

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 应用	1
5 总体描述	2
6 技术要求	3
7 操作装置和控制系统	14
8 试验	15
附录 A（规范性） 动力机械手用电气设备	16
附录 B（资料性） 动力机械手用特殊夹钳和工具	17

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T XXXX《放射性物质远程操作装置》的第1部分。GB/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用要求
- 第2部分：机械式主从机械手；
- 第3部分：电随动主从机械手；
- 第4部分：动力机械手；
- 第5部分：剑式机械手。

本文件采用重新起草法修改采用ISO 17874-4:2006《放射性物质远程操作装置 第4部分：动力机械手》。

本文件与ISO 17874-4:2006的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本文件做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，用修改采用国际标准的GB/T XXXX.1代替ISO 17874—4:2006引用的ISO 17874-1:2004；
- 删除遥控吊车的例子；
- 增加维修条件的要求。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国核能标准化技术委员会（SAT/TC 58）提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

引 言

放射性物质远程操作装置通常用于具有高辐射水平或放射性污染的设施内，如核燃料后处理厂、后处理工艺设备研究设施、核电厂、同位素生产设施、放射性废物处理、处置设施、研究用大型热室、聚变研究装置和其他目的的大型密封箱室。放射性物质远程操作装置的重要作用是为了在恶劣环境下操作放射性材料、维护工艺及机械设备、核设施退役解体操作等。

常用的放射性物质远程操作装置包括下列四类：机械式主从机械手、电随动主从机械手、动力机械手和剑式机械手。科学合理地选择、应用和维护放射性物质远程操作装置对于使用放射性物质远程操作装置的安全性至关重要。国际标准化组织（ISO）针对放射性物质远程操作装置发布了ISO 17874《放射性物质远程操作装置》（英文版），该标准包含五个部分。我国的放射性物质远程操作装置技术发展路线与ISO标准相适应，并与我国工程实践相结合。

GB/T XXXXX《放射性物质远程操作装置》对于减少操作人员操作放射性物质时的受照射剂量，降低运行成本，提高运行效率和安全性至关重要。

GB/T XXXXX由五部分构成。

- 第1部分：通用要求。对机械式主从机械手、电随动主从机械手、动力机械手、剑式机械手四种常用放射性物质远程操作装置规定了通用要求，旨在为放射性物质远程操作装置供应商和用户提供了指导。
- 第2部分：机械式主从机械手。对机械式主从机械手的选型、安装、试验等规定要求，旨在帮助机械式主从机械手用户进行产品选择和使用，并为设计方提供指导。
- 第3部分：电随动主从机械手。对电随动主从机械手的选型、技术指标、从动装置、运载装置、试验等规定要求，旨在帮助电随动主从机械手用户进行产品选择和使用，并为设计方提供指导。
- 第4部分：动力机械手。对动力机械手的选型、技术指标、操作装置、控制系统、试验等规定要求，旨在帮助动力机械手用户进行产品选择和使用，并为设计方提供指导。
- 第5部分：剑式机械手。对剑式机械手的选型、技术指标、密封和防污染、屏蔽等规定要求，旨在帮助剑式机械手用户进行产品选择和使用，并为设计方提供指导。

放射性物质远程操作装置 第4部分:动力机械手

1 范围

本文件规定了在电离辐射环境中使用的动力机械手的设计和试验有关的通用要求和主要特性。本文件主要适用于热室中使用的动力机械手，其他电离辐射环境使用的动力机械手可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T XXXX.1 放射性物质远程操作装置 第1部分：通用要求
EJ/T 20055 核材料和放射性材料处理设备设计指南

3 术语和定义

GB/T XXXX.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桶用机械手 drum manipulator

专用于转运和码垛放射性废物桶的动力机械手。

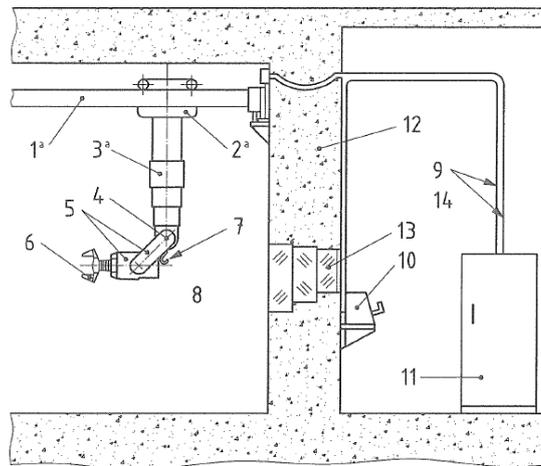
4 应用

4.1 动力机械手用于核设施厂房内，特别适用于大型的重屏蔽热室。动力机械手多采用桥架式安装，其机械臂安装在导轨支承的运载装置或远程控制的运载车上。在导轨上运行的运载装置通常由可移动的大车桥架、小车架和伸缩管组成，其布置原理图见图1。动力机械手也可安装在热室底板的轨道运载车上。

4.2 动力机械手具有较大的负载能力，其典型应用是重物装卸。对于某些操作灵活性要求不高，但操作负载大的热室可将动力机械手作为唯一的远程操作装置；在某些操作灵活性要求较高的中型和大型热室中，通常将动力机械手与其他类型机械手相互配合使用。

4.3 具有运载装置的动力机械手可在较大的空间内执行任务并用于较远距离的物件运输。

4.4 动力机械手工作速度较低，不适于完成复杂的操作任务。



标引序号说明：

- 1——移动桥架；
- 2——运载装置；
- 3——带升降装置的伸缩管；
- 4——肩部转轴；
- 5——肩关节和腕关节；
- 6——夹钳；
- 7——肩钩；
- 8——热室；
- 9——传输电缆；
- 10——操作台；
- 11——控制柜；
- 12——屏蔽墙；
- 13——屏蔽窗；
- 14——操作间。

图1 热室用动力机械手布置原理图

5 总体描述

5.1 动力机械手采用电驱动，由开关器件或电位器及传统模拟控制或数字控制实现的运动速度控制来进行远程操作。机械臂由肩关节和腕关节组成，安装在实现定位运动的运载装置上（见图1）。

5.2 机械臂一般配有夹爪可平行移动的夹钳，该夹钳可以操作物件并施加力和扭矩。夹钳可无限制地旋转，可通过热室内设置的更换工装远程更换成其他类型的夹具，如抓钩或其他机械或电动工具。借助肩钩可提升更重的物件，见图2a）。

5.3 热室中使用的运载装置一般包括纵向移动的大车、横向移动的小车和带有升降装置的伸缩管（见图1）。伸缩管提升机构可用来取代轻型吊车的起重功能。

5.4 随动力机械手的型号不同，每个运动的速度可以固定、分档控制或连续调节。动力机械手不直接反馈操作力，但其夹持力可以通过适当的方式传递给操作人员。可以通过设定若干个大小档位、或者预选限制加持力大小，通过声光指示夹持力的大小。

5.5 不同类型动力机械手的最大操作速度变化范围较大，用于热室时可参照以下特性数据：

- 夹钳旋转：10 r/min；
- 手腕、前臂和上臂的摆动速度：1 r/min；
- 手臂旋转：5 r/min；
- 起升、大车和小车平移：8 m/min。

6 技术要求

6.1 基本要求

6.1.1 动力机械手应满足相关技术和安全规范及操作环境方面的要求（如污染、电离辐射、腐蚀性气氛、过高的湿度或温度）。按照负载能力可以分四级：轻型、中型、重型和超重型，如表 1 所示。

表1 动力机械手按照负载能力分级

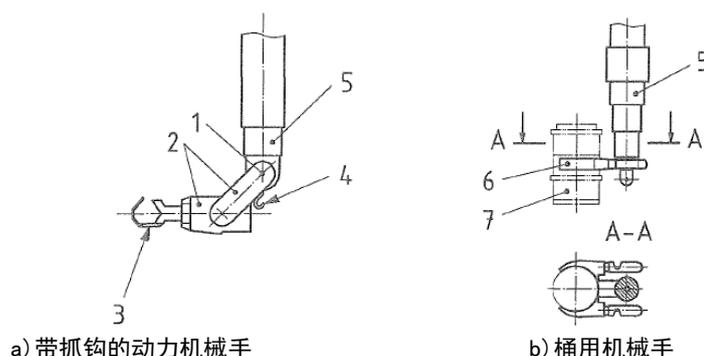
负载能力等级	负载能力 kg			
	夹钳 臂在水平位置 ^a	抓钩 臂所在位置		肩钩 ^c
		水平 ^a	垂直 ^b	
轻	$20 \leq m < 50$	—	—	$250 \leq m < 500$
中	$50 \leq m < 125$	$50 \leq m < 125$	$50 \leq m < 1000$	$500 \leq m < 1000$
重	$125 \leq m < 300$	$125 \leq m < 300$	$125 \leq m < 3000$	$1000 \leq m < 3000$
超重	$300 \leq m < 500$	$300 \leq m < 500$	$300 \leq m < 5000$	$3000 \leq m < 5000$

^a 臂在水平位置的负载能力取决于驱动机构的强度。
^b 应根据操作要求选定垂直位置时的附加负载能力，然后通过关节轴、提升机构和运载机构的适当设计来实现。
^c 肩钩的负载能力基于提升机构和运载机构的能力。

6.1.2 常用于热室的动力机械手运载装置是桥架式，包括大车、小车和伸缩管（参见图 1），还可采用其他不同的设计，如悬臂安装在侧壁上的移动支架、安装在底板上的移动门架、旋转机座及其他专用设计。

6.1.3 其他常见的专用动力机械手有以下两种：

- a) 用于更换工艺部件的机械手，在垂直伸缩管的下端有双抓钩但不配关节臂；
- b) 桶用机械手用于运输和堆码放射性废物桶，配有可摆动的大尺寸抓手，见图 2b），但不带关节臂。



标引序号说明：

- 1——肩关节轴；
- 2——肩关节和腕关节；
- 3——抓钩；
- 4——肩钩；
- 5——可升降多节伸缩管；
- 6——桶抓手；
- 7——废物桶。

图2 动力机械手示例

6.2 材料

6.2.1 材料的一般要求应符合 EJ/T 20055 的要求。

6.2.2 动力机械手是安装在热室环境中的重型设备，应确保维修和事故处置的频率最小化。零部件材料的外露表面应有抗腐蚀保护措施，这些措施应确保与零部件的机械功能兼容。所有外露表面的设计应便于高效去污，去污过程不应显著降低零部件的机械功能。

6.2.3 在不同材料彼此接触时，应采取适当措施防止接触腐蚀。在某些特定应用条件下，使用有机材料（如电缆安装、轴承密封、润滑剂）时，应考虑预期辐射场的影响，避免有机材料在正常维护期内出现显著的辐照降解。

6.3 表面处理

铝合金应进行阳极氧化处理。不耐腐蚀的钢材应加涂层以便于去污（通常一底层和两面层）。如果表面需承受机械应力，则应进行适当的电镀（如硬铬）处理。不锈钢应进行适当的表面处理，如酸洗钝化。根据环境条件，可以采用其他表面处理（例如碳钢表面涂漆或电镀）。

6.4 结构特点

6.4.1 主要特点

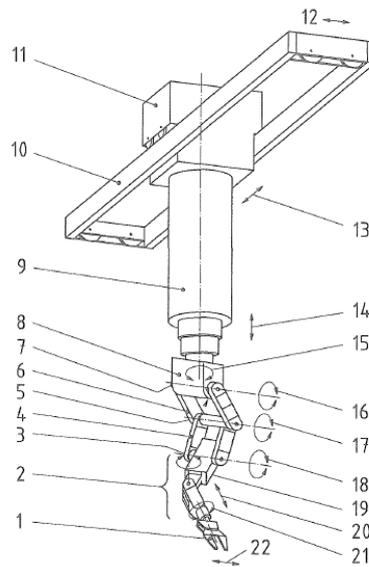
动力机械手的机械臂具有4个~8个运动，包括一到3个旋转运动。常见的设计是5个运动，包括2个旋转运动。而另一种移动性优良的机械臂有8个运动，包括三个关节轴，符合GB/T XXXX.1的要求，见图3和图4。大多数的机械臂有5个~7个运动，每个运动都由单独的电动机驱动。

6.4.2 结构设计

关节轴驱动装置的布置有三种不同的设计方案。

a) 分布式驱动，具体如下：

- 1) 所有驱动装置都与执行机构就近布置，有利于模块化设计和机械臂部件的快速拆装。通常，肘关节电动机布置在上臂上并直接驱动肘关节轴。当腕部组件、前臂和上臂交错布置时各轴均可连续旋转，见图5和图6。
- 2) 分布式驱动的机械臂负载能力为30 kg~500 kg，通常为50 kg~200 kg。机械臂长度在0.45 m~3.0 m之间，设计通常采用0.9 m~1.7 m。



标引序号说明:

- 1——夹钳;
- 2——手腕组件;
- 3——腕关节轴;
- 4——前臂;
- 5——肘关节轴;
- 6——上臂;
- 7——肩关节轴;
- 8——肩座;
- 9——多层起重伸缩管;
- 10——大车;
- 11——小车。
- 12——大车行程 (X);
- 13——小车行程 (Y);
- 14——升降行程 (Z);
- 15——臂旋转;
- 16——上臂俯仰;
- 17——前臂俯仰;
- 18——夹钳俯仰;
- 19——夹钳扭转;
- 20——夹钳的拔出/插入;
- 21——夹钳旋转;
- 22——夹爪开合。

注: 大多数设计不设置运动18、19和20(见图9)。

图3 热室用带协同驱动和移动性优良的机械手的部件和运动设置

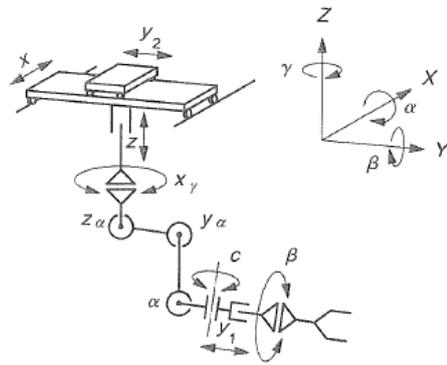
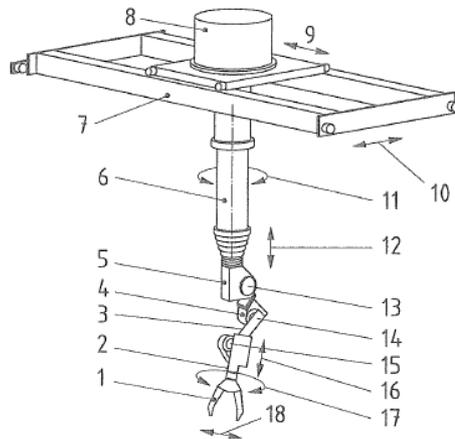


图4 具有协同驱动和移动性优良的动力机械手运动原理图



标引序号说明:

- 1——夹钳;
- 2——手腕组件;
- 3——前臂;
- 4——上臂;
- 5——肩座。
- 6——多层起重伸缩管;
- 7——大车;
- 8——小车;
- 9——小车行程 (Y);
- 10——大车行程 (X);
- 11——臂旋转;
- 12——升降行程 (Z);
- 13——上臂俯仰;
- 14——前臂俯仰;
- 15——夹钳俯仰;
- 16——夹钳的拔出/插入;
- 17——夹钳旋转;
- 18——夹爪开合。

图5 热室用带分布式驱动和三关节轴的动力机械手部件和运动设置

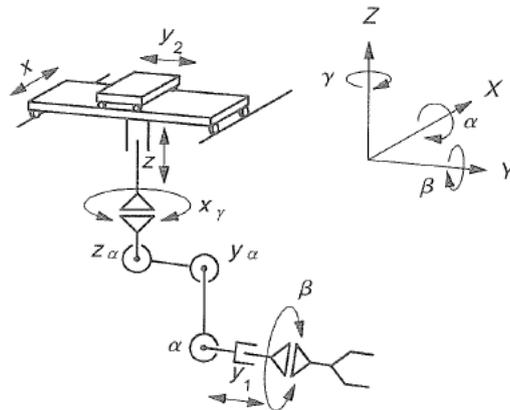
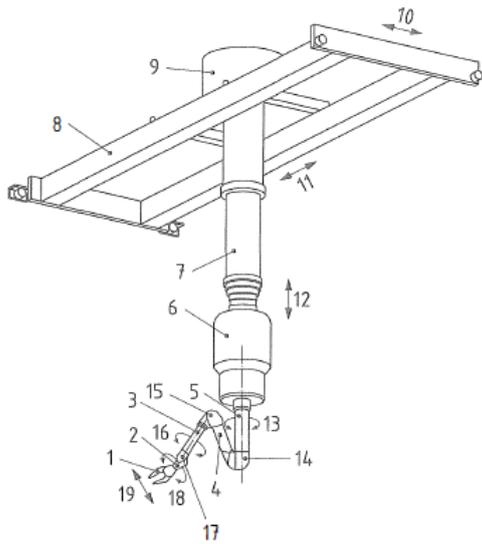
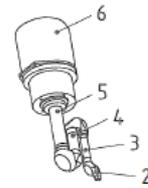


图6 具有分布式驱动和三关节轴动力机械手的运动原理图

- b) 集中驱动箱，具体如下：
- 1) 所有驱动器都集中布置在一个驱动箱内，便于计算机控制（见 7.6）。
 - 2) 驱动单元应集中布置在肩关节轴上方的驱动箱内，见图 7a）。这种设计使机械臂呈细长形。多组同心的空心轴用于将驱动装置的运动和扭矩传递到机械臂的传动链。由于手腕、前臂和上臂交错布置，其关节轴可以连续旋转，见图 7b）。
 - 3) 按照 GB/T XXXXX.1 的要求，机械臂应具有 7 个运动（3 个定位运动、3 个定向运动和 1 个夹紧运动），见图 8。
 - 4) 驱动装置布置在集中驱动箱体中的机械臂负载能力为 25 kg~240 kg。机械臂的长度在 1.0 m~5.0 m 之间。
 - 5) 这种机械臂可布置在热室前墙或上盖板的贯穿件中。
 - 6) 可由计算机控制多台机械臂进行协同操作。采用 b) 设计方案的两个机械臂组合可增加操作灵活性。由 b) 设计方案的一台机械臂和 a) 设计方案的一台机械臂的组合可综合提高灵活性和负载能力。
- c) 混合驱动，具体如下：
- 1) 混合驱动是分布式驱动和集中驱动箱的组合。肘关节轴和/或腕关节轴的驱动器布置在肩关节轴上方。其他重要的传动元件位于上臂和前臂的适当部位。其余驱动器按分布式驱动布置。
 - 2) 滚子链的布置应确保上臂移动时前臂和腕部组件的空间方位保持不变（见图 3、图 9 和图 10），与操作人员自然的手臂协同运动相对应。这种布置分散了会产生的总扭矩，使所需的总驱动功率下降，每个关节轴可选用相同型号的驱动单元。
 - 3) 机械臂的负载能力为 20 kg~500 kg，通常为 50 kg~200 kg。机械臂长度在 0.7 m~5.8 m 之间，通常为 1 m~2 m。



a) 完整的部件



b) 详细显示关节无限制旋转的可行性

标引序号说明:

- 1——夹钳;
- 2——手腕组件;
- 3——前臂;
- 4——上臂;
- 5——连杆;
- 6——集中驱动箱;
- 7——多层起重伸缩管;
- 8——大车;
- 9——小车;
- 10——小车行程 (Y);
- 11——大车行程 (X);
- 12——手臂旋转;
- 13——升降行程 (Z);
- 14——上臂俯仰;
- 15——前臂俯仰;
- 16——前臂旋转;
- 17——夹钳俯仰;
- 18——夹钳旋转;
- 19——夹爪开合。

图7 带集中驱动箱和桥架式运载装置的动力机械手部件和运动设置

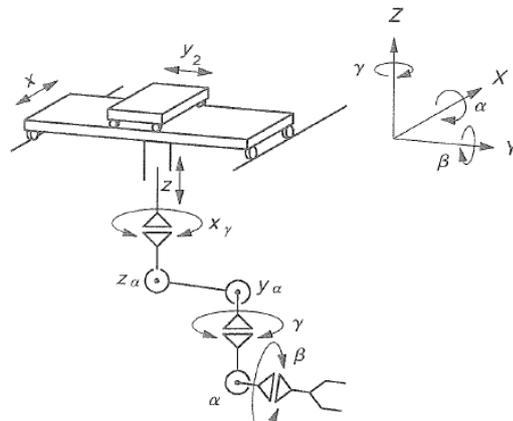
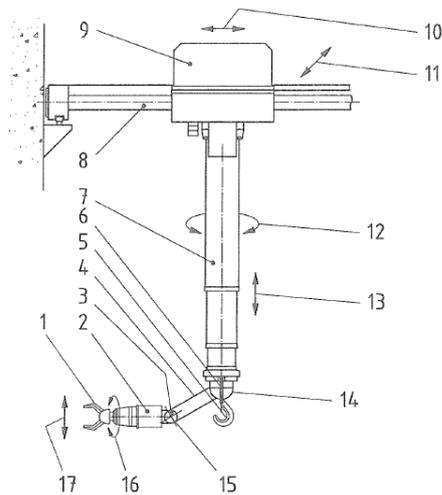


图8 带集中驱动箱的动力机械手的运动原理图



标引序号说明:

- 1——夹钳;
- 2——前臂;
- 3——肘关节轴;
- 4——上臂;
- 5——肩钩;
- 6——肩关节轴;
- 7——多层起重伸缩管;
- 8——大车;
- 9——小车;
- 10——小车行程 (Y);
- 11——大车行程 (X);
- 12——手臂旋转;
- 13——升降行程 (Z);
- 14——上臂俯仰;
- 15——前臂俯仰;
- 16——夹钳旋转;
- 17——夹爪开合。

注：常见的设计通常使用两个操纵杆来操作。

图9 热室用具有协同驱动的动力机械手的部件和运动设置

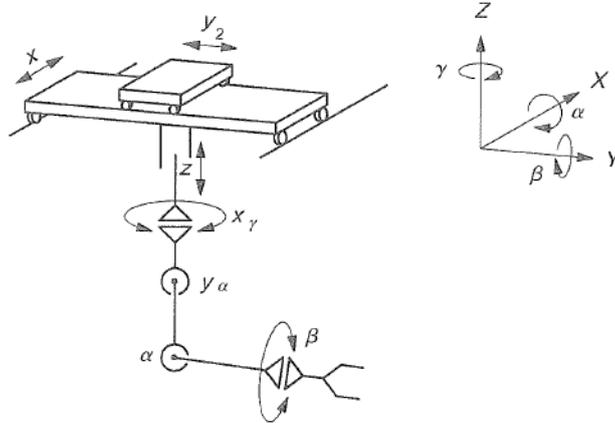


图10 热室用具有协同驱动的动力机械手的运动原理图

6.4.3 基座

6.4.3.1 基座是机械臂与运载装置的小车之间的连接部件。

6.4.3.2 根据操作要求，基座可用经过适当表面处理的铝、碳钢或不锈钢制造，其密封要求按所在操作环境的要求确定。可在关节轴和运载装置的伸缩管上加装护套。

6.4.3.3 基座可用来安装驱动单元和起升机构的钢丝绳卷筒或链轮。

6.4.3.4 可将运载装置分为两个部件，一个底盘和一个用于安装驱动单元的可以远程拆装的基座。按此设计可使用安装在热室顶板上的专用转运箱及配套转运机构将机械臂、伸缩管及所有驱动单元一次从热室中吊出或快速更换。

6.4.3.5 可将基座、伸缩管和机械臂完全密封用于水下操作。

6.4.4 维修

6.4.4.1 动力机械手的零部件，尤其是轴承、联轴器和齿轮，应易于安装、维护和拆卸。电动机、齿轮和电缆应易于更换。应考虑零部件的可互换性。如果热室中现有的设备不足以处置任一台驱动器发生的故障，就应配置适用的设备来调整或更换相关的可移动部件。

6.4.4.2 基座设计应特别注意避免在操作和维护阶段滞留污染物。

6.4.4.3 采用压空防污染保护的电动机应在其排风管道上增设专用的可远程拆装的过滤器。

6.4.4.4 电缆与电缆拖链之间滑动摩擦应尽量小。

6.4.4.5 宜为大型热室或热室线的动力机械手设置专用的维修间。

6.4.5 安全

6.4.5.1 当伸缩管完全伸出时，电缆驱动装置中的电缆卷筒上的电缆至少应保留 1.5 圈。用作悬挂装置的链条承载应不大于其断裂载荷的四分之一。应提供合适的装置来防止电缆从滑轮上脱落或链条从链轮上脱落。螺纹连接应有防松装置。

6.4.5.2 行走导轨和动力机械手的部件应采用连续焊。所有焊缝不得有错边、裂纹或其他缺陷，以最大限度地提高安全性。可能受到污染的焊缝的表面质量应与所在零件的表面质量相同。

- 6.4.5.3 在标称载荷下运载装置产生的挠度应与运行工况相匹配。在大车跨距与车轮轴线距离比超过3时，跨距两端的行走轮的驱动方式应可防止运载装置跑偏。大车、小车应设置吸能缓冲器。
- 6.4.5.4 动力系统的机械部件应提供过载保护（摩擦离合器、过载切断装置、电流限制等）。
- 6.4.5.5 在安全分析、工厂运行要求中认定为具有重大危害和/或风险的故障，应在总体设计中对其故障恢复策略进行详细评估。特别是应针对所有运动考虑的自动断开或自锁齿轮系，以应对电源故障。
- 6.4.5.6 当大车、小车的额定移动速度超过5 m/min时，应为每个运动至少设置一个缓行速度。当提升装置的额定升降速度超过3 m/min时，也需要设置一个缓行速度。起升装置在额定载荷下的额定起升速度和额定下降速度相差不应超过±20%。在关节轴处，额定载荷下的下降速度不得超过提升速度的40%。
- 6.4.5.7 当动力机械手的平移式夹钳在开口宽度一半处施加超过1000N的夹持力时，需要设置夹持力显示或夹持力预选装置。钳爪的抓握表面应有沟槽以帮助夹紧物件。
- 6.4.5.8 动力机械手可能对热室观察盲区中的其他设备造成损坏。在有特别要求时应为其工作空间设定物理限制（如限位开关），或通过控制系统编程设定不可接近区来防止潜在的损坏。

6.5 电气设备

电气设备的具体要求见附录A。

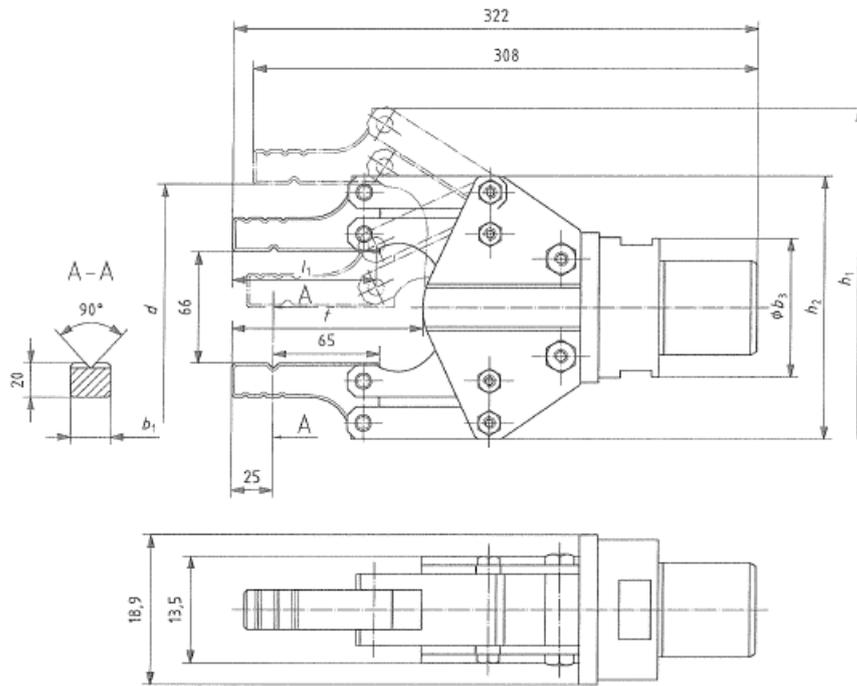
6.6 标准夹钳（平移式夹钳）尺寸

关节臂在水平位置时对应于不同负载能力的标准夹钳尺寸按表2确定。此类夹钳按图11a)和11b)所示的结构尺寸制造。图11a)所示夹钳的负载能力在200 kg~500 kg之间。图11 b)所示夹钳的负载能力在50 kg~200 kg之间。

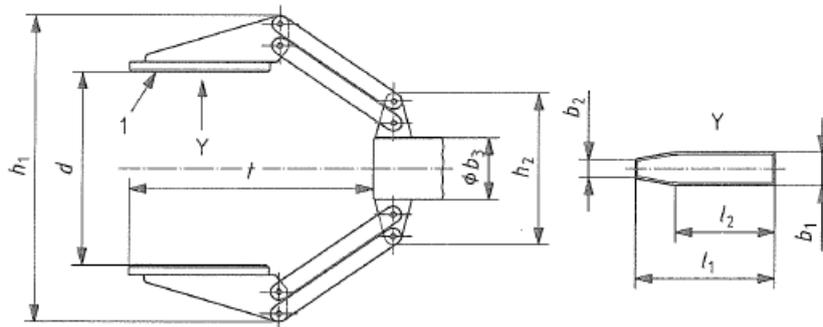
注：由于有大量的特殊应用，小型动力机械手的夹钳尺寸不做统一规定。

表2 典型的夹钳尺寸

负载能力 m kg	$d^{a,b}$	b_1	b_2	l_1	l_2	b_3^c	h_1^c	h_2^c	t^b
$50 \leq m < 200$	150	24.8	—	90	—	84	240	158	104
$200 \leq m < 300$	200	35	20	100	85	125	360	195	160
$300 \leq m < 500$	300	46	—	100	—	125	500	290	220
注：夹钳材料为不锈钢。									
^a 夹钳钳口应能完全闭合，即 $d=0$ 。									
^b 最小尺寸。									
^c 最大尺寸。									



a) 适用于负载能力在200 kg~500 kg之间的夹钳



b) 适用于负载能力在50 kg~200 kg的夹钳

图11 用于动力机械手的平移钳口式夹钳

6.7 抓钩尺寸

与表1规定的伸缩管提升机构的负载能力相对应的抓钩（见图12）尺寸按照表3确定。

表3 典型抓钩的尺寸

单位为毫米

负载能力 m kg	a	b	c	d	e	f	g	h	i	l
$m \leq 1\ 000$	50	13	12.7	79	40	32	60	92	100	205
$m \leq 3\ 000$	50	20	16	68	46	35	63	111	114	180

注：夹钳材质为不锈钢。

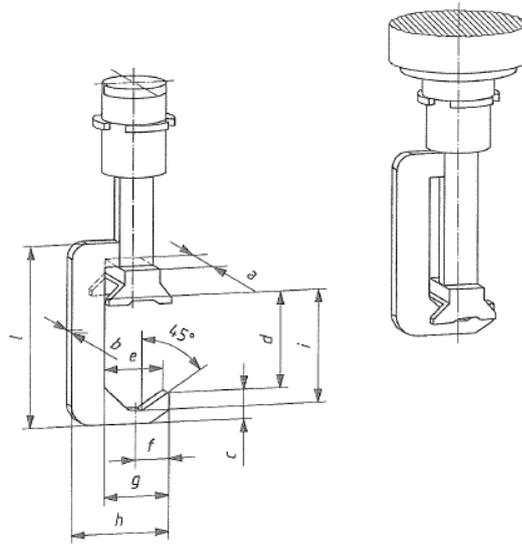


图12 用于动力机械手的抓钩

6.8 肩钩尺寸

与表1规定的伸缩管提升机构的负载能力相对应的肩钩（见图13）尺寸按照表4确定。

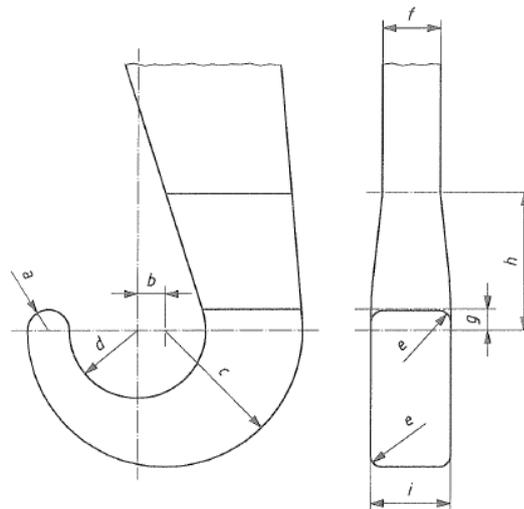


图13 肩钩

表4 典型的肩钩尺寸

单位为毫米

负载能力 m kg	a	b	c	d	e	f	g	h	i
$m \leq 1000$	R7	10	50	25	R5	22	8	50	≤ 30
$m \leq 3000$	R9	12	60	30	R5	26	9	60	≤ 40
$m \leq 4000$	R9	15.5	65.5	20	R5	20	23	80	≤ 35
$m \leq 5000$	R11	14	70	35	R5	30	10	70	≤ 50

注：夹钳材质为不锈钢。

6.9 动力机械手用特殊夹钳和工具

动力机械手用特殊夹钳和工具参见附录B。

7 操作装置和控制系统

7.1 一般要求

7.1.1 通常使用以下类型的操作元件：

- a) 按钮（每个运动方向上的一种速度设一个）；
- b) 运动操作元件（每个单独运动设一个）；
- c) 操纵杆（每个操纵杆控制2个~4个动作）；
- d) 六自由度操作装置；
- e) 计算机系统。

7.1.2 所有操作装置应配置的操作要素之一是需要操作人员采取直接动作才能持续机械手的运动。如为按钮配置弹簧，一旦操作人员松开按钮，该运动就立即停止。

7.1.3 各类操作元件的详细要求详见7.2~7.6。

7.2 按钮

按钮与控制器结合使用，使机械手可以用一个或多个步速来执行运动。应根据速度分档的数量，为每一个运动的两个方向提供一个或多个按钮。

7.3 运动操作元件

某些型号机械手的单个运动的操作元件可以在两个方向上启动。当操作元件动作逐渐离开“关闭”位置时，运动速度就不断增加。可使用下列三种不同的器件。

- a) 每一个运动都采用旋钮；
- b) 纯旋转运动（手臂和夹钳旋转）采用旋钮操作，其他运动（平移运动，关节轴旋转，夹钳俯仰和夹紧运动）的操作器件使用推杆；
- c) 一般每个运动使用两个旋钮，一个控制运动的两个方向，一个控制力的大小。它们布置在操作控制台上，并配有机械手示意图形。

7.4 操纵杆

使用操纵杆可以减少操作器件的数量。常见设计的动力机械手（8个运动，见图5）通常用一对操纵杆进行操作。使用右操纵杆，机械臂可以由另外三个位置开关覆盖的夹钳一起完成4个运动的操作。运载装置的3个运动通过左操纵杆操作。操纵杆动作的方向应与机械手从初始位置开始的运动方向一致。

7.5 六自由度操作装置

7.5.1 采用机械臂和夹钳的六自由度操作装置时只需用单手来操作动力机械手。可采用不同类型的操作装置按不同的方式来操纵动力机械手。在直角坐标系内用单手操作的装置，通常应施加3个力和3个扭矩。这种装置通常配有球形或手柄操纵杆。有一种特殊设计的手柄，应施加3个小的平移运动和3个扭矩。夹钳通过其他开关来驱动。

7.5.2 机械臂的6个运动，可分为两组（定向和定位运动）来执行。夹钳用附加的开关来驱动。

7.5.3 对六自由度操作装置上施加的力、扭矩或偏转应精确，以避免其他运动在同一时刻发生意外漂移。

7.6 计算机控制系统

7.6.1 计算机控制系统应能提供 7.2~7.5 中的控制。此外，可编程的自动点对点控制可用于需重复的操作。主要控制模式是远程速度控制。

7.6.2 计算机控制可以提供相对简单的界面，可使操作人员在任何方向上进行运动操作，同时计算机可自动协调机械臂的 3 个旋转运动和 3 个摆动运动以实现期望的效果。为实现上述功能，应在机械臂上安装适当数量的位置传感器。

7.6.3 6 个运动的操作装置（见 7.5）集中用单手来操作是有利的。便于通过限流器来限制夹紧力和所有其他运动的扭矩。

7.6.4 运动控制可采用每个运动分别由单一开关控制或由触摸屏或计算机键盘集中控制。

7.6.5 可以根据操作要求在适当范围内选择运动速度。

8 试验

8.1 一般要求

8.1.1 动力机械手在试运行前和运行期内应进行试验，试验内容包括性能测试、参数测试、负载能力、工作范围等。在动力机械手首次试运行之前，应进行检查和试验，包括初步检查、结构检查、验收试验以及必要时的复验。若不带辅助设备的动力机械手已经通过了型号试验，就可以省略初步检查和结构检查。

8.1.2 最终技术验证，应检查制造动力机械手所需的所有文件。结构检查的重点是确认机械手是否完全按照技术有效报告中列出的文件制造。

8.2 验收试验

8.2.1 验收试验旨在验证动力机械手的机构和设备以及安全设置是否完整、合适和有效。所有功能都应在空载和最大允许负载下进行试验。由于设备的操作安全性非常重要，在验收试验中应特别关注提升机构的试验和相关缆绳或链条的试验。

8.2.2 应在肩钩上用负载测试起重机构，按公式（1）计算动力机械手的试验载荷 P ：

$$P = 1.25 \times P_1 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_1 ——最大允许载荷（有效载荷、载荷悬挂装置和索具的总重量）。

8.2.3 使用放置在动力机械手和固定装置之间的测力计，不准许用测试载荷替代。

8.2.4 试验项目包括：

- a) 制动装置的有效性：在控制装置切换至正常操作以及主停止开关启动两种状态下，试验载荷以标称速度下降过程中停住并安全悬挂；
- b) 过载安全装置的有效性；
- c) 机动运动的功能：在正常运行中会发生的各种运动或可能发生的运动应在最不利的负载位置逐一进行验证，并在试验进行中关注其实际表现。

8.2.5 所有这些试验都应在加工厂进行。交付后，所有功能都应在空载和有载条件下进行验证性试验。在热室中安装后，所有功能应在空载下复验。

8.3 定期检查和试验

动力机械手应进行定期检查，以验证其工况是否满足操作要求，并确保所有安全装置有效运行。动力机械手应至少每年进行一次全面测试。应彻底测试所有功能并适当记录结果。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/106241134212011002>