

---

中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

水运工程 旋桨式流速仪

# 编制说明

（征求意见稿）

计量检定规程编写组

2016 年 10 月

---

# 水运工程 旋桨式流速仪计量检定规程

## 编制说明

### 1. 工作简况

#### 1.1. 任务来源

本检定规程已列入交通运输部 2015 年交通运输标准化计划（交科技发【2015】114 号），计划编号为 JJG 2015-6。

#### 1.2. 编制过程

《水运工程 旋桨式流速仪》（JJG（交通）031-2004）公开发布并实施至今已有 12 年之久，根据该计量检定规程实施运行情况和工程检测技术的发展变化，原规程有必要进行修编，一些技术要求和技术指标以及检定程序、量值溯源要求、计算方法需要修改。依据交科技发【2015】114 号，于 2015 年 3 月成立了《水运工程 旋桨式流速仪》检定规程修编组。

本规程在修编过程中广泛收集了国内外旋桨式的研究单位、生产单位、使用单位，以及相关企业标准、行业标准、国家标准、国外标准以及行业内外相关计量检定规程与技术校准规范等有关资料，在此基础上依据 JJF 1002 -2010《国家计量检定规程编写规则》，根据我国目前的实际情况与特点，结合水运工程检测技术的实际需求对 JJG（交通）031-2004《水运工程 旋桨式流速仪》进行了修编。2016 年 9 月完成了 JJG（交通）031-XXXX《水运工程 旋桨式流速仪》征求意见稿。

2016 年 9 月 28 日，标准编写组在交通运输部天津水运工程科学研究院召开了“旋桨式流速仪咨询会”，全国港口标准化技术委员会检测设备工作组成员单位参加了会议，并对检定规程中量值溯源要求与方法提出了具体的建议。会后，标准编写组对会上专家提出的建议进行总结归纳，并根据修改意见完善征求意见稿。

#### 1.3. 检定规程的主要起草人及其工作

本规程的起草单位为：交通运输部天津水运工程科学研究院；起草人为：曹媛媛、高辉、李妍、吴晓雪。曹媛媛负责整个规程编制的协调工作与技术把关，和对技术参数和数据的验证；高辉负责确定旋桨式流速仪的技术参数、测试设备及其参数的确定和量值溯源

---

路线；李妍、吴晓雪负责旋桨式流速仪测试方法的确定，以及测试设备的验证。

## 2. 规程编制原则和主要内容

### 2.1. 规程编写原则

旋桨式流速仪检定规程在修订时，依据此类产品的国内生产水平，内容上以国内先进技术为依据，形式上按 JJF 1002 -2010《国家计量检定规程编写规则》的要求修编。

在对旋桨式流速仪检定规程修订的过程中，按以下的原则执行：

- 1) 仪器设备标准中技术指标，需要符合当前的技术水平，技术指标的确定需要符合当前厂家所能达到的技术水平；
- 2) 旋桨式流速仪规程中技术指标应该符合国家强制标准的需求，符合行业强制性施工标准和设计标准中对旋桨式流速仪需求；
- 3) 旋桨式流速仪中关于仪器设备量值溯源的内容，应当符合国家量值溯源体系的相应要求；
- 4) 旋桨式流速仪作为计量器具，检测方法需要参考相应计量器具的检定规程，以量值溯源链的完整以及数据的准确可靠。

### 2.2. 检定规程的主要内容

检定规程修编的主要内容，如表 1 所示。

表1 修编内容一览表

序号	JJG（交通）031-XXXX 修订征求意见稿	JJG（交通）031-2004 水运工程 旋桨式流速仪	依 据														
1	<div>5 计量性能要求</div> <div>5.1 测量范围</div> <div>流速：0.03m/s~5m/s。</div> <div>流向：0° ~360° 。</div> <div>5.2 分辨力</div> <div>流速：0.01m/s。</div> <div>流向：1° 。</div> <div>5.3 起动流速<math>v_0</math></div> <div>流速仪的起动流速<math>v_0</math> 应比测速范围的下限值至少低 10%。</div> <div>5.4 准确度</div> <div>5.4.1 各速度级相对误差</div> <table><tr><th rowspan="2">等级</th><th colspan="4">速度级 (m/s)</th></tr><tr><th><math>v_k \sim 0.5</math></th><th>0.5~1.5</th><th>1.5~3.5</th><th>&gt;3.5</th></tr><tr><td>三</td><td>1.55</td><td>1.20</td><td>0.90</td><td>0.65</td></tr></table> <div>注： <math>v_k</math> — 临界速度。</div> <div>5.4.2 全线相对均方差</div> <div>流速与转速在临界流速以上呈线性关系可按检定公式计算，低速部分用实测点绘制<math>v-n</math> 曲线图，全线相对均方差应不大于±1.5% 。</div> <div>5.4.3 流向</div> <div>最大允许误差为±3° 。</div> <div>5.5 重复性</div> <div>重复性误差不大于最大允许误差的 0.3 倍。</div>	等级	速度级 (m/s)				$v_k \sim 0.5$	0.5~1.5	1.5~3.5	>3.5	三	1.55	1.20	0.90	0.65	<div>4 计量性能要求</div> <div>4.1 测量范围</div> <div>4.1.1流速：0.04m/s~10m/s；</div> <div>4.1.2流向：0° ~360° 。</div> <div>4.2 起动流速<math>v_0</math></div> <div>流速仪起动流速应比测速范围的下限值至少低10%。</div> <div>4.3 准确度</div> <div>4.3.1 流速：</div> <div><math display="block">v \geq v_k, \delta \leq 2\%, v &lt; v_k, \delta \leq 5\%。</math></div> <div><math>v_k</math> —临界速度；</div> <div><math>\delta</math> —相对误差。</div> <div>流速与转速在临界流速以上呈线性关系可按检定公式计算，低速部分用实测点绘制<math>v-n</math>曲线图，全线均方差应不大于±1.5% 。</div> <div>4.3.2 流向：</div> <div>示值误差不大于6° 。</div> <div>4.4 分辨力</div> <div>流速仪显示器的分辨力为0.01m/s，流向显示器的分辨力为1° 。</div> <div>4.5 重复性</div> <div>重复性误差应不大于4.3给定的相对误差的0.3倍。</div>	根据现阶段电子技术发展和市场状况。
等级	速度级 (m/s)																
	$v_k \sim 0.5$	0.5~1.5	1.5~3.5	>3.5													
三	1.55	1.20	0.90	0.65													
2	<div>6 通用技术要求</div> <div>6.1外观质量</div> <div>流速仪表面涂层应牢固、均匀、不应有脱落、划伤、锈迹等缺陷，用于连接仪器</div>	<div>5通用技术要求</div> <div>5.1 外观质量</div> <div>流速仪表面的涂层应牢固、均匀，不应有脱落、划伤、锈蚀等缺陷，使用中与修</div>															

	<p>设备的电缆表层应完好，不应有裂痕、破损等迹象。</p> <p>6.2 防护要求</p> <p>6.2.1 流速仪的水上设备应具备防潮、防尘、防盐雾的措施。</p> <p>6.2.2 流速仪的旋转部分，转动灵活，停止徐缓，无卡阻现象。</p> <p>6.2.3 流速仪在非包装状态下应能承受使用和搬运过程中的振动。</p> <p>6.3 整机结构</p> <p>流速仪的整机结构应便于运输、安装、使用和维修。</p> <p>6.4 显示与记录</p> <p>流速仪的信号应稳定、清晰、通断分明，含水上设备的流速仪其显示器读数应清晰准确。</p> <p>6.5 铭牌</p> <p>流速仪应有清晰的铭牌，标有产品名称、型号、编号、出厂日期、生产单位。</p>	<p>理后的仪器允许有上述不影响测量准确度的缺陷。</p> <p>5.2 防护要求</p> <p>流速仪的水上设备应具备防潮、防尘、防盐雾的措施。</p> <p>5.3 显示器</p> <p>流速仪的信号应稳定、清晰，接收器的流速显示应能满足在阳光下和黑夜中读数清晰。</p> <p>5.4 出厂要求</p> <p>仪器出厂应附带执行标准和检定曲线（或检定公式）。</p> <p>5.5 铭牌</p> <p>旋桨式流速仪应有清晰的铭牌，标有产品名称、型号、出厂日期、生产单位。</p>										
3	<p>7 计量器具控制</p> <p>计量器具控制适用于首次检定、后续检定和使用中检查。</p> <p>7.1 检定条件</p> <p>7.1.1 检定环境条件</p> <p>温度与湿度条件</p> <p>7.1.1.1 温度与湿度要求包括：</p> <p>a) 室温：5℃～25℃；</p> <p>b) 相对湿度：不大于95%。</p> <p>7.1.1.2 供电电源</p> <p>供电电源要求包括：</p> <p>a) 交流供电：220V，50Hz；电压允许偏差为±10%；</p> <p>b) 直流供电：12V，24V，允许偏差为-15%～+10%。</p> <p>7.1.1.3 检定过程中流速仪不应受到强磁场和强电场的干扰。</p> <p>7.1.2 检定设备</p> <p>7.1.2.1 检定水槽</p> <p>检定水槽要求包括：</p> <p>a) 直线静水明槽；</p> <p>b) 水槽有效检定距离长不小于40m，宽度不小于1.5m，深度不小于1.2m。</p> <p>7.1.2.2 检定车</p> <p>检定车要求包括：</p> <p>a) 检定车应为自推进式，无级调速并配有电动驱动设备；</p>	<p>6 计量器具控制</p> <p>6.1 检定条件</p> <p>检定环境条件</p> <p>检定的环境条件如下：</p> <p>a) 室温：5℃～25℃（每小时温度变化应不大于2℃）；</p> <p>b) 相对湿度：不大于75%；</p> <p>c) 检定过程中流速仪不应受到强磁场和强电场的干扰。</p> <p>检定设备</p> <p>6.1.2 检定设备</p> <p>6.1.2.1 检定水槽</p> <p>a) 直线明槽</p> <p>b) 水槽规格应满足表1要求</p> <table><tr><th colspan="3">表 1 水槽规格</th></tr><tr><th>检定槽长度</th><th>宽度</th><th>水深</th></tr><tr><td>≥120</td><td>≥2</td><td>≥1.5</td></tr></table> <p>6.1.2.2 检定车及其附属设备</p> <p>a) 检定车应为自行式，无级调速，车速范围0m/s～10m/s；</p> <p>b) 检定车上应安装显示打印装置，及时显示车速变化并打印出设定时段的平均流速；</p> <p>c) 检定车速度变化率应符合表2要求（车速变化率的计算方法见附录A的A.5）。</p> <p>d) 检定车速测量准确度最大允许误差应低于被检流速仪最大允许误差的1/5～1/3</p>	表 1 水槽规格			检定槽长度	宽度	水深	≥120	≥2	≥1.5	
表 1 水槽规格												
检定槽长度	宽度	水深										
≥120	≥2	≥1.5										

	<p>b) 检定车速度范围：0m/s~5m/s； c) 配有标准车速专用测试设备。</p> <p>7.1.2.3 钢卷尺 钢卷尺要求包括： a) 测量范围：0 m ~100m； b) 准确度等级：2级。</p> <p>7.1.2.4 计时器 计时器要求包括： a) 测量范围：0s~1×106s； b) 计时最大允许误差不大于±1×10-3s。</p> <p>7.1.2.5 专用流向测试设备 专用流向测试设备要求包括： a) 分度值为1° ； b) 刻度误差不大于0.5° 。</p>	<p>表 2 检定车速变化率</p> <table><tr><td>速度 (m/s)</td><td>≤ 0.1</td><td>0.1 ~ 0.5</td><td>&gt;0.5</td></tr><tr><td>车速变 化率 %</td><td>≤ 2.00</td><td>≤ 1.00</td><td>≤0.60</td></tr></table> <p>6.1.2.3 检定车轨道 检定车轨道安装的准确度应符合表3要求 mm</p> <table><tr><td>项 目</td><td>各测量点 对基面的 高差  Δh </td><td>各测量点对 基线的距离 差 Δs<sub>1</sub> </td><td>两轨道对 应测量点 的距离差  Δs<sub>2</sub> </td></tr><tr><td>允许偏差</td><td>≤0.20</td><td>≤0.30</td><td>≤0.40</td></tr></table> <p>6.1.2.4 旋转方位盘：分度值为1° ， 刻度误差不大于0.5° 。</p> <p>6.1.2.5 磁罗盘或磁罗经。</p>	速度 (m/s)	≤ 0.1	0.1 ~ 0.5	>0.5	车速变 化率 %	≤ 2.00	≤ 1.00	≤0.60	项 目	各测量点 对基面的 高差  Δh	各测量点对 基线的距离 差 Δs <sub>1</sub>	两轨道对 应测量点 的距离差  Δs <sub>2</sub>	允许偏差	≤0.20	≤0.30	≤0.40																																																															
速度 (m/s)	≤ 0.1	0.1 ~ 0.5	>0.5																																																																														
车速变 化率 %	≤ 2.00	≤ 1.00	≤0.60																																																																														
项 目	各测量点 对基面的 高差  Δh	各测量点对 基线的距离 差 Δs <sub>1</sub>	两轨道对 应测量点 的距离差  Δs <sub>2</sub>																																																																														
允许偏差	≤0.20	≤0.30	≤0.40																																																																														
4	<p>7.2 检定项目 检定项目见表2</p> <p>表2 检定项目</p> <table><tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">检定项目</th><th rowspan="2">检定方法</th><th colspan="3">检定类别</th></tr><tr><th>首次 检定</th><th>后续 检定</th><th>使用中 检查</th></tr><tr><td>1</td><td>外观质量</td><td>7.3.1</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>2</td><td>测速范围</td><td>7.3.2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>3</td><td>分辨力</td><td>7.3.2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>4</td><td>起动流速</td><td>7.3.2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>5</td><td>各速度级 相对误差</td><td>7.3.2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr></table>	序号	检定项目	检定方法	检定类别			首次 检定	后续 检定	使用中 检查	1	外观质量	7.3.1	+	+	+	2	测速范围	7.3.2	+	+	+	3	分辨力	7.3.2	+	+	+	4	起动流速	7.3.2	+	+	+	5	各速度级 相对误差	7.3.2	+	+	+	<p>6 检定项目 检定项目和检定类别列于表4。</p> <p>表4 检定项目和检定类别</p> <table><tr><th rowspan="2">序号</th><th rowspan="2">检定项目</th><th rowspan="2">检定方法</th><th colspan="3">检定类别</th></tr><tr><th>首次检 定</th><th>后续检定</th><th>使用中 检验</th></tr><tr><td>1</td><td>外观质量</td><td>6.3.1</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>2</td><td>测速范围，准确 度、 分辨力、全线均 方差</td><td>6.3.2</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>3</td><td>起动流速</td><td>6.3.3</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>4</td><td>重复性</td><td>6.3.4</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>5</td><td>流向</td><td>6.3.5</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td></tr></table>	序号	检定项目	检定方法	检定类别			首次检 定	后续检定	使用中 检验	1	外观质量	6.3.1	+	+	+	2	测速范围，准确 度、 分辨力、全线均 方差	6.3.2	+	+	+	3	起动流速	6.3.3	+	+	+	4	重复性	6.3.4	+	+	+	5	流向	6.3.5	+	+	+	<p>根据旋桨式流 速仪长期应用 中暴露出的问 题及针对性的 试验要求。</p>
序号	检定项目				检定方法	检定类别																																																																											
		首次 检定	后续 检定	使用中 检查																																																																													
1	外观质量	7.3.1	+	+	+																																																																												
2	测速范围	7.3.2	+	+	+																																																																												
3	分辨力	7.3.2	+	+	+																																																																												
4	起动流速	7.3.2	+	+	+																																																																												
5	各速度级 相对误差	7.3.2	+	+	+																																																																												
序号	检定项目	检定方法	检定类别																																																																														
			首次检 定	后续检定	使用中 检验																																																																												
1	外观质量	6.3.1	+	+	+																																																																												
2	测速范围，准确 度、 分辨力、全线均 方差	6.3.2	+	+	+																																																																												
3	起动流速	6.3.3	+	+	+																																																																												
4	重复性	6.3.4	+	+	+																																																																												
5	流向	6.3.5	+	+	+																																																																												

		6	全线均方差	7.3.2	+	+	+		注：“+”表示应检定，“-”表示可不检定	
		7	流向	7.3.2	*	*	*			
		8	重复性	7.3.3	+	+	+			
		注：“+”表示应检定，“*”表示根据具体产品型号列为必检项目。								
5	7.3 检定方法 7.3.1 外观质量 采用目测和手检的方法进行，试验结果应符合6.1的规定。 7.3.2 测速范围、分辨力、起动流速、各速度级相对误差、全线均方差和流向 7.3.2.1将旋桨式流速仪传感器固定在检定车下方，使旋桨水平轴保持水平，入水深度一般为0.3m,保证在最高车速时旋桨式流速仪传感器不会露出水面； 7.3.2.2检定应在静水中进行，为避免水面波动对检定结果影响，检定车应待水槽水面相对静止后再启动。检定车的速度根据钢卷尺和计时器，测得的距离与时间的商值来确定； 7.3.2.3检定点总数应根据测量范围设定，一般不少于16个，每个检定点至少读取5次测量值取平均值，其分布原则为： a)当流速 $V_i \leq 0.20\text{m/s}$ 检定速度时，每个检定点的速度间隔为 $0.02\text{m/s} \sim 0.04\text{m/s}$ ； b)当 $0.20\text{m/s} < V_i \leq 1.00\text{m/s}$ 时，每个检定点间的速度间隔为 $0.10\text{m/s} \sim 0.25\text{m/s}$ ； c)当 $V_i > 1.00\text{m/s}$ 时，每个检定点间的速度间隔为 $0.50\text{m/s} \sim 0.80\text{m/s}$ 。  7.3.2.4使用钢卷尺测量每个计时点至零点的距离 $L_i$ ，使用计时器测量检定车通过相邻两个计时点的时间 $t_i$ ，采用公式（1）、公式（2）计算测量段内的检定车速度标准值 $v_{ti}$ 。流速仪线性段计算方法见公式（3），各检定点的相对误差、各速度级的相对误差和全线相对均方差计算方法见公式（4）、（5）和（6），各流速检定结果应符合5.3.1，5.3.2的规定。  $v_{iB} = \frac{L_i - L_{i-1}}{t_i}$  （1）	6.3 检定方法 6.3.1 外观质量 6.3.2 目视观察和手工操作。 6.3.2测速范围，准确度、分辨力、全线均方差 将旋桨式流速仪传感器固定在检定车水下，使旋桨水平轴保持水平，入水深度一般为 $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ ，保证在最高车速时流速仪传感器不会露出水面，最高车速应在测量范围内根据水槽长度确定。 6.3.2.2检定应在静水中进行，为避免水面波动对检定结果影响，检定车应待水槽水面相对静止后再启动。 6.3.2.3检定点总数应根据测量范围设定，一般不少于18个，每个检定点读五次，其分布原则为： a)当流速 $V_i \leq 0.20\text{m/s}$ 检定速度时，每个检定点的速度间隔为 $0.02\text{m/s}$ ； b)当 $0.20\text{m/s} < V_i \leq 1.00\text{m/s}$ 时，每个检定点间的速度间隔为 $0.25\text{m/s}$ ； c)当 $V_i > 1.00\text{m/s}$ 时，每个检定点间的速度可选为 $0.50\text{m/s} \sim 0.80\text{m/s}$ 。 6.3.2.4流速仪线性段计算公式见附录A的A.1，各检定点的相对误差和全线相对均方差公式见附录A的A.2和A.3，各流速检定值按附录B表要求记录，检定结果应符合4.1，4.3，4.4的规定。 6.3.3 起动流速的检定 接通电源使流速仪处于工作状态，稍后缓缓增加车速，待旋桨由静止开始变为连续匀速转动时，立即停止加速并以此车速运行。连续测量五次，流速仪显示应稳定不变，如五次显示差别较大应再适量增加车速直至显示稳定，该车速即为流速仪起动流速，应符合4.2的规定。 6.3.4 重复性 在流速仪测量范围内选定某一车速，车速保持不变，用流速仪连续测量10次，记录各次示值并计算10次的平均值及重复性误差，计算公式见附录A中的A.4，记录值按附录B表要求记录，计算结果应符合4.5的规定。								

	<div data-bbox="667 164 846 252" data-label="Equation-Block"> <math display="block">v_{ti} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{iB}</math> </div> <div data-bbox="230 260 268 288" data-label="Text"> <p>(2)</p> </div> <div data-bbox="217 300 792 603" data-label="Text"> <p>式中: <math>L_i</math>——第<i>i</i>个计时点至零点的距离;  <math>L_{i-1}</math>——第<i>i-1</i>个计时点至零点的距离;  <math>t_i</math>——检定车通过第<i>i</i>段距离的时间, s;  <math>v_{iB}</math>——检定车第<i>i</i>段距离内的平均速度, m/s;  <math>v_{ti}</math>——检定车速度标准值, m/s;  <math>n</math>——检定车测量数据的个数。</p> </div> <div data-bbox="607 647 752 676" data-label="Equation-Block"> <math display="block">v = Kn + C</math> </div> <div data-bbox="230 686 268 715" data-label="Text"> <p>(3)</p> </div> <div data-bbox="217 719 878 932" data-label="Text"> <p>式中: <math>v</math>—流速, 单位为米每秒 (m/s);  <math>K</math>—水力螺距, 单位为米 (m);  <math>n</math>—转子转率, 等于旋桨总转数 <math>N</math> 与相应的测速历时 <math>T</math> 之比,  即 <math>n = N/T</math>, 单位为每秒 (s<sup>-1</sup>);  <math>C</math>—仪器常数, 单位为米每秒 (m/s)。</p> </div> <div data-bbox="618 976 855 1058" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\delta_i = \frac{\bar{v}_i - v_{ti}}{v_{ti}} \times 100\%</math> </div> <div data-bbox="230 1067 268 1096" data-label="Text"> <p>(4)</p> </div> <div data-bbox="582 1104 918 1197" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\delta_{ii} = \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^N \left  \frac{\bar{v}_i - v_{ti}}{v_{ti}} \right  \times 100\%</math> </div> <div data-bbox="230 1206 268 1235" data-label="Text"> <p>(5)</p> </div> <div data-bbox="217 1246 864 1401" data-label="Text"> <p>式中: <math>\delta_i</math>—<i>i</i> 检定点相对误差;  <math>\delta_{ii}</math>—速度级相对误差;  <math>\bar{v}_i</math>—<i>i</i> 检定点流速仪平均示值, 单位为米每秒 (m/s);</p> </div>	<div data-bbox="1084 158 1256 186" data-label="Section-Header"> <h3>6.3.5 流向检定</h3> </div> <div data-bbox="1084 191 1532 220" data-label="Text"> <p>流向检定可以与流速检定分开在室内进行。</p> </div> <div data-bbox="1084 229 1330 258" data-label="Section-Header"> <h4>6.3.5.1 方位盘的安装</h4> </div> <div data-bbox="1084 263 1792 330" data-label="List-Group"> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 方位盘应水平安装, 周围不应存放磁性材料;</li> <li>b) 检定前用罗盘校准方位盘, 使0° 对准地磁N极, 180° 对准S极。</li> </ul> </div> <div data-bbox="1084 339 1919 368" data-label="Text"> <p>6.3.5.1 将流速仪传感器固定在方位盘的转盘上, 使其轴线通过方位盘的圆心。</p> </div> <div data-bbox="1084 373 1946 477" data-label="Text"> <p>6.3.5.3 流速仪处于正常工作状态, 转动转盘, 使流速仪尾向对准方位盘的0°, 读取流向值, 然后顺时针转动30° 转盘, 使流速仪尾向对准方位盘的30° 点, 进行30° 点的检定。</p> </div> <div data-bbox="1084 481 1946 585" data-label="Text"> <p>每隔30° 设一检定点。依次进行一次顺时针检定, 再进行一次反时针检定, 读数要求精确到0.1°, 检定值按附录B表要求记录, 各检定点的流向示值误差计算公式见附录A的A.6。计算结果应符合4.1b) 和4.3b) 的规定。</p> </div>	
--	---	---	--



<p> <math>v_{ii}</math>—<math>i</math> 检定点检定车速，单位为米每秒（m/s）；  <math>N_i</math>—该速度级测点数。 </p> $m = \pm \sqrt{\sum \left( \frac{\bar{v}_i - v_{ii}}{v_{ii}} \right)^2 / (N_{ii} - 1)}$ <p>       (6)        式中：<math>m</math>—全线相对均方差，%；  <math>\bar{v}_i</math>—<math>i</math> 检定点流速仪平均示值，单位为米每秒（m/s）；  <math>N_{ii}</math>—计算点数目。 </p> <p>       7.3.2.5 起动流速        接通电源使流速仪处于工作状态，稍后缓缓增加车速，待旋桨由静止开始变为连续匀速转动时，立即停止加速并以此车速运行。连续测量五次，流速仪显示应稳定不变，如五次显示差别较大应再适量增加车速直至显示稳定，该车速即为流速仪起动流速，应符合5.2.1的规定。 </p> <p>       7.3.2.6 流向检定        流向检定可以与流速检定分开在室内进行。        检定前用罗盘校准方位盘，方位盘应水平安装，周围不应存放磁性材料，使0° 对准地磁N极，180° 对准S极。将正常工作中的流速仪传感器固定在方位盘的转盘上，使其轴线通过方位盘的圆心，转动转盘使流速仪尾向对准方位盘的0°，读取流向值，然后顺时针转动30° 转盘，使流速仪尾向对准方位盘的30° 点，进行30° 点的检定。        每隔30° 设一检定点。依次进行一次顺时针检定，再进行一次反时针检定，读数要求精确到0.1°，检定值按附录B表要求记录，各检定点的流向示值误差计算方法见公式（6），计算结果应符合5.1.2和5.3.2的规定。 </p> $\Delta\theta_i = \theta_i - \theta_{0i}$ <p>       (6)        式中：<math>\Delta\theta_i</math>—<math>i</math> 检定点的流向示值误差，单位为度（°）；  <math>\theta_i</math>—<math>i</math> 检定点流向读数，单位为度（°）； </p>	
--	--

<p><math>\theta_{0i}</math>—<math>i</math> 检定点的实际流向，单位为度（°）。</p> <p>7.3.3重复性</p> <p>在流速仪测量范围内选定某一车速，车速保持不变，用单点式流速仪连续测量10次，求出测量数据标准差，计算方法见公式（7）和公式（8），应符合5.5的规定。</p> $\delta_R = \frac{(2 \sim 3)s}{Y_{F.S}} \times 100\% \quad (7)$ $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}} \quad (8)$ <p><math>\bar{v} = v_1 + v_2 + \cdots + v_n / n</math></p> <p>式中： <math>\delta_R</math>—重复性误差；</p> <p><math>Y_{F.S}</math>—仪器全量程，单位为米每秒（m/s）；</p> <p><math>S</math>—重复性标准差，单位为米每秒（m/s）；</p> <p><math>v_i</math>—任一次流速示值，单位为米每秒（m/s）；</p> <p><math>\bar{v}</math>—<math>n</math> 次流速仪示值的平均值，单位为米每秒（m/s）；</p> <p><math>v_n</math>—第 <math>n</math> 次流速示值；</p> <p><math>n</math>—测量次数。</p>		
---	--	--

---

### 2.3. 技术参数来源

旋桨式流速仪是根据水流对旋桨的动量传递而测量天然水体中水流流速的，因此流速仪的旋桨、油室等产品硬件要求以及流速检定的试验方法为修编的主要内容。鉴于旋桨式流速仪在水运工程中的使用情况和对比其他行业的使用情况，编写组主要参考了 GB/T 11826-2002 转子式流速仪 以及 JJG（水利）001-2009 转子式流速仪等俩本技术规范中的技术参数，并根据调研相关使用单位和仪器厂家，在交通运输部天津水运工程科学研究所试验水槽大厅内，将以上俩本技术规范中的技术参数与理论分析，模拟水运工程现场使用情况，反复进行大量试验，最后归纳总结，确定了旋桨式流速的主要技术参数。

### 2.4. 计算公式来源

旋桨式流速仪是国内最早用于测量水流流速的检测设备，涉及交通运输部、水利部、农业部等各个行业。我国对于该设备的管理很早且相当成熟，并于 1990 年实施的 GB 11826-89 转子式流速仪国家标准。因此，关于该设备的准确度描述以及计算公式主要参考了现行国家标准 GB/T 11826-2002 转子式流速仪，并根据水运工程区别与其他行业的特点，对计算公式进行重新整理。

### 2.5. 测试方法来源

旋桨式流速仪是国内外比较成熟的水文检测设备，其测试方法静水槽测试方法也是国内外各研究机构经过长时间的论证，另外考虑投资、运行维护成本以及对设备测试的准确度等各方面因素，最终成为国内外普遍公认的旋桨式流速仪测试方法。因此，编写组对于测试方法主要参考国家标准 GB/T 11826-2002 转子式流速仪，以及当前水运工程行业的试验条件，对测试方法进行修编。

在规程修订的过程中，在配套规程中提供了计量标准重复性、稳定性的考核数据，并提供了量值溯源图和测量不确定度的评定。

## 3. 社会效益预测

旋桨式流速仪是水运工程建设的基础部分，对工程质量起到至关重要的作。修编后的检定规程颁布后，更贴近于工程需求，使得旋桨式流速仪实现规范化管理，满足了水运工程建设的量值溯源需求，带来了直接或间接的社会效益。

## 4. 采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与

---

## 测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

在我国境内，使用的旋桨式流速仪几乎全部为国产产品。我国对旋桨式流速仪的管理，需要其符合我国的量传体系。该规程的制定与实施即为保证旋桨式流速仪的量值溯源，确保水运工程建设质量。

### 5. 与有关的现行法律、法规和标准的关系；

旋桨式流速仪的规程符合当前《中华人民共和国标准化法》，符合交通运输部对旋桨式流速仪标准与规程的管理办法。

### 6. 重大分歧意见的处理经过和依据

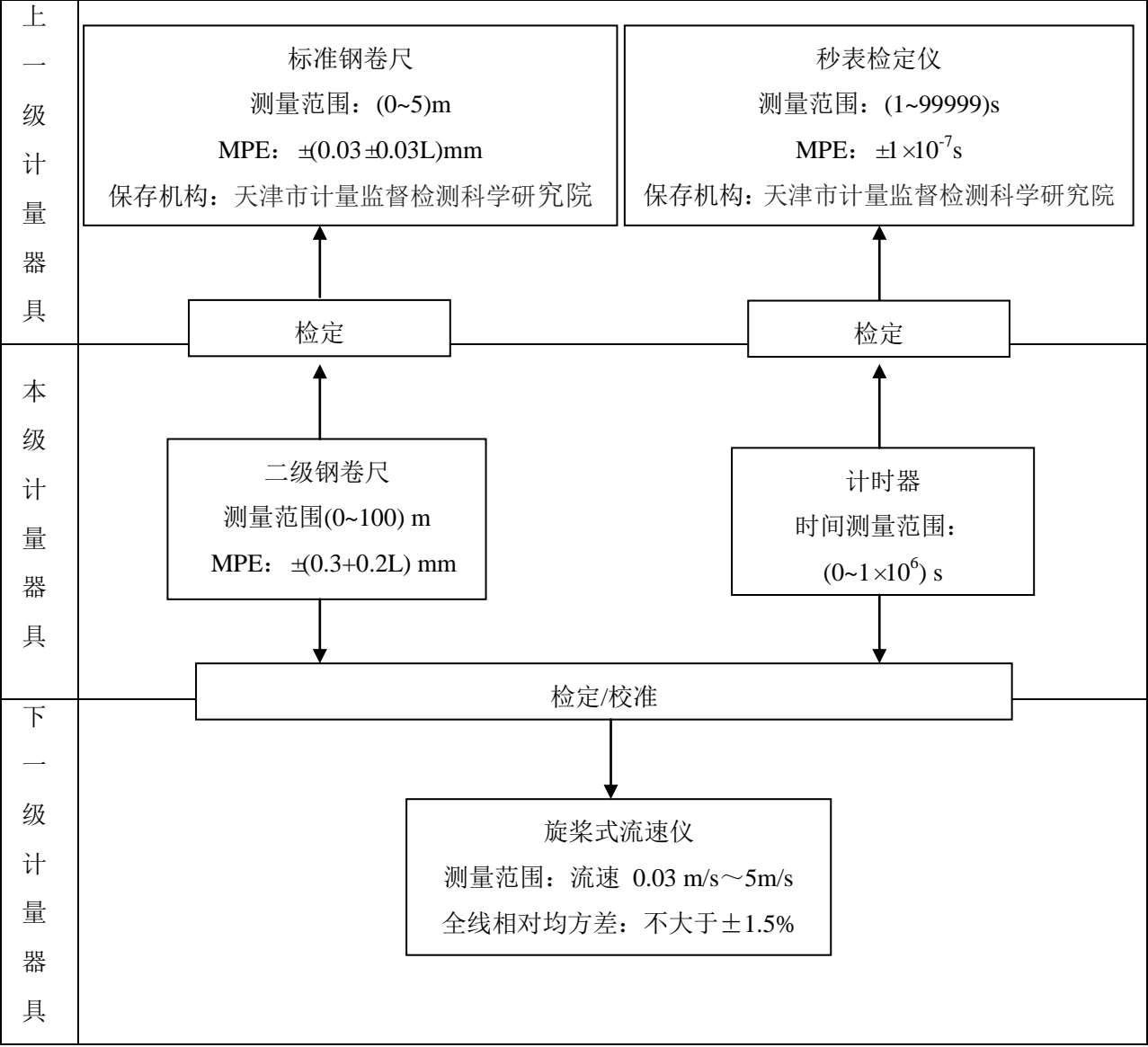
本标准在修订过程中，未出现重大分歧意见。

### 7. 其他予以说明的事项

无。

附录 1

旋桨式流速仪量值溯源与传递框图



## 附录 2

### 旋桨式流速仪速度大小测量不确定度的评定

#### (1) 数学模型

旋桨式流速仪计量标准流速测量误差数学模型为：

$$V = \frac{L}{t} \quad (\text{B-1})$$

式中：  $L$ ——旋桨式流速仪计量标准匀速运行的距离， m；

$t$ ——旋桨式流速仪计量标准匀速运行的时间， s；

$V$ ——旋桨式流速仪的计量标准速度测量值， m/s。

#### (2) 合成灵敏度系数

由于旋桨式流速仪计量标准流速测量误差数学模型中的  $L$ 、 $t$ 、 $V$  互不相关，故其合成方差为：

$$u_c^2(V) = c^2(L)u^2(L) + c^2(t)u^2(t) \quad (\text{B-2})$$

式中灵敏系数为：

$$c(L) = \frac{\partial(\Delta V)}{\partial(L)} = \frac{1}{t}$$
$$c(t) = \frac{\partial(\Delta V)}{\partial(t)} = \frac{L}{2t^2}$$

在实际进行测量不确定度评定的过程中，采用标准点进行测量不确定度的评定。采取的标准点为：流速 0.4m/s，长度 40m。在此条件下，运动的时间  $t$ ，经计算为 100s。将这些结果带入灵敏度系数，则有：

$$c(L) = \frac{\partial(\Delta V)}{\partial(L)} = \frac{1}{t} = \frac{1}{100}$$
$$c(t) = \frac{\partial(\Delta V)}{\partial(t)} = \frac{L}{2t^2} = \frac{1}{500}$$

#### (3) 计算分量不确定度：

1) 旋桨式流速仪计量标准匀速运行的距离引入的测量不确定度分量  $u(L)$ ；

a) 二级钢卷尺带来的测量不确定度

对二级钢卷尺采用标准不确定度的 B 类评定方法，二级钢卷尺的最大允许误差为  $\pm (0.2L+0.3)$  mm（其中 L 的单位为 m），取标准点为 40m，估计其为均匀分布，则其不确定度  $u(L)_2$  为：

$$u(L)_1 = \frac{8.3mm}{\sqrt{3}} = 4.79mm$$

b) 由于温度的变化给系统带来的不确定度  $u(L)_2$  为：

$$u(L)_2 = 0.2mm$$

c) 钢卷尺与旋桨式流速仪安装平面的位置偏差带来的不确定度  $u(L)_3$  为：

钢卷尺与旋桨式流速仪安装平面的位置偏差带会对实际测量距离产生影响，估计实际测量距离的误差为 10mm，按其均匀分布，引入的不确定度  $u(L)_3$  为：

$$u(L)_3 = \frac{10mm}{\sqrt{3}} = 5.77mm$$

合成标准不确定度  $u(L)$ ：

$$u_c(L) = \sqrt{1^2 \times 4.79^2 + 1^2 \times 0.2^2 + 1^2 \times 5.77^2} = 7.5mm$$

2) 旋桨式流速仪计量标准匀速运行的时间引入的测量不确定度分量  $u(t)$ ；

1) 计时器自身带来的测量不确定度  $u(t)_1$

计时器的最大允许误差为  $\pm 1 \times 10^{-2}s$ ，采用测量不确定度的 B 类评定方式，估计其为均匀分布，则计时器自身带来的测量不确定度  $u(t)_1$  为：

$$u(t)_1 = \frac{1 \times 10^{-2}s}{\sqrt{3}} = 5.8 \times 10^{-3}s$$

2) 接触开关的相应时间带来的测量不确定度  $u(t)_2$

计时器在进行时间测量时，采用触碰接触开关的方式。为了提高时间测量的准确度，选择的响应时间小的接触开关，相应时间为 10ms。估计其为均匀分布，则带来的测量不确定度  $u(t)_2$  为：

$$u(t)_2 = \frac{1 \times 10^{-2} \text{s}}{\sqrt{3}} = 5.8 \times 10^{-3} \text{s}$$

合成标准不确定度  $u(t)$ :

$$u(t) = \sqrt{u(t)_1^2 + u(t)_2^2} = 8.1 \times 10^{-2} \text{s}$$

(4) 测量不确定度一览表:

表 B-1 流速测量不确定度一览表

相对不确定度分量	相对不确定度来源	相对不确定度	灵敏系数
$u(L)$	旋桨式流速仪计量标准匀速运行的距离引入的测量不确定度分量	$7.5 \times 10^{-2}$	0.01
$u(t)$	旋桨式流速仪计量标准匀速运行的时间引入的测量不确定度分量	0.03	0.002

(5) 合成标准不确定度:

$$u_c(V) = \sqrt{c^2(L)u^2(L) + c^2(t)u^2(t)} = 7.7 \times 10^{-4} \text{m/s}$$

(6) 扩展不确定度:

取扩展因子  $k=2$ , 则扩展不确定度为:

$$U = k \cdot u(V) = 1.5 \times 10^{-3} \text{m/s}$$