

《浅水底物分辨标准场校准规范》

编制说明

(征求意见稿)

校准规范起草组

2022年8月

目 录

一、任务来源	错误!未定义书签。
二、制定背景	1
三、编制过程	2
四、编制依据	3
五、重点说明	3
六、其他说明	8
附录 A 校准证书内容及内页格式	10
附录 B 标准场量值溯源与传递框图	13

一、任务来源

根据国家市场监督管理总局文件《市场监管总局办公厅关于国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划有关事项的通知》，由山东科技大学组织成立了《浅水底物分辨标准场校准规范》国家计量校准规范起草组，承担校准规范的制定工作。

规范主要起草人及其工作见表 1。

表 1 规范主要起草人及其主要工作

序号	姓名	单位	职务/职称	主要工作内容
1	阳凡林	山东科技大学	教授	确定标准场的技术参数，规范形式和技术内容审核，制定并实施试验方法与数据验证。
2	窦春晖	交通运输部天津水运工程科学研究所	高级工程师	提出并论证校准规范中重要性能指标要求，制定并实施试验方法与数据验证。
3	柳义成	交通运输部天津水运工程科学研究所	工程师	提出并论证校准规范中重要性能指标要求，制定并实施试验方法与数据验证。
4	于小焱	国家海洋标准计量中心	高级工程师	确定标准场的技术参数，规范形式和技术内容审核。
5	石波	山东科技大学	副教授	提出并论证校准规范中重要性能指标要求，制定试验方案。
6	李倩倩	山东科技大学	副教授	论证校准规范中重要性能指标要求，校准规范形式和技术内容审核。
7	杨鲲	交通运输部天津水运工程科学研究所	高级工程师	确定标准场的技术参数，规范形式和技术内容审核。

二、编制背景

水下声呐、水下激光扫描仪、水下摄影测量系统是海洋探测的重要手段之一，上述设备对于水底的高精度探测一直是海洋测绘研究领域热衷的问题。浅水域一般指水深深度不足 200 米的水域，一般包括大陆架近海海域以及内水。浅水域经济活动十分广泛，

涵盖各个海洋领域，占到我国总海洋经济活动的 90%。早期浅水声呐、水下激光扫描仪、水下摄影测量系统由于探测技术的限制，水底探测的精度一直难以达到较高水平，而随着探测技术的日益发展与完善，探测精度不断提高，上述设备对水底目标物的识别与分辨能力，也逐渐成为衡量设备性能的重要几何指标。但是，上述设备缺乏相应的计量标准场地、手段或技术规范，无法进行规范有效的检定、校准，只能采取现场自校或比测的办法，所以建立科学的、权威的计量标准场是解决设备及辅助仪器的检测和校准技术的有效途径之一。浅水底物分辨标准场是用于开展浅水声呐、水下激光扫描仪、水下摄影测量系统浅水域底物分辨力检定（或校准）的基础设施。在浅水底物分辨力检测方面，由于潮汐、涌浪、海底地形等环境影响因素，给仪器海上校准结果引入较大误差，采用标准场进行试验，规避了以上不良环境影响因素。针对水下成像设备对底物精细探测计量检测技术的需求，制定标准场的校准规范有利于为行业提供精确的底物分辨标准场参考资料，为直观判断标准场内各种设施提供规范的技术依据，从而保证水底目标探测精度和测量成果的可靠性，为后续成果使用与决策提供保障。

因此，制定《浅水底物分辨标准场校准规范》这个国家计量校准规范就显得十分的必要。

三、编制过程

在全国水运专用计量器具计量技术委员会的指导下，规范承担单位于 2020 年 12 月申请《浅水底物分辨标准场国家校准规范》，2021 年 5 月获得国家市场监督管理总局下达的制定计划通知。

收到文件后，在承担单位的主持下，《浅水底物分辨标准场校准规范》起草组于 2022 年 6 月组建成立并开始进行校准规范的制定。

规范起草组于 2022 年 6 月~2022 年 7 月，根据我国目前标准场的实际应用情况与特点，结合浅水成像设备底物分辨力检测技术需求进行全面调研，研究浅水底物分辨标准场的技术指标与量值溯源方法，制定技术方案和量值溯源路线，并就规范中关键技术指标进行试验分析与验证。2022 年 7 月，依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》，第一编写人完成校准规范草案初稿，组织编写组进行内部讨论，明确需要进一步通过试验进行验证的计量特性和校准方法等技术内容。经过起草组多次讨论调研，并经多次试验论证后，于 2022 年 8 月形成征求意见稿。

四、编制依据

本规范根据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编制，并在编写中参考了以下有关文件：

GB/T 3947-1996 声学名词术语
GB/T 7965-2002 声学水声换能器测量
JJF 1034-2020 声学计量术语及定义
JJF 1001-2011 通用计量术语及其定义
JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示
JJF 1307-2011 试模校准规范
JJG 4-2015 钢卷尺
JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐
JJG(交通) 139-2017 多波束测深仪 浅水
JT/T 790-2010 多波束测深系统测量技术要求
JT/T 1362-2020 侧扫声呐测量技术要求
DZ-T-0292-2016 海洋多波束水深测量规程
T/CAOE 10-2018 多波束调查技术要求

规范在编制的过程中，遵循以下原则：

- a) 协调性原则，与现行的法律法规协调一致；
- b) 适用性原则，规范中技术指标，需要符合当前的技术水平，技术指标的确定需要符合当前建设单位所能达到的技术水平；
- c) 科学性原则，标准场规范中关于各设施设备性能试验的内容，应当符合国家标准的相应要求；
- d) 溯源性原则，标准场的检测方法，需要参考国家量值溯源系统表，以量值溯源链的完整以及数据的准确可靠。

五、重点说明

本规范对浅水底物分辨标准场的计量性能进行校准，现对规范的主要内容进行说明。

1、本规范限定范围

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》5.5“范围”规定“主要叙述规范的适用范围，以明确规定规范的主题。如：本规范适用于 XX 计量器具（XX 量程、范围）”

的校准。”本规范适用于浅水底物分辨标准场的校准。

常用的水下成像设备有声呐（多波束测深仪、侧扫声呐、扫描声呐）、水下激光扫描仪、水下摄影测量系统。浅水域一般指水深深度不足 200 米的水域，一般包括大陆架近海海域以及内水，其中，多波束测深仪根据水深测量范围可分为浅水多波束测深仪、中水多波束测深仪、深水多波束测深仪，侧扫声呐侧也有浅水型和深水型之分，同时，浅水底物分辨标准场规范基于 40m×10.5m×8m（长×宽×高）原型试验水池制定技术指标及试验方案，因此，本规范对标准场的范围进行了限定，仅适用于浅水域（0~200m）底物分辨检测需要的标准场，测量范围的上限与下限是考虑了浅水域的水深范围和标准场实际条件来确定。

2、术语

底物分辨力 **substrate resolution**: 引起水下成像设备图像上可量测到变化的最小标准目标物的尺寸。

参考《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》关于“鉴别阈”术语定义“引起侧扫声呐图像上可量测到变化的被测特征物的最小尺寸”，本规范中“底物分辨力”是针对多种水下成像设备而言的，校准项目的评判标准为标准目标物的尺寸。

3、通用技术要求的确定说明

(1) 外观

综合多种水下成像设备在进行底物分辨校准时针对检定设施与设备的要求，并结合实际工作环境确定标准场的通用技术要求内容。“试验水池一般应呈长方形，池体应坚固无裂缝，池底池壁应平整”主要针对模拟水下测量环境的试验水池，池体坚固无裂缝是保证水池蓄水功能与试验安全的基本要求，池底池壁平整则便于标准目标物套组的摆放，消除地形起伏的影响。为了便于设备安装、尽量减小设备安装对于探测性能的影响，提出“升降装置在负载状态下不应有明显变形，支架连接处不应有影响性能的锈蚀”的具体要求。标准目标物套组是检定（或校准）水下成像设备底物分辨力的标准设施，目标物表面的锈蚀和变形对于声波、激光反射和散射有一定影响，可能导致声波衰减，因此提出“标准目标物金属表面一般应具有涂镀层，不应有影响性能的锈蚀和变形”的具体要求。若轨道存在锈蚀和变形则会给行车运行带来一定影响，因此提出“行车轨道不应有影响行车运行性能的锈蚀和变形”的具体要求。

(2) 功能

试验水池用于模拟水下测量环境，因此应具备良好的抗渗功能，并且为了便于观察

池内注水情况，应设置水位观测标尺；水声换能器测量需在自由场条件下进行，因此试验水池大小若不满足自由场条件，应具备消声功能；试验用水应具有良好的透明度，为水下成像设备提供良好的测量环境。声呐换能器、水下激光扫描仪、水下摄像机通常需固定在水面以下位置进行实验，因此升降装置“应配备具有良好承重性能的设备安装支架，具备竖直升降功能”，其次，为了便于观察仪器入水深度，因此提出“升降杆臂应配有刻度尺或其他设备显示位移距离”的要求；考虑标准目标物套组的使用环境，为了尽量避免目标物因水体腐蚀和压力带来的性能影响，因此提出“标准目标物应采用防水、抗压、耐腐蚀、耐磨损、耐老化、应力均匀的材料制造”的具体要求。行车作为测量人员与仪器的承载设施，应具有良好的承重性能；参考《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》中“7.3.4 鉴别阈”对于底物分辨力试验条件的规定“调节侧扫声呐入水深度 3m，距标准目标块垂直距离 5m、水平距离 5m”“控制试验车以 0.2m/s 的速度移动”以及《JJG(交通) 139-2017 多波束测深仪 浅水》中有关多波束测深仪检定的相关规定，同时考虑其他设备实际测试条件，提出“应配备速度调节装置，可沿试验水池长边匀速移动，并应配有升降装置”。

4、计量特性的确定说明

本规范充分考虑浅水底物分辨标准场的应用场景、工作范围以及底物分辨力校准需求等条件，校准内容主要包括试验水池尺寸、升降杆臂垂直度、标准目标物尺寸偏差、标准目标物间距和行车速度。

对于浅水底物分辨标准场，试验水池用以提供水下成像设备所需的测量环境，其尺寸是标准场的基本参数；升降装置用于安装相关仪器并控制其入水深度，杆臂的安装情况对于仪器探测性能有一定影响；标准目标物套组是校准（或检定）成像设备底物分辨力的标准设备，其尺寸直接用于底物分辨力评判，相邻目标物间距则用于距离分辨力评判；行车是控制仪器进行动态测量的设施，行车运行速度对于探测性能有一定影响。

综上，分别从生产者和使用者最为关心的角度出发，确定试验水池尺寸、升降装置垂直度、标准目标物尺寸偏差及间距、行车速度为本规范的校准项目，各项目计量性能要求如下：

(1) 试验水池尺寸

关于国内有关试验水池的建设，哈尔滨工程大学水声技术国防科技重点实验室配备了 25m×15m×10m（长×宽×深）的消声水池、5m×6m×5m 的信道水池、低噪声重力式水洞、非消声水池等四个大型基础设施，并且水池上均装配了项目研究所需的四自

由度测量控制平台装置；中国科学院声学研究所依托大型消声水池建成了 22m×7m×5m 尺寸的校准系统，池面铺设消声尖劈，有效消声频率范围 4kHz~200kHz，校准系统配备有辅助行车和升降回转装置；中国船舶重工集团第七一五研究所拥有 50m×10m×15m 尺寸的消声水池；山东科技大学海洋测绘综合实验场建设有 40m×10.8m×8.5m 尺寸的专用大型消声水槽，池壁采用楔形橡胶尖劈板作为消声单元，并配备有回转/升降装置以及大型测试行车，能沿水池长边匀速移动。

《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》对于试验水池尺寸的要求为“长度应不小于 30m，宽度应不小于 10m，深度应不小于 8m”，《JJG(交通) 139-2017 多波束测深仪 浅水》对于试验水池尺寸的要求为“长度应不小于 40m，宽度应不小于 10m，深度应不小于 8m”，满足二者要求的试验水池可同时用于声呐设备声学及几何指标（底物分辨力）检定，若仅开展底物分辨力的检定与校准，则在《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》底物分辨力（鉴别阈）检定步骤中规定“调节侧扫声呐入水深度 3m，距标准目标块垂直距离 5 m、水平距离 5m”。结合国内外现有试验水池条件，考虑有关水下成像设备产品的检定设施要求，本规范不对试验水池的大小作限定，通过实测试验，规定试验水池尺寸测量不确定度 $U_L \leq (5+2 \times 10^{-6}L)\text{mm}$ ， $k=2$ 。

（2）升降杆臂垂直度

本规范采用 II 级全站仪测距（无棱镜）进行升降装置垂直度的校准，通过实测试验，最终确定升降装置的杆臂垂直度测量不确定度 $U \leq 0.1\%$ ， $k=2$ 。

（3）标准目标物尺寸偏差

底物分辨力是衡量水下成像设备性能较为直观的技术指标。《IHO 海道测量规范》把测量分为四个等级，其中特等和一等海道测量属于水运工程检测设备应用范畴，因此以特等和一等海道测量为参考约束标准，规范要求特等测量中声呐应能分辨出 1m³ 的底物特征，一等测量要求声呐必须保证能分辨出 40m 深度内大于 2m³ 的底物特征，或水深超过 40m 时，大于深度 10% 的物体，《JT/T 790-2010 多波束测深系统测量技术要求》对于多波束系统探测能力的要求与其一致，《JT/T 1362-2020 侧扫声呐测量技术要求》规定侧扫声呐探测能力需达到分辨海底 0.8m×0.8m×0.8m 大小物体的要求，在充分考虑此类技术规范的基础上，通过缩比模型进行规定，并参考《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》等国内外现有检定规程中对于底物分辨力检定设施的描述，最终确定标准目标物套组应具备边长 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm 的正方体，尺寸最大允许误差 ±2mm。

(4) 标准目标物间距

目前相关技术标准对于底物分辨力的检定未对相邻标准目标物间距进行具体要求，结合试验结果，确定相邻标准目标物间距测量不确定 $U \leq (0.5+0.2L)\text{mm}$ ， $k=2$ 。

(5) 行车速度

对于行车速度，按照底物分辨力校准（或检定）试验条件，依据《JT/T 1362-2020 侧扫声呐测量技术要求》求得一般侧扫声呐最大测量速度约为 $(0.71 \times N) \text{m/s}$ ， N 为侧扫声呐波束或脉冲数；一般浅水多波束波束角 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ ，数据更新率 $15\text{Hz} \sim 60\text{Hz}$ ，依据《JT/T 790-2010 多波束测深系统测量技术要求》求得最大测量速度范围在 $0.65\text{m/s} \sim 5.24\text{m/s}$ ；同时，《IHO 海道测量规范》对特等测量等级要求，当水深小于 70m 时，最大测量航速不大于 9kn ，即 4.63m/s ；《JJG(交通) 165-2020 侧扫声呐》对试验车的要求为“速度控制最大允许误差 $\pm 0.01\text{m/s}$ ”，最终确定行车速度 $0 \sim 0.5\text{m/s}$ ，速度最大允许误差 $\pm 0.01\text{m/s}$ 。

5、校准条件

校准条件包括校准用标准器、配套设备和校准环境条件。为了使测量结果具有尽可能小的不确定度，需要建立一种较稳定的环境条件，降低环境因素对标准器带来的附加误差。

(1) 环境条件

室外的校准工作应选择气象条件稳定、大气能见度良好的环境。

温度： $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

相对湿度：应不大于 90% 。

(2) 校准用标准器

表 2 校准用标准器

标准器	测量范围	技术要求	要求依据
全站仪	0~1000m	准确度等级 2 级	经检定或校准的全站仪作为水池尺寸指标校准的标准器，为水池尺寸指标校准提供标准距离。依据的检定规程是《全站型电子速测仪》（JJG 100-2003）。
激光跟踪仪	0~160m	测角 $15\mu\text{m}+6\mu\text{m/m}$ ； 测距 $0.5\mu\text{m/m}$	经检定或校准的跟踪仪作为行车速度指标校准的标准器。依据的检定规程是《激光跟踪三维坐标测量系统校准规范》（JJF 1242-2010）。
钢卷尺	0~10m	准确度等级 2 级	经检定或校准的钢卷尺作为标准目标物尺寸偏差和间距指标校准的标准器。依据的检定规程是《钢卷尺》JJG 4-2015 。

6、校准项目和校准方法

“校准项目”编写格式依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》。

(1) 外观和功能

采用目测和手检的方法检查外观和功能。

(2) 试验水池尺寸

试验水池尺寸采用全站仪测距的方法进行校准。

(3) 升降杆臂垂直度

升降杆臂垂直度是指升降杆臂轴线的水平方向偏移量与垂直高度之比，即升降杆臂偏移竖直方向上的程度，可采用全站仪测量杆臂顶部与底部点坐标，计算得到杆臂垂直度的方法进行校准。

(4) 标准目标物尺寸偏差

标准目标物尺寸偏差采用标准目标物标称的基本尺寸与钢卷尺测量值进行对比的方法进行校准。

(5) 标准目标物间距

标准目标物间距采用钢卷尺量距的方法进行校准。

(6) 行车速度

行车速度通过激光跟踪仪记录固定在行车上的磁性反射标靶的位移坐标数据进行校准。

7、关于校准结果的表达和复校时间间隔

校准结果的描述采用了 JJF 1071-2010 中规定的内容。其中“校准结果及其测量不确定度的说明”中给以具体化的要求：应给出每个被校点对应的输出平均值，以及相应的不确定度和包含因子，如各被校点的扩展不确定度以线性增加，可取最大的扩展不确定度作为最终结果，校准证书式样见附录 A。

一般，标准场复校时间间隔的长短是由标准场内各设施设备的稳定性等自身质量情况和使用情况所决定的，使用者可根据实际情况自主决定复校，但是根据实践建议复校时间不超过 3 年。新建设或经过调试维修后的标准场应及时进行校准。

六、其他说明

1、与国际计量规范、国内标准等技术文件的兼容情况；

无

2、检测方法、检测技术的创新性；

采用全站仪、钢卷尺、激光跟踪仪等计量器具作为主标准器，设计了针对浅水底物分辨标准场中各设施设备的校准方法，完成浅水底物分辨标准场的校准。

3、检测使用计量器具的量值溯源可行性；

见附录 B。

4、对重大分歧意见的处理结果和依据等；
无。

附录 A

校准证书内容及内页格式

A.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题，“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 证书或报告的编号，每页及总页数的标识；
- d) 校准单位校准专用章；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校设备的名称、制造商、规格型号、出厂编号；
- g) 进行校准的日期；
- h) 对校准所依据的技术规范标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准的名称、出厂编号、不确定度/准确度等级/最大允许误差、证书编号、溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境条件的描述，包括：温度、湿度等；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务，以及签发日期；
- m) 校准试验的操作人及核验人的签名；
- n) 校准结果仅对被校设备有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的说明。

A.2 推荐的校准证书内页格式见表A.1：

证书编号xxxx-xxx

校准机构授权说明

校准的技术依据

校准环境条件及地点

环境温度

°C

相对湿度

%

地点

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

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

证书编号XXXX-XXX

序号	校准项目	校准结果				
1	试验水池尺寸	边	校准数据(m)	不确定度 $U(k=2)$ (mm)		
		长				
		宽				
		高				
2	升降杆臂垂直度	校准数据(%)		不确定度 $U(k=2)$ (%)		
3	标准目标物尺寸偏差	序号	校准数据(mm)	尺寸偏差(mm)	不确定度 $U_i(k=2)$ (mm)	
		1	长			
			宽			
			高			
		2	长			
			宽			
			高			
		3	长			
			宽			
			高			
		4	长			
			宽			
			高			
		5	长			
			宽			
			高			
		6	长			
			宽			
			高			
		7	长			
			宽			
			高			
		4	标准目标物间距	序号	校准数据(cm)	不确定度 $U_i(k=2)$ (mm)
				1		
		5	行车速度	校准数据(m/s)		不确定度 $U(k=2)$ (m/s)
		建议校准间隔		3 年		

附录 B 标准场量值溯源与传递框图

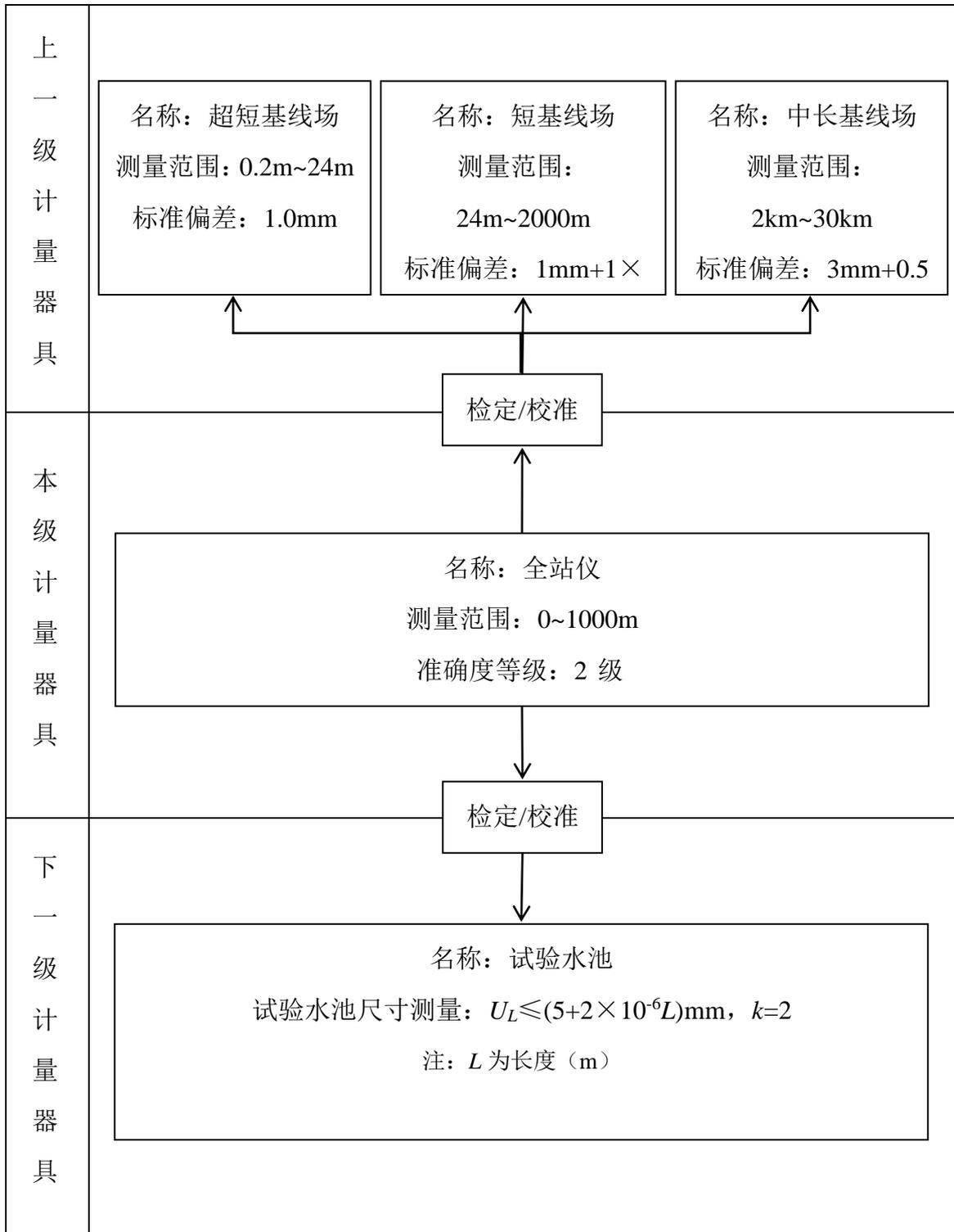


图 1 试验水池尺寸量值溯源框图

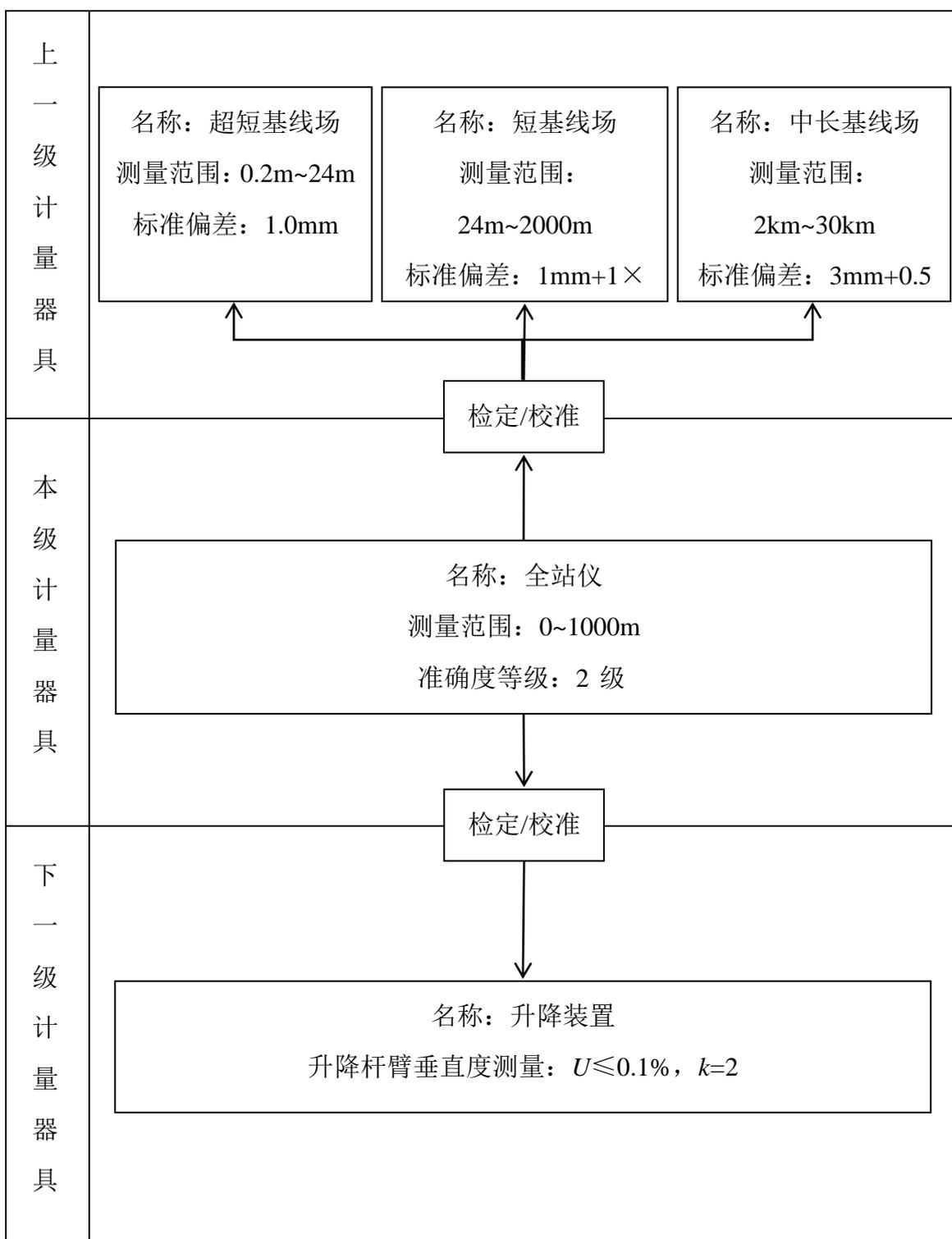


图 2 升降杆臂垂直度量值溯源框图

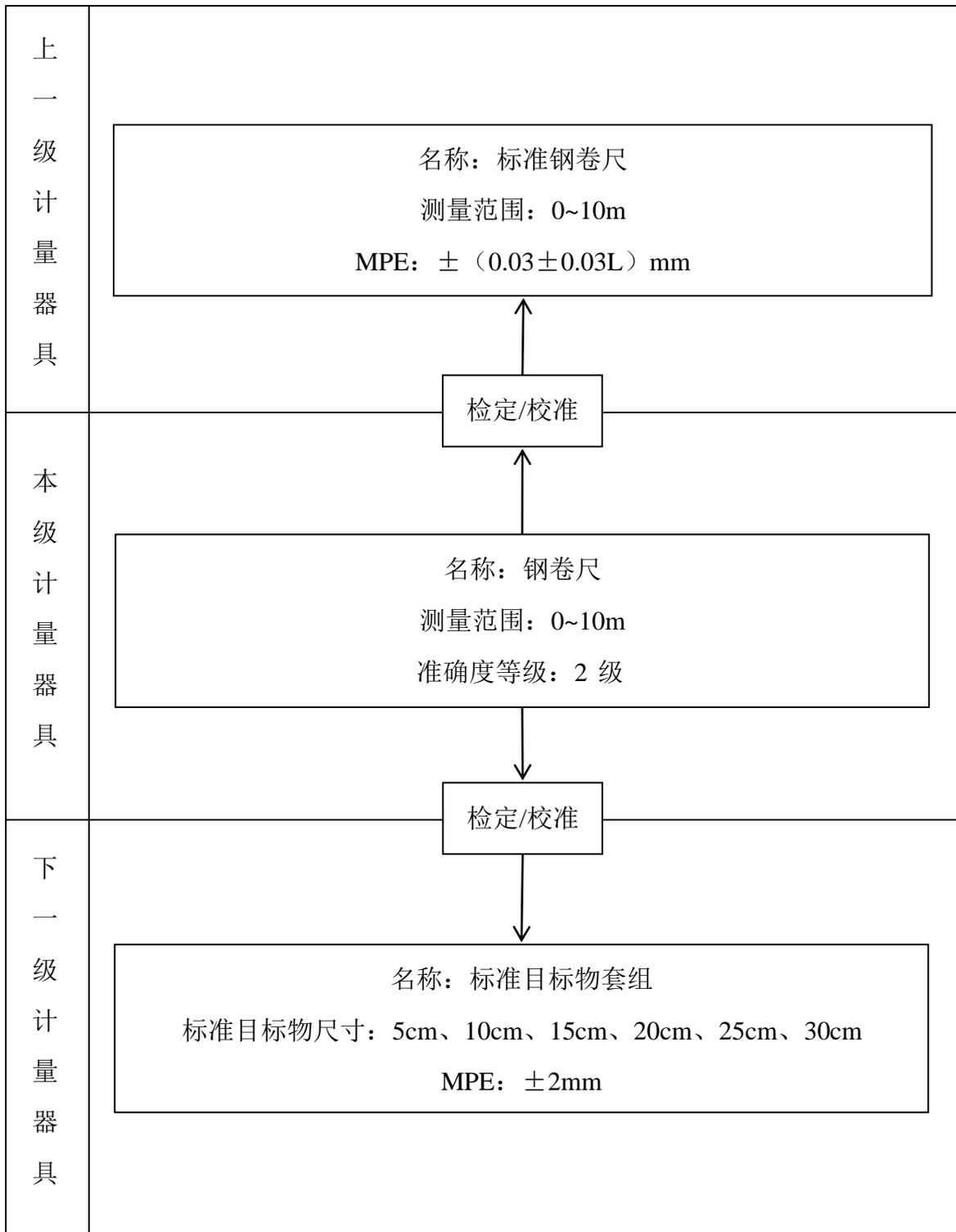


图3 标准目标物尺寸量值溯源框图

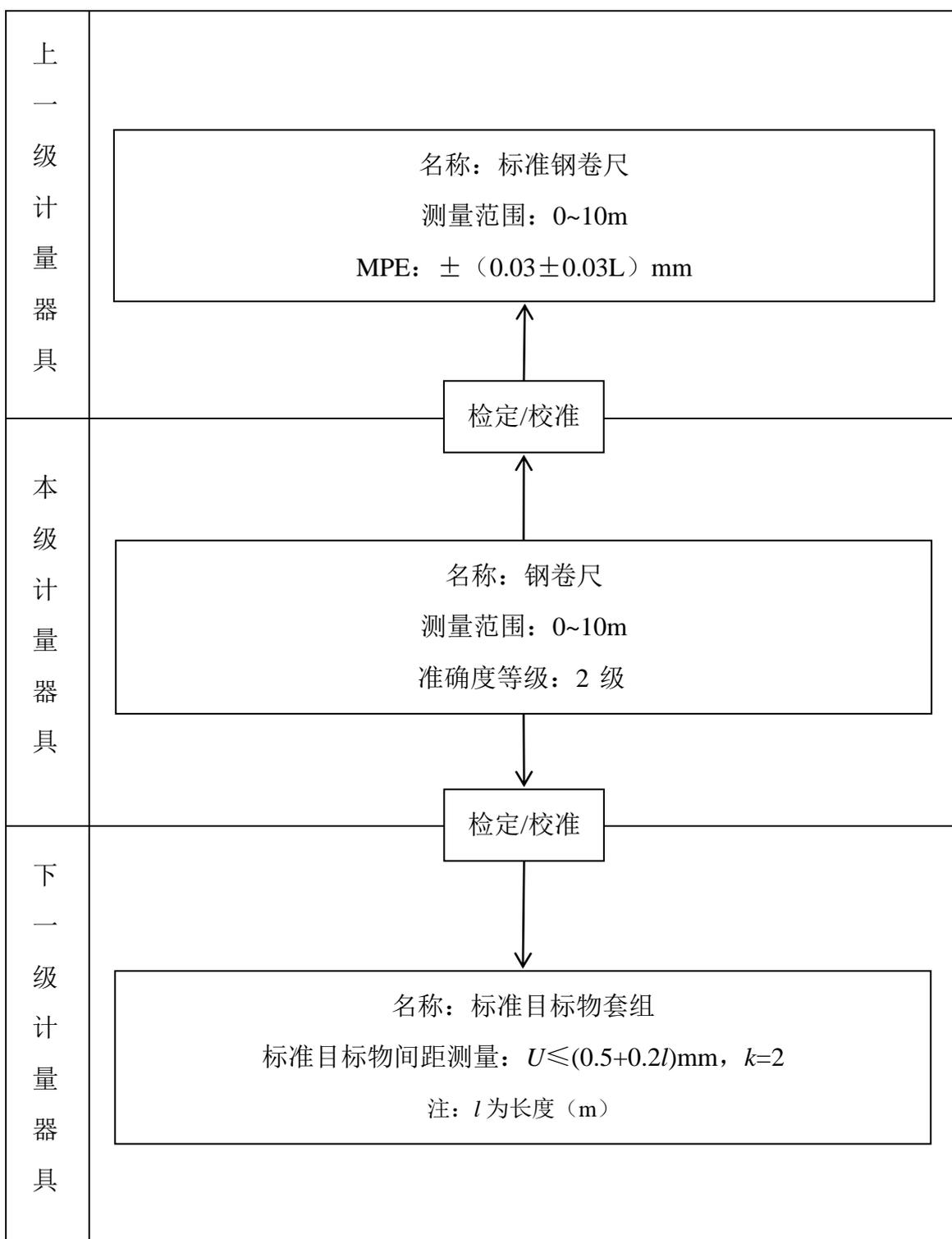


图4 标准目标物间距量值溯源框图

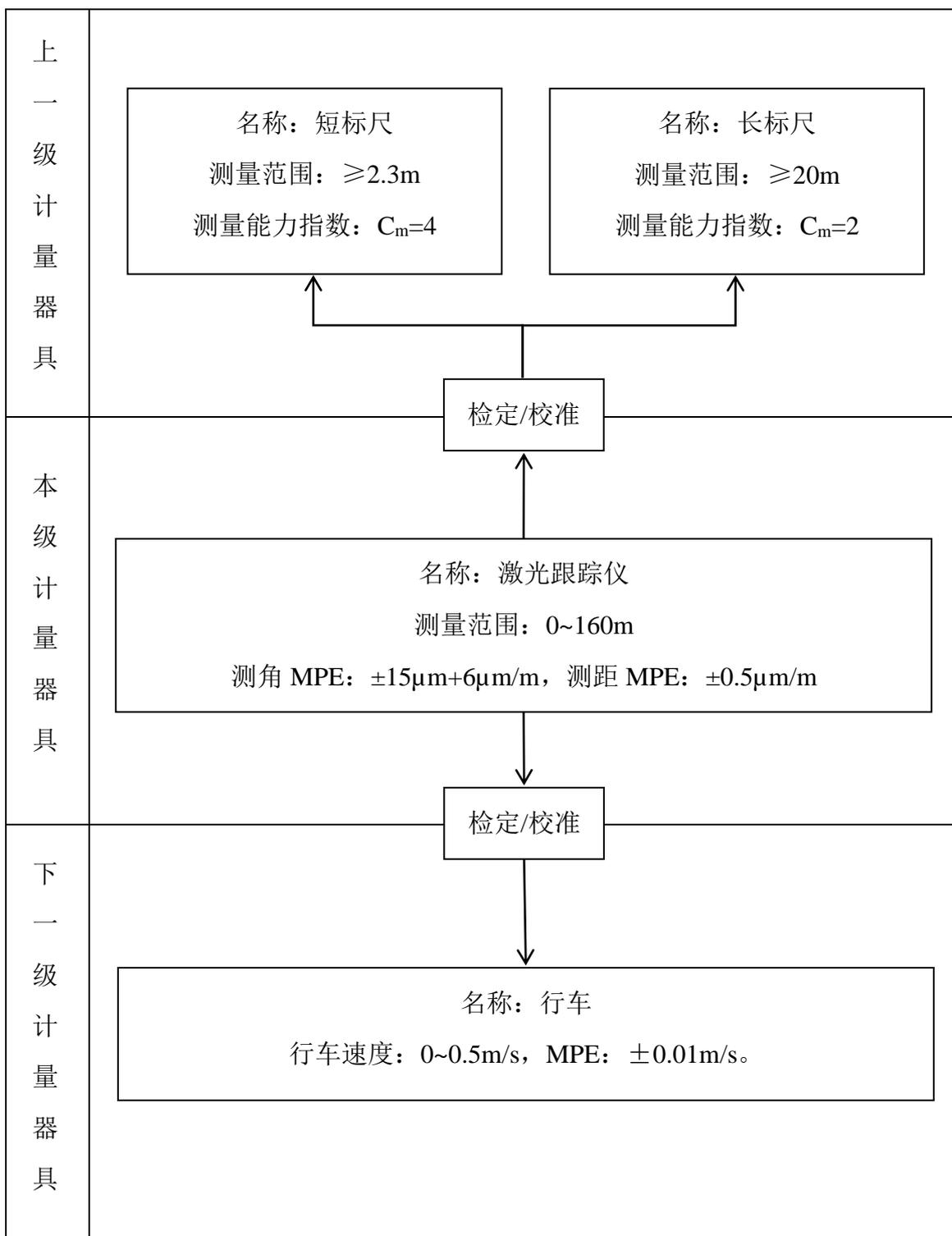


图 5 行车速度量值溯源框图