

智能机器狗结构设计

摘要

对于我们的未来生活，每个人有不同的构想，但大多数人都相信，在将来的社会，机器狗将作为家庭的一员进入我们的生活，与我们每天朝夕相处。可现在普遍存在人们心中的疑问是：将来机器狗将以何种身份进入我们的生活，是玩伴还是佣人，智能机器狗的设计就是为了将来机器狗能进入我们中国人的家庭生活，为我们的家庭生活带来欢乐。

本设计采用关节型结构，成功地设计了智能机器狗的本体结构。本机器狗具有前后行、平地侧行等基本行走功能。另外机器狗头部还装有 CD 摄影机，胸腔内部可装备内置电源和智能设备。本设计参考了狗的结构组成，使得机器狗结构尽量与狗的本体结构相似，尤其在长度配比方面。本设计的结构比较复杂，关节数目众多，为了力求优化设计，设计者兼顾了关键部件的互换性和结构紧凑的原则。所有的关节都用了 2036 型的直流伺服电机作为驱动源，充分利用伺服电机的特性。伺服电机的驱动都采用了谐波减速器机构，该减速方案减速比大、效率高，是比较理想的减速方案。

关键词：智能机器狗； 结构设计； 谐波传动

Intelligent robot dog frame design

Abstract

For our future life, everyone had different ideas, but most people believe that, in future society, the robot dog as a family into our lives, and we can now daily overnight with the common people's hearts Question is: what will be the future status of robot dog into our lives, playmates or servants, the design of intelligent robot dog is to the future robot can enter our Chinese people's family lives, for our happy family life.

The design of a joint structure, the successful design of intelligent robot dog, the body structure. The robot dog has before and after the trip, the ground adjacent to the basic operating functions. Another robot is also equipped with CD camera head, chest internal equipment can be built-in power supply, and intelligent. The reference design of the structure of the dog, making the structure as the robot dog, the dog's body similar to the structure, particularly in the area ratio of length. The design of the structure is more complicated, the large number of joints, in an effort to optimize the design, designers take into account the interchangeability of key components of the compact structure and principles. All joints are composed of a 2036-type of DC servo motor as a driver and make full use of servo motor characteristics. Servo motor drives are used harmonic reducer, the slowdown in the programme reduction ratio, high efficiency, The ideal slowdown is a good programme.

Keywords intelligent robot dog; structural design; harmonic drive

目录

摘要	I
Abstract	II
第1章 绪论	4
1.1 本课题的来源、研究目的和意义	4
1.2 国内外智能机器人的发展概况	6
1.3 本设计的主要内容	8
第2章 智能机器狗的设计	9
2.1 自由度的分配及结构方案的设计	9
2.1.1 自由度的分配	9
2.1.2 结构方案的设计	9
2.2 关节驱动方案的选择	12
2.3 传动方案的选择	13
2.3.1 传动方式	13
2.3.2 减速器和减速比的选择	13
2.3.3 电机与减速器的连接方式	16
2.4 结构特点及性能参数	17
2.4.1 智能机器狗的结构特点	17
2.4.2 智能机器狗的结构性能参数	17
第3章 部分关节部件设计计算	20
3.1 各关节力矩的计算	20
3.1.1 膝关节静力矩的计算	20
3.1.2 髋关节向前后运动自由度的静力矩的计算	20
3.1.3 髋关节左右摆动时静力矩的计算	21
3.1.4 颈关节摆动时的静力矩的计算	23
3.2 谐波传动组件的选择与计算	23
3.3 圆柱齿轮减速器组件选择与计算	23
3.4 各关节所需电机的选择与计算	24
第4章 其它部件的选择	26
第5章 成本估算和环保分析	28
5.1 成本估算	28
5.2 环保与经济分析	28
结论	30
致谢	31

参考文献.....32.....

附录..... 错误!未定义书签。.....

第 1 章 绪论

1.1 本课题的来源、研究目的和意义

本课题是机器人宠物项目之一。该项目从表演性和娱乐性方面着手，显示其存在的价值和实力，同时又是从高技术方面展现其当今科技的发展方面和前景。

智能机器狗属于机器人的范畴，要谈论机器狗，有必要先了解机器人的概况。自从七十年代工业机器人应用与工业生产以来，机器人对工业生产的发展，劳动生产率、劳动市场、环境工程都产生了深远的影响。几十年来，机器人技术以惊人的速度发展起来。第一代示教机器人已广泛应用于生产；第二代具有感知的机器人的研究已取得了很大的突破；第三代类人智能机器人的研究已成为许多国家的高科技前沿项目之一。在核工业场所，深海石油平台的维护、战场上排雷、弹药运输、火场救火等方面，机器人相对与人类来说都有很大的优越性。机器人在其他工农业领域也正有越来越广泛的应用^[1]。

随着社会的发展，社会分工越来越细，尤其在现代化的大生产中，有的人每天就只管拧同一个部位的一个螺母，有的人整天就是接一个线头，就像电影《摩登时代》中演示的那样，人们感到自己在不断异化，各种职业病开始产生。于是人们强烈希望用某种机器代替自己工作。于是人们研制出了机器人，代替人完成那些枯燥、单调、危险的工作。由于机器人的问世，使一部分工人失去了原来的工作，于是有人对机器人产生了敌意。

“机器人上岗，人将下岗。”不仅在我国，即使在一些发达国家如美国，也有人持这种观念。其实这种担心是多余的，任何先进的机器设备，都会提高劳动生产率和产品质量，创造出更多的社会财富，也就必然提供更多的就业机会，这已被人类生产发展史所证明。任何新事物的出现都有利有弊，只不过利大于弊，很快就得到了人们的认可。比如汽车的出现，它不仅夺了一部分人力车夫、挑夫的生意，还常常出车祸，给人类生命财产带来威胁。虽然人们都看到了汽车的这些弊端，但它还是成了人们日常生活中必不可少的交通工具。英国一位著名的政治家针对关于工业机器人的这一问题说过这样一段话：“日本机器人的数量居世界首位，而失业人口最少，英国机器人数量在发达国家中最少，而失业人口居高不下”，这也从另一个侧面说明了机器人是不会抢人饭碗的。

美国是机器人的发源地，机器人的拥有量远远少于日本，其中部分原因就是因为在美国有些工人不欢迎机器人，从而抑制了机器人的发展。日本

之所以能迅速成为机器人大国，原因是多方面的，但其中很重要的一条就是当时日本劳动力短缺，政府和企业都希望发展机器人，国民也都欢迎使用机器人。由于使用了机器人，日本也尝到了甜头，它的汽车、电子工业迅速崛起，很快占领了世界市场。从现在世界工业发展的潮流看，发展机器人是一条必由之路。没有机器人，人将变为机器；有了机器人，人仍然是主人。

此次机器狗的设计可以借鉴以往的步行机器人来设计，尤其是在步态行走中，机器人的步态是在步行过程中，机器人各个关节在时序和空间上的一种协调关系，通常由各关节的运动轨迹来描述。步态规划的目标是产生期望步态，即产生在某个步行周期中能够实现某种步态的各关节运动轨迹，这个目标的实现就依赖于有效而可靠的步态规划方法。步态规划是机器人稳定步行的基础，也是双足步行机器人研究中的一个关键技术。要实现和提高机器人的行走性能，必须研究实用而有效的步态规划方法。双足机器人自由度较多，运动链结构复杂，行走时各自由度之间的关系协调比较困难。采用传统的两步规划法，将前向运动与侧向运动分开进行，虽然可以获得稳定步态，但机器人行走动作不流畅。为解决此问题，在根据双足机器人的自身特点进行步态规划时采用三步规划法。三步规划法在两步规划法基础上，通过对关节运动曲线进行修正，获得更加流畅的行走步态。第1步根据双足步行机器人的结构特点，规划机器人行走时的基本姿态及运动轨迹；第2步则根据双足机器人的运动学方程，确定其余各关节的运动；第3步对各关节的运动轨迹进行修正，获得更加流畅的步态。灵活多样的运动能力是生物体特有的一种属性，没有这种属性，生物体无法获取食物，无法逃脱危险，无法繁衍生息。

双足步行是高级生命的一种运动形式，对这种运动形式的机理研究及其机械再创造是一项极富挑战的课题。双足机器人是双足生物运动形式的机械再创造，与其它移动机器人(轮式、履带式、爬行式等)相比，双足机器人具有高度的适应性与灵活性。双足机器人与地面接触点是离散的，可以选择合适的落脚点来适应崎岖的路面，它既可以在平地行走，也可以在复杂的非结构化环境中行走，如在凹凸不平的地面行走、在狭窄的空间里移动、上下台阶和斜坡、跨越障碍等。然而，现实世界的地面情况是很难事先精确获取的，这就需要双足机器人的支撑踝关节能够柔顺。

本题所研究的机器人并不同于一般的工业机器人。因为它不再固定在一个位置上。这种机器人具有灵活的行走系统，以便随时走到需要的地方，完成人或智能系统预先设置指定的工作。机器人行走系统的灵活性和对地面的适应能力将直接形象机器人的工作范围和工作能力，自然界的事实，仿生学以及力学分析表明，智能机器狗比类人型步行机器人容易实现得多，它主要体现在以下几个方面：

1.智能机器狗能适应各种地面和具有较高的逾越障碍的能力，并且能够作各种动作，如坐下、扭动身躯、点头、摆尾巴，而这些动作机器人却不能作到。

2.机能机器狗的能耗很小。因为该机器狗可具有独立的能源装置，同时要求随时补给能源，因此在设计时就应充分考虑其能耗问题。

3.双足行走是生物界难度最高的步行动作。并且其技术已经相当成熟，而智能机器狗是四足行走，技术难度相对较底，因此机器狗的娱乐前景被普遍看好[2]。

仿狗机器狗对机器人的机械结构及驱动装置提出了许多特殊要求，这将导致传统机械的重大变革。仿狗机器狗是工程上少有的高价、非线性、非完整约束的多自由度系统，这对其动力学的研究可能导致力学领域中新观念、新方法的生产。另外。其研究还可以推动仿生学的发展。

因此，智能机器狗的研究具有十分重大的价值和意义。

自然界中的万物都是经过一个漫长的优化过程，其中狗也不例外。可以肯定，智能机器人一定会有一个持续“优化”和研制的前景[3]。

1.2 国内外智能机器人的发展概况

智能机器人的研制开始于本世纪六十年代，只有二十多年的历史。然尔，智能机器人的研究工作进展迅速。如今已成为机器人技术领域的主要研究方向之一。

1968年，美国的通用电气公司试制了一台叫“RIG”的操作双步行机器人机械，从而揭开了双足步行机器人研制的序幕。

1968年，日本早稻田大学加藤一郎教授在日本首先展开了双足机器人的研制工作。1969年研制出WAP-1平面自由度步行机。该机具有六个自由度，每条腿有髌、膝、踝三个关节。利用人造橡胶肌肉为关节，通过注气，排气引起肌肉收缩牵引关节转动从而迈步。由于气体的可伸缩性，该机器人行走不稳定。

1971年加藤一郎又研制出WAP-3型双足机器人，仍采用人造肌肉驱动，能在平地，斜坡和阶梯上行走，具有11个自由度。

1972年，加藤一郎实验室研制出WL-5双足步行机器人，该机器人采用液压驱动，具有11个自由度。下肢作三维运动，上身躯体左右摆动以实现双足机器人重心的左右移动。该机器人重130kg，高90cm，可载荷30kg，可实现步幅15cm，每步45s的静态步行。

1973年，加藤等人在WL-9DR双足机器人上采用预先设计步行方式的程序控制方法，用步行运动分析及重量实验设计步态轨迹，用以控制机器人的步行运动。该机器人采用以单脚支撑期为静态。双脚切换气为动态的准动态步方案。实现了步幅45CM，每步9S的准动态步行。

1984年，加藤实验室又研制采用踝关节力矩控制的 WL-10RD 双足机器人，实现了步幅 40cm，每步 1.5s 的平稳动态步行。

1986年，加藤实验室有研制成功了 WL-12 (R) 步行机器人，该机器人通过躯体运动来补偿下肢的任意运动，在躯体的平衡作用下，实现了步行周期 1.3s，步幅 30cm 的平地动态步行[4]。

近年来，日本许多研究单位正致力于双足机器人的研制工作，其中本田公司最为突出。

本田公司于 1996 年推出了他们最新研制的双足步行机器人，它能够根据具体条件改变运动方向，并控制其自身的平衡，完成平稳的动态步行。该机器人具有平地前后行、侧行、转弯、上下台阶、推车、抓取一定重物等功能。

本田公司于 1997 年又推出了经改进的双足步行机器人，其功能更加齐全，机器人关节采用了伺服电机驱动，头部装有摄像机，手部和足部装有六维力矩传感器，机器人结构紧凑，定位精确。

日本在目前的仿人双足机器人仍未达到完全使用的阶段。他们的研制目标是达到与人无异的动态步行。相信人的智慧会使这个“进化”实现。

此外，日本的有本卓，广濑茂男，小川清等人也在双足步行机器人的理论研究方面作出了不少的贡献。美国、英国、苏联、南斯拉夫、意大利、德国等国家，许多学者在步行机器人的力学，模型和型号研制方面也作出了相应的工作。如英国于 1970 年研制成功的“witt”型双足步行机器人，在苏联则研制出两轮双足行走机器人[5]。

国内，仿人双足步行机器人的研制工作起步较晚，1985 年以来，相继有几所高校进行了这方面的研究并取得了一定的成果。其中以哈尔滨工业大学和国防科技大学最为典型[6]。

哈尔滨工业大学自 1985 年开始研制双足步行机器人，已经完成了三个型号的研制工作；

第一个型号为 10 个自由度，重 100kg，高 1.2m，关节由直流伺服电机驱动，属于静态步行。

第二个型号为 10 个自由度，该机器人关节和腿部结构采用了平行四边形结构。

第三个型号为 12 个自由度，关节采用两电机相连，同时实现两个自由度。

目前，哈尔滨工业大学机器人研究所的强文义，付佩深教授与机械电子工程教研室的谢涛副教授等老师合作，正在致力于功能齐全的行行走机器人的研制工作，该机器人包括行走机构，上身及臀部执行机构，共 32 个自由度。

国防科技大学也进行了这方面的研究。在 1989 年研制成功了一台双

足机器人，这台机器人具有 10 个自由度，能完成静态步行，动态步行[7]。

1.3 本设计的主要内容

本设计的智能机器狗的本体设计，是在参考国内外所做的研究的基础上，在加上自己独到的见解，从而独立完成此课题，本设计的主要内容如下：

1、对腿关节实现一体化设计，即使宽关节和膝关节同时实现摆动动作，并且宽关节也可以向外摆动。摆动动作是由电机加谐波减速器传动来实现的。

2、对头部以及尾巴的结构进行设计，使其结构优化，完成指定的技术要求。

3、选择关节驱动方案及传动方案。

4、对电机，齿轮减速器，以及谐波减速器的组件进行选择和设计。

章 智能机器狗的设计

2.1 自由度的分配及结构方案的设计

2.1.1 自由度的分配

运动等功能，腿部设计采用了 个自由度，分布如图 2-1 所示。

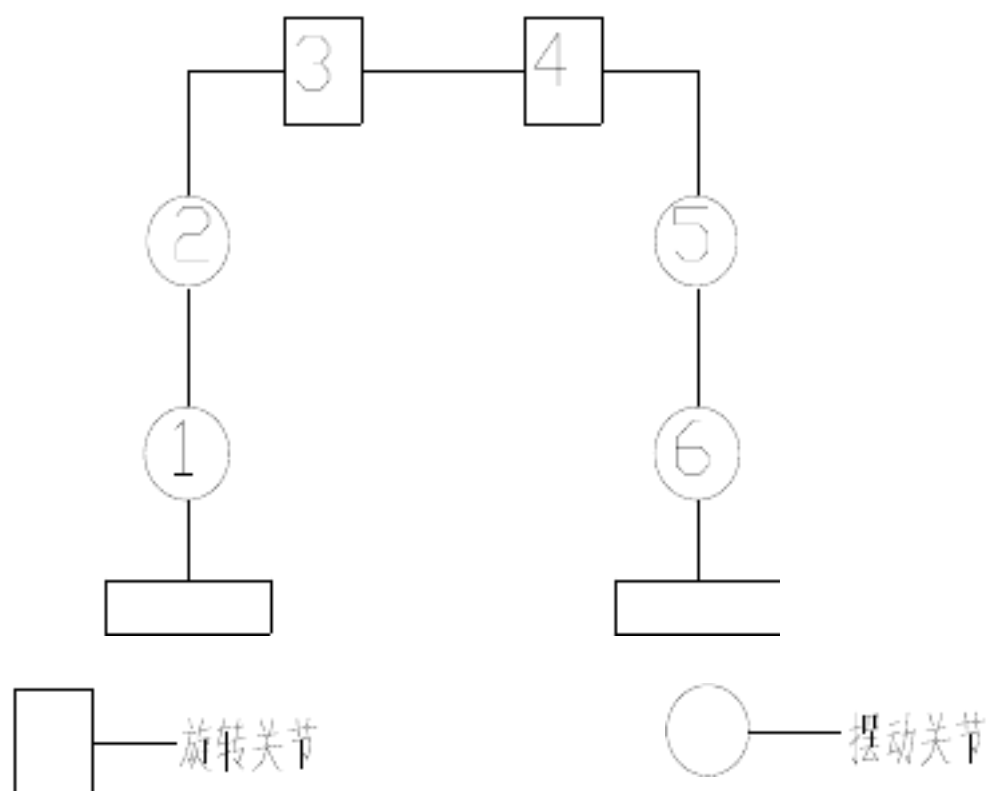


图 2-1 行走机构正面自由度分布图

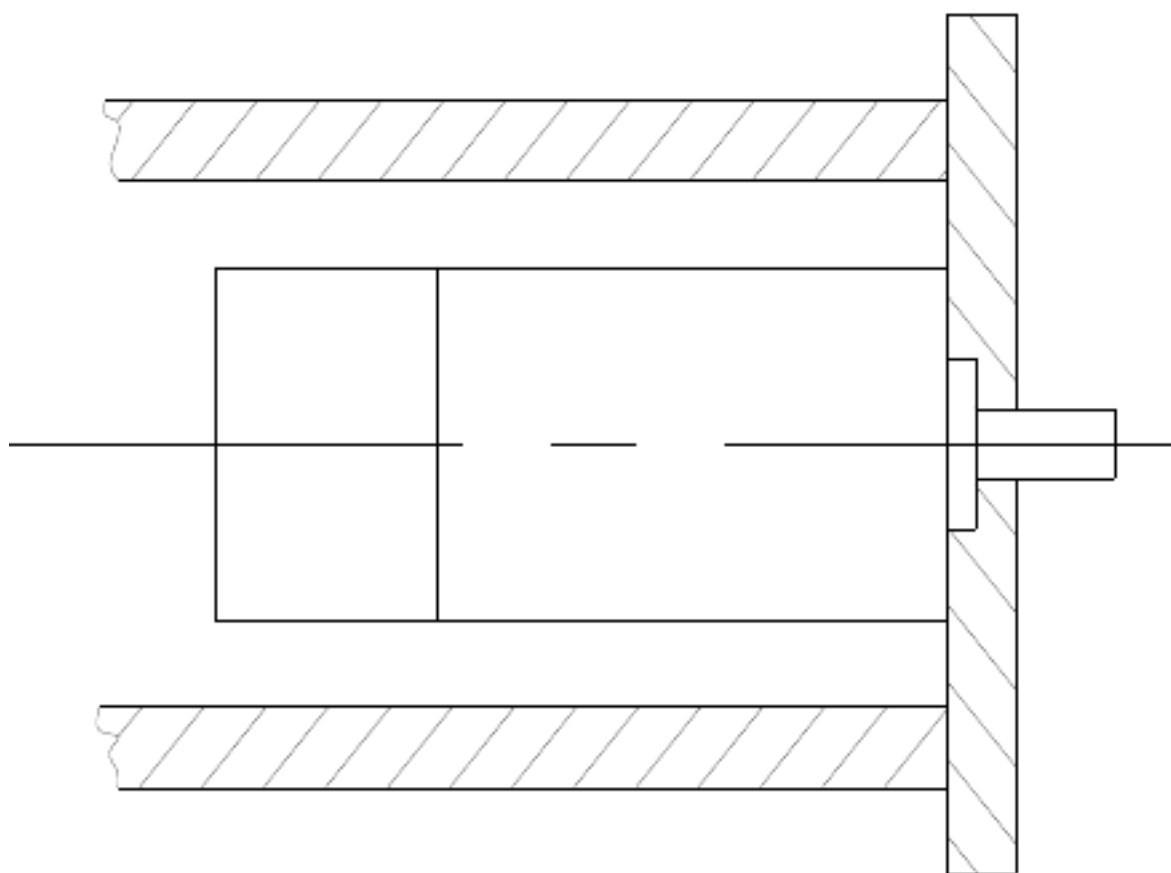
旋转关节 3 和 4 可实现智能机器狗的大腿的向前或向后运动，它也可以带动整个腿部的前后运动，而摆动关节 2 和 5 可实现智能机器狗大腿向身体的外侧移动，而摆动关节 1 和 6 可实现机器狗的小腿向前或向后运动。头部的自由度可使机器狗的头能实现点头的动作[8]。

2.1.2 结构方案的设计

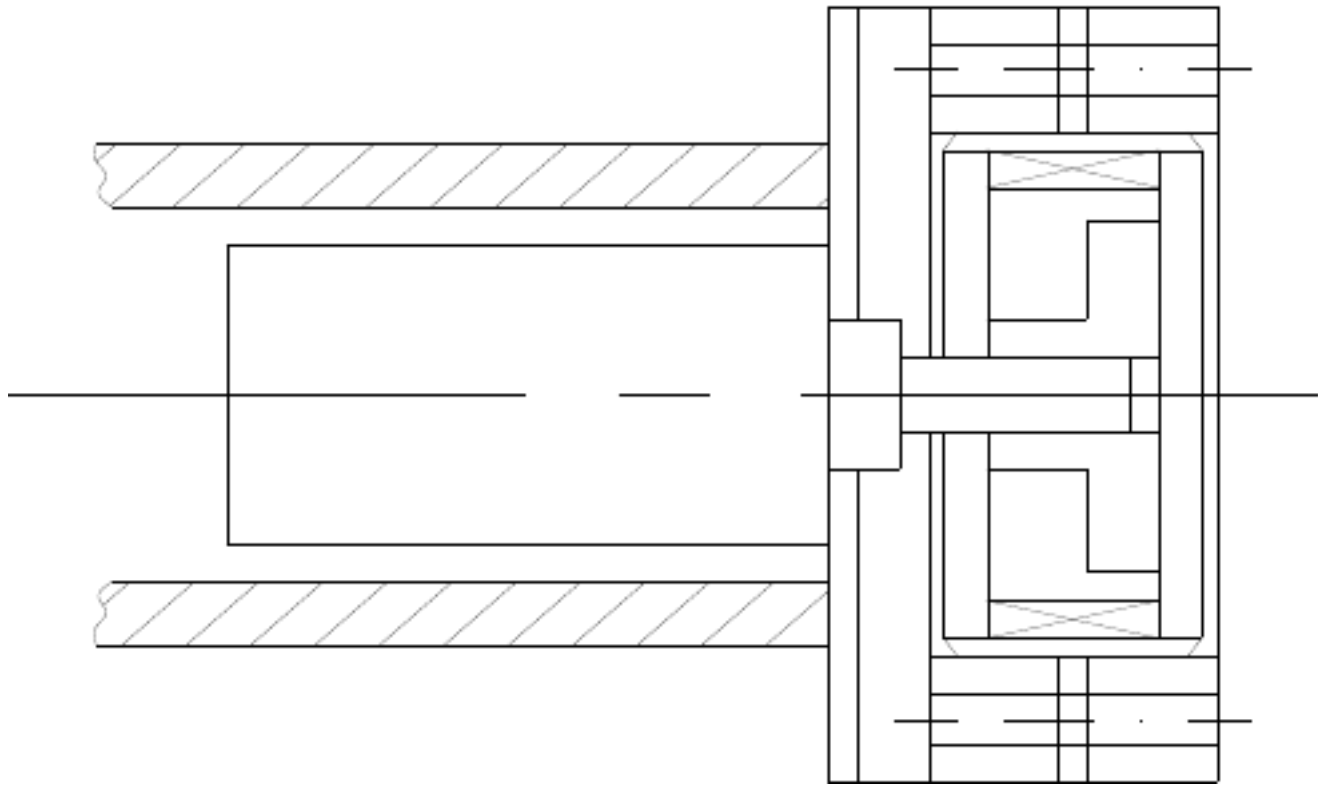
1、髋关节的设计

髋关节的设计要完成大腿的左右摆动和前后摆动。同时还要考虑到当

的刚度和稳定性。在机器狗的结构设计中，力求结构紧凑、重量轻。为此根据使用的电机和齿轮减速器，以及谐波减速器的特点采用了如图 2-2、2-3 所示的结构形式。图 2-2 可实现大腿的左右摆动，其结构为一电机直接和一齿轮减速器相连，使结构达到紧凑、轻巧。而图 2-3 可实现大腿的前后摆动，其原理为一电机的轴通过胀紧套与谐波减速器相连，内壳与膝关节相连。内外壳体之间装有密珠轴承。这样电机的内外表面之间就可以有相对的转动，当大腿向左右方向抬腿，外壳静止，内壳旋转^[9]。



2-2大腿的左右摆动图



2-3大腿的前后摆动图

2

膝关节是联系大腿和小腿的重要部件，设计它具有重要的意义。有两种设计方案如下：

(1) 与大腿前后摆动时的自由度一样，它的主要构件是电机，谐波减速器，密珠轴承，以及测量前后摆动角度的码盘，其具体结构如图 2-4 所示。

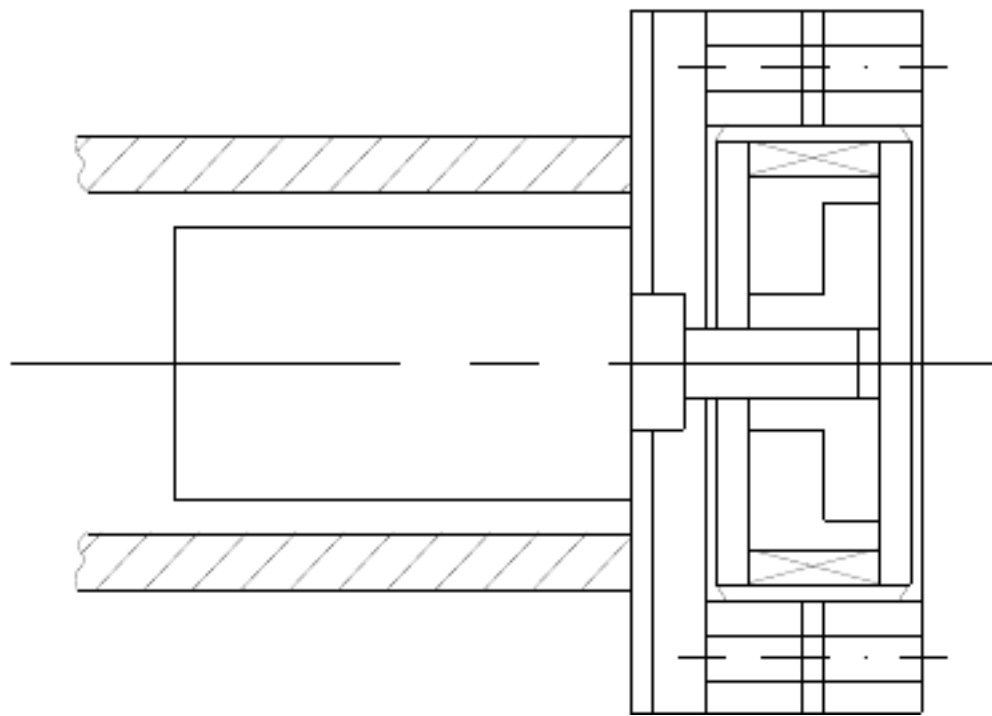
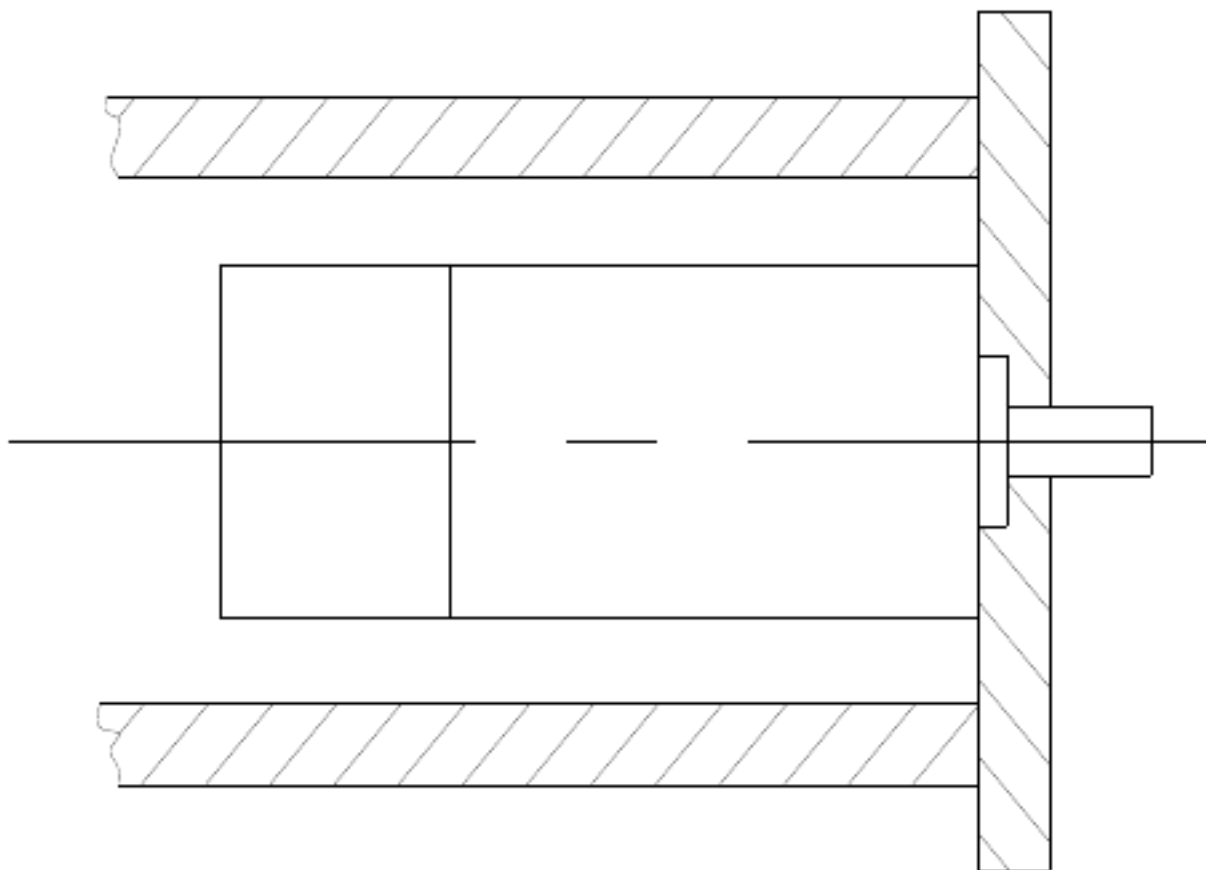


图 2-4 膝关节摆动图

) 与大腿左右摆动时情况一样。它主要构件是电机，齿轮减速器、密珠轴承，以及测量前后摆动角度的码盘，其具体结构如图 2-5 所示。



2-5 膝关节摆动图

3、机器狗脖子的结构设计

机器狗的头部实现上下摆动，因此其结构设计和机器狗的膝关节的设计一样。

4、机器狗的尾巴用弹簧做成^[10]。

关节驱动方案的选择

智能机器狗具有多个自由度，每个自由度都必须有一个驱动源驱动。目前常用的驱动方式有：液压驱动、气压驱动、电力驱动^[11]。各自的特点如下：

1、液压驱动：

压力高，可获得较大的驱动力，实现无级调速，并可获得较高的位置精度。但成本较高，油路比较复杂，存在发热问题，密封要求高。

2、气压驱动：

压缩空气粘度小，易达到高速，介质无污染，使用安全，工作压力

及位置控制比较困难，而且压缩空气需要除水。

3、电力驱动：

电力驱动无泄露，控制方便，易与计算机控制系统相连接，精度高，安全性好，维修方便。电机是配套的通用产品，规格齐全，不必另行设计制造。为了驱动关节机构，一般电机需要配减速装置。

本设计中采用电力驱动方式，采用瑞士公司的系列直流伺服电机。这种电机的特点如下：

- (1) 体积小，重量轻；
- (2) 输出较大的功率；
- (3) 调速范围宽；
- (4) 运动平稳，控制精确可靠；
- (5) 惯量低，起动力矩大，响应性能好。

选取电机功率：根据以前步行机器人的研究经验可知，智能机器狗的行走部分各个关节最大力矩是在静态步行中，因此选电机时只考虑静态状态。步行电机功率由工件重量决定，具体计算见第3章第1节各个关节力矩的计算。

传动精度是智能机器狗设计的一项重要指标。传动精度的保证要依靠机械转动链的精度和伺服系统的精度来保证。理论上转动链越短越好，驱动方案越直接越好。

2.3.1 传动方式

目前驱动机器人关节的传动方式有两种，智能机器狗也不例外，这两种方式是：一种是将电机、减速器和关节同轴；另一种是将电机和减速器同轴，中间通过传动装置传递力和运动到关节轴。前者称为直接驱动方式，后者称为间接驱动方式。本设计只用到了直接驱动方式。

2.3.2 减速器和减速比的选择

智能机器狗要求减速器运动精度高、回转稳定、效率高、体积小、减速比大。经过分析比较，本设计中用大腿前后摆动的减速器应选择谐波减速器，而其他关节所用的减速器应选择和电机相匹配的齿轮减速器。这里有四种普通减速器与谐波齿轮减速器性能做了以下比较，从中不难看其中的优劣。具体参数如下表2-1，表2-2，表2-3，表2-4，表2-5^[12]。

行星齿轮参数如表 2-1。

表 2-1

参数名称	参数值	参数名称	参数值
传动级数	3	输出力矩	390N.M
传动比	97.4	效率	85%
齿轮数量	13 个	轴承参数	17 套
节圆线速度	7.62m/s	齿滑动速度	12.7m/s
同时啮合齿数	7%	齿面接触应力	34.5mpa
齿的剪切力	172mpa	齿的安全系数	3
齿面接触状态	线性	运动平稳性	中
力的平衡	好	外形尺寸高	33.1cm
外形尺寸长	38.1cm	外形尺寸宽	33.1cm
体积	40000cm ³	质量	111kg

2、人字齿轮

人字齿轮参数如表 2-2。

表 2-2 人字齿轮

参数名称	参数值	参数名称	参数值
传动级数	2	输出力矩	390N.M
传动比	96	效率	85%
齿轮数量	4 个	轴承参数	6 套
节圆线速度	7.62m/s	齿滑动速度	12.7m/s
同时啮合齿数	5%	齿面接触应力	34.5mpa
齿的剪切力	172mpa	齿的安全系数	3
齿面接触状态	线性	运动平稳性	好
力的平衡	好	外形尺寸高	35.6cm
外形尺寸长	50.8cm	外形尺寸宽	25.4cm
体积	146000cm ³	质量	127kg

3、蜗杆加螺旋齿轮

蜗杆加螺旋齿轮参数如下表 2-3。

表 2-3 蜗杆加螺旋齿轮

参数名称	参数值	参数名称	参数值
传动级数	2	输出力矩	390N.M
传动比	100	效率	78%
齿轮数量	4 个	轴承参数	6 套
节圆线速度	7.62m/s	齿滑动速度	12.7m/s
同时啮合齿数	3%	齿面接触应力	34.5mpa
齿的剪切力	172mpa	齿的安全系数	2
齿面接触状态	线性	运动平稳性	好
力的平衡	不好	外形尺寸高	40.6cm
外形尺寸长	25.4cm	外形尺寸宽	43.2cm
体积	44000cm ³	质量	92.5kg

4、圆柱齿轮

圆柱齿轮参数如下表 2-4。

表 2-4 圆柱齿轮

参数名称	参数值	参数名称	参数值
传动级数	3	输出力矩	390N.M
传动比	98.3	效率	93%
齿轮数量	6 个	轴承参数	8 套
节圆线速度	7.62m/s	齿滑动速度	12.7m/s
同时啮合齿数	3%	齿面接触应力	34.5mpa
齿的剪切力	172mpa	齿的安全系数	5
齿面接触状态	线性	运动平稳性	中
力的平衡	好	外形尺寸高	58.8cm
外形尺寸长	91cm	外形尺寸宽	34.6cm
体积	185000cm ³	质量	325kg

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/945010144230011331>