

机构传动角新定义

杨光辉*, 滕弘飞

(大连理工大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 机构传动角 γ 是机构的一项重要传动参数,但长期以来对其的定义概念较模糊.给出了机构传动角 γ 的新定义,使其定义不再依附于压力角 α ,赋予了它明确的物理内涵,明确了它的唯一性,并以图例表示出几种常用机构的传动角 γ .新定义的传动角简单明了,更符合工程习惯,易为工程技术人员所接受.对机构传动角的新定义是对机械传动中基本概念完善的.

关键词: 传动角;定义;机构;图解

中图分类号: TH111;TH112 **文献标志码:** A

0 引言

机构传动角 γ 是机构传动的一项重要参数,用它可以衡量机构传力性能好坏、传动效率高.传动角越大,机构传力性能越好、传动效率越高;反之,传动角越小,机构传力性能越差、传动效率越低.

一直以来,机械原理教材^[1]、机械设计基础教材^[2]、机械设计手册^[3]、机械工程手册^[4]以及文献^[5]均把传动角定义为压力角 α 的余角.但这种定义依赖于压力角 α ,且不具有唯一性,为此本文提出一种新的定义.

1 传统机构传动角定义存在的不足

按照把传动角定义为压力角 α 的余角的定义,用作图法画出铰链四杆机构的传统传动角 γ 的定义过程如下:首先求出机构压力角 α ,然后做出压力角 α 的余角,即传动角 γ ,可是,“压力角 α 的余角”却有两个结果,如图 1 中的两种画法,均为传动角 γ .

传动角的传统定义具有以下不足之处:

(1) 依赖性

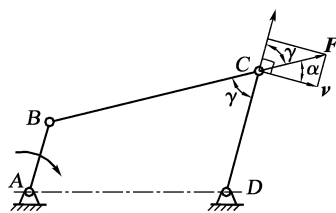
求传动角 γ 时还需要预先求出压力角 α ,其实传动角 γ 是一个与压力角 α 有着同等重要地位的机构参数,为了改善机构传力性能、防止机构自锁,通常会更关心机构的最小传动角 $\gamma_{\min}$,所以甚至可以说传动角 γ 用得更多、更重要.

(2) 歧义性

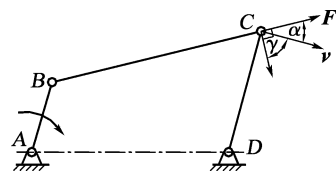
两种画法,结果不具唯一性.

(3) 模糊性

如图 1(b) 画出的传动角 γ ,是驱动力 F 的垂线与速度 v 的夹角,其物理意义不明确.本质上,传动角 γ 是反映机构传力性能优劣的参数,它的定义里应该有驱动力 F .所以,图 1(b) 求出的传动角 γ 物理意义不明显,概念模糊.



(a) 传动角 γ 之一



(b) 传动角 γ 之二

图 1 传动角 γ

Fig. 1 The transmission angle γ

2 机构传动角新定义

如图 1(a) 所示,作用在从动件上的驱动力 F

与该力作用点绝对速度的垂线之间所夹的锐角 γ 称为传动角。

传动角 γ 越大,即力 F 与速度方向愈趋近,其有效分力愈大,机构传力性能越好、传动效率越高;反之, γ 越小,即力 F 与速度的垂线方向愈趋近,其有害分力愈大,机构传力性能越差、传动效率越低。

3 传动角新定义合理性

新定义的传动角特点是:

(1)物理意义明确

按照新定义,如图 1(a) 画出的传动角 γ 为作用在从动件上的驱动力 F 与该力作用点绝对速度的垂线之间所夹的锐角. γ 越大,就是力 F 与速度的垂线夹角变大,其有效分力 $F\sin \gamma$ 愈大,有更多的 F 有效分力用来产生速度 v , 机构传力性能越好、传动效率越高,反之亦然. 用驱动力 F 来定义反映传力性能的传动角 γ ,不但使它的物理意义明确,更体现了传动角是反映机构传力性能好坏的重要参数的本质。

(2)具有唯一确定性

(3)具有独立性

按照本文定义可以很容易求出传动角 γ , 不需要预先求出压力角 α , 不再依存于其他定义。

下面应用新的传动角 γ 定义,给出机构最小传动角、常用机构传动角的图解示例。

4 机构最小传动角图解求法

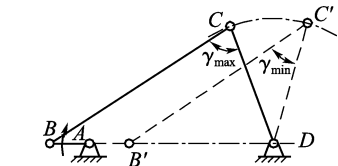
为防止机构自锁,使机构传力性能更好,需要求出机构的最小传动角 $\gamma_{\min}$. 下面以铰链四杆机构中的曲柄摇杆机构为例,说明机构最小传动角的求法。

如图 2(a) 所示,曲柄 AB 为主动件,摇杆 CD 为输出构件. 若不考虑各运动副中的摩擦力、构件重力和惯性力的影响, BC 为二力杆,作用在从动件上的驱动力 F 就沿杆 BC 方向,从动件上 C 点的速度的垂线即是其回转半径 CD , 因此,传动角就是锐角 $\angle BCD$ 。

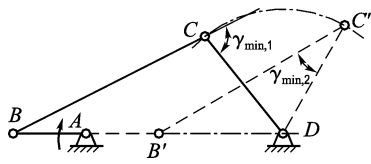
图 2(a) 中,在锐角三角形 $\triangle BCD$ 中,当曲柄 AB 与机架 AD 拉直共线时, BD 边取得其最大值,此时机构取得最大传动角 $\gamma_{\max} = \angle BCD_{\max}$; 而曲柄 AB 与机架 AD 重叠共线时, BD 边取得其最小值,此时机构取得最小传动角 $\gamma_{\min} = \angle BCD_{\min}$ 。

图 2(b) 中,当曲柄 AB 与机架 AD 拉直共线

时, $\angle BCD$ 为钝角,由于传动角 γ 必为一锐角,此刻的传动角 $\gamma_{\min,1} = 180^\circ - \angle BCD_{\max}$ 为最小传动角之一; 而曲柄 AB 与机架 AD 重叠共线时, BD 边取得其最小值,此时机构取得另一个最小传动角 $\gamma_{\min,2} = \angle BCD_{\min}$, 故 $\gamma_{\min} = \min\{\gamma_{\min,1}, \gamma_{\min,2}\}$ 。



(a) 曲柄摇杆机构 $\gamma_{\min}$ 之一



(b) 曲柄摇杆机构 $\gamma_{\min}$ 之二

图 2 曲柄摇杆机构 $\gamma_{\min}$

Fig. 2 $\gamma_{\min}$ of crank-rocker mechanism

综合以上两种情况,可以得到曲柄摇杆机构的最小传动角:若 $\angle BCD$ 在锐角范围内变化,则如图 2(a) 所示, $\gamma_{\min} = \angle BCD_{\min}$; 若 $\angle BCD$ 在钝角范围内变化,则 $\gamma_{\min} = \min\{\angle BCD_{\min}, 180^\circ - \angle BCD_{\max}\}$, 如图 2(b) 所示。

关于曲柄摇杆机构最小传动角的解析法,可参考文献[2]。

5 常用机构传动角图解画法

下列常用机构中,若不考虑各运动副中的摩擦力、构件重力和惯性力的影响,其传动角的图解示例如下。

5.1 曲柄滑块机构

图 3 为一曲柄滑块机构,力沿 BC 杆,速度沿滑块导路方向,其传动角 γ 如图。

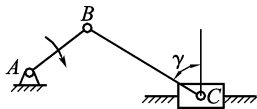


图 3 曲柄滑块机构

Fig. 3 Slider-crank mechanism

5.2 摆动导杆机构

图 4 为一摆动导杆机构,力与滑块导路方向垂直,连接 BC , 即是 B 点的瞬时回转半径,其与 B 点的速度方向垂直,很容易画出其传动角 γ 。

5.3 凸轮机构

图5为偏心凸轮机构: 凸轮的轮廓为圆, 其几何中心为 C 点, 其回转中心在 O 点, 从动件为尖端, 做往复直线运动。

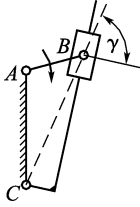


图4 摆动导杆机构

Fig. 4 Oscillating guard bar mechanism

凸轮机构是高副机构, 其作用力 F 沿曲线过接触点的法向 $n-n$, 即是沿曲线过接触点的曲率半径, 故凸轮机构 B 点的传动角 γ_B 如图5所示; 当凸轮转到 D 点与推杆接触时, 此刻, 推杆导路与凸轮回转中心 O 的距离仍然保持不变, 因此, 推杆的运动方向是过 D 点的凸轮偏心圆的切线, D 点的传动角 γ_D 亦同理画出, 如图5所示。

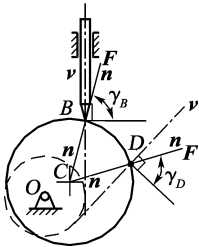


图5 凸轮机构

Fig. 5 Cam mechanism

5.4 齿轮机构

图6为一齿轮机构, 其作用力沿接触处齿廓

曲线的公法线 $n-n$ 方向, 与作用点回转半径的夹角即是此刻齿轮的传动角 γ 。

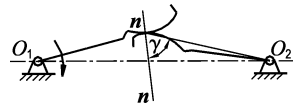


图6 齿轮机构

Fig. 6 Gear mechanism

6 结 语

本文给出的机构传动角新定义, 物理含义明确, 具有唯一性、确定性。通过多个常用机构的传动角示例可见: 据此定义的传动角, 简单明了, 更符合工程习惯, 易为工程人员所接受。

参考文献:

- [1] 申永胜. 机械原理教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999
- [2] 杨可桢, 程光蕴. 机械设计基础[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 1999
- [3] 徐 灏. 机械设计手册: 第2卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991
- [4] 电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册: 第4卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [5] NORTON R L. Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines [M]. New York: McGraw-Hill, 1992: 60-65

New definition of transmission angle in mechanism

YANG Guang-hui*, TENG Hong-fei

(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: The transmission angle γ is an important transmission parameter in mechanism. However, the existing definition of γ is fuzzy in concept. A new definition of γ is given, which is separated from the definition of the force angle α . The transmission angle γ is endowed with a clear physical meaning, as well as uniqueness. The transmission angle γ of several common mechanism examples is illustrated by using the proposed definition. The new transmission angle perfects the basic transmission concepts in mechanism, which is much clearer, simpler and in line with engineering habits, and can be accepted by the engineers and technicians more easily.

Key words: transmission angle; definition; mechanism; illustration