 机器人锁定功能（Robot Lock Playback）

将『[F7]: 设置条件』 → 『5: 机器人 Lock』设置为“有效”。

6: 自动运行速度比率	=	100 %
7: 机器人锁定	=	☐ 禁用 ☒ 启用
8: 插值基数	=	☒ 机器人工具 ☐ 固定工具

若选择“机器人 Lock”，界面上方就会出现锁形图标。



若将主机机器人的“机器人 Lock”设置为“有效”后进行再生，从机将会执行协作运动，但主机器人则不会运动，轴数据显示屏将会改变。

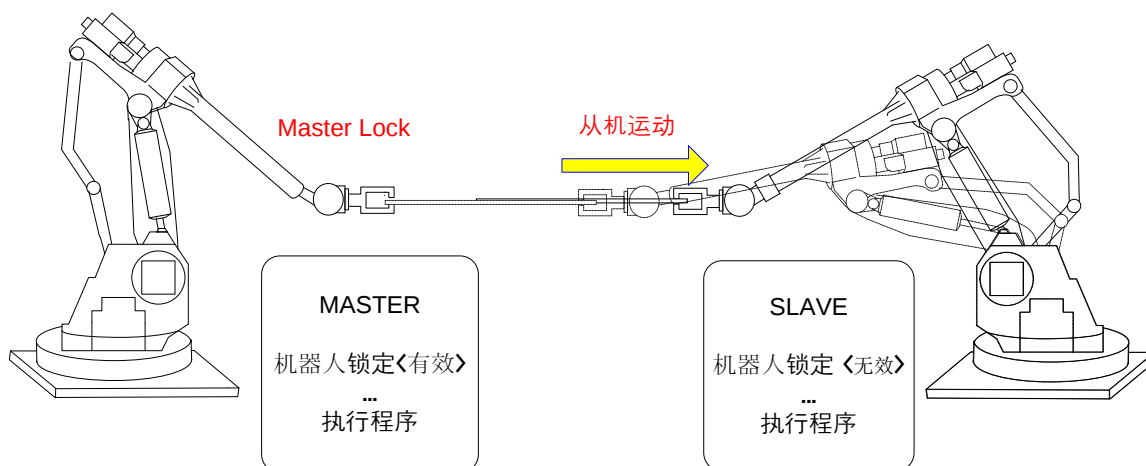


图 5.8 机器人 Lock 功能（Master Lock）

将从机器人的“机器人 Lock”设置为“有效”，将 主机器人的“机器人 Lock”设置为“无效”时，主机器人将会正常运行，从机器人将处于停止状态，只有监测数据才会移动。

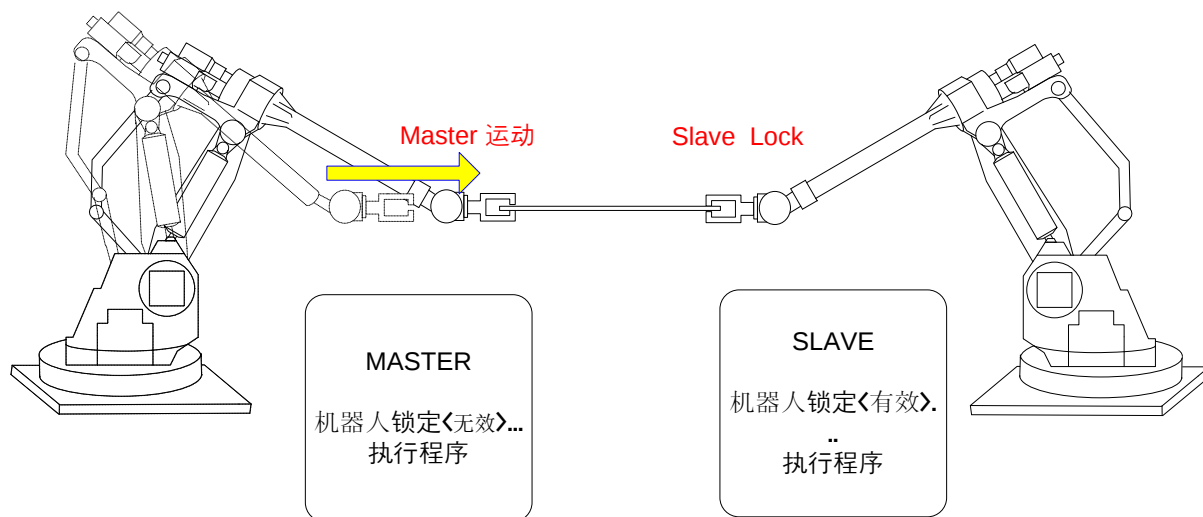


图 5.9 机器人 Lock 功能（Master Lock）

将主机与从机的“机器人 Lock”都设置为“有效”时，将会在主机/从机都停止的状态下执行程序。

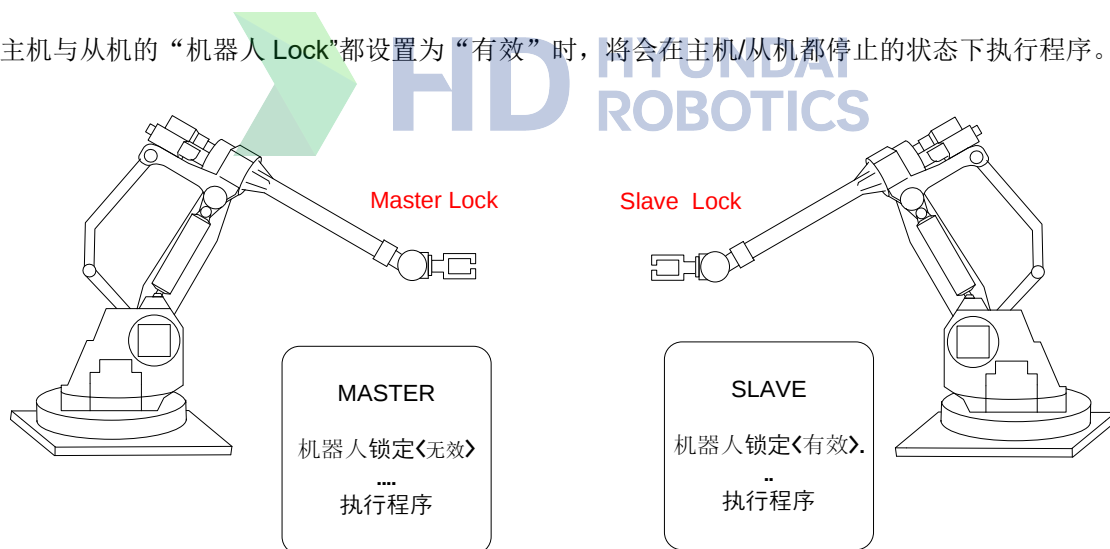


图 5.10 机器人 Lock 功能（Master, Slave Lock）

⚠ 注意事项

- 协作待机时间请适当设置。
- 将“机器人 Lock”设置为“有效”的机器人不会运行，因此，请将其移动至不与其他机器人发生干涉的位置后执行程序。
- 将“机器人 Lock”重新设置为“无效”后执行时，机器人位置与步骤位置不会对应，此时，请从头重新执行程序。



HD

HYUNDAI
ROBOTICS

6

HiNet I/O 功能



6. HiNet I/O 功能

协作控制

6.1. HiNet I/O 概要

HiNet I/O 功能旨在通过协作控制专用网络共享 I/O。各个控制器对协作机器人之间的信号进行监测，因此，只要将设置为“共享”的部分分配到 I/O，即可作为输入/输出功能方便使用。各个控制器允许使用的输出（Output）大小为 4byte，除了自身的输出部分之外，可接收 124byte。与协作控制不同，HiNet I/O 不仅在同一群组内，还在连接于 HiNet 网络的其他群组内，可与最多 12 台机器人收发信号。

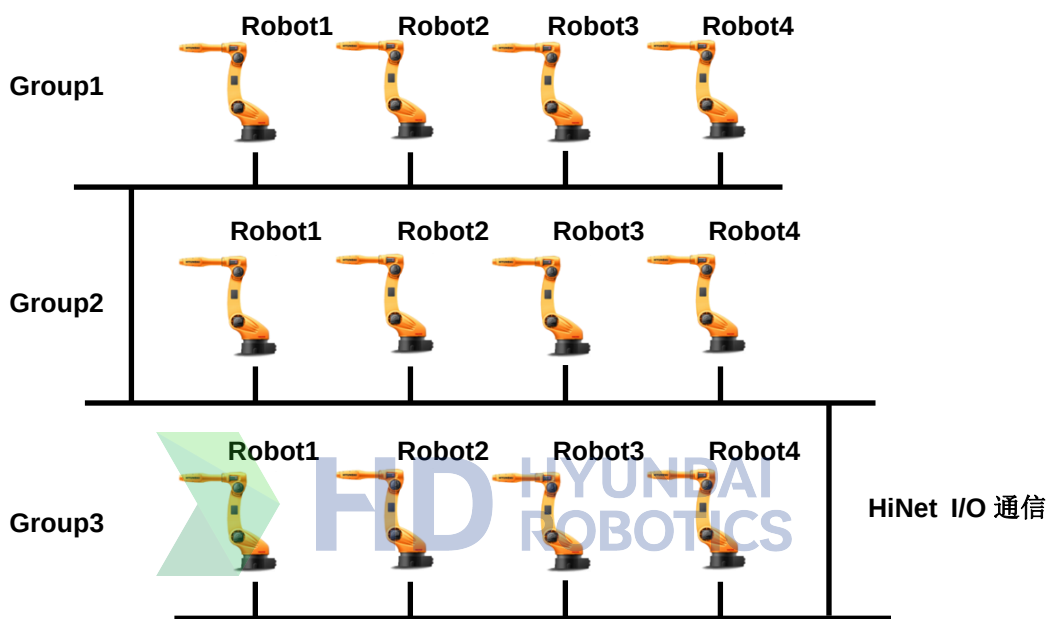


图 6.1 HiNet 群组结构

该功能通过机器人语言（HR-BASIC）不仅能检测信号输入/输出，也能作为变量使用，因此，可以按用户需求广泛适用于多个领域。

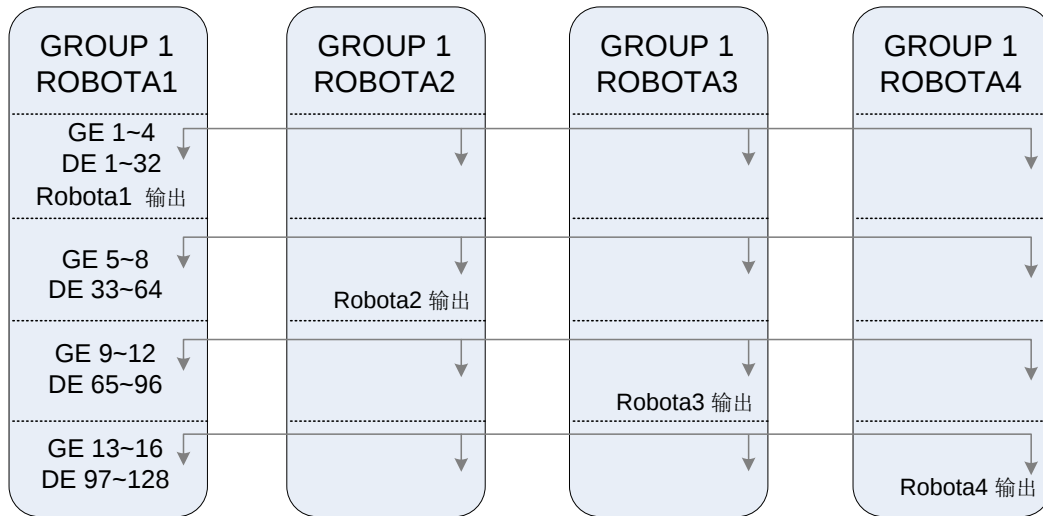


图 6.2 HiNet I/O 使用示例（群组 1 – 机器人 4 台）

DE 为 bit 单位的信号。GE 是将 8 个 DE 信号以 byte 为单位组成的信号。因此，可以在 0~255 范围内输入/输出信号。

对于协作控制群组编号，个别机器人控制器的 GE 信号输出范围如下：

- 最小 GE = $\{ (G\#-1) \times 4 + (R\#-1) \} \times 4 + 1$
- 最大 GE = $\{ (G\#-1) \times 4 + (R\#-1) \} \times 4 + 4$

表 6-1 按机器人编号分类的输出/输入区域

GE [byte]	G1 R1	G1 R2	G1 R3	G1 R4	G2 R1	G2 R2	G2 R3	G2 R4	...
1~4	Out	In	In	In	In	In	In	In	...
5~8	In	Out	In	In	In	In	In	In	...
9~12	In	In	Out	In	In	In	In	In	...
13~16	In	In	In	Out	In	In	In	In	...
17~20	In	In	In	In	Out	In	In	In	...
21~24	In	In	In	In	In	Out	In	In	...
25~28	In	In	In	In	In	In	Out	In	...
29~32	In	In	In	In	In	In	In	Out	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

6.2. HiNet I/O 指令语句

6.2.1. DE 指令语句

DE 指令用于在 HiNet I/O 功能上将自身区域以 1bit 为单位输入/输出。

DE[{下标}]=[参数]	
下标	■ 指定输入/输出信号(1~1024) ■ 1~1024: 选择有关输入/输出 bit
参数	■ 设置 On/Off ■ 1 : On ■ 0 : Off

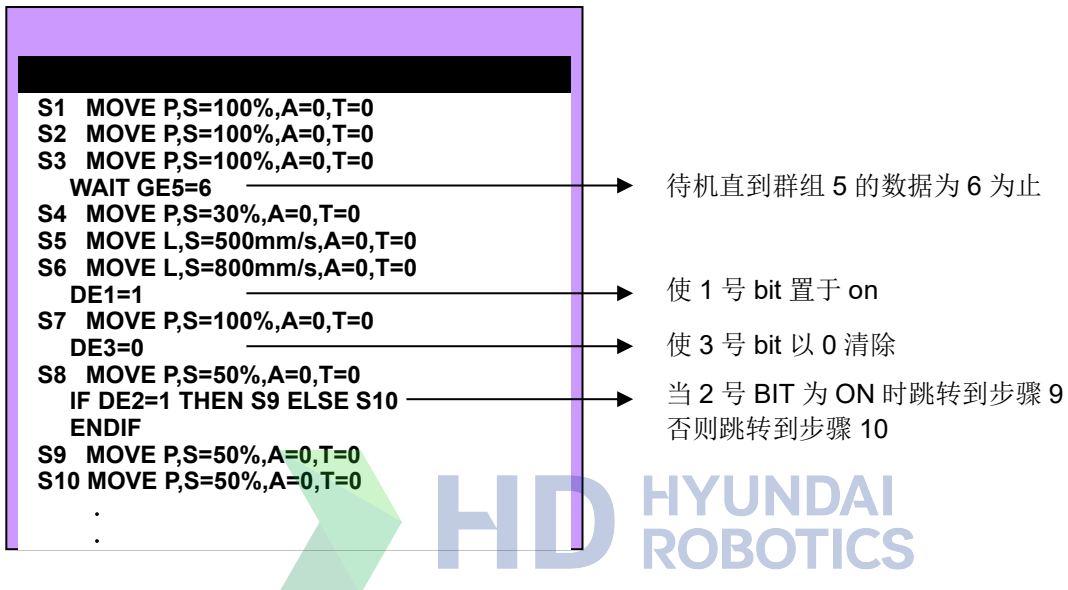
6.2.2. GE 指令语句

GE 指令用于在 HiNet I/O 功能上将自身区域以 1byte 为单位输入/输出。HiNet 共享 I/O 区域分配 128 byte, 可以属于自身区域的 32bit 为单位输出。

GE[{下标}]=[参数]	
下标	■ 指定输入信号群组(1~128) ■ 1~128: 选择有关输入/输出群组
参数	■ 指定 1byte 的输入/输出信号(0~255)

6.3. 适用示例

因为无法介绍所有适用于机器人语言的应用示例，这里将简单地介绍以下示例。DE 和 GE 都是可作为变量使用的 I/O，优点在于应用范围很广。





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

7

协作控制
电弧焊



7. 协作控制电弧焊

协作控制

7.1. 电弧传感（Arc Sensing）信息数据说明

7.1.1. 绘制电弧传感波形

电弧焊条件可以通过“ARCON”指令按下[QuickOpen]键而进入设置模式。在已设置协作控制的系统上，将会在焊接条件中出现如下图所示的<协作控制条件>设置项目。

协作控制条件	
状态输出端口	= GE ☒ 1
状态输入端口	= GE ☐ 0, GE ☐ 0, GE ☐ 0
远程 WCR 等待	= ☒ 启用 ☐ 禁用
焊接过程中固定姿势	= ☒ 变更姿势 ☐ 固定姿势

图 7.1 焊接条件设置框中协作控制条件项目

- 状态输出端口：设置在执行协作控制电弧焊时将要输出电弧焊信号的 GE 端口。
- 状态输入端口：设置在执行协作控制电弧焊时将要输入电弧焊信号的 GE 端口。最多可从三台对象机器人接收电弧焊信号。
- Remote WCR：设置在电弧焊过程中确认 WCR(Welding Current Relay)信号的输入时是否要确认对象机器人的 WCR。
- 将端口设置为“0”时，被设定为“0”的输入/输出端口则不使用。
- 按 bit 分类的 GE 信号内容
 - Bit 0(ArcOn)：当因执行 ARCON 指令而使 torch on 时，设置为“1”。
 - Bit 2(WCR)：当所设定的机器人的 WCR 被输入时，则设置为“1”。
 - Bit 3(Retry)：正在执行“重试”功能，重试结束之前，设置为“1”。
 - Bit 4(Overlap)：正在执行“重启”功能，重启结束之前，设置为“1”。
 - Bit 5(Dry Run)：当空运行（Dry Run，实际上并不焊接，而只有机器人运行）时，则设置为“1”。
 - Bit 6(ArcSt)：在 Arc on 后经过移动处理之前，设置为“1” 包括 Retry 状态。
- 焊接中姿势固定：在协作控制焊接过程中，避免从机姿势发生急剧变化。设置该项目时，在焊接过程中，焊枪姿势会得以固定，而只移动 TCP 位置。



注意事项

- 对于用于协作控制的机器人，其可设置为输入/输出端口的端口号会根据自身机器人编号的不同而不同。请参考“表 7-1 按机器人编号分类的输出/输入区域”。
- 在 Dry Run（模拟焊接）的状态下，因不发出 Remote WCR 信号而无法在焊接区域进行协作控制，因此，在执行 Dry Run 时应将有关条件设置为“无效”。
- 若将 Remote WCR 信号设置为“无效”后执行焊接，可能无法在焊接区域实现同步。



7.2. 操作

如下图所示，在一个定位器上由两台机器人同时执行电弧焊时，可使用协作控制电弧焊功能。此时，如果两台机器人不能同时执行焊接，会造成作业不良。

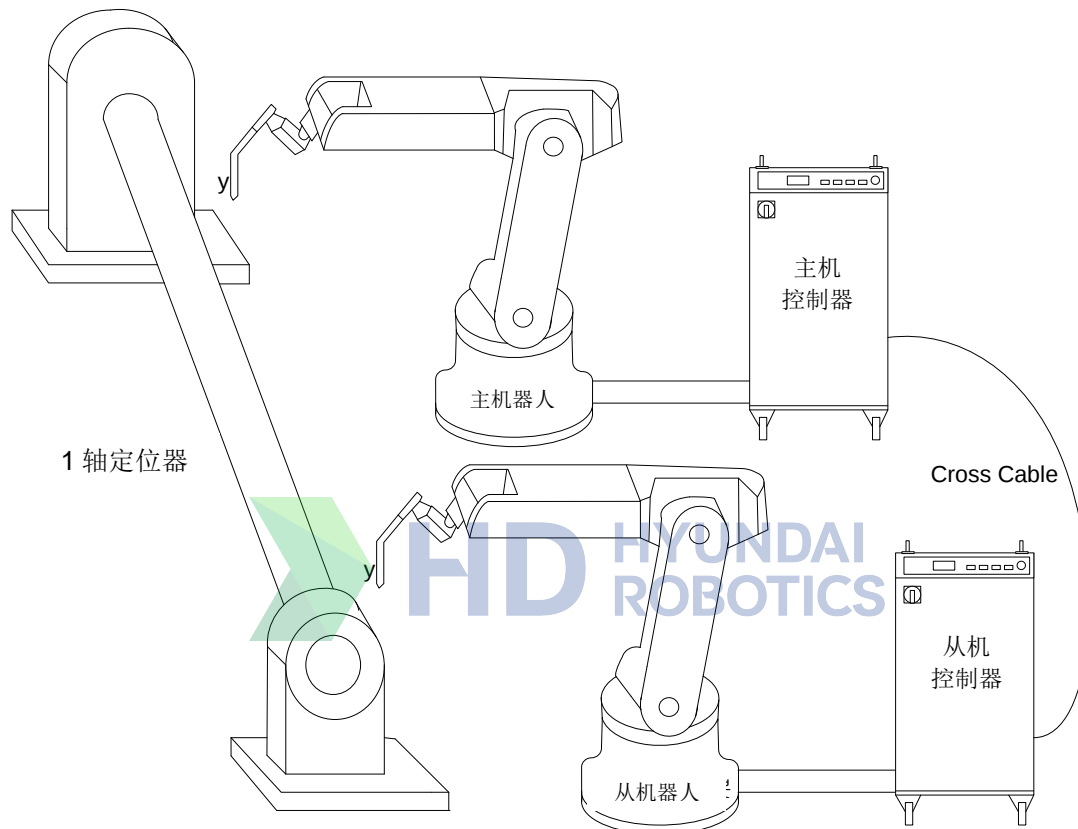


图 7.2 协作控制电弧焊功能的概念图

具体实例如下：

(1) 例如，当主机器人编号为 1 号，从机器人编号为 2 号时，主机侧控制器可设置为如下：

- 状态输出端口：GE4（可选择 1~4 号之一）
- 状态输入端口：GE8（与从机侧状态输出端口成一致）

(2) 从机侧控制器可设置为如下：

- 状态输出端口：GE8（可选择 5~8 号之一）
- 状态输入端口：GE4（与主机侧状态输出端口成一致）
- 将 Remote WCR 设置选为“有效”。

- (3) 在自动模式下，通过协作控制方式使两台机器人同时执行 **ARCON**。
- (4) 如果两台机器人同时成功引燃电弧，定位器及机器人将在执行焊接的过程中移动。
- (5) 如果一台机器人无法引燃电弧，另一台机器人也将停止电弧，同时执行重试功能。之后，如果同时成功引燃，就会执行正常移动。
- (6) 在执行焊接的过程中，若因停止、错误等原因而造成一台机器人停止弧焊，那么，另一台机器人也会停止弧焊。去除引起错误的原因后重启时，两台机器人将同时执行 “**Overlap**”（重启）功能后，重新进入正式的焊接过程。
- (7) 在焊接过程中，若一台机器人通过 “**ARCOF**”指令正常结束焊接，这不会影响其他机器人的弧焊作业。





HD

HYUNDAI
ROBOTICS

8

服务功能



8. 服务功能

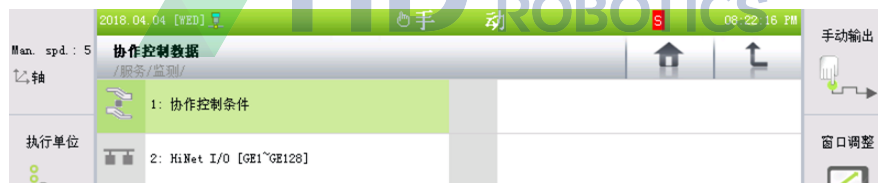
协作控制

8.1. 协作控制状态显示屏

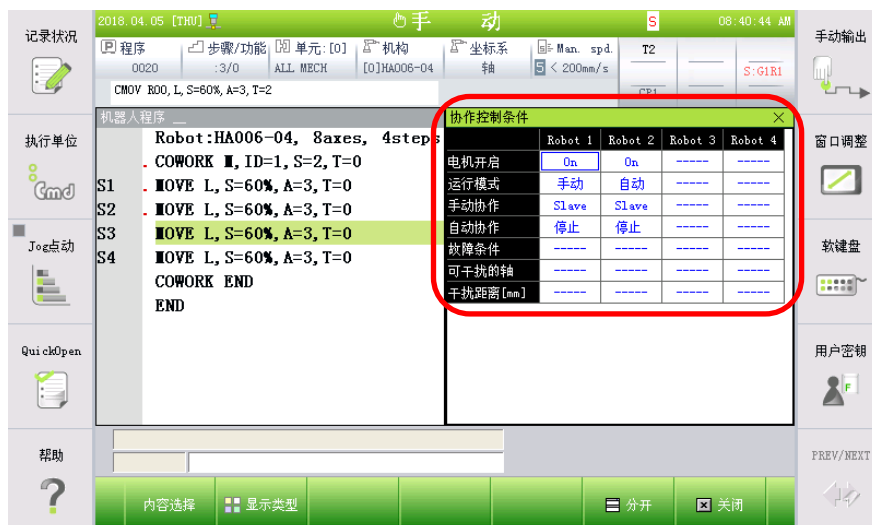
(1) 请选择『F1: 服务』 → 『1: 监测』 → 『10: 协作控制数据』。



(2) 请选择『1: 协作控制状态』。



(3) 协作控制状态显示如下:

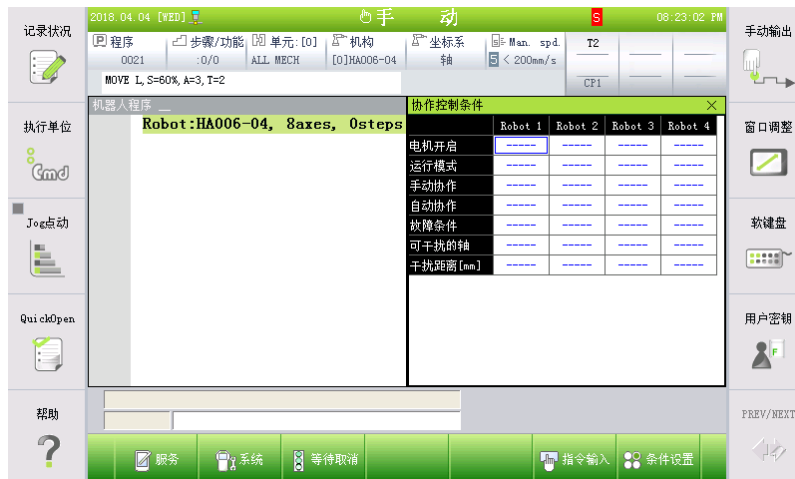


(4) 监测功能详情如下：

- 电机 ON: 显示当前各机器人的运行准备状态。(ON/OFF)
- 操作模式: 显示各机器人设置为手动模式还是自动模式。(手动/自动)
- 手动协作: 显示各机器人在手动模式下的协作状态。
 Individual: 单独（独立）点动状态
 Master: 协作点动状态，指定主机
 Slave: 协作点动状态，指定从机
- 自动协作: 显示机器人再生时的协作状态。
 停止: 机器人不处于启动状态。
 独立: 机器人执行独立的再生运动。
 待机: 在 COWORK 指令上等待对象机器人到达协作位置。
 协作: 正在协作再生。
- 错误状态: 显示各机器人最近出现的错误状态， 启动时清除。
- 可能干涉轴: 离对象机器人最近的自身机器人轴名称
- 干涉距离[mm]: 与可能干涉轴之间的距离



- 在协作控制参数上，若协作控制设置为“无效”，则无法显示监测信息。

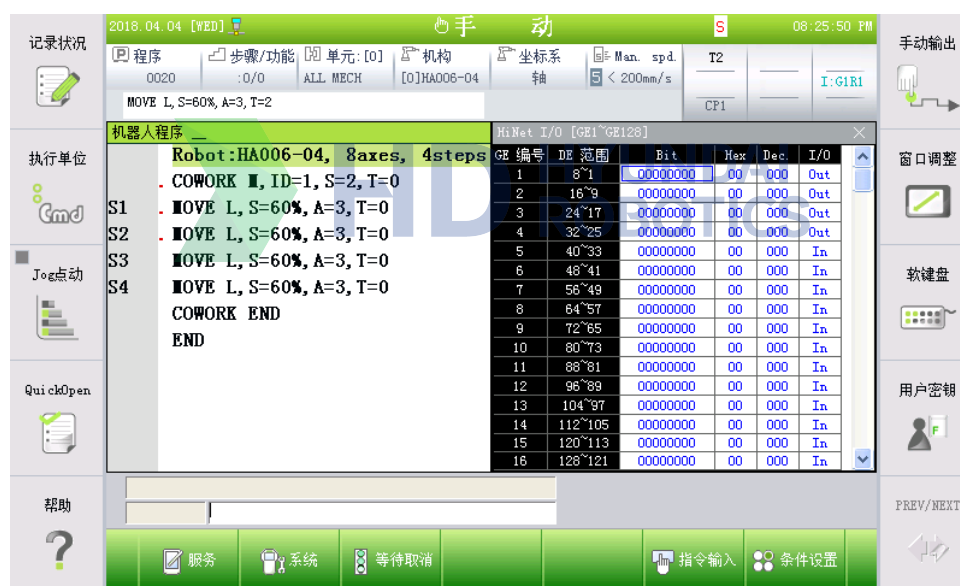


8.2. HiNet I/O 显示屏

- (1) 请选择『[F1]: 服务』 → 『1: 监测』 → 『10: 协作控制数据』。



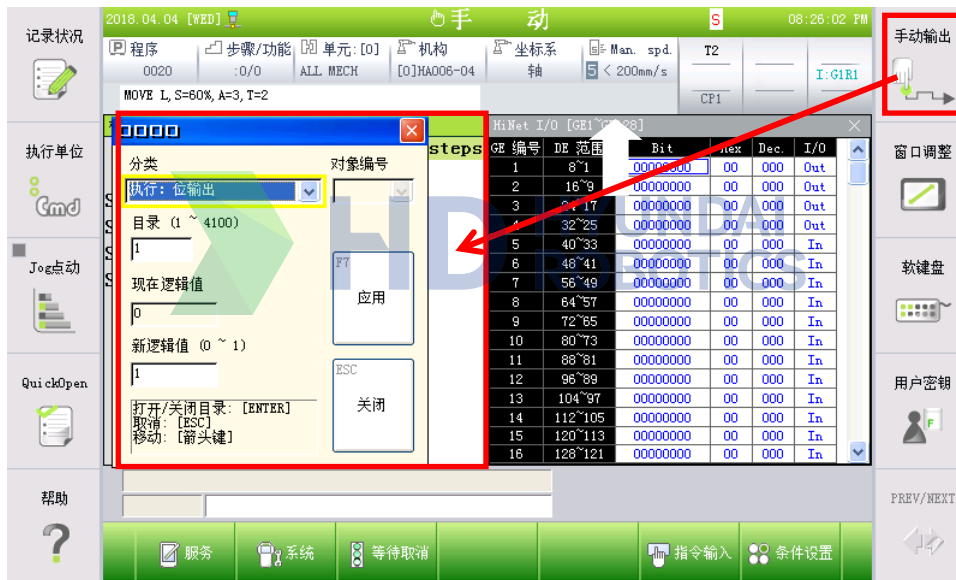
- (2) 在界面上显示 HiNet I/O 全区域。Input/Output 区分显示在最右列上。各个信号处于 ON 时，就会以 2 进制、16 进制、10 进制形式显示。



8.3. 手动输出功能

可以手动方式输出用于协作控制的 HiNet I/O 信号。

- 在手动模式下，按下示教器界面右上方的[手动输出]键，即会出现手动输出对话框。
- 在“分类”项目上，选择所要输出的 HiNet I/O 项目（DE/GE 中选一）
- 将从自身机器人编号中可输出的 DE/GE 编号输入到 Index 项目中。
- DE：请在 0、1 中选择所要输出的数值后按下“应用”键。
- GE：请在 0~255 中选择所要输出到相关 byte 的数值后按下“应用”键。
- 请确认当前值项目是否更改为与新建值项目相同的数值。



8.4. R code

R Code 主要用于协作控制。

表 8-1 用于协作控制的 R code

操作	#1	#2	内容
R351,#1	机器人角色		机器人角色 0 = Indiv.(单独)
			1 = Master
			2 = Slave
			3 = CMOV 记录模式
R353			清除协作再生状态



HD

HYUNDAI
ROBOTICS

9

错误代码



9. 错误代码

协作控制

9.1. 警告 (Warning)

■ 代码	W00016 GE 或 DE 信号的使用编号不合适
■ 内容	被指定为 GE 或 DE 变量的数值不正确。该数值超过规定范围。
■ 措施	- 与相应于协作机器人编号的数值不同。 - GE: 最小=(机器人#-1)*4+1, 最大=(机器人#-1)*4+4 - DE: 最小=(机器人#-1)*32+1, 最大=(机器人#-1)*32+32
■ 代码	W00123 对象机器人的停止要求
■ 内容	在执行协作控制过程中, 从对象机器人接收到停止指令。此时输出上述消息, 机器人则会停止。
■ 措施	从机侧机器人优先开始运行后, 开始主机运行, 并重新运行程序。
■ 代码	W00124 从机器人无法进行点动操作
■ 内容	在手动协作控制状态下, 已设置为从机。设置为从机的机器人则无法独立操作。
■ 措施	为了单独手动操作个别机器人, 请将手动协作的设置状态更改为“独立”。请用功能键或 R351 代码来更改手动协作状态。
■ 代码	W00131 无法点动操作协作-主机器人重复
■ 内容	连接到 HiNet 的机器人中, 手动协作状态设置为主机的机器人有两台以上。
■ 措施	手动协作主机只能设置一台。请更改设置状态。

■ 代 码	W00132 无法点动操作协作-无法选择从机
■ 内 容	在没有将从机器人设置为“可协作”的状态下，尝试点动操作主机器人。
■ 措 施	确认从机器人是否被选中后，将从机器人设置为可协作的状态(Enabling Switch On)。

■ 代 码	W00133 从机侧点动设置更改-停止
■ 内 容	在利用主机器人执行协作点动操作的过程中，检测到在执行相同运动的从机器人中更改手动协作状态的机器人。
■ 措 施	请再次确认从机的协作状态后进行操作。

■ 代 码	W00134 主机工具坐标系未被选中
■ 内 容	在 CMOV 记录模式下(R351,3)，尝试点动操作从机器人时发生。尚未指定主机器人，或在使用 CMOV 步骤前进功能时发生。当前设置的主机编号与在 CMOV 上记录的主机编号不同。
■ 措 施	请将正确的主机器人设置为手动协作主机状态。

9.2. 系统错误 (System Error)

■ 代 码	E00200 (0 轴) 协作运动中超过最高速度
■ 内 容	在跟随协作运动的过程中，输入了超过最高速度的指令。
■ 措 施	请在执行协作运动的从机基准位置上修改机器人位姿，或更改协作记录位置，或降低记录速度后进行再生。
■ 代 码	E00201 协作运动开始错误
■ 内 容	在协作机器人之间收发同步信号时出现错误。再生模式互不相同。
■ 措 施	请检验通信状态。请使协作机器人的再生模式成一致后开始执行协作运动。
■ 代 码	E00203 协作对象机器人异常 -紧急停止
■ 内 容	在协作运动过程中，对象机器人的运行准备为 off 状态。将运行准备置于 Off 后停止。
■ 措 施	处理好造成对象机器人停止的原因后，将运行准备置于 On 后重启。
■ 代 码	E00204 机器人协作控制通信错误
■ 内 容	在点动操作协作、再生的过程中，与对象机器人通信出现错误。
■ 措 施	请检验协作控制通信电缆及接头的连接状态。
■ 代 码	E00205 系统的 HiNet 通信异常
■ 内 容	协作控制用 HiNet 通信无法正常运行。
■ 措 施	请检验协作控制通信电缆及接头的连接状态。
■ 代 码	E00227 协作控制同步顺序错误
■ 内 容	在协作控制过程中，主机器人与从机器人之间出现指令顺序之差。
■ 措 施	请检验协作控制通信电缆及接头的连接状态。

9.3. 操作错误 (Operation Error)

■ 代 码	E01340 机器人协作条件不合适 (WD、共同坐标)
■ 内 容	所设置的控制器状态不适合执行 COWORK 指令。
■ 措 施	请检验通信状态是否正常，对象共同坐标系是否已设置，手动协作状态是否与 COWORK 指令的机器人角色相同。
■ 代 码	E01341 超过协作再生待机时间
■ 内 容	在 COWORK 指令上等待对象机器人准备协作所需时间超过了指令语句中所设置的时间。
■ 措 施	请尽量考虑所有协作机器人到达协作位置的时间，设置适当的待机时间。 若设置为“0”，则持续处于待机状态直到所有机器人做好协作准备为止。
■ 代 码	E01342 机器人协作状态、共同坐标系无效
■ 内 容	因机器人协作状态无效或共同坐标系尚未设置而无法执行 COWORK 指令。
■ 措 施	请在系统/控制参数/网络/服务/协作控制的对话框中，将协作控制功能设置为“有效”后再设置共同坐标系。
■ 代 码	E01343 COWORK 功能执行不一致
■ 内 容	因为重复执行 COWORK 指令或未经 COWORK END 而直接结束程序所致。
■ 措 施	编写程序时，使 COWORK 指令与 COWORK END 指令成对。 更改步骤后再执行 COWORK 指令时，请使协作控制状态初始化。
■ 代 码	E01344 COWORK 参数 (M/S、机器人编号) 错误
■ 内 容	COWORK 指令上的对象机器人编号错误设置为自身的机器人编号。
■ 措 施	请将 COWORK 指令上的机器人编号修改为对象机器人编号。

- | | |
|-------|---|
| ■ 代 码 | E01345 从机器人已处于协作状态 |
| ■ 内 容 | 从机器人的协作状态已在 COWORK END 位置上执行协作或处于停止状态。 |
| ■ 措 施 | 请勿擅自更改步骤，以保障主机与从机正常执行协作运动。 |
-
- | | |
|-------|---|
| ■ 代 码 | E01355 协作对象机器人异常 – 停止 |
| ■ 内 容 | 协作对象机器人处于无法协作运动的停止状态。因无法执行协作运动而停止。 |
| ■ 措 施 | 请确认机器人之间运动模式是否一致。若属于在协作运动中停止后重启的情形，请先使从机启动后再启动主机。 |
-
- | | |
|-------|--|
| ■ 代 码 | E01356 HiNet 连接异常 – 机器人编号重复 |
| ■ 内 容 | 处于因机器人编号重复而无法执行协作控制的状态。 |
| ■ 措 施 | 请通过检查连接到 HiNet 的机器人编号，修改所重复的机器人编号后重新供电。 |





GRC: 477, Bundangsuseo-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do
Daegu: 50 Technosunhwan-ro 3-gil, Yuga-eup, Dalseong-gun, Daegu-si
Ulsan: Room 201-5, Automotive and Shipbuilding Engineering Hall, Maegoksaneop-ro 21, Buk-gu, Ulsan-si
Middle Region: Song-gok-gil 161, Yeomchi-eup, Asan-si, Chungcheongnam-do
Gwangju: Room 101, Building B, Pyeongdongsandan-ro 170-3, Gwangsan-gu, Gwangju-si
ARS 1588-9997 | 1 Robot Sales, 2 Service Sales, 3 Purchasing Consultation, 4 Customer Support, 5 Investment Queries, 6 Recruitment,
and Other Queries www.hyundai-robotics.com