ICS 13.020.040
Z10

团 体 标 准

T/CAEPI 18—2019

城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统技术指南

Technique manual of pollutant emission process（operating status）monitoring system for municipal sewage treatment plant

（发布稿）

本版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

2019-5-14 发布 2019-6-1 实施

中 国 环 境 保 护 产 业 协 会 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 排放过程（工况）监控系统的组成	2
5 排放过程（工况）监控系统的技术要求	4
6 治理设施运行状况的判定	7
7 水质在线自动监测系统监测数据的合理性判定	8
8 排放过程（工况）监控系统的技术验收	8
9 排放过程（工况）监控系统日常运行管理	9
附录 A （资料性附录）城镇生活污水处理常见关键参数	11
附录 B （资料性附录）WQMS 监测数据合理性判定方法	14

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，促进环保技术装备发展，规范城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统的建设工作，统一城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统的性能与功能指标，制定本文件。

本文件规定了城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统的组成、技术要求、治理设施运行状况的判定、水质在线自动监测系统监测数据的合理性判定、技术验收和日常运行管理。

本文件为首次发布。

本文件由中国环境保护产业协会组织制订。

本文件起草单位：中环协（北京）认证中心、北京万维盈创科技发展有限公司、聚光科技（杭州）股份有限公司。

本文件主要起草人：王则武、廖小卿、赵飞雪、张纯、尚光旭、岳子明、高晓晶、张吉臣、姬洪波、杜庆昌。

本文件由中国环境保护产业协会 2019 年 5 月 14 日批准。

本文件自 2019 年 6 月 1 日起实施。

本文件由中国环境保护产业协会负责管理和解释，在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲 4 楼，邮编 100037）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统技术指南

1 适用范围

本文件规定了城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统的组成、技术要求、治理设施运行状况的判定、水质在线自动监测系统监测数据的合理性判定、技术验收和日常运行管理。

本文件适用于城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统。

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 6587 电子测量仪器通用规范

GB/T 18268.1 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分：通用要求

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ/T 355 水污染源在线监测系统运行与考核技术规范

DL/T 5136 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程

DL/T 5137 电测量及电能计量装置设计技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 过程（工况）监控系统（process (operating status) monitoring systems，PMS）

监测、分析影响污染物排放的污染源的生产设施、治理设施运行的关键参数，并提供关键参数的永久性记录所需的全部设备及应用软件组成的系统。

3.2 水质在线自动监测系统（water quality on-line automatic monitoring system，WQMS）

连续监测排放污水（废水）水质参数所需的采样、样品调节、分析和提供永久记录或过程参数的全部设备。

3.3 过程控制的对象链接与嵌入（object linking and embedding for process control，OPC）

由一套标准的接口、属性和方法组成的用于过程控制和制造业的自动化中的一种软件接口标准。

4 排放过程（工况）监控系统的组成

4.1 一般规定

PMS 由参数监测、数据采集传输、数据分析判定、应用软件等四个子系统组成。其系统示意图见图 1。

4.2 参数监测子系统

由传感器、信号分离器等组成，可准确、完整、系统地获取污染物排放数据、工艺关键参数及生产设施与治理设施运行的关键参数数据。

4.3 数据采集传输子系统

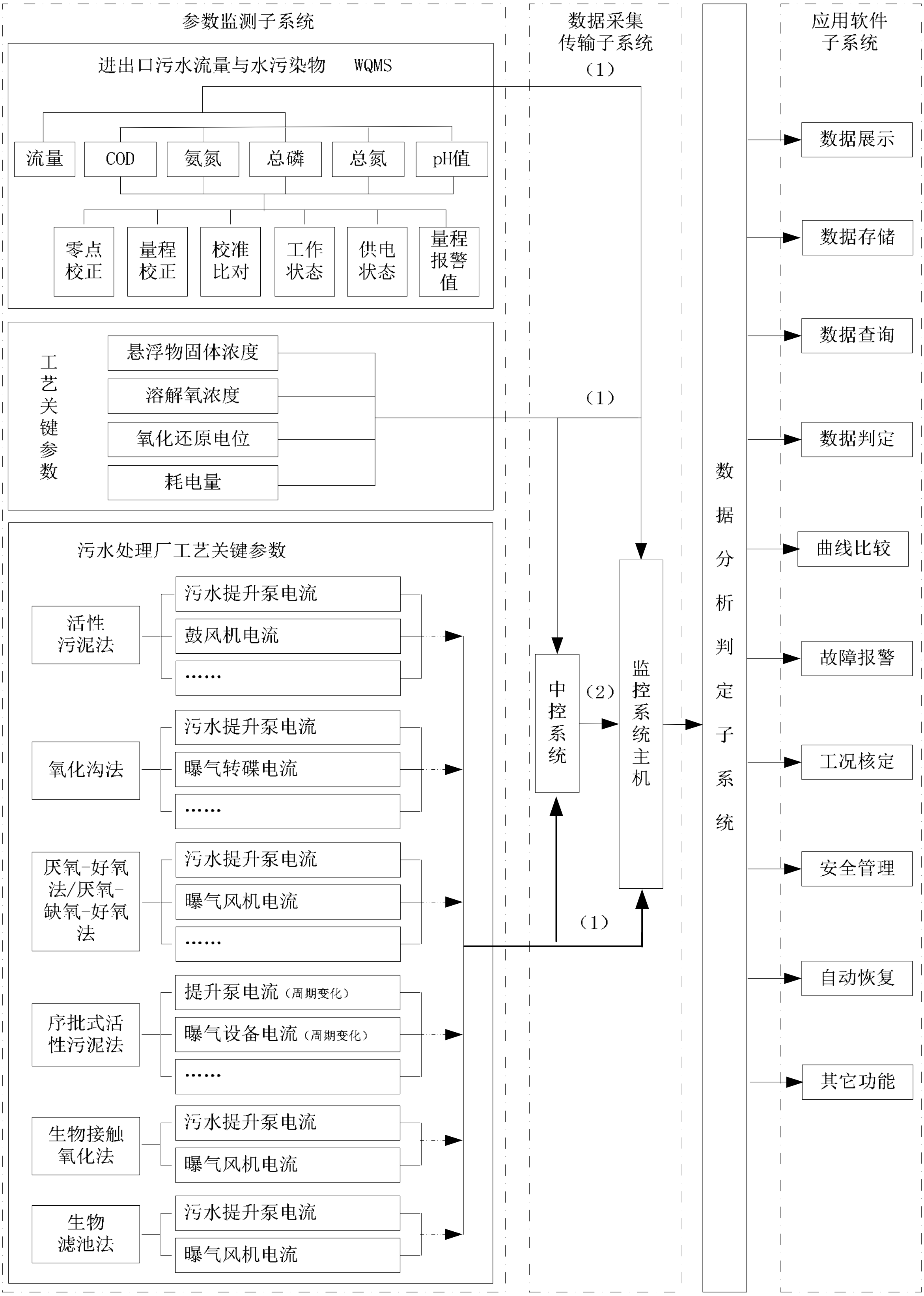
由数据采集转换模块、OPC 数据采集软件、监控系统主机、局域网组网设施等组成，可实现数据的采集、存储、传输等功能。

4.4 数据分析判定子系统

对监测子系统数据进行统计分析，判定和统计治理设施运行状态，进行工况核定等。

4.5 应用软件子系统

可实现数据展示、数据存储、数据查询、故障报警等功能。



注：“- · - · - ▶”表示采用任一种污水处理工艺技术，污水处理厂工艺关键参数部分仅展示部分治理设施运行的单个设备运行参数，工艺关键参数、污水处理厂工艺关键参数数据可用方式（1）直接获取或方式（2）间接获取，示意图仅表示单个污水处理工艺的参数采集、污染物监测、数据传输以及与中心端监控平台的连接和部分功能。

图1　城镇污水处理厂污染排放过程（工况）监控系统示意图

5　排放过程（工况）监控系统的技术要求

5.1 参数监测子系统

参数监测子系统的要求，参见附录A。

5.2 数据采集传输子系统

5.2.1 排放过程（工况）监控数据获取

排放过程（工况）监控数据的获取主要采用直接获取和间接获取两种方式，应根据数据来源要求和现场实际情况进行选择。

5.2.1.1　直接获取数据

通过硬接线方式从监控生产设施和治理设施的运行参数和电气参数的仪器仪表端直接采集数据。

a. 将从治理设施，如提升泵、鼓风机、转碟、污泥回流泵、污泥脱水机等产生的强电信号转换为（4~20）mA模拟量信号进行采集。

b. 现场应加装信号隔离器，在弱电流信号进入分布式控制系统（DCS）或中控系统之前进行一分二的截取。

c. 通过RS232/RS485数字输入通道对在线仪器、工艺过程分析仪表直接进行数据或者状态的采集与传输。

5.2.1.2　间接获取数据

通过与企业的中控系统、数据采集传输仪连接获取监控生产设施和治理设施的运行参数和电气参数的数据。

5.2.2　信号接入要求

5.2.2.1　采用直接获取方式的 PMS，至少应具备 32 个模拟量输入通道，应支持（4~20）mA 电流输入或（1~5）V 电压输入，应至少达到 12 位分辨率；至少应具备 2 个 RS232/485 数字输入通道，用于连接在线仪器、工艺过程分析仪表；备 2 个以太网口，用于从数据采集传输仪或企业中控系统读取数据。

5.2.2.2　对于模拟量输入信号，开关量输入（输出）信号，应采用屏蔽电缆，宜采用屏蔽双绞电缆，屏蔽层应单端接地。

5.2.2.3　模拟信号应隔离，以增强现场与远传信号的可靠性，所安装的电流互感器、信号隔离器应采用适应实际工况需要的规格型号，保证参数的准确采集。

5.2.2.4　如果信号电缆和电源电缆之间的间距小于 15cm，应在信号电缆和电源电缆之间设置屏蔽用的金属隔板，并将隔板接地，避免交叉走线，以减少干扰；当信号电缆和电源电缆垂直方向或水平方向分离安装时，信号电缆和电源电缆之间的间距应大于 15cm。

5.2.2.5　采用间接方式获取数据时，应屏蔽编写操作，系统只能读取，以避免对中控系统数据造成干扰。

5.2.2.6　依据电力系统二次安全防护的要求，在污水处理厂采用间接获取数据方式时应加装单向物理隔离装置。

5.2.2.7　PMS 同设备现场之间的接线应符合 DL/T 5136 的要求，所采用的硬件采集设备应符合 DL/T 5137 的要求。

5.2.3　数据传输

中控系统与 PMS 的数据传输应符合 IEC60875-5-104 规约、HJ 212 标准要求。

5.2.4　信号采集误差要求

模拟量采集传输过程中产生的误差应小于 1‰。

5.2.5　系统时钟计时误差

系统时钟时间控制 24h 内误差不超过±0.1‰，并能通过平台对系统时钟进行校准。

5.2.6　数据采集子系统硬件要求

5.2.6.1　环境适应能力

适应温度、湿度环境的能力应符合 GB/T 6587 中环境组别为Ⅱ组的相关要求，抗振动性能应符合 GB/T 6587 中相关要求，抗电磁干扰能力应符合 GB/T 18268.1 中有关要求。

5.2.6.2　安全要求

5.2.6.2.1　绝缘阻抗应不小于 20MΩ。

5.2.6.2.2　在正常大气条件下，应能承受频率为 50Hz、有效值为 1500V 的正弦交流电压 1min，应无飞弧和击穿现象。

5.3　数据分析判定子系统

5.3.1　数据判定

利用监控生产设施和治理设施的关键参数、数据统计分析、数学模型等方法判定设施的运行状态和 WQMS 监测数据的合理性。

5.3.2 工况核定

判定治理设施的投运、停运及运行状况，并核定运行状况有效或无效，以保证精确的统计治理设施的有关数据及核定监控污染物的排放总量。分析各种运行状况下监控参数数据的变化趋势。

5.4 应用软件子系统

5.4.1 数据展示

应能实时显示传送的进出口污染物排放实测数据和与监控污染物排放相关的统计数据，如流量、氨氮、TP、SS、去除效率等。

显示数据时应以折线或柱形图体现数据的变化趋势，可使用光标点击数据格式图显示可选择的数据，显示污染物去除效率基准、允许波动范围和实测污染物去除效率值变化动态图形等。

5.4.2 数据存储

存储容量不低于500G，能保存1年及以上的分钟数据。存储单元应具备断电保护功能，断电后所存储数据不丢失。可通过磁盘、U盘、存储卡或专用软件导出数据。

5.4.3 数据查询

应可查询实时数据、历史数据、异常报警记录等。

5.4.4 曲线比较

应能比较监控的设施运行参数数据、排放污染物、生产设施与治理设施关联参数数据的小时、日、月变化曲线，能对不同污水处理厂的同类指标作比较等。

5.4.5 故障报警

应能对生产设施和治理设施运行中出现的故障或异常情况实时报警，并能记录和查询报警。并对报警内容进行推送，跟踪报警处理措施和处理结果，形成报警信息闭环管理。

5.4.6 安全管理

应具有安全管理功能，操作人员需登录工号和密码后，才可进入控制界面。安全管理功能应为二级系统操作管理权限。

5.4.7 自动恢复

设备开机应自动运行，当停电或设备重新启动后，无需人工操作，自动恢复运行状态并记录出现故障时的时间和恢复运行时的时间。

5.4.8 运行指示

设备应有电源、运行、故障、报警状态的运行指示。

5.4.9 后备电源

外部电源停止供电后，后备电源可以持续供电，持续工作时间不低于 6h；外部电源正常供电时，可以对后备电源充电。

5.4.10 其他功能

按有关标准的规定标识数据，提供多种报告和数据汇总表，如：WQMS 监测数据与设施运行监控参数数据一致性的逻辑比对，保证 WQMS 监测数据准确性的质量保证和质量控制措施的审核，有关标准、文件（指令、办法）规定提交的报表等；通过传输网络按 HJ 212 标准的要求向上级部门的监控中心传输信息，发出和应答指令。

6 治理设施运行状况的判定

6.1 处理设施未投入运行

a. 提升泵未开启（全部提升泵电流小于额定电流的 10%）。

b. 鼓风机未开启（全部鼓风机电流小于额定电流的 10%）。

c. 回流泵未开启（全部回流泵电流小于额定电流的 10%）。

6.2 处理设施未正常运行

6.2.1 传统活性污泥法处理设施未正常运行

a. 提升泵、鼓风机、剩余污泥泵、污泥回流泵、污泥脱水机等设备运转率偏离设计值±30%，设备运转率计算方法见式（1）。

$$r = \frac{Q1}{Q1+Q2} \times 100\% \tag{1}$$

式中：

r——设备运转率，%；

Q1——设备运转时间，h；

Q2——设备停运时间，h；

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

6.2.2 氧化沟法处理设施未正常运行

a. 提升泵、曝气风机、剩余污泥泵、污泥回流泵、污泥脱水机等设备运转率偏离设计值±30%，

设备运转率计算方法同式（1）。

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

6.2.3 厌氧-好氧法/厌氧-缺氧-好氧法处理设施未正常运行

a. 提升泵、曝气风机、污泥回流泵、剩余污泥泵、污泥脱水机等设备运转率偏离设计值±30%，设备运转率计算方法同式（1）。

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

6.2.4 序批式活性污泥法处理设施未正常运行

a. 提升泵、曝气风机、剩余污泥泵、污泥回流泵、污泥脱水机等设备运转率偏离设计值±30%，设备运转率计算方法同式（1）。

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

6.2.5 生物接触氧化法处理设施未正常运行

a. 提升泵、曝气风机、剩余污泥泵、污泥脱水机等设备运转率偏离设计值±30%，设备运转率计算方法同式（1）。

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

6.2.6 生物滤池法处理设施未正常运行

a. 提升泵、曝气风机、剩余污泥泵等设备运转率偏离设计值±30%，设备运转率计算方法同式（1）。

b. 单位耗电总量偏离正常值的±30%。

7 水质在线自动监测系统监测数据的合理性判定

在生产设施和治理设施正常运行条件下，运用 PMS 采集影响污染物排放的关键参数数据，经与污染物排放数据关系的统计分析或建立的数学模型，判定 WQMS 监测污染物排放数据的合理性。

常用的判定方法有：比能耗法判定 WQMS 监测数据合理性、污泥排放系数法判定 WQMS 监测数据合理性、混合液污泥浓度（MLSS）、溶解氧（DO）判定 WQMS 监测数据合理性、数据逻辑关联法判定 WQMS 监测数据合理性、模型法判定 WQMS 监测数据合理性。判定方法参见附录 B。

8 排放过程（工况）监控系统的技术验收

8.1 技术验收条件

a. PMS 应安装完毕，连续稳定运行 168h 后，确保 PMS 所采集数据与一次仪表测量数据一致；进入调试阶段，调试要求技术指标达到本文件提出的技术要求，用于判定治理设施运行状况和 WQMS 监测数据合理性的方法试验数据齐全，在 PMS 的运行中执行了日常的质量保证和质量控制计划并提供证明实施了计划的原始记录。

b. 数据采集仪、数据采集隔离器等核心部件应经有关部门检测合格，PMS 具有环境保护产品认证证书并在有效期内。安装部件与证书的型号相符。

c. 数据采集和传输以及通信协议均应符合 HJ 212 的要求，并提供一个月内数据采集和传输自检报告，报告应当对数据传输标准的各项内容做出响应。

具备上述条件后方可组织实施技术验收。

8.2 现场检查

主要检查设备安装、运行维护、故障发生及处理、设备运行稳定性、设备功能设置等。

a. 检查设备安装是否齐全，满足治理设施过程（工况）监控的需要；安装位置是否符合有关标准的要求；维护、检修、更换设备是否方便，易于接近；是否安全可靠。

b. 检查开展设备日常维护，保证设备正常运行开展的实际活动，如：仪器的漂移检查和校准，关键设备及采样装置的目视检查及记录。

c. 检查故障发生及处理，经常发生的故障、原因分析、采取的应急处理措施；是否采取在故障发生前的预防性措施，如：提前更换部件。

d. 检查设备运行稳定性，主要是查看设备的各种功能是否正常，判定设备是否能稳定运行。

e. 检查数据一致性，查看 PMS 所采集数据偏差是否小于 1‰。

f. 检查设备功能设置，查看设备的基本功能是否齐全。

g. 检查操作手册、仪器说明书等相关技术文件。

h. 检查软件功能是否满足 5.4 的要求。

8.3 实际测试

当现场检查完毕确认需要通过实际测试校验提供近期的 WQMS 准确度测试结果时，可进行实际测试。实际测试应委托第三方有检测资质的单位，在商定的时间内完成。测试项目的多少可根据具体情况处理，但应能对现场检查发现问题的疑虑作出解答。

9 排放过程（工况）监控系统日常运行管理

9.1 制订运行管理规程

从事 PMS 日常运行管理的单位和部门应根据本文件、HJ/T 355 标准的要求编制 PMS 的运行管理规程、质量保证和质量管理计划，明确运行操作人员和维护人员的工作职责。

9.2 参数传感器的质量保证和质量控制

监控治理设施的传感器应按照设计的要求，定期用自动或手动的方法判定关键参数传感器是否存在缺陷。

9.3 日常巡检与维护

配备相应的人力、物力资源（常用工具、通讯设备、交通工具等），由专人负责环保设备和监控设备的日常维护。巡检包括系统各种设备的运行状况，查看判定运行状况的主要参数是否在设备正常运行、检测的范围内。

PMS 的日常维护主要针对以下几方面：

a. 不定时检查维护易损易耗件；

b. 设备经长期使用，元件自然老化导致的设备损坏故障维护；

c. 在运行过程中，由于电压、电流的不稳定，导致的设备损坏故障；

d. 由于线路受损导致的信号传输故障；

e. 由于施工质量或未采取防雷措施等造成的施工质量故障等。

附录 A

（资料性附录）

城镇生活污水处理常见关键参数

表 A　城镇生活污水处理常见关键参数

类别	工艺类型	监控对象	主要记录参数
污水处理厂进口污水流量与水污染物	—	进口流量	测量值
		进口 COD	测量值
		进口氨氮	测量值
		进口总磷	测量值
		进口总氮	测量值
		进口 pH	测量值
		其它	—
污水处理厂出口污水流量与水污染物	—	出口流量	测量值
		出口 COD	测量值
		出口氨氮	测量值
		出口总磷	测量值
		出口总氮	测量值
		出口 pH	测量值
		其它	—
污水处理厂设计参数	—	日处理量	设置量
		日化学需氧量去除总量	设置量
		日氨氮去除总量	设置量
		日总磷去除总量	设置量
		日总氮去除总量	设置量
		日无机絮凝剂使用量	设置量
		混合液污泥浓度	设置量
		比能耗	设置量
		产泥系数	设置量
		全厂运行总电量	测量值
工艺关键参数	传统活性污泥法	污水提升泵	工作电流
		鼓风机	工作电流
		鼓风量	测量值
		混合液污泥浓度	测量值
		生化池溶解氧浓度	测量值
		剩余污泥泵	工作电流
		污泥回流泵	工作电流
		污泥回流量	测量值
		剩余污泥量	测量值
		污泥脱水机	工作电流
		提升泵池液位	测量值
		储泥池液位	测量值
		加药量	测量值
		生化池氧化还原电位	测量值
	氧化沟法	污水提升泵	工作电流
		曝气风机	工作电流
		生化池污泥浓度	测量值

类别	工艺类型	监控对象	主要记录参数
		厌氧池溶解氧浓度	测量值
		缺氧池溶解氧浓度	测量值
		好氧池溶解氧浓度	测量值
		剩余污泥泵	工作电流
		污泥回流泵	工作电流
		污泥回流量	测量值
		剩余污泥量	测量值
		污泥脱水机	工作电流
		搅拌器	工作状态
		缺氧池氧化还原电位	测量值
		好氧池氧化还原电位	测量值
		提升泵池液位	测量值
		储泥池液位	测量值
		加药量	测量值
	厌氧-好氧法 厌氧-缺氧-好氧法	污水提升泵	工作电流
		曝气风机	工作电流
		供气量	测量值
		生化池污泥浓度	测量值
		厌氧池溶解氧浓度	测量值
		缺氧池溶解氧浓度	测量值
		好氧池溶解氧浓度	测量值
		污泥回流泵	工作电流
		剩余污泥泵	工作电流
		剩余污泥量	测量值
		污泥脱水机	工作电流
		搅拌器	工作状态
		缺氧池氧化还原电位	测量值
		好氧池氧化还原电位	测量值
		提升泵池液位	测量值
		储泥池液位	测量值
		加药量	测量值
	序批式活性污泥法	污水提升泵	工作电流
		曝气风机	工作电流
		序批式活性污泥池污泥浓度	测量值
		序批式活性污泥池溶解氧浓度	测量值
		剩余污泥泵	工作电流
		污泥回流泵	工作电流
		污泥回流量	测量值
		剩余污泥量	测量值
		污泥脱水机	工作电流
		搅拌器	工作状态
		冲水时间	设置值
		曝气搅拌时间	设置值
		沉淀排水时间	设置值
		曝气搅拌时氧化还原电位	测量值

类别	工艺类型	监控对象	主要记录参数
		提升泵池液位	测量值
		储泥池液位	测量值
	生物接触氧化法	污水提升泵	工作电流
		曝气风机	工作电流
		接触氧化池污泥浓度	测量值
		接触氧化池溶解氧浓度	测量值
		剩余污泥泵	工作电流
		剩余污泥量	测量值
		污泥脱水机	工作电流
		提升泵池液位	测量值
		储泥池液位	测量值
		加药量	测量值
	生物滤池法	污水提升泵	工作电流
		曝气风机	工作电流
		污泥浓度	测量值
		溶解氧浓度	测量值
		剩余污泥泵	工作电流

附录 B
（资料性附录）
WQMS 监测数据合理性判定方法

B.1 比能耗法判定 WQMS 监测数据合理性

在污水处理过程中治理设施的运行会产生电耗，因此通过分析处理单位污水所使用的电耗来衡量治理设施运行情况以及 WQMS 监测数据合理性。污水处理厂能源主要消耗在三个方面，污水提升泵：一般情况下，污水都需要提升泵提升到一定高度形成水位差，以便后续处理；生化处理系统：处理过程都需要用鼓风机、搅拌器等进行供氧，同时为了提高污水处理效果还需要一定量的回流，内外回流泵也会消耗一部分能量；污泥处理系统：污泥处理阶段需要对污泥进行浓缩脱水以及外运。

B.1.1 比能耗判定基准

比能耗分析方法：比能耗法是指将每处理单位体积的污水所消耗的能耗折算为电能表示。见表 B.1 和表 B.2。

B.1.2 实际比能耗计算

实际比能耗的计算方法如式（B.1）。

$$\mathrm{H}=\sum_{m=1}^{M}\frac{\sum\sum_{n=1}^{N}I\times U\times l}{\sum B_n\times l} \tag{B.1}$$

式中：

H——所有设备一周期内的总能耗，kW；

M——指设备类别数，类；

m——m=1，第一类设备；

N——同类型设备的台数，台；

n——n=1，第一台设备；

I——该类设备获取的瞬时电流，A；

U——设备的额定电压，V；

l——获取实时数据的时间间隔，h；

B_n——获取的瞬时流量，m^3/h。

B.1.3 结果的比较

根据比能耗法估算结果与通过监测治理设施运行电流而计算的结果，计算相对误差，根据相对误差公式，判定 WQMS 数据的合理性。

B.2 污泥排放系数法判定 WQMS 监测数据合理性

活性污泥法是以活性污泥为主体的废水生物处理方法，利用活性污泥的生物凝聚、吸附和氧化

作用，以分解去除污水中的有机污染物。然后使污泥与水分离，大部分污泥再回流到曝气池，多余部分则排出活性污泥系统。因此可通过分析污泥排放量的方式来判定 WQMS 监测数据合理性。

B.2.1 污泥排放量判定基准

B.2.1.1 排放系数法判定污泥排放量

城镇污水处理厂污泥排放量核算：

一级处理（含一级强化处理）的核算与校核可按式（B.2）进行：

$$S = k_1 Q + k_3 C \tag{B.2}$$

二级处理（含深度处理）：

情况一：无初沉池情况的核算与校核可按式（B.3）进行：

$$S = r k_2 P + k_3 C \tag{B.3}$$

情况二：设初沉池情况的核算与校核可按式（B.4）进行：

$$S = k_1 Q + 0.7 k_2 P + k_3 C \tag{B.4}$$

式中：

S——污水处理厂含水率 80％的污泥产生量，t/年；

k_1——城镇污水处理厂的物理污泥产生系数，t/万 t-污水处理量，系数取值见表 B.3；

k_2——城镇污水处理厂的生化污泥产生系数，t/t-化学需氧量去除量，系数取值见表 B.4；

k_3——城镇污水处理厂或工业废水集中处理设施的化学污泥产生系数，t/t-絮凝剂使用量，系数取值见表 B.5；

r ——进水悬浮物浓度修正系数，无量纲。当进水悬浮物全年平均浓度较低时（<100mg/L），取值为 1.0；当进水悬浮物全年平均浓度中等时（≥100mg/L，且<200mg/L），取值为 1.3；当进水悬浮物全年平均浓度较高时（≥200mg/L），取值为 1.6。如果缺乏进水悬浮物浓度参考数据，可按中等浓度条件取值，即取为 1.3。但在异常数据核查中，应重点核对污水处理厂的监测记录，并根据实际进水悬浮物浓度范围确定是否需要调整该参数进行重新校核或核算。

Q——污水处理厂的实际污（废）水处理量，万 t/年；

P——城镇污水处理厂的化学需氧量去除总量，t/年；

C——污水处理厂的无机絮凝剂使用总量，t/年。

B.2.1.2 指针法判定污泥排放量

按式（B.5）计算每日产泥量：

$$S = Q_i \times \left\{ SS_i \times \frac{R_1}{100} + \left[SS_i \times \left(1 - \frac{R_1}{100}\right) - SS_e \right] \times \frac{R_2}{100} \right\} \times \frac{1}{10^3} \tag{B.5}$$

式中：

S——每日产泥量，kg/d；

Q_i——最大日污水量，m^3/d；

SS_i——进水 SS 浓度，mg/L；

SS_e——出水 SS 浓度，mg/L；一般按 10mg/L～30mg/L 考虑；

R_1——初沉池 SS 去除率，%；

R_2——反应池内去除单位 SS 量的产泥率，%。

不同水处理工艺的初沉池 SS 去除率、反应池内去除单位 SS 量的产泥率与污泥浓度见表 B.6。

按式（B.6）计算湿污泥体积：

$$Q_S = S \times \frac{100(\%)}{\text{污泥浓度}(\%)} \times \frac{1(m^3)}{1000(kg)} (m^3/d) \tag{B.6}$$

式中：

Q_S——每日湿污泥体积，m^3/d；

S——每日产泥量，kg/d。

B.2.2　结果的比较

依据污泥排放量估算结果（t/d）及剩余污泥流量计算结果（t/d），按式（B.7）计算相对误差，若$R_{ep} \le 20\%$，判定 WQMS 数据合理。

$$R_{ep} = \left| \frac{N_{WQMS} - M_{WQMS}}{M_{WQMS}} \right| \times 100\% \tag{B.7}$$

式中：

R_{ep}——相对误差，%；

N_{WQMS}——判定数据；

M_{WQMS}——WQMS 测定数据。

B.3　MLSS、DO 判定 WQMS 监测数据合理性

依据有关标准规定，不同工艺在不同阶段其 MLSS、DO 要在合理的范围内才能确保出水水质达标。

B.3.1　MLSS、DO正常判定范围

标准规定不同的处理工艺流程 MLSS、DO 的正常范围见表 B.7。

B.3.2　结果的比较

测定的数据在对应的范围内则判定出水水质正常，反之出水水质异常。

B.4　数据逻辑关联法判定 WQMS 监测数据合理性

数据逻辑关联法通过抽取污水处理厂正常运行情况下影响出水水质的关键参数之间的逻辑关系来衡量数据关系是否正常，由多个逻辑关系结果来判定 WQMS 监测数据合理性。

B.4.1　正向逻辑关联

指某个参量的值在一定周期内的增大或者减小会导致另一个或多个参量值的增大或者减小。按以下关系式计算：

假设比较Q_n和P_n的正向逻辑关联，有以下几种情况：

（1）当$Q_{n1} = Q_{n2}$时，$P_{n1} = P_{n2}$，则符合正向逻辑关联；

（2）当$Q_{n1} \neq Q_{n2}$时，令$\eta = \frac{P_{n1}-P_{n2}}{Q_{n1}-Q_{n2}}$，当$\eta > 0$时，则符合正向逻辑关联；

（3）当$Q_{n1} \neq Q_{n2}$时，令$\eta = \frac{P_{n1}-P_{n2}}{Q_{n1}-Q_{n2}}$，当$\eta < 0$时，也不能断定他们不符合正向逻辑关联，考虑到数据在原有的基础上，产生很小的波动也是正常的，于是有了偏离额度∇。

此情况判断如下：令$\alpha = |P_{n1}-P_{n2}|$，$\beta = |Q_{n1}-Q_{n2}|$

当$\alpha \leq \nabla_P$并且$\beta \leq \nabla_Q$时，则符合正向关系。

变量说明：

Q_{n1}——元素Q_n当前值；

Q_{n2}——元素Q_n上一个步长的值；

P_{n1}——元素P_n当前值；

P_{n2}——元素P_n上一个步长的值；

η——Q_n和P_n的变化比值；

α——Q_n的偏离值；

β——P_n的偏离值；

∇_P——P_n的偏离额度；

∇_Q——Q_n的偏离额度。

B.4.2　反向逻辑关联

指某个参量的值在一定周期内的增大或者减小会导致另一个或多个参量值的减小或者增大。按以下关系式计算：

比较Q_n和P_n的反向关系，同样有以下几种情况：

（1）当$Q_{n1} = Q_{n2}$时，$P_{n1} = P_{n2}$，则符合反向逻辑关联；

（2）当$Q_{n1} \neq Q_{n2}$时，令$\eta = \frac{P_{n1}-P_{n2}}{Q_{n1}-Q_{n2}}$，当$\eta < 0$时，则符合反向逻辑关联；

（3）当$Q_{n1} \neq Q_{n2}$时，令$\eta = \frac{P_{n1}-P_{n2}}{Q_{n1}-Q_{n2}}$，当$\eta > 0$时，也不能断定他们不符合反向逻辑关联，有偏离额度$\nabla$。

此情况判断如下：令$\alpha = |P_{n1}-P_{n2}|$，令$\beta = |Q_{n1}-Q_{n2}|$，

当$\alpha \leq \nabla_P$并且$\beta \leq \nabla_Q$时，则符合反向关系。

B.4.3　吻合逻辑关联

指多个参量的值在一定周期内的数据为吻合趋势，计算式如下：

比较Q_n和P_n之间的吻合逻辑关联Q_n和P_n获取一个周期 T 内的值，都会获取 N 个，可以把$Q_{nx}(1 \leq x \leq N, x \in Z)$作为y轴，时间为x轴，那么这些点在x轴上是等距的，然后拟定一条过这些点的曲线$Q_n(x)$，同理，得出$P_n(x)$，分别比较两条曲线在 N 个点的导数值，从而得出相似度。

步骤如下：

先令$Q_n(x) = a_0 + a_1(x\text{-}x_0) + \cdots + a_n(x\text{-}x_n) \ldots (x\text{-}x_n)(1 \leq n \leq N，N \in Z)$，以下需要做的就是求系数；

令$t = x_i\text{-}x_{i\text{-}1}$

$$Q_n(x_0) = y_0 \rightarrow\ a_0 = y_0$$

$$Q_n(x_1) = y_1 \rightarrow\ a_1 = \frac{y_1 - y_0}{t} = \frac{\triangle\, y_0}{t}$$

$$Q_n(x_2) = y_2 \rightarrow\ a_2 = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2t^2} = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2!\,t^2} = \frac{\triangle^2\, y_0}{2!\,t^2}$$

$$Q_n(x_k) = y_k \rightarrow a_k = \frac{\triangle^k\, y_0}{k!\,t^k}$$

将得出的a_0到a_n带入函数表达式，得出$Q_n(x)$。

用上述同样的方法得出$P_n(x)$。

将曲线对求x导，即：$Q_n(x) = a_1 + a_2(x\text{-}x_1)(x\text{-}x_2) + \cdots + a_N \sum_{j=1}^{N} \prod_{i=1,i\neq j}^{N}(x\text{-}x_i)$，将这些离散点的x值代到此表达式中，即可求出每个点的导数值$R_{nx}(1 \leq x \leq N, x \in Z)$。同理得出$P_n(x)$在各点的导数值$S_{nx}(1 \leq x \leq N, x \in Z)$。

令$\varphi = |R_{nx}\text{-}S_{nx}|(1 \leq x \leq N, x \in Z)$，假如每个点吻合的范围值是(m，n)，设满足条件$(m < \varphi < n)$的点的个数为 s 个，则可知吻合度$\eta = \frac{s}{N}(s \leq N)$

变量说明：

h——步长；

a_n——函数表达式的系数；

R_{nx}——$Q_n(x)$每个点的导数值；

S_{nx}——$P_n(x)$每个点的导数值；

φ——每个对应点$Q_n(x)$和$P_n(x)$导数的差值；

s——符合吻合范围的点的个数；

η——吻合度；

Q_n、P_n——要比较吻合度的元素；

$Q_n(x)$、$P_n(x)$ ——两个元素的数值关于时间的函数表达式。

B.4.4 范围逻辑关联

指某个或多个参数在某一范围内，会导致另外一个或多个参数在合理范围内，按以下关系式计算：

当$\alpha = 0$并且$\beta = 0$时，认为Q_n无上下限，始终合理；

当$\alpha \neq 0$或者$\beta \neq 0$时，当$\alpha \leq Q_n \leq \beta$时，则认为$Q_n$合理；

变量说明：

Q_n——需要判断的值；

α——元素的下限；

β——元素的上限。

B.4.5　**逻辑权重数值**

利用多个逻辑关联关系的结果来整体评价 WQMS 监测数据合理性，按式（B.8）计算。

$$M=\sum_{x=1}^{N} g_x b_x\ (x\in Z) \tag{B.8}$$

变量说明：

M——WQMS 监测数据合理性程度；

N——参加逻辑关联关系的个数；

g_x——逻辑关系结果；

b_x——每个逻辑关系结果在 WQMS 监测数据合理性中占有的权重。

B.5　**模型法判定 WQMS 监测数据合理性**

利用 PMS 和 WQMS 获得的大量实际测定数据，建立以现场操作数据集为基础，不需要运用污染物形成和破坏过程的理论知识（例如流体动力学、热动力学或化学反应）的黑箱模型，包括人工神经网络模型（静态的、动态的、周期性的）和识别模型（线性回归模型、非线性回归模型、回归滑动平均模型）。把模型预测的结果与 WQMS 在相应时间测定污染物的结果相比较，相对误差≤25%时，判定 WQMS 监测数据合理。

B.5.1　**神经网络法建模**

a. 确定影响污染物产生的独立的输入变量和因变量，设 x 为输入，y 为输出，n 为输入节点数，m 为输出节点数，q 为隐节点数，u 为输入层权值，w 为输出层权值，其神经网络模型的结构如图 2 所示：

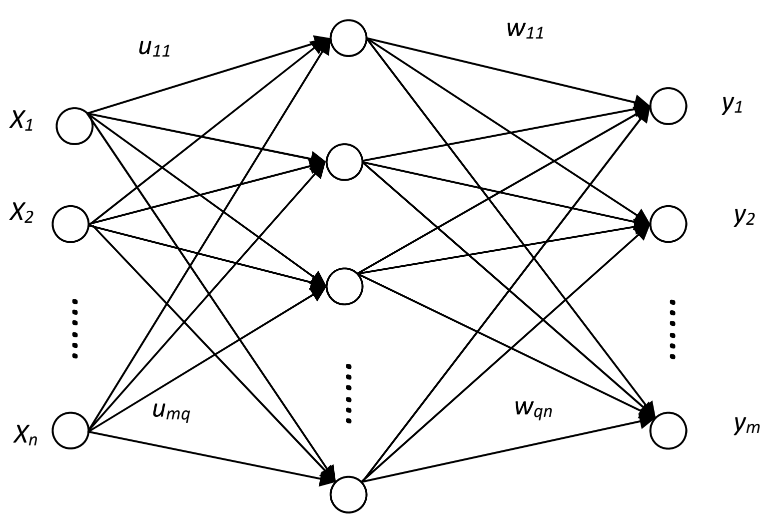


图2 神经网络模型结构示意图

b. 剔除异常数据。对于异常数据的处理采用的是统计假设检验法中的拉依达准则（3σ 准则），

设样本数据为$x_1, x_2, \dots, x_n$，平均值为$\bar{x}$，偏差为$v_i = x_i\text{-}\bar{x}(i = 1,2, \dots n)$，按照 Bessel 公式计算出标准偏差，计算方法如式（B.9）。

$$s = \sigma = [\sum v_i^2 / (n-1)]^{1/2} \tag{B.9}$$

如果某一样本数据x_i的偏差$v_i(1 \le i \le n)$满足式（B.10）：

$$|v_i| > 3\sigma \tag{B.10}$$

则认为x_i是异常数据，应予剔除。

c. 数据归一化处理。对样本数据零均值标准化方法进行归一化处理，所谓对数据的归一化处理，是对数据同时进行中心化——压缩处理，数学表达式如式（B.11）：

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}\text{-}\bar{x}_j}{s_j} \quad i = 1,2, \dots n;\ j = 1,2, \dots, p \tag{B.11}$$

经过数据的归一化处理后，可使得各变量的均值为 0，标准差为 1，进而消除由于不同特征因子量纲不同和数量级不同所带来的影响。

d. 建立模型。采用标准 BP 网络算法，由两部分组成：信息的正向传递与误差的反向传播。在正向传递的过程中，BP 网络的信号由输入层经过隐含层，一层一层地向前传递，直到传递到输出层，并产生其输出信号，每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。BP 网络工作时信号前馈的信息处理方式是前向型网络的特征。如果在输出层没有得到期望的输出，则计算输出层的误差变化值，然后转为反向传播，通过网络将误差信号沿原来的连接通路反传回来修改各层神经元的权值直到达到期望目标。

算法步骤：定义能量函数，设有样本集合，如式（B.12）：

$$\mathrm{Smpl} = \{(X^{(s)}, Y^{(s)}) | s = 1,2, \dots, N\} \tag{B.12}$$

式中$(X^{(s)}, Y^{(s)})$，为第 s 个样本对：$X^{(s)} = (x_1{}^{(s)}, x_2^{(s)}, x_m^{(s)})^T$为样本输入模式，$Y^{(s)} = (y_1{}^{(s)}, y_2^{(s)}, y_m^{(s)})^T$为样本期望输出；N 为样本数，s 为样本序号。$X(k,s) = (y_1(k,s) \dots y_n(k,s))^T, X(k,s) = X^{(s)}$为 BP 网络在第 k 轮对第 s 个样本进行学习时的输入，其产生的输出，如式（B.13）：

$$X(k,s) = (y_1(k,s) \dots y_n(k,s))^T \tag{B.13}$$

期望输出与实际输出的差，如式（B.14）：

$$\triangle Y(k,s) = Y^{(s)}\text{-}Y(k,s) \tag{B.14}$$

定义网络第 k 轮学习的能量函数，如式（B.15）：

$$E(k) = \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{N}\sum_{i=1}^{n} \triangle y_1^2(k,s) = \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{N} \triangle (k,s)^T \triangle Y(k,s) \tag{B.15}$$

BP 网络的能量函数即关于误差的性能函数，BP 网络学习的基本目标，就是通过修正或调节 BP 网络中神经元的联结系数和神经元的阈值，使其能量函数趋于极小。

BP 网络 Delt 算法统一的 Delt 算法，如式（B.16）：

$$\delta_j^{(l)}(k,s) = \begin{cases} -\triangle o_j^{(L)} f_j^{(L)} v_j^{(L)}(k,s) & l = L \\ f_j^{(l)}\left(v_j^{(l)}(k,s)\right) \sum_{i=1}^{n_{l+1}} \delta_i^{(l+1)}(k,s) w_{ji}^{(l+1)}(k,s) & 1 < l < L \end{cases} \tag{B.16}$$

BP 网络的权值修正算法，如式（B.17）：

$$\Delta w_{ij}^{(l)}(k,s) = -\alpha\delta_j^{(l)}(k,s)o_i^{(l-1)}(k,s) \tag{B.17}$$

BP 权值修正算法，如式（B.18）：

$$\begin{cases} \Delta w_{ij}^{(l)}(k) = \sum_{s=1}^{N}\Delta W_{ij}^{(l)}(k,s) \\ \Delta w_{ij}^{(l)}(k+1) = w_{ij}^{(l)}(k) + \Delta w_{ij}^{(l)}(k) \end{cases} \tag{B.18}$$

$$(1 = L, L-1, \ldots 2{,}1; j = 1{,}2, \ldots, n_1; i = 1{,}2, \ldots, n_1 - 1)$$

e. 模型置于现场，由实际的过程数据在线检验模型，判定模型能否提供所需数量的准确的实时估算。

f. 绘制以样本数为横坐标，污染物排放浓度为纵坐标的模型预测结果与污染物实际排放浓度的图形。

g. 对照模型的技术条件检验是否合格。

经环境保护主管部门批准，用于污染源污染物的排放监测。

表 B.1～B.2 给出了我国典型一级城市和二级城市污水处理厂电耗。（来源：金文杰、杨丹丹，污水处理厂能耗分析方法。）

表 B.1　我国典型一级城市污水处理厂电耗

单元过程	耗电量（kW•h/m³）	比例（%）
进水泵	0.06	83.3
格栅、沉砂池、沉淀池排泥机械	0.005	7.0
化验、办公等附属设施	0.007	9.7
共计	0.072	100

表 B.2　我国典型二级城市污水处理厂电耗

单元过程	耗电量（kW•h/m³）	比例（%）
进水泵	0.06	22.6
格栅、沉砂池、沉淀池、浓缩池排泥机械	0.0064	2.4
回流污泥泵	0.02	7.5
曝气池供氧设备	0.145	54.5
污泥处理	0.028	10.5
化验、办公等附属设施	0.007	2.6
共计	0.266	100.0

表 B.3-B.5 给出了各类污泥产生系数表。

*来自《全国污染源普查集中式污染治理设施产排污系数手册》、《第一分册污水处理厂污泥产生系数手册》。

表 B.3 城镇污水处理厂的物理污泥产生系数表（k_1）

污水处理工艺	污泥处理工艺	进水悬浮物平均浓度	含水污泥产生系数		
			单位	核算系数	校核系数
一级处理	无污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	6.63	5.0～8.25
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	3.5	2.0～5.0
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	1.38	0.75～2.0
	厌氧污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	5.04	3.80～6.27
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	2.66	1.52～3.8
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	1.05	0.57～1.52
	好氧污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	4.57	3.45～5.69
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	2.42	1.38～3.45
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	0.95	0.52～1.38
一级强化处理	无污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	10.1	7.5～12.8
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	5.38	3.25～7.5
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	2.25	1.25～3.25
	厌氧污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	7.7	5.7～9.7
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	4.09	2.47～5.7
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	1.71	0.95～2.47
	好氧污泥消化	高（200～300mg/L）	t/万 t-污水处理量	6.99	5.18～8.8
		中（100～200mg/L）	t/万 t-污水处理量	3.71	2.24～5.18
		低（50～100mg/L）	t/万 t-污水处理量	1.55	0.86～2.24

注：①当进水悬浮物的全年平均浓度低于 50mg/L 时，可不考虑物理污泥产生量；高于 300mg/L 时，可根据本表数据外推确定；②当可获得进水悬浮物浓度参考数据时（诸如厂方提供），应按照实际的悬浮物浓度范围来选取相应的物理污泥产生系数 k1 值；当缺乏进水悬浮物浓度参考数据时，可按表中悬浮物浓度范围为 100～200mg/L 取值。在异常数据核查中，应重点核对污水处理厂的监测记录，并根据实际进水悬浮物浓度范围确定是否需要调整系数进行重新校核或核算；③污泥消化工艺未正常运行的，需按无污泥消化工艺进行系数取值。

表 B.4 城镇污水处理厂的生化污泥产生系数表（k_2）

污水处理工艺	污泥处理工艺	含水污泥产生系数		
		单位	核算系数	校核系数
高负荷活性污泥法	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	2.85	1.95～4.28
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	2.11	1.44～3.16
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.71	1.17～2.57

普通活性污泥法	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.75	1.2～2.85
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.24	0.85～2.02
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.81	0.55～1.31
A/O、A^2/O 类工艺	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.45	0.80～3.05
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.06	0.58～2.23
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.78	0.43～1.65
序批式活性污泥类工艺	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.3	0.90～2.5
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.96	0.67～1.85
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.78	0.54～1.5
氧化沟工艺	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.1	0.70～2.1
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.97	0.62～1.68
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	0.88	0.56～1.47
AB 法、吸附再生等其他活性污泥法	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.75	0.95～3.4
	厌氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.3	0.70～2.52
	好氧污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.05	0.57～2.04
生物膜法	无污泥消化	t/t-化学需氧量去除量	1.25	0.70～2.3

注：污泥消化工艺未正常运行的，需按无污泥消化工艺进行系数取值。

表 B.5　城镇污水处理厂和工业废水集中处理设施的化学污泥产生系数表（k_3）

处理工艺	含水污泥产生系数		
	单位	核算系数	校核系数
絮凝沉淀、化学除磷、污泥调质等过程	t/t-絮凝剂使用量	4.53	2.44～6.55

表 B.6 给出了 SS 去除率、反应池去除单位 SS 量产泥率与污泥浓度。

*来自《污水处理厂工艺设计手册》（第二版），王社平、高俊发主编，北京化学工业出版社，2011 年版。

表 B.6　SS 去除率、反应池去除单位 SS 量产泥率与污泥浓度

水处理工艺	初沉池 SS 去除率(%)	反应池内去除单位 SS 产泥率(%)	污泥浓度(%)		
			初沉污泥	剩余活性污泥	混合污泥
氧化沟	—	75	—	0.5～1.0	—
延时曝气法	—	75	—	0.5～1.0	—
序批式活性污泥法	—	75	—	0.5～1.0	—
好氧生物滤池	40～60	100	2	—	—
接触氧化法	40～60	85	2	0.8	1.0
生物转盘法	40～60	85	2	0.8	1.0

表 B.7 给出了污水处理工艺 MLSS 与 DO 的正常范围参考。

*表中参数来自《序批式活性污泥法污水处理工程技术规范》（HJ 577-2010）、《氧化沟活性污

泥法污水处理工程技术规范》（HJ 578-2010）、《膜分离法污水处理工程技术规范》（HJ 579-2010）。

表 B.7　污水处理工艺 MLSS 与 DO 的正常范围参考

污水处理工艺		MLSS（mg/L）	厌氧 DO（mg/L）	缺氧 DO（mg/L）	好氧 DO（mg/L）
活性污泥法	传统活性污泥法	1500～3000	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	阶段曝气活性污泥法	2000～3500	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	吸附-再生活性污泥	吸附池 1000～3000 再生池 4000～10000	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	延时曝气活性污泥法	3000～6000	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	高负荷活性污泥法	200～500	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	完全混合活性污泥法	3000～6000	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	深井曝气活性污泥法	5000～10000	≤0.2	0.2~0.5	≥2
	纯氧曝气活性污泥法	—	≤0.2	0.2~0.5	≥2
氧化沟法		沟内 MLSS 维持 2000~4500	≤0.2	0.2~0.5	≥2
序批式活性污泥法		3000~5000	0	≤0.5	≥2
A 厌氧-好氧法		2000~4500	≤0.2	0.2~0.5	≥2
生物滤池法		—	—	—	碳氧化滤池和硝化滤池出水中 DO 范围：3~4
接触氧化法		—	—	0.2~0.5	2~3.5