**中华人民共和国国家计量校准规范**

井水温度测量仪校准规范

实验报告

主要起草单位

[中国地震局第一监测中心](http://www.baidu.com/link?url=bOLAUgvvqh_rdetlUcyZ3WDv7owDgW9uLQCO4FcgLu_rRkFxa3yUjV7b608ca5I8)

应急管理部国家自然灾害防治研究院

一、试验目的

根据本规范，分别对2套井水温度测量仪在不同实验室进行全项目检查和校准，以验证验证本规范是否满足预期用途和校准方法的有效性。

二、校准方法简述

1、校准方法简述

（1）校准对象和地点

本次校准实验所用样品为应急管理部国家自然灾害防治研究院（原中国地震局地壳应力研究所）生产的DLZ-1型井水温度测量仪、北京中科光大自动化技术有限公司生产的ZKGD3000-NT型井水温度测量仪。校准地点见表1。

表1 校准对象和地点

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 型号 | 出厂编号 | 生产厂家 | 校准地点 |
| 1 | DLZ-1 | 4312DQYL0151 | 应急管理部国家自然灾害防治研究院 | 中国地震局第一监测中心温度测量实验室 |
| 2 | ZKGD3000-NT | 2020ZKGD0502 | 北京中科光大自动化技术有限公司 | 应急管理部国家自然灾害防治研究院测温实验室 |

（2）检查和校准项目

检查项目为外观、分辨力和传感器耐压；校准项目为示值误差、热迟滞性和短期稳定性。

（3）实验条件和设备

表2 实验条件和设备

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准地点 | 时间 | 实验条件 | 主要设备 |
| 1 | 中国地震局第一监测中心温度测量实验室 | 2023年2月1日~2023年8月15日 | 温度：22.1℃~24.6℃  湿度：32.5%~45.2% | 1、一等铂电阻温度计（ZKSL-11/186157）；  2、精密测温电桥（1595A/C01335）：MPEV：0.2×10-6；  3、恒温槽（ZKSL-18/A0069、ZKSLH-10/A0070、ZKSLL-60/A0071）：组合造温范围为-60℃~300℃；  4、压力仓：耐压强度不小于15 MPa；配0.4级、（0~16）MPa压力表；  5、保温装置：温度日变化小于0.2 ℃；温度极值范围内可以产生0.0001 ℃的温度缓慢变化； |
| 2 | 应急管理部国家自然灾害防治研究院测温实验室 | 温度：19.8℃~24.1℃  湿度：40.9%~55.8% | 1、一等铂电阻温度（WZPB-1/173102）；  2、精密测温电桥（1594A/B06009）：MPEV：0.8×10-6；  3、恒温槽（CIMM-TH0A/7105、CIMM-TH0A/7106）：组合造温范围为0℃~100℃；  4、压力仓：耐压强度不小于15 MPa；配0.4级、（0~16）MPa压力表；  5、保温装置：温度日变化小于0.2 ℃；温度极值范围内可以产生0.0001 ℃的温度缓慢变化； |

注：主要设备名称（型号/出厂编号）。

三、实验结果（DLZ-1型井水温度测量仪）

1、外观检查

采用目测和手感方法检查测温仪外观。结果见表3。

表3 外观检查结果

|  |  |
| --- | --- |
| 样品型号 | 检查结果 |
| DLZ-1 | 测温仪无影响正常工作的机械损伤，外表无裂纹、无涂敷层剥落现象；数据采集器面板显示清晰完整，接插件、开关接触良好，机械连接部分紧密牢固。 |

2、传感器耐压检查

利用压力仓进行检查。实验时间为2023年8月1日。被测仪器连续记录数据，曲线连续且无阶跃，如图1所示。

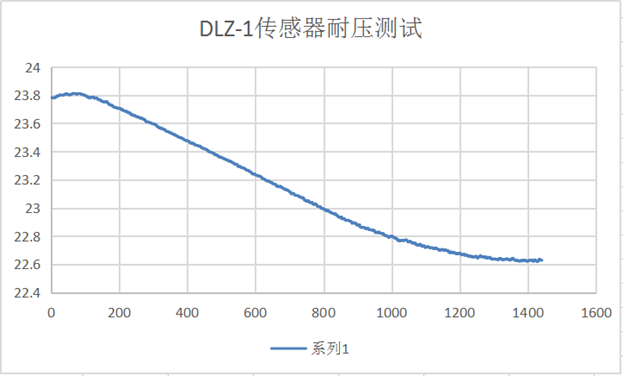


图1 DLZ-1型井水温度测量仪传感器耐压检查结果

3、分辨力检查

利用保温装置进行检查。选取2023年3月27日10：11~10：43的数据进行分析，被校仪器的示值曲线形态与标准铂电阻温度计的输出结果一致（图2）。半小时内数据保持稳定，被校仪器可记录0.0001℃的变化。

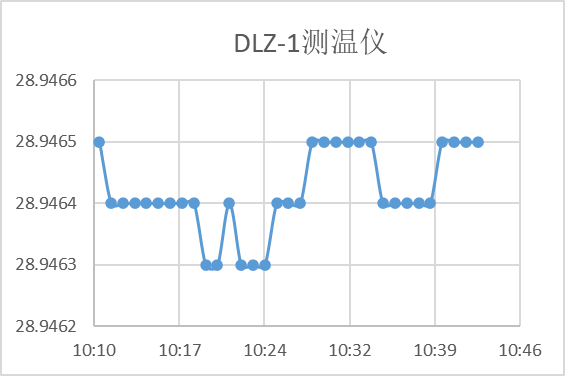
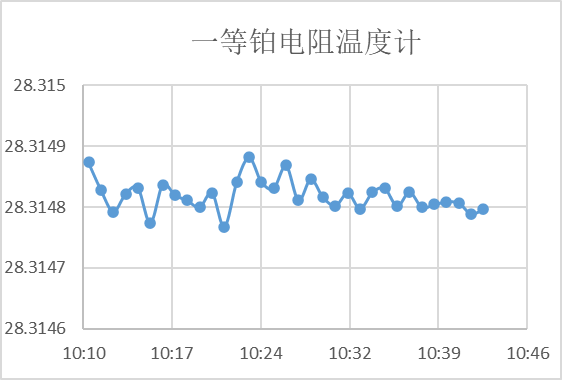
 

图2 DLZ-1型井水温度测量仪分辨力检查结果

4、示值误差校准

使用一等标准铂电阻温度计、精密测温电桥、恒温槽进行校准。在0℃～100℃范围内每隔5℃选取一个点，共选取21个校准点。具体实验步骤见规范正文，示值误差校准结果为-0.0382 ℃（表4）。

5、热迟滞性校准

使用一等标准铂电阻温度计、测温电桥、恒温槽进行校准。具体实验步骤见规范正文，热迟滞性校准结果为0.0014 ℃（表4）。

表4 DLZ-1型井水温度测量仪示值误差校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点℃ | 标准器温度值℃ | | | | | 被校仪器测量温度值℃ | | | | | 示值误差℃ |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 |  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |
| 0 | 0.00674 | 0.00675 | 0.00683 | 0.00698 | 0.006825 | -0.0118 | -0.0117 | -0.0118 | -0.0118 | -0.0118 | -0.0186 |
| 5 | 4.99752 | 4.99744 | 4.99720 | 4.99711 | 4.997318 | 5.0073 | 5.0069 | 5.0068 | 5.0071 | 5.0070 | 0.0097 |
| 10 | 10.05341 | 10.05321 | 10.05310 | 10.05299 | 10.053178 | 10.0681 | 10.0680 | 10.0682 | 10.0678 | 10.0680 | 0.0148 |
| 15 | 15.04804 | 15.04766 | 15.04752 | 15.04751 | 15.047683 | 15.0521 | 15.0520 | 15.0496 | 15.0514 | 15.0513 | 0.0036 |
| 20 | 20.04538 | 20.04566 | 20.04584 | 20.04622 | 20.045775 | 20.0491 | 20.0513 | 20.0525 | 20.0520 | 20.0512 | 0.0054 |
| 25 | 24.99681 | 24.99709 | 24.99726 | 24.99763 | 24.997198 | 25.0226 | 25.0235 | 25.0228 | 25.0226 | 25.0229 | 0.0257 |
| 30 | 30.03997 | 30.04005 | 30.04008 | 30.04016 | 30.040065 | 30.0376 | 30.0379 | 30.0340 | 30.0342 | 30.0359 | -0.0041 |
| 35 | 35.06673 | 35.06696 | 35.07021 | 35.07083 | 35.068683 | 35.0664 | 35.0663 | 35.0668 | 35.0682 | 35.0669 | -0.0018 |
| 40 | 40.03411 | 40.03388 | 40.03389 | 40.03382 | 40.033925 | 40.0482 | 40.0480 | 40.0480 | 40.0479 | 40.0480 | 0.0141 |
| 45 | 45.03689 | 45.03699 | 45.03702 | 45.03705 | 45.036988 | 45.0389 | 45.0381 | 45.0380 | 45.0384 | 45.0384 | 0.0014 |
| 50 | 50.03420 | 50.03425 | 50.03427 | 50.03432 | 50.03426 | 50.0324 | 50.0332 | 50.0334 | 50.0336 | 50.0332 | -0.0011 |
| 55 | 55.03411 | 55.03392 | 55.03390 | 55.03384 | 55.033943 | 55.0324 | 55.0327 | 55.0329 | 55.0325 | 55.0326 | -0.0013 |
| 60 | 60.03468 | 60.03323 | 60.03323 | 60.03321 | 60.033588 | 60.0291 | 60.0294 | 60.0292 | 60.0291 | 60.0292 | -0.0044 |
| 65 | 65.03468 | 65.03458 | 65.03462 | 65.03482 | 65.034675 | 65.0378 | 65.0377 | 65.0369 | 65.0379 | 65.0376 | 0.0029 |
| 70 | 70.03763 | 70.03758 | 70.03755 | 70.03748 | 70.03756 | 70.0391 | 70.0392 | 70.0390 | 70.0391 | 70.0391 | 0.0015 |
| 75 | 75.04170 | 75.04169 | 75.04169 | 75.04172 | 75.0417 | 75.0298 | 75.0296 | 75.0298 | 75.0298 | 75.0298 | -0.0120 |
| 80 | 80.04457 | 80.04450 | 80.04443 | 80.04437 | 80.044468 | 80.0286 | 80.0288 | 80.0284 | 80.0286 | 80.0286 | -0.0159 |
| 85 | 85.05269 | 85.05267 | 85.05263 | 85.05261 | 85.05265 | 85.0480 | 85.0483 | 85.0492 | 85.0486 | 85.0485 | -0.0041 |
| 90 | 90.00334 | 90.00326 | 90.00295 | 90.00283 | 90.003095 | 89.9756 | 89.9760 | 89.9733 | 89.9726 | 89.9744 | -0.0287 |
| 95 | 94.99969 | 94.99967 | 94.99963 | 94.99962 | 94.999653 | 94.9661 | 94.9667 | 94.9656 | 94.9663 | 94.9662 | -0.0335 |
| 100 | 100.00012 | 100.00011 | 100.00016 | 100.00017 | 100.00014 | 99.9619 | 99.9619 | 99.9618 | 99.9622 | 99.9620 | -0.0382 |
| 示值误差：-0.0382 ℃。 | | | | | | | | | | | |

表5 DLZ-1型井水温度测量仪热迟滞性校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点℃ | 标准器温度值℃ | | | | | 被校仪器测量温度值℃ | | | | | 示值误差℃ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |
| 50 ℃  （第1次） | 50.000406 | 50.000406 | 50.000406 | 50.000406 | 50.000406 | 49.9615 | 49.9617 | 49.9618 | 49.9617 | 49.9617 | -0.0387 |
| 50 ℃  （第2次） | 50.000748 | 50.000946 | 50.000675 | 50.000872 | 50.000810 | 49.9607 | 49.9607 | 49.9604 | 49.961 | 49.9607 | -0.0401 |
| 热迟滞性：0.0014 ℃ | | | | | | | | | | | |

6、短期稳定性校准

具体实验步骤见规范正文。短期稳定性校准结果为0.0003℃（表6）。

表6 DLZ-1型井水温度测量仪短期稳定性校准结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 天数 | 4次标准器温度读数平均值Ti（℃） | 4次被检仪器温度读数平均值ti（℃） | 示值误差（℃） |
| 1 | 30.00746 | 30.0352 | 0.02774 |
| 2 | 30.00506 | 30.0402 | 0.03514 |
| 3 | 29.99374 | 30.0356 | 0.04186 |
| 4 | 30.0088 | 30.0483 | 0.0395 |
| 5 | 30.00136 | 30.0363 | 0.03494 |
| 6 | 30.00899 | 30.0468 | 0.03781 |
| 短期稳定性校准结果：0.0003℃。 | | | |

四、实验结果（ZKGD3000-NT型井水温度测量仪）

1、外观检查

采用目测和手感方法检查测温仪外观。结果见表7。

表7 外观检查结果

|  |  |
| --- | --- |
| 样品型号 | 检查结果 |
| ZKGD3000-NT | 测温仪无影响正常工作的机械损伤，外表无裂纹、无涂敷层剥落现象；数据采集器面板显示清晰完整，接插件、开关接触良好，机械连接部分紧密牢固。 |

2、传感器耐压检查

利用压力仓进行检查。实验时间为2023年8月9日14:50—8月10日14:50。被测仪器连续记录数据，曲线连续且无阶跃，如图3所示。

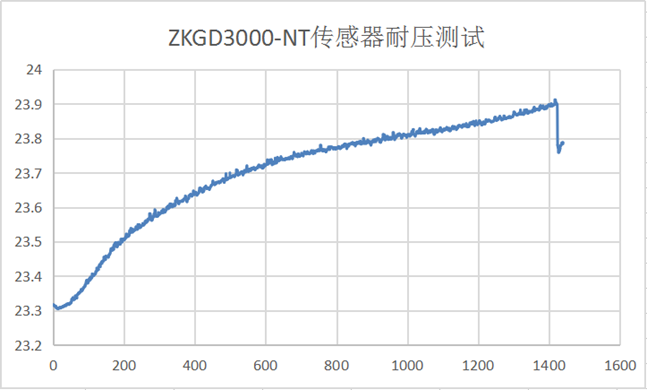


图3 ZKGD3000-NT型井水温度测量仪传感器耐压检查结果

3、分辨力检查

利用保温装置进行检查。选取2023年7月27日9:24～10:00的数据进行分析，被校仪器的示值曲线形态与标准铂电阻温度计的输出结果基本一致（图4）。半小时内数据保持稳定，被校仪器可记录0.0001℃的变化。

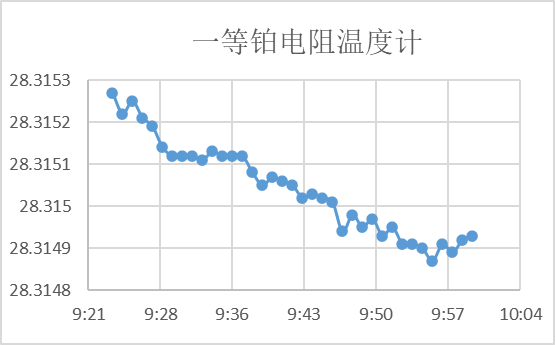
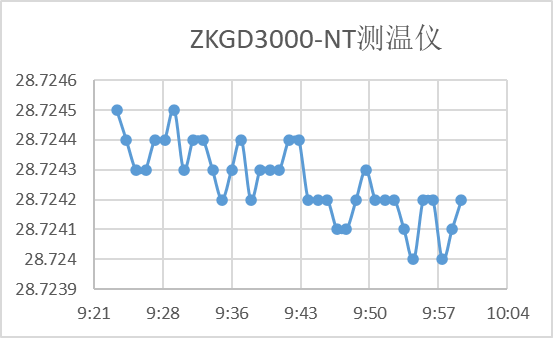


图4 ZKGD3000-NT型井水温度测量仪分辨力检查结果

4、示值误差校准

使用一等标准铂电阻温度计、精密测温电桥、恒温槽进行校准。在0℃～100℃范围内每隔5℃选取一个点，共选取21个校准点。具体实验步骤见规范正文，示值误差校准结果为0.0374 ℃（表9）。

5、热迟滞性校准

使用标准铂电阻温度计、测温电桥、恒温槽进行校准。具体实验步骤见规范正文，热迟滞性校准结果为0.0224 ℃（表10）。

6、短期稳定性校准

具体实验步骤见规范正文。短期稳定性校准结果为0.000087℃（表11）。

表9 ZKGD3000-NT型井水温度测量仪示值误差校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点℃ | 标准器温度值℃ | | | | | 被校仪器测量温度值℃ | | | | | 示值误差℃ |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 |  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |
| 0 | 0.040296 | 0.041154 | 0.041722 | 0.043124 | 0.041574 | 0.0142 | 0.0142 | 0.0142 | 0.0200 | 0.0157 | -0.0259 |
| 5 | 5.034947 | 5.035712 | 5.036395 | 5.037001 | 5.036014 | 5.0604 | 5.0634 | 5.0634 | 5.0634 | 5.0627 | 0.0266 |
| 10 | 10.025851 | 10.025406 | 10.026831 | 10.031406 | 10.027374 | 10.0482 | 10.0487 | 10.0504 | 10.0570 | 10.0511 | 0.0237 |
| 15 | 15.019125 | 15.017730 | 15.015022 | 15.012641 | 15.016130 | 15.0454 | 15.0400 | 15.0378 | 15.0364 | 15.0399 | 0.0238 |
| 20 | 20.014250 | 20.015899 | 20.014138 | 20.012934 | 20.014305 | 20.0337 | 20.0356 | 20.0321 | 20.0315 | 20.0332 | 0.0189 |
| 25 | 25.013843 | 25.014597 | 25.014961 | 25.014343 | 25.014436 | 25.0517 | 25.0522 | 25.0523 | 25.0513 | 25.0519 | 0.0374 |
| 30 | 30.013812 | 30.013550 | 30.013207 | 30.014025 | 30.013649 | 30.0299 | 30.0285 | 30.0286 | 30.0304 | 30.0294 | 0.0157 |
| 35 | 35.013822 | 35.013964 | 35.014288 | 35.014580 | 35.014164 | 35.0285 | 35.0288 | 35.0297 | 35.0297 | 35.0292 | 0.0150 |
| 40 | 40.010113 | 40.011815 | 40.012152 | 40.011072 | 40.011288 | 40.0351 | 40.0324 | 40.0312 | 40.0305 | 40.0323 | 0.0210 |
| 45 | 45.011388 | 45.010386 | 45.009266 | 45.008887 | 45.009982 | 45.0286 | 45.0265 | 45.0254 | 45.0261 | 45.0267 | 0.0167 |
| 50 | 50.013142 | 50.013502 | 50.013744 | 50.013132 | 50.013380 | 50.0299 | 50.0312 | 50.0299 | 50.0300 | 50.0303 | 0.0169 |
| 55 | 55.011704 | 55.010845 | 55.101501 | 55.101724 | 55.056444 | 55.0237 | 55.0232 | 55.0225 | 55.0231 | 55.0231 | -0.0333 |
| 60 | 60.011249 | 60.011075 | 60.010649 | 60.101434 | 60.033602 | 60.0167 | 60.0163 | 60.0157 | 60.0151 | 60.0160 | -0.0177 |
| 65 | 65.013895 | 65.014274 | 65.013922 | 65.013927 | 65.014005 | 65.0178 | 65.0202 | 65.0193 | 65.0191 | 65.0191 | 0.0051 |
| 70 | 70.016005 | 70.016051 | 70.016698 | 70.017814 | 70.016642 | 70.0106 | 70.0106 | 70.0144 | 70.0137 | 70.0123 | -0.0043 |
| 75 | 74.922991 | 74.923456 | 74.923684 | 74.924170 | 74.923575 | 74.9112 | 74.9135 | 74.9137 | 74.9143 | 74.9132 | -0.0104 |
| 80 | 79.913211 | 79.913309 | 79.913562 | 79.913099 | 79.913295 | 79.8892 | 79.8904 | 79.8900 | 79.8860 | 79.8889 | -0.0244 |
| 85 | 84.907481 | 84.907248 | 84.908325 | 84.909090 | 84.908036 | 84.8832 | 84.8819 | 84.8844 | 84.8856 | 84.8838 | -0.0243 |
| 90 | 89.906766 | 89.907545 | 89.907359 | 89.907406 | 89.907269 | 89.8733 | 89.8746 | 89.8723 | 89.8728 | 89.8733 | -0.0340 |
| 95 | 94.905999 | 94.904939 | 94.905613 | 94.905809 | 94.905590 | 94.8715 | 94.8696 | 94.8728 | 94.8715 | 94.8714 | -0.0342 |
| 100 | 99.902731 | 99.902686 | 99.902881 | 99.902881 | 99.902795 | 99.8646 | 99.8639 | 99.8645 | 99.8659 | 99.8647 | -0.0381 |
| 示值误差：0.0374 ℃。 | | | | | | | | | | | |

表10 ZKGD3000-NT型井水温度测量仪热迟滞性校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点℃ | 标准器温度值℃ | | | | | 被校仪器测量温度值℃ | | | | | 示值误差℃ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |  | 1 | 2 | 3 | 4 |  |  |
| 50 ℃  （第1次） | 50.002144 | 50.002057 | 50.001405 | 50.000588 | 50.001549 | 50.0059 | 50.0054 | 50.0045 | 50.004 | 50.0050 | -0.0034 |
| 50 ℃  （第2次） | 49.998513 | 49.998878 | 49.998763 | 49.999086 | 49.998810 | 50.0245 | 50.0245 | 50.0244 | 50.0249 | 50.0246 | -0.0258 |
| 热迟滞性：0.0224 ℃ | | | | | | | | | | | |

表11 ZKGD3000-NT型井水温度测量仪短期稳定性校准结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 天数 | 标准器温度Ti（℃） | 被检仪器温度ti（℃） | 示值误差（℃） |
| 1 | 30.0047 | 30.0236 | 0.0189 |
| 2 | 30.0119 | 30.0301 | 0.0182 |
| 3 | 30.0168 | 30.0362 | 0.0194 |
| 4 | 30.0181 | 30.0373 | 0.0192 |
| 5 | 30.0083 | 30.0272 | 0.0189 |
| 6 | 30.0059 | 30.0222 | 0.0163 |
| 短期稳定性校准结果：0.000087℃。 | | | |

五、实验结论

通过2家实验室对2种型号井水温度测量仪全部校准项目的实验结果，证明了《井水温度测量仪校准规范》中所提出的校准项目和方法是科学、合理的，适用于预期用途。可以验证仪器能否满足技术指标的要求，进而保障测量数据的准确可靠。