Rockwell Automation

罗克韦尔自动化技术丛书

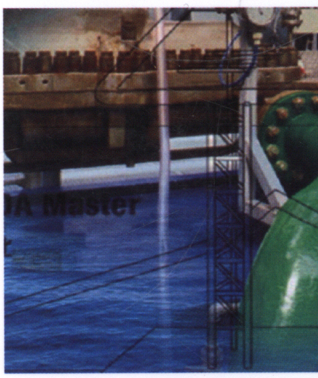
ControlLogix系统在污水处理行业中的应用

主　编　钱晓龙　姜　恺

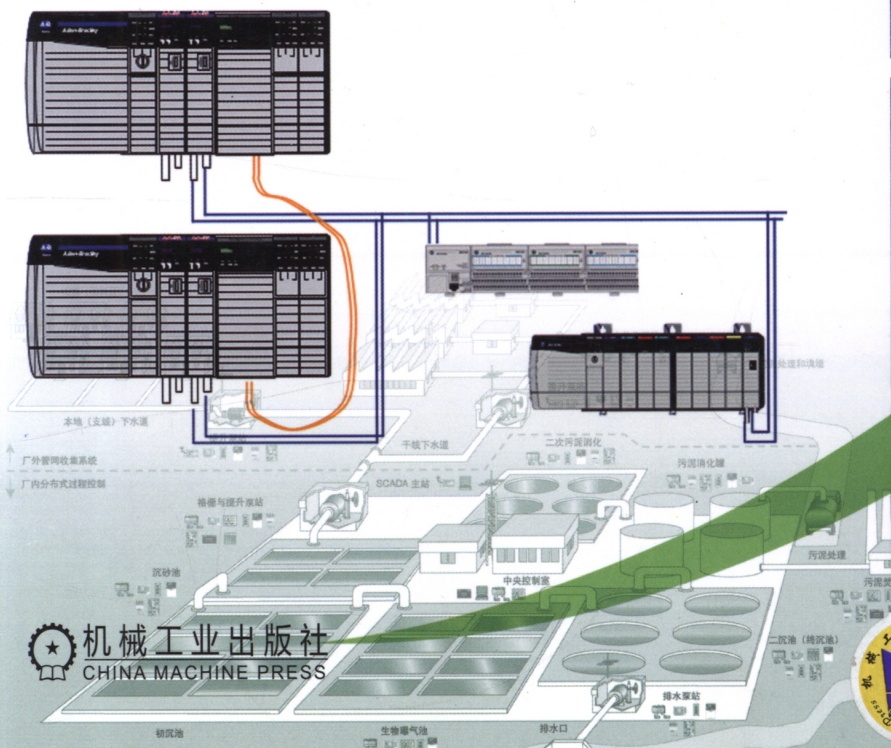
副主编　刘　翔　于美玲

主　审　段永康









机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS

罗克韦尔自动化技术丛书

ControlLogix 系统在污水处理行业中的应用

主　编　钱晓龙　姜　恺
副主编　刘　翔　于美玲
主　审　段永康

机 械 工 业 出 版 社

本书是罗克韦尔自动化公司的 ControlLogix 系统在自来水行业的应用类教材。本书言简意赅、通俗易懂地介绍了 ControlLogix 系统、ControlNet、DeviceNet和 RSView SE 组态软件，更多的篇幅介绍了如何将 RSLogix5000 软件的编程功能运用到污水处理厂控制系统的设计当中，进而反映出该产品的优势。

全书以 ControlLogix 系统为对象，其中第 1 章介绍了污水厂的水质指标和污水工艺流程；第 2 章介绍了污水控制系统中 ControlLogix 硬件的配置方案；第 3 章分析了污水的预处理控制系统程序，讲述了如何将 AOI 和 UDT 及数组功能结合到格栅和泵的起停控制系统的设计中，给出了更高效的 PlatePAx 系统解决方案，结合精确曝气系统讲述了高级过程控制指令 APC 的使用；第 4 章讲述了出水处理控制系统的控制思想；第 5 章探讨了污泥处理系统真的技术方案和污泥焚烧的控制方法；第 6 章讲解了中水回用技术及列举了一个典型工程实例，重点分析了超滤系统和反渗透系统的程序设计方法。

本书立足提高从事自动化专业的工程技术人员和自动化专业的学生对罗克韦尔自动化公司 ControlLogix 产品的综合运用能力。同时可作为罗克韦尔自动化公司的高级培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

ControlLogix 系统在污水处理行业中的应用/钱晓龙，姜恺主编. —北京：机械工业出版社，2011.8

（罗克韦尔自动化技术丛书）

ISBN 978-7-111-35489-5

Ⅰ.①C… Ⅱ.①钱… ②姜… Ⅲ.①可编程序控制器－应用－污水处理 Ⅳ.①TP332.3②X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 152682 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：林春泉 责任编辑：吕 潇 版式设计：霍永明

责任校对：王 欣 封面设计：鞠 杨 责任印制：杨 曦

北京双清印刷厂印刷

2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 16.5 印张 · 406 千字

0 001—3 000册

标准书号：ISBN 978-7-111-35489-5

定价：45.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社 服 务 中 心：（010）88361066

销 售 一 部：（010）68326294

销 售 二 部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

门户网：http://www.cmpbook.com

教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

人们生活水平在提高的同时，工业废水回用率也在同步提高，生活污水占城市污水的比率已由过去的30%提高到50%以上，部分经济发达城市已接近70%，而目前我国平均城市污水处理率不足40%。据监测，目前全国多数城市地下水受到一定程度的点状和面状污染，且有逐年加重的趋势。日趋严重的水污染不仅降低了水体的使用功能，进一步加剧了水资源短缺的矛盾，对中国正在实施的可持续发展战略带来了严重影响，而且还严重威胁到城市居民的饮水安全和人民群众的健康。

罗克韦尔自动化公司作为世界知名的自动化公司，在污水处理行业有着最先进的控制平台和成熟的解决方案。为了与大家共享这些成果，同时给控制系统的开发和污水处理厂的生产维护提供一些借鉴，进而提高污水处理的质量和效率。东北大学罗克韦尔自动化实验室在2009年10月受罗克韦尔自动化公司自动化事业部总经理段永康先生的委托，在水行业经理姜恺先生的主持下，开始制定教材大纲。编写的宗旨是将ControlLogix系统的产品特点结合到实际系统的案例中，写出的教材既有理论基础，又能体现出产品的优势，同时对今后解决方案标准化的制定工作起到指导性的作用。经过几个月的现场实地调研后，我们搜集了大量结合工艺和产品特点的素材，并重点对浙江省杭州市七格污水处理和北京市小红门污水厂的控制系统进行了研究和分析，在多方的支持和配合下，编写了这本针对污水行业特点的应用类教材。

本书是东北大学罗克韦尔自动化实验室的老师和同学们共同努力的结果，是集体智慧的结晶。其中罗克韦尔自动化公司水行业经理姜恺先生负责编写第1章污水系统处理工艺；钱晓龙编写第2章给污水系统集成架构配置方案和第4章出水处理控制系统；刘翔和原魁编写第3章预处理控制系统；于美玲编写第5章污泥处理系统；曹龙、张星、王治国编写第6章中水回用技术及工程实例。中国传媒大学外国语学院李阳老师负责第4、5、6章中涉及的英文资料的翻译工作；梁岩、何双萍、黄鼎鼎同学也参加了部分编写工作和实验设计，同时他们还对书中的所有实验进行了验证。本书也得到了国家自然科学基金重点项目（71032004）的支持，在对精确曝气系统的编写方面得到了北京工业大学乔俊飞教授的指导，在这里一并表示感谢。罗克韦尔自动化公司水行业专员黄阳女士、朱德文先生参与了本书部分提纲的编写，系统集成商SIPAI的周一军总工给予了项目的现场支持，在编辑的最后阶段进行了认真的审核；姜恺先生负责本书的审稿工作。罗克韦尔自动化公司中国大学项目部的丁慧君女士、李磊先生、李淼小姐和吕颖珊小姐也一直关注着本书的出版，他们给予了我们各方面的帮助，同时也提出了大量宝贵的意见，在此表示最诚挚的谢意。

特别需要指出的是，我们还荣幸地邀请到了本教材的编写顾问：杭州市七格污水处理厂

工程建设指挥部指挥长陈阶亮先生、中国市政工程华北设计研究院设计二所韩勇、任志远先生，他们对本教材的编写提出了大量的宝贵意见，在此表示最诚挚的谢意。由于编者水平有限，对水厂控制系统实际应用的积累还很不够，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者于东北大学

2011 年 9 月 15 日

目　　录

前言

第 1 章　污水处理系统工艺 …… 1

1.1　污水主要水质指标及排放标准 …… 1

1.2　污水处理厂的工艺流程 …… 4

1.3　污水处理厂的控制系统 …… 5

第 2 章　污水系统集成架构配置方案 …… 8

2.1　ControlLogix 硬件系统 …… 8

2.1.1　ControlLogix 控制器 …… 8

2.1.2　访问控制器 …… 8

2.1.3　框架及电源模块 …… 10

2.1.4　I/O 模块 …… 11

2.1.5　通信模块 …… 18

2.2　RSLogix5000 编程入门 …… 20

2.2.1　创建工程 …… 20

2.2.2　创建任务、程序及例程 …… 21

2.3　I/O 模块组态 …… 25

2.3.1　组态本地 I/O 模块 …… 25

2.3.2　组态本地模拟量模块 …… 30

2.3.3　组态远程 I/O 模块 …… 31

2.4　EtherNet/IP 网络组态 …… 35

2.5　ControlNet 网络组态 …… 39

2.5.1　通信实例：通过 NAP 口访问 ControlNet …… 39

2.5.2　ControlNet 网络优化 …… 40

2.5.3　ControlNet 网络参数 …… 41

2.6　ControlNet 扩展远程 I/O 模块 …… 43

2.6.1　ControlNet 扩展远程 I/O 模块概况 …… 43

2.6.2　扩展远程 I/O 应用实例 …… 44

2.7　DeviceNet 网络组态 …… 51

2.7.1　DeviceNet Scanner 模块 …… 51

2.7.2　DeviceNet 扩展远程 I/O 模块 …… 52

2.8　DeviceNet 扩展远程 I/O 应用实例 …… 54

2.8.1　RSNetWorx for DeviceNet 软件 …… 54

2.8.2　组态 1794 系列 Flex I/O …… 55

2.8.3　组态 1734 系列 Point I/O …… 58

2.9　下载工程 …… 60

2.10　ControlLogix 冗余系统 …… 61

2.10.1　冗余系统概述 …… 61

2.10.2 ControlLogix 冗余原理 …… 63
2.10.3 冗余系统的作用 …… 63
2.10.4 ControlLogix 冗余系统分类 …… 63
2.10.5 控制器冗余系统的组态过程 …… 66
第 3 章 预处理控制系统 …… 69
3.1 LCS1 ControlLogix 系统硬件及网络架构描述 …… 69
3.2 预处理系统 …… 70
3.2.1 预处理的主要构筑物 …… 70
3.2.2 预处理控制系统 …… 74
3.2.3 AOI 指令在预处理系统中的应用 …… 81
3.3 沉淀池系统 …… 92
3.3.1 沉淀池的原理与作用 …… 93
3.3.2 沉淀池的分类 …… 94
3.3.3 沉淀池控制系统 …… 97
3.4 生物池控制系统 …… 104
3.4.1 活性污泥法原理 …… 104
3.4.2 生物池的控制 …… 117
3.4.3 P_Mode 和 P_VSD 的应用 …… 122
3.4.4 曝气控制优化 …… 126
第 4 章 出水处理控制系统 …… 137
4.1 剩余污泥浓缩脱水处置 …… 137
4.2 水污染控制的化学法 …… 141
4.2.1 中和法概述 …… 141
4.2.2 酸性污水的中和处理 …… 142
4.2.3 碱性污水的中和处理 …… 143
4.2.4 加药间的控制 …… 144
4.3 出水消毒和排放 …… 146
4.3.1 紫外线消毒 …… 146
4.3.2 排水泵房控制 …… 148
第 5 章 污泥处理系统 …… 151
5.1 污泥的处理与处置 …… 151
5.1.1 概述 …… 151
5.1.2 污泥浓缩 …… 155
5.1.3 污泥稳定 …… 159
5.1.4 污泥的调理 …… 162
5.1.5 污泥脱水 …… 164
5.2 流化床焚烧炉焚烧工艺特性 …… 165
5.2.1 污泥焚烧工艺的工作原理 …… 165
5.2.2 系统硬件设计 …… 168
第 6 章 中水回用技术及工程实例 …… 170
6.1 中水系统 …… 170
6.1.1 中水水质指标 …… 170

6.1.2　中水系统的组成 …… 172
6.2　中水处理技术 …… 174
6.2.1　物理处理技术 …… 174
6.2.2　化学和物化处理技术 …… 176
6.2.3　好氧生物处理技术 …… 182
6.3　深度处理方法 …… 188
6.3.1　过滤 …… 188
6.3.2　膜分离技术 …… 193
6.3.3　微波技术 …… 196
6.4　微滤控制系统实例 …… 197
6.4.1　微滤系统设备 …… 197
6.4.2　控制系统网络结构图 …… 199
6.4.3　控制系统程序分析 …… 200
6.5　反渗透控制系统实例 …… 221
6.5.1　反渗透系统设备 …… 221
6.5.2　控制系统网络结构图 …… 223
6.5.3　反渗透进水程序分析 …… 224
6.5.4　反渗透单元程序分析 …… 230
参考文献 …… 255

第 1 章

污水处理系统工艺

我国是一个干旱缺水严重的国家。淡水资源总量为 28000 亿 m^3，占全球水资源的 6%，仅次于巴西、俄罗斯和加拿大，居世界第四位，但人均只有 2200m^3，仅为世界平均水平的 1/4、美国的 1/5，在世界上排名 121 位，是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。

除去难以利用的洪水泾流和散布在偏远地区的地下水资源后，中国实际可利用的淡水资源量会更少，仅为 11000 亿 m^3 左右，人均可利用水资源量约为 900m^3，并且其分布极不均衡。到 20 世纪末，全国 600 多座城市中，已有 400 多座城市存在供水不足问题，其中比较严重的缺水城市达 110 座，全国城市缺水总量为 60 亿 m^3。

据监测，目前全国多数城市地下水受到一定程度的点状和面状污染，且有逐年加重的趋势。日趋严重的水污染不仅降低了水体的使用功能，进一步加剧了水资源短缺的矛盾，对中国正在实施的可持续发展战略带来了严重影响，而且还严重威胁到城市居民的饮水安全和人民群众的健康。

我国污水处理产业发展较晚，新中国成立以来到改革开放前，我国污水处理的需求主要是以工业和国防尖端使用为主。改革开放后，国民经济的快速发展，人民生活水平的显著提高，拉动了污水处理的需求。进入 20 世纪 90 年代后，我国污水处理产业进入快速发展期，污水处理需求的增速远高于全球水平。

发达国家经验表明，社会总产值每增加 1%，废水排放量将增加 0.26%。工业总产值每增加 10%，工业废水排放量将增加 0.17%。城市的发展和城市人口的增加，使生产污水排放量会有很大的增长。既要开源又要节流，做好水资源开发利用总体规划，实现水资源优化配置。应按照水与人口、经济、环境相协调的可持续发展观念，搞好水资源开发利用保护的总体规划。

从总体上看，我国污水处理正在经历由规模小、水平低、品种单一、严重不能满足需求到具有相当规模和水平、品种质量显著提高和初步满足国民经济发展要求的深刻转变，污水处理的需求将逐步实现自给。

1.1 污水主要水质指标及排放标准

目前，城市污水中主要污染物有：

1）悬浮固体：城镇污水中含有的悬浮固体（Suspended Solids，SS）一般为 100 ~ 350mg/L，使污水呈浑浊状态。

2）有机物：包括蛋白质、碳水化合物、油脂等，有机物又分可溶性和不溶性两种，后

者通常存在于悬浮固体中。当大量有机物排入受纳水体后，微生物就会很快繁殖，并消耗水中的溶解氧，使受纳水体变得浑浊不清，鱼类和水生植物无法生存，水体受到严重污染。

3）病原体：污水中的病原体包括致病的细菌、病毒和寄生虫卵等。

4）植物营养盐：通常指氮和磷，其主要来源是动物和人类的排泄物及工业废水。含有大量氮、磷的污水排入静止或流动湖泊、水库、近海或半封闭的海湾，会导致受纳水体的富营养化，产生水华或赤潮。

1. 物理性指标

（1）温度

许多工业排出的废水都有较高的温度，这些废水排入水体使其水温升高，引起水体的热污染。水温升高会影响水生生物的生存和对水资源的利用。氧气在水中的溶解度随水温的升高而减小，这样，一方面水中溶解氧减少，另一方面水温升高加速耗氧反应，最终导致水体缺氧或水质恶化。

（2）色度

色度是一项感官性指标。一般纯净的天然水是清澈透明的，即无色的。但带有金属化合物或有机化合物等有色污染物的污水呈各种颜色。将有色污水用蒸馏水稀释后与参比水样对比，一直稀释到两水样色差一样，此时污水的稀释倍数即为其色度。

（3）嗅和味

嗅和味同色度一样也是感官性指标，可定性反映某种污染物的多少。天然水是无嗅无味的。当水体受到污染后会产生异样的气味。水的异臭来源于还原性硫和氮的化合物、挥发性有机物和氯气等污染物质。不同盐分会给水带来不同的异味。如氯化钠带咸味，硫酸镁带苦味，硫酸钙略带甜味等。

（4）固体物质

水中所有残渣的总和称为总固体（Total Solids，TS），总固体包括溶解固体（Dissolved Solids，DS）和悬浮固体（SS）。水样经过过滤后，滤液蒸干所得的固体即溶解性固体（DS），滤渣脱水烘干后即悬浮固体（SS）。固体残渣根据挥发性能可分为挥发性固体（Volatilization Solids，VS）和固定性固体（Fixed Solids，FS）。将固体在600℃的温度下灼烧，挥发掉的量即挥发性固体（VS），灼烧残渣则是固定性固体（FS）。溶解性固体表示盐类的含量，悬浮固体表示水中不溶解的固态物质的量，挥发性固体反映固体中有机成分的量。

水体含盐量多将影响生物细胞的渗透压和生物的正常生长。悬浮固体将可能造成水道淤塞。挥发性固体是水体有机污染的重要来源。

2. 化学性指标

（1）有机物

生活污水和某些工业废水中所含的碳水化合物、蛋白质、脂肪等有机化合物在微生物作用下最终分解为简单的无机物质、二氧化碳和水等。这些有机物在分解过程中需要消耗大量的氧，故属耗氧污染物。耗氧有机污染物是使水体产生黑臭的主要原因之一。

污水的有机污染物的组成较复杂，现有技术难以分别测定各类有机物的含量，通常也没有必要。从水体有机污染物看，其主要危害是消耗水中溶解氧。在实际工作中一般采用生化需氧量（Biochemical Oxygen Demand，BOD）、化学需氧量（Chemical Oxygen Demand，COD）、总有机碳（Total Organic Carbon，TOC）、总需氧量（Total Oxygen Demand，TOD）

等指标来反映水中需氧有机物的含量。其中 TOC、TOD 的测定都是燃烧化学氧化反应，前者测定结果以碳表示，后者则以氧表示。TOC、TOD 的耗氧过程与 BOD 的耗氧过程有本质的区别，而且由于各种水样中有机物质的成分不同，生化过程差别也比较大。各种水质之间 TOC 和 TOD 与 BOD 不存在固定的相关关系。在水质条件基本相同的条件下，BOD 与 TOC 或 TOD 之间存在一定的相关关系。

（2）无机性指标

1）植物营养元素：污水中的 N、P 为植物营养元素，从农作物生长角度看，植物营养元素是宝贵的物质，但过多的 N、P 进入天然水体却易导致富营养化。水体中氮、磷含量的高低与水体富营养化程度有密切关系，就污水对水体富营养化作用来说，磷的作用远大于氮。

2）pH 值：主要是指示水样的酸碱性。

3）重金属：主要是指汞、镉、铅、铬、镍，以及类金属砷等生物毒性显著的元素，也包括具有一定毒害性的一般重金属，如锌、铜、钴、锡等。

3. 生物性指标

（1）细菌总数

水中细菌总数反映了水体受细菌污染的程度。细菌总数不能说明污染的来源，必须结合大肠菌群数来判断水体污染的来源和安全程度。

（2）大肠菌群

水是传播肠道疾病的一种重要媒介，而大肠菌群被视为最基本的粪便传染指示菌群。大肠菌群的值可表明水样被粪便污染的程度，间接表明有肠道病菌（伤寒、痢疾、霍乱等）存在的可能性。

其中最新的排放标准见表 1-1。

表 1-1　新版标准基本控制项目最高允许排放浓度（日均值）

（单位：mg/L）

序号	基本控制项目		一级标准		二级标准	三级标准
			A 标准	B 标准		
1	化学需氧量（COD）		50	60	100	120
2	生化需氧量（BOD）		10	20	30	60
3	悬浮物（SS）		10	20	30	50
4	动植物油		1	3	5	20
5	石油类		1	3	5	15
6	阴离子表面活性剂		0.5	1	2	5
7	总氮（以 N 计）		15	20	—	—
8	氨氮（以 N 计）		5	8	25	—
9	总磷（以 P 记）	2005 年 12 月 31 日前建立的污水厂	1	1.5	3	5
		2006 年 1 月 1 日起建立的污水厂	0.5	1	3	5
10	色度（稀释倍数）		30	30	40	50
11	pH		6～9			
12	粪大肠肝菌（个/L）		10^3	10^4	10^4	—

1.2 污水处理厂的工艺流程

排放污水要达到国家、地方的排放标准，就需要进行污水处理，所谓污水处理，就是采用物理的、化学的、生物化学的方法和技术，将污水中的污染物质分离除去、回收利用或将有害物转化为无害物，最终将水净化。

根据所用技术的原理可分为三类。

1）物理处理法。利用物理作用分离污水中呈悬浮状态的固体物质，去除的主要是悬浮固体（SS）。这些方法有筛选法、沉淀法、气浮法、过滤法、离心法和膜分离法。

2）化学或物理化学处理法。利用化学反应的作用，将污水中的各种形态的污染物质分离出来加以去除或回收。主要方法有混凝法、吸附法、离子交换法、电渗析、电解、中和、萃取、氧化还原等。化学处理法多用于处理工业污水。

3）生物处理法。利用微生物的新陈代谢作用，将污水中的溶解性、胶体状态的有机污染物转化为无害物质或将其稳定化。主要可分为两大类。一类是好氧生物处理法，即好氧微生物在有氧环境中利用碳氧化或氮氧化作用将水中的碳、氮等转化，进行无害化处理或稳定化处理。主要工艺有活性污泥法和生物膜法两种。另一类是厌氧生物处理法，即在厌氧状态下，厌氧菌将水中的碳、氮、磷等无害化处理，多用于高浓度有机污水和污水处理过程中产生污泥的处理，随着对该法研究的深入，现在也可以用于处理城市污水和低浓度有机污水。

对处理方法和处理单元适当组合，以满足净化污水排放受纳水体或再用的水质要求的处理流程。通常可组成一级处理、二级处理或深度处理三种工艺流程。其中最具代表性的工艺流程如图 1-1 所示。

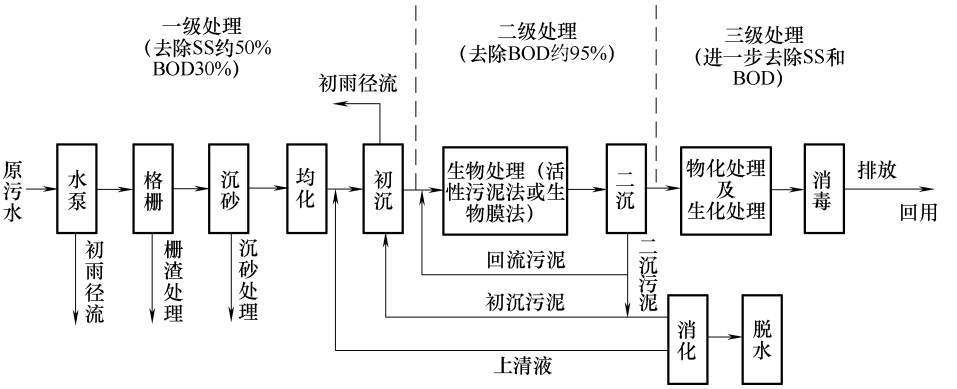


图 1-1 典型污水处理工艺流程图

现代污水处理技术，按处理程度划分，可分为一级、二级和三级处理。

一级处理，主要去除污水中呈悬浮状态的固体污染物质，物理处理法大部分只能完成一级处理的要求。经过一级处理的污水，BOD 一般可去除 30% 左右，达不到排放标准。一级处理属于二级处理的预处理。

二级处理，主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质（BOD，COD 物质），去除率可达 90% 以上，使有机污染物达到排放标准。

三级处理，进一步处理难降解的有机物、氮和磷等能够导致水体富营养化的可溶性无机物等。主要方法有生物脱氮除磷法，混凝沉淀法，砂率法，活性炭吸附法，离子交换法和电渗分析法等。

整个过程为通过粗格栅的原污水经过污水提升泵提升后，经过格栅或者筛率器，之后进入沉砂池，经过砂水分离的污水进入初次沉淀池，以上为一级处理（即物理处理），初沉池的出水进入生物处理设备，有活性污泥法和生物膜法，（其中活性污泥法的反应器有曝气池，氧化沟等，生物膜法包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化法和生物流化床），生物处理设备的出水进入二次沉淀池，二沉池的出水经过消毒排放或者进入三级处理，从一级处理结束到此为二级处理，三级处理包括生物脱氮除磷法，混凝沉淀法，砂滤法，活性炭吸附法，离子交换法和电渗析法。

污水经过处理后会产生大量的污泥，处置污泥的费用在污水厂中占了很大比例。由于污水处理厂的污泥中含有大量病菌、寄生虫卵、有机成分和重金属等，不经处理会对环境造成很大的危害，因此需要将其稳定化。污泥的主要处置方法有浓缩脱水、消化法（厌氧消化好氧消化）、综合利用（农业肥料、消化气）以及填埋、焚烧和制成建筑材料等。

以上就是污水处理厂处理工艺的基本流程。

其中，二级处理是整个城市污水处理的核心，其工艺方法也是日新月异。目前，随着水污染控制工作者不断地研究，已开发出了越来越多的处理工艺或将不同处理方法加以组合的处理组合工艺。这样，一方面可以提高工艺的处理效果，另一方面可以针对不同性质的污水进行处理，以达到高效净化的目的。在活性污泥法中，就有普通活性污泥法，厌氧-好氧活性污泥法（A/A/O 法）、间歇式活性污泥法（SBR 法）、AB 法、氧化沟法污水处理工艺等。生物膜法有生物滤池、生物转盘、生物接触氧化池、生物流化床和曝气生物滤池等。厌氧生物处理法中具有代表性的是厌氧生物滤池、厌氧接触法、上流式厌氧污泥床反应器、分段厌氧消化法等。

在后面的章节中，本书还会对有各级处理中具有代表性的工艺处理法进行详细的介绍。

1.3　污水处理厂的控制系统

本节暂以杭州七格污水处理厂的处理方案及回用工程为例，讲解典型的污水处理厂的控制系统。

杭州市七格污水处理厂位于浙江省杭州市东北角江干区下沙乡七格村，紧邻钱塘江，已建成一期和二期工程，本工程为七格污水处理厂三期工程项目的一部分，三期工程设计规模为 $60\times10^4 m^3$/天，远期总建设规模为 $150\times10^4 m^3$/天。七格三期工程的污水处理采用改良型 A/A/O 生物脱氮除磷处理工艺，辅助化学加药强化除磷工艺，剩余污泥采用直接一体化浓缩脱水处理工艺。

罗克韦尔自动化污水处理控制系统采用现场总线控制系统（Fieldbus Control System，FCS）三级网络结构，由工厂管理级、区域监控级、现场测控级组成，对应于中央控制系统、现场控制系统、现场控制设备和仪表三个层面，三者之间由信息（数据）网络和控制网络连接。信息（数据）网络采用工业以太网，控制网络采用现场总线。控制系统结构如图 1-2 所示。

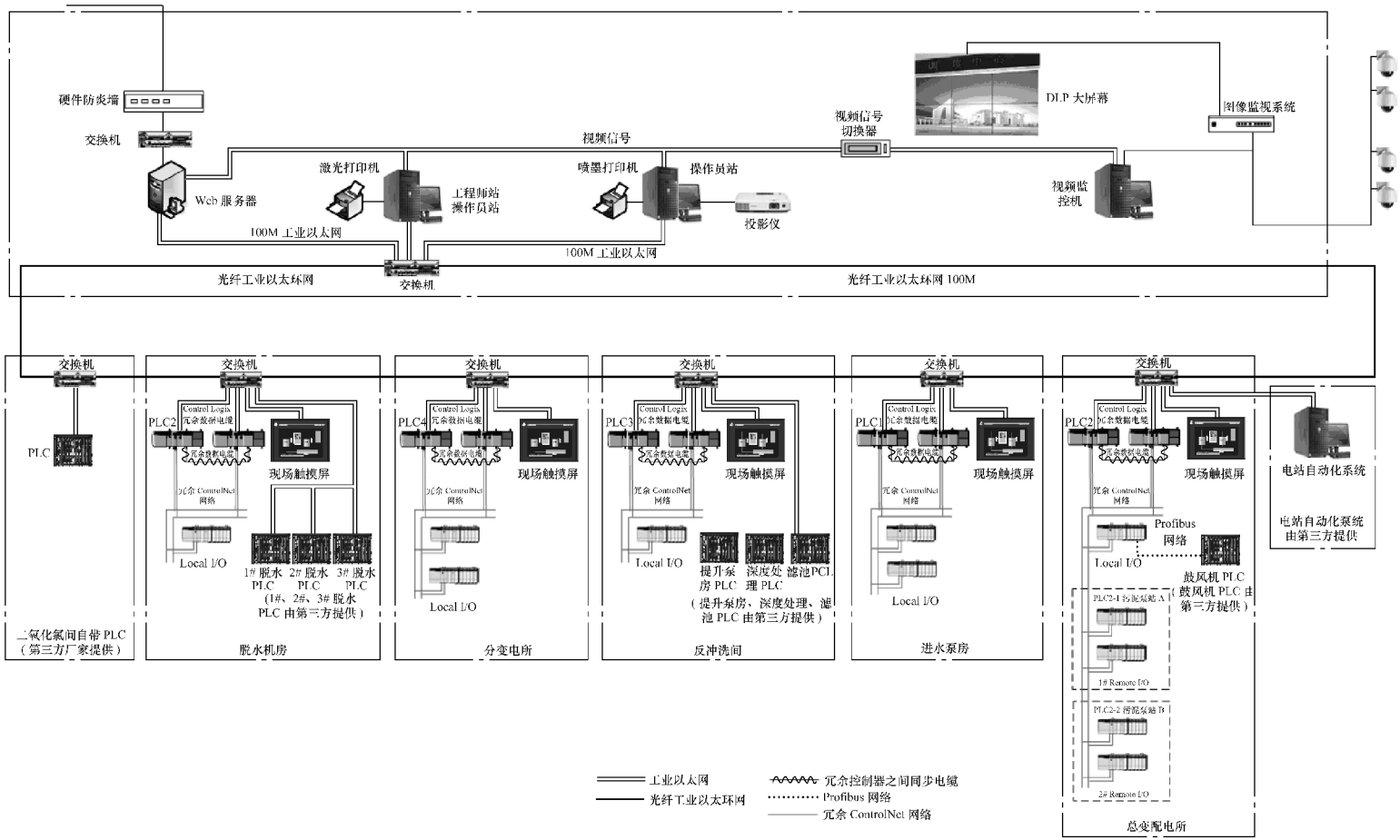


图 1-2　污水处理厂典型控制系统结构图

整个控制系统主控制站采用冗余技术，容错技术。PLC2-1、PLC2-2 控制柜采用双路电源供电，系统平均故障修复时间（Mean Time to Repair，MTTR）<5min。

控制系统的高速数据网采用工业以太环网的网络结构，用于完成实时数据的传送。

每个 AI/AO 均加有信号隔离器及防雷器，DI/DO 加继电器隔离。

系统除具备生产过程的监视和控制功能外，网络通信功能更加强大。考虑到污水厂未来技术改进的需要，控制系统通信网络和上位管理系统拥有扩展的能力。

罗克韦尔自动化的设计范围主要内容如下：

1）工艺生产过程要求的自动控制、自动调节等过程控制系统；

2）污水厂处理工艺主要参数的在线监测及显示；

3）区域监控管理的各个现场控制系统；

4）综合信息管理、污水处理厂中央控制系统；

由可编程序控制器（PLC）及自动化仪表组成的检测控制系统——现场分控站，对污水处理厂各生产过程进行分散控制；再由通信系统、数据服务器、监控计算机组成的中央控制系统——中央控制室，对全厂实行集中管理。各分控站与中央控制室之间由工业以太网进行数据通信。

工厂网络系统采用光纤环形结构网，分布式实时关系数据库，100Mbit/s 传输速率，全双工通信，网络传输介质有光缆、双绞线。

该自动化系统是由检测执行级、设备控制级、中央监控管理级组成的三级计算机分散控制系统。

在本工程中，主要电控设备的控制采用就地控制、现场控制、中央控制的三层控制模式，控制级别由高到低分别为手动控制、遥控控制、自动控制。

1）手动模式：通过就地电控箱或 MCC 开关柜的按钮实现对设备的起/停操作。

2）遥控模式：远程手动控制方式。操作人员通过分控站操作面板或 IPC 的监控画面用鼠标器或键盘来控制现场设备。

3）自动方式：设备的运行完全由各分控站的 PLC 根据污水厂的工况及工艺参数来完成对设备的起/停控制，而不需要人工干预。

第 2 章

污水系统集成架构配置方案

2.1 ControlLogix 硬件系统

罗克韦尔自动化公司在污水处理行业中采用集成架构的解决方案。

ControlLogix 系统是基于模块和网络组合的模块化结构硬件平台，具备通信完成数据交换的先进信息传递模式，采用计算机标准化数据结构，使用通用的软件操作方式，具有拓展性、延伸性、兼容性和通用性等特点。

2.1.1 ControlLogix 控制器

ControlLogix 控制系统有多种类型的控制器，所有的控制器都集六种控制方式（顺序控制、过程控制、传动控制、运动控制、安全控制和批处理控制）于一体，显示了强大的控制功能。控制器支持的数字量 I/O 最多可达到 128000 点，模拟量 I/O 最多可达到 4000 点。一个控制器支持 32 个任务（可组态为不同的类型：连续型、周期型和事件型）。

ControlLogix 控制器模块可以插在 ControlLogix 框架的任意槽内，并且在同一个框架内可以插入多个控制器，控制器之间可以通过背板进行通信。

ControlLogix 控制器可以通过多种方式访问，最直接的方式是通过控制器上的串口直接同控制器通信。还可以经过 1756-ENBT 通信模块通过 EtherNet/IP（工业以太网）路由到框架的背板，再访问到控制器；同样，也可以经过 1756-CNB（R）模块通过 ControlNet（控制网）路由到背板，再访问到控制器。下文中会以示例实验的方式向读者介绍访问控制器的方式。控制器模块外形如图 2-1 所示。

模块的 LED 指示灯用于指示控制器模块的状态，分别指示控制器的运行状态、I/O 状态、I/O 强制状态以及控制器的电池信息等。

值得注意的一点是，ControlLogix 控制器上都有串口，一般情况下，很少使用串口上载和下载程序，因为串口的速度相对于其它通信方式（以太网）较慢。但是，在特殊情况下，会用到串口和控制器进行通信。

2.1.2 访问控制器

每个控制器上都有一个串口，开发人员可以采用 DF1 协议与控制器进行串口通信。通信步骤如下所示：

1）单击“Start”→“Program”→“Rockwell Software”→“RSLinx”，启动 RSLinx Classic 软件。