

泵站计算机 综合自动化技术

黎文安 赵旭光 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

泵站计算机 综合自动化技术

黎文安 赵旭光 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

泵站计算机综合自动化技术/黎文安,赵旭光编著. —武汉:武汉大学出版社,2015.9

ISBN 978-7-307-10350-4

I. 泵… II. ①黎… ②赵… III. 泵站—自动化—技术培训—教材
IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 298087 号

责任编辑:林 莉 责任校对:鄢春梅 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:48.75 字数:1245千字 插页:1

版次:2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

ISBN 978-7-307-10350-4 定价:148.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



前 言

20 世纪 70 年代,我国大规模地兴建了各种规模的泵站。但 40 多年来,这些泵站的设备一直未得到很好的更新改造。尤其是在电子技术、通信技术、计算机技术、控制技术飞速发展的时期,泵站的自动化技术一直未能随着世界先进技术的发展而发展,而是处于严重滞后的状态。直到 21 世纪以后,泵站的改造工作才大面积展开,这其中就包括泵站自动化设备的投入和改造。由于几十年来我国的泵站基本谈不上自动化,所以这方面的人才匮乏,与之对应的技术资料 and 培训资料也极其稀少。鉴于目前的现状和水利行业对泵站自动化培训的迫切需要,我们组织相关人员编写了这本培训教材。

泵站自动化技术涉及的知识面很广,它包含了电气技术、电子技术、计算机技术、自动控制技术、通信技术、泵站调度运行等多个方面,具体内容包括:电气回路、电气控制、传感器技术、数据采集、计算机控制、微机保护、防雷与接地、PLC 系统、智能仪表、软件系统、直流系统、励磁系统等。因此,本教材的结构就是按照上述内容分章节进行介绍的。参加本教材编著工作的单位包括武汉大学、湖北省水利厅湖泊水库处。参加编写的人员有黎文安、赵旭光、喻波、刘承玉、姜俊涛、陈雁鸣。本教材由黎文安主编、统稿和定稿,由赵旭光主笔。

由于笔者水平所限,本教材一定存在疏漏和不妥之处,恳请各位读者提出宝贵意见,进行批评和指正。

编 者

2012 年 9 月于武汉大学

目 录

第 1 章 泵站系统组成	1
1.1 水泵类型	1
1.1.1 离心泵	1
1.1.2 轴流泵	4
1.1.3 混流泵	8
1.1.4 潜水电泵	9
1.1.5 水轮泵	10
1.2 水泵选型	12
1.2.1 水泵选型原则	12
1.2.2 水泵选型中的几个问题	13
1.2.3 水泵选型的方法和步骤	15
1.3 电动机	19
1.3.1 电动机的类型选择	20
1.3.2 大型立式同步电动机的结构	20
1.3.3 电动机配套功率的确定	23
1.3.4 电动机转速的确定	24
1.3.5 水泵机组对电动机起动特性的要求	24
第 2 章 泵站的辅助设备	28
2.1 供油系统	28
2.1.1 泵站用油种类	28
2.1.2 油的作用	28
2.1.3 油系统的组成	29
2.1.4 供油的自动控制系统	35
2.2 供气系统	40
2.2.1 压缩空气的用途	40
2.2.2 压缩空气系统	40
2.2.3 抽真空系统	43
2.2.4 压缩空气装置自动控制	46
2.3 水系统	48
2.3.1 供水系统	48
2.3.2 排水系统	53
2.3.3 技术供水装置自动控制	57



2.3.4 集水井排水装置自动控制	59
2.4 通风与起重设备	61
2.4.1 通风设备	61
2.4.2 起重设备	63
第3章 泵站自动喷水灭火系统	65
3.1 泵站自动喷水灭火系统简介	65
3.1.1 概述	65
3.1.2 自动喷水灭火系统的选择	65
3.1.3 闭式自动喷水灭火系统	67
3.1.4 开式自动喷水灭火系统	73
3.2 自动喷水灭火系统组件	76
3.2.1 供水设备	76
3.2.2 消防水泵	78
3.2.3 消防水泵接合器	78
3.2.4 配水管网	78
3.2.5 喷头	79
3.2.6 报警阀组	83
第4章 工控机概述	89
4.1 工控机的特点	89
4.1.1 工业控制计算机的概念	89
4.1.2 工控机的特点	89
4.2 工控机及系统的分类与组成	91
4.2.1 工控机的分类	91
4.2.2 典型工控机及系统的组成	92
4.3 工控机及系统的应用与发展	94
第5章 工控机组成与选配	98
5.1 典型PC总线工控机组成	98
5.1.1 工控机机箱	98
5.1.2 无源底板	99
5.1.3 CPU卡	100
5.2 工控机的选配	101
5.2.1 工控机主要品牌选择	102
5.2.2 工控机产品品种选择	102
5.3 可编程自动化控制器	106



第6章 工控机总线技术	113
6.1 计算机总线技术基础知识	113
6.1.1 内部总线	113
6.1.2 系统总线	114
6.1.3 外部总线	114
6.2 工控机总线	115
第7章 工控机 I/O 板卡基础	121
7.1 数据采集与控制卡的基本任务	121
7.2 I/O 信号的种类与接线方式	121
7.2.1 开关量输入信号的种类与接线方式	122
7.2.2 开关量输出信号的种类与接线方式	124
7.2.3 模拟量输入/输出信号的种类与接线方式	126
7.3 数据采集板卡选择参数 I/O 接口模板名词浅释	127
7.3.1 板卡选择参数	127
7.3.2 接口模板名词注释	129
第8章 工业控制系统通信技术	131
8.1 概述	131
8.2 数字信号传输与通信系统原理	132
8.3 计算机串行通信分类	134
8.4 RS-232C 串行通信接口标准	136
8.5 RS-422 与 RS-485 串行通信接口标准	141
8.6 USB 通用串行接口标准	145
第9章 现场总线技术和工业以太网	148
9.1 现场总线的概念和特点	148
9.2 FCS 对工业控制系统发展的影响	149
第10章 集散控制系统	151
10.1 集散控制系统概述	151
10.2 集散控制系统的软/硬件结构	152
10.3 DCS 系统选型	155
第11章 工业控制软件系统	156
11.1 工业控制软件系统的主要特性	156
11.2 组态软件的功能和特点	156
11.3 工业监控组态软件的产生及发展	158
11.4 几种知名组态软件的概述	160



第 12 章 iFix 开发应用	161
12.1 iFix 软件简介	161
12.1.1 iFix 的起源	161
12.1.2 iFix 的概况	162
12.1.3 iFix 特性	162
12.1.4 iFix 分类	166
12.2 iFix 常用通信驱动	169
12.2.1 Modbus-rtu	169
12.2.2 Modbus-TCP	177
12.2.3 GE9	185
12.2.4 OPC	191
12.3 Microsoft SQL Server 简介	196
12.3.1 SQL Server 的安装	196
12.3.2 SQL Server 的基本操作	202
12.4 工程案例	209
12.4.1 界面设计	210
12.4.2 通信及驱动配置	214
12.4.3 数据的显示	226
第 13 章 PLC 的基础知识	229
13.1 概述	229
13.1.1 可编程控制器的产生和发展	229
13.1.2 可编程序控制器的定义	230
13.1.3 可编程序控制器的特点	231
13.1.4 PLC 与各类控制系统的比较	233
13.1.5 PLC 与控制系统的类型	234
13.1.6 PLC 的应用	235
13.1.7 PLC 发展的趋势	235
13.2 PLC 的构成	238
13.2.1 PLC 的硬件	238
13.2.2 PLC 的软件	241
13.2.3 可编程控制器的分类	243
13.2.4 PLC 的性能指标	245
13.3 PLC 的工作原理	246
13.3.1 可编程控制器的等效电路	246
13.3.2 PLC 循环扫描过程工作方式	248
13.3.3 扫描周期和输入、输出滞后时间	252
第 14 章 FX 系列 PLC 的体系结构	255
14.1 FX 系列 PLC 简介	255

14.1.1	FX 系列 PLC 型号命名方式	255
14.1.2	FX 系列 PLC 的技术指标	256
14.1.3	FX 系列 PLC 的性能比较	257
14.2	FX _{2N} 系列 PLC 的硬件结构	257
14.2.1	主机面板结构	257
14.2.2	FX _{2N} 系列 PLC 的技术特点、技术指标	258
14.2.3	FX _{2N} 系列 PLC 的结构模块	260
14.2.4	FX _{2N} 系列 PLC 常用单元	265
14.3	FX _{2N} 系列 PLC 内部资源	268
14.3.1	输入、输出继电器的编号及其功能	269
14.3.2	辅助继电器的编号及其功能	270
14.3.3	状态继电器的编号及其功能	271
14.3.4	定时器的编号及其功能	271
14.3.5	内部计数器的编号及其功能	272
14.3.6	数据寄存器的编号及其功能	276
14.3.7	指针的编号及其功能	277
第 15 章	三菱 FX 系列 PLC 特殊功能模块	278
15.1	模拟量 I/O 特殊模块	278
15.1.1	FX _{2N} -4AD 输入模块	278
15.1.2	温度用 D 输入模块	281
15.1.3	FX _{2N} -2DA 输出模块	283
15.1.4	增益、偏移量设定	285
15.2	高速计数模块	287
15.3	可编程凸轮控制器模块	291
15.3.1	缓冲寄存器及设置	291
15.3.2	应用实例	293
15.4	通信模块	294
15.4.1	FX _{2N} -232-BD	294
15.4.2	FX _{2N} -485-BD	296
第 16 章	施耐德 Twido PLC 系统	297
16.1	Twido 系列 PLC 模块的组成和分类	297
16.2	Twido 系列 CPU 模块	298
16.3	Twido 系列 I/O 扩展模块	300
16.4	Twido 系列通信模块	304
第 17 章	PLC 网络与通信	308
17.1	网络与通信的基础知识	308
17.1.1	数据通信的基本方式	308



17.1.2	数据通信的主要技术指标	309
17.1.3	差错控制	309
17.1.4	RS-232C、RS-422/RS-485 串行通信接口	309
17.1.5	工业局域网概述	313
17.2	OMRON PLC 通信系统综述	315
17.2.1	链接系统	315
17.2.2	网络系统	316
17.3	OMRON 链接系统	318
17.3.1	Host Link 系统	318
17.3.2	PC Link 系统	332
17.4	典型 PLC 网络	340
17.4.1	Ethernet 网络系统	340
17.4.2	Controller Link 网络系统	345
17.5	PLC 网络通信工程实例	349
17.5.1	污水处理 PLC 控制网络	350
17.5.2	轮胎厂 PLC 控制网络	352
第 18 章	泵站二次回路系统	355
18.1	泵站二次回路基本知识	355
18.1.1	电气文字符号	356
18.1.2	电气图形符号	358
18.2	泵站断路器的距离控制	358
18.2.1	按对象分别操作的强电控制	359
18.2.2	闪光装置	364
18.3	泵站信号系统	364
18.3.1	位置信号	365
18.3.2	事故信号	365
18.3.3	故障信号	367
18.3.4	保护装置动作信号	369
18.3.5	中央信号系统	370
18.4	泵站电气测量系统	371
18.4.1	强电“一对一”电气测量	371
18.4.2	弱电选线测量	372
18.4.3	互感器的配置	373
18.5	绝缘监视装置	374
18.5.1	直流系统的绝缘监视	374
18.5.2	交流系统的绝缘监视	375
18.6	泵站操作电源	376
18.6.1	泵站操作电源作用及要求	376
18.6.2	站用变压器的接线方式	377

18.6.3	硅整流电容器储能直流操作电源	378
18.6.4	智能型直流操作电源	380
18.7	二次接线安装图	381
18.7.1	展开图中的回路编号	381
18.7.2	屏面布置图	383
18.7.3	端子排图	385
18.7.4	屏背面接线图	388
第 19 章	泵站电气继电保护基础知识	392
19.1	泵站继电保护概述	392
19.1.1	电力系统的故障和不正常运行状态	392
19.1.2	继电保护的基本原理	393
19.1.3	继电保护的任务及要求	393
19.1.4	继电保护装置的组成	395
19.1.5	继电保护的分类	395
19.2	互感器	397
19.2.1	电压互感器	397
19.2.2	电流互感器	400
19.3	继电器	403
19.3.1	继电器(relay)的工作原理和特性	403
19.3.2	电磁式继电器的工作原理和特性	404
19.3.3	热敏干簧继电器	408
19.3.4	固态继电器(SSR)	408
19.3.5	继电器主要产品技术参数	409
19.3.6	继电器技术的发展	410
第 20 章	微机继电保护概述	411
20.1	微机继电保护及其发展	411
20.1.1	继电保护及微机继电保护	411
20.1.2	微机继电保护的发展现状	411
20.1.3	微机继电保护的发展趋势	414
20.2	微机继电保护系统的组成	416
20.3	微机继电保护的特点	416
第 21 章	微机继电保护的硬件原理	418
21.1	微机保护装置硬件概述	418
21.2	数据采集系统	419
21.2.1	基于 A/D 转换的数据采集系统组成	419
21.2.2	电压形成回路	419
21.2.3	模拟低通滤波器	420



21.2.4	采样保持电路	421
21.2.5	模拟多路转换开关	424
21.2.6	模数转换器	425
21.2.7	VFC 型数据采集系统	432
21.3	基于 DSP 的数据采集系统	434
21.3.1	数据采集系统的硬件结构	434
21.3.2	软件设计	436
21.4	CPU 主系统及网络通信	437
21.4.1	CPU 主系统的概述	437
21.4.2	微机保护中的常用芯片的应用特点	439
21.4.3	微机保护通信网络	441
21.5	开关量的输入及输出回路	442
21.5.1	开关量输入回路	442
21.5.2	开关量输出回路	445
第 22 章 泵站电流保护和电压保护		447
22.1	无时限电流速断保护	447
22.2	带时限电流速断保护	449
22.3	过电流保护	450
22.4	三段式电流保护	456
22.5	方向过电流保护	457
22.5.1	双电源线路采用电流保护存在的问题	457
22.5.2	方向过电流保护的工作原理	458
22.5.3	方向过电流保护的原理图	459
22.6	电压保护	461
第 23 章 电力网接地故障零序电流保护		464
23.1	不对称短路分析	464
23.1.1	对称分量法的应用	464
23.1.2	电力系统中各组件的各序电抗	465
23.1.3	不对称短路的三序网络图	466
23.1.4	对称分量滤过器	467
23.2	电力网接地故障的零序电流保护	469
23.2.1	大接地电流系统中接地短路的零序保护	469
23.2.2	小接地电流系统的单相接地保护	471
第 24 章 泵站变压器保护		475
24.1	变压器故障和不正常工作状态	475
24.2	变压器瓦斯保护	476
24.3	变压器电流速断保护	478



24.4	变压器纵联差动保护	479
24.5	变压器过电流保护	484
24.6	变压器过负荷保护	488
24.7	变压器单相接地保护	488
第 25 章	泵站电动机及电容器保护	491
25.1	电动机故障及不正常工作状态	491
25.2	电动机电流速断保护	492
25.3	电动机纵差保护	493
25.4	电动机单相接地保护	495
25.5	电动机过负荷保护	496
25.6	电动机低电压保护	498
25.7	同步电动机失步保护	499
25.8	泵站同步电机保护实例	501
25.9	电容器保护	502
25.9.1	概述	502
25.9.2	并联电容器组的通用保护	502
25.9.3	电容器组内部故障的专用保护	504
第 26 章	泵站励磁控制简介	507
26.1	励磁控制系统的作用	507
26.1.1	维持发电机机端电压	507
26.1.2	在并列运行的发电机间合理分配无功功率	507
26.1.3	提高电力系统的稳定性	508
26.2	励磁方式的分类	508
26.2.1	他励带静止二极管整流方式	509
26.2.2	他励带旋转半导体整流器方式(无刷励磁方式)	510
26.2.3	自并励励磁方式	511
26.3	励磁控制理论的发展	512
26.3.1	同步发电机和电力系统对励磁系统的要求	513
26.3.2	励磁控制理论的发展	513
26.4	励磁控制器国内外研究状况	515
26.5	微机励磁控制器	517
26.5.1	微机励磁控制器的特点	517
26.5.2	微机励磁控制器的总体结构	518
第 27 章	泵站励磁系统基本构成及其工作原理	520
27.1	测量比较单元	521
27.1.1	测量变压器及整流电路	521
27.1.2	滤波电路	522



27.1.3 比较整定电路	523
27.2 调差单元	524
27.2.1 并列运行机组间的无功功率分配	525
27.2.2 调差系数整定	526
27.2.3 调差单元的基本原理和实现	526
27.3 综合放大单元	526
27.3.1 综合放大单元的任务和要求	527
27.3.2 用运算放大器构成典型基本环节	527
27.3.3 用运算放大器构成综合放大单元	528
27.4 移相触发单元	529
27.4.1 触发脉冲的种类和要求	530
27.4.2 同步信号	530
27.4.3 模拟式移相触发电路分类和基本原理	531
27.4.4 晶闸管触发控制集成电路	531
27.5 励磁限制单元	533
27.5.1 最大励磁电流瞬时限制	533
27.5.2 反时限延时过励磁电流限制	534
27.5.3 功率柜最大出力限制	534
27.5.4 空载强励限制	535
27.5.5 欠励限制(最小励磁限制)	535
27.5.6 伏赫限制	535
27.5.7 无功功率过载限制	536
27.6 辅助控制单元	536
27.6.1 励磁系统稳定器(ESS)	537
27.6.2 励磁机时间常数补偿环节	537
27.7 励磁系统主回路	538
27.7.1 励磁功率单元	538
27.7.2 灭磁保护	538
27.7.3 过电压保护	540
第 28 章 泵站直流系统	542
28.1 直流电源的设置	542
28.2 蓄电池组的运行方式	544
28.2.1 充放电方式运行的特点	544
28.2.2 浮充电方式运行的特点	544
28.2.3 蓄电池的均衡充电	545
28.3 铅酸蓄电池的构造与特性	545
28.3.1 铅酸蓄电池的基本构造	546
28.3.2 蓄电池的电动势	546
28.3.3 蓄电池的放电特性与蓄电池的容量	547

28.3.4 蓄电池的充电与充电特性	551
28.3.5 蓄电池的自放电	554
28.3.6 密封铅酸蓄电池	555
28.4 镉镍蓄电池的构造与特性	556
28.4.1 镉镍蓄电池的基本构造	556
28.4.2 镉镍蓄电池的工作原理	556
28.4.3 镉镍蓄电池的特性	557
28.4.4 镉镍蓄电池的运行方式	559
第 29 章 防雷工程技术概述	561
29.1 人身防雷	561
29.1.1 行政措施	561
29.1.2 雷电造成人身事故的规律	561
29.1.3 个人防雷常识	562
29.1.4 雷击后的救护	563
29.1.5 谈一点野外作业的防雷	563
29.2 建筑防雷概述	564
29.2.1 雷击建筑物的规律	564
29.2.2 关于避雷装置	568
29.2.3 关于防雷接地	575
29.2.4 展望	577
29.3 雷电电磁脉冲防护	581
29.3.1 概述	581
29.3.2 架空导体的防护	586
29.3.3 埋入地-V 设施的防护	589
29.3.4 计算机和其他微电子设备防护	591
29.4 现代防雷的策略	592
29.4.1 按地区规划统一防雷	592
29.4.2 躲、引、拒三种策略的运用	593
29.4.3 综合防雷的思考	594
第 30 章 泵站防雷与过电压保护	597
30.1 雷电流及雷过电压	597
30.1.1 雷电放电	597
30.1.2 雷电流波形与雷电流幅值	597
30.1.3 雷过电压	598
30.2 避雷针与避雷线的保护范围	599
30.2.1 避雷针的保护范围	599
30.2.2 避雷线的保护范围	600
30.3 避雷器	601



30.3.1	保护间隙	601
30.3.2	阀型避雷器	601
30.3.3	氧化锌避雷器	607
30.4	发电厂的接地装置	609
30.4.1	接地电阻的基本概念	609
30.4.2	接地电阻的允许值	610
30.4.3	接触电压和跨步电压	611
30.4.4	发电厂的接地装置	612
30.4.5	电子系统接地要求和接地方式	613
30.5	发电厂的防雷保护	615
30.5.1	发电厂的直击雷保护	615
30.5.2	发电厂的入侵波与避雷器的保护作用	616
30.6	操作过电压	617
30.6.1	工频电压升高	617
30.6.2	切除空载长线路时的过电压	618
30.6.3	空载线路的合闸过电压	620
30.6.4	切除空载变压器引起的过电压	622
30.6.5	间歇电弧过电压	622
30.7	谐振过电压	623
第 31 章	泵站系统二次防雷	627
31.1	二次防雷概述	627
31.2	泵站系统二次设备 SPD 防雷技术	629
31.2.1	范围	629
31.2.2	规范性引用文件	629
31.2.3	术语和定义	629
31.2.4	总则	631
31.2.5	接地与屏蔽	631
31.2.6	SPD 配置原则与基本参数要求	632
31.2.7	SPD 安装	633
31.2.8	竣工验收、运行维护检测	634
第 32 章	传感器基本知识	635
32.1	传感器的作用	635
32.2	传感器的定义与组成	636
32.2.1	传感器的定义	636
32.2.2	传感器的组成	636
32.3	传感器的分类	637
32.3.1	按传感器的工作机理分类	637
32.3.2	按构成原理分类	637

32.3.3 根据传感器的能量转换情况分类	638
32.3.4 按照物理原理分类	638
32.3.5 按照传感器的用途分类	638
32.3.6 按照传感器的材料分类	638
32.3.7 按照不同的技术特点分类	639
32.4 传感器的性能指标	640
32.5 对传感器的一般要求	644
第 33 章 温度传感器	646
33.1 温标	646
33.2 膨胀式温度传感器	646
33.2.1 液体膨胀式温度传感器	647
33.2.2 固体膨胀式温度传感器	648
33.2.3 压力式温度传感器	648
33.3 热电式温度传感器	651
33.4 电阻式温度传感器	653
33.5 半导体热敏电阻	656
第 34 章 压力传感器	659
34.1 压力的概念及单位	659
34.2 液柱测压原理	660
34.3 弹性变形测压原理	662
34.3.1 弹簧管	662
34.3.2 膜片与膜盒	664
34.3.3 波纹管	664
34.4 应变式压力传感器	665
34.4.1 电接点压力表及压力开关	665
34.4.2 电远传压力表式传感器	666
34.4.3 应变电阻式传感器	669
34.5 电容式压力变送器	672
第 35 章 流量传感器	675
35.1 概述	675
35.2 容积式流量计	675
35.3 速度式流量计	678
35.4 差压式流量传感器	679
35.5 漩涡流量传感器	682
35.6 电磁及超声式流量计	685