

重庆市科委科普资助项目

宋乐鹏 胡文金 著

# 穿越自动化 3000年



重庆大学出版社

重庆市科委科普资助项目

# 穿越自动化 3000年

宋乐鹏 胡文金 著

重庆大学出版社

## 内容提要

《穿越自动化 3000 年》是一本全面介绍自动化发展历史的入门书。本书以中国自动化发展历史和世界自动化发展历史为主线,用一个个生动的故事,图文并茂、深入浅出地介绍了自动化发展历史中各个时期的典型自动化应用案例和其基本原理,并介绍了在中国近现代自动化领域中做出杰出贡献的科学家。本书可作为本科、专科学校自动化专业、电气自动化专业、测控技术与仪器等专业一年级新生“自动化学科概论”课程的教材,也可作为系统了解自动化发展历史的参考材料,供自动化学科教学与研究人員以及其他关心自动化学科的人士参考,还可作为科普读物,供广大自动化爱好者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

穿越自动化 3000 年 / 宋乐鹏, 胡文金著. -- 重庆: 重庆大学出版社, 2019.6

ISBN 978-7-5689-1145-0

I. ①穿… II. ①宋…②胡… III. ①自动化—技术史 IV. ①TP1-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 124606 号

## 穿越自动化 3000 年

宋乐鹏 胡文金 著

策划编辑: 周立

责任编辑: 周立 版式设计: 周立

责任校对: 刘刚 责任印制: 张策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 易树平

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编: 401331

电话: (023) 88617190 88617185(中小学)

传真: (023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆长虹印务有限公司印刷

\*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12.75 字数: 178 千

2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—2 000

ISBN 978-7-5689-1145-0 定价: 68.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前 言

---

自动化广泛应用于工业、农业、交通、国防、商业、医疗、航空航天和家庭等各个领域。我们经常听说的自动洗衣机、自动洗碗机等就是自动化技术在家电领域中的应用；自动灌溉就是自动化技术在农业领域的应用。自动化无处不在，对改善人类生存环境和人们的生活具有重要的作用。自动化使我们的生活与工作更加方便和高效、省心和省力；自动化使生产过程的效率更高、成本更低、质量更好，显著地降低能源和原材料消耗，减小对环境的影响和实现可持续发展；自动化帮助人类翱翔太空、探测深海，实现“九天揽月”和“五洋捉鳖”；自动化帮助人们处理危险品、爆炸物、核废料；自动化助推人造卫星的发射升空与运行，带给人类全球通信等。

机器延伸了人的四肢，计算机延伸了人的大脑，传感器及检测技术延伸了人的感官，通信技术延伸了人的神经传导和信息传递功能，而自动化则全面提升和扩展了人的功能。早期的自动化使人类从体力上获得了解放，现代的自动化则已发展为综合自动化，可以自动完成分析、设计、计算、优化、协调、决策等，从而使人不仅从体力上，也从脑力上获得了很大程度的解放。

自动化的发展历程源远流长。从远古的漏壶和计时容器到公元前的水利枢纽工程；从中世纪的钟摆、天文望

远镜到工业革命的蒸汽机、蒸汽机车和蒸汽轮船；从百年前的飞机、汽车和电话通信到半个世纪前的电子放大器和模拟计算机；从“二战”期间的雷达和火炮防空网到冷战时期的卫星、导弹和数字计算机；从 20 世纪 60 年代的登月飞船到现代的航天飞机、宇宙和星球探测器，这些著名的人类科技发明直接催生和发展了自动控制技术。自动化源于实践，服务于实践，在实践中升华。经过千百年的锤炼，尤其是近半个世纪工业实践的普遍应用，自动化技术已经成为人类科技文明的重要组成部分，在日常生活中不可或缺。随着智能制造业的兴起、信息技术的普及和人工智能科学的发展，自动化技术的发展与应用将进入一个全新的时代。

本书通过一系列自动化的历史事件和案例典故介绍了自动化的发展历史。本书的出版得到重庆市科委科普项目基金的资助；在编写过程中参考了大量的文献和网站资源；在资料收集、文字编辑和校对过程中，张海燕和董春林给予大力协助，在此一并表示衷心感谢。但限于编者的水平，不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

本书配有视频二维码及立体化开发资源。

编者

2019 年 1 月

# 目 录

---

第 1 章 中国自动化发展历史 .....	1
1.1 周朝的水钟 .....	1
1.2 秦王朝时的都江堰 .....	3
1.3 记里鼓车 .....	8
1.4 扬谷机 .....	11
1.5 水排 .....	14
1.6 漏水转浑天仪 .....	17
1.7 候风地动仪 .....	20
1.8 连弩 .....	22
1.9 龙骨水车 .....	25
1.10 投石车 .....	28
1.11 床弩 .....	31
1.12 筒车 .....	33
1.13 曲辕犁 .....	36
1.14 饮酒器 .....	38
1.15 水碾 .....	39
1.16 木棉纺车 .....	40
1.17 耨车 .....	42

1.18	“东风一号”导弹 .....	44
1.19	中国自主研发的第一颗原子弹 .....	46
1.20	中国第一颗氢弹 .....	48
1.21	中国第一颗人造卫星“东方红一号” .....	50
1.22	中国自行研制的“神舟五号”载人飞船 .....	51
1.23	中国成功发射“神舟六号”载人飞船 .....	54
1.24	“神舟七号”载人飞船 .....	57
1.25	“天宫一号”发射成功 .....	59
1.26	“天宫一号”与“神舟十号”对接 .....	60
1.27	“嫦娥三号”与“玉兔号” .....	61
1.28	“长征一号” .....	63
1.29	“长征五号” .....	66
1.30	海洋石油 981 深水半潜式钻井平台 .....	68
1.31	中国巨型电子计算机“银河一号” .....	70
1.32	“神威·太湖之光”超级计算机 .....	72
1.33	京津城际铁路开通运营 .....	73
1.34	青岛港全自动化码头 .....	75
1.35	智能交通系统 .....	77
1.36	温室大棚自动化栽培系统 .....	79
1.37	自动化生产线 .....	81
1.38	自动化在钢铁业的应用 .....	83
1.39	自来水厂自动化系统 .....	85
1.40	自动化在火电厂的应用 .....	86
<b>第 2 章 世界自动化发展历史 .....</b>		<b>88</b>
2.1	古希腊的水钟 .....	88
2.2	汽转球蒸汽机 .....	89
2.3	风车与风力发电 .....	90

2.4	希腊火 .....	93
2.5	火绳枪 .....	94
2.6	机械钟 .....	98
2.7	风磨 .....	99
2.8	浮子阀门式水位调节器 .....	100
2.9	离心式调速器 .....	100
2.10	空气调节系统 .....	103
2.11	莱特兄弟的飞机 .....	105
2.12	汽车自动装配流水线 .....	107
2.13	船舶驾驶 PID 控制器 .....	109
2.14	世界第一台大型模拟计算机 .....	110
2.15	世界首台数字计算机 .....	111
2.16	雷达自动控制系统 .....	114
2.17	工业机器人 .....	115
2.18	世界第一颗人造卫星 .....	117
2.19	世界第一艘载人飞船 .....	119
2.20	阿波罗 11 号 .....	122
2.21	美国“哥伦比亚号”航天飞机 .....	126
2.22	哈勃空间望远镜 .....	129
2.23	国际空间站 .....	131
2.24	“全球鹰”无人侦察机 .....	135
2.25	仿人机器人 ASIMO .....	137
2.26	自动驾驶汽车“Stanley” .....	140
2.27	美国“好奇号”火星探测器 .....	142
<b>第 3 章 中国近现代自动化领域杰出科学家 .....</b>		<b>146</b>
3.1	“中国自动化控制之父”钱学森 .....	146
3.2	“中国自动控制开拓者”张钟俊 .....	153



3.3 “中国现代控制理论的创建者”关肇直 .....	164
3.4 “中国‘过程控制’学科创始人”方崇智 .....	174
3.5 “中国分析仪器行业的主要创始人”朱良漪 .....	177
3.6 “中国自动检测学的奠基人”杨嘉墀 .....	179
3.7 “中国光学界公认的学术奠基人”王大珩 .....	186
<b>参考文献</b> .....	<b>192</b>

# 第 1 章 中国自动化发展历史

## 概 述

中国自动化技术的发展源远流长。在古代,我国自动化应用处于世界领先水平,并取得了举世瞩目的成就,为后来自动化的发展奠定了基础。自动化发展影响着我们生活的方方面面,自动化发展成果是中国劳动人民勤劳、勇敢、智慧的结晶。正是由于自动化的发展,才使我国的科技、军事、经济等具有快速发展的驱动力。

### 1.1 周朝的水钟



周朝的水钟

《周礼·夏官》中有“挈壶氏”“掌挈壶以令军井”“凡军事悬壶以序聚柝”“皆以水火守之”等记载。由此可见,我国早在 3 000 多年前就已经有自动计时装置——漏壶,如图 1.1 所示。“挈壶氏”是当时周朝的计时官员名,“掌挈壶以令军井”说明漏壶主要用来行军打仗的计时,“皆以水火守之”其中的“水守”是指在壶旁备水,需要时往壶里添加;“火守”有两方面的意义,一是夜间用火照明以观察刻度,二是冬天以火温水,防止冻结。漏壶的计时原理如下:在漏壶中装水并放一把标尺,在漏壶下面放一个容器接水,通过液位的下降,对应标尺上的刻度来度量时间,如图 1.2 所

示;或者在下面的容器中放一把标尺,通过液面的上升来度量时间,如图 1.3 所示。若要漏壶计时装置计时准确,必须保证漏液是匀速滴落,液面匀速变化,但是在液面靠上降得快,液面靠下降得慢,不是匀速改变液面的。在此基础上我国古人又改进了漏壶装置,采用多级漏壶计时装置,进一步提高计时的精度,如图 1.4 所示。多级漏壶计时装置工作原理:除了最下面的那个装置,每个壶的底部都有一个小眼。水从最高的壶里,经过下面的各个壶滴到最低的壶里,滴得又细又均匀。最低的壶里有一个铜人,手里捧着一支能够浮动的木箭,壶里水多了,木箭浮起来,根据上面的刻度,就可以知道时间。



图 1.1 漏壶



图 1.2 以下液位为主的漏壶计时原理图

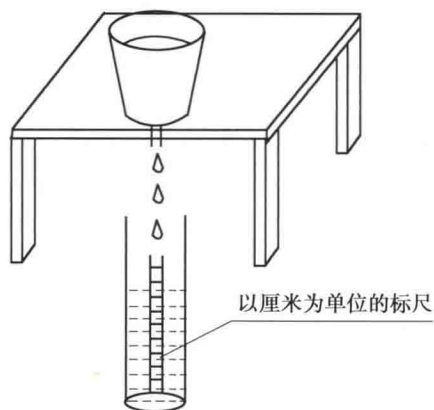


图 1.3 以上液位为主的漏壶计时原理图



图 1.4 多级漏壶计时装置

秦王朝时的  
都江堰

## 1.2 秦王朝时的都江堰

早在战国时期,秦王嬴政之所以能统领当时世界上最为庞大的百万军团,平诸侯、扫六国、统一中国,其中一个极其重要的原因就是有都江堰浇灌的成都平原,有这个作为秦国富饶的大后方、大粮仓。都江堰是战国时期秦国修建的,两千多年前,秦国怎么会想到在连绵险峻的秦岭之南、千里之外的蜀国之地,修筑一个前所未有的水利工程呢?为什么同时代的各种工程中,唯有它两千年来仍能发挥作用呢?为什么当年的秦军能够战无不胜、攻无不克,能够与民风强悍、骁勇善战的赵人一仗打上三年,能够对地大物博、人口众多的楚国展开举国之战,一个重要的原因,就是秦国有富饶的关中平原和成都平原,拥有源源不断的粮食。然而,古代的成都平原并不是一个让人垂涎三尺的“天府之国”,而是一个水旱灾害十分严重的地方。当年刀兵蜂起、战乱频仍,饱受战乱之苦的人民,渴望中国尽快统一。此时,经过商鞅变法改革的秦国一时名君贤相辈出,国势日盛。他们正确认识到巴、蜀在统一中国过程中特殊的战略地位,“得蜀则得楚,楚亡则天下并矣”。在这一历史大背景下,战国末期秦昭王委任知天文、识地理、隐居岷峨的李冰为蜀郡太守。李冰上任后,首先下决心根治岷江水患,发展川西农业,造福成都平原,为秦国统一中国奠定了经济基础。

3

都江堰位于四川省成都市都江堰市城西,坐落在成都平原西部的岷江上,始建于秦昭王末年(公元前256—前251年),是蜀郡太守李冰父子在前人鳖灵开凿的基础上组织修建的大型水利工程,由分水鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口等部分组成,如图1.5所示,两千多年来一直发挥着防洪灌溉的作用,使成都平原成为水旱从人、沃野千里的“天府之国”,至今灌区已达30余县市,面积近千万亩,是全世界迄今为止,年代最久、唯一留存、仍在一直使用、以无坝引水为特征的宏大水利工程,凝聚着中国古代劳动人民勤劳、勇敢、智慧的结晶。都江堰充分体现和实践了自动化的思想。

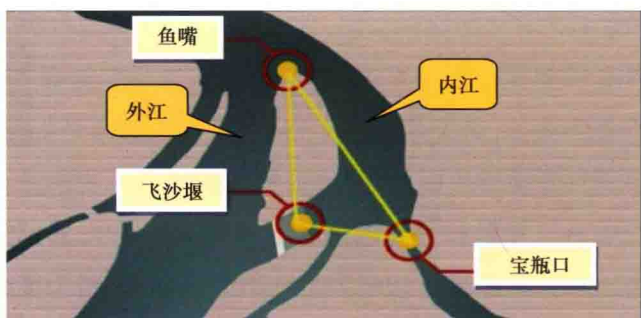


图 1.5 都江堰主体组成示意图

号称“天府之国”的成都平原，在古代是一个水旱灾害十分严重的地方。李白的《蜀道难》这篇著名的诗歌中的“蚕丛及鱼凫，开国何茫然”，就是那个时代的真实写照，足可见其是何等凄凉。这种状况是由岷江和成都平原“恶劣”的自然条件造成的。

据《水经注》记载，“李冰作大堰于此……是以蜀人旱则藉以为溉，雨则不遏其流。”秦昭王五十一年（公元前 256 年），秦国蜀郡太守李冰和他的儿子，吸取前人的治水经验，率领当地人民，主持修建了著名的都江堰水利工程。由于当时还未发明火药，李冰便以火烧石，使岩石爆裂，终于在玉垒山凿出了一个宽 20 米，高 40 米，长 80 米的山口，取名宝瓶口，如图 1.6 所示。



图 1.6 都江堰宝瓶口

宝瓶口引水工程完成后,虽然起到了分流和灌溉的作用,但因江东地势较高,江水难以流入宝瓶口,为了使岷江水能够顺利东流且保持一定的流量,并充分发挥宝瓶口的分洪和灌溉作用,修建者李冰在开凿完宝瓶口以后,又决定在岷江中修筑分水堰,将江水分为两支:一支顺江而下,另一支被迫流入宝瓶口。由于分水堰前端的形状好像一条鱼的头部,所以被称为“鱼嘴”,如图 1.7 所示。



5



图 1.7 都江堰鱼嘴

为了进一步控制流入宝瓶口的水量,起到分洪和减灾的作用,防止出现灌溉区的水量忽大忽小、不能保持稳定的情况,李冰又在鱼嘴分水堤的尾部,靠着宝瓶口的地方,修建了分洪用的平水槽和“飞沙堰”溢洪道,以保证内江无灾害,溢洪道前修有弯道,江水形成环流,江水超过堰顶时洪水中夹带的泥石便流入到外江,这样便不会淤塞内江和宝瓶口水道,故取名“飞沙堰”,如图 1.8 所示。



图 1.8 都江堰飞沙堰

都江堰有四大功能:自动分水、自动排沙、自动泄洪、自动控制进水量。

鱼嘴的自动分水:鱼嘴把岷江分为内江和外江,内江灌溉成都平原,外江江水流向长江,内江地势低、江面窄,外江地势高、江面宽,如图 1.9 所示。旱季水量少,水往低处流,内江大约有 60%的水,外江大约有 40%的水;雨季时,由于外江宽,大约 60%的水流入外江,40%的水流入内江。

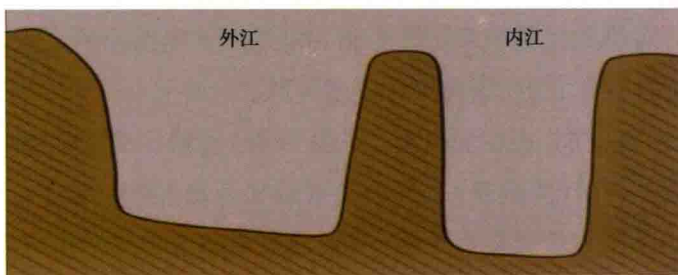


图 1.9 都江堰内外江示意图

自动排沙:通过流体力学的原理,表面的水流向凹岸,底部的水流向凸岸。表面水比较清澈,流向内江,底部的水和沙石流向外江,80%的沙石被外江带走,达到自动排沙的效果。

飞沙堰自动泄洪:在雨季由于宝瓶口的口比较小,只能控制一定的水量进入,大量的水从外江流出,内江的水较多时,多余的水由飞沙堰排出。在旱季,由于水量不足,飞沙堰不能排水,内江的水全部排进宝瓶口用于灌溉成都平原。飞沙堰也有自动排沙的能力。

自动控制进水量:由于宝瓶口的进水口宽度一定,不管水量多大,进入宝瓶口的水量一定,多余的水量由飞沙堰排出进入长江,如图 1.10 所示。这样既保证了成都平原的灌溉,也避免了洪涝灾害的发生,给成都平原带来了巨大的经济效益。



图 1.10 飞沙堰、宝瓶口示意图



### 1.3 记里鼓车

在汉朝,一些交通运输的事情由公车司马令管理,他们根据官署里挂着的洛阳到各郡的里程表来计算距离。可是由于里程大多是估计出来的,没有经过实地测量,往往因此产生许多问题。

有一次,汝南郡(现在河南省上蔡县东南)贡献一批礼品给皇帝,雇马车送到洛阳来,在计算运费时,押车的官员和马车夫吵起来了。官员要按公车司令官署公布的里程表计算运费,马车夫却认为这个里程数字太低,不符合实际情况。张衡也听到一些官员对里程不合实际情况的议论。他想,应该把通往各郡的里程实地测量一下才好,不能老是用估计数字。当时测量里程的工具叫作“弓”,这弓的样子和射箭的弓差不多,也装一根弦,但弦是木制的,没有弹性,不能射箭。弓的两只脚张开,相距刚巧 5 尺。测量的时候,把弓的一只脚放在起点,另一只脚向前。此后两脚交替向前,每量一弓是 5 尺,量 360 弓是 180 丈,也就是 500 米。这办法显然太麻烦,测量短距离勉强可用,测量长距离就不行了。应该想一个更好的办法。

有一天,他手下有位官员提议说:“用车轮量路是个好办法。如果车轮圆周是 6 尺,那么它在路上转 300 个圈子就是一里。”张衡高兴地说:“好主意!可是怎样计算车轮转动的圈数呢?”这个问题又在他的脑海里运转了。终于,他又想到齿轮了。他想:如果在车轮的轴上装一只小齿轮,圆周一尺,铸 10 个齿;这个小齿轮的齿套着一个平放的大齿轮的齿。大齿轮圆周一丈,铸 100 个齿。这样,车轮每转一圈,小齿轮跟着转一圈,大齿轮只转十分之一圈。大齿轮转一圈,就说明车轮转了 10 圈。想到了这个办法,接下来的问题就容易解决了。大齿轮的轮轴上装一个圆周一尺的小齿轮,套着一个圆周 6 尺的中齿轮,那么中齿轮转一圈,岂不是大齿轮转 6 圈,而车轮就转了 60 圈吗?再照这办法,6 尺齿轮的轮轴上装一个一尺齿轮,让它套着一个圆周 5 尺的中齿轮。于是,5 尺中齿轮转一圈,一丈大齿轮就转了 30 圈,而车轮就转了 300 圈!如果车轮的圆周是 6 尺,300 圈正好是