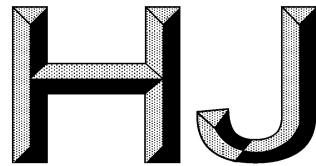


ICS 13.060.50

CCS Z 10



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1445—2026

水质 高锰酸盐指数的测定 草酸钠还原酸性滴定法

Water quality—Determination of permanganate index
—Sodium oxalate reduction acidic titration

本电子版为正式标准文件，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2026-01-20发布

2026-05-01实施

生态 环 境 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 方法原理	1
5 干扰和消除	1
6 试剂和材料	2
7 仪器和设备	2
8 样品	3
9 分析步骤	3
10 结果计算与表示	4
11 准确度	4
12 质量保证和质量控制	5
13 注意事项	5
附录A（资料性附录） 不同海拔高度所对应的沸点温度和加热时间	6
附录B（资料性附录） 氯离子浓度的粗判方法	7
附录C（资料性附录） 方法准确度	8

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范水中高锰酸盐指数的测定方法，制定本标准。

本标准规定了测定地表水和地下水中高锰酸盐指数的草酸钠还原酸性滴定法。

本标准与《水质 高锰酸盐指数的测定》(GB 11892—89)酸性高锰酸钾氧化法部分相比，主要差异如下：

——完善了方法的适用范围、试剂配制和保存、操作步骤和实验条件控制要求；

——增加了方法的检出限、实验室半自动/全自动高锰酸盐指数分析仪的要求、样品的采集、氯离子粗判、质量保证和质量控制、注意事项以及海拔高度影响的处理方法等内容；

——修订了计算公式。

自本标准实施之日起，原国家环境保护局1989年12月25日发布的《水质 高锰酸盐指数的测定》(GB 11892-89)酸性高锰酸钾氧化法部分在相应的生态环境标准实施中停止执行。

本标准的附录A、附录B和附录C均为资料性附录。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：天津市生态环境监测中心、中国环境科学研究院、中国环境监测总站。

本标准验证单位：江苏省环境监测中心、河北省秦皇岛生态环境监测中心、青海省生态环境监测中心、山东省青岛生态环境监测中心、辽宁省大连生态环境监测中心、西藏自治区生态环境监测中心、无锡市生态环境监测监控中心惠山分中心、广西壮族自治区玉林生态环境监测中心和江西省南昌生态环境监测中心。

本标准生态环境部2026年1月20日批准。

本标准自2026年5月1日起实施。

本标准由生态环境部解释。

水质 高锰酸盐指数的测定 草酸钠还原酸性滴定法

警告：实验中所使用的硫酸有较强的腐蚀性，试剂配制应在通风橱内进行，操作时应按规定要求佩戴防护器具，避免吸入呼吸道或接触皮肤和衣物。

1 适用范围

本标准规定了测定水中高锰酸盐指数的草酸钠还原酸性滴定法。

本标准适用于地表水和地下水中氯离子浓度小于等于 300 mg/L 的高锰酸盐指数(以 O₂ 计)的测定。

本方法的检出限为 0.4 mg/L，测定下限为 1.6 mg/L，测定上限为 4.5 mg/L。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 11896 水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范

JJF 2173 高锰酸盐指数分析仪校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高锰酸盐指数 permanganate index (*I*_{Mn})

在本标准规定的条件下，样品中能被高锰酸钾氧化或部分氧化的有机物及无机还原性物质，由消耗的高锰酸钾量计算相当的氧的质量浓度。在地下水常规指标中称为耗氧量 (COD_{Mn} 法，以 O₂ 计)。

注：高锰酸盐指数不能作为理论需氧量或总有机物含量的指标，因为在规定的条件下，许多有机物只能部分被氧化，易挥发的有机物也不包含在测定值之内。

4 方法原理

样品中加入已知量的高锰酸钾和硫酸，在沸点温度下加热一定时间，高锰酸钾氧化或部分氧化样品中的有机物和无机还原性物质。反应后加入过量的草酸钠还原剩余的高锰酸钾，再用高锰酸钾标准溶液回滴过量的草酸钠，通过计算得到样品的高锰酸盐指数。

5 干扰和消除

当样品中氯离子 (Cl⁻) 浓度大于 300 mg/L 时对测定结果有正干扰，可采用稀释消除干扰，稀释后

样品的滴定体积应满足 9.2 注 2 的要求；如不能满足要求，可采用草酸钠还原碱性滴定法或碘化钾还原碱性滴定法测定。

6 试剂和材料

- 除非另有说明，分析时均使用符合国家标准的分析纯试剂，实验用水为纯水。
- 6.1 硫酸 (H_2SO_4)： $w \in [95.0\%, 98.0\%]$ 。
- 6.2 草酸钠 ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)：基准试剂。
使用前应于 120°C 烘干 2 h ，置于干燥器内冷却至室温，备用。
- 6.3 高锰酸钾 (KMnO_4)：优级纯。
- 6.4 硫酸溶液。
在不断搅拌下，将 100 mL 硫酸（6.1）缓慢加入到 300 mL 水中，冷却后贮存于试剂瓶中，常温密封可保存 6 个月 。
- 6.5 草酸钠标准贮备液： $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 50.00\text{ mmol/L}$ 。
称取 0.670 g 草酸钠（6.2），溶解于适量水，转移至 100 mL 容量瓶中，用水定容，摇匀。此溶液贮存于试剂瓶中， 4°C 以下密封可保存 2 个月 。亦可购买市售有证标准物质，按照证书要求正确使用和保存。
- 6.6 高锰酸钾标准贮备液： $c(\text{KMnO}_4) \approx 20\text{ mmol/L}$ 。
配制方法一：称取 3.2 g 高锰酸钾（6.3）于烧杯中，溶解于适量水并稀释至约 $1\ 000\text{ mL}$ ，在 $90^\circ\text{C} \sim 95^\circ\text{C}$ 水浴中加热 2 h 。加盖存放两天后，倾出上清液或用滤纸过滤，再用水稀释至 $1\ 000\text{ mL}$ ，贮存于棕色玻璃瓶中，常温密封可保存 2 个月 。
配制方法二：称取 3.2 g 高锰酸钾（6.3）于烧杯中，溶解于适量水并稀释至约 $1\ 200\text{ mL}$ ，加热煮沸，使体积减小到约 $1\ 000\text{ mL}$ ，在暗处放置过夜，用玻璃砂芯漏斗（7.6）过滤后，滤液贮存于棕色玻璃瓶中，常温密封可保存 2 个月 。
亦可购买市售商品化试剂，按照说明书要求正确使用和保存。
- 6.7 草酸钠标准溶液： $c(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 5.000\text{ mmol/L}$ 。
准确移取 10.00 mL 草酸钠标准贮备液（6.5）于 100 mL 容量瓶中，用水定容，摇匀，临用现配。
- 6.8 高锰酸钾标准溶液： $c(\text{KMnO}_4) \approx 2\text{ mmol/L}$ 。
准确量取 100 mL 高锰酸钾标准贮备液（6.6）于 $1\ 000\text{ mL}$ 容量瓶中，用水定容，摇匀。此溶液贮存于棕色玻璃瓶中，常温密封保存，使用当天标定其浓度。

7 仪器和设备

- 7.1 采样瓶：棕色硬质玻璃瓶，容积不小于 500 mL 。
- 7.2 电热恒温水浴锅：温度范围在室温 $\sim 100^\circ\text{C}$ 之间；沸点温度下，温度波动度和均匀度均不超过 $\pm 2.0^\circ\text{C}$ 。
- 7.3 棕色酸式滴定管： 25 mL ，A 级。也可使用其他等效滴定装置。
- 7.4 锥形瓶： 250 mL 。
- 7.5 实验室半自动/全自动高锰酸盐指数分析仪：主要由加液系统、消解系统、滴定系统、检测系统和数据处理系统 5 个部分组成。测定原理、测定过程和结果计算过程与本标准规定相同，加热方式采用水浴或电加热均可。温度范围在室温 $\sim 100^\circ\text{C}$ 之间；沸点温度下，温度波动度和均匀度均不超过 $\pm 2.0^\circ\text{C}$ ；其他计量特性满足 JJF 2173 等相关计量技术规范的要求。
- 7.6 玻璃砂芯漏斗。
- 7.7 一般实验室常用仪器和设备。

8 样品

按照HJ 91.2和HJ 164的相关规定采集样品。采集的样品贮存于采样瓶（7.1）中，6 h内完成分析。若样品不能立即分析，应加入硫酸（6.4）至pH值≤2，4℃以下冷藏保存，48 h内测定。

9 分析步骤

9.1 氯离子浓度判定

取混匀的样品，按照附录B的方法粗判氯离子浓度，也可采用GB 11896测定氯离子浓度，根据氯离子浓度确定测定方法。

9.2 样品的测定

准确量取充分混匀的样品100 mL置于250 mL锥形瓶（7.4）中，加入5 mL硫酸溶液（6.4），准确加入10.00 mL高锰酸钾标准溶液（6.8），摇匀。电热恒温水浴锅（7.2）加热至沸腾后，将锥形瓶（7.4）置于电热恒温水浴锅（7.2）中，并开始计时，保持30 min±2 min。

取出后立即准确加入10.00 mL草酸钠标准溶液（6.7），再趁热用高锰酸钾标准溶液（6.8）滴定至刚出现粉红色，并保持30 s不褪色。记录消耗的高锰酸钾标准溶液（6.8）体积 V_2 。

注1：沸水浴的水面要高于锥形瓶内的液面。

注2：取样体积以高锰酸钾标准溶液（6.8）滴定体积小于6 mL为宜。加热时，如溶液红色褪去，说明高锰酸钾量不够，须酌量减少取样体积，并用水稀释至100 mL后重新测定。稀释后样品的氯离子浓度应小于等于300 mg/L，且高锰酸钾标准溶液（6.8）滴定体积以3 mL~6 mL为宜。

注3：滴定过程样品温度应不低于60℃，或在实验室环境温度不低于15℃条件下5 min内完成滴定（从样品消煮完成后开始计时），否则需加热至80℃左右再滴定。

注4：不同海拔高度地区的加热温度和时间按照附录A中表A.1执行。

注5：亦可采用实验室半自动/全自动高锰酸盐指数分析仪（7.5）进行测定，应严格按照说明书操作。

9.3 空白试验

用实验用水代替样品，按照与样品的测定（9.2）相同步骤进行空白试验。

9.4 高锰酸钾标准溶液（6.8）的标定

空白试验（9.3）滴定后，立即准确加入10.00 mL草酸钠标准溶液（6.7），用高锰酸钾标准溶液（6.8）滴定至刚出现粉红色，并保持30 s不褪色。记录消耗的高锰酸钾标准溶液（6.8）体积 V_1 。高锰酸钾标准溶液（6.8）的浓度按照公式（1）计算。标定时应做平行双样，结果取平均值，保留四位有效数字。

注：标定时，空白溶液温度应不低于60℃，否则需加热至80℃左右再标定，高锰酸钾标准溶液（6.8）滴定体积 V_1 应保持在9.80 mL~10.40 mL之间，否则应重新配制高锰酸钾标准溶液（6.8）。

$$c_1 = \frac{10.00 \times 5.000}{V_1} \times \frac{2}{5} \quad (1)$$

式中： c_1 ——高锰酸钾标准溶液浓度，mmol/L；

10.00 ——草酸钠标准溶液的体积，mL；

5.000 ——草酸钠标准溶液的浓度，mmol/L；

V_1 ——标定中所消耗的高锰酸钾标准溶液的体积, mL;
 $2/5$ ——化学反应式中高锰酸钾和草酸钠的化学计量比。

10 结果计算与表示

10.1 结果计算

10.1.1 空白样品结果计算

空白样品中高锰酸盐指数 (I_{Mn_0}) 以每升样品消耗氧的质量表示, 按照公式(2)计算:

$$I_{Mn_0} = c_1 \times \frac{V_0}{V} \times 32 \times \frac{5}{4} \quad (2)$$

式中: I_{Mn_0} ——空白样品中高锰酸盐指数 (以 O_2 计), mg/L;

c_1 ——高锰酸钾标准溶液的浓度, mmol/L;

V_0 ——滴定空白样品时所消耗的高锰酸钾标准溶液的体积, mL;

V ——取样体积, mL;

32 ——氧 (O_2) 的摩尔质量, g/mol;

5/4 ——化学反应式中高锰酸钾和氧的化学计量比。

10.1.2 样品结果计算

样品中高锰酸盐指数 (I_{Mn}) 以每升样品消耗氧的质量表示, 按照公式(3)计算:

$$I_{Mn} = c_1 \times \frac{(V_2 - V_0)}{V} \times 32 \times \frac{5}{4} \quad (3)$$

式中: I_{Mn} ——样品中高锰酸盐指数 (以 O_2 计), mg/L;

c_1 ——高锰酸钾标准溶液的浓度, mmol/L;

V_2 ——滴定样品时所消耗的高锰酸钾标准溶液的体积, mL;

V_0 ——滴定 2 个空白样品时所消耗的高锰酸钾标准溶液的平均体积, mL;

V ——取样体积, mL;

32 ——氧 (O_2) 的摩尔质量, g/mol;

5/4 ——化学反应式中高锰酸钾和氧的化学计量比。

10.2 结果表示

最多保留三位有效数字, 测定结果小数点后的位数与检出限一致。

11 准确度

11.1 精密度

9 家实验室采用手工法或仪器自动法分别对高锰酸盐指数为 1.21 mg/L、1.98 mg/L 和 4.38 mg/L 的统一有证标准样品重复测定 6 次: 实验室内相对标准偏差范围分别为 0.84%~7.5%、1.1%~9.0%、0.47%~5.8%; 实验室间相对标准偏差范围为 2.7%~8.1%; 重复性限范围为 0.1 mg/L~0.4 mg/L; 再现

性限范围为 0.3 mg/L~0.5 mg/L。

9 家实验室采用手工法或仪器自动法分别对高锰酸盐指数为 2.2 mg/L、4.4 mg/L 和 10.0 mg/L 的地表水统一实际样品重复测定 6 次：实验室相对标准偏差范围分别为 2.0%~6.1%、0.89%~4.8%、0.52%~10%；实验室间相对标准偏差范围为 3.5%~18%；重复性限范围为 0.2 mg/L~1.5 mg/L；再现性限范围为 0.3 mg/L~5.1 mg/L。

9 家实验室采用手工法或仪器自动法分别对高锰酸盐指数为 1.8 mg/L、7.0 mg/L 和 9.2 mg/L 的地下水统一实际样品重复测定 6 次：实验室相对标准偏差范围分别为 0%~7.3%、0.83%~6.2%、1.2%~4.3%；实验室间相对标准偏差范围为 7.0%~14%；重复性限范围为 0.2 mg/L~0.8 mg/L；再现性限范围为 0.5 mg/L~2.4 mg/L。

方法精密度测定结果详见附录 C 中的表 C.1、C.2 和 C.3。

11.2 正确度

9 家实验室采用手工法或仪器自动法分别对高锰酸盐指数为 1.21 mg/L、1.98 mg/L 和 4.38 mg/L 的统一有证标准样品重复测定 6 次：测定结果的相对误差范围分别为 -18%~5.0%、-16%~7.6% 和 -5.5%~4.3%。

方法正确度测定结果详见附录 C 中的表 C.4。

12 质量保证和质量控制

12.1 每批样品应至少进行 2 次空白试验（9.3），测定结果均应低于方法检出限，且 2 个空白样品所消耗的高锰酸钾标准溶液体积的相对偏差应小于 50%。

12.2 高锰酸钾标准溶液（6.8）平行标定体积差应不大于 0.20 mL。

12.3 每 20 个或每批次样品（少于 20 个）应至少测定 1 个平行样，平行样测定结果的相对偏差应在±20% 以内。

12.4 每 20 个或每批次样品（少于 20 个）应至少测定 1 个有证标准样品，其测定结果应在其给出的不确定度范围内。

13 注意事项

13.1 空白试验（9.3）、高锰酸钾标准溶液（6.8）的标定（9.4）和样品滴定过程应由同一名实验人员完成并保持滴定终点颜色深浅一致。

13.2 电热恒温水浴锅（7.2）中应添加纯水，勿添加自来水，锥形瓶（7.4）之间要有空间间隔。

附录 A
(资料性附录)

不同海拔高度所对应的沸点温度和加热时间

不同海拔高度所对应的沸点温度和加热时间见表A.1。

表 A.1 不同海拔高度所对应的沸点温度和加热时间

海拔高度 h (m)	水的沸点温度 (°C)	加热时间 (min)
$h < 500$	100 ± 2	30 ± 2
$500 \leq h < 1\,500$	96 ± 2	35 ± 2
$1\,500 \leq h < 2\,000$	94 ± 2	39 ± 2
$2\,000 \leq h < 3\,000$	91 ± 2	41 ± 2
$3\,000 \leq h < 4\,000$	88 ± 2	45 ± 2
$4\,000 \leq h < 5\,000$	85 ± 2	50 ± 2

附录 B
(资料性附录)
氯离子浓度的粗判方法

氯离子浓度粗判的目的是用简便快速的方法估算出样品中氯离子浓度,再根据氯离子浓度选择适当的高锰酸盐指数测定方法。

B.1 试剂配制

B.1.1 硝酸银 (AgNO_3)。

B.1.2 铬酸钾 (K_2CrO_4): 优级纯。

B.1.3 硝酸银溶液: $c(\text{AgNO}_3)=0.141 \text{ mol/L}$

称取 2.395 g 硝酸银 (B.1.1), 溶解于适量水, 转移至 100 mL 容量瓶中, 用水定容, 摆匀。此溶液贮存于棕色滴瓶中, 室温可保存 2 个月。

B.1.4 铬酸钾溶液: $\rho(\text{K}_2\text{CrO}_4)=50 \text{ g/L}$

称取 5 g 铬酸钾 (B.1.2) 溶解于适量水中, 滴加硝酸银溶液 (B.1.3) 至有红色沉淀生成, 摆匀, 静置 12 h 后过滤, 再用水稀释至 100 mL。

B.2 方法步骤

取充分混匀的样品 2 mL 于锥形瓶中, 加入 1 滴铬酸钾溶液 (B.1.4), 再滴加硝酸银溶液 (B.1.3), 并不断摇匀, 直至出现砖红色沉淀, 记录滴数。若滴数大于 15 滴, 应将样品稀释 10 倍或 50 倍后, 重新取样 2 mL, 加入 1 滴铬酸钾溶液 (B.1.4), 再滴加硝酸银溶液 (B.1.3), 并不断摇匀, 直至出现砖红色沉淀, 记录滴数。根据滴数按照表 B.1 粗判样品中氯离子浓度。

注: 加固定剂的样品应先调节 pH 值至 6.5~10.5 范围内再采用本方法粗判氯离子浓度。

表 B.1 氯离子浓度与滴数的粗略换算表

稀释情况	取样量 (mL)	氯离子粗判浓度值 (mg/L)			
		滴数: 3	滴数: 6	滴数: 12	滴数: 15
—	2	300	600	1 200	1 500
10 倍	2	3 000	6 000	12 000	15 000
50 倍	2	15 000	30 000	60 000	75 000

注: 原水样(未加固定剂)的盐度 $\leqslant 0.3\%$ 或者电导率 $\leqslant 300 \mu\text{S}/\text{cm}$ 时, 无需粗判样品中的氯离子浓度, 直接采用草酸钠还原酸性滴定法测定样品的高锰酸盐指数。

附录 C
(资料性附录)
方法准确度

9家实验室测定的精密度数据汇总见表C.1、C.2和C.3，正确度数据汇总见表C.4。

表C.1 方法精密度(有证标准样品)

测定方式	保证值范围 (mg/L)	实验室内相对标准 偏差(%)	实验室间相对标准 偏差(%)	重复性限 (mg/L)	再现性限 (mg/L)
手工法	1.21±0.18	2.7~7.4	8.1	0.2	0.3
	1.98±0.25	2.8~9.0	7.4	0.3	0.5
	4.38±0.42	0.79~5.8	3.0	0.4	0.5
仪器 自动法	1.21±0.18	0.84~7.5	8.1	0.1	0.3
	1.98±0.25	1.1~5.0	6.2	0.2	0.4
	4.38±0.42	0.47~4.5	2.7	0.3	0.4

表C.2 方法精密度(地表水统一样品)

测定方式	样品浓度(mg/L)	实验室内相对标准 偏差(%)	实验室间相对标准 偏差(%)	重复性限 (mg/L)	再现性限 (mg/L)
手工法	2.2	2.4~6.1	4.5	0.3	0.4
	4.4	1.2~4.3	11	0.4	1.4
	10.0	0.75~10	18	1.5	5.1
仪器 自动法	2.2	2.0~4.8	3.5	0.2	0.3
	4.4	0.89~4.8	9.6	0.4	1.2
	10.0	0.52~4.8	14	0.5	4.0

注：高锰酸盐指数高于4.5 mg/L的样品经稀释后测定。

表C.3 方法精密度(地下水统一样品)

测定方式	样品浓度(mg/L)	实验室内相对标准 偏差(%)	实验室间相对标准 偏差(%)	重复性限 (mg/L)	再现性限 (mg/L)
手工法	1.8	3.4~7.3	14	0.3	0.7
	7.0	1.8~6.2	12	0.7	2.4
	9.2	1.9~4.3	7.0	0.8	2.0
仪器 自动法	1.8	0~5.6	9.4	0.2	0.5
	7.0	0.83~2.8	11	0.4	2.2
	9.2	1.2~3.3	9.1	0.6	2.4

注：高锰酸盐指数高于4.5 mg/L的样品经稀释后测定。

表 C.4 方法正确度（有证标准样品）

测定方式	保证值范围 (mg/L)	相对误差 (%)	相对误差最终值 (%)
手工法	1.21±0.18	-18~2.5	-6.0±15
	1.98±0.25	-16~5.1	-4.3±15
	4.38±0.42	-5.5~2.7	-1.0±6.0
仪器自动法	1.21±0.18	-17~5.0	-5.8±15
	1.98±0.25	-8.1~7.6	-2.5±12
	4.38±0.42	-3.0~4.3	0.87±5.4