

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1196—2025

---

## 机动车转向盘转向力-转向角 检测仪校准规范

Calibration Specification for Steering Force-steering Angle  
Detectors for Steering Wheels of Motor Vehicles

2025-03-27 发布

2025-09-27 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

# 机动车转向盘转向力-转向角

## 检测仪校准规范

Calibration Specification for Steering

Force-steering Angle Detectors for Steering

Wheels of Motor Vehicles

JJF 1196—2025

代替 JJF 1196—2008

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会

主要起草单位：河南省计量测试科学研究院

江西省计量测试研究院

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

石家庄华燕交通科技有限公司

上海西派埃自动化仪表工程有限责任公司

山东赛格测试仪器有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

张奇峰（河南省计量测试科学研究院）

管 锐（江西省计量测试研究院）

秦国君（河南省计量测试科学研究院）

**参加起草人：**

郑晓晓（上海市计量测试技术研究院）

邸建辉（石家庄华燕交通科技有限公司）

蒋宇晨（上海西派埃自动化仪表工程有限责任公司）

邱 峰（山东赛格测试仪器有限公司）

# 目 录

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 引言 .....                          | ( II ) |
| 1 范围 .....                        | ( 1 )  |
| 2 引用文件 .....                      | ( 1 )  |
| 3 术语和计量单位 .....                   | ( 1 )  |
| 3.1 术语 .....                      | ( 1 )  |
| 3.2 计量单位 .....                    | ( 1 )  |
| 4 概述 .....                        | ( 1 )  |
| 5 计量特性 .....                      | ( 2 )  |
| 5.1 转向力（或力矩） .....                | ( 2 )  |
| 5.2 转向角 .....                     | ( 2 )  |
| 6 校准条件 .....                      | ( 2 )  |
| 6.1 环境条件 .....                    | ( 2 )  |
| 6.2 测量标准及其他设备 .....               | ( 2 )  |
| 7 校准项目和校准方法 .....                 | ( 3 )  |
| 7.1 校准前准备 .....                   | ( 3 )  |
| 7.2 转向力（或力矩）的校准 .....             | ( 3 )  |
| 7.3 转向角的校准 .....                  | ( 5 )  |
| 8 校准结果的表达 .....                   | ( 6 )  |
| 9 复校时间间隔 .....                    | ( 6 )  |
| 附录 A 砝码法转向力（或力矩）校准专用装置 .....      | ( 7 )  |
| 附录 B 测力仪法转向力（或力矩）校准专用装置 .....     | ( 8 )  |
| 附录 C 扭矩仪法转向力（或力矩）校准装置 .....       | ( 9 )  |
| 附录 D 常用转向盘力角仪 .....               | ( 10 ) |
| 附录 E 转向盘力角仪示值误差的测量不确定度评定示例 .....  | ( 12 ) |
| 附录 F 转向盘力角仪校准记录参考格式 .....         | ( 18 ) |
| 附录 G 机动车转向盘转向力-转向角检测仪证书内页格式 ..... | ( 20 ) |

# 引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

GB/T 34592—2017《汽车转向盘转向力-转向角检测仪》对汽车转向盘转向力-转向角检测仪计量性能提出了相关要求，本规范主要参考了 GB/T 34592—2017《汽车转向盘转向力-转向角检测仪》进行修订，与 JJF 1196—2008 相比除了编辑性修改外，主要修改如下：

——修改了规范名称，将“机动车方向盘转向力-转向角检测仪”修改为“机动车转向盘转向力-转向角检测仪”；

——增加了引言部分（见引言）；

——增加了引用文件的内容（见第 2 章）；

——修改了机动车转向盘转向力-转向角检测仪的转向力的测量范围（见 5.1.1）；

——修改了机动车转向盘转向力（力矩）的示值误差要求（见 5.1.2）；

——修改了机动车转向盘转向力（力矩）的重复性要求（见 5.1.3）；

——删除了鉴别力的要求。

——修改“漂移”为“仪器漂移”（见 5.1.5、5.2.5）；

——修改“分度值”为“显示装置分辨力”（见 5.1.4、5.2.4）；

——调整了机动车转向盘转向角的校准点（见 7.2.2）；

——修改了机动车转向盘转向角的示值误差要求（见 5.2.2）；

——修改了机动车转向盘转向角重复性要求（见 5.2.3）；

——修改了转向力、转向角的重复性计算方法（见 7.1.3、7.2.3）；

——删除了校准用器具中的数字多用表；

——增加了常用汽车转向盘转向力-转向角检测仪（圆盘型、T 型）介绍（见附录 D）；

——增加了机动车转向盘转向力-转向角检测仪转向角的不确定度评定和机动车转向盘转向力-转向角检测仪转向力矩的不确定度评定（见附录 E）；

——增加了机动车转向盘转向力-转向角检测仪校准原始记录参考格式（见附录 F）；

——增加了机动车转向盘转向力-转向角检测仪证书内页格式（见附录 G）。

本规范历次版本发布情况为：

——JJF 1196—2008。

# 机动车转向盘转向力-转向角 检测仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于机动车转向盘转向力-转向角检测仪（又称机动车方向盘转向力-转向角检测仪，以下简称“转向盘力角仪”）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 34592—2017 汽车转向盘转向力-转向角检测仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和计量单位

GB/T 34592—2017 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

### 3.1 术语

#### 3.1.1 转向盘转向力 steering force

操纵转向盘转向时，作用在转向盘外缘的切向力。

[来源：GB/T 34592—2017，3.1]

#### 3.1.2 转向盘转向力矩 steering torque

操纵转向盘转向时，转向盘转向力相对于转轴的力矩。

[来源：GB/T 34592—2017，3.2]

#### 3.1.3 转向盘转向角 steering angle

操纵转向盘转向时，转向盘绕其转轴的转动角度。

[来源：GB/T 34592—2017，3.3]

### 3.2 计量单位

转向盘力角仪所使用的计量单位：

转向力：牛〔顿〕（N）；转向力矩：牛〔顿〕米（Nm）；转向角：度（°）。

## 4 概述

转向盘力角仪是用来测量汽车、拖拉机和其轮式车辆转向盘（方向盘）的操纵力及转动角度的仪器，通常由机械构件、力（力矩）传感器、角度传感器、显示单元、通信接口、采集系统等部分组成。转向力（或力矩）通过力（力矩）传感器输出电信号，并传输给采集系统，经信号处理后，显示出检测结果；转向角通过角度传感器输出电信号，并传输给采集系统，经信号处理后，显示出检测结果。

## 5 计量特性

### 5.1 转向力（或力矩）

#### 5.1.1 显示装置分辨力

转向力：不大于 1 N；

转向力矩：不大于 0.2 Nm。

#### 5.1.2 仪器漂移

仪表的变化量在 10 min 内不大于 2 N 或 0.4 Nm。

#### 5.1.3 测量范围

转向力：(0~500) N（顺时针为正，逆时针为负）；

转向力矩：(0~100) Nm。

#### 5.1.4 示值误差

示值误差不超过  $\pm 2\%$ 。

#### 5.1.5 重复性

重复性不大于 2%。

### 5.2 转向角

#### 5.2.1 显示装置分辨力

分辨力不大于  $1^\circ$ 。

#### 5.2.2 仪器漂移

仪表的变化量在 10 min 内不大于  $2^\circ$ 。

#### 5.2.3 测量范围

顺、逆时针旋转均不小于  $50^\circ$ （顺时针为正、逆时针为负）；对用于汽车试验、并带有信号输出端口的转向盘力角仪应不小于  $1\ 080^\circ$ 。

#### 5.2.4 示值误差

示值误差不超过  $\pm 2^\circ$ 。

#### 5.2.5 重复性

重复性不大于  $2^\circ$ 。

注：本规范中的计量特性不作为合格性判据，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

——环境温度：(0~40)℃；

——相对湿度： $\leq 85\%$ 。

### 6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

| 序号                                           | 标准计量器具 | 主要性能指标及要求                            |
|----------------------------------------------|--------|--------------------------------------|
| 1                                            | 砝码     | M <sub>2</sub> 等级千克组砝码（10 kg 砝码 5 个） |
| 2                                            | 测力仪    | 测量范围为（0~500）N，0.5 级                  |
| 3                                            | 角度测量仪  | 测量范围：（0°~360°）；最大允许误差：±30′           |
| 4                                            | 游标卡尺   | 测量范围：（0~500）mm；最大允许误差：±0.05 mm       |
| 5                                            | 扭矩仪    | 测量范围为（0~100）Nm，0.5 级                 |
| 注：转向力（力矩）校准需具备 1、2 和 5 其中一个，4 必备；转向角校准 3 必备。 |        |                                      |

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准前准备

按照转向盘力角仪说明书要求开机预热，同时对使用的测力仪进行预热。

### 7.2 转向力（或力矩）的校准

#### 7.2.1 显示装置分辨力

给转向盘力角仪施加转向力观测转向力（力矩）显示仪表，其显示示值末位数字一个数码间隔的量即为显示装置的分辨力。

#### 7.2.2 仪器漂移

将转向力（力矩）调零，观测 10 min，每隔 5 min 记录一次读数。各次读数的最大值作为校准量结果。

#### 7.2.3 示值误差

##### 7.2.3.1 转向力

用砝码校准法校准时，将转向盘力角仪安装在校准装置上，转向盘力角仪的旋转平面应处于铅垂位置（见附录 A）。

用测力仪校准法校准时，将转向盘力角仪安装在校准装置上，应保证在校准时测力仪的力作用线处于被校转向盘力角仪同一旋转平面，且与被校转向盘力角仪的盘缘切线方向一致（见附录 B）。

分别按照顺时针和逆时针旋转方向分别校准，在每个方向校准前预加载至满量程 3 次，同时观察示值是否满足测量范围的要求。取约为满量程（或实际使用最大量程）的 20%、40%、60%、80%、100% 的 5 个点作为转向力测量点，调零后逐点对转向盘力角仪加载（在校准的连续加载过程中不得卸载），重复测量 3 次；按公式（1）分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的示值误差。

$$\delta_{F,i} = \frac{\overline{X}_i - F_i}{F_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\delta_{F,i}$ ——第  $i$ （ $i=1、2、3、4、5$ ）测量点转向力示值误差；

$\overline{X}_i$ ——第  $i$  测量点转向盘力角仪的 3 次测量示值的平均值，N；

$F_i$  ——第  $i$  测量点加载的标准力值（用砝码校准时应按照当地重力加速度计算标准力值），N。

### 7.2.3.2 转向力矩

#### a) 组合校准

用游标卡尺测量转向盘力角仪（仅限于圆盘式，见附录 D）盘缘两个相互垂直的直径  $D_1$  和  $D_2$ 。按照顺时针和逆时针旋转方向分别校准，在每个方向校准前预加载至满量程 3 次，同时观察示值是否满足测量范围的要求。取约为满量程（或实际使用最大量程）的 20%、40%、60%、80%、100% 的 5 个点作为规定的转向力矩测量点，调零后逐点对转向盘力角仪加载（在校准的连续加载过程中不得卸载），重复测量 3 次；按公式（2）分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的示值误差。

$$\delta_{M,i} = \frac{\overline{M}_i - f_i \cdot (D_1 + D_2)/4}{f_i \cdot (D_1 + D_2)/4} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\delta_{M,i}$  ——第  $i$ （ $i=1、2、3、4、5$ ）测量点转向力矩示值误差；

$\overline{M}_i$  ——第  $i$  测量点转向盘力角仪的 3 次测量示值的平均值，Nm；

$f_i$  ——第  $i$  测量点加载的标准值（用砝码校准时应按照当地重力加速度算标准力值），N；

$D_1、D_2$  ——转向盘力角仪盘缘两个相互垂直的直径，m。

#### b) 扭矩仪校准

用扭矩仪校准时，被校转向盘力角仪转轴应与扭矩仪的传感器刚性同轴联接（见附录 C）。

按照顺时针和逆时针旋转方向分别校准，在每个方向校准前预加载至满量程 3 次，同时观察示值是否满足测量范围的要求。取约为满量程（或实际使用最大量程）的 20%、40%、60%、80%、100% 的 5 个点作为转向力矩测量点逐点对转向盘力角仪加载力矩（在校准的连续加载过程中不得卸载），重复测量 3 次，按公式（3）分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的示值误差。

$$\delta_{M,i} = \frac{\overline{M}_i - M_{si}}{M_{si}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$M_{si}$  ——第  $i$  测量点加载的标准力矩值，Nm。

### 7.2.4 重复性

#### 7.2.4.1 转向力

在 7.2.3.1 转向力示值误差校准的基础上，按公式（4）分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的重复性。

$$r_{F,i} = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{\overline{X}_i \cdot C} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$r_{F,i}$  ——第  $i$ （ $i=1、2、3、4、5$ ）测量点转向力示值重复性；

$X_{i\max}$  ——第  $i$  测量点转向力 3 次测量示值中的最大值, N;

$X_{i\min}$  ——第  $i$  测量点转向力 3 次测量示值中的最小值, N;

$\overline{X}_i$  ——第  $i$  测量点转向力 3 次测量示值的平均值, N;

$C$  ——极差系数, 取 1.69。

#### 7.2.4.2 转向力矩

在 7.2.3.2 转向力矩示值误差校准的基础上, 按公式 (5) 分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的重复性。

$$r_{M,i} = \frac{M_{i\max} - M_{i\min}}{\overline{M}_i \cdot C} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

$r_{M,i}$  ——第  $i$  ( $i=1、2、3、4、5$ ) 测量点转向力矩示值重复性;

$M_{i\max}$  ——第  $i$  测量点转向力矩 3 次测量示值中的最大值, Nm;

$M_{i\min}$  ——第  $i$  测量点转向力矩 3 次测量示值中的最小值, Nm;

$\overline{M}_i$  ——第  $i$  测量点转向力矩 3 次测量示值的平均值, Nm;

$C$  ——极差系数, 取 1.69。

#### 7.3 转向角的校准

##### 7.3.1 显示装置分辨力

转动转向盘力角仪观察转向角显示仪表, 其角度显示末位数字一个数码间隔的量即为显示装置的分辨力。

##### 7.3.2 仪器漂移

将角度显示调零, 观测 10 min, 每隔 5 min 记录一次读数。各次读数的最大值作为校准量结果。

##### 7.3.3 示值误差

分别取顺时针和逆时针旋转方向的  $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $25^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $50^\circ$  作为测量点, 对用于汽车试验并带有信号输出端口的转向盘力角仪分别取  $0^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $720^\circ$ 、 $1\ 080^\circ$  作为测量点, 逐点旋转转向盘力角仪, 分别读取标准角度测量仪、转向盘力角仪角度的相应示值, 重复测量 3 次; 在旋转至  $50^\circ$  或  $1\ 080^\circ$  转向角测量点时查看其示值是否满足测量范围的要求。按公式 (6) 分别计算顺时针和逆时针旋转方向相应各点的示值误差。

$$\Delta_{ai} = \overline{\alpha}_i - \overline{\beta}_i \quad (6)$$

式中:

$\Delta_{ai}$  ——第  $i$  ( $i=1、2、3、4、5$ ) 测量点转向角示值误差, ( $^\circ$ );

$\overline{\alpha}_i$  ——第  $i$  测量点转向盘力角仪示值的算术平均值 (对用于汽车试验并带有信号输出端口的转向盘力角仪, 应将端口输出信号量按产品说明书给出的转换系数转换为相应的角度值), ( $^\circ$ )。

$\overline{\beta}_i$  ——第  $i$  测量点标准角度测量仪示值, ( $^\circ$ )。

##### 7.3.4 重复性

在 7.3.2 示值误差校准的基础上, 按公式 (7) 分别计算顺时针和逆时针旋转方向

相应各点的重复性。

$$r_{\alpha_i} = \frac{\alpha_{i\max} - \alpha_{i\min}}{C} \quad (7)$$

式中：

$r_{\alpha_i}$  ——第  $i$  ( $i=1、2、3、4、5$ ) 测量点转向角示值重复性, (°)；

$\alpha_{i\max}$  ——第  $i$  测量点 3 次测量示值中的最大值, (°)；

$\alpha_{i\min}$  ——第  $i$  测量点 3 次测量示值中的最小值, (°)；

$C$  ——极差系数, 取 1.69。

## 8 校准结果的表达

转向盘力角仪校准后出具校准证书, 校准证书信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求, 校准证书内页格式参照附录 G。转向盘力角仪示值误差测量不确定度评定的示例见附录 E。

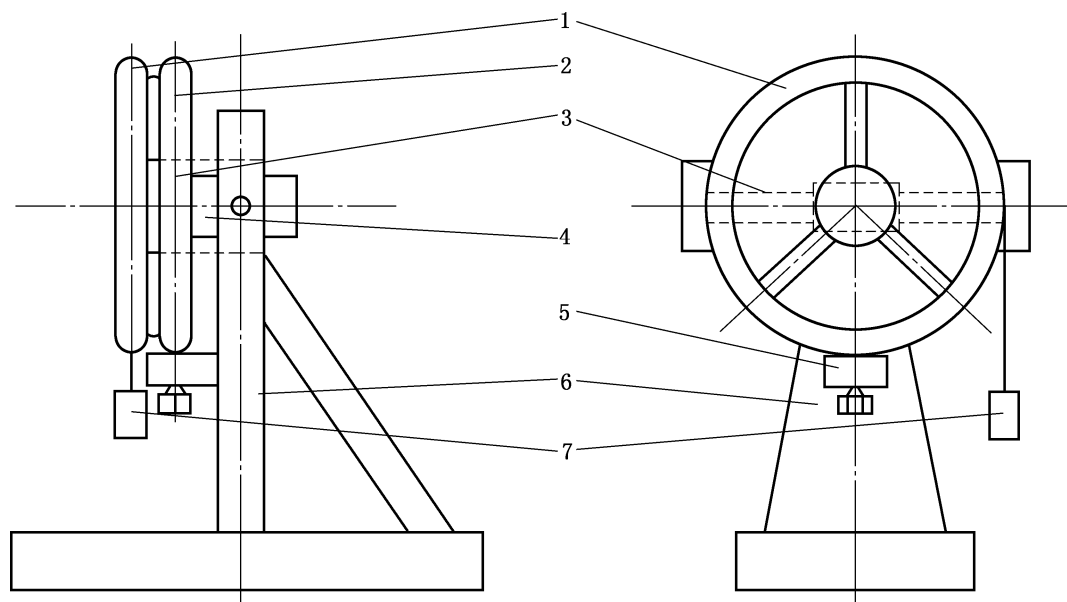
## 9 复校时间间隔

转向盘力角仪复校时间间隔建议一般不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 砝码法转向力（或力矩）校准专用装置

砝码法转向力（或力矩）校准专用装置如图 A.1 所示。



1—被校转向盘力角仪（圆形）；2—转向盘连接器；3—被校转向盘力角仪（拉力式）；  
4—角位移传感器；5—转向盘式连接器定位机构；6—专用底座；7—砝码

图 A.1 砝码法校准（及转向角校准）专用装置示意图

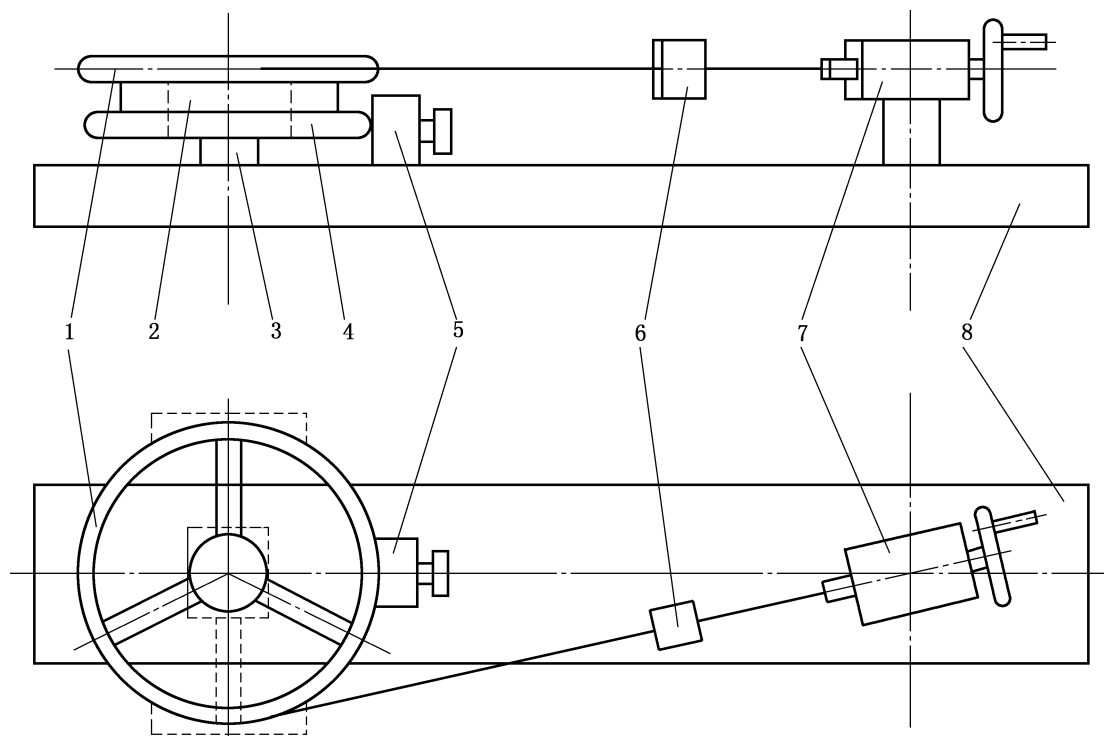
砝码法转向力（或力矩）校准专用装置结构应满足以下要求：

- a) 被校转向盘力角仪安置在专用装置上，加载最大砝码时应稳定可靠；其旋转平面应处于铅垂位置；
- b) 加载砝码时，力作用线应处于转向盘力角仪旋转平面中，且与转向盘力角仪盘缘切线方向保持一致。

## 附录 B

## 测力仪法转向力（或力矩）校准专用装置

测力仪法转向力（或力矩）校准专用装置如图 B.1 所示。



1—被校转向盘力角仪（圆形）；2—被校转向盘力角仪（拉式）；3—角位移传感器；  
4—转向盘联结器；5—转向盘式联结器定位机构；6—拉力传感器；7—加力机构；8—专用底座

图 B.1 测力仪法校准（及转向角校准）专用装置示意图

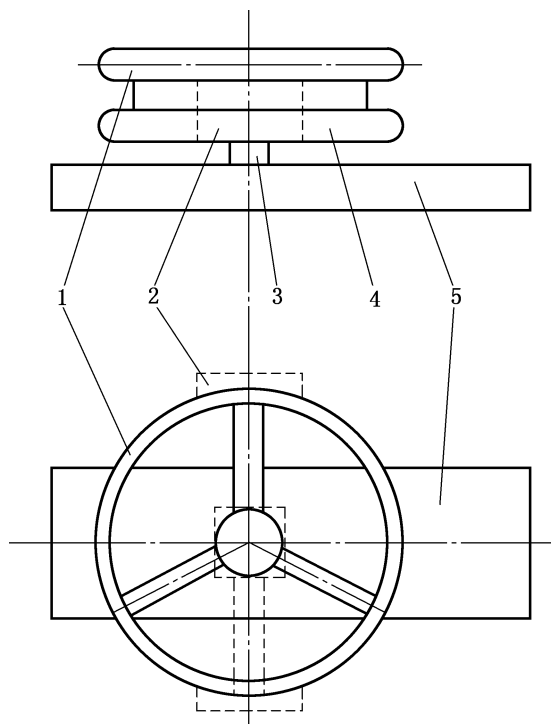
测力仪法转向力（或力矩）校准专用装置结构应满足以下要求：

- a) 被校转向盘力角仪安置在专用装置上，加载最大作用力时应稳定可靠，且其旋转平面不发生偏斜；
- b) 加力作用线应与测力仪一致，并处于转向盘力角仪旋转平面中，且处于转向盘力角仪盘缘切线方向。

## 附录 C

## 扭矩仪法转向力（或力矩）校准装置

扭矩仪法转向力（或力矩）校准装置如图 C.1 所示。



1—被校转向盘力角仪（圆形）；2—被校转向盘力角仪（拉式）；  
3—扭矩传感器（角位移传感器）；4—转向盘式联结器；5—专用底座

图 C.1 扭矩仪法校准（及转向角校准）专用装置示意图

扭矩仪法转向力（或力矩）校准装置结构应满足以下要求：

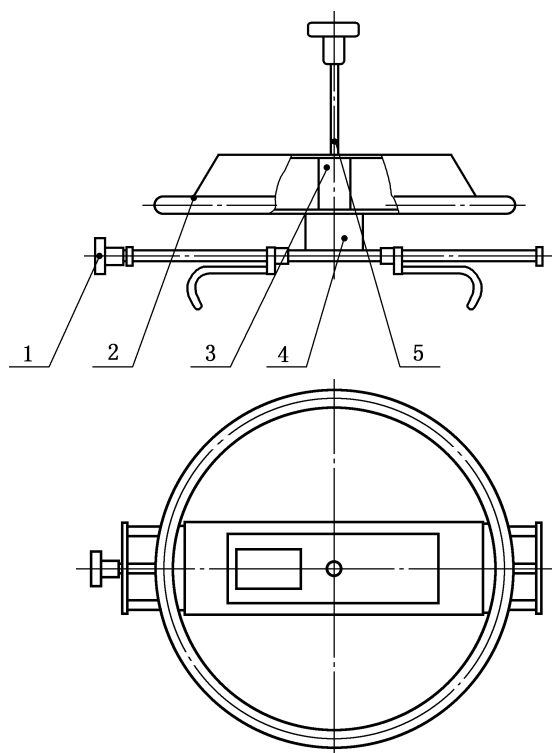
- a) 被校转向盘力角仪安置在专用装置上，加载最大作用扭矩时也应可靠稳定，且加载最大作用扭矩时其旋转平面不发生偏斜；
- b) 专用装置应保证被校转向盘力角仪转轴与扭矩仪的传感器刚性同轴联接，并与转向盘力角仪旋转平面垂直。

## 附录 D

## 常用转向盘力角仪

## D.1 圆盘型转向盘力角仪

圆盘型转向盘力角仪如图 D.1 所示。



1—转向盘卡具；2—转盘；3—力传感器；4—角传感器；5—定位杆

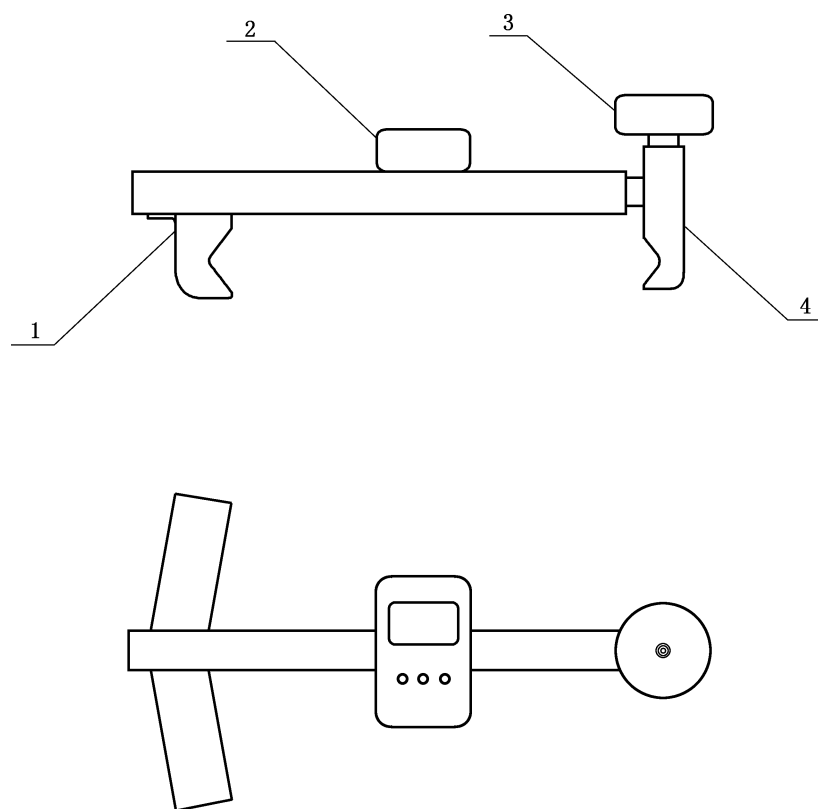
图 D.1 圆盘型转向盘力角仪示意图

工作原理：

利用转向盘卡具将转向盘力角仪固定到被检车辆的转向盘上，将定位杆一端固定到转向盘力角仪角度测量定位位置上，另一端固定到被检车辆的前挡玻璃（或其他适当位置）上，旋转转向盘力角仪转盘，此时力传感器、角传感器输出电信号，并传输给采集系统，经信号处理后，显示出测试结果，从而测得转向盘转向力和转向角。

## D.2 T型转向盘力角仪

T型转向盘力角仪如图 D.2 所示。



1—可伸缩固定支架；2—仪表；3—操作手轮；4—力传感器

图 D.2 T 型转向盘力角仪示意图

工作原理：

通过转向盘锁紧机构将转向盘力角仪卡在转向盘上，力传感器测量施加在转向盘上的切向力，由于力传感器位于转向盘的外缘，可直接测得转向盘的切向力；角度的测量使用角度传感器，可准确地测量转向盘的转角。结果可通过通信接口方式传送到上位机。

## 附录 E

## 转向盘力角仪示值误差的测量不确定度评定示例

## E.1 转向力示值误差的测量不确定度评定

## E.1.1 测量模型

采用测力仪校准法校准转向盘力角仪转向力，在专用校准装置上安置被校转向盘力角仪，通过转向盘外缘切线方向上加载不同的标准力值进行测量。被校转向盘力角仪转向力示值误差的测量模型为

$$\delta = \frac{\bar{X} - F}{F} = \frac{\bar{X}}{F} - 1 \quad (\text{E. 1})$$

式中：

$\delta$ ——转向盘力角仪转向力示值误差；

$\bar{X}$ ——被校转向盘力角仪转向力平均值，N；

$F$ ——加载点标准值，N。

当  $X$  和  $F$  的标准不确定度互不相关时，由不确定度传播律得：

$$u_c^2(\delta) = c_{\bar{X}}^2 \times u^2(\bar{X}) + c_F^2 \times u^2(F) \quad (\text{E. 2})$$

其中灵敏系数： $c_{\bar{X}} = \frac{1}{F}$

$$c_F = -\frac{\bar{X}}{F^2}$$

## E.1.2 输入量的不确定度来源

a) 被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度  $u(\bar{X})$ ：

1) 由测量结果重复性引入的不确定度  $u_1(\bar{X})$ ；

2) 由转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\bar{X})$ 。

b) 由标准测力仪引入的不确定度  $u(F)$ 。

## E.1.3 输入量的标准不确定度的评定

E.1.3.1 被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度  $u(\bar{X})$ 

1) 由测量结果重复性引入的不确定度  $u_1(\bar{X})$

测量结果重复性引入的不确定度可以通过重复测量得到的测量列，采用 A 类方法进行评定。在标准装置及被校准转向盘力角仪正常工况条件下，在加载 200 N 测量点时等精度重复测量 10 次，测量数据列入表 E.1。

表 E.1 转向力示值测量数据

| 次数    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 测量值/N | 199 | 198 | 198 | 200 | 200 | 199 | 198 | 201 | 199 | 202 |

单次测量实验标准差  $s(X)$  为

$$s(X) = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \approx 1.34 \text{ N}$$

实际测量时，在每个测量点读取 3 次示值，取其平均值作为测量结果。故测量结果重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(\bar{X}) = s(X) / \sqrt{3} \approx 0.78 \text{ N}$$

2) 由转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\bar{X})$

通常转向盘力角仪的分辨力为 1 N，其数显量化误差以等概率分布（矩形分布）落在半宽为  $1 \text{ N} \div 2 = 0.5 \text{ N}$  的区间内，其引入的标准不确定度为

$$u_2(X) = 0.5 \text{ N} / \sqrt{3} \approx 0.29 \text{ N}$$

E.1.3.2 由标准测力仪引入的不确定度分量  $u(F)$

由于标准测力仪的准确度等级要求为 0.5 级，故在 200 N 测量点引入的误差为 1 N。按均匀分布考虑

$$u(F) = 1 \text{ N} / \sqrt{3} \approx 0.58 \text{ N}$$

E.1.4 输出量的不确定度分量一览表

表 E.2 是不确定度分量一览表。

表 E.2 不确定度分量一览表

| 序号 | 来 源              | 符号             | 标准不确定度 | 灵敏系数 $c_i$              | 不确定度分量 |
|----|------------------|----------------|--------|-------------------------|--------|
| 1  | 测量结果重复性引入的标准不确定度 | $u_1(\bar{X})$ | 0.78 N | $0.005 \text{ N}^{-1}$  | 0.39%  |
| 2  | 分辨力误差引入的标准不确定度   | $u_2(\bar{X})$ | 0.29 N | $0.005 \text{ N}^{-1}$  | 0.14%  |
| 3  | 标准测力仪引入不确定度分量    | $u(F)$         | 0.58 N | $-0.005 \text{ N}^{-1}$ | 0.29%  |

E.1.5 合成标准不确定度

由于重复性分量包含分辨力引入的不确定度分量，为避免重复计算，取二者中较大值  $u_1(\bar{X})$  作为被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度分量。

由于各标准不确定度分量相互无关，故扭力示值误差测量结果的标准不确定度为

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left(\frac{1}{F}\right)^2 \times u^2(\bar{X}) + \left(-\frac{\bar{X}}{F^2}\right)^2 u^2(F)} = 0.48\%$$

E.1.6 扩展不确定度

取  $k=2$ ，故转向力示值误差测量结果的扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 0.48\% = 0.96\%$$

E.2 转向角示值误差的测量不确定度评定

E.2.1 测量模型

$$\Delta = \alpha - \beta \quad (\text{E.3})$$

式中：

$\Delta$  ——校准点示值误差，(°)；

$\alpha$  ——转向盘力角仪校准点算术平均值，(°)；

$\beta$  ——校准点标准值，(°)。

因为各分量  $\alpha$ 、 $\beta$  互不相关，不确定度公式为

$$u_c^2(\Delta) = c^2(\alpha)u^2(\alpha) + c^2(\beta)u^2(\beta) \quad (\text{E. 4})$$

式中：

$u(\alpha)$  ——被校准转向盘转向角引入的标准不确定度；

$u(\beta)$  ——标准校准装置引入的标准不确定度；

$c(\alpha)$  —— $\alpha$  灵敏度系数， $c(\alpha) = \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha} = 1$ ；

$c(\beta)$  —— $\beta$  灵敏度系数， $c(\beta) = \frac{\partial \Delta}{\partial \beta} = -1$ 。

## E. 2.2 输入量的不确定度来源

a) 被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度  $u(\alpha)$ ：

1) 由测量结果重复性引入的不确定度  $u_1(\alpha)$ ；

2) 由转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\alpha)$ 。

b) 由标准装置引入的不确定度分量  $u(\beta)$ 。

## E. 2.3 标准不确定度的评定

### E. 2.3.1 被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度 $u(\alpha)$

1) 被校准转向盘力角仪测量重复性引入的标准不确定度  $u_1(\alpha)$

对一较稳定的转向盘力角仪的转向 50°，进行 10 次重复试验，被校准转向盘力角仪仪表读数的测量数据列于表 E. 3。

表 E. 3 转向角示值误差重复性测量数据

| 次数         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值<br>(°) | 49.8 | 49.8 | 49.6 | 49.5 | 49.8 | 50.2 | 50.4 | 50.1 | 49.6 | 49.8 |

用贝塞尔公式计算出单次测量的实验标准差：

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2 / (n - 1)} = 0.29^\circ$$

在实际测量时，在重复性条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，因此，其标准不确定度为

$$u_1(\alpha) = s / \sqrt{3} \approx 0.17^\circ$$

2) 被校准转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\alpha)$

被校准转向盘力角仪仪表的分辨率为 0.1°，其分辨力的分布为等概率分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，落在宽度为  $1^\circ/2 = 0.05^\circ$  的区间内，其引入的标准不确定度为

$$u_2(\alpha) = 0.05^\circ / \sqrt{3} \approx 0.029^\circ$$

E.2.3.2 标准装置引入的标准不确定度  $u(\beta)$ 

标准装置是由上一级标准溯源，标准装置的最大允许误差为： $\pm 0.5^\circ$ ，估计为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，因此：

$$u(\beta) = 0.5^\circ / \sqrt{3} \approx 0.29^\circ$$

## E.2.4 不确定度分量一览表

不确定度分量一览表见表 E.4。

表 E.4 不确定度分量一览表

| 序号 | 来源                 | 符号            | 数值            | 灵敏系数 $c_i$ | 不确定度分量        |
|----|--------------------|---------------|---------------|------------|---------------|
| 1  | 测量结果重复性引入的标准不确定度分量 | $u_1(\alpha)$ | $0.17^\circ$  | 1          | $0.17^\circ$  |
| 2  | 分辨力引入的标准不确定度分量     | $u_2(\alpha)$ | $0.029^\circ$ | 1          | $0.029^\circ$ |
| 3  | 标准角度仪引入的不确定度分量     | $u(\beta_1)$  | $0.29^\circ$  | -1         | $0.29^\circ$  |

## E.2.5 合成标准不确定度

由于重复性的分量包含分辨力引入的不确定度分量，为避免重复计算，取二者中较大值作  $u_1(\alpha)$  为被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度分量。

$$u_c(\Delta) = \sqrt{c^2(\alpha)u^2(\alpha) + c^2(\beta)u^2(\beta)} = \sqrt{(0.17^\circ)^2 + (0.29^\circ)^2} = 0.34^\circ$$

## E.2.6 扩展不确定度

取  $k=2$ ， $U = k \times u_c(\Delta) = 2 \times 0.34^\circ \approx 0.7^\circ$

## E.3 转向力矩示值误差的测量不确定度评定

## E.3.1 测量模型

采用测力仪校准法校准转向盘力角仪转向力矩。在专用校准装置上安置被校准转向盘力角仪，通过转向盘外缘切线方向上加载不同的标准力值进行测量，同时使用游标卡尺测量转向盘力角仪盘缘直径。校准转向盘力角仪转向力矩示值误差的测量模型为

$$\delta_M = \frac{\overline{M}}{F \cdot (D/2)} - 1 \quad (\text{E.5})$$

式中：

$\delta_M$ ——转向盘力角仪转向力矩示值误差；

$\overline{M}$ ——被校准转向盘力角仪转向力矩平均值，Nm；

$F$ ——加载点标准值，N；

$D$ ——转向盘力角仪盘缘的直径，m。

因为各分量  $M$ 、 $F$ 、 $D$  互不相关，由不确定度传播律得：

$$u_c^2(\delta_M) = c_M^2 \times u^2(\overline{M}) + c_F^2 \times u^2(F) + c_D^2 \times u^2(D) \quad (\text{E.6})$$

其中灵敏系数： $c_{\overline{M}} = \frac{2}{F \cdot D}$

$$c_F = -\frac{2 \cdot \overline{M}}{D \cdot \overline{F}^2}$$

$$c_D = -\frac{2 \cdot \overline{M}}{\overline{F} \cdot D^2}$$

### E.3.2 输入量的不确定度来源

- a) 被校转向盘力角仪引入的标准不确定度  $u(\overline{M})$ :
  - 1) 由测量结果重复性引入的不确定度  $u_1(\overline{M})$ ;
  - 2) 由转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\overline{M})$ 。
- b) 由标准测力仪引入的不确定度  $u(F)$ 。
- c) 由游标卡尺引入的不确定度  $u(D)$ 。

### E.3.3 输入量的标准不确定度的评定

#### E.3.3.1 被校准转向盘力角仪引入的标准不确定度 $u(\overline{M})$

- 1) 由测量结果重复性引入的不确定度  $u_1(\overline{M})$

被校准转向盘力角仪转向力矩示值  $M$  估计值的不确定度主要来源于转向盘力角仪示值的测量结果重复性，可以通过连续测量得到的测量列，采用 A 类方法进行评定。在标准装置及被校准转向盘力角仪正常工况条件下，在加载 300 N 测量点时等精度重复测量 10 次，其显示力矩值如表 E.5 所示。

表 E.5 力矩重复性测量数据

| 次数        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值<br>Nm | 59.6 | 59.8 | 59.6 | 59.9 | 59.7 | 60.2 | 59.7 | 59.8 | 59.8 | 60.1 |

单次测量实验标准差  $s(M)$  为

$$s(M) = \sqrt{\frac{\sum (M_i - \overline{M})^2}{n-1}} \approx 0.20 \text{ Nm}$$

实际测量时，在每个测量点读取 3 次示值，取其平均值作为测量结果。故测量结果重复性引入的标准不确定度为

$$u_1(\overline{M}) = s(M) / \sqrt{3} \approx 0.12 \text{ Nm}$$

- 2) 由转向盘力角仪分辨力引入的不确定度  $u_2(\overline{M})$

通常转向盘力角仪的分辨力为 0.1 Nm，其数显量化误差以等概率分布（矩形分布）落在半宽为  $0.1 \text{ Nm} \div 2 = 0.05 \text{ Nm}$  的区间内引入的标准不确定度为

$$u_2(\overline{M}) = \frac{0.05 \text{ Nm}}{\sqrt{3}} \approx 0.029 \text{ Nm}$$

#### E.3.3.2 由标准测力仪引入的不确定度 $u(F)$

标准测力仪的准确度等级要求为 0.5 级，故在 300 N 测量点的引入的误差为 1.5 N。按均匀分布考虑

$$u(F) = 1.5 \text{ N} / \sqrt{3} \approx 0.87 \text{ N}$$

E.3.3.3 由游标卡尺引入的不确定度  $u(D)$ 

游标卡尺的最大允许误差要求为  $\pm 0.05 \text{ mm}$ ，按均匀分布考虑

$$u(D) = 0.05 \text{ mm} / \sqrt{3} \approx 0.000\ 029 \text{ m}$$

## E.3.4 输出量的不确定度分量一览表

输出量的不确定度分量一览表见表 E.6。

表 E.6 输出量的不确定度分量一览表

| 序号 | 来源                | 符号                  | 数值          | 灵敏系数 $c_i$                            | 不确定度分量               |
|----|-------------------|---------------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1  | 测量结果重复性引入标准不确定度分量 | $u_1(\overline{M})$ | 0.12 Nm     | $0.017 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$ | 0.002                |
| 2  | 分辨力引入不确定度分量       | $u_2(\overline{M})$ | 0.029 Nm    | $0.017 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-1}$ | 0.000 24             |
| 3  | 标准测力仪引入不确定度分量     | $u(F)$              | 0.87 N      | $-0.003\ 3 \text{ N}^{-1}$            | 0.002 9              |
| 4  | 游标卡尺引入不确定度分量      | $u(D)$              | 0.000 029 m | $2.5 \text{ m}^{-1}$                  | $7.2 \times 10^{-5}$ |

## E.3.5 合成标准不确定度

由于重复性引入的不确定度分量包含分辨力引入的不确定度分量，为避免重复计算，取二者中较大值  $u_1(\overline{M})$  作为不确定度评定影响量。

由于各标准不确定度分量相互无关，故

$$u_c(\delta_M) = \sqrt{\left(\frac{2}{F \cdot D}\right)^2 \times u_1^2(\overline{M}) + \left(-\frac{2 \cdot \overline{M}}{D \cdot F^2}\right)^2 u^2(F) + \left(-\frac{2 \cdot \overline{M}}{D^2 \cdot F}\right)^2 u^2(D)} \approx 0.35\%$$

## E.3.6 扩展不确定度

取  $k=2$ ，故转向力矩示值误差测量的扩展不确定度为

$$U = k \times u_c(\delta_M) = 2 \times 0.35\% = 0.7\%$$

## 附录 F

## 转向盘力角仪校准记录参考格式

申请者名称 \_\_\_\_\_ 委托方地址： \_\_\_\_\_  
 计量器具名称： \_\_\_\_\_ 生产厂家： \_\_\_\_\_  
 型号规格： \_\_\_\_\_ 出厂编号： \_\_\_\_\_ 环境温度： \_\_\_\_\_ °C 相对湿度： \_\_\_\_\_ %  
 标准器名称： \_\_\_\_\_ 型号规格： \_\_\_\_\_  
 出厂编号： \_\_\_\_\_ 准确度等级： \_\_\_\_\_  
 主标准器证书号： \_\_\_\_\_ 校准日期： \_\_\_\_\_  
 校准依据： \_\_\_\_\_ 校准地点： \_\_\_\_\_  
 标准器使用前状态 ☐ 正常 ☐ 不正常 外观检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求

|             | 方向                     | 标准示值<br><input type="checkbox"/> N <input type="checkbox"/> Nm | <input type="checkbox"/> 转向力/N, <input type="checkbox"/> 力矩/(Nm) |        |        |     | 示值误差<br>% | 重复性<br>%    |
|-------------|------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-----|-----------|-------------|
|             |                        |                                                                | 1                                                                | 2      | 3      | 平均值 |           |             |
| 转向力<br>(力矩) | 顺时针                    |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             | 逆时针                    |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             | 测量结果不确定度： $U=$ , $k=2$ |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             | 时间                     | 0 min                                                          | 5 min                                                            |        | 10 min |     | 仪器漂移      |             |
|             | 示值                     |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             | 转向角                    | 转向                                                             | 标准值/(°)                                                          | 示值/(°) |        |     |           | 示值误差<br>(°) |
| 1           |                        |                                                                |                                                                  | 2      | 3      | 平均值 |           |             |
| 顺时针         |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |
|             |                        |                                                                |                                                                  |        |        |     |           |             |

| 转向角            | 转向                                          | 标准值/(°) | 示值/(°) |             |   |      | 示值误差<br>(°) | 重复性<br>% |
|----------------|---------------------------------------------|---------|--------|-------------|---|------|-------------|----------|
|                |                                             |         | 1      | 2           | 3 | 平均值  |             |          |
|                | 逆时针                                         |         |        |             |   |      |             |          |
|                |                                             |         |        |             |   |      |             |          |
|                |                                             |         |        |             |   |      |             |          |
|                |                                             |         |        |             |   |      |             |          |
|                | 测量结果不确定度：U=                      ，      k=2 |         |        |             |   |      |             |          |
| 时间             | 0 min                                       | 5 min   |        | 10 min      |   | 仪器漂移 |             |          |
| 示值             |                                             |         |        |             |   |      |             |          |
| 转向力（力矩）显示装置分辨力 |                                             |         |        | 显示装置分辨力     |   |      |             |          |
| 转向力（力矩）测量范围    |                                             |         |        | 转向力（力矩）测量范围 |   |      |             |          |

证书编号：\_\_\_\_\_ 校准员：\_\_\_\_\_ 核验员：\_\_\_\_\_

## 附录 G

## 机动车转向盘转向力-转向角检测仪证书内页格式

□转向力 □力矩：

| 标准值<br>□N □Nm |  | 测量值<br>□N □Nm | 示值误差<br>% | 重复性<br>% | 测量结果不确定度<br>( $U, k=2$ ) |
|---------------|--|---------------|-----------|----------|--------------------------|
| 顺时针           |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
| 逆时针           |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |
|               |  |               |           |          |                          |

转向角：

| 标准值/(°) |  | 测量值<br>(°) | 示值误差<br>(°) | 重复性<br>(°) | 测量结果不确定度<br>( $U, k=2$ ) |
|---------|--|------------|-------------|------------|--------------------------|
| 顺时针     |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
| 逆时针     |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |
|         |  |            |             |            |                          |

注：本校准结果数据页允许根据被校仪器、校准单位技术管理要求，作适当修改。