



工业机器人

操作与编程 (ABB)

主 编◎张宏立 何忠悦



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工业机器人操作与编程 (ABB)

主 编 张宏立 何忠悦
副主编 黄德开 符 敏 曹选平 熊桑武 檀业健

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书围绕 ABB 机器人, 通过详细的图解实例对 ABB 机器人的操作、编程的相关方法及其功能进行讲述, 让读者了解与操作和编程作业的每一项具体操作方法, 从而使读者在软、硬件方面对 ABB 机器人有一个全面的认识。

本书以项目任务式体例编排, 主要介绍了 ABB 机器人基础知识及手动操作、ABB 机器人的 I/O 配置、ABB 机器人程序数据、ABB 机器人程序的编写、ABB 机器人的总线通信、ABB 机器人 TCP 练习、ABB 机器人搬运码垛和 ABB 机器人智能分拣。

本书内容系统、层次清晰、实用性强, 可作为工业机器人技术等相关专业的教学用书, 也可供工业机器人设计、使用、维修人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

工业机器人操作与编程: ABB/张宏立, 何忠悦主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4346 - 9

I. ①工… II. ①张… ②何… III. ①工业机器人 - 操作 - 教材 ②工业机器人 - 程序设计 - 教材 IV. ①TP242. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 163798 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 435 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 69.00 元



责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

Preface

工业机器人技术是先进制造技术的代表。近年来，智能机器人越来越多地介入人类的生产和生活中，人工智能技术不仅在西方国家发展势头强劲，在中国的发展也同样引人注目，中国已然是全球机器人行业增长最快的市场。工业机器人是一种功能完整、可独立运行的自动化设备，它有自身的控制系统，能依靠自身的控制能力来完成规定的作业任务，因此，其编程和操作是工业机器人操作、调试、维修人员必须掌握的基本技能。

本书围绕 ABB 机器人，通过详细的图解实例对 ABB 机器人的操作、编程的相关方法及其功能进行讲述，让读者了解与操作和编程作业的每一项具体操作方法，从而使读者在软、硬件方面对 ABB 机器人有一个全面的认识。

本书以项目任务式体例编排，读者根据项目完成任务，一边操作一边学习，从而达到事半功倍的效果。其中，ABB 机器人基础知识及手动操作、ABB 机器人的 I/O 配置、ABB 机器人程序数据、ABB 机器人程序的编写、ABB 机器人的总线通信这 5 个项目的主要内容是 ABB 机器人的硬件与程序编程的基本应用与练习，使读者熟悉每个单元的操作步骤及功能特点；ABB 机器人 TCP 练习、ABB 机器人搬运码垛、ABB 机器人智能分拣这 3 个项目主要是以生产实践为基础的大型工程应用，可投入到生产线作为教学练习。

本书内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，并配有湖南科瑞迪教育发展有限公司提供的 MOOC 平台在线教学视频 (www.moocdo.com)。本书适合从事 ABB 机器人应用的操作与编程人员，特别是刚接触 ABB 机器人工程技术的人员参考，以及作为普通高校自动化专业的教材。

本书由张宏立、何忠悦任主编，黄德开、符敏、曹选平、熊桑武、檀业健任副主编，杨耀雄任参编。谭立新教授作为整套工业机器人系列丛书的总主编，对整套图书的大纲进行了多次审定、修改，使其在符合实际工作需要的同时，便于教师授课使用。

在丛书的策划、编写过程中，湖南省电子学会提供了宝贵的意见和建议，在此表示诚挚的感谢。同时感谢为本书中实践操作及视频录制提供大力支持的湖南科瑞特科技股份有限公司。

尽管编者主观上想努力使读者满意，但在书中不可避免尚有不足之处，欢迎读者提出宝贵建议。

编者

目 录

Contents

▶项目一 ABB 机器人基础知识及手动操作	1
1.1 项目描述	1
1.2 教学目的	1
1.3 知识准备	1
1.4 任务实现	13
1.5 考核评价	40
1.6 扩展提高	41
▶项目二 ABB 机器人的 I/O 配置	42
2.1 项目描述	42
2.2 教学目的	42
2.3 知识准备	42
2.4 任务实现	52
2.5 考核评价	107
2.6 扩展提高	107
▶项目三 ABB 机器人程序数据设定	108
3.1 项目描述	108
3.2 教学目的	108
3.3 知识准备	108
3.4 任务实现	122
3.5 考核评价	155
3.6 扩展提高	155
▶项目四 ABB 机器人程序的编写	156
4.1 项目描述	156
4.2 教学目的	156
4.3 知识准备	156
4.4 任务实现	167
4.5 考核评价	200
4.6 扩展提高	200

▶项目五 ABB 机器人的总线通信	201
5.1 项目描述	201
5.2 教学目的	201
5.3 知识准备	201
5.4 任务实现	205
5.5 考核评价	231
5.6 扩展提高	232
▶项目六 ABB 机器人 TCP 练习	233
6.1 项目描述	233
6.2 教学目的	233
6.3 知识准备	233
6.4 任务实现	235
6.5 考核评价	242
▶项目七 ABB 机器人搬运码垛	244
7.1 项目描述	244
7.2 教学目的	244
7.3 知识准备	245
7.4 任务实现	247
7.5 考核评价	258
7.6 扩展提高	258
▶项目八 ABB 机器人智能分拣	259
8.1 项目描述	259
8.2 教学目的	259
8.3 知识准备	260
8.4 任务实现	264
8.5 考核评价	281
8.6 扩展提高	282
▶附录 ABB 机器人程序指令及说明	283

项目一

ABB机器人基础知识及手动操作

1.1 项目描述

本项目的主要学习内容包括：了解 ABB 机器人的硬件系统结构，正确地使用示教器，了解 ABB 机器人的坐标系和手动操作方法，通过示教器正确地操作机器人，并对机器人进行简单的示教。

1.2 教学目的

通过本章的学习让学生了解 ABB 机器人的硬件系统结构，熟悉机器人各关节轴的原点位置，正确地使用示教器，能够在示教器上设定显示语言与系统时间，熟练地掌握 ABB 机器人的坐标系和手动操作方法，能够通过示教器正确地操作机器人，并对机器人进行简单的示教。掌握本章的内容尤为重要，本章含有大量的示教器使用和配置环节，学生可以按照本章所讲的操作方法同步操作，为后续学习更加复杂的内容打下坚实的基础。

1.3 知识准备

1.3.1 了解 ABB 机器人的硬件系统结构

ABB 工业机器人的硬件系统由本体、示教器、控制系统三个基本部分组成。本体即

机座和执行机构，包括臂部、腕部、手部。大多数工业机器人有4~6个自由度，其中腕部通常有1~3个自由度。示教器是进行机器人的手动操纵、编写程序、配置参数以及监控的手持装置。控制系统按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出执行信号，从而进行控制。

为了认识和操作 ABB 机器人，以 IRB 120 型机器人为例来学习。

IRB120 型机器人是 ABB 新型第四代机器人家族中最小的成员，具有敏捷、紧凑、轻量、位置重复精度高的特点，广泛应用于物料搬运与装配应用。

其主要技术参数如下：

工作半径：最大 580mm；

机器人高度：700mm；

机器人重量：25kg；

安装方式：地面、墙壁、倒装等多种方式；

自由度：6；

承重负载：3kg；

功率：0.25kW；

机器人运动轴的工作范围：

轴 1： $-165^{\circ} \sim +165^{\circ}$ ，轴 2： $-110^{\circ} \sim +110^{\circ}$ ，轴 3： $-90^{\circ} \sim +70^{\circ}$ ；

轴 4： $-160^{\circ} \sim +160^{\circ}$ ，轴 5： $-120^{\circ} \sim +120^{\circ}$ ，轴 6： $-400^{\circ} \sim +400^{\circ}$ ；

TCP 最大速度：6.2m/s；

TCP 最大加速度： 28m/s^2 ；

TCP 加速时间：0.07s；

位置重复精度：0.01mm；

手腕集成信号源：10 路；

手腕集成气源：4 路。

IRB120 型机器人硬件系统如图 1-1 所示。

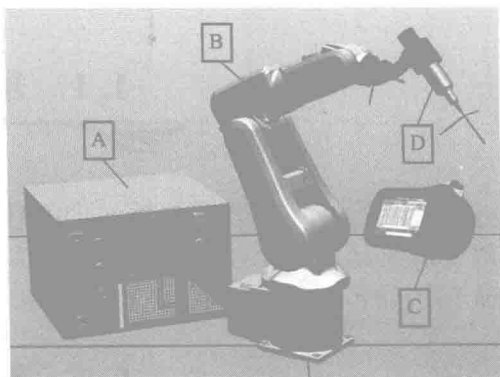


图 1-1 IRB120 型机器人硬件系统

A—IRC5 Compact 控制柜；B—机器人本体；

C—示教器；D—装在法兰盘上的工具

1.3.2 ABB 机器人示教器介绍

示教器是机器人的人机交互接口，机器人的所有操作基本上都是通过示教器来完成的，如点动机器人，编写、调试和运行机器人程序，设定、查看机器人状态信息和位置等。ABB 机器人的示教器 FlexPendant 设备（图 1-2）由硬件和软件组成，其本身就是一台完整的计算机。FlexPendant 是 IRC5 的一个组成部分，通过集成电缆与控制器连接。

FlexPendant 可在恶劣的工业环境下持续运行，其触摸屏易于清洁，且防水、防油、防溅锡。

示教器的主要部件如图 1-3 所示。



图 1-2 示教器 FlexPendant 设备

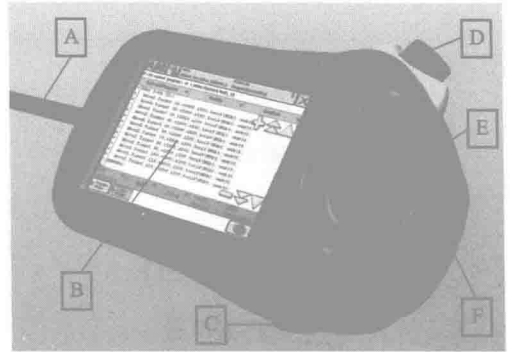


图 1-3 示教器的主要部件

A—连接线缆；B—触摸屏；C—数据备份 USB 接口；
D—紧急停止按钮；E—手动操作摇杆；F—使能器按钮

1.3.3 ABB 机器人示教器的正确使用方法

示教器是进行机器人的手动操纵、程序编写、参数配置以及监控的手持装置，为了方便操作，下面介绍如何正确地使用示教器。

1. 示教器画面菜单介绍

示教器界面如图 1-4 所示。

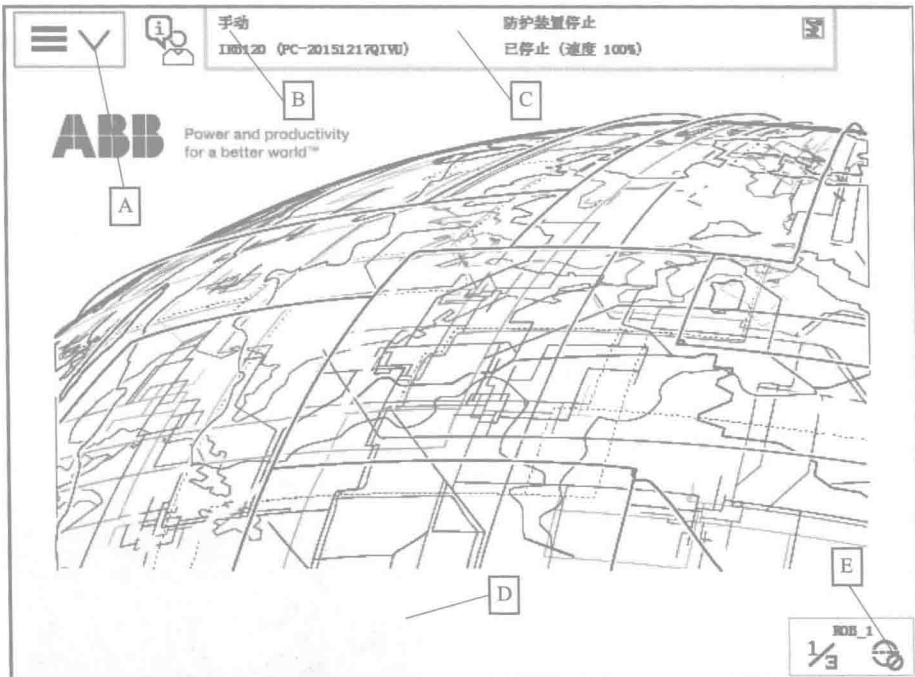


图 1-4 示教器界面

A—ABB 菜单；B—操作员窗口；C—状态栏；D—任务栏；E—“快速设置”菜单

1) ABB 菜单

ABB 菜单如图 1-5 所示。



图 1-5 ABB 菜单

2) 操作员窗口

操作员窗口显示来自机器人程序的消息。程序需要操作员作出某种响应，以应对继续工作时可能出现的情况。

3) 状态栏

状态栏显示机器人的状态（手动、全速手动、自动）、机器人的系统信息、机器人电机的运行状态、当前机器人或外轴的使用状态。

4) 任务栏

通过 ABB 菜单，可以打开多个视图，最多可以打开 6 个视图，但一次只能操作一个。任务栏显示所有打开的视图，并可以用于视图切换。

5) “快速设置”菜单

“快速设置”菜单显示手动操纵模式、程序执行的设置。

2. 如何手持示教器

操作示教器时，通常会手持该设备，通常将示教器放在左上手上，然后用右手在触摸屏上操作，如图 1-6 所示。此款示教器是按照人体工程学设计的，同时也适合左利手者操作，只要将显示器旋转 180°，使用右手持设备即可。



图 1-6 示教器的操作方式

3. 正确使用使能器按钮

使能器按钮（图 1-7）是为保证操作人员的人身安全而设计的，只有在按下使能器按钮，并保持“电机开启”的状态，才可对机器人进行手动操作与程序的调试。当发

生危险时，人会本能地将使能器按钮松开或按紧，机器人则会马上停下来，从而保证安全。

操作者用左手的四个手指按住使能器按钮，操作如图 1-8 所示

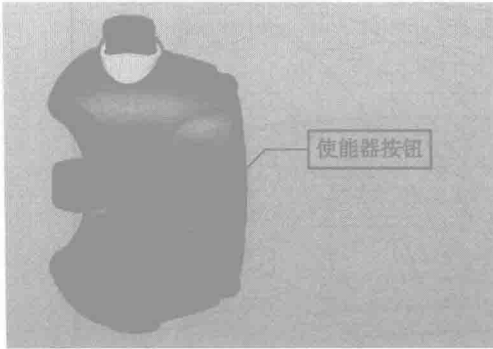


图 1-7 使能器按钮



图 1-8 使能器的操作

使能器按钮分为两档，在手动状态下将第一档按下去，机器人处于“电机开启”状态（图 1-9），此时按着使能器保持第一档状态，就可以手动操纵机器人。

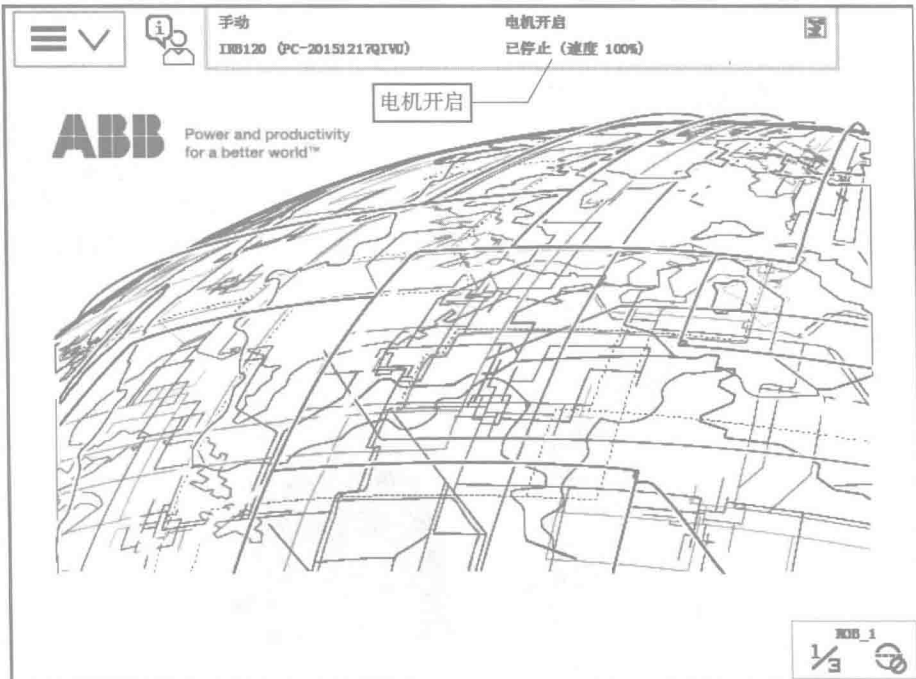


图 1-9 “电机开启”状态

将第二档按下去以后，机器人就会处于“防护装置停止”状态，如图 1-10 所示。

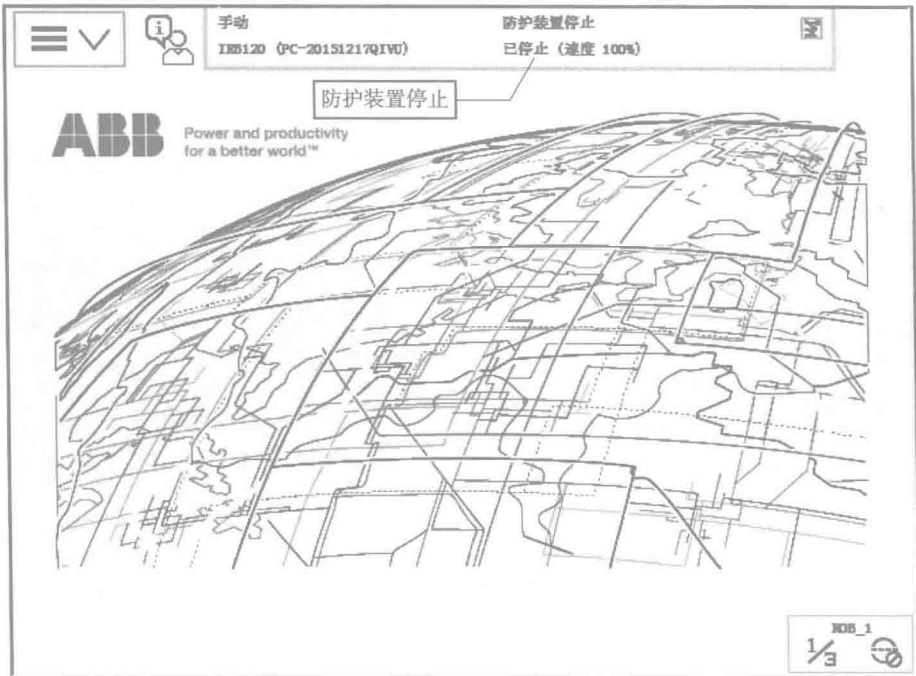


图 1-10 “防护装置停止”状态

1.3.4 ABB 机器人坐标系介绍

工业机器人的运动实质是根据不同的作业内容、轨迹要求，在各种坐标系下运动。换句话说，对机器人进行示教或手动操作时，其运动方式是在不同坐标下进行的。在 ABB 机器人中有大地坐标系、基坐标系、法兰坐标系、工具坐标系、工件坐标系，如图 1-11 所示。

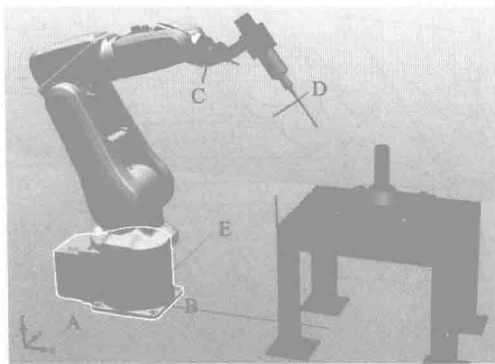


图 1-11 机器人的坐标系

A—大地坐标系；B—基坐标系；C—法兰坐标系；D—工具坐标系；E—工件坐标系

1) 大地坐标系

大地坐标系可定义机器人单元，所有其他坐标系均与大地坐标系直接或间接相关。它适用于微动控制、一般移动以及处理具有若干机器人或外轴移动机器人的工作站和工作单元。在默认情况下，大地坐标系与基坐标系是一致的。

2) 基坐标系

基坐标系固定于机器人基座，是机器人的原点，是大地坐标系的参考点，在基坐标系中，不管机器人处于什么位置，TCP点均可沿基坐标系的X轴、Y轴、Z轴平行移动，它是最便于机器人从一个位置移动到另一个位置的坐标系。

3) 法兰坐标系

法兰坐标系固定于机器人法兰盘上，原点为机器人的法兰中心，是工具坐标系的参照点。

4) 工具坐标系

工具坐标系是一个可自由定义、由用户定制的坐标系，工具坐标系的原点被为TCP点，即工具中心点。

5) 工件坐标系

工件坐标系是一个可自由定义、由用户定制的坐标系，它定义工件相对于大地坐标系的位置。机器人可以拥有若干工件坐标系，或者表示不同的工件，或者表示同一工件在不同位置的若干副本。

1.3.5 系统备份与恢复

定期对ABB机器人的数据进行备份，是保持ABB机器人正常动作的良好习惯，ABB机器人数据备份的对象是所有正在系统内存中运行的RAPID程序和系统参数。当机器人系统出现错乱或者重新安装系统以后，可以通过备份快速地把机器人恢复到备份时的状态。

1. ABB机器人的数据备份

ABB机器人的数据备份如图1-12~图1-14所示。



图 1-12 选择“备份与恢复”



图 1-13 备份当前系统



图 1-14 选择备份的路径

2. ABB 机器人的数据恢复

ABB 机器人的数据恢复如图 1—15 ~ 图 1—17 所示。

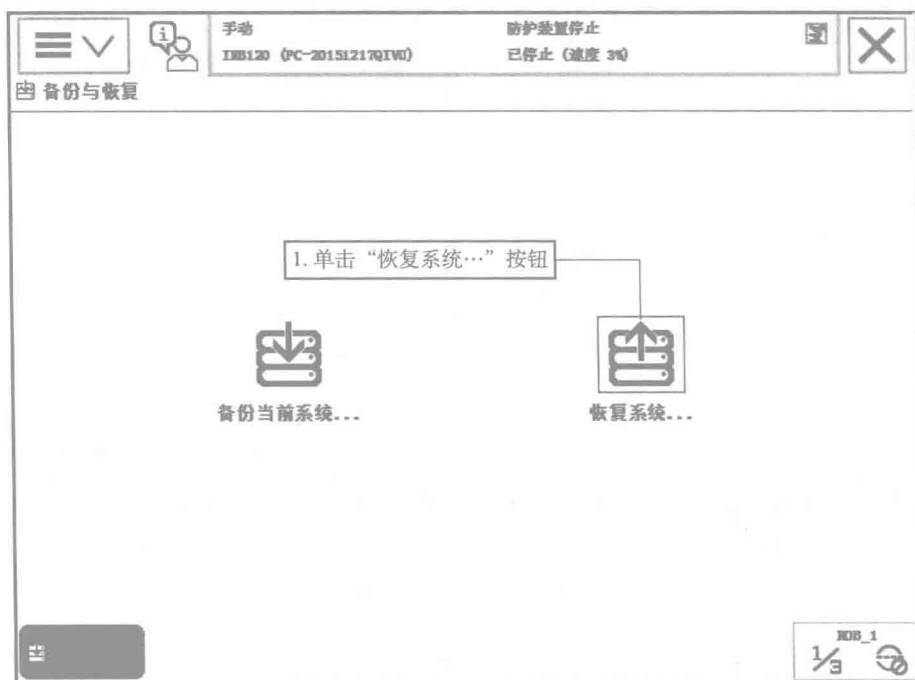


图 1-15 恢复系统

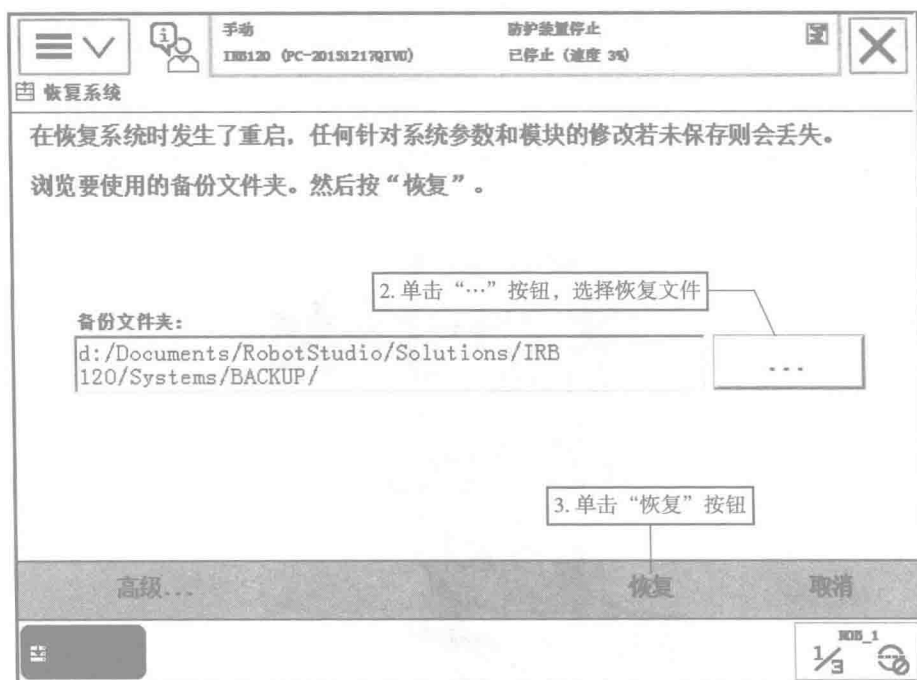


图 1-16 选择恢复文件

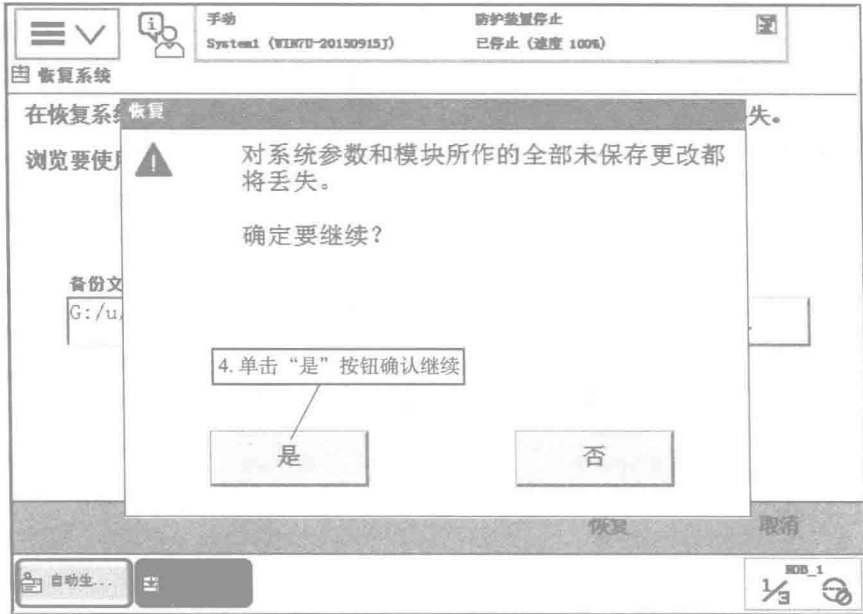


图 1-17 单击“是”按钮确认继续

1.3.6 了解 ABB 机器人的手动操作

1. 手动操作的模式

机器人的运动可以是步进，也可以是连续的，可以是关节独立的，也可以是多关节协调的。这些运动均通过示教器来实现。ABB 机器人手动操作的模式一共有 3 种：关节运动、线性运动、重定位运动。

1) 关节运动

ABB IRB120 型机器人是由 6 个伺服电机分别驱动机器人的 6 个关节轴，每次操作一个关节轴的运动称为关节运动，如图 1-18 所示。

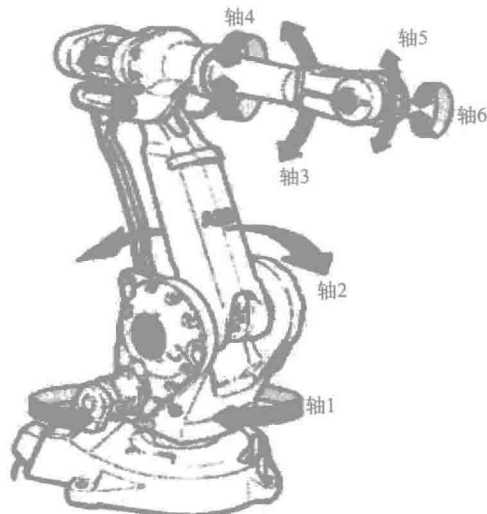


图 1-18 关节运动

2) 线性运动

机器人的线性运动是指安装在机器人第六轴法兰盘上的工具 TCP 沿坐标系的坐标轴方向 (X 、 Y 、 Z) 运动, 如图 1-19 所示。

3) 重定位运动

机器人的重定位运动是指安装在机器人第六轴法兰盘上的工具 TCP 绕着坐标系的坐标轴旋转 (X 、 Y 、 Z) 运动, 如图 1-20 所示。

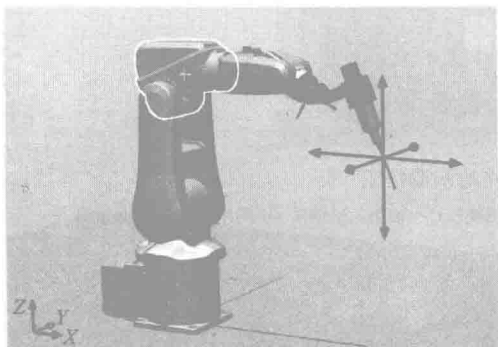


图 1-19 线性运动

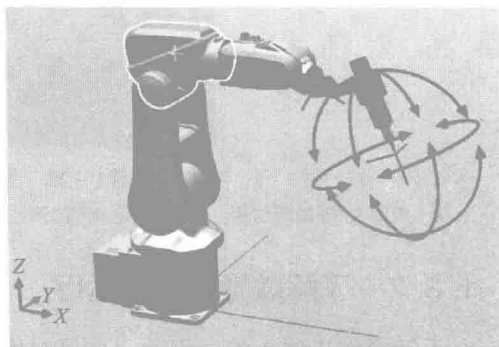


图 1-20 重定位运动

2. 操作杆的使用技巧

机器人的手动操作是通过示教器上的操作杆 (图 1-21) 来进行的。可以把机器人的操作杆比作汽车的油门, 操作杆的操作幅度是与机器人运动的速度相关的。操作幅度大, 则机器人运动速度快, 操作幅度小, 则机器人运动速度慢, 所以在操作机器人时, 尽量以小幅度操作使机器人运动。



图 1-21 操作杆

3. 手动操作的快捷按钮

手动操作的快捷按钮如图 1-22 所示。