

文章编号:1671-6833(2012)06-0084-04

封闭式锥盘无级变速器无循环功率条件及应用

刘开昌, 吴云杰

(福州大学 机械工程与自动化学院, 福建 福州 350108)

摘要:通过对封闭式行星锥盘无级变速器运动学和系统内部功率流、功率分配系数与封闭系统内部功率流的关系的分析,建立了功率分配系数与系统内部各单元传动比的关系表达式,确定了行星锥盘无级变速器无循环功率的必要条件,列出了 16 种无循环功率的差动轮系单元与行星锥盘无级变速器的组合形式,为无循环功率的封闭式行星锥盘无级变速器的设计提供了一种简便的分析方法。

关键词:封闭式行星锥盘无级变速器;分流传动;周转轮系

中图分类号: TH132.4 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2012.06.020

0 引言

封闭式行星锥盘无级变速器因能够实现分流传动,通过分流传动使其构件上的转矩减少,在传递相同载荷条件下可以使结构更加紧凑,以及能够传递大功率和输出无级调速的优点,而得到越来越多的应用^[1]。但其内部功率流的方向与系统单元的传动比以及系统的布置有关,如果各传动支路上单元的传动比选择不当,将会导致循环功率流的产生。若系统中有循环功率流,将增加系统的负载,降低构件的承载能力,对传动非常不利。由于行星锥盘无级变速器传动比在某个范围内可以连续变动,因此确定封闭式行星锥盘无级变速器系统各单元的传动比范围,避免内部循环功率流是十分必要的。

1 封闭式行星锥盘无级变速器基本类型

对于两自由度的差动轮系和单自由度的行星锥盘无级变速器,它们之间的组合形式有两种:串联和并联。串联是输入功率同时流过单自由度的行星轮系和行星锥盘无级变速器;并联是用行星锥盘无级变速器去封装差动轮系,这样的系统就组成了一个单自由度的传动系统。差动轮系单元(PGT)与行星锥盘无级变速器单元(DISCO)有两种并联组合型式:当差动轮系单元置于并联系统的输入端时称为 XP 型;当差动轮系单元置于并

联系统的输出端时称为 PX 型^[2]。由于封闭系统内部的功率流向与各单元结构参数密切相关,故设计与研究也相对复杂。作者主要研究 XP 型无级变速器,其框图见图 1 所示。

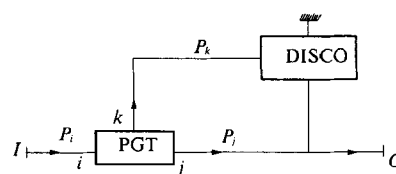


图 1 封闭式行星锥盘无级变速器框图

Fig. 1 Connection diagram of a closed DISCO CVT

2 封闭式行星锥盘无级变速器无循环功率的条件

由于基本差动轮系单元(PGT)有 3 个基本构件,根据差动轮系传动的特点定义其传动比为输出构件 j 与输入构件 i 相对于第三构件 k 的角速度之比,可得:

$$R = \frac{w_j - w_k}{w_i - w_k} \quad (1)$$

式中: w_i 、 w_j 、 w_k 分别表示图 1 中差动轮系的 3 个基本构件 i 、 j 、 k 的角速度。定义无级变速器单元的传动比为 $V = w_j/w_k$,同时定义系统的总传动比为 $r = w_j/w_i$,在式(1)右边的分子和分母同时除以 w_k ,可得:

$$r = RV/(R + V - 1) \quad (2)$$

收稿日期:2012-06-06;修订日期:2012-07-20

基金项目:高校博士点基金资助项目(20103514110006)

作者简介:刘开昌(1967-),男,福建福州人,福州大学副教授,主要研究方向为机构学及机械传动, E-mail:liuks@fzu.edu.cn.

对于一个不计摩擦损失的稳定运转系统,该系统中各单元的伸出端上的转矩和功率之和应该分别等于零.因此可得:

$$T_i + T_j + T_k = 0; \quad (3)$$

$$T_i w_i + T_j w_j + T_k w_k = 0. \quad (4)$$

式中: T_i 、 T_j 、 T_k 分别表示其差动轮系的3个基本构件*i*、*j*、*k*的转矩.

对于封闭式行星锥盘无级变速器,其内部功率流向可分为分流传动、正回流循环(回流为顺时针方向)、负回流循环(回流为逆时针方向)3种情况^[3].当系统无循环功率时(即系统此时是分流传动),则并联系统的分流图如图1所示.定义流经行星无级变速器单元的功率为 P_k ,流经差动轮系单元的功率 P_j ,流经行星无级变速器单元的功率分配系数为 $a = P_k/P_i$,由于 $P_k = T_k w_k$, $P_i = T_i w_i$,由式(1)~(4)可得:

$$a = P_k/P_i = r(R-1)/(RV) = (R-1)/(R+V-1). \quad (5)$$

同理可得流经差动轮系单元上功率的分配系数*b*:

$$b = P_j/P_i = r/R = V/(R+V-1). \quad (6)$$

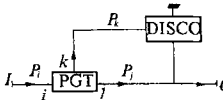
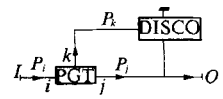
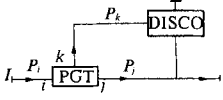
由图1可知,如整个系统为分流传动要满足的条件为:

$$a > 0, b > 0, a + b = 1. \quad (7)$$

此外,当 $a > 1$ 时,系统有正回流;当 $a < 0$ 时,系统有负回流.

系统是分流传动还是回流传动,和各单元的传动比以及系统的布置有关.为了方便判别封闭式行星无级变速器的内部功率流向图,建立了并联系统不同功率流向时的条件,如表1所示.由表1可得到,只有当功率分配系数 $0 < a < 1$ 时,系统才可以分流传动,当功率分配系数等于其它数值时,该封闭式系统均存在回流.

表1 并联系统不同功率流向的条件

Tab. 1 Limits for each mode of operation			
XP 并联系统功率流向	<i>a</i>	<i>R, r</i>	<i>R, V</i>
	$0 < a < 1$	$0 < \frac{r}{R} < 1$	$0 < \frac{R-1}{R+V-1} < 1$
	$a > 1$	$\frac{r}{R} < 0$	$\frac{R-1}{R+V-1} > 1$
	$a < 0$	$\frac{r}{R} > 1$	$\frac{V}{R+V-1} > 1$

对于系统内部的无级变速器单元,由于其传动比在某个范围内可以连续变动,此时可能出现这种情况,在某个传动比下是分流传动,但是改变为另一传动比时,可能是回流传动.因此需在系统分流条件下,确定各单元的传动比范围,使封闭式行星锥盘无级变速器在调速过程中始终满足分流传动要求.由式(5)、(6)、(7)可以得到在功率分流条件下应满足下面不等式:

$$\frac{a}{b} = \frac{R-1}{V} > 0. \quad (8)$$

由式(8)可以得到在功率分流条件下系统的各单元的传动比范围,如下两式表示:

$$R > 1, V > 0; \quad (9)$$

$$R < 1, V < 0. \quad (10)$$

对于由差动轮系和行星锥盘无级变速器以并联组合形成的封闭式行星锥盘无级变速器,由于差动轮系单元两个基本构件与行星无级变速器的两个伸出端的封装,差动轮系单元可得到不同的传动比.这些传动比包括:以行星架为输出端得到两个不同的减速比($0 < R < 0.5$ 和 $0.5 < R < 1$);以行星架为输入端得到两个不同的增速比($1 < R < 2$ 和 $R > 2$);以行星架为固定端得到两个不同的反转比($-1 < R < 0$ 和 $R < -1$)^[4].因此根据两个单元不同的传动比和式(1)~(10)可以建立各组合单元的传动比与系统内部功率流状态、系统总传动比的关系图,如图2所示.图2以系统单元*R*(差动轮系的传动比)为横坐标、*V*(无级变速的传动比)为纵坐标表示了分流和各回流的区域.

根据图2以及两个单元的传动比,在分流条件下可以把比并联系统分为以下4种类型:

$$R > 1, V > 1, r > 1; \quad (I)$$

$$R > 1, 0 < V < 1, 0 < r < 1; \quad (II)$$

$$0 < R < 1, V < 0, 0 < r < 1; \quad (III)$$

$$R < 0, V < 0, r < 0. \quad (IV)$$

由以上4式可知,在分流的条件下,合理地选择两个单元的传动比,可以实现系统增速,减速或反向运转.

3 封闭式行星锥盘无级变速器无循环功率的机构

由于行星锥盘无级变速器属于2K-H型行星传动,其有两个独立的伸出端,将只含一个太阳轮、行星轮和外齿圈的差动轮系的两个伸出端与行星锥盘无级变速器的两个伸出端结合在一起,可以组成一个封闭式行星锥盘无级变速器^[5].根

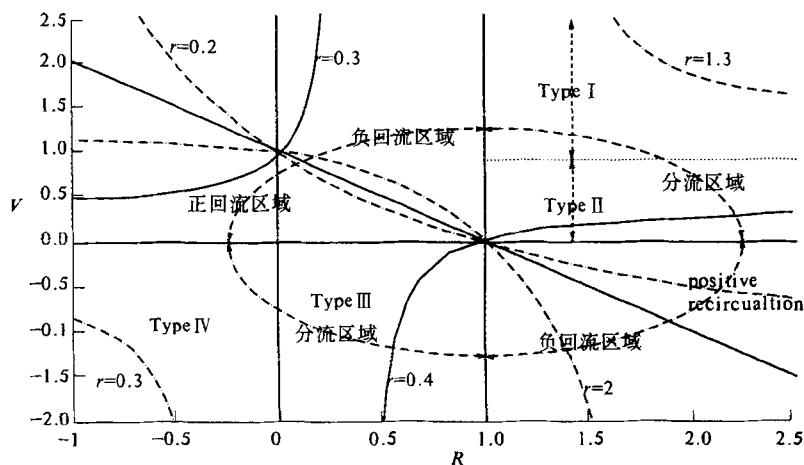


图2 并联系系统总传动比和功率流向区域图

Fig. 2 Basic ratios R and V for each mode of power flow and speed ratio zone

据(I)、(II)、(III)、(IV)4个式子可以列出包含行星轮系和行星无级变速器两个单元的所有无功功率循环的组合,见表2所示。表2中a表示外齿圈,s表示中心轮,c表示行星架,A表示外齿圈的齿数,S表示中心轮的齿数。两单元的基本传动比都是假设行星架固定不动,以外齿圈a的齿数和中心轮s的齿数之比(A/S)的形式表示。此外,行星锥盘无级变速器传动原理相当于含有两个行星

轮、一个中心轮和一个外齿圈,中心轮啮合小的行星轮,外齿圈啮合大的行星轮。故其实际基本传动比为 $(A/S)(P_s/P_a)$,其中 P_s 表示小行星轮的齿数, P_a 表示大行星轮的齿数。由于行星锥盘无级变速器的自身结构特点,两个中心轮半径的大小差别不大,因此其基本传动比约为 (A/S) 。表2中的框图下的轮系图是相对应的差动轮系和行星锥盘无级变速器的组合简图。

表2 封闭式行星锥盘无级变速器无功功率循环的所有组合

Tab. 2 Arrangements that avoid recirculation for closed planetary bevel-type CVT

TYPE I	TYPE II	TYPE III	TYPE IV

4 结论

利用差动轮系的三轴系传动原理对封闭式行星无级变速器系统内部的功率流进行了分析,根据各单元的功率分配系数,为无循环功率的封闭式行星锥盘无级变速器的设计提供了一种简便的分析方法.该方法不但适用封闭式无级变速器,而且可以适用于其他型式的封闭传动,如两个差动轮系的封装.通过对并联系统分流条件的分析,绘出了系统总传动比和功率流向区域图,并推出了16种无功率分流封闭式行星锥盘式无级变速器的组合,从而为无功率循环的封闭式行星锥盘无级变速器的选择、改进和设计提供一定的帮助.

参考文献:

[1] 张木青,胡青春,朱新军,等. 封闭行星齿轮传动系

统的功率流分析及效率计算[J]. 机械传动,2007(5):94-96.

[2] 阮忠唐. 机械无级变速器设计与选用指南[M]. 北京:化学工业出版社,2002.

[3] SHEU Kuen-bao. Analysis and evaluation of hybrid scooter transmission systems [J]. Applied Energy, 2007,84:1289-1304.

[4] SHEU Kuen-bao. Design and Implementation of a novel hybrid-electric motorcycle transmission [J]. Applied Energy, 2006,83(9):959-974.

[5] LIU Kai-chang, XIE Guan-ru, WU Yun-jie. Study the movement characteristic of a closed DISCO CVT [J]. Advanced Materials Research, 2011,29, 308-310.

Closed Planetary Bevel-type CVT without Recirculation of Power Conditions and Application

LIU Kai-chang, WU Yun-jie

(College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: In this paper, kinetics and the direction of the power flow for closed planetary bevel-type CVT are performed. The relationship between partition coefficient of power and power flow in closed system is studied by analyzing closed planetary bevel-type CVT, the expressions between power partition coefficient and the basic speed ratios are established, the necessary conditions with no recirculation of power for closed planetary bevel-type CVT are determined. Sixteen possible interconnections of parallel planetary gear train and planetary bevel-type CVT are obtained. An effective compact analysis processing method for design of closed planetary bevel-type CVT with no recirculation of power is given.

Key words: closed planetary bevel-type CVT; divide power transmission; planetary gear train