

美国水环境联合会 ( WEF<sup>®</sup> ) 环境工程实用手册系列

# 城镇污水处理厂运行管理手册

Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants

( 原著第6版 )

## 第2卷 水处理工艺

[美] 美国水环境联合会 编著  
陈秀荣 徐宏勇 衣春敏 丁 雷 译  
张 杰 审校

中国建筑工业出版社

美国水环境联合会（WEF®）环境工程实用手册系列

# 城镇污水处理厂运行管理手册

（原著第6版）

第2卷 水处理工艺

[美] 美国水环境联合会 编著  
陈秀荣 徐宏勇 衣春敏 丁雷 译  
张杰 审校

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2010-1060号

图书在版编目（CIP）数据

城镇污水处理厂运行管理手册（原著第6版）第2卷 水处理  
工艺/（美）美国水环境联合会编著；陈秀荣，徐宏勇，衣春敏，  
丁雷译．—北京：中国建筑工业出版社，2011.10

（美国水环境联合会（WEF®）环境工程实用手册系列）

ISBN 978-7-112-13658-2

I. ①城… II. ①美… ②陈… ③徐… ④衣… ⑤丁…  
III. ①城市污水-污水处理厂-运行-管理-手册②城市污水  
处理-手册 IV. ①X505-62②X703-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2011）第209583号

Copyright © 2008 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved.

0-07-154369-4 WEF Liquid Processes, 6/e

Translation © 2012 by China Architecture & Building Press

本书由美国麦格劳-希尔图书出版公司正式授权我社翻译、出版、发行本书中文简体字版。

责任编辑：石枫华 程素荣

责任设计：董建平

责任校对：陈晶晶 关 健

美国水环境联合会（WEF®）环境工程实用手册系列  
城镇污水处理厂运行管理手册

（原著第6版）

第2卷 水处理工艺

[美]美国水环境联合会 编著

陈秀荣 徐宏勇 衣春敏 丁 雷 译

张 杰 审校

\*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联（北京）科贸有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：31 字数：776千字

2012年10月第一版 2012年10月第一次印刷

定价：106.00元

ISBN 978-7-112-13658-2

（21402）

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

## 原著编写组

本手册由美国水环境联合会城镇污水处理厂运行管理编写组完成。

主席：Michael D. Nelson

Douglas R. Abbott

George Abbott

Mohammad Abu-Orf

Howard Analla

Thomas E. Arn

Richard G. Atoulikian, PMP, P.E.

John F. Austin, P.E.

Elena Bailey, M.S., P.E.

Frank D. Barosky

Zafar I. Bhatti, Ph.D., P. Eng.

John Boyle

William C. Boyle

John Bratby, Ph.D., P.E.

Lawrence H. Breimhurst, P.E.

C. Michael Bullard, P.E.

Roger J. Byrne

Joseph P. Cacciatore

William L. Cairns

Alan J. Callier

Lynne E. Chicoine

James H. Clifton

Paul W. Clinebell

G. Michael Coley, P.E.

Kathleen M. Cook

James L. Daugherty

Viraj de Silva, P.E., DEE, Ph.D.

Lewis Debevec

Richard A. DiMenna

John Donnellon

Gene Emanuel

Zeynep K. Erdal, Ph.D., P.E.

Charles A. Fagan, II, P.E.

Joanne Fagan

Dean D. Falkner

Charles G. Farley

Richard E. Finger

Alvin C. Firmin

Paul E. Fitzgibbons, Ph.D.

David A. Flowers

John J. Fortin, P.E.

Donald M. Gabb

Mark Gehring

Louis R. Germanotta, P.E.

Alicia D. Gilley, P.E.

Charlene K. Givens

Fred G. Haffty, Jr.

Dorian Harrison

John R. Harrison

Carl R. Hendrickson

Webster Hoener

Brian Hystad

Norman Jadczyk

Jain S. Jain, Ph.D., P.E.

Samuel S. Jeyanayagam, Ph.D., P.E., BCEE

Bruce M. Johnston

John C. Kabouris

Sandeep Karkal

Gregory M. Kemp, P.E.

Justyna Kempa-Teper  
Salil M. Kharkar, P.E.  
Farzin Kiani, P.E., DEE  
Thomas P. Krueger, P.E.  
Peter L. LaMontagne, P.E.  
Wayne Laraway  
Jong Soull Lee  
Kurt V. Leininger, P.E.  
Anmin Liu  
Chung-Lyu Liu  
Jorj A. Long  
Thomas Mangione  
James J. Marx  
Volker Masemann, P. Eng.  
David M. Mason  
Russell E. Mau, Ph.D., P.E.  
Debra McCarty  
William R. McKeon, P.E.  
John L. Meader, P.E.  
Amanda Meitz  
Roger A. Migchelbrink  
Darrell Milligan  
Robert Moser, P.E.  
Alie Muneer  
B. Narayanan  
Vincent L. Nazareth, P. Eng.  
Keavin L. Nelson, P.E.  
Gary Neun  
Daniel A. Nolasco, M. Eng., M. Sc., P. Eng.  
Charles Norkis  
Robert L. Oerther  
Jesse Pagliaro  
Philip Pantaleo  
Barbara Paxton  
William J. Perley  
Beth Petrillo  
Jim Poff  
John R. Porter, P.E.  
Keith A. Radick  
John C. Rafter, Jr., P.E., DEE  
Greg Ramon  
Ed Ratledge  
Melanie Rettie  
Kim R. Riddell  
Joel C. Rife  
Jim Rowan  
Hari Santha  
Fernando Sarmiento, P.E.  
Patricia Scanlan  
George R. Schillinger, P.E., DEE  
Kenneth Schnaars  
Ralph B. (Rusty) Schroedel, Jr., P.E., BCEE  
Pam Schweitzer  
Reza Shamskhorzani, Ph.D.  
Carole A. Shanahan  
Andrew Shaw  
Timothy H. Sullivan, P.E.  
Michael W. Sweeney, Ph.D., P.E.  
Chi-Chung Tang, P.E., DEE, Ph.D.  
Prakasam Tata, Ph.D., QEP  
Gordon Thompson, P. Eng.  
Holly Tryon  
Steve Walker  
Cindy L. Wallis-Lage  
Martin Weiss  
Gregory B. White, P.E.  
George Wilson  
Willis J. Wilson  
Usama E. Zaher, Ph.D.  
Peter D. Zaroni

## 《城镇污水处理厂运行管理手册》(原著第6版)翻译组

(按首字母拼音排序)

陈秀荣 (华东理工大学)

丁 雷 (华东理工大学)

何小娟 (同济大学)

谢 丽 (同济大学)

徐宏勇 (华东理工大学)

衣春敏 (中国给水排水杂志社)

# 目 录

<b>第 17 章</b>	<b>污水特性与采样</b> .....	1
17.1	引言.....	1
17.2	污水水质 .....	1
17.3	采样.....	14
17.4	大气监测 .....	26
17.5	安全与健康 .....	27
<b>第 18 章</b>	<b>预处理</b> .....	28
18.1	引言.....	28
18.2	格栅.....	28
18.3	沉砂过程 .....	35
18.4	附加预处理 .....	41
18.5	安全注意事项 .....	42
18.6	数据采集、整理与分析 .....	42
18.7	运行记录与报告 .....	43
18.8	系统故障及对策 .....	43
<b>第 19 章</b>	<b>初级处理过程</b> .....	46
19.1	引言.....	46
19.2	工艺过程说明 .....	46
19.3	设备说明 .....	52
19.4	运行预测 .....	56
19.5	过程控制 .....	57
19.6	故障处理 .....	64
19.7	维修.....	66
19.8	安全.....	69
19.9	记录和报告 .....	69

19.10	计算机系统 .....	70
19.11	初沉污泥发酵 .....	71
19.12	非常规的初级处理过程 .....	73
<b>第 20 章</b>	<b>活性污泥处理过程 .....</b>	<b>75</b>
20.1	引言 .....	75
20.2	活性污泥处理过程和设备 .....	76
20.3	过程控制 .....	99
20.4	耗能监控 .....	121
20.5	故障排除 .....	141
20.6	好氧消化 .....	188
20.7	判断营养物质平衡和校正措施 .....	199
20.8	利用苛性钠调节 pH (当 pH 较低时) .....	200
20.9	利用石灰调节 pH (当 pH 较高时) .....	201
20.10	投氯氧化控制丝状菌过量增殖 .....	202
20.11	投加辅助沉降剂以强化混合液固体沉降过程 .....	203
20.12	处理过程监控设施的检测设备 .....	204
20.13	碱度调节 .....	206
20.14	活性污泥处理系统安全 .....	208
20.15	预防性检修日程表 .....	209
<b>第 21 章</b>	<b>滴滤池、生物转盘和组合处理过程 .....</b>	<b>211</b>
21.1	引言 .....	211
21.2	滴滤池和塔式生物滤池 .....	215
21.3	生物转盘 .....	232
21.4	组合处理过程 .....	247
<b>第 22 章</b>	<b>生物除营养盐过程 .....</b>	<b>257</b>
22.1	引言 .....	257
22.2	生物脱氮过程 .....	270
22.3	强化生物除磷 .....	284
22.4	过程控制 .....	291
22.5	故障排除 .....	302



## 目 录

<b>第 23 章</b>	<b>自然生物处理过程</b> .....	305
23.1	引言 .....	305
23.2	稳定塘 .....	305
23.3	土地处理系统 .....	323
<b>第 24 章</b>	<b>物理 - 化学处理过程</b> .....	340
24.1	引言 .....	340
24.2	过程描述和过程设备 .....	344
24.3	过程控制系统 .....	356
24.4	数据收集 .....	363
24.5	计划性维护程序 .....	364
24.6	常规处理过程 .....	365
24.7	深度处理过程 .....	375
<b>第 25 章</b>	<b>工艺过程性能优化</b> .....	389
25.1	引言、目的、背景及章节结构 .....	389
25.2	工艺性能优化的步骤 .....	390
25.3	流量计准确性 .....	397
25.4	试验与分析手段 .....	398
25.5	示踪试验 ( TRACER TESTING ) .....	401
25.6	曝气系统分析 .....	401
25.7	化学药剂 .....	407
25.8	生物强化 .....	419
25.9	流量计相关信息 .....	420
25.10	尾气分析检测 .....	423
25.11	过氧化氢试验 .....	426
25.12	美国土木工程师协会清水氧传输试验 .....	429
25.13	厌氧消化池中示踪物试验示例 .....	430
<b>第 26 章</b>	<b>出水消毒</b> .....	435
26.1	引言 .....	435
26.2	紫外消毒 .....	436
26.3	氯化 .....	445

26.4 脱氯.....	458
26.5 臭氧化.....	462
26.6 其他消毒方法.....	467
26.7 雨天处理应用.....	468
参考文献.....	470

# 第 17 章 污水特性与采样

## 17.1 引言

为了保证污水处理厂的有效运行和控制，污水处理厂的操作人员需全面了解进水、出水水质成分和内部工艺流程。为了解进水特性及污水处理系统内部的工艺过程，操作人员应采取污水处理厂中具有代表性的水样进行分析。本章将主要介绍污水水质特性和如何采样等基本知识，以便操作人员对此有所了解，保证污水处理厂能够正常有效地运行。

## 17.2 污水水质

对污水处理厂进、出水水质特性和工艺过程充分了解，有利于运行操作人员针对处理过程采取合理的操作程序。对于小型或进水成分简单的污水处理厂，只需对进水水质特性进行一些简单的常规检测即可；对于大型或者进水成分复杂的污水处理厂而言，则应建设设施完备的实验室，以便对水样进行全面分析检测，也可指定专门的分析检测机构对水样进行水质分析。作为日常运行操作人员，应做到了解每个采样点的水质情况。有些水质指标是日常控制与进出水监测中必须依据的数据，在美国国家污染物排放削减（NPDES）许可证制度中总结了必须监测的污染物指标。

### 17.2.1 污水来源

污水根据其来源可以分为生活污水、商业废水以及工业废水。污水的排放体制包括雨污分流制和雨污合流制，一般以分流制为主。不同的排放体制会导致污水处理厂进水水质的不同，从而影响污水的处理过程选择不同。

#### 1. 生活污水

生活污水主要来自生活小区，非工业的商业区以及公共机构。除生活区的生活污水由各自的小型污水处理设施进行处理外，大多数污水处理厂都接纳某些商业区污水和工业废水进行处理。来自于同一生活来源的污水在组成成分上会比较相似，而若所在区域的社会、经济状况以及地理气候不同，则污水组成成分也有差异。当污水处理厂附近存在学校和度假景区等大型公共机构时，由于人口规模波动较大，会引起污水水质和水量随季节变化而出现波动。

## 第17章 污水特性与采样

### 2. 工业和商业废水

大多数市政管线输送来自工业、商业和日常生活卫生设施的污水。工业废水是指在生产过程中产生的，以及被生产原料、半成品、副产物和成品等废料污染的水，其水质水量不如生活污水稳定，且会随着生产工艺和生产周期的变化而变化。例如，食品生产废水是一种含有大量溶解性有机物的废水，其废水特性随着庄稼的收割周期呈季节性变化，从而导致其生产废水水质水量的显著波动。食品生产废水有时会缺少营养物质，例如氮含量不足，这会对污水处理厂中的微生物新陈代谢产生负面影响。在冬季，机场排放的防冻液中含有大量乙二醇，该废水生化需氧量（BOD）很高，且会引起二级生化处理系统中的磷元素缺乏，从而影响二级生化处理效果。商业废水包括零售业排放的废水，仓库或货物分散地的冲洗废水，这些水的水质水量也很不稳定。

### 3. 地下渗流和地表径流

地下渗流和地表径流会影响污水处理厂运行的水力负荷变化。地下水可通过管道接缝、裂缝和管道上的小洞渗入污水管道中，尤其是当地面被水覆盖的情况下。雨水和其他地表径流则会从窨井盖的小孔流入排水管道。当屋顶天沟和雨水泵站设计不合理时，也会有雨水流入排水管网的情况。

#### 17.2.2 水量变化

污水处理厂的运行操作人员应该对上级污水排放系统有所了解，知晓污水处理厂进水是来自分流制排水系统还是合流制排水系统。下暴雨时，合流制排水系统往往会对污水处理厂产生水力负荷冲击。此外，对于独立的生活污水收集系统来说，雨水和地下水的渗入也会使其进水流量产生季节性波动。上级排水系统管道的使用寿命、运行状况和排水体制对于污水处理厂进水流量也有一定的影响。对于合流制排水系统而言，暴雨和雪融化会直接增加其排水流量。除了增加水量外，由地表径流引入的有机物和溶解性污染物也会对污水处理厂进水水质产生影响。一般干旱阶段过后，初期降雨对于合流制污水系统的水量和水质的冲击尤为明显。

时间和季节的变化会引起污水流量的波动。日流量的波动很大程度上取决于收集系统的规模和形式。小规模的生活污水收集系统，其日流量波动大。影响污水流量的因素还包括排水泵站的形式和数量、周边工业企业的类型，以及人口数量。

一般来说，污水最大日流量发生在上午8:00~10:00、中午12:00~14:00和下午16:00~19:00，最小日流量发生在晚上和凌晨。污水收集系统规模越大，日最高流量和最低流量的差值就越小。根据污水收集系统规模不同，日最高流量一般是日平均流量的1.5~3倍。

对于污水处理厂运行和管理而言，仅根据污水来源判断其水质状况是远远不够的。运行操作人员应对污水处理厂进水、出水和处理流程中的水样进行采样，并分析其物理性质、生物性质和化学性质，通过生化监测测试出水毒性，由此获得大量数据，以掌握污水处理厂的运行状况。

### 17.2.3 物理性质

污水的物理性指标包括水温、色度、臭味和浊度，其中色度、臭味和浊度可以直接通过视觉和嗅觉感观来表示。

#### 1. 温度

污水的水温是表征其冷热程度的物理量，华氏度（°F）和摄氏度（°C）都是用来计量温度的单位，两者关系如下：

$$^{\circ}\text{C}=0.5556(^{\circ}\text{F}-32)=5/9(^{\circ}\text{F}-32) \quad (17-1)$$

$$^{\circ}\text{F}=1.8000(^{\circ}\text{C})+32=9/5(^{\circ}\text{C})+32 \quad (17-2)$$

由于个别排放源会排放出热水，污水水温通常要比自来水水温高。污水经过长距离的埋地管道输送到污水处理厂，使得污水处理厂进水水温接近地面温度。一般来讲，污水夏季水温会高于冬季，污水的年平均温度通常在10~20℃（50~70°F）之间。

通常，温度会影响微生物活性。温度越高，微生物活性越高，进而对有机物的代谢速度越快，氧的消耗也随之增加。水温每上升10℃（18°F），微生物代谢的反应速率可加快1倍。但当温度过高时，则会抑制微生物的活性。

当有工业废水排入污水收集系统时，水温在短时间内明显上升；雨水流入排水系统时，水温有明显下降。

在夏季和冬季水温变化幅度大的地区的运行操作人员应注意温度对微生物活性的影响。在一定温度范围内，温度越高，微生物活性越高。

#### 2. 色度

污水的色度是由悬浮固体、胶体和溶解物形成的，生活污水一般呈灰色。但当污水中的溶解氧降低至零，污水中有机物腐烂，则水色转呈黑色。生产废水的色度视其排放物的性质而异，差别极大。例如电镀废水往往呈绿色、蓝色和橘黄色；印染废水呈红色、黄色和蓝色；乳品生产废水或乳胶废水则呈白色不透明状。了解这些工业的污水排放类型和污水色度，有利于污水处理厂的操作与运行。

#### 3. 臭味

臭味是一个主观性的物理指标，也是物理性质的主要指标之一。人类的鼻子是对气味敏感的器官，优秀的运行操作人员可以通过气味来判断污水的组成特性。新鲜的污水通常呈泥土味；污水中混入工业废水时，其中的石油类物质、溶解性物质和其他物质会使污水的臭味发生变化。

污水中的一些化合物有毒，且会发出异味，因此，在测试污水臭味时应提高警惕，瓶装废水样品要特别注意。在污水处理厂中产生异味的区域，尤其是在密闭空间内，应立即设置警示牌，严格按照安全规程采取措施。

当污水中缺乏氧气时，会发生有机物的厌氧分解，进而产生有臭鸡蛋味的硫化氢气体。在污水处理厂的运行过程中，若发觉有硫化氢味道产生，应及时增加曝气量。由于硫化氢的产生是好氧污水处理系统运行不稳定造成的，并且硫化氢具有毒性、腐蚀性和爆炸性，因此应加以重视。需要注意的是，高浓度硫化氢还会在瞬间麻痹人的嗅觉神经，是一

## 第17章 污水特性与采样

种危险的气体。硫化氢刚产生时，散发出臭鸡蛋的味道，如果不加以重视，则会引起人员伤亡。有机物的厌氧分解过程不仅会产生硫化氢，也会产生甲烷气体，这种气体爆炸性比硫化氢更强。甲烷和硫化氢的产生会消耗氧气，使水中形成缺氧状态，影响污水处理系统的正常运行。因此，应建立相应的安全预防措施，当发现有甲烷和硫化氢产生时，应立即采取防护措施。例如，进入狭小空间时应携带空气检测设备，必要时应打开通风设施。更多关于硫化氢的内容，可以参照《给水排水》(Water Supply and Sewerage, Steele, 1979)。

### 4. 浊度

浊度是反映水中低浓度悬浮颗粒和胶体数量的指标，一般用(散射)浊度仪测定，浊度单位NTU。由于水样的色度会影响浊度测定，因此浊度不能直接反映水中悬浮颗粒的浓度。但对于具体的污水处理系统，其浊度与悬浮物浓度的关系式可以通过下述方法得到。经多次定时取样，在一定的浊度范围内测定相应的悬浮物浓度，之后用线性回归确定两者关系，见图17-1。

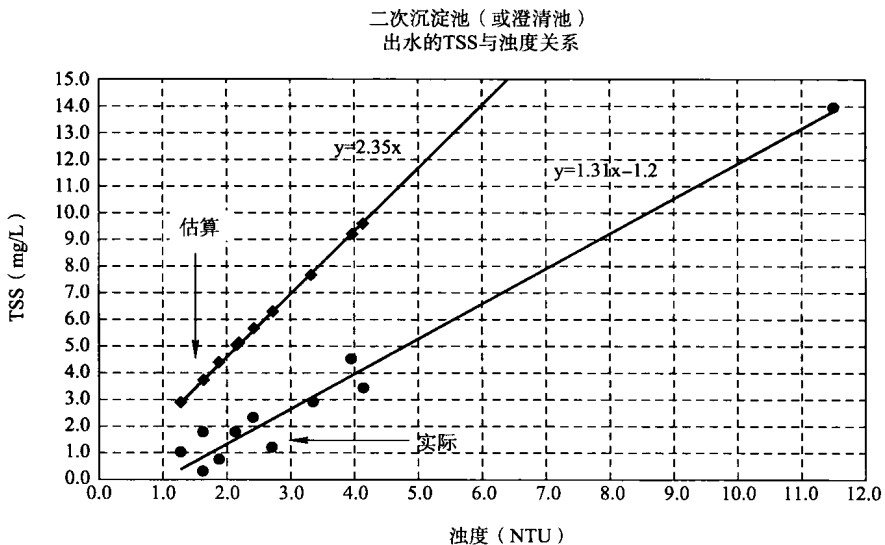


图17-1 悬浮固体含量与浊度关系示例

图中标示“估算”的为《废水工程：处理和回用》一书中提出的悬浮物浓度与浊度的关系；标示“实际”的为在实际污水处理厂采样分析所得的水样悬浮物浓度和浊度，数据整理后得到两者关系。

通常情况下，在线浊度仪安装在二沉池的出水口，可以快速测出出水的浊度，再结合浊度与悬浮物浓度的关系，可以及时了解出水中悬浮物的浓度，从而进行合理的操作。日常工作中，应做好浊度仪的维护工作，以免悬浮物附着、污染探头，影响浊度仪精度。

### 17.2.4 化学性质

污水的化学性指标包括碱度、化学需氧量(COD)、电导率、溶解氧(DO)、氧化还原电位(ORP)和pH。

### 1. 碱度

碱度是指污水中和酸的能力表征，以1L污水中含有的碳酸钙质量作为计量单位，即碳酸盐碱度。碱度的影响因素有很多，例如原水的来源：高硬度水地区（尤其是以地下水为水源的地区），其水质碱度较高；软水地区，其水质碱度较低。

污水处理厂原水碱度较高时，可接纳酸性的工业废水进入水厂。在二级生物脱氮过程中，硝化过程会消耗碱度，降低系统pH，因此在二级生物处理过程中若碱度下降，说明有硝化作用产生。相反，反硝化反应过程会产生碱度，使pH上升。因此，当系统中同时存在硝化与反硝化过程时，一定程度上可弥补或平衡碱度的损耗。反硝化反应可以补充40%硝化反应所需的碱度（消耗1.98mol重碳酸盐碱度，可获得0.76mol碳酸盐碱度）。

### 2. 化学需氧量（COD）

在水和废水检测分析方法（APHA，1998）中，将COD定义为：在一定的条件下，采用一定的强氧化剂处理水样时，所消耗的氧化剂量（该氧化剂的量以与其等效的氧的量来表示）。简言之，由COD可推算水样中有机物氧化所需的氧量，COD的测定一般需要3~4h，通过测定COD可以快速估算出水样的5日生物需氧量（BOD<sub>5</sub>）。

每个水厂的BOD与COD间的关系都不是相同的，由于COD是指所有物质都被氧化后所需的氧，其值往往高于BOD值。应对水样同时测定BOD和COD，确定两者间关系后，了解污水处理厂运行过程中的B/C比，才能将COD作为水厂运行的控制指标。通常污水的B/C比随着污水处理过程而变化，进水的B/C一般为0.5，运行稳定的二级污水处理厂出水B/C为0.1，城市污水处理厂的COD在200~600mg/L之间。图17-2和图17-3分别为某污水处理厂进水和出水的BOD与COD的关系图。

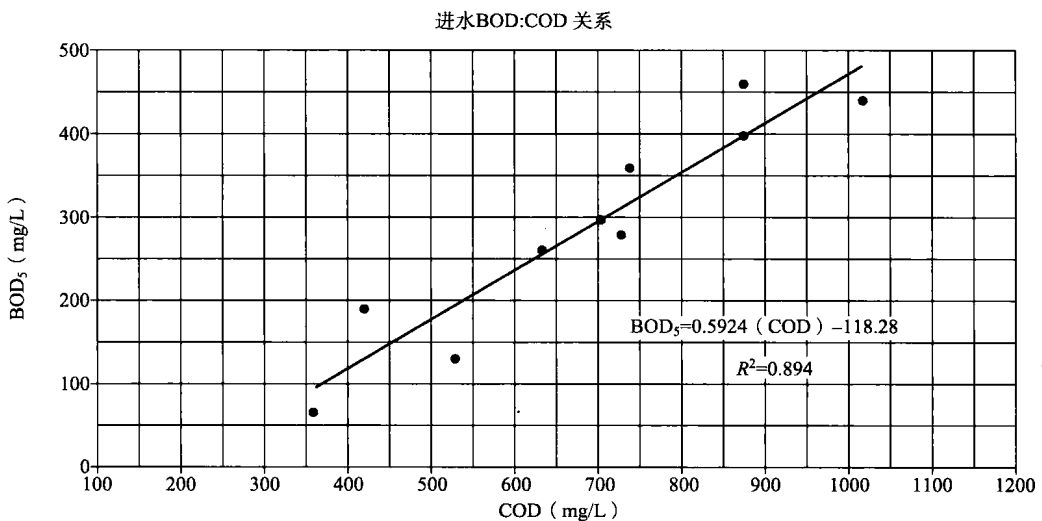


图17-2 对特定污水处理厂进水水质实际测定所确定的进水BOD-COD关系曲线  
 ( $R^2$ 是“确定系数”，在线性回归中，是表示线性拟合程度的参数，当该值超过0.85时，说明拟合良好)

## 第17章 污水特性与采样

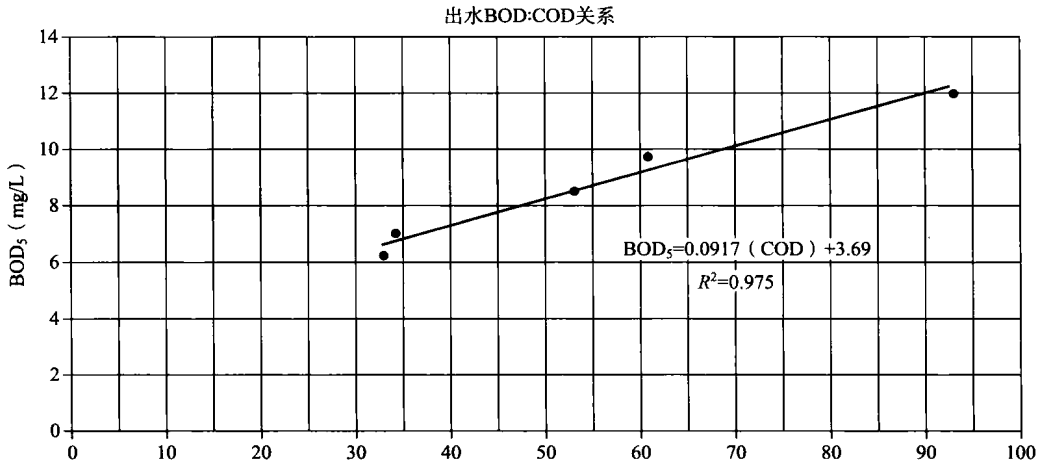


图 17-3 对特定污水处理厂出水水质实际测定所确定的出水 BOD-COD 关系曲线  
( $R^2$  是“确定系数”，在线性回归中，是表示线性拟合程度的参数，当该值超过 0.85 时，说明拟合良好)

另外一个检测方法，即总有机碳检测，也是一种可估算 BOD 指标的手段。

### 3. 电导率

电导率是水的导电性能的反映。生活污水电导率一般在 50 ~ 1500 $\mu$ S/cm 之间，有的工业废水电导率高达 10000 $\mu$ S/cm。

电导率反映了水中溶解性无机离子的数量，废水来源不同，其中含有的溶解性物质含量也不同，废水的电导率也相应有所差异。例如，工业废水混入污水处理厂进水时，会使污水处理厂进水的电导率明显上升。

通过测定电导率的变化，可以确定泵站或污水收集点之间的水流流动时间。向管网中注入电解质溶液，例如盐类，观察水流流动时电导率的变化趋势，测出在下游监测点电导率上升时的时间，即可确定注入点与下一个监测点的流动时间。

要保证电导率测定仪的准确性，应避免电极被污染，故须经常更新标准溶液。电导率的测定范围通常在 10~10000 $\mu$ S/cm 之间。

### 4. 溶解氧 (DO)

溶解氧是指溶解在水中氧的量，通常记作 DO，用 mg/L (每升水中氧气的毫克数) 表示。水中溶解氧含量与水的温度有密切关系，水温愈低，水中溶解氧的含量愈高，但是由于水中含有其他物质，冷水的溶解氧也可能会低于热水。

溶解氧是污水处理系统中的重要指标之一，系统中溶解氧含量决定了优势菌种的种类。溶解氧不足时，会使好氧菌的代谢速率变慢。溶解氧低，有利于丝状菌生长，将引起污泥膨胀。溶解氧过高，污泥结构解体为针尖状小絮体，不易聚结沉淀。溶解氧是污水处理过程中的控制因素，显著影响污水处理效果，应将系统中的溶解氧浓度控制在有利于微生物生长的范围内。

### 5. 氧化还原电位 (ORP)

污染物质溶解于溶液中时，会释放或吸收电子。得 (还原) 失 (氧化) 电子过程中



产生的电流强度即氧化还原电位（ORP）。表 17-1 列出了不同反应的氧化还原电位，以 mV（毫伏）为单位。

处理系统的 ORP 可以反映系统的操作运行状态，通过测定 ORP 可以判断目前的运行状态是否有利于系统运行。ORP 可为临界控制提供即时响应。

氧化还原电位可以用氧化还原电位计来测定，包括数字记录仪和淹没式 ORP 探头。污水处理厂进水、初沉出水、活性污泥池内、生物膜反应池内以及好氧消化过程中，都应监测 ORP。

各生物系统中的 ORP

表 17-1

厌氧：发酵过程	-200mV ~ -50mV
缺氧：反硝化过程	-50mV ~ +50mV
好氧：碳氧化过程 BOD	+50mV ~ +100mV
硝化过程	+225mV ~ +325mV

原污水的 ORP 平均为 -200mV，最低可达 -400mV，当有雨水、渗流等混入时，会升高至 -50mV。

理想状态下，污水处理厂原水与初级处理水 ORP 相近，系统 ORP 降低时，应增加排泥量或削除旁流系统的干扰，如上清液回流的影响。

在活性污泥法中，微生物的新陈代谢易受到负荷冲击的影响，而 ORP 反映了生化系统的耐冲击性，因此对于曝气池中的 ORP 应予以密切关注。

在生物膜法中，例如滴滤池，载体上的生物膜会越积越厚，并在内部形成厌氧环境。当滤池中 ORP 降低，说明系统需要冲洗。

通过调节 ORP，可以控制好氧消化过程，降低污泥产率，减少能耗。通过控制 ORP，可使好氧条件下生成的硝酸盐在缺氧环境中替代氧气作为氧化剂，氧化有机物及微生物细胞，从而减少曝气量并减少污泥产量；控制 ORP 也可以防止缺氧环境转换成厌氧环境而产生异味。

## 6. pH

pH 值等于水中氢离子浓度的负对数，见公式（17-3）。

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad (17-3)$$

式中  $[\text{H}^+]$  = 水中氢离子浓度。

例如，中性水的  $\text{pH}=7$ ，即水中氢离子浓度为  $10^{-7} \text{ mol/L}$ 。

pH 一般在 0~14 之间，当  $\text{pH}=7$  时，溶液呈中性， $\text{pH}<7$  时呈酸性， $\text{pH}>7$  时呈碱性。对于污水处理系统中的微生物，最佳 pH 范围在 6.5~8 之间，超过这个范围，微生物的活性将会降低或被抑制，因此，pH 是污水处理系统中重要的控制参数之一。硝化反应对 pH 尤其敏感，未驯化的生化系统在  $\text{pH}<6$  时，生物活性基本消失。

原污水的 pH 一般在 7 左右，当有工业废水混入时，会引起 pH 明显的变化。生化系统运行异常时，系统 pH 也会发生变化，例如系统缺氧，会引起 pH 下降。若 pH 低，且有硫化物气味产生，水样呈黑色，则说明污水在收集系统已发生厌氧反应，或是污水处理厂