

文章编号 :1007 - 649X(2001)01 - 0061 - 03

YT16 拖式压实机动力参数的多目标优化

王 栋¹, 苏智剑¹, 朱 琨², 陈江义¹

(1. 郑州大学机械与电子工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州工程机械制造厂, 河南 郑州 450051)

摘 要: 对拖式压实机工作轮下落阶段进行运动分析, 建立冲击轮动力参数的多目标优化模型, 以水平速度变化率最小和垂直速度变化率最大为两追求目标, 运用多目标优化方法中的线性加权和法对其进行优化处理, 化多目标优化问题为单目标优化问题, 并运用单目标优化方法中的约束随机方向搜索法求得的最优解即为该多目标优化问题的有效解, 使得优化后的冲击轮动力性能在水平方向和垂直方向上均有较大的改善.

关键词: 拖式压实机; 冲击轮; 多目标优化; 动力性能

中图分类号: TU 665; TU 602 文献标识码: A

0 引言

YT16 压实机的主要工作装置冲击轮是非圆柱形的滚动体结构, 在工作行程中, 距离轮轴中心最远点着地时储备的势能和瞬时动能转化为距轮心最近处着地时的动能冲击地面, 产生比振动压实大得多的冲击压实力, 同时由于工作轮外缘轮廓的特殊形状, 工作轮在工作行程中会产生强大的揉搓力作用于压实层, 结果使得被压实层土壤结构重新排列, 便于土壤的压实. 可代替强夯、振动和振荡压实, 广泛用于铁路、公路、机场、水坝等场地原土、补强、检测压实. 尤其对湿陷性粘土有独特的压实效果. 本文通过对工作装置结构的优化, 从而达到优化工作装置的动力特性的目的.

1 现有机型的动力分析

当工作轮进入自由下落阶段(此时假设条件为 $P=0$). 建立坐标系如图 1 所示, O 为质心的位置. 质心过最高点即 $\varphi=0$ 时的动能为

$$T = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}J_0\omega_{\varphi 2}^2 = \frac{1}{8}m\omega_{\varphi 2}^2(4r_0^2 + 1),$$

其中,

$$r_0 = e_2 + r_2,$$

式中: $\omega_{\varphi 2}$ 为质心过最高点时的角速度; J_0 为冲击轮的转动惯量.

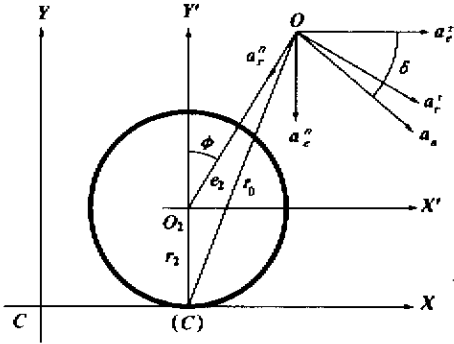


图 1 运动分析

Fig.1 Movement analysis

由动能定理可得

$$\begin{cases} T + mge_2(1 - \cos\varphi) = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}J_0\omega_{\varphi 3}^2; \\ r_0 = \sqrt{e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi}; \\ v_0 = r_0\omega_{\varphi 3}, \end{cases}$$
$$\omega_{\varphi 3} = \sqrt{\frac{\omega_{\varphi 2}^2[4(e_2 + r_2)^2 + 1] + 8e_2g(1 - \cos\varphi)}{4e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi + 1}}, \quad (1)$$

对动点 C 运用动量矩定理有

$$-(J_0 + mr_0^2)\epsilon_{\varphi} = -mge_2\sin\varphi,$$

$$\epsilon_{\varphi} = \frac{mge_2\sin\varphi}{m(0.25 + e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi)} =$$

收稿日期 2000 - 11 - 18; 修订日期 2001 - 01 - 14

基金项目 河南省科技攻关项目(0620101)

作者简介: 王 栋(1970 -)男, 河南省沁阳市人, 郑州工业大学讲师, 硕士研究生, 主要从事工程机械和机械 CAD 方面的研究.

$$\frac{ge_2\sin\varphi}{0.25 + e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi} \quad (2)$$

下面求解 a_a (质心的绝对加速度), α (与水平方向的夹角).

$$\begin{cases} a_e^n = 0; \\ a_e^r = r_2\epsilon_\varphi; \\ a_r^n = e_2\omega_\varphi^2; \\ a_r^r = e_2\epsilon_\varphi; \\ a_a\cos\sigma = a_e^r + a_r^r\cos\varphi - a_r^n\sin\varphi; \\ a_a\sin\sigma = -a_e^n - a_r^r\sin\varphi - a_r^n\cos\varphi, \end{cases} \quad (3)$$

联立各方程解得

$$a_a = \frac{e_2\epsilon_\varphi\sin\varphi + e_2\omega_\varphi^2\cos\varphi}{-\sin\sigma} \quad (4)$$

2 轮廓线的优化

2.1 多目标最优化数学模型的建立^[3]

冲击轮在工作行程中要求垂直方向上有足够的速度和加速度,以满足工作要求.同时减小副车在冲击轮下落过程中对主车产生的冲击、振动,就成为冲击轮结构设计的另一项重要任务.以垂直加速度最大和水平速度变化率最小为最优化设计的追求目标,建立数学模型,就可使副车和主车作最佳速度匹配,同时满足工作冲击要求.

2.1.1 目标函数

$$\min a_f(X) = | [e_2g\sin\varphi (r_2 + e_2\cos\varphi - 1 - \frac{1}{(e_2 + r_2)^2}) - 2e_2(1 - \cos\varphi)] | (e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi + 0.25) ,$$

$$\max a_v(X) = e_2g [e_2\sin^2\varphi + \cos\varphi + \frac{\cos\varphi}{(e_2 + r_2)^2} + 2e_2\cos\varphi(1 - \cos\varphi)] (e_2^2 + r_2^2 + 2e_2r_2\cos\varphi + 0.25) ,$$

2.1.2 设计变量

$$X = [x_1 \quad x_2]^T = [e_2 \quad r_2]^T ,$$

式中: r_2 为冲击轮形心半径; e_2 为质心与形心的距离.

2.1.3 约束条件

$$g_1(X) = r_2 - 0.425 \leq 0 ;$$

$$g_2(X) = -r_2 \leq 0 ;$$

$$g_3(X) = e_2 - 1.05 \leq 0 ;$$

$$g_4(X) = 0.585 - e_2 \leq 0 ;$$

$$h_1(X) = 1.05 - e_2 - r_2 = 0 \quad (\varphi = 0^\circ) .$$

万方数据

应用多目标最优化方法中的线性加权和法^[1]给出两目标函数的加权系数为0.4和0.6,则上述VMP问题化为线性加权和单目标最优化问题

$$\min (0.4a_f - 0.6a_v) .$$

2.2 数学模型的求解

2.2.1 算法的选取^[2]

约束随机方向搜索法的算法框图如图2所示.

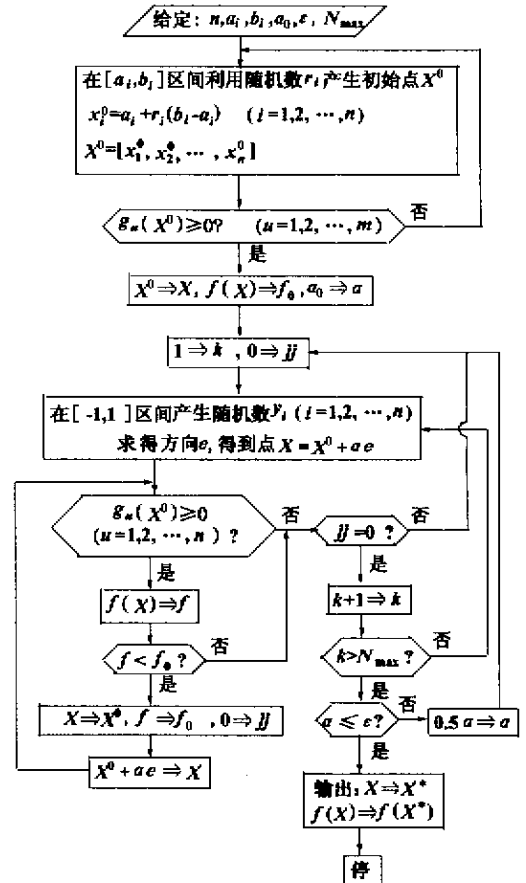


图2 约束随机方向搜索法的算法框图

Fig.2 Calculating steps for bounded random search method

2.2.2 优化结果

以YT16拖式压实机为优化对象,对工作轮下落阶段圆弧(50°)进行多目标优化,部分优化结果见表1.所得结果为本问题的有效解.

优化结果是以一段拟合曲线来代替原来的固定半径的圆弧.因轮副的加工方法为切割法和弯焊法的结合,故加工工艺可以保证优化结果的应用.

2.2.3 优化前后工作机构动力参数对比

优化后冲击轮下落的水平分速度基本保持恒

定,可以和主车实现最佳匹配,从而减小对主车的冲击;另一方面,优化后冲击轮下落的垂直分速度得到了很大的提高,速度的提高意味着冲击能量

的加强(图中的负号表示方向向下).由图 3 可见:优化后机构的动力参数在水平和垂直方向上均得到了很大改善.

表 1 e_2 和 r_2 的优化结果

Table 1 The efficient solution about e_2 and r_2

a	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
e_2	0.801	0.811	0.804	0.799	0.798	0.799	0.803	0.802	0.801	0.800	0.801
r_2	0.249	0.389	0.401	0.425	0.445	0.473	0.500	0.546	0.580	0.639	0.688

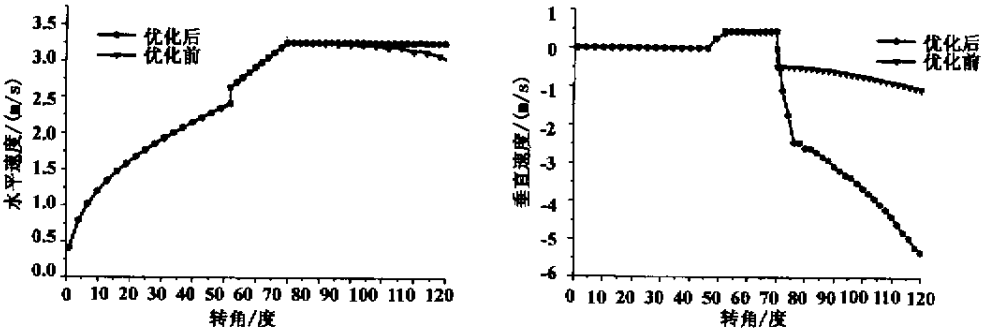


图 3 优化前后水平、垂直速度对比

Fig.3 Velocity in horizon and vertical compared with before optimization

3 结论及展望

(1)垂直方向速度变化最大与水平方向速度变化最小为一对矛盾,故所求结果为本问题的有效解.优化后工作轮在动力性能方面得到了很好的改善,水平方向上略有改善,垂直方向上动力性能有了大幅度的提高.

(2)本文只对工作轮的部分轮廓(下落阶段)进行了优化处理,改善了冲击轮下落阶段的动力参数,在工作轮提升阶段仍存在锯齿形加速度的

特性,对主车的牵引性能有一定的影响,对上升阶段的冲击轮轮廓线的优化仍有必要.

参考文献:

[1] 解可新,韩立兴,林友联,等.最优化方法[M].天津:天津大学出版社,1997.

[2] 高健.机械优化设计基础[M].北京:科学出版社,2000.

[3] 刘惟信.机械最优化设计[M].北京:清华大学出版社,1993.

Multiojective Optimization for Dynamical Variable of YT16 Pulling Type Compactor's Active Wheel

WANG Dong¹, SU Zhi-jian¹, ZHU Kun², CHEN Jiang-yi¹

(1. College of Mechanical & Electronic Engineering Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou Engineering Machinery Works Zhengzhou 450051, China)

Abstract: Through movement analysis of the pulling type compactor's active wheel, this paper establishes the multi-objective optimization model for dynamical variable of it. It obtains the efficient solution through using linear weight sum method included in multiobjective optimization algorithm and bounded random search method which is one kind of single objective optimization algorithm. The results of its application show that the dynamic property in horizontal and vertical direction has been greatly improved over the old mechanism.

Key words: pulling type compactor; active wheel; multiobjective optimization; dynamic property