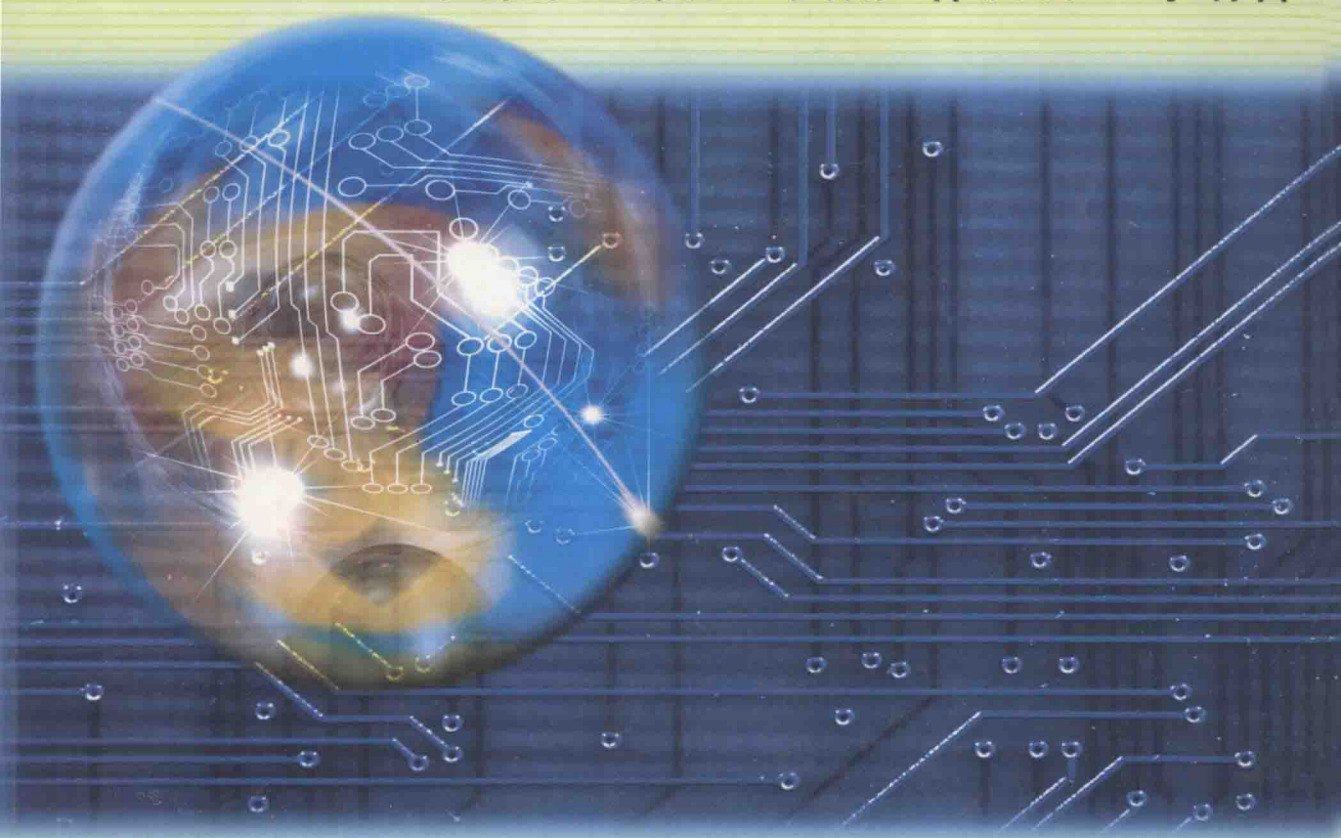


信息产业部**RFID**职业技术培训指定教材

# RFID

## 无线射频识别(RFID)与 条码技术

游战清 刘克胜 吴翔 林汉宏 等编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



信息产业部 RFID 职业技术培训指定教材

# 无线射频识别 (RFID) 与条码技术

游战清 刘克胜 吴 翔 林汉宏 等编著



机械工业出版社

本书比较详细地介绍了无线射频识别 (RFID) 与条码技术的基本知识、应用方式及相关工程项目建设环境、注意事项等。此外, 本书还比较系统地介绍了其他自动识别技术的相关内容。本书在内容上分为三个部分, 第一部分为 RFID 技术篇, 介绍 RFID 技术的相关知识, 在本部分内容里, 还利用专门的篇幅介绍了 Mifare 卡和表面波技术; 第二部分为条码技术篇, 介绍条码技术的相关内容; 第三部分附录为自动识别技术基础篇, 介绍自动识别技术的基本概念、基本形式、应用环境体系以及基本组件、系统模型等。

本书可以作为企业信息化建设特别是 RFID 行业的参考资料, 也可以作为准备应用本项技术的企业或者机构的参考资料, 还可以作为学习 RFID 技术的普通参考读物。对于企业决策者和管理者, 本书可以作为企业实施 RFID 应用项目的决策参考资料。

本书适合广大信息化工作者、物流工作者, 以及 RFID 行业技术人员和应用研究人员、系统集成商、RFID 用户特别是项目决策人员阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

无线射频识别 (RFID) 与条码技术/游战清等编著. —北京: 机械工业出版社, 2006.9

信息产业部 RFID 职业技术培训指定教材

ISBN 7-111-19869-7

I. 无... II. 游... III. ①射频-无线电信号-信号识别②条形码  
IV. ①TN911②TP391.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 106369 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: 吉 玲 责任编辑: 吉 玲、刘星宁 版式设计: 张世琴

责任校对: 刘志文 封面设计: 马精明 责任印制: 李 妍

北京地质印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.5 印张 · 505 千字

0001—4000 册

定价: 35.00 元



凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

在我们的现实生活中，各种各样的活动或者事件都会产生这样或者那样的数据，这些数据包括人的、物质的、财务的，也包括采购的、生产的和销售的，这些数据的采集与分析对于我们的生产或者生活决策来讲都是十分重要的。如果没有这些实际工况的数据支援，生产和决策就将成为一句空话，将缺乏现实基础。这些基础数据通过一定的分发与传输方式提供给企业信息化管理系统作为辅助人们决策的重要依据。因此，在计算机信息处理系统中，数据的采集是信息系统的基础，这些数据通过数据系统的分析和过滤，最终成为影响我们决策的信息。

在信息系统早期，相当一部分数据的处理都是通过人工手工录入，这样不仅数据量十分庞大，劳动强度大，而且数据误码率较高，也失去了实时的意义。为了解决这些问题，人们就研究和发展的各种各样的自动识别技术，将人们从繁冗的重复的但又十分不精确的手工劳动中解放出来，提高了系统信息的实时性和准确性，从而为生产的实时调整、财务的及时总结以及决策的适时修正提供正确的参考依据。

自动识别技术（Automatic Identification Technology, AIDT）就是应用一定的识别装置，通过被识别物品和识别装置之间的接近活动，自动地获取被识别物品的相关信息，并提供给后台的计算机处理系统来完成相关后续处理的一种技术。自动识别技术是以计算机技术和通信技术的发展为基础的综合性科学技术，它是信息数据自动识读、自动输入计算机的重要方法和手段，归根到底，自动识别技术是一种高度自动化的信息或者数据采集技术。

近几十年自动识别技术在全球范围内得到了迅猛发展，初步形成了一个包括条码技术、磁条磁卡技术、IC卡技术、光学字符识别、射频识别技术、各种生物识别技术等集计算机、光、磁、物理、机电、通信技术为一体的高新技术学科。自动识别技术作为一种革命性的基础数据采集方式，正迅速为人们所接受。

自动识别技术的种类非常丰富，其应用也十分广泛，随着人们对无线射频识别（RFID）技术的认识越来越深刻，自动识别技术在物流与供应链领域的应用也逐步走向深入。为了较为完整地介绍 RFID 在物流与供应链等领域应用最广泛的自动识别技术——RFID 技术，提供给广大读者一个自动识别技术参考指南，我们编写了这本《无线射频识别（RFID）与条码技术》。在本书的内容安排上，在重点介绍 RFID 与条码技术的同时，也简要介绍了其他几种常见的自动识别技术，我们还给出了若干应用实例。本书的目的是给广大读者提供一个可以参考实施的指南性参考资料。本书所介绍的技术产品以相关企业的现有产品为基础。

本书的编写宗旨正如我的一位西方朋友所说的那样，“Don't oversell RFID”。和其他任何一项应用技术一样，RFID 和条码技术都有其最适合的应用领域，我们是本着“还原”的态度来完成本书的编写工作的，我们将告诉广大读者，RFID 究竟能够干什么，究竟应该怎样

做。

本书可以作为物流与供应链领域从业人员、企业信息化建设从业人员的参考资料,也可以作为准备应用本项技术的企业或者机构的参考资料,还可以作为 RFID 与条码技术的普通参考读物。对于企业决策者和管理者,本书可以作为企业实施自动识别技术应用项目的决策参考资料。希望本书能够为广大自动识别工作者起到一个抛砖引玉的作用。

本书在内容上分为三个部分,第一部分为 RFID 技术篇(第1~8章),介绍 RFID 技术的相关知识,在本部分内容里,还利用专门的篇幅介绍了 Mifare 卡和表面波技术;第二部分为条码技术篇(第9~15章),介绍条码技术的相关内容;第三部分附录为自动识别技术基础篇,介绍自动识别技术的基本概念、基本形式、应用环境体系以及基本组件、系统模型等。

本书由游战清、刘克胜、吴翔、林汉宏、董雄、纪红佳、顾金星、戴青云、曾伟、贺文、Olivier Desjuex 等组织编写。

特别感谢机械工业出版社电工电子分社的吉玲女士为本书的出版所做的大量繁复的工作。

本书在成稿过程中,得到了李忠诚教授、谭天德教授、李苏剑教授、杨宏伟教授、王铁宁教授、熊本海教授、钱平教授、陈俭、王永春、姜贞勇、张宛玲、杨贵君、吴海明、张益强、张国君、刘忠等学者和朋友的帮助。在此一并表示感谢。

感谢所有被本书引用资料的作者。

谨以此书献给所有关爱我们的人们。

由于时间仓促,书中谬误之处在所难免,请广大读者给予批评指正。

如有任何意见和建议,请电邮 yzq5106@sina.com。

游战清

2006年8月8日

# 目 录

## 前言

## 第1章 无线射频识别 (RFID)

### 技术 ..... 1

#### 1.1 RFID 技术简介 ..... 1

##### 1.1.1 基本概念 ..... 1

##### 1.1.2 分类 ..... 2

#### 1.2 参数解析 ..... 6

##### 1.2.1 RFID 参数简介 ..... 6

##### 1.2.2 典型参数示例 ..... 6

#### 1.3 RFID 技术的基本工作原理 ..... 14

#### 1.4 RFID 工作的物理学原理 ..... 16

##### 1.4.1 与 RFID 相关的电磁场 基本理论 ..... 16

##### 1.4.2 能量耦合和数据传输 ..... 18

#### 1.5 RFID 技术的数据传输协议 与安全性 ..... 21

##### 1.5.1 数据的传输协议与方式 ..... 21

##### 1.5.2 数据的安全性 ..... 22

#### 1.6 数据的完整性 ..... 27

##### 1.6.1 校验方法 ..... 27

##### 1.6.2 干扰与抗干扰 ..... 28

##### 1.6.3 识读率与误码率 ..... 29

#### 1.7 多标签同时识别与系统 防冲撞 ..... 29

##### 1.7.1 标签防冲撞 ..... 29

##### 1.7.2 阅读器防冲撞 ..... 33

## 第2章 无线射频识别 (RFID) 技术

### 应用环境体系 ..... 35

#### 2.1 RFID 标准 ..... 35

##### 2.1.1 RFID 标准简介 ..... 35

##### 2.1.2 RFID 标准内容 ..... 36

##### 2.1.3 RFID 系统的层级模式 ..... 42

##### 2.1.4 动物识别标准 ..... 42

##### 2.1.5 非接触式智能卡标准 ..... 44

#### 2.2 隐私权 ..... 46

#### 2.3 频率监管 ..... 49

##### 2.3.1 频率标准许可 ..... 49

##### 2.3.2 不同的电磁波频段 ..... 50

##### 2.3.3 RFID 系统的工作频率与 应用范围 ..... 50

##### 2.3.4 RFID 系统工作频段解释 ..... 51

##### 2.3.5 电感耦合 RFID 系统的使用频率 选择 ..... 52

#### 2.4 电磁波对人体的影响 ..... 52

#### 2.5 电磁兼容性 (EMC) ..... 53

#### 2.6 认证体系 ..... 54

#### 2.7 RFID 关联行业 ..... 54

## 第3章 RFID 基本组件 ..... 56

#### 3.1 阅读器 ..... 56

##### 3.1.1 阅读器简介 ..... 56

##### 3.1.2 阅读器的作用 ..... 56

##### 3.1.3 阅读器的基本构成 ..... 57

##### 3.1.4 阅读器的形式 ..... 59

#### 3.2 电子标签 ..... 60

##### 3.2.1 电子标签简介 ..... 60

##### 3.2.2 电子标签的构成 ..... 60

##### 3.2.3 电子标签的封装材质 ..... 61

##### 3.2.4 电子标签的封装形式 ..... 61

##### 3.2.5 热传感器标签及其应用 ..... 65

##### 3.2.6 电子标签的封装加工 ..... 70

##### 3.2.7 电子标签的选择 ..... 72

#### 3.3 RFID 中间件 ..... 73

#### 3.4 软件与仿真 ..... 74

##### 3.4.1 RFID 软件系统 ..... 74

##### 3.4.2 RFID 仿真系统 ..... 74

|                                   |           |                                     |            |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------------------|------------|
| 3.5 阅读器数据通信方式 .....               | 75        | 4.5.1 RFID 的产品与行业简介 .....           | 107        |
| 3.5.1 阅读器接口方式 .....               | 75        | 4.5.2 RFID 设备选型的原则 .....            | 107        |
| 3.5.2 数据传输媒介 .....                | 77        | 4.5.3 设备技术性能评估 .....                | 108        |
| 3.6 RFID 组网技术 .....               | 78        | 4.5.4 RFID 设备供应商 .....              | 110        |
| <b>第 4 章 RFID 系统的开发与集成</b> .....  | <b>80</b> | 4.5.5 设备供应商的选择要旨 .....              | 110        |
| 4.1 RFID 系统咨询 .....               | 80        | 4.6 RFID 系统集成 .....                 | 114        |
| 4.1.1 RFID 系统咨询的任务 .....          | 80        | 4.6.1 RFID 系统集成简介 .....             | 114        |
| 4.1.2 RFID 系统咨询的内容 .....          | 81        | 4.6.2 集成商的分类 .....                  | 115        |
| 4.1.3 咨询公司的分类 .....               | 82        | 4.6.3 集成商的选择与评估 .....               | 118        |
| 4.1.4 咨询公司的选择 .....               | 84        | 4.7 RFID 系统的投资回报分析 .....            | 122        |
| 4.2 项目需求分析 .....                  | 85        | 4.7.1 RFID 系统的成本构成分析 .....          | 122        |
| 4.2.1 项目需求分析的内容和目的 .....          | 85        | 4.7.2 RFID 系统带来的效益分析 .....          | 123        |
| 4.2.2 需求分析问题解析 .....              | 88        | <b>第 5 章 RFID 系统天线</b> .....        | <b>126</b> |
| 4.3 RFID 应用项目系统总体方案<br>设计 .....   | 97        | 5.1 RFID 系统天线简介 .....               | 126        |
| 4.3.1 整体设计说明书的具体内容 .....          | 97        | 5.2 RFID 系统天线性能的影响<br>因素 .....      | 127        |
| 4.3.2 客户需求总体解决方案 .....            | 97        | 5.2.1 RFID 系统天线设计的工具 .....          | 127        |
| 4.3.3 产品识别方式 .....                | 98        | 5.2.2 RFID 的产品应用需求 .....            | 127        |
| 4.3.4 总体设计与业务流程的有机<br>结合 .....    | 98        | 5.2.3 RFID 的环境操作因素 .....            | 128        |
| 4.3.5 设计所有识别环节的识别方式 .....         | 98        | 5.2.4 天线材质的影响 .....                 | 128        |
| 4.3.6 识别信息的分发处理 .....             | 99        | 5.3 天线的制造 .....                     | 129        |
| 4.3.7 对现有设施的利用 .....              | 99        | 5.4 超高频标签天线的选择 .....                | 130        |
| 4.3.8 系统设计的可支持性和<br>可维护性 .....    | 99        | 5.4.1 天线选择简介 .....                  | 130        |
| 4.4 RFID 系统功能设计 .....             | 100       | 5.4.2 阻抗问题 .....                    | 132        |
| 4.4.1 RFID 系统功能说明书 .....          | 100       | 5.4.3 辐射模式 .....                    | 133        |
| 4.4.2 为达成总体设计目标所必须<br>具备的功能 ..... | 101       | 5.4.4 局部结构的影响 .....                 | 133        |
| 4.4.3 标签设计说明 .....                | 101       | 5.4.5 距离 .....                      | 135        |
| 4.4.4 阅读器功能说明 .....               | 103       | <b>第 6 章 RFID 在中国的应用范例</b> .....    | <b>137</b> |
| 4.4.5 业务流程对系统功能的影响 .....          | 104       | 6.1 RFID 在中国应用的简介 .....             | 137        |
| 4.4.6 识别环节的读取方式 .....             | 104       | 6.2 RFID 在公共交通上的应用 .....            | 142        |
| 4.4.7 信息分发 .....                  | 105       | 6.3 RFID 在制造业中的应用 .....             | 146        |
| 4.4.8 基础设施 .....                  | 105       | 6.3.1 RFID 在传统制造业中的应用<br>系统简介 ..... | 146        |
| 4.4.9 支持与维护 .....                 | 105       | 6.3.2 RFID 在传统制造业中的应用<br>系统特点 ..... | 147        |
| 4.4.10 设计目标确认 .....               | 106       | 6.3.3 RFID 在传统制造业中应用的技术<br>方案 ..... | 149        |
| 4.5 RFID 设备供应商 .....              | 107       |                                     |            |



|                                      |     |                                 |     |
|--------------------------------------|-----|---------------------------------|-----|
| 6.4 无障碍人员管理系统 .....                  | 157 | 7.3 通信流程 .....                  | 195 |
| 6.4.1 无障碍人员跟踪管理系统<br>简介 .....        | 157 | 7.4 阅读器 .....                   | 196 |
| 6.4.2 需求简介 .....                     | 159 | 7.5 其他几种常见的非接触式<br>IC 卡 .....   | 197 |
| 6.4.3 总体设计 .....                     | 159 | 7.5.1 瑞士 EM 微电子有限公司 .....       | 197 |
| 6.4.4 功能分配 .....                     | 163 | 7.5.2 荷兰 Philips 电子有限公司 .....   | 199 |
| 6.4.5 数据结构设计 .....                   | 166 | 7.5.3 美国 TI 公司 .....            | 200 |
| 6.5 RFID 在物流与供应链中的<br>应用 .....       | 170 | 7.5.4 美国 Atmel 公司 .....         | 202 |
| 6.5.1 RFID 在物流中的应用简介 .....           | 170 | 7.5.5 美国 ST 微电子有限公司 .....       | 202 |
| 6.5.2 应用在物流管理中的 RFID 系统<br>的选型 ..... | 171 | <b>第 8 章 声表面波 RFID</b> .....    | 204 |
| 6.5.3 RFID 在物流管理中的应用<br>模式 .....     | 172 | 8.1 声表面波基本理论简介 .....            | 204 |
| 6.5.4 RFID 和二维条码在物流中的<br>应用比较 .....  | 173 | 8.2 声表面波器件 .....                | 208 |
| 6.6 井下人员定位跟踪管理系统 .....               | 174 | 8.3 声表面波电声换能器 .....             | 210 |
| 6.6.1 井下人员定位跟踪管理<br>系统简介 .....       | 174 | 8.4 声表面波天线 .....                | 214 |
| 6.6.2 系统设计方案 .....                   | 175 | 8.5 声表面波作为 RFID 的应用 .....       | 216 |
| 6.6.3 系统的基本构成及组件<br>的功能 .....        | 176 | 8.5.1 声表面波标签的识别原理 .....         | 216 |
| 6.6.4 系统示意图 .....                    | 178 | 8.5.2 声表面波标签在自动识别中的<br>应用 ..... | 217 |
| 6.6.5 井下人员定位跟踪管理系统软件<br>功能说明 .....   | 178 | 8.5.3 声表面波在车辆管理中的<br>应用 .....   | 219 |
| 6.7 停车场管理系统 .....                    | 180 | <b>第 9 章 条码基础知识</b> .....       | 221 |
| 6.7.1 停车场管理系统简介 .....                | 180 | 9.1 条码的发展历史 .....               | 221 |
| 6.7.2 管理流程描述 .....                   | 181 | 9.2 条码技术的研究对象及优点 .....          | 222 |
| 6.7.3 系统总体设计 .....                   | 182 | 9.3 条码技术的应用范围 .....             | 223 |
| 6.7.4 系统软件功能特点 .....                 | 184 | <b>第 10 章 条码编码方式</b> .....      | 225 |
| 6.8 香港机场行李管理 .....                   | 186 | 10.1 一维条码 .....                 | 225 |
| <b>第 7 章 Mifare 系统</b> .....         | 187 | 10.1.1 一维条码简介 .....             | 225 |
| 7.1 Mifare 卡 .....                   | 187 | 10.1.2 EAN 码 .....              | 226 |
| 7.1.1 Mifare 卡简介 .....               | 187 | 10.1.3 UPC 码 .....              | 226 |
| 7.1.2 Mifare 卡的种类 .....              | 188 | 10.1.4 39 码 .....               | 226 |
| 7.2 芯片的配置与存取控制 .....                 | 191 | 10.1.5 128 码 .....              | 227 |
| 7.2.1 Mifare 卡的硬件结构 .....            | 191 | 10.1.6 库德巴码 .....               | 227 |
| 7.2.2 存储单元的配置 .....                  | 192 | 10.1.7 ISBN 与 ISSN .....        | 227 |
|                                      |     | 10.2 二维条码 .....                 | 228 |
|                                      |     | 10.2.1 二维条码简介 .....             | 228 |
|                                      |     | 10.2.2 二维条码术语定义 .....           | 229 |



|                                      |     |                                       |     |
|--------------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 10.2.3 龙贝码 .....                     | 230 | 第 14 章 商品条码管理 .....                   | 255 |
| 10.2.4 龙贝优码 .....                    | 233 | 14.1 中国条码使用现状简介 .....                 | 255 |
| 10.2.5 PDF417 码 .....                | 233 | 14.1.1 通用商品条码国家标准使用<br>现状 .....       | 255 |
| 10.3 一维条码与二维条码的<br>比较 .....          | 234 | 14.1.2 企业如何申请制造厂商代码 ...               | 255 |
| 第 11 章 条码识读设备 .....                  | 235 | 14.1.3 企业如何编制商品代码 .....               | 256 |
| 11.1 条码扫描器 .....                     | 235 | 14.1.4 企业如何保证条码的质量 .....              | 256 |
| 11.2 便携式数据采集器 .....                  | 236 | 14.2 商品条码的编码结构 .....                  | 257 |
| 11.2.1 便携式数据采集器简介 .....              | 236 | 14.3 商品条码管理 .....                     | 258 |
| 11.2.2 便携式数据采集器的产品<br>特点 .....       | 237 | 14.3.1 商品条码质量现状 .....                 | 258 |
| 11.2.3 便携式数据采集器的程序<br>功能 .....       | 239 | 14.3.2 如何提高商品条码的质量 .....              | 261 |
| 11.2.4 应用便携式数据采集器的<br>优点 .....       | 240 | 14.3.3 商品条码管理办法 .....                 | 264 |
| 11.2.5 便携式数据采集器的应用<br>案例 .....       | 241 | 14.3.4 商品条码符号位置 .....                 | 267 |
| 11.3 如何选择条码数据<br>采集器 .....           | 244 | 14.3.5 商品条码印刷资格认定实施<br>办法 .....       | 271 |
| 第 12 章 条码的印制 .....                   | 247 | 14.4 北京流通业条码应用发展<br>情况 .....          | 272 |
| 12.1 条码打印设备 .....                    | 247 | 14.4.1 北京流通业条码的应用发展<br>历程 .....       | 272 |
| 12.1.1 热敏式条码机 .....                  | 247 | 14.4.2 北京流通业条码的应用现状 ...               | 273 |
| 12.1.2 热转式条码机 .....                  | 247 | 14.4.3 北京流通业条码在应用推广<br>中存在的主要问题 ..... | 274 |
| 12.1.3 普通打印机 .....                   | 248 | 第 15 章 条码应用案例 .....                   | 275 |
| 12.2 打印色带 .....                      | 249 | 15.1 二维条码在物流管理中的<br>应用 .....          | 275 |
| 12.3 条码标签材质 .....                    | 249 | 15.2 供应链物流条码 .....                    | 276 |
| 12.4 几种经常使用的不干胶<br>标签 .....          | 250 | 15.2.1 供应链物流条码简介 .....                | 276 |
| 12.4.1 常见的不干胶标签简介 .....              | 250 | 15.2.2 贸易单元的标识 .....                  | 277 |
| 12.4.2 不干胶标签的选择 .....                | 251 | 15.2.3 物流单元的标识 .....                  | 278 |
| 第 13 章 国际、国内从事物流条码<br>研究的组织 .....    | 253 | 15.2.4 位置码 .....                      | 279 |
| 13.1 国际物品编码协会 .....                  | 253 | 15.2.5 资产的标识 .....                    | 279 |
| 13.2 中国物品编码中心 .....                  | 253 | 15.2.6 条码技术在供应链管理中<br>的应用 .....       | 280 |
| 13.2.1 中国物品编码中心职责 .....              | 254 | 15.3 条码技术与仓库管理 .....                  | 282 |
| 13.2.2 目前我国正式颁布的与条码<br>相关的国家标准 ..... | 254 | 附录 .....                              | 285 |
|                                      |     | 附录 A 自动识别技术 .....                     | 285 |

|                        |     |                           |     |
|------------------------|-----|---------------------------|-----|
| A.1 自动识别技术简介 .....     | 285 | B.2 RFID 技术发展的现状与趋势 ..... | 309 |
| A.1.1 自动识别技术的基本概念 ...  | 285 | B.2.1 技术发展的现状 .....       | 309 |
| A.1.2 自动识别系统的一般模型 ...  | 285 | B.2.2 标准现状 .....          | 310 |
| A.1.3 自动识别技术的种类 .....  | 286 | B.2.3 发展趋势 .....          | 310 |
| A.2 光学字符识别 .....       | 287 | B.3 中国发展 RFID 技术战略 .....  | 311 |
| A.3 磁条(卡)技术 .....      | 289 | B.3.1 总体发展目标 .....        | 311 |
| A.4 接触式 IC 卡识别技术 ..... | 291 | B.3.2 指导思想和原则 .....       | 311 |
| A.5 生物识别技术 .....       | 293 | B.3.3 发展途径和实施进程 .....     | 312 |
| A.5.1 生物识别技术简介 .....   | 293 | B.4 中国 RFID 技术发展及优先应用     |     |
| A.5.2 生物识别的过程 .....    | 295 | 领域 .....                  | 312 |
| A.5.3 指纹识别技术 .....     | 296 | B.4.1 关键技术 .....          | 312 |
| A.5.4 虹膜识别技术 .....     | 298 | B.4.2 标准与测试 .....         | 313 |
| A.5.5 视网膜识别技术 .....    | 300 | B.4.3 优先应用领域 .....        | 314 |
| A.5.6 面部识别技术 .....     | 301 | B.5 中国推进 RFID 产业化战略 ..... | 314 |
| A.5.7 签名识别技术 .....     | 303 | B.5.1 指导思想 .....          | 314 |
| A.5.8 语音识别技术 .....     | 304 | B.5.2 发展途径 .....          | 315 |
| A.6 各种自动识别技术的比较 .....  | 308 | B.5.3 实施进程 .....          | 315 |
| 附录 B 科技部等十五部委中国射频      |     | B.6 中国发展 RFID 技术的宏观环境     |     |
| 识别(RFID)技术政策           |     | 建设 .....                  | 315 |
| 白皮书 .....              | 308 | 参考文献 .....                | 317 |
| B.1 前言 .....           | 308 |                           |     |

# 第 1 章 无线射频识别 (RFID) 技术

无线射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术的基本原理是利用空间电磁感应 (Inductive Coupling) 或者电磁传播 (Propagation Coupling) 来进行通信, 以达到自动识别被标识对象的目的。RFID 系统的基本工作方法是 将 RFID 标签 (Tag) 安装在被识别对象上 (粘贴、插放、佩挂、植入等), 当被标识对象进入 RFID 阅读器 (Reader) 的读取范围时, 标签和阅读器之间建立起无线方式的通信链路, 标签向阅读器发送自身信息, 如标签编号和标签存储数据等, 阅读器接收这些信息并进行解码, 然后传送给后台计算机处理, 从而完成整个信息处理过程。

按照这个概念, 可以根据 RFID 的基本电磁场工作原理将 RFID 系统分成 IC RFID (芯片 RFID) 系统、SAW RFID (声表面波 RFID) 系统以及其他形式的 RFID 系统。这些 RFID 系统的基本原理都是利用标签和阅读器之间的非接触式双向通信来达到标签识别和数据交换的目的。通常所讲的 RFID 系统都是指 IC RFID 系统。

RFID 技术是一门多学科多技术综合利用的应用技术。所涉及的关键技术大致包括芯片技术、天线技术、无线通信技术、数据变换与编码技术、电磁场与微波技术等。

## 1.1 RFID 技术简介

### 1.1.1 基本概念

RFID 技术是一种非接触的自动识别技术, 其基本原理是利用无线射频信号的空间耦合 (电磁感应或者电磁传播) 的传输特性, 实现对被识别对象的自动识别。图 1-1 是 RFID 系统配置示意图。

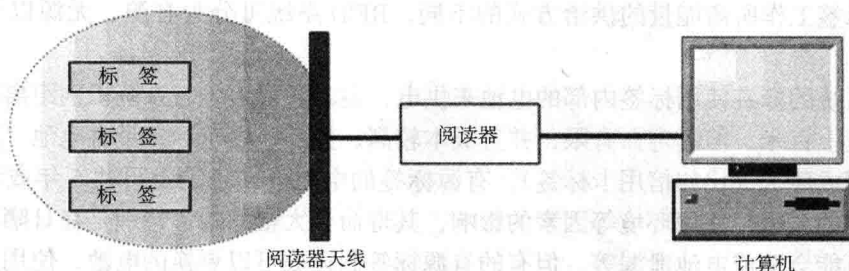


图 1-1 RFID 系统配置示意图

电磁感应, 即所谓的变压器模型, 通过空间高频交变磁场实现耦合, 依据的是电磁感应定律, 如图 1-2 所示。电磁感应方式一般适合于中、低频工作的近距离射频识别系统。典型的工作频率有 125kHz、225kHz 和 13.56MHz。识别作用距离小于 1m, 典型作用距离为

0~15cm。

电磁传播或者电磁反向散射 (Back Scatter) 耦合, 即所谓的雷达原理模型, 发射出去的电磁波, 碰到目标后反射, 同时携带回目标信息, 依据的是电磁波的空间传播规律, 如图 1-3 所示。电磁传播方式一般适合于超高频、微波工作的远距离射频识别系统。典型的工作频率有 433MHz、915MHz、2.45GHz、5.8GHz。识别作用距离大于 1m, 典型作用距离为 3~10m。

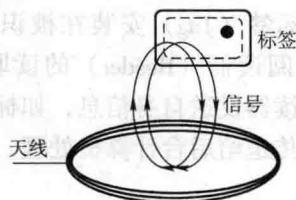


图 1-2 电感感应

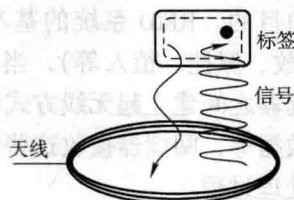


图 1-3 电磁传播

RFID 系统一般由两个部分组成, 即电子标签和阅读器。在 RFID 技术的实际应用中, 电子标签附着在被识别的物体 (表面或者内部) 上, 当带有电子标签的被识别物品通过阅读器的可识读区域时, 阅读器自动以无接触的方式将电子标签中的约定识别信息取出, 从而实现自动识别物品或自动收集物品标识信息的功能。阅读器本身可包括阅读器模块和天线两个部分, 有的阅读器将阅读器模块和天线集成在一个设备单元中, 即所谓的集成式阅读器 (Integrated Reader)。

综上所述, 为了完成 RFID 系统的主要功能, RFID 系统应具有两个基本的构成部分, 即电子标签和阅读器。

### 1.1.2 分类

根据不同的分类方式, RFID 系统可以具有很多不同的分类方式, 一般来讲, 可以按照如下的方式进行分类 (见图 1-4)。

#### 1. 根据标签的供电形式分类

根据标签工作所需能量的供给方式的不同, RFID 系统可分为有源、无源以及半有源系统。

有源系统的标签使用标签内部的电池来供电, 主动发射信号, 系统识别距离较长, 可达几十米甚至上百米, 但其寿命有限, 并且成本较高, 另外, 由于标签带有电池, 其体积比较大, 无法制成薄卡 (比如信用卡标签)。有源标签的电池寿命理论上可达 5 年或者更长, 但是由于电池的质量、使用环境等因素的影响, 其寿命会大幅缩减。特别是在日晒等条件下使用, 还有可能会造成电池泄漏等。但有的有源标签制造成可以更换的电池, 使用成本可以得到控制 (见图 1-5)。

无源系统的标签不含有电池, 利用阅读器发射的电磁波进行耦合来为自己提供能量, 它的重量轻、体积小, 寿命可以非常长, 成本低廉, 可以制成各种各样的薄卡或者挂扣卡。但它的识别距离受到限制, 一般是几十厘米到数十米, 且需要有较强的阅读器发射功率 (见图 1-6)。

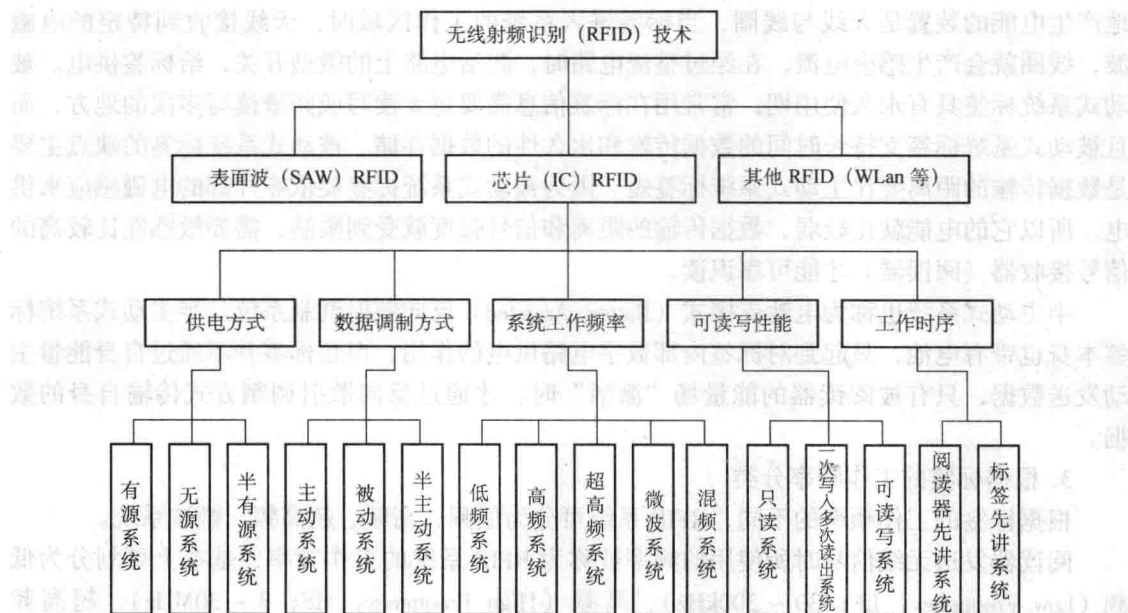


图 1-4 RFID 谱系

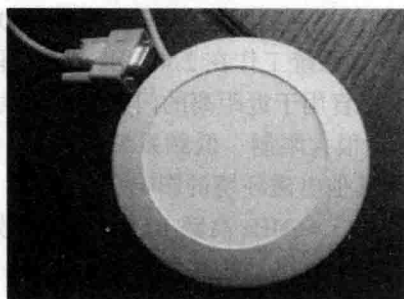


图 1-5 有源标签系统

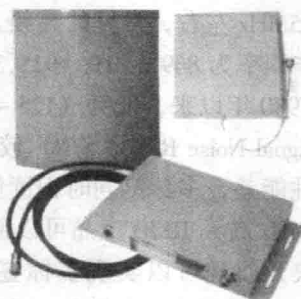


图 1-6 无源标签系统

半有源系统标签带有电池，但是电池只起到对标签内部电路供电的作用，标签本身并不发射信号。

## 2. 根据标签的数据调制方式分类

根据标签的数据调制方式的不同，RFID 系统可分为主动式、被动式和半主动式系统。一般来讲，无源系统为被动式；有源系统为主动式；半有源系统为半主动式。

主动式系统用自身的射频能量主动发送数据给阅读器，调制方式可为调幅、调频或调相。主动式系统标签是单向的，也就是说，只有标签向阅读器不断传送信息，而阅读器对标签的信息只是被动地接收，就像电台和收音机的关系。被动式的射频系统，使用调制散射方式发射数据，它必须利用阅读器的载波来调制自己的信号，在门禁或交通的应用中比较适宜，因为阅读器可以确保只激活一定范围内的射频系统。在有障碍物的情况下，采用调制散射方式，阅读器的能量必须来去穿过障碍物两次。而主动式射频标签发射的信号仅穿过障碍物一次，因此在主动方式下工作的射频标签主要用于有障碍物的应用中，距离更远，速度更快。

被动式系统标签内部不带电池，要靠外界提供能量才能正常工作。被动式系统标签典型

地产生电能的装置是天线与线圈,当标签进入系统的工作区域时,天线接收到特定的电磁波,线圈就会产生感应电流,在经过整流电路时,激活电路上的微型开关,给标签供电。被动式系统标签具有永久使用期,常常用在标签信息需要每天读写或频繁读写多次的地方,而且被动式系统标签支持长时间的数据传输和永久性的数据存储。被动式系统标签的缺点主要是数据传输的距离要比主动式系统标签短。因为被动式系统标签要依靠外部的电磁感应来供电,所以它的电能就比较弱,数据传输的距离和信号强度就受到限制,需要敏感性比较高的信号接收器(阅读器)才能可靠识读。

半主动式系统也称为电池支援式(Battery Assisted)反向散射调制系统。半主动式系统标签本身也带有电池,只起到对标签内部数字电路供电的作用,但是标签并不通过自身能量主动发送数据,只有被阅读器的能量场“激活”时,才通过反向散射调制方式传输自身的数据。

### 3. 根据标签的工作频率分类

根据标签的工作频率的不同,RFID系统可分为低频、高频、超高频、微波系统。

阅读器发送无线信号时所使用的频率被称为RFID系统的工作频率,基本上可划分为低频(Low Frequency, LF; 30 ~ 300kHz)、高频(High Frequency, HF; 3 ~ 30MHz)、超高频(Ultra Frequency, UHF; 300 ~ 968MHz)、微波(Micro Wave, MW; 2.45 ~ 5.8GHz)。

低频系统一般工作在100 ~ 300kHz,常见的工作频率有125kHz、134.2kHz;高频系统工作在10 ~ 15MHz左右,常见的高频工作频率为13.56MHz;超高频工作频率为850 ~ 960MHz,常见的工作频率为869.5MHz、915.3MHz;还有些射频识别系统工作在2.45GHz的微波段。

自从1980年以来,低频(125 ~ 135kHz)RFID技术一直用于近距离的门禁管理。由于其信噪比(Signal Noise Ratio, S/N)较低,其识读距离受到很大限制。低频系统防冲撞(Anti-collision)性能差,多标签同时识读慢。性能也容易受到其他电磁环境的影响。

13.56MHz高频RFID产品可以部分地解决这些问题。13.56MHz高频RFID系统的数据读取速度较快,而且可以实现多标签同时识读,形式多样,价格适中。但是13.56MHz高频RFID产品对可导媒介(如液体、高湿、碳介质等)的穿透性不如低频产品。

860 ~ 960MHz超高频RFID产品常常被推荐应用在供应链管理(Supply Chain Management, SCM)上,超高频产品识读距离长,能够实现高速识读和多标签同时识读。但是,超高频电磁波对于可导媒介如水等完全不能穿透,对金属的绕射性也很差。实践证明,由于高湿物品、金属物品对超高频无线电波的吸收与反射特性,超高频RFID产品对于此类物品的跟踪与识读是完全失败的。

RFID系统频谱如图1-7所示。

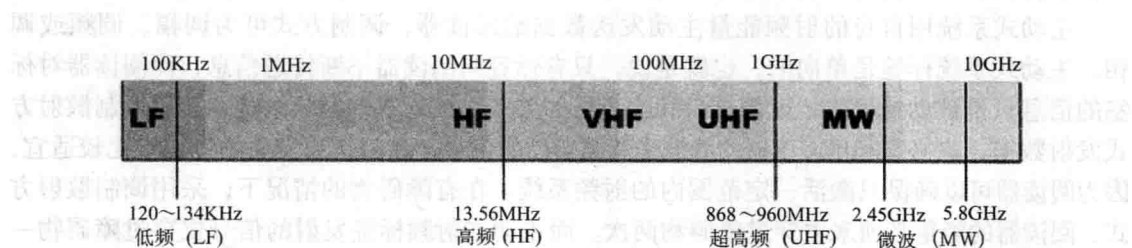


图1-7 RFID系统频谱简图



#### 4. 根据标签的可读写性分类

根据标签的可读写性的不同,系统可分为只读、读写和一次写入多次读出系统。

根据射频标签内部使用的存储器类型的不同分为可读写 (RW) 标签、一次写入多次读出 (WORM) 标签和只读 (RO) 标签。RW 标签一般比 WORM 标签和 RO 标签贵得多,如信用卡等。WORM 标签是用户可以一次性写入的标签,写入后数据不能改变,WORM 标签比 RW 标签要便宜。RO 标签存有一个惟一的号码 ID,不能修改,这样提供了安全性,价格也最便宜。

只读系统标签内部只有只读存储器 (Read Only Memory, ROM) 和随机存储器 (Random Access Memory, RAM)。ROM 用于存储发射器操作系统程序 (Programming) 和安全性要求较高的数据,它与内部的处理器或逻辑处理单元 (Logical CPU Unit) 完成内部的操作控制功能,如响应延迟时间控制、数据流控制、电源开关控制等。另外,只读系统标签的 ROM 中还存储有标签的标识信息。这些信息可以在标签制造过程中由制造商写入 ROM 中,也可以在标签开始使用时,由使用者根据特定的应用目的写入特殊的编码信息。这种信息可以只简单地代表二进制中的“0”或者“1”,也可以像二维条码那样,包含复杂的相当丰富的信息。但这种信息只能是一次写入,多次读出。只读系统标签中的 RAM 用于存储标签响应和数据传输过程中临时产生的数据。另外,只读系统标签中除了 ROM 和 RAM 外,一般还有缓冲存储器,用于暂时存储调制后等待天线发送的信息。

读写系统标签内部的存储器除了 ROM、RAM 和缓冲存储器之外,还有非易失可编程记忆存储器。这种存储器除了具有存储数据的功能外,还具有在适当的条件下允许多次写入数据的功能。非易失可编程记忆存储器有许多种,EEPROM (电可擦除可编程只读存储器) 是比较常见的一种,这种存储器在加电的情况下,可以实现对原有数据的擦除和数据的重新写入。可写存储器的容量根据标签的种类和执行的标准存在较大的差异。

#### 5. 根据标签和阅读器之间的通信工作时分序分类

根据标签和阅读器之间的通信工作时分序的不同,系统可分为标签先讲和读写器先讲系统。

这也就是阅读器主动唤醒标签——(Reader Talk First, RTF),还是标签首先自报家门——(Tag Talk First, TTF) 的方式。它涉及阅读器和标签的工作次序问题,即时序。

对于无源标签来讲,一般是 RTF 方式;对于多标签同时识读来讲,可以是 RTF 方式,也可以是 TTF 方式。值得一提的是,这里对于多标签同时识读的“同时”只是相对的概念。为了实现多标签无冲撞同时识读,对于 RTF 方式,阅读器先对一批标签发出隔离指令,使得阅读器识读范围内的多个电子标签被隔离,最后只保留一个标签处于活动状态,并与阅读器建立无冲撞的通信联系。通信结束后,发送指令使该标签进入休眠,指定一个新的标签执行无冲撞通信指令。如此往复,完成多标签同时识读。对于 TTF 方式,标签在随机的时间内反复地发送自己的 ID,不同的标签可在不同的时间段最终被阅读器正确读取,完成多标签的同时识读。而与 RTF 方式相比,TTF 方式的系统通信协议比较简单,速度更快,但是如果技术处理不得当,则 TTF 也会带来一些诸如性能不够稳定、数据读取与写入误码率较高等不良后果。EPC 标准和 ISO 标准在 RFID 系统上主要采用无源系统标签和 RTF 方式,因此,一般的防冲撞技术都是基于无源系统标签和 RTF 方式的。



1.2 参数解析

1.2.1 RFID 参数简介

可以用来衡量无线射频识别（RFID）技术的参数比较多，包括工作频率、阅读器发射功率、识别距离、执行的协议标准、识别速度、数据传输速率、芯片内存容量、标签封装标准、识别速率、可同时识别的标签数、防冲撞性能及其他一些非量化性能（如可读写性能）、接口形式等等。这些技术参数有的相互影响和相互制约，如识别距离就可以表示成若干个其他参数的集合函数。

标签的技术参数有标签的能量需求、标签的读写速度、标签的封装形式、标签的内存容量、标签的工作频率、标签的传输速度、标签的数据安全性等。

标签的能量需求，指的是激活标签芯片电路所需要的能量范围，在一定距离内的标签，能量太小就无法激活。标签的传输速度，指的是标签向阅读器反馈所携带的数据（上行）的传输速度以及接收来自阅读器的写入数据命令（下行）的速率。标签的读写速度由标签被阅读器识别和写入的时间决定，一般为毫秒级，因此 UHF 标签的识别速度可以达到 1~100m/s，即可高达 360km/h。标签的工作频率指的是标签工作时所采用的频率，即低频、中频、高频或者超高频、微波等。标签的内存指的是电子标签携带的可供写入数据的内存量，一般可以达到 1Kbit（1024bit）的数据量。标签的封装形式主要取决于标签天线的形状，不同的天线可以封装成不同的标签形式，运用在不同的场合，具有不同的识别性能。

针对阅读器的技术参数有阅读器的工作频率以及是否可调、阅读器的输出功率、阅读器的传输速率、阅读器的输出端口形式等。

1.2.2 典型参数示例

这里简单介绍系统的工作频率和作用距离，最后以表格的形式给出比较详细的系统参数（见表 1-1）。关于其他参数在介绍 RFID 系统组件时还会有所介绍。

表 1-1 不同频率的 RFID 系统性能的比较

|           | 低频（LF）         | 高频（HF）         |          | 超高频（UHF） |     | 微波（MW）                |     |
|-----------|----------------|----------------|----------|----------|-----|-----------------------|-----|
| 工作频率/MHz  | 0.03~0.3       | 3~30           |          | 100~968  |     | 1000 以上               |     |
| 系统形态      | 被动             | ISO14443       | ISO15693 | 被动       | 主动  | 被动                    | 主动  |
| 典型距离/m    | 0~0.5          | <0.5           | <1.5     | 3~10     | >10 | 3~10                  | >10 |
| 芯片内存/B    | 64~1K          | 8K~128K        | 256~512  | 64~512   |     | 16~64                 |     |
| 磁场强度/传输功率 | 72dB $\mu$ A/m | 42dB $\mu$ A/m |          | 10mW~4W  |     | 4W（USA）/500mW（Europe） |     |
| 耦合方式      | 电磁感应           | 电磁感应           |          | 电磁传播     |     | 电磁传播                  |     |
| 数据传输速率    | 低              | 高              |          | 中等       |     | 中等                    |     |
| 技术程度      | 很成熟            | 成熟             |          | 新技术      |     | 开发中                   |     |
| 阅读器价格     | 低              | 一般             |          | 高        |     | 很高                    |     |

### 1.2.2.1 工作频率

#### 1. RFID 系统工作频率

RFID 系统的工作频率是射频识别系统最基本的技术参数之一。工作频率的选择在很大程度上决定了射频标签的应用范围、技术可行性以及系统成本的高低。

电磁波在物理特性上,不同射频频段在识别距离、穿透能力等特性的表现存在较大的差异。特别是在低频和高频两个频段的特性上,具有很大的不同,即低频具有较强的穿透能力,能够穿透水、金属、动物和人的躯体等导体材料,但是在同样的功率下,传播的距离非常短。另外,由于频率低,可以利用的频带窄,故数据传输速率较低,并且信噪比低,容易受到干扰。相对低频段而言,得到相同的传输效果,高频系统的发射功率较小,设备较简单,成本较低,而且高频系统的数据传输速率较高,无低频信噪比限制。但是,高频的“绕射”能力或者“穿透性”较差,很容易被水等导体媒介所吸收,因此对于可导障碍物的敏感性很强。

#### 2. 频率的混合使用

为了充分利用不同频率 RFID 系统的特性,部分厂商尝试着将不同频率的芯片复合制造在一个标签因内上,制成所谓的混频卡或者双频卡。这样,就可以充分利用不同频率的物理特性,提高系统的可用性。一般情况下,这种混频卡有芯片直接复合混频式和芯片叠加复合混频式两种基本形式。

##### (1) 芯片直接复合混频式

这种混频方式比较简单,在一个标签因内(基材)上制造两个不同频率的芯片和天线,这样,就形成了混频卡(复合卡),一般情况下,是采用低频和高频两个频率的芯片,芯片和天线分开制造在同一枚标签基片上。这种混频模式工艺比较简单,无需对芯片进行改造,类似于接触式卡片(CPU)和非接触式卡片制造成的 CPU 复合卡。此种混频卡性能可靠,工作距离远,目前市场上多见于矿井、军事领域、大型动物追踪等场合(见图 1-8)。

##### (2) 芯片叠加复合混频式

这种混频方式比较复杂,是将两个频率的芯片集成制造在一起,可以理解为不同频率的芯片具有各自的射频电路,但是共用数字电路部分。从芯片制造微观的角度来看,实际上是两个芯片最小化叠加的结果,而这种混频方式也需要针对被混合的不同频率进行芯片射频电路的制造。这种混频方式由于芯片是集成制造的,体积较小,可以制造成比较适合于人体随身携带的标签。但是由于芯片太小,模块的制造和天线的帮定工艺要求较高,因此系统包括标签的稳定性受到一定程度的影响,废卡率较高。此外,由于芯片的设计耗电较大,无法将芯片电容制造在芯片里面,因此需要外接电容。一般芯片均内置电容,并制造相应的芯片外接电路板。在目前的工艺条件下,无法制造出符合 ISO 7810 标准的标签卡片;一般只能制造出大于 1mm 的厚卡,从而导致个性化卡片印制困难,而在这种卡片的使用过程中,也由于芯片天线焊脚的易脆性等使得其标签损坏率较高,如图 1-9 所示。此外,为了达到较好的识别效果,系统所耗费的功率也比较大。目前 RFID 技术的发展已经使低频系统具备了较好的抗冲撞性和较远的距离特征,所以这种混频系统可能会是一种过渡性的产品。

为了能够正确地理解各个频段的 RFID 系统的不同特性,下面比较全面地介绍低频、高频、超高频、微波系统的技术性能与适用场合。

#### 3. 不同工作频率的 RFID 系统性能综述