

文章编号:1000-033X(2016)08-0103-04

一种履带式强夯机动态稳定性判定方法

司癸卯,李峙峰,李 辉,赵明敏

(长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室,陕西 西安 710064)

摘要:在分析履带式强夯机工作特点的基础上,提出一种基于支重轮接地压力的强夯机动态稳定性判定方法,并使用三维实体设计软件 Pro/E 和 ADAMS 构建某履带式强夯机仿真模型来模拟履带式强夯机工作全过程,得到各支重轮接地压力时域变化曲线。仿真结果表明,该动态稳定性评价方法合理有效,为履带式强夯机乃至其他履带式工程车辆的产品开发提供了有价值的依据。

关键词:履带式强夯机;支重轮;接地压力;动态稳定性

中图分类号:U415.5 文献标志码:B

Dynamic Stability Evaluation of Crawler Compaction Machine Based on Ground Pressure of Thrust Wheel

SI Gui-mao, LI Zhi-feng, LI Hui, ZHAO Ming-min

(Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: With the analysis on the working characteristics of crawler compaction machine, the dynamic stability evaluation method was put forward based on ground pressure of thrust wheel. And by using Pro/E and ADAMS to simulate the whole working process of crawler compaction machine, the time domain variation curve of ground pressure of each thrust wheel was obtained. The simulation results reveal that the dynamic stability evaluation method is reasonable and effective. It provides a valuable basis for product development of crawler compaction machine as well as other tracked construction vehicles.

Key words: crawler compaction machine; thrust wheel; ground pressure; dynamic stability

0 引言

履带式强夯机是利用夯锤的高落差产生的高冲击力能对土壤进行夯实处理的一种土方工程机械,被广泛应用于交通建设、填海工程以及机场、港口、仓库、大型储油罐的施工建设中^[1],其结构由臂架系统、车架、转台及履带行走机构组成。强夯机具有满载率高、负载变化大等特征^[2],这是由强夯施工的特点所决定。

因为变幅系统以及整机的弹性作用,夯锤被释放时,强夯机易出现主臂后倾现象,甚至发生强夯机向后倾覆事故;因为土壤对夯锤吸附力的作用,夯锤提升但未提离地面时,强夯机实际负载可能超过额定起重量,从而发生整机向前倾覆事故^[3]。

因此,稳定性设计是强夯机设计中一个非常重要的组成部分。

1 履带式强夯机动态稳定性的判定方法

长期以来,由于履带式强夯机与起重机有很高的相似性,工程技术人员往往根据起重机的设计规范进行强夯机稳定性设计。对于某一时刻强夯机的稳定性系数只是通过数学计算法来求取,常用的计算方法有按临界倾覆载荷标定额定起重量、稳定系数法和力矩法^[4]。但这些方法无法全面反映强夯机工作过程的动态稳定性^[5],尤其是无法清晰描述强夯机提升夯锤和释放夯锤时的瞬态激励。此外,只有少部分的研究采用虚拟样机技术仿真的方法获得工程车辆动态稳定性系数。其中,华东理工大学欧

收稿日期:2015-12-20

阳宁^[6]以支重轮接地压力为指标,对履带式起重机吊装大型石化装置进行稳定性研究。他认为,只要起重机后两轮对地面压力值不为 0,起重机就不会倾覆。但由于受力形式、地面情况及稳定性研究内容的不同,该方法并不适用于履带式强夯机。

鉴于此,本文提出一种针对履带式强夯机的稳定性判定方法。

(1)如果夯锤提升瞬间强夯机具有向前倾覆的趋势,则整机重心后方的所有支重轮的接地压力值不全为 0。

(2)如果夯锤下落瞬间强夯机有向后倾覆的趋势,则整机重心前方所有支重轮的接地压力值不全为 0。

(3)当主臂位于底盘正侧方时,接地压力值最小的支重轮接地压力大于空载时该支重轮接地压力的 30%。

这种方法可以直接反映强夯机各时刻的作业状态,便于设备设计阶段的仿真计算,也便于对设备在实际施工时进行稳定性监测。

2 履带式强夯机动力学仿真模型的建立

履带式强夯机主要结构有:主臂、拉板、弹簧式防后倾装置、A 型架、转台、底盘等。在本文的建模中,以运动副代替回转支承、轴承等结构,以控制整机质量和质量的分布。这些简化处理大大的降低了建模仿真成本,缩短了建模仿真时间,并在一定程度上保证了仿真的成功率。

2.1 Pro/E 中的建模

依据 CAD 工程图中各零部件的实际尺寸,在 Pro/E 中完成主臂、转台和底盘模型,并按照其位置关系进行装配。

2.2 ADAMS 中完善模型

将 Pro/E 软件建立的履带式强夯机三维模型导入 ADAMS/View 环境^[7]中,在 ADAMS 图形用户界面中完成 A 形架、拉板、防后倾装置模型,并对 ADAMS 的模型赋予材料属性、添加重力和约束,添加支重轮和地面的 Bushing 柔性连接^[8]。最终建立可以仿真的履带式强夯机虚拟样机模型,如图 1 所示。

2.3 载荷的添加

夯锤从土壤中提起时将受到泥浆吸附力作用,



图 1 履带式强夯机虚拟样机

根据某型号履带式强夯机参数,吸附系数取 1.5,即夯锤提高地面所需最大拉力为夯锤自身重力的 1.5 倍。提升夯锤的最大拉力在 3 s 内加载,6 s 时夯锤离地,第 30 s 时夯锤被释放,使用 ADAMS 自带的 STEP 函数完成添加^[9]。载荷分成 2 部分:夯锤对主臂的拉力和起升钢丝绳的拉力。

3 动力学仿真与动态稳定性分析

3.1 仿真参数设置

根据经验,分析类型选择 Dynamics,积分器为 GSTIFF,积分格式为 S12,精度为 0.01,仿真时间为 50 s,步长为 0.1。

3.2 仿真结果分析

本文研究的履带式强夯机在主要结构上基本对称,所以对履带式强夯机主臂位于底盘正前方工况(图 2)和主臂位于底盘正侧方工况(图 3)进行仿真分析^[10]。

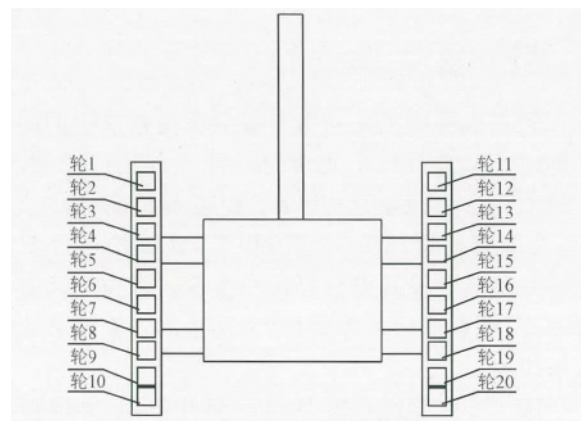


图 2 主臂位于底盘正前方作业工况

0~6 s 时夯锤位于夯坑中,起升钢丝绳缓慢加载;第 6 s 为夯锤被拉出夯坑时刻,此时夯锤受到的土壤吸附力消失,主臂受力减小;6~30 s 夯锤离地,匀速上升,主臂受力恒定不变;第 30 s 时夯锤被释

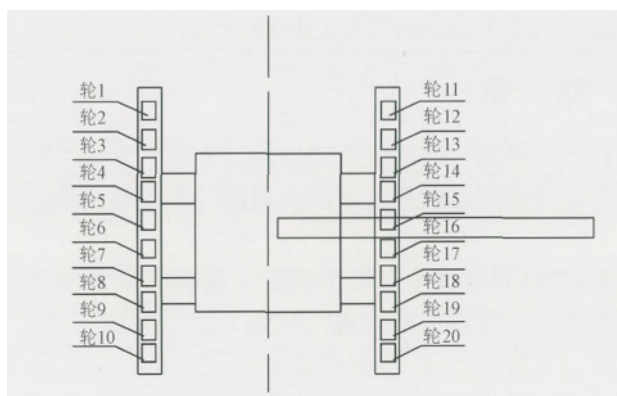


图3 主臂位于正侧方作业工况

放,主臂不再受夯锤拉力。

3.2.1 主臂位于底盘正前方作业工况

由于本文研究的履带式强夯机在主要结构上基本对称,在主臂位于底盘正前方作业工况下,左右对称的10对支重轮接地压力可认为两两相同,因此只需考察一侧支重轮的接地压力即可。仿真结果如图4~6所示。

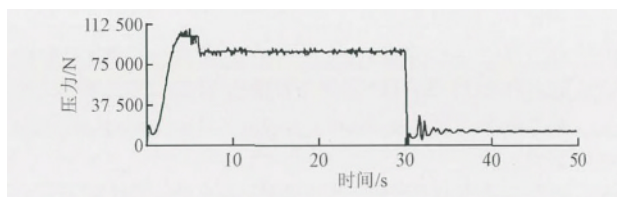


图4 支重轮1接地压力时域曲线

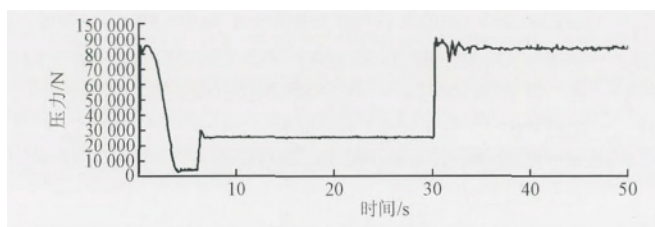


图5 支重轮10接地压力时域曲线

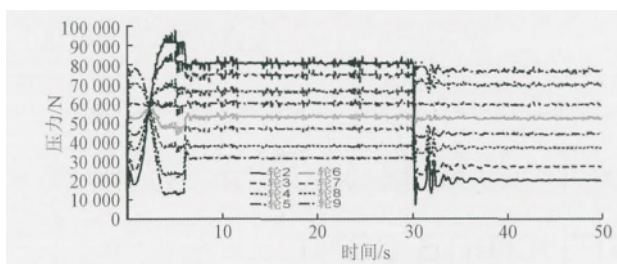


图6 支重轮2~9接地压力时域曲线

对该工况下支重轮的接地压力曲线的观察可知,各支重轮接地压力曲线光滑程度不同。其中,支重轮1的接地压力曲线最不光滑,而支重轮10接地压力曲线最为光滑。支重轮接地压力的变化情况可以从曲线光滑程度反映出来。主臂的摆动是造成支

重轮接地压力变化的主要原因。支重轮越接近主臂,受到主臂摆动的影响越大,其接地压力就有显著的跳跃变化,跳跃幅度也就越大。在30~35s最明显,除了支重轮6、7以外,各支重轮较剧烈的接地压力突变基本都发生2次,这是主臂震动—车体—拉板—弹簧式防后倾装置综合作用造成的结果。而2次接地压力突变的幅度从支重轮1到支重轮7依次减小,支重轮8和支重轮9又略微增大。这是因为整机重心基本落在支重轮5和支重轮6之间,重心附近的受力变化很小,所以整机重心的附近支重轮接地压力没有明显的变化。

夯锤提高地面之前,由于土壤吸附力的存在,强夯机所受吊重重力大于夯锤自重,主臂出现前倾趋势,机器的重心也前移,位于重心前方的支重轮接地压力逐步增大,位于重心后方的支重轮接地压力减小;夯锤下落瞬间,整机载荷突然释放,主臂出现后仰趋势,机器重心也同时后移,位于重心前方的支重轮接地压力减小,重心后方的支重轮接地压力增大。

由图4~6可知,夯锤提升但未提离地面时(0~6s),位于整机重心最后方的支重轮10接地压力最小,为2224N,其余9个支重轮接地压力值范围在12424~107770N,整机重心后方的支重轮压力值不全为0;夯锤被释放瞬间(第30s),位于整机重心最前方的支重轮1接地压力值突变为0,其余9个支重轮接地压力值范围在7102~90156N,整机重心前方所有支重轮接地压力不全为0。仿真结果满足稳定性判定条件,在该工况下,强夯机有较好的稳定性。

3.2.2 主臂位于正侧方作业工况

在主臂位于正侧方作业工况下,支重轮接地压力仿真结果如图7~10所示。

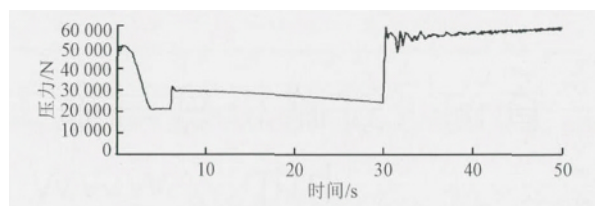


图7 支重轮1接地压力时域曲线

对该工况的支重轮曲线的观察可以发现,在夯锤上升阶段(6~30s),支重轮1到支重轮4的接地压力缓慢减小,从支重轮7到支重轮10的接地压力则正好相反。造成这种现象的原因是,转台右上侧布置有驾驶室,使得转台的右侧比左侧略重,整机重

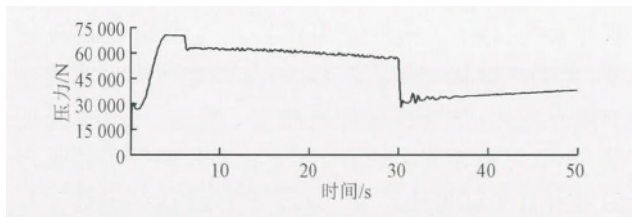


图8 支重轮 11 接地压力时域曲线

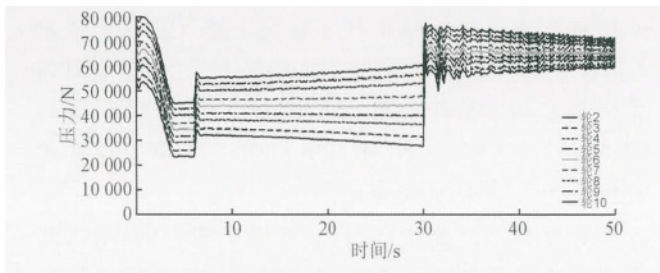


图9 支重轮 2~10 接地压力时域曲线

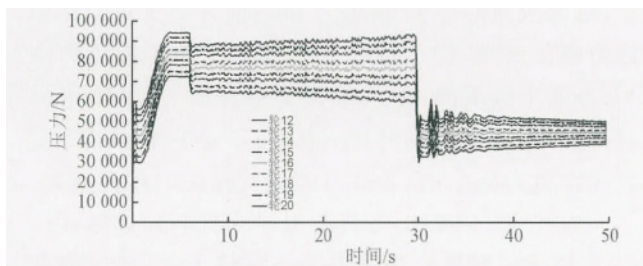


图10 支重轮 12~20 接地压力时域曲线

心偏右上方。因此,在夯锤的拉力下,整机重心向右下方偏移,使得这一阶段重心前方和后方的支重轮接地压力发生了不同的变化。

由图7~10可知,夯锤提升阶段支重轮1接地压力最小,为20 864 N,是空载时该支重轮接地压力(58 606 N)的35.6%,大于空载时该支重轮接地压力的30%;夯锤被释放瞬间,支重轮11接地压力最小,为27 668 N,是该支重轮空载时接地压力(37 403 N)的73.97%,远大于空载时该支重轮接地压力的30%。仿真结果满足稳定性判定条件,表

明在该工况下,强夯机具有足够的稳定性。

4 结 语

本文提出一种以支重轮接地压力分布为指标的强夯机动态稳定性评价方法。利用三维实体设计软件 Pro/E 和 ADAMS 构建了某履带式强夯机仿真模型,并针对其在主臂位于底盘正前方和主臂位于底盘正侧方作业工况下进行仿真分析,仿真结果满足稳定性判定条件,从而验证了本文提出的动态稳定性评价方法的合理性。该方法对履带式强夯机开发具有一定的理论指导意义。

参考文献:

- [1] 王锡良,水伟厚,吴延伟.强夯机的发展与应用现状[J].工程机械,2004,35(6):31-35.
- [2] 周 健,张思峰,贾敏才,等.强夯理论的研究现状及最新技术进展[J].地下空间与工程学报,2006,2(3):510-516.
- [3] 潘培华.履带式起重机在地基强夯处理中的常见事故分析与防护[J].铁道工程学报,1999(2):99-103.
- [4] 任卫涛,李文杰,魏慧宾.基于 ADAMS 强夯机臂架振动的研究和改进[J].建设机械技术与管理,2012(5):117-118.
- [5] 赵明敏.强夯机动态稳定性分析与研究[D].西安:长安大学,2012.
- [6] 欧阳宁.虚拟样机技术在履带式起重机中的应用研究[D].上海:华东理工大学,2003.
- [7] 于克萍,折学森.轻型桥台受台背强夯振动力作用的力学模型[J].长安大学学报:自然科学版,2003,23(1):43-45.
- [8] 周 炜,易建军,郑建荣. ADAMS 软件中绳索类物体的一种建模方法[J].现代制造工程,2004(5):38-39.
- [9] 樊世群.强夯法在杂填土施工中参数的确定[J].筑路机械与施工机械化,2009,26(7):45-47.
- [10] 何川骄,姜书霞.履带起重机的动态仿真分析[J].建设机械技术与管理,2014(7):97-100.

[责任编辑:杜敏浩]

查询《筑路机械与施工机械化》稿件处理请访问

<http://www.roadm-china.com>