ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

T/ZECA

团　　体　　标　　准

T/ZECA 1—2024

水体总α、总β自动在线监测技术要求及检测方法

Technical specifications and test procedures for water quality on-line automatic monitoring equipment of gross alpha/beta activity

2024－11－14 发布　　2024－11－15 实施

珠海市环境保护与清洁生产行业协会　　发 布

目　　次

前　　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 监测原理 2
5 站房选址和场地要求 2
6 仪器组成 2
6.1 采水单元 3
6.2 除砂器 3
6.3 水样预处理 3
6.4 进样/富集单元 3
6.5 测量单元 3
6.6 控制/数采单元 4
7 性能指标 4
8 日常运维 5
9 质量控制 5
9.1 量值溯源 5
9.2 性能检查 5
9.3 仪器校准 5
附录 A
硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法
主要性能指标检验方法 6
A.1　本底计数率 6
A.2　探测效率 6
A.3　串道比 6
A.4　富集膜片的加标回收率 7
A.5　探测下限 7
A.6　实际水样比对检测 8
附录 B
硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法
相关计算 9
B.1　监测结果计算及其表示 9
B.2　计数不确定度 9

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的部分内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由广东省深圳生态环境监测中心站、珠海广睿汇利发展有限公司提出。

本标准由珠海市环境保护与清洁生产行业协会归口。

本标准起草单位：广东省深圳生态环境监测中心站、珠海广睿汇利发展有限公司、中科环测（珠海）工程应用研究院有限公司、鹏辐生态环境技术（深圳）有限公司、珠海市环境保护与清洁生产行业协会。

本标准主要起草人：冯江平、张辉、周蓉卉、黄旭昀、彭吉星、黄仲明、赖锦荣、梁玉婷、甘东宁。

水体总α、总β自动在线监测技术要求及检测方法

1 范围

本标准规定了水体总α总β自动在线监测的站址布点选择、仪器组成、性能指标、日常运维以及质量控制等主要技术要求。

本标准适用于生活饮用水、地表水、地下水和工业（矿业）废水等水体中总α总β放射性活度浓度自动在线监测，包括日常监测和应急监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19661.1-2005 核仪器及系统安全要求 第1部分：通用要求
GB/T 19661.2 核仪器及系统安全要求第2部分：放射性测量计的结构要求和分级
GB 12379-1990 环境核辐射监测规定
GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB/T 11682-2008 低本底α和/或β测量仪
JJG 853-2013 低本底α、β测量仪
EJ/T 900-94 水中总β放射性测定 蒸发法
HJ 898-2017 水质 总α放射性的测定 厚源法
HJ 899-2017 水质 总β放射性的测定 厚源法
HJ/T 61 辐射环境监测技术规范
HJ 915-2017 地表水自动监测技术规范
HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
HJ 609-2019 六价铬水质自动在线监测仪技术要求和检测方法
HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

总α（活度浓度） Gross alpha (activity concentration)

所有发射α粒子的总放射性，用单位体积的放射性活度表示（如Bq/L）。

3.2

总β（活度浓度） Gross beta (activity concentration)

除氚和其它发射低能β射线的所有发射β粒子的总放射性，用单位体积的放射性活度表示（如Bq/L）。

3.3

本底计数率 background count rate

水体总α总β自动在线监测仪单位时间内的α、β本底计数。

3.4

探测效率 detection efficiency

在一定的探测条件下，探测器测得的粒子数与在同一时间间隔内标准源所发射的该种粒子数的比值。

3.5

串道比 interfere ratio

测量仪测量单一α或β平面源时，在β道或α道的计数与α道和β道总计数的比值。

3.6

加标回收率 recovery rate

完全没有受核素污染的富集膜片对空白加标溶液进行过滤富集后所测得的放射性活度与加注的标准物质的放射性活度的比值。

3.7

富集膜片 membrane enrichment

用于有效地浓缩富集水样中的溶解盐类、有机胶体、微生物等放射性核素的复合膜，该复合膜对水样的α核素加标回收率大于80%，对β核素的加标回收率大于70%。

4 监测原理

水体总α总β自动在线监测可选用的制样及监测原理主要包括富集膜片在线富集制样硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法、在线浓缩制样液体闪烁计数法和待测水样γ能谱测量演算法等。

5 站房选址和场地要求

监测点位选择和设置应满足对拟监测水体监测代表性要求，有满足站房安装和运行的稳定的场地条件，规避遭受洪水、滑坡等地质灾害影响和损坏、被盗等人为因素影响，有符合仪器供电需求的稳定可靠电源，易于日常维护。

所选取站点的辐射监测结果能代表监测水体的水质辐射状况和变化趋势。河流监测断面一般选择在水质分布均匀、流速稳定的平直河段，距上游入河口或排污口的距离大于1公里，原则上与原有的常规监测断面一致或者相近，以保证监测数据的连续性。湖库监测断面要有较好的水力交换，所选采水点能全面反映被监测区域湖库水体辐射真实状况，尽量避免设置在回水区、死水区以及容易造成淤积和水草生长处。

6 仪器组成

仪器的基本组成如下图所示，主要包含以下单元：

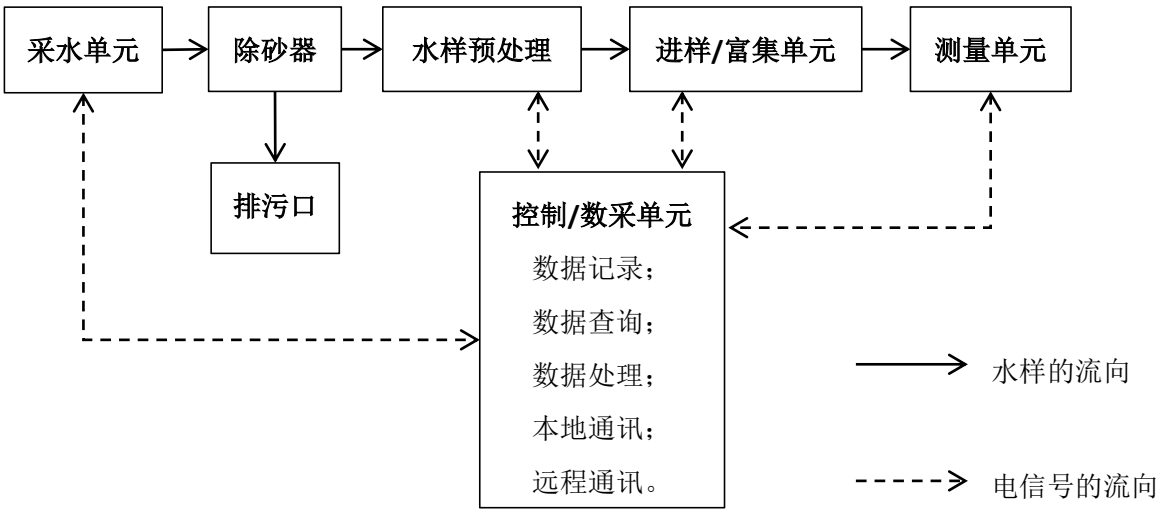

图 仪器的基本组成单元示意图

6.1 采水单元

6.1.1 采水单元主要包括采水泵、管路、球阀及其控制电路等部分。

6.1.2 采水泵和管路选用防腐蚀和吸附性低的材料构成，不会因待测水样的腐蚀或吸附而影响测量结果。

6.1.3 管路方便清洗维护。

6.2 除砂器

除砂器可选择设置沉砂池或水力旋流除砂器用于滤除待测水样中的泥沙及悬浮颗粒物。

6.3 水样预处理

6.3.1 水样预处理应采用多级过滤方式，去除待测水样中的漂浮物、泥沙、悬浮颗粒物等，为满足进样/富集单元对待测水样悬浮颗粒物含量的统一要求，其中最精细的过滤精度应为 0.45 微米的 PP（聚丙烯）滤芯。

6.3.2 水样预处理单元对水质放射性活度浓度指标带来的系统误差不应大于 10%。

6.4 进样/富集单元

6.4.1 进样/富集单元主要由水样定量泵、浓缩/富集器组成。

6.4.2 水样定量泵流通性良好，计量精度达到±2%。

6.4.3 可自定义设置进样量为 0.1~5 L 待测水样。

6.5 测量单元

6.5.1 在线富集制样硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法样品量的称量可由万分之一电子天平或微米级测厚仪进行测量；总 α 、总 β 计数由硫化锌（银）塑料闪烁体进行探测。

6.5.2 液体闪烁计数法使用注入水样中的闪烁液接受 α 粒子或 β 射线转换成荧光完成光子收集计数。

6.5.3 水样γ能谱测量演算法采用CeBr3或HPGe探测器测量γ能谱进行间接演算出水体的总α总β活度浓度。

6.6 控制/数采单元

6.6.1 应具有耗材不足报警、部件故障报警、监测值超标报警等异常信息记录、上传及反馈功能，可采用声、光、电等方式报警。

6.6.2 应具有对进样/富集单元的管路自动清洗功能。

6.6.3 在意外断电再度恢复通电后，能自动复位到监测的状态。

6.6.4 数据采集单元应具有原始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。在停机状态下保存已有原始数据和运行日志的最短时间应不小于 1 年。

6.6.5 仪器测量结果单位为 Bq/L，数据保留小数点后至少 3 位。

6.6.6 应具备日常校准、参数变更等自动记录、保存和查询功能，形成的日志记录保存时间不小于 1 年。

6.6.7 数据传输应提供通讯协议，且满足 HJ 212 的要求。

6.6.8 应具有串行通讯接口，通过串行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。

6.6.9 应具有将测量结果以及所有参与计算的参数进行记录并上传的功能。

7 性能指标

对于硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法，水体总α总β自动在线监测性能指标应满足下表的要求。

表 水体总α总β自动在线监测仪的性能指标

性能指标	技术要求		检验方法
本底计数率	α本底：≤ 0.005/cm² /min；		附录 A.1
	β本底：≤ 0.15/cm² /min；		
工作源探测效率	对于 ^{241}Am α平面源的 2π探测效率≥70%；		附录 A.2
	对于 ^{90}Sr β平面源的 2π探测效率≥45%；		
串道比	α 射线对β道串道比≤3%；		附录 A.3
	β 射线对α道串道比≤1%；		
加标回收率	对α核素（以 ^{241}Am 计 ）的加标回收率≥80%；		附录 A.4
	对β核素（以 ^{40}K 计）的加标回收率≥70%；		
探测下限	α探测限(典型条件下)：优于 0.05 Bq/L；		附录 A.5
	β探测限(典型条件下)：优于 0.1 Bq/L；		
实际水样比对检测（相对偏差控制指标）	总α≤ 0.1 Bq/L	40%	附录 A.6
	总α＞ 0.1 Bq/L	30%	

	总β≤ 0.15 Bq/L	30%	
	总β＞ 0.15 Bq/L	20%	

8 日常运维

日常运维包括站房环境检查、仪器与系统检查、易损件更换、耗材（富集膜片或闪烁液、水样预处理滤芯等）更换、管路清洗、仪器校准及平行样比对等工作。运行维护单位定期对水站进行巡检，巡检频次不得低于每月一次，并记录巡检情况。

每季度对低本底总α β测量装置进行一次性能指标的全面核查，包括本底和效率质控图；每年对所用的计量器具送至具备计量检定资质的单位进行校准或检定；每年对低本底总α β测量装置进行一次探测效率曲线的校准刻度；每年进行不少于一次的平行样比对监测（与国标厚源法进行比测）。

当选用液体闪烁计数法进行在线监测时，运维单位应对已完成测量的含闪烁液水样进行收集后交付给有危废处理资质的单位统一处理，防止危险废液对周围环境造成泄漏污染风险。

9 质量控制

9.1 量值溯源

期间核查所用的工作源（平面源）和标准源（粉末源）必须都是有证的标准物质且在有效期内。每年对所用的计量器具（包括电子天平、水样定量泵、闪烁液滴定器、总α β计量装置等）送至具备计量检定资质的单位进行校准或检定。

9.2 性能检查

对于硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法，每个季度应对低本底总α β测量装置进行1次性能指标的全面核查，包括绘制本底和效率质量控制图。

9.3 仪器校准

对于硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法，低本底总α β测量装置的校准主要体现在对其探测效率曲线的校准刻度。定期每年选用国标方法推荐的 ^{241}Am（或 ^{40}KCl）标准粉末源（有证标准物质）平铺或抽滤在5个（或以上）未受污染的新富集膜片上，制取不同质量厚度的5组（或以上）α（或β）标准膜片，例如分别制取50mg、100mg、200mg、300mg、400mg标准粉末源对应不同质量厚度的α（或β）标准膜片，烘干恒重后依次置于低本底总α β测量装置样品托盘内测量每组标准膜片的α（或β）计数率，再根据标准物质证书上注明的粉末源α（或β）比活度计算出各组标准膜片的α（或β）探测效率，绘制出各组标准膜片的粉末源质量与探测效率的标准曲线（自然指数拟合），将标准曲线的α（或β）探测效率系数和自吸收系数输入仪器从而完成α（或β）探测效率的校准刻度。

附录 A
硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法
主要性能指标检验方法

A.1 本底计数率

水体总α总β自动在线监测仪开机预热至少30分钟后，将无放射性核素污染的空白富集膜片置入测量位进行本底计数测量。测量时间一般不少于8小时或α的累计计数不小于25，β的累计计数不小于100，按式（A.1）计算仪器的本底计数率。

$$R_{\alpha（\beta）}=\frac{N_{\alpha（\beta）}}{T_{\alpha（\beta）}\cdot S} \quad (A.1)$$

式中：

$R_{\alpha（\beta）}$为单位面积α（或β）本底计数率，$cm^{-2}min^{-1}$；

$N_{\alpha（\beta）}$为空白富集膜片的α（或β）本底总计数；

$T_{\alpha（\beta）}$为α（或β）本底测量的累计时间，min；

S为α（或β）主探测器的有效探测面积，cm^2。

A.2 探测效率

在满足工作条件的情况下，分别将α工作源、β工作源（平面源）置于样品盘中心位置，测量计数10次，使得每次测量的累积计数不小于1000，并按式（A.2）计算探测效率：

$$\eta=\frac{\overline{n_i}-\overline{n_b}}{\overline{n_t}}\times 100\% \quad (A.2)$$

式中：

η为探测效率；

$\overline{n_i}$为仪器对工作源测得的平均计数率；

$\overline{n_b}$为仪器本底的平均计数率；

$\overline{n_t}$为工作源表面发射率的约定真值。

A.3 串道比

A.3.1 α射线对β道串道比

在正常工作状态下，将α工作源（平面源）放置于样品盘中，测量计数10次，使得每次测量的累计计数不小于1000，α射线对β道的串道比按式（A.3）进行计算：

$$\eta_{\alpha\to\beta}=\frac{\overline{\eta_\beta}}{\overline{\eta_\alpha}+\overline{\eta_\beta}}\times 100\% \quad (A.3)$$

式中：

$\eta_{\alpha\to\beta}$为α射线对β道的串道比；

$\overline{\eta_\alpha}$为α道内计数的平均值；

$\overline{\eta_\beta}$为β道内计数的平均值。

A.3.2 β射线对α道串道比

在正常工作状态下，将β工作源（平面源）放置于样品盘中，测量计数10次，使得每次测量的累计计数不小于1000，β射线对α道的串道比按式（A.4）进行计算：

$$\eta_{\beta\to\alpha}=\frac{\overline{\eta_\alpha}}{\overline{\eta_\alpha}+\overline{\eta_\beta}}\times 100\% \qquad (A.4)$$

式中：

$\eta_{\beta\to\alpha}$ β→α为β射线对α道的串道比；

$\overline{\eta_\alpha}$为α道内计数的平均值；

$\overline{\eta_\beta}$为β道内计数的平均值。

A.4 富集膜片的加标回收率

在实验纯水（蒸馏水）中加入已知活度的α核素或β核素标准溶液（或粉末源）并充分混匀，经富集单元的富集膜片过滤富集并烘干后测定所富集的样品活度，按式（A.5）、式（A.6）计算：

$$X_\alpha=\frac{R_\alpha}{R_S} \qquad (A.5)$$

式中：

X_α为富集膜片对α核素的加标回收率；

R_α为测得的经富集的α标准源样品的活度；

R_S为α核素标准溶液或粉末源的活度。

$$X_\beta=\frac{R_\beta}{R_S} \qquad (A.6)$$

式中：

X_β为膜片对β核素的富集回收率；

R_β为测得的经富集的β标准源样品的活度；

R_S为β核素标准溶液或粉末源的活度。

A.5 探测下限

探测下限L_d又称最小可测放射性活度。当样品测量时间和本底测量时间相等时，采用泊松分布标准差，按照公式（A.7）进行计算。

$$L_d=\sqrt{2}(K_\alpha+K_\alpha)*\frac{1}{\varepsilon*V*X_{\alpha（\beta）}}*\sqrt{\frac{R_0}{t_0}} \qquad （A.7）$$

式中：

L_d为水体总α总β自动在线监测仪对水样总α（或总β）活度浓度的探测下限；

R_0为本底计数率；

t_0为本底测量时间；

ε为监测仪对α（或β）样品源的探测效率；

V为待测水样的定量体积；

$X_{\alpha（\beta）}$为富集膜片对α（β）核素的加标回收率；

K_α为显著水平等于犯第Ⅰ类错误的概率α时的标准正态变量(即u统计量)的上侧分位数；K_β为显著性水平等于犯第Ⅱ类错误的概率β时的标准正态变量的上侧分位数。通常取漏测概率α = β = 0.05，即统计置信水平为95%时，$K_\alpha = K_\beta = 1.645$，则$\sqrt{2}(K_\alpha + K_\beta) = 4.65$。

A.6 实际水样比对检测

选择2种不同类型的实际水样或加标水样。每种水样采用水体总α总β自动在线监测仪连续测量不少于10次，同时采用国家标准分析方法（HJ 898-2017、HJ 899-2017）测量不少于5次。

计算每种实际水样仪器测定值与国家标准分析方法（厚源法）测定值的平均值之间的相对偏差，按照公式（A.8）进行计算。

$$RD\% = \left|\frac{C_a - C_b}{C_a + C_b}\right| \times 100\% \qquad (A.8)$$

式中：

RD为水体总α总β自动在线监测仪测定值与国标厚源法测定值的相对偏差，%；

C_a为水体总α总β自动在线监测仪多次测定比对水样的平均值，Bq/L；

C_b为国标厚源法多次测定比对水样的平均值，Bq/L。

附录 B
硫化锌（银）塑料闪烁体在线监测法
相关计算

B.1 监测结果计算及其表示

水样中的总α（或总β）放射性活度浓度C（Bq/L），按照公式（B.1）进行计算，

$$C = \frac{R_x - R_0}{\varepsilon P V} \qquad (B.1)$$

式中：

C为水样总α（或总β）体积活度，Bq/L；

R_x为含样富集膜片的总α（或总β）计数率，s^{-1}；

R_0为新富集膜片的总α（或总β）本底计数率，s^{-1}；

ε为样品质量厚度对应的α（或β）探测效率；

P为富集膜片对α（或β）核素的富集回收率；

V为定量浓缩富集的水样体积，L。

当监测结果＜0.1 Bq/L时，保留小数点后三位；监测结果≥0.1Bq/L时，保留三位有效数字。

B.2 计数不确定度

由测量仪器统计计数引起的不确定度计算见公式（B.2）：

$$\mu = \frac{\sqrt{\frac{R_x}{t_x} + \frac{R_0}{t_0}}}{R_x - R_0} \qquad (B.2)$$

式中：

μ为由测量仪器统计计数引起的不确定度；

R_x为含样富集膜片的总α（或总β）计数率，s^{-1}；

R_0为新富集膜片的总α（或总β）本底计数率，s^{-1}；

t_x为含样富集膜片的样品源测量时间，s；

t_0为新富集膜片的本底测量时间，s。

扩展不确定度U由式（B.3）计算：

$$U = k\sqrt{\mu_A^2 + \mu_B^2} \qquad (B.3)$$

式中：

U为扩展不确定度；

k为包含因子，一般为2，相应的置信度约为95%；

μ_A为A类不确定度，主要由μ贡献；

μ_B为B类不确定度，主要由标准源的不确定度贡献；