

Control System of Urban Sewage Treatment Plant Multiphase Implementation

Fen Liu

College of Software, Tongji University, Shanghai
Email: fen_liu2013@163.com

Received: Aug. 28th, 2013; revised: Sep. 30th, 2013; accepted: Oct. 9th, 2013

Copyright © 2013 Fen Liu. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Considering the multi-phase processing features in current sewage treatment plants, this paper put forward a control plan upon ControlLogix based on the Phase I and Phase II technological features of a 50,000 t/day urban sewage treatment plant after analyzing the composition of its control system and the data implementation, which solved problems of data acquisition, data communication and control in Phase I and Phase II with favorable results.

Keywords: Urban Sewage; PLC Control System; Data Communications

城市污水处理厂多期实施控制系统的实现

刘 芬

同济大学软件学院, 上海
Email: fen_liu2013@163.com

收稿日期: 2013年8月28日; 修回日期: 2013年9月30日; 录用日期: 2013年10月9日

摘 要: 根据当前污水处理厂的处理能力分期实施的特点, 本文结合某城市5万吨/日污水处理厂一期、二期的工艺特点, 分析其控制系统的构成和控制方式以及数据实现, 提出了一种基于 ControlLogix 构建的污水处理厂的控制方案, 较好地解决了一期与二期的数据采集、数据通讯和控制等问题, 取得较好的效果。

关键词: 城市污水; PLC 控制系统; 数据通讯

1. 引言

近年来, 随着我国工业的迅速发展, 环境的污染程度也在不断加大, 城市污水产生量逐年增加^[1]。为了满足保护环境、改善人民生活条件的需要, 各地纷纷兴建各种规模的城市污水处理厂。城市污水处理工程自动控制系统一般采用由中央控制室计算机和现场级 PLC 控制单元组成的集散式控制系统, 但是我国在自动控制应用上仍存在着很多问题, 例如自控水平低下、传感器技术发展滞后、缺乏工程经验的平台等。正是由于缺乏系统进行自动控制系统的设计或方案

的选择, 使得自动控制设计在理论转向实际应用的过程中受到了阻碍。

随着科学技术的发展, 工业控制产品的更新换代, 根据“集中管理, 分散控制”的原则, 城市污水处理厂的处理能力往往采取分期实施。尤其一期的时间较长, 产品技术落后, 就会导致一期与二期的控制系统技术及通讯相差较大。本文充分利用各种先进的工业计算机网络技术以及、PLC 集散控制技术等设计并应用于改进某城市的污水控制系统, 能进一步完善一期、二期工程, 发挥已建污水处理设施的作用, 彻

底解决污水排放的问题，从而使一二期工程共同实现达标排放。

2. 污水处理自动控制系统发展现状

国内污水处理厂的自控系统却大部分较落后，但也有部分发达城市污水处理厂引进国外设备，进行相应的技术上的改进，在往全自动化控制的方向发展。目前，国内污水处理的控制水平大致分为以下几种^[2]。

1) 人工操作：设备控制，则由人工在现场控制主要设备，如阀门的开闭，鼓风量的调节等。这种控制方式，工艺参数得不到可靠保证，污水处理后出水质量难以保证，稳定性差，这种控制方式由于投资少，主要在一些小型或偏不发达污水处理场应用。

2) 人工 + 设备控制操作：通过相关的设备仪器数据采集将数据送入控制室，但是某些设备则由现场操作人员手动控制，生产中的数据需要人工记录。这种控制方式，也是由于人工的参与，使记录的数据不够精确，实际的数据会有误差，并且耗费人力，国内中小型污水处理厂较多采用。

3) 全自动控制：采用计算机控制技术、PLC 控制技术、仪表技术、显示技术、图像监控技术对污水处理全程生产工序进行无人值守全自动控制。生产过程控制中的各种信号通过相应变送器送入下位机 PLC，由 PLC 运行先进的控制算法，实现对设备的实时控制。

随着用水量不断增大的今天，仅仅依靠现有的控制技术是远远不能满足需求的。本系统 PLC 通过 ControlNet 现场总线方式与本地扩展/远程 PLC 子站连接。现场各个 PLC 主站、中央控制室计算机通过光纤以太网环网构建成整个系统，实现中央控制室监控上位机的统一协调管理。计算机之间的通讯采用以通讯光纤为介质的高速工业以太网。因此按现有的自控发展程度来讲，具有一定的创新价值。

从我国已经建成的污水处理厂自动控制系统的现状看，由计算机网络技术和现场 PLC 控制单元组成的，具有很好地适应性，是国内污水处理自动化系统应用的主导形式，但是设计和开发适合我国国情的大中型城市污水处理厂自动控制系统，研制并开发出高性价比比较高的污水处理厂自动控制系统产品仍是需要技术努力的^[3]。

3. 一期污水处理控制系统架构

3.1. 系统结构

自控系统采用 PLC 可编程控制器，控制系统的组成如下：

一期 PLC 各个站点通过 DH+ 的现场总线方式连接，最终通过现场总线和上位机通讯。部分 PLC 站点通过远程 I/O 适配器与本地或远程 I/O 框架中的智能 I/O 模块通讯，从而构建成整个系统，实现中央控制室监控上位机的统一协调管理。

控制系统组成如图 1 所示。

3.2. 一期主控制站 PLC01

一期主控制站 PLC01 的主要功能是传送实时 I/O 数据^[4]，包括程序编制，上传/下载、组态数据及对等通信，所有这些都是在一个单独的物理介质链路上传送，网络具有高度的确定性，能可靠预测数据发送时间。主要包括 CPU 模块、数字量输入输出模块、模拟量输入输出模块、以及电源、通讯模块。

控制工艺单元：

仪器仪表分别设有现场显示和触摸屏、中央控制室显示方式；现场电机设备均设有现场手动控制和远程控制两种方式，以远程控制为主。远程控制又分为自动控制和手动控制。中央控制室主要执行管理和监督功能，同时对现场仪表和电机设备进行必要的直接操作控制。

3.2.1. 粗细格栅控制

格栅间前后各装有启闭机和液位差计。启动控制方式为液位差控制和时间控制两种，可根据实际运行情况设定和调整。每台格栅采用自然顺序建立循环队列，按队列顺序依次启动，并按先开先停、累计运行时间多的格栅先停的原则，轮换工作。若某台格栅不满足启动条件，则越过该格栅启动下一台，也可由操作员手动启动。

3.2.2. 进水泵房控制

进水泵房内有 4 台潜水泵(3 用一备)。潜水泵的控制分手动和自动两种。根据集水池的水位值自动控制，即：到一定水位值应该开启几台泵由 PLC 程序自动控制设定，运行水泵轮询，累计计时，同时设定的

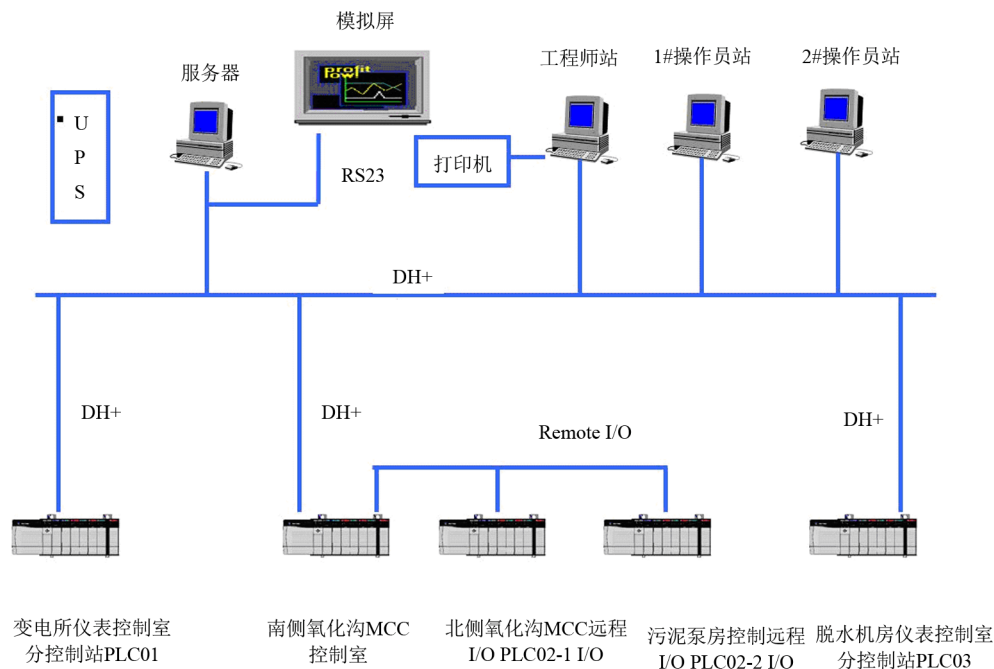


Figure 1. Control system composition (Phase I)
图 1. 控制系统组成(一期)

备用泵，根据现场状况随时启动调节控制方式。在手动方式下，操作员可根据情况对每台潜水泵和其对应的电动蝶阀单独操作。

3.2.3. 沉砂池控制

中央控制室计算机对砂泵、砂水分离器进行远程开启/停止控制。贮砂井内设液位计，高低液位报警。

3.2.4. 选择厌氧池控制

现场手动控制，和远程控制，现场手动为最高优先级，当进水达到一定流量时开启搅拌器运行。

3.3. 一期本地/远程控制站 PLC02

本地/远程控制子站系统的主要功能是本地/远程 I/O 模块数据读写控制和通讯传输，包括程序编制，上传/下载、组态数据及对等通信，它主要包括模拟输入输出模块、数字输入模块、数字输出模块、以及通讯模块。

控制工艺单元：

1) 氧化沟控制

氧化沟是活性污泥法的一种变型，是一种首尾相接的循环流，通常采用转盘曝气机，在污水净化的同

时污泥得到稳定。其启动控制方式为 DO 溶解氧的含量来控制氧化沟上曝气机开启的数量，可根据实际运行情况进行设定和调整，将氧化沟中的溶解氧维持在允许的范围内，以保证氧化沟维持在工艺所确定的微生物生存环境，达到去除原污水中污染物的目的。

2) 污泥泵房控制

回流及剩余污泥泵房内设置了 3 台回流污泥泵、2 台剩余污泥泵。污泥泵根据泥位高低，水量大小变化来自动控制。每台泵在任一条件满足时启动，反之，在两个停止条件同时满足时停泵。对污泥泵房等工艺参数进行检测和数据处理，同时对电机设备也可单独操作。

3.4. 一期主控制站 PLC03

一期主控制站 PLC03 的主要功能是传送实时 I/O 数据，包括程序编制，上传/下载、组态数据及对等通信。主要包括 CPU 模块、数字量输入输出模块、模拟量输入输出模块、以及电源、通讯模块。

控制工艺单元^[5]：

1) 二沉池控制

二沉池的泥位不宜太高，一般控制在 0.8~1 m 之下。为确保吸泥机正常运行，也不宜太低，影响排泥

和污泥回流。检测污泥界面，定时排泥，现场就地、远程控制二沉池刮泥机。

2) 污泥脱水间控制

对污泥脱水间工艺参数进行检测和数据处理。显示剩余污泥流量和累计量。显示污泥液位和MLSS值。当污泥液位达到一定上限值时，启动螺杆泵，进行污泥脱水控制。

4. 二期污水处理控制系统架构

4.1. 系统结构

二期PLC通过ControlNet现场总线方式与本地扩展/远程PLC子站连接。现场各个PLC主站、中央控制室计算机通过光纤以太网环网构建整个系统，实现中央控制室监控上位机的统一协调管理。计算机之间的通讯采用以通讯光纤为介质的高速工业以太网。

控制系统组成如图2所示。

4.2. 二期主控制站 PLC04

主控制站 PLC04 的主要功能是通过预先编制好

的控制程序，对本地机架模块所采集的数据进行分析、运算、控制并传输到中央控制室。主PLC控制站含通讯功能，包括和本地/扩展控制子站之间的通讯和与中央控制站之间进行通讯。它的组成主要包括CPU模块、I/O模块、通讯模块和电源等。

控制工艺单元：混合反应池控制

混合反应池包括混合和絮凝两个工艺过程。在混合反应池的进水段设置可调节堰门，从而方便控制混合反应池的水位。现场就地/远程控制反应池中搅拌器。

4.3. 二期本地/远程控制站 PLC05

其本地扩展、远程PLC子站通过Controlnet通讯方式与主站进行数据读写交互，通讯传输。它主要包括模拟输入输出模块、数字输入模块、数字输出模块、以及通讯模块。

控制工艺单元：中间提升泵房控制

PLC根据检测的集水池液位，编制程序自动控制水泵的开停数量和顺序，同时对应的电动阀门与水泵一起联动。泵和阀门设有远方/就地控制转换及现场操作，方便操作人员进行自动控制和手动控制。

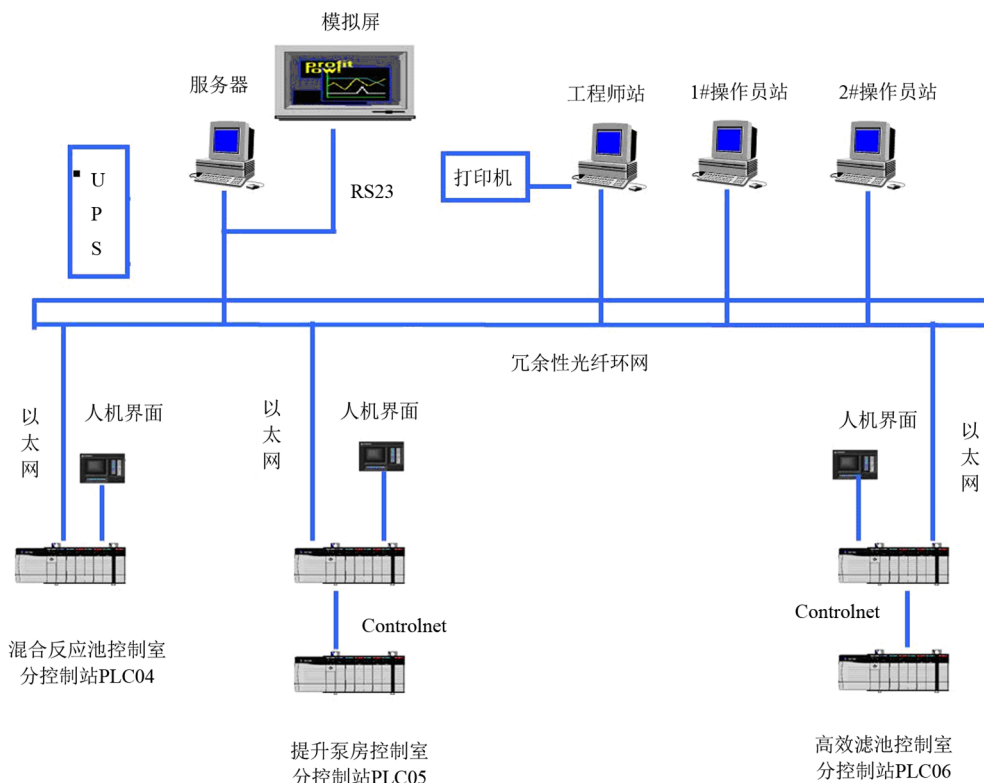


Figure 2. Control system composition (Phase II)
图 2. 控制系统组成(二期)

4.4. 二期本地/远程控制站 PLC06

其本地扩展、远程 PLC 子站通过 Controlnet 通讯方式与主站进行数据读写交互，通讯传输。它主要包括模拟输入输出模块、数字输入模块、数字输出模块、以及通讯模块。

控制工艺单元：高效纤维滤池控制

高效滤池是深度处理的最终保障。根据工艺流程分为水冲和气冲，气水混合冲几种冲洗方式。PLC 程序编制自动冲洗命令，上位机只需点击冲洗按钮即可完成一个滤池的冲洗周期。也可以点击全自动冲洗命令，则所有滤池按照预先编制好的冲洗命令过程进行全自动，顺序冲洗。也可以单独对每个滤池进行手动冲洗动作。

5. 一、二期控制系统的整合

5.1. 一、二期整合后的系统结构

一期主要为早期的 PLC5 系列 PLC，因与二期相隔几年，工业控制产品更新换代，产品技术相对落后^[6]，为了保证一期的投资，增强整个一、二期系统运行的稳定性和可靠性，提高整体运行速度，减少冗余，就要选择一种最佳的通讯技术方案，将一期和二期较好地整合。根据某城市污水处理厂的一期的组网时采用现场总线，而二期是采用的工业以太网的特点，我们结合二期的 PLC 子站资源、控制要求、工艺要求及一期和二期各 PLC 子站的物理位置，将一期的各 PLC 子站通过现场总线接入到二期的 PLC 子站中，满足了污水处理工艺的控制要求。控制系统组成如图 3 所示。

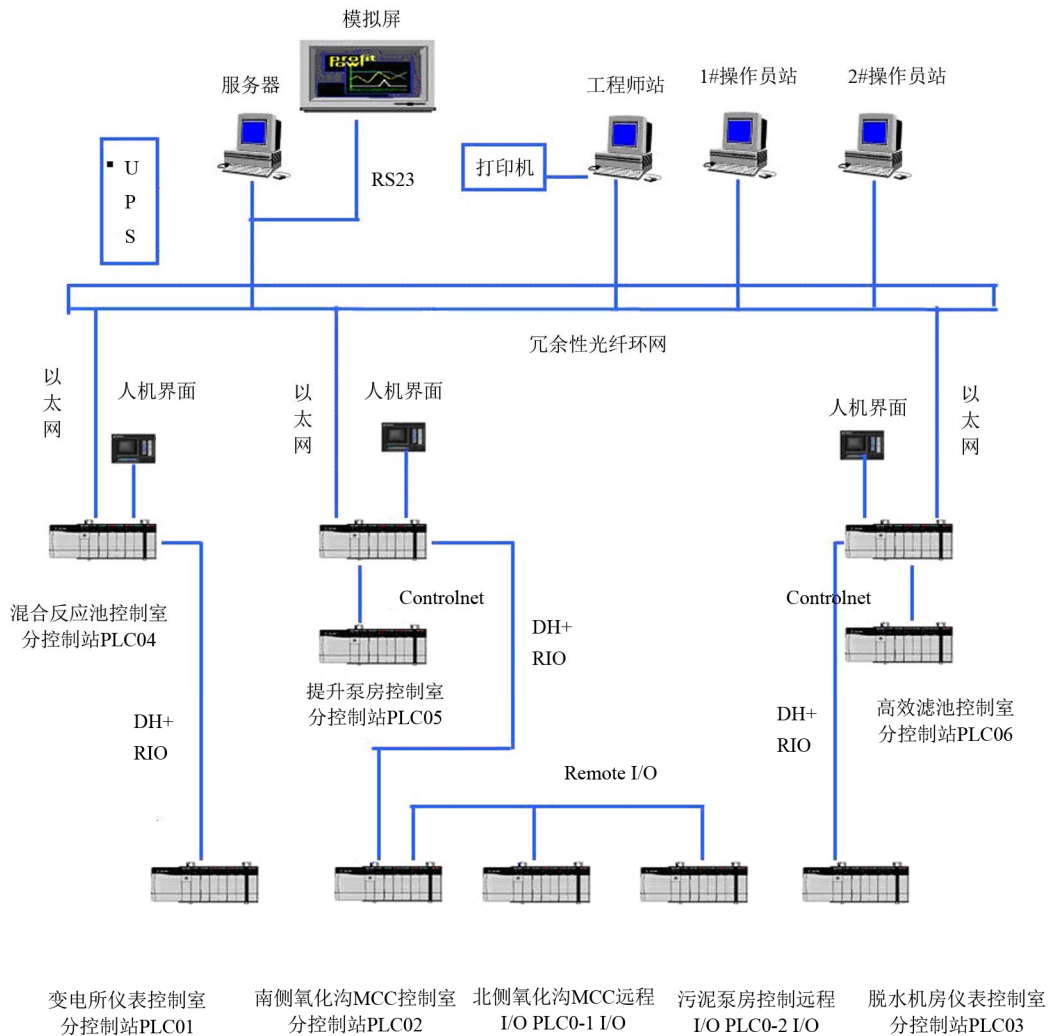


Figure 3. Overall control system composition
图 3. 整个控制系统组成

5.2. 软件实现

5.2.1. DH + RIO

二期编程软件使用罗克韦尔公司提供的 RSLogix 5000, 从 ControlLogix 系列 PLC 的 Logix5555 通过 ControlLogix 机架到 PLC5 之间进行的本地 DH+ 通讯。DH+链路上通过 1756-DHRIO 通讯模块从 Logix5555

处理器 A 发送 DH+信息到 PLC5 处理器 B。在 1756-DHRIO 的通道 A 要设为 DH+。一定要使用 RSLogix 5000 去组态通讯指令 MSG, 格式如图 4 和 5 所示。

5.2.2. Controlnet

在 ControlLogix 系列的 PLC 软件 RSLogix5000 I/O Configuration 中添加 ControlNet 模块 1756-CNB/

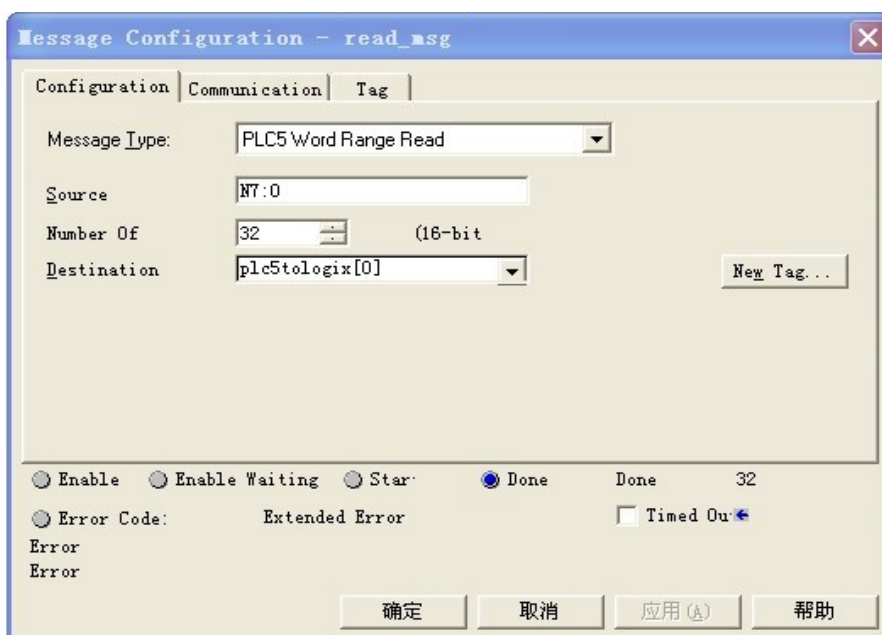


Figure 4. Configuration communication instruction I
图 4 组态通讯指令一

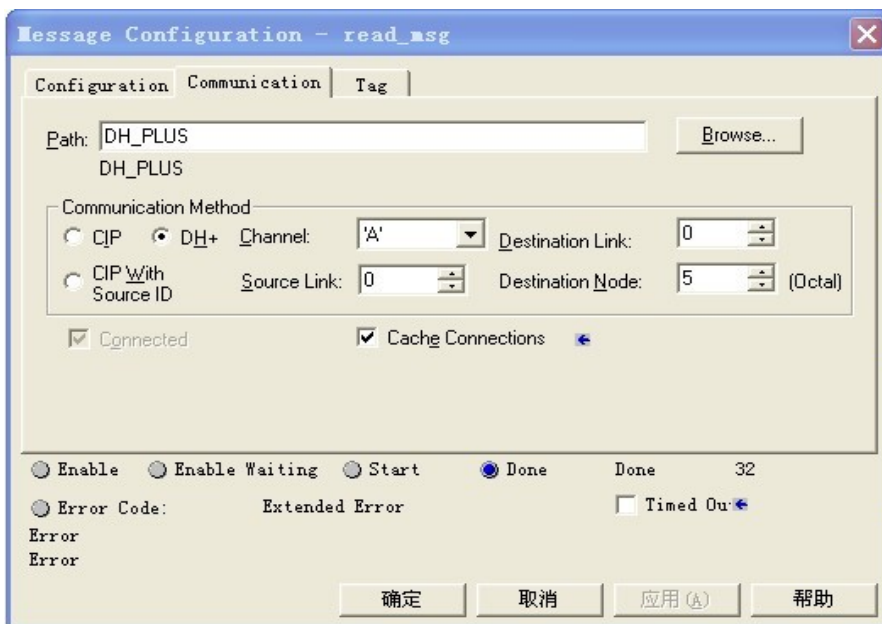


Figure 5. Configuration communication instruction II
图 5. 组态通讯指令二

D, 进行相应配置, 主要是与二期子站进行通讯。在配置之前需要进行一项重要事件, 即使用 RSNetWorx for ControlNet 来规划网络, 然后才能激活在应用程序中配置的 I/O 设备。最后下载程序, 则会扫描出本地扩展机架的 PLC 子站模块, 从而可与主站 PLC 模块具有相同使用功能, 进行分析、运算、控制并传输到中央控制室。

6. 结束语

本文通过对我国现有污水处理控制系统上存在的问题为出发点, 通过将城市污水处理厂多期实施控制系统用最佳的通讯方式结合起来, 完善了一期、二期控制系统, 使一期、二期工程得到了很好的整合, 共同发挥作用, 达到系统的安全, 稳定性, 将大幅提升污水处理企业计算机应用水平, 同时提高工作人员

的管理水平和工作效率。为某城市污水处理系统带来了巨大的社会效益, 实现污水处理工艺的半自动、全自动监控, 提高污水处理厂的技术, 合理使用和配置处理设备, 具有非常现实的意义。

参考文献 (References)

- [1] 环境保护部科技标准司 (2011) 水污染连续自动检测系统运行管理(试用). 化学工业出版社, 北京.
- [2] 夏畅斌, 罗彬, 尹奇德, 编著 (2010) 污水处理机械化与自动化. 化学工业出版社, 北京.
- [3] 刘永康, 著 (2005) 节能技术应用. 城市供水行业 2010 年技术进步发展规划及 2020 远景目标, 408-420.
- [4] 郑烈, 吴坤敦 (2009) PLC 和组态软件技术在污水处理项目的应用. *可编程控制器与工厂自动化*, **1**, 79-81.
- [5] 马勇, 彭永臻, 著 (2011) 城市污水处理系统运行及过程控制. 科学出版社, 北京.
- [6] 黎一强 (2008) PLC 技术在生活污水处理及回用系统中的应用. *自动化技术与应用*, **8**, 78-81.