

## 自动洗衣机行星齿轮减速器设计

### 摘要

本文主要是针对自动洗衣机行星齿轮减速器的设计进行介绍。在当今生活中，几乎每家每户都有洗衣机。人们的生活质量要求正在不断提高，对家用电器的需求越来越大对其品质要求也越来越高。由于科技在不停的进步，促使人们去更加深入研究洗衣机等家用电器的结构，以达到更加便携的目的。本设计充分考虑了家用洗衣机的重量、体积以及洗衣机能否平稳运行等因素。与普通的固定轴齿轮传动相比，行星齿轮传动更加的领先进步。它具有个头小、抗冲击性好、噪音低等特点。现在的人非常看重生活质量也更加重视。家用电器除了外观精美，还需要性能良好、使用起来给人一种舒适的感觉。所以，本次设计的主要目的是将行星齿轮传动应用于自动洗衣机的减速设计中，使其更加的完善，给人们带来更加舒适的使用体验。

**关键词：**自动洗衣机；行星齿轮传动；齿轮；减速器；

## Abstract

This paper mainly introduces the design of planetary gear reducer for automatic washing machine. In today's life, almost every household has a washing machine. The quality of life of people is constantly improving, and the demand for household appliances is growing. Due to the continuous progress of science and technology, people are urged to further study the structure of household appliances such as washing machines to achieve the goal of more portability. This design fully considers the weight and volume of the household washing machine and whether the washing machine can run smoothly. Compared with ordinary fixed shaft gear drive, planetary gear drive is more advanced. It has the characteristics of small size, good impact resistance and low noise. Nowadays, people attach great importance to the quality of life and pay more attention to it. In addition to beautiful appearance, household appliances also need good performance and a comfortable feeling when used. Therefore, the main purpose of this design is to apply the planetary gear drive to the deceleration design of the automatic washing machine to make it more perfect and bring more comfortable use experience to people.

# 目 录

摘要 .....	I
Abstract .....	I
第 1 章 绪论 .....	1
1.1 研究背景 .....	2
1.2 国内外研究现状 .....	3
1.2.1 国内研究现状 .....	3
1.2.2 国外研究现状 .....	3
1.3 研究目的和意义 .....	4
1.4 研究思路和方法 .....	4
1.4.1 研究思路 .....	4
1.4.2 研究方法 .....	5
第 2 章 行星齿轮传动系统的概述 .....	6
2.1 行星齿轮传动的简介 .....	6
2.2 原始数据及系统组成框图 .....	7
2.2.1 有关原始数据 .....	7
2.2.2 系统组成框图 .....	8
2.3 减速器简介 .....	9
2.4 传动系统的方案设计 .....	10
2.5 行星齿轮传动设计 .....	10
2.5.1 行星齿轮传动的传动比和效率计算 .....	11
2.5.2 行星齿轮传动的配齿计算 .....	11
2.5.3 行星齿轮传动的几何尺寸和啮合参数计算 .....	12
2.5.4 行星齿轮传动强度计算及校核 .....	14
2.5.5 行星齿轮传动的受力分析 .....	17
第 3 章 行星轮架与输出轴间齿轮传动的设计 .....	20
3.1 轮材料及精度等级 .....	20
3.2 按齿面接触疲劳强度设计 .....	20
3.3 按齿根弯曲疲劳强度计算 .....	21
3.4 主要尺寸计算 .....	21
3.5 验算齿轮的圆周速度 $v$ .....	21
第 4 章 行星轮系减速器齿轮输入输出轴的设计 .....	22
4.1 减速器输入轴的设计 .....	22
4.1.1 选择轴的材料，确定许用弯曲应力 .....	22
4.1.2 按扭转强度估算轴径 .....	22
4.1.3 确定各轴段的直径 .....	22
4.1.4 确定各轴段的长度 .....	22
4.1.5 校核图 .....	23

---

4.2 行星轮系减速器齿轮输出轴的设计.....	24
4.2.1 选择轴的材料, 确定许用弯曲应力.....	24
4.2.2 按扭转强度估算轴径.....	24
4.2.3 确定各轴段的直径.....	24
4.2.4 确定各轴段的长度.....	24
4.2.5 校核图.....	25
第5章 主要零件的校核.....	26
5.1 销轴的弯曲程度校核.....	26
5.2 销轴套与滑槽平面的接触强度校核.....	26
5.3 轴承的校核.....	27
结    论.....	28
参考文献.....	29
致    谢.....	30

## 第 1 章 绪 论

目前，洗衣机电器已经融入了中国数千户家庭。它的款式已经从最开始的双桶式成长到双桶式，再到全自动式，最后发展到采用模糊技术控制的全自动式。随着当前科技的进步，洗衣机行业正向着智能化、极化、多元化、环保化、小型化方向进步。

洗衣机是现代人生活的必需品。洗衣机它的性能的好坏，是与人们的生活直接挂钩的。因为科技不断地在进步，人们开始越来越在乎机械产品的功能强弱。齿轮传动设备这一块，主要体现在缩小它的外观、减少它的重量和提高传动比、增强齿轮的承受力。因为齿轮传动技术不停地在进步，它正在进一步的完善。行星齿轮传动这块由于其广泛的功率、对于速度的一个要求范围以及较宽的工作条件，引起了世界上各个国家的关注，现如今已变成世界机械行业的研究的重点之一。伴随着各种新概念、新方法、新工艺层出不穷，行星齿轮传动这一技术随之产生。

洗衣机中使用的减速离合器，用于降低速度和传递扭矩。清洗过程中的传动路径是电机首先通过皮带轮减速驱动的第一级，然后通过行星系统的第二级，以减少电机输入到适合洗衣机操作的过程中的功率和扭矩。行星齿轮传动可以沿传动方向旋转，也可以在同一轴上同时输入和输出。因此，在每个机械传动系统中，由于行星齿轮过多导致车轮负载不平衡，会出现误差，由此增加部件之高度亦些和噪音非常大，大大减弱传动效率，极大地影响洗衣机的运行效果。  
na: Eco1115 8.com  
克与源文档一致，下载高清无水印

20世纪60年代，我国正式针对行星齿轮转动开始非常深入和系统的研究，到了20世纪80年代，改革开放再一次使科学技术得到快速发展，中国的科学水平有了很大提高。之后，我国将国外先进技术和设备引入行星齿轮传动设计之中，让其得到了很大的发展。行星齿轮传动是指一个或多个齿轮的运动，其轴绕着另一个齿轮的固定轴进行旋转。它跟寻常的固定轴齿轮传动不一样，行星齿轮传动系统不但可以自己旋转，还能和固定轴上的行星齿轮一起转。太阳齿轮、行星齿轮架以及内齿轮都是车轮系统的重要部件。假如只固定太阳齿轮或内齿轮，则为行星齿轮传动系。

## 1.1 研究背景

在如今生活中，几乎每家每户都有洗衣机。因为人们不停提高生活要求以及质量，由于社会的不断发展和进步，人们不断研究洗衣机等家庭电器的结构，以使洗衣机更加便捷。因为行星齿轮传动系统的传动效率高、噪音对比其他普通更小，更加的小巧。所以也就是在这种情况下其质量和传动比得到增加。目前齿轮传动技术随着研究的深入正在变得逐渐完善。

我国行星齿轮传动设计的发展较慢，存在许多与国外不可比的情况，如产业结构与国外相比不合理。因为历史时期的影响，中国的产业结构重点集中在劳动密集型上。所以技术密集型产品，如行星齿轮传动设计，不如开发技术密集产品的发达国家好。与普通固定轴齿轮传动比较，其具有传动比相较普通齿轮更大、体积更加小巧，承载能力强大等优点，因此受到了我国铁路电子机械工程技术人员的关注。它拥有很多独一无二的优势。其不但可以用在高速、大功率的机械传动，也能用在低速、大扭矩的机械传动。除了上述的使用场景，它还能投身于大功率传动的机械装置。在航空航天、武器装备、精密机械、医疗器械、仪器仪表等技术密集型产品领域，特别是民用工业中的行星齿轮减速器领域，拥有很好的使用前景

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国内研究现状

在我们国家，行星齿轮传动这项技术经过这么些年的研究进步，已经广泛的使用在了生活中。然而，直到20世纪60年代，中国才真正开始深入和研究行星齿轮，20世纪80年代，中国许多先进的装置和技术都是引进自世界众多工业发达国家。中国通过不断吸收和消化机械技术人才，与时俱进，不断进行创新，不断进取，促进了科学技术的快速发展，大大提高了中国的科技水平，行星齿轮传动技也因此更进一步。

## 1.2.2 国外研究现状

世界上许多发达国家都高度重视行星齿轮传动。因为科技的发展，他们在结构优化、传动性能、等方面在世界中都处于领先。不仅如此，他们还给出了新的技术思路。

德国是首个享有行星齿轮传动专利的世界发达国家。1920年，其首次大量生产行星齿轮传动器，并且在汽车差速器投入使用。从1938年开始，他们一直投入于开发汽车行星齿轮系。二战之后，制造业、机械业这些行业的崛起并没有使行星齿轮传动受到影响。

许多世界发达国家已经经历了工业化和信息化的年代，如今正在向知识时代前进。在设计这块，已经完善的越来越好，技术这块也在不停地改进，使行星齿轮传动水平慢慢变高。人们对于行星齿轮传动也越来越重视。

## 1.3 研究目的和意义

本次设计的目的是通过研究本课题，利用所学知识使分析和解决问题的能力得到了提高，来为今后的研究奠定厚实的基础。

其研究意义是，它不仅让我们回顾和温习过去四年学到的内容，并且锻炼了在实际生活中解决各种问题的能力。从构思理论、计算相关数据、绘图到整个设计的完成，通过不断咨询教师、多次修改原始图纸，不停搜索资料信息，极大地提升了处理和解决问题的能力。

我发现行星齿轮传动的优势非常明显，就比如质量小、个头小巧，传输稳定、功率大。在研究的过程中，我也出现了很多疑问。比如，在考虑精度时，应考虑一定程度的强度。因为在使用中，由于精度低，洗衣机中部的震动以及产生的噪音可能会非常大，对日常使用的体验产生影响。因此，需要更大的质量来稳定。今天的家庭洗衣机不但需要质量好，并且对大小和重量要求也很高。本次设计研究的行星齿轮减速器就是根据上述需求进行针对改善。通过提高其精度，让家庭洗衣机工作更稳，噪音和振动更小。

## 1.4 研究思路和方法

### 1.4.1 研究思路

这次题目是自动洗衣机行星齿轮减速器的设计。因此需要针对结构紧凑，操作简单，成本低来进行选择。首先研究自动洗衣机的系统组成；接着，对减速器类型进行选择；之后，定下来传动方案；最后，对行星齿轮传动进行总设计。

### 1.4.2 研究方法

(1) 文献检索法根据在网上查看关于行星齿轮传动减速器相关的文献，分析查找到的文献资料，图书馆查阅相关资料。来对行星齿轮减速器进行一个构思设计。

(2) 对比分析法

根据前后时间内数据发生的变动，深入设计研究行星齿轮减速器。

(3) 理论联系实际的方法

使用理论，分析来研究现实问题、最终会给出针对性策略。



## 第2章行星齿轮传动系统的概述

### 2.1 行星齿轮传动的简介

身为齿轮传动的一种，行星齿轮的旋转使几个齿轮围绕另一个齿轮的轴转。行星架在运行中的变形是由于行星齿轮轴承的偏转引起的，并且由于齿宽上的载荷不均匀，致使行星齿轮减速器的承受力大大降低，造成振动和噪音。因此，行星计时应针对结构和工艺特殊性进行挑选。在挑选行星齿轮架的时候，应首先挑选结构较为简单，工艺好的行星齿轮架。行星齿轮绕其轴和行星齿轮架的固定轴转。太阳齿轮、行星齿轮架以及内齿轮可以绕公共固定轴旋转，而且能够连接其他零件来承担外部扭矩。行星齿轮结构模型如图2.1所示。

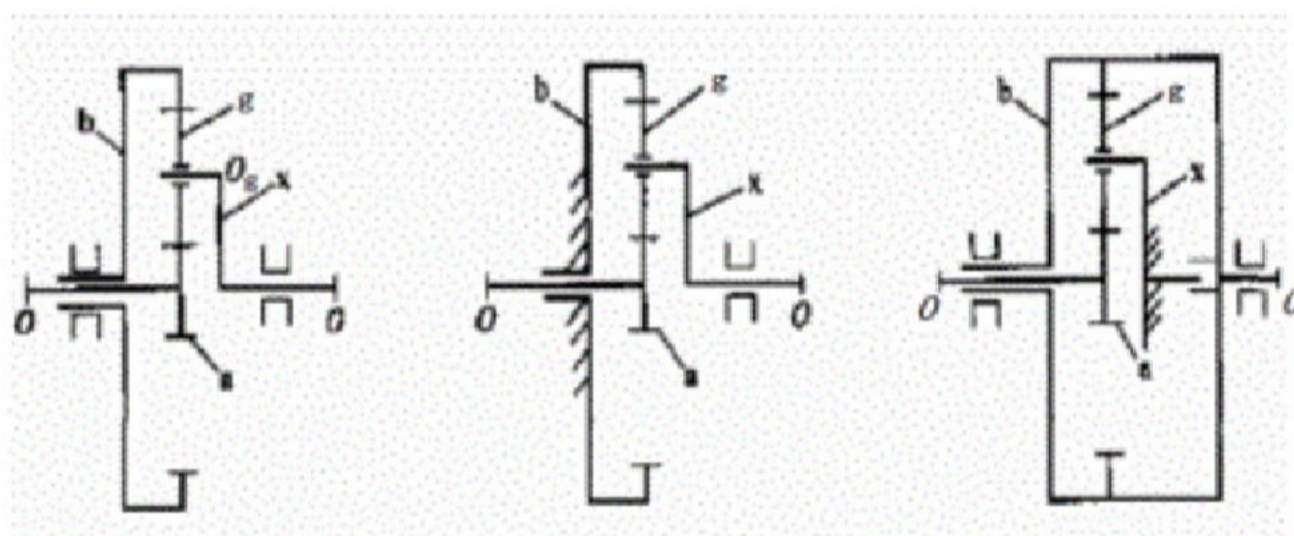


图2.1行星齿轮传动

当下，各种机械传动系统中，因为行星齿轮过多，让车轮的负载不均匀，导致避免不了的误差，部件之间的力增大，导致振动和噪音非常大，对机器的工作效果造成了非常大的影响。因此，行星齿轮传动越来越受到重视。

突出的优点如下：

(1) 体积小、质量轻、结构紧凑、承载能力大

与普通的相比，它的结构更紧凑、个头更小巧、效率较普通定轴轮效率更高、抗冲击性好、噪音很小。其每个中心轮所组成的传动和对应行星轮的内啮齿互相挨着。在中心轮的四周都承担着载荷，目的是使各个齿轮的承载力变小。在它的构成上，可以利用内啮合承载强大、内齿圈自己的可以容纳体积。

(2) 传动效率高、传动比大

得益与其互相堆成的结构，以及两边分布均匀的行星齿轮，能让中心轮和轴承

之间处于一个平衡的状态。从而使其更高效。传动非常大，挑选合适的行星齿轮传动方案，就可以实现只用少量的几个齿轮，得到更加强大的传动比。

### (3) 传动平稳、抗冲击强、振动能力强

行星齿轮结构能使行星齿轮的中心论和轴承之间的力相互平衡，从而在机器工作过程中能够使行星轮和转臂的惯性力达到相互的平衡，为了使其传动平稳，需要运用好内啮合承受力强的特点，以及内齿圈自身能用体积。从而达到抗冲击强，震动更强。

行星齿轮传动也有没法略过的缺点：它对材料的要求很高，结构因为有对应的要求，因此较为复杂，在整个过程中也存在一些难度。

虽然会存在难度，但是由于我们不停深入研究其结构、不断完善这项技术，不断提升技术水平，来使其满足制作安装要求。。

## 2.2 原始数据及系统组成框图

### 2.2.1 有关原始数据

题目：自动洗衣机行星轮系减速器的设计

使用地点：自动洗衣机减速离合器内部减速装置

原始数据及工作条件：传动比：  $i_p=5.2$ ;

输入转速：  $n=2600\text{r/min}$ ;

输入功率：  $P=150\text{w}$ ;

行星轮个数：  $n=3$ ;

内齿圈齿数：  $z=63$

## 2.2.2 系统组成框图

自动洗衣机的组成，结构如图2.2所示。

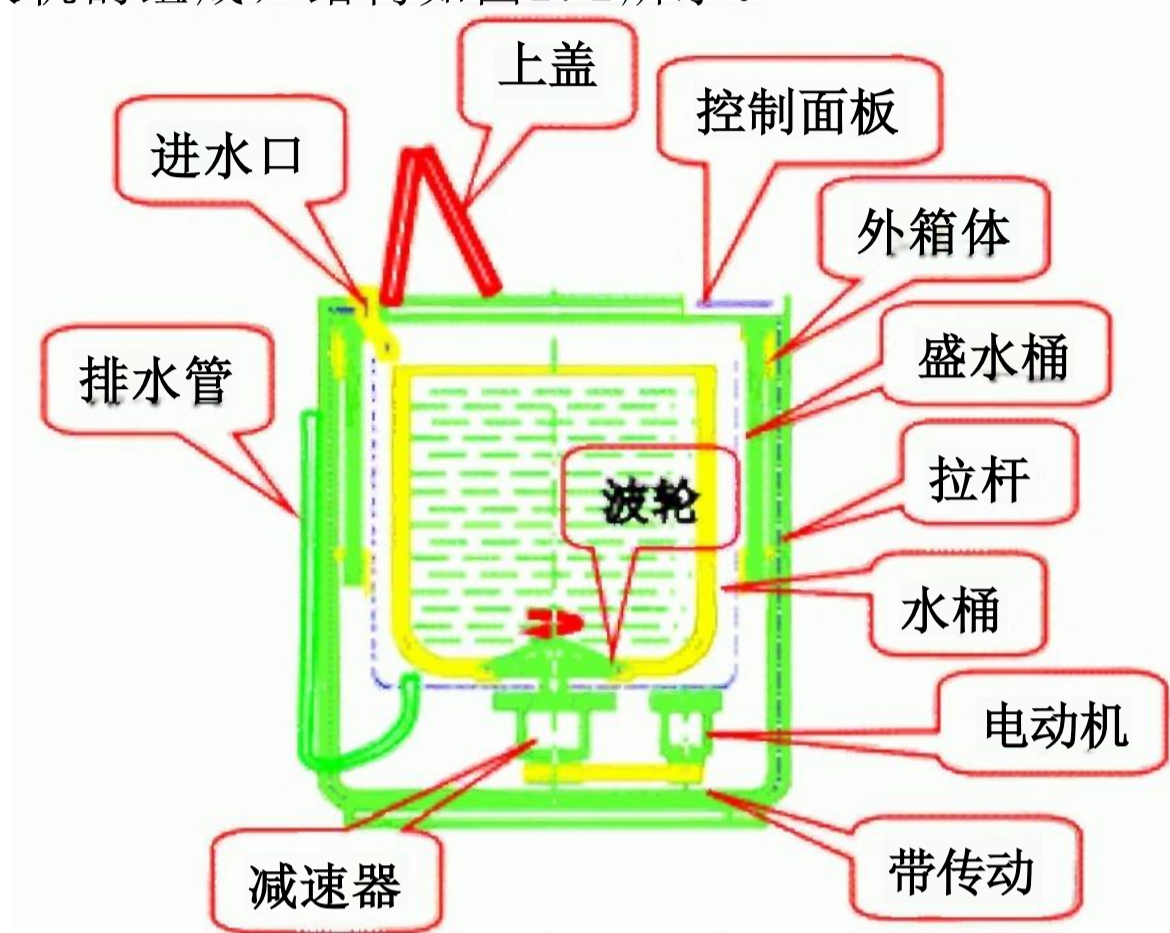


图2.2 自动洗衣机的组成简图

自动洗衣机的工作原理，结构如图2.3所示。

洗涤：A 制动，B 放开，运动经电机、带传动、中心齿轮、行星轮、行星架、波轮。

脱水：A 放开，B 制动，运动经电机、带传动、内齿圈（脱水桶）、中心齿轮、行星架、波轮与脱水桶等速旋转。

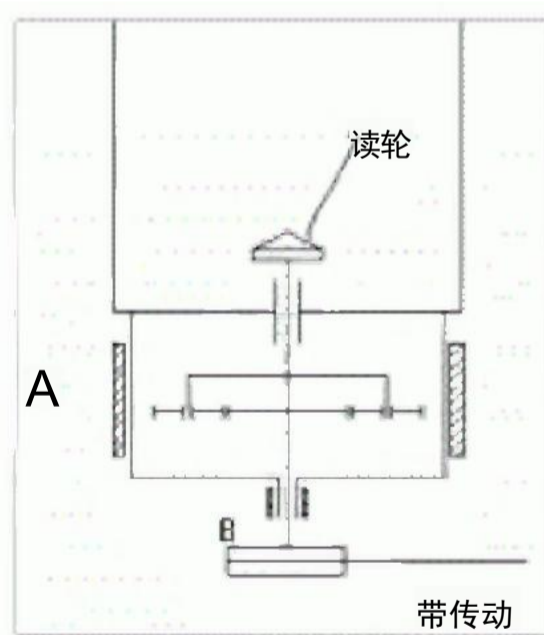


图2.3 洗衣机工作原理图

减速器系统组成框图，结构如图2.4所示。

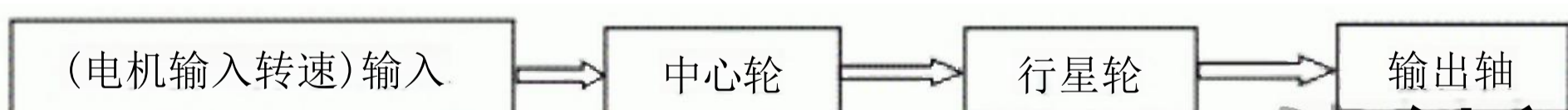


图2.4 减速器系统组成框图

## 2.3 减速器简介

减速器它的工作原理是通过控制马达的旋转次数，来减少得到更大的力。通过齿轮转换器来对扭矩进行一个调节。

普通的减速器有：行星齿轮减速器、蜗杆减速器等。按照传输等级将其划分成二级，多级以及单级。根据它不同的传动种类将他们分成齿轮蜗杆、蜗轮等。

行星齿轮传动的原理图，结构如图2.5所示。

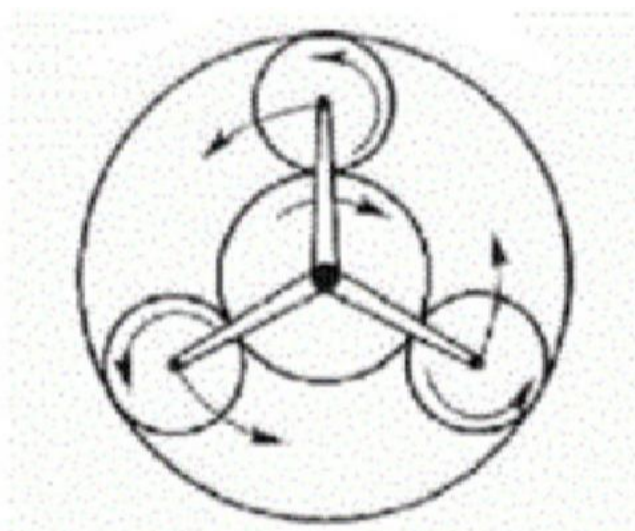


图2.5 行星齿轮传动的原理图

经过设计，减速器是由传动零件像齿轮、蜗杆组成、轴、轴承、箱体及其附件构成的。

### (1) 齿轮、轴及轴承组合

齿轴由小齿轮和轴组成。它可以放在齿轮和轴的直径使用。假如齿轮直径和轴直径之间的差异太大，齿轮和轴将感觉像两个部分，并将被制成其他东西：低速轴以及大齿轮。同时，齿轮和轴承我们通常用圆周来固定，使用肩套和轴承盖固定轴承。因此，一旦轴的载荷相对较小，则使用深沟轴承，载荷相对较大时，则使用角接触球轴承和止推轴承这样的组成结构。

### (2) 箱体

减速器中极为重要的一部分，不可分割。它是传动部分的能够工作的基础，它有足够的强度和硬度来支撑减速器工作。通常为了降低成本，让制作变得简单，箱体使用钢板焊接。

### (3) 附件

减速器能够正常运行的前提是附件达标的工作起来。对此我们要对减速器润滑油部分的排油，油面高度，吊装等辅助部件进行合理挑选。还要想到箱体，齿轮等的结构设计。做出应有的关注和重视。

## 2.4 传动系统的方案设计

这次设计重点就是对自动洗衣机减速器进行一个针对研究。在设计传动方案时，行星齿轮传动的主要特点是承受多个行星齿轮的载荷。在理论研究方面，我们发现，在相同转速和相同功率的条件下，行星齿轮的数量越多，齿轮之间的啮合力越小，重量越轻，行星齿轮结构越紧凑。

如图2.6所示为拟定的传动方案，适于在恶劣环境下长期连续工作。  
a-中心轮； g-行星轮； b-内齿圈； H-行星架

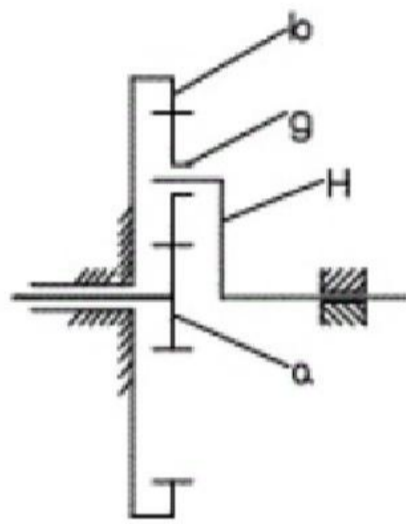


图2.6 周转轮系

在实际操作和实际的设计中，我们发现实际生产的零件会出现形变和误差，想要使行星轮进行一个移动，增加其数量是额外的限制，要求制作和精度都要更加的严格。由于行星齿轮过多，使车轮负载不平衡，这将出现避免不了的误差，结果就是增加了部件间的力，导致振动和噪音非常大，大大使效率下降，极大地影响了机器的工作效果。因此，研究机器的负载能力非常重要，我们应该简单地制作行星齿轮紧凑的零件，目的是满足方便配装。

## 2.5 行星齿轮传动设计

### 2.5.1 行星齿轮传动的传动比和效率计算

行星齿轮传动比符号及角标含义为： $i_{21}$ —固定件、2—主动件、3—从动件

(1) 齿轮b 固定时(图2-6), 2K—H(NGW) 型传动的传动比 为:

$$i_{aH}^b = 1 - i_{ab}^H = 1 + z_b / z_a \quad (2-1)$$

可得:

$$i_{ab}^H = 1 - i_{aH}^b = 1 - i_p = 1 - 5.2 = -4.2$$

$$z_a = z_b / i_{aH}^b - 1 = 63 * 5 / 21 = 15$$

输出转速:

$$n = n_0 / i_p = n / i = 2600 / 5.2 = 500 \text{ r/min}$$

(2) 行星齿轮传动的效率关系式为:

$$\eta = 1 - |n_a - n_H| / (i_{ab}^H - 1) * n_H * \psi^H$$

$$\psi^H = \psi_a^H + \psi_b^H * \psi_B^H$$

原创力文档  
max.book(2+2.com  
预览与源文档一致 (2-3) 清无水印

式中  $\psi_a^H$  —— a—g 啮合的损失系数;

$\psi_b^H$  —— b—g 啮合的损失系数;

$\psi_B^H$  —— 轴承的损失系数;

$y^H$  —— 总的损失系数, 一般取  $y^H = 0.025$ 。

按  $n_1 = 2600 \text{ r/min}$ 、 $n_2 = 500 \text{ r/min}$ 、 $i = 21/5$  可得:

$$\eta = 1 - |n_1 - n_2| / (i - 1) * n_2 * y^H = 1 - |2600 - 500| / (4.2 - 1) * 500 * 0.025 = 97.98\%$$

## 2.5.2 行星齿轮传动的配齿计算

(1) 传动比的要求——传动比条件, 即:

$$i_{aH}^b = 1 + z_b / z_a \quad (2-4)$$

可得:

$$1 + z_b / z_a = 63/5 = 21/5 = 4.2 = i_{aH}^b$$

所以, 中心轮 a 和内齿轮 b 的齿数满足给定传动比的要求。

(2) 保证中心轮、内齿轮和行星架轴线重合——同轴条件

为保证行星轮 z<sub>g</sub> 与两个中心轮 z<sub>a</sub>、z<sub>b</sub> 同时正确啮合, 要求外啮合齿轮 a—g 的中心距等于内啮合齿轮 b—g 的中心距, 即: (a)。-g=(a)-g 称为同轴条件。

对于非变位或高度变位传动, 有  $m/2(z_a + z_g) = m/2(z_b - z_g)$ , 可得:

$$z_g = (z_b - z_a) / 2 = (63 - 15) / 2 = 24$$

(3) 保证多个行星轮均布装入两个中心轮的齿间——装配条件

相邻两个行星轮所夹的中心角为:

$$Q = 2\pi / n$$

中心轮 a 相应转过 q 角, q 角必须等于中心轮 a 转过  $\gamma$  个 (整数) 齿所对的中心角, 即:

$$q = \gamma * 2\pi / z_a \quad (2-5)$$

式中  $2\pi / z_a$  —— 中心轮 a 转过一个齿 (周节) 所对的中心角。

$$i_p = n_1 / n_2 = q_1 \phi = 1 + z_b / z_a \quad (2-6)$$

将 q 和  $\phi_1$  代入上式, 有  $2\pi * \gamma / z_a = \phi_1 (1 + z_b / z_a)$ , 经整理后

$r=z_8+z_6=(15+63)/2=24$ , 满足两中心轮的齿数和应为行星轮数目的整数倍的装配条件。

(4) 保证相邻两行星轮的齿顶不相碰——邻接条件

在行星传动中，为保证两相邻行星轮的齿顶不致相碰，相邻两行星轮的中心距应大于两轮齿顶圆半径之和，如图2.7所示。

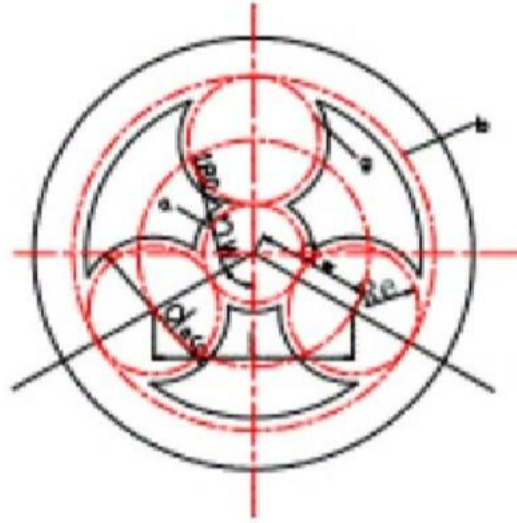


图2.7 行星齿轮

可得:

$$l=2a_0 \sin(180^\circ/n_0) > (d_0)_2$$

$$l=2 \cdot 2/m \cdot (z_0+z_g) \cdot \sin 60^\circ = 39\sqrt{3}/2m$$

$$(d_2)_2 = d + 2h_4 = 17m$$

满足邻接条件。

### 2.5.3 行星齿轮传动的几何尺寸和啮合参数计算

按齿根弯曲强度初算齿轮模数  $m$ ，则齿轮模数  $m$  的初算公式为

$$m = K_m \sqrt[3]{T_1 K_A K_{F\Sigma} K_{FP} Y_{Fa1} / \phi_d z_1^2 \sigma_{Flim}} \quad (2-7)$$

式中  $K$ ——算数系数，对于直齿轮传动  $K=12.1$ ;

$T$ ——啮合齿轮副中小齿轮的名义转矩， $N \cdot m$ ；

$$T = T_1 i_4 = 9549 R_1 n_4 = 9549 \times 0.15/3 \times 1600 = 0.2984 N \cdot m$$

$K_4$ ——使用系数，由参考文献[6]表6—7查得  $K=1$ ;

$K$ ——综合系数，由参考文献[6]表6—5查得  $K=2$ ;

$K_p$ ——计算弯曲强度的行星轮间载荷分布不均匀系数，由参考文献[6]公式6—5得

$$K_p = 1.85;$$

$Y_{Fa1}$ ——小齿轮齿形系数，由参考文献[6]图6—22可得  $Y=3.15$ ;

$Z_1$ ——齿轮副中小齿轮齿数， $Z_1 = z_a = 15$ ;

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/646243005221010134>