Rockwell Automation

罗克韦尔自动化技术丛书

ControlLogix系统在给水处理行业中的应用

主　编　钱晓龙　李晓理

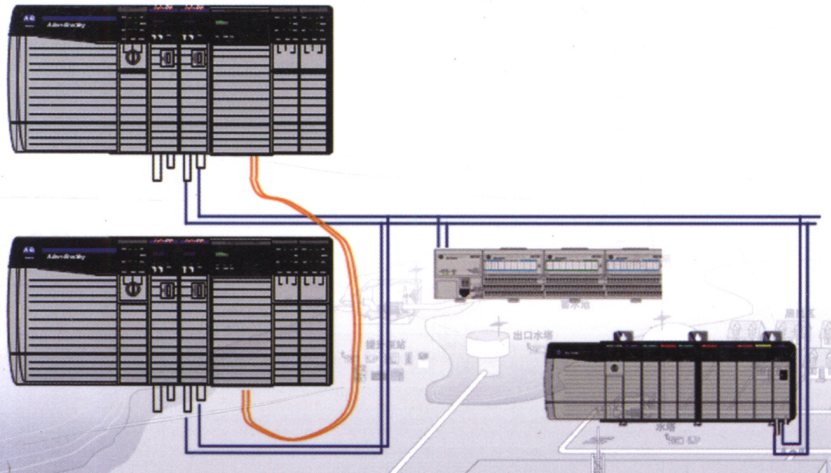
副主编　刘　翔　何双萍

主　审　姜　恺









机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS

罗克韦尔自动化技术丛书

ControlLogix 系统在给水处理行业中的应用

主　编　钱晓龙　李晓理
副主编　刘　翔　何双萍
主　审　姜　恺



机 械 工 业 出 版 社

本书是罗克韦尔自动化公司 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 和 RSView SE组态软件，更多的篇幅介绍了如何把 RSLogix5000 软件的编程功能运用到自来水厂控制系统的设计中，进而反映出该产品的优势。

全书以 ControlLogix 系统为对象，其中第 1 章介绍了自来水厂的水质指标和给水工艺流程；第 2 章介绍了给水控制系统 ControlLogix 硬件的配置方案；第 3 章分析了反应沉淀池控制系统的程序，同时将 AOI 和 UDT 及数组功能结合到刮泥机控制系统的设计中，给出了更高效的 PlantPAx 系统解决方案；第 4 章讲述了加药系统的控制思想和过程 PIDE 功能块的使用；第 5 章结合加氯系统讲述了标签的标准化命名方式和高级过程控制指令 APC 的使用；第 6 章讲解了海水淡化技术，重点分析了超滤系统和反渗透系统的程序设计方法；第 7 章在介绍管网供水系统的同时，讲解了 Power Flex7000 变频器的恒压供水控制方法。

本书立足于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的 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 系统在给水处理行业中的应用/钱晓龙，李晓理主编. —北京：机械工业出版社，2011. 8

（罗克韦尔自动化技术丛书）

ISBN 978-7-111-35490-1

Ⅰ. ①C… Ⅱ. ①钱…②李… Ⅲ. ①可编程序控制器 – 应用 – 水处理 – 教材 Ⅳ. ①TP332. 3②TU991. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 152679 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：刘志文 封面设计：鞠 杨 责任印制：李 妍

北京外文印刷厂印刷

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 2 60mm · 16. 7 5 印张 · 415 千字

0001— 3000册

标准书号：ISBN 978-7-111-35490-1

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

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

网络服务

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

自从1972年联合国第一次人类环境会议指出“水将导致严重的社会危机”的问题以来，水资源短缺的问题不仅没有得到根本解决，而且越来越严重。1994年，在近80个国家的环境部长出席的国际首次饮用水和环境会议上，呼吁各国采取一致行动，像解决臭氧问题那样，认真解决水资源危机的问题。在我国，也面临着同样的日益缺水的形势。因此，中央和地方政府近年来加大投资力度，采取了一系列有效措施，如兴建大型蓄水工程，有计划地实施跨流域调水工程，加大节约用水和废水回用力度等，使淡水紧缺形势得到一定程度的缓解。

罗克韦尔自动化公司作为世界知名的自动化公司，在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水处理厂的生产维护提供一些借鉴，进而提高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，我们收集了大量结合工艺和产品特点的素材，并重点对浙江省绍兴市宋六陵水厂和辽宁省本溪市明山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章给水系统处理工艺；钱晓龙编写第2章给水系统的配置方案；刘翔、黄鼎鼎编写第3章反应沉淀池系统；曹龙编写第4章加药系统；张星编写第5章加氯系统；何双萍编写第6章海水淡化系统；李晓理编写第7章供水系统。中国传媒大学外国语学院李阳老师负责第4、5、6、7章中涉及的英文资料的翻译工作；梁岩、原魁、于美玲和王治国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（61074055）和北京市优秀人才计划项目（2009D013001000016）的支持，在这里一并表示感谢。罗克韦尔自动化公司水行业的技术人员高翔先生参与了本书海水淡化部分提纲的编写，在编写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。

本溪自来水公司的郭崇双女士、绍兴市宋六陵水厂总工程师钱东先生、副总经理徐永灿先生对本书的出版给予极大的支持，同时也提出了大量宝贵的意见，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　给水处理系统工艺 …… 1

1.1　主要水质指标 …… 2

1.2　给水工艺流程 …… 4

1.3　给水厂的控制系统 …… 6

第 2 章　给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 …… 24

2.3.1　组态本地 I/O 模块 …… 25

2.3.2　组态本地模拟量模块 …… 29

2.3.3　组态远程 I/O 模块 …… 30

2.4　EtherNet/IP 网络组态 …… 34

2.5　ControlNet 网络组态 …… 38

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 …… 40

2.6　ControlNet 扩展远程 I/O 模块 …… 42

2.6.1　ControlNet 扩展远程 I/O 模块概况 …… 42

2.6.2　扩展远程 I/O 应用实例 …… 43

2.7　下载工程 …… 50

2.8　ControlLogix 冗余系统 …… 51

2.8.1　冗余系统概述 …… 51

2.8.2　ControlLogix 冗余原理 …… 52

2.8.3　冗余系统的作用 …… 52

2.8.4　ControlLogix 冗余系统类型 …… 52

2.8.5　控制器冗余系统的组态过程 …… 55

第 3 章　反应沉淀池系统 …… 58

3.1　配水井及混合池 …… 59

3.2　絮凝池 …… 60

3.2.1　絮凝池工艺 …… 60
3.2.2　絮凝池系统配置 …… 61
3.2.3　絮凝池控制系统程序结构 …… 62
3.2.4　P_ValveSO 指令在絮凝池系统中的应用 …… 66
3.2.5　FTView SE 中的 Faceplate 应用 …… 69
3.3　沉淀池 …… 72
3.3.1　沉淀池工艺 …… 72
3.3.2　沉淀池系统配置 …… 73
3.3.3　沉淀池控制系统程序结构 …… 73
3.3.4　通用 Add-on 指令与 P_MotorRev 指令的搭配使用 …… 77
3.3.5　通用型 Add-on 指令的功能配置 …… 81
3.3.6　使用 UDT 与数组功能进行标签优化 …… 84
3.4　V 形滤池 …… 86
3.4.1　V 形滤池工艺 …… 86
3.4.2　滤池的控制系统 …… 88
3.4.3　滤池的恒液位控制 …… 89
3.4.4　滤池气水反冲洗控制 …… 94
3.4.5　P_ValveMO 指令在程序中的应用 …… 103
3.5　清水池 …… 109
第 4 章　加药系统 …… 110
4.1　加药工艺 …… 110
4.1.1　加药工艺流程 …… 110
4.1.2　常用混凝药剂 …… 111
4.1.3　药剂投加系统 …… 114
4.2　加药系统控制 …… 116
4.2.1　加药系统控制思路 …… 116
4.2.2　加药控制系统程序分析 …… 119
4.2.3　加药量的控制 …… 132
第 5 章　加氯系统 …… 149
5.1　加氯工艺原理 …… 149
5.1.1　加氯工艺 …… 149
5.1.2　控制系统综述 …… 154
5.1.3　标签的建立及其标准化命名 …… 155
5.1.4　加氯程序分析 …… 160
5.1.5　气源切换程序分析 …… 165
5.1.6　漏氯中和程序分析 …… 170
5.1.7　高级过程控制指令 APC 的应用 …… 172
5.2　臭氧化-生物活性炭工艺 …… 178
5.2.1　臭氧化技术的特点与应用 …… 178
5.2.2　活性炭吸附特性与净水工艺 …… 179
5.2.3　臭氧化-生物活性炭技术的发展过程 …… 181
5.2.4　臭氧化-生物活性炭技术的研究热点与发展趋势 …… 182

第 6 章　海水淡化系统 …… 184
6.1　海水淡化的发展现状 …… 184
6.2　海水淡化的水质要求 …… 185
6.3　海水淡化技术 …… 186
6.3.1　蒸馏法 …… 187
6.3.2　电解析法 …… 190
6.3.3　反渗透法 …… 191
6.4　反渗透法控制系统 …… 192
6.4.1　反渗透法的发展历史 …… 192
6.4.2　反渗透法工艺流程及控制要求 …… 193
6.5　预处理系统 …… 195
6.5.1　预处理工艺流程 …… 195
6.5.2　机械搅拌澄清池 …… 195
6.5.3　无阀滤池 …… 196
6.5.4　回收过程 …… 197
6.6　超滤系统的控制 …… 198
6.6.1　超滤工艺流程 …… 198
6.6.2　自清洗过滤器 …… 199
6.6.3　超滤装置 …… 200
6.6.4　反洗过滤器 …… 201
6.6.5　超滤系统的程序设计 …… 202
6.7　反渗透系统的控制 …… 213
6.7.1　反渗透系统工艺流程 …… 213
6.7.2　反渗透膜组件装置 …… 213
6.7.3　高压泵 …… 215
6.7.4　能量回收装置 …… 216
6.7.5　反渗透系统程序设计 …… 216
6.8　加药系统 …… 236
6.9　淡化水后处理 …… 239
第 7 章　供水系统 …… 242
7.1　管网供水系统 …… 242
7.1.1　国内外管网供水现状 …… 242
7.1.2　供水系统的分类 …… 244
7.1.3　管网供水优化 …… 245
7.2　变频调速恒压供水 …… 247
7.2.1　水泵供水系统介绍 …… 247
7.2.2　变频恒压供水系统 …… 249
7.2.3　PowerFlex7000 中压变频器 …… 253
参考文献 …… 262

第1章

给水处理系统工艺

水是人类维持生命不可或缺的要素之一，充足的水源是生活中首要考虑的因素。全球的水总储量为 13.86×1017m^3；其中 96.5% 为海水，其他分布在陆地、大气和生物体中，约为 2.53%，其中多储存于冰川、雪盖和 750m 深度以上的地下，而可取用的河、湖水及浅层地下水等仅占 0.2% 左右。这里还包括相当大一部分的苦咸水，见表 1-1。

表 1-1　世界水储量

水 的 类 型	分布面积（1010m^2）	水量（1013m^3）	水深/m	在世界储水量中的比例（%）	
				占总储量	占淡水储量
1. 海洋水	36130	133800	3700	96.5	
2. 地下水（重力水和毛细管水）	13480	2340	174	1.7	
其中地下淡水	13480	1053	78	0.76	30.1
3. 土壤水	8200	1.65	0.2	0.001	0.05
4. 冰川与永久雪盖	1622.75	2406.41	1463	1.74	68.7
（1）南极	1398	2160	1546	1.56	61.7
（2）格陵兰	180.24	234	1298	0.17	6.68
（3）北极岛屿	22.61	8.35	369	0.006	0.24
（4）山脉	22.4	4.06	181	0.003	0.12
5. 永冻土底冰	2100	30.0	14	0.22	0.86
6. 湖泊水	206.87	17.64	85.7	0.013	0.26
（1）淡水	123.64	9.10	73.6	0.007	
（2）咸水	82.23	8.54	103.8	0.006	
7. 沼泽水	268.26	1.147	4.28	0.0008	0.03
8. 河床水	148800	0.212	0.014	0.0002	0.006
9. 生物水	51000	0.112	0.002	0.0001	0.003
10. 大气水	51000	1.29	0.025	0.001	0.037
水的总储量	51 000	138598.461	2718	100	
淡水储量	14800	3502.921	235	2.53	100

在国际上，自从 1972 年联合国第一次人类环境会议指出“水将导致严重的社会危机”

的问题以来，水资源短缺的问题不仅没有得到根本解决，而且越来越严重。1994 年，在近 80 个国家的环境部长出席的国际首次饮用水和环境会议上，呼吁各国采取一致行动，像解决臭氧问题那样，认真解决水资源危机。2000 年 3 月召开的第二届水资源论坛与部长级会议上，通过了《海牙宣言》，制定了保护水资源的相关计划。目前，世界上有 80 个国家约 15 亿人口面临淡水不足，其中 26 个国家（主要是发展中国家）约 3 亿人完全生活于缺水状态。解决水资源短缺的问题已成为世界各国关注的热点。

国内也面临着同样的日益缺水的形势。因此，中央和地方政府近年来加大投资力度，采取了一系列有效措施，如兴建大型蓄水工程，有计划实施跨流域调水工程，加大节约用水和废水回用力度等，使淡水紧缺形势得到一定程度的缓解。如 1983 年竣工的引滦入津工程，通过三次加压将滦河水引入天津，极大地缓解了天津市的工业生产和生活用水的紧缺；大连市完成的引碧入连工程，将碧流河水引入大连，缓解了大连市的用水紧张；山东青岛的引黄济青工程，每年为青岛提供黄河水超过 $1 \times 10^8 m^3$，为青岛市的经济发展和生活水平提高提供了保障。以上采取的措施使我国的沿海城市和地区的供水状况得到较大改善，但是，由于我国沿海经济的快速发展以及人民生活水平的大幅度的提高，部分沿海地区的供水仍然不能满足发展的需求。

1.1 主要水质指标

全国城市供水 30% 靠地下水，北方城市达 59%。但近年来，水质普遍恶化，特别是北方地区，有 90% 以上城市的地下水受到不同程度的污染；部分沿海地区，地下水超采引起海水入侵，土地盐碱化。另外北方和西北地区地下水中很大部分为苦咸水。而江河湖海也普遍遭受到污染。七大水系，除珠海和长江外，其他水系水质多在 W 类和 V 类，湖泊富营养化严重，不少水质劣于 V 类，必须经过处理才能供人使用。

水质的优劣可用水质指标来评量，水质指标的项目主要有浊度、酸碱度、总含量、大肠菌数、氮和磷的含量、溶氧量、生物需氧量、化学需氧量及重金属含量等。

1. 浊度、酸碱度、总固体含量

浊度是判断水澄清与否的标准，混浊的水中可能含有微生物和有机物等有害人体的物质，所以混浊的水往往也是受污染的水。造成水混浊的粒子主要来自被侵蚀的土壤、排放的废水和大量水中生物的尸体。

水的酸碱度通常用 pH 值来表示，自然界的水 pH 值在 6.5 ~ 8.5 之间。采矿冶金、金属加工、酸法造纸等排出的含酸废水是水体中酸污染的主要来源，由酸雨所带来的氮氧化物及硫氧化物也会增加水的酸性，即降低 pH 值；制碱、制革、炼油、化学纤维、碱法造纸等工业废水则会增加水的碱性，即提高 pH 值。水体受酸、碱污染后，酸碱度会发生变化，当水体 pH 值大于 9.6 或小于 4.5 时，就会危害水生物的生存。如果水体长期遭受酸碱污染，就会导致水生生态系统受到不良影响，使水生生物的族群逐渐变化，鱼类减少，甚至绝迹。因此，我国渔业用水标准对淡水的水域，规定的 pH 值为 6.5 ~ 8.5，海水的水域为 7.5 ~ 8.5，农田灌溉用水标准则要求 pH 值为 6.0 ~ 9.0。

总固体含量是指溶于水中的物质或水中的悬浮物，溶于水中的固体物质通常以离子状态存在，这些离子包括钙、铁及硝酸根、硫酸根、碳酸根、磷酸根等。适量的离子提供水生物

生活必需的物质，以维持水中生态的平衡；太高的离子含量则限制了水生物的生存，且无法用一般净化法除去，使饮用水带有不好的味道。悬浮水中的固体主要为泥沙和粘土，它们来自土壤、浮游物、工业废弃物及污水。过量的悬浮物使水混浊，光线不能穿透入水，而降低了水中植物的光合作用，且悬浮粒子能吸收日光的热能，使水温上升，溶氧量减少，导致水中生态平衡的破坏。

2. 大肠菌数、氮和磷的含量

病原微生物可能会经过水、鱼、贝类和一些水生生物进入人体，而引起可怕的传染病。它们主要来自家庭污水以及生物制品、屠宰、制革、洗衣等工业废水和牲畜污水。大肠杆菌是粪便中数量最多但致病性较低的一种细菌，因此常用大肠杆菌的数目来作为水质受到病原微生物污染的指标。大肠杆菌的数目高，表示水源受到人畜粪便的污染程度高，病原菌存在的可能性也相对的增高。

氮和磷是植物的主要营养素，它们是植物生长所需要的养料，从农作物生长的角度看，它们是宝贵的肥料，但过多的植物营养素进入水体，会恶化水质，影响渔业生产和危害人体健康。

排入水体的家庭污水和食品、化学肥料、制革、造纸等工业废水中，都含有氮、磷等水生植物生长繁殖所必需的营养物质。同时，在自然环境中，表层土壤由于施肥的原因，常含有各种植物营养素，这些植物营养素经雨水冲刷流入湖泊、水库、内海、河等水体。由于这些水体中，水流缓慢，停留时间长，既适于植物营养素累积，又适于水生植物繁殖。当流入的营养素越积越多时，就会使这类水体过分肥沃，水生植物生长繁茂，这种现象称为“富营养化”。当阳光和水温适于藻类繁殖的季节，在富营养化的水体中，大量藻类出现在水面，形成一片片藻花，海洋表面的藻花往往带红褐色，所以又称“红潮”。形成藻花的藻类往往带有恶臭，有的代谢过程中产生有毒物质，会使鱼类死亡。藻类聚集在水体上层，它们的光合作用放出大量的氧气，使表层水溶氧达到饱和。但由于藻类遮蔽阳光，使底生植物的光合作用受到阻碍而枯死。死亡了的藻类尸体和植物在水体底部腐烂分解，又将氮、磷等植物营养素重新释放进流水中。这样周而复始的物质循环使植物营养素长期保存在水体中，所以缓流水体一旦出现富营养化，就很难恢复。

3. 溶氧量、生物需氧量、化学需氧量

氧是生物呼吸所必需的物质。空气中的氧有少量可溶解于水，溶解于水中的氧含量称为溶氧量（DO），水中的鱼贝类就靠这些溶解于水的氧呼吸。水中的微生物也会利用一部分溶解的氧，将有机物分解成简单的物质，微生物在分解有机物时所消耗的氧气量就称为生物需氧量（BOD），BOD 是代表水体污染的重要指标。事实上，即使水体不受污染，大自然的植物腐败及冲蚀现象，也会使河水有一最低的 BOD 浓度，其值大约是 1 ~ 2mg/L。

化学药品也能使水中的有机物所需的化学剂换算成相当氧量，就称为化学需氧量（COD）。水中污染物越多，生物需氧量和化学需氧量也会提高，一个良好的水域须具有较高的溶氧量及较低的生物需氧量与化学需氧量。

当水中的污染物超过了一定的限度，河川中的溶氧量就会大量降低，而生物需氧量和化学需氧量也相对地提高，水中微生物的种类及作用也跟着改变，转为产生甲烷、硫化物、氨等恶臭物质，这时就成了所谓死的河川。这种死的河川，水色黑浊，时而发散臭气，既不适于鱼贝生长，更影响都市观瞻及环境卫生，甚至威胁到自来水的供应和农产品的安全。

4. 重金属含量

污染水体的重金属主要有汞、镉、铅、铬等，此外还有砷。砷是介于金属和非金属之间的两性元素，常和重金属一起讨论其毒害，这五种元素对人体危害甚大，共称为“五毒”。

当金属随废水进入水体，被浮游生物吸收，小鱼吃浮游生物，大鱼又吃小鱼，通过这样的食物链，重金属在每一环节的生物体内逐步浓缩，到了人体后，又不易排泄出来，会在人体的一定部位积存，使人慢性中毒，而中毒后又极难治疗。

为了确保使用水的安全性，我国对这些有毒的金属都制订有水质标准，我国饮用水及农渔业用水要求这些金属的含量不得高于下列数值：汞 0.002mg/L、镉 0.01mg/L、铬 0.05mg/L、砷 0.05mg/L、铅 0.1mg/L。

1.2 给水工艺流程

给水处理厂俗称自来水厂。水处理厂是给水工程的核心部分，它是控制水质、净化水质的主要环节。水处理的主要任务和目的就是通过必要的处理方法去除水中的杂质，最终以合理的价格供给人们生活使用，或提供符合质量要求的水用于工业生产。水处理的方法根据水源水质及用水对象对水质的要求来确定。在逐渐认识到饮用水存在水质污染和危害的同时，人们开始了长期不懈地对饮用水净化技术的研究和应用。

1. 水处理厂的分类

水处理厂按水源不同可分为

1）地下水处理厂。通常地下水受污染较少，仅含有微量金属和溶解气体，一般并不影响人类饮用。但很多场合，水的硬度较高。地下水处理厂的主要处理工艺为加氯消毒，杀菌和灭活病毒，以保证饮水安全。

2）地表水处理厂。指处理地表淡水水源的水处理厂，淡水水源包括江、河、湖泊和水库等。目前，总体上采用地下水源少于采用地表水源，因此人们一般所称的“水厂”即泛指地表水处理厂或生活饮用水处理厂。地表水处理厂常规的处理工艺为混凝沉淀（澄清）、过滤和消毒。此外根据水源水质的不同，需要设置不同的处理工艺，例如为除藻和有机物设置的微滤或气浮工艺等。各国广泛建有地表水处理厂。

3）海水处理厂。主要是去除海水中悬浮物和含盐量，使水质符合用水对象的需求。当今世界淡水资源匮乏，海水利用具有深远意义，世界各地区多有建造。海水处理厂除常规处理工艺外，有多级蒸馏法、冰冻法、离子交换法和膜法（电渗析、反渗透）等工艺过程。

按水处理厂的使用目的可分为

1）生活饮用水处理厂。其供水对象主要为居民，但由于城镇多数采用统一供水，因此也同时作为城镇中的中小工业企业用水、公共建筑用水和市政用水等。生活饮用水处理厂对供水水质要求非常严格，世界卫生组织和各国都有各自的供水水质标准。

2）工业用水处理厂。根据不同工业生产工艺或设备对水质的要求，生产符合该水质目标的水处理厂。

2. 水处理工艺流程

由于自然过程和人为污染，天然水源的水都不同程度地含有各种杂质，这些杂质可分为悬浮物、胶体物和溶解物三类。前两者影响水的浊度、色度、嗅味以及水中的细菌和微生

物，后者可能生成水中的毒理学物质，如氟化物、氰化物、硝酸盐氮和各种金属以及溶解的有机化学物质和放射性物质等。这些杂质必须加以去除、消减、调整或灭活后才能适应居民的生活饮用或工业生产的需要。由于原水水质不同，杂质内容及含量各不相同，因此要求不同的处理工艺。因此，创造了许多工艺以去除不同的杂质，有的杂质需要将不同的工艺组合起来才能完成处理目的，这种组合工艺称水处理工艺过程或水处理工艺流程。

根据水源的不同，水处理工艺分为以下几种。

（1）地面水厂水处理工艺

不同的净化对象要求不同的处理方法，目前典型的水处理工艺流程如图 1-1 所示。

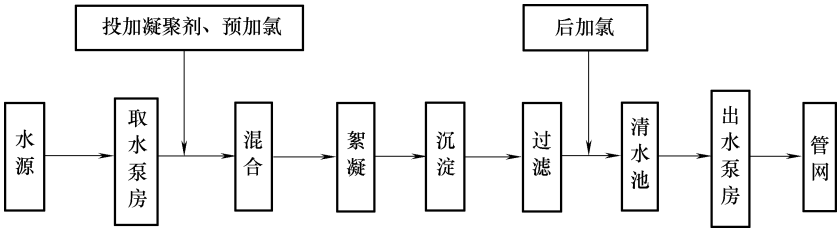


图 1-1　水处理流程图

到 20 世纪初，饮用水净化技术已基本形成了现在被人们普遍称之为常规处理工艺的处理方法，即混凝、沉淀或澄清、过滤和消毒。在城市水厂中，基本流程为原水→一级泵房→加药→絮凝池→沉淀或澄清池→滤池→消毒清水池→二级泵房→用户。这种常规处理工艺至今仍被世界上大多数国家所采用，成为目前饮用水处理的主要工艺。饮用水常规工艺的主要目标是去除水源水中的悬浮物、胶体杂质和细菌。其中，混凝是向原水中投加混凝剂，使水中难以自然沉淀分离的悬浮物和胶体颗粒互相聚合，形成大颗粒的絮体。沉淀是将混凝后形成的大颗粒絮体通过重力分离。过滤则是利用颗粒状滤料（石英砂等）截留经沉淀后出水中残留的颗粒物，进一步去除水中杂质，降低水中的混浊度。过滤之后采用消毒方法来灭活水中致病微生物，从而保证饮用水的卫生安全性。

（2）地下水厂水处理工艺

一般地下水受污染少，水质清澈，因此常规的地下水处理工艺仅采用加氯消毒和清水池贮存的方式，以保证水质的卫生和安全。

当地下水铁、锰、氟含量超过生活饮用水标准，经常规处理不能达到符合生活饮用水要求时，则必须进行其他处理。

当地下水硬度高时，应采用水的软化处理。常用的地下水软化工艺有：

1）药剂软化法。在水的碳酸盐硬度高而非碳酸盐硬度低且不需深度软化时，投加石灰，去除水中钙、镁和游离二氧化碳，降低水的溶解固体和硬度。

2）离子交换法。采用离子交换树脂，将组成水硬度的钙、镁离子与交换剂的钠、氢离子交换并取代，从而降低水硬度。

（3）海水（含盐水、苦咸水）处理工艺。海水淡化是从海水中获取淡水的技术和过程。海水由设在海边的深水井经深水泵将海水送入淡化厂房，经过化学加药系统投加杀菌剂和絮凝剂后进入石英砂和活性炭过滤系统过滤。滤后水经过水质还原、pH 调整以及阻垢剂添加后进入 5 微米的保安过滤系统，过滤后的低压海水一路进入高压泵加压，另一路进入压力交

换式能量回收装置，升压后的海水经过增压泵加压后与高压泵出水混合进入反渗透膜堆系统。高压海水在膜堆的处理下一部分透过膜形成淡水，经过水质调整后进入淡水水箱储存。其余的高压浓缩水进入压力交换能量回收装置回收能量后排放。

海水淡化不仅技术上可行，而且经济上也可接受，发展十分迅速，已广泛并大规模地应用于中东、欧洲、美国和亚洲其他国家等。我国经过 40 余年的研究和开发，在海水淡化的蒸馏技术和反渗透技术方面都取得了长足的进步。解决了诸多岛屿、沿海和西部一些地区的工业和人民生活饮用的供水问题。目前，海水淡化已是解决全球水资源危机问题的重要途径，尤其在一些淡水极其缺乏的地区，淡化水在当地经济和社会发展中发挥了重要作用，已成为其基本水源。

1.3 给水厂的控制系统

本节以绍兴宋六陵水厂二期工程为例，讲解典型的给水处理厂的控制系统。

1. 概要

绍兴市宋六陵净水厂位于绍兴市东南宋六陵附近，距离市区 22km，占地 300 多亩，水厂设计规模 70 万 m^3/天，分二期建设，其中一期 40 万 m^3/天，是浙江省一次建成规模最大的给水工程。宋六陵净水厂的选址、设计和建设定位都很高。原水水质属国家一级标准，常年水质较好，浑浊度在 5NTU 以下，藻类等有机物质较少；工艺选用折板反应、平流式沉淀、均质滤料过滤等先进的净水工艺，一期设备引进具有国际、国内先进水平的制水、输水设备和自控仪表。整个系统工程被评为 2001 年中国建筑工程鲁班奖工程。

其中，二期工程水源同一期工程，采用汤浦水库水源。净水工艺与一期工程一致，为折板絮凝平流沉淀池、气水反冲洗均粒滤料滤池和加氯消毒的常规净水工艺，同时预留有预臭氧设施场地和紫外线消毒的场地，并增设了一、二期加石灰系统。

2. 罗克韦尔自动化公司水处理控制系统概况

整个控制系统采用三级网络结构，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。

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 MTTR <5min。

二期工程的自动化系统完全独立于一期系统而新建，但一、二期自控系统的控制室统一集中在一个中控室。在管理层次上二期能与一期进行通信联系，充分利用原一期工程的监控功能，实现管理上全厂统一，监控分散实施。

水厂运行控制系统，在线检测仪表按水厂现场无人值守，设备运行全自动化、控制中心集中监视操作的水厂运行管理模式实施。

自控系统立足于系统的可靠性、先进性和实用性。

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。

每个模拟量输入/输出 AI/AO 均加有信号隔离器及防雷器，数字量输入/输出 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）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、水处理厂中央控制系统；

3. 绍兴市宋六陵水处理控制系统结构

为了提高水处理的质量和效率，同时能节省大量的人力、物力资源，设计一套先进实用的水处理厂自动控制系统是十分必要的。

水厂二期自动控制系统采用美国罗克韦尔自动化公司的 ControlLogix 系列产品构筑现场控制系统，通信系统采用 100M 光纤环型工业以太网 ControlNet/Modbus 现场总线组网。其中冲洗泵房采用硬件冗余配置，通过冗余 ControlNet 现场总线与 16 个远程 I/O 子站连接。冲洗泵房控制系统配置一个 ControlLogix 系列反冲洗泵站控制站、16 个 FlexLogix 滤格操作站。絮凝池和沉淀池采用一个公共的 PLC 主站，下带 6 个 PLC 子站，分别控制两个絮凝池和 4 个沉淀池。加药和加氯采用同一个 PLC 站来控制，PLC 配置如图 1-2 所示。

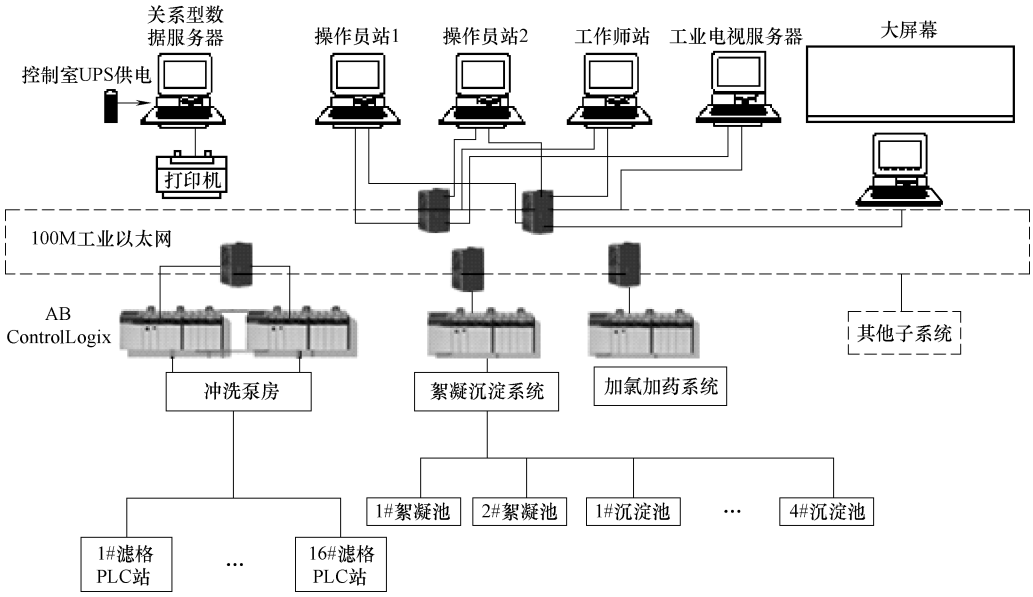


图 1-2　PLC 配置图

项目运用了工业计算机网络技术、中央控制计算机管理硬件软件技术、PLC 集散控制、现场总线、在线检测仪器仪表、防雷系统、图像监控、大屏幕显示等技术，选用罗克韦尔自动化公司的 RSLogix5000 软件、RSLinx 通信软件，ControlLogix 系列平台，构建大型给水处理厂的自动控制系统。

第 2 章

给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、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他通信方式（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：

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

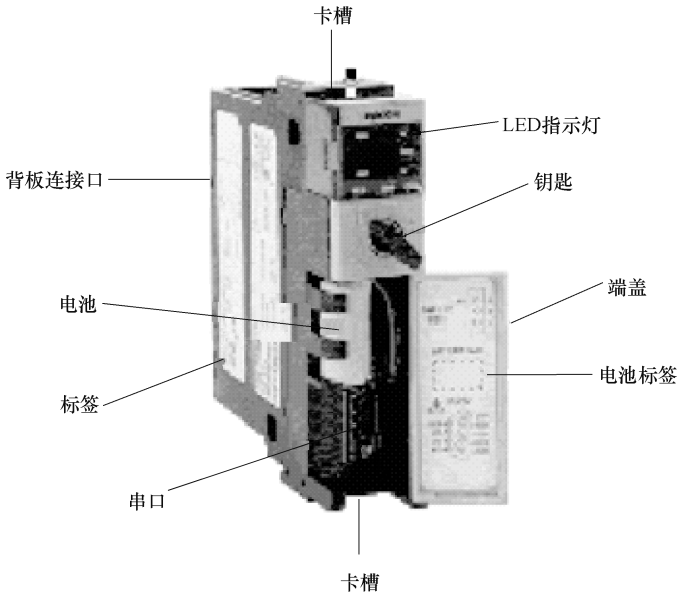


图 2-1　控制器模块外形

2）选择“Communication”菜单中的“Configure Drivers”，弹出如图 2-2 所示对话框。

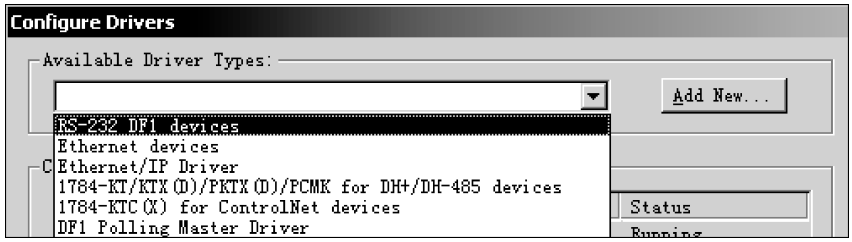


图 2-2　添加驱动

3）从下拉菜单中选择“RS-232 DF1 devices”，点击“Add New”按钮，出现添加驱动程序对话框，单击“OK”即可，接着会弹出组态通信口的选项，如图 2-3 所示。按下“Auto-Configure”按钮，如果通信成功，在状态信息栏会显示“Auto Configure Successful”。

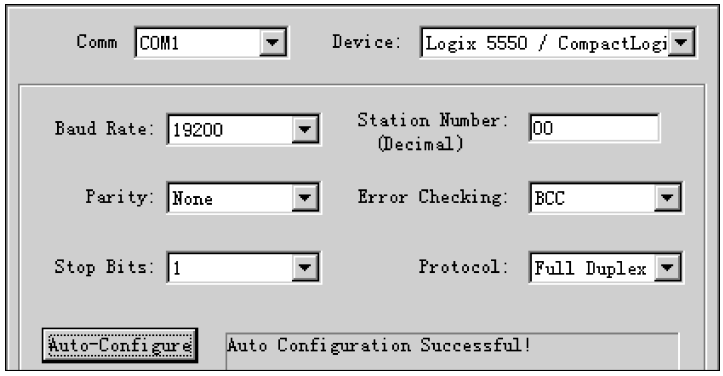


图 2-3　组态通信口

4）这时点击“RSWho”会出现连接上的设备，如图 2-4 所示。

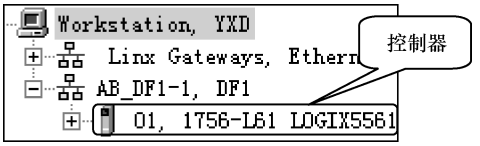


图 2-4　RSLinx 界面

2.1.3　框架及电源模块

1. 框架

ControlLogix 框架有 4 槽、7 槽、10 槽、13 槽和 17 槽 5 种形式，并且对控制器所处的槽位没有要求。

框架的背板在模块之间提供了高速的通信通道。背板上多个控制器可相互通信，信息可通过背板完成不同网络间的路由，以达到网络之间的无缝集成。

在安装 ControlLogix 框架的时候，需要注意以下两点：

（1）框架间距

在控制柜内安装框架时，框架间距必须确保符合图 2-5 所示的要求。

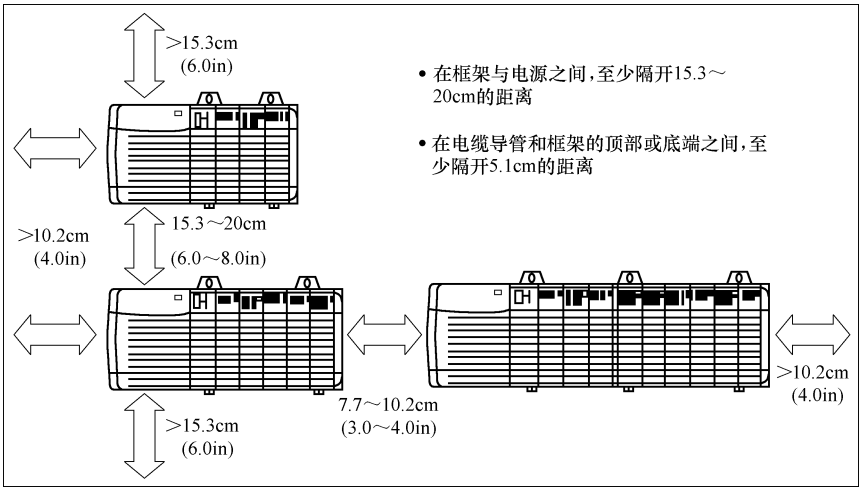


图 2-5　框架间距要求

（2）接地

每个 ControlLogix 框架都有一个接地螺母，具体的位置如图 2-6 所示。

如果控制柜的面板上有多个框架，建议采用如图 2-7 所示的方法进行接地。

ControlLogix 框架的 5 种规格如表 2-1 所示。

表 2-1　框架类型

目　录　号	槽　　数	尺寸（长×宽×高）	背 板 电 源
1756-A4	4	137mm×263mm×145mm	4.0A @ DC 3.3V DC 15.0A @ DC 5V DC 2.8A @ DC 24V DC
1756-A7	7	137mm×368mm×145mm	
1756-A10	10	137mm×483mm×145mm	
1756-A13	13	137mm×588mm×145mm	
1756-A17	17	137mm×738mm×145mm	