



从校园到职场

工业电气控制

从入门到精通

高峻峣 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



从校园到职场

工业电气控制从入门到精通

主编 高峻峣

参编 安 泰 周成龙 高银阁

魏博宇 徐 彬 范 鹰



机械工业出版社

本书着力于解决从大学毕业生到电气控制工程师的过渡过程中需要解决的问题，特点是深入浅出，实用性强，凡是电气技术工作中需要的实用基础知识与基本技能都尽可能涵括。本书的编写原则是：简单、实用、易读、增长实用知识与技能。希望通过本书，帮助大学毕业生掌握基础知识、基本技能，快速适应新的工作岗位，尽快完成从大学生到工程师的顺利过渡，为以后事业的顺利发展打下良好的基础。

全书内容共分为9章：第1章为工程师常用思想方法与知识，第2章为电工基本知识与技能，第3章为电子知识与技能，第4章为计算机控制技术，第5章为电动机控制技术，第6章为普通机床电气，第7章为数控机床电气技术，第8章为自动生产线及柔性制造系统，第9章为典型机电设备的原理与维护。

本书可以作为刚刚步入工业电气控制行业的大学毕业生的参考书籍，也可供刚参加工作的其他学历的技术人员以及所有对电气技术感兴趣的读者参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业电气控制从入门到精通/高峻峤主编. —北京：机械工业出版社，2010.1

(从校园到职场)

ISBN 978 - 7 - 111 - 29215 - 9

I. 工… II. 高… III. 电气控制 IV. TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 223573 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：舒雯 责任编辑：舒雯 版式设计：霍永明

封面设计：饶薇 责任校对：陈延翔 责任印制：洪汉军

北京四季青印刷厂印刷 (三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 27.25 印张 · 546 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 29215 - 9

定价：42.00 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

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

大学生从学校毕业，进入工厂、公司参加工作，需要一个转变过程。从读书到工作，工作内容、评价标准都与学校不同，原来只是读书，考试分数就是标准；工作后没有了考试，评价标准变成了工作成绩的好坏、研制的产品是否成功、修理的产品是否好用、安装的产品是否能用、写的报告是否得到好评、联系的事情是否顺利、办的合同是否成功、与人合作是否愉快、领导是否器重等，这些都与学校有所不同。

有人说过：“如果一个大学生毕业后5年，能基本独立完成一件任务，不出大问题的话，就是很优秀的大学生了。”可见，从学生到工程师还有一大段距离。当前大学生存在的问题主要是：有知识，缺实践。本书就是希望能引导大学毕业生尽快转变，尽早适应实际工作，尽快成为合格的工程师。

全书内容共分为9章：第1章为工程师常用思想方法与知识，主要提出一些关于工作方法、思想方法、工作态度等方面的参考意见，以及常用的排查方法、解决方法、设计方法、制造方法、研制方法、实验方法、安全知识等。第2章为电工基本知识与技能，第3章为电子知识与技能，这两章主要讲解工程师需要的电子、电工方面的实用基础知识与技能，包括常用工具、仪表、设备的使用和常用电子、电工的实用电路。第4章为计算机控制技术，主要讲解以计算机为核心的控制设备的原理与应用。第5章为电动机控制技术，主要讲解各种电动机的实用知识与技能。第6章为普通机床电气，第7章为数控机床电气技术，这两章主要讲解普通机床、数控机床的基本原理、使用、维护技术。第8章为自动生产线及柔性制造系统，主要讲解加工中心、柔性制造系统、生产线等大型组合设备的基本原理、使用、维护技术。第9章为典型机电设备的原理与维护，主要列举一些典型的机电设备的实例。

参加本书编写的同志有：安泰（第1、3章）；周成龙、高银阁（第2章）；魏博宇（第4、5章）；徐彬（第6、7章）；范鹰（第8、9章）；全书由高峻峣主编与统稿。

编写过程中参考了大量有关文献与网络资源，大部分列在参考文献中，还有部分遗漏未能一一列出，在此对所有的作者一并表示感谢。

由于编者水平和条件所限，书中肯定有很多疏漏和错误，对一些问题的提法和论述过程也有不妥与不完善之处，恳请读者批评指正，在此表示感谢！

编 者

寄语刚参加工作的大学毕业生

大学毕业，从一名学生变成一个工程师，无论是在工厂、企业、公司、事业单位，角色已经转变，而大多数同学由于缺少经验，还不能马上形成比较正确的思想方法、工作态度、人生目标、生存技能，有些人进步较慢，有些则是碰得鼻青脸肿后才学会。现在就把一些值得注意的地方向各位介绍一下，希望能帮助各位同学尽快进入新的社会角色，成为一名好的工程师，少走一些弯路。

1. 学生到工程师的转变

学生，从小学到大学毕业，经过了16年的历程，已经形成了相似的生活经历、生活观念与价值标准，例如成功与否就是看考试成绩的高低，生活就是读书、吃饭、睡觉。目标也很明确：考出高分，考进高一级学府，争取毕业。赢得他人尊重的方法就是成绩好，社会对学生一直是采取捧的态度，每个人的社会背景在学校也不明显。人与人的关系是靠纯洁的友谊与真理的对错，人和人都是平等的，社会环境应该是公开、公正的。但是，参加工作后，理想与现实会有很多不太吻合的地方。

判断一个人的成功，不再是考试成绩，不是光靠用功读书就能成功的。工作后，能够独立干好领导交给你的事情，比如：修理好一台机器，设计完一个产品部件，组织一个活动，写一个方案等，你的结果符合技术要求，令同事与领导满意，就是一个判断标准，这需要努力、认真、负责、熟练的技术和综合的判断能力。有些高分的人，可能从综合判断能力、社会交往方面不太适应，进入工作岗位后反而不如一些成绩一般的同学。要在工作中成功，就是要把交给你的工作干好，先是干完，然后是干好，之后是干精，最后是干出特色与创新。这样，才能逐渐适应工作、熟悉环境，赢得同事与领导的信任，承认你的工作能力，把更为复杂、重要的任务交给你，从而得到更多的锻炼，进而得到重用与提升。

所以，进入社会后，首先要降低身份，以平等的地位同一切人交往，向工人、资深工程师、同事、工作人员、领导学习，不要摆出高人一等的样子，那样的话别人也懒得理你。

向所有的人学习，手勤、脚勤、嘴勤、脑勤，做一个勤快的人，做一个随和的人，做一个向上的人，做一个踏实的人，做一个赢得同事尊重的人，做一个小团体内最认真的人。做一个最优秀的人很难，但做一个最用功、最认真的人是可以做到的。

问题在于一些刚毕业的大学生有一些错误观念，认为自己得不到重视，不被重用，待遇不公平，人际关系复杂，付出与回报不成比例，没有前途等。一般会认为

自己先要得到领导重视，提供好的环境，才能好好工作。实际上这是颠倒了先后关系，只有你干出一点成绩，才能得到同事与领导的信任，才能被逐渐重视。工作成果、成绩在先，尊重与酬劳在后，而不是尊重与酬劳在先，工作成果、成绩在后。明白这一点很重要，社会是现实的，只承认已经有的、显现出来的成果，不承认未来的、没显示出来的、有潜力的东西，所以一定要先有成果，之后才能得到酬劳与尊重。

2. 从技术员、工程师到总工程师

一个大学毕业生到了工作岗位，和小学徒是很类似的，不被重视，杂活多，待遇低，此时要调整心态，努力学习，干好每一件小事，学习基本的技能、知识、熟悉环境、熟悉单位的工作流程，逐渐掌握基本技能，成为一个初级工程技术人员，能够干一般的小事，承担部分重要的工作。通过勤奋的工作、学习，尽快成为一名合格的工程师。

当你能独立主持一件小产品的开发或大型产品里一个部件的开发工作，能把产品做出，达到合格的技术要求后，你就是一个工程师了。再向上，要考虑如何把产品做好，如何把产品做精，如何把产品做出创新，逐渐成为工程师中的高手，可以主持一个大型产品的研发，此时你就具有高级工程师的水平了。往上再具有组织大型工厂、大型产品的研制能力，就是总工程师的水平了。当然，还需要有足够的经验、经历、资历与机会，但自己的技术水平就是这样逐渐成长的。

3. 学习新知识、新技能，学习其他专业

每个大学毕业生都有自己的专业，机械类、电气类、计算机类等，在搞好你自己的专业的同时，要注意学习其他专业的知识。因为，到工作岗位后，领导交给你的任务可能是包含多个专业，不一定是你很熟悉的内容。此时就要自己学习了，找到有关的书籍，先学习基础理论，再通过杂志学习较新的知识，再通过学习资料与参观学习，了解有关的知识与技能。很多好的工程师，围绕自己的产品，可能要掌握很多的内容，此时要有信心，因为学过一个专业后，再学另一个专业，是比较容易的。再者，大学只有四年，工作可能要有四十年，补充新知识是必然的，学习新知识是工作后经常的事。

学习新知识与技能不要怕、不要懒，什么都是由不会到会的，从基础到高级，一步一步来，是可以学会的。学习新技术，先找课本、资料，之后准备好硬件环境，照着说明书逐渐熟悉，同时向有经验的人学习，在工作中使用它，逐步就能学会新技能。年轻人在单位，有新知识的优势，可以利用它与老工程师交流，并且多请教工作方法和工作经验。

4. 立足之本

你到一个单位，立足之本是什么？技术。能优质地完成一个任务，交出一件产品，是你的立足之本。掌握了技术，即使不在一个公司，更换单位，也是可以的，

VI

但要有一定的技术水平作为本钱。

不要频繁地更换公司，要熟练掌握一种技术，至少需要在一个岗位上磨练几年，否则难以深入。学会一种技术后，即使以后更换方向，由于已经有第一次的经验，第二次也容易上手，如果从来没有干好一件事情的经验，那第二件也不一定能干得很好。

你的能力，你的成果，单位的同事、领导眼里一清二楚。干好一件事，往往就会有下面的事来，干坏一件事，往往就没有下文了。学到手的技术，这里被埋没，还可以另觅高就，从而掌握事业的主动权。

5. 保持向上的心态

工作、人生，顺利的时间很短，大多数时间是一般或负面感觉，有时甚至遇到没有希望的时候，此时要忍住，坚持，挺过一阵子，可能有转机。

做最好的自己，争取第一，是从立志高远的角度出发的。实际工作中，你能通过努力，在一个小圈子内，干的不错，得到尊重，就很好了。实际上，一个人一辈子能在一个小小的领域有一点进展，就很难得了。随着年龄的增大，目标越来越小，越来越实际，小时候的梦想会很大，大的时候干得事情却很小。

6. 学会放弃

如果一件事情是自己不擅长的，肯定搞不好，要学会判断，放弃。只有放弃一个旧的，才能在自己更适合的领域内投入自己更擅长的事业。让鸭子学短跑，让兔子学游泳，即使练一辈子，也难以有好的结果。

一个技术问题也一样，如果不具有可行性，那就要放弃。当然，要考虑实际情况，有些专家、大家说不行的，当你确定有新的方法能确实干出来，就不要听专家、大家的；但如果你也没有把握，就听专家、大家说的为好，不要固执。固执与坚持真理的区别是背后的技术问题你是否有真的解决方法，有，是坚持，没有，是固执。

如果无法确定，一个简单的方法是“时间法”：在一定的时间内，例如2年，一定经费内，例如20万，还不能解决的话就放弃。即使以后有别人解决这个问题你也不后悔了，因为你已经努力过，放弃这一个，可以投入新的方向。只有某一技术达到一个可能后，第一个发现机会并克服困难、实现出来的人，才是真正的高手。无法判断该放弃什么的人，也无法判断该干什么，成功只靠运气，偶然性太大了。成功是靠努力，靠判断，靠计划，靠克服困难，靠坚持，靠在复杂情况下能判明方向的能力。

7. 估计范围与限制

对任何一件事，要估计其最好和最坏的程度，如果最坏也能承受，就可以去干。对任何事情，要估计其有效范围，超出有效范围的，是不能适用的。对专家不要迷信，专家也经常由于不了解具体情况而出错。

8. 多目标并进

事业、家庭、挣钱、深造、做官、出国等，人生有很多目标，这是好事，要多目标追求，不要在一棵树上吊死，很多人会说“等干完什么什么事，再干别的”，这经常会耽误时间，不成功的失落感也太大，最好同时追求几个目标，一个不成还有另一个，十个里有一个成功也行。

9. 主动与闯劲

性格决定命运，主动的人比被动的人要多很多机会，要有主动精神与百折不挠的劲头，有闯出新天地的勇气，才有成功的可能。被动、胆小是成功的大敌。

10. 高级与基本

高级的专家，是能解决基本问题的，每个领域都有一些基本问题难以解决，谁解决了，谁就是高手。越高级的专家，越能解决基本的问题；解决几个领域共同的问题，就是更大的专家。

11. 水平与脾气

真正的高手，是很谦虚的，因为他知道还有更多的未知。也有脾气很大的专家，我们要尊重他，请教他。

12. 专家的定义

对某一小小的领域了解得最多、研究得最透彻的人就是专家。如果没有人比你更了解一个领域，你就是这个领域的专家。所以，通过勤奋、搜集、练习、开发、试验，成为某一小小领域了解最多的人，是成为专家的途径。凡是按正常逻辑办事，正确判断，勤奋认真的人，关注某一小小的领域，经过长时间的磨练与积累，都能成为一个专业人员、小专家。

13. 干事的水平

干不完：有很多理由，但结果是没完成，遗憾。

干完：无论再傻大黑粗，粗糙难看，但干完了。这是最基本的要求。

干好：在干完的基础上，能比较好看一点，像个东西。

干精：在干好的基础上，能在细节上优化、精化，比别人精细、优美，超出一般人。

干出创新：干出创新是很难的，很多人都在干，你凭什么比别人干得好？所以干活的最高境界是创新，但真正的创新很难很难。

14. 继承与创新

科技中继承是大多数，创新是一小点，所以先要把别人好的地方学会，练熟，才能在其基础上找到不足，提出改进，有所创新。日本剑道有一个提法：“守”、“破”、“离”三阶段。是说在向师傅学习武术的时候，初级阶段先要认真学习师傅的一招一式，严格按照规范来，不许偏离，叫“守”。学会并练熟后，要根据自己的特点与优势形成自己的特色，破除师傅的招法，叫“破”。达到高级阶段后，要

广采众家之长，离开自己的门派，叫“离”。强中自有强中手，能人背后有能人，广采众家之长，才能达到高手的境界。

15. 课本与实际

课本上的内容，是最基础的原理性介绍，剔除了许多细节，突出主要的原理，便于学习。但课本上很多内容是不能直接用在实际中的，实际中需要考虑很多具体的工程因素。一些人把课本上的机械结构或电路直接用在工程中，可能会遇到很多问题，这点需要注意。

16. 通用与特点

通用的原理是基础，但具体到某一个设备时，会有它的特点、具体的使用环境、特殊的要求，要充分考虑某一特定设备的特点，否则经常会出现问题。所以在设计某一类设备时，先要尽可能调研以前的相关技术，深入理解其中的优缺点，掌握前人已经具有的经验，在此基础上才能设计出好的产品，设计出创新点。盲目设计失败的可能性较大。

17. 发明与专利

单纯的一个新想法是容易的，每年国家专利局都会公布大量的专利，但其中能真正投入生产的比例是比较小的。只有经过长时间的工作，总结成功与失败的经验，经过自己的思考、判断，发现别人没有发现的点，提出自己的新方案、新方法，有着坚实的技术基础与积累，才是真正的创新。一个没有根据的创新不是真正的创新，只是一个新想法。

18. 技工与工程师

只有技能，没有设计能力，只是一个好技工。工程师要在掌握基础技能的基础上，掌握设计、开发新产品的能力。

19. 工匠与专家

只有技能，没有理论研究，充其量成为一个好工匠，专家是要从工作中提炼出对理论问题的研究，是通向更高层次的途径。没有理论指导的实践，水平难以达到很高的水平。我们在工作中也要注意理论指导，在可能的情况下做些技术理论研究工作，才能成为专家和更高水平的人才，单纯搞技术是有一定局限性的。

20. 样机与产品的区别

样机是原理性试验、演示装置，是验证有未知因素的技术或产品。样机要经过工艺化、大量实验、工程化、产品化的工作才能变成真正的产品，许多产品研发失败的例子是多数人误把样机当产品，造成失败。一般样机还要经过初样、正样、小批量试验等阶段，才能成为产品。产品可靠性是靠正规的流程、完整的质量保证体系与大量的试验、改进、测试来保证的，单纯的个人愿望是不能保证可靠性的。

21. 做事要坐得住凳子

凡是到处乱跑，心中长草，坐不住凳子的人，难以干好一件事情。

22. 有计划

做事要有计划，每天有计划、每月有计划、每年有计划、五年有计划、十年有计划、二十年有计划，否则极其容易随波逐流，丧失在生活的繁忙里，时间一晃而过，转眼而去。有老工程师感叹，“感觉刚大学毕业，怎么就退休了”。仔细计划，还可能干点事情，否则极易流失时间。

23. 待人处事

最简单的方法是与人为善，对任何人都善意相处，同样会得到善意的回报。谁都喜欢勤快、乐观、认真、向上的年轻人，不喜欢一脸痛苦、牢骚满腹、怨气冲天、手懒脚慢的人。

24. 成功的例子

某大学毕业生，毕业后进入一著名国际工控公司从事 PLC 技术支持。进入公司后，他把几个系列的 PLC 说明书从头到尾详细通学一遍，之后对照产品，把可以试验的功能基本都试过，之后经过三年开发与维修工作，基本掌握本公司所有系列的各个型号的 PLC 产品的性能与调试、维修技术，成为公司内公认的 PLC 专家，遇到别人解决不了的技术疑难问题，领导就派他出马，一般能不辱使命，顺利完成任务。很快有了立足之本，得到提升，事业发展顺利。

某专家年轻时，在别人休息时，晚上自己去试验室把别人弄坏的仪器进行维修，经过几年磨练，成为电子电路修理、使用、设计的熟手。后来单位进口一个大型关键设备，单位内无人能使，经过他试验、操作，设备发挥了重要作用，本人在单位扬名立万，开始了顺利的事业发展。

最后，希望各位能尽快适应新的工作岗位，事业顺利，找到自己的发展空间。做人低调，做事认真，忍得住寂寞，受得了批评，在充满未知与新奇、平淡与辉煌、平坦与曲折、快乐与痛苦、成功与失败的人生道路上永远向前！向前！当我们年迈时，回首年轻的岁月，不一定有多大成功，但我们可以说，“我认真努力过了，我不后悔”，就足够了。

编者

目 录

前言

寄语刚参加工作的大学毕业生

第 1 章 工程师常用思想方法与知识	1
1.1 工程师常用技术原则	1
1.1.1 查找问题基本原则	1
1.1.2 设计基本原则	2
1.1.3 调试基本原则	3
1.1.4 研制过程	4
1.2 可靠性设计及环境适应性	5
1.2.1 可靠性设计	5
1.2.2 环境适应性	6
1.3 安全用电	9
1.3.1 安全电压	9
1.3.2 触电原因	10
1.3.3 防止触电工具与手段	11
1.4 防火、防爆知识与技能	13
1.4.1 燃烧的本质特征	13
1.4.2 爆炸的本质特征	14
1.4.3 防火防爆的基本措施	15
1.4.4 火灾急救措施	16
1.5 急救知识	18
1.5.1 触电急救措施	18
1.5.2 对触电者进行急救	18
第 2 章 电工基本知识与技能	21
2.1 电工常用工具及基本操作	21
2.1.1 螺钉旋具	21
2.1.2 活扳手	22
2.1.3 钢丝钳	22
2.1.4 尖嘴钳	23
2.1.5 斜口钳	23
2.1.6 剥线钳	23
2.1.7 液压导线压接钳	24

2.1.8	电烙铁	24
2.1.9	低压验电笔	26
2.1.10	电工刀	27
2.1.11	拉具	27
2.1.12	紧线器	28
2.1.13	喷灯	28
2.1.14	手电钻	29
2.1.15	冲击钻	29
2.1.16	电锤	30
2.2	电工常用仪表及基本操作	31
2.2.1	万用表	31
2.2.2	电压表	35
2.2.3	电流表	36
2.2.4	功率表	36
2.2.5	电能表	38
2.2.6	钳形电流表	39
2.2.7	绝缘电阻表(兆欧表)	40
2.2.8	接地电阻表	42
2.3	电工常用材料	42
2.3.1	导电材料	42
2.3.2	绝缘材料	44
2.3.3	磁性材料	44
2.4	电工常用低压电器及使用	44
2.4.1	低压电器基础知识	44
2.4.2	低压开关	47
2.4.3	熔断器	51
2.4.4	主令电器	52
2.4.5	继电器	54
2.4.6	接触器	58
2.5	变压器基本知识	59
2.5.1	变压器的概述	59
2.5.2	变压器的结构与工作原理	60
2.5.3	变压器的联结	62
2.5.4	特殊变压器	63
2.5.5	变压器操作注意事项	64
2.6	发电、输电与配电原理以及安全用电	65
2.6.1	发电概述	65
2.6.2	输电概述	68

2.6.3 配电原理	69
2.7 照明电器安装	70
2.7.1 常用照明装置工作原理和安装电路	70
2.7.2 开关、插座的安装	75
2.7.3 导线的连接	76
2.8 低压电气线路工程	80
2.8.1 室内电气线路工程	80
2.8.2 室外电气线路工程	88
2.9 电气识图	92
2.9.1 电气图分类	92
2.9.2 电气符号	94
2.9.3 电气识图	97
第3章 电子知识与技能	100
3.1 常用电子器件识别与使用	100
3.1.1 电阻	100
3.1.2 电容	104
3.1.3 电感	105
3.1.4 二极管	108
3.1.5 晶体管	110
3.2 常用模拟电路	113
3.2.1 放大电路	113
3.2.2 信号发生器	115
3.2.3 电源电路	116
3.2.4 集成运算放大器	120
3.2.5 晶闸管	122
3.3 常用数字电路	124
3.3.1 集成块	124
3.3.2 数字电路	126
3.4 电子设备的设计、制造与使用	127
3.4.1 电子设备的设计与研制	127
3.4.2 电子设备的生产	129
3.4.3 电子设备的焊接	130
3.4.4 电子设备的调试	132
3.4.5 电子设备的维修	133
3.4.6 电子设备的设计、制作与调试实例	135
3.5 传感器	138
3.5.1 传感器的分类	139
3.5.2 传感器的特性	139

3.5.3	常用传感器	140
3.5.4	传感器的工作过程举例	141
第4章	计算机控制技术	142
4.1	计算机控制技术概述	142
4.1.1	自动控制系统的基本概念	143
4.1.2	自动控制系统的基本原理	144
4.1.3	计算机控制系统的概念	148
4.1.4	计算机控制系统的组成	151
4.1.5	计算机控制系统的特点及优点	153
4.1.6	控制用计算机	154
4.1.7	计算机控制中的信号种类	157
4.1.8	模/数转换 A/D 与采样频率	159
4.1.9	数/模转换 D/A 与保持器	159
4.1.10	控制计算机的总线	160
4.1.11	计算机的并行、串行接口	161
4.2	计算机控制技术的 PID 控制方法	164
4.2.1	数字 PID 控制方法	164
4.2.2	数字 PID 控制器参数选择	167
4.3	大型供水系统的测控与管理	168
4.3.1	需求说明	168
4.3.2	系统硬件结构	170
4.3.3	系统模型与控制规律	172
4.3.4	系统的软件结构	175
4.3.5	系统的测控效果	176
第5章	电动机控制技术	178
5.1	直流电动机	184
5.1.1	直流电动机的工作原理	184
5.1.2	直流电动机的结构和额定值	185
5.1.3	直流电动机的 PWM 调压调速原理	188
5.1.4	直流电动机的 PWM 控制	191
5.1.5	直流电动机驱动器	197
5.2	步进电动机	199
5.2.1	步进电动机的结构	200
5.2.2	步进电动机原理和驱动	201
5.2.3	步进电动机的单片机控制	205
5.3	三相异步电动机	209
5.3.1	三相异步电动机的基本工作原理与结构	210
5.3.2	交流电动机的控制	213

5.4 舵机	218
5.4.1 舵机的构造及工作原理	218
5.4.2 利用单片机 PWM 信号进行舵机控制	219
第 6 章 普通机床电气	222
6.1 机床控制线路原理与维修	222
6.1.1 机床电气控制线路原理	224
6.1.2 机床控制线路中的保护环节及其原理	235
6.1.3 机床控制线路故障分析及维修	237
6.2 常见典型机床控制电路	240
6.2.1 C650 型卧式车床电气控制线路	240
6.2.2 X62W 型万能铣床电气控制线路	246
6.2.3 T68 型卧式镗床电气控制线路	252
6.2.4 M1432 型万能外圆磨床电气控制线路	261
6.2.5 Z35 型摇臂钻床电气控制线路	267
第 7 章 数控机床电气技术	273
7.1 数控机床控制电气基本原理	273
7.1.1 数控机床简介	273
7.1.2 数控机床控制原理	274
7.2 插补原理	275
7.2.1 基准脉冲插补法原理	275
7.2.2 数据采样插补原理	277
7.3 数控机床电路	279
7.3.1 CK6150 经济型数控车床控制系统	279
7.3.2 XH714 立式加工中心电气控制系统	283
7.4 加工中心原理与使用	291
7.4.1 加工中心的工作原理	292
7.4.2 加工中心的组成及系列	292
7.4.3 加工中心的操作方法	294
第 8 章 自动生产线及柔性制造系统	313
8.1 自动生产线概述	314
8.2 自动生产线的组成	314
8.3 过程自动化和制造技术过程	318
8.3.1 过程和过程自动化	318
8.3.2 工业生产过程的分类和制造过程的特点	320
8.4 柔性制造技术的形成与发展	322
8.4.1 柔性制造技术产生的背景	322
8.4.2 柔性制造系统的发展历史	323
8.4.3 信息为柔性制造技术奠定基础	324

8.5	柔性制造系统基本结构	324
8.5.1	FMS 的控制功能和控制结构	324
8.5.2	简单示例	325
8.6	柔性制造自动化的基本概念	329
8.7	组成柔性制造系统的基本功能模块	333
8.8	加工设备	334
8.8.1	柔性制造系统对加工设备的要求	334
8.8.2	各类自动化加工设备	336
8.9	FMS 的设计与建造	337
8.9.1	系统规划与设计的主要步骤	338
8.9.2	系统的技术设计及详细设计	339
8.9.3	FMS 的安装、调试与验收测试	342
8.10	FMS 的优点和效益	351
第9章	典型机电设备的原理与维护	352
9.1	自动控制实用电路	352
9.1.1	温度控制类	352
9.1.2	灯光控制类	353
9.1.3	液位控制类	355
9.1.4	监测报警类	357
9.1.5	湿度控制类	359
9.1.6	时间控制类	360
9.2	空调器的控制系统	363
9.2.1	空调器概述	363
9.2.2	窗式空调器控制电路	363
9.2.3	分体式空调器控制电路	365
9.2.4	风冷式电热型空调机控制电路	366
9.3	典型机床电气控制电路	367
9.4	装配作业的机器人系统	372
9.4.1	概述	372
9.4.2	吊扇电动机自动装配作业系统	372
9.4.3	装配系统的外围设备	375
9.4.4	装配系统的安全措施	377
9.5	心电图自动分析装置	378
9.5.1	组成及分析	378
9.5.2	心电图自动分析装置举例	379
9.6	汽缸盖生产的 FMS	392
9.6.1	背景介绍	392
9.6.2	系统的概况	392

9.6.3	系统的布置	393
9.6.4	系统的控制和管理	396
9.6.5	系统的特征	400
9.6.6	无人化运行的监视	401
9.6.7	本系统运行效果	404
9.7	曳引式电梯控制系统	405
9.7.1	曳引式电梯的基本结构	405
9.7.2	依照操纵方式的电梯分类	407
9.7.3	电梯的控制功能	409
9.7.4	电梯系统控制装置	410
参考文献		417