

中 国 质 量 检 验 协 会 团 体 标 准

T/CAQI \*—2019

---

城镇给水颗粒计数在线监测仪应用技术规程

Technical specification for on-line particle count monitor for urban water supply system

2020 - \*\*-\*\*发布

2020- \*

---

中国质量检验协会 发布

## 前 言

为保障城镇给水水质安全，实现水质监测的自动化和现代化，以达到监测与控制水厂水体中颗粒物的目的，制定本规程。

本规程按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本规程由杭州绿洁环境科技股份有限公司提出。

本规程由中国质量检验协会水环境工程技术与装备专业委员会归口。

本规程主要起草单位：杭州绿洁环境科技股份有限公司、山东省城市供排水水质监测中心、上海市政工程研究总院、济南水务集团有限公司、东营市自来水公司、潍坊市市政公用事业服务中心、浙江工业大学、杭州市水务集团有限公司、嘉兴市水务投资集团有限公司。

本标准主要起草人：

## 目 录

前 言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 一般规定.....	2
5 性能要求.....	2
6 安装与验收.....	3
6.1 安装.....	3
6.2 验收.....	4
7 运行维护管理.....	4
7.1 运行维护.....	4
7.2 数据采集与管理.....	5
7.3 质量保证与控制.....	6
附录 A（规范性附录）城镇给水激光颗粒计数在线监测仪性能参数检验方法.....	7
附录 B（资料性附录）城镇给水激光颗粒计数在线监测仪校验方法.....	11
附录 C（资料性附录）城镇给水工艺过程颗粒数参考表.....	13

## 城镇给水颗粒计数在线监测仪应用技术规程

## 1 范围

本规程规定了应用于城镇给水监测激光颗粒计数在线监测仪的一般规定、性能要求、安装与验收以及运行维护管理。

本规程适用于城镇给水光阻法颗粒计数在线监测仪的应用。

城镇给水激光颗粒计数在线监测仪的性能、安装与验收、运行维护管理要求，除应符合本规程外，应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 16418 颗粒系统术语

GB/T 18854 液压传动 液体自动颗粒计数器的校准

GB/T 29024.3-2012/ISO 21501-3:2007 Determination of particle size distribution -- Single particle light interaction methods -- Part 3: Light extinction liquid-borne particle counter(粒度分析单颗粒的光学测量方法 第3部分：液体颗粒计数器光阻法)

GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范

JJF 1001 通用计量术语及定义技术规范

JJG 1061 液体颗粒计数器检定规程

CJJ 58 城镇供水厂运行、维护及安全技术规程

CJJ/T 271 城镇供水水质在线监测技术标准

CJJ/T 251 城镇给水膜处理技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 激光颗粒计数在线监测仪 on-line particle count monitor

采用激光光阻法原理测量悬浮于水体中固体颗粒粒径分布和数量浓度的仪器，主要由预处理单元、进样单元、测量单元、数据采集传输单元组成。

### 3.2 流量误差 flow comparison error

仪器流量示值与单位时间内流经激光颗粒物传感器的水样体积的相对误差。

## 4 一般规定

4.1 激光颗粒计数在线监测仪适用于低浊的水体中颗粒物监测。

4.2 激光颗粒计数在线监测仪宜安装于城镇供水水厂水处理过程及市政管网中的重要区域或节点。

4.2.1 城镇供水系统水处理过程包括：砂滤、炭滤、膜处理后以及出厂水口等工艺环节；

4.2.2 市政管网中的重要区域或节点包括：供水干管、不同水厂供水交汇区域、较大规模加压泵站等。

4.3 激光颗粒计数在线监测仪的选择及安装应根据不同位置的水质情况进行选择。

4.4 激光颗粒计数在线监测仪的限值应根据原水水质、水处理工艺、安装位置等因素确定。

4.5 城镇供水系统水处理工艺的评估应综合工艺前后颗粒数。

4.6 操作人员需培训上岗，熟悉仪器原理、常规功能使用、故障排除等。

## 5 性能要求

5.1 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪的性能参数应满足表 1 的规定。

表 1 激光颗粒计数在线监测仪性能

指标名称	指标值
量程	0~3000 个/mL
粒径范围	2 $\mu$ m~100 $\mu$ m，粒径分区不少于 8 个

粒径测量相对误差	±10%
粒径测量分辨率	≥90%
颗粒计数相对误差	±10%
颗粒计数重复性	≤3%
零点漂移	<5 个/mL
平均无故障连续运行时间	≥720h

5.2 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪的性能参数检验方法见附录 A。

5.3 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪的性能参数尚应满足 JJG1061、CJJ/T 271 相关要求

5.4 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪的功能要求宜满足表 2 要求。

表2 激光颗粒计数在线监测仪功能

指标名称	指标要求
流量比对误差	≤±3%
计数补偿方式	实时流量补偿
预处理功能	截留稳压预处理单元
数据存储	频率不宜小于每小时 12 次，存储时间不少于 3 个月
校正方式	联机校正/手动输入校正
参数设置方式	仪器上完成参数设置和调试
通讯接口	4-20mA、RS232/485，可扩展其他通讯方式
分析软件	配套分析软件，具有数据导出、曲线分析等功能
显示方式	触摸屏，主界面显示全部粒径区间颗粒数

## 6 安装与验收

### 6.1 安装

#### 6.1.1 安装条件

a) 安装场地的供电为单相市电  $220 \pm 22\text{VAC}$ ,  $50 \pm 1\text{Hz}$ ; 设备电源电压波动不应超过  $\pm 10\%$ 。

b) 安装的位置和预留的空间应合理, 应方便操作人员使用、维护和校验;

c) 安装环境温度  $5 \sim 40^\circ\text{C}$ , 相对湿度不大于  $85\%$ ;

d) 避免电磁干扰和阳光直射;

e) 仪器进水水压宜控制在  $0.02 \sim 0.03 \text{MPa}$ ;

### 6.1.2 安装要求

a) 取样管应自被测水样的管道中部接出, 避免气泡和沉积物进入;

b) 仪器进水单元和主机应垂直安装;

c) 仪器与管道的连接应采用透明软管, 长度不应超过  $1.5 \text{米}$ ;

d) 仪器运行前应进行通水通电通讯检查;

e) 校准流量至符合安装要求, 并对仪器性能进行调试, 稳定后正式运行。

6.1.3 激光颗粒计数在线监测仪的安装应符合现行国家标准《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB50093 的有关规定。

## 6.2 验收

6.2.1 设备应具备出厂合格证、说明书、安装调试记录和校验结果等相关技术文件。

6.2.2 通过有证标准物质比对试验或水样比对试验对激光颗粒计数在线监测仪进行验收。有证标准物质比对试验参照本规程附录 A 的相关规定进行, 误差要求参照本规程表 1 的相关规定; 水样比对试验参照本规程附录 B 的相关规定进行验收, 误差要求参照附录 B 的相关规定。

## 7 运行维护管理

### 7.1 运行维护

7.1.1 应建立设备维护管理制度并严格执行, 应有专门人员对激光颗粒计数在线监测仪进行维护管理。

7.1.2 颗粒计数在线监测仪应建立定期巡查、报警检查和保修期检查的制度。

7.1.3 激光颗粒计数在线监测仪运行维护内容至少包含以下内容：

a) 保持仪器清洁，避免仪器震动，保证温、湿度符合分析仪器的要求，保障仪器正常运行；

b) 保持仪器管路畅通，出水正常，无漏液；

c) 保持通电、通讯正常；

d) 检查各粒径区间颗粒数及流量显示情况。

e) 按照要求进行仪器维护工作，进行易耗品更换，包括滤杯管路清洗、激光颗粒物传感器清洗、管路更换等内容。

f) 其他未提及的维护内容，应按照仪器说明书的要求进行维护保养。

7.1.4 运行维护记录包括不限于周维护、月维护、季度维护、年维护等表格，记录需按照档案要求进行存储及备份。

7.1.5 维护周期频率不小于每两周 1 次，流量校准频率不小于每月 1 次。维护周期可根据实际水质情况进行加密。

7.1.6 各粒径区间颗粒数检测值明显大于日常值的或异常时，应进行设备保养。设备保养完成，各粒径区间颗粒数仍存在异常的，按本规程附录 B 的方法进行比对试验。

## 7.2 数据采集与管理

7.2.1 数据采集内容应包括测量时间、粒径区间、粒径区间对应的颗粒数和流量等。

7.2.2 数据传输之间采用开放的通讯协议和标准数据传输方式。

7.2.3 数据存储容量除应满足仪器功能要求的规定，还应可设置存储频率。

7.2.4 数据可支持 TXT 或 Excel 文件等格式保存，可实现数据的备份、共享和数据传递等功能。

7.2.5 宜定期导出仪器本地存储或平台收集的数据，分析评判工艺运行状况。城镇给水工艺过程颗粒数参考值可参照本规程附录 C。



### 7.3 质量保证与控制

7.3.1 应建立质量控制体系。

7.3.2 建立完善的技术档案，至少包括以下内容：

- a) 仪器的流量比对误差、零点漂移等例行记录。
- b) 仪器的调试报告、例行检查、维护保养记录。
- c) 仪器的检修、易耗品的定期更换记录。
- d) 仪器的操作、使用、维护规范。

7.3.3 仪器应定期校验，校验频率应不小于每年一次，校验方法参照本规程附录 B。

7.3.4 除定期校验外，维护人员应做好数据管理和数据审核工作。应每天检查系统运行情况 and 数据的实时性，并对实时数据进行分析，发现异常数据及时处理。若确定为设备故障时，对异常数据做标识，并及时排除设备故障。

7.3.5 数据有效性判别措施主要包括以下内容：

- a) 未通过数据有效性审核的数据无效，应予以剔除。
- b) 当流量为零时，所得的监测值为无效数据，应予以剔除。
- c) 仪器校准和仪器故障、调试或标准溶液测试期间的数据应剔除。
- d) 数据出现急剧升高、急剧下降或连续不变时，应通过现场检查、质控等手段来识别判断。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪性能参数检验方法

## A1 环境条件

- a. 环境温度 在 5℃~40℃之间。
- b. 相对湿度 不大于 85%。
- c. 大气压 在 95~106 kPa 压力下，其变化幅度在 5%以内。
- d. 电源电压 (220±22) VAC 。
- e. 电源频率 (50±1) Hz。
- f. 不影响仪器正常工作的电磁场干扰和震动，避开腐蚀气体。

## A2 检验用材料和设备

- a. 标准物质，使用有证标准物质，技术指标见表 3。

表 3 标准物质的计量特性要求

标准物质名称	序号	特性量值		定值不确定度	备注
		名称	量值大小		
单分散粒度标准物质	1	数量中位 径和体积 中位径 $D_{50}$	$D_{50} \leq 15\mu\text{m}$	$\leq 3\%$ K=2	粒径分布已知，且粒径分布相对标准偏差 $\leq 10\%$
	2		$15\mu\text{m} \leq D_{50} \leq 30\mu\text{m}$		
	3		$30\mu\text{m} \leq D_{50} \leq 70\mu\text{m}$		
	4		$D_{50} > 70\mu\text{m}$		
	5		$9.7\mu\text{m} \leq D_{50} \leq 10.3\mu\text{m}$		粒径分布相对标准偏差 $\leq 6\%$
水中颗粒计数标准物质	6	颗粒数量浓度已知，且 $5\mu\text{m} \leq D_{50} \leq 30\mu\text{m}$ ，或在仪器测量常用范围内。		$\leq 6\%$ K=2	粒径分布相对标准偏差 $\leq 10\%$

## b. 量筒

100mL标准玻璃量筒。

## c. 秒表

## d. 进样装置

由精密蠕动泵、流量计、进水管路和出水管路组成，给激光颗粒物传感器持续供样的装置。

## A3 检验指标

检验指标包括流量比对误差、粒径测量相对误差、粒径测量分辨率、颗粒计数相对误差、颗粒计数重复性、零点漂移。具体指标检验方法如下所示：

## A3.1 流量测量误差

采用玻璃量筒、秒表测量激光颗粒物传感器出水的流量，计算该流量与颗粒计数在线监测仪显示流量的相对误差，重复进行3次流量比对试验，取误差最大值。

流量比对试验相对误差应按下式1计算：

$$\delta_Q = \frac{Q_{\text{仪}} - Q_i}{Q_i} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\delta_Q$ —流量比对误差（%）；

$Q_i$ —激光颗粒物传感器出水流量的第*i*次测量值（mL/min）

$Q_{\text{仪}}$ —第*i*次测量时，仪器显示的实时流量（mL/min）。

## A3.2 粒径测量相对误差

根据仪器粒径区间，在测量范围内分别从1<sup>#</sup>，2<sup>#</sup>，3<sup>#</sup>，4<sup>#</sup>标准物质中选择相应粒径的标准物质，要求数量  $D_{50}$  在仪器待检验粒径档  $D_d$  得  $(1 \pm 0.05)$  倍范围内。测量前需选用清洁液体对标准物质进行稀释。

分别对标准物质重复测量三次，记录  $\geq D_t$  和  $\geq D_d$  的颗粒数量测量浓度值  $N_{t_i}$  和  $N_{d_i}$ 。分别取其平均值  $\overline{N}_t$  和  $\overline{N}_d$ （ $D_t$  满足下列条件  $\frac{D_d}{2} \leq D_t \leq \frac{2D_d}{3}$ ）。

按公式（2）计算得到  $a$ ，再从标准物质证书得到  $a$  对应的粒径值  $D_a$ ，按公式（3）分别计算粒径区间相对误差  $\delta_{D_1}$ ，取绝对值最大的  $\delta_{D_1}$  为仪器粒径区间相对误差的检验结果。

$$\alpha = \frac{\bar{N}_d}{N_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

$$\delta_{D_1} = \frac{D_d - D_\alpha}{D_\alpha} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\alpha$ —— $\geq D_d$ 的颗粒数量百分比；

$\bar{N}_d$ —— $\geq D_d$ 的颗粒数量浓度测量值的平均值。个/毫升；

$\bar{N}_t$ —— $\geq D_t$ 的颗粒数量浓度测量值的平均值。个/毫升；

$D_d$ ——仪器待检粒径档对应的粒径值， $\mu\text{m}$ ；

$D_\alpha$ ——标准物质证书中所对应 $\alpha$ 的粒径值， $\mu\text{m}$ ；

### A3.3 粒径测量分辨率

- 选用5#标准物质，测量前需选用清洁液体对标准物质进行适当稀释。
- 对标准物质重复测量3次，记录 $\geq 8\mu\text{m}$ ， $\geq 10\mu\text{m}$ ， $\geq 12\mu\text{m}$ 的颗粒数量浓度测量值，分别取其平均值 $\bar{N}_{p8}$ ， $\bar{N}_{p10}$ ， $\bar{N}_{p12}$ ，根据公式（4）计算仪器粒径测量分辨力 $R$ ：

$$R = \frac{\Delta N}{N_{p10}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： $\Delta N$ —— $(\bar{N}_{p8} - \bar{N}_{p10})$ 和 $(\bar{N}_{p10} - \bar{N}_{p12})$ 的最小值，个/毫升。

### A3.4 颗粒计数相对误差

对6#标准物质重复测量3次，记录 $\geq D_t$ （ $D_t$ 满足如下条件即可： $\frac{D_{50}}{2} \leq D_t \leq \frac{2D_{50}}{3}$ ，其中 $D_{50}$ 为6号标准物质的数量中位粒径）的颗粒数量浓度测量值 $N_t$ ，取其平均值 $\bar{N}_t$ 。根据公式（5）计算仪器的颗粒计数相对误差 $\delta_N$ 。

$$\delta_N = \frac{\bar{N}_t - N_{t_s}}{N_{t_s}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： $\bar{N}_t$ —— $\geq D_t$ 的颗粒物数量浓度测量值的平均值，个/毫升；

$N_{t_s}$ —— $\geq D_t$ 的颗粒物数量浓度的标准值，个/毫升。

### A3.5 颗粒计数重复性

对6号标准物质重复测量6次，记录 $\geq D_i$ （ $D_i$ 满足如下条件即可： $\frac{D_{50}}{2} \leq D_i \leq \frac{2D_{50}}{3}$ ，其中 $D_{50}$ 为6号标准物质的数量中位粒径）的颗粒数量浓度测量值，取其测量平均值 $\bar{N}_i$ ，并按公式（6）计算仪器颗粒计数重复性 $RSD_N$ 。

$$RSD_N = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_{t_i} - \bar{N}_t)^2}{n-1}}}{\bar{N}_t} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中： $N_{t_i}$ —— $\geq D_i$ 的颗粒数量浓度的第*i*次测量值，个/毫升；

$N$ ——测量次数， $n = 6$ ；

$\bar{N}_i$ —— $\geq D_i$ 的颗粒数量浓度测量值的平均值，个/毫升。

### A3.6 零点漂移

以蒸馏水或去离子水作为被测水样，以初始示值作为初始零值，在4h内每30min记录一次零点示值，计算零点示值与初始零值的最大偏离为颗粒物在线监测仪的零点漂移。零点漂移应按下式（7）计算：

$$\Delta Z = Z_{\max} - Z_0 \dots\dots\dots (7)$$

式中： $\Delta Z$ ——零点漂移（个/mL）；

$Z_{\max}$ ——偏离初始零值最大的零点示值（个/mL）；

$Z_0$ ——初始零值（个/mL）。

### A3.7 平均无故障运行时间（MTBF）

颗粒计数在线监测仪采用实际水样，连续运行3个月，记录总运行时间（h）和故障次数，计算平均无故障连续运行时间。计算平均无故障连续运行时间（MTBF） $\geq 720\text{h}/\text{次}$ （此项指标可在现场进行考核）。

## 附录 B

## (资料性附录)

## 城镇给水激光颗粒计数在线监测仪校验方法

B1 方法一：采用可溯源的便携式颗粒计数监测仪进行校验；

B1.1 准备 500mL 的纯水或未开封的纯净水作为空白水样。

B1.2 从进厂水、沉淀出水、滤池（砂滤、炭滤、超滤膜）出水、出厂水中任取 2 个水样作为实际水样，水样浊度大于 5NTU 时需稀释至 5NTU 以下。

B1.3 颗粒计数在线监测仪与颗粒计数便携式检测仪同步测量同一个水样，待示数稳定后记录数据，测量三次，根据公式（8）计算三次测量的各个粒径区间颗粒数的平均值。然后计算在线监测仪与便携检测仪各个粒径区间的颗粒数误差，便携检测仪测量数据 $\geq 50$ 个/mL 时，按公式（9）计算相对误差，便携检测仪测量数据 $< 50$ 个/mL 时，计算在线监测仪和便携式检测仪的差值。

$$\bar{N}_j = \frac{N_{1j} + N_{2j} + N_{3j}}{3} \dots\dots\dots (8)$$

式中： $N_{ij}$ ——粒径区间 j 第 i 次测量值，个/mL。

$$\delta_j = \frac{\bar{N}_{\text{在线}j} - \bar{N}_{\text{便携}j}}{\bar{N}_{\text{便携}j}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中： $\bar{N}_{\text{在线}j}$ —— $\geq$ 在线监测仪测量粒径区间 j 颗粒数的平均值，个/mL；

$\bar{N}_{\text{便携}j}$ —— $\geq$ 便携式检测仪测量粒径区间 j 颗粒数的平均值，个/mL。

B1.4 空白水样和实际水样误差性能要求为：颗粒数 $\geq 50$ 个/mL 时，相对误差不超过 10%，颗粒数 $< 50$ 个/mL 时，误差不超过 5 个/mL。

B1.5 数据记录表如表 4 所示。

表 4 空白水样和实际水样数据记录表

测试序号	测量仪器	各粒径区间颗粒数							
		2~3	3~5	5~7	7~10	10~15	15~20	20~25	>25
1	在线监测仪								
	便携检测仪								

2	在线监测仪								
	便携检测仪								
3	在线监测仪								
	便携检测仪								
平均值	在线监测仪								
	便携检测仪								

B2 方法二：采用标准溶液进行校验；

B2.1 以有证标准物质为母液配置标准溶液或采用厂家提供的已知粒径和对应颗粒数量的标准溶液。

将标准溶液导入待测仪器，待示值稳定后，比较各粒径区间示值与理论值的误差，粒径区间颗粒理论值 $\geq 50$  个/mL 时，按公式（10）计算相对误差，粒径区间颗粒理论值 $< 50$  个/mL 时，计算示值与理论值的差值。

$$\delta_j = \frac{\bar{N}_{\text{示值}j} - \bar{N}_{\text{理论}j}}{\bar{N}_{\text{理论}j}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中： $\bar{N}_{\text{示值}j}$ —— $\geq$ 在线监测仪测量粒径区间j颗粒数的平均值，个/mL；

$\bar{N}_{\text{理论}j}$ —— $\geq$ 标准溶液粒径区间j颗粒的理论值，个/mL。

B2.2 误差性能要求为颗粒数 $\geq 50$  个/mL 时不超过 10%，颗粒数 $< 50$  个/mL 时，误差不超过 5 个/mL。

表 5 测量标准溶液数据记录表

测量仪器	各粒径区间颗粒数							
	2~3	3~5	5~7	7~10	10~15	15~20	20~25	>25
在线监测仪								

## 附录 C

(资料性附录)

城镇给水工艺过程颗粒数参考表

激光颗粒计数在线监测仪在城镇给水工艺过程颗粒数参考值如下所示。

质控点	参考值	备注
砂滤池出水	>2 $\mu\text{m}$ 的颗粒数在 50 个/mL 以内	砂滤池作为最后处理单元的 饮用水厂
活性炭+砂滤池的砂滤 出水	>2 $\mu\text{m}$ 的颗粒数在 50 个/mL 以内	砂滤池作为最后处理单元的 饮用水厂
出厂水	>2 $\mu\text{m}$ 的颗粒数在 50 个/mL 以内	
膜组(池)出水	>2 $\mu\text{m}$ 的颗粒数在 20 个/mL 以内	