

# 水利工程质量检测中测量不确定度的影响

刘晖娟

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050081

**[摘要]**检测是水利工程质量控制重要的手段,通过对检测数据进行合理的分析,能够制定具有针对性的防控措施,使整个工程的建设品质得以更好的保障,从而使整个工程的使用功能得以更加具体的展现,水利工程建设过程变得更加的顺畅、合理。材料是组成整个工程建设的基础构件,只有保证材料的品质,才能更好地保证整个水利工程的使用功能及安全特性,同时,混凝土配合比例,也会直接影响整个水利工程的结构安全,而检测正是保证材料与工艺品质的关键环节。

**[关键词]**水利工程;质量检测;检测不确定度

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.740

## 一、测量不确定度

在不确定度评定过程中,通常采用一个不确定度和单个测得的量值反映检测结果。为准确反映测量值的分散特征有必要引入不确定度,它体现了量值落入半宽度区间的概率范围,属于数轴上的一个区间。误差与不确定度存在较大的差异,前者为一个点,后者从概率范围的角度衡量测量量值的不确定程度。因此,引入不确定度会在应用上更具可传递性、统一性和普遍适用性,更加严谨地完成测量工作。

不确定度可以被应用于水利工程质量检测的多个方面,如不同实验室之间的检测能力验证与对比试验结果评定,仪器设备内部校准值溯源与校准结果判断、检测项目测量结果描述等。在水利工程质量检测中推进建立不确定度的应用程序,对于完善工程质量服务体系 and 提升检测行业技术水平等具有重要意义。

## 二、测量设备校准评价中不确定度的应用

1) 通常情况下,仪器设备最小分度值、规范标准要求的最大允许范围、厂家给定的技术参数为最大允许误差参数 $|MPE|$ 的主要来源,它是测量设备用于评定校准结果的重要指标。实际应用时,通过比较最大允许误差和校准的示值误差 $|\Delta|$ 来评定。

2) 评判条件一:在仪器设备测量对应的不确定度 $U$ ( $U_95$ 或 $k=2$ )之比 $\geq 3$ 的情况下,即 $U \leq 1/3|MPE|$ ,若设备满足 $|\Delta| \leq |MPE| - U$ 条件,则认为合格;若设备满足 $|\Delta| > |MPE| - U$ 条件,则认为不合格。

3) 评判条件二:在仪器设备测量对应的不确定度 $U$ ( $U_95$ 或 $k=2$ )之比 $< 3$ 的情况下,即 $U > 1/3|MPE|$ ,若设备满足 $|\Delta| \leq |MPE| - U$ 条件,则认为合格;若设备满足 $|\Delta| > |MPE| - U$ 条件,则认为不合格。

4) 静载荷测试仪为水利工程桩基检测最为常用的设备,校准后的YS-JCY型测试仪结果见表1。

表1 静载荷测试仪校准结果

示值误差/MPa	0	15	30	45	60
标准压力值/MPa	0.00	+0.01	+0.12	+0.22	+0.38
扩展不确定度 $U$ /MPa	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

根据仪器设备技术参数确定RS-JCY静载荷测试仪的测量精度为 $\pm 0.5\%$ ,压力传感器的测量区间为0-70MPa,因此测量示值最大允许误差为 $|MPE|=0.5\%$ 。根据以上评定条件,获取评定结果及其过程见表2。

表2 静载荷测试仪评定结论

标准压力值/MPa	0	15	30	45	60
示值误差 $\Delta$ /MPa	0.00	+0.01	+0.12	+0.22	+0.38
$ MPE $	0	0.075	0.15	0.225	0.30
不确定度 $U$	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
$U$ 和 $1/3 MPE $ 比	0.01 > 0	0.02 < 0.025	0.02 < 0.05	0.02 < 0.075	0.02 < 0.10
$ \Delta $ 和 $ MPE $ 比	0 < 0.01	0.01 < 0.075	0.01 < 0.15	0.22 < 0.225	0.38 > 0.30
判定	合格	合格	合格	合格	不合格

RS-JCY静载荷测试仪技术参数要求的范围为0-45MPa,结合校准结果确认值可认为设备能够正常使用。技术参数在校准点为60MPa的情况下,判定为不满足标准要求,此时必须核查设备,操作过程中若存在此区间内的测量值应在引起注意。

## 三、检测设备内部校准中不确定度评定

水利工程质量检测五个类别对应的检测设备数量和类型较多,其中甲级资质的相关参数有235个。针对部分无法送校或送检的测量设备需要进行量值溯源,即采用内部校准的方式对该部分设备进行溯源,这属于一种较为常用的校准形式。根据相关技术文件和规范标准的规定,由实验室按照参考标准校准测量设备。对测量设备示值能否达到测量精度要求的准确判断为内部校准的主要目的,所以实验室提供设备的不确定度和示

值误差为按照校准结果确认程序的重要基础。

参考JJF1059.1-2012中的相关标准测量设备的不确定度,该规范适用于多种检测设备。在规定测量条件的情况下主要采用两种评定方法,其一是对A类量值利用统计分析法评定其不确定度,其二是对量值的A类测量不确定度利用统计分析法进行评定,其二是对量值的B类不确定度结合相关经验或信息给予合理评定,在内部校准的不确定度评定中以上两种方法均适用于水利工程量测设备。

## 四、检测结果中测量不确定度评定

1) 土工布的抗拉强度数学模型按照土工合成材料测试规程为 $Y=F/B$ ,其中 $B$ 、 $F$ 为试样宽度和最大拉力,MM、N;  $Y$ 为拉伸强度, N/MM。

2) 测量设备的选取。选取测量范围为1-30kN的万能材料试验机,其准确度为1级,  $MPE \pm 1\%$ ; 采用扩展不确定度 $U$ 为0.09MM、量测范围为0-300MM的钢直尺,  $MPE \pm 0.10MM$ 。

3) 测量过程。首先裁剪长度为200MM、宽度为50MM的5个无纺土工布试样,其长度量值为100MM;然后将拉力机夹具调整至初始的100MM,设定工作速率20MM/MIN,开启试验机并记录伸长量-拉力曲线;持续运行至试样破坏,停止运行试验完成,取多次试验平均值作为拉伸强度值。

4) 统计整理最终的试验数据,结果见表3。

5) 灵敏系数 $C_1$ 、 $C_2$ 和方差 $U(Y)$ 按照数学模型构造,其表达式如下:

$$u^2(y) = c_1^2 u_1^2(F) + c_2^2 u^2(B) \quad (1)$$

$$c_1 = \frac{\partial Y}{\partial F} = \frac{1}{B} = \frac{1}{49.9} = 0.02 \text{ (mm}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

$$c_2 = \frac{\partial Y}{\partial B} = -FB^{-2} =$$

$$-1050.4 \times 49.9^{-2} = 0.41 \text{ (N/mm)} \quad (3)$$

表3 试验数据

试样	宽度 $B$ /mm	拉力值 $F$ /N	拉伸强度 $Y$ /(N/mm)
1	49.6	1022	20.77
2	50.0	1065	21.36
3	50.2	1036	20.51
4	49.7	1082	21.78
5	50.1	1047	20.86
平均值	49.9	1050.4	21.06

## 五、结论

测量不确定度可以应用于水利工程质量检测中的多个领域,得出的结论如下:

1) 工程质量检测校准证书提供的校准误差、最大允许误差和不确定度为校准结果确认的重要条件,在校准范围内测量设备能够达到使用要求的判别依据为以上比较结果。为确保设备量值溯源的准确性应建立校准结果的确认程度,检验检测机构要有效利用不确定度。

2) 在校准过程中还需要判定设备内部校准的有效性,然后对校准结果按照不确定度再次给予确认。各项参数的测量在水利工程质量检测中均有明确的方法,结合测量方法和理论构建有效的测量模型。为提高检测结果的准确性与可靠性应考虑多种因素作用,按照分析结

## 参考文献

- [1] 李婷婷, 褚霄洁, 关键, 等. 测量不确定度在水利工程质量检测中的应用[J]. 水利技术监督, 2019(05): 37-39.
- [2] 阿布都·瓦依提. 水利工程质量检测管理存在的问题及对策[J]. 黑龙江水利科技, 2014(09): 285-286.
- [3] 马军青. 超声波在水利工程质量检测中的应用[J]. 地下水, 2019(02): 221-222.
- [4] 聂雪锦. 超声波检测技术在水利工程质量检测中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2018(07): 173-175.