

受限空间车载升降装置方案研究

向雪梅, 马振利, 欧忠文, 包河彬, 邢牧媛

(后勤工程学院, 重庆 401311)

摘要: 根据起重机械和平面连杆机构等工作原理, 提出了旋臂式电动升降机、叉车式起重机和四杆式液压升降机 3 种可适用于受限工作空间的车载升降装置设计方案。主要研究了这 3 种方案完成预定运动和动力要求的执行机构部分, 并基于系统运动方案设计原则, 分析比较了 3 种方案的工作特点, 确定了最佳的可行方案。

关键词: 车载升降装置; 执行机构; 结构特点; 方案研究

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)07-0056-05

Scheme Research of Vehicular Lifting Device for Restricted Space

XIANG Xue-mei, MA Zhen-li, OU Zhong-wen, BAO He-bin, XING Mu-yuan

(Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China)

Abstract: According to the working principle of lifting machinery and planar linkage etc, three design schemes for the vehicular lifting device suitable for use in restricted spaces were put forward, including whirling arm electric hoist, forklift type crane, and four-bar type hydraulic elevator. The actuators of the three schemes were studied, which can complete the expectant motion and power requirements. The working characteristics of the three schemes were analyzed and compared, and the optimal scheme was determined.

Key words: vehicular lifting device; actuator; structural characteristic; scheme research

群车加油装备的展开与撤收是直接影响作业机动性和快速性的重要因素。原有的群车加油装备采用输油软管与加油胶管各自展收或输油软管与加油胶管联成一体展收 2 种方式。这些展收方式作业程序和步骤繁琐, 所需操作人员较多, 既不利于快速展开与撤收, 也不利于整车功能模块的紧凑布置。作为新研装备, 越野群车加油车在研制过程中特别注重整车结构、加油模式和功能集成方面的创新, 以及机械化和自动化程度的提高。在对原有展收作业方式进行充分论证和研究后提出了创新设想, 即输油软管采用液压卷盘进行展收, 将加油胶管、加油枪及灭火器集成成为双枪加油卷盘, 见图 1。每台装备需要 4 个双枪加油卷盘(重逾 500 kg), 用一个快速安放和自动升降这些车载设备的装置进行展收作业, 从而实现减少人员、减轻劳动强度和操作便捷的目的。

为此, 设计研制一种采用快速固定与解锁装置安放多个加油卷盘并可自动升降加油卷盘的装置, 是实



图 1 集成式加油卷盘

Fig. 1 Integrated refueling reel

现这一新型作业方式的关键所在。

1 设计要求

越野车后部操纵舱的空间尺寸为 2000 mm×2500 mm×1700 mm, 操作舱内除布置升降装置外, 还要安放其他设备, 留给升降装置布置的可用空间尺寸为

收稿日期: 2013-01-10

基金项目: 总后勤部科研计划(HSZ070614)

作者简介: 向雪梅(1970-), 女, 重庆人, 本科, 中国人民解放军后勤工程学院讲师, 主要从事机械 CAD/CAE 的应与研究。

1500 mm×1300 mm×1700 mm; 车载设备总体外形尺寸约 1050 mm×930 mm×700 mm。利用设计的机构系统带动车载设备从操纵舱的停置位移出并降至距地面高度 650 mm 的工作位, 操作人员才能迅速进行展开作业。撤收时, 机构系统执行反向运动使车载设备从作业位返回停置位。升降装置设计要求说明见图 2, L , R 和 S 值应尽可能小, 以不影响操作为宜。

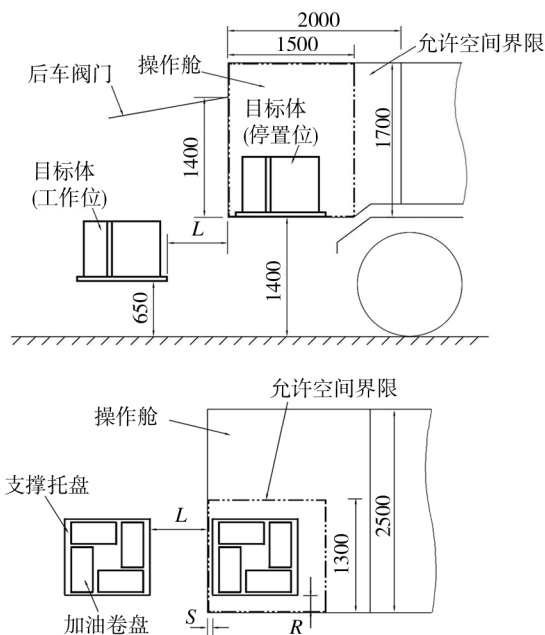


图 2 设计要求说明

Fig. 2 Drawing for design requirements

鉴于上述工作环境和设计要求, 根据起重机械和平面连杆机构^[1-7]的工作原理, 提出了 3 种可适用于此受限工作空间的新型升降装置设计方案。主要研究了完成预定运动和动力要求的主体(执行机构)部分, 利用 UG 软件建立了 3 种升降机的三维模型, 简述其工作过程; 并分析比较了 3 种方案的工作特点, 确定了最佳的可行方案。

2 设计方案

2.1 旋臂式电动升降机

旋臂式电动升降机采用起重机械(旋臂式起重机)的工作原理, 通过起重吊钩把车载设备提起, 经起升、行走和回转机构来完成车载设备的移动。

2.1.1 总体结构

如图 3 所示, 它主要由立柱、托盘、旋臂、电动葫芦和回转驱动装置等 5 个部分组成。立柱是承受升

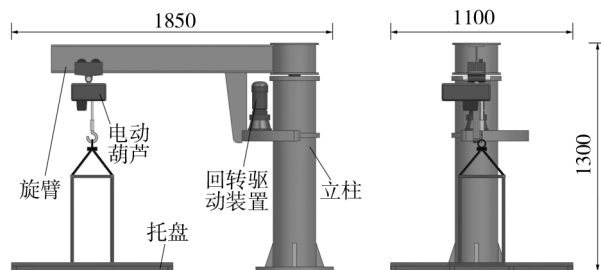


图 3 旋臂式电动升降机总体结构示意图

Fig. 3 Overall structure diagram of the whirling arm electric hoist

降机自重和载荷的基础, 其下端通过地脚螺栓固定在操作舱底板上。托盘是支撑车载设备的平台, 其上布置有卡锁孔, 用于快速固定与解锁车载设备; 顶部固定的起重吊环, 与电动葫芦的起重吊钩相匹配。旋臂采用钢架结构, 用型钢(16 号工字钢)焊接而成。电动葫芦选用额定起重为 0.5 t, 起升高度为 3 m, 结构尺寸小的环链移动式电动葫芦, 同时选配电动单轨行车用作升降机的起升机构和行走机构。回转驱动装置采用驱动电机和摆线针轮减速机组成, 以驱动转管和旋臂绕立柱垂直轴线回转。它与悬臂、立柱及一副外啮合齿轮机构(位于立柱内部, 与下托板连接处)组成了升降机的回转机构, 由于空间局限要求, 设定其回转角度 $\leq 90^\circ$ 。

2.1.2 运动原理

升降机停置在操作舱内未执行动作时, 状态见图 4a。具体工作过程: 启动起升电机, 起重吊钩将托盘连同车载设备垂直向上移动微小距离, 使之离开停置位, 见图 4b, 此时完成车载设备的提升动作; 启动运

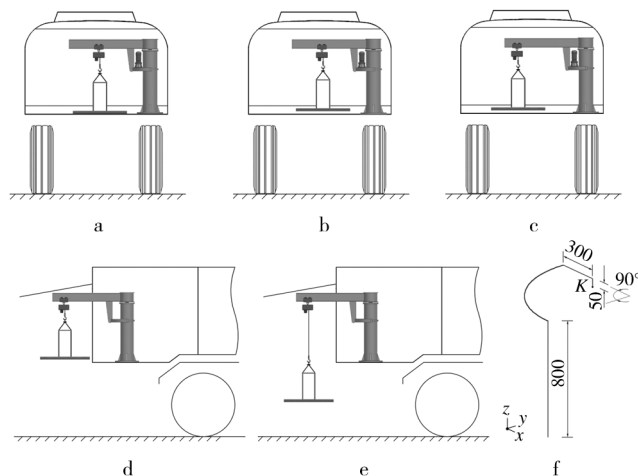


图 4 旋臂式电动升降机运动示意

Fig. 4 Schematic of movement of the whirling arm electric hoist

行电机,行走小车带动托盘连同车载设备正向水平移动至设定距离后到达预备位(图4c),此时完成车载设备的正向平移动作;启动回转电机,旋臂带动托盘连同车载设备在水平面上逆时针转动 90° ,使之从预备位到达中间位(图4d),此时完成车载设备的出舱动作;到达中间位后,再次启动起升电机,起重吊钩将托盘连同车载设备垂直向下移动设定距离至工作位(图4e),此时完成车载设备的下降动作;到达工作位后,升降机处于停歇状态,操作人员可快速进行展开、加油等作业。反之则完成上升、回舱、反向平移及落位等互为反向的运动过程。

2.2 叉车式液压升降机

叉车式液压升降机采用起重机械(升降机)的工作原理,通过起重托架支撑车载设备,经液压系统驱动起升和平动机构来完成车载设备的位移。

2.2.1 总体结构

见图5,它主要由基座、起重叉架、支撑架、链轮

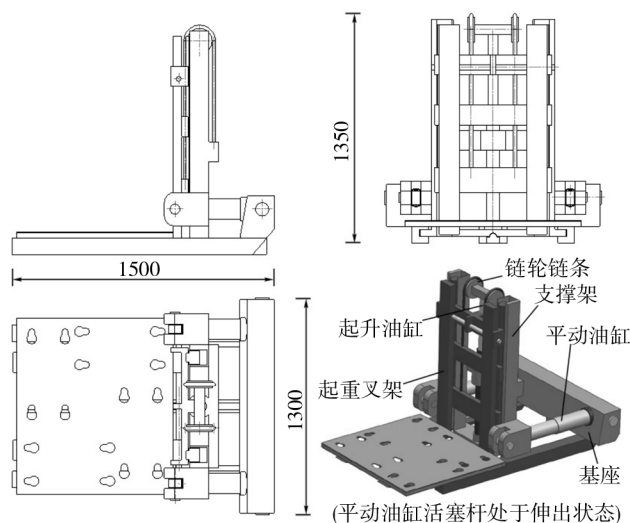


图5 叉车式液压升降机总体结构示意图

Fig. 5 Overall structure diagram of the forklift type crane

链条机构、起升油缸、平动油缸及液压系统等7部分组成。基座是承受升降机自重和载荷的基础,2个轨道、1个中间导轨和配重块,通过地脚螺栓将其固定在后车厢底板上。平动机构由支撑架、平动油缸和基座组成,实为双四杆机构。平动油缸采用2个并联的多级伸缩式双作用液压缸,两端支点分别与配重块和支撑架铰接。起升机构由起重叉架、起升油缸、链轮链条和支撑架组成。起重叉架和支撑架是执行平动、起升运动时支撑车载设备的基础结构。起重叉架的

托板上布置有卡锁孔用于快速固定与解锁车载设备;起升油缸采用单级活塞式单作用液压缸,当活塞杆顶部带着链轮起降时,链条带动叉架和车载设备一起提升或降落,其升降速度是起升油缸活塞杆的2倍^[8]。液压系统为升降机升降及平动运动提供动力,采用多路换向阀,将液压油压入起升油缸和平动油缸,分别驱动执行元件工作。

2.2.2 运动原理

升降机停置在操作舱内未执行动作时,状态见图6a。具体工作过程:启动平动液压回路,平动油缸活

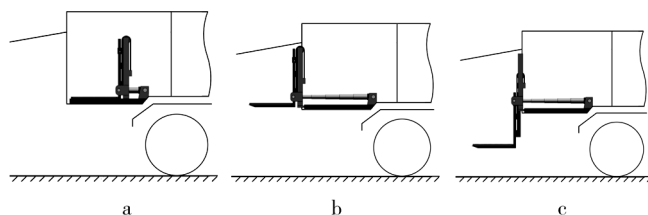


图6 叉车式液压升降机运动示意

Fig. 6 Schematic of movement of the forklift type crane

塞杆伸出,驱使支撑架带动起重叉架连同车载设备一起沿水平方向直线运动至设定距离,使之从停置位到达准备位(图6b),此时完成车载设备的出舱动作;平动油缸活塞杆到达最大行程位置时停止动作,启动起升液压回路,起升油缸活塞下行至设定距离,驱使链轮链条机构带动起重叉架连同车载设备一起垂直下行至2倍设定距离,从而降至工作位(图6c),此时完成车载设备的下降动作;到达工作位后,升降机处于停歇状态,操作人员可快速进行展开、加油等作业。反之,则完成上升及回舱等互为反向的运动过程。

2.3 四杆式液压升降机

四杆式液压升降机采用平面连杆机构的工作原理,通过活动平台支撑车载设备,由手动推拉机构及液压系统驱动双平行四杆机构来完成车载设备的位移。

2.3.1 总体结构

见图7,它主要由底座、双平行四杆机构、活动平台、驱动缸及液压系统等5部分组成。底座是承受升降机自重和载荷的基础,通过地脚螺栓固定在后车厢底板上。活动平台是升降机执行推拉和升降运动时支撑目标体的机构,即支撑托盘;其上布置有16个卡锁孔,用于快速固定与解锁4个集成式加油卷盘。双平行四杆机构是升降机起落机构的基础机构,驱动缸既是升降机起落机构的重要组成构件,也是液压系统

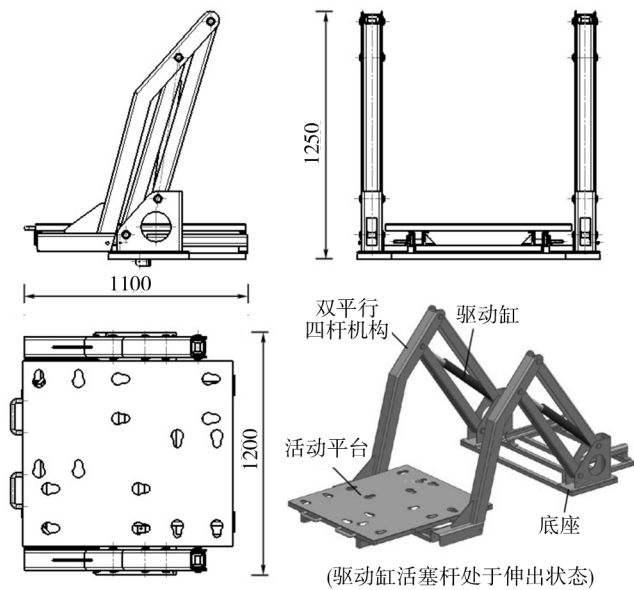


图 7 四杆式液压升降机总体结构示意图
Fig. 7 Overall structure diagram of the four-bar type hydraulic elevator

中作往复直线运动的执行机构。液压系统为升降机升降动作提供动力,整个液压回路采用机械同步回路以及执行元件进出回路均衡的方式,保证执行元件同步;且设置操作换向阀保证只有在活动平台被拉出时才能工作^[8]。

该升降机主要包括手动推拉机构和液压驱动四杆式起落机构两部分。推拉机构采用轮轨方式,在人力作用下推拉活动平台及车载设备进行设定距离的平移运动;起落机构则采用 2 个平形四边形的四杆机构作为基础结构,在活动平台处于被拉出状态下,液压缸驱动双平行四杆机构,使车载设备沿设定的弧线轨迹移动,实现升降机预期的功能目标。

2.3.2 运动原理

升降机停置在操作舱内未执行动作时,状态见图

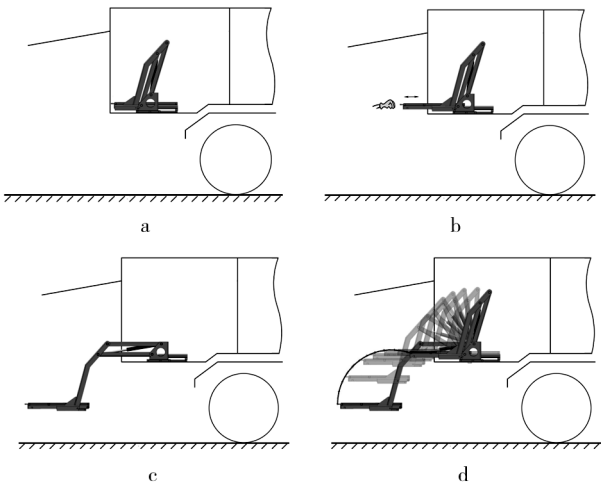


图 8 四杆式液压升降机运动示意

Fig. 8 Schematic of movement of the four-bar type hydraulic elevator

8a。具体工作过程:解锁锁扣装置,拉动活动平台把手,带动车载设备沿水平方向直线运动到设定距离,使之从停置位置到达准备位(图 8b),闭锁锁扣装置,此时完成车载设备的出舱动作;启动液压控制系统,2 个驱动缸的活塞杆伸出,分别带动 2 个悬臂做同步运动,从而驱使起落机构带动目标体离开准备位,经一系列中间位置后下降至工作位(图 8c),此时完成车载设备的降落动作;到达工作位后,升降机处于停歇状态,操作人员可快速进行展开、加油等作业。反之,则完成起升及回舱等运动过程。

3 方案比较

将 3 个升降机方案特点进行比较,结果见表 1。

表 1 方案对比
Tab.1 Scheme comparison

特 点	方 案		
	悬臂式电动升降机	叉车式液压升降机	四杆式液压升降机
空间尺寸/mm	1850×1100×1300	1500×1300×1350	1100×1200×1250
构件数目	中	多	少
制造成本	中	高	低
工艺动作	提升→正向平移→出舱→下降→停歇→上升→回舱→反向平移→落位	出舱→下降→停歇→上升→回舱	出舱→降落→停歇→起升→回舱
运动轨迹	三维空间的直线+直线+弧线+直线	同一平面上的直线+直线	同一平面上的直线+弧线
可靠性	运行时不平稳、操作不方便	传动平稳、操作方便	传动平稳、操作便捷,易于调速
单向运行时间	长	中	短

1) 悬臂式电动升降机包含起升、行走和 3 个执行机构,基本采用构件选型方式,回转机构采用外啮合齿轮机构,整体设计较简单,产品制造成本适中。但因其执行构件数目较多,行走机构带动车载设备正向平移至最远端时升降机的整体外形尺寸约为 1850 mm×1100 mm×1300 mm(见图 3),占用空间超出许用空间尺寸,不能满足设计要求。

2) 叉车式液压升降机包含平动和起升 2 个执行机构,其形式设计均采用机构构型方式,构型设计分别采用平面连杆机构和链轮链条机构,构件设计较复杂。在 3 个方案中,其总体执行构件数目最多,产品制造成本最高。升降机处于完全收起状态时的整体外形尺寸约为 1500 mm×1300 mm×1350 mm(见图 5),占用空间较大,但能满足设计要求。

3) 四杆式液压升降机包含推拉和起落 2 个执行机构,推拉机构采用滚动轴承与轨道的滑动连接完成运动要求,运动简单可靠;起落机构采用平面连杆机构,构件设计采用板材折边型式,结构最简单。在 3 个方案中,其总体执行构件数目最少,产品制造成本最低。升降机处于完全收起状态时的整体外形尺寸约为 1100 mm×1200 mm×1250 mm(见图 7),占用空间最小,完全满足设计要求。

4) 叉车式液压升降机和四杆式液压升降机均采用了液压缸作原动机,直接推动执行构件运动,不仅省去一些减速传动装置和运动变换机构,而且简化运动链,传动平稳、操作方便。两者液压控制系统不同之处在于,前者需为平动和升降运动提供动力,而后者只负责降落运动。因此,四杆式液压升降机的液压系统工作原理更为简单,操作更便捷,且易于调速。

5) 从各方案的工艺工作、运动轨迹看,悬臂式电动升降机的运动(见图 4f)较为繁琐,而叉车式液压升降机和四杆式液压升降机的运动规律(见图 8d)则相对简单。四杆式液压升降机的手动推拉直线运动只需耗时 1~2 s,起落机构驱动缸的行程约为 386 mm,起落运动通过液压系统可控制在 10 s 内完成;而叉车式液压升降机平动和升降油缸的行程约为 1200 mm 和 400 mm,其单向运行时间必然大于 12 s。由此可判定,四杆式液压升降机的单向运行时间是最短的,工作效率是最高的。

4 结论

提出了悬臂式电动升降机、叉车式液压升降机及

四杆式液压升降机等 3 个方案。通过分析 3 个方案的特点可以看出,四杆式液压升降机的工艺动作、运动形式最为简单适用,执行构件数目亦较少,构件设计简单可靠,产品制造成本最低,工作效率最高,由此确定为最佳方案,并深入进行了关键机构优化设计和仿真分析。最终设计和试制了四杆式液压升降机试验样机,通过定型试验、部队试用、抗震救灾使用、教学培训使用和部队演习等使用,效果很好。该升降机已先后获得国家实用新型专利和发明专利。

参考文献:

- [1] 郭卫东. 机械原理[M]. 北京:科学出版社,2010.
GUO Wei-dong. Mechanical Principle[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [2] 徐灏. 机械设计手册[K]. 北京:机械工业出版社,1991.
XU Hao. Mechanical Design Handbook[M]. Beijing: China Machine Press, 1991.
- [3] 张青,张瑞军. 工程起重机结构与设计[M]. 北京:北京化学工业出版社,2008.
ZHANG Qing, ZHANG Rui-jun. Structure and Design of Construction Crane[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [4] 段天宏,李乃梁,尹建伟,等. 门座式起重机的人因工程学问题研究[J]. 包装工程,2009,30(9):120-122.
DUAN Tian-hong, LI Nai-liang, YIN Jian-wei, et al. Ergonomics Research of Portal Jib Crane[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(9): 120-122.
- [5] 张育益,李国锋. 图解叉车构造与拆装维修[M]. 北京:化学工业出版社,2011.
ZHANG Yu-yi, LI Guo-feng. Diagram of Structure and Maintenance of Forklift[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [6] 华大年,华志宏. 连杆机构设计与应用创新[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
HUA Da-nian, HUA Zhi-hong. Innovative Design and Application of Linkages[M]. Beijing: China Machine Press, 2008.
- [7] 阮江涛. 数值方法在铰链四连杆机构运动分析的应用[J]. 机械设计与制造,2007(9):60-62.
RUAN Jiang-tao. Application of Numerical Methods in the Kinematics Analysis of Hinged Four-bar Linkage Mechanism[J]. Machinery Design & Manufacture, 2007(9): 60-62.
- [8] 张利平. 液压传动系统设计与使用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
ZHANG Li-ping. Design and Application of Hydraulic Transmission System[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.