

面向对象的现代工业控制系统 实用设计技术

祝猷冰 编著



清华大学出版社

面向对象的 现代工业控制系统 实用设计技术

祝璘冰 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是一部探讨和讲述将目前仅局限于计算机软件设计领域的面向对象(OO)的理论及方法,如何在当代工业控制系统的设计中进行全面、彻底推广的专著。该书不仅将抽象的面向对象理论在控制系统的设计工作中得到非常具体而贴切的解释,而且通过对这种先进理论指导下的设计方法的推广,将我国当前非常落后的工业控制系统的设计体系及方法提高两代,从而不仅让我国的工业控制系统的设计工作更加规范化、标准化,未来的设计、工程施工的社会分工更加明确及细化,提供给社会的工业自动化系统更加安全、更具柔性、维修更迅速及简便,还将让从事该专业的年轻技术人员迅速而清晰地了解需要掌握和学习的各部分、各层面的知识内容,从而对他们的技术成长更有利。

该书的读者群定位在高等学校自动控制、计算机专业的教师、高年级学生和研究生,以及电气专业工程公司、工业软件公司的技术总管及各大设计院分管电气的专业负责人、专业设计人员的层面。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

面向对象的现代工业控制系统实用设计技术/祝猷冰编著.--北京:清华大学出版社,2009.12
ISBN 978-7-302-21592-9

I. ①面… II. ①祝… III. ①工业—自动控制系统—系统设计 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 225365 号

责任编辑:张秋玲

责任校对:刘玉霞

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:16.25 字 数:389 千字

版 次:2009 年 12 月第 1 版 印 次:2009 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:034635-01

PRE 前言 FACE

当一大堆凝聚着我国一家著名的市政设计院自动控制专业技术人员心血的,我所在公司近年准备新建、改建的又一项大型污水处理项目的自动控制、仪表专业的图纸再次摆到面前时,一个拷问良心良久的重大问题再次逼着我做出抉择:是为了个人一己私利而继续听任我国各大设计院的技术人员继续以这样非常落后的设计方法在一项项重大工业项目的设计中继续唱主角,还是舍弃自己的部分私利,让另外一种更加科学、合理、先进的控制系统设计模式在这其中发挥更大的作用?

强烈的责任心和使命感,让我终于下定决心选择后者,化做此次撰写本书的行动。

作为一名基层技术人员,照理说著书立说不应成为我工作中的主要部分,况且也不是通常的基层技术人员的强项。一般人们都认为,只有那些在大学、研究院所担任教授、博导、课题负责人的专家们,才应该是在各种专著的封面上经常罗列出其大名的常客。

而我,一个虽然具备高级工程师职称,但“文凭”仅为本科的基层技术人员,为什么偏偏非要“不识好歹”地写这本定位在大学高年级的学生及研究生、大学教师,以及各大大专业公司及设计院的主管、专业技术人员这一阅读层面的专著?因为我所掌握的这门实实在在的,而且经过实际应用检验,证明其的确具有非常合理、科学、实用特性的现代工业控制系统实用设计技术,确实要比目前在我国设计界乃至大学教育中非常普遍的“经典”设计体系具备更大的优势。

但我毕竟是一个靠技术吃饭的人,除了单位的具体工作之外,每年仅靠为设计院及专业公司进行各类工业控制系统的设计,就能实实在在地为自己获得不少的额外收入。而这种实用又多少带有些功利性的技术,真正基层、一线的技术人员,一般是不愿将其毫无保留地公示于众的。“教会徒弟,饿死师傅”,虽然这常用于描述旧社会匠人之间残酷的生存现实,但任何读者在看到此书中所有章节的标题后就会发现,当一个从事工业控制的技术人员把该书全部通读且掌握之后,他(她)也的确就真正扎实、完整地掌握了一种控制系统的设计体系;而我到那时也的确就可以而且也就只能彻底、安心地去“享受”退休后的“幸福时光”了。

对于一个真正把技术及自我价值看做比生命还宝贵的技术人员来讲,既然把自己的全部本领和盘托出就意味着彻底“下岗”,那为什么还非要这样做呢?

因为能看到一种更加科学、合理的东西在自己的努力之下得到应用和推广,是一种成就感和自我价值的体现,尽管这种成就感与自我价值同前者相比仅仅是精神上的。更何况,在现代文明程度一日千里的今天,包括我在内的技术人员,退休后的生存恐怕已经不是问题。至于这样做导致无法通过金钱这把“尺子”来更多、更具体地体现自己的价值,从自我安慰的

角度看,即便这个价值再高,也不过就是生活质量的“更好一些”而已。

也正是有了这次对自己的自我安慰的胜利,才促使我终于下定决心,出于责任感,出于可能多多少少留下自己的“一笔”心情,将自己多年来在现代工业控制系统设计上的心得和经验,以及将这些心得、经验与现代理论的结合所产生的精华付梓此书,以飨从事现代工业控制的同仁及年轻朋友们。

看到这里,可能许多读者,尤其是年轻的读者一定会问:你一个基层的“老土包子”到底有什么了不得的看家本领,把自己写一本“破书”看得那样“大义凛然”,那样“大公无私”?

我的确没有什么通天的本领,也没有在此书中提出什么全新的理论,但是,凭着在工业控制领域二十几年的打拼及积累,我对此书拥有这样的自信:它,与以往众多有关现代工业控制系统实用设计技术的书籍相比,绝对有着非常多的特殊之处,这种特殊主要体现在如下几个方面:

(1) 该书真正把目前仅在计算机领域已日臻成熟、面向对象的设计(即 OOD)技术,彻底引申、推广、扩展到了现代工业控制系统的设计过程中。尤其是低压控制系统的硬件设计及 PLC 程序设计领域,甚至已经达到了完全的面向对象的层次和高度(读者可以在本书中看到即便在计算机高级语言程序编制过程中都非常难得一见的、类对象的“继承”和“多态”的例子)。而这一高度,当下的 VB 尚且难以达到。这一点点微不足道的“创新”如果能够得到相关领域专家的认可,可以说便是为我国自动控制领域,以及面向对象的理论体系所做出的贡献。尤其是把面向对象的理论体系引申、推广、扩展到由工业控制 PC+PLC 所组成的现代工业控制系统的设计之中,这是我此前通过多种手段而从未检索到的。

(2) 这种实用、科学的系统设计体系,与目前普遍为国内各大设计院所采用的控制系统设计技术指导下所设计的控制系统相比,可使控制系统在现代工业项目中故障时间占全部故障时间的比例,由过去的 30% 一步降低到 5% 以下。无疑,这在大型工业控制系统,尤其是对系统运行的安全性和可靠性要求非常高的系统中,是个绝对巨大的价值所在。

(3) 该设计体系更有助于使控制系统的设计,尤其是控制柜体的设计(即控制系统的硬件设计)、制造形成更加规范、更加科学、更加系统化和标准化的局面,让在过去的设计方法下所形成的低压控制柜的生产,在由原来基本是由低压控制柜的生产厂家大部分情况下自己“琢磨着干”、自己“比量着来”的粗放生产模式,迅速进入到更有章可循、更有标准可依的现代化生产轨道上来。

其实,本书中所表述的这种设计体系,与目前在我国普遍流行的设计体系相比,好处还远远不止这些。以上所列几点,仅是其中最关键、最重要之处。真正具体的差别和对比,书中有更加详细的叙述。

需要申明的是,该设计体系,并非我的独创和发明。控制系统的模块化设计方法早在二三十年前就已经在西方国家的工业控制系统设计中得到充分的体现和广泛的应用。正是这种模块化设计方法成为孕育本书所介绍的这种设计体系的种子,当我于 1995 年在挪威著名的现代控制系统专业设计公司 SAAS Proress As 公司学习期间,以及在由该公司设计技术参与的大连开发区大窑湾污水处理厂(后更名为“大连开发区污水处理二厂”)的整个设计、安装、调试过程中,通过对该工程控制系统所有细节的全面了解,进而实现了对西方现代工业控制系统设计技术精髓理解的基础上,结合这些年来对 VB, C++ 技术的学习及应用,以及在此后所在单位、社会上其他单位的大规模改造及建设的控制系统设计过程中,总结、修改、

提炼和归纳出本书所述全部内容。

所以在此,我要对在个人技术成长道路上提供大量无私帮助的挪威 SAAS 公司的自动控制技术专家 Geir Solheim,以及在该公司接受培训期间对我的咨询提供大量无私、深度解答的 SAAS 公司其他专家、专业工程师表示深深的谢意。

此外,在该书编撰期间,施耐德天津诺迪亚公司的总工程师王占文,对本书的第 4~6 章,大连开发区凯杰尔电器公司的总经理尹学军为本书的第 7 章,大连开发区中天电气公司的总经理兼总工程师石磊对本书的第 8 章分别进行了极为认真细致的校核及修改工作,并提供了部分资料;作为 WonderWare 北京地区总代理的北京汉景公司的梅朝阳经理在听说我写作此书的消息后,立即寄来了 InTouch 10.0 的 Demo 版本,祝艳伟工程师又在领受了梅经理的指示后,不仅传来了运行大的应用程序的临时授权软件,而且将此书中用到的老版本的源程序进行了多次繁复的版本转换操作,并在我写作过程中,就许多新的概念、新的技术问题进行了不厌其烦的解答;作为同是国际知名大公司的法国施耐德公司北京总部技术支持工程师陈亦明先生,也同样做出了这样令人感动的一举。在与这些专家电话交谈,进行技术交流中,其态度之和蔼、诚恳、友好,技术水平之精湛,思维之清晰,令我一次次感动、佩服不已。对于他们体现出的这些令人心暖、令人难以忘怀的人间真情,我无以报答,只好在此借本书篇幅,对他们的付出及帮助表示由衷的感谢。

如果本书真的能够承蒙这些大公司及专家的抬举及协助,迅速化做一粒种子,将更加先进、实用的工业控制系统设计技术在我国自动控制领域得到迅速、全面的推广,让我国自动控制的“软”技术迅速拉近与西方先进国家之间的距离,这不啻是本书编撰的最大价值所在。我也更期盼该书能作为引玉之“砖”,就此书中的提法、观点、技术手段及细节,与各位专家、学者、血气方刚的莘莘学子展开一场大辩论,并在这场大辩论的推动下,迅速搭建起一个“面向对象的工业控制系统设计天地”大舞台。唯有如此,才能尽快地、更加准确地对我的这套也许并不成熟的设计体系的科学性及正确性进行检验。我急切地期盼着这个舞台的建立,并热切地期盼着各路高手在这个舞台上真正、尽快地唱起一场场风华绝代、余音绕梁的精彩大戏来!

为此,我将自己的 E-mail、QQ 号码等公之于此,希望各位读者能将自己的看法、意见,以及不满意之处与我交流,对书中的各种观点进行斧正,不胜感激!

联系方式: E-mail: Z_HOBEN@126.com QQ: 562369118

作 者

2009 年 10 月

CONTENTS 目录

第 1 章 开篇	1
1.1 现代工业控制系统的概念及世代划分	1
1.1.1 从控制系统智能核心的层次和形式上对控制系统进行世代划分	1
1.1.2 从人机交互的形式上对工业控制系统进行世代划分	5
1.1.3 从控制系统建立过程的体系上进行世代划分	7
1.2 当代工业基础对现代工业控制系统的架构形态提出的要求	10
1.2.1 控制系统适当集中和就地、分散相结合成为系统组态的常态	11
1.2.2 不能完全抛弃手动运行方式	13
1.2.3 对深谙工艺精髓,同时又能与从事控制的技术人员进行“无缝对接” 的高级人才越发倚重	15
1.2.4 过程控制的形式及控制系统的布局应更有利于人体工学的需求	15
1.2.5 远程控制及数据远程传送已越来越重要,手段越来越多	18
1.2.6 采用国际知名品牌的软件和硬件	19
1.2.7 采用硬件和软件上的措施以保障系统的安全	19
1.3 我国低压控制系统的设计方法及体系、人才成长机制上存在的误区及问题	21
1.3.1 小系统堆砌	21
1.3.2 面向过程设计方法无限制应用	22
1.3.3 电气、自动控制不分家	23
1.3.4 PLC、仪表高配、多配,盲目求“新”	23
1.3.5 大型国有企业的环境对年轻技术人员的成长总体不利	25
1.3.6 自动控制专业的技术人员缺乏在职学习、重新“回炉”的机会	26
1.4 面向过程的低压控制系统在技术层面的困难及问题	26
1.4.1 从一个经典的控制回路说开去	26
1.4.2 面向过程的控制方案存在的问题	29
1.5 面向对象的低压控制系统的系统构成及特征	31
1.6 本书面对的读者群及适用对象	32
第 2 章 系统规划及设计	34
2.1 受控对象自身的性质对控制系统体系架构的影响	34

2.2	用户的类型和层次及对系统设计的影响	36
2.2.1	幼稚型用户	37
2.2.2	背景知识内行、控制知识外行的用户	37
2.2.3	背景知识外行、控制知识内行的用户	37
2.2.4	能拿出准确、详细的样板或案例的用户	38
2.2.5	非常成熟的老用户	38
2.3	控制系统的设计体系构成模式	38
2.4	控制系统的构建过程	45
2.5	各类执行器件的特性及选用	46
2.5.1	工业控制阀门的种类	47
2.5.2	普通电动阀门	47
2.5.3	气动阀门	48
2.5.4	电动调节阀	49
2.5.5	通断控制电磁阀	50
2.6	仪表的选用原则及应该注意的问题	51
2.6.1	仪表信号种类的选择	51
2.6.2	仪表供电方式的选择	52
2.7	执行器件与仪表的电位隔离问题	52
第3章	硬件系统的设计	54
3.1	低压控制系统控制柜体的完整构成及构造细节	54
3.1.1	开关柜的结构及原理	54
3.1.2	节能/补偿柜的结构及原理	57
3.1.3	PLC柜的结构及柜内布局	59
3.1.4	MCC柜的结构形式及外观	59
3.1.5	控制模块的外形及结构特点	62
3.2	现场就地控制箱的种类及面板布局	63
3.3	普通电机的控制回路设计	64
3.3.1	普通电机的特点	64
3.3.2	有关控制原理图的说明	65
3.3.3	普通电机控制回路运行机理详析	65
3.3.4	模块化低压控制系统运行中常见的故障现象及应对措施	73
3.3.5	控制系统的类,对移植到控制系统设计工作中的 “面向对象”的理解	76
3.4	变频运行电机的控制回路设计	79
3.5	软启动器拖动电机的控制回路	85
3.6	降压启动电机的控制回路设计	89
3.6.1	全新的星-角启动电机动力回路与经典方案的比较及工作过程分析	89
3.6.2	全新的星-角启动电机控制回路电路原理分析	93

3.7	正反转电机的控制回路设计	97
3.8	往复运行电机的控制回路设计	97
3.9	单动力回路电动阀门的控制回路设计	103
3.10	双动力回路电动阀门的控制回路	103
3.11	给定信号电动调节阀门的控制回路设计	109
3.12	开启度反馈电动调节阀门的控制回路设计	109
3.13	气动阀门的控制回路设计	114
第4章	PLC 系统的构建方法	119
4.1	本书着眼的是什么样的 PLC	119
4.1.1	除了大规模工业控制,PLC 还有什么得到广泛应用的领域	119
4.1.2	应用于工业产品的小型 PLC 应当成为本书关注的重点吗	120
4.1.3	我们着眼的 PLC 到底有哪些	121
4.2	到底应该通过什么编程语言进行 PLC 的程序编制	123
4.3	如何建立 PLC 系统	126
4.3.1	PLC 的系统架构选择	126
4.3.2	PLC 系统的硬件型号选择	128
4.4	一个系统的安全性如何评价	135
4.4.1	人身安全设计	135
4.4.2	设备安全设计	137
第5章	认识、建立和使用 DFB 类的方法	139
5.1	DFB 类的“画板”: DFB 编辑器	140
5.2	构建 DFB 的“零件”: 各种常用功能块介绍	142
5.3	构建 DFB 的“流程”	147
5.3.1	定义变量	147
5.3.2	构建梯形图	148
5.3.3	进行 DFB 分析	149
5.3.4	后续工作	149
5.4	DFB 类的规划与设计	149
5.4.1	标准类的高级语言类表述	149
5.4.2	DFB 世界里的类	151
5.4.3	软件、硬件两个“世界”打造出的类对象	152
5.4.4	算法,算法,DFB 的灵魂	153
5.5	DFB 精品大展台	157
5.5.1	软启动负载 DFB 类的品读及分析	157
5.5.2	变频运行负载 DFB 类的品读及分析	159
5.5.3	正反转负载 DFB 类的品读及分析	161
5.5.4	往复运行负载 DFB 类的品读及分析	162
5.5.5	降压启动负载 DFB 类的品读及分析	164

5.5.6	双动力回路电动阀门 DFB 类的品读及分析	165
5.5.7	单动力回路电动阀门 DFB 类的分析	167
5.5.8	给定信号电动调节阀门 DFB 类的品读及分析	167
5.5.9	反馈信号电动调节阀门 DFB 类的品读及分析	169
5.5.10	几种非类 DFB 介绍	171
5.6	一个完全面向对象的生产线中的一个子项的工程案例	174
第 6 章	组态软件——将工业控制软件彻底推向面向对象的“上帝之手”	181
6.1	选用工业控制组态软件的理由	181
6.2	有关组态软件的介绍	183
6.3	组态软件究竟怎样给控制系统赋予生命和活力	184
6.3.1	组态软件在整个控制系统中的位置和作用	185
6.3.2	组态软件程序编制的基本知识及方法	187
6.4	如何利用可复用技术创建新的窗体	205
6.5	其他受控对象的控制窗简介	207
第 7 章	防雷系统的规划及设计	209
7.1	雷电灾害的形式及危害	209
7.2	雷电灾害的不同防御措施	210
7.2.1	等电位体连接	210
7.2.2	接地工程	210
7.2.3	电源系统防雷保护	211
7.2.4	信号系统防雷保护	212
7.3	专用防雷设备及技术指标	213
7.3.1	一级防雷设施	213
7.3.2	二、三级防雷设施	214
7.3.3	信号防雷器	215
7.4	防雷系统设计	217
7.4.1	各种单回路及仪表的防雷设计方案	217
7.4.2	控制系统防雷工程综述	219
第 8 章	设计方案的实施及过程控制	221
8.1	低压电气设备制造过程的质量控制	221
8.1.1	控制柜体生产厂家的前期技术工作流程	221
8.1.2	控制柜体的生产组织、作业流程及质量控制	224
8.2	现场施工及调试的质量控制	225
附录 A	控制系统设计范式表述	229
A.1	总则	229

A. 2	图幅图签及装帧方式	230
A. 3	封面及目录的构成表述	231
A. 3.1	图纸封面设计	231
A. 3.2	分项目录设计	231
A. 4	文字说明部分	232
A. 4.1	设计说明	232
A. 4.2	系统的控制描述文件	233
A. 4.3	PLC 系统地址表	233
A. 5	专业总平面图设计的内容及表述	234
A. 5.1	目录	234
A. 5.2	总平面图	235
A. 6	PLC 系统的设计内容及表述	235
A. 6.1	目录	235
A. 6.2	系统布置图	236
A. 6.3	材料表	236
A. 7	控制系统电气系统图的设计内容及表述	236
A. 7.1	目录	236
A. 7.2	控制柜系统图	237
A. 7.3	PLC 柜供电系统图	237
A. 7.4	MCC 柜低压配电系统图	237
A. 7.5	节能补偿柜低压配电系统图	238
A. 8	控制系统电气结构设计的设计内容及表述	238
A. 8.1	目录	238
A. 8.2	控制柜外形图	238
A. 8.3	就地控制箱外形图	239
A. 8.4	材料表	239
A. 9	自动控制系统设计图	239
A. 9.1	目录	239
A. 9.2	受控设备控制原理图纸	239
A. 10	仪表系统设计图	240
A. 10.1	目录	240
A. 10.2	仪表原理图纸	240
A. 10.3	仪表供电系统图	241
A. 10.4	仪表安装图	241
A. 11	防雷系统设计设计	241
A. 11.1	目录	241
A. 11.2	防雷工程设计说明	241
A. 11.3	图例及防雷工程材料表	242
A. 11.4	电源系统防雷设计	242

A. 11. 5	仪表系统防雷设计	242
A. 11. 6	计算机及工业控制网络防雷设计	243
A. 11. 7	音频信号防雷	243
A. 12	系统电缆表的设计	243
A. 12. 1	目录	243
A. 12. 2	电缆分类	243
A. 12. 3	电缆选型	244
A. 12. 4	电缆的命名	244
A. 12. 5	电缆表的形式	244
参考文献		245

第1章

CHAPTER 1

开 篇

1.1 现代工业控制系统的概念及世代划分

随着瓦特发明的蒸汽机开始大规模投入生产活动,人类就正式进入了大规模工业生产的工业文明阶段。既然有了工业生产过程,就必然意味着对整个生产过程的控制。

但是,直到第一次世界大战之前,人类即便经历了以蒸汽动力为标志的第一次工业革命和以电气动力为标志的第二次工业革命的过程,工业生产过程的控制手段还仍以机械控制形式为主,两次工业革命所解决的仅仅是动力革新问题,所以直到这时,工业生产过程的控制还没有达到可被称为“现代”的程度。

直到 20 世纪 30 年代,继电器、接触器的大规模投入使用,以及磁放大器、交磁放大机等带有线性放大能力的电气器件及设备的陆续出现,才使整个工业过程陆续摆脱了卓别林在电影《摩登时代》中所表现的那种前现代工业生产过程的场景。

所以,从人类掌握了以继电器等为代表的一批能够以通过对弱电控制器件的操控,进而达到可对强电设备的运行过程进行控制的时候,才意味着人类对生产过程的控制进入到了现代工业控制系统主打天下的时代。

从现代工业控制系统诞生的时代开始,伴随着电子技术的发展,现代工业控制系统经历了一波一波快速更新换代的时代洗礼,人类的生产力水平呈现出了以几何级数飞速发展的过程。

对于这种时代变革,不同的人从不同的角度出发,对现代工业控制系统这一次又一次脱胎换骨的变化过程有着不同的理解和解读。但无论怎样理解和解读,这其中有个非常有趣的现象,即每种对现代工业控制系统的世代划分方法,普遍都将其发展历程划分成 4 代左右。所以,最新一代的工业控制系统,一般普遍都被划分至“第四代工业控制系统”的序列中去。

以下分别以最具代表性的 3 种划分方式,分别叙述其具体内容。

1.1.1 从控制系统智能核心的层次和形式上对控制系统进行世代划分

按理说,现代工业控制系统无论是系统性能还是整个系统的构成,都是一个有机的整体。单独强调其中一部分的作用和特征,往往有失偏颇。一个由受控对象、控制系统以及整套系统的操作者所组成的一个完整的闭环系统,如果仅仅是控制系统核心部分的层次高,这

只意味着整个环节中的一块“长板”比较“长”而已。单就控制系统来说,如果该系统的其他部分,如检测环节、执行环节、动力系统等的质量不高,整套系统的质量一定是处于较低层次的。

但这样对现代工业控制系统进行世代划分却有一个非常明显的好处,即它非常有利于进行普及教育,尤其是非常有利于大众对纷繁复杂的现代工业控制体系进行粗略、大致地了解。

需要引起注意的是,在我国工业控制界,甚至在理工院校的高等教育中,我们的“内行人”中极力推崇或信奉上述观念的却并非偶然或个别的现象,而是具有相当大的市场。在这种并不是很正常的观念的驱使下,某些所谓的“搞控制”的人,以及许多学工业自动化的大学生,甚至单独把 PLC 的程序编制视为了一种“专业”,似乎只要程序编得好,整套系统的性能就可以上去了。

这是一种极为错误的观念,也是导致我国目前大学教育中,甚至没有哪种专业毕业的学生能够完整地给出全套工业控制系统的控制方案来。一套完整的工业控制系统设计过程,在我国目前从事控制系统设计的单位,设计人员的专业面必须覆盖到“电气(即通常意义上的变配电部分)”、“自动控制与仪表”、“程序编制”等几个“专业”,从而导致了一套完整的电气控制系统的诞生过程,必须由几伙人的配合才能完成的现象。正是由于这种纵向体制上的条块分割,进而导致由我国自己培养的技术人员(尤其是各大设计院的技术人员)由于宏观眼界不够,对控制系统的整体认识始终比较模糊,以及与其他“专业”间的交流及学习不足所导致的知识上的死区的存在,所以,我国的技术人员所设计的控制系统,普遍要比西方国家先进的控制系统整体落后 1~2 个代级。

那么这种对控制系统的世代划分方式对控制系统的划分到底是怎样的呢?

1. 第一代: 机电控制世代

这一代的系统模式见图 1-1。

这种控制过程,是完全由操作者通过对各个设备的启、停按钮的控制,以及对部分速度给定装置的操控完成的。由图 1-1 可见,这种控制形式下的整套系统的运行模式,人是完完全全的系统“智能”的核心,既要对整个生产过程进行每个步骤的操控,还要对工作过程进行计算、实施过程检测等工作,所以,控制系统的作用仅仅是人的体力的延长及动力的放大。随着设备运转速度的加快,动力越发强大,操作者在脑力上不但没有得到任何解放,反而还必须拥有其他诸多领域的知识,甚至相比较于手工操作,人不仅在脑力上更累,更要面临比手工操作多得多的危险。

这一代的控制系统对于设备自身不太复杂,且生产过程及对象没有太多的确定性及稳定性的情况,还算是较为适用的。尤其是对于农用机械,中小型、低精度的机床等尤为合适。

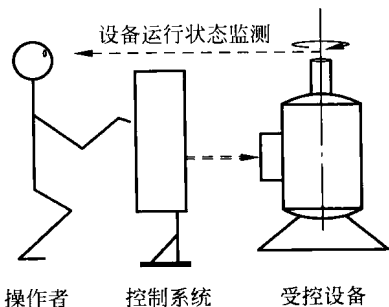


图 1-1 从设备智能部分的代级划分的第一代控制系统

2. 第二代：继电器逻辑控制世代

随着小功率控制用继电器的普及,尤其是时间继电器、压力继电器、热保护继电器等特种继电器的陆续出现,以及气动和液压控制用各类电磁阀的普遍采用,接近开关等各种传感器的越发成熟和普及,复杂继电器逻辑控制在 20 世纪五六十年代的工业控制领域得到了极大的发展。这其中,尤在以前苏联为代表的东欧国家,这种控制方式极受到推崇,甚至与气动、液压等一起形成了一个庞大的斯拉夫语境下的“自动控制”专业,以至于当年我国多次派出大批专门到苏联学此类专业的留学生。

也许是模拟计算及控制的思维在当年苏联的学术界占据上风的缘故,这种继电逻辑控制的思潮在当时东欧国家的控制领域已经被推到了几乎达到极致的状态。作者就曾在一条在造船厂进行维修的、20 世纪 70 年代由前苏联北德文斯克造船厂生产的一条旧货轮上,见到了一台由整整两个大控制柜,共计 200 多个各类继电器、接触器控制一台锅炉的案例!

为了修复这台锅炉,由数名技术人员组成的小组,光是这台锅炉控制图纸的研读就进行了数周,整个修复过程断断续续持续了近半年。当整套系统修复之后,其启炉、停炉过程不用说在外人看来,即便是那些亲手修复了它的人身临其境都感到胆战心惊:每当这些过程开始,控制箱内的继电器、接触器吸合、释放的声音简直就像进入了战场,直至几分钟过后锅炉进入正常的运行状态,这些“乒乒乓乓”的声音才告一段落。

由此可见,这一代的控制系统已经走入歧途,系统的可靠性,尤其是修复的难度已经到了几乎恶化的状态。

正因为如此,这代控制系统实际上所能应用的领域,最多也就仅限于往复运行、冰库、锅炉等设备的运行控制。一个车间、整条生产线等大规模的过程控制,对于这样的控制模式来说,已经是望尘莫及了。

这一代控制系统的运行模式示意图见图 1-2。

采用这种控制系统,操作者已经可以做到仅在过程开始,以及在运行过程中认为有必要停止设备运行的情况下,才部分介入对运行状态的控制。

固然,跟第一代控制系统相比,对操作者体力及脑力上的解放的确是显著的,但这须建立在一个强大、完善的设备技术支持的基础之上。

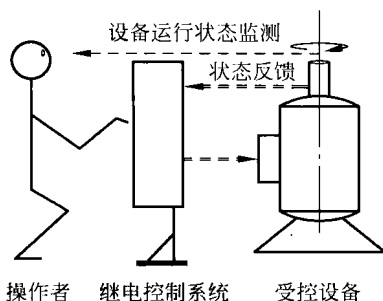


图 1-2 从设备智能部分的代级划分的第二代控制系统

3. 第三代：数字显示及控制世代

其实读者从标题中也可以看出,这个世代实际上可再细分为标题所列的两个子世代。之所以将这本应细分为两代的系统最后归并为一代,是因为真正只有数显、没有数控的时光非常短暂。随着 20 世纪 70 年代电子技术的飞速发展,数字电子技术在几年的时间里就由数字显示飞快地跨越到了数字控制的年代。

而单纯的数字显示技术及设备,尤其是在装备制造领域光栅尺及光盘脉冲测速机的应用,在老装备的技术改造中发挥了巨大的作用,给该行业整体技术水平的提高带来了巨大的进步。

而当时在石油及化工行业得到迅速普及的数显仪表,导致了这些行业集中仪表室模式的产生,这就为这些行业迅速由集中显示过渡到集中控制奠定了良好的基础。

单机数控设备的示意图见图 1-3。

由于这一代控制系统始终没能解决系统智能化,即“大脑”的问题,所以它们所能完成的功能和使命也是非常有限的。

4. 第四代：智能化控制世代

这一代其实经历了两个阶段,第一个阶段是单独由过程控制 PLC(在电厂及重化工企业则由 DCS 担当这个角色)对受控设备进行控制;第二阶段则由计算机(PC)作为 PLC 的上级系统,与 PLC 共同对受控设备实施控制。

此代控制系统的示意图见图 1-4。

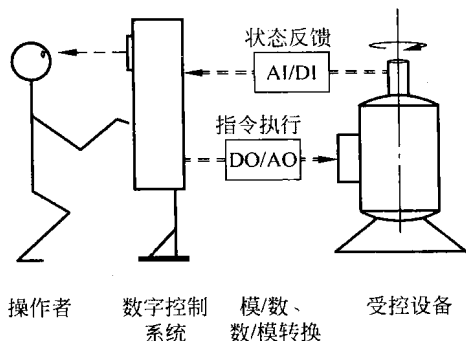


图 1-3 从设备智能部分的代级划分的第三代控制系统

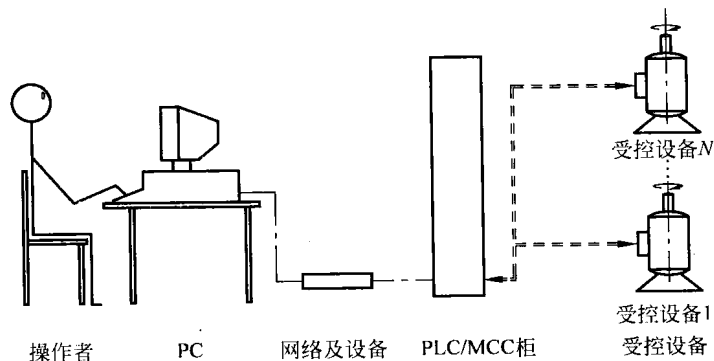


图 1-4 从设备智能部分的代级划分的第四代控制系统

工业控制系统真正走到这一代,才大大解放了生产力。

这种系统架构的控制系统与上几代相比,最伟大之处是彻底厘清了操作者与控制系统维护者之间的关系,操作者只需关注工作过程的参数及细节,甚至只需对整个系统的启停及状态进行检测,即可完成生产过程。

正由于现代工业控制系统目前所达到的高水平,以及建立在整个社会高度专业化分工的社会公共技术大平台的基础之上,才使复杂机械加工、轧钢、重化等需要实施大容量数据处理、超高速数据传递、巨大现场规模等异常困难的工业生产过程,有条件在这一代控制系统的控制之下成为现实。

不过,需要另外提及的是,在大规模、标准化条件下所生产的产品的控制系统中,嵌入式系统正在大规模替代 PC+PLC,成为这些现代化程度非常高的产品的控制系统的普遍模式。尤其在装备制造业,嵌入式系统的设计及研发已经形成了另外一个巨大、独立、拥有广大市场的门类。但是,嵌入式针对的是工业产品市场,而并非属于大规模工业控制系统范畴,所以本书中不再提及此部分内容。

从以上工业控制系统中央智能单元变化的角度,可以清晰地看出这四代工业控制系统所走过的足迹。

1.1.2 从人机交互的形式上对工业控制系统进行世代划分

这是一种从信息学的角度对现代工业控制系统的世代划分方法。

信息学是近年来才逐步兴起的,以研究不同事物、过程及个体之间信息获取、交流、交换等内容为主要研究对象的一门新兴的学科。而以这样一门严谨的学问为工具,以操作者、控制系统及受控对象之间信息要素交换过程为切入点来观察、判断控制系统所发挥的作用,并以此作为区分其世代的标准,显然较之于上一种方法要更加科学、更加具体。

既然信息学是以信息的传递及交换为着眼点,那么在此种世代分析过程中,我们不妨将操作者、控制系统和受控对象分别作为一个信息收发单元来看待。

1. 第一代: 手动控制世代

此世代的系统流图如图 1-5 所示。

由图 1-5 可见,这一代控制系统在由人-控制系统-受控对象所组成的完整的生产运作链条中,仅仅担当起了人与受控对象之间信息转换单元的作用,而控制系统自身以及受控对象的状态还必须由操作者凭经验及视觉、听觉、断续的测量过程等简单的信息获得渠道对整个运行过程的状态加以判断后对系统运行过程进行干预,因而整个过程必定是粗放和质量低下的。

2. 第二代: 半自动或部分自动世代

此世代的系统流图如图 1-6 所示。

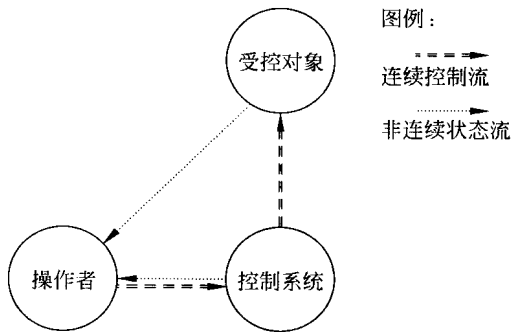


图 1-5 从信息学角度划分的第一代控制系统

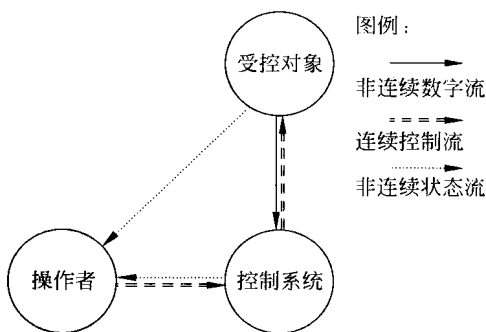


图 1-6 从信息学角度划分的第二代控制系统

由图 1-6 可见,相比较于上一代系统,在控制系统与受控对象之间,已经出现了受控对象的信息反馈,尽管这种反馈可能是不全面的或不连续的。毕竟,这与上一代那种需要操作者通过时时刻刻地获取受控对象状态的信息,进而直接干预控制系统的整个工作过程,作为操作者的人,已经得到了大大的解放。