

直角坐标机器人结构设计

摘要

随着现代工业的不断发展，不但使传统工业的生产发生了根本性的变化，而且也对人类社会的生产产生了重大的影响。机器人作为现代工业生产的一种工具，不仅大大的提高了生产力，而且把人从各种生产环境中解放出来。目前，许多国家的工业机器人技术得到很好的发展，我国也在进行深入的研究和开发。本文主要是设计一个搬运工件的直角坐标机器人，它可以应用在自动化生产线上与人工相比具有速度快、定位精度准确的特点，具有很强的实用性能。作为直角坐标机器人结构设计，本文用了第二、三、四章详细阐述了设计过程，第五章简要介绍了机器人的控制部分，第六对机器人进行了效果分析，并总结了直角坐标机器人的特点。设计不拘泥于常规，使产品具有更广阔的发展空间，必将成为机器人的发展趋势。

Cartesian Robot Design

Abstract

With the continuous development of modern industry, not only the production of traditional industries has undergone a fundamental change, but also the production of human society has had a major impact. Robot as a tool of modern industrial production, not only greatly increase the productivity and the production environment from a variety of liberation. Currently, many countries have very good industrial robot technology development, China is also in-depth research and development. Porters of this paper is to design a piece of the Cartesian coordinate robot, which can be used in automated production lines and artificial compared to fast, accurate positioning accuracy characteristics, with strong practical performance. As the design of the right-angle coordinate robot, the text uses the second the third and the fourth chapters to say the process of the design. The fifth chapter briefly describes some of the robot's control. The sixth chapters carried out effectiveness analysis and summarizes the characteristics of a Cartesian coordinate robot. The design makes the products have much more development, which must be the current of robot's development.

Key words: Straight line Cartesian coordinate Structure

目 录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
一 绪 论.....	0
1.1 直角坐标机器人概念.....	0
1.2 直角坐标机器人的应用及分类.....	2
1.3 当前机器人技术的发展.....	2
1.3.1 机器人发展的概况.....	2
1.3.2 直角坐标机器人的发展情况.....	5
1.4 设计基本步骤.....	5
1.5 本文研究的主要内容.....	6
二 直角坐标机器人的工作原理.....	7
2.1 实现三个自由度运动的基本原理.....	7
2.2 末端执行器抓取工件的基本原理.....	7
2.2.1 概述.....	7
2.2.2 手指式手部的工作原理.....	8
三 直角坐标机器人结构设计.....	10
3.1 直角坐标机器人外形方案的确定.....	10
3.2 直角坐标机器人传动及驱动方式的选择.....	10
3.2.1 直角坐标机器人传动方式的选择.....	10
3.2.2 直角坐标机器人驱动方式的选择.....	11
3.3 直角坐标机器人外形尺寸的确定.....	11
3.4 传动部件、驱动部件类型及主要参数的选择.....	12
3.4.1 传动部件参数的选择.....	12
3.4.2 驱动部件的选择.....	19
3.5 其它辅助部件的设计.....	22
3.5.1 直线导轨的选择.....	22
3.5.2 滚动轴承的选择.....	23
3.5.3 机器人拖链的选择.....	24
3.5.4 其它部件的设计.....	24
3.6 机械手结构设计.....	24
3.6.1 机械手的结构特点.....	24
3.6.2 机械手的手部尺寸及抓取范围.....	25
3.6.3 机械手传动装置的设计.....	25

3.6.4 机械手驱动装置的选择..... 27
3.6.5 机械手其它部件的选择..... 27

四 机器人的校核及结构的可靠性分析..... 28

4.1 轴承的校核..... 28
4.2 各主要功能部件的可靠性分析..... 28
4.3 各自由度间连接件的可靠性分析..... 29
4.4 轴的校核计算..... 30

五 机器人的控制..... 32

5.1 步进电机的概况..... 32
5.2 步进电机的工作原理..... 32
5.3 步进电机的控制..... 33

六 直角坐标机器人的效果分析及技术评价..... 34

6.1 直角坐标机器人的效果分析..... 34
 6.1.1 直角坐标机器人与人工操作的比较..... 34
 6.1.2 采用机器人工作带来的问题..... 34
6.2 直角坐标机器人结构的技术评价..... 34
 6.2.1 整体结构技术评价..... 34
 6.2.2 零件的技术分析..... 35

参考文献..... 37

一 绪论

1.1 直角坐标机器人概念

直角坐标机器人概念：

工业应用中，能够实现自动控制的、可重复编程的、多功能的、多自由度的、运动自由度建成空间直角关系、多用途的操作机。它能够搬运物体、操作工具，以完成各种作业。关于机器人的定义随着科技的不断发展，在不断的完善，直角坐标机器人作为机器人的一种，其含义也在不断的完善中。

典型直角坐标机器人图一

直角坐标机器人的特点：

- 1、自由度运动，每个运动自由度之间的空间夹角为直角；
- 2、自动控制的，可重复编程，所有的运动均按程序运行；
- 3、一般由控制系统、驱动系统、机械系统、操作工具等组成。
- 4、灵活，多功能，因操作工具的不同功能也不同。
- 5、高可靠性、高速度、高精度。
- 6、可用于恶劣的环境，可长期工作，便于操作维修。

直角坐标机器人的应用：

因末端操作工具的不同，直角坐标机器人可以非常方便的用作各种自动化设备，完成如焊接、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码、（软仿型）喷涂、目标跟随、排爆等一系列工作。特别适用于多品种、便批量的柔性化作业，对于稳定提高产品质量，提高劳动生产率，改善劳动条件和产品的快速更新换代起着十分重要的作用。

直角坐标机器人的应用图二

随着直角坐标机器人的应用越来越广泛，直角坐标机器人的设计工作日益显得重要。成功的设计一台直角坐标机器人涉及到很多方面的工作，包括机械结构、动力驱动、伺服控制等等。沈阳力拓自动化控制技术有限公司有着多年直角坐标机器人技术应用、数控技术和产品研发经验，我们依托德国 Bahr 公司直线定位系统性及机械手臂开发出

了价比优良的系列数控直角坐标机器人，被广泛地应用在汽车、电子、电器、检测、医疗、航天、食品等各个领域的生产线上。

下面我们就对直角坐标机器人的设计进行一个简要的阐述。

一、机器人设计特点：

1、机器人的设计是一个复杂的工作，工作量很大，涉及的知识面很多，往往需要多人完成。

2、机器人设计是面向客户的设计，不是闭门造车。设计者需要经常和用户在一起，不停分析用户要求，寻求解决方案。

3、机器人设计是面向加工的设计，再好的设计，如果工厂不能加工出产品，设计也是失败的，设计者需要掌握大量的加工工艺及加工手段。

4、机器人设计是一个不断完善的过程。

二、机器人设计流程：

1、使用要求的分析：每一个机器人都是根据特定的要求的产生而设计的，设计的第一步就是要将使用要求分析清楚，确定设计时需要考虑的参数，包括：

机器人的定位精度，重复定位精度；

机器人的负载大小，负载特性；

机器人运动的自由度数量，每自由度的运动行程；

机器人的工作周期或运动速度，加减速特性；

机器人的运动轨迹，动作的关联；

机器人的工作环境、安装方式；

机器人的运行工作制、运行寿命；

其他特殊要求；

工业自动化的历史是以技术手段的快速更新为特征的。这种自动化技术的更新不论是看作世界经济发展的诱因还是结果，都和世界经济密切相关。工业机器人在 20 世纪 60 年代毫无疑问是一种独特的设备，将其和计算机辅助设计（CAD）系统、计算机辅助制造（CAM）系统结合在一起应用，这是现代制造业自动化的最新发展趋势。这些技术起码在引导工业自动化向一个新的领域过渡[1]。

机器人的使用量增长的主要原因是价格不断降低。在 20 世纪 90 年代的十年间，机器人价格降低而劳动力成本增加。机器人不仅越来越便宜，而且它们在工业领域变得更

加有效——速度更快、操作更准确、更富有柔性。如果在成本统计中将质量因素考虑在内，应用机器人的成本将比它的实际下降快得多。由于机器人作业变得愈加有效，而劳动力成本不断升高，因此工业中越来越多的作业更适合于应用机器人自动化。这是工业推动机器人发展的主要因素。其次是非经济因素造成的，随着机器人作业能力的增强，它们可以完成更加危险或不可能完成的工作。

机器人的使用不仅提高了生产效率而且增强了工作范围。在许多领域中用到机器人搬运，如在汽车制造、食品包装、化学医药、电子器件等。而直角坐标机器人在码垛机和搬运机使用越来越多，其特点是负载范围大，小到几公斤，大到几吨；运行速度快，且速度可调整；动作灵活，可完成复杂的任务；可靠性高，维护简单。

1.2 直角坐标机器人的应用及分类

因末端操作工具的不同，直角坐标机器人可以非常方便的用作各种自动化设备，完成如焊接、搬运、上下料、包装、码垛、拆垛、检测、探伤、分类、装配、贴标、喷码、打码、（软仿型）喷涂、目标跟随、排爆等一系列工作。特别适用于多品种，便批量的柔性化作业，对于稳定，提高产品质量，提高劳动生产率，改善劳动条件和产品的快速更新换代起着十分重要的作用。

1、按用途分为：焊接机器人、码垛机器人、涂胶（点胶）机器人、检测（监测）机器人、分拣机器人、装配机器人、排爆机器人、医疗机器人、特种机器人等。

2、按结构形式分为：壁挂（悬臂）机器人、龙门机器人、倒挂机器人等

3、按自由度分为：两坐标机器人、三坐标机器人、四坐标机器人、五坐标机器人、六坐标机器人。[2]

1.3 当前机器人技术的发展

1.3.1 机器人发展的概况

个人机器人——PR(Personal Robot)现在还是一个梦想。机器人研究涉及的学科涵盖机械、电子、传感器、驱动与控制等多个领域，过去，对机器人行业有过重大贡献的人数不胜数。不过，从简单的时间线已经能够看出，从第一代工业机器人、第二代带

有“感觉”的机器人到第三代智能机器人，机器人的体积越来越小，与 PC 结合得越来越紧密。说不定，PR 就快成为现实了。

以下为1920年至今机器人发展简史：

1920 年 捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中，根据 Robota(捷克文，原意为“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文，原意为“工人”)，创造出“机器人”这个词。

1939 年 美国纽约世博会上展出了西屋电气公司制造的家用机器人 Elektro。它由电缆控制，可以行走，会说77个字，甚至可以抽烟，不过离真正干家务活还差得远。但它让人们家用机器人的变得更加具体。

1942 年 美国科幻巨擘阿西莫夫提出“机器人三定律”。虽然这只是科幻小说里的创造，但后来成为学术界默认的研发原则。

1948 年 诺伯特·维纳出版《控制论》，阐述了机器中的通信和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律，率先提出以计算机为核心的自动化工厂。

1954 年 美国人乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人，并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作，因此具有通用性和灵活性。

1956 年 在达特茅斯会议上，马文·明斯基提出了他对智能机器的看法：智能机器“能够创建周围环境的抽象模型，如果遇到问题，能够从抽象模型中寻找解决方法”。这个定义影响到以后30年智能机器人的研究方向。

1959 年 德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台工业机器人。随后，成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation 公司。由于英格伯格对工业机器人的研发和宣传，他也被称为“工业机器人之父”。

1962 年 美国 AMF 公司生产出“VERSTRAN”(意思是万能搬运)，与 Unimation 公司生产的 Unimate 一样成为真正商业化的工业机器人，并出口到世界各国，掀起了全世界对机器人和机器人研究的热潮。

1962 年-1963年 传感器的应用提高了机器人的可操作性。人们试着在机器人上安装各种各样的传感器，包括1961年恩斯特采用的触觉传感器，托莫维奇和博尼1962年在世界上最早的“灵巧手”上用到了压力传感器，而麦卡锡1963年则开始在机器人中加入视觉传感系统，并在1965年，帮助 MIT 推出了世界上第一个带有视觉传感器，能识别并定位积木的机器人系统。

1965 年 约翰·霍普金斯大学应用物理实验室研制出 Beast 机器人。Beast 已经能通过声纳系统、光电管等装置，根据环境校正自己的位置。20世纪60年代中期开始，美国麻省理工学院、斯坦福大学、英国爱丁堡大学等陆续成立了机器人实验室。美国兴起研究第二代带传感器、“有感觉”的机器人，并向人工智能进发。

1968 年 美国斯坦福研究所公布他们研发成功的机器人 Shakey。它带有视觉传感器，能根据人的指令发现并抓取积木，不过控制它的计算机有一个房间那么大。Shakey 可以算是世界第一台智能机器人，拉开了第三代机器人研发的序幕。

1969 年 日本早稻田大学加藤一郎实验室研发出第一台以双脚走路的机器人。加藤一郎长期致力于研究仿人机器人，被誉为“仿人机器人之父”。日本专家一向以研发仿人机器人和娱乐机器人的技术见长，后来更进一步，催生出本田公司的 ASIMO 和索尼公司的 QRIO。

1973 年 世界上第一次机器人和小型计算机携手合作，就诞生了美国 Cincinnati Milacron 公司的机器人 T3。

1978 年 美国 Unimation 公司推出通用工业机器人 PUMA，这标志着工业机器人技术已经完全成熟。PUMA 至今仍然工作在工厂第一线。

1984 年 英格伯格再推机器人 Helpmate，这种机器人能在医院里为病人送饭、送药、送邮件。同年，他还预言：“我要让机器人擦地板，做饭，出去帮我洗车，检查安全”。

1998 年 丹麦乐高公司推出机器人(Mind-storms)套件，让机器人制造变得跟搭积木一样，相对简单又能任意拼装，使机器人开始走入个人世界。

1999 年 日本索尼公司推出犬型机器人爱宝(AIBO)，当即销售一空，从此娱乐机器人成为目前机器人迈进普通家庭的途径之一。

2002 年 丹麦 iRobot 公司推出了吸尘器机器人 Roomba，它能避开障碍，自动设计行进路线，还能在电量不足时，自动驶向充电座。Roomba 是目前世界上销量最大、最商业化的家用机器人。

2006 年6月，微软公司推出 Microsoft Robotics Studio，机器人模块化、平台统一化的趋势越来越明显，比尔·盖茨预言，家用机器人很快将席卷全球。

1.3.2 直角坐标机器人的发展情况

随着机器人技术的发展，直角坐标机器人技术在[码垛机](#)上的使用越来越多。直角坐标机器人作为执行机构，具用控制方便，执行动作灵活，可以实现复杂的空间轨迹控制。沈阳力拓自动化控制技术有限公司在多年机器人技术应用、数控技术和产品研发基础上，依托德国 BAHR 公司直线定位系统性及机械手臂开发出了价比优良的系列数控搬运、码垛、装配机器人，广泛应用在金属冶金、汽车制造、食品加工、电子等行业上，是航空、汽车等行业重要的装备。

在金属浇注领域，[码垛机](#)有着广泛的应用和需求。下面就是依据客户要求开发的一台在铝锭浇注生产线上工作的直角坐标机器人，其特点是负载范围大，小到几公斤，大到几吨；运行速度快，且速度可调整；动作灵活，可以完成复杂的码垛任务；可靠性高，维护简单

直角坐标机器人是工业机器人的一种，它已经广泛的应用于自动化生产中，它具有结构简单，运动直观性强，坐标方向位置精度容易控制，漂浮物精度较高；制造安装高速方便，容易实现数字控制。缺点是占据空间大而相应的工作范围较小。适用上下装卸工件和传送物料，易于成行排列布置与传送带配合使用。

1.4 设计基本步骤

在设计直角坐标机器人的结构主要有以下几个步骤

(1) 了解机器人及其相关技术

由于目前机器人的数量还比较少并且应用不十分广泛，所以对机器人了解只是理论上的一些了解，并不十分系统。再进行结构设计之前，了解机器人的基本组成形式，各机器人都有什么样的特点，并且在工业生产中的具体工作形式。

(2) 了解直角坐标机器人的主要用途

机械设计的目的就是为了满足生产的需要，因此了解设计对象的主要用途是进行设计的必要准备。

(3) 根据用途运用所学知识进行结构设计

由于在毕业实习的时候没有看到过直角坐标机器人的具体结构，通过对 CA6140 机床刀架的观察和分析，根据其运动原理进行直角坐标机器人的结构设计。按照三个自由度进行设计，如空间一个物体在直角坐标系中运动，分为 x、y、z 三个方向的运动。

(4) 融入我的设计思想使设计更具有特色

由于直角坐标机器人相对其它各类的机器人应用较为广泛，并已是成型的产品，为了培养自己的创新能力，在设计时提出了自己的设计思想使结构更加的合理。

1.5 研究的主要内容

门式直角坐标机器人设计为主线，来研究直角坐标机器人的工作原理、结构形式。其三个自由度的运动基本原理很相似，在设计时为了使设计更加的多样化，采用不同的传动方式，第一、二自由度采用同步带传动，而第三自由自由度采用丝杠传动。第一、二自由度结构相似利于制造加工。随着科学技术的迅猛发展工业机器人得到了更为广泛的应用，特别是直角坐标机器人在数控加工中心中应用十分广泛，它已经成为自动化生产的重要组成总部分。本文的第二、三、四章重点介绍设计过程。

二 直角坐标机器人的工作原理

2.1 实现三个自由度运动的基本原理

直角坐标机器人的主要功能就是能够使得末端执行器到达空间指定位置。待实现的工作空间大都为矩形空间。由笛卡尔坐标系的知识可知空间中的任意一点可以分别由X、Y、Z 方向三个点的集合来表示。因此为了研究问题方便，可以把空间任意两点的曲线运动简化为分别在三个自由度方向的直线运动。

能够实现直线运动的原理有很多，在机械产品中得到应用的有以下几种，下表为它们之间传动性能的比较：

表 2-1 传动性能对比表

方案	优点	缺点
滚珠丝杠	传动精度高，且速度平稳。摩擦阴力小，轴向冲击，钢性较好，可以传递较大扭力，位置准确	传动速度较慢，且机构不能自锁，长度较大时承受径向载荷能力差
齿轮齿条	传递的功率大、速度范围广、效率高、工作可靠、寿命长、结构紧凑、能保证恒定传动比	制造及安装精度要求高，成本高，不适于两轴中心距过大的传动
同步带传动	传动准确，平稳，噪音小，可获得恒定速比，且速比范围大，允许线速度高，传动结构紧凑	对中心及其尺寸稳定性要求较高
液压传动	可产生较大轴向力，传动速度快	结构复杂，维护困难，整个装车质量大。工作介质对周围条件反映敏感，直接影响定位精度
气压传动	瞬间产生很大轴向力，传动速度快	对传动时间要求不易过长，密封困难

通过以上的分析，在本次设计中采用选择滚珠丝杠传动与同步带传动方式。

2.2 末端执行器抓取工件的基本原理

2.2.1 概述

机械手种类很多。按其抓取方式主要分为以下两种：

- (1) 吸附式

①空气负压吸盘

②磁力吸盘

(2) 手指式

①平移式

②回转式

针对众多的结构形式，选择的方法其实很简单。大部分是根据特定工作的要求专门设计的。例如，当确定手部大小、形状，手指个数以及动作自由度时，必须考虑被抓取物件的大小、形状、重量、材质、外力的物理条件以及旋转环境等。而这些又决定手部的抓取机能，即约束性、操作性和感觉性。[1]

约束性是指手爪对工件的约束和握紧程度。例如，广泛使用的二指手爪，在抓取水平旋转的圆棒工件时，手指只对圆棒半径方向进行约束，而轴向约束是借助手指与圆棒工件之间的摩擦力来实现的。如果施加一个较大的轴向外力，工件就可能从手指中滑落出去。同样，圆棒工件圆周方向的回转也是靠摩擦力来限制的。

操作性是指手爪能够抓取的物件的几何特性，包括极限尺寸形状以及在抓取不同形式圆棒时能否保持同一中心线的同心特性。

感觉性是指手指对工件的控制能力定位精度等。例如，是否使用传感器，有无力学反馈等。最简单的一各形式利用微型开关来检测判断是否抓住工件。

在某种场合，一台机器人可以备有多种形状、用途和机能不同的数种可换手爪。

由于本次设计的工件是 1~3kg 的小工件所以综合各各方面考虑，选择手指式手部。

2.2.2 手指式手部的工作原理

手指式手部是由手指传动机构的驱动装置三部分组成，它对抓取工件的形状具有较大的适用性，可以抓取轴盘套类零件，一般情况下多采用二指，少数为三指或多指。驱动装置是为传动机构提供动力的，驱动源有液压、气动、电动等常见的传动机构往往通过滑槽、斜面、齿轮齿条、连杆等推动杠杆机构实现加紧或松开。

(1) 手指式手部的分类

①按运动形式可分为平稳型和回转型两种。平移型手指的张开闭合靠手指的平行移动，适用于夹持平板、方料。在夹持不同的圆棒工件时，不会引起中心位置的偏移。但这种手指的结构比较复杂，体积大，要求加工精度高。回转型指部的张开和闭合靠指根

部的回转运动实现。驱轴支点为一个的，称为单支点回转型，为两个的，称双支点回转型。这种手指结构简单，形状小巧，但夹持不同工件会产生定位误差。

②按手指关节可分为无关节型、固定关节型和自由关节型。无关节指是一个平指构件，固定关节是指本件是一个具有固定弯曲角度的构件，一般成折线状。自由体关节本体分为指根和指尖两部分比较复杂。

③按指端形状可分为：V型指，主要夹持圆柱形工件；平面指，夹持方形、板状和细小棒类工件；其它形状如圆形、钩型、尖型及其它与工件相适应特型指。

④按指面形式可分为：光滑型，指面平整光滑，用来夹持已加工完成表面光整的工件，避免碰伤；齿型，指面上有齿纹，增加摩擦力，确保夹紧牢靠，多用于夹持粗坯、半成品工件；柔性型，指面使用橡胶，增大摩擦力、保护工件表面作用。

(2) 对手指式手部的基本要求

①手指加紧力大小适宜，力量过大则动力消耗多，结构也庞大，不经济，甚至损坏工件；力量过小则夹持不住或产生松动、脱落。

②应具有足够的开闭角度或开闭距离，便于抓取和退出工件。

③应无可否认工件能准确定心或定位。

④在保证本身强度的前提下，尽可能使结构紧凑，重量轻，以利于减轻总负载。

⑤手部结构应能适应工作环境提出的特殊要求。如耐高温、耐腐蚀、能承受锻锤冲击力等。

通过以上的分析，同时考虑本设计的特点，本设计选择回转式手臂和直型指的结构。至于具体尺寸以及其它的设计计算问题将在下第三章中详细说明。

三 直角坐标机器人结构设计

主要系统的介绍直角坐标机器人的结构设计过程。其中包括各零部件形状以及主要设计参数的选择。为了使读者更好的了解直角坐标机器人的结构，依据实际产品的设计过程为主线来安排本章的结构。

3.1 直角坐标机器人外形方案的确定

目前直角坐标机器人主要有两种结构形式。一种是门式直角坐标机器人，另一种是臂式直角坐标机器人。哪下表所示它们各自有特点：

表 3-1 两种机器人性能对比表

类型	优点	缺点
门式直角坐标机器人	可承受较大载荷，结构稳定	占据空间大
悬臂式破解坐标机器人	使用灵活方便，占据空间小	具有悬臂梁结构除第一根轴安装在基础上外其余各轴行程不易过长

鉴于此，选择了其中一种即门式直角坐标机器人进行结构设计。在这里需要指出的是，两种结构还存在一个共同的缺点就是一台机器人只能对应唯一的工作空间。

3.2 直角坐标机器人传动及驱动方式的选择

3.2.1 直角坐标机器人传动方式的选择

直角坐标机器人的母体（即三个自由度部件）的传动方式大体有四种，分别是滚珠丝杠传动方式、齿轮齿条传动方式、同步带传动方式、以及液压传动方式。在设计中选择了滚珠丝杠传动方式与同步带传动方式主要是因为滚珠丝杠具有精度高、摩擦阻力小、定位精度高，而同步带具有传动平稳、结构紧凑、可靠性能好的特点。至于其它方式在第二章中以做了详细的介绍，在这里就不重述了。

3.2.2 直角坐标机器人驱动方式的选择

直角坐标机器人的驱动系统是直接驱动使各运动部件动作的机构，对于机器人的性能的功能影响很大。如果没有有效的伺服驱动系统，无论机器人具有多高的智能和优越的传感器，也是无济于事的。

直角坐标机器人的驱动方式有三种：液压、电动和气压。这三种方式的比较如表 3-2 给出

表 3-2 三种驱动方式的特点比较表

项目	液压	气动	电动
输出力	油液压力大，抓取重量可达 100~800kg	压力较小，抓取重量一般小于 30kg	可得到中小程度输出力抓取重量为 1~200kg
传动性能	传动平稳，无冲击，反应灵敏，最高速度可达 2m/s	可达较高的速度，但高速时冲击较大	动作速度低。最高 1m/s
控制性能	可实现无级调速，达到较高定位精度	低速时不易控制，定位精度	步进、伺服电机的定位也较高
使用维护性能	温度对介质影响大，间接影响工作性能，会有不同程度漏油	适合在恶劣条件下工作，排气噪声大	使用维护方便
体积重量	在同样输出力的条件下体积小	压力小，体积大，输出力小	电机本身体积小减速装置体积大
寿命	润滑性能好，寿命长	空气无润滑性，寿命短	寿命较长
应用	适于抓取重量较大的机械手，可实现连续轨迹控制	抓取质量不易太大，但要求速度快	可适用于程序复杂运动要求严格的机器人

通过以上的比较可以看出，液压驱动方式具有输出力大、速度快、易控制、定位精度高的优点，但是液压系统较为复杂，同时对环境要求高。随着步进、伺服电机的发展，电动驱动逐渐体现出它的优点：动力源简单、维护使用方便又便于与计算机对接，能实现精确控制。鉴于以上的原因，选择了电伺服驱动的方式。对于门式直角坐标机器人，采用单边驱动的方式。

3.3 直角坐标机器人外形尺寸的确定

在设计之初，设计的参数为 0.8m×0.6m×0.3m。搬运工作质量为 1~2kg。根据以上的

设计要求初步估算各自由度部件的尺寸，如图 3-1 所示：

这里需要指出的是，第一自由度用户需要的行程 800mm 而设计的长度近 1.3 米。如果第一处、自由度的跨度较大，则需要第二自由度的跨度相应增大，以减小阻力矩的影响。所以第一自由度的跨度为 600mm，第二自由度的跨度为 300mm。经验表明，如果采用单边驱动方式，则相邻自由度跨度之比小于 3：1。

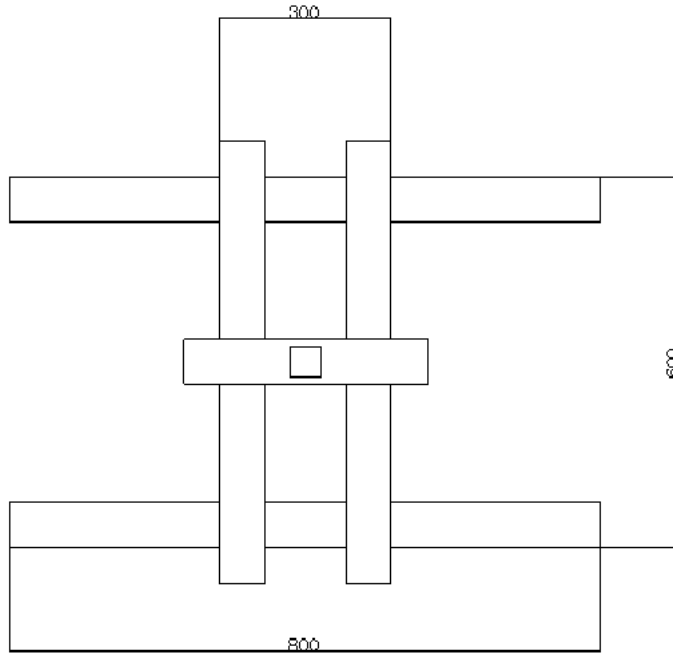


图 3-1 结构尺寸

3.4 传动部件、驱动部件类型及主要参数的选择

3.4.1 传动部件参数的选择

由于选择了滚珠丝杠和同步带传动方式，应设计滚珠丝杠和同步带的主要参数。在计算之前，先将各自由度的负载估算台下：第一自由度负载 80kg；第二自由度负

载 50kg; 第三自由度负载 20kg。

(1) 第一自由度传动部件的选择:

第一自由度带所受到的力主要上摩擦力, 由第一自由度的负载估算为 80kg, 在这里估算所受力为 60N, 要求带传动的最高速度为 0.5m/s, 传送的功率估计为 500W, 带轮转速 100r/min。

1) 设计功率 P_d

$$\text{由表[4, 14.1-55]查得 } K_A = 1.5 \quad P_d = K_A P = 1.5 \times 0.5 \text{ KW} = 0.75 \text{ KW}$$

2) 选定带型和节距

根据 $P_d = 0.75 \text{ KW}$ 和 $n_1 = 100 \text{ r/min}$, 由图[4,14.1-14]确定为 H 型, 节距 $P_b = 12.7 \text{ mm}$

3) 确定小带轮齿数 z_1

根据带型 H 和小带轮转速 n_1 由表[4, 14.1-56]查得小带轮的最小齿数 $z_{\min} = 14$ 在这里取 $z_{\min} = 18$

4) 小带轮节圆直径 d_1

$$d_1 = \frac{z_1 P_b}{\pi} = \frac{18 \times 12.7}{\pi} \text{ mm} = 72.77 \text{ mm}$$

由表[4, 14.1-60]查得其外径 $d_{a1} = d_1 - 2\delta = (72.77 - 1.372) \text{ mm} = 71.39 \text{ mm}$

5) 在这里大带轮和小带轮相同, 传动比为 1 因此大带轮的外径与小带轮相同所以有

$$d_2 = 72.77 \text{ mm} \quad d_{a2} = 71.39 \text{ mm}$$

6) 带速 v

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 72.77 \times 100}{60 \times 1000} = 0.38 \text{ m/s}$$

7) 初定轴间距 a_0

$$\text{取 } a_0 = 1200 \text{ mm}$$

8) 确定带长及齿数

$$L_0 = 2a_0 + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a_0} = [2 \times 1200 + \frac{\pi}{2}(72.77 + 72.77)] \text{mm} = 2628.61 \text{mm}$$

由表[4, 14.1-51]查得带长代号为 1100 的 H 型同步带, 其节线长 $L_p = 2794 \text{mm}$, 节线长上的齿数 $z = 112$ 。

9) 实际轴间距 a

$$a \approx a_0 + \frac{L_p - L_0}{2} = [1200 + \frac{2794 - 2628}{2}] \text{mm} = 1283 \text{mm}$$

10) 小带轮啮合齿数 z_m

$$z_m = \text{ent}[\frac{z_1}{2} - \frac{P_b z_1}{2\pi^2 \times a} (z_1 - z_2)] = \text{ent}[\frac{18}{2}] = 9$$

11) 基本额定功率 P_0

$$P_0 = \frac{(T_a - mv^2)v}{1000} \quad \text{由表[4, 14.1-58]查得 } T_a = 2100.85 \text{N}, m = 0.448 \text{kg/m}$$

$$P_0 = \frac{(2100.85 - 0.448 \times 0.38^2) \times 0.38}{1000} = 0.798 \text{KW}$$

12) 计算带宽 b_s

$$b_s = b_{s0}^{1.14} \sqrt{\frac{P_d}{K_z P_0}} \quad \text{由表[4, 14.1-57]查得 H 型带 } b_{s0} = 76.2, z_m = 9, K_z = 1$$

$$b_s = 76.2^{1.14} \sqrt{\frac{0.75}{0.798 \times 1}} \text{mm} = 72.1 \text{mm} \quad \text{由表[4, 14.1-52]查得, 应选带宽代号为 300 的 H 型}$$

带, 其 $b_s = 76.2 \text{mm}$

13) 带轮结构和尺寸

传动选用的同步带为 1100H300;

$$z_1 = z_2 = 18 \quad d_1 = d_2 = 72.77 \text{mm} \quad d_{a1} = d_{a2} = 71.39 \text{mm}$$

(2) 第二自由度传动部件的设计

为了简化设计的步骤, 第二自由度的负载小于第一自由度的负载, 在这里估算所受力为 60N, 要求带传动的最高速度为 0.4m/s, 传送的功率为 400W, 带轮转速 100r/min。

1) 设计功率 P_d

$$\text{由表[4, 14.1-55]查得 } K_A = 1.5 \quad P_d = K_A P = 1.5 \times 0.4 \text{KW} = 0.6 \text{KW}$$

2) 选定带型和节距

根据 $P_d = 0.6 \text{KW}$ 和 $n_1 = 100 \text{ r/min}$ ，由图[4,14.1-14]确定为 H 型，节距 $P_b = 12.7 \text{mm}$

3) 确定小带轮齿数 z_3

根据带型 H 和小带轮转速 n_1 由表[4, 14.1-56]查得小带轮的最小齿数 $z_{\min} = 14$ 在这里取 $z_{\min} = 16$

4) 小带轮节圆直径 d_3

$$d_3 = \frac{z_3 P_b}{\pi} = \frac{16 \times 12.7}{\pi} \text{mm} = 64.68 \text{mm}$$

由表[4, 14.1-60]查得其外径 $d_{a3} = d_3 - 2\delta = (64.68 - 1.372) \text{mm} = 63.31 \text{mm}$

5) 在这里大带轮和小带轮相同，传动比为 1 因此大带轮的外径与小带轮相同所以有

$$d_4 = 64.68 \text{mm} \quad d_{a4} = 63.31 \text{mm}$$

6) 带速 v

$$v = \frac{\pi d_3 n_3}{60 \times 1000} = \frac{\pi \times 64.68 \times 100}{60 \times 1000} = 0.34 \text{m/s}$$

7) 初定轴间距 a_0

$$\text{取 } a_0 = 1200 \text{mm}$$

8) 确定带长及齿数

$$L_0 = 2a_0 + \frac{\pi}{2}(d_3 + d_4) + \frac{(d_3 - d_4)^2}{4a_0} = [2 \times 1200 + \frac{\pi}{2}(64.68 + 64.68)] \text{mm} = 2006.28 \text{mm}$$

由表[4, 14.1-51]查得带长代号为 840 的 H 型同步带，其节线长 $L_p = 2133.6 \text{mm}$ ，节线长上的齿数 $z = 96$ 。

9) 实际轴间距 a

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/817141106112006131>