

# 论常规型游梁式抽油机的机械平衡

马武, 张力, 刘健, 张凯

(兰州理工大学机电工程学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 目前, 采用常规型游梁式抽油机采油是国际油田开采中最常用的方式, 占整个采油作业的60%之多。常规型游梁式抽油机的平衡通常采用气动平衡、液压平衡和机械平衡3种方式, 其中机械平衡通常采用曲柄平衡、游梁平衡以及复合平衡的方式实现。本文主要针对抽油机减速器的输出轴转矩进行计算分析, 借助 MATLAB 软件作出曲柄净转矩曲线图, 进行对比计算, 从而确定不同的平衡方式对抽油机节能效果的影响程度。

**关键词:** 游梁式抽油机; 平衡方式; 曲柄净转矩; 平衡效果分析

**中图分类号:** TH 122 **文献标志码:** A

## Mechanical Balance for the Conventional Beam Oil Extractor

MA Wu, ZHANG Li, LIU Jian, ZHANG Kai

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** At present, the conventional beam oil extractor used in the oilfield development production is the most commonly extraction method, which occupies the entire production more than sixty percent. The conventional beam oil extractor usually adopts three balance ways, or pneumatic balance, hydraulic balance and mechanical balance, mechanical balance usually takes crank balance, beam balance, and combined balance. This paper mainly focused on output torductor of oil extractor retarder to do calculating analysis, and did calculation for crank net torque curve diagram through MATLAB software, so the energy-saving effects of oil extractor for different balance ways were conformed.

**Key words:** conventional beam oil extractor, balance way, crank net torque, balance effect analysis

### 1 平衡的必要性

常规游梁式抽油机主要由电动机、减速箱、四连杆机构、驴头及机架等组成。在上冲程中, 电动机做正功, 使驴头上行, 提起抽油杆柱和液柱, 输出很大的能量; 在下冲程中, 驴头下行, 抽油杆柱和驴头在自重作用下自由下落, 电动机接受能量做负功。在1个冲程内, 电动机载荷非常不均匀, 从做正功跳跃到做负功, 严重影响了电动机、减速箱、四连杆机构的效率和寿命, 也对抽油杆造成很大冲击, 断脱次数明显增加, 使抽油机主要受力部件断裂。由此可见, 要消除电动机做负功的不利因素, 抽油机必须采取合理的平衡方式。

### 2 平衡原理

常规型游梁式抽油机机械平衡原理为在悬点下冲程中, 将平衡重由低处抬高, 这不仅需要抽油杆和驴头下行释放势能, 还需要电动机付出能量, 这样就消除了下冲程时电动机做负功的现象, 并且在此过程中, 平衡重储存能量; 在悬点上冲程中, 平衡重下落, 释放势能, 帮助电动机提升抽油杆柱、液柱以及驴头, 此时电动机也只需做少许功即可, 这样就解决了电动机工作不均匀的现象。合理选择平衡可使节

能效果更好。

### 3 曲柄净转矩的分析计算

#### 3.1 曲柄平衡方式的曲柄净转矩分析

曲柄平衡是将平衡重安装在曲柄上, 通过重力对曲柄装置的回转中心形成转矩。抽油机工作过程中, 在净转矩计算时, 做如下假设: 1) 各处摩擦因素忽略不计; 2) 驴头、游梁、横梁、连杆重由结构不平衡重  $B$  代替。抽油机曲柄受力图如图1所示。

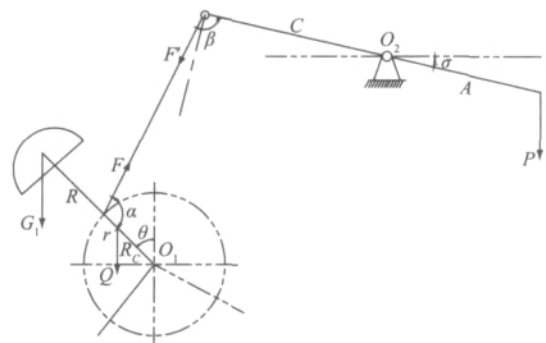


图1 曲柄平衡抽油机受力简图

对曲柄轴中心  $O_1$ 、游梁支撑点  $O_2$  取力矩平衡得:

$$\begin{cases} T_{n1} = Fr \cos(\alpha - 90^\circ) - G_1 R \sin\theta - QR_C \sin\theta \\ F'C \sin\beta = A(P - B) \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $G_1$ 、 $Q$  为曲柄平衡块重、曲柄重;  $P$  为驴头悬点载荷;  $R$  为曲柄平衡块重心半径, 即曲柄平衡块重心与曲柄轴心间的距离;  $R_C$  为曲柄重心半径, 即曲柄重心与曲柄轴心间的距离;  $F'$  与  $F$  是一对作用力与反作用力。

化简式 1, 得到曲柄平衡时的曲柄净转矩表达式:

$$T_{n1} = \frac{Ar}{C} \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} (P - B) - (G_1R + QR_C) \sin\theta \quad (2)$$

令  $\overline{TF} = \frac{Ar}{C} \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ , 称为转矩因数, 则式 2 可简化为:

$$T_{n1} = \overline{TF} (P - B) - (G_1R + QR_C) \sin\theta \quad (3)$$

### 3.2 游梁平衡方式的曲柄净转矩分析

游梁平衡是将平衡重安装在游梁尾部。抽油机工作过程中, 同样忽略各种摩擦因素, 驴头、游梁、横梁、连杆重由结构不平横重  $B$  代替。抽油机曲柄受力图如图 2 所示。

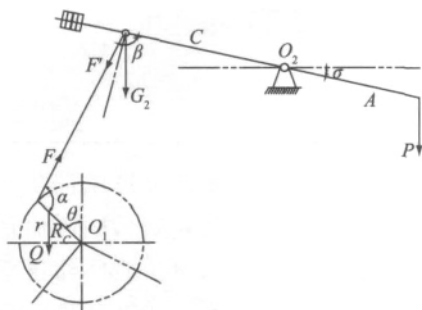


图 2 游梁平衡抽油机受力简图

同样对曲柄轴心  $O_1$ 、游梁支撑中心  $O_2$  取力矩平衡可得:

$$\begin{cases} T_{n2} = Fr \sin\alpha - QR_C \sin\theta \\ F'C \sin\beta + G_2 C \cos\sigma = A(P - B) \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $G_2$  为游梁平衡块重。

化简式 4, 得到游梁平衡时曲柄轴净转矩表达式:

$$T_{n2} = \overline{TF} \left( P - B - G_2 \frac{C}{A} \cos\sigma \right) - QR_C \sin\theta \quad (5)$$

### 3.3 复合平衡方式的曲柄转矩分析

游梁式抽油机复合平衡是在曲柄、游梁同时加载平衡重, 受力简图如图 3 所示。

对  $O_1$ 、 $O_2$  取力矩平衡可得:

$$\begin{cases} T_{n3} = Fr \sin\alpha - G_3 R \sin\theta - QR_C \sin\theta \\ F'C \sin\beta + G_4 C \cos\sigma = A(P - B) \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $G_3$ 、 $G_4$  分别是曲柄、游梁尾部平衡重。

化简式 6, 得到复合平衡时曲柄净转矩表达式:

$$T_{n3} = \overline{TF} \left( P - B - \frac{C}{A} G_4 \cos\sigma \right) - (G_3 R + QR_C) \sin\theta \quad (7)$$

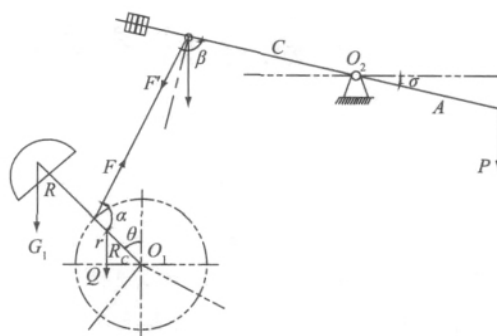


图 3 复合平衡抽油机受力简图

## 4 实例分析计算

以常规型游梁式抽油机 CYJ10-3-53HB 为例, 悬点最大载荷为 93.38 kN, 最大冲程为 3 m。在普通游梁抽油机中, 游梁摆角  $\sigma$  影响较小, 可忽略不计。则式 3、式 5、式 7 可分别简化为:

$$T_{n1} = \overline{TF} (P - B) - M_{cmax} \sin\theta$$

$$T_{n2} = \overline{TF} \left( P - B - \frac{C}{A} G_2 \right) - QR_C \sin\theta$$

$$T_{n3} = \overline{TF} \left( P - B - \frac{C}{A} G_4 \right) - M_{cmax} \sin\theta \quad (8)$$

式中,  $M_{cmax}$  为曲柄轴的最大转矩。

使用 MATLAB 的 M 文件编辑器编写程序, 在 M 函数文件中计算出结果, 将计算结果作为数据再次输入 Command Window 工作区中, 通过 cftool 启动线性曲线拟合工具箱 Curve fitting tool, 在 Data 窗口利用 X data 和 Y data 的下拉菜单读入数据, 点击“Fitting”按钮, 调出“Fitting”窗口, 通过“Data set”下拉菜单选择数据集, 然后通过下拉菜单“Type of fit”选择拟合曲线的类型, 在这里选用 Interpolant(插值逼近)中的 linear 逼近方法, 最后生成拟合曲线, 净转矩曲线如图 4 所示。

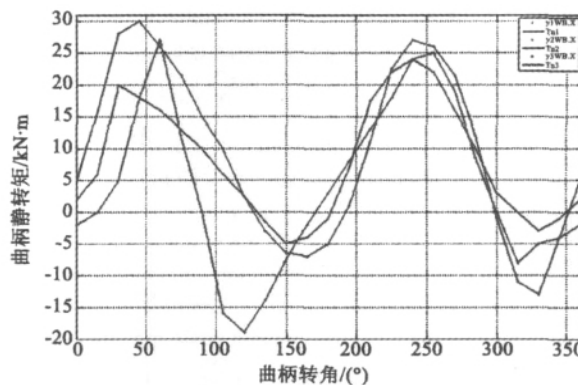


图 4 净扭矩曲线

## 5 结语

运行 MATLAB 曲线拟合工具, 生成曲线图后, 点击“Analysis”按钮, 对曲线进行分析。  $T_{n1}$ 、 $T_{n2}$  曲

# 激光熔覆组合式送粉喷嘴的研制

苏伦昌,董春春,李 振,杜学芸

(山东能源机械集团 大族再制造有限公司,山东 新泰 271222)

**摘要:**针对生产实践中激光熔覆加工技术对送粉喷嘴的使用需求,设计研制了一种组合式重力送粉喷嘴。该喷嘴带有送粉缓冲槽,倾斜角度可调,利用循环水进行冷却,适于大容量送粉器使用。实践证明,该新型送粉喷嘴机加工工艺具有技术先进、冷却效果良好、输送粉末流均匀的特点,可以满足激光熔覆的工业应用需求,大大提高了生产效率。

**关键词:**激光熔覆技术;重力送粉;送粉喷嘴;工业应用

**中图分类号:**TN 249 **文献标志码:**A

## Development of Combined Gravity Feeding Nozzle for Laser Cladding

SU Lunchang, DONG Chunchun, LI Zhen, DU Xueyun

(Shandong Energy Machinery Group, Han's Re-manufacturing Co., Ltd, Xintai 271222, China)

**Abstract:** To meet the industrial requirements of the powder feeding nozzle for laser cladding processing technology in production practice, a combined gravity powder feeding nozzle with powder feeding buffer tank, adjustable tilt angle and circulating water cooling system for large capacity powder feeder was designed and developed in our company. It is shown that processing technology of this feeding powder nozzle is advanced, the cooling effect is good and the powder conveying is more uniformly distributed. It can meet the needs of industrial applications of laser cladding, and greatly improve the producing efficiency.

**Key words:** laser cladding, gravity feeding powder, feeding powder nozzle, industrial application

激光熔覆是一种近几年才兴起的材料加工与表面改性技术,其实质是按照快速成形的理念,将激光熔覆层沿垂直方向向空间多层叠加,直接制造出三维金属零件或实现对重大零件的快速再制造绿色修复,以提高基材的综合性能<sup>[1]</sup>。在激光直接制造和

再制造过程中,激光熔覆层的成形质量和性能受一系列综合因素的影响,熔覆用材料的添加是要控制的关键因素之一,其中粉末单位时间输送率是由送粉器整体的特性决定的,而送粉器喷嘴对熔覆层质量的影响很关键,它的特性直接关系到送入熔池的

线同时在  $\theta = 252^\circ$  时达到最大,  $T_{n3}$  在  $\theta = 36^\circ$  处达到最大,最大值分别为  $T_{n1max} = 24.1 \text{ kN}$ ,  $T_{n2max} = 22.4 \text{ kN}$ ,  $T_{n3max} = 28.8 \text{ kN}$ 。再对比图 4 中的 3 条曲线的平滑度可以看出,CYJ10-3-53HB 型抽油机使用游梁平衡时,曲柄净转矩的峰值最低,负转矩也最小,平衡效果最好,很好地降低了电动机功率,节能效果也最好;使用曲柄平衡时,效果与游梁平衡时的效果非常相近;使用复合平衡时的效果最差。所以,理论上此种型号的抽油机最好的节能效果是使用游梁平衡的方式。

但从制造与装配工艺性考虑,曲柄平衡方式比游梁平衡方式更易于实现,操作简单,易于装配与维修,且平衡的调整也很方便。实际上,从经济效益方面考虑,此种型号及更大型的常规型游梁式抽油机最合适曲柄平衡方式平衡。因此,现今世界上各大油田的非自喷井使用的常规型游梁式抽油机一般都采取曲柄平衡方式。

## 参考文献

- [1] 张波,王小丽,张亚利,等. 抽油机平衡的研究与分析[J]. 中国设备工程,2012,2(2):32-34.
- [2] 崔振华,余国安. 有杆抽油系统[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- [3] 朱海燕,刘清友,肖晓华,等. 基于 SIMULINK 的游梁抽油机曲柄扭矩分析[J]. 石油矿场机械,2008,37(5):35-42.
- [4] 陶兴明. 抽油机扭矩曲线的计算及节能效果评价[J]. 油田地面工程,2010,29(8):23-25.
- [5] 周红杰,郑德贵,徐鹏. 基于 MATLAB 对游梁式抽油机平衡参数优化的研究[J]. 机械工程师,2011(4):74-75.

作者简介:马武(1989-),男,硕士研究生,主要从事电气工程等方面的研究。

收稿日期:2012年10月18日

责任编辑 李思文