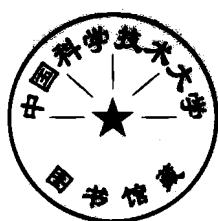


行星与谐波传动结构图册

〔苏〕B.H.鲁坚科 编著

机械工业出版社



QA151/11

34-1

行星与谐波传动结构图册

[苏] B.H. 鲁坚科 编著

张 展 译

骆 克 强 校



机械工业出版社

20745

内 容 提 要

本图册列有行星和谐波机械传动的现代结构图, 适用于各种不同的机械制造部门。它阐述了行星和谐波传动装置的设计和计算, 且对图册中所列之结构或方案, 均作了必要的说明。

本图册第一篇是行星传动, 第二篇是谐波传动。

本图册用途广泛, 可供机械制造厂、设计单位、科研机构中的工程技术人员和科研人员参考, 亦可供工科院校师生参考。

ПЛАНЕТАРНЫЕ И ВОЛНОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ
АЛБОМ КОНСТРУКЦИЙ

В. Н. РУДЕНКО

МОСКВА. МАШИНОСТРОЕНИЕ. 1980

• • •

行星与谐波传动结构图册

[苏] В. Н. 鲁坚科 编著

张 展 译

骆克强 校

•

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南路一号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经销

开本 787×1092 1/8 · 印张 22 · 字数 521 千字

1986年2月北京第一版·1986年2月北京第一次印刷

印数 0,001—3,380 · 定价 3.30 元

统一书号: 15033·6986

前言

目前, 苏联机械制造业的主要任务是生产过程的综合机械化和自动化。为完成这个任务, 要求研制出更完善、更可靠的机器和机械, 特别是各种不同类型的传动装置。

在多种机械传动的类型中, 行星传动与一般定轴传动相比, 具有一系列的优点。因此, 这种传动占有特殊的重要地位。

行星传动的优点归纳为: 同轴传动、结构紧凑、无噪声、重量轻、承载能力大、效率高、可得到很大的传动比(可达几万或几万以上), 输入轴可用多原动机驱动等。

行星传动早已为人们所知, 它已被广泛地用在机械制造业中。

苏联开发行星传动的奠基人应推为技术科学博士 Н. Ф. Руденко 和 В. Н. Кудрявцев 教授。他们对行星传动的设计计算和结构, 打下了理论基础, 并写出许多有关理论著作。

发展行星传动, 并作了巨大贡献的学者有: Э. Л. Айрапетов, Н. Г. Бруевич, Д. П. Волков, М. Д. Генкин, В. В. Д-оборовольский Н. И. Колчин, М. А. Крейнс, А. Д. Крюков, А. А. Никитин, Д. Н. Решетов, Л. Н. Решетов, Г. В. Сигов等。

谐波机械传动出现得较晚, 约在20年前。尽管如此, 谐波传动在工业中已巩固了自己的地位。

这种传动的首次设想是由 А. И. Москвитин 提出来的。他在1944年获得了慢速电机的发明权 (№68211, КЛД1d)。在他所提出的电机方案中, 采用了一个装在定子孔中进行滚动的柔性转子(即摩擦谐波传动)。

从1955年开始, 美国工程师 W. Musser 获得了大量的谐波传动及其联接的结构方案的专利(谐波齿轮传动、谐波摩擦传动、谐波螺旋传动), 并指出了新的谐波原理用于机械传动装置的可能情况。

就动力学和结构的观点来看, 谐波传动和行星传动具有很多共同点, 是行星传动的变态。但谐波传动具有更小的外形尺寸、更轻的重量及其他许多优点。

谐波传动与行星传动的主要区别是: 谐波传动中, 有一个轮子是柔性轮子(薄壁壳体)。当行星架(波发生器)使柔轮发生径向变形时, 柔轮即与刚性齿圈啮合。行星架转动时, 柔轮沿着不动的刚轮滚动, 从而获得减速缓慢旋转运动。

这种使柔性构件变形产生波的移动现象的装置, 称为谐波

传动。

谐波传动变化多端，可使从动构件获得多种运动形式，即旋转运动、往复运动或螺旋运动。

谐波传动结构紧凑，能承受较大的扭矩，可保证运动的高度准确，可通过隔板用于密闭空间的运动传递。隔板制成薄壁封闭旋转壳体（圆柱形、圆锥形等）或制成薄膜片式。

谐波传动的主要优点之一是：在全密封的空间中且又无活动联接的情况下，可以改变运动形式。

本图册的主要目的是使读者了解工业用行星传动和谐波传动的各种结构。此外，在图册中尚列有这两种传动的计算原理。

本图册对行星传动和谐波传动的计算理论，不作完整论述。读者若有必要，可查阅有关专业文献。

本图册由两篇组成：行星机械传动和谐波传动。每篇开头

均列有这两种传动的计算理论，后面即为相应结构的实例及其说明。

应记住：谐波传动是一种非常新型的传动。目前，对这种传动的研究还远未结束。因此，为了加强对谐波传动基础零件（即柔性元件）的研究，在本图册第二篇篇末，列入了试验台的结构。因为这种基础零件决定着谐波传动的工作性能。

为了同一目的，在第一篇篇末，亦编入了行星传动试验台。在编制本图册的过程中，采用了国内外机械制造业中有关这两种传动的计算和设计经验。

由于传动计算项目繁多，又要按图册中的具体结构进行计算和说明，对作者来说还是头一次。

因此，作者以感谢的心情接受读者所提出的编排原则和所
有意见。

目 录

前言

第一篇 行星传动	1
----------------	---

第一章 行星传动的计算	3
-------------------	---

§1 基本概念、定义及行星传动的结构	3
--------------------------	---

§2 行星传动的分类	5
------------------	---

§3 行星传动的运动学	12
-------------------	----

§4 行星传动中的作用力、扭矩和功率	15
--------------------------	----

§5 行星传动效率	17
-----------------	----

§6 行星机构类型的选择及行星机构的外形尺寸	
------------------------	--

与其他传动型的比较	22
-----------------	----

§7 行星轮个数和齿数的选择及均载装置	25
---------------------------	----

§8 行星齿轮传动的强度计算	29
----------------------	----

第二章 一般工业用行星减速器	31
----------------------	----

单级行星减速器 (图页1)	31
---------------------	----

行星减速器 (图页2、4)	31
---------------------	----

两级行星减速器 (图页5)	31
---------------------	----

行星传动中的行星轮装置 (图页6)	31
-------------------------	----

具有浮动构件的行星减速器 (图页7、8)	31
----------------------------	----

具有浮动中心轮单级行星减速器 (图页9)	32
----------------------------	----

双行星减速器 (图页10)	32
---------------------	----

MPA型行星齿轮马达减速器 (图页11)	32
----------------------------	----

MTS2型行星齿轮马达减速器 (图页12)	32
-----------------------------	----

行星-针齿减速器 (摆线针轮减速器) (图页13)	33
---------------------------------	----

摆线针轮减速器和马达行星减速器 (图页14)	33
------------------------------	----

行星齿轮减速器 (图页15)	33
----------------------	----

行星-圆柱齿轮减速器 (图页16)	33
-------------------------	----

差动行星减速器 (图页17)	33
----------------------	----

行星齿轮传动 (图页18)	33
---------------------	----

第三章 特种用途的行星减速器	34
----------------------	----

连续工作离心机传动的行星齿轮减速器 (图页19)	34
--------------------------------	----

装料漏斗扇形闸门用曲柄-行星减速器 (图页20)	34
--------------------------------	----

抛光机行星齿轮减速器 (图页21)	34
-------------------------	----

起重机回转机构光电继电器行星传动 (图页22)	34
-------------------------------	----

连续工作离心机差动装置 (《Механогра》差速器) (图页23)	34
---	----

连续工作离心机差动装置 ($\Delta Z=1$) (图页24)	34
---	----

连续工作离心机差动装置 (图页25)	35
--------------------------	----

第四章 起重机和挖掘机的行星机构	36
------------------------	----

KB-16型塔式起重机回转机构行星减速器 (方案) (图页26)	36
--	----

KB-40型塔式起重机回转机构行星减速器 (图页27)	36
-----------------------------------	----

挖掘机回转机构行星齿轮减速器 (图页28)	36
-----------------------------	----

具有柔性箱体的OKT-5型挖掘机回转机构行星减速器 (图页29)	36
--	----

挖掘机回转机构行星减速器 (图页30)	36
行星传动电动葫芦 (图页31, 32)	37
自行制动无轴承行星齿轮减速器 (图页33)	37
无轴承行星传动卷扬机 (图页34)	37
铲运机行星传动卷扬机 (图页35)	37
行星传动卷扬机 (图页36, 37)	37
3-6516型挖掘机主卷扬机提升机构 (图页38)	38
3-6516型挖掘机臂架提升卷扬机 (图页39)	38
3-6516型挖掘机铲斗操纵机构 (图页40)	38
3-6516型挖掘机主卷扬机提升机构 (图页41)	38
具有三电机驱动的多速卷扬机 (方案1) (图页42)	38
具有三电机驱动的多速卷扬机 (方案2) (图页43)	39
第五章 行星传动电动滚筒	41
φ1450起重机电动滚筒 (图页44, 45)	41
φ630电动滚筒 (图页46)	41
电动滚筒 (图页47, 48)	41
板式输送机的传动装置 (图页49, 50)	42
第六章 机械制造其他部门用行星传动	43
KTC-53型履带起重机吊挂设备工作机构的传动装置 (图页51)	43
回转行星机构 (图页52)	43
3KT-4型挖掘机行星牵引轮 (图页53)	43
带内装式行星齿轮减速器油马达驱动轮 (图页54)	43
行星传动马达车轮 (图页55)	43

《Чайка》汽车自动变速箱 (图页56)	44
油漆工程行星减速器的风动马达 (图页57)	44
直升飞机支承螺旋桨驱动的行星齿轮减速器 (图页58)	44
飞机和直升飞机同轴螺旋桨驱动的行星齿轮减速器 (图页59)	44
程序控制半自动仿形车床变速箱 (图页60)	45
5312型滚齿机的差动装置 (图页61)	45
5IT325型滚齿机差动机构 (图页62)	45
研究行星齿轮减速器动力回路封闭试验台 (图页63)	45
第二篇 谐波传动	113
第一章 谐波传动的结构与计算	113
§1 谐波传动的形式、定义和基本概念	113
§2 谐波传动的分类、运动学和结构	114
§3 谐波传动的效率	116
§4 谐波传动主要零件的结构与计算	117
第二章 谐波减速器	123
渐开线齿形谐波减速器 (图页64)	123
两级谐波减速器 (图页65)	123
谐波齿轮减速器 (图页66, 67)	123
谐波传动的波发生器 (图页68)	123
谐波齿轮减速器 (图页69)	124
电磁式波发生器谐波传动简图 (图页70)	124
谐波减速器 (图页71)	125
阀门驱动装置行星-谐波减速器 (图页72)	126

阀门驱动装置谐波减速器 (图页73)	126	谐波传动的闸阀的柔性元件 (图页85)	131
Dy=300mm煤气和石油总管上的球阀的谐波传动(图页74)...	126	石油和煤气总管球阀的密闭传动机构 (图页86)	132
斜齿传动立式谐波减速器 (图页75)	126	真空中螺杆密闭谐波传动 (图页87)	132
立式谐波减速器 (图页76、77)	126	密闭空间中传递旋转运动的谐波减速器 (图页88)	132
三速谐波减速器 (图页78、79)	127	第四章 谐波传动研究用试验台	133
电动葫芦提升机构 (图页80)	127	谐波传动柔性元件静力学研究用试验台 (图页89、90)	133
第三章 密闭谐波传动	128	谐波传动柔性元件疲劳强度研究用试验台简图 (图页91) ...	134
密闭谐波传动 (图页81)	128	研究谐波传动柔性元件疲劳强度BP1a型试验台	
通过密闭弹性隔板用谐波传动驱动阀杆的阀门结构		(图页92、93)	134
(图页82)	128	研究谐波传动柔性元件疲劳强度BP16型试验台	
压力腔分隔阀 (图页83)	129	(图页94、95)	134
闸阀的谐波传动 (图页84)	130	参考文献	167

第一篇

行星传动

第一篇 行星传动

第一章 行星传动的计算

§1 基本概念、定义及行星传动的结构

具有动轴线的齿轮传动称为行星传动。行星传动既可以是齿轮，也可以是摩擦轮，最常用的是齿轮啮合或针齿啮合的行星传动。

行星齿轮传动采用圆柱齿轮和锥齿轮，很少采用螺旋齿轮，但有时也用蜗轮。该种传动既可用直齿轮，也可用斜齿轮和人字齿轮。

行星摩擦传动也可用圆柱和圆锥摩擦轮，并且有时也有用球形构件的。

为了得到变速传动比，行星传动还可采用非圆齿轮。

行星传动如图1所示。半径 r_a 的齿轮 a 称太阳轮（中心轮），而半径 r_b 的齿轮 b 称为行星轮，其轴固定在可动的摇柄 H 上，行星轮 b 绕太阳轮 a 滚动。可动摇柄 H 称为行星架。当固定在可动摇柄上的齿轮运动时，齿轮绕轴旋转（相对运动），随即摇柄绕轴转动，组成类似天体星球的运行，行星传动由此而得名。

最简单的行星传动方案如图2所示。

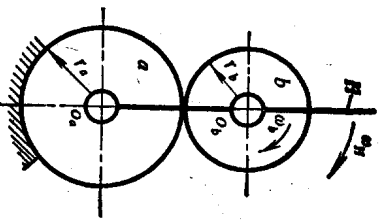


图 1

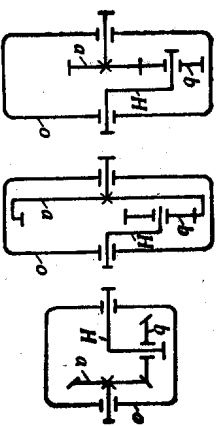


图 2

具有一个自由度的传动称简单行星传动，其中太阳轮中的一个固定不动的（图2中的齿轮 a ）。

图2中的太阳轮 a 松开时，可得到两个自由度的行星齿轮传动，这种传动叫差动或差动装置。因此，在差动行星传动中，除壳体 O 外，所有构件均处于运动状态。

当行星架 H 固定时，行星传动即成为普通的定轴传动。如果在行星齿轮传动（图2）中，分别将构件之一 a 、 H 和 O 按序固定，则可获得简单的行星传动、简单的定轴传动和差动传动

（图3a~c）。

由图2可以看出，行星传动是同轴线传动，即太阳轮和行星架的几何中心重合，与简单定轴传动相比，这就是它的优点（研究下列结构即可明白）。

若在图2传动方案中再增加一个太阳轮，则可得到如图4a~g所示的行星传动。

当按图4c中分别固定其构件之一时，可获得四种变型传动（图5）[21]。

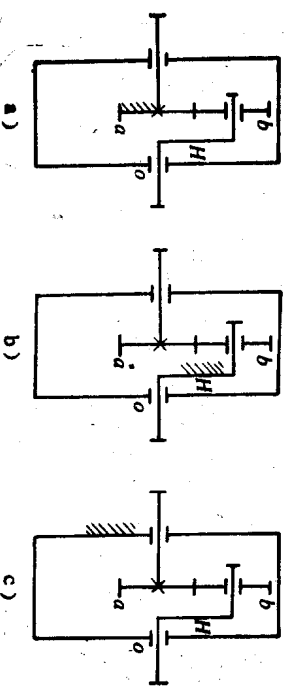


图 3

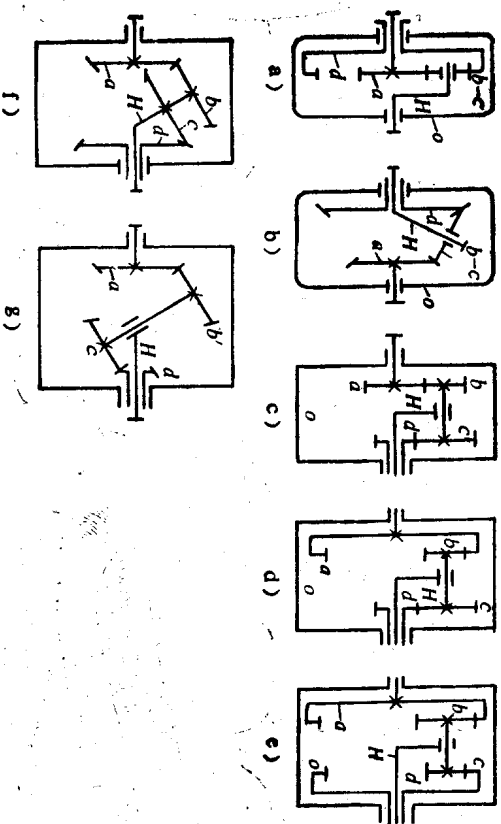


图 4

具有三个中心圆柱齿轮的运动链和行星传动如图6a~h所示。

在这些传动中，分别依次固定一个、二个和三个构件时，则可以得到众多的差动传动、复式传动、简单行星传动和定轴传动。

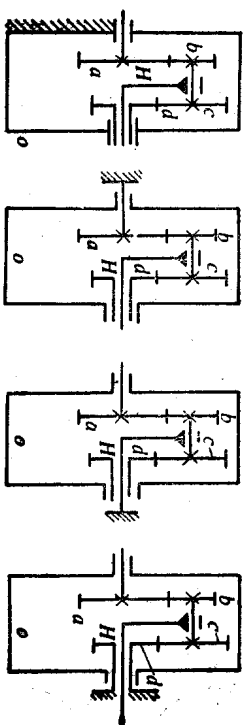


图 5

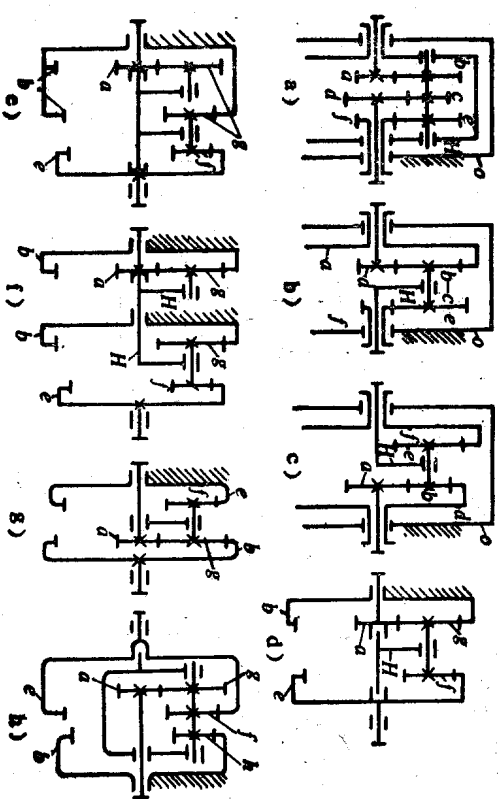


图 6

按图7b和d的行星传动是可能的。这种传动非常紧凑，可以获得大的传动比，称为曲柄-行星传动和滑槽-行星传动，这种行星传动的联接是用铰链-杠杆和滑槽机构〔14, 21〕。

若行星传动的两同心转轴用某一传动（定轴传动和行星传动）与主动轴或从动轴相连接（封闭）时，则这种传动称为复杂传动或封闭行星传动（图8a~d）。

如果在行星传动的行星架上安装一个或几个附加行星轮（图9），则行星传动的方案和派生传动又有新的增加，其中许多方案具有新的性质。

如果将图9中e、f两行星轮实现传动联系，则获得所谓双行星传动（图10b）。这种传动联系是借助于行星轮的行星机构来实现的（图10a）。

双行星传动的各种传动简图见文献〔32〕，但从高效率减速观点出发，其中只有少数的一些是有意义的，其他双行星传动有意义仅在运动方面，即可获得行星轮的复杂运动。

因此，行星传动的新方案可由简单的行星传动来获得，只要将简单行星传动在轴向、径向扩展或者组合其它方案即可。应当指出，其中最佳的、应用最广的还是第一种情况。

卓有成效地使动轴获得各种不同转速的行星传动称为行星齿轮变速器，或称有级变速器。从动轴转速为了得到稳定的无级变化，可采用行星-无级变速传动或行星变速器。带液力变矩器的液力-机械传动也属于这种类型。

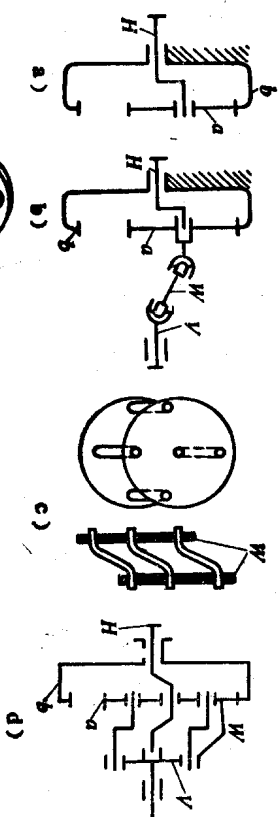


图 7

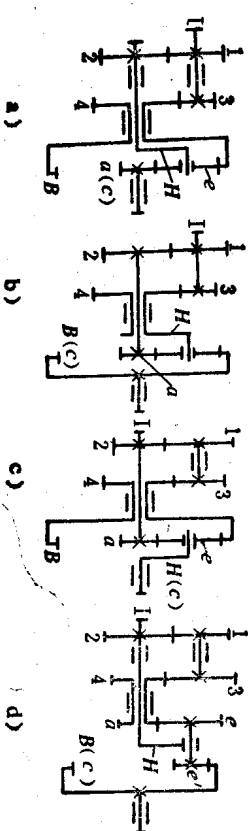


图 8

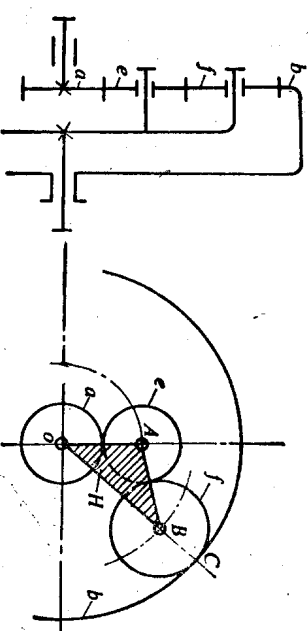


图 9

行星变速器与一般传动相比，具有较大的调整范围。强制操作的某种摩擦或脉冲的变速器为封闭传动时，这种行星变速器称封闭式变速器。

在行星变速器中，通常是用齿轮增加结构链的（图11, c）。多盘式行星变速器传动简图如图12a~d所示。

图13中所示的为这种变速器的行星轮简图。这种行星轮是由一对相互啮合的齿轮和几只位于同轴的锥形盘组成。

封闭行星变速器如图14a~e所示。

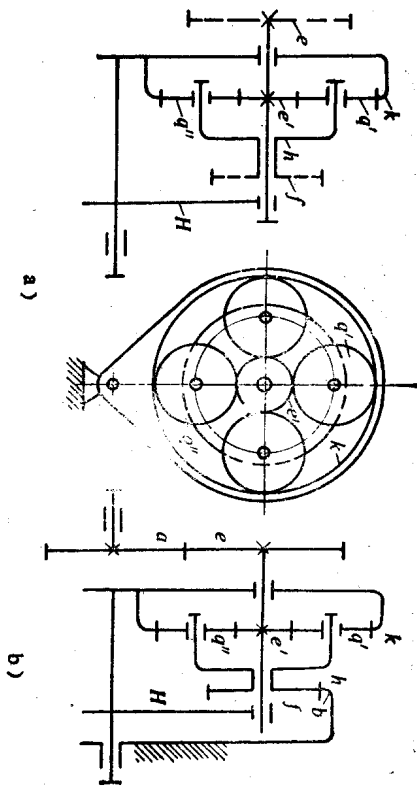


图 10

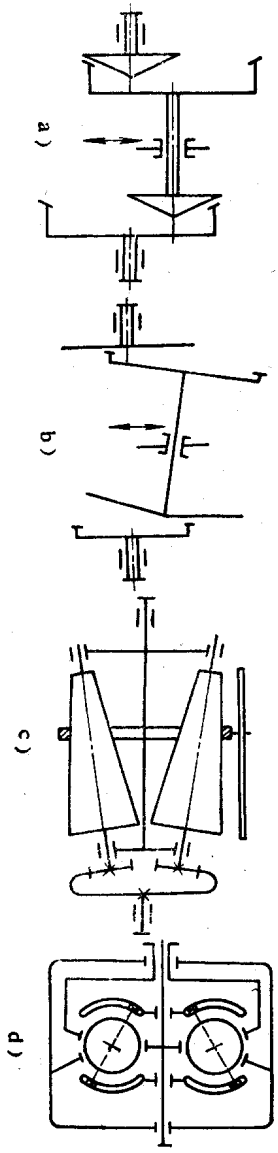


图 11

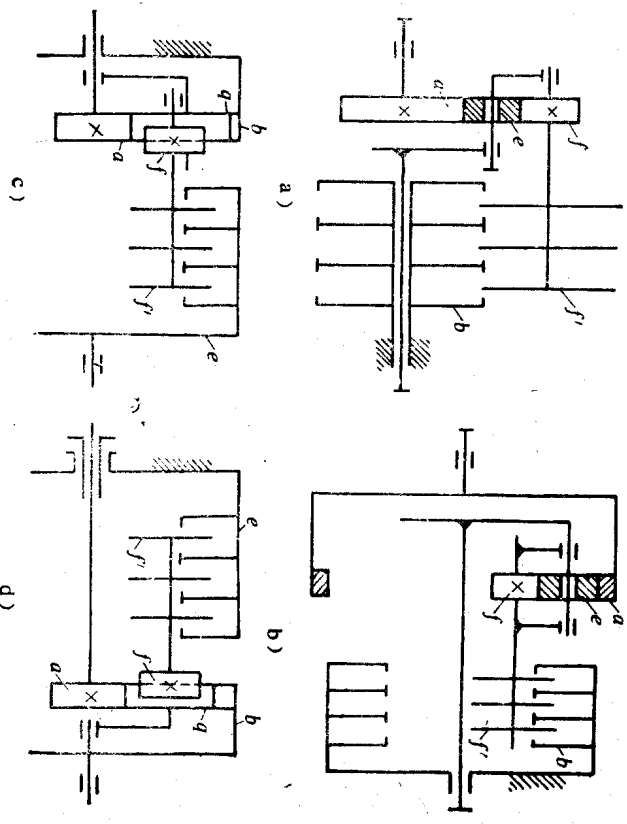


图 12

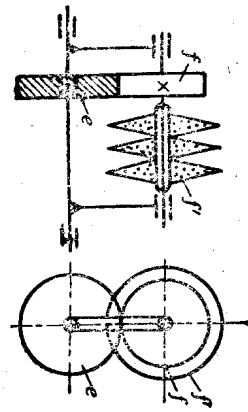


图 13

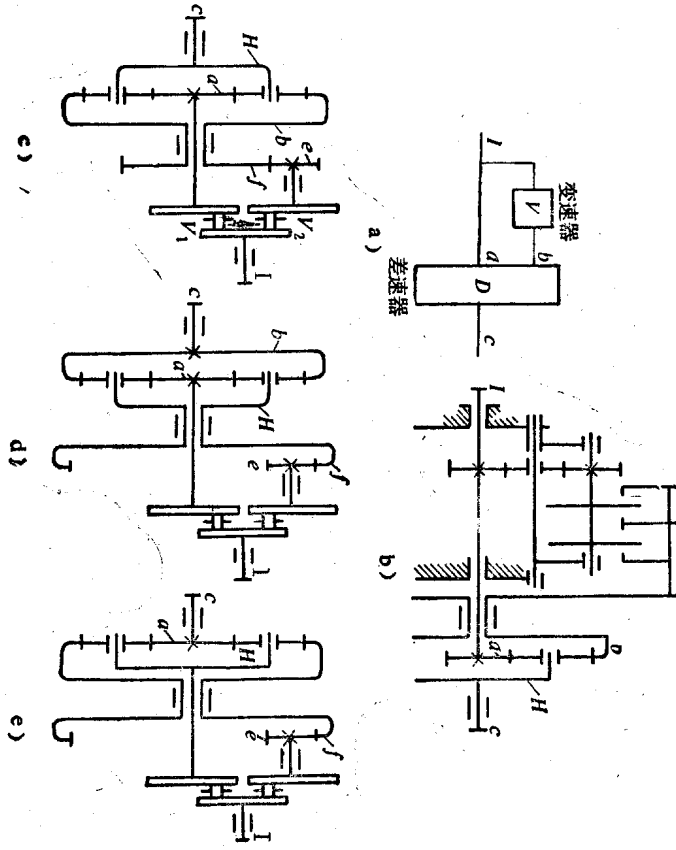


图 14

§2 行星传动的分类

由此可见,可创制出不可胜数的各种不同的行星传动方案。在行星传动设计时,正确选择传动方案具有非常重要的意义(与其他传动设计相比较)。传动方案选择不当时,不仅在外形尺寸、重量方面,而且在效率方面也会丧失行星传动的优越性。

行星传动目前有两种基本分类。作者以其中科学技术博士H.Φ.鲁坚科(руденко)教授的分法为第一类[21],而第二类分法是科学技术博士B.Н.库德略采夫(Кудрявцев)的分类法[14]。行星传动的两种分类方法在目前均被采用,因此,本节简述其中的每一种。

如前所述,在简单的行星传动中,中心太阳轮之一是固定的。这个太阳轮既可以是外啮合的,也可以是内啮合的。按照H.Φ.鲁坚科教授的分类(表1~3),外啮合用符号A——

[illegible]

(续)

传动简图	构件		从动轴转速	行星轮的相对转速
	主动	从固定		
	$I + II - I$	$n_I = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}}$ $- \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_a}}$	$n_b = n_o = \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a} - 1}$ $- \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_a} - 1}$	$n_b = n_o = \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a} - 1}$ $- \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_a} - 1}$
	I	$n_{II} = n_I \left(1 + \frac{r_o}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_d} \right)$	$n_b = n_o = -n_I \frac{r_a}{r_b}$	$n_b = n_o = -n_I \frac{r_a}{r_b}$
	II	$n_I = \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}}$	$n_b = n_o = \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}}$	$n_b = n_o = \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}}$
	$I + II + I$	$n_{II} = n_I + \frac{r_o}{r_d} \cdot \frac{r_o}{r_d} (n_I - n_{II})$	$n_b = n_o = \frac{r_a}{r_b} (n_{II} - n_I)$	$n_b = n_o = \frac{r_a}{r_b} (n_{II} - n_I)$
	$I + II - I$	$n_{II} = n_I + \frac{r_o}{r_d} \cdot \frac{r_o}{r_d} (n_{II} - n_I)$	$n_b = n_o = -\frac{r_a}{r_b} (n_{II} - n_I)$	$n_b = n_o = -\frac{r_a}{r_b} (n_{II} - n_I)$
	I	$n_{II} = n_I \left(1 + \frac{r_a}{r_d} \right)$	$n_b = n_o = n_I \frac{r_a}{r_b}$	$n_b = n_o = n_I \frac{r_a}{r_b}$
	II	$n_I = \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o}}$	$n_b = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o}} \cdot \frac{r_d}{r_a}$	$n_b = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_o}} \cdot \frac{r_d}{r_a}$
	$I + II + I$	$n_{II} = n_I + \frac{r_a}{r_d} (n_I - n_{II})$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I - n_{II})$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I - n_{II})$
	$I + II - I$	$n_{II} = n_I + \frac{r_a}{r_d} (n_I + n_{II})$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I + n_{II})$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I + n_{II})$
	I	$n_I = \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_a}} + \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_b}}$	$n_b = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_a}{r_b} - \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_b}} \cdot \frac{r_d}{r_b}$	$n_b = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_a}{r_b} - \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_d}{r_b}} \cdot \frac{r_d}{r_b}$
	$I + II - I$	$n_{II} = n_I \left(1 - \frac{r_a}{r_d} \right)$	$n_b = n_I \frac{r_a}{r_b}$	$n_b = n_I \frac{r_a}{r_b}$

(续)

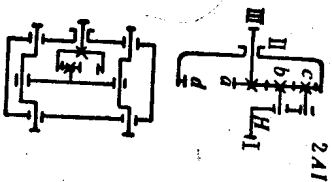
传动简图		构件		从动轴转速 /	行星轮的相对转速
主	动	从	固定		
				$n_I = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}}$	$n_b = \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_a} - 1} \cdot \frac{r_d}{r_b}$ $n_o = -\frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_d}{r_o}$
I + II + I	I		$n_{II} = n_I + \frac{r_a}{r_d} (n_{II} - n_I)$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I + n_{II}); \quad n_o = \frac{r_a}{r_o} (n_{II} - n_I)$	
I + II - I	I		$n_{II} = n_I - \frac{r_a}{r_d} (n_{II} + n_I)$	$n_b = \frac{r_a}{r_b} (n_I + n_{II});$ $n_o = -\frac{r_a}{r_o} (n_{II} + n_I)$	
II + I + I	I		$n_I = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}} + \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}}$	$n_b = \frac{n_{II}}{\frac{r_d}{r_b} - 1} \cdot \frac{r_d}{r_b} + \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}} \cdot \frac{r_a}{r_b}$ $n_o = -\frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_d}{r_o} + \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}} \cdot \frac{r_a}{r_o}$	
II + I - I	I		$n_I = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}} - \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}}$	$n_b = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_d}{r_b} - \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}} \cdot \frac{r_a}{r_b}$ $n_o = -\frac{n_{II}}{1 - \frac{r_a}{r_d}} \cdot \frac{r_a}{r_o} + \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_d}{r_a}} \cdot \frac{r_d}{r_o}$	

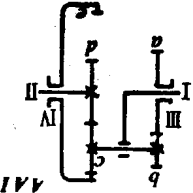
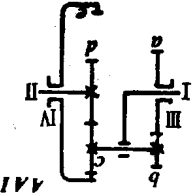
表 2

传动简图	构件		从动轴转速	行星轮的相对转速
	主动	从动 从固定		
	I	I V	$n_I = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_f}{r_o}} \cdot \frac{r_b}{r_d}$ $n_{II} = \frac{n_{III}}{1 - \frac{r_f}{r_o}} \cdot \left(1 - \frac{r_f}{r_o}\right) \cdot \left(\frac{r_o}{r_d}\right)$	$n_o = n_o = n_o = \frac{n_{II}}{1 - \frac{r_f}{r_o}} \cdot \frac{r_b}{r_o} \cdot \frac{r_f}{r_o}$
	I IV	I	$n_I = n_{II} \left(1 - \frac{r_d}{r_o}\right) \cdot \left(\frac{r_o}{r_d}\right)$ $n_{IV} = n_I \left(1 - \frac{r_o}{r_f}\right) \cdot \left(\frac{r_o}{r_f}\right)$	$n_o = n_o = n_o = n_I \cdot \frac{r_d}{r_o}$

(續)

[illegible]

(续)

传动简图		构件		从动轴转速	行星轮的相对转速
主	从	主	从		
	I	II	$n_H = n_{I1} \left(1 - \frac{r_d}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a} \right);$ $n_H = n_{I1} \left(1 + \frac{r_d}{r_o} \right)$	$n_b = n_o = n_{I1} \cdot \frac{r_d}{r_o}$	
	I + II + III	IV	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \left(1 + \frac{r_o}{r_d} \right)$ $+ n_{I1} \left(1 + \frac{r_o}{r_d} \right)$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $- n_{I1} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II - III	II	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \left(1 + \frac{r_o}{r_d} \right)$ $+ n_{I1} \left(1 + \frac{r_o}{r_d} \right)$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $- n_{I1} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II + III	I	$n_H = n_{I1} + \frac{r_o}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_o} (n_{I1} - n_H);$ $n_H = n_{I1} - \frac{r_o}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_o} (n_H - n_{I1})$	$n_b = n_o = \frac{r_o}{r_b} (n_{I1} - n_H)$	
	I + II - III	I	$n_H = n_{I1} + \frac{r_o}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_d} (n_{I1} + n_H);$ $n_H = n_{I1} - \frac{r_o}{r_b} \cdot \frac{r_o}{r_d} (n_{I1} - n_H)$	$n_b = n_o = -\frac{r_o}{r_b} (n_{I1} + n_H)$	
	I + II + III	IV	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} + \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_d}$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $- \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II - III	II	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} - \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_d}$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $+ \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II + III	I	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} + \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_d}$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $+ \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II - III	I	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} - \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_d}$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $- \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	
	I + II + III	I	$n_H = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} + \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_d}$	$n_b = n_o = -\frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$ $+ \frac{n_{II}}{1 + \frac{r_o}{r_o} \cdot \frac{r_b}{r_a}} \cdot \frac{r_o}{r_o}$	