

## 自动化设备的新发展

焊接自动化，广义上是通过先进的焊接工艺、材料与设备，将自动化控制系统和焊接胎夹具、装卡定位及其运动系统三部分有机集成，实现对于待焊工件高效率、高品质、低成本的批量化规模生产，以保证高品质产品的稳定和一致化批量的产出。从形式上焊接自动化主要包括焊接自动化专机以及焊接机器人。

### 3.1 展示产品的总体印象

展会期间调研了涉及到焊接自动化设备制造和系统集成的厂商 30 余家，其中涉及机器人本体的品牌约 11 个：IGM、CLOOS、ABB、REIS、KOBELCO、KUKA、FANUC、PANASONIC、MOTOMAN、OTC 和 COMAU。而焊接机器人系统集成的厂商较多，主要有：IGM、CLOOS、ABB、REIS、KUKA、FANUC、MOTOMAN、OTC、COMAU、唐山松下、唐山开元机器人公司、昆山华恒、LINCOLN、成都焊研科技、成都焊研威达和珠海固得等。参展机器人总共有 62 台，较上届展会机器人数目（52 台）有所增加，图 1.8 为本届展会各种机器人的数量。但其中弧焊机器人较上届有所减少（上届 46 台，本届 36 台），而点焊机器人较上届有明显增加（上届 2 台，本届 13 台），并且其中有 9 台配备了伺服点焊枪。另外，协同机器人工作站数目有所增加（上届 2 个，本届 5 个）。机器人协同工作站包括 2~3 个机器人，其中有 1~2 台负责工件的变位。此外，专门的激光焊接机器人参展也是本届展会的一个亮点。

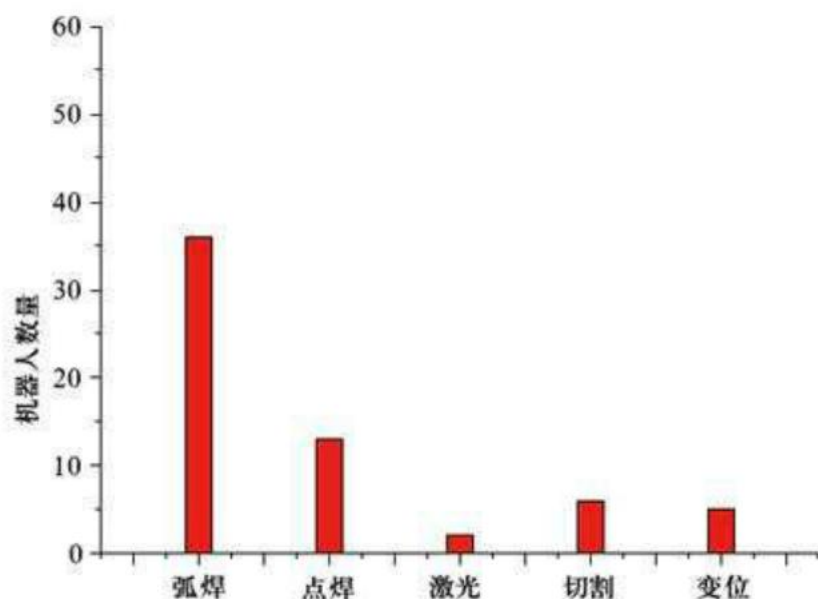


图1.8 第十四届北京·埃森焊接展展出的机器人数目

注：上届机器人数量参照《2008北京·埃森焊接与切割展览会展后技术报

展示的焊接自动化专机有 60 多台套，其中管-管对接和管-板焊专机有 45 台套，板-板对接专机有 16 台套。参展的自动化焊接专机的主要制造商有：成都焊研威达、唐山开元自动焊、昆山华恒、北京中电华强、成都焊研科技、哈焊所威德公司、北京艾美特焊接自动化有限公司、无锡华联、无锡阳通、无锡罗马重工（伊萨）、上海前山和郑州越达等。展示的焊接专机大部分属于焊接辅机与焊接电源、送丝机的组合。例如，操作机+埋弧焊机（气保焊机）、操作机+滚轮架+埋弧焊机（气保焊机）、操作机+变位机+埋弧焊机（气保焊机）等。一部分专业专机制造商经过多年积累，展示了一些技术含量较高的专用焊接专机。在焊接自动化技术和设备方面最突出的有：①专门的激光焊接机器人；②专门针对电弧焊而设计的弧焊机器人；③点焊机器人专用伺服点焊枪；④多台焊接机器人协同配合工作；⑤自动焊接、智能化焊接必需的各种焊缝跟踪技术（电弧传感器、激光传感器技术）；⑥针对管道类的各种专业焊接专机大量涌现。

## 3.2 焊接机器人技术不断发展

### 3.2.1 展会机器人选介

展会上，各主要机器人厂家都展出了自己的优势或特色产品，由于篇幅有限，在此仅选介如下：德国库卡公司展示了机器人组焊单元（RoboTeam Station）、机器人伺服点焊单元（Servo Drive Spot Welding）等。组焊单元包括 KR16 系列三台机器人，具有动作协调性强、生产节拍快、系统柔性

高的特点，适合多元化产品。伺服点焊单元采用 KR150-F 机器人，用于金属薄板的电阻自动点焊。库卡机器人点焊单元则采用 KR150 机器人，其特点是：铝合金机器人本体、高速动态模型优化设计，加速性能比普通机器人高 25%；控制系统内置标准的工业计算机，采用熟悉的 WINDOWS 操作系统；6D 运动鼠标，使运动控制更加快捷。华恒焊接展示（见图 1.9）的焊接机器人系统主要有适用于叉车门架、中型挖掘机导向座、动臂斗杆等结构件焊接的双工位机器人焊接系统。L 型变位机+C 型支撑的 10 轴联动后桥箱机器人焊接系统，适用于中型挖掘机油箱和叉车油箱焊接的 8 轴联动油箱机器人焊接系统，自动割缝寻位及纠偏的机器人火焰坡口切割系统，以及工程机械挖斗等工件的 11 轴龙门机器人焊接系统。



图1.9 华恒焊接现场演示



图1.10 机器人舞狮表演

首钢莫托曼机器人有限公司的 IA20 机器人是 MOTOMAN 最新研发的 7 轴机器人，在 6 轴的基础上增加冗余轴，形成 7 个自由度。此款机器人具有良好的动作灵活性，可以完成各种复杂动作，适合在狭小动作空间作业，避免周边环境干涉。图 1.10 是 IA20 机器人舞狮表演。ES165N 是 MOTOMAN 点焊机器人的主力机型，该机器人有 7 个自由度机身，结构新颖，动作灵活，有良好的避障性，尤其适合狭小空间、复杂位置的点焊作业，使用的伺服点焊枪专门为其设计制作，采用了减速机电机一体化结构，机型紧凑、重量轻。上海发那科机器人有限公司主要展示了两个系列的机器人产品：一是多功能智能型机器人 R-2000iB 系列，可以满足生产商不断变化的个性要求。它兼容六轴机器人 R-2000iA。由新款 R-30iA 控制器提供支持的 R-2000iB 具有增强的智能功能和运动性能；二是高性能中空手臂机器人 M-10iA，为一款将焊枪电缆内置于手臂的弧焊机器人，其性能相比同系列机器人有很大提高，更适合高强度焊接作业。高强度的手臂以及先进的伺服驱动技术提高了各轴的最大运行速度和加速性能，从而缩短了 15% 以上的焊接作业时间，实现更高的生产性能。唐山开元机器人系统有限公司展示出了中厚板焊接的机器人系统，







图1.11 七自由度机器人

(2) 布线更加合理化的中空手臂焊接机器人

焊接机器人包括大量线缆，如电源电缆、气液管路、送丝软管等。合理布置线缆对机器人的灵活运行将发挥决定性作用。

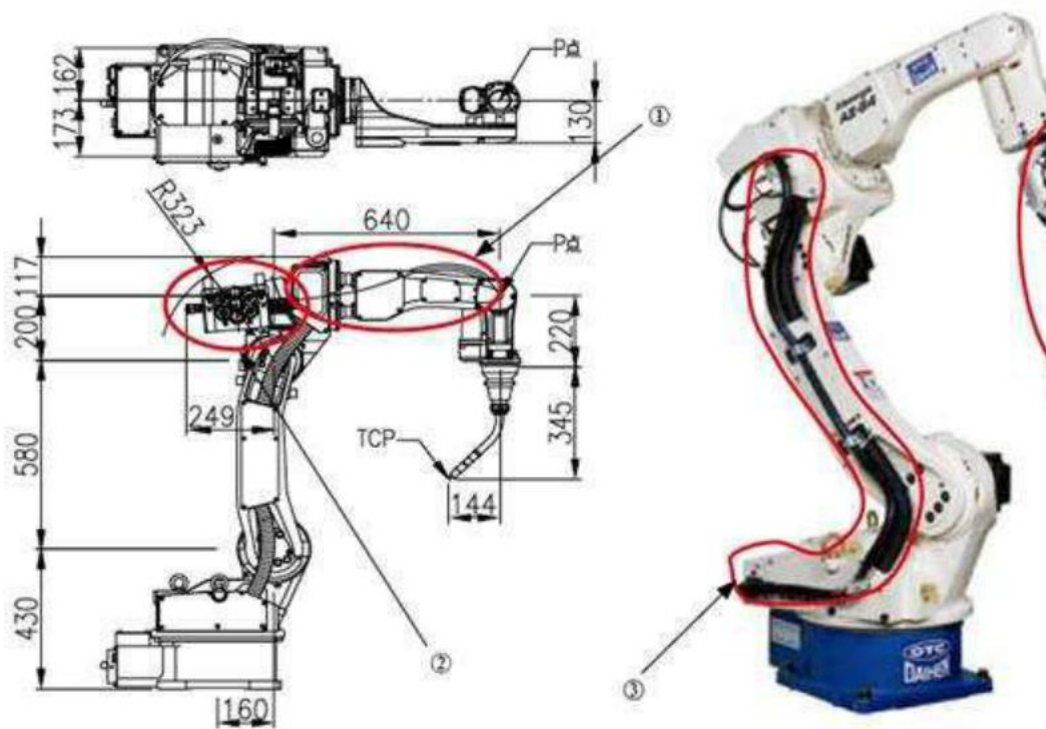


图1.12 Almega A II -B4的特征

由于机器人的适用范围日益扩大，焊接系统中更倾向于 1 个系统内使用多个机器人以提高生产率。在此情况下，除了机器人之间的干涉以及夹具与机器人之间的干涉外，安装在机器人上的电缆与机器人及夹具也会发生干涉。电弧焊接专用机器人本体 A II -B4 将电缆内置在机器人里，解决了这一问题（见图 1.12）。采取的具体措施是将一线式电缆内置于机器人本体上臂；送丝机内置于第③轴；焊接电缆内置于第①轴；使用小型伺服焊枪+辅助送丝装置；以及让机器人本体的旋转轴、第②轴、第④轴部分纤细化等措施。采用空心手臂内藏线缆，不但可以保护机械臂上整套保护气体软管的敷设，而且对于复杂工件，可以使机器人手臂更方便接近焊接位置，始终保持最佳焊接姿态，大幅度提高机器人运动的灵活性。对于用户，既提高了焊枪的可达性，且整套软管得到最佳保护，离线编程也进一步简化。KUKA、FANUC、COMAU 也均推出了自己的空心手臂焊接机器人。

### 3.2.3 机器人控制系统

机器人控制系统主要包括：控制器、示教器、操作系统和软件包。控制器是控制系统的硬件。示教器为操作者与机器人之间通信与交流的工具。软件包为各种焊接任务控制程序的集合。另外，控制系统还包括一些接口，如 DeviceNet、Profibus-DP、Interbus-S 电线、Interbus-S 光纤、Ethernet TCP/IP、USB、RS422 等。（1）Windows 控制系统目前，焊接机器人的控制平台多数基于 Windows 操作系统，也有基于 Vx



Works 的实时操作系统 (COMAU)。Windows 操作系统分为 Windows CE 嵌入系统 (Panasonic) 和基于个人计算机的 Windows XP 操作系统 (KUKA)。Windows 操作系统不但提供了更加友好的人机界面, 对机器人编程也更加简单。并且可以在 Windows 界面下使用多种软件包, 如电弧焊缝跟踪、激光焊缝跟踪、多层多道焊以及在线焊接参数优化等软件。焊接过程控制系统的智能化是焊接生产自动化的核心问题之一。把模糊控制、神经网络控制和焊接专家系统等控制方法编写为焊接过程控制软件, 可极大提高自动化系统的智能化程度。另外, 可根据不同实际工作的需求, 编写不同的焊接工艺软件, 从而提高焊接自动化的柔性程度。

### (2) 焊接电源和系统控制器集成

众所周知, 传统焊接机器人的系统控制器和焊接电源是不同的两种产品。它们之间通过模拟或数字接口连接, 供交换的数据量有限。将焊接电源融合到系统控制器中, 使机器人动作与焊接波形控制、送丝控制紧密配合, 可大幅度提高焊接质量。目前, Panasonic 和 FANUC 等公司已采用该理念进行机器人的系统控制器设计。图 1.13 为 FANUC 公司包含焊接电源的一体化控制器。



图1.13 机器人控制器和焊接电源一体化



图1.14 无线示教

### (3) 无线示教系统

COMAU 的无线示教器 (见图 1.14) 有效范围达 100m, 且各系统间无干扰。通过 WITP 技术可与其他 WI-FI 资源实现数据传送与接收。示教器与控制器间若配置“配对-非配对”安全连接程序, 则多个控制器能由一个示教器控制。**3.2.4 机器人采用多机协同工作模式** 机器人单机操作很难满足复杂焊道或大型构件的焊接需求。目前, 各公司推出的机器人控制器都可实现同时对几台机器人和几个外部轴的协同控制, 从而实现几台机器人共同焊接同一工件或者实现搬运机器人与焊接机器人协同工作。例如: MOTOMAN 公司推出的控制柜中可以协调控制多达 72 个轴。图 1.15 为机器人在协同工作。



图1.15 机器人协同工作

### 3.2.5 机器人管理功能

在确保产品质量、提高生产率方面，生产系统管理功能非常重要。

#### (1) 焊接品质管理的功能

控制柜具有显示电流、电压等焊接参数及参数监视的功能（见图 1.16）。

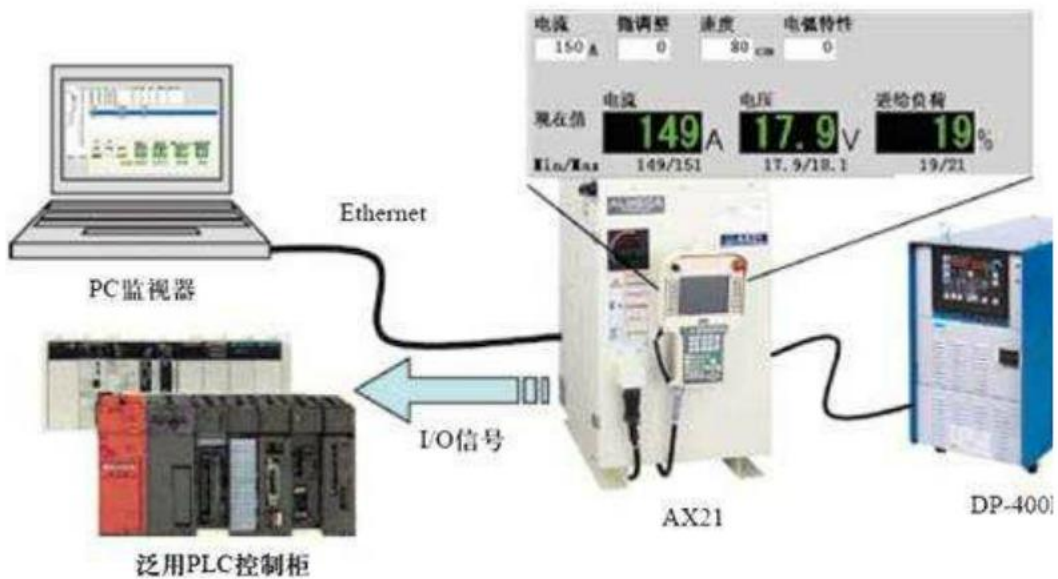


图1.16 焊接条件显示器和外部输出

#### (2) 异常历史记录的管理功能

以前的机器人控制器也有记录发生异常现象的功能。但是，整理记录却比较困难，需要 PC 软件等专用分析软件。而 AX21 控制柜能够按照异常情况的种类、日期、时间、程序编号、编程步骤等分类管理，并且能用图表显示（见图 1.17），使用方便。



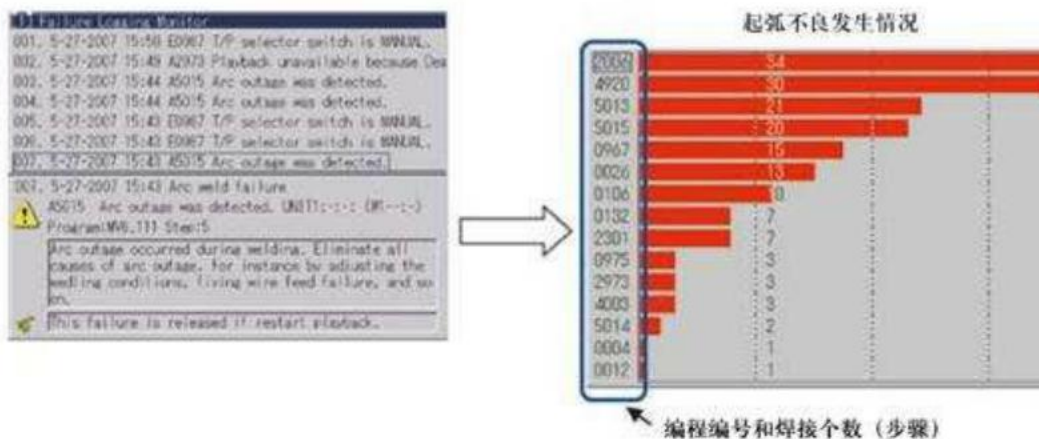


图1.17 异常历史记录画面和图表

### 3.2.6 机器人焊接数据库

控制柜通过焊接数据库功能解决了焊接质量问题。焊接数据库功能是通过输入板厚、接缝形状、焊接速度等，自动算出焊接参数并设定功能。图 1.18 是焊接数据库的画面和操作图。

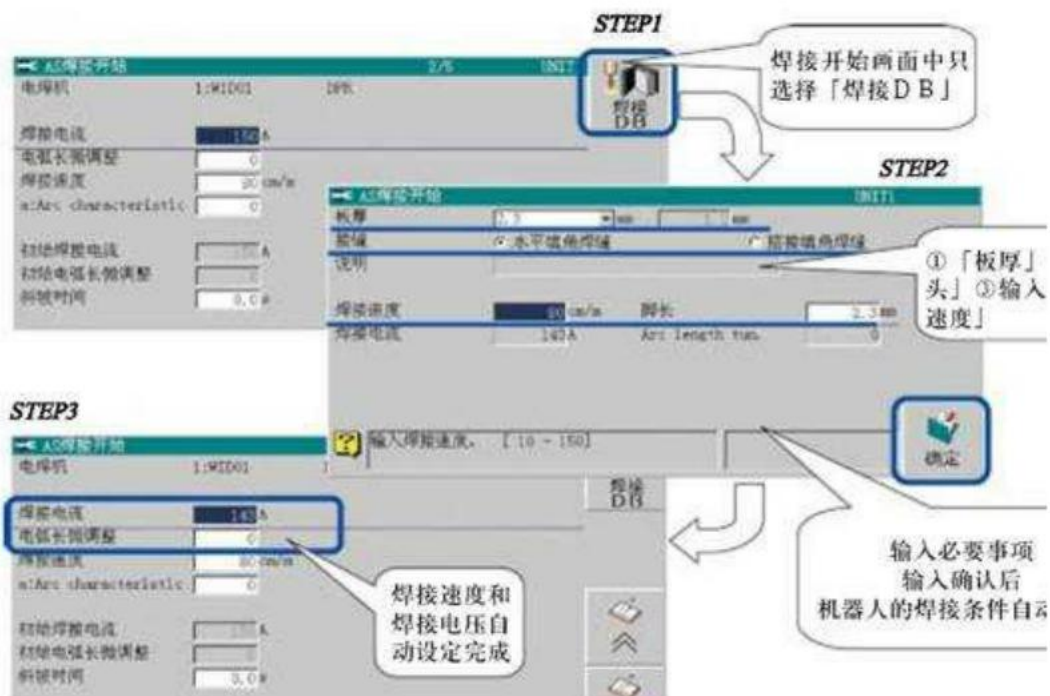


图1.18 焊接数据库

### 3.2.7 机器人离线编程及运动仿真

机器人焊接离线编程及仿真技术是利用计算机图形学的成果，在计算机中建立起机器人及其工作环境的模型，通过对图形的控制和操作，在不使用实际机器人的情况下编程，进而产生机器人程序。与传统的在线示教编程相

比，离线编程具有如下优点：①减少机器人的非工作时间；②使编程者远离苛刻的工作环境；③便于修改机器人程序；④可结合各种人工智能等技术提高编程效率；⑤便于和 CAD/CAM 系统结合，做到 CAD、CAM、Robotics 一体化。因此，机器人焊接离线编程及仿真是提高机器人焊接系统柔性化的一项关键技术，是现代机器人焊接制造业的一个重要发展趋势。KUKA、IGM 和 KOBELCO（如图 1.19）都推出了各自的离线示教系统。

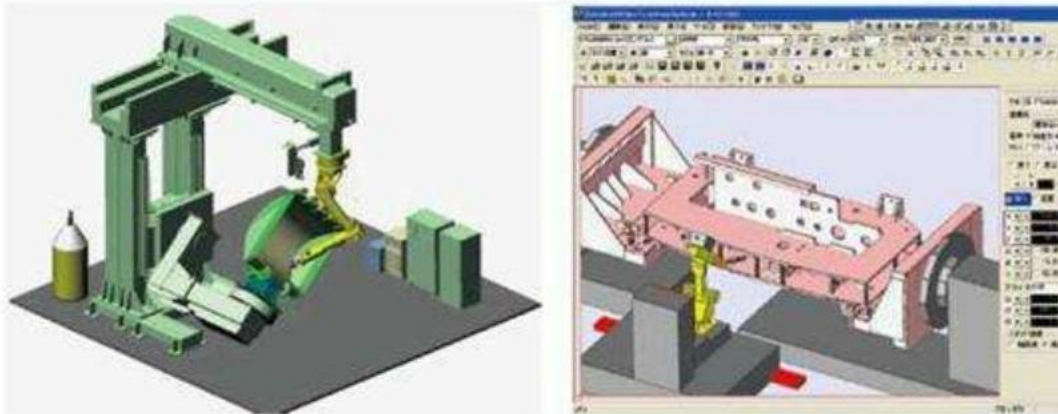


图1.19 离线示教系统

KOBELCO 离线编程示教系统的特点为：①工件模型的补充功能充实（具有 3DCAD 变换软件）；②示教作业支援功能充实（标准配置有自动焊道生成功能）；③可检查示教数据的问题点（标准配置干涉检查功能）；④焊接规范，管理简便（数据库编辑简单）。

### 3.2.8 机器人焊缝跟踪功能

焊缝跟踪可以简化为 4 部分：传感器、控制器、伺服系统和执行机构。系统通过传感器检测焊炬电弧相对于待焊部位的位置偏差，通过控制系统处理后输出控制信号。伺服系统带动执行机构使焊炬回到待焊位置，从而保证焊接点始终处于焊缝坡口中心位置。在焊缝跟踪系统中，传感器是关键，决定着整个系统对焊缝的跟踪精度。在焊接过程中传感器必须精确检测焊缝坡口的位置及形状。跟踪传感器主要有接触传感器、电弧传感器以及光电传感器。其中，电弧传感器对焊缝跟踪控制是利用焊接电弧现象本身的电弧电压、电弧电流、弧光辐射和电弧声等提供有关电弧轴线是否偏离焊接对缝的信息，进行实时控制。KOBELCO 焊接机器人的电弧传感功能广泛应用于工程实际。焊枪在焊缝坡口内进行摆动（往返动作）时，焊丝干伸长会发生变化。焊丝干伸长度越长焊接电流越小，反之则电流越大。由于上述特性，在焊炬未偏移的状态下，摆动到中央部位时焊接电流最小，摆动到两端时焊接电流最大（见图 1.20a）。焊炬存在偏移时，摆动到右端或左端的焊丝干伸长度会有所不同，所以摆动到右端或左端的焊接电流亦不同（见图 1.20b）。电弧传感可



以捕捉到变化，从而检测出焊炬的横向（摆动方向）位置偏移。

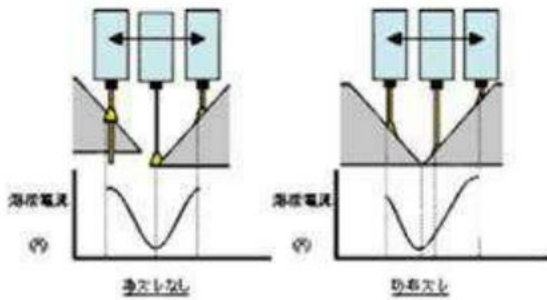


图1.20 电弧传感原理（左右）

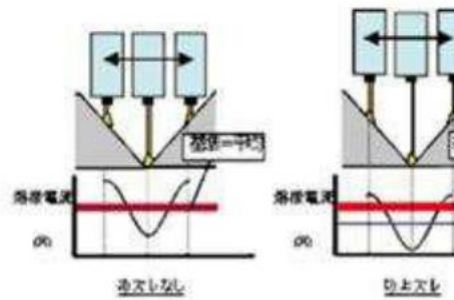


图1.21 电弧传感原理（上下）

同理，焊炬在上下方向（焊丝干伸长度方向）发生变化时，摆动往返区间内的焊接电流平均值和基准电流（一般使用设定电流）也会发生变化。电弧传感捕捉到变化，即可检测焊炬上下方向的位置偏移（见图 1.21）。电弧传感不需要在焊枪上安装特殊设备，焊接过程中即可检测出焊炬的位置偏移程度，并及时纠正，是非常实用的先进传感技术，在 KOBELCO 焊接机器人系统中得到广泛应用。光学传感器可分为点、线、面三种形式。它以可见光、激光或者红外线为光源，以光电元件为接受单元，利用光电元件提取反射的结构光，得到焊炬位置信息。常见的光学传感器包括红外光传感器、光电二级管和光电三级管、CCD（电荷耦合器件）、PSD（激光测距传感器）和 SSPD（自扫描光电二级管阵列）等。随着计算机视觉技术的发展，焊缝跟踪引入了视觉传感技术。与其他传感器相比，视觉传感具有提供信息量丰富，灵敏度和测量精度高，抗电磁场干扰能力强，与工件无接触的优点，适合各种坡口形状，可以同时进行焊缝跟踪控制和焊接质量控制。而计算机技术和图像处理技术的不断发展，又容易满足实时性，因而是一种很有前途的传感方法。SERVO ROBOT 及 META 公司都展示了各自的基于激光传感器的焊缝跟踪系统。图 1.22 为配备激光跟踪系统的机器人。



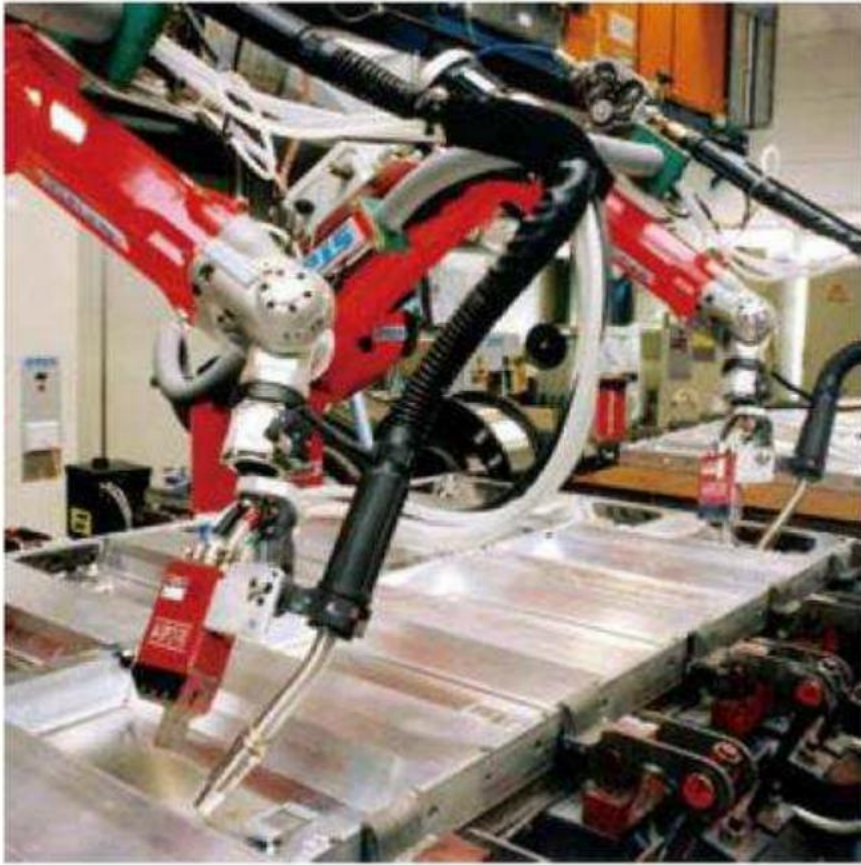


图1.22 配备激光跟踪系统的机器人

---