

“全国大学生‘西门子杯’工业自动化挑战赛”技术组推荐教材

深入浅出过程控制

——小锅带你学过控

马 昕 张贝克 编著

“全国大学生‘西门子杯’工业自动化挑战赛”技术组推荐教材

深入浅出过程控制

——小锅带你学过控

Shenruqianchu guocheng kongzhi — Xiaoguo Daini Xueguokong

马 昕 张贝克 编著

内容简介

本书为“全国大学生‘西门子杯’工业自动化挑战赛”技术组推荐教材,以多功能过程控制实训系统 SMPT-1000 的工程应用为主线,通过充满了故事、插图和对话的写作方式,配合真实的工作经历,将过程控制工程所需的知识娓娓道来,从被控过程的特性分析到基本控制方案和复杂控制方案的设计与实施,循序渐进,力求在内容安排上遵循实践教学的内在规律,既有利于工程实践,又有利于培养学生的创新精神。同时,本书结合典型的西门子过程控制系统 PCS7,对过程控制项目所涉及的主要内容,按照项目实施过程分别加以介绍。书中贯穿各种游戏类习题,力求最大程度地保持学生学习的热情和兴趣,通过反复强调将学习成果牢牢巩固。

本书由浅入深、重点突出、便于自学,可作为自动化类专业本、专科生的实训教材。

图书在版编目(CIP)数据

深入浅出过程控制:小锅带你学过控/马听,张贝克编著. —北京:高等教育出版社,2013.10

ISBN 978-7-04-038294-5

I. ①深… II. ①马… ②张… III. ①过程控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 199383 号

策划编辑 韩颖 责任编辑 韩颖 封面设计 于文燕 版式设计 于婕
插图绘制 尹莉 责任校对 张小镛 责任印制 张泽业

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街4号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京市四季青双青印刷厂	网上订购	http://www.landrace.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landrace.com.cn
印 张	42	版 次	2013年10月第1版
字 数	920千字	印 次	2013年10月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	65.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 38294-00

前 言

学习了过程控制，你知道过程控制项目是如何实施的吗？什么时候将控制器投自动比较合适？被控变量的动态响应曲线振荡了，是因为比例作用太大、还是积分作用太强？

本书为“全国大学生‘西门子杯’工业自动化挑战赛”技术组推荐教材，依据“必需、够用”为原则的实践教学理念，以多功能过程控制实训系统 SMPT-1000 的控制项目实施为主线，详细阐述了过程控制领域五大典型被控变量——液位、流量、温度、压力和组分的对象特性，并在此基础上进行控制方案设计与实施。针对不同的控制要求，由浅入深地阐述了单回路控制系统、串级控制系统、前馈-反馈控制系统、前馈-串级控制系统、均匀控制系统、比值控制系统、选择控制系统、分程控制系统的实施过程，并给出综合控制应用案例。力求讲清基本概念，确保全书线索清晰、条理分明、便于学习和掌握。

本书定位于学生自学教材，希望通过对过程控制专业知识和技能的传授，培养学生的工程创新能力和对过程控制专业的热爱。过程控制是一门工程实践性很强的学科，许多知识只有通过亲自动手实践，才能真正掌握，所以本书以实验项目为导向，通过穿插全书的人物对白、插图、符号等，提高全书的可读性和趣味性，提高与学生的互动，将枯燥无味的理论知识和实验过程融合在故事情节中，强调原理和技能，削弱传统实训过程中死记硬背操作步骤的做法。全书采用无公式设计，没有一个传递函数，更多地采用图解和生活中的例子作比喻，力求使学生以最低的学习成本获得最重要的知识，通过反复强调将学习成果牢牢巩固，保持学生学习的的热情和兴趣。

本书可分成两大部分，前十七个实验以介绍各类控制方案的设计与实施为主，希望学生打好过程控制基础；后八个实验以在典型过程控制系统 SIMATIC PCS7 上进行项目实践为主，希望能够开拓学生眼界、熟悉和掌握控制工具的使用。本书实验一至七由张贝克编写，其他章节由马昕编写。另外，研究生王平、李文博、王广为、曾志伟、于建梅等同学参与了本书部分实验过程和实验结果处理。华东理工大学罗健旭副教授、孙京浩副教授仔细审阅了书稿，提出了宝贵的意见和建议，在此表示由衷的感谢。

在多年从事过程控制相关的工作中，曾得到许多专家、老师、朋友的帮助与支持；在本书的写作过程中，广泛参考了许多专家、学者的著作，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，缺点和不足之处在所难免，恳请使用本书的教师和学生批评指正。作者的 email: maxin@mail.buct.edu.cn。

编 者

2013年8月

目 录

序言	1	1.2 继续来了解小锅的内心	33
0.1 BOBO 随 KOKO 来到了培训基地	2	1.3 耳听为虚, 眼见为实, 运行 SMPTLab	35
0.1.1 简单认识高级多功能过程控制实训系统 SMPT-1000	2	1.3.1 流程图窗口、趋势曲线窗口与控制器组态窗口	36
0.1.2 小锅的独白	3	1.3.2 小锅支持的控制方式	38
0.1.3 小锅的问题	4	1.3.3 控制器操作面板	40
0.2 自动控制系统的基本组成	6	1.4 总结	45
0.2.1 自动控制系统的基本概念: 反馈	8	1.4.1 关键词	45
0.2.2 如果没有检测变送装置会怎么样	9	1.4.2 学习路线图	45
0.3 计算机控制系统	11	实验二 储罐工艺操作与液位控制	47
0.4 控制系统的过渡过程和质量指标	14	2.1 实验目的	48
0.4.1 系统的静态和动态	14	2.2 基础知识	48
0.4.2 控制系统的过渡过程	15	2.3 SMPT-1000 非线性液位与离心泵系统	48
0.4.3 过渡过程的质量指标	16	2.3.1 小锅介绍工艺流程	48
0.5 比例积分微分控制——PID 控制	18	2.3.2 储罐的设备位号与仪表位号	50
0.5.1 比例作用——P	18	2.3.3 流量与物位	51
0.5.2 积分作用——I	19	2.3.4 储罐工艺操作	52
0.5.3 微分作用——D	19	2.3.5 自衡过程与非自衡过程	57
0.5.4 比例积分微分作用——PID	20	2.3.6 流量自衡过程与液位非自衡过程	58
0.5.5 离散控制系统 PID 控制算式	21	2.4 液位控制的目的	62
实验一 认识小锅	23	2.5 储罐液位单回路控制系统的设计	62
1.1 仔细来看看小锅的模样	24	2.5.1 储罐液位控制的要求	62
1.1.1 小锅硬件组成	24	2.5.2 选择操纵变量	63
1.1.2 立体流程设备盘台的组成	26		
1.1.3 装在小锅身上的东东: 测量变送器与执行器	27		

2.6 实验步骤	65	4.3.3 控制规律选择	106
2.7 总结	72	4.4 实验步骤	107
2.7.1 关键词	72	4.5 总结	112
2.7.2 学习路线图	72	4.5.1 关键词	112
实验三 储罐出口流量控制	73	4.5.2 学习路线图	113
3.1 实验目的	74	实验五 除氧器液位、流量与压力综合控制	115
3.2 基础知识	74	5.1 实验目的	116
3.2.1 被控变量/操纵变量的选择原则	74	5.2 基础知识	116
3.2.2 气开阀与气闭阀	75	5.3 除氧器工程控制系统设计	116
3.2.3 控制器正反作用的判定	76	5.3.1 选取被控变量	116
3.3 流量控制的常见方法	80	5.3.2 控制方案设计	117
3.4 储罐出口流量单回路控制系统的设计	81	5.4 除氧器工程组态	119
3.4.1 认识储罐出口流量	81	5.5 总结	124
3.4.2 确定控制器正反作用	82	5.5.1 关键词	124
3.4.3 控制规律选择	83	5.5.2 学习路线图	124
3.5 实验步骤	83	实验六 换热器热流出口温度控制	125
3.6 总结	95	6.1 实验目的	126
3.6.1 关键词	95	6.2 基础知识	126
3.6.2 学习路线图	95	6.2.1 温度与温标	126
实验四 除氧器工艺操作与压力控制	97	6.2.2 认识换热器	126
4.1 实验目的	98	6.2.3 小锅介绍 SMPT-1000 高阶换热系统工艺流程	127
4.2 基础知识	98	6.2.4 冷态开车	128
4.2.1 小锅介绍 SMPT-1000 动力除氧系统工艺流程	98	6.2.5 温度自衡过程	130
4.2.2 什么是压力	100	6.2.6 为什么要控制温度	133
4.2.3 除氧器热力除氧的基本原理	101	6.2.7 传热设备的控制要求	133
4.2.4 为什么要控制压力	104	6.3 换热器热流出口温度单回路控制系统的设计	136
4.2.5 P、I 调节的特点	104	6.4 实验步骤	137
4.3 除氧器压力单回路控制系统的设计	105	6.5 经验整定法小结	143
4.3.1 为什么控制除氧器压力	105	6.6 PID 控制器参数的工程整定法	144
4.3.2 确定控制器正反作用	106	6.6.1 临界比例度法 (Ziegler-Nichols 方法)	144

6.6.2 衰减振荡法	148	8.2.3 串级控制系统主/副控制器 正反作用的确定	173
6.7 总结	152	8.3 认识实验	175
6.7.1 控制规律选择的一般原则	152	8.3.1 认识过热蒸汽出口压力	175
6.7.2 被控对象特性	152	8.3.2 过热蒸汽出口压力自衡过程	176
6.7.3 关键词	152	8.3.3 过热蒸汽出口压力单回路 控制系统设计	177
6.7.4 学习路线图	153	8.3.4 过热蒸汽出口压力单回路 控制系统实验	178
实验七 锅炉烟气含氧量控制	155	8.4 过热蒸汽出口压力-燃料流量 串级控制系统设计	181
7.1 实验目的	156	8.4.1 确定控制器正反作用	181
7.2 基础知识	156	8.4.2 控制规律选择	182
7.2.1 控制规律的选择	156	8.5 串级控制系统控制器参数整定	184
7.2.2 PID 控制器参数整定方法	156	8.6 过热蒸汽出口压力-燃料流量 串级控制系统实验	184
7.2.3 质量指标控制	157	8.7 总结	193
7.3 烟气含氧量单回路控制系统 的设计	157	8.7.1 串级控制系统的方块图	193
7.3.1 SMPT-1000 锅炉燃烧 系统简介	158	8.7.2 串级控制系统副被控变量的 选择	193
7.3.2 认识烟气含氧量	159	8.7.3 串级控制系统中主、副控制器 控制规律的选择	193
7.3.3 烟气含氧量控制方案	160	8.7.4 串级控制系统中主、副控制器 正反作用的选择	193
7.3.4 确定控制器正反作用	162	8.7.5 串级控制系统的投运	194
7.3.5 控制规律选择	162	8.7.6 串级控制系统的两步整定法	194
7.4 实验步骤	162	8.7.7 串级控制系统与单回路控制 系统的比较	194
7.4.1 使用 S1101 控制 AI1101	162	8.7.8 关键词	196
7.4.2 使用 DO1101 控制 AI1101	166	8.7.9 学习路线图	196
7.5 总结	168	实验九 亲自动手——储罐液位串级 控制	197
7.5.1 PID 控制器参数整定方法	168	9.1 实验目的	198
7.5.2 关键词	168	9.2 基础知识	198
7.5.3 学习路线图	169		
实验八 锅炉过热蒸汽出口压力 串级控制	171		
8.1 实验目的	172		
8.2 基础知识	172		
8.2.1 串级控制系统方块图	172		
8.2.2 串级控制系统组成	173		

9.3 储罐液位-入口流量串级控制系统设计	198
9.3.1 控制规律选择	199
9.3.2 确定控制器正反作用	199
9.4 实验步骤	200
9.5 总结	204
9.5.1 串级控制系统中主/副控制器选择正反作用/控制规律	204
9.5.2 关键词	205
9.5.3 学习路线图	205
实验十 锅炉汽包水位前馈-反馈控制	207
10.1 实验目的	208
10.2 基础知识	208
10.2.1 SMPT-1000 锅炉上水过程简介	208
10.2.2 小锅介绍汽包水位	209
10.3 汽包水位单冲量控制系统	210
10.3.1 控制系统设计	210
10.3.2 单冲量控制系统实验	211
10.3.3 汽包水位控制的任务	213
10.3.4 单冲量控制系统的不足	214
10.4 前馈控制系统	215
10.4.1 前馈控制	216
10.4.2 前馈控制的特点	217
10.4.3 前馈控制的缺点	218
10.4.4 前馈控制的分类	218
10.5 汽包水位双冲量控制系统	219
10.6 前馈-反馈控制系统	222
10.7 (前馈-反馈控制系统) 前馈控制器参数整定	223
10.7.1 开环整定法	223
10.7.2 闭环整定法	223
10.7.3 在反馈系统下整定 K_f 的方法	223
10.8 前馈-反馈控制系统(双冲量控制系统) 实验	224
10.9 总结	234
10.9.1 前馈控制系统设计时需要注意的地方	234
10.9.2 关键词	236
10.9.3 学习路线图	237
实验十一 锅炉汽包水位前馈-串级控制	239
11.1 实验目的	240
11.2 基础知识	240
11.2.1 汽包水位控制的任务	240
11.2.2 串级控制系统控制器参数的一步整定法	240
11.3 汽包水位三冲量控制系统	241
11.4 前馈-串级控制系统	243
11.5 前馈-串级控制系统(三冲量控制系统) 实验	246
11.6 总结	250
11.6.1 什么情况下采用前馈控制	250
11.6.2 前馈控制与反馈控制的比较	251
11.6.3 关键词	252
11.6.4 学习路线图	252
实验十二 储罐液位-出口流量均匀控制	253
12.1 实验目的	254
12.2 基础知识	254
12.2.1 均匀控制系统的特点	254
12.2.2 均匀控制系统的常用结构形式	255
12.2.3 均匀控制规律的选择	256
12.3 储罐液位-储罐出口流量均匀控制系统设计	257

12.3.1 认识储罐液位-出口流量均匀 控制系统	257	13.6.3 随动控制系统的控制器 参数整定	277
12.3.2 确定控制器正反作用	257	13.7 Let's Go——把开环比值控制 系统改成双闭环比值控制系统	278
12.3.3 控制规律选择	257	13.7.1 准备工作	278
12.4 实验步骤	257	13.7.2 实验步骤	278
12.5 总结	261	13.8 为什么要变比值	285
12.5.1 均匀控制的结构形式	261	13.9 总结	288
12.5.2 均匀控制的控制规律选择	261	13.9.1 如何选择主动量与从动量	288
12.5.3 均匀控制器参数的整定 原则	261	13.9.2 比值控制系统典型结构	289
12.5.4 简单均匀控制系统与单回 路控制系统的比较	261	13.9.3 比值控制系统参数整定	291
12.5.5 关键词	261	13.9.4 关键词	292
12.5.6 学习路线图	262	13.9.5 学习路线图	292
实验十三 锅炉燃料-风量比值控制	263	实验十四 锅炉燃料压力选择控制	293
13.1 实验目的	264	14.1 实验目的	294
13.2 基础知识	264	14.2 基础知识	294
13.2.1 小锅介绍燃烧过程	264	14.2.1 锅炉安全保护系统	294
13.2.2 如何确保燃烧效率	266	14.2.2 选择控制的定义	295
13.3 比值控制系统	267	14.2.3 选择控制的类型	295
13.3.1 比值控制系统定义	267	14.2.4 选择控制的条件	297
13.3.2 比值与比值系数	267	14.3 燃料压力选择控制系统设计	298
13.4 开环定比值控制系统	269	14.3.1 选择控制系统结构	298
13.4.1 开环定比值控制系统结构	269	14.3.2 确定控制器正反作用	299
13.4.2 亲自动手做——开环定比值 控制系统	269	14.3.3 控制规律选择	299
13.5 闭环定比值控制系统	273	14.4 燃料压力选择控制系统实验	300
13.5.1 单闭环比值控制系统	274	14.5 总结	304
13.5.2 双闭环比值控制系统	275	14.5.1 关键词	304
13.6 比值控制系统实施方案	276	14.5.2 学习路线图	304
13.6.1 相乘方案与相除方案	276	实验十五 锅炉过热蒸汽出口温度 分程控制	305
13.6.2 基于相乘方案的双闭环比值 控制系统的控制器参数 整定	277	15.1 实验目的	306
		15.2 基础知识	306
		15.2.1 阀门定位器	307
		15.2.2 分程控制系统的定义	307

15.2.3	分程控制系统的实现	309	17.4	冷态开车	346
15.2.4	分程控制系统的目的	309	17.5	蒸发器工程控制系统设计	350
15.2.5	分程控制系统的应用场合	309	17.5.1	选取被控变量	350
15.2.6	分程控制系统的方块图	310	17.5.2	控制方案设计	350
15.2.7	分程控制系统阀门开、闭形式的判定	310	17.6	蒸发器工程	352
15.3	过热蒸汽出口温度分程控制系统设计	311	17.6.1	组态工作	353
15.3.1	为什么要分程控制	311	17.6.2	蒸发器液位-稀液流量串级控制	356
15.3.2	确定控制器正反作用	312	17.6.3	蒸发器温度-过热蒸汽流量串级控制	357
15.3.3	控制规律选择	312	17.6.4	浓缩液流量单回路控制	358
15.4	实验步骤	313	17.7	蒸发器冷态开车(带控制系统)	360
15.5	总结	316	17.8	总结	361
15.5.1	关键词	316	17.8.1	传热设备的类型	361
15.5.2	学习路线图	316	17.8.2	关键词	361
实验十六 锅炉控制系统的投运和整定		317	17.8.3	学习路线图	362
16.1	实验目的	318	实验十八 认识小 P		363
16.2	小锅介绍 SMPT-1000 锅炉工艺流程	318	18.1	一起去看小 P	364
16.3	通道特性测试	329	18.2	BOBO 随 KOKO 来到了控制室	366
16.3.1	过程变量的分类	329	18.3	小 P 的独白	372
16.3.2	通道的基本概念	329	18.3.1	PCS7 整体结构	372
16.3.3	实验步骤	330	18.3.2	过程控制级组成设备	373
16.4	锅炉工程投运	334	18.3.3	现场控制级组成设备	373
16.4.1	准备工作	334	18.3.4	认识 PCS7 的典型组成部件——CPU 模块	376
16.4.2	控制系统投运	337	18.3.5	认识 PCS7 的典型组成部件——I/O 模块、接口模块	377
16.5	总结	340	18.3.6	小 P 的应用程序	379
16.5.1	关键词	340	18.4	DCS 的硬件体系结构与功能	380
16.5.2	学习路线图	341	18.4.1	过程控制装置	381
实验十七 蒸发器控制系统的投运和整定		343	18.4.2	操作管理装置	381
17.1	实验目的	344	18.5	DCS 的软件体系	382
17.2	基础知识	344	18.6	DCS 组态	382
17.3	小锅介绍 SMPT-1000 蒸发器工艺流程	345			

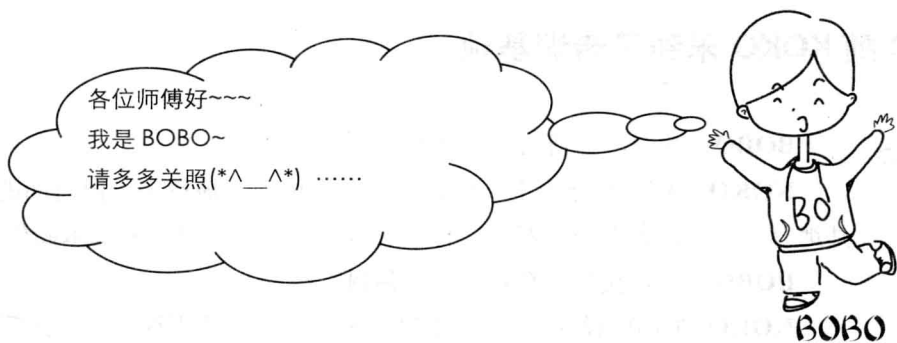
18.7 总结	385	19.8 总结	440
18.7.1 关键词	385	19.8.1 通过指示灯识别 ET200M 通信状态	440
18.7.2 学习路线图	385	19.8.2 集散控制系统 SIMATIC PCS7 的运用	441
实验十九 PCS7 的数据采集与输出	387	19.8.3 关键词	442
19.1 实验目的	388	19.8.4 学习路线图	442
19.2 基础知识	388	实验二十 PCS7 的 PROFIBUS DP 总线通信	443
19.2.1 过程输入输出通道	388	20.1 实验目的	444
19.2.2 DCS I/O 设备典型结构	389	20.2 基础知识	444
19.3 I/O 通道与现场设备的接线	390	20.2.1 现场总线 (Field Bus)	444
19.3.1 模拟量输入 (AI) 设备的 端子接线	390	20.2.2 过程现场总线—— PROFIBUS	445
19.3.2 模拟量输出 (AO) 设备的 端子接线	393	20.2.3 PROFIBUS DP 网络的典型 结构	445
19.3.3 开关量输入 (DI) 设备的 端子接线	395	20.2.4 PROFIBUS DP 的物理实现	447
19.3.4 开关量输出 (DO) 设备的 端子接线	395	20.2.5 PROFIBUS DP 协议结构	449
19.3.5 西门子典型 I/O 卡件与 现场设备的接线	395	20.2.6 报文	450
19.4 现场操作第一步: 接线—— 小锅与小 P 手牵手	398	20.2.7 寻址 DP 从站	450
19.4.1 SMPT-1000 端子排	398	20.3 小锅也能当 DP 从站	453
19.4.2 定义 SMPT-1000 模拟量 I/O 数据	401	20.4 总结	472
19.4.3 实验步骤	403	20.4.1 集散控制系统 SIMATIC PCS7 的运用	472
19.5 现场操作第二步: DCS 硬件 组态——小锅与小 P 需要交流	405	20.4.2 关键词	473
19.6 现场操作第三步: 通信测试—— 小锅与小 P 真的能交流了	435	20.4.3 学习路线图	473
19.7 DCS I/O 卡件信号测试	438	实验二十一 基于 PCS7 的换热器 热流出口温度控制	475
19.7.1 AI 信号测试	438	21.1 实验目的	476
19.7.2 AO 信号测试	439	21.2 基础知识	477
19.7.3 DI 信号测试	440	21.3 CFC 组态	478
19.7.4 DO 信号测试	440	21.4 OS 组态	498
		21.4.1 OS 组态前的准备工作	499

21.4.2	编译 OS	502
21.4.3	认识 WinCC 项目管理器	503
21.4.4	认识图形设计器	505
21.4.5	创建过程画面	506
21.4.6	创建趋势画面	507
21.5	OS 过程模式	511
21.5.1	过程模式下的用户界面	511
21.5.2	单回路控制系统的投运以及 PID 参数整定	514
21.6	总结	518
21.6.1	集散控制系统 SIMATIC PCS7 的运用	518
21.6.2	关键词	518
21.6.3	DCS 组态步骤	519
21.6.4	学习路线图	519
实验二十二 基于 PCS7 的锅炉过热 蒸汽出口压力串级-比值 控制		
22.1	实验目的	522
22.2	基础知识	523
22.3	实验步骤	525
22.4	总结	536
22.4.1	关键词	536
22.4.2	学习路线图	537
实验二十三 基于 PCS7 的蒸发器 开车顺序控制		
23.1	实验目的	540
23.2	基础知识	540
23.2.1	顺序流程分析	540
23.2.2	蒸发器开车顺控过程分析	541
23.3	顺序功能图 SFC	542
23.4	实验步骤	552
23.5	总结	560
23.5.1	关键词	560
23.5.2	学习路线图	561
实验二十四 安全仪表系统		
24.1	实验目的	564
24.2	基础知识	564
24.2.1	安全仪表系统	564
24.2.2	安全完整性等级 (SIL)	565
24.2.3	必要的风险降低	567
24.2.4	SIS 安全生命周期	568
24.3	运用各种科学方法进行 SIS 设计	571
24.3.1	使用风险矩阵确定允许的 风险	572
24.3.2	使用危险与可操作性分析 (HAZOP) 确定过程存在的 风险	574
24.3.3	分析已经存在的其他防护 层减少的风险	575
24.3.4	判断剩余风险是否可以接受, 确定需要增加的 SIS 的 SIL	578
24.3.5	计算选用的安全仪表系统的 SIL 是否符合需求	580
24.3.6	根据仪表冗余结构进行 仪表选型	592
24.4	总结	599
24.4.1	关键词	599
24.4.2	学习路线图	599
实验二十五 基于 PCS7 的锅炉综合 控制		
25.1	实验目的	602
25.2	基础知识	602
25.2.1	自动化工程的目的、任务和 内容	602
25.2.2	工作流程	603
25.3	控制系统设计	604

25.3.1 对象特性分析	604	A.2 流程图窗口、趋势曲线窗口与 控制组态窗口	624
25.3.2 确定控制方案	604	A.3 双效阀的特性选择	626
25.4 控制系统实施	606	A.4 小锅支持的控制方式	629
25.4.1 控制方案组态	606	A.5 控制模块库	630
25.4.2 OS 组态	614	A.6 单回路控制系统组态步骤	630
25.5 控制系统运行	616	A.7 控制器操作面板	635
25.5.1 控制器参数整定	618	A.8 在趋势曲线画面添加曲线	635
25.5.2 正常运行	620	A.9 趋势曲线窗口操作	637
25.6 总结	621	A.10 结束实验	643
25.6.1 关键词	621	附录二 PFD 与 P&ID 的基本知识	645
25.6.2 学习路线图	621	B.1 工艺流程图 (PFD)	645
附录一 SMPT-1000 的软件操作	623	B.2 小锅的管道仪表流程图 (P&ID)	646
A.1 主工具栏上的按钮	623	参考文献	655

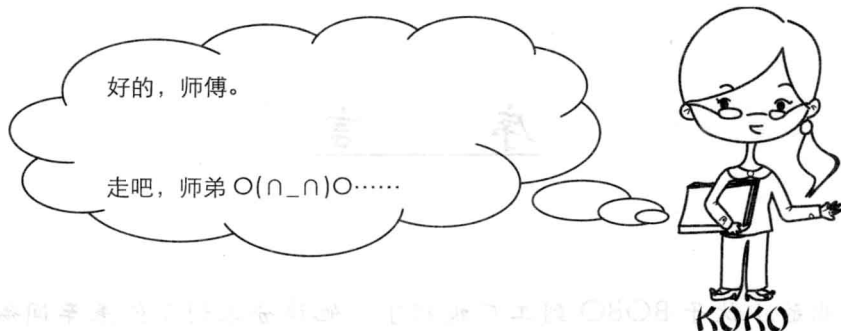
序 言

刚刚毕业的小伙子 BOBO 到工厂报到了，他被分派到了仪表车间做仪表工。



仪表车间的主任成了 BOBO 的师傅。主任又把已经在仪表车间工作了 2 年的 KOKO 介绍给 BOBO 认识。





0.1 BOBO 随 KOKO 来到了培训基地



BOBO: 师姐, 师傅为什么让我来培训基地?

KOKO: 新来的操作工、仪表工都要去培训基地待上一段时间的, 培训基地有咱们厂设备的仿真对象, 你们可以先在上面练习一些基本操作~~

BOBO: 哦。我们厂都有什么设备啊?

KOKO: 咱们厂设备可多了, 不过将来咱们主要负责锅炉、蒸发器这些设备, 所以你主要熟悉它们就行了。

BOBO: 啊? 让我去烧锅炉啊?

KOKO: ⊙__⊙b~~咱们是仪表工, 主要是干一些和控制相关的工作, 比如说调调参数、控制相关设备的维护什么的。

BOBO: 哦, 那让我直接了解控制系统呗, 还去研究锅炉干嘛?

KOKO: 医生给人治病还得先了解病因呢, 你不了解你的被控对象, 怎么能控制好它?



0.1.1 简单认识高级多功能过程控制实训系统 SMPT-1000

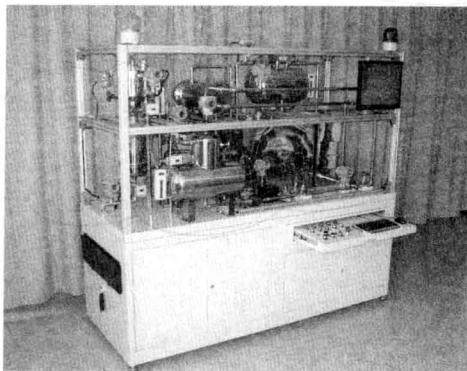


图 0.1 SMPT-1000 高级多功能过程控制实训系统

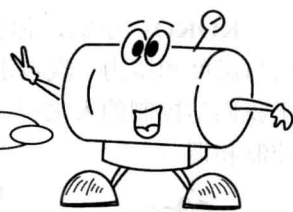
SMPT-1000 是一款将全数字仿真技术与实物外观模拟装置相结合，集多种实验功能于一体的仿真实验装置，如图 0.1 所示。

SMPT-1000 模拟由锅炉和蒸发器组成的水汽热能全流程，可拆分成非线性储罐与离心泵单元、动力除氧单元、高阶换热单元、锅炉单元、蒸发器单元，提供由简到难的各个层次的过程控制被控对象。



0.1.2 小锅的独白

我的中文名叫高级多功能过程控制实训系统，英文名叫 SMPT-1000，可是大家都喜欢叫我小锅，因为我长得模样就是一个锅炉的模样~~



锅炉可是工业生产中的好帮手，可以生产高温高压的蒸汽去发电、去供热，去做很多事情，在炼油厂、化工厂、电厂、药厂，好多地方都有我的身影。

你知道锅炉为什么叫锅炉吗？

因为我的身体虽然是由很多零部件组成的，但是整体上可以分成两大部分：水汽系统和燃烧系统。呵呵，“锅”就是指我的水汽系统，是把水变成水蒸气的地方；“炉”就是指我的燃烧系统，在水变成水蒸气的过程中提供热能。

我在干活（运行）的时候，你需要关注我的产汽量、过热蒸汽出口温度和压力、汽包水位、燃料量、风量、炉膛负压和烟气含氧量等等的参数。总而言之呢，要保证我的产汽量满足需要，

还要能及时地处理各种故障、异常和事故，这样我才能乖乖地在这儿打工。



拿出笔来！

问题：想一想哪些地方需要使用小锅的过热蒸汽？

答案：工业生产中需要蒸汽吹扫：蒸发器、再沸器等需要蒸汽加热；火力发电机组中的汽轮机，需要蒸汽驱动等

0.1.3 小锅的问题

BOBO: 小锅，你就是我们的被控对象呀！

小锅：什么是被控对象？我就知道你们喜欢在我身上装各种各样的仪表，还喜欢拧来拧去的~

BOBO:

KOKO: 小锅，你自己不是说了嘛，我们需要关注你的产汽量、过热蒸汽出口温度和压力、汽包水位、燃料量、风量、炉膛负压、烟气含氧量什么的，对于我们学控制的人来说，就是要按照生产的要求，对你的这些生产工艺参数进行控制和调节。

事儿还真多~



BOBO: 对，对，这些工艺参数可以由人来手动调整，也可以由控制装置自动地调整。不管怎么说，被控制的量不外乎温度（Temperature）、压力（Pressure）、流量（Flow）、液位（Level）、组分（Component）这些参数。

小锅：嗯，我的好朋友蒸发器，就需要关注它的浓缩液组分，还有它的压力、温度、液位什么的~

KOKO: 我是想说，小锅你就是个被控对象，在这个被控对象里面，有很多个被控参数，比如说温度、压力、液位、流量、组分什么的。

小锅：嗯，我懂了，蒸发器也是个被控对象呵呵。那你们干嘛在我身上装乱七八糟的东西？

KOKO: 那怎么是乱七八糟的东西呢~~ 我给你举个例子吧。假如有个水槽，

