



TIWTE

技术报告



水运计量体系和计量标准关键技术

主讲人：韩鸿胜

国家水运工程检测设备计量站

2019年11月



交通运输部天津水运工程科学研究所
TIANJIN RESEARCH INSTITUTE FOR WATER TRANSPORT ENGINEERING, M.O.T.

目 录

一

• 计量基本概念

二

• 水运标准和计量体系

三

• 工程检测设备计量标准关键技术

四

• 水文测量设备计量标准关键技术

一、计量基本概念

1. 计量的定义（国外叫Metrology）

From Wikipedia

Metrology is the science of measurement. Metrology includes all theoretical and practical aspects of measurement. The word comes from Greek μέτρον (*metron*), "measure"^[1] + "λόγος" (*logos*), amongst others meaning "speech, oration, discourse, quote, study, calculation, reason".^[2]

logos 希腊文

1.希腊文logos，可以翻译成[说话][文字]或[逻辑]。

2.希腊人认为logos乃是宇宙万物的规律，绝对的准绳与人类一切的依归

1. 计量的定义（一个英文对应计量与计量学）

——实现单位统一、量值准确可靠的活动(JJF1001-2011)

——测量及其应用的科学(JJF1001-2011,VIM2.2)

（包括涉及测量理论和实用的各个方面，不论其不确定度如何，也不论其用于什么测量技术领域。）

ISO/IEC GUIDE 99:2007: The science of measurement, embracing both experimental and theoretical determinations at any level of uncertainty in any field of science and technology.

从**管理**上计量主要包括三个方面：

（1）**科学技术**：进行科学研究、发展计量技术、建立基准、标准，以保证计量结果的溯源性。

（2）**法律法规**：制定和颁布法律、法规和规章。

（3）**行政管理**：开展计量行政管理，包括计量保证和计量监督。

2. 计量的特点

1、准确性

1、是指测量结果与被测量真值的一致程度。不存在完全准确无误的测量，因此在给出量值的同时，必须给出适应与应用目的/实际需要的不确定度或可能误差范围。

2、一致性

2、在统一计量单位的基础上，无论在何时、何地，采用何种方法，使用何种计量器具，以及由何人测量，只要符合有关的要求，测量结果应在给定的区间内一致。测量结果应是可重复、可再现（复现）、可比较的。

3、溯源性

3、是指任何一个测量结果或计量标准的量值，都能通过一条具有规定不确定度的连续比较链，与计量基准联系起来的特性。

4、法制性

4、由于计量涉及社会各个领域，量值的准确可靠不仅依赖与科学技术手段，还要有相应的法律、法规和行政管理的保障。

3. 计量与测量

计量

实现单位统一，保证量值准确可靠的活动，具有四个特征：

- 准确性
- 一致性
- 溯源性
- 法制性

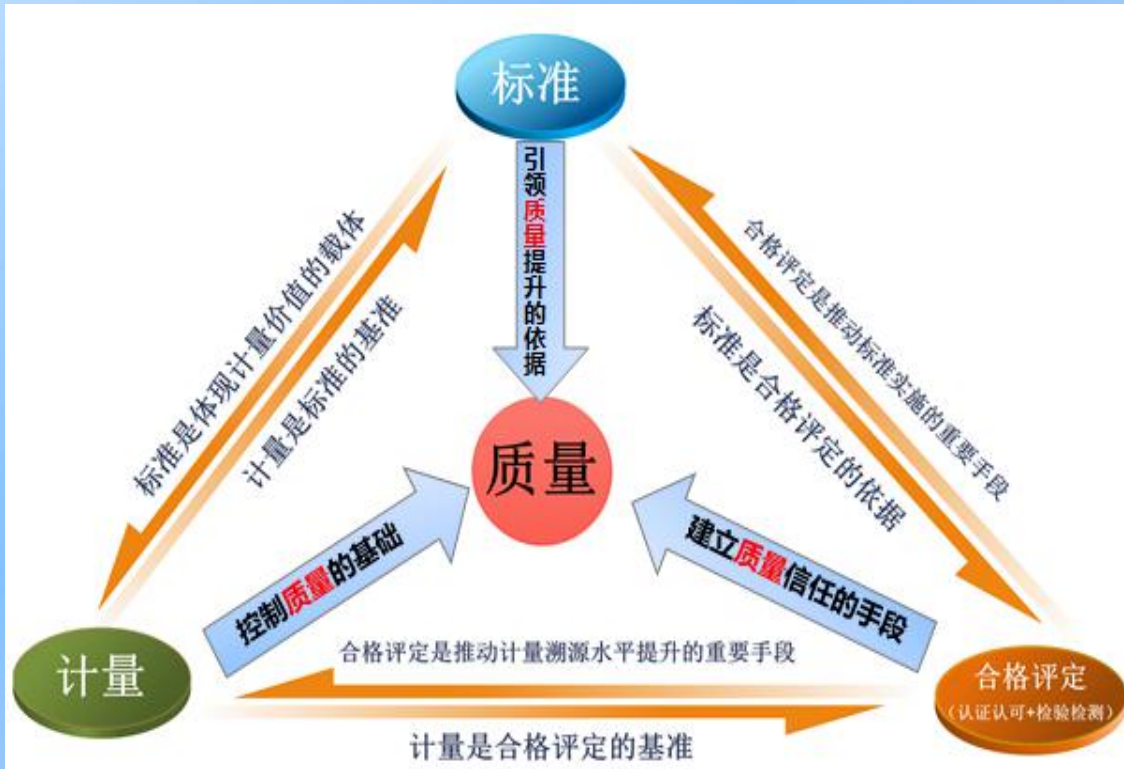
测量

为确定量值而进行的全部操作。是对非量化实物的量化过程，用数据描述事物。测量并不具备计量的四个特征。

计量属于测量的一种，源于测量而严于测量。狭义讲，计量是与测量结果的置信度相关的、与不确定度相联系的一种规范化测量。

4. 计量与质量

一个国家建立和执行**标准**、**计量**、**认证认可**、**检验检测**等所需的质量体制框架的统称，包括法规体系、管理体系、技术体系等。



通过建立**计量溯源性**，获得**可靠**的测量结果（树立信心），使**标准的结果可检验**，过程**可复现**，从而建立**质量信任**，通过信任的传递，实现人们对**质量信赖**。

5. 计量管理要求

——《中华人民共和国计量法》

第九条

县级以上人民政府计量行政部门对社会公用计量标准器具，部门和企业、事业单位使用的最高计量标准器具，以及用于**贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测**方面的列入强制检定目录的工作计量器具，实行**强制检定**。未按照规定申请检定或者检定不合格的，不得使用。实行强制检定的工作计量器具的目录和管理办法，由国务院制定。对前款规定以外的其他计量标准器具和工作计量器具，使用单位应当**自行定期检定**或者**送其他计量检定机构检定查**。

第十条

计量检定必须按照**国家计量检定系统表**进行。国家计量检定系统表由国务院计量行政部门制定。计量检定必须执行**计量检定规程**。国家计量检定规程由国务院计量行政部门制定。没有国家计量检定规程的，由国务院有关主管部门和省、自治区、直辖市人民政府计量行政部门分别制定部门计量检定规程和地方计量检定规程。

——《中华人民共和国计量法》（2017）

5. 计量管理要求 ——各行业要求

《海洋计量工作管理规定》

- 要求在用海洋专用计量器具时必须进行量值溯源，已建立计量标准和有效计量检定规程的海洋专用计量器具，使用者应当向计量行政部门授权的法定计量检定机构申请计量检定；已建立计量标准尚无有效计量检定规程的海洋专用计量器具，使用者应当委托有关法定计量检定机构实施计量校准；不具备计量检定或计量校准条件的海洋专用计量器具，使用者应当通过内部校准或比对等方式保障其量值的有效性。

《水利部计量工作管理办法》

- 水利部门使用的社会公用与专用计量器具，由部门所属的计量检定机构，或社会上法定检定机构，按国家和部门制定的检定规程，进行计量检定工作

《交通运输部办公厅关于发布水运工程试验检测仪器设备计量管理目录的通知》

- 对纳入《水运工程试验检测仪器设备计量管理目录》的计量器具，使用单位应当自行定期检定或者送其他计量检定机构检定/校准，以保证仪器设备检测结果的准确性。

5. 计量管理要求 ——计量认证

**《检验检测机构资质认定评审准则 通用要求》
(RB/T 214-2017)**

4.4.3 设备管理的要求，检验检测机构应对检验检测结果、抽样结果的准确性或有效性有影响或计量溯源性有要求的设备，包括用于测量环境条件等辅助测量设备有计划地实施检定或校准，从而从基础上保障测量数据的准确性和可靠性。

6. 检定、校准、比对、测试

——检定

检定

- 查明和确认计量器具是否符合法定要求的程序，它包括检查、加标记和（或）出具检定证书

目的

- 查明和确认计量器具是否符合有关的法定要求。

依据

- 按法定程序审批公布的计量检定规程。

内容

- 包括对计量器具进行检查，它是为确定计量器具是否符合该器具有关要求所进行的操作。

6. 检定、校准、比对、测试

——校准

校准 (calibration)

- 在规定的条件下的一组操作，其第一步是确定由测量标准提供的量值与相应示值之间的关系，第二步则是用此信息确定由示值获得测量结果的关系，这里测量标准提供的量值与相应示值都具有不确定度。

对象

- 测量仪器或测量系统，实物量具或参考物质。

依据

- 计量校准规范

内容

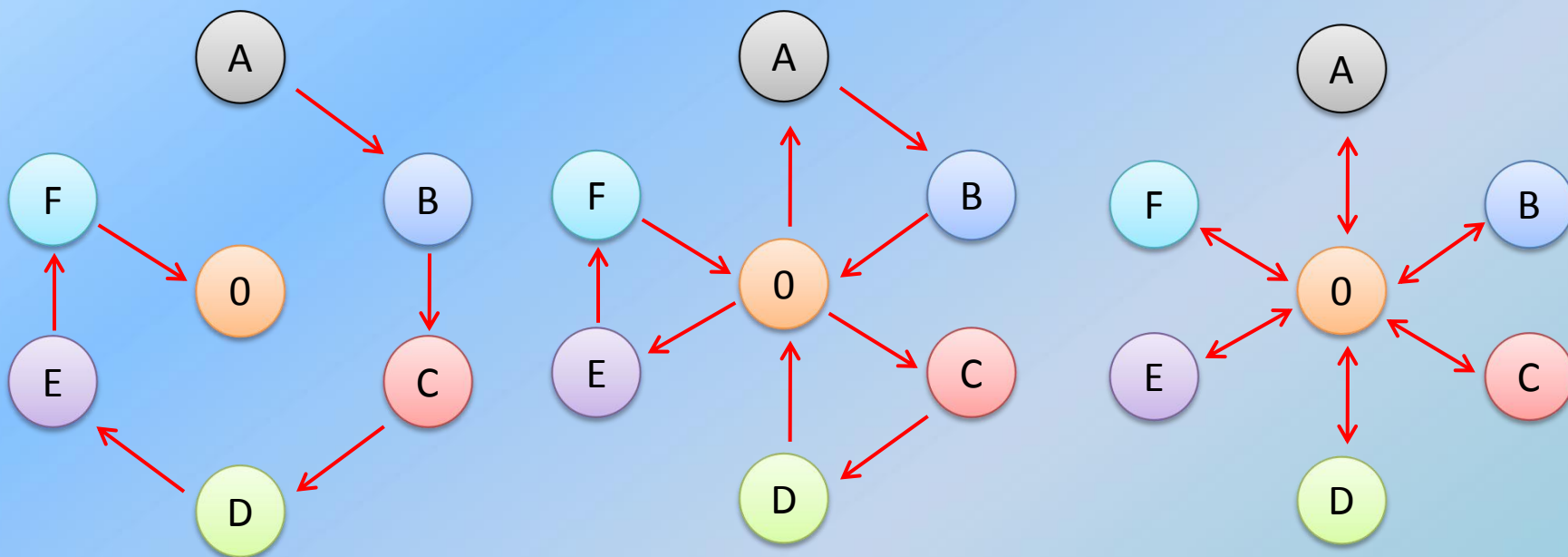
- 按照合理的溯源途径和国家计量校准规范或其他经确认的校准技术文件所规定的校准条件、校准项目和校准方法，将被校对象与计量标准进行比较和数据处理。

6. 检定、校准、比对、测试

——比对

在规定条件下，对相同准确度等级或指定不确定度范围内的同种测量仪器复现的量值之间比较的过程。

比对方式：循环式、花瓣式、星形式。



6. 检定、校准、比对、测试

——测试

测试定义

- 对给定产品，按照**规定程序**确定某一种或多种特性、进行处理或提供服务所组成的**技术操作**。

测试报告

- 计量机构在无检定规程或规范的情况下，为满足客户要求所采取的一种校准活动，通常按照客户或特定的技术要求，采用与计量标准给出的“标准值”相对比的方法进行校准。活动结果只提供数据，不给合格与否的结论，如何使用测试结果由用户自己决定。

7. 检定与校准的区别

1

- 检定全面评定
- 校准确定量值

2

- 检定出具法制性合格与否结论
- 校准不作合格性结论

3

- 检定发放法制性证书
- 校准出具校准证书或报告，为技术性文件

7. 检定证书、校准证书

检定证书和检定结果通知书

- 凡是依据计量检定规程实施检定的，检定结论为“合格”的出具检定证书。
- 当检定结论为“不合格”时，出具证书名称为“检定结果通知书”。

校准证书

- 凡依据国家计量校准规范，或非强制检定计量器具依据计量检定规程的相关部分，或依据其他经确认的校准方法进行的校准，出具的证书名称为“校准证书”（或“校准报告”）。

检定证书



国家水运工程检测设备计量站

检定证书

证书编号：CDcsJD2017-09016号

送检单位

送检单位 港海（天津）建设股份有限公司

制造单位

计量器具名称 测深仪

型号/规格 HY-1600

出厂编号 09104

制造单位 无锡市海鹰加科海洋技术有限责任公司

检定依据 JJG（交通）032-2015 水运工程 回声测深仪

检定结论 合格

检定专用章

(检定专用章)

批准人 谭晓娟

核验员 李妍

检定员 李皓



检定单位用章

检定日期 2017 年 09 月 28 日

有效期至 2018 年 09 月 27 日

检定日期、有效期

页数和总页数

计量检定机构授权证书号：(国)法计(2015)00021号 电话：022-59812345-5644
地址：天津市塘沽区新港二号路2618号 邮编：300456
EMAIL: syjlz2015@163.com 传真：022-59812271

第1页 共3页

检定证书



国家水运工程检测设备计量站

证书编号: CDcsJD2017-09016 号

国家水运工程检测设备计量站是国家法定计量检定机构				
计量检定机构授权证书号: (国)法计(2015)00021号				
检定依据	JJG(交通)032-2015 水运工程 回声测深仪			
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量(基)标准证书编号	有效期至
回声测深仪 检定装置	(0-40)m	$U=13\text{mm}$ $k=2$	[2009]国量标交 通证字第004号	2020.10.17
回声测深仪模 拟器标准装置	(0-300)m	$U=11\text{mm}$ $k=2$		
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量(基)标准证书编号	有效期至
激光测距仪	(0.05-200)m	2级	90049	2018.2.24
工作用玻璃 液体温度计	(0-50)°C	MPE: $\pm 0.2^\circ\text{C}$	RGgb1603144	2017.10.31
测深仪模拟器	(0-300)m	$U=11\text{mm}$, $k=2$	2017JZ070500001	2018.1.8
测量溯源性说明: 本次测量所用的计量标准, 可溯源至国家光电测距仪检测中心, 天津市计量监督检测科学研究院。				
检定环境条件及地点:				
室 温	23.4°C	水 温	19.8°C	相对湿度
地 点	国家水运工程检测设备计量站结构厅		其 他	51%
				/

水运
工程
设备
计量
骑缝



国家水运工程检测设备计量站

证书编号: CDcsJD2017-09016 号

检定结果

检定项目	技术要求	检定结果	结论
外观质量	测深仪表面涂层应牢固、均匀、不应有脱落、划伤、锈迹等缺陷。	符合要求	合格
盲区	不大于1m	0.35m	合格
	标准值 m	显示值 m	误差 m
	1.00	0.98	-0.02
	3.00	2.98	-0.02
	5.00	4.98	-0.02
	10.00	10.00	0.00
	15.00	15.01	0.01
	20.00	20.01	0.01
	25.00	25.02	0.02
	30.00	30.03	0.03
	35.00	35.03	0.03
	40.00	40.04	0.04
重复性误差: 0.005m		最大示值误差: 0.04m	
注:			
1. 本报告检定结果仅对该计量器具有效;			
2. 本证书未加盖“国家水运工程检测设备计量站检定专用章”无效;			
3. 下次检定时请携带(出示)此证书。			
未经授权, 不得部分复印本证书			
以下空白			

程
站

校准证书



国家水运工程检测设备计量站

校准证书

证书编号: SXssJZ2017-10006号

单位名称

单位名称 长江航道测量(武汉)中心

计量器具名称 声速剖面仪

型号/规格 mini SVP

出厂编号 34357

生产单位

生产单位 Valeport

校准依据 JJG(交通)122-2015 水运工程 声速剖面仪

校准日期 2017年10月24日

校准专用章

(校准专用章)

批准人 曹晓峰

核验员 高峰

校准员 柳义成



校准单位用章

计量检定机构授权证书号: (国)法计(2015)00021号
地址: 天津市滨海新区塘沽新港二号路2618号
EMAIL: tksgjz@tiwte.ac.cn

电话: 022-59812345-5644
邮编: 300456
传真: 022-59812271

校准证书



国家水运工程检测设备计量站

证书编号: SXssJZ2017-10006号

检定机构授权说明: 国家水运工程检测设备计量站是国家法定计量检定机构
 计量检定机构授权证书号: (国)法计(2015)00021号

校准依据 参照 JJG(交通)122-2015 水运工程 声速剖面仪

校准使用的计量(基)标准装置

名称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
声速剖面仪 检定装置	声速: (1400~1600) m/s 水深: (0~100) m	声速: $U=0.10\text{m/s}$, $k=2$ 水深: $U=0.03\text{m/s}$, $k=2$	[2017]国量标交通 证字第 072 号	2021.03.23

校准使用的标准器

名称	测量范围	不确定度/准确 度等级/最大 允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
标准铂电阻温度计	(0~100)°C	二等	RA17H-AK010029	2019.06.11
恒温水槽	(0~40)°C	$\pm 0.02^\circ\text{C}$	2017JZ030500626	2018.05.02
数字精密压力表	(0~1) MPa	0.02 级	RGsz1700371	2018.04.06
数字多用表	(0~1000) Ω	$U=7 \times 10^{-5}$, $k=2$	DXJZsb1700436	2018.04.20

测量溯源性说明: 本次测量所用的计量标准, 温度可溯源至华北国家计量测试中心的计量标准。
 压力和电学测量可溯源至天津计量监督检测科学研究所的计量标准。

校准环境条件及地点:

温度	20.5 °C	地点	国家水运工程检测设备计量站计量一室
相对湿度	40%	其他	水中声速校准为纯水中的声速值



国家水运工程检测设备计量站

证书编号: SXssJZ2017-10006号

校准结果

声速校准结果:

标准声速值 m/s	实测数值 m/s	示值误差 m/s
1426.09	1426.60	0.51
1447.36	1447.78	0.42
1466.02	1466.42	0.40
1482.41	1482.95	0.54
1496.80	1497.42	0.62
1509.15	1509.82	0.67

校准结果不确定度的描述:

声速剖面仪声速校准的测量不确定度 $U=0.10\text{m/s}$, $k=2$ 。

未经授权, 不得部分复印本证书。

- 注: 1. 本证书的校准结果仅对该计量器具有效。
 2. 本证书未加盖“国家水运工程检测设备计量站校准专用章”无效。
 3. 下次校准时请携带(出示)此证书。

以下空白



检定结果、校准结果或比对结果的确认

1. 设备基本信息的确认

- 设备名称、编号、规格等要与证书或报告一致。

2. 技术特性的确认

- 校准证书应该给出测量不确定度，校准结果的测量扩展不确定度应小于被检测样品参数允许误差的 $1/3\sim 1/10$;
- 自校准结果应尽可能给出测量不确定度。当不能给出测量不确定度时，应给出测量重复性（标准偏差）。3倍标准偏差应小于被检测样品参数允许误差的 $1/3\sim 1/10$;
- 三台或多台设备相互比较或参加实验室间比对或能力验证时，应对比较结果进行评价，并在程序文件中规定评价标准。

二、水运工程检测设备标准和计量体系

1. 国家水运工程检测设备计量站

于2015年获得原国家质量监督检验检疫总局法定计量检定机构授权，业务上受原国家质量监督检验检疫总局和交通运输部共同领导，是交通运输行业内承担水运工程专业法定计量工作的国家级计量技术机构，主要开展水运工程检测、测绘等专业仪器标准和规程制定、计量标准建设和计量标准维护以及量值传递工作；同时，负责承担行业计量检定人员培训、计量监督管理等工作。



1. 国家水运工程检测设备计量站

现有交通运输部部门最高计量标准12项，目前可开展近20种检测设备的检定/校准/测试工作。同时承担国家与行业有关水运工程计量技术与检测仪器设备校准等研究项目，满足行业提出的重大计量技术需求。



1. 国家水运工程检测设备计量站

专业计量标准



国家水运工程检测设备计量站

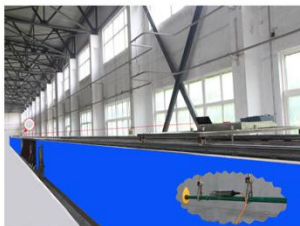
National Centre of Metrology for Equipments of Water Transport

STANDARDS OF MEASUREMENT

专业计量标准

01 回声测深仪检定装置

回声测深仪检定装置主标准器选用激光测距仪，主要配套设施包括：标准水槽（75.0m×1.5m×1.5m）、测深仪反射板、测距仪反射靶、测车及升降调节定位器组成。该检定装置可对单频、双频的单波束测深仪开展计量检定工作。

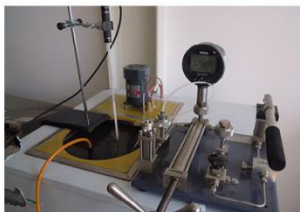


※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
回声测深仪	(0~40)m	单波束测深仪 MPE: ±5cm (水深≤5m时) MPE: ±1% d (水深>5m时, d为水深) 多波束测深仪 MPE: ±(0.1%H ±0.1)m (H为水深)	JJG (交通) 032-2015 水运工程 回声测深仪

02 声速剖面仪检定装置

声速剖面仪检定装置，采用纯水中的声速公式，对水中声速值进行检定；采用水深-压力转换的方式，对水深指标进行检定。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
声速剖面仪	声速: (1400 ~ 1600)m/s 水深: (0 ~ 100)m	声速 MPE: ±0.2 m/s 水深 MPE: ±1% F·S	JJG (交通) 122-2015 水运工程 声速剖面仪

03 闸门开度计及浮子式验潮仪检定装置

闸门开度计及浮子式验潮仪检定装置由二级钢卷尺和检定水塔组成。检定水塔可自动调节水位，并由摄像机跟踪水面，读取水塔中的水位。该检定装置可对闸门开度计、地下水位计、超声波水位计、浮子式验潮仪和浮子式水位计开展检定工作。



※ 闸门开度计检定装置可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
闸门开度计	(0 ~ 40)m	MPE: ±0.2% F·S	JJG (交通) 026-2015 水运工程 闸门开度计
地下水位计	(0 ~ 10)m	2级 MPE: ±2mm 3级 MPE: ±3mm	JJG (交通) 033-2015 水运工程 地下水位计
超声波水位计	(0 ~ 10)m	MPE: ±3mm	JJG (交通) 034-2015 水运工程 超声波水位计

※ 浮子式验潮仪检定装置可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
浮子式验潮仪	(0 ~ 8)m	高度 MPE: 2级 ±10 mm	JJG 587-1997 浮子式验潮仪
浮子式水位计		3级 ±20 mm 4级 ±40 mm	

1. 国家水运工程检测设备计量站

管理政策

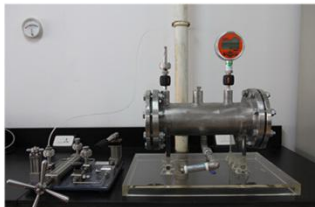


国家水运工程检测设备计量站

National Centre of Metrology for Equipments of Water Transport

04 压力式验潮仪检定装置

压力式验潮仪检定装置由检定水塔和压力检定两部分装置组成。在(0~8)m的范围内采用在检定水塔内进行长度检定；在超过8m的范围内以数字精密压力表配合压力容器、压力源进行压力检定。该装置可对压力式验潮仪和压力式水位计开展检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
压力式验潮仪 (岸站式)	(0 ~ 8)m	潮位 MPE: $\pm 0.03\text{m}$ $\pm 0.14\text{m}$ $\pm 0.30\text{m}$	JJG 946-1999 压力验潮仪
压力式验潮仪 (自容式)	(0 ~ 8)m, 可扩展到 100m		
压力式水位计			

05 非金属声波检测仪检定装置

非金属声波检测仪检定装置由光栅位移传感器、数显卡尺、数字多用表、低失真信号发生器、数字示波器及自行研发的声程调节装置组成，采用机械传动人工调节声程的方法，改变非金属声波检测仪平面/径向换能器之间的距离，将测量声时值与标准声时值进行比较，从而达到检定空气中平面换能器和水中径向换能器声时值测量准确度的目的。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
非金属声波检测仪	平面换能器空气中 声时: (0 ~ 9999) μs 径向换能器空气中 声时: (0 ~ 9999) μs	平面换能器空气中 声时值 MPE: $\pm 1\%$ 径向换能器水中 声时值 MPE: $\pm 3\%$	JJG (交通) 027-2015 水运工程 非金属声波检测仪

06 基桩动态测量仪检定装置

基桩动态测量仪检定装置由标准振动台、标准加速度传感器、电荷放大器、信号发生器、功率放大器、数字多用表及动态信号分析仪组成，可对基桩高应变仪和基桩低应变仪开展检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
基桩动态测量仪 (振动法检定)	频率: (20 ~ 2000)Hz 加速度: (2 ~ 100) m/s^2	加速度系统参考灵敏度 ($k=2$): 2% 频率响应和幅值线性度: $\leq 10\%$	JJG 930-1998 基桩动态测量仪

07 桩基静载仪检定装置

桩基静载仪检定装置由数字压力校验仪和光栅指示表检定仪组成。可对桩基静载仪压力和位移参数开展计量检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
桩基静载仪	位移 (0 ~ 50)mm 压力 (0 ~ 60)MPa	MPE: $\pm 1\% F \cdot S$ MPE: $\pm 0.05 \text{ mm}$	JJG (交通) 028-2004 水运工程 桩基静载仪

1. 国家水运工程检测设备计量站

管理政策



国家水运工程检测设备计量站

National Centre of Metrology for Equipments of Water Transport

08 混凝土回弹仪检定装置

混凝土回弹仪检定装置由回弹仪检定装置、回弹仪弹击拉簧检定仪、游标卡尺、半径样板、测力计和钢砧组成，采用部件法对中、小能量类型的回弹仪开展检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
回弹仪 (中、小能量类型)	0 ~ 100	MPE: ± 2 (钢砧率定值)	JJG 817-2011 回弹仪

09 伺服式测斜仪检定装置

伺服式测斜仪检定装置由光学分度头和伺服式测斜仪检定配套装置组成，伺服式测斜仪的分辨力、滞后、重复性、线性度、和综合误差等参数开展计量检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
伺服式测斜仪	$(-53 \sim 53)^\circ$	综合误差: $\pm 1\% F \cdot S$	JJG (交通) 038-2004 水运工程 伺服式测斜仪

10 钢弦式孔隙水压力计检定装置

钢弦式孔隙水压力计检定装置由数字精密压力表、压力容器、压力稳定装置和智能频率测量仪组成，可对钢弦式孔隙水压力计开展系数标定和计量检定工作。



※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
钢弦式孔隙水压力计	(0~1) MPa	MPE: $\pm 2.5\% F \cdot S$	JJG (交通) 029-2004 水运工程 钢弦式孔隙水压力计

11 钢弦式锚杆测力计检定装置

钢弦式锚杆测力计检定装置，采用万能材料试验机，对钢弦式锚杆测力计(钢弦式钢筋计)进行测量力值的标定；采用分辨力为0.01Hz的智能频率测量仪，对测力计的输出频率进行测量；根据测量结果，对测力计(钢筋计)的综合误差进行检定。



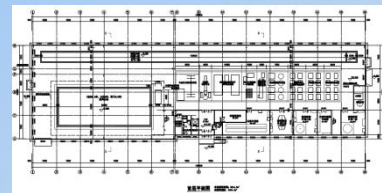
※ 可开展的检定或校准项目：

名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	依据的计量检定规程或技术规范的代号及名称
钢弦式锚杆测力计	(2 ~ 250)kN	综合误差: $\pm 2.5\% F \cdot S$	JJG (交通) 037-2004 水运工程 钢弦式锚杆测力计
钢弦式钢筋计	(2 ~ 250)kN	综合误差: $\pm 2.5\% F \cdot S$	JJG (交通) 035-2004 水运工程 钢弦式钢筋计

1.国家水运工程检测设备计量站

•水运专业计量研究与验证综合试验厅

目前已完成交通运输部和发改委分别委托的初步设计评审工作。建设内容有试验厅、计量检定设施项目建筑面积4495平方米。



•海河口水文测绘计量测试基地建设

海河口水文测绘计量测试基地水池长180m、宽20米、深10米，将逐步开展**多波束测深仪、侧扫声呐、流速仪、超短基线**等水文测绘设备的室外计量测试研究工作。



2. 全国水运专用计量器具计量技术委员会

全国水运专用计量器具计量技术委员会和全国港口标准化技术委员会水运工程检测仪器标准工作组秘书处均挂靠在国家水运计量站，分别负责国家及交通水运专业仪器设备计量技术规范和水运行业检测仪器设备技术标准的归口管理工作。



已发布的部门检定规程和行业标准

序号	标准及规程名称	标准号	规程号	备注
1	水运工程 闸门开度计	JT/T 575-2015	JJG(交通)026-2015	首次发布时间为2004年 再次发布时间为2015年
2	水运工程 非金属声波检测仪	JT/T 576-2015	JJG(交通)027-2015	
3	水运工程 回声测深仪	JT/T 571-2015	JJG(交通)032-2015	
4	水运工程 地下水位计	JT/T 572-2015	JJG(交通)033-2015	
5	水运工程 超声波水位计	JT/T 573-2015	JJG(交通)034-2015	
6	水运工程 钢弦式孔隙水压力计	JT/T 580-2017	JJG(交通)029-2017	首次发布时间为2004年 再次发布时间为2017年
7	水运工程 钢弦式钢筋计	JT/T 577-2017	JJG(交通)035-2017	
8	水运工程 桩基静载仪	JT/T 574-2004	JJG(交通)028-2004	首次发布时间为2004年 已列入2015年修订计划
9	水运工程 超声波流速仪	JT/T 569-2004	JJG(交通)030-2004	
10	水运工程 旋桨式流速仪	JT/T 570-2004	JJG(交通)031-2004	
11	水运工程 伺服式测斜仪	JT/T 579-2004	JJG(交通)038-2004	

已发布的部门检定规程和行业标准

序号	标准及规程名称	标准号	规程号	备注
12	水运工程 钢弦式锚索测力计	JT/T 578-2004	JJG(交通)036-2004	首次发布时间为2004年
13	水运工程 钢弦式锚杆测力计	JT/T 583-2004	JJG(交通)037-2004	已列入2016年修订计划
14	水运工程 电位器式多点位移计	JT/T 581-2004	JJG(交通)039-2004	首次发布时间为2004年 已列入2017年修订计划
15	水运工程 滑线电阻式位移计	JT/T 582-2004	JJG(交通)040-2004	
16	水运工程 差动电阻式应力计	JT/T 584-2004	JJG(交通)041-2004	
17	港口机械 数字式角度检测仪	JT/T 585-2004	JJG(交通)042-2004	首次发布时间为2004年
18	港口机械 负荷传感器二次仪表	JT/T 586-2004	JJG(交通)043-2004	
19	港口机械 数字式起重力矩限制器	JT/T 587-2004	JJG(交通)044-2004	
20	港口机械 输送带速度检测仪	JT/T 588-2004	JJG(交通)045-2004	
21	水运工程 声速剖面仪	JT/T 964-2015	JJG(交通)122-2015	首次发布时间为2015年
22	声学多普勒剖面流速仪	/	JJG(交通)138-2017	首次发布时间为2017年
23	多波束测深仪 浅水	JT/T 1154—2017	JJG(交通)139-2017	
24	水运工程 浅地层剖面仪	JT/T 1155—2017	JJG(交通)140-2017	

正在编制的部门检定规程和行业标准

序号	标准及规程名称	标准及规程号	备注
1	水运工程 姿态测量仪	/	已列入2015年制定计划
2	水运工程 激光粒度分析仪	/	
3	水运工程 钢筋笼测定仪	/	
4	水运工程 电磁式分层沉降仪	/	
5	水运工程 波浪观测仪	/	已列入2016年制定计划
6	水运工程 超短基线定位系统	/	
7	水运工程 船用定位仪	/	
8	水运工程 钢筋锈蚀仪	/	
9	水运工程 基桩低应变仪	/	
10	水运工程 基桩高应变仪	/	
11	水运工程 涂膜附着力测试仪	/	

正在编制的部门检定规程和行业标准

序号	标准及规程名称	标准及规程号	备注
12	井径仪	/	已列入2017年制定计划
13	侧扫声呐	/	
14	测量用无人船	/	
15	含沙量测定仪	/	
16	动力触探仪	/	已列入2018年制定计划
17	水位计	/	
18	集装箱起重机电子吊秤	/	
19	动弹模量测定仪标准及规程制修订	/	已列入2019年制定计划
20	三轴仪标准及规程制修订	/	
21	负压筛析仪标准及规程制修订	/	
22	光纤光栅式、电阻式钢筋计标准及规程制修订	/	
23	显微镜式测厚仪标准及规程制修订	/	

3. 水运工程试验检测仪器设备管理目录

为加强交通运输行业计量器具的管理，保证其量值传递的准确统一，进一步完善交通运输计量管理体系，我部组织编写了《水运工程试验检测仪器设备计量管理目录》（简称《目录》），规定了水运工程试验检测仪器设备计量管理范围，作为交通主管部门和有关单位对水运工程试验检测仪器设备进行计量监督管理及开展相关工作的基本依据。

交通运输部办公厅文件

交办科技〔2016〕56号

交通运输部办公厅关于发布水运工程试验 检测仪器设备计量管理目录的通知

各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团交通运输厅（局、委），各有关港航单位，各有关水运检测机构，部属有关单位，部内有关司局：

为加强交通运输行业计量器具的管理，保证其量值传递的准确、统一，进一步完善交通运输计量管理体系，根据《计量法》和《计量法实施细则》关于计量器具管理的相关规定，我部组织编制了《水运工程试验检测仪器设备计量管理目录》（以下简称《目录》）。《目录》是交通运输水运工程试验检测仪器设备计量管理的推荐性目录，规定了水运工程试验检测仪器设备计量管理范围，作为各级

水运工程试验检测仪器设备管理目录

序号	专业	类别	设备名称
1	材料检测设备	一、水泥	维卡仪
2			雷氏夹膨胀值测定仪
3			沸煮箱
4			负压筛析仪
5			电动抗折试验机
6			水泥水化热测定设备
7			胶砂流动度测定仪
8		二、粗、细集料	容量筒
9			针片状规准仪
10			压碎指标值测定仪
11		三、水、外加剂	含气量测定仪
12			贯入阻力仪
13		四、土工合成材料	渗透仪
14			纵向通水量试验仪
15			无侧限测厚仪
16			垂直渗透仪
17			落锤穿透仪
18		五、砂浆	砂浆稠度仪
19		六、水泥混凝土	混凝土搅拌机
20			维勃稠度仪

序号	专业	类别	设备名称	
21	六、水泥混凝土		坍落度筒	
22			抗渗仪	
23			冷冻设备	
24			动弹性模量测定仪	
25			电通量测定仪	
26			氯离子扩散系数测定仪	
27			涂层湿膜厚度规	
28			显微镜式测厚仪	
29			拉脱式涂层粘接剂测试仪	
30			七、钢绞线	松弛试验机
31			八、沥青	软化点仪
32	延度仪			
33		针入度仪		
34	九、粘结材料	粘度计		
35	十、土		环刀	
36			灌砂筒	
37			液塑限联合测定仪	
38			击实仪	
39			无侧限抗压强度测定仪	
40			三轴仪	
41	十一、结构混凝土		* 回弹仪	
42			* 非金属超声波检测仪	
43			钢筋保护层测定仪	
44			钢筋锈蚀仪	

水运工程试验检测仪器设备管理目录

序号	专业	类别	设备名称
45	材料检测设备	十二、钢结构防腐	涂膜附着力测试仪
46		十三、结构混凝土	裂缝宽度测试仪
47	结构检测设备	十四、结构及构件	激光挠度仪
48			电位器式多点位移计
49			滑线电阻式位移计
50			500吨以上千斤顶
51		十五、基桩	* 静载试验仪
52			* 基桩高应变仪
53			* 基桩低应变仪
54			井径仪(超声波成孔成槽质量检测仪)
55		十六、地基	动力触探仪
56			测斜仪
57			* 钢弦式孔隙水压力计
58			电阻应变式孔隙水压力计
59			土压力计
60			弦式接收仪
61			分层沉降仪
62			水位计
63			十字板剪切板仪
64			钢弦式钢筋计
65			电阻应变式钢筋计
66			光纤光栅钢筋计
67			钢弦式锚索测力计

序号	专业	类别	设备名称	
68	结构检测设备	十六、地基	钢弦式锚杆测力计	
69			差动式电阻应力计	
70		十七、定位定向	全球导航卫星系统(GNSS)	
71			罗经	
72			超短基线定位系统	
73			长基线定位系统	
74			* 超声波水位计	
75	* 地下水水位计			
76	* 浮子式验潮仪(水位计)			
77	* 压力式验潮仪(水位计)			
78	重锤式料/液位仪			
79	超声波波浪测量仪			
80	压力式波浪测量仪			
81	水文地质测绘设备	十八、浪潮流沙	旋桨式流速仪	
82			超声波流速仪	
83			电磁流速仪	
84			直读式海流计	
85			声学多普勒流速剖面仪(ADCP)	
86			含沙量测定仪	
87			颗粒分析仪	
88			测冰仪	
89			十九、地形地貌	多波束测深仪
90				* 回声测深仪

水运工程试验检测仪器设备管理目录

序号	专业	类别	设备名称
91	水文地质 测绘设备	十九、地形地貌	声速剖面仪
92			姿态测量仪
93			浅地层剖面仪
94			侧扫声呐
95			扫描声呐
96		二十、重磁	海洋磁力仪
97			海洋重力仪
98	港口设施 检测设备	二十一、重力	负荷传感器二次仪表
99			数字式起重力矩限制器
100		二十二、位移及速度	角度检测仪
101			输送带速度检测仪
102			起升高度检测仪
103			重锤式角度检测仪
104			同步位移传感器
105			起重小车位移检测仪
106			料位高度检测仪
107			伺服加速度传感器
108		胶带偏斜指示器	
109	二十三、安全设施	光电式旋转编码器	
110		起重力矩限制器	
111		起重机运行偏斜限制器	
112	助航设施 检测设备	二十四、航标	航标灯光发射角测量仪
113	检测设备	二十五、船闸	* 闸门开度计

说明：“*”为国家水运工程检测设备计量站已经获得国家质检总局授权的计量标准。

4.水运工程试验仪器设备检定/校准指导手册

交通运输部办公厅文件

交办安监[2018] 33号

交通运输部办公厅关于 印发《水运工程试验检测仪器 设备检定/校准指导手册》的通知

各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团交通运输厅(局、委),长江航务管理局:

为提高试验检测机构仪器设备管理水平,规范仪器设备检定/校准工作,确保试验检测数据可靠准确,部组织编制了《水运工程试验检测仪器设备检定/校准指导手册》(以下简称《指导手册》),涵盖《公路水运工程试验检测机构等级标准》中水运工程材料甲级、结构甲级和《测绘资质分级标准》中海洋工程测量所涉及的仪器设备,明确了水运工程试验检测仪器设备的管理方式、依据标准

— 1 —

及计量参数,是试验检测仪器设备检定/校准工作的重要依据。《指导手册》的更新情况可通过部网站(www.mot.gov.cn)进行查询,日常解释和维护管理工作由国家水运工程检测设备计量站负责。

经交通运输部同意,现将《指导手册》印发给你们,请遵照执行。执行中如发现问题,请及时反映至国家水运工程检测设备计量站(地址:天津市滨海新区塘沽新港二号路2618号,邮编:300456,电话:022-59812271,邮箱:tksgjzlz@tiwte.ac.cn)。



(此件公开发布)

— 2 —

4.水运工程试验仪器设备检定/校准指导手册

序号	项目类别	编号	设备名称	管理类别	依据标准	计量参数	建议检定/校准周期	备注
491	定位定向 (SY0301)	SY03010001	GNSS 定位仪	II-2		定位误差	1 年	
492		SY03010002	罗经	II-2		艏向示值误差, 灵敏度, 稳定性	1 年	
493		SY03010003	超短基线定位系统	II-2		角度示值误差, 距离示值误差	1 年	
494		SY03010004	长基线定位系统	II-2		角度示值误差, 距离示值误差	1 年	
495	浪潮流沙 (SY0302)	SY03020001	超声波水位计	II-1	JJG (交通) 034 水运工程 超声波水位计	测量范围, 准确度, 分辨力, 盲区, 计时准确度, 重复性	1 年	
496		SY03020002	地下水水位计	II-1	JJG (交通) 033 水运工程 地下水水位计	水位变幅, 分辨力, 准确度等级示值误差、回差, 重复性, 计时装置准确度	1 年	
497		SY03020003	浮子式验潮仪	II-1	JJG 587 浮子式验潮仪	浮子水密性, 潮高准确度, 仪器分辨力, 计时装置准确度	2 年	
498		SY03020004	压力式验潮仪	II-1	JJG 946 压力验潮仪	潮高(水位)示值误差, 潮高(水位)鉴别力阈, 计时示值误差	2 年	
499		SY03020005	重锤式料/液位仪	II-2		测量速度, 重复性, 分辨力	1 年	
500		SY03020006	超声式波浪测量仪	II-2		波高示值误差, 波向示值误差, 波浪周期示值误差	1 年	
501		SY03020007	压力式波浪测量仪	II-2		波高示值误差, 波浪周期示值误差	1 年	

4.水运工程试验仪器设备检定/校准指导手册

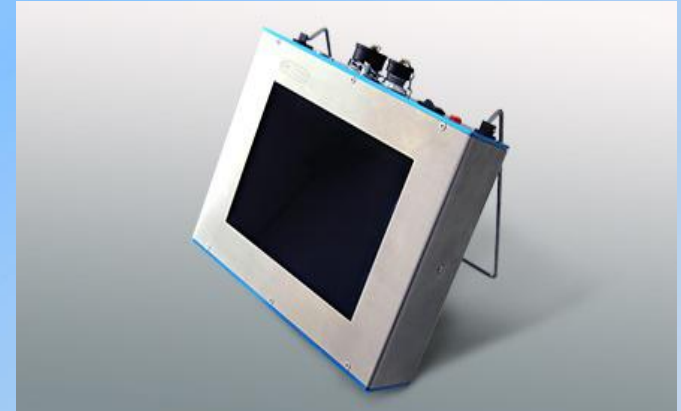
序号	项目类别	编号	设备名称	管理类别	依据标准	计量参数	建议检定/校准周期	备注
502	浪潮流沙 (SY0302)	SY03020008	风速仪	I	JJG 613 电接风向风速仪	仪器绝缘性, 风杯平衡性, 风杯转动情况, 风速电接点工作状态, 风杯标灵活性, 风向标平衡性, 风向测量范围, 指示误差及电接情况	3年	
503		SY03020009	旋桨式流速仪	II-1	JJG(交通)031 水运工程旋桨式流速仪	测速范围, 准确度、分辨力、全线均方差, 起动流速, 重复性, 流向	1年	
504		SY03020010	超声波流速仪	II-1	JJG(交通)030 水运工程超声波流速仪	测速范围, 准确度, 分辨力, 重复性	1年	
505		SY03020011	电磁流速仪	II-2		测速范围, 流速方向和流速大小准确度, 分辨力	1年	
506		SY03020012	直读式海流计	II-2		流向示值误差, 流速示值误差	1年	
507		SY03020013	声学多普勒流速剖面仪(ADCP)	II-1	JJG(交通)138 声学多普勒流速剖面仪	流速示值误差, 流向示值误差	1年	参考GB/T 24558 声学多普勒流速剖面仪
508		SY03020014	含沙量测定仪	II-2		含沙量测量范围, 测量准确度	1年	
509		SY03020015	颗粒分析仪	II-2		粒径范围, 分辨力	1年	
510		SY03020016	推移质采样器	III	/	体积		按参数内部校准
511		SY03020017	悬移质采样器	III	/	体积		按参数内部校准
512		SY03020018	测冰仪	II-2		系泊试验: 压力深度计的深度误差, 回声测深仪的发射机输出功率、接收机电压增益、声速修正装置, 测冰仪零位校正; 航行试验: 深度测量误差, 回声测深仪和压力深度计测深差	1年	参考GJB 38.66 常规动力潜艇系泊、航行试验规程 回声测冰仪

4.水运工程试验仪器设备检定/校准指导手册

序号	项目类别	编号	设备名称	管理类别	依据标准	计量参数	建议检定/校准周期	备注
513	地形地貌 (SY0303)	SY03030001	多波束测深仪	II-1	JJG(交通) 139 多波束测深仪浅水	分辨力, 深度测量准确度, 波束角指向性, 声源级	1年	
514		SY03030002	回声测深仪	II-1	JJG(交通) 032 水运工程 回声测深仪	测量范围, 准确度, 分辨力盲区, 重复性, 转速偏差	1年	
515		SY03030003	声速剖面仪	II-1	JJG(交通) 122 水运工程 声速剖面仪	温度示值误差, 水深示值误差, 声速示值误差, 重复性, 盐度示值误差	1年	
516		SY03030004	姿态测量仪	II-2		横摇示值误差, 纵摇示值误差, 上下升沉示值误差, 艏向示值误差, 测量准确度	1年	
517		SY03030005	浅地层剖面仪	II-1	JJG(交通) 140 水运工程 浅地层剖面仪	垂直分辨力示值误差, 水深	1年	
518		SY03030006	侧扫声呐	II-2		声源级, 波束指向性, 成像分辨率	1年	
519		SY03030007	扫描声呐	II-2		频率, 距离分辨力	1年	
520	重磁	SY03040001	海洋磁力仪	II-2		灵敏度, 分辨力	1年	
521	(SY0304)	SY03040002	海洋重力仪	II-2		重力异常, 格值	1年	

三、工程检测设备计量关键技术-基桩动测仪

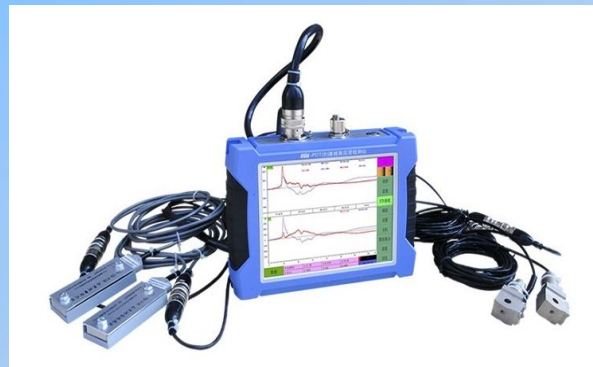
基桩动测仪采用反射波法检测基桩完整性，适用于港口码头、公路、铁路、建筑中灌注桩、打入桩及顶面暴露的结构体的桩身结构完整性。



BETC-C6A



RS-1616K (S)



RSM-PDT(B)



RSM-PDT(F)

三、工程检测设备计量关键技术-基桩动测仪

□ 主标准器及配套设备

序号	设备名称	技术参数	
		标准器	指标参数
1	基桩动测仪检定装置（振动法）	振动标准套组	频率范围：（1~5000）Hz 加速度：（0~200）m/s ²
		标准振动台	频率范围：（10~2000）Hz 加速度：（0~200）m/s ²
		数字电压表	分辨力：MPE≤0.05%
		低失真信号发生器	频率范围：5Hz~20kHz 失真度：≤0.05%



基桩动测仪检定装置（振动法）

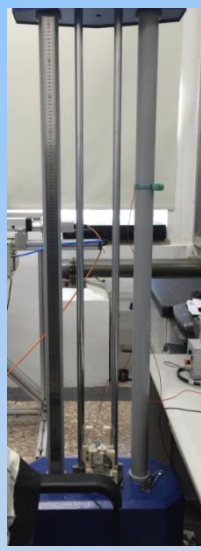
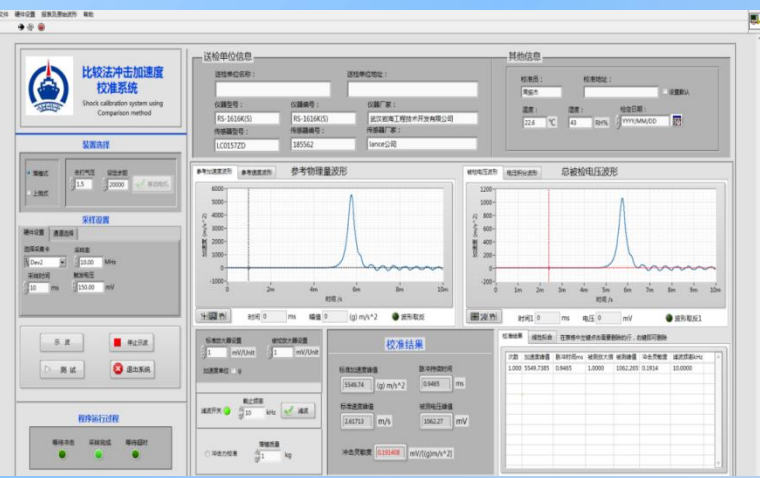
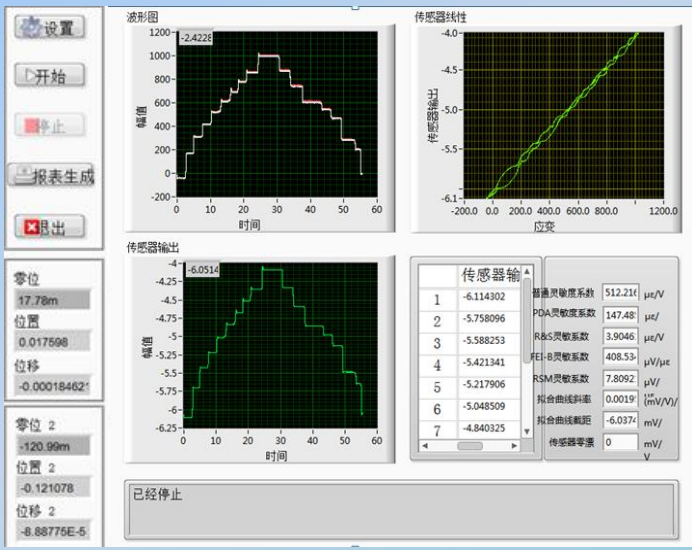
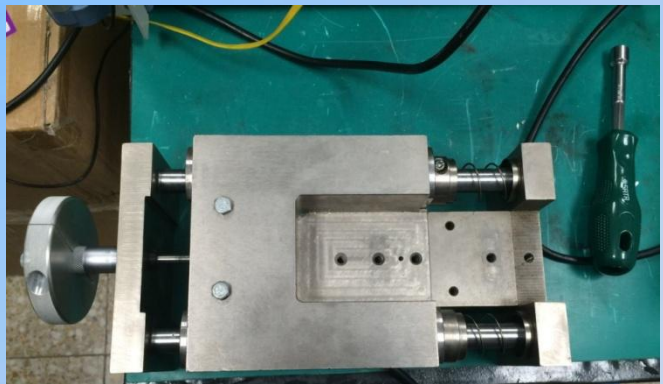
□ 性能指标

- ✓ 频率测量范围（10~2000）Hz
- ✓ 加速度测量范围（2~200）m/s²
- ✓ 加速度幅值不确定度， $U_{rel}=2\%$ ， $k=2$

三、工程检测设备计量关键技术-基桩动测仪

主标准器及配套设备

序号	设备名称	技术参数
1	标准加速度传感器套组	测量范围 (500~10000) m/s ² , 加速度灵敏度测量相对扩展不确定度为3%, k=2
2	应变传感器校准装置	位移测量范围 (0~10) mm, 位移测量相对扩展不确定度为2%, k=2; 通道一致性0.1dB; 灵敏度示值误差为1.7%; 位移示值误差0.7%; 应变示值误差1.2%; 动态范围76dB; 幅值线性度误差0.07%

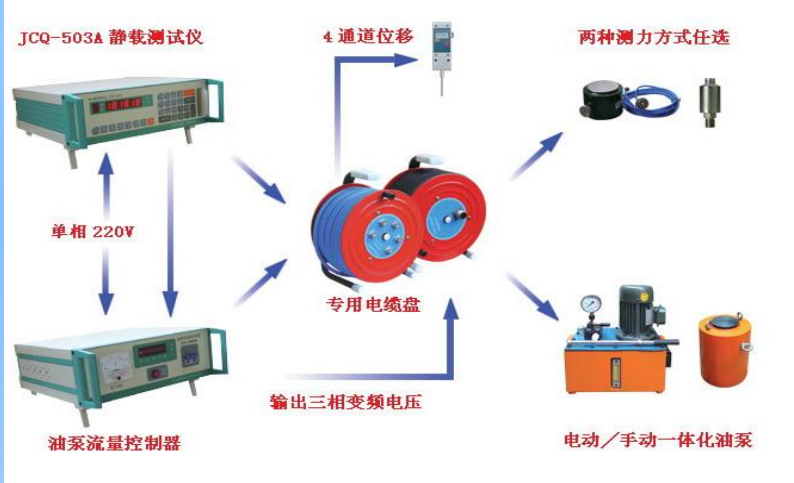


(冲击法) 检定装置测量

应变传感器校准装置

三、工程检测设备计量关键技术-桩基静载仪

桩基静载仪是水运工程领域中重要的结构检测设备，其被广泛应用于水运工程建设中港口、码头、水工建筑物及民用建筑等桩基的承载力检测。



桩基静载仪结构组成图



RS-JYB



JCQ-503A



JCQ-503D

三、工程检测设备计量关键技术-桩基静载仪

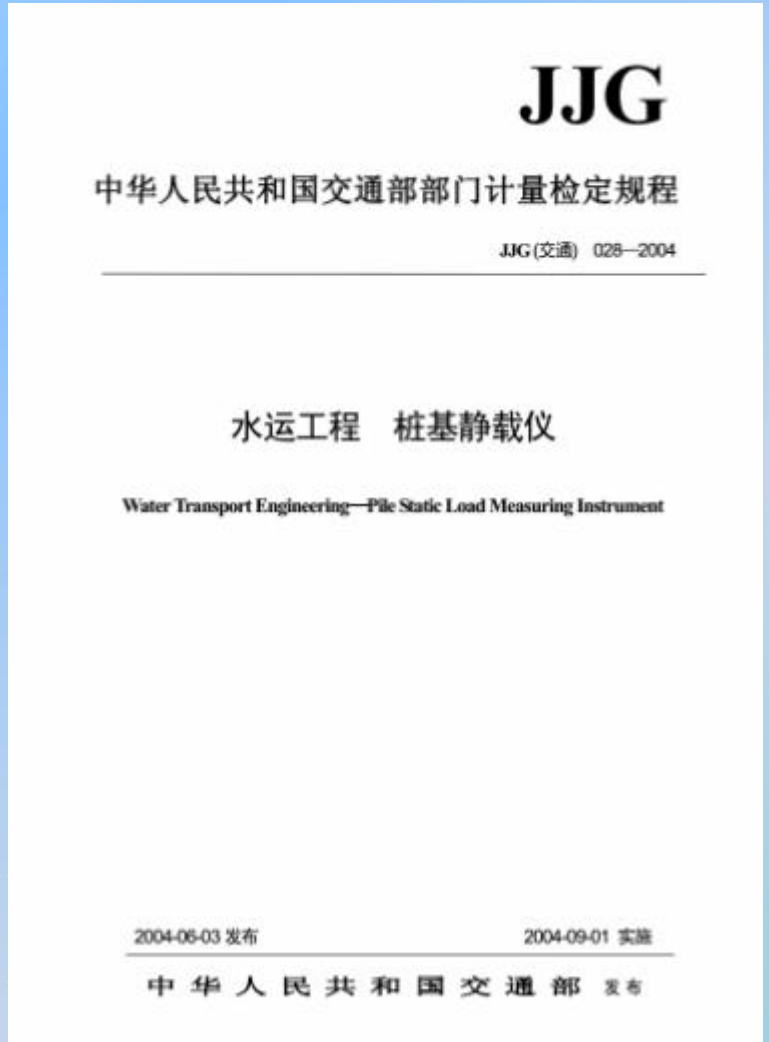
桩基静载仪计量参数性能要求

通道类型		测量范围	分辨力	示值误差	回程误差
位移		0 mm~50 mm、 0 mm~100 mm	0.01mm	0.1%	0.04%
荷载	压力	≥60MPa	0.01MPa	±0.5%	0.5%
	力	0kN~5000kN	0.1kN		/

注：示值误差按其量程百分比计算

主要计量标准技术指标

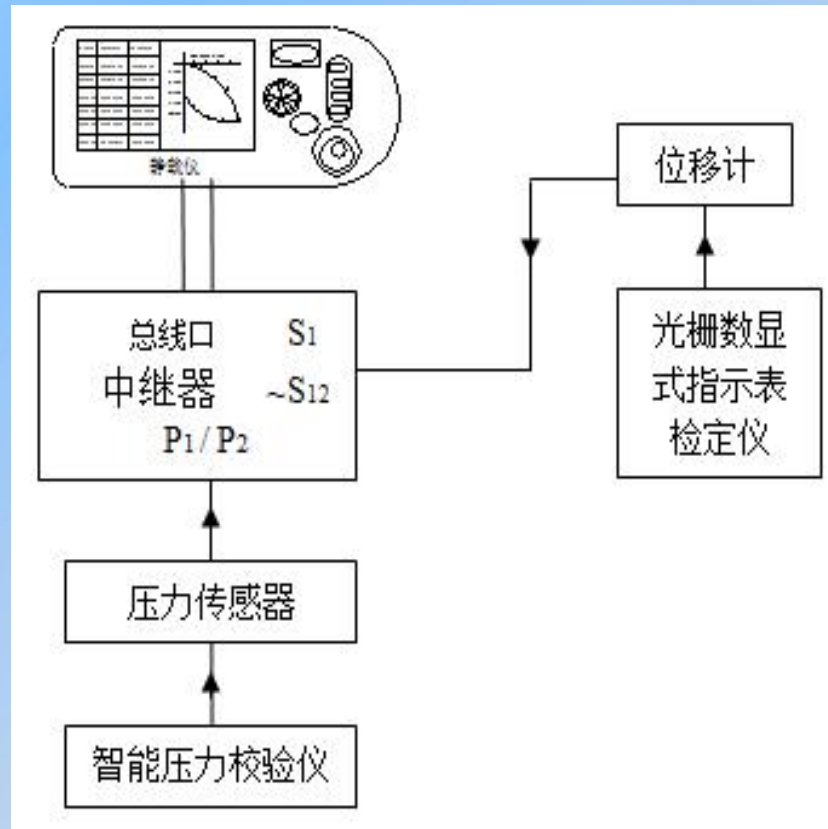
- ✓ 4等量块：（0.5~100）mm
- ✓ 光栅指示表检定仪：（0~50）mm
- ✓ 0.05级活塞式压力计：（2~70）Mpa
- ✓ 0.05级数字压力校验仪：（2~60）MPa



三、工程检测设备计量关键技术-桩基静载仪

采用直接比对方式对压力和位移分别进行测量。采用数字压力校验仪作为计量标准器对桩基静载仪压力传感器进行检定。对位移传感器采用同样方式，以光栅数显式指示表检定仪作为计量标准器，采用计量光栅作为长度基准，实现1:1传递，稳定可靠。

该方法实现了对不同测量范围的桩基静载仪的计量需求，有效控制了计量标准装置的稳定性，满足了计量标准的技术要求。



桩基静载仪检定原理图

三、工程检测设备计量关键技术-桩基静载仪

□ 主标准器

✓ 数字压力校验仪：（0~60）MPa，0.05级

✓ 光栅数显式指示表检定仪：（0~50）mm，

MPE：±6um

□ 性能指标

✓ 测量范围

压力：（0~60）Mpa

长度：（0~50）mm

✓ 不确定度或准确度等级或最大允许误差

压力：0.05级

长度：MPE：6um



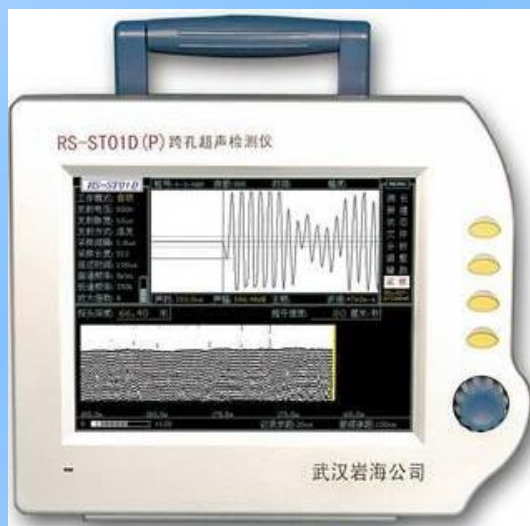
桩基静载仪检定装置

三、工程检测设备计量关键技术-非金属声波检测仪

非金属声波检测仪的主要用途是检测混凝土的强度、裂缝深度、混凝土匀质性、损伤层厚度、混凝土厚度、桩身完整性和结构内部缺陷。



北京智博联ZBL-U5600



武汉岩海RS-ST03D(T)



北京康科瑞KON-ZDB

三、工程检测设备计量关键技术-非金属声波检测仪

JJG(交通)027-2015-水运工程非金属声波检测仪

非金属声波检测仪计量性能参数要求

参数		计量性能要求
发射电压幅值稳定度		每小时优于 $\pm 5\%$
幅值准确度		幅值相对误差误差不大于 $\pm 3\%$
声时值 测量准 确度	平面换能器	空气中声时值测量误差应不大于 $\pm 1\%$
	径向换能器	水介质中声时值测量误差应不大于 $\pm 3\%$

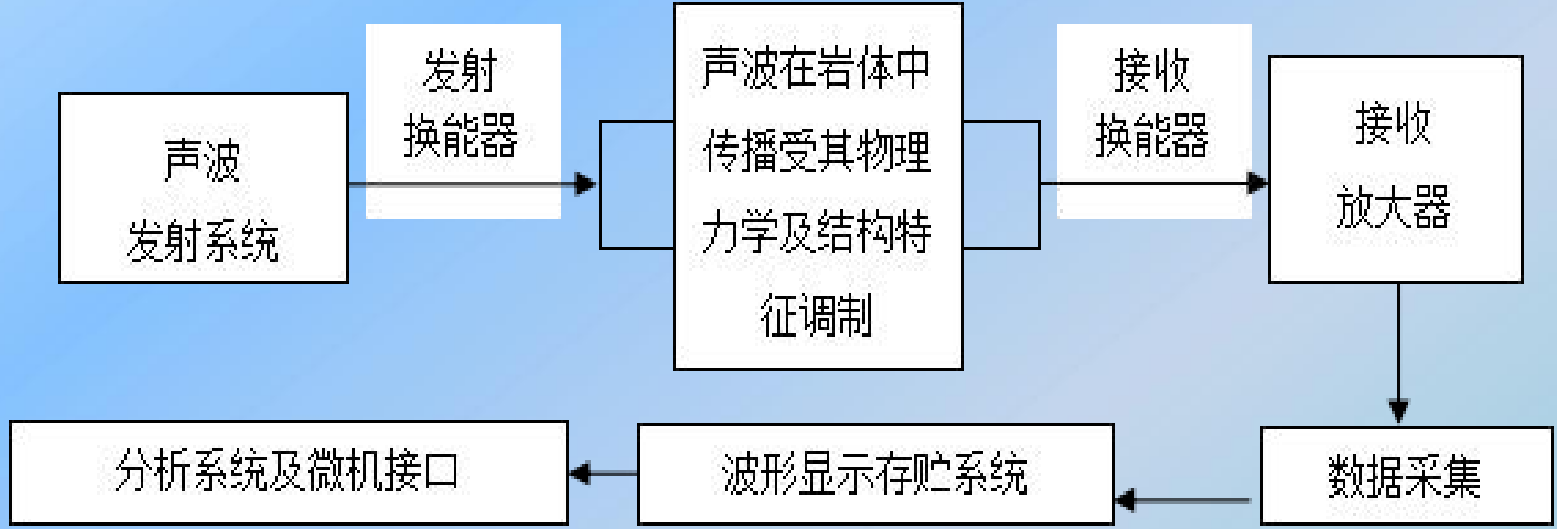
主要计量标准技术指标

- ✓ 空气声程调节装置：调节范围 0mm ~ 500mm
- ✓ 水下声程调节装置：调节范围 0mm ~ 1 800mm
- ✓ 光直尺：0mm ~ 1 800mm，分度值 0.02mm
- ✓ 信号发生器：1Hz ~ 1MHz，失真度小于 0.3%，在标称频率范围内频率最大允许误差 $\pm 1\%$
- ✓ 温度计：最大允许误差 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，分度值 0.1°C
- ✓ 测量水听器：70kHz 以下自由场电压灵敏度应大于 -190dB



三、 工程检测设备计量关键技术-非金属声波检测仪

研制过程中，自主研发了声程调节装置测量技术和平面/径向换能器声时校准技术，提出了发射电压幅值稳定度、幅值准确度、空气中声时值测量准确度和水介质中声时值测量准确度检定方法，有效控制了计量标准装置的稳定性，满足了计量标准的技术要求。



非金属声波检测仪检定原理图

三、工程检测设备计量关键技术-非金属声波检测仪

□ 主标准器及配套设备

名称	型号	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差
光栅位移传感器	5GX-2	(0~1800)mm	分度值0.02mm
数显卡尺	0.01mm	(0~300)mm	MPE : ± 0.04 mm
工作用玻璃液体温度计	棒状	(0~50) $^{\circ}$ C	MPE : $\pm 0.04\%$ ACV
数字多用表	2000型	(0~750)V分档测量	MPE : $\pm 0.04\%$ ACV
低失真信号发生器	TD1010	1Hz~1MHz	MPE : $\pm 1\%$
数字示波器	TDS1002	DC~100MHz (0~750)V	50V以下常规幅值测量优于 $\pm 1.5\%$, 50V以上高压测量优于5%。
声程调节装置	0.01mm	(0~250)mm	MPE : ± 0.29 mm
检定水池及调节装置	/	/	/

□ 性能指标

- ✓ 平面换能器声时测量扩展不确定度 $U=1.2\mu\text{s}$, $k=2$
- ✓ 径向换能器声时测量扩展不确定度 $U=0.46\mu\text{s}$, $k=2$



平面换能器检定装置



径向换能器检定装置

三、 工程检测设备计量关键技术-伺服式测斜仪

伺服式测斜仪是一种长期检测岩土边坡、堤坝、港口码头及地下建筑工程内深层水平位移的可携带的仪器。其测量结果对填埋工程的实时决策非常重要，对建筑物的结构检测评价具有较大的影响，关系到工程质量和施工安全。



TGCX-1-100测斜仪



SINCO测斜仪



CX型测斜仪



RST型测斜仪

三、工程检测设备计量关键技术-伺服式测斜仪

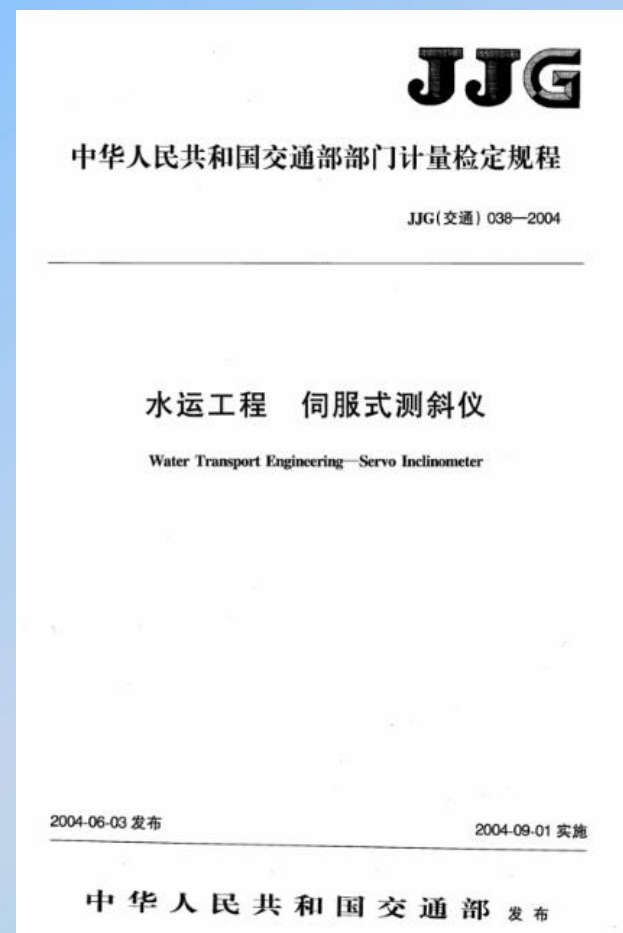
JJG(交通) 038-2004 水运工程伺服式测斜仪

伺服式测斜仪计量性能参数要求

参数	计量性能要求
分辨力	不大于0.01‰F S
滞后	±0.1‰F S
重复性	±0.05‰F S
线性度	±0.1‰F S
综合误差	±1‰F S

检定设备

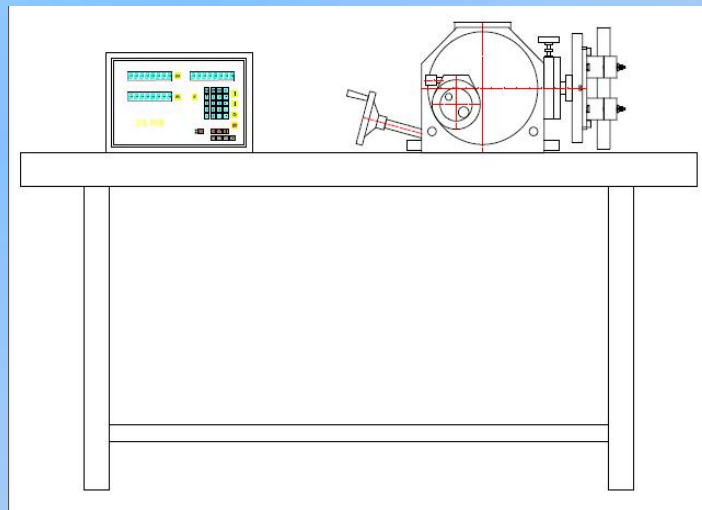
- ✓ 专用 标定台;
- ✓ 专用读数仪;
- ✓ 0.01mm卡尺。



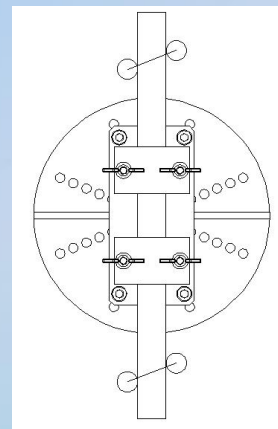
三、工程检测设备计量关键技术-伺服式测斜仪

以光学分度头作为主标准器，设计高精度旋转盘作为角度检定/校准承载平台，设计与伺服式测斜仪使用现场相同的带导槽测斜管，通过精密连接件与旋转盘连接，旋转盘与测斜管保持高度平行，角度偏差为 $\pm 6''$ ，通过准确控制光学分度头转动，模拟伺服式沉降测量的全过程，建立回归方程计算电压、角度关系以及位移（角度）偏差，在沉管模拟条件下进行伺服式测斜仪的检定/校准。

该技术实现了沉管模拟条件下对地下水环境的完美模拟，实现了伺服式测斜仪计量参数的测试，提高了测量精度，重复性、稳定性好，保证了仪器量值的准确可靠。



伺服式测斜仪检定原理图



伺服式测斜仪安装示意图

三、工程检测设备计量关键技术-伺服式测斜仪

□ 主标准器

✓ 数显分度头

测量范围：(-180~+180)°

示值误差：±3"

□ 配套设备

✓ 数显卡尺

测量范围：(0~300) mm

MPE：±0.04mm

□ 性能指标

✓ 测量范围：(-180~+180)°

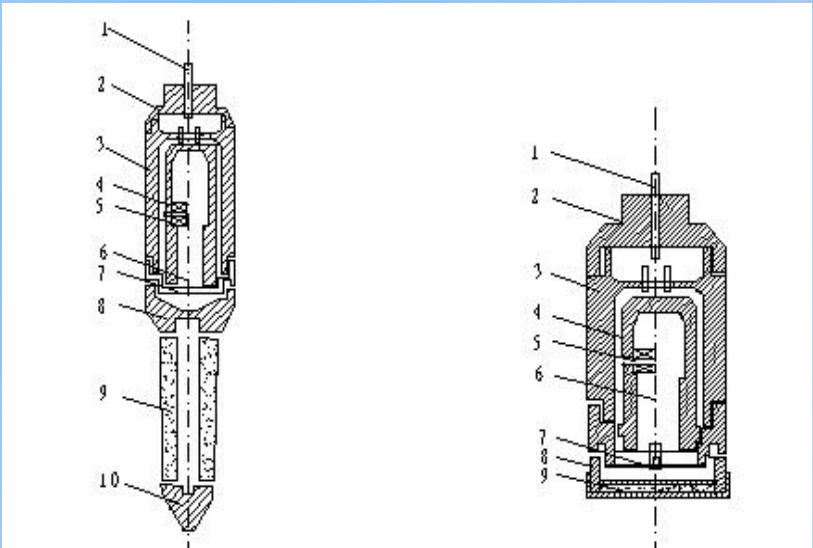
✓ 示值误差：3"



伺服式测斜仪安装示意图

三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式孔隙水压力计

钢弦式孔隙水压力计是一种长期监测土木工程结构内部孔隙水压力或透水压力的传感器，是孔隙水压力计中社会保有量最大，应用最广泛的一种，分钻孔埋入型和填方埋入型两种。



钻孔埋入型

填方埋入型

- 1-屏蔽电； 2-盖帽； 3-壳体； 4-支架； 5-线圈；
6-钢弦； 7-承压膜； 8-盖底； 9-透水体； 10-锥头。

钢弦式孔隙水压力计结构示意图

钢弦式孔隙水压力计基本参数表

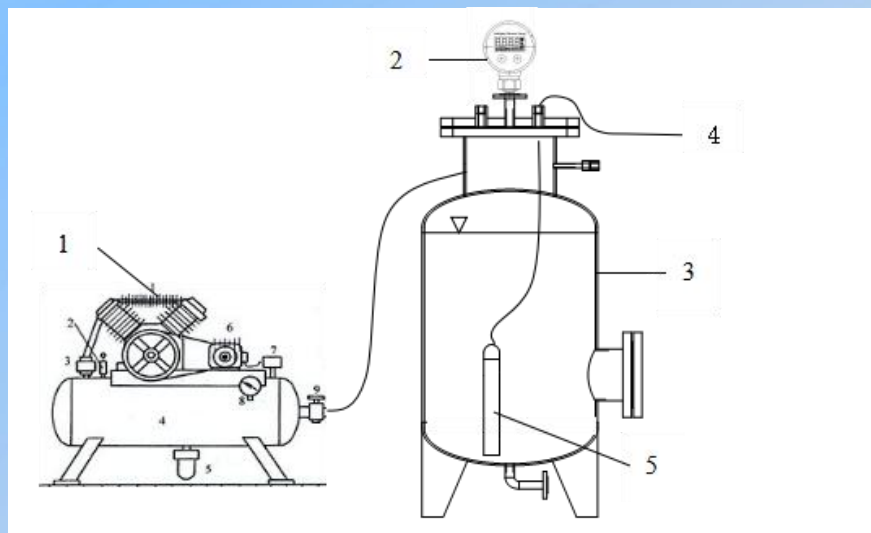
量程, MPa	钻孔埋入型外形尺寸 ^a , mm		填方埋入型外形尺寸 ^a , mm		分辨力 %F.S ^b	输出频率范围 Hz
	直径	长度	直径	长度		
0~0.16	19~60	60~150	19~60	60~150	≤0.10	400~3000
0~0.25						
0~0.40						
0~0.60						
0~1.00						
0~1.60						
0~2.50						
0~4.00						
0~6.00						

注：a.外形尺寸为推荐尺寸； b. F·S表示满量程值。

三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式孔隙水压力计

自主设计压力容器，以PLC为核心控制单元，结合PID衍生算法，采用多级阀门联控技术，精确控制压力容器中水压力在-200kPa~2MPa范围内连续/离散变化，实现钢弦式孔隙水压力计分辨力、滞后、非线性度、综合误差等参数的计量测试。

该技术实现了实验室环境下对地下水环境的完美模拟，实现了温度修正、过压力限等多参数的计量测试，提高了测量精度，重复性、稳定性好，保证了仪器量值的准确可靠。



- 1-压力源；2-数字精密压力表；3-压力罐；
4-智能测量仪；5-钢弦式孔隙水压力计

伺服式测斜仪检定原理图

三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式孔隙水压力计

□ 主标准器

✓ 数字精密压力表：（0~1）MPa，0.05级

□ 配套设备

✓ 压力容器：（0~1）MPa

✓ 智能测量仪：（500~4000）Hz

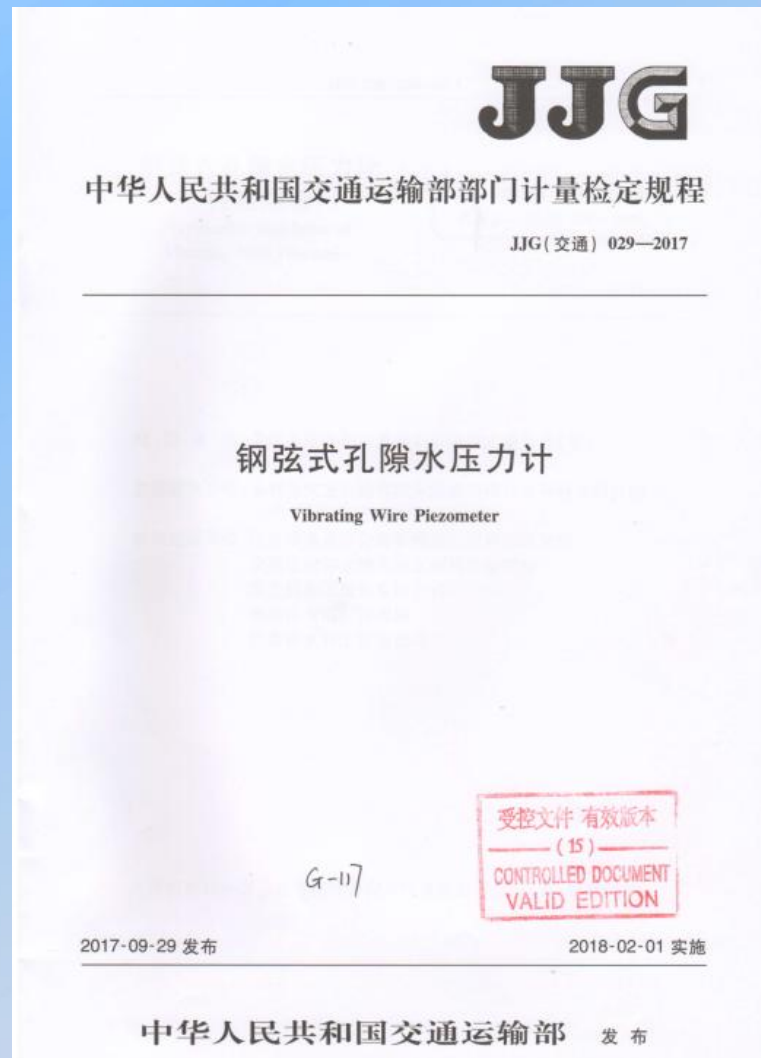
□ 性能指标

✓ 测量范围：（0~1）MPa

✓ 不确定度或准确度等级或最大允许误差：0.05级



钢弦式孔隙水压力计检定装置



三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式锚杆测力仪

钢弦式锚杆测力计主要用于长期监测岩石高边坡、地下围岩、港口码头等工程中锚杆张力。



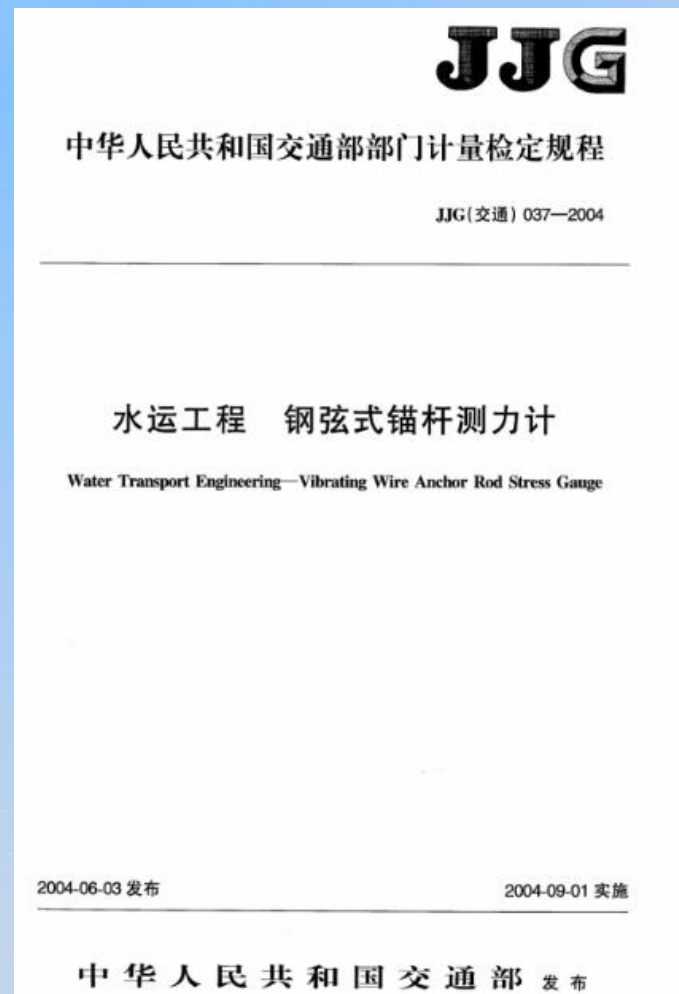
三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式锚杆测力仪

钢弦式锚杆测力计计量参数性能要求

参数	计量性能要求
滞后	$\pm 1\%F S$
重复性	$\pm 0.5\%F S$
线性度	$\pm 2\%F S$
综合误差	$\pm 2.5\%F S$

主要计量标准技术指标

- ✓ 1%精度的600kN万能材料试验机
- ✓ 0.2级精密压力表
- ✓ 分辨力为0.01Hz的钢弦频率测定仪



三、工程检测设备计量关键技术-钢弦式锚杆测力仪

□ 主标准器

✓ 万能试验机：（2~600）kN，1级

✓ 智能读数仪：（500~4000）Hz

□ 性能指标

✓ 测量范围

压力：（2~250）kN

✓ 准确度等级或最大允许误差

压力：1级级



钢弦式锚杆测力计检定装置

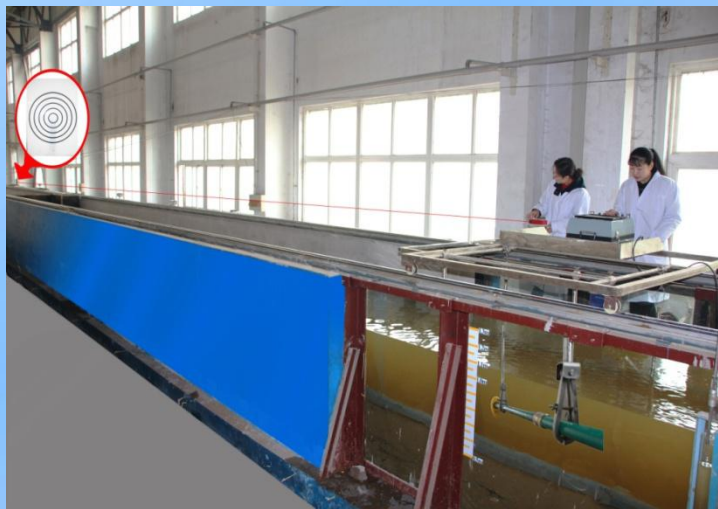
工程检测计量校准能力综述

序号	项目名称	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差
1	非金属声波检测仪	平面换能器空气中 声时: (0~9999) μ s 径向换能器水中 声时: (0~9999) μ s	平面换能器空气中声时值MPE: $\pm 1\%$ 径向换能器水中声时值MPE: $\pm 3\%$
2	基桩动态测量仪	频率: (20~2000)Hz 加速度: (2~100) m/s ²	加速度系统参考灵敏度 ($k=2$): 2% 频率响应和幅值线性度: $\leq 10\%$
3	桩基静载仪	位移(0~50)mm 压力(0~60)MPa	MPE: $\pm 1\%$ F·S MPE: ± 0.05 mm
4	回弹仪	0~100	MPE: ± 2 (钢砧率定值)
5	伺服式测斜仪	(-53~53) $^{\circ}$	综合误差: $\pm 1\%$ F·S
6	孔隙水压力计	(0~1)MPa	MPE: $\pm 2.5\%$ F·S
7	钢弦式锚杆测力计	(2~250)KN	综合误差: $\pm 2.5\%$ F·S
8	钢弦式钢筋计		

四、水文测量仪器计量关键技术-回声测深仪

1. JJG(交通)032-2015 《水运工程 回声测深仪》

- (1) 基于检定水槽的回声测深仪校准装置：测量范围（0~40）m；
- (2) 回声测深仪模拟校准装置：测量范围（0~300）m；
- (3) 最大允许误差： $\pm 1\%d$ （ d 为实测水深）。



基于检定水槽的回声测深仪校准装置



回声测深仪模拟器

四、水文测量仪器计量关键技术-回声测深仪

针对回声测深仪测量设备

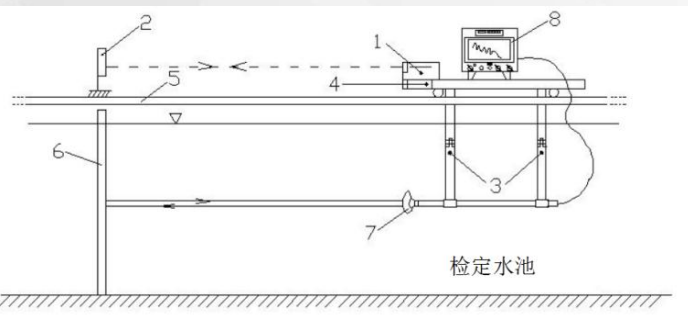
基于水深环境的
深度转换技术

1

➤针对在实验室中建立垂向几十米甚至更高的试验装置测水深存在的安全和技术难题，将**纵向测深转换为横向测长**，解决了回声测深仪纵向测深方式中对检定过程水池深度的要求。

➤该技术消除了纵向测深中在不同界面处产生的反射杂波干扰造成的信号混叠，提高了信噪比，测车轨道精确定位方式提高了定位测量准确度。

➤实现了**(0-40) m范围的测深仪水槽检定， $U=13\text{mm}$ ($k=2$)**。



1-激光测距仪，2-激光反射靶，3-换能器定位器，4-测车，5-运行导轨，6-回声测深仪反射挡板，7-回声测深仪换能器，8-回声测深仪

回声测深仪检定原理示意图

四、水文测量仪器计量关键技术-回声测深仪

测深仪模拟器精
确模拟技术

2

采用模拟信号发生器调节脉冲延时的方法

利用延时时间对深度量值进行溯源

设计信号检出电路对回声测深仪发出的脉冲簇信号进行解析

- 由回波发生模块模拟出回波信号，
- 设定水深值对模拟回波信号进行精确延时处理
- 将模拟回波信号作为测深回波显示深度变化，



回声测深仪模拟器

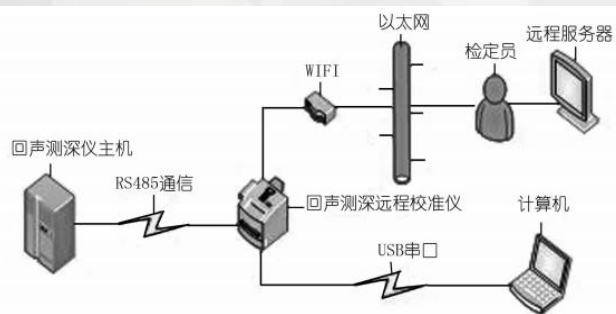
➤该技术以**时间标准**进行水深计量参数的模拟校准，提高了水深参数的测量精度，满足了实验室环境内对回声测深仪水深参数的长距离校准需求。

➤实现（0~300）m范围内测深仪的校准， $U=11\text{mm}$ （ $k=2$ ）。

四、水文测量仪器计量关键技术-回声测深仪

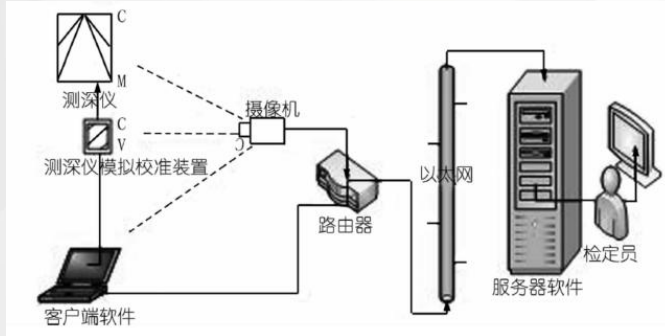
回声测深仪远程校准技术

3



- 融合远程视频监控和远程自动控制等关键技术，基于SAT组网模式实现远程在线校准及网络交互功能，可对校准过程进行实时视频监控、对校准数据进行实时分析，将最终校准结果呈现给用户并出具校准证书。
- 该技术对长距离、大范围的设备校准具有绝对优势，测量数据准确、可靠。
- 计量设施可从一个固定地点扩展到全国范围内有网络覆盖的地方，节约了检定成本，提高了计量检定效率。

通讯传输示意图



客户端与服务器端传输示意图

通过三个关键技术的突破，实现了回声测深仪检定装置的多种范围和空间的检定/校准。该计量标准目前是国家市监总局专项唯一项目，服务于水运交通、海洋、水利、渔业等部门。

四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

1. JJG (交通) 139-2017 《多波束测深仪 浅水》

计量性能要求

◆斜距

$$\text{MPE: } \Delta = \pm \sqrt{a^2 + (b \times R)^2}$$

a 为系统误差； b 斜距比例误差系数； R 标准斜距。

◆发射声源级

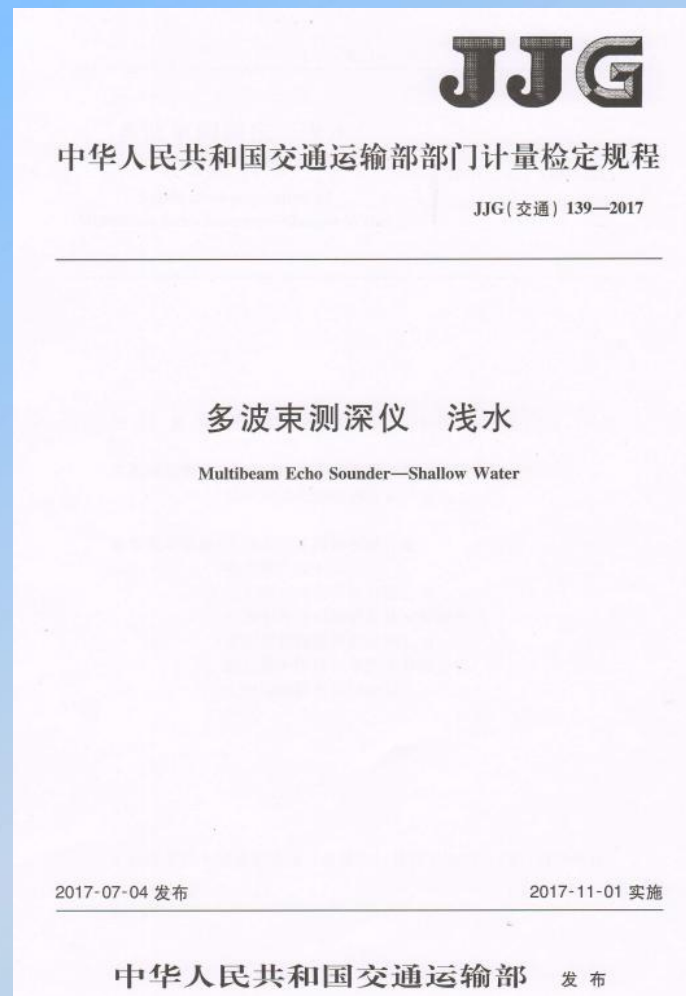
MPE: ± 3.0 dB

◆扇区开角

MPE: $\pm 10^\circ$

◆波束角

MPE: $\pm 0.25^\circ$

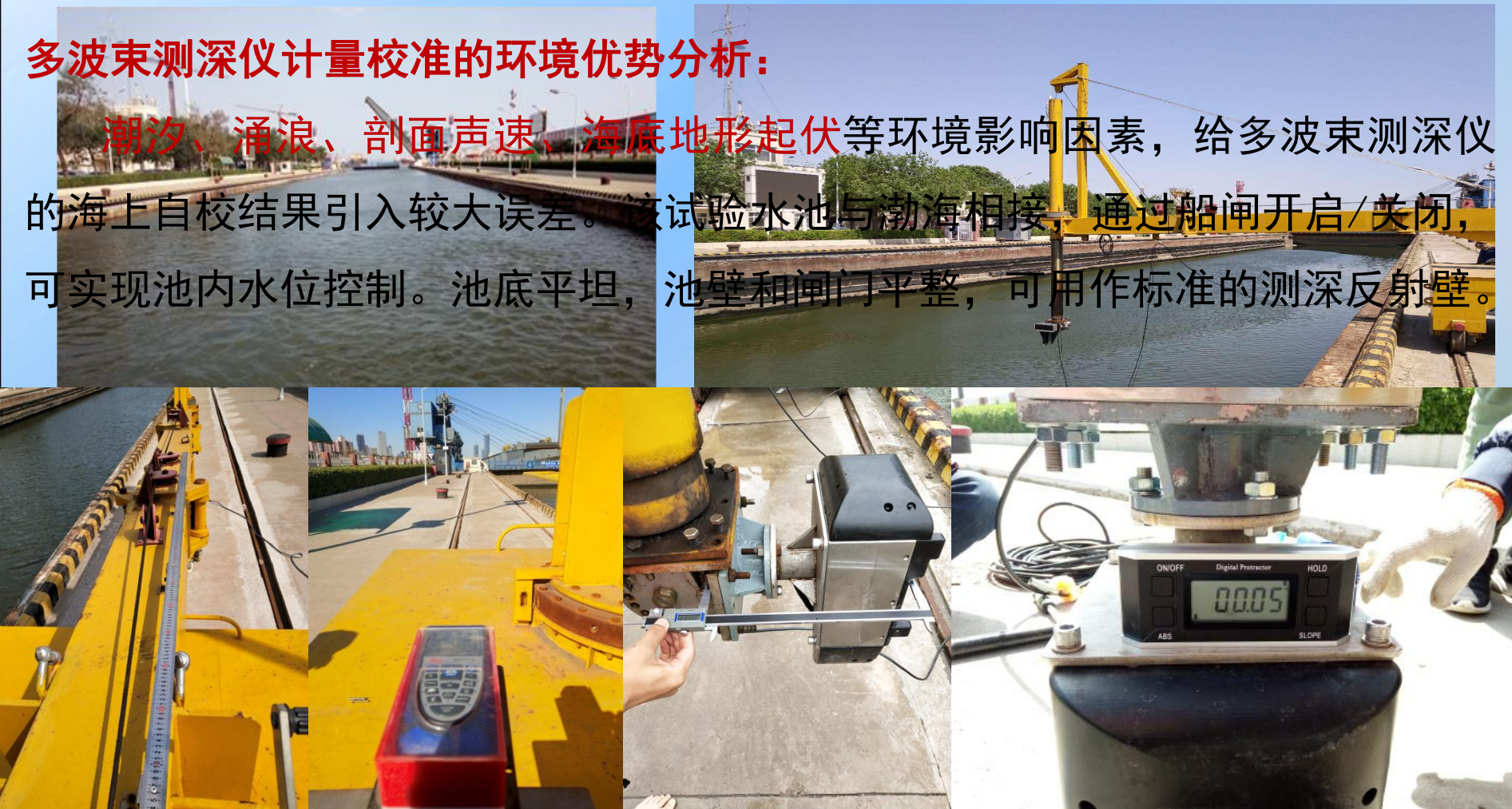


四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

2.基于原型深水港池的多波束测深仪校准装置研制

多波束测深仪计量校准的环境优势分析：

潮汐、涌浪、剖面声速、海底地形起伏等环境影响因素，给多波束测深仪的海上自校结果引入较大误差。该试验水池与渤海相接，通过船闸开启/关闭，可实现池内水位控制。池底平坦，池壁和闸门平整，可用作标准的测深反射壁。



四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

3.多波束测深仪量值溯源技术

计量标准是指准确度低于国家计量基准，用于检定或校准其他计量标准或工作计量器具的测量标准。通常，计量标准的准确度应高于被检定或校准的计量器具的准确度。本测试系统将多波束声呐量值与国家计量基准联系起来，应用的主要计量标准器具及配套设备技术要求如表。

试验设备	被检设备	技术要求	溯源依据
倾角仪	全站仪	最大允许误差 $\pm 0.1^{\circ}$ 准确度等级2级	经检定或校准的倾角仪提供标准距离声呐换能器与多维声呐探测装置的安装角度，提供安装角度修正值。依据《数字倾角仪校准规范》（JJF 1057-2010）。
标准水听器	声速剖面仪	频率范围0.1 MHz~2.5 MHz，扩展不确定度 最大允许误差 $U=0.9\text{dB}$ （ $k=2$ ） $\pm 0.2\text{ m/s}$	用于采集被检声呐换能器的脉冲声信号。标准水听器频率范围应覆盖被检多波束声呐工作频率，计量检定执行国家计量检定规程《1kHz~1MHz标准水听器》（JJG 1017-2007）。
信号采集器		最高采样频率为10MSa/s， 电压测量不确定度1mV。	为多波束声呐提供标准声速，依据的检定规程是《水运工程 声速剖面仪》（JJG（交通）122-2015）。 用于采集处理由标准水听器转换获得的脉冲电信号。校准依据《数据采集系统校准规范》（JJF 1048-1995）。

四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

4. 已开展的多波束测深仪校准工作（部分型号）：



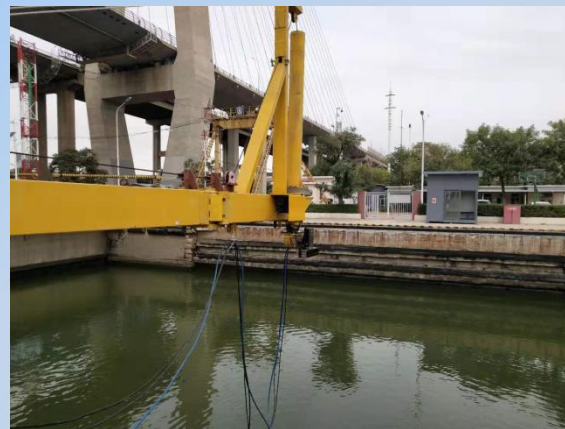
Seabat 8125



海卓同创MS400



Kongsberg 2040C



RESON T-50P

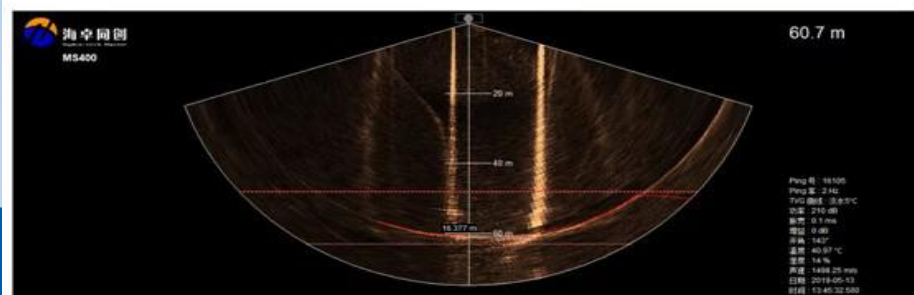
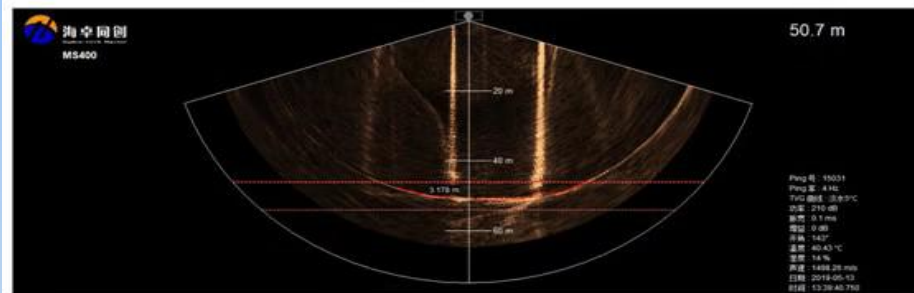
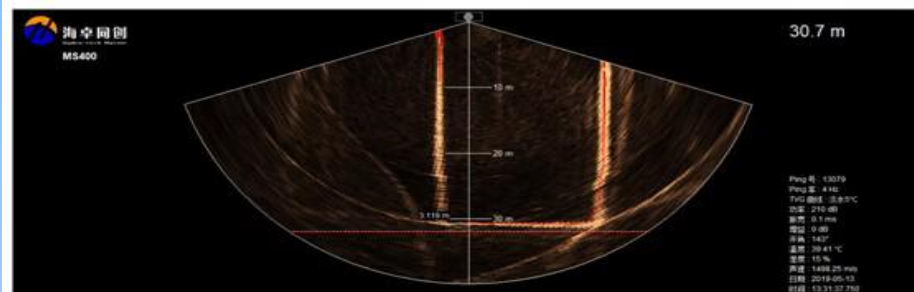
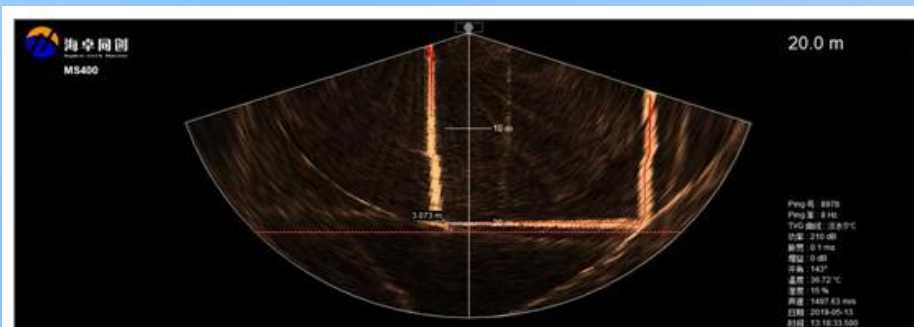
四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

海卓同创MS400多波束测深仪计量实例

在试验水池测量范围内选取以下9个测点对海卓同创MS400多波束测深仪全条带波束进行现场计量测试，该设备测深准确度满足JJG139-2017《多波束测深仪 浅水》检定规程的要求，中央波束测试结果如下表：

多波束测深仪中央波束测深示值误差

序号	参考标准值 m	多波束测深示值（中央波束） m	示值误差 m	重复性 m
1	19.844	19.96	0.116	0.03
2	30.544	30.75	0.206	0.03
3	40.607	40.82	0.213	0.04
4	50.517	50.71	0.193	0.03
5	60.453	60.60	0.147	0.04
6	119.223	119.63	0.407	0.28
7	135.228	136.11	0.882	0.36
8	144.906	145.62	0.714	0.26
9	157.542	157.97	0.428	0.17



四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

5. 测深校准结果的不确定度评定

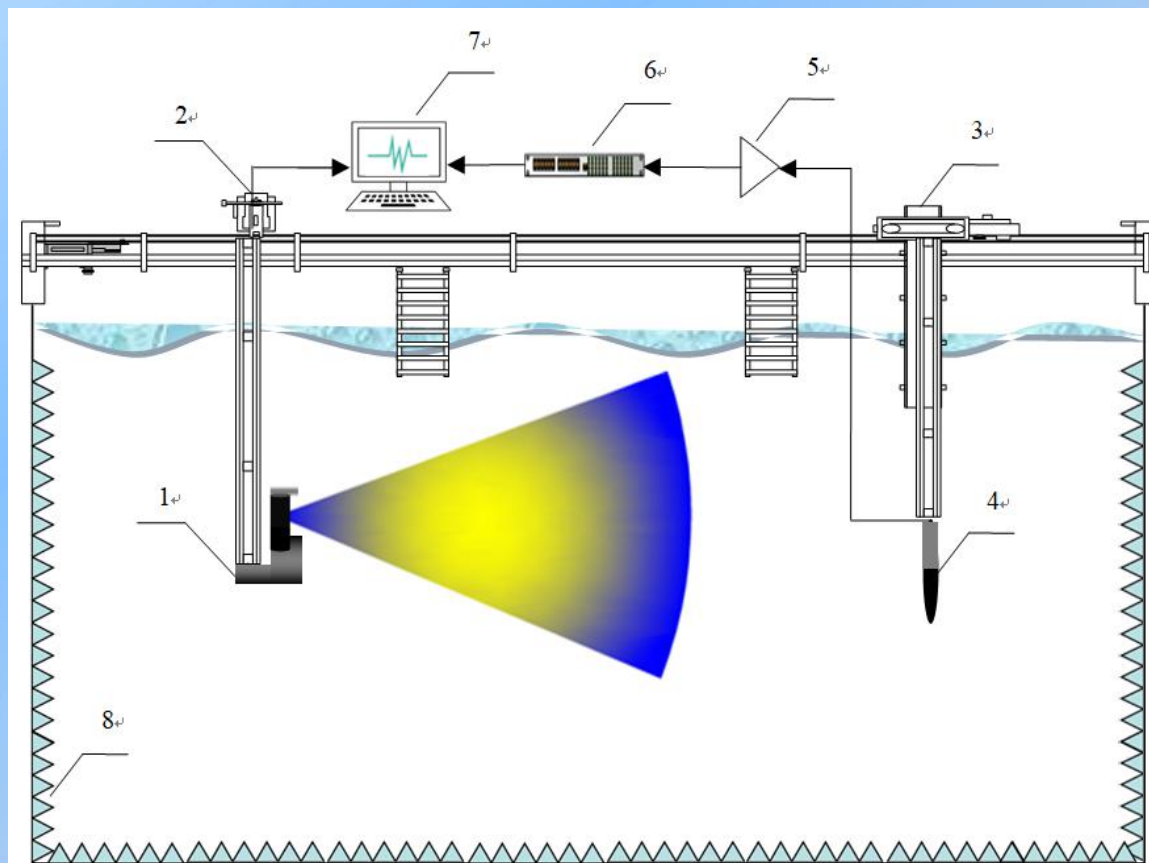
标准不确定度分量	不确定度来源	$u(x_i)$	灵敏系数	概率分布
$U(L)$	多波束声呐测量重复性	8mm	1	正态分布
$U(L_0)$	全站仪测量偏差	13mm	-1	正态分布
$U(\Delta L_1)$	声速引入偏差	20mm	1	梯形分布
$U(\Delta L_2)$	环境因素影响	2mm	1	矩形分布
$U(\Delta L_3)$	安装因素影响	19mm	1	正态分布
$U(\Delta L_4)$	反射壁与瞄准点偏差	12mm	1	梯形分布

测深扩展不确定度： $U=68\text{mm}$ ， $k=2$

四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

6. 声学指标计量测试方案设计

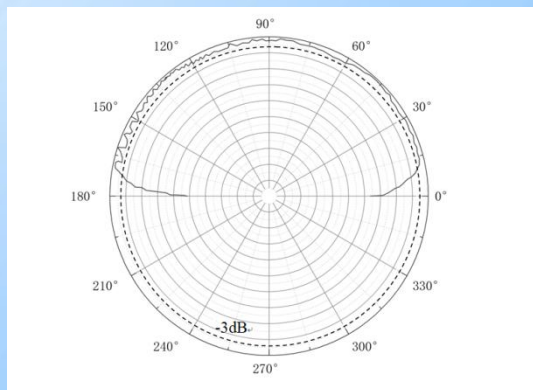
依据GB/T7965-2002《声学 水声换能器测量》和水声计量测试原理与方法进行声源级、波束宽度和工作频率等声学指标校准。



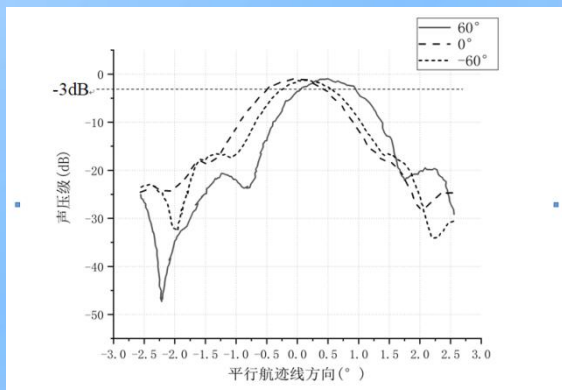
校准原理示意图

四、水文测量仪器计量关键技术-多波束测深仪

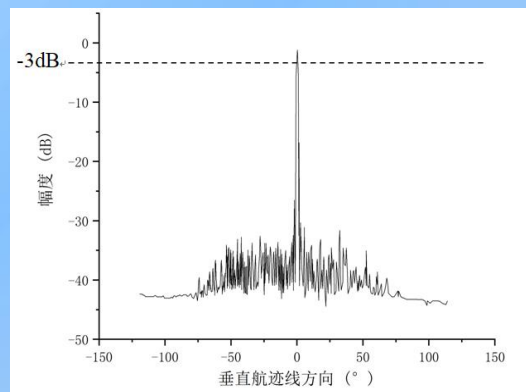
6. 声学指标计量试验结果



垂直航迹线方向发射指向性图



垂直航迹线方向-60°, 0°, 60°发射指向性图



中央128号波束垂直航迹线方向的接收指向性图

设备型号	声源级 (dB)		波束宽度 (°)		工作频率 (kHz)		脉冲宽度 (us)	
	标称值	检测值	标称值	检测值	标称值	检测值	标称值	检测值
中海达 iBeam多 波束声呐	220	219.350	沿航迹线方向: 1.5°	1.62°(60°)	200	199.941	500	508
				1.51°(0°)				
				1.64°(-60°)				
垂直航迹线方 向(接收): 1.5° (中央波束)	1.55°							
垂直航迹线方 向(发射): 160°	161.8°							

四、水文测量仪器计量关键技术-水位计

1. JJG(交通)033-2015 《水运工程 地下水位计》
2. JJG(交通)026-2015 《水运工程 闸门开度计》
3. JJG(交通)024-2015 《水运工程 超声波水位计》

□ 主标准器

✓ 10m钢卷尺：准确度等级2级

□ 配套设施

✓ 潮波水塔：高10m，直径0.8m

□ 性能指标

✓ 测量范围：(0~10) m

✓ 不确定度或准确度等级或最大允许误差：2级

✓ 可开展闸门开度计、地下水位计、超声波水位计的计量检定

闸门开度计： $U=4.2\text{mm}$ ， $k=2$

超声波水位计： $U=4.0\text{mm}$ ， $k=2$

地下水位计： $U=4.2\text{mm}$ ， $k=2$



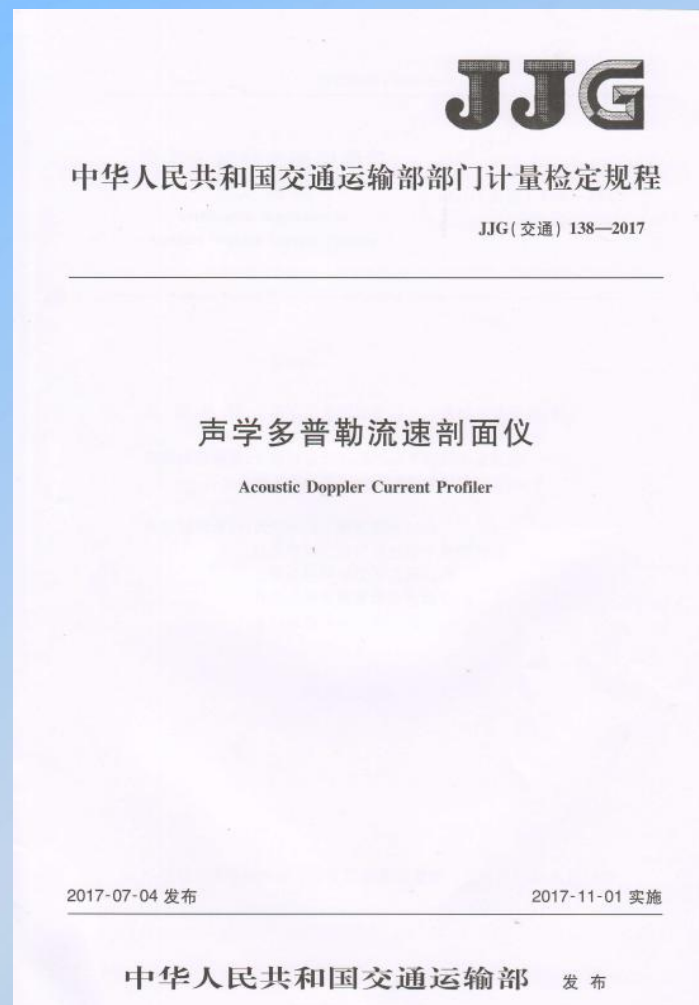
四、水文测量仪器计量关键技术-ADCP

1. JJG (交通) 138-2017 《声学多普勒流速剖面仪》

计量性能要求:

工作频率 kHz	测量范围 m/s	最大允许误差 m/s
<300	-4~4	$v \times 1\% \pm 0.01$
≥ 300		$v \times 1\% \pm 0.005$

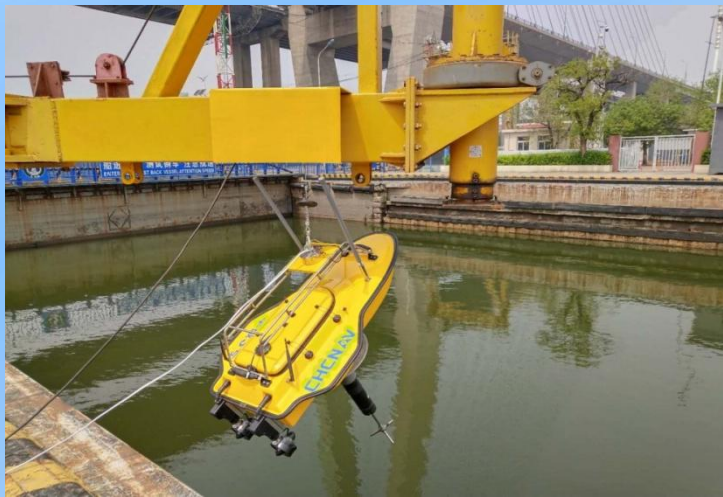
注：v表示流速测量值，m/s。



四、水文测量仪器计量关键技术-ADCP

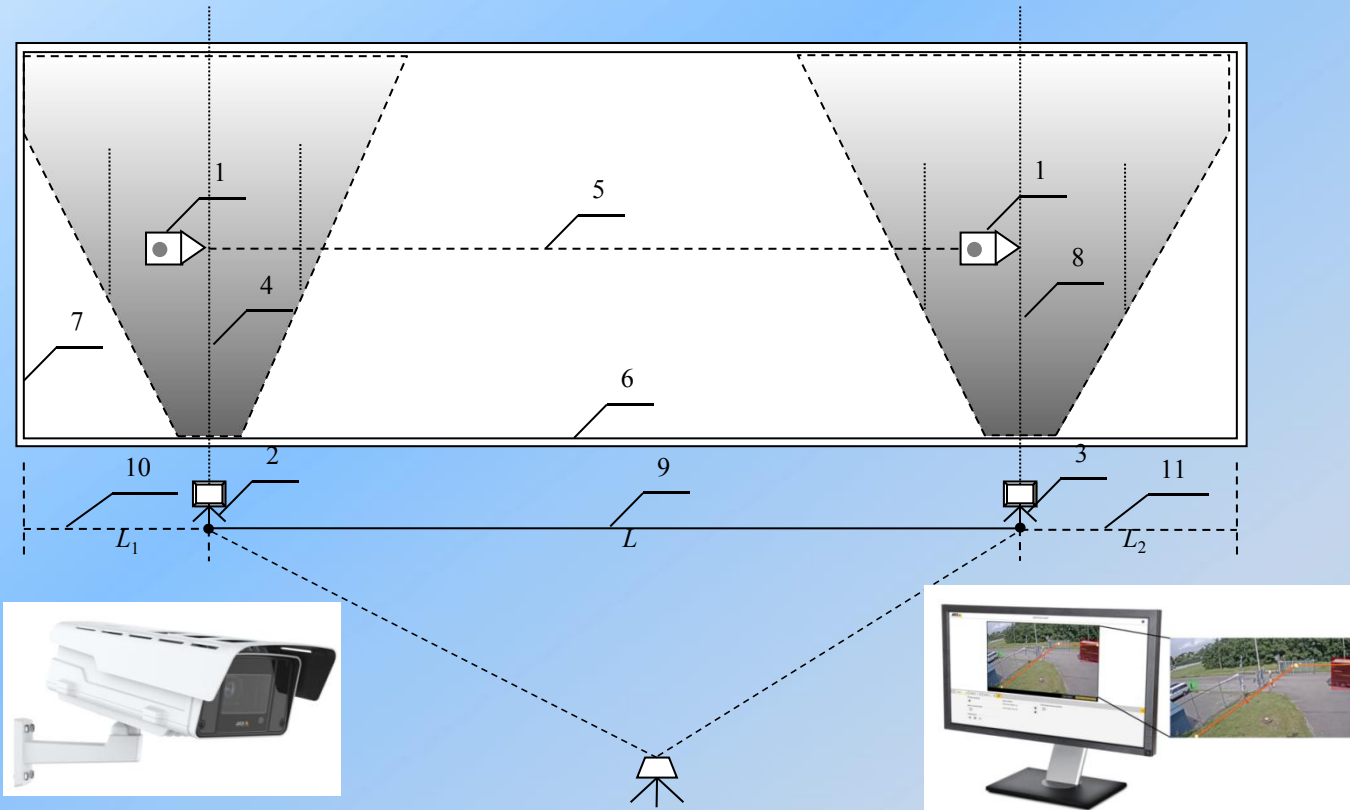
2. 基于无人船的声学多普勒流速剖面仪校准方法

校准装置由**原型深水港池**、**无人测量船**、**实时动态差分定位系统**（GNSS-RTK）、**激光测距仪**、**高速摄像机**和**精密角度转盘**等组成，可对声学多普勒流速剖面仪（ADCP）和旋桨流速仪开展流速和流向指标的校准测试。通过无人测量船带动流速仪沿规划航迹线往返航行测量航道流速，高速摄像机、激光测距仪设备计量测量段内无人船的平均速度作为参考标准值，与流速仪流速示值比对，达到流速校准目的；通过精密角度转盘，调节流速仪指示方向与航行方向夹角，测绘无人船运动轨迹和偏航误差，计算流向参考标准值，与流速仪流向示值进行比对，达到流向校准目的。GNSS-RTK实时定位信息换算速度和方向，作为校准结果的验证。



四、水文测量仪器计量关键技术-ADCP

2. 基于无人船声学多普勒流速剖面仪校准方法



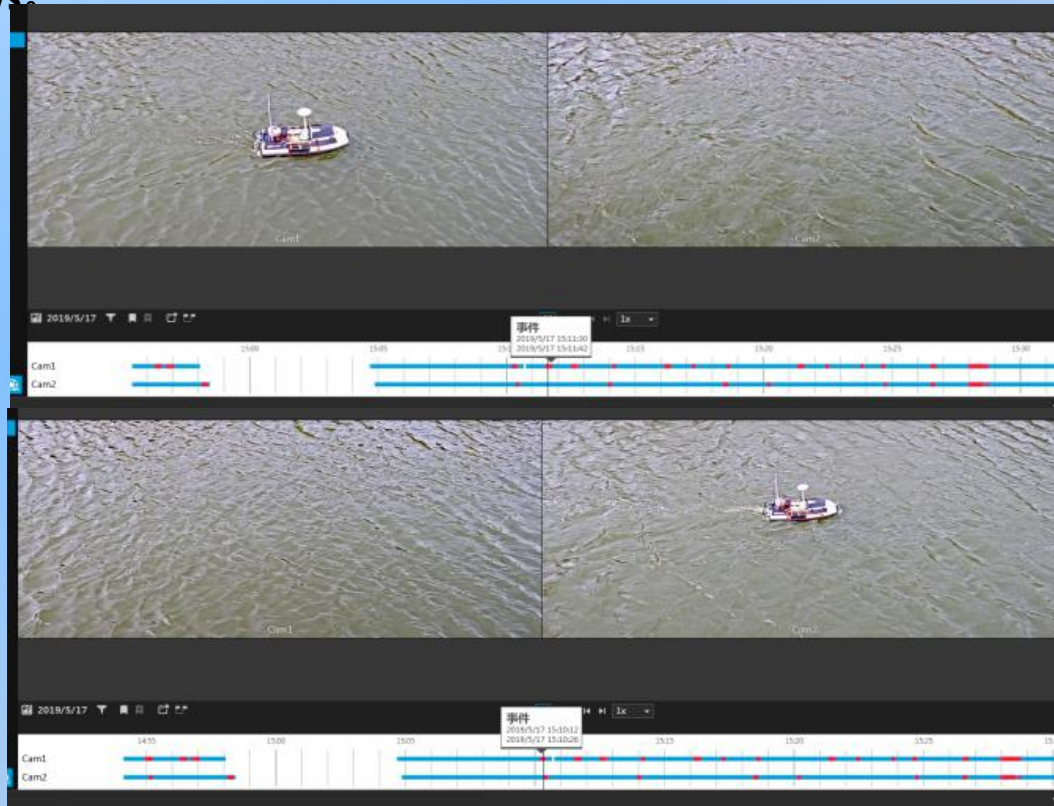
流速校准原理示意图

- 1.无人船, 2.高速摄像机(A), 3.高速摄像机(B), 4.测量段起始线, 5.航迹线, 6.水池长边, 7.水池短边, 8.测量段终止线, 9.测量段, 10.加速段, 11.减速段。

四、水文测量仪器计量关键技术-ADCP

2. 基于无人船的声学多普勒流速剖面仪校准方法

案例：流速测量段长度 L ：79.771 m，计量器具为全站仪。无人船在测量段内运行时间 T ：78 s。无人船进入测量段时刻（触发预警线）为15:10:12，无人船离开测量段时刻（触发预警线）为15:11:30。计算平均流速参考标准值为1.02 m/s。

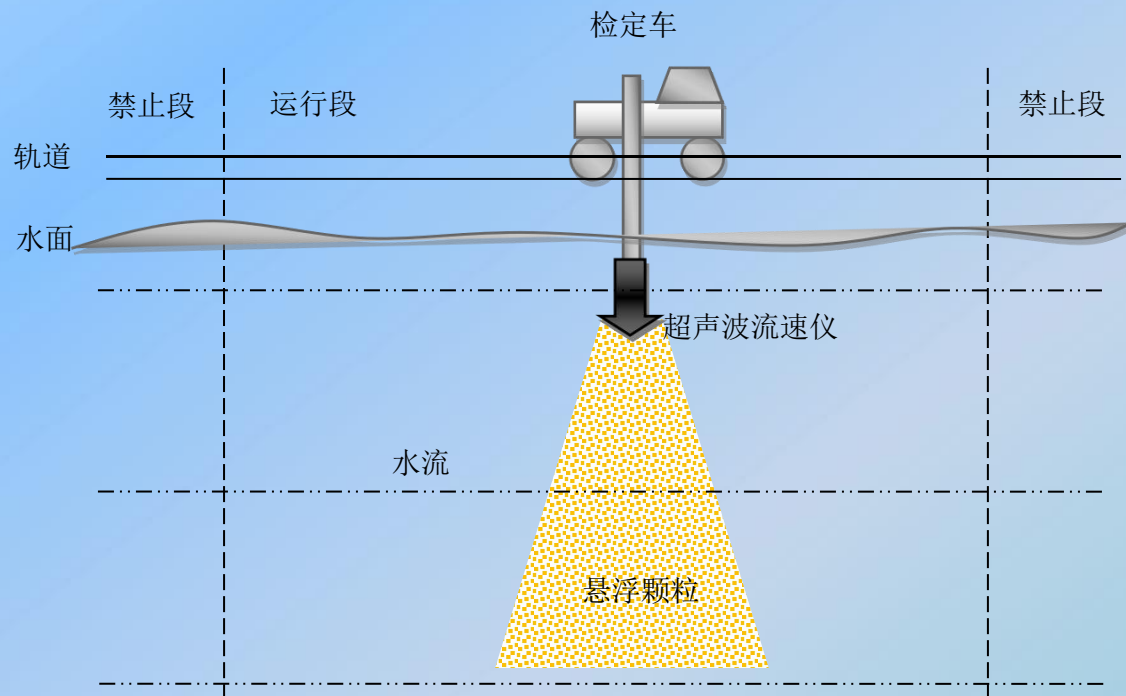


高速摄像机采集无人船在测量段的运行时间

四、水文测量仪器计量关键技术-ADCP

3.基于流速水槽的流速仪校准方法

该流速仪检定装置由流速水槽（长75m，宽1.5m，深1.5m）、拖车、轨道、控制系统、通信系统、数据处理系统、安全系统以及给排水系统等组成，主要适用于旋桨流速仪和小型高频超声波流速仪。按检定指标，分流速检定装置和流向检定装置两部分。流速检定装置由速度测试计量标准组成，主要包括通用计数器、激光测距仪、流速水槽、拖车、升降测杆等；流向检定装置由角度测试计量标准组成，主要包括精密角度转盘和回转测杆等。辅助设备包括：悬浮颗粒搅动装置、视频监视系统。



四、水文测量仪器计量关键技术-声速剖面仪

1. JJG (交通) 122-2015 《水运工程 声速剖面仪》

声速剖面仪计量标准的组成

声速剖面仪检定装置，分声速检定装置和水深检定装置两部分。声速检定装置由温度测试仪器计量标准组成，包括标准铂电阻温度计、数字多用表和恒温水槽；水深检定装置由压力测试仪器组成，包括数字精密压力表和手持式气体压力泵。



四、水文测量仪器计量关键技术-声速剖面仪

2.声速剖面仪计量检定装置

计量标准技术指标

- ❑ **温度测量**：二等标准铂电阻，6位半四线制电阻测量仪器
- ❑ **6位半数字万用表**：电流1mA，4线制测量，电阻测量最大允许误差为 $\pm(0.015\%RD+0.005\%F\cdot S)$
- ❑ **数字精密压力表**：测量范围为0MPa~1MPa，0MPa~2MPa，0MPa~5MPa，准确度等级为0.02级
- ❑ **恒温水槽**：水温调节范围为 $0^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ，温场均匀度不大于 $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ ，水槽的几何尺寸应不小于 $40\text{cm}\times 20\text{cm}\times 20\text{cm}$

✓ 测量范围

深度：0 m~100m，0m~200m，

0m~500m

温度： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$

声速：1400m/s~1600m/s

✓ 准确度

深度： $\pm 1\%F\cdot S$

温度： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

声速： $\pm 0.2\text{ m/s}$

✓ 分辨力

深度：0.01m或等效压力值

温度： 0.1°C ， 0.01°C

声速：0.1 m/s，0.01 m/s

水文测量计量校准能力综述

测量仪器名称	校准方式	规范代号(含年号)名称测量范围	测量范围	扩展不确定度(校准和测量能力, $k=2$)
回声测深仪	基于检定水槽的回声测深仪校准装置	JJG(交通)032-2015 《水运工程回声测深仪》	(0~40) m	$U=0.015\text{m}$
	测深仪模拟校准装置		(0~500) m	$U=0.005\text{m}$
多波束测深仪	长度	JJG(交通)139-2017 《多波束测深仪 浅水》	(5~180) m	$U=0.06\text{m}, k=2$
声速剖面仪	声速	JJG(交通)122-2015 《水运工程声速剖面仪》	(1400~1600) m/s	$U=0.10\text{ m/s}$
	水深		(0~100)m	$U=0.03\text{m}$
压力验潮仪 浮子式验潮仪 闸门开度计 超声波水位计	长度	JJG 946-1999 《压力验潮仪》	(0~8) m	$U(h) = 5\text{mm}, k = 2$
	压力		(0~1) MPa	$U(P) = 4 \times 10^{-2}\text{m}, k = 2$
声学多普勒流速剖面仪	流速	JJG(交通)138-2017 《声学多普勒流速剖面仪》	(-4~4) m/s	$U=0.0032\text{ m/s}$
侧扫声呐	底物分辨力	<h2>可开展计量测试服务</h2>		
超短基线水声定位仪	长度、角度			
超声式波浪测量仪	波高、波周期			

欢迎会后再交流！

韩鸿胜，国家水运工程检测设备计量站
手机号码：18512266839