

# 水污染源在线监测系统验收比对不合格率高的问题分析及对策

常安刚, 朱慧国

埃欧孚(上海)检测技术有限公司, 上海 201108

**摘要:**为解决水污染源在线监测系统验收比对不合格率高的问题,研究了导致比对不合格的关键因素,发现是水污染源在线监测系统法和手工法所取样品中的不溶性固体含量的不一致。研究表明,在进样前摇匀并在10 s内完成取样,可使样品中的不溶性固体均匀分布,并使水污染源在线监测系统法两次平行测定结果的相对误差在10%以内,使水污染源在线监测系统法和手工法所取样品中的不溶性固体的含量一致,进而使样品COD<sub>Cr</sub>、TP、TN含量测定结果一致,实现比对合格。实验结果显示,进样前摇匀并在10 s内完成取样这一措施,可使水污染源在线监测系统法和手工法测定结果的比对合格率从低于55%提升到90%以上。此措施大幅提升了水污染源在线监测系统验收比对的合格率,且简便、易操作、经济又环保,适用于污水处理厂进水口、排放口及生产型企业排放口的水污染源在线监测系统验收比对,可在环境监测行业广泛推广。

**关键词:**水污染源在线监测系统;验收;比对;不合格;对策

中图分类号:X830.2;X84

文献标志码:A

文章编号:1002-6002(2025)04-0279-07

DOI:10.19316/j.issn.1002-6002.2025.04.24

## Analysis and Countermeasures for the Problem of High Unqualified Rate in the Check and Acceptance Comparison of the Wastewater On-Line Monitoring System

CHANG Angang, ZHU Huiguo

A&F (Shanghai) Testing Technology Co., Ltd., Shanghai 201108, China

**Abstract:** This study is designed to address the elevated rates of non-conformance observed during the verification and validation processes of online monitoring systems for water pollution sources. Through research, it is found that the key factor leading to unqualified comparison is the inconsistent content of insoluble solids in the samples taken by the on-line water pollution source monitoring system method and the manual method. Research shows that shaking well before sampling and completing the sampling within 10 seconds ensures uniform distribution of insoluble solids in the sample, make the relative error of the two parallel determination results of the on-line water pollution source monitoring system method within 10%, and achieves consistency in insoluble solids content between samples collected by both methods. Consequently, it ensures consistent determination results for COD<sub>Cr</sub>, TP and TN content in the samples, thus achieving qualified comparison. The results show that the measure of shaking well before sampling and completing the sampling within 10 seconds has increased the qualified rate of comparison between the on-line water pollution source monitoring system method and the manual method determination results from below 55% to over 90%. This measure enhances the qualified rate of acceptance comparison of on-line water pollution source monitoring systems, and is simple, easy to operate, economical and environmentally friendly. It is applicable to the acceptance comparison of on-line water pollution source monitoring systems at the water inlet, outlet of sewage treatment plants and the outlet of production-type enterprises, and can be widely promoted in the environmental monitoring industry.

**Keywords:** wastewater on-line monitoring system; check and acceptance; comparison; unqualified; countermeasure

当前,全球环境问题日益突出。针对环境问题,相关国家和地区出台了一系列法律法规,采取了众多管控措施,其中在线监测系统因其独特的实时性,成为开展环境监管的重要手段之一。确

保在线监测系统规范化运行且监测数据准确,是有效发挥其作用的前提和关键。

按照我国相关技术规范<sup>[1]</sup>,完成建设安装的水污染源在线监测系统须完成验收比对且验收比

对合格后,才能投入使用,进而发挥在线监测系统的管理优势,推动企业对废水污染物排放加强管理和控制,为环境管理部门开展环保监管创造条件。但在水污染源在线监测系统验收实践中,验收比对合格率不高的问题一直存在。李艳红等<sup>[2]</sup>选取14套废水COD在线监测系统与实验室手工法进行测定结果比对,基于1449组比对数据发现,各在线监测系统的实际样品比对分析合格率只有14.6%~53.7%。

验收比对不合格是困扰生态环境在线监测运维单位和手工比对单位的重大问题,不但给运维单位和手工比对单位造成时间和金钱损失,甚至导致个别手工比对单位因采取一些非常规的措施提升验收比对合格率,而最终被生态环境监管部门查处并受到严厉处罚。针对水污染源在线监测系统验收比对不合格率偏高的问题,本文对其原因开展分析,并通过一系列比对实验研究解决对策,以期为推动水污染源在线监测设备规范运行提供参考。

## 1 比对不合格率过高原因分析

针对在线监测系统比对不合格率过高的原因进行分析的研究不在少数。相关研究<sup>[3-13]</sup>在COD<sub>Cr</sub>在线自动监测仪比对不合格率过高原因分析中提出,比对不合格率过高的三大来源是样品采集不同步的影响、样品中悬浮物的影响、比对方法不同的影响,但并未对三大来源进行深入分析。左航等<sup>[13]</sup>采用含有COD和悬浮物的模拟水样作为研究对象,模拟了污水中的颗粒物对污染源COD水质在线监测仪比对监测的影响,但未对实际样品中的不溶性固体对COD水质在线监测仪比对监测的影响进行深入分析,同时也未对NH<sub>3</sub>-N、TP、TN等指标比对不合格的原因进行分析。针对这一情况,本文同时对COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TP、TN等4种常规指标在线监测系统验收比对不合格的原因进行分析研究。

### 1.1 样品采集不同步的影响

对于验收比对,本研究认为样品采集不同步的影响可以忽略不计。《水污染源在线监测系统(COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等)验收技术规范》(HJ 354—2019)明确规定,采用有证标准样品作为准确度试验考核样品与实际水样进行比对时,水质自动分析仪采用离线模式,以1h为周期。在离线模

式下,实际样品无需经过前端的管路系统,而是直接通过取样管进入在线监测系统的预处理单元,然后进入检测单元进行检测。随后,将同一瓶剩余样品带回实验室进行手工法检测。此时,在线监测系统法和手工法测定的是同一瓶样品,不存在样品采集不同步的问题。

### 1.2 比对方法不同的影响

相关标准和技术规范未对水污染源在线监测系统采用的方法原理作出明确要求,因而只要是满足《水污染源在线监测系统(COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等)安装技术规范》(HJ 353—2019)的要求的水质在线自动监测仪,都可应用于水中相应污染物的监测,说明方法原理并不是影响比对不合格率的关键因素。市场上的主流COD<sub>Cr</sub>、TP、TN在线自动监测仪的方法原理与手工法COD<sub>Cr</sub><sup>[14]</sup>、TP<sup>[15]</sup>、TN<sup>[16]</sup>监测原理一致,故本文不展开讨论。NH<sub>3</sub>-N在线自动监测仪的方法原理是水杨酸分光光度法,本研究中的手工法同时采用了水杨酸法<sup>[17]</sup>和纳氏试剂法<sup>[18]</sup>分别进行比对。经验证,不同比对方法的蒸馏后水样的检测结果并无明显差异。因此,比对方法不同并不是导致比对不合格率过高的关键因素。

### 1.3 样品中不溶性固体的影响

本研究发现,样品中的不溶性固体是导致在线监测系统验收比对不合格率过高的关键因素。在采用标准样品进行准确度测定时,在线监测设备的测定结果均符合相关标准对相对误差的要求。对于不溶性固体含量较低的实际样品(<10 mg/L),在线监测设备测定结果和手工监测结果的相对误差均满足相关标准的规定。对于不溶性固体含量较高的样品(≥10 mg/L),采用标准样品时的准确度合格,而在进行实际样品测定时的在线监测系统测定结果与手工法测定结果的相对误差通常会大于15%,有时甚至会超过50%,导致比对不合格。

针对这一问题,本研究发现,COD<sub>Cr</sub><sup>[14]</sup>、TP<sup>[15]</sup>、TN<sup>[16]</sup>手工法标准中明确规定,需在测定前将样品摇匀,才可同时取到混匀的溶解态和不溶性固体中的COD<sub>Cr</sub>、TP、TN进行测定。对于TN和NH<sub>3</sub>-N,金鹏康等<sup>[19]</sup>的研究表明,在原污水TN中,溶解态氮和颗粒态氮比例相当,而NH<sub>3</sub>-N主要以溶解态存在,不溶性固体中的NH<sub>3</sub>-N的含量不到1%。

为确定在线监测仪器测定过程中不溶性固体

的影响,分3个时间段取上海市某污水处理厂进水口样品,样品编号分别为1#、2#、3#。将在线监测仪器取样管插入样品瓶上部距离瓶口约8 cm位置处,对每个样品进行两次测定:第1次将样品混匀后立即注入在线监测仪器进行测定;第2次将样品自然沉降1个分析周期后,直接注入在线监测仪器进行测定。测定结果见表1。结果表明, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的第2次测定结果并未出现明显下降,可能是由于分析周期较短, $\text{NH}_3\text{-N}$ 主要是以溶解态存在; $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TP、TN的第2次测定结果明显比第1次小,其中 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 的最大下降比例达到了

46.8%。从分析周期来看,分析周期越长,下降比例越大( $\text{COD}_{\text{Cr}} > \text{TN} > \text{TP}$ )。

实验中发现,经过一个分析周期的沉降后,样品瓶上部样品状态与底部样品状态产生明显差异,上部浊度明显下降,下部浊度明显增加。这是由于样品中的不溶性固体发生自然沉降,较大不溶性固体优先下沉至样品瓶底部,而相对较小的不溶性固体从样品瓶上部缓慢下降,导致上部样品中的不溶性固体逐步减少,说明不溶性固体是造成 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TP、TN两次测定结果差异的主要因素。

表1 在线监测系统一个分析周期前后两次测定结果  
Table 1 The results of two measurements before and after one analysis cycle of the on-line monitoring system

样品编号	测试次序	$\text{COD}_{\text{Cr}}$		TN		TP		$\text{NH}_3\text{-N}$	
		测定结果/ (mg/L)	下降比例/ %	测定结果/ (mg/L)	下降比例/ %	测定结果/ (mg/L)	下降比例/ %	测定结果/ (mg/L)	下降比例/ %
1#	第1次	282		31.38		1.824		19.9	
	第2次	150	46.8	21.86	30.3	1.431	21.5	20.8	-4.5
2#	第1次	197		35.65		1.441		24.5	
	第2次	121	38.6	28.92	18.9	1.291	10.4	24.3	0.8
3#	第1次	207		34.0		2.057		21.0	
	第2次	135	34.8	21.8	35.9	1.707	17.0	21.5	-2.4

注: $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TN、TP、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的分析周期分别为60、50、35、15 min。

## 2 比对不合格率过高解决对策

### 2.1 每次进样前摇匀样品

由于不溶性固体是影响测定结果的关键因素,如何确保进入在线监测系统的样品及手工取样样品的不溶性固体含量一致,成为影响验收比对是否合格的关键。本研究认为,每次进样前将样品充分摇匀后立即进行取样,是解决这一问题的重要措施。

为验证这一措施的可靠性,本文分别选取上海市4家污水处理厂不同浓度水平进水口废水(样品编号4#~7#)、排放口废水(样品编号8#~11#)和5家纳管排放生产型企业排放口废水(12#~16#),进行两次进样测定。每次进样前,将样品充分摇匀后立即进行测定,测定结果见表2、表3、表4。其中:污水处理厂进水口不溶性固体含量为200~2 000 mg/L,排放口不溶性固体含量均 $<10$  mg/L;生产型企业排放口废水的不溶性固体含量分别为 $<10$  mg/L(12#)和10~500 mg/L(13#~16#)。在线测定时,进样前先将样品充分

摇匀,随后在10 s内将样品注入在线监测仪器进行分析;手工法测定时,同样是先将样品摇匀,并在10 s内取样进行 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TP、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 测定<sup>[14-16,18]</sup>。结果表明,13组进水口和排放口样品经过摇匀后的在线监测系统第2次测定结果相比第1次测定结果的下降比例均在10%以内,在相关标准的质量控制要求的允许范围内,且与手工法测定结果的相对误差也在10%以内,因而比对结果为合格;排放口样品TP浓度 $<0.4$  mg/L、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度 $<1.5$  mg/L、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 浓度 $<30$  mg/L时,采用标准样品替代实际水样进行测试的测定结果均为合格。

在实际应用中,本研究通过近400次比对,收集了超过2 000个数据对,发现对于污水处理厂和纳管排放企业排放口 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TP、TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量较低且不溶性固体含量 $<10$  mg/L的比对情景,比对结果受不溶性固体影响小,比对合格率超过98%;对于污水处理厂进水口和纳管排放企业排放口不溶性固体含量 $>10$  mg/L的比对情景,通过进样前摇匀这一措施,可将比对合格率提高到90%以上,远超李艳红等<sup>[2]</sup>的统计结果。

表2 基于在线监测系统法和手工法的经摇匀后进水口(污水处理厂)样品测定结果

Table 2 The results of the on-line monitoring system method and manual method after shaking the inlet (sewage treatment plant) sample

样品编号	测试次序	COD <sub>Cr</sub>				TN			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
4#	第1次	219				44.5			
	第2次	197	10.0	204	2.0	47.5	-6.7	45.7	0.7
5#	第1次	246				25.5			
	第2次	249	-1.2	239	3.6	25.7	-0.8	24.0	6.7
6#	第1次	425				33.3			
	第2次	419	1.4	445	-5.2	36.3	-9.0	34.6	0.6
7#	第1次	450				54.0			
	第2次	468	-4.0	457	0.4	57.5	-6.5	51.4	8.5
样品编号	测试次序	TP				NH <sub>3</sub> -N			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
4#	第1次	2.63				29.6			
	第2次	2.46	6.5	2.54	0.2	28.3	4.4	29.5	-1.9
5#	第1次	1.27				19.5			
	第2次	1.36	-7.1	1.22	7.8	19.9	-2.1	19.4	1.5
6#	第1次	5.36				14.9			
	第2次	5.18	3.4	5.34	-1.3	15.2	-2.0	15.0	0.3
7#	第1次	7.14				26.2			
	第2次	7.18	-0.6	7.60	-5.8	25.8	1.5	26.6	-2.3

注:依据 HJ 354—2019,在线监测系统法测定结果与手工法测定结果的相对误差在±15%以内均为合格。

表3 基于在线监测系统法和手工法的经摇匀后排放口(污水处理厂)样品测定结果

Table 3 The results of the on-line monitoring system method and manual method after shaking the discharge outlet (sewage treatment plant) sample

样品编号	测试次序	COD <sub>Cr</sub>				TN			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
8#	第1次	57.7				13.1			
	第2次	56.9	1.4	57	0.5	13.9	-6.1	13.6	-0.7
9#	第1次	26.4				7.51			
	第2次	25.8	2.3	27	-3.3	7.54	-0.4	7.45	1.0
10#	第1次	17.9				8.21			
	第2次	17.1	4.5	19	-7.9	8.22	-0.1	8.24	-0.3
11#	第1次	7.5				6.26			
	第2次	7.6	-1.3	8	-5.6	6.20	1.0	6.32	-1.4
样品编号	测试次序	TP				NH <sub>3</sub> -N			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
8#	第1次	0.19				0.04			
	第2次	0.19	0.0	0.20	-5.0	0.05	-25.0	0.046	-2.2
9#	第1次	0.15				0.111			
	第2次	0.15	0.0	0.16	-6.3	0.106	4.5	0.106	2.4
10#	第1次	0.02				0.69			
	第2次	0.02	0.0	0.02	0.0	0.63	8.7	0.639	3.3
11#	第1次	0.02				0.04			
	第2次	0.02	0.0	0.02	0.0	0.03	25.0	0.037	-5.4

注:依据 HJ 354—2019 表2,若实际水样 TP 浓度<0.4 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 浓度<1.5 mg/L、COD<sub>Cr</sub> 浓度<30 mg/L,可采用标准样品替代实际水样进行测试。

## 2.2 优化摇匀后的取样时间

由于不溶性固体对样品状态的影响较大,摇

匀后的取样时间也是影响比对结果一致性的重要因素。为优化摇匀后的取样时间,选取上海市某

家污水处理厂进水口和排放口样品,摇匀后间隔不同时间(5、10、15、20、30、60 s)取样,用手工法进行样品分析,结果见表5、表6。结果表明,对于进水口水样(不溶性固体含量约700 mg/L),随着摇匀后取样时间的缩短,测定结果的相对误差显著减小。与5 s内取样测定结果相比,30 s内取样(10、15、20、30 s)测定结果的相对误差(以绝对值计,下同)小于10%,但60 s取样测定结果的相对误差超过10%;对于排放口水样(不溶性固体

含量<10 mg/L),在设定的取样时间内,测定结果的相对误差均小于10%。对于NH<sub>3</sub>-N,进水口和出水口样品的测定结果相对误差均小于10%。HJ 354—2019规定实际样品比对的相对误差不应超过15%,因此,60 s完成取样增加了比对不合格的风险。同时,考虑到大量样品实际实验操作的可行性,对于不溶性固体含量较高的水样,10 s内完成取样既可满足手工法的质量控制要求,又不会增加比对不合格的风险。

表4 基于在线监测系统法和手工法的经摇匀后排放口(生产型企业)样品测定结果  
Table 4 The results of the on-line monitoring system method and manual method after shaking the discharge outlet (production-oriented enterprise) sample

样品编号	测试次序	COD <sub>Cr</sub>				TN			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
12#	第1次	19.2	2.6	18	5.3	8.79	2.0	8.19	6.2
	第2次	18.7				8.61			
13#	第1次	67.8	-2.7	68	1.0	24.4	7.8	23.8	-1.5
	第2次	69.6				22.5			
14#	第1次	133.9	5.7	127	2.4	24.4	1.2	22.1	9.7
	第2次	126.3				24.1			
15#	第1次	261.6	0.3	246	6.2	43.36	5.1	44.6	-5.3
	第2次	260.7				41.14			
16#	第1次	333.5	-0.5	364	-8.2	—	—	—	—
	第2次	335.1				—			
样品编号	测试次序	TP				NH <sub>3</sub> -N			
		在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %	在线法/ (mg/L)	下降比例/ %	手工法/ (mg/L)	相对误差/ %
12#	第1次	3.23	0.0	2.95	9.5	0.237	0.8	0.244	-3.3
	第2次	3.23				0.235			
13#	第1次	0.75	-1.3	0.72	4.9	4.706	1.3	4.98	-6.1
	第2次	0.76				4.646			
14#	第1次	1.36	1.5	1.49	-9.4	7.413	0.4	8.05	-8.1
	第2次	1.34				7.380			
15#	第1次	1.61	-1.2	1.52	6.6	11.34	3.2	11.6	-3.8
	第2次	1.63				10.98			
16#	第1次	—	—	—	—	25.84	-1.8	27.9	-6.6
	第2次	—				26.30			

注:依据HJ 354—2019表2,若实际水样TP浓度<0.4 mg/L、NH<sub>3</sub>-N浓度<1.5 mg/L、COD<sub>Cr</sub>浓度<30 mg/L,可采用标准样品替代实际水样进行测试。“—”表示无数据。

表5 进水口样品经摇匀后的不同取样时间的测定结果  
Table 5 The measurement results of the inlet samples at different sampling times after shaking

摇匀后取样 时间/s	COD <sub>Cr</sub>		TN		TP		NH <sub>3</sub> -N	
	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%
5	399	—	58.3	—	3.37	—	29.5	—
10	385	-3.5	56.8	-2.6	3.27	-3.0	28.5	-3.4
15	378	-5.3	55.7	-4.5	3.21	-4.7	28.4	-3.7
20	373	-6.5	53.9	-7.5	3.15	-6.5	30.1	2.0
30	365	-8.5	52.8	-9.4	3.09	-8.3	29.1	-1.4
60	355	-11.0	51.5	-11.7	3.04	-9.8	28.9	-2.0

注:相对误差是其他取样时间测定结果相对于5 s内取样测定结果的误差。“—”表示不涉及。

表6 排放口样品经摇匀后的不同取样时间的测定结果

Table 6 The measurement results of the discharge outlet samples at different sampling times after shaking

摇匀后取样 时间/s	COD <sub>Cr</sub>		TN		TP		NH <sub>3</sub> -N	
	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%	测定结果/ (mg/L)	相对误差/%
5	30	—	10.2	—	0.11	—	0.581	—
10	32	6.7	10.6	3.9	0.12	9.1	0.606	4.3
15	31	3.3	10.1	-1.0	0.11	0.0	0.572	-1.5
20	29	-3.3	9.69	-5.0	0.10	-9.1	0.566	-2.6
30	31	3.3	10.3	1.0	0.10	-9.1	0.557	-4.1
60	28	-6.7	10.0	-2.0	0.11	0.0	0.597	2.8

注:相对误差是其他取样时间测定结果相对于5 s内取样测定结果的误差。“—”表示不涉及。

### 3 结论

不溶性固体是影响 COD<sub>Cr</sub>、TP、TN 含量测定结果准确性的重要因素,废水中不溶性固体含量的一致性决定水污染源在线监测系统法与手工法比对是否合格的关键。每次进样前摇匀样品并在 10 s 内完成取样这一措施,可使样品中的不溶性固体均匀分布,使两次进入在线监测系统的样品中的不溶性固体的含量一致,保证两次平行测定结果的相对误差在 10% 以内,进而使在线监测系统法和手工法测定结果一致,达到比对合格标准。此措施可将比对合格率从低于 55% 显著提高到 90% 以上,大大提升了水污染源在线监测系统的比对合格率,并且这一措施简便、易操作、经济又环保,不但适用于污水处理厂进水口和排放口样品的验收比对,同时也适用于生产型企业排放口样品的验收比对,可在环境监测行业广泛推广。

### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 生态环境部. 水污染源在线监测系统 (COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N 等) 验收技术规范: HJ 354—2019 [ S ]. 北京: 中国环境出版社, 2019.
- [ 2 ] 李艳红, 毕彤. 废水 COD 在线监测系统现场比对试验及管理的几点建议 [ J ]. 中国环境监测, 2005, 21(4): 33-35.
- LI Yanhong, BI Tong. Suggestions on Management and Site-Test Comparison of Wastewater COD On-Line Monitoring System [ J ]. Environmental Monitoring in China, 2005, 21(4): 33-35.
- [ 3 ] 梁文海. 浅析 COD 在线自动监测仪比对结果不达标原因与对策 [ J ]. 环境, 2012(增刊 1): 79, 81.
- LIANG Wenhai. Analysis on the Causes and Countermeasures of Substandard Comparison Results of COD Online Automatic Monitor [ J ]. Environment, 2012(S1): 79, 81.
- [ 4 ] 徐玉宏. COD 在线监测仪比对结果不合格原因分析 [ J ]. 环境与可持续发展, 2011, 36(1): 24-27.
- XU Yuhong. Cause Analysis of Unqualified Comparison Results of COD Online Monitor [ J ]. Environment and Sustainable Development, 2011, 36(1): 24-27.
- [ 5 ] 黄彬, 韩增玉, 温雪山. COD 在线监测仪比对不达标原因分析 [ J ]. 三峡环境与生态, 2013, 35(增刊 1): 52-53, 58.
- HUANG Bin, HAN Zengyu, WEN Xueshan. Investigation Into Inconsistency and Inaccuracy of the Measurement from COD On-Line Analyzer [ J ]. Environment and Ecology in the Three Gorges, 2013, 35(S1): 52-53, 58.
- [ 6 ] 谢伟, 赵海荣. COD 在线仪比对监测不合格原因分析及建议 [ J ]. 污染防治技术, 2012, 25(4): 65-66.
- XIE Wei, ZHAO Hairong. The Reason Analysis and Suggestions of Disqualification About the On-Line COD Comparative Monitoring [ J ]. Pollution Control Technology, 2012, 25(4): 65-66.
- [ 7 ] 乐小亮, 倪刘健, 潘春龙. 水污染源在线监测比对中存在的问题研究 [ J ]. 环境科学与管理, 2017, 42(9): 162-166.
- YUE Xiaoliang, NI Liujian, PAN Chunlong. Existing Problems in Comparing On-Line Monitoring for Water Source Contamination [ J ]. Environmental Science and Management, 2017, 42(9): 162-166.
- [ 8 ] 谭菊, 刘舸, 谭芬芳, 等. 水污染源在线设备比对监测问题与解决方案——以长沙市在线监测系统为例 [ J ]. 环境保护科学, 2016, 42(4): 115-119.
- TAN Ju, LIU Ge, TAN Fenfang, et al. Problems and Solutions in Comparative Monitoring of the On-Line Wastewater Monitoring System—Taking the On-Line Monitoring System in Changsha as an Example [ J ]. Environmental Protection Science, 2016, 42(4): 115-119.
- [ 9 ] 刘玉川, 朱歆莹. 城市污水处理厂氨氮在线监测仪

- 表比对监测存在的问题与对策[J]. 中国资源综合利用,2018,36(2):129-131.
- LIU Yuchuan, ZHU Xinying. Problems and Countermeasures of Online Comparison Monitoring of Ammonia Nitrogen in Xuzhou Sewage Treatment Plants [ J ]. China Resources Comprehensive Utilization,2018,36(2):129-131.
- [10] 王俊璆. 污染源废水在线监测比对采样方法的探讨[J]. 能源环境保护,2018,32(5):62-64.
- WANG Junqiu. Discussion on Sampling Method for On-Line Monitoring of Pollution Source Wastewater [ J ]. Energy Environmental Protection,2018,32(5):62-64.
- [11] 殷明,朱绍萍,施敏芳. 污染源废水在线监测比对采样方法的探讨[J]. 环境科学与技术,2015,38(增刊2):260-262.
- YIN Ming, ZHU Shaoping, SHI Minfang. Study on Sampling Method for Wastewater Online Comparative Monitoring [ J ]. Environmental Science & Technology,2015,38(S2):260-262.
- [12] 孙海林,左航,贺鹏,等. 污染源水质 COD 在线仪器比对监测[J]. 中国环境监测,2014,30(4):179-182.
- SUN Hailin, ZUO Hang, HE Peng, et al. Comparison Monitoring of COD On-Line Equipment [ J ]. Environmental Monitoring in China,2014,30(4):179-182.
- [13] 左航,杨勇,贺鹏,等. 颗粒物对污染源 COD 水质在线监测仪比对监测的影响[J]. 中国环境监测,2014,30(5):141-144.
- ZUO Hang, YANG Yong, HE Peng, et al. Influence of Particulate Matter in Comparison Monitoring of COD Online Equipment [ J ]. Environmental Monitoring in China,2014,30(5):141-144.
- [14] 环境保护部. 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法: HJ 828—2017[S]. 北京:中国环境出版社,2017.
- [15] 国家环境保护局标准处. 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法:GB 11893—1989[S]. 北京:中国标准出版社,1989.
- [16] 环境保护部. 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法:HJ 636—2012[S]. 北京:中国环境科学出版社,2012.
- [17] 环境保护部. 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法:HJ 536—2009[S]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
- [18] 环境保护部. 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法:HJ 535—2009[S]. 北京:中国环境科学出版社,2010.
- [19] 金鹏康,宋利,任武昂. 城市污水处理过程中不同形态氮类营养物的转化特性[J]. 环境工程学报,2015,9(9):4 193-4 198.
- JIN Pengkang, SONG Li, REN Wu'ang. Transformation Characteristics of Different Forms of Nitrogen Nutrients in Process of Wastewater Treatment [ J ]. Chinese Journal of Environmental Engineering,2015,9(9):4 193-4 198.