

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 926-2017

汞水质自动在线监测仪技术要求及 检测方法

**Specifications and test procedures for automatic on-line
monitoring of mercury in water**

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版社出版的正式标准文本为准。

2017-12-28 发布

2018-04-01 实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

前言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 技术要求.....	3
5 性能指标和检测方法.....	5
6 操作说明书.....	10

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，保护环境，保障人体健康，规范汞水质自动在线监测仪的技术性能，制定本标准。

本标准规定了汞水质自动在线监测仪的技术要求、性能指标及检测方法。

本标准为首次发布。

本标准由环境保护部环境监测司和科技标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境监测总站。

本标准环境保护部2017年12月28日批准。

本标准自2018年4月1日起实施。

本标准由环境保护部解释。

汞水质自动在线监测仪技术要求及检测方法

1 适用范围

本标准规定了汞水质自动在线监测仪的技术要求、性能指标及检测方法。

本标准适用于汞水质自动在线监测仪的生产设计、应用选型和性能检测。

针对应用于不同场合的汞水质自动在线监测仪（以下简称“仪器”），本标准规定了两型仪器的量程范围。

I型仪器的量程范围为：0~0.002 mg/L，主要应用于地表水、地下水和饮用水等的监测。

II型仪器的量程范围为：0~0.1 mg/L，主要应用于生活污水和工业废水等的监测。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 12519 分析仪器通用技术条件

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ 597 水质 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

HJ/T 341 水质 汞的测定 冷原子荧光法（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

示值误差 mean error

仪器的测定值与真值的相对误差。

3.2

定量下限 limit of quantification

在满足示值误差要求的前提下仪器能够测定待测物质的最小浓度。

3.3

精密度 precision

在规定测试条件下，仪器多次测试结果间的一致程度。

3.4

零点漂移 zero drift

在未对仪器进行计划外的人工维护和校准的前提下，按规定周期连续测量浓度值为检测范围下限值的标准溶液，仪器的各次测定值与初始值之间的最大变化幅度相对于检测范围上

限值的相对偏差。

3.5

量程漂移 rangedrift

在未对仪器进行计划外的人工维护和校准的前提下，按规定周期连续测量浓度值为检测范围上限值80%的标准溶液，仪器的各次测定值与初始值之间的最大变化幅度相对于检测范围上限值的相对偏差。

3.6

环境温度稳定性 interference of environmental temperature

仪器在不同的环境温度下测量标准溶液，测定值与参考值的示值误差。

3.7

离子干扰 interference of ions

仪器对加入干扰离子的标准溶液进行测量，测定值与真值的示值误差。

3.8

记忆效应 memory effect

仪器完成某一标准溶液或水样测量后对下一个测量结果的影响程度。

3.9

加标回收率 recovery

仪器分别测量加入一定浓度的标准溶液前后的实际水样，计算加入标准溶液后测定值的增加量相对于理论加入量的百分率。

3.10

数据有效率 availability of data

在最小维护周期内示值误差满足要求的测试数据占有所有测试数据的百分率。

3.11

一致性 conformity

在相同测试条件下多台仪器测定值的平行程度。

3.12

最小维护周期 minimum period between maintenance operations

在检测过程中不对仪器进行任何形式的人工维护（包括更换试剂、校准仪器、维修仪器等），直到仪器不能保持正常测定状态或测定结果不满足相关要求的总运行时间（h）。

3.13

标样核查 check with standard solution

仪器测量标准溶液，判定测量结果的准确性。

3.14

运行日志 running record

在运行过程中仪器自动记录测试条件、故障、维护等状态信息及日常校准，参数变更等维护记录。

4 技术要求

4.1 仪器组成

仪器的基本组成如图1所示，主要包含以下单元：

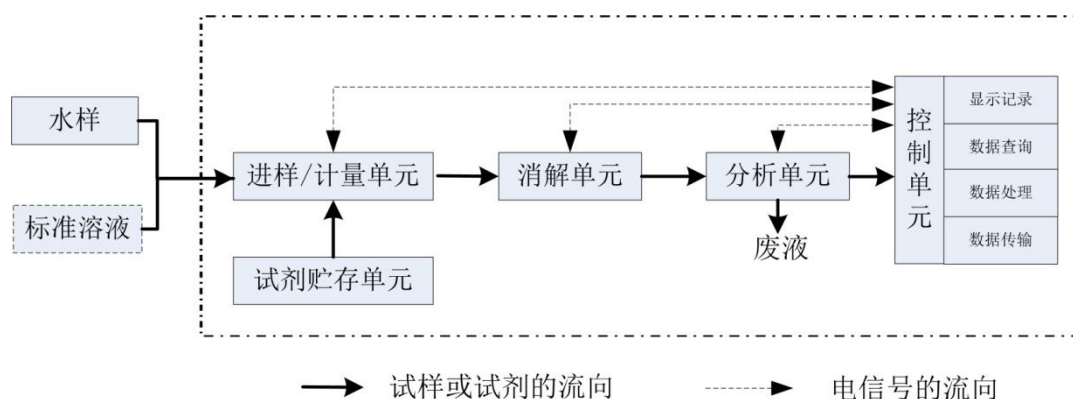


图1 仪器的基本组成单元

进样/计量单元：包括水样、标准溶液、试剂等导入部分（含水样通道和标准溶液通道）和计量部分。

消解单元：将水样中汞单质及其化合物转化为汞离子的部分。

分析单元：由反应模块和检测模块组成，完成对待测物质的自动在线分析的部分。

控制单元：包括系统控制的硬件和软件，控制仪器采样、测试等过程中各部件动作，将测定值转换成电信号输出，完成数据处理、传输的部分。

4.2 基本要求

4.2.1 仪器的标识应符合 GB/T 12519 规定的要求，应在适当的明显位置固定铭牌，其上应有如下标识：

- 制造厂名称、地址；
- 仪器名称、型号规格；
- 出厂编号；
- 制造日期；
- 检测范围、定量下限；
- 工作条件。

4.2.2 显示器应无污点、损伤。所有显示界面应为中文，且字符均匀、清晰，屏幕无暗角、黑斑、彩虹、气泡、闪烁等现象，能根据显示屏提示进行全程序操作。

4.2.3 机箱外壳应由耐腐蚀材料制成，表面无裂纹、变形、污浊、毛刺等现象，表面涂层均匀，无腐蚀、生锈、脱落及磨损现象。

4.2.4 产品组装应坚固、零部件无松动，按键、开关、门锁等部件灵活可靠。

4.2.5 主要部件均应具有相应的标识或文字说明。

4.2.6 应在仪器醒目位置标识分析流程图。

4.2.7 仪器外壳应满足 GB 4208 规定的 IP 52 防护等级的要求。

4.3 性能要求

4.3.1 进样/计量单元

4.3.1.1 应由防腐蚀和吸附性较低的材料构成，不会因试剂或待测物质的腐蚀或吸附而影响测定结果。

4.3.1.2 应保证水样、标准溶液、试剂等进样量的准确性。

4.3.2 试剂贮存单元

应能够贮存仪器所需的所有试剂，方便更换，存储温度 4~10 °C，避光。

4.3.3 消解单元

4.3.3.1 应采用高温、高压、紫外等消解方式，能够将水样中汞单质及其化合物全部转化为汞离子。

4.3.3.2 应采用防腐蚀耐高温材料，且易于清洗。

4.3.3.3 应具有自动加热装置和温度传感器，可以设置消解时间和温度。

4.3.3.4 应具有冷却装置和安全防护装置，可保持恒温或恒压。

4.3.4 分析单元

4.3.4.1 反应模块应由防腐蚀的材料构成，且易于清洗。

4.3.4.2 检测模块的输出信号应稳定。

4.3.5 控制单元

4.3.5.1 应具有异常信息（超量程、缺试剂、部件故障、超标等）反馈功能，宜采用声光电等方式报警。

4.3.5.2 应具有对进样/计量、消解和分析等单元的自动清洗功能。

4.3.5.3 在意外断电再度通电后应能自动排出断电前正在测定的待测物质和试剂，自动清洗各通道并复位到重新开始测定的状态。若在断电前处于加热消解状态，再度通电后能自动冷却，并复位到重新开始测定的状态。

4.3.5.4 数据处理系统应具有数据和运行日志采集、存储、处理、显示和输出等功能，应能存储至少 12 个月的原始数据和运行日志，并具备二级操作管理权限，一般操作人员只可查询相应日志和仪器设置参数。

4.3.5.5 仪器数据单位为 mg/L 或 μg/L，并具有 mg/L 和 μg/L 单位相互转换功能。

4.3.5.6 应具备自动标样核查和自动校准功能，当自动标样核查不合格时，自动进行校准，并将结果记入运行日志。

4.3.5.7 应具备日常校准、参数变更的自动记录、保存和查询功能。

4.3.5.8 应具备对不同测试数据添加维护标识功能，如维护：M；故障：D；校验：C；标样核查：SC。

4.3.5.9 数据传输应提供通讯协议，且满足 HJ 212 的要求。

4.3.5.10 应具有数字量通讯接口，通过数字量通讯接口输出相关数据及运行日志，并可接收远程控制指令。

4.4 安全要求

4.4.1 电源引入线与机壳之间的绝缘电阻应 ≥20 MΩ。

- 4.4.2 应设有漏电保护装置和过载保护装置，防止人身触电和仪器意外烧毁。
- 4.4.3 应具有良好的接地端口。
- 4.4.4 高温、高压、腐蚀、有毒和有害等危险部位应具有警示标识。

5 性能指标和检测方法

5.1 性能指标

I型仪器的检测范围为：0.00005~0.002 mg/L；II型仪器的检测范围为：0.002~0.1 mg/L。
I型和II型仪器的性能指标应符合表1的要求。

表 1 汞水质自动在线监测仪的性能指标

性能指标	I 型	II型
示值误差	±10 %	±5 %
定量下限	≤0.00005 mg/L	≤0.002 mg/L
精密度	≤5 %	≤5 %
零点漂移	≤2 %	≤2 %
量程漂移	≤10 %	≤10 %
电压稳定性	±5 %	±5 %
环境温度稳定性	±10 %	±10 %
离子干扰	±30 %	±30 %
记忆效应	±10 %	±10 %
加标回收率	80 %~120 %	75 %~125 %
实际水样比对检测	实际水样浓度≤0.0005 mg/L 时， 绝对误差不大于±0.0001 mg/L； 实际水样浓度>0.0005 mg/L 时，相 对误差≤15 %；	≤15 %
数据有效率	≥90 %	≥90 %
一致性	≤10 %	≤10 %
最小维护周期	≥168 h	≥168 h

5.2 检测条件

- 5.2.1 环境温度：5~40 °C
- 5.2.2 相对湿度：(65±20) %。
- 5.2.3 电源电压：交流电压，(220±22) V。
- 5.2.4 电源频率：(50±0.5) Hz。
- 5.2.5 水样温度：0~50 °C。
- 5.2.6 水样酸碱度：pH 6~9。
- 5.2.7 水样悬浮物：50 mg/L 以内。

5.3 试剂

5.3.1 实验用水：不含汞的蒸馏水。

5.3.2 硝酸(HNO₃)：ρ=1.42 g/mL，优级纯。

汞标准固定液：重铬酸钾溶液ρ(K₂CrO₇)=0.5 g/L。称取 0.5 g 重铬酸钾(K₂CrO₇，优级纯)溶于 950 ml 水 (5.3.1) 中，再加入 50 ml 硝酸 (5.3.2)。

5.3.3 汞标准贮备液：ρ (Hg) =1000.0 mg/L。

称取置于硅胶干燥器中充分干燥的 0.1354 g 氯化汞 (HgCl₂，优级纯)，用汞标准固定液 (5.3.3) 溶解后转移至 1000 ml 容量瓶中，再用汞标准固定液稀释至标线，混匀。

5.3.4 校正液：按照仪器说明书要求配制。

5.3.5 其余试剂：按照仪器说明书要求配制。

5.4 实验准备与校正

5.4.1 连接电源，按照仪器说明书规定，预热至仪器正常运行。

5.4.2 按照仪器说明书规定，用校正液对仪器进行校验。

5.5 检测方法

5.5.1 示值误差

仪器分别对浓度值为检测范围上限值20%、50%的标准溶液连续测量6次，计算每个标准溶液6次测定值的平均值与已知标准溶液浓度的相对误差，取两个标准溶液相对误差值的较大值作为示值误差的判定值。

标准溶液相对误差的计算方法见公式 (1)：

$$Re = \frac{\bar{x} - C}{C} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

式中：Re——标准溶液的相对误差，%；
 \bar{x} ——标准溶液测定值的平均值，mg/L；
C——标准溶液的浓度值，mg/L。

5.5.2 定量下限

仪器在相同的条件下连续测量浓度值为检测范围下限值的标准溶液7次，计算7次测定值的标准偏差S，所得标准偏差的10倍为仪器的定量下限。计算方法见公式 (2) 和 (3)：

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$LOQ = 10 \times S \dots\dots\dots(3)$$

式中：S——7次测定值的标准偏差，mg/L；
n——测量次数；
 x_i ——第i次测定值，mg/L；
 \bar{x} ——标准溶液测量值的平均值，mg/L；

LOQ——定量下限, mg/L。

5.5.3 精密度

仪器测量浓度值为检测范围上限值50%的标准溶液,连续测量6次,计算6次测定值的相对标准偏差,以该相对标准偏差作为精密度的判定值。计算方式见公式(4):

$$S_r = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: S_r ——仪器的精密度, %;

n ——测量次数;

x_i ——第*i*次测定值, mg/L;

\bar{x} ——标准溶液测量值的平均值, mg/L。

5.5.4 零点漂移

采用浓度值为检测范围下限值的标准溶液,以1 h为周期,连续测量24 h,取前3次测定值的平均值为初始测定值,计算各次测定值与初始测定值的最大变化幅度相对于检测范围上限值的相对偏差。计算方式见公式(5)和(6):

数据个数: x_1 、 x_2 、 x_3 x_{24} 共24个。

$$\Delta Z_i = |x_i - \bar{C}| \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$ZD = \frac{\Delta Z_{max}}{A} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: ΔZ_i ——第*i*次测定值相对于标准溶液浓度值的绝对误差, mg/L;

x_i ——第*i*次测定值, mg/L;

\bar{C} ——标准溶液初始测定值, mg/L;

ZD ——仪器的零点漂移, %;

ΔZ_{max} ——第*i*次测定值相对于标准溶液浓度值的绝对误差中的最大值, mg/L;

A ——检测范围上限值, mg/L。

5.5.5 量程漂移

采用浓度值为检测范围上限值80%的标准溶液,以1 h为周期,连续测量24 h,取前3次测定值的平均值为初始测定值,计算各次测定值与初始测定值的最大变化幅度相对于检测范围上限值的相对偏差。计算方式见公式(7)和(8):

数据个数: x_1 、 x_2 、 x_3 x_{24} 共24个。

$$\Delta Z_i = |x_i - \bar{C}| \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$RD = \frac{\Delta Z_{max}}{A} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: ΔZ_i ——第*i*次测定值相对于标准溶液浓度值的绝对误差, mg/L;

x_i ——第*i*次测定值, mg/L;

\bar{C} ——标准溶液初始测定值, mg/L;

RD ——仪器的量程漂移, %;

ΔZ_{\max} ——第*i*次测定值相对于标准溶液浓度值的绝对误差中的最大值, mg/L;

A ——检测范围上限值, mg/L。

5.5.6 电压稳定性

采用浓度值为检测范围上限值20%的标准溶液,仪器在初始电压220 V条件下连续测量3次,3次测定值的平均值为初始值;调节电压至242 V,测定同一标准溶液3次;调节电压至198 V,测定同一标准溶液3次,按照公式(9)计算电压变化引起的相对误差,取两个电压下相对误差的较大值作为仪器电压稳定性的判定值。

$$V = \frac{\bar{X} - \bar{W}}{\bar{W}} \times 100\% \text{ 和 } V = \frac{\bar{Y} - \bar{W}}{\bar{W}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中: V ——电压变化引起的相对误差, %;

\bar{X} ——工作电压242 V条件下的3次测定的平均值, mg/L;

\bar{W} ——初始电压220 V条件下的3次测定的平均值, mg/L;

\bar{Y} ——工作电压198 V条件下的3次测定的平均值, mg/L。

5.5.7 环境温度稳定性

将仪器置于恒温室内,测量浓度值为检测范围上限值20%和80%的标准溶液,依次得到20℃、5℃、20℃、40℃、20℃五个恒温条件下放置3 h后的测量结果。以3个20℃条件下测定值的平均值为参考值,按照公式(10)计算5℃、40℃两种条件下第一次测定值与参考值的相对误差,取相对误差的最大值作为仪器环境温度稳定性的判定值。

$$W_i = \frac{X_1 - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100\% \text{ 和 } W_i = \frac{X_2 - \bar{X}}{\bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中: W_i ——环境温度稳定性, %;

X_1 ——5℃条件下第一次测定值, mg/L;

\bar{X} ——3个20℃条件下测定值的平均值, mg/L;

X_2 ——40℃条件下第一次测定值, mg/L。

5.5.8 离子干扰

将表2规定的干扰离子分别加入到标准溶液中,加入后的混合溶液中单一干扰离子的浓度应符合表2的要求,汞离子浓度为检测范围上限值的50%。仪器分别连续测量3次该混合溶液的汞离子浓度,计算3次测量结果的示值误差,取示值误差的最大值作为仪器离子干扰的判定值。

表2 干扰离子及其浓度

干扰离子	I 型干扰离子浓度 (mg/L)	II 型干扰离子浓度 (mg/L)
镍	0.002	0.1
砷	0.1	5.0
铜	0.04	2.0

5.5.9 记忆效应

仪器连续测定3次浓度值为检测范围上限值20%的标准溶液后(测试结果不作考核),再依次测量浓度值为检测范围上限值80%和20%的标准溶液各3次,分别计算后两个标准溶液第一次测定值相对于标准溶液真值的相对误差,取相对误差的较大值作为仪器记忆效应的判定值。

5.5.10 加标回收率

取实际水样比对检测中的低浓度水样进行加标回收率试验。仪器连续测量水样3次并计算测定值的平均值,于1000.0 ml同一水样中加入1.0 ml的汞标准溶液,仪器连续测量加入标准溶液后的水样3次并计算测定值的平均值。按照公式(11)计算实际水样的加标回收率R。

$$R = \frac{1000 \times (\bar{A}_2 - \bar{A}_1)}{1.0 \times C} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

式中: R——加标回收率, %;

\bar{A}_2 ——加入标准溶液后的水样3次测定值的平均值, mg/L;

\bar{A}_1 ——水样3次测定值的平均值, mg/L;

C——标准溶液的浓度值, mg/L。

注: 加标回收率试验中加标浓度一般为水样测定值的0.5~3倍, 加入标准溶液后的浓度不超过仪器的检测范围上限。

5.5.11 实际水样比对检测

选择三种实际水样, 其浓度从低到高基本覆盖仪器的检测范围, 分别用仪器和HJ 597或HJ/T 341方法进行测量, 每种水样用仪器测量次数应不少于15次, 用实验室国标方法测量次数应不少于3次, 在不同浓度区间, 分别计算每种实际水样测定值与实验室国标方法测定值的平均值之间误差绝对值的平均值或相对误差绝对值的平均值, 作为仪器实际水样比对检测误差的判定值, 计算方法见公式(12):

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{B}|}{n} \text{ 或 } \bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{B}|}{n\bar{B}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中: \bar{A} ——实际水样测定误差绝对值的平均值, 或相对误差绝对值的平均值, mg/L或%;

x_i ——第*i*次测定值, mg/L;

\bar{B} ——水样以实验室国标方法测定所得测定值的平均值, mg/L;

n——每种水样用仪器测量的次数。

5.5.12 最小维护周期及数据有效率

仪器以1 h为周期对水样进行连续测量，从测量开始计时，测量过程中不对仪器进行任何形式的人工维护（包括更换试剂、校准仪器、维修仪器等），直到仪器不能保持正常测量状态或连续3次测量的相对误差超过±10%，记录总运行时间（h）为仪器的最小维护周期。此期间各台仪器的数据有效率应达到90%以上，数据有效率为有效数据与所有数据的比率，见公式（13）：

$$D = \frac{D_e}{D_t} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中： D ——数据有效率，%；
 D_e ——有效数据个数；
 D_t ——所有数据个数。

5.5.13 一致性

仪器以1 h为周期对水样进行连续测量，至少获得168组数据，抽取三台仪器获得的数据 C_{ij} （其中 i 是仪器编号， j 是时段编号），按照公式（14）计算第 j 时段三台仪器测试数据的相对标准偏差 CM_j ，再按照公式（15）计算数据的一致性 CM 。

$$CM_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^t \left(C_{i,j} - \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t C_{i,j} \right)^2}}{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t C_{i,j}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$CM = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (CM_j)^2}{m}} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中： CM_j ——第 j 时段三台仪器测试数据的相对标准偏差，%；
 t ——仪器的台数；
 $C_{i,j}$ ——第 i 台仪器 j 时段数据 C_{ij} ，其中 $i=1, 2, 3, j=1, 2, 3, \dots, \text{mg/L}$ ；
 CM ——一致性，%；
 m ——仪器的数据组数。

注：当 $CM_j > 10\%$ 时则视为 $CM > 10\%$ 。

6 操作说明书

仪器的操作说明书应至少包括以下内容：仪器原理、仪器构造图、测试流程图、现场安装条件及方法、仪器操作方法、部件标识及注意事项、有毒有害物品（部件）警告标识、仪器校准用等试剂配制方法及使用方法、常见故障处理、废液处置方法、日常维护说明等。