HYUNDAI ROBOTICS

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。

HYUNDAI ROBOTICS

Hyundai 机器人

Hi5aSS230619FMCN3

Hi5a 控制器功能说明书

SafeSpace

符合 IEC 61508 标准的安全相关系统及 SIL2 应用功能安全手册

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. 简介 1-1

1.1. 产品概述 1-2
1.2. 目标人群和安全培训 1-2
1.3. 警告信息与注意事项 1-2
1.4. 所用术语 1-3

2. 系统配置 2-1

2.1. 系统要求 2-2
2.2. 系统配置 2-3
2.3. 使用寿命 2-4
2.4. 环境要求 2-4
2.5. 硬件 2-4
2.6. 安装 2-7
2.6.1. 电源连接 2-7
2.6.2. SIO 和 DIO 连接 2-8
2.6.3. 连接示例 2-11
2.7. 维护 2-14

3. 安全 3-1

3.1. 安全功能和安全完整性 3-2
3.2. 适用标准 3-3

4. SafeSpace 功能 4-1

4.1. 机器人监控功能 4-2
4.1.1. 全局参数 4-2
4.1.2. 单元区域 4-2
4.1.3. 笛卡尔空间 4-4
4.1.4. 关节空间 4-6
4.1.5. 关节速度 4-8
4.1.6. 安全运行停止 4-9
4.1.7. 工具 4-10
4.2. 解除 STO 功能 4-12

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

4.3. 控制测试功能 4-13
4.3.1. 基于传感器的控制测试 4-15
4.3.2. 无传感器控制测试 4-17

5. 安全 I/O 信号 5-1

6. HRSafeSpace 安装与启动 6-1

7. HRSafeSpace - 基础知识 7-1

7.1. 数据输入 7-2
7.2. 保存、打开数据 7-3
7.3. 通信设置 7-5
7.4. 初始化 Hi5a 机器人控制器密码。 7-5
7.5. 下载参数文件 7-6
7.6. 上传参数文件 7-7
7.7. 通过 HRSpace 进行三维可视化 7-8

8. HRSafeSpace - 练习 8-1

8.1. 在 HRSpace 中建立 SafeSpace 模型 8-3
8.2. 设置参数 8-4
8.2.1. 基本信息 8-4
8.2.2. 全局 8-5
8.2.3. 单元区域 8-5
8.2.4. 笛卡尔空间 8-8
8.2.5. 工具 8-9
8.2.6. 关节空间 8-11
8.3. 打印设置报告 8-12

9. 消息 9-1

HD HYUNDAI ROBOTICS

图纸目录

图 2.1 SafeSpace 系统配置 2-3
图 2.2 SafeSpace 模块与尺寸 2-4
图 2.3 SafeSpace 内置主板 2-5
图 2.4 SafeSpace 内置上板 2-5
图 2.5 SafeSpace 电源连接 2-7
图 2.6 SafeSpace 的 SIO 连接器 2-8
图 2.7 SafeSpace 的 DIO 连接器 2-9
图 2.8 SafeSpace 连接 (1/2) 2-12
图 2.9 SafeSpace 连接 (2/2) 2-13
图 4.1 单元区域 4-3
图 4.2 笛卡尔工作空间 4-4
图 4.3 笛卡尔保护空间 4-4
图 4.4 关节空间 4-6
图 4.5 关节速度 4-8
图 4.6 工具建模 4-10
图 4.7 机器人法兰坐标系 4-11
图 4.8 SafeSpace 状态 4-12
图 4.9 SafeSpace I/O 4-12
图 4.10 基于传感器的控制测试 4-13
图 4.11 输入密码保存参数 4-14
图 4.12 输入密码的软键盘 4-15
图 4.13 SLMT 激活 F2 键 4-17
图 4.14 SLMT 结果 4-17
图 6.1 HRSafeSpace 安装向导 6-2
图 6.2 HRSafeSpace 图标 6-2
图 7.1 HRSafeSpace 执行屏幕 7-2
图 7.2 一些组设有子组 7-2
图 7.3 保存对话框 7-3
图 7.4 打开…对话框 7-4
图 7.5 完整路径/文件名 7-4
图 7.6 IP 地址设置对话框 7-5
图 7.7 初始化密码对话框 7-5
图 7.8 变更密码对话框 7-6
图 7.9 下载对话框 7-6
图 7.10 “已完成”对话框 7-6
图 7.11 “密码不正确” 对话框 7-7
图 7.12 继续上传对话框 7-7
图 7.13 “已完成”对话框 7-7
图 7.14 功能区菜单的 “其他 – 首选项” 7-8
图 7.15 指定 HRSafeSpace 路径/文件名 7-8
图 8.1 机器人点焊单元示例 8-2
图 8.2 创建一个作为机器人子实例的 SafeSpace 模型 8-3
图 8.3 打开 SafeSpace 属性 8-3
图 8.4 基本信息 8-4
图 8.5 全局设置 8-5
图 8.6 单元区域设置 8-6

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

图 8.7 HRSpace 三维视图中的单元区域（平面图） 8-6
图 8.8 HRSpace 三维视图中的单元区域（立视图） 8-7
图 8.9 保护空间 - 支柱 8-8
图 8.10 保护空间 - 工人 8-8
图 8.11 HRSpace 三维视图中的保护空间 8-9
图 8.12 工具 0 设置 8-10
图 8.13 HRSpace 三维视图中的工具 0 球体 8-10
图 8.14 机器人在 S 轴值为 +95°（左侧）和 -45°（右侧）时的姿势 8-11
图 8.15 关节空间设置 8-11
图 8.16 Internet Explorer 11 浏览器中的报告 8-12
图 8.17 Hrsafespace.css 8-13
图 8.18 Internet Explorer 浏览器中的打印菜单 8-13

表格目录

表 1-1 安全标记 1-2
表 1-2 SafeSpace 手册术语 1-3
表 2-1 运行 SafeSpace 功能的系统要求 2-2
表 2-2 电源接线柱说明 2-7
表 2-3 电源规格 2-7
表 2-4 SIO 接线柱说明 2-8
表 2-5 DIO 接线柱说明 2-9
表 3-1 适用标准 3-3
表 4-1 全局参数 4-2
表 4-2 SafeCell 区域参数 4-3
表 4-3 笛卡尔空间参数 4-5
表 4-4 关节空间参数 4-7
表 4-5 关节速度参数 4-8
表 4-6 安全运行停止参数 4-9
表 4-7 工具参数 4-11
表 4-8 控制测试类型 4-13
表 4-9 控制测试参数 4-14
表 4-10 控制测试功能和变量 4-15
表 4-11 控制测试程序 4-16
表 5-1 安全 I/O 参数 5-2
表 9-1 SafeSpace 错误消息 9-2

HD HYUNDAI ROBOTICS

HD HYUNDAI ROBOTICS

HYUNDAI ROBOTICS

1

简介

1.1. 产品概述

SafeSpace 是一款包含软硬件的选装产品。

SafeSpace 模块含有硬件、软件和安全输入 IO 模块。硬件和软件执行与机器人控制器通信、计算和监控机器人动作的功能。SafeSpace 通过安全 IO 模块向现场安全控制器传输状态信息和结果。

SafeSpace 始终监控机器人运动的位置、速度。如果机器人超限，SafeSpace 会立即将机器人安全停止。因此，SafeSpace 可应用于已拆除防护围栏的工业领域。

1.2. 目标人群和安全培训

本手册目标用户是具备以下知识与技能之人：

- SafeSpace 培训
- Hyundai Robotics 机器人编程技巧
- 先进机器人控制系统知识

准备教授、操作或检查机器人和 SafeSpace 的所有人员在开始之前，必须接受准许机器人操作和安全方面的培训课程。安全培训课程包括以下详细信息：

- SafeSapce 及安全装置用途和功能
- 操作机器人的安全流程
- 机器人或机器人系统性能及可能的危险
- 具体机器人应用的相关工作
- 安全观念等

1.3. 警告信息与注意事项

为了提供有效的安全说明，本手册采用了以下安全符号。

表 1-1 安全标记

符号		说明
警告		指高度危险的状况，若以错误方式操作或处理，可能导致人员死亡或严重受伤，或致使设备损坏。应小心操作和处理。
强制		指应采取的强制措施。
禁止		指不应采取的禁止行动和/或操作。

1.4. 所用术语

项目将采用以下缩略语和词汇。

表 1-2 SafeSpace 手册术语

术语	说明
工作空间	工作空间指机器人限定运动轴或连在机器人末端器上的工具。运动轴或工具必须在工作空间限制范围内运动。
SLP	安全限位
SLS	安全限速
SOS	安全运行停止
STO	安全扭矩切断
OLP	离线语言编程
停止距离	从触发的 STO 至静止状态的运动距离。详情可参见机器人故障排除手册。具体距离取决于机器人类型、位置、速度、有效载荷等。
控制测试	控制测试用于评估机器人和外轴标定情况。
单元区域	单元区域指世界坐标系中的一种笛卡尔工作空间。单元区域可以采用 X-Y 平面中的点和 Z 轴方向的高度进行建模。单元区域配有 3 到 10 个顶点，其形状应为凸多边形。
笛卡尔空间	笛卡尔空间可以定义为监控工具运动区域的工作空间或保护空间。
关节空间	关节空间可以定义为监控关节运动的工作空间或保护空间。关节空间最多可配置 4 个空间，各空间最多有 8 个轴。
关节速度	关节速度为监控各关节速度的限值。
全局参数	全局参数为监控笛卡尔速度的 TCP 速度限制。

HYUNDAI ROBOTICS

2

系统配置

2.1. 系统要求

表 2-1 运行 SafeSpace 功能的系统要求

系统	要求	备注
硬件	Hi5a 机器人控制器 SafeSpace	
软件	V40.13-00（主软件） V1.00（SafeSpace 软件） V1.1.0（HRSafeSpace）	
机器人构成	机器人控制器 示教箱 基轴（线性轴） 定位器（最多两个轴） 夹具（最多两个轴）	
支持轴数	最多 8 个轴	
伺服板 (BD544)	各机器人分别配备一个，可能包括 4-7 轴机器人，还有 1-2 个附加轴。	

HD HYUNDAI ROBOTICS

在一个伺服驱动板中，**SafeSpace** 模块最多支持 **8** 个轴。

2.2. 系统配置

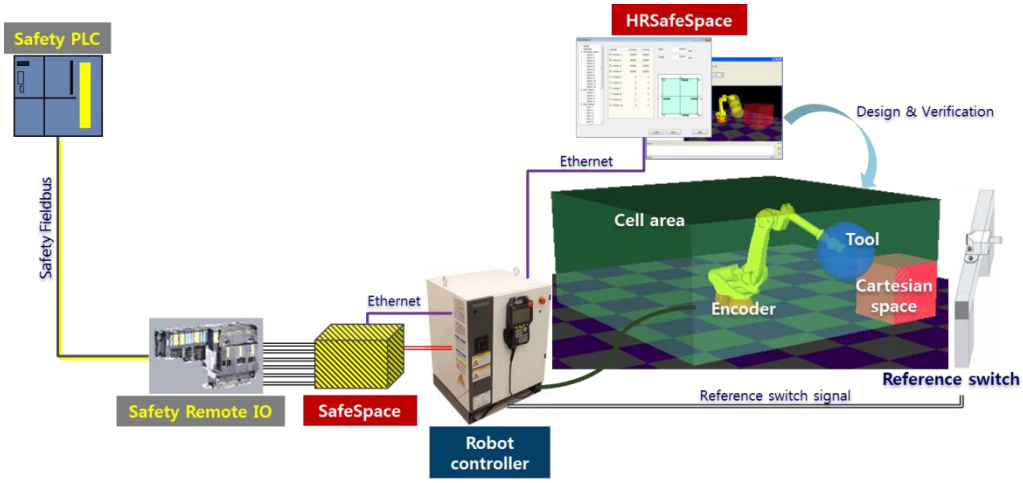


图 2.1 SafeSpace 系统配置

2.3. 使用寿命

安全相关硬件的最大许可寿命为 10 年。一旦达到该寿命之后，必须更换安全相关硬件。

2.4. 环境要求

SafeSpace 设计寿命不超过 10 年，开关次数不超过 10,000 次。在此寿命内，安装和运行条件应满足以下要求：

应安装在不受冲击和振动的场所。

安装 SafeSpace 模块时，应避免装在阳光直射、极端潮湿、油污或化学品污染以及含有大量金属粉末和爆炸性气体的场所。

如果 SafeSpace 模块安装在靠近加热元件或阳光直射的场所，应采取特殊措施，注意控制器的热力学特性。

如果 SafeSpace 安装在空气中含有大量金属粉末等粉尘的场所，应采取特殊措施。

接地对防止电击和噪音诱致的故障至关重要，因此应按以下说明进行安装。

接地线应连接机器人控制器面板内的接地汇流排。

HD HYUNDAI ROBOTICS

2.5. 硬件

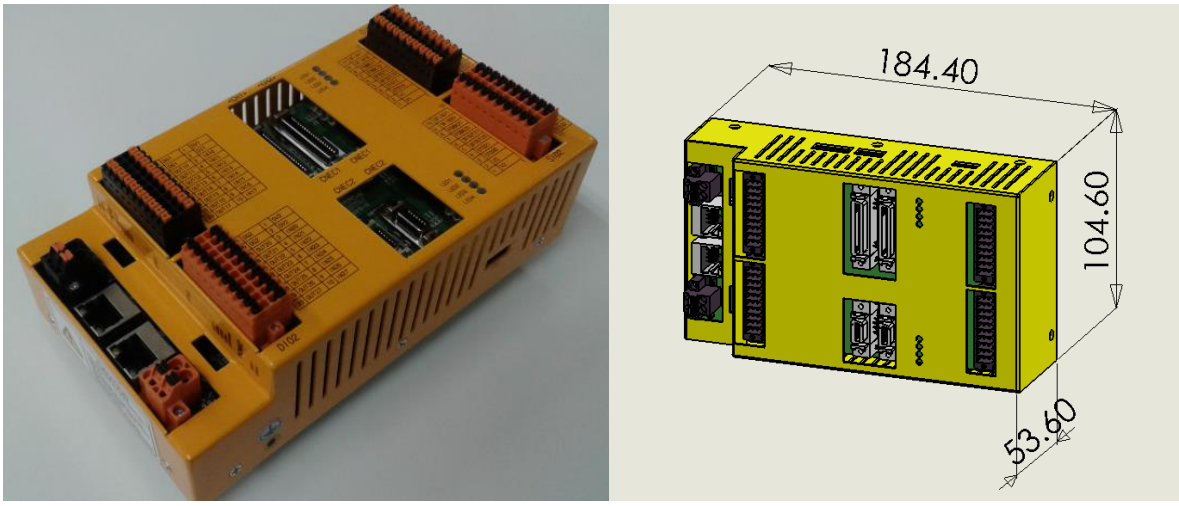


图 2.2 SafeSpace 模块与尺寸

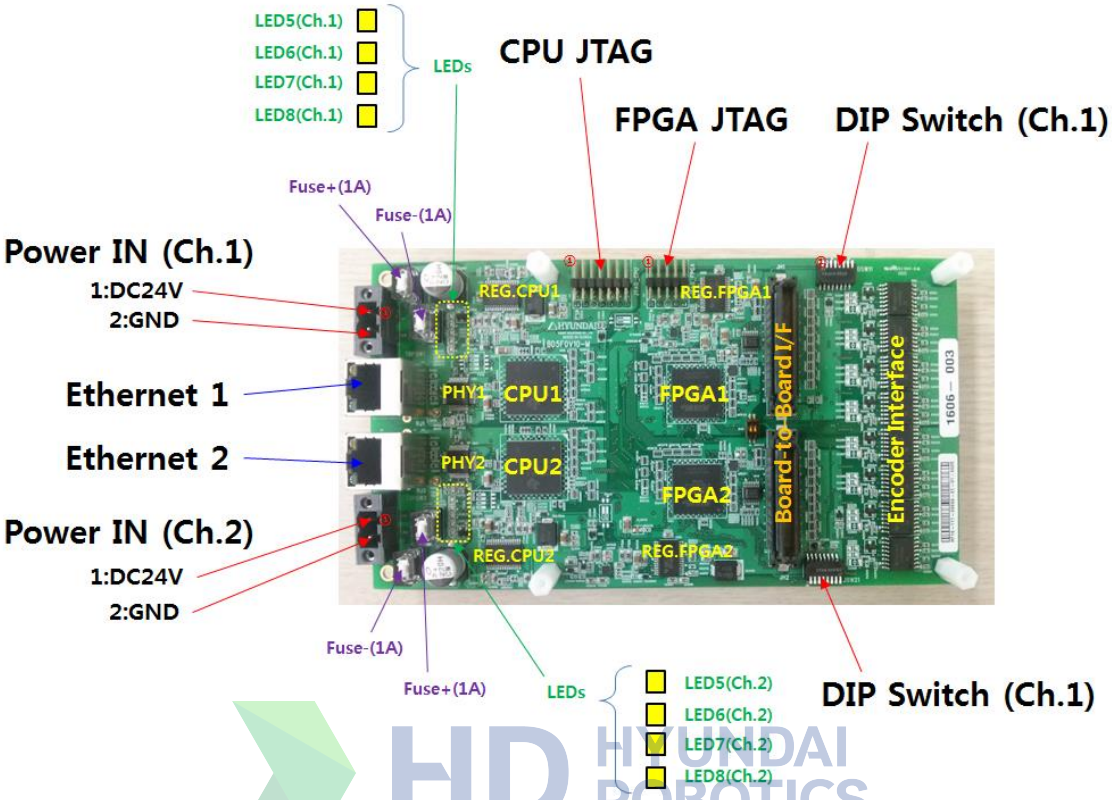


图 2.3 SafeSpace 内置主板

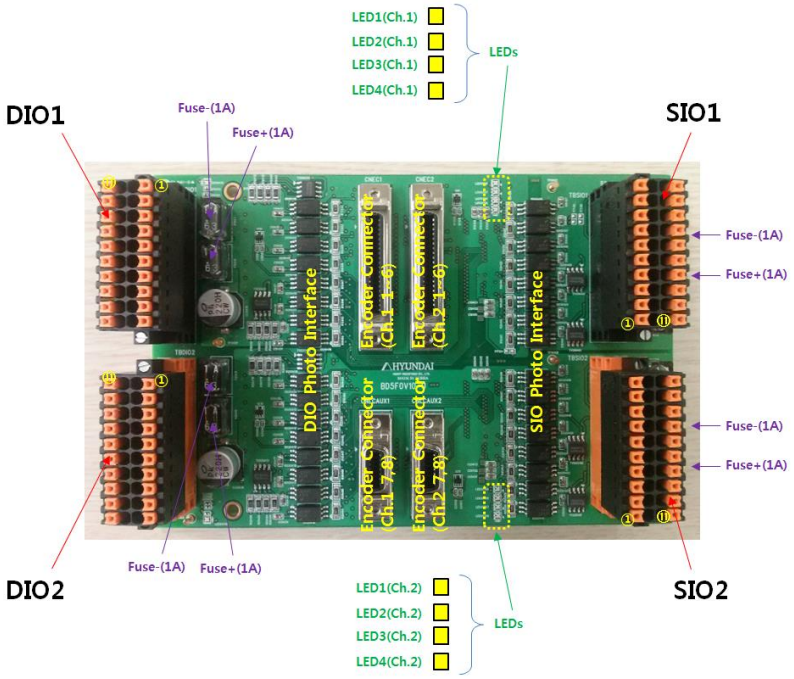


图 2.4 SafeSpace 内置上板

SafeSpace 应具有以下硬件功能：

SafeSpace 安全完整性为：PL=d (SIL 2)，3 类，除了 STO 功能：PL=e (SIL 3)，3 类。

HF.1：电源功能

该功能向 SafeSpace 模块提供控制电源。

通过配备管理程序的调压器，将 DC24V 输入电源分配为 DC5V、DC3.3V、DC1.2V、DC2.5V 等电源。

HF.2：监视功能

该功能监视 CPU 故障。采用基于时间窗口的监视脉冲。如果产生故障，将 CPU 重置，并关闭 FPGA 的 STO 输出以及 STO 缓冲。

HF.3：时钟功能

CPU、FPGA、以太网 PHY 的运行会用到时钟。时钟源来自一个石英晶体振荡器。通过 FPGA 中的 PLL，时钟源可以根据各个元件分为不同的时钟。

HF.4：CPU 功能

CPU 执行安全相关功能，并使模块工作。

HF.5：FPGA 功能

FPGA 包括用于通道联锁的双端口 RAM，用于获取机器人位置的数据串并转换部件，用于停止机器人运动和切断电机电源的 STO 输出信号，以及连接外部安全 PLC 的通用数字输入/输出部件。

HF.6：编码器 I/F 功能 (RS485)

机器人操作手位置通过各个轴上的编码器转化为串行数据。然后串行数据通过 RS-485 线传输至机器人控制器。SafeSpace 的这种功能可以获取中间数据，然后输入 FPGA 进行串并转换。即，将 RS-485 差分信号变为单端 TTL 逻辑信号。

HF.7：STO 功能和通用 DIO

在发生故障时，该功能可以停止机器人运动，并切断电机电源。为实现这一动作，CPU 或 FPGA 向机器人控制器输出一个数字信号。然后通过测试脉冲监控信号来监控结果。

该功能的目标安全完整性级别为：PL=e (SIL 3)，3 类。

此外，还有一些通用数字输入/输出。这种输入输出用于和外部安全 PLC 交换 IO 数据。其目标安全完整性级别为：PL=d (SIL 2)，3 类。

HF.8：温度传感器功能

温度传感器用于监控模块温度。如果过热，则关闭所有功能，并通过 CPU 向机器人输出 STO 信号。

HF.9：以太网功能

该功能不属于安全功能，用于连接机器人控制器和 SafeSpace。SafeSpace 通常需要多个设置值来实现其功能。因此模块可以从机器人控制器获得这些数值，并通过以太网通信传输信息。

该部件由 CPU 的 EMAC 模块、以太网 PHY、以太网变压器和连接器构成。

首次启动时，应对安全信号线实施运行检查和验证，然后通过电缆槽等设备对电线加以保护。

2.6. 安装

2.6.1. 电源连接

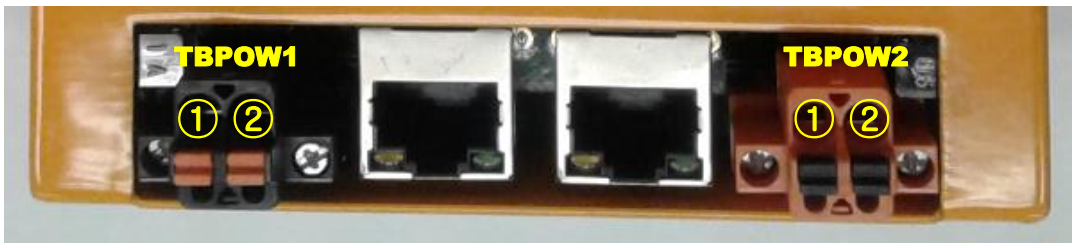


图 2.5 SafeSpace 电源连接

表 2-2 电源接线柱说明

用途	接线板	针脚编号	名称	说明	动作
输入电源（通道 1）	TBPOW1	1	POW1(+)	SafeSpace 电源电压输入（通道 1）	DC24V
		2	POW1(-)	SafeSpace 电源接地输入（通道 1）	DC24V GND
输入电源（通道 2）	TBPOW2	1	POW2(+)	SafeSpace 电源电压输入（通道 2）	DC24V
		2	POW2(-)	SafeSpace 电源接地输入（通道 2）	DC24V GND

输入电源应采用 DC24V / 40W，这是一般规格产品，如下表所示：

表 2-3 电源规格

项目	规格	备注
环境温度	-40 ~ 85 ° C	
标称输出电压	24 V DC ±5 %	
标称输出电流	大于 1.7 A	
残余纹波	< 100 mV_{PP}（含标称值）	
输出功率	大于 40 W	
平均故障间隔时间	> 1,000,000 小时 (40° C)	
标准	IEC 60950-1 (SELV)	

2.6.2. SIO 和 DIO 连接

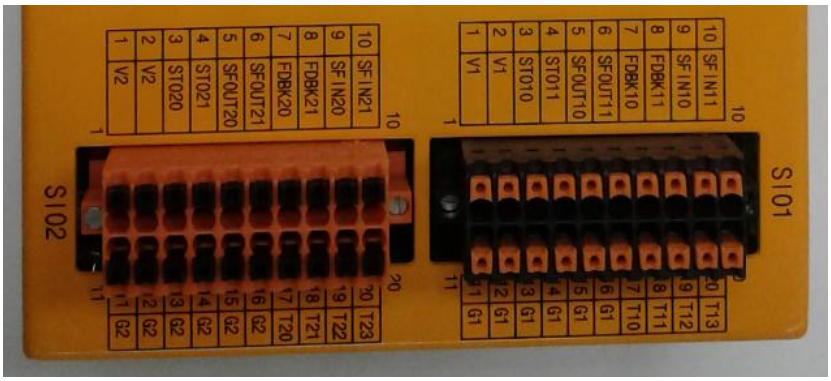


图 2.6 SafeSpace 的 SIO 连接器

表 2-4 SIO 接线柱说明

用途	接线板	针脚编号	名称	说明	动作
安全功能（通道 1）	TBSIO1	1	V1	SIO 输出电压	DC24V
		2	V1	SIO 输出电压	DC24V
		3	STO10	STO 输出 0（通道 1）	**(+) Sinking 输入型** 开：24V，10mA 关：浮动式 **(+) Sourcing 输出型** 开：24V，120mA 关：浮动式 <电流限值> 800mA/所有接线柱
		4	STO11	STO 输出 1（通道 1）	
		5	SFOUT10	安全功能输出 0（通道 1）	
		6	SFOUT11	安全功能输出 1（通道 1）	
		7	FDBK10	STO 反馈输入 0（通道 1）	
		8	FDBK11	STO 反馈输入 1（通道 1）	
		9	SFIN10	安全功能输入 0（通道 1）	
		10	SFIN11	安全功能输入 1（通道 1）	
		11	G1	SIO 输出接地	DC24V GND
		12	G1	SIO 输出接地	DC24V GDN
		13	G1	SIO 输出接地	DC24V GND
		14	G1	SIO 输出接地	DC24V GDN
		15	G1	SIO 输出接地	DC24V GND
		16	G1	SIO 输出接地	DC24V GDN
		17	T10	测试脉冲输出 0（通道 1）	**(+) Sourcing 脉冲输出** 开：24V，120mA 关：浮动式
		18	T11	测试脉冲输出 1（通道 1）	
		19	T12	测试脉冲输出 2（通道 1）	
		20	T13	测试脉冲输出 3（通道 1）	
安全功能（通道 2）	TBSIO2	1	V2	SIO 输出电压	DC24V
		2	V2	SIO 输出电压	DC24V
		3	STO20	STO 输出 0（通道 2）	**(+) Sinking 输入型** 开：24V，10mA 关：浮动式 **(+) Sourcing 输出型** 开：24V，120mA 关：浮动式 <电流限值>
		4	STO21	STO 输出 1（通道 2）	
		5	SFOUT20	安全功能输出 0（通道 2）	
		6	SFOUT21	安全功能输出 1（通道 2）	
		7	FDBK20	STO 反馈输入 0（通道 2）	
		8	FDBK21	STO 反馈输入 1（通道 2）	

用途	接线板	针脚编号	名称	说明	动作
		9	SFIN20	安全功能输入 0（通道 2）	800mA/所有接线柱
		10	SFIN21	安全功能输入 1（通道 2）	
		11	G2	SIO 输出接地	DC24V GND
		12	G2	SIO 输出接地	DC24V GDN
		13	G2	SIO 输出接地	DC24V GND
		14	G2	SIO 输出接地	DC24V GDN
		15	G2	SIO 输出接地	DC24V GND
		16	G2	SIO 输出接地	DC24V GDN
		17	T20	测试脉冲输出 0（通道 2）	**(+) Sourcing 脉冲输出** 开：24V，120mA 关：浮动式
		18	T21	测试脉冲输出 1（通道 2）	
		19	T22	测试脉冲输出 2（通道 2）	
		20	T23	测试脉冲输出 3（通道 2）	

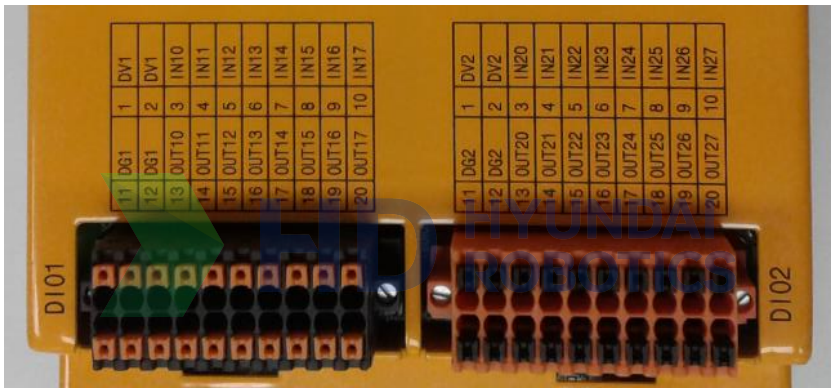


图 2.7 SafeSpace 的 DIO 连接器

表 2-5 DIO 接线柱说明

用途	接线板	针脚编号	名称	说明	动作
远程 IO 连接（通道 1）	TBDIO1	1	DV1	DIO 输出电压	DC24V
		2	DV1	DIO 输出电压	DC24V
		3	DIN10	数字输入 0（通道 1）	**(+) Sinking 输入型** 开：24V，10mA 关：浮动式
		4	DIN11	数字输入 1（通道 1）	
		5	DIN12	数字输入 2（通道 1）	
		6	DIN13	数字输入 3（通道 1）	
		7	DIN14	数字输入 4（通道 1）	
		8	DIN15	数字输入 5（通道 1）	
		9	DIN16	数字输入 6（通道 1）	
		10	DIN17	数字输入 7（通道 1）	
		11	DG1	DIO 输出接地	DC24V GND
		12	DG1	DIO 输出接地	DC24V GDN

用途	接线板	针脚编号	名称	说明	动作
		13	DOUT10	数字输出 0 （通道 1）	**(+) Sourcing 输出型** 开：24V，120mA 关：浮动式 <电流限值> 800mA/所有接线柱
		14	DOUT11	数字输出 1 （通道 1）	
		15	DOUT12	数字输出 2 （通道 1）	
		16	DOUT13	数字输出 3 （通道 1）	
		17	DOUT14	数字输出 4 （通道 1）	
		18	DOUT15	数字输出 5 （通道 1）	
		19	DOUT16	数字输出 6 （通道 1）	
		20	DOUT17	数字输出 7 （通道 1）	
远程 IO 连接 （通道 2）	TBDIO2	1	DV2	DIO 输出电压	DC24V
		2	DV2	DIO 输出电压	DC24V
		3	DIN20	数字输入 0 （通道 2）	**(+) Sinking 输入型** 开：24V，10mA 关：浮动式
		4	DIN21	数字输入 1 （通道 2）	
		5	DIN22	数字输入 2 （通道 2）	
		6	DIN23	数字输入 3 （通道 2）	
		7	DIN24	数字输入 4 （通道 2）	
		8	DIN25	数字输入 5 （通道 2）	
		9	DIN26	数字输入 6 （通道 2）	
		10	DIN27	数字输入 7 （通道 2）	
		11	DG2	DIO 输出接地	DC24V GND
		12	DG2	DIO 输出接地	DC24V GDN
		13	DOUT20	数字输出 0 （通道 2）	**(+) Sourcing 输出型** 开：24V，120mA 关：浮动式 <电流限值> 800mA/所有接线柱
		14	DOUT21	数字输出 1 （通道 2）	
		15	DOUT22	数字输出 2 （通道 2）	
		16	DOUT23	数字输出 3 （通道 2）	
		17	DOUT24	数字输出 4 （通道 2）	
		18	DOUT25	数字输出 5 （通道 2）	
		19	DOUT26	数字输出 6 （通道 2）	
		20	DOUT27	数字输出 7 （通道 2）	

HD HYUNDAI ROBOTICS

2.6.3. 连接示例

下图为 SafeSpace 连接示例。

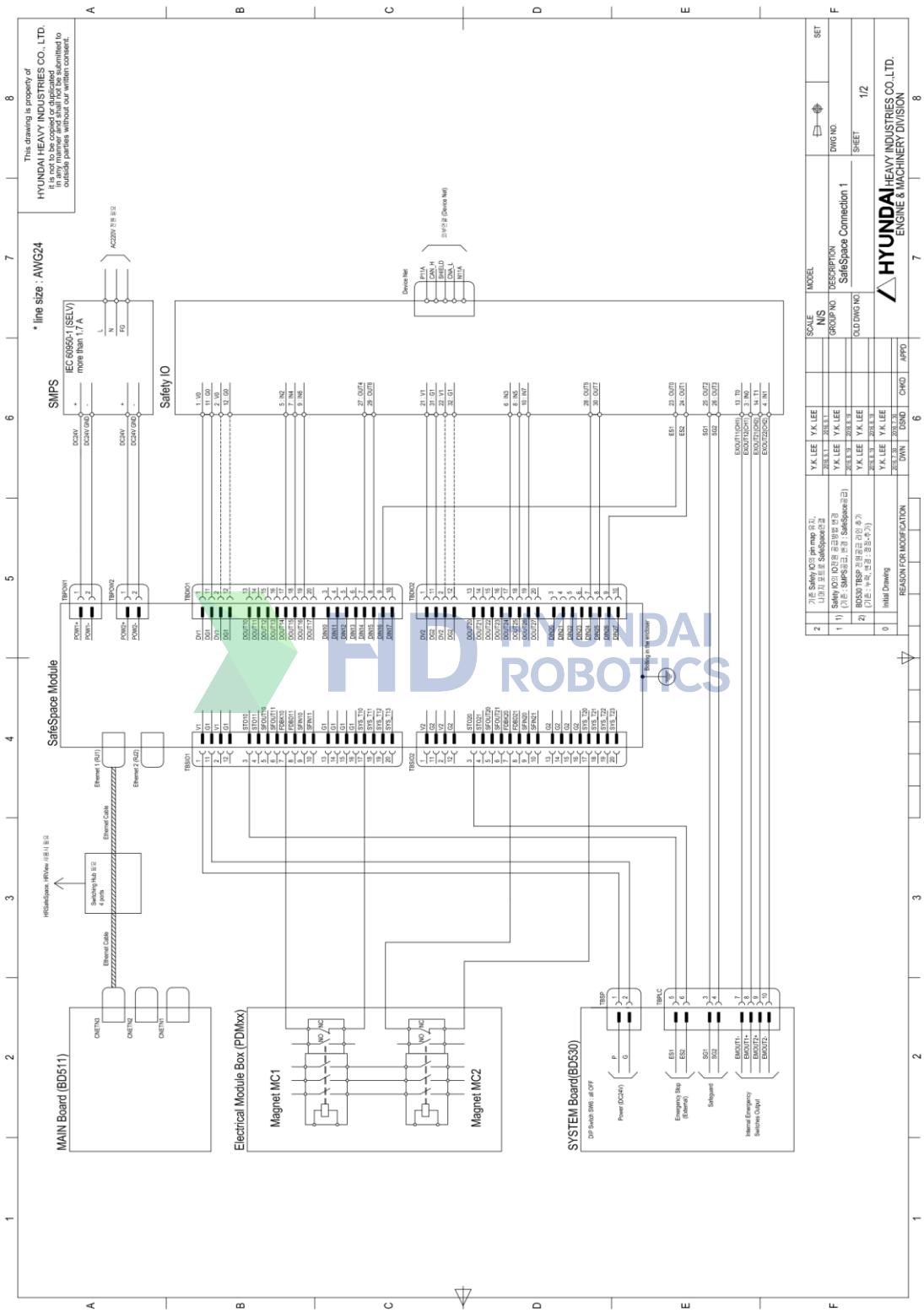


图 2.8 SafeSpace 连接 (1/2)

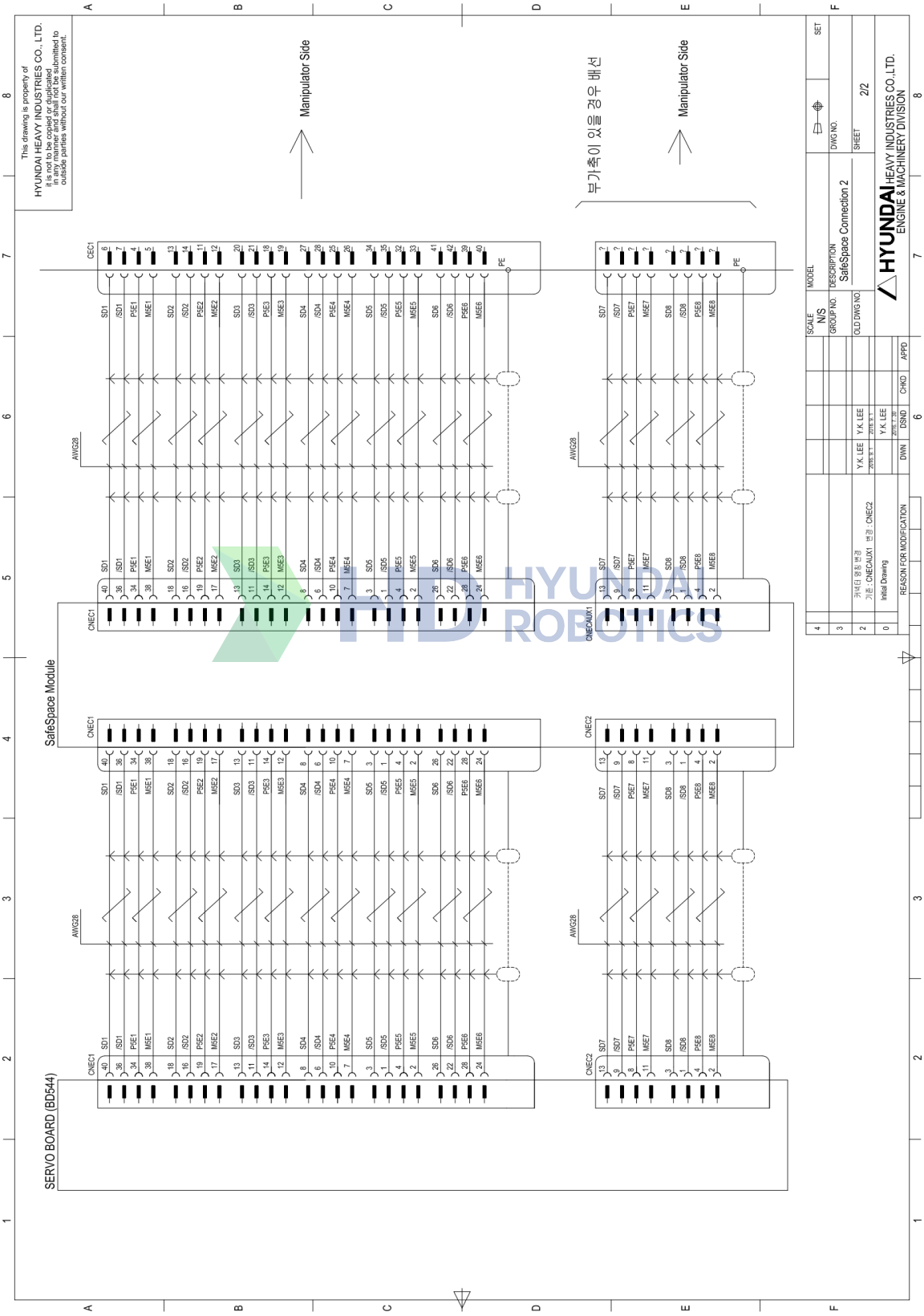


图 2.9 SafeSpace 连接（2/2）

2.7. 维护

硬件或软件版本现场升级应由合格人员完成。

如果安全产品在现场出现问题，客户应致电 Hyundai Robotics 的机器人全球服务部门，然后由 Hyundai Robotics 负责更换 SafeSpace 模块。

- SafeSpace 内部功能无需维护。所有内部功能均已经过自检。
- 对机器人控制器执行紧急停机测试，每 6 个月执行一次：
  ① 关闭 SafeSpace 电源。这会导致机器人控制器紧急停机。
  ② 确认机器人已停止。
- 每 6 个月对外部安全相关元件和电线执行一次测试，并对门开关、紧急停止装置等设备进行测试。
- 电机编码器电池需要定期更换。
  ① 请参考《操作手维护手册》中的“电池更换”。本手册说明了电池类型、生产商以及时间、更换流程等。
  ② 警告信息：“W0104 (0 轴) 编码器电池电压下降”

HD HYUNDAI ROBOTICS

3

安全

3.1. 安全功能和安全完整性

SafeSpace 满足 PL=d (SIL 2)、3 类要求，参见 ISO 13849-1、IEC 61508。安全功能和 PL（或 SIL）分别如下所示：

SF.1：SLP（安全限位）功能

SLP 功能可防止电机转轴超过规定限制位置。
SLP 满足 PL=d (SIL 2) 要求，
SF.1.1 单元区域
SF.1.2 笛卡尔空间
SF.1.3 特定轴空间

SF.2：SLS（安全限速）功能

SLS 功能可防止电机转轴超过规定限制速度。
SLS 满足 PL=d (SIL 2) 要求。
SF.2.1 笛卡尔 TCP 速度
SF.2.2 轴速
SF.2.3 减速模式

SF.3：SOS（安全运行停止）功能

SOS 功能可防止电机偏离停止位置超过限定数值。机器人控制器的 PDS（SR） 向电机提供电能，使其抵抗外部作用力。
SOS 满足 PL=d (SIL 2) 要求。

注：在这种停止工作功能中，利用机器人控制器的 PDS（SR） 实现停止，不使用外部（例如机械式）制动器。

SF.4：STO（安全切断扭矩）功能

导致旋转或运动的动力并非施加在电机上。机器人控制器的 PDS（SR） 不向可以产生扭矩或作用力的电机提供电能。
STO 满足 PL=e (SIL 3) 要求。
对于安全停止 1 (SS1)，请参阅 IEC 61800-5-2 中的 4.2.2.3 条。

SF.5：外部安全控制器的物理安全 IO 功能

SafeSpace 通过作为远程安全 IO 的安全相关装置，与外部安全控制器通信。SafeSpace 可以传输超速报警、区域、停止、空间、速度等信号。此外，还可以接收紧急停止、工具选择、启用笛卡尔空间、关节空间等信号。
安全 IO 满足 PL=e (SIL 3)、3 类要求。

3.2. 适用标准

SafeSpace 设计符合 IEC 61508 系列（功能安全）标准、ISO 10218-1:2011 系列（工业机器人安全）标准等。

表 3-1 适用标准

标准	标题
IEC 61800-5-1:2007	可调速电力传动系统 - 第 5-1 部分：安全要求 - 电、热和能量
IEC 61800-5-2:2007	可调速电力传动系统 - 第 5-2 部分：安全要求 - 功能
IEC 60204-1:2006/A1:2009	机械安全 - 机械电力设备 - 第 1 部分：一般要求
IEC 62061:2005	机械安全 - 与安全相关的电气、电子和可编程序电子控制系统的功能安全
ISO 13849-1:2006, Cor.1:2009	机械安全 - 控制系统安全相关部件 - 第 1 部分：设计的一般原则
ISO 10218-1:2011	机器人与机器人装置 - 工业机器人安全要求 - 第 1 部分：机器人
IEC 61508-1:2010	电气/电子/可编程序电子安全相关系统的功能安全一般要求
IEC 61508-2:2010	电气/电子/可编程序电子安全相关系统的功能安全电气/电子/可编程序电子安全相关系统的要求
IEC 61508-3:2010	电气/电子/可编程序电子安全相关系统的功能安全软件要求
IEC 61508-6:2010	电气/电子/可编程序电子安全相关系统的功能安全 IEC 61508-2 和 IEC 61508-3 应用指南
IEC 61508-7:2010	电气/电子/可编程序电子安全相关系统的功能安全技术与应对措施综述
IEC 61784-3:2010	工业通信网络协议集现场总线功能安全一般规则和协议定义
IEC 61000-6-2:2005	电磁兼容性 (EMC)通用标准工业环境的抗扰度

标准	标题
IEC 61000-6-4:2007/A1:2011	电磁兼容性 (EMC)通用标准工业环境排放标准
IEC 61326-3-1:2008	测量、控制和实验室用电气设备电磁兼容性要求与安全相关的系统和用于执行与安全相关功能的设备用抗扰度要求（功能安全）。一般工业应用
SN 29500-1:2004 （西门子标准）	一般预期值

4

SafeSpace 功能

4.1. 机器人监控功能

4.1.1. 全局参数

全局参数为监控笛卡尔速度的 TCP 速度限制。激活 SafeSpace 功能后，这些参数将始终受到监控。如果世界坐标系中的 TCP 速度超过限值，就会触发 STO。全局参数包括最大 TCP 以及启用减速模式时的减速速度。

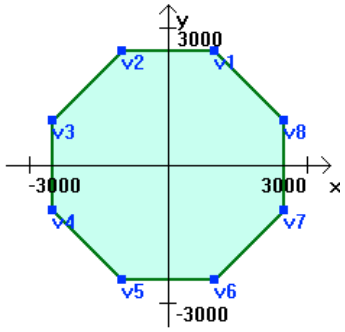
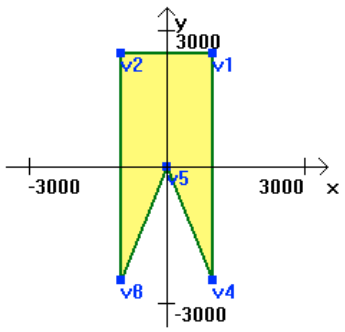
表 4-1 全局参数

全局参数		
参数名称	数值	说明
SafeSpace	开/关	开=停用 SafeSpace 关=启用 SafeSpace 默认设置：关
最大全局 TCP 速度	1~30,000 (mm/s)	笛卡尔速度全局限制 默认设置：10,000 mm/s
TCP 减速速度（远程/自动模式）	1~30,000 (mm/s)	远程/自动模式下的减速速度。 通过外部安全 PLC 启用 默认设置：30,000 mm/s
TCP 减速速度（手动模式）	1~250 (mm/s)	手动模式下的安全减速速度。 通过外部安全 PLC 安全启用 默认设置：250 mm/s

配置限制速度时务必考虑到 STO 反应时间。
否则会导致碰撞和受伤。

4.1.2. 单元区域

单元区域指世界坐标系中的一种笛卡尔工作空间。单元区域可以采用 X-Y 平面中的点和 Z 轴方向的高度进行建模。该区域配有 3 到 10 个顶点，其形状应为凸多边形，可视为停止距离。

示例	
	
凸多边形	凹多边形（非凸）

机器人监控功能根据配置空间和建模工具发挥作用。一般来说建模空间和工具应含有各个元件，并包括停止距离，这一点非常重要。否则会导致碰撞和受伤。

如果工具的球体模型越过单元区域，就会触发 STO。工具区域配置请参见 3.2.7 章。

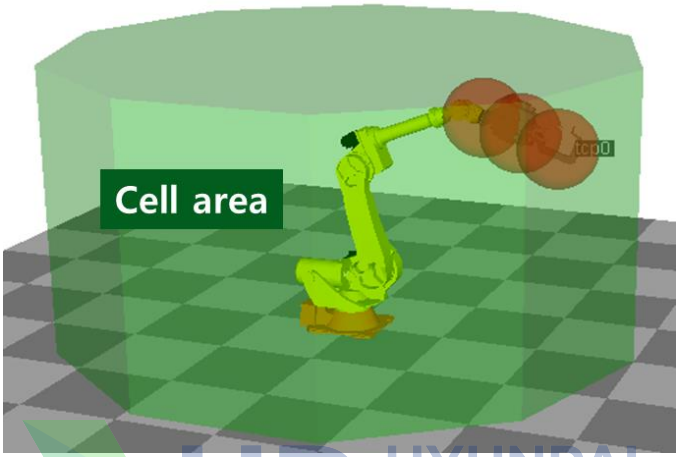


图 4.1 单元区域

HD HYUNDAI ROBOTICS

表 4-2 SafeCell 区域参数

单元区域参数（1 个单元，世界坐标系）			
参数名称		数值	说明
Zmin		-30,000~ 30,000(mm)	Z 轴底部值 默认设置：-2,000
Zmax		-30,000~ 30,000(mm)	Z 轴顶部值 默认设置：5,000
属性：凸多边形的角 1~10			
开/关		开/关	关=此角未启用 开=此角启用 默认设置：开（角 1~4）， 关（角 5~10）
坐标值	X	-30,000~ 30,000(mm)	相关角的 X/Y 坐标值 默认设置：5,000（角 1、4） -5,000（角 2、3） 0（角 5~10）
	Y		

HD HYUNDAI ROBOTICS

4.1.3. 笛卡尔空间

笛卡尔空间可以定义为监控工具运动区域的工作空间或保护空间。工作空间指工具可以自动移动但无法移开的限制空间。而保护空间则指工具无法进入和移动的限制空间。
笛卡尔空间可以利用世界坐标系中的原点和长度，最多配置 12 个空间。各空间在配置时应含有停止距离。可以通过参数设置或安全 I/O 启用各空间。

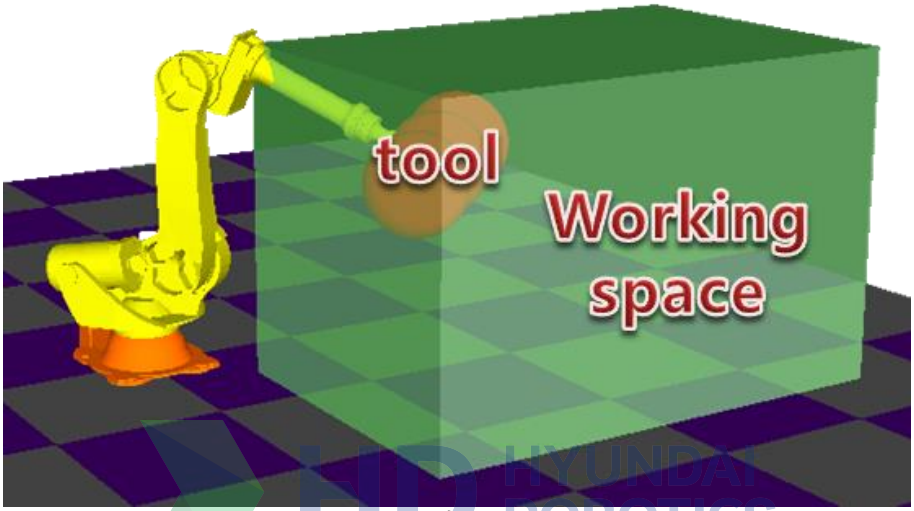


图 4.2 笛卡尔工作空间

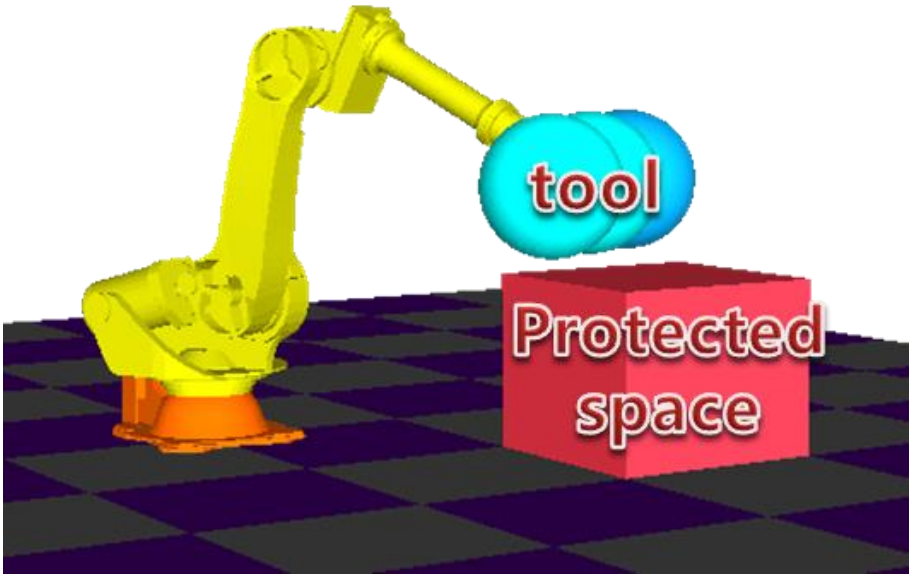


图 4.3 笛卡尔保护空间

在笛卡尔空间中配置的 TCP 速度也受到监控。如果 TCP 速度超过启用空间的速度限值，就会触发 STO。
当工具的球体空间越过笛卡尔空间时，机器人会根据弹回时停止的配置做出反应。如果开启弹回时停止，就会触发 STO，然后机器人停止。否则，机器人不会停止，但会向安全 PLC 发出警报。

表 4-3 笛卡尔空间参数

笛卡尔空间参数：12 个空间			
参数名称		数值	尺寸 说明
名称		名称字符串	最多 24 个字符 默认设置=“笛卡尔空间 n” ※ 仅用于 HRSafeSpace。名称未从机器人控制器传输至 SafeSpace。
类型		0,1	0=工作空间（默认） 1=保护空间
启用		0~2	0=始终关闭（默认） 1=始终开启 2=安全 I/O
最大 TCP 速度		1~30,000 (mm/s)	笛卡尔 TCP 速度限制 默认设置：30,000
TCP 速度监控		0,1	监控工具处于以下位置时的 TCP 速度 0=空间内 1=空间外
弹回时停止		开/关	关=不停止 开=停止（默认）
属性			
原点	X	-30,000~ 300,000 (mm)	空间原点 默认设置：0
	Y		
	Z		
	RX	RX、RZ： -180~180(°) RY：-90~90(°)	原点方向 默认设置：0
	RY		
	RZ		
长度	LX	60,000 (mm)	X、Y、Z 轴向长度 默认设置：0
	LY		
	LZ		

机器人监控功能根据配置空间和建模工具发挥作用。一般来说建模空间和工具应含有各个元件，并包括停止距离，这一点非常重要。否则会导致碰撞和受伤。

4.1.4. 关节空间

关节空间可以定义为监控关节运动的工作空间或保护空间。工作空间指关节可以自动移动但无法移开的限制空间。而保护空间则指关节无法进入和移动的限制空间。
关节空间最多可配置 4 个空间，各空间最多有 8 个轴。各空间在配置时应含有停止距离。可以通过参数设置或安全 I/O 启用各空间。

机器人监控功能根据配置空间和建模工具发挥作用。一般来说建模空间和工具应含有各个元件，并包括停止距离，这一点非常重要。否则会导致碰撞和受伤。

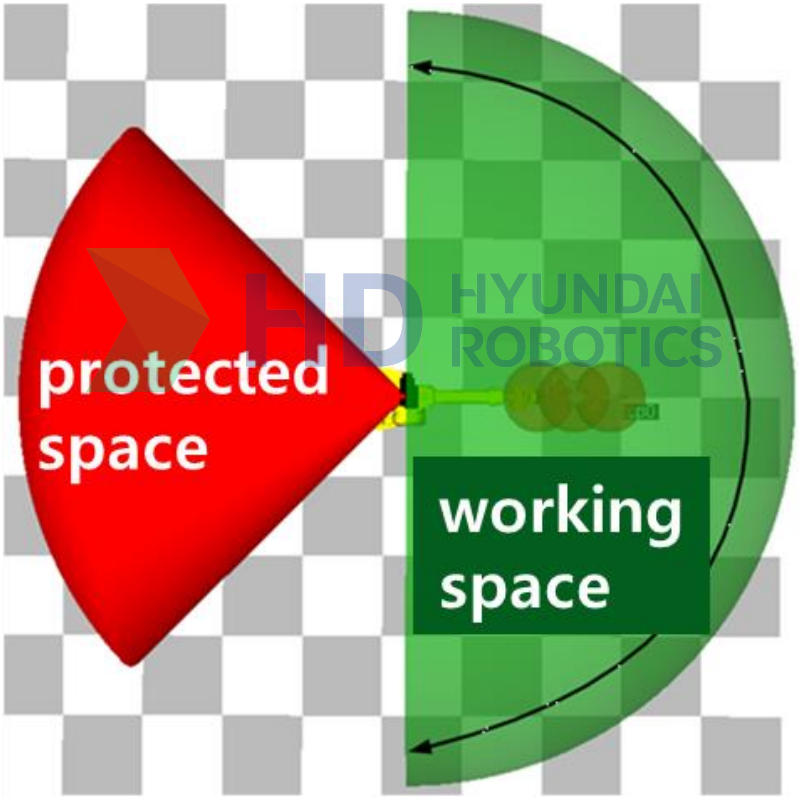


图 4.4 关节空间

在关节空间中配置的 TCP 速度也受到监控。如果 TCP 速度超过启用空间的速度限值，就会触发 STO。当关节越过笛卡尔空间时，机器人会根据弹回时停止的配置做出反应。如果开启弹回时停止，就会触发 STO，然后机器人停止。否则，机器人不会停止，但会向安全 PLC 发出警报。

表 4-4 关节空间参数

关节空间参数：4 个空间		
参数名称	数值	说明
名称	名称字符串	最多 24 个字符 默认设置=“关节空间 n” ※ 仅用于 HRSafeSpace。名称未从机器人控制器传输至 SafeSpace。
类型	0,1	0=工作空间（默认） 1=保护空间
启用	0~2	0=始终关闭（默认） 1=始终开启 2=安全 IO 3=安全现场总线
最大 TCP 速度	1~30,000 (mm/s)	笛卡尔 TCP 速度限制 默认设置：30,000
TCP 速度监控	0,1	监控工具处于以下位置时的 TCP 速度 0=空间内 1=空间外
弹回时停止	0,1	0=不停止 1=停止（默认）
属性：关节 1~8		
监控开/关	开/关	启用监控 关=不监控此关节（默认） 开=监控此关节
最小值	-360~360(°) 或 -30,000~30,000(mm)	关节空间下界 默认设置：-360
最大值	-360~360(°) 或 -30,000~30,000(mm)	关节空间上界 默认设置：360

关节空间范围应视为机器人控制器设置的“软限制”。如果工作空间范围大于软限制，当关节位置超过软限制范围时，可以将机器人停在工作空间内。

4.1.5. 关节速度

关节速度为监控各关节速度的限值。启用监控功能后，这些参数将受到监控。如果关节速度超过限值，就会触发 STO。关节速度参数含有最大速度以及启用减速模式时的减速速度。

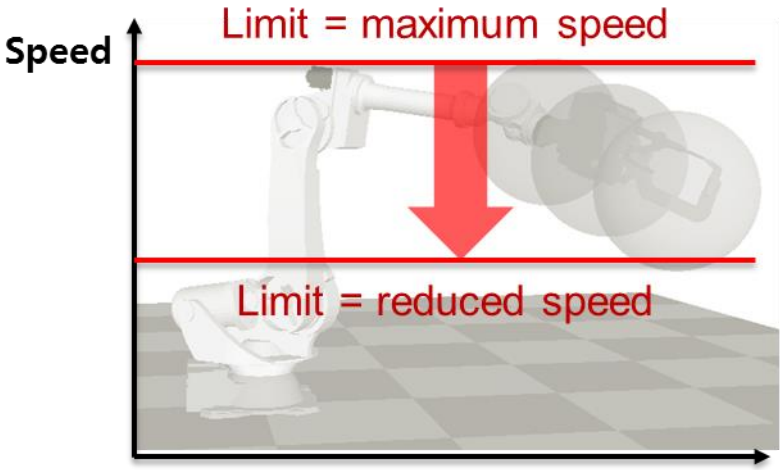


图 4.5 关节速度

表 4-5 关节速度参数

关节速度参数：8 个关节		
参数名称	数值	说明
监控	开/关	关=停用关节速度监控 开=启用关节速度监控 默认设置：关
减速速度 （远程/自动模式）	1~5,000(° /s) 或 1~10,000(mm/s)	远程/自动模式下的安全减速速度 默认设置：5,000(° /s) 或 10,000 mm/s
减速速度 （手动模式）	1~100(° /s) 或 1~250(mm/s)	手动模式下的安全减速速度 默认设置：100(° /s) 或 250 mm/s
最大旋转关节速度	1~5,000(° /s)	最大关节速度 默认设置：1,000
最大平移关节速度	1~30,000(mm/s)	最大关节速度 默认设置：5,000

配置限制速度时务必考虑到 STO 反应时间。
否则会导致碰撞和受伤。

4.1.6. 安全运行停止

可以通过 2 个关节组配置安全运行停止参数，以监控停止状态。可以选择启用各关节，并设置各关节角度或距离公差。
如果启用 SOS，可以监控各轴，判断关节是否移动。如果关节移动超过配置公差，就会触发 STO。

表 4-6 安全运行停止参数

安全运行停止参数：8 个轴		
参数名称	数值	说明
关节组 1 监控	开/关	关=此轴含在关节组 1 中 开=此轴不在关节组 1 中 默认设置：关
关节组 2 监控	开/关	关=此轴含在关节组 2 中 开=此轴不在关节组 2 中 默认设置：关
关节公差	0.001~1(°) 0.003~3(mm)	SOS 容许关节公差 默认设置：0.01

4.1.7. 工具

工具最多可以配置 16 个球体空间，建模时采用多个球体。各工具模型最多含有 6 个球体。工具模型用于监控单元区域和笛卡尔空间。TCP 通过 TCP 速度限制进行监控。通过安全 I/O 信号只能启用一个工具。

TCP 位置应根据机器人法兰坐标系（图 3-7 中的 Xf、Yf、Zf）进行配置。各工具的 TCP 位置应与机器人控制器的工具数据一致，这是因为机器人监控功能会检查 SafeSpace 的工具编号和 TCP 位置与机器人控制器是否一致。

工具建模球体包括球心和半径。球心应根据机器人法兰坐标系进行设置。这些参数与机器人控制器设置的工具数据无关。半径必须足够大，以覆盖当前工具尺寸以及最大 TCP 速度下的停止距离。

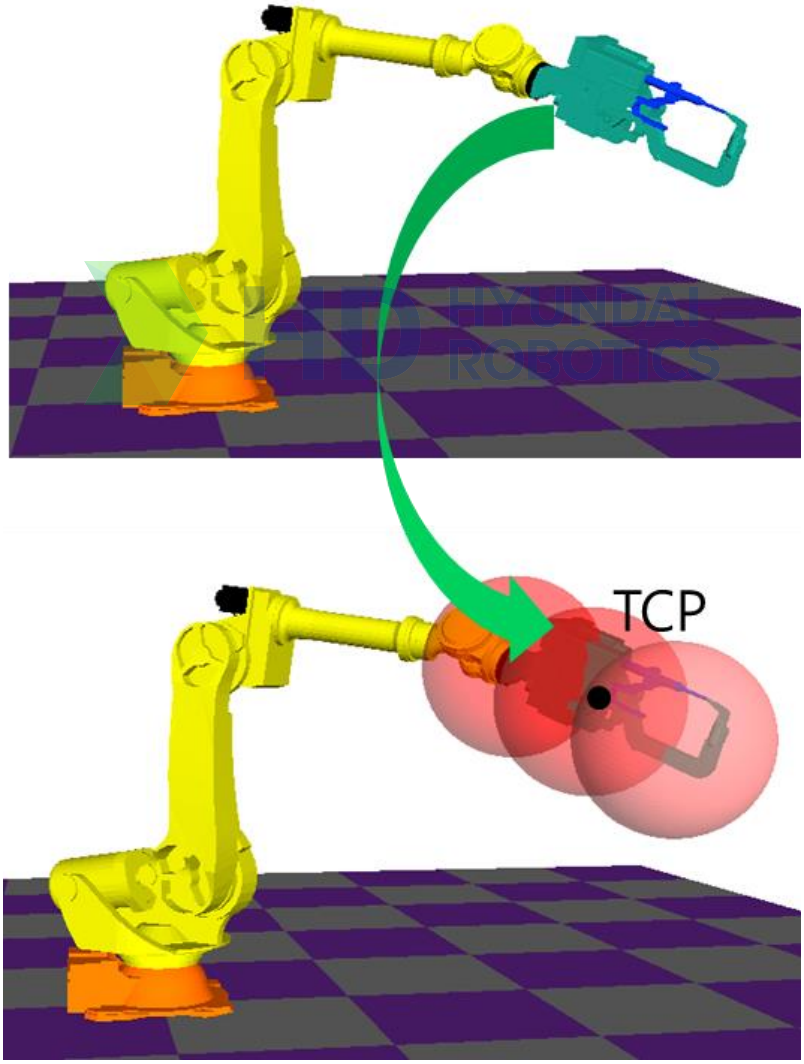


图 4.6 工具建模

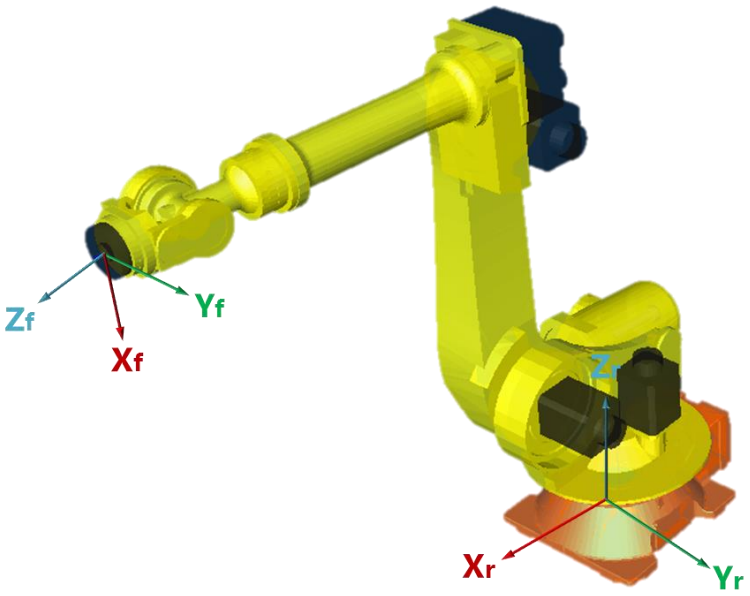


图 4.7 机器人法兰坐标系

表 4-7 工具参数

工具参数：工具 1~16			
参数名称		数值	说明
名称		名称字符串	最多 24 个字符 默认设置=“关节空间 n” ※ 仅用于 HRSafeSpace。名称未从机器人控制器传输至 SafeSpace。
TCP	X	-10,000~10,000(mm)	TCP 的 XYZ 坐标值 默认设置：0
	Y		
	Z		
属性：球体 1~6			
开/关		开/关	关=不监控此球体 开=监控此球体 默认设置：开（球体 1），关（球体 2~6）
球心	X	-10,000~10,000(mm)	法兰坐标系中球心的 XYZ 坐标值。 默认设置：0
	Y		
	Z		
半径		0~10,000 (mm)	球体半径 默认设置：1,000(mm)

4.2. 解除 STO 功能

如果机器人超出安全参数，SafeSpace 就会触发 STO，然后机器人停止运动。操作人员应检查机器人和安全参数。然后，操作人应解除 STO 功能，将机器人移动至安全区。

在 SafeSpace 监控菜单中，可以监控机器人是否超出配置空间。此外也可以解除因超限造成的 STO，然后在手动模式下将机器人移至安全区。此种状态将实时更新。

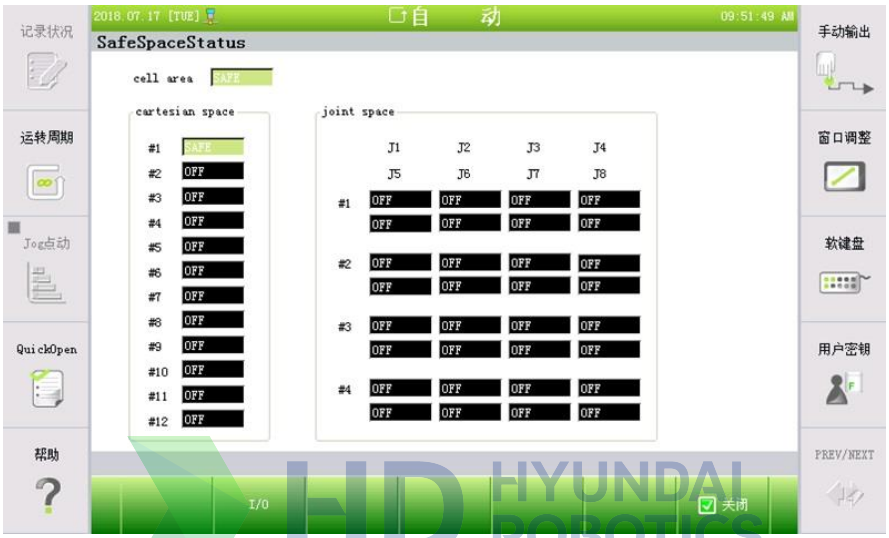


图 4.8 SafeSpace 状态

触发 STO 时，示教箱上会出现错误消息，详情参见 SafeSpace 监控菜单的 I/O 页。用户可以查看 STO 原因，对机器人进行维修。
I/O 页显示了输入/输出信号的状态和分配。

图 4.9 SafeSpace I/O

4.3. 控制测试功能

机器人位置应对机器人监控有效。控制测试功能用于评估机器人和外轴情况。如果当前位置偏离基准位置太多，机器人控制器就会出错，然后机器人停止运动。操作人员应维修机器人并予以校准。
一共有两种控制测试。

表 4-8 控制测试类型

	基于传感器的控制测试 (SBMT)	无传感器控制测试 (SLMT)
基准位置	导电传感器位置	尖锐物体或标记设备位置
方法	通过程序自动执行	由操作人员手动执行
确认	传感器信号	安全用户

在控制测试菜单中，用户必须选择测试类型、测试时间和测试位置。SBMT 和 SLMT 配置存在一些通用项。

图 4.10 基于传感器的控制测试

表 4-9 控制测试参数

测试类型	选择一个测试类型	
测试时间	测试周期 [h]	测试周期时间 (12h ~720h) 默认设置：12h
	预警时间 [h]	测试开始前告知具体时间 (1h~11h) 默认设置：1h
	最大时限 [min]	机器人因超时 (1min~60min) 停止后，自电机打开起的最长移动时间 默认设置：1min
测试位置	组	控制测试组编号 (1~3)
	I/O 信号	- 输入/输出信号 - 仅用于 SBMT
	基准位置 [deg]，[mm]	- 基准位置用于确认偏差 - 点动操作，然后按下 F1 键，读取当前位置以供参考
	当前位置 [deg]，[mm]	当前位置或各个轴 - 只读
	状态	关于当前位置与基准位置偏差的描述 - OK：关节位置在限定范围内 - NG：关节位置不在限定范围内

若要保存配置参数，应输入 SafeSpace 密码。设置或变更参数以及执行 SLMT 时应采用密码保护。密码由 HRSafeSpace 设置。

图 4.11 输入密码保存参数

图 4.12 输入密码的软键盘

HD HYUNDAI ROBOTICS

4.3.1. 基于传感器的控制测试

在控制测试菜单中设置好控制测试参数之后，需要通过功能 MSTtest 和系统变量 _MSTRef 对基于传感器的控制测试 (SBMT) 进行编程。

表 4-10 控制测试功能和变量

MSTtest		
解释	该功能根据具体情况建立分支。	
语法	MSTtest G=<组号>，然后调出<程序号>	
参数	组号	控制测试组编号 (1~3)
	程序号	MST 程序号
示例	MSTtest G=1，然后调出 10	
_MSTRef		
解释	该变量指控制测试菜单中配置的基准位置。	
语法	_MSTRef<组号>	
示例	P1=_MSTRef1	

HD HYUNDAI ROBOTICS

表 4-11 控制测试程序

MST 程序	
解释	- 示教基准位置和接近位置 - 接近位置向基准位置移动，以免碰撞 - 基准位置指控制测试菜单中配置的数值 - 基准位置应通过参数 _MSTRef 分配给“姿势”变量 - 为安全起见，基准位置的移动速度应足够慢 - 设置机器人达到基准位置后判断传感器信号的延迟时间
示例	**P1=_MSTRef1** 位移 L，S=60%，A=1，T=1：接近位置 **位移 L，P1，S=5%，A=0，T=1：基准位置** 延迟 3 位移 L，S=60%，A=1，T=1 结束
主程序	
解释	- 在主 JOB 程序中写入功能 MSTtest。 - MSTtest 会在预警时间至测试周期内调出 MST 程序。
示例	位移 L，S=60%，A=1，T=1 位移 L，S=60%，A=1，T=1 位移 L，S=60%，A=1，T=1 …… **MSTtest G=1，然后调出 10** 结束
组数与 MST 程序数相同。	

如果机器人控制器在基准位置未收到传感器信号，或 MSTtest 在测试周期内未发挥作用，就会触发 STO。机器人可能会在最大限制时间内保持运动。

4.3.2. 无传感器控制测试

如果将测试类型改为无传感器控制测试 (SLMT)，会激活 F2 键。在控制测试菜单中设置好控制测试参数之后，可以通过 [F2：输入结果] 键执行 SLMT。

图 4.13 SLMT 激活 F2 键

图 4.14 SLMT 结果

用户必须检查基准位置的各个状态是否正常，并进行目视确认。然后输入组号及其结果。

如果机器人在基准位置未遇到尖锐物体，或用户未在测试周期内进行操作，就会触发 STO。机器人可能会在最大限制时间内保持运动。

5

安全 I/O 信号

5. 安全 I/O 信号

安全 I/O 信号可以通过 HRSafeSpace 进行分配。最多可分别配置 8 路输入和输出信号。

表 5-1 安全 I/O 参数

安全 I/O 参数：8 路输入/输出		
参数名称	数值	说明
IN0~IN3		
输入信号分配	0~25	激活信号分配 0=无 1=紧急停止 2=参考开关输入 3=减速监控 4=安全运行停止（组 1） 5=安全运行停止（组 2） 6~17=笛卡尔空间 1~12 18~21=关节空间 1~4 22=工具编号（位 0 ） 23=工具编号（位 1 ） 24=工具编号（位 2 ） 25=工具编号（位 3 ）
IN4~IN7		
输入信号分配	0~21	激活信号分配 0=无 1=紧急停止 2=参考开关输入 3=减速监控 4=安全运行停止（组 1） 5=安全运行停止（组 2） 6~17=笛卡尔空间 1~12 18~21=关节空间 1~4 ※ 工具编号激活信号无法分配至 IN4~7。
OUT0~ OUT7		
输出信号分配	0~50	监控信号分配 0=无 1=STO 激活状态 2=超限报警 3=SafeSpace 激活状态 4=减速激活状态 5=SOS（组 1）激活状态 6=SOS（组 2）激活状态 7=全局 TCP 速度超限 8=单元区域超限 9=SOS（组 1）超限 10=SOS（组 2）超限 11~18=关节速度超限（关节 1~8） 19~30=笛卡尔空间超限（空间 1~12） 31~34=关节空间 1~4 超限 35~46=笛卡尔空间速度超限（空间 1~12） 47~50=关节空间速度超限

6

HRSafeSpace
安装与启动

运行安装程序文件 HRSafeSpace.msi。遵照操作说明，同时单击 [Next >] 按钮。

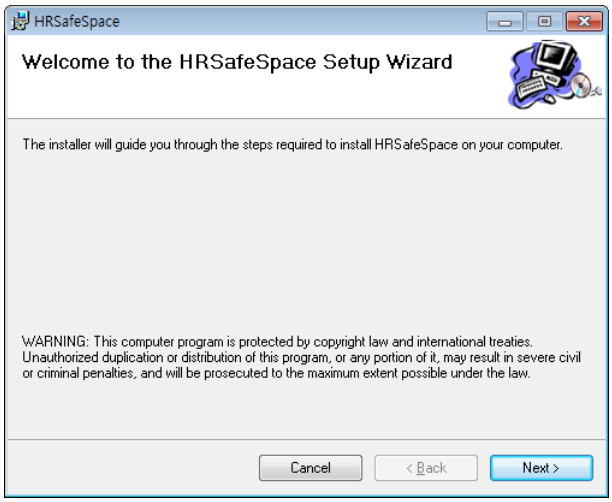


图 6.1 HRSafeSpace 安装向导

安装完成后，会在壁纸以及 Windows 开始按钮上生成 HRSafeSpace 图标。双击壁纸上的图标，或选择 Windows 开始按钮中的 HRSafeSpace。

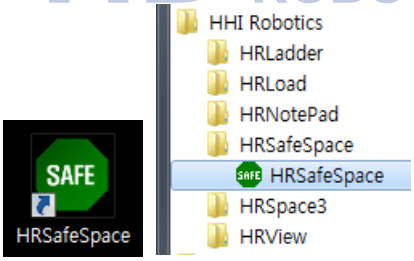


图 6.2 HRSafeSpace 图标

7

HRSafeSpace - 基础知识

7.1. 数据输入

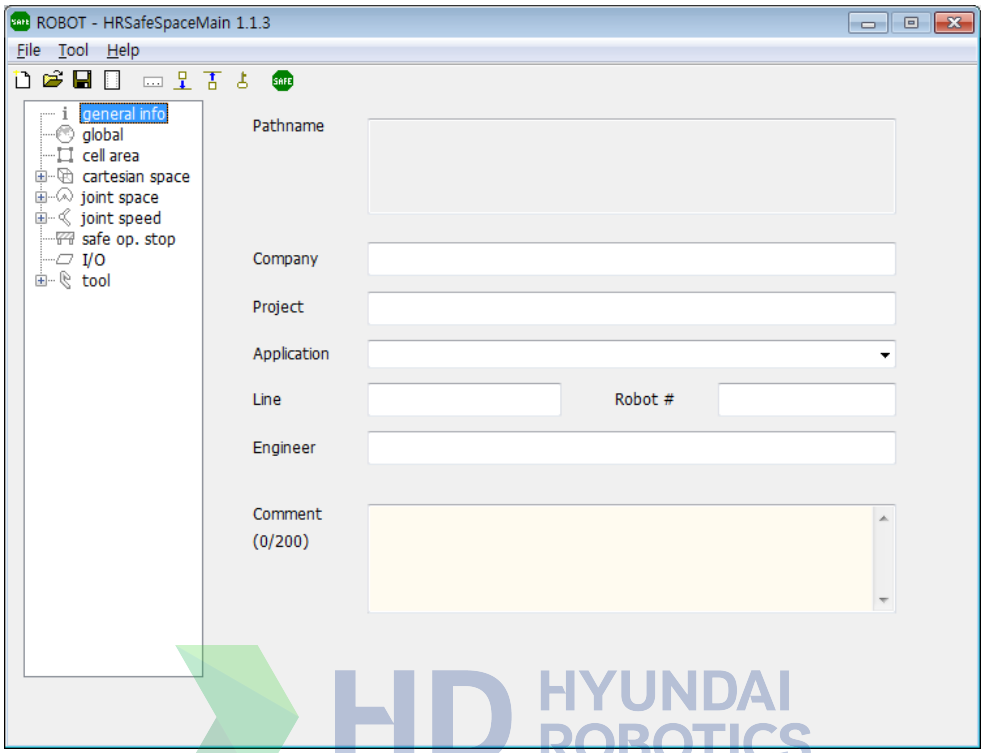


图 7.1 HRSafeSpace 执行屏幕

启动 HRSafeSpace 时，将显示图 3.1 所示的屏幕。屏幕左侧设有树形控件，用于选择具体组。HRSafeSpace 提供 9 个参数组。其中一些组下面还设有如下所示的子组：

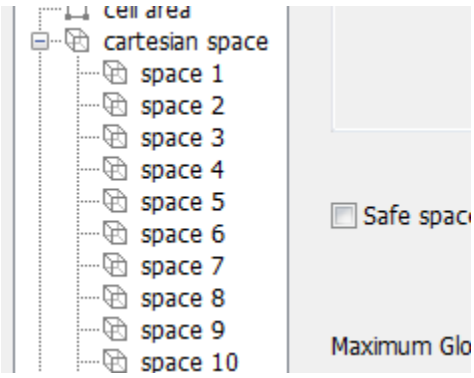


图 7.2 一些组设有子组

如果单击一个组或子组节点，右侧会显示相应的设置页面。页面上最初填写的是默认参数值。编辑参数。如果单击树形控件的其他节点，编辑的数值会写入 HRSafeSpace 内存中。

若要重新将参数初始化为默认值，需选择“文件 - 新建”菜单，或单击 按钮。

7.2. 保存、打开数据

编辑好参数之后，选择“文件 - 保存”菜单或单击工具栏上的 按钮，保存数据。

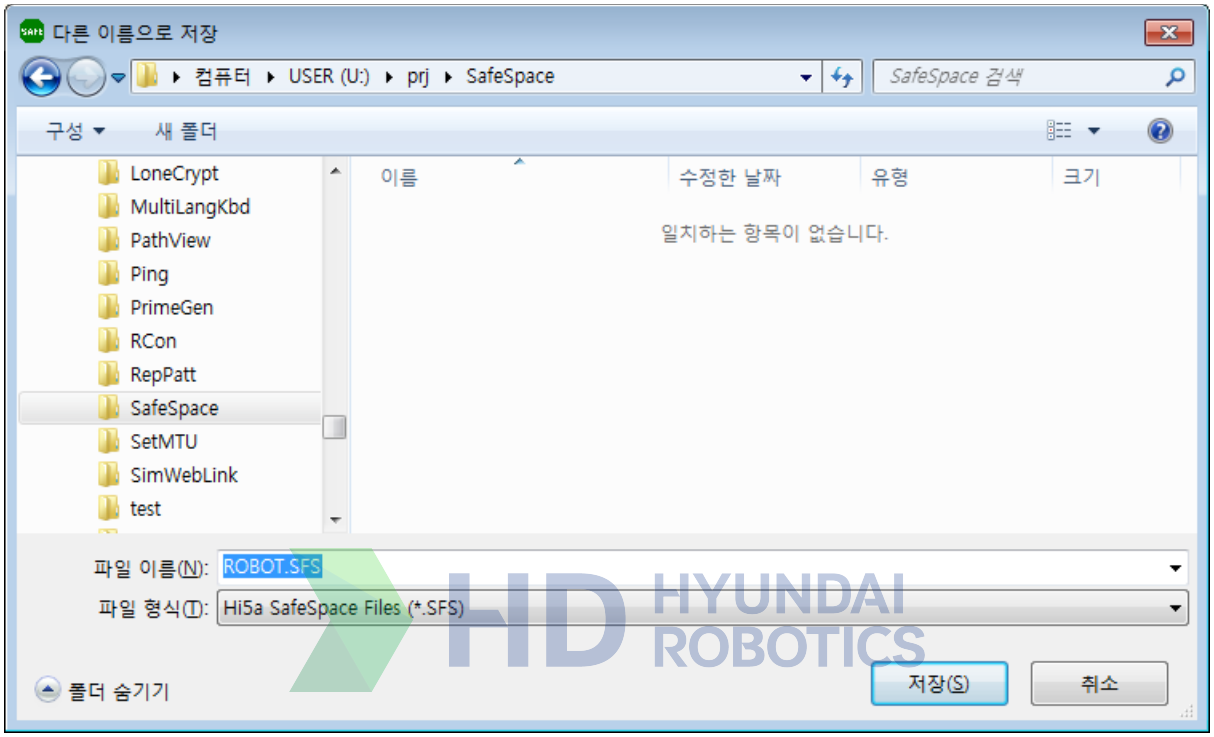


图 7.3 保存对话框

默认文件标题为 ROBOT，文件扩展名为 .SFS。用户可以根据自己意愿修改文件标题，但在下载 SFS 文件时，系统会按照标准名称“ROBOT.SFS”，将文件保存至 Hi5a 机器人控制器中。

然后可以选择“文件 - 打开…”菜单或单击工具栏上的 按钮，下载保存的文件。

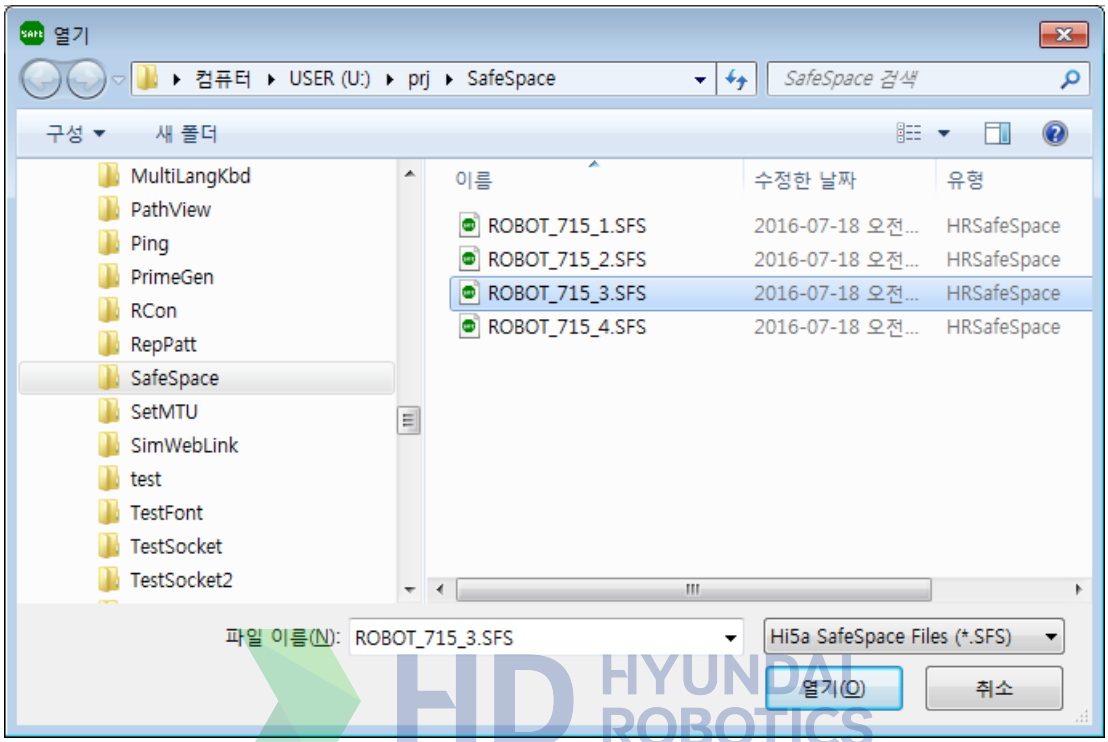


图 7.4 打开…对话框

完整路径/文件名显示在基本信息组页面上。

图 7.5 完整路径/文件名

7.3. 通信设置

为了将 SafeSpace 参数文件下载至 Hi5a 机器人控制器，用户必须在 PC 和 Hi5a 之间连接好以太网通信设备。选择“工具 - 设置 IP 地址”菜单，或单击工具栏上的 按钮。

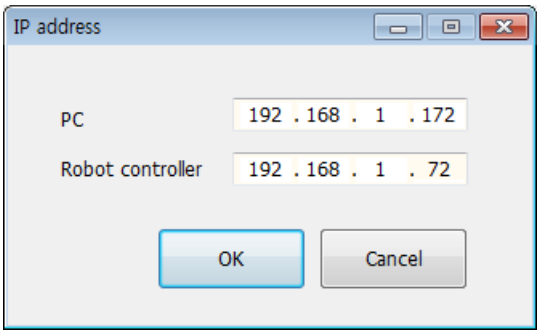


图 7.6 IP 地址设置对话框

输入 PC 的 IP 地址以及 Hi5a 机器人控制器的 IP 地址，然后单击“确定”。

7.4. 初始化 Hi5a 机器人控制器密码。

HD HYUNDAI ROBOTICS

只有授权人员方可下载 ROBOT.SFS 文件。因此，若要使用某个 Hi5a 机器人控制器的 SafeSpace 功能，就必须利用 SafeSpace 密码对 Hi5a 进行初始化。

选择“工具 - 变更密码”菜单，或单击工具栏上的 按钮。如果自 Hi5a 系统初始化后无人设置密码，则显示以下对话框。设置 SafeSpace 密码，然后单击“变更”按钮。密码保存在 Hi5a 控制器内。

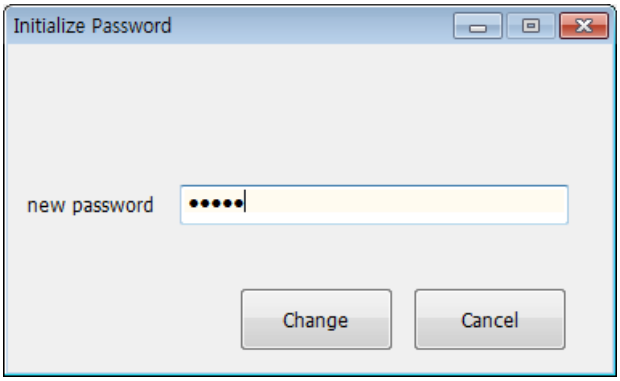


图 7.7 初始化密码对话框

一旦对密码进行初始化，若要变更密码，则需选择“工具 - 变更密码”或单击工具栏上的 按钮。必须输入正确的旧密码，然后输入新密码。

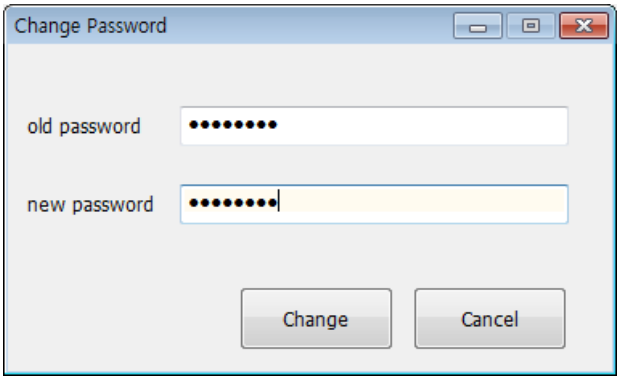


图 7.8 变更密码对话框

7.5. 下载参数文件

如果完成第 3.1-3.4 节中的操作流程，即可将 SafeSpace 文件下载至 Hi5a 机器人控制器。选择“工具 - 下载”菜单，或单击工具栏上的 按钮。

HD HYUNDAI ROBOTICS

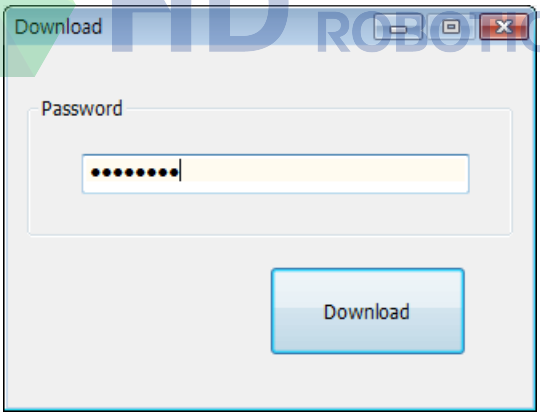


图 7.9 下载对话框

必须输入正确的 SafeSpace 密码。单击“下载”按钮。如果密码有效，系统会弹出“已完成”消息框。重新启动机器人控制器，应用此设置。

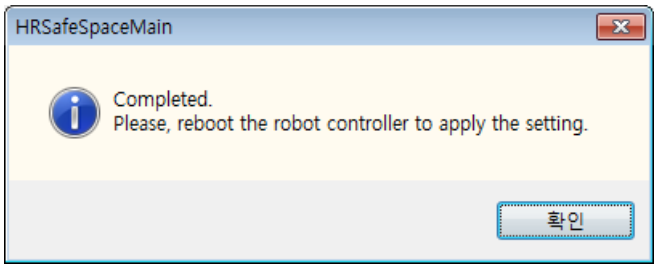


图 7.10 “已完成”对话框

即使密码不正确，SafeSpace 文件仍会下载至 Hi5a，但 SafeSpace 功能无法进行初始化，并弹出以下消息框。

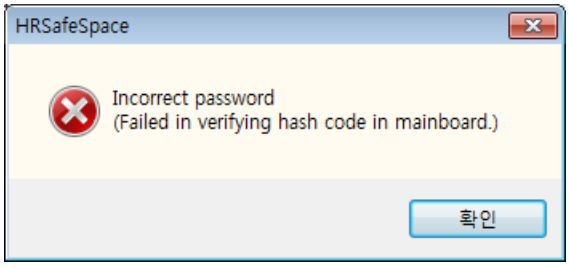


图 7.11 “密码不正确”对话框

7.6. 上传参数文件

如果完成通信设置（第 3.3 节），即可从 Hi5a 机器人控制器上传 SafeSpace 文件。选择“工具 - 上传”菜单，或单击工具栏上的 按钮。上传时无需密码。

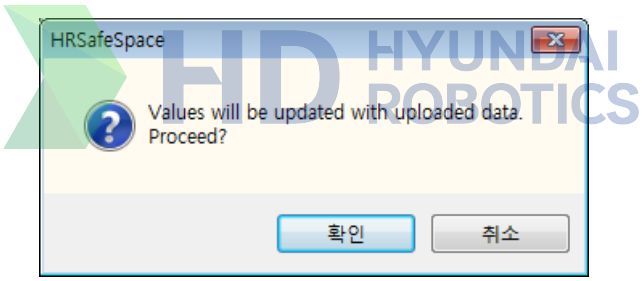


图 7.12 继续上传对话框

上传文件保存在 PC 的临时文件夹中，文件数据将被加载到对话框中。因此，如果在继续上传消息框中单击“确定”，在对话框中输入的当前数据就会丢失。

如果上传成功，系统会弹出“已完成”消息框。

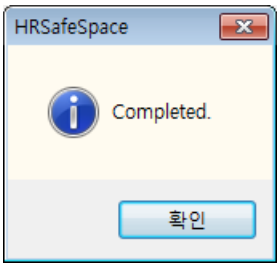


图 7.13 “已完成”对话框

7.7. 通过 HRSpace 进行三维可视化

一般来说，生产线单元或含有机器人的生产线利用 OLP （离线编程）软件进行规划。HRSpace 是用于现代机器人的 OLP 仿真软件。

用户输入的 SafeSpace 配置可以在 HRSpace 的三维虚拟工作空间中进行可视化。本章主要说明如何进行可视化。

必须准备 3.73 或更高版本的 HRSpace。如果 HRSpace 为旧版本，请下载最新版并安装。如果不熟悉 HRSpace 用法，请先学习软件的使用方式。（在“主页”功能区菜单中，单击“手动”按钮，打开 HRSpace 用户手册。）

由于 HRSpace 会以子进程形式调用 HRSafeSpace，因此 HRSpace 必须知道 HRSafeSpace.exe 文件的位置。选择“其他－首选项”功能区菜单。

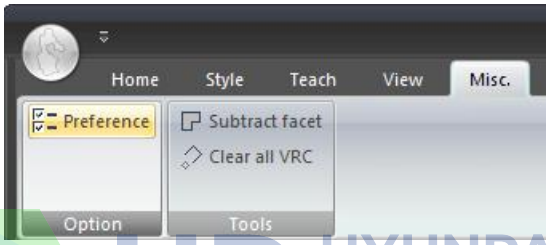


图 7.14 功能区菜单的“其他－首选项”

在“首选项”属性页中的“常规”标签中，可以为安装的 HRSafeSpace.exe 文件指定路径/文件名。如果将 HRSafeSpace 安装在默认路径 ({Program Files}/HHI Robotics/HRSafeSpace)，可以将该设置留空。

图 7.15 指定 HRSafeSpace 路径/文件名

现在 HRSafeSpace 已绑定至 HRSpace。详细使用方式可参见下一章中的示例。

8

HRSafeSpace - 练习

假设我们已经设计如下所示的机器人点焊单元布局：

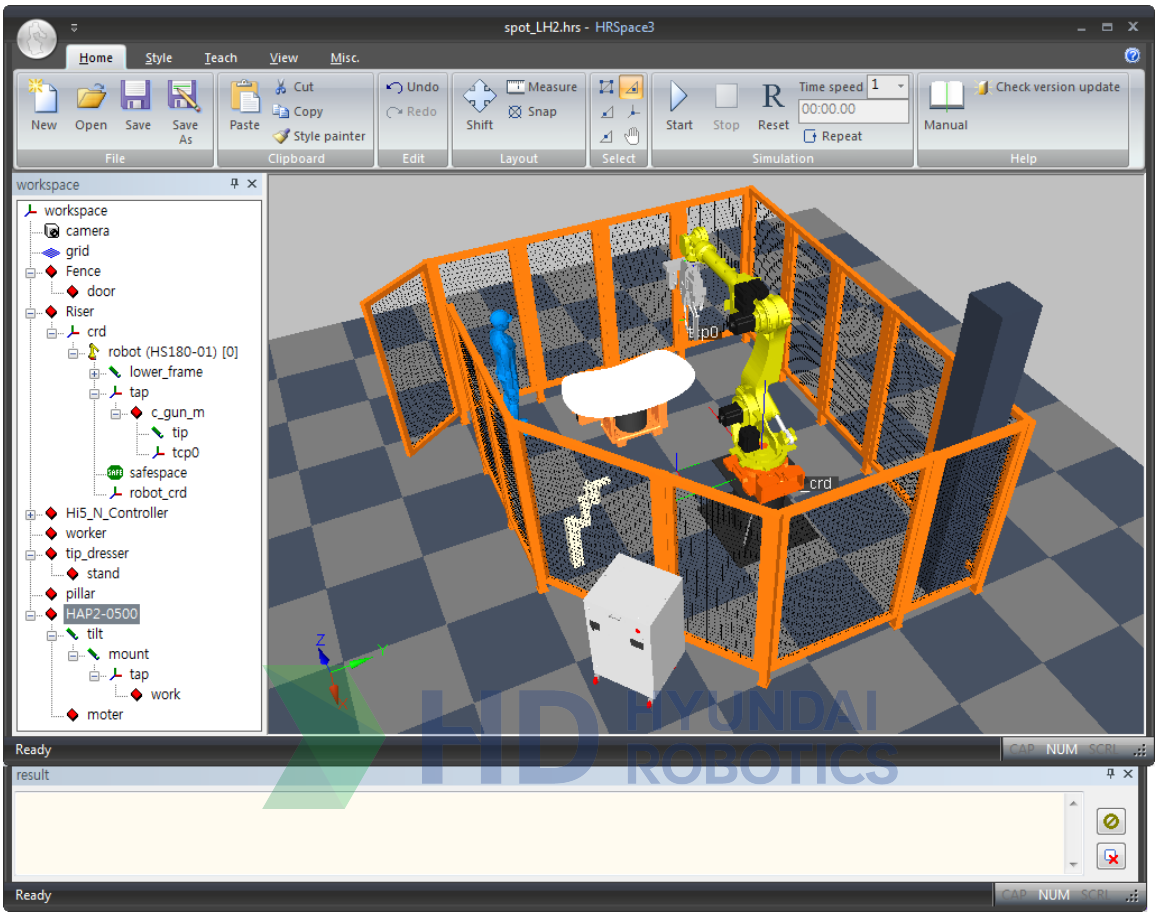


图 8.1 机器人点焊单元示例

这是立杆上的一个 HS180-01 操作手。在机器人法兰上安装一个 C 型点焊枪，然后将机器人安装在一个高度为 800mm 的立杆上。在每个工作周期之初，由工人在机器人前方的定位器上安装一个焊接工件。整个单元周围是五面体围栏。由于天花板上设有管道，因此假设机器人在 Z 轴上的运动范围限为 0-3400mm，围栏内设有一根支柱。

我们可以借助于 HRSpace 可视化功能配置 SafeSpace 参数，然后将生成的 ROBOT.SFS 文件下载至实际使用的 Hi5a 机器人控制器。

8.1. 在 HRSpace 中建立 SafeSpace 模型

为了将 HRSafeSpace 绑定至 HRSpace 项目，用户必须创建 SafeSpace 模型，作为机器人的一个子实例。

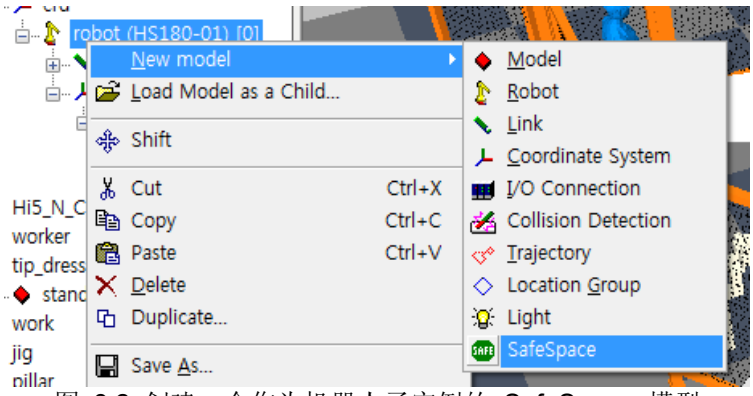


图 8.2 创建一个作为机器人子实例的 SafeSpace 模型

然后，选择 SafeSpace 属性...弹出菜单。该菜单仅打开 HRSafeSpace 软件。

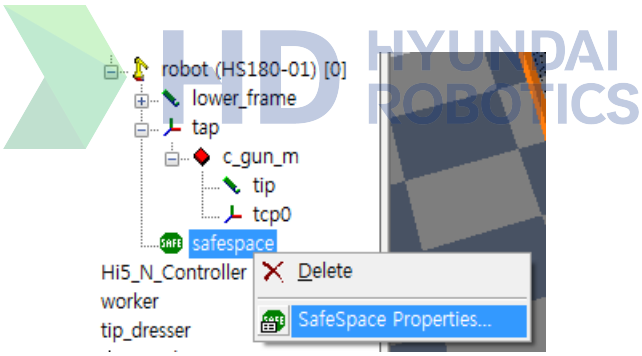


图 8.3 打开 SafeSpace 属性

用户可以查看 ROBOT.SFS 文件自动设为机器人 VRC 文件夹的路径。在此情况下，一旦单击保存工具按钮，系统就会在 VRC 文件夹中生成 ROBOT.SFS 文件。现在请通过 HRSafeSpace 指定各组的参数。

8.2. 设置参数

8.2.1. 基本信息

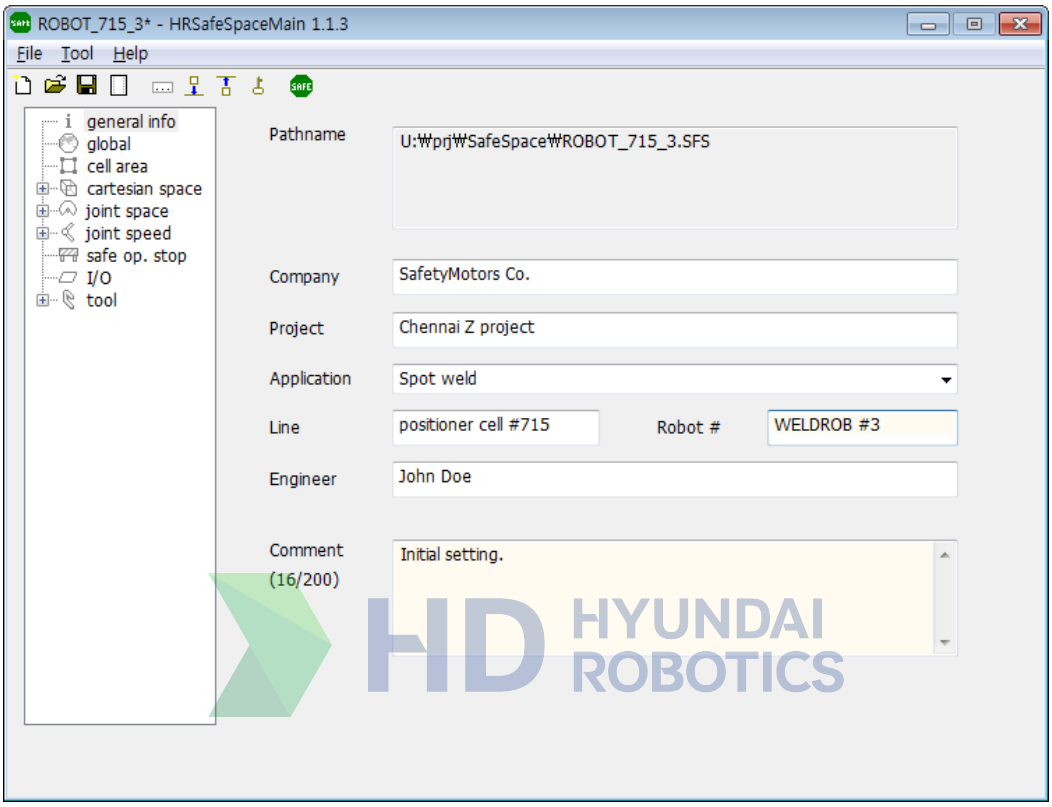


图 8.4 基本信息

第一组为基本信息。该设置仅适用于人工操作，因此不影响 SafeSpace 运行。（如不需要，可跳过该设置。）

8.2.2. 全局

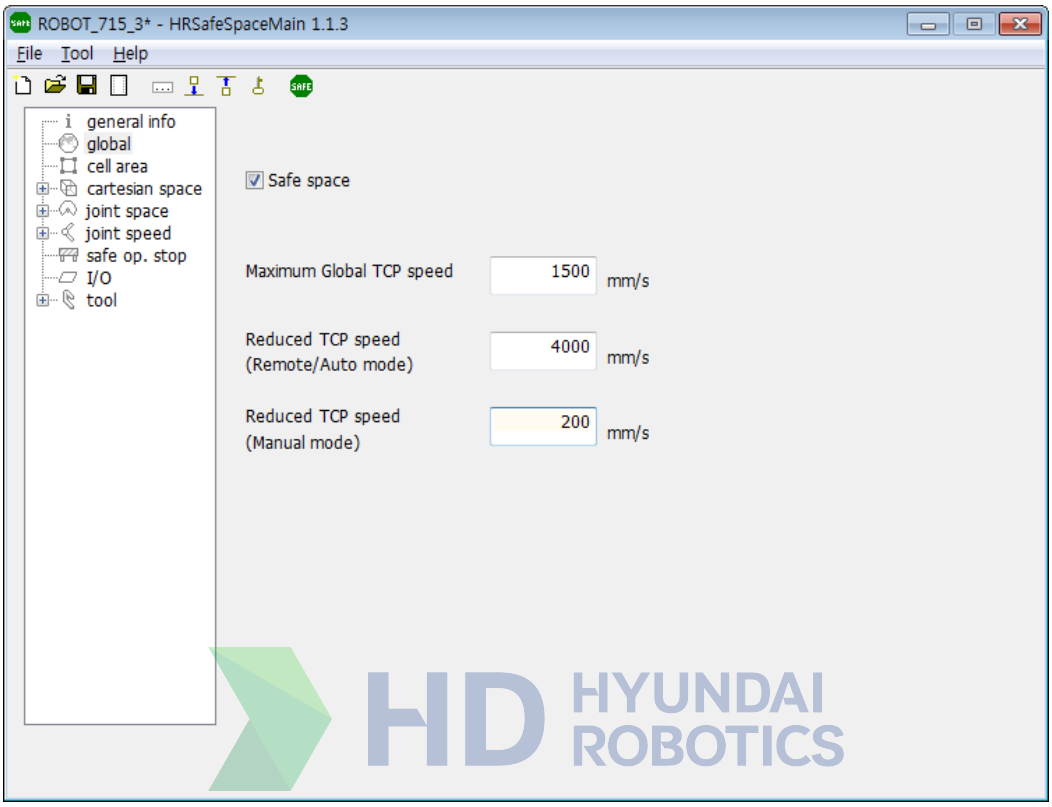


图 8.5 全局设置

在全局组中勾选 Safespace 复选框，激活 Safespace。将全局以及远程/自动模式下的 TCP 速度限为 1500mm/s，将手动模式下的 TCP 速度限为 250mm/s。现在

就可以看到 SafeSpace 的一些默认设置，它们在三维工作空间中以半透明原始形态进行显示。

8.2.3. 单元区域

让我们设置一下单元区域。为了便于设置，请按下“视图 - 正视图”按钮，然后单击 按钮移动镜头。这在直观图中可能有所帮助，可以调准 HRSafeSpace 单元区域二维图以及 HRSafeSpace 三维图中的 X、Y 方向。（注意，这是机器人坐标系，而不是世界坐标系。）在 HRSpace 的三维视图中，单元区域用青色多面体表示。

由于许可 Z 轴区域为 0 ~ 3400mm，且立杆高度为 800mm，因此必须分别将 Zmin 和 Zmax 设为 -800、2600mm。由于围栏为五面体，因此需要输入五个顶点，然后根据计划将 Z 轴区域设为 0 ~ 3200mm。在单元区域页的列表控件中，顶点顺序并不重要。HRSafeSpace 会自动排列这些顶点。每次单击 HRSafeSpace 的保存工具按钮时，当前设置都会应用到 HRSpace 的三维工作空间中。

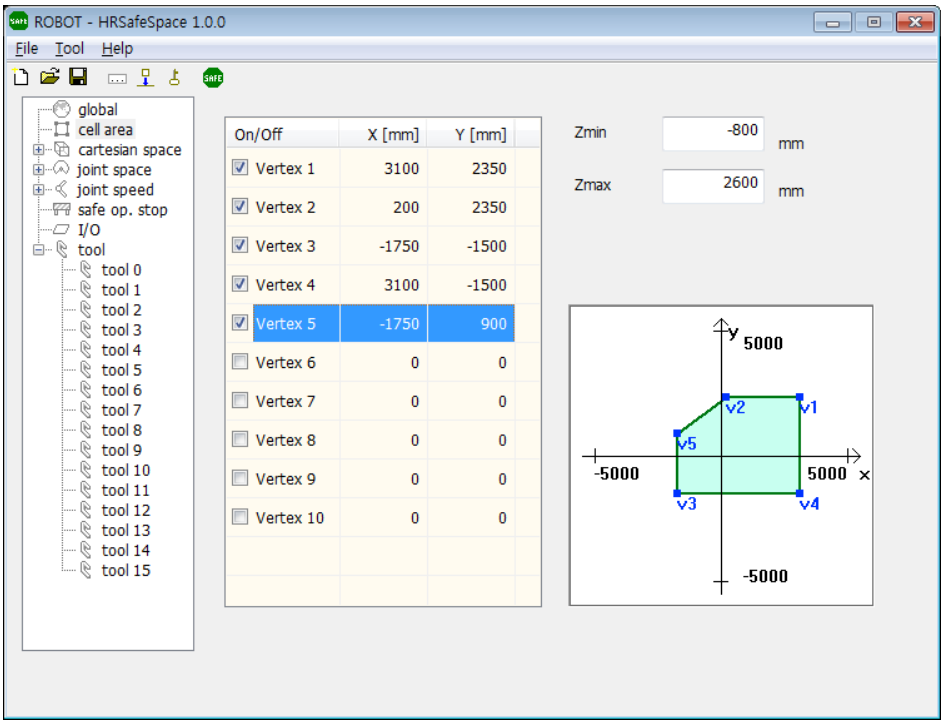


图 8.6 单元区域设置

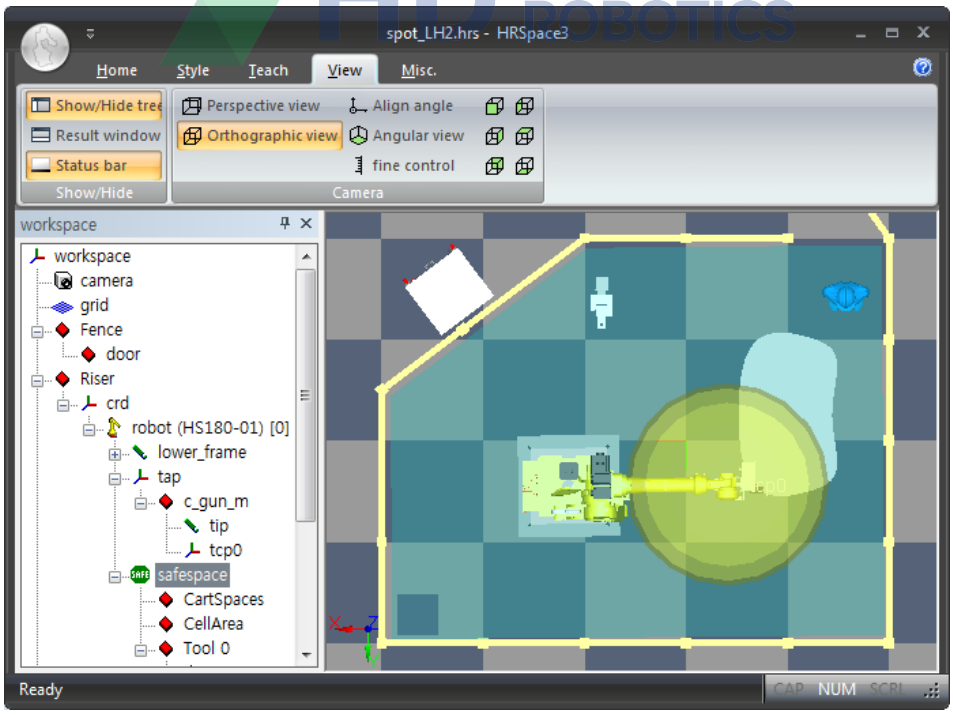


图 8.7 HRSpace 三维视图中的单元区域（平面图）

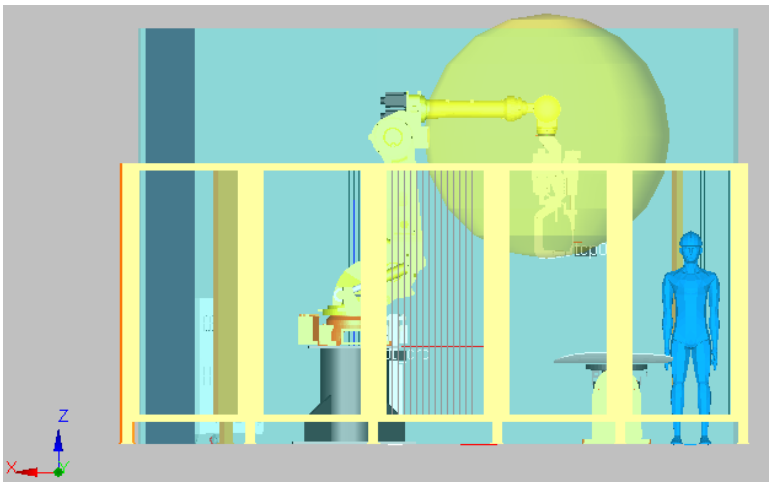


图 8.8 HRSpace 三维视图中的单元区域（立视图）

8.2.4. 笛卡尔空间

为了防止机器人碰到围栏中的支柱，可以将其作为保护空间。请按下图设置空间 1。我们只会用到全局 TCP 速度限制，因此可以忽略此页中的 TCP 速度设置。有时工人会进入围栏内，请将围栏门前方的空间作为第二保护空间。可通过安全 I/O 进行激活。（通过围栏门或激光传感器激活）

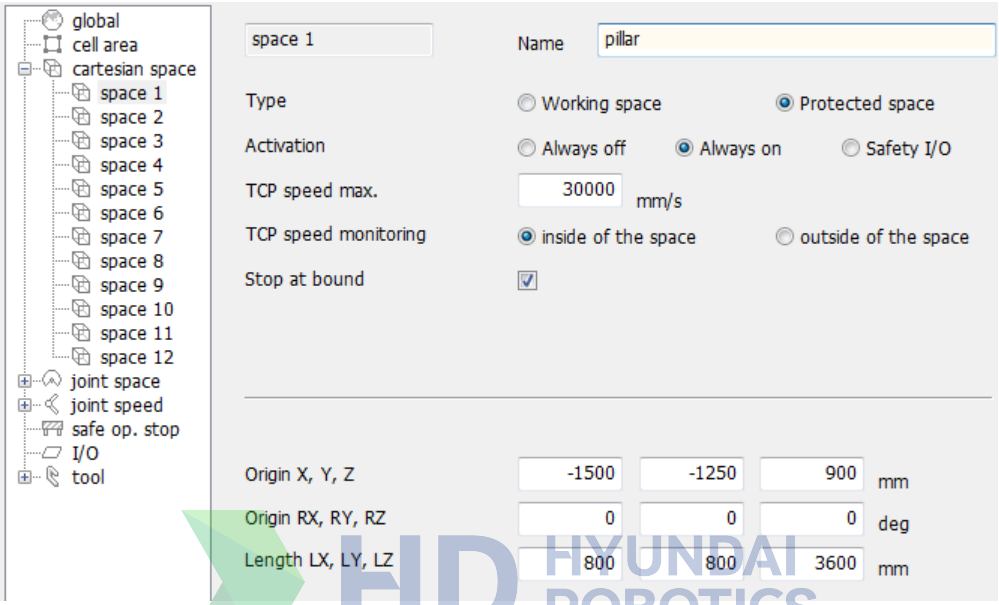


图 8.9 保护空间 - 支柱

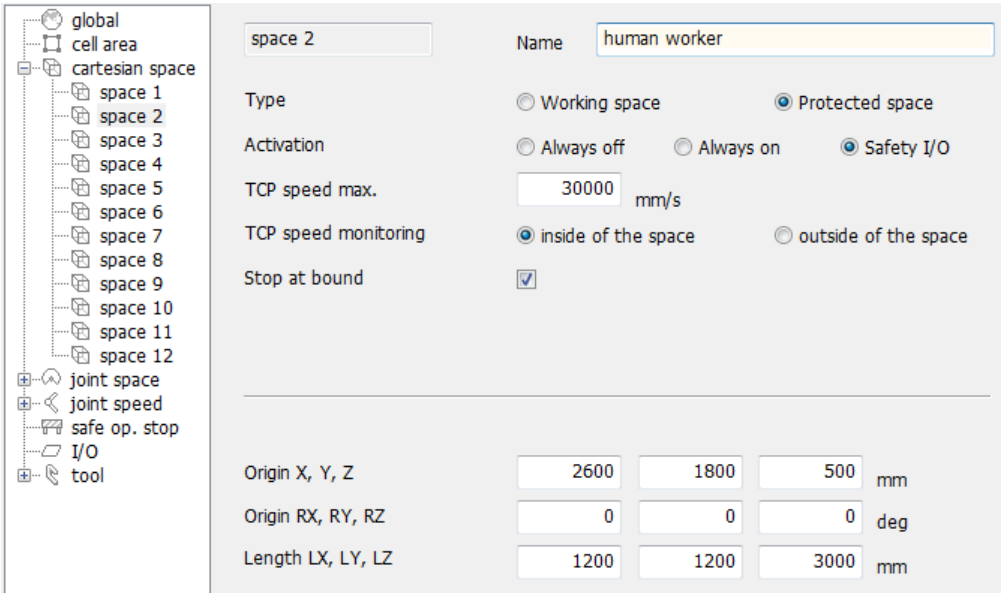


图 8.10 保护空间 - 工人

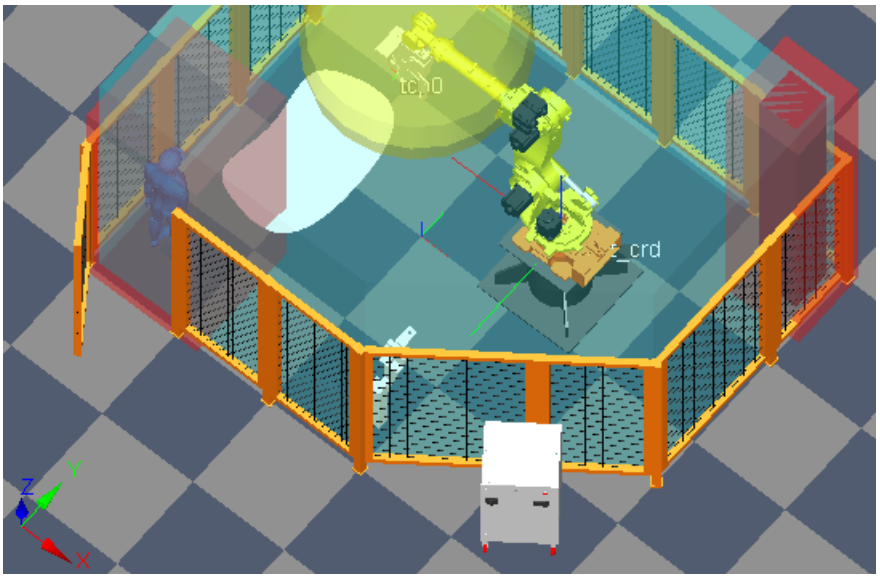


图 8.11 HRSpace 三维视图中的保护空间

8.2.5. 工具

在此例中，电焊枪为工具 0 (T0)。其周围必须被一组球体包围。当其中一个或多个球体与保护区域或单元区域外侧产生交叉时，SafeSpace 会将此种情况视为碰撞。在此例中，我们设置了 3 个球体来包围 T0 以及机器人手腕。（使用工具坐标系。）

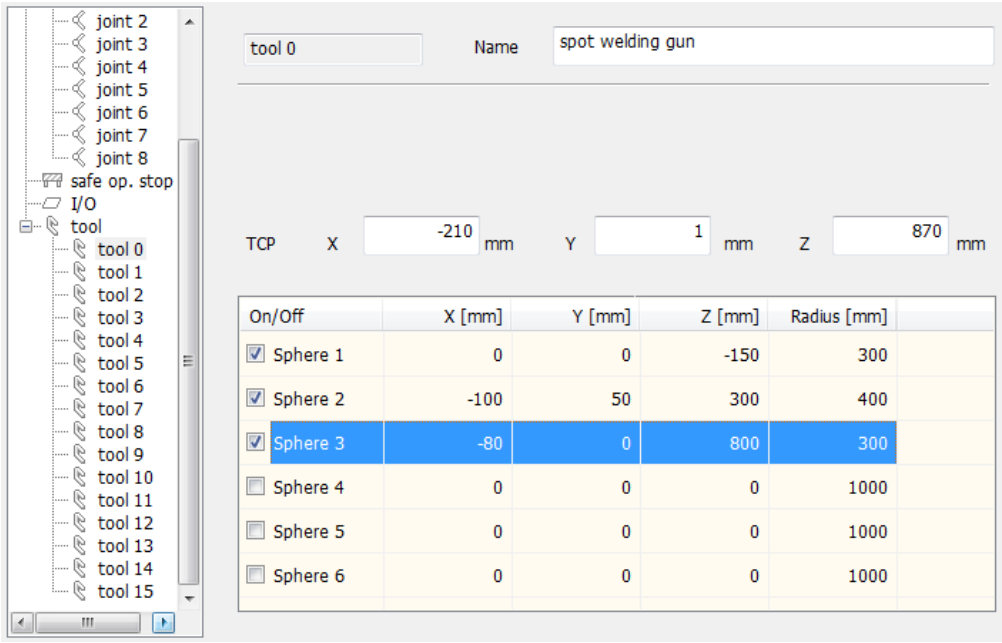


图 8.12 工具 0 设置

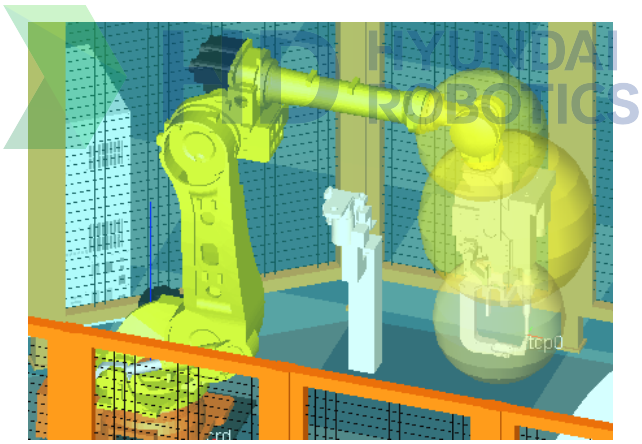


图 8.13 HRSpace 三维视图中的工具 0 球体

8.2.6. 关节空间

在此例中，机器人的作用是对工件实施点焊，同时以间歇方式修整毛刺。因此，考虑到工件以及毛刺修整器的布局，机器人 S 轴可限为 -40 至 +95° 。将空间 1 设为 S 轴的工作空间。（该关节空间设置未在 HRSpace 三维视图中示出。）

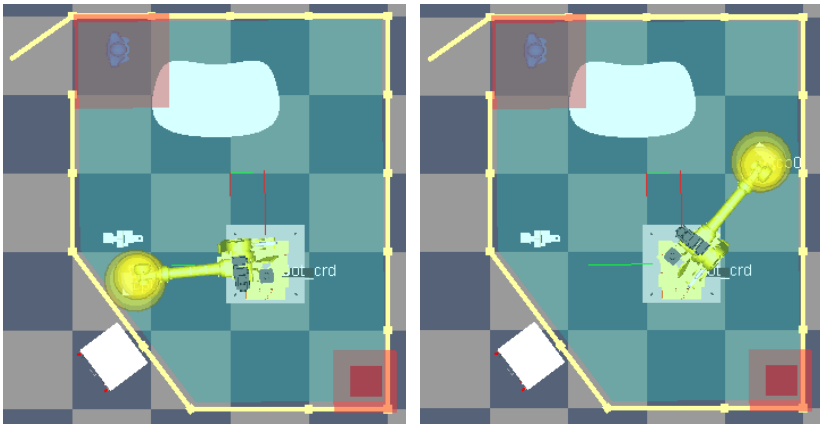


图 8.14 机器人在 S 轴值为 +95° （左侧）和 -45° （右侧）时的姿势

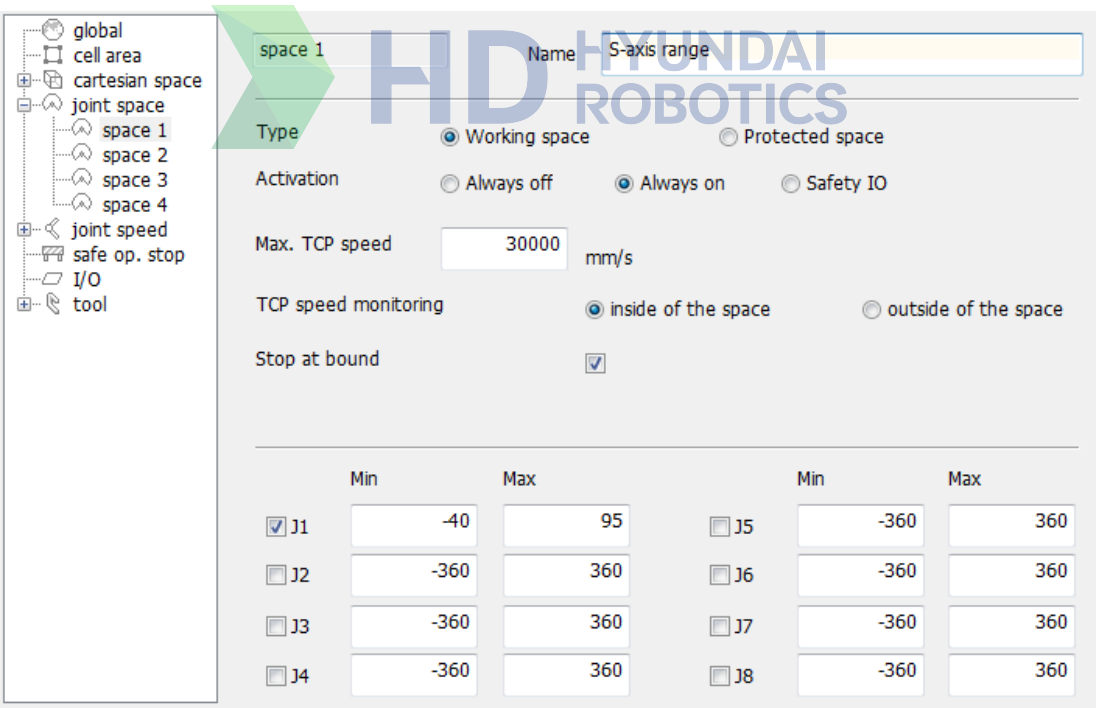


图 8.15 关节空间设置

8.3. 打印设置报告

若要将设置形成书面文件，可以制成 HTML 文件，然后打印出来。

保存设置，选择“文件 - 报告”菜单或单击工具栏中的 按钮。然后在 .SFS 文件所处的文件夹中生成两个文件。

- {文件名}.htm：HRSafeSpace 设置报告文件（HTML 格式）
- hrsafespace.css：HRSafeSpace 设置报告的样式文件（CSS 格式）

系统启动默认网页浏览器，显示 HTML 报告文件。
（包括 Mozilla Firefox、Google Chrome、Apple Safari、Microsoft Internet Explorer、Edge 在内的主流网页浏览器也可以呈现报告。但如果采用诸如 Internet Explorer 8 或更旧版本的老浏览器，则无法正确显示单元区域图。）

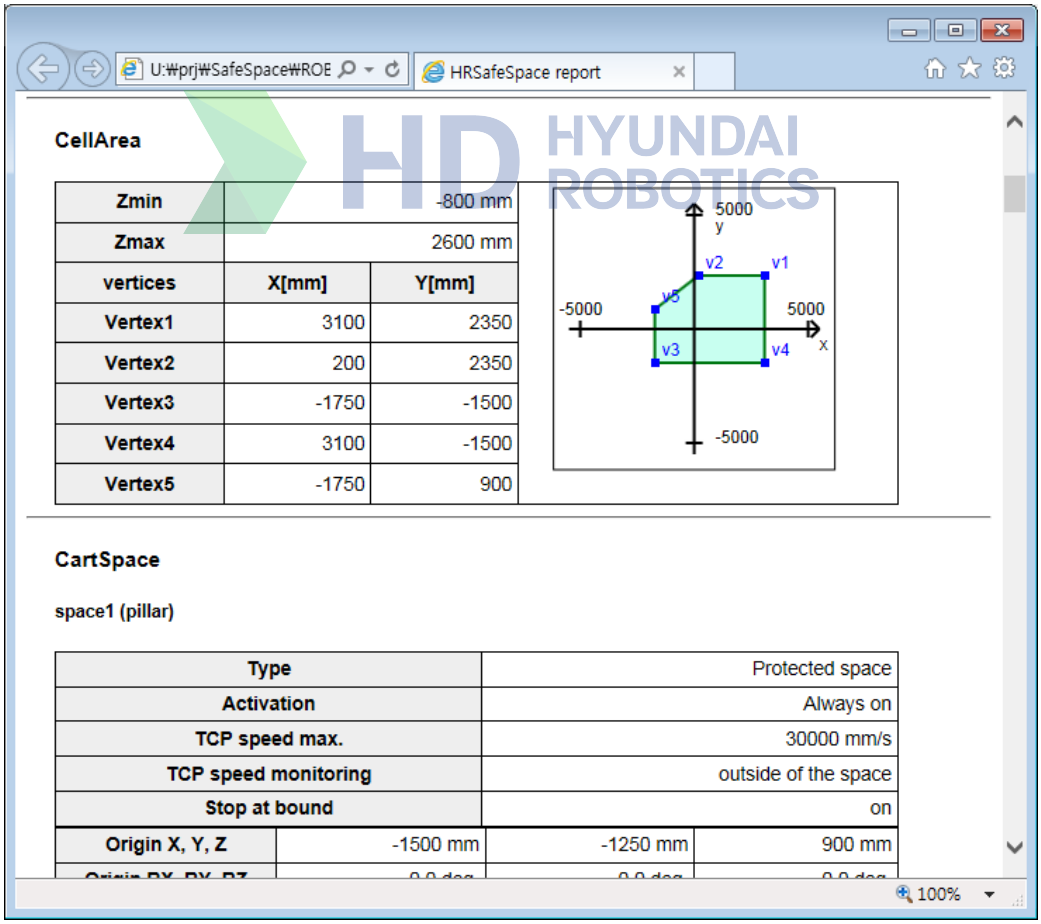


图 8.16 Internet Explorer 11 浏览器中的报告

如果熟悉 HTML 和 CSS（层叠样式表）格式，可以修改 hrsafespace.css 文件，将报告改为自己喜欢的样式。修改文件，更新网页浏览器（例如在 Chrome 或 Internet Explorer 内，按下 F5），查看报告样式是否变为所需的格式。

一旦存在 hrsafespace.css 文件，就无法再通过“文件 - 报告”生成样式文件。因此对 CSS 文件所做的修改不会被重写。若要将 CSS 文件初始化为默认设置，只需删除 hrsafespace.css 文件，再次执行“文件 - 报告”。

```
body {
        font-family: arial;
        font-size: 95%;
}
h4, h5 {
        text-indent: 20px;
}
table, th, td {
        font-size: 95%;
        margin-left:20px;
        border: 1px solid black;
        border-collapse: collapse;
        padding: 4px;
        width: 600px;
}
th {
        background-color: '#EEEEEE';
}
```

图 8.17 Hrsafespace.css

可以通过网页浏览器的打印功能，打印报告。若有 PDF 打印驱动程序（与 Adobe Acrobat 一起安装），亦可制成带打印功能的 .PDF 文件。

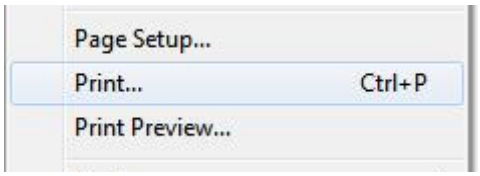


图 8.18 Internet Explorer 浏览器中的打印菜单

HYUNDAI ROBOTICS

9

消息

表 9-1 SafeSpace 错误消息

代码	消息	原因	纠正措施
E4001	FAULT_SafeSpace:CH_TYPE_DUPLICATED	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.更换 SafeSpace 模块。
E4001	FAULT_SafeSpace:CH_TYPE_DUPLICATED	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4002	FAULT_SafeSpace:PG_FLOW_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.检查机器人控制器与 SafeSpace 之间的以太网电缆。 3.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4100	FAULT_SafeSpace:GET_PARAM_REQ_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4101	FAULT_SafeSpace:GET_PARAM_RES_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4102	FAULT_SafeSpace:GET_PARAM_CRC_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4103	FAULT_SafeSpace:INV_SAFE_PARAM_SPACE_TYPE	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4104	FAULT_SafeSpace:INV_SAFE_PARAM_CELL_AREA	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4105	FAULT_SafeSpace:INV_SAFE_PARAM_JOINT_AREA	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4106	FAULT_SafeSpace:INV_SAFE_PARAM_DUP_IN_USAGE	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4107	FAULT_SafeSpace:INV_SAFE_PARAM_DUP_OUT_USAGE	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4201	FAULT_SafeSpace:GET_ROB_INFO_REQ_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4202	FAULT_SafeSpace:GET_ROB_INFO_RES_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4300	FAULT_SafeSpace:MON_ITEM_FAULT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4301	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CMDrc_FBrc	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4302	FAULT_SafeSpace:DIGA_ERR_CMDrc_FBsafe	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4303	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TCPrc_TCPsafe	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4304	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_iCMDrc_iFBdrive	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4305	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_prevCMDrc_curCMDrc	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4400	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V1_2C_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4401	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3C_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4402	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3D_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4403	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V5D_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换

HD HYUNDAI ROBOTICS

代码	消息	原因	纠正措施
			SafeSpace 模块。
E4404	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V1_2F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4405	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V2_5F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4406	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4407	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V24_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4408	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3S_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4409	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CPU_6V_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4410	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_1_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4411	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_2_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4412	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V1_2C_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4413	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3C_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4414	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3D_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4415	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V5D_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4416	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V1_2F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4417	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V2_5F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4418	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3F_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4419	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V24_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4420	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3S_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4421	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FPGA_6V_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4422	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_3_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4423	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_4_LOW_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4424	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V1_2C_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4425	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3C_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4426	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3D_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换

代码	消息	原因	纠正措施
			SafeSpace 模块。
E4427	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V5D_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4428	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V1_2F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4429	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V2_5F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4430	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4431	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V24_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4432	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_LOC_V3_3S_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4433	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CPU_6V_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4434	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_1_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4435	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_2_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4436	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V1_2C_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4437	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3C_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4438	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3D_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4439	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V5D_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4440	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V1_2F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4441	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V2_5F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4442	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3F_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4443	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V24_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4444	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_REM_V3_3S_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4445	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FPGA_6V_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4446	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_3_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4447	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_TEMP_4_HIGH_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4448	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_EMIF	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4449	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_VIMRAMCRC	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换

代码	消息	原因	纠正措施
			SafeSpace 模块。
E4450	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FLASHCRC	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4451	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_MARCHC	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4452	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_SRAMECC	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4453	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FLASHECC	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4454	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_SRAMADDR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4455	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CCMR4F	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4456	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_PSCON	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4457	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_PLLSLIP	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4458	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CLKMON	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4459	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_VIMRAMPRT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4460	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_UNDEFFAULT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4461	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_DABORT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4462	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_PREFABORT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4463	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_UNDEFINSTR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4464	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_DIO_INTFB	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4465	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_DPRAMCOMP	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4466	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_STOFB	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4467	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_DIOFB	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4468	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_INTERFPGA	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4469	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FPGAWDT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4470	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FPGAWDTCL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4471	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_ENDRV	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4472	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_WD_TIMEOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换

代码	消息	原因	纠正措施
			SafeSpace 模块。
E4473	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_CPUCLK	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4474	FAULT_SafeSpace:DIAG_ERR_FPGACLK	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4500	FAULT_SafeSpace:SAFE_IN_DISREPANCY_TIME_OVER	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4501	FAULT_SafeSpace:SAFE_OUT_DISREPANCY_TIME_OVER	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4502	FAULT_SafeSpace:SAFE_STO_INT_FB_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4503	FAULT_SafeSpace:SAFE_STO_PULSE_INT_FB_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4504	FAULT_SafeSpace:SAFE_STO_PULSE_EXT_FB_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4505	FAULT_SafeSpace:SAFE_STO_REM_EXT_FB_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4506	FAULT_SafeSpace:SAFE_STO_EN_DRV_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4600	FAULT_SafeSpace:ENC_DATA_UPDATE_ERROR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4601	FAULT_SafeSpace:ENC_REM_WD_TIMEOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4700	FAULT_SafeSpace:GET_ROB_CNTRL_INFO_REQ_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4701	FAULT_SafeSpace:GET_ROB_CNTRL_INFO_RES_FAIL	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4702	FAULT_SafeSpace:ROB_REM_CNTRL_UPDATE_TIEMOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4703	FAULT_SafeSpace:ROB_LOC_CNTRL_UPDATE_TIEMOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4704	FAULT_SafeSpace:ROB_CNTRL_UPDATE_TIEMOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4800	FAULT_SafeSpace:UDP_NOT_OPENED	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4900	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_SEND_TIMEOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4901	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_RECV_TIMEOUT	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4902	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_JOINT_POS_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4903	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_JOINT_SPD_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E4904	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_TCP_POS_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。

代码	消息	原因	纠正措施
E4905	FAULT_SafeSpace:CROSS_CHK_TCP_SPD_ERR	SafeSpace 出错	1.重启机器人控制器。 2.如果仍出现此种错误，更换 SafeSpace 模块。
E5060	VIOLATION:SLS（全局参数）	SafeSpace 检测到全局参数超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认全局参数。
E5070	VIOLATION:SLP（单元）	SafeSpace 检测到单元区域超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认单元参数。
E5080	VIOLATION:SLP（笛卡尔空间）[%d]	SafeSpace 检测到笛卡尔空间超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.将机器人移出超限区域。 3.重新确认笛卡尔空间参数。
E5081	VIOLATION:SLS（笛卡尔空间）[%d]	SafeSpace 检测到笛卡尔空间参数所配置的 TCP 速度超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认参数。
E5090	VIOLATION:SLP（关节空间）[%d]	SafeSpace 检测到关节空间超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.将机器人移出超限区域。 3.重新确认关节空间参数。
E5091	VIOLATION:SLS（关节空间）[%d]	SafeSpace 检测到关节空间参数所配置的 TCP 速度超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认参数。
E5100	VIOLATION:SLS（关节速度）[%d]	SafeSpace 检测到关节速度超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认关节速度参数。

代码	消息	原因	纠正措施
E5110	VIOLATION:SOS（轴组）[%d]	SafeSpace 检测到 SOS 超限。	1.在 SafeSpace 监控菜单中解除 STO。 2.重新确认 SOS 参数，检查机器人和机器人控制器。
E5120	FAULT_SafeSpace:ServoErrFromRC	由于机器人控制器出错，SafeSpace 触发了 STO。	1.检查机器人和机器人控制器。 2.重启机器人控制器。
E5130	VIOLATION:ToolMisMatch	SafeSpace 的工具编号与机器人控制器中的编号不一致。	同步工具编号。
E5402	SafeSapce 未能初始化	机器人控制器初始化失败，导致 SafeSapce 未能初始化。	重启机器人控制器。
E5403	SafeSpace 无法支持此种配置。	SafeSpace 模块可支持 DSP BD1。	1.修改轴配置，将其禁用，然后再次通过 HRSafeSpace 下载 ROBOT.SFS 文件。 2.将外加的轴分配给 DSP BD1。
E5404	SafeSpace 无法支持此种配置。	SafeSpace 无法支持已将基轴分配至 DSP BD2 的系统。	将基轴分配给 DSP BD1。
E5405	SafeSpace 文件块损坏。	SafeSpace 设置文件的存储区损坏。	删除 ROBOT.SFS 文件，再下载备份文件。
E5406	SafeSpace 文件大小超出最大值。	SafeSpace 文件大小超出最大值。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5409	SafeSpace 哈希代码不匹配。	通过密码签名的 SafeSpace 设置文件的哈希代码无效。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5412	SafeSpace 的 XML 设置文件加载失败。	SafeSpace 设置文件的 XML 格式无	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行

代码	消息	原因	纠正措施
		效。	咨询。）
E5413	SafeSpace 的 XML 设置文件的根元素解析失败。	SafeSpace 设置文件的 XML 根格式无效。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5414	SafeSpace 设置文件的结构无效。	SafeSpace 设置文件的 XML 格式有效，但概要无效。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5415	SafeSpace 设置文件的元素无效。	SafeSpace 设置文件的一些组无法找到。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5416	SafeSpace 设置文件的属性无效。	SafeSpace 设置文件的一些属性条目无法找到。	必须通过 HRSafeSpace 编辑/下载 SafeSpace 文件 (ROBOT.SFS)。（如果原因未知，请联系我们公司进行咨询。）
E5420	SafeSpace 设置文件的数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的一些数值超出相应范围。	利用 HRSafeSpace 检查超限数值并予以纠正。
E5421	SafeSpace 设置文件的全局组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的全局组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的全局页中，检查超限数值并予以纠正。
E5422	SafeSpace 设置文件的单元区域组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的单元区域组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的单元区域页中，检查超限数值并予以纠正。
E5423	SafeSpace 设置文件的笛卡尔空间组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的笛卡尔空间组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的笛卡尔空间页中，检查超限数值并予以纠正。
E5424	SafeSpace 设置文件的关节空间组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的关节空间组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的关节空间页中，检查超限数值并予以纠正。

代码	消息	原因	纠正措施
E5425	SafeSpace 设置文件的关节速度组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的关节速度组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的关节速度页中，检查超限数值并予以纠正。
E5426	SafeSpace 设置文件的 SOS 组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的安全运行停止组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的安全运行停止页中，检查超限数值并予以纠正。
E5427	SafeSpace 设置文件的 I/O 组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的 I/O 组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的 I/O 页中，检查超限数值并予以纠正。
E5428	SafeSpace 设置文件的工具组数值超出相应范围。	SafeSpace 设置文件的工具组数值超出相应范围。	在 HRSafeSpace 的工具页中，检查超限数值并予以纠正。
E5452	无法执行控制测试命令。	SafeSpace 功能被禁用。	启用 SafeSpace 功能。
E5453	组 %d 无法执行控制测试。	此组未在控制测试中进行设置。	根据控制测试需要，对此组进行配置。
E5454	组 %d 的控制测试结果异常。	机器人无法达到基准位置。	机器人校准之后，再次执行控制测试。
E5455	组 %d 的控制测试计时器超过测试周期。	未在测试周期内执行控制测试。	执行控制测试。

HD HYUNDAI ROBOTICS

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