

套缸式高空作业车摆臂机构机构综合分析

车仁炜, 陆念力, 周建成, 薛 渊

(哈尔滨工业大学 机电工程学院, 150001 哈尔滨 crw8790@163.com)

摘要: 为选择机构的合理结构形式、运动副类型、数目及合理的尺寸搭配, 对一种高空作业车摆臂机构进行分析. 在已知连杆铰接点的起始位置、连架杆的对应转角及机架长度的平面综合连杆机构的各设计变量间关系的条件下, 根据给定的运动学或动力学要求, 进行了机构综合. 对六杆运动链连杆类配方案进行选择, 组合生成六连杆4种形式, 在此基础上再生运动链, 形成新的机构形式, 给出机构多种可能的构型, 完成摆臂机构的型综合. 对不同方案进行比较, 得出了满足运动学及动力学要求的最优解.

关键词: 机构综合; 连杆类配; 再生运动链; 摆臂机构; 套缸式高空作业车

中图分类号: TH112.1

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2012)01-0094-04

Mechanism analysis of the swing arm of telescopic cylindrical type aerial platform truck

CHE Ren-wei, LU Nian-li, ZHOU Jian-cheng, XUE Yuan

(School of Mechatronics Engineering, Harbin Institute of Technology, 150001 Harbin, China, crw8790@163.com)

Abstract: To propose a rational construction, pair type, numbers and suitable size assortment, a kind of swing arm of an aerial platform truck was analyzed. The synthesis of mechanism was done to the starting position of connecting rod hinge point, corresponding corner of side links and length of the rack of the planar integrated linkage according to the kinematics or dynamics given requirements. The link combination types for six-bar linkage were selected and four combining forms were generated, then based on the forms, kinematic chain was regenerated and new mechanisms was produced, which gave a variety of possible configurations and completed the structural synthesis for the arm institution. The optimal solution is finally given after comparing the different schemes.

Key words: mechanism synthesis; link combination; regeneration kinematic chain; swing arm; telescopic cylindrical type aerial platform truck

套缸式高空作业车是靶场光电控制系统辅助系统的关键设备之一, 主要功能是将工作人员送至靶室内并为其对靶室进行维护提供一个工作平台. 对此高空作业车的使用要求是: 把设备维护人员送至靶室中心, 同时作为工作装置的摆臂机构, 在回转和变幅的同时作用下, 使吊篮中的工作人员可对靶球的全部内表面实施维护. 由于工作环境特殊, 此设备工作空间非常狭窄, 还要满足靶室

内部高洁净的要求, 因此, 作为高空作业车工作装置的摆臂机构的构型、运动平稳性和传动的高效性对设备的使用性能影响非常重大, 在设计时对摆臂机构进行机构综合分析十分必要^[1-4].

本文根据刚体平面运动时的运动关系, 按给定的运动学和动力学要求, 针对已知连杆机构各铰点的起始坐标、主动摇杆的对应转角、机架长度等平面综合铰链机构的各设计变量间的关系, 对套缸式高空作业车摆臂机构进行了机构综合, 给出了机构多种可能的构型, 并以满足机构设备空间位置要求和运动平稳、传动效率高为目标, 得出了最优解, 为对机构进行优化设计提供了理论依据^[5-7].

收稿日期: 2011-01-04.

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(HIT. KLOF. 2010054).

作者简介: 车仁炜(1964—), 博士, 副教授;
陆念力(1955—), 教授, 博士生导师.

1 摆臂机构构型分析

套缸式高空作业车最大上升高度 11 m, 经过的靶球颈部口径 1.4 m, 工作装置变幅半径为 3 m, 回转角度为 168° , 所经过路径空间狭窄, 工作范围大. 因此, 摆臂机构的设计必须满足环境空间要求和工作位置要求, 设计难度很大.

摆臂机构由一个平行四边形机构和一个六杆机构组成. 考虑工作人员工作时的舒适性以及工作半径的可达性, 吊篮应一直处于水平状态, 因此, 平行四边形机构的尺寸已确定. 对摆臂机构的工作和使用性能的主要影响, 集中在六杆机构^[8-10].

1.1 再生运动链与新机构的构建

构建新机构时, 利用再生运动链法, 配置原则为:

1) 确定原始机构, 分析该机构的自由度、运动副类型和数目以及基于使用功能的约束数目和方式;

2) 按一般化原则处理原始机构, 将其还原成为基本运动链的形式;

3) 重新组合运动链, 找出具有相同构件数和运动副数但结构形式却不相同的一组运动链;

4) 通过合理布置其输入、输出构件, 合理选择机架, 满足运动学及动力学要求, 提高机构效率;

5) 按使用功能要求选择系列化运动链, 按功能约束对其进行特定化处理, 搭建新机构.

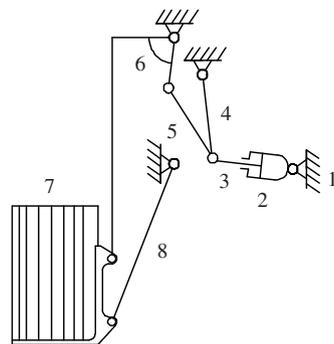
现有机构经一般化后得到一六杆机构, 但是, 根据机构的组成原理, 六杆机构具有多种构型, 即使构件数、运动副数都相同, 具有确定的相对运动的六杆机构运动链结构也有多种. 为了得到满足相同拓扑结构的机构的构型和使用要求, 在特定的约束条件下, 设计出运动学和动力学性能较高的靶室维护设备, 本文运用机构再生运动链法对其进行类型综合.

根据摆臂机构的工作性能、使用要求和已确定的约束情况, 可由组合运动链衍生出新的一组运动链. 而由得到的再生运动链, 利用一般化原则的逆顺序, 将其还原为具体的机构.

图 1 为摆臂机构的运动简图, 其中, 构件 1 为机架, 构件 2 和 3 为液压缸和活塞杆, 构件 4 为主动摇杆, 构件 5 为连杆, 构件 6 为从动摇杆, 是执行机构的驱动臂, 带动吊篮转动. 其中, 由构件 1、2、3、4、5、6 组成一个平面六杆机构, 由构件 1、6、7、8 组成一个平行四边形机构, 整个机构是一个

平面综合连杆机构. 使用功能上的约束情况要求吊篮即工作平台始终处于水平状态, 而且工作位置要覆盖整个靶球内表面, 本文将对传递运动和动力的六杆机构进行机构综合.

将六杆机构的运动链进行一般化处理, 以一般杆替代液压缸和活塞杆, 且将由液压缸和活塞杆组成的移动副用转动副替代 (P), 将机架 1 释放, 得到如图 2 所示的摆臂机构中六杆机构的一般化运动链.



1—机架; 2—液压缸; 3—活塞杆; 4—主动摇杆;
5—连杆; 6—从动摇杆; 7—吊篮; 8—小臂

图 1 摆臂机构运动简图

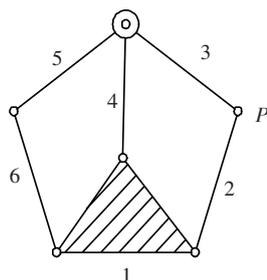


图 2 六杆机构的一般化运动链

1.2 约束条件

根据摆臂机构的使用要求与工作要求, 作为构建新机构类型的依据, 确定约束条件如下:

1) 连杆总数 N 和运动副总数 F 均保持不变, 即 $N = 6, F = 7$;

2) 必须有一个固定件作为机架;

3) 机构中含有一个液压缸;

4) 液压缸本身作为机架或与机架铰接;

5) 必须有一与固定杆铰接的双副杆作为执行件, 且不能与活塞杆铰接;

6) 活塞杆一端与液压缸组成移动副, 另一端不能与机架铰接.

根据以上约束条件, 可求得 4 种六杆组合运动链衍生出的再生运动链, 其步骤如下:

步骤一, 将液压缸本身作为固定件, 或者选固

定杆的一端与液压缸铰接;

步骤二,选择一个与机架铰接的双副杆作为输出构件,并使其不与活塞杆铰接;

步骤三,活塞杆一端不能与机架铰接,另一端与液压缸组成移动副.

2 摆臂机构机构综合

在运动链中,令符号 G 表示机架, C 表示液压缸活塞杆, P 表示由液压缸和活塞杆构成的移动副, E 表示输出构件^[11],由 No. 1 型六杆机构运动链(斯蒂芬逊型,两个三副杆非直接铰接)衍生

出 6 种再生运动链,由 No. 2 型(瓦特型,两个三副杆直接铰接)衍生出 4 种再生运动链,由 No. 3 型(在 No. 1 型或 No. 2 型的基础上,使上面的 3 个连杆构成复合铰链)衍生出 10 种再生运动链,由 No. 4 型(在 No. 3 型基础上,使下面的三根连杆构成复合铰链)衍生出 1 种再生运动链.

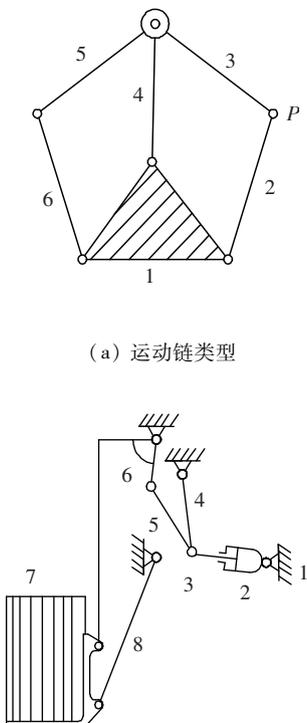
将由运动链再生获得的 21 种摆臂机构运动链,利用一般化原则的逆推顺序,还原为具体机构,得到如表 1 所示的再生运动链和具体机构简图. 删掉原机构后,生成了摆臂机构的所有新构型.

表 1 再生运动链及机构运动简图

序号	1	2	3	4
再生运动链				
运动简图				
序号	5	6	7	8
再生运动链				
运动简图				
序号	9	10	11	12
再生运动链				
运动简图				

将表1和图1共21种机构形式进行分析比较,由于摆臂机构要求的特殊性,六杆机构运动链的4种类型中后2种结构更紧凑,满足结构紧凑性要求;去掉液压缸倒置方案,满足套缸式高空作业车由于伸缩臂机构特定结构形式的限制;去掉以液压缸为机架的结构类型,满足高空作业车不希望液压缸成为机架要求.另外,由于二副杆比三副杆的结构刚度大,装配可调性强,能用二副杆,就不用三副杆,使其自然尺寸更小,结构更紧凑.因此,最终选择图3的构型方案.

图3方案采用液压缸驱动,刚度高,驱动力大,传动效率较高.原方案之一,采用电机丝杠传动,以丝杠驱动平行四边形机构中吊篮大臂,效率低,传动时产生振动与噪声,电机与丝杠皆在靶室内部,润滑条件会给靶室造成污染,同时也不满足洁净度要求.原方案之二采用油缸直接驱动大臂,在几个特殊位置,传动角很小,运动性能很差,同时由于摆臂摆动角度很大,还会导致液压装置复杂的问题.而图3所示的最终方案,采用一个液压缸驱动,且使液压缸一端与机架铰接,结构紧凑,传动装置的尺寸减小,液压装置简单,更有利于满足设备特殊的工作要求,传动角比原方案二增大很多,且能满足空间可达性要求,运动学性能很高,运动更加平稳,传动效率更高.



(a) 运动链类型

(b) 机构简图

图3 最终方案

3 结 论

1) 本文针对摆臂机构中六杆机构各铰点的起始坐标、主动摇杆的对应转角以及各构件的长度,根据刚体平面运动时各设计变量间的运动关系,通过对六杆运动链连杆类配方案选择,在此基础上再生运动链,形成了20种新的机构形式,完成了摆臂机构的机构综合.

2) 对原机构进行改进,得到了满足使用要求和设备工作空间约束条件要求并提高了运动学和动力学性能及传动效率的最优解.

参考文献:

- [1] 聂松辉. 平面机构类型综合与机构方案创新设计研究[D]. 西安:西安理工大学, 2008:1-11.
- [2] 侯少毅. 混合驱动机构构型综合及优化设计研究[D]. 重庆:重庆大学, 2008:1-10.
- [3] 郭兴辉. 变拓扑机构的构型综合及运动特性分析[D]. 重庆:重庆大学, 2008:1-9.
- [4] 张学军,陈孝珍. 平面综合铰链四杆机构运动分析及其优化设计[J]. 科学技术与工程, 2004(6):446-448.
- [5] SUN Guangfu, LIU Jie. Dynamic responses of hydraulic crane during luffing motion [J]. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41(11):1273-1288.
- [6] LI Q S. Buckling analysis of multi-step non-uniform columns [J]. Advances in Structure Engineering, 2000(3):139-144.
- [7] KARDOMATEAS E A, SIMITSES G J. Comparative studies on the buckling of isotropic, orthotropic, and sandwich columns [J]. Mechanics of Advanced Materials and Structures, 2004(1):309-327.
- [8] RAFTOYIANNIS L G, ERMOPOULOS J C. Stability of tapered and stepped steel columns with initial imperfections [J]. Engineering Structures, 2005, 27(8):1248-1257.
- [9] HIROMITSU O, TATSUZO K. Buckling of circular cylindrical shell under beam-like bending experiment [J]. Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 1998, 41:38-45.
- [10] HUANG Tian, MEI Jiangping, LI Zhanxian. A method for estimating servomotor parameters of a parallel robot for rapid Pick-and-Place operations [J]. Trans ASME Mech Design, 2005, 127: 596-601.
- [11] 周建成. 套缸式高空作业车机构综合及动力学研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学, 2010:11-19.

(编辑 杨波)