

轮胎式挖掘机折叠臂断裂力学分析

钟建

(中国人民解放军 69218 部队 新疆 喀什 844700)

摘要: Creo 软件集参数化模型技术、直接模型技术和三维可视化技术于一身, 本文以 GJW111 轮胎式挖掘机为例, 运用 Creo 软件对轮胎式挖掘机构造与安装过程, 并对特殊工况进行了动力学解析。此方法省去了复杂的动力学方程的建立和求解, 希望为装备生产单位的军队修理人员和技术干部全面诠释工程机械操纵系统的工作效果学风险提供重要参考, 为开展工程机械操纵系统工作效果学设计、研究、分析及运用提供理论支撑, 从而提升相应产品设计和维修的工作安全与舒适性。

关键词: 轮胎式挖掘机; 折叠臂; 断裂力学

0 引言

工程装备操纵由齿轮泵、减压阀和液压手柄等元件构成, 操纵控制系统的优良与否是对工程机械产品安全性和舒适度的最直观的表现, 因此, 工程机械产品操纵控制系统的工作效能学设计是提升安全性和舒适度的关键途径。

工程机械是中国机械制造行业的一项重点产业, 是工程作业施工中至关重要的硬件设施。轮胎式挖掘机(图 1)的折叠臂容易断裂, 而其断裂的原因很多, 如操作手出现误操作或机械设备失灵等, 成为轮胎式挖掘机工作过程中的隐患。因此, 在确定轮胎式挖掘机的工作效能学隐患时, 必须根据操作手的实际使用任务, 结合预期动作和合理预测的误用动作等影响工作效能学的各种因素, 才能够合理确定相关危险源。本文主要研究分析轮胎式挖掘机折叠臂断裂力学的具体情况。

1 断裂力学

研究断裂力学的主要目的在于确定所含断裂物质对外部压力的反应程度, 并给出计算强度的办法。目前, 断裂力学的研究领域主要包括: 在断裂尖端的应力与应变研究, 建立材料的裂纹判断依据, 断裂力学方法(如断裂韧性的测定)和试验方法, 以及增加材料断裂韧性的试验方法等。

装备构造或建筑材料的损坏往往会导致人员伤亡, 经调查损失将高达世界各国国内生产总值的 6% ~ 8%。同时由于大工程科学技术的发展, 对飞机、舰艇、船只和管线等结构构件的损坏也频频出现, 而以往的结构材料研究方法已难以适应现代构造与建筑材料的研究需要。在此背景下, 宏观的断层力学应运而生, 同时伴随着对新型建筑材料、模拟建筑材料和天然界地质资料等对结构的毁坏和损伤的基本规律的研究需要, 断层的研究内容和领域也得以逐渐扩大, 以服务于对结构的保护。

裂纹力学理论是固体力学的一个分支, 主要研究含有裂纹型缺陷的物质的强度与裂纹延伸过程的规律性。裂纹力学理论研究的内容主要包括: 应用力学的理论和方法, 寻求描述主导裂纹型起裂和延伸过程的动力参量; 规定复合材料中抗裂缝扩展能力的主要指标, 以及



图 1 轮胎式挖掘机

将以上二者的关系断裂准则化。断裂力学从 20 世纪 50 年代发展至今,已在航空航天、交通、化学、机器过程、核能、建筑、能源、微电子、生物医药和地震等工程技术领域中得到了广泛运用。

2 轮胎式折叠臂挖掘机的研发

轮胎式折叠臂挖掘机的下动臂与上动臂之间采用一根销轴连接,同时还在下动臂的腹部与上动臂的底部中间设置有一种组合臂油缸。利用这种油缸来调节动臂间的夹角,可实现无级调整。轮胎式折叠臂挖掘机主要有如下特征:

(1) 在安装过程中能够随意按照工况来控制动臂的整体高度,作业非常简单、快速,不需要拆装;

(2) 上动臂收回时,整机尺寸缩短,转弯半径也变小,更加灵活机动,同时行驶抖动也降低;

(3) 能够增加整机的最佳垂直掘进深度,换言之,能够在相对较小的开挖体积下获得较大的深度。

GJW111 挖掘机的主体由支腿、折叠大臂、动臂油缸、折叠油缸和斗杆油缸等部分构成。挖掘机的动力学分析不仅是起升作业范围分析的重要基石,也是有限元分析和结构优化的重要基石。但因为构件的数量比较多,直接列方程求解比较麻烦,分析动力学规律就更是难上加难了。

3 折叠臂操控系统工效学危险的影响因素

人为错误、劳累和肌肉骨骼病变等问题是在机械产品设计的本质安全设计流程中,未充分考虑人类工效学造成的最常见工作隐患。在确定轮胎式挖掘机折叠臂操控系统的工效学风险前,必须根据操作者的使用任务、操作员的预期情况和可合理预测的误用等制约工效学的各种因素,才能合理确定有关风险因素。

对轮胎式挖掘机折叠臂操控系统工效学危险程度的评价因素,主要包括五个方面。

3.1 操作者的多样性

人体的功能因人而异。设计人员必须考虑的重要因素有身体长度、强度和耐久性。它与性别、年龄、机体大小和结构、质量、健康状况、机体质量等密切相关。由于机体特定的性质和特点,还必须兼顾精神和能力等方面的要素(如技能和经验)。

3.2 操作姿势与活动空间

工作姿势也是控制人体工效学的一个关键因素,坐、立、弯腰、屈膝或把手举过肩,这些工作姿势如果持续的时间较长是十分危险的。设计时需要避免需

要用力地身体扭曲动作、手部的极限运动和肢体的反复运动。所以,轮胎式挖掘机折叠臂操控系统需要顾及作业人员的工作姿势所需要的空间以及作业所需要的时间。

3.3 操作速率和操作形式

操作速率是指一名作业工人所在工位上单位时间内处理的工件量,如果作业人员无法调整工作速率,则有可能把工作速率施加给作业人员的风险。此外,当工作速率过度,而又无法由作业人员控制或没有回复时间时,最典型的危险类型为肌肉骨骼综合征和心理压力。对工程机械作业人员来说,其动作速度所受机械本身的影响,主要表现在作业装置的设计与布局。工作时,如操纵控制手柄的行程短,挖掘机的动态就较慢,所需的操纵力就比较小;而当控制手柄的动作行程大,挖掘机的动态就比较快,所需的操纵力也就比较大。

3.4 人为错误

如果在挖掘机的操作系统中没有充分考虑到注意力的影响,就会出现意外的使用错误。因为操作挖掘机必须是高重复性的工作负荷、长时间的注意力,以及操作过程复杂的作业,因此更易出现人为误差。

3.5 人机界面(显示装置)

人机界面的设计主要关注于作业人员与机器之间的沟通。而挖掘机的显示装置则主要反映在仪表板上。仪表板是挖掘机信号指示与相关按钮最集中的部位,除各种为铲斗机上的仪表板处理必需的功能外,还需兼顾人机关系的协调性,因此人机界面也是轮胎式挖掘机折叠臂操控系统工效学危险影响因素之一。

4 挖掘机折叠臂受力 Creo 模型的建立

轮胎式挖掘机 Creo 模型建立的方式包括以下几个方面。

4.1 主要尺寸的确定

根据轮胎式挖掘机的结构特点确定主要尺寸。

4.2 细节尺寸的确定

细节特征需要采用参数化建模工具,参数化建模需要细化实际的工程特征,如拔模、加厚、倒角、倒圆角和确定孔的尺寸等,以确定各个构件的三维图。

轮胎式挖掘机安装时使用的约束形式主要有圆锥约束、销钉约束和滑动拉杆约束。

动臂、铲斗油缸、动臂油缸与铲斗油缸之间用滑动拉杆约束方式联接。其他结构可以采用销钉约束或圆柱约束进行联接。

4.3 运动参数设置

根据算出的油缸延伸速率设定为伺服电动机,而油缸延伸速率则是根据流量、油缸内径和油杆孔径来决定。

虽然在实际起升的过程中液压缸的运动速度是非恒定的,但由于挖掘机的运动速度相对较小,加速度与角加速度之间产生的反惯性力也较小,因此在建模仿真过程中将速度设为一个固定值。

5 挖掘机折叠臂受力工况分析

折臂式挖掘机的提升速度和变化范围是通过吊臂油缸和动臂油缸相互配合来完成的(图2)。因为吊臂油缸的受力范围通常会超过动臂油缸,所以通常当吊臂油缸工作停止,将动臂油缸动以实现拉起并改变幅度。中高幅度工作状态下,舒卷臂伸出。此工况下吊臂油缸保持全部伸出的状态,将吊臂油缸与舒卷臂油缸联合使用,来实现起吊作业。

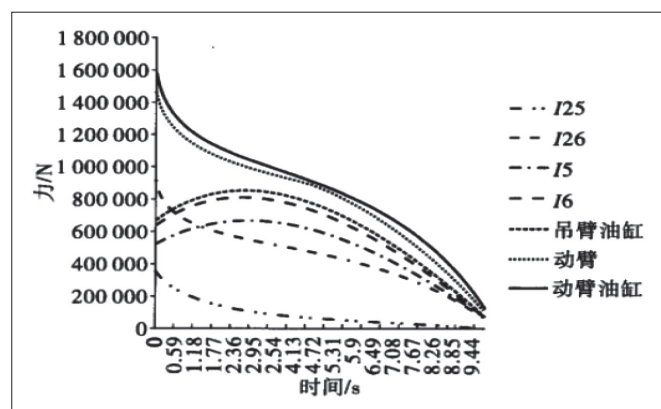


图2 挖掘机折叠臂受力工况分析

经过对模型的动力学仿真,总结出动臂油缸的受力过程可分为三个阶段:

第一阶段,油缸内受力的曲线具有以下特征:①随吊臂油缸伸长,曲线的左端点纵坐标值增加,右端点

与曲线驻点之间的纵坐标值减小;②动臂油缸延长时间小于4.4s,动臂油缸延长时间有限;③当吊臂油缸拉伸持续时间 $\geq 4.4s$ 时,油缸才能连续运行。

第二阶段,吊臂油缸压力变形曲线具有以下特征:

①随吊臂油缸直径变大,曲线左端点及其第一驻点的纵坐标值变大,右端点及其第二驻点的纵坐标值减小;②在这个过程中动臂油缸可以持续运行。

第三阶段,动臂油缸压力变形曲线具有以下特点:

①随着动臂油缸直径的增大,曲线左端与其第一个驻点的纵坐标值增大,右端与其第二个驻点的纵坐标值减小;②当动臂油缸伸出时间等于7.64s时,动臂油缸伸出时间受到限制;③当动臂油缸的拉伸持续时间等于7.64s时,动臂油缸可以一直移动。

6 结语

综上,得出轮胎式挖掘机折叠臂断裂的受力结论:由于折臂式挖掘机动臂油缸承载力大,将成为空气动力学分析的重点研究对象;动臂油缸的力经历了由小到大的三次曲线变化;起质量、幅值、起升速度与动臂油缸受力之间存在偏微分关系。

参考文献:

- [1] 田兴明. 折叠臂随车起重机设计关键技术研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2021.
- [2] 安杰. 双折叠臂管柱排放系统的结构研究[J]. 内江科技, 2021, 42(03): 16-17.
- [3] 胡晓阳, 乔丽君. 折叠臂式的可调间隙梳式异形果实采摘机[J]. 内燃机与配件, 2018(09): 17-18.
- [4] 李兆安, 陈海虹, 刘彦峰. 基于遗传算法的轮式挖掘机折叠动臂轻量化设计[J]. 机械与电子, 2016, 34(08): 29-31+36.