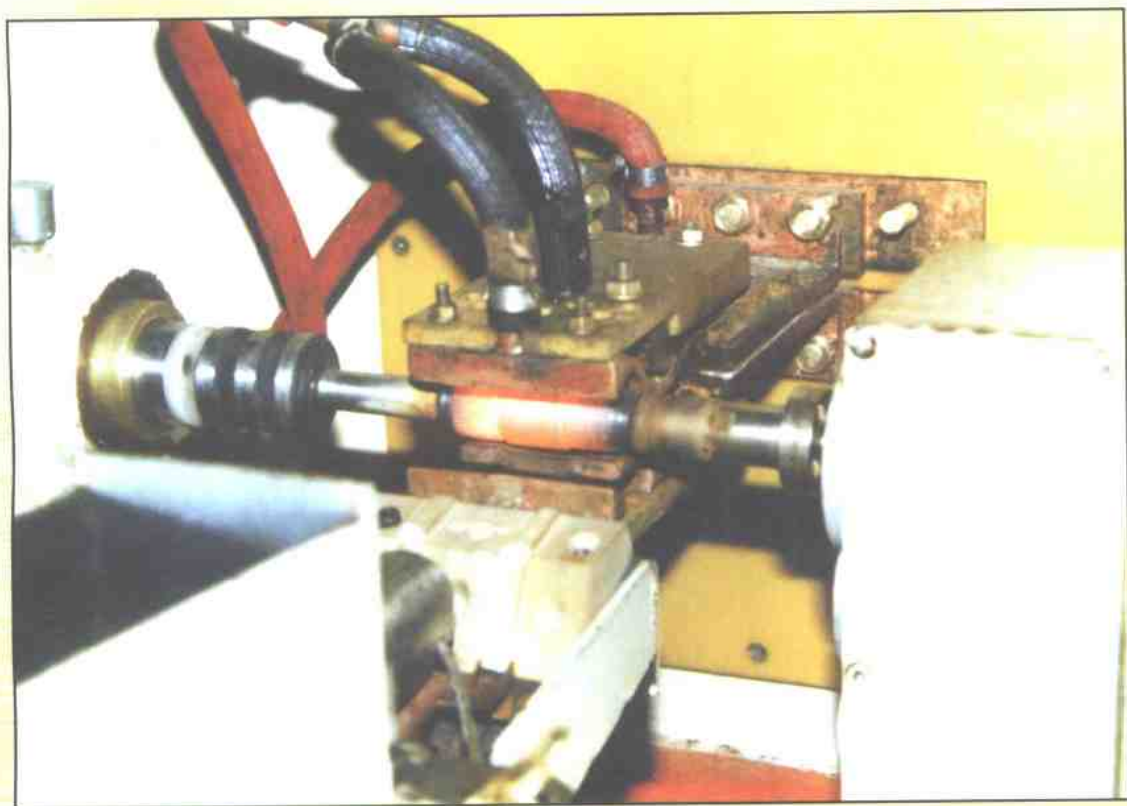


汽车制造技术丛书

# 汽车零部件

## 感应热处理工艺与设备

林信智 杨连第 编著



北京理工大学出版社

汽车制造技术丛书

# 汽车零部件感应热处理工艺与设备

林信智                      杨连第 编著

崔 凯 赵长汉 王玉祺 审校

北京理工大学出版社

## 内 容 简 介

本书在感应热处理工艺方面介绍了：感应加热原理、感应热处理的冶金学特点、感应淬火工艺制定、高中频淬火设备的工艺调谐、汽车零件感应淬火技术条件设计、淬火质量检验、淬火质量问题及其防治，以及16种汽车零件的感应淬火技术等。

在感应加热设备方面介绍了：SIT、IGBT全固态高频电源、电子管式高频电源、晶闸管中频电源和发电机式中频设备的工作原理、运行特点、故障检查和修理，以及淬火机床的电气设计、可编程序控制器(PLC)和能量监控器等内容。

此外还介绍了国外感应淬火的最新技术和设备。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车零部件感应热处理工艺与设备/林信智，杨连第编著. —北京：北京理工大学出版社，1998.8

ISBN 7-81045-420-X

I. 汽… I. ①林… ②杨… II. ①感应加热设备：热处理设备②汽车-零部件-感应加热-热处理-工艺 IV. U466

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第13302号

责任印制：李绍英 责任校对：陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码100081 电话(010)68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 31印张 752千字

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

印数1—3000册 定价：44.00元

※图书印装有误，可随时与我社退换※

16



## 作者简介

林信智 中国一汽集团公司工艺研究所，高级工程师。吉林省长春市人。1942年生。

1961年毕业于长春工业专科学校金属热处理专业（中专）；1966年毕业于吉林工业大学夜大学金属材料专业（本科）。1961年至今，一直从事感应热处理的管理，工艺试验和淬火感应器的设计工作。与他人合作完成一项实用新型的专利技术。先后在《金属热处理》及《汽车技术》等期刊上发表了论文20篇，两次出席国际学术会议并发表论文，编著了《淬火感应器的选用、设计与制造》和《汽车零部件感应热处理工艺与设备》两本专业书籍。



## 作者简介

杨连第 吉林省  
公王岭市人，生于  
1945年，高级工程师。  
1970年毕业于东北重  
型机械学院自动控制  
系，长期从事高中频  
感应加热电源应用及  
淬火机床电气设计。  
研制的铁氧体中频淬  
火变压器获长春市科  
技成果二等奖、三等  
奖，并研制成功国内  
首台高频接触器式功  
率切换器，设计、调试  
淬火成套设备数十台，  
和吉标厂共同完成国  
内首台从俄罗斯引进  
AKAO334、31型热炖  
机组并投产；在国内八  
种杂志上发表论文21篇。  
编著了《汽车零部件感应  
热处理工艺与设备》专业  
书籍。

## 《汽车制造技术丛书》编委会

主任：朱伟成

副主任：林国璋

委员：丁能续

刘忠厚

林信智

王怀林

刘景顺

战权理

王新华

李泰吉

徐关庆

王植槐

李冬萍

安宝祥

林鸣玉

## 出 版 说 明

为贯彻汽车工业产业政策，推动和加强汽车工程图书的出版工作，中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成，其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括：学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材；学术思想新颖、内容具体、实用，对汽车工程技术有较大推动作用，密切结合汽车工业技术现代化，有高新技术内容的工程技术类图书；有重要发展前景，有重大使用价值，密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书；反映国外汽车工程先进技术的译著；使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中，实行专业学会、企业、学校、研究所等相结合，专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验，委员会推荐出版的图书难免存在不足之处，敬请广大同行和读者批评指正。

本书由林信智、杨连第编著，崔凯、赵长汉、王玉祺审校，经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

## 《丛书》序

自从1956年7月15日，第一辆“解放”牌载重汽车从中国第一汽车制造厂总装车间下线，到今天，中国的汽车工业已经历了40多年风风雨雨的坎坷路程。我国的汽车生产无论从数量上品种上还是质量上都有了飞跃的发展。尤其是轿车生产，正处于一个高速发展的阶段。

为满足广大汽车科技工作者尤其是工作在生产一线的工程技术人员的需要，我们编著出版了这套《汽车制造技术丛书》。本丛书的作者是伴随着我国汽车工业一同成长起来的中国第一代、第二代汽车工作者，他们一直工作在汽车制造生产的第一线，积累了大量的实际经验，尤其是在“七五”“八五”期间，在引进消化、吸收国外先进汽车制造技术的过程中，他们都是各专业引进国外技术项目的主要参加者和国产化工作的实现者。目前，这些作者中的大部分都已届退休年龄，本丛书是他们从事汽车制造生产近四十年的实际工作经验的总结。

本丛书立足我国汽车制造业实际状况，注意实际经验，以典型的汽车零部件的生产工艺为主线，针对不同批量生产状况，在工艺、材料、设备选型、技术管理等方面作了详尽的介绍，并有国际最新汽车制造技术的发展趋势介绍，着重介绍了轿车各零部件的制造工艺和调试、检测技术，对工作在一线的广大汽车制造工程师和技术员以及汽车设计工程师具有很好的指导作用。尤其是刚迈出校门的大学生，确定专业方向之后，借用本丛书的帮助，可以早日独立工作，亦可作为在校汽车专业及相关专业学生的教学参考用书。

本丛书包括《汽车涂装技术》、《汽车零件精密锻造技术》、《汽车零件锻造技术》、《汽车电镀实用技术》、《汽车零部件感应热处理工艺与设备》、《汽车制造检测技术》、《汽车冲压技术》、《汽车焊接技术》、《汽车装试技术》、《汽车典型零部件的热处理工艺》、《汽车典型零部件的铸造工艺》、《汽车制造无损检测应用技术》等十二册，将由中国汽车工程学会《汽车工程》类图书出版专家委员会推，由北京理工大学出版社出版。

在本丛书的编写过程中，受到了中国汽车工程学会、北京理工大学出版社的大力支持，在此一并表示感谢。

中国汽车工程学会制造技术分会  
《汽车制造技术丛书》编委会



# 本书前言

众所周知，由于感应热处理工艺具有加热速度快、生产效率高、节省能源、不氧化脱碳、不污染环境、易于机械化和自动化，并能安装在生产线上与上下道冷加工工序衔接，实现同节拍生产等诸多优点，符合现代工业生产的3S标准和3C标准（Sure 可靠、Safe 安全、Saving 节约及 Cool 低温、Clean 清洁、Clam 安静）。因此，感应热处理技术在近几十年来有了迅速的发展，特别在汽车生产方面得到了广泛的应用。据有关资料介绍，美国用于热处理、锻造和焊接方面的感应加热设备的安装容量，如以1965年为100的话，1985年则为400，增加了三倍。前苏联感应加热技术的最大用户是汽车工业，在某两种大型载重汽车上，感应热处理零件的重量分别达到热处理零件总重量的58.2%和68.1%，即235.5 kg和385.7 kg。

我国感应热处理技术的真正应用，开始于1956年，当年第一汽车制造厂投产时，从苏联引进了近20套中高频淬火设备，主要用于曲轴、凸轮轴、各种销子等30种零件的淬火，其目的是提高零件的耐磨性。到1987年一汽中型载重车换型，在新型的CA1092(CA141)汽车上，感应淬火零件增加到100种(含CA1092的变形车)，淬火零件中除含有较多的以提高耐磨性为目的零件之外，还包括象半轴、转向节和扭杆这些以提高扭转疲劳强度和弯曲疲劳强度为目的零件。感应淬火的零件重量已经达到291.3 kg，占全部热处理零件重量的52%。据张柏松同志介绍（《金属热处理》，1996.1），在东风牌汽车上感应热处理零件已占全部热处理零件重量的62%以上。此数据表明，在我国的汽车制造业中，感应热处理的应用，已进入世界先进水平的行列。

更为可喜的是在我国汽车工业中，感应热处理技术的扩大应用和技术水平的提高，基本上是靠自己的技术力量完成的（其中只有极少数设备进口）。一汽集团公司和东风汽车公司都有自己的感应热处理技术的开发队伍，均有1000 m<sup>2</sup>左右的试验基地。一汽集团高频试验室近十年来自行开发了以半轴纵向整体加热淬火技术为代表的几十项技术，研制成功40余台专用淬火机床。这些技术在一汽集团所属工厂及多家兄弟工厂应用着，创造了可观的经济效益。特别是进入90年代以来，为完成奥迪轿车和捷达轿车国产化的任务，他们又开发成功前轮毂、输出突缘、输出法兰、转向齿条和变速器齿毂等十余种复杂而精密的轿车零件的淬火技术，这些零件的淬火质量已得到德方认可，已装车数万辆。为这一工程研制了一批结构新颖、功能完善的淬火机床，它们在淬火质量、生产效率和自动化程度等方面的指标，已达到德国大众公司现用淬火机床的技术水平，受到国内外专家的好评。这些技术的开发成功，对我国民族汽车工业的发展而言，无疑是一个有力地支持。

应北京理工大学出版社之约，我们写了这本《汽车零部件感应热处理工艺与设备》，本书的最大特点是实用性和求新性。它积我国汽车生产中（主要是一汽）感应淬火方面的40多年的经验，加以总结和提高，使其具有系统性和理论性。例如我们借鉴国外资料，整理出一套自己的感应淬火工艺理论，并用它来指导工艺编制；利用实验和推导的方法，整理出发电机中频淬火设备的调谐理论，用它来指导生产调整；还整理出各种感应淬火质量问题的解决方法以及各种设备故障的分析和检修方法等等。这些理论和方法经生产实践证明，是行之有效

的。这些内容对于做实际工作的同志和初涉感应淬火专业的新同志来说,肯定是有帮助的,这是它的实用性。本书还用较多篇幅介绍国内外本专业的新技术,例如曲轴旋转淬火技术、半轴纵向整体加热淬火技术、明显提高零件强度的转向节半圈感应器淬火技术、淬火层完全仿形分布的球头销淬火技术等;对于全新的高频电源 SIT、IGBT 全固态高频电源设备,介绍了它们的电路组成、调试方法和故障检修等内容,此外还介绍了淬火机床电气控制的设计方法,可编程序控制器(PLC)的应用实例(一汽现用设备),以及能量监控器等等。这些内容对于国内同行将有新的启发,对正在追赶国际先进水平的国内感应热处理界,能起到桥梁和索引作用,这是它的求新性。

在这里还应该特别指出,做为以感应加热设备为主导产品,具有一流技术水平的国际知名的日本电气兴业株式会社,与作者有十余年密切交往的历史,本书的第一作者曾两度访问该公司,特别在 1995 年 11 月,作者有一周时间在该公司进行技术交流和现场考察。他们向作者提供了数十篇技术论文和研究报告,并允许作者翻译发表,这对我国感应加热界而言,无疑是巨大而无私地技术援助;他们还出资为一汽培训感应热处理的技术人员。这一切都说明电气兴业公司是热衷于中日友好的,作者在此向电气兴业公司的领导和专家:铃木悖郎、福永彰夫、原田诚一、伊藤一浩、松本勳、和田巖彰、星 秀夫、荒井五十四、泽津桥精一、北原良训、片沼秀明、山下伸也、佐野曙见、小林 力、小川和昭、川锅秀行、北村昌知、星日吕志、久保田繁典、森岛孝之、佐佐木 宽、横尾敏浩、富居博治、久保啓一、伊藤博、池田正志、演本昭浩等诸位先生谨表深深地敬意和衷心地感谢。

本书第十六章收入电气兴业公司的六篇论文,这些论文反映了具有国际水平的感应热处理的高新技术。将为国内感应热处理技术研究提供了最新借鉴。

应该承认,我国在感应热处理的技术发展方面已经取得了长足地进步。例如天津高频设备厂与日本电气兴业公司合作,生产了最新的 IGBT 和 SIT 全固态高频电源,以及具有能量控制器的淬火设备;国内多家公司能生产性能优良晶闸管(可控硅)中频电源;一汽集团和其他兄弟厂家研制出一大批高效能的专用淬火机床。尽管如此,就我国感应热处理技术的总体而言,与国际先进水平相比仍有较大差距,例如:在材料方面的低淬钢、非调质钢和可控淬透性钢的应用;在淬火设备方面的数控技术、计算机管理及精密机械传动技术的应用;在变频电源方面的高质量、高可靠性的电气元件的开发;新型水溶性淬火介质的开发和应用;精密感应器的制造技术等等。为缩短这些差距,仍需国内同行付出巨大努力。

本书的工艺篇由一汽集团高频试验室主任崔恺高级工程师审校,设备篇由天津高频设备厂副厂长兼总工程师赵长汉高级工程师和一汽集团高频试验室原主任王玉祺高级工程师审校。天津高频设备厂和一汽集团高频试验室多位同志为本书成稿提供了帮助,还有那些被引用文献的作者,他们为本书也提供了宝贵的贡献。作者在此向对审校书稿付出艰苦劳动的三位同志、向为本书提供帮助的诸位同志,向为本书做出贡献的各位参考文献的作者致以诚挚地谢意。

本书的第一章至第六章及第十六章,由林信智执笔;第七章至第十五章,由杨连第执笔。由于作者的学识和技术水平所限,错讹和疏漏之处在所难免,敬请专家和广大读者批评指正。

林信智 杨连第

1997 年 10 月 26 日于长春

中国一汽集团工艺研究所

# 目 录

## 工 艺 篇

<b>第一章 感应热处理的经济效果和加热原理</b> .....	( 3 )
1.1 感应热处理是最节能的热处理方法 .....	( 3 )
1.2 感应热处理能提高零件的强度与寿命 .....	( 4 )
1.3 感应加热原理 .....	( 4 )
1.4 表面效应 .....	( 6 )
1.5 邻近效应 .....	( 8 )
1.6 圆环效应 .....	( 10 )
1.7 导磁体的槽口效应 .....	( 11 )
1.8 透入式加热和传导式加热 .....	( 12 )
<b>第二章 感应加热的相变特点和淬火温度选择</b> .....	( 15 )
2.1 感应加热时碳钢的相变 .....	( 15 )
2.1.1 加热速度对临界点 $A_{C1}$ 的影响 .....	( 15 )
2.1.2 加热速度对临界点 $A_{C3}$ 的影响 .....	( 16 )
2.1.3 加热速度对临界点 $A_{Cm}$ 的影响 .....	( 16 )
2.1.4 奥氏体均匀化和奥氏体晶粒长大 .....	( 17 )
2.2 合金结构钢感应加热的相变特点 .....	( 18 )
2.3 原始组织对感应加热相变的影响 .....	( 19 )
2.4 感应加热淬火温度的选择 .....	( 21 )
2.5 感应加热零件截面上的温度分布和硬化层的金相组织 .....	( 22 )
<b>第三章 感应热处理工艺规范制定</b> .....	( 27 )
3.1 电流频率的选择 .....	( 27 )
3.2 比功率的选择和同时加热淬火的最大面积 .....	( 30 )
3.3 加热方法和加热参数的确定 .....	( 33 )
3.3.1 同时加热淬火法 .....	( 33 )
3.3.2 连续加热淬火法 .....	( 37 )
3.3.3 纵向旋转加热整体淬火法 .....	( 38 )
3.4 淬火介质的选用和冷却参数的确定 .....	( 41 )
3.4.1 自来水 .....	( 41 )
3.4.2 聚乙烯醇合成淬火剂 .....	( 43 )
3.4.3 聚醚(聚二醇)水溶液 .....	( 45 )
3.4.4 冷却方式和冷却时间 $t_c$ 的选择 .....	( 47 )
3.5 感应淬火零件的回火 .....	( 48 )
3.5.1 炉中回火 .....	( 49 )

3.5.2	自行回火	(50)
3.5.3	感应加热回火	(52)
3.6	感应热处理工艺规范制定	(53)
3.6.1	中频同时加热淬火工艺规范制定	(54)
3.6.2	中频连续加热淬火工艺规范制定	(55)
3.6.3	高频同时加热淬火工艺规范制定	(57)
<b>第四章</b>	<b>感应淬火设备的工艺调整</b>	<b>(60)</b>
4.1	中频淬火设备的工艺调整	(60)
4.1.1	中频淬火变压器匝比 $N$ 的选择	(60)
4.1.2	补偿电容量 $C$ 的选择	(66)
4.1.3	调谐资料的扩大应用	(67)
4.1.4	影响淬火变压器匝比 $N$ 值的各种因素	(73)
4.1.5	调谐过程和调谐状态的判断	(73)
4.2	高频淬火设备的工艺调整	(78)
4.2.1	三极管的放大作用	(78)
4.2.2	强功率高频发生器的典型电路	(82)
4.2.3	$L-C$ 并联谐振电路的特性	(83)
4.2.4	高频振荡器的调整原理	(85)
4.2.5	高频设备的工艺调整	(88)
<b>第五章</b>	<b>感应淬火零件技术条件设计、淬火质量检验及淬火质量问题防治</b>	<b>(92)</b>
5.1	汽车零件感应淬火技术条件设计	(92)
5.1.1	感应淬火零件的材料选择	(92)
5.1.2	感应淬火零件表面硬度及硬化层深度的选择	(94)
5.1.3	感应淬火硬化区域设计	(95)
5.2	感应淬火零件的质量检验	(99)
5.2.1	淬火表面的直接观察	(99)
5.2.2	表面浸蚀检验法	(100)
5.2.3	硬化层的宏观检验	(100)
5.2.4	表面硬度检验	(102)
5.2.5	硬化层深度测量和硬化层金相组织检验	(110)
5.2.6	感应淬火零件的表面缺陷检验	(126)
5.3	感应淬火零件的质量问题及其防治	(128)
5.3.1	零件结构或表面质量等因素导致的淬火裂纹	(128)
5.3.2	冷却条件不良造成的淬火裂纹	(133)
5.3.3	材料因素造成的淬火裂纹	(138)
5.3.4	感应淬火时原材料裂纹及折叠裂纹的表现和鉴别	(141)
5.3.5	感应淬火零件磨削裂纹的形态与鉴别	(144)
5.3.6	感应淬火零件的电击伤	(147)
5.3.7	感应淬火零件的硬度不足和软点问题	(148)
<b>第六章</b>	<b>汽车零件感应淬火技术</b>	<b>(151)</b>
6.1	曲轴感应淬火技术	(151)
6.1.1	分合式感应器淬火技术	(151)

6.1.2 半圈鞍式感应器淬火技术	(154)
6.2 半轴感应淬火技术	(158)
6.2.1 圆环感应器连续淬火技术	(158)
6.2.2 半圈式感应器连续淬火技术	(161)
6.2.3 半轴整体表面加热淬火技术	(165)
6.3 凸轮轴感应淬火技术	(167)
6.3.1 中型载重汽车凸轮轴感应淬火技术	(167)
6.3.2 八凸轮同时加热淬火技术	(174)
6.4 刹车凸轮感应淬火技术	(176)
6.4.1 凸轮全表面感应淬火技术	(176)
6.4.2 凸轮两凸面局部同时淬火技术	(179)
6.5 转向节感应淬火技术	(180)
6.6 变速导块槽口感应淬火技术	(182)
6.6.1 一来二往式槽口淬火感应器	(182)
6.6.2 四根平行导线式槽口淬火感应器	(183)
6.6.3 槽口内热式感应器	(184)
6.7 气门调整螺栓顶部感应淬火技术	(184)
6.7.1 折线式感应器淬火技术	(184)
6.7.2 四半圈夹缝式感应器淬火技术	(185)
6.8 进排气阀端头感应淬火技术	(185)
6.8.1 夹缝式感应器淬火技术	(185)
6.8.2 加导磁体式感应器淬火技术	(186)
6.8.3 串连回线式感应器淬火技术	(186)
6.8.4 自身驱流式感应器淬火技术	(187)
6.9 起动机电枢轴感应淬火技术	(187)
6.10 同步器夹紧销感应淬火技术	(189)
6.10.1 连续淬火及同时淬火技术	(190)
6.10.2 集流器式感应器淬火技术	(191)
6.11 转向节球头支承感应淬火技术	(192)
6.11.1 全淬火面同时加热淬火技术	(192)
6.11.2 局部仿形感应器旋转加热淬火技术	(193)
6.12 球头销感应淬火技术	(194)
6.12.1 中频同时加热淬火技术	(194)
6.12.2 轴线仿形式感应器淬火技术	(195)
6.13 几种小轴及突缘感应淬火技术	(196)
6.13.1 后钢板弹簧销感应淬火技术	(196)
6.13.2 变速叉轴感应淬火技术	(197)
6.13.3 减振器轴感应淬火技术	(198)
6.13.4 突缘感应淬火技术	(199)
参考文献	(200)

## 设 备 篇

第七章 大功率电力器件	(205)
-------------	-------

7.1 晶闸管	(205)
7.1.1 晶闸管的结构与符号	(205)
7.1.2 晶闸管的工作原理	(205)
7.1.3 晶闸管的伏安特性	(206)
7.1.4 晶闸管的主要特性参数	(207)
7.1.5 晶闸管的型号	(209)
7.2 静电感应式晶体管(SIT)	(210)
7.2.1 SIT 系列晶体管	(210)
7.2.2 SIT 的驱动电路	(213)
7.3 绝缘门极晶体管(IGBT)	(214)
7.3.1 IGBT 工作原理	(214)
7.3.2 IGBT 的特性	(215)
7.3.3 IGBT 的驱动电路	(216)
7.3.4 IGBT 的保护	(217)
7.4 其它电力器件	(218)
7.5 新一代器件性能比较	(219)
7.6 UZD 系列高压硅整流器	(221)
7.7 真空三极管	(222)
7.7.1 振荡管的极限参数	(222)
7.7.2 对振荡管灯丝电压的要求	(224)
7.7.3 振荡管的冷却	(224)
<b>第八章 淬火变压器</b>	(226)
8.1 中频淬火变压器	(226)
8.1.1 用途	(226)
8.1.2 工作原理	(226)
8.1.3 结构与分类	(226)
8.1.4 铁氧体中频淬火变压器设计	(234)
8.2 高频淬火变压器	(250)
<b>第九章 淬火负载与振荡电路</b>	(252)
9.1 淬火负载	(252)
9.2 振荡电路	(253)
9.2.1 并联振荡电路	(253)
9.2.2 串联振荡电路	(255)
<b>第十章 电子管式高频电源</b>	(259)
10.1 高频感应加热装置	(259)
10.2 振荡管阳极高压直流电流	(261)
10.2.1 高压硅整流器摘臂法调压	(261)
10.2.2 晶闸管交流调压	(263)
10.3 灯丝电源	(269)
10.4 电子管振荡器	(270)
10.4.1 自给栅偏压的建立	(270)
10.4.2 电子管振荡器的工作状态和阳极电流波形	(271)

10.4.3	测量电路 .....	(271)
10.4.4	振荡与停振电路 .....	(273)
10.4.5	典型振荡电路分析 .....	(274)
10.5	控制电路 .....	(275)
10.5.1	对控制电路的基本要求 .....	(275)
10.5.2	控制电路的动作顺序 .....	(275)
10.6	设备的安装与调试 .....	(276)
10.6.1	安装 .....	(276)
10.6.2	调试 .....	(279)
10.7	常见故障与修理 .....	(282)
<b>第十一章</b>	<b>发电机式中频电源 .....</b>	<b>(292)</b>
11.1	中频发电机原理 .....	(292)
11.1.1	感应加热淬火设备的组成 .....	(292)
11.1.2	中频发电机的简单结构 .....	(293)
11.1.3	中频发电机的工作原理 .....	(294)
11.1.4	变频器型号及主要技术数据 .....	(295)
11.2	中频发电机输出电压自动调节 .....	(296)
11.2.1	电动机的启动 .....	(296)
11.2.2	发电机输出电压的自动调节 .....	(297)
11.2.3	监测仪表和保护电路 .....	(300)
11.3	中频发电机的工作特性 .....	(300)
11.4	中频发电机的集中供电 .....	(302)
11.4.1	发电机的并联运行 .....	(302)
11.4.2	时间联锁集中供电 .....	(302)
11.5	中频发电机的安装与调试 .....	(304)
11.5.1	安装前的准备 .....	(304)
11.5.2	变频机的安装 .....	(306)
11.5.3	中频发电机的调试 .....	(307)
11.6	常见电气故障及排除 .....	(308)
11.6.1	电动机部分电气故障 .....	(308)
11.6.2	中频发电机部分电气故障 .....	(309)
<b>第十二章</b>	<b>感应加热用全固态电源简介 .....</b>	<b>(312)</b>
12.1	SIT 全固态高频电源 .....	(312)
12.1.1	电路结构原理 .....	(313)
12.1.2	设备的安装与调试 .....	(317)
12.1.3	一般故障及排除办法 .....	(322)
12.2	IGBT 全固态中频电源 .....	(324)
12.2.1	电路结构原理 .....	(325)
12.2.2	运行与试验 .....	(328)
12.2.3	新型的热管式冷却循环系统 .....	(329)
12.2.4	一般故障及检修方法 .....	(331)
<b>第十三章</b>	<b>晶闸管中频电源 .....</b>	<b>(335)</b>

13.1	工作原理 .....	(335)
13.2	三相桥式全控整流电路 .....	(336)
13.2.1	工作过程 .....	(336)
13.2.2	整流触发电路 .....	(340)
13.3	逆变电路 .....	(343)
13.3.1	并联逆变器的工作原理 .....	(344)
13.3.2	逆变触发电路 .....	(347)
13.4	电路的启动 .....	(349)
13.5	限流、限压和电流电压调节器 .....	(350)
13.6	系统的保护 .....	(351)
13.6.1	交流进线侧的过电压保护 .....	(351)
13.6.2	晶闸管中频电流过电流保护 .....	(352)
13.6.3	逆变桥过压和过流保护 .....	(352)
13.7	中频电源的控制电路 .....	(354)
13.8	晶闸管中频电源的安装与调试 .....	(355)
13.8.1	安装 .....	(355)
13.8.2	调试 .....	(355)
13.9	常见设备故障分析与排除 .....	(358)
<b>第十四章</b>	<b>淬火机床电气控制 .....</b>	<b>(364)</b>
14.1	PLC 顺序控制 .....	(364)
14.2	基本逻辑电路 .....	(366)
14.3	计时、计数控制 .....	(374)
14.3.1	计时控制 .....	(374)
14.3.2	计数控制 .....	(378)
14.4	点位直线控制 .....	(378)
14.4.1	速度控制 .....	(378)
14.4.2	位置控制 .....	(381)
14.5	能量控制 .....	(384)
14.5.1	IHS01-1988 能量控制器简介 .....	(384)
14.5.2	能量监测控制器简介 .....	(393)
14.6	淬火机床电气控制系统设计方法 .....	(394)
14.6.1	基础设计 .....	(395)
14.6.2	工艺流程图的绘制 .....	(398)
14.6.3	I/O 口的分配 .....	(399)
14.6.4	程序设计 .....	(399)
14.7	可编程序控制器应用举例 .....	(401)
14.7.1	F <sub>1</sub> 系列 PLC 实现高频立式双工位连续加热淬火机床电气控制 .....	(401)
14.7.2	S <sub>1</sub> -90 PLC 实现输出法兰淬火设备的电气控制 .....	(406)
14.7.3	C 系列 PLC 实现汽车半轴整体加热淬火的电气控制 .....	(408)
14.7.4	T 系列 PLC 实现淬火机床群控和加法计数应用 .....	(409)
14.8	常见故障分析与排除 .....	(413)
14.9	淬火机床简介 .....	(417)
<b>第十五章</b>	<b>设备的维护与修理 .....</b>	<b>(423)</b>



15.1 设备的维护 .....	(423)
15.1.1 维护的意义 .....	(423)
15.1.2 维护组织计划 .....	(423)
15.1.3 维护的具体内容 .....	(423)
15.1.4 高压硅整流器的使用与维护 .....	(424)
15.1.5 大功率电子管的使用与维护 .....	(424)
15.1.6 淬火变压器的使用与维护 .....	(426)
15.1.7 变频机的维护 .....	(427)
15.2 设备的修理 .....	(428)
<b>第十六章 国外感应淬火设备介绍</b> .....	(429)
16.1 全自动旋转式曲轴感应淬火及回火设备 .....	(432)
16.1.1 曲轴感应淬火用的变频器 .....	(432)
16.1.2 全自动淬火机 .....	(434)
16.1.3 薄型变压器(圆盘式变压器)结构 .....	(436)
16.1.4 淬火条件设定监视装置 .....	(437)
16.1.5 感应器 .....	(438)
16.1.6 采用半圈鞍式感应器的曲轴淬火与回火 .....	(441)
16.2 球等速万向节高效率感应淬火设备 .....	(448)
16.2.1 设备的设计要求 .....	(449)
16.2.2 设备的构成 .....	(449)
16.2.3 实现高速淬火加工的改进点 .....	(451)
16.2.4 变换零件时调整时间的缩短 .....	(456)
16.3 齿轮双频淬火工艺与设备 .....	(457)
16.3.1 齿轮的双频淬火法 .....	(457)
16.3.2 双频淬火机床 .....	(463)
16.3.3 双频淬火电源系统 .....	(472)
<b>主要参考文献</b> .....	(476)