

基于 PLC 控制的城市污水处理系统的设计

摘 要

随着城市的快速发展，环境问题显得日益重要。废水是破坏环境的一个主要的因素，目前中国污水处理自控系统相对落后，污水处理成本居高不下，污水厂排放的处理过的污水的水质不稳定，所以如何建立有效的自控系统，优化运行效果，减少运行费用，具有重要意义。

本文介绍了城市污水处理的基本工艺和流程，并通过研究设计一套基于 PLC 控制的污水处理系统。

文章首先介绍了 PLC 控制系统的硬件结构、工作原理以及设计 PLC 控制系统的基本原则和步骤，然后以 SBR 污水处理工艺为例，来说明 PLC 在污水处理过程中的应用。先根据污水处理要求设计了设备的电气控制与自动控制线路，主要包括设备的启停、状态信号、故障信号和信号采集等。最后按照工艺要求设计 PLC 控制系统，其中包括 PLC 的选型、系统资源配置以及按照污水处理工艺编制 PLC 程序等。建立高度自动化污水处理厂，不仅可以加强整个系统的可靠性、准确性，还可以减少劳动强度，降低处理成本和节约能源。污水处理厂自动控制系统的建设将降低生产和维护成本，减轻生产及维护工人的劳动强度，并为生产工艺的进一步改进提供方便，具有很好的经济效益和社会效益。

关键词：污水处理，SBR，PLC

Abstract

With the rapid development of cities, the environment becomes more and more important. Wastewater is one of the major factors that pollute the environment. The automatic controlling system of wastewater treatment in China is not very advanced. The cost of wastewater is high. The water qualities of the treated wastewater are unstable. So how to solve the problems is very significant to our country.

The establishment of high level automation on sewage treatment plant, not only may strengthen the system's reliability, accuracy, but also may reduce the labor intensity,

第 1 章绪论

我国是一个水资源匮乏的国家，而且时空分布上极不均匀，许多地区和城市严重缺水。与此同时，在我国大部分城市和地区，本已极为有限的水资源还受到水质恶化和水生态系统破坏的严重威胁。由于 80% 以上的污水未经有效处理就直接投进水域，已造成我国 1/3 以上的河段受到污染，90% 以上的城市水域严重污染，近 50% 的重点城镇水源不符合饮用水标准。尤其伴随着城市化和工业化进程的加速需水量和污染物排放量迅速增长，水危机不仅会长期存在，而且有迅速加剧的趋势。水资源短缺和水环境污染造成的水危机已经成为我国社会经济发展的重要制约因素。国内外水环境恢复与再生的实践经验表明，污水深度处理与再利用是通向健康水循环的桥梁，推进污水深度处理和普及再生水利用是人类与自然兼容协调，创造良好水环境，促进人类可持续发展的重要举措。

1.1 选题的目的和意义

水，是人类生存、养息、发展的根本条件。然而，随着人类的发展，水资源越来越不能满足人类发展的需要，主要表现为可供水资源量不足和环境污染导致水质恶化这两方面。淡水资源的缺乏不是个别国家所独有的问题，而是全球发展中面临的共同问题。世界银行 1995 年的调查报告指出：占世界人口 40% 的 80 个国家正面临着水危机，发展中国家约有 10 亿人喝不到清洁的水，17 亿人没有良好的卫生设施，每年约有 2500 万人死于饮用不清洁的水。联合国预计，到 2025 年，世界将近一半的人口会生活在缺水的地区。水危机已经严重制约了人类的可持续发展。1992 年里约热内卢联合国环境与发展大会通过的《21 世纪议程》中指出：水不仅为维持地

球一切生命所必需，而且对一切经济问题都有生死攸关的重要意义。可见，全球性的水危机已引起人们的警觉，现在已经到了必须认真考虑水问题的时候了。同时，人类社会的工业化进程中大量消耗水资源的同时，排出大量污水，污染江河湖泊，危害生态环境，造成严重后果。英国及美国都曾在 19 世纪中发生因饮用水资源遭生活污水污染而引发的霍乱大流行，二十世纪随着工业的迅速发展和城市人口的剧增，更带来不少河流水质恶化、生物绝迹的恶果。水资源的缺乏及水环境的污染已越来越成为制约人类发展的重要因素。

我国是一个严重缺水的国家，虽然我国年平均水资源总量为 28000 亿 m^3 ，居世界第 6 位，人均水资源量为 2220 m^3 ，居世界第 110 位，已经被联合国列为世界上 13 个缺水国家之一。目前我国约 300 个城市缺水，其中严重缺水城市有 50 个。据中国经济信息网分析统计，全国按目前正常需要，年缺水总量约为 300 亿~400 亿立方米，因缺水造成的经济损失每年达 2300 亿元，超过洪涝灾害。水资源的匮乏和水资源的污染，已经严重的影响了人民的日常生活，严重的影响了我国的经济建设和发展。根据国家十五发展纲要，十五期间各县市都要建立污水处理厂，如何保证处理过程的正常运行，减少运行成本成为环保部门、城建部门所关注的问题。目前国家治理污染的重点是“33211”工程，即“三河”（淮河、海河、辽河流域）、“三湖”（太湖、巢湖、滇池）、“两区”（酸雨控制区、二氧化硫控制区）“一市”，（北京）、“一海”，（渤海海域）^[1]。我国城市污水处理的电耗为 0.365k Wh/ m^3 、日本为 0.304k Wh/ m^3 、美国为 0.243k Wh/ m^3 ，并且我们的工作人员还要比这些国家多，但是我国城市污水处理深度却远不如这些国家。造成这种结果的原因主要是：污水处理厂管理水平低、自动控制手段差。

因此建设符合我国国情的污水厂自动控制系统对降低污水处理成本、改善环境、建立可持续发展社会和和谐社会、保持我国经济高速发展具有重要意义^[2]。

1.2 当今国内外污水处理自控系统发展状况

1.2.1 国外污水处理自控系统发展状况

国外的一些发达国家，如美国、日本、西欧等国，由于这些国家经济发达，并较早的实现了工业现代化。这些国家经济发展较早而且较快，环境问题特别是水资源污染的严重性也较早的体现出来，同时也得到了这些国家政府的重视，投入了大量的人力、物力进行水处理的研究。这些国家在研究水处理新理论和工艺的同时，也重视污水处理自控系统的研究。这些国家先后投资研究高效型、智能型、集约型污水处理设备和自动化控制仪表。一些发达国家经过几十年的努力，污水处理率已经达到了 80%~90%，成功的解决了来自于城市和工业的点源污染问题。同时一些国家开始重视污水的回用，如以色列的污水回用率达到了 90%。

由于控制技术、网络通信技术以及现场总线技术的飞速发展，国外的污水厂很早便实现了污水厂的网络控制，如 DCS、FCS 系统。同时国外较早的将 SCADA 技术引入到了给水排水工程中，并取得了良好的经济效益与社会效益^[3]。国外同时注重水处理中 PLC 的开发，相继研制出了一些智能、稳定、小巧的控制单元，如 AB 公司的 SLC 系列、Siemens 的 S7 系列、Schneider 的 TSX Quantum 系列；同时国外也很重视在线仪表的研制，如德国 E+H 公司，美国的哈希公司相继研制了溶解氧 DO（Dissolved Oxygen）、化学需氧量 COD（Chemical Oxygen Demand）分析仪。国外污

水处理自控系统主要存在以下一个特点：

（1）采用集散控制系统 DCS 和现场总线控制系统 FCS。按照厂区的自身情况和工艺段来划分若干个控制站，站与站之间可以平级关系也可以使上下级关系，站与站之间一般独立运行。设立中控室，中控室有操作员站和工程师站，负责全厂的数据管理与记录、报表等工作。

（2）大量采用在线监测的水质分析仪表，对全厂的水质实行实时监测，并由上位机记录下来，提高了测量精度。

（3）生产过程中不同程度上采用了智能控制，可以根据水质和水源的变化自动的调整相应的控制方式。

（4）大量采用遥测、遥控设备；并开始有效地利用社会信息资源，如电话网络、移动电话网络、国际互联网、气象信息等。

1.2.2 国内污水处理自控系统发展状况

解放初期由于工农业生产刚刚起步，当时的污水污染程度很低，且提倡利用污水进行农业灌溉，特别是北方缺水地区将污水灌溉利用作为经验进行推广，如著名的沈抚灌渠等，所以全国仅有几个城市建设了近十座污水处理厂（还包括 1921~1926 年间外国人兴建 3 座污水处理厂），在加工工艺有的还是一级处理，处理的规模也很小，每天只有几千立方米，最大的也只有每天 5 万立方米左右，致使污水处理技术和管理水平处于较落后的状态。

与国外相比，我国污水处理自动化控制起步较晚，七十年代开始采用热工仪表，实行集中巡检；八十年代应用分析仪表和 DCS 系统；至九十年代，随着一大批利用国际贷款的大型污水处理厂的建成投产，我国污水处理控制系统的自动化水平有了很大提高。从国外引进污水厂的自动控制系统

统已广泛采用集散式计算机监控系统,应用了自动化程度较高的检测仪表,各种新工艺、新设备大量出现并得到应用。可以说我国污水处理自动化的现状是:手动与自动皆备,自制和引用并举^[4]。可以看出我国的污水处理自控系统有以下特点:

(1) 对于新建的污水处理厂,引进了计算机分散控制系统,手动与自动并存的控制方式。大部分以前建设的污水厂自动化程度仍然很低,仍采用人工巡检的方式。

(2) 国产在线仪表的稳定性还没有达到要求,所以大部分采用进口的在线仪表,但是由于进口仪表价格昂贵,所以应用并不是很广泛。水质的检测主要是有实验室人员通过实验来测量。

(3) 各个控制站之间完全独立,没有信息的交换。并且各个控制单元由于其内部资源的限制,只是实现了简单的时间控制和逻辑控制。

(4) 上位机监控软件很少使用,几乎没有中控室,不能对全厂的设备实行实时监控。而一些报表的工作也主要是由厂里的工作人员手工完成。

通过对比,不难看出整:体上和国外相比我国污水的自控系统仍然存在很大的差距,但是我国的应用前景却非常广泛、潜力很大。

1.3 课题的主要研究内容

本课题论述了污水处理工艺及污水处理系统的组成和 PLC 控制系统设计,主要由以下内容组成:

(1) 介绍了污水处理的基本内容,包括污水处理的发展,现状以及污水处理的工艺流程;

(2) 介绍了 PLC 的基本结构和工作原理,并对污水处理控制系统进

行设计分析；

（3）具体分析设计污水处理的部分硬件系统；

（4）具体分析设计污水处理的部分软件系统。

第 2 章 污水处理概述

2.1 污水处理概述

城市污水、生活污水、生产污水或经过工业企业局部处理的后的生产污水，往往都排入城市排水系统，故把生活污水和生产污水的混合污水叫做城市污水。这些污水除含有碳水化合物、蛋白质、氨基酸、动植物脂肪、尿素、氨、肥皂和合成洗涤剂等物质外，还含有细菌、病毒等使人致病的微生物。经处理后的污水，最后出路有三种：(1)排放水体；(2)灌溉田地；(3)重复使用。水处理的目的是不外乎三种^{[5][6]}：

(1) 去除水中的影响使用水质的杂质以及污泥的处置,这是最主要的内容；

(2) 为了满足用水的要求,在水中加入新的成分以改变水的化学性质，如食用水中加氟以防止龋齿病，循环冷却水中加缓蚀剂以控制腐蚀和结垢等；

(3) 改变水的物理性质的处理，如水的冷却，降低水的粘滞度等。

2.2 污水处理工艺技术的现状及发展

我国现有城市污水处理厂 80%以上采用的是活性污泥法，其余采用一级处理、强化一级处理、稳定塘法及土地处理法等。

“七五”、“八五”、“九五”国家科技攻关课题的建立与完成，使我国在污水处理新技术、污水再生利用新技术、污泥处理新技术等方面都取得了可喜的科研成果，某些研究成果达到国际先进水平同时，借助于国内城市污水处理工程项目的建设，国外许多新技术、新工艺、新设备被引进到我国，AB 法、氧化沟法、A/O 工艺、A/A/O 工艺、SBR 法在我国城市污水处理厂中均得到应用。污水处理工艺技术由过去只注重去除有机物发展为具有除磷脱氮功能。国外一些先进、高效的污水处理专用设备也进入了

我国污水处理行业市场，如格栅机、潜水泵、除砂装置、刮泥机、曝气器、鼓风机、污泥泵、脱水机、沼气发电机、沼气锅炉、污泥消化搅拌系统等大型设备与装置。

目前氧化沟工艺是我国采用较多的污水处理工艺技术之一。应用较多的有奥贝尔氧化沟工艺，由我国自行设计、全套设备国产化，已有成功实例。DE 型氧化沟和三沟式氧化沟在中高浓度的中小型城市污水处理中也有应用。采用卡罗塞尔氧化沟工艺的城市污水处理厂大部分为外贷项目。

多种类型的 SBR 工艺在我国均有应用，如属第二代 SBR 工艺的 ICEAS 工艺，属第三代的 CAST 工艺、UNI-TANK 工艺等。

随着我国对水环境质量要求的提高，使得新建城市污水处理厂必须考虑氮磷的去除问题。由此开发了改良 A/A/O 工艺和回流污泥反硝化生物除磷工艺，并已开始在实际工程中应用。

目前我国新建及在建的污水处理厂所采用的工艺中，各种类型的活性污泥法仍为主流，占 90%以上，其余则为一级处理、强化一级处理、生物膜法及与其他处理工艺相结合的自然生态净化法等污水处理工艺技术^[7]。

从国情出发，我国城市污水处理发展趋势：

- (1) 氮、磷营养物质的去除仍为重点也是难点；
- (2) 工业废水治理开始转向全过程控制；
- (3) 单独分散处理转为城市污水集中处理；
- (4) 水质控制指标越来越严；
- (5) 由单纯工艺技术研究转向工艺、设备、工程的综合集成与产业化及经济、政策、标准的综合性研究；
- (6) 污水再生利用提上日程；

(7) 中小城镇污水污染与治理问题开始受到重视。

2.3 污水处理工艺流程

污水处理就是采用各种技术与手段，将污水中所含的污染物质分离去除、回收利用，或将其转化为无害物质，使水得到净化。现代污水处理技术，按原理可分为物理处理法、化学处理法和生物化学处理法三类^[8]。

生物化学处理是利用微生物处理污水中的有机污染物的一种工艺。该工艺运行费用较低，得到了广泛的应用，目前已成为城市污水处理的主体工艺。该法有活性污泥法和生物膜法两种，前者多用于城市污水，后者多用于处理高浓度有机污水与污水处理过程中生产的污泥。

城市污水处理按处理程度不同可分为预处理、一级处理、二级处理、深度处理和污泥处理及处置。

预处理 主要包括格栅和沉砂池。其主要作用是截留大块物质、砂石，以保证后续设备的正常运行。

一级处理：主要是初次沉淀池。目的是将污水中悬浮状态的固体污染物质尽可能沉降去除，经过一级处理后的污水，可去除 50% 左右的悬浮物，污水五日需氧量一般只能去除 30% 左右，达不到排放标准。

二级处理工艺：主要由曝气池和二沉池构成。它是城市污水处理厂的核心，一般采用生物处理方法中的活性污泥法，主要去除水中呈胶体和溶解状态的有机污染物。经二级处理后，有机污染物质的去除率可达 90% 以上，污水中污水五日需氧量值可降至 20~30mg/L，有机污染物达到排放标准。

深度处理：通用的工艺有混凝沉淀和过滤。主要目的是为了满足不同

准的受纳水体要求或会用于工业等特殊用途，它是城市污水处理未来发展的方向。

污泥处理和处置：主要包括浓缩、消化、脱水、堆肥或卫生填埋^[9]。

2.4 SBR 污水处理工艺概述

式活性污泥法，简称 SBR。早在 1914 年，这种处理系统就被采用，但由于当时的自动化水平较低，操作困难且工作量大，特别是后来随着城市和工业废水处理规模的日趋扩大，这个缺点更加突出，间歇式活性污泥法逐渐被连续式活性污泥法取代。近年来，随着计算机和自动控制技术的飞速发展，这一弊端得到很好的解决。同连续式活性污泥法相比，SBR 具有许多独特的优点，使得间歇式活性污泥法日益受到国内外的重视。

SBR 反应池去除有机物的机理在充氧时与普通活性污泥法相同，不同之处是运行按流入、反应、沉淀、排放、待机五个工序，依次在同一 SBR 反应池中周期性运行。从废水流入开始到待机时间结束为一个周期，一切过程都在一个设有曝气或搅拌装置的 SBR 反应池内进行，不必另设沉淀池和污泥回流泵等装置。间歇式活性污泥曝气法在流态上虽然属完全混合式，但在有机物降解方面，则是时间上的推流。

SBR 工艺是一种简易、快速且低耗的废水生物处理工艺。它主要有以下几个方面的特点：1. 工艺简单、造价低；2. 时间上具有理想的推流式反应器的特性；3. 运行方式灵活，可脱氮除磷；4. 具有较强的耐冲击负荷的能力；5. 良好的污泥沉降性能，不易产生污泥膨胀现象^[10]。

第 3 章 设计方案的确定

3.1 PLC 控制系统的设计分析

3.1.1 PLC 的结构

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同。根据结构形式的不同，PLC 的基本结构分为整体式和模块式

结构两类。

1. 整体式结构的 PLC

整体式（又称箱体式）结构的 PLC 由中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出（I/O）单元、电源电路和通信端口等组成，并将这些组装在同一机体内。这种结构的特点是结构简单、体积小、价格低、输入/输出点数固定、实现的功能和控制规模固定，但灵活性较低。基本结构框图如图 3-1 所示。

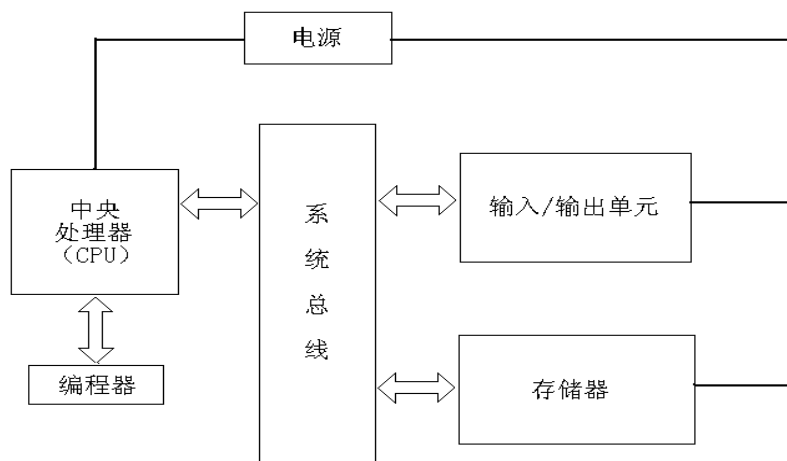


图 3-1 整体式结构

2. 模块式结构的 PLC

模块式（又称组合式）结构的 PLC 是将中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出（I/O）单元、电源电路和通信端口等分别做成相应的模块，应用时将这些模块根据控制要求插在机架上，各模块间通过机架上的总线互相联系。其中 PLC 的 CPU 和存储器设计在一个模块上，有时把电源也放

在这一模块上，该模块在总线上的安装位置一般是固定的。模块式的 PLC 安装完成后，需进行登记，以便 PLC 对安装在总线上的各模块进行地址确认。模块式的特点是系统构成的灵活性高。可以构成不同控制规模和功能 的 PLC，但同时价格也比较高。基本结构如图 3-2 所示。

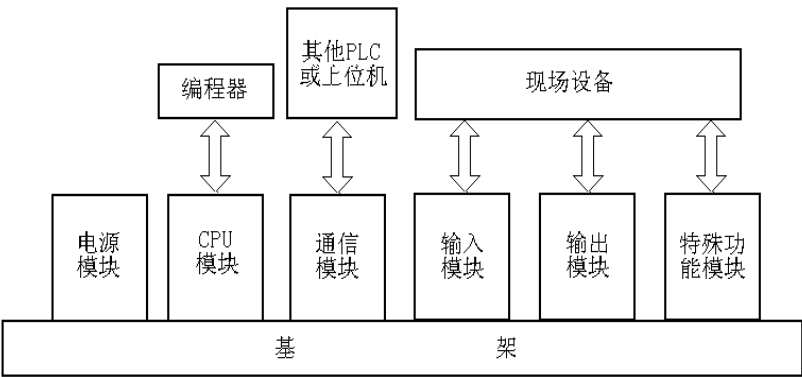


图 3-2 结构式模块

3.1.2 PLC 的工作原理

PLC 与继电器构成的控制装置的重要区别之一就是工作方式不同，继电器控制是并行运行方式，即如果输出线圈通电或断电，该线圈的触点立即动作，只要形成电流通路，就有可能有几个电器同时动作。而 PLC 则不同，它采用循环扫描技术，只有该线圈通电或断电，并且必须当程序扫描到该线圈时，该线圈触点才会动作，而且每次只能执行一条指令，这也就是 PLC 以“串行”方式工作的，这种工作方式可以避免继电器控制的触点竞争和时序失配等问题。也可以说，继电器控制装置是根据输入和逻辑控制结构就可以直接得到输出，而 PLC 控制则需要出入传送、执行程序指令、输出 3 个阶段才能完成控制过程。

1. 循环扫描技术

PLC 采用循环可以分为 3 个阶段：输入阶段（将外部输入信号的状态传送到 PLC）、执行程序阶段和输出阶段（将输出信号传送到外部设备）。

（1）输入阶段

在这个阶段中，PLC 先进行自我诊断，然后与编程器或计算机通信，同时中央处理器扫描各个输入端并读取输入信号的状态和数据，并把它们存入相应的输入存储单元。

（2）执行程序阶段

在这个阶段中，PLC 按照由上到下的次序逐步执行程序指令。从相应的输入存储单元读入输入信号的状态和数据，然后根据程序内部继电器、定时器、计数器数据寄存器的状态和数据进行逻辑运算，得到运算结果，并将这些结果存入相应的输出存储器单元。这一阶段执行完后，进入输出阶段。在这个程序执行中，输入信号的状态和数据保持不变。

（3）输出阶段

在这个阶段中，PLC 将相应的输出存储单元的运算结果传送到输出模块上，并通过输出模块向外部设备传送输出信号，开始控制外部设备。

2. PLC 的输入/输出响应时间

I/O 响应时间是指某一输入信号从变化开始到系统相关输出端信号的改变所需要的时间。因为 PLC 的循环扫描工作方式，所以收到输入信号的時刻不同，响应时间的长短也就不同。下面就给出最短和最长响应时间。

最短响应时间：一个扫描周期刚结束就收到输入信号，即收到这个输入信号与开始下一个扫描周期同时，这样的响应时间最短。考虑到输入电路和输出电路的延时，所以最短响应时间应大于一个扫描周期。

最长响应时间：在一个扫描刚完成输入读取后才接到输入信号，这样

这个输入信号在该扫描周期将不会发生变化，要等到下个扫描周期才能得到响应，这时的响应时间最长。

3.1.3 PLC 控制系统设计原则和设计步骤

1. 设计原则

PLC 控制系统是为工艺流程服务的，所以它首先要能很好地实现工艺提出的控制要求。PLC 控制系统的设计应遵循以下原则。

（1）根据工艺流程进行设计，力求设计出来的控制系统能最大限度地满足控制要求。

（2）在满足控制要求的前提下，尽量减少 PLC 系统硬件费用。

（3）考虑到以后控制要求的变化，所以控制系统设计时应考虑 PLC 的可扩展性

（4）控制系统使用和维护方便、安全可靠。

2. 设计步骤

一般 PLC 控制系统的设计步骤如图 3-3，具体操作如下。

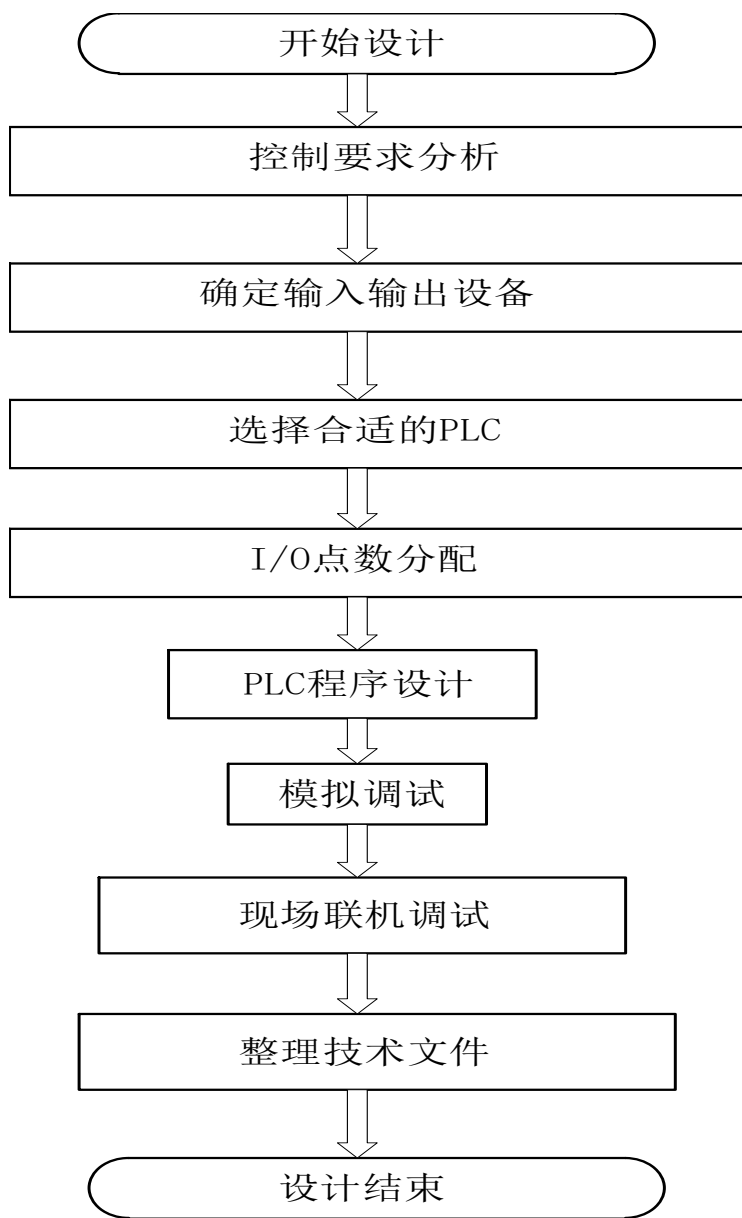


图 3-3 设计步骤示意图

(1) 控制要求分析

在设计 PLC 控制系统之前，必须对工艺过程进行细致的分析，详细了解控制对象和控制要求，这样才能真正明白自己所要完成的任务，并更好地完成任务，设计出令人满意的控制系统。

（2）确定输入/输出设备

根据控制要求选择合适的输入设备（控制按钮、开关、传感器等）和输出设备（接触器、继电器）。并根据所选用的输入/输出设备的类型和数量，确定 PLC 的 I/O 点数。

（3）选择合适 PLC

确定 PLC 的 I/O 点数后，就根据 I/O 点数、控制要求等来进行 PLC 的选择。选择包括机型、存储器容量、输入/输出模块、电源模块和智能模块等。

（4）I/O 点数分配

点数分配就是规定 PLC 的 I/O 端子和输入/输出设备的对应关系，画出 I/O 接线原理图。

（5）PLC 程序设计

本阶段就是根据控制对象和控制要求对 PLC 进行编程。首先把工艺流程分为若干阶段，确定每一阶段的输入信号和输出要控制的设备，还有不同阶段之间的联系，然后画出程序流程图，最后再进行程序编制。

（6）模拟调试

程序编制好后，可以用按钮和开关模拟数字量，电压源和电流源代替模拟量，进行模拟调试，使控制程序基本满足控制要求。

（7）现场联机调试

现场联机调试就是将 PLC 与现场设备进行调试。在这一步中可以发现程序存在的实际问题，然后经过修正后使其满足控制要求。

（8）整理技术文件

这一步主要包括整理与设计有关的文档，包括设计说明书、I/O 接线

原理图、程序清单和使用说明书等。

3.2 污水处理 PLC 控制系统的设计分析

3.2.1 污水处理的过程

本文中的污水处理采用 SBR 污水生物处理工艺，即序列间歇式活性污泥法。这种工艺是按“进水、反应（曝气等）、沉淀、排水”步骤周期性进行生化反应。从污水流入开始到排水结束算做一个周期。工艺流程图如图 3-4 所示。

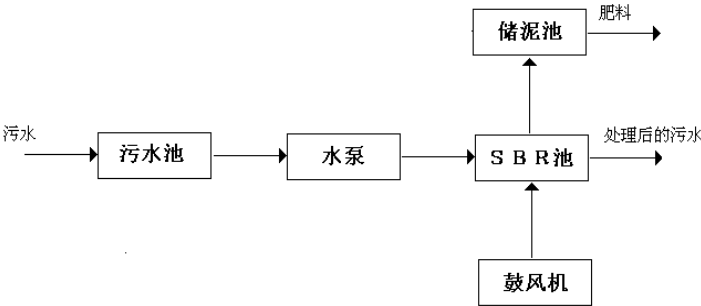


图 3-4 SBR 工艺流程

基本操作运行程序如下。

1. 进水

进水阀门打开，污水通过粗格栅，经过水泵，然后细格栅过滤到达 SBR 池。

2. 反应

反应工序是 SBR 工艺最主要的一道工序。当污水注入达到预定容积后，停止进水，空气阀门打开，鼓风机启动，开始曝气，同时潜水搅拌器和回流污泥泵运行，可开始反应操作，如驱除 BOD、硝化、磷的吸收以及反硝

化等。根据反应需要达到的程度，进行曝气和搅拌，并决定反应的时间长短，必要时可投加药剂。在进入沉淀工序前，应进行短时间的微量曝气，以吹脱污泥上黏附的气泡或氮，以保证排泥顺利进行。

3. 沉淀

当 SBR 池停止曝气以后，空气阀门关闭，潜水搅拌器和回流污泥泵停止运行，开始重力沉淀和泥水分离。

4. 排水

SBR 池水位达到最高水位，并经过沉淀工艺以后，上清液（上面的清液）由滗水器缓慢排出池外。当池水位达到处理周期开始时的最低水位时，停止滗水。剩余污泥泵在滗水器停止运行后开始运行，排泥至储泥池。

3.2.2 设备控制要求

（1）两台粗格栅除污机，由时间间隔来控制其开或者停。一般开 10min, 停 1h。

（2）两台水泵，由浮球控制。当集水池处于低水位时，关闭所有泵；当水位较高时，开一台水泵；当水位高时，开两台水泵；当水位很高时，发报警信号。

（3）两台细格栅由时间控制其开或停。一般开 10min, 停 1h。

（4）当有一台细格栅工作时，皮带输送机滞后 10s 开机。

（5）SBR 池内进水阀门依次开启，当 1#池水位升到一定液位后关阀门，然后开 2#进水阀门，2#池水位升到一定液位后关阀门，然后开 3#进水阀门，依次类推。

（6）进水阀门关闭后，空气阀门开启潜水搅拌器和回流污泥泵同时开启。曝气 3h 后关闭空气阀门，潜水搅拌器和回流污泥泵也随之关闭。

(7) 空气阀门关闭 1h 后，滗水器开始运行。当 SBR 池液位下降到一定液位后停止运行。

(8) 剩余污泥泵在滗水器停止运行后开始运行，排泥至储泥池。储泥池液位达到高液位或 1h 后停止运行。

(9) 当开启 1 个空气阀门时，开启一台鼓风机，当开启 2 个或 3 个空气阀门时，开两台鼓风机。

(10) 脱水机按水处理工艺要求工作，单体为自动化组。
设备与其在工艺中代号的对应关系表如表 1 所示。(见附录 C)

3.2.3 上位监控管理机

PLC 通过通信电缆将采集参数传送给上位监控管理机，通过上位监控管理机可实时监测有关参数变化，并保留一段时间的数据，形成变化曲线。同时可以实时监测所控设备工作状态，具有设备故障报警、参数打印等功能。

3.2.4 模拟显示屏

可以直观地了解格栅除污机、水泵、空气阀门、滗水器、剩余污泥泵、脱水机等主要设备的工作状态。

第 4 章 硬件部分设计

4. 1 电机的控制电路

电机控制分为本地控制和远程 PLC 自动控制。配电线依次经过断路器 1QF、交流接触器 1KM, 热继电器 1KH 对电机进行供电。电路图中元件的功能如下^[11]：

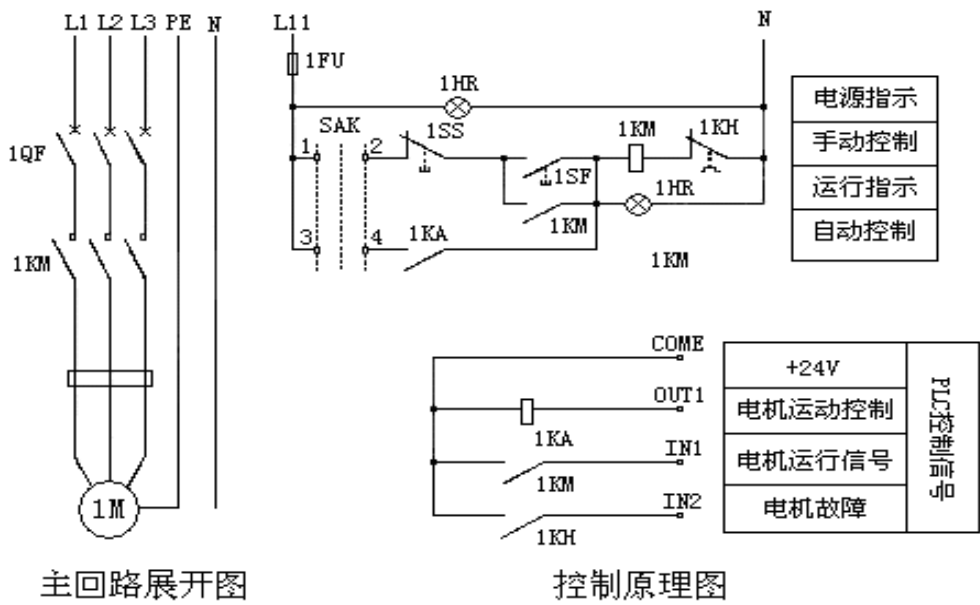


图 4-1 电机电气原理控制图

断路器 1QF：断路器（曾称自动开关）在电路中主要起到短路和过载保护作用，还可有欠电压保护和远距离分断电源等功能，也可以直接操作不频繁起动电动机和电路转换作用。一般情况下，断路器闭合，只有当电机发生短路或者过载时，短路其动作，断开线路，停止电机，起到保护作用。

交流接触器 1KM：接触器主要控制对象为电动机，也可用来控制其他电力负载。交流接触器的触头有主触头和辅助触头，触头又分为常开触头和常闭触头，当交流接触器线圈动作时，常开触头闭合，常闭触头断，对

电机的控制还要通过对交流接触器线圈的控制来实现。

热继电器 1KH：电机过载时，电流变大，热继电器 1KH 动作，切断电路，实现保护作用^[12]。

主令开关 SAK：主令开关主要用于本地控制与 PLC 远程控制之间的切换。当主令开关触点①②接通时，为本地电控柜控制。触点③④接通时，为远程 PLC 控制。主令开关实现本地控制和远程 PLC 控制之间的转换。

由控制原理图 4-1 可以看出，当 L11 和 N 之间加上 220V 的电压时，红色电源指示灯 1HR 亮，作为控制的电源指示。控制分为电控柜就地控制和 PLC 远程控制，主要通过主令开关 SAK 来选择，当主令开关选择①②时（电控柜就地控制），按动起动按钮 1SF，由于停机按钮 1SS 和热继电器 1KH 为常闭状态，电路导通，交流接触器 1KM 通电动作（吸合），1KM 的一个常开触点也动作（变为导通状态，即电机的运行状态），同时电机运行指示灯 1HG 变亮。此时，松开起动按钮 1SF，由于 1KM 的一个常开触点闭合将 1SF 短接，所以交流接触器 1KM 保持通电状态，其主触头导通，电机起动。停机时，按动停机按钮 1SS，由于 1SS 为一常闭按钮，所以按动时变为断开状态，下面的交流接触器便停止供电，自动断开，其常开触点也为断开状态，电机停止运行，运行指示灯 1HG 灭。如果电机运行在过载状态下，当达到一定时间时，热继电器 1KH 动作，交流接触器 1KM 由于电源断开，电机停止，并且无法自动起动。

电机的远程控制是通过控制自控柜中的直流继电器（MY2NJ）的吸合来实现。当主令开关由①②转向③④时，此时，即使电机为运行状态，由于交流接触器的断路，也将自动停机。③④导通时，PLC 检测到相应的信号，即认为电机为远程控制。当 PLC 认为应该起动电机时，COME 和 OUT1

之间形成 24V 的直流电压，24V 继电器 1KA 吸合，从而交流接触器 1KM 吸合，电机起动，运行信号经过 1KM 的一个常开触点反馈到 PLC 的状态输入端。

4.2 阀门的控制电路

阀门的电气控制原理：阀门的电气控制电路如下图 4-2，在闸阀电机的主接线图中，通过两个接触器 1KM 与 2KM 来控制闸阀电机的正转与反转；控制电路中，1HR 做为电源指示，1SF 为闸阀门打开（电机正转）按钮，2SF 为闸阀门关闭（电机反转）按钮；手动自动选由具有两个常开触点与两个常闭触点的主令开关 SAK 来实现；为了防止打开关闭两种情况同时出现，造成短路的后果，用两个接触器常闭触点来互相限制两个接触器，形成任何时候，只允许一个接触器处于吸合状态；闸门与阀门本身提供了机械式到位限制开关，有常开与常闭触点，例如到阀门开到位时，开到位限制开关常闭点断开，自动断开控制电路，完成打开控制，同时常开触点向 PLC 提供闸阀门打开与关闭状态。

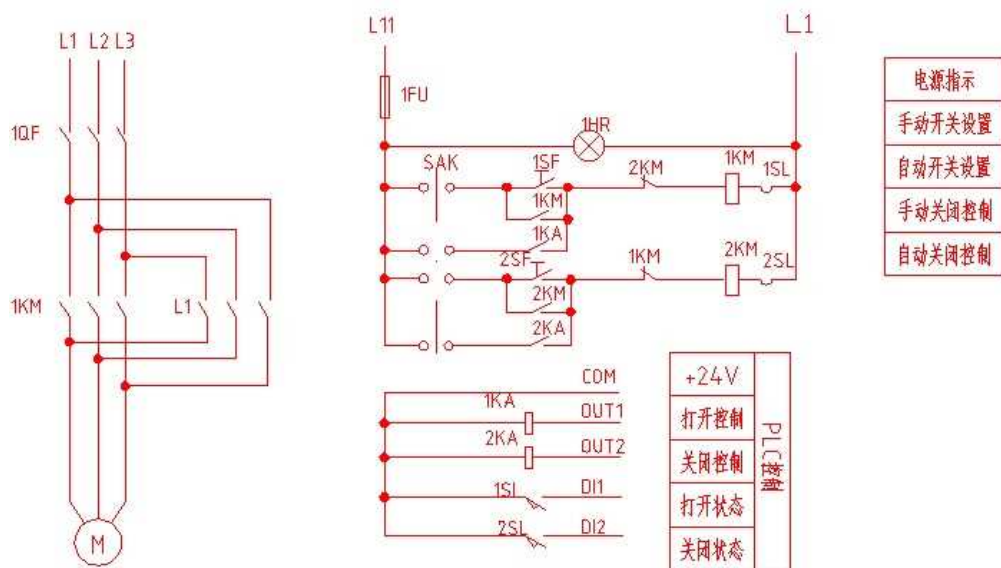


图 4-2 阀门电气原理控制图

4.3 传感器

4.3.1 超声波传感器

超声波传感器系统由发送器、接收器、控制部分以及电源部分构成。发送器常使用直径为 15mm 左右的陶瓷振子,将陶瓷振子的点振动能量转换为超声波能量并向空中辐射。除穿透式超声波传感器外,用作发送器的陶瓷振子也可用做接收器,陶瓷振子接收到超声波产生机械振动,将其变换为电能,作为传感器接收器的输出,从而对发送的超声波进行检测。

在超声波检测技术中,不管哪种超声波仪器,都必须把电能转换超声波发射出去,再接收回来变换成电信号,完成这项功能的装置就叫超声波换能器,也称探头。将超声波换能器置于被测液体上方,向下发射超声波,超声波穿过空气介质,在遇到水面时被反射回来,又被换能器所接收并转换为电信号,电子检测部分检测到这一信号后将其变成液位信号进行显示并输出。由超声波在介质中传播原理可知,若介质压力、温度、密度、湿

度等条件一定，则超声波在该介质中传播速度是一个常数。因此，当测出超声波由发射到遇到液面反射被接收所需要的时间，则可换算出超声波通过的路程，即得到了液位的数据。图 4-3 和图 4-4 分别为超声波振荡电路和超声波接收电路。

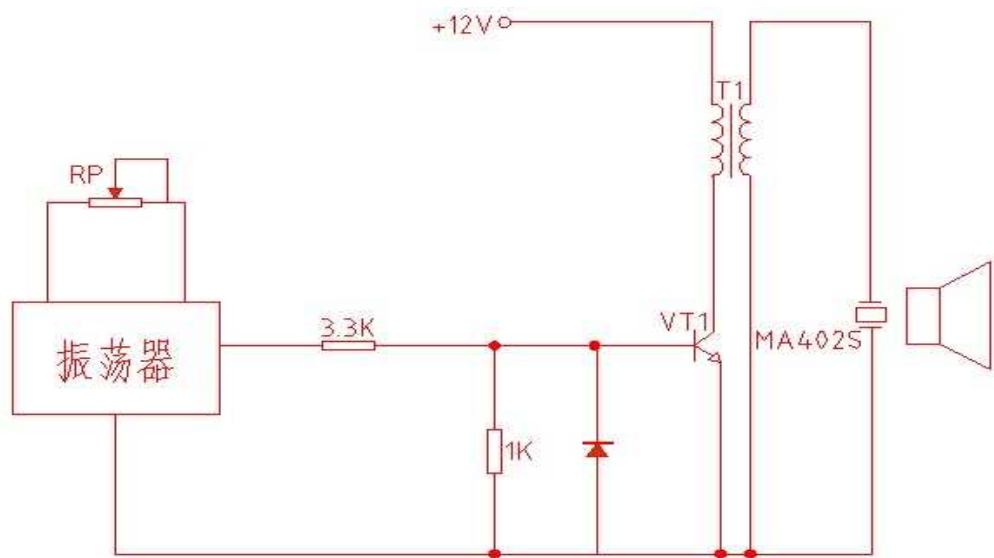


图 4-3 超声波振荡电路

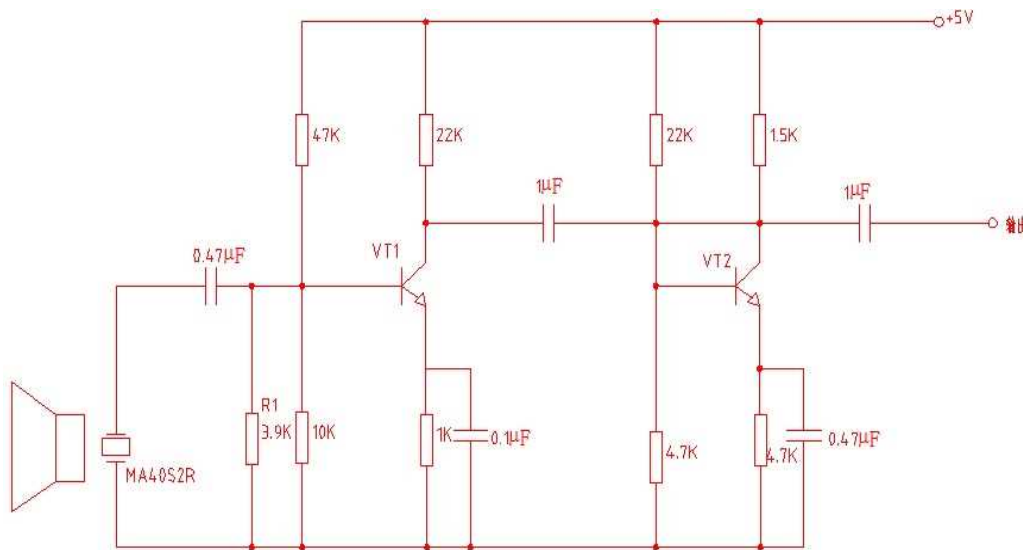


图 4-4 超声波接收电路

4.3.2 溶解氧传感器

溶解氧（DO）是指溶解在水中的氧气，它在河流、湖泊、海洋中都大量的存在，是检测水质和环境污染程度的重要指标。用传统的化学法（如碘量滴定法）测定水溶液中的溶解氧（DO）是很费时的，且成本高，不能连续测量^[13]，而用滴汞电极（DME）的极谱分析最为简单。但是，DME 的一些特性又影响了它在现场工作中的应用。金与铂电极能克服 DME 遇到的某些困难，但在一些生物介质中就失效^[14]。为了消除上述困难，膜覆盖氧电极诞生了，它最初是由 Clark 在 1956 年提出的，故而得名 Clark 氧电极^[15]。这种电极利用膜可渗透氧但不能渗透水和有机及无机溶质的原理，保护电极不与这类还原物质紧密接触，从而使传感器的灵敏度不受影响。

当前用来测量水中溶解氧浓度最常用的仪器就是电化学传感器（例如 Clark 传感器）。它是根据电池原理而设计的，本身就是个电池，不需外加电压，可通过测量电解电流来测量溶解氧浓度。测量时将其放入待测溶液，

水中溶解氧透过透氧膜，溶解于膜与电极之间的电解液薄层中，当两输出端接上负载电路时，氧在阴极表面上发生还原反应。对于结构和透氧膜确定的传感器而言，在一定温度下，氧传感器的电流只与试样中的氧分压成正比，因此，测定电流即可知氧浓度。

4. 4 PLC 的选型及输入/输出端口安排

4. 4. 1 PLC 的选择

由于污水处理需要对设备进行分散控制，本文选用华光 SU-6B 系列 PLC 来进行污水处理控制。华光 SU-6B 系列 PLC 的程序容量为 15. 5K，具有 512 的 I/O 点，处理速度为 0. 33 μ s，指令种类多达 191 条，数据寄存器容量为 7840 个字，有 2、4、6、8 槽框架以及 8、16、32 点 I/O 模块，可灵活组合，构筑经济型、省空间系统，最适用于分散控制的系统。

4. 4. 2 控制系统构成图

1. 主控 PLC 框架配置图

主控 PLC 框架配置图如图 4-5 所示。

	CPU	U-01DM	U-02RM	U-55N I0-I17	U-55N I20-I37	U-55N I40-I57	U-05T Q0-Q17
	扩展 电源	U-55N I60-I77	U-55N I100-I117	U-55N I120-I137	U-55N I140-I157	U-05T Q20-Q37	U-05T Q40-Q57
	扩展 电源	U-55N I160-177	U-05T Q60-Q77	U-01AD	U-01AD	U-01AD	U-DMY

图 4-5 主控 PLC 框架配置图

2. 远程 I/O 框架配置图

远程 I/O 框架配置图如图 4-6 所示。

	U-02RS	U-05T Q100-Q117	U-05T Q120-Q137	U-05T Q140-Q157
--	--------	--------------------	--------------------	--------------------

图 4-6 远程 I/O 框架配置图

3. 监控系统图

监控系统图如图 4-7 所示。

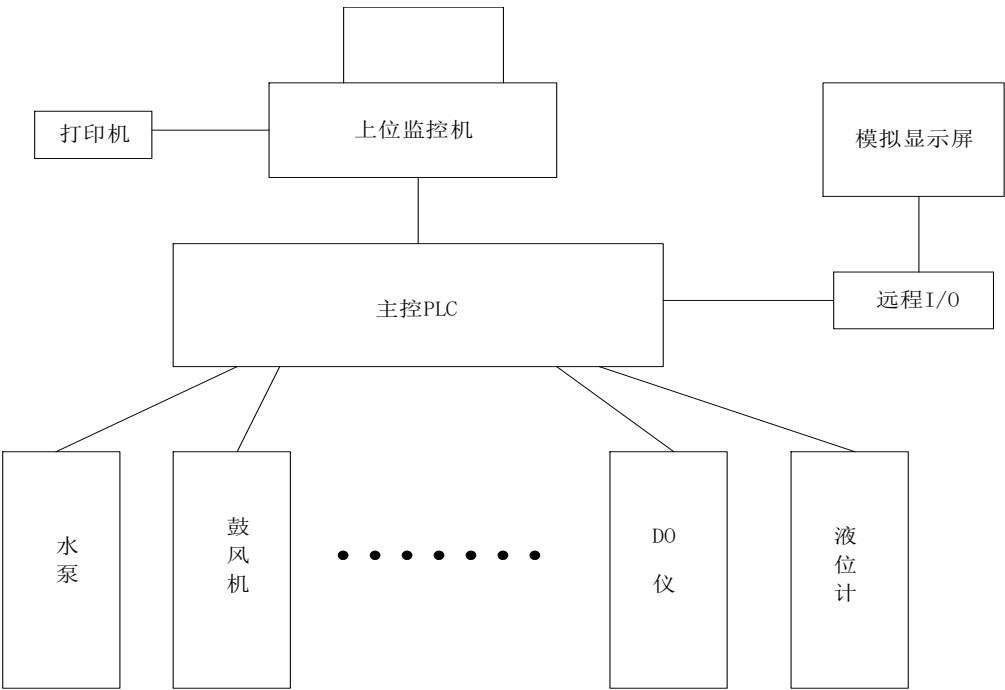


图 4-7 污水处理监控系统图

第 5 章 软件部分的设计

5.1 程序的构成

整个程序由以下几个程序模块组成。

1. 主程序

完成对污水处理系统整个工艺流程的控制。

2. 远程 I/O 程序

完成对远程 I/O 的编制，使其按照 PLC 程序工作。

3. 模拟量输入程序

完成模拟量的采集和存储。

5.2 程序的流程图

程序主要依据 SBR 法污水处理工艺（进水、反应、沉淀、排水），根据各环节设备的运行状况进行编制。具体一个 SBR 池、一个周期的流程图如图 5-1 所示。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695110132331011040>