

'86
MICONEX
资料汇编



中国仪器仪表学会
china Instrument Society
1986年10月

前 言

继1983年第一届多国仪器仪表学术会议暨展览会资料汇编出版后，1986年第二届多国仪器仪表学术会议暨展览会资料汇编又将出版了。

这届学术与展览活动于1986年4月16日至22日在北京举行，其规模超过第一届。发起单位除原中国、美国和日本的三个仪器仪表学会外，还增加了英国测量与控制学会、联合国教科文组织和联合国工业发展组织。

这次活动，仍采取了“学、展、技、贸、评”相结合的做法，即不仅把展览与学术交流紧密地结合了起来，而且把展览与技术座谈、展品评价等紧密地结合了起来，使展览更好地为我国学习和引进国外先进技术服务。在学术会议上，来自中国、美国、日本、英国、联邦德国、法国、瑞士、丹麦、加拿大、新加坡、泰国、马来西亚、菲律宾等十三个国家的200多名学者，宣读和讨论了92篇报告和论文。展览会期间，有中国、美国、英国、日本、法国、联邦德国、瑞士、丹麦、瑞典、波兰、匈牙利、爱尔兰、意大利、新加坡、澳大利亚及香港等十六个国家和地区的二百五十余家公司参加展出，同时还进行了93项技术座谈。展览会共展出十个大类、六千余台件的展品。展品门类齐全，品种繁多，水平较高，基本上反映了八十年代的国际先进水平。展览会期间，还组织了中科院、高等院校、厂所等部门的专家、教授和高级工程技术人员对各重点展品进行了评价。

这次活动讨论热烈，参观踊跃，交流频繁，评价认真，各种信息大量涌现。参观者逾八万，但由于展出时间仅为一周，仍有多数科技人员未能前来参观或参与活动。因此，为了充分发挥这些信息的作用，中国仪器仪表学会本着“一次活动，多方受益，出信息，出经济效益”的原则，责成本编辑委员会出版《MICONEX'86资料汇编》，由情报科学学会发行。

本《汇编》分上、下两册，其内容与《MICONEX'83资料汇编》基本上相同。但考虑到我国今年在国家外汇非常紧张的情况下，仍留购了大量展品，这些展品又大多为国家重点项目以及科研、生产、使用等部门所急需的样机和设备。为了充分发挥这些留购展品的作用，使更多的非留购单位可前往借鉴和参考，在本《汇编》内，列出了主要典型展品国内留购单位一览表以及热门展品一览表。

本《汇编》的核心内容是技术座谈总结和重点展品评价。考虑到93项技术座谈项目中，

有的题目和内容所涉及的面较窄，不宜刊登，所以选登了其中70篇。另外，重点展品评价中有关展品分析比较与建议部分，大多为评价专家之所见，根据全国科协“三大”的精神，为了体现党的“双百”方针，我们未作改动。

本《汇编》适于从事仪器仪表科研、设计、制造、使用、教学、管理等部门的广大科技人员、师生和管理人员参考。

本《汇编》在编写过程中，承高晓霞、陈佳圭、师克宽、王寿令、李万玲、黄俊钦、谢光华、宋兆莘等专家给予我们热情指导，还承陈兴信、吴钦炜、史久泰、庄松林、王建辉、谭斯璐、瞿定华、徐开先、谭代辉、潘祥明、顾瑞良、梅茄琪、彭瑜、汪克成、缪学勤、朱宏达、潘卫忠、袁靖等专家和同志给予认真审校，特在此一并致谢。

本《汇编》审稿会给予我们热情的鼓励，全体与会代表对整个稿件的内容、价值等提出了许多宝贵的意见。此外，与会者通过经验总结，还就如何进一步搞好第三届多国仪器仪表学术会议暨展览会资料汇编的出版工作进行了讨论。我们坚信，只要我们不断地总结经验，善于思索，广泛依靠各方面的专家和工程技术人员，我们的汇编出版工作一定会搞得越来越好。

本《汇编》由于时间仓促，且水平所限，有不妥之处，敬请读者批评指正。

第二届多国仪器仪表学术会议暨展览会秘书处秘书长

陆廷杰

1986年8月

目 录

I 邀请报告

- 一、不良控制的代价..... F.G.Shinsky (1)
- 二、自动控制与仪器仪表的计算机辅助设计..... P. H. Hammond (5)
- 三、生物医学仪器的发展与现代趋势..... 土屋喜一 (17)
- 四、自动化与知识工程..... 郑维敏 (25)
- 五、实施投资项目的控制系统..... J. A Kopytowski (33)

II 学术论文摘要

- 一、计算机应用与信号处理 (16篇) (40)
- 二、能源管理系统 (5 篇) (46)
- 三、过程监视、测量及控制 (24篇) (48)
- 四、检测技术与分析仪器 (28篇) .. (56)
- 五、生物医学仪器 (8 篇) (67)
- 六、电路与装置 (6 篇) (72)

III 技术座谈总结选篇

一、电子仪器

- 1. 3655型分析记录仪..... (75)
- 2. 8800系列新式波形记录仪..... (77)
- 3. 数字存贮示波器..... (78)
- 4. 日立牌阴极射线管读出示波器..... (81)
- 5. 日立公司数字存贮示波器..... (82)
- 6. WL-12线性集成电路测试器..... (83)
- 7. FFT分析仪与数字信号处理..... (85)
- 8. 关于最近FFT分析仪的问题..... (86)
- 9. 高速模拟记忆技术..... (88)
- 10. 两路无线电测量..... (89)
- 11. 网络分析..... (90)
- 12. 标量网络分析..... (91)
- 13. Matec公司超声仪器..... (92)

二、电工仪表

- 1. 自动校准装置..... (93)
- 2. 工业环境下的电容量和损耗角 $\text{tg}\delta$ 的自动测量..... (95)
- 3. 精密多功能校准仪..... (97)

4. 日置钳式瓦特计及其应用	(99)
----------------	--------

三、工业自动化仪表

1. 工业辐射温度测量的现状	(101)
2. DSTJ-3000型精巧数字差压变送器	(102)
3. 电磁流量计YEW MAG	(105)
4. 电磁流量计、浮子流量计、液位计、密度计	(107)
5. 小体积液体流量计校准器	(109)
6. 容积式流量计	(111)
7. 工业温度控制器	(112)
8. CENTUM在火力发电设备中的应用	(114)
9. YEW PACK MARK I的锅炉节能控制	(119)
10. 适合中小规模自动化控制系统	(121)
11. 阀门规格的选择	(124)
12. 阀门、配件安全技术(管配件、阀门防泄漏新技术)	(125)

四、分析仪器

1. 电化学仪器	(127)
2. 以微型机为基础的氧和碳控制系统	(129)
3. 气相色谱仪及技术的新进展	(131)
4. 高效液相色谱仪及技术的新进展	(132)
5. 高效液相色谱法中全自方方法开发软件(TAMED)	(135)
6. 最新色谱检测技术——离子阱检测器的原理和应用	(137)
7. 微流梯度液相色谱技术、多通道快速扫描紫外/可见光检测器和快速亲和色谱技术	(139)
8. Varian的多通道二极管阵列检测的介绍	(141)
9. 实验室管理系统与色谱分析处理系统	(142)
10. 色谱数据处理系统DS600系列	(144)
11. 气相色谱/傅立叶变换红外光谱仪的应用进展和微量制样新方法	(145)
12. 电感耦合等离子体质谱技术的进展	(148)
13. 辉光放电质谱仪(GDMS)分析高纯材料和金属	(150)
14. 四极组双聚焦高分辨质谱技术	(152)
15. 有机质谱的进展	(153)
16. 多段质谱和液相色谱质谱技术	(154)
17. ITB120工业过程的密度测量系统	(156)
18. 压汞仪分析粉末及固体物料的孔隙结构	(158)
19. 粒子尺寸测量及Sedgraph5000型测量仪	(159)
20. 气体吸附法分析孔隙结构	(160)

五、光学仪器

1. ICP原子荧光光谱仪	(161)
2. 紫外/可见光分光光度计的最新发展	(162)
3. 紫外/可见光各种分析技术应用软件	(164)

4. 原子吸收分光光度计的最新发展.....	(165)
5. 一种性能优良的原子吸收分光光度计.....	(166)
6. 石墨炉原子化器应用技术和仪器设计.....	(168)
7. 能量色散微分析在半导体研究中的新应用.....	(170)
8. 多功能表面分析系统.....	(172)
9. 多功能表面科学仪器的进展.....	(175)

六、其它仪器

1. 检测、分析、测量、诊断和过程控制用仪器仪表.....	(177)
2. 模拟式万用表的生产自动化.....	(178)
3. 集成电路技术中最新的临界尺寸测量仪.....	(180)
4. 电子天平的应用.....	(182)
5. 半导体及光电器件生产中薄膜厚度的测量.....	(184)
6. 生物工程及其使用的先进仪器.....	(185)
7. 尿、组织和血浆的先进儿茶酚胺分析.....	(186)
8. Instron材料试验机的最新发展及其主要功能和应用.....	(187)
9. IBM-PC个人计算机用于数据采集.....	(191)
10. 个人计算机与液体闪烁计数器.....	(192)
11. 变气隙磁阻传感器.....	(193)
12. 评价热环境的仪表.....	(194)

IV 参展厂商简介

一、国内参展厂商.....	(195)
二、国外及香港地区参展厂商.....	(203)

V 附录

附录1 学术会议来宾名单.....	(243)
-------------------	---------

邀 请 报 告

一、不良控制的代价

F·G·Shinsky博士

美国Foxboro公司

引 言

如果不存在扰动,则不需要对过程进行调节。但是由于馈入量、成份、环境条件的变化,以及工厂里其它装置的运行,扰动一般是存在的。扰动会影响产品的质量 and 生产成本,因此,为了工厂的安全和正常生产,控制系统是不可少的。进一步而言,控制系统性能的好坏对于工厂的经济效益高低也有密切的关系。

本文的目的是论述生产成本和几个特定控制回路性能之间的关系。

规定极限值

自动控制首要的和最重要的任务是使工厂从对人对设备都有危险的失控状态恢复到正常运行状态。为了防止发生事故,避免工厂遭到破坏,一般在生产第一线均配备了安全装置,譬如安全阀、解扣装置。但是为了使变量安全地远离规定的极限值,仍然需要有自动控制装置。因为变量一旦达到极限值,工厂根本无法运行。控制系统对于使变量接近极限值的干扰的响应曲线如图1所示。

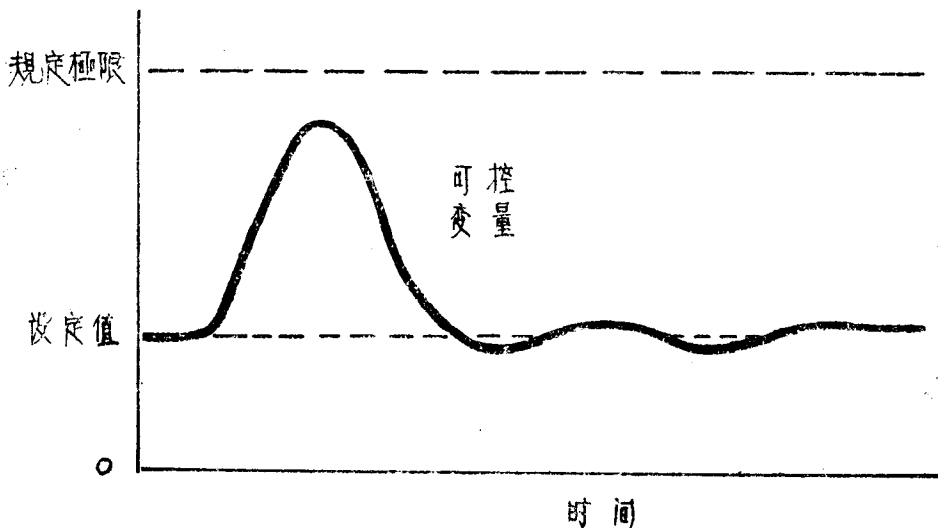


图1 当被控变量不允许超过规定极限时干扰引起的最大偏差或误差是举足轻重的

除极少数极端情况以外,上面的分析也适用于成品质量的控制。如果产品质量下降到极限规范,那末这些产品不能用来销售给用户,并且需要对它们的最后处理作出决定,可以回

收重新加工，或者当燃料烧毁，或者和质量级别较高的产品混和后降级处理，或者毁掉。而所有这些变通的办法都会造成经济损失，因此应用控制系统防止产品质量下降使之符合规范是重要的。

有两种可能的办法来处理图 1 所描述的问题。为了减少由于干扰而产生超越极限值情况的发生，要么采用特别有效的控制系统；要么将设定点移到远离极限值的位置。（第三种可能的办法是降低干扰的幅值和频率，但这在多数情况下不容易办到。）通常的做法是选用既有效又易制作的控制系统和根据需要来调整它的设定值。如果控制系统不是特别有效，那末设定值可以置于离开极限位置适当远的地方。

生产成本

如上所述，一俟变量超过极限值生产成本就会逐步上升。然而在变量小于极限值时也存在着一个与被控变量数值比例增加的成本系数。

举例来说，如果谷物干燥处理不充分，它有可能在仓库内霉烂，所以开始霉变的那个水份含量是不会引起谷物损失的而又不能超越的上限值。因此如果湿度控制质量低劣，为了减少情况发生变化时谷物发生霉变的危险性，对谷物必须进行过干燥处理。而过干燥处理需要消耗较多的能量，同时由于水份过多地丧失，产品会失去光泽，甚至容易燃烧，并且会减少重量。这些代价在衡量工厂的经济效益时都是值得予以考虑的。为了避免火灾的危险，在设定点下面还得另加一个限制值。

另一个类似的例子是用蒸馏进行产品的分离。为了销售和满足下道加工的要求，譬如进行聚合处理，这种产品所含的主要杂质必须低于规定的水平。如果控制质量不好，不得不将设定点移到远离极限值的位置。但是这会降低产品的获得率，或者会增加能耗，也可能两者兼之。

生产成本和产品质量一般有如图 2 所示的非线性关系。杂质含量降低到零肯定是不可能的，所以当设定值趋向于零时，能耗按指数规律增加，而当杂质含量降低时，控制回路的稳态增益也按上列关系趋向于零。因此，在杂质含量较低时过程容易控制，并且有小的干扰灵

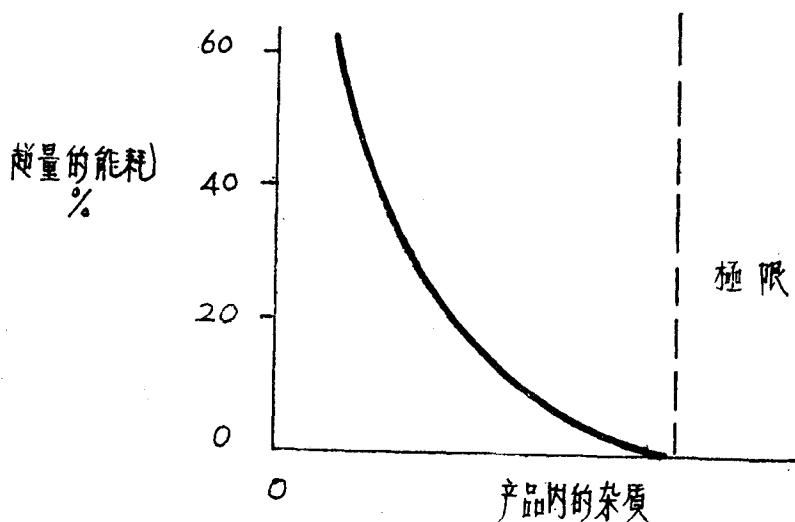


图 2 当杂质趋向零时生产成本按指数曲线上升

敏度。结果是操作人员倾向于将设定值调整在接近零而不是接近规定的极限值的位置，因为他们不关心由此产生的生产成本的提高。

由于非线性函数的作用，控制回路的周期也会改变，如图3所示。引起杂质增加的任何干扰都将使回路增益急剧增加并产生一个高峰值，反之，一个相反方向的干扰会产生一个扁平的低谷。图3两根曲线是在控制器中采用了理想的非线性补偿得出的。这种补偿应用了对数函数，即控制器进行 $\text{LOG}(c/r)$ 或 $\text{LOG}-\text{LOG}r$ 运算，这里 c 和 r 分别为被控变量和设定值。如果不加补偿，相应地在设定点下面所花费的时间将长得多，而与干扰的方向无关；稳定时间也会长得多。只要设定值相同，带和不带非线性补偿能耗的总量将是大致相等的。

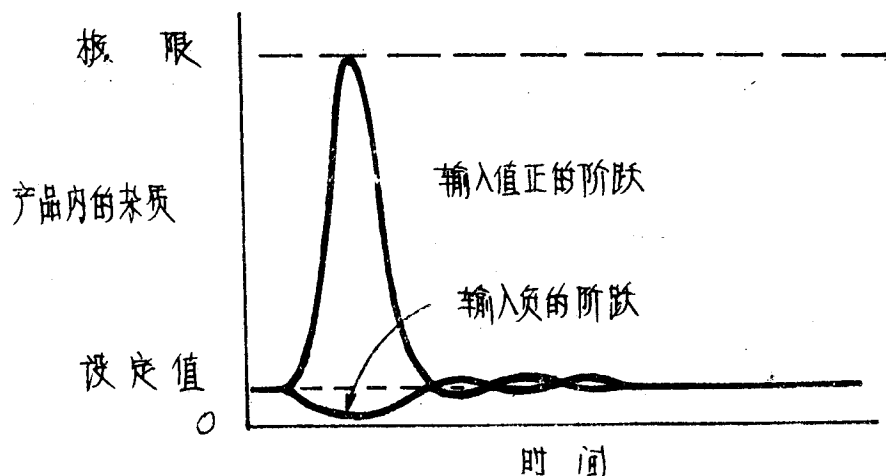


图3 由于产品内的杂质和能耗的非线性关系即使采用了适当的补偿仍然产生非正弦响应的曲线

设备和劳动生产率

如果对产品有高的需求量，工厂应该增加生产来满足这种要求。在现代化工厂里，因为设备的配置和劳动力是固定的，最大量地进行生产也是使设备和劳动生产率得到最大的发挥。多数设备的生产率不仅仅受到进料或产品的限制，而且也受到能源或者材料再循环的限制。例如干燥器的生产率受热交换器或燃烧炉热量和风机风量的限制。如果谷物被过干燥处理（为了防止突发事故，使湿度增加并且超过允许的限度），则每吨产品的平均能耗将大于通常必需的能耗。但是由于干燥器受到能量的限制，这也意味着它的生产能力由于过量而降低了。

对于蒸馏塔情况也类似，它受气化物量的限制。该气化物由重热器产生，并且通过分馏塔盘，再由冷凝器分离。如果每吨产品消耗过多的能量（为了避免产品质量不合格），然而生产能力也将降低。

在大多数情况下，操作者是固定地被指定来操作一组固定的设备。如上所述，假如设备的生产率是低的，那末操作者的生产率同样也是低的。

测量控制回路的性能

控制性能的一个重要指标是受到干扰后产生偏差的幅值，它将决定设定点必须离开图1和图3所表示的规定极限值多远。有些情况下设定点不能移到足够远的位置来完全防止出现

产品不合格的可能性，此时误差的幅值将决定干扰对产品质量的损害程度。

图4比较了当负载阶跃变化时过程分别配有比例—积分—微分（PID）控制器和比例—积分（PI）控制器时的两组响应曲线。微分作用减少了约25%的偏差值，这可以使产品质量不合格的现象减少，或者可以允许有一个较大的设定值。由于微分作用，响应曲线的周期和稳定时间也都减少了近50%。

误差幅值指标仅仅用于使被控变量趋向规定极限值的那种干扰，当被控变量以相反方向变化时，由于生产成本成比例地增长，产生的后果是不相同的。在这种情况下，重要的是不仅误差幅值减少，而且持续时间也缩短了。

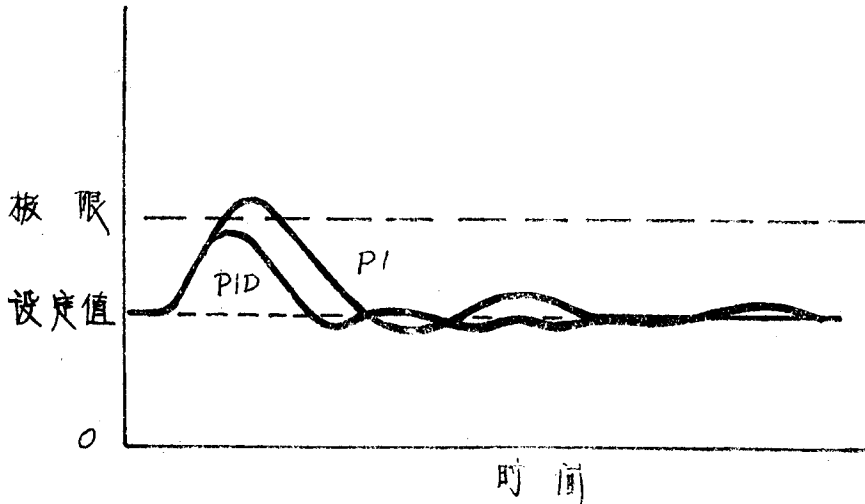


图4 对于一个阶跃负载变化PID控制器产生的积分误差大约为PI控制器的一半
它的周期和稳定时间同样也比PI控制器减少了一半

假设生产成本随被控变量线性地增加，另外在设定点下方生产成本瞬时增加又和偏差成比例，那末同样可以认为生产成本是被控变量的非线性函数，但是是操作变量的线性函数（如图2和图3）。在一定生产额度下，累计成本随时间线性地增加。因此不良调节所付出的代价即由它引起的累计化费和设定点以下的积分误差成正比。

由干扰产生的积分误差（IE）可以从控制器整定的比例和积分值估算，为了使被控变量恢复到设定值，控制器的输出值也必须相应变化⁽¹⁾：

$$IE = \int e dt = \Delta m \frac{PI}{100} \quad (1)$$

- 式中：
- e = 偏差或误差
 - de = 时间微分
 - Δm = 控制器输出变化量
 - P = 比例带
 - I = 积分时间

图4响应曲线所描绘的一个控制器的设定值是根据最小积分绝对误差（IAE）原则选定的。对一根通过设定点的响应曲线IAE大于IE，因为取绝对值时正负偏差不相互抵消而是

相加。IE参量没有反映出对阻尼的要求——一个持续振荡其IE可以为零。因此在整定控制器时尽管IE可能是一个较好的成本指标，通常还是将IEC调整到最小。

当阻尼度一定时，IE和IAE之间的关系基本上是恒定的。图4的PI控制器响应曲线IAE比IE大28%，而对PID控制器它们之间的差值为26%。因此只要阻尼不变并且注意上述差异，IE和IAE两者几乎可以互换使用。

后续能力

中间仓库可以用来贮存产品，因此在产品质量控制中能够使产品质量稳定。这将使图3所示的峰值变小，允许控制器设定点靠近规定的极限处。

假设具有任意方向的干扰，由于它们产生大小相等、方向相反的积分误差将正好抵消，在极端情况下可以将设定点置于极限值位置上。不过这种情况只有在干扰变量的初始状态和最终状态是相同的以及在控制器中不加非线性补偿时才存在。如果象图3那样加了非线性补偿，由于大小相等、方向相反的干扰不会产生大小相等、方向相反的积分误差，因此最后真正起作用的将是一个在设定点之上的积分误差平均分量。

改善控制和降低成本

图4表明了采用微分作用可以降低误差幅值25%，而且IE和IAE两者的稳定时间都约减小了50%。但是利用其它技术甚至会更有效，特别是采用多回路技术，譬如主要通过干扰直接作用的前馈控制技术，能够降低反馈控制器输出变化的要求；另外式(1)中的 Δm 将从干扰值量级减小到前馈控制稳态误差的一小部份。精度为 $\pm 1\%$ 的前馈系统可以使由于干扰产生的IE降低到原来的1%。

如果前馈系统动态不平衡，可能会存在残余瞬态偏差。但这不影响IE，而将影响IAE和误差幅度。所以仔细地进行动态补偿能够使IAE和误差幅度降低到最小。

对于蒸馏塔控制的分析⁽¹⁾表明控制器对干扰的灵敏度（通过 Δm 测量）是进行产品质量控制的操作变量的函数。一个用来操作分馏流量以控制其质量的控制器在能量平衡的扰动响应中无须改变它的输出值，却不得不对入料成份的扰动作出反应。反之，跟随一个入料成份的变化，回流仅仅需要稍微进行调整。同理一个调整比率，譬如回流比率的控制器，当输入流量改变时，它的工作不会失常。

同时也发现其它回路的组态对过程的开环增益有影响。因为成份控制器的比例带由开环增益决定，所以对误差的幅值、IE和IAE也会有影响。参考文献中，列出了产生各种干扰源的组态情况，从中可以挑选出一个能够提供最好控制的方案。在这种情况下，相对而言系统具有最小的IE，同时也有最小的误差幅值和生产成本。

二、自动控制与仪器仪表的计算机辅助设计

P.H.Hammond博士

英国测量与控制学会主席

引 言

在第二次世界大战前，由于改进长途电话的需要，使奈奎斯特的科研工作受到了启发。其后，由于二次世界大战的需要，及由于空间探索开始与发展原子能电站的需要，不断地推

动了自动控制理论与反馈控制理论的发展及应用。到了六十年代中期，所谓“现代控制理论”这一门学科已很好地建立起来了。此项发展的一个成就是频率响应技术，工程师们发现从本能上对它易懂。后来，在学术工作中，它已被由纯粹数学和应用数学概念中得出的状态空间法、矢量代数法及其他概念超过了。由于自动控制理论本身在数学上的复杂性，以及由于缺少足够的计算机辅助设计方法，因而强烈地妨碍了它在实际中的应用。

直到最近，才出现了可供工业设计部门应用的多变量控制系统的计算机辅助设计。这类技术的生命力应当完全归功于数字计算机。

应用电子计算机来设计自动控制系统和仪器仪表系统这件事，可追溯到四十年代初期，此时火炮雷达跟踪系统的机电式和液压式伺服机构已经被研制出来，当时就已经应用模拟式仿真器来求解它们的运动方程，包括一些非线性项如间隙、力矩的限度，及摩擦力等。在第二次世界大战以后，模拟式仿真器取得了广泛的发展，特别是应用于飞机和制导武器的自动控制系统的设计。

这些系统中除了包括许多变量之外，还具有严重的非线性、受时间影响、各种类型的噪音干扰，因此对控制系统设计方法提出了重要的挑战。

某些五十年代的模拟计算机同时采用机械式元件和电子元件。例如，英国皇家空军的“特里达克”（Tridac）装置，是用来对于制导武器系统在空间三座标进行仿真。在这种装置中应用了液压马达驱动的分辨率电位计，来获得实时运行的速度下，仿真座标的转换。图1示出“特里达克”装置系统的方框图。这种机器要消耗600千瓦电力，并且占据整个一座相当大的特殊建筑，如图2所示。这项早期从事设计和辅助研究设施的特点是：可以具有将实际装置中的一些元件与仿真器进行耦合的能力，因此对于设计的预研产品的一些行为，可以准确地进行预测。

直到六十年代中期，许多反馈控制系统的工业设计，仍然是应用铅笔与纸，即手工计算的方式，辅之以台式计算器。只有线性单输入单输出（SISO）系统才能应用奈奎斯特图、波特图、尼科尔斯（Nicholls）表及根轨迹技术推导出的方法，用图解方法进行严格设计。对于非线性的影响，已产生了浓厚的学术兴趣，并且研究出来基于例如相平面图的时域设计技术，可以应用于某些有严格定义的非线性系统，例如，开关式系统和饱和式伺服机构。对于随机噪音干扰的影响，已经进行了不少研究工作，并且研究出能抗随机噪音的最佳化控制系统，导源于诺伯特·维纳（Norbert Wiener）在四十年代所进行的开创性工作。

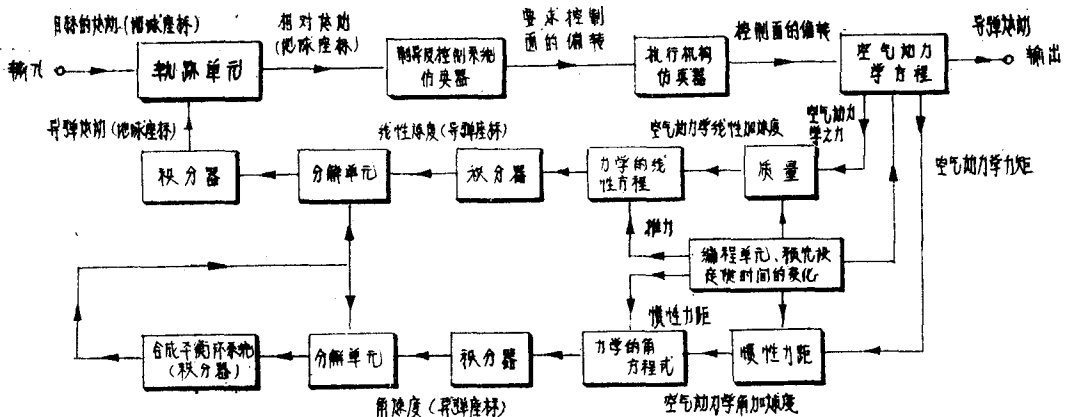


图1 作为一个闭环系统的“特里达克”（Tridac）装置的方框图

六十年代与七十年代的混合计算机代表了应用当时所能得到的模拟计算机与数字计算机的最佳特点的一种尝试。通过这种方式，使模拟计算机在求解一组微分方程时的效率与速度，与数字计算机的逻辑与数字运算功能能够结合起来了。这样，在混合计算机上的一项典型设计工作中，将非线性部分在模拟计算机部分进行仿真，而数字计算机部分则用于每次仿真前的参数整定、起始条件和输入状态，如果需要时用以进行数字控制功能的计算，并且在设计进行中作为数据的巡回检测纪录及结果的计算，混合计算机到七十年代中期已经发展到达了顶点，那时候它们被广泛应用于航天工业和流程工业。现在，混合计算机已很少见，它们仅主要作为教育工具。典型的例子是Dornier910型混合计算机，它应用Commodore公司的4032型微型计算机与一台模拟计算机及模/数转换器与数/模转换器相连接。

在六十年代后期，数字计算机的速度、存储容量、价格、可靠性、先进的积分程序在数值上的鲁棒性（robustness），已经发展到如此程度，使应用数字计算机求解一组微分方程已能为工程师们所接受。同时，自动控制的发展极为迅速，提出了设计多输入多输出（MIMO）自动控制系统的方法，其基础是矩阵运算。为了进行矩阵运算，需要强有力的运算功能。应用数字计算机求解几组微分方程、差分方程及代数方程的软件开始可以购到。其中某些软件还可以提供面向方框图的方法，用以在计算机上建立被控对象的模型，并且带有非线性功能的程序库，因此，对于已熟悉模拟计算机技术的工程师们很有帮助。

然而，仅仅在过去十年内，控制理论的发展才已结合到通常能买到的设计软件之中。虽然在世界范围内在学术上进行相当大的投资，但除去一些高技术和高投资的领域如航天、军事系统和原子能等领域外，先进控制系统概念的应用还总是似乎令人有些失望的。计算机辅助自动控制系统设计这项工作进展比较缓慢，在不同程度上是由于受到以下一些因素的影响而产生这种情况的：

设计技术带有非常复杂的数学性，因而将它们转化为一种实用的并且具有鲁棒性的设计方法，以供工业部门的工程师在日常工作中加以应用，就显得非常困难。

许多工业生产行为很难用数学术语来加以描述，或因缺少有效的测量仪器，或因对于关键性工艺的机理缺少精确的知识（例如，许多常见的工业生产过程中会出现一些人所共知的“神秘”因素）。

实际技术转让过程，即将技术从学术机构或其他机构转移到实际应用自动控制技术的工厂中去，其本身工作仍然是说服工厂应用现代化技术的最有效的机理。然而，这一过程是非常缓慢的过程。

在许多应用中，有可能应用传统的或全凭个人经验的方法也能设计出合用的自动控制系统。在这种情况下，应用复杂的设计方法就很难取得较好的成本/效益比，因此易于被人忽视。

流程工业在实践中仍是比较偏向于喜欢应用单个的PID调节器。这种实践是由于健全的市场因素所产生的，因而发生这一事实：自动控制系统的最佳结构（例如，哪一个被测变量与哪一个被控变量进行耦合），还没有一个可靠的理论基础。此外，这种结构工作只能等到工厂设计已经基本完成以后才能进行。因此，控制工程师所可能采用的设计方案就会受到预先已经决定的工厂结构和公司实践的严重束缚，难于采用现代化的技术。这种环境就成为设计新型自动控制系统的抑制者。

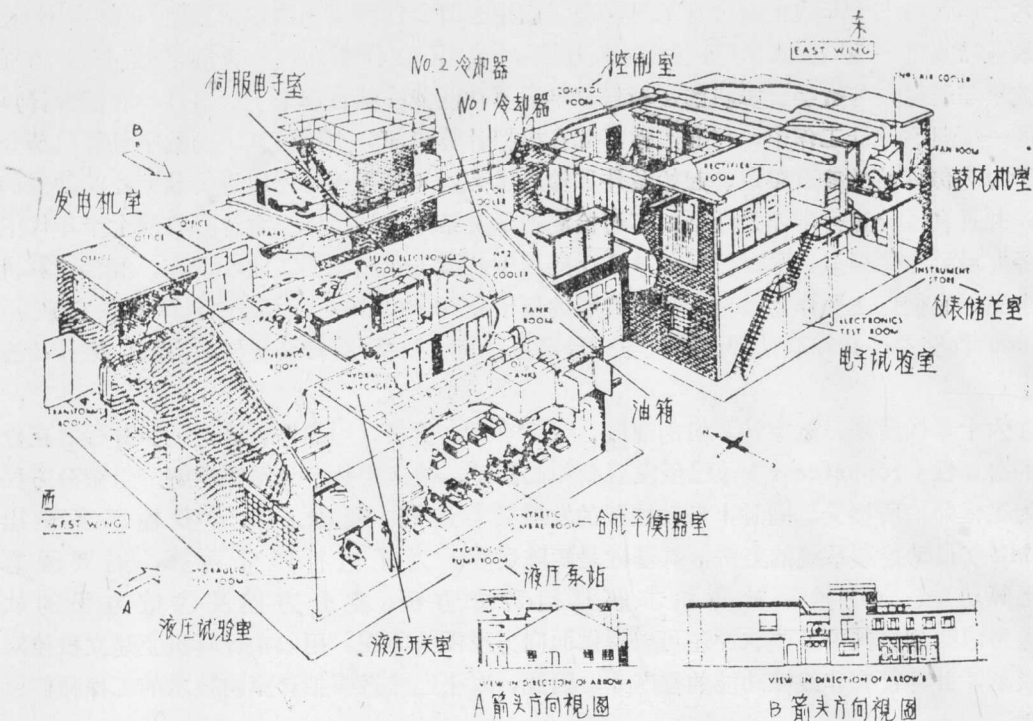


Figure 2 - General Layout of Tridac

图2 “特里达克” (Tridac) 装置总体布置图

计算机在工程设计中的应用

现在已经在大部分工程设计领域中应用了计算机，因而出现了一些软件，它们可以被归纳为以下一些应用领域：

有限元分析 (FEA)

这类软件是应用网络分析和松弛法来求解与机械应力、热应力、热流动、磁场和静电场等领域有关的问题。

计算机辅助设计/计算机辅助制造 (CAD/CAM)

这类软件是有关机械工程零件、部件与系统的设计、绘图、制造的全部活动。CAD/CAM还包括设计流程工业的辅助设计，包括物理模型及工厂各元件、部件的布置，物理与化学性质，数据库，流程工程的设计及流程图，P&I图的生成，稳态与动态的仿真。

计算机辅助设计、辅助制造及辅助测试 (CADMAT)

这类软件是有关设计和生产电子产品，即应用混合电路和大规模集成电路及超大规模集成电路，将它们装配在印刷电路板上的电子产品。

计算机辅助控制系统设计 (CACSD)

用计算机辅助设计一家化学工厂、一架飞机，或一条柔性生产系统是可以列举的计算机辅助控制系统设计的三个例子。这种软件在不同程度上是与工厂设计、飞行器设计或系统本身的设计互相关连的。图3示出了这种关系，即控制系统设计范围与主目标的设计之间是

航空及航天飞行器的设计

- * 应力分析 (FFA)
- * 机械零部件的设计与生产 (CAD/CAM)
- * 电子系统设计 (CAD/MAT)
- * 空气动力学设计和试验
- * 全面性动态仿真
- * 反馈控制系统及前馈控制系统的设计 (CACSD)

工厂及过程设计

- * 容器及管道的设计 (CAD/CAM)
- * 容器及管道的布置模型 (CAD/CAM)
- * 物理及化学特性数据库
- * 生产流程图表
- * 生产流程的动态和稳态仿真
- * P及I图
- * 反馈系统及前馈控制系统的设计 (CACSD)

图3 设计软件功能块的交互作用

互相交叉的。由此可知，计算机辅助控制系统设计 (CACSD) 的开发工作必须与例如 FEA、CAD/CAM、CAD/MAT 及其他已经出现的设计技术连接，使总体设计能得到适当的整体集成化。目前来看，还很少能看到已采取这类集成化连接的积极步骤的迹象，因此必须加以发展。

应当明确区分不同的应用对象。有些应用中自动控制系统是被控对象整体结构上不可缺少的部分，而在另一些应用中自动控制系统可以被认为是附加部分。飞机和化学工厂可以说是上述两种不同对象的例子。这种区别，以及由于在广阔范围内变化的工程环境，就产生了

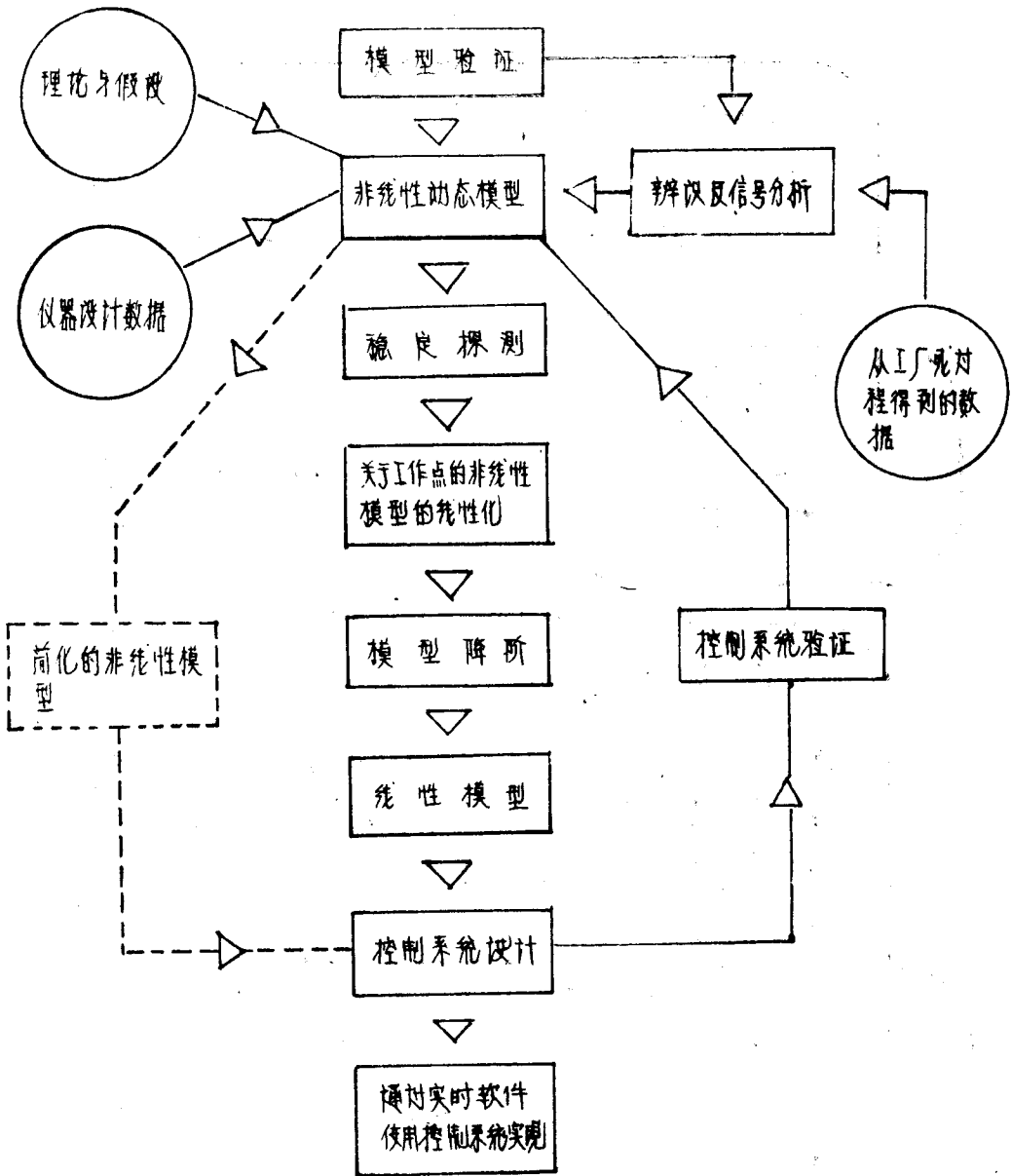


图4 CACSD中的功能块

对于不同工业中其自动控制系统设计时的不同思路。

另一个重要的区别是，应区别控制系统是用于已投入运行的工厂，还是正在绘图板上进行设计的未来工厂。在前一种情况下，作为自动控制系统设计的基础——模型，可以从对现有工厂进行动态响应试验后所得到的数据来求出。在后一种情况下，模型必须以理论考虑作为依据。要考虑热传导和物质传导，空气动力学，化学反应，以及描述动态行为所需要的各种有关机理。

当然，在实际情况下，从工厂本身或从以前工厂运行的模式中所获得的数据，以及对工厂运行的理论基础方面的知识，也可以综合起来形成一个模型。

在这些不同的设计环境下，CACSD的不变因素是，需要建立起被控系统的综合动态模

型，并对系统中所获得的数据进行分析，决定控制系统的结构，并能求出能满足要求性能准则的一组合适的控制器参数。这些设计程序，对于所有各种应用对象来说是公用的，是下文主要讨论的内容。

2.1 自动控制系统设计的功能块

图 4 示出自动控制系统设计过程的一些功能块及它们之间的关系。

辨识及信号分析

辨识功能是有关信号的处理及工厂记录的分析，用来估计建立一个已有工厂模型的一些因素；例如，工厂方程式参数的估计及噪音干扰的统计。信号分析功能块可提供信号发生、统计分析、及滤波器的设计。

为了上述目的，CACSD软件需要用在一个范围内的一些算法来进行信号分析及选择特殊的辨识程序。应用这些程序，可以分析从工厂正常操作中或从有意加上扰动情况下操作中所获得的数据，得出参数估计及扰动统计，用于工厂模型之中。CACSD 软件组中辨识部分的一些典型算法是：

- 随机及确定性信号的发生
- 平均值，标准偏差等的推导
- 在数据中趋势的消除
- 应用快速富氏变换进行频谱分析
- 逆快速富氏变换
- 频谱窗口发生
- 时间序列及频谱的卷积
- 数据滤波
- 滤波器设计
- 多项式的乘法运算
- 自相关及互相关
- 功率谱及交叉功率谱密度
- 相干函数的推导
- 辨识程序

- 如：状态空间最大似然率
- 最小二乘方
- 自回归
- 带外生输入的移动平均 (ARMAX)

非线性模型

在最简单情况下，工厂的模型是一组线性微分方程和代数方程。然而，它们通常含有非线性，与时间有关的参数，时滞及近似于分布参数系统。模型的结构可以从现有的工厂或建议中的一个工厂设计中推导出来。模型的参数可以从分析现有工厂的运行记录来获得，或者从推导建议中工厂运行的物理、化学、电气、机械、动力学或空气动力学方程式来获得。因此，就需要一个工厂设计的数据库，从中可以导出模型的参数，或可用于辨识软件，使之能够分析工厂的运行纪录，及推导出工厂的参数估计。模型中也需要在未来工厂运行中将会遇到的扰动估计。