

新型后摇杆驱动四连杆变幅机构的传力特性与变幅力矩分析

李克勤¹ 姜翠香^{2*}

(湖北工业大学机械工程学院¹, 武汉 430068; 武汉科技大学理学院², 武汉 430065)

摘要 在门座式起重机和浮式起重机中广泛采用四连杆机构, 用来实现带载变幅, 即工作性变幅。而一种新型四连杆变幅机构: 后摇杆驱动、臂架活动范围大、外观和几何形态特别, 重心高度低。这种新型四连杆变幅机构的浮式起重机已经在国外投入使用。运用机构学知识来分析该新型四连杆变幅机构的传力特性和变幅力矩, 以一起重量为 160 kN 的实例计算, 证明了该新型四连杆变幅机构具有优良的传力特性。

关键词 后摇杆驱动 变幅机构 传力特性 变幅力矩

中图法分类号 TH213.4; **文献标志码** A

四连杆变幅机构的门座式起重机和浮式起重机广泛应用于港口装卸作业、造船、大型建筑工地等, 实现带载变幅作业, 即完成工作性变幅。一般情况下其臂架为驱动(主动)件。

而新型四连杆变幅机构独具特点: 后摇杆驱动、臂架活动范围大、外观和几何形态特别, 重心高度低。由该新型四连杆变幅机构构成的浮式起重机已在欧洲的荷兰等国的一些重要港口的转载、过驳等装卸作业中发挥着显著作用, 作业效率很突出。

1 新型四连杆变幅机构运动学分析

该新型四连杆变幅机构的最大特点是把双摇杆机构的后摇杆作为驱动臂并兼作平衡臂, 且后摇杆的活动范围很大, 由特殊装置驱动、实现水平平衡变幅作业。图 1 所示为该新型四连杆变幅机构正

在作业的情形。



图 1 正在作业的后摇杆驱动四连杆变幅机构

1.1 速度瞬心

该新型四连杆变幅机构的速度瞬心位置变化很大, 随变幅半径的变化: 瞬心有时在水平线的上方、有时又出现在水平线的下方。

从图 2 可知, 这种变幅机构的工作范围较大, 后摇杆(后摇杆为主动件)的活动范围为 $49^\circ \sim 132^\circ$, 臂架的活动范围为 $60^\circ \sim 120^\circ$ ^[1-6], 而常见的刚性四连杆变幅机构(臂架为主动件)的臂架活动范围一般在 $45^\circ \sim 80^\circ$ 间, 大拉杆的活动范围均在 90° 之内。

由于该型变幅机构的活动范围大, 因此, 其速

2011 年 9 月 19 日收到

第一作者简介: 李克勤(1965—), 男, 湖北汉川人, 湖北工业大学副教授, 硕士, 博士生, 研究方向: 起重机械、机械设计与现代设计技术。E-mail: Leekeqin@163.com。

* 通信作者简介: 姜翠香, 女, 湖北人, 武汉科技大学副教授, 工学博士。E-mail: jiangcuixiang@sina.com.cn。

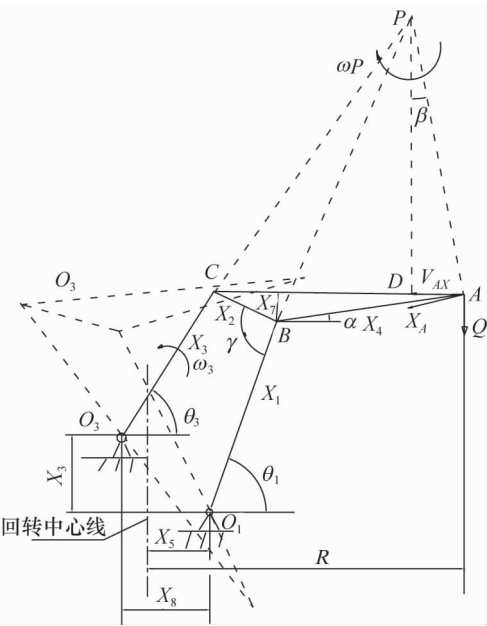


图2 新型四连杆变幅机构示意图

X_1 —臂架, X_2 —象鼻架后臂, X_3 —后摇杆, X_4 —象鼻架前臂, X_5 —后摇杆下铰点 O_3 与臂架下铰点 O_1 之水平距离, X_6 —后摇杆下铰点 O_3 与臂架下铰点 O_1 之铅垂距离, X_7 —象鼻架的下沉量, X_8 —回转中心线与臂架下铰点 O_1 之水平距离, R —幅度, γ —传动角, θ_3 —后摇杆与水平线之夹角, θ_1 —臂架与水平线之夹角, β — A 点速度向量与水平线之夹角, β_0 —象鼻架前臂与后臂之夹角, α —象鼻架前臂与水平线之夹角, ω_3 —驱动后摇杆之角速度, Q —起重重量(kN)

度瞬心 P 的变化范围也大。为方便讨论,分二种情况:(1) $\theta_3 = 60^\circ \sim 90^\circ$, $\theta_1 - \theta_3 > 0$,瞬心 P 在水平线的上方;(2) $\theta_3 = 90^\circ \sim 132^\circ$, $\theta_1 - \theta_3 < 0$,瞬心 P 在水平线的下方。

瞬心 P 与后摇杆下铰点 O_3 的距离计算。由正弦定理不难求得:

1. 1. 1 $\theta_3 < 90^\circ$ 时

$$O_3P = \sqrt{X_5^2 + X_6^2} \sin(\theta_1 + \theta_0) / \sin(\theta_1 - \theta_3) \quad (1)$$

1. 1. 2 $\theta_3 > 90^\circ$ 时

$$O_3P = \sqrt{X_5^2 + X_6^2} \sin(\theta_1 + \theta_0) / \sin(\theta_3 - \theta_1) \quad (2)$$

式(2)中 $\theta_0 = \arctan(X_6/X_5)$ 。

很显然,当 $\theta_3 = \theta_1$ 时,速度瞬心 P 在无穷远处。

1. 2 $\theta_1 = f(\theta_3)$ 的求解

因后摇杆为主动件,所以 θ_3 为输入条件,则臂

架的摆动角 θ_1 与 θ_3 构成函数关系。

根据封闭矢量方程

$$\overrightarrow{O_1O_3} + \overrightarrow{O_3C} = \overrightarrow{O_1B} + \overrightarrow{BC} \quad (3)$$

可求得:

$$\theta_1 = 2 \arctan \frac{-X_2 \sin \gamma + X_3 \sin \theta_3 + X_6}{X_1 - X_2 \cos \gamma + X_3 \cos \theta_3 - X_5} \quad (4)$$

2 传力特性分析

在四连杆机构中,传动角 γ 是衡量机构的传动质量的重要指标^[7]。

由于该新型四连杆变幅机构的特殊性,要保证变幅机构有良好的传力性能,必须有合适的传动角范围。

在变幅行程中,其传动角是变化的,尤其是带载变幅时应使 $\gamma_{\min} \geq 50^\circ$ 。

经由矢量方程式(3)可求得该新型四连杆变幅机构的传动角 γ 。

$$\gamma = \cos^{-1} [(X_1^2 + X_2^2 - X_3^2 - X_5^2 - X_6^2 + 2X_3 \times X_5 \cos \theta_3 - 2X_3 X_6 \sin \theta_3) / 2X_1 X_2] \quad (5)$$

据文献[8],该新型四连杆变幅机构已知数据有: $X_1 = 19.3 \text{ m}$, $X_2 = 6.5 \text{ m}$, $X_3 = 14.7 \text{ m}$, $X_4 = 16 \text{ m}$, $AC = 22.3 \text{ m}$, $X_5 = 6.4 \text{ m}$, $X_6 = 5.3 \text{ m}$,最大外伸距(从回转中心线算)30 m 时 $\theta_3 = 49^\circ$,最小外伸距 10.5 m 时 $\theta_3 = 132^\circ$ 。通过 MATLAB 软件包编程计算求得该新型四连杆变幅机构的传动角 γ ,其结果如图 3 和表 1。

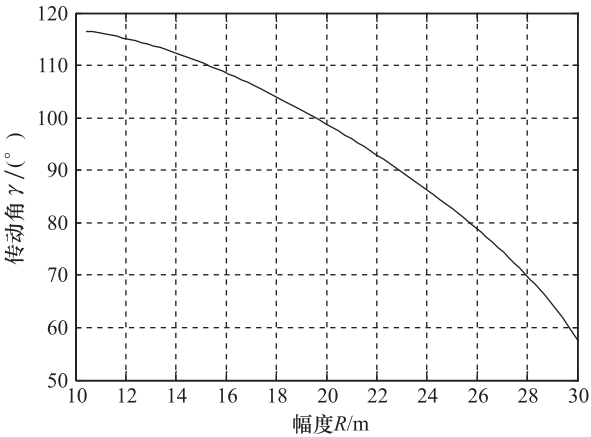


图3 传动角与幅度的关系图

表 1 传动角 γ 与幅度及 θ_3 的对应值

后摇杆与 水平线的 夹角 $\theta_3/(^{\circ})$	幅度 R/m	传动角 $\gamma/(^{\circ})$	后摇杆与 水平线的 夹角 $\theta_3/(^{\circ})$	幅度 R/m	传动角 $\gamma/(^{\circ})$
49	30.044 3	57.327 4	94	19.954 6	98.934 4
52	29.579 5	60.734 3	97	19.181 2	101.026 9
55	29.063 3	64.026 3	100	18.408 5	103.020 2
58	28.503 2	67.215 1	103	17.638 2	104.909 1
61	27.905 2	70.309 4	106	16.871 3	106.687 8
64	27.274 5	73.315 5	109	16.109 0	108.350 3
67	26.615 5	76.237 9	112	15.351 7	109.889 9
70	25.932 0	79.079 6	115	14.600 0	111.300 2
73	25.227 7	81.842 5	118	13.853 6	112.574 5
76	24.505 7	84.527 3	121	13.112 2	113.706 2
79	23.769 0	87.133 9	124	12.375 0	114.688 8
82	23.020 3	89.661 3	127	11.640 6	115.516 6
85	22.262 2	92.107 8	130	10.907 3	116.184 3
88	21.497 1	94.470 9	132	10.418 0	116.538 1
91	20.727 2	96.747 7			

3 变幅力矩分析

在变幅过程中,由于吊重未严格按照水平线移动所产生的功率消耗是以绕后摇杆的下铰点 O_3 的力矩 M_Q 来衡量的。

$$M_Q = QX_3(X_A - X_P)/\overline{PC} \tag{6}$$

式(6)中: Q —起重重量; X_3 —后摇杆的长度; X_A —象鼻架端点 A 的水平坐标; X_P —速度瞬心 P 点的水平坐标; $\overline{PC}$ —速度瞬心 P 点到后摇杆上铰点 C 点的距离。

变幅力矩 M_Q 的方向规定为使后摇杆与水平线之夹角 θ_3 的减小为正。以 160 kN 起重量的该型起重机为例,其计算结果见图 4。从实例计算结果可以看出,在最大幅度时具有负的力矩,在最小幅度时具有正的力矩,增加了变幅作业的安全性。变幅力矩从 $-180.271\ 9\ \text{kN}\cdot\text{m}$ 到 $+179.150\ 9\ \text{kN}\cdot\text{m}$,优于普通四连杆变幅机构。

4 结论

实例计算表明,该新型四连杆变幅机构的传动角 γ 始终大于 50° ,而且在最大幅度时的传动角 γ

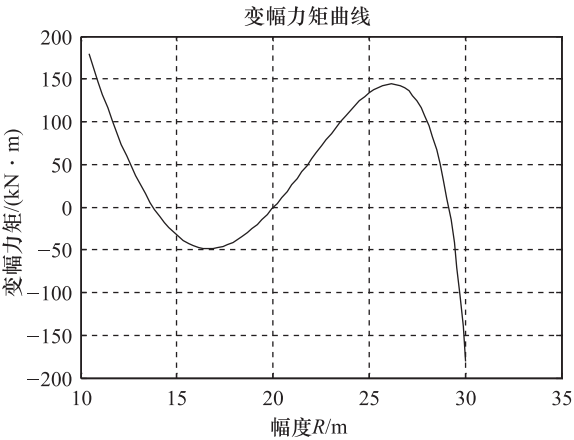


图 4 变幅力矩与幅度的关系图

仍有 $57.327\ 4^{\circ}$ 。变幅力矩具有较好的特性曲线,优于普通四连杆变幅机构。因此,该新型四连杆变幅机构具有优良的传力特性,非常适宜带载变幅作业,应用前景广阔。

参 考 文 献

1 徐长生,陶德馨. 对后摇杆驱动的刚性四连杆组合臂架的分析. 港口装卸,1987;(6):27—30

2 李克勤. 后摇杆驱动臂架型起重机变幅系统分析与优化设计的研究. 武汉:武汉交通科技大学,1993

3 李克勤,姜翠香. 后摇杆驱动臂架起重机的变幅机构反求设计. 起重运输机械,2002;(5):8—9

4 李克勤. 具有近似水平直线运动轨迹双摇杆变幅机构的运动学分析与计算. 港口装卸,2002;(2):5—7

5 李克勤,姜翠香. 一种新型四连杆变幅机构的反求与 MATLAB 实现. 湖北工业大学学报,2008;(3):76—77,80

6 Li Keqin, Jiang Cuixiang. Inverse design of a new double-link luffing mechanism and realization on MATLAB, Proceedings of the Third International Conference on Mechanical Engineering and Mechanics. Beijing, China, Oct. ,2009;301—304

7 杨基厚. 机构运动学与动力学. 北京:机械工业出版社,1987

8 Shigley J E, Uicker J J. Theory of machines and mechanisms. McGraw-Hill Book Company,1980

(下转第 8730 页)

automotive catalysts using an electrically heated pre-catalyst. Chemical Engineering Science, 1996;51(10):2409—2418

4 Koltsakis G C. Warm-up Behavior of monolithic reactors under non-reacting conditions. Chemical Engineering Science, 1997;52(17):2891—2899

5 Shuai Shijin, Wang Jianxin. Unsteady temperature fields of monoliths in catalytic converters. Chemical Engineering Journal, 2004; 100: 95—107

6 Baba N, Ohsawa K. Numerical approach for improving the conversion characteristics of exhaust catalysts under warming-up condition. SAE paper 962076, 1996

7 Bird R B, Stewart W E. Transport phenomena. New York: Wiley, 1960

8 Hegedus L L. Temperature excursion in catalytic monoliths. AIChE Journal, 1975;21(5): 849—853

Influencing Factors Analysis of Conversion Efficiency of Three-way Catalytic Converter

KONG Xiang-hua,ZHANG Hai-dong

(The Key Lab. Disaster Survey & Mechanism Simulation of Shaanxi Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721013,P. R. China)

[Abstract] According to the light-off behavior of three-way catalyst, the mathematical model has been developed. Mathematical model was solved by finite difference. It was discussed that inlet gas property, hydrogen, cell density and space velocity can affect the converter efficiency in the light-off period. The results show that light-off time can be reduced by increasing inlet gas temperature and cell density. Conversion efficiency also can be improved by increasing space velocity.

[Key words] three-way catalyst mathematical model converter efficiency effect factors

(上接第 8725 页)

Transmission Characteristic and Luff Moment of a New Double-link Luff Mechanism with Back-rocker Driving

LI Ke-qin¹, JIANG Cui-xiang^{2*}

(School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology¹, Wuhan 430068, P. R. China;
College of Science, Wuhan University of Science & Technology², Wuhan 430065, P. R. China)

[Abstract] The double-link luff mechanism is in general use for portal slewing cranes and floating cranes. But, a new double-link luff mechanism with back-rocker driving come to light. There are great differences in outward appearance, geometric shape, luff performance between jib type crane with back-driving and normal double-link type crane. Based on theory of mechanism, transmission characteristic and luff moment of luff mechanism of jib type crane with back-rocker driving is studied. By sample (lifting capacity is 160 kN) analysis, the double-link luff mechanism with back-rocker driving has good transmission characteristic.

[Key words] back-rocker driving luff mechanism transmission characteristic luff moment