

渐开线少齿差 行星齿轮传动装置



张展 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



渐开线少齿差 行星齿轮传动装置

张 展 编著



机械工业出版社

本书主要介绍渐开线少齿差行星齿轮传动装置的传动原理, 传动形式及其特点, 传动比及效率计算, 少齿差及零齿差传动的设计与制造, 各种传动类型的结构设计与应用, 以及制造和装配的问题。

本书适合从事齿轮设计及制造的工程技术人员使用, 也可作为齿轮设计生产企业提高员工素质的培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

渐开线少齿差行星齿轮传动装置/张展编著. —北京: 机械工业出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-111-39062-6

I. ①渐… II. ①张… III. ①渐开线齿轮—行星齿轮—齿轮传动装置
IV. ①TH132. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 150798 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: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 版式设计: 纪敬
责任校对: 陈延翔 封面设计: 赵颖喆 责任印制: 乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14 印张 · 2 插页 · 351 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-39062-6

定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

策划编辑 (010) 88379220

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

行星传动技术是一种新型的机械传动技术，而渐开线少齿差行星齿轮传动是属于 K-H-V (N) 型的行星传动，具有一系列的特点：体积小、质量轻、传动比范围大、效率高、能适应在特种条件下工作，因此已引起我国工程界的重视。渐开线少齿差行星传动在国防、冶金、矿山、化工、纺织、食品、轻工、仪表制造、起重运输以及建筑工程等工业领域得到广泛应用，适用于大传动比、中小功率的机械传动装置。

我国是齿轮生产大国，但还不是齿轮工业强国，有待于大家的共同努力，博采众长，自主创新。创新是民族进步的灵魂，是社会发展的动力。制造有中国特色的产品，走向世界。为了适应科学技术的发展，满足教学、科研、生产上的需要，我们编写了《渐开线少齿差行星齿轮传动装置》一书，将传动原理，传动形式及其特点，传动比及效率计算，少齿差及零齿差传动的设计与制造，各种传动类型的结构设计与应用，以及制造和装配的问题作了详细论述。我们的宗旨是“博采众长、荟萃精华、启迪思维、开阔视野”，坚持“技以新为贵、商以信为重、业以人为本、人以德为先”的原则，在编写时注重实用性、先进性和科学性。

本书在编写过程中，得到上海交通大学张国瑞教授，上海化工机械二厂总工张焕武教授级高工，同济大学归正教授，哈尔滨工业大学焦映厚、陈明教授，江苏上齿集团董事长张焰庆、总经理张鹏飞的大力支持与合作。此外，还有同行专家李运秋、陈智辉、李秋武、张弘松、曾建峰、马凯、柯怡、叶阜、任改运的支持与合作，在此深表感谢！

由于本人才疏学浅，实践不够。书中若有不妥或错误之处，敬请广大读者批评指正！

张 展

2011. 10

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 概述	1
1.2 渐开线少齿差行星传动的主要特点	2
1.3 传动原理与结构形式	4
第 2 章 渐开线少齿差行星传动形式及其特点	6
2.1 K-H-V (N) 型传动装置及其特点	6
2.1.1 按输出机构形式分类	6
2.1.2 按减速器的级数分类	12
2.1.3 按安装形式分类	12
2.2 2K-H (NN) 型少齿差传动装置及其特点	13
2.3 锥齿少齿差行星齿轮传动装置及其特点	14
2.4 渐开线少齿差 RV 传动及其特点	15
第 3 章 渐开线少齿差行星传动的传动比计算	16
3.1 K-H-V (N) 型传动的传动比计算	16
3.2 双内啮合 2K-H (NN) 型传动的传动比计算	17
3.3 三内啮合少齿差行星传动的传动比计算	21
3.4 锥齿少齿差行星传动的传动比计算	23
3.5 渐开线少齿差 RV 传动的传动比计算	23
第 4 章 内啮合变位齿轮传动	27
4.1 内啮合齿轮的变位原理及功用	27
4.2 内齿轮加工中的顶切	28
4.3 内啮合传动中的轮齿干涉	32
4.4 内啮合圆柱齿轮变位系数的选择原则	34
4.5 内啮合变位圆柱齿轮几何尺寸计算及举例	35
4.6 渐开线少齿差内啮合齿轮副的干涉	40

4.7 齿厚测量尺寸的计算	44
4.8 齿轮加工时进刀量的确定	46
4.9 重合度与滑动率	50
第 5 章 少齿差内啮合齿轮副的设计及其几何计算	54
5.1 少齿差内啮合齿轮副的基本参数	54
5.2 少齿差内啮合传动设计时应考虑的因素	55
5.3 变位系数的选择	60
5.4 少齿差内齿轮副几何参数的计算与示例	69
5.5 少齿差齿轮副的几何参数及尺寸选用表	72
第 6 章 零齿差内啮合传动的设计与制造	77
6.1 啮合方程式及传动特性	77
6.2 变位系数的选择	79
6.3 零齿差内啮合传动应满足的条件	82
6.4 综合界限曲线图	84
6.5 数值示例	85
6.6 对零齿差输出机构的要求及其几何计算	86
6.7 渐开线零齿差内齿轮副几何计算与示例	88
6.8 零齿差齿轮副的加工	95
第 7 章 输出机构的强度计算	98
7.1 受力分析	98
7.1.1 销轴式输出机构受力分析	98
7.1.2 浮动盘式输出机构受力分析	99
7.1.3 零齿差式输出机构受力分析	99
7.2 输出机构的强度计算	100
7.2.1 浮动盘式输出机构	100
7.2.2 十字滑块式输出机构	102
7.2.3 零齿差式输出机构	102
第 8 章 齿轮强度与轴承寿命的计算	104
8.1 齿轮的弯曲强度计算	104

8.2 转臂轴承的选择	106	11.1 机械传动效率的测定方法	140
8.3 整体偏心轴承	107	11.2 渐开线少齿差行星减速器实测 效率	144
第9章 少齿差行星传动装置的制造与 装配	111	11.3 影响减速器效率的因素	146
9.1 主要零件的材料	111	11.4 转矩传感计的设计与制造	148
9.2 减速器的系列设计及技术要求	111	第12章 少齿差行星齿轮减速器的 设计与应用	155
9.3 典型零件工作图	113	12.1 一齿差行星齿轮减速器的设计与 应用	155
9.4 主要零件工艺简介	117	12.2 两齿差行星齿轮减速器的设计与 应用	162
9.5 销轴的装配	122	12.3 三齿差行星齿轮减速器的设计与 应用	168
第10章 渐开线少齿差行星传动的 效率	124	12.4 设计示例	173
10.1 定轴轮系内齿轮副的啮合效率	124	第13章 少齿差行星齿轮减速器的典型结 构图	178
10.2 渐开线少齿差行星齿轮的啮合 效率	129	13.1 K-H-V (N) 型减速装置的典型 结构图	178
10.3 双内啮合 2K-H (NN) 型渐开线 少齿差行星传动的啮合效率	131	13.2 2K-H (NN) 型减速装置的典型 结构图	184
10.4 滚动轴承的效率	131	附录	213
10.5 输出机构的效率	132	附录 A 悬浮均载行星齿轮减速器	213
10.6 渐开线少齿差行星减速装置的 效率	134	附录 B 双摆线少齿差内啮合润滑油泵	216
10.7 渐开线少齿差行星减速装置的实测 效率	136	参考文献	217
第11章 渐开线少齿差行星传动装置 效率的测试	140		

第 1 章 概 论

1.1 概述

渐开线少齿差行星齿轮减速器属于 K-H-V 型行星传动，是一种新型的机械传动装置。

所谓“少齿差”传动，是由一对齿数差很少，通常 $z_{\Sigma} = z_2 - z_1 = 1、2$ 或 $3、4$ 的渐开线内啮合齿轮副组成的 K-H-V 型行星齿轮传动。该传动装置由中心轮（内齿轮 K）、行星架（即偏心轴 H）和专门的输出机构 V 组成的，按其基本构件命名为 K-H-V 型；按其啮合方式命名为 N 型，N 为内啮合之意。还有一种是 2K-H 型双内啮合的少齿差行星传动，其基本构件为两个中心轮 K 和一个行星架（即偏心轴 H），按啮合方式命名为双内啮合齿轮副 NN 型。一对内啮合齿轮副就能获得很大的传动比。传动比 $i_{H1} = \frac{n_H}{n_1} = -\frac{z_1}{z_2 - z_1}$ ，其中 n_H 为行星架的转速， n_1 为行星轮的转速，负号表示转向相反。由传动比公式可知，当两齿轮的齿数差越小，例如 $z_{\Sigma} = z_2 - z_1 = 1$ 时，其传动比就越大，发生啮合干涉的可能性也就越大。能否实现无干涉的一齿差传动，在 20 世纪 40 年代初还是被人们否定的，大量计算和实践也给予了佐证。例如，齿顶高系数 $h_a^* = 1$ 、压力角 $\alpha = 20^\circ$ 的一对标准内齿轮副，当内齿轮齿数 $z_2 \leq 58$ 时，要进行径向装配，其两齿轮的齿数差至少要 15 齿；若轴向装配时，其齿数差要 8 齿之多；当齿数差过少时，则会发生齿廓重叠干涉和节点对方齿顶干涉，无法进行装配和运转。为解决齿轮传动的干涉问题，可缩短齿顶高，例如采用齿顶高系数 $h_a^* = 0.6 \sim 0.8$ ；或采用大变位齿轮，例如变位系数 $x > 1.5$ ；或采用大压力角，使 $\alpha > 20^\circ$ 。直到 1949 年，前苏联 H. A. 斯科沃尔佐夫（СКОВОРЦОВ）在 B. A. 加夫里连科（ГАВРИЛЕНКО）教授的指导下完成了博士论文，从理论上解决了齿廓重叠干涉等难题，并制成了实物后，工业发达国家才开始了少齿差行星传动的研制，并应用在各种各样的产品上。应当指出，1970 年日本信州大学两角宗晴教授的工作，使少齿差行星传动的设计计算在理论上更为系统和严密。1989 年两角宗晴教授又写了一本《遊星驛車と差動驛車の設計計算法》，对少齿差行星齿轮传动的设计和制造作了进一步的论述。

渐开线少齿差行星齿轮传动的历史，在我国可以追溯到 20 世纪 50 年代。1963 年，太原工业大学（现太原理工大学）副校长朱景梓教授（1985 年去世）发表了《齿数差 $z_d = 1$ 的渐开线 K-H-V 型行星齿轮减速器及其设计》的论文，详细论述了这种减速器的啮合原理和设计方法，以及独特的双曲柄输出机构。这项科学研究是朱景梓教授在 20 世纪 50 年代完成的。1954 年他应清华大学特邀作了这方面的学术报告。1959 年他在赴苏联考察期间向同行专家介绍了这一成果，受到好评。他的这些工作对我国学习和推广这种新型传动起到了启蒙和指导作用。目前，从事这方面工作的有华东化工学院（现为华东理工大学）张文照教授、上海交通大学张国瑞教授、上海化工机械二厂张焕武总工（教授级高工）、上海水工机械厂张展教授级高工、上海化工设计院沈丕然教授级高工等。他们几位在 1978 年编写出版

了我国第一本《渐开线少齿差行星减速器》(张展任主编)的专著。该书对我国渐开线少齿差行星齿轮传动的推广起到了促进和指导作用。

此外,沈阳电工机械厂在这方面也做了不少工作,在自行配套方面生产了很多类型少齿差行星齿轮减速器。上海化工设计院、上海医工设计院在这方面也做了不少的推广工作。其中,张文照教授在这方面作了深入研究,并做了多齿啮合的测试工作,证明了有4对轮齿同时接触。

1.2 渐开线少齿差行星传动的主要特点

1) 传动比大。采用一级传动时,其传动比 $i = 100$,甚至更高;若采用两级传动时,其传动比 $i \geq 10000$ 。

2) 结构紧凑、体积小、质量轻。与同传动比、同功率的圆柱齿轮减速器相比,体积显著缩小,质量可减轻 $1/3$ 或更多。

3) 加工方便、装拆简单,不需要专用机床和特殊的刀具加工。

4) 运行可靠,使用寿命长。

5) 传动效率较高,效率 $\eta = 0.80 \sim 0.94$ 。

6) 对过载和冲击承受性能高,主要是采用了内啮合和大变位的齿轮副,从而提高了接触强度和弯曲强度。

7) 输出轴与电动机为同一轴线,安装和使用较为方便。

综合上述特点,渐开线少齿差行星传动可广泛应用于石油、化工、农机、轻工、冶金、矿山、建筑机械等行业,有着广阔的前景。在某些方面可代替蜗轮箱,而且节省有色金属,易于制造,效率较高,应予以大力推广使用。

据初步调查表明,目前我国渐开线少齿差行星齿轮减速器已具有批量生产能力,一年也有数万台,传递功率以 $P = 10\text{kW}$ 以下占绝大多数,又以 $P = 5.5\text{kW}$ 以下居多,最小的只有几瓦。用于30t桥式起重机的主吊减速器,传递功率 $P = 45\text{kW}$,使用了10年,于1978年因设备更新而停用。用于渔轮的上网锚机减速器,功率 $P = 14.7 \sim 21.6\text{kW}$,转速 $n = 1500 \sim 2200\text{r/min}$,服役已达7年,其传动比 $i = 14 \sim 100$,个别减速器的传动比 $i = 143$,正常情况下的传动效率 $\eta = 0.8 \sim 0.9$,个别情况 $\eta \leq 0.8$,但均由设计和制造上的不足之处所致。

迄今为止,渐开线少齿差行星齿轮减速器还没有统一的标准,大都是自行设计、自行制造、自行配套、造成了参数各异、机座无互换性的局面。

为了普遍提高各行业制造的少齿差减速器的性能、提高其传动效率,应在结构设计、制造精度、润滑、参数优化方面作出更大努力。

我国是齿轮生产大国,还不是齿轮强国,有待于大家共同努力,博采众长,自主创新,生产出具有中国特色的产品。否则,永远只能跟在人家后面。

由于制造条件和用途不同,这种传动的结构形式也各不相同。就其输出机构而言,大致可分为如下几种:销轴式、浮动盘式、滑块式、少齿差式(也称双内啮合式)、零齿差式、波纹管式、双曲柄式以及单销单槽滑移式。其中最常用的有如下几种:

1. 销轴式输出机构

按其外齿轮直径大小,销轴数也不相同,一般的外齿轮(等分孔中镶衬套)直径小于

100mm 时采用 6 孔, $\phi 100 \sim \phi 200\text{mm}$ 时采用 8 孔, $\phi 200 \sim \phi 300\text{mm}$ 时采用 10 孔, $\phi 300 \sim \phi 400\text{mm}$ 时采用 12 孔。由于销轴数量多、传动平稳、受力均匀,但销孔的均布等分精度要求高、材料较好,销轴、销套一般采用 GCr15 钢居多,加工的工艺相应复杂一些。一般重载均采用此种机构(见图 1-1),使用可靠。

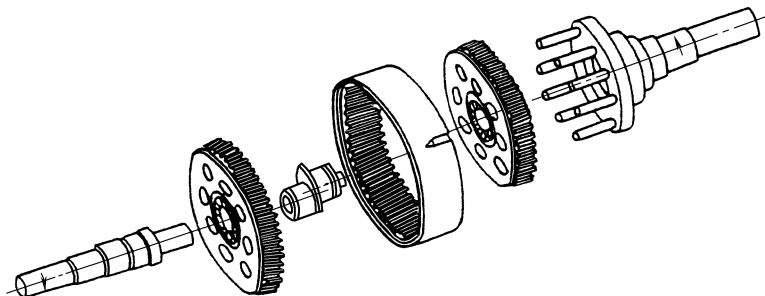


图 1-1 销轴式少齿差构造图

2. 滑块式输出机构

滑块式输出机构(见图 1-2)结构简单,零件也较少,只要在外齿轮端面 and 低速轴端面各开一个尺寸适当、表面光滑的槽,槽中用一个两面带“+”字凸台的滑块(欧氏联轴器)连接即可。但其输出转速以不超过 1000r/min 为宜。机构用于低转速、传递转矩不大的场合,效率较低。

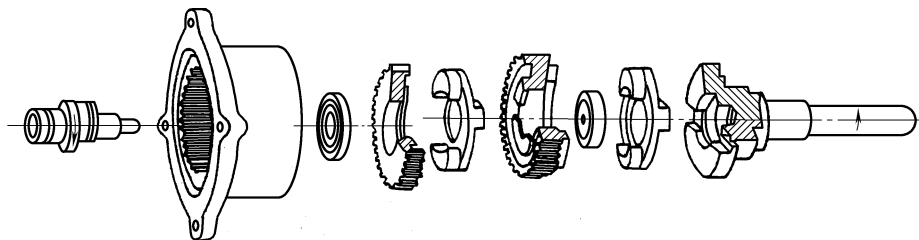


图 1-2 滑块式少齿差构造图

3. 浮动盘式输出机构

由于浮动盘本身具有四个等分槽口,传递转矩时,齿轮上的两销轴必然位于一直线上,均匀地将力作用在浮动盘上,浮动盘的另一两个槽口也必然将力均匀地传递给低速轴的另一两销轴。因此,浮动盘式输出机构(见图 1-3)没有受力不均的缺点,其零件较少,工艺简单。但销轴和销套间是滑动摩擦,在输入轴转速大于 1500r/min 、传递转矩大于 $500\text{N} \cdot \text{m}$ 时,容易造成销轴、滚套、浮动盘等零件胶合或烧伤。

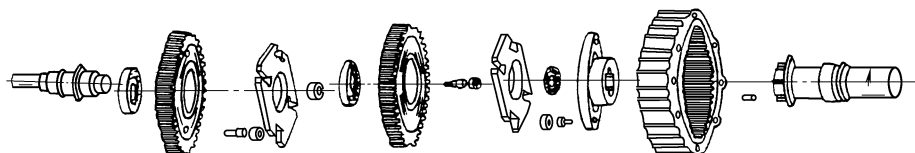


图 1-3 浮动盘式少齿差构造图

4. 零齿差式输出机构

零齿差式输出机构（见图 1-4）的结构简单，体积可以做得很小，是一种很有发展前途的结构形式。

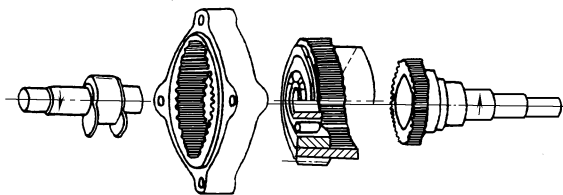


图 1-4 外齿轮输出双内啮合式和零齿差式少齿差构造图

1.3 传动原理与结构形式

1. K-H-V (N) 型少齿差传动

K-H-V (N) 型少齿差传动，如图 1-5 所示，其内齿轮固定，转臂是输入轴。由于转臂的转动和内齿轮的限制，行星轮作平面运动，即行星轮既绕内齿轮轴线作圆周平移运动，又绕自身轴线作回转运动，再利用输出机构把行星轮的回转运动传递给输出轴，从而起到减速作用。图 1-5 所示为具有销轴式输出机构的 K-H-V (N) 型少齿差减速器。内齿轮即中心轮 K 固定，当转臂 H 转动时，迫使行星齿轮绕内齿轮作行星运动，当齿数差为 1 时，输入轴每转一圈，行星齿轮沿相反方向转过 1 个齿，达到减速的目的，并通过传动比 $i=1$ 的 W 输出机构的输出轴 V 输出。

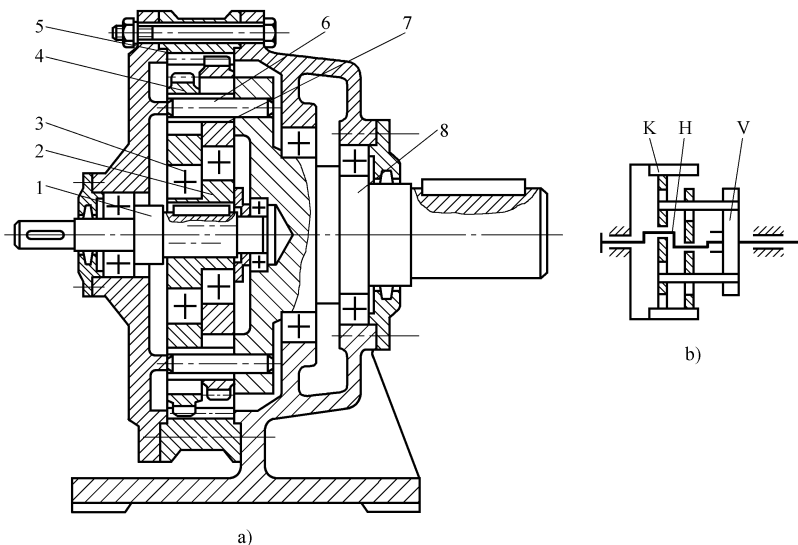


图 1-5 渐开线少齿差行星齿轮减速器 K-H-V (N 型)

1—输入轴 2—偏心套 3—转臂轴承 4—行星齿轮 5—内齿轮 6—销轴 7—销轴套 8—输出轴

2. 2K-H-(NN) 型双内啮合少齿差传动

双内啮合 2K-H-(NN) 型少齿差行星传动，一般由模数相同而齿数不同的两对齿轮副

组成。其行星轮是双联齿轮，第二对齿轮副中的一个齿轮（行星轮或内齿轮）与输出轴相连，使行星轮的回转运动输出，图 1-6 所示为内齿轮输出的 2K-H-(NN) 型少齿差行星齿轮减速器。

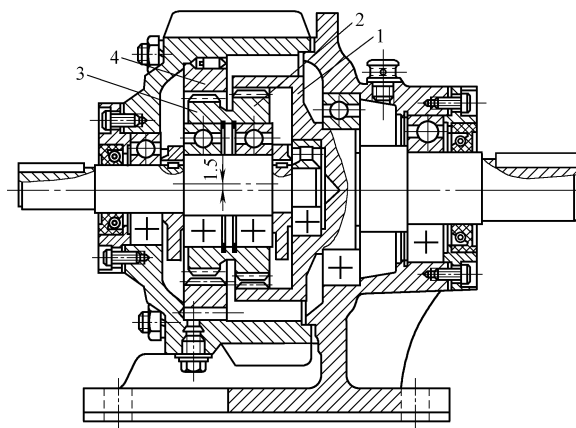


图 1-6 2K-H-(NN) 型少齿差行星减速器

1、2、3、4—齿轮

第2章 渐开线少齿差行星传动形式及其特点

渐开线少齿差行星齿轮传动形式较多，主要有 K-H-V 型渐开线少齿差行星齿轮减速装置，它只有一对内啮合齿轮副，又称 N 型减速装置；2K-H 型双内啮合正号机构渐开线少齿差行星齿轮减速装置，它有两对内啮合齿轮副，又称 NN 型减速装置；此外，还有三内啮合和做成锥齿轮型的传动装置。

2.1 K-H-V (N) 型传动装置及其特点

K-H-V (N) 型传动装置可按输出机构的形式、减速器的级数及安装形式进行分类。

2.1.1 按输出机构形式分类

1. 内齿轮固定，低速轴输出

(1) 销轴式 这种减速装置使用最早，应用范围广，效率也较高，但它要求销孔的加工精度较高。销轴式结构有三种形式：

1) 悬臂销轴式。如图 1-6 所示，销轴的固定端与输出轴紧配合，悬臂端相应地插入行星外齿轮的端面销孔内，结构简单，但销轴受力不均，且磨损不均匀。

2) 悬臂销轴端加均载环式。如图 2-1 所示，它除具有悬臂销轴式的优点外，还使销轴的受力情况大为改善。

3) 简支销轴式。如图 2-2 所示，销轴的受力情况更为改善，但加工精度要有所提高。

(2) 十字滑块式 如图 2-3 所示，这种结构形式较为简单，加工方便，但承载能力与效率均较销轴式低，常用于小功率传动。

(3) 浮动盘式 如图 2-4 所示，这种结构形式较为新颖，加工方便，使用效果也较好。为了减少摩擦损失，在插入浮动盘的销子上套着可转动的销轴套或滚动轴承，以提高传动效率。

(4) 零齿差式 如图 2-5 所示，它是通过一对零齿差齿轮副将行星外齿轮的反向低速转动传递给输出轴。零齿差是指齿轮副的内外齿轮的齿数相同，像齿式联轴器一样，但内外齿轮的齿间间隙较大。当零齿差齿轮副的外齿轮（或内齿轮）与行星外齿轮做成一体时，则零齿差齿轮副的内齿轮（或外齿轮）与输出轴连接，将运动速度与转矩传递出去。这种输出机构的结构形式比较简单，制造也不困难，适用于一齿差传动；对于二、三齿差传动，由于偏心距增大，要求零齿差齿轮副的齿间间隙加大，将会增加振动、噪声，降低传动效率。

2. 输出轴固定，内齿轮输出

这种传动是内齿轮连同机壳一起输出，如图 2-6 和图 2-7 所示，W 输出机构的销轴固定不动，行星外齿轮只作平动，不作转动，迫使内齿轮连同卷筒输出，这是常见的卷扬机结构形式。图 2-6 为销轴悬臂端加均载环的卷扬机。图 2-7 为简支销轴式少齿差卷扬机。

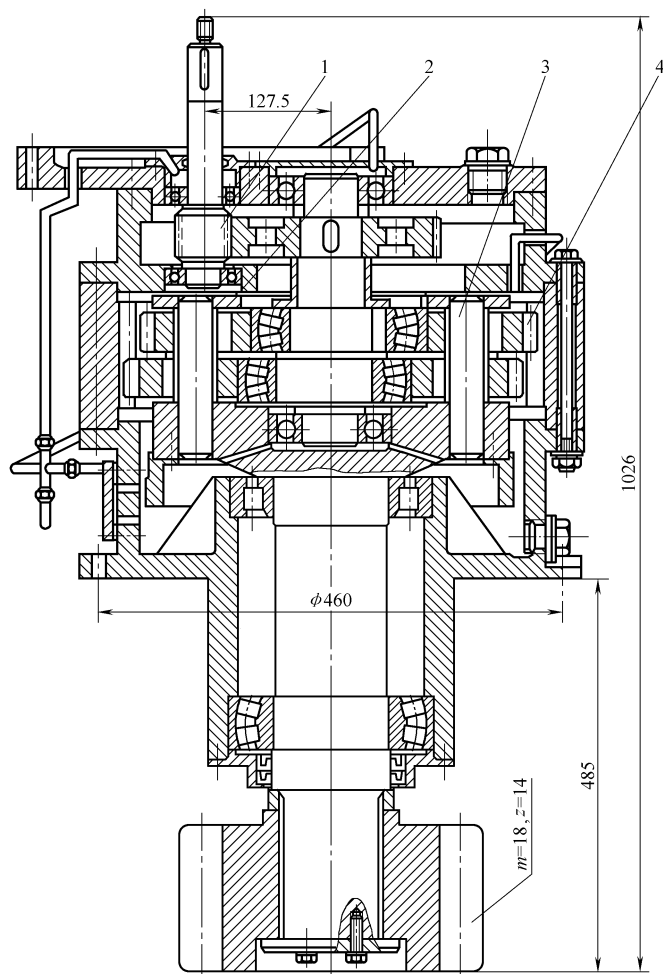


图 2-1 销轴式少齿差行星齿轮减速器 (N 型)

1—圆柱齿轮副 2—均载环 3—销轴 4—一齿差齿轮副

3. 波纹管机构

图 2-8 表示行星外齿轮通过波纹管与机座连接, 行星外齿轮的平动由波纹管补偿。由于波纹管的扭转刚度较大, 不能补偿行星外齿轮的低速转动, 只能传递给内齿轮输出。这种机构以波纹管的变形能损失替代了摩擦损失, 可获得较高的机械效率。

图 2-9 表示作平移运动的内齿轮通过波纹管与机座连接, 它的平动由波纹器补偿, 并使外齿轮输出。

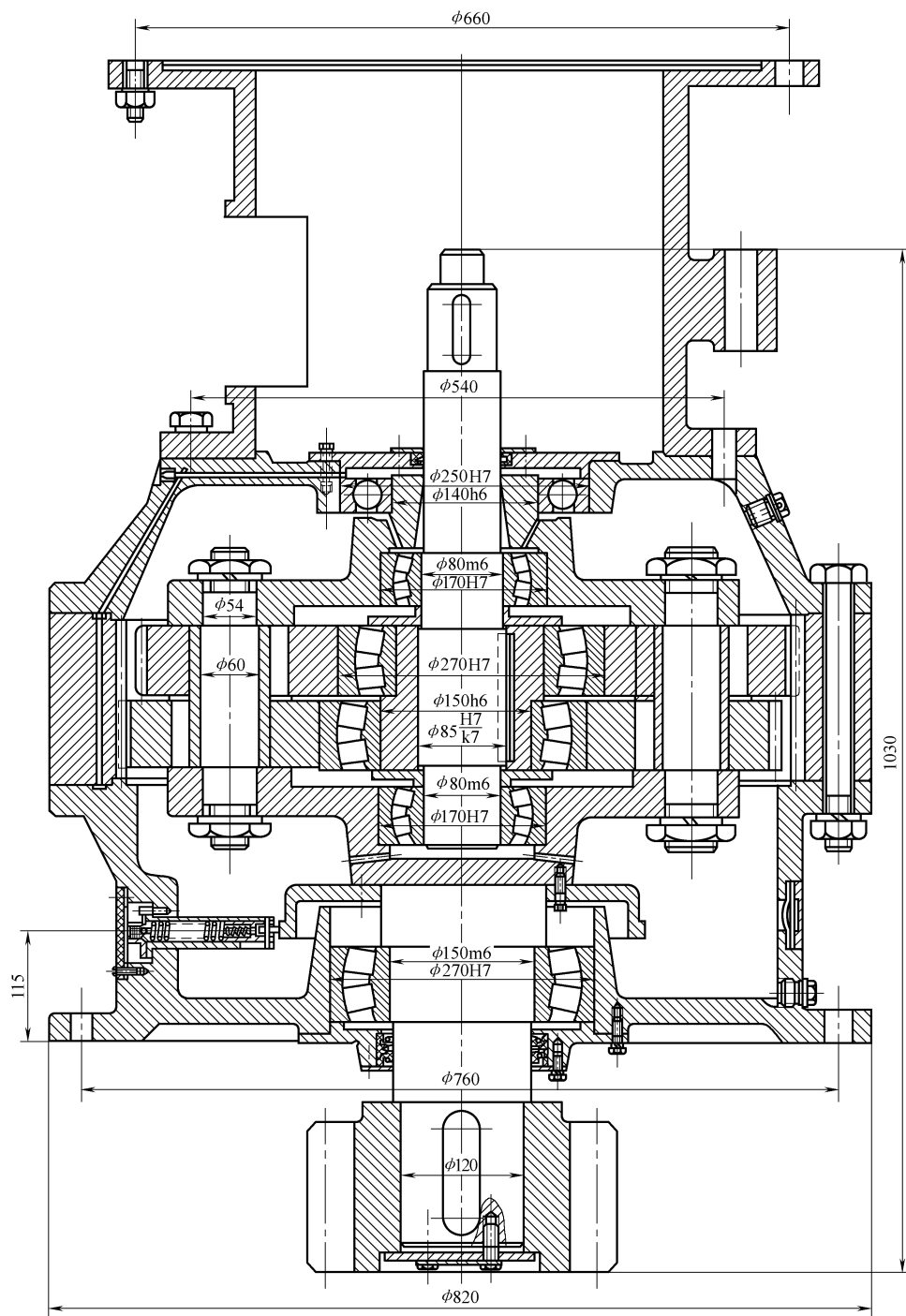


图 2-2 简支销轴式少齿差行星齿轮减速器 (N 型)

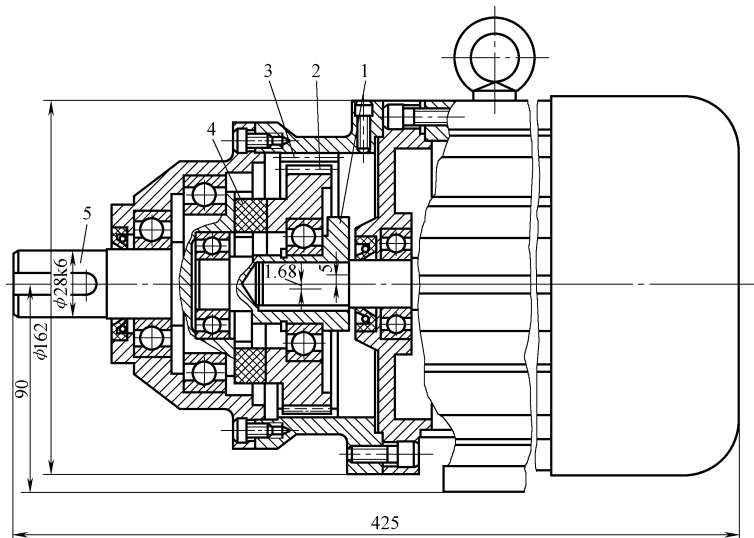


图 2-3 十字滑块式少齿差减速器 (N 型)

1—平衡块 2—行星齿轮 3—内齿圈 4—十字滑块 5—输出轴

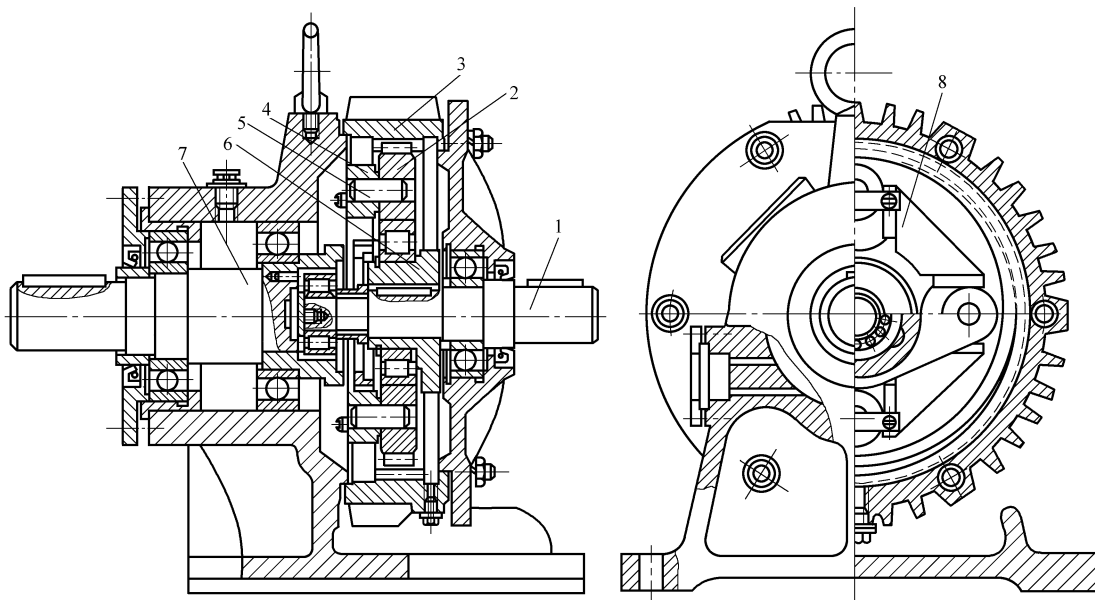


图 2-4 浮动盘式少齿差减速器 (N 型)

1—输入轴 2—行星齿轮 3—内齿轮 4—滚子 5—销轴 6—偏心套 (带平衡块)
7—输出轴 8—浮动盘

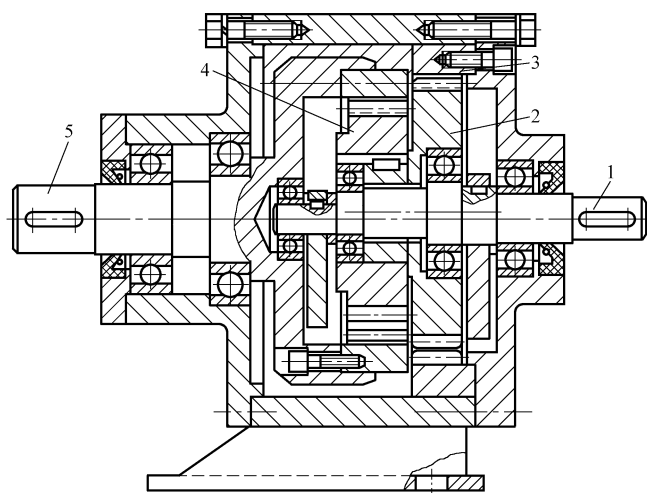


图 2-5 零齿差式少齿差减速器 (N 型)

1—输入轴 2—行星齿轮 3—内齿轮 4—零齿差内齿轮副
($m=3, z=10$) 5—输出轴

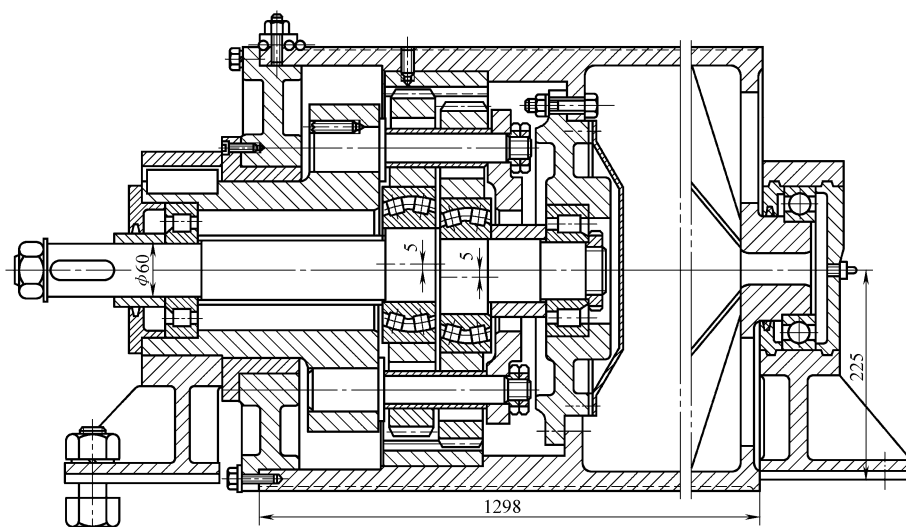


图 2-6 销轴悬臂端加均载环的卷扬机

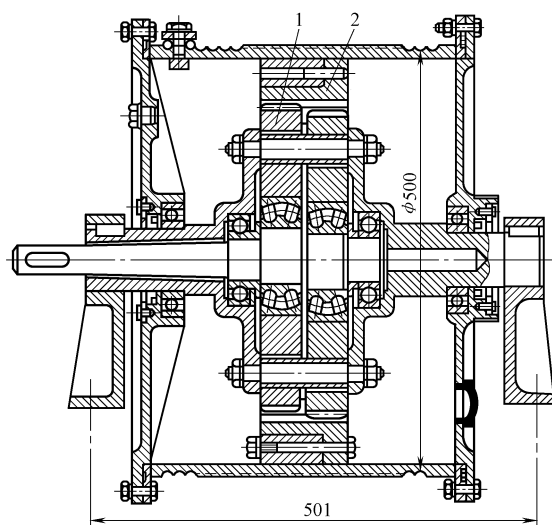


图 2-7 筒支销轴式少齿差卷扬机

1—外齿轮 2—内齿轮

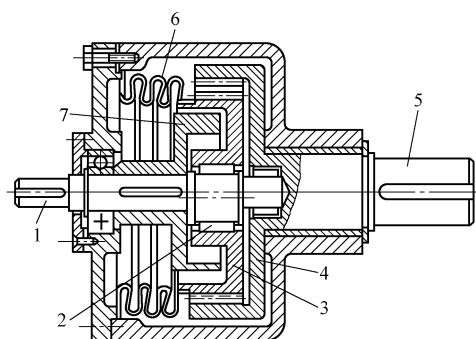


图 2-8 波纹管式少齿差减速器 (一)

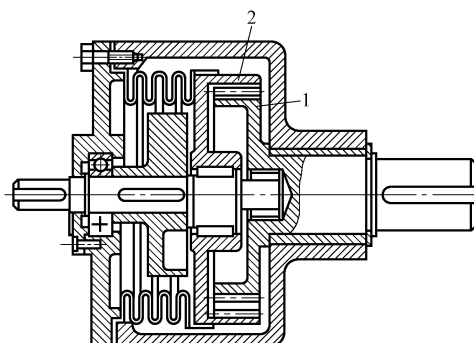
1—输入轴 2—轴承 3—行星外齿轮 4—内齿轮
5—输出轴 6—波纹管 7—平衡块

图 2-9 波纹管式少齿差减速器 (二)

1—外齿轮 2—行星内齿轮

4. 双曲柄机构

(1) 内齿轮输出 如图 2-10 所示, 高速轴通过定轴轮系减速后带动行星外齿轮, 最后通过内齿轮输出。双曲柄机构不是 W 机构, 而是替代了转臂 H, 并使 W 机构省略, 可获得较大的传动比, 且运动平稳性有所提高, 但这种结构的轴向尺寸稍有增大。

(2) 外齿轮输出 如图 2-11 所示, 又称为三环减速器, 它由两根具有三个互呈 120° 偏心块的高速轴 2, 带动三片具有内齿轮的环板 3 作平动, 而不转动, 由内齿轮带动外齿轮连同低速轴 1 输出。这种传动由三片内齿轮各相隔 120° 与一个外齿轮啮合, 使其达到多齿啮合、功率分流的目的, 从而提高了承载

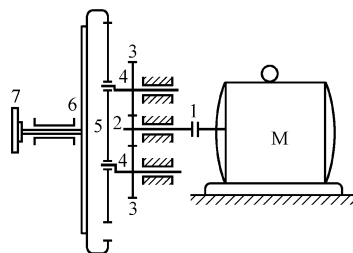


图 2-10 双曲柄式减速器

M—电动机 1—联轴器 2—圆柱小齿轮
3—圆柱大齿轮 4—曲轴 5—行星外齿轮
6—内齿轮 7—输出轴