

文章编号: 1005-8893(2003)02-0046-04

# 液压高空作业设备中有关安全的功能设计\*

陈娟<sup>1</sup>, 魏东琦<sup>2</sup>

(1. 江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016; 2. 常州飞机制造厂, 江苏 常州 213016)

摘要: 通过实例, 简单介绍了如何进行高空液压设备中有关安全的设计, 在此例设计中为了保证高空作业人员和设备的安全, 在液压系统中采取了各种有关措施。这些措施比较典型, 对类似的高空设备中的液压设计有一定的参考价值。

关键词: 高空作业设备; 安全; 液压系统

中图分类号: TH 137 文献标识码: A

高空液压作业设备的安全性一直是这种设备设计中要考虑的重要环节。船用液压升降平台<sup>[1]</sup> (以下简称平台) 是一种比较典型的高空作业设备。平台的作用是将人员和设备从甲板送达近 20 m 高的雷达顶部, 从事检修维护工作, 因此该设备在工作时对保证人员的安全提出很高的要求。

## 1 设备简介

平台由底座、转台、臂架和工作台 4 部分组成, 见图 1。其工作原理如下: ①通过转台上的液

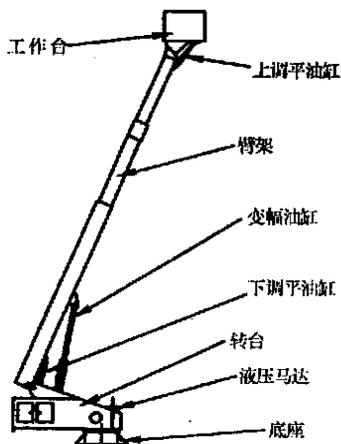


图1 液压平台构成简图

压马达驱动齿轮旋转, 并啮合固定在底座上的大齿轮产生回转运动来调整工作台的方位。②通过连接

在转台臂架内的伸缩油缸的运动, 推动多级臂架内的机械联动机构的伸缩来调整工作台与底座的距离。③通过变幅油缸的运动, 使臂架与转台的回转平面的俯仰角发生变化。④通过这 3 种动作的组合和协调来完成工作台的空定位。⑤通过下调平油缸和上调平油缸的协调运动, 使工作台在臂架俯仰时保持水平。

## 2 问题分析和提出技术要求

### 2.1 问题分析

由于该平台工作时负载人员和设备从所处的船甲板平面上升到近 20 m 高的雷达天线罩中, 工作范围相当大, 而且平台本身处在船体顶层甲板上, 而该甲板距海平面就有 20 m ~ 30 m 高, 加上工作台距甲板的近 20 m 高度, 因此工作台所载的人员和设备在距海平面 50 m 的高度工作, 所以如何保证他们的安全是该设备非常主要的要求, 也是液压系统设计中除满足功能外需要考虑的主要问题<sup>[2]</sup>。

在设计中我们主要考虑 2 个方面: 当液压系统失效时的情况和液压系统因停电或电气等故障发生停车的情况。

#### 2.1.1 液压系统失效

平台正在工作时液压系统可能出现的故障: 首先从平台液压系统本身的结构来看, 由于结构复杂

\* 收稿日期: 2002-11-06

作者简介: 陈娟 (1966-), 女, 江苏南京人, 讲师。

和管路众多, 其中有数根长达数十米的软管。这些软管及所配的接头随着工作台的动作不断地运动和弯曲, 因此系统管路破裂和泄漏是液压系统失效的一种主要形式; 其次系统阀件在运行过程中失效, 会造成系统运行失效而被迫停车。

### 2.1.2 电气故障停车

还有一种情况就是在液压系统正常的情况下, 由于液压系统所属的电气系统失效(包括控制系统失效)造成系统突然被迫停车。更多的可能是在正常工作时发生突然停电的异常停车使人员滞留在高空。

## 2.2 技术要求

根据以上的分析, 在设计中对平台液压系统针对性地提出了一些具体的技术要求。

### 2.2.1 针对液压系统失效的情况

首先, 在设计中液压管路尽可能使用硬管, 并保证软管的配管要求<sup>[2]</sup>, 减少因系统管路破裂和泄漏造成液压系统失效的可能性; 其次, 在系统运行过程中失效时, 作为液压系统本身必须能可靠地保证高空作业人员所在的工作台能稳得住, 下得来。必须保证如果发生液压系统失效时, 不能发生突然的臂架坠落, 工作台倾翻, 危及工作台上的人员和设备的安全。而且还要通过其它方法使工作台能平稳地回降到甲板上。

### 2.2.2 针对电气故障停车的情况

针对由于电气系统失效(包括控制系统失效)造成系统突然被迫停车, 以及在正常工作时发生突然停电的停车, 电器控制可考虑冗余度控制, 能源供应可采用外接电源加自备动力的方式。但由于必须考虑到成本的因素, 我们在系统设计时通过系统预置方案, 在设备出现以上情况时液压系统能通过简单的操作使在高空工作的人员及设备安全返回甲板。

## 3 具体方案

为了使平台在液压系统或管路因意外突然发生损坏时, 保证工作台不产生突然的臂架坠落或工作台倾翻等危及人员设备安全的情况。我们设计时针对每一个系统的不同情况采取了不同的方案。同时对于在设备出现因突然停电等造成系统被迫停车, 我们设计了应急下放系统, 通过简单的操作使滞留在高空的人员及设备安全返回甲板。

### 3.1 调平锁紧回路

在调平系统中, 主要是采取液压回路中的锁紧回路<sup>[3]</sup>。我们在支承工作台保持其水平的上调平油缸的液压油路中加入了一个叠加式液控单向阀, 见图2。这样在工作过程中, 只有上调平油缸有杆腔有油压时才能打开油缸无杆腔出口处的单向阀使无杆腔的油能排出, 这时上调平油缸才能回缩, 工作台才能向下摆。反之也是如此, 只有当上调平油缸无杆腔有压力时才能打开有杆腔出口处的单向阀, 使有杆腔的油能排出, 使工作台动作。而在实际施工时这两个液控单向阀是以叠加形式装在油缸尾部, 与油缸无其它管路连接, 因此当连接上调平油缸的系统软硬管路因意外原因发生管路破损无油上供时, 工作台不会因管路突然破损使油缸中的油泄出造成突然回缩使工作台倾翻, 会保持原来的位置, 只是失去自动调平功能而已, 不会产生重大事故。

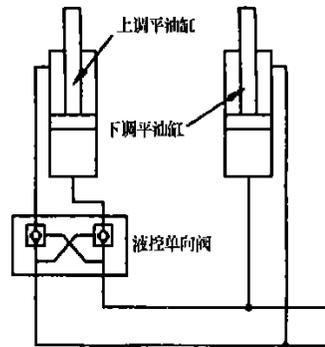


图2 调平系统油路

### 3.2 伸缩平衡回路

在伸缩系统中, 我们也采取了措施, 主要是利用液压回路中的平衡回路<sup>[4]</sup>。在伸缩油缸的有杆腔和无杆腔的油路进入口接上一个双联液控单向顺序阀A和B, 见图3。其工作原理如下: 液控单向顺序阀的顺序阀调整压力应稍大于最大工作压力, 实际调试中采取当臂架处于上仰最大角度和下俯最大角度两个位置加上最大试验负载, 分别调节A、B两个阀中的顺序阀的开启压力, 使其压力分别略大于臂架自缩和自伸的压力, 这样只有当a油路有压力油时, 并克服B阀中的顺序阀的调定的开启压力时, 伸缩缸有杆腔的油才能进入B油口排出油缸, 这时伸缩缸才能伸出活塞杆, 臂架才能伸长, 反之, 只有在b油路有一定压力的液压油时, 臂架才能回缩, 而这两只液控单向阀直接安装在臂

架伸缩油缸的缸体上，这样当该阀体下的管路因意外系统油路管路损坏时臂架依然能保持原有位置，而如果臂架上仰并伸出，工作台处于高空状态时，可由下面操作人员缓慢调低顺序阀开启压力，这样控制臂架回缩至全缩状态。

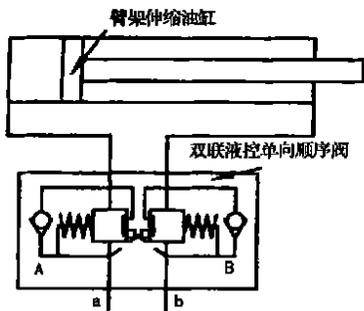


图3 伸缩系统油路

### 3.3 变幅平衡回路

在变幅系统中，我们采取了类似伸缩系统中的措施，见图4。

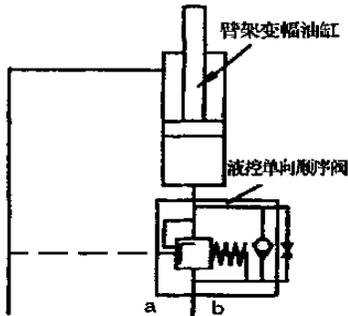


图4 变幅系统油路

该系统的区别在于油缸在任何工况下只有自缩的倾向，因此只在变幅油缸的无杆腔油路进入口接上一个液控单向顺序阀，阀门开启压力控制口接在有杆腔。原理和调整原则同3.2中所述。

### 3.4 应急下放系统

为了保证平台工作过程中，由于供电中断或其它情况造成液压系统停车时，正在高空工作的人员及设备能安全返回地面，我们在液压系统中设置了一个应急下放系统，其基本原理见图5。它主要是由4个高压截止阀组成，平时它们处于截止状态，保持系统的正常运行。原理图中下面油路除回油口外均与换向阀连接，换向阀的中位机构均为“O”型。当发生故障时，可视为不通。

在发生液压系统停车故障时：首先用手工操作打开3号1号截止阀。这时利用臂架和工作台自重

产生的负载驱动变幅油缸的无杆腔产生油压。由于1号和3号截止阀已导通，油压直接驱动伸缩油缸的活塞迫使伸缩油缸回缩使臂架缩回。缩回中利用启闭4号截止阀来控制臂架缩回速度。然后等臂架全部缩回后关闭4号3号截止阀，通过启闭2号截止阀来控制变幅油缸单独回缩，使臂架下摆直至工作台完全下降到安全位置。这时全部关闭4个截止阀，系统又恢复到原来状态，等系统修复或恢复供电时，重新启动液压系统，平台又可正常工作。

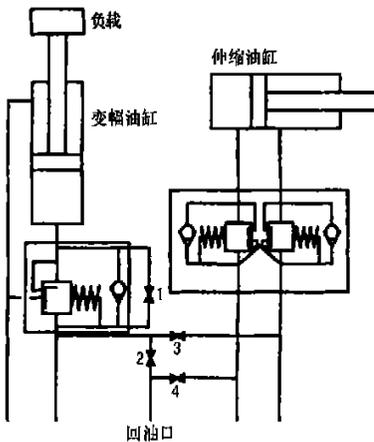


图5 应急下放系统

### 3.5 设计要点

在调平系统中：由于上调平油缸在高空支撑着工作台，只是利用下调平油缸在臂架角度变化时伸缩产生的压力油使其随动伸缩，保证工作台随时水平。在发生事故时反应速度要求快、油路封闭可靠无内泄漏，所以采取液控单向阀的形式。

在伸缩系统中：首先在发生事故时，除满足立即自动锁闭油路之外，然后还必须通过人工操作阀门使油缸回缩使在工作台上的人员和设备下来。其次由于油缸比较大，对阀件的内泄漏要求不是很高，因此在伸缩油缸的有杆腔和无杆腔的油路进入口接上一个双联液控单向顺序阀，同时安装在油缸上的阀件处于在下面的工作人员可操作的位置。

在变幅系统中：除了和伸缩系统相同的因素之外，由于变幅油缸始终处于受压缩的状态，因此在无杆腔设置类似油路。

在以上设计的油路必须直接安装在所控制的油缸上<sup>[5]</sup>。

通过以上设计方案，依靠液压系统本身保证了本文提出的各项安全方面问题。另外在设计中应认真考虑和计算各个压力调节阀所需调定的压力和调定方法。不但可保证系统正常工作，还可以防止设

备被用来进行过度的超负荷运行。

## 4 结束语

通过各种综合措施, 可靠地保证了船用液压平台在安全方面的问题, 各系统多年的正常运行验证了该产品安全设计的可靠性。

在这种高空液压的设计中, 我们主要是对产生各种不安全的可能性进行了综合分析, 然后对系统设计提出了一些具体要求, 对这些具体要求进行了针对性的液压系统设计, 这样在设计上保证了高空作业人员和设备的安全。

## 参考文献:

- [1] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会. 物料搬运设备卷/机械工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997. 2—214.
- [2] 北京有色金属设计研究总院. 机械设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1993.
- [3] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会. 传动设计卷/机械工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997. 4—213.
- [4] 日本液压气动协会. 液压气动手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1984. 592.
- [5] 雷天觉. 液压工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.

## Function Design on Safety of Hydraulic High—altitude Operation Equipment

CHEN Juan<sup>1</sup>, WEI Dong—qi<sup>2</sup>

(1. Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China; 2. Changzhou Aircraft Factory, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** A design method on safety of hydraulic system of high—altitude operation equipment was introduced by a few of examples, in which some arrangements were taken to ensure the high altitude operation safety of operators and equipment. These typical examples were good references to the similar designs. By various comprehensive measures, the safety of ship used hydraulic platform was ensured reliably. The normal running of all kinds of systems for several years proved the reliability of this product safety design. This article analyzed comprehensively all kinds of possibilities of unsafety in the high—altitude hydraulic design, then came up with some concrete demands. According to these concrete demands, the hydraulic system was designed to ensure operation safety of operators and equipment.

**Key words:** high—altitude operation equipment; safety; hydraulic system