



普通高等教育“十二五”规划教材



汽车类高端技能人才实用教材

# 汽车电子技术

◎ 李鹏伟 张莉莉 主编 ◎



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材  
汽车类高端技能人才实用教材

# 汽车电子技术

李鹏伟 张莉莉 主编

王新洁 李小样 参编  
程小卫 薛荣辉

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要介绍汽车电子技术的相关知识, 包含数字电路和模拟电路两部分。主要内容有半导体的基础知识, 放大电路的特点和分析方法以及在汽车电路上的应用, 振荡电路的产生和特点, 直流稳压电源的组成、特点和运用, 数字电路的基本知识、逻辑运算的法则, 基本门电路的组成、特点以及集成逻辑门电路的性能特点和相关运用, 触发器的工作原理和特点, 组合逻辑的电路和时序逻辑电路的分析方法和设计方法, 以及常用逻辑电路的原理、特点和它们在汽车上的相关应用。

本书可作为汽车工程类高职高专的教材, 适用于汽车电子技术专业、汽车检测与维修专业、汽车运用与维修专业、新能源汽车方向等专业学生学习, 也可作为汽车类工程技术人员、中等职业学校电子专业和汽车专业教师的参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电子技术 / 李鹏伟, 张莉莉主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.11

汽车类高端技能人才实用教材

ISBN 978-7-121-21765-4

I. ①汽… II. ①李… ②张… III. ①汽车—电子技术—高等学校—教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 257629 号

责任编辑: 竺南直 文字编辑: 桑 昀

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 17 字数: 435 千字

印 次: 2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 出版说明

自 2002 年起,中国汽车行业开始进入爆发式增长阶段。2009 年,中国取代美国成为世界上最大的汽车销售市场,当年中国的汽车产量超过了日本和美国的总和,成为名副其实的汽车产销量双重世界第一。2011 年,平均每月产销量突破 150 万辆,全年汽车销售超过 1850 万辆,再次刷新全球历史纪录。未来十年自主品牌将完成从“中国制造”到“中国创造”的发展过程。预计未来十年,我国汽车市场年均增长率将达到 7.1%,到 2020 年中国汽车市场的销量有望占据全球汽车总销量的一半以上,中国汽车市场前景非常广阔。汽车行业突飞猛进的发展对汽车专业人才特别是高端技能型人才的培养提出了前所未有的高要求。一个是行业的发展和扩张在人才数量上的要求,全国每年汽车专业高端技能型人才的缺口在数十万人;另一个是技术的进步和发展对于人才培养质量的要求,大量新技术、新工艺的应用对于从业技术人员在学科基础理论和职业技能方面提出了更高的要求。

作为全国最大的汽车类高等职业学校,西安汽车科技职业学院近年来根据汽车行业发展的需要,紧贴职业岗位,引进吸收德国奥迪、瑞典沃尔沃、英国捷豹、路虎等世界顶尖企业汽车职业教育的先进理念和思想,深入开展教学改革,形成了一套独特的课程体系和教学模式。《汽车类高端技能人才实用教材》就是我们近年来教学改革成果的总结,是课程改革和新的教学模式的具体体现。

这套系列教材具有以下几个特点:

一是实用性。在编写过程中,从企业岗位需求和学生发展空间两个方面考虑编排内容,既注重专业基础和专业理论的系统性,又重点考虑了职业技能训练的需求,对于学习汽车类专业的学生而言,是一套学习效率很高的教材。

二是通俗性。在编写过程中,充分考虑到高职学生文化基础的现实状况,降低对学生文化基础知识的要求,让大多数学生能够学得懂。

三是系统性。从机械和电子技术基础课程,到汽车的基本理论,汽车的各种技术,再到汽车的最新技术的介绍;从基本的电工、机械实验,到专业实习,再到职业技能实训,形成了一整套较为完备的汽车理论教学和实训教学的体系。

四是适度超前性。除了涉及目前已经应用的各种汽车技术和技能知识之外,还在新能源汽车、先进车载网络技术等方面进行了介绍,为学生开拓了视野,对其将来向行业的深度和广度发展具有一定的引导作用。

五是实践性。力图采用项目教学和任务驱动教学等方法进行编排,强调理论验证实验、基本专业技能实习和职业技能实训的重要性,将实践教学环节贯穿于课程教学的始终。

本套教材紧紧把握高职教育的方向和培养目标，严格按照新的国家职业标准对人才的要求编排内容，贯彻以技能训练为主，着重提高学生操作技能的原则。在技能训练的内容安排上富有弹性，在保证教学的前提下积极培养学生的创新能力。

本套教材内容丰富、图文并茂、体例饱满，选材来源于最新的技术手册；难易适中、应用性强，有利于知识的吸收和技能的迅速提高。可作为高等职业技术学院或应用型本科汽车类各专业的必修课教材，也可作为成人高校汽车类各专业的教材，同时可作为相关从业人员的参考用书。

教材编写过程中，由于各种原因，疏漏和不尽如人意之处在所难免，敬请广大师生提出宝贵意见，以便再版时修订完善。

《汽车类高端技能人才实用教材》编委会

# 前 言

随着汽车工业的高速发展, 电子技术在汽车工业中的运用越来越广泛和深入。借助于现代电子技术和自动控制技术, 不但可以有效提高汽车的动力性、安全舒适性、节能环保性能, 更提高了汽车的控制能力, 自诊断能力等, 电子技术的运用贯穿在汽车的设计、生产和维修的各个环节中, 促进了汽车工业的发展。

汽车电子技术是汽车及其相关专业的一门重要的专业基础课程, 为汽车类其他后续课程的学习打下坚实的基础。

为了加强学生的理解, 体现电子技术在汽车上的应用, 我们结合了近年的教学实践经验, 遵循深入浅出, 理论联系实际的原则, 在内容安排上减少了大量的公式推导和计算, 使内容通俗易懂, 降低了知识的难度; 同时结合汽车专业知识, 增加了一些常见电子电路及其元器件在汽车控制电路中的应用实例, 提高学生的兴趣。

本书主要内容有半导体的基础知识, 放大电路的特点和分析方法以及在汽车电路上的应用, 振荡电路的产生和特点, 直流稳压电源的组成、特点和运用, 数字电路的基本知识、逻辑运算的法则, 基本门电路的组成、特点以及集成逻辑门电路的性能特点和相关运用, 触发器的工作原理和特点, 组合逻辑的电路和时序逻辑电路的分析方法和设计方法, 以及常用逻辑电路的原理、特点和它们在汽车上的相关应用。

本书可作为汽车工程类高职高专的教材, 适用于汽车电子技术专业、汽车检测与维修专业、汽车运用与维修专业、新能源汽车方向等专业学生学习, 也可作为汽车类工程技术人员、中等职业学校电子专业和汽车专业教师的参考书。

本书由西安汽车科技职业学院高级工程师李勇担任主审, 讲师李鹏伟、张莉莉担任主编。第1章和第5章由薛荣辉老师编写, 第2章和第6章由王新洁老师编写, 第3章和第8章由张莉莉老师编写, 第4章和第7章由程小卫老师编写, 第9、10、11章由李小样老师编写。

本书在编写过程中参阅和引用了大量的相关文献资料, 在此表示衷心的感谢。

欢迎广大读者对书中存在的误漏和不足之处提出批评指正, 交流讨论, 以便我们改正提高。

编 者

2013年10月于西安

# 目 录

## 模拟电子技术部分

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 基础知识 .....         | 3  |
| 1.1 半导体知识简介 .....        | 3  |
| 1.1.1 半导体材料的导电性能 .....   | 3  |
| 1.1.2 PN 结及其特性 .....     | 5  |
| 1.2 半导体二极管及其应用 .....     | 8  |
| 1.2.1 二极管的结构与特性 .....    | 8  |
| 1.2.2 二极管的命名（国产命名） ..... | 10 |
| 1.2.3 二极管的主要参数 .....     | 11 |
| 1.2.4 温度对二极管的影响 .....    | 12 |
| 1.2.5 二极管的检测 .....       | 13 |
| 1.2.6 特殊二极管 .....        | 13 |
| 1.2.7 二极管在汽车上的应用 .....   | 16 |
| 1.3 半导体三极管及其应用 .....     | 17 |
| 1.3.1 三极管的结构与分类 .....    | 17 |
| 1.3.2 三极管的电流放大作用 .....   | 18 |
| 1.3.3 三极管的伏安特性曲线 .....   | 20 |
| 1.3.4 三极管的主要参数 .....     | 21 |
| 1.3.5 温度对三极管特性的影响 .....  | 22 |
| 1.3.6 三极管的检测 .....       | 22 |
| 1.3.7 复合三极管 .....        | 23 |
| 1.3.8 三极管在汽车上的应用 .....   | 24 |
| 1.4 场效应管 .....           | 24 |
| 1.4.1 结型场效应管 .....       | 24 |
| 1.4.2 绝缘栅型场效应管 .....     | 27 |
| 1.4.3 应用注意事项 .....       | 30 |
| 1.5 特殊晶体管及应用 .....       | 30 |
| 1.5.1 晶闸管 .....          | 30 |
| 1.5.2 光电三极管与光电耦合器 .....  | 34 |
| 1.5.3 特殊三极管在汽车上的应用 ..... | 36 |
| 本章小结 .....               | 36 |
| 习题 1 .....               | 37 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 2 章 放大电路               | 39 |
| 2.1 基本放大电路的组成及工作原理       | 40 |
| 2.1.1 放大电路的组成与习惯画法       | 40 |
| 2.1.2 放大电路的工作原理          | 41 |
| 2.2 放大电路的分析方法            | 42 |
| 2.2.1 直流通路和交流通路          | 42 |
| 2.2.2 放大电路的分析            | 43 |
| 2.2.3 静态工作点对输出波形失真的影响    | 47 |
| 2.3 工作点稳定的偏置电路           | 48 |
| 2.3.1 固定偏置电路             | 49 |
| 2.3.2 分压式偏置电路            | 49 |
| 2.4 多级放大电路               | 50 |
| 2.4.1 级间耦合方式             | 51 |
| 2.4.2 耦合对信号传输的影响         | 53 |
| 2.5 放大电路负反馈              | 54 |
| 2.5.1 反馈的基本概念            | 55 |
| 2.5.2 反馈的分类              | 55 |
| 2.5.3 反馈的判断              | 56 |
| 2.5.4 负反馈的四种基本形式         | 57 |
| 2.5.5 负反馈对放大电路性能的影响      | 60 |
| 2.6 功率放大器                | 62 |
| 2.6.1 功率放大器的技术要求         | 63 |
| 2.6.2 功率放大器的类型           | 64 |
| 2.6.3 集成功率放大器            | 69 |
| 2.7 差动放大器                | 70 |
| 2.7.1 直流放大器及直接耦合放大中存在的问题 | 70 |
| 2.7.2 基本差动放大器            | 70 |
| 2.7.3 典型的差动放大电路          | 73 |
| 2.8 集成运算放大器              | 74 |
| 2.8.1 集成运放的外形结构及符号       | 74 |
| 2.8.2 集成运算放大器内部组成原理      | 75 |
| 2.8.3 集成运放的主要参数          | 76 |
| 2.8.4 集成运放的应用            | 77 |
| 2.8.5 集成运放在汽车上的应用        | 78 |
| 本章小结                     | 80 |
| 习题 2                     | 80 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第 3 章 振荡电路 .....             | 84  |
| 3.1 振荡的基本概念 .....            | 84  |
| 3.1.1 自激振荡条件 .....           | 84  |
| 3.1.2 正弦波振荡电路的组成 .....       | 86  |
| 3.2 RC 振荡器 .....             | 87  |
| 3.2.1 RC 桥式振荡器 .....         | 87  |
| 3.2.2 RC 移相式振荡器 .....        | 89  |
| 3.3 LC 振荡器 .....             | 90  |
| 3.3.1 LC 并联谐振的选频特性 .....     | 90  |
| 3.3.2 变压器反馈式 LC 振荡电路 .....   | 91  |
| 3.3.3 电感三点式 LC 振荡器 .....     | 92  |
| 3.3.4 电容三点式 LC 振荡器 .....     | 93  |
| 3.4 石英晶体振荡电路 .....           | 94  |
| 3.4.1 石英晶体的谐振特性 .....        | 94  |
| 3.4.2 石英晶体振荡电路 .....         | 95  |
| 3.5 振荡电路在汽车上的应用 .....        | 96  |
| 本章小结 .....                   | 98  |
| 习题 3 .....                   | 98  |
| 第 4 章 直流稳压电源 .....           | 101 |
| 4.1 整流电路 .....               | 101 |
| 4.1.1 半波整流电路 .....           | 102 |
| 4.1.2 中间抽头式全波整流电路 .....      | 104 |
| 4.1.3 桥式全波整流电路 .....         | 108 |
| 4.1.4 单相倍压整流电路 .....         | 112 |
| 4.2 滤波电路 .....               | 113 |
| 4.2.1 电容滤波电路 .....           | 114 |
| 4.2.2 电感滤波器 .....            | 116 |
| 4.2.3 RC 滤波器与 LC 滤波器 .....   | 118 |
| 4.2.4 电子滤波器 .....            | 121 |
| 4.3 稳压电路 .....               | 122 |
| 4.3.1 硅稳压管稳压电路 .....         | 123 |
| 4.3.2 三极管稳压电路（带有直流负反馈） ..... | 125 |
| 4.4 单片式、三端集成稳压电路 .....       | 129 |
| 4.5 稳压电路在汽车上的应用 .....        | 131 |
| 习题 4 .....                   | 135 |
| 附 录 半导体分立器件型号命名方法 .....      | 140 |

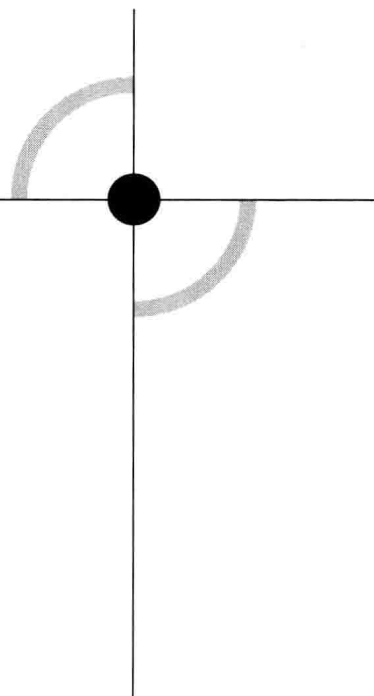
## 数字电子技术部分

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第 5 章 数字电路的基本知识     | 145 |
| 5.1 数字信号和数字电路       | 145 |
| 5.1.1 模拟信号和数字信号     | 145 |
| 5.1.2 数字信号的主要参数     | 146 |
| 5.1.3 数字电路特点        | 146 |
| 5.2 数制和编码           | 147 |
| 5.2.1 二进制数的表示       | 147 |
| 5.2.2 数制转换          | 148 |
| 5.2.3 8421BCD 码     | 148 |
| 本章小结                | 149 |
| 习题 5                | 150 |
| 第 6 章 逻辑代数          | 151 |
| 6.1 逻辑代数的基本概念       | 151 |
| 6.1.1 逻辑变量与逻辑函数     | 151 |
| 6.1.2 基本逻辑运算        | 152 |
| 6.1.3 复合逻辑运算        | 153 |
| 6.1.4 逻辑函数与真值表      | 154 |
| 6.1.5 逻辑函数的相等       | 155 |
| 6.2 逻辑代数的基本定律和基本规则  | 156 |
| 6.2.1 逻辑代数的基本定律     | 156 |
| 6.2.2 逻辑代数的基本规则     | 157 |
| 6.3 逻辑函数的代数法化简      | 157 |
| 6.3.1 化简的意义和最简的概念   | 157 |
| 6.3.2 代数法化简         | 159 |
| 6.4 逻辑函数的卡诺图法化简     | 160 |
| 6.4.1 逻辑函数的最小项      | 160 |
| 6.4.2 卡诺图           | 162 |
| 6.4.3 利用卡诺图化简逻辑函数   | 165 |
| 6.4.4 具有无关项的逻辑函数的化简 | 167 |
| 本章小结                | 168 |
| 习题 6                | 168 |
| 第 7 章 基本逻辑门电路       | 170 |
| 7.1 简单逻辑门电路         | 170 |
| 7.2 复合逻辑门电路         | 175 |
| 习题 7                | 178 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第 8 章 集成逻辑门电路          | 180 |
| 8.1 TTL 门电路            | 180 |
| 8.1.1 TTL 与非门          | 180 |
| 8.1.2 TTL 门电路的其他类型     | 183 |
| 8.1.3 TTL 集成逻辑门电路产品系列  | 186 |
| 8.2 CMOS 门电路           | 187 |
| 8.2.1 常见的 CMOS 门电路     | 188 |
| 8.2.2 CMOS 集成逻辑门电路产品系列 | 189 |
| 8.2.3 多余输入端的处理         | 189 |
| 本章小结                   | 190 |
| 习题 8                   | 190 |
| 第 9 章 组合逻辑电路           | 192 |
| 9.1 组合逻辑电路的分析方法和设计方法   | 192 |
| 9.1.1 组合逻辑电路的分析方法      | 192 |
| 9.1.2 组合逻辑电路的设计        | 193 |
| 9.2 编码器                | 195 |
| 9.2.1 二进制编码器           | 195 |
| 9.2.2 优先编码器            | 196 |
| 9.3 译码器                | 198 |
| 9.3.1 二进制译码器           | 198 |
| 9.3.2 集成译码器            | 199 |
| 9.3.3 显示译码器            | 201 |
| 9.4 数据选择器和数据分配器        | 203 |
| 9.4.1 数据选择器            | 203 |
| 9.4.2 数据分配器            | 206 |
| 9.4.3 数据选择器在汽车上的应用     | 206 |
| 9.5 数值比较器              | 207 |
| 9.5.1 数值比较器的定义及功能      | 207 |
| 9.5.2 集成数字比较器          | 208 |
| 9.6 加法器                | 209 |
| 9.6.1 半加器              | 209 |
| 9.6.2 全加器              | 210 |
| 9.7 组合逻辑电路中的竞争与冒险现象    | 211 |
| 本章小结                   | 212 |
| 习题 9                   | 213 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第 10 章 触发器                | 214 |
| 10.1 基本 RS 触发器            | 214 |
| 10.2 同步触发器                | 216 |
| 10.2.1 同步 RS 触发器          | 216 |
| 10.2.2 同步 D 触发器           | 219 |
| 10.3 主从触发器                | 220 |
| 10.3.1 主从 RS 触发器          | 220 |
| 10.3.2 主从 JK 触发器          | 221 |
| 10.3.3 主从 T 触发器和 $T'$ 触发器 | 223 |
| 10.4 边沿触发器                | 225 |
| 本章小结                      | 227 |
| 习题 10                     | 228 |
| 第 11 章 时序逻辑电路             | 229 |
| 11.1 时序逻辑电路的分析            | 230 |
| 11.1.1 时序逻辑电路的分析方法        | 230 |
| 11.1.2 同步时序电路分析举例         | 230 |
| 11.1.3 异步时序电路分析举例         | 234 |
| 11.2 计数器                  | 236 |
| 11.2.1 同步计数器              | 236 |
| 11.2.2 异步计数器              | 244 |
| 11.3 寄存器                  | 250 |
| 11.3.1 并行数据寄存器            | 250 |
| 11.3.2 移位数据寄存器            | 251 |
| 11.3.3 移位寄存器应用            | 252 |
| 11.4 555 定时器及其应用          | 252 |
| 11.4.1 555 定时器            | 252 |
| 11.4.2 555 定时器的应用举例       | 254 |
| 本章小结                      | 256 |
| 习题 11                     | 256 |
| 参考文献                      | 257 |

# 模拟电子技术部分





# 第 1 章



## 基础知识

半导体元件是电子线路的核心元件，只有掌握半导体元件的结构、性能、工作原理和特点，才能正确分析电子电路工作原理，正确选择和合理使用半导体元件。本章首先介绍半导体基础知识、常用电子元器件的识别与性能测试，然后介绍二极管、三极管、晶闸管的结构、工作原理、主要参数以及应用电路。



### 学习目标

1. 了解半导体基础知识。
2. 掌握二极管结构、特性以及测试方法。
3. 掌握三极管结构、特性以及测试方法。
4. 了解几种特殊类型的晶体管在汽车中的应用。

## 1.1 半导体知识简介

### 1.1.1 半导体材料的导电性能

#### 1. 半导体及其导电特性

自然界中的物质，按其导电能力可分为三大类：导体、半导体和绝缘体。其中半导体是一种导电能力介于导体与绝缘体之间的材料，常用的半导体材料有硅（Si）和锗（Ge）的单晶体。

物质的导电特性取决于原子结构。导体一般为低价元素，其最外层电子受原子核的束缚力很小，因而极易挣脱原子核的束缚成为自由电子。因此在外电场作用下，呈现出较好的导电特性。高价元素最外层电子受原子核的束缚力很强，其导电性极差，可作为绝缘材料。而半导体材料最外层电子既不像导体那样极易摆脱原子核的束缚，成为自由电子；也不像绝缘

体那样被原子核束缚得那么紧，因此，半导体的导电特性介于二者之间。

## 2. 影响半导体材料导电性能的因素

影响半导体材料导电性能好坏的因素除了与半导体本身的性质有关以外，还与温度有关，而且随着温度的升高，基本上按指数规律增加。除此之外，半导体载流子浓度还与光照有关，人们也正是利用此特性，制成光敏器件。

半导体材料除了导电能力有别于导体和绝缘体外，它还有一些独特的性质，如掺杂特性（掺入微量的杂质，导电性能会大幅度改善）。某些半导体还对气体、磁场以及机械力等十分敏感，利用这些特性可以制成具有特殊用途的半导体传感器件。

## 3. 半导体的分类

### (1) 本征半导体

完全纯净的、结构完整的半导体材料称为本征半导体。

### (2) 本征半导体的原子结构及共价键

共价键内的两个电子由相邻的原子各用一个价电子组成，称为束缚电子。图 1-1 所示为硅和锗的原子结构和共价键结构。

### (3) 本征激发和两种载流子——自由电子和空穴

温度越高，半导体材料中产生的自由电子便越多。束缚电子脱离共价键成为自由电子后，在原来的位置留有一个空位，称此空位为空穴。

本征半导体中，自由电子和空穴成对出现，数目相同。图 1-2 所示为本征激发所产生的电子空穴对。

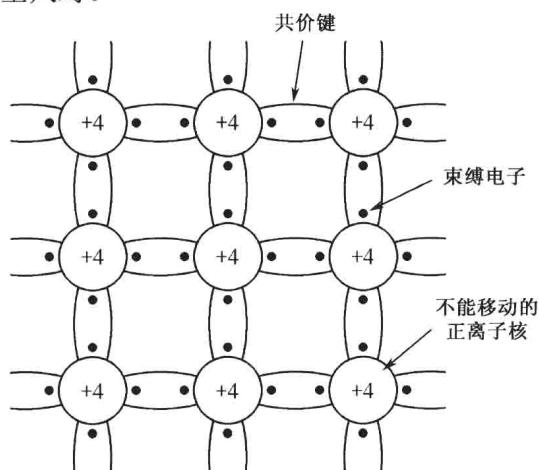


图 1-1 硅和锗的原子结构和共价键结构

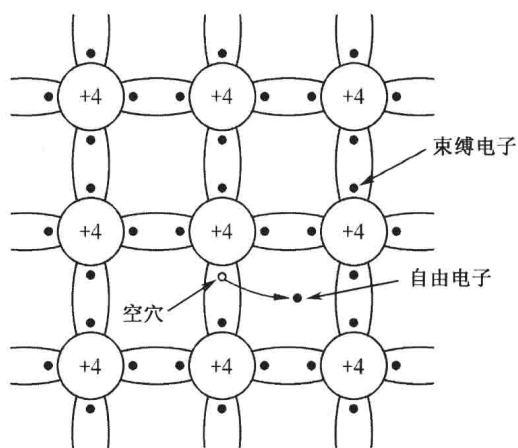


图 1-2 本征激发所产生的电子空穴对

如图 1-3 所示，空穴（如图中位置 1）出现以后，邻近的束缚电子（如图中位置 2）可能获取足够的能量来填补这个空穴，而在这个束缚电子的位置又出现一个新的空位，另一个束缚电子（如图中位置 3）又会填补这个新的空位，这样就形成束缚电子填补空穴的运动。为了区别自由电子的运动，称此束缚电子填补空穴的运动为空穴运动。

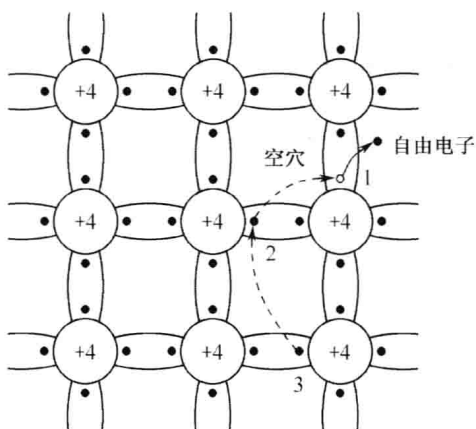


图 1-3 束缚电子填补空穴的运动

#### (4) 结论

① 半导体中存在两种载流子，一种是带负电的自由电子，另一种是带正电的空穴，它们都可以运载电荷形成电流。

② 本征半导体中，自由电子和空穴相伴产生，数目相同。

③ 一定温度下，本征半导体中电子空穴对的产生与复合相对平衡，电子空穴对的数目相对稳定。

④ 温度升高，激发的电子空穴对数目增加，半导体的导电能力增强。

空穴的出现是半导体导电区别导体导电的一个主要特征。

### 1.1.2 PN 结及其特性

#### 1. 杂质半导体

在本征半导体中加入微量杂质，可使其导电性能显著改变。根据掺入杂质的性质不同，杂质半导体分为两类：电子型（N 型）半导体和空穴型（P 型）半导体。

##### (1) N 型半导体

在硅（或锗）半导体晶体中，掺入微量的五价元素，如磷（P）、砷（As）等，则构成 N 型半导体。

五价的元素具有五个价电子，它们进入由硅（或锗）组成的半导体晶体中，五价的原子取代四价的硅（或锗）原子，在与相邻的硅（或锗）原子组成共价键时，因为多一个价电子不受共价键的束缚，很容易成为自由电子，于是半导体中自由电子的数目大量增加。自由电子带负电，因此称为 N 型半导体（Negative：负的）。自由电子参与导电移动后，在原来的位置留下一个不能移动的正离子，半导体仍然呈现电中性，但与此同时没有相应的空穴产生，如图 1-4 所示。

N 型半导体中，空穴为少数载流子（少子），自由电子为多数载流子（多子）。N 型半导体主要靠自由电子导电。