

电气自动化类应用技术丛书

监控与数据采集(SCADA) 系统及其应用

王华忠 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电气自动化类应用技术丛书

监控与数据采集 (SCADA) 系统及其应用

王华忠 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了监督控制与数据采集(SCADA)系统的组成和特点,对SCADA系统设计与开发中的关键技术,包括OPC规范、I/O接口与数据采集、IEC61131-3编程语言标准、工业控制组态软件、基于PC的控制、通信与网络技术和SCADA系统集成等做了详实的介绍,并通过实际应用案例来加深读者对内容的理解与掌握。此外,对SCADA系统开发中的一些典型软、硬件产品及其使用也做了介绍。

本书侧重于SCADA系统应用与开发中的关键与主流技术和系统集成及其应用,注重实用性与新颖性。

本书可作为自动化、测控技术及仪器、电气工程及其自动化等相关专业大学本科生、研究生的教材,也可作为工控企业、自动化工程公司和相关工程技术人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

监控与数据采集(SCADA)系统及其应用 / 王华忠编著. 北京: 电子工业出版社, 2010.1

ISBN 978-7-121-10018-5

I. 监… II. 王… III. ①监视控制—自动化系统—应用软件, SCADA②数据采集—自动化系统—应用软件, SCADA IV. TP277 TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第221187号

责任编辑: 陈韦凯 特约编辑: 索蓉霞

印 刷: 北京民族印务有限责任公司

装 订: 北京民族印务有限责任公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22 字数: 560千字

印 次: 2010年1月第1次印刷

册 数: 4000册 定价: 42.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

SCADA 是英文“Supervisory Control And Data Acquisition”的简称, 翻译成中文就是“监控与数据采集”, 有些文献也简略为监控系统。一般来讲, SCADA 系统特指分布式计算机测控系统, 主要用于测控点十分分散、分布范围广泛的生产过程或设备的监控, 在通常情况下, 测控现场是无人或少人值班, 如城市排水泵站远程监控系统、城市煤气管网远程监控、电力行业调度自动化等。SCADA 系统在硬件上不如 DCS 或 FCS 等系统紧凑和专用, 但系统更加开放和多样, 组成更加灵活。SCADA 系统在控制层面上至少具有两层结构以及连接两个控制层的通信网络, 这两层设备是处于测控现场的数据采集与控制终端设备(通常称作下位机——Slaver Computer)和位于中控室的集中监视、管理和远程监控计算机(上位机——Master Computer)。

由于 SCADA 系统的应用领域极其广泛, 而不同应用领域的特点和监控要求又导致 SCADA 系统解决方案的多样性和行业特征, 从而导致对 SCADA 系统的认识有所不同。但不论在哪个领域应用, 用户对 SCADA 系统的功能要求是一致的。从其名称可以看出, 其包含两个层次的基本功能: 数据采集和监督控制。因而, SCADA 系统在系统结构、功能、开发工具等方面是有许多共性的, 本书正是针对性地介绍 SCADA 系统中的共性内容, 特别是近些年来控制领域出现的一些新的技术和规范。

全书共 9 章, 主要内容介绍如下。

第 1 章是 SCADA 系统概述, 主要介绍什么是 SCADA 系统, 系统组成、功能、特点及其应用, 对 SCADA 系统与 DCS 和 PLC 也进行了比较。

第 2 章是数据通信与网络技术, 主要介绍 SCADA 系统中常用的通信手段和技术, 由于 SCADA 系统广泛用于测控点较为分散、测控设备分布范围广的领域, 因此, 实现通信的手段和技术很多, 涵盖了目前主流的有线与无线通信。

第 3 章是 I/O 接口与数据采集技术, 主要介绍了数据采集中有关输入/输出接口知识、SCADA 系统中常用的数据采集方法与编程、基于 Internet 的数据采集等。

第 4 章是工业控制数据交换标准——OPC 规范, 主要介绍了 OPC 规范的产生、特点、主要内容、OPC 的体系结构和 OPC 服务器与客户程序开发及应用。

第 5 章是工业控制组态软件, 主要介绍了组态软件的产生和发展历史、组态软件的主要功能和组成、主流的组态软件产品及嵌入式组态软件技术, 对采用组态软件开发 SCADA 系统人机界面也做了详细介绍。

第 6 章是工业控制编程语言标准 IEC61131-3, 主要介绍了该标准的产生、特点、基本内容, 特别是对公共元素和编程语言做了比较系统介绍, 最后还介绍了几种支持该标准的软件产品。

第 7 章是基于 PC 的控制技术, 主要介绍了该技术的产生背景和特点、系统结构、主要的产品和解决方案, 特别是对基于该技术产生的新型控制器——可编程自动化控制器做了分析。

第 8 章是 SCADA 系统设计与开发, 主要介绍了 SCADA 系统开发的原则、步骤、控制策略与 PID 算法、调试与运行、可靠性设计及抗干扰措施等。

第9章是SCADA系统应用案例分析，介绍了几个富有特色的应用案例。

这9章内容中，第1章内容是SCADA系统概述，第3、6和7章与SCADA系统下位机关系比较紧密，而第5章与上位机关系紧密，第2、4章属于SCADA系统中的上、下位机通信内容，这些内容都是属于SCADA系统开发中的关键技术。第8章是关于SCADA系统集成，而第9章是案例分析，综合利用了前8章的内容。除了第9章外，在第2~7章也都有相应的实例。

作者长期以来从事计算机控制及SCADA系统的教学与系统开发，于2004年就编写了相关的讲义，在全日制本科生和成教学生中使用，取得了较好的效果。结合作者的经验、体会、SCADA系统相关技术的发展和大量相关的技术文献，作者编写了该书。

本书除叶西宁副教授编写了3.2节部分内容外，其他章节都由王华忠编著。研究生王洪鹏、谢宏健和蒋健雷等帮助绘制了部分插图，在此表示感谢。本书的编写得到了华东理工大学继续教育学院领导和教材出版基金支持，在此特表感谢。此外，作者还要感谢华东理工大学信息科学与工程学院领导和自动化系教师的关心和支持。感谢西门子自动化与驱动、北京亚控科技、北京安控科技、美国OPTO 22、中国台湾研华科技、中国台湾泓格科技、上海宝昌自动化、深圳华夏盛等提供的技术资料。在编写过程中还参考了许多书籍和资料，在此也向有关作者表示感谢。

为便于教学，凡采用本书作为教材的，作者免费提供电子教案，可在华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载。

由于时间和编著者的水平所限，疏漏在所难免，恳请读者提出批评建议，以便进一步修订，同时欢迎大家交流讨论，作者的E-mail是：hzwang@ecust.edu.cn。

编著者

2009年8月于上海

目 录

第 1 章 SCADA 系统概述	(1)
1.1 SCADA 系统概念	(1)
1.2 SCADA 系统组成	(2)
1.2.1 下位机系统	(2)
1.2.2 上位机系统(监控中心)	(5)
1.2.3 通信网络	(7)
1.2.4 检测和执行设备	(8)
1.3 SCADA 系统典型架构	(9)
1.3.1 客户机 / 服务器结构	(9)
1.3.2 浏览器 / 服务器结构	(10)
1.3.3 两种系统结构比较	(11)
1.4 SCADA、PLC 与 DCS	(11)
1.5 SCADA 系统的应用	(14)
1.6 SCADA 系统国际标准	(15)
第 2 章 数据通信与网络技术	(16)
2.1 SCADA 系统中的数据通信	(16)
2.2 数据通信概述	(17)
2.2.1 数据通信系统组成	(17)
2.2.2 数据传输的几个基本概念	(18)
2.2.3 差错控制	(20)
2.3 通用串行通信	(22)
2.3.1 串行通信参数	(23)
2.3.2 流量控制	(24)
2.3.3 RS-232C 接口特性与串行通信	(25)
2.3.4 RS-422 与 RS-485 串行接口	(27)
2.3.5 RS-485 网络的主从式通信	(28)
2.3.6 串口服务器	(31)
2.4 Modbus 通信协议	(36)
2.4.1 Modbus 协议概述	(36)
2.4.2 常用 Modbus 协议	(37)
2.5 现场总线技术	(39)
2.5.1 现场总线的体系结构与特点	(39)

2.5.2	几种有影响的现场总线	(40)
2.6	SCADA 系统中的网络技术	(44)
2.6.1	通信网络概述	(44)
2.6.2	计算机网络拓扑结构与分类	(45)
2.6.3	网络传输介质	(47)
2.6.4	介质访问控制方式	(52)
2.6.5	网络体系结构与参考模型	(55)
2.7	Internet 上的协议	(57)
2.7.1	TCP 协议	(58)
2.7.2	UDP 协议	(60)
2.7.3	网络层 IP 协议	(62)
2.8	以太网与工业以太网	(64)
2.8.1	以太网	(64)
2.8.2	以太网的物理层和数据链路层规范	(65)
2.8.3	工业以太网	(65)
2.9	SCADA 系统中无线通信技术	(69)
2.9.1	SCADA 系统常用无线通信技术	(69)
2.9.2	短程无线通信技术	(71)
2.9.3	数传电台及其应用	(75)
2.9.4	GPRS 无线通信技术及其应用	(80)
第 3 章 I / O 接口与数据采集技术		(85)
3.1	SCADA 系统 I / O 接口概述	(85)
3.2	过程 I / O 接口	(86)
3.2.1	模拟量输入通道	(86)
3.2.2	模拟量输出通道	(92)
3.2.3	开关量输入 / 输出通道	(95)
3.3	基于 PC 的数据采集技术	(96)
3.3.1	常用的数据采集方法	(96)
3.3.2	数据采集中的 I / O 控制方式	(98)
3.4	基于 PC 的数据采集系统编程	(100)
3.4.1	基于 DLL 的数据采集	(101)
3.4.2	基于 ActiveX 的数据采集程序设计	(103)
3.4.3	PC 总线 I / O 板卡设备数据采集编程	(106)
3.5	基于 PLC 的数据采集系统编程	(109)
3.5.1	用 PLC 与数据采集模块进行模拟量采集编程	(109)
3.5.2	用 PLC 与智能仪表配合进行数据采集编程	(111)
3.5.3	用 PLC 进行数据采集编程	(114)

3.6	基于虚拟仪器的数据采集技术	(118)
3.6.1	虚拟仪器技术	(118)
3.6.2	虚拟仪器软件开发平台	(119)
3.7	基于 Web 的远程数据采集与监控	(125)
3.7.1	基于 Web 的远程数据采集与监控	(126)
3.7.2	利用组态软件实现数据的远程访问	(127)
3.7.3	利用 ASP 实现数据的远程访问	(129)
第 4 章	工业控制数据交换标准——OPC 规范	(131)
4.1	OPC 的开发背景和历史	(131)
4.2	OPC 的关键技术与体系结构	(133)
4.2.1	COM 与 DCOM 技术	(133)
4.2.2	COM 主要特性	(135)
4.2.3	基于 OPC 的客户机 / 服务器数据交换模型	(136)
4.3	OPC 分层模型结构与对象接口	(137)
4.3.1	OPC 分层模型结构	(137)
4.3.2	OPC 对象接口	(138)
4.4	OPC 接口与数据访问方法	(140)
4.4.1	OPC 接口	(140)
4.4.2	OPC 数据访问方法	(141)
4.5	其他 OPC 规范	(144)
4.5.1	OPC 报警与事件	(144)
4.5.2	OPC 历史数据存取	(144)
4.5.3	OPC 批量服务器	(145)
4.6	OPC 服务器与客户程序设计	(145)
4.6.1	OPC 服务器设计	(145)
4.6.2	OPC 客户程序设计	(147)
4.6.3	OPC 软件工具包	(147)
4.6.4	互操作性测试	(148)
4.7	组态软件网络 OPC 功能使用说明	(148)
4.7.1	配置充当 OPC 服务器的机器	(148)
4.7.2	组态软件作为 OPC 客户端与 OPC 服务器连接	(150)
第 5 章	工业控制组态软件	(154)
5.1	组态软件的产生及发展	(154)
5.2	组态软件的功能需求	(155)
5.3	组态软件系统构成与技术特色	(156)
5.3.1	组态软件的总体结构及其相似性	(156)
5.3.2	组态软件的功能部件	(158)

5.3.3	组态软件技术特色	(164)
5.3.4	组态软件的发展趋势	(166)
5.4	主要的组态软件介绍	(168)
5.4.1	iFIX	(168)
5.4.2	InTouch	(170)
5.4.3	WinCC	(172)
5.4.4	组态王	(174)
5.4.5	WebAccess	(176)
5.5	嵌入式组态软件	(180)
5.5.1	嵌入式组态软件的产生	(180)
5.5.2	嵌入式组态软件的功能与特点	(181)
5.5.3	嵌入式组态软件的构成	(181)
5.6	组态软件的局限及功能扩展	(182)
5.6.1	组态软件的功能局限性	(182)
5.6.2	用 DDE 扩展组态软件功能	(184)
5.7	用组态软件开发 SCADA 系统上位机人机界面	(186)
5.7.1	组态软件选型	(186)
5.7.2	用组态软件设计 SCADA 人机界面	(188)
5.7.3	SCADA 系统中数据报表开发	(191)
5.7.4	SCADA 系统人机界面的调试	(192)
第 6 章	工业控制编程语言标准 IEC 61131-3	(193)
6.1	IEC 61131-3 标准的产生与特点	(193)
6.1.1	传统的 PLC 编程语言的不足	(193)
6.1.2	IEC 61131-3 标准的产生	(194)
6.1.3	IEC 61131-3 标准的特点	(196)
6.2	IEC 61131-3 的基本内容	(197)
6.2.1	语言元素	(198)
6.2.2	数据类型	(204)
6.2.3	变量	(207)
6.3	程序组织单元	(213)
6.3.1	程序组织单元及其组成	(213)
6.3.2	功能	(215)
6.3.3	功能块	(217)
6.3.4	程序	(218)
6.4	软件、通信和功能模型	(219)
6.4.1	软件模型	(219)
6.4.2	通信模型	(221)
6.5	IEC 61131-3 标准的 5 种编程语言	(223)

6.5.1	顺序功能图	(223)
6.5.2	梯形图语言	(225)
6.5.3	功能块图	(226)
6.5.4	结构化文本语言	(226)
6.5.5	指令表语言	(228)
6.6	基于 IEC 61131-3 标准的编程软件	(228)
6.6.1	MULTIPROG	(229)
6.6.2	OpenPCS	(231)
6.6.3	CoDesys	(232)
第 7 章	基于 PC 的控制技术	(233)
7.1	基于 PC (PC-Based) 的控制技术概述	(233)
7.1.1	基于 PC 的控制技术产生	(233)
7.1.2	基于 PC 控制中的操作系统	(234)
7.2	软 PLC 控制技术	(236)
7.2.1	软 PLC 控制系统架构	(236)
7.2.2	几种类型的工业 PC	(237)
7.2.3	软 PLC 工业控制系统设计	(238)
7.2.4	软 PLC 软件 KingACT	(240)
7.3	基于 PC 的控制技术的发展	(243)
7.3.1	传统基于 PC 的控制技术的局限性	(243)
7.3.2	可编程自动化控制器 (PAC)	(244)
7.4	西门子基于 PC 控制解决方案	(246)
7.4.1	SIMATIC WinAC——基于 PC 的自动化控制产品系列	(246)
7.4.2	西门子基于 PC 的自动化的优点	(247)
7.5	用 ISaGRAF 开发嵌入式控制器应用程序	(249)
7.5.1	ISaGRAF 简介	(249)
7.5.2	用 ISaGRAF 开发嵌入式控制器程序	(251)
7.6	PAC 在真空制盐过程控制中的应用	(260)
7.6.1	真空制盐工艺过程与控制要求	(260)
7.6.2	真空制盐控制系统总体设计	(260)
7.6.3	真空制盐过程 PID 控制方案及其实现	(261)
第 8 章	SCADA 系统设计与开发	(265)
8.1	SCADA 系统设计概述	(265)
8.2	SCADA 系统设计原则	(265)
8.3	SCADA 系统设计与开发步骤	(267)
8.3.1	SCADA 系统需求分析与总体设计	(267)
8.3.2	SCADA 系统类型确定与设备选型	(270)

8.3.3	SCADA 系统应用软件开发	(272)
8.4	控制策略与 PID 算法	(275)
8.4.1	PID 控制算法	(275)
8.4.2	PLC 中的 PID 控制指令	(277)
8.4.3	PID 控制器参数整定	(280)
8.5	SCADA 系统调试与运行	(282)
8.5.1	离线仿真调试	(282)
8.5.2	在线调试和运行	(283)
8.6	SCADA 系统可靠性设计	(284)
8.6.1	供电抗干扰措施	(284)
8.6.2	接地抗干扰措施	(285)
8.6.3	软件抗干扰措施	(287)
8.6.4	空间抗干扰措施	(288)
第 9 章	SCADA 系统应用案例分析	(290)
9.1	污染源在线监控 SCADA 系统设计与实现	(291)
9.1.1	概述	(291)
9.1.2	系统结构与特点	(291)
9.1.3	系统配置及功能	(293)
9.2	污水处理厂 SCADA 系统设计与开发	(295)
9.2.1	概述	(295)
9.2.2	污水处理厂 SCADA 系统结构与功能	(296)
9.2.3	污水厂 SCADA 系统主要硬件设备选型	(299)
9.2.4	污水处理厂 SCADA 系统下位机 PLC 站控制软件开发	(303)
9.2.5	基于 OPC 技术的上、下位机通信系统开发	(314)
9.2.6	污水处理厂 SCADA 系统上位机软件开发	(316)
9.2.7	系统调试与运行	(319)
9.3	油田抽油机 SCADA 系统设计与开发	(320)
9.3.1	油田抽油机 SCADA 系统组成	(320)
9.3.2	油田中心控制室软件描述	(321)
9.3.3	抽油机现场控制器	(324)
9.3.4	油井自动计量控制器	(327)
9.4	原油输送管线 SCADA 系统设计与开发	(328)
9.4.1	概述	(328)
9.4.2	OPTO 22 SCADA 系统解决方案	(329)
9.4.3	SCADA 系统设计与开发	(332)
参考文献		(339)

第1章 SCADA 系统概述

1.1 SCADA 系统概念

SCADA 是英文“Supervisory Control And Data Acquisition”的简称，翻译成中文就是“监控与数据采集”，有些文献也简略为监控系统。从其名称可以看出，其包含两个层次的基本功能：数据采集和监控。图 1.1 所示为一个污水处理厂 SCADA 系统结构示意图，这种结构在其他类似的各种监控系统中经常可以看到，如城市排水泵站远程监控系统、城市煤气管网远程监控等、电力行业调度自动化等。

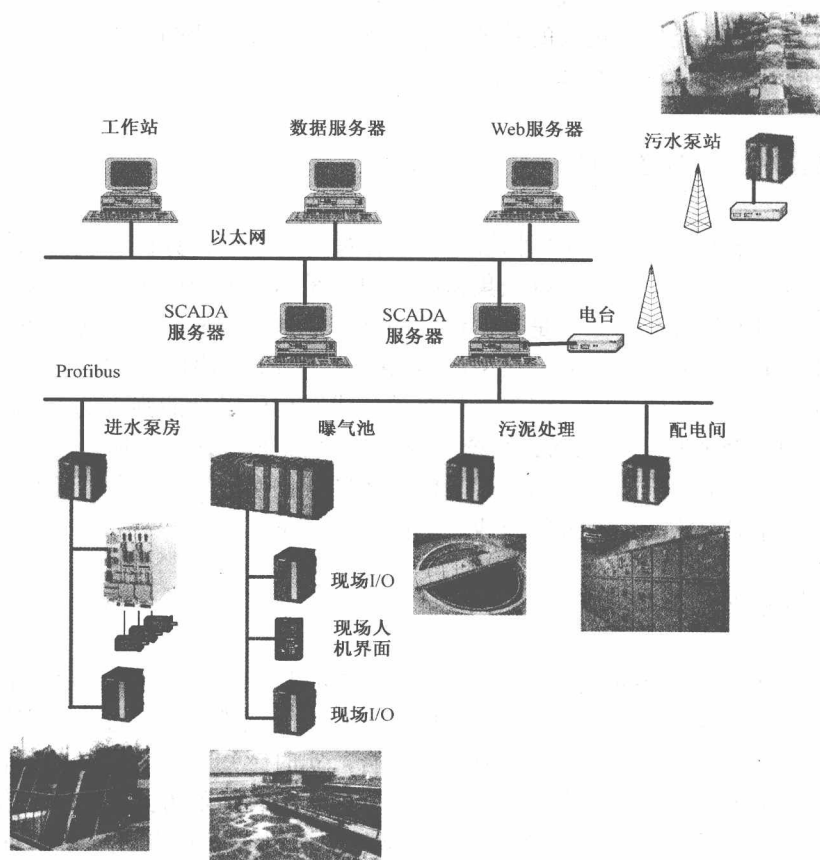


图 1.1 SCADA 系统实例——污水处理厂监控系统

目前对 SCADA 系统无统一的定义，一般来讲，SCADA 系统特指分布式计算机测控系



统, 主要用于测控点十分分散、分布范围广泛的生产过程或设备的监控, 通常情况下, 测控现场是无人或少人值守。根据国外的一些文献资料, 把计算机控制系统分为两类, 即集散控制系统 (DCS) 和 SCADA 系统。SCADA 系统在控制层面上至少具有两层结构以及连接两个控制层通信网络, 这两层设备是处于测控现场的数据采集与控制终端设备 (通常称作下位机——Slave Computer) 和位于中控室的集中监视、管理和远程监控计算机 (上位机——Master Computer)。参考国内外的一些文献, 这里作者给出一个 SCADA 系统的定义: SCADA 系统是一类功能强大的计算机远程监督控制与数据采集系统, 它综合利用了计算机技术、控制技术、通信与网络技术, 完成了对测控点分散的各种过程或设备的实时数据采集, 本地或远程的自动控制, 以及生产过程的全面实时监控, 并为安全生产、调度、管理、优化和故障诊断提供必要和完整的数据及技术支持。

近年来, 随着网络技术、通信技术特别是无线通信技术的发展, SCADA 系统在结构上更加分散, 通信方式更加多样, 系统结构从 C/S (客户机/服务器) 架构向 B/S (浏览器/服务器) 与 C/S 混合的方向发展, 各种通信技术如数传电台、GPRS、PSTN、VPN、卫星通信等得到更加广泛的应用。

虽然可以采用一台计算机配接各种 I/O 卡件并且运行自行开发的应用软件也可以实现数据采集与监控, 但这类最小规模的系统并不是本书重点要介绍的。当然, 本书介绍的内容也同样可以帮助开发这种小型的 SCADA 系统。

1.2 SCADA 系统组成

SCADA 系统作为生产过程和事物管理自动化最为有效的计算机软硬件系统之一, 它包含 3 个部分: 第一个是分布式的数据采集系统, 也就是通常所说的下位机; 第二个是过程监控与管理系统, 即上位机; 第三个是数据通信网络, 包括上位机网络系统、下位机网络以及将上、下位机系统连接的通信网络。典型的 SCADA 系统的结构如图 1.2 所示。SCADA 系统的这三个组成部分的功能不同, 但三者的有效集成则构成了功能强大的 SCADA 系统, 完成对整个过程的有效监控。SCADA 系统广泛采用“管理集中、控制分散”的集散控制思想, 因此, 即使上、下位机通信中断, 现场的测控装置仍然能正常工作, 确保系统的安全和可靠运行。以下分别对这 3 个部分的组成、功能等作介绍。

1.2.1 下位机系统

下位机一般来讲都是各种智能节点, 这些下位机都有自己独立的系统软件和由用户开发的应用软件。该节点不仅完成数据采集功能, 而且还能完成设备或过程的直接控制。这些智能采集设备与生产过程各种检测与控制设备结合, 实时感知设备各种参数的状态, 各种工艺参数值, 并将这些状态信号转换成数字信号, 并通过各种通信方式将下位机信息传递到上位机系统中, 并且接受上位机的监控指令。典型的下位机有远程终端单元 RTU、可编程控制器 PLC、近年才出现的 PAC 和智能仪表等。

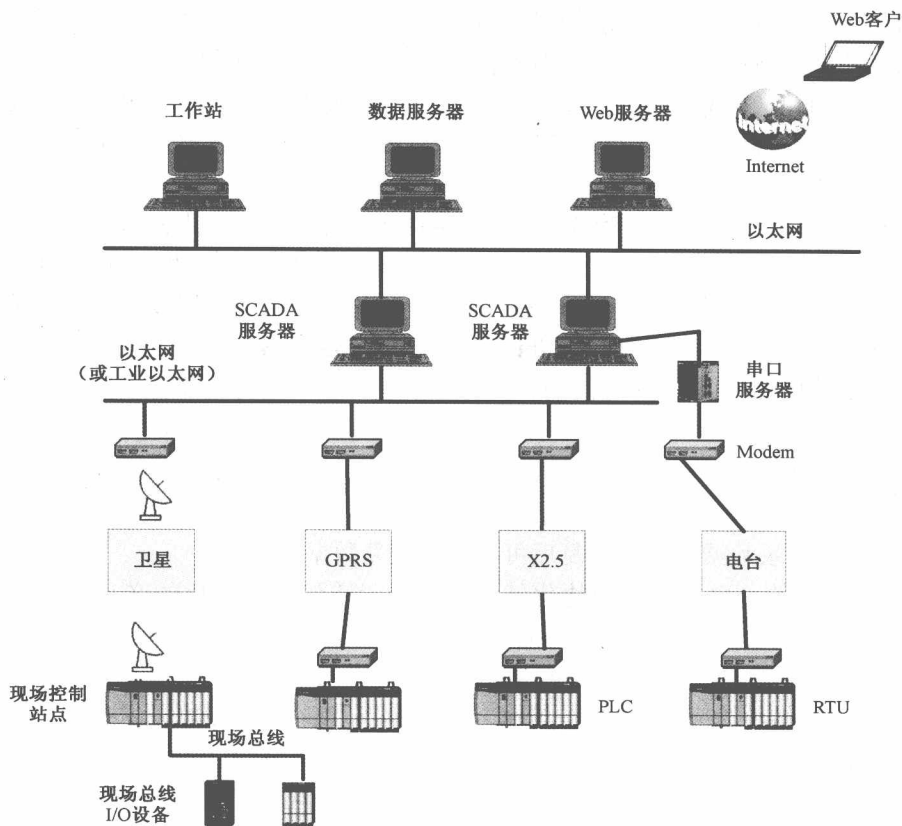


图 1.2 SCADA 系统的结构

1. 远程终端单元 RTU

RTU (Remote Terminal Unit, RTU) 是安装在远程现场的电子设备，用来监视和测量安装在远程现场的传感器和设备。RTU 将测得的状态或信号转换成可在通信媒体上发送的数据格式。它还将从中央计算机发送来的数据转换成命令，实现对设备的远程监控。许多工业控制厂家生产各种形式的 RTU，不同厂家的 RTU 通常自成体系，即他们有自己的组网方式和编程软件，开放性较差。

远程测控终端 RTU 作为体现“测控分散、管理集中”思路的产品从 20 世纪 80 年代起介绍到中国并迅速得到广泛的应用。它在提高信号传输可靠性、减轻主机负担、减少信号电缆用量、节省安装费用等方面的优点也得到用户的肯定。

RTU 的主要作用是进行数据采集及本地控制，进行本地控制时作为系统中一个独立的工作站，这时 RTU 可以独立地完成连锁控制、前馈控制、反馈控制、PID 等工业上常用的控制调节功能；进行数据采集时作为一个远程数据通信单元，完成或响应本站与中心站或其他站的通信和遥控任务。RTU 的主要配置有 CPU 模板、I/O（输入/输出）模板、通信接口单元，以及通信机、天线、电源、机箱等辅助设备。RTU 能执行的任务流程取决于下载到 CPU 中的程序，CPU 的程序可用工程中常用的编程语言编写，如梯形图、C 语言等。I/O

模板上的 I/O 通道是 RTU 与现场信号的接口, 这些接口在符合工业标准的基础上有多种样式, 满足多种信号类型。I/O 模板一般都插接在 RTU 的总线板槽上, 通过总线与 CPU 相连。这种结构易于 I/O 模板的更换和扩展。除 I/O 通道外, RTU 的另一个重要的接口是 RTU 的通信端口, RTU 具有多个通信端口, 以便支持多个通信链路。与常用的工业控制设备 PLC 相比, RTU 具有如下特点:

(1) 同时提供多种通信端口和通信机制。RTU 产品往往在设计之初就预集成了多个通信端口, 包括以太网和串口 (RS-232 / RS-485)。这些端口满足远程和本地的不同通信要求, 包括与中心站建立通信, 与智能设备 (流量计、报警设备等) 以及就地显示单元和终端调试设备建立通信。通信协议采用 Modbus RTU、Modbus ASCII、Modbus TCP / IP 等标准协议, 具有广泛的兼容性。同时通信端口具有可编程特性, 支持对非标准协议的通信定制。

(2) 提供大容量程序和数据存储空间。从产品配置来看, PLC 提供的程序和数据存储空间往往只有 6~13KB, 而 RTU 可提供 1~32MB 的大容量存储空间。RTU 的一个重要的产品特征是能够在特定的存储空间连续存储 / 记录数据, 这些数据可标记时间标签。当通信中断时 RTU 就地记录数据, 通信恢复后可补传和恢复数据。

(3) 高度集成的、更紧凑的模块化结构设计。紧凑的、小型化的产品设计简化了系统集成工作, 适合无人值守站或室外应用的安装。高度集成的电路设计增加了产品的可靠性, 同时具有低功耗特性, 简化备用供电电路的设计。

(4) 更适应恶劣环境应用的品质。PLC 要求环境温度在 0~55℃, 安装时不能放在发热量大的元件下面, 四周通风散热的空间应足够大。为了保证 PLC 的绝缘性能, 空气的相对湿度应小于 85% (无凝露)。否则会导致 PLC 部件的故障率提高, 甚至损坏。RTU 产品就是为适应恶劣环境而设计的, 通常产品的设计工作环境温度为一40~60℃。某些产品具有 DNV (船级社) 等认证, 适合船舶、海上平台等潮湿环境应用。

正是由于 RTU 完善的功能, 使得 RTU 产品在 SCADA 系统中得到了大量的应用。国内外有许多公司从事相关产品的研发和生产。如美国 SIXNET 公司的 VersaTRAK IPm、SiteTRAK RTU、RemoteTRAK RTU 等系列产品; 美国艾默生过程管理公司的 ROC800、FB107; 美国 Motorola 公司的 MOSCAD 远程终端; 美国 OPTO 22 公司的 OPTOMUX 及 SNAP; 澳大利亚埃波罗 (ELPRO) 公司的 EP105 一体化 RTU 等; 北京安控科技股份有限公司的 Super E40、E50; 北京华迅通信电子技术公司的 eNET 无线 RTU 等。

VersaTRAK IPm 是最高级的 RTU 控制器, 具有强大的通信功能和编程能力。VersaTRAK IPm 内嵌 Linux 系统, 具有源码开放的优点, 而控制器的所有应用无需了解 Linux。VersaTRAK IPm 与 SIXNET 的其他 RTU 控制器完全兼容。用户原有的 ISaGRAF 程序无需更改即可应用。

艾默生 ROC800 是基于微处理技术的远程控制器, 它可以满足各种现场自动化应用功能。可扩展的 ROC800 可以对站场及远程设备进行远程监视、测量和控制; 能够满足需要流量计算、PID 闭环控制和逻辑顺序控制的应用场合。ROC800 的背板支持中央处理单元 (CPU)、电源输入模块、通信模块和各种 I/O 模块。ROC800 可以通过最多 4 个 I/O 扩展基架进行扩展。每一个扩展基架带 1 个背板和 6 个 I/O 插槽。当选用了全部 4 个扩展基架时, ROC800 能最多扩展至 27 个插槽。

2. 各种中、小型 PLC

典型的小型 PLC 产品有三菱的 FX2N 系统 PLC、西门子的 S7200 系统、OMRON 的 CPM1A 等。一些中、大型的 SCADA 系统的下位机选用中型的 PLC 产品,如三菱的 Q 系列、西门子的 S7-300、A-B 公司的 ControlLogix 和施耐德的 Quantum 系列等。由于这些产品性价比高、可靠性高、编程方便,因此,在各种 SCADA 系统中得到广泛的应用。随着现场总线技术的发展,现场总线在以 PLC 为下位机的系统中应用也不断增长。

3. 可编程自动化控制器 (Programmable Automation Controller, PAC)

作为一种开放型的自动化控制设备, PAC 在 SCADA 系统的下位机的应用逐步增多,主要的产品有: GE Fanuc 公司的 PACSystemsRX3i / 7i、NI 公司的 Compact FieldPoint、Beckhoff 公司的 CX1000、泓格科技的 WinCon / LinCon 系列、 μ PAC-7186EX、A-B 公司的 CompactLogix 和研华公司的 ADAM-5510EKW 等。

4. 智能仪表

城市公用事业系统如水、电、气的远程监控,热电企业的热网计量与蒸汽计量的远程监控也大量采用 SCADA 系统。与其他一些工业过程的 SCADA 系统相比,它们更加侧重数据采集、信息集中管理与远程监管,而远程控制功能要求较低。在这类 SCADA 系统中,大量使用各种现场仪表做下位机,如智能流量计量表、冷量热量表、智能巡检仪等。还可以采用各种智能控制仪表与传统模拟仪表配套进行计量。采用智能控制仪表后,下位机系统具有更强的控制功能,若不需要控制功能,可以直接采用具有通信接口的现场仪表直接作为下位机。

不管选用何种形式的下位机,其地位和作用是一样的,它们与生产过程各种检测与控制设备结合,实时感知设备各种参数的状态,各种工艺参数值,并将这些状态信号转换成数字信号,并通过特定数字通信或数字网络传递到上位机系统中;同时,下位机也可根据预先编写的控制程序,完成现场设备的控制。

由于 SCADA 系统中上、下位机的通信可能中断,因此要求下位机系统具有自主控制能力。此外,对于 I/O 模块,也要求具有安全值设置等功能。如 PLC 和一些 RTU 的 I/O 模块可以设置初始状态,或程序停止运行时的输出状态。这些功能在目前许多总线式 I/O 模块中也得到了体现,如泓格 7000 系列部分 I/O 模块,除了可以设置 RS-485 通信中断时的安全数值外,还可以设定模块上电值,这些措施不仅可以增强现场控制单元的自主性,而且提高了控制的可靠性。

1.2.2 上位机系统 (监控中心)

1. 上位机系统组成

国外文献常称上位机为“SCADA Server”或 MTU,即 Master Terminal Unit。上位机系



统通常包括 SCADA 服务器、工程师站、操作员站、Web 服务器等, 这些设备通常采用以太网联网。实际的 SCADA 系统上位机系统到底如何配置还要根据系统规模和要求而定, 最小的上位机系统只要有一台 PC 即可。根据安全性要求, 上位机系统还可以实现冗余, 即配置两台 SCADA 服务器, 当一台出现故障时, 系统自动切换到另外一台工作。上位机通过网络, 与在测控现场的下位机通信, 以各种形式, 如声音、图形、报表等方式显示给用户, 以达到监视的目的。同时数据经过处理后, 告知用户设备的状态 (报警、正常或报警恢复), 这些处理后的数据可能会保存到数据库中, 也可能通过网络系统传输到不同的监控平台上, 还可能与别的系统 (如 MIS、GIS) 结合形成功能更加强大的系统; 上位机还可以接受操作人员的指示, 将控制信号发送到下位机中, 以达到远程控制的目的。

对结构复杂的 SCADA 系统, 可能包含多个上位机系统。即系统除了有一个总的监控中心外, 还包括多个分监控中心。如对于西气东输监控系统这样的大型系统而言, 就包含多个地区监控中心, 它们分别管理一定区域的下位机。采用这种结构的好处是系统结构更加合理, 任务管理更加分散, 可靠性更高。每一个监控中心通常由完成不同功能的工作站组成一个局域网, 这些工作站包括:

- (1) 数据服务器——负责收集从下位机传送来的数据, 并进行汇总。
- (2) 网络服务器——负责监控中心的网络管理及与上一级监控中心的连接。
- (3) 操作员站——在监控中心完成各种管理和控制功能, 通过组态画面监测现场站点, 使整个系统平稳运行, 并完成工况图、统计曲线、报表等功能。操作员站通常是 SCADA 客户端。
- (4) 工程师站——对系统进行组态和维护; 改变下位机系统的控制参数等。

2. 上位机系统功能

通过完成不同功能计算机及相关通信设备、软件的组合, 整个上位机系统可以实现如下功能。

1) 数据采集和状态显示

SCADA 系统的首要功能就是数据采集, 即首先通过下位机采集测控现场数据, 然后上位机通过通信网络从众多的下位机中采集数据, 进行汇总、记录和显示。通常情况下, 下位机不具有数据记录功能, 只有上位机才能完整地记录和保持各种类型的数据, 为各种分析和应用打下基础。

上位机系统通常具有非常友好的人机界面, 人机界面可以以各种图形、图像、动画、声音等方式显示设备的状态和参数信息、报警信息等。

2) 远程监控

SCADA 系统中, 上位机汇集了现场的各种测控数据, 这是远程监视、控制的基础。由于上位机采集数据具有全面性和完整性, 监控中心的控制管理也具有全局性, 能更好地实现整个系统的合理、优化运行。特别是对许多常年无人值守的现场, 远程监控是安全生产的重要保证。

远程监控的实现不仅表现在管理设备的开、停及其工作方式, 如手动还是自动, 还可以通过修改下位机的控制参数来实现对下位机运行的管理和监控。