

ICS 03.180  
CCS Y 51  
备案号 XXXXX—XXXX

JY

# 中华人民共和国教育行业标准

JY/T 0331—202x  
代替：JY/T 0331—1993

## 向心力实验器

Experimental Apparatus For Centripetal Force

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中华人民共和国教育部 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 分类和命名 .....	1
5 技术要求 .....	2
5.1 总体要求 .....	2
5.2 产品方案 .....	2
5.3 旋转臂 .....	2
5.4 专用砝码 .....	2
5.5 电机 .....	3
5.6 电源 .....	3
5.7 软件 .....	3
5.8 实验误差 .....	3
5.9 结构、外观和工艺 .....	4
5.10 环境试验 .....	4
6 试验方法 .....	4
6.1 外形尺寸 .....	4
6.2 力传感器 .....	4
6.3 旋转臂动平衡 .....	4
6.4 空载向心力 .....	4
6.5 专用砝码质量 .....	4
6.6 专用砝码形状和标志线 .....	4
6.7 专用砝码固定 .....	4
6.8 平衡物体产生的向心力 .....	5
6.9 电机工作电压和电流 .....	5
6.10 电机转速范围 .....	5
6.11 电源及接口 .....	5
6.12 软件 .....	5
6.13 实验误差 .....	5
6.14 结构、工艺和外观 .....	6
6.15 环境试验 .....	6
7 检验规则 .....	6
8 产品标识、标签、合格证、使用说明书 .....	8
9 包装、运输和贮存 .....	8
表 1 出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式 .....	6

## 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。

本文件代替 JY/T 0331—1993。除编辑性修改外，本文件主要技术变化如下：

- 增加了计算机显示和自带显示屏两类（见本文件 4.1）；
- 增加了计算机显示和自带显示屏的技术要求（见本文件 5）；
- 增加了计算机显示和自带显示屏的试验方法（见本文件 6）；
- 修改了实验误差的要求和试验方法（见本文件 5.8、6.13，JY/T 0331—1993 的 4.9、5.7）；
- 删除了悬挂式和滑杆式，按驱动方式分为手动式和电动式（见 JY/T 0331—1993，3.1）；
- 删除了按悬挂式和滑杆式、手动式和电动式的所有技术要求（见 JY/T 0331—1993，4）；
- 删除了按悬挂式和滑杆式、手动式和电动式的所有试验方法（见 JY/T 0331—1993，5）。

本文件由全国教育装备标准化技术委员会（SAC/TC125）提出。

本文件由全国教育装备标准化技术委员会（SAC/TC125）归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：

本文件历次版本发布情况为：

- JY/T 0331—1993。

# 向心力实验器

## 1 范围

本文件规定了向心力实验器的分类和命名、技术要求、试验方法、检验规则、标识、标签、包装、运输和贮存。

本文件适用于向心力实验器。

## 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 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
- JY/T 0001—2003 教学仪器设备产品一般质量要求
- JY/T 0002—2003 教学仪器设备产品的检验规则
- JY/T 0026—1991 教学仪器和教学设备产品型号命名办法
- JY/T 0213—2022 教学用非电工电子仪器环境试验
- JY/T 0361—1999 教学电源
- SJ/T 11530—2015 信息技术 开关型电源适配器通用规范

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 分类和命名

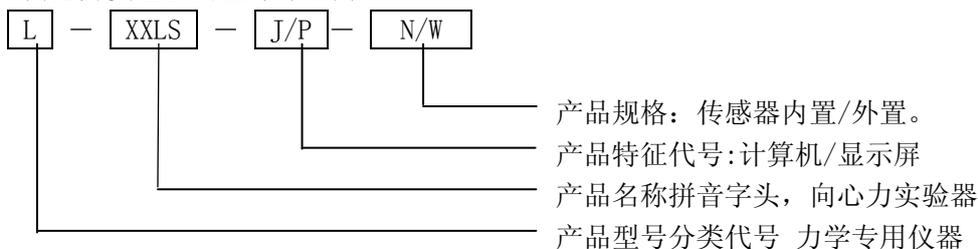
### 4.1 产品分类

按产品是否需要连接计算机，分为计算机显示和自带显示屏两类。

### 4.2 型号命名方法

产品命名按 JY/T 0026—1991 的规定。

向心力实验器的型号命名为：



型号示例：

L—XXLS—J—N：表示力学专用仪器，向心力实验器，计算机用，传感器内置。

L—XXLS—J—W：表示力学专用仪器，向心力实验器，计算机用，传感器外置。

L-XXLS-P-N: 表示力学专用仪器, 向心力实验器, 显示屏, 传感器内置。

L-XXLS-P-W: 表示力学专用仪器, 向心力实验器, 显示屏, 传感器外置。

## 5 技术要求

### 5.1 总体要求

5.1.1 作圆周运动物体的质量、半径和旋转速度都应能单独变化。

5.1.2 测量力和转速都应采用传感器。

### 5.2 产品方案

5.2.1 力传感器和转速传感器可采用外置或内置两种方案。

5.2.2 传感器示值可通过计算机(软件)显示, 或者通过与传感器专配的显示屏显示。

5.2.3 力传感器测量范围宜为 0N~20N, 分辨力 0.01N, 误差不大于 1%。

5.2.4 测转速传感器可采用:

——测量旋转臂挡光片(杆)通过时间;

——测量旋转臂旋转某个角度(或一周)的时间;

——测量旋转臂旋转单位时间内的旋转角度;

注 1: 旋转角度可用“度( $^{\circ}$ )”或者“弧度(rad)”为单位, 一周等于  $2\pi$  rad。

5.2.5 旋转臂应由电机驱动, 宜采用步进电机。

5.2.6 测速传感器的分辨力应是 0.01rad/s。

### 5.3 旋转臂

5.3.1 旋转臂长度范围宜为: 300mm~400mm, 长度中心为转轴。

5.3.2 旋转臂固定转动物体一侧和不固定转动物体侧都应有标尺:

a) 标尺零位在转轴中心;

b) 标尺分度值 1mm, 全长和任一分度值的允许误差为  $\pm 1.0$ mm;

c) 标尺的每 10mm 为长线, 5mm 为中线, 1mm 为短线;

5.3.3 未固定转动物体和平衡物体时, 旋转臂两侧应动平衡。

5.3.4 采用测量挡光片(杆)通过时间的测速方案, 挡光片宽度应便于测量或标明宽度, 并应为整数, 单位 mm。

5.3.5 在空载和最大转速时力传感器示值应不大于 0.2N。

### 5.4 专用砝码

5.4.1 专用砝码应有 5 种不同质量规格, 最小质量 10g, 最大质量 200g。各专用砝码质量应为整数克数, 质量误差应不大于 1%。质量值应标注在专用砝码上。专用砝码应有完全相同的 2 套。

注 1: 如果采用一个以上的物体拼合成不同质量, 则难以确定共同的质心, 无法准确测量转动半径。

注 2: 相同的两个转动物体用途: 一个用于测量向心力, 另一个用于旋转臂平衡。

5.4.2 转动物体应为圆柱体, 质心处有标志线, 标志线宽小于等于 1mm。

5.4.3 转动物体的固定可有不同方案:

——固定装置在专用砝码上, 固定装置的位置应在圆柱体中部, 两端对称; 固定装置的质量计入转动物体质量;

——固定装置在旋转臂上, 固定装置质量不计入转动物体, 但应符合 5.3.5。

5.4.4 平衡物体产生的向心力不应被力传感器测量到。

## 5.5 电机

5.5.1 应采用步进电机或直流电机驱动，宜采用步进电机。

5.5.2 电机额定工作电压范围宜为：DC 6 V~12V，工作电流不大于 1A。

5.5.3 电机转速应能连续调节，带动旋臂转速范围应为 5rad/s~30rad/s。显示的分辨力应为 0.01rad/s。

## 5.6 电源

5.6.1 电机电源可使用电源适配器，或者学生电源。

5.6.2 电源适配器应符合 SJ/T 11530—2015。

主要技术指标：

——输入特征：按 SJ/T 11530—2015 第 4.2.1 条表 1 的 1 级；

——输出特征：符合 SJ/T 11530—2015 第 4.2.2 条；输出电压范围，应与电机额定电压一致。

5.6.3 电源适配器应通过 3C 认证。

5.6.4 电源适配器应使用外径 5.5mm，内孔径 2.5mm 的插头，外负内正。

5.6.5 学生电源应符合 JY/T 0361—1999。

使用学生电源时应使用接插两用内孔径 4mm 的接线柱，标明正负极，电压应与电机额定电压相配。

5.6.6 自带显示屏的传感器电源应使用电池。

## 5.7 软件

5.7.1 使用计算机数据采集系统的产品应有专用软件。

5.7.2 软件应能支持 Windows 操作系统与 Android 操作系统，能安装在计算机或移动手持设备上使用。

5.7.3 软件应不产生对计算机或手持设备系统的任何负面影响，不修改操作系统的重要文件。能自动安装，操作有提示。

5.7.4 软件应具有易学性、易懂性、易操作性。

5.7.5 软件应有如下基本功能：

——记录并显示力和转速测量值，分辨力符合 5.2.3、5.2.6；

——手动输入同一次实验的转动半径和砝码质量数据，应明确数量的单位；

——具有计算公式编辑功能，能根据输入的公式对所采集的数据进行计算：

——测量数据为旋转臂挡光片通过时间：

换算成线速度，按  $F = m \frac{v^2}{r}$  计算；

——测量数据为旋转臂旋转某个角度（或一周）的时间：

换算为角速度，时间  $t$  内转过  $\alpha$  角，角度换算为弧度，按  $F = m\omega^2 r$  计算；一周为  $2\pi$  弧度；

——旋转臂转速（r/min，或 r/s）：

同“测量数据为旋转臂旋转某个角度（或一周）的时间”。

5.7.6 软件宜有绘制坐标图线功能，按设置要求绘制向心力与半径、质量、角速度、角速度倒数的关系图线。

## 5.8 实验误差

按以下步骤实验：

- a) 在不加载专用砝码时按本次实验所需的转速，试验力传感器的示值  $F_0$ ；  
注：或者此时将力传感器校零，如果采用校零，则  $F_0=0$ 。
- b) 加载专用砝码后按相同的转速，由力传感器测量得到  $F_{测}$ ， $F_{测}-F_0$  作为本次实验测力的基准；
- c) 按向心力公式，根据质量、转速和半径计算向心力值  $F$ ， $\frac{F-(F_{测}-F_0)}{F_{测}-F_0}$  应不大于 5%。

## 5.9 外观和工艺

外观和工艺，应符合 JY/T 0001—2003 第 6.4、6.7、6.9、6.11、6.12、6.14、6.15、6.16、6.18、6.19、6.21、6.23、6.24、6.27、7.1、7.2、7.3、7.4.2、7.6、7.7、7.9 条。

## 5.10 环境试验

按 JY/T 0213—2022 第 5.1 条温度、湿度、正弦振动和包装状态下自由跌落试验。

# 6 试验方法

## 6.1 外形尺寸

旋转臂长用钢直尺测量。

标尺用分度值为 1mm 的钢直尺比对，用放大镜观察首端线纹对齐，末端误差不大于  $\pm 0.5\text{mm}$ 。

## 6.2 力传感器

把力传感器固定在支架上，校零。用 M3 级 500g、1kg、2kg 砝码试验 4.9N、9.8N、19.6N 三点。误差应符合 5.2.3。

## 6.3 旋转臂动平衡

在正常工作状态，使主支架旋转  $90^\circ$ （使旋转臂能在竖直平面内旋转）。不装专用砝码和平衡物体，使旋转臂在水平位置。旋转臂不应因重力自动旋转。

## 6.4 空载向心力

使实验器在正常工作状态，不装专用砝码，在最大转速时测量力传感器示值，应不大于 0.2N。

## 6.5 专用砝码质量

使用检定分度值不大于其质量允差 1/5 的  $\text{O}_9$  级或  $\text{O}_{10}$  天平称量，应符合 5.4.1。

## 6.6 专用砝码形状和标志线

在标志线处栓一细线吊起，转动物体应位于水平状态。

用读数显微镜测量标志线宽度，应符合 5.4.2。

## 6.7 专用砝码固定

感观检验。

## 6.8 平衡物体产生的向心力

在旋转臂的测力侧不装专用砝码，在旋转臂的平衡侧装任一专用砝码，启动电机，在任意转速时力传感器的示值应与不装平衡物体时相同。

## 6.9 电机工作电压和电流

用 4—1/2 位数字电表测量。

## 6.10 电机转速范围

分别调到最小和最大转速，用测速传感器测量。

## 6.11 电源及接口

电源适配器技术指标按 SJ/T 11530—2015 第 5 章。

接口内外径用游标卡尺测量。

其余用感观检验。

## 6.12 软件

6.12.1 由二名非计算机人员的物理教师安装软件，应符合 5.7.1~5.7.4。

输入公式应符合 5.7.5。绘制图线应符合 5.7.6。

6.12.2 由二名已学过向心力内容但未做过本实验的高中学生使用软件，应能顺利操作。

## 6.13 实验误差

按下列步骤操作：

- a) 按 5.8 a) 测量空载向心力  $F_0$ ；
- b) 加载专用砝码在某一半径处；
- c) 在旋转臂的另一侧相同半径处安装质量相同的平衡物体；
- d) 在某一转速测量向心力  $F$ ；
- e) 计算转速：

——测量数据为挡光时间  $t$  [单位为秒(s)]；

——测量挡光片宽度  $b$  [单位为毫米(mm)，换算为米(m)]；

——线速度为  $v = \frac{b}{t}$  [单位为米每秒(m/s)]；

——测量数据为旋转臂旋转某个角度  $\alpha$  或一周[单位为(角)度( $^\circ$ )，一周即  $360^\circ$ ]的时间  $t$ ，单位为秒(s)，换算为角速度：

——角度换算为弧度： $\frac{\alpha}{180} \times \pi$  [单位为弧度(rad)]，角速度为  $\frac{\alpha}{180t} \times \pi$  [单位为弧度每秒(rad/s)]，一周为  $2\pi$  弧度(rad)；

——测量数据为转每秒(r/s)或转每分(r/min)，换算为弧度每秒(rad/s)，旋转一周等于  $2\pi$  弧度(rad)，1分(min)=60秒(s)。

f) 计算向心力：

转速为线速度的，按按(1)式计算，转速为角速度的，按(2)式计算：

$$F = m \frac{v^2}{r} \dots\dots\dots (1)$$

$$F = m\omega^2 r \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $F$  ——向心力实验计算值，单位为牛顿（N）；
- $m$  ——转动物体质量，单位为千克（kg）；
- $v$  ——转动线速度，单位为米每秒（m/s）；
- $\omega$  ——转动角速度，单位为弧度每秒（rad/s）
- $r$  ——转动半径，单位为米（m）。

g) 计算误差，按（3）式计算：

$$\delta = \frac{F - (F_{测} - F_0)}{F_{测} - F_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $\delta$  ——向心力实验相对误差，无单位；
- $F$  ——向心力实验（1）、（2）式计算值，单位为牛顿（N）；
- $F_{测}$  ——力传感器实测值，单位为牛顿（N）；
- $F_0$  ——相同转速的空载向心力，单位为牛顿（N）。

h) 更换不同质量、不同半径、不同转速的条件，试验三次。  
各次试验的相对误差  $\delta$  都应不大于 5%。

#### 6.14 结构、外观和工艺

感官检验。

电源适配器通过 3C 认证检查认证标志和证书。

#### 6.15 环境试验

按 JY/T 0213—2022 第 6.1、6.2、6.3、6.12。

### 7 检验规则

#### 7.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验。

#### 7.2 检验项目

出厂检验和型式检验的检验项目和检验方式按表 1。

表 1 出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式

项目序号	检验内容	技术要求条文号	试验方法条文号	出厂检验	型式检验	缺陷分类
1	使用力传感器和测速传感器	5.1.2、5.2.2、5.2.6	6.14	○	▲	A
2	力传感器	5.2.3	6.2	●	▲	A
3	测速传感器测量方式	5.2.4	6.14	○	▲	A
4	电机驱动	5.2.5、5.5.1	6.14	○	▲	A

表 1（续）出厂检验和型式检验的检验项目及检验方式

项目序号	检验内容	技术要求 条文号	试验方法 条文号	出厂检验	型式检验	缺陷分类
5	旋转臂	5.3.1、5.3.3	6.1、6.3	●	▲	A
6	标尺	5.3.2	6.1、6.13	○	▲	A
7	空载向心力	5.3.5	6.4	●	▲	A
8	<b>专用砝码</b>					
8.1	专用砝码质量	5.4.1	6.5	○	▲	A
8.2	专用砝码形状和标志线	5.4.2	6.6	○	▲	A
8.3	专用砝码固定	5.4.3	6.7	○	▲	A
8.4	平衡物体产生的向心力	5.4.4	6.8	○	▲	A
9	<b>电机</b>					
9.1	电机工作电压电流	5.5.2	6.9	●	▲	A
9.2	电机转速范围	5.5.3	6.10	○	▲	A
10	<b>电源</b>					
10.1	电机电源	5.6.1、5.6.2 5.6.3、5.6.4	6.11、6.14	○	▲	A
10.2	电源接口	5.6.4、5.6.5	6.11	○	▲	A
10.3	自带显示屏的传感器电源	5.6.6	6.11	○	▲	A
11	<b>软件</b>					
11.1	软件基本要求	5.7.1~5.7.4	6.12	○	▲	A
11.2	软件功能	5.7.5、5.7.6	6.12.1、 6.12.2	○	▲	A
12	实验误差	5.8	6.13	○	▲	A
13	结构	5.1、5.2.1、 5.2.4、5.2.5、 5.3.4、5.5.1	6.14	○	▲	A
14	外观和工艺	5.9	6.14	●	▲	B
15	环境试验	5.10	6.15	—	▲	B
注：表中“●”表示全数检验项目；“○”表示抽样检验项目；“▲”表示应检项目，“—”表示不作检验项目。						

### 7.3 组批规则与抽样方法

7.3.1 出厂检验按交货自然批组批，型式检验按库存数组批。

7.3.2 出厂检验和型式检验的抽样方法按 JY/T 0002。

7.3.3 出厂检验时先对全数检验项目作检查，在全数检验项目合格品种抽样，对抽检项目检验。

### 7.4 不合格的判定

7.4.1 抽样检验的判定按 JY/T 0002—2003 第 4.2 条。

7.4.2 单件样品不合格判据按 JY/T 0002—2003 第 4.3 条。

其中外观、其它功能和其它性能指标的累计不合格判定数为 2 以上（含 2）。

7.4.3 对全数检验项目检验时按单件样品不合格判据判定。

## 7.5 复检规则

7.5.1 不合格批、品可以经过返修后再次提交检验。

7.5.2 如果造成批不合格的原因为抽样检验项目，则在复检时该项目应按 GB/T 2828.1—2012 第 9.3 条执行转移规则，按加严检验，一次抽样方案，一般检查水平 III，AQL 值为 2.5。

## 8 产品标识、标签、合格证、使用说明书

计算机用的向心力实验器应有如下提示：“传感器必须与计算机实验数据采集系统由同一厂家生产，并且版本相同，避免不兼容。”

自带显示屏的向心力实验器应有如下提示：显示屏禁止进水。

传感器应注明版本号。

电源接口应标明电压值和正负极。

易损件应有备件。

使用说明书中应说明传感启动测量范围、分度值和基本误差。

使用说明书中应说明：实验时向心力的最大值不应大于力传感器的最大测量值，最小值不应小于传感器的基本误差的 3 倍。当传感器基本误差是用引用误差（即满度值的百分比）表示时，应说明绝对误差的计算方法。

其余应符合 JY/T 0001—2003 第 11 章。

## 9 包装、运输和贮存

应符合 JY/T 0001—2003 第 12 章。

---