

责任编辑：曾繁荣

封面设计：唐涛设计



工业机器人技术人才培养系列教材

- 工业机器人技术基础
- 工业机器人机械系统
- 工业机器人应用技术
- 工业机器人应用系统集成
- 工业机器人应用编程（ABB）

工业机器人现场编程与调试（川崎）

- 工业机器人现场编程
- 工业机器人离线编程与仿真
- 机器人焊接技术及应用
- 嵌入式技术与机器人操作系统应用
- 协作机器人技术应用

工业机器人技术人才培养系列教材

工业机器人现场编程与调试（川崎）

主编◎黄贤振 朱 珠 黄茜茜

航空工业出版社

江西省职业教育一流核心课程配套教材
工业机器人技术人才培养系列教材



扫一扫
学习资源库

微课视频
教学课件
电子教案

工业机器人 现场编程与调试 （川崎）

主 审◎李建朝

主 编◎黄贤振 朱 珠 黄茜茜

航空工业出版社

ISBN 978-7-5165-3870-8



定价：45.00元

中航出版传媒有限责任公司

CHINA AVIATION PUBLISHING & MEDIA CO., LTD.

www.aviationnow.com.cn

江西省职业教育一流核心课程配套教材
工业机器人技术人才培养系列教材



工业机器人 现场编程与调试 (川崎)

主 审◎李建朝

主 编◎黄贤振 朱 珠 黄茜茜

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书以“中国制造”等国家重要战略规划为导向，将理论与实际紧密结合，注重培养学生的实践和应用能力。本书将工业机器人涂胶工作站的设计、工业机器人码垛工作站调试与运维两个企业实际生产案例转化为教学项目，介绍了工业机器人的安全操作规范、涂胶工作站硬件搭建、川崎机器人的基本操作、川崎机器人的综合命令、川崎机器人 AS 语言涂胶编程、川崎机器人 AS 语言单个搬运编程、川崎机器人 AS 语言单行码垛编程、川崎机器人 AS 语言平面码垛编程、川崎机器人 AS 语言立体码垛编程、工业机器人工作站的维护检查等相关知识，并通过技能训练将相应的理论知识和技能操作融为一体，便于课程教学和学生自学。本书可以作为工业机器人技术应用等装备制造大类相关专业的教材，也可供相关专业学生和从事工业机器人应用工作的工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

工业机器人现场编程与调试：川崎 / 黄贤振，朱珠，
黄茜茜主编. -- 北京：航空工业出版社，2024. 10.
ISBN 978-7-5165-3870-8

I . TP242.2

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024ZE0501 号

工业机器人现场编程与调试（川崎）

Gongye Jiqiren Xianchang Biancheng yu Tiaoshi (Chuanqi)

航空工业出版社出版发行

（北京市朝阳区京顺路 5 号曙光大厦 C 座四层 100028）

发行部电话：010-85672666 010-85672683 读者服务热线：010-85672635

中煤（北京）印务有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2024 年 10 月第 1 版

2024 年 10 月第 1 次印刷

开本：787×1092 1/16

字数：296 千字

印张：12.5

定价：45.00 元

编写委员会

主审

李建朝

主编

黄贤振 朱 珠 黄茜茜

副主编

易 锐 常小龙 彭淑萍
张丽红 胡志文 高 俊

前言

随着全球制造业的快速发展，工业机器人在生产自动化、智能化进程中扮演着越来越重要的角色。作为集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科先进技术于一体的现代智能化设备，工业机器人不仅极大地提高了生产效率，还显著降低了劳动成本，改善了工作环境，保障了生产安全，现被广泛应用于汽车及汽车零部件制造行业、机械加工行业、电子电气行业等众多领域。

当前，我国的经济发展已进入转型升级和产业结构调整的关键时期。为了提升中国制造的水平与产品的质量，大力提升制造业的自动化、智能化水平已成为重要任务。在这一背景下，工业机器人的应用与普及成为企业转型升级的理想选择。然而，要充分发挥工业机器人的效能，需要大量掌握工业机器人编程与调试技能的专业人才。鉴于此，我们编写了《工业机器人现场编程与调试（川崎）》这本教材。本书特色如下。

1. 素质教育，立德树人

在落实课程思政要求方面，本书贯彻党的二十大精神和《高等学校课程思政建设指导纲要》，落实立德树人根本任务，围绕爱国主义、工匠精神和职业素养的思政线，将专业知识与思政教育有机结合，致力于培养学生从具备优秀职业素质成长为优秀工匠，最后实现科技报国。

2. 任务驱动，理实一体

本书根据中国特色高水平高职学校和专业建设计划的培养目标，结合高等职业教育的教学改革和课程改革，对接工业机器人操作与运维职业技能等级标准中的综合知识与技能，本着“工学结合、产教融合、任务引导、教学做一体化”的原则编写而成。

3.知识整合，岗课赛证融通

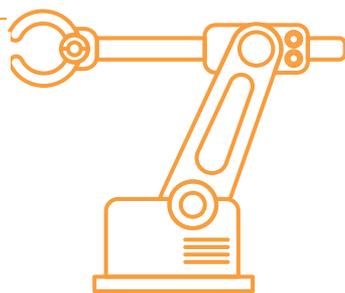
本书以任务为引导，明确了知识目标、能力目标和素质目标；以企业实际生产案例为主线，通过任务描述、任务实施和总结评价等环节，将理论知识融入具体的实践案例中，紧密围绕企业岗位要求、国家技能等级标准和技能大赛标准，做到了“岗课赛证”深度融合。

我们希望通过本书的出版，能够为高职院校工业机器人技术应用、机电技术应用等装备制造大类相关专业学生提供优质的教材与培训资料，同时也为从事工业机器人调试与运维应用的企业技术人员提供有价值的参考用书。此外，本书作者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

由于编者水平有限，书中存在的不足与错误，恳请广大读者提出宝贵意见与建议，以便我们在今后不断改进和提高教材质量。



目录

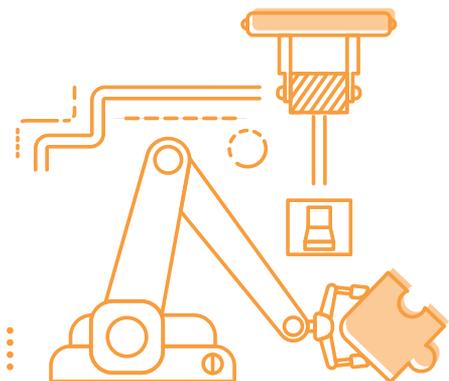


项目 1 工业机器人涂胶工作站的设计 001

▶ 任务 1.1	认识工业机器人的安全操作规范	004
1.1.1	工业机器人涂胶工作站的安全操作规范	010
1.1.2	工业机器人涂胶生产线的安全措施	015
▶ 任务 1.2	涂胶工作站硬件搭建	023
1.2.1	工业机器人涂胶工作站的组成	027
1.2.2	工业机器人的分类	032
1.2.3	工业机器人的技术参数	035
▶ 任务 1.3	了解川崎机器人的基本操作	043
1.3.1	川崎工业机器人的结构与功能	049
1.3.2	川崎机器人手动操作方法	057
1.3.3	川崎机器人的坐标系	058
▶ 任务 1.4	认识川崎机器人的综合命令	068
1.4.1	川崎工业机器人综合命令示教编程方法	074
1.4.2	程序的管理	084
▶ 任务 1.5	川崎机器人 AS 语言涂胶编程	100
1.5.1	AS 系统与 AS 语言	106
1.5.2	常用指令	119

▶ 任务 2.1	川崎机器人 AS 语言单个搬运编程	136
2.1.1	位姿值函数——SHIFT	141
2.1.2	位姿信息命令——POINT	141
2.1.3	二进制信息命令——SIGNAL	142
2.1.4	程序控制命令——WAIT、TWAIT	143
▶ 任务 2.2	川崎机器人 AS 语言单行码垛编程	144
2.2.1	运动命令——JAPPRO、LAPPRO、JDEPART、LDEPART	149
2.2.2	运动命令——DRAW	150
2.2.3	程序结构命令——FOR 循环	151
▶ 任务 2.3	川崎机器人 AS 语言平面码垛编程	153
2.3.1	实数函数——DX、DY、DZ 函数	159
2.3.2	位姿信息命令——POINT/X、POINT/Y、POINT/Z、POINT/OAT 命令	159
2.3.3	程序结构命令——IF 判断	160
▶ 任务 2.4	川崎机器人 AS 语言立体码垛编程	162
▶ 任务 2.5	工业机器人工作站的维护检查	170
2.5.1	码垛机器人维护与检查的工具	174
2.5.2	码垛机器人的日常检查	177
2.5.3	码垛机器人的定期检查	178
2.5.4	油脂补充和更换	181
2.5.5	工业机器人的程序保存和加载	185

参考文献 192



项目 1

工业机器人涂胶 工作站的设计



项目介绍

在汽车制造工厂，需要在总装车间完成前、后挡风玻璃的涂胶及装配工序，而装配品质由涂胶质量及安装质量共同决定。涂胶及装配质量不仅影响整车的降噪、防漏水品质，还直接影响用户对整车的感觉，所以越来越多的总装车间需要采用机器人完成涂胶及装配工作。

挡风玻璃的安装一般在内饰装配线中完成，传统的挡风玻璃装配工艺一般由人工或机器人进行涂胶、人工或助力机械臂辅助安装，而使用高速机器人玻璃涂胶安装工作站（见图1-0-1）能提高生产工艺的自动化程度，较传统的人工玻璃安装工艺至少可以提高20%的节拍，降低工人的劳动强度；提高涂胶及装配质量；还可以节约10%的原料；能够保证胶型控制精度为 $\pm 0.5\text{ mm}$ ，安装精度在 $\pm 0.8\text{ mm}$ 之间，保证了挡风玻璃装配质量的稳定性。



图 1-0-1 高速机器人玻璃涂胶安装工作站



技术要求

根据本项目所学知识，帮助企业完成汽车挡风玻璃工业机器人涂胶工作站的设计，技术要求如下所示。

1. 总体要求

(1) 提供从玻璃上料至下料工位、玻璃自动翻转、传送、定位、自动涂玻璃胶等一套完整的工艺设备。

(2) 生产纲领：汽车行业年产 12 万辆，8 小时，双班。

(3) 设备工作节拍：小于等于 1.5 min。

(4) 胶条形状：三角形，底边 × 高为 8 mm × 12 mm。

(5) 玻璃尺寸：前 1 450 mm × 800 mm，后 1 350 mm × 600 mm，质量 15 kg。

(6) 预留其他车型。

2. 工艺要求

汽车挡风玻璃工业机器人涂胶工作站工艺流程如图 1-0-2 所示。



图 1-0-2 汽车挡风玻璃工业机器人涂胶工作站工艺流程

3. 其他技术说明

(1) 取放玻璃：识别车型和选择前后挡风玻璃由操作者完成。

(2) 玻璃自动涂胶时：由对中装置自动识别玻璃类型，并自动启动相应的涂胶循环。



安全性要求

机器人工作范围由安全栏及相关设备形成一个封闭区域，在玻璃的出口处设置安全光栅，当操作者误穿过光栅发出的光线时，系统会自动停止工作并报警。现场设安全急停开关，电路中有安全继电器光栅，安全门用于技术人员对机器人系统进行维护保养时进出，安全门通过安全锁与系统联锁，当安全门被非正常打开时，系统停止运行并报警。



知识导图



任务 1.1

认识工业机器人的安全操作规范



任务描述

我部门为某企业研发的汽车玻璃涂胶生产线准备交付使用，为确保生产线的安全生产，按研发合同要求，我司需为其随产工人提供工业机器人安全使用的现场培训一次，作为一名工业机器人系统操作员，请完成安全操作手册的编写工作，并为生产线悬挂正确的安全标识牌，组织随产工人针对常见突发事故进行现场培训。



学习目标

知识目标

- （1）掌握工业机器人工作站在安装、启动、示教、自动运行、维护等阶段需要注意的安全操作事项。
- （2）识记工业机器人工作站所应用的安全标识牌。
- （3）掌握工业机器人工作站各类突发情况的急救方法。

技能目标

- （1）能根据工业机器人工作站现场情况制订安全操作注意事项。
- （2）能根据工业机器人工作站现场情况配备安全标识牌。
- （3）能根据工业机器人工作站现场情况开展急救工作。

素质目标

- （1）养成安全规范、团队协作的职业素养。
- （2）树立安全意识，在操作工业机器人时做好个人防护。



成员分组

为完成本任务，首先按表 1-1-1 进行成员分组。

表 1-1-1 成员分组表

班级			团队名称	
组长			团队口号	
组员	姓名	学号	任务	
组员 1				
组员 2				
组员 3				
组员 4				
组员 5				
组员 6				
组员 7				



课前准备

(1) 观看工业机器人事故相关案例，小组集中讨论、分析事故发生原因，整理结论并记录。

(2) 利用网络、图书收集工业机器人在作业现场发生的其他安全事故，尝试对事故按类型进行分类。

(3) 收集大国工匠徐立平的故事，讨论安全操作规范在实际生产中起到的作用。



工业机器人事故



任务实施

引导问题 1：讨论工业机器人系统操作员都需要具备哪些岗位能力。

引导问题 2：演示工业机器人工作站安装过程中需要注意的安全事项。

引导问题 3: 演示工业机器人工作站启动前需要注意的安全事项。

引导问题 4: 演示启动工业机器人时需要注意的安全事项。

引导问题 5: 演示工业机器人示教过程时需要注意的安全事项。

引导问题 6: 演示工业机器人自动运行时需要注意的安全事项。

引导问题 7: 演示工业机器人检查与维护时需要注意的安全事项。

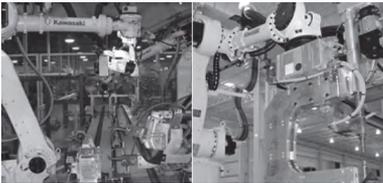
引导问题 8: 安全标识牌中不同颜色代表不同含义, 请按对应关系填写表格。

颜色	功能	安全标识举例
 (红色)		
 (黄色)		
 (绿色)		

续表

颜色	功能	安全标识举例
 (青蓝色)		

引导问题 9：为表中所列环境配备安全标识牌。

工况环境	需要悬挂的安全标识牌
	
	
	
	
	

引导问题 10：填写安全防护工具的使用工况。

安全防护工具明细	使用工况
护目镜	
安全帽	
工服	
三防鞋	
安全围栏	
紧急停止按钮	
安全门	
光栅	
工作状态指示灯	

引导问题 11：查询资料，区分表中灭火器的类型，讨论工业机器人工作站应配备哪种类型的灭火器。

实物图	名称	适用范围
		
		
		



总结评价

完成本任务后按表 1-1-2 进行任务评价。

表 1-1-2 任务评价表

指标	评价内容	分值	自评	互评	师评
学习能力 (50分)	通过自学线上资源,完成课前任务	10			
	准时到课,指定时间内完成签到	5			
	积极参与课堂互动	5			
	完成课堂发布的线上任务	5			
	在小组讨论过程中,能够与他人交流自己的想法,提出合理建议	5			
	掌握工业机器人工作站在安装、启动、示教、自动运行、维护等阶段需要注意的安全操作事项	8			
	识记工业机器人工作站所应用的安全标识牌	5			
	掌握工业机器人工作站各类突发情况的急救方法	7			
实践能力 (40分)	能根据工业机器人工作站现场情况制订安全操作注意事项	15			
	能根据工业机器人工作站现场情况配备安全标识牌	15			
	能根据工业机器人工作站现场情况开展急救工作	10			
素质能力 (10分)	能够小组合作,为组员提供信息和帮助	3			
	了解7S的含义	3			
	理解安全生产的意义	4			
得分	—	100			
总结					



拓展任务

各小组编写工业机器人操作安全手册,采用PPT讲解等方法,完成对随产工人的培训
工作。



1.1.1 工业机器人涂胶工作站的安全操作规范

工业机器人具有成本低、效率高和方便监管等优点，被广泛应用于焊接、码垛、喷涂、打磨、切割、冲压、涂胶等场景中，在工业机器人替代工人从事繁重和危险工作的同时，也因为工人的不规范操作发生过许多的机器人伤人事件，为避免使用机器人时发生安全事故，系统学习机器人安全操作规范是非常必要的。掌握工业机器人安全操作规范也是工业机器人系统操作员、工业机器人系统运维员的基本岗位素质。

工厂中工业机器人相关的工作内容主要有安装、调试、运行和维护等，在各工作过程中可以总结出工业机器人共性安全操作规范，即为工业机器人安全五原则。

原则 1：工业机器人必须安装在安全围栏内，如图 1-1-1 所示，安全围栏可以防止工业机器人运行时工人意外进入机器人工作区。



图 1-1-1 机器人工作区安全围栏

原则 2：工业现场安全围栏的安全门须安装安全插销，如图 1-1-2 所示，打开安全门之前须先拔出安全插销，安全插销拔出后一定导致工业机器人紧急停止。

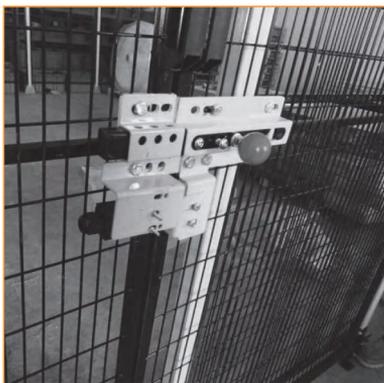


图 1-1-2 安全插销

原则 3：当工业机器人处于运行状态时，禁止任何人员进入工业机器人的运动范围内，如图 1-1-3 所示。



图 1-1-3 机器人运行时禁止入内

原则 4：因需要进入安全围栏时，操作人员须随身携带安全插销，以免有人意外操作机器人。同时，安全围栏外须预留一名安全员监控工业机器人的各项操作，如图 1-1-4 所示，安全员上岗之前须完成相关操作的安全培训。



图 1-1-4 进入安全围栏时的安全操作

原则 5：机器人生产线在显著位置须清晰地显示工作状态，例如：示教中、紧急停止、自动运行、正在维修等。

1. 工业机器人安装时的安全操作规范

在对工业机器人进行安装时需要注意的安全操作规范如表 1-1-3 所示。

表 1-1-3 工业机器人安装时的安全操作规范

序号	操作规范
1	机器人的安装一般采用钢丝绳进行吊装，进行搬运前须检查钢丝绳的固定是否牢固
2	只允许具有叉车和起重机操作资格的操作人员搬运机器人，在搬运机器人前，须先清理通道的障碍物和妨碍搬运的物体
3	机器人及控制器均为精密仪器，搬运过程中需要进行固定，预防搬运过程中发生倾斜及碰撞
4	搬运过程中禁止任何人员靠近或走到机器人的上面或下方，机器人发生倾斜或脱落时禁止碰触或人工支撑



工业机器人安装时的安全操作规范



工业机器人安装时的安全操作规范——工业机器人的安装视频

续表

序号	操作规范
5	为搬运而提升机器人和控制器时, 应避免超过限定的高度, 同时需要检查示教器和线束类连接件是否取下, 以免电缆等钩住其他设备
6	当总电源开启时, 禁止带电连接控制器的外部电源电缆, 否则将极其危险并可能导致触电, 连接外部电源电缆时, 须确定总电源为关断状态。连接电源时, 在机器人现场须放置一个“电源关断中”或“作业进行中”的醒目标志牌
7	当接线工作完毕后, 务必盖上外部电源连接端的盖板, 如果误触到端子可导致触电事故
8	将连接机器人的马达 / 信号线束放置在电缆槽内, 以防止受到物理损坏

工业机器人启动
安全操作规范

2. 工业机器人启动安全操作规范

1) 工业机器人启动前的安全操作规范

启动工业机器人前需要注意的安全操作规范如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 工业机器人启动前的安全操作规范

序号	操作规范
1	检查机器人的控制器、操作面板等所有的控制装置是否安装在安全防护围栏之外
2	检查机器人手臂的运动范围内是否有操作人员, 安装作业产生的废物、夹具、工具等其他各类障碍物
3	检查固定设备和移动设备之间是否存在可能夹人的区域
4	检查供电电源的电压、频率、电缆规格等是否符合要求
5	检查项目使用水、压缩空气、保护气体等是否符合要求
6	检查控制器和周边设备是否正确接地, 检查机器人控制器的接地线和外部设备的接地线是否分开接地, 不能连在一起
7	检查在废料、金属尘粒及细小粒子工况下, 机器人、控制器及周边装置上是否安装了合适的防护罩

2) 工业机器人启动时的安全操作规范

启动工业机器人时需要注意的安全操作规范如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 工业机器人启动时的安全操作规范

序号	操作规范
1	机器人启动时检查紧急停止开关是否可以正常工作
2	检查机器人操作必须的开关、显示以及信号的名称和功能
3	检查安全防护围栏的紧急停止功能
4	多名工作人员共同操作机器人生产线时, 启动前须明确机器人的启动信号, 让相关人员都清楚机器人已激活信号后, 才可以启动机器人
5	在接通马达电源 ON、开始运行前, 无论是示教还是再现运行, 须再次确认在机器人安全围栏内和机器人周围没有任何人员或遗留的障碍物

续表

序号	操作规范
6	当机器人启动或从故障状态恢复运行时, 开启马达电源后, 须把手放在紧急停止开关上, 以便在出现异常情况时可以立即切断马达电源

3) 开启工业机器人电源后要检查的项目

开启工业机器人电源后需要进行检查的项目如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 开启工业机器人电源后的安全操作规范

序号	操作规范
1	检查 HOLD/RUN(暂停/运行)和 TEACH/REPEAT(示教/再现)模式选择开关功能是否正常
2	检查机器人各轴在限定的范围与速度内运动是否正常
3	检查控制器、示教器及周边设备的紧急停止功能是否正常
4	检查示教模式下的限位开关的功能是否正常
5	检查安全回路功能是否正常; 检查在再现模式的机器人运行中, 能否通过拔出安全插销来停止机器人
6	检查在示教模式中, 能否通过松开或全部按下触发器使能开关来停止机器人
7	检查警告标签有没有被破坏或污染, 以及所有的安全装置(包括警告灯与安全防护装置)能否正常使用
8	检查外部动力源, 包括控制电源、气源等
9	检查示教和再现功能是否正常
10	检查机器人在自动模式下能否正确动作, 并且能按指定的速度和负荷执行规划的动作

3. 工业机器人示教和运行时的安全操作规范

1) 机器人示教过程中的安全操作规范

工业机器人示教过程中的安全操作规范如表 1-1-7 所示。

2) 机器人自动运行时的安全操作规范

工业机器人自动运行时的安全操作规范如表 1-1-8 所示。

表 1-1-7 工业机器人示教过程中的安全操作规范

序号	操作规范
1	示教过程需要两名工作人员同时完成, 分别为操作员和安全员
2	操作员在进入安全围栏前, 要将示教器上的示教锁定开关打到 ON 位置, 以防止控制器上的自动模式被误触发事故
3	安全员在安全围栏外可监控整个机器人运动的位置上, 一旦机器人出现不正确的运动, 安全员必须可以非常方便地按下紧急停止开关来立即停止机器人
4	示教作业时需要清楚地标示“示教中”, 以免有人通过控制器、操作面板、示教器等误操作任何机器人相关装置
5	示教过程中, 需要明确机器人的运动范围, 禁止靠近机器人或进入机器人手臂的下方



工业机器人示教和运行时的安全操作规范



工业机器人示教和运行时的安全操作规范——工业机器人典型应用视频

续表

序号	操作规范
6	完成示教工作后，在检查示教的运动轨迹和示教数据前，需要确保安全围栏内和机器人周边没有任何人员和障碍遗留物后，并在安全围栏外执行确认工作
7	如果需在紧急停止后重新启动机器人，请在安全围栏外进行复位和重新启动操作
8	示教或程序验证模式下，机器人的安全速度限制在 250 mm/s 以内，直到运动确认正常
9	在机器人的运动示教完毕后，机器人须运动至安全位置

表 1-1-8 工业机器人自动运行时的安全操作规范

序号	操作规范
1	机器人自动运行前须检查紧急停止开关是否可以正常工作
2	在机器人自动运行过程中禁止任何人进入安全围栏内。自动运行状态下机器人在等待定时器延时或外部信号输入时，看上去像停止了一样，但这时千万不要靠近机器人，因为当定时器时间到或有外部信号输入时，机器人将立即恢复运行
3	当工件是通过气动手爪、电磁方法等机构抓握的，须采用失效安全系统，来确保一旦机构的驱动力被突然断开时，工件不被弹出，即使在出错时，工件飞出的可能性为最小的情况下，也须安装保护栅、网罩等
4	如果有故障导致机器人在自动运行中停止，须检查显示的故障信息，按照正确的故障恢复顺序，来恢复和重启机器人
5	在故障恢复后重新启动机器人前，须先确认安全的工作条件是否满足，并且确认在安全防护装置内或机器人周围没有遗留任何人员、夹具、周边装置等其他障碍物



工业机器人在点
检和维修时的安
全操作规范



工业机器人在
点检和维修时
的安全操作规
范——机器人
工作站维修
视频

4. 工业机器人在点检和维修时的安全操作规范

1) 机器人维修时的安全操作规范

工业机器人维修时的安全操作规范如表 1-1-9 所示。

2) 机器人点检和维护时的安全操作规范

工业机器人点检和维护时的安全操作规范如表 1-1-10 所示。

表 1-1-9 工业机器人维修时的安全操作规范

序号	操作规范
1	维修工作开始前，需要切断进行维修机器人的控制器电源和相关设备的总电源，并放置一个“正在维修”的醒目标志牌，并且将所有的总电源的开关用固定用具锁住或挂上标志，以免有人误开总电源
2	维修工作开始前，需要检查机器人周围是否有足够的空间，以避免与周边设备发生干涉，同时把周边设备设置成固定状态，确保它们不会突然运动
3	进入安全围栏前，须关闭自动操作功能
4	在拆除任何关节轴的伺服马达前，须利用提升装置支撑好机器人手臂。拆除马达将使该轴的刹车机构失效，如果没有可靠的支撑，手臂将会下坠

续表

序号	操作规范
5	更换动力模块、运动控制单元或 AVR (自动电压调节器) 时, 关闭控制电源后至少等待 7 分钟, 在确认直流电源的输出电压为 0 V 后, 才能开始拆除连接器等更换工作。更换过程中不要触碰任何零件, 因为可能会很热

表 1-1-10 工业机器人点检和维护时的安全操作规范

序号	操作规范
1	在进行检查与维护之前, 须确认机器人周围有足够的空间, 以避免与周边设备发生干涉, 并预留出安全通道
2	进入安全围栏前, 须切断机器人周边的电源, 并在安全围栏外放置提示, 如果整条生产线不能停止, 在目标机器人与任何相邻机器人之间安装临时安全围栏
3	当进行联锁信号线路的检查与维护工作时, 须关闭所有信号关联设备的电源, 在完成此项工作前, 不得进入安全围栏
4	如果在检查与维护过程中, 不可避免地需要拆除安全围栏, 要把机器人和周边设备停在合适的地方, 锁定电源和开关, 必须避免任何人误开电源或误把开关打到自动模式
5	检修与维护过程中碰触任何半导体器件前, 须先放尽人体身上的静电
6	在放置印刷线路板到控制器等器件上时, 必须把线路板放在防静电垫子或纸上, 或把它放置在防静电袋里
7	在更换印刷线路板或其他部件时, 例如马达, 须关闭控制器电源, 避免在控制器电源开着时拆卸印刷线路板, 或在没装印刷线路板时打开控制器电源
8	如果机器人刚停止运行, 散热片或再生吸收电阻可能还是烫的。因此, 不要触摸任何热的部件
9	如果在维修前后, 机器人必须保持同样的姿态, 在更换部件前需检查并记录下他们的位置、连接器编号、安装方式、设置数据等, 维修后可以按原样恢复
10	禁止触摸连接器的插针

1.1.2 工业机器人涂胶生产线的安全措施

1. 工业机器人涂胶工作站的安全设施

1) 安全标志

(1) 安全标志简介。

工业现场为提高生产效率, 常用一些安全标志表达特定的安全信息, 布置在工业现场向工作人员直观地表达工作环境的安全状况, 指导工人预防危险, 处置紧急情况等, 安全标志由图形符号、安全颜色、边框和文字组成。下面仅简单介绍安全颜色。

安全颜色是用来表示禁止、警告、指令、提示等安全信息含义的颜色, 现场操作人员可以通过辨别不同颜色标志提高工作效率、预防安全事故。国家标准 GB 2894—2008 规定我国安全颜色包括红、蓝、黄、绿四种颜色。红色用于表示禁止、停止, 例如自动化设备



的紧急停止按钮均要设计为红色；黄色用于表示警告和注意，例如工业现场的警戒线均设计为黄色；蓝色用于表示标准指令需要严格执行，例如佩戴安全帽的指令；绿色用于表示安全，例如自动化设备的启动按钮和运行指示灯均设计为绿色。

（2）安全标志的分类。

国家标准 GB 2894—2008 中规定我国安全标志分为禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志和说明标志五大类。

①禁止标志。禁止标志是禁止工业现场不安全行为的图形标志，禁止标志的基本形式是红色的带斜杠圆边框，黑色的图形和白色背景，如图 1-1-5 所示。



图 1-1-5 禁止标志图

②警告标志。警告标志是提醒人们对周围环境引起注意，以避免可能发生危险的图形标志。警告标志的基本形式是黑色的正三角形边框，黑色图形符号和黄色背景，如图 1-1-6 所示。



图 1-1-6 警告标志图

③指令标志。指令标志是强制人们必须做出某种动作或采用防范措施的图形标志。指令标志的基本形式是圆形，白色符号和蓝色背景，如图 1-1-7 所示。



图 1-1-7 指令标志图

④提示标志。提示标志是向人们提供某种信息的标志。提示标志的基本形式是正方形，白色符号和绿色背景，如图 1-1-8 所示。



图 1-1-8 提示标志图

⑤说明标志。说明标志是在前面四种安全标志的基础上向人们提供特定提示信息的标志，由几何图形边框和文字构成，如图 1-1-9 所示。



图 1-1-9 说明标志图

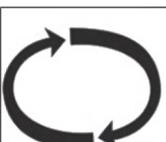
(3) 常用安全标志。

为提高工业机器人使用过程中的安全性和工人的沟通效率，结合工业机器人作业现场中常见机械结构和电气装置易引发的安全事故，总结了常用工业机器人系统安全标志，如表 1-1-11 所示。

表 1-1-11 常用工业机器人系统安全标志

序号	说明	标志图
1	机器人工作时，禁止进入机器人工作范围	
2	转动危险，可导致严重伤害，维护保养前必须断开电源并锁定	

续表

序号	说明	标志图
3	叶轮危险，检修前必须断电	 <p>IMPELLER BLADE HAZARD 警告:叶轮危险 检修前必须断电</p>
4	螺旋危险，检修前必须断电	 <p>SC REW HAZARD 警告:螺旋危险 检修前必须断电</p>
5	旋转轴危险，保持远离，禁止触摸	 <p>ROTATING SHAFT HAZARD 警告:旋转轴危险 保持远离,禁止触摸</p>
6	卷入危险，保持双手远离	 <p>ENTANGLEMENT HAZARD 警告:卷入危险 保持双手远离</p>
7	夹点危险，移除护罩禁止操作	 <p>PINCH POINT HAZARD 警告:夹点危险 移除护罩禁止操作</p>
8	当心伤手，保持双手远离	 <p>SHARP BLADE HAZARD 警告:当心伤手 保持双手远离</p>
9	移动部件危险，保持双手远离	 <p>MOVING PART HAZARD 警告:移动部件危险 保持双手远离</p>
10	旋转装置危险，保持远离，禁止触摸	 <p>ROTATING PART HAZARD 警告:旋转装置危险 保持远离,禁止触摸</p>

续表

序号	说明	标志图
11	按要求定期加注机油	
12	按要求定期加注润滑油	
13	按要求定期加注润滑脂	
14	禁止拆解的警告标志	
15	禁止踩踏的安全标志	
16	警告高温的安全标志	

2) 安全围栏

安全围栏在作业现场主要起到隔离保护、警示的作用。安全围栏由铝型材和立柱组成，一般固定在地面将工业机器人作业区域和工人活动区域隔离，如图 1-1-10 所示。其具有一定的抗冲击性和封闭性，在工业机器人发生误动作时能起到一定的保护作用。安全围栏和

安全门配合使用，作业人员只能通过安全门才可以进入操作区域，在自动生产过程中起到了重要保护作用。



图 1-1-10 安全围栏

3) 规范着装

操作工业机器人时要正确佩戴安全帽、安全鞋、工作服。安全帽在示教过程中可以有效避免头部与机械臂本体的碰撞，长发者佩戴安全帽时要将长发盘起。安全鞋具有防砸、防触电、防刺穿的功能。工作服可以避免尖锐零部件和油污损坏衣物，工作服的袖口、领口、裤腿口均要收紧扎实，避免刮蹭其他零部件。对工业机器人进行检修时还需要穿戴手套，但是对工业机器人进行示教编程时是禁止佩戴手套的。在有抛光、打磨等飞溅工况时还需佩戴护目镜，此操作过程禁止佩戴首饰。

4) 电气元件

工业机器人工作站一般采用一些电气元件对设备和操作人员的安全进行保护。常用的空气断路器可以在操作人员意外触电时紧急切断电源；熔断器在电路过载时也可以紧急切断电源；在控制台及控制面板位置均设有急停按钮，在设备发生误操作时紧急拍下就可以切断电源。此外，光栅传感器、安全插销、限位开关等传感器在触发后也会切断电源或出现报警提示。

2. 工业机器人涂胶生产线紧急事故处理



工业机器人运行过程中常见事故：控制事故，例如机器人误操作撞机、撞人、电气事故等；环境事故，例如易燃、易爆、强磁、高温、潮湿、无线电干扰等环境，如图 1-1-11 所示。其中控制事故最为常见，尤其是初学者在手动操作及示教程序时容易发生工业机器人碰撞事故。



图 1-1-11 事故分类情况

工业机器人碰撞事故包含撞人和撞机两种情况，发生撞人情况下科学救治可避免受困人员进一步受伤，控制事故救治步骤如图 1-1-12 所示。



图 1-1-12 控制事故救治步骤

工作环境引发的事故中最为常见的是火灾，火灾发生时处理得当可以避免较大的经济损失。最为常见的救火方式是采用灭火器进行灭火，灭火器种类很多，按其移动方式可分为手提式灭火器和推车式灭火器；按驱动灭火的动力可分为储气瓶式灭火器、贮压式灭火器、化学反应式灭火器；按其灭火介质分为干粉灭火器、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器、卤代烷灭火器、清水灭火器等。下面介绍干粉灭火器、泡沫灭火器和二氧化碳灭火器。

干粉灭火器内充装的是干粉灭火剂，干粉灭火剂是用于灭火的干燥且易于流动的细微粉末，由具有灭火效能的无机盐和少量的添加剂经干燥、粉碎、混合而成的微细固体粉末组成。干粉灭火器利用压缩的二氧化碳吹出干粉来灭火，适用于易燃、可燃液体、气体及

带电设备的初起火灾。

泡沫灭火器内有两个容器，分别盛放两种液体，它们是硫酸铝溶液和碳酸氢钠溶液，两种溶液互不接触，不发生任何化学反应。当需要泡沫灭火器时，把灭火器倒立，两种溶液混合在一起，就会产生大量的二氧化碳气体，二氧化碳携带发泡剂产生的泡沫，从灭火器中喷出，覆盖到燃烧物品表面，将燃烧物品与空气隔绝，降低温度，实现灭火目的，广泛用于扑救 B 类火灾，如油制品、油脂等火灾。

二氧化碳具有较高的密度，约为空气的 1.5 倍，在常压下，液态的二氧化碳会立即汽化，一般 1 kg 的液态二氧化碳可产生约 0.5 m³ 的气体。因而，用二氧化碳灭火器灭火时，二氧化碳气体可以排除空气而包围在燃烧物体的表面或分布于较密闭的空间中，降低可燃物周围或防护空间内的氧浓度，产生窒息作用而灭火。另外，二氧化碳从储存容器中喷出时，会由液体迅速汽化成气体，而从周围吸收部分热量，起到冷却的作用。二氧化碳灭火器用于扑救贵重设备、档案资料、仪器仪表、600 V 以下电气设备及油类的初起火灾。