



液 压 伺 服 吊

YEYACIFUDIAO

YEYACIFUDIAO

内 蒙 古 人 民 出 版 社

液 压 伺 服 吊
——原理、设计、制造、使用——
姜 忱 编著

内蒙古人民出版社出版
(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古新华印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:11.625 字数:260千
1981年8月第一版 1982年3月第1次印刷
印数:1—2,800册

统一书号, 15089·47 每册, 1.00元

前 言

伺服吊通常被人们称为平衡吊。但是，根据平衡吊吊运工作的特点，把它称为伺服吊更为确切。这是因为，这种吊运工具几乎在所有的工厂车间、仓库都可使用，尤其在车间配合机床装夹零件时，定位准确，使用方便，吊运自如，伺候周到，具有广泛的适应性，是一种较为理想的助力吊具。

目前，国内液压伺服吊发展较快，但以轻型吊运工具为多。本书介绍的IP—700型、IP—1500型液压伺服吊能吊运700、1500公斤的重物，这就突破了轻型范围，使我国液压伺服吊跨入了中型和重型级的范围。

本书以这两种机型为例，举一反三，说明了液压伺服吊的原理、设计、制造、调整、使用方法，特别对设计步骤、制造、确定工作臂架几何参数的方法及合理取值范围、各臂梁的铰接力、强度及刚度的计算以及平衡机构的设计原理均作了重点介绍。当然对轻型伺服吊的设计亦完全适用。

本书可供工厂技术人员、工人在设计、制造、试调、使用及维护液压伺服吊时的参考，也可供工科大专院校毕业生设计时参考。

在本书的编写过程中，承蒙焦峰等同志的热情支持和帮助，在此一并表示感谢。

作者 1981.6.于呼和浩特

目 录

第一章 液压伺服吊概述	(1)
第一节 简介	(1)
第二节 液压伺服吊的结构.....	(1)
第三节 伺服吊的分类	(8)
一、按工作臂架(杆系)的结构类型分类	(8)
二、按起吊时对工作臂架的施力部位分类	(9)
三、按工作臂架自重的平衡机构分类	(10)
四、按驱动装置的形式分类	(11)
五、按安装方式分类	(12)
第四节 液压伺服吊的特点和应用	(15)
一、液压伺服吊的特点	(15)
二、液压伺服吊的应用	(15)
第二章 伺服吊的平衡原理	(19)
第一节 基型工作臂架的平衡原理.....	(19)
第二节 复型工作臂架的平衡原理.....	(23)
第三节 驱动力的计算	(26)
一、尾端铰驱动型驱动力的计算	(26)
二、中间铰驱动型驱动力的计算	(27)
第四节 杆架系统的移位关系.....	(28)
一、吊轴中心C与滚轮铰中心A、E之间的位置关系.....	(28)
二、吊物移距与滚轮移距的关系	(29)
第三章 工作臂架的设计	(31)
第一节 杆架系统几何参数的确定.....	(31)
第二节 用算法绘制工作杆架作业总布局图的步骤	(34)
第三节 某些参数的取值问题	(38)
第四节 用几何作图法绘制工作杆架作业总布局图	(46)
第五节 工作臂架各铰链的受力计算	(49)
一、基型工作臂架各铰链受力的计算	(49)
二、工作臂架各铰链受力计算示例	(52)
三、复型工作臂架各铰链的受力计算	(56)
第六节 各臂梁的强度及刚度计算	(60)
一、基型伺服吊各臂梁的强度及刚度计算	(60)
二、基型工作臂架各臂梁的强度及刚度计算示例	(76)
三、复型工作臂架各臂梁的强度及刚度计算	(107)

第七节 工作臂架的设计要点	(115)
第四章 工作臂架自重的平衡装置设计	(117)
第一节 工作臂架自重的转移	(117)
一、基型工作臂架各臂梁自重的转移	(117)
二、复型工作臂架各臂梁自重的转移	(119)
第二节 平衡装置的设计计算	(121)
一、弹簧平衡式的弹簧设计	(121)
二、杠杆平衡式的配重计算	(127)
三、秤砣平衡式的配重计算	(127)
四、油缸平衡式的平衡力计算	(129)
第五章 液压伺服吊液压系统	(131)
第一节 液压伺服吊液压系统的基本环节	(131)
第二节 液压伺服吊的液压系统	(137)
一、弹簧、配重平衡式液压伺服吊的液压系统	(138)
二、油缸平衡式液压伺服吊的液压系统	(141)
第三节 液压操纵板	(142)
一、管联接操纵板	(142)
二、集成油路板	(143)
三、集成油路块(简称集成块)	(144)
第四节 液压伺服吊液压传动系统的设计	(147)
一、拟定液压传动原理图	(147)
二、选定液压系统的工作压力,设计油缸、确定油泵的主要参数和计算 电动机的功率	(148)
三、选择液压控制元件	(160)
四、绘制集成油路原理图	(164)
五、选定管道、管接头及确定油箱容积	(164)
六、设计液压控制柜的具体结构	(166)
第六章 液压伺服吊在制造、安装及试调中的问题	(167)
第一节 臂梁、大箱体及油缸的制造工艺问题	(167)
一、臂梁	(167)
二、大箱体	(168)
三、油缸	(169)
第二节 液压伺服吊的安装与试调	(172)
一、机械部分的安装调整要点	(172)
二、液压部分的安装调整与维护	(175)

第一章 液压伺服吊概述

第一节 简介

目前，在工矿企业中所采用的吊运设备和工具种类很多。比如桥式天车、塔式起重机、桅杆式起重机、自行杆式起重机、少先式起重机、卷扬机、电动葫芦、滑车组等。这些机具由于结构不同，其使用性能及适应范围也不相同。例如桥式天车，在车间内吊运重型零部件或配合机床机械加工装卸笨重零件。作业时，可以纵横移动全面照顾，具有吊重量大、利用率高的优点。但是，如有数台机床同时需要装卸零件时，其中有的就会出现停机等吊现象。同时，用桥式天车吊运、装卸大量的中小重量的零件也有些“大才小用”。在配合机床加工中，如果中小重量零件的吊运装卸动作比较频繁或对装卸动作的准确度要求较高时，采用桥式天车就不甚方便。此外，桥式天车在中、小型工厂应用不多。不同类型的小型机械化吊运设备和工具在各种车间中使用的比较普遍。但是，现有的吊运设备在吊运过程中，动作不够灵活，操作不方便，准确度较差。随着工农业生产的发展，各种生产车间（机械加工、锻造、铸造、热处理及装配等）和拖拉机修造厂的修理车间对吊运机械的性能要求越来越高。不仅要求动作灵活、可靠，操作方便，而且对吊运的准确度也提出了更高的要求。液压伺服吊正是为适应这种要求而研制成的一种新型的吊运机械。

液压伺服吊适于吊运中等重量以下的零件。它操作灵活，直观性好，定位安装准确，效率高，既可用于一般的重物吊运，又可配合机床的机械加工装卸零件或在铸工车间帮助下芯及合箱等。当在液压伺服吊的吊钩处配装相应的机械手后，还可在锻工车间夹持锻件或在热处理车间向加热炉送取热处理件等，不仅提高劳动生产效率，还可改善劳动条件和减轻劳动强度。

由于伺服吊是一种应用范围很广的新型吊运设备，所以近年来在国内外发展很快。国外已有750公斤液压伺服吊，国内也先后试制出50、100公斤电机驱动式伺服吊以及100、150、300、700和1500公斤等多种规格的液压驱动式伺服吊。

目前，已有厂家把这种吊运机械作为商业产品投入生产。可以肯定，今后液压伺服吊的使用会得到迅速推广。

第二节 液压伺服吊的结构

液压伺服吊一般由三部分组成：（1）支承部分（包括底盘、立柱等）；（2）回转吊架部分（包括轴承座、大箱体、驱动油缸、四连杆平衡臂架、平衡机构等）；（3）控制部分（包括液压控制站、电气柜、按钮盒等）。

下面以内蒙古察右中旗农机修造厂试制的三台样机为例来介绍液压伺服吊的一般结构。

图1-1、1-2为150公斤液压伺服吊外形及回转吊架。

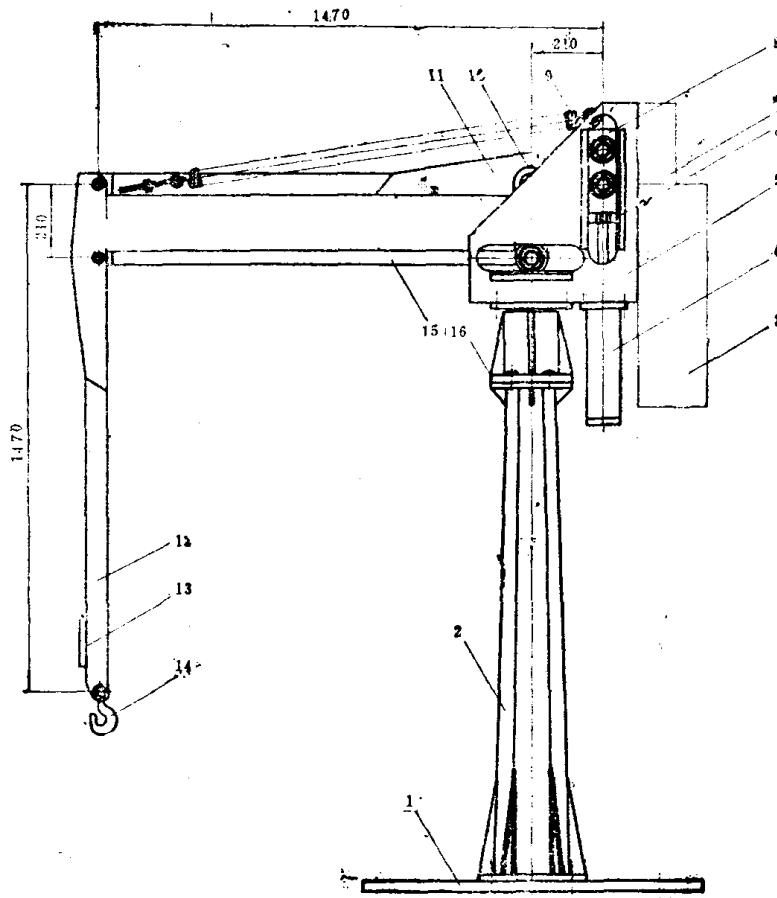


图1-1 150公斤液压伺服吊外形图

- 1-底板 2-立柱 3-液压控制站 4-驱动油缸 5-大箱体 6-驱动球节 7-电气柜 8-移动箱
9-平衡弹簧 10-支承臂 11-主臂梁 12-竖臂梁 13-按钮盒 14-吊钩 15-小臂梁 16-轴承座

回转吊架部分（见图1-2）由驱动油缸1、大箱体2、驱动球节3、移动箱4、平衡弹簧5、主臂梁6、支承臂7、小臂梁8、竖臂梁9、吊钩13、轴承座10及立轴11等组成。主臂梁、竖臂梁、小臂梁和支承臂铰联接成一组平行四边形的四连杆臂架机构。它是伺服吊的关键部件，伺服吊正是利用这一组工作臂架的力学特点工作的。此吊的主臂梁、竖臂梁及小臂梁均为槽型钢对焊件，吃力部位焊有加强板。两侧对置的支承臂通过滚轮支持在大箱体2两侧的水平轨道上。当滚轮在其轨道上内外滚动时，竖臂梁作相应的联动（即内外伸屈），同时吊物在水平方向内外移动。一般轻型伺服吊吊物的内外运动是由人力推拉的。主臂梁的尾端与移动箱4铰接，移动箱通过其上的滚轮可沿大箱体的竖直轨道上下移动，同时带动主臂梁上下摆动，从而使吊物上升或下降。在液压伺服吊中，移动箱的上下移动是由油缸1驱动的。驱动油缸装置在大箱体的底部，其活塞杆上的球头与移动箱底面上的球形座铰接。油缸的动作是由按钮盒操纵的，当油缸上腔进油时，压力油推动活塞下移，活塞杆通过球型驱动节3带动移动箱向下运动；当油缸下腔进油时，压力油推动活塞上移，移动箱则跟随向上运动。

平衡弹簧5用来平衡臂架系统的自身重量，以便使工作臂架具有“随遇平衡”的性质。

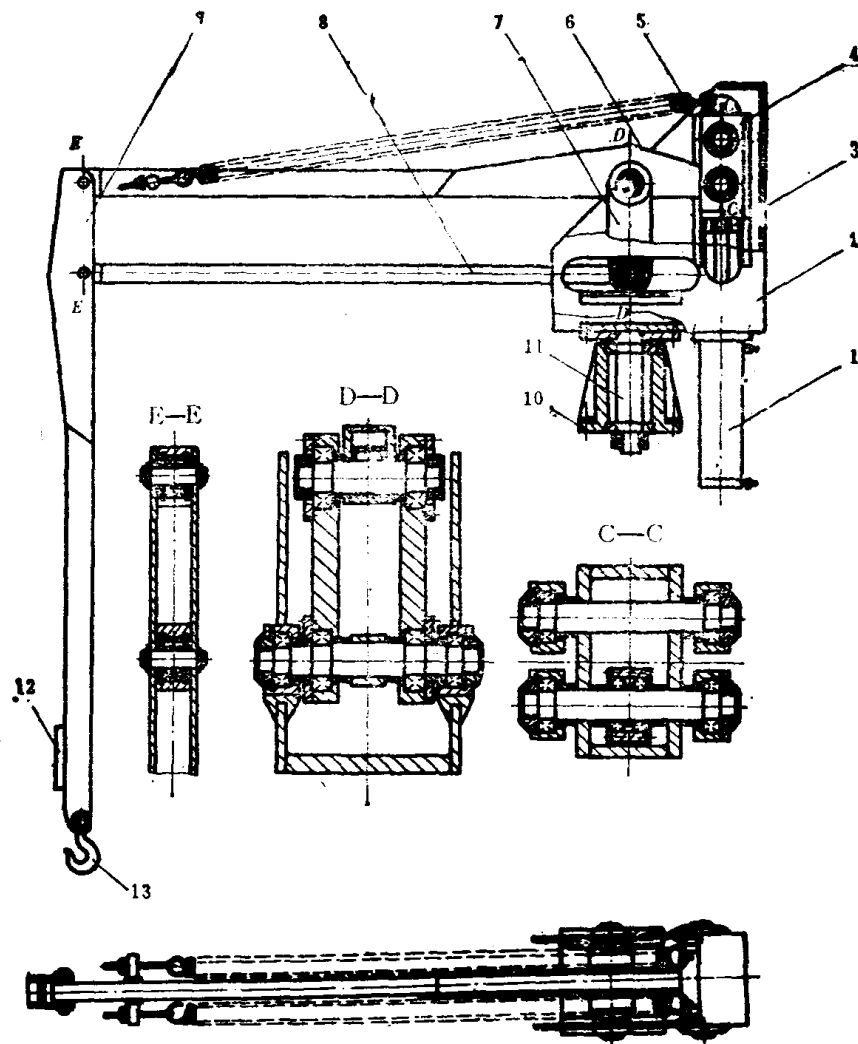


图1-2 150公斤液压伺服吊回转吊架结构图

- 1-驱动油缸 2-大箱体 3-驱动球节 4-移动箱 5-平衡弹簧 6-主臂梁 7-支承臂
8-小臂梁 9-竖臂梁 10-轴承座 11-立轴 12-按钮盒 13-吊钩

如果弹簧的拉力调节得当，工作臂架在起吊重物时，水平滚轮无论处于何种位置，都能就地静止而不会自行滚移；若将吊物推至一个新的位置后去掉施力，则水平滚轮又会停留在新的位置上静止不动。推拉吊物时，吊物的重量是通过工作臂架上的滚轮及铰链由水平轨道及油缸支承，人手的施力仅仅是为了克服机构中的滑动摩擦及滚动摩擦阻力而不承受被吊物体的重力，所以用几公斤的力量便可推拉数百公斤重的吊物，并且可以随意使其停留在任何位置上。“伺服吊”（亦称平衡吊）一称正是为了突出这种吊运设备的特点而起名的，其工作臂架亦称平衡臂架。

大箱体5与立柱2之间装置轴承座16，可使整个回转吊架部分绕立柱中心线顺、逆旋转。这样，被吊物体不仅能在工作臂架的铅垂平面内上、下及内、外运动，而且还可绕立柱旋转，因而吊物的运动空间范围是一个空心圆柱体。

立柱2用来支承轴承座以上的回转吊架部分和起吊零件的重量，并承受因偏重所造成的弯矩，同时又以一定的立柱高来保证伺服吊的起吊高度。此吊的立柱结构是用热轧钢板组焊

而成，呈上细下粗的六棱锥台形。

伺服吊的最低层是底盘1，用来装置立柱（也有把液压控制站安装在底盘上的）。底盘必须具有一定的刚度和足够大的支承面积，以防整个液压伺服吊的颠覆。在一般情况下，应以地脚螺栓将底盘固定在水泥地面上，保证伺服吊工作时的安全。

液压控制站3包括泵油系统及液压控制系统，是油缸工作的动力源。为了减小占地面积及简化管路连接，本吊将液压控制站全部装到大箱体上。有时为了维修方便也可将液压控制站装在立柱的下座内（见图1-9之15）或底盘上。这时液压控制站至油缸之间的连接油管必须采用高压柔性橡胶软管，并留有一定的长度余量以便不妨碍整个回转吊架绕立柱的转动。

电气柜7是油泵电机及各种电磁伐动作的控制中枢，通常装在液压控制站的上方。

按钮盒13供操作人员控制液压伺服吊的动作之用。可以仅用一组，亦可采用数组并联，分别安装在几处便于操作的位置上。

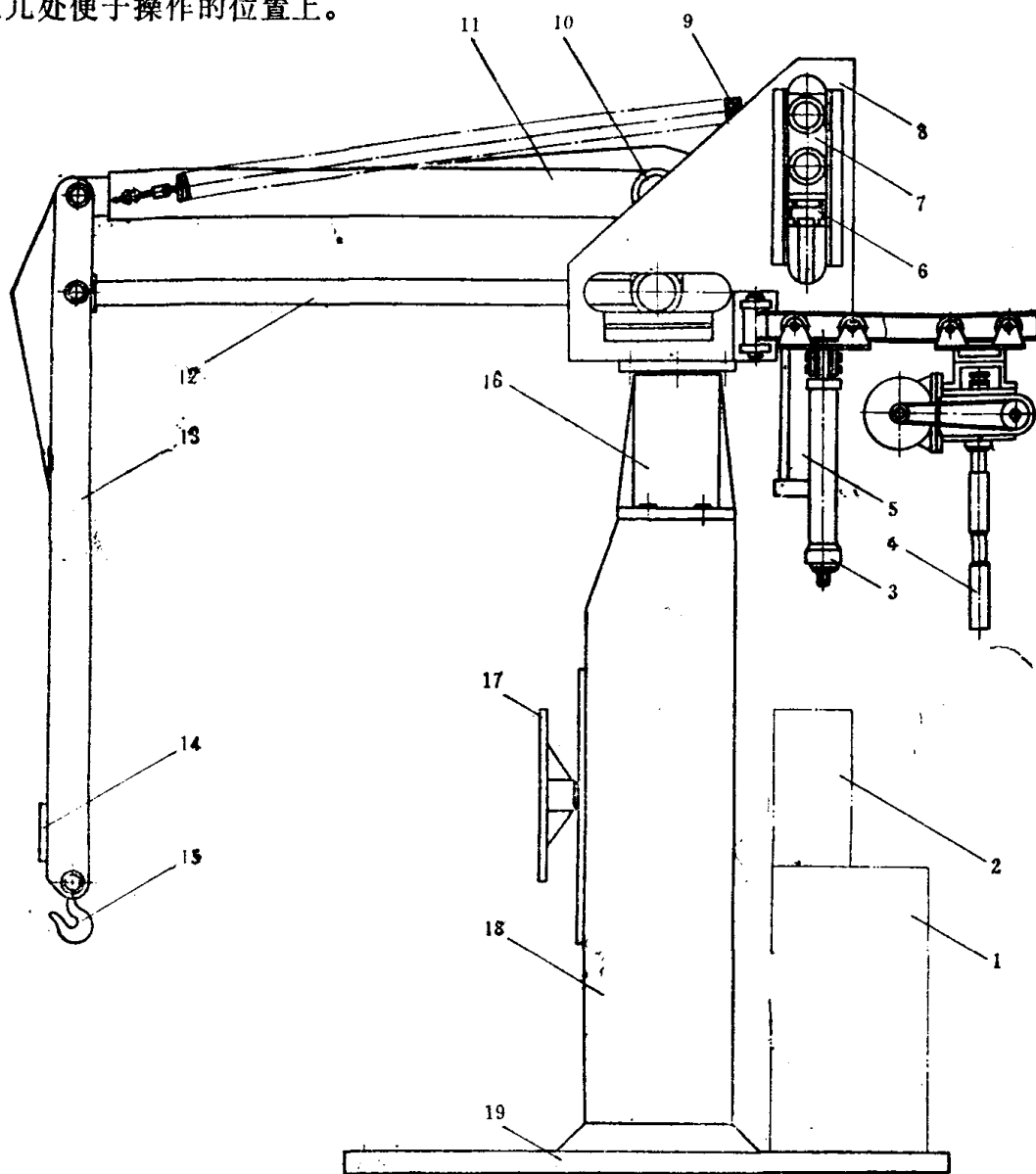


图1-3 液压伺服吊式发动机拆装台

- 1-液压控制站 2-电气柜 3-缸套压装器 4-螺母机 5-驱动主油缸 6-驱动球节 7-移动箱
8-大箱体 9-平衡弹簧 10-支承臂 11-主臂梁 12-小臂梁 13-按钮盒 14-按钮盒 15-吊钩
16-轴承座 17-缸体安装板 18-拆装台箱座 19-底盘

图1-3所示为液压伺服吊式发动机拆装台。轴承座16以上部分为700公斤液压伺服吊，专供吊装发动之用。其回转吊架的结构形式与上述150公斤液压伺服吊相同（见图1-4）。工作时液压吊用吊钩将待修的发动机吊起，操作人员用手将发动机推至缸体安装板17，同时按动电控按钮调节起吊高度或升降安装板，使发动机侧面的紧固孔与安装板的孔眼对齐，然后用螺栓将发动机固定在安装板上。发动机拆装台的箱座18里装有两个油缸（图中未画出），其中之一用来推动安装板上、下运动，另一个油缸通过齿条形活塞杆带动安装板绕自身水平轴转动，从而实现发动机的升降和旋转动作。

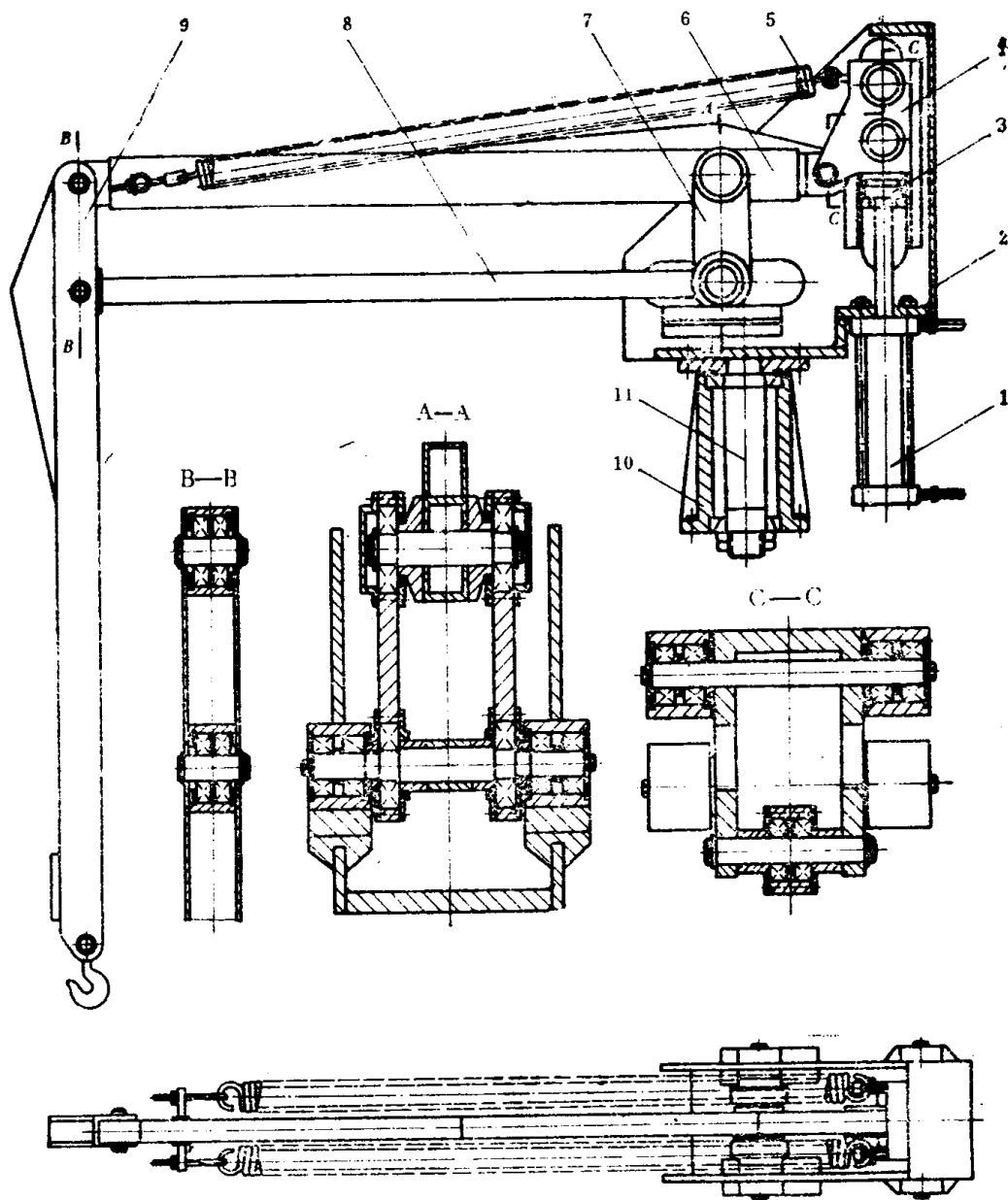


图1-4 700公斤液压伺服吊回转吊架结构图

- 1-驱动主油缸 2-大箱体 3-驱动球节 4-移动箱 5-平衡弹簧 6-主臂梁
7-支承臂 8-小臂梁 9-竖臂梁 10-轴承座 11-立轴

在回转大箱体 8 的两侧装有两个带滑车的专用附具：缸套压装器和螺母机，供发动机的拆、装之用。

该台修理专机的液压元件，除转伐外均采用了本厂现有的液压配件改装而成。主驱动油缸 5 为东方红 54/75 拖拉机液压油缸的改制件，其余油缸（安装板 17 的升降、旋转油缸，缸套的压装油缸）均用推土机油缸改成，电磁换向伐则是利用拖拉机悬挂系统的 FP_1-75A 型单伐三位式分配器加装两个牵引式电磁铁改装而成。油泵选用了天津机械厂的 $CB32$ 型齿轮油泵，

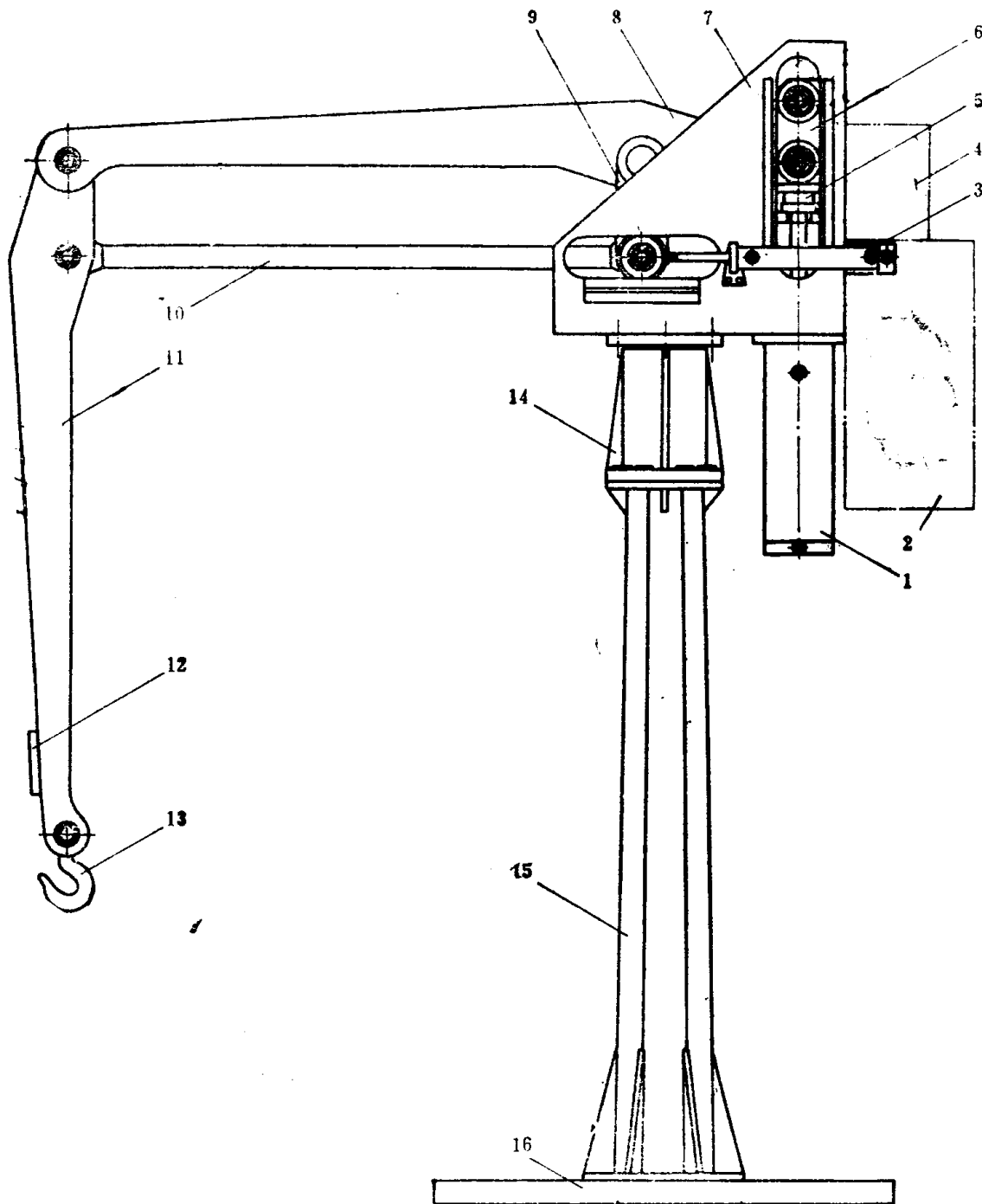


图1-5 1500公斤液压伺服吊外形图

- 1-主油缸 2-液压控制站 3-平衡油缸 4-电气柜 5-驱动球节 6-移动箱 7-大箱体 8-主臂梁
9-支承臂 10-小臂梁 11-竖臂梁 12-按钮盒 13-吊钩 14-轴承座 15-立柱 16-底盘

电动机的功率为7.5瓩。

液压控制站1及电气柜2装设在底盘19上面，液压站与上部的两个油缸之间采用推土机液压系统的高压柔性橡胶软管连接。

图1-5为1500公斤液压伺服吊的外形图。图1-6为其回转吊架部分的结构图。

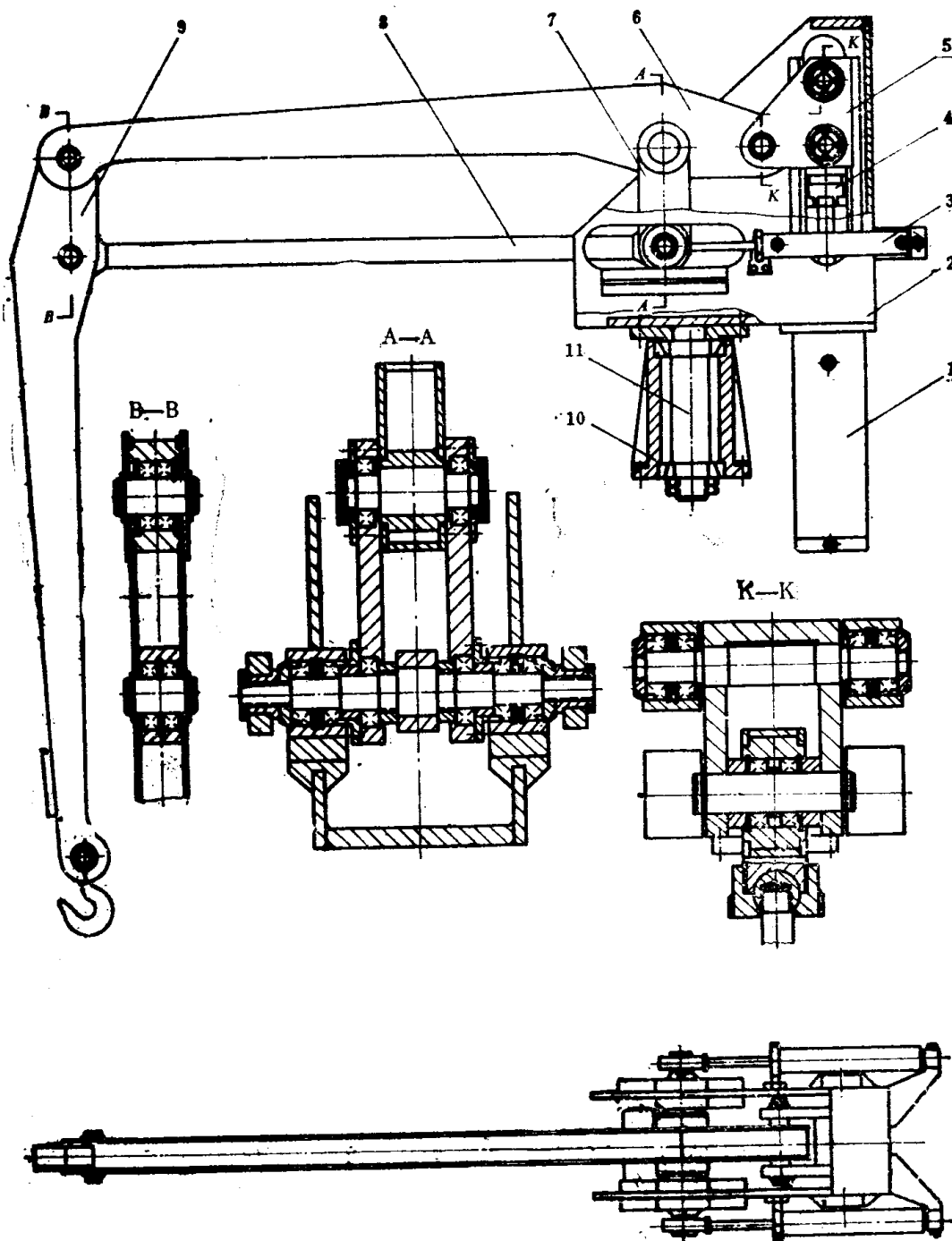


图1-6 1500公斤液压伺服吊回转吊架结构图

- 1-主油缸 2-大箱体 3-平衡油缸 4-驱动球节 5-移动箱 6-主臂梁
7-支承臂 8-小臂梁 9-整臂梁 10-轴承座 11-立轴

1500公斤液压伺服吊与前述两种液压伺服吊最主要的差别是平衡机构的不同。前两种液压伺服吊工作臂架的自重是利用拉伸弹簧来平衡的，而在1500公斤液压伺服吊中工作臂架的自重则采用了一对小油缸的平衡方式。二者比较，弹簧的制造要简单得多。但从使用上看，平衡弹簧的设计、制造与调整好坏对臂架的平衡效果影响很大，完全达到理想平衡也是不可能的。从计算中得知，弹簧张力的变化与弹簧伸长成线性关系，所以加于臂架系统的平衡作用力矩与臂架系统因自重而产生的不平衡力矩并不能始终保持对等，加之其它因素的影响，诸如工作臂架各臂梁的制造精度、安装误差及工作时杆件的变形，大箱体轨道部份的制造、调整误差等，都会影响弹簧对工作臂架的平衡效果而不能实现整个活动范围内的理想平衡，只是做到在一定范围内基本平衡，使推拉吊物的力量不致过大。实践表明，推拉吊物的施力大小不仅与上述各因素有关，而且也会随之吊物重量的增加而增大，当吊物重量超过500公斤时，推拉吊物已逐感吃力。所以在1500公斤液压伺服吊中，工作臂架的自重平衡机构采用了一对小油缸（见图1-6之3），对称地装置在大箱体的两侧。活塞杆的外伸端与水平滚轮轴铰接。小油缸不仅用来平衡整个臂架系统的自重，而且也作为水平滚轮内外移动（即竖臂梁的内外伸屈）的驱动油缸，取代人力的推拉动作。操作人员只需按动平衡油缸的控制按钮，便可实现吊物的内外移动，从而减轻了操作者的劳动强度。

第三节 伺服吊的分类

伺服吊的种类很多。它们的分类根据不同，可分为不同种类的伺服吊：

一、按工作臂架（杆系）的结构类型分类

1. 基型

工作臂架仅有四根杆件，各杆件相互之间铰接（一般多用轴承），并组成一组平行四边形机构。这是最基本的形式。

2. 复型

图1-7机型即为复型伺服吊。其基本特点是，在工作臂架中除有四连杆组成的平行四边形机构外，又附加了两根分别与主臂、竖臂平行且等长的拉杆7、10及一块连接板9，吊钩换成了一块吊板6。连接板9上的三个铰接孔的中心连线构成一个直角三角形，而且两个直角边分别与大箱体18的竖直及水平轨道平行，即 BB_2 与竖直轨道平行、 BB_1 与水平轨道平行。吊板6的两个铰接孔的中心连线与连接板上的直角底边平行，即 CC_1 平行 BB_1 。这样，两根附加的平行拉杆分别与竖臂及主臂又铰接成两个附加的平行四边形结构。这种结构形式可以保证连接板9和吊板6在工作臂架平面内始终作平面平行运动，即不论工作臂架升降或伸屈到何种倾斜状态，吊板的两个孔心连线 CC_1 始终平行自身，从而使滑杆3始终保持水平状态。附加的两根平行拉杆不仅可使吊板实现平面平行运动，并且从后面的推证可知，吊物的重力线不论交于 CC_1 线之间或 CC_1 的延长线的任何一点，均不影响杆系的平衡性能。所以这种派生型伺服吊可以在吊板上接长手腕，装置各种夹具，成为专用的机械手，扩大伺服吊的应用范围。某些专用机床以及锻造车间、热处理车间等均可采用带有各种机械手的液压伺服

吊配合工作。

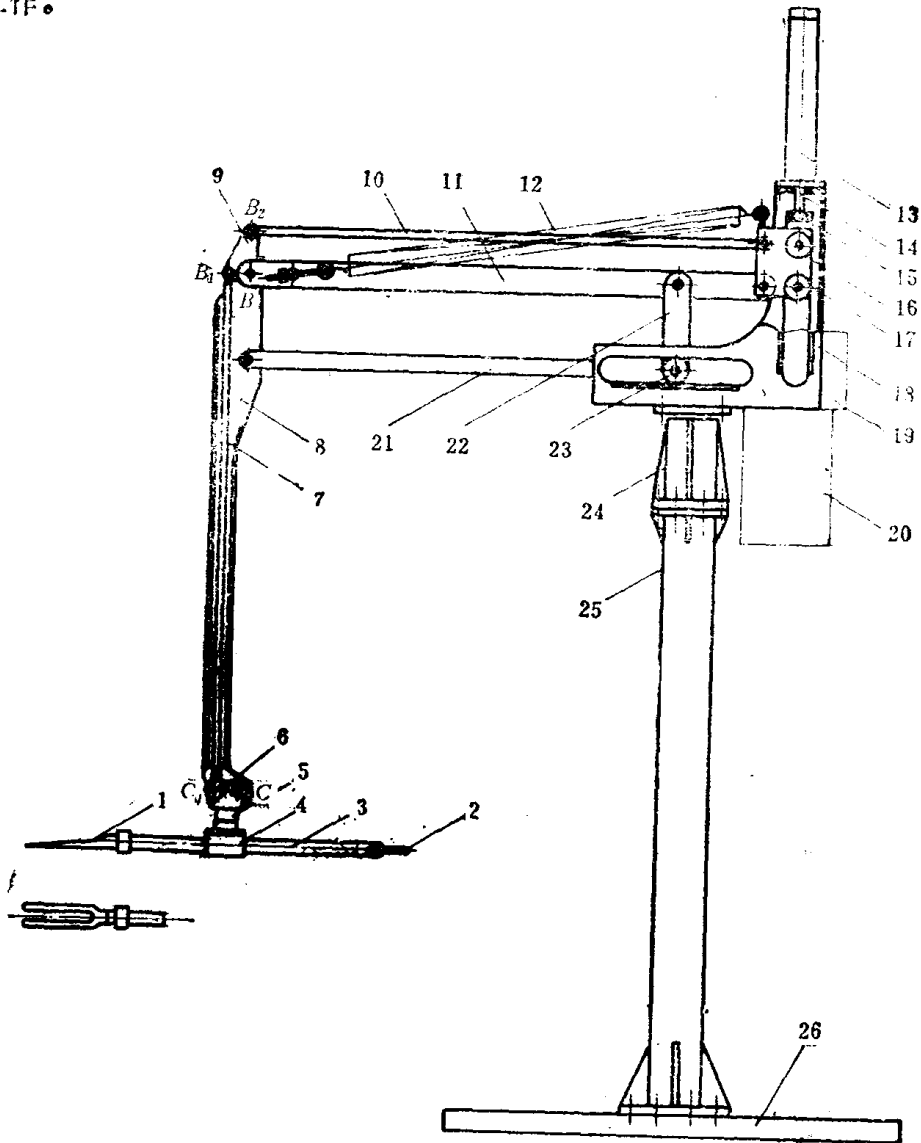


图1-7 复型液压伺服吊结构简图

- 1-装料叉子 2-把手 3-滑杆 4-滑套 5-吊具 6-吊板 7-立拉杆 8-竖臂梁 9-三角板 10-横拉杆
 11-主臂梁 12-平衡弹簧 13-驱动油缸 14-活塞杆 15-驱动节 16-移动箱 17-滚轮 18-大箱体 19-电气柜
 20-液压控制站 21-小臂梁 22-支承臂 23-水平滚轮 24-轴承座 25-立柱 26-底盘

二、按起吊时对工作臂架的施力部位分类

1. 尾端铰驱动型

此类伺服吊的主臂尾端铰是上下运动的，而与小臂、支承臂铰接的滚轮是水平运动的。当驱动油缸的活塞杆通过球型驱动节带动移动箱上下运动时，与其铰接的主臂梁作上下摆动，从而实现吊物的升降运动。水平滚轮的内外水平移动与竖臂梁的内外伸缩是同步的。

目前我国试制的不少样机均属此类。

2. 中间铰驱动型

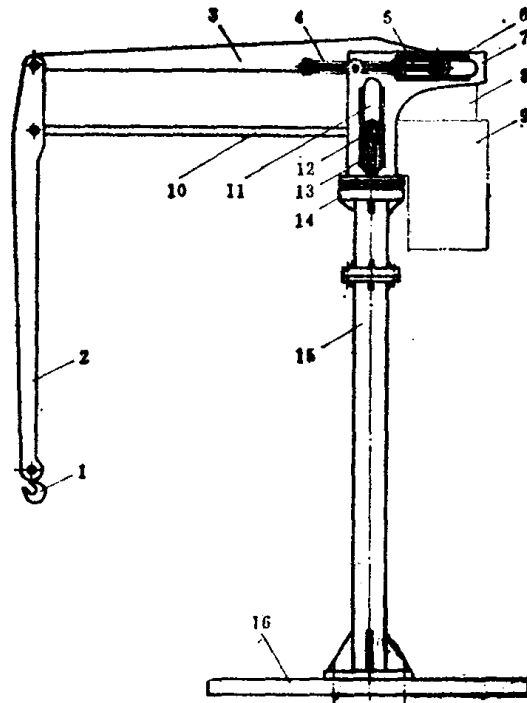


图1-8 中间铰驱动型液压伺服吊简图

1-吊钩 2-竖臂梁 3-主臂梁 4-平衡压簧 5-压簧芯杆 6-滚轮 7-大箱体 8-电气柜
9-液压控制站 10-小臂梁 11-支承臂 12-滚轮 13-活塞杆 14-轴承座 15-立柱 16-底盘

如图1-8所示，为中间铰驱动型伺服吊。它的小臂10和支承臂11与驱动油缸（在轴承座内，图中未示出）的活塞杆13铰接，并作上下运动，而主臂梁3尾端上的铰接滚轮6是水平运动的。

三、按工作臂架自重的平衡机构分类

1. 弹簧平衡式

利用弹簧的弹性力所产生的力矩与臂架因自重而产生的倾塌力矩相平衡。就其平衡特点不同可有拉簧式及压簧式两种。前者，弹簧的一端钩在移动箱上，另一端与主臂梁的前端相联（见图1-1、1-3、1-7及图1-8）；后者弹簧的一端固定在大箱体上，另一端顶在滚轮轴上，一般在箱体两侧对称配置，且在滚轮轴前后移动时均有压簧作用（见图1-8之4）。

2. 杠杆平衡式

如图1-9所示在主臂梁3的尾端上刚性地伸出一个杆件5，其上挂以重块6，重块的大小及其固定位置可根据配重对臂架系统的平衡情况加以调整。

3. 秤砣平衡式

如图1-10所示秤砣7系在钢丝绳的下端，绳的上端跨过移动箱上的滑轮6系在主臂梁的前端，以达到平衡工作臂架自重的作用。清华大学机械厂试制的PHD-50伺服吊即为此型。

4. 油缸平衡式

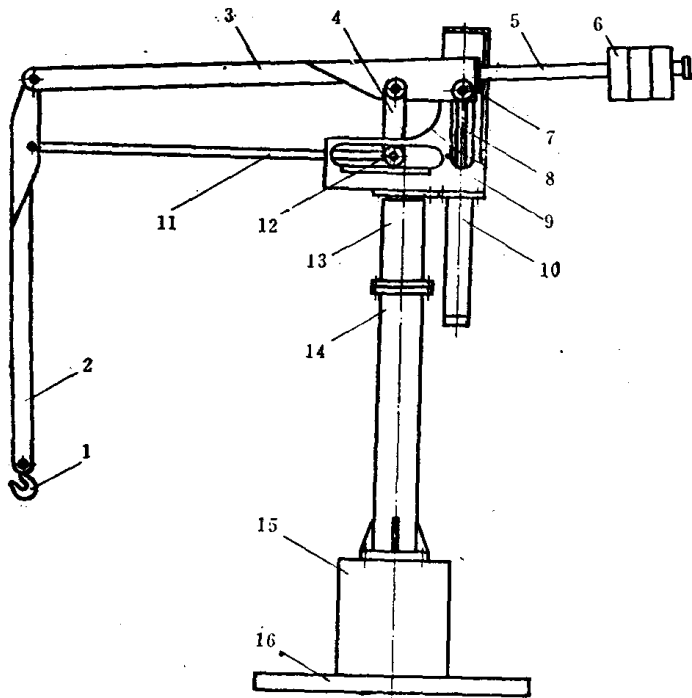


图1-9 杠杆平衡式液压伺服吊筒图

1-吊钩 2-竖臂梁 3-主臂梁 4-支承臂 5-平衡杠杆
6-配重块 7-滚轮 8-活塞杆 9-大箱体 10-驱动油缸
11-小臂梁 12-滚轮 13-轴承座 14-立柱 15-液压控制站
电气柜 16-底盘

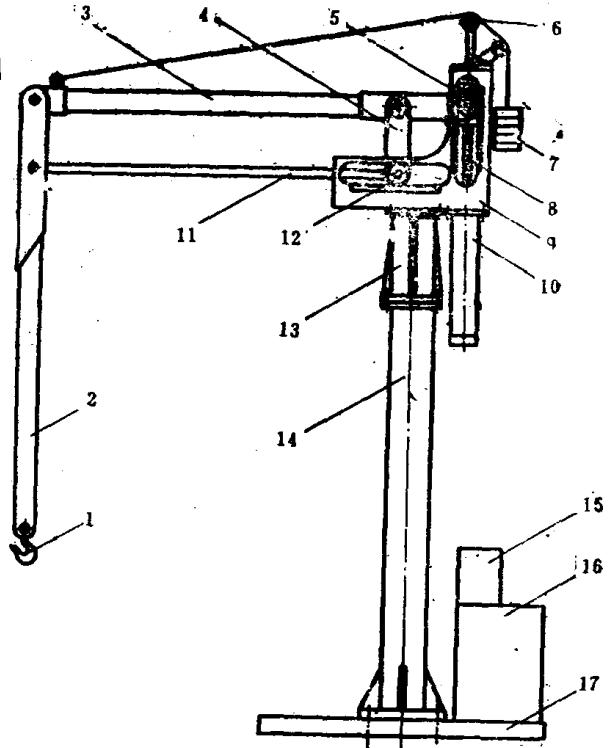


图1-10 秤砣平衡式液压伺服吊筒图

1-吊钩 2-竖臂梁 3-主臂梁 4-支承臂
5-滚轮 6-滑轮 7-秤砣 8-活塞杆
9-大箱体 10-驱动油缸 11-小臂梁
12-滚轮 13-轴承座 14-立柱 15-电气柜
16-液压控制站 17-底盘

如图1-5所示为此类型。在水平滚轮轴的移动线上配置一对小油缸,活塞杆与轮轴铰接,滚轮轴的前后移动受液压控制,从而达到平衡臂架自重的作用。

四、按驱动装置的形式分类

1. 电机驱动式

图1-11所示为北京电机厂试制的PHD-100J型电机驱动式伺服吊结构简图。吊物的升降是靠电动机通过机械传动驱动的。在回转吊架的大箱体上有一组安全减速机构,当电动机16旋转时,通过安全减速机构中的大、小皮带轮12、15,极限力矩联轴节13,小齿轮11、内齿轮10及丝杠9带动螺母支架17向下或向上运动,实现吊物的提升或下降。

2. 液压驱动式

如图1-1、1-3、1-5。吊物的升降是靠驱动油缸直接驱动的,当油缸的活塞、活塞杆动作时,通过球形驱动节带动移动箱上下运动,与移动箱铰接的主臂梁连同整个臂架系统则随之上下摆动,从而实现吊物的提升或下降。

3. 气压驱动式

工作介质为压缩空气，工作气缸是伺服吊臂架系统上下摆动的驱动装置。整体结构与液压伺服吊相仿。

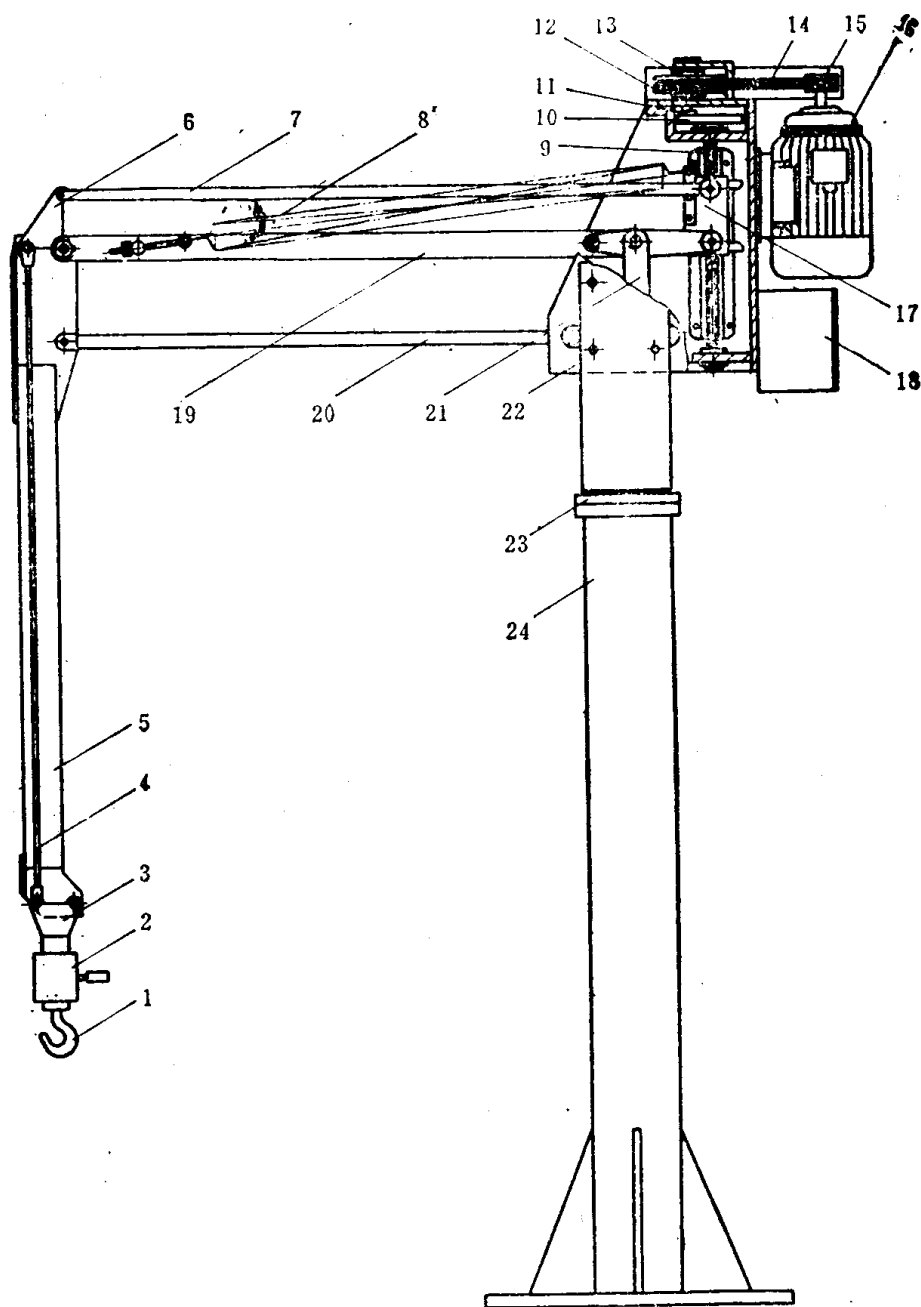


图1-11 100公斤电机式伺服吊简图

1-吊钩 2-手控盒 3-吊板 4-立拉杆 5-竖臂梁 6-三角板 7-横拉杆 8-平衡弹簧 9-丝杠
10-内齿轮 11-小齿轮 12-大皮带轮 13-极限力矩联轴节 14-三角皮带 15-小皮带轮 16-电动机
17-螺母支架 18-电器柜 19-主臂梁 20-小臂梁 21-支承臂 22-大箱体 23-回转座 24-立柱

五、按安装方式分类

1. 地面立柱式

整个回转吊架装在立柱之上。按立柱情况可有立柱固定式（见图1-12a）、立柱移动式（见图1-12b）及立柱升降式（见图1-12c）。后者，在立柱中装置单级或多级伸缩式套筒油