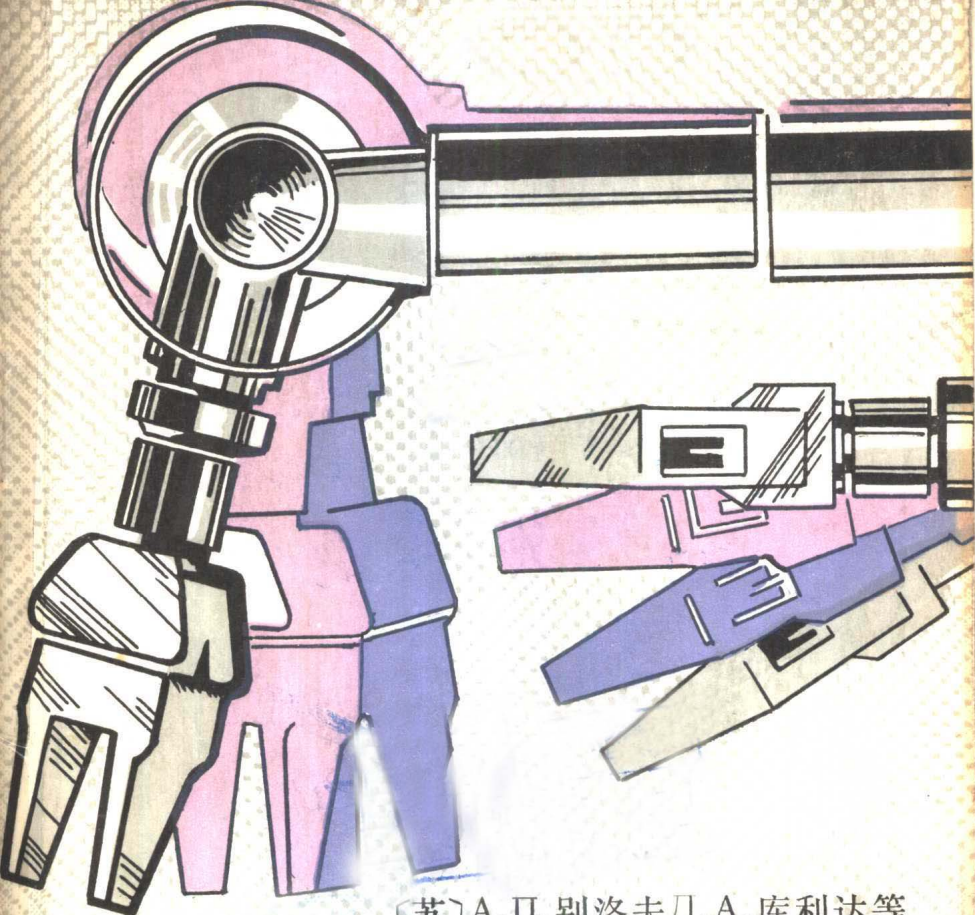




〔苏〕A.П.别洛夫Д.А.库利达等

机械手

原子能出版社

机 械 手

〔苏联〕 A. II. 别洛夫 等著
Д. А. 库利达

闻清 译

内 容 简 介

本书介绍了剑式、机械传动和密封磁力机械传动机械手构造的基本原理,这些机械手是用以操作有害物质和材料的。书中列举了苏联和其他国家几种类型机械手的结构和技术特性,还介绍了机械手的维修和操作,并对机械手安装和拆卸用的工具作了说明。

本书可供机械手的研究、设计、制造和操作人员之用、对大专院校有关专业师生亦有参考价值。

МАНИПУЛЯТОРЫ

А. П. Белов, Д. А. Кульда, М. М. Логунов,

Г. И. Лукишов, В. А. Овсянников,

К. Д. Родионов

МОСКВА

АТОМИЗДАТ

1978

机 械 手

[苏联] **А. П. 别洛夫**
Д. А. 库利达

闻清 译

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

国防科委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

☆

开本787×1092 1/32·印张4³/₈·字数 95 千字

1982 年 3 月第一版·1982 年 3 月第一次印刷

印数001—6,300 ·统一书号: 15175.396

定价: 0.57元

目 录

第一章 总论	(1)
1.1 用途和定义	(1)
1.2 机械手的分类	(2)
1.3 观察系统	(3)
1.4 对机械手的一般要求	(4)
第二章 手夹钳和剑式机械手.....	(11)
2.1 用途和应用范围	(11)
2.2 手夹钳和剑式机械手装置的基本原理	(14)
2.3 剑式机械手的操作范围	(21)
2.4 手夹钳的结构	(24)
2.5 剑式机械手的结构	(31)
2.6 剑式机械手的计算	(55)
第三章 机械传动和密封磁力机械传动机械手.....	(60)
3.1 机械手的使用范围	(62)
3.2 机械手装置的基本原理	(65)
3.3 机械手的操作范围	(97)
3.4 苏联制造的某些机械手的结构和特性	(97)
3.5 某些外国机械手的结构和特性	(119)
3.6 挠性连接机械传动机械手的计算	(133)
参考文献	(134)

第一章 总 论

1.1 用途和定义

利用对人体健康有害的各种射线、高温和低温、高压和低压，进行深水考察，以及操作有毒性的和爆炸性的物质都必须使用各种远距离操作设备。远距离操作设备与普通设备的主要区别，在于能够通过适当的生物屏蔽把操作人员与危险源隔开进行操作。作为这种屏蔽的有各种防护屏、屏蔽箱、热室和其它箱室的壁，有时亦可采用加大距离的办法。

机械手是一种远距离操作设备。

机械手是由操作人员和（或）程序装置远距离操纵的一种装置。它包括供模仿人手移动和关节动作功能用的操作机构。

机械手通常是由安装在危险区内的从动臂、安装在危险区外的主动臂和穿墙（防护屏）的连接臂组成。

机械手一般都有可远距离更换的操作机构，这些机构都可作成仿手指动作的夹钳或各种工具。

目前已有并正在研制各种用途的机械手。

本书介绍了在工业、医学、化学、金相学和其它实验室中及与使用致电离辐射有关的某些装置中所采用的机械手，以及各种长柄手夹钳。

机械手通常安装在专用屏蔽室或热室内。这些箱室内都

装有供送入和从操作区取出各种物品用的装置和观察、照明、通风系统及能完成给定工序的其它装置。这样，借助于机械手可把操作人员与操作对象联系起来。

用机械手完成的工序一般可分为四类：起重运输、工艺、操作、维修。

属于最典型的起重运输工序的有：将物品从这一操作位置转移到另一操作位置；将物品从一中间转运室转送到操作位置，或者运回等。

属于工艺工序的有：粉末的转装和液体的转倒，溶液的过滤和搅拌，放射性材料的切割，将试样放到机床和试验机上，试样的清洗，散落物料的收集，沾污处的擦净等。

属于操作工序的有：工艺设备的操纵（例如，打开和关闭试验与生产工艺管线上的开关和阀门）。

属于维修工序的有：更换失效设备和仪器，拧下和拧上固定这些设备和仪器的螺栓和螺帽等。

应当指出，由于各种转运工具和其它专用设备的采用，所以用机械手完成的工序项目可以大量增加。

1.2 机械手的分类

目前，机械手尚无通用的分类法。它们可按不同特点，例如，根据从动臂对于主动臂动作的模仿程度，主动臂上力的再现，用途，从动臂与主动臂连接形式，操作方法，外形等分类。

实践中所采用的机械手分为四类：1) 剑式机械手；2) 机械传动和密封磁力机械传动机械手；3) 电动机械传动、液压和气动机械手；4) 特殊机械手。

第一类机械手一般不能完全模仿操作人员手关节的动作。但是,由于其结构简单、价格便宜,因而获得了广泛应用,是最通用的机械手。

第二类机械手能完全模仿操作人员手关节的动作(有七个和七个以上的动作)。它比第一类机械手较为复杂。由于操作方便、价格不太高,所以也得到了广泛应用。磁力机械传动机械手比机械传动机械手略微复杂,而且昂贵,但能保证箱室的完全密封。

第三类机械手比第二类机械手更加复杂而且昂贵。这类机械手的某些类型得到了广泛应用,尤其是用于操作间与箱室之间要求高度密封,进行远距离操作和主动臂作用于从动臂的力按比例反射操作的地方。这一类的非模拟机械手有杠杆或控制装置和普通(非随动的)电传动装置,简化了结构,降低了价格。

第四类机械手装有控制装置,这类机械手抓举能力很大,可用于完成预先给定的工序。

1.3 观 察 系 统

为了观察从动臂及其工序的完成情况,采用各种观察系统,如:充液体的防护玻璃观察窗,反射镜系统,潜望镜和电视装置。

在操作距离不太远的情况下,观察窗是最方便的。这种观察窗具有良好的视界,很少失真(被观察的物品就象在操作人员的身边),操作人员可以靠近观察窗自由移动。操作比较方便的是玻璃观察窗,这种玻璃观察窗几乎不需要维护。

国外广泛使用以溴化锌水溶液作充填物的观察窗,这种

观察窗透光性能好。但是，在操作时要求特别注意，而且需要维护。如果观察窗的玻璃损坏时，可导致液体的泄漏，这样观察窗就失去其防护性能。

反射镜系统没有得到广泛应用，其主要缺点是，被观察的物品看起来很远，反映出来的物品没有立体感，视界高度不够。由于视界不足，操作人员的眼睛“限制”在潜望镜的目镜上，给操作带来不便，尤其是使用模拟机械手更为不便。因此，潜望镜同样没有得到广泛应用。在大多数情况下，潜望镜用以作为辅助的观察工具。

目前的电视装置显象出来的景象质量比上述的观察系统要差，因此，暂时只在个别情况下使用。但是，应用电视的必然性将逐年增长。对于远距离操作来说，电视是不可缺少的，尤其对于自动机械手和直接观察不到的地方，电视比起别的观察装置更为适宜。对于用机械手操作来说，立体电视比较适宜，但目前立体电视尚存在不少缺点，如：接收部分的外形尺寸大，映像质量不高，价格昂贵等。

1.4 对机械手的一般要求

众所周知，人手是很灵活的，能完成二十七个动作，其中大多数动作是由手关节完成的。

此外，当人用手拿到物品后，由于人的触觉能判断出物品重量、表面粗糙度、形状、硬度、温度和其它特性。到目前为止还没有研制出接近于人手大小并具有人手全部动作的“机械的手”。但是，对于完成大多数生产工序来说，并不需要象上述人手那样的全部性能。例如，在操作时，不一定要感觉物品的形状、粗糙度和其它一些特性，何况，许多特性

可由视觉确定。同时，根据作用于物品上的速度和力的大小及方向，常常需要具有一定数量的变换动作。作用于从动臂上力的感觉，对于完成许多工序是极为重要的。为了完成生产工序，手的其它特性也是希望有的，但对机械手来说不一定非具备不可，也可以没有。

因此，通用机械手应满足下述一些基本要求：要有足够数量的动作，能调节作用于操作物品上的速度和力，良好的灵活性，必要的操作范围和抓举能力，高度的可靠性，使用寿命长，刚性和强度，操纵方便以及能控制作用于从动臂上的力。

确定通用机械手动作数量（自由度）的条件如下。因为任何固体物在空间都能完成六个单独的动作：三个向前动作，即沿笛卡尔坐标系三个前进的动作，三个旋转动作，即绕笛卡尔坐标系三个旋转的动作，所以，万能机械手不应少于六个单独的动作，而且具有用来抓取物品的第七个动作。在实际工作中，为了加大操作范围，提高灵活性，方便操作、安装和拆卸，经常把机械手制造成具有七个以上的动作。对于从动臂的动作来说，可以采用下列三个坐标系中的任意一个：直角坐标系，圆柱坐标系或球面坐标系，以及它们的各种结合。然而，使用机械手操作的实践表明，能以最少的动作来完成各工序的那种坐标系（或坐标系的结合）是较好的。通常，这种情况用直角坐标系可以达到。

对于通用机械手来说，希望所有七个操作动作的速度控制要平稳。速度下限应接近于零，而速度上限取决于要完成的工序、抓举能力和其它因素。常常由于各种原因，如惯性（机械传动机械手）和传动电机制动功率（电动机械传动和

液压机械传动机械手),速度上限大大低于人手动作的最大可能速度。用于完成简单工序(例如,重物的转移)或特殊工作的机械手,可以有分级调速或者只有一个等速,而动作数量可少于七个。

对于通用机械手来说,最好根据所有七个动作来考虑作用于操作物品的力的调节。这样就使所要求的力能抓取物品,对物品施加不同的负荷,并且使物品在各个方向具有不同的速度和加速度。

机械手的灵敏性取决于传动机械的快速动作和功率、主动臂的结构型式以及机械手活动部件的惯性和刚性,并取决于从动臂的形式、外形尺寸、动作和连杆的数量、从动臂与被操作设备的位置、设备附近有无自由空间、观察条件及其他因素。机械传动模拟机械手和剑式机械手的加速动作取决于操作人员的体力和活动部件的惯性。大的和中等程度抓举能力的电动机械传动或液压机械传动机械手的加速度要比人手最大可能的加速度小得多。

结构型式与从动臂的结构型式相同的主动臂在操作中最为方便。抓举能力不大的模拟机械手具有比较好的灵敏性。抓举能力大的以及供特殊用途的机械手,其灵敏性比较小,这种机械手通常都有操纵台。

应用最广的是其形状类似垂直安装的套筒伸缩管(管的末端装有腕关节部件)的从动臂和人手形状的活动杠杆型从动臂。对于在不大的热室内操作来说,当设备多半安装在工作台上时,这两种类型的从动臂的效果大致相同。但当从动臂长度相同时,活动杠杆型机构的优点是操作区的高度比较高。为了避免碰磕设备,不妨碍观察操作的情况,力求把机

械手从动臂的连杆做成流线型，并给从动臂安上保护套。

为了改进灵敏性和便于观察操作工序的情况，减小腕关节部件以及直接与其相连接的部件外形尺寸具有重要意义。增加从动臂的连件数量，可以提高灵敏性、降低刚性，使机械手的结构和操纵复杂化。增加从动臂的动作数量也会导致同样的结果。例如，将从动臂安装在桥式起重机的小车或自动小车上，就可以使从动臂转移到便于操作和观察的位置上，而这一点在固定安装情况下不可能经常做到。在设计箱室时，需要考虑设备的布置必须便于机械手操作。

机械手操作区必须与箱室所要求的操作区相一致。更重要的是不仅要保证所要求的操作区，而且要保证从需要的一侧操作安装在操作区内的设备。这一点可通过结构型式的最佳选择，从动臂、工艺设备的固定位置以及构造形状来达到。为了扩大操作区和对难以到达之处，通常采用加长柄操作工具。

选择和设计机械手抓举能力时，应当使其稍大于被提升物体的最大重量，以便减少操作时超负荷。因为超负荷是机械手损坏的主要原因。

机械手的特性是其连杆在任一位置上都有抓举能力。

对某些机械手来说，除抓举能力外，还有在从动臂上附加吊钩的起重量。机械手吊钩上的起重量一般都大大超过机械手的抓举能力。从动臂腕关节的允许侧面负荷，在数量上应等于机械手的抓举能力。

由于机械手检修比较困难，因此要求它要有高度的可靠性。机械手象任何一种复杂昂贵的设备一样应非常耐久。机械手工作的可靠性和耐久性取决于结构型式和结构强度、材

料的选择、表面处理和润滑情况以及操作条件。所谓操作条件就是指机械手的操作制度、周围介质的特性(介质的组成、湿度、温度、压力、易燃性、易爆性等)、定期清洗、清洗液的特性、作用于机械手从动臂的射线种类和强度、计划检修的及时性等。

机械手的材料要根据操作条件、从动臂的密封程度和可靠性以及结构的要求进行选择。制造从动臂的结构材料,通常采用各种型号的不锈钢、铝合金和钛合金。其中钛合金为最好,因为这种合金对于大多数酸碱具有很高的耐腐蚀性能,而且强度高、密度小。钛合金的缺点是摩擦时易于磨损,而且其价格昂贵。为了减少磨损,通常对钛合金要进行氧化处理。不锈钢亦易磨损,可以用淬火和镀铬等办法予以解决。为了更好地去污,应对从动臂零件的外表面进行抛光。上述材料中,铝合金的密度最小。但是由于铝合金的耐腐蚀性能差,只有在没有浸蚀性介质或者有保护套和对从动臂密封很牢固的情况下,才能使用。

机械手用的润滑脂要根据操作条件来选择。

机械手从动臂的结构和传动装置的刚性,尽管取决于要完成的工序,但力求制造得尽可能大些。例如,当用切削工具操作时,为了使物品准确的定位,应严格按照规定的方向移动,而对于其它一些操作来说,机械手的从动臂必须具有尽可能大的刚性。对于完成这样一些操作,例如远距离更换机械手上的工具,在两个零件之间的间隙很小的情况下把一个零件装在另一个零件上,以及其它类似操作,刚性大反而有害,因为假如各个零件都能彼此自动调整的话,这些工序可以顺利地、完成。在实践中,可更换的工具并不是牢固地固

定在从动臂顶端夹具架的夹具座内。实际上机械手活动连接总是有空隙，它有助于上述工序的完成。

由于检修困难，机械手从动臂的强度必须高。然而安全系数过大会导致重量、惯性、传动装置的功率、外形尺寸等增加。在计算电动机械传动、液压机械传动和气动机械传动机械手时，既要考虑重量负荷，又要考虑传动装置引起的负荷。而在计算机械传动模拟机械手和剑式机械手时，只需考虑重量负荷即可。

综上所述，操作最方便的是模拟机械手，因为它的从动臂是重复操作人员手的动作。因此，主动臂不一定有人手的形状，只要主动臂和从动臂两者几何相似即可。尽管模拟机械手的优点似乎很显著，但其抓举能力只有30—250牛顿，也就是说，受操作人员体力的限制，因为大多数模拟机械手作用于从动臂上的力都反映在操纵手柄上。还应当指出，现有的模拟机械手主动臂和从动臂之间的行程和角度差比较大，特别是在有负荷情况下更是如此。因此，用它来完成准确的操作是困难的。由于上述原因，抓举能力大的机械手和用于精确操作的专用机械手，通常不做成模拟机械手，而做成带控制台操纵的机械手。

从动臂上力的控制，通常既能在正方向（与操作人员相对的方向）进行，也能在反方向进行。前者是从动臂产生的力，后者是外部负荷作用于从动臂的力。由于主动臂与从动臂是机械连接，所以操作人员能够在机械传动模拟机械手上实现正反两个方向的力的控制。剑式机械手没有自动制动传动装置，动作时同样能实现力的控制。为了更好地反射力，尽量把这种机械手做得轻便些，使摩擦减少到最低限度。

电动机械传动模拟机械手或者靠各种模拟器只在正方向具有力的控制，或者靠全部或者部分动作而具有两个方向力的耦合。

电动机械传动和液压机械传动非模拟机械手，通常只有夹钳力的控制，这种控制是靠声音信号或者力的其它指示器来实现的。

第二章 手夹钳和剑式机械手

2.1 用途和应用范围

手夹钳和剑式机械手用于操作放射性不太强的 γ 、中子和短波 β 射线放射性物质。手夹钳主要靠加大距离使操作人员不受放射性物质的伤害。因此，在操作密闭型放射性源〔例如，在医学上操作模型(Муляж)和敷贴器〕时使用手夹钳。但是在密闭型手套箱中使用手夹钳时可以操作开放型放射性源。

当没有防护屏蔽的情况下，手夹钳用于完成短时间工序，如往容器或工艺装置中装放射性制品并从中将放射性制品卸出。水池中厚水层是防射线的很好屏蔽，使用手夹钳可以长时间地操作强放射源。手夹钳的抓举能力一般不超过10—20牛顿。

用手夹钳进行水平操作时，有时也采用铅或钢屏蔽作为附加防护。在这种情况下，应把夹钳做成弓形的，而操作人员在防护屏蔽后面作各种不太复杂的工序。通过屏蔽上的专用防护窗或者利用反射镜系统进行观察。操作 α 和 β 放射性物质时，有时使用装在手套箱的手枪式短柄手夹钳。但是远距离操作大量的放射性物质经常需要在密闭屏蔽箱中进行。为了完成复杂的工艺工序，在这种情况下，必须具备专用的万能夹具，以保证远距离操作时不致破坏操作区的密封性。这

种夹具就是剑式机械手。

在研究性实验室和工程中操作 γ 射线放射性物质时,广泛使用剑式机械手。由于剑式机械手结构简单,操作容易,这种机械手已成功地取代了各种屏蔽装置上的手套,并且能保证操作人员的正常工作条件。

目前,用剑式机械手可在用标准件(铅的或铸铁的)装配起来的装配式屏蔽装置,厚实的生物屏蔽的密闭箱,以及带有可移动屏蔽和防护舱的各种装置中进行远距离操作。同时,操作人员的操作位置装有两个剑式机械手和一个屏蔽观察窗。机械手和观察窗要合理地安置在防护屏蔽上,并考虑到人站着或坐着操作时人体尺寸数据。剑式机械手的几何尺寸应符合于人的体力,因此,选择剑的长度不得大于1000—1200毫米,抓举能力不得大于20—50牛顿。

带前室的两个操作位置的屏蔽室示于图2.1。

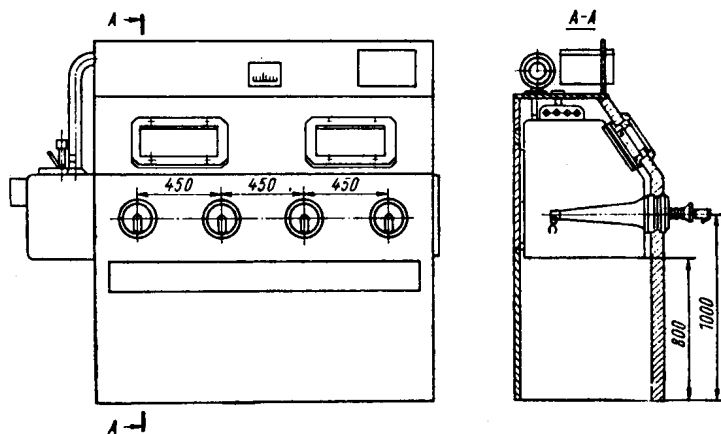


图2.1 两个操作位置的屏蔽室

该图给出了在屏蔽室前壁上安装球承的最佳尺寸：球承距工作台平面高度为200毫米，而距操作人员的操作平台为1000毫米。安装屏蔽观察窗的屏蔽室前壁最好做成 30° 倾角，同时观察窗视界下线不应超过1400毫米。

屏蔽室生物屏蔽前壁厚度定为以下几种：50，75，100，150毫米（铸铁屏蔽）。剑式机械手球承的屏蔽特性应与屏蔽室前壁的屏蔽特性相一致。

图2.2示有由三个带有后（面）运输孔道的屏蔽室（每个屏蔽室有两个操作位置）组成的ЛБЛЛ-1型标准屏蔽室组。左边屏蔽室是用于接收和发送制品的，中间的是用于分装液体和颗粒物料的，右边的是用于称量的。在这种屏蔽室组中，起重运输工作主要由剑式机械手承担，而操纵则用单独的工艺夹具。

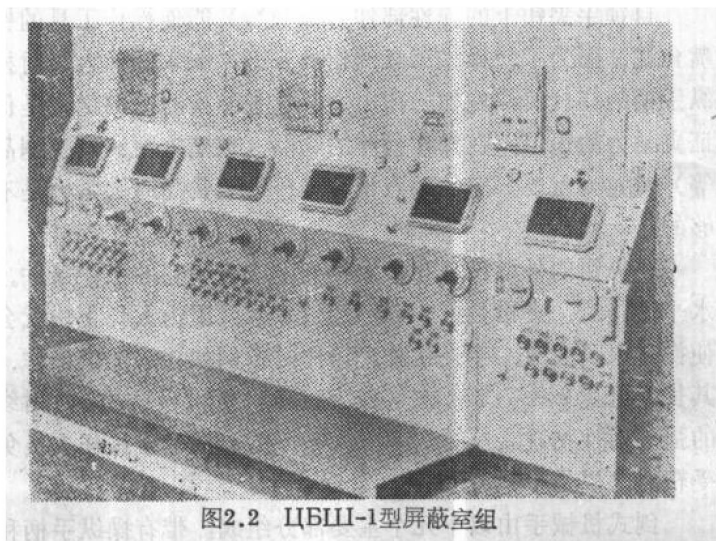


图2.2 ЛБЛЛ-1型屏蔽室组