



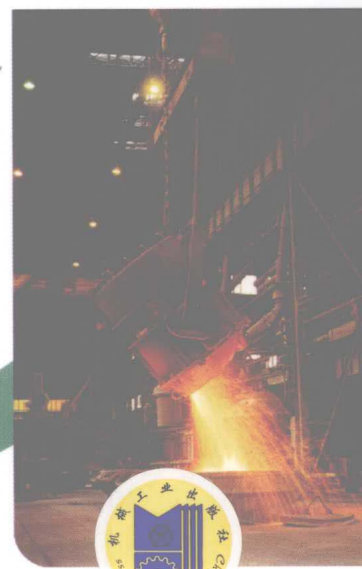
Rockwell
Automation

罗克韦尔自动化技术丛书

MicroLogix

核心控制系统

主 编 钱晓龙 赵 舵
副主编 李晓理 何双萍
主 审 胡俊锦



罗克韦尔自动化技术丛书



Mic roLogix 核心控制系统

主 编 钱晓龙 赵 舵

副主编 李晓理 何双萍

主 审 胡俊锦



机 械 工 业 出 版 社

本书介绍了常用控制电器和可编程序控制器的基础知识和基本原理,并以罗克韦尔自动化公司的小型核心控制系统为背景,系统地介绍了常用电器的结构、工作原理和使用方法;重点介绍了 MicroLogix 系列 PLC 的硬件特性、网络系统、编程指令和编程方法;并介绍了 PowerFlex4 系列变频器和 PanelView Component 人机界面的使用及它们在核心控制系统中的应用。

本书总结了笔者多年来讲授这方面专业课的体会和实际自动化系统设计的经验,本着深入浅出、少而精的原则,在结构上打破常规相关书籍的方式,每章按学习目标、背景、正文、小结、习题和思考题的格式编写,以便于教学与自学。

通过学习本书可以:

- 1) 解决工作的难点,掌握当前自动化发展的热点;
- 2) 深入了解罗克韦尔自动化公司智能电器的强大功能;
- 3) 运用 MicroLogix 的编程指令进行编程;
- 4) 了解 MicroLogix 系列控制器的应用;
- 5) 熟悉罗克韦尔自动化网络的特性;
- 6) 学会如何将小型核心控制系统应用到 OEM 工程中。

本书可作为自动化及其相关专业的教材,也可供从事自动化专业的工程技术人员参考,尤其适合作为各高校开展 PLC 的教学实验和罗克韦尔自动化公司的初级、中级培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

MicroLogix 核心控制系统 / 钱晓龙, 赵舵主编. —北京: 机械工业出版社, 2010. 7

(罗克韦尔自动化技术丛书)

ISBN 978-7-111-31237-6

I. ①M… II. ①钱… ②赵 III. ①可编程序控制器

IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 130856 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 林春泉 责任编辑: 赵 任

版式设计: 霍永明 责任校对: 唐海燕

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 王书来

北京兴华昌盛印刷有限公司印刷

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 28.25 印张 · 710 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-31237-6

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服中心: (010) 88361066

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

罗克韦尔自动化公司中国大学项目开展了已有十几年,随着参加学校的增加,很多老师和同学都感到非常需要一些入门级的教材来帮助大家尽快地掌握罗克韦尔自动化公司的硬件和软件技术。东北大学罗克韦尔自动化公司实验室在 2003 年曾应大学项目部的委托,出版了《智能电器与 MicroLogix 控制器》和《MicroLogix 控制器应用实例》两本教材。但随着技术的快速发展和产品的不断更新,特别是以 MicroLogix1100 为主体的“Component Controller Unit”的提出,原有的教材已不能适应目前的需求,而这些小型控制系统的 DEMO 组合非常适用于高校开展实训。它们体积小、功能强、配置灵活、性价比高,更适用于 OEM 厂商对这类产品和解决方案的选择。2010 年的年初,应罗克韦尔自动化公司中国大学项目部李磊经理和 ACIG 产品部门胡俊锦先生的邀请,开始着手编写本书。

本书由东北大学钱晓龙、西南交通大学赵舵主编。罗克韦尔自动化公司胡俊锦先生主审。全书共分十五章,其中李磊负责第 1 章风雨历程的编写;赵舵负责第 2 章常用控制电器、第 3 章电气控制电路的设计和第 4 章可程序控制器原理的编写;钱晓龙负责第 5 章 MicroLogix 控制器硬件、第 6 章 MicroLogix 控制器的编程指令和第 8 章 MicroLogix 网络通信的编写;北京科技大学的李晓理负责第 7 章 MicroLogix 控制器的功能文件和第 9 章 MicroLogix 控制器编程示例的编写。东北大学罗克韦尔自动化公司实验室的何双萍负责第 13 章色彩感应控制系统、第 14 章电动机控制系统、第 15 章逻辑控制系统的编写;张鹏编写了第 10 章速度控制系统,于美玲编写了第 11 章位置控制系统;原魁编写了第 12 章温度控制系统。宋宏伟、秦彦博、陈作超、高嵩、梁岩、刘翔、王治国、张星、曹龙和黄鼎鼎等也参加了部分编写工作和实验设计,同时他们还对书中的所有实验进行了验证。本书也得到了北京市优秀人才计划项目(2009D013001000016)的支持,在这里一并表示感谢。值得一提的是罗克韦尔自动化公司 OEM 产品经理李大光先生,他不仅参与了本书提纲的编写,还提供了大量的素材。罗克韦尔自动化公司中国大学项目部的李森小姐和吕颖珊小姐也一直关注着本书的出版,她们给予了我们各方面的帮助,同时也提出了大量宝贵的意见,在此表示最诚挚的谢意。

全书以 MicroLogix 控制器的使用为基调,同时兼顾于常用电器、PanelView Component 人机界面、PowerFlex4 系列变频器的系统组成。可以说是对 MicroLogix 核心控制单元灵活运用的归纳与总结,本书的着眼点是将教会大家如何将使用放在第一位,使 MicroLogix 核心控制单元的特点能够在实战中得到淋漓尽致的发挥。

由于编者水平有限,特别是对“Component Controller Unit”在实际应用中的积累还不够,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者于东北大学
2010 年 7 月 1 日

目 录

前 言

第 1 章 风雨历程	1
1.1 Allen-Bradley 公司的创立	3
1.1.1 艾伦与布拉德利的合作	3
1.1.2 布拉德利兄弟的奋斗	4
1.2 Allen-Bradley 公司的发展	4
1.2.1 电器技术的开发带来的突破	4
1.2.2 美国式的发展	5
1.2.3 可编程控制器的出现	6
1.3 Allen-Bradley 公司的企业文化	8
1.3.1 布拉德利兄弟的生活	8
1.3.2 建立布拉德利基金会	9
1.3.3 大学合作项目	9
第 2 章 常用控制电路	12
2.1 常用控制电器的定义和分类	14
2.2 电磁式控制电器的基本结构和原理	14
2.3 控制开关和熔断器	22
2.4 接触器	25
2.5 继电器	28
2.6 按钮和开关	31
2.7 小结	32
习 题	33
思考题	33
第 3 章 电气控制电路的设计	34
3.1 电气控制电路的绘制	36
3.2 电动机直接起动控制	44
3.3 电动机减压起动控制	46
3.4 电动机的正反转控制	49
3.5 电动机的制动控制	50
3.6 小结	52
习 题	52
思考题	54
第 4 章 可编程控制器原理	55
4.1 可编程控制器的组成	57
4.1.1 可编程控制器的基本结构	57
4.1.2 中央处理单元	59

4.2 输入/输出单元	61
4.2.1 开关量输入/输出单元	61
4.2.2 特殊功能 I/O 单元	64
4.3 PLC 的工作原理	72
4.3.1 基本工作原理	72
4.3.2 PLC 的循环扫描原理	72
4.3.3 建立 I/O 映像区	73
4.3.4 输入/输出操作	74
4.3.5 中断输入处理	75
4.3.6 PLC 的主要性能指标	76
4.4 小结	78
习 题	78
思考题	79
第 5 章 MicroLogix 控制器硬件	80
5.1 MicroLogix 1000 控制器	82
5.1.1 MicroLogix 1000 的硬件特性	82
5.1.2 MicroLogix 1000 的 I/O 设置	83
5.2 MicroLogix 1100 控制器	85
5.2.1 MicroLogix 1100 的硬件特性	86
5.2.2 MicroLogix 1100 的 I/O 设置	88
5.2.3 MicroLogix 1100 的 LCD 功能	90
5.3 MicroLogix 1200 控制器	107
5.3.1 MicroLogix 1200 的硬件特性	107
5.3.2 MicroLogix 1200 的扩展 I/O 设置	111
5.4 MicroLogix 1400 控制器	117
5.4.1 MicroLogix 1400 的硬件特性	117
5.4.2 MicroLogix 1400 的 LCD 功能	120
5.5 MicroLogix 1500 控制器	130
5.5.1 MicroLogix 1500 的硬件特性	131
5.5.2 MicroLogix 1500 的 I/O 设置	132
5.6 小结	137
习 题	137
思考题	138
第 6 章 MicroLogix 控制器的编程指令	139
6.1 PLC 编程语言	141
6.1.1 梯形图	141
6.1.2 结构文本	142
6.1.3 顺序功能图	142
6.1.4 编程器的工作方式	144
6.2 PLC 的内存组织	145
6.2.1 程序文件	145
6.2.2 数据文件	145

6.3 MicroLogix 控制器的指令系统	151
6.3.1 位指令	151
6.3.2 计时器和计数器指令	153
6.3.3 比较指令	157
6.3.4 算术与转换指令	160
6.3.5 传送和逻辑指令	166
6.3.6 移位和顺序进出指令	168
6.3.7 程序流程指令	176
6.3.8 中断指令	181
6.4 对等通信指令	183
6.5 过程控制指令	185
6.5.1 PID 指令的文件格式	185
6.5.2 PID 指令的参数	187
6.5.3 PID 指令标志位的说明	187
6.5.4 PID 指令应用注意事项	189
6.6 ASCII 指令	190
6.6.1 ASCII 字符串控制指令	190
6.6.2 ASCII 端口控制指令	192
6.7 小结	196
习 题	196
思考题	197
第 7 章 MicroLogix 控制器的功能文件	198
7.1 功能文件	200
7.2 HSC 高速计数器	201
7.3 PTO 脉冲串输出	209
7.4 PWM 脉宽调制模块	213
7.5 STI 可选定时中断	214
7.6 EII 事件输入中断	217
7.7 RTC 实时时钟	219
7.8 MMI 存储器模块信息	220
7.9 TPI 微调电位器	221
7.10 DAT 数据存储仪	222
习 题	225
思考题	225
第 8 章 MicroLogix 控制器的网络通信	226
8.1 MicroLogix 控制器的网络结构	228
8.2 DF1 全双工通信	229
8.2.1 DF1 全双工通信设置	229
8.2.2 有线 Modem 的通信设置	234
8.3 DF1 半双工通信	242
8.3.1 DF1 半双工通信设置	243
8.3.2 无线数传电台的通信设置	245

8.4	DH-485 网络的通信	252
8.5	Ethernet 的通信	255
8.5.1	Ethernet 通信口设置	255
8.5.2	使用 ENI Utility 组态软件分配 IP 地址	258
8.6	DeviceNet 设备网的通信	262
8.6.1	DeviceNet 设备网的通信方式	262
8.6.2	DeviceNet 网络上的主从通信	266
8.6.3	使用 DNI Utility 软件组态从站	267
8.6.4	DeviceNet 网络上的对等通信	271
8.7	DNP3 分布式网络协议	275
8.8	小结	284
	习 题	284
	思考题	285
第 9 章	MicroLogix 控制器的编程示例	286
9.1	编程软件 RSLogix 500 的使用	289
9.2	仿真软件 RSLogix Emulate500 的使用	302
9.3	小结	304
	习 题	305
	思考题	305
第 10 章	速度控制系统	306
10.1	速度控制系统结构	308
10.2	PowerFlex 4M 交流变频器	309
10.2.1	PowerFlex 4M 变频器选型	310
10.2.2	PowerFlex 4M 的 I/O 端子接线	310
10.2.3	PowerFlex 4M 集成式键盘操作	313
10.2.4	PowerFlex 4M 的 Modbus 网络通信	316
10.3	速度控制系统设计	325
10.3.1	用户编程控制	325
10.3.2	节点控制	327
10.3.3	变频器控制	330
10.3.4	备份和恢复	331
第 11 章	位置控制系统	334
11.1	位置控制系统概述	336
11.2	PowerFlex 40 变频器	336
11.2.1	特定时间的步序逻辑功能	337
11.2.2	基于逻辑控制的步序逻辑功能	339
11.3	PanelView Component 的应用	346
11.3.1	设置 PanelView Component C600 的 IP 地址	347
11.3.2	创建应用项目	348
11.3.3	创建画面	352
11.4	位置控制系统设计	366
11.4.1	PanelView Component 控制程序	366

11.4.2 位置控制程序	369
第 12 章 温度控制系统	374
12.1 温度控制系统结构	376
12.2 温度控制器	377
12.2.1 温度控制器的特点及其选型	377
12.2.2 温度控制器的设置	379
12.3 温度控制系统的设计	382
12.3.1 用户编程控制	383
12.3.2 PanelView Component 控制	384
12.3.3 温度控制器控制	385
第 13 章 色彩感应控制系统	391
13.1 色彩感应控制系统结构	393
13.2 色彩传感器	394
13.2.1 色彩传感器的硬件特点	394
13.2.2 色彩传感器的通信协议	395
13.3 色彩感应系统程序的标准化设计	397
13.3.1 传感器的基本设置及基本信息的读取	397
13.3.2 设置颜色的上下限和控制相应的输出	400
第 14 章 电动机控制系统	405
14.1 电动机控制系统结构	407
14.2 SMC-3 智能电动机控制器	408
14.2.1 SMC-3 智能电动机控制器的特点和功能	408
14.2.2 SMC-智能电动机控制器的连线与设置	409
14.2.3 组件 IEC 起动器	410
14.3 电动机控制系统设计	412
14.3.1 电动机控制系统的程序设计	412
14.3.2 故障处理	416
第 15 章 逻辑控制系统	417
15.1 电梯模型控制系统的设计	419
15.2 MicroLogix 1500 控制器的组态	419
15.3 PanelView 600 的使用	423
15.4 160 SSC 变频器的设置	437
参考文献	444

第 1 章

风雨历程

学习目标

- 了解 Allen-Bradley 公司的创业史
- 体会布拉德利兄弟创业的艰难
- 了解电器技术发展的背景
- 了解可编程序控制器的产生环境
- 体会罗克韦尔自动化公司的企业文化
- 大学合作项目的发展

背 景

1999年9月16日,东北大学罗克韦尔自动化公司实验室落成剪彩,它宣布了罗克韦尔自动化公司的大学项目计划在中国又发展了一个合作伙伴。在开幕式上,东北大学校长与美国罗克韦尔自动化公司副总裁兼驻中国首席代表白恩时先生都作了热情洋溢的讲话。从此东北大学的校园里又多了一处培养未来自动化工程师的摇篮。

根据东北大学与罗克韦尔自动化公司签订的协议,实验室主要是为本科生、研究生提供良好的实验环境,从事自动化领域的科学研究,同时宣传罗克韦尔自动化公司的先进设备。实验室占地面积为400平方米,其设备由罗克韦尔自动化公司捐赠,包括工控机、可编程逻辑控制器、变频器、智能电动机控制器、变速器等处于世界自动化领域领先水平的系列产品。

作为世界知名的工业自动化公司,罗克韦尔自动化公司充分认识到当今自动化技术日新月异的发展,需要的是对人才的培养与技术的交流。自1998年起,罗克韦尔自动化公司向中国的10所著名理工科大学捐建了配备世界一流的工业自动化实验室。它们包括:重庆大学、广东工业大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、东北大学、上海交通大学、东南大学、清华大学、西安交通大学、浙江大学。此外罗克韦尔自动化公司还帮助香港理工大学建设了类似的实验室。这11所大学实验室的重要特征之一就是它们都是世界一流的实验室。这些实验室配备有罗克韦尔自动化公司最新的设备和技术。许多世界领先的制造企业都在使用这些产品和技术,所以这些实验室在技术和设备上提供了一个真实的、先进的工业自动化生产环境。为使实验室始终处于技术的最前沿,罗克韦尔自动化公司每年定期更新实验设备,以确保实验室能够跟上自动化技术的飞速发展。为了鼓励和奖励优秀者,罗克韦尔自动化公司还为在工业自动化及相关学科取得突出成绩的学生和教师提供年度奖学金和奖教金。

领先的技术、一流的设备,加之师生们超前的思维、辛勤的工作和现代化的管理,罗克韦尔公司实验室不再是普通意义上的给学生提供实验环境的地方,而是多学科、多领域的研究基地,是东北大学对外展示自己的窗口。在成立后的几年当中,罗克韦尔公司实验室培养了一批批优秀的人才,通过在实验室的学习和掌握的知识,他们在各自的工作岗位上施展着自己的才华,对此他们十分感谢大学项目给他们带来的机遇。

随着中国加入世界贸易组织并不断融入全球性的国际经济潮流,中国与其他国家的知识共享和文化交流变得日益重要。因此,我们在学习的同时,也要了解一些对方的历史背景和企业文化,适时地融入到自己的工作中来。

1.1 Allen-Bradley 公司的创立

2003 年恰是 Allen-Bradley 公司创立 100 周年纪念。因此,在学习 PLC 强大的控制功能之前,本书第 1 章从公司的创建、发展以及文化底蕴 3 个角度分别详细地讲述了 Allen-Bradley 公司不平凡的创业历程。

1.1.1 艾伦与布拉德利的合作

Allen-Bradley (A-B) 公司成立于 1903 年,它的创始人是一对亲兄弟,兰德·布拉德利和哈里·布拉德利。兰德·布拉德利于 1878 年 8 月 19 日出生在美国威斯康星州的密尔沃基市。他的父亲是一家大型造纸公司的董事长;母亲出生于高级律师家庭,是一位很有才识的女性。兰德出生后不久,全家搬到了堪萨斯州。1885 年 1 月 5 日,哈里·布拉德利在那里出生。之后,1891 年他们全家又搬回了密尔沃基市。

1890 年,布拉德利家族遭受了空前的厄运,经济损失惨重。

1897 年,由于家境日趋贫寒,兰德高中时就中途辍学,在密尔沃基市开了第一个 X 射线实验室,从事与 X 射线相关的商业活动。经常光顾实验室的有一位 40 多岁的物理学家斯坦顿·艾伦。艾伦博士的频繁来访使他成为了兰德·布拉德利尊敬的长者、经济支持者和终身的朋友。每次面对重要决定时,兰德总是相信艾伦的判断。然而,由于实验室的商业情况得不到好转,两年后这个 X 射线实验室就关闭了。

1900 年,兰德在密尔沃基电子公司找到了一份工作,作为一个安装工和检修工。在这段时间里,兰德·布拉德利继续读书,做试验,思考未来。他梦想在电子设备领域能开辟出一片自己的天空,而密尔沃基电子公司无意中给他提供了这个机会。该公司生产的起重机发动机需要精确地控制,但是现有的控制器都不够精确,因此兰德决心制造一个新型控制器,使其在市场上最具有竞争力。1901 年 8 月 15 日,兰德辞职,从此研发电机控制器成为了兰德·布拉德利生活中的主题。

兰德首先是要找到创业资本,然而他的家庭已经不可能再为他提供帮助。于是他求助于斯坦顿·艾伦,得到了 1000 美元的资助。1901 年 8 月 18 日,兰德在地下室中完成了第一个控制器模型。如同 1893 年兰德制造的器件一样,这个模型也使用了碳的变阻性。1903 年 3 月 31 日,该模型申请到专利,但是控制器需要在实际的操作条件下才可以运行起重机发动机。于是他每星期工作 7 天,每天工作 10 小时,就这样在 1901 年 10 月 8 日,兰德完成了第一个可运行的控制器。当天,兰德跑到密尔沃基电子公司将控制器安装到一台起重机发动机上,工作情况令人十分满意。被这一成果所鼓舞,艾伦和兰德离开了地下室,搬进了属于他们的一家商店里。兰德不停地修改制图,一年内制造出了 4 个控制器,两个发动机起动器。尽管控制器性能优越,但并没有卖出一个。并且由于长期拖欠房租,他们被起诉上法庭。

两个合作者并没有就此放弃,他们找到了另一位合作者,可以为他们提供场所和技能帮助。1903 年 7 月,他们搬到斐佛尔和史密斯机器商店。在这里,兰德在 4 个月中制造了 4 个发动机起动器,其中两个被买走,这是合作者们第一次盈利。但是,两年的时间只卖出两个产品令兰德很失望。现在,他们需要资金帮助。密尔沃基市没有人对此感兴趣,因此兰德只能去南部寻找其他合作者。1903 年 11 月 12 日,兰德经别人介绍与美国电子熔断器

(AEF) 公司的董事长弗兰克·琼斯见面。琼斯表示支持他们，并建议就此成立公司。于是 1903 年 12 月 12 日，压缩变阻器 (Compression Rheostat) 公司成立。领导人是兰德·布拉德利、斯坦顿·艾伦以及艾伦的妻子玛利亚，控制器命名为“Allen-Bradley”设备。这一天成为了日后享誉世界自动化舞台的 Allen-Bradley 公司的誕生日。

1.1.2 布拉德利兄弟的奋斗

1904 年 1 月 6 日，美国电子熔断器公司和压缩变阻器公司签订正式合作关系：兰德公司的人员设计新型产品，琼斯每月支付他们 \$100，艾伦和布拉德利欣然接收。产品的生产由密尔沃基市的斐佛尔和史密斯机械师负责，并履行与美国电子熔断器公司的合同。现在，兰德需要一名技能全面的人才，可以同时作为电工、制图者、机械工，这样的人很难找到，但是兰德心中已经确定了目标，就是他的亲弟弟哈里·布拉德利。

与兰德一样，哈里也是高中辍学，他对电子也有一种与生俱来的热爱之情。1904 年 2 月 28 日，星期日，哈里报到上班。在两位布拉德利兄弟的共同努力下，生产进度加快了。令人兴奋的是公司的第一次大型销售：\$1000 订单要 13 个起重机控制器。接着，芝加哥的一位生产巨头要把 Allen-Bradley 控制器加入他的整个发动机生产线，这个好消息使兰德觉得“确定可以走向成功的大路”。但是，由于控制器中存在一个明显的致命缺陷（它们作为指示器性能很好，但是在实际条件下长时间使用时，本身阻抗所产生的热能会使碳变成粉末，失去效用），在 1904 年，由于控制器的致命弱点，公司崩溃。

兰德和哈里经过三年的大量研究，在 1907 年，哈里攻克了这个技术障碍，他发现石墨是解决问题的关键所在（石墨可以耐机械压力，当它在高温下呈现粉末状时，能产生很大的电阻值）。这整整耗费了他们六年的时间，1910 年 1 月 3 日，压缩变阻器公司被重新命名为 Allen-Bradley 公司，斯坦顿·艾伦继续担任董事长。

这些年留在兰德记忆中的只有奋斗，他经历了拒绝、经济困窘、技术灾难。自从 1901 年兰德辞职的那天起，他花费了 10 年的时间才到达了其他工业家的起步点。终于在 1912 年，他和哈里可以享受到坚持所带来的胜利果实了。

1.2 Allen-Bradley 公司的发展

伴随着工业革命的进步，各种先进的技术逐步进入到制造业中来，通过了解 Allen-Bradley 公司走过的艰难历程，使我们更清楚地了解到电器技术和可编程序控制器技术的发展历史。

1.2.1 电器技术的开发带来的突破

1916 年 10 月 16 日，斯坦顿·艾伦逝世。兰德担当董事长，哈里升为副董事长。公司内所有的职位安排就绪后，兰德和哈里开始扩大生产线，在专攻石墨可变电阻器的同时，又为该技术找到了新的应用领域。1912 年，Allen-Bradley 开始销售起动器、自动开关、速度调整器、电池充电器以及可靠的起重机控制器。

兰德在一段时间内仍是主要设计者，1911 年至 1917 年间他共获得了 12 个新专利，总专利数达到 15 个；其中 6 个专利是和哈里共同享有的。真正使公司在市场上占有一席之地，

使它从黯淡走向辉煌的是第一次世界大战。一战中，所有的机器都用电力驱动，因此对机器控制器的需求迅猛增长。大的电子公司的产品都被抢购一空，军事家不得不转向一些新兴公司，例如 Allen-Bradley 公司。1916 年，需求的浪潮使公司的年销售额达到了 \$230 000，几乎是前几年收入总和的三倍，这个时期被认为是电器技术发展的开始。

1917 年，销售额达 \$400000，达到 6 年前的 10 倍。在 1911 年劳动力只是 12 人左右，到 1917 年上升为 150 人，两年后到达 218 人。1917 年，公司买下了斐佛尔和史密斯商店，以前公司只占据商店的一个角落，而如今充满了整个三层楼。1918 年，Allen-Bradley 公司在旧的斐佛尔和史密斯商店的右角侧又建立了一个三层楼，现在的公司看起来好像由两个翅膀组成。

比起成功，布拉德利兄弟更习惯于奋斗。15 年不停地努力之后，他们发现战争年代的突然繁荣是令人昏乱的。然而，他们很快便回到了更熟悉的环境。在 1919 年，战争突然结束，经济紧缩，Allen-Bradley 公司的销售额下降了 25%。布拉德利兄弟感到恐慌，于是削减劳动力，停止发展生产，可是很快就为此做法而感到后悔。当面临 1920 年更大的经济萧条时，尽管此时的销售额比以前减少了一半多，但公司并没有削减劳动力，相反，布拉德利兄弟使雇用人数稳定下来，继续发展生产，这一举措立即得到了回报。

新的产品使 Allen-Bradley 公司在市场中一直处于领先地位，随后 Allen-Bradley 公司又发现了一个更大的产品市场。公司开发了一个小的内部仪表板式可变电阻器，用于控制电流从汽车发电机到电池的流动。公司里有一名顾客是一位业余录音机爱好者，他发现小型可变电阻器是家用式录音机装置的理想组成部分，顾客把这一发现告诉了公司中的一名销售员，从此，公司好似绊倒在金矿上。就像 1950 年的电视机狂潮一样，录音机在 1920 年掀起了一股狂潮。Allen-Bradley 公司新的可变电阻器使录音机工作状况良好，被称为“完美的细丝控制”，到 1922 年 4 月，每周订货量几乎为 15000 个，Allen-Bradley 公司很快地占据了录音机配件主要市场。在 1924 年公司的总销售额突破了 100 万，1926 年突破了 200 万，1929 年接近 300 万。Allen-Bradley 公司成为了金钱制造商，它的净收入占 1925 年到 1929 年间销售额的 12%。

1.2.2 美国式的发展

当第一次世界大战开始时，公司还是摇摇欲坠的，但到了大战末，公司建立了繁荣的商业。尽管 1918 年的休战使公司不得不作些调整，但是 Allen-Bradley 公司发展的高度是兰德和哈里·布拉德利几年前根本无法想象到的。

Allen-Bradley 公司当时有 3 个主要领导人，即兰德·布拉德利、哈里·布拉德利和弗雷德·劳克。兰德是董事长并拥有大多数股份，但是他大多数时间依然是在粉末房中，尝试各种电阻器的试验。哈里，虽然他的头衔是副董事长和司库，但他却成为公司主要的执政人员。在 1920 年至 1930 年间，劳克的职位发生了默默的、非正式的转变，至少拥有和哈里一样的权力。将权力移交给劳克对公司的运行状况并没有产生多大影响，布拉德利兄弟在商业贸易方面早已经非常器重他，并且劳克始终把 Allen-Bradley 公司当作自己的家。劳克相当于第三个布拉德利，他十分注重公司的文化和条例。这 3 个主要领导人的基本信仰和见解交织在一起，他们与 Allen-Bradley 公司同呼吸共命运，三位统治者兰德、哈里、劳克携手共同推动公司的发展。

兰德由于长期生活节俭，并且数 10 年处于危险的工作环境中，受到辐射、石棉、硫磺和溶剂这些物质的侵害，这些物质与酒精一样会对人产生严重的危害。1942 年 2 月 8 日，兰德因肝硬化不幸逝世，终年 63 岁。

1960 年春天，哈里的身体状况也出现滑坡。他开始变得脾气暴躁，易发怒，经常和雇员争吵，和亲密的朋友发生口角，所有的行为和以前大不一样。1960 年 7 月，他住进疗养院并接受长期治疗。住院期间，哈里·布拉德利时而清醒，时而神志错乱，偶尔可以参加会议和典礼，在妻子佩格·布拉德利的陪同下，每年冬天去佛罗里达旅游，但他始终没有康复。1965 年 7 月 23 日，Allen-Bradley 公司的第二位创始人逝世，终年 80 岁。弗雷德·劳克按照兰德和哈里确立的传统继续领导 Allen-Bradley 公司，销售额和雇用人员稳定增长，公司的产品增长没有受到任何干扰。

1967 年 6 月，弗雷德·劳克退休，阿尔路·保罗接替了他的位置。保罗在 1933 年加入公司，成为兰德·布拉德利的助手，然后进入销售领域，当上了纽约市的地区经理。1962 年，弗雷德·劳克提拔他进入董事会，在那里保罗处理公司各项事务的才能得到了进一步的赏识，5 年后，赢得最后提升。阿尔路·保罗就职后，为了使 Allen-Bradley 公司跟上市场和时代的步伐，做了几件具有重要意义的举措。1968 年 11 月，他宣布公司分成三大块：工业控制、电子零件和特殊产品。保罗任命了 8 个新的副董事长，同时将托尼·雷德提升为工业控制部门的经理。雷德的卓越才华得到了广泛的认可，1969 年，他被提升为 Allen-Bradley 公司的执政副董事长。保罗试图扩大公司的视野，在技术和地理位置两方面共同前进。1969 年，Allen-Bradley 公司在落后主要竞争者 10 到 20 年的情况下，在英格兰南部建立了一个生产基地，这是公司在欧洲开创的第一家工厂。1970 年 2 月，阿尔路·保罗任职期还差 3 年，提前退休。之后，董事会一致选举托尼·雷德担任董事长。雷德对公司的现代管理提出了新的见解，预算控制、战略计划、经营训练是他管理的主要特色。与此同时，雷德继续发扬代表 Allen-Bradley 公司文化的“惊奇的传统和人们之间和谐的氛围”。

托尼·雷德开始他管理的中心任务：使 Allen-Bradley 公司在电子工业领域恢复到领先者的位置。如果说阿尔路·保罗轻轻推动了公司的前进，那么雷德则是用他所有的威力大力促进了企业的发展。1970 年至 1980 年间，Allen-Bradley 公司在威斯康星、美国、墨西哥、英格兰、德国等世界各地纷纷建立工厂。对公司的生计起到决定性作用的工业控制器仍在总部继续生产，但与此同时，很多其他的生产线-电子零件、控制器和驱动器控制中心也在其他工厂步入正轨。当托尼·雷德在 1970 年任职董事时，Allen-Bradley 公司大约有 7000 雇员，几乎都在总部。到了 1980 年，公司的劳动力翻了 2 倍多，达到 15000 人左右，所有新增加的雇员都在总部之外的其他各地。

1.2.3 可编程序控制器的出现

Allen-Bradley 公司长期以机电控制器、接触器为中心。然而，从晶体管到半导体的转换大大增加了技术突破的可能性，而这一可能性最初却被公司完全忽略了。数字控制器（NC）设备在 20 世纪 50 年代开始出现，带编程的计算机磁带代替了手工操作员，可以将指令通过磁带阅读器、固定电线、转播网络传送给机器工具。数字控制器相当于具有内在运行指南的电子机械师，他们将特定的命令转播给特定的机器以达到特定的目的。数字控制器与手动控制器相比，应用空间更加宽阔，但是不够灵活，机器运行中的任何改变都需要重新接线和重

新编程。

可编程序控制器（PLC）在20世纪60年代首次登场，它标志着电机控制器又向前迈进了一步。软内存代替了硬接线，固定状态输入/输出设备代替了数字控制器固定的转接网络，使顾客拥有控制的自主权。如果说数字控制器提供了特定用途的操作指南，则PLC可以说是普通用途的必备字典。使用者为实现所需要的功能可以选择并任意改变各种命令，达到的控制广度和灵活性是当年的兰德·布拉德利不能奢求的。先后发展起来并且问世的数字控制器和可编程序控制器代表着工厂自动化领域的重大进步，它们和上一代电机产品之间的区别就像自动唱片点唱机和计算机之间的区别一样：老一代设备按照命令执行，而新一代模型控制着执行命令，制造商根据消耗和需求的实际需要选择使用的产品。

Allen-Bradley公司在20世纪60年代早期开发了第一个数字控制器，但在弗雷德·劳克执政期间没有得到足够的重视。阿尔路·保罗为Allen-Bradley公司孕育了高科技的种子，而托尼·雷德使那些种子开花结果。1970年，Allen-Bradley公司购买了班克若摩公司的数字控制器车间，同时包括在克利夫兰郊外的一个工厂，1971年，公司收购了总部在安阿博的生产可编程序控制器的信息器械公司；这两次收购使Allen-Bradley公司在世界PLC、变频器两方面的前沿科学上都有了一个立足点，发展工作加速了。雷德提示董事会要在新的研究领域获取丰硕的果实可能需要5到6年的时间，实践证明了他的推断，探索过程的确是漫长的、艰辛的、代价昂贵的。公司雇用了大量的工程师，组成研发队伍，长时间从事特定工程的研究。公司有时会走进误区，如引进MOS技术后的成效令人失望，看似有希望的投资也损失巨大。公司的年净收入滑到了\$852000，是第二次世界大战以来的最低点。

工程师研发队伍继续进行研究，引进更多的新型产品，包括光学传感器和厚薄膜电阻器网络。但研究的核心内容仍是数字控制器和可编程序控制器，公司在这两个领域发展了整套生产线，逐步引导Allen-Bradley公司走向技术领域的最前端。另外，市场反应情况比托尼·雷德预想的要迅速。

20世纪70年代，全球竞争加剧，各种竞争归根到底就是生产力的激烈竞争，而先进的生产力恰恰是新型控制器所能够提供的；这些控制器为快速性、高效率、低消耗设置了新的评价标准。1973年，数字控制器和可编程序控制器生产线合并形成系统部，该部门销售额的增长速度是空前的。1976年，产品预定量超过了工厂生产量和仓库存储量的总和。Allen-Bradley公司的销售额从1970年的\$1亿5千4百万飞跃到1975年的\$2亿6千5百万，1980年到达\$7亿，接着以年平均增长率超过17%的速度飞速膨胀，这些惊人的成就主要归功于系统部。同时，新型产品的最终成功也体现了公司的老一代传统：坚持、创新、为工业服务的宗旨；引发这个关键性转折点的领导人托尼·雷德被大家称赞为新一代Allen-Bradley公司的英雄。

雷德的执政期并没有结束，他既是公司的领导人并一直都是Allen-Bradley公司基金会的董事长，更重要的，他也是布拉德利理事会的领袖。理事会具有选拔每代领导人的权利，成员由公司内部逐渐扩大到公司外部，其中包括具有敏锐判断能力的商人。理事会负责考虑公司的未来，1984年10月，理事会宣布一项决定：Allen-Bradley公司开始拍卖。这一消息犹如晴天霹雳，投标者争先恐后，其中包括由公司内部高级执政人员领导的队伍。1985年1月，公布获胜者为罗克韦尔公司，中标价是\$16.51亿。随后，董事会立即将基金会改名为兰德和哈里基金会，一方面是为了怀念最初的创始人，另一方面是完成与Allen-Bradley公司

的分离。雷德表明，拍卖 Allen-Bradley 公司的主要目的就是托管统治，单纯而又简单。然而，它在成千上万人的心中留下了深深的烙印。除雷德表明的目的外，人们至少还能得出两个相关的结论。第一个结论是当公司在市场中处于顶峰位置时理事会将它卖掉；罗克韦尔公司的中标价是底价的 2 倍，当它以 \$16.51 亿终止交易时，甚至最乐观的分析家都感到震惊。第二个结论是此次拍卖对本地乃至整个国家的慈善事业都产生了深远的影响。无论真正的目的是什么，从兰德 1909 年回到密尔沃基的那天起，此次拍卖是 Allen-Bradley 公司和 Allen-Bradley 公司基金会历史上最重要的分水岭。它标志着旧的阶段结束，新的篇章开始。

1.3 Allen-Bradley 公司的企业文化

在兰德·布拉德利长期的商业生涯中表现出的最令人敬佩的人格特征就是坚持。对于每个有理想有精力的年轻人来说，市场的墙壁是陡峭的，一步的失误可能导致瞬间商场上的死亡。兰德和哈里遭遇了无数次的障碍，包括经济匮乏，工人罢工，技术挫折以及个人冲突，但是 Allen-Bradley 始终坚信公司就是一个大的家庭，团结才是真正的财富。经历了数年的磨难之后，兄弟俩终于在商业界的山顶聚集。

1.3.1 布拉德利兄弟的生活

布拉德利兄弟俩性格截然不同，他们生活在完全不同的两个世界里。熟悉他们的人很难相信他们是出生在同一个家庭，成长在同一个屋檐下。兰德是一名禁欲主义者，而哈里则是一名享乐主义者。兰德除了妻子再没有亲密的朋友，他很少去宴会，很少喝酒，几乎从不娱乐。尽管夫妻偶尔旅游，但目的地仍然离家很近。兰德很少笑，虽然天生具有幽默感，但不愿意交际。他的整个职业生涯都遵照一个条例：早起，在城镇一家小店吃早餐，乘坐公交车去公司。工作时，他或者在办公桌旁致力于产品设计，或者在粉末房里。兰德之所以始终生活俭朴，是因为他对技术的持久热爱，他内心只是一名工程师。他的剪贴簿中粘满了各种技术主题，例如蒸汽火车的进化、身体异味的消除、烟煤的燃烧等。摄影是他的主要业余爱好，他对摄影的技术方面和美学方面都很感兴趣。尽管在早期的创业中他表现出对商业贸易的敏感，但是当弟弟哈里和弗雷德·劳克在这方面表现得更突出时，兰德很高兴地返回到研究领域。他完全生活在一个技术世界里，对他来说，没有什么比酝酿出一个想法并亲眼看见它通过生产线是更令人兴奋的事情，商场上的成功对他几乎不意味着任何东西。在兰德可以支付起城市中任何一处房子时，他和妻子却仍然住在新婚时的旧房里。

然而，哈里·布拉德利习惯宴会的生活。他好社交，兴致勃勃，慷慨大方。他是一位热情的戏剧爱好者，一位多才多艺的舞蹈表演者，每当出差到纽约时，哈里会在那里学习最新的舞步回来教给 Allen-Bradley 公司的员工。他是公司指定的演艺人员，经常在密尔沃基国家俱乐部主持宴会。他的社交朋友包括密尔沃基最卓越的市民：有商业家、建筑师、工业家。但是，哈里并不是沉浸于享乐之中，在处理控制器早期问题上的创造性火花一直持续了他的整个职业生涯。哈里喜欢设计，而且兴趣比哥哥广泛。例如，1929 年他发明了一个圆形的洗衣喷泉，可以供工厂、学校和公共场所、或者其他建筑物中很多人同时使用，这个发明不久便代替了 Allen-Bradley 公司中习惯用于洗衣的桶和水槽。像兰德一样，哈里同样致力于电阻器的设计，并且在 20 世纪他获得的专利范围极广，从可调整的工厂架设棚架到轻便的留