

机器人

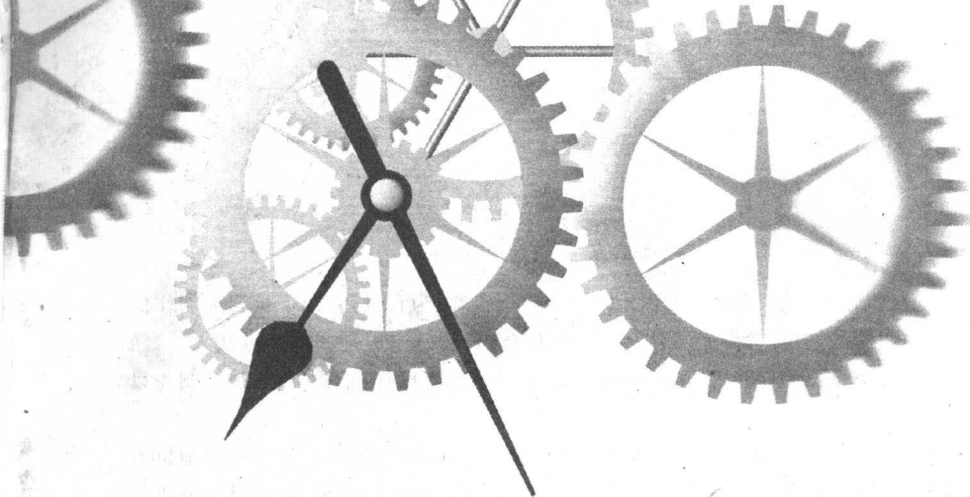
创新设计与制作

王立权 等 编著

Robbocow

清华大学出版社





机器人

创新设计与制作

王立权 陈东良 陈凯云

参编 (以姓氏笔画为序)

邓辉峰 王文明 王 刚

刘德峰 齐云贺 孙志娟 宋 辉

余运玖 吴健荣 张永锐 季宝锋

罗红魏 郝欣伟 贾守波 崔 彬



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是以“亚广联亚太地区机器人大赛(ABU-ROBOCON)国内选拔赛”为背景,介绍了机器人制作的基本方法。从制作机器人所需材料的选用,常用元器件、传感器以及电机的基本原理和使用方法入手,结合哈尔滨工程大学连续五届的参赛机器人,并从大赛规则出发,剖析了从概念设计、结构设计、加工制作以及参赛方案制定的全过程。

本书运用大量的实例和通俗的文字,介绍了机器人的制作,其知识性强,趣味性浓。本书可作为机器人爱好者制作机器人的教材,也可以作为机械、电子、自动化专业的学生实践创新的参考书,同时也可供从事机电一体化及相关专业的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

机器人创新设计与制作/王立权等编著. —北京:清华大学出版社,2007.6

ISBN 978-7-302-14805-0

I. 机… II. 王… III. 机器人—制造 IV. TP242

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第029529号

责任编辑:王敏稚

责任校对:时翠兰

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印刷者:北京市昌平环球印刷厂

装订者:北京市国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20

字 数:473千字

版 次:2007年6月第1版

印 次:2007年6月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:38.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:021623-01

FOREWORD

前言

随着机器人技术的飞速发展,机器人竞技运动在世界各地蓬勃兴起,目前我国正掀起一股机器人竞赛的热潮。其中尤为引人注目的是,以亚洲广播电视联盟发起的亚太地区大学生机器人电视大赛为背景的全国大学生机器人电视大赛。该赛事由中央电视台举办,从2002年至今已成功举办了五届。“让思维沸腾起来,让智慧行动起来”是大赛的宗旨。大学生机器人电视大赛在全国大学生及全国广大青少年中产生了强烈的反响,影响日益扩大,已经成为展示大学生创新能力、团队合作精神和当代大学生风采的舞台。

创新是全国大学生机器人电视大赛的精髓,每届比赛内容和规则均不同。每届参赛机器人都要从概念设计入手,经历设计、制作、调试、改进等过程,最终选出最优方案参加比赛。通过此项赛事,大学生的创造热情得到充分的发挥,创新思维和动手能力得到锻炼和培养。

本书结合哈尔滨工程大学连续5年参加机器人电视大赛的参赛经验和策略,选择机器人创新设计与制作的精华部分编写而成,旨在提高参赛机器人的制作水平。

本书分为上下两篇,共9章,第1章介绍机器人制作的基本知识和通用零部件的选择与设计;第2章介绍电机的基本原理、性能参数等,重点介绍电机的选型、驱动和控制;第3章介绍常用传感器技术;第4章介绍常用元器件及集成电路的基本知识;第5章至第9章介绍第一届至第五届全国大学生机器人电视大赛的规则、参赛策略及参赛机器人的设计与制作。

本书凝聚了本校参加第一届至第五届全国大学生机器人大赛全体队员的心血和智慧,由于篇幅所限,不能一一列举他们的姓名,在此对他们为机器人大赛所付出的创造劳动表示衷心的感谢;机器人大赛得到学校领导、团委的高度重视和大力支持,在此一并表示感谢。

感谢孟庆鑫教授在本书编写过程中提出的宝贵建议,同时感谢薛开院长和王永有、李修志、夏宝会、何晓华书记的大力支持。

因时间仓促、水平有限,在编写过程中难免出现错误和疏漏,敬请读者批评指正。

作者

2006年11月

CONTENTS

目 录

上篇 基 础 篇

第 1 章 机器人通用零部件的选择与设计	1
1.1 制作材料的选择	1
1.1.1 选材原则	1
1.1.2 选材方法	2
1.2 零部件的设计	3
1.2.1 设计概述	3
1.2.2 机构的选型	5
1.2.3 机构的设计方法	7
1.2.4 零件的设计与校核	11
1.3 常用的能源	15
1.3.1 充电电池的选择	15
1.3.2 电池充电器的制作	17
第 2 章 机器人驱动电机的选择与使用	21
2.1 步进电机	21
2.1.1 步进电机的工作原理	21
2.1.2 步进电机的性能指标	23
2.1.3 步进电机的选用	24
2.1.4 步进电机的基本控制系统	25
2.1.5 步进电机的典型驱动电路	29
2.2 直流电机	38
2.2.1 有刷直流电机的工作原理	39
2.2.2 无刷直流电机的工作原理	40
2.2.3 直流电机的选用	41
2.2.4 直流电机的基本控制系统	42
2.2.5 直流电机的典型驱动电路	45
2.3 伺服电机(舵机)	57
2.3.1 舵机的工作原理	57
2.3.2 舵机的单片机控制	58
第 3 章 机器人常用传感器的基本知识	63
3.1 光电传感器	63

3.1.1	光敏二极管的结构及原理	64
3.1.2	光敏二极管的主要技术参数	64
3.1.3	光敏二极管的应用实例	65
3.1.4	光敏三极管的结构及原理	65
3.1.5	光敏三极管的主要技术参数	66
3.1.6	光敏三极管的应用实例	66
3.2	色敏传感器	67
3.2.1	色敏传感器的工作原理	67
3.2.2	色敏传感器的应用	67
3.2.3	红外传感器的工作原理	68
3.2.4	红外传感器的应用	70
3.3	磁传感器	72
3.3.1	霍尔元件的工作原理	72
3.3.2	霍尔元件的主要技术参数	73
3.3.3	霍尔元件的基本应用	74
3.3.4	霍尔集成电路的工作原理	77
3.3.5	霍尔集成电路的基本应用	77
3.4	压力传感器	78
3.4.1	力-应变-电阻效应	78
3.4.2	力-压电效应	79
3.4.3	力-压阻效应	80
3.4.4	压力采集技术实例	80
3.5	超声波传感器	81
3.5.1	超声波传感器的工作原理	81
3.5.2	超声波传感器的主要参数	82
3.5.3	超声波传感器的应用实例	83
3.6	数字式传感器	85
3.6.1	栅式数字传感器	85
3.6.2	编码器	87

第4章 机器人常用元器件及集成电路的基本知识

4.1	常用元器件的介绍	93
4.1.1	电阻器	93
4.1.2	电位器	97
4.1.3	电容器	99
4.1.4	电感器	100
4.1.5	二极管	102
4.1.6	三极管	104
4.2	模拟集成电路的基本知识	107

4.2.1 集成运算放大器	107
4.2.2 集成稳压器	110
4.2.3 集成功率放大器	112
4.3 数字集成电路的基本知识	113
4.3.1 TTL 型数字集成电路	113
4.3.2 CMOS 型数字集成电路	114
4.3.3 TTL 和 CMOS 器件间接口转换	115
4.4 单片机的介绍	116
4.4.1 八位单片机 AT89C51	116
4.4.2 十六位单片机 SPCE061A	119

下篇 实 战 篇

第 5 章 第一届全国大学生机器人电视大赛	125
5.1 大赛规则及参赛方案	125
5.1.1 大赛规则	125
5.1.2 参赛方案	130
5.2 机器人机械结构设计	133
5.2.1 结构设计	133
5.2.2 机械加工	137
5.3 机器人驱动设计	139
5.3.1 驱动电机的选用	139
5.3.2 行走机构的驱动	142
5.3.3 投球机构的驱动	144
5.3.4 其他驱动	145
5.4 机器人控制系统设计	147
5.4.1 控制芯片的选用	147
5.4.2 驱动轮旋转角度控制	147
5.4.3 传感器控制	147
5.4.4 数据采集及处理	149
第 6 章 第二届全国大学生机器人电视大赛	151
6.1 大赛规则及参赛方案	151
6.1.1 大赛规则	151
6.1.2 参赛方案	154
6.2 外围自动机器人	155
6.2.1 行走机构设计	155
6.2.2 投球机构设计	155
6.3 冲顶机器人	157

6.3.1	总体方案	157
6.3.2	底盘设计	157
6.3.3	定位机构设计	158
6.3.4	升降机构设计	158
6.3.5	投球机构设计	159
6.3.6	机械加工	161
6.4	手动机器人	162
6.4.1	总体方案	162
6.4.2	取球机构设计	163
6.4.3	球道设计	164
6.4.4	分球机构设计	164
6.4.5	发射机构设计	164
第7章	第三届全国大学生机器人电视大赛	169
7.1	大赛规则及参赛方案	169
7.1.1	大赛规则	169
7.1.2	参赛方案	173
7.2	金色礼物搬运机器人	175
7.2.1	总体方案	175
7.2.2	底盘设计	176
7.2.3	取放块机构设计	177
7.2.4	提升与翻转机构设计	178
7.2.5	控制系统设计	178
7.3	干扰机器人 I	189
7.3.1	总体方案	189
7.3.2	底盘设计	191
7.3.3	弹性轨道设计	192
7.3.4	子机器人设计	193
7.3.5	动作流程	194
7.4	干扰机器人 II	196
7.4.1	总体方案	196
7.4.2	行走机构设计	197
7.4.3	干扰机构设计	197
7.5	手动机器人	200
7.5.1	总体方案	200
7.5.2	夹持式结构设计	201
7.5.3	传送带式结构设计	203
7.5.4	控制系统设计	206
7.6	普通礼物搬运机器人	207

7.6.1	总体方案	207
7.6.2	行走机构设计	208
7.6.3	夹取机构设计	209
7.6.4	升降机构设计	210
7.6.5	投块机构设计	211
7.6.6	控制系统设计	211
第8章	第四届全国大学生机器人电视大赛	213
8.1	大赛规则及参赛方案	213
8.1.1	大赛规则	213
8.1.2	参赛方案	217
8.2	“君主号”自动机器人	220
8.2.1	总体方案	220
8.2.2	底盘设计	220
8.2.3	行走机构设计	221
8.2.4	伸臂机构设计	225
8.2.5	投球机构设计	226
8.2.6	机械加工	227
8.3	子母式自动机器人	228
8.3.1	总体方案	228
8.3.2	主机器人的导向机构设计	229
8.3.3	主机器人的推车机构设计	230
8.3.4	主机器人的底盘设计	231
8.3.5	子机器人的伸缩杆机构设计	232
8.3.6	子机器人的储能机构设计	232
8.3.7	子机器人的导向机构设计	233
8.3.8	子机器人的投球机构设计	234
8.4	手动机器人	237
8.4.1	总体方案	237
8.4.2	拾球机构设计	238
8.4.3	打球机构设计	240
8.4.4	分球机构设计	240
8.4.5	升球机构设计	242
8.4.6	送球机构设计	243
8.4.7	其他机构设计	244
8.4.8	操作策略	245
8.5	干扰机器人	246
8.5.1	总体方案	246
8.5.2	底盘设计	248

8.5.3	传动机构设计	248
8.5.4	阻挡机构设计	251
8.6	外围自动机器人	252
8.6.1	总体方案	252
8.6.2	“开拓者”机器人	252
8.6.3	“守护者”机器人	254
8.6.4	机械加工	257
8.7	机器人的驱动控制	258
8.7.1	驱动部分	258
8.7.2	控制部分	263
8.7.3	各机器人的控制系统	265
第9章	第五届全国大学生机器人电视大赛	275
9.1	大赛规则及参赛方案	275
9.1.1	大赛规则	275
9.1.2	参赛方案	279
9.2	主自动机器人	281
9.2.1	总体方案	281
9.2.2	行走机构设计	282
9.2.3	目标定位及锁定机构设计	283
9.2.4	气动储能机构设计	284
9.2.5	控制系统设计	285
9.3	子自动机器人	286
9.3.1	总体方案	286
9.3.2	行走机构设计	287
9.3.3	抓手机构设计	287
9.3.4	固定积木机构设计	288
9.3.5	底盘设计	289
9.3.6	控制系统设计	289
9.4	手动机器人	290
9.4.1	总体方案	290
9.4.2	底盘设计	291
9.4.3	抓取提升机构设计	293
9.4.4	控制系统设计	294
9.5	履带机器人	294
9.5.1	总体方案	294
9.5.2	行走机构设计	294
9.5.3	机械手设计	296
9.5.4	控制系统设计	298

9.6 干扰机器人	299
9.6.1 总体方案	299
9.6.2 机械结构设计	300
9.6.3 气动系统设计	303
9.6.4 控制系统设计	303
参考文献	307

机器人通用零部件的选择与设计

机器人电视大赛的参赛机器人与一般的机器人在设计上有着很大的区别。一是每年的比赛规则都不同,制作机器人缺少参考资料;二是对机器人的重量、尺寸等都有着严格的限制。这就要求所有材料、零部件、机构等都得从零开始选取或设计。本章将详细介绍以下内容:

- (1) 参赛机器人制作材料的选取;
- (2) 参赛机器人常用机构的选取和创新设计方法;
- (3) 参赛机器人零件、机构校核方法;
- (4) 参赛机器人常用充电器的制作方法。

1.1 制作材料的选择

参赛机器人在制作前首先要做的就是选择制作材料,同一零件采用不同的材料制造,其零件尺寸、结构、加工方法、工艺要求、零件性能等都会有所不同,所以在设计机械结构和零件以前,必须根据机器人比赛的要求选择合适的材料。

1.1.1 选材原则

选择材料主要考虑三个方面:使用要求、工艺要求和经济要求。

根据材料的使用要求,选择材料的一般原则是:

(1) 零件尺寸取决于强度,且尺寸和重量又受到某些限制时,应选用强度较高的材料。在静应力下工作,应力分布均匀,如拉伸、压缩和剪切的情况下,宜选用组织均匀,屈服极限较高的材料;应力分布不均匀,如弯曲、扭转的情况下,宜选用热处理后具有较高强度的材料;在变应力下工作的零件,应选用疲劳强度较高的材料。

(2) 零件尺寸取决于接触强度时,应选用可进行表面强化处理的材料,如调质钢、渗碳钢、氮化钢等。如齿轮、联轴器等应选用这些材料。

(3) 零件尺寸取决于刚度时,应选用弹性模量较大的材料。截面积相同,

改变零件形状能使刚度得到较大的提高。

(4) 滑动摩擦下工作的零件,应选用减摩性能好的材料;在高温下工作的零件应选用耐热材料;在腐蚀介质中工作的零件应选择耐腐蚀材料。

材料的各种性能指标中,只取其中之一(如强度极限、疲劳极限等)作为选择材料的依据是不合理的,由于减轻质量常是设计参赛机器人的主要要求之一,故可以采用质量指标对零件质量进行评定,然后选择合适的材料。

零件形状和尺寸对材料也有一定的要求。形状复杂、尺寸较大的小批量生产的零件,最好选用焊接或铆接而不是铸造,所以,其材料必须具有良好的焊接性能或铆接性,结构上也要适应焊接或铆接的要求;在机床上进行加工的零件,要考虑到材料的切削性能,如易断屑、表面光滑、刀具磨损小等;选择材料的同时还必须考虑热处理的工艺性能,如淬热性、淬透性、变形开裂倾向性、回火脆性等。

经济性首先表现为材料的相对价格。当零件质量不大而加工量较大的时候,加工费会在制作总成本中占很大的比例。这时,选择材料时要考虑的因素不仅是相对价格,还有加工性能,即性价比。影响经济性的因素还有材料的利用率、零件的结构等。

一般情况下,零件在不同的部位上对材料的要求也不相同。要想选用一种材料满足不同的要求是不可能的,这时可以根据局部品质原则,在不同的部位上采用不同的材料或采用不同的工艺处理,使各局部的要求分别得到满足。

1.1.2 选材方法

机器人大赛规定上场机器人总重量不能超过 50kg,因此材料的选择对机器人制作至关重要。选用何种材料构成其结构本体是详细设计中必然要遇到的问题。一个结构件的设计需要从材质、剖面形状、构件组合形式等方面加以考虑,以便妥善解决应力、变形、质量、固有振动频率等问题。

1. 金属材料

比赛机器人使用的材料基本用于结构制作,一般选用金属材料。机器人应具有足够的强度。因此主要材料选用各种碳钢和铝合金。这两者比较,由于参赛机器人负载小、自重轻、对寿命的要求不高,因此除了特别讲究强度、刚度以及磨损性的构件,一般更多地选用铝合金作为结构构件的材料。材料截面对构件质量和刚度有重要影响,因此通过合理选择构件截面可以较好地满足机器人的使用要求,如空心圆截面、空心矩形截面、工字截面等。

若空心矩形截面是边长为 a ,壁厚为 t 的正方形,空心圆截面的外圆直径也为 a ,壁厚也为 t ,且令 $t=0.2a$,通过计算可以得出,在相同壁厚的条件下,正方形空心截面比空心圆截面的惯性矩高 69%~84%,而质量仅增加 27%。壁厚越薄,则效果越明显。

若空心矩形截面和空心圆截面型材的截面相等,且 $D=a$ 时,设空心圆截面壁厚 $t_1=0.2a$,可以计算出正方形空心截面的壁厚 $t_2=0.147a$ 。此时正方形空心截面比空心圆截面的刚度提高了 40%~60%。所以在机器人的制作过程中多采用以下材料:10×10 铝合金方管;20×20 铝合金方管;25×25 铝合金方管;15×15 角铝;18×25 角铝;20×30 角铝;18×20 槽铝等。

图 1-1 是市场上可找到的易于制作机器人的各种铝型材的截面。

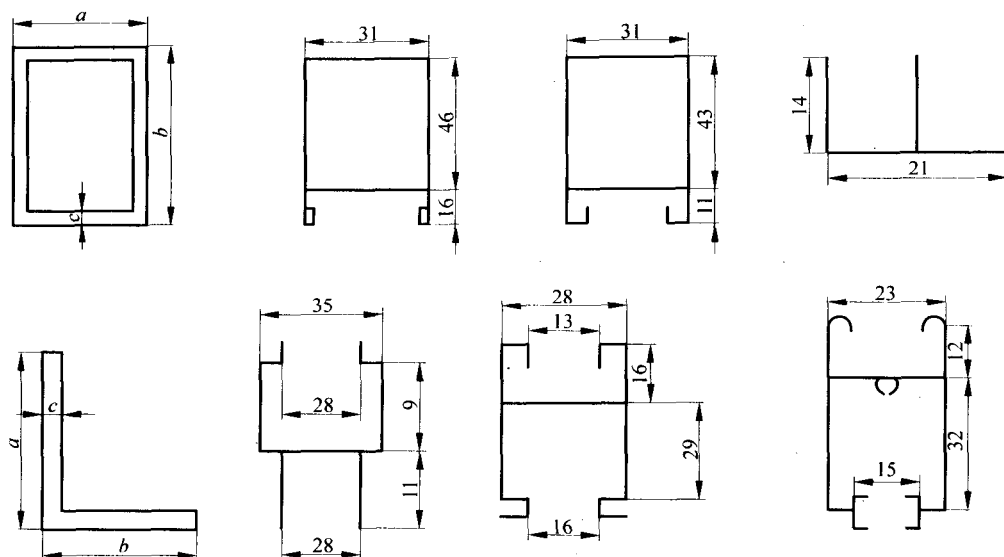


图 1-1 常见铝型材截面图

在不影响机器人性能的情况下,应选用截面尺寸尽量小的方型铝合金管材来制作车身主体构件,并且在不影响构件的强度和刚度的前提下,可以在构件垂直方向上打通圆孔,以减轻材料的重量。同时,在有些零件要求有比较高的疲劳强度和韧性时,可以选用一些角钢、钢板、硬铝板以及 T 型铝合金型材等,以满足不同的需要。

2. 非金属材料

在比赛机器人中随着竞技功能的增加,还需用到多种非金属材料,如橡胶带传动、橡胶轮圈(内包钢质轮毂)、远距离拉伸所需的绕线、各种粘合剂、电木等。

1.2 零部件的设计

材料选定以后,就要根据比赛要求以及比赛制定的策略进行机械结构的设计和关键零部件的设计了。下面分别介绍结构设计和零件设计的原则以及步骤。

1.2.1 设计概述

机械结构的设计首先要满足机器人性能要求。在此前提下,同时满足控制简便、安全可靠、经济合理、外形美观等要求,并且尽量做到体积小、重量轻、效率高等要求。构思方案的方法流程可以用图 1-2 来表示。

构思方案主要包括以下内容:

1. 功能原理设计

功能原理设计,就是根据机械所要求实现的功能,考虑选择何种工作原理来实现这一功能要求。实现某种预期的功能要求,可以采用多种不同的工作原理。不同的工作原理需

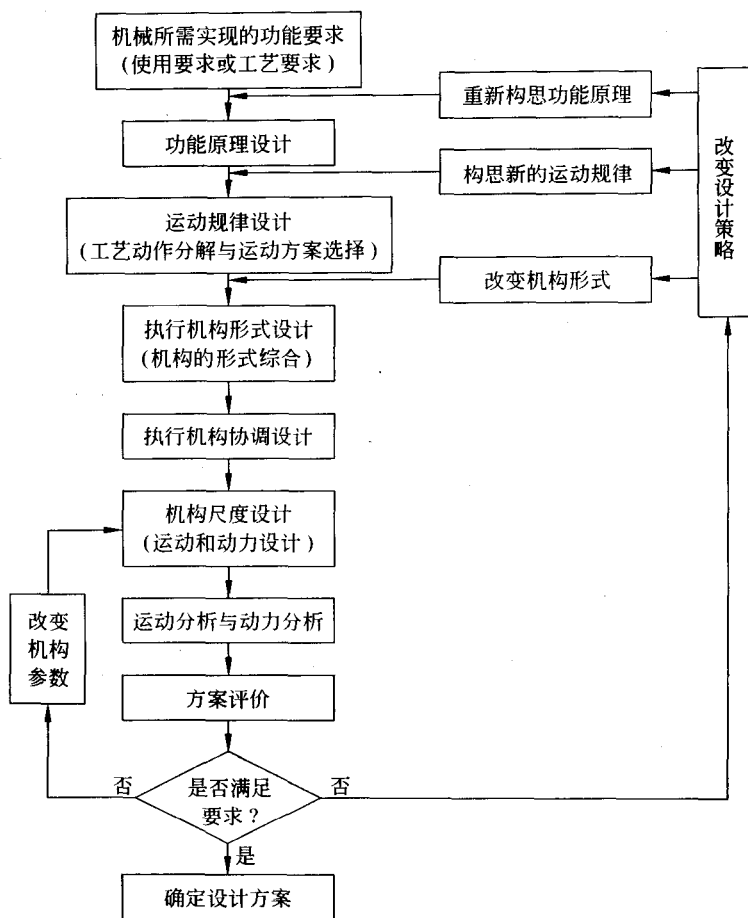


图 1-2 方案设计流程图

要不同的工艺动作,选择的工作原理不同,所设计的机械在工作性能、工作品质和适用场合等方面就会有很大的差异。

2. 运动规律设计

运动规律设计是指通过对工作原理所提出的机械结构动作进行分解来进行的,机械机构动作的分解方法不同,所得到的运动规律也各不相同。

3. 执行机构型式设计

机构型式的设计是指选择何种机构来实现上述的运动规律。这需要考虑机构的动力特性、机械效率、制造成本、外形尺寸等多种因素。根据所设计的机械的特点进行综合考虑,分析比较,抓住主要矛盾,从各种可能使用的机构中选择出合适的机构。机构形式设计又称为机构的型式综合,它直接影响到机械的使用效果、繁简程度和可靠性等。

由于每一届比赛对机器人重量和尺寸都有严格的要求,所以执行机构型式设计就显得尤为重要。

4. 执行机构的协调设计

执行机构的协调设计是根据工作过程对各个动作的要求,分析各执行机构应当如何协

调和配合,设计出协调方案。一个完整的机器人,是由多个执行机构组合而成的。当选定各个执行机构的型式后,还必须使这些机构以一定的次序协调动作,使其统一于一个整体,互相配合,以完成预期的工作要求。协调设计应满足各执行机构动作上的顺序性和同步性要求,满足在空间布置上的协调性要求,满足操作上的协同性要求,各执行机构的动作要有利于提高劳动生产率,有利于系统的能量协调和效率的提高。

在机器人电视大赛比赛机器人的设计过程中,很多地方体现了这个问题。例如在几届以投球方式的比赛中,自动机器人的放臂机构与放球机构之间必须协调,如果在臂没有放到预定位置时,机械爪就提前打开,就不能将球放入桶内;再如手动机器人上的储球装置、拨球装置和放球装置之间的顺序性更是直接影响到功能是否能顺利完成的关键,一旦协调不好,很容易发生卡球的情况,从而不能实现正常的放球动作。

5. 机构尺寸设计

机构尺寸设计是指对所选择的各个执行机构进行运动和动力设计,确定各个执行机构的运动尺寸,绘制出各执行机构的运动简图。

6. 运动分析和动力分析

对整个执行系统进行运动分析和动力分析,以检验其是否满足运动要求和动力性能方面的要求,检验执行机构是否为具有最大传动角、最大增力系数和效率较高的机构,这直接影响到机器人整体的性能。

7. 方案评价与决策

方案评价包括定性评价和定量评价。定性评价是指对结构的繁简、尺寸的大小、加工的难易等进行评价。定量评价是指将运动和动力分析后所得的执行系统的具体性能与使用要求所规定的预期性能进行比较,从而对设计方案做出评价。如果评价的结果认为方案可行,则可以绘制出执行系统的运动简图,即完成了执行机构的方案设计;如果评价的结果认为方案不可行,则需要改变设计策略,对设计方案做出修改。修改设计方案的途径因实际情况而定:既可以改变运动参数,重新进行机构尺寸设计;也可以改变机构型式,重新选择新的机构;还可以改变执行动作分解的方法,重新进行运动规律设计;甚至可以否定原来所采用的功能原理设计,重新寻找新的功能原理。

机械机构的方案设计,涉及如何根据功能要求选择工作原理,如何根据工作原理选择运动规律,如何根据运动规律选择或创新不同的机构型式来满足这些功能或者运动规律要求,如何从功能要求、工作原理、运动规律和机构型式的多解性中优化选择出最佳的机构设计方案。

1.2.2 机构的选型

所谓机构的选型,是指利用常见的运动特性及其对应的机构,根据设计要求中构件所需要的运动特征或动作功能进行选择,选出执行机构的合适型式。

1. 按照执行构件所需的运动特性进行机构选型

这种方法是从具有相同运动特性的机构中,按照执行构件所需的运动特性进行选择。当有多种机构可以满足所需要求时,则对初选的机构型式进行分析和比较,从中选择出较优的机构。表 1-1 列出了常见运动特性及其对应的机构。

表 1-1 常见运动特性及其对应的机构

运动特性		实现运动特性及其对应机构
连续转动	定传动比匀速	平行四杆机构、双万向联轴节机构、齿轮机构、轮系、谐波传动机构、摩擦传动机构、摆线针轮机构、挠性传动机构等
	变传动比匀速	轴向滑移圆柱齿轮机构、混合轮系变速机构、摩擦传动机构、行星无级变速机构、挠性无级传动机构等
	非匀速	双曲柄机构、转动导杆机构、单万向联轴节机构、非圆齿轮机构等
往复运动	往复移动	曲柄滑块机构、移动导杆机构、正弦机构、移动从动件凸轮机构、齿轮齿条机构、楔块机构、螺旋机构、气动机构、液压机构等
	往复摆动	曲柄摇杆机构、双摇杆机构、摆动导杆机构、曲柄滑块机构、空间连杆机构、摆动从动件凸轮机构、某些组合机构等
间歇运动	间歇转动	棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构等
	间歇摆动	特殊形式的连杆机构、摆动从动件凸轮机构、齿轮-连杆组合机构等
	间歇移动	棘齿条机构、摩擦传动机构、反凸轮机构、气动、液压机构、移动杆有停歇的斜面机构、从动件间歇运动的凸轮机构等
预定轨迹	直线轨迹	连杆近似直线机构、八杆精确直线机构、某些组合机构等
	曲线轨迹	凸轮-连杆组合机构、齿轮-连杆组合机构、预定轨迹的多杆机构、行星轮系与连杆组合机构等
特殊运动要求	换向	双向式棘轮机构、定轴轮系(三星轮换向机构)等
	超越	齿式棘轮机构、摩擦式棘轮机构等
	过载保护	带传动机构、摩擦传动机构等
		

2. 按照动作功能分解与组合原理进行机构选型

任何一个复杂的执行机构都可以认为是由一些基本机构(如四杆机构、凸轮机构、齿轮机构、五杆机构、差动轮系等)所组成。在进行机构型式设计时,可首先认真研究它需要实现的总体功能。一般情况下,总体功能可以分解成若干分功能。这样的分解可以用下述形式来表示:

$$U = (U_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (1-1)$$

即总体功能 U 是由若干个分功能 U_i 组成的。而每一个分功能又可以用不同的机构来实现,即

$$T_j = (t_{j1}, t_{j2}, \dots, t_{jn}) \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1-2)$$

式中, T_j 为能够完成该分功能的机构的集合; t_{ij} 为对应一个能完成分功能 U_i 的机构; n 为能够实现该分功能的机构数目。若用 U_i 定义行, T_j 定义列, t_{ij} 为元素构成矩阵,则可得如下所示的功能-技术矩阵:

$$(U-T) = \begin{vmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1j} & \cdots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{i1} & \cdots & t_{ij} & \cdots & t_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & \cdots & t_{mj} & \cdots & t_{mn} \end{vmatrix} \quad (1-3)$$