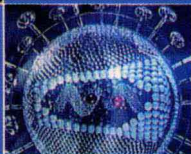


KEXUEMUJIZHE

# 科学目击者

## 科学自动化博览

北京未来新世纪教育科学研究所 编



新疆青少年出版社  
喀什维吾尔文出版社

# 科学目击者

## 科学自动化博览

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社  
喀什维吾尔文出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

科学目击者/张兴主编. —喀什:喀什维吾尔文出版社;乌鲁木齐:新疆青少年出版社, 2005. 12

ISBN 7-5373-1406-3

I. 科... II. 张... III. 自然科学—普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160577 号

## 科学目击者

### 科学自动化博览

北京未来新世纪教育科学研究所 编

---

新疆青少年出版社 出版  
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:600 字数:7200 千

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3000

---

ISBN 7-5373-1406-3 总定价:1680.00 元(共 200 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

# 前 言

同仁们常议当年读书之难，奔波四处，往往求一书而不得，遂以为今日之憾。忆苦之余，遂萌发组编一套丛书之念，望今日学生不复有我辈之憾。

现今科教发展迅速，自非我年少时所能比。即便是个小地方的书馆，也是书籍林总，琳琅满目，所包甚广，一套小小的丛书置身其中，无异于沧海一粟。所以我等不奢望以此套丛书贪雪中送炭之功，惟愿能成锦上添花之美，此为我们奋力编辑的目的所在。

有鉴于此，我们将《科学目击者》呈献给大家。它事例新颖，文字精彩，内容上囊括了宇宙、自然、地理、人体、科技、动物、植物等科学奥秘知识，涵盖面极广。对于致力于奥秘探索的朋友们来说，这是一个生机勃勃、变幻无穷、具有无限魅力的科学世界。它将以最生动的文字，最缜密的思维，最精彩的图片，与您一起畅游瑰丽多姿的奥秘世界，一起探索种种扑朔迷离的科学疑云。

《科学目击者》所涉知识繁杂,实非少数几人所能完成,所以我们在编稿之时,于众多专家学者的著作多有借鉴,在此深表谢意。由于时间仓促,纰漏在所难免如果给读者您的阅读带来不便,敬请批评指正。

编 者

# 目 录

|   |                |    |
|---|----------------|----|
| 一 | 自动控制系统         | 1  |
|   | 1. 自动化的诞生      | 1  |
|   | 2. 自动化的原理      | 3  |
|   | 3. 正反馈和负反馈     | 5  |
|   | 4. 系统的大脑——控制器  | 8  |
|   | 5. 系统的耳目——传感器  | 11 |
|   | 6. 有力的臂膀——执行器  | 13 |
|   | 7. 温柔的羔羊——受控对象 | 15 |
| 二 | 控制器            | 18 |
|   | 1. 可编程控制器      | 18 |
|   | 2. 工业计算机       | 21 |
|   | 3. 单片机的应用      | 23 |
|   | 4. 继电器控制       | 27 |
|   | 5. 液压传动控制系统    | 30 |
| 三 | 传感器            | 35 |
|   | 1. 物理传感器       | 35 |
|   | 2. 光纤传感器       | 38 |
|   | 3. 仿生传感器       | 41 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 4. 红外传感器 .....          | 44        |
| 5. 电磁传感器 .....          | 47        |
| 6. 磁光效应传感器 .....        | 49        |
| 7. 压力传感器 .....          | 52        |
| 8. 温度传感器 .....          | 54        |
| 9. 超声波传感器 .....         | 57        |
| <b>四 执行器 .....</b>      | <b>61</b> |
| 1. 虚拟仪表 .....           | 61        |
| 2. 步进电机 .....           | 63        |
| 3. 变频调速与自动化控制 .....     | 67        |
| 4. 电磁阀 .....            | 71        |
| <b>五 现代自动控制技术 .....</b> | <b>76</b> |
| 1. 模糊控制 .....           | 76        |
| 2. 鲁棒控制 .....           | 79        |
| 3. 预测控制 .....           | 81        |
| 4. 故障诊断 .....           | 84        |
| 5. 人工智能 .....           | 87        |

## 一 自动控制系统

### 1. 自动化的诞生

从刀耕火种的年代起,人们就梦想着省时省力地生产出更多的东西,来满足人们生活的需要。人们在几千年的生产过程中,发明了很多节省力气的工具,如在河流上建造的水车。可以通过水的冲击带动轮子转动,实现灌溉、淘米等工作。

工业革命的到来,为自动化的发展带来了巨大的动力。1788年,为了解决工业生产中蒸汽机的速度控制问题,瓦特在自己发明的蒸汽机上安装了一个飞球,并将它与蒸汽机的阀门连接在一起。这样当蒸汽机的转速太快时,飞球升高,使阀门开得小些,蒸汽机会减速。瓦特的这项发明开创了自动调节装置的应用和研究。这项发明的成功表明自动化技术已具雏形。但是这些发明都是在人们工作检验中产生的,没有形成理论的指导。直到一

百多年后,美国数学家维纳与墨西哥生物学家罗森布卢埃特合作,经过从1934年到1947年的十几年研究,最终提出了自动化的理论基础著作——控制论。标志着自动化技术的正式诞生。从诞生到现在,自动化技术在各个领域大显身手,飞机导航、交通运输、导弹控制中到处都是自动化技术的应用。

随着自动化技术的日益发展,越来越多的科学家要求给他们这个新生的“爱子”起一个响亮的名字,1970年4月,在美国芝加哥召开的首届国际机器人大会上,有一项重要的议题就是给自动化技术起一个响亮的名字。为此各国学者各抒己见,争论不休。最后多数科学家主张将自动化技术命名为“赛伯”。“赛伯”一词来源于希腊文,意思为“掌舵人”,转意为“管理人的艺术”。维纳首先在他的自动化技术的经典著作《控制论,或关于动物在动物和机器中控制与通讯的科学》中,首先使用了 cybernetics(赛伯)一词。人们为了纪念维纳在自动化发展中的巨大贡献,最后决定将自动化技术命名为“赛伯”。

但是由于人们长期以来一直使用自动化这个词,形成了习惯。虽然它有一个如此好听,并且充满寓意的名字,人们还是习惯叫它的小名自动化,这就好比人们喜欢称自己熟悉的人的小名一样。

## 2. 自动化的原理

人们为了达到节省体力,提高生产效率的目的,发明了许多自动化机器和设备,这些设备和机器可以在人不直接参与的情况下,按照人们预先设计的要求,根据给定的指标完成原来需要人自己做的很多工作,使人从生产过程中解放出来。这些设备和机器种类繁多,形式千差万别,所完成的功能各不相同。有工业中的生产过程自动化,也有军事上的导弹制导和飞机导航。是什么原因使他们具有了如此巨大的魔力呢?我们可以看下面一个简单的例子,它会告诉我们其中的奥妙。

我们现在作一个游戏,让张三和李四分别去拿放在一张桌子上的杯子,张三把自己的双眼蒙上,而李四却不用蒙上双眼。看看他们谁能顺利地拿到杯子。结果是很明显的,张三很有可能要试很多次才能拿到杯子,但是李四会很顺利地拿到杯子。这是为什么呢?有人会说,这太简单了,因为张三看不见。但是为什么看不见就拿不到呢?可能就回答不出了。我们来分析一下拿杯子这个动作完成的过程,就会清楚其中的秘密。人在打算拿桌子上的杯子时,首先要看一下,杯子的位置与自己手的距

离有多少,然后人的大脑会命令自己的手做出动作,向减少这个距离的方向移动,同时不断地观察两者之间的距离还有多少,直到人的手碰到了杯子,大脑就命令手停止运动,杯子也就拿到了。这个过程可以用下边的图来表示。



人就是通过这个过程来完成拿杯子这个动作的。游戏中的张三被蒙住了双眼,自然他就无法知道自己的手和杯子之间的距离还有多少,自然也就不容易拿到杯子。正是由于没有了眼睛,所以图中的反馈就无法形成,人这个“机器”也就工作不正常了。

自动化设备和机器的关键就在于反馈的存在,正是有了他的存在,才使自动化成为可能。反馈就是我们上面所提问题的答案,是自动化的奥妙所在。其实反馈存在于很多地方,无论是机器还是我们人体,反馈都起着重要的作用。

一个自动化系统无论结构多么复杂都是由下面几部分组成:

检测比较装置。所起作用相当于人眼在上面例子中

的作用,主要是获得反馈,并且计算我们要达到的目的与现在的实际情况之间的差值。

第二,控制器。所起作用相当于大脑在上面例子中的作用,主要是用来决定应该怎样做。

第三,执行机构。主要所起作用相当于人手在上面例子中的作用,完成控制器下达的决定。

第四,控制量。也就是所要达到的目的,相当于手和杯子之间的距离。控制量是我们自动化机器所要达到的最终目的。

通过上面的例子,大家应该明白了自动化工作的基本原理了。其实每个人都可以按照上面的例子,来分析自己身边的一些自动化设备和机器的工作原理。

### 3. 正反馈和负反馈

自动化技术的核心思想就是反馈,通过反馈建立起输入(原因)和输出(结果)的联系。使控制器可以根据输入与输出的实际情况来决定控制策略,以便达到预定的系统功能。根据反馈在系统中的作用与特点不同可以分正反馈(positive feed back)和负反馈(passive feed back)两种。下面通过例子来说明两种反馈在系统中的作用。

负反馈的特点可以从“负”字上得到很好的理解,它主要是通过输入、输出之间的差值作用于控制系统的其他部分。这个差值就反映了我们要求的输出和实际的输出之间的差别。控制器的控制策略是不停地减小这个差值,以使差值变小。负反馈形成的系统,控制精度高,系统运行稳定。我们通过介绍自动化原理时用到的例子来说明负反馈的工作过程。当人打算要拿桌子上的水杯时,人首先要看到自己的手与杯子之间的距离,然后确定自己手的移动方向,手开始向水杯移动。同时人的眼睛不停观察手与杯子的距离(该距离就是输入与输出的差值),而人脑(控制器)的作用就是不停控制手移动,以消除这个差值。直到手拿到杯子为止,整个过程也就结束了。从上面的例子可以看出,由负反馈形成的偏差是人准确完成拿杯子动作的关键。如果这个差值不能得到的话,整个动作也就没有办法完成了。这就是眼睛失明的人很困难地拿到杯子的缘故。负反馈一般是由测量元件测得输出值后,送入比较元件与输入值进行比较而得到的。

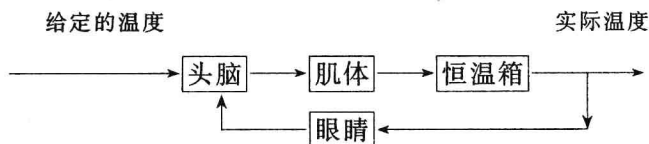
正反馈在自动控制系统中主要是用来对小的变化进行放大,从而可以使系统在一个稳定的状态下工作。而且正反馈可以与负反馈配合使用,以使系统的性能更优。

大家熟悉的核反应就是一个正反馈的例子。铀-235、钚-239这类重原子核在中子轰击下,通常会产生两个中等质子数的核,并放出2~3个中子和200兆电子伏能量(相当于 $3.2 \times 10^{11}$ 焦耳)。放出的中子有的损耗在非裂变的核反应中或漏失到裂变系统之外,有的则继续引起重核裂变。如果每一个核裂变后能引起下一次核裂变的中子数平均多于1个,裂变系统就会形成自持的链式裂变反应,中子总数将随时间按指数规律增长。这样反应堆中越来越多的核子发生裂变,放出更多的能量,从而达到发电的目的或者用来做其他用途。在反应堆工作之前,要通过几个触发中子来使系统工作起来。一旦反应开始后,系统自己会产生大量的中子来维持反应的进行。利用这种正反馈机制可以形成大规模的核反应。但是正反馈总是起放大作用,这样就会使系统中的作用越来越剧烈,最后会使系统损坏。所以一般正反馈都与负反馈配合使用,有的时候会在正反馈后面加上非线性环节(如限幅环节)。在核反应堆中,就是通过控制反应堆中铅棒(铅棒可以吸收中子)与反应物接触的面积来控制核反应的剧烈程度,否则我们就没有办法控制核电站发电多少了。

## 4. 系统的大脑——控制器

自动控制系统中控制器在整个系统中起着重要的作用,扮演着系统管理和组织核心的角色。系统性能的优劣很大程度上取决于控制器的好坏。我们可以通过比较人工控制系统和自动控制系统的工作原理来认清控制器的作用。

首先我们介绍人工控制系统,下图是恒温箱的人工控制系统的结构图,要求恒温箱中的温度保持恒定。



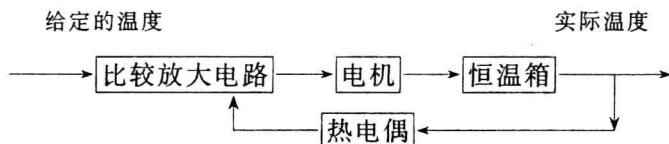
人工控制系统结构图

为了测量恒温箱中的温度,安装一个温度计来指示恒温箱中的温度,这个温度就是系统的输出量,或称被控制量。操作者始终观察温度计的温度,当小于恒温箱给定时,就增大加热装置的电流;相反当大于恒温箱给定时,就减小电流。这样恒温箱就能保持给定的温度。人

在这个系统中有以下的作用：

- (1) 观察恒温箱中温度。
- (2) 比较恒温箱中温度与给定温度的差值。
- (3) 调节加热电流的大小。

了解了人工控制系统的原理，我们只要用一些设备模仿和代替人的智能，就可以把它变成自动控制系统。首先用热电偶来代替温度计来测量温度的值，然后用比较放大电路代替人对温度的比较，用电机代替人手来转动恒温箱的电流调节装置。只要放大电路的极性和电机的转动方向合理选择，就可以完成自动控制恒温箱温度的工作。自动控制系统的结构图如下图所示。

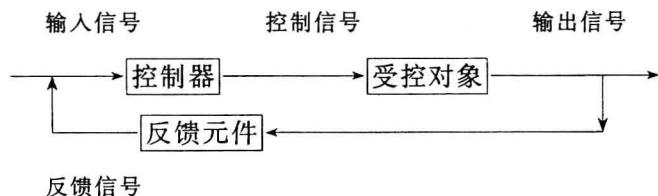


自动控制系统结构图

从前面两图可以看出，人工控制系统和自动控制系统非常相似，热电偶就相当于人的眼睛；比较电路完成人脑的功能，电机代替人的肌体；人工控制系统和自动控制系统虽然采用不同的装置，但是它们的原理很相似。在自

## ■科学目击者

动控制系统,我们经常把比较放大电路以及其他附加装置(主要起校正作用)称为控制器,而把执行机构(电机)和控制对象(恒温箱)称为受控对象。这样可以得到控制系统的一般结构图:



控制系统一般结构图

从上图中可以看出控制器实际上就是代替了人工控制系统中人的大脑的作用,它根据输入信号和反馈信号来确定控制信号。在控制系统的设计时,往往受控对象是不能够被改变的,要想系统满足性能要求,关键是要看控制器设计得如何。一个好的控制器可以使系统很好地工作,反之系统是不能满足要求的。这和一个头脑比较笨的人往往不如聪明人做工作好是一样的道理。控制器有各种形式,按照信号的性质分,可以分成模拟控制器和数字控制器两种。前者信号主要是模拟形式的;后者主要采用数字形式进行计算,输入和输出端有 D/A 和 A/D 转