

机器人技术应用

过磊 顾德祥 主编

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

机器人技术应用

主 编 过 磊 顾德祥
副主编 倪晓清

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

内 容 简 介

本书主要采用情境教学法,以机器人 STR12-280 为学习平台,主要介绍机器人技术应用知识。全书共设计了 5 个典型工作情境,分别为初识机器人 STR12-280、机器人 STR12-280 的安装、机器人 STR12-280 的调试、机器人 STR12-280 的控制和机器人 STR12-280 的维护。情境任务设计循序渐进,通过情境描述、学习目标、任务实施、任务总结、任务评价、情境拓展和巩固练习等形式,读者可以熟练掌握机器人技术应用。

本书既可以作为高等院校机电类专业机器人方面的教材,也可以作为技能大赛机器人技术应用赛项训练指导用书,还可以作为从事机器人安装、调试、编程、技术服务等广大工程技术人员自学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人技术应用/过磊,顾德祥主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.8
ISBN 978-7-5682-2904-3

I. ①机… II. ①过… ②顾… III. ①机器人技术-应用 IV. ①TP249

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 200105 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 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 330 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 李志敏

文案编辑 / 李志敏

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

机器人(技术)正处于一个蓬勃发展的阶段,逐步实现了实用化和商品化,它在工业、农业、国防、航空航天、医疗卫生及生活服务等许多领域获得越来越多的应用。机器人是典型的机电一体化产品,融合了机械,特别是精密机械技术、以微电子技术为主导的新兴电子技术、计算机控制技术、精确检测与传感技术等。随着机器人产业化的扩大,企业迫切需要熟悉机器人技术,能够胜任机器人安装、调试、编程、操作等工种的工程技术人员,本书作者希望为他们提供一本入门的书。

本书基于情境教学法,通过 5 个典型的循序渐进的工作情境,以技能大赛“机器人技术应用”赛项训练平台机器人 STR12-280 为例,介绍了机器人技术应用方面的知识。设计情境具体包括初识机器人 STR12-280、机器人 STR12-280 的安装、机器人 STR12-280 的调试、机器人 STR12-280 的控制和机器人 STR12-280 的维护。

本书的特点是:(1)以就业为导向,以大赛为指引,以机器人相关岗位技能为基本依据,将机器人技术应用赛项资源课程化;(2)围绕“以能力为本位,以项目课程为主体、以职业实践为主线的模块化课程体系”为课程改革理念;(3)情境教学通过情境描述、学习目标、任务实施、任务总结、任务评价、情境拓展和巩固练习等形式,意在引导学生明确学习目的、掌握知识与技能、增加团队协作意识,逐步提高生产实际中的分析问题、解决问题能力,形成核心职业竞争力。

本书既可以作为高等院校机电类专业机器人方面的教学用书,也可以作为技能大赛机器人技术应用赛项训练指导用书,还可以作为从事机器人安装、调试、编程、技术服务等工作的广大工程技术人员的学习参考书。

本书由长期从事机器人技术研究和具有丰富实践教学经验的过磊、顾德祥担任主编,倪晓清担任副主编。学习情境 1、学习情境 2、学习情境 5 由过磊执笔,学习情境 3 由顾德祥执笔,学习情境 4 由倪晓清执笔,全书由过磊统改稿。过磊审定了全稿,并在全书的策划、审阅、定稿的全过程中给予了其他作者很大的指导和帮助。本书在编写过程中得到了无锡职业技术学院机器人研究所许弋、王海荣老师的许多支持和帮助,也得到了北京中科远洋科技有限公司的大力支持,在此一并致谢。另外,机器人教学与竞赛教师团队以及在训的学生团队也对本书成册做出了许多贡献,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中还会有不少缺点和错误,欢迎读者批评指正。作者邮箱:guolei0729@126.com,欢迎各位读者提出宝贵意见和建议,谢谢。

编 者

目 录

学习情境 1 初识机器人 STR12-280	1
1.1 情境描述	1
1.2 学习目标	1
1.3 任务实施	1
学习任务 1 机器人的技术参数	1
学习任务 2 机器人的基本组成	5
1.4 任务总结	14
1.5 任务评价	14
1.6 情境拓展	14
1.7 巩固练习	15
学习情境 2 机器人 STR12-280 的安装	18
2.1 情境描述	18
2.2 学习目标	18
2.3 任务实施	19
学习任务 1 手爪部件安装	19
学习任务 2 升降部件安装	30
学习任务 3 横向平移部件安装	38
学习任务 4 纵向平移部件安装	48
学习任务 5 平叉部件安装	55
学习任务 6 底盘部件安装	68
学习任务 7 机器人的总装	86
2.4 任务总结	93
2.5 任务评价	94
2.6 情境拓展	94
2.7 巩固练习	95
学习情境 3 机器人 STR12-280 的调试	97
3.1 情境描述	97
3.2 学习目标	97
3.3 任务实施	98
学习任务 1 电源调试	98
学习任务 2 传感器调试	100
学习任务 3 电机调试	103

学习任务 4 同步带调试	108
学习任务 5 机器人定位调试	113
学习任务 6 软件调试	115
3.4 任务总结	120
3.5 任务评价	120
3.6 情境拓展	121
3.7 巩固练习	121
学习情境 4 机器人 STR12-280 的控制	124
4.1 情境描述	124
4.2 学习目标	124
4.3 任务实施	124
学习任务 1 控制平台介绍	124
学习任务 2 上肢动作	136
学习任务 3 平叉动作	143
学习任务 4 底盘动作	144
学习任务 5 物料自动堆垛与载运	147
4.4 任务总结	153
4.5 任务评价	153
4.6 情境拓展	154
4.7 巩固练习	183
学习情境 5 机器人 STR12-280 的维护	186
5.1 情境描述	186
5.2 学习目标	186
5.3 任务实施	186
学习任务 1 机器人维护原则	186
学习任务 2 机器人组件维护与保养	188
学习任务 3 机器人维护与修理	191
5.4 任务总结	194
5.5 任务评价	194
5.6 情境拓展	195
5.7 项目练习	196
附录 1 2015 年江苏省职业学校技能大赛加工制造类机器人技术应用项目实施方案	199
附录 2 2015 年江苏省职业院校技能大赛中职组机器人赛项样题	206
附录 3 2015 年江苏省职业院校技能大赛高职组机器人赛项样题	210
附录 4 2015 年江苏省职业院校技能大赛教师组机器人赛项样题	214
参考文献	217

学习情境 1 初识机器人 STR12-280

1.1 情境描述

本学习情境主要介绍机器人基本知识，以全国职业院校技能大赛“机器人技术应用”赛项竞赛平台 STR12-280 机器人为例，学习机器人的技术参数和基本组成。

1.2 学习目标

1.2.1 知识目标

- (1) 了解机器人常见的机械传动方式、传感器类型和电机控制方法。
- (2) 理解机器人自由度、精度、工作空间、最大工作速度、承载能力等主要技术参数内涵。
- (3) 掌握机器人系统三大组成部分（机械部分、传感部分、控制部分），以及各部分工作方式和相互关系。

1.2.2 技能目标

- (1) 能从生产或生活实践中，读懂机器人技术参数。
- (2) 能从技术参数中，实际掌握机器人工作能力及操作性能。
- (3) 能从形形色色的机器人中，划分机器人系统三大组成部分。
- (4) 能在分组任务学习过程中，锻炼团队协作能力。
- (5) 会分析实验数据，填写任务报告。

1.3 任务实施

学习任务 1 机器人的技术参数

【任务描述】

本任务主要学习机器人技术参数，要求在读懂技术参数的基础上掌握机器人工作能力

与操作性能。

【任务实施】

1. 自由度

自由度 (Degree of Freedom), 或者称坐标轴数, 是指机器人所具有的独立坐标轴运动的数目, 不包括末端操作器的开合自由度, 如手指的开、合, 手指关节的自由度一般不包括在内。机器人的一个自由度对应一个关节, 所以自由度与关节的概念是一样的。自由度是表示机器人动作灵活程度的参数, 自由度越多越灵活, 但结构也越复杂, 控制难度也越大, 所以机器人的自由度要根据其用途设计, 一般设定在 3~6 个之间。图 1-1 所示为 STR12-280 机器人的自由度, 手爪 3 个方向移动自由度, 平叉 2 个方向移动自由度。

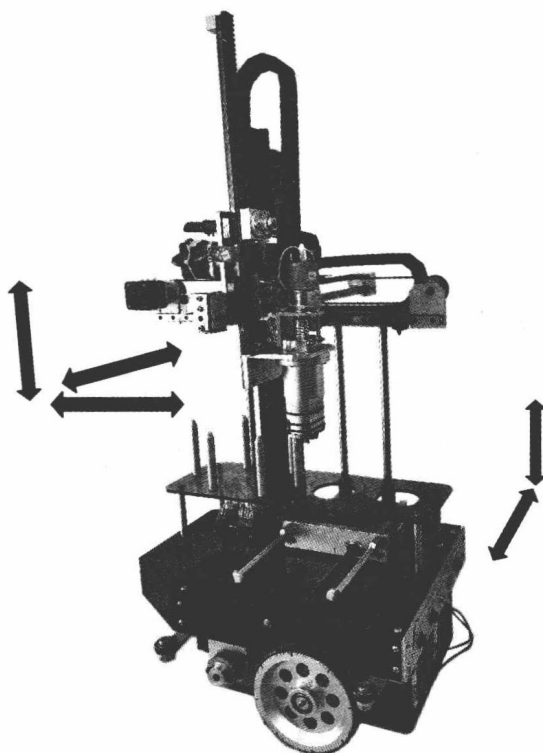


图 1-1 STR12-280 机器人自由度

如果机器人自由度在 6 个以上, 则称为冗余自由度。利用冗余自由度可以增加机器人的灵活性、躲避障碍物和改善动力性能。人的手臂 (大臂、小臂、手腕) 共有 7 个自由度, 手部可回避障碍而从不同方向到达同一个目的点, 所以工作起来很灵巧。

2. 精度

机器人精度 (Accuracy) 包括定位精度和重复定位精度两个指标。定位精度是指机器人末端操作器的实际位置与目标位置之间的偏差, 如图 1-2 所示。重复定位精度是指在相同环境、条件、动作 (或指令) 下, 机器人连续重复运动若干次时, 其位置的分散情况, 是关于精度的统计数据。图 1-3 为机器人定位精度和重复精度的典型情况:

- (a) 为重复定位精度的测定;
- (b) 为合理定位精度, 良好重复定位精度;
- (c) 为良好定位精度, 很差重复定位精度;
- (d) 为很差定位精度, 良好重复定位精度。

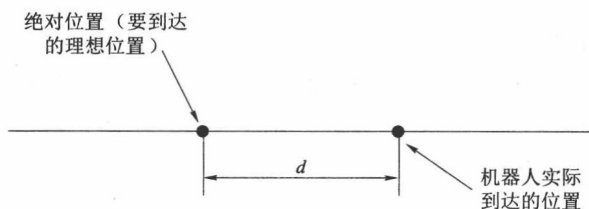


图 1-2 机器人定位精度

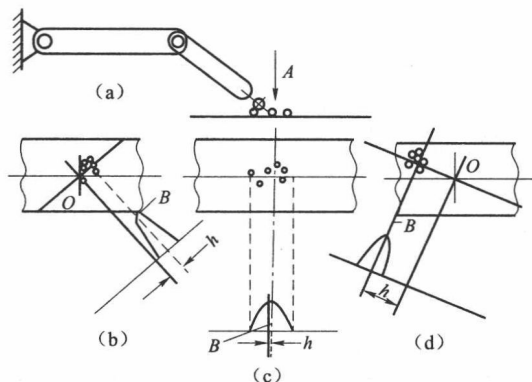


图 1-3 机器人定位精度和重复精度的典型情况

3. 工作空间

工作空间 (Working Space) 表示机器人的工作范围, 是指机器人手臂末端或手腕中心 (不包括末端操作器) 所能到达的所有点的集合, 也称为工作区域。因为末端操作器的形状和尺寸是多种多样的, 为了真实反映机器人的特征参数, 所以工作空间是指不安装末端操作器时的的工作区域。工作空间的形状和大小十分重要, 机器人在执行某作业时可能会因为存在手部不能到达的作业死区 (Dead Zone) 而不能完成任务。图 1-4 为 STR12-280 机器人的工作空间。

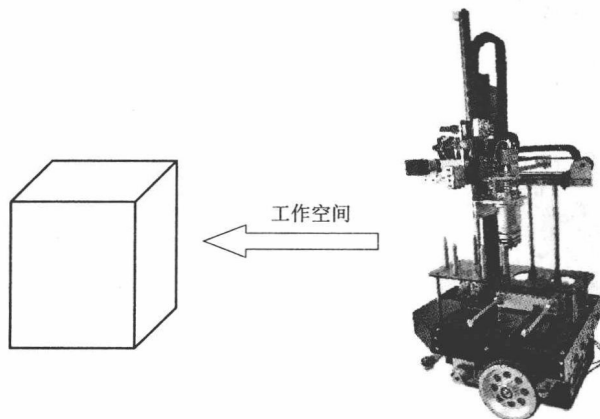


图 1-4 STR12-280 机器人的工作空间

4. 最大工作速度

最大工作速度（Maximum Speed）和加速度是表明机器人运动特性的主要指标，机器人生产厂家不同，其所指的最大工作速度也不同。有些厂家的最大工作速度是指机器人主要自由度上的最大稳定速度，有些厂家是指手臂末端最大的合成速度，也有厂家是指机器人最大行进速度，通常这些都会的技术参数中加以说明。最大工作速度越高，工作效率越高，然而工作速度越高就要花费更多时间加速或减速，从而对机器人的加速度要求就更高，所以考虑机器人运动特性时，除了要注意最大稳定速度外，还应注意其最大允许的加减速速度。STR12-280 为轮式机器人，其最大直线运行速度为 0.5 m/s。

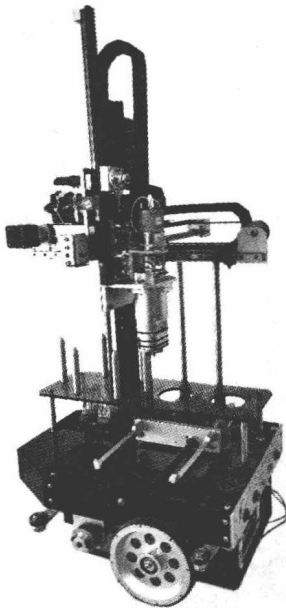
5. 承载能力

承载能力（Payload）是指机器人在工作范围内的任何位姿上所能承受的最大质量。机器人的承载能力不仅取决于负载的质量，还与机器人运行的速度和加速度的大小和方向有关。为了安全起见，承载能力是指高速运行时的承载能力。通常，承载能力不仅要考虑负载，还要考虑机器人末端操作器的质量。STR12-280 机器人手爪为内胀式，其最大抓取重量额定值为 0.5 kg，而机器人本体最大额定载重为 5 kg。

6. STR12-280 机器人技术参数

STR12-280 机器人的技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 STR12-280 机器人技术参数

	技术参数	参数值
	最大外形尺寸	550 mm×360 mm×880 mm
	底盘尺寸	400 mm×280 mm×140 mm
	纵向（X 轴）行程	270 mm
	横向（Y 轴）行程	270 mm
	升降（Z 轴）行程	260 mm
	平叉平移行程	130 mm
	平移升降行程	20 mm
	XYZ 轴驱动方式	步进电机
	XYZ 轴运动精度	±0.1 mm
	手爪抓取方式	内胀式夹紧
	最大抓取物尺寸	≤φ100 mm
	额定抓取重量	0.5 kg
	最大载重	5 kg
	直线运行速度	Max 0.5 m/s
	纵向白条定位精度	±3 mm
	纵向激光定位精度	±1 mm
	自动导引传感器	专用 8 路光学循迹传感器
	电池组工作电压	DC 24 V、续航 1 小时
	充电方式	外置充电器
	最大噪声	≤65 db

学习任务2 机器人的基本组成

【任务描述】

本任务主要学习机器人 STR12-280 的三个组成部分：机械部分、传感部分和控制部分。

【任务实施】

1. 机械部分

机器人 STR12-280 机械结构如图 1-5 所示，可分为手爪部件、升降部件、横向平移部件、纵向平移部件、平叉部件和底盘部件六大部件，六个机械组成部件作用与原理分述如下。

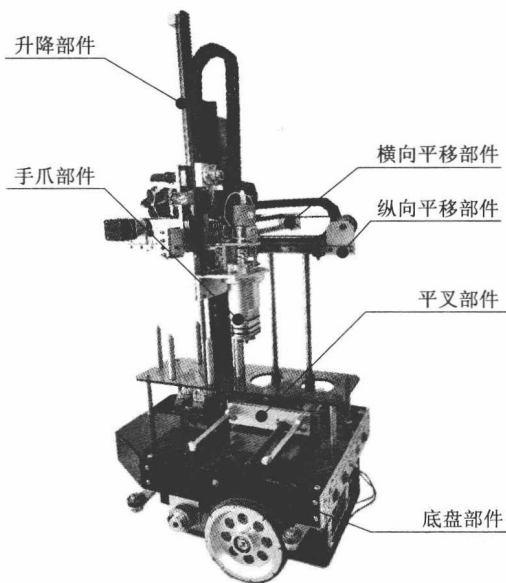


图 1-5 机器人 STR12-280 机械结构图

1) 手爪部件

机器人 STR12-280 手爪部件如图 1-6 所示，工作时由手爪部件中的浮动手指夹紧块外张夹持内孔型工件，可将工件搬离存放区，放至机器人本体货物存放台上，或直接放到目标工位上。手爪部件内有 24 V 直流电机（即手爪电机）、弹性联轴器、手爪丝杠、手爪手指胀销、浮动手指夹紧块等零部件。图 1-7 为手爪丝杠与手爪手指胀销螺纹连接图，手爪丝杠可以将回转运动转化为直线运动，手爪丝杠和手爪手指胀销间是螺纹连接，能实现到位自锁功能，手爪手指胀销为铜件，有良好的塑性和抗震性、充分润滑后摩擦系数较小，传动效率高。

手爪工作时，手爪电机正转（面向轴端，逆时针转动），带动丝杠逆时针转动，丝杠将回转运动转化为直线运动，从而带动手爪手指胀销向下运动，浮动手指夹紧块外张，夹持内孔型工件。同理，手爪电机反转通过机械传动，最后浮动手指夹紧块内收，松开。张开和回收的到位信号则由接近开关接收，信号用以控制手爪电机的启停。

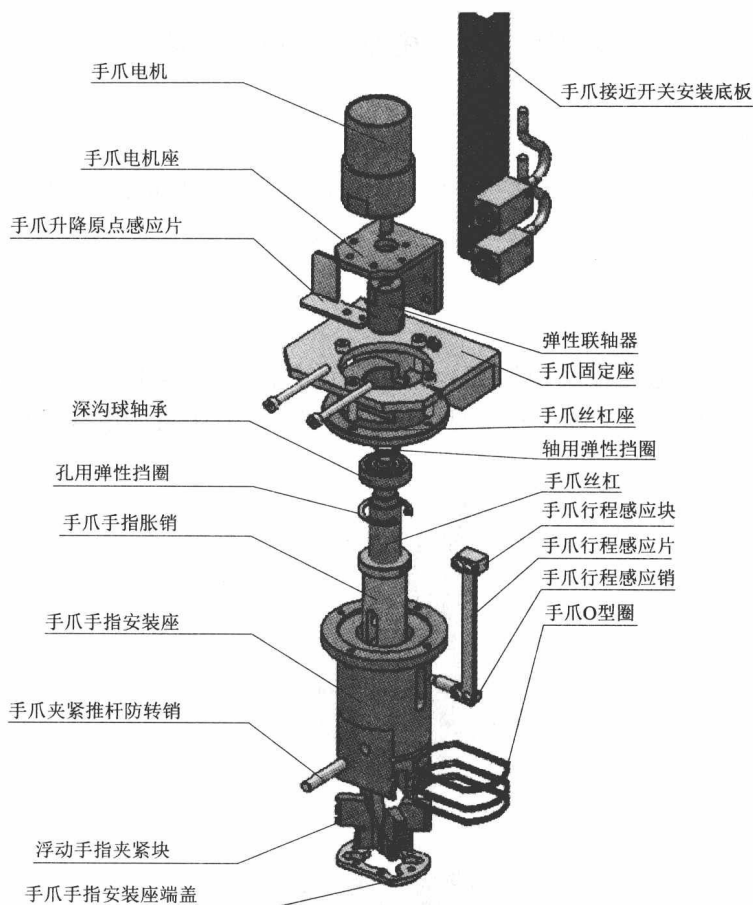


图 1-6 手爪部件

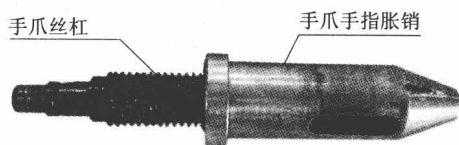


图 1-7 手爪丝杠与手爪手指胀销螺纹连接图

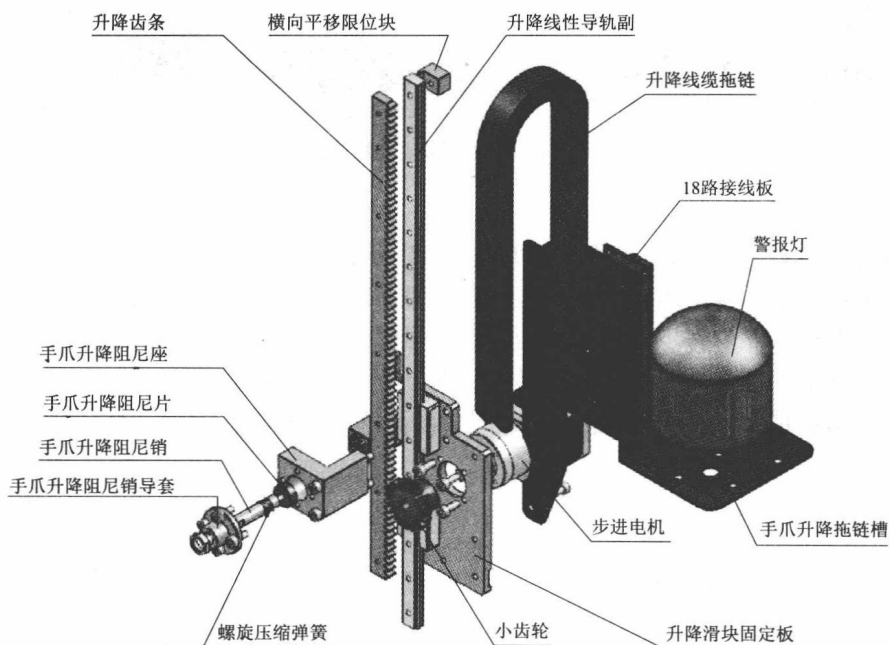
2) 升降部件

机器人 STR12-280 升降部件如图 1-8 所示，工作时小齿轮做逆时针或顺时针转动，带动升降齿条沿升降线性导轨上下运动，则手爪随之做升降运动。

升降部件工作时，步进电机转动，带动小齿轮同向转动，齿轮与齿条啮合，使得升降齿条上升或者下降。

3) 横向平移部件

机器人 STR12-280 横向平移部件如图 1-9 所示，工作时平移同步带做逆时针或顺时针转动，机器人手爪部件压在同步带上，故手爪跟随同步带做左右平移运动。横向平移部件内有步进电机、同步带、平移线性导轨副等零部件。图 1-10 为平移线性导轨副，滑块通过滚珠与导轨接触，有摩擦小、运行速度高、噪声低、行程长等优点。



横向平移部件工作时,步进电机转动,带动平移同步带做逆时针或顺时针转动,将手爪部件压在同步带上,则手爪跟随同步带做左右平移,即实现了手爪的横向平移功能。

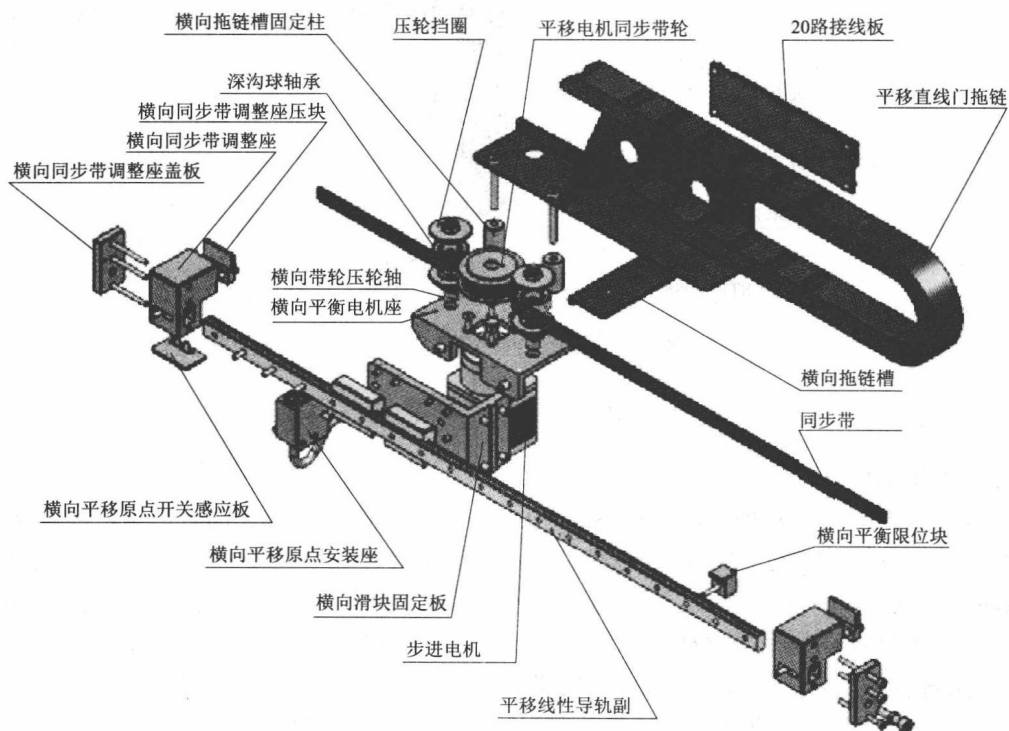


图 1-9 横向平移部件

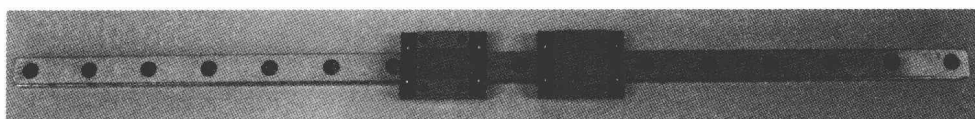


图 1-10 平移线性导轨副

4) 纵向平移部件

机器人 STR12-280 纵向平移部件如图 1-11 所示, 工作时平移同步带做逆时针或顺时针转动, 机器人手爪部件压在同步带上, 故手爪跟随同步带做前后平移。与横向平移部件类似, 纵向平移部件内有步进电机、同步带、平移线性导轨副等零部件。

纵向平移部件工作时, 步进电机转动, 带动平移同步带做逆时针或顺时针转动, 将手爪部件压在同步带上, 则手爪跟随同步带做前后平移, 即实现了手爪的纵向平移功能。

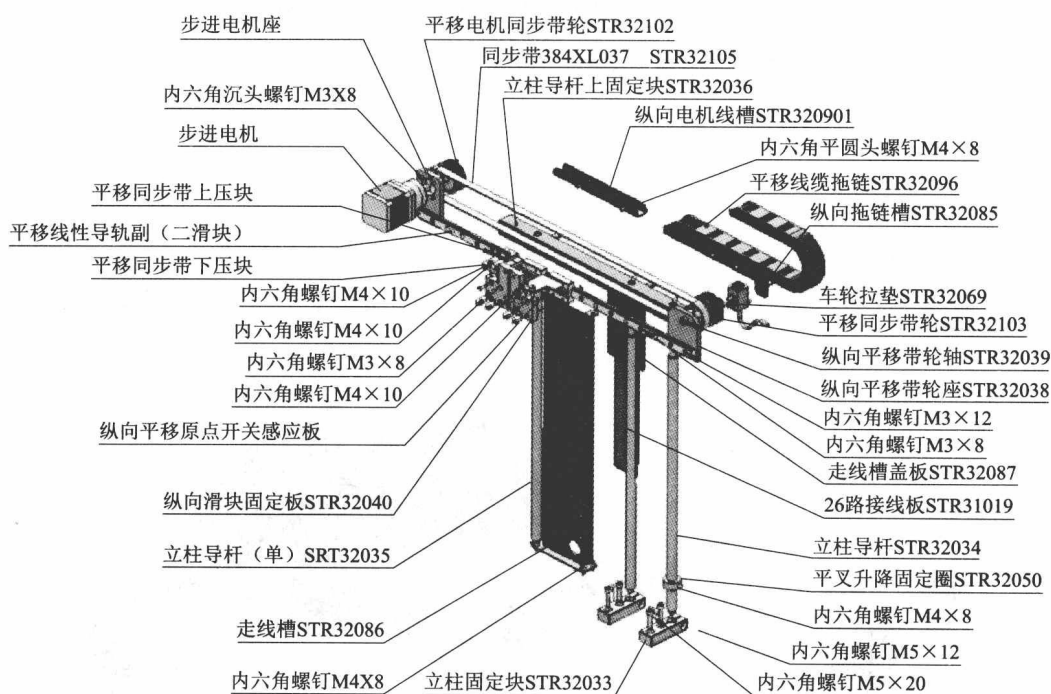


图 1-11 纵向平移部件

5) 平叉部件

机器人 STR12-280 平叉部件如图 1-12 所示, 工作时前后平叉同时伸出, 托起装载台上的托盘, 将托盘摆放到指定的工作台位置。平叉部件内有平叉伸缩电机、平叉电机齿轮、小齿轮、平叉导杆、平叉丝杠、前平叉、后平叉等零部件。图 1-13 为平叉机构传动丝杠, 图 1-14 为平叉丝杠与平叉丝杠螺母连接图, 可以将回转运动转变为直线运动。

平叉部件工作时, 平叉电机齿轮做逆时针或顺时针转动, 带动平叉丝杠逆时针转动, 丝杠将回转运动转化为直线运动, 带动前平叉和后平叉伸出或缩回。伸出和缩回的到位信号由接近开关接收, 用以控制平叉伸缩电机的启停。

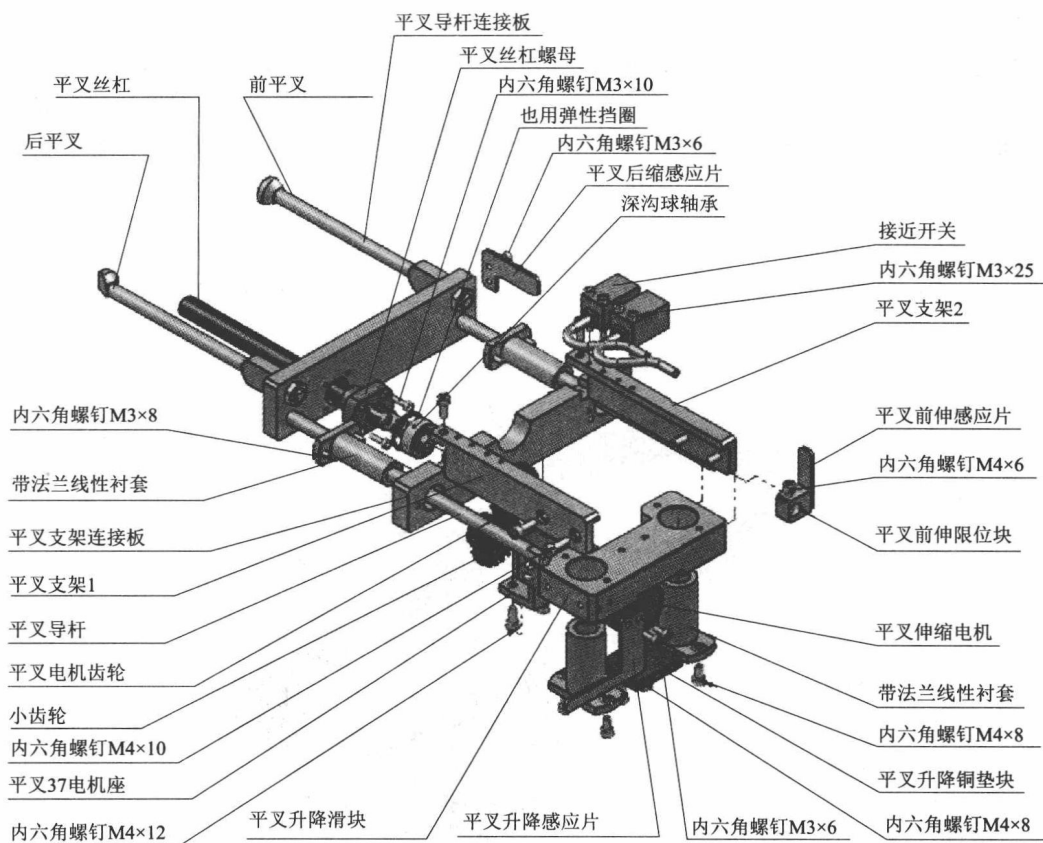


图 1-12 平叉部件



图 1-13 平叉机构传动丝杆



图 1-14 平叉丝杠与平叉丝杠螺母连接图

6) 底盘部件

机器人 STR12-280 底盘部件如图 1-15 所示, 底板下有两只 24 V 直流电机 (又称行走电机), 控制底盘前后左右运动。同时底盘也是个承载体, 所有手爪、升降、横向平移、纵向平移、平叉这些部件都安装于上, 另外, 梅花形物料 (或工件) 和大小连接板通过手爪抓放最后也将放在底盘工件存放台上。

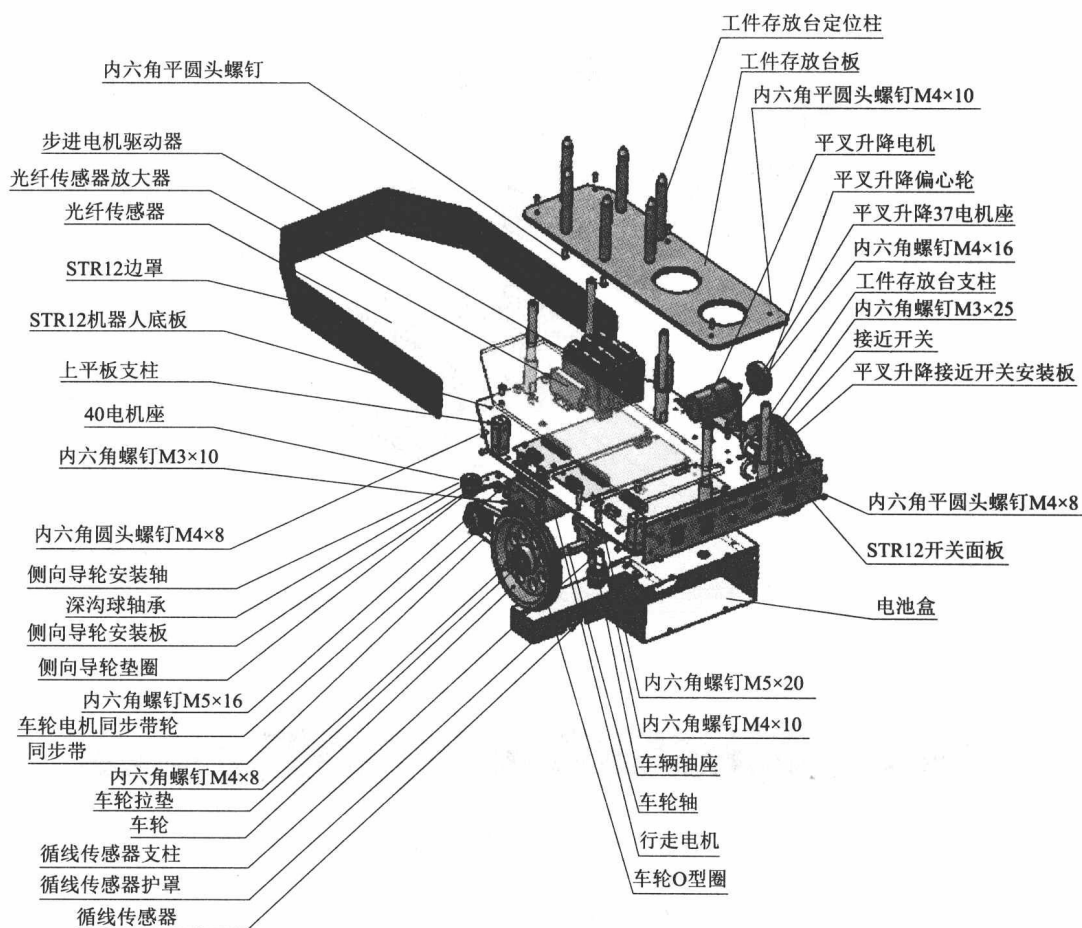


图 1-15 底盘部件

2. 传感部分

机器人传感部分由一系列传感器组成, 其作用是获取机器人内部和外部环境信息, 并把这些信息反馈给控制系统。内部状态传感器用于检测各关节的位置、速度等变量, 为闭环控制系统提供反馈信息。外部状态传感器用于检测机器人与周围环境之间的一些状态变量, 如距离、接近程度和接触情况等, 用于引导机器人, 便于其识别物体并做出相应处理。外部传感器可使机器人以灵活的方式对它所处的环境做出反应, 赋予机器人以一定的智能, 该部分的作用相当于人的五官。

STR12-280 机器人采用开环控制系统, 故只有外部状态传感器, 机器人身上所有的传感器可以分成两类: 接近传感器和循线传感器。

1) 接近传感器

机器人 STR12-280 接近传感器分布如图 1-16 所示，共有 10 个，编号从 S01 到 S10，其中前 9 个是用于检测距离的红外传感器，也称红外接近开关，最后 1 个为激光传感器，其作用见表 1-2。

表 1-2 机器人 STR12-280 接近传感器编号与作用

部件名称	传感器编号	作用
手爪部件	S01	手爪松开到位（停止）信号
	S02	手爪夹紧到位（停止）信号
升降部件	S03	升降到位（停止）信号
横向平移部件	S04	横向平移到位（停止）信号
纵向平移部件	S05	纵向平移到位（停止）信号
平叉部件	S06~S07	平叉平移到位（停止）信号
	S08~S09	平叉升降到位（停止）信号
红外传感器	S10	机器人进站测距（到位）信号

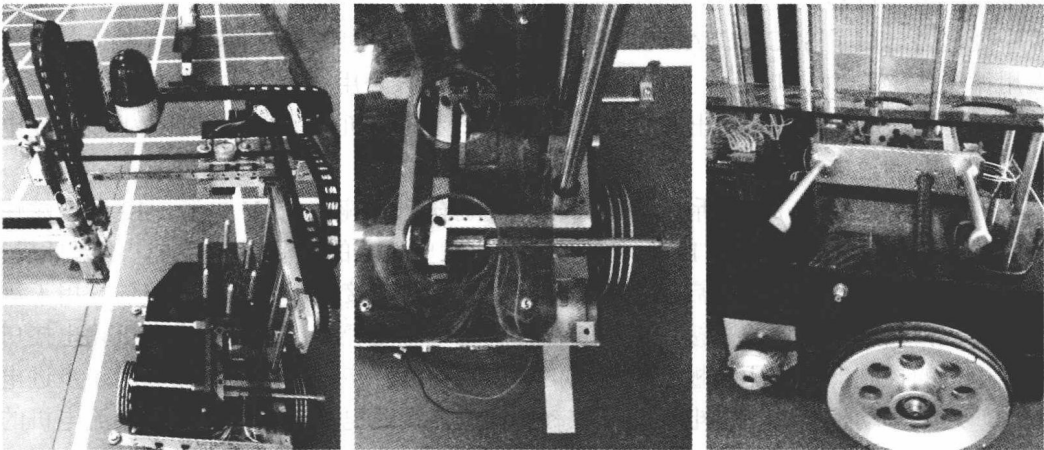


图 1-16 机器人 STR12-280 接近传感器分布

2) 循线传感器

机器人 STR12-280 循线传感器如图 1-17 所示，安装在机器人底部，共 8 路，可以可靠地探测到地面白条以及白条的十字交叉点。其工作原理是传感器光源发射部分通过 8 个高亮 LED 发射管发射，对应位置上再用 8 个光敏电阻接收地面反射回来的光线，输出插座连接传感器信号处理板的循线传感器输入接口，经过一系列放大、比较处理后过滤掉地面背景放射信号，指示当前某路传感器是否在地面白条上。