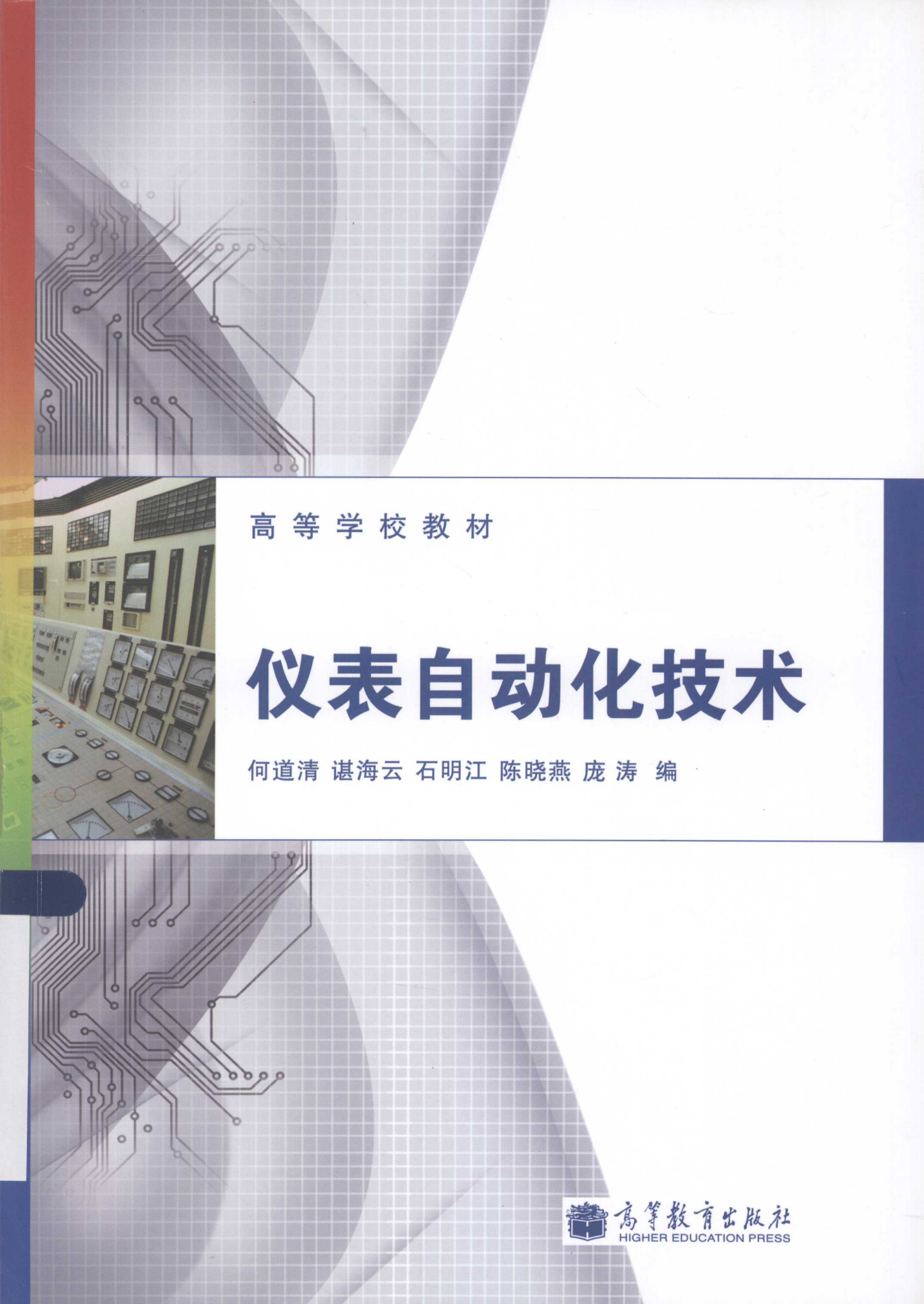




高等学校教材

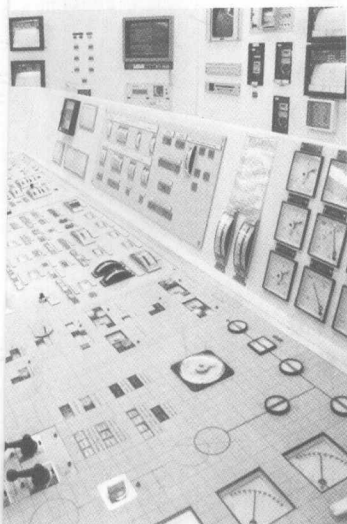
仪表自动化技术

何道清 谌海云 石明江 陈晓燕 庞涛 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

014001189

TH86-43
06

高等学校教材

仪表自动化技术

Yibiao Zidonghua Jishu

何道清 谌海云 石明江 陈晓燕 庞涛 编

TB86-43
06高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

北航

C1688997

281100410

内容提要

本书以仪表自动化系统结构为主线,着重强调经典控制理论的定性分析和工程意义,突出仪表自动化系统的基本技术,兼顾不同生产工艺过程的特点,较系统地介绍生产自动化过程中各类检测仪表、控制仪表和执行仪器的结构原理、工作特性、选用方法以及自动控制系统的组成类型、控制特性、设计方法和运行管理技术,并对近年来生产自动化过程中发展起来的新型仪表、先进控制系统和计算机控制系统作了简要介绍,最后结合生产过程分析几种典型设备的控制方案。本书各章后附有习题与思考题。

本书可作为高等院校自动化、测控技术与仪器、电子信息工程、电气工程及其自动化、化学工程与工艺、油气储运工程、轻化工程等本科专业学习仪表自动化课程的教材,也可供高职高专相应专业选用,还可供从事仪表自动化的工程技术人员参考。

本书免费提供内容丰富的教学电子课件和习题解题参考供教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

仪表自动化技术/何道清等编. --北京:高等教育出版社,2013.8

ISBN 978-7-04-038102-3

I. ①仪… II. ①何… III. ①自动化仪表-高等学校-教材 IV. ①TH82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 169175 号

策划编辑 许怀睿
插图绘制 尹 莉

责任编辑 许怀睿
责任校对 刘丽娟

封面设计 顾 斌
责任印制 尤 静

版式设计 马敬茹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 化学工业出版社印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 22.75
字 数 550 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次印刷
定 价 35.50 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 38102-00

前言

生产过程自动化就是用自动化仪表来控制生产过程的方法。仪表自动化技术是一门综合性的技术学科,它应用自动控制学科、仪器仪表学科及计算机学科的理论与技术服务于现代各类生产设备与生产过程,以实现生产过程的自动化。随着科学技术的迅速发展,现代生产过程的自动化程度越来越高,对仪表及自动化技术的依赖性越来越大,特别是对于生产过程连续性、大型化、复杂化的石油、化工、冶金、电力等行业,生产工艺、设备、控制与管理已逐渐成为一个有机的整体,仪表自动化技术显得尤为重要。一方面,从事生产过程控制的技术人员必须深入了解和熟悉生产工艺与设备;另一方面,对于熟悉工艺的工程技术人员,学习和掌握一些仪表与控制系统方面的知识,能在生产过程自动控制系统的设计开发或技术改造中,与自动控制设计人员密切合作,提供正确的工艺条件与工艺数据,综合考虑工艺与控制两个方面,共同讨论和提出合理的自动控制方案;能在生产开、停车过程中,初步掌握自动控制系统的投运及控制器参数的工程整定;能在自动控制系统运行过程中,发现和分析出现的一些问题和现象,以便提出正确的解决办法,提高现代生产过程自动化系统的运行管理水平,更好地保证生产安全,延长设备使用寿命,降低能量消耗和生产成本,为生产企业带来良好的经济效益和社会效益。

本书根据编者多年讲授仪表及自动控制类课程的教学经验并结合工程实际编写而成,以仪表自动化系统结构为主线,着重强调经典控制理论的定性分析和工程意义,突出仪表自动化系统的基本技术,兼顾不同生产工艺过程的特点,较系统地介绍生产自动化过程中各类检测仪表、控制仪表和执行仪器的结构原理、工作特性、选用方法以及自动控制系统的组成类型、控制特性、设计方法和运行管理技术,并对近年来生产自动化过程中发展起来的新型仪表、先进控制系统和计算机控制系统作了简要介绍,最后结合生产过程分析几种典型设备的控制方案。本书可作为高等院校工程专业学生学习仪表及自动化课程的教材,同时可供从事仪表自动化的工程技术人员参考。

本书由何道清教授、湛海云教授、石明江副教授、陈晓燕老师和庞涛老师共同编写,由何道清教授统稿。在编写过程中,力求做到取材广泛,知识结构体系科学合理,教材的通用性好(带*的章节,可根据不同专业、不同层次或学时作为选讲或自学内容,不影响仪表自动化技术的基本知识体系);基本概念清楚、内容深入浅出、文字通俗易懂、便于学习;注重理论与工程实际相结合,并尽可能反映仪表自动化技术的发展水平;每章末附有相当数量的思考题与习题供教学使用,以便加深理解、巩固知识。编写时参考了国内外有关仪表、自动控制类书籍和资料,谨向其作者表示感谢。

本书免费提供内容丰富的教学电子课件和习题解题参考,如有需要或教学交流,请与编者(hedaoqing@swpu.edu.cn)或出版社(xuhr@hep.com.cn)联系。

鉴于编者水平有限,恳请读者对书中不妥和错误之处给予批评指正。

编者

2013年8月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1	习题与思考题	200
第1章 自动控制系统基本概念	4	附录 集成运算放大器的基本应用	201
1.1 工业自动化的主要内容	4	第6章 执行器	203
1.2 自动控制系统的组成和分类	5	6.1 概述	203
1.3 工业自动化仪表	8	6.2 气动执行器	204
1.4 自动控制系统方块图	18	6.3 电动执行器	214
1.5 工艺管道及仪表流程图	20	6.4 电-气转换器	216
1.6 自动控制系统的过渡过程和品质指标	23	6.5 调节阀的选择	221
习题与思考题	28	6.6 电磁阀	224
第2章 被控对象的数学模型	31	6.7 变频器	227
2.1 对象的特性及其描述方法	31	习题与思考题	228
2.2 对象数学模型的建立	33	第7章 简单控制系统	230
2.3 描述对象特性的参数	40	7.1 简单控制系统的结构与组成	230
习题与思考题	47	7.2 被控变量的选择	231
第3章 检测仪表	49	7.3 操纵变量的选择	234
3.1 概述	49	7.4 测量元件特性的影响	237
3.2 压力检测及仪表	55	7.5 控制器的选择	239
3.3 流量检测及仪表	68	7.6 控制器参数的工程整定	242
3.4 物位检测及仪表	91	习题与思考题	246
3.5 温度检测及仪表	103	第8章 复杂控制系统	249
3.6 仪表的标定与校准	121	8.1 串级控制系统	249
习题与思考题	141	8.2 均匀控制系统	260
附录 流量基本方程推导	144	8.3 比值控制系统	263
第4章 显示仪表	150	8.4 前馈控制系统	266
4.1 动圈式显示仪表	150	8.5 选择性控制系统	271
4.2 自动电子电位差计	154	8.6 分程控制系统	278
4.3 自动电子平衡电桥	157	8.7 新型控制系统	282
4.4 数字式显示仪表	159	习题与思考题	286
习题与思考题	167	第9章 典型设备控制方案	289
第5章 自动控制仪表	168	9.1 流体输送设备的自动控制	289
5.1 概述	168	9.2 传热设备的自动控制	296
5.2 控制规律及其特点	169	9.3 工业锅炉的自动控制	309
5.3 模拟式控制器	177	9.4 精馏塔的自动控制	317
5.4 数字式控制器	186	9.5 化学反应器的自动控制	323
5.5 可编程序控制器	191	习题与思考题	331

第 10 章 计算机控制系统 *	333
10.1 计算机控制系统的原理与组成	333
10.2 计算机控制系统的分类与特点	337
习题与思考题	350

部分习题与思考题参考答案	351
后记	355
参考文献	356

注:带*的章节,可根据不同专业、不同层次或学时作为选讲或自学内容,不影响仪表自动化技术的基本知识体系。

005	.....
101	.....
202	.....
203	.....
204	.....
214	.....
216	.....
221	.....
224	.....
227	.....
228	.....
230	.....
230	.....
231	.....
234	.....
237	.....
239	.....
242	.....
243	.....
249	.....
249	.....
250	.....
253	.....
255	.....
256	.....
257	.....
258	.....
259	.....
260	.....
261	.....
262	.....
263	.....
264	.....
265	.....
266	.....
267	.....
268	.....
269	.....
270	.....
271	.....
272	.....
273	.....
274	.....
275	.....
276	.....
277	.....
278	.....
279	.....
280	.....
281	.....
282	.....
283	.....
284	.....
285	.....
286	.....
287	.....
288	.....
289	.....
290	.....
291	.....
292	.....
293	.....
294	.....
295	.....
296	.....
297	.....
298	.....
299	.....
300	.....
301	.....
302	.....
303	.....
304	.....
305	.....
306	.....
307	.....
308	.....
309	.....
310	.....
311	.....
312	.....
313	.....
314	.....
315	.....
316	.....
317	.....
318	.....
319	.....
320	.....
321	.....
322	.....
323	.....
324	.....
325	.....
326	.....
327	.....
328	.....
329	.....
330	.....
331	.....
332	.....
333	.....
334	.....
335	.....
336	.....
337	.....
338	.....
339	.....
340	.....
341	.....
342	.....
343	.....
344	.....
345	.....
346	.....
347	.....
348	.....
349	.....
350	.....
351	.....
352	.....
353	.....
354	.....
355	.....
356	.....
357	.....
358	.....
359	.....
360	.....
361	.....
362	.....
363	.....
364	.....
365	.....
366	.....
367	.....
368	.....
369	.....
370	.....
371	.....
372	.....
373	.....
374	.....
375	.....
376	.....
377	.....
378	.....
379	.....
380	.....
381	.....
382	.....
383	.....
384	.....
385	.....
386	.....
387	.....
388	.....
389	.....
390	.....
391	.....
392	.....
393	.....
394	.....
395	.....
396	.....
397	.....
398	.....
399	.....
400	.....
401	.....
402	.....
403	.....
404	.....
405	.....
406	.....
407	.....
408	.....
409	.....
410	.....
411	.....
412	.....
413	.....
414	.....
415	.....
416	.....
417	.....
418	.....
419	.....
420	.....
421	.....
422	.....
423	.....
424	.....
425	.....
426	.....
427	.....
428	.....
429	.....
430	.....
431	.....
432	.....
433	.....
434	.....
435	.....
436	.....
437	.....
438	.....
439	.....
440	.....
441	.....
442	.....
443	.....
444	.....
445	.....
446	.....
447	.....
448	.....
449	.....
450	.....
451	.....
452	.....
453	.....
454	.....
455	.....
456	.....
457	.....
458	.....
459	.....
460	.....
461	.....
462	.....
463	.....
464	.....
465	.....
466	.....
467	.....
468	.....
469	.....
470	.....
471	.....
472	.....
473	.....
474	.....
475	.....
476	.....
477	.....
478	.....
479	.....
480	.....
481	.....
482	.....
483	.....
484	.....
485	.....
486	.....
487	.....
488	.....
489	.....
490	.....
491	.....
492	.....
493	.....
494	.....
495	.....
496	.....
497	.....
498	.....
499	.....
500	.....

1	.....
2	.....
3	.....
4	.....
5	.....
6	.....
7	.....
8	.....
9	.....
10	.....
11	.....
12	.....
13	.....
14	.....
15	.....
16	.....
17	.....
18	.....
19	.....
20	.....
21	.....
22	.....
23	.....
24	.....
25	.....
26	.....
27	.....
28	.....
29	.....
30	.....
31	.....
32	.....
33	.....
34	.....
35	.....
36	.....
37	.....
38	.....
39	.....
40	.....
41	.....
42	.....
43	.....
44	.....
45	.....
46	.....
47	.....
48	.....
49	.....
50	.....
51	.....
52	.....
53	.....
54	.....
55	.....
56	.....
57	.....
58	.....
59	.....
60	.....
61	.....
62	.....
63	.....
64	.....
65	.....
66	.....
67	.....
68	.....
69	.....
70	.....
71	.....
72	.....
73	.....
74	.....
75	.....
76	.....
77	.....
78	.....
79	.....
80	.....
81	.....
82	.....
83	.....
84	.....
85	.....
86	.....
87	.....
88	.....
89	.....
90	.....
91	.....
92	.....
93	.....
94	.....
95	.....
96	.....
97	.....
98	.....
99	.....
100	.....

绪 论

1. 仪表自动化的概念

生产过程自动化,就是在生产过程中,采用自动化仪表及装置,来检测、显示、记录和控制生产过程中的重要工艺参数,以代替操作人员的直接操作,使整个生产过程能自动地维持正常状态,当受到外界干扰的影响而偏离正常状态时,又能自动地调回到规定的数值范围内。这种用自动化仪表来控制生产过程的方法,就称为生产过程自动化。

仪表自动化技术是一门综合性的技术学科,它应用自动控制学科、仪器仪表学科及计算机学科的理论与技术服务于各类生产设备和生产过程,以实现生产过程的自动化。随着科学技术的迅速发展,现代生产过程的自动化程度越来越高,对仪表及自动化技术的依赖性越来越大,特别是对于生产过程连续性、大型化、复杂化的石油、化工、冶金、电力等行业,生产工艺、设备、控制与管理已逐渐成为一个有机的整体,仪表自动化技术显得尤为重要。仪表自动化技术的研究、开发和应用水平不仅是衡量各行各业现代化水平的一个重要标志,而且已成为衡量一个国家发达程度的重要标志。

生产过程或设备的自动控制,实现了生产工艺参数从测量、显示、记录到控制以及对生产设备的操作和保护等环节,都用自动化仪表及装置按设定的工艺过程来自动完成,从而使生产质量得以提高,并能大大地减轻工人的劳动强度。同时,也能更好地保证生产安全,延长设备使用寿命,降低能量消耗和生产成本,为生产企业带来了良好的经济效益和社会效益。

2. 仪表自动化技术的发展概况

仪表自动化技术的发展基于生产的需要、理论的开拓和技术手段的进展这三者的相互推动、相互促进。

工业社会机器生产需要自动化,自动化技术在工业上的应用,一般以瓦特的蒸汽机调速器作为正式起点;控制理论的发展为生产过程自动化提供了自动控制系统的理论基础,PID(比例—积分—微分)控制规律就是经典控制理论最辉煌的成就之一;工业自动化仪表技术的发展为生产过程自动化提供了必要的物质技术条件。特别是计算机技术、微电子技术、通信技术和网络技术在自动化领域中的应用,提高了自动化系统和仪表的性能,提供了更有效的控制手段。

从自动控制系统结构来看,仪表自动化技术主要经历了四个阶段。

20世纪50年代是以将测量、记录和控制功能组合在一起的“基地式”仪表组成的单变量控制系统,像自力式温度控制器、就地式液位控制器等,它们的功能往往限于单回路控制。时至今

日,这类控制系统仍没有被淘汰,而且有了新的发展,但所占的比重大为减少。

从 20 世纪 60 年代开始,随着生产规模的扩大,产生了以功能划分的“单元组合式仪表”,根据控制任务要求,选择相应单元仪表组合起来,构成复杂的自动控制系统。由单元组合仪表组成的控制系统,控制策略主要是 PID 控制和常用的复杂控制系统(例如串级、均匀、比值、前馈、分程和选择性控制等),控制参数由单变量转向多变量以解决生产过程中遇到的更为复杂的问题。

20 世纪 70~80 年代,随着计算机技术的发展及其在仪表中的应用,出现了以微处理器为核心器件的数字化、智能单元组合仪表(包括可编程控制器等)。与模拟式仪表相比,其功能、性能、可靠性、通信功能等有了显著的提高。而且出现了计算机控制系统,最初是直接数字控制(DDC)实现集中控制,代替常规控制仪表。由于集中控制的固有缺陷,未能普及与推广就被集散控制系统(DCS)所替代。DCS 在硬件上将控制回路分散化(分散控制),数据显示、实时监督等功能集中化(集中管理),有利于安全平稳生产。就控制策略而言,DCS 仍以简单 PID 控制为主,再加上一些复杂控制算法,并没有充分发挥计算机的功能和控制水平。

20 世纪 80 年代以后出现二级优化控制,在 DCS 的基础上实现先进控制和优化控制。在硬件上采用上位机和 DCS 或电动单元组合仪表相结合,构成二级计算机优化控制。随着计算机及网络技术的发展,DCS 出现了开放式系统,实现多层次计算机网络构成的管控一体化系统(CIPS)。同时,以现场总线为标准,实现以微处理器为基础的现场仪表与控制系统之间进行全数字化、双向和多站通讯的现场总线网络控制系统(FCS),它将对控制系统结构带来革命性变革,开辟控制系统的新纪元。

当前仪表自动化技术发展的一些主要特点是:仪表微型化、智能化、集成化和通信网络化;生产装置实施先进控制成为发展主流;过程优化受到普遍关注;传统的 DCS 正在走向国际统一标准的开放式系统;综合自动化系统(CIPS)是发展方向。

3. 仪表及自动化课程的性质、任务与要求

本课程为石油、化工、冶金、电力、轻工等工科专业的一门综合性、实践性较强的专业技术课程。通过本课程的学习,应能掌握生产自动化过程中各类检测仪表、显示仪表、控制仪表和执行仪器的基本结构与工作原理,了解仪表的特性、安装及应用特点,以便在实际生产过程中能正确选择、使用常用的自动化仪表,并具备简单仪表故障的分析、处理能力。同时,应熟悉自动控制系统的结构组成、控制特性、设计方法和运行管理,使仪表自动化技术能够更好地在现代工业生产过程中发挥应有的作用。

仪表自动化技术的知识结构如图 0-1 所示,可供学习参考。

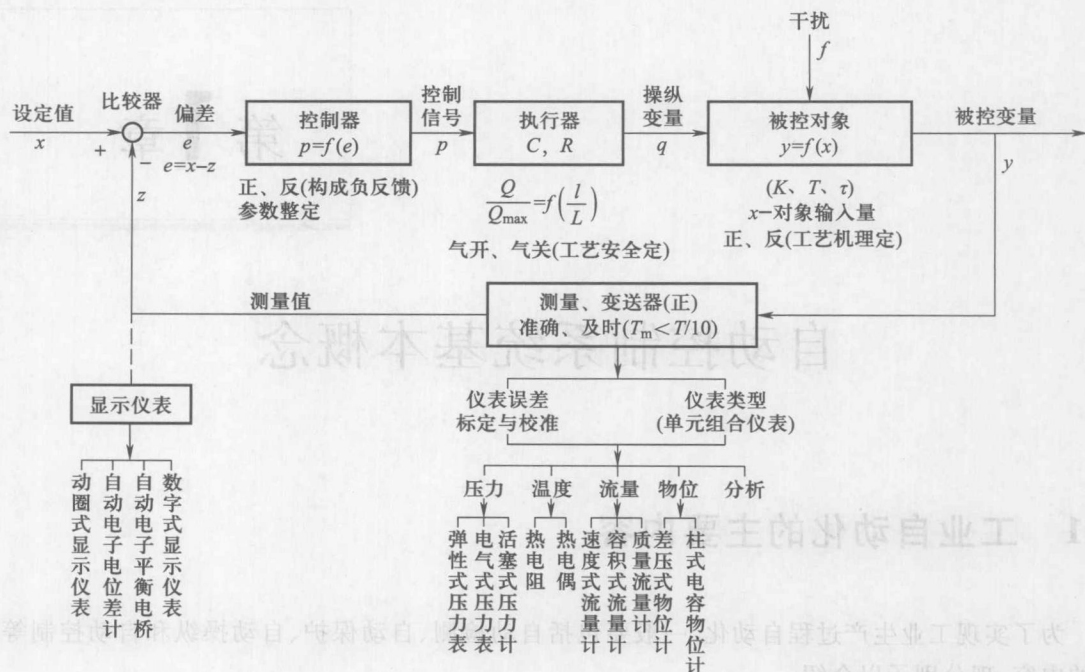


图 0-1 仪表自动化技术知识结构

第1章

自动控制系统基本概念

1.1 工业自动化的主要内容

为了实现工业生产过程自动化,一般要包括自动检测、自动保护、自动操纵和自动控制等方面的内容,现分别予以介绍。

1.1.1 自动检测系统

利用各种检测仪表对主要工艺参数进行测量、指示或记录的,称为自动检测系统。它代替了操作人员对工艺参数的不断观察与记录,因此起到人的眼睛的作用。

1.1.2 自动信号和联锁保护系统

生产过程中,有时由于一些偶然因素的影响,导致工艺参数超出允许的变化范围而出现不正常情况时,就有引起事故的可能。为此,常对某些关键性参数设有自动信号联锁装置。当工艺参数超过了允许范围,在事故即将发生以前,信号系统就自动地发出声光报警信号,告诫操作人员注意,并及时采取措施。如工况已到达危险状态时,联锁系统立即自动采取紧急措施,打开安全阀或切断某些通路,必要时紧急停车,以防止事故的发生和扩大。它是生产过程中的一种安全装置。例如某反应器的反应温度超过了允许极限值,自动信号系统就会发出声光信号,报警给工艺操作人员以便及时处理生产事故。由于生产过程的强化,往往靠操作人员处理事故已成为不可能,因为在一个强化的生产过程中,事故常常会在几秒钟内发生,由操作人员直接处理是根本来不及的。自动联锁保护系统可以圆满地解决这类问题,如当反应器的温度或压力进入危险限时,联锁系统可立即采取应急措施,加大冷却剂量或关闭进料阀门,减缓或停止反应,从而可避免引起爆炸等生产事故的发生。

1.1.3 自动操纵及自动开停车系统

自动操纵系统可以根据预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作。例如合成氨造气车间的煤气发生炉,要求按照吹风、上吹、下吹制气、吹净等步骤周期性地接通空气和水蒸

气,利用自动操纵机构可以代替人工自动地按照一定的时间程序扳动空气和水蒸气的阀门,使它们交替地接通煤气发生炉,从而极大地减轻了操作工人的重复性体力劳动。

自动开、停车系统可以按照预先规定好的步骤,将生产过程自动地投入运行或自动停车。

1.1.4 自动控制系统

生产过程中各种工艺条件不可能是一成不变。特别是石油、化工、冶金、电力等行业生产过程,大多数是连续性生产,各设备相互关联着,当其中某一设备的工艺条件发生变化时,都可能引起其他设备中某些参数或多或少地波动,偏离正常的工艺条件,为此,就需要用一些自动控制装置,对生产中某些关键性参数进行自动控制,使它们在受到外界干扰(扰动)的影响而偏离正常状态时,能自动地控制而回到规定的数值范围内,为此目的而设置的系统就是自动控制系统。

由以上所述可以看出,自动检测系统只能完成“了解”生产过程进行情况的任务;信号联锁保护系统只能在工艺条件进入某种极限状态时,采取安全措施,以避免生产事故的发生;自动操纵系统只能按照预先规定好的步骤进行某种周期性操纵;只有自动控制系统才能自动地排除各种干扰因素对工艺参数的影响,使它们始终保持在预先规定的数值上,保证生产维持在正常或最佳的工艺操作状态。因此,自动控制系统是自动化生产中的核心部分,是学习的重点。

1.2 自动控制系统的组成和分类

自动控制系统是在人工控制的基础上产生和发展起来的,下面通过分析人工操作,并与自动控制比较,从而了解和分析一般的自动控制系统,掌握其在生产中的应用。

1.2.1 人工控制与自动控制

图 1-1 所示是一个液体贮槽,在生产中常用来作为一般的中间容器或成品罐。从前一个工序来的物料连续不断地流入槽中,而槽中的液体又送至下一工序进行加工或包装。当流入量 Q_i (或流出量 Q_o) 波动时会引起槽内液位的波动,严重时会导致溢出或抽空,而生产要求液位控制在某一高度 h_0 。解决这个问题的最简单办法就是以贮槽液位为操作指标,以改变出口阀门开度为控制手段,如图 1-1(a) 所示。当流入量 Q_i 等于流出量 Q_o 时,整个系统处于平衡状态,液位 $h = h_0$ 。如 Q_i 发生变化,液位 h 也变化。当 Q_i 增大使液位 h 上升,且超过要求的液位值 h_0 时,操作人员应将出口阀门开大,液位上升越多,出口阀门开得越大;反之,当 Q_i 减小使液位下降时,将出口阀门关小,液位下降越多,出口阀门关得越小。为了使贮槽液位上升和下降都有足够的余地,选择玻璃管液位计中间的某一点为正常工作时的液位高度 h_0 ,通过控制出口阀门开度而使液位保持在这一高度上,这样贮槽中就不会出现因液位过高而溢流至槽外,或液位过低而抽空事故。

1. 人工控制

上述控制过程如果由人工来完成,则称人工控制。图 1-1 是液位人工控制的过程。在贮槽上可装一只玻璃液位计,随时指示贮槽的液位。当贮槽受到外界的某些扰动,使液位发生变化时,操作人员实施的人工控制的步骤为:

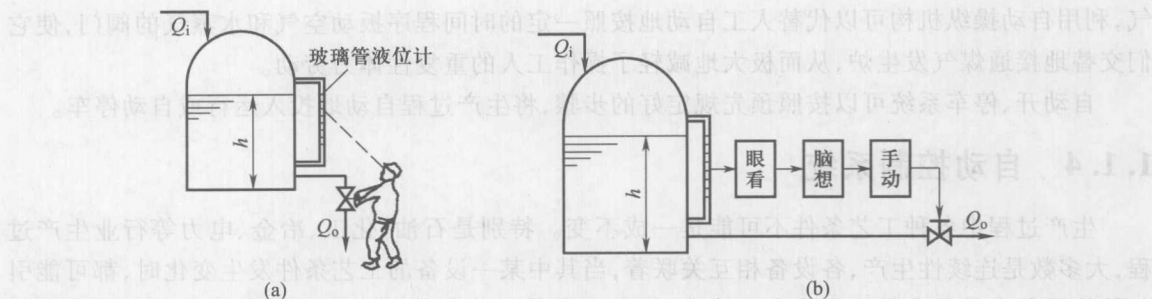


图 1-1 液位人工控制

(1) 观察(检测) 用眼睛观察玻璃液位计中液位高度,并将信息通过神经系统传递给大脑中枢。

(2) 思考(运算)、命令 大脑将观测到的液位与工艺要求的液位加以比较,计算出偏差;然后根据此偏差的大小和正负以及操作经验,经思考、决策后发出操作指令。

(3) 执行 根据大脑发出的指令,通过手去改变出口阀门的开度,以改变出口流量,进而改变液位。

上述过程不断重复下去,直到液位回到所规定的高度为止。以上这个过程叫做人工控制过程。在上述控制过程中,控制的指标是液位,所以也称为液位控制。

在人工控制中,操作人员的眼、脑、手三个器官分别担负了检测、运算和执行三个任务,完成了控制全过程。但由于受到生理上的限制,人工控制满足不了现代化生产的需要,为了减轻劳动强度和提高控制精度,可以用自动化装置来代替上述人工操作,从而使人工控制变为自动控制。

2. 自动控制

为了完成人工控制过程中操作人员的眼、脑、手三个器官的任务,自动化装置主要包括三部分,分别用来模拟人的眼、脑、手功能,如图 1-2 所示。

(1) 测量元件与变送器 用于测量液位,并将测得的液位转化成统一的标准信号(气压信号或电流、电压信号)输出。

(2) 控制器(调节器) 接受测量变送器送来的信号,并与工艺要求的液位高度进行比较,计算出偏差的大小,并按某种运算规律算出结果,再将此结果用标准信号(即操作指令信号)发送至执行器。

(3) 执行器 通常指控制阀。它接受控制器传来的操作指令信号,改变阀门的开度以改变物料或能量的大小,从而起到控制作用。

在自动控制过程中,贮槽液位可以在没有人的参与下自动地维持在规定值。这样,自动化装置在一定程度上代替了人的劳动,但必须指出,在自动控制过程中,自动化装置只能按照人们预先的安排来动作,而不能代替人的全部劳动。

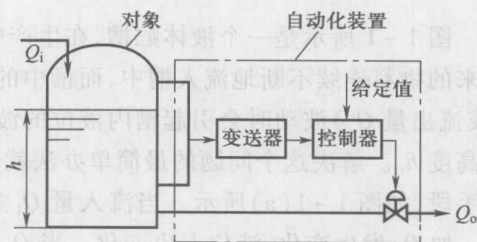


图 1-2 液位自动控制

1.2.2 自动控制系统的组成

图 1-2 所示的贮槽、液位变送器、控制器及执行器构成了一个完整的自动控制系统。从图

中可以看出,一个自动控制系统主要是由两大部分组成:一部分是起控制作用的全套仪表称为自动化装置,它包括测量元件及变送器、控制器、执行器等;另一部分是自动化装置所控制的生产设备。在自动控制系统中,将需要控制其工艺参数的生产设备或生产过程称为被控对象,简称对象。图 1-2 所示的贮槽就是这个液位控制系统的被控对象。石油、化工、冶金、电力等生产过程中,各种分离器、换热器、锅炉、塔器、泵与压缩机以及各种容器、贮罐都是常见的被控对象,甚至一段被控制流量的管道也是一个被控对象。一个复杂的生产设备上可能有好几个控制系统,这时确定被控对象时,就不一定是整个生产设备。例如,一个精馏塔、吸收塔往往塔顶需要控制温度、压力等,塔底又需要控制温度、塔釜液位等,有时中部还需要控制进料流量,在这种情况下,就只有塔的某一与控制有关的相应部分才是该控制系统的被控对象。

在一个自动控制系统中,以上两部分是必不可少的,除此之外,还有一些附属(辅助)装置,如给定装置、转换装置、显示仪表等。

图 1-3 所示为石油天然气生产过程中,进行气、液或油、水分离的分离器液位控制系统结构示意图。

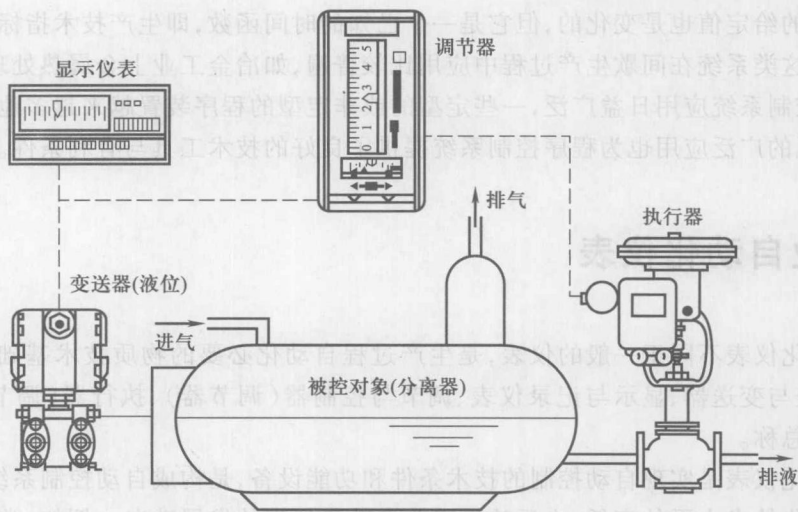


图 1-3 简单液位控制系统组成示意图

1.2.3 自动控制系统的分类

自动控制系统种类很多,其分类方法主要有:按被控变量来分类,如温度、流量、压力、液位等控制系统;按控制规律来分类,如比例、比例—积分、比例—微分、比例—积分—微分等控制系统;按基本结构分类,有开环控制、闭环控制系统等;在分析自动控制系统特性时,最常用的是将控制系统按照工艺过程需要控制的参数(即给定值)是否变化和如何变化来分类,则有定值控制系统、随动控制系统和程序控制系统三类。

1. 定值控制系统

所谓“定值”就是给定值恒定的简称。工艺生产中,如果要求控制系统使被控制的工艺参数保持在一个生产技术指标上不变,或者说要求工艺参数的给定值不变,那么就需要采用定值控制系统。图 1-2 所讨论的贮罐液位控制系统就是定值控制系统的例子,这个控制系统的目的是使

贮罐的液位保持在给定值上不变。在石油、化工、冶金、电力等生产自动控制系统中要求的大都是这种类型的控制系统。因此我们后面所讨论的,如果未加特别说明,都是指定值控制系统。

2. 随动控制系统(自动跟踪系统)

这类系统的特点是给定值不断地变化,而且这种变化不是预先规定好的,也就是说,给定值是随机变化的。随动控制系统的目的就是使所控制的工艺参数准确而快速地跟随给定值的变化而变化。在石油、化工、冶金、电力等生产自动化过程中,有些比值控制系统就属于随动控制系统。例如,要求甲流体的流量和乙流体的流量保持一定的比值,当乙流体的流量变化时,要求甲流体的流量能快速而准确地随之变化。原油破乳剂是油田和炼油厂必不可少的化学药剂之一,通过表面活性作用,降低乳状液的油水界面张力,使水滴脱离乳状液束缚,再经聚集过程,达到破乳、脱水的目的。为了取得好的脱水效果,在确定出最佳加药比之后,破乳剂的用量就与处理液的量成比例,处理量越大,加入的破乳剂就相应成比例地增加。由于生产中原油处理量可能是随机变化的,所以相对于破乳剂用量的给定值也是随机的,故属于随动控制系统。

3. 程序控制系统(顺序控制系统)

这类系统的给定值也是变化的,但它是一个已知的时间函数,即生产技术指标需按一定的时间序列变化。这类系统在间歇生产过程中应用比较普遍,如冶金工业上金属热处理温度的控制。近年来,程序控制系统应用日益广泛,一些定型的或非定型的程序装置越来越多地被应用到生产中,微型计算机的广泛应用也为程序控制系统提供了良好的技术工具与有利条件。

1.3 工业自动化仪表

工业自动化仪表不同于一般的仪表,是生产过程自动化必要的物质技术基础——自动化装置,即检测仪表与变送器、显示与记录仪表、调节与控制器(调节器)、执行器(调节阀)及其辅助器件和设备的总称。

工业自动化仪表是实现自动控制的技术条件和功能设备,是构成自动控制系统的硬件单元,它反映了自动化技术水平的高低,也反映出工业自动化仪表的发展动向。例如,常规的模拟仪表逐渐升级为以微处理器和微控制器为核心的智能仪表;由于仪表具有智能结构,可采用各种先进的测量理论和技术(如信号处理技术等),得到高性价比的新型仪表;工业自动化仪表可为适应现代计算机控制系统发展(如分散型控制系统 DCS 和网络控制系统 FCS)的需要而具有网络通信能力和可编程的能力等。

1.3.1 工业自动化仪表的分类

工业自动化仪表种类繁多,一般分类如下:

1. 按仪表使用的能源分类

(1) 电动仪表(电能);(2) 气动仪表(压缩空气);(3) 液动仪表(少用)。

2. 按信息的获得、传递、反映和处理的过程分类

(1) 检测仪表;(2) 显示(记录)仪表;(3) 控制仪表;(4) 执行器;(5) 集中控制装置。

3. 按仪表的组成形式分类

(1) 基地式仪表 基地式仪表集测量变送、显示、控制各部分功能于一体,单独构成一个固定的控制系统。

(2) 单元组合仪表 单元组合式仪表将检测、显示、控制等功能制成各自独立且外部功能规范化的仪表单元,各单元间用统一的输入、输出标准信号相联系,仪表的通用性好,可以根据实际需要选择某些单元进行适当的组合、搭配,组成各种测量系统或控制系统,因此单元组合仪表使用方便、灵活。单元组合仪表按工作能源的不同,可分为气动单元组合仪表和电动单元组合仪表两大类。单元组合仪表命名与性能:

① QDZ(“气”、“单”、“组”)——气动单元组合仪表

统一标准气源压力:0.14 MPa;

统一标准信号:0.02 ~ 0.1 MPa(20 ~ 100 kPa);

气路导管:Φ6 × 1 紫铜管、塑料管、尼龙单管和管缆;

精度:1.0 级、1.5 级。

② DDZ(“电”、“单”、“组”)Ⅱ——Ⅱ型电动单元组合仪表

统一标准电源:交流 220 V;

统一标准信号:现场传输信号 0 ~ 10 mA;控制室联络信号 0 ~ 2 V;

精度:0.5 级、1.0 级、1.5 级。

③ DDZ(“电”、“单”、“组”)Ⅲ——Ⅲ型电动单元组合仪表

统一标准电源:24V 直流;

统一标准信号:现场传输信号 4 ~ 20 mA;控制室联络信号 1 ~ 5 V;

精度:0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级。

电动单元组合仪表采用直流电流为传输信号的主要优点:传输过程中易于与交流感应干扰相区别,且不存在相移问题,可不受传输线路中电感、电容和负载性质的限制;可以不受传输线及负载电阻变化的影响,适于信号的远距离传送;由于电动单元组合仪表很多是采用力平衡原理构成的,使用电流信号可直接与磁场作用产生正比于信号的机械力;对于要求电压输入的受信仪表和元件,只要在电流回路中串联适当的取样电阻便可得到所需的电压信号,故使用比较灵活。

此外,DDZ-Ⅲ型仪表信号制式符合 1982 年国际电工委员会(IEC)通过的过程控制系统用模拟信号标准,其优点:采用 4 ~ 20 mADC 信号,现场仪表就可实现两线制传输,这两根导线既是电源线,又是信号线,不仅可节省大量电缆线和安装费用,而且还便于使用安全栅,有利于安全防爆;4 mADC 的仪表电气“活零点”,不仅为变送器提供了静态工作电流,而且不与机械零点重合,有利于识别断电和断线等故障。

4. 按防爆能力分类

(1) 普通型

凡是未采取防爆措施的仪表,只能应用在非危险场所。

(2) 隔爆型

采取隔离措施以防止引燃引爆事故的仪表。例如最普通的办法是采用足够厚的金属外壳,其连接处采用符合规定的螺纹。有的情况下对壳体的材质和壳内空间的尺寸也有规定。这样的仪表,当表内电路出现故障时,其破坏范围被限制在密闭的壳体内,不至于将周围易燃气体引燃引爆。

也有采用充入惰性气体或将电路浸在油中的办法隔离的。其用意是靠惰性气体或油熄灭电火花,并帮助散热降温。同时,使周围易燃物与电路隔离。

(3) 安全火花型仪表

这类仪表采用低压直流小功率电源供电,并且对电路中的储能元件(例如电容、电感)严加限制,使电路在故障下所产生的火花微弱到不足以点燃周围的易燃气体。此外,危险区以外发生电路的混触,也有可靠的措施,使高电压、大电流不能进入危险区。安全火花型仪表是电动仪表中防爆性能最好的一类。安全火花型防爆仪表(从原理上讲)可用于一切危险场所,适用于所有的爆炸性混合物,其安全性能也不随时间而变化,维护检修方便,可在运行状态下进行调整和维修。

在 DDZ - III 电动单元组合仪表中属于安全火花型防爆仪表的仪表有差压变送器、温度变送器、电气转换器、电气阀门定位器、安全栅等。

1.3.2 工业自动化仪表的信号制和传输方式

仪表自动化控制系统中使用的各类过程自动化仪表,有的安装在现场设备或管道上,比如测量变送器和执行器;有的安装在控制室,比如调节器、记录仪和运算器等。为了把这些过程自动化仪表连接起来,构成功能各异的控制系统,在过程自动化仪表之间应该有一个统一的标准联络信号和适当的传输方式。

1. 信号制

所谓信号制是指在成套仪表系列中,各个仪表的输入、输出采用何种统一的联络信号进行传输的问题。目前过程自动化仪表使用的联络信号一般包括模拟信号、数字信号、频率信号和脉宽信号。

工业自动化仪表所用的联络信号,主要是模拟信号和数字信号,而模拟信号分气动模拟信号和电动模拟信号两类,其中尤以电动模拟信号应用较为广泛,因此本节侧重介绍电动模拟信号。

气动模拟信号在国际上统一采用 20 ~ 100 kPa 联络信号,如国产 DDZ - II 型气动单元组合仪表就采用这种信号制。

电动模拟信号有直流和交流两种,由于直流信号不受交流感应的影响,不受线路的电感、电容及负载的影响,不存在相移等问题,因此世界各国大都以直流信号作为统一的联络信号。

从信号的取值范围来看,下限可以是零,也可以是某一值。上限可以较低,也可以较高。取值的范围应从仪表的性能和经济性全盘考虑确定。

不同的过程自动化仪表,所取的信号上、下限值是不同的。例如 DDZ - II 型电动单元组合仪表采用 0 ~ 10 mA 直流电流信号作为统一联络信号,DDZ - III 型电动单元组合仪表采用 4 ~ 20 mA 直流电流信号和 1 ~ 5 V 直流电压信号作为统一联络信号,组装式综合控制装置采用 0 ~ 10 V 直流电压信号作为统一的联络信号。

信号下限从零开始,便于模拟量的加、减、乘、除、开方等数学运算,也可以使用通用刻度的指示、记录仪表。信号下限从某一值开始,表明电气零点和机械零点分开,便于检验信号传输线有无断线及仪表是否断电,同时为制作两线制变送器提供了条件。

信号上限高一点,可以产生较大的电磁力,有利于某些过程控制仪表(力平衡变送器)的设计制造;但是上限值过大,在传输导线中的功率损耗增大,导致仪表的电源变压器加大,造成仪表