

吉林省地方标准

《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本任务来源于吉林省质量技术监督局《关于下达 2019 年度吉林省地方标准制修订项目计划的通知》，计划编号为 DBXM129-2019，计划项目名称为《水质 水温的测定 热敏电阻传感器仪器法》，经评审专家同意标准名称变更为《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》。

（二）起草单位

本标准由吉林省环境监测中心站起草。

本标准由吉林市环境监测站、辽源市环境保护监测站、四平市环境保护监测站、通化市环境监测站、白城市环境监测站、临江市环境保护监测站进行方法验证。

二、制订标准的必要性和意义

（一）水热污染的危害及研究防治

水热污染是，水温异常升高的一种污染现象。天然水水温随季节、天气和气温而变化。当水温超过 33℃～35℃时，大多数水生物不能生存。水体急剧升温，常是热污染引起的。水体热污染主要来自工业冷却水。首先是动力工业，其次是冶金、化工、造纸、纺织和机械制造等工业，将热水排入水体，使水温上升，水质恶化。根据美国统计，动力工业冷却水排放量占全国工业的冷却水总排放量的 80%以上。一个装机 100 万 kW 的火电厂，冷却水排放量约为 30 m³/s～50 m³/s；装机相同的核电站，排水量较火电厂约增加 50%。年产 30 万 t 的合成氨厂，每小时约排出 22000 立方米的冷却水。

水体增温显著地改变了水生物的习性、活动规律和代谢强度，从而影响到水生物的分布和生长繁殖。增温幅度过大和升温过快，对水生物有致命的危险。

水体增温加速了水生态系统的演替或破坏。硅藻在 20℃的水中为优势种；水温 32℃时，绿藻为优势种；37℃时，只有蓝藻才能生长。鱼类种群也有类似变化，对狭温性鱼类来说，在 10℃～15℃时，冷水性鱼类为优势种群；超过 20℃时，温水性鱼类为优势种群；当水温为 25℃～30℃时，热水性鱼类为优势种群。水温超过 33℃～35℃时，绝大多数鱼类不能生存。水生物种群之间的演替，以食物链（网）相联结，升温促使某些生物提前或推迟发育，导致以此为食的其它种

生物因得不到充足食料而死亡。食物链中断可能使生态系统组成发生变化，甚至破坏。

水体升温加速了水及底泥中有机物的降解和营养元素的循环，藻类因而过度生长繁殖，导致水体富营养化；有机物降解又加速了水中溶解氧消耗。

某些有毒物质的毒性随水温上升而加强。例如，水温升高 10℃，氰化物毒性就增强一倍；而生物对毒物的抗性，则随水温的上升而下降。

水体热污染区域可分为强增温带、适度增温带和弱增温带。热污染的有害效应一般局限在强增温带，其他两带的不利影响较小，有时还产生有利效应。热污染对水体影响程度取决于热排放工业类型、排放量、接纳水体特点、季节和气象条件等。

各国对水热污染及其影响进行了多方面的研究，并制定了冷却水温度的排放标准。美国、苏联等国按不同季节和水域，制定了冷却水温度的排放标准；联邦德国以不同河流的最高允许增温幅度为依据，制定了冷却水温度排放标准；瑞士则以排热口与混合后的增温界限为最高允许值，确定排放标准。中国和其他一些国家尚未制定有关标准。

（二）《关于汞的水俣公约》对水银温度计限制

目前我国现行的国家标准方法要求测定水温所使用的是水银温度计。由于 2017 年 8 月 16 日《关于汞的水俣公约》对我国正式生效，此公约要求缔约国自 2020 年起，禁止生产及进出口含汞产品，300 多年使用历史的水银温度计即将消失。

提到汞（水银），大部分人首先想到的是水银温度计。水银温度计自 1659 年被法国布里奥制造出来至今已有 300 多年历史，因其可测温度范围广、示值准确、稳定性高，且价格低廉、不用外接电源，使用方便等特点，被广泛应用。但因温度计的内充物是水银，一支家用水银体温计含汞约 1 克，一旦破碎，被排放到空气中的汞和丢弃的汞无疑要对环境造成污染。汞可以在环境中进行形态转移，形成有机汞，在有机汞中，甲基汞是重要污染物，它有神经毒性和遗传毒性，特别会对幼儿大脑发育产生不良影响；更为严重的是，甲基汞可以通过胎盘进入胎儿大脑，还可通过母乳喂养传递给婴儿。

目前市面上还有其它内充物的玻璃温度计，如常用的酒精温度计，其与水银温度计相比，虽然酒精无毒，非常安全，但以酒精为内充物的玻璃温度计，其精度和测量范围受限，仅可用作一般用途（如体温测量），在高精度宽、范围温度测量上，与水银温度计有较大差距。

在温度计发展历史上，有很多科学家花费毕生精力寻找水银的替代物，尝试了很多种单质及化合物，但最后还是回归到水银。日内瓦的德吕斯甚至以一个物理学家的身份热情地呼喊：“自然界给我们这个矿物肯定是为了做温度计”。所以即便水银有很大危害，为了实现测量应用，尤其是实验室精密温度测量应用时，人们仍然需要使用水银温度计。

（三）新建标准方法的优势

新建标准规定了热敏电阻传感器测定水温的方法。适用于水质监测项目中水温的原位测定。

主要技术内容：通过带有热敏电阻水温传感器的实验室仪器或便捷仪器进行水温的测定。热敏电阻水温传感器的工作原理是，封装一个负温度系数的热敏电阻，利用热敏电阻的温度敏感特性，将环境温度的变化转换为热敏电阻阻值的变化，并通过分压电路转换成电压信号输出给电子控制器。

新建标准方法有以下优势：

1、杜绝了水银温度计的使用。建立绿色环保、准确、便捷的监测方法。

2、与现行的国标方法《水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法》（GB 13195-91）相比具备操作简单，并且原位测量方式避免了环境条件对结果的影响，直接数字显示结果，消除了人工读数误差等优势。

3、与地质矿产行业标准《地下水质检验方法 温度的测定》（DZ/T0064.3-93）相比，规定了水温测量仪器示值分度值、稳定性、示值响应时间，对测试步骤及过程进行规范化，更加便于应用。

三、主要起草过程

任务下达后，标准起草单位立即成立标准编制组。标准编制组明确分工，全面开展资料查阅、专家咨询等前期工作，总结后初步形成了的标准制定实施方案。组织开题论证会后，对技术路线的科学性进行论证，形成最终的《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》实施方案。标准编制组严格按照实施方案开始试验准备工作、试验及对结果进行分析，形成编制组讨论稿。经过六家相关实验室对其精密度进行验证后，形成《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》征求意见稿。并对其进行了广泛征求意见，结合审查会意见形成了送审稿。

（一）预研阶段

1、方法内容提要

1.1 方法名称

《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》

1.2 主要内容

1.2.1 适用范围：水和废水的水温测定；pH 值、溶解氧、电导率、氧化还原电位等与水温变化明显相关指标补偿温度测定。

1.2.2、主要技术内容：通过带有热敏电阻水温传感器的实验室仪器或便携仪器进行水温的测定。热敏电阻水温传感器的工作原理是，封装一个负温度系数的热敏电阻，利用热敏电阻的温度

敏感特性，将环境温度的变化转换为热敏电阻阻值的变化，并通过分压电路转换成电压信号输出给电子控制器。同时规定了水温测量仪器示值准确度、示值重复性、示值响应时间，规定了测试步骤及过程。

1.2.3、主要内容：

1.3.1、传感器类型的选择

温度传感器有四种主要类型：热电偶、热敏电阻、电阻温度检测器 (RTD) 和 IC 温度传感器（模拟输出和数字输出）。

本研究根据传感器测量原理、适用范围，同时充分考虑市场应用情况，选取最佳温度传感器。

1.3.2、传感器技术指标的筛选及要求。

对传感器稳定性、响应时间等、测量方法测定范围指标进行研究，并确定指标要求。

1.3.2、测量方法技术指标研究

精密度、准确度确定与研究，测量过程的要求。

2、确定制定的原则和依据

2.1 满足现行国家标准方法的基本要求。

2.2 完善现行类似标准，补充技术参数。

2.3 仪器设备指标要求应得当，满足要求且符合目前国内外市场。

2.4 标准内容清晰，便于理解、可操作性强。

3、必要性论证

现行的《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002 ）中对水温进行限值规定。《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002），中对氨氮进行分水温控制。水质分析中 pH 值、溶解氧、电导率、氧化还原电位等与水温变化明显相关指标需要进行温度补偿方可得到精准结果。因此水温的测定无论是对水质环境监测，还是废水监测都有重要意义。综上所述，当前急需建立热敏电阻传感器法制定为标准方法，作为实验室检测水温重要依据。

4、可行性论证

4.1 热敏电阻传感器在实验室存在的普遍性

近年来，便携式检测仪器设备因其体积小、便捷等特点，被应用于食品、环境、医疗、工业等各大检测领域。以环境监测系统实验室为例，一级、二级、三级站便携仪器，均是现场监测、应急监测不可缺少的仪器。同时，部分便携仪器是标准化建立要求的设备。环境监测实验室常用的便携仪器如 pH 计、溶解氧仪、氧化还原电位仪、电导率仪，因为其测定指标需要进行温度补偿，故带有热敏电阻传感器。部分国内生产厂家的热敏电阻传感器为单独温度电极，测定指标时，温

度电极同时进行测量；热敏电阻传感器以元器件形式集成在各指标电极上，是大多数进口便携仪器厂家的做法。无论哪种形式，其原理是一致的，其精度取决于传感器的材料，与存在形式无关。单独存在的温度电极，可独立用于温度的测定，以元器件形式集成在各指标电极上的测定温度时，以原指标测定为主，同时显示温度。

4.2 具备计量溯源标准支持

关于热敏电阻测温仪计量溯源，《热敏电阻测温仪校准规范》(JJF 1379-2012)、《水质综合仪检定规程》等进行了规范化，保证了其测量数据的追溯性、准确性。

(二) 立项阶段

1、立项申请及论证情况

本项目立项中文名称，水质 水温的测定 热敏电阻传感器法；英文名称，Water quality Water temperature measurement Method by thermistor sensor。为制定标准，由吉林省环境监测中心站提出，归口于吉林省生态环境厅。

1.1 温度测量传感器类型的筛选与论证

温度计根据其原理不同，有利用固体、液体、气体受温度的影响而热胀冷缩的现象；在定容条件下，气体（或蒸气）的压强因区别温度而变换；热电效应的作用；电阻随温度的变换而变换；热辐射的影响等。

a、气体温度计：多用氢气或氦气作测温物质，因为氢气和氦气的液化温度很低，接近于绝对零度，故它的测温范围很广。这种温度计精确度很高，多用于精密测量。

b、电阻温度计：分为金属电阻温度计和半导体电阻温度计，都是根据电阻值随温度的变化这一特性制成的。金属温度计主要有用铂、金、铜、镍等纯金属的及铈、铁、磷青铜合金的；半导体温度计主要用碳、锗等。电阻温度计使用方便可靠，已广泛应用。它的测量范围为-260 ℃至600 ℃左右。

c、温差电偶温度计：是一种工业上广泛应用的测温仪器。利用温差电现象制成。两种不同的金属丝焊接在一起形成工作端，另两端与测量仪表连接，形成电路。把工作端放在被测温度处，工作端与自由端温度不同时，就会出现电动势，因而有电流通过回路。通过电学量的测量，利用已知处的温度，就可以测定另一处的温度。它适用于温差较大的两种物质之间，多用于高温和低温测量。有的温差电偶能测量高达 3000 ℃的高温，有的能测接近绝对零度的低温。

d、指针式温度计：是形如仪表盘的温度计，也称寒暑表，用来测室温，是用金属的热胀冷缩原理制成的。它是以双金属片做为感温元件，用来控制指针。双金属片通常是用铜片和铁片铆在一起，且铜片在左，铁片在右。由于铜的热胀冷缩效果要比铁明显的多，因此当温度升高时，铜

片牵拉铁片向右弯曲，指针在双金属片的带动下就向右偏转(指向高温)；反之，温度变低，指针在双金属片的带动下就向左偏转(指向低温)。

e、玻璃管温度计：玻璃管温度计是利用热胀冷缩的原理来实现温度的测量的。由于测温介质的膨胀系数与沸点及凝固点的不同，所以我们常见的玻璃管温度计主要有：煤油温度计、水银温度计、红钢笔水温度计。他的优点是结构简单，使用方便，测量精度相对较高，价格低廉。缺点是测量上下限和精度受玻璃质量与测温介质的性质限制。且不能远传，易碎。

f、压力式温度计：压力式温度计是利用封闭容器内的液体，气体或饱和蒸气受热后产生体积膨胀或压力变化作为测信号。它的基本结构是由温包、毛细管和指示表三部分组成。压力式温度计的优点是：结构简单，机械强度高，不怕震动。价格低廉，不需要外部能源。缺点是：测温范围有限制，一般在 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；热损失大响应时间较慢。

水银温度计的优点：比热容小、温度上升得快、测量的时间短，沸点高，能用来测量高温；水银与玻璃不浸润、对读数有利。

水银温度计的缺点：有毒；不能测靠近北极的气温；膨胀系数小。水银少时测量的精确度不高，当玻璃管内水银受热体积膨胀的同时，温度计的玻璃管及液泡部分的玻璃也受热膨胀。结果所读出的只不过是水银膨胀数值与玻璃膨胀数值之间的差数而已。玻璃管的内径不可能完全相同，尽管每个刻度与每个刻度之间的距离相等，但由于管的内径不同，则每刻度之间水银液柱的体积并不相等，因而造成误差。

1.2 温度传感器分类

温度传感器有四种主要类型：热电偶、热敏电阻、电阻温度检测器(RTD)和 IC 温度传感器(模拟输出和数字输出)。

热电偶应用很广泛，因为它们非常坚固而且不太贵。热电偶有多种类型，它们覆盖非常宽的温度范围，从 $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 到 $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。它们的特点是：低灵敏度、低稳定性、中等精度、响应速度慢、高温下容易老化和有漂移，以及非线性。另外，热电偶需要外部参考端。

热敏电阻温度传感器热电阻是中低温区最常用的一种温度检测器。它的主要特点是测量精度高，性能稳定。其中铂热电阻的测量精确度是最高的，它不仅广泛应用于工业测温，而且被制成标准的基准仪。

电阻温度检测器(RTD)精度极高且具有中等线性度。它们特别稳定，并有许多种配置。但它们的最高工作温度只能达到 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。它们也有很大的 TC，且价格昂贵(是热电偶的 4~10 倍)，并且需要一个外部参考源。

IC 温度传感器包含模拟输出和数字输出。模拟输出 IC 温度传感器具有很高的线性度(如果配

合一个模数转换器或 ADC 可产生数字输出)、低成本、高精度(大约 1 %)、小尺寸和高分辨率。它们的不足之处在于温度范围有限(-55 ℃~+150 ℃)，并且需要一个外部参考源。 数字输出 IC 温度传感器带有一个内置参考源，它们的响应速度也相当慢(100 ms 数量级)。虽然它们固有地会自身发热，但可以采用自动关闭和单次转换模式使其在需要测量之前将 IC 设置为低功耗状态，从而将自身发热降到最低。

1.3 温度测量传感器的比较

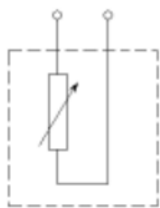
表 1 传感器优缺点对比表

类型	优点	缺点
热电偶	易于使用、极低成本、极宽温度范围 (-200 ℃-2000 ℃)、坚固耐用、多种类型、中等精度 (1 %-3 %)	低灵敏度 (40-80 μv/℃)、低响应速度 (几秒)、高温时老化和漂移、非线性、低稳定性、需要外部参考端
热敏电阻	易于连接、快速响应、高灵敏度、高输出幅度、易于互换中等稳定性、小尺寸	定温度范围 (高达 150 ℃)、大温度系数 (4 %/℃)、非线性 固有的自身发热、需要外部电流源
电阻温度检测器 (RTD)	极高精度、极高稳定性、中导线性、许多种配置	有限的温度范围 (高达 400 ℃)、大温度系数、昂贵、需要外部电流源
IC 温度传感器 (模拟输出和数字输出)	极高的线性、低成本、高精度 (约 1 %)、高输出幅度、易于系统集成、小尺寸、高分辨率	低响应速度、有限的温度范围 (-55 ℃~+150 ℃)、固有的自身发热、需要外部参考源

1.4 热敏电阻温度传感器的应用原理

温度传感器热电阻是中低温区最常用的一种温度检测器。它的主要特点是测量精度高，性能稳定。其中铂热电阻的测量精确度是最高的，它不仅广泛应用于工业测温，而且被制成标准的基准仪。

工作原理（图一） 水温传感器的工作原理是封装一个负温度系数的热敏电阻，利用热敏电阻的温度敏感特性，将水质温度的变化转换为热敏电阻阻值的变化，并通过分压电路转换成电压信号输出给电子控制器，以数字形式直接显示水质温度。



图一：水温传感器工作原理

（4）热敏电阻温度传感器测温原理及材料

温度传感器热电阻测温是基于金属导体的电阻值随温度的增加而增加这一特性来进行温度测量的。温度传感器热电阻大都由纯金属材料制成，目前应用最多的是铂和铜，此外，现在已开始采用镍、锰和铈等材料制造温度传感器热电阻。当水温低时，电阻值大；水温高时，电阻值小。

1.5 结论

结合目前市售测量水质温度仪器应用传感器现状及不同传感器的特点，选取热敏电阻传感器进行研究。

1.6 拟研究方法技术参数

拟研究方法对准确度、测量方式、分度值、稳定性、响应时间、测定范围等技术参数制定了目标，并与现行方法进行比较，详见表 2。

表 2 拟研究方法技术参数目标表

技术指标	拟建方法（优于）	现行方法	结论
准确度（℃）	$\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$	未规定	填补现行标准方法
测量方式	原位	异位	优于标准方法
分度值（℃）	0.1	0.2	优于标准方法
稳定性（偏离最大点与起始点差值）（℃）	± 1	未规定	填补现行标准方法
响应时间（min）	1	5	优于标准方法
测定范围（℃）	-5~+45	-6 至+40	测量水质温度时测量下限-5 与-6 无实际意义；测量上限+45 与+40 相比，优于标准方法

（三）起草阶段

1、起草工作组

项目承担单位及时成立工作小组，工作小组共 15 人，项目总负责人 1 人、项目及研究方案审

核组 6 人、各分项负责人 8 人，各自分工详见表 3。

表 3 工作组任务分工表

姓名	工作组职务	分工	工作单位
武中波	总负责人	整体方案制定及实施总负责人	吉林省环境监测中心站
陈学伟	分项负责人	项目及研究方案总体审核	吉林省环境监测中心站
郭传新	分项负责人	项目及研究方案检测技术层面审核	吉林省环境监测中心站
孙 强	分项负责人	项目及研究方案科研规范层面审核	吉林省环境监测中心站
赵立臣	分项负责人	项目及研究方案资源配备层面审核	吉林省环境监测中心站
于 凯	分项负责人	项目及研究方案质量保证层面审核	吉林省环境监测中心站
张竹青	分项负责人	项目及研究方案进度调度层面审核	吉林省环境监测中心站
宋金宏	分项负责人	试验方案制定及实施负责人	吉林省环境监测中心站
任大为	分项负责人	标准验证方案制定及实施负责人	吉林省环境监测中心站
杨雪	分项负责人	项目组织协调方案制定及实施负责人	吉林省环境监测中心站
丰硕	分项负责人	成果验证方案制定及实施负责人	吉林省环境监测中心站
王鹤	分项负责人	成果审查方案制定及实施负责人	吉林省环境监测中心站
王霞	分项负责人	项目管理与支撑	吉林省环境监测中心站
张永君	分项负责人	项目管理与支撑	吉林省环境监测中心站
刘晓东	分项负责人	项目资金管理与审核	吉林省环境监测中心站

2、拟定工作计划

拟定在 2019 年度完成标准制定全部过程，项目各阶段任务分解及起止日期，详见表 4。

表 4 工作计划表

项目各阶段任务分解		起止日期
起 草 阶 段	1.1 成立工作组	2019.1-2019.1
	1.2 制定起草计划，完成工作组讨论稿和编制说明的起草	2019.2-2019.3
	1.3 制定经费使用计划	2019.4-2019.4
	1.4 开展调查研究	2019.4-2019.4
	1.5 安排试验项目	2019.5-2019.7

	1.6 确认工作组讨论稿的内容和结构，形成征求意见稿	2019.5-2019.7
征求意见阶段	2.1 分发征求意见稿	2019.7-2019.8
	2.2 意见处理	2019.9-2019.9
	2.3 完成标准送审稿	2019.9-2019.9
审查阶段	3.1 组织内审，形成结论报送行业主管部门	2019.10-2019.10
	3.2 行业主管部门审核，征求标准化行政主管部门同意后组织审查会	2019.10-2019.10
	3.3 起草单位根据审查意见，完成标准报批稿及相关材料，报标准化技术机构。	2019.10-2019.10
批准阶段	标准化行政主管部门统一编号、批准发布、送国家标准化管理委员会备案	2019.11-2019.11
出版阶段	在国家标准化管理委员会发布地方标准备案公告后 30 个工作日内及时组织印刷。	2019.12-2019.12

3、开展调查研究

标准起草小组成员针对各自负责的领域，围绕热污染危害、便携仪器应用、热敏电阻应用等方面进行了大量的资料阅读。同时分析了现行的标准方法应用过程中存在的弊端。总结出本研究的技术路线。

4、方法验证

本标准由吉林市环境监测站、辽源市环境保护监测站、四平市环境保护监测站、通化市环境监测站、白城市环境监测站、临江市环境保护监测站进行了方法验证。参加方法验证的人员情况见表 5：

表 5 参加验证的人员情况登记表

姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	参加分析工作年份	工作单位
邓宇杰	女	47	高级工程师	环境工程	1997	吉林市环境监测站
刘骥艳	男	35	助理工程师	环境工程	2015	吉林市环境监测站
米娟	女	41	工程师	环境监测	1998	辽源市环境保护监测站
李立华	女	50	高级工程师	环境工程	1990	辽源市环境保护监测站
韩丹丹	女	25	助理工程师	环境科学	2016	四平市环境保护监测站
唐新明	男	38	工程师	环境工程	2009	通化市环境监测站
孙海洋	女	36	助理工程师	环境工程	2009	通化市环境监测站
张代麟	男	36	工程师	环境工程	2009	通化市环境监测站
杨宇嵩	男	49	高级工程师	环境工程	1995	白城市环境监测站
张儒	男	33	工程师	生态学	2009	白城市环境监测站
金鑫童	女	32	工程师	物理化学	2014	白城市环境监测站
曹建立	男	43	高级工程师	特产加工	1999	临江市环境保护监测站
张晨	男	27	助理工程师	应用化学	2019	临江市环境保护监测站

4.1 重复性与再现性的验证

重复性与再现性的验证，将参与方法验证的各仪器设备（1#-6#）同时至于约 10℃、20℃、30℃水体中，各进行两次独立测试，以同仪器测试绝对差值代表重复性、不同仪器测试绝对差值代表再现性。

重复性、再现性方法验证结论见方法验证汇总报告。

（四）征求意见阶段

1、征求意见过程

本标准在吉林省生态环境厅官网向全科研机构、院校及省 9 个市（州）生态环境监测中心及吉林抚松长白山生态环境监测中心、公主岭市环境保护监测中心、梅河口市环境监测中心、等单位及相关单位进行公开征求意见。

2、征求意见反馈及处理情况

征求意见期间共收到反馈意见 1 条，采纳 1 条。反馈意见为，“增加标准条文号 2 中 “热敏

电阻传感器法”的术语与定义解释。

意见采纳增加“2 术语与定义”，同时对“热敏电阻传感器法”、“原位测定”进行解释。“2.1 热敏电阻传感器法 method by thermistor sensor，利用热敏电阻的温度敏感特性，将水温的变化转换为热敏电阻阻值的变化，并通过分压电路转换成电压信号输出给电子控制器，以数字形式直接显示水质温度。”；“2.2 原位测定 in-situ determination，原位测定是在水体原来所处的位置及状态条件下进行的测定。”

（五）审查阶段

2020 年 1 月 2 日由吉林省市场监督管理厅在长春共同组织召开了《水质 水温的测定热敏电阻传感器法》标准送审稿审查会，来自长春市环境监测中心、省标准化研究院、吉林省环境科学研究院、吉林大学、东北师范大学、吉林石化公司研究院、吉林省中实环保科技有限公司等单位的 7 位专家出席会议，并组成标准审查专家组。经充分讨论，审查专家组一致同意通过《水质 水温的测定热敏电阻传感器法》的审定。

（六）报批阶段

标准起草小组根据专家组意见对送审稿作了进一步修改和完善，形成报批材料，提交吉林省市场监督管理厅报批。

本标准 2020 年 2 月通过标准审定。根据标准审定会议专家意见，对“送审稿”进行修改，形成“报批稿”。按照地方标准管理要求，将地方标准文本“报批稿”、编制说明“报批稿”地方标准审批表、征求意见汇总表、会上专家意见汇总表、会议纪要等相关材料报送地方标准审核中心进行初审，完成报批工作。

四、制（修）订标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准编制组经过大量资料查阅及实验最终确定出科学、规范的监测方法，本方法适用于环境监测部门或其他检测机构对水体的水温进行检测。标准发布后有利于我省水温监测统一性和一致性。

建立一个科学、适用、规范的《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》。

1、标准制定的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

- （1）方法的测定范围、仪器的分度值满足相关环保标准和工作要求。
- （2）方法准确度、精密度符合各项标准对方法特性指标的要求。
- （3）方法具有普遍适用性，易于推广使用。

（4）方法的格式符合《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2009）的要求。

本方法符合现行的法律、法规、标准与其协调一致、无冲突。

2、标准制定的技术路线

本标准项目任务下达后，吉林省环境监测中心站立即成立了标准编制组。并依次开展以下工作：（1）标准编制组在查阅国内外相关文献、标准的基础上，完成了开题报告及编制实施方案。（2）根据现有标准、国内外相关资料及相关意见完成标准草稿的编制。（3）按照制定方法验证试验方案。（4）对标准草稿进行试验的准备、试验及对试验结果进行分析，并通过试验验证。（4）完成标准征求意见稿和编制说明的撰写。（5）通过在标准送审稿的会议评审，完成标准报批稿的编制。技术路线图见图 1。

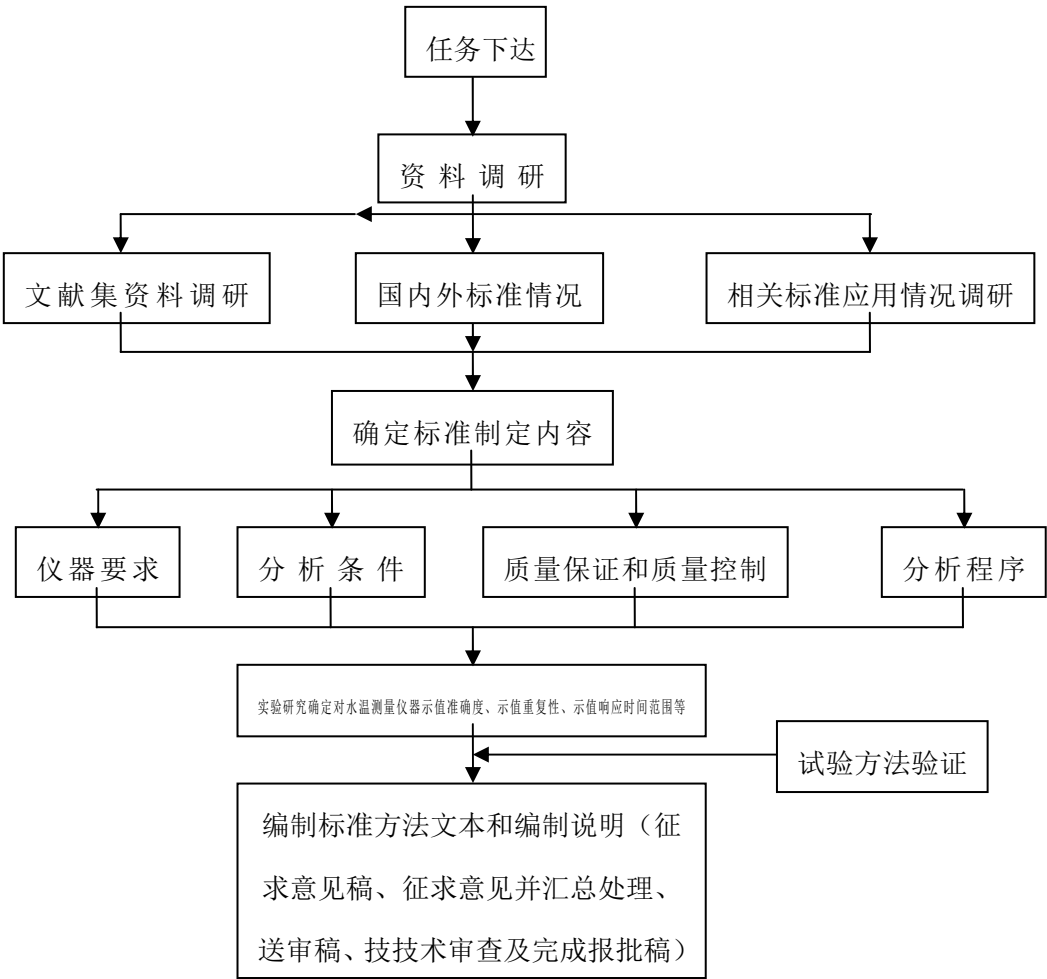


图 1 技术路线

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述

（一）热敏电阻传感器技术指标

1、稳定性

在温度电子单元的传感器插座上，接上相应的模拟电阻，使温度显示在 20 ℃-30 ℃之间某个温度值，记录 t 示值。然后，每隔 1 h 记录一次，持续 24 h。以 24 h 内偏离最大的一点示值与起始点相减的差值为温度示值稳定性。

将温度测量仪传感器放入温度为 25 ℃的恒温槽内（恒温槽参数为：温度范围-10 ℃-100 ℃；波动度小于±0.05 ℃；分辨率高于 0.01 ℃，以下恒温槽相同）平衡 12 h 后，每间隔 1 h 记录一次，持续 24 h。以 24 h 内偏离最大的一点示值与起始点相减的差值为温度示值稳定性。测量结果为见表 6。将 12 次实验的稳定性统计见图 2。

表 6 温度示值稳定性监测结果表

单位：℃

	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	11 次	12 次
起点	25.1	25.1	25.2	25.2	25.2	25.1	25.1	25	25	25.3	25.2	25.1
+1 h	25.0	25.2	25.3	25.2	25.3	25.0	25.1	25.0	25.1	25.3	25.2	25.2
+2 h	25.2	25.0	25.1	25.4	25.3	25.1	24.9	25.1	25.2	25.4	25.2	25.2
+3 h	25.0	25.1	25.3	25.2	25.2	25.3	25.0	25.0	25.1	25.5	25.3	24.9
+4 h	25.2	25.1	25.3	25.2	25.4	25.1	25.0	25.0	25.0	25.4	25.4	25.2
+5 h	25.2	24.9	25.3	25.3	25.1	25.2	24.9	24.8	24.8	25.4	25.3	25.0
+6 h	24.9	25.0	25.2	25.1	25.3	24.9	25.2	25.0	25.2	25.5	25.1	25.1
+7 h	25.0	25.2	25.1	25.2	25.2	24.9	25.2	25.0	24.8	25.4	25.4	25.1
+8 h	25.2	24.9	25.2	25.2	25.1	25.1	25.1	24.9	24.9	25.2	25.3	25.0
+9 h	25.1	24.9	25.1	25.4	25.1	25.1	25.3	24.8	24.8	25.3	25.1	25.0
+10 h	24.9	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.3	24.8	24.9	25.1	25.3	25.1
+11 h	25.0	24.9	25.3	25.3	25.0	25.3	25.0	24.8	24.8	25.3	25.3	25.0
+12 h	25.0	25.1	25.1	25.1	25.2	24.9	25.3	25.1	25.0	25.4	25.2	25.2
+13 h	25.1	25.1	25.3	25.3	25.2	25.3	24.9	24.8	24.9	25.4	25.4	25.1
+14 h	25.0	25.0	25.2	25.4	25.4	24.9	25.3	25.1	25.2	25.5	25.1	24.9
+15 h	25.2	24.9	25.1	25.1	25.1	25.3	24.9	25.0	24.9	25.4	25.2	25.3

续表 6 温度示值稳定性监测结果表

单位：℃

	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次	8 次	9 次	10 次	11 次	12 次
+16 h	25.0	25.1	25.3	25.4	25.0	25.2	25.1	24.9	24.9	25.4	25.2	25.1
+17 h	25.2	25.1	25.0	25.1	25.2	25.2	25.1	25.1	25.2	25.3	25.3	25.0
+ 18 h	25.3	25.1	25.4	25.4	25.3	25.1	25.3	24.8	24.9	25.3	25.0	25.3
+19 h	25.3	25.2	25.0	25.1	25.3	25.2	24.9	25.0	25.1	25.4	25.2	25.2
+20 h	25.2	25.2	25.2	25.2	25.1	25.3	25.0	25.1	24.9	25.1	25.2	25.3
+ 21 h	25.2	25.3	25.1	25.1	25.2	25.2	25.0	25.0	24.9	25.2	25.4	24.9
+22 h	25.1	25.0	25.2	25.4	25.0	25.2	25.1	24.8	24.9	25.5	25.3	25.1
+23 h	25.2	25.1	25.4	25.1	25.1	24.9	25.1	25.0	25.1	25.3	25.4	25.1
Max	25.3	25.3	25.4	25.4	25.4	25.3	25.3	25.1	25.2	25.5	25.4	25.3
Min	24.9	24.9	25.0	25.1	25.0	24.9	24.9	24.8	24.8	25.1	25.0	24.9
稳定性	-0.19	-0.18	-0.18	-0.12	-0.19	-0.20	-0.20	-0.19	-0.18	-0.20	-0.17	-0.18
	0.19	0.15	0.20	0.19	0.18	0.19	0.19	0.14	0.16	0.18	0.18	0.19

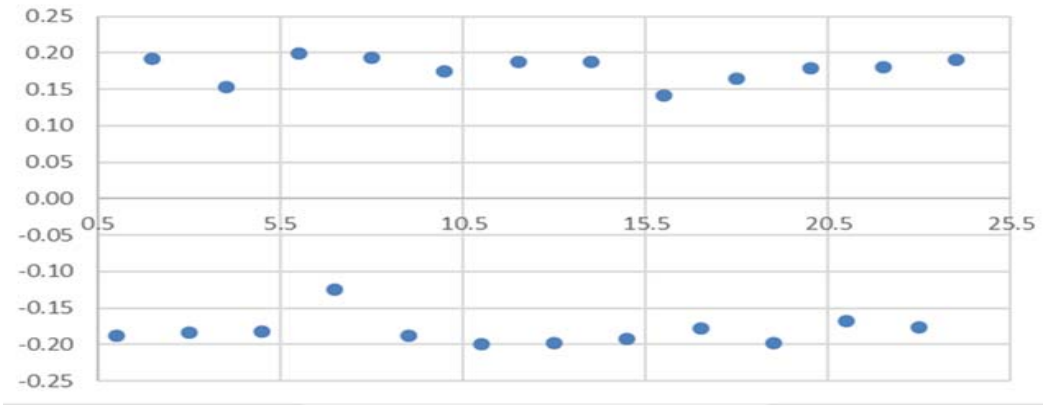


图 2 稳定性统计图

结论：热敏温度传感器示值稳定性均小于±0.2 ℃。

2、响应时间

将温度传感器从 20 ℃水中移入 40 ℃水中时，同时秒表计时，当仪器温度显示该温度时即终止计时，此段时间即为响应时间，重复 7 次实验，结果见表 7。

表 7 响应时间统计表

	1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	6 次	7 次
20℃至 40℃	13 s	13 s	13 s	14 s	18 s	14 s	19 s
40℃至 20℃	18 s	15 s	16 s	19 s	20 s	18 s	17 s

结论：温度响应时间在 13-20 s 之间，均不超过 60 s。

（二）准确度与精密度

1、准确度

将测温传感器与水银温度计(已校准)一同放入恒温槽内，待温度示值稳定后，记录仪器示值和水银温度计示值。仪器示值和水银温度计示值之差即为温度示值准确度。

将测温传感器与已校准的水银温度计一同分别放入 10 ℃、20 ℃、30 ℃三个恒温槽内，进行了 7 次实验，仪器示值和水银温度计示值见表 8-1 至表 8-7。

表 8-1 准确度示值统计表

NO. 1	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	10.1	10.1	19.9	20.0	30.1	29.9
2	10.1	9.9	20.0	20.1	30.0	30.1
3	9.9	9.9	19.8	19.9	29.9	30.1
4	10.0	10.1	19.9	20.0	29.9	30.0
5	10.0	10.0	20.0	19.9	30.1	29.9
6	9.9	9.9	20.2	19.9	30.2	29.9
7	10.2	10.1	19.9	20.0	29.8	30.0
均值	10.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0
准确度	0.0 ℃		0.0 ℃		0.0 ℃	

表 8-2 准确度示值统计表

NO. 2	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	9.9	10.1	19.9	19.9	29.9	30.2
2	10.3	10.2	19.8	20.1	30.0	30.1
3	9.9	10.0	20.1	20.0	30.1	30.2
4	9.9	10.1	19.8	19.9	30.0	30.2
5	10.0	10.1	20.0	20.1	29.8	30.2
6	9.9	10.0	20.1	20.0	30.2	30.3
7	10.1	10.2	19.9	20.0	29.9	30.1
均值	10.0	10.1	19.9	20.0	30.0	30.2
准确度	0.1 ℃		0.1 ℃		0.2 ℃	

表 8-3 准确度示值统计表

NO. 3	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	9.9	9.8	20.0	20.0	29.8	29.9
2	10.1	9.8	20.1	19.9	29.9	30.1
3	10.0	9.8	19.9	19.8	30.2	29.9
4	9.9	9.9	19.9	20.0	30.2	30.1
5	9.9	9.8	20.1	20.0	30.2	29.9
6	10.1	9.8	20.1	19.8	30.0	30.1
7	10.1	9.8	19.9	20.0	30.1	29.9
均值	10.0	9.8	20.00	20.0	30.1	30.0
准确度	-0.2 ℃		0.0 ℃		-0.1 ℃	

表 8-4 准确度示值统计表

NO. 4	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	10.0	9.8	20.1	20.0	30.0	29.9
2	9.9	10.0	20.2	20.0	30.0	30.1
3	9.9	9.9	19.9	19.9	29.9	30.1
4	9.9	10.0	19.8	20.0	30.0	29.9
5	10.1	10.0	19.9	20.0	30.1	30.1
6	9.9	10.0	20.1	20.1	30.1	29.9
7	9.8	9.9	19.8	20.0	30.1	29.9
均值	9.9	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0
准确度	0.1 ℃		0.0 ℃		-0.1 ℃	

表 8-5 准确度示值统计表

NO. 5	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	10.0	10.0	19.8	20.0	30.0	30.0
2	10.1	9.9	19.9	19.9	29.9	29.9
3	9.9	10.0	20.0	20.1	30.1	30.1
4	10.2	10.1	20.1	19.9	30.0	30.0
5	9.8	10.1	20.1	19.9	29.9	30.1
6	10.2	9.9	20.0	20.1	30.1	29.9
7	10.2	10.1	20.0	20.1	30.2	29.9
均值	10.1	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0
准确度	0.0 ℃		0.0 ℃		0.0 ℃	

表 8-6 准确度示值统计表

NO. 6	10℃		20℃		30℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	10.1	9.9	19.8	20.1	29.8	29.9
2	10.1	10.0	19.9	19.9	30.2	30.0
3	9.9	10.1	20.0	20.1	30.1	29.9
4	10.0	10.1	19.9	19.9	29.8	30.0
5	9.9	9.9	20.0	20.1	30.2	30.1
6	9.8	10.0	20.2	20.1	30.0	29.9
7	9.9	10.1	20.0	19.9	30.1	30.1
均值	10.0	10.0	20.0	20.0	30.0	30.0
准确度	0.0 ℃		0.0 ℃		0.0 ℃	

表 8-7 准确度示值统计表

NO. 7	10 ℃		20 ℃		30 ℃	
	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.02)	仪器示值 ℃	水银温度计示值℃ (校准修正值 0.04)	仪器示值 ℃
1	10.2	10.1	20.1	20.1	29.9	30.0
2	10.0	10.0	19.9	19.9	30.0	29.8
3	10.0	10.1	20.1	20.0	29.8	29.8
4	9.8	9.9	19.8	20.0	30.0	30.0
5	10.1	10.1	20.1	19.9	30.0	29.8
6	10.1	10.1	20.0	20.0	29.9	30.0
7	10.2	10.1	19.9	20.1	29.8	30.0
均值	10.1	10.1	20.0	20.0	29.9	29.9
准确度	0.0 ℃		0.0 ℃		0.0 ℃	

结论：温度示值准确度，当 10℃时-0.2℃-0.1℃之间、20℃时 0℃-0.1℃之间、30℃时-0.1℃-0.2℃之间，不同温度准确度示值均在±0.2℃。

2、精密度

(1) 重复性

按准确度方法在 10℃、20℃、30℃时重复独立测定 3 次，计算得到的每次独立实验的标准偏差在 0.06℃-0.10℃之间。任意临近两次测量值的绝对差均≤0.2℃

重复性实验数据结果见表 5。

表 9 重复性结果统计表

NO. 1	10℃	NO. 2	10℃	NO. 3	10℃
	仪器示值℃		仪器示值℃		仪器示值℃
1	9.9	1	9.9	1	9.9
2	10.0	2	10.0	2	9.9
3	10.1	3	9.9	3	10.0
4	10.1	4	10.0	4	9.9
5	9.9	5	10.0	5	10.0
6	10.0	6	10.0	6	9.9
均值	10.0	均值	10.0	均值	9.9
标准偏差	0.08	标准偏差	0.05	标准偏差	0.05
NO. 1	20℃	NO. 2	20℃	NO. 3	20℃
	仪器示值℃		仪器示值℃		仪器示值℃
1	20.0	1	19.9	1	20.0
2	19.9	2	20.1	2	20.0
3	20.1	3	20.0	3	19.9
4	19.9	4	19.9	4	20.0
5	19.9	5	20.1	5	20.0
6	20.1	6	20.0	6	20.1
均值	20.0	均值	20.0	均值	20.0
标准偏差	0.09	标准偏差	0.08	标准偏差	0.06

续表 9 重复性结果统计表

NO. 1	30 ℃	NO. 2	30 ℃	NO. 3	30 ℃
	仪器示值℃		仪器示值℃		仪器示值℃
1	29.9	1	30	1	30.1
2	30.0	2	29.9	2	30.1
3	30.1	3	30.1	3	30.0
4	30.0	4	30.0	4	30.0
5	30.1	5	30.0	5	30.0
6	29.9	6	29.9	6	30.1
均值	30.0	均值	30.0	均值	30.1
标准偏差	0.08	标准偏差	0.07	标准偏差	0.05

(2) 再现性

不同实验室同时对约 10 ℃、20 ℃、30 ℃水体进行两次独立测试，任意两次测量值的绝对差均 ≤ 0.2 ℃。测量数据见表 10-1 至表 10-3：

表 10 -1 再现性结果统计表

序号	约 10 ℃水体第 1 次测量值（℃）		约 10 ℃水体第 2 次测量值（℃）	
1#实验室	结果 1	12.7	结果 1	12.6
	结果 2	12.7	结果 2	12.7
	均值	12.7	均值	12.7
2#实验室	结果 1	12.6	结果 1	12.5
	结果 2	12.5	结果 2	12.5
	均值	12.6	均值	12.5

表 10 -2 再现性结果统计表

序号	约 20 ℃水体第 1 次测量值 (℃)		约 20 ℃水体第 2 次测量值 (℃)	
1#实验室	结果 1	19.5	结果 1	19.4
	结果 2	19.5	结果 2	19.5
	均值	19.5	均值	19.5
2#实验室	结果 1	19.6	结果 1	19.5
	结果 2	19.5	结果 2	19.5
	均值	19.6	均值	19.5

表 10 -3 再现性结果统计表

序号	约 30 ℃水体第 1 次测量值 (℃)		约 30 ℃水体第 2 次测量值 (℃)	
1#实验室	结果 1	29.5	结果 1	29.4
	结果 2	29.4	结果 2	29.5
	均值	29.5	均值	29.5
2#实验室	结果 1	29.6	结果 1	29.5
	结果 2	29.5	结果 2	29.5
	均值	29.6	均值	29.5

六、重大分歧意见的处理经过、依据和结果

本标准在征求意见过程中无有重大分歧意见。

七、采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况

目前国家标准方法为《水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法》(GB 13195-91)，其主要应用表层水温计、深水温度计、颠倒温度计等进行水质水温的测定，其读数过程存在误差，且操作繁琐。更重要的是现行的国家标准方法使用的是水银温度计，自 2017 年 8 月 16 日《关于汞的水俣公约》生效后，我国在汞污染防治方面也取得了积极进展，本研究的通过热敏电阻传感器替代现行方法中的水银温度计，减少汞的使用，降低汞的环境污染。

地质矿产行业标准《地下水质检验方法 温度的测定》(DZ/T0064.3-93)中包括热敏电阻测温仪法，但其只对测温仪的精度与分辨率进行规定，对水温测量仪器示值准确度、示值重复性、示值响应时间及测试步骤与过程未进行详细介绍，且该行业标准适用范围仅为地下水。

八、贯彻标准的措施建议

（一）技术措施

使用本标准时一定严格按照仪器使用说明书。使用本方法对适用范围以外的测量，需另进行方法验证。

（二）管理措施

加强本标准发布后的宣贯和培训，使各使用机构了解方法要求，提升水质环境检测能力和水平。

（三）实施方案

本标准由吉林省市场监督管理厅批准发布，由吉林省生态环境厅负责监督实施。

九、预期效益分析

（一）经济效益

本标准的实施经济效益主要是在分析过程中简化了操作，提高了分析效率，大大降低了人工成本。同时，本标准实施无需要大量购买专用仪器，可利用实验室现有的各种带此功能的仪器，降低了应用的成本。

（二）社会效益

本标准实施具有较大的社会效益，主要表现在提高环境管理服务质量和标准实施后以热敏电阻传感器，替代了传统的水银（汞）温度计，杜绝了水银（汞）温度计继续生产、使用，符合《汞的水俣公约》对我国的约定。

（三）生态效益

本标准实施生态效益主要表现在杜绝了水银（汞）温度计使用，降低了汞对环境的污染，减少汞对生态环境系统的破坏。

十、参考文献：

- [1] GB/T 13195-1991，水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法[S].
- [2] HJ/T 91-2002，地表水和污水监测技术规范[S].
- [3] HJ/T 164-2004，地下水环境监测技术规范[S].
- [4] DZ/T 0064.3-93，地下水水质检验方法温度的测定[S].
- [5] JJF 1379-2012，热敏电阻测温仪校准规范[S].
- [6] JJG 289-2005，表层水温表[S].
- [7] JJG 715-1991，水质综合分析仪检定规程[S].
- [8] 《标准的编写》[M]，中国标准出版社，2009.

[9] 靳海云,王蜀婧.热敏电阻温度传感器及其线性化的设计[J].四川有色金属,2012(03):43-45.

[10] 汪亮,刘洋,彭庶修.热敏温度传感器基本特性与应用[J].教育教学论坛,2017(02):194-195.

[11] 即将消失的水银温度计[J].商界(评论),2015(04):74-75.

《水质 水温的测定 热敏电阻传感器法》标准起草小组

2020年3月4日