**《挠度仪校准规范》**

**（征求意见稿）**

**实验报告**

**《挠度仪校准规范》编写组**

1实验目的

挠度检测仪校准规范属于首次制定，挠度检测仪（以下简称挠度仪）广泛的应用于公路、铁路、建筑等各个领域，对于桥梁、构筑物建筑物的位移监测方面起到了重要的作用，为了验证挠度检测仪校准规范（征求意见稿）规定的主要技术指标、校准条件和校准方法的合理性和可行性，对不同厂家不同型号的挠度仪做相关实验，进行验证。

2实验地点和环境条件

北京市朝阳区中国计量科学研究院几何量所恒温恒湿实验室（26m）。

北京市昌平区中国计量科学研究院几何量所恒温恒湿实验室（80m）。

北京市昌平区中国计量科学研究院基线场。

3实验设备

实验所使用的挠度仪的基本信息如表所示：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **制造商** | **型号** | **编号** |
| 北京雷图科技有限公司 | BJQN-V | 202201-自编 |
| 清大智腾(北京)科技有限公司 | VMD | 202202-自编 |

实验所用标准器如表：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 测 量 范 围 | 技术要求 | 用途 |
| 1 | 精密二维位移测量装置 | 水平方向（0~50）mm竖直方向（0~50）mm | MPE：±0.01mm | 用于工作距离（1~20）m的挠度测量 |
| 2 | 大范围二维位移测量装置 | 水平方向（0~1）m竖直方向（0~1）m | MPE：±0.10mm | 用于工作距离（20~500）m的挠度测量 |
| 3 | 测距仪 | （0~500）m | 准确度等级Ⅱ | 用于工作距离测量 |
| 4 | 圆周动态位移测量装置 | 半径（100~300）mm | MPE：±0.02mm | 用于动态挠度测量 |

4实验方法及数据

4.1 工作距离

4.1.1校准方法

将挠度仪架设在距离目标固定位置处，精确整平仪器，通过二维位移测量装置进行测量，确保挠度仪可以正常工作，用测距仪测量挠度仪距离目标的实际距离，得出挠度仪的工作距离。

4.1.2 实验数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型号 | BJQN-V | 编号 | 202201-自编 |
| 制造厂商 | 北京雷图科技有限公司 |
| 温度℃ | 19-23 | 相对湿度% | 20~50 |
| 试验人员 | 康瑶、蒋远林、李建双 |
| 试验地点 | 中国计量院昌平院区恒温恒湿实验室 |
| 试验用标准器 | 二维位移测量装置、动态位移测量装置、测距仪 |
| 仪器距离目标位置 | 工作距离测量结果 | 工作状态 |
| 10m | 10.2m | 正常 |
| 20m | 20.8m | 正常 |
| 50m | 50.6m | 正常 |

实验结论：仪器在规定的位置处，动态静态均可正常工作，可得出工作距离测量结果。

4.2 挠度示值误差

4.2.1 静态挠度示值误差校准方法

将目标固定在位移测量装置上，挠度仪架设于距离目标10m位置，精确整平仪器。用挠度仪望远镜或于CCD成像中瞄准目标，手动调焦使目标清晰成像于屏幕中间，调整适合的亮度及采样频率。

4.2.1.1根据仪器及目标放置情况，对被校仪器进行标定，应重复多次测量，得到竖向稳定的标定系数。

4.2.1.2标定系数后开始测量，获取基准点，竖向移动目标，挠度仪测量竖向挠度，按测量范围均匀分布至少10个测量位置，各位置的实测挠度值与标准值之差即为竖向挠度示值误差。

 △*Li = Li - L*0*i* （1）

式中：△*Li* —第*i* 点挠度示值误差；

*Li* —第*i* 点挠度实测值；

*L*0*i*—第*i* 点标准值。

同理采用4.2.1方法测量静态横向挠度示值误差。

4.2.2实验数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型号 | BJQN-V | 编号 | 202201-自编 |
| VMD | 202202-自编 |
| 制造厂商 | 北京雷图科技有限公司 |
| 清大智腾(北京)科技有限公司 |
| 温度℃ | 19.5-20.5 | 相对湿度% | 20~50 |
| 试验人员 | 康瑶、蒋远林、李建双 |
| 试验地点 | 中国计量院和平里院区恒温恒湿实验室中国计量院昌平院区恒温恒湿实验室 |
| 试验用标准器 | 二维位移测量装置、动态位移测量装置 |

一、采用静态模式

仪器距离目标10m

（1）第一次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 0.99 | -0.01 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| 2.00 | 2.00 | 0.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 |
| 3.00 | 3.00 | 0.00 | 3.00 | 3.01 | 0.01 |
| 4.00 | 3.97 | -0.03 | 4.00 | 3.99 | -0.01 |
| 5.00 | 4.98 | -0.02 | 5.00 | 4.99 | -0.01 |
| 6.00 | 5.99 | -0.01 | 6.00 | 5.99 | -0.01 |
| 7.00 | 6.97 | -0.03 | 7.00 | 6.98 | -0.02 |
| 8.00 | 7.99 | -0.01 | 8.00 | 7.97 | -0.03 |
| 9.00 | 8.98 | -0.02 | 9.00 | 8.97 | -0.03 |
| 10.00 | 10.00 | 0.00 | 10.00 | 9.97 | -0.03 |
| 11.00 | 10.99 | -0.01 | 11.00 | 10.96 | -0.04 |
| 12.00 | 11.97 | -0.03 | 12.00 | 11.95 | -0.05 |
| 13.00 | 12.97 | -0.03 | 13.00 | 12.96 | -0.04 |
| 14.00 | 13.99 | -0.01 | 14.00 | 13.96 | -0.04 |
| 15.00 | 14.98 | -0.02 | 15.00 | 14.94 | -0.05 |
| 横向挠度示值误差 | -0.03 | 竖向挠度示值误差 | -0.05 |

（2）第二次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 0.99 | -0.01 |
| 2.00 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 2.01 | 0.01 |
| 3.00 | 2.99 | -0.01 | 3.00 | 3.00 | 0.00 |
| 4.00 | 3.98 | -0.02 | 4.00 | 3.99 | -0.01 |
| 5.00 | 4.98 | -0.02 | 5.00 | 4.98 | -0.02 |
| 6.00 | 5.99 | -0.01 | 6.00 | 5.99 | -0.01 |
| 7.00 | 6.98 | -0.02 | 7.00 | 7.98 | -0.02 |
| 8.00 | 7.98 | -0.02 | 8.00 | 7.97 | -0.03 |
| 9.00 | 8.97 | -0.03 | 9.00 | 8.97 | -0.03 |
| 10.00 | 9.99 | -0.01 | 10.00 | 9.97 | -0.03 |
| 11.00 | 10.98 | -0.02 | 11.00 | 10.96 | -0.04 |
| 12.00 | 11.97 | -0.03 | 12.00 | 11.95 | -0.05 |
| 13.00 | 12.97 | -0.03 | 13.00 | 12.96 | -0.04 |
| 14.00 | 13.97 | -0.03 | 14.00 | 13.96 | -0.04 |
| 15.00 | 14.98 | -0.02 | 15.00 | 14.96 | -0.04 |
| 横向挠度示值误差 | -0.03 | 竖向挠度示值误差 | -0.05 |

（3）第三次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.01 | 0.01 | 1.00 | 1.01 | 0.01 |
| 2.00 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 2.02 | 0.02 |
| 3.00 | 2.98 | -0.02 | 3.00 | 3.00 | 0.00 |
| 4.00 | 3.98 | -0.02 | 4.00 | 3.98 | -0.02 |
| 5.00 | 4.99 | -0.01 | 5.00 | 4.98 | -0.02 |
| 6.00 | 6.01 | 0.01 | 6.00 | 5.99 | -0.01 |
| 7.00 | 6.99 | -0.01 | 7.00 | 6.98 | -0.02 |
| 8.00 | 7.98 | -0.02 | 8.00 | 7.97 | -0.03 |
| 9.00 | 8.98 | -0.02 | 9.00 | 9.00 | 0.00 |
| 10.00 | 9.98 | -0.02 | 10.00 | 10.01 | 0.01 |
| 11.00 | 10.97 | -0.03 | 11.00 | 10.98 | -0.02 |
| 12.00 | 11.97 | -0.03 | 12.00 | 12.01 | 0.01 |
| 13.00 | 12.97 | -0.03 | 13.00 | 13.02 | 0.02 |
| 14.00 | 13.96 | -0.04 | 14.00 | 13.96 | -0.04 |
| 15.00 | 14.96 | -0.04 | 15.00 | 14.96 | -0.04 |
| 横向挠度示值误差 | -0.04 | 竖向挠度示值误差 | -0.04 |

（4）第四次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.02 | 0.02 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| 2.00 | 2.02 | 0.02 | 2.00 | 2.01 | 0.01 |
| 3.00 | 3.00 | 0.00 | 3.00 | 3.01 | 0.01 |
| 4.00 | 4.00 | 0.00 | 4.00 | 4.00 | 0.00 |
| 5.00 | 4.99 | -0.01 | 5.00 | 4.99 | -0.01 |
| 6.00 | 6.01 | 0.01 | 6.00 | 5.98 | -0.02 |
| 7.00 | 7.00 | 0.00 | 7.00 | 6.98 | -0.02 |
| 8.00 | 7.98 | -0.02 | 8.00 | 7.97 | -0.03 |
| 9.00 | 8.97 | -0.03 | 9.00 | 8.97 | -0.03 |
| 10.00 | 9.97 | -0.03 | 10.00 | 9.99 | -0.01 |
| 11.00 | 10.98 | -0.02 | 11.00 | 10.98 | -0.02 |
| 12.00 | 11.96 | -0.04 | 12.00 | 12.01 | 0.01 |
| 13.00 | 12.96 | -0.04 | 13.00 | 13.02 | 0.02 |
| 14.00 | 13.96 | -0.04 | 14.00 | 13.97 | -0.03 |
| 15.00 | 14.95 | -0.05 | 15.00 | 14.96 | -0.04 |
| 横向挠度示值误差 | -0.05 | 竖向挠度示值误差 | -0.04 |

仪器距离目标20m。

（1）第一次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.01 | 0.01 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| 2.00 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 1.99 | 0.01 |
| 3.00 | 3.02 | 0.02 | 3.00 | 3.02 | -0.02 |
| 4.00 | 4.02 | 0.02 | 4.00 | 4.00 | 0.00 |
| 5.00 | 5.03 | 0.03 | 5.00 | 4.99 | 0.01 |
| 6.00 | 6.02 | 0.02 | 6.00 | 6.01 | -0.01 |
| 7.00 | 7.05 | 0.05 | 7.00 | 7.02 | -0.02 |
| 8.00 | 8.04 | 0.04 | 8.00 | 8.00 | 0.00 |
| 9.00 | 9.05 | 0.05 | 9.00 | 8.98 | 0.02 |
| 10.00 | 10.05 | 0.05 | 10.00 | 10.00 | 0.00 |
| 11.00 | 11.07 | 0.07 | 11.00 | 10.98 | 0.02 |
| 12.00 | 12.07 | 0.07 | 12.00 | 11.95 | 0.05 |
| 13.00 | 13.08 | 0.08 | 13.00 | 12.94 | 0.06 |
| 14.00 | 14.08 | 0.08 | 14.00 | 13.96 | 0.04 |
| 15.00 | 15.09 | 0.09 | 15.00 | 14.95 | 0.05 |
| 横向挠度示值误差 | 0.09 | 竖向挠度示值误差 | 0.06 |

（2）第二次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.01 | 0.01 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| 2.00 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 2.01 | -0.01 |
| 3.00 | 3.01 | 0.01 | 3.00 | 3.01 | -0.01 |
| 4.00 | 4.00 | 0.00 | 4.00 | 3.99 | 0.01 |
| 5.00 | 5.03 | 0.03 | 5.00 | 5.00 | 0.00 |
| 6.00 | 6.03 | 0.03 | 6.00 | 5.99 | 0.01 |
| 7.00 | 7.05 | 0.05 | 7.00 | 7.00 | 0.00 |
| 8.00 | 8.04 | 0.04 | 8.00 | 7.97 | 0.03 |
| 9.00 | 9.03 | 0.03 | 9.00 | 8.98 | 0.02 |
| 10.00 | 10.03 | 0.03 | 10.00 | 9.98 | 0.02 |
| 11.00 | 11.04 | 0.04 | 11.00 | 10.97 | 0.03 |
| 12.00 | 12.03 | 0.03 | 12.00 | 11.96 | 0.04 |
| 13.00 | 13.05 | 0.05 | 13.00 | 12.95 | 0.05 |
| 14.00 | 14.07 | 0.07 | 14.00 | 13.98 | 0.02 |
| 15.00 | 15.06 | 0.06 | 15.00 | 14.96 | 0.04 |
| 横向挠度示值误差 | 0.07 | 竖向挠度示值误差 | 0.05 |

（3）第三次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 1.02 | 0.02 | 1.00 | 1.02 | 0.02 |
| 2.00 | 2.01 | 0.01 | 2.00 | 2.02 | 0.02 |
| 3.00 | 2.99 | -0.01 | 3.00 | 3.02 | 0.02 |
| 4.00 | 3.98 | -0.02 | 4.00 | 3.99 | -0.01 |
| 5.00 | 4.99 | -0.01 | 5.00 | 4.98 | -0.02 |
| 6.00 | 5.98 | -0.02 | 6.00 | 5.96 | -0.04 |
| 7.00 | 6.98 | -0.02 | 7.00 | 6.98 | -0.02 |
| 8.00 | 7.96 | -0.04 | 8.00 | 7.96 | -0.04 |
| 9.00 | 8.98 | -0.02 | 9.00 | 8.95 | -0.05 |
| 10.00 | 9.96 | -0.04 | 10.00 | 9.99 | -0.01 |
| 11.00 | 10.95 | -0.05 | 11.00 | 11.03 | 0.03 |
| 12.00 | 11.95 | -0.05 | 12.00 | 12.04 | 0.04 |
| 13.00 | 12.96 | -0.04 | 13.00 | 13.02 | 0.02 |
| 14.00 | 13.94 | -0.06 | 14.00 | 14.03 | 0.03 |
| 15.00 | 14.93 | -0.07 | 15.00 | 15.06 | 0.06 |
| 横向挠度示值误差 | -0.07 | 竖向挠度示值误差 | 0.06 |

（4）第四次实验

|  |  |
| --- | --- |
| 横向（X） | 竖向（Y） |
| 标准位移值 | 测量值 | 差值 | 标准位移值 | 测量值 | 差值 |
| 1.00 | 0.98 | -0.02 | 1.00 | 0.99 | -0.01 |
| 2.00 | 1.98 | -0.02 | 2.00 | 1.97 | -0.03 |
| 3.00 | 2.96 | -0.04 | 3.00 | 2.98 | -0.02 |
| 4.00 | 3.97 | -0.03 | 4.00 | 3.98 | -0.02 |
| 5.00 | 4.98 | -0.02 | 5.00 | 4.99 | -0.01 |
| 6.00 | 5.96 | -0.04 | 6.00 | 5.98 | -0.02 |
| 7.00 | 6.96 | -0.04 | 7.00 | 6.99 | -0.01 |
| 8.00 | 7.95 | -0.05 | 8.00 | 7.99 | -0.01 |
| 9.00 | 8.94 | -0.06 | 9.00 | 9.01 | 0.01 |
| 10.00 | 9.94 | -0.06 | 10.00 | 10.02 | 0.02 |
| 11.00 | 10.93 | -0.07 | 11.00 | 11.05 | 0.05 |
| 12.00 | 11.93 | -0.07 | 12.00 | 12.03 | 0.03 |
| 13.00 | 12.93 | -0.07 | 13.00 | 13.03 | 0.03 |
| 14.00 | 13.93 | -0.07 | 14.00 | 14.05 | 0.05 |
| 15.00 | 14.93 | -0.07 | 15.00 | 15.05 | 0.05 |
| 横向挠度示值误差 | -0.07 | 竖向挠度示值误差 | 0.05 |

二、采用动态模式

（1）仪器距离目标10m。

仪器距离标定采用BOSCH GLM250 VF手持式激光测距仪，测距精度指标±1.5mm

分别设定转速10rpm、30rpm、50rpm。

结果如下：

旋转半径标准值139.20mm

表1 速度10rpm -5组圆周数据单独拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| -9.489 | 138.959 | 139.282 | 0.032 |
| -9.478 | 138.945 | 139.284 | 0.033 |
| -9.481 | 138.938 | 139.278 | 0.035 |
| -9.482 | 138.944 | 139.289 | 0.034 |
| -9.496 | 138.932 | 139.280 | 0.032 |
| 标准差 | 0.007 | 0.010 | 0.004 | 0.001 |
| 均值 | -9.485 | 138.944 | 139.283 | 0.033 |
| 误差最大值 |  |  | 139.289 |  |
| 结果 | 0.07 |

表2 速度30rpm -5组数据单独拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| 6.036 | -139.027 | 139.113 | 0.035 |
| 6.029 | -139.029 | 139.123 | 0.043 |
| 6.020 | -139.007 | 139.136 | 0.039 |
| 6.035 | -139.008 | 139.137 | 0.037 |
| 6.032 | -139.003 | 139.126 | 0.040 |
| 标准差 | 0.006 | 0.012 | 0.010 | 0.003 |
| 均值 | 6.030 | -139.015 | 139.127 | 0.039 |
| 误差最大值 |  |  | 139.113 |  |
| 结果 | -0.09 |

表3 速度50rpm-5组圆周数据单独拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| -129.723 | -50.338 | 139.171 | 0.038 |
| -129.722 | -50.358 | 139.155 | 0.038 |
| -129.736 | -50.355 | 139.150 | 0.039 |
| -129.720 | -50.344 | 139.154 | 0.040 |
| -129.729 | -50.330 | 139.166 | 0.040 |
| 标准差 | 0.007 | 0.012 | 0.009 | 0.001 |
| 均值 | -129.726 | -50.345 | 139.159 | 0.039 |
| 误差最大值 |  |  | 139.150 |  |
| 结果 | -0.05 |

10m位置动态挠度示值误差结果为-0.09mm

（2）仪器距离目标50m。

仪器距离标定采用BOSCH GLM250 VF手持式激光测距仪，测距精度指标±1.5mm

分别设定频率10rpm、20rpm、30rpm、40rpm、50rpm。

结果如下：

旋转半径标准值210.00mm

表1 速度10rpm-5组圆周数据单独拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| -161.081 | -133.421 | 209.073 | 0.213 |
| -161.006 | -133.093 | 208.792 | 0.148 |
| -161.157 | -133.653 | 208.952 | 0.145 |
| -161.221 | -133.456 | 209.138 | 0.165 |
| -161.116 | -133.404 | 209.000 | 0.139 |
| 标准差 | 0.081 | 0.201 | 0.132 | 0.030 |
| 均值 | -161.116 | -133.405 | 208.991 | 0.162 |
| 误差最大值 |  |  | 208.792 |  |
| 结果 | -1.21 |

表2 速度20rpm-5组圆周数据合并拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| 128.391 | -164.946 | 209.054 | 0.187 |
| 128.472 | -164.936 | 209.083 | 0.221 |
| 128.241 | -164.888 | 209.020 | 0.166 |
| 128.405 | -164.897 | 209.036 | 0.196 |
| 128.328 | -164.916 | 209.144 | 0.206 |
| 标准差 | 0.087 | 0.025 | 0.049 | 0.021 |
| 均值 | 128.367 | -164.917 | 209.067 | 0.195 |
| 误差最大值 |  |  | 209.020 |  |
| 结果 | 0.98 |

表3 速度30rpm-5组圆周数据合并拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| 128.515 | -164.529 | 208.975 | 0.225 |
| 128.470 | -164.521 | 209.045 | 0.184 |
| 128.482 | -164.571 | 209.122 | 0.151 |
| 128.496 | -164.603 | 209.085 | 0.224 |
| 128.507 | -164.538 | 209.006 | 0.236 |
| 标准差 | 0.018 | 0.034 | 0.059 | 0.036 |
| 均值 | 128.494 | -164.552 | 209.047 | 0.204 |
| 误差最大值 |  |  | 208.98 |  |
| 结果 | -1.02 |

表4 速度40rpm-5组圆周数据合并拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| 127.078 | -166.045 | 209.040 | 0.230 |
| 126.998 | -166.118 | 209.025 | 0.184 |
| 126.969 | -166.190 | 209.083 | 0.167 |
| 127.007 | -166.170 | 209.050 | 0.137 |
| 127.099 | -166.109 | 208.940 | 0.207 |
| 标准差 | 0.056 | 0.057 | 0.053 | 0.036 |
| 均值 | 127.030 | -166.126 | 209.028 | 0.185 |
| 误差最大值 |  |  | 208.940 |  |
| 结果 | -1.06 |

表5 速度50rpm-5组圆周数据合并拟合结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 圆心*x*坐标 | 圆心y坐标 | 半径*r*(mm) | 拟合圆半径的标准偏差(mm) |
| 85.868 | -190.203 | 209.043 | 0.182 |
| 85.788 | -190.242 | 209.087 | 0.161 |
| 85.901 | -190.301 | 209.156 | 0.172 |
| 85.886 | -190.099 | 209.113 | 0.19 |
| 85.855 | -190.273 | 209.061 | 0.211 |
| 标准差 | 0.044 | 0.079 | 0.045 | 0.019 |
| 均值 | 85.860 | -190.224 | 209.092 | 0.183 |
| 误差最大值 |  |  | 209.043 |  |
| 结果 | -0.96 |

50m位置动态挠度示值误差结果为-1.21mm

4.3 重复性

4.3.1 校准方法

将目标固定在距离挠度仪10m 位置处，对挠度仪进行标定后，采用静态挠度测量模式，获取基准点。将位移测量装置移动到3个随机位置进行挠度测量，每个位置测量10次，按公式（2）计算每个位置的挠度测量重复性。选取最大的为重复性测量结果。

 （2）

 式中： *s*—挠度测量重复性；

*L*i —第i 次挠度实测值；

 —挠度测量平均值。

4.3.2实验数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型号 | BJQN-V | 编号 | 202201-自编 |
| VMD | 202202-自编 |
| 制造厂商 | 北京雷图科技有限公司 |
| 清大智腾(北京)科技有限公司 |
| 温度℃ | 19.5-20.5 | 相对湿度% | 30~50 |
| 试验人员 | 康瑶、蒋远林、李建双 |
| 试验地点 | 中国计量院和平里院区恒温恒湿实验室中国计量院昌平院区恒温恒湿实验室 |

（1）第一次实验

|  |
| --- |
|  横向（X） 单位：mm |
| 标准位移值 | 测量值1 | 测量值2 | 测量值3 | 测量值4 | 测量值5 | 测量值6 | 测量值7 | 测量值8 | 测量值9 | 测量值10 | 平均值 | 标准偏差 |
| 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.005 |
| 5.00 | 5.01 | 5.02 | 5.00 | 5.01 | 5.01 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.02 | 5.01 | 5.01 | 0.008 |
| 10.00 | 10.03 | 10.04 | 10.03 | 10.04 | 10.05 | 10.04 | 10.03 | 10.04 | 10.05 | 10.05 | 10.04 | 0.008 |
|  竖向（Y） 单位：mm |
| 标准位移值 | 测量值1 | 测量值2 | 测量值3 | 测量值4 | 测量值5 | 测量值6 | 测量值7 | 测量值8 | 测量值9 | 测量值10 | 平均值 | 标准偏差 |
| 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 0.007 |
| 5.00 | 4.98 | 4.97 | 4.98 | 4.97 | 4.98 | 4.97 | 4.97 | 4.96 | 4.96 | 4.97 | 4.97 | 0.007 |
| 10.00 | 9.99 | 9.98 | 9.97 | 9.98 | 9.99 | 10 | 9.99 | 9.98 | 9.97 | 9.99 | 9.984 | 0.010 |

重复性结果：0.010mm

（2）第二次实验

|  |
| --- |
|  横向（X） 单位：mm |
| 标准位移值 | 测量值1 | 测量值2 | 测量值3 | 测量值4 | 测量值5 | 测量值6 | 测量值7 | 测量值8 | 测量值9 | 测量值10 | 平均值 | 标准偏差 |
| 2.00 | 2.01 | 2.00 | 2.01 | 2.01 | 2.02 | 2.00 | 2.01 | 2.00 | 2.02 | 2.00 | 2.01 | 0.008 |
| 8.00 | 7.98 | 7.99 | 7.98 | 7.98 | 7.99 | 7.98 | 7.97 | 7.98 | 7.97 | 7.98 | 7.98 | 0.007 |
| 15.00 | 14.98 | 14.98 | 14.99 | 14.98 | 14.99 | 14.98 | 14.97 | 14.98 | 14.97 | 14.98 | 14.98 | 0.007 |
|  竖向（Y） 单位：mm |
| 标准位移值 | 测量值1 | 测量值2 | 测量值3 | 测量值4 | 测量值5 | 测量值6 | 测量值7 | 测量值8 | 测量值9 | 测量值10 | 平均值 | 标准偏差 |
| 2.00 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.98 | 1.97 | 1.96 | 1.96 | 1.97 | 1.97 | 1.98 | 1.97 | 0.007 |
| 8.00 | 7.99 | 7.98 | 7.98 | 7.99 | 7.98 | 7.97 | 7.98 | 7.97 | 7.97 | 7.98 | 7.98 | 0.007 |
| 15.00 | 15.05 | 15.04 | 15.04 | 15.04 | 15.04 | 15.04 | 15.05 | 15.06 | 15.06 | 15.05 | 15.047 | 0.008 |

重复性结果：0.008mm