



团 体 标 准

T/ZZB XXXXX—XXXX

# 核工业用轻型电随动主从机械手

The light-capacity electrical master-slave manipulator worked in  
nuclear industry

工作组讨论稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

浙江省品牌建设联合会 发布



## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 结构、型号及基本参数 .....	2
5 基本要求 .....	4
6 技术要求 .....	5
7 试验方法 .....	9
8 检验规则 .....	12
9 使用说明、标志、包装、运输及贮存 .....	13
10 质量承诺 .....	14
附 录 A （规范性） 响应时间、最大反馈力、机械手刚度的测量方法 .....	15

## 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。

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。

本文件由浙江省品牌建设联合会提出并归口管理。

本文件由杭州景业智能科技股份有限公司牵头组织制定。

本文件主要起草单位：杭州景业智能科技股份有限公司。

本文件参与起草单位：浙江大学

本文件主要起草人：来建良、蒋君侠、金杰峰、刘黎明、田清、金丁灿、徐梦茹。

本文件评审专家组长：

本文件由杭州景业智能科技股份有限公司负责解释。

# 核工业用轻型电随动主从机械手

## 1 范围

本文件规定了核工业用轻型电随动主从机械手的术语和定义、结构、型号及基本参数、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、使用说明、标志、包装、运输、贮存和质量承诺。

本标准适用于在放射性环境中操作，极限负载不大于10 kg的电随动主从机械手。

## 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 191 包装储运图示标志

GB/T 3077—2015 合金结构钢

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9969 工业产品使用说明书总则

GB 11291.1—2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人

GB/T 12642—2013 工业机器人 性能规范及其试验方法

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 13306—2011 标牌

GB/T 14253—2008 轻工机械通用技术条件

GB/T 20868—2007 工业机器人 性能试验实施规范

GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分

GB/T 36239—2018 特种机器人 术语

EJ/T 1096—1999 密封箱室密封性分级及其检验方法

JB/T 8430—2014 工业机器人 型号编制方法

JB/T 8896—1999 工业机器人 验收规则

EJ/T 20149.1—2018 热室设备设计导则 第1部分：通用设计导则

EJ/T 20226.1—2018 放射性物质远程操作装置 第1部分：通用要求

## 3 术语和定义

EJ/T 20149.1、EJ/T 20226.1和GB/T 36239界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**轻型电随动主从机械手** The light-capacity electrical master-slave manipulator

通常用于在热室中操作物项、工具或放射性材料的装置（以下简称主从机械手）。主从机械手的每个关节都由外置电机通过动力贯穿结构传递动力进行驱动和控制。主从机械手的从手在热室操作区通过主手及伺服控制系统进行远程操作。极限负载不超过10 kg的称为轻型主从机械手，典型负载为10 kg。

### 3.2

#### 遥操作 teleoperation

由人从远地实时控制从手的运动。

[来源：GB/T 12643-2013，定义5.10，有修改]

### 3.3

#### 动力贯穿 power penetration

通过穿墙管，在满足热室密封性要求的前提下，将动力从热室外传递至热室内。

### 3.4

#### 小时泄漏率 $T_f$ hourly leak rate

密封箱室在正常工作条件（压力和温度）下1h的泄漏量 $F$ 与该密封箱室的体积 $V$ 的比值。即：

$$T_f = F/V$$

$T_f$ 的单位是小时的倒数（ $h^{-1}$ ）。

[来源：EJ/T 1096-1999，定义3.2]

### 3.5

#### 二级密封 secondary seal

密封箱室根据其小时泄漏率 $T_f$ 进行分级。

对于密封箱室的验收检验，在1000Pa的压差下测量泄漏率；对于密封箱室使用期间的检验，在正常的箱室工作压差（一般为250Pa左右）下测量泄漏率。泄漏率满足 $5 \times 10^{-4}/h \leq T_f < 2.5 \times 10^{-3}/h$ ，称为二级密封。

[来源：EJ/T 1096-1999，定义4，有修改]

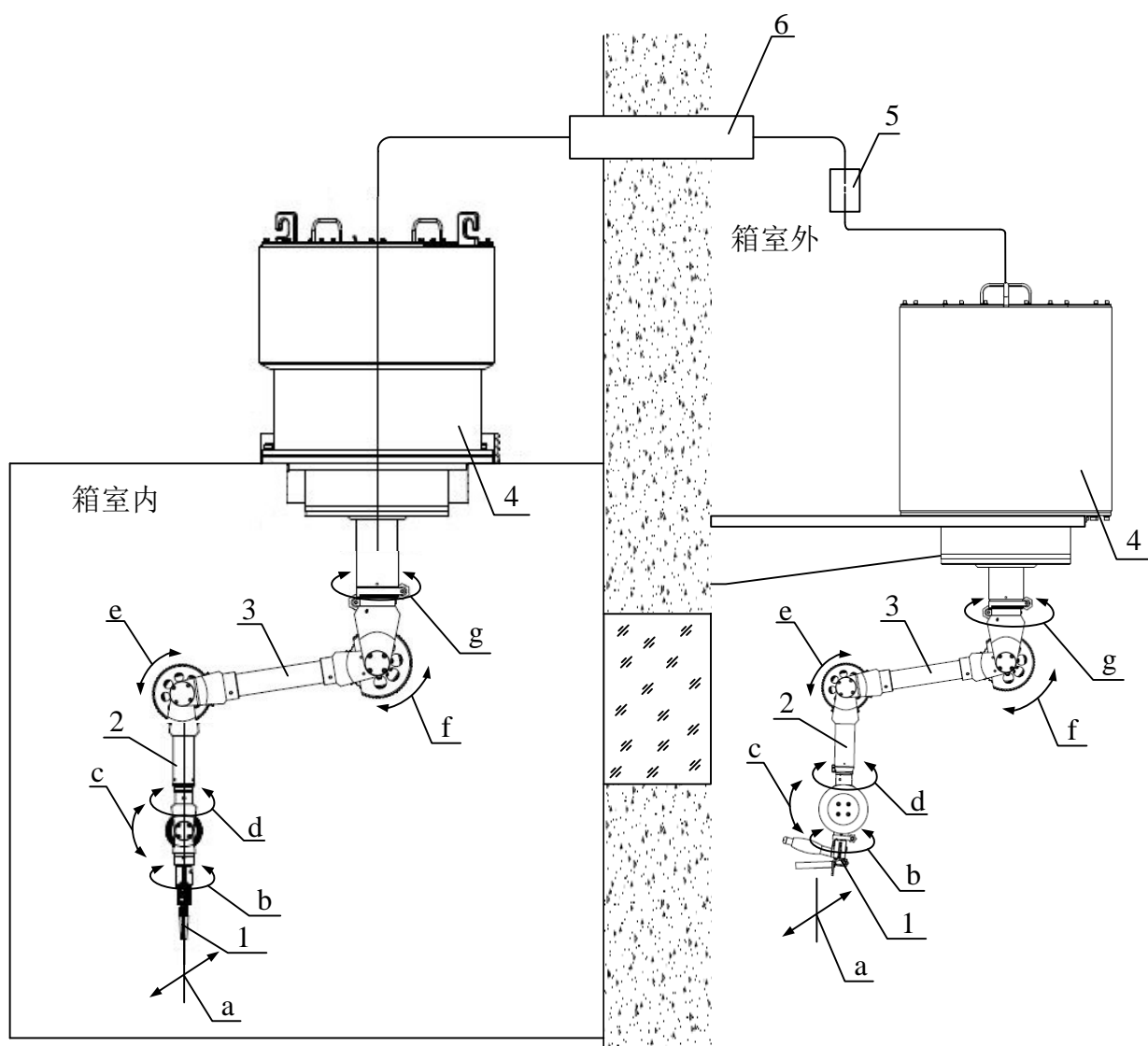
## 4 结构、型号及基本参数

### 4.1 结构

4.1.1 核工业用轻型电随动主从机械手一般由四个标准组件组成：主手、从手、操作盒和控制柜。

4.1.2 核工业用轻型电随动主从机械手从手的安装形式设计为固定吊装，驱动组件设置在检修区，通过动力贯穿技术将动力传递至热室内。

4.1.3 核工业用轻型电随动主从机械手的主手和从手配合可完成七个自由度的运动（包括一个夹紧运动），具体见图1。



1-夹钳；2-前臂；3-上臂；4-运动 a、b、c、d、e、f、g 的驱动模块；5-电控系统；6-电缆贯穿件  
 a-夹钳开合（0-80mm）；b-夹钳旋转（ $\pm 360^\circ$ ）；c-夹钳俯仰（ $\pm 110^\circ$ ）；d-前臂旋转（ $\pm 360^\circ$ ）；  
 e-前臂倾斜（ $\pm 110^\circ$ ）；f-上臂倾斜（ $\pm 110^\circ$ ）；g-上臂旋转（ $\pm 360^\circ$ ）

图1 核工业用轻型电随动主从机械手结构

#### 4.2 型号

核工业用轻型电随动主从机械手的型号编制方法应符合JB/T 8430要求，具体示例见图2。

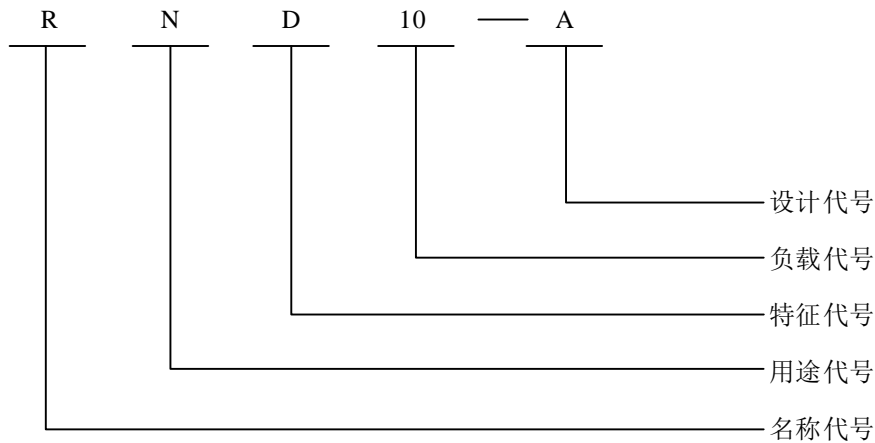


图2 产品型号示例

示例：核工业用轻型电随动主从机械手，负载 10kg，交流伺服驱动，倒挂安装方式，为第一次改进设计。

### 4.3 基本参数

机械手的基本参数见表1。

表1 基本参数

序号	项目	单位	参数	
1	供电电源	V/ Hz	380/50	
2	装机功率	kW	10	
3	运动自由度	个	7	
4	肩关节运动角度范围	上下摆动	°	-110~+110
5		扭转	°	-360~+360
6	肘关节运动角度范围	上下摆动	°	-110~+110
7		扭转	°	-360~+360
8	腕关节运动角度范围	上下摆动	°	-110~+110
9		扭转	°	-360~+360
10	重复定位精度	mm	≤1	
11	最大负载	kg	10	
12	响应时间	s	≤0.1	
13	极限负载锁定时间	min	≥60	
14	最大反馈力	N	50	
15	机械手刚度	%/ kg	≤5/10	
16	贯穿件小时泄漏率	/h	<2.5×10 <sup>-3</sup>	

## 5 基本要求

### 5.1 设计研发

5.1.1 根据通用性设计理念，采用计算机辅助软件优化设计驱动器、传动链、动力贯穿、夹钳等模块，



并对主从机械手进行小型轻量化设计。

5.1.2 应开展主从机械手结构强度和末端刚度理论建模和校核分析。

5.1.3 应开展主从机械手全齿轮耦合运动学特性和工作姿态分析。

5.1.4 应开展无力传感器的双向力反馈遥操作控制和全齿轮传动耦合下的重力补偿控制算法设计。

## 5.2 材料与部件

5.2.1 传动齿轮采用机械性能不低于 GB/T 3077-2015 中 20CrMnTi 的马氏体不锈钢；结构件采用机械性能不低于 GB/T 3077-2015 中 12Cr2Ni4 的不锈钢；成分应符合 GB/T 20878 的要求。

5.2.2 采用耐辐照电机与线缆，耐辐照剂量指标应不低于  $10^6\text{Gy}$ 。

5.2.3 密封件材料耐辐照剂量指标不低于  $10^5\text{Gy}$ 。

## 5.3 工艺装备

5.3.1 锥齿轮加工过程应配备数控铣床与专用工装，加工精度不低于 7 级。

5.3.2 应对生产过程的零部件及装配过程设置可追溯系统。

## 5.4 检验检测

5.4.1 主从机械手关键零部件的检测应在恒温  $20^\circ\text{C}\pm 2^\circ\text{C}$  环境下进行。

5.4.2 应具备金属材料成分、关键零部件密封性、从手末端运动精度等指标的检测能力。

5.4.3 应配备光谱仪、氦质谱检漏仪、粗糙度仪、激光跟踪仪等关键检测设备。

## 6 技术要求

### 6.1 装配质量

6.1.1 重量超过 20kg 的零部件应有方便起吊的部位或有起吊钩/环。

6.1.2 装配前对所装配零件进行装配尺寸测量，进行公差匹配（包括标准件）。

6.1.3 通过锥齿轮啮合间隙调整工艺，将齿轮组侧隙调整到 0.08 mm~0.20 mm 之间。

### 6.2 外观质量

6.2.1 主从机械手外观表面不应有图样规定外的凸起、凹陷、粗糙不平和其他损伤等缺陷。

6.2.2 主从机械手外露零件表面不应有磕碰、锈蚀，外露的焊缝应平整、均匀、无裂纹，螺钉、销子端部不应有扭伤、锤伤等缺陷。

6.2.3 主从机械手上警示标志、铭牌、标记、标签和识别牌应清晰、耐久，警示标志、铭牌宜固定在设备的明显位置，并应平整牢固、不歪斜。

### 6.3 安全

#### 6.3.1 通用要求

##### 6.3.1.1 动力传递部件

应使用固定或移动的保护装置来预防电机轴、齿轮等部件造成的危险，使危险运动在危险发生前停止。

##### 6.3.1.2 动力损失或变化

动力的损失或变化不应造成危险。重新启动电源，不应导致任何运动。

### 6.3.1.3 能源

应提供隔绝电能的方法，这种方法应有锁定能力或在断开电能的地方有保护能力。

### 6.3.2 致动控制

#### 6.3.2.1 意外操作防护

应制造及安装防止意外操作的致动控制装置。

#### 6.3.2.2 状态指示

致动控制装置的状态（例如：开机、故障检测、自动操作）应给予指示。

#### 6.3.2.3 标签

致动控制装置应贴上标签，以清楚地表明其功能。

#### 6.3.2.4 单点控制

主从机械手控制系统的设计和制造应使本机示教盒或其他示教装置控制下的主从机械手不能被任何别的控制源启动其运动或改变本机控制方式。

### 6.3.3 停止功能

#### 6.3.3.1 急停功能

每一个能启动主从机械手运动或造成其他危险状况的控制站都应有手动的急停功能，该急停功能应：

- a) 优先于主从机械手的其他控制；
- b) 中止所有的危险；
- c) 切断主从机械手驱动器的驱动源；
- d) 消除可由主从机械手控制的任何其他危险；
- e) 保持有效直至复位；
- f) 只能手动复位，复位后不能重启，只允许再次启动。

#### 6.3.3.2 保护性停止

主从机械手应具有一个或多个的保护性停止电路，可用来连接外部保护装置。停止电路应通过停止的主从机械手所有运动、撤除主从机械手驱动器的动力、中止可由主从机械手系统控制的任何其他危险等方式来控制安全防护的风险。停止功能可由手动或控制逻辑启动。

#### 6.3.3.3 安全制动结构

主从机械手电机尾部均装有断电制动器，实现在任何断电情况下安全制动，并保持主从机械手的当前状态。

### 6.3.4 操作停止

#### 6.3.4.1 空载操作停止

主从机械手系统应补偿主手组件的自重，实现主从操作过程中，主手在空间任意位置的悬停，从手进行位置跟随保持。

### 6.3.4.2 负载操作停止

主从机械手系统应判定主从运动状态，在主手停止运动的情况下不再向主手发送负载的力反馈信息，实现主从操作过程中，主手在空间任意位置的悬停，从手进行位置跟随保持。

### 6.3.5 操作方式

#### 6.3.5.1 选择

应采用安全的方法选择操作方式，该方法只使选定的操作方式起作用。这些方法应：

- a) 明确表明所选定的操作方式；
- b) 本身不会启动主从机械手运动或造成其他危险。

#### 6.3.5.2 自动方式

在自动方式下，主从机械手应执行任务程序。主从机械手控制器不应处于手动方式下，且安全措施应起作用。如果检测到任何停机条件，自动操作方式应被阻止。从此种方法切换到其他方式时应停机。

#### 6.3.5.3 主从方式

在主从方式下，主从机械手的从手应执行主手的信号输入。主从机械手控制器不应处于自动方式下，且安全措施应起作用。如检测到任何主手停止的信号，主从手的当前状态应被保持。

### 6.3.6 手动复位功能

安全防护装置发出停止指令后，停止状态应保持到出现具备重启的安全条件为止。通过复位安全防护装置安全功能的重新恢复，会解除停止指令。在紧急停止或动力系统发生故障后采用手动复位功能，系统应无冲击现象。

### 6.3.7 电气安全

#### 6.3.7.1 电击防护

电气设备应具备外壳防护、绝缘物防护，应采用PELV保护等电击防护措施。

#### 6.3.7.2 电气设备的保护

电气设备应具备过电流保护、电机过热保护、异常温度防护等措施。

#### 6.3.7.3 保护接地电路的连续性

保护接地电路应符合GB/T 5226.1—2019中第8章的规定。

#### 6.3.7.4 绝缘电阻

在动力电路导线和保护联结电路间施加 500 Vd.c 时测得的绝缘电阻不应小于 1 M $\Omega$ 。

#### 6.3.7.5 耐压试验

在动力电路导线和保护联结电路间施加 50 Hz、1000 V 的电压，至少 1 s 时间内应无击穿和放电现象。

### 6.4 整机性能和功能

#### 6.4.1 空载运转

主从机械手在设定程序下空载运转 1h 后停机 0.5h 检查，应符合下列要求：

#### 6.4.1.1 一般性能

主从机械手运动应平稳无冲击，各连接件、紧固件不松动。

#### 6.4.1.2 运动角度范围

主从机械手各关节运动角度范围应符合表 1 的要求。

#### 6.4.1.3 贯穿件密封性等级

主从机械手贯穿件密封性等级应不低于二级密封，即小时泄漏率应符合表 1 的要求。

#### 6.4.2 负载运转

##### 6.4.2.1 从手抓取极限负载在设定程序下运转 2h，应符合下列要求。

##### 6.4.2.2 重复定位精度

主从机械手在负荷状态下，重复定位精度应满足表 1 要求。

##### 6.4.2.3 最大负载

主从机械手从手末端最大负载应符合表 1 的要求。

##### 6.4.2.4 响应时间

从手相对于主手的运动无明显滞后，响应时间满足表 1 要求。

##### 6.4.2.5 极限负载锁定时间

从手夹取极限负载重物后，应能在不使用制动器的条件下，在任何位置和方位夹持固定，时间满足表 1 要求。

##### 6.4.2.6 最大反馈力

当从手接触物件并加力时，应能即时产生力反馈，主手最大反馈力满足表 1 要求，且反馈力无级可调。

##### 6.4.2.7 机械手刚度

从手在极限负荷状态下，相对于空载时对应的从手位置会产生相应的挠曲变形，要求变形量满足表 1 要求。

##### 6.4.2.8 重力补偿

应补偿从手和主手组件的自重，满足 6 个自由度的重力补偿，实现精确力反馈与空间悬停。

#### 6.4.3 功能要求

##### 6.4.3.1 按钮功能和显示装置功能

各按钮的功能和显示装置的显示应均正常，其中控制系统设置的力反馈比例，在进行主从操作时，力比变化百分比应在显示屏上显示。

#### 6.4.3.2 联锁功能

具备联锁功能，特别是“全停”或“急停”按钮与“复位”和“启动”按钮的联锁功能。

#### 6.4.3.3 手动操作功能

具备手动操作功能，人工操作按钮，使每个关节轴往复运行三次，各关节轴动作应正确。

#### 6.4.3.4 自动操作功能

具备自动操作功能，按主从机械手所规定的指令操作可自动运行，且动作与指令一致。

#### 6.4.3.5 组态功能

通过操作面板，应能实现主从机械手参数就地设定和调整。

#### 6.4.3.6 动作复制功能

具备动作复制功能，人工操作按钮记录从手运动，后期可直接运行记录的動作。

### 7 试验方法

#### 7.1 试验准备

7.1.1 根据 EJ/T 20149.1—2018 中 6.10 的冷试验台架的描述，对核工业用轻型电随动主从机械手试验应用的冷试验台架进行搭建，用于核实主从机械手能在热室中成功安装、拆卸、维修和运行。

7.1.2 主从机械手的运动特性参照 GB/T 20868 与 GB/T 12642 中方法进行检测环境搭建。

7.1.3 试验时应按整机进行，一般不应拆卸样机，但对运转性能、精度无影响的零件、部件和附件可除外。

#### 7.2 基本参数核对与测量

依据产品使用说明书、铭牌和其他技术文件，对样机的基本参数进行核对或测量。

#### 7.3 装配质量检验

7.3.1 采用视检和核查功能方法进行确认，应符合 6.1.1 的规定。

7.3.2 采用符合精度要求的量具进行所装配零件的装配尺寸检验，应符合 6.1.2 的规定。

7.3.3 采用直径略大于 0.5mm 的熔断丝挤在两齿轮的啮合中间，转动齿轮将熔断丝挤压，测量被挤压后的厚度，即为啮合间隙，应符合 6.1.3 的规定。

#### 7.4 外观质量检验

7.4.1 按 JB/T 8896—1999 中 5.2 的规定检测。

7.4.2 警示标志、铭牌、标记、标签和识别牌应采用酒精擦拭的方法进行耐久度试验。

#### 7.5 安全检验

##### 7.5.1 通用要求

按 GB 1129.1—2011 中 5.2 的规定进行。

##### 7.5.2 致动控制

按 GB 1129.1—2011 中 5.3 的规定进行。

### 7.5.3 停止功能

按 GB 1129.1—2011 中 5.5 的规定进行。

### 7.5.4 操作停止

对空载及负载情况下的操作停止进行检测和核查，应符合 6.3.4 的规定。

### 7.5.5 操作方式

按 GB 1129.1—2011 中 5.7 的规定进行。

### 7.5.6 手动复位功能

对手动复位功能进行检测和核查，应符合 6.3.6 的规定。

### 7.5.7 电气安全检验

#### 7.5.7.1 电击防护

对主从机械手的电击防护进行检测和核查，应符合 GB/T 5226.1-2019 中 6 的规定。

#### 7.5.7.2 电气设备的保护

对主从机械手的电气设备保护进行检测和核查，应符合 GB/T 5226.1-2019 中 7 的规定。

#### 7.5.7.3 保护接地电路的连续性

按 GB/T 5226.1—2019 中 18.2 规定的方法进行。

#### 7.5.7.4 绝缘电阻

按 GB/T 5226.1—2019 中 18.3 规定的方法进行。

#### 7.5.7.5 耐压试验

按 GB/T 5226.1—2019 中 18.4 规定的方法进行。

### 7.6 整机性能和功能检验

#### 7.6.1 按 GB/T 14253—2008 中 7.3 规定的方法进行空载运转试验。

##### 7.6.1.1 一般性能

采用视检和核查方法进行确认，应符合 6.4.1.1 的规定。

##### 7.6.1.2 运动角度范围

按 GB/T 12642-2013 中的规定进行。

##### 7.6.1.3 贯穿件密封性能等级

按 EJ/T 1096—1999 中 5.2 要求规定的方法进行。

#### 7.6.2 按 GB/T 14253—2008 中 7.4 规定的方法进行负载运转试验。

#### 7.6.2.1 重复定位精度

按GB/T 12642-2013中的规定进行。

#### 7.6.2.2 最大负载

操作从手抓取重物进行负载运转，在满足主从机械手所有设定参数情况下，应符合6.4.2.3 的规定。

#### 7.6.2.3 响应时间

主从随动状态下对机械手响应时间进行检测，具体测试方法参考附录A.2。

#### 7.6.2.4 极限负载锁定时间

操作从手抓取极限负载重物进行负载锁定时间检测，结果应符合6.4.2.5 的要求。

#### 7.6.2.5 最大反馈力

操作从手抓取极限负载重物，当从手接触物件并加力时，应能即时产生力反馈，测试方法参考附录A.3。

#### 7.6.2.6 机械手刚度

操作从手抓取极限负载重物进行机械手刚度检测，测试方法参考附录A.4。

#### 7.6.2.7 重力补偿

操作从手抓取重物进行重力补偿检测，应符合6.4.2.8 的规定。

### 7.6.3 功能要求检验

#### 7.6.3.1 按钮功能和显示装置功能

按JB/T 8896-1999中5.3.1要求规定的方法进行检验。

#### 7.6.3.2 联锁功能

按JB/T 8896-1999中5.3.2要求规定的方法进行检验。

#### 7.6.3.3 手动操作功能

按JB/T 8896-1999中5.3.3要求规定的方法进行检验。

#### 7.6.3.4 自动操作功能

按JB/T 8896-1999中5.3.4要求规定的方法进行检验。

#### 7.6.3.5 组态功能

通过控制柜、操作盒或计算机，就地或远距离设定和调整设备参数，目视检查是否符合6.4.3.5 要求。

#### 7.6.3.6 动作复制功能

机械手在主从随动状态下，操作主手动动作，并按动作记录按钮，测试系统是否能正常记录从手的动作轨迹。运动结束后，按停止按钮，完成动作记录。在操作盒上选择相应的动作轨迹，并保存数据。记

录10组动作，分别保存为动作轨迹1-10。在操作盒上分别读取动作轨迹1-10，按动作执行按钮，测试从手是否按记录的轨迹运动，且运动正常。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

检验分出厂检验和型式检验。

### 8.2 检验项目

检验项目按表2的规定。

表2 检验项目

检验项目		出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
装配质量	起吊要求	-	√	6.1.1	7.3.1
	装配尺寸	√	√	6.1.2	7.3.2
	锥齿轮啮合间隙	√	√	6.1.3	7.3.3
外观质量		√	√	6.2	7.4
安全	通用要求	√	√	6.3.1	7.5.1
	致动控制	-	√	6.3.2	7.5.2
	停止功能	-	√	6.3.3	7.5.3
	操作停止	-	√	6.3.4	7.5.4
	操作方式	-	√	6.3.5	7.5.5
	手动复位功能	-	√	6.3.6	7.5.6
	电击防护	√	√	6.3.7.1	7.5.7.1
	电气设备的保护	√	√	6.3.7.2	7.5.7.2
	接地连续性	√	√	6.3.7.3	7.5.7.3
	绝缘电阻	√	√	6.3.7.4	7.5.7.4
整机空载性能	耐压性	√	√	6.3.7.5	7.5.7.5
	一般性能	√	√	6.4.1.1	7.6.1.1
	运动角度范围	√	√	6.4.1.2	7.6.1.2
整机负载性能	贯穿件密封等级	√	√	6.4.1.3	7.6.1.3
	重复定位精度	√	√	6.4.2.1	7.6.2.1
	最大负载	√	√	6.4.2.2	7.6.2.2
	响应时间	√	√	6.4.2.3	7.6.2.3
	极限负载锁定时间	√	√	6.4.2.4	7.6.2.4
	最大反馈力	√	√	6.4.2.5	7.6.2.5
	机械手刚度	√	√	6.4.2.6	7.6.2.6
功能要求	重力补偿	√	√	6.4.2.7	7.6.2.7
	按钮功能和显示装置功能	√	√	6.4.3.1	7.6.3.1
	联锁功能	√	√	6.4.3.2	7.6.3.2
	手动操作功能	√	√	6.4.3.3	7.6.3.3



检验项目	出厂检验	型式检验	技术要求	试验方法
自动操作功能	√	√	6.4.3.4	7.6.3.4
组态功能	√	√	6.4.3.5	7.6.3.5
动作复制功能	√	√	6.4.3.6	7.6.3.6

注：“√”为必检项目，“-”为不检项目。

### 8.3 出厂检验

- 8.3.1 经公司质检部门检验合格并签发合格证书方可出厂。
- 8.3.2 出厂检验项目、技术要求和试验方法见表1。
- 8.3.3 出厂检验项目应全部合格，若有不合格项目时，允许修复后重新复验，直至合格。

### 8.4 型式检验

- 8.4.1 在下列情况之一时，应进行型式检验：
- 新产品或定型产品的结构、制造工艺、材料等更改对产品性能有影响时，第一台产品应做型式试验；
  - 当设计、工艺、材料有较大改变，可能影响产品性能时；
  - 停产一年以上恢复生产时；
  - 国家质量监督机构提出型式检验的要求时。
- 8.4.2 型式检验项目、技术要求和试验方法见表2。
- 8.4.3 在出厂检验合格产品中随机抽取一台进行型式检验。
- 8.4.4 型式检验中若有一项不合格，则判定为不合格。

## 9 使用说明、标志、包装、运输及贮存

### 9.1 使用说明

使用说明书的编写和提供应符合GB/T 9969的规定，说明书中应注明相应执行标准号。

### 9.2 标志

- 9.2.1 应在指定位置上固定产品的标牌，标牌应符合 GB/T 13306 的规定。
- 9.2.2 铭牌上应包括如下内容：
- 主要技术参数；
  - 产品名称和型号；
  - 制造日期和出厂编号；
  - 制造厂名和地址。
- 9.2.3 铭牌与各种标志应清晰，其固定位置应正确、牢固，不倾斜。

### 9.3 包装

- 9.3.1 零件、部件、附件和备件的外露加工表面在包装前必须进行防锈处理。
- 9.3.2 包装箱上的包装储运图示标志按 GB/T 191 的规定选择使用。
- 9.3.3 出厂的包装箱内应随机提供以下技术文件：
- 产品使用说明书；
  - 产品检验合格证；

- c) 装箱清单及其他技术资料文件；
- d) 产品质量保证书。

#### 9.4 运输

在运输过程中应有防雨淋、防剧烈震动、防尘及防机械损伤的措施。

#### 9.5 贮存

应贮存在通风、干燥、无腐蚀性介质的仓库内。

### 10 质量承诺

10.1 在遵守储运、贮存和使用规则的条件下，自售出之日起十二个月，若不能正常工作，按国家有关部门及制造商规定为用户更换、维修。

10.2 产品质量有异议的，应在 24 小时内做出响应，及时为用户提供合理范围内的服务和解决方案。

10.3 产品应具有可追溯的唯一性的编号。

## 附录 A

### (规范性)

## 响应时间、最大反馈力、机械手刚度的测量方法

### A.1 概述

应通过下列方法测量主从机械手负载下的响应时间、最大反馈力和机械手刚度。

### A.2 响应时间的测量

#### A.2.1 一般原则

主从机械手在测量时应处于极限状态，以确保其他状态下均可满足要求。

#### A.2.2 设备准备

在进行测量之前，应做以下准备：

- a) 主从机械手在测量时从手抓取的重物应不小于极限负载；
- b) 主手所需操作力应不低于最大反馈力；
- c) 应记录试验过程中的环境温度。

#### A.2.3 测量方法

系统运行后，主手与从手处于主从随动状态，操作机械手从手抓取重物，并用摄像机对主手和从手的运动进行录像。运动完成后，对录像视频进行逐帧分析，对比主手和从手的运动时间差，记录系统响应时间，要求 $\leq 0.1s$ 。

### A.3 最大反馈力的测量

#### A.3.1 一般原则

从手抓取重物时，主手应提供大小可调的等比例反馈力，反馈力最大为50N。测量时主手和从手的腕关节都保持在水平方向。

#### A.3.2 设备准备

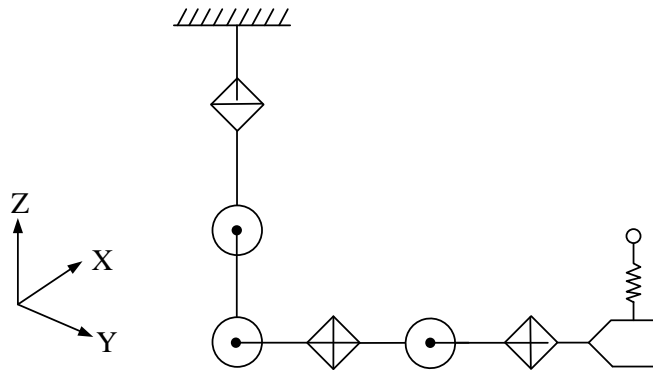
在进行测量之前，需做以下准备：

- a) 主从机械手在测量时从手抓取的重物应不小于极限负载；
- b) 应记录试验过程中的环境温度。

#### A.3.3 测量方法

主从随动状态下，操作从手抓取重物，设定不同的力反馈比例后，通过拉力计向上拉主手腕关节，测出所需拉力即主手反馈力。拉力计的读数采集应在设定范围内缓慢稳定运动过程中进行，并重复测量3次，记录结果取三次数据的平均值。

在整个测量过程中，应锁定腕关节的旋转运动，所施加的力均与腕关节垂直，且保持在ZY平面内（见图A.1）。



图A.1 最大反馈力的测量

#### A. 4 机械手刚度的测量

##### A. 4. 1 基本原理

测量时从手应保持在水平方向，夹钳夹取极限负载下的重物，与从手保持在同一水平线上。

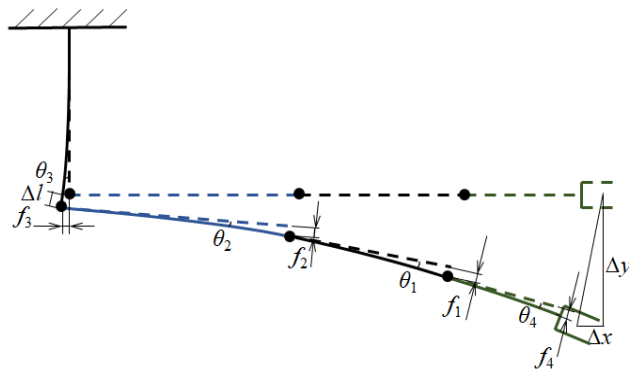
##### A. 4. 2 测量方法

A. 4. 2. 1 利用激光跟踪仪进行测量。

A. 4. 2. 2 空载下操作主从机械手处于水平状态，采用激光跟踪仪测量机械手末端位置。

A. 4. 2. 3 负载下操作主从机械手处于水平状态，采用激光跟踪仪测量机械手末端位置。

A. 4. 2. 4 获得机械手末端负载前后偏移量，再根据等腰三角形公式计算得到机械手转角，结果应 $\leq 5^\circ/10$  kg。



图A.2 机械手刚度的测量