

邓三鹏 岳刚 权利红 祁宇明◎编著
郑桐◎主审

世界技能大赛移动机器人赛项培训用书



“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

移动机器人 技术应用

YIDONG JIQIREN JISHU YINGYONG



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



书内扫码获取资源

“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

移动机器人 技术应用

邓三鹏 岳 刚 权利红 祁宇明 编著
郑 桐 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书通过剖析世界技能大赛移动机器人赛项阐述了移动机器人应用技术,由长期从事移动机器人技术教学的一线教师依据其在机器人竞赛、教学、科研和技能鉴定方面的丰富经验编撰而成。本书内容包括世界技能大赛典型移动机器人搭建实例及调试、LabVIEW 编程基础、myRIO 配置及应用、传感器的通信与调试、LabVIEW 编程拓展训练、世界技能大赛典型移动机器人控制内容。本书按照“项目导入、任务驱动”的理念精选教学内容,内容全面综合、深入浅出、循序渐进,编写中力求做到“理论先进、内容实用、操作性强”,兼顾移动机器人应用的实际情况和发展趋势,突出实践能力和创新素质的培养。

本书充分体现了理论知识“必需、够用”的特点,突出应用能力和创新素质的培养,从理论到实践,再从实践到理论,较全面地介绍了移动机器人技术及基于世赛移动机器人赛项的应用。本书能帮助读者快速熟悉移动机器人技术及应用方法,进而掌握移动机器人的设计、制作及控制技术。

本书可作为机电类、自动化类和电子类专业教材,也可作为各类机器人技术的培训教材,还可作为从事移动机器人设计、编程、设计和维修等工程技术人员的参考书。

学习资源网址: <http://www.bnrob.com>→智造学院→配套教材→移动机器人技术应用。

图书在版编目(CIP)数据

移动机器人技术应用/邓三鹏等编著. —北京:机械工业出版社, 2018.7

“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

ISBN 978-7-111-60826-4

I. ①移… II. ①邓… III. ①移动式机器人-教材 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 205492 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:薛礼 责任编辑:薛礼 责任校对:张晓蓉

封面设计:鞠杨 责任印制:张博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·362 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-60826-4

定价:44.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

“十三五”智能制造高级应用型人才培养规划教材

编审委员会

主任委员：	孙立宁	苏州大学机电工程学院院长
	陈晓明	全国机械职业教育教学指导委员会主任
副主任委员：	曹根基	全国机械职业教育教学指导委员会智能制造专指委主任
	苗德华	天津职业技术师范大学原副校长
	邓三鹏	天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所所长
秘书长：	邓三鹏	天津职业技术师范大学
秘书：	薛礼	权利红 王 铎
委员：	杜志江	哈尔滨工业大学
	禹鑫焱	浙江工业大学
	陈国栋	苏州大学
	祁宇明	天津职业技术师范大学
	刘朝华	天津职业技术师范大学
	蒋永翔	天津职业技术师范大学
	陈小艳	常州机电职业技术学院
	戴欣平	金华职业技术学院
	范进桢	宁波职业技术学院
	金文兵	浙江机电职业技术学院
	罗晓晔	杭州科技职业技术学院
	周 华	广州番禺职业技术学院
	许怡赦	湖南机电职业技术学院
	龙威林	天津现代职业技术学院
	高月辉	天津现代职业技术学院
	高 强	天津渤海职业技术学院
	张永飞	天津职业大学
	魏东坡	山东华宇工学院
	柏占伟	重庆工程职业技术学院
	谢光辉	重庆电子工程职业技术学院
	周 宇	武汉船舶职业技术学院
	何用辉	福建信息职业技术学院
	张云龙	包头轻工职业技术学院
	张 廷	呼伦贝尔职业技术学院
	于风雨	扎兰屯职业技术学院
	吕世霞	北京电子科技职业学院
	梅江平	天津市机器人产业协会秘书长
	王振华	江苏汇博机器人技术股份有限公司总经理
	周旺发	天津博诺智创机器人技术有限公司总经理
	曾 辉	埃夫特智能装备股份有限公司副总经理

序

制造业是实体经济的主体，是推动经济发展、改善人民生活、参与国际竞争和保障国家安全的根本所在。纵观世界强国的崛起，都是以强大的制造业为支撑的。在虚拟经济蓬勃发展的今天，世界各国仍然高度重视制造业的发展。制造业始终是国家富强、民族振兴的坚强保障。

当前，新一轮科技革命和产业变革在全球范围内蓬勃兴起，创新资源快速流动，产业格局深度调整，我国制造业迎来“由大变强”的难得机遇。实现制造强国的战略目标，关键在人才。在全球新一轮科技革命和产业变革中，世界各国纷纷将发展制造业作为抢占未来竞争制高点的重要战略，把人才作为实施制造业发展战略的重要支撑，加大人力资本投资，改革创新教育与培训体系。当前，我国经济发展进入新常态，制造业发展面临着资源环境约束不断强化、人口红利逐渐消失等多重因素的影响，人才是第一资源的重要性更加凸显。

《中国制造 2025》第一次从国家战略层面描绘建设制造强国的宏伟蓝图，并把人才作为建设制造强国的根本，对人才发展提出了新的更高要求。提高制造业创新能力，迫切要求培养具有创新思维和创新能力的拔尖人才、领军人才；强化工业基础能力，迫切要求加快培养掌握共性技术和关键工艺的专业人才；信息化与工业化深度融合，迫切要求全面增强从业人员的信息技术运用能力；发展服务型制造业，迫切要求培养更多复合型人才进入新业态、新领域；发展绿色制造，迫切要求普及绿色技能和绿色文化；打造“中国品牌”“中国质量”，迫切要求提升全员质量意识和素养等。

哈尔滨工业大学在 20 世纪 80 年代研制出我国第一台弧焊机器人和第一台点焊机器人，30 多年来为我国培养了大量的机器人人才；苏州大学在产学研一体化发展方面成果显著；天津职业技术师范大学从 2010 年开始培养机器人职教师资，秉承“动手动脑，全面发展”的办学理念，进行了多项教学改革，建成了机器人多功能实验实训基地，并开展了对外培训和鉴定工作。本套规划教材是结合这些院校人才培养特色以及智能制造类专业特点，以“理论先进，注重实践，操作性强，学以致用”为原则精选教材内容，依据在工业机器人技术、数控技术等专业的教学、科研、竞赛和成果转化等方面的丰富经验编写而成的。其中有些书已经出版，具有较高的质量，未出版的讲义在教学和培训中经过多次使用和修改，亦收到了很好的效果。

我们深信，本套教材的出版发行和广泛使用，不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作，而且对智能制造类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然，由于智能制造技术发展非常迅速，编者掌握材料有限，本套教材还需要在今后的改革实践中进一步进行检验、修改、锤炼和完善，殷切期望同行专家及读者们不吝赐教，多加指正，并提出建议。

苏州大学教授、博导
教育部长江学者特聘教授
国家杰出青年基金获得者
国家万人计划领军人才
机器人技术与系统国家重点实验室副主任
国家科技部重点领域创新团队带头人
江苏省先进机器人技术重点实验室主任



2018 年 1 月 6 日

Preface 前言

移动机器人是集机械、电子、自动化和人工智能等多学科先进技术于一体的智能制造系统的重要自动化单元,具有移动、自动导航、多传感器控制、网络交互等功能,已广泛应用于机械、电子、纺织、烟草、医疗、食品、造纸等行业中,实现柔性搬运、传输等功能。它还用于自动化立体仓库、柔性加工系统、柔性装配系统。同时,移动机器人可在车站、机场、邮局等场合的物品分拣中作为运输工具。在太空探索、军用机器人、自动驾驶等方面,移动机器人正逐渐成为衡量一个国家自动化程度的重要标志之一。近年来,国内移动机器人产业呈现出爆发性增长态势,而移动机器人的设计、维护、保养等必须由经过系统学习的专业人员来实施,因此迫切需要培养熟悉移动机器人的技术人员。

本书在 LabVIEW 2015-myRIO 编程软件和天津博诺智创机器人技术有限公司研发的智能移动机器人(BNRT-MOB-44)基础上,通过剖析世界技能大赛移动机器人赛项,阐述了移动机器人技术。本书是由长期从事工业机器人技术教学的一线教师和企业工程师依据其在机器人竞赛、工程应用、教学、科研和技能鉴定方面的丰富经验编撰而成的,包括世界技能大赛典型移动机器人搭建实例及调试、LabVIEW 编程基础、myRIO 配置及应用、传感器的通信与调试、LabVIEW 编程拓展训练、世界技能大赛典型移动机器人控制等内容。编写时,按照“项目导入、任务驱动”的理念精选教学内容,内容全面综合、深入浅出、循序渐进,编写中力求做到“理论先进、内容实用、操作性强”,兼顾移动机器人应用的实际情况和发展趋势,突出实践能力和创新素质的培养。

本书由邓三鹏、岳刚、权利红、祁宇明编著,分工如下:天津职业技术师范大学祁宇明编写项目一和项目二,天津交通职业学院岳刚编写项目三和项目四,天津职业技术师范大学邓三鹏编写项目五和项目六,天津博诺智创机器人技术有限公司权利红编写项目七。天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所研究生王云磊、谢坤鹏、王鹏、田习文、王磊,天津博诺智创机器人技术有限公司丁大宝、刘为、苑丹丹、孙涛、刘培凯等进行了素材收集、文字图片处理、实验验证、学习资源制作等工作。本书由第 44、45 届世界技能大赛移动机器人赛项中国技术指导专家组组长、天津职业技术师范大学的郑桐高级实验师主审。

本书得到天津市人才发展特殊支持计划“智能机器人技术及应用”高层次创新创业团队项目(TJ TZJH-GCCCXC YTD-2-26)和教育部、财政部职业院校教师素质提高计划职教师资培养资源开发项目(VTNE016)的资助。本书在编写过程中还得到天津职业技术师范大学机器人及智能装备研究所、天津职业技术师范大学机电工程系、全国机械职业教育教学指导委员会、天津博诺智创机器人技术有限公司和安徽博皖机器人有限公司的大力支持和帮助,特别是天津博诺智创机器人技术有限公司提供了验证设备及技术支持,在此深表谢意。

由于编者水平所限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者不吝赐教,联系邮箱:37003739@qq.com。

学习资源网址: <http://www.bnrob.com>→智造学院→配套教材→移动机器人技术应用。



2018 年于天津

序 前言

Contents 目录

1	项目一		5	项目五	
	世界技能大赛典型移动机器人			传感器的通信与调试	130
	搭建实例及调试	1		任务一 红外测距传感器与超声波	
	任务一 搭建移动机构	1		测距传感器的调试	130
	任务二 搭建执行机构	6		任务二 光电限位开关的调试	134
	任务三 传感器布局	12		任务三 灰度传感器的调试	140
	任务四 安装控制器及布线	17		任务四 陀螺仪传感器的调试	144
				任务五 图像采集与视觉算法	
				应用	148
				任务六 学习信号处理与分析函数	160
2	项目二		6	项目六	
	LabVIEW 编程基础	23		LabVIEW 编程拓展训练	166
	任务一 LabVIEW 编程入门——			任务一 通过智能终端进行远程	
	创建 VI	23		控制	166
	任务二 程序结构设计	34		任务二 利用板载 FPGA 电路模块	
	任务三 学习数组、簇数据类型	48		完成即时声音信号处理	171
	任务四 在图表中显示数据	60		任务三 RC 电路的输出电压控制	177
	任务五 操作字符串及文件存取	63		任务四 设计 LabVIEW 网络程序	183
	任务六 VI 程序的创建与结构				
	控制	69			
3	项目三		7	项目七	
	myRIO 配置	78		世界技能大赛典型移动机器人	
	任务一 第一个 myRIO 项目	78		控制	189
	任务二 I/O 数据通信	84		任务一 全向移动及遥控控制	189
	任务三 与计算机的 WiFi 通信	89		任务二 台球抓取、自动识别与	
	任务四 创建上电自启动程序	95		图像实时传输	194
				任务三 机器人位姿调整	205
4	项目四			任务四 第 43 届世界技能大赛	
	myRIO 应用	101		移动机器人调试运行	213
	任务一 利用虚拟按钮控制板载			任务五 第 44 届世界技能大赛	
	LED 灯	101		移动机器人调试运行	221
	任务二 控制电动机正反转	108			
	任务三 编码器调试	123			
	任务四 舵机调试	127			
				参考文献	229

项目一

世界技能大赛典型移动机器人搭建实例及调试

任务一 搭建移动机构



搭建移动机构

一、学习目标

- 1) 掌握移动机器人移动机构的搭建方法。
- 2) 掌握麦克纳姆轮、直流减速电动机、整体车架的特点。

二、工作任务

搭建移动机器人的移动机构。

所需的零部件：麦克纳姆轮、直流减速电动机、型材、螺栓 M3×10mm（若干）、螺母 M3（若干）等。所需的工具：内六角扳手、螺钉旋具、呆扳手等。

三、实践操作

搭建移动机器人的移动机构，使移动机器人能够按需要进行全方向的直线移动、旋转。按照移动机器人的移动机构装配简图（见图 1-1），依次进行零部件的安装，安装步骤如下：

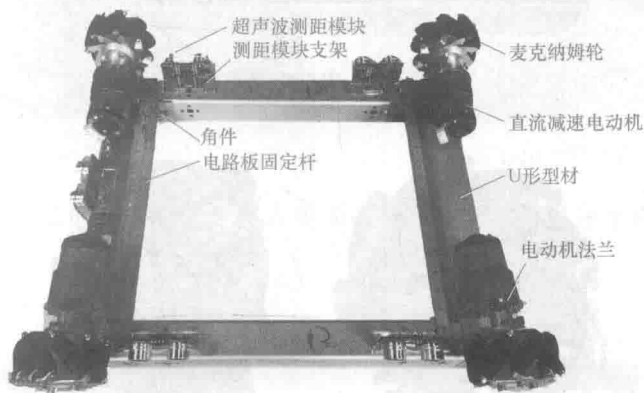


图 1-1 移动机器人的移动机构装配简图

1) 将 U 形连接件（见图 1-2）和电动机法兰（见图 1-3）安装到 U 形型材上，U 形型材两端各安装一个且 U 形型材，开口朝向电动机法兰一侧，作为移动机器人移动机构前梁，装配在移动机构前面，如图 1-4 所示。

2) 将电动机法兰安装到另一根 U 形型材上，且 U 形型材两端各安装一对，再安装电动机，按照相同的方法给前梁安装电动机。注意：U 形型材开口背向电动机法兰一侧，作为移动机器人移动机构后梁，装配在移动机构后面，如图 1-5 所示。

3) 安装麦克纳姆轮。麦克纳姆轮如图 1-6 所示。注意：锁紧螺钉要对着电动机轴的缺口，如图 1-7 所示；前梁和后梁的麦克纳姆轮的方向相反，如图 1-1 所示。



图 1-2 U 形连接件



图 1-3 电动机法兰



图 1-4 安装 U 形连接件和电动机法兰

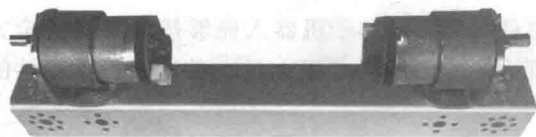


图 1-5 安装电动机

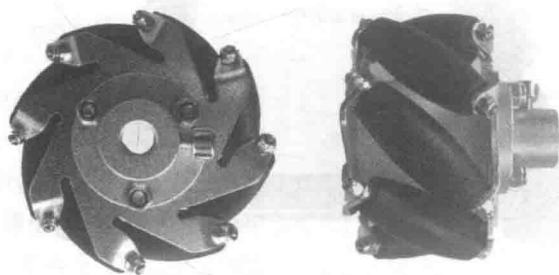


图 1-6 麦克纳姆轮

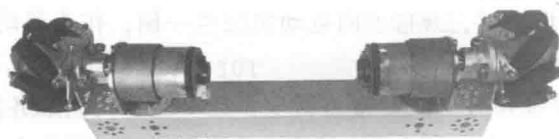


图 1-7 安装麦克纳姆轮

麦克纳姆轮在平地上能够自由移动，但是在特殊地形条件下，如在沙地、石子路面上，无法发挥其优势。而在第 44 届世界技能大赛移动机器人赛项中，需要机器人进入沙地（见

图 1-8), 捡起沙地上的台球。为此, 天津博诺智创机器人技术有限公司 (以下简称“博诺智创”) 研发团队提供了相应的解决方案。

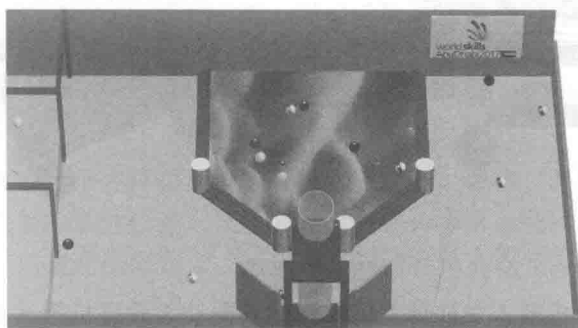


图 1-8 世界技能大赛移动机器人赛项场地

方案一: 采用履带式机器人。履带式机器人受路况限制小, 能够适应松软的地形条件, 如沙地、泥地, 也可以在野外丛林、草原、山坡等环境下自如行驶, 如图 1-9、图 1-10 所示。



图 1-9 履带式机器人 (一)



图 1-10 履带式机器人 (二)

结合第 44 届世界技能大赛移动机器人赛项场地布局情况, 设计了图 1-11 所示的履带式移动机器人。

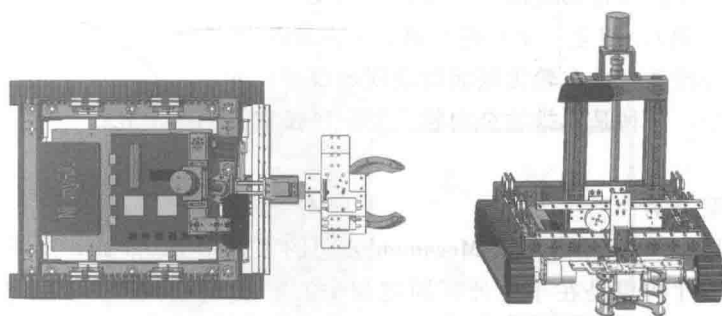


图 1-11 履带式移动机器人方案图

方案二: 在麦克纳姆轮式移动机器人升降结构基础之上搭建双臂伸缩滑道机构, 如图 1-12 所示, 使移动机器人在沙地外依靠双臂伸缩滑道机构远距离抓取台球。

方案三: 在麦克纳姆轮式移动机器人结构基础之上改装折叠臂结构, 如图 1-13 所示,

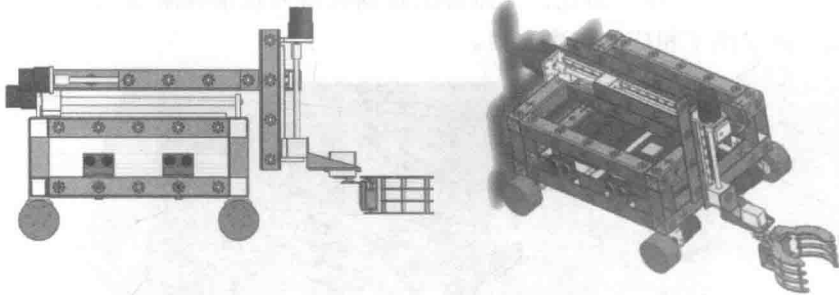


图 1-12 双臂伸缩滑道式移动机器人方案

采用折叠臂结构使移动机器人在沙地外依靠气撑杆驱动折叠臂机构远距离抓取台球。

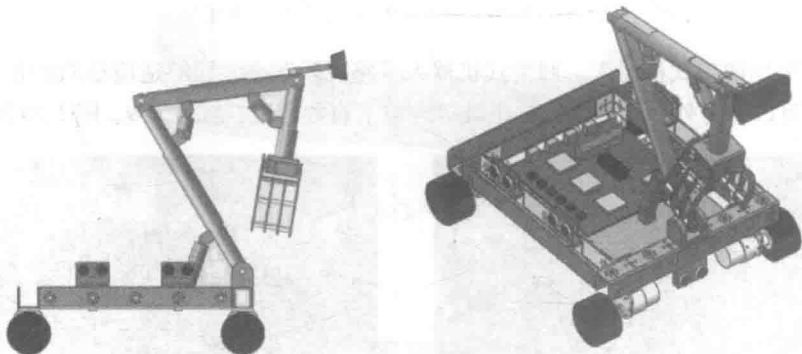


图 1-13 折叠臂式移动机器人方案

四、问题探究

? 什么是全向轮，全向轮能做什么？

全向轮（Omni Wheel）能够实现不同方向的移动。全向轮可以像一个正常的车轮那样滚动，也可以像一个使用滚轮的辊那样侧向滚动，它适用于机器人、手推车、转移输送机、货运车等设备，可提供完善的性能。例如，可以使用两个传统的车轮、中心车轴和四个全向轮（前轴和后轴车轮），建立一个六轮车辆。全向轮移动和旋转，很容易实现方向控制和跟踪，并尽可能快地转动。全向轮无须润滑或现场维护和安装，非常简单和稳定。全向轮通常可以分为两种类型：一种是单排的全向轮，另一种是双排的全向轮。

五、知识拓展

1. 麦克纳姆轮简介

麦克纳姆轮是在 1973 年由瑞士 Mecanum 公司的工程师 Bengt Ilon 发明的，可以任意方向自由移动。其设计构想是在车轮外环固定与中心轴成 45° 的自由滚子，车轮旋转时，成 45° 排列的自由滚子与地面接触，地面给予车轮沿自由滚子转轴方向的摩擦力，此摩擦力可分为 X 向分力与 Y 向分力，通过车轮的正反转或停止，可以改变 X 向分力和 Y 向分力的方向，实现平台的全方位移动。

这种全方位移动方式是基于上述原理实现的。麦克纳姆轮如图 1-6 所示，这些互成角度的周边轮轴把沿着滚子转轴的摩擦力转化为沿特定方向的平台移动力。依靠各机轮的方向和

速度，这些力在任何要求的方向上产生一个合力矢量，从而保证该轮在最终的合力矢量方向上能自由地移动，而不改变机轮自身的方向。麦克纳姆轮的轮缘上斜向分布着许多小滚子，故轮子可以横向滑移。小滚子的母线很特殊，当轮子绕着固定的轮心轴转动时，各个小滚子的包络线为圆柱面，所以该轮能够连续地向前滚动。麦克纳姆轮结构紧凑，运动灵活，是很成功的一种全向轮。利用四个麦克纳姆轮进行组合，可以更灵活方便地实现全方位移动功能。

基于麦克纳姆轮技术的全方位运动设备可以实现前行、横移、斜行、旋转及其组合等运动方式。在此基础上研制的全方位叉车及全方位运输平台非常适合转运空间有限、作业通道狭窄的舰船环境，在提高舰船保障效率、增加舰船空间利用率以及降低人力成本方面具有明显的优势。

2. 麦克纳姆轮的安装

型号为 BNRT-MOB-44 的智能移动机器人由四个麦克纳姆轮带动做自由移动，其中两个为左旋轮，两个为右旋轮。左旋轮和右旋轮呈手形对称，如图 1-14 所示。购买时应成对购买。麦克纳姆轮的安装方式分为：X-正方形（X-square）、X-长方形（X-rectangle）、O-正方形（O-square）、O-长方形（O-rectangle）。其中，X 和 O 表示四个轮子与地面接触的轱子所形成的图形，正方形与长方形指的是四个轮子与地面接触点所围成的形状。麦克纳姆轮的安装示意图如图 1-15 所示。

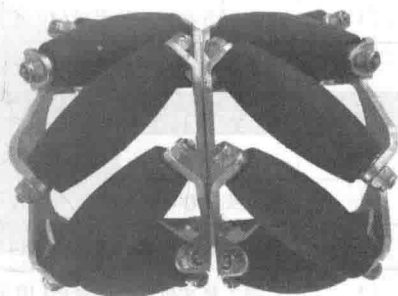


图 1-14 两个叠在一起的麦克纳姆轮

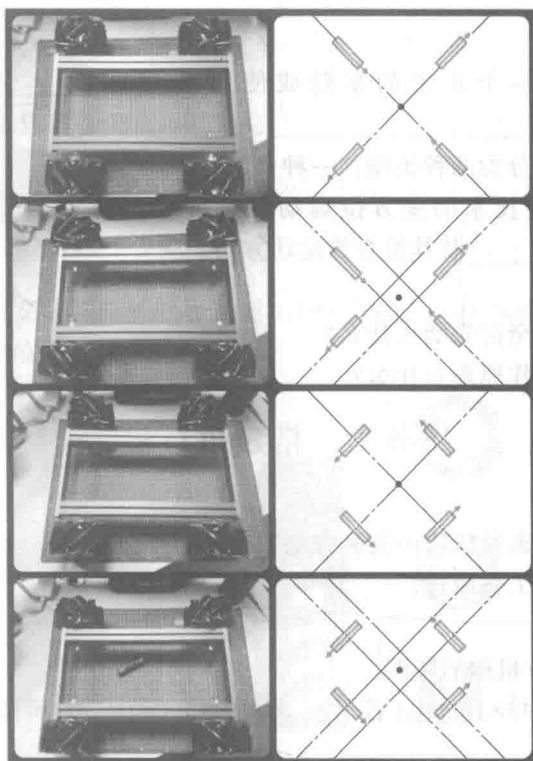


图 1-15 麦克纳姆轮的安装示意图

六、评价反馈

基本素养(30分)				
序号	评价内容	自评	互评	师评
1	纪律(无迟到、早退、旷课)(10分)			
2	安全规范操作(10分)			
3	团结协作能力、沟通能力(10分)			
理论知识(20分)				
序号	评价内容	自评	互评	师评
1	掌握各种机构的组成(10分)			
2	掌握机构搭建的原则(10分)			
技能操作(50分)				
序号	评价内容	自评	互评	师评
1	独立完成移动机构搭建方案设计(15分)			
2	独立完成移动机构搭建任务(15分)			
3	机器人移动机构搭建讲述(10分)			
4	移动机构搭建的心得分享(10分)			
综合评价				

七、练习与思考题

1. 填空题

- 1) 全向轮可以像一个正常的车轮或使用滚轮的_____滚动，它适用于_____、_____、_____、_____等设备。
- 2) 全向轮通常可以分为两种类型：一种是_____，另一种是_____。
- 3) 基于麦克纳姆轮技术的全方位运动设备可以实现_____、_____、_____及其组合等运动方式。

2. 简答题

- 1) 什么是全向轮，全向轮能做什么？
- 2) 麦克纳姆轮的工作原理是什么？

任务二 搭建执行机构

一、学习目标

- 1) 掌握提升机构、夹紧机构的安装方法。
- 2) 熟悉执行机构的工作原理。

二、工作任务

进行移动机器人执行机构的装配。

所需的零件：螺栓 M3×10mm（若干）、螺母 M3（若干）。所需的工具：

内六角扳手、呆扳手。



搭建执行机构

三、实践操作

1. 提升机构的安装

在移动机器人移动机构前梁上安装四个角件，用来安装装有导轨的 C 形型材，如图 1-16 所示。角件的安装位置如图 1-17 所示，安装时注意连接部分应安装四个螺钉。装有导轨的 C 形型材与角件的固定如图 1-18 所示。



图 1-16 装有导轨的 C 形型材

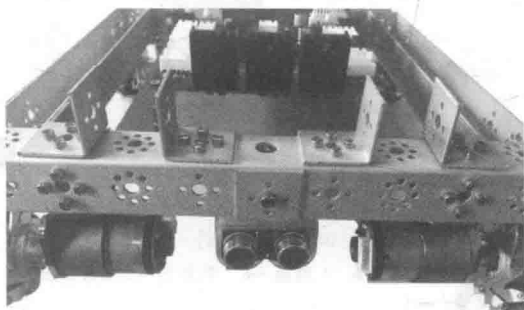


图 1-17 角件的安装位置



图 1-18 装有导轨的 C 形型材与角件的固定



图 1-19 滚珠丝杠

安装完型材后，开始安装滚珠丝杠（见图 1-19），安装过程如图 1-20～图 1-26 所示。滚珠丝杠是通过卡扣固定在前梁上的。

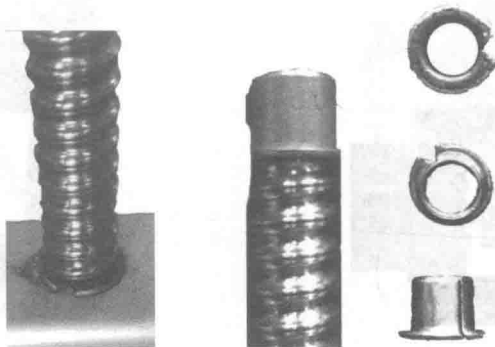


图 1-20 滚珠丝杠的固定

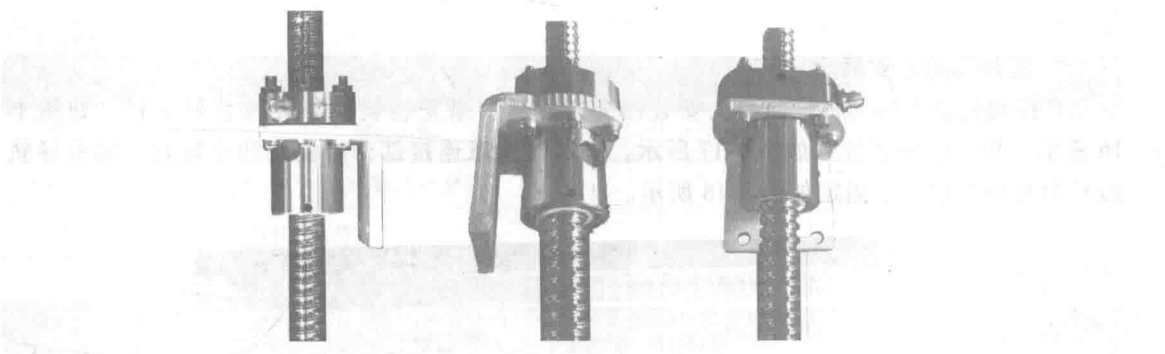


图 1-21 法兰与滚珠丝杠用螺栓固定

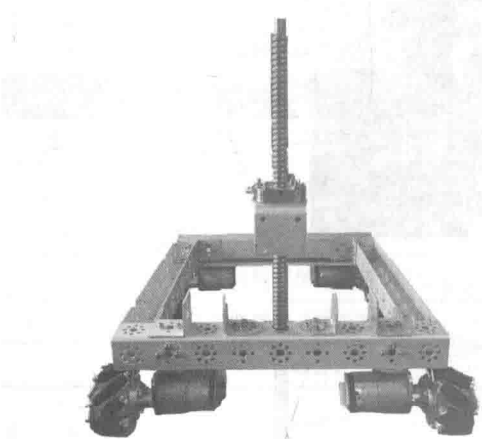


图 1-22 将滚珠丝杠安装在移动机构上

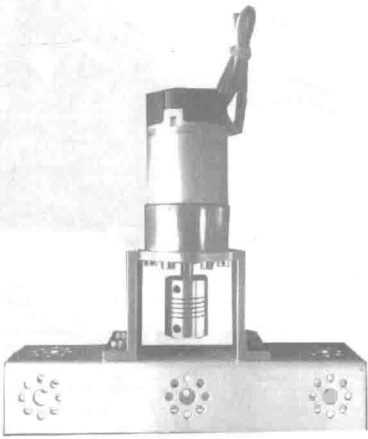


图 1-23 安装提升电动机

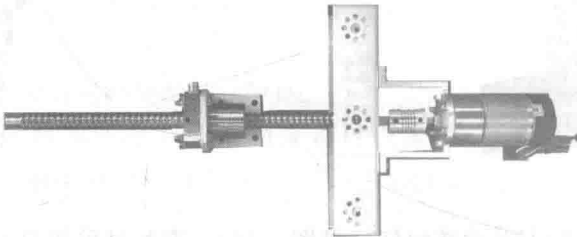


图 1-24 将提升电动机安装在滚珠丝杠顶端

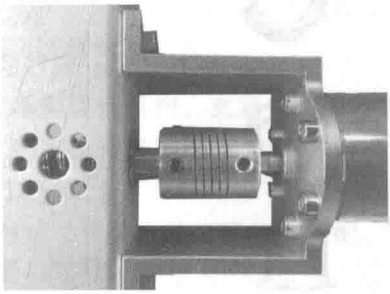


图 1-25 拧紧紧固螺钉

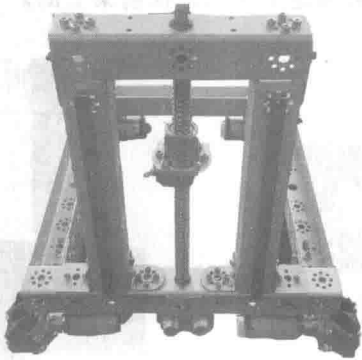


图 1-26 提升机构安装完成

2. 长臂执行机构的装配

长臂执行机构的装配过程如图 1-27~图 1-31 所示。

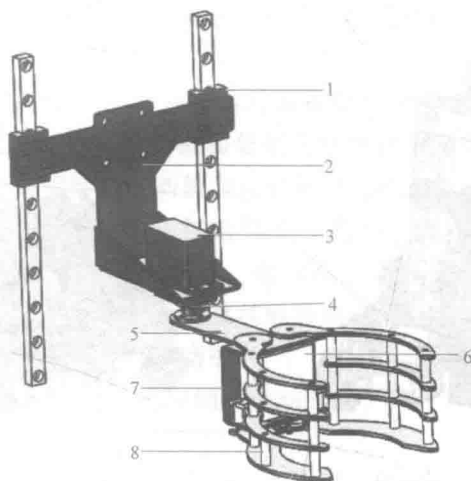


图 1-27 长臂执行机构装配简图

1—滚珠滑块 2—连接件 3—舵机 1 4—金属盘 5—长臂
6—舵机 2 7—舵机固定件 8—手爪

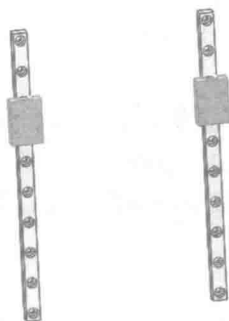


图 1-28 安装滚珠滑块

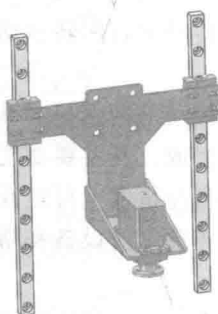


图 1-29 安装连接件及舵机

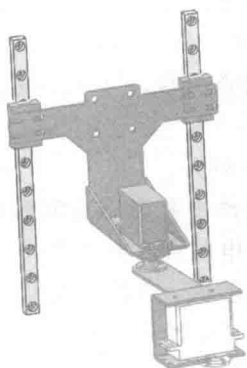


图 1-30 安装长臂及舵机

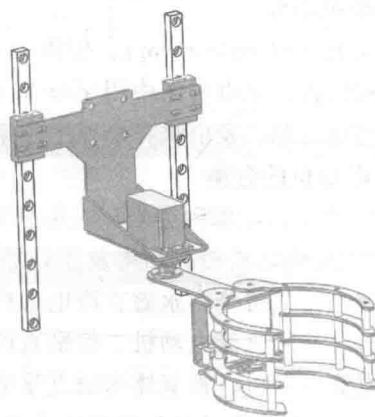


图 1-31 安装手爪

之后，将移动机构安装在移动机器人上，装配完成后的效果如图 1-32 所示，实物如图 1-33 所示。

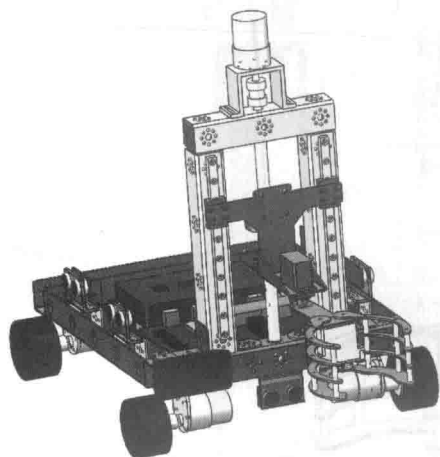


图 1-32 完整装配效果图

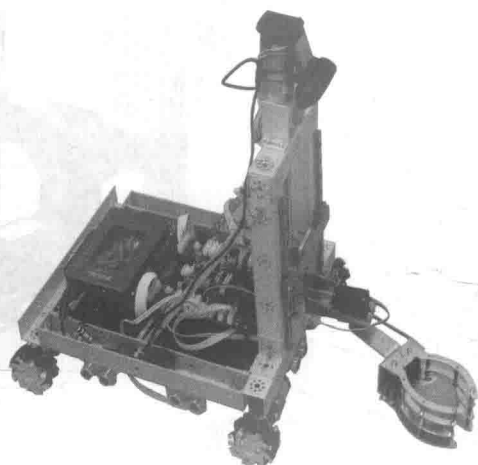


图 1-33 完整装配实物图

四、问题探究

① 什么是滚珠丝杠传动？

滚珠丝杠传动是将回转运动转化为直线运动，或将直线运动转化为回转运动的理想传动形式。

滚珠丝杠传动是精密机械中最常用的传动方式，由丝杠、螺母、钢球、预压片、反向器、防尘器等组成，其主要功能是将旋转运动转换成线性运动，或将扭矩转换成轴向反复作用力，同时兼具高精度、可逆性和高效率的特点。由于具有很小的摩擦阻力，滚珠丝杠传动被广泛应用于各种工业设备和精密仪器。

五、知识拓展

移动机器人的执行机构包括导向机构、传动机构、动力机构，下面对该典型移动机器人涉及的动力机构做进一步的介绍。

1. 电机简介

电动机 (Electric motor)，俗称“马达”，是指依据电磁感应定律将电能转化为机械能的一种电磁装置，在电气图中用字母 M 表示。它的主要作用是产生驱动转矩，作为电器或各种机械的动力源。发电机在电路中用字母 G 表示，它的主要作用是将机械能转化为电能。

2. 电动机的分类

(1) 按工作电源种类划分 可分为直流电动机和交流电动机。

1) 直流电动机按其结构及工作原理可分为无刷直流电动机和有刷直流电动机。其中，有刷直流电动机可分为永磁直流电动机和电磁直流电动机，电磁直流电动机又可分为串励直流电动机、并励直流电动机、他励直流电动机和复励直流电动机。永磁直流电动机可分为稀土永磁直流电动机、铁氧体永磁直流电动机和铝镍钴永磁直流电动机。

2) 交流电动机可分为单相交流电动机和三相交流电动机。

(2) 按结构和工作原理划分 可分为直流电动机、异步电动机和同步电动机。