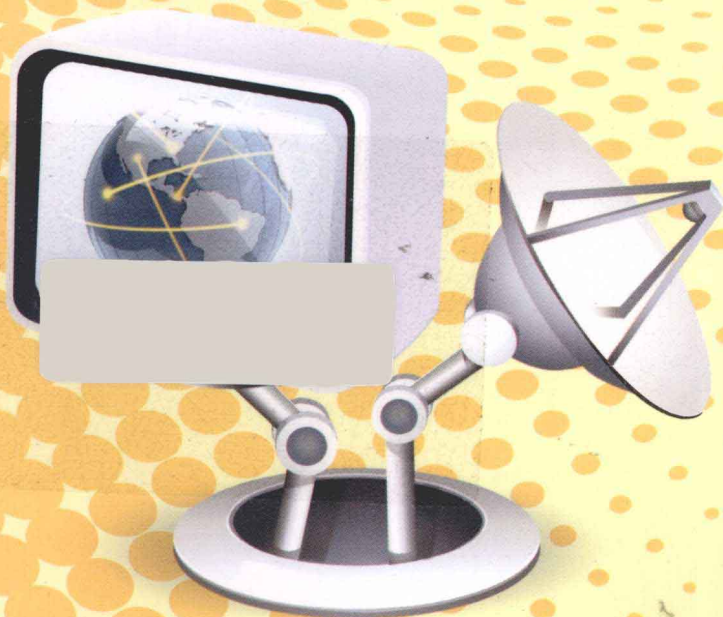


卓越工程师教育培养计划系列丛书

监控与数据采集(SCADA) 系统及其应用

(第2版)

王华忠 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

卓越工程师教育培养计划系列丛书

监控与数据采集 (SCADA) 系统及其应用 (第2版)

王华忠 编著

电子工业出版社

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 系统集成等进行了详实的介绍,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 系统应用开发中的关键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、自动化领域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. —2版. —北京:电子工业出版社,2012.9
(卓越工程师教育培养计划系列丛书)

ISBN 978-7-121-17971-6

I. ①监… II. ①王… III. ①监视控制—自动化系统—程序设计②数据采集—自动化系统—程序设计
IV. ①TP277②TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 194253 号

责任编辑:陈韦凯 特约编辑:吕晓林

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订: 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: 20.5 字数: 527 千字

印 次: 2012 年 9 月第 1 次印刷

册 数: 4 000 册 定价: 48.00 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 zltz@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”,有些文献也简称监控系统。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、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(通常称为下位机——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。从名称可以看出,它包含两个层次的基本功能:数据采集和监督控制。因此,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。

本书在第 1 版的基础上,根据教学实践和读者反馈进行了修改,原书 9 章顺序不变,部分章节内容有修改,特别是第 1 章,增加了控制系统功能安全与信息安全等内容。全书主要内容介绍如下。

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,对控制系统功能安全与信息安全进行了概述性介绍。

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 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 系统人机界面也进行了详细介绍。

第 6 章是工业控制编程语言标准 IEC 61131-3,主要介绍该标准的产生、特点、基本内容,特别是对公共元素和编程语言进行了比较系统的介绍,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进行了分析。

第8章是 SCADA 系统设计与开发，主要介绍 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。

本书由王华忠编著。研究生张守川、王婷婷、卢慧康、林云威和周磊等帮助绘制了部分插图，在此表示感谢。本书第1版的编写得到了华东理工大学继续教育学院教材出版基金支持，第2版的出版得到了华东理工大学教务处的支持，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: hzwang@ecust.edu.cn。

编著者

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	3
1.2.2 上位机系统（监控中心）	6
1.2.3 通信网络	8
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	10
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 几种工业控制系统及比较	12
1.4.1 集散控制系统	12
1.4.2 可编程控制器	13
1.4.3 现场总线控制系统	13
1.4.4 DCS 与 SCADA 系统比较	14
1.5 SCADA 系统的应用	16
1.6 SCADA 系统信息安全与功能安全	18
1.6.1 控制系统功能安全	18
1.6.2 控制系统信息安全	19
第 2 章 数据通信与网络技术	20
2.1 SCADA 系统中的数据通信	20
2.2 数据通信概述	21
2.2.1 数据通信系统组成	21
2.2.2 数据传输的几个基本概念	22
2.2.3 差错控制	24
2.3 通用串行通信	26
2.3.1 串行通信参数	26
2.3.2 流量控制	27
2.3.3 RS-232C 接口特性与串行通信	28
2.3.4 RS-422 与 RS-485 串行接口	30
2.3.5 RS-485 网络的主从式通信	31
2.3.6 串口服务器	34
2.4 Modbus 通信协议	38
2.4.1 Modbus 协议概述	38

2.4.2	常用 Modbus 协议	40
2.5	现场总线技术	41
2.5.1	现场总线的体系结构与特点	41
2.5.2	几种有影响的现场总线	43
2.6	SCADA 系统中的网络技术	46
2.6.1	通信网络概述	47
2.6.2	计算机网络拓扑结构与分类	47
2.6.3	网络传输介质	49
2.6.4	介质访问控制方式	55
2.6.5	网络体系结构与参考模型	57
2.7	Internet 上的协议	59
2.7.1	TCP 协议	59
2.7.2	UDP 协议	62
2.7.3	网络层 IP 协议	64
2.8	以太网与工业以太网	66
2.8.1	以太网	66
2.8.2	以太网的物理层和数据链路层规范	66
2.8.3	工业以太网	67
2.9	SCADA 系统中无线通信技术	71
2.9.1	SCADA 系统常用无线通信技术	71
2.9.2	短程无线通信技术	72
2.9.3	数传电台及其应用	76
2.9.4	GPRS 无线通信技术及其应用	81
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	I/O 接口模块	86
3.2.1	数字量模块	86
3.2.2	模拟量模块	89
3.3	基于 PC 的数据采集技术	89
3.3.1	常用的数据采集方法	89
3.3.2	数据采集中的 I/O 控制方式	91
3.4	基于 PC 的数据采集系统编程	93
3.4.1	基于 DLL 的数据采集	95
3.4.2	基于 ActiveX 的数据采集程序设计	96
3.4.3	PC 总线 I/O 板卡设备数据采集编程	99
3.5	PLC 在数据采集系统中的应用	102
3.5.1	集成 PLC 与数据采集模块的模拟量数据采集编程	102
3.5.2	用 PLC 与智能仪表配合进行数据采集编程	104
3.5.3	用 PLC 进行数据采集编程	108
3.6	基于虚拟仪器的数据采集技术	112

3.6.1	虚拟仪器技术	112
3.6.2	虚拟仪器软件开发平台	112
3.7	基于 Web 的远程数据采集与监控	118
3.7.1	基于 Web 的远程数据采集与监控	119
3.7.2	利用组态软件实现数据的远程访问	120
3.7.3	利用 ASP 实现数据的远程访问	121
第 4 章	工业控制数据交换标准——OPC 规范	123
4.1	OPC 的开发背景和历史	123
4.2	OPC 的关键技术与体系结构	125
4.2.1	COM 与 DCOM 技术	125
4.2.2	COM 主要特性	127
4.2.3	基于 OPC 的客户机/服务器数据交换模型	128
4.3	OPC 分层模型结构与对象接口	129
4.3.1	OPC 分层模型结构	129
4.3.2	OPC 对象接口	130
4.4	OPC 接口与数据访问方法	132
4.4.1	OPC 接口	132
4.4.2	OPC 数据访问方法	133
4.5	其他 OPC 规范	135
4.5.1	OPC 报警与事件	135
4.5.2	OPC 历史数据存取	136
4.5.3	OPC 批量服务器	136
4.6	OPC 服务器与客户程序设计	137
4.6.1	OPC 服务器设计	137
4.6.2	OPC 客户程序设计	138
4.6.3	OPC 软件工具包	139
4.6.4	互操作性测试	139
4.7	组态软件网络 OPC 功能使用说明	139
4.7.1	配置充当 OPC 服务器的机器	140
4.7.2	组态软件作为 OPC 客户端与 OPC 服务器连接	141
第 5 章	工业控制组态软件	145
5.1	组态软件的产生及发展	145
5.2	组态软件的功能需求	146
5.3	组态软件系统构成与技术特色	147
5.3.1	组态软件的总体结构及其相似性	147
5.3.2	组态软件的功能部件	149
5.3.3	组态软件的技术特色	155
5.3.4	组态软件的发展趋势	156
5.4	主要的组态软件介绍	158

5.4.1	iFIX	158
5.4.2	InTouch	160
5.4.3	WinCC	161
5.4.4	组态王	163
5.4.5	WebAccess	165
5.5	嵌入式组态软件	167
5.5.1	嵌入式组态软件的产生	167
5.5.2	嵌入式组态软件的功能与特点	168
5.5.3	嵌入式组态软件的构成	169
5.6	组态软件的局限及功能扩展	169
5.6.1	组态软件的功能局限性	169
5.6.2	用 DDE 扩展组态软件功能	171
5.7	用组态软件开发 SCADA 系统上位机人机界面	173
5.7.1	组态软件选型	174
5.7.2	用组态软件设计 SCADA 人机界面	175
5.7.3	SCADA 系统中数据报表开发	178
5.7.4	SCADA 系统人机界面的调试	179
第 6 章	工业控制编程语言标准 IEC 61131-3	180
6.1	IEC 61131-3 标准的产生与特点	180
6.1.1	传统的 PLC 编程语言的不足	180
6.1.2	IEC 61131-3 标准的产生	181
6.1.3	IEC 61131-3 标准的特点	182
6.2	IEC 61131-3 的基本内容	184
6.2.1	语言元素	185
6.2.2	数据类型	191
6.2.3	变量	193
6.3	程序组织单元	199
6.3.1	程序组织单元及其组成	199
6.3.2	功能	201
6.3.3	功能块	202
6.3.4	程序	203
6.4	软件和通信模型	204
6.4.1	软件模型	204
6.4.2	通信模型	207
6.5	IEC 61131-3 标准的 5 种编程语言	208
6.5.1	顺序功能图	209
6.5.2	梯形图语言	210
6.5.3	功能块图	210
6.5.4	结构化文本语言	212
6.5.5	指令表语言	212

6.6	基于 IEC 61131-3 标准的编程软件	213
6.6.1	MULTIPROG	214
6.6.2	OpenPCS	216
6.6.3	CoDesys	217
第 7 章	基于 PC 的控制技术	218
7.1	基于 PC (PC-Based) 的控制技术概述	218
7.1.1	基于 PC 的控制技术产生	218
7.1.2	基于 PC 控制中的操作系统	219
7.2	软 PLC 控制技术	220
7.2.1	软 PLC 控制系统架构	220
7.2.2	几种类型的工业 PC	222
7.2.3	软 PLC 工业控制系统设计	223
7.2.4	软 PLC 软件 KingACT	224
7.3	基于 PC 的控制技术的发展	227
7.3.1	传统基于 PC 的控制技术的局限性	227
7.3.2	可编程自动化控制器 (PAC)	228
7.4	西门子基于 PC 控制解决方案	230
7.5	用 ISaGRAF 开发嵌入式控制器应用程序	231
7.5.1	ISaGRAF 简介	231
7.5.2	用 ISaGRAF 开发嵌入式控制器程序	233
7.6	PAC 在真空制盐过程控制中的应用	241
7.6.1	真空制盐工艺过程与控制要求	241
7.6.2	真空制盐控制系统总体设计	241
7.6.3	真空制盐过程 PID 控制方案及其实现	242
第 8 章	SCADA 系统设计与开发	246
8.1	SCADA 系统设计概述	246
8.2	SCADA 系统设计原则	246
8.3	SCADA 系统设计与开发步骤	248
8.3.1	SCADA 系统需求分析与总体设计	248
8.3.2	SCADA 系统类型确定与设备选型	251
8.3.3	SCADA 系统应用软件开发	253
8.4	控制策略与 PID 算法	255
8.4.1	PID 控制算法	256
8.4.2	PLC 中的 PID 控制指令	257
8.4.3	PID 控制器参数整定	260
8.5	SCADA 系统调试与运行	261
8.5.1	离线仿真调试	262
8.5.2	在线调试和运行	263
8.6	SCADA 系统可靠性设计	264

8.6.1	供电抗干扰措施	264
8.6.2	接地抗干扰措施	265
8.6.3	软件抗干扰措施	267
8.6.4	空间抗干扰措施	268
第 9 章	SCADA 系统应用案例分析	269
9.1	污染源在线监控 SCADA 系统设计与实现	269
9.1.1	概述	269
9.1.2	系统结构与特点	270
9.1.3	系统配置及功能	271
9.2	污水处理厂 SCADA 系统设计与开发	273
9.2.1	概述	273
9.2.2	污水处理厂 SCADA 系统结构与功能	275
9.2.3	污水处理厂 SCADA 系统主要硬件设备选型	278
9.2.4	污水处理厂 SCADA 系统下位机 PLC 站控制软件开发	281
9.2.5	基于 OPC 技术的上、下位机通信系统开发	292
9.2.6	污水处理厂 SCADA 系统上位机软件开发	294
9.2.7	系统调试与运行	297
9.3	油田抽油机 SCADA 系统设计与开发	297
9.3.1	油田抽油机 SCADA 系统组成	297
9.3.2	油田中心控制室软件描述	299
9.3.3	抽油机现场控制器	302
9.3.4	油井自动计量控制器	305
9.4	原油输送管线 SCADA 系统设计与开发	306
9.4.1	概述	306
9.4.2	OPTO 22 SCADA 系统解决方案	306
9.4.3	原油输送管线 SCADA 系统设计与开发	309
	参考文献	315

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”，有些文献也简称为监控系统。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 所示为一个大型油田 SCADA 系统。该系统包括位于井口的现场控制层设备，如 RTU 和 PLC、转接站监控子系、联合站计算机控制系统（通常采用集散控制系统）和油田中心站监控系统。这种结构在其他类似的各种监控系统中经常可以看到，如城市排水公用事业（水、污水、雨水、燃气）远程监控系统、油气远距离输送控制系统、电力调度自动化系统、交通自动监控系统、通信基站远程监控等。

目前对 SCADA 系统无统一的定义。一般来讲，SCADA 系统特指分布式远程计算机测控系统，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。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，这两层控制设备是处于测控现场的数据采集与控制终端设备（通常称为下位机——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 或 Master Terminal Unit）。复杂的 SCADA 系统可以有多个现场监控中心，每个监控中心与一定数量的现场控制站通信，完成一定范围内设备监控。上一层的调度中心再和现场监控中心通信，对整个现场设备进行远程监控，对整个被控设备、过程进行集中管理。例如，长距离油气管道远程输送监控系统，就是这样的系统类型。

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要重点介绍的。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。

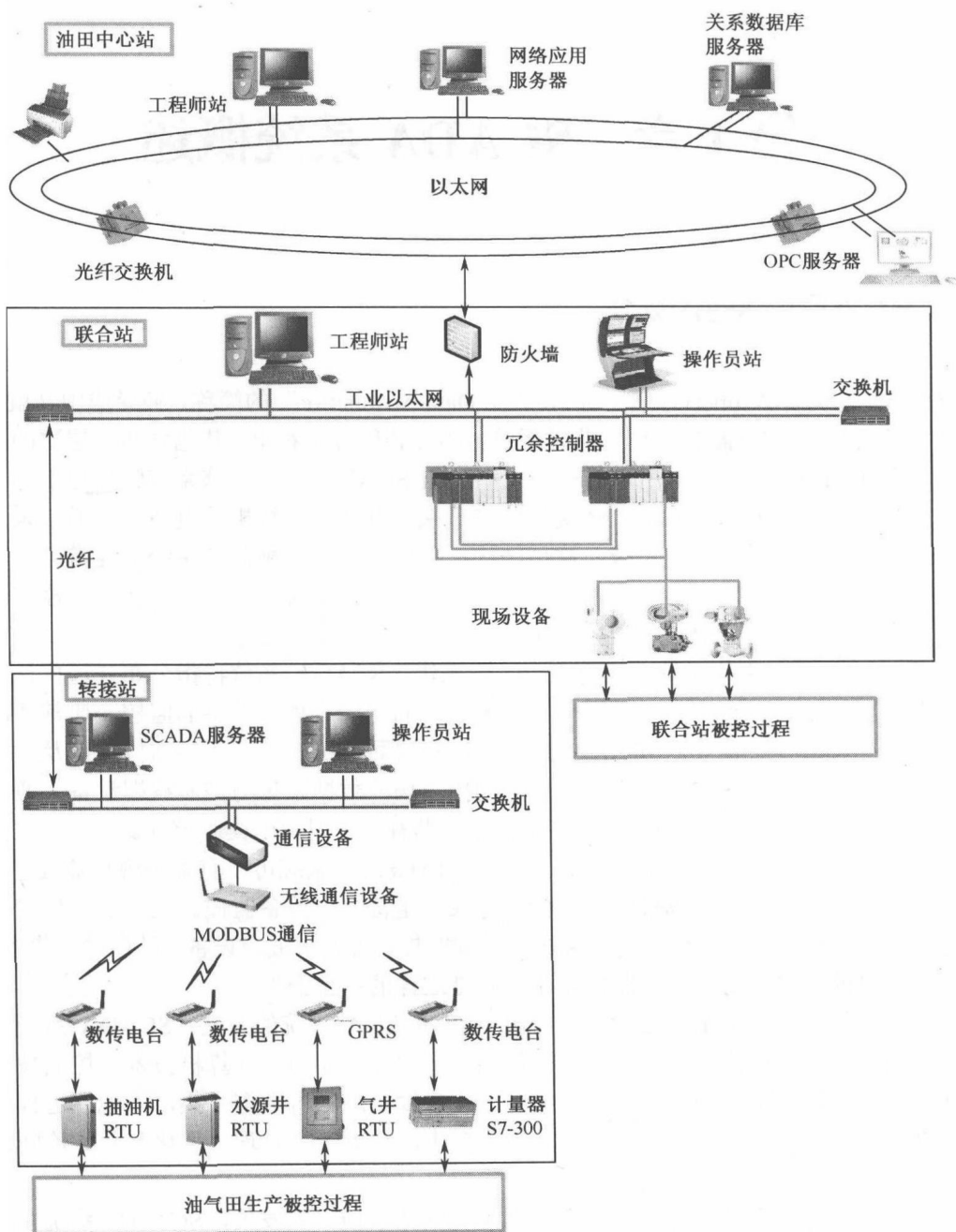


图 1.1 大型油田 SCADA 系统结构示意图

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 3 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。

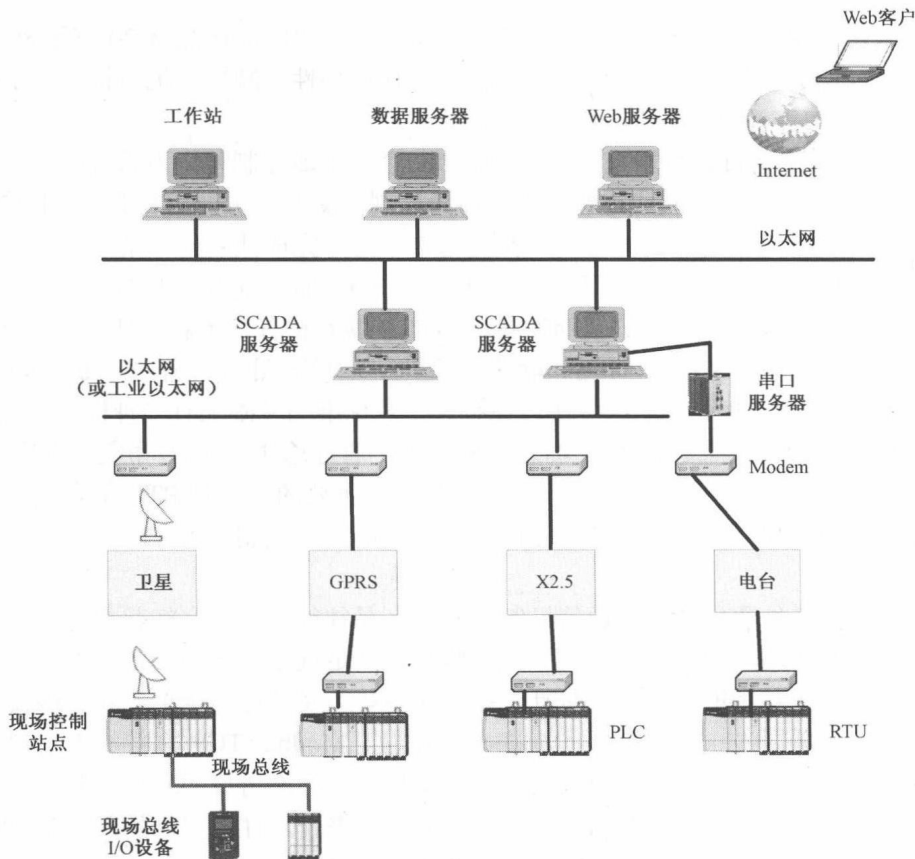


图 1.2 SCADA 系统的结构

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及各种工艺参数值，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。

1. 远程终端单元 RTU

RTU (Remote Terminal Unit) 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) 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, 同时具有低功耗的特性, 简化了备用供电电路的设计。图 1.3 所示为北京安控科技公司的一体化和模块化 RTU 产品。

(4) 更适应恶劣环境应用的品质。PLC 要求环境温度在 $0^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$, 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范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。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。

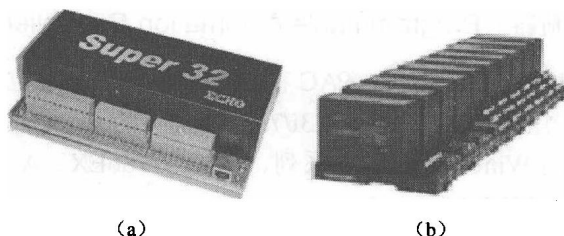


图 1.3 北京安控科技公司的一体化与模块化 RTU

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须了解 Linux。VersaTRAK IPm 与 SIXNET 的其他 RTU 控制器完全兼容。用户原有的 ISaGRAF 程序无须更改即可应用。

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 FX_{2N} 系统 PLC、西门子的 S7-200 系统、OMRON 的 CPM1A 等。一些中、大型的 SCADA 系统的下位机会选用中型的 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。图 1.4 所示为西门子公司 PLC 产品。

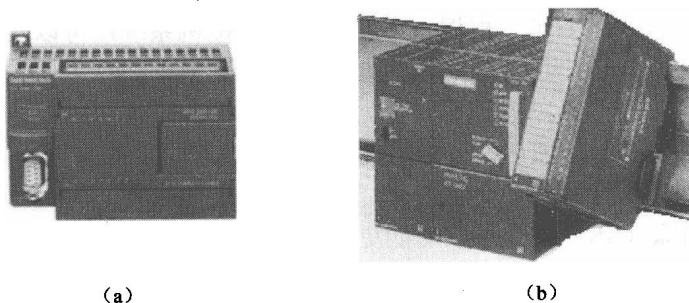


图 1.4 西门子公司一体化 PLC (S7-200) 与模块化 PLC (S7-300)

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 (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